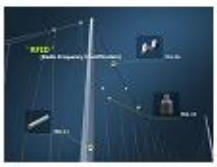
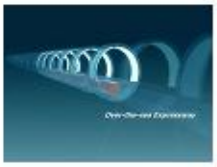
VC-10 (Value Creator - 10)

SMART High-Way

스마트하이웨이사업단 사전기획연구

(최종보고서)

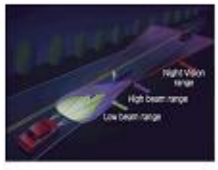




Safe Sustainable Smart Highway Project

Smart High-Way

2007. 6. 22



KICTEP

한국건설교통기술평가원

스마트하이웨이사업단 사전기획연구

(최종보고서)

한국건설교통기술평가원

제 출 문

한국건설교통기술평가원장 귀하

본 보고서는 2006년 11월 24일 제출한 "스마트하이웨이 사업단"의 사전기획 연구보고서를 보완하여 제출하는 최종보고서입니다.

2007. 6. 22

■ 연구책임자 / 한국도로교통협회 연구위원 공 철 규

■ 연 구 원 / 주관연구기관(한국도로교통협회)

상근 부회장 조건창, 기술국장 박광신, 연구위원 김철중
연구위원 김태환, 책임연구원 노성규, 선임연구원 이정윤
선임연구원 박대근, 선임연구원 유동민, 연 구 원 여인수
사무국장 김상현, 처 장 조규상, 부 장 홍원기
대 리 양순기, 사 원 이수진

/ 외부전문가(한국도로공사, 도로교통기술원 외)

책임연구원 이기영, 수석연구원 길흥배, 책임연구원 박제진
연 구 원 이현석 외 27명

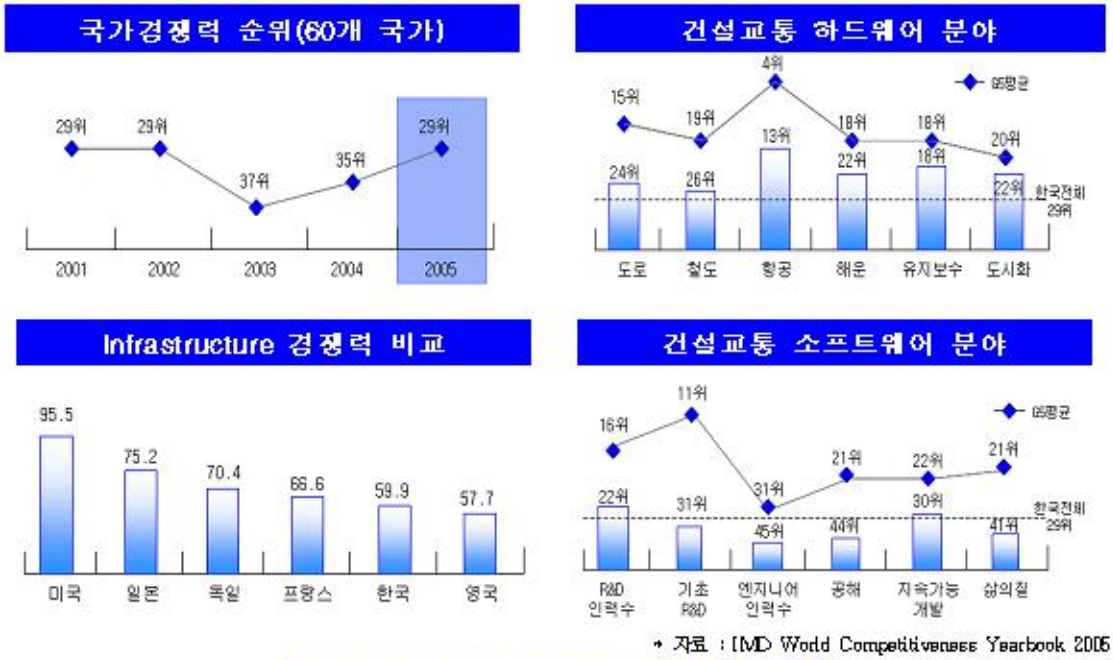
요 약 문

Ⅰ. Smart Highway 개발 필요성

□ 미래 도로 개발배경

○ 우리나라의 도로는 1960년대 경부고속도로의 건설과 함께 급속한 양적 팽창을 하여왔으나, 최근 건설시장 성장의 한계, 건설비용 상승과 생산성 저하, 에너지·안전·환경측면의 비효율성 등의 문제는 도로 기술의 새로운 패러다임의 변화와 혁신 필요성을 강하게 제기하고 있음

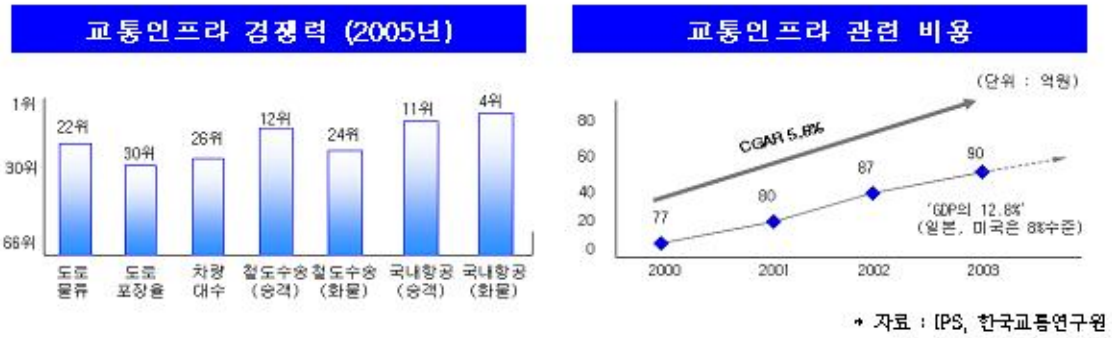
○ 스위스 IMD의 2005년 보고서 및 세계 66개국을 대상으로 한 IPS (Institute of Policy Studies)의 교통시설 인프라 경쟁력 보고서에 의하면 선진 5개국(G5 : 미국, 일본, 독일, 프랑스, 영국)과 건설교통 관련분야 경쟁력 비교에서 순위 격차가 벌어져 있음



* 자료 : IMD World Competitiveness Yearbook 2005

▌건설교통 하드웨어/소프트웨어 관련분야 비교 ▐

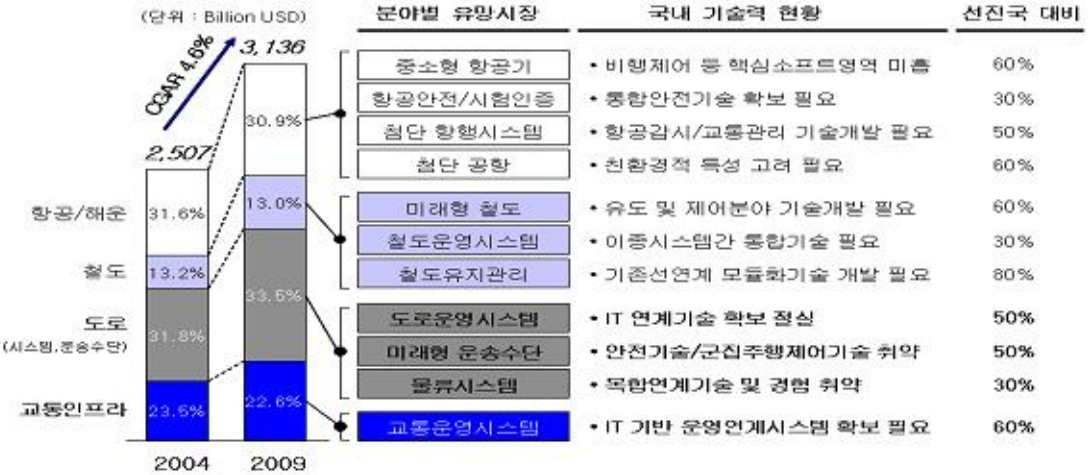
○ 이러한 격차는 국가적 비용 상승으로 이어지고 있고 국가물류비의 경우를 보면, 최근 지속적으로 상승하는 추세로 GDP대비 12.8%수준이며, 일본 및 미국이 약 8% 수준을 나타내고 있음을 감안할 때 국가물류비 과다로 인한 경제적 손실이 상대적으로 크다는 사실을 입증하고 있음



* 자료 : IPS, 한국교통연구원

▎교통 인프라 경쟁력, 관련 비용 ▎

○ 미국의 시장조사기관인 Datamonitor에 따르면 세계 교통시장은 2004년부터 2009년까지 연평균 약 4.6%의 성장이 전망되고 있으며, 도로부문의 높은 성장이 예상됨



* 자료 : Data Monitor(2005); ADL 분석

▎세계 교통시장 성장 전망 및 유망분야별 기술경쟁력 ▎

○ 최근 국내 건설시장이 현저히 위축되는 시점에서 적극적으로 추진하고 있는 해외시장 개척과 UN-ESCAP 주관의 아시안 하이웨이 도로망 구축 및 북한지역의 도로건설 시장을 고려할 때 지능형의 신개념 도로건설 기술 개발은 미래시장 개척에 대단히 중요함

□ 미래 도로의 역할

○ 빠르게 발전하고 있는 정보통신기술, 소재기술은 사회·경제·문화전반에 걸쳐 영향을 끼치고 있으며, 이들 신기술의 발전이 도로교통 관련기술을 발전시키는 기회로 작용하여 도로관련 산업이 고부가가치를 창출하는 미래 유망산업으로 성장할 수 있도록 신기술 발전의 성과를 수용할 필요가 있음

○ 이에 도로교통 관련분야 동향을 분석해 본 결과 자동차산업의 발전, ITS관련 사업성장 등에 따라 도로정책의 변화, 도로설계 및 건설 기준의 개선 그리고 Human Factors에 대한 연구 등이 이루지고 있는 것으로 파악됨

○ 그러나, 이러한 분야별 성과만으로 현재의 도로교통관련 분야의 문제를 해결할 수는 없으며, 21세기 속도의 시대, 세계화 가속화에 따른 무한 경쟁의 시대에 비추어 볼 때 느린 성장에 따른 시간적 한계성에 노출될 것임

○ 미래사회의 변화요구에 따른 신규 수요를 도로기술 발전방향에 체계적으로 흡수하고 개발된 도로기술이 미래 사회의 성장엔진으로서의 역할을 수행할 수 있도록 하여야 함

○ 이를 통해 인간중심, 지속가능성, 안전성, 이동성, 지능형, 정시성과 같은 핵심가치를 반영한 미래 도로를 추진함으로써 도로교통분야 건설산업이 그동안의 성장지원자(Growth Supporter)의 역할에서 미래 사회 신 성장동력(Blue Ocean)과 가치창조자(Value Creator)로서의 역할로 변신하여 미래 사회 삶의 질 향상이라는 보편적 지향목표를 달성할 수 있도록 하여야 함

미래도로의 역할

□ 미래 도로 요구사항

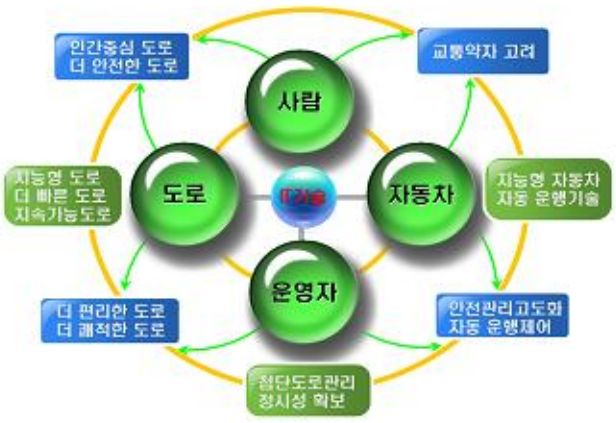
사회 · 경제환경	도로 · 교통 환경	고속도로 외부환경	고속도로에의 요구
세계화 (지구촌 경제통합)	· 국가간 사람과 화물의 이동 증가 · 항공, 해운 통행수요증가	· 공항, 항만과의 효율적인 연계 교통서비스 제공 요구	· 국가기간 교통망 구축 · 효율적인 수단간 연계 교통체계 구축
동북아 경제의 성장 (중국의 성장, 경제블록화, 남북교류의 증가)	· 동북아 물류 중심국가 전설 추진 · 항공, 해운에 대한 투자 증가 · 대륙연계 및 남북연계 교통시설 전설 - 철도연계사업 추진	· 고속 국가기간 교통망 구축의 요구 · 통합수송체계 구축의 요구 · 철도중심의 연계 교통시설 구축 · 남북연계 고속도로망 구축 요구	· 혼잡관리를 통한 고속도로 기능 유지 · 통일대비 국가기간 교통망 구축(북한지역)
정보통신기술의 발전 디지털 경제의 확산	· 물류체계의 변화 (물류정보화 등) · 지능형교통체계의 도입	· 물류산업에의 진입 가능성 · 지능형교통체계의 도입	· 지능형교통체계의 도입을 통한 혼잡관리, 안전제고
고령화 사회의 전개	· 고령인구의 통행증가 · 교통약자의 서비스 요구	· 고령운전자, 교통약자에 대한 고려 요구	· 고령운전자를 고려한 고속도로 시설공급(시설기준 마련, 안전시설 설치) · 교통약자를 위한 고속도로 서비스체계 구축
생활패턴의 선진화 삶의 질 중시	· 고급교통수단에 대한 수용 증가(승용차) · 여가 목적의 통행증가	· 교통안전에 대한 관심 · 고급서비스의 발굴 및 제공	· 교통안전 제고 · 주행쾌적성 확보, 시설물 가치향상
환경과 에너지에 대한 관심 증대	· 친환경, 고효율 교통수단 도입 · 고유가, 승용차 이용에 대한 규제 강화	· 생태 · 환경 · 에너지 보호를 위한 녹색형 도로체계 요구	· 친환경적 도로전설 · 혼잡관리를 통한 배기가스 저감
지방화 전개	· 지방 거점간 이동 증가 · 대도시 권역 교통혼잡	· 국토균형발전을 선도하는 교통망 필요 · 대도시 권역의 고속도로 혼잡 증대	· 전국반나절 생활권 실현 · 국내거점도시간 이동성 확보 · 대도시 권역의 고속도로 혼잡에 대비한 시설공급 및 교통관리

Ⅱ. 사업내용 및 범위

□ SMART High-Way

○ 미래도로 즉 SMART High-Way는 미래 기술의 상징인 스마트기술을 활용한 인간중심의 고기능 도로로 정의하며 미래사회 도로의 역할 및 가치를 반영하는 것으로 연구개발의 지향목표임

○ 미래 도로의 핵심가치를 반영하고 Ubiquitous로 대표되는 IT기술과 미래 자동차 기술 그리고 통신, 센서기술 등 관련 기술과 융합된 미래도로



□ 사업내용

○ SMART High-Way 사업은 고속도로 부문과 일반도로 부문으로 나누어 지능형 초고속도로 설계 및 시공기술(이하 "Smart Highway 기반기술"이라 한다)을 개발하는 사업과 친환경·안전을 고려한 지능형 도로 및 포장기술을 개발하는 차세대 도로 기반기술로 범주를 나누어 추진

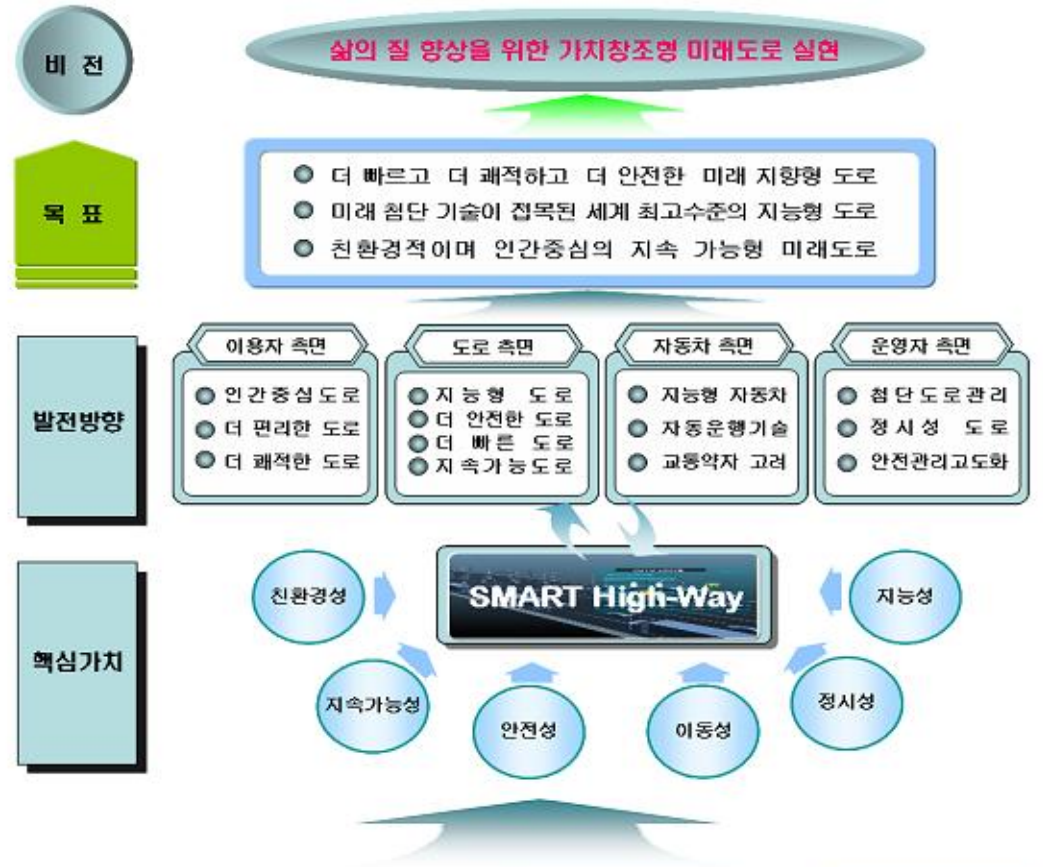
□ 사업범위 : Smart Highway 기반기술 개발

○ 초고속도로 분야인 Smart Highway 기반 기술과 차세대 도로기반 기술은 사업규모 및 성격상 차이가 있고 자동차, 정보통신 등 관련산업 연계성을 고려시 사업추진에 따른 파급효과가 클 것으로 예상되는 Smart Highway 기반기술 개발과제를 본 사전기획 연구 대상으로 하여 우선 추진하고 차세대 도로기술은 별도 검토

□ 추진방식 : 대형 Test Bed형 사업단 방식

□ 사업기간 : 2007년 – 2016년(10년간)

Ⅲ. SMART High-Way 비전 및 목표



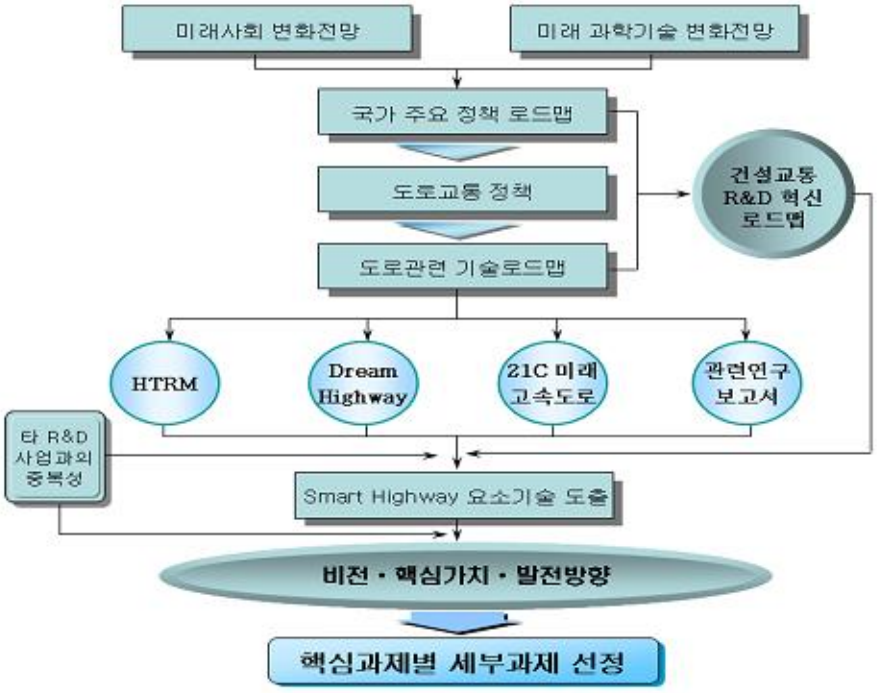
Ⅳ. 핵심과제

□ 핵심과제 선정

○ Smart Highway 기술 R&D 사업이 도로분야의 특성상 광범위한 분야를 다루어야 하는 점을 감안하여 핵심과제 단계에서는 도로를 구성하는 인자별(도로-자동차-운전자-통신환경 등)로 연구범위를 선정하여 핵심과제를 우선 정하고 핵심단계별 세부과제를 도출하였음

□ 세부과제 선정

○ 미래사회 기술의 변화전망과 국가 주요 정책 로드맵 및 도로관련 기술 로드맵 등을 통하여 미래 도로의 핵심가치와 발전방향을 구현하는 스마트 하이웨이의 비전을 달성할 수 있도록 핵심과제별 세부과제를 도출함



[그림] 세부과제 선정방법[1)]

□ 세부 연구과제

연구과제		세부 연구과제	
총괄과제	· Smart Highway 종합전략 수립	총괄기획 전략수립 법, 제도	Smart Highway 사업추진 전략 수립 Smart Highway 기술 실용화 전략 수립
핵심과제1	· Smart Highway 핵심요소기술 개발	IT+도로관리 VE+LCC+신소재 친환경+설계, 건설 초고속+안전성	주행공간 안전·쾌적화 기술 개발 초고속 주행환경 노면 최적화 기술 개발 도로지반 및 사면 안정화 기술 개발 도로 구조물 내구성 향상 기술 개발 도로관리 첨단화 기술 개발
핵심과제2	· Smart 도로-통신기반 교통운영기술 개발	ITS+안전성+ 정시성+교통관리	도로-차량간 실시간 정보 교류를 위한 도로 통신 환경체계 구축 스마트하이웨이 교통관리 시스템 구축 도로주행환경 최적화를 위한 교통 실시간 제어기술 개발
핵심과제3	· Smart 도로-자동차 연계기술 개발	미래자동차+지능 +재해대응기술 +IT+통신기술	자동차를 이용한 첨단 유지관리 및 교통정보 수집기술 개발 도로-자동차 상호보완 기술 개발 초고속 주행환경하의 자동차 주행 안전성 향상 연구 개발 미래형 자동차 주행지원 도로기술연구 및 실용화 기술 개발
핵심과제4	· Smart Highway Test Bed 구축 및 활용	실용화+Test Bed +설계+시공+관리	Smart Highway 설계기준 정립 및 Test Bed 설계 Smart Highway Test Bed 시공 Smart Highway Test Bed 관리 및 모니터링

1) * HTRM : Highway Technology Roadmap(한국도로공사, 2004), Dream Highway(한국도로공사, 2004)
* 21세기 미래고속도로 발전방향(한국도로공사, 2002)

□ 핵심과제별 추진내용

○ 총괄과제 : Smart Highway 종합전략 수립

정 의

- Smart Highway 사업의 성과목표를 달성하기 위한 사업 추진전략을 수립하고 R&D를 통하여 개발된 기술의 실용화 단계까지 전 과정을 총괄 기획하는 과제

세 부 과 제

- **Smart Highway 사업추진 전략 수립**
  - **정의**
    - 스마트 하이웨이 사업추진을 위한 기본 방향 및 계획을 수립하고 법·제도적 측면의 장애요인을 해소하며 R&D에 VE기법을 도입
  - **세세부과제**
    - Smart Highway 중장기 기본계획 수립
    - Smart Highway 관련 법령 및 제도 개선 연구
    - Smart Highway 사업 VE 도입방안 연구 및 시행
- **Smart Highway 기술 실용화 전략 수립**
  - **정의**
    - 스마트 하이웨이 기술의 실용화를 위한 기본연구를 수행하고 국내외 도로 시장 동향분석 및 기존 고속도로의 성능향상을 위한 적용 방안을 연구
  - **세세부과제**
    - 국내외 고기능 도로기술 개발 동향 분석
    - 해외 도로시장 조사, 분석
    - Smart Highway 팻키지 상품화 방안 연구
    - Smart Highway 기술의 기존 고속도로 적용 방안 연구

○ 핵심과제 1 : Smart Highway 핵심요소기술 개발

정의

- Smart Highway를 구축하기 위한 도로부문 기반기술을 연구개발하는 과제로서, 현재 도로가 안고 있는 문제점 해결과 Smart Highway가 추구하는 핵심가치(이동성, 안전성, 정시성, 편리성, 경제성, 친환경성)를 실현하기 위한 시공, 재료, 보수·보강, 환경에 관한 기술을 개발하는 과제

세부과제

- **주행 공간 안전·쾌적화 기술 개발(안전부문, 환경부문)**
  - **정의**
    - 이용자 중심의 주행공간을 안전하고 쾌적하게 조성하기 위한 안전 및 환경관련 기술 연구 과제
  - **세세부과제**
    - 고속주행에 적합한 도로안전시설 개발
    - 고속주행 환경에 적합한 시인성 최적화 기술 개발
    - 고속주행 안전향상을 위한 방풍 대책 기준 개발
    - 초고속 환경에서의 운전자 감성인지 반응 평가 시스템 개발
    - 터널 환경 위화감 개선 기술 개발
    - 유지관리를 고려한 고기능성 방음벽 기술 개발
    - 로드킬 방지시설 개발
- **초고속 주행환경 노면 최적화 기술 개발**
  - **정의**
    - 초고속 주행에 적합한 최적의 노면상태를 개발하기 위한 도로포장 관련기술 연구 과제
  - **세세부과제**
    - 다기능 발열 콘크리트 포장기술 개발
    - 다기능 자체 융설 아스팔트 포장기술 개발
    - 특수구간 포장 기술 개발

세 부 과 제

● 도로 지반 및 사면 안정화 기술 개발

- 정의

· 안전하고 쾌적한 주행환경과 차량의 최적 주행상태를 지원하기 위한 지반 및 사면에 대한 기술 연구 과제

- **세세부과제**

· 한국형 말뚝기초 수평지지력 설계기준 연구
· 비압축성 뒷채움 기술 개발
· 다기능 고심도 사면보강공법 기술 개발
· 산마루측구 대체 기술 개발

● 도로 구조물 성능향상 기술 개발

- **정의**

· 스마트하이웨이가 미래시장에서의 경쟁력을 확보할 수 있도록 각종 구조물의 가치를 향상시키는 연구 과제

- **세세부과제**

· 범용성 무조인트 장경간 교량 개발
· 곡선을 가미한 장경간 PSC I형 거더교량 개발
· FRP철근을 이용한 신(新)교량 개발
· 프리캐스트 콘크리트 접착재 개발
· 조형미를 강조한 프리캐스트 콘크리트 지중구조물 개발

● 도로관리 첨단화기술 개발

- **정의**

· 일상적 유지관리 업무의 효율성을 극대화하고 재해와 재난을 사전에 예측하여 도로의 예방적 유지관리를 도모하기 위한 연구 과제

- **세세부과제**

· 시설물 공용성 극대화를 위한 예방적 유지관리공법 개발
· 예방적 유지관리시스템 구축 기술 개발
· 재해·재난 예측관리 시스템 구축 기술 개발

○ 핵심과제 2 : Smart 도로-통신기반 교통운영기술 개발

정 의

- 운전자에게 교통정보를 실시간으로 제공할 수 있는 통신환경체계의 구축을 통해 안전하고 편안한 주행환경을 제공하기 위한 첨단 교통운영 및 제어기술을 실현하는 과제

세 부 과 제

- **도로-차량간 실시간 정보교류를 위한 도로통신환경체계 구축**
  - **정의**
    - 도로-차량간 실시간 교통정보 교류가 가능한 통신환경체계의 구축을 통해 다양한 교통정보를 제공하고, 통신교환정보를 정밀한 교통정보로 생성하기 위한 가공기술을 개발하는 과제
  - **세세부과제**
    - 차량단말기내 실시간 교통정보제공을 위한 도로통신환경체계 구축
    - 도로-차량간 통신정보의 변환을 통한 교통정보생성 기술 개발
- **스마트하이웨이 교통관리시스템 구축**
  - **정의**
    - 통신매체가 정보의 단순한 전달이 아닌 생성매체로써 활용되는 스마트 하이웨이의 효율적인 교통관리체계 구축을 위해, 최적 운영시스템을 설계하는 과제
  - **세세부과제**
    - 스마트 교통관리시스템 설계기술 개발
    - 스마트 교통운영 프로그램 개발
- **도로주행환경 최적화를 위한 실시간 교통제어기술 개발**
  - **정의**
    - 교통류의 안정적인 흐름과 교통사고 방지를 위해, 도로-차량간 통신교환 기술이 접목된 첨단 교통제어기술을 개발하는 과제
  - **세세부과제**
    - 자가판단형 Local통신시스템을 이용한 특별관리구간 교통제어기술 개발
    - 속도 및 차로위반차량 실시간 감시기술 개발
    - 단기 공사구간 통합형 교통제어기술 개발

○ 핵심과제 3 : Smart 도로-자동차 연계기술 개발

정의

- Smart 도로환경에서 도로와 자동차가 서로의 정보를 공유하며 최적의 주행상태를 유지하여 안전하고 편리한 도로-자동차 연계 환경 시스템을 구축하는 사업

세부과제

- **자동차를 이용한 첨단 유지관리 및 교통정보 수집기술 개발**
  - **정의**
    - 도로 및 교통안전관리를 위한 다목적 유지관리 자동차 그리고 교통정보 검증 방안 및 무선통신기반의 다기능 단말기를 연구 개발
  - **세세부과제**
    - 초고속주행 지원 유지관리 자동차 시스템 개발
    - 종합교통정보 제공 Probe Car 시스템 개발
    - 도로기반 Smart 단말기 시스템 개발

- **도로-자동차 상호보완 기술개발**
  - **정의**
    - 초고속 주행환경에서 자동차 속도향상에 따른 교통소음 및 배기가스 배출증가를 도로-자동차 기술을 서로 연계하여 환경오염을 감소시키는 기술 개발
  - **세세부과제**
    - 첨단기술을 이용한 소음저감 및 방음벽 대체 기술 개발
    - 오르막차로에서의 차량 구동력 증진지원 포장공법 개발
    - 저소음 마찰력 강화 타이어 기술 개발

세 부 과 제

● 초고속 주행환경하의 자동차 주행 안전성 향상 연구 개발

– 정의

· 초고속 주행환경에서도 일반자동차와 지능형 자동차가 주행마찰이 없이 안전하고 쾌적하게 주행할 수 있도록 지원하는 연구

– 세세부과제

· 지능형 자동차와 일반 자동차 혼합주행 안전성 평가 연구

· 초고속 주행환경에서의 이종교통류 분리 및 차로운영 방안 연구

· 운전자 적정 각성유지를 위한 도로 및 자동차 지원시스템 개발

● 미래형 자동차 주행지원 도로기술연구 및 실용화 기술개발

– 정의

· 자동차 발전에 대응할 수 있는 도로기술 개발을 원칙으로 하고, 미래형 자동차가 제 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 지원하거나 자동차의 성능을 향상시킬 수 있는 도로시설을 연구·개발

– 세세부과제

· 상시 연구과제 발굴 및 선정을 위한 상설기구

· 미래형 자동차기술 기능지원과 향상을 위해 예상되는 도로기술

○ 핵심과제 4 : Smart Highway Test Bed 구축 및 활용

정 의

- Smart Highway R&D 사업 성과물에 대한 실용성을 검증하고 Test Bed 구축을 위한 제반 기준 마련, 설계, 시공 등을 단계적으로 시행하며 실제 운영을 통하여 종합적인 성과를 분석하는 과제

세 부 과 제

- **Smart Highway 설계기준 정립 및 Test Bed 설계**
  - **정의**
    - 초고속 주행 실현을 위한 Smart Highway 기하구조, 설계기준을 정립하고 Test Bed를 설계
  - **세세부과제**
    - Smart Highway 구조 및 시설기준에 관한 규칙 제정 연구
    - Smart Highway 설계기준 정립
    - Smart Highway 개발 기술 설계 적용방안 연구
    - Test Bed 설계(타당성조사, 기본설계, 실시설계)
- **Smart Highway Test Bed 시공**
  - **정의**
    - R&D 결과의 실용성 검증을 위한 Smart Highway Test Bed 시공
  - **세세부과제**
    - Test Bed 1단계 : 기존 고속도로 및 고규격 도로 적용(개별과제별)
    - Test Bed 2단계 : Smart Bed 시범적용 구간 적용
- **Smart Highway Test Bed 관리 및 모니터링**
  - **정의**
    - Smart Highway Test Bed 구축후 관리 및 모니터링을 통한 성과분석 및 보완 연구
  - **세세부과제**
    - Test Bed 관리센터 구축
    - Test Bed 모니터링 방안 연구 및 모니터링
    - Test Bed 도로·교통관리 방안 연구
    - Smart Highway 기술 성과분석

Ⅴ. 추진전략 및 방법

□ 추진전략

□ 추진 단계별 전략

1 사업기획단계

- 기술개발의 포트폴리오에 의거 진행
- 적정사업기간 책정 및 타 R&D간의 중복개발 방지
- 핵심소요기술 수요 및 업체별 보유기술 파악 등
- 충분한 사전기획 기간 확보
- 기술협의회 등 운영

2 핵심요소 기술 개발단계

- 공통기술 요인은 연계를 통한 합동연구로 추진
- 기술수준 발전정도와 기술개발 수준에 따라 세부과제 및 핵심기술 개발 시기 조정
- 유관기관 연구과제 상호연계 및 중복성 배제
- 핵심기술별 · 사업단계별 성과측정 및 분석

3 Test Bed 추진단계

- 공공개발 사업을 Test Bed 사업장으로 선정
- 기술개발 정도에 따라 대형국책사업과 연계 추진
- 핵심기술별 Test Bed 적용
- 핵심기술별 · 사업단계별 성과측정 및 분석

4 기술개발의 상용화, 표준화 단계

- Test Bed를 통해 성공적 수행 요소기술 채택
- 기술특허 및 산업화 추진
- 건설산업의 해외진출 전략과 병행 추진
- 신규 사업 실용화 추진

Ⅵ. Test Bed 구축방안

□ Test Bed 추진방법

○ Test Bed는 1, 2단계로 나누어 진행

- 1단계 : 세부과제별 연구진행단계에서 실용성을 검증하는 차원에서 기존 고속국도 및 고규격 국도를 활용하여 단위 항목별 적용성 검증

- 2단계 : 연구개발 마무리 단계에서 R&D 결과물 전체를 Smart Highway 시범 구간을 대상으로 적용하고 보완을 통해 최종적인 실용화 도모

□ Test Bed 기술 적용원칙

○ 본 Smart Highway사업의 특성상 실용화를 전제로 하는 점을 감안하여 모든 개발기술을 Test Bed에 적용하는 것을 원칙으로 함.

○ 또한, Smart Highway Test Bed 노선에 적용되는 기술은 Prototype 또는 Mock-up 수준에서의 시범적용을 통하여 검증된 기술을 적용 함

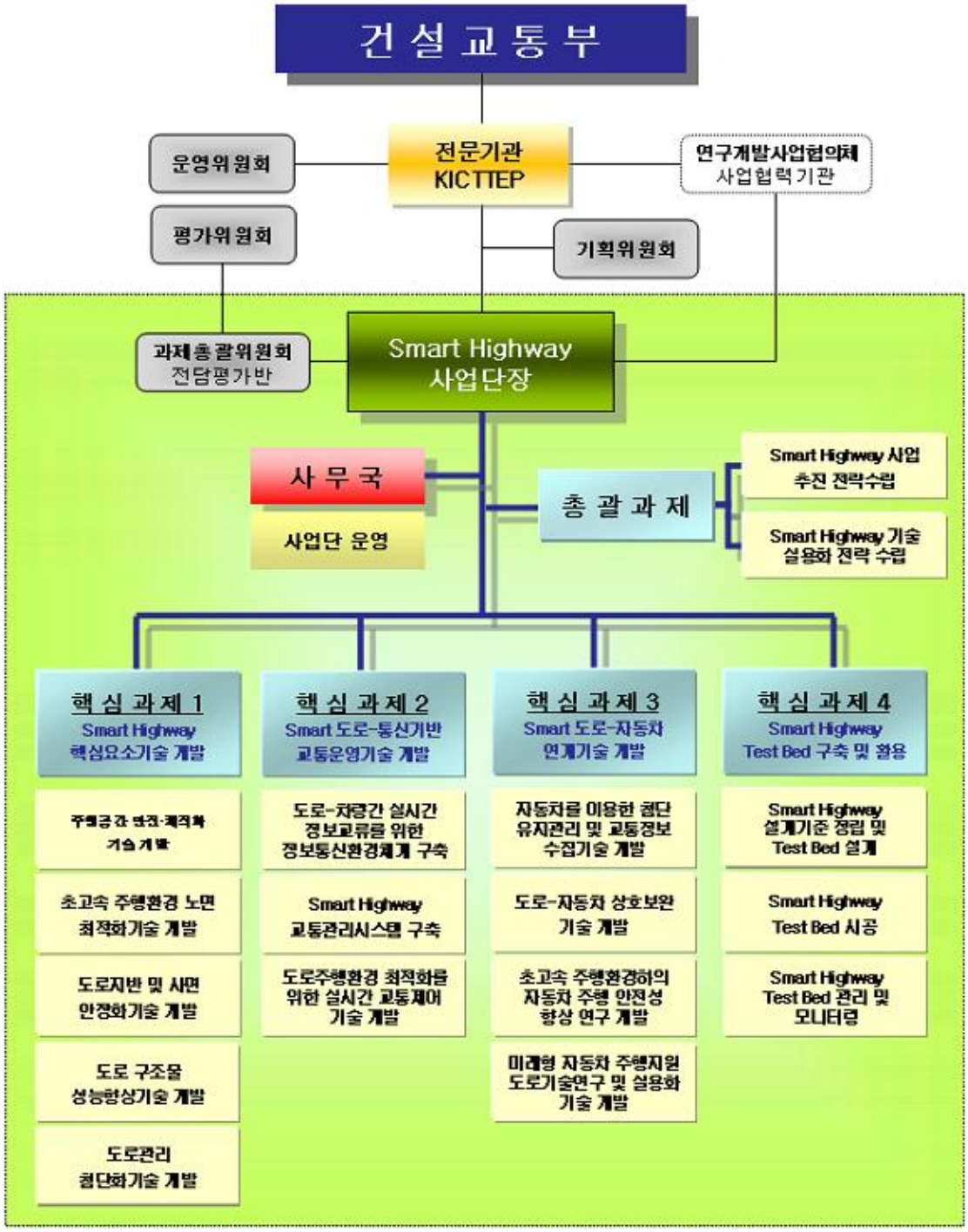
□ Test Bed 대상노선

○ 스마트하이웨이 사업은 제반 도로기술 및 자동차 기술, 정보통신기술 등 연계기술의 연구개발을 통하여 설계속도 160Km/h의 초고속도로를 실현하기 위한 것임을 감안해 볼 때 Test Bed 연장이 최소 30Km 이상 건설될 수 있는 적정 구간을 대상으로 선정해야 함

○ 특히, Smart Highway Test Bed 구축을 위해 타당성이 없는 별도의 신규노선을 계획하지 않는 것을 원칙으로 하며 기존의 고속도로, 국도 등 고규격 도로와의 중복성이 없는 국가 계획이 있는 구간 중에서 건설교통부, 기획예산처 등과의 협의를 거쳐 시행

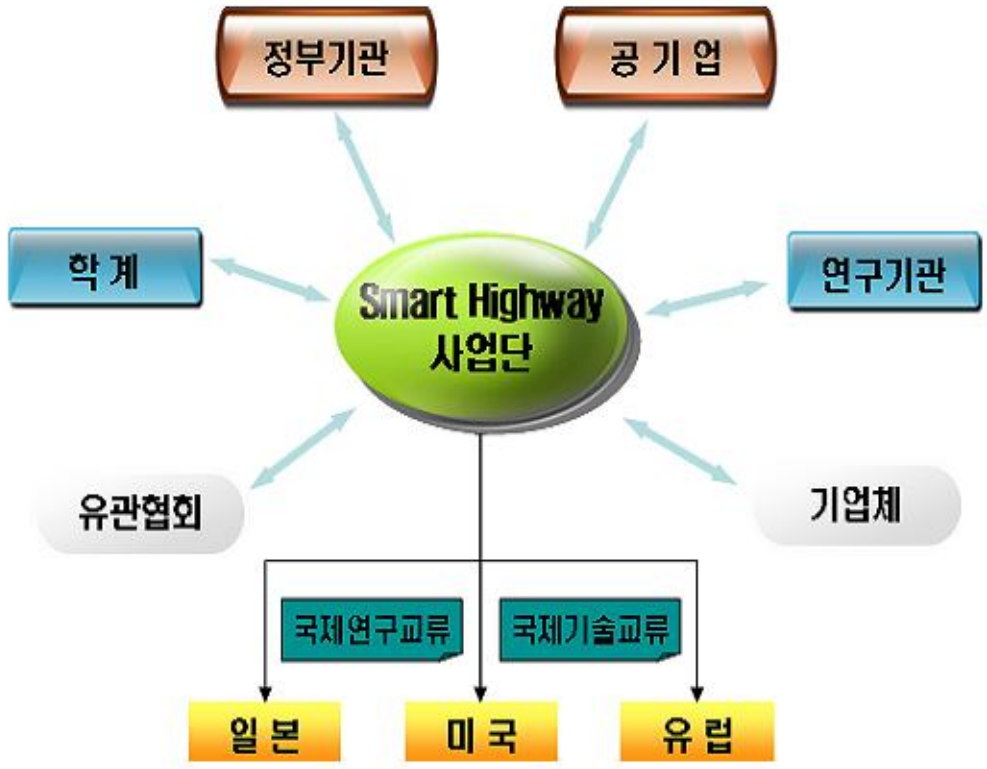
Ⅷ. 사업단 구성 및 운영

□ 사업단 구성



□ 사업단 운영

○ 본 사업은 도로 전반에 걸친 방대한 분야의 연구가 수행되고 특히 Test Bed를 통한 실용화를 목표로 하고 있으므로 관련 학회, 연구기관, 협회, 기업체 등과의 유기적인 협력체계와 참여 유도가 필수적임



○ 또한, 국외 선진기술에 대하여는 중복 투자방지와 효율적인 사업추진을 위하여 국제 연구 및 기술교류를 강화하여야 함

○ 사업추진의 효과적인 관리를 위하여 성과지표 및 성과측정방안을 마련하여야 함

○ 국가연구개발사업 조사·분석·평가의 성과지표를 참조하여 기본지표를 설정하고 각 단위 핵심과제별 특성화된 추가 지표를 설정하여 성과를 효과적으로 측정할 수 있도록 하여야 함

Ⅷ. 기대성과 및 활용방안

□ 기대성과

□ 활용방안

○ 도로기술의 고부가가치화를 통한 신성장 동력으로 활용

SMART High-Way

목 차

요약문

제1장 서 론 ····· 1

1.1 미래도로의 시대적 요구 ····· 1
1.2 현재 도로여건 및 문제점 ····· 4
1.2.1 현재 도로여건 ····· 4
1.2.2 현 도로 문제점 ····· 8
1.3 미래 도로환경 변화 전망 ····· 14
1.3.1 도로환경 ····· 14
1.3.2 도로정책 방향 ····· 17
1.3.3 사회·환경 ····· 26
1.3.4 도로기술 ····· 43
1.3.5 이용자 욕구 ····· 71
1.4 미래 도로 전망 ····· 102
1.4.1 미래 도로 요구사항 ····· 102
1.4.2 미래 도로 핵심가치 ····· 103
1.4.3 미래 도로 발전방향 ····· 107

제2장 국내·외 도로 및 관련분야 기술동향 ····· 108

2.1 분야별 동향 ····· 108
2.1.1 도로분야 ····· 108
2.1.2 자동차분야 ····· 211
2.1.3 통신분야 ····· 242
2.1.4 ITS ····· 274
2.1.5 Human Factors ····· 319

2.2 국외 고기능 도로 추진사례 ····· 369
2.2.1 미국 Trans-Texas Corridor Project ····· 369
2.2.2 일본 제2도메이-메이신 고속도로 ····· 371
2.2.3 독일 아우토반 ····· 373
2.2.4 러시아 유료 자동차 도로계획 ····· 375
2.2.5 오스트리아 속도 유연화 프로젝트 ····· 376
2.2.6 인도 슈퍼하이웨이 ····· 378
2.2.7 미국 보스턴의 Big Dig ····· 379
2.2.8 프랑스 라데팡스 ····· 380
2.3 국내외 관련기술 특허 분석 ····· 382
2.3.1 개요 ····· 384
2.3.2 동향분석 ····· 390
2.3.3 결론 ····· 405

제3장 미래도로[SMART High-Way] 개발전략 ···· 407

3.1 개발의 당위성 ····· 407
3.1.1 미래도로 개발 배경 ····· 407
3.1.2 미래도로의 역할 ····· 411
3.2 스마트하이웨이 개발전략 ····· 413
3.2.1 정의 ····· 413
3.2.2 비전 및 목표 ····· 416
3.2.3 사전기획 범위 설정 ····· 420
3.2.4 개발전략 ····· 422
3.2.5 성과목표 ····· 428

SMART High-Way

제4장 핵심과제 및 기술로드맵 ----------430

4.1 핵심과제 ----------430

4.1.1 핵심과제 선정 ----------430

4.1.2 핵심과제별 목표 ----------438

4.2 세부과제 ----------441

4.2.1 세부과제 도출 ----------441

4.2.2 세부과제 선정 ----------474

4.2.3 Test Bed 구축방안 검토 ----------564

4.2.4 기술로드맵 ----------578

4.2.5 추정사업비 ----------580

4.2.6 세부과제별 RFP ----------581

제5장 사업단 구성 및 운영방안 ----------631

5.1 사업단 구성 ----------631

5.2 사업단 운영방안 ----------634

5.2.1 연구수행체계 ----------634

5.2.2 성과지표 및 성과측정 ----------634

제6장 기대성과 및 활용방안 ----- 636

6.1 기대성과 636
6.1.1 사회·경제적 성과 636
6.1.2 기술적 성과 638
6.1.3 건설교통R&D 혁신로드맵 목표달성에 기여 639
6.2 활용방안 640

제7장 사업단장 공모 RFP ----- 641

7.1 사업단장 임무 641
7.2 사업단장의 자격요건 643
7.3 사업단장 공모 및 평가기준 645

부록 및 참고문헌 ----- 700

표 목 차

제1장 서론

표 1-1 도로현황('05말기준) ····· 5
표 1-2 나라별 국도계수당 도로밀도 ····· 5
표 1-3 주요국가 도로보급율 ····· 6
표 1-4 OECD 국가별 도로현황 ····· 7
표 1-5 연도별 지역 인구수 ····· 9
표 1-6 연도별 지역 자동차수 ····· 9
표 1-7 국가별 요소당 도로연장 ····· 10
표 1-8 자동차 보유대수 전망 ····· 16
표 1-9 총 수송수요 전망 ····· 16
표 1-10 도로수송수요 전망 ····· 17
표 1-11 도로정비확충 규모 ····· 19
표 1-12 아시안 하이웨이 ····· 24
표 1-13 총인구 및 인구성장률 추이 ····· 26
표 1-13 고령사회, 초고령사회로의 도달연도 ····· 28
표 1-14 2030년 국가 경제 발전 목표 ····· 37
표 1-15 건설의 패러다임 변화 ····· 45
표 1-16 2007년도 골재 수요량 ····· 53
표 1-17 주5일근무제 시행시기 ····· 76
표 1-18 OECD 국가별 도로보급률 및 교통사고 사망자 현황 ····· 89
표 1-19 자동차 종류별 교통사고 ····· 92
표 1-20 도로선형별 고통사고 ····· 93
표 1-21 2005년 주야간 교통사고 현황 ····· 94
표 1-22 2005년 기상상태별 교통사고 현황 ····· 94
표 1-23 외부환경 및 고속도로에의 요구 ····· 102

제2장 국내·외 도로 및 관련분야 기술동향

표 2-1 고속도로 설계속도 ····· 109
표 2-2 차로폭원 비교 ····· 110
표 2-3 중앙분리대의 기능 ····· 112
표 2-4 중앙분리대 폭원비교 ····· 112
표 2-5 설계 기준자동차의 폭원비교 ····· 114
표 2-6 길어깨의 필요성 ····· 114
표 2-7 길어깨 폭원 비교 ····· 115
표 2-8 최소곡선반경 비교 ····· 116
표 2-9 표준횡단경사 비교 ····· 116
표 2-10 곡선부의 최대편경사 비교 ····· 117
표 2-11 종단경사 비교 ····· 117
표 2-12 정지시거 비교 ····· 118
표 2-13 주요 국가의 초고속도로 설계기준 ····· 118
표 2-14 제2동명·명신 고속도로의 기하구조 기준 ····· 119
표 2-15 포장구조 비교 ····· 134
표 2-16 도로포장 요소기술별 기술수준 비교 ····· 138
표 2-17 일본 고속도로에 적용된 포장재료의 변화 ····· 145
표 2-18 국내 사장교 및 현수교 건설현황 ····· 149
표 2-19 국외 사장교 건설현황 ····· 150
표 2-20 국외 현수교 건설현황 ····· 151
표 2-21 세계장대교량 건설역사 ····· 152
표 2-22 BRIDGE 200 연구과제 ····· 157
표 2-23 국외 장대터널 건설 현황 ····· 166
표 2-24 미국 Nevada DOT 강풍경고시스템 메세지 ····· 192
표 2-25 안개 감지/경고시스템 DMS 정보 ····· 193
표 2-26 South Carolina DOT 안개 감지/경고시스템 ····· 193

표 2-27 지점오염원 처리시설 종류 ····· 202
표 2-28 최근 5년간 소음·진동 민원현황 ····· 205
표 2-29 환경부 비점오염 대책 단계별 추진방향 ····· 210
표 2-30 자동차산업의 국민경제적 비중 ····· 213
표 2-31 국가별 자동차 생산순위 ····· 214
표 2-32 자동차 생산 및 수출현황 ····· 214
표 2-33 주요국 자동차부품 수출입 추이 ····· 215
표 2-34 미래형자동차사업 지능형자동차 관련 과제 ····· 217
표 2-35 하이브리드 자동차 구조 및 종류 ····· 219
표 2-36 일본 하이브리드 자동차 개발 현황 ····· 220
표 2-37 연료전지자동차 개발 현황 ····· 223
표 2-38 미국의 IVI(Intelligent Vehicle Initiative) 개발계획 ····· 232
표 2-39 일본 ASV 연구개발 항목 ····· 234
표 2-40 PROMEOTUS 프로젝트 내용 ····· 235
표 2-41 국내 자동차업계의 강·약점 ····· 238
표 2-42 국내 자동차 기술개발의 강·약점 ····· 238
표 2-43 하이브리드자동차 국내 기술수준 비교 ····· 239
표 2-44 연료전지자동차 국내 기술수준 비교 ····· 240
표 2-45 지능형 자동차 국내 기술수준 비교 ····· 240
표 2-46 국내 RFID 시범사업 추진현황 ····· 243
표 2-47 DSRC 통신 방식에 따른 특징 ····· 250
표 2-48 세계 각국의 DSRC 물리계층 현황 ····· 252
표 2-49 CDMA 서비스 국가현황 ····· 262
표 2-50 Wi-Bro 기술적 특성 ····· 264
표 2-51 Wi-Bro 국외 추진동향 ····· 265
표 2-52 MBC FM DARC 제공정보 ····· 267
표 2-53 해외 주요국 DAB/DMB 서비스 현황 ····· 270
표 2-54 교통관리 최적화 요소 기술 ····· 275
표 2-55 국내 검지기 설치현황 ····· 276
표 2-56 국내 CCTV 설치현황 ····· 277
표 2-57 전자지불 처리 서비스 분야 ····· 291
표 2-58 한국도로공사 ETC 확대보급을 위한 전략 ····· 293
표 2-59 교통정보제공 및 여행자정보 고급화 분야 ····· 298
표 2-60 화물운송 효율화 분야 ····· 306

표 2-61 종합물류정보전산망의 주요제공서비스 ····· 307
표 2-62 도로 첨단화 서비스 분야 ····· 311
표 2-63 인체수용기의 인지-반응 시간의 비교 ····· 324
표 2-64 인지반응과정 ····· 325
표 2-65 운전자/도로에서 분석대상에 따른 고려사항 ····· 339
표 2-66 IHSDM 개발목표 ····· 343
표 2-67 작업부하 측정기법 ····· 345
표 2-68 생체신호를 이용한 운전자 평가연구 결과 ····· 352
표 2-70 분석대상 특허 ····· 385
표 2-71 기하평균과 산술평균의 오차 사례 ····· 389
표 2-72 전 세계 국가별 주요 출원인 Top10 ····· 395

제3장 미래도로[SMART High-Way] 개발전략

표 3-1 도로/교통 인프라 분야 기술경쟁력 ····· 410

제4장 핵심과제 및 기술로드맵

표 4-1 도로교통연구분야의 선진국대비 국내 연구수준 진단 ····· 442
표 4-2 도로교통 연구분야의 주요 연구과제 ····· 443
표 4-3 21세기 미래고속도로 발전방향의 교통부문 핵심기술 리스트 ····· 447
표 4-4 과학기술예측에서 중요도가 높았던 도로건설기술 ····· 449
표 4-5 건설기술혁신사업 R&D 프로그램 리스트 ····· 450
표 4-6 도로건설분야의 연구목표 및 분야(중분류) ····· 455
표 4-7 도로건설분야의 연구목표 및 분야(소분류) ····· 456
표 4-8 재해/재난 분야의 연구목표 및 도로건설 관련 연구분야 ····· 457
표 4-9 건설관리 및 정보화 분야의 연구목표 및 도로건설관련 연구분야(중분류) ····· 458
표 4-10 건설관리 및 정보화 분야의 연구목표 및 도로건설관련 연구분야(소분류) ····· 459
표 4-11 21C 미래고속도로 발전방향에서의 도로건설 핵심기술 리스트 ····· 461
표 4-12 HTRM 프로그램 현황 ····· 465
표 4-13 Dream Highway 주요 개념 ····· 467

표 4-14 미래 도로 소요기술 전망 분석 ····· 469
표 4-15 타 건설교통 R&D 과제 내용(1) ····· 471
표 4-16 타 건설교통 R&D 과제 내용(2) ····· 472
표 4-17 자동차 주요 능동안전장치 개발 로드맵 ····· 546
표 4-18 Smart Highway 핵심과제 및 세부과제 ····· 562
표 4-19 국가간선도로망 단계별 추진현황 ····· 567
표 4-20 국가간선도로망 축별현황 ····· 567
표 4-21 고속도로 확장계획 ····· 568
표 4-22 장기 수도권 고속(화)도로망 : 20개 사업, 551.6km ····· 569
표 4-23 민자 제안 고속도로 사업 현황 ····· 571
표 4-24 국가간선도로망 신설 ····· 572
표 4-25 고속도로 확장구간 현황 ····· 573
표 4-26 고속도로 기타구간 ····· 573

제5장 사업단 구성 및 운영방안

표 5-1 스마트 하이웨이 기술개발사업 성과지표(안) ····· 635

제6장 기대성과 및 활용방안

표 6-1 건설교통 R&D 혁신로드맵 달성 목표 ····· 639

그림목차

제1장 서론

그림 1-1 건설교통 하드웨어/소프트웨어 관련분야 비교 ····· 2
그림 1-2 교통 인프라 경쟁력, 관련 비용 ····· 3
그림 1-3 시대별 도로정책 변화 ····· 4
그림 1-4 수단별 중장거리 수송 분담률('02년) ····· 8
그림 1-5 경부고속도로 수도권구간 교통수요 예측 ····· 10
그림 1-6 국가물류비 현황 ····· 11
그림 1-7 국가 간선도로망 계획 ····· 13
그림 1-8 다핵구조 교통구조 변화 ····· 14
그림 1-9 행정중심복합도시 혁신도시배치계획 ····· 15
그림 1-10 도로정비 기본방향 ····· 17
그림 1-11 도로정비 목표 ····· 18
그림 1-12 전국 반나절 생활권 실현 ····· 20
그림 1-13 수도권 간선도로망 계획 ····· 21
그림 1-14 지방 대도시권 순환고속국도 계획 ····· 23
그림 1-15 한국 인구고령화 진전 속도 ····· 27
그림 1-16 노령층 인구 및 생산가능 인구 비중 ····· 27
그림 1-17 연도별 인구 피라미드 변화 추이 ····· 28
그림 1-18 정보통신 기반 미래사회의 모습 ····· 29
그림 1-19 정보화 기술의 발전 단계 ····· 30
그림 1-20 정보화 서비스의 발전 ····· 31
그림 1-21 남북 방문객 비교 ····· 33
그림 1-22 국내생산 에너지 공급추이 ····· 36
그림 1-23 에너지원별 소비 추이 ····· 36
그림 1-24 국가 장기발전 단계(2030년) ····· 37

그림 1-25 국가균형발전을 위한 10대과제 ····· 39
그림 1-26 중국의 경제성장 추이 1991년~2006년(추정) ····· 40
그림 1-27 중·한·일 경제성장 추이 2002년~2005년 ····· 41
그림 1-28 미래기술의 3대 발전방향 ····· 43
그림 1-29 3대 기술발전에 따라 예상되는 주요 분야와 건설산업에의 적용기술의 예 ··· 44
그림 1-30 새로운 형태의 건설산업 출현 ····· 45
그림 1-31 도로 건설의 목표 추이 ····· 46
그림 1-32 ITS의 추진 현황 ····· 47
그림 1-33 차량 주행 3차원 시뮬레이터 ····· 48
그림 1-34 TCS를 이용한 O/D조사 ····· 49
그림 1-35 일본 해상도로 사례 ····· 50
그림 1-36 한·일 해저터널 예상도 ····· 50
그림 1-37 수치지도을 이용한 도로 선형설계 ····· 51
그림 1-38 항공사진과 고속렌더링 ····· 52
그림 1-39 공장제작 프리캐스트 구조물의 시공 ····· 54
그림 1-40 3차원 CAD ····· 55
그림 1-41 TMD 제어효과 ····· 57
그림 1-42 포장 평가용 계측기 설치 ····· 58
그림 1-43 포장 평가용 계측기 설치 ····· 58
그림 1-44 VE의 궁극적 목표 ····· 61
그림 1-45 타 정보화사업의 CALS와의 연계시스템 ····· 65
그림 1-46 전기비저항 탐사결과를 이용한 터널내 탄성파반사법 탐사 적용위치 선정 67
그림 1-47 교통수단별 여객통행량(통행/일) ····· 74
그림 1-48 우리나라 관광여행의 교통수단 이용률 ····· 74
그림 1-49 2005년 고속도로 주요구간의 주말/평일 교통량비 ····· 75
그림 1-50 IT산업 발전에 따른 자동차 통합시스템 모형도 ····· 79
그림 1-51 교통사고 발생원인 및 지능형 차량에 의한 교통사고 절감효과 ····· 80
그림 1-52 하이패스 분야 고객만족도 조사 결과 ····· 82
그림 1-53 교통정보제공 분야 고객만족도 조사 결과 ····· 83
그림 1-54 교통 지·정체분야 고객만족도 조사 결과 ····· 84
그림 1-55 고속도로 노선별 교통량 ····· 86
그림 1-56 고객특성별 종합 만족도 ····· 86
그림 1-57 고속도로 이용시 불만족 요인 ····· 87
그림 1-58 고객서비스 중요도 추세 ····· 87

그림 1-59 이용자 Needs분석 ····· 88
그림 1-60 전체교통사고대비 여성운전사 사고 ····· 90
그림 1-61 2005년 고령운전자 및 여성운전자 교통사고 건수 ····· 91
그림 1-62 조사대상자의 남녀구성 비율 및 월소득 ····· 95
그림 1-63 고속도로 현 기능에 대한 만족도 ····· 97
그림 1-64 일반도로(국도 및 지방도)에 대한 현 기능에 대한 만족도 ····· 97
그림 1-65 현 도로의 기능개선시 가장 중요한 부문에 대한 선호도 ····· 98
그림 1-66 스마트하이웨이 개발사업의 필요성에 대한 선호도 ····· 98
그림 1-67 KTX를 감안한 상호 역할분담에 대한 선호도 ····· 99
그림 1-68 스마트하이웨이 개발시 중점 개발부문 ····· 99
그림 1-69 스마트하이웨이의 최고속도에 대한 선호도 ····· 100
그림 1-70 스마트하이웨이의 도입방법에 대한 선호도 ····· 100
그림 1-71 핵심가치 도출 ····· 106
그림 1-72 미래 도로발전방향 도출 ····· 107

국내·외 도로 및 관련분야 기술동향

그림 2-1 독일 고속도로(Autobahn-A57) 차로별 최고운행속도 제한표지 ····· 110
그림 2-2 영국 고속도로 차로별 최고운행속도 제한표지 ····· 110
그림 2-3 독일 고속도로(Autobahn-A57) ····· 111
그림 2-4 이탈리아 고속도로(A1) ····· 111
그림 2-5 영국 고속도로(M1) ····· 111
그림 2-6 프랑스 고속도로(A13) ····· 111
그림 2-7 독일 고속도로 (Autobahn-A57) ····· 113
그림 2-8 이탈리아 고속도로 (A1) ····· 113
그림 2-9 독일 고속도로(Autobahn-A57) ····· 115
그림 2-10 이탈리아 고속도로(A1) ····· 115
그림 2-11 곡선반경과 사고율과의 관계 ····· 120
그림 2-12 종단경사와 사고율과의 관계 ····· 121
그림 2-13 편경사와 사고율과의 관계 ····· 121

그림 2-14 곡선장과 사고율과의 관계 ····· 122
그림 2-15 직선장과 사고율과의 관계 ····· 122
그림 2-16 안전성 조사분석 차량 ····· 123
그림 2-17 V=100km/kr일때의 타이어와 노면간 수막상태 ····· 124
그림 2-18 운전자 행동 및 반응검지 차량 ····· 124
그림 2-19 설계검사시스템의 데이터 흐름도 ····· 125
그림 2-20 곡선장과 이어지는 직선장에 따른 평균사고율 ····· 125
그림 2-21 연결로 접속보 용량 ····· 126
그림 2-22 임계차두간격 산출 개념도 ····· 126
그림 2-23 전국지역의 중량/마력비 분포요약도 ····· 127
그림 2-24 우리나라 화물차 가속곡선: 200ib/hp ····· 127
그림 2-25 NCHRP 기반 간선도로 전경 ····· 127
그림 2-26 IHSDM 도로안전분야 분석모듈 ····· 128
그림 2-27 운전자 행동 및 반응검지 차량 ····· 128
그림 2-28 실내 시뮬레이터 ····· 129
그림 2-29 영국 TRL 시험주로 전경 ····· 130
그림 2-30 일본 토목연구소 및 시험주로 전경 ····· 130
그림 2-31 포장형식별 단면구성 ····· 134
그림 2-32 경부선('68~'70) 포장단면도 ····· 135
그림 2-33 초기고속도로 전경 ····· 135
그림 2-34 제2경인선('90~'95) 포장단면도 ····· 135
그림 2-35 아스팔트 혼합물 파손 전경 ····· 135
그림 2-36 일반적인 교면포장 시스템 단면도 ····· 136
그림 2-37 SMA와 일반 밀입도 혼합물 비교 ····· 136
그림 2-38 '81년 부마선(국내 최초 콘크리트포장) ····· 136
그림 2-39 '86년 88선(국내최초 전단면 콘크리트 포장) ····· 136
그림 2-40 중부고속도로 포장단면 ····· 137
그림 2-41 영동고속도로 확장공사 포장단면 ····· 137
그림 2-42 아스팔트 파손유형 ····· 141
그림 2-43 저소음포장 개념도 ····· 142
그림 2-44 기존포장과 저소음 시공후 단면상태 비교 ····· 142
그림 2-45 벨기에와 프랑스의 골재노출공법의 적용 추이와 소음비교 ····· 144
그림 2-46 일본 개질아스팔트의 생산량 추이 ····· 146
그림 2-47 멀티레인포장공법 시공 개요도 ····· 147

그림 2-48 비파괴노면점검 ····· 148
그림 2-49 교량형식의 변천사 ····· 153
그림 2-50 고속도로 교량의 개소 및 연장 ····· 156
그림 2-51 원격제어 시스템의 작업과정 ····· 156
그림 2-52 데이터분석 시스템 화면 ····· 156
그림 2-53 교량점검 원격제어 로봇 ····· 156
그림 2-54 내진보강 프로세스 ····· 157
그림 2-55 FRP를 이용한 구조물의 내진보강 사례 ····· 157
그림 2-56 복합사장교인 노르망디교 ····· 160
그림 2-57 PCT교인 Bras교 ····· 160
그림 2-58 무주탑 사장교인 Chucky-A-Rocky ····· 161
그림 2-59 조립식 교각 ····· 161
그림 2-60 교량주형 하부점검 로봇 ····· 162
그림 2-61 Christian Menn 제안의 사장현수교 ····· 162
그림 2-62 고속도로 터널 건설 추이 ····· 163
그림 2-63 터널내부 전경 ····· 164
그림 2-64 터널 환기시설 ····· 164
그림 2-65 국내 초장대 죽령터널 ····· 168
그림 2-66 터널 입체설계 ····· 169
그림 2-67 터널 공기 유동 ····· 169
그림 2-68 Boom Jumbo Drill ····· 170
그림 2-69 TBM 공법 ····· 170
그림 2-70 터널균열 감지시스템 ····· 171
그림 2-71 Laerdal-Aurland Tunnel 입구 ····· 172
그림 2-72 터널굴착 자동화 ····· 172
그림 2-73 미쓰비시유화 해저터널 ····· 173
그림 2-74 도쿄만 횡단도로 터널 ····· 173
그림 2-75 GPS를 이용한 성토관리수법의 개요도 ····· 176
그림 2-76 진동로울러 ····· 177
그림 2-77 텐덤로울러 ····· 177
그림 2-78 MJM 고압분사공법 ····· 178
그림 2-79 현장도면 ····· 179
그림 2-80 인공신경망 구조 ····· 179
그림 2-81 IT 토공시스템 『DREAM』 개념도 ····· 180

그림 2-82 인공위성 GPS ····· 180
그림 2-83 이동국 ····· 180
그림 2-84 비탈면 연구분야별 기술개발 건수 ····· 181
그림 2-85 절토사면 유지관리시스템 ····· 182
그림 2-86 GIS를 이용한 산사태 예측 모델 ····· 183
그림 2-87 원격지 자동계측 시스템 ····· 184
그림 2-88 GPS를 이용한 절토면 연속감시시스템 ····· 185
그림 2-89 교량 거더에 의하여 교란된 기류 ····· 186
그림 2-90 장애물에 의하여 국부적으로 증가한 풍속 분포 ····· 186
그림 2-91 수평형 방풍벽 ····· 187
그림 2-92 설치된 방풍벽 ····· 187
그림 2-93 미끄럼방지포장(수지계 표면처리)의 형상 적용방안 ····· 188
그림 2-94 미끄럼방지포장(수지계 표면처리) 설치 예 ····· 188
그림 2-95 안개 시정표지의 설치 형상 ····· 188
그림 2-96 안개 시정표지의 크기 ····· 188
그림 2-97 길어깨 요철띠(rumble strip)의 형상 ····· 189
그림 2-98 터널의 대상시설 설치 예 ····· 189
그림 2-99 장대교량의 대상시설 설치 예 ····· 190
그림 2-100 비, 눈 등으로 인한 위험구간의 시설 설치 예(곡선부) ····· 190
그림 2-101 낙석 자동 감지시스템 ····· 191
그림 2-102 미국 Montana DOT 강풍경고시스템 ····· 191
그림 2-103 독일의 가변속도제한 표지판 ····· 192
그림 2-104 미국 Tennessee Fog Detection & Warning System ····· 192
그림 2-105 감속도로구간 노변경고시스템 ····· 194
그림 2-106 공사구간 원격관리시스템 ····· 194
그림 2-107 설치현황 ····· 195
그림 2-108 가동현황 ····· 195
그림 2-109 가속주행시험에 의해 측정된 자동차 소음기여도 ····· 197
그림 2-110 속도에 따른 기계적 소음과 타이어/포장 소음관계 ····· 197
그림 2-111 다양한 방음벽의 종류 ····· 197
그림 2-112 1인당 CO2 배출량 ····· 198
그림 2-113 미국의 온실가스 배출 부문별 구성 ····· 198
그림 2-114 저감방안의 구분 ····· 200
그림 2-115 비점오염원 처리시설 ····· 201

그림 2-116 토양정화설비의 처리원리 ····· 203
그림 2-117 토양정화시스템의 구성 ····· 203
그림 2-118 비점오염 저감도로 처리시설 ····· 204
그림 2-119 일본 한타터널에서의 토양처리설비 전경 ····· 209
그림 2-120 자동차산업의 발전과정 ····· 212
그림 2-121 자동차 생산 및 수출 추이 ····· 214
그림 2-122 자동차 업체별 KD 수출현황 ····· 216
그림 2-123 세계 지역별 KD 수출현황 ····· 216
그림 2-124 자동차산업 발전 비전 ····· 217
그림 2-125 연료전지 자동차의 개념도 ····· 221
그림 2-126 연료전지 하이브리드자동차 개념도 ····· 222
그림 2-127 연료전지 자동차와 구성요소 ····· 222
그림 2-128 지능형 자동차 적용기술의 전개도 ····· 224
그림 2-129 지능형 자동차의 시스템 발전방향 ····· 225
그림 2-130 차량 지능화 시스템 구성 기본요소 ····· 226
그림 2-131 지능형 자동차의 주요 시스템 ····· 226
그림 2-132 지능형 속도제한(ACC) 시스템 응용(예) ····· 227
그림 2-133 차로이탈 방지시스템 구상도 및 주행 기상도 ····· 227
그림 2-134 야간 안전운전지원(Night Vision) 시스템 가상도 ····· 228
그림 2-135 음성 인식/합성 개념도 ····· 228
그림 2-136 지능형 차량의 X-BY WIRE 구성도 ····· 229
그림 2-137 차량정보시스템 ····· 230
그림 2-138 차량 정보통신 서비스 ····· 230
그림 2-139 운전자 정보시스템(DIS) ····· 230
그림 2-140 차량 내 네트워크 시스템 ····· 231
그림 2-141 RFID 시스템 흐름 및 구성요소 ····· 243
그림 2-142 국내 RFID 응용서비스 분야 및 현황 ····· 244
그림 2-143 향후 RFID 기술전망 ····· 246
그림 2-144 향후 RFID 산업적용 전망 ····· 247
그림 2-145 BIS의 Beacon 구성도 ····· 249
그림 2-146 전주 및 대전시 BIS시스템에 적용된 DSRC 기반의 AVL ····· 251
그림 2-147 DSRC를 이용한 한국도로공사 하이패스 시스템 구성도 ····· 251
그림 2-148 TRS 구성도 ····· 255
그림 2-149 무선데이터 통신망의 장점 ····· 258

그림 2-150 무선데이터 통신망의 활용분야 ····· 259
그림 2-151 CDMA ····· 260
그림 2-152 Wi-Bro 표준화 동향 ····· 266
그림 2-153 Idio 서비스 개요 ····· 267
그림 2-154 VICS 교통정보 수집제공 체계 ····· 268
그림 2-155 DMB 정보제공 체계 ····· 269
그림 2-156 지능형교통체계(ITS) 구성 ····· 274
그림 2-157 서울시 올림픽대로의 속도 및 차로제어시스템 ····· 277
그림 2-158 한국도로공사의 차로제어시스템(영동고속도로) ····· 278
그림 2-159 국도 38호선 송산 WIM 시스템 ····· 279
그림 2-160 도시고속도로 관리 ····· 280
그림 2-161 교통제어 시스템의 운영 ····· 280
그림 2-162 돌발상황관리 시스템의 운영 ····· 282
그림 2-163 효과적인 검지체계 구축방안 및 절차 ····· 283
그림 2-164 VMS Control을 활용한 교통류 관리 ····· 284
그림 2-165 속도 및 차로제어시스템의 개념도 ····· 285
그림 2-166 공사구간 교통관리시스템 개념도 ····· 286
그림 2-167 지역과 고속도로의 통합 교통관리시스템 ····· 287
그림 2-168 시뮬레이터를 활용한 테스트베드 구축 ····· 288
그림 2-169 데이터이력 관리 구축 ····· 289
그림 2-170 데이터 이력관리의 활용 ····· 289
그림 2-171 장비이상여부 자동검지 및 통보시스템 ····· 290
그림 2-172 돌발상황 이력관리 및 이력자료의 활용 ····· 290
그림 2-173 한국도로공사 ETC(Hi-Pass) 구성도 ····· 292
그림 2-174 미국의 ETCS 현황 ····· 293
그림 2-175 Express E-ZPass 영업소와 E-ZPass 시스템 구성 ····· 294
그림 2-176 일본의 ETC 톨게이트 ····· 295
그림 2-177 이탈리아, 프랑스 ETC 톨게이트 ····· 295
그림 2-178 일본 스마트웨이 서비스 ····· 296
그림 2-179 일본의 Smart IC 개념 ····· 297
그림 2-180 기관별 교통정보 연계 방안 ····· 299
그림 2-181 VICS 서비스 지역 ····· 301
그림 2-182 VICS 전체시스템 구성 ····· 301
그림 2-183 일본의 첨단지역정보 서비스 화면 ····· 302

그림 2-184 자연재해 대비 정보서비스 ····· 303
그림 2-185 VMS 운영관리방안 ····· 305
그림 2-186 종합정보망으로서 유관망과의 관계 ····· 307
그림 2-187 미국 화물교통 예측 및 정체 지도 ····· 308
그림 2-188 독일 자동요금징수 및 화물운송 효율화 시스템 ····· 309
그림 2-189 정보기술과 물류산업의 연계 ····· 310
그림 2-190 과천시 감속도로구간 노변경고시스템(SRSRWS) ····· 312
그림 2-191 차량합류경고시스템 ····· 313
그림 2-192 도로기상정보 시스템 ····· 314
그림 2-193 미국 버지니아 SMART ROAD ····· 315
그림 2-194 VSL(가변제한속도) 개념 및 독일의 VSL ····· 316
그림 2-195 감속도로구간 속도제어 시스템(예) ····· 317
그림 2-196 진출입부 동적운영제어시스템 ····· 318
그림 2-197 인간의 정보처리 모형 ····· 321
그림 2-198 도로교통에서 운전자-자동차-도로시스템 역할 ····· 323
그림 2-199 운전자의 정지 제동의 거리 ····· 324
그림 2-200 운전자 지각반응시간 ····· 324
그림 2-201 망막 위치와 시력의 관계 ····· 325
그림 2-202 운전자의 시계 ····· 327
그림 2-203 초점거리에 따른 동시야 ····· 328
그림 2-204 g-g diagram (Ricedhk Alianello의 연구결과) ····· 329
그림 2-205 Janeway의 자동차에 관한 진동한계 ····· 330
그림 2-206 인간작업 난이도와 작업부하 모형 ····· 332
그림 2-207 1995년도 연령별 교통사고 사망자 수(한국) ····· 333
그림 2-208 심신기능과 교통사고 ····· 334
그림 2-209 안전태도와 교통사고 ····· 334
그림 2-210 인간에러를 나타내는 정보처리 메카니즘 ····· 334
그림 2-211 도로주행 시 중요한 운전방법의 흐름과 안전성 ····· 336
그림 2-212 운전자-자동차-도로환경에 있어서 운전자의 기능 ····· 337
그림 2-213 교통참가자의 교통행동에 있어서의 심리과정 ····· 337
그림 2-214 인간요소와 도로요소간의 상관관계 ····· 338
그림 2-215 도로 안전성 분석시스템 개발 연구의 연계성 ····· 341
그림 2-216 도로안전성 분석시스템(RoSAS)과의 연도별 연계성 ····· 342
그림 2-217 IHSDM의 분석 모듈 ····· 343

그림 2-218 IHSDM 운전자 행위 모델의 정보 흐름도 ····· 344
그림 2-219 도로환경요구와 운전능력 및 사고와의 관계 ····· 346
그림 2-220 Task-Capability Interface Model의 구조 ····· 347
그림 2-221 Road Project ····· 354
그림 2-222 RD2000 ····· 354
그림 2-223 KACE-ROAD ····· 354
그림 2-224 4D CAD기반 ····· 354
그림 2-225 한국도로공사의 도로주행 실험자동차 ····· 355
그림 2-226 건기원 실내 시뮬레이터 ····· 356
그림 2-227 교통공단의 실험자동차 ····· 356
그림 2-228 아주대 자동차시뮬레이터 ····· 357
그림 2-229 국민대 자동차시뮬레이터 ····· 357
그림 2-230 부산대 자동차 시뮬레이터 ····· 357
그림 2-231 표준원 자동차 시뮬레이터 ····· 357
그림 2-232 현대자동차의 자동차 시뮬레이터 (초기 모델) ····· 358
그림 2-233 Dokodemo Accesss ····· 359
그림 2-234 K-Road ····· 359
그림 2-235 일본 FORUM8사의 UC-win/Road ····· 359
그림 2-236 Setec사의 G-Voyage ····· 360
그림 2-237 일본자동차연구소 Driving Simulator ····· 360
그림 2-238 일본 국토건설성 토목연구소의 Driving Simulator ····· 361
그림 2-239 일본 ODEX VERS III ····· 361
그림 2-240 일본 생명공학공업기술연구소의 Driving Simulator ····· 362
그림 2-241 MIDAS ····· 363
그림 2-242 TTI의 Driving simulator ····· 363
그림 2-243 미연방 도로연구소 Highway Driving Simulator ····· 363
그림 2-244 미 NHTSA의 National Advanced Driving Simulator ····· 364
그림 2-245 Leeds 대학 LADS ····· 365
그림 2-246 TNO의 D/S ····· 365
그림 2-247 스웨덴 도로교통연구원(VTI)의 Driving Simulator ····· 365
그림 2-248 Trans-Texas Corridor Project ····· 369
그림 2-249 제2동명-명신 고속도로 계획노선 ····· 371
그림 2-250 제2 도메이~메이신 고속도로 개념도 ····· 371
그림 2-251 공용중인 나고야 구간 ····· 372

그림 2-252 공사중인 시주오카 구간('06.12) ····· 372
그림 2-253 인구 1백만명당 사망자의 수 1991-2004 ····· 374
그림 2-254 인구 1백만명당 사망자의 수의 감소 비율 1991-2004 ····· 374
그림 2-255 독일의 아우토반 ····· 375
그림 2-256 모스크바-쌍뜨 뻬쩨르부르크 계획도 ····· 376
그림 2-257 시험구간 전경 ····· 377
그림 2-258 인도 수퍼하이웨이 전경 ····· 378
그림 2-259 Big Dig 조감도 ····· 380
그림 2-260 벙커 힐 브리지 ····· 380
그림 2-261 파리의 라데팡스 평면도 및 원경 ····· 381
그림 2-262 입체교차 ····· 381
그림 2-263 지하 진입구 ····· 381
그림 2-264 주요국가의 역점 기술분야 ····· 382
그림 2-265 한국(좌)과 미국(우)의 특허동향 ····· 383
그림 2-267 각 연구분야별 국가별 특허동향 ····· 383
그림 2-268 스마트 하이웨이 분야의 특허공보별 점유율 및 특허건수 추이 390
그림 2-269 포트폴리오로 본 스마트 하이웨이 분야 분야의 위치 ····· 391
그림 2-270 한·외국인 연도별 특허 출원 동향(한국특허) ····· 392
그림 2-271 내·외국인 연도별 특허 등록건수(미국특허)) ····· 393
그림 2-272 특허점유율 및 증가율에 따른 포트폴리오 분석 ····· 396
그림 2-273 주요국의 기술 분야별 역점 기술분야 ····· 397
그림 2-274 한국의 스마트 하이웨이 분야 동향 ····· 399
그림 2-275 한국의 기술분야별 구간별 출원동향 ····· 399
그림 2-276 미국의 스마트 하이웨이 분야 동향 ····· 400
그림 2-277 미국의 기술분야별 구간별 등록동향 ····· 401
그림 2-278 일본의 스마트 하이웨이 분야 동향 ····· 402
그림 2-279 일본의 기술분야별 구간별 출원동향 ····· 402
그림 2-280 유럽의 스마트 하이웨이 분야 동향 ····· 403
그림 2-281 유럽의 기술분야별 구간별 출원동향 ····· 404
그림 2-282 기술별 출원인 국적 분포(한국) ····· 404
그림 2-283 기술별 특허권자 국적 분포(미국) ····· 405

제3장 미래도로[SMART High-Way] 개발전략

그림 3-1 세계 교통시장 성장 전망 및 유망분야별 기술경쟁력 ····· 409
그림 3-2 미래도로의 역할 ····· 412
그림 3-3 미래 도로발전 방향 ····· 413
그림 3-4 미래 도로 구성요소별 관련성 ····· 413
그림 3-5 첨단센서 등 IT기술, 미래자동차 기술과 접목된 미래 도로상 ····· 414
그림 3-6 미래도로에 대한 수요 개념도 ····· 414
그림 3-7 SMART High-Way 개념도 ····· 415
그림 3-8 비전 및 목표 도출과정 ····· 416
그림 3-9 미래 도로에의 요구사항 형상화 과정 ····· 417
그림 3-10 비전 및 목표 ····· 418
그림 3-11 SMART High-Way 사업구분 ····· 422
그림 3-12 Smart Highway 단계별 발전전망 ····· 424
그림 3-13 SMART High-Way사업 개발전략 ····· 426
그림 3-14 Smart Highway사업 기술개발 체계 ····· 428
그림 3-15 Smart Highway 성과목표 ····· 429

제4장 핵심과제 및 기술로드맵

그림 4-1 핵심과제 선정 ····· 432
그림 4-2 세부과제 선정방법 ····· 441
그림 4-3 HTRM의 비전과 목표 ····· 464
그림 4-4 Dream Highway 개념도 ····· 466
그림 4-5 현재 교통정보매체별 특징 비교 ····· 506
그림 4-6 기존방식 및 통신정보에 의한 교통정보 취득방식 ····· 507
그림 4-7 유무선망을 이용한 도로내 인터넷환경 구축 ····· 512
그림 4-8 자가판단형 Local 통신시스템을 통한 노면잡물 경고시스템 ····· 512
그림 4-9 정보수집매채간의 정보융합 및 활용도 ····· 513
그림 4-10 교통운영에 있어 통신기술의 미래 역활 ····· 513

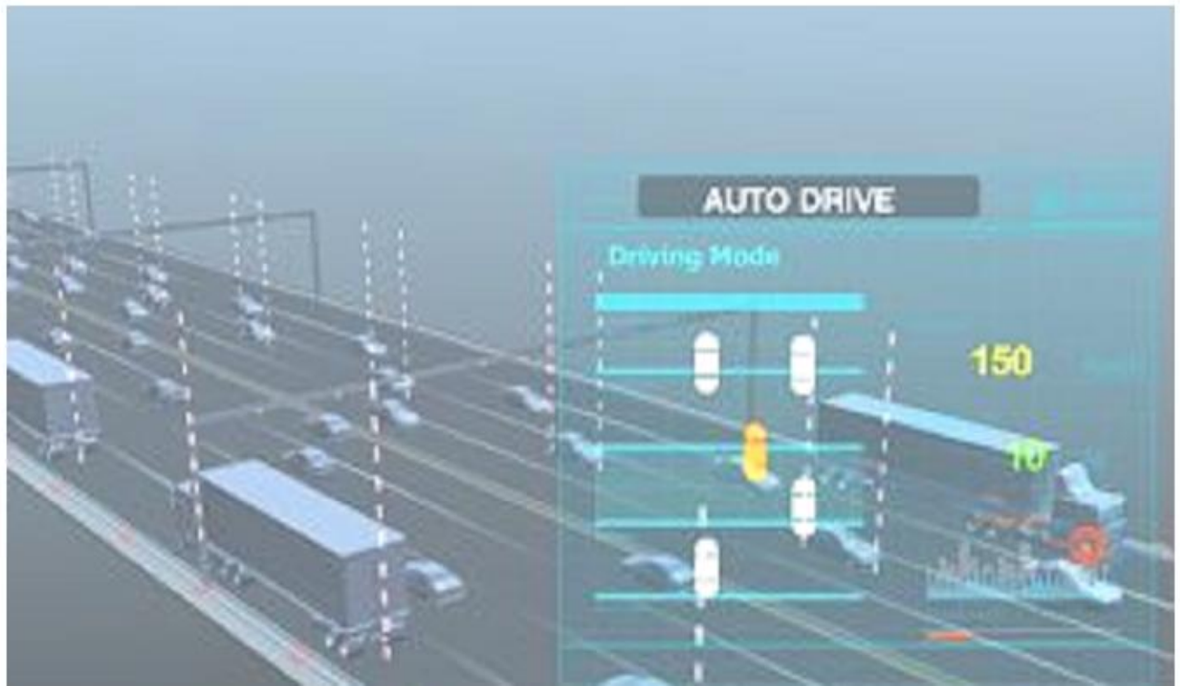
그림 4-11 현 고속도로관리시스템 정보 흐름도 ····· 515
그림 4-12 루프검지기에 의한 통행시간 산출 ····· 516
그림 4-13 스마트하이웨이 교통관리시스템 개념도 ····· 516
그림 4-14 GIS-T기반 도로 및 교통관리 전산 프로그램 ····· 519
그림 4-15 교통분석 프로그램 개발 ····· 520
그림 4-16 악천후대응 교통제어기술 ····· 525
그림 4-17 전방 경고정보 제공 및 교통제어기술 ····· 525
그림 4-18 속도 및 차로제어시스템 ····· 526
그림 4-19 단기 공사구간 교통관리 시스템 ····· 527
그림 4-20 도로관리자 교통사고 발생 추이 ····· 530
그림 4-21 기존의 교통정보 수집과 간접적 제공체계 ····· 531
그림 4-22 Becon 방식의 통신장비 ····· 532
그림 4-23 Probe Car 기법 예시 ····· 532
그림 4-24 Probe car 위치검지방식 ····· 533
그림 4-25 Probe Car 구현예시 ····· 534
그림 4-26 미래 통합교통정보 단말기 기능 예시도 ····· 535
그림 4-27 Smart 단말기 인터페이스 개념도 ····· 535
그림 4-28 자동차 속도증가에 따른 교통소음과의 관계 ····· 537
그림 4-29 국가별 1인당 이산화탄소 배출량 비교 ····· 538
그림 4-30 방음벽 부착형 소음저감장치의 소음저감 구현도 ····· 539
그림 4-31 자동차의 속도편차와 사고율과의 관계(Cirillo, 1968) ····· 541
그림 4-32 기존 ITS사업과 미래형자동차와의 관계 ····· 542
그림 4-33 일본 단계별 ASV 개발전략 ····· 543
그림 4-34 운전자중심의 도로/자동차 연계기술 연구 구상도 ····· 544
그림 4-35 IHSDM 연구과제 구성도 ····· 547
그림 4-36 일본자동차 능동형 안전장치 상용화 실태 ····· 548
그림 4-37 현대자동차의 단계적 첨단안전장치기술 개발 구상도 ····· 548
그림 4-38 스마트하이웨이 기술로드맵 ····· 579

제5장 사업단 구성 및 운영방안

그림 5-1 스마트하이웨이 수행체계 ····· 633
그림 5-2 사업단 연구수행 참여기관 구축도 ····· 634

제 1 장

서론



Chapter_1

제 1 장 | 서 론

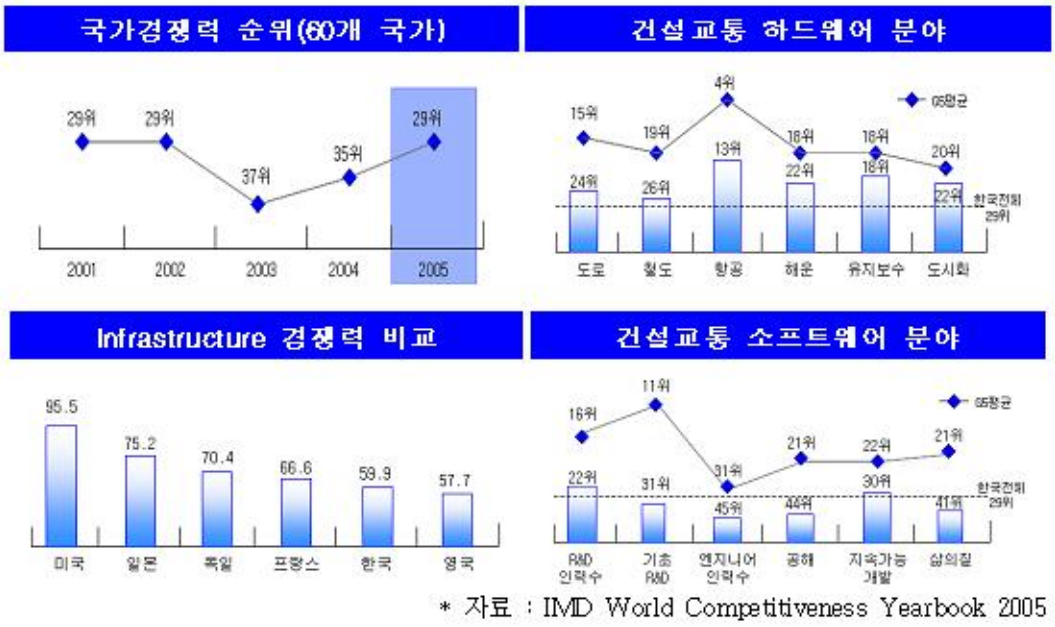
1.1 미래도로의 시대적 요구

○ 도로는 인간이 공동체 생활을 시작한 이래 지역과 지역, 민족과 민족을 교류시키는 가교 역할을 수행하면서 문명 및 문화의 전파 경로가 되어 왔고, 근대 이후 자동차문명의 발달로 산업활동 및 일상생활과 분리될 수 없는 가장 중요한 국가 기간시설로 자리잡고 있다.

○ 우리나라의 도로는 1960년대 이후 추진된 경제개발과 함께 건설되기 시작하여 1990년대 전국간선도로망(7×9)이 계획되었고 현재까지 약 96,000km의 도로가 구축되어 국내 수송량의 90%이상을 분담하며 국가 경제발전의 견인차 역할을 하고 있다. 고속도로의 경우 경인고속도로 건설을 시작으로 30여년간 3,000km수준의 고속도로가 건설되었으며, 이들 고속도로는 지역과 지역을 최단거리로 연결하는 국가간선망으로서의 중추적인 역할을 담당하며 국가 경제발전과 국토의 균형발전에 기여하여왔다.

○ 그러나 우리나라의 도로건설 역사는 30년에 불과하고 80년대 후반이후 자가용 교통량의 급속한 증가로 교통 혼잡이 날로 심각해지고 있다.

○ 스위스 IMD의 2005년 보고서에 의하면 우리나라는 선진 5개국(G5 : 미국, 일본, 독일, 프랑스, 영국)과 건설교통 관련분야 경쟁력 비교에서 도로, 철도, 항공, 해운 등 하드웨어 분야는 G5 국가 평균에 다소 못 미치는 것으로 나타났으나, 전체 국가경쟁력 순위(29위/60개국)보다는 높은 수준을 나타내고 있다. 그러나 R&D 인력수, 지속가능개발, 삶의 질 등 건설교통 소프트웨어 관련분야의 경우에는 G5 국가평균 뿐만 아니라 전체 국가경쟁력에 대비해서도 순위 격차가 벌어져 있음을 알 수 있다.

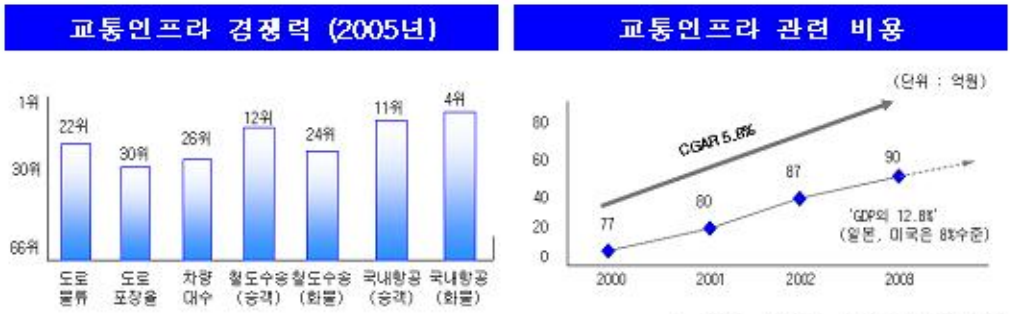


* 자료 : IMD World Competitiveness Yearbook 2005

그림 1-1 건설교통 하드웨어/소프트웨어 관련분야 비교

○ 세계 66개국을 대상으로 한 IPS(Institute of Policy Studies)의 교통시설 인프라 경쟁력보고서에 따르면 한국은 도로포장률(30위), 차량대수(26위), 도로 및 물류(22위) 등에서 선진국 대비 많은 격차를 나타내고 있다.

○ 이러한 격차는 국가적 비용상승으로 이어지고 있고 국가물류비의 경우를 보면, 최근 지속적으로 상승하는 추세로 GDP대비 12.8%수준이며, 일본 및 미국이 약 8% 수준을 나타내고 있음을 감안할 때 국가물류비 과다로 인한 경제적 손실이 상대적으로 크다는 사실을 입증하고 있다.



* 자료 : IPS, 한국교통연구원

그림 1-2 교통 인프라 경쟁력, 관련 비용

○ 이러한 여건 하에서 물류비 감소를 위한 적극적인 대책으로 도로건설이 필요하지만 도로건설에 따른 환경문제 등 부정적인 시각이 대두되고 있다. 특히 최근 복지, 국방분야 재정수요 증가에 따라 국가 예산 여건상 상대적으로 도로교통분야의 투자여건이 악화되고 있어 신규 도로건설 투자에 대한 의문이 제기되고 있는 실정이다. 이것은 기존의 수요에 대한 양적인 성장에 따른 질적 성장이 뒷받침하지 못한 결과이면서 미래 교통수요에 대한 대응방향과 비전을 제시하지 못한데 기인하는 것으로 보인다.

○ 이와 같은 시기에 사회 및 과학기술의 많은 분야에서 IT기술과 유비쿼터스가 결합된 기술의 개발과 적용이 다양하게 추진되고 있는 바, 도로건설 및 관리에 있어서도 기존 기술의 한계를 극복하고, 다양한 지형 및 상황에 대응할 수 있는 도로건설 및 유지관리 기술을 개발하고 건설비용을 최대한 저감하면서도 도로이용자의 쾌적성 및 편리성을 개선하기 위한 신소재 및 신공법 개발을 통한 차세대 도로건설기술 확보 및 국내 거점도시간의 거리적 한계를 극복하는 방안검토가 요구된다.

○ 그리고 미래 삶의 질 향상에 대비한 친환경차량(하이브리드카 등), ITS 시설, 초스피드, 고도의 안전성, 대용량 처리가 가능한 최첨단 도로공간을 형성하는 미래형 도로 구상과 미래 도로의 비전 마련이 필요한 시점이다.

1.2 현재 도로여건 및 문제점

1.2.1 현재 도로여건

(1) 도로정책

○ 1960년대 후반부터 1970년대에 본격적으로 개발된 고속국도망은 1970년대 고도 경제성장을 위한 기반시설로서 크게 기여하여 왔으나 1980년대 초반에는 국가경제의 안정적 운영에 따라 도로 투자규모가 크게 위축되기도 하였다.

○ 지난 30년간 도로는 산업 입지 지원 등 경제성장에 주도적 역할을 담당하였으며 특히 산업입지 패턴을 철도역 중심에서 고속도로 IC주변으로 변화시키는 등 제조업 성장 및 거점도시 성장에 크게 기여하였고 국토 공간상의 시간, 거리단축으로 전국의 1일 생활권화를 실현하였다.

그림 1-3 시대별 도로정책 변화

○ 그러나 도로확충이「국민 경제활동 지원」이라는 긍정적 견해와「지방부에 편중된 과다투자」라는 부정적 견해 양립되고 있으며, 과거 교통애로 해소 위주의 양적확충에 주력하였으나, 경제발전 및 여건변화로 개발위주에서 환경과 안전, 투자효율 제고의 새로운 도로정책 패러다임의 전환이 요구되고 있다.

개발위주	지방부	하드웨어	도로신설	남북축
▼	▼	▼	▼	▼
환경·안전	도시부	소프트웨어	병목개선	동서축

(2) 도로여건

○ 현재 도로는 국내 여객·화물 수송량의 90%이상을 분담하는 국가교통망의 중추적 역할을 담당하고 있다.

- 수송분담율[1] : 95%(통행인 기준), 96%(화물 기준)
- 투 자 효 과[2] : 평균 2.7배의 편익발생

표 1-1 도로현황('05말기준)

구 분	연 장(㎞)	포장율(%)	관 리 청	도 로 성 격
고속국도	2,968	100.0	건교부(도공)	거점간 신속한 이동
국도(시관내)	14,224(2,315)	97.3	건교부(시장)	〃
지방도 등	85,101	72.6	지자체	주민의 접근 편이성

○ 전반적으로 도로형편이 개선되었다고 볼 수 있겠으나, 현재 도로 Stock은 선진국의 1/3~1/4 수준으로 절대 부족한 상황이다.

표 1-2 나라별 국도계수당 도로밀도[3]

구 분	한 국	일 본	미 국	영 국
인구당 도로연장(㎞/천인)	2.1(1)	9.2(4.4)	22.0(10.5)	10.4(5.0)
면적당 도로연장(㎞/㎢)	1.0(1)	3.1(3.1)	0.7(0.7)	2.5(2.5)
차량당 도로연장(m/대)	6.6(1)	15.9(2.4)	27.7(4.2)	21.2(3.2)
국토계수당 도로밀도(㎞/√면적·인구)	1.5(1)	5.4(3.6)	3.8(2.5)	5.2(3.5)

1) 국토연구원 SOC 경제연구 자료
2) 국토연구원, 도로투자효과 분석, 2000년
3) 건설교통부, 도로업무편람, 2006년

표 1-3 주요국가 도로보급율

국 명	국토면적 (천㎢)	인구 (천명)	도로연장 (㎞)	국토면적당 도로연장 (㎞/㎢)	인구당 도로연장 (㎞/천명)	국토계수당 도로연장 (㎞)	
한 국	99.92	48,584	102,293	1.02	2.11	1.47	(1.0)
미 국	9,629.10	290,810	6,378,154	0.66	21.93	3.81	(2.6)
영 국	242.91	59,329	619,398	2.55	10.44	5.16	(3.6)
프 랑 스	551.50	59,762	891,290	1.62	14.91	4.91	(3.3)
이탈리아	301.34	57,646	479,688	1.59	8.32	3.64	(2.5)
독 일	357.03	82,541	231,581	0.65	2.81	1.35	(0.9)
일 본	377.90	127,570	1,177,278	3.12	9.23	5.36	(3.6)

○ 특히 전체 간선망의 1/8이 혼잡구간(91년 1,770㎞ → 05년 2,268㎞)이고, 간선도로인 국도의 56.8%가 2차선으로 되어있어 '04년 기준 교통혼잡비용이 23.1조원으로 증가하는 등 도로투자비의 1.4배 수준으로 나타나고 있어 산업경쟁력 약화요인으로 작용하고 있다.

○ 그리고 연간 발생 교통혼잡비용(23.1조)중 도시부가 60%(14.0조원)이상 차지하는 등 교통혼잡이 도시부에 집중되어 있음에도 불구하고 도로투자는 경제성보다 형평성에 우선하여 지방부에 편중되고 있는 실정이다.

○ 무엇보다 한정된 정부재정과 국방, 복지수요 증가 등에 따른 SOC 예산 감소로 급격히 도로투자가 감소('03년 9.0조원→'04년 8.0→'05년 7.6→'06년 7.3)되고 있는 것이 문제점으로 부각되고 있다.

표 1-4 OECD 국가별 도로현황

구분	총도로연장(km)					인구수 (천명)	국토 면적 (천㎢)	자동차 대수 (천대)	도로건설연장		고속도로연장		차량당 인구수 (인/대)
	계	고속 도로	국도	지방 도로	기타				인구 1인당 (m/인)	국토 면적당 (m/㎢)	인구 1인당 (m/인)	국토 면적당 (m/㎢)	
한국	102,293	2,968	14,224	17,710	67,391	48,584	99.92	15,397	2.11	1,023.75	0.06	29.70	3.16
일본	1,177,278	6,617	58,777	123,182	988,702	127,570	377.9	74,218	9.23	3,115.52	0.05	17.51	1.72
미국	6,878,154	89,359	618,057	698,600	4,976,688	290,810	9,629.10	280,428	21.98	662.88	0.31	9.88	1.26
영국	619,398	3,476	46,663	115,164	454,095	59,329	242.91	29,291	10.44	2,549.91	0.06	14.31	2.03
프랑스	891,290	10,390	25,900	355,000	500,000	59,762	551.5	35,642	14.91	1,616.12	0.17	18.84	1.68
독일	231,581	12,037	41,246	86,868	91,430	82,541	357.03	44,874	2.81	648.63	0.15	33.71	1.84
이탈리아	479,688	6,621	46,009	114,909	312,149	57,646	301.34	35,143	8.32	1,591.85	0.11	21.97	1.64
스페인	666,292	12,009	24,858	139,727	489,698	41,101	505.99	22,933	16.21	1,316.81	0.29	23.73	1.79
네덜란드	116,500	2,235	6,650	57,500	50,115	16,222	41.53	6,746	7.18	2,805.20	0.14	53.82	2.40
노르웨이	91,916	213	26,917	27,041	37,745	4,562	323.76	2,404	20.15	283.90	0.05	0.66	1.90
스웨덴	424,981	1,544	15,341	82,915	325,181	8,956	449.96	4,511	47.45	944.49	0.17	3.43	1.99
스위스	71,220	1,726	18,097	51,397	-	7,350	41.29	4,064	9.69	1,724.87	0.23	41.80	1.81
덴마크	71,847	918	701	9,988	60,240	5,387	43.09	2,279	13.34	1,667.37	0.17	21.30	2.36
그리스	116,470	470	9,100	31,300	75,600	11,033	131.96	4,782	10.56	882.62	0.04	3.56	2.31
뉴질랜드	92,662	169	10,790	-	81,703	4,009	270.53	2,876	23.11	342.52	0.04	0.62	1.39
룩셈부르크	5,189	115	837	1,891	2,346	448	2.6	311	11.58	1,995.77	0.26	44.23	1.44
멕시코	349,038	6,979	41,455	74,139	226,465	102,290	1,958.20	20,551	3.41	178.24	0.07	3.56	4.98
벨기에	149,767	1,747	12,531	1,349	134,140	10,376	30.51	5,468	14.43	4,908.78	0.17	57.26	1.90
슬로바키아	42,993	313	3,335	3,729	35,616	5,390	48.85	1,541	7.98	880.10	0.06	6.41	3.50
아이슬란드	12,988	-	4,272	3,946	4,770	289	103	190	44.94	126.10	-	-	1.52
아일랜드	95,736	125	5,310	11,628	78,673	3,994	70.27	1,787	23.97	1,362.40	0.03	1.78	2.24
호주	811,601	18,619	107,234	685,748	-	19,881	7,741.20	11,738	40.82	104.84	0.94	2.41	1.69
오스트리아	133,718	1,677	10,383	23,658	98,000	8,090	83.86	4,409	16.53	1,594.54	0.21	20.00	1.83
체코	127,672	518	20,720	34,134	72,300	10,202	78.87	3,992	12.51	1,618.77	0.05	6.57	2.56
캐나다	1,408,900	16,900	85,800	114,600	1,191,600	31,630	9,970.60	18,255	44.54	141.31	0.53	1.69	1.73
터키	354,421	1,886	31,358	30,133	291,044	70,712	774.82	6,376	5.01	457.42	0.03	2.43	11.09
포르투칼	72,700	1,700	12,000	59,000	-	10,444	91.98	4,769	6.96	790.39	0.16	18.48	2.19
폴란드	423,997	484	17,821	28,403	377,289	38,196	312.69	13,518	11.10	1,355.97	0.01	1.55	2.83
핀란드	78,216	653	12,605	64,958	-	5,212	338.15	2,346	15.01	231.31	0.13	1.93	2.22
헝가리	159,568	533	30,460	23,342	105,233	10,128	93.03	3,172	15.76	1,715.23	0.05	5.73	3.19

1.2.2 현 도로 문제점

(1) 국가기간망 기능향상 필요성 대두

○ 도로교통은 국내 수송량의 90%이상을 분담하는 교통부문의 핵심 사회간접자본으로서, 자동차의 편리성과 유연성 및 좁은 국토의 특성 때문에 도로교통의 절대적 지위는 21세기에도 지속될 것으로 예상된다.

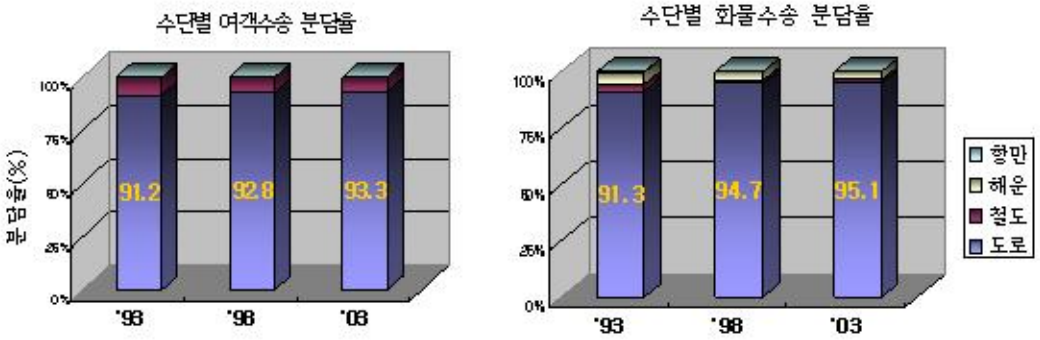
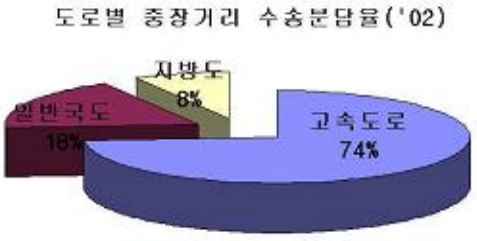


그림 1-4 수단별 중장거리 수송 분담률('02년)

○ 특히, 고속도로는 육상 운송 중 중장거리 여객 및 화물수송의 70%이상을 분담하는 국가 교통망의 중추적 역할을 수행하고 있다.



○ 그러나, 경부고속도로처럼 대도시권을 중심으로 형성된 초기 고속도로는 개통후 장기간이 경과함에 따른 노후화 및 만성적인 지·정체 등으로 물류의 국가대동맥으로서의 기능을 상실해 가고 있으며, 서울을 비롯한 대도시권의 지속적인 발전은 물론, 행정중심복합도시와 같은 도시의 출현은 도시지도를 변형시키고 2010년 자동차 2천만대 도래시 대도시권의 극심한 교통난이 예상된다. 그러므로 도로의 투자를 지방부에서 도시부와 지정체가 발생하는 혼잡구간으로 대폭 전환하여 도로효율을 극대화할 필요성이 제기되고 있다.

(2) 심화되는 수도권 지역의 교통난

○ 수도권의 경우 서울을 중심으로 한 방사형 공간구조가 형성되어 있으며, 최근에는 서울을 기점으로 40km 권역까지 본격적인 택지개발과 함께 인구와 산업의 광역화 현상이 활발해지고 있다.

○ 특히, 경부고속도로를 따라 수도권 남부지역은 택지개발이 집중되고 있는 반면에 기반시설 확충이 뒤따르지 못해 중심도시와 주변 도시간의 교통 혼잡이 날로 심화되고 있으며, 향후 수도권 인구는 2,248만명(2003년)에서 2020년에 약 2,519만명으로 지속적으로 증가할 것으로 예측된다.

표 1-5 연도별 지역 인구수

(단위 : 천인)

구 분	서 울 시	인 천 시	경 기 도	수 도 권
2003	10,024	2,615	9,846	**22,485**
2015	9,723	2,890	12,102	**24,715**
2020	9,508	2,962	12,728	**25,198**

○ 아울러, 수도권 지역의 자동차 보유대수는 '03년 678만대에서 2020년에는 1,051만대로 약 2배 정도 증가될 것으로 예상된다.

표 1-6 연도별 지역 자동차수

(단위 : 천대)

구 분	서 울 시	인 천 시	경 기 도	수 도 권
2003	2,776	774	3,232	**6,782**
2016	3,993	1,322	4,261	**9,576**
2021	4,371	1,489	4,656	**10,516**

○ 이러한 수도권 신도시개발과 인구·자동차 증가는 현재도 상습적인 지·정체로 극심한 몸살을 앓고 있는 우리나라 물류수송의 대동맥인 경부고속도로를 마비시켜 제 기능을 상실케 할 것이다. 이는 향후 경제·사회·환경 분야에 많은 문제를 야기시켜 국가 발전에 걸림돌이 될 것이다.

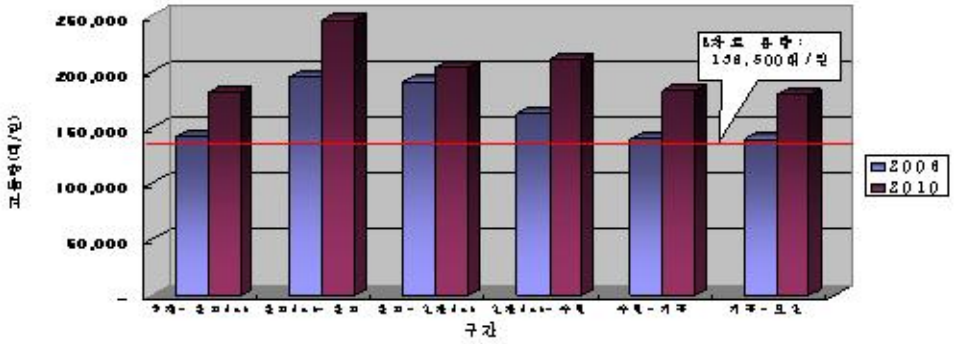


그림 1-5 경부고속도로 수도권구간 교통수요 예측

(3) 도로부족에 따른 국가경쟁력 약화

○ 기존 고속도로는 70년대 이후 국가 경제성장 및 지역개발의 선도적 역할을 수행해왔음에도 사회·경제적으로 감당하기 어려운 많은 미비점과 부작용을 안고 있다.

- 전체 도로연장 : 40,244km('70) → 97,252km('05년말)
- 고속도로 연장 : 551km('70) → 2,968km('05년말)
- 포 장 율 : 9.6%('70) → 79.1%('05년말)

○ 선진 외국에서는 100년 이상 도로를 건설하였으나, 우리나라는 30여년에 불과하여 도로 Stock은 선진국의 1/3~1/4수준으로 열악한 상태이다.

표 1-7 국가별 요소당 도로연장 [4)]

구 분	한 국	일 본	미 국	영 국
인구당 도로연장(km/천인)	2.1(1)	9.2(4.4)	22.0(10.5)	10.4(5.0)
면적당 도로연장(km/㎢)	1.0(1)	3.1(3.1)	0.7(0.7)	2.5(2.5)
차량당 도로연장(m/대)	6.6(1)	15.9(2.4)	27.7(4.2)	21.2(3.2)
국토계수당 도로밀도(km/√면적·인구)	1.5(1)	5.4(3.6)	3.8(2.5)	5.2(3.5)

4) 건설교통부, 도로업무편람, 2006년

○ 이로 인한 만성적인 지·정체로 이동성·정시성을 상실하여 '03년 기준으로 고속도로와 국도의 혼잡구간이 2,907km에 이르고 이에 따른 전체 도로 혼잡비용이 연간 22.1조원에 달한다. 또한 총 67.5조원에 이르는 국가 물류비는 국내총생산(GDP)의 12.2%를 차지하고 있으며 이중 도로 부문이 63.5%를 점유하고 있다.

○ 이에 따라 국내기업의 물류비 지출은 미국·일본의 2배, 유럽기업의 3배 규모의 막대한 물류비용으로 국가 경쟁력 약화의 중요한 요인으로 나타나고 있다.

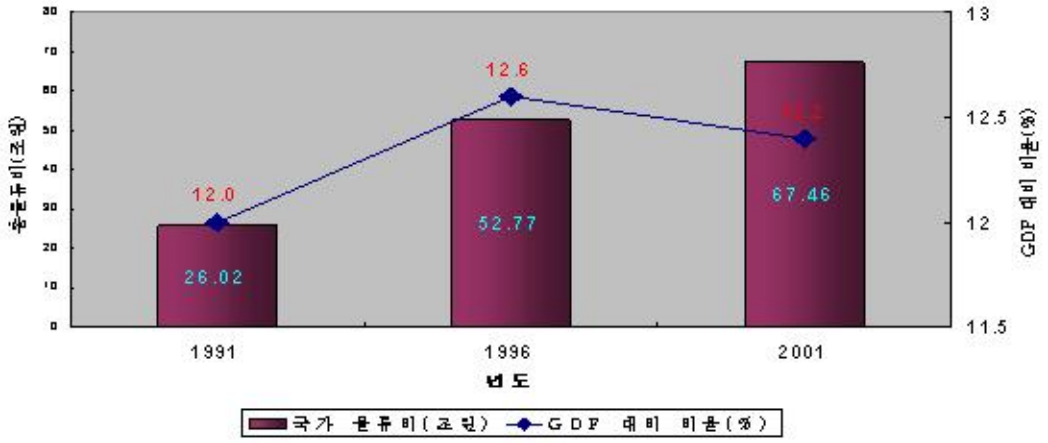


그림 1-6 국가물류비 현황

(4) 7×9에 의존한 수동적인 도로망 확충

○ 국가간선도로망의 체계적이고 장기적인 계획이 필요함에 따라 정부에서는 1992년 "전국도로망 체계 재정비(2단계)계획"을 수립하여 체계적이고 균형적인 전국 간선도로망 구축을 위한 기틀을 마련했다.

○ 그러나 지역균형발전에 따른 지역별 각종 개발계획 추진으로 교통 여건 변화가 심화되고 IMF 경제위기, 국도의 고속화에 따른 고속도로와 국도의 중복성, 고속도로의 민자유치 등으로 인한 계획 수정의 필요에 따라 '92년 계획에 근간을 두고 새로이 "고속도로 중기투자계획(2000.4)"를 수립하여 추진 중에 있다.

○ 하지만 기존 7×9축의 골격을 유지하는 수동적인 계획 수립은 수도권 및 대도시 구간의 지정체를 가중시켜 지역발전을 저해하고 있다.

(5) "도로건설=자연환경훼손" 이미지

○ 과거 경제성장의 목표 아래 이루어진 도로건설은 이용자의 편의를 위해 지역간을 최단거리로 연결하고 사업비를 최소화하는 점에 중점을 두고 추진한 결과 자연환경 파괴, 배기가스 및 주행소음 발생 등 주변 환경 오염 발생의 원인이 되어왔다.

○ 하지만 경제발전에 가려 도외시 되었던 환경에 대한 관심이 경제성장에 따른 국민소득 향상으로 삶의 질을 고려하기 시작하면서 점차 증대되고 있다.

○ 이에 따라 정부에서는 각종 환경관련 법규를 강화하고 있고 위상이 강화된 환경단체의 목소리는 커져만 가고 있다. 심지어 연도 주민들로부터는 기피시설로 취급받고 있어 공공사업 추진이 어려운 실정이다.

(6) 자동차시대에 걸맞은 고속도로의 부재

○ 고속주행에 대한 인간의 욕망과 자동차 산업의 발전에 따른 자동차 성능 개선으로 선형이 양호한 고속도로에서는 실질적인 주행속도가 140km/hr를 넘어서고 있으나 1970년 이후 고속도로의 설계기준은 설계속도 100~120km/hr의 동일한 기준으로 설계되고 있는 실정이다.

○ 또한 차세대 자동차의 지능화에 따라 위험상황 인지, 자동제어 및 자동주행 등이 현실화되고 있어, 차량의 주행속도는 더욱 상향될 전망이다. 현재 우리나라 자동차 회사에서도 설계속도 250km/hr 이상의 주행시험장을 만들어 시험하고 있으며, 외국에서는 서울~부산간을 1시간에 주파할 수 있는 주행속도 400km/hr이상의 고성능 자동차들이 생산되고 있어 고속주행에 대한 요구가 더욱 커질 것이다.

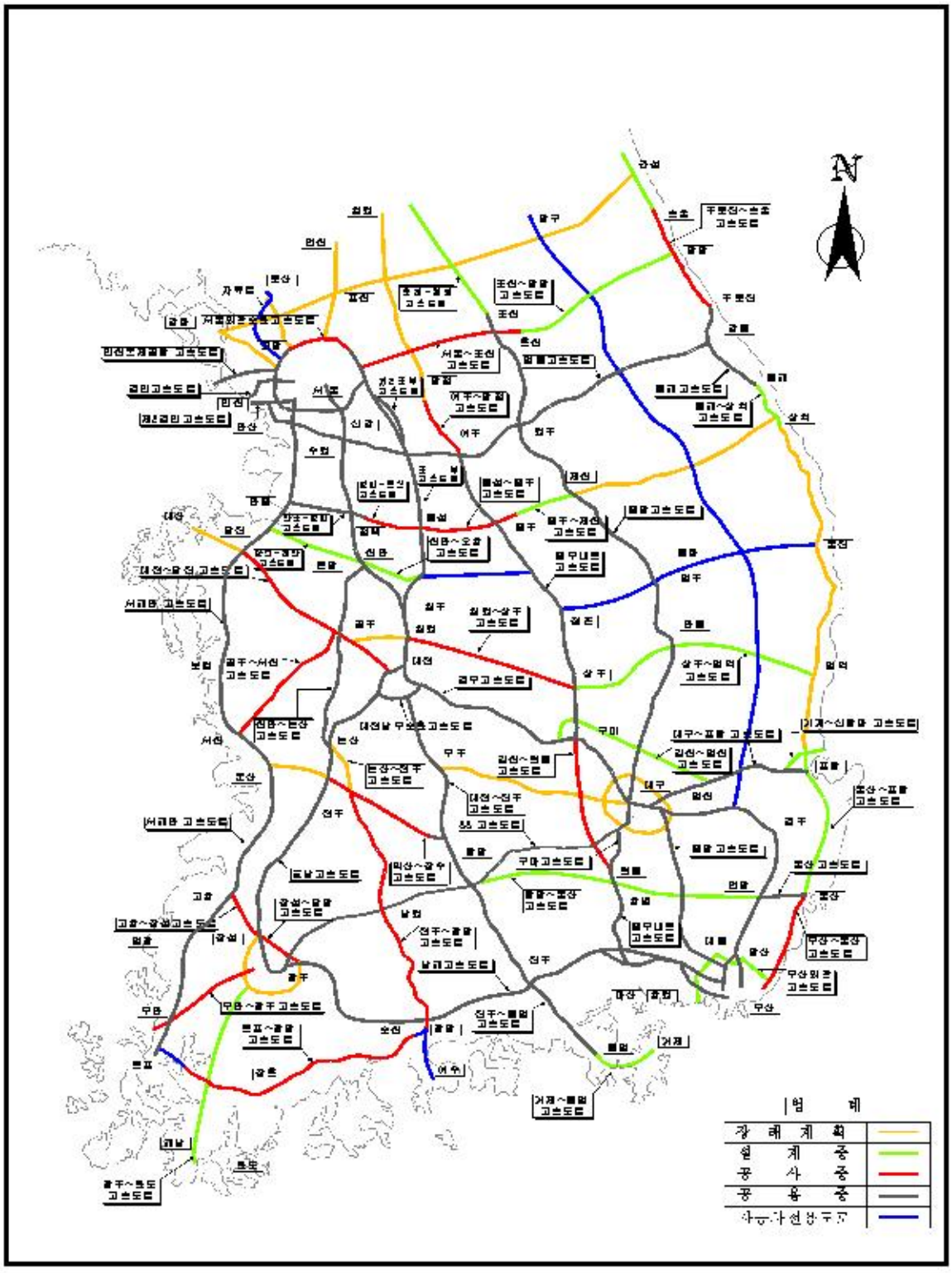


그림 1-7 국가 간선도로망 계획

1.3 미래 도로환경 변화 전망

1.3.1 도로환경

(1) 국제여건 변화

○ 개별 국가 중심의 국제사회에서 EU, NAFTA 등 경제공동체 중심으로 변화되어 교역·자본이동에 국제적 장벽이 제거되고 있다. 동북아지역의 물동량 증가세가 두드러지고 동북아시아의 경제성장이 세계경제를 주도할 것으로 예상됨에 따라 한국은 동아시아의 중심에 위치하여 동북아 중심국가 건설을 위한 최적의 지정학적 이점을 보유하고 있다.

○ 특히 개성공단, 금강산 특구 개발추진 등 남북한 교류협력 증진 및 교류의 확대는 남북한 연계교통망의 확충과 동시에 아시안하이웨이 등과의 연결 교통망 형성을 통한 교통수요의 증가를 가져올 전망이다.

(2) 국내여건 변화

○ 국토 균형발전 차원에서 공공기관 이전 등 중추기능 지방분산 추진으로 지역경제가 활성화되고 대도시권을 중심으로 광역도시화가 진행되어 광역교통수요가 증대될 것이다. 특히 행정중심복합도시와 혁신도시의 건설은 향후 각 도시간의 연계 이동수요가 증가되어 기존 경부축 중심의 이동에서 다핵연계구조의 이동행태를 보일 것이다.

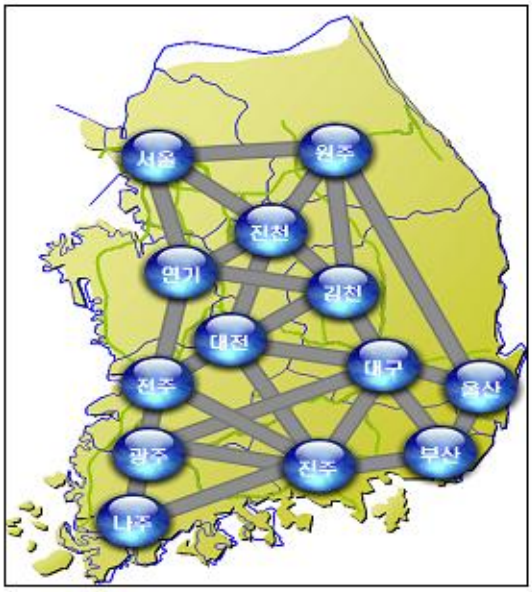


그림 1-8 다핵구조 교통구조 변화

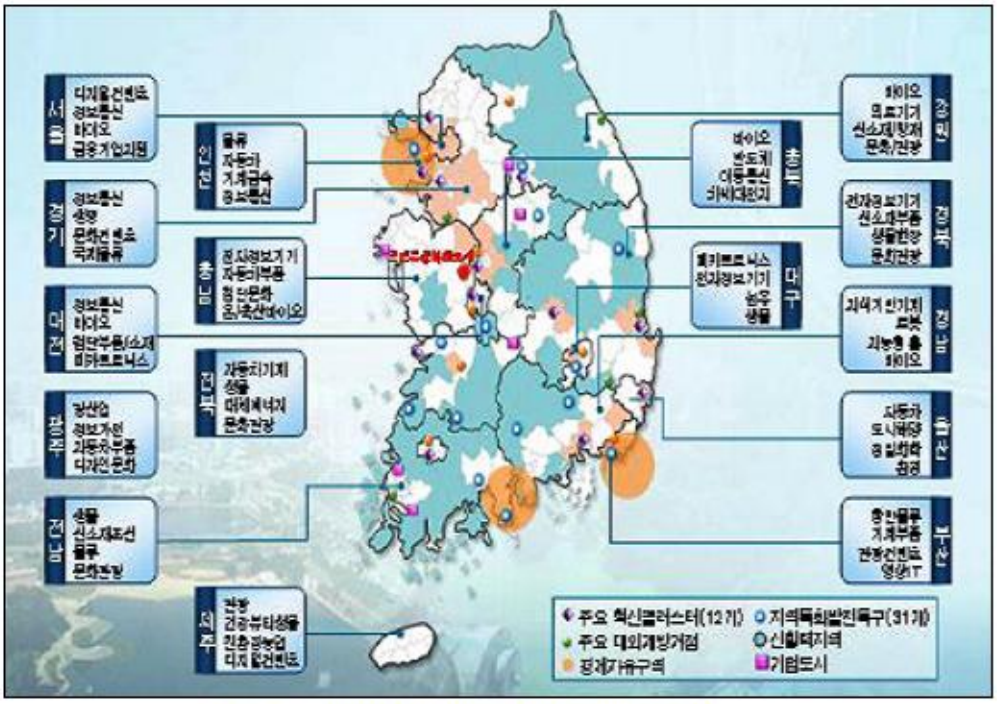


그림 1-9 행정중심복합도시 혁신도시배치계획

○ 소득수준의 향상에 따른 삶의 질 향상, 주5일 근무제 정착 등으로 차량 이용패턴이 변화될 것이다. 그리고 고령화사회(2020년 65세 인구비율 14%)의 도달로 고령자, 교통약자 등을 위한 교통안전에 대한 중요성이 증대되고 교통부문의 온실가스 배출량을 줄이기 위한 환경친화적 교통수단 등 교통관련 기술의 개발 요구가 거세어 질 전망이다.

○ 그러나 무엇보다 정보통신기술의 혁신적 발전은 텔레메틱스 시대의 진입으로 첨단 교통시스템 구축 및 실용화를 앞당길 것이며, 이것은 기존의 도로, 교통개념으로는 낙후성을 면하지 못할 것이다.

(3) 도로교통수요 전망

○ 2020년 인당 GDP $20,000을 성장한계로 설정하여 Quasi-Logistic 모형으로 자동차 보유대수를 예측시 2004년 대비 2010년에는 1.35배, 2020년은 1.56배의 증가가 예상된다.

표 1-8 자동차 보유대수 전망

구 분	2004년	2010년	2020년	증가배수
자동차 보유대수(천대)	14,934	20,516	23,310	1.56
인구천인당 자동차 대수(대)	311	414	460	1.48

※ 자료 : 도로정비기본계획 수정계획(건설교통부, 2005.12)

○ 이러한 자동차 보유대수의 증가와 사회경제지표를 감안한 장래 도로교통 수요를 전망하기 위하여 1980년 이후 20여년간 사회경제지표 변화에 따른 수송량 증가 추이를 토대로 장래 수송수요를 추정(인구, 불변 GDP를 독립변수로 회귀분석) 하면 2003년 대비 2020년에 여객수송은 1.5배, 화물수송은 1.4배의 증가를 보일 전망이다.

표 1-9 총 수송수요 전망

구 분		2003년	2010년	2020년
여객 수송량	백만인	47,104	52,209	70,317
	백만인-km	279,804	293,466	348,487
화물 수송량	백만톤	3,881	3,999	5,469
	백만톤-km	97,448	180,463	247,480

※ 자료 : 도로정비기본계획 수정계획(건설교통부, 2005.12)

○ 이러한 총수송 수요 중 도로부문의 수송전망은 여객수송은 2003년 43,941백만명 수준에서 2020년에는 1.5배 증가한 64,885 백만명으로 예상되고 화물의 경우 2003년 3,692백만톤에서 2020년 4,951백만톤으로 1.3배 증가하는 것으로 분석되었다.

표 1-10 도로수송수요 전망[5)]

( ) : 분담율

구 분		2003년	2010년	2020년
여객 수송량	백만인	43,941(93.3)	48,579(93.0)	64,885(92.3)
	백만인-km	217,105(77.6)	208,114(70.8)	244,213(70.1)
화물 수송량	백만톤	3,692(95.1)	3,922(92.0)	4,951(90.5)
	백만톤-km	45,887(47.1)	93,119(51.1)	117,295(47.4)

1.3.2 도로정책 방향

(1) 기본방향

○ 건설교통부에서는 5년마다 『도로정비기본계획』을 재정비하고 있으며, 도로비전을 쾌적하고, 편리하고, 안전한 도로건설·관리로 두고 2006년~2010년 사이의 도로정비 기본방향 및 목표를 그림 1-10, 그림 1-11과 같이 제시하였다.

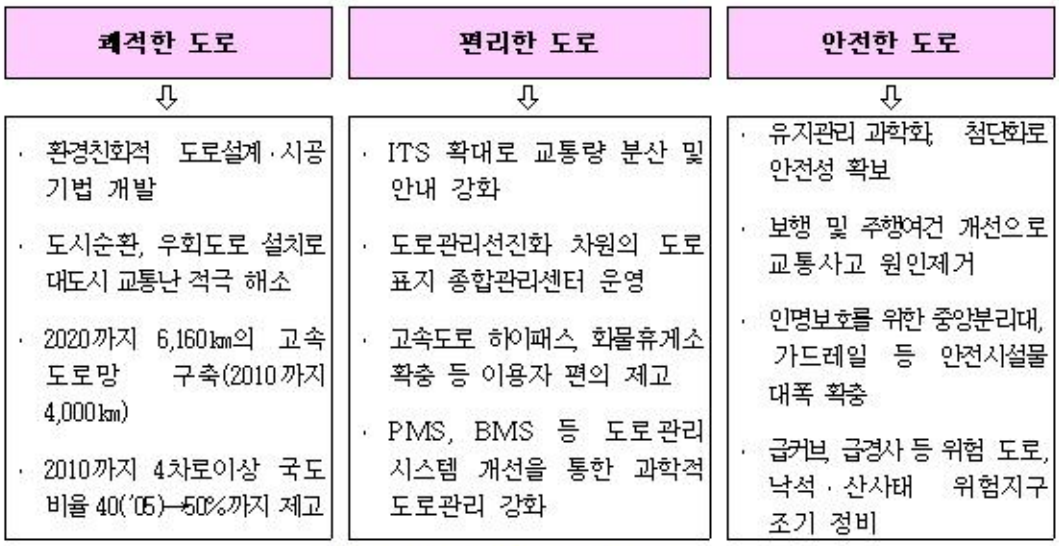
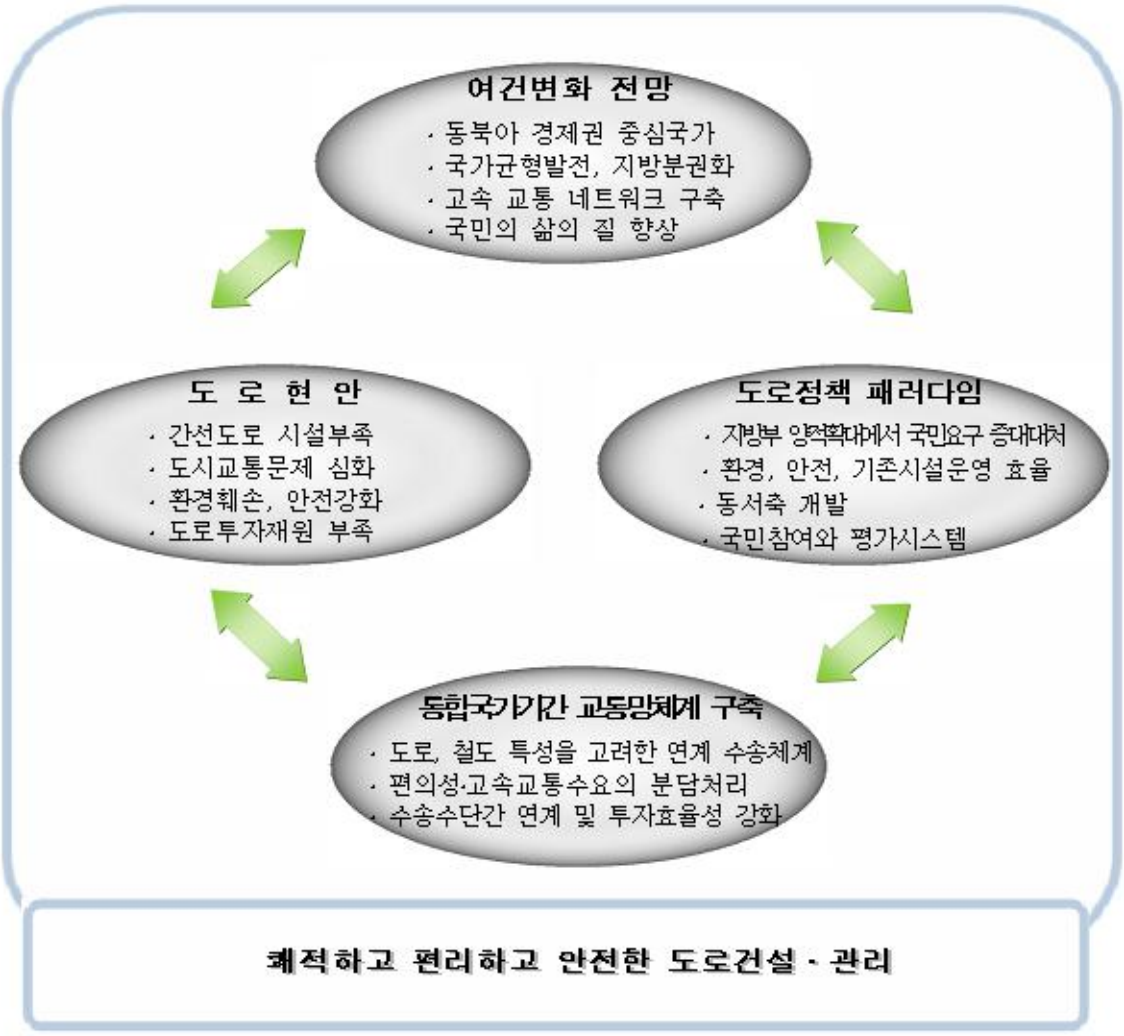


그림 1-10 도로정비 기본방향

5) 건설교통부, 도로정비기본계획 수정계획, 2005년



· 지방분권 및 국토균형발전을 지원하는 네트워크형 고속간선망 구축
· 교통혼잡구간 정비 및 도로별 연계체계 강화로 도시부 교통난 해소
· 환경과 인간이 조화된 도로건설
· 국가 안전도 제고 및 통행안전 확보를 위한 안전한 도로건설 및 관리
· 도로의 지능화, 정보화 등 교통효율 향상으로 도로이용자 서비스 제고
· 도로투자재원 안정적 확보 및 투자효율성 증진으로 전국 반나절 생활권 조기 완성

그림 1-11 도로정비 목표

(2) 추진방향

1) 네트워크형 국토균형발전 지원

○ 국토균형발전 및 동북아 물류중심국가 기반조성을 위해 3개 연안축과 동서축을 연계한 "□자형" 국토순환도로망을 완성할 계획이다. 이를 위해 자연환경과 지형여건을 고려하여 2020년까지 남북 7개축, 동서 9개축 국토간선도로망(고속국도 6,000km) 구축을 목표로 2010년까지 4,000km 수준으로 구축하고 네트워크형 국토형성을 위한 국토순환망이 될 수 있도록 동서축을 중점 보강한다.

표 1-11 도로정비확충 규모[6)]

구 분		2003년	2010년	2020년
고 속 국 도		2,778	4,000	6,000
일반국도	연 장	14,234	15,000	19,000
	4차로이상비율	37%	50%	60%
지방도로(국지도포함)		80,239	90,600	112,500
농어촌도로		(62,398)	(62,398)	(62,500)
계		97,252	109,600	200,000

○ 국토 어디서나 30분이내 고속국도로 접근 가능토록하고, 연계 고속국도망을 조기 확충하여 전국 반일 생활권을 실현한다. 30분 이내 접근 가능한 인구규모는 총인구 대비 2004년 86.2%에서 2010년 93.7%로 제고한다.

6) 향후 지방분권화 시대와 일반국도 노선 재정비 등을 통하여 도로등급별 연장은 상호 변화될 수 있다. 목표연도 도로개발지표를 감안하여 설정(2020년 4차로 용량기준 13,300km 내외), 건설교통부, 도로정비기본계획 수정계획, 2005. 12

○ 행정중심복합도시와 전국 대도시권간 연계교통체계를 구축하여 전국 주요 도시에서 2시간대에 접근할 수 있는 교통체계를 구축하고, 접근이 불리한 지역의 연계 강화를 위해 국가기간교통망의 동서축 확충 및 행정중심복합도시와 대전·충주 등 주변지역간 연계교통체계를 구축하는데 여기에는 지능형 교통체계(ITS) 등 첨단기법을 활용한 도시교통의 과학적 관리기법이 도입된다.

그림 1-12 전국 반나절 생활권 실현

○ 국제환경변화 및 남북교류활성화에 대비한 남북 연결도로망 및 아시안 하이웨이 구축을 지원하기 위하여 한반도 도로망을 구상하고 한국, 중국, 러시아, 일본 등 아시아 국가간 물적·인적 교류확대를 위한 아시안 하이웨이 협정비준에 따라 AH1, AH6 노선정비계획을 수립한다.

2) 친환경적인 국민참여형 도로건설

○ 개발과 보전의 조화를 통해 생태계의 보전과 자원이용의 세대간 형평성을 도모하기 위하여 도로의 계획, 설계, 시공, 유지관리 등 도로건설 단계별로 국민참여방안을 마련하여 수요자 중심의 도로건설 및 갈등 예방방안을 도입한다.

3) 도시부 교통난 해소 및 도로망 연계 강화

○ 수도권 등 광역대도시권의 외연적 확산과 난개발 등에 따른 교통난 완화를 위한 장기적인 고속국도망을 확충하며, 수도권에는 고속국도와 일반국도 등 간선도로망 이외에 고속(화)도로를 지속적으로 구축하며 부산, 대구, 광주, 울산 등 광역 순환고속도로망을 단계별로 구축하게 된다. 그리고 간선버스시스템(BRT) 등 대중교통 활성화를 위한 도로설계 및 연계 교통망을 강화한다.

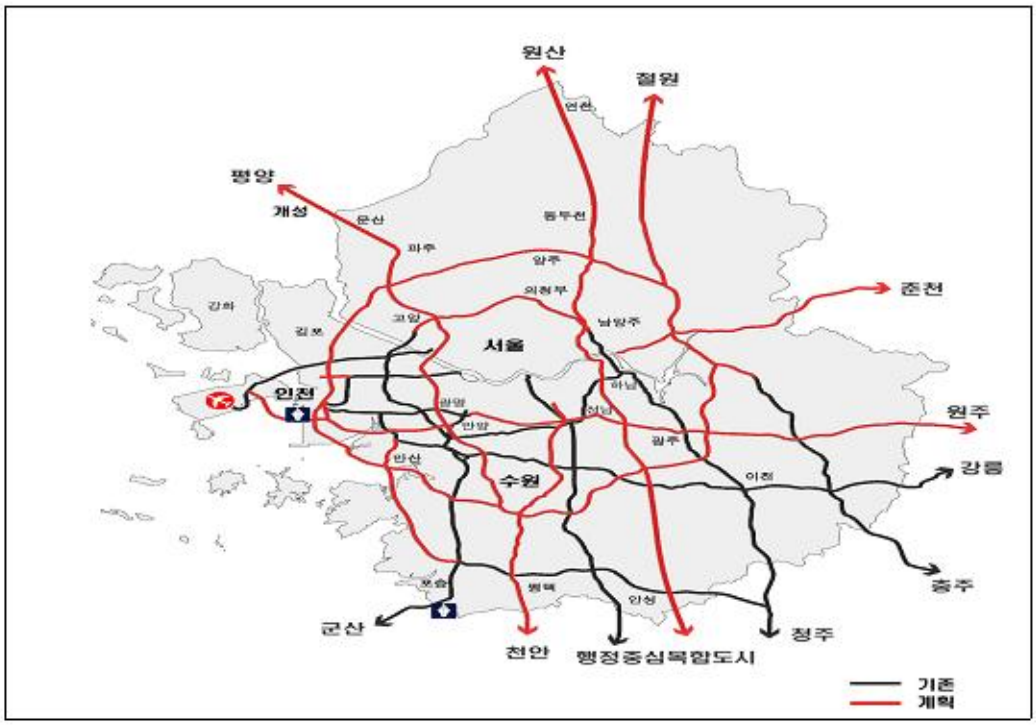
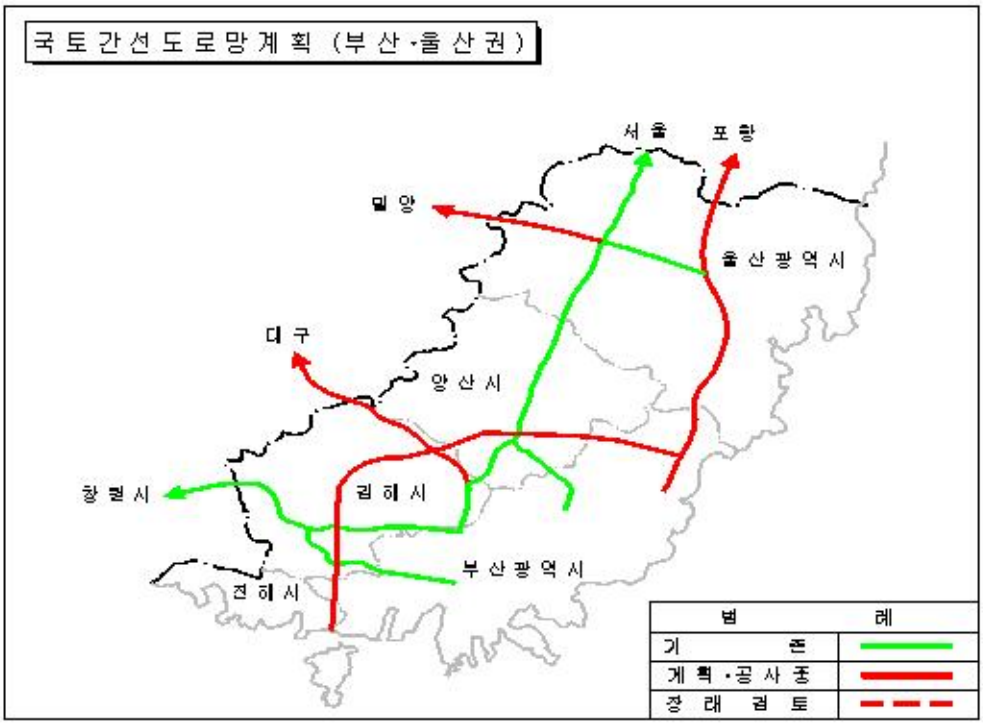
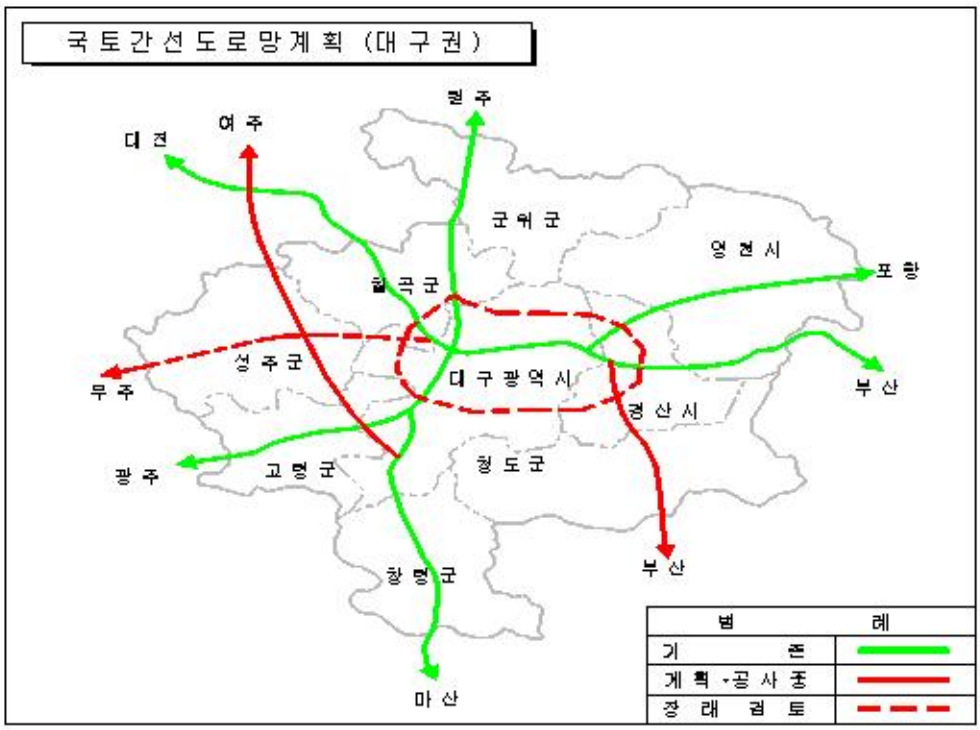
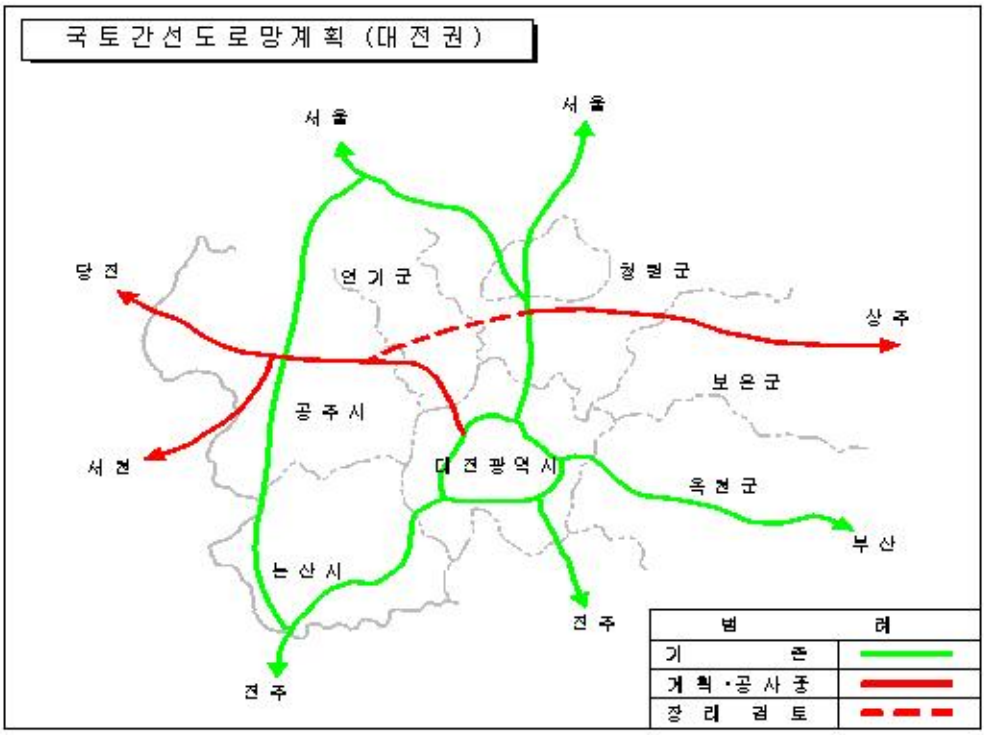


그림 1-13 수도권 간선도로망 계획

○ 고속국도 상습 지·정체구간을 대폭 정비하기 위하여 IC 진출입로, 본선 가감속차로 확장, 영업소 확장, 하이패스(Hi-Pass) 설치 등을 추진하게 된다.







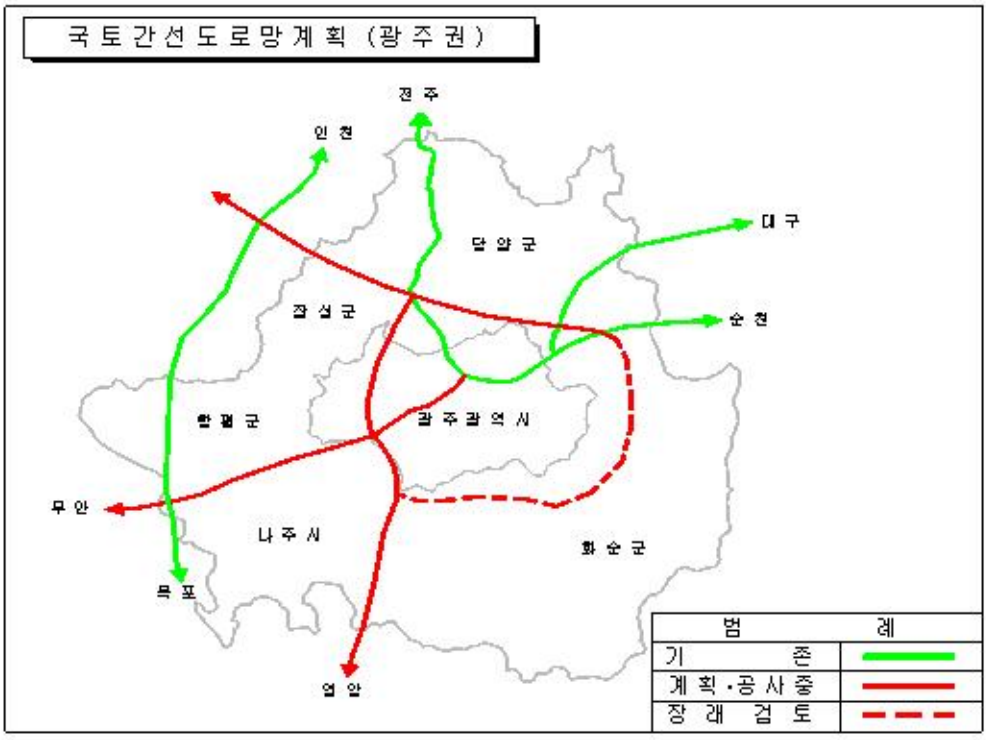


그림 1-14 지방 대도시권 순환고속국도 계획

표 1-12 아시안 하이웨이

□ 건설목적

아시아 대륙 및 유럽을 육로로 연결하여 권역내의 교통 및 교류를 촉진하고, 무역, 관광 및 교류의 발달에 공헌하는 것

□ 추진경위

○ '59 : 아시안하이웨이 건설계획(남부노선대) 수립
- 15개국 경유, 40개노선 65,000km

○ '92 : 북부노선대 추가(제48차 ESCAP총회)
※ 동서 화해에 따른 러시아, 중국, 몽고의 AH 참여

○ '92~'93 : AH 타당성조사 (1단계)
- 한반도 포함 북부노선대 및 남부노선대 선정

○ '97~'98 : AH 타당성조사 (2단계)
- 도로망 현황조사, 장래 수송수요 예측, 국제협력방안 제시

○ '98. 5 : 한·ESCAP 협력기금사업 심의(방콕, 태국)
- 몽골-중국-러시아-한반도 연결도로사업 우리나라 참여 합의
- 북한에 조사단을 파견하여 남한 및 중국 연결도로축 검토

○ '02. 5 : AH 전문가그룹회의(EGM, 제58차 ESCAP총회)
- AH 노선대 확정, 노선번호체계 정립

○ '02.11 : 제4차 ESCAP 교통·통신·관광·인프라개발위원회
- '02. 5 AH EGM 결정사항 승인(노선대, 번호체계)

□ '아시아 고속도로 정부간 건설협정' 체결

'04년 4월 중국 상하이에서 열린 제60차 유엔(UN) 아시아·태평양경제사회위원회(ESCAP) 연례총회에서 아시아 32개국을 잇는 '아시아 고속도로 정부간 건설협정'이 체결됐다. 이에 따라 한·중·일·러시아·인도·터키 등 아시아 32개국의 하나로 연결하는 55개 노선, 총연장 14만㎞의 현대판 실크로드가 이루어지게 됐다.

아시안하이웨이 노선중 한국을 통과하는 노선은 제1노선과 제6노선이다. 이 도로망이 구축되면 자동차로 서울~평양~중국 선양은 7시간, 강릉~원산~러시아 하산은 10시간 만에 완주할 수 있게 된다.

4) 도로의 지능화, 정보화 등 도로이용자의 편의증진

○ 지능형교통체계(ITS) 확대로 교통량 분산 및 안내 기능을 강화하기 위하여 고속국도의 첨단교통관리시스템(FTMS)을 지속적으로 보강해 나가고 일반국도 지능형교통체계를 고속국도와 병행하는 노선별, 권역별로 단계적으로 구축하여 다양한 이동경로 제공 등 이용 편의성을 증진한다.

○ 또한, 도로시설 및 통행특성의 정보구축으로 도로운영·관리의 지능화와 정보통신기술을 활용한 도로정보 안내체계 활성화 등 도로운영관리의 과학화를 추진하고 미래 삶의 질 향상에 대비한 친환경, 초스피드, 고도의 안전성, 대용량 처리가 가능한 최첨단 도로공간 형성 등 미래형 도로를 구상한다.

5) 도로투자재원의 안정적 확보 및 투자효율성 강화

○ 도로재원체계 변화, 투자규모 축소에 따른 투자효율성을 강화하고 민간자본 투자유치활성화, 재무적 투자자 등 도로재원 보완방안을 마련하며 단기간 소규모 투자로 사업효과가 높은 기존도로 용량증대, 상시 지·정체 구간 개선, 병목지점, 교차로 개선 등 사업을 추진한다.

1.3.3 사회 · 환경

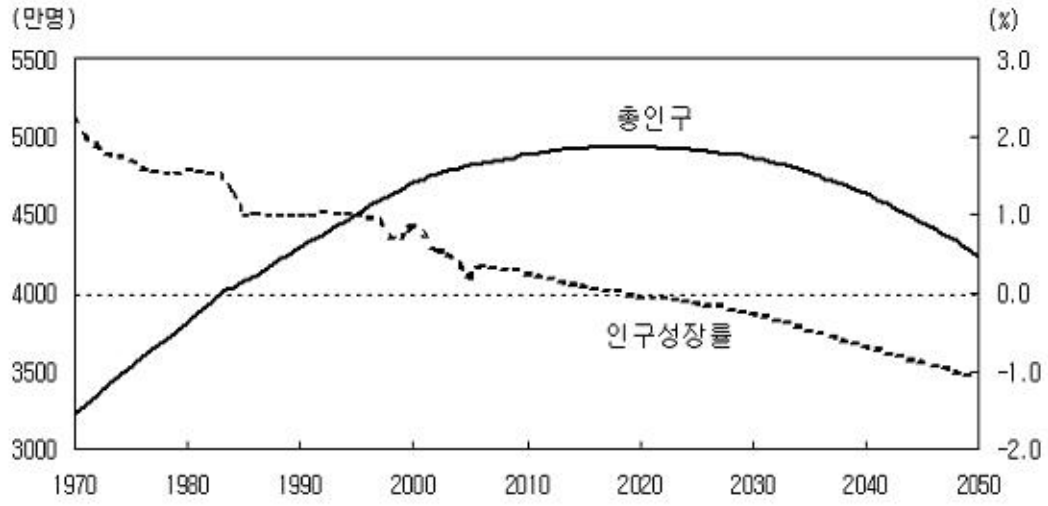
(1) 사회변화 전망

1) 인구성장 및 고령화 사회

○ 통계청 조사에 따르면 2005년 현재 우리나라 총인구는 48,138천명이며, 2010년 48,875만명, 2020년 49,326천명을 정점으로 2030년 48,635천명, 2050년 42,343천명으로 감소할 것으로 예측되고 있다. 인구성장률은 2000년 0.84% 증가에서, 2005년 0.21% 2010년에는 0.34% 도달한 후, 2020년 -0.02%, 2030년 -0.25%, 2050년 -1.07% 등으로 지속적으로 인구가 감소할 것으로 전망된다.

표1-13 총인구 및 인구성장률 추이[7)]

	1970	1980	1990	2000	2005	2010	2018	2020	2030	2050
총인구(천명)	32,241	38,124	42,869	47,008	48,138	48,875	49,326	49,326	48,635	42,343
인구성장율(%)	2.21	1.57	0.99	0.84	0.21	0.26	0.02	-0.02	-0.25	-1.07



7) 통계청「인구주택총조사보고서」각 년도 「장래인구추계 결과 2000년 ~ 2050년」 2006년

○ 이러한 인구증가 추세로 인하여 향후 한국사회는 커다란 변화에 직면할 것으로 예상되는데 무엇보다도 먼저 본격적인 고령화 사회가 빠른 속도로 진전될 것으로 전망된다. 65세 이상 고령인구는 2000년 현재 7.2%로 고령화 사회에 진입했으며, 2005년 9.1%, 2018년 14.3%로 고령사회가 급진전되어 2026년에 20.8%로 초(超)고령사회에 진입하며 2030년에는 24.3%, 2050년에는 38.2%를 상회할 것으로 전망된다.

그림 1-15 한국 인구고령화 진전 속도

○ 한편, 생산가능인구(15세~64세)는 2005년 현재 34,530천명(총인구중 71.7%)에서 2016년 36,190천명(73.4%)을 고비로 점차 감소하여 2020년 35,506천명(72%), 2050년에는 22,424천명(53.0%)에 이를 것으로 전망되고, 65세 인구를 14세이하 인구로 나눈 노령화 지수는 2005년 47.3%, 2020년경에는 125.9%, 2050년에는 429.3%에 다다를 것이다. 따라서 2005년에는 15세에서 64세 사이의 생산가능인구 약8명이 65세 이상의 노인 1명을 부양하지만 2030년에는 약 3명이 노인 1명을, 2050년에는 1.4명당 노인 1명을 부양하게 되는 것으로 예상된다.

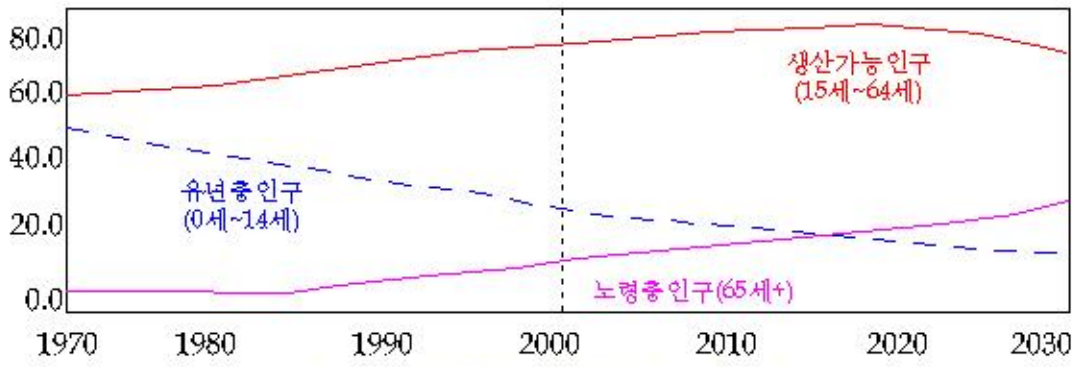


그림 1-16 노령층 인구 및 생산가능 인구 비중

○ 연도별 인구피라미드 변화추이는 1960년 피라미드형에서 2005년 현재 종형으로 출생률과 사망률이 함께 감소하는 구조로 변화되었으며, 2050년에는 인구증가율이 감소되는 주발형(항아리모양)으로 인구구조가 변화 될 것으로 전망된다.

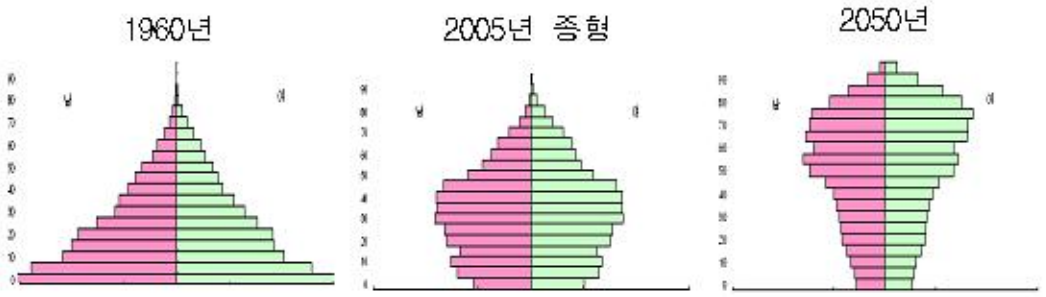


그림 1-17 연도별 인구피라미드 변화 추이

○ 국제적으로 비교하여 보면, 인구규모는 2005년 우리나라 인구 48,138천명은 세계인구의 0.74%로 세계 25위 수준이며, 2020년 49,326천명 세계 28위, 2030년에는 48,635천명으로 세계 32위로 전망된다. 인구밀도는 2005년 현재 483명/Km^2으로 도시국가 및 소규모 섬국가를 제외하면 방글라데시(985명/Km^2) 대만(632명/Km^2) 다음으로 세계 3번째 인구 조밀국가이다. 특히 문제가 예상되는 인구고령화 속도는 고령인구비율 7%(고령화사회)에서 14%(고령사회)로 도달하는데 걸리는 기간이 18년이며, 14%에서 20%(초고령사회)는 8년에 불과하여 기타 선진국에 비해 훨씬 빠른 속도로 고령사회로 진입할 것으로 전망된다.

표 1-13 고령사회, 초고령사회로의 도달연도

(단위:년도, 년수)

	도달연도			증가소요연수	
	7%	14%	20%	7%→14%	14%→20%
일 본	1970	1994	2006	24	12
프 랑 스	1864	1979	2018	115	39
독 일	1932	1979	2018	40	37
이탈리아	1927	1988	2006	61	18
미 국	1942	2015	2036	73	21
한 국	**2000**	**2018**	**2026**	**18**	**8**

○ 또한 노인의 생활수준과 교육수준이 향상되면서 노년기에 추구하는 건강, 여가, 사회참여 욕구가 다양해짐으로 인해 미래 도로에는 고령자의 통행이 증가하게 될 것이다. 미래 도로는 이러한 교통약자의 통행이 증가하게 되면서 교통약자에 대한 인지반응 과정연구, 명시성, 시인성 연구 등을 통하여 건설기준 마련 및 도로시설 공급이 필요하며, 교통약자를 고려한 도로정보 제공 시스템도 구축되어져야 할 것이다.

2) 정보화 사회의 진화

○ 지난 산업혁명에 이어 정보혁명을 지나 2010년이후에는 시간과 공간의 제약이 없어진 신사회가 발전할 것으로 전망된다. 2010년 이전까지 지속적으로 시간과 공간의 제약이 감소하면서 새로운 사회 경제체계로 전자정부, 원격교육, 가상공동체, 인터넷 방송 등이 등장하고 보편화 된다. 2010년이후에는 시간과 공간의 제약을 벗어나 IT를 기반으로 실제사회와 가상사회의 통합으로 언제, 어디서나 물질의 흐름과 정보의 흐름을 통합할 수 있는 새로운 사회가 등장하게 될 것으로 전망된다.

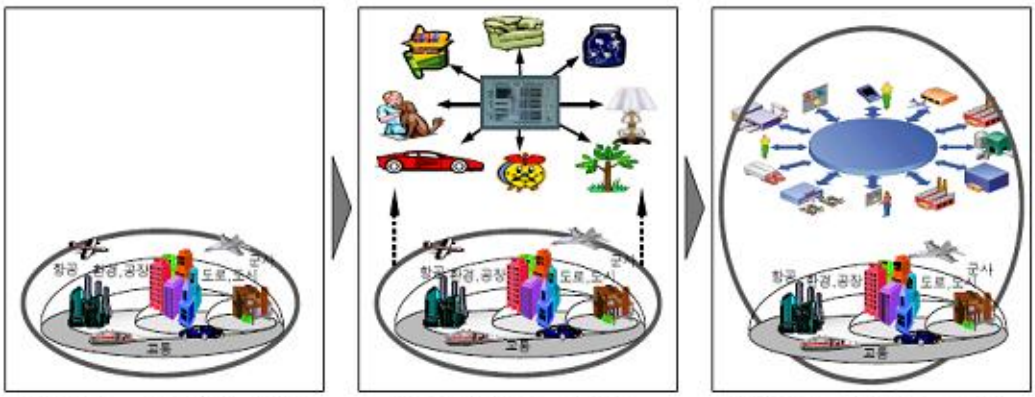


그림 1-18 정보통신 기반 미래사회의 모습

○ 정보화 사회의 기반이 되는 정보화 기술은 웹 컴퓨팅(Web Computing)의 단계를 지나 유비쿼터스 네트워킹(Ubiquitous Networking)으로 2010년 이후에는 사람과 컴퓨터, 사물이 상호 소통하는 익조틱 네트워킹 (Exotic Networking)으로 발전할 것으로 전망 된다.

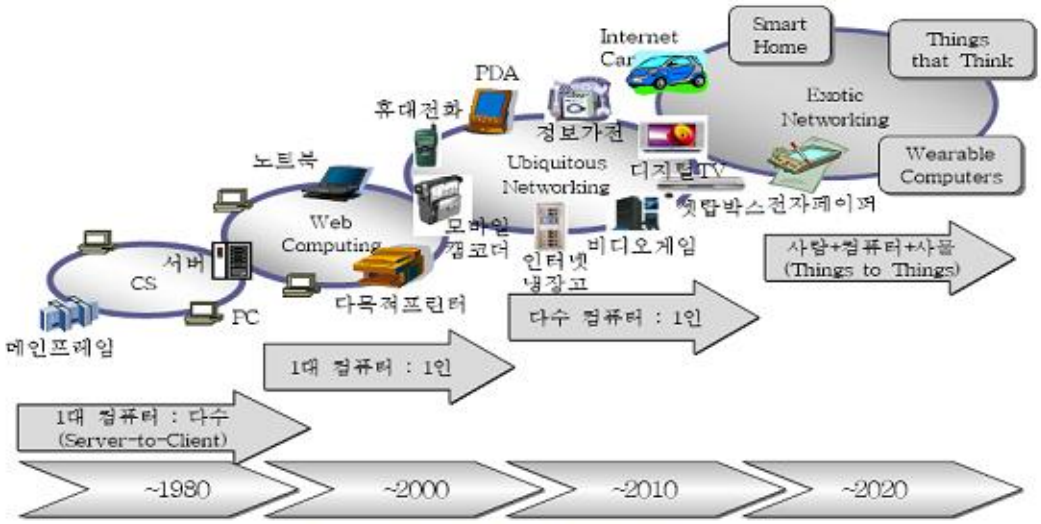


그림 1-19 정보화 기술의 발전 단계

○ 이런 정보화 시대의 진화흐름으로 정보화 서비스 발전단계를 살펴보았다, 서비스에 대한 욕구충족, 서비스 고도화/융합화, 서비스 지능화/개인화의 3단계로 보았으며, 1980년~1990년대는 서비스에 대한 기본적인 욕구 충족 단계로 커뮤니케이션 도구인 전화, 휴대폰, 인터넷 등의 보급이 확산되며, 정보화 기술 및 서비스를 활용하여 기업간 다양한 제휴가 용이해지며, 새로운 아이디어 유입이 활발해지는 시기이다. 2000년대는 서비스 고도화/융합화의 단계로 IT기술이 전자영역 이외의 기술들과 접목되면서 사람과 유사한 사고 능력을 보유해가는 단계로 바뀌어 나갈 것이며, 소비자들은 빠르고, 신뢰성이 높으며, 다양한 기능들이 통합된 IT서비스를 지속적으로 요구하는 시기이다. 2010년 이후에는 IT기기나 기술이 사물에 내제되어 사용자들이 IT의 존재를 의식하지 않는 상태에서의 IT사용이 실현될 것으로 예상된다. 즉, 언제, 어디서나, 어느 기기로나, 미디어에 구애받지 않고 경제적이며, 편리한 커뮤니케이션을 수행하는 단계이다.

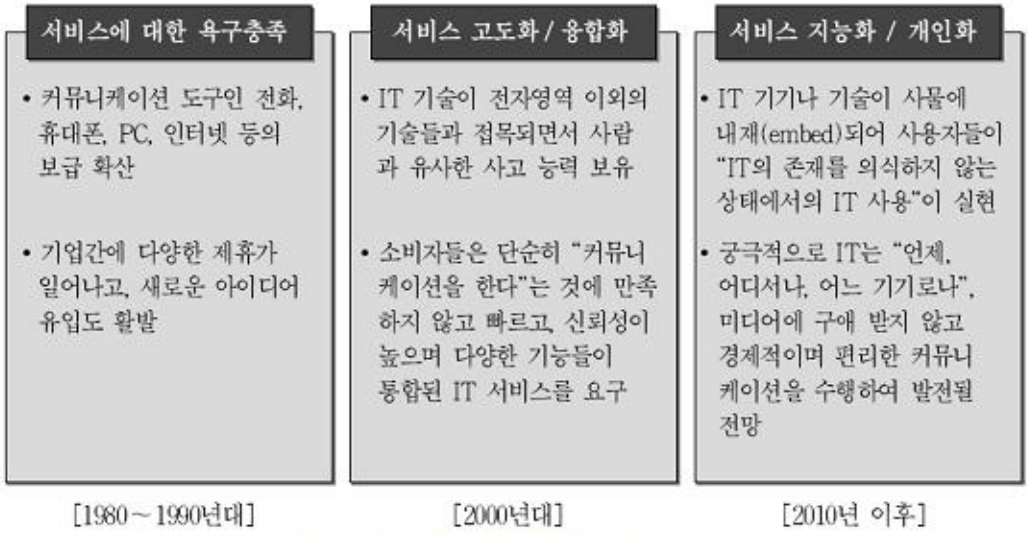


그림 1-20 정보화 서비스의 발전

○ 미래 사회는 정보화 기술 및 서비스의 발전으로 유선기반의 광대역 통신망이 유·무선 복합형태 또는 무선기반으로 대체되며, 유선기반의 광대역 통신망은 보편적 서비스를 제공하는 방향으로 정책적으로 합의되기 시작하며, 이에 따라 거의 모든 가정에서 유선 혹은 무선기반의 광대역 인터넷이 가능할 것으로 전망된다. 이러한 인프라를 기반으로 행정이나 교통 서비스 등 대정부 서비스가 종래의 단방향 서비스에서 양방향 서비스로 진화되어 갈 것이다. 방송서비스 역시 멀티캐스팅 기술에 기반한 맞춤형 서비스가 제공될 것이고 일반 대중을 위한 컨텐츠와 서비스로 변모하는 개인화 현상이 두드러질 것으로 전망된다. 또한 사람 이외에 동물이나 사물에 무선통신 기능을 갖춘 센서 및 컨트롤러가 부착됨으로써 사물과 동물, 사람과 사물간의 네크워크가 형성될 것이다.

○ 정보통신 기술, 정보통신 서비스는 다른 산업에서의 IT활용을 촉진하는 원동력이 된다. 의료 및 복지, 교통, 행정 등 사회 각 분야에 직접적인 영향을 미침에 따라 정보화 사회의 변화 예측은 도로분야의 발전방향을 가늠하는 중요한 척도가 될 것이며, 이러한 첨단정보통신기술과 도로가 융합되어 도로설계, 건설, 유지관리, 운영 모든 면에서 지능을 갖춘 고기능 미래 도로를 건설해야 할 것이다.

3) 남북관계의 변화

○ 남북의 평화체제 구축은 반세기 한반도 질서를 규정해 온 정전체제를 변경하는 만큼 성급하게 추진하기 보다는 점진적 · 단계적으로 추진되고 있다. 남북 당사자 해결 원칙과 주변국 협조의 조화로 평화체제는 구축되어야 한다는 원칙하에 남북 고위급회담('91년), 4자회담('97년~'98년 남북한, 미국, 중국)을 거쳐 제4차 6자회담에서 9.19 공동성명('05년)을 채택으로 항구적인 평화체제 구축에 대한 상호 공감대 확인의 성과를 거두었다. 정부의 향후 추진 목표로는 북핵문제의 평화적 해결, 남북간 직접소통 강화, 군사적 신뢰구축의 진전을 향후 추진목표로 한반도에 공고한 평화를 정착시키기 위한 방향으로 흐르고 있다.

○ 남북한 경제협력은 확대 · 발전될 것으로 전망된다. 정부는 3대 경협사업의(개성공단, 금강산, 경의선 · 동해선 철도, 도로) 확대, 발전을 시키면서 5대 신경협사업(농업, 임업, 수산업, 경공업, 광업)을 병행하여 남측의 자본, 기술과 북측의 자원, 노동력을 결합하는 상호 호혜적인 방식으로 추진하고 있다. 더불어 남북경협을 안정적으로 추진할 공동기구의 구성과 운영, 각종 부속합의서의 채택과 발효 등을 위해 법, 제도적 측면에서 경협기반을 구축하고 참여기업이나 단체의 활동 편의성을 증진시켜 나갈 예정이다. 또한, 중·장기적으로는 철도, 도로연계망 구축, 에너지 협력, 통신망 연결 등 사회간접자본을 남북으로 엮어 나갈 전망이다.

○ 남북은 경제협력 뿐 아니라 사회문화 교류, 방송 · 언론분야, 문화 · 예술분야, 교육 · 학술분야, 종교분야, 체육분야 등의 협력을 통하여 남북관계는 점점 다변화 되어 질 것이다. 정부는 각부문별 공동행사 및 교류 활성화를 통해 접촉면과 깊이를 확대해가고 있고 확대될 사회문화교류 상황을 반영하여 관련 법 · 제도의 정비를 확충해 나가는 움직임이고 교류 규모와 인적 왕래의 폭발적 증대에 대비한 지원 대책을 검토 및 보완해나갈 계획으로 있다. 따라서 남북교류의 다변화와 더불어 남북연계 도로망 구축이 요구되며, 이와 함께 대륙과의 연계된 교통체계 확립이 필요하다.

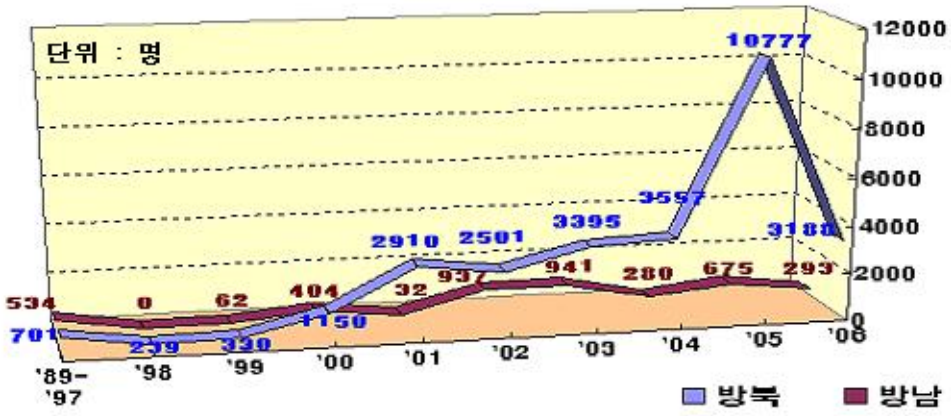


그림 1-21 남북 방문객 비교

4) 지속가능한 개발 및 환경 위해성 증가

○ '지속가능한 개발'이란 무엇인가? 이는 1992년 6월 브라질의 리우데자네이루에서 개최되었던 유엔 환경 개발 회의(UNCED)의 '리우 지구 환경 선언'이 천명한 환경정책의 목표로 환경적으로 건전하고 지속 가능한 개발(ESSD, envirnmentally sound and sustainable development)이란 것이다. 이 지속가능한 개발의 개념은 앞으로 범지구적 환경 문제에 대한 국제적 대응에 있어서 규범이 될 '의제 21(Agenda 21)'의 전체를 흐르고 있는 원칙이다. 이후 이 개념을 처음으로 정립한 것으로 알려진 '환경 및 개발에 관한 세계 위원회(WECD)'의 브란트랜드 보고서에 의하면 '미래세대의 요구를 충족시킬 수 있는 능력을 저해하지 않으면서 현세대의 요구를 충족시키는 것'이라 정의하고 있다. 이 개념은 우리가 물려줄 환경과 자연자원의 여건 속에서 우리의 미래 세대도 최소한 우리 세대만큼 잘살 수 있도록 담보하는 범위 안에서 우리에게 주어진 환경을 이용하고 자연자원을 이용해야 한다는 것을 의미한다. 현재 이러한 지속가능한 발전은 경제발전과 국제적·사회적 갈등해소를 위한 중요한 정책과제가 되었으며 깨끗한 환경과 높은 삶의 질 유지를 위한 필수불가결한 요소가 되어가고 있다.

○ 국제사회는 1992년 6월 기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, 기후변화에 관한 유엔 기본협약)을 체결하여 선진국을 중심으로 지구온난화를 규제·방지에 나섰으며, 이후 일본 교토에서 개최된 기후변화협약 제3차 총회 결과로 선진국의 의무사항으로 온실가스 배출을 2008년~2012년까지 1990년 수준에서 평균 5.2%를 감축하고 배출권 거래제도, 공공이행제도, 청정개발체제 시행 등 합의 사항을 도출하였다. 이것이 교토의정서이다. 또한 지난 '05년 12월 캐나다 몬트리올 기후변화협약 제11차 총회의 결과로 2012년 이후에도 선진국 36개국에만 제한하던 1차 온실가스 감축의무기간을 계속해서 연장하는 것으로 합의됨에 따라 강화된 교토의정서가(포스트 교토체제) 국제법으로서의 위상을 갖게 되었다. 향후 기후변화협약은 지속적으로 강화되어 가게 될 것이며, 우리나라는 포스트 교토체제에 대하여 더 이상 개도국 입장임을 표방하기 어려워지고 있으며, 국제사회 흐름에 체계적으로 대응해 나가야 할 것이다.

○ 국내에서는 국무총리실에 '기후변화협약 대책위원회', 국회에는 '기후변화 특별위원회' 그리고 대통령 직속 '지속가능발전위원회'등 기후변화 문제에 대응하고 있으나 포스트 교토 체제에 효과적으로 대응하기 위해서는 정부뿐만 아니라 민간부문도 참여가 필요하게 될 것이다. 또한, 지속가능한 발전에 대한 요구에 대하여는 건강하고 쾌적한 삶을 영위하고자 하는 국민적 바램에 기반한 환경정책이 필요하다, 이러한 추세는 세계적인 추세와 맞물려 보다 강화될 것이며, 소비, 생산, 사회, 인프라 등 전반적인 사회체계 구축에 있어 중요한 의제로 자리매김해 나갈 것이다.

○ 이로 인해 도로분야에서는 환경친화형 고급 교통수단 등장 및 이에 대한 수요 증가가 예상되며, 생태·환경 보호를 위한 녹색형 도로체계 구축, 친환경적 도로건설, 혼잡관리를 통한 배기가스 저감, 건설폐기물 재활용 및 자원화 기술 개발을 바탕으로 미래 도로를 건설해 나가야 할 것이다.

5) 에너지의 부족

○ 현재 국제에너지기구(IEA, the International Energy Association) 가입 국가들의 단위 GDP당 에너지 생산량은 1973년에 비해 33% 부족하다. 그럼에도 불구하고, 전 세계적인 에너지 수요는 2001년에서 2025년 사이에 54% 증가할 것으로 전망되고 있으며, 이에 따라 2030년까지 에너지 수요충족을 위한 새로운 투자로 약 16조 달러가 필요할 것으로 전망된다. 새천년프로젝트 국제패널(Millenium Project international panel)은 2025년까지 현재의 화석연료와 경쟁 가능한 가격 선에서 기초 전력량을 충당하기 위해 비-핵분열 및 비-화석연료원의 상업화에 대한 재정지원을 늘리고 있으며, 이것은 미래를 개선하기 위한 과학기술의 가장 중요한 목표로 설정하고 있다.

○ 한국은 세계 10위의 에너지 소비국이자 세계 5위의 원유수입국이며, 세계2위의 석탄 및 천연가스(LNG) 수입국으로 96%가 넘는 에너지를 수입에 의존하고 있으며, 70%가 넘는 석유자원을 중동지역에서 수입하고 있다. 자원수입량 중 해외자원개발을 통한 독자개발수입 비율은 석유 3.1%, 천여가스 3.4%등 실제적인 개발에 의한 수입은 저조한 상황이다. IEA William Ramsay 사무처장은 2003년도 '한국의 에너지 전망' 발표회를 통해 우리나라의 에너지수요는 향후 30년간 연 2.3%의 증가율을 보일 것으로 전망하였다. 결국 에너지소비의 증가는 대부분을 에너지수입에 의존하는 우리나라 현실에서 에너지 수입의 급속한 증가를 가져왔다. 이러한 상황은 향후 30년 동안 큰 변화가 없을 것으로 전망된다. 즉 우리나라에서 에너지 수용을 대부분 수입에 의존함으로써 에너지 문제는 지속적으로 국가안보의 일부로 고려해야하는 정책적 사안으로 남게 될 것이며, 이로 인해 승용차 이용에 대한 규제 강화 등으로 승용차의 진화 및 쇠퇴, 대체 이동수단의 출현이 예상되어 도로-차량 융합된 미래 도로 교통기술이 필요하고, 또한 고유가로 인한 건설비용 증가로 건설 정보화 · 무인화 및 사업리스크 관리 등을 통한 혁신적인 건설관리기법이 구현되어야 한다.

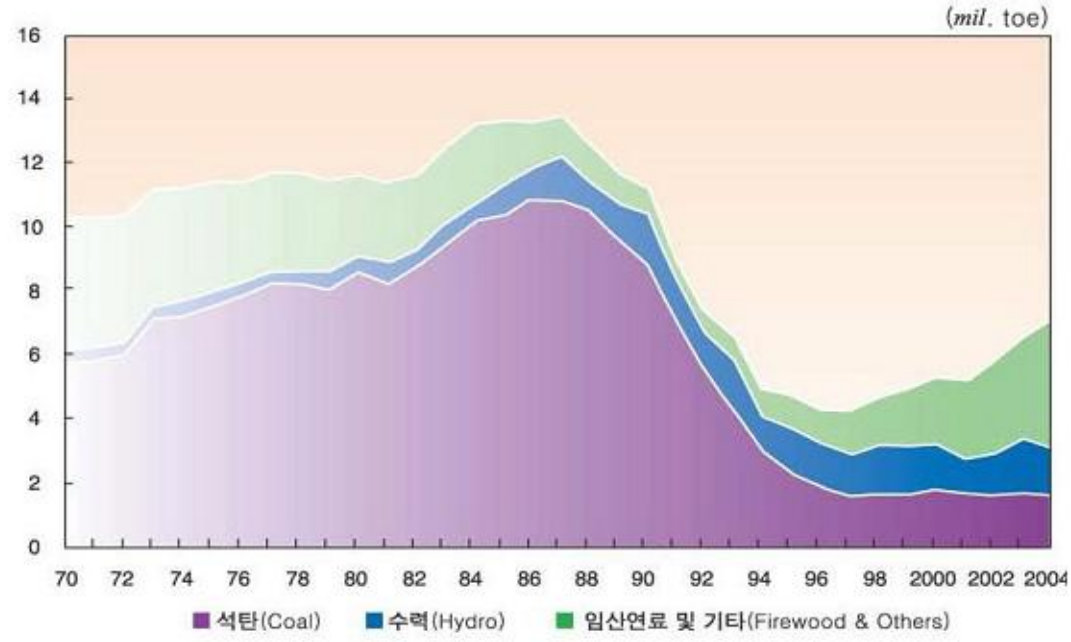


그림 1-22 국내생산 에너지 공급추이

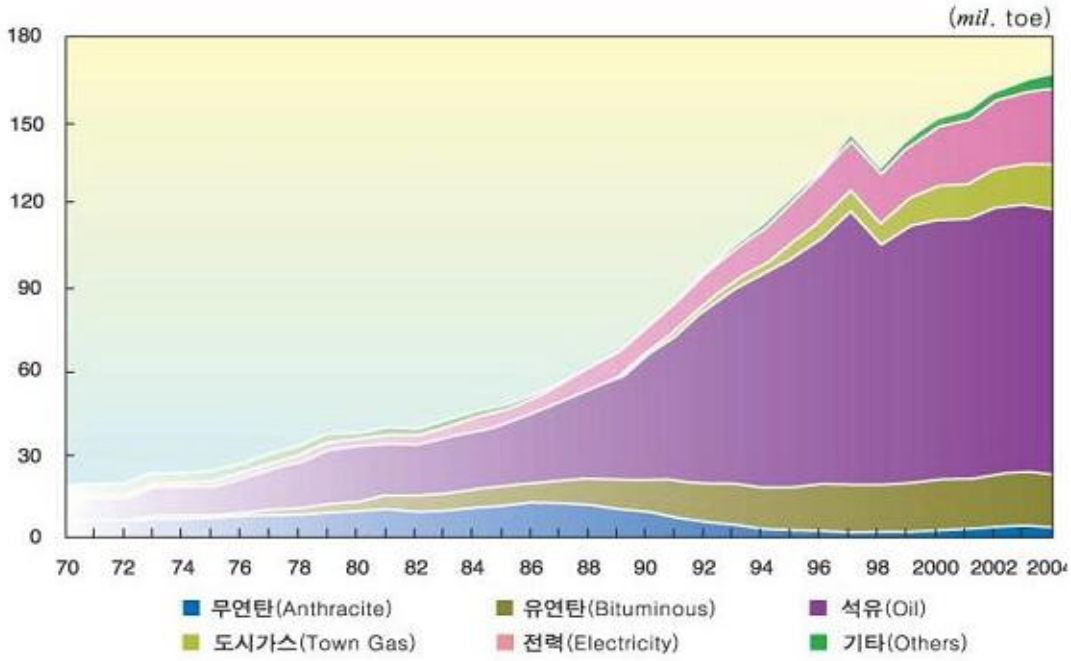


그림 1-23 에너지원별 소비 추이

(2) 경제여건 변화 전망

1) 국가 장기발전 지표[VISION 2030]

○ 지난 '05년 8월 정부는 2030년의 국가미래 청사진을 제시하였다. 2010년까지 국가 발전의 기반이 되는 주요 사회 · 경제제도의 혁신을 마무리함과 동시에 지속적인 성장 및 사회안전망 구축 등을 통하여 2010년대에는 선진국 진입을 목표로 하고 있다. 지속적인 비전실현을 통해 2020년 이후에는 정치 · 경제 · 사회 · 문화 등 모든 분야에서 성숙한 선진국으로 발돋움하게 될 것을 전망하고 있다.

그림 1-24 국가 장기발전 단계(2030년)

2030년 1인당 GDP는 4만 9천불로서 현재의 스위스 수준 도달하고 국가 경쟁력 순위는 10위로서 현재의 일본 수준을 추월할 것으로 보고 있다.

표 1-14 2030년 국가 경제 발전 목표

지 표 명	'05년	'10년	'20년	'30년	비고('05 기준)
· GDP 규모(십억불)	788 (788)	1,122 (1,262)	1,824 (2,567)	2,406 (4,145)	· 미국 12,486 일본 4,571 영국 2,201 이태리 1,766
· 1인당 GDP(천불)	16 (16)	23 (20)	37 (51)	49 (84)	· 스위스 50 미국 42 일본 36 프랑스 34
· 국가경쟁력(순위, IMD)	29	20	15	10	· 미국 1위 싱가폴 3위 스위스 8위 일본 21위
· 삶의 질(순위, IMD)	41	30	20	10	· 호주 1위 스위스 4위 미국 14위 일본 35위

○ 2030년 주요 복지수준 목표는 삶의 질 세계 10위 진입, 상대빈곤률 OECD 평균 수준으로 개선, 공적연금 수급율은 제도성숙에 따라 65.6%까지 증가, 육아비용 부모부담률은 30%로 완화, 건강수명은 보건의료 선진화를 통해 세계 최고 수준까지 연장, 생계급여 수급률은 3%로 정부는 보고 있다.

○ 정부는 선(先)성장 후(後)복지의 기존 패러다임으로는 성장자체가 한계에 봉착할 뿐 아니라 분배개선도 곤란함으로 동전의 양면관계인 성장과 복지가 함께 가는 동반성장을 비전으로 제시하고 있는 것이다. 동반성장의 패러다임은 인적 · 사회적 자본을(구성원간 신뢰와 협력, 개방성 및 이를 촉진하는 제도 · 규범 · 네트워크 등을 의미) 바탕으로 「혁신주도형 · 균형성장, 시장주도」를 성장전략으로 하고 있으며「정부의 역할 제고, 미래를 위한 투자」를 복지전략으로 하고 있다.

○ 미래의 국가는 부의 분배개선을 통한 선진복지사회를 실현시켜 나가는 역할을 하게 된다. 이의 결과로 선진복지사회로 진입하게 되면 여가목적의 통행량 증가, 고급 교통수단에 대한 수요가 증가하게 될 것이며, 이는 교통안전에 대한 관심 증대, 고급 도로교통서비스의 요구로 이어지게 될 것이다. 따라서 교통상황에 대한 도로위의 돌발상황 분석, 혼잡의 전개과정 및 심각도 분석 등을 통하여 미래 도로교통 안전기술 개발, 교통 혼잡관리 기술 개발 등의 미래 도로 건설을 위한 기술연구를 통하여 국가 장기비젼과 하나의 톱니바퀴와 같이 맞물려 미래 도로의 비전을 제시할 수 있는 전략 수립이 필요하며, 이의 공동 실현을 위한 정책 구성 및 재원마련 준비가 시급한 실정이다.

2) 국가 균형발전

○ 1995년 6월 27일 민선 지방자치단체장 선거를 통해 전면적 지방자치를 실시하게 되었으며, 2002년 민선 3기가 출범하였고 올해로 13년차를 맞음으써 지방화가 급속히 진행되고 있다. 참여정부에 들어와서는 90년대 이후 성장률 하락, 국민소득 1만불대 정체, 극심한 수도권 집중, 지역경제의 낙후 심화 등으로 신성장 동력이 필요하게 되었고 이의 해결을 위해 국가균형발전의 비전과 전략을 제시하였다.

○ 국가균형발전은 국가균형발전특별법, 국가균형발전특별회계, 국가균형발전 5개년 계획을 추진기반으로 혁신주도형 발전잠재력 확충, 농·도 상생 발전토대 마련, 수도권의 질적발전 도모, 네트워크형 국토공간 형성을 추진전략으로 삼아 균형발전을 통한 국가경제의 재도약을 비전으로 제시하였다. 균형발전의 가시화를 위해 그림1-25과 같이 부문별 10대과제를 선정하여 추진중이다.

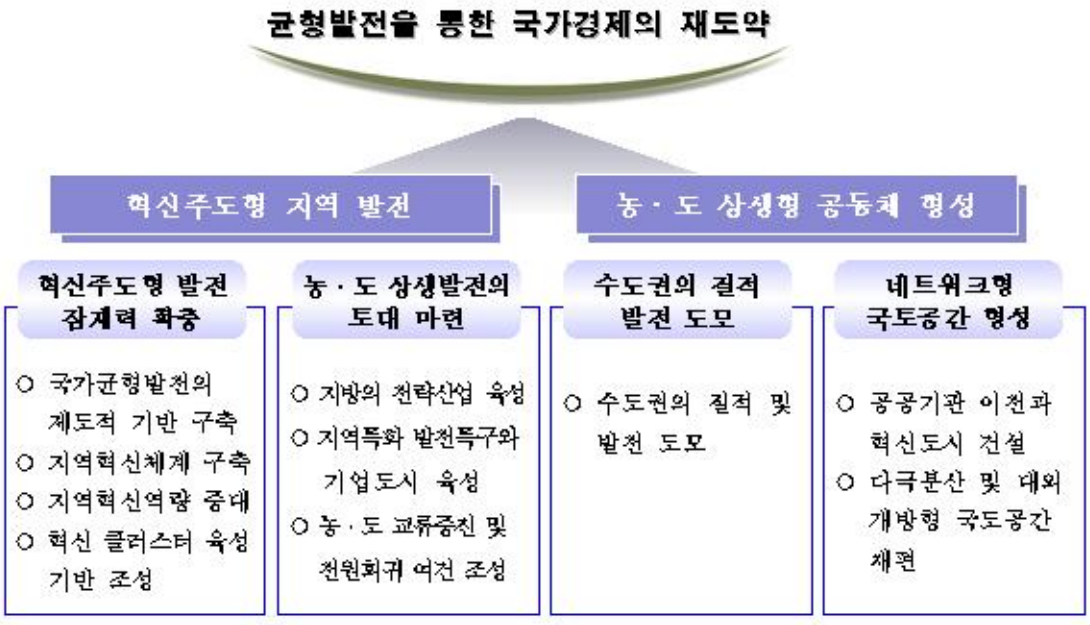


그림 1-25 국가균형발전을 위한 10대과제

○ 또한, 살기좋은 지역만들기, 낙후지역의 자립역량강화, 지방 R&D 역량강화 및 혁신클러스터 확산, 행복도시·혁신도시 등의 적극 추진, 초광역경제권 기반구축을 5대 성과확산을 위한 과제로 제시하므로써 국가균형발전 추진이 가시화 및 가속화 되어가고 있다. 이로서 향후 지방거점간 이동이 증가하게 되고 대도시권역 교통혼잡이 가중되어 국가균형발전을 선도하는 고속도로망 구축 및 대도시권역의 도로 혼잡에 대비한 시설공급과 권역도로교통관리가 요구된다.

3) 동아시아 공동체 진전

○ 중국은 1978년말 개혁 · 개방 정책을 천명하고 국제경제 사회에 진출한 이후 20여년간 연평균 9.6%의 고도성장을 지속하면서 세계경제에서 경제강국으로 급부상했다. 2002년부터 최근 4년간 10%대의 고성장을 지속하고 있으며, 2006년 중국경제는 1996년이후 가장 높은 수치인 10.5%(추정, 대외경제정책연구원)의 성장률을 기록하였다. 미국 4%내외, 인도 9%, 베트남 8%, 러시아 7~8%등 여타 국가에 비해서도 빠른 추세이다. 또한, 1인당 GDP는 전년대비 10.5% 상승하였다. 중국은 현재 세계 생산의 중심지로서 세계경제 성장의 중요한 동력원 역할을 하고 있을 뿐만 아니라 아시아 각국 경제에 대한 기여도가 높아지면서 일본을 대신해 아시아 경제의 뉴리더로 위상을 구축하고 있다.

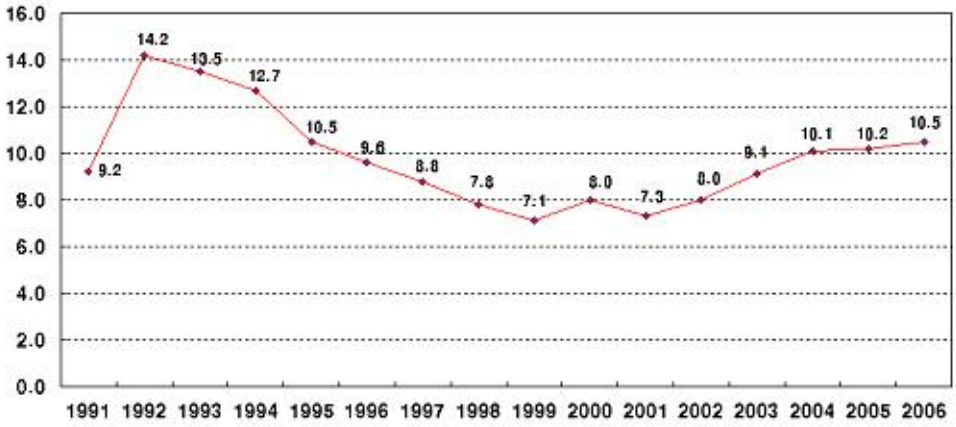


그림 1-26 중국의 경제성장 추이 1991년~2006년(추정)

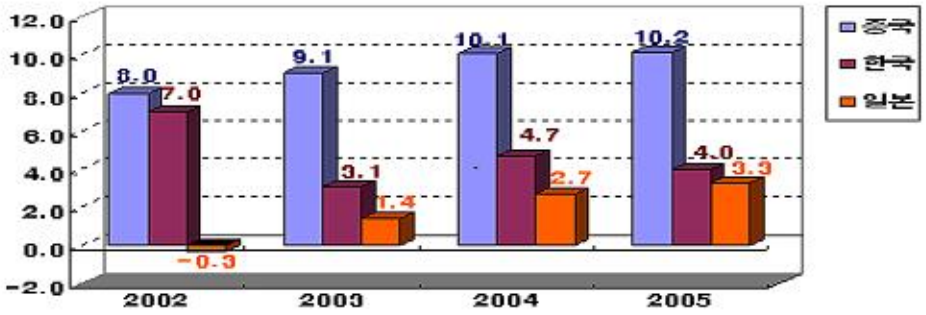


그림 1-27 중·한·일 경제성장 추이 2002년~2005년

○ 2007년이후 중국이 당면한 과제는 투자와 소비의 불균형 조정, 물가상승 억제와 고용확대, 안정적인 농민소득 확대, 내수와 수출관계의 조정 등 해결해야 할 과제가 있고 그간 고성장추세가 지속됨에 따라 2008년 올림픽 이후 중국경제 성장이 쇠퇴기에 접어들 것으로 전망되기도하나, 도시화의 급속한 진전이 장기적인 수요기반 확보, 충분한 노동력 공급, 미국경제와 중국경제는 상호의존형임에 따른 위안화 평가절상 문제 등으로 당분간 중국경제 성장이 둔화될 가능성은 높지 않으며, 2007년은 물론 향후 15년간 성장추세를 유지될 것으로 전망된다.

○ 이러한 중국의 부상으로 인해 세계적으로 동아시아 경제에 대한 관심이 증대되고 있으며, 일본과 중국을 중심으로 한 동아시아 경제통합(EAFTA, 동아시아 자유무역지구)이 가시화 되고 있고 한·중·일국간의 경제통합도 거론되고 있다. EAFTA(동아시아 자유무역지구)는 동남아시아국가연합(ASEAN)에 한·중·일 3개국이 참여하여 WTO(세계무역기구, World Trade Organization)기준에 합당하는 단계로 통합되어야 한다는 방향이다.

○ 결국 아시아지역에서는 다른 지역과 비교해서 지역주의가 늦게 도래했지만 지역주의는 글로벌 경제의 특성이다. 이러한 세계경제질서의 변화속에 계속 고립되지 않기 위하여 정부는 대륙과의 경제협력 강화를 위한 항공, 해운 등에 대한 투자를 계속적으로 증가하고 있다. 따라서 대륙 교통시설(항공, 항만)과 연계한 고속도로 체계 구축, 고속물류수송 기반시설 확충 및 통합물류시스템 개발 등으로 대륙과 연계되고 국가물류 D/B에 의한 간선도로망 계획 체계 구축이 필요하다.

4) 세계화와 지역화

○ 국가경제의 세계경제로의 통합을 의미하는 세계화(Globalization)가 지속적으로 확대되어 나가고 있다. 그것은 정보화 기술의 발달로 지구상의 '거리의 소멸(Death of Distance)' 현상이 초래되고 WTO협정의 발효로 경제적 의미의 국경이 점차 사라지고 있기 때문이다. 2차 세계 대전 이후의 다국적 기업 형태의 글로벌화의 단계와 구분되는 전면적이고 가속적인 글로벌화가 전개되고 있으며, 최근의 세계화는 단순한 기업의 시장 확대라는 측면을 넘어 인식, 문화, 소비, 제도의 표준화, 획일화로 이어지고 있다.

○ 다른 한편으로는 다자주의의 부진한 발전, 지역블록에 배제된 국가들은 손실을 보게 되고 결국 블록에 참여하거나 새로운 지역블럭을 창설하는 일종의 도미노 현상, 지역통합으로 인한 무역창출, 외국인 직접투자의 유입 등 회원국의 이익 유발, 이를 통한 정치적 영향력 증대 등의 이유를 바탕으로 세계경제는 또 하나의 흐름인 지역화(regionalization)의 형태로 발전되어가고 있다. 대표적인 지역주의 경제체체는 EU(유럽연합, European Union)이다. 지역화(regionalization)란 정치·경제적 단합을 위하여 인접된 국가들이 연합하는 형태로서 지역주의에 바탕을 둔 지역 경제 통합을 추진하는 경향이다.

○ 세계경제는 세계화의 부족한 면을 지역화가 보완하는 상호의존적으로 흐르고 있는 것이다. 지역화의 지역특성을 내세워 회원국 국민들이 경제의 상호 의존성을 높이는 역할을 할 수 있으며, 바로 다자간 협상으로 해결하기 어려운 문제들을 일부 국가 간에 우선적으로 해결을 시도하는 측면이 있으므로 지역화와 세계화는 조화를 이룰 수 있다. 세계화와 지역화가 발전된 2030년에는 미국과 EU, 그리고 중국이라는 3대 경제 축을 중심으로 세계경제가 운영될 것이며, 경제, 무역의 세계화가 지속적으로 진행되어 다국적 기업의 영향력이 극대화되어 국가간 사람과 화물의 이동증가, 항공 · 해운 통행수요가 늘어 날 것이다. 따라서 공항 · 항만과의 효율적 연계 교통서비스 제공 요구가 증가되어 효율적 수단간 연계한 도로 · 교통체계 구축 및 국가기간 교통망 구축이 필요하다.

1.3.4 도로기술

(1) 미래 기술 발전방향

○ 미래의 도로기술은 더욱 진화하는 과학의 기술을 근간으로 하여 공학적 응용을 통해 과학기술과 동등한 수준 그 이상으로 진화할 것이다. 21세기는 르네상스 이래의 최대 격동시대가 예상되는데 현재 IT와 바이오테크놀로지 분야가 변화의 중심에 있다.

○ 미래의 기술은 크게 융합화, 극한화, 지능화 등 세 가지 방향으로 발전할 전망이다. 그림1-28과 같이 이러한 기술의 3대 발전방향은 건설산업에도 영향을 미치게 되어 궁극적으로는 건설자재(소재)와 건설 시스템 등의 혁신을 가져올 것으로 예상된다.

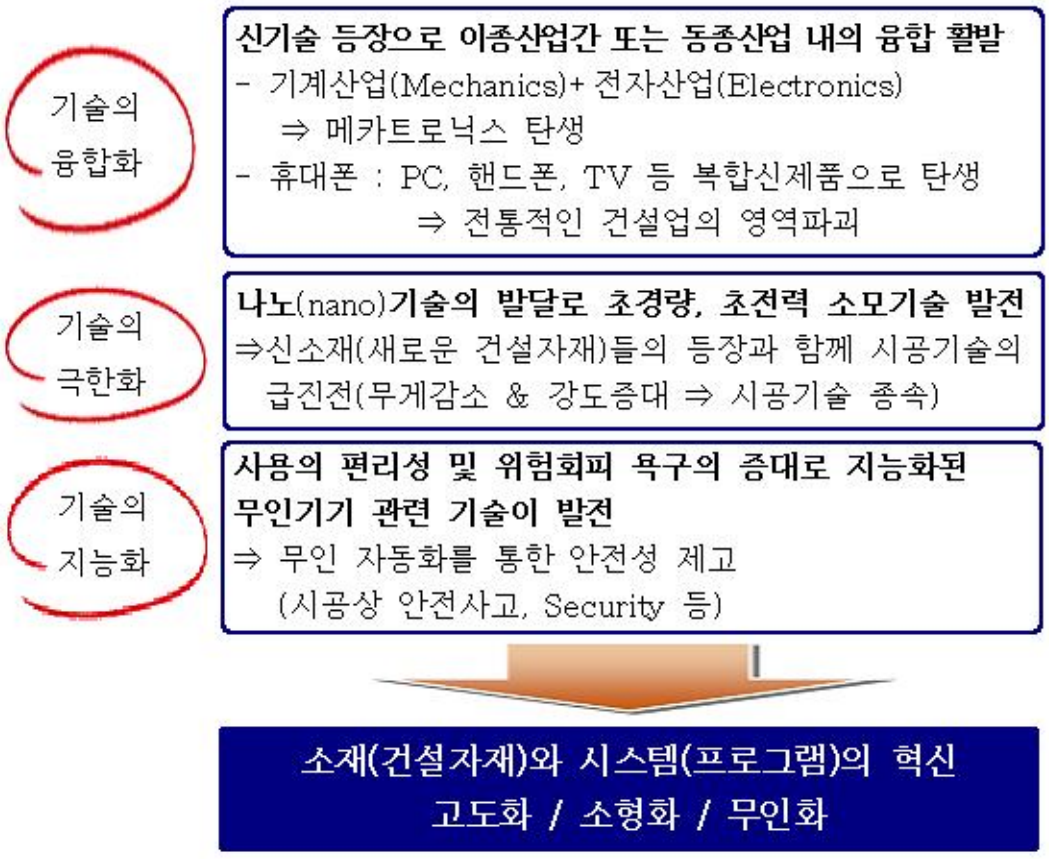


그림 1-28 미래기술의 3대 발전방향

○ 이같은 3대 기술발전에 따라 예상되는 주요 분야와 건설사업에의 적용 기술을 예로 들면 그림1-29과 같다.

그림 1-29 3대 기술발전에 따라 예상되는 주요 분야와 건설산업에의 적용기술의 예

○ 토목기술 전문가들의 모임인 대한 토목학회의 '한국 건설 산업 21세기 비전'에 의하면 미래기술은 건설산업의 세계 건설환경 변화에 연계되어 사회적·환경적·경제적인 영향을 받아 변신을 거듭할 것으로 전망되고 있다.

○ 사회적 변화로는 인구, 재해, 삶의 질이 영향을 미칠 것이고 기술적으로는 첨단 기술이 접목되어 새로운 분야가 나타날 것으로 기대하고 있다. 환경적으로는 기후 및 온난화, 대기오염, 재생 에너지들에 의한 새로운 건설 기술의 필요성을 제기하였고, 경제적으로는 글로벌화, 지식 기반 경제화, 자본시장 자유화에 맞춘 기업경영의 변신을 예상하고 있다.

표 1-15 건설의 패러다임 변화

가치 및 구조	과 거	미래(21세기)
Value	저부가가치, 한탕주의	고부가가치, 지속주의
System	노동집약, 하드위주	지식집약, 소프트 위주
Strategy	다각화	전문화
Structure	수직적 계층	수평적 네트워크
Skill	뱃심, 체력	정보, 금융
Style	군대식 돌격대	조직적 오케스트라
Knowledge	단순기술, 통솔력	타 산업 이해력, 친화력

○ 특히 신과학 기술을 건설산업에 연계하여 기술개발에 박차를 가해야 함을 역설하고 아래와 같은 분야의 기술들을 제시하였으며, 전자상거래(e-Commerce)와 가상공간구현(Cyber Space Construction) 기법의 보편화, 국내외 컨소시엄 활성화, 위성항법장치(GPS) 등을 활용한 LBS(위치기반 서비스) 및 현장계측 기술에 대한 정보화 확산 등 새로운 형태의 건설산업이 나타날 것으로 전망하고 있다.

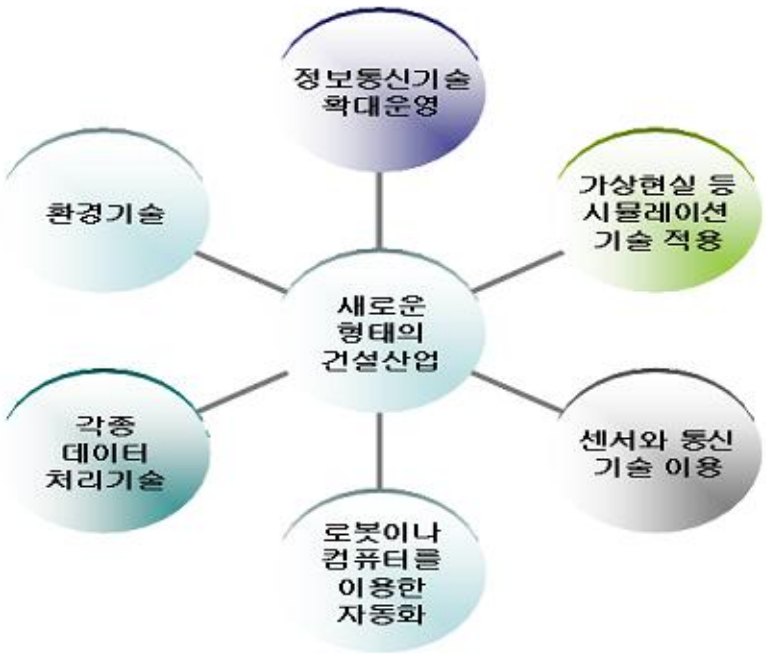


그림 1-30 새로운 형태의 건설산업 출현

(2) 새로운 도로기술의 방향

○ 혁명에는 그 시대를 열어나가는 Concept과 이를 구현하는 "기준규범"이 존재한다. 이 기준규범에 따라 다양한 기술개발이 진전되어 변혁이 일어난다. '로마의 길'을 만든 로마인은 『더 빨리, 더 많은 양을』이라는 개념으로 견고한 일직선 도로를 건설하였고, 현대의 자동차 발전으로 1930년대의 아우토반은 여러 가지 건설기술의 기초가 되었다. 지금의 발전된 고속도로는 이 아우토반의 연장선상에 있다. 20세기의 자동차 도로의 '기술수준'은 『보다 빨리』가 기본개념이었다. 이는 모든 교통에 대한 인간의 욕망이기도 했다. 그래서 이동성 분야의 기술혁명에서 『보다 빨리』라는 키워드는 당연한 것이었다.

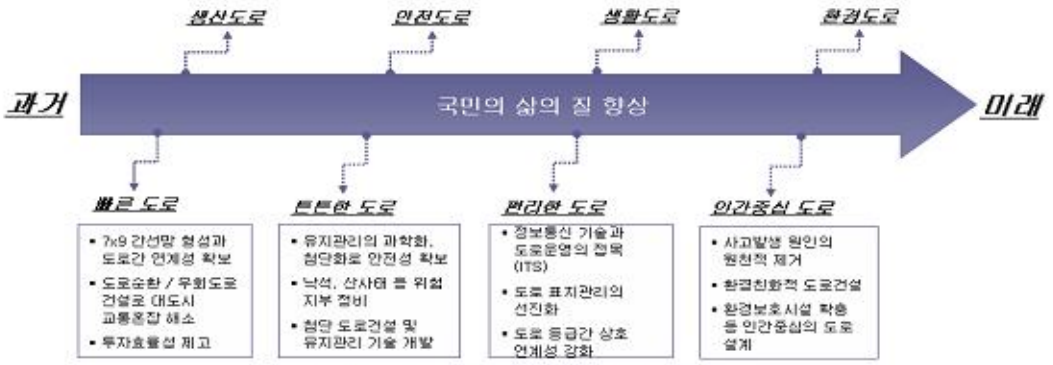


그림 1-31 도로 건설의 목표 추이

○ 20세기의 사회는 "개발·진보의 사상"이었지만, 21세기의 사회는 "성숙, 분배의 사상"이 기본이 된다. 세계 각국에서 시행되는 개발사업의 동향은 유한한 자원문제, Trade-off[8] 현상에 의한 환경문제, SOC 사업의 건설에서 복지 문제에 치중하는 경향이 뚜렷하다.

○ 미래에도 지속되는 개발의 요구에 응할 수 있는 도로는 기존도로의 개량, 네트워크화, 시스템화 등으로 도로의 효율을 상승시킨 도로라 할 수 있다. 그러므로 미래의 도로는 교통계획, 토지이용, 도시계획 등과 신 교통시스템이 핵심이 된다. 그래서 ITS의 활용이 미래 도로교통의 특징이라고 할 수 있다.

8) Trade-off : 두 개의 정책목표 가운데 하나를 달성하려고 하면 다른 목표의 달성이 늦어지거나 희생되는 경우의 양자간의 관계

① 최적화 및 성능규정

○ 20세기의 교통이 교통사고, 교통체증, 배기가스 등 사회적 외부경제(마이너스)의 유산을 양산함으로 21세기 미래의 도로는 『보다 빨리, 보다 안전, 보다 쾌적, 환경에 좋은』 도로가 요구되어 이를 위하여 "최적화"가 새로운 개념으로 부상된다.

○ 미래 공공사업의 선진화된 조달시스템은 유한한 자원의 효율적 사용을 위해 지금까지의 '시방규정'에서 '요구성능'으로 전환될 것이다.

② IT산업과 도로

○ 미국의 꿈은 '인터넷'이 중심이 되어 1993년에 시작된 '정보 Super Highway 구상'이다. 이 디지털 정보는 건설과 도로사업을 CALS/EC로 통합관리하게 된다. 이런 IT산업의 발전은 미래 도로의 발전에 직·간접으로 큰 영향을 주는 분야이다.

○ ITS는 도로교통에 전자, 정보, 통신의 첨단기술을 접목시킨 차세대 도로교통체계를 지향하고 있다. 그래서 우리나라도 1992년에서 2020년까지의 ITS 구축계획을 수립, 추진하고 있다. 그러나, ITS는 도로기술의 일부로 도로 문제의 완전한 해결 방안은 못 된다는 점을 간과해서는 안된다. 즉 미래도로 기술에 ITS의 이용범위가 어떻게 제한되는 지를 고려해야하며, ITS가 미래도로 문제해결에 불과 몇 %의 대책일 뿐이라는 점을 감안해 도로분야 자체 기술의 발전방향이 제시되어야 한다.

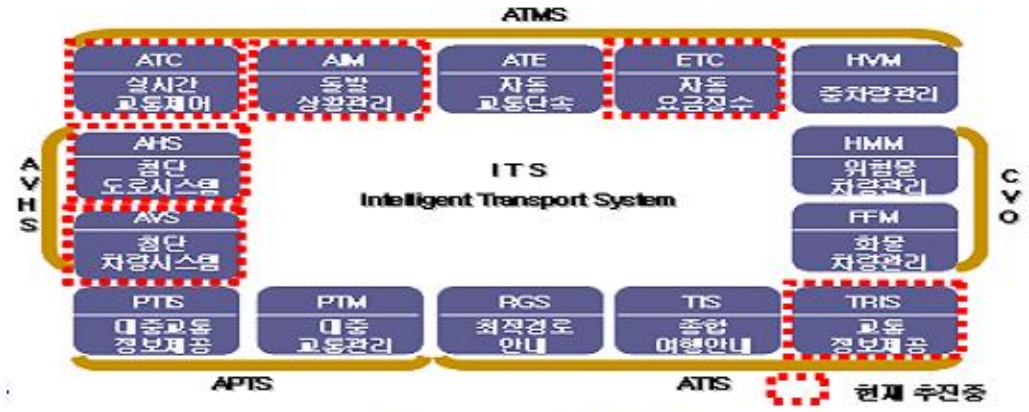


그림 1-32 ITS의 추진 현황

(3) 도로기술 전망

1) 도로 계획·설계

① 도로설계의 안전성 평가

○ 소득증가에 따른 도로환경, 특히 교통안전 제고에 대한 사회적 요구는 지속적으로 증대되고 각종 교통시설의 계획 및 운용단계에서 안전성 확보를 위한 투자의 효율성 제고가 필요하며 Traffic simulator 개발을 통한 과학적이고 체계적인 안전성 향상기술은 컴퓨터, 센서기술 개발을 중심으로 한 전후방 산업 파급효과가 클 것으로 예상된다.

○ 이는 안전과 경제성을 고려한 범용 설계기준, 도로교통사고 예측모형, 교통사고에 대한 운전자 지각반응 파악 센서기술과 도로안전시설물 제작 기술로 이어진다.

그림 1-33 차량 주행 3차원 시뮬레이터

② 이용자 중심의 노변시설

○ 도로관련 서비스의 지속적인 다양화, 고급화 요구는 지속적으로 증대할 전망이며, 이에 따라 기존의 차량 이동이라는 단순한 기능의 도로에서 벗어나, 다양한 형태의 도로 및 노변시설의 기능을 필요로 한다.

○ 장래 도로는 정보·통신 서비스와 결합한 정보 네트워크로서 그 기능이 고도화되고, 도로 자체보다 노변 시설의 중요성이 더욱 커질 것으로 전망되며 장기적으로 이러한 수요를 파악하고, 도로가 이러한 기능을 탄력적으로 수용할 수 있도록 설계에서의 반영 요구가 증대될 것으로 예상된다.

○ 이를 위해 노변시설 수요분석, 노변시설 설계기술, 공동구 시설수요 분석, 공동구 설계기술, 노변시설 다양화에 따른 도로설계 기준을 설정해야 한다.

③ 경제적 교차 및 유출입시설

○ IC교통량 분산효과로 인한 고속도로 본선 및 진출입 교차부 교통지체 해소가 이루어지고 합리적인 IC 설계를 통한 이용자 편의증진 및 비경제적 토지 이용이 해소될 전망이며 교차 및 유출입 시설 합분류부 설계표준화를 통한 안전성 및 용량 향상이 예상된다.

○ ATCS 발전에 따른 개방형 TCS 확대 예측 및 IC설계 개선방안, 운전자 특성과 안전성을 고려한 입체교차지점 합분류부 설계 표준화 방안, 교차 및 유출입시설 유형별 안내체계 표준화 방안, 소규모 IC를 위한 다이아몬드 교차로 설계기준 개발이 선행되어야 한다.

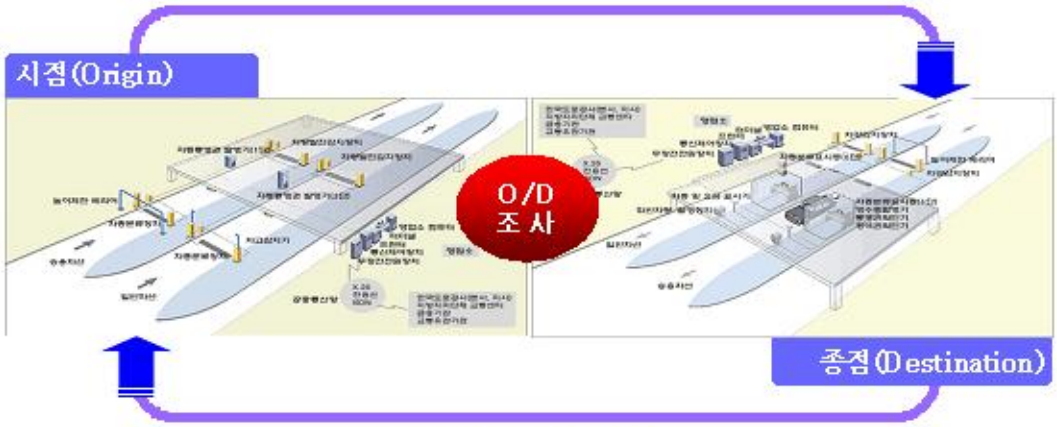


그림 1-34 TCS를 이용한 O/D조사

④ 특수도로

○ 앞으로 토지공간의 부족, 환경중시의 추세는 더욱 강화될 것으로 예상되고 있어서, 향후 특수도로에 대한 수요는 지속적으로 증대할 것으로 전망되고 이러한 특수도로에 대한 설계기술이 개발되지 않을 경우, 선진국 기술에 대한 기술종속도는 지속될 것으로 예상된다.

○ 해상 고속도로 설계 기술, 복층고속도로 설계 기술, 지하도로 설계 기술, 초고속도로 설계 기술 등이 향후의 핵심기술이다.

일본 동경만 횡단 Aqualung (해상 및 해저 고속도로)	일본 나고야항 동대교 (해상도로)

그림 1-35 일본 해상도로 사례

그림 1-36 한·일 해저터널 예상도

⑤ 인간·환경 중심의 도로설계 고도화

○ 도로서비스의 지속적인 고도화를 요구하는 국민의 관심은 지속적으로 증대할 것이며 도로의 양적 팽창 필요성보다는 도로의 질적 향상 필요성이 대두될 것으로 전망된다.

○ 차량 관련기술과 함께 인간공학의 발전을 기초로 한 다양한 도로이용자 계층의 욕구에 적합한 안전하고 효율적인 ITS 기술이 혼합된 첨단도로 설계가 지속적으로 시도될 것이다.

○ 교통약자를 위한 도로설계 기술, 환경친화적 도로설계 기술, 에너지 절약형 도로설계 기술, 경관 보존 도로설계 기술이 필요하다.

⑥ 수치사진측량 시스템을 이용한 도로설계 자동화

○ 국내 건설산업의 정보화 기반이 조성되고 고가 소프트웨어의 배치가 가능해지며 관련 분야의 발전에 따른 부가적인 경제적 효과를 기대할 수 있게되어 기술적인 발전에 따른 수출효과를 거둘 수 있는 여건이 조성된다.

○ 도로설계용 수치사진 측량시스템 설계, 도로설계용 수치사진측량 컴포넌트 개발, 3차원 데이터 추출기술 및 표준포멧 개발, 3차원 래스터 및 백터 데이터 중첩기술, 데이터 편집기술, 시뮬레이션 기술, 입체모자이크 제작 기술이 요구된다.

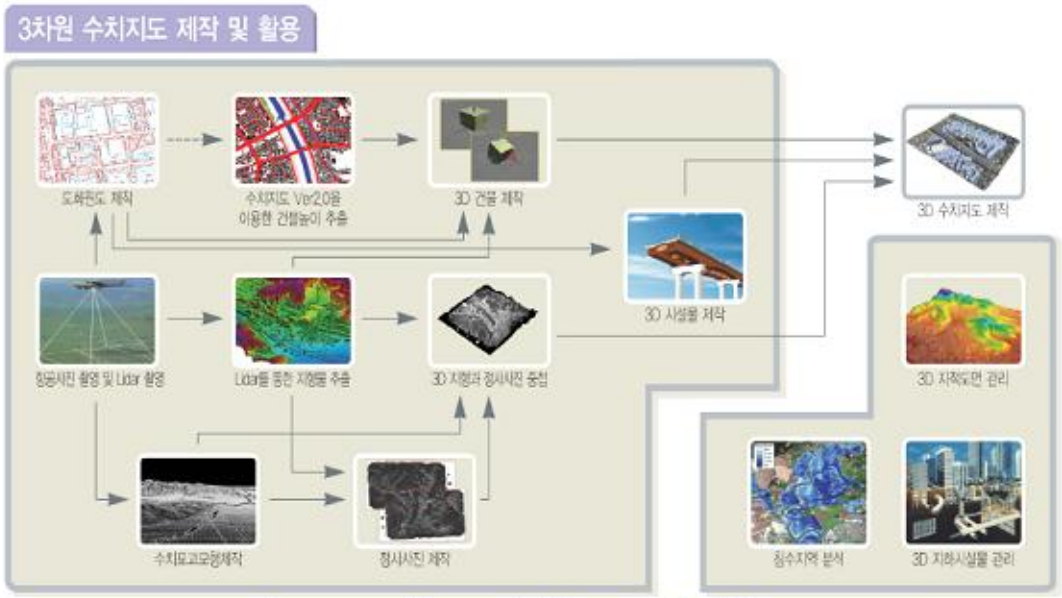


그림 1-37 수치지도을 이용한 도로 선형설계

⑦ 항공레이저 스캐너를 이용한 수치표고모형 제작

○ 3차원 공간정보의 필요성이 대두되고 있는 시점에서 시장성은 아주 높으며 관련 분야의 발전에 따른 부가적인 경제적 효과를 기대할 수 있다.

○ 또한 기술적인 발전에 따른 수출효과를 기대할 수 있고 국내 건설산업의 정보화 기반을 다지는데 반드시 필요한 기술이다.

○ 항공레이져 스캐너 데이터 처리기술, 지형지물 자동추출 기술, 고속 랜더링 기술, 수치표고모형 자동제작 기술 등 다양한 응용기술 개발이 이어질 것으로 보인다.

그림 1-38 항공사진과 고속렌더링

2) 구조물(콘크리트, 강구조)

① 지속 가능 콘크리트

○ 콘크리트 성능 향상을 통한 구조물 품질의 신뢰성이 확보되고 콘크리트 구조물의 내구성 증진으로 인한 구조물의 수명 연장과 유지관리 비용 절감이 가능해지는 한편 지속 가능 콘크리트의 적용으로 인간과 함께 하는 환경친화 고속도로가 실제적으로 건설될 전망이다.

○ 고성능 콘크리트 개발 및 활용 기술, 콘크리트 내구성 향상 기술, 친환경 콘크리트 개발 및 활용 기술(사회기반시설, 주거건축물 등에 활용되는 친환경 콘크리트 기술), 다기능 및 고기능 콘크리트 개발 및 활용 기술, 콘크리트 환경 조화성 및 사용 성능 평가기술 개발, 콘크리트 지속 가능성 평가기술 등이 지속적으로 연구 적용되도록 해야한다.

② 건설폐기물 재활용 기술

○ 기존 건설 폐기물의 매립으로 인한 환경오염을 방지하여야 하며 재생 골재의 안정적 재활용에 따른 관련 산업의 시장 규모 확대 효과와 천연 골재의 대체로 환경 보호 및 경제적 이익 효과를 거두어야 한다.

표 1-16 2007년도 골재 수요량

(단위 : 천㎥)

구 분	'07년 레미콘 연간출하량	'07년 레미콘 소요골재량	전 체 골재소요량	골재원별 소요량	
				모래	자갈
수도권	47,415	59,269	81,637	35,431	46,206
강원권	6,036	7,546	10,366	4,495	5,871
충청권	20,898	26,104	35,976	15,615	20,361
호남권	20,056	24,827	34,184	14,910	19,274
영남권	32,263	40,327	71,446	39,327	32,119
제주권	1,700	2,125	2,927	1,270	1,657
계	**128,368**	**160,198**	**236,536**	**111,048**	**125,488**

○ 건설폐기물 매립장 건설로 인해 소요되는 자금 및 인력의 절감 효과를 거두어야 하며 재생 콘크리트의 재활용 시스템 구축으로 인한 폐콘크리트 처리의 신뢰성 확보가 관건이다.

○ 건설폐기물의 활용을 위한 제도 개선, 활용 제품의 신뢰성 및 안정성 확보, 건설폐기물 최적 재생 기법 등이 연구되어야 하며 건설 폐기물을 이용한 환경 친화 콘크리트, 건설폐기물 발생 억제 기술, 건설폐기물 선별/해체 기술 등이 우선 해결 과제이다.

③ 차세대 PSC 교량 건설기술

○ PSC 콘크리트 교량의 장수명화로 교량의 개축비용 절감에 따라 생애 주기비용의 대폭적 감소와 설계 기준 강화에 따라 개발된 건설 재료 및 건설 기술과 관련된 새로운 건설 산업의 활성화가 예상된다.

○ 기존 교량의 갑작스런 붕괴를 방지할 수 있기 때문에 고속도로 사용자의 안전성이 향상되고 미래 건설기술 개발에 따라 향후 건설기술 및 건설 재료의 수입 대체 효과 및 건설 기술의 국제 경쟁력 확보로 이어질 전망이다.

○ 차세대 PSC 교량의 신재료 개발 기술, 붕괴 방지를 위한 기존 PSC 교량 유지 관리 기술, 차세대 PSC 교량 설계 기술, 차세대 PSC 교량 시공 기술, PSC 교량 성능 평가 및 개축 기술, PSC 교량 잔존 수명 평가 기술의 확보가 선행되어야 한다.

④ 프리캐스트 콘크리트 교량 건설기술

○ 균열을 비롯한 콘크리트의 부정적 측면을 프리캐스트 공장 제작을 통하여 극복함으로써 안전성, 내구성이 뛰어난 구조물 건설이 가능해지며 콘크리트의 현장 양생에 따른 공사기간의 연장을 프리캐스트 부재화를 통해 획기적으로 단축할 수 있고 이에 따라 공사의 직접 경비는 물론 사회적 비용을 절감할 수 있게 된다.

○ 프리캐스트 콘크리트 부재의 합리적 연결 시스템, 프리캐스트 교각 구조의 설계 및 시공 기술 등이 개발되어야하며 교량 상부 구조의 모듈화 설계와 시공을 위한 기술 및 지침 연구, 프리캐스트 교량 적용을 위한 External Prestressing 구조의 설계 및 해석 기술 개발, SIP (Stay-in-place) 패널을 이용한 바닥판 설계 및 시공기술 개발, 프리캐스트 공법의 기존 교량 개보수 적용 방안 연구 등도 진행되어야 한다.

그림 1-39 공장제작 프리캐스트 구조물의 시공

⑤ FRP 교량 건설기술

○ 교량 구조 시스템의 무강재화로 지속 가능성이 확보되고, 시공 용이성 및 시공 기간 단축으로 인한 이동성, 경제성이 제고되며 유지관리 간소화로 인한 이동성과 경제성이 제고될 전망이다.

○ 복합재료 보강(reinforcing) 및 긴장(prestressing)에 대한 해석 및 설계 기술 개발, 노후 구조물의 보수·보강 기술 개발, 무강재 교량 바닥판 시스템 개발, 무강재 기초 시스템 개발, 복합재료 활용에 대한 설계/시공 기준 및 표준 개발이 이루어져야 한다.

⑥ 교량설계 및 시공에서 진보된 3차원 CAD 활용

○ 교량설계 부문에서는 최신 디지털 설계기술 도입으로 설계 시간 및 인력이 대폭 절감되어 생산성 향상이 기대되며 교량설계 기술이 고도화되어 교량의 건설 및 유지보수 원가가 절감될 것으로 보이는 한편 국내외에서 선진국과 경쟁을 벌여야 하는 국내 건설기술 관련 산업의 경쟁력이 제고될 전망이다.

○ CAD, 구조해석, 소프트웨어 개발, Database, 고성능 컴퓨터의 상용화가 필요하다.

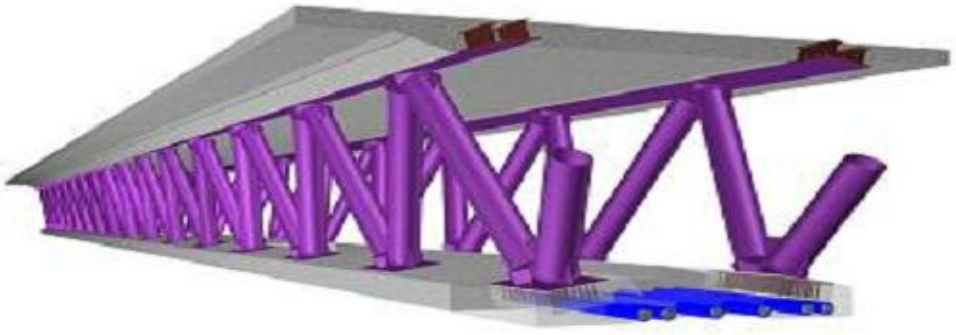


그림 1-40 3차원 CAD

⑦ 한계상태법을 적용한 강교량의 설계합리화 기술

○ 합리적인 강교량의 설계 등으로 국내 교량설계기술의 국제경쟁력 확보가 가능하고 해외설계 시장의 진출을 용이하게 할 것으로 예상이 된다.

○ 한계상태설계를 위한 하중모형 및 하중조합모형 정립, 국내 실정에 적합한 하중 및 저항계수의 산정, 부재의 합리적인 극한강도 산정 기술, 피로성능 향상을 위한 연결부 상세설계기술, 장대교량(사장교, 현수교)의 한계상태설계 기술이 필수 요소이다.

⑧ 고성능강을 사용한 차세대 교량

○ 친환경적이며 미적으로도 아름다운 교량의 건설이 가능해지고 고성능강을 사용함으로써 막대한 건설비용을 절감할 수 있으며 국내교량의 설계기술을 세계수준과 똑같이 끌어올릴 수 있고 해외설계시장의 진출을 용이하게 할 것으로 예상된다.

○ 고강도강 교량의 효과적인 처짐제어기술, 고강도강을 적용한 신형식 교량의 개발, 극한강도 산정기술, LP(Longitudinally-Profiled Plate)의 적용기술, Hybrid Girder의 설계기술 등이 대표적이다.

⑨ 생애주기비용(LCC) 최소화 교량건설

○ 국내 실정에 맞는 독자의 설계기준이 확보되고 ISO 등 국제 설계기준 확립에 참여함으로써 설계기술의 선도 및 해외경쟁력이 제고되며 WTO 등 국제규제에 유연한 대응이 가능해지도록 해야 한다.

○ 신뢰성 해석 기술개발, 구조물에 따른 재해위험도 평가 기술개발, 교량의 생애주기비용 평가 방법개발, 교량구조물의 정밀해석 기술개발, LCC 및 신뢰성에 기반한 최적설계 기술개발 등이 사전 확립되어야 한다.

⑩ 유지관리 저감형 교량 건설

○ 교량의 형식과 규모에 따른 유지관리 저감형 표준교량의 설계기술이 확보되며 바닥판, 신축이음, 받침 등과 관련된 내구성 향상기술의 선도가 기대된다.

○ 교량 구조물의 유지보수공사 축소를 통한 환경오염부하 저감이 가능하며 기후협약[9], WTO 등 국제환경규제에 능동적 대응도 가능할 전망이다.

○ 이를 위해 고기능성 신축이음장치, 내구형 교량받침, 바닥판 성능향상 기술, 교량구조물의 정밀해석 기술, 방수포장 기술, 무조인트 무받침 교량의 개발이 활발히 전개되어야 한다.

⑪ 바람에 대한 장대교량 진동평가 및 제진

○ 외국 연구소 또는 설계사에 지불하는 막대한 비용을 절약해야 하며, 장대교량 핵심 기술분야 자립화에 따른 대외 경쟁력 확보가 요구된다.

○ 특히 서해대교, 영종대교, 인천대교 등의 건설경험 축적으로 케이블 등 장대교량의 선진국 대열에 합류할 수 있도록 R&D에 투자해야 한다.

○ 필요기술로 케이블교량 해석 기술, 버페팅 해석 기술, CFD[10], 풍동실험에 의한 플러터계수 추출 기술, TMD[11] 설계 기술, 내풍케이블 설계 기술, 케이블진동 평가 기술, 장대교량 허용진폭 기준 결정 기술이 꼽힌다.

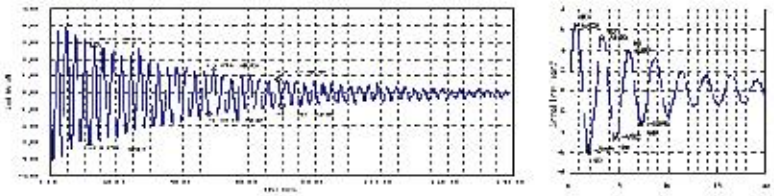


그림 1-41 TMD 제어효과

9) 기후협약 : 지구 온난화 방지를 위해 프레온가스(CFC)를 제외한 모든 온실가스 (CO_2)의 인위적 방출을 규제하기 위한 것으로 정식 명칭은 「기후변화 에 의한 기본 협약」 이다. 1990년 12월 제45차 UN총회의 결의에 따라 정식 제안된 후 정부간 협상위원회(INC)를 구성하여 1992년 5월까지 6차례 공식회의를 개최했고, 1992년 6월초 브라질 리우 회의에서 협약서가 공개됐다. 50개국이 가입효력이 발생하며 이때부터 각국은 CO_2 가스배출규제 의무를 수행해야 한다. 규제의 주요내용은 국별로 일정수준 이하는 온실 가스 배출량을 억제해야 하며 불이행시에는 무역규제 등 불이익을 당할 가능성이 크다. 특히 선진국은 개도국의 산업구조조정을 위해 재정지원, 기술이전의 부담을 지게 된다.

10) CFD(Computational Fluid Dynamics)
: 컴퓨터를 수치해석을 통한 유체의 동적 움직임을 해석

11) TMD(Tuned Mass Damper) : 강풍 및 지진에 대한 동조질량감쇠기

3) 포장, 재료

① 포장의 공용성 및 예측 기술 프로그램

○ 경제적인 포장의 공용성 예측으로 합리적인 보수주기 등 전반적인 시설물의 경제성 확보가 가능해지고 포장관리에 대한 활용도가 높아지므로 포장의 생애주기비용(LCC)이 감소될 전망이다.

○ 포장구조 해석 모형, 포장손상예측 모형 개발과 현장 공용성 수집 및 분석 업무와 ME[12]개념을 이용한 공용성 예측 프로그램 개발이 수반되어야 한다.

그림 1-42 포장 평가용 계측기 설치

그림 1-43 포장 평가용 계측기 설치

② 산업폐기물의 도로 재활용 기술 프로그램

○ 매립지 부족이 심각해지는 상황으로 건설폐기물의 처리비용 절감 및 환경오염 저감이 필요하며 건설공사에 부족한 골재 등 건설을 위한 자원을 확보해야 한다.

12) ME(Macro Engineering) : 고대의 피라미드, 근대의 수에즈운하, 현대의 우주개발과 같이 그 시대 최고의 과학기술를 이용하여 최대의 조직이 앞서서 추진하는 거대한 프로젝트의 계획·조직·관리를 위한 종합적인 방법론.

○ 콘크리트관련 건설폐기물의 도로하부층 재활용 연구, 아스팔트 혼합물의 재활용 연구, 산업폐기물의 아스팔트 혼화제 활용 연구, 재활용 활성화 정책 연구가 필요하다.

③ 고성능 콘크리트 포장기술 개발

○ 고성능 콘크리트의 원활한 작업성과 효율적인 장비의 사용으로 시공시간 단축, 고성능, 내구성의 포장시공을 통해 LCC 비용 절감 및 내구수명 증진, 고성능 콘크리트의 배합을 통해 주행성이 양호한 콘크리트포장 표면의 평탄성 확보가 주요 과제이다.

○ 새로운 콘크리트포장용 재료배합의 시공에 적합한 장비의 개발, 신소재를 이용한 고성능 콘크리트 포장재료 개발, 2층 포설개념을 이용한 장수명 콘크리트 기술개발, 고내구성 재료 개발 및 평가방법 개발, 설계법 개발 및 장비 개발, 품질관리 및 시방기준 개발 등이 추진되어야 한다.

④ 안전하고 환경친화적인 고속도로

○ 삶의 공간이라는 미래 도로 기능의 확대로 친환경적인 도로가 필요하며, 고속도로의 치명적 사고를 저감시키고 고속도로 및 주요 간선도로에 적용이 가능한 국내 환경을 고려한 시방의 정립으로 포장 형태 및 처리 공법이 선정되어야 한다.

○ 저소음 포장 연구 방면에 있어 콘크리트 포장 표면 처리, 아스팔트 다공질 포장, 골재 노출 공법 등이 주요 골자이며, 안전향상을 위한 투수성 포장 연구와 환경 친화적인 블록 포장, 겨울철 융설 촉진 포장 및 제설 시스템 개발도 추진되어야 한다.

⑤ 과적차량 및 중차량에 의한 포장 손상 평가 정량화

○ 차종의 다양성을 고려한 축형태, 타이어압, 하중, 다양한 축형태에 대한 연구가 진행된다.

○ 과적차량에 의한 포장 파손 현상 규명으로 과적의 명확한 단속 근거를 제공하고 벌과금 책정으로 포장을 파손으로부터 보호해야하며 중차량의 포장파손 정량화로 도로의 점유율에 추가하여 파손에 따른 통행료 산정 기준 확보로 화물차량에 대한 합리적인 통행료를 징수해야 한다.

○ 이를 위해 차량의 제원 및 동역학적 특성을 조사하고 중차량에 따른 포장 파손 영향을 정량화해야 하며 포장 손상에 따른 도로관련 비용 할당을 연구함과 동시에 과적차량 단속 기준 수립 및 법률 정비가 병행되어야 한다.

⑥ AP/Con'C의 다양성을 고려한 신공법 개발

○ 한국형 포장설계법 개발시 기술자의 재량에 따른 공법 및 포장 형식의 선정이 가능하도록 다양한 선택기능을 부여하여 획일적인 설계를 강요하는 표준도 활용을 최소화하도록 교육과 홍보 및 세계적인 시장 개척이 추진될 전망이다.

○ 러팅 저항성 특수 아스팔트 결합제 개발 연구, 러팅/균열 저항성 골재 특성 연구, 러팅/균열 저항성 특수 혼합물 평가 및 도입연구와 복합층 포장공법 연구가 있어야 한다.

4) 가치공학(VE, Value Engineering)

○ 대형공공건설사업은 정부의 핵심적인 재정사업으로 이의 효율적인 운용과 추진에 대하여 사회적인 관심이 증폭되면서 많은 제도적 장치들이 마련되어 왔다

○ 1999년에는 건설사업 진행과정의 예산낭비요인과 비효율을 제거하고, 예산절감을 도모함은 물론, 기획·설계 등의 건설초기 단계부터 설계변경 및 품질을 보증하기 위하여 『공공건설사업효율화종합대책』에 따라 선진외국에서 입법화된 VE(Value Engineering) 제도를 적극 도입하게 되었다.

○ 이후, 2000년에는 그 후속 조치로 건설기술관리법 시행령 및 VE 시행지침이 제정되어 500억원 이상의 건설공사에 적용되어 왔고, 2006년부터는 100억원 이상으로 확대됨으로써 공공건설산업 효율화 정책이 탄력을 받고 있는 실정이다.

○ VE는 처음 1980년대에 국내 건설산업에 도입되어 일부 민간 건설업체에서 시공단계에 일부 시행된 적은 있었지만, 실제로 큰 효과가 기대되는 설계단계에서는 법·제도적 근거미약과 인식부족 등으로 실시되지 못하다가 『공공건설사업효율화종합대책』에서 적극적인 비용절감 방법으로 천명되면서 건설사업 초기단계에서부터 제도적으로 운용되기에 이르렀다.

○ 뿐만아니라, 『'03년 민간투자사업 기본계획 시행방안(기획예산처, '03.6)』에서는 민간투자사업(총사업비 규모가 500억원 이상)이 VE를 시행할 경우에는 조달청에서 공사비 검토를 제외한다는 지침이 제정되었고, 특히 주목할 점은 『총사업비 관리지침(04년도)』에 명시된 '설계VE 시행 의무화'로 총사업비 500억 이상의 국고, 지자체지원, 민자유치 등의 사업에 대해서는 설계VE를 의무화하도록 명시한 바 있다.

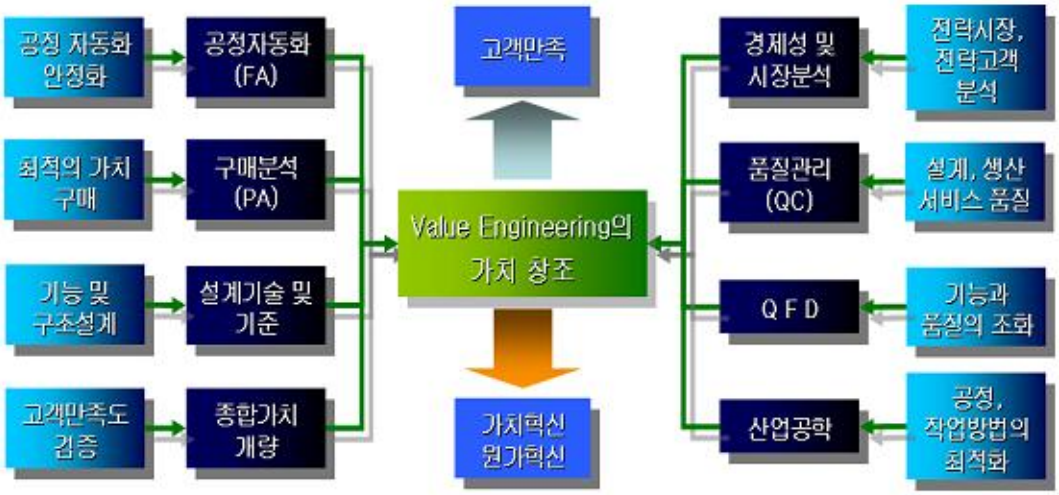


그림 1-44 VE의 궁극적 목표

○ 이처럼 VE는 단순히 공사비 내지는 사업비 절감 측면에서 처음 출발하였고 대다수의 사람들이 그렇게 인식함에 따라 사업추진과정에서 이해 당사자 간의 갈등을 초래하지나 않을까 하는 우려를 떨쳐버릴 수 없다

○ VE를 흔히 비용절감 행위와 혼동하기도 하는데, 비용절감 행위와 VE는 명백히 서로 다른 개념이다

○ 비용절감의 포커스는 그 대상의 기능분석없이 단순히 저렴한 시스템으로 대체하고, 허용기준을 완화하거나 세부재료의 물량을 줄이는 일련의 비용만의 절감행위를 말한다

○ 이에 반하여 VE는 프로젝트의 기능을 확인·분류하고, 대안을 창조·선택·개발하고, 기능을 비용 효과적으로 찾아내거나 성능을 개선하기 위해 인정된 수단과 기술을 체계적으로 적용하는 것을 말하며, 산업 또는 소비성 제품, 건설 프로젝트, 생산 공정, 사업절차, 서비스, 사업계획을 포함하는 폭넓고 다양한 곳에 적용될 수 있다. 기능이 비용과 성능에 어떻게 영향을 미치고 사용자의 욕구와 필요를 충족시키며, 프로젝트 가치를 개선하기 위한 핵심 기능을 수행하기 위해 여러 방법을 검토하는 체계적인 기술인 것이다

○ 또한, 모든 고객의 다양한 현재적 또는 잠재적 감성을 그들의 입장에서 필요로 하는 기능으로 치환하여 광의의 상품이나 서비스에 담아 만족스러운 건으로 그들에게 돌려줄 수 있게 하는 최적의 종합적 관리기술인 것이며,

○ 기업의 입장에서 볼때는 기업경영의 모든 요소들로부터 불필요한 낭비요인을 가장 효과적으로 제거하여 기업의 고객지향적 가치창조를 뒷받침할 수 있게 하는 최적의 Management Resources인 것이다.

○ 제3차 건설기술진흥기본계획('03년~'07년)에서는 경험 등에 의존한 과거의 공사관리기법에 한계가 있다는 판단 아래, 공사관리기법의 고도화 및 선진화의 개발과 보급을 확대할 계획으로 건설엔지니어링의 기술경쟁력 강화 분야의 7대 분야별 중점추진과제에 『VE기법을 적용한 건설사업 수행체계』를 세부 추진과제로 채택하였다.

○ 결국, VE를 사업비절감이라는 협의적 해석이 아닌 당면한 공공건설사업의 효율성을 제고하고 건설엔지니어링 기술력 향상을 통한 국가 기술력을 제고할 수 있는 광의의 건설관리 기법으로 해석함에 따라 건설시장에서 VE는 생산 주체들인 기술용역업체나 건설업체들의 기술개발 촉진과 국가경쟁력을 제고할 수 있는 새로운 방안으로 대두되고 있는 상황이다.

5) 건설사업관리(CM)

① 혁신적 프로젝트 전달 전략(Innovative Project Delivery Strategies)

○ 앞으로 건설사업의 규모와 복잡도는 계속 증가할 것이며 개별 사업들의 특성 또한 점점 다양화되고 경제적 부가가치(Value Added)에 근거한 계약방식에 대한 관심이 높아지는 한편 건설시장의 국제화로 인해 계약조건, 입/낙찰 방법의 투명성뿐만 아니라 기준 자체가 국제적인 표준관행에 따르게 된다.

○ 건설사업의 발주, 입찰 및 계약방식의 중요성과 생산과정에 미치는 파급효과에 대한 인식을 새로이 하여야 하며, 생산 참여 주체들에 대한 동기부여 등의 방법으로 총체적인 건설사업의 생산성과 효율성을 향상시키는 방안에 대한 연구가 요구된다.

○ 사업특성에 따른 최적 발주방식 선정 모델 개발, 성능보장형 계약 적용방안 개발, Incentive/Disincentive 계약 적용 방안 개발, 시설물 생애주기비용(LCC)에 의한 낙찰자 선정 방안 개발, 공기제안형(A+B) 입찰 및 계약 적용 방안 개발, 파트너링(Partnering)활용 방안, 시범사업을 통한 새로운 발주 및 입찰방식의 성과측정 방안 개발, 건설사업 수행구조 경직성 완화를 위한 건설산업기본법, 국가계약법, 예산회계법 등의 관련제도개선 방안 제안이 추진되어야 한다.

② 혁신적 건설관리기법 개발

○ 미국 CII에서는 FIATECH[13] 프로그램을 통한 건설사업관리기술의 혁신을 바탕으로 사업비 절감효과 8%, 공기단축 효과 14%, 유지관리비용 절감효과 5~15%로 추정하며 향후 공정, 원가, 품질, 안전 등 종합적 측면에서 체계적인 사업관리 기법을 도입함으로써 건설사업수행 전반의 생산성과 효율성 향상이 기대된다.

○ 체계적이고 과학적인 사업관리기법의 적용은 공기지연에 따른 사업비 증가 및 이로 인한 각종 사회/경제적 손실을 최소화하고 노동 집약적 업무 프로세스의 최소화를 통한 사업관리 업무의 고부가가치화가 가능하도록 할 전망이다.

○ 사전 안전영향평가 체계 구축, 자동화된 사업비 리스크 평가 모델 개발, 합리적 사업 위험관리 모델 개발, 합리적인 예정공기 산정을 위한 체계적 기준과 절차 개발, 발주자 공정관리 수행기준 및 절차의 수립(작업분류체계(WBS), 공정표 Hierarchy 등), 시설물별 실적공사비 데이터 모델 및 축적 방안 개발, 개산견적 기법 개발 및 정확도 향상 방안 개발, Design to Cost 개념 도입 방안 개발, 도로시설 건설공사비지수(Construction Cost Index)의 개발 및 지속적 운영, 품질보증 및 관리체계의 개선, 사업수행단계별 시공성(Constructability) 적용 프로그램의 개발, 건설공사 안전도 지수(Safety Performance Index)의 개발, Design for Safety 개념 도입 방안 개발 등이 필수 요소이다.

③ 건설현장 무인화 및 자동화

○ 위험하고 반복적인 작업의 대체로 노무비 절감 및 안전도 증진, 첨단 기술의 적용으로 업무 효율성 및 생산성 증대로 인한 경제성 확보가 가능해지고 시공중 발생 가능한 오류의 방지로 건설 품질향상이 이루어질 전망이다.

13) FIATECH : 건설산업협회, 텍사스대학, National Institute of Standards and Technology's Building and fire Research Laboratory로 구성된 비영리 컨소시엄

○ 무인 원격 조종 시공관리 시스템 개발, 센서 및 지능로봇을 이용한 자동화/조립화 기술 개발, 건설 장비를 위한 메카트로닉스 기술 개발, 무선통신 및 센싱기술을 이용한 현장관리 자동화 기술이 요구된다.

④ 건설 정보화 시스템 구축

○ 첨단기술의 적용에 따른 업무효율성 및 생산성 증대로 인한 경제성 확보가 가능하고 건설사업 수행과정에 발생되는 정보의 축적 및 활용, 사업관리 정보에 대한 오류의 방지로 건설 품질향상이 기대된다.

○ 설계, 시공 통합 및 자동화 방안 개발, 도로건설사업 정보분류체계 개발, 도로 건설 데이터 표준화 및 요소기술과의 연계 방안 개발, 네트웍 기반 사업관리 협업시스템 개발, 가상현실 시스템을 이용한 건설사업관리 체계 구축, 멀티미디어 기술을 활용한 건설기술정보의 다기능화, 무선통신 및 센싱 기술의 현장관리 활용 방안 개발, 건설정보화를 통한 경영 프로세스 혁신 방안 개발이 주요 골자이다.

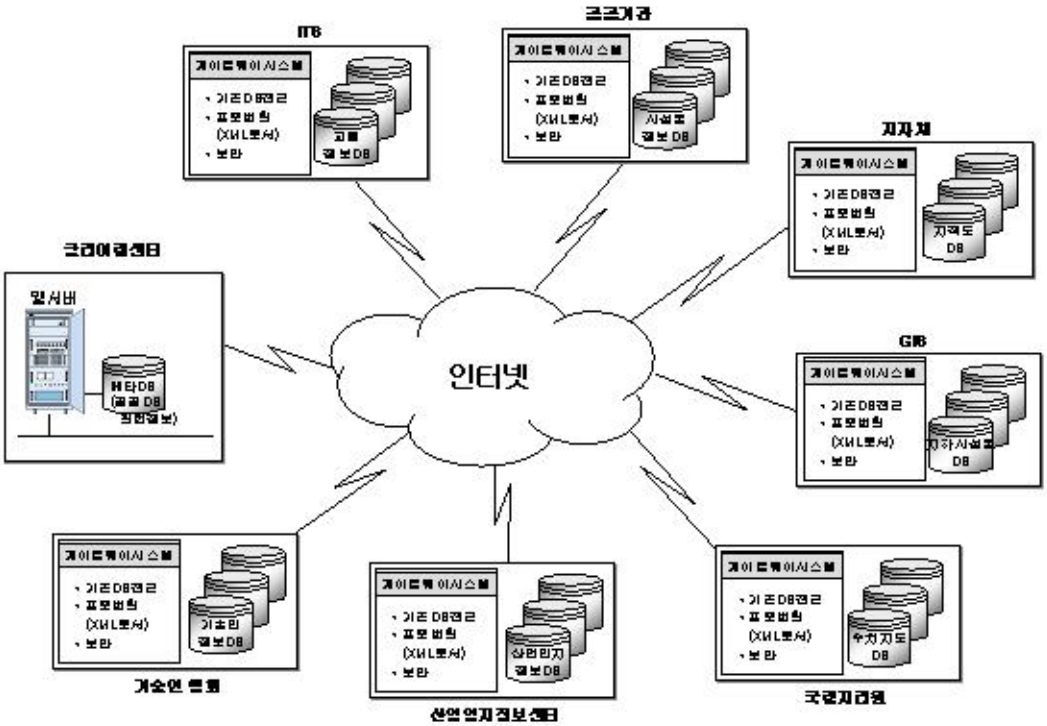


그림 1-45 타 정보화사업의 CALS와의 연계시스템

⑤ 세계화

○ 건설시장 개방과 더불어 해외 기업과의 경쟁력 향상, 국내 사업관리 수준과 선진외국의 사업관리 수준의 비교, 분석을 통한 국내 소프트 기술발전의 긍정적 효과가 전망된다.

○ 테크니컬 커뮤니케이션 능력 향상 프로그램 개발, 국제계약 및 법률 체계 전문가 양성 프로그램 개발, 해외투자 및 금융전략의 수립, 해외 건설업체의 벤치마킹, Product Realization Strategies (상품화 전략) 및 Global Construction Package 개발, Global Marketing Strategies 개발, 해외건설 리스크 분석 및 평가 모델 개발, 해외 현지화 전략 개발이 필요하다.

6) 지반, 터널

① 장대터널용 의사결정체계 기술도입

○ 장대 터널의 노선선정, 설계 및 시공시 신속한 의사결정을 통한 공기/공사비 절감(약 15%)이 가능해지며 터널공정관리시스템 개발에 따른 자재, 노무, 버력처리 등이 효율화되고 IT, VR(Vertual reality)등 관련 산업으로의 파급효과가 증대될 전망이다.

○ Decision Aids for Tunneling(DAT) 기법의 도입 및 구축, 공기/공사비 단가기준 작성 및 표준화, 터널보조공법의 공기/공사비 산정을 위한 요소기술 개발, Kriging[14]기법을 이용한 지질정보 갱신기술 개발, 터널 최적 공법 적용을 위한 의사결정체계가 구축되어야 한다.

14) kriging : 지질통계학의 분야, 즉 hybrid discipline of mining engineering, geology, mathematics and statistics에 근거를 두고 있다. 남아프리카의 광산 기술자였던 D. G. krige의 이름을 본 따 이름지어졌으며, kriging의 목적은 대부분의 응용에서처럼 공간적 예측에 있다.

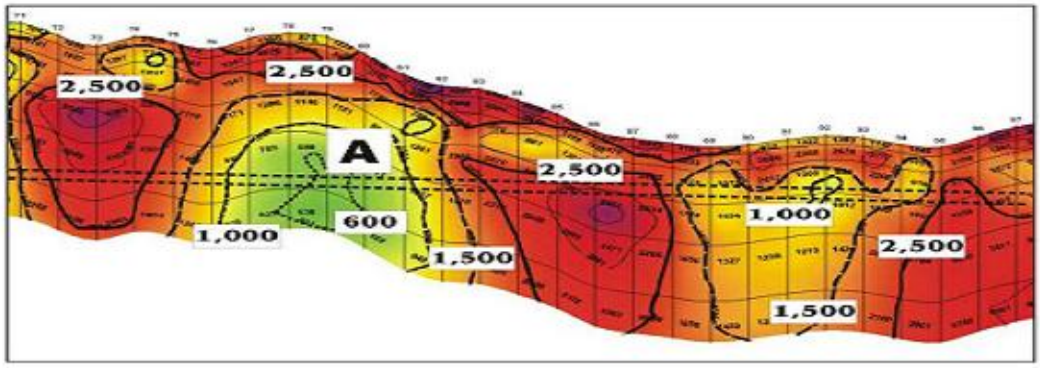


그림 1-46 전기비저항 탐사결과를 이용한 터널내 탄성파반사법 탐사 적용위치 선정

② GIS 기반의 도로사면 관리시스템 개발

○ IT기술을 도로사면 관리에 적용함으로써 과학적인 대국민 서비스 및 관리가 가능해지고 도로사면의 DB구축 및 다양한 시나리오 상에서의 정량적 사면안정성 평가가 가능한 시스템을 개발 적용함으로써 보다 안전한 도로관리가 가능할 전망이다.

○ 절토사면의 DEM[15] 구축기술, GIS기반의 절토사면의 결정적·확률론적 안전율 계산기술, GIS기반의 절토사면 DB 구축 및 활용기술, GIS기반의 유지관리 모니터링 자료의 분석 및 가시화 기능, GIS기반의 붕괴가능 지역 예측 및 보강여부 판단기능 등이 필수 요소이다.

③ SMART-터널 설계, 시공유지관리 시스템 구축

○ 가상현실, 해석, Visualization 등 IT기술을 터널 설계 / 시공 / 유지관리 분야에 적용함으로써 과학적이고 체계적인 터널 설계 / 시공 / 유지관리가 가능해지고 경험적 요소가 많이 포함되어 있는 터널분야에 과학적인 기술을 접목함으로써 다양한 시나리오 상에서의 터널 안정성 평가, 시공계획의 수립, 유지관리가 가능해질 전망이다.

15) DEM(Digital Elevation Model) : 지형 공간 정보체계에서 지형자료는 수치지도와 수치표고모형(DEM)으로 구성된다. 수치지도가 지모와 지물의 위치와 모양을 평면상에 점, 선, 면으로 나타내고, 여기에 그 속성을 연계시킨 평면모형이라면, DEM은 지형의 기복을 점, 선, 형태로 취하여 구조화한 입체모형이다.

○ 설계 / 시공 / 유지관리 단계에서 과학적인 의사결정 방법을 채택할 수 있으므로 터널기술분야의 경제성 확보가 가능하고 이를 타 분야(사면, 연약지반)에 적용함으로써 부가적인 경제적 파급효과도 얻을 수 있게 된다.

○ Virtual Reality(VR)기반의 지반 Visualization 기술, VR 기반의 터널해석 및 결과 가시화 기술, Artificial Intelligence(AI) 기반의 터널설계 및 평가기술, 터널 시공중 및 유지관리 모니터링 결과의 AI-기반의 분석 기술, VR-AI 기반의 터널 설계시공 통합시스템 구축 기술이 주요 추진 과제이다.

④ 한국형 신개념 중대규모 터널설계 및 관리기술

○ 새로운 터널 건설기술 개발에 따른 국제적 경쟁력 강화 및 기술 자립도에 따른 경제적 효과가 기대되며 중대규모 터널의 급속시공 및 안정성 확보 기술이 개발될 전망이다.

○ IT와 연계된 인공지능적 지반조사기술 개발, 급속시공을 위한 신개념/신공법 중대규모 굴착기술 개발, 신재료/신소재를 이용한 신개념 지보시스템 개발, 중대규모 터널의 환기/방재 시스템 개발, IT기술을 이용한 중규모 터널 원격 재해위험관리시스템 구축기술 개발이 요구된다.

⑤ 도로 기초지반 안정화 신기술

○ 새로운 도로기초 지반기술 개발에 따른 기술 자립도에 따른 경제적 효과와 도로 기초지반 안정화에 따른 기술적 개발효과가 필요하다.

○ 복합재료를 이용한 도로기초지반 안정화 기술개발, 발생암 성토다짐기술 개발, 도로 기초지반 하중전이 감쇄시스템 공법개발, 집중폭우에 대한 기초지반내 배수시스템 기술개발이 추진되어야 한다.

7) 환경

① 자원순환형 도로건설기술

○ 고속도로 폐자원의 다양한 활용으로 건설재료의 생애주기 평가를 통하여 재료의 절감 및 폐자원의 활용으로 인한 경제적 성과를 거둘 수 있고 폐자원을 건설재료로 이용함에 따른 폐기물 산업의 활성화가 가능해지며 타 폐기물의 재활용으로 확대가 전망된다.

○ 건설재료의 LCA[16] 평가기술, 건설폐기물 발생 최소화 대책기술, 건설폐기물 재활용 기술, 건설폐기물 관리시스템 구축 기술이 선행되어야 한다.

② 도로주변 환경오염방지 건설기술

○ 환경오염 저감기술의 적용을 통하여 인근지역의 50% 이상 오염부하 감소, 대기질 및 수질에 대한 오염방지시설의 개발을 통한 환경산업의 기술수준 향상 등을 통하여 환경피해 최소화로 인근지역 주민들의 의식 전환을 이루고 도로건설기술의 전세계적 추세에 맞추어 기술 수출을 전망한다.

○ 오염 발생원 및 이동경로 해석기술, 도로유출수 내 오염물 농도 및 위해도 평가기술, 도로유출수 처리기술, 대기오염물질 확산방지기술, 토양/지하수 복원기술이 추진되어야 한다.

16) LCA(Life Cycle Assessment, 전과정평가) : 제품 시스템의 전 과정에 걸친 투입물과 산출물에 의해 발생할 수 있는 잠재적인 환경 영향을 정성적, 정량적으로 평가하는 기법. 즉, 제품의 전과정 동안에 제품(서비스)에서 야기된 환경 부하를 계산하고 환경에 미치는 영향을 평가하는 도구이다. ISO14040에 의하면 전 과정 평가는 목적 및 범위 정의, 전 과정 목록 분석, 전 과정 영향 평가 및 전 과정 해석의 4단계로 구성되어 있다.

③ 생태친화형 도로건설기술

○ 자연과 조화된 도로건설을 통하여 개발과 자연보존의 동시에 달성함으로써 개발에 대한 반감을 최소화하고 생태 친화형 건설기술의 개발, 적용을 통한 도로의 사회경제적 가치 향상 및 전 세계적 생태계 보전형 건설추세에 맞추어 국내 도로건설, 운영에 대한 대외적 인식이 향상될 전망이다.

○ 자연생태계 조사기술, 자연생태계 보전기술, 파괴된 생태계 복원기술 등이 필요하다.

④ 환경오염 모니터링 및 저감기술

○ 소음, 진동 등의 원인 규명을 통한 기술력 향상, 강우 유출수 처리를 위한 모니터링 기술개발은 포장율이 높은 지역에서의 기술 응용 및 적용 가능, 환경피해 저감시설의 개발을 통한 시장 확대, 기술 수출화 가능, 환경친화형 건설기술의 개발, 적용을 통한 도로의 사회경제적 가치 향상이 기대된다.

○ 소음/진동 실시간 모니터링 기술, 비점오염원 모니터링 및 평가, 소음 저감 대책기술, 진동방지기술, 대기질 모니터링 기술, 환경재해 대책 기술이 요구된다.

1.3.5 이용자 욕구

○ 향후 10년간 경제발전에 발맞추어 한국의 1인당 소득은 자연스럽게 증가할 것이다. 주5일 근무제가 자리를 잡아가면서 국민들은 더욱 많은 여가시간과 여유소득이 생기게 될 것이며 이러한 현상은 소비자의 욕구를 충족시켜주는 서비스 부문의 발전을 촉진할 것이다. 정보화의 진전에 따른 유비쿼터스 혁명은 도로와 자동차, ITS 등 교통관련 산업의 새로운 패러다임의 탄생을 예고하고 있다.

○ 본 절에서는 1.3.1 도로환경 및 정책, 1.3.2 사회·경제에 관련된 미래여건 변화를 토대로 이용자의 도로관련 욕구변화에 대하여 기술하고 현재 고속도로 이용자의 만족도 수준 분석을 통한 이용자 욕구의 변화 추이를 예측하고자 한다.

(1) 고령화 사회 진입에 따른 이용자 욕구변화

1) 교통수단 및 이동성

○ 우리나라 전체인구 중 65세 이상의 노령 인구는 2000년을 전환점으로 UN이 설정하고 있는 고령화 사회 기준[17]인 7%를 상회하고 있다. 이러한 추세는 앞으로 더욱 가속화 될 전망으로 2020년에는 65세 이상 인구가 전체인구의 15.1%이상에 이르게되어 고령 사회로의 진입이 예상된다. 이러한 고령 운전자 및 여성 운전자의 증가 등으로 교통약자에 대한 배려가 중요한 이슈로 부각되고 있으며, 경제규모 및 개인 소득수준 향상으로 개인의 시간가치가 증대되고 있다.

○ 저수입과 신체적인 한계, 그리고 사회적 교류가 제한된 노인에게 있어 적절한 교통수단의 미비는 노인의 생활공간을 제한시키고 타인과의 접촉 및 활동에 지장을 주게 된다.

17) UN의 노인 인구별 분류 : 고령화사회(7%), 고령사회(14%)

○ 특히 교통체계가 미흡하고 불편하게 되어있는 교외 거주 노인에게 있어서 이동성의 부족은 심각한 문제로 그에 따라 의료혜택이나 사회사업, 혹은 외부의 지원을 받기 힘들뿐 아니라 사회교류의 가능성도 줄어들게 되어 있다.

○ 이처럼 한 장소에서 다른 장소로 움직이는 능력인 이동성은 노인에게 있어서 삶의 질을 결정하는 기본적인 요소이다. 또한 교통수단에 있어서 공공교통수단을 이용하는 것보다 자가용을 이용시 훨씬 더 많은 활동의 자유가 보장된다.

2) 고령자 등 교통약자 욕구변화

○ 고령화 사회가 도래함에 따라 노인활동을 보장하기 위한 안전하고 편리한 교통 체계의 개발은 국가의 필수적인 의무이다.

○ 즉, 노인들의 사회활동 점유율 향상에 따라 더욱 안전한 교통서비스에 대한 욕구가 증가할 것이며, 이를 위하여 먼저 교통약자인 노인들의 운전 성향 및 신체적 조건(야간 시인성 불량, 시력 및 청각 저하, 인지·반응 시간, 기억력 감소, 집중력 저하 등)에 적합한 지속적인 교통환경 개선 및 유지관리가 필요할 것으로 전망된다.

○ 따라서 노인들의 물리적 한계와 능력에 대한 폭 넓고 깊은 연구를 통하여 고령자의 운전 부담을 줄일 수 있도록 친환경 도로와 확 트이고 여유있는 도로공간을 확보할 수 있도록 현재의 도로 설계기준을 벗어난 최고 수준의 안전성을 보장하는 도로설계가 요구된다.

○ 즉, 도로의 설계기준이 차량의 동역학에서 운전자의 운전심리학 중심으로 전환되고, 자연환경 보전 및 쾌적한 주행환경을 위하여 지역간의 효율적인 연결중심에서 주변 자연·사회 환경과의 조화로 전환되는 등 인간중심의 가치가 반영된 도로건설이 이루어져야 한다.

○ 아울러 운전자의 운전실수를 사전에 예방할 수 있도록 하는 정밀하고 능동적인 안내 체계와 고속 주행에 따른 고령자의 운전 실수가 치명적인 교통사고로 연결되지 않도록 안전지대 설치가 필요하며, 사고시 신속한 처리 및 환자를 보호할 수 있는 돌발상황 관리시스템이 첨단화 되어야 할 것이다.

○ 또한 고령화 사회 진입과 함께 노인을 비롯한 어린이·여성 등 교통약자를 보호하기 위한 첨단 교통체계를 구축하고 교통안전 및 홍보를 확대하는 등 교통약자에 적합한 지능형 교통 서비스 제공이 요구된다.

(2) 여가교통 중대에 따른 이용자 욕구변화

1) 여가교통의 특성

① 여가교통의 중대

○ 소득 향상으로 인한 자동차의 보급과 고속도로망의 발달에 의한 관광지에 대한 접근성 개선으로 여가통행 수요가 증가하고 있다.

○ 자동차는 자신이 원하는 관광지에 신속·편리하게 도달할 수 있고, 스키나 레져용 장비를 운반하는데 유용하기 때문에 여가통행시 가장 일반적인 수단으로 이용된다.

○ 여가 통행시 자동차의 이용효율을 높여주는 기반시설은 고속도로로, 많은 여가시설이 고속도로 주변에 세워지고 있으며, 이로인해 사장되어 있던 관광자원에 대한 관광개발을 가능하게 하는 계기를 마련하고 있다.

② 지역간 통행현황

○ 교통개발연구원(2001)의 국가교통DB조사 결과에 의하면, 전국에서 1일 발생하는 지역간 통행인구는 총 938만명(통행)으로, 1인 평균 68km를 이동함으로써 총 6억 3,669만 통행·km의 교통이 발생하는 것으로 나타났다.

○ 여객의 경우, 1일 지역간 발생하는 통행량 938만 통행을 교통수단별로 보면, 승용차는 690만 통행, 버스는 148만 통행, 철도는 92만 통행, 항공은 53천 통행, 해운은 23천 통행을 차지하는 것으로 나타났다.

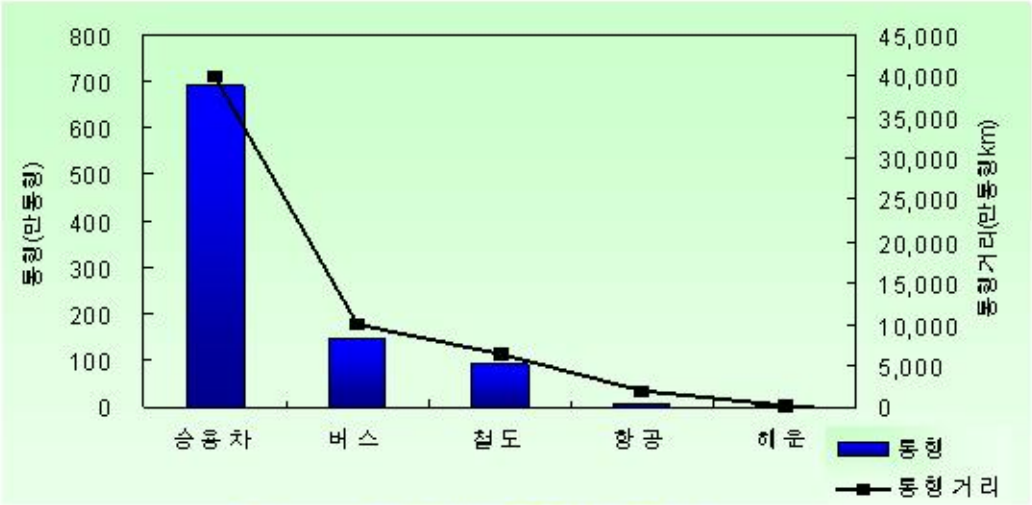
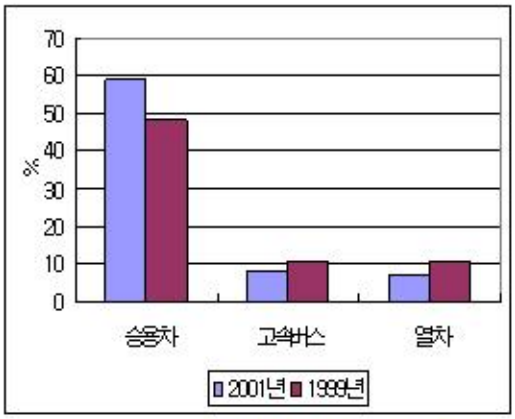


그림 1-47 교통수단별 여객통행량(통행/일)

③ 여가통행 교통수단

○ 여가통행은 자가용 이용률이 높은데 우리나라는 관광여행에 있어 숙박 및 당일 관광 모두 승용차 이용률이 압도적으로 높다.

<숙박관광여행>



<당일관광여행>

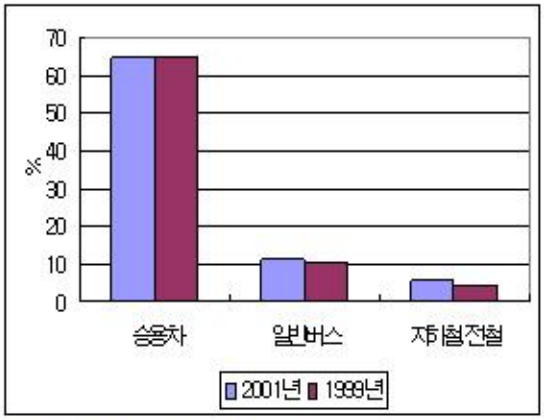


그림 1-48 우리나라 관광여행의 교통수단 이용률

④ 고속도로 이용현황

○ 고속도로 주요구간의 주말과 평일의 교통량 비율은 수도권을 제외한 모든 구간에서 평일에 비해 주말의 교통량이 많으며 특히 영동고속도로 구간은 그 비율이 높다. 장래에도 7×9 국가기간도로망 등 전국적인 고속도로망이 구축되면 여가통행에 있어 고속도로는 더욱 중요한 역할을 할 것으로 예상된다.

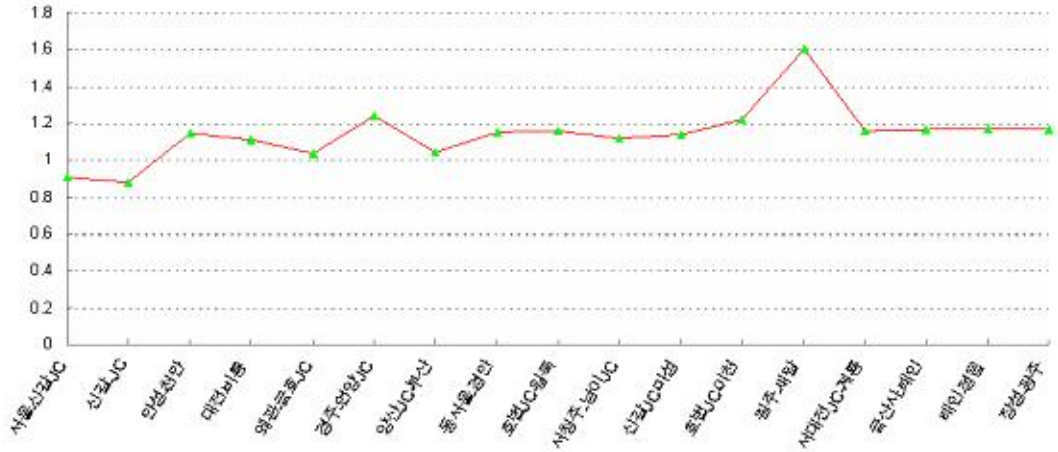


그림 1-49 2005년 고속도로 주요구간의 주말/평일 교통량비

⑤ 여가통행특성의 변화 추세와 고속도로에 대한 영향

《현 재》		《장 래》	《고속도로에 대한 영향》
정태적	⇒	동태적 여가	여가통행 증가
집단적		개인적 여가	자가용 이용율 증가
소비적		생산적 여가	여가통행 증가
금전소비형		시간소비형 여가	여가통행 증가, 이동시간 단축 요구
자연지향형		시설지향형 여가	여가통행의 시공간적 분산
계절적 집중		계절적 분산	여가통행의 시공간적 분산
여가계획습관 미흡		여가계획습관 증대	여가통행정보 제공요구 증대
정보화 미흡		고도정보화 사회	여가통행 증대, 시공간적 분산

⑥ 여가통행에 대한 고속도로의 역할

○ 자동차는 접근성과 신속성, 편리성 측면에서 용이하기 때문에 여가통행시 가장 일반적인 수단으로 이용된다. 이러한 자동차의 이용효율을 높여주는 기반시설이 고속도로이며, 새로운 관광자원 개발을 이끄는 등 여가통행에 있어 고속도로의 역할은 매우 중요하다

2) 주5일 근무제가 고속도로에 미치는 영향

① 주5일 근무제의 시행

○ 최근 여가 통행수요가 급격하게 증가하고 있으며, 정부안에 따르면 공공부문을 시작으로 대기업, 중소기업까지 단계적으로 주5일 근무제를 실시하는 것으로 예정되어 있다.

표 1-17 주5일근무제 시행시기

적용시점	'04. 7.	'05. 7.	'06. 7.	'07. 7.	'08. 8.	'11.
적용규모	1,000인 이상	300인 이상	100인 이상	50인 이상	20인 이상	20인 미만

※ 공공, 금융·보험 업종 '04년 우선시행

○ 주5일 근무제가 시행에 따른 근로시간 단축으로 경제의 생산성 향상과 국민의 삶의 질적 수준이 향상될 것으로 예상되며, 근로자의 근무형태나 여가생활에 획기적인 변화가 예상된다.

○ 그러나 근로시간의 단축과 휴가일수의 증가는 고용비용을 늘려 생산활동과 성장에 부정적인 영향을 미칠 가능성도 있으나 근로자의 삶의 질을 향상시키고 레저활동 증가 등 서비스 산업에 대한 신규 수요창출이라는 긍정적인 기대효과가 있다.

② 주5일 근무제가 고속도로에 미치는 영향

○ 여가통행 특성의 변화로 인해 고속도로를 이용하는 여가 통행량과 자가용 이용률이 증가하고 시공간적 분산도 이루어 질 것으로 예상할 수 있다. 또한 이동시간 단축 요구와 관련정보의 제공요구가 증대될 것으로 예상된다.

○ 주5일 근무제 확대에 따른 통행변화를 개략적으로 전망하면, 공간적으로는 수도권 도로의 통행이 감소하고 지방부 도로의 통행이 증가할 것이다. 또한 시간적으로 평일의 통행량은 감소하고 주말의 통행량은 증가할 것으로 예상할 수 있다. 목적별로는 통근이나 업무통행은 감소하고 여가통행은 증가할 것으로 예상할 수 있다.

○ 그러나 고속도로를 이용하는 여가 목적통행의 규모나 특성이 제대로 파악되지 못하고 있기 때문에, 보다 정확한 전망을 위해서는 대규모 조사 및 추정기법의 구축이 필요하다.

○ 여가통행과 관련된 고속도로의 교통문제는 일반적인 교통문제의 변화 추세와 유사할 것으로 판단된다. 즉 과거에는 여가통행 자체가 어려웠으나, 최근에는 여가수요는 증가하나 도로시설의 공급이 부족해 주말 등에 교통혼잡이 발생하고 있다.

○ 장기적으로 도로건설투자와 여가통행패턴이 안정화되면 이동성과 쾌적성에 대한 요구가 커질 것으로 예상된다. 따라서 여가통행자들의 요구사항은 당분간 여가 통행시 교통혼잡문제의 해결과 이동성 및 쾌적성에 대한 요구가 혼재할 것으로 예상된다.

(3) 지식정보화 사회의 도래에 따른 이용자 욕구변화

1) 지식정보화 사회와 도로교통 인프라

○ 정보통신 첨단산업의 급속한 발전과 정보통신기기의 보급 및 이용의 확대로 세계는 제조업 중심의 산업사회에서 지식기반산업의 지식정보화 사회로 급속히 전환되고 있다. 지식정보화 사회에서는 소비자·정보 중심의 유통혁명, 속도경쟁 시대의 도래로 시간중심의 경영체계가 보편화 될 전망이다.

○ 21세기 지식정보화 사회의 핵심은 지식, 정보의 경쟁력 확보가 주요 관건이 될 것이다. 따라서 기술과 더불어 지식과 정보가 견인하는 고부가가치 교통물류서비스를 제공하기 위한 첨단 도로교통 인프라 제공이 시급한 과제로 부상하고 있다.

2) IT와 자동차 산업의 융합에 따른 변화

○ 보다 안전하고 편리하고, 효율적인 자동차를 추구하는 세계 자동차 기술 개발 동향을 고려할 때 지능화 차량 기술은 자동차 산업의 경쟁력 제고의 핵심요소이다.

○ 현대인에게 자동차는 이동수단을 넘어 움직이는 생활공간이다. 최근 개발되고 있는 자동차 관련 신기술은 기존의 전통적인 자동차기술에 정보통신과 전자기술이 접목되면서 기존기술의 성능이 강화되거나 또 다른 새로운 기술로 영역이 확대되는 특징을 보이고 있다.

○ IT산업의 발전으로 자동차의 전자화가 급속히 진행되면서 자동차기술의 패러다임이 개별기능 중심에서 IT, 전기·전자, 환경, 재료 및 안전 기술이 서로 융합된 통합시스템 중심으로 변화되고 있다.

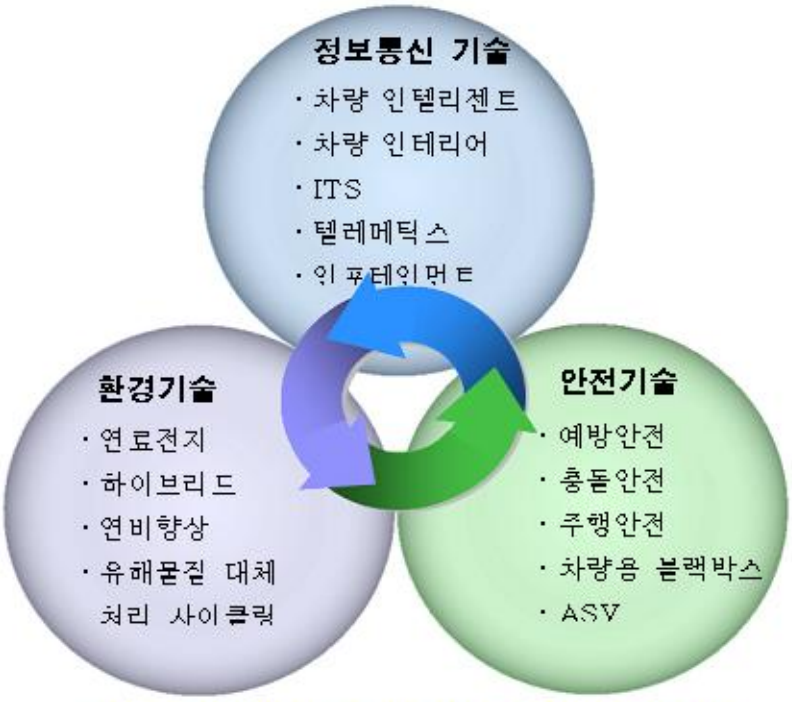


그림 1-50 IT산업 발전에 따른 자동차 통합시스템 모형도

○ 최근 자동차 안전기술은 사고발생 후 대응기술 개발에서 사고예방 및 회피기술단계를 거쳐 정보기술이 융합된 첨단안전차량(ASV, Advanced Safety Vehicle)의 개발로 이어지고 있다. ASV는 기존 기계공학 중심의 자동차 기술과 전자·통신·제어공학을 바탕으로 하는 능동적 차량 기술을 통합해 운전자의 주행 안전성과 편의성을 극대화시킨 차세대 첨단 안전자동차이다.

○ ASV기술은 차량 주변의 교통환경 및 도로상황 등의 정보를 각종 센서와 정보통신장치로 수집하여 운전자의 안전운전지원, 교통사고 피해경감, 사고후 재해확대방지를 하는 IT와 안전기술의 집합체이다.

○ 이에 정보통신기술은 자동차산업의 미래 기술경쟁력을 좌우하는 중요한 요소로 대두되고 있다. 단순한 이동수단으로서의 기능에 그쳤던 자동차가 20세기말부터 정보통신 분야와 상호 융합되는 양상을 보이면서 단독상품(Stand-alone product)에서 통합 상품(Package product)으로 변모하고 있다. 미래 자동차 기술은 정보통신 기술의 중심이 되어 다른 기술과 상호 융합 및 분화를 거치면서 개발될 것으로 예상된다.

○ 자동차, 컴퓨터, 이동통신, 네트워크 단말기, 데이터서비스 등으로 구성되는 텔레메틱스 산업은 차세대 비즈니스의 중심분야로 부상되면서 빠르게 발전하고 있다. 현재는 GPS를 이용한 위치추적기술과 이동통신기술, 차내 네트워크 등을 통해 차량사고나 도난감지, 경로안내, 교통정보, 생활정보 등을 사용자에게 실시간으로 제공하는 방향의 기술개발이 추진되고 있다.

○ 이러한 지능형 차량기술 발전에 따라 운전자의 운전 부담 경감과 편의성, 안전도 향상이 요구된다.

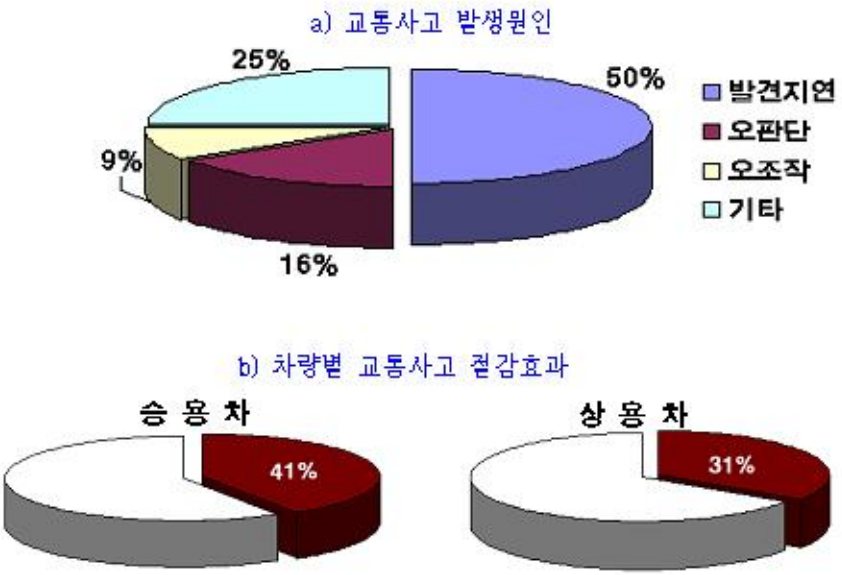


그림 1-51 교통사고 발생원인 및 지능형 차량에 의한 교통사고 절감효과

(4) 환경과 인간이 조화되는 도로·교통 패러다임 전환 요구

○ 도로건설에 따른 지역 생활권의 분리와 생태계 단절 및 환경훼손 등 문제가 발생하고, 차량증가에 따른 도로변의 소음 증가, 대기오염발생 등 환경문제가 심화되는데, 이는 과거 경제성장을 위한 도로망 확충과정에서 환경에 대한 충분한 고려가 미흡했던 것이 한 원인이 될 수 있으며 친환경 도로건설에 대한 요구는 점점 거세어 질 것이다. 또한 교통부분의 온실가스 배출량을 줄이기 위한 하이브리드카 등 환경친화적 교통수단 기술의 개발이 요구되고 있다.

○ 국민들의 쾌적한 환경에 대한 요구증대에 부응하여 환경친화적인 도로건설 필요성이 대두되고 개발과 보전의 조화를 위해 효율성과 기능성 위주에서 생태계의 보전과 자원이용의 세대간 형평성을 도모하는 방향으로 전환을 요구하는 등 지속가능한 발전이라는 새로운 패러다임이 등장하고 있다.

(5) 고속도로 이용만족도 조사에 나타난 이용자 욕구

1) 고속도로 지정체 해소관련 이용자 만족도 조사

① 조사방법

구 분	전체구간
조사일시	'06. 6. 28(수) ~ 6. 30(금)
표 본 수	600명
신뢰수준	신뢰수준 95%, 표본오차 ± 4%
조사지점	· 경부선 죽암S/A(부산,서울) · 서해안선 화성S/A(목포,서울) · 영동선 여주S/A(인천,강릉) · 중부내륙선 충주S/A(내서,양평) · 대구포항선 청통S/A(대구) · 대구포항선 와촌S/A(포항) · 통영대전선 고성공룡나라S/A (통영,대전)
조사방법	면접조사
조사내용	고속도로의 하이패스, 교통정보제공, 교통지정체, 신설노선 등 4개 분야에 대한 만족도 및 건의사항

② 조사결과

(가) 하이패스분야

○ 수도권 개방식구간에 적용되고 있는 하이패스시스템에 대한 설문조사 결과 하이패스 이용경험 및 인지도는 각각 9%, 62%로 이용률은 '05년과 비슷하나 인지도는 12%증가되었고 이용시 문제점은 운영영업소 부족(42%), OBU등 장비설치 등에 따른 초기비용 부담(40%)을 제시하였다. 하이패스 항목별 만족도는 3.5점 이상으로 높고 대기시간 단축 4.1점, 첨단기술 도입 4.1점, 이용편리성 3.6점으로 나타났다.

○ 비이용자의 향후 하이패스 이용계획은 75%로 나타났으며, 이유는 톨게이트 통과시간 단축이 61%로 나타나 톨게이트 구간의 지정체에 민감하게 반응하는 것으로 보인다.

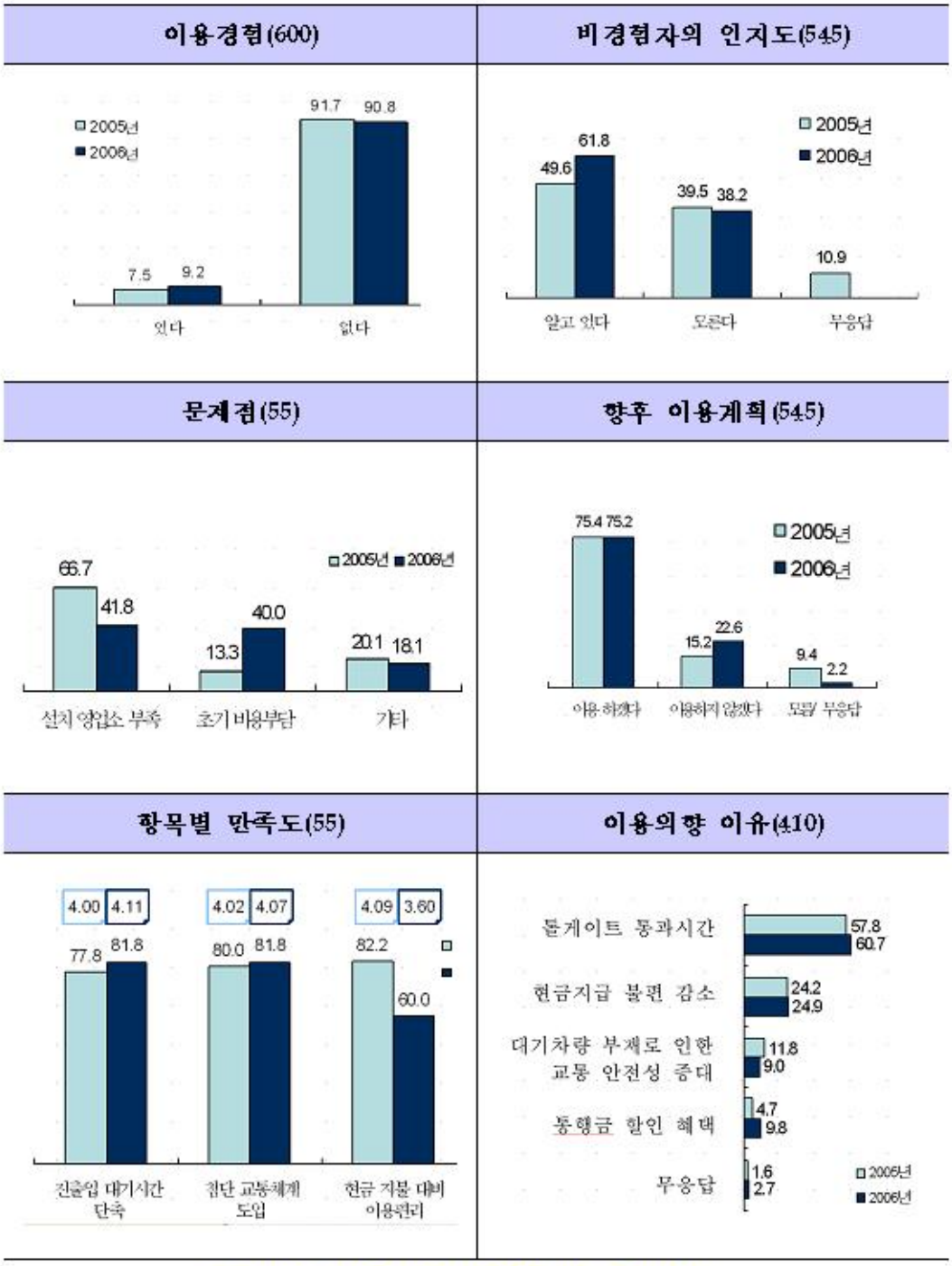


그림 1-52 하이패스 분야 고객만족도 조사 결과

(가) 교통정보제공분야

○ 고속도로의 교통정보 정확성에 대한 만족도는 3.4점(5점만점, '05년 3.2점)이고 고속도로 혼잡시 국도이용 만족도는 3.3점('05년 3.0점)이고 우회도로 이용시 우회도로 안내체계 미흡(34%), 도로여건 불량(25%) 등이 표출되고 있으며, 고속도로 통행시간 대비 10분~60분 단축시 우회도로를 이용하는 것으로 나타나 이용자들은 정보제공의 적시성과 정확성, 안전성, 신속성 등에 민감한 것으로 보인다.

○ 따라서 우회도로와의 연계체계를 강화함으로써 교통정보시스템의 효과를 높이고 우회정보의 신뢰성 향상과 안내체계의 연속성을 유지하여야 한다.

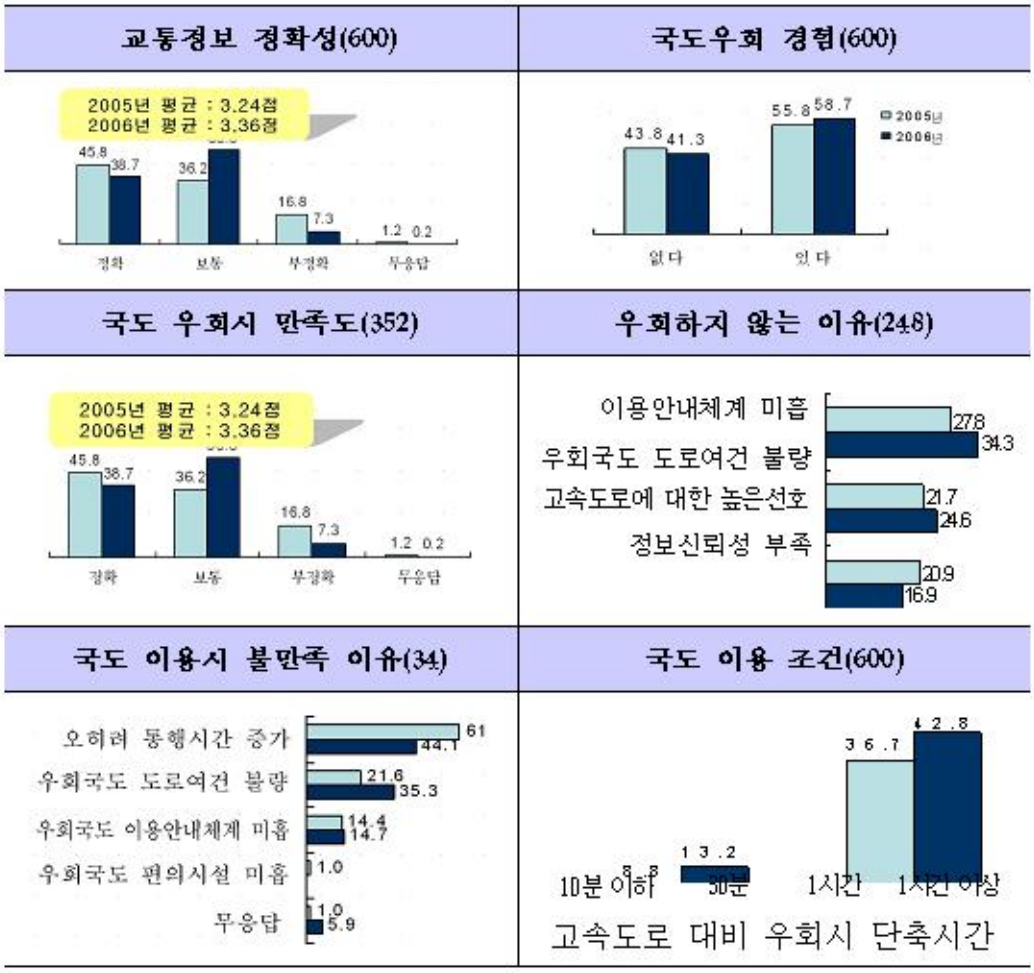


그림 1-53 교통정보제공 분야 고객만족도 조사 결과

(나) 교통 지·정체분야

○ 장거리통행 이용수단에 대한 설문결과 고속도로 80%, 고속철도 12%의 선호도를 보이며 이것은 '05년도의 조사와 비슷한 양상으로 고속도로의 선호도가 매우 높은 것으로 나타난다. 고속철도 대비 고속도로의 장점으로 출발시간 선택의 자율성(38%)과 편리한 접근성(30%)을 들고 있다.

○ 고속도로 지정체 인지속도는 60km/h이하, 지정체로 인한 인내시간은 정상 통행시간 대비 1.5~2.0배 이내로 나타나고 있다.

○ 교통지정체분야의 설문결과 고속도로의 강점인 선택의 자율성 향상을 위해 운전자의 사전판단을 도울 수 있는 신속·정확한 교통정보제공 시스템을 구축하여 정보제공매체의 다양화 및 이용자 중심의 교통정보 생산에 노력을 기울여야할 것이다.

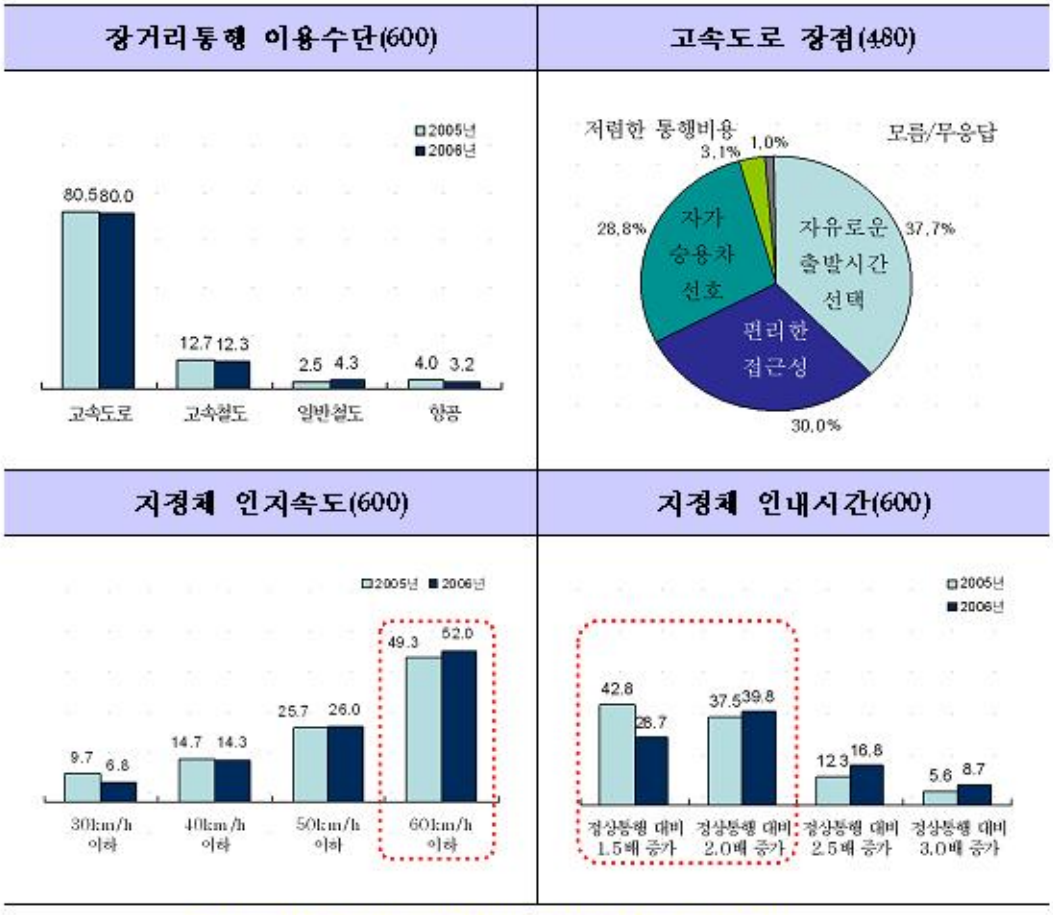


그림 1-54 교통 지·정체분야 고객만족도 조사 결과

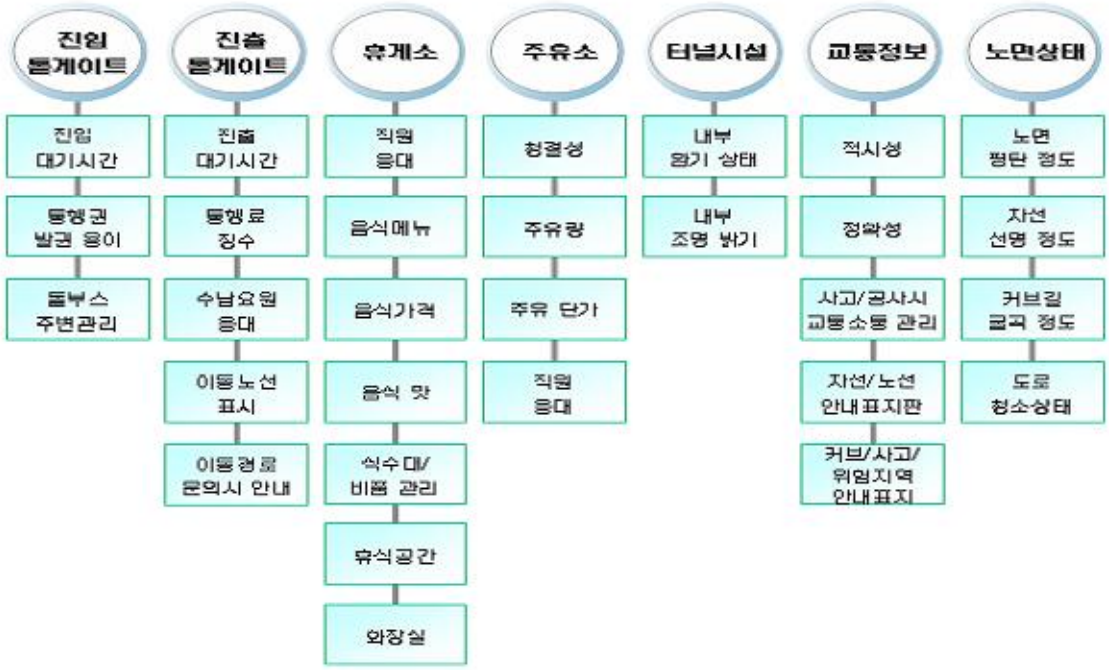
2) 고속도로 이용자 만족도 조사

① 조사방법

○ 조사기간 : '06.1.16~1.20(5일간)

○ 조사대상

○ 조사항목



② 조사결과

(가) 노선별 만족도

○ 노선별로는 동해선이 90점 이상의 평가를 받아 높은 평가를 받은 반면 88올림픽선이 63.8점의 낮은 평가를 받고 있으며, 그 외 노선은 80점 내외의 비슷한 수준을 보인다. 88올림픽선의 경우 교통량은 작으나 양방향 2차로인 점과 안전성에 대한 이용자의 불편, 교통정보 제공 미흡 등에서 불만족한 것으로 보인다.

○ 반면 동해선의 경우 교통량이 적고 신설노선에 대한 주행 쾌적성 등이 만족도 향상에 영향을 주고 있는 것으로 판단된다.

그림 1-55 고속도로 노선별 교통량

(나) 고객특성별 종합 만족도

○ 고객 특성별로는 여성, 20대, 소형, 승용차 이용자의 만족도가 높게 나타나고 30세 이상의 주이용자층에서 만족도가 낮게 나타나고 있다.

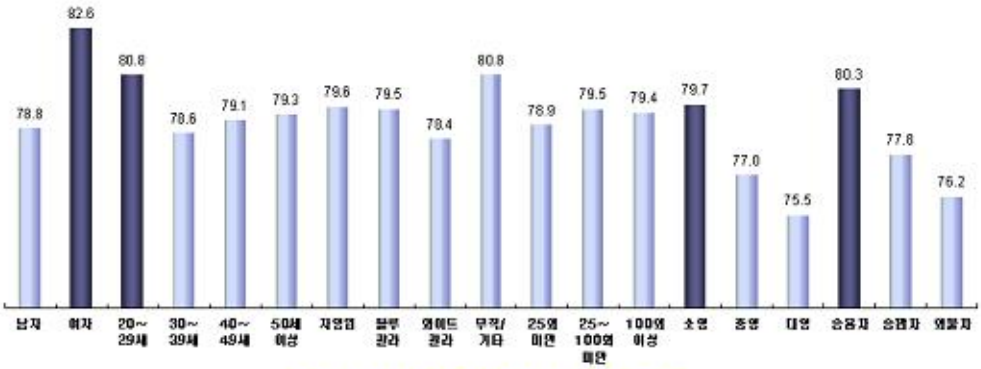


그림 1-56 고객특성별 종합 만족도

(다) 고속도로 이용시 불만족 요인

그림 1-57 고속도로 이용시 불만족 요인

3) 고속도로 이용자 Needs 변화

○ 2005년도에 실시한 고속도로 이용자 만족도 조사자료에 따르면 이용자가 평가하는 도로서비스의 중요도는 영업소 진출입톨게이트 및 휴게소 등에서의 인적 서비스보다는 도로교통정보, 노면상태 등 안전운행, 이동성, 쾌적성 등에 영향을 미치는 분야로 이동하고 있어 이용자 욕구가 고급화, 다양화되어가고 있음을 알 수 있다.

그림 1-58 고객서비스 중요도 추세

○ 또한, 만족도 결과에서도 인적서비스 부문은 만족도가 높으나 중요도가 높은 도로 교통 정보, 노면상태 등은 만족도가 낮아 중점 개선 항목으로 분류되었다.

○ 특히 분야별 세부요소 만족도에서도 위험지역안내, 사고/공사시 소통관리, 교통정보의 적시성, 차선선명성 등에 대한 이용자의 요구가 증가될 것으로 예측된다.

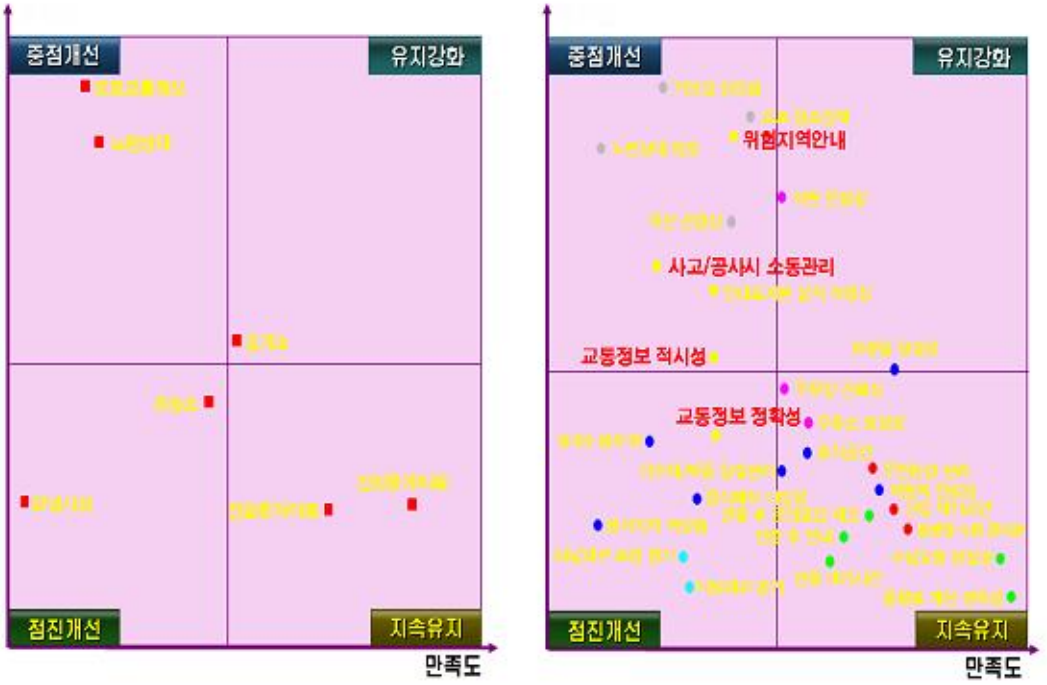


그림 1-59 이용자 Needs분석

(6) 교통사고분석

1) 교통사고 현황

○ 2004년 OECD국가별 교통사고 현황에서 우리나라는 자동차 1만대당 사망자수가 터키(3.9명), 헝가리(3.8명), 다음인 3.4명으로 OECD회원국 총29개국 중 3위이며, 인구 10만명당 교통사고로 인한 사망자 수는 폴란드(15명), 그리스(14.6명), 미국(14.5명) 다음인 13.2명으로 4위에 해당된다. 교통사고 발생건수는 214,717건으로 OECD회원국 평균 508,744건보다 무려 237%나 많이 발생되었고, 발생순위는 미국 1,900,000건, 일본

933,222건, 독일 339,310건, 이탈리아 224,553건, 다음으로 5위에 해당된다. OECD 국가별 도로보급율은 1.4로 회원국 중 25위에 해당된다. 이처럼 국제적으로 교통사고율은 높고, 도로보급율은 낮은 것이 우리의 현모습이다.

표 1-18 OECD 국가별 도로보급률 및 교통사고 사망자 현황[18]

국가	인구 (천명)	자동차 (천대)	국토면적 (M^2)	도로		교통사고발생 건수	사망자	
				총연장 (Km)	보급률		1/ 인구 10만명	1/자동차 1만대(순위)
노르웨이	4,579	2,862	323,873	91,916	2.4	8,194	5.7	0.9(1)
스웨덴	9,011	5,131	449,964	214,000	3.4	18,029	5.4	0.9(1)
네델란드	16,258	8,494	41,528	117,430	4.5	31,635	5.0	0.9(1)
일본	127,757	81,220	377,887	1,182,593	5.4	933,222	6.2	1.0(4)
영국	59,835	33,033	244,061	413,120	3.4	213,043	5.6	1.0(4)
스위스	7,364	4,969	41,285	71,211	4.1	22,891	6.9	1.0(4)
아이슬란드	294	218	102,829	12,691	5.9	790	7.8	1.1(7)
독일	82,532	54,082	357,039	626,981	3.7	339,310	7.1	1.1(7)
호주	20,111	13,533	7,692,024	810,236	2.1	-	7..9	1.2(9)
이탈리아	57,888	43,141	301,328	444,251	3.4	224,553	9.7	1.3(10)
핀란드	5,220	2,757	338,145	79,162	1.9	6,767	7.2	1.4(11)
룩셈브르크	451	358	2,586	2,876	2.7	716	11.1	1.4(11)
캐나다	31,946	18,869	9,984,670	1,408,800	2.5	151,300	8.5	1.4(11)
덴마크	5,399	2,521	43,069	72,074	4.7	6,209	6.8	1.5(14)
뉴질랜드	4,061	2,921	269,122	92,760	2.8	10,368	10.7	1.5(14)
프랑스	59,900	36,809	551,208	998,001	5.5	85,390	9.2	1.5(14)
오스트리아	8,175	5,205	83,871	118,829	4.8	42,657	10.7	1.7(17)
스페인	43,038	26,433	504,750	665,636	4.5	94,009	11.0	1.8(18)
아일랜드	3,979	2,065	70,823	95,752	5.7	5,781	9.4	1.8(18)
미국	293,655	230,788	9,631,418	6,395,705	3.8	1,900,000	14.5	1.8(18)
벨기에	10,396	6,062	32,545	150,567	8.2	52,868	11.8	2.0(21)
포르투칼	10,529	5,366	92,631	68,732	2.2	38,930	12.3	2.4(22)
그리스	11,006	5,968	5,968	40,164	1.1	15,751	14.6	2.7(23)
체고	10,211	4,573	78,860	55,447	2.0	26,516	13.5	3.0(24)
폴란드	38,174	16,701	322,577	379,455	3.4	51,069	15.0	3.3(25)
슬로바키아	5,379	1,834	49,035	17,755	1.1	7,866	11.3	3.3(25)
대한민국	**48,294**	**18,964**	**99,601**	**97252**	**1.4**	**214,717**	**13.2**	**3.4(27)**
헝가리	10,098	3,370	93,033	180,994	5.9	20,957	12.8	3.8(28)
터키	68,530	9,821	769,604	62,863	0.3	55,160	5.6	3.9(29)
평균							9.5	1.9

※ 국토계수당 도로보급률 : 도로연장(Km): $\sqrt{\text{국토면적}(Km^2)^*} \times$인구

18) 도로교통안전관리공단, 교통사고통계분석, 2006년

2) 구성요소별 사고현황 분석

① 운전자(여성운전자, 고령운전자등) 사고

○ 최근 들어 여성들의 운전면허 취득이 상대적으로 증가하면서 이들 여성 운전자에 의한 교통사고도 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있다. 여성 운전면허소지자는 지난 10년간 연평균 9.0%라는 높은 증가율을 보이며 급격하게 증가하여 동일기간의 남성 운전면허소지자의 연평균 증가율이 1.5%를 훨씬 상회하는 추세를 나타냈으며, 여성 운전면허소지자의 전체 운전면허 소지자에서 차지하는 비율도 80년에 6.7%, 90년 12.2%에서 2005년에는 37.2%로 급격한 증가 추세를 보이고 있다. 여성운전자 사고와 전체사고 추세를 비교해 보면 그림 1-59에서와 같이 1990년을 지수 100으로 하였을 때 전체사고는 증감을 반복하며 2000년에 114를 정점으로 큰 변동을 보이지는 않았으나, 여성운전자 사고는 지속적으로 증가하여 1995년에는 240, 1998년에는 357, 2000년에는 507, 2003년에는 624를 나타낸 이후, 다소 감소하고 있으나 향후 여성의 사회적 지위의 향상으로 인하여 계속적으로 여성운전자의 교통사고 비중은 증가될 것이다.

그림1-60 전체교통사고대비 여성운전사 사고

○ 또한, 65세 이상의 고령운전자들이 발생시킨 사고는 1995년 1,372건에서 매년 꾸준히 증가하여 2005년에는 6,111건이 발생하여 약 4.5배가 증가한 것으로 나타났다. 향후 우리나라의 인구고령화 속도는 고령인구비율 7%(고령화사회)에서 14%(고령사회)로 도달하는데 걸기는 기간이 18년이며, 14%에서 20%(초고령사회)는 8년에 불과하여 기타 선진국에 비해 훨씬 빠른 속도로 고령사회로 진입할 것으로 전망됨에 따라 고령운전자들의 교통사고 발생율이 지속적으로 증가되어 가고 있다.

○ 여성운전자, 고령운전자 등 특정 그룹별 운전자의 요인에 따른 교통사고가 전체 교통사고에서 차지하는 비율이 점차 증가되어 가는 것이다. 따라서 운전자의 가변적 요인, 즉 특정그룹의 운전자 인지반응 과정, 명시성, 시인성 등의 연구가 필요하다.

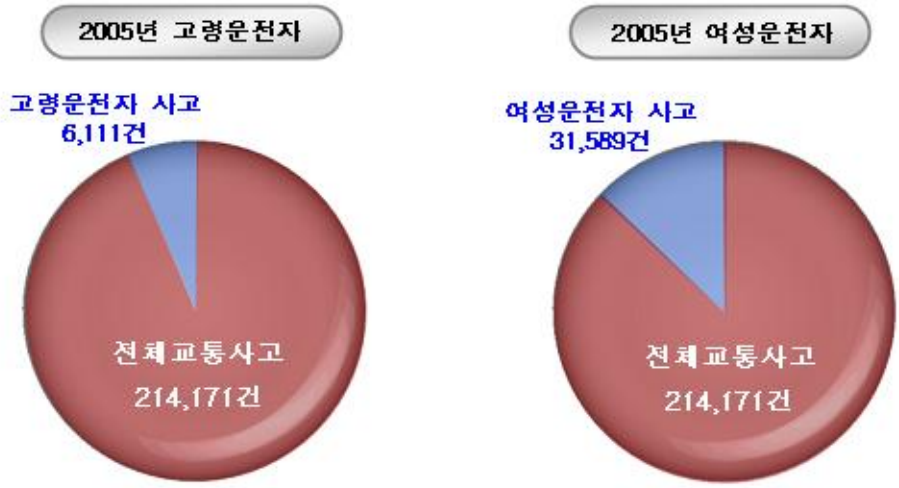


그림 1-61 2005년 고령운전자 및 여성운전자 교통사고 건수

② 자동차별 사고

○ 2005년 우리나라 자동차 총 보유대수는 18,946천대로, 1995년의 8,469천대의 약 2.2배가 증가 하였고, 교통사고도 1995년 248,865건에서 2000년 290,481건을 정점으로 2005년에는 214,171건이다. 또한, 차량 종류별 교통사고 현황을 보면, 승용차 138,815건으로 제일 많고, 화물 35,102건, 승합 21,505건, 기타 18,749건 순으로 나타났다. 그리고 차량종류별 사망자

수를 보면 승용 2,893건, 화물 1,559건, 승합 733건, 기타 1,191건 순으로 나타났다. 도로별 차종에 따른 평균 일 교통량(ADT)의 연평균증가율을 보면 전체 도로에서 승용차의 증가율이 가장 높은 것으로 나타났다. 도로별 일 교통량의 추세를 보면 고속국도의 경우 80년과 비교하여 승용은 19.6배, 승합은 3.6배, 화물은 3.0배가 증가한 것으로 나타났고, 지방도의 경우 승용은 15.9배, 버스는 4.8배, 화물은 4.3배가 증가한 것으로 조사되어 고속국도에서의 승용차 교통량의 증가율이 가장 높았던 것으로 나타났다.

표1-19 자동차 종류별 교통사고

구분	발생건수		사망자		부상자		치사율	자동차수
		구성비		구성비		구성비		
계	214,171	100.0	6,376	100.0	342,233	100.0	3.0	18,964,061
승용	138,815	64.8	2,893	45.5	224,419	65.5	2.1	11,122,199
승합	21,505	10.0	733	11.5	38,289	11.2	3.4	1,124,645
화물	35,102	16.4	1,559	24.5	56,829	16.6	4.4	3,102,171
기타	18,479	8.8	1,191	18.5	22,696	6.7	6.4	3,615,046

※ 기타 : 특수, 이륜, 원동기, 자전거, 기타(건설기계, 농기계)

③ 도로구조관련 교통사고

○ 2005년도에 발생한 교통사고를 도로선형별로 살펴보면, 직선로에서 190,470건이 발생하여 전체 교통사고의 88.9%를 차지하고, 이로 인한 사망자는 4,890명으로 전체의 76.7% 차지하고 있다. 또한 커브 · 곡선로에서는 18,331건(8.6%)이 발생하여 1,385명이 사망함으로써 전체 사망자의 21.7%에 달하였다. 치사율을 비교해 보면 직선로가 2.6%인데 반하여 커브 · 곡각로는 7.7%로 크게 높았다. 직선로에서 교통사고가 많이 나지만 치사율이 적고 커브 · 곡각로에서는 교통사고가 적지만 치사율이 높게 나타났다.

표 1-20 도로선형별 고통사고

구 분			발생건수		사망자		부상자	
				구성비		구성비		구성비
총 계			214,171	100.0	6,376	100.0	342,233	100.0
커브·곡각	소 계		18,331	8.6	1,385	21.7	31,852	9.3
	좌	오르막	1,718	0.8	122	1.9	2,953	0.9
		내리막	2,013	0.9	187	2.9	3,841	1.1
		평 지	4,860	2.3	408	6.4	8,276	2.4
	우	오르막	1,855	0.9	108	1.7	3,292	1.0
		내리막	2,249	1.1	209	3.3	4,271	1.2
		평 지	5,636	2.6	351	5.5	9,219	2.7
직선	소 계		190,470	88.9	4,890	76.7	302,814	88.5
	오르막		9,780	4.6	335	5.3	15,547	4.5
	내리막		15,801	7.4	495	7.8	26,679	7.8
	평 지		164,889	77.0	4,060	63.7	260,588	76.1
기타			5,370	2.5	101	1.6	7,567	2.2

④ 환경요인별(주야간, 기상상태 등) 사고

○ 고통사고 발생을 주야별로 살펴보면 주간에는 109,560건이 발생하여 전체의 51.2%이고, 야간에는 104,611건이 발생하여 전체의 48.8%에 이르러 사고발생은 주간이 많으나, 치사율면에 있어서는 주간이 2.6%인데 반하여 야간은 3.4%로 나타나고 있어 야간에 발생한 사고는 치사율이 더 높은 것으로 나타났다. 또한 기상상태별로 보면, 맑은 날에 179,009건이 발생하여 전체 교통사고의 83.6%로 나타났다. 주목할 것은 안개가 낀 날은 교통사고 발생건수가 404건으로 전체사고의 0.2%에 불과하지만 44명이나 목숨을 잃어 치사율은 10.9%로, 평균 치사율 3.0%보다 3배가 넘는다는 것이다. 이는 흐린날(4.5%), 눈오는날(2.5%), 비오는날(3.6%)보다 훨씬 높은 수치이다.

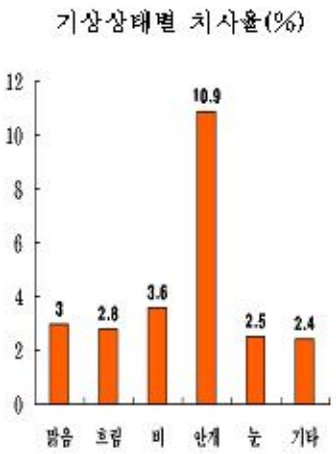
표 1-21 2005년 주야간 교통사고 현황

구 분	계	주간	야간
발생건수	214,171	109,560	104,611
구성비	100.0	51.2	48.8
사망자	6376	2,809	3,567
구성비	100.0	44.1	55.9
부상자	342,233	174,069	168,164
구성비	100.0	50.9	49.1
치사율	3.0	2.6	3.4

○ 즉, 야간이 주간보다 위험하고 도로에 안개가 낀 날이 맑은 날 보다 훨씬 위험하다는 것을 말해주고 있다. 이처럼 주야간, 기상상태 등 도로 위의 환경적 요인이 교통흐름에 많은 영향을 주고 있는 것이다. 따라서 환경적 요인이 도로상의 차량 주행성, 안전성에 미치는 영향의 연구를 통하여 환경적 요인에 구애 받지 않고 정시성을 확보하는 것이 미래도로 구현의 한 방향이 될 것이다.

표 1-22 2005년 기상상태별 교통사고 현황

구 분	계	맑음	흐림	비	안개	눈	기타
발생건수	214,171	179,009	12,881	17,361	404	3,057	1,459
구성비	100.0	83.6	6.0	8.1	0.2	1.4	0.7
사망자	6,376	5,019	582	619	44	77	35
구성비	100.0	78.7	9.1	9.7	0.7	1.2	0.5
부상자	342,233	282,473	21,123	29,800	736	5,940	2,161
구성비	100.0	82.5	6.2	8.7	0.2	1.7	0.6
치사율	3.0	2.8	4.5	3.6	10.9	2.5	2.4



(7) 미래 도로에 대한 고속도로 이용자 요구

1) 조사 개요

○ 조사방법 : 면접조사방법

○ 조사기간 : '05년 10월 27일

○ 조사장소 : 총 2개소

경부고속도로 죽전휴게소(부산방향), 영동고속도로 용인휴게소(강릉방향)

○ 조사대상 : 총 400인, 고속도로 이용자

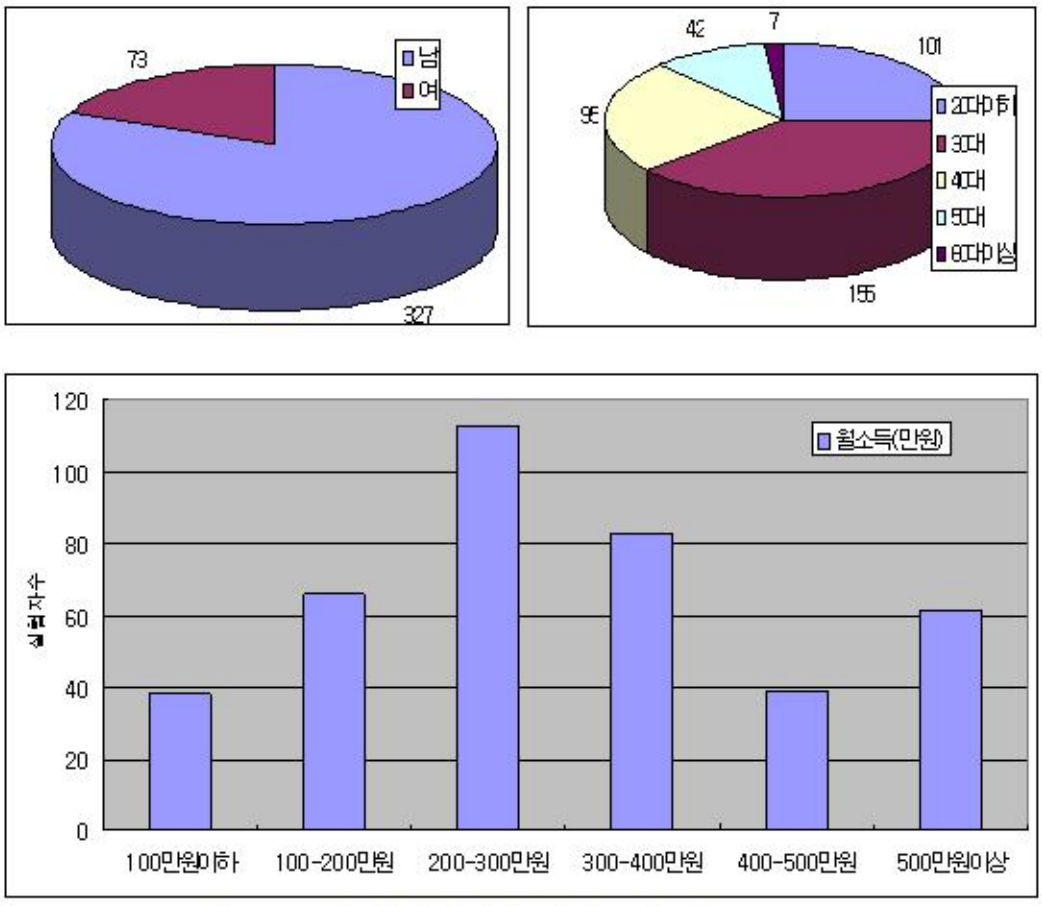


그림 1-62 조사대상자의 남녀구성 비율 및 월소득

2) 조사내용

① 고속도로의 현 기능에 대한 귀하의 만족도는?

② 고속도로를 제외한 국도 및 지방도의 현 기능에 대한 귀하의 만족도는?

③ 기존 고속도로의 기능적 개선에 있어 향후 어떠한 부문의 보강이 가장 중요하다고 생각하십니까?

④ 최근 "스마트하이웨이"와 같은 160km/h로 주행가능한 초고속도로에 대한 연구개발이 진행되고 있는데, 이에 대한 귀하의 생각은?

⑤ 현재 KTX의 등장으로 서울-대구이상의 장거리 통행은 철도가 매우 선호하고 있는 실정입니다. 이러한 경쟁 수단을 고려할 때, 국가적 차원에서의 초고속도로의 필요성은?

⑥ 스마트하이웨이가 만약 개발된다면, 가장 주안점을 두고 향상시켜야 할 도로의 기능은?

⑦ 스마트하이웨이의 최고주행속도는 어느 범위가 적정하다고 생각하십니까?

⑧ 현재 우리나라의 현실에 비추어 스마트하이웨이 도입을 위한 적정방법은?

3) 조사결과

① 현 도로에 대한 만족도

○ 고속도로의 현재의 기능적 만족도는 평균 2.6으로(3점:보통, 5점:만점), 보통 수준보다 다소 낮은 평가를 내리고 있으며, 국도 또한 비슷한 결과를 보이고 있다. 고속도로가 타 도로보다 월등한 서비스를 제공함에도 불구하고 평가결과가 낮은 것은 통행료를 지불하면서도 이에 맞는 서비스를 제공하지 못한데서 오는 이용자의 상대적인 불만이 반영된 것으로 파악할 수 있다. 특히 최근 수도권지역의 반복되는 지정체 현상과 대형사고의 발생, 천재지변으로 인한 소통중단 사태 등의 최근의 사건들이 본 조사에 반영된 것으로 파악된다.

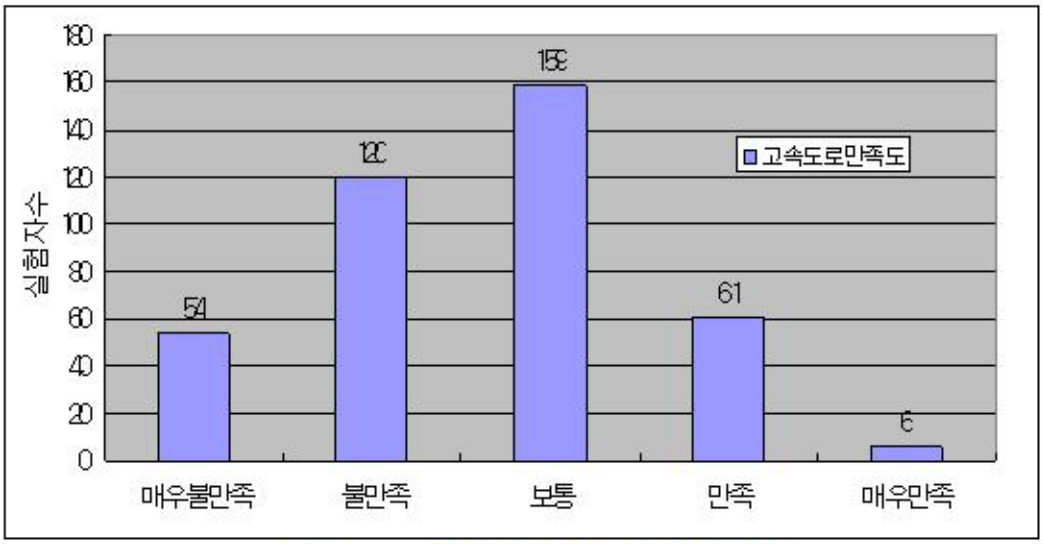


그림 1-63 고속도로 현 기능에 대한 만족도

그림 1-64 일반도로(국도 및 지방도)에 대한 현 기능에 대한 만족도

② 현 도로의 기능개선 사항

○ 현 도로의 기능개선시 가장 주안점을 두어 보강해야 할 기능에 관한 설문조사에서는 주행속도의 상향(121인)과 안정성 강화(117인)에 대한 요구가 높았다. 이는 자동차의 성능향상에 비해 도로의 제한속도가 다소 낮은 것에 대한 불만사항과, 또한 도로주행시 사고의 위험에 대한 부담감을 반영한 결과라 할 것이다.

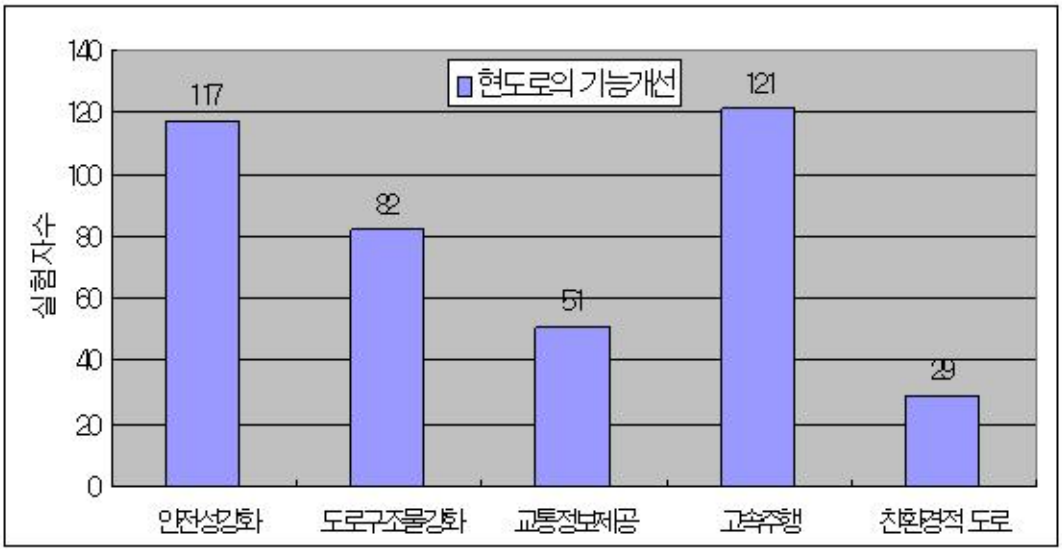


그림 1-65 현 도로의 기능개선시 가장 중요한 부문에 대한 선호도

③ 스마트하이웨이 개발 필요성

○ 새로운 도로의 모습과 기능창출을 위한 미래도로인 "스마트하이웨이"에 대한 연구개발의 필요성에 대한 질문에서는, 전체의 75%(보통이상)나 되는 설문자가 긍정적인 의견을 제시하였다.

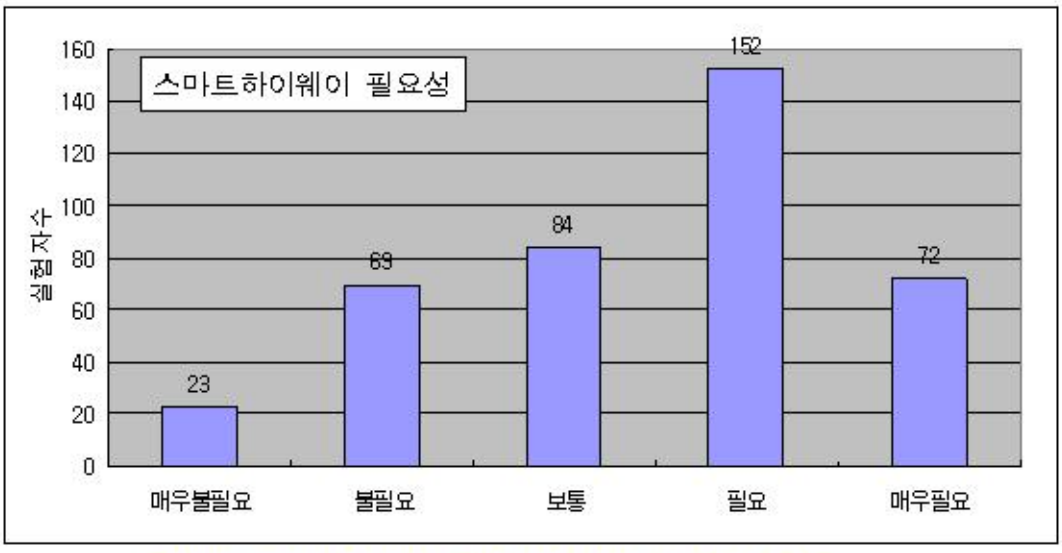


그림 1-66 스마트하이웨이 개발사업의 필요성에 대한 선호도

④ KTX와의 역할분담 부문

○ 국가 정책의 기본틀은 장거리 통행은 고속철도, 중단거리 통행은 도로부문으로 그 역할을 분담하고 상호 보조하는 형태로 구상되고 있다. 따라서 이러한 내용을 설문자에게 설명하고 이를 감안한 스마트하이웨이의 도입 필요성에 대한 설문을 시행하였다. 그 결과는 전체의 72%인 287명이 국민에게 선택의 권리를 주기 위해서는 도로의 초고속화도 실현되어야 한다는 의견에 동감을 표시하였다.

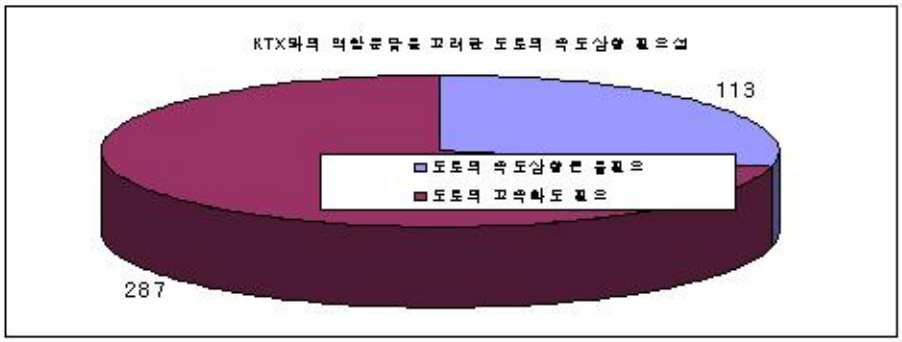


그림 1-67 KTX를 감안한 상호 역할분담에 대한 선호도

⑤ 스마트하이웨이 개발시 중점개발 부문

○ 스마트하이웨이 기술개발시 가장 주안점을 두어 개발해야 할 기능에 관한 설문조사에서는 도로의 안정성 강화(178인)에 주행속도의 상향(125인)으로 나타났다. 즉 속도상향과 더불어 안전성 부문에 대한 고려와 보강을 동시에 요구하고 있다.

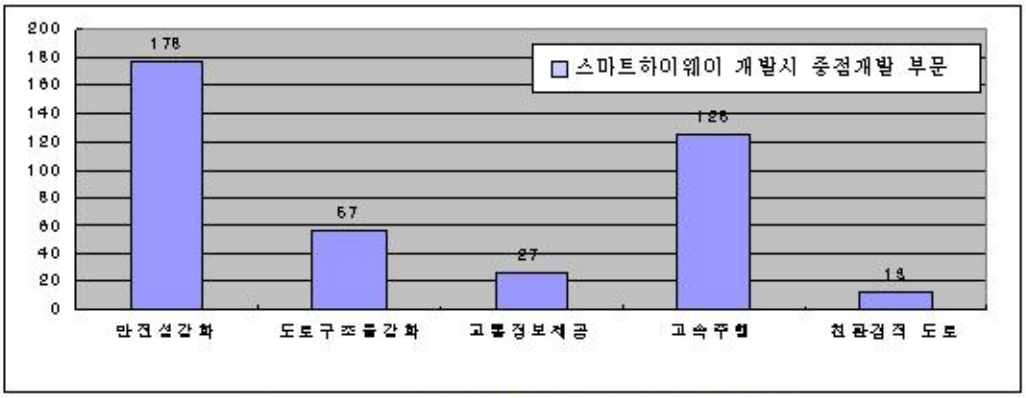


그림 1-68 스마트하이웨이 개발시 중점 개발부문

⑥ 스마트하이웨이의 최고주행속도

○ 전체적으로 최고속도가 140km/h까지 주행이 가능한 도로를 원하는 경우가 142인으로 가장 많고, 그 뒤를 160km/h까지가 139인이 지지하였다. 이외에 180km/h나 무제한에 대한 속도는 설문자 중 25%에 지나지 않았다.

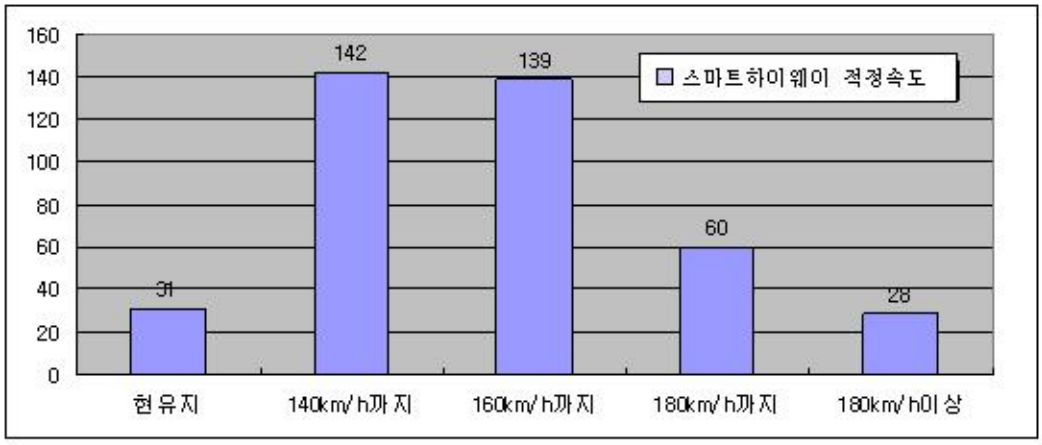


그림 1-69 스마트하이웨이의 최고속도에 대한 선호도

⑦ 스마트하이웨이의 도입방법

○ 전체 설문자 중 177인(44.3%)이 기존 고속도로의 개량과 스마트하이웨이의 신설을 통한 스마트하이웨이 네트워크를 구축하는 것이 가장 현실적인 대안이라는 결과를 제시하고 있다.

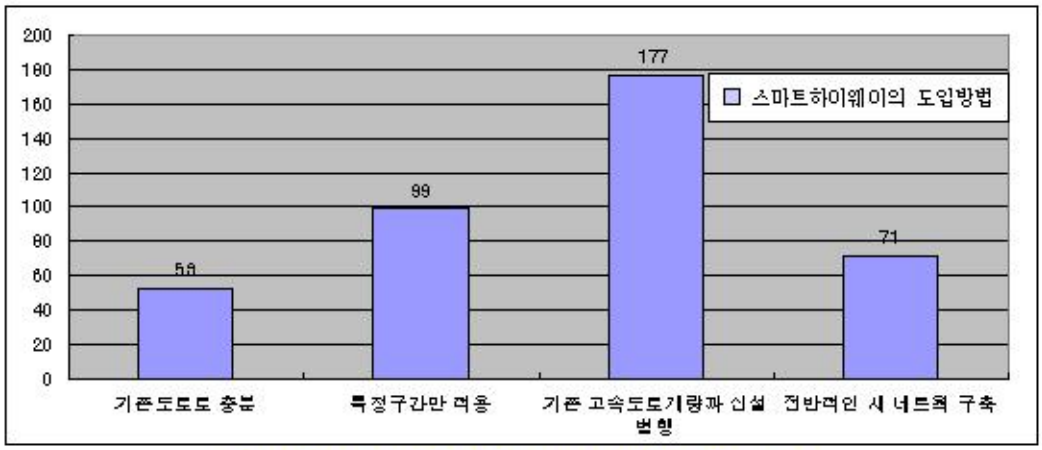


그림 1-70 스마트하이웨이의 도입방법에 대한 선호도

4) 미래 도로에 대한 고객 Needs

○ 이용자는 현재의 도로가 제공되는 서비스에 대한 만족도는 높지 않았으며, 보다 좋은 서비스를 받기 원한다. 특히 유료도로로 운영되는 고속도로에 대한 기대수준은 매우 높은 것으로 조사되었다.

○ 현 도로에서는 도로의 안전성을 최우선으로 보강해야 함을 요구하였다.

○ 스마트하이웨이에 대한 도입은 매우 긍정적으로 평가하였으며, 기존 고속도로의 기능상향과 새로운 도로의 신설을 통해 종합 네트워크로 구성되어 서비스를 제공받기를 원하고 있다.

○ 미래 도로의 주행속도는 140km/h ~ 160km/h정도로 상향되고, 속도 상향으로 인해 발생하는 안전성 저하문제에 대하여 보다 많은 관심을 나타내었다.

○ 도로와 철도와의 역할분담에 있어, 도로의 고속기능도 보강하여 이용자에게 선택할 수 있는 기회를 제공한다는 점에서, 많은 고속도로 이용객들이 도로의 기능향상에 대해 대부분 긍정적이였다.

○ 이러한 이용자의 설문 조사결과는 미래 도로의 모습을 구현하는 관점에서, 그 정책적 방향이나 시사점을 제공해 주는 좋은 자료이며, 추후 스마트하이웨이 기술개발의 전략수립에 이를 적극적으로 활용하고자 한다.

1.4 미래 도로 전망

1.4.1 미래 도로 요구사항

○ 앞 절에서 기술한 바와 같이 사회·경제환경 및 교통환경의 변화, 교통정책의 방향 등 고속도로를 둘러싼 외부환경이 변하고 있으며, 미래 고속도로는 새로운 역할을 요구받고 있다. 지금까지의 검토내용 결과를 토대로 외부 환경 및 고속도로 요구사항을 정리하면 다음 표 1-23과 같다.

표 1-23 외부환경 및 고속도로에의 요구

사회·경제환경	도로·교통 환경	고속도로 외부환경	고속도로에의 요구
세계화 (지구촌 경제통합)	· 국가간 사람과 화물의 이동 증가 · 항공, 해운 통행수요증가	· 공항, 항만과의 효율적인 연계 교통서비스 제공 요구	· 국가기간 교통망 구축 · 효율적인 수단간 연계 교통체계 구축
동북아 경제의 성장 (중국의 성장, 경제블록화, 남북교류의 증가)	· 동북아 물류 중심국가 건설 추진 · 항공, 해운에 대한 투자 증가 · 대륙연계 및 남북연계 교통시설 건설 - 철도연계사업 추진	· 고속 국가기간 교통망 구축의 요구 · 통합수송체계 구축의 요구 · 철도중심의 연계 교통시설 구축 · 남북연계 고속도로망 구축 요구	· 혼잡관리를 통한 고속도로 기능 유지 · 통일대비 국가기간 교통망 구축(북한지역)
정보통신기술의 발전 디지털 경제의 확산	· 물류체계의 변화 (물류정보화 등) · 지능형교통체계의 도입	· 물류산업에의 진입 가능성 · 지능형교통체계의 도입	· 지능형교통체계의 도입을 통한 혼잡관리, 안전제고
고령화 사회의 전개	· 고령인구의 통행증가 · 교통약자의 서비스 요구	· 고령운전자, 교통약자에 대한 고려 요구	· 고령운전자를 고려한 고속도로 시설공급(시설기준 마련, 안전시설 설치) · 교통약자를 위한 고속도로 서비스체계 구축
생활패턴의 선진화 삶의 질 중시	· 고급교통수단에 대한 수용 증가(승용차) · 여가 목적의 통행증가	· 교통안전에 대한 관심 · 고급서비스의 발굴 및 제공	· 교통안전 제고 · 주행쾌적성 확보, 시설물 가치향상
환경과 에너지에 대한 관심 증대	· 친환경, 고효율 교통수단 도입 · 고유가, 승용차 이용에 대한 규제 강화	· 생태·환경·에너지 보호를 위한 녹색형 도로체계 요구	· 친환경적 도로건설 · 혼잡관리를 통한 배기가스 저감
지방화 전개	· 지방 거점간 이동 증가 · 대도시 권역 교통혼잡	· 국토균형발전을 선도하는 교통망 필요 · 대도시 권역의 고속도로 혼잡 증대	· 전국반나절 생활권 실현 · 국내거점도시간 이동성 확보 · 대도시 권역의 고속도로 혼잡에 대비한 시설공급 및 교통관리

○ 우리나라 고속도로는 1970년대 이후 압축 성장기의 국가 성장동력 창출에 기여해 온 바가 크며 지난 30여년간 국내 건설산업을 선도하여 우리나라 기업이 세계 건설시장에 진출하는 견인차 역할을 담당하여 왔다.

○ 그리고 자동차의 증가 숫자에 도로건설의 당위성을 논함으로써 양적 성장의 시대를 지나왔다. 그러나 21세기에 진입하면서 양적성장이 이끌어온 축적된 부는 다양성의 표출, 새로운 이동의 욕구를 자극하고 있다. 인류의 직립보행과 더불어 탄생하고 발전해온 도로의 역할을 현시점에서 어떻게 정립하여 미래 새로운 카테고리의 도로를 만들어 새로운 성장의 기회를 인류에게 선사하여 줄 것인가에 대한 과제를 고민할 시기가 온 것이다.

○ 첨단 산업의 급속한 발달로 도로분야에서 새로운 개념의 패러다임 전환이 요구되고 있으며, 이를 위해 미래의 도로분야 핵심기술 발전방향과 전망을 예측하여 21세기 미래 도로기술 발전방향 수립이 필요하다.

○ 미래는 자동차가 도로를 달리는 개념이 아니다. 즉 도로와 자동차가 단순한 이동의 수단이 아니라는 점을 간과에서는 안된다. 다수에게 공통된 서비스를 제공하는 것이 아니라 모든 이에게 동시에 각자가 원하는 정보와 서비스를 제공하면서 고급화된 미래사회의 요구수준을 도로에 담아나가야 하는 것이다.

1.4.2 미래 도로 핵심가치

(1) 미래 도로가 수용해야 할 키워드 도출

○ 현재의 도로·교통여건 및 문제점을 분석하고 사회, 경제분야 전망, 이용자 욕구 변화, 미래 도로기술 등의 미래 여건변화 전망을 토대로 도출된 미래 도로가 수용해야할 주요 키워드는 다음과 같다.

1) 사회, 경제분야 발전전망을 통한 키워드

사회, 경제분야 발전 전망	키워드
· 평균수명 연장 : 고령화 · 인간 삶의 욕구가 물적 부 중심→질적 가치향상 · 개성화 : 건강, 쾌적, 안전, 편리한 삶, 선택의 자유	인간존중
· 환경오염 저감 및 제거 · 지속 가능한 자연 생태계 관리 · 에너지 절감	지속가능한 개발
· 유비쿼터스 정보화 혁명 · 국가 및 기업의 정보화 지식 경영체제로의 전환 · 나노기술, 정보기술 등이 융합된 스마트 기술개발 → 내구성, 장수명, 친환경성 등 강화 · 현존 기술의 무용화와 새로운 차원의 기술시대 도래	정보화 지식기반

2) 현행 도로운영상 문제점 도출을 통한 키워드

현행 도로의 운영사항	키워드
· 재해, 재난으로부터의 안전성 확보 요구 · 교통사고 최소화	안전성
· 혼잡도 완화 및 신뢰 가능한 정시성 확보 · 돌발상황관리의 시스템화	이동성
· GIS 기술 활용 · 자동화/로봇 활용분야 확대	정보화/자동화
· 생애비용(LCC) 절감 및 시설물 수명 연장 · 프로세스 혁신 · 신소재 개발 및 적용	경제성/생산성
· 자연 생태계 보호 및 건설폐기물 저감 · 민원발생율 저감 · 소음 저감기술	친환경성

3) 미래 도로기술 예측을 통한 키워드

미래 도로기술 예측	키워드
· 신개념, 신공법 등이 도입된 도로기술 출현 · 고부가가치 창출 · 시설물 생애주기 비용 절감/장수명 시설물 개발	경제성
· IT와 차량기술 융합/텔레메틱스 환경 고도화 · 지능형 차량기술 등장 · 차량 자동운행시스템 도입	지능형/고기능
· 친환경 자동차 개발 · 친환경 도로건설 기술 개발(설계, 시공, 유지관리)	친환경
· 도로시설의 지능화(첨단센서, GPS, GIS 등 접목) · 자동운행 지원 도로연계 기술 개발 · 고객 맞춤형 교통정보 제공 · 교통 혼잡관리 프로그램 개발	안전성/정시성
· 고령화 사회를 대비한 도로설계 요소기술 · 교통소음 감소를 위한 도로설계, 신포장 재료 · 교통약자를 위한 안전관리 기술	인간중심

(2) 미래 도로 핵심가치 도출

○ 미래 도로가 수용해야 할 분야별 키워드를 통하여 얻어지는 핵심가치를 도출하여보면 인간중심, 지속가능성, 안전성, 이동성, 지능형, 정시성으로 집약되어진다.

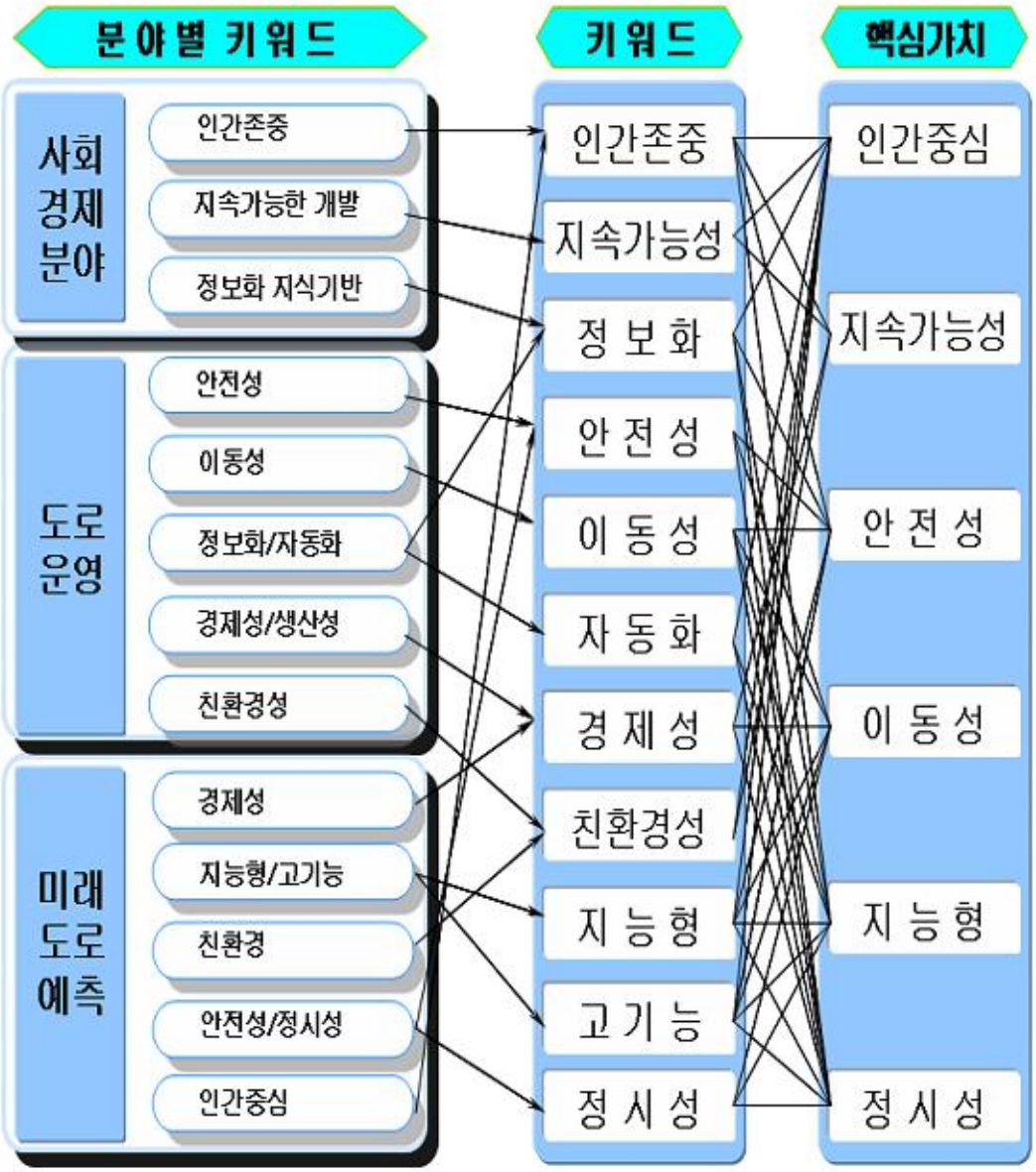


그림 1-71 핵심가치 도출

1.4.3 미래 도로 발전방향

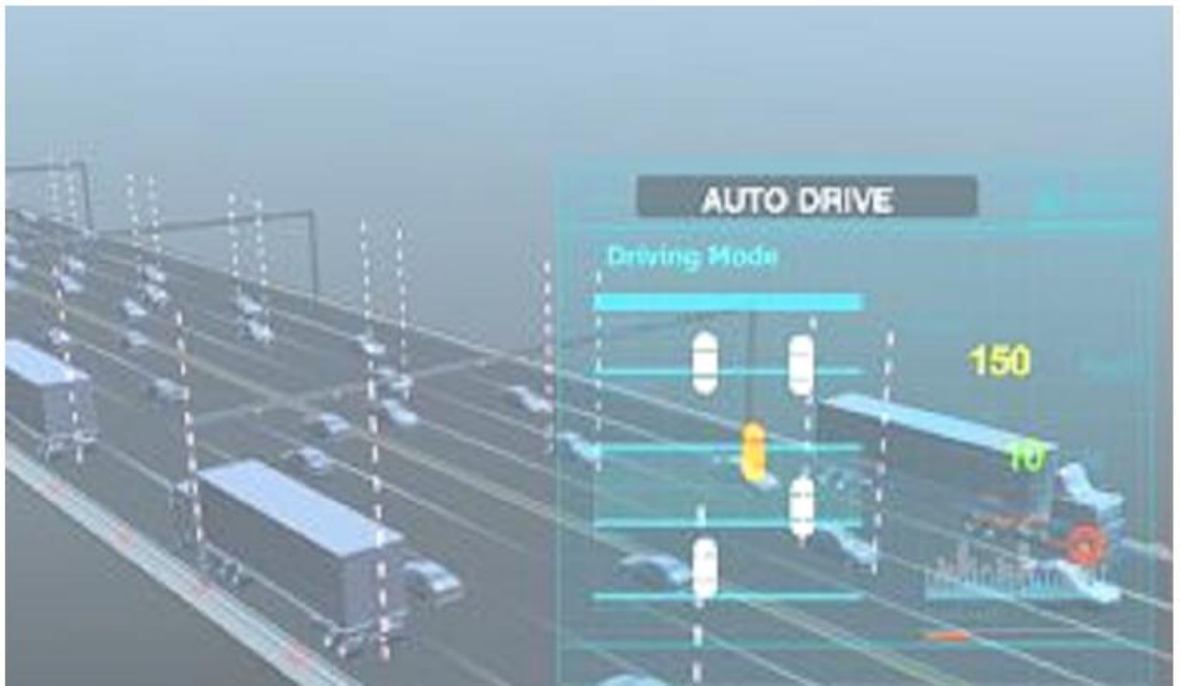
○ 도출된 핵심가치를 도로구성요소인 이용자, 도로, 자동차, 운영자별로 실현하기 위한 발전방향을 도출하면 이용자 측면에서는 인간중심의 도로, 더 편리한 도로, 더 쾌적한 도로로 전망되고 도로시설측면에서는 지능형 도로, 더 안전한 도로, 더 빠른 도로, 지속가능한 도로, 자동차 관련 분야에서는 지능형 자동차, 자동운행기술, 교통약자 고려 등의 방향으로 수렴되며, 운영자 측면에서는 첨단도로관리, 정시성 확보, 안전관리 고도화로 제시되며, 도식화하면 그림 1-60과 같다.

그림 1-72 미래 도로발전방향 도출

○ 이러한 미래 도로발전 방향을 토대로 현재의 국내외 도로분야 기술동향을 분석하고 새로운 미래 성장동력으로서 역할을 할 수 있도록 미래 도로의 발전전략을 수립코자 한다.

제 2 장

국 · 내외 도로 및 관련분야 기술동향



Chapter_2

제 2 장 | 국내외 도로 및 관련분야 기술동향

2.1 분야별 동향

2.1.1 도로분야

도로기술은 도로상에서 안전하고 빠르고 쾌적한 도로주행을 확보하게 하는 초고속도로 기반구축을 위한 기본기술로서, 초고속도로의 기능을 유지하는 최적의 도로 기하구조 요소, 기반시설(노반, 구조물, 포장, 사면, 부대시설, 안전시설 등)요소 및 첨단 환경보존·관리요소 등을 실현하기 위한 종합적인 설계 및 시공기술이다.

(1) 기하구조

1) 기술 동향

○ 도로의 기하구조는 초고속도로 상에서 주행차량의 안전성 및 쾌적성을 확보하는 가장 중요한 요소로서 교통사고와도 밀접한 관계를 가지는 핵심적인 요소기술이며, 단순히 차량과의 역학적인 관계외에도 운전자와 차량, 운전자와 도로간 각각의 요소들이 과학적이고 체계적으로 연계되어 상호 필요한 조건을 충족할 수 있어야 한다.

○ 도로의 기하구조에 대한 기술 동향을 파악하기 위해 국내·외 기하구조의 설계기준 및 국내·외 기술개발 동향을 살펴보기로 한다.

① 국내·외 기하구조 설계기준 비교

(가) 설계속도

○ 설계속도란 차량의 주행에 영향을 미치는 도로의 물리적 형상을 상호 관련시키기 위한 정해진 속도이며 도로설계요소의 기능이 충분히 발휘될 수 있는 조건하에서 운전자가 도로의 어느 구간에서 쾌적성을 잃지 않고 유지 할 수 있는 최고속도이다. 설계속도는 도로의 기하구조를 결정하는데 기본이 되는 속도로서 곡선반경, 편구배, 시거와 같은 선형요소는 설계속도와 직접적인 관계를 가지며, 차로폭, 길어깨 폭도 설계속도와 주행속도에 영향을 미친다.

○ 도로의 제반 설계조건이 이상적인 경우에는 특정구간에서 유지 될 수 있는 최고의 안전속도와 같이 어떤식으로든 설정된 설계속도의 영향을 받는다. 최근의 급격한 자동차 발전은 고속주행을 가능하게 만들었고 근래에 들어서는 고속주행을 하는 이용객이 증가하여 140㎞/hr 이상을 불안전하게 주행하고 있는 실정이며 선진국에서 적용되고 있는 최고 설계속도는 다음과 같다.

표 2-1 고속도로 설계속도

국가 및 설계속도(㎞/h)
룩셈부르크(140),프랑스(130),칠레(120),노르웨이(120) 멕시코(110),인도(100),뉴질랜드(100)
영국(120),미국(110),홍콩(100),한국(100~120)
독일(140),이탈리아(140),일본(120),덴마크(120),핀란드(120),스웨덴(110)

○ 독일의 경우는 차로별로 속도제한이 적용되고 있다. 보통 편도 3차로인 구간의 평균속도는 가장 안쪽 차로에서는 160km/h, 가운데 차로는 140km/h가 넘는다. 자동차는 우측통행이 기본이다. 모든 차는 차로(중앙선)에서 가장 먼 우측차로부터 통행을 해야 한다는 것이다. 만약 편도 3차로인 도로를 통행하려면 모든 차는 3차로가 비어 있다면 우선 3차로로 통행하고, 추월하려면 2차로를 이용한다.

○ 영국의 고속도로도 독일처럼 차로별 속도제한 표지가 적용되고 있었으며, 표지판은 간결하며 색 구분을 통해 시인성을 높였다.

그림 2-1 독일 고속도로(Autobahn-A57) 차로별 최고운행속도 제한표지

그림 2-2 영국 고속도로 차로별 최고운행속도 제한표지

(나) 차로폭

○ 차량의 통행기능상 설계속도가 높거나 대형차의 혼입률이 높을수록 차로폭도 크게 요구되고 있다. 차량의 통행기능상 설계속도가 높은 도로에서는 일반적으로 3.6m를 사용하여 왔으나 이것은 feet 단위를 환산한 것이며, m단위를 사용하는 일본, 독일 등의 나라에서는 3.5m를 사용하고 있다.

표 2-2 차로폭원 비교

구 분	차 로 폭 (m)						
	도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙		AASHTO	도로구조령의 해설과 운용	RAS (독일)	DMRD (영국)	고속도로 설계기준
	고속도로						
	지방지역	도시지역					
차로폭 (m)	3.5 (최소폭)	3.5 (최소폭)	3.6 (대부분의 고규격 도로)	3.5 (제1종 1,2급과 2종 1급)	왕복4차로 3.75 왕복 6차로 -1,2차로 (B=3.5) -3차로 (B=3.75)	왕복4차로 3.65 왕복6차로 -1차로:3.75 -2차로:3.65 -3차로:3.60 왕복8차로 -1차로:3.75 -2차로:3.60 -3차로:3.65 -4차로:3.60	지방부:3.6 도시부:3.5

○ 설계속도가 증가할수록 차로폭은 차량의 횡적인 움직임을 수용할 수 있어야 하며, 좁은 차로폭에서는 바퀴의 집중현상에 의한 포장의 파손과 길어깨의 잦은 보수 및 도로용량 감소 측면을 고려해야 하므로 적절한 차로폭을 갖는 것이 바람직하다.

○ 또한, 초고속도로의 차로폭은 버스와 같은 대형차량이 140㎞/hr 이상으로 주행할 때의 횡적움직임과 교통약자의 주행편의 등을 감안하여 보다 확대된 차로폭 적용을 고려해야 한다.

○ 독일 RAS(독일연방도로 설계지침,Richtlinien für die Angle von straßen)의 경우 왕복4차로 구간은 3.75m의 도로폭원을 가지고 왕복 6차로 구간은 1,2차로는 3.5m의 폭원을 3차로는 3.75m의 폭원을 규정하고 있다.

○ 미국(AASHTO)은 적은 교통량을 가진 시골이나 주거지역에선 2.7m까지 축소할 수 있도록 하고 있다.

그림 2-3 독일 고속도로(Autobahn-A57)

그림 2-4 이탈리아 고속도로(A1)

그림 2-5 영국 고속도로(M1)

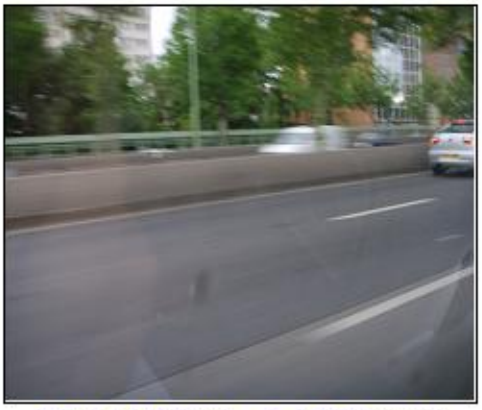


그림 2-6 프랑스 고속도로(A13)

(다) 중앙분리대

○ 다차로 도로 설계시 중요한 고려사항중 하나가 중앙분리대의 설치여부 및 규격에 관한 것이다. 중앙분리대는 고속도로나 설계속도가 높은 도로 등에서 특히 필요하며 4차로 이상인 일반도로에서도 중앙분리대의 기능과 교통상황 등을 고려 안전하고 원활한 교통을 확보하기 위하여 중앙분리대의 설치가 바람직하다.

표 2-3 중앙분리대의 기능

■왕복교통류의 분리로 중앙선 침범에 의한 치명적인 정면충돌 사고 방지 ■광폭분리대의 경우 사고 및 고장차량이 정지할 수 있는 여유공간을 제공 ■비분리 다차로 도로에서 대향차로의 오인방지 ■도로표지 및 교통안전시설 설치공간 제공 ■대향차량의 전조(Head Light)등에 의한 시야 방해 최소화

○ 중앙분리대는 폭이 넓을수록 그 기능이 높아진다. 자동차가 이탈하여 중앙분리대에 진입할 경우 폭이 크면 회복할 여지가 크므로 대형사고를 방지할 수 있고 유지관리 작업시 기계화 작업에도 편리하다.

표 2-4 중앙분리대 폭원비교

도로의 구조 시설에 관한규칙		AASHTO		도로구조령의 해설과 운용			RAS		영 국	비고 (고속도로설계기준)
고속도로		4차로	6차로 이상	1종 1급 2급	2종					
지방 지역	도시 지역									
3.0	2.0	3.0	최소6.6트럭교통량 250DDHV 초과:가급적7.8	4.5 특례값 :3.0	1급	2.25	RQ 35.5	5.0	지방부 :4.0	지방부 :3.0
					2급	1.75	RQ 29.5	5.0	도시부 :3.0	도시부 :2.0

○ 중앙분리대 형식은 일반 토공구간 및 교량구간은 시공성, 경제성 및 운전자 안전 등을 고려하여 콘크리트 방호벽을 설치하고, 터널구간에서는 대향차로에 대한 위압감 감소를 위하여 분리녹지대를 설치하여 자연친화적인 공간을 제공하는 것으로 바람직하다.

○ 독일의 경우 중앙분리대(3.5m)+측대폭(0.75m)

○ 미국의 경우 6차로 이상의 도로에선 중앙분리대를 비상주차와 U턴 차량의 대기소로 활용

○ 영국의 경우에는 지방부 4.0m, 도시부 3.0m를 적용함

그림 2-7 독일 고속도로 (Autobahn-A57)

그림 2-8 이탈리아 고속도로 (A1)

(라) 설계기준자동차

○ 도로상을 주행하는 여러 형태의 차량 중에서 이들을 대표하는 세 가지의 설계기준 자동차를 규정하였다.

○ 소형 자동차는 시거 등의 기준을 정하기 위하여 필요하며, 대형자동차 및 세미트레일러는 폭원, 곡선부의 확폭, 교차로의 설계, 종단경사 등을 결정하기 위하여 필요하다.

표 2-5 설계 기준자동차의 폭원비교

Design Vehicle Type(미국기준)	Design Vehicle Width(m)			
	한국	일본	미국	독일
Passenger Car	1.7	1.7(2.0)	2.1	차량 교통과 관련된 차량 치수=2.5 높이 4.00
Single Unit Truck			2.4	
Bus				
City Transit Bus	2.5	2.5	2.6	
Conventional Bus			2.4	
Truck				
Intermidiate Semitrailler	2.5	2.5	2.6	
Double-Bottom Semitrailler			2.6	

- 도로의 최소폭≥ 설계차량 중 가장 넓은 차량의 폭원+ 0.5m의 여유폭=대략 2.7이상

(마) 길어깨

○ 도로에 있어서 길어깨는 차량고장 및 정차시 이용공간으로서 본선의 용량증대, 유지관리 차원에서 매우 중요하며 길어깨는 이 요소들과의 균형을 이루도록 설치되어야 한다.

표 2-6 길어깨의 필요성

■도로의 주요 구조부를 보호한다
■고장차의 대피장소로 사용가능하여 사고시 교통혼잡을 방지하는 역할을 한다
■측방여유폭 확보로 교통안전성 및 쾌적성 기여
■유지관리 작업장 또는 지하매설물에 대한 장소 제공
■절토부 등에서는 곡선부의 시거 증대로 교통안전성 증대

○ 고속도로와 같이 차로폭 3.6m의 도로에서 길어깨가 협소하면 차로변의 방해물로 인해서 용량이 감소할 뿐 아니라 사고의 원인이 될 수도 있다.

표 2-7 길어깨 폭원 비교

	구 분	설계속도(km/h)	고속도로	도시고속도로	일반도로
도로의 구조시설 기준에 관한 규칙	우측 길어깨	80이상	3.0	20	
	좌측 길어깨	80이상	자동차 전용도로1.0		
AASHTO	4차로	우측 길어깨	3.0~(3.6)		( )는 트럭 교통량이 250DDHV를 초과할 경우
		좌측 길어깨	M1.2~(2.4)		
	6차로	우측 길어깨	3.0~(3.6)		
		좌측 길어깨	3.0~(3.6		
도로 구조령의 해설과 운용	제1종 1,2급	우측 길어깨	바람직한 값:3.25,규정값:2.5,특례값:1.75		
		좌측 길어깨	바람직한 값:1.75, 규정D값:1.25		
RAS	측대+길어깨	RQ 35.5 : 0.5 + 2.5 = 3.0 RQ 29.6 : 0.75 + 2.5 = 3.25			
영국	측대+길어깨	4~8차로 : 3.3			

그림 2-9 독일 고속도로(Autobahn-A57)

그림 2-10 이탈리아 고속도로(A1)

(바) 최소곡선반경

○ 최소곡선반경은 도로의 곡선부를 주행하는 자동차에 가해지는 원심력 등의 횡방향력이 타이어와 노면간의 마찰에 의해서 주어진 한도를 초과하지 않도록 안전성을 확보하여야 할 뿐만 아니라 쾌적하게 주행할 수 있도록 하기 위해 규정된 값이다.

표 2-8 최소곡선반경 비교

구 분	도로의구조시설기준		도로의 구조시설 기준(개정안)				AASHTO				일본 도로구조령의 해설과 운용				R A S		비 고 (고속도로 설계기준)			
설 계 속 도 (km/h)	R	f	6%	7%	8%	f	6%	7%	8%	f	6%	7%	8%	f	q=7.0% n=50%	q=2.5% n=10%	6%	7%	8%	f
120	710	0.10	710	670	630	0.10	755	710	665	0.09	(1,000) 710	630	570	0.10	720	2,700	(1,000) 710	(1,000) 670	(900) 630	0.10
100	460	0.11	460	440	420	0.11	435	415	395	0.12	(700) 460	410	380	0.11	450	1,700	(700) 460	(660) 440	(630) 420	0.11
80	280	0.12	280	265	250	0.12	250	240	230	0.14	(400) 280	250	230	0.12	250	980	(280)	(265)	(250)	0.12

- ( )는 바람직한 곡선반경, f = 횡방향 미끄럼 마찰계수, RAS n = 마찰계수 이용율

(사) 횡단경사와 편경사

○ 도로의 횡단경사는 노면에 내린 우수를 측구 또는 개거로 도수하기 위하여 필요하며, 횡단경사 결정시 고려사항으로는 차량의 종류, 기상, 도로의 선형, 종단경사, 노면의 종류, 차로수 등을 고려해야 하나 표준치 산정은 배수에 가장 영향이 큰 노면의 종류와 차로수에 따라 정한다. 또한 횡단면 형상은 노면배수에 충분하고 자동차 주행에 안전하고 지장이 없어야 한다.

○ 도로의 편경사는 도로의 곡선부를 주행할 때 받게되는 원심력에 대하여 노면과 타이어 간의 마찰에 의한 대항력을 주기 위한 횡단방향 경사로서 자동차의 안정된 주행을 유지할 수 있도록 한다.

표 2-9 표준횡단경사 비교

구 분	도로의 구조 시설기준	AASHTO			일본 도로 구조령의 해설과 운용	RAS	비 고 (고속도로 설계기준)
포 장 도 로 (시멘트콘크리트포장 아스팔트콘크리트포장)	1.5~2.0%	노면의 종류	고급포장 중간포장 저급포장	1.5-2% 1.5-3% 2-6%	1.5~2.0 %	최소 : 2.5%	1.5 ~ 2.0%

표 2-10 곡선부의 최대편경사 비교

도로의 구조시설 기준				AASHTO		일본 도로구조령의 해설과 운용			RAS		비 고 (고속도로 설계기준)
구 분		최대 편구배(%)		구 분	최대 편구배 (%)	구 분		최대 편구배 (%)	구 분	최대 편구배 (%)	최 대 편구배 (%)
		현행	개정								
지방지역	적설한냉지 역	6	6	빙설이 없는 지역 최대값	12	적설한냉지역	극심한 지역	6	차량의 동력학적 고 려 (합성구배 10%)	8%	6
	기타지역	8	8	빙설을 고려하지 않은 지역	10		기타 지역	8			8
도시지역		6	6	빙설이 있는 지역의 최대값	8	적설지역이 아닌 지역		10			6
연 결 로		-	8	시가지에서의 최대값	6	제 4 종 (도시부 일반도로)		6			8

(아) 종단경사

○ 도로는 같은 설계속도 구간에서 동일한 주행상태가 유지될 수 있도록 함이 바람직하나, 종단선형은 같은 설계속도 구간이라 할지라도 지형조건 및 자동차 오르막 능력 등에 따라서 모든 자동차에게 동일한 주행상태를 유지시켜 줄 수 없는 요소를 포함하고 있다.

○ 도로의 최대종단경사는 차량의 등판능력에 좌우되며, 현재의 차량 성능을 고려한 검토 및 이에 따른 종단경사 조정의 검토가 필요한 실정이다. 특히 국내의 지형은 산악지가 많고, 험준한 지역이 많으므로 실정에 맞도록 최대종단경사에 대하여도 검토 후 기준보완이 필요하다.

표 2-11 종단경사 비교

설계속도 (km/hr)	도로의 구조 시설기준(한국)		고속도로 구조·시설기준(개정안)					
	표준	부득이한 경우	고속도로		간선도로		집산도로 및 국지도로	
			평지	산지	평지	산지	평지	산지
120	3	-	3	4	-	-	-	-
100	3	5	4	5	3	6	-	-
80	4	6	4	6	4	7	6	9

설계속도 (km/hr)	AASHTO			일본 도로구조령		RAS	
	평지	구릉지	산지부	표준	부득이한 경우	도로그룹	
						A	B1,B2
120	3	4	-	2	5	4.0	-
100	3	4	6	3	6	4.5	5
80	4	5	6	4	7	6	7

(자) 시거

○ 시거는 운전자가 자동차 진행방향의 전방에 있는 장애물 또는 위험요소를 인지하고 차량의 제동을 걸어 정지하거나 장애물을 피하여 주행할 수 있는 길이이다. 시거는 차로 중심선에 따라 측정한 길이로 주행상의 안전과 쾌적성 확보에 매우 중요한 요소로서 정지시거와 앞지르기 시거로 크게 나눌 수 있다.

표 2-12 정지시거 비교

구 분		도로의 구조 시설기준			AASHTO			일본 도로구조령의 해설과 운용			RAS		
설계속도(km/hr)		120	100	80	120	100	80	120	100	80	120	100	80
종방향 미끄럼 마찰계수(f)		0.28	0.29	0.30	0.28	0.29	0.30	0.29	0.30	0.31	-	-	-
정지 시거 (m)	계산값	212.0	153.8	105.9	202.9 ~ 285.6	157.0 ~ 205.5	112.8 ~ 139.4	212.0	153.7	105.8	-	-	-
	규정값	215	155	110	-	-	-	210	160	110	250	170	110

(차) 초고속도로 설계기준 비교

표 2-13 주요 국가의 초고속도로 설계기준

구 분	일 본 (제2동명~명신)	독 일 (아우토반)	오스트리아 이탈리아
설계속도	100~140km/hr	120km/hr (일부구간 제한속도 없음)	140km/hr
최소곡선반경	1,100~3,000m	2,700m	1,000m
종단경사	2~3% 이하	4% 이하	3% 이하
차로폭	3.50~3.75m	3.75m	3.75m
중앙분리대	4.50~7.50m	5.0m	6.0m
길어깨	3.25m	3.25m	3.0m

표 2-14 제2동명·명신 고속도로의 기하구조 기준

도로의 규격		A 규격	B 규격	C 규격
도로의 존재 지역		대도시권간	대도시권내 주변부	대도시권내 중심부
설계속도		120km/hr (140km/hr)	120km/hr	100km/hr
차로 폭원	좌측차로	3.75m	3.75m	3.75m
	중앙차로	3.75m	3.75m	3.75m
	우측차로	3.75m	3.50m	3.50m
중앙분리대 폭원		7.50m 이상	6.0m 이상	4.5m 이상
갓길 폭원	좌측갓길	3.25m 이상	3.25m 이상	3.25m 이상
	우측갓길	2.0m 이상	1.75m 이상	1.75m 이상
곡선반경		3,000m 부근	1,800m 부근	1,100m 부근
종단경사		2% 이하	2% 이하	3% 이하

② 국내·외 기술개발 동향

○ 현재 주요 선진국의 도로의 기능과 규격은 우리나라보다 높은 수준에 있으며, 최근에는 수송수단들(도로, 철도 등)의 기능적 통합화와 연계화로 발전하고 있는 상황에 있다. 따라서 우리나라도 이러한 세계적 추세에 맞추어 고규격 도로기술 확보를 통해 도로의 기능과 역할을 향상시키는 연구를 활발히 수행하고 있으며, 최근 국내외에서의 도로 기하구조와 관련되는 연구 수행사례 고찰을 통해 기하구조에 관한 기술개발 동향을 파악해보기로 한다.

(가) 국내

가) 도로 기하구조와 교통사고와의 상관관계 연구

○ 본 연구에서는 도로의 기하구조가 교통사고와 밀접한 관계가 있는 도로 설계의 기본이 되는 요소로서 초 고속화되는 도로의 발전 추세에 따라 도로 기하구조와 교통사고와의 상관관계 분석을 통해 도로 기하구조 설계시 고려되고 있다.

□ 곡선반경

○ 평면곡선반경은 곡선부를 주행하는 자동차가 원심력에 대응하여 안전하고 쾌적한 주행을 보장하는 기하구조 설계요소로서, 곡선반경이 커질수록 사고율은 낮아지는 특성이 있다.

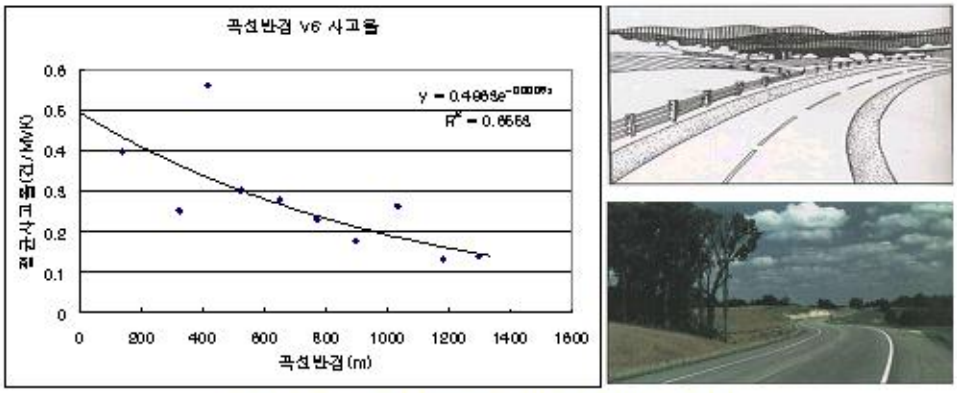


그림 2-11 곡선반경과 사고율과의 관계

□ 종단경사

○ 종단경사는 지형에 순응하고 주행차량의 안정성 확보, 차량의 오르막성능 및 배수조건 등을 감안하여 도로 길이방향으로 설치하는 오르막 또는 내리막 경사로서,

○ 전체적으로 오르막경사일 때의 사고율이 내리막경사일 때의 사고율보다 높게 나타남으로써 내리막경사의 경우가 사고율이 높을 것이라는 일반적인 생각과는 일치되지 않는 특성을 보였다.

○ 이러한 결과는 단일 기하구조 요소와 사고율간의 상관관계 유추에 따른 한계로 볼 수 있으며, 오르막경사의 경우도 시거불량 문제 등을 유발할 개연성이 크기 때문에 종단경사와 곡선반경 혹은 편경사 등 기타요소와의 복합작용에 의한 사고율 변화를 고려할 필요가 있음을 시사한다.

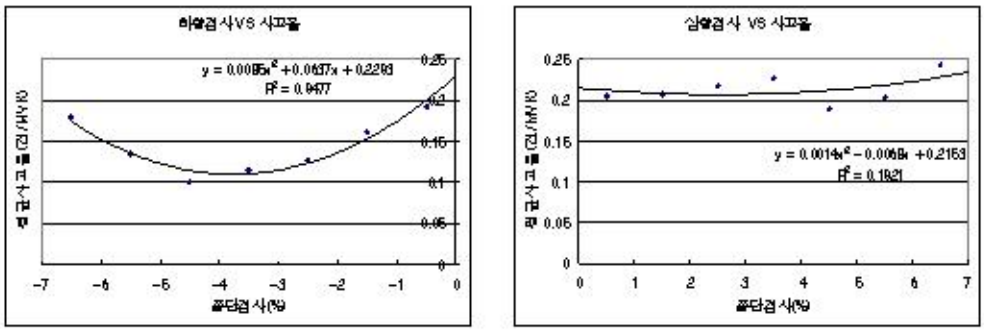


그림 2-12 종단경사와 사고율과의 관계

□ 편경사

○ 편경사는 곡선부를 주행할 때 받게 되는 원심력에 대하여 노면과 타이어 간의 마찰에 의한 대항력을 주기 위한 횡단방향경사로서 편경사 값이 커질수록 사고율이 높아지는 특성으로 곡선반경과 유사한 모습이다.

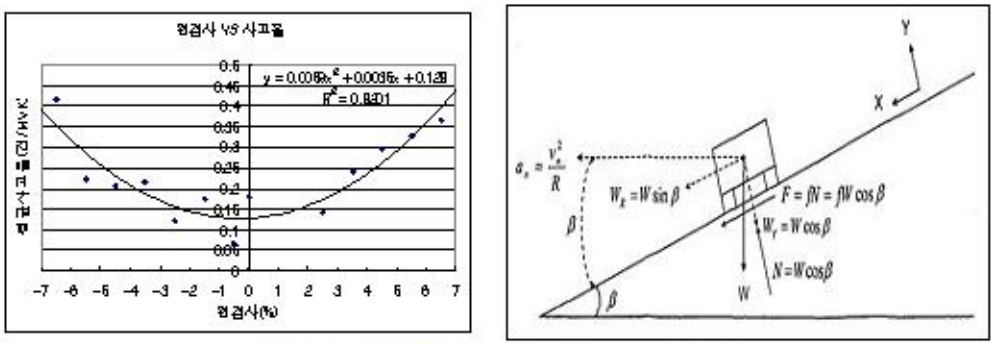


그림 2-13 편경사와 사고율과의 관계

□ 곡선장

○ 도로의 곡선장은 직선부에서 곡선부로의 변환 및 곡선부를 주행하는 차량의 운전자가 안전한 핸들조작을 유지하는데 필요한 길이로서, 곡선의 길이가 일정길이 이상 확보되어야 사고율이 떨어지는 것으로 나타나며, 너무 긴 곡선을 가지는 경우 운전자의 곡선부 적응력 상승에 따라 오히려 사고율이 높아지는 것을 알 수 있다.

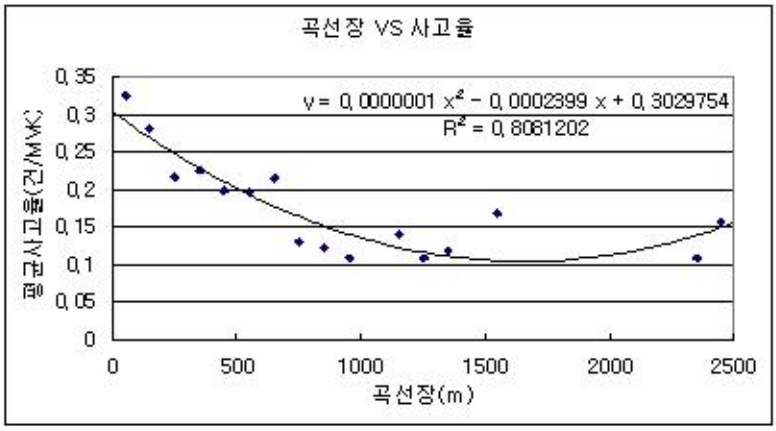


그림 2-14 곡선장과 사고율과의 관계

□ 직선장

○ 도로의 직선장은 선형조건에 큰 제약을 받지 않는 평야지 구간에 설치하는 직선의 길이로서, 직선부의 길이가 길수록 사고율이 점점 떨어지는 것으로 나타나나, 직선구간에 대한 조사범위를 벗어나 너무 긴 직선을 가지는 경우 곡선부와 마찬가지로 운전자의 적응력 상승에 따라 오히려 사고율이 높아질 수 있다는 것을 간과해서는 안 될 것이다.

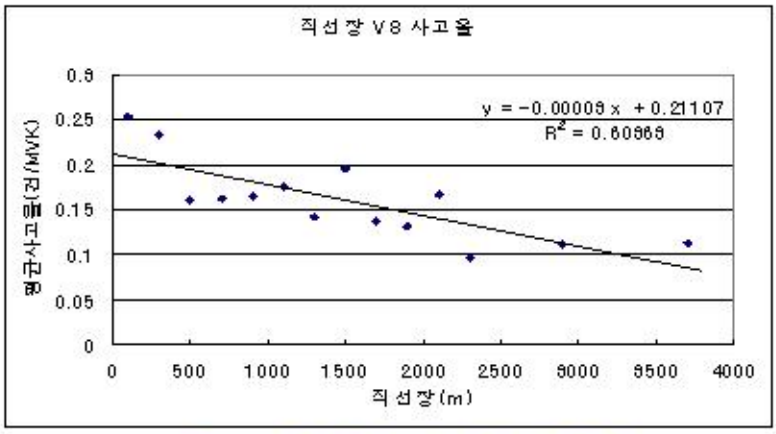


그림 2-15 직선장과 사고율과의 관계

나) 도로 안전성 조사분석

○ 각종 센서를 부착한 차량을 이용하여 실제 도로의 선형 정보, 도로의 환경정보 등을 자동적으로 수집하고 이를 이용하여 도로의 안정성을 분석할 수 있는 도로 안정성 조사분석 차량개발을 목표로 다음과 같은 성과를 도출하였다.

- 도로안전성 정보 수집 방안
- 도로안전성 조사 분석 차량 탑재 센서 선정 기준 및 요구 사양 정의
- 도로안전성 조사 분석 차량 설계
- 다중 센서 통합 및 동기화 방안
- 위치 정보 획득 소프트웨어 개발
- 평면선형 분석 알고리즘 개발 및 적용

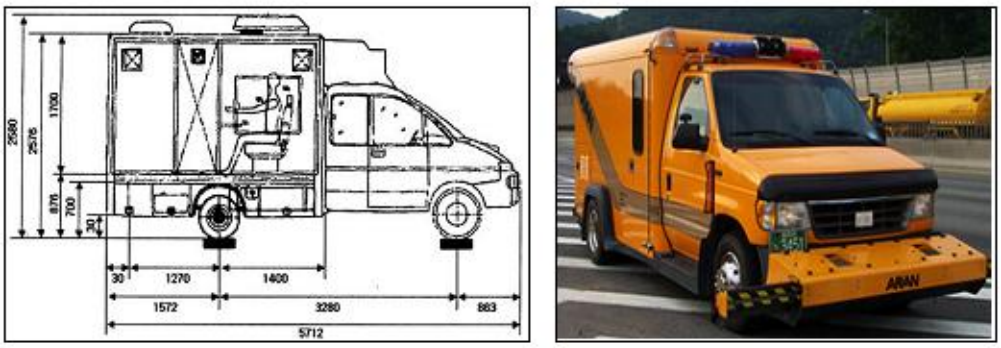


그림 2-16 안전성 조사분석 차량

다) 도로 선형별 미끄럼저항 특성 연구

○ 본 연구에서는 도로의 기하구조 설계 및 포장 유지관리를 수행할 때 고려되는 포장의 미끄럼 저항 특성을 다각적으로 검토하여 국내 적용성을 개선하였으며, 국내·외에서 실제 적용되고 있는 미끄럼관련 연구 문헌을 조사하여 우리나라와의 차이를 비교 분석하였다.

○ 본 연구 수행의 성과는 도로 기하구조 설계시 정지시거 산정에 적용되는 종방향 미끄럼 마찰계수(f)에 대하여 국내 실정에 맞는 f값을 표준화하였다.

그림 2-17 V=100km/hr일때의 타이어와 노면간 수막상태

라) 도로 설계 검사시스템 개발 : 설계 검사 및 안전도 평가모듈 개발

○ 본 연구는 도로시공중 또는 준공후에 부실설계로 인해 불가피하게 재시공 또는 개선작업으로 발생되는 막대한 국고손실을 줄이기 위해 설계 과정에서부터 설계 기준 적용의 적정 여부와 노선 선정 및 선형 설계 내용을 체계적으로 전산 검토하는 종합적이고 체계적인 도로설계 검사시스템 개발을 통해 설계 하자를 최소화하고 국고 낭비예방을 목적으로 추진하였다.

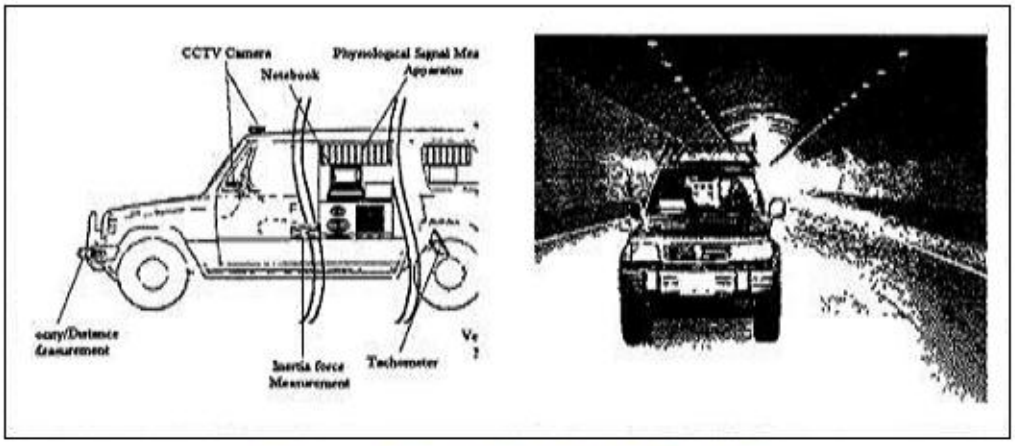


그림 2-18 운전자 행동 및 반응검지 차량

○ 본 연구의 수행으로 다음과 같은 설계검사시스템 개발성과를 도출하였다.

- 평면/종단기하구조검사, 선형의 운용검사, 횡단설계검사 프로그램모듈 개발
- 3D경관분석 및 시거 프로그램모듈개발
- 안전도평가 모듈 프로그램 작성
- 상용 도로설계프로그램과의 인터페이스

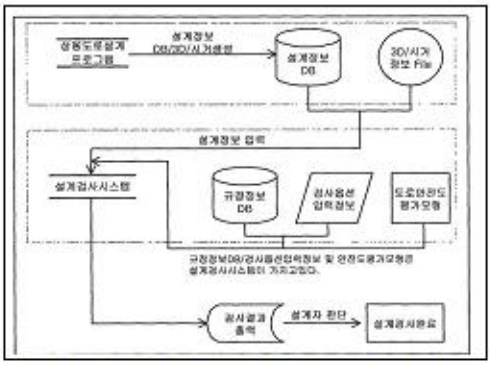


그림 2-19 설계검사시스템의 데이터 흐름도

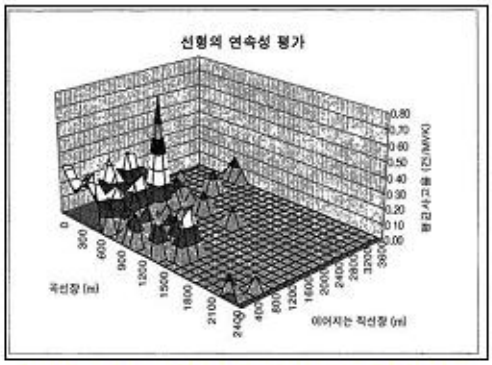


그림 2-20 곡선장과 이어지는 직선장에 따른 평균사고율

마) 고속도로 분,합류부 설계기준 수립에 관한 연구

○ 본 연구에서는 현재까지 개발된 고속도로 연결로 분석모형 관련 연구들이 연결로 자체에만 관심이 있거나 독립된 연결로의 운영상태를 파악하는 데만 치중하였으며, 연결로가 본선에 미치는 영향 또는 연결로 교통류와 본선교통류 사이에서 발생되는 차량상충이 고속도로 교통흐름에 끼치는 영향 등에 대해서는 연구가 미흡한 실정으로서, 고속도로 분·합류부에서의 실측 현장조사 데이터를 바탕으로 분·합류부 분석모형의 개발, 분·합류부 서비스수준 평가 기법 수립 및 사고예측모형의 개발을 통해 다양한 교통조건 및 기하구조 조건을 고려한 분·합류부 설계기준 개선안을 제시하였다.

○ 본 연구의 수행으로 다음과 같은 연구성과를 도출하였다.

- 정상류 및 정체류에 대한 분·합류부 교통특성 변수 조사(교통류 특성, 운행행태 변수)
- 정체류 특성이 설명 가능한 합류부 분석모형 개발
- 합류부 서비스수준 평가기법 제시
- 안전과 소통을 고려한 분·합류부 설계기준 개선안 제시

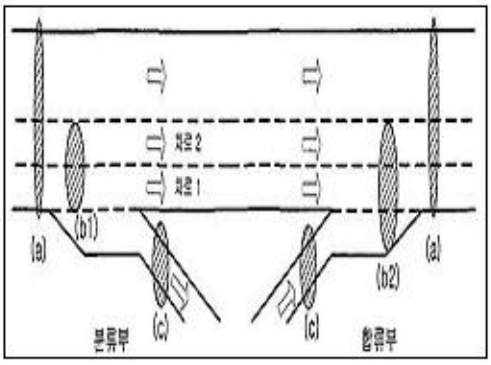


그림 2-21 연결로 접속부 용량

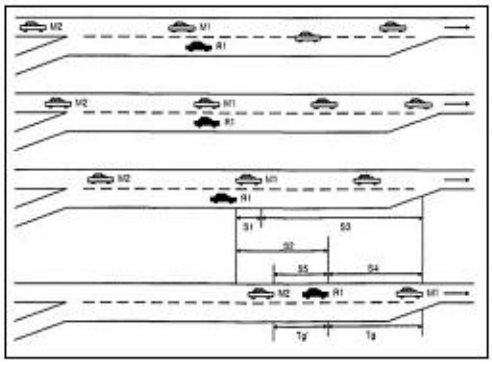


그림 2-22 임계차두간격 산출 개념도

바) 고속도로 구간별 용량검토를 통한 오르막차로 설치기준 검토

○ 본 연구에서는 종래의 고속도로 이용차량의 성능변화·향상에 따라 속도, 안전 및 용량을 고려한 오르막차로 설치기준을 검토하였으며 연구결과 다음과 같은 성과를 도출하였다.

- 표준트럭의 다양화(180, 220 lb/hp 추가) 및 성능곡선 제안(보간법)
- 차종간 속도차 감소를 위한 허용최저속도 상향 조정(설계속도별로 제안)
- 터널 내부로 오르막차로 설치 방법 제안(최소이격거리, 합류차로 최소길이)
- 허용최저속도 이하구간 200m이상부터 오르막차로 설치 및 오르막차로 최소길이 제안
- 속도차가 작은 차로/차종 간의 분합류 수행 방법 제안
- 합류부와 오르막경사가 인접한 구간의 오르막차로 설치 방법 검토

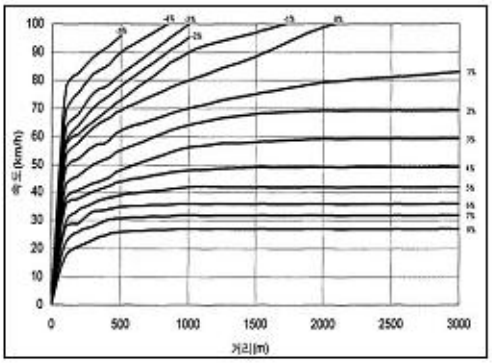


그림 2-23 전국지역의 중량/마력비 분포요약도

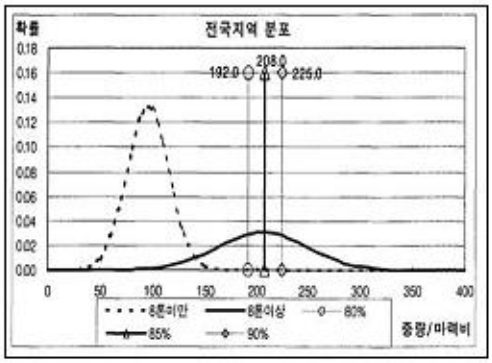


그림 2-24 우리나라 화물차 가속곡선: 2001b/hp

(나) 국외

가) 미국의 국가협력도로연구(NCHRP) 프로그램

○ 본 연구는 1962년부터 미국 AASHTO와 US DOT 연방도로청(FHA)의 지원을 받고 연방교통연구위원회(TRB)의 최종 승인을 받아 수행하고 있는 국가주관 도로연구 프로그램이다.

○ 도로설계부문에서는 속도, 시거, 중앙분리대, 도로폭 등의 도로 기하구조와 관련된 연구가 수행되고 있으며, 도시부 도로 뿐만 아니라 지방부 도로와 교통량이 적은 도로를 대상으로도 수행되는 연구가 점차적으로 증가하고 있고, 보행자와 운전자 및 도로이용자의 안전을 향상시키기 위한 연구가 2000년대에 와서 수행되기 시작하였다.

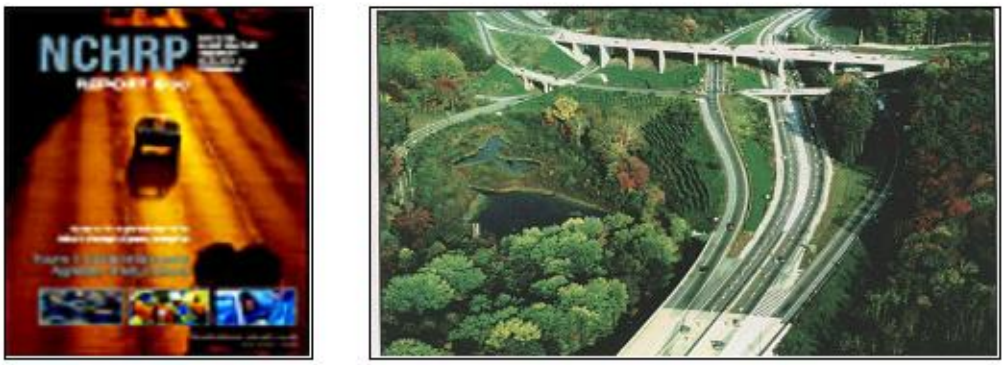


그림 2-25 NCHRP 기반 간선도로 전경

나) 미국 터너베이뱅크 도로연구센터(TFHRC)의 IHSDM(Interactive Highway Safety - Design Model) 개발 연구

○ 터너베이뱅크 도로연구센터(TFHRC)는 미연방도로청(FHWA)의 연구개발기술부(Office of Research Development and Technology) 소속의 연방정부 산하 연구소이며, 각 연구주제별로 전문가(Expert)가 배정되어 과제별 전문성을 배가시키고 관련 소프트웨어 개발에 중점을 두고있다.

○ 이중 IHSDM(Interactive Highway Safety Design Model)은 도로의 기하구조 설계시 잠재적인 교통안전 문제를 빠르고 쉽게 평가하기 위한 도로안전평가 Software를 개발하는 연구로서 CAD환경에서 도로 기하구조 설계안의 안전성을 평가하기 위해 설계가들이나 도로계획가들이 사용할 수 있도록 한 모듈의 통합된 체계로 개발되고 있으며 도로 기하구조의 안전성 평가에 중점을 두고 있다.

○ IHSDM은 도로 안전분야의 7개 분석 모듈로 구성되어 있으며, 국내 유사연구 사례로서 앞에서 언급한 도로의 기하구조와 안전성의 상호관계 분석 연구, 도로설계 안전도 평가시스템 개발 등이 있다.

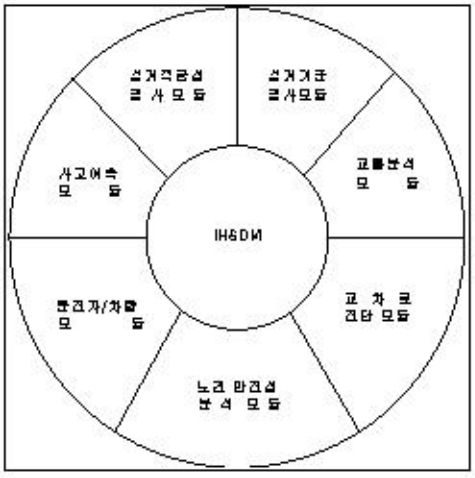


그림 2-26 IHSDM 도로안전분야 분석모듈

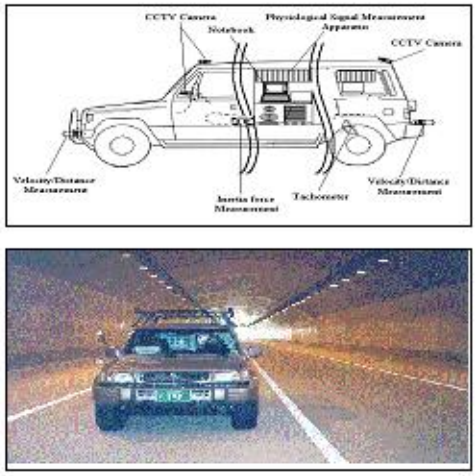


그림 2-27 운전자 행동 및 반응검지 차량

그림 2-28 실내 시뮬레이터

다) 영국 교통연구소(TRL)의 도로 및 교통관련 연구

○ TRL(Transport Research Laboratory)은 영국 교통성 산하에서 1996년 민영화된 도로 및 교통관련 연구기관으로 500명 규모의 인력으로 구성되어 있으며, 도로기하구조, 교통통제시설, 교통안전 등을 연구하고 있다.

○ TRL에서는 총 9개 분야로 구분하여 연구가 이루어지고 있으며, 그 중 6개 분야가 도로교통 연구분야로서 다음과 같이 기하구조와 관련된 연구가 최근들어 활발히 진행되고 있다.

- 교차로의 최적화 설계(2000)
- JCT의 안전과 제어에 관한 연구(2000)
- 설계의 모니터링 및 판단방법의 유효화에 관한 연구(2000)
- 차로폭 감소가 안전에 미치는 영향에 관한 연구(2000)
- JCT의 안전성능개선이 운전자의 행동에 미치는 영향에 관한 연구(2001)
- 지속가능한 도로구조 설계에 관한 연구(2004)
- 고령화 운전자들의 주행방법에 관한 연구(2005)

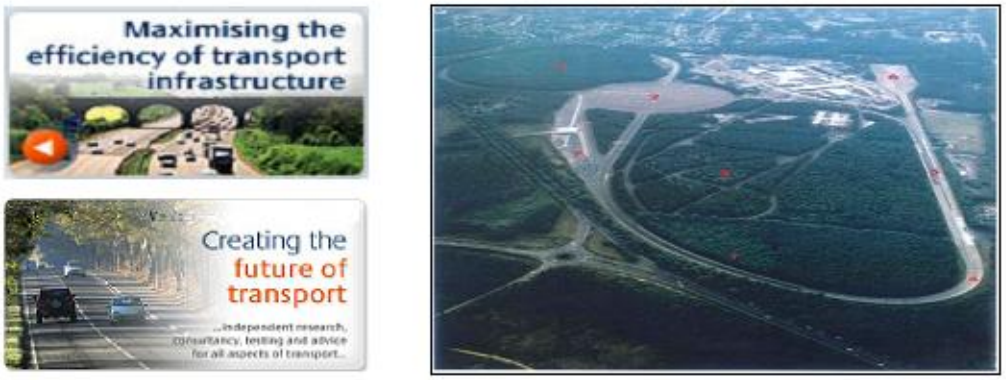


그림 2-29 영국 TRL 시험주로 전경

라) 일본 토목계획학 연구위원회 도로교통 관련 연구

○ 일본의 토목계획학 연구위원회는 토목학회내 토목계획에 관련된 조사, 실행, 연구 등을 수행하기 위해 1966년에 설치되었으며, 1995년 이후 도로교통과 관련된 분야에 총 60여편의 논문을 발표하였고, 최근들어 아래와 같은 도로 기하구조 분야에 활발한 연구가 진행되고 있다.

- 3차원 노선계획 시스템에 관한 연구(2000)
- 종단경사가 주행에 미치는 영향에 관한 연구(2000)
- 도로 기하구조 3차원 설계에 관한 연구(2000)
- 고령화와 도로구조에 관한 연구(2001)
- 교통 베리어프리법에 의한 도로의 구조기준(2002)

그림 2-30 일본 토목연구소 및 시험주로 전경

2) 향후 전망

① 국내

○ 미래형 도로 기하구조 기술개발은 향후 성장 잠재성이 풍부하지만, 초고속도로 시장에서 경쟁력을 확보할만한 연구 개발이 미약한 실정이다.

○ 초고속도로의 기하구조 설계기준 정립은 도로건설 부문의 기술향상은 물론 장기적인 측면에서 해외진출을 활성화 할 수 있으며, 초고속도로의 등장은 고속철도가 갖는 영역의 통행 권역을 대등하게 공유하는 수단이 되어 도로의 역할을 증대하고 궁극적으로 국가교통체계의 효율성을 증대시킬 것이고 간접적으로는 도로부대시설물 기능향상을 위한 기술 개발에도 많은 기여를 할 것으로 기대된다.

○ 도로의 고객인 자동차의 발전추세에 따라 도로의 기하구조 성능개선으로 대응함으로써 새로운 자동차(미래형 자동차 혹은 지능형 자동차)기술 발전을 자극하여 시너지 효과를 유도할 수 있을 것으로 기대된다.

② 국외

○ 선진국의 도로 기하구조분야 기술수준은 현재 국내의 기술보다 비교우위에 있으나, 그동안의 기술 축적도와 노하우를 고려한다면 국내의 경우도 향후 실현가능성이 매우 높은 부분이라 할 수 있다.

○ 세계적으로 설계속도 140km/hr인 도로는 일부 공용중인 상태이나 160km/hr이상의 도로에 대한 기하구조 기술은 거의 없는 실정으로서 초고속도로에 맞는 도로 기하구조의 기술 개발은 세계최고수준의 도로 기하구조 기준을 정립하게되며, 연구개발된 기술을 바탕으로 새로운 도로사업의 창출, 해외 도로기준의 정립 및 기술이전 등 세계수준의 기술을 바탕으로 새로운 사업영역을 창출할 수 있을 것으로 사료된다.

(2) 도로시설

1) 포장

○ 포장은 노면에 치밀한 층을 만들어 강우시 진흙탕이 되거나 건조시 먼지가 일어나는 것을 방지하여 쾌적성을 유지하고 노면의 평탄성을 유지함과 동시에 적당한 미끄럼 저항성을 가짐으로써 자동차의 주행이나 보행에 쾌적성과 안전성을 향상시키고 주변의 환경에 적합한 포장재료를 사용함으로써 양호한 도로경관과 주변환경을 만들 수 있다.

① 일반현황

(가) 개요

○ 근대 신작로 이후 우리나라의 최초의 역청포장은 1946년 서울~부산간 국도상 시흥 부근에서 광복 후 최초로 현대식 포장 신공법인 침투식 아스팔트 포장 공사가 실시되었다.

○ 고속도로에서는 1968년에 개통된 서울~인천간 및 1970년에 개통된 서울~부산간 고속도로 건설을 시발로 아스팔트포장 고속도로가 건설되었고 1981년 부산-마산간 고속도로 건설에서 시멘트콘크리트포장이 시공됨으로서 우리나라 도로포장에 있어서 선택의 폭이 넓어졌고 포장단면의 구성 및 재료의 선택에서 다양화되기 시작하였다. 최근에는 고내구성포장을 비롯하여 여러 가지 기능성 포장이 개발되어 기술적인 측면에서 큰 성과를 나타내고 있다. 그러나 국내의 기후조건, 지반 및 재료적 특성을 고려한 우리나라 고유의 포장설계법을 마련하지 못한 채 아직까지는 미국의 AASHTO 설계법을 주로 사용하고 있다.

(나) 포장의 종류

가) 아스팔트포장

○ 골재를 역청재료(bituminous material)로 결합하여 만든 표층이 있는 포장을 말하며, 일반적으로 표층, 중간층, 기층 및 보조기층으로 이루어진다.

아스팔트포장에서는 하중재하에 의해서 생기는 응력이 포장을 구성하는 각 층에 분포되어 하층으로 갈수록 점차 넓은 면적에 분산시키므로 각 층의 구성과 두께는 역학적 균형을 유지하여 교통하중에 충분히 견딜 수 있어야 한다. 포장의 역학적 거동특성에 초점을 두어 아스팔트 포장을 가요성포장(flexible pavement)으로 부르기도 한다.

나) 시멘트콘크리트포장

○ 강성포장(rigid pavement)의 대표적인 것으로 시멘트콘크리트 슬래브가 교통하중으로 인한 전단이나 휨에 저항하여 그 슬래브작용으로 하중을 기초에 넓게 전달한다. 일반적으로 표층 및 중간층, 보조기층으로 구성되어 있고 표층은 시멘트콘크리트층을 말하나, 그 위에 아스팔트콘크리트 마모층을 둘 수도 있으며, 보조기층의 역할은 슬래브에 균등한 지지력을 주고 투수층으로 동상(凍上) 현상을 방지하고 시멘트콘크리트 슬래브를 타설하기 위한 안전한 작업기반을 조성하는 데 있다.

- 줄눈과 보강철근의 유무 및 형식에 따라

• 무근 콘크리트포장 (JCP, Jointed Concrete Pavement)

• 철근콘크리트포장(JRCP, Jointed Reinforced Concrete Pavement)

• 연속철근콘크리트포장(CRCP, Continuously Reinforced Concrete Pavement)

- 그 외에

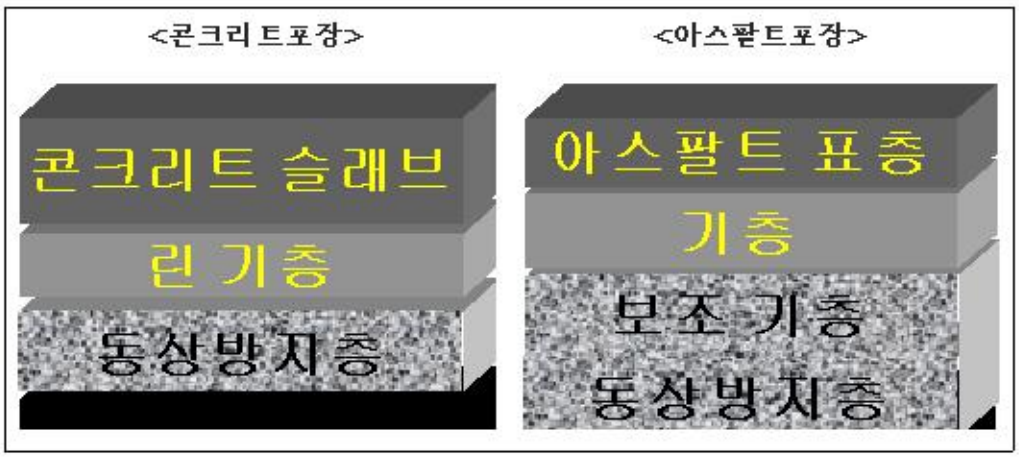
• 프리스트레스콘크리트포장(PCP, Prestressed Concrete Pavement)

• 로울러다짐콘크리트포장(RCCP, Roller Compacted Concrete Pavement)

표 2-15 포장구조 비교

구분	아스팔트포장	콘크리트포장
표층	· 교통하중을 일부 지지하며 하부층으로 전달 · 표면수의 침입을 방지하여 하부층 보호	· 슬래브 자체가 빔(beam)으로 작용하여 교통하중에 의해 발생되는 응력을 휨 저항으로 지지
기층	· 입도조정처리 재료 또는 아스팔트 혼합물로 구성 · 표층과 일체가 되어 교통하중에 의한 전단에 저항하여 하중을 분산시켜 보조기층에 전달	
보조기층	· 입상재료 또는 토사 안정처리 재료 등으로 구성 · 상부층에서 전달된 교통하중을 지지하며 노상으로 전달 · 포장층내 배수기능 전달 역할 · 미립질의 노상재료가 기층부로 침투하는 것을 방지 · 동결작용의 손상효과를 최소화	· 빈배합 콘크리트 또는 시멘트 및 아스팔트 안정처리 재료로 구성 · 콘크리트 슬래브에 대한 균일한 지지력 확보 · 줄눈부 및 균열부근의 우수 침투처리 및 펌핑현상 방지

그림 2-31 포장형식별 단면구성



(다) 포장기술의 변천

가) 아스팔트포장

□ 기술도입단계

○ 1970년 : 경인·경부고속도로(외국의 기준을 준용하여 초기 아스팔트포장을 실시)

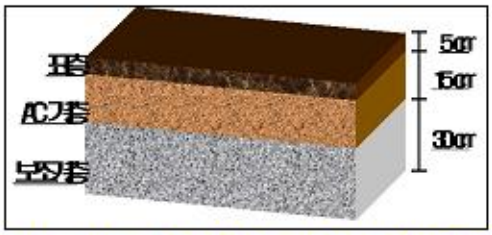


그림 2-32 경부선('68~'70) 포장단면도

그림 2-33 초기고속도로 전경

□ 기술적 전환기

○ 1980~1995년 : 잦은 파손으로 유지관리에 어려움(제2경인선)

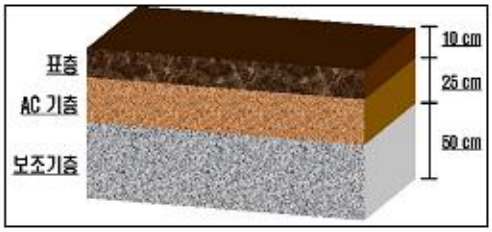


그림 2-34 제2경인선('90~'95) 포장단면도

그림 2-35 아스팔트 혼합물 파손 전경

□ 기술발전 및 재도약

○ 1995년 이후 소성변형대안으로 각종 개질재 및 SMA포장 개발

○ 각종 개질재의 등장 : 아스팔트의 공용성을 개선하고자 아스팔트 관련 기업들은 SBS, SBR을 포함하는 각종 개질재를 개발하여 고속도로에 적용하여 개질재들은 아스팔트 혼합물의 공용성을 증가

○ 교면포장 개선 : 교면포장에서 발생하는 균열 및 포트홀 등의 손상에 대한 원인 규명 및 대응방안을 마련하기 위하여 이와 관련된 연구가

활발히 진행하고 있으며 교면포장은 상판, 방수층, 포장층으로 구성된 하나의 시스템으로 거동하므로, 각각에 대한 연구뿐 아니라 시스템 측면에서의 연구도 함께 진행

○ SMA포장 개발 : 아스팔트포장에서 발생하는 소성변형에 대한 문제가 심각하게 대두된 후 아스팔트포장을 개선하고자 하는 노력이 경주되어 소성변형과 균열에 강한 저항성을 가지는 SMA의 개발이 한국도로공사 연구소에 의해 이루어져 소성변형 문제를 상당부분 해소

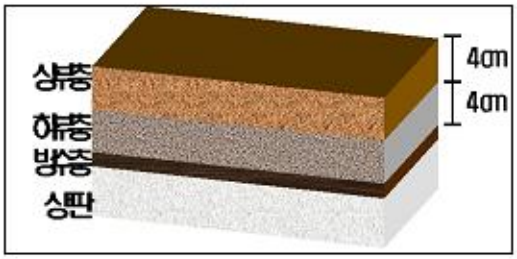


그림 2-36 일반적인 교면포장 시스템 단면도

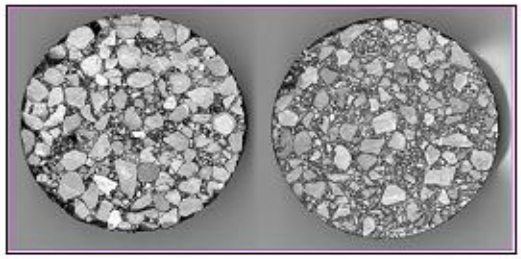


그림 2-37 SMA와 일반 밀입도 혼합물 비교

나) 시멘트콘크리트포장

□ 기술도입 단계

○ 1981년 : 부산~마산간 고속도로(국내 최초 콘크리트 포장)

그림 2-38 '81년 부마선(국내 최초 콘크리트포장)

그림 2-39 '86년 88선(국내최초 전단면 콘크리트 포장)

□ 기술적 전환기

○ 1987 중부선 : 신설 고속도로에 최초 CRCP를 적용, 줄눈 없이 1~3m 간격의 균열 허용, 주행성이 양호하고 유지비가 저렴

□ 기술정착 및 자립단계

○ 1990년 이후 : 영동고속도로확장공사[미국의 AASHTO Guide를 근거로 하여 콘크리트 표층(30~33cm), 린콘크리트 보조기층(15cm), 동상방지층으로 구성]

그림 2-40 중부고속도로 포장단면

그림 2-41 영동고속도로 확장공사 포장단면

(라) 포장설계방법

가) 아스팔트포장

○ 미국의 AASHTO(American Association of State Highway and Transportation Officials) 설계법과 일본의 TA 설계법 적용

나) 시멘트콘크리트포장

○ 미국의 AASHTO 설계법, 일본도로협회의 1984판 '시멘트콘크리트포장 요강'과 일본도로공단의 '설계요령, 제1집 2편 포장' 적용

(마) 우리기술수준

○ 우리나라는 자체적인 도로포장설계기준을 갖지 못하고 미국의 AASHTO 설계법, 일본의 TA설계법 등 포장설계기준을 준용하여 포장설계에 활용하고 있는 수준으로 특수도로포장의 기술에 있어서도 도로선진국의 수준에 크게 미치지 못하고 있다. 표 2-16은 도로포장 요소기술별 기술수준을 도로선진국과 비교하여 나타낸 것이다. 포장관련 요소기술별

기술수준 비교시 일반 포장설계기술 뿐만 아니라 고강도 아스팔트 생산기술, 역학적-경험적 설계기술 및 공용성 평가 등에서 현저한 차이를 보이고 있어 낙후된 요소기술에 대한 단계적 투자와 개발이 필요한 것으로 나타났다.

표 2-16 도로포장 요소기술별 기술수준 비교

기술	요소기술	선진국 기술수준	국내 기술수준
포장재료, 배합설계 기준 및 시공기준	고강도 아스팔트 생산기술	70~80	50미만
	배합설계 기준	80~90	70미만
	시공기준	80미만	60미만
	표층용 특수/개질 아스팔트개발기술	80~90	70~80
장수명 포장단면 설계기법	역학적-경험적 설계기술	80미만	50미만
	포장체의 해석 및 공용성 모형개발	70~80	50~60
설계법 검증 및 공용성 평가	실내시험을 통한 공용성 평가	80~90	70미만
	실물규모의 모형시험을 통한 공용성평가	70~80	50미만

② 기술동향 및 국내·외 연구사례

(가) 기술동향

○ 차량의 주행속도를 160km/h 이상으로 유지할 수 있는 초고속 고속도로가 갖춰야할 포장의 요건은 유지보수를 최소한으로 할 수 있는 고강성·고내구성 포장, 고속주행시 발생하는 소음을 최소화하며 도로사용자들에게 쾌적함을 줄 수 있는 친환경적 포장, 고속주행시 발생하는 차량사고의 위험을 감소시킬 수 있는 적정 안전성을 확보할 수 있는 포장 및 유지관리 기술이어야 한다. 그러나 현재 이러한 도로포장 분야의

연구는 국내에서는 초기 단계에 있는 실정이며, 확실한 기술개발을 통한 사업화 사례는 전무한 실정임

○ 수십 년간 일반 아스팔트포장과 시멘트콘크리트포장의 기술력이 축적된 상황에서 현재의 기술개발은 소성변형 감소, 소음 감소, 쾌적성 향상, 안전성 향상, 내구성 향상, 급속유지보수 등 특수기능을 갖는 포장으로 이어지고 있음.

○ 포장의 내구성을 획기적으로 증가시켜 설계수명을 40%~50% 이상 향상시키는 고강성 고내구성 포장은 유지보수를 최소화함으로써 이로 인해 발생하는 지정체를 감소시켜 도로사용자들에게 적절한 서비스를 제공할 수 있게 할 수 있음. 이에 대한 연구는 상대적으로 공용수명이 적은 아스팔트포장에 대해 활발히 연구되고 있다.

○ 콘크리트 포장의 내구성을 증진시키는 연구는 재료적인 측면에서 주로 수행되었으며, 복합단면 구성 등 단면개선을 통한 연구는 거의 수행되지 않은 실정이다. 콘크리트 포장은 뛰어난 내구성을 갖는 장점을 지니고 있으나, 상대적으로 높은 소음을 발생하고 있어 이를 개선하기 위한 연구가 진행되고 있다.

○ 중부내륙고속도로 상에 건설된 한국도로공사 시험도로에서는 콘크리트 포장의 소음저감을 위한 다이아몬드 그라인딩 공법과 골재노출공법에 대한 일부 적용성 검토가 수행되었으나 현장적용을 위한 세부기술에 대한 연구가 미흡한 상태이다.

○ 도로이용자들의 수준이 높아짐에 따라 소음을 줄이고, 승차감을 향상시키며 시인성을 확보하여 쾌적성을 향상시켜주는 친환경적 포장 공법에 대한 기술개발이 각광받고 있다.

○ 도로 이용자들의 요구사항은 경제력 향상과 함께 고급화, 다양화되고 있는 추세이며, 특히, 환경과 관련되어 특수기능을 갖는 포장필요성이 증대되고 있음. 이 필요성에 따라 도로포장은 일반 아스팔트포장과 시멘트콘크리트포장 외에도 다양한 특수포장이 개발되고 시공되고 있다.

(나) 국내

가) 한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안 연구

□ 주관연구기관 : 한국건설기술연구원, 한국도로공사 도로교통기술원

□ 연구기간 : 2001 ~ 2010 (9년)

□ 연구배경 및 목적

○ 국내 포장설계는 AASHTO 도로시험에서 정립된 서비스능력-공용성 개념을 토대로 얻어진 모델식을 이용하는 AASHTO 설계법을 준용하여 왔으나, 설계적용 인자에 대한 데이터베이스 미구축, 차종별 8.2t 등가단축하중계수(ESALF) 조사부족 등 설계결과에 대한 신뢰도가 떨어진다. 따라서 우리나라 실정에 맞는 설계입력변수, 포장가속시험 및 시험도로 도로주행 시험 등을 통해 합리적인 설계법을 도출하고자 함

□ 주요 연구내용

- 아스팔트포장재료 및 품질관리 기준 정립
- 아스팔트포장의 시공 품질관리 방안 연구
- 콘크리트 포장성능개선 연구 및 품질관리 기준 정립
- 새로운 포장공법 적용 기준 정립
- 아스팔트 및 콘크리트 포장설계법 개발
- 포장 장기 공용성 관측을 위한 기본설계 연구
- 포장가속 및 시험도로 시험시공

나) 장수명 아스팔트포장 공법 개발 연구

□ 연구기관 : 건설교통부, 한국건설교통기술평가원

□ 연구기간 : 2000 ~ 2003 (3년)

□ 연구배경 및 목적

○ 콘크리트포장에 비해 소음측면이나 쾌적성측면에서 상대적으로 유리한 아스팔트포장이 갖고 있는 문제점 중, 가장 주된 부분은 공용수명이 짧다는 것이다. 아스팔트포장은 중차량에 대한 저항성이 약하고 변형에 노출되어 있어 이를 보완할 수 있는 장수명 아스팔트포장 공법의 개발 연구가 필요하며, 이에 대해 다음과 같은 세부연구가 추진되고 있다.

□ 연구내용

- 포장재료, 배합설계 기준 및 시공기준 개발
- 장수명 포장단면 설계기법 개발
- 설계법 검증 및 공용성 평가

그림 2-42 아스팔트 파손유형

다) 아스팔트 저소음포장의 개발 및 적용성 연구

○ 소음 저감 효과가 우수한 저소음포장 입도를 개발하여 종류별 아스팔트 및 콘크리트 포장의 소음도 정량화를 통해 실무 적용에 가장 적합한

저소음 포장의 입도와 혼합물의 종류를 결정한다

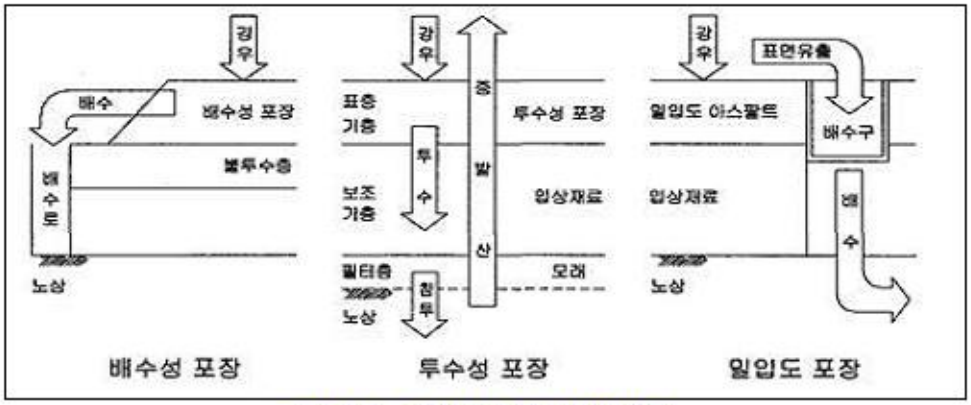


그림 2-43 저소음포장 개념도

○ 저소음포장이란, 강우로 포장노면에 유입된 빗물을 포장체 내부를 통해 수평배수하는 배수성포장을 기본으로 포함하고, 주행하는 차량의 교통소음 감소를 극대화 할 수 있도록 배수성포장을 개선한 포장을 의미한다.

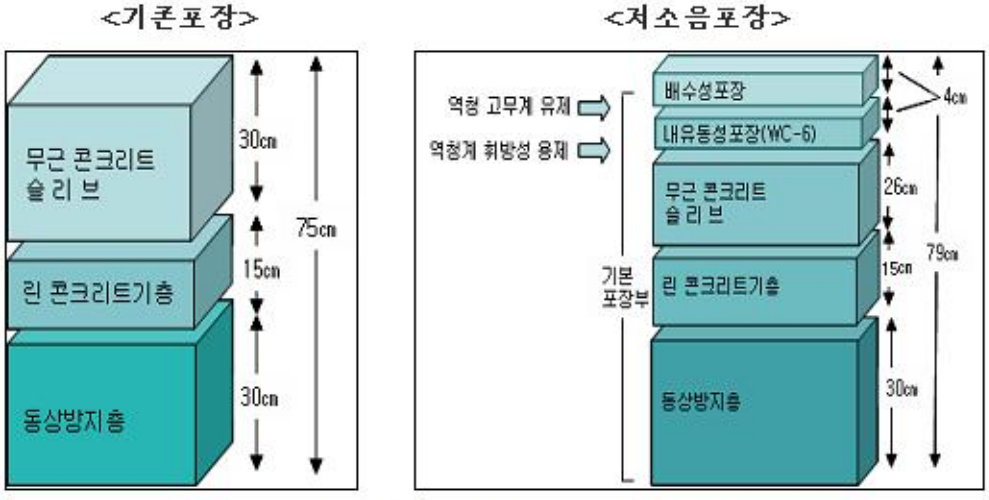


그림 2-44 기존포장과 저소음 시공후 단면상태 비교

라) 토목섬유를 이용한 아스팔트포장 내구성 증진 연구

○ 국내 도로포장의 주요 파손형태는 주변환경 및 반복교통하중 조건에 의한 소성변형(rutting), 피로균열, 반사균열, 온도균열 등이 있는데, 포장이 설계수명에 도달하기 이전에 주로 발생하며 이로 인한 도로 포장의 유지관리에 막대한 국가예산이 낭비되고 있는 실정이다.

○ 아스팔트포장은 시트형태의 유리섬유 보강재에 의하여 균열저항성이 비약적으로 증대될 수 있으며, 표층단면의 감소는 아스팔트포장의 균열 저항성을 크게 약화시키고, 토목섬유의 균열억제 효과도 감소시킨다.

○ 유리섬유 보강재의 사용은 보강 하부면에서 발생하는 소성변형을 억제하는데 효과가 있으며, 특히 시트형태의 유리섬유 보강재의 사용은 비보강의 경우와 비교해 보강 하부면에서의 소성변형을 50%정도 감소시킨다.

마) 아스팔트포장의 신재료 기술 개발

○ 국내의 기후 및 교통 특성을 고려하여, 이에 따른 포장의 내유동성과 내구성을 증진시키기 위한 개질아스팔트포장 재료의 개발 및 이를 사용한 포장 시공 기술을 개발하고 있다.

○ 최근에는 아스팔트포장의 성능 향상을 위한 방안으로 다양한 개질재의 도입이 증가되고 있으며, 이러한 개질재를 사용한 아스팔트 혼합물의 배합 설계 기준 및 포장 설계법에 대한 국내 시방규정의 개선이 시급한 실정이다.

○ 합성 개질아스팔트는 고온에서 개질 성능이 현저히 향상되며, 배합비율에 따라 개질 성능의 차이는 있으나 노화 단계별로도 개질 성능 효과가 유지된다.

바) 소음 및 배기가스 저감 환경친화 콘크리트의 개발 연구

○ 최근 국내의 자동차 보급율이 증대됨으로써 자동차에 의한 소음 및 대기오염 등이 심각한 사회 문제로 대두되고 있다. 이러한 환경문제는 1990년대 중반 이후 비중이 상당히 큰 사회문제로 부각되었고 피해 사례도 점점 증가하고 있는 실정이다. 현재 국내의 경우 대부분 환경

기준에 크게 못 미치는 수준이므로 환경보존과 관련하여 종합적인 대책을 강력히 추진하는 등의 적극적인 대응이 필요하다.

○ 소음저감에 효과적인 공법으로는 골재노출공법, 종방향 그루빙, 임의간격 종방향 타이닝으로 나타났으며 특히 이 공법들은 전체적인 음압값도 낮지만 고주파수대의 음압값이 크게 저감된다.

○ 아울러 배기가스 저감능력이 있는 광촉매를 콘크리트 표면에 도포하는 환경친화적인 콘크리트를 개발하고 있다.

(다) 국외

가) 도로사용자 중심의 친환경적 포장

○ 콘크리트 포장의 소음 저감을 위하여 신설 포장의 경우에는 골재노출공법, 기존 포장의 유지보수에서는 다이아몬드 그라인딩 공법 등을 적용하여 소음저감 효과를 유도하고 있다.

○ 유럽의 경우(오스트리아, 벨기에, 덴마크 등) 골재노출공법을 적용하여 2dB 이상의 소음 감소 효과를 얻고 있다.

○ 미국에서는 기존 포장의 소음저감 및 미끄럼 저항 증진을 위해 다이아몬드 그라인딩 공법을 폭넓게 사용하고 있으며, 켄터키에서 실시한 실험 결과 일반 콘크리트 포장에 비해 4dB의 소음저감 효과가 있는 것으로 나타났다.

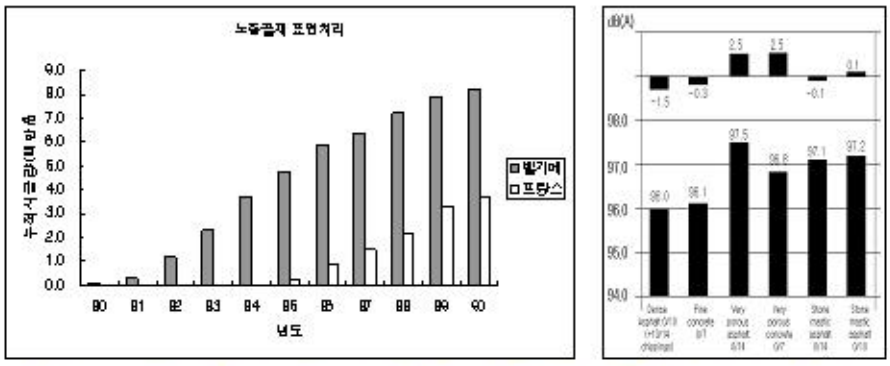


그림 2-45 벨기에와 프랑스의 골재노출공법의 적용 추이와 소음비교

○ 도로사용자의 쾌적성 향상을 위하여 주행시 정숙성, 승차감, 시인성을 향상시키는 연구가 다양한 각도에서 진행 중에 있다.

○ 일본의 경우 고탄성 아스팔트 콘크리트를 적용한 매설형 신축이음장치를 일부 소교량에 사용하고 있으나 시스템의 한계로 여러 단점이 발생하고 있다. 유럽의 경우는 교량의 장수명화 및 유지관리의 최적화, 쾌적한 주행환경을 확보하기위해 다양한 조인트 처리 방법 및 고급 교면포장 공법을 적용 중에 있다.

○ 미국에서의 배수성포장(OGFC)은 우천시의 미끄럼 저항성 확보에 주안점을 둔 반면 유럽에서는 소음 저감효과를 주안점으로 하고 있는 것이 차이점이다.

○ 유럽에서의 배수성포장에는 일반적으로 우수한 골재를 선정하고 개질 아스팔트를 적용한 혼합물을 기본으로 적용하고 있다.

○ 일본에서의 배수성 포장은 1987년 동경시에서 저소음 포장으로 시공된 이후 건설성, 일본 도로 공단 등에서도 많은 시험시공이 실시되었으며, 일본 고속도로에 적용된 포장재료의 변화추세는 표 2-17에 나타난 바와 같이 배수성 포장의 적용이 증가추세에 있다. 또한 배수성 포장의 사용 증가로 인한 배수성 포장용 아스팔트바인더의 생산량이 증가함을 그림 2-46을 통해 확인할 수 있다.

표 2-17 일본 고속도로에 적용된 포장재료의 변화

포장형태	목적	백분율(%)	
		1998	2002
밀입도 아스팔트포장	균열저항	77	47
갭입도 아스팔트포장	미끄럼저항성	10	9
배수성 아스팔트포장	미끄럼저항성, 소음감소	3	36
콘크리트포장	내구성	10	8

그림 2-46 일본 개질아스팔트의 생산량 추이

나) 고강성 고내구성 포장

○ 고강성 아스팔트 혼합물을 사용한 장수명 아스팔트포장 개념은 1997년 영국 국립도로연구소의 Nunn이 처음으로 제안하였으며 이후 영국과 프랑스 및 미국을 중심으로 활발한 연구가 진행되었으며 최근에는 실용화 단계에 접어들고 있다.

○ 프랑스의 경우 고강성 아스팔트 바인더를 대량 생산할 수 있는 체제를 갖추고 실제 포장공사에 고강성 혼합물을 사용하고 있다.

○ 미국 FHWA(미연방도로청)의 경우 각 주별로 별도의 장수명 포장 설계 방법을 개발하는 등 연구단계에서 실용화 단계로 접어들고 있다. 콘크리트 공용성능을 향상시키는 고성능 콘크리트 포장(High Performance Concrete Pavement, HPCP)에 대한 연구는 1994년부터 논의되었으며, 1996년부터 15개 분야로 세분화되어 연구가 진행중으로 연구목표는 다음과 같다.

- 콘크리트 포장의 공용수명 연장
- 콘크리트 포장의 시공 소요기간 단축(40%~50%)
- 생애주기비용(LCC)의 감소유도
- 유지관리비용의 감소(40%~50%)
- 콘크리트 포장의 승차감 향상

○ 재료적 측면의 개선을 통한 콘크리트 포장의 내구성 향상 외에도 단면 구조 개선을 통한 내구성 및 배수성 향상 방안에 대한 연구도 수행되고 있으며 호주, 뉴질랜드 등에서는 복합단면(CRCP 위에 개질 아스팔트 포장)을 폭넓게 사용되고 있다.

○ 일본의 경우 종단 방향으로 차량 주행 위치만 고기능 아스팔트 혼합물을 띠모양으로 동시에 시공하는 멀티 레인 포장 공법을 적용하여 비용감축 및 경관측면에서 큰 효과를 보고 있다.

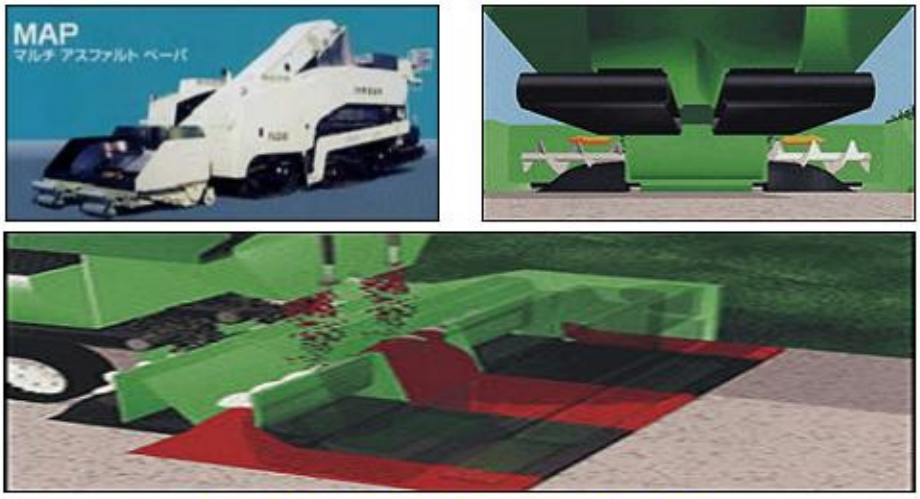


그림 2-47 멀티레인포장공법 시공 개요도

다) 인간중심의 안전한 포장

○ 고속주행시 차량의 안전성을 확보하기 위한 다양한 포장 표면처리 및 노면관리 기술이 개발되고 있다.

○ 염화물계 융설제의 사용에 따른 강재의 부식이나 콘크리트 구조물의 내구성 저하 등을 최소화하고, 환경오염을 방지할 수 있는 융설제를 개발하여 적용하고 있다.

○ 국내에서 사용중인 노면조사장비 ARAN의 제작사인 '로드웨어'에서는 유럽의 고속도로에서 사용하기 위하여 100km/h 이상의 속도에서 노면조사가 가능한 장비를 개발하고 있다.

그림 2-48 비파괴노면점검

③ 전망

○ 차량의 주행속도 증가는 필연적으로 사고의 위험을 증가시키며 따라서 이를 저감시킬 수 있는 안전한 도로포장 기술의 개발이 필수적이다.

○ 국내에서는 노면의 미끄럼 마찰저항과 주행속도와의 관련 연구가 일부 수행되었으나 주행속도의 한계는 120km/h까지만 연구되었다. 주행속도 150km/h가 넘는 스마트하이웨이에 대한 미끄럼 마찰저항과 관련된 연구가 필요한 상황이며, 적정 수준의 미끄럼 마찰저항을 확보할 수 있는 포장 노면조직 설계 기술에 대한 연구개발이 필요하다.

○ 동절기 강설에 의한 차량사고 위험은 주행속도에 따라 크게 증가한다. 그러나 현행 밀어내기식 제설작업의 경우 고속주행을 보장하기에는 작업 효율이 매우 떨어지는 상황이다. 따라서 결빙에 의한 사고 위험 지역에 대한 선별 및 자동 결빙방지와 제설 시스템을 구축하는 연구가 필요하다.

○ 국내에서는 현재 고속도로, 국도, 시도 등 도로등급별 포장관리 시스템이 구축되어 운영되고 있다. 그러나 국내에서 사용되는 자동 측정장비는 실제 운영속도가 80km/h 내외로 매우 제한적이다. 따라서, 주행속도 150km/h가 넘는 스마트하이웨이를 위하여 100km/h 이상으로 주행하면서 자료를 습득할 수 있는 장비 및 설계속도상향에 따른 새로운 포장관리 논리에 대한 기술개발이 필요하다.

2) 교량

① 일반현황

○ 일반적으로 교량은 하천이나 계곡 등, 장애물을 통과하는 것이 주목적이지만, 경제발전에 따른 의식수준의 변화로 말미암아 교량을 단순 통행수단으로만 계획하는 것은 부적절하게 됨에 따라 교량을 설계하기에 앞서 교량계획 단계를 통해 교량의 효율적인 가설을 도모하게 되었다.

○ 교량의 계획단계에서는 교량의 선형, 가설상의 제약조건, 구조설계기준 만족, 내구성과 안전성 확보, 경제적이며 심미적인 교량형식 선정, 교장 및 경간분할, 주형 및 바닥틀의 배치계획, 하부구조의 형식 및 형상, 기초형식 및 공법 결정 등이 이루어지게 된다. 계획단계에서 치밀한 조사를 행한 체계적인 계획 수립은 향후 교량의 설계시 또는 공용수명간 교량성능에 큰 영향을 미치게 되므로, 교량계획은 신중하게 이루어져야 한다.

○ 또한 교량계획 단계에서 주로 결정되는 교량 상부형식은 교량 설계 및 시공기술의 발달로 장지간화 되고 있으며, 사장교, 현수교 등 특수교량의 형식적용이 점점 늘어나고 있다.

표 2-18 국내 사장교 및 현수교 건설현황

구 분	교 량 명	준공년	경간 구성 (M)	거더 형식
사장교	돌산대교	1984	85+280+85	강상판상형
	진도대교	1985	70+344+70	강상판상형
	올림픽대교	1989	150+150	PSC BOX
	신행주대교	1995	2@50+120+2@50	강합성형
	서해대교	2001	200+470+200	강합성형
	영흥대교	2001	110+240+110	강상판상형
	삼천포대교	2003	103+230+103	강합성형
	제2진도대교	2005	70+344+70	강상판상형
현수교	남해대교	1973	128+404+128	강상판상형
	영종대교	2000	125+300+125	복층트러스
	광안대교	2002	200+500+200	복층트러스

표 2-19 국외 사장교 건설현황

교 명	소재국	중앙경간 (m)	주탑높이 (m)	준공 년도	비고
Sutong	중 국	1,088		2008	공사중
Stonecutters	중 국	1,018		2007	공사중
Tatara(多多羅大橋)	일 본	890	184	1999	
Normandy	프랑스	856	203	1995	
Nancha	중 국	628		2001	
Baishazhou	중 국	618		2000	
Qingzhou Minjiang	중 국	605		1996	
楊浦大橋	중 국	602	208	1993	
西浦大橋	중 국	590		1997	
Meiko-Chuo	일 본	590	178.3	1997	
Patras	그리이스	560		공사중	
Skarnsundet	노르웨이	530		1991	
Quishi	중 국	518		1998	
Tsurumi-Tsubasa	일 본	510	180	1994	
Jingzhou	중 국	500		2002	
生口橋	일 본	490	122.8	1991	
Öresund	스웨덴	490		2000	
東神戸大橋	일 본	485	146.5	1994	
Ehuang	중 국	480		2002	
Zhangjiang	중 국	480		2002	
Megami	일 본	480		2005	
Ting Kau	홍 콩	475		1997	
서해대교	한 국	470	182	2000	
Annacis	캐나다	465	152.9	1986	
Yokohama Bay	일 본	460	172	1989	

표 2-20 국외 현수교 건설현황

교 명	소 재	중앙경간 길이(m)	측경간 (m)	주탑높이 (m)	준공 년도	비 고
Akashi-Kaikyo (明石海峽大橋)	일 본	1,991	960	282.8	1998	
Great Belt East	덴마크	1,624	535		1997	
Runyang Bridge	중 국	1,490			2008	공사중
Humber	영 국	1,410	530(280)	155	1981	
江陰長江公路大橋	중 국	1,385	328(285)	172.7	1999	
靑馬大橋	홍 콩	1,377	455(300)	201.4	1997	
Verrazano-Narrows	미 국	1,298.5	370.3	192	1964	
Golden-Gate	미 국	1,280.2	342.9	210	1937	
Höga Kusten	스웨덴	1,210		180	1997	
Mackinac	미 국	1,158.2	548.6	157	1957	
南備讚瀨戶大橋	일 본	1,100	274	181	1988	
Fatih-Sultan-Mehmet	터 키	1,090	210	110	1988	
Bosphorus	터 키	1,074	255 (231)	165	1973	
George-Washington	미 국	1,066.8	198.1 (185.9)	170	1931	
Kurushima-Ⅲ	일 본	1,030	280(260)	173	1999	
Kurushima-Ⅱ	일 본	1,020	250(245)	160	1999	
Ponte 25 de Abril	포르투칼	1,012.9	483.4	181	1966	
Firth of Forth Road	영 국	1,005.8	408.4	150	1964	
北備讚瀨戶大橋 (Bisan-Seto)	일 본	990	274	170	1988	
Severn	영 국	987.6	304.8	122	1966	
Yichang	중 국	960			2001	
下律井瀨戶大橋 (Simotsui-Seto)	일 본	940	230	137	1988	

표 2-21 세계 장대교량 건설역사

교 량 명	교량 형식	지간장(m)	위 치	준공년도
Martorell	석조아치교	37	Spain	B.C. 217
Trajan's Bridge*	목조	52	Danube River, Hungary	A.D. 104
Trezzo*	석조아치교	72	Italy	1377
Luding	체인현수교	103	Dadu River, China	1705
Schaffhausen*	목조	119	Switzerland	1757
Schuylkill Falls*	현수교	124	Philadelphia, PA, USA	1816
Union/Tweed	체인 현수교	137	Berwick, UK	1820
Menai Straits	체인 현수교	177	Anglesey, UK	1826
Fribourg*	현수교	273	Switzerland	1834
Wheeling	현수교	308	West Virginia, USA	1849
Lewiston*	현수교	318	Niagara River, USA-CA	1851
Cincinnati	현수교	322	Ohio River, USA	1867
Clifton*	현수교	386	Niagara Falls, USA-CA	1869
Brooklyn	현수교	486	New York, USA	1883
Firth of Forth Rail	강트러스	521	Edinburgh, UK	1890
Quebec	강트러스	549	Quebec, Canada	1917
Ambassador	현수교	564	Detroit, USA	1929
George Washington	현수교	1,067	New York, USA	1931
Golden Gate	현수교	1,280	San Francisco, USA	1937
Verrazano-Narrows	현수교	1,298	New York, USA	1964
Humber Estuary	현수교	1,410	Hull, UK	1981
Akashi-Kaikyo	현수교	1,991	Kobe-Naruto, Japan	1998

그림 2-49 교량형식의 변천사

② 기술동향 및 국내·외 연구사례

(가) 기술동향

○ 구조물은 도로의 중추 역할을 하며 가장 단가가 높은 도로의 중요 요소로서 경제적이며 안전한 고기능 도로를 건설하기 위해서는 고성능, 고품질 및 고내구성을 가지며 경제적으로도 우수한 구조물의 건설이 필수적이다.

○ 구조물은 도로의 전체적인 경관과 조형성에 큰 영향을 미치므로 외국에서는 구조물의 경관설계 규정과 경관설계전문가의 활용을 통해 환경친화적이며 조형성이 뛰어난 구조물을 건설하고 있다.

○ 전세계적으로도 교량과 같은 도로 구조물의 성능, 내구성을 증진하는 동시에 경제성을 향상하기 위해 새로운 형식의 구조물을 제안 및 건설하고 있으며 다양한 고성능, 고품질의 재료를 개발하여 적용하기 위한 연구를 수행중이다.

○ 고기능 도로의 건설에 있어 중요 요소 중의 하나인 구조물의 내구성, 경제성을 확보하는 동시에 안전성을 확보하기 위해서는 구조물의 재료, 설계, 건설 등에 대한 다각적인 연구가 필요하며 국내에서도 교량 구조물과 관련하여 다양한 연구 프로젝트가 관, 산, 연 등에 의해서 많이 수행되고 있다. 특히 연도교, 연육교 등의 특수 장대교량 프로젝트가 활성화됨에 따라 다양한 형식의 장경간 구조물이 설계 및 건설되고 있으며, 교량의 대부분을 차지하는 중지간 교량에서도 새로운 거더 형식이 특허 출원되고 있으며 신기술 인증을 받고 있다. 또 IPC (Incrementally Prestressed Concrete) Girder, PPC Girder 등과 같이 기존에 많이 적용되었던 거더와는 다른 형식의 교량이 공사비 절감을 위해 소개되고 있다.

○ 건설기술연구원은 교량의 200년 수명을 목적으로 한 Bridge200 과제를 수행하여 장수명 바닥판, 고내구성 교면 포장 등에 대한 연구를 수행하였으며, 한국건설기술평가원 CTRM과제의 일환으로 수행중인 교량설계

핵심기술연구단에서는 교량설계기준의 세계적인 추세에 맞추어 한계상태 설계법(Limit State Design)을 도입하기 위한 각종 연구를 수행 중에 있다.

○ 또한 건설용 고성능 재료의 개발 및 적용을 위해 "차세대 시설물용 신재료 활용기술 개발" 및 "고성능, 다기능 콘크리트 개발"을 위한 CTRM 연구 과제가 수행되고 있음. 각각의 과제에서는 고성능강(HPS), FRP, 기초구조재료, 고성능콘크리트(HPC)등을 개발하고 있으며, 토목시설물에의 적용성을 평가하고 있다.

(나) 국내·외 연구사례

가) 국내

□ 교량설계핵심기술연구단('04. 3. 설립)사업 추진

○ 한국건설기술평가원 CTRM과제의 일환으로 추진중인 교량설계핵심기술연구단 사업은 다음과 같은 연구성과를 목표로 추진되고 있다.

- 국제적 최고수준의 교량정밀해석기술 정립
- 교량설계핵심기술 고도화 및 실용화
- 국제기준체계에 부합하는 교량설계기술 혁신
- 특정분야에서 세계 선도기술 창출
- IT 등 첨단기술을 융합한 교량설계기술 혁신

□ 무인 교량점검 로봇 U-BIROS 개발

○ 구조물에 대한 점검작업은 대부분 육안조사에 의존하고 있을 뿐만 아니라 접근이 가능한 구간에만 한정적으로 수행되고 있으며, 유지관리 수요의 증가, 점검의 인력중심 수행 및 일인당 과도한 개소의 구조물을 담당하고 있는 등 많은 문제점을 보이고 있으며,

○ 이에 따라 교량점검에 로봇을 도입함으로써 유지관리를 효율적이고 정확하게 수행할 것으로 기대된다.

그림 2-50 고속도로 교량의 개소 및 연장

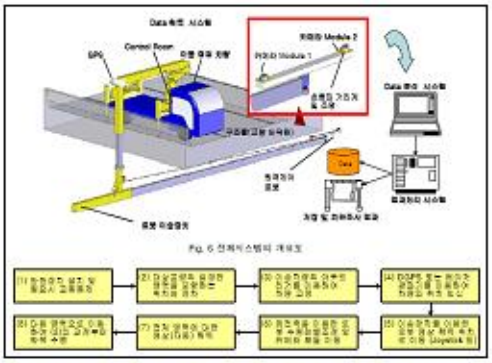


그림 2-51 원격제어 시스템의 작업과정

○ 또한 로봇을 이용한 디지털 화상처리 기술과 IT기술을 응용하여 Data 처리의 전산화 및 체계화, 점검부분의 표준화 및 전문화 등 과학적이고 체계적인 점검을 수행할 수 있는 환경을 제공할 수 있을 것이다.

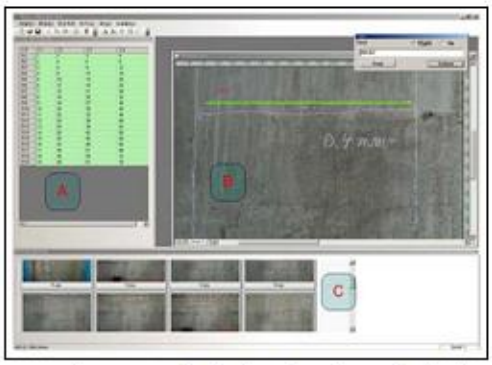


그림 2-52 데이터분석 시스템 화면

그림 2-53 교량점검 원격제어 로봇

□ 교량기초 장수명화기술 개발(BRIDGE 200)

○ 교량의 200년 수명을 목적으로 건설기술연구원에서 국내 지반특성을 고려한 교량 세굴해석 및 설계시스템 개발, 효율적인 교량세굴 모니터링 시스템 개발 및 조사기법 선진화, 경제적인 교량기초 안정성 확보기술 개발 등에 대한 연구를 수행하였다.

표 2-22 BRIDGE 200 연구과제

핵심과제	세부 연구과제	비고
국내 지반특성을 고려한 교량 세굴 해석 및 설계 시스템 개발	· 교량세굴 메카니즘 연구 · 세굴률 시험기 개발 · 세립토의 침식특성 정량화 기술 개발 · 교량세굴 해석 / 설계 프로그램 개발	
효율적인 교량세굴 모니터링 시스템 개발 및 조사기법 선진화	· 현장조사 및 사례연구를 통한 국내 세굴특성 분석 · 교량 하부구조 조사기법 개발 · 다기능 교량세굴 조사장치 개발	
경제적인 교량기초 안정성 확보기술 개발	· 내구성과 경제성을 고려한 새로운 개념의 세굴보호공법 개발 · 교량기초 안정성 분석기법 및 프로그램 개발 · 교량기초 장수명화를 위한 설계, 시공, 조사, 공사 관련 국가차원의 기술기준 제시	

□ FRP를 활용한 구조물 내진보강

○ 구조물의 노후와나 내진규정의 강화에 따른 구조물의 내진보강에 대한 사회적 요구가 증가하고 있으며, 내진성능을 향상하는 방법으로 단면증대 공법이나 철판보강공법 등이 많이 사용되었으나 1990년대 이후에는 타재료 및 공법과 비교하여 여러 가지 장점을 가진 FRP를 이용한 보강공법을 사용되고 있다.

○ FRP보강방법은 FRP시트를 접합하는 방법과 살포식 FRP보강공법이 있으며, 사용되는 섬유로는 탄소섬유, 아라미드 섬유 및 유리섬유 등이 사용되고 있다. FRP를 이용한 내진보강 시공의 프로세스 및 시공사례는 그림과 같다.

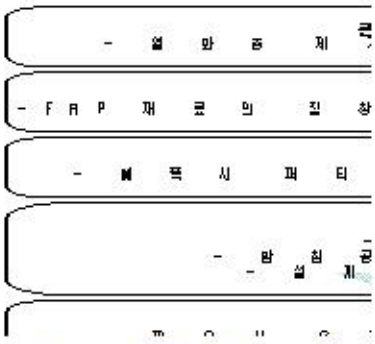


그림2-54 내진보강 프로세스

그림2-55 FRP를 이용한 구조물의 내진보강 사례

나) 국외

□ 유럽의 SERRP 연구 프로젝트

○ 유럽의 SERRP(Strategic European Road Research Programme)는 도로기반시설에 대하여 5년 단위로 연구계획을 확정하고 있으며, 2006~2011년까지는 4단계 로드맵 수행을 위한 계획을 확정했다. SERRP의 도로기반시설물 관련 연구의 방향은 경제적(cost-efficient)이며 지속가능한 방법(sustainable way)으로 설계, 건설, 유지관리 하는 것이다.

○ 필수적인 연구 항목으로는 고품질의 품질관리기법, Robot과 정밀계측기기 등을 이용한 시설물 건설, 포장과 구조물의 성능 모니터링, 신재료 등을 이용한 조립식 포장 및 교량 가설, 급속 보수 및 보강 공법 관련 연구 등이며, SERRP와 병행하여 SAMARIS (Sustainable and Advanced Materials for Road Infrastructure)도 추진하고 있으며, SAMARIS (Sustainable and Advanced Materials for Road Infrastructure) 프로그램의 목적은 경제적, 유지관리 감소, 증대된 내구성의 보수, 환경 요인에 대한 강화된 보호공법, 안전한 도로, 특히 개선된 고속도로 구조물의 유지관리 등에 있다.

○ 또한 ENTRAC (European Road Transport Research Advisory Council)에서는 기반시설물의 건설과 유지관리를 위한 재료 선정시 생애주기비용 고려를 통해 친환경적인 재료를 선정하도록 요구하고 있다.

□ AASHTO Bridge & Structures 소위원회(HSCOBS)의 교량 성능개선 연구

○ AASHTO의 Bridge & Structures 소위원회(HSCOBS)는 고속도로의 교량 성능을 개선하기 위한 전략프로그램을 2005년에 제시하였다. 주요한 프로그램은 공용수명의 연장, 구조시스템의 최적화, 급속교량건설, AASHTO 시방서 수정, 교량상태모니터링 등을 제시하고 있으며, 구조시스템의 최적화는 안전성(Safety), 내구성(Durability) 및 경제성(Economy)면에서 전통적인 재료와 신재료의 효율적인 적용을 도모하고 있다. 또 급속교량건설은 신설 구조물의 건설 및 기존 구조물 교체에

있어 안전성, 내구성, 경제성을 만족시킬 수 있는 가설공법의 개발을 목적으로 하고 있다..

○ 또한 FHWA의 주도하에 2006년부터 시작된 Highways for LIFE(Long lasting, Innovative, and Fast construction of Efficient and safe) 프로그램은 혁신(innovation)과 신기술 등의 도입을 통하여 고속도로 구조물에 있어서 안전성 향상, 급속시공을 통한 혼잡 완화 및 품질개선을 목적으로 하고 있다.

□ 일본의 신형식 교량개발 연구

○ 초고속도로인 제2동명 고속도로를 건설하면서 건설비 절감, 가설의 효율화 및 생략화 등을 목적으로 다양한 신형식의 교량을 설계 및 건설하였으며, 신형식의 대표적인 예로는 Extradosed교와 중장지간 교량, 파형강판 복부판을 갖는 PSC 박스거더교와 Hybrid 구조물 등을 들 수 있다.

○ 또한 정부에서 정책적으로 추진하는 "공공공사비용절감대책"을 실현하기 위해 여러 가지 대책을 발굴 및 적용하고 있으며, 생애주기비용, 신기술 개발 등을 통해 교량의 공사비를 감소하기 위한 각종 형식이 제안되고 있다.

③ 전망

○ 교량구조물에 대한 미래전망에 대하여 재료 및 소재분야, 설계 및 구조형식분야, 시공기술분야, 유지관리분야의 관점에서 살펴보기로 한다.

○ 먼저 미래 교량기술의 주된 변화는 재료 및 소재분야에서 시작될 것이다. 강과 콘크리트가 교량재료로 사용된 이래로 20세기 교량기술이 형성되고 발전되었듯이, 새로운 재료와 소재의 개발은 교량형식과 시공방법의 개발을 선도하게 될 것이다

○ 일반강재보다 강도, 인성, 용접성, 가공성 및 내부식성을 향상시킨 강재의 기술이 개발 및 실용화되고 있는 추세이며, 해외의 경우 이미 고강도강, 극후판, 내후성강, 일정항복강, 고인성강, 저예열강, 대입열 대응강 및 TMCP강 등이 개발되고 있다.

○ 탄소섬유, 유리섬유, 아라미드 섬유 등의 복합재료는 비중은 강재의 1/3~1/6밖에 되지 않으면서 강성은 강재와 비슷하여 구조부재에 적용할 경우 공기절감 및 유지관리면에서 유리하여 점점 수요가 증가할 것으로 예측된다.

○ 설계 및 구조형식 분야에 대하여 살펴보면 복합구조나 새로운 형식의 시도가 늘어날 전망이다.

○ 복합구조는 강상형과 PSC상형을 연결한 복합사장교, 콘크리트 상·하부 슬래브와 강재의 웹으로 구성된 파형강판교, 프리스트레스 복합트러스교 등 각각의 부재가 갖고 있는 장점을 적절히 활용하여 멀티기능을 할 수 있는 복합구조(Hybrid)형식의 시도가 늘어날 것이다.

○ 또한 사장현수교와 같은 Hybrid타입의 교량 등 종래에 생각하지 못했던 멀티 복합구조형식의 시도로 교량의 고기능화 추세를 이어갈 전망이다.

그림 2-56 복합사장교인 노르망디교

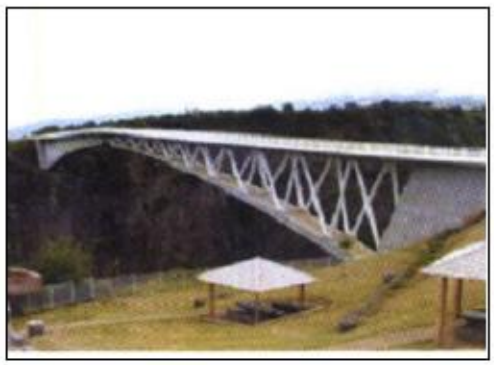


그림 2-57 PCT교인 Bras교

○ 시공 기술분야에 대하여 살펴보면 로봇을 이용한 시공이나 공법별 전용시공 장비사용 등 기술의 고도화 추세가 이어갈 전망이다.

○ 고소작업 및 위험한 공종에서 발생되는 반복적이고 단순한 작업은 원격 로봇을 배치하여 품질향상은 물론 작업자의 안전을 보장하며, 굴착, 비계 및 거푸집의 설치, 철근배근, 콘크리트 타설에 이르는 전 공정의 주요 관측점을 GPS와 휴대용 PDA를 접목하여 사무실내에서 설치오차에 대한 평가, 검측, 가설시 오차의 발생여부와 정도관리가 가능하게 될 것이다.

○ 공법별로 전용시공 장비를 사용하여 시공기술의 획기적인 변화가 일어날 전망이다. 산악지형에서의 가도, 가교, 현장제작 등으로 야기되는 환경 피해 및 소음, 분진을 최소화하기 위하여 헬기를 이용한 프리캐스트 교량이 시도되고 있으며, 케이블교량의 경우 공중비계설비 및 가설장비와 크레인 기능을 조합하여 일관된 작업이 가능하도록하는 전용장비 개발, 정형화된 교량 형식에 대해서는 교각, 거더, 바닥판과 같은 구조요소를 공장에서 미리 제작하여 현장에서는 조립 및 거치만 하는 급속시공법 등이 시도될 것이다.

○ 유지관리분야에 대하여 살펴보면 실시간 교량 모니터링 시스템, 교량 점검용 로봇 개발 등 기법의 첨단화가 시도될 것이다.

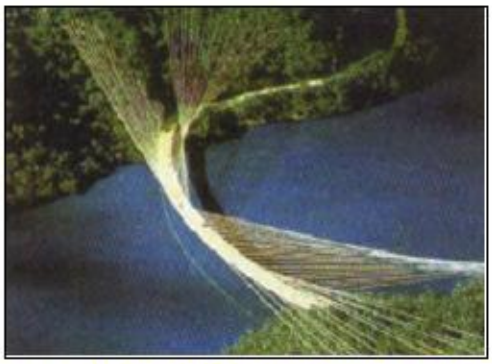


그림 2-58 무주탑 사장교인 Chucky-A-Rocky

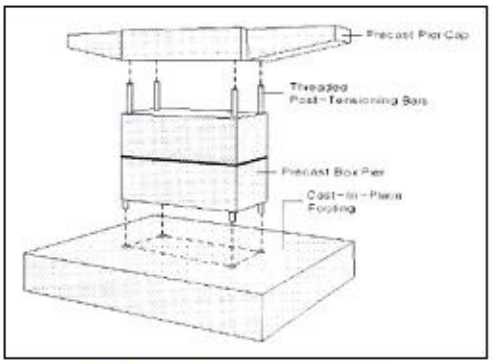


그림 2-59 조립식 교각

○ 실시간 교량 모니터링 시스템은 시스템-온-칩(SoC : System on Chip) 기술을 바탕으로 칩하나로 부식, 균열, 진동, 오염 등의 현상을 체크하고 그 결과를 시스템에 실시간 전송하는 역할을 하는 스마트센서가 개발 중이다.

○ 교량 점검용 로봇을 이용하여 디지털 화상처리 기술과 IT기술을 응용, 과학적이고 체계적인 점검을 수행할 수 있는 환경을 제공할 수 있을 것이다.

○ 미래의 교량은 기술집약적인 요소가 한층 더 가미되어 점점 더 초대형화, 첨단화, 고 기능화, 고 내구성화 등을 추구할 것으로 전망되며, 이러한 기술부분의 발전경향은 교량구조물에 국한되지 않고 지상의 인공구조물 발전추세를 선도하는 역할을 담당 할 것이다.

○ 또한 지형극복형 초장대교량의 발전추세는 눈에 띌만 할 것이다. 현재 건설된 최장교량의 중앙 경간장은 1,991m이며, 계획되고 있는 교량으로는 3,300m의 장간 교량도 있다. 현재기술로 약 5,000m에 이르는 초장지간도 실현가능할 것으로 기대된다.

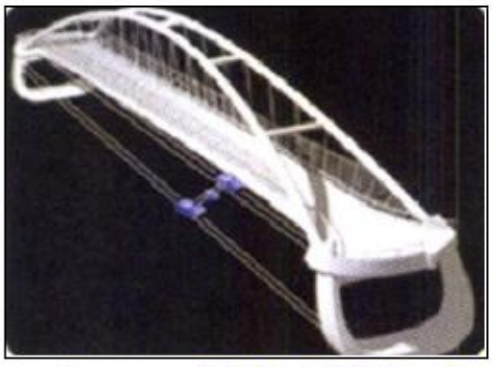


그림 2-60 교량주형 하부점검 로봇

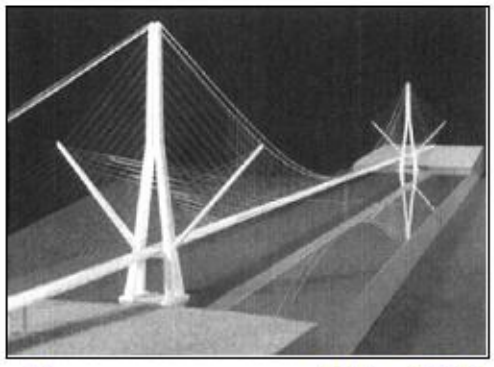


그림 2-61 Christian Menn 제안의 사장현수교

3) 지반

① 터널 분야

(가) 기술동향

○ 최근 국내 터널건설도 길이나 단면의 크기면에서 초장대화 되어가고 있으며, 실 예로 도로터널의 경우 수리·수암 터널에서 4차로의 극대단면 터널 및 4.5km이상의 죽령터널, 철도터널의 경우도 16.3km의 영동선 내 솔안 터널 등을 들 수 있으며, 지하철 터널의 경우도 극대단면을 갖는 정거장구간 역시 과거의 개착공법에서 터널공법으로 전환되어 가고 있는 실정이다. 아래 그림은 국내 고속도로 터널의 건설추이를 보여주고 있다.

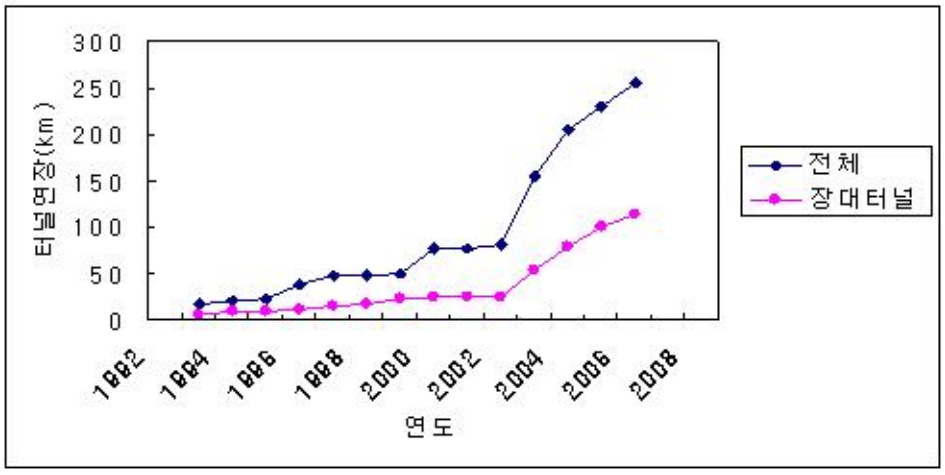


그림 2-62 고속도로 터널 건설 추이

○ 현재 터널막장 안정을 위한 보조공법으로는 face shotcrete, face rock bolts, 중심부 남김, 굴착단면의 축소, 굴진 길이의 단축 등의 방법이 사용되며, 특히 현재 많이 적용되는 NATM 특유의 보조공법으로 face shotcrete와 face rock bolts가 적용되고 있으나 비용부담이 크고 공사가 용이하지 않은 단점이 있다.

○ 급속시공을 위한 기계화 굴착, 장공발파공법 등이 최근 국내에 도입되어 활용되고 있거나, 연구개발이 진행되고 있으나, 수반되는 터널의 붕락 예측, 전방지반조사 등 터널의 시공중 안정성 평가에 대한 기술은 아직까지 국내에서는 연구 개발되지 않은 실정이다.

○ 초장대 터널을 위한 배수시스템에 대해서는 국내 초장대 터널 건설의 실적이 많지 않은 상황으로 계획단계에서는 초장대 터널 전구간의 유입수량의 정확한 예측이 어렵기 때문에 일반적인 예측기법을 이용하며, 따라서 기존 터널의 배수시스템을 약간 변형하여 적용하는 수준으로 아직까지는 연구개발이 미흡한 상태이다.

○ 우리나라의 초장대 터널 환기 시스템에 대한 설계는 최근까지도 외국의 경험 및 설계기준에 전적으로 의존하고 있어 시스템 설계 및 선정시에 많은 문제점을 안고 있다.

그림 2-63 터널내부 전경

그림 2-64 터널 환기시설

○ 최근 국내에서도 2차 라이닝이 없는 터널공법에 대한 관심이 고조됨에 따라 숏크리트가 영구 지보 역할을 수행할 수 있도록 숏크리트의 고성능화 필요성이 요구되었고, 이에 대한 연구가 수행되고 있다.

○ 2차 라이닝이 없는 터널의 국내 도입 타당성에 대해서는 전문가들 사이에 여러 의견이 있으며, 국내 재료와 환경 조건에 맞는 체계적인 지보재 성능개선 연구가 부족한데, 특히 이 공법 적용의 최대 장애 요소인 1차 지보재(숏크리트, 록볼트, 강지보재 등)의 성능 향상 및

장기 내구성에 대한 검증 연구가 절실히 요구되고 있다.

○ 국내에는 현재 에너지 비축이나 지하농수산물 저장을 위한 대규모 지하공동이 2차 라이닝 없이 설계, 시공된 사례가 있으나, 도로터널이나 철도터널의 경우 외국 기준에 부합하는 주요 지보재의 성능과 장기적 내구성에 대한 기술이 제대로 확보되지 않아 시공 사례가 없다.

○ 국외에 경우 전술한 바와 같이 세계 각국에서 초장대 터널의 건설이 활발하게 이루어지고 있으며, 초장대 터널에 필요한 요소기술 개발이 활발히 전개되고 있다.

○ 특히, 국외에서는 장대, 초장대 터널에 적합한 공법개발에 많은 노력을 기울여 싱글셸 공법, NMT 등의 새로운 공법을 개발하여 실적용하고 있는 상황이다. 그러나 국외에서도 전술한 바와 같이 아직까지는 초장대 터널을 건설 운영한 사례가 많지 않으며, 최근의 몇몇 장대터널에서 발생한 화재사고 등으로 인해 설계개념의 전반적이 재정립이 요구되고 있는 실정이다.

○ 외국의 경우에는 다양한 환기설비 제어기법을 도입하여 제어하고 있으나, 국내에는 예상되는 젯트팬 대수를 미리 정하여 운전하고 있으며 실제 운전되는 젯트팬 대수는 운전자의 경험에 의한 시행착오에 의해 결정되고 있는 실정이다. 또한, 세계적으로 몇몇 초장대 터널이 건설되어 왔지만 대체로 일반터널 설계개념으로 건설된 것으로 방재에 대한 구체적 설계개념이 미흡한 실정이다. 초장대 터널의 설계기준 특히, 방재 시설계획에 대한 검토들이 연구되고 있다.

○ 몽블랑 터널과 타우언 터널의 화재사고 후 유럽의 각국에서는 새롭고 엄격한 안전기준을 마련하여 기존 터널시설의 보완계획을 세우고 신설되는 터널에서는 한층 강화된 법규규정을 적용하고 있으며 터널 기술 선진국에서는 환기·방재에 대한 관심이 높아지고 있으며 이에 대한 연구가 크게 증가하고 있다. 특히, 오스트리아의 GeoCunsult 사의 경우는 화재에 따른 콘크리트 라이닝의 변상을 시뮬레이션하는 해석 툴을 개발하고, UN에서는 2001년도에 터널 안전과 관련된 보고서를 발행하는 등의 노력을 기울이고 있다.

○ 프랑스 및 이태리 등 유럽 지역에서는 지반 조건이 매우 열악한 터널 굴착 시에 다단계 분할 굴착공법을 채택하는 대신 굴착 대상 막장면을 일정한 강성을 보유하는 유리섬유 파이프(fiber glass pipe)를 이용하여 선행 보강하여 막장 안정성을 확보하는 공법을 매우 활발히 적용하고 있다. 그러나 설계기법이 정립되어 있지 않아 경험적인 설계가 이루어지고 있으며 따라서 효율적인 공법의 적용이 어렵다.

○ 터널 천장부 붕락을 예방하기 위한 비파괴 조사기술은 국외에서도 최근에 개발되고 있다. 최근 캐나다에서는 새로운 acoustic technique을 이용하여 터널부근 천장부의 안정성을 평가하는 방법을 제안하여 실험적으로 터널에 적용한 바 있다. 그러나 아직까지는 초보적인 실험적용 단계로 많은 연구 개발이 요구 된다.

○ 배수시스템에 있어서는 장대터널을 위한 새로운 배수재료, 배수시스템에 대해서도 비교적 많은 연구를 하고 있으며 최근에는 flow form이라는 신 배수재료도 선보이고 있어 초장대 터널에서의 배수시스템에 대한 중요도가 높음을 알 수 있다.

표 2-23 국외 장대터널 건설 현황

국가명	터널명	연장 (m)	준공년도	비고
노르웨이	Laerdal	24,510	2000	
중 국	Zhongnanshan	18,040	2009	공사중
스위스	St. Gotthard	16,918	1980	
오스트리아	Arlberg	13,972	1978	
대 만	Hsuehshan	12,900	2003	
프랑스-이탈리아	Frejus	12,895	1980	
프랑스-이탈리아	Mont-Blanc	11,611	1965	
노르웨이	Gudvanga	11,428	1991	
노르웨이	Folgefonn	11,130	2001	
일 본	Kan-eusu	11,055	1991	
일 본	Kan-eusu	10,926	1985	
일 본	Hida	10,750	2010	공사중
이탈리아	Gran Sasso d'Italia	10,176	1984	
이탈리아	Gran Sasso d'Italia	10,176	1984	
프랑스	Le tunnel Est	10,000	2006	공사중

(나) 국내·외 연구사례

가) 국내

□ 미래형 초장대 터널의 최적화 건설기술 시스템 개발 연구

< 대단면 급속시공을 위한 최적의 곡면막장형상 개발에 관한 연구 >

○ 기존의 NATM과 같은 터널공법에서는 굴착직후 벽면은 숏크리트나 록볼트에 의하여 지지되기 때문에 재래공법과 비교하여 암반의 느슨함을 감소시킬 수 있으나, 막장은 통상 무지보 상태로 놓여있기 때문에 붕괴의 위험성을 항상 내포하고 있는 것이 현실이다. 현재 국내 터널 시공 시에는 막장이 굴진방향에 직립함으로써 응력의 집중이 발생하며 또한 막장의 안정성을 우려하여 단면분할 공법을 채택하는 것이 일반적 공법으로 되어왔다. 그러나 이러한 방법은 경제적으로 큰 부담이 되며 공사기간 연장의 한 원인이 된다. 따라서 곡면막장 굴착공법을 개발하여 적용한다면 보다 나은 응력상태를 유지할 수 있어 1회 굴진장의 증대 및 분할공법을 피함으로써 공사비절감 및 공사기간 단축에 매우 유리할 것이라 판단된다.

< 미래형 초장대 터널의 방재개념이 포함된 최적지보시스템 개발 >

○ 연구의 주요 목적은 물리적 모델 시험과 현장 시험에 의해 터널 지보 메카니즘에 대해서 화재 안전성 개념을 고려한 이론적 접근을 시도하고자 하는 것이다.

< 초장대 터널 건설을 위한 터널 막장주변 안정성 평가 및 배수 시스템 개발 >

○ 초장대 터널건설에 필요한 새로운 요소기술 및 기법 개발을 궁극적인 목표로 하며, 초장대 터널 건설의 중요 문제점인 급속시공 및 이를 위한 비파괴적 막장주변 안정성평가, 그리고 배수시스템의 개발을 시행하는 것이다.

< 미래형 초장대 터널의 방재개념이 포함된 최적 환기시스템 개발 >

○ 터널의 장대화는 그 특성상 터널 내 오염물질 제거에 많은 문제점을 노출시킴과 동시에 환기 관련 주요 설비의 운영비용 증대가 요구되므로 경제적이고 효율적인 환기 설비의 운영을 위한 환기 계획이 매우 중요한 요소가 된다.

○ 특히 초장대 도로터널의 방재에 대한 관심도가 높아지고 여러 가지 관련 연구와 대책이 검토되고 있다. 이러한 최적 환기 설계 및 제어기법과 방재개념은 초장대 터널의 설계단계에서부터 함께 고려되어야 한다.

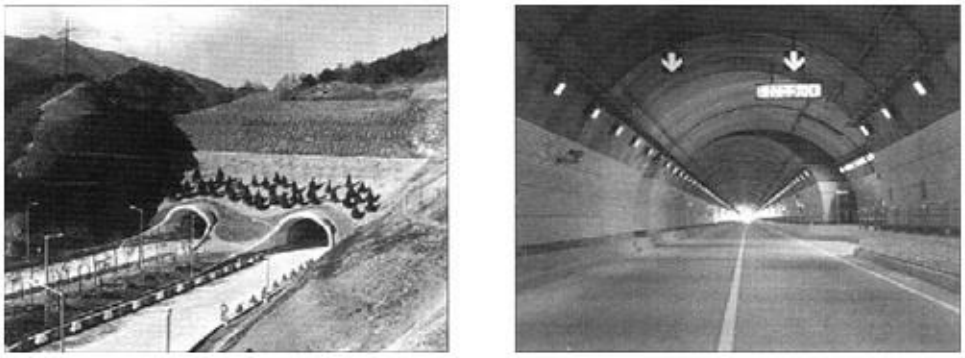


그림 2-65 국내 초장대 죽령터널

□ 무라이닝 공법 적용 연구

○ 굴착된 터널공동의 안전성 확보를 위해 원지반의 강성을 최대로 이용하는 현대적 터널공법은 견고한 기반암으로 구성된 북유럽을 중심으로 무라이닝 터널 공법인 이른 바 NMT(Norwegian Method of Tunneling)로 발전하였다. 이 공법은 공기, 공사비, 유지관리 측면에서 장점을 갖고 있어 세계 여러 나라에 확대 적용되고 있는 추세이며 국내에도 도입이 검토되고 있다.

○ 그러나 이 공법을 국내에 적용하기 위해서는 복잡하고 예측하기 어려운 지반거동에 대응해야하는 터널공법의 특성상, 국내 지반조건과 시공여건에 대한 종합적 분석을 통해 타당한 기준이 제시되어야 한다.

○ 무라이닝 터널 공법은 단순히 기존 터널에서 라이닝만 제거하는 것이 아니다. 마감재 변경에 따른 전 터널 공정에 추가/변경 사항이 발생하게 되는데, 이에 따라 국내 지반의 특수성과 시공상황에 대한 분석을 통해 해외에서 발전되어온 무라이닝 공법을 국내에 적용하기 위한 기준을 제시하였다.

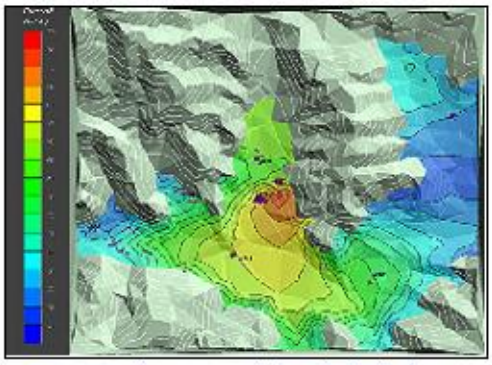


그림 2-66 터널 입체설계

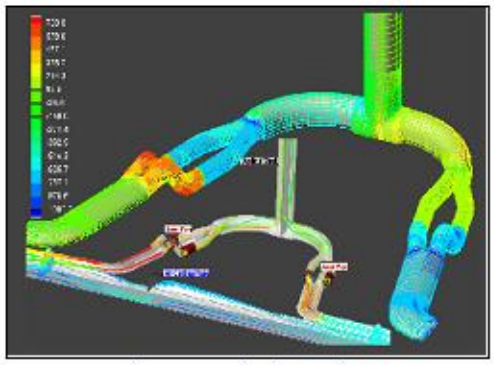


그림 2-67 터널 공기 유동

□ 신 터널 기계화 시공법과 대규모 터널에의 적용

○ 최근 터널시공에서는 고속시공이 가능하고, 안전성·경제성이 뛰어난 기계화 시공이 채택되어지는 경향이다. 한편 실제시공에 있어서 막장이 붕괴를 일으켜 그 대책에 방대한 비용과 시간을 소비하는 경우가 발생하고 있다.

○ 점차 유망시 되어지고 있는 Tunnel Boring Machine(TBM)의 유용성을 높이기 위해서는 막장의 안정성이 대전제가 된다. 단층, 파쇄대, 절리 등이 복잡하게 분포하고 있는 지반에 있어서, 지반상황을 정확히 정보화하고 사전에 대책공을 매뉴얼화하는 시공법을 확립하는 것이 최대 중요 과제이다.

○ 신 터널기계화시공법에 의해 현재 시공되고 있는 대규모 터널은 일본의 불연속성 암반(화강암)에 위치하고 있다. 이 지역에 대단면의 터널을

시공하기 위해서 TBM Φ5.0m의 파이럿굴착을 실시했다. TBM 시공시에 실시한 상세지반조사, 계측, 해석, 대책공의 매뉴얼화를 일괄처리 하는 신 터널기계화시공법은 향후의 TBM시공의 안전 시공에 지극히 유효하다는 것을 실증했다. 또한, 터널의 설계·시공에서는 시공중 뿐만 아니라 완공 후 사용시의 안전성 확보가 중요한 과제이다.

○ 따라서, 암반 불연속면의 상황에 의해 발생하는 암반 블록의 붕괴의 예지와 안전설계법이 강하게 요구되어진다.

그림 2-68 Boom Jumbo Drill

그림 2-69 TBM 공법

□ 암반등급에 따른 도로터널 지보체계 개선연구

○ 터널은 건물이나 교량 등과 같이 인공 재료를 사용하여 구조물을 구축해가는 방식이 아니라 원래 존재하는 지반의 일부를 제거한 다음 거기에 덧붙여 필요한 시설물을 설치하는 방식으로 건설이 이루어진다. 따라서 무엇보다도 원지반의 상태를 합리적으로 판단하고 거기에 맞는 지보재 및 시설물을 설치하는 것이 중요하다. 원지반의 상태를 몇 가지 등급으로 분류하는 방법들이 외국에서 많이 개발되었지만, 현재에도 널리 이용되는 방법은 다른 방법들에 비해 비교적 많은 분류항목을 가지고 있는 RMR 분류와 Q-시스템이다.

○ 한국도로공사에서는 RMR 분류를 기본으로 Q-분류값이나 RQD, 탄성파속도 등을 보조수단으로 사용하는 분류방법을 채택하고 있으며, 여기에

맞춰 지보체계를 5가지 패턴(갱구부를 포함하면 6가지 패턴)으로 나누어 적용하고 있다. 하지만 RMR 분류법은 지반상태가 불량한 조건을 세분하고 있지 않는데다가 우리공사에서 채택하고 있는 보조적인 분류방법에 따른 암반등급이 합리적인 상관관계에 기초하여 결정된 것이 아니어서 서로 모순된 상태로 적용되고 있다.

○ 한편 터널 시공장비의 대형화로 인하여 현재 적용하고 있는 상·하반 분할굴착 방법은 터널 안정성에 별 도움이 되지 못하므로 이를 개선하는 것도 필요하다. 또한 2차로 터널외에는 표준화된 지보 패턴 분류가 없으며, 3차로 터널 이상에서는 과도하게 많은 지보량을 설계에 반영함으로써 예산의 낭비 요인이 되고 있다.

나) 국외

□ 터널 균열 감지시스템(일본)

○ 터널 표면에 광섬유센서(Optical Fiber Sensor)를 설치하여 터널 내 콘크리트에 균열 발생 여부를 자동으로 모니터링하는 터널균열자동검지시스템을 설치하여 중앙의 실시간 모니터링을 통해 터널 안전관리 및 사고발생 시 터널진입 금지 등의 관리를 실시하고 있다.

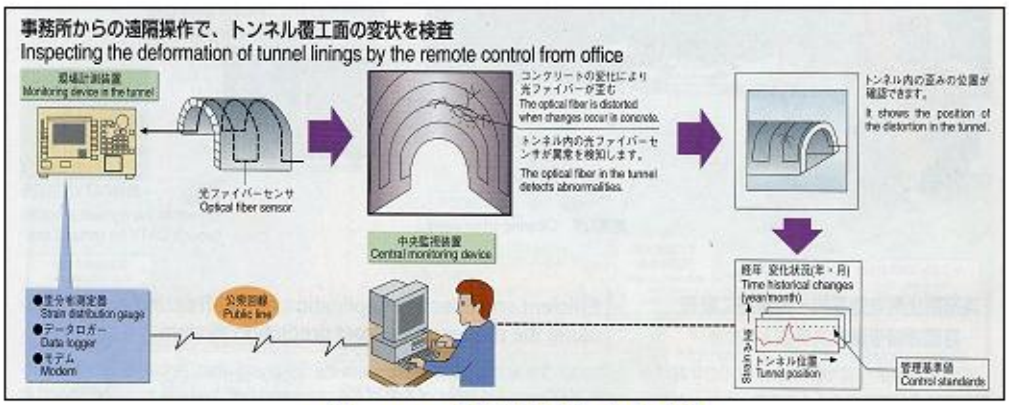


그림 2-70 터널균열 감지시스템

□ 대단면 기계화 시공기술

○ 터널 기계화 시공기술은 서구유럽과 일본을 중심으로 활발히 개발되고 사용되어 왔으며, 현재는 홍콩, 중국, 호주, 싱가포르 등 동남아시아에서도 적극적으로 도입되어 많은 현장에 투입, 활용되고 있다.

○ 일본의 경우는 터널 건설시의 공기·공비 등을 감안하여 급속 시공을 하고자 하는 데에 많은 노력을 기울이고 있는데, 일례로 기계화 굴착 또는 기계화 시공과 더불어 발파공법을 병용하는 공법의 적용이 크게 증가하고 있다. 최근에는 제2동명-한신 고속도로에서 폭 18m의 6차로 대단면 터널 시공을 위해 직경 5m의 TBM 선진굴착과 확폭으로 설계 시공을 수행하였다.

○ 일본에서 터널 건설시에 기계화 굴착을 적용한 대표적인 사례로 총 연장 15.1km의 동경만 횡단도로 건설을 들 수 있다. 이렇듯, 기계화 시공의 선진국인 일본의 경우 이수식 쉴드 TBM이 1,777건(총 연장 1,740km), 토압식 쉴드 TBM은 3,758건(총 연장 3,376km)의 시공실적을 통해 다량의 기술적 노하우(know-how)를 보유하고 있다.

그림 2-71 Laerdal-Aurland Tunnel 입구

그림 2-72 터널굴착 자동화

○ 세계 최대의 TBM 시공 현황으로 쉴드 TBM의 경우 스페인 15.2m, 독일과 러시아 14.2m, 일본 14.14m의 직경으로 도로터널과 철도터널 공사에 사용되었으며, 경암 TBM의 경우 미국의 하수·홍수조절용 터널에 10.7~12.2m의 직경을 가진 TBM을 이용하여 시공하였다.

□ 장대·대단면 터널의 화재 안전 대책을 합리적으로 설계하는 설계법의 적용 사례

○ 터널내의 화재 성질과 상태 및 구조체, 배관에의 영향을 파악하고 콘크리트·세그먼트(segment) 줄눈부의 내화 성능 확인 및 가요세그먼트(segment)부 내화를 검토하고 쉴드기를 남겨 두부의 내화 성능을 확인한다.

그림 2-73 미쓰비시유화 해저터널

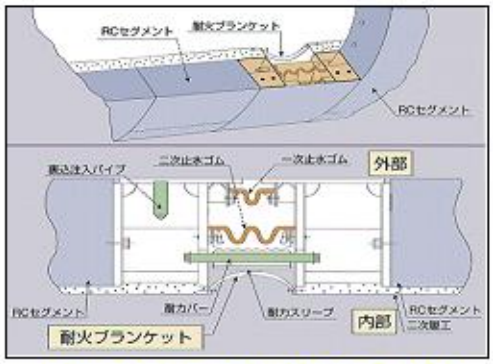


그림 2-74 도쿄만 횡단도로 터널

(다) 전망

○ 국내의 경우 초장대 터널건설 사례가 드물고 외국에서도 그다지 많지 않은 상황에서 장대터널을 위한 배수시스템은 기존 배수시스템에서 통수단면적을 키우는 정도 또는, 외국의 설계사례를 그대로 이용하는 수준이므로, 장대터널용 배수시스템에 대한 연구개발이 필요하다.

○ 환기안전계획 특히, 환기설비의 제어 분야는 많은 경험과 노하우를 필요로 하기 때문에 외국시장의 개방에도 불구하고 터널환기 분야에 있어서 가장 취약한 분야로 실측 및 해석적인 연구가 시급한 실정이다. 또한 경제적 편익이 큰 초장대 터널 건설을 촉진하기 위하여 방재 설계기준의 정립이 시급하다.

○ 터널의 시공 중 비 파괴적 안정성 평가기술은 국내외적으로 초보적인 수준이며 최근의 터널공법 개념의 변화(NATM→NMT)로 인해 시공 중 조사에 대해 많은 관심을 기울이고 있는 추세이다. 특히, 장대터널 건설을 위해서는 장공발파 굴착공법의 개발적용 등이 요구되며 수반되는 터널

막장부근의 붕락위험성도 증가가 예상이 된다. 따라서, 급속시공이 요구되는 장대터널의 막장부근의 이완정도를 사전에 파악할 수 있는 경제적, 효과적 안정성평가기술의 개발로 시공 중의 안전성 확보가 요구된다.

○ 2차 라이닝이 없는(unlined) 터널 기술의 경우 지보재와 지반이 일체화되어 상호간에 전단력이 전달되는 구조체로서 역학적인 측면에서 매우 유리하기 때문에 터널 기술 선진국의 경우, 노르웨이의 NMT, 일본과 독일 등에서 적용되는 싱글쉘 NATM 그리고 일본의 NTL 등 터널 공법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

○ 최근 유럽을 중심으로 숏크리트 등의 주지보재 역할을 증대시키고 2차 라이닝을 미관재 개념으로 시도하고자 하는 PCL(Precast Concrete Lining) 등의 활용과 이에 대한 후속 연구 등이 활발히 이루어지고 있다.

○ 유럽과 선진국의 경우 자국의 실정을 고려한 지반분류 체계 및 시공방법 등을 체계적이고 합리적으로 구축하여 그들의 터널공법에 그대로 적용하고 있으며, 이를 외국에 전파하고 있다.

② 노반 분야

(가) 기술동향

○ 최근의 위성항법장치들의 발달로 다짐장비에 GPS를 장착하고 다짐장비의 운행 궤적을 도면상에 표시하는 방법이 개발되어 국외에서 사용되고 있으며, 현재 국내에서도 그 기술이 신기술 지정을 받아 일부 대규모 택지 조성사업에 사용되고 있다. 그러나 현재까지의 이 기술은 다짐장비의 진동상태 파악 및 층 다짐 두께의 정밀한 파악에는 어려움을 가지고 있으며, 또한 다짐장비의 운행 회수 외의 다짐도를 측정할 품질기준을 가지고 있지 않다. 이에 따라 고기능도로의 기초지반의 안정성 확보를 위한 각 층별 다짐 궤적, 다짐두께, 다짐장비 진동 상태와 더불어 새로운 품질기준 및 다짐도 측정 장비의 적용 등을 총 망라하는 토공관리 시스템이 개발되어야 할 것이다.

(나) 국내·외 연구사례

가) 국내

□ 정밀인공위성측량에 의한 토공사의 표고결정

○ 과거에는 지표면의 침하량 계측은 토질분야에 국한된 영역으로 이해되어져 왔다. 그러나 측량장비의 성능 및 정확도의 향상으로 침하량 계측부분에 측량방법의 적용이 많이 고려되고 있다. 이와 같은 변화는 침하계측장비의 고비용과 측량장비의 정밀도 향상에 기인한 것이다.

○ 일반적으로 지표면의 표고값은 두 지반사이의 지반높이 차이를 관측하는 장비인 Level을 이용하여 얻어질 수 있고 그 정확도는 수mm 정도이다. Level장비는 기포관을 이용하여 수평이 이루어지면 횡십자선의 방향이 모두 Level선이 되어 두 지반사이의 고저차를 관측하는 장비이다. Level 장비는 정밀도는 높지만 3명 이상의 인원과 비용 및 시간이 많이 드는 단점이 있다. 더욱이 침하계측을 위한 침하봉의 개수가 많아질수록 더욱 더 많은 시간이 요구되어진다.

○ 인공위성측량(Global Positioning System)은 미국방성에서 군사용 목적으로 개발한 NNSS(Navy Navigation Satellite System)의 개량형으로 24개의 GPS 인공위성을 이용하여 위치를 결정하는 방법이다. 즉, 우주 상에서 4개가 1조로 6궤도면으로 이동하고 있는 24개의 GPS 인공위성을 이용하면 GPS 수신기를 가지고 있는 사용자는 자신의 위치를 24시간 그리고 언제든지 알 수 있다.

○ 과거, GPS 측량은 다른 재래식 측량장비에 비하여 관측 및 처리속도가 빠른 반면 정확도가 떨어져 정밀측량에 이용하지 못하였다. 그러나 GPS 장비를 사용하고 있는 사용자들의 노력에 의하여 GPS 장비의 정확도가 향상되어 현재 국내에서는 측지 및 지적분야에서 삼각점을 이용한 정밀 수평위치결정방법의 응용에 관한 많은 연구와 활용이 이루어지고 있다. 또한, 표고측량인 수직위치결정방법에 있어서도 초기에는 Geoid 모델의 정밀도가 많이 떨어져 GPS의 수직위치결정의 정밀

도가 많이 떨어졌다. 그러나, 최근 국내의 Geoid 모델의 정밀도가 향상되고 GPS의 정밀 수직위치결정기법의 연구로 위치정확도가 많이 향상되었다.

○ 따라서, 현재 캐나다의 NovAtel사의 GPS 장비를 이용하여 GPS 관측을 Post Processing으로 측량한 경우 "0.005m+1ppm"의 수평위치정확도와 "0.01m+1ppm"의 수직위치정확도를 확보할 수 있다.

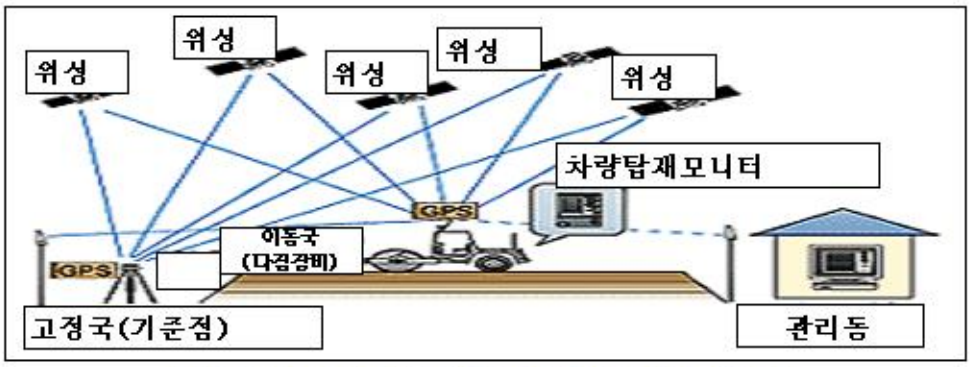


그림 2-75 GPS를 이용한 성토관리수법의 개요도

□ 토공 다짐도 관리 기준 수립

○ 평판재하시험에 비해 LFWD시험에 의한 지지력계수가 더 크게 산출되는 것은 두 시험의 재하방식과 지지력계수의 산출방식의 차이에서 기인한다. 즉, 평판재하시험에 의해 지지력계수를 구하는 경우, 낙하 추의 무게는 최소한 35MPa이상이고 특정한 조건(아스팔트 콘크리트 포장의 경우 처짐량이 0.25cm 일 때 발생하는 하중강도와의 비)에서 산출하는데 반하여, LFWD 시험의 경우는 낙하 추의 무게가 평판재하시험에 비해 월등히 작은 15kg 또는 10kg이며 이 때 발생하는 최대 처짐과의 비로 산출한 것에 대한 차이로 보여진다. 이는 재하판의 반경이 증가함에 따라 지지력계수는 반비례적으로 감소하는 현상으로 설명될 수 있다. 따라서 현장에서 LFWD로 지지력계수를 산정하여 이를 평판재하시험에 의한 지지력계수를 이용한 설계에 반영하고자 할 때에는, 지반의 종류에 따라 적절한 계수(1~2)로 나누어 주어야 한다.

○ 다양한 토질의 노상 및 보조기층에 대해서도 LFWD시험을 수행하여 토질조건을 고려한 탄성계수와 지지력계수의 관계를 확립하고 이에 대한 다짐관리기준 등의 시방서를 마련하여야 한다.

○ 향후 연구 방안으로써 비선형관계를 고려한 반복평판재하시험과 LFWD 시험을 동시에 수행하여 산출되는 탄성계수를 비교·분석하여 선형적 관계뿐만 아니라 비선형 영역까지 연구 범위를 확장할 필요가 있다.

그림 2-76 진동로울러

그림 2-77 텐덤로울러

□ 연약지반 과재성토 다짐밀도 연구

○ 연약지반상에 건설되는 고속도로 성토체 축조시 차량하중 등에 의해 발생하는 잔류침하량을 경감하기 위한 대책공법의 일환으로 노상성토후 포장하중 및 차량하중에 해당하는 여분의 성토를 시행하는 과재성토 공법을 적용하는 경우가 많다.

○ 과재성토의 경우, 소요 침하량에 도달하면, 하중의 제거 및 침하량에 상당하는 노상성토를 시행하고, 포장공을 시행하기 위해 여성토를 제거한다. 따라서, 여성토의 다짐은 시방서상에 규정된 최소의 다짐 즉, 노체에 준해서 시행하여 왔다.

○ 그러나, 공사기간내 침하촉진을 목적으로 임시구조체로서 시행하는 여성토에 대해 영구적 구조물로 작용하는 노체다짐을 시행하는 것은 역학적인 안정성을 보장하지만, 경제적인 측면에서 재고할 필요가 있다.

□ 시멘트 몰탈형 고압분사공법(MJM)에 의한 연약지반 보강 효과에 관한 연구

○ 연약지반 문제는 지속적으로 제기된 문제이며, 연약지반을 개선하기 위한 효과적인 방법으로 고압분사공법을 사용하여 연약지반을 개선하고 있다.

○ MJM(Mortar Jet Method)공법의 적용방법은 그림 2-78과 같은 순서로 이루어진다.

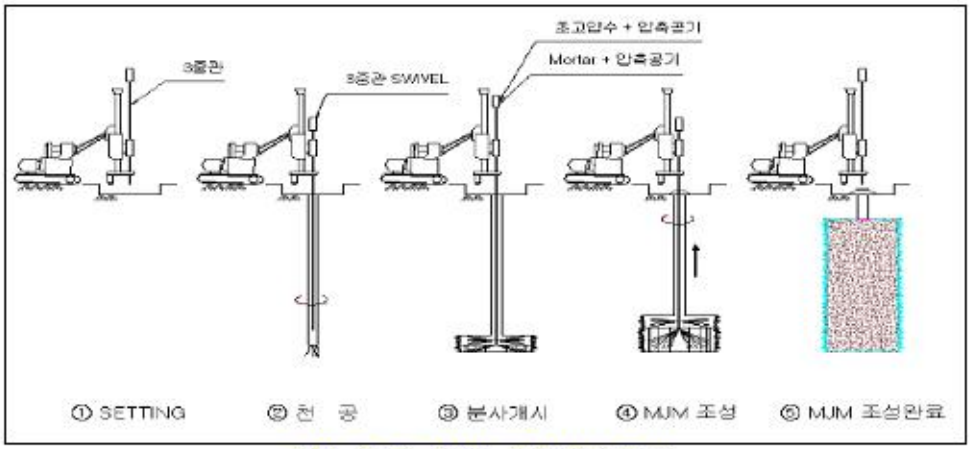


그림 2-78 MJM 고압분사공법

□ 인공신경망을 이용한 연약지반 침하량 산정

○ 현장의 연약지반에 대해서 인공신경망 기법을 사용하여 압밀 침하량 예측을 수행하는 기술을 사용하고 있다.

○ 압밀 침하량 예측에 사용된 인공신경망 방법은 그림 2-80과 같은 방법을 사용하여 단계별 침하거동을 예측하였다. 인공신경망을 사용한 결과 설계치와 유사한 결과를 얻을 수가 있었으며 다양한 형태로 사용이 가능할 것으로 보여진다.

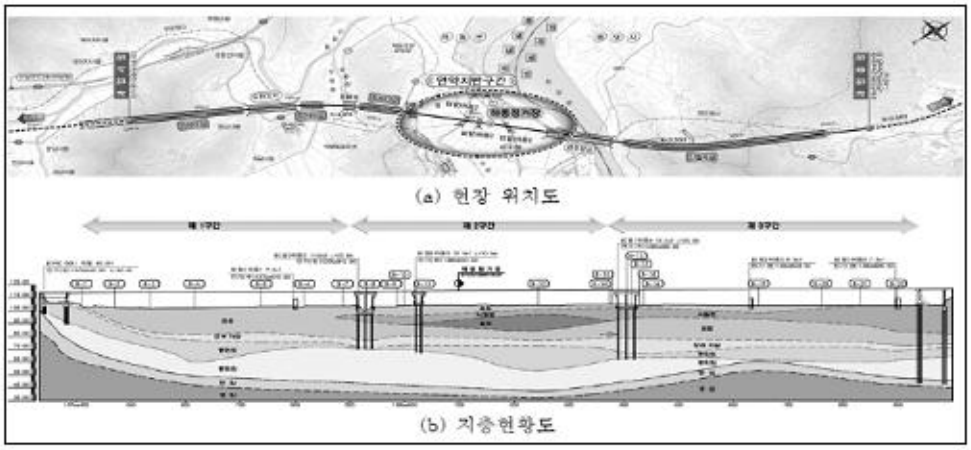


그림 2-79 현장도면

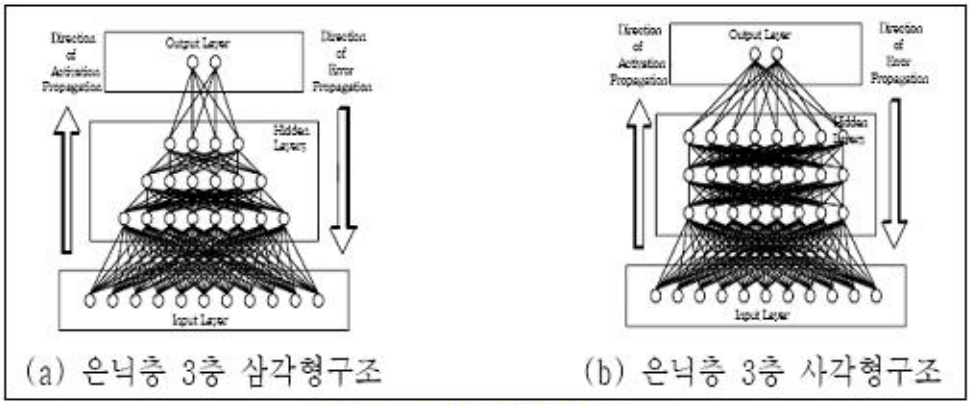


그림 2-80 인공신경망 구조

나) 국외

□ IT토공 시스템「DREAM」

○ IT토공 시스템 「DREAM」은 대규모 토공의 합리화 시공을 목표로 해, 일본도로공단 시즈오카 건설국과의 공동 개발에 의해 탄생되었다. 이 시스템은 최신의 IT(정보통신) 기술을 구사하는 것으로 대규모 고성토의 시공에 있어서의 시공 품질의 향상, 시공 관리 업무의 효율화, 정보의 공유 등을 실현하였다.

○ 토공 관리의 각 단계에서, 공사의 진척 상황을 나타내는 성과형도의 작성, 토량 계산 등을 단시간에 실시하는, 토공 시공관리의 전력화를 도모한 시스템입니다

그림 2-81 IT 토공시스템 『DREAM』 개념도

□ 인공위성을 활용한 성토시공 관리시스템 개발

○ 일본도로공단(JHPC)에서는 GPS를 활용한 성토관리방법을 개발하여 롤러의 위치와 시공범위 및 전압횟수를 실시간으로 관리가 가능해졌다.

그림 2-82 인공위성 GPS

그림 2-83 이동국

③ 사면 분야

(가) 기술동향

○ 비탈면의 안정을 위해서는 비탈면의 조사, 설계, 시공 및 유지관리로 이어지는 일련의 과정을 면밀히 분석하고 문제점을 해결하기 위한 제도적인 투자 혹은 연구가 이루어져야 함은 주지의 사실이다. 그러나 최근의 연구는 주로 산업체 주도로 개발된 기술이 주를 이루고 있어 새로운 보강기술이나 관측기술 등에 초점이 맞추어져 있다.

○ 조사분야, 설계분야, 시공분야 및 유지관리분야의 4개분야로 분류하면 지금까지의 기술은 주로 조사분야에서 많은 연구가 수행되었다. 조사분야 다음으로 많은 논문이 발표된 분야가 시공분야이다. 시공분야에서는 대부분의 논문이 비탈면 안정화를 위한 공법개발이나 공법의 성능을 평가하는 분야에 집중되었다.

○ 발표된 대부분의 논문을 조사한 결과 최근 5년간의 연구는 비탈면의 거동 분석 분야와 비탈면 안정화를 위한 공법개발 및 평가분야에 집중되고 있으므로 유지관리 기술 분야 등 기술개발이 미흡한 부분에 대한 전반적인 균형 연구가 필요한 시점이다.

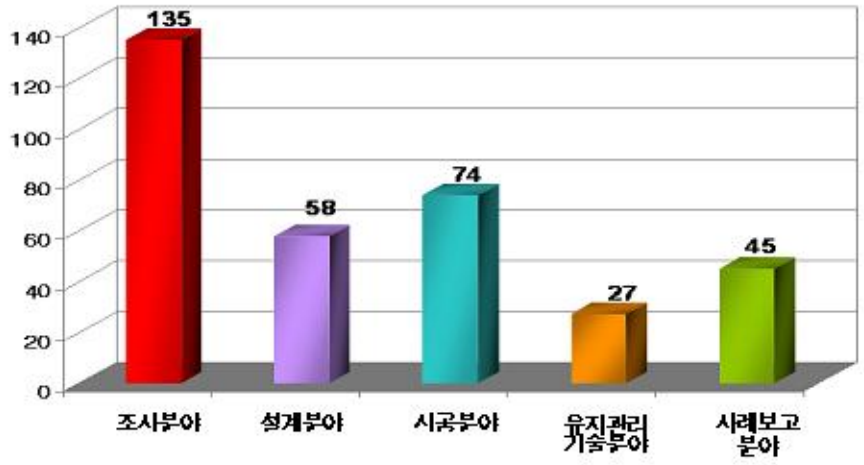


그림 2-84 비탈면 연구분야별 기술개발 건수

(나) 국내·외 연구사례

가) 국내

□ 고속도로 절토사면 유지관리 시스템 연구

○ 절토사면의 특성상 위험요소의 사전감지가 어렵고 해빙기나 우기시 빈번히 발생되는 사면 붕괴나 탈락 등이 교통안전에 미치는 영향은 매우 크므로 사고 발생이후 즉각적인 조치가 필요하다. 사전예방과 사고발생시 즉각적인 적의조치 등을 위해 본사, 해당도로구간의 관리본부와 관리지사, 현장 등에서 실시간으로 필요한 정보를 접할수 있는 통합 유지관리 시스템에 대한 연구가 실행중이다.

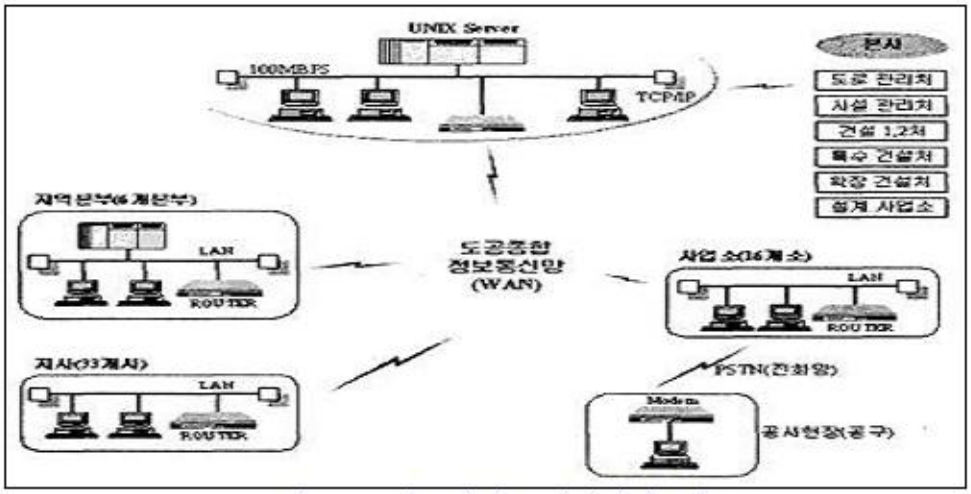


그림 2-85 절토사면 유지관리 시스템

□ GIS와 원격탐사 기술을 이용한 산사태 위험분석 적용 기술개발

○ 각 국가별 산사태 피해 문제 제기를 통해 GIS를 이용한 산사태 분석을 예측하는 기술로서 말레이시아 페낭, 인도네시아의Cliacap, 베트남 Lai Chau 지역 및 태국 Petchabun지역의 위성영상을 이용하여 산사태 위치탐지 및 분석을 수행하고 인공신경망, 베이지안 확률 모델의 Weight of Evidence, 공간로지스틱 회귀분석 등의 기법을 적용하여 산사태에 대한 예측모델을 구현하는 기술을 연구중이다.

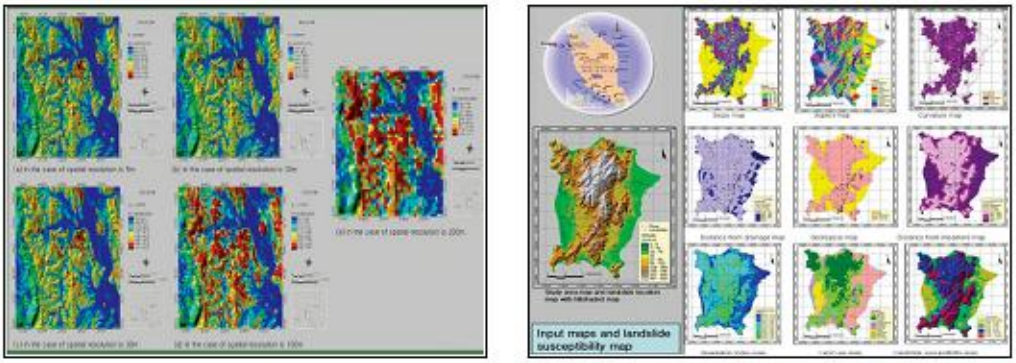


그림 2-86 GIS를 이용한 산사태 예측 모델

□ 표면수, 절토부 유출수 처리방안

○ 토석류에 의한 재해는 세계적으로도 중요한 이슈로서 현재 연구가 활발히 지속적으로 진행중인 주제이며 특히, 스위스, 이탈리아, 그리스 등의 산악지형이 많은 유럽지역과 캐나다, 미국 등 북미지역 그리고 일본과 홍콩 등의 아시아에서 연구가 되고 있다.

○ 국외의 경우 지형을 수치적로 입력하고 강우 강도를 적용하면 유수의 흐름을 모사할 수 있어 강우 강도에 따라 지형을 고려한 유수의 속도 및 유량을 예측할 수 있다.. 현재 각 위치별 적정 대책에 대한 연구는 부족한 실정으로 다양한 대책 및 집수시설의 변경을 통하여 집중호우로 인한 피해를 예방코자 하는 노력이 있다.

○ 도로의 집수시설의 경우 신속한 배수를 위하여 통수에 기여하는 배수관에 비하여 입구부분의 규모를 크게 하고 모양을 각 위치에 맞게 다양화하여 신속한 노면 배수를 수행하고 있으며, 국내에서도 우리 실정에 맞는 집수 및 배수 시설을 개발하여 토사 제거가 용이하며 통수능력이 뛰어난 배수시설의 개발이 필요하다.

나) 국외

□ 산사태, 경사면 붕괴의 원격지 자동계측 시스템

○ 일본의 경우 산사태나 경사면 붕괴에 대한 원격지 자동 계측 시스템을 개발하여 활용하고 있다. 시스템은 전화 회선을 이용해, 원격지에 있어 산사태나 경사면의 거동을 리얼타임으로 계측하여 그 데이터 처리를 실시함으로써 즉각적이고 적절한 대응을 할 수 있다.

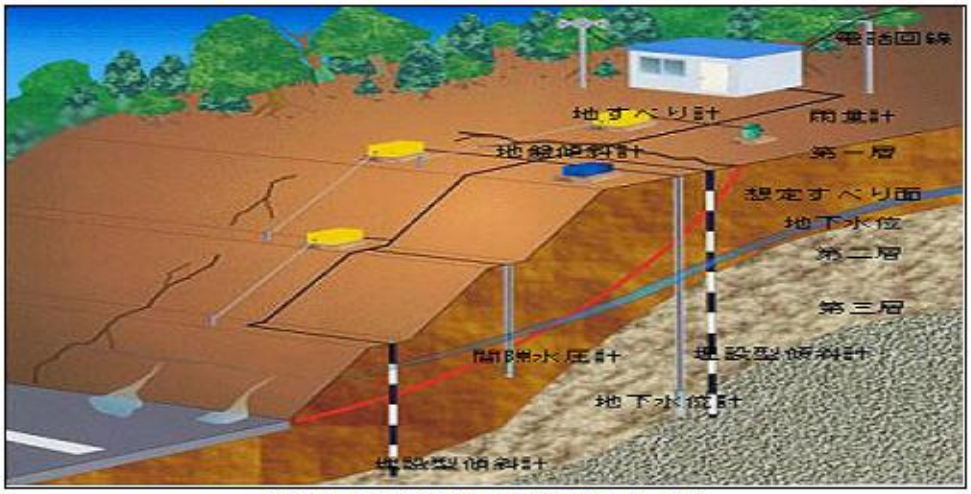


그림 2-87 원격지 자동계측 시스템

□ GPS를 이용한 절토면 연속감시시스템

○ 산악 도로의 경사면이 많은 곳에 GPS 관측소를 설치하여 5mm의 경사면 움직임을 자동적으로 검지하는 GPS를 이용한 절토면 연속감시시스템을 구축하여, 산사태 등의 이상을 조기 파악하여 신속한 방재체제를 갖춤과 동시에 도로 유지보수 관리의 효율화를 도모하고 있다.

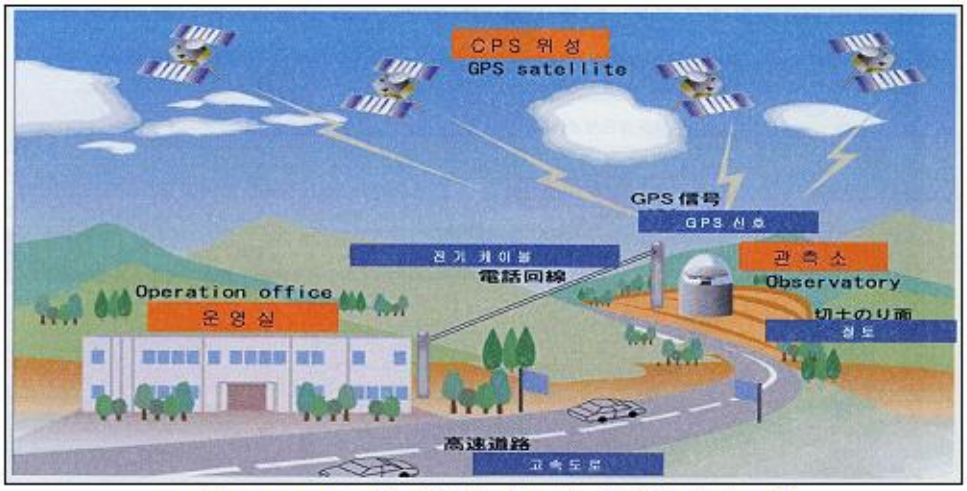


그림 2-88 GPS를 이용한 절토면 연속감시시스템

(다) 전망

○ 최근의 기상변화로부터 비탈면의 붕괴를 감소시키고 인명 및 재산을 보호하기 위해서는 많은 노력이 요구된다. 다만 이러한 노력이 비탈면 안정화기술의 전반적인 체계를 개선하지 못하고 일부 신기술의 개발 등에만 치우친다면 공학자들의 많은 노력에도 불구하고 여전히 많은 비탈면의 붕괴를 반복해서 경험하게 될 수도 있을 것이다. 최근 정부의 많은 노력으로 비탈면 안정화기술이 첨단화되고는 있으나, 조사/설계에서 시공 및 유지관리까지 그리고 비탈면을 구성하는 세부요소들의 세세한 평가와 개선노력 또한 비탈면의 안정성을 위하여 매우 중요한 요소임을 간과해서는 안될 것이고 이에 대한 보완 연구가 지속될 전망이다.

○ 또한 사면 붕괴의 주요 원인이 집중강우에 있으므로 우리나라의 강우 특성을 고려한 사면 붕괴 예·경보시스템 구축에 대한 연구가 수행될 것이며, 지질특성 또한 사면 안정성의 중요인자이므로 지반조사, 현장 시험 및 불연속면의 특성에 대한 체계적인 연구 및 조사의 체계화가 수립되어질 전망이다.

4) 도로안전

① 기술동향

○ 도로안전분야는 도로안전진단, 교통사고 분석/예측, 교통안전시설 등으로 구분할 수 있으며 도로안전분야에 대해 현재 국내에서 수행되고 있는 주된 연구분야는 교통안전시설 분야이다

○ 그러나 최근 사회적, 경제적 환경의 변화 등으로 빠르고 안전한 초고속 도로의 필요성이 부각됨에 따라 고속주행에 따른 운전자의 안전문제 해결을 위한 도로안전진단 및 교통사고 분석/예측 분야에서도 활발한 연구를 시작하고 있다.

② 국내외 연구사례

(가) 국내

가) 고속도로 강풍지역 차량주행 안전성 확보방안 연구

○ 차량의 주행 안정성을 저해하는 요소는 바람의 변동 성분인 난류이다. 이러한 난류는 원래의 바람에 포함되어 있는 자연적인 성분보다는 주위의 지형지물 등에 의하여 교란된 변동성분이 더 큰 영향을 미친다.

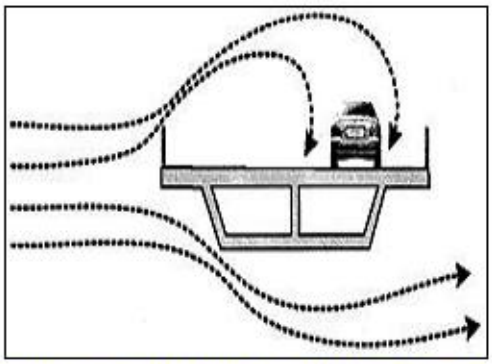


그림 2-89 교량 거더에 의하여 교란된 기류

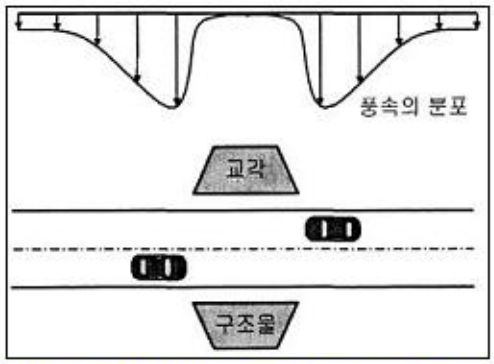


그림2-90 장애물에 의하여 국부적으로 증가한 풍속 분포

○ 도로 위를 주행하는 차량의 바람에 대한 주행안정성을 확보하기 위하여 차량통행제한기준(안)과 방풍대책설치기준을 제시하였다.

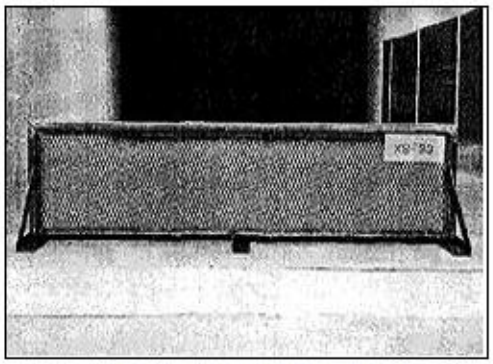


그림 2-91 수평형 방풍벽

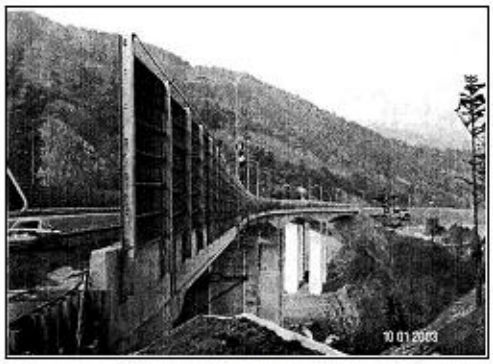


그림 2-92 설치된 방풍벽

나) 악천후 등 특수화 도로환경에서의 도로교통 안전성 향상을 위한 도로안전시설 개선방안

○ 악천후(비, 눈, 안개) 구간 및 터널 및 장대교량 구간의 각 기상현상, 차량 운전자 및 도로여건과의 특성분석을 통해 위험요소를 구분한 후 이에 대한 도로안전시설의 개선방안을 제시하고자 한다

○ 안개가 발생하면 노면 습윤 또는 결빙 등으로 인해 미끄럼 저항의 중요성이 커지게 되며, 미끄럼 저항은 자동차의 주행속도 증가에 따라 급격히 저하된다. 「도로안전시설 설치 및 관리지침」에서는 특정한 구간에서 도로 및 교통의 특성상 마찰력이 기준치 이하로 저하되거나, 도로의 설치 기준에는 부합하나 교통의 특성상 기존의 마찰력을 증가시킬 필요가 있는 구간에 도로 교통 안전의 측면으로 미끄럼방지포장의 설치를 제시하고 있다. 따라서 안개지역에서는 노면 미끄럼 저항의 확보가 필요한 곳에 미끄럼방지포장을 설치하도록 한다.

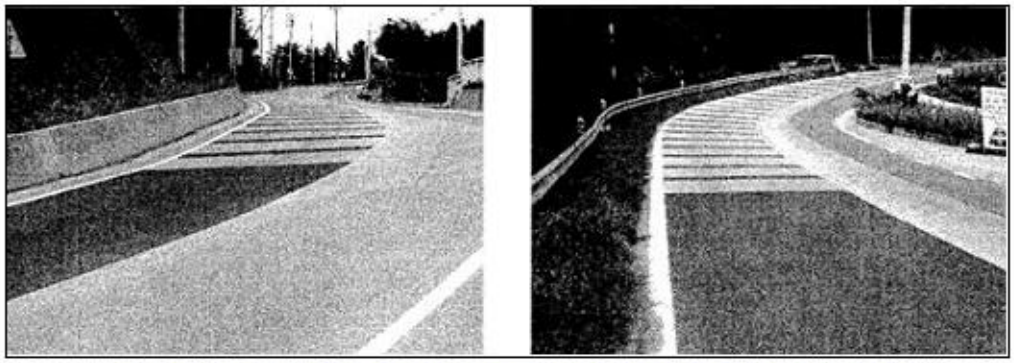


그림 2-93 미끄럼방지포장(수지계 표면처리)의 형상 적용방안

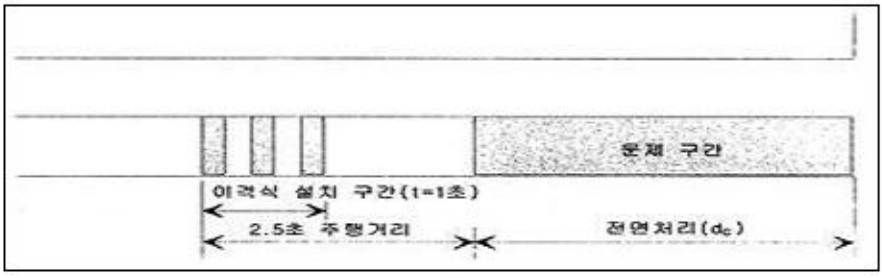


그림 2-94 미끄럼방지포장(수지계 표면처리) 설치 예

○ 따라서 안개지역에서는 안개상태에서 도로 이용자가 실제로 얼마나 멀리 볼 수 있는지를 알려주기 위한 시설로서 안개 시정표지를 일정한 간격을 유지하여 설치하도록 한다. 시정표지의 내용은 0m, 50m, 100m, 150m, 200m로 하고 동일한 간격으로 노면표시를 설치하여 시정표지를 보완할 수 있다.

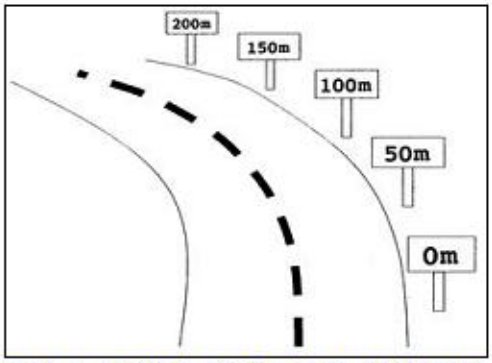


그림 2-95 안개 시정표지의 설치 형상

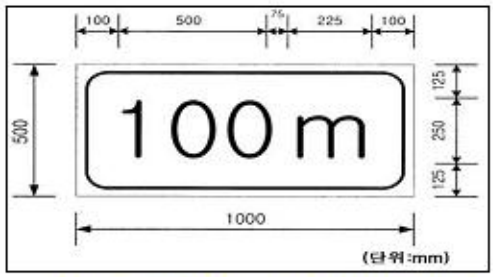


그림 2-96 안개 시정표지의 크기

○ 안개가 발생하면 시정이 악화되어 차량이 차도를 이탈하는 등의 문제점을 해결하기 위해 노면요철 포장을 설치하고 있다. 노면요철 포장은 차도의 바깥쪽 부분의 포장층에 짧은 홈을 내어 설치한다. 이러한 시설은 전방을 확인할 수 없는 짙은 안개가 발생하였을 때 주행차량이 차도를 이탈하게 되면 운전자에게 진동과 소음을 주어 자신이 차도를 이탈했는지를 확인할 수 있도록 하는 시설이다.

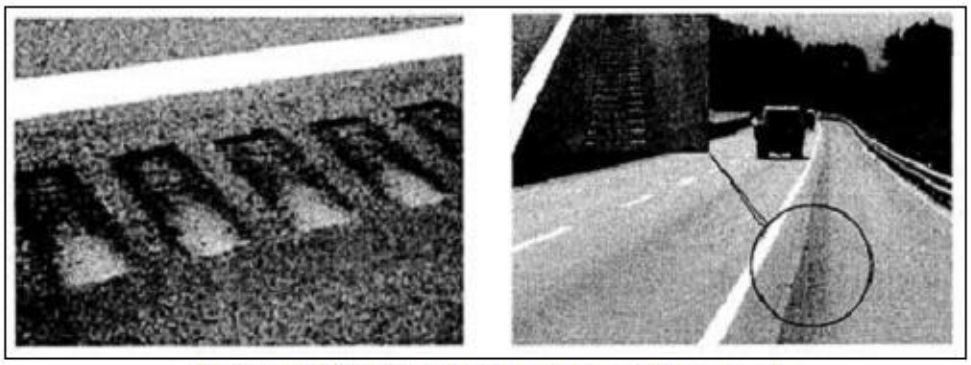


그림 2-97 길어깨 요철띠(rumble strip)의 형상

○ 터널에는 시설물의 일관성과 성능유지를 위해 그림 2-98과 같이 도로 안전시설을 설치해야 한다. 여러 시설물이 중복될 경우 성능이 오히려 감소하므로 터널의 대상시설 이외의 시설물은 설치하지 않아야 한다.

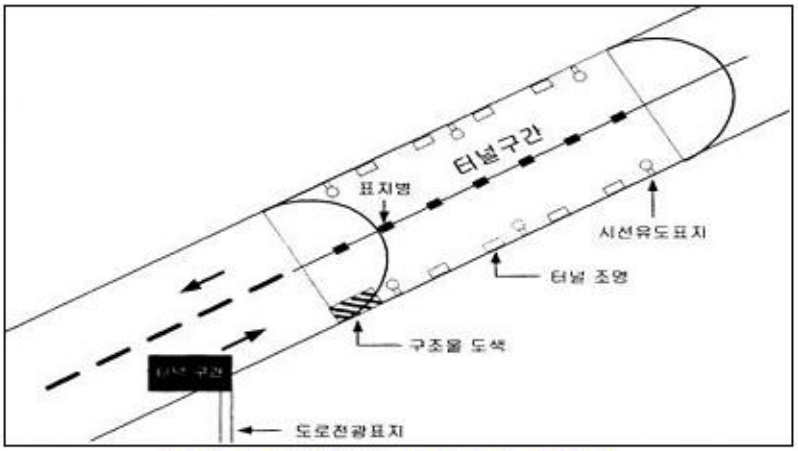


그림 2-98 터널의 대상시설 설치 예

○ 장대교량에는 시설물의 일관성과 성능유지를 위해 그림 2-99와 같이 도로안전 시설을 설치해야 한다. 여러 시설물이 중복될 경우 성능이 오히려 감소하므로 장대교량의 대상시설 이외의 시설물은 설치하지 않아야 한다.

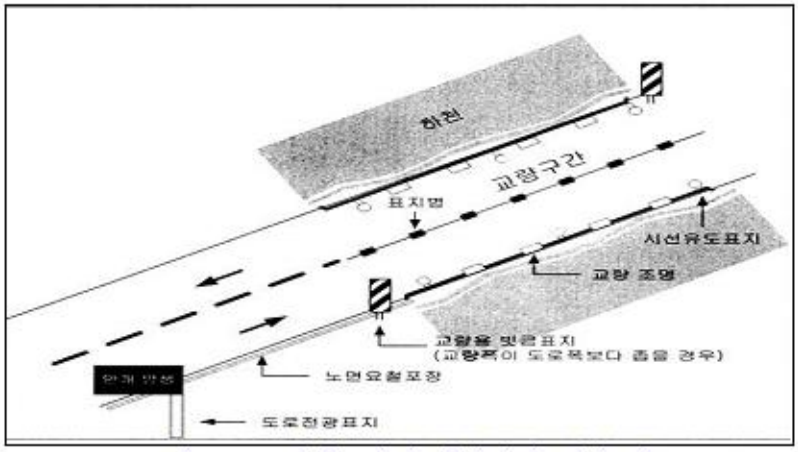


그림 2-99 장대교량의 대상시설 설치 예

○ 비, 눈으로 인한 위험구간에는 시설물의 일관성과 성능유지를 위해 그림 2-100과 같이 도로안전시설을 설치해야 한다. 여러 시설물이 중복될 경우 성능이 오히려 감소하므로 비, 눈으로 인한 위험구간의 대상시설 이외의 시설물은 설치하지 않아야 한다.

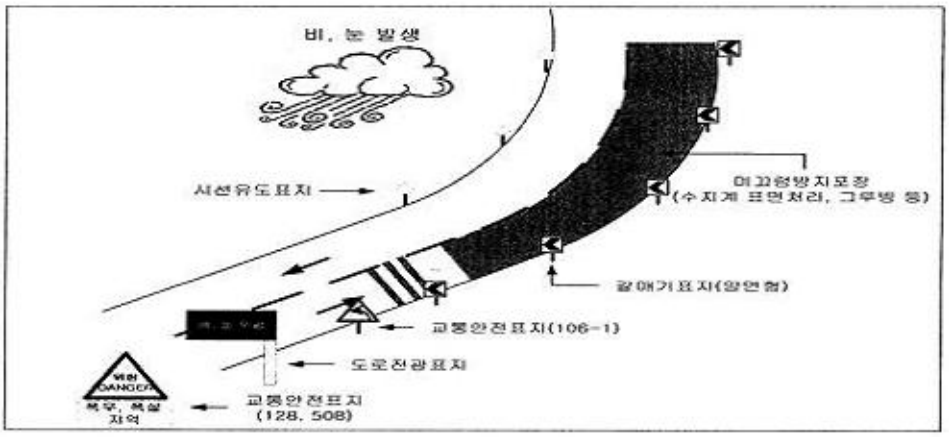


그림 2-100 비, 눈 등으로 인한 위험구간의 시설 설치 예(곡선부)

(나) 국외

가) 낙석자동검지 시스템(일본)

○ 경사가 급한 구간 또는 기존에 낙석사고가 발생한 구간에서는 안전망을 설치하여 낙석을 자동으로 검지, 운전자에게 경고하는 시스템인 낙석자동검지시스템을 구축하였다.

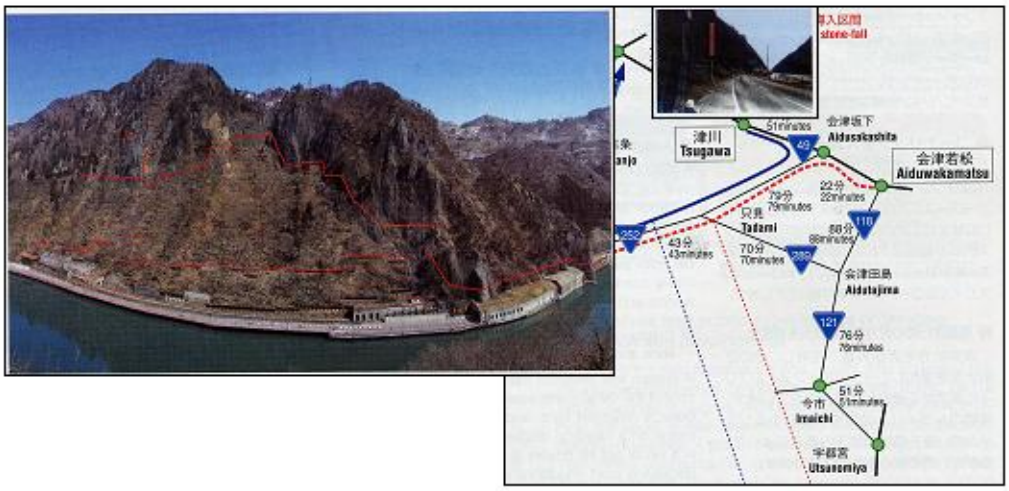


그림 2-101 낙석 자동 감지시스템

나) 강풍경고시스템

□ 미국 Montana DOT 강풍 경고 시스템

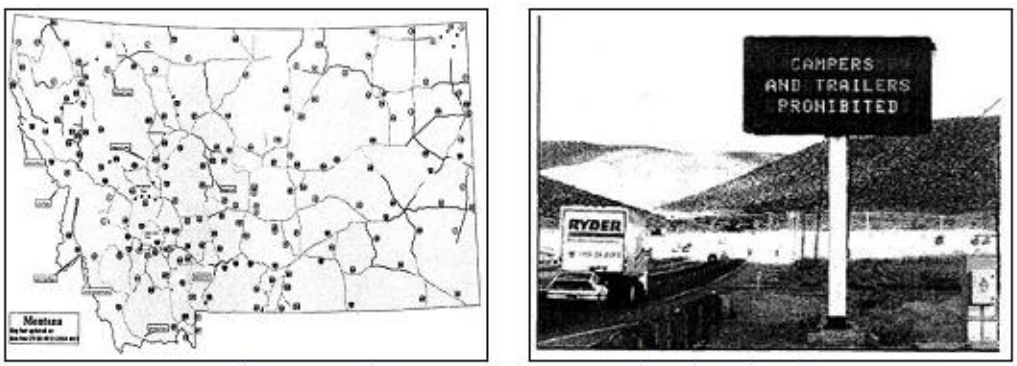


그림 2-102 미국 Montana DOT 강풍경고시스템

표 2-24 미국 Nevada DOT 강풍경고시스템 메세지

평균풍속	최대풍속	표출메시지
15mph~30mph	20mph~40mph	트럭 진입 경고
30mph 이상	40mph 이상	트럭 진입 금지

다) 시정경고시스템

□ 독일의 악천후 가변속도운영 시스템

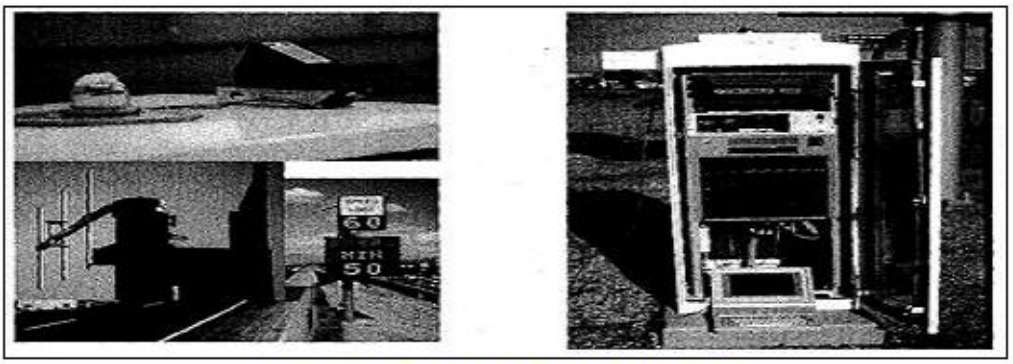


그림 2-103 독일의 가변속도제한 표지판

□ 미국 ADVISE(ADverse Visibility Information System Evaluation)

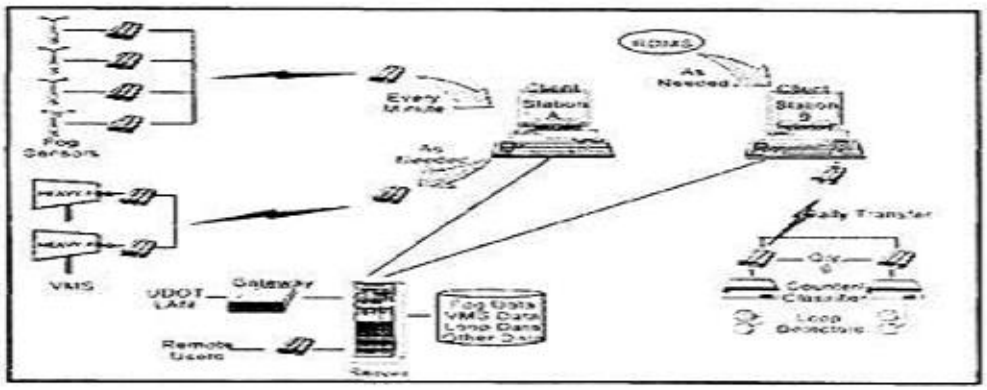


그림 2-104 미국 Tennessee Fog Detection & Warning System

표 2-25 안개 감지/경고시스템 DMS 정보

상태	표시 메세지
감소된 속도 감지	"서행" 과 "주의" 점멸
안개감지	" 전방안개, 전조등 켜시오"와 "주의" 점멸
속도 제한 감소	" 라디오를 켜시오, XXX AM"와 "전방 안개" 점멸
	" 감속 전조등을 켜시오 "와 "전방 안개" 점멸
	" 속도를 OOkm/h로 감속"와 "안개" 점멸
도로폐쇄	"감속" 과 "우회바람" 점멸
	"I-75폐쇄" 과 "전방우회" 점멸
	" 라디오를 켜시오, XXX AM"와 "전방 안개" 점멸

□ 미국 South Carolina DOT 시정경고시스템

표 2-26 South Carolina DOT 안개 감지/경고시스템

시장	VMS메시지	대응전략
213.4~274.3m	"안개 발생"	"트럭45mph 감속" "트럭 우측차로 사용"
137.2~213.4m	"안개 주의" "안개 발생 감속"	노면 조명 점등
		"트럭45mph 감속" "트럭 우측차로 사용"
91.4~137.2m	"안개 주의"	노면 조명 점등 일반조명 소등
		"35mph 감속" "트럭 우측차로 사용"
91.4m 이하	N/A	노면 조명 점등 일반조명 소등
		"짙은 안개 25mph 감속" "트럭 우측차로 사용"
		"정지" " I-526 교량 진입차단" " I-26/US 17 도로폐쇄" "교량 내 차량 긴급대피"

라) 노변경고시스템

○ 미국의 경우, 전방의 위험구간(안개구간, 결빙구간, 급커브구간) 및 터널구간에 대한 교통장애상황을 자동으로 검지하고 사전에 운전자에게 제공하여 안전운전을 유도하는 시스템인 감속도로구간 노변경고시스템을 구축하고 있다.

그림 2-105 감속도로구간 노변경고시스템

마) 공사구간 원격관리 시스템

○ 극초단파 센서를 이용, 임시적으로 공사구간에 대한 교통특성 자료를 수집하여 공사구간의 사고위험을 관리하는 실시공사구간 원격관리시스템을 구축하여 교통량, 밀도, 평균속도와 차종을 검지하여, 실시간으로 공사구간의 위치를 파악하여 통행속도 제한 및 공사구간 상황을 운전자에게 직접적으로 안내(예 : 5km전방 30마일 운행)하고 있다.

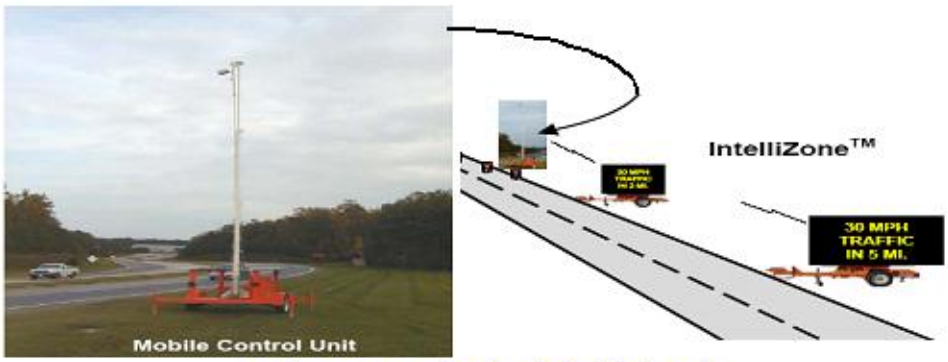


그림 2-106 공사구간 원격관리시스템

바) 레이저광에 의한 시선 유도 시스템

○ 레이저광에 의한 시선 유도 시스템 (Laser Beams Delineating System)은 도로 가장자리 윗쪽에 세트된 레이저 조사 장치로부터 조사된 적색 레이저광이 도로의 선형에 맞추어 외측선을 표시한다. 농무나 동기간의 강설시 등의 시야 불량시에 이 적색 레이저광이 드라이버에 전방의 외측선의 위치를 정확하게 전해 차의 안전 주행을 유도한다.

그림 2-107 설치현황

그림 2-108 가동현황

③ 전망

○ 선진 외국에 비해 우리나라 도로율(0.96km/㎢)은 절반 수준으로 앞으로 지속적인 도로 투자가 적극적으로 뒷받침되지 않고서는 가중되는 교통난 해소나 도로 안전도 향상을 기대하기 어렵다. 선진외국에 대비한 또 하나 특징은 우리나라 도로가 어린이, 노약자 계층에 매우 위험한, 다른 표현으로 우리나라 도로는 차량 위주, 젊은이 위주로 유지관리되어 왔다는 점이다. 앞으로 도로정책의 큰 기조가 소통 우선에서 안전 우선으로 전환되어야 할 것이다

○ 최근 영국을 비롯한 많은 나라에서 도로안전 진단제도를 시행하고 있는데 우리나라에서 발생하는 교통사고로 인한 손실비용을 감안할 때, 안전진단의 시행으로 인한 투자비의 효과는 매우 높을 것(20배 이상)으로 예상된다. 또한 도로건설 단계별로 평가가 이루어짐에 따라 어느 단계에서 문제가 발생하여도 문제점이 누적되지 않고 계속적으로 도면을 검증할 수 있어 보다 안전한 도로를 건설할 수 있을 것이다.

○ 기존도로의 안전관리를 위해서는 과거의 교통사고 자료는 물론 사고지점의 차로폭, 곡선반경 등 도로기하구조 현황 등을 체계적으로 정리하여 종합적인 교통사고 Data Base 구축이 필요할 것이다.

○ 향후 건설될 고속도로는 자동차 지능화 연구와 병행하여 초고속 주행시 운전부하를 줄이는(Stressless) 도로설계, 기상변화 및 돌발상황을 사전에 감지하여 교통정보를 제공하고 적절히 대응할 수 있는 각종 첨단 관리시스템이 완비된 안전한 고속도로(Safe Highway)가 될 것이다.

(3) 환경

1) 기술동향

① 국내 기술개발 동향

(가) 소음 부분

○ 고속주행에 따른 소음도 증가로 주민들로부터 기피시설로 취급되어 강력한 저항이 예상된다.

○ 일반적으로 도로에서 발생하는 소음은 자동차 엔진소음과 도로의 포장면과 타이어 사이에서 발생하는 소음으로 구분된다. 그림 2-109과 그림 2-110에서 확인할 수 있듯이 속도가 증가할수록 타이어/포장 소음이 지배적이다.

○ 현재 고속도로에서 사용되는 소음 예측 프로그램은 HW-NOISE식으로, 도로단에서 소음예측은 비교적 정확하나, 계측 높이와 이격거리가 변화할 때 도로단에 비해 정확성이 떨어지는 것으로 연구되었고, 2001년도에 한국도로공사 도로교통기술원에서는 일본음향학회 도로교통 소음예측 모델에서 제시한 음향파워 평가식과 ISO 9613 방법에 기초한 고속도로 소음예측 프로그램 KHTN-2001를 개발하였지만, 사용자 주관에 따른 편차가 있어, 아직까지 환경영향평가 소음예측에서는 HW-NOISE식을 사용하고 있다.

○ 소음저감시설로는 과거 시멘트압출형, 알루미늄흡음형 방음벽 형식에서 그림 2-111에서와 같이 목재형, 투명형, 칼라형, 혼합형 등 다양한 형식의 방음벽을 적용하고 있다.

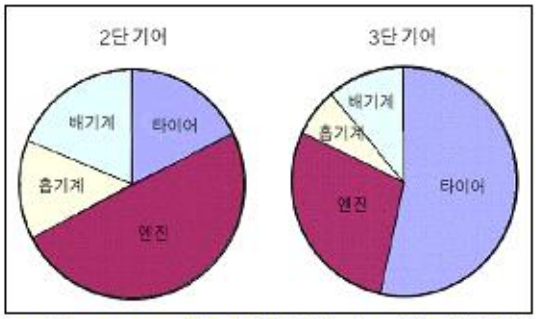


그림 2-109 가속주행시험에 의해 측정된 자동차 소음기여도(K.Hieronimus,1991)

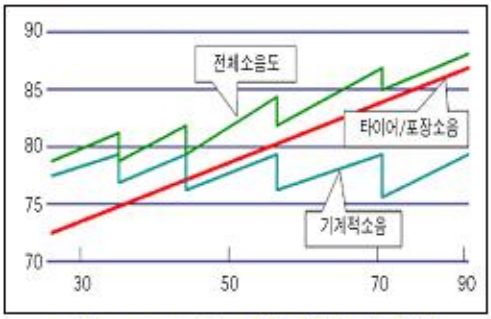


그림 2-110 속도에 따른 기계적 소음과 타이어/포장 소음관계 (Sandberg,2002)

<목재방음벽>

<투명방음벽>

<칼라방음벽>

<목재+투명방음벽>

그림 2-111 다양한 방음벽의 종류

○ HW-NOISE 식은 우리나라 고속도로(통행속도 60~120km/hr)에서 현장 실측하여 산출된 차종별 PWL(음향파워레벨)을 적용하여 등가소음레벨을 예측하도록 개발된 프로그램으로서 설계속도 160km/hr 이상의 도로에 적용하기는 곤란하다.

○ 고층주거지역을 중심으로 방음터널 설치, 도로 경관과 녹지공관 확보를 위한 토사 방음둑과 방음 수림대조성, 기존 방음벽 위에 소음감쇠기 설치 등 다양한 방향으로 저감시설이 적용되고 있다.

(나) 대기질 부분

○ 도로에서의 대기오염 주요 배출원인 자동차에 대한 오염물질 저감기술은 연료의 개선, 엔진의 개선, 촉매사용, 대체연료 적용 등의 노력으로 개선되고 있으나 도로에서의 오염물질 저감, 처리 기술은 아직까지 초기 단계에 이르고 있다.

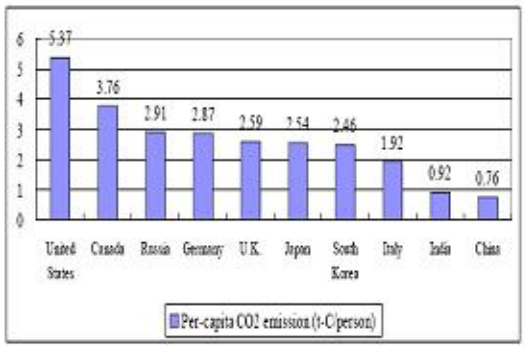


그림 2-112 1인당 CO2 배출량(Global Warning & Transport Policies,2000)

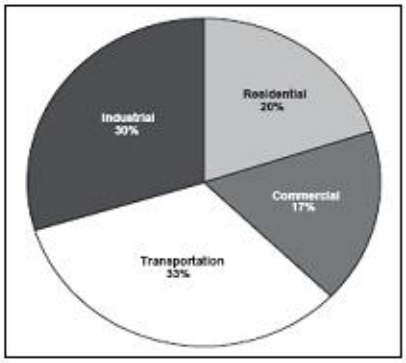


그림 2-113 미국의 온실가스 배출 부문별 구성(TRB,2003)

○ 선진국화 될수록 고에너지소비형 생활행태를 가지게 되며 향후 우리나라도 지속적으로 오염이 증가할 것으로 예상된다.

○ 그림 2-112와 그림2-113의 미국 사례에서 볼 수 있듯이 지구온난화와 관련하여 교통은 그 책임에서 벗어날 수 없음을 보여주고 있다.

○ 정확한 대기오염 배출량 산정을 위해서는 배출계수(Emission factor)를 계산하게 되는데 국내에서는 2000년도부터 환경부에서 개발되고 있는 대기보전 정책수립 지원시스템(CAPSS : Clean Air Policy Support System)에서 배출량 및 배출계수를 산정하는 방법이 개발되었다.

○ CAPSS에서 구분되고 있는 차종분류와 건설교통부에서 구분하는 차종분류가 상이하여 건교부에서 발표되는 교통량과 연계하여 도로에서의 대기오염도 산정시에는 CAPPSS에서 구분하는 차종구분으로 다시 분류하여 적용하여야 한다.

○ 우리나라에서 사용되고 있는 대기질 예측모델은 미국 EPA에서 배포되는 모델이 대부분 차지하고 있다.

○ 현재 터널에서 영향예측은 ISC3(Industrial Source Complex 3)모델을 사용하고 있으나 터널 출구부로부터 최인접지역에서 큰 오차를 나타낼 수 있다.

○ 오염물질의 2차적인 확산저감 및 주변지역의 대기질 관리 차원에서는 현재까지 정성적으로나, 심미적 차원에서 녹지계획 등이 반영되었을 뿐 녹지의 규모나, 조성기법, 효과 등에 대하여 과학적이고 기술적인 접근이 이루어지지 못한 실정이다.

○ 터널 대기오염물질의 합리적인 저감시설로는 간접방안과 직접방안으로 구분할 수 있다.

○ 간접방안은 오염물질을 처리·제거하는 것이 아니라 확산을 용이하게 하거나 특정 지점에 대한 영향을 최소화하기 위한 시설이며, 직접방안은 오염물질 처리설비를 통해 발생량을 감소시키는 것으로 그림 2-114와 같은 종류로 구분할 수 있다.

○ 국내에서는 아직까지 가스상 오염물질의 처리시설이 도입되지는 않았으나 필요성이 증대되고 있다.

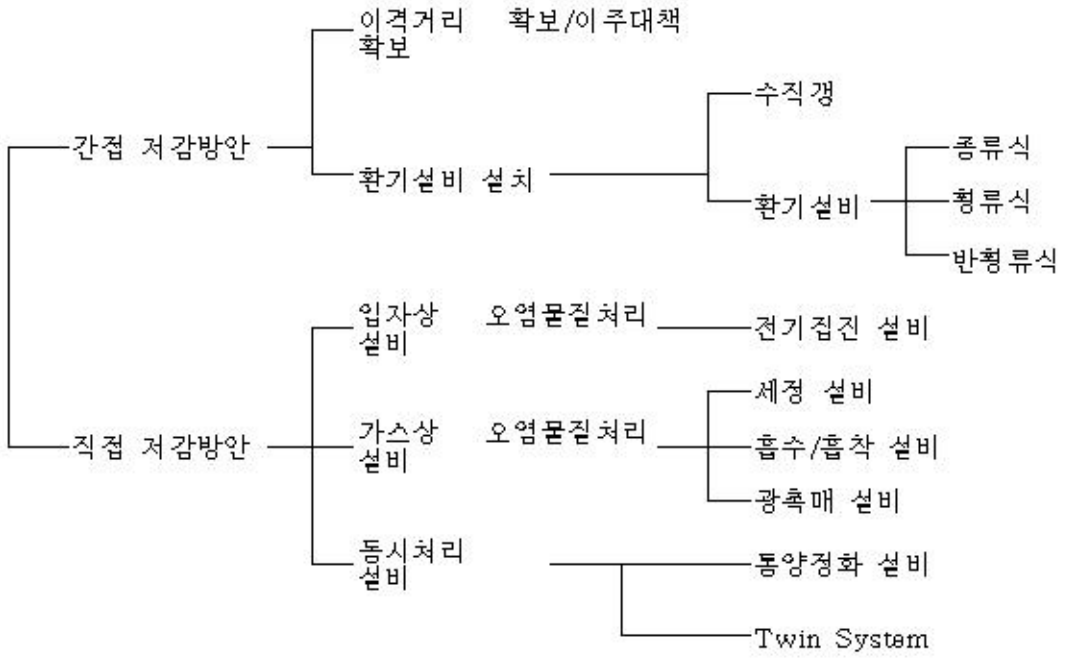


그림 2-114 저감방안의 구분

(다) 수질 부분

○ 도로노면에서 강우시 발생되는 비점오염은 하천에 유입시 수질오염을 발생시키게 되며, 국내에서는 하천횡단교량에 대하여 여러 가지 장치형 시설이 신기술 또는 특허로 등록되어 개발되고 있으나 실효성 입증이 미흡한 상태이다.

○ 특히 고속도로는 포장율이 높고 유역면적이 작기 때문에 강우가 발생할 시 유역의 끝단에서 출구까지 유하하는 시간이 매우 짧으며(보통 10분 이내) 강우량대비 유출율과 오염축적이 매우 높은 특징을 가지고 있다.

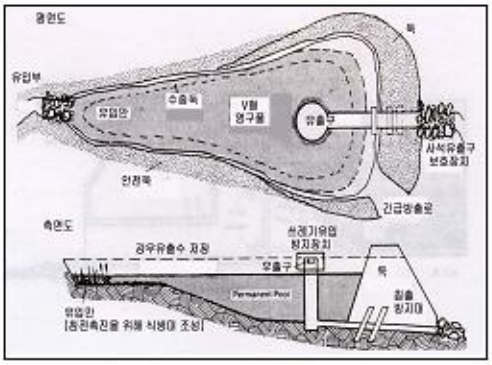
○ 초기우수 처리시설은 3~4년 전부터 국내에서도 연구 개발이 활발히 이루지고 있다.

○ 도로에서는 부지면적을 많이 차지하고 있는 식생대를 이용한 인공습지나 저류지 형태의 시설운영 사례가 없어 효과 분석이 어려운 실정이다.

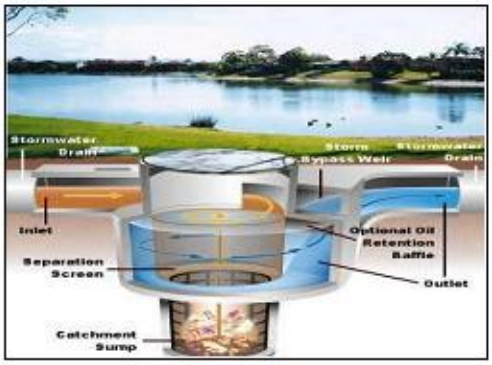
○ 도로에 누적된 오염물질을 처리하기 위해 처리효율이 높은 처리시설에 대한 연구·개발이 진행되고 있다.

○ 국내에 소개된 비점오염물질 저감시설은 크게 식생형, 인공습지형, 장치형, 저류형, 침투형, 하수처리형, 복합접촉산화시설로 나눌 수 있다.

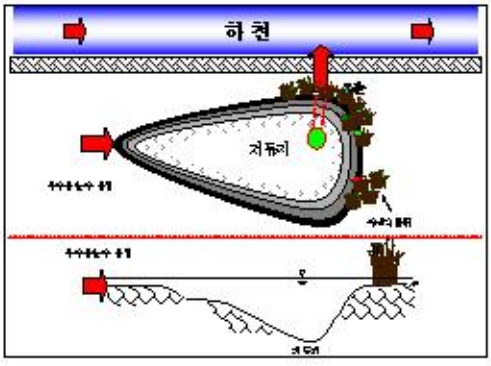
○ 초기우수에 따라 발생되는 비점오염원 처리시설의 종류에 따른 정화원리와 용도는 표 2-27 및 그림 2-115와 같다.



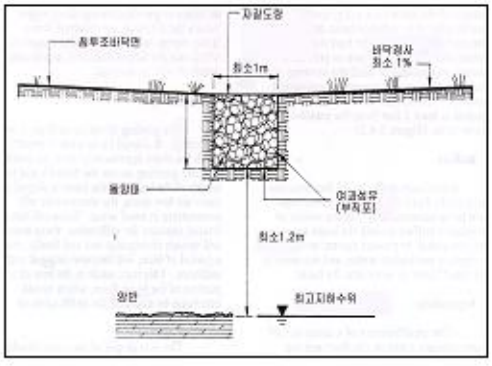
<습지형>



<장치형>



<저류형>



<침투도랑>

그림 2-115 비점오염원 처리시설

표 2-27 지점오염원 처리시설 종류

시설명	정화 원리	용 도
식생 정화수로	○수로에 식생을 조성하여 여과·침전·침투 작용으로 농경배수나 강우유출수에 포함된 오염물질을 정화하는 시설	○도로, 건물 등의 강우유출수, 농경배수 처리 ○침투형시설의 전처리
식생 여과대	○도로, 산림, 농경지 등에서 직접 하천으로 오염물질이 유입되는 경우 일정한 폭(10~20m)에 식생대를 조성하여 오염물질이 식생대를 지나면서 차단되도록 하는 시설	○하천을 따라 오염원이 분포하는 도로, 훼손된 산림지역, 농경지, 축사주변 등에서 적용가능
인공습지	○자연습지의 수질정화기능을 활용하여 인공적으로 조성된 습지로서 오염된 물을 저류하여 수초에 의해 수질이 정화되도록 하며, 비점오염원 처리에 많이 활용되는 방법	○농경배수, 축사주변 유출수, 폐광유출수 등의 처리에 다양하게 활용가능하며, 특히 경관이 중시되는 지역에 설치
장치형	○도시지역과 같이 시설부지 제한을 받는 지역에 정화조와 같은 용기에 여재를 넣어 강우유출수를 여과처리하는 방법	○주차장, 건물, 공장 등의 소규모 강우유출수가 분류식 하수관거지역의 우수관 또는 하천으로 직유입하는 지역
저류형	○소규모 저수지와 같은 형태로 강우유출수를 저류하여 오염물질을 침전제거하는 동시에 홍수유출량도 조절할 수 있는 방법	○농경배수, 산업단지, 폐광유출수 등의 처리에 다양하게 활용가능하며, 특히 설치부지가 넓은 지역에 설치
장치형 + 저류형	○저류지의 앞부분에 장치형시설을 두어 장치형 시설에서 입자가 큰 오염물질을 제거한 후 저류지에서 추가적으로 오염물질이 처리되도록 하는 방법으로 저류지의 면적을 줄일 수 있는 장점이 있음	○저류지 설치지역에 부지의 제한을 받는 지역에 설치 ○우리나라 특성에 맞는 비점오염원 시설을 개발하기 위해 처리시설의 다양한 조합이 필요함
침투도랑	○도랑을 판 후 도랑에 자갈, 모래 등의 여재를 넣어 강우유출수를 유입시켜 오염물질을 여과처리하는 방법	○부지가 협소하고, 침투성이 높은 토양으로 구성된 지역
침투형 저류지	○저류지와 같은 형태이나 저류지의 바닥에서 침투기능이 발휘될 수 있도록 만든 구조로 오염물질의 침전뿐만 아니라 침투기능을 통해 질소와 인을 추가적으로 처리할 수 있는 시설	○저류지 설치에 충분한 부지가 있고, 침투성이 높은 토양으로 구성된 지역에 활용

② 선진국 기술개발 동향

(가) 소음 부분

○ 일본의 도로교통 소음예측방법인 ASJ Model-1998은 아스팔트포장과 콘크리트 포장에 구분이 없고 절토부, 구조물부 등에서 복잡한 반사 현상과 방음벽과 지형 또는 건물이 혼재하여 다중 회절 현상이 있는 경우에 대한 정확도가 입증되지 않았다.

○ 미국 연방 고속도로국에서는 기존 예측식을 개선하기 위해 1998년 3월 "FHWA-Traffic Noise Model"을 마련하여 시험적으로 적용하고 있다.

○ 유럽연합에서는 유럽상설국제도로회의협회(PIARC)의 연구결과를 바탕으로 혼재된 소음을 정확히 평가할 수 있는 소음평가단위 확립, 소음지도 작성 및 주민에게 상시적으로 소음도 정보를 제공하고 있다.

(나) 대기질 부분

○ 영국에서는 교통을 가장 큰, 그리고 가장 빠른 속도로 증가하는 최종 에너지 소비부문으로 간주하고 있다.(Peake 1994)

○ 일본에서는 1990년대 초 고가도로가 지나가는 도로주변 차량에 의한 대기오염에 대해 그림 2-116 및 그림 2-117과 같은 원리를 이용해 물리적·생물학적 처리공정을 갖는 토양 정화설비를 이용하고 있다.

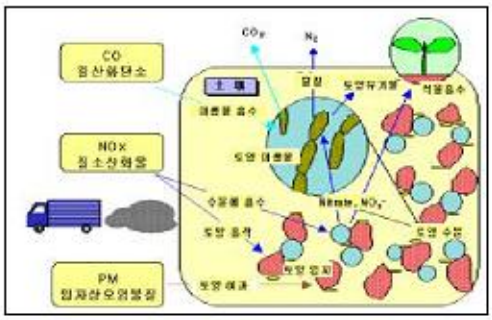


그림 2-116 토양정화설비의 처리원리

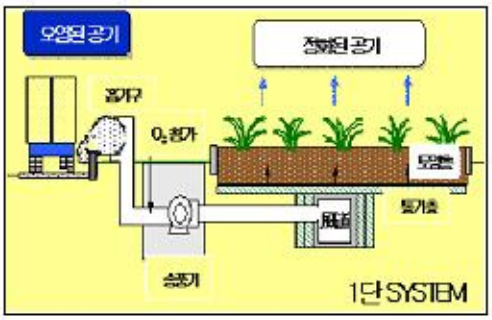


그림 2-117 토양정화시스템의 구성

○ 토양정화시스템은 입자상 오염물질 및 가스상 오염물질을 동시에 처리한다.

○ 세계 최장터널(24.5km)인 노르웨이 Laedal 터널에서는 3단설비(전기집진기-촉매필터-활성탄필터)로 설치비 및 유지관리비용이 많이 소요된다.

(다) 수질 부분

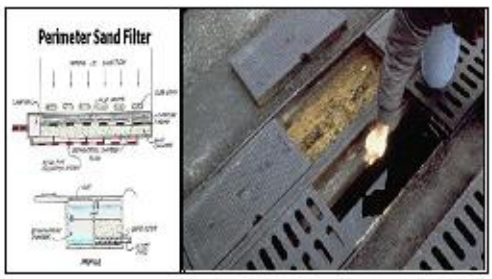
○ 선진국에서는 우리나라와는 달리 비점오염원에 대한 관리가 매우 구체적으로 진행되고 있고 비점오염물질 저감시설의 개발에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있는 추세이다.

○ 미국을 비롯한 여러 선진국들도 비점오염원 관리시 고속도로를 우선관리대상으로 분류하고 연구 및 관리중이다.

○ 강우특성 및 현장여건 등을 고려한 저감시설 설치를 위해서 설치기준, 표준도, 적용기준, 유지관리지침을 운영하고 있다.

<도로 초기우수 저류를 위한 중분대>

<도로변 침투배수로>



<도로변 사(沙)여과>

<도로변 저류·침전시설>

그림 2-118 비점오염 저감도로 처리시설

2) 시장환경 분석

① 국내현황 분석

(가) 소음 부분

○ 1991년부터 처리된 중앙환경분쟁 조정건수 1,443건 중 소음·진동 부분이 1,244건으로 86%를 차지하고, 다음으로 대기오염이 117건(8%), 수질오염 55건(4%)를 차지하고 있어 차량의 고속주행시에는 소음에 대한 대책이 더욱 필요하다.

○ 도로교통 부분에서 자동측정망 시스템이 준비되지 않았고, 도로에 설치된 방음벽에 대한 성능 적정여부 검증이 부족하다.

○ 주변 환경과 조화, 가시권 확보 등을 고려한 다양한 방음벽 재질 선정이 필요하다.

○ 겨울철 융설을 위한 햇빛 투과가 가능한 투명형 방음판이 필요하다.

표 2-28 최근 5년간 소음·진동 민원현황

구분	'00년	'01년	'02년	'03년	'04년
민원건수	7,480	12,160	21,759	26,126	29,576

(나) 대기질 부분

○ 자동차는 환경오염을 가장 많이 발생시키는 교통수단이라는 인식으로 타 교통수단에 비해 사회간접자본 투자가 줄어들고 있는 실정이다.

○ 소음은 타 교통수단과 비슷한 수준이라고 볼 수 있지만 자동차 배기가스에 대한 오염은 철도보다는 높은 편이다.

○ 도로 투자를 확대하기 위해서는 대기질 오염문제 해결이 필수적이다.

(다) 수질 부분

○ 도로노면에 떨어진 기름, 마모된 타이어분진으로 발생되는 비점오염물질 처리는 상수원보호구역이나 수변구역에서 뿐만 아니라 전 국토를 대상으로 확대되고 있다.

○ 하천을 가로지르는 교량이나 하천 주변에 개설된 콘크리트 배수로는 강우시 비점오염물질을 하천으로 직유입시키는 통로가 될 뿐 아니라 유독물질 운송차 전복 등의 사고시에는 유독물질의 운송로가 된다.

○ 비점오염원에 대한 체계적인 관리를 위해서는 과학적인 관리모델 개발이 필요하나 우리나라 특성에 맞는 모델개발이 미흡 하다.

○ 다양한 장치형 여과시설이 개발 보급되고 있지만 설치비가 많이 들고 유지관리가 복잡하다.

○ 부지면적이 다소 많이 소요되지만 교량하부 공간 활용이나 도로부지 확장을 통하는 습지형, 저류형, 식생형 개발이 필요하다.

② 선진국 현황분석

(가) 소음 부분

○ 일본에서는, 일본음향학회 주관으로 1974년에 도로교통 소음 조사연구위원회를 조직한 후, 도로교통소음 예측 방법 개발에 대한 지속적인 연구 조사를 수행하고 있으며, 도로소음 예측방법인 ASJ Model을 지속적으로 Up-grade하고 있다. 1997년 환경영향평가법이 법제화되고, 1999년부터 시행에 들어감에 따라 소음계산방법에 대한 정확도의 향상이 요구되고 있다. 이에 따라 가장 최근 모델인 ASJ Model-1998에서는 종래의 기하음향이론을 적용한 간이계산법 뿐만 아니라, 파동음향이론을 적용한 정밀계산법도 제시하고 있다.

○ 미국에서는, 미연방고속도로국(FHWA)에서 제안한 FHWA-Traffic Noise Model을 통하여 도로교통소음을 예측하고 방음벽을 설계하고 있다.

(나) 대기질 부분

○ 미국의 경우 모니터링 기술 개발부문에서 많은 발전을 보이고 있다.

○ 미국 환경청(EPA)의 계획에 맞추어 연방도로국이나 각 주 도로국의 관리하에 장기 모니터링 및 처리기술에 대한 연구를 수행 중이다.

(다) 소음 부분

○ 외국에서는 자체적으로 비점오염물질 모델을 개발하여 사용하고 있으나, 우리나라의 강 특성과 달라 직접적용은 곤란(주요모델: HSPF모형, BASINS 모형, SWAT모형, SWMN 모형, AGNIP모형 등)하다.

○ 미국의 경우 수질청정법(Clean Water Act: CWA)에서는 국가오염물 배출관리시스템에 의해 점오염원의 배출을 금지하는 규정을 1972년 제정하였고 점오염원의 규제만으로 수질개선의 한계를 인식하고 1987년 강우 유출수 규제를 위해 CWA를 개정하여 우수 배출에 대한 기본 골격을 확립하였다.

○ 미국은 비점오염원을 발생시키는 유출수 규제기준 및 NPDES에 의해 우수 유출수 배출허가제를 1990년 말에 제시하였고 현재 강우 유출수 배출에 대하여 우수관리프로그램을 수립, 이를 통해 규제·관리한다

○ 일본은 각 자치단체에서 비점오염원 관리만을 위한 시설보다는 치수 차원의 대책을 추진하고 있으며, 치수 차원의 부수적인 오염원 관리 방안으로 지하 조절지 사업이 적용되고 있다.

○ 영국은 수자원법(Water Resource Act, 1991)에 의해 오염취약지점을 지정·운영하고 있다.

3) 향후 산업동향과 정책방향

① 국내외 관련산업 동향

(가) 소음 부분

○ 소음저감을 위한 다양한 종류의 시설 개발(소음감쇠기 등)하고 있다.

○ 경관을 고려한 방음벽 개발(투명방음벽, FRP 방음벽, 튜브형 방음벽, 혼합형) 중에 있다.

○ 신뢰도가 높은 예측 프로그램 개발 및 지적 재산화를 위해 노력하고 있다.

(나) 대기질 부분

○ 대기오염저감기술은 1차오염물질(SOx, NOx, CO, TSP 등)의 처리 기술 중심에서 광화학 반응에 의한 2차오염(오존, 스모그), 미세먼지 등의 처리·저감 기술로 바뀌어 가고 있으며, 지구 온난화 및 기후변화에 관여되는 오염물질의 처리 저감 기술은 에너지 저소비, 대체에너지 개발 등 에너지 정책과 연계되어 연구 개발되고 있다.

○ 일본에서는 그림 2-119와 같이 터널 배출 대기오염물질 처리를 위한 토양정화설비로 질소산화물, 일산화탄소, 아황산가스, 탄화수소류 등을 처리하고 있다..

○ 시공비가 저렴하고 유지관리가 쉬운 처리시설이 필요하다.

(다) 수질 부분

○ 도로에서는 아직까지 비점오염원 처리에 대한 인식이 부족하다.

○ 도로사업을 제외한 타 개발사업에서는 비점오염방지시설 설치 의무화에 따라 다양한 처리시설이 개발되고 있다.

그림 2-119 일본 한타터널에서의 토양처리설비 전경

② 국내외 정책 동향

(가) 소음 부분

○ 정부에서는 소음·진동에 대한 국가차원의 종합적인 정책방향 제시를 위해 2010년까지 중·장기 계획을 수립 실천하고 있는 중이다.

○ 정부에서는 도로변에 24시간 소음을 측정할 수 있는 자동 소음측정망 설치의 의무화를 추진하여 자료를 확보한 후 소음지도를 작성하여 소음평가 등의 정책수립에 기초자료로 활용할 예정이다.

○ 환경분쟁조정시 소음원에 대한 배상결정 및 방음대책을 요구하고 있다.

○ 저소음도로 설계 및 저소음포장도로 확충 등 저소음도로의 건설을 촉진하고, 방음벽·방음터널을 확충하며, 신설도로에 대한 도로교통소음 한도를 강화 예정이다.

(나) 대기질 부분

○ 우리나라는 기후 변화 협약인 리우 유엔 환경개발회의와 교토 의정서 당사국으로서 지구온난화를 완화하기 위해 범정부적으로 노력하고 있다.

○ 환경영향평가에서도 사업 시행전 지구온난화 부분에 대하여 현황조사, 영향예측, 저감방안을 마련하도록 평가항목에 추가할 계획으로 추진하고 있다.

○ 환경영향평가법에 따라 공사중 뿐만 아니라 준공후 도로 운영시에도 3년 동안 주민 밀집지역에서는 모니터링을 하여 환경기준을 초과할 경우 대책을 수립하도록 요구하고 있다.

(다) 수질 부분

○ 환경부에서는「물관리 종합대책」의 추진강화를 위해 4대강 비점오염 관리 종합대책을 2004. 3월 발표하여 시행하고 있으며 도로는 일반 도시지역에 비해 강우시 오염부하량이 높게 발생되는 시설로 초기우수의 하천유입 억제 정책을 펴고 있다.

○ 2006. 4월 수질환경보전법에 비점오염원에 대한 처리근거가 마련되어 향후 비점오염원 발생시 적절한 처리가 요구되고 주요 개발사업 및 폐수배출 시설을 설치하는 사업장에 대한 비점오염방지시설 설치를 의무화하고 있다.

○ 현재 운영되고 있는 수질환경보전법, 수도법, 4대강 수계법, 환경영향 평가법, 토양환경보전법, 대기환경보전법을 통해 비점오염원관리를 강화하고 있으며 도로건설시 비점오염원 관리시설 및 사후관리 의무화가 추진 중에 있음

○ 수질 오염총량관리제도의 도입으로 오염원에 대한 규제 강화

표 2-29 환경부 비점오염 대책 단계별 추진방향

추진년도	추진내용
1단계(2004-2005) 비점오염원 관리제도 마련	· 비점오염원 관리를 위한 법령 및 규정 마련·정비 · 비점오염원 기초연구 및 시범사업 · 비점오염관리 교육 및 홍보를 통한 국민인식 제고
2단계(2006-2011) 비점오염원 관리 기반 구축	· 주요 사업장 비점오염원 관리의무 단계적 부과 · 관리분야별 저감시설 설계 및 유지관리요령 정립 · 4대강 상수원 대표유역 비점오염원 최적관리사업 추진 · 모니터링 기법 및 GIS기반 유역관리모델 개발
3단계(2011-2020) 비점오염원 최적관리사업 정착	· 국민·사업자의 비점오염원 예방 및 관리책무 확대 · 지자체별 비점오염원 관리사업 본격 추진 · 비용·효율성을 고려한 최적관리기술 개발 및 보완

2.1.2 자동차분야

(1) 국내 자동차산업 현황과 위상

1) 자동차 산업의 발전과정

○ 자동차산업은 한 나라의 경제력과 기술수준을 평가하는 대표적인 산업으로서 광범위한 산업구조에 영향을 주고 고용창출 효과가 지대한 국가경제를 주도하는 핵심 산업이다. 또한 2만 5천여 개의 부품으로 구성되는 대표적인 종합기계산업이기 때문에 산업전후방 연관이 커서 철강, 기계, 전자, 전기 등 관련 산업의 발전을 선도하는 고도의 첨단 기술이 요구되는 기술집약적 산업이다. 그리고 일정한 경쟁력 요건만 갖추게 되면 수출산업화가 용이한 수출전략산업으로서 무역수지에 결정적 역할을 할 수 있다.

○ 1903년 미국 공사 협조로 포드A형 리무진이 고종 황제의 어차로 처음 등장

○ 1939년 제2차 세계대전 발발과 함께 전쟁수행을 위해 일제가 본국의 자동차 회사를 진출시키고 단순 부품을 제작하게 함으로써 초보적인 자동차 부품공업이 발달

○ 1955년 8월 한국 최초의 국산차인 '시발 자동차'가 탄생한 후 1962년 새나라 자동차의 부평공장 준공으로 넛산과 기술제휴한 '새나라'의 조립생산이 이루어지면서 수공업적인 형태의 국산차 조립시대는 막을 내리게 된다.

○ 1960~1970년대 KD(Knock Down, 자동차 부품형태의 현지조립형 반제품) 조립생산 및 국산화를 시작으로 1980년대 자동차 양산·수출, 1990년대 독자모델개발 단계를 거쳐,

○ 2005년 생산 370만대, 수출 259만대로 세계시장 점유율 5위(6.7%)의 자동차 생산 대국으로 부상하게 되었다.

○ 정부(산업자원부)에서 향후 10년간 한국경제의 성장엔진으로 확정·발표한 『10대 신성장동력산업』에는 미래형자동차, 연료전지 등 10개 산업분야중 6개 산업이 자동차와 직·간접적으로 연관되어 있어 자동차와 관련된 신기술이 향후 우리나라를 이끌어갈 가장 큰 성장 동력으로 평가받고 있다.

그림 2-120 자동차산업의 발전과정

2) 자동차 산업 현황

○ 자동차산업은 산업구조를 고도화시키는 참단 기간산업으로 철강, 비철금속, 고무, 합성수지, 유리, 섬유 등 여러 가지 재료를 써서 각 부분품마다 각기 다른 생산공정을 거치는 2만여개의 부품을 조립하여 자동차를 완성하는 복합적 성격의 대표적인 조립산업이다.

○ 자동차산업은 타산업으로부터 중간재를 구매하는 정도를 나타내는 후방연쇄효과(Background Linkage Effects)가 매우 높은 반면 타산업에 중간재를 판매하는 정도를 나타내는 전방 연쇄효과는 비교적 낮은 최종수요적 제조업형 특성을 갖고 있다. 자동차산업의 생산액이 1억원 증가할 때 원동기 부문에서 1천3백만원, 철강부분에서 1천1백만원 등 전체적으로 볼 때 8천5백만원의 생산이 유발되는 파급효과가 매우 큰

특징을 가지고 있다. 이와 같은 특성은 완성차 메이커의 외주조달비율에서 나타나는데 일본이 70% 수준으로 비교적 높고 미국이 50%, 독일, 프랑스, 이탈리아가 40% 수준에 있으며 우리나라는 미국과 일본의 중간수준에 있다.

○ 자동차산업은 생산액, 고용, 수출 등 국민경제에 큰 비중을 차지하고 있어 그 나라의 경제발전이나 경기순환에 지대한 영향력을 행사하며 한 나라의 산업에 기간역할을 하고 있다.

○ 현재 우리나라의 자동차산업은 생산, 고용, 수출 등에서 국가경제를 주도하는 핵심 성장아이콘이며 국민소득 2만불 달성을 견인할 국가 전략산업으로 제조업 전체 생산의 11.1%, 부가가치의 10.0%, 고용의 8.8%, 국가 총세수의 17.8%를 차지하는 국가주력 기간산업이다.

표 2-30 자동차산업의 국민경제적 비중

구분	종업원수	생산액	부가가치	세수('03)	수출액	무역수지
제조업전체	2,799천명	795조원	302조원	141조원	2,844억불	232억불
자동차산업 (비중)	246천명 (8.8%)	88조원 (11.1%)	30조원 (10.0%)	25조원 (17.8%)	379억불 (13.3%)	332억불 (143%)

○ 선진각국에서는 자동차산업이 국가발전의 원동력임을 인식하고 새로운 자동차 기술개발에 국가적인 차원의 지원을 아끼지 않고 있다. 현재 우리나라 경제발전도 자동차산업이 주도적인 역할을 담당하고 있으며 수출 327억불, 무역수지 흑자 285억불로 전략적 수출산업으로 성장하였다.

○ 자동차 생산 측면에서는 2005년 기준으로 3,699천대를 생산하여 미국, 일본, 독일, 중국에 이어 처음으로 세계 5위에 올라 자동차 생산 대국으로 자리매김하고 있다.

표 2-31 국가별 자동차 생산순위

(단위 : 천대)

구분	2002		2003		2004		2005	
	국 가	생산대수	국가	생산대수	국 가	생산대수	국 가	생산대수
1	미 국	12,280	미 국	12,087	미 국	11,960	미 국	11,977
2	일 본	10,257	일 본	10,286	일 본	10,512	일 본	10,800
3	독 일	5,469	독 일	5,507	독 일	5,570	독 일	5,758
4	프랑스	3,702	중 국	4,444	중 국	5,057	중 국	5,708
5	중 국	3,251	프랑스	3,620	프랑스	3,666	**한 국**	**3,699**
6	**한 국**	**3,148**	**한 국**	**3,178**	**한 국**	**3,469**	프랑스	3,549
7	스페인	2,855	스페인	3,030	스페인	3,012	스페인	2,753
8	캐나다	2,633	캐나다	2,553	캐나다	2,712	캐나다	2,688
9	영 국	1,821	영 국	1,846	브라질	2,211	브라질	2,493
10	브라질	1,793	브라질	1,827	영 국	1,857	영 국	1,803

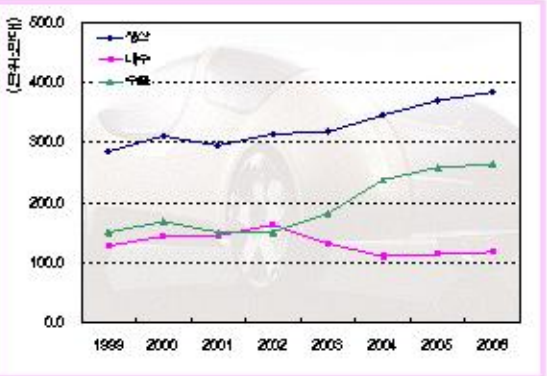
(2) 국내 자동차 생산실적 및 전망

○ 2006년 우리나라 자동차산업은 고유가, 환율하락에도 불구하고 전년대비 3.8% 증가한 384만대를 생산하였으며, 2007년 자동차산업은 내수 소폭 회복 및 수출량 증가로 자동차 생산에 있어서 『꿈의 400백만 시대』를 달성할 것으로 전망된다.

표 2-32 자동차 생산 및 수출현황

년도	생산	내수	수출
'01년	2,946	1,451	1,501
'02년	3,148	1,622	1,510
'03년	3,178	1,318	1,815
'04년	3,469	1,093	2,380
'05년	3,699	1,143	2,586
'06년	3,840	1,164	2,648
'07년(전망)	4,000	1,258	2,800

그림 2-121 자동차 생산 및 수출 추이



○ 자동차부품 무역수지는 완성차 수출 호조에 따른 A/S 수요증가와 중국 및 미국의 현지공장 생산 확대에 따른 부품수요의 증가로 2005년 전년에 비해 23억 달러 증가한 52억 달러의 흑자를 기록해 사상 최대치를 달성하고 있다.

표 2-33 주요국 자동차부품 수출입 추이

(단위 : 억달러, %)

구 분	2002		2003		2004		2005		증가율
수출총액	27.93	(100)	43.43	(100)	61.67	(100)	86.74	(100)	40.7
대미	8.31	(29.8)	8.90	(20.5)	11.61	(18.8)	21.27	(24.5)	83.2
대일	2.22	(7.9)	2.89	(6.7)	3.58	(5.8)	3.80	(4.4)	6.1
대중	1.51	(5.4)	9.54	(22.0)	18.02	(29.2)	27.48	(31.7)	52.5
대인도	1.37	(4.9)	2.66	(6.1)	3.73	(6.0)	4.32	(5.0)	15.8
수입총액	23.57	(100)	26.86	(100)	31.62	(100)	34.75	(100)	9.9
대미	3.19	(13.5)	3.24	(12.1)	3.78	(12.0)	4.28	(12.3)	13.2
대일	9.99	(42.4)	10.89	(40.5)	10.87	(34.4)	11.26	(32.4)	3.6
대중	0.29	(1.2)	0.47	(1.7)	0.79	(2.5)	1.75	(5.0)	121.5
대인도	0.04	(0.2)	0.04	(0.1)	0.14	(0.4)	0.47	(1.4)	235.7

1. ( )안은 총액대비 비중 2. 증가율은 전년대비임

○ KD(Knock Down) 수출은 2005년에 전년대비 33.5% 증가한 79만 7천대를 기록했다. 특히 GM대우가 중국, 우즈베키스탄 등 신흥지역으로의 수출이 증가하였고, 기아도 말레이시아, 베트남, 러시아를 중심으로 한 수출 증가가 큰 몫을 하였다. 업체별 KD 수출 비중은 GM대우가 전년보다 8.2%p 증가한 63.4%, 현대가 8.1%p 하락한 29.1%, 기아가 1.3%p 증가한 6.9%를 차지하였다.

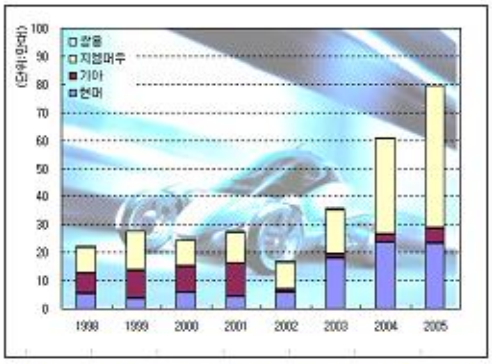


그림 2-122 자동차 업체별 KD 수출현황

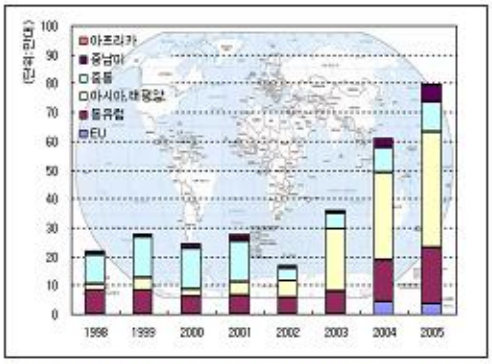


그림 2-123 세계 지역별 KD 수출현황

(3) 국내·외 미래형자동차 기술개발 현황

○ 정부는 2015년경 세계 4위의 자동차강국 진입을 목표로 2004년 미래형 자동차기술개발사업단을 발족하고 자동차산업에 필요한 핵심기술 확보를 위해 산·학·연 공동으로『미래형자동차기술개발사업』을 추진 중이다.

○ 이 사업은 과거 100년간 화석연료의 내연기관이 주도하던 자동차 시장이 친환경·고효율에너지·IT기술이 접목된 하이브리드자동차 및 연료전지 자동차 등 첨단기술로의 사회경제적인 패러다임 전환에 대응한 첨단기술 확보를 위한 사업으로 2011년까지 우리나라 자동차산업의 기술개발방향 및 목표설정과 함께 에너지·환경·첨단분야의 3대 핵심기술 과제와 관련 기초기반기술 과제에 대해 산·학·연 공동으로 추진 중에 있다.

○ 지능형자동차 분야의 목표는 2011년까지 관련 핵심부품 및 시스템 기술들을 확보하여 조기 상용화를 통한 매출증대로 국가성장동력의 기반을 구축하고, 지능형자동차 기술을 통해 교통 사고율을 50%이상 저감하는 것이 목표이다.

그림 2-124 자동차산업 발전 비전

표 2-34 미래형자동차사업 지능형자동차 관련 과제

과제명	연 구 목 표	연구기간
지능형 샤시통합 제어시스템 개발	지능형 샤시 통합제어 시스템의 기술 개발 상품화 ▪ 현가 조향 제동 관련 통합형 개별 샤시 제어 시스템 기술개발 및 상품화 ▪ 차세대 샤시 통합제어 시스템 기술개발 및 상품화 ▪ 지능형 샤시 통합제어 시스템 성능평가 및 HILS 기반 신뢰성 평가기술 개발	2004. 10 ~2009. 9 (1단계3년 2단계2년)
지능형 충돌예방 안전시스템 개발	보행자 충돌사고와 차량 추돌사고를 줄이고 탑승자의 안전을 향상시키는 지능형 안전시스템 개발 ▪ 센서융합기반 능동적 보행자 보호시스템(Active Pedestrian Protection)개발 ▪ 통합 충돌안전 제어장치 개발 : 충돌예방 안전장치(Pre-crash Safety System + Advanced Rear Lighting System)와 전구간 적응형 순항제어(Adaptive Cruise Control)의 통합제어 시스템 개발 ▪ 지능형 충돌예방 안전시스템의 Simulator 및 실차 시험평가 기술 개발	2006. 8 ~2011. 7 (1단계3년 2단계2년)
지능형 차량정보 시스템 개발	탑승자의 편의성 및 안전성을 향상 시킬수 있는 지능형 차량정보시스템 개발 ▪ 차량 인포테인먼트 시스템 개발 ▪ Vehicle to Vehicle(V2V) 통신 시스템 개발 ▪ 차량정보시스템 구현을 위한 인터페이스 기반기술 개발	2006. 8 ~2011. 7 (1단계3년 2단계2년)

【미래형자동차기술개발사업】

■ 사업기간 : '02년~'11년(10년)

■ 총투자비 : 1조 2,500억 원

■ 추진체계 : 산·학·연 공동개발

■ 개발분야 : 3대 핵심기술(에너지·환경·첨단) 및 기초기반기술분야

■ 세부추진전략

- 기술개발 부문 : 3대 핵심분야(연료전지·하이브리드·지능형자동차) 9개 대과제의 연차별 개발 추진

연료전지 자동차	연료전지 운전장치 개발 PEMFC 스택 개발 연료전지차 설계 및 제어기술 개발
하이브리드 자동차	HEV용 신동력시스템 및 제어기술개발 HEV용 리튬이온 배터리시스템 개발 HEV용 엔진 핵심기술 개발
지능형 자동차	지능형 샤시통합 제어시스템 기술개발 지능형 안전시스템 기술개발 지능형 차량정보시스템 기술개발

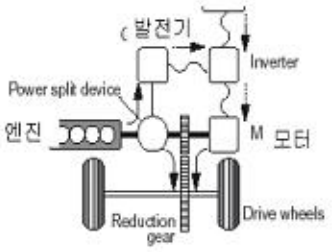
- 기술기반조성사업

인력양성	하이브리드 자동차 핵심기술 인력양성 사업
연구장비구축	연료전지 자동차 기술 성능평가 인프라 구축사업 하이브리드 자동차 파워트레인 기반구축 NVH 시스템 평가 기반구축
표준화	In vehicle network 표준화 기술 기반구축

1) 하이브리드자동차

○ 하이브리드 자동차는 배기가스가 없고 효율은 높지만 주행거리가 짧은 전기자동차(EV : Electric Vehicle)와 고출력이고 주행거리가 길지만 효율이 낮고 유해물질을 배출하는 소형의 내연기관을 조합해 양자의 장점을 취합한 자동차이다.

표 2-35 하이브리드 자동차 구조 및 종류

종류	특징	시스템 개요
직렬형	• 엔진 : 축전지 충전 • 모터 : 자동차 구동	
	엔진은 연비와 배출가스를 최소화하도록 최적상태에서 작동시키면서 축전지를 충전시키고 축전지의 전기에너지를 전기모터가 사용하여 전기모터가 자동차를 구동시키는 방식	
병렬형	• 엔진 : 자동차 구동 및 축전지 충전 • 모터 : 자동차 구동 보조	
	엔진은 자동차를 구동시키며 여유 출력을 축전지에 충전시켜 전기모터와 함께 자동차를 구동시키는 방식	
복합형	• 엔진 : 자동차 구동 또는 축전지 충전 • 모터 : 자동차 구동 또는 엔진을 보조하여 자동차 구동	
	도요타 PRIUS에 적용된 복합형 방식은 모터와 발전기를 탑재하여 직렬형과 병렬형의 장점을 극대화 한 시스템으로 때로는 직렬형으로 모터에 의해 구동되며, 때로는 모터와 엔진으로 구동하는 방식	

○ 1997년 일본의 도요타자동차가 본격적인 시판에 들어가면서 개발 경쟁이 심화되고 있는 하이브리드자동차는 도요타가 판매를 주도하고 있으며 현재 세계시장 규모는 연 10~15만대 수준에 불과하나 향후 수요가 급증할 것으로 전망

○ GM은 총 연구개발 투자액의 25% 이상을 하이브리드자동차 개발에 투자하고 있으며 2007년까지 12개 모델에 하이브리드 기술을 적용하여 연 100만대 판매를 목표로 하고 있음

○ 국내 자동차업계에서는 90년대 초 컨셉카를 개발하여 모터쇼에서 발표하는 단계에서 양산 수준의 FLEET TEST 중으로 조만간 하이브리드 자동차 양산이 시작될 예정

○ 현대자동차는 '04년 환경부 시범 운행을 필두로 소형 세단 하이브리드 자동차 양산 계획중으로 라인업 확대 예정

○ 대우/삼성자동차는 GM과 르노의 연구개발이 지속되고 있어 향후 두 지주 회사의 양산이 결정되면 국내 개발 예정

표 2-36 일본 하이브리드 자동차 개발 현황

구분	도요타			혼다	
	Prius	Estima	Crown Sedan	Insight	Civic
승차인원	5	8	5	2	5
연비(km/ℓ)	31	18	13	32	29.5
배기량(cc)	1,496	2,362	1,988	995	1,339
전지종류	Ni-MH	Ni-MH	Lead Acid	Ni-MH	Ni-MH
가격(천엔)	2,180	3,350	2,935	2,180	2,090
시판시기	'97. 10	'01. 6	'01. 8	'99. 9	'01. 12
판매누계	122,370	20,096	4,180	2,043	3,207

2) 연료전지자동차(FCV : Fuel Cell Vehicle)

○ 자동차 내에 장착된 연료전지(Fuel Cell)에서 연료인 수소와 산소를 반응시켜 전기를 얻은 후, 생산된 전기로 모터를 움직여 주행하는 자동차

○ 자동차 내에 저장되어있는 수소와 공기중 산소의 전기화학반응으로 열이 발생하고 물이 생성되기 때문에, 배기가스 중에는 미반응 산소와 질소, 그리고 수증기만이 포함된 무공해 자동차

① 연료전지 자동차의 종류

(가) 수소연료의 차량내 저장방법에 따른 분류

○ 순수 수소 연료전지 자동차 : 수소 연료를 직접 외부에서 공급받아 차에 저장하고 다니는 연료전지 자동차

○ 연료 개질형 연료전지 자동차 : 차량에 연료변환기를 설치하고 가솔린이나 메탄올 등의 수소원료로부터 수소를 차에서 직접 생산하는 자동차로 기존의 연료인프라의 사용이 가능하고 일충전거리를 만족시킬 수 있지만 현재는 연료변환기의 시동시간 및 부하 추종성에 기술적인 문제가 있음

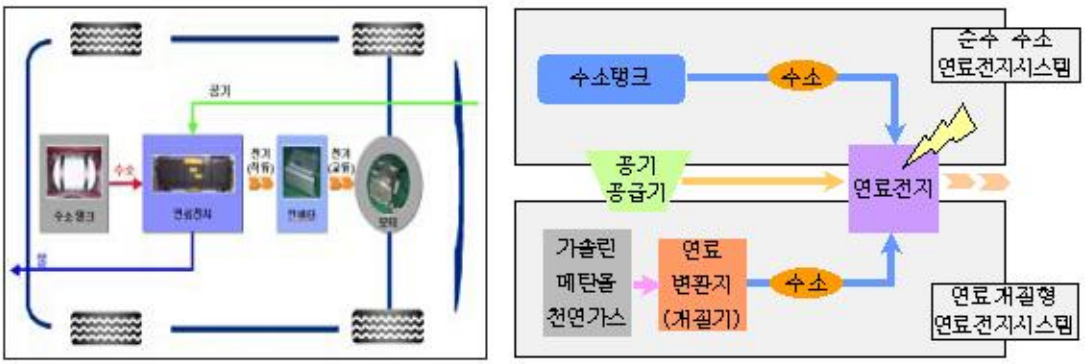


그림 2-125 연료전지 자동차의 개념도

(나) 보조 전원장치의 사용여부에 따른 분류

○ 연료전지 자동차(FCV) : 보조 전원장치를 사용하지 않고 연료전지가 자동차의 전 출력영역을 담당하여 운전되는 연료전지 자동차

○ 연료전지 하이브리드 자동차(FCHV : Fuel Cell Hybrid Vehicle) : 전지 또는 캐파시터와 같은 보조전원장치를 사용하는 연료전지 자동차

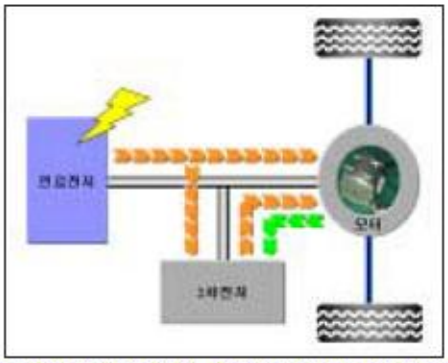


그림 2-126 연료전지 하이브리드자동차 개념도

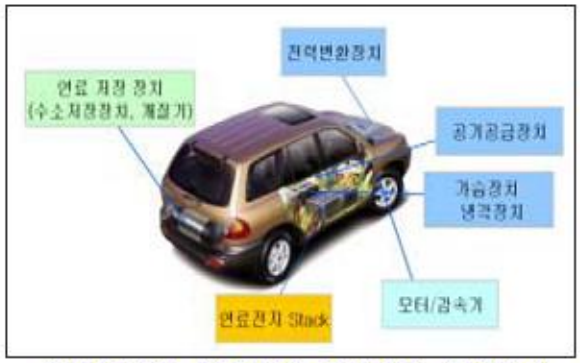


그림 2-127 연료전지 자동차와 구성요소

② 연료전지 자동차 개발 현황

○ 선진국의 주요 자동차업체들은 화석연료를 대체할 수 있을 것으로 기대되고 있는 연료전지 개발에 집중

○ 연료전지의 개발과 상용화를 적극 추진하고 있는 일본은 미국과 EU에 비해 비교우위를 확보하고 있으며, 일본정부는 2010년에 5만대, 2020년에는 500만대의 연료전지 차량이 일본에서 운행될 것으로 예상

○ 도요타와 혼다는 이미 연료전지자동차를 시험운행 중에 있으며 혼다는 -4℉에서도 구동 가능한 연료전지 차량 개발에 성공

표 2-37 연료전지자동차 개발 현황

업체명	차종	개발시점	사용연료	최고속도 (km/h)	주행거리 (km)
포드	Focus	'01. 2. 6	압축수소	130	160~320
D/C	NeCar5	'00. 11. 7	압축수소	150	150
GM	Zafira	'00. 10. 19	액체수소	140	400
도요타	Kluger	'01. 3. 1	전지+압축수소	150	250
혼다	EV Plus	'01. 9. 4	캐퍼시티+압축수소	150	355

※ 2010년경 양산을 목표로 기술개발 추진중

○ 우리나라는 중장기 국가 연구개발 프로젝트로 선정하여 산·학·연·관 및 국제 공동 연구를 통해 관련기술 순차적 개발 추진

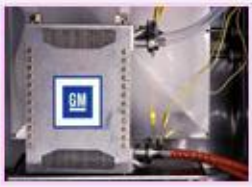
- 연료전지 관련 운전장치 시스템 개발을 위해 부품 기술인 공기 공급계, 열 관리계, 수소 공급 및 재순환장치, 물관리 장치 및 운전 제어기술을 우선적으로 개발

- 연료전지의 핵심기술인 스택의 경우 원천핵심 소재의 도입을 통하여 스택 제조 양산 기술을 우선적으로 개발하고, 산학연의 연구 개발을 통하여 원천기술을 국산화하고 궁극적으로 스택 기술을 확보하는 방향으로 추진

【연료전지 스택(Stack)】

수소 연료의 화학적 에너지를 전기에너지로 직접 변환하여 직류 전류를 생성하여 동력을 제공하는 장치로 차량 주행에 필요한 동력 또는 보조 전원 공급

<UTCFE>



<GM>

<Ballad>

<Honda>

3) 지능형자동차

① 지능형자동차 개요

【지능형 자동차】

『차량정보통신(ITS)의 기반위에서 기계, 전자, 통신, 제어를 기초분야로 하여 운전자의 **"안전성"과 "편의성"을 향상**시키고 안전하고 쾌적한 교통환경을 확보하여 교통사로로 인한 사회적인 인적/물적 손실을 최소화 하고 차량의 개념이 단순한 운송수단에서 사람과 화물의 **운송은 물론 정보와 업무, 레저 공간으로 변모**된 첨단 자동차』를 말한다.

○ 지능형 자동차의 기술은 크게 차량의 기능제어분야와 차량과 외부와의 정보교환을 통한 정보제공분야(텔레매틱스, 차량정보통신)로 나뉜다.

- 지능제어분야 : 차량제어를 위한 능동샤시 분야와 제어기 개발분야
- 정보제공분야 : 정보교환을 위한 통신기술 개발분야
  (차량과 외부, 차량과 차량, 차량내 제어기관)

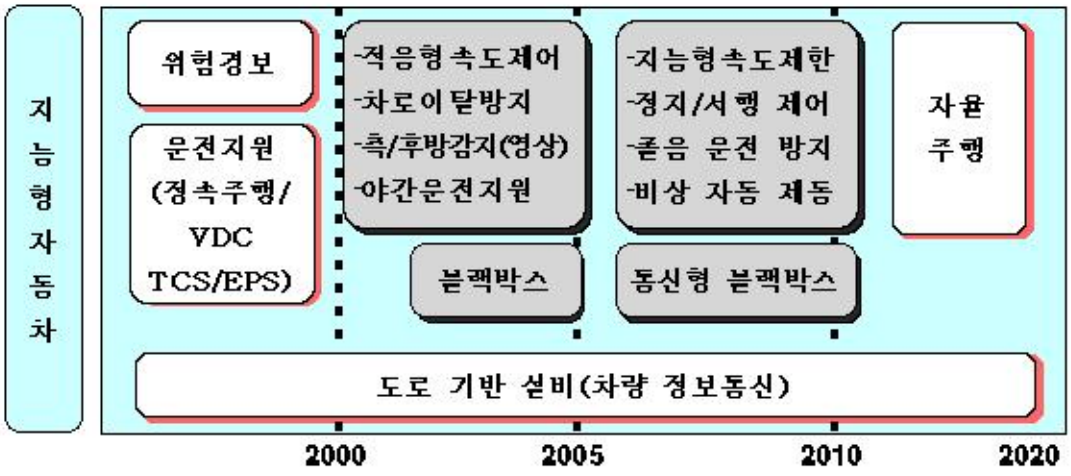


그림 2-128 지능형 자동차 적용기술의 전개도

② 지능형자동차 시스템 발전방향

○ 자동차 산업에 있어서 기술의 방향은 고객이 요구하는 차량의 안전성과 편리성에 의해 결정

○ 과거에는 차량 구조의 견고성과 각 부품의 신뢰성을 바탕으로 수없이 반복되는 실차 시험을 통하여 안전성과 편리성을 확보하여 수동적 개념의 안전성과 편리성에 의한 기술이 개발되었으며, 이는 곧 사고가 발생한 경우를 가정하였을 때, 피해의 최소화를 위한 개발이었으나 근래에는 사고를 미리 예방하는 능동적 개념의 안전시스템과 기술개발이 되고 있다.

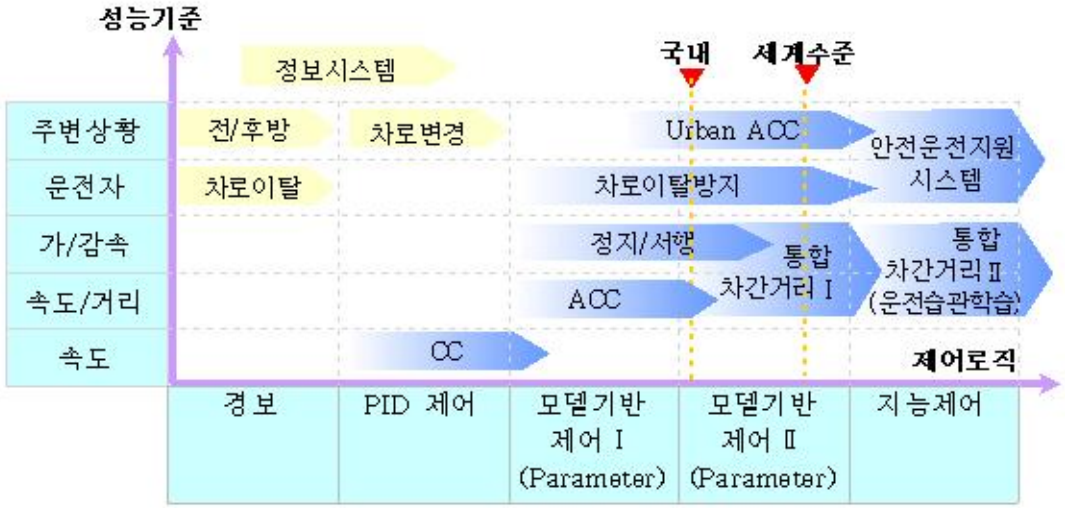


그림 2-129 지능형 자동차의 시스템 발전방향

③ 지능형자동차 핵심기술

○ 사고회피기술(ASV) : 위험 상태의 검지나 경보에 추가하여 위험의 정도가 증가되었을 경우에는 자동 제동이나 자동회피 실행

○ 능동샤시기술(BY WIRE) : 기존의 기계적인 부품 대신 각 시스템을 WIRE로 연결하며 각종 모터 및 솔레노이드에 의한 전자구동

○ 지능형차량 및 도로(AHS) : 도로 인프라와 연계된 지능형 차량으로 도로 이용률을 증가시키고 운행피로 및 사고를 경감시키며 궁극적으로 무인 자율주행을 실현함

그림 2-130 차량 지능화 시스템 구성 기본요소

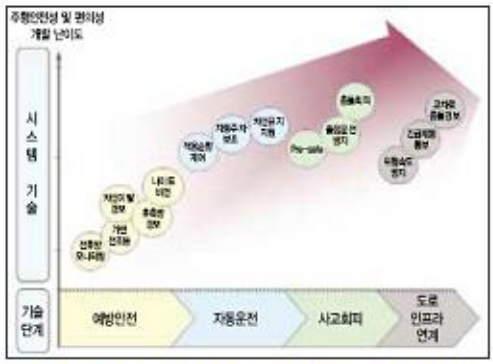


그림 2-131 지능형 자동차의 주요 시스템

(가) 사고회피기술(ASV, Advanced Safety Vehicle)

○ 전자, 통신, 센서, 제어분야 기술을 융합하여 주행 안전성을 대폭 향상시킬 수 있는 선진 안전 차량기술

○ ASV 기술 개발배경 : 교통사고 건수, 사망자수 증가, 운전자 고령화, 여성화, 장거리 운전자 증가, 야간 운전/운송 확대

가) 지능형 속도제한(ACC, Adaptive Cruise Control) 시스템

○ 운전자가 설정한 속도를 유지하며, 선행 차량이 있을 때 자동 제동 및 가속에 의해 선행차량과의 거리를 일정하게 유지하는 편의 장치

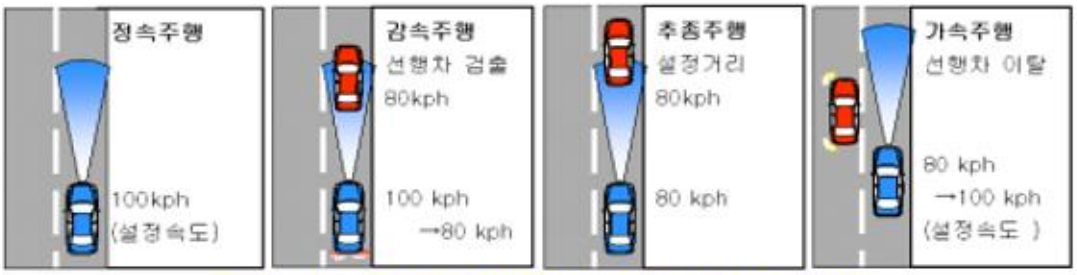


그림 2-132 지능형 속도제한(ACC) 시스템 응용(예)

나) 차로 인식/이탈경보 시스템(LDWS : Lane Departure Warning System)

○ 운전자의 부주의로 인한 차로이탈 가능성을 예측하고 경보함으로써 차로이탈로부터 야기될 수 있는 사고를 사전 예방하는 시스템으로 차로이탈을 인식하는 방법은 우측차로인 백선을 인식하는 센서(CCD카메라)나 차량상태를 감지하는 센서(방향지시등 스위치, 브레이크 스위치, 조향각 센서, 차속센서, 요 각도센서 등)를 이용하여 차로의 이탈을 예측

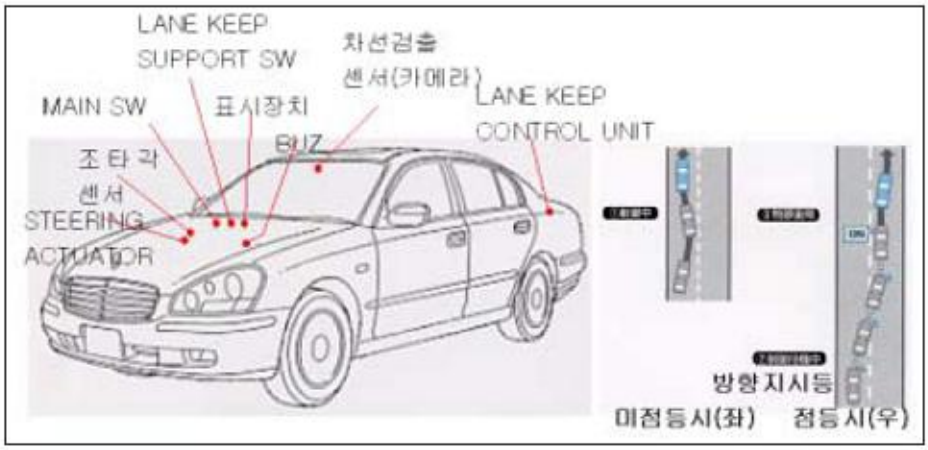


그림 2-133 차로이탈 방지시스템 구상도 및 주행 기상도

다) 야간 안전운전지원(Night Vision)시스템

○ 야간운전시 운전자의 시야확보 및 안전운전을 지원하는 시스템으로서 적외선 기술과 열영상 기술을 접목한 신기술로 8~12㎛ 적외선 파장대의 열, 에너지를 이미지로 재현하는 기술로 하향 전조등 점등시에 5배, 상향 전조등 점등시에 3배의 가시거리를 가짐

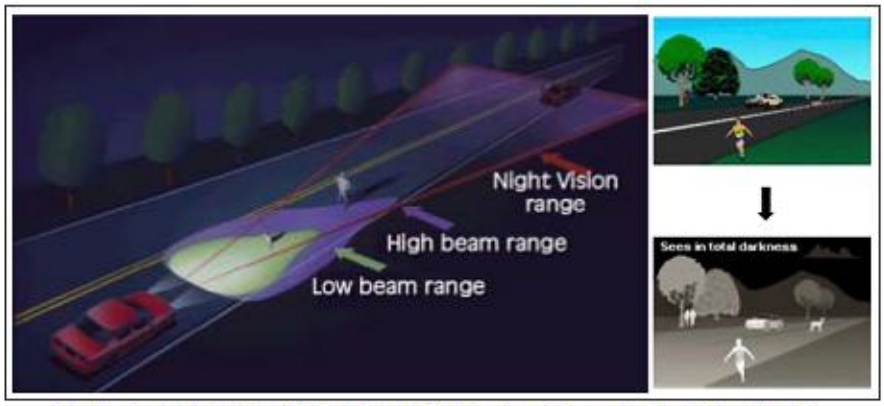


그림 2-134 야간 안전운전지원(Night Vision) 시스템 가상도

라) 음성 인식/합성 알고리즘 기술

○ 운전 중에 작동해야 하는 편의장치의 증가와 기능 다양화에 따른 조작이 복잡해짐으로써 운전 중 문자 정보의 표시 내용 증가 등에 따른 운전 집중도가 저하되어 운전시각 변경 및 조작 최소화로 사용자의 편의성 및 안정성 확보를 통한 사고 위험을 최소화 하는 기능

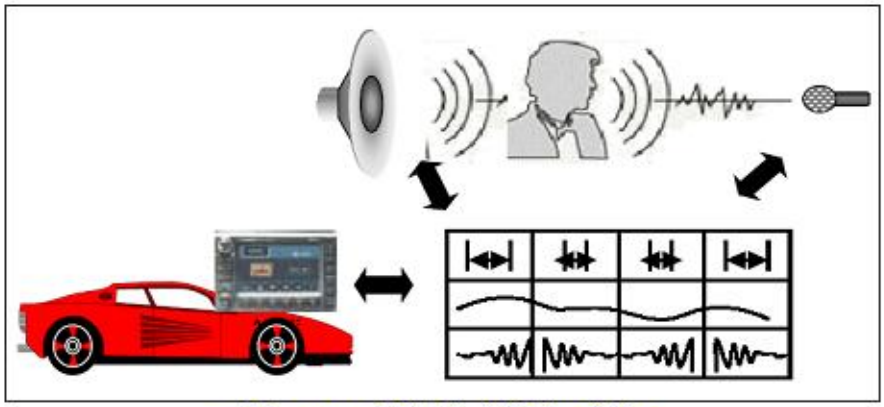


그림 2-135 음성 인식/합성 개념도

(나) 능동샤시(DRIVE BY WIRE) 기반기술

○ 기존의 기계적인 부품 대신 각 시스템을 WIRE로 연결하며 각종 모터 및 솔레노이드에 의한 전자구동 방식으로 운전자의 차량 운행을 도우며 지능형 자율주행 자동차로 이행되기 위한 필수적인 기반기술임.

○ 차량의 전체적인 안전을 크게 향상시키고, 운전자의 반복적인 운전행위의 부담을 덜어주고, 위험한 순간에 운전자를 도와줌으로써 해결책을 제시하고 자동차의 성능을 한 차원 높이는 기술로 EV, HEV, ITS를 효율적으로 만들기 위한 향후 기반기술임

○ 위험한 순간에 운전자를 도와 자동차의 성능을 한 차원 높여주는 기술로, 자율주행의 전 단계로 브레이크 시스템, 완충시스템, 조향시스템 등에 관련기술이 적용되고 있음

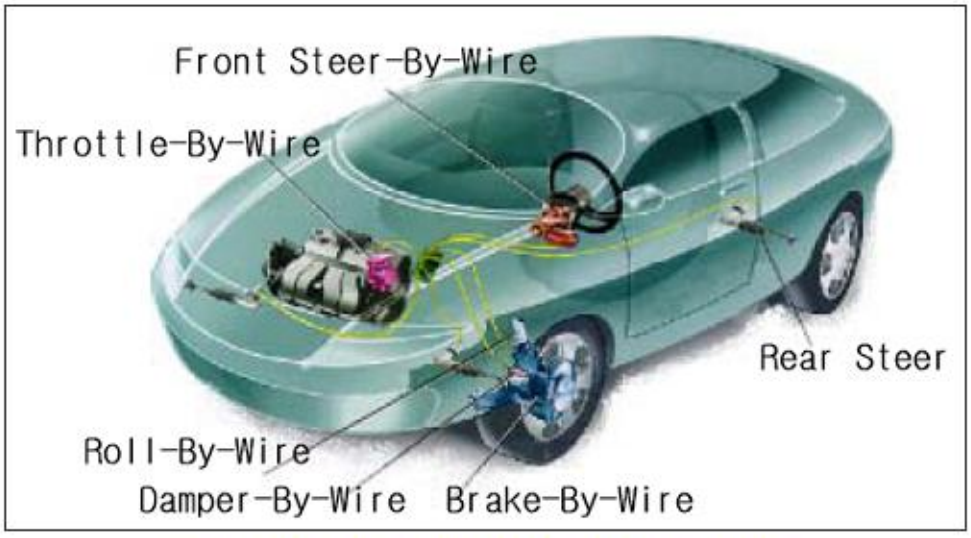


그림 2-136 지능형 차량의 X-BY WIRE 구성도

(다) 지능형 차량 및 도로

가) 차량정보 시스템 : 차량과 외부와의 정보 통신

○ VICS(Vehicle Information Communication System, 차량정보 통신 시스템) 기술 : 실시간으로 변화하는 각종의 도로교통정보를 정확 신속하고 효율적으로 제공

그림 2-137 차량정보시스템

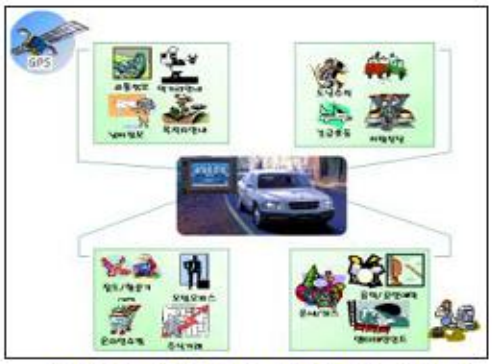


그림 2-138 차량 정보통신 서비스

○ DIS(Driver Information System, 운전자 정보 시스템) : 차량의 컴퓨터와 네트워크화를 바탕으로 고기능의 HMI 기술로 정보, 차량, 운전자를 통합하는 기술

그림 2-139 운전자 정보시스템(DIS)

나) 차량내 네트워크(IVN) 시스템

○ 차량 내부의 제어기, 전자기기간 정보통신을 말함

○ 차량내 전자 제어시스템의 증가와 기능향상에 따라 배선이 복잡하고 중량이 증대하며, 조립성 및 연비가 저하되고, 유비보수 등에 대한 문제가 커짐

○ 이를 개선하기 위한 방안으로 차량내 네트워크 기술을 적용한 분산 제어시스템을 도입함으로써 배선의 수를 상당부분 감소시킬 수 있으며, 연비향상과 동시에 조립성 및 유지보수의 편리성을 크게 향상시킴

- 차량 네트워크 구현의 이점

• 각 기능을 구현하는 데 요구되는 전용선(Dedicated Wire)의 수를 줄여줌으로써, 와이이 하네스(Wire Harness)의 사이즈가 감소한다. 비용, 무게, 신뢰성, 서비스 유용성 그리고 장착성이 개선된다.

• 여러 곳에서 사용되는 센서의 데이터(차속, 엔진온도 등)가 네트워크상에서 유용하게 됨으로써 데이터 공유가 가능(센서의 중복 사용 방지)

그림 2-140 차량 내 네트워크 시스템

④ 국외 지능형 자동차 기술개발 현황

(가) 미국

○ 연방정부에서는 Mobility 2000이라는 이름으로 보다 안전하고, 경제적이며, 에너지 효율이 높고 환경오염이 없는 기술 개발 적극 지원

○ 지방자치단체는 기업과 연계하여 많은 연구 수행(캘리포니아주의 PATH, 플로리다주의 TRAVTEK, 뉴욕시의 INFORM 등)

표 2-38 미국의 IVI(Intelligent Vehicle Initiative) 개발계획

단계구분	자율주행기능	인프라 지원기능	HMI
Level 1 **(경보 및 정보제공)** **1998년~2003년**	(1)충돌경보시스템(CAWS) -충돌경보 -차로이탈 경보 -차로변경 경보 (2)Navigation & Route Guidance (3)패적/Secret Cellular Phone (4)Adaptive Cruise Control	(1)실시간 교통/여행정보 제공 (2) 자동충돌 통보 (3) 자동처리/자동요금 징수 (4) 특정지역 경고/노면상황	정보표시
Level 2 **(운전자 보조)** **1999년~2005년**	(1)교차점 충돌경보시스템 (2)제어보조 -충돌방지제어 일부 보조 -조향제어 일부 보조 (3)졸음운전 감시시스템 (4)차로이탈 방지시스템	(1)교차점 충돌경보 및 도로구조 경보 (2)노변시설 지원요소, 센서	음성인식
Level 3 **(자동운전)** **2001년~2005년**	(1)고지능형 충돌회피 제어 -종방향 제어 -횡방향 제어	(1)고지능형 충돌회피 (2)차-차간 협조(교차로) (3)차로합류 협조 (4)첨단 Cruise Control	Digital Display

○ Automotive Stability Management System(ASMS)은 ABS와 TCS (Traction Control System)를 통합 제어하는 시스템으로 차량의 주행 상황을 판단하고 적절한 제어를 통하여 안전성을 향상시키고, 사고를 미연에 방지할 수 있는 시스템

○ Delco는 FOREWARN이라는 충돌방지 시스템을 개발하여 Cadilac의 Seville과 Lexus의 LS 400 모델에 장착

(나) 일본

○ 1980년대 후반부터 지능형자동차(ASV, Advanced Safety Vehicle) 기술개발을 위해 정부와 기업이 공동으로 RACS(Raod/Automobile Communication System)와 AMTICS(Advanced Mobile Traffic Information and Communication System)의 두 개의 프로그램을 수행하고 있음

○ 이 프로그램들은 차량항법과 도로 등의 제반 시설간의 통신과 교통 흐름의 제어에 중점을 두고 있다.. ASV/AHS에 대한 연구로는 일본 전 자동차업체와 부품업체 등에서 활발한 연구를 진행하고 있으며 자동차뿐만 아니라 오토바이에 이르기까지 영역을 확대하고 있다.

○ 지능형자동차 기술을 활용하여 향후 교통사고 사망자 수를 절반으로 줄이고자 하는 계획을 추진하고 있다.

○ 2000년 10월 건설성, 교통성 등의 후원으로 ASV와 AHS 분야를 통합한 첨단도로에서 ASV 시스템들을 시현하는 행사 "Smart Cruise 21 Demo 2000"을 AHSRA(Advanced cruise-assist Highway System Research Association) 주관으로 개최하였으며 전세계 지능형 안전차량 개발을 주도하고 있다.

○ 1995년 미쓰비시 자동차의 PDC(Preview Distance Control), 1998년 도요타의 PAS(Parking Aid System), 2000년 미쓰비시의 LDWS(Lane

Departure Warning System), 2001년 닛산의 LKSS(Lane Keeping Support System)등의 시스템이 상용화 중에 있다.

표 2-39 일본 ASV 연구개발 항목

기술구분	개발항목	
예방안전기술 사고회피기술 전자동운전기술	-주행 위험상태 경보시스템 -차량 위험상태 경보시스템 -운전시계향상 지원시스템 -야간 운전시계향상 지원시스템 -사각지대 경보시스템	-선행차량 정보입수, 경보시스템 -외부 정보전달, 경보시스템 -도로환경 정보입수, 경보시스템 -운전부하 감소시스템
	-차량운동, 제어성능 향상시스템 -운전 위험상태 회피시스템 -사각지대 사고회피시스템	-전방 차량 및 사고 회피시스템 -도로환경정보인식 사고회피시스템
	-기존 인프라 적용 자율형 자동운전시스템 -신규 인프라 적용 자동운전시스템	
충돌안전기술	-충돌흡수시스템 -탑승자보호시스템	-보행자 피해경감시스템
재해확대 방지기술	-긴급시 도어잠김 해제시스템 -다중 충돌 감소시스템	-차량화재 진화시스템 -사고발생시 자동통보시스템
차량기반기술	-차량용 전화안전 대응시스템 -고정밀 타코그래프, 속도기록시스템 -전자식 차량식별기 -차량상태 자동응답시스템 -고정밀 GPS	-Drive By Wire -고령운전자 지원기술 -운전자 상태감시 대응기술 -HMI 기술

(다) 유럽

○ 1985년 미테랑 대통령이 주창한 EUREKA의 일환으로 PROMETHEUS 프로젝트를 추진하고 있으며 유럽의 14개 자동차 업체가 참여하여 1986년 시작해서 1994년 종료하고 PROMOTE의 후속작업으로 연계

□ PROMETHEUS(Program for European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety)프로젝트

- 개발목적 : 안전성(사고방지시스템 개발), 경제성(연료소비의 개선), 효율(도로이용 효율성 증대), 편리성(운전자 이용 편의, 임무 축소), 환경(환경오염 감소)

표 2-40 PROMEOTUS 프로젝트 내용

단계	기술구분	내 용	개발항목
1단계	안전주행 (Safety Driving)	시스템개발로서 인프라 협조를 받지 않는 차량의 지능화를 통하여 도로교통 안전도모	-사각지원(Vision Enhancement) -시계감시(Visibility Range Monitoring) -노면상황 감지 및 차량제어 (Friction Monitoring & Vehicle Dynamic) -운전자 상태감시 및 경고 (Driver Status Monitoring) -차로이탈방지(Lane Keeping Support) -충돌감지 및 회피(Collision Avoidance)
2단계	협조주행 (Cooperative Driving)	전 단계에서 개발된 지능형 차량기술에 인프라 협조를 받는 시스템 구축	-차량간 상호연계 주행 (Cooperative Driving) -지능형 자율주행(AICC) -자동사고 통보기능 (Automatic Emergency Call)
3단계	교통관리 (Traffic Management)	자율주행을 구현할 수 있는 기술개발 추진	-차량 군집제어(Fleet Management) -양방향 경로안내 (Dual Mode Route Guidance) -운행정보 및 교통상황 제공 (Travel & Traffic Information System)

○ Mercedes-Benz사는 1995년 봄에 S600 coupe 모델에 "Stability Control System(SCS)"을 장착하여 발표

○ Robert Bosch GmbH와 Mercedes-Benz AG가 공동개발한 "Stability Control System"은 "Electronic Stability Program(ESP)"이라고도 불리며, 엔진-제동시스템-조향시스템의 통합제어에 의하여 극한 상황에서의 차량 안정성을 크게 향상

○ Mercedes-Benz사는 SCS를 승용차뿐만 아니라 대형트럭, 버스에도 적용할 예정

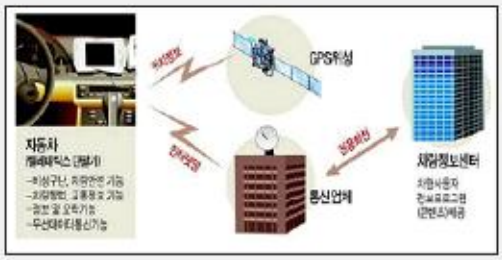
○ Fiat는 ALERT라 불리우는 자동주행시스템을 개발하였음. 이것은 장애물을 자동으로 감지하여 브레이크와 엔진을 제어하여 차량의 속도를 제어하는 시스템으로, 장애물이 없을 시에는 속도를 제어하고 장애물이 있을 시에는 거리를 제어하여 차량을 안전한 상태로 유지

□ T-TAP 프로젝트

- 정보기술을 활용하여 교통, 교육, 의학부문의 효율성 향상을 통해서 유럽의 경쟁력 향상을 목적으로 하는 Telematics 프로그램의 한 분야
- AHS에 사용 가능한 차량제어, 도로-차량간 통신연구가 행해지고 있다.
- T-TAP 프로젝트는 5개 분야 : 항공, 철도, 선박관련 28개 프로젝트, Intermodal 관련 4개 프로젝트, Multimodal 관련 5개 프로젝트, 지원 및 기타관련 7개 프로젝트, 도로교통관련 30개 프로젝트

【텔레매틱스(Telematics)】

텔레커뮤니케이션(Telecommunication)과 인포매틱스(Informatics)의 합성어로서, 차량에 내장된 컴퓨터와 무선통신장치, 위성항법장치 및 인터넷에서 문자신호와 음성신호를 바꾸는 기술 등에 의해 정보를 주고 받을 수 있는 무선 데이터 기술로서 차량의 운전자와 탑승자에게 교통정보안내, 긴급구난, 원격차량진단, 금융거래, 뉴스 및 이메일 등 인터넷 서비스를 제공하는 등 모바일 오피스·비즈니스 공간을 구현할 수 있는 통합기술



(4) 선진국 대비 국내 기술개발 수준 분석

1) 국내 자동차 기술개발 인프라 분석

○ 국내 자동차산업의 부가가치사슬 분야별 강약점을 비교할 때 강점보다는 약점이 더 많은 실정

○ 국내 자동차산업은 단기간 내에 비약적인 성장을 이루어 왔으나, 노사분규로 인한 생산, 수출 및 투자 차질이 빈번히 발생하여 임금상승, 생산성 저하 등에 따른 부품업체의 해외 이전과 외국 자동차업체의 투자회피로 인한 산업공동화 우려

○ 취약한 부품업체의 경쟁력으로 인한 완성차의 품질 및 비가격 경쟁력 개선 제약, 부품업체의 독자기술 개발 역량 부족과 세계적인 부품업체의 부재

○ 공동기술개발의 부진과 기술개발의 연계성 부족으로 산업 및 기술융합을 간과한 채 경쟁적으로 기술개발을 추진하여 자원의 낭비를 초래하고 성과가 부진

○ 선진업체에 비해 경영환경 변화에 신속히 대응할 수 있는 스피드와 제품·소비자·기업 내외부를 효율적으로 연계할 수 있는 연계성의 부족, 지식, 인력, 관계 및 브래드 등 무형자산의 가치가 낮은 실정

○ 자동차산업의 패러다임 전환은 한국자동차산업에 위협이 되는 측면과 기회가 되는 측면을 동시에 내포

- 국제 기술 표준 결정을 둘러싼 경쟁에서 전략적인 우위를 확보할 경우 선진 업체를 조기에 추격할 수 있는 기반 구축 가능
- 자동차 정보화 부문에서 한국이 경쟁력을 보유하고 있는 이동통신과 인터넷 기능을 잘 활용한다면 선진 업체들을 추월할 수 있는 수단으로 활용 가능

- 한국자동차산업은 IMF 이후 구조조정을 성공적으로 마무리함으로써 세계 자동차시장 불황을 오히려 추격의 기회로 활용할 수 있는 여건 확보

표 2-41 국내 자동차업계의 강·약점

강 점	약 점
▪양질의 숙련근로자와 부품·소재의 원가 경쟁력을 바탕으로 한 가격경쟁력 ▪선진국 및 개도국 시장에 대한 다변화된 수출마케팅 능력 확보 ▪선진국과 대등한 IT 산업의 기술수준	▪완성차에 비해 상대적으로 취약한 자동차 부품산업 ▪품질경쟁력의 상대적 열위 ▪부품업체의 독자 기술개발 능력 취약 ▪협력보다는 대립관계를 유지하고 있는 노사문화

표 2-42 국내 자동차 기술개발의 강·약점

기술자체	강 점	약 점
기초기술	▪국내 관련 연구소, 학계에 연구개발 인력 다수 보유 ▪선진국에 비해 저렴한 연구개발 인력 인건비	▪상대적으로 취약한 기술 기반 ▪부품업체의 기술력 미보유 ▪응용 및 상품화 기술 위주의 기술 개발 수행 ▪기술 개발 투자 절대액 부족
개발기술	▪중소형차, 소형SUV	▪신차개발 대선진국 대비 열위 ▪부품업체와의 협업 부진 ▪자동차 모듈화 기술 도입 부진
제조·생산	▪IT 기술의 접목 ▪대량생산체제에 적합한 기업구조 및 생산체제	▪설계/개발 및 자본력 부족으로 부가가치 창출 미흡 ▪생산프로세스 열위
마케팅	▪풍부한 해외시장 진출 경험	▪해외시장 분석 등 정보체계 미흡 ▪Brand power 부족

2) 하이브리드 자동차

○ 현재 대부분의 분야에서 선진국에 비해 취약하나, 기본 엔진개발 기술을 확보하고 있어 축전지, 차량제어 등 핵심적인 기술에 본격적인 투자가 이루어진다면 기술경쟁력 확보 가능

표 2-43 하이브리드자동차 국내 기술수준 비교

(기준 : 선진국=100)

핵심기술 항목	기술수준	전문인력 보유정도	인프라 구축정보	비고
엔진기술	80	70	70	국내 자체 엔진 설계기술 보유
모터/컨트롤러 기술	10	20	20	현대중공업 모터개발 및 생산, 콘트롤러 기술은 해외도입
축전지 기술	60	50	30	LG화학과 삼성SDI 만이 연구개발 중
보조에너지 저장장치 기술	90	90	60	현재 NESS의 경우 세계최고수준의 UltraCapacitor 기술 보유
차량제어기술	40	50	20	세계적 수준의 HEV와 비교하여 격차 현저
트랜스미션 기술	40	50	50	기존의 T/M을 개조하여 사용
시뮬레이션 기술	40	10	40	학계를 중심으로 자체 S/W개발

3) 연료전지 자동차

○ 현재 대부분 선진국에 비해 취약해 시스템 및 스택 등 핵심기술에 대한 대규모 투자와 선진업체와의 기술제휴를 통한 기술경쟁력 확보 시급

표 2-44 연료전지자동차 국내 기술수준 비교

(기준 : 선진국=100)

핵심기술 항목	기술수준	전문인력 보유정도	인프라 구축정도	종합적인 기술개발 수준
전극 접합체	30	40	20	30
분리판	40	40	40	40
스택	30	30	30	30
개질기	50	50	50	50
시스템	40	30	30	34

4) 지능형 자동차

○ 일본, 미국 등 자동차 선진국에 비해 기술수준이 취약하나 세계 최고 수준의 국내 IT 기술을 접목할 경우 조기에 경쟁력 확보 가능

표 2-45 지능형 자동차 국내 기술수준 비교

(기준 : 선진국=100)

구 분	부품설계능력	생산설비수준	생산기술수준	품질경쟁력	종합
지능형 차량	25	90	90	60	66

(5) 전망

○ 미래의 자동차는 인공지능을 갖춘 각종 장치를 갖추고 '스스로 길을 찾아가는' 거대한 컴퓨터 자동차로 변모해 나갈 것이다. 안개, 폭우 등 악천후에도 자동차 내부에 마련된 모니터를 통해 목적지를 안전하게 찾을 수 있고 운전자는 전후방 거리감지 레이더를 통해 주위 자동차의 정보를 모니터로 확인할 수 있을 것이다.

○ 악천후, 기상재해나 교통사고, 노면잡물 등 미상의 도로교통 유고상황을 자동차 스스로 감지하여 위험상황을 회피하거나 외부로부터 근거리 도로상황 정보를 받아 위험상황에 빠지지 않도록 제어하는 시스템 개발도 곧 이루어질 것이다.

○ 네비게이션 시스템으로 위성정보를 받아 자신의 차의 위치와 가장 빠른 도로정보를 받게 되고 응급상황 발생 때는 관제센터와 음성으로 연결되어 도움을 청할 수도 있게 될 것이다.

○ 지능형 자동차는 세계 각국에서 추진하고 있는 인공지능 도로교통망(ITS) 구축과 함께 도로상의 교통정보를 실시간으로 자동차에 제공하는 자동차 정보 및 통신 시스템을 이용하여 목적지까지 최적의 도로를 선택해 소요시간을 단축시키고 교통흐름을 분산시켜 정체현상을 해소해 줄 것이다. 이것은 궁극적으로 지능화된 자동차의 무인운전도 가능케 해 줄 것이다.

○ 운전자의 실수로 인한 충돌사고를 사전에 감지해 자동차의 속도를 자동으로 줄여주고 도로 상태에 따라 노면센서가 제어수치를 자동으로 조절해주며 횡풍 등을 점검해 자동차의 조향각을 맞춰주는 등 운전자의 지각과 운전능력으로 대처하기 힘든 위험상황에서 자동차에 설치된 지능화된 시스템이 작용해 사고를 막아주는 차세대 지능형 안전자동차가 보편화될 전망이다.

○ 현재 우리나라의 미래형자동차 기술개발 대부분의 분야에서 선진국에 비해 취약하나, 기본 엔진개발 기술을 확보하고 있어 축전지, 차량제어 등 핵심적인 기술에 본격적인 투자가 이루어지고 세계 최고수준의 국내 IT 기술을 접목할 경우 조기에 경쟁력 확보가 가능할 것으로 전망된다.

2.1.3 통신분야

통신분야 기술은 "스마트하이웨이 사업"을 추진하는데 있어 필요한 각종 정보의 수집 및 제공을 위한 기본기술로서, 첨단도로 및 첨단차량의 구성을 가능하게 하고, 도로 및 교통시설의 효율적인 운영관리, 안전하고 편리한 통행 등 교통체계의 효율성을 높이기 위해 적용되는 ITS(지능형교통시스템) 구현의 핵심 기반기술이라 할 수 있다.

(1) 단거리 무선통신

단거리 무선통신기술(Short Range Wireless)은 제한된 장소에서 기기간 무선 연결 및 통신서비스가 가능하도록 하는 기술이다. 시스템을 도로변에 설치하여 자동차에 탑재한 단말장치와 수십미터의 거리에서 양방향 무선통신을 통하여 다량의 정보를 순간적으로 교환하며, 협소한 지역에서 각 지역에서 주파수의 재사용 및 사용자 차량과 관련된 지역정보나 일기정보 등 각종 정보의 제공이 가능한 기술이다.

1) RFID(Radio Frequency Identification)

RFID(Radio Frequency Identification)는 무선라디오 주파수를 이용하여 사물을 인식, 추적, 통제할 수 있는 기반을 제공하는 기술로서, 사람의 작업을 요하지 않고도 RFID 리더와 태그를 통해 사물의 이동정보를 포착하여 관련 시스템으로 전달할 수 있는 기술이다.

RFID는 현재의 바코드를 대체시키고 산업구조와 생활을 변화시키는 유비쿼터스 사회의 상징기술로서, 적용하고자 하는 대상의 속성 및 인프라에 따라 적용할 주파수 대역을 선정해야 하며, 가장 많이 사용하는 물류, 생산 분야에서는 900MHz와 13.56KHz가 주로 사용되고 있다.

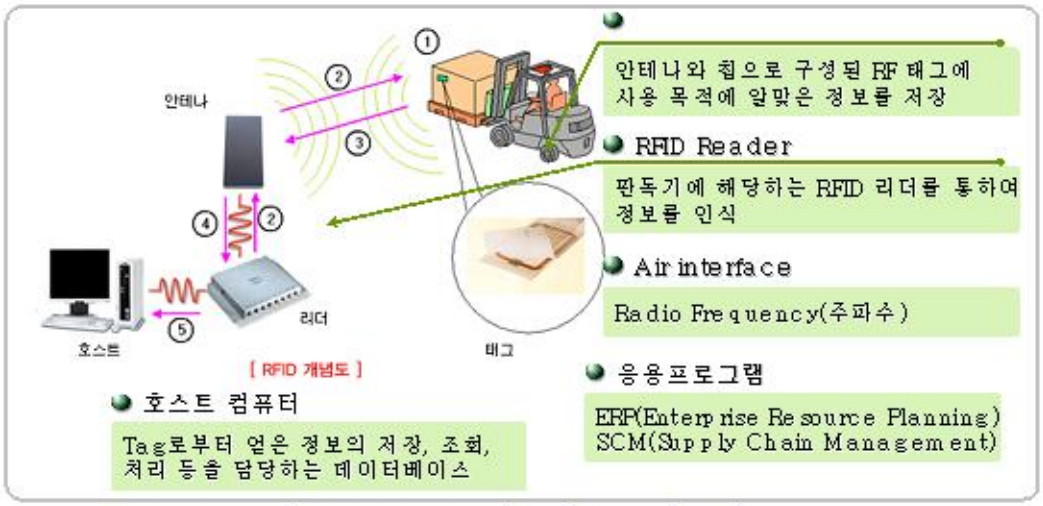


그림 2-141 RFID 시스템 흐름 및 구성요소

① 국내 구축 및 서비스 현황

(가) 국내에서는 2004년부터 정부에서 원자재공급 등 공급망 운영과 제품의 소급성(traceability)과 관련된 시범사업에 RFID 시스템을 적용하여 수행 중에 있다.

표 2-46 국내 RFID 시범사업 추진현황

과 제 명	시범기관	사 업 개 요	소요액 (억원)
물품관리시스템	조달청	효율적인 국가자산관리를 위해 RFID 시스템을 이용하여 물품등록, 온라인 관리를 수행할 수 있는 시스템 구축	5.2
국방 탄약관리 시스템 구축	국방부	국방탄약관리에 RFID를 도입하여 현행 수작업 방식의 탄약관리 업무를 자동화 및 과학적 관리가 가능한 시스템 구축	5.7
수출입 국가물류 인프라 지원사업	산자부	자동차부품 제조사의 해외공장 부품 공급을 위해 각 물류거점에 RFID를 설치하고 정보의 실시간 공유 등이 가능한 시스템 구축	6.6
수입쇠고기추적 서비스 체계 구축	국립수의과학 검역원	수입쇠고기에 RFID를 부착하여 수입부터 판매에 이르는 검역, 유통과정을 관리하고 원산지 및 검역정보를 제공하는 RFID 시스템 구축	5.9
항공수하물 추적 통제시스템구축	한국공항공사	김포-제주 등 구간에 현재 바코드 기반 Baggage 태그에 RFID를 도입하여 수하물 분실/분류 오류 등을 방지하여 고객서비스 향상	6.9

(나) 2005년에는 우선적으로 글로벌 활용이 예상되는 항만 및 무역 분야에서 시범사업을 수행(해양수산부의 항만물류 효율화 사업 등)하였고, 특히 RFID 시스템의 활용으로 가축관리, 교통요금, 통행료, 우편 서비스 등에 적용하였다.

그림 2-142 국내 RFID 응용서비스 분야 및 현황

② 국외 구축 및 서비스 현황

(가) 일본은 ITS 관련 기술개발 및 표준을 민간이 주도하는 특성이 있으며 이런 특성으로 자동차업계에서 RFID의 기술개발을 주도하고 있다. 유럽의 경우 RFID를 각종 교통통제 수단 및 운송정보, ETCS (Electronic Toll Collection System) 등으로 발전시켜 적용하고 있다.

(나) 일본의 도요다 자동차는 미래 도요다 자동차에 장착될 "RFID tag을 이용한 응용" 에서 고속으로 읽고 쓸 수 있는 ID tag을 개발하였고, 이 고속 ID tag는 2,450MHz 주파수를 사용하여 개발하였다.

(다) 유럽의 RFID는 화물운송을 위한 교통통제 수단으로 활용되어 부품운송(Parts Delivery Traffic)관리 및 차량운송의 입출관리, 자동요금징수(Electronic Toll Collection System), 통행시간산출(Traveling Time Measurement System) 등에 적용하고 있다.

(라) 화물운송을 위한 교통통제 응용분야에서는 게이트에 있는 길 쪽에 붙은 안테나는 게이트 이름과 들어간 시간을 ID tag에 쓰고 차량 ID, 회사 이름, 운반숫자를 ID tag로부터 읽으며, 제어시스템은 20~30km/h 속도의 트럭에 100바이트 정보를 전송하고 트럭의 출발시각 및 도착 시간을 기록한다.

(마) 입출고관리시스템(Gate Access Control System)은 신차 출고지로 들어오고 나가는 차량 운반차의 움직임을 관리하는 시스템으로, 차량이 정문을 통과시 ID tag 정보를 읽기 위하여 잠시 동안 정지하고, 이 때 ID tag에는 차량ID, 회사이름, 승인번호, 만기정보 등을 저장한다.

(바) ETCS(Electronic Toll Collection System)에서는 ID tag 기술을 이용해 전자요금징수시스템을 개발하여, 차량에는 ID tag, IC card, 글씨가 표시되는 IC read/writer 등이 설치되며, ID tag는 안쪽 거울에 설치, 저장된 정보와 수신되는 간단한 메세지를 보여주거나, 음성합성기능을 이용 글씨를 음성으로 제공하고, 이를 시속 140km/h 주행시 확인이 가능하다.

③ 전망 및 기술동향

(가) 전 세계적으로 태그의 표준으로 사용중인 프로토콜은 현재 약 120여종에 달하며, RFID 표준은 ISO와 IEC에서 수행중이며, ISO/JEC/JTC1 /SD31/WG4 에서 통신프로토콜 표준을 개발 중이나 데이터 내용, 구조, 태그와 리더기의 실제 활용을 위한 표준은 다루고 있지 않다.

(나) 다양한 RFID 표준이 활성화되지 않는 이유는 다양한 RFID 표준으로 인하여 상호 호환을 방해할 수 있으며, 기술 응용 개발자들에게 상호 호환이 될 수 없는 표준의 선택을 강요함으로써 기술개발과 기대이익을 저하시킬 수 있으며 특히, 자국의 시장을 보호하기 위해 기술적인 이점이나 상호 호환성 이외의 다른 이유로 특정 표준을 의무화하려는 국가나 기관에 의해 표준이 부정적으로 활용될 수도 있어 RFID기술은 전 세계의 업계, 정부, 생산자 및 사용자로부터 많은 관심을 받고 있지만 실용화는 지연되고 있는 실정이다.

(다) RFID를 글로벌 시장에서 활용하기 위해서는 태그와 리더기의 상호 호환성이 절대적이지만 국가별 기술 및 규정에 따라야만 한다. 그럼에도 RFID 기술이 최근에 부각되고 각광받는 이유는 첫째, 높은 가격의 장비와 Tag 가격이 점점 낮아지고 있는 추세이며, 둘째로는 UHF (Ultra High Frequency)의 RFID 시스템 기술이 공급 사슬망(Supply Chain) 관리에서 필요로 하는 Read Range를 만족한다는 점, 셋째로는 기업간의 정보공유를 위한 EPC Global Network의 개발, RFID Standard 정립 등의 노력으로 보다 효율적인 공급 사슬망 관리시스템 구축이 용이해 졌으며, 마지막으로 유비쿼터스 인터넷의 발전으로 RFID 시스템 구축을 위한 네트워크 인프라의 제공이라고 볼 수 있다.

그림 2-143 향후 RFID 기술전망

(라) 국가별 RFID 활용계획을 살펴보면, 중국은 공급망 운영에 덧붙여, 교통, 상거래, 개인 식별, 의료 응용분야에 활용할 계획이며, 일본은 유비쿼터스 네트워크 사회를 도모하기 위한 "u-Japan"정책을 발표하고 현재 미국과 EU처럼 135KHz, 13.56MHz, 2.45GHz에서 RFID 운영을 허용하였다. 대만은 RFID 시장 경쟁력을 가지고 있으나 표준화가 결여되고, 높은 가격, 복잡성 등으로 인해 RFID 활용이 부진하나, 대만 정부에서 매년 250만불에서 3백만불의 평균 예산으로 RFID 하드웨어 및 응용기술 개발 4개년 계획(2004~2007)을 공포하고 추진 중에 있다.

(마) 또한 유럽의 경우 미국보다 빠르게 RFID 기술을 채택하여, 2005년 1월 RFID 기술 관련한 데이터 보호문제에 대한 작업 문서를 발표하고, 'Metro'는 미국 Intermac사가 생산한 태그와 리더기를 사용하여 완벽한 RFID 실행을 공포하였다.

(바) 미국에서 RFID는 공급망관리(SCM)에서 실시간 제품추적, 노동비용 감소, 위조방지 보안, 배포 등의 이점으로 선적 수신 및 취급활동의 개선을 통해 효과를 거두고 있으며, 기술의 개발 및 사업화에 있어 업계의 지적 재산권 보안, 유지, 보호가 중요함을 인식하고 특허 및 표준화를 체계적으로 관리·추진하고 있다.

그림 2-144 향후 RFID 산업적용 전망

(사) RFID는 전원공급이 단말의 자체적인 제공인지 또는 수신하는 전파 신호를 통한 것인가에 따라 반송파 주파수 대역폭을 달리할 수 있으며 전송할 수 있는 데이터의 크기가 결정되고 데이터 전송 거리도 달라진다. 이에 대한 분류로 능동형과 수동형으로 분류하고 분류에 따라 제공할 수 있는 서비스 또한 달라진다.

(아) 전송거리와 전송이득을 위해 ITS에서는 전자파 통신매체를 통해 5.8GHz대의 마이크로파 RFID 카드시스템인 자동요금징수시스템에 활용하고 있다. 마이크로파 대역은 외래 잡음(인구, 자연 잡음)이 적고 통신품질이 좋은 대역을 사용할 수 있으며, 고속 통신이 가능하고 1m 정도의 범위에서는 마이크로파 전력 전송 기술을 이용하여 카드의 무전지화가 가능하다.

(자) 향후 RFID는 더 빠르고, 더 많은 데이터의 전송을 통한 다양한 부가 서비스를 구현하기 위해 마이크로파 대역(3~15GHz)이 활성화될 것으로 예상되고, 마이크로파 대역에 대한 기술 개발과 이를 바탕으로 서비스 개발이 필요하다.

2) Beacon

Beacon의 통신방식은 차량 단말기와 노변 기지국간 무선 데이터 통신을 함에 있어 통신셀 크기가 500m 이내이고 주파수 대역은 200MHz 대역을 사용하며 최대 데이터 전송속도는 10kbps 이하인 무선 통신방식이다.

① 국내 구축 및 서비스 현황

국내의 서비스는 ROTIS社와 지자체의 각종 ITS사업에서 주로 구축되어 활용되고 있다.

(가) ROTIS(Road Traffic Information System)는 LGI(LG 교통정보)에서 개발한 것으로 교통정보 수집 및 가공을 통한 교통 데이터를 제공하기 위해 개발되었다. 현재 Probe Car 5,000대에 설치되어 있으며 노변 기지국은 서울권 지역내 12,000여 곳에 설치되어, 노변 기지국과 센터간 전용선으로 망구성이 되어 있다. 센터에서는 Probe Car의 위치를 파악할 수 있을 뿐만 아니라 시간별, 도로별로 도로 교통상태를 파악할 수 있으므로 교통 방송과 관리에 활용이 가능하고 이러한 교통 데이터 정보를 장기간 수집하고 가공하게 되면 교통통계 자료로도 활용이 가능하다.

(나) 지자체 ITS사업에서는 ITS에서 활용하는 데이터 통신방식 중 한가지로 사용되고 있으며, 서울 교통정보시스템, 부천, 안산, 과천BIS, 용인 BIS(Bus Information Systems) 시범사업 등 여러 지자체에서 실시한 BIS 사업에 Beacon을 이용하여, 정보 수집 뿐 아니라 제공에 사용하고 있다.

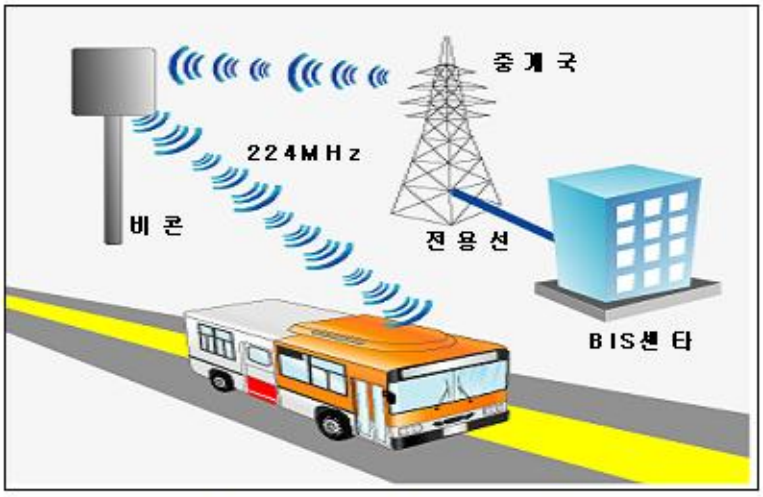


그림 2-145 BIS의 Beacon 구성도

② 국외 구축 및 서비스 현황

(가) 일본은 1980년대 중반부터 정부와 기업이 공동으로 Beacon을 이용한 RACS(Road Automobil Communication Systems)와 AMTISC(Advanced Mobile Traffic Information and Communication System)을 추진하였다.

(나) RACS는 Beacon을 이용한 통행경로유도시스템을 개발하는 노상 Beacon, 차량 및 도로간 통신 실용화에 목적을 둔 체계이며, AMTICS는 차내 자동통행경로 안내장치(Navigation)에 도로와 차량의 현재 위치를 나타내고, 교통관제센터로부터 교통정보를 텔레터미널을 통해 제공받아 운전자에게 직접 알려 주는 체계이다. 이들 프로그램은 차량 자동항법장치와 도로 등 제반시설간의 통신과 교통흐름의 원활한 제어에 중점을 두고 있다.

③ 전망 및 기술동향

(가) Beacon은 초기 ITS 구축시 비교적 검증된 기술과 저렴한 현장장비의 투자비용으로 인해 교통정보수집 및 버스의 AVL(Automatic Vehicle Location) 시스템에서 각광을 받았다. Beacon의 통신방식은 차량단말기와 기지국간 양방향 통신이 가능하나 여러 개의 차량 단말기가 같은 기지국의 통신영역인 셀에 위치할 때 다중접속을 지원하지 않아 셀 내에 두 개 이상의 차량단말기가 동시에 중계기에 접속할 수 없다는 단점이 있다.

(나) 그리하여 고속 광대역 무선통신기술의 급속한 발전과 Beacon의 초기 인프라 구축 후 사용용도가 위치정보 수집에 국한되어 응용도가 떨어지는 이유로 ITS에 있어서의 위상이 떨어지는 추세이다.

3) DSRC(Dedicated Short Range Communication)

DSRC(Dedicated Short Range Communication)는 ITS의 전자지불처리 및 교통정보수집/제공시스템의 용도에 특화된 단거리무선통신 또는 한정구간 무선통신으로 RFID와 같이 수동형과 능동형으로 나눌 수 있다.

수동형 DSRC는 차량 단말기와 노변 기지국의 통신 셀 크기가 10m 이내이며 주파수 대역은 5.8GHz 대역을 사용한다. 최대 데이터 전송속도는 중계기에서 차량단말로 데이터를 전송하는 하향링크가 500kbps이고, 차량단말에서 중계기로 데이터를 전송하는 상향링크는 250kbps이다. 중계기가 차량단말기로 데이터를 전송하면 차량단말기는 데이터를 수신하는 동안 중계기로 데이터를 전송할 수 없는 반이중 방식이며 주파수 재사용을 위해서는 노변 기지국간 거리가 260m 이상이 확보되어야 한다.

능동형 DSRC는 차량 단말기와 노변 기지국의 통신 셀 크기가 100m 이내이고 주파수 대역은 5.8GHz 대역을 사용하며, 최대 데이터 전송속도는 상, 하향 링크 모두가 1Mbps이다. 주파수 재사용을 위한 노변 기지국간 거리가 60m 이상이며, 수동형 DSRC에 비해 셀의 크기가 크고 주파수 재사용 특성이 우수하다.

표 2-47 DSRC 통신 방식에 따른 특징

항 목	수동형 DSRC	능동형 DSRC
주파수대역	5.8GHz	5.8GHz
셀 크 기	10m	100m
대 역 폭	5MHz	10 MHz
변조방식	하향 : ASK 상향 : DPSK	ASK
전송속도	하향 : 500 kbps 상향 : 250 kbps	1 Mbps
프로토콜	HDLC	Slotted ALOHA

① 국내 구축 및 서비스 현황

(가) 국내에서 DSRC 기술을 응용한 대표적인 사례는 한국도로공사의 ETCS인 Hi-Pass와 대전광역시 ITS, 전주 BIS 등이 있다.

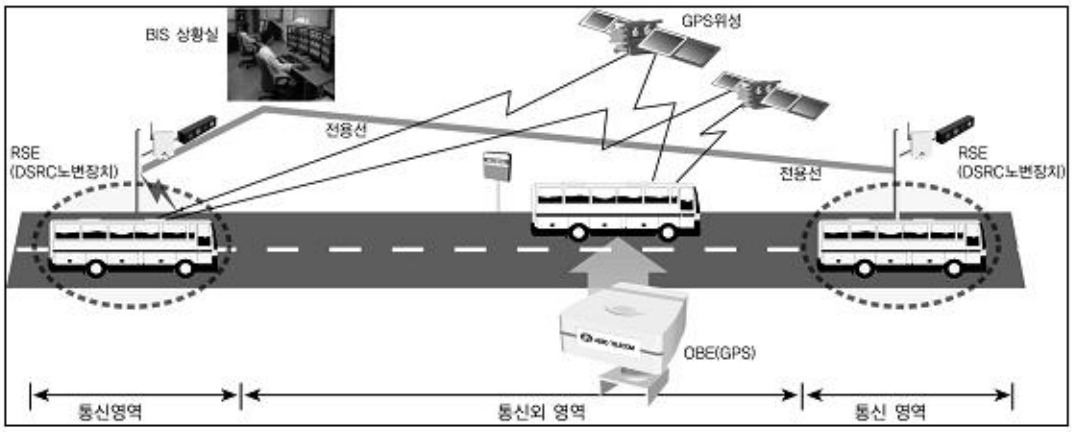


그림 2-146 전주 및 대전시 BIS시스템에 적용된 DSRC 기반의 AVL

(나) 한국도로공사의 ETCS는 2000년 삼성 SDS에서 이태리 방식을 사용한 수동형 DSRC를 도입하였으며, 차량단말기와 노변에 설치되는 차량식별 및 차종분류장치와 과금처리 장치로 구성된다. 차량단말기는 OBE와 스마트카드로 구성되며 OBE는 노변기지국과의 통신 기능을 담당하고 스마트카드는 과금정보와 인증 알고리즘, 키 정보를 보관한다.

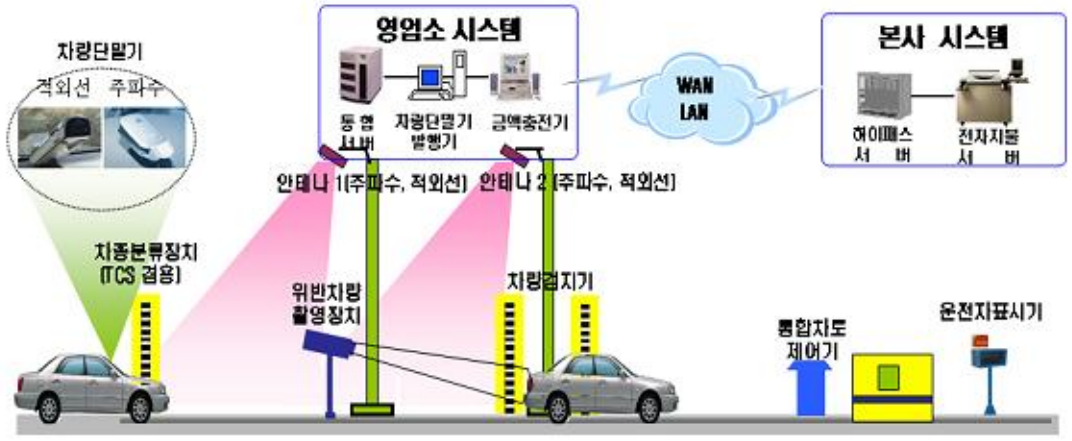


그림 2-147 DSRC를 이용한 한국도로공사 하이패스 시스템 구성도

② 국외 구축 및 서비스 현황

세계 각국의 DSRC 물리계층 현황은 다음과 같다.

표 2-48 세계 각국의 DSRC 물리계층 현황

항 목	유 럽	미 국	일 본
주파수 할당기구	ERC/CEPT	FCC	MPT
주파수(GHz)	5.795~5.805 5.805~5.815	902~928 MHz 5.850~5.925	DL : 5.79~5.81 UL : 5.83~5.85
최대하향 EIRP	≤+33 dBm	≤+44.77 dBm	≤+22 dBm(Class1) ≤+44.77 dBm(Class2)
최대상향 EIRP	≤-24 dBm	≤-10 dBm	≤+22 dBm
비트율 하향	500kbps (MDR 기본)	500kbps	1Mbps
비트율 상향	250kbps (MDR 기본)	500kbps	1Mbps

(가) 미국은 다양한 시스템에 공통적으로 적용될 수 있는 유연하고 효율적인 DSRC 아키텍쳐의 정의를 일차 목표로 하고, ITS America 및 운수성을 중심으로 각종 시범 프로젝트를 추진 중에 있으며, ASTM(미국재료시험협회 : American Society for Testing and Materials)에서 Active/Passive방식의 수용을 협의 중이다.

(나) 현재 주파수는 902~928MHz(5.870~5.925MHz는 향후 개발 목표로 함)이며, 2006년 기준으로 1,600만대의 단말기 시장(mark IV(능동방식), Amtech(수동방식), TI, AT/Comm, Intellitag)을 형성하였으며, 새로 개발되는 Phisical Layer는 능동방식이 유력하며 데이터링크 계층의 표준 문제는 ASTM V7을 개정하여 새로운 북미 표준으로 제정하였다.

(다) 일본의 경우는 차량용 항법시스템 등 상용화에 가장 앞서 있으며, VERTIS를 구성하여 9개 서비스 분야에 20개의 사용자 서비스를 정의하였다. DSRC 용으로 일본주파수(400MHz)에 5.790~5.810(down link), 5.830~5.850(up link)을 사용하고 있다.

(라) 유럽은 유럽 연합 집행위원회 주도의 기초 연구 및 표준화, 파일럿 프로젝트 등이 추진 중에 있으며, CEN에서 표준화에 선도적 역할을 하고 있으며 자동차 회사들을 중심으로 최초 연구 개발 프로젝트(Prometheus)를 추진 중이다. 수동방식을 중심으로 주파수대는 5,795~5,815MHz를 사용하고 있다.

③ 전망 및 기술동향

(가) 각국의 ITS 시스템에 대한 강력한 도입 요구에 힘입어 1992년부터 DSRC에 대한 국제 표준화 기구인 ISO/TC-204 WG-15에서 활발히 다루어졌으며, 국가별, 지역별 표준화가 별도로 진행되어 왔다. 한 예로, 유럽의 CEN은 유럽 지역 내에서의 표준화를 완료하였으며, CEN과 ISO와의 협정에서 승인된 것을 바로 ISO에 상정할 수 있다. 이를 이용하여 CEN(수동형)방식의 규격으로 ISO의 표준화를 주도하여 추진하였으나, 미국, 캐나다, 일본 등 능동방식을 채택하는 회원국들의 강력한 반대에 부딛혀 ISO 표준으로의 채택이 무산된 상태이다.

(나) 미국은 5.8GHz 대역의 사용을 위해 주파수의 할당은 하였으나, 우선적으로 900MHz 대역의 기존 시스템을 수용하는 형태로, 능동 및 수동방식이 동시에 제공될 수 있는 규격으로의 표준화를 추진하고 있다.

(다) 일본은 능동방식을 강력히 주장하는 그룹으로서 ETC 서비스뿐만 아니라 일반적인 DSRC 서비스도 수용할 수 있도록 데이터 전송률 및 매체접속제어 기능을 강화한 규격을 제안하였으며, 일본 자체 내에서는 국가표준으로 채택한 상태이다.

(라) 유럽이나 일본에서는 다양한 DSRC 서비스 중에서 현행 서비스 도입을 고려하고 있는 ETC 서비스 개발을 시작으로 Bottom-Up 접근방식을 취함으로써, 통합 아키텍쳐 없이 개별적으로 개발하여 기술적 연동성 및 호환성 문제에 부딪치게 되었다. 정부 부처간의 갈등이나 마찰이 발생하여 조기 표준화를 필요로 하였으며, 반면 미국은 DSRC 개발의 후발 주자로서 전 미국에 적용될 통합 아키텍쳐를 개발하는 연구를 중심으로 Top-down 방식을 채택하고 있다.

(마) 비교적 뒤에 관심을 가지게 된 우리나라도 후발 주자의 장점을 살릴 수 있으며 우리나라의 교통현실에 맞는 범부처적인 Top-down 접근 방식이 적합할 것으로 예측된다.

(바) 우리나라의 경우 정보통신 표준화 단체인 TTA에서 일부 수동방식 ETC의 표준화를 검토하였으나, 향후 ITS 서비스와 관련하여 공공적인 측면과 능동형 DSRC 서비스와의 상호 연동성 등으로 단일화를 위한 검토 중에 있으며, 현재 미국과 일본에서 활발히 진행 중인 능동형 DSRC의 연구를 통해 수동형 DSRC의 단점을 극복하고 기존의 수동형 DSRC와의 상호 연동 및 멀티 서비스, 멀티 통신매체를 실현하는 연구와 이를 기반으로 다양한 서비스 개발이 수행되어야 한다.

(사) 이외에 유럽을 중심으로 멀티서비스, 멀티어플리케이션을 위해, ISO TC204 WG-16에서 CALM(Continuous Air Interfaces-Long and Medium ranges)의 표준화가 활발히 진행 중에 있다. 세계적인 통신 인프라를 구축한 우리나라에서도 실제 이러한 서비스를 적용할 수 있는 기술 및 표준의 선도적 역할을 하기 위해 기존 통신 인프라와의 상호 호환성 등에 대한 연구가 시작단계에 있다.

(2) 중장거리 통신

1) TRS(주파수공용통신시스템 : Trunked Radio System)

TRS(주파수공용통신시스템 : Trunked Radio System)는 다수의 이용자가 복수의 무선 채널을 일정한 제어하에 공동 이용하는 이동통신 시스템이다. 주파수 자원과 통신 범위가 넓은 하나의 제어국(중계국)을 공동 이용하는 통신망이라는 의미에서 자원 공유망(resource sharing network)이라고도 하고, 무선 간선이라는 의미에서 트렁크(trunk)라고 하며, TRS는 본래 음성용이지만 데이터 전송이나 팩스 통신도 가능하다.

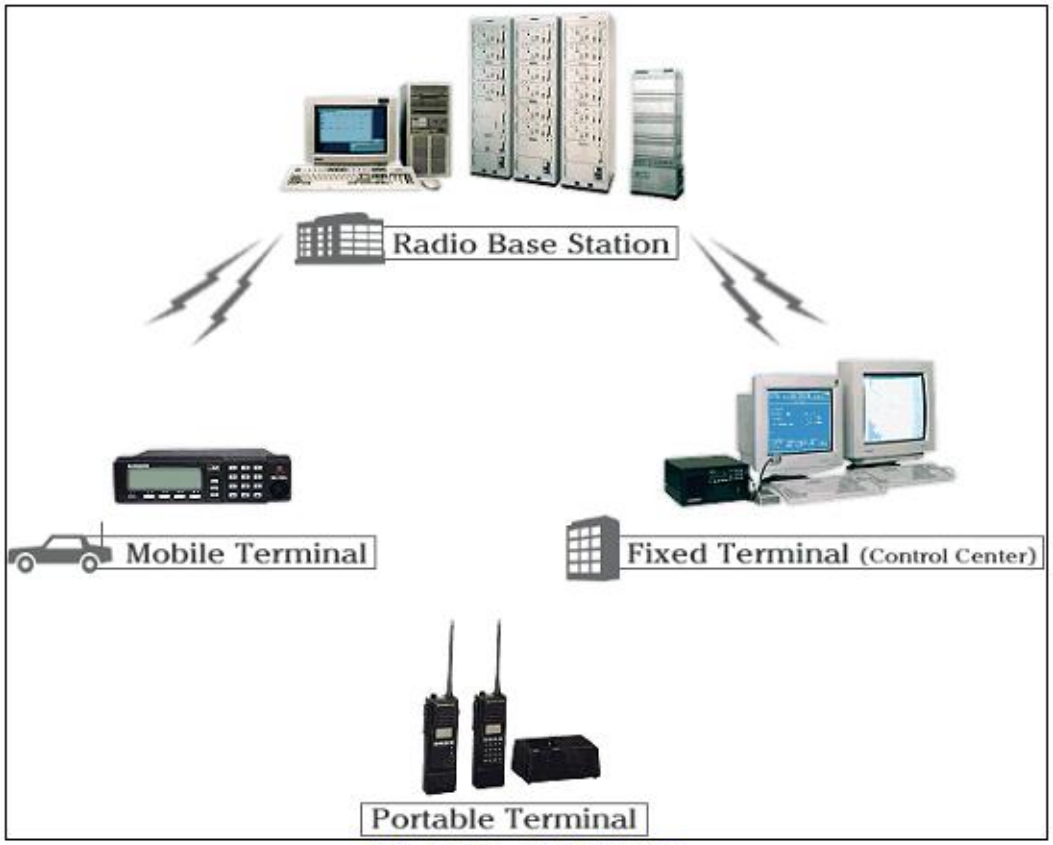


그림 2-148 TRS 구성도

① 국내 구축 및 서비스 현황

(가) 국내에서는 경찰, 검찰, 한국 전력, 교통 방송 등이 800MHz대의 주파수를 할당받아 자가 업무용 또는 사설 무선 통신 시스템으로 TRS를 운용하고 있으며, 일반 기업체 등의 업무용 TRS 서비스는 (주)한국 TRS에서 단독 제공하였으나 1996년 신규 사업 면허를 받은 TRS 사업자들이 전국 또는 지역 단위의 TRS 서비스를 제공하고 있다.

(나) 공공기관에서는 부산, 대전, 대구, 광주를 비롯한 4대 지방 경찰청이 디지털 TRS 시스템을 구축했고, 인천과 경기 경찰청도 디지털 방식으로 전환, 시스템 확장을 추진하고 있으며, 정부에서는 행정자치부 산하 소방방재청이 대규모 또는 국지적 재난예방을 위해 테트라(TETRA) 방식의 디지털 TRS를 채택, 국가통합지휘무선통신망 시범사업을 진행 중이다. 이밖에도 대기업들 또한 자가망으로 TRS 시스템을 구축해 보다 효율적인 커뮤니케이션 시스템을 운영할 뜻을 밝히고 있다.

(다) 국내에서 통신의 신뢰성·안정성·보안성·통보성에 목표를 두고 2003년 10월 유럽전기통신표준협회(ETSI)의 무선통신 표준인 테트라(TETRA)를 국가통합지휘 무선통신망 기술로 결정하였으며, 이 방식은 지난해 4월 한국통신기술협회(TTA)에서 국내표준으로 결정되었으며 현재 추가 문제점에 대한 기술 검토 작업이 진행 중에 있다.

(라) 디지털 TRS 시스템은 아날로그 TRS 시스템이 갖는 데이터 서비스 전송 한계, 장비간 호환 한계, 주파수 효율 저하, 보안 불안정을 개선해 단말기 한대로 음성과 데이터 통신서비스를 제공하고 단문 메시지까지 전송할 수 있다. 작년에 출시된 TRS 단말기의 경우, 위치 추적 GPS 기능도 가능하다. 현재까지 상용화된 디지털 TRS 중 국내에서는 주로 경찰청이 채택한 테트라(TETRA: Terrestrial Trunked Radio) 방식과 공중망인 아이덴 (iDEN: Integrated Digital Enhanced Network) 방식이 활용되고 있으며, 디지털 TRS 테트라 방식은 대구지하철, 부산지하철, 한국고속철도건설공단에 구축되어 있는데 대구지하철 1호선에 구축된 디지털 TRS 시스템은 기관사, 역무원, 승무원간 3자 통화가 가능해 폭넓은 기술 활용성을 선보이고 있다. 테트라 방식은 개방형 규격으로 경쟁력 있는 가격을 제공하며, 부가 서비스 및 다양한 애플리케이션 개발이 용이한 특징을 가지고 있다. 다른 테트라 단말기간, 네트워크 간 호환성을 지원하고 테트라 기술을 공유하기 위해 설립된 TETRA MoU 협회의 회원은 이미 100개사를 넘어선 상태이다.

② 국외 구축 및 서비스 현황

○ 디지털 TRS 테트라 방식은 대형 재난이나 테러 등에 신속히 대응하기 위한 일원화된 무선망 구축에 채택되는데, 해외에서는 영국, 독일, 네덜란드, 스페인, 핀란드 등 선진국에서 그 효용성을 인정, 운영 중이며, 영국의 경우 지난 2000년부터 5년간에 걸쳐 경찰 등 8개 공공기관에서 통합무선망을 구축, 2005년 '7·7 테러' 발생 시 킹스크로스 광장으로 곧장 출동한 신속한 초동 대응으로 전 세계의 관심을 집중시켰다.

③ 전망 및 기술동향

(가) 2005년 4월 한국정보통신기술협회에서 공공안전 및 재난구조를 위한 국가통합지휘 무선통신망인 한국형 디지털 TRS 시스템 표준을 9개월간의 표준화 작업을 거쳐 표준총회에서 최종 확정되었고, 당시 제정된 한국형 디지털 TRS(TETRA) 표준은 총 77건으로, TRS 시스템 구성에 필수적인 '한국형 디지털 TRS(TETRA) 기본표준'이 한글 규격으로 개발되었다.

(나) 제정된 표준에는 테트라의 핵심 기술인 한국형 디지털 TRS 무선 인터페이스, 한국형 디지털 TRS 네트워크, 한국형 디지털 TRS 종단간 암호화를 위한 동기화 메커니즘 등의 표준을 영문규격과 함께 한글로 작성하였다.

(다) 테트라 표준연구실무그룹인 PG105에서는 멀티밴더 단말기간의 상호 호환성을 보장하는 단말기의 IOP(Interoperability) 프로파일 및 멀티밴더 교환기간의 호환성을 보장하는 ISI(Inter System Interface) 프로파일의 표준화 작업이 진행 중에 있다.

2) 무선데이터

정식 명칭은 전용 패킷망 무선데이터 통신으로 무선망을 이용하여 휴대용 단말기(노트북 PC, HPC, PDA 등)가 있으면 언제 어디서나 거리나 장소의 제약 없이 양방향 통신이 가능한 차세대형 통신서비스로 기존의 유선망을 활용해 휴대용 단말기와 중계 호스트 사이의 통신을 무선으로 통신하여 기존의 유선 통신과 동일한 방식으로 인터넷을 사용할 수 있게 하는 통신서비스이다. 최근에는 ITS시스템의 BIS, 방송형 교통정보 서비스 등의 데이터 통신분야에서 주목을 받고 있다.

무선데이터 통신의 전송속도는 9600bps이며 주파수 대역은 Inbound(단말에서 호스트)는 898~900MHz, Outbound(호스트에서 단말기)는 938~940MHz를 사용하여 송수신에서 주파수 대역을 달리 사용하고 있다.

① 국내 구축 및 서비스 현황

(가) 무선데이터 통신 서비스는 예전 무선호출기 사업을 전신으로 하고 있는 서비스로서, 현재 서울, 의정부, 남양주, 구리, 하남, 성남, 군포, 수원, 용인, 안양, 일산, 시흥, 고양, 인천, 부천, 대전, 대구, 구미, 경산, 광주 등에서 서비스가 가능하다.

(나) 현재 주로 증권거래, 무선 팩스, 교통정보 제공서비스 등 일반인들을 위한 서비스와 물류, 보안시스템 순찰자, 원격점검 등의 기업과 특수 환경에 대한 서비스로 분류된다.

(다) 최근에는 서울 BMS(Bus Management Systems)와 안양 BIS(Bus Information Systems) 구축 시 데이터 통신망으로 선정되어 ITS 분야에서의 활용도가 높아지고 있다.

그림 2-149 무선데이터 통신망의 장점

② 국외 구축 및 서비스 현황

미국의 모토로라사와 스웨덴의 에릭손사가 개발한 방식이 주로 사용되고 있으며, 현재 미국, 캐나다, 영국, 브라질 등 전 세계 23개국에서 우리나라와 비슷한 용도로 사용되고 있다.

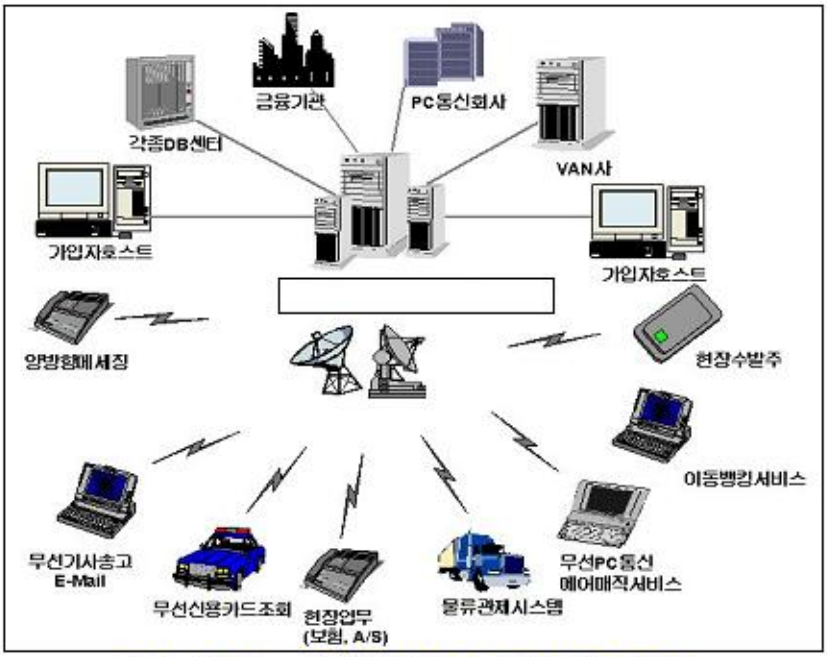


그림 2-150 무선데이터 통신망의 활용분야

③ 전망 및 기술동향

(가) 무선데이터 통신망은 안정성, 확장성, 보안성이 검증된 기술로 향후 일 대 다통신에 있어서 활용성이 부각되고 있다. 패킷스위치 방식의 전용데이터 망으로서 통신을 위해 CDMA망에는 필수적으로 소요되는 call set-up 절차나 통신이 없을 때에도 계속적인 회선점유가 필요없기 때문에 이용자 입장에서는 불필요한 시간에 대한 요금부담 문제가 없을 뿐 아니라 회선점유가 불필요한 장점이 있다. 다른 패킷스위치 방식의 무선통신에 비해 전송지연이 거의 발생하지 않는 특성을 가지고 있고 브로드캐스팅 기능을 활용할 수 있으며, 통신지연시간이 다른 패킷망에 비해 적은 점으로 ITS 서비스 분야 적용에 많은 장점이 있다.

(나) 현재 우리나라는 정보통신부에서 12.5kHz를 무선데이터통신부분에 배정하여 9600bps의 전송속도에 한계가 있으며, 미국은 무선데이터통신의 고속전송을 위해 25kHz의 주파수 대역을 배정하여 19200bps의 전송속도를 낼 수 있어 활용범위가 넓다. 이에 정부와 민간의 협의를 통해 고속전송 방안을 마련하여야 새로운 서비스로의 발전과 활성화가 이루어질 것으로 여겨진다.

3) IMT-2000

IMT-2000은 흔히들 말하는 CDMA(코드분할다중접속 : Code Division Multiple Access) EV-DO(Evolution Data Only)라고 한다.

CDMA는 Power Control을 통해 기존의 데이터를 Code로 분할하는 CDM을 통해 주파수 낭비와 많은 수의 가입자에게 동시에 서비스할 수 있는 기술이며, 사용자가 시간과 주파수를 공유하면서 신호를 송수신하기 때문에 기존 아날로그 방식(AMPS)보다 수용용량이 10배가 넘고 통화품질도 우수하다. CDMA는 확산대역(spread-spectrum) 기술을 사용한 다중접속방식의 한 종류이다.

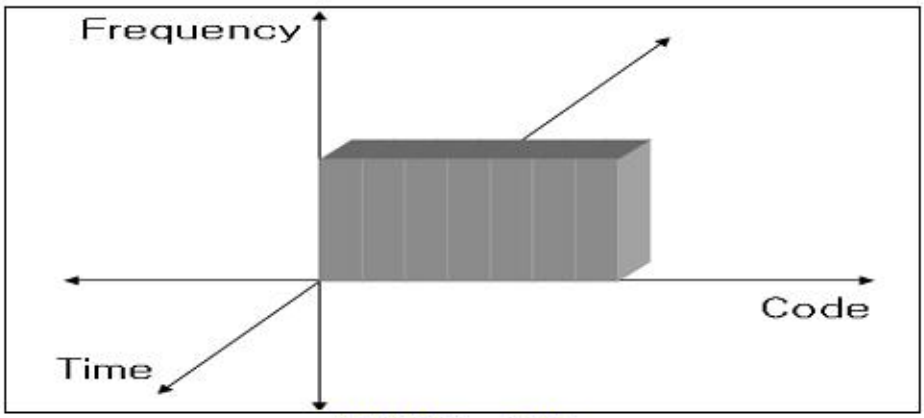


그림 2-151 CDMA

EV-DO는 CDMA의 네트워크 구조를 말하는 것으로 기존의 음성통신을 위한 네트워크와 데이터통신을 위한 네트워크가 하나로 구성되어, 많은 전송상의 비효율을 제거하기 위해 음성통신망과 데이터통신망이 나누어져 데이터 통신망에서는 데이터만 전송하는 네트워크 구조를 의미한다.

① 국내 구축 및 서비스 현황

(가) 구축현황

○ CDMA 1세대는 아날로그 이동통신이라고 불리며, 음성통화만 가능하다. 우리나라는 지난 1984년경 SK텔레콤의 전신인 한국이동통신이 처음으로 아날로그 이동통신 서비스를 상용화하였다. 속도는 10kbps로 데이터 전송은 불가능하며, 사용하는 주파수는 200~900 MHz이다.

○ 1세대에 아날로그란 말을 붙이게 된 것은 음성을 전송하기 위해 사용하는 주파수변조(FM: frequency modulation) 방식이 아날로그이기 때문이며, 디지털방식의 2세대 이동통신이 등장하고, 여기에서는 유럽식 GSM (범유럽이동통신)과 북미식 CDMA(부호분할다중접속) 등으로 기술방식이 다양하다.

○ 국내에서는 지난 1996년 CDMA 방식의 2세대 이동통신 시대가 처음 열렸다고 보는데, 이것은 바로 당시 조그만 벤처기업이었던 퀄컴의 CDMA 기술을 한국이 최초로 상용화 하면서, CDMA가 GSM과 쌍벽을 이루는 이동통신 기술로 발전하는 전기를 마련하였다.

○ CDMA는 한 주파수를 여러 사람이 나누어 사용하는 것으로, 당시 기술의 주류였던 유럽의 GSM 방식에 비교된다. CDMA는 통화품질이 아날로그보다 우수하고 보안성도 높아진 것이 특징이며, 속도가 빠르지는 않지만 이때부터 문자메시지나, 벨소리 다운로드 같은 저속의 데이터 서비스가 가능했으며, 우리나라 CDMA는 어떤 주파수를 사용하느냐에 따라 셀룰러와 PCS(개인휴대통신) 방식으로 나뉘며, 셀룰러는 800 MHz를, PCS는 1.8 GHz 주파수를 사용하고 셀룰러 사업자는 SK텔레콤, PCS사업자는 KTF, LG텔레콤이 해당된다.

○ CDMA 2세대는 음성통화 외에 문자메시지, e메일 등의 데이터 전송이 가능해진 것이 가장 큰 특징이 있으며, 데이터 전송 속도는 9.6 Kbps ~64 Kbps 정도로 지금과 비교하면 상당히 느리지만, 이때부터 정지화상 전송이 가능해졌다.

○ 2세대를 계기로 국내 이동전화 시장이 비약적으로 성장하고 휴대폰 산업도 글로벌 경쟁력을 갖추게 되었다. 2001년에는 IMT2000이란 3세대 이동통신 시대를 맞게 되면서, 휴대폰을 통해 음성, 문자는 물론이고, 무선인터넷을 통해 주문형 비디오, 양방향 통신, MP3 등을 다운로드 받아 보는 시대가 열리게 되었다.

○ IMT2000은 동기식과 비동기식으로 나뉘는데, CDMA에서 계속 진화된 CDMA2000 1x, CDMA2000 1x EV-DO 등을 동기식 IMT2000으로 부른다. 최근 LG텔레콤이 차세대 이동통신으로 준비하고 있는 리비전A는 CDMA2000 1x EV-DO의 진화된 버전으로, 장기적으로 리비전B, 리비전C 등으로 진화할 전망이며, 현재 CDMA2000 1x EV-DO는 2.5세대였으나, 국제전기통신연합(ITU)이 144Kbps~2Mbps의 속도와 동영상을 제공하는 서비스를 3세대로 규정하여 100Mbps의 멀티미디어 전송속도를 가진 CDMA2000 1x EV-DO가 3세대에 속하게 되었다.

(나) 서비스 현황

○ 국내에서는 CDMA 서비스가 2002년부터 시작하여 현재는 SK텔레콤, KTF와 LG텔레콤에서 CDMA2000 1x EV-DO 서비스를 기반으로 음성통화부터 시작하여, 메시징, 각종 멀티미디어 전송 인터넷 접속 등의 다양한 서비스를 제공하고 있다.

○ ITS 및 교통정보 분야에서도 이동통신 사업자가 활발히 참여하고 있으며, 위치기반서비스와 BIS에서 두각을 나타내고 있다.

② 국외 구축 및 서비스 현황

국외의 CDMA는 한국의 세계최초의 상용화 서비스를 시작으로 지속적으로 서비스 국가가 증가되고 있는 추세이며, 서비스 기술과 해당국가의 서비스 개시 시기는 아래 표와 같다.

표 2-49 CDMA 서비스 국가현황

구 분	국가	서비스 개시	국가	서비스 개시	국가	서비스 개시
CDMA 2000 1x	호주	2002.12	미국	2001.07	루마니아	2001.12
	중국	2003.03	캐나다	2002.09	러시아	2002.12
	인도	2002.11	아르헨티나	2003.12	이스라엘	2002.09
	인도네시아	2002.12	브라질	2001.12	나이지리아	2003.03
	일본	2002.04	페루	2003.11	멕시코	2003.01
	뉴질랜드	2002.07	폴란드	2002.11	한국	2000.10
CDMA 2000 1x EV-DO	인도네시아	2003.07	일본	2003.11	미국	2002.10
	브라질	2003.04	타이완	2003.07	한국	2002.01

③ 전망 및 기술동향

(가) CDMA2000 이동통신 표준 개발을 맡고 있는 3GPP2(The Third Generation Partnership Project 2)에서는 중기 진화 전략으로 CDMA2000 E-PDAI(Enhanced Packet Data Air Interface) 요구규격을 준비하고 있으며, Enhanced CDMA2000 Phase2 혹은 1xEv-DO Rev. C로 불리기도 하는 이 기술은 2008년 하반기까지 상용화를 목표로 고속 데이터 서비스 제공을 위한 무선 규격을 정의할 예정이다. 그러나 새로 개발되는 이 시스템이 기존 CDMA2000 시스템과의 호환성을 제공할지의 여부에 관해서는 최근까지도 논란이 되어 오고 있다.

(나) 기존 시스템과의 호환성으로 인해 추후 시작되는 CDMA2000 EV-DO가 3세대에 속하게 되었고, SK텔레콤과 KTF는 3.5세대인 HSDPA에 투자를 활발히 진행하여 추후 4세대 이동통신의 본격적인 서비스는 더욱 늦어질 전망이다. CDMA2000 EV-DO는 음성네트워크와 데이터 네트워크가 나누어져 데이터 송수신에 데이터 네크워크만을 사용하여, 휴대단말기의 연결접속 이전에는 하향으로 데이터의 전송이 불가능하고 음성통화중에는 데이터네트워크를 통한 데이터 송수신이 불가능한 단점이 있다. 또한 데이터통신을 위해 네트워크에 접속하는 시간이 길어 데이터 통신을 위해서는 미리 데이터 네트워크에 접속한 상태에서만 서비스를 이용할 수 있다.

4) Wi-Bro(Wireless-Broadband)

이동하면서도 초고속인터넷을 이용할 수 있는 무선 휴대인터넷으로서 정보통신부·한국정보통신기술협회(TTA)와 이동통신 업체들이 2006년 상용 서비스를 목표로 개발하여 현재 상용화되어 있는 무선 휴대인터넷 서비스이다.

처음엔 고속 데이터 통신 기술을 지칭하는 용어였으나 실제 망의 구축은 무선 랜처럼 사무실과 가정에서 자체적으로 구현되는 것보다 통신업체에 종속된 전국 액세스망으로 될 것이기 때문에 기술 이름보다 서비스 명으로 알려지게 되었다.

① 국내 구축 및 서비스 현황

(가) 국내에서는 2.3GHz 대역을 Wi-Bro 네트워크에 할당하였으며, 무선으로 광대역 액세스를 가능하게 하는 Wi-Bro 네트워크는 60km/h 이상의 속도로 이동하는 경우에도 1Mbps 이상의 하향 트래픽용 대역폭과 128Kbps 이상의 상향 트래픽용 대역폭을 제공할 수 있다. 기존의 셀룰러 네트워크보다 저렴하고 무선 랜보다 넓은 액세스 영역을 제공한다.

표 2-50 Wi-Bro 기술적 특성

구 분	연 구 내 용
서비스 종류	패킷 기반 서비스 초고속 무선 인터넷 IP 발신 위주 서비스
서비스 특성	Public 서비스 품질 유지 (대역 할당 방식)
전송 속도	최고 50Mbps
채널 대역폭	10MHz
다중접속방식	OFDMA
커버리지	Micro/Picocell 서비스 영역 : 1km
이 동 성	60km/h
단 말 기	노트북, PDA 등

(나) 국내에서 Wi-Bro 서비스를 세계에서 최초로 상용화에 성공(2006년 6월 30일 KT와 SK텔레콤에서 서비스를 시작)하였고 서울·경기 일부 지역에서만 국한적으로 서비스가 되고 있다.

② 국외 구축 및 서비스 현황

Wi-Bro 서비스는 세계적으로 태동기에 있는 서비스로서 세계 주요사업자들은 기술검증 및 Market Trial Test를 추진 중이며, 미국, 호주 등은 기존 이동통신 사업자가 기존 이동 전화를 보완하는 차원에서 핸드오버가 가능한 Wi-Bro와 유사한 서비스를 준비 중에 있다. 또 유럽의 경우에는 고정형 무선접속 서비스로 국내의 Wi-Bro 서비스와 개념상 차이가 있는 신규 서비스를 다수의 소규모 벤처형 신규사업자들이 준비중인 것으로 파악된다.

표 2-51 Wi-Bro 국외 추진동향

국가	사업자	현 황	적용기술	이용 주파수
미국	Sprint	· 미국 3위의 이동통신 사업자로서 경쟁사의 3G서비스 도입에 대한 차별화 선언 · Hand-over 지원, VoIP는 1x로 인해 도입안함 · 2.5 GHz 대역에서 Wi-Bro서비스 희망	Ripwave, IPWireless Flash-OFDM 중 선택예정	1.9 GHz (PCS)
	Nextel	· 미국 5위의 이동통신 사업자로 EV-DO는 원가 등의 한계로 기존 이동전화(IDEN)의 보완재로 제공 · Verizon의 EV-DO 도입에 대응 · Hand-over 지원, VoIP는 미도입 · 상용서비스 : 2004년 2월 노스캐롤라이나 지역	Flarion (Flash-OFDM)	2.1 GHz, 2.5 GHz 등
호주	PBA	· 이동통신 사업자 ArrayComm과 Vodafone 합작사 · '05년 전국서비스 예정, Hand-over 지원, VoIP는 미도입	ArrayComm (I-Burst)	2 GHz (IMT2000 TDD)
일본	Vodafone KK	· 이동통신 업체 J-Phone이 전신 · 무선브로드밴드 시범서비스 계획 (도쿄,'04년 중반)	Flarion (Flash-OFDM)	2 GHz (IMT2000 TDD)
	기타	· e-Access : 기존 ADSL 사업자, 도쿄지역 Trial 테스트 · IP Mobile : 신규 벤처기업, Hand-over 지원	Navini IPWireless	2 GHz (IMT2000 TDD)
독일	AirData	· 신규 Fixed Wireless Access Carrier · ISP에게 무선접속 구간서비스를 제공하는 형태 · Alcatel과 공동 망구성, Hand-over와 VoIP 미지원	IPWireless	2.6 GHz
아일랜드	Irish Broadband	· 신규 Wireless Broadband Service Provider · '04. 3월 Dublin상용서비스 · Hand-over 미지원, VoIP 지원예정	Navini (Ripwave)	2.4 GHz, 5.7 GHz (비면허)

③ 전망 및 기술동향

(가) 2004년 7월 정부는 Wi-Bro에 대하여 IEEE 802.16-2004와 802.16e D3 이상의 표준안과 5개의 성능 요구사항을 만족할 것을 결정하였고, 2005년 6월에 한국정보통신기술협회(TTA)에서는 Wi-Bro 시스템의 2차 표준이 완성되었다. 2005년 9월에 IEEE 802.16e의 표준규격위원회에서 국제 표준에 반영되어, 2006년 6월에는 KT에 의하여 세계 최초의 Wi-Bro 서비스가 개시 되었다. 현재 KT는 2006년에 세계 최초로 Wi-Bro 서비스 상용화를 개시한 후에, Wi-Bro 네트워크에 IPv6를 도입하기 위한 단계별 시나리오를 작성하고, IEEE 802.16(e) 기반 Wi-Bro 네트워크 상에 IPv6를 적용할 때 발생 가능한 기술적 문제를 분석하여 표준화 활동을 추진 중이다.

그림 2-152 Wi-Bro 표준화 동향

(나) 국내에서는 정부차원의 많은 지원을 하고 있지만, 올해 집중 투자되는 3.5세대 이동통신인 HSDPA로 인해 이동통신사업자들의 Wi-Bro에 대한 투자가 미진하고 가입자 수도 부족하여 HSDPA에 종속 서비스가 될지, 보완 서비스가 될지 알 수 없는 단계이나, Wi-Bro는 CDMA와 달리 특허 장벽이 없다는 장점이 있다.

5) FM DARC(Frequency Modulation Data Radio Channel)

FM(Frequency Modulation, 라디오 부반송파)의 데이터 통신은 기존의 FM 라디오의 비어있는 기저대역 내에 디지털 형태의 정보를 추가하고 부변조하여 전송하는 방식으로 추가의 주파수 할당이나 막대한 통신설비의 투자가 없이 광범위한 수신지역을 커버할 수 있어 이동하는 자동차 등에 교통정보 및 DGPS 신호를 효율적이고 경제적으로 전송할 수 있는 통신방식이다.

① 국내 구축 및 서비스 현황

MBC에서 FM DARC 기반의 정보제공 서비스인 Idio 서비스를 운영하고 있으며, Idio 서비스 제공과정은 수집된 정보가 5분마다 Idio 센터로 수집되어 DARC 송출규격에 맞추어 가공된 데이터는 MBC FM망을 통하여 제공되고 있다. 디코더가 내장된 수신기를 사용하면 지도, 텍스트 등의 다양한 형태로 표출도 가능하다.

그림 2-153 Idio 서비스 개요

표 2-52 MBC FM DARC 제공정보

구 분	정 보	제 공 처	비 고
ITS 관련	DGPS	한국천문연구원	GPS 오차 보정 정보
	서울/수도권 교통정보	서울지방경찰청 (주)로티스	서울 편도 1차선 이상도로
	고속도로 교통정보	한국도로공사	전국 고속도로 교통상황
	지역별 교통정보		예정
	기상 정보	(주)웨더뉴스	기상예보 및 생활 기상
	시간 정보	MBC	정확한 시각
	관광 정보		예정(국문, 영문, 이벤트)
기타 부가정보	뉴스 속보(국문)	MBC	MBC 뉴스서버 내용 제공
	증권 정보	(주)한국증권전산	전종목, 20분 지연 정보
	영문 뉴스 속보		예정
	공익 정보		예정(국정, 시정, 구정 홍보)

② 국외 구축 및 서비스 현황

(가) 일본의 FM DARC를 이용한 서비스인 VICS(Vehicle Information & Communication System) 서비스는 Idio서비스와 같은 방식(DARC)을 이용하여 1996년부터 국가주도형태의 사업으로 발전, 2003년 현재 약 8백만명의 가입자가 30여개 이상의 VICS단말기를 이용하여 서비스를 이용하고 있다. VICS는 교통체증이 가져다주는 스트레스 감소, 불필요한 운전억제 등 가입자의 전반적인 자동차 Life의 변화를 주도해 가고 있으며, 교통량 분산으로 도로이용율의 개선, 도로교통에 불필요하게 낭비되는 자원절약 등 사회적으로 크게 기여하고 있다. 1996년 오사카 근교의 교통정보 데이터 방송을 시작으로 97년에 교토, 98년 이후 나가노, 후쿠오카, 미야기, 군마 등 일본열도 약 40여개 주요지역에 교통정보를 수집 제공하고 있다.

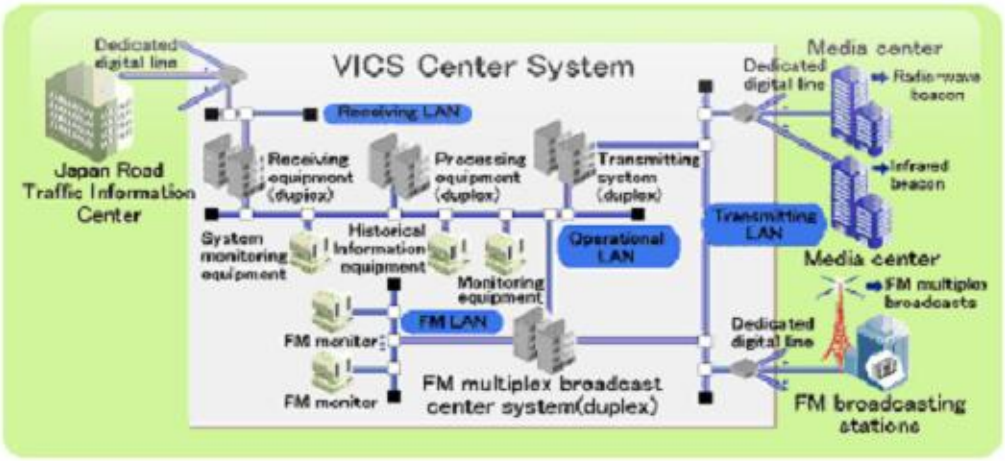


그림 2-154 VICS 교통정보 수집제공 체계

(나) 영국은 Traffic Master라는 명칭의 FM DARC 서비스를 실시하고 있으며, Traffic Master는 네비게이션 도난방지를 위한 Vehicle Tracking, 교통정보 등 각종 자동차 관련 서비스를 제공하고 있으며, 교통정보의 경우 영국, 웨일즈, 스코틀랜드 전역에 무려 8000 마일의 도로상의 정보를 수집 제공하고, 유럽지역 및 미주지역에 진출하여 각종 자동차 및 교통관련 서비스를 제공하고 있다.

③ 전망 및 기술동향

국제표준은 ITU-R BS 10B/XD (1995년), 국내표준은 FM 고속데이터방송 표준(2001년)이 있으며, FM DARC는 단방향성 방송망을 통해 전송되는 통신 매체를 사용하여, 일방적인 데이터만을 수집할 수 있어 여러 부가서비스로의 발전에 무리가 따른다. 이는 현재 기술 트렌드인 All-IP 기반의 Convergence Network의 실현과 대화형 통신 서비스는 불가능한 문제가 따르나 단순 데이터의 제공과 통신 인프라를 위한 추가적인 투자가 필요 없는 것이 장점이다.

6) DMB(Digital Media Broadcasting)

DMB(Digital Media Broadcasting)는 방송과 통신이 융합된 신 개념의 이동 멀티미디어 방송서비스로서, 이동 중 또는 정지된 상태에서 핸드폰이나 PDA, 차량단말기 등 개인형 단말기를 통해 CD수준의 음질과 데이터·동영상 서비스를 제공하는 디지털방송 서비스이다.

① 국내 구축 및 서비스 현황

위성 DMB의 경우 지난 12월에 사업자가 최종 선정(TU미디어)되어 서비스 중이며, 지상파 DMB는 권역별(지역) 사업자가 선정되어 서비스 중이다. TU 미디어의 모기업인 SK텔레콤 같은 경우에는 이미 4~5년 전부터 위성 DMB 사업을 차근차근 준비해 왔으며, 정부에서 위성 DMB 몫으로는 1개 사업자만 허용하겠다고 발표하였고, 지상파 DMB는 1개 사업자당 최대 TV 1개, 라디오 3개, 데이터 3개의 채널을 서비스할 수 있다.

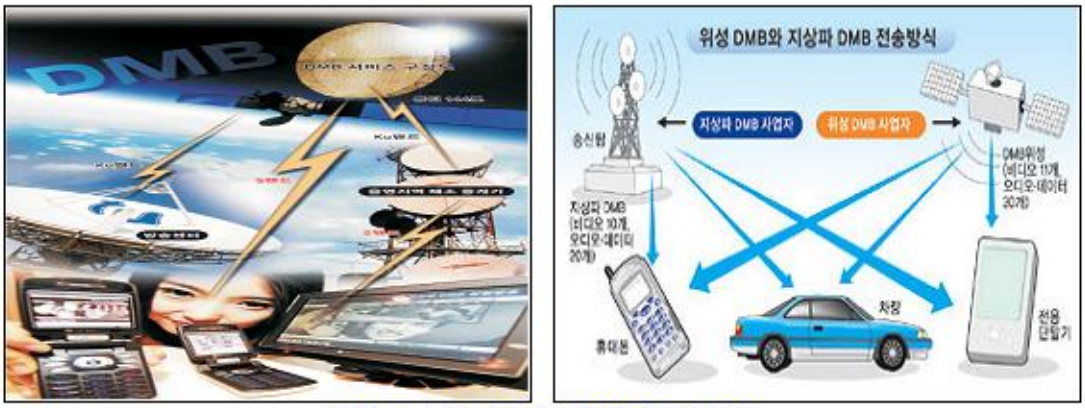


그림 2-155 DMB 정보제공 체계

② 국외 구축 및 서비스 현황

(가) 국외 DMB 서비스 현황으로 일본을 제외한 대부분의 국가가 오디오 중심의 서비스인 DAB(Digital Audio Broadcasting) 서비스를 제공하는 수준이다.

(나) 미국은 위성 DAB 형태로 XM Satellite Radio, Sirius Satellite Radio 등이 상용 서비스 중에 있다.

(다) 일본의 MBCo는 세계 최초로 2004년 10월 위성 DMB 상용 서비스를 시작하였으며, 비디오 7개, 오디오 30개 채널 및 데이터 13개의 프로그램을 제공 중에 있다.

(라) 영국은 1995년 처음으로 지상파 DAB 시험방송을 개시하였고, 독일에서는 공영방송 사업자인 RBB와 지역 방송 연합체인 ARD에서 DAB 서비스를 제공중에 있으며, Bosch사가 독자적인 기술개발로 지상파 DAB에 영상 서비스를 함께 제공하고 있지만 독자표준 및 기술적인 제약의 한계로 서비스 활성화에 어려움을 겪고 있는 상황이다.

표 2-53 해외 주요국 DAB/DMB 서비스 현황

구분	영 국	독 일	미 국	일 본
서비스 개시	1995년	1999년 DAB	2000년	2004년
서비스	지상파 DAB	지상파 DAB	위성 DAB	위성 DMB
사업자	전국(BBC, Digital One), 지역별 2개	FBB, ARD 등 150여개	XM Radio Sirius	MBCo
주요 특징	면허기간 12년 오디오+데이터 서비스	면허기간 없음 오디오+데이터 서비스	서비스대상:차량 운전자 갭필러 사용 이동수신 동영상 불가능	서비스대상:차량 및 운전자 갭필러 사용 이동수신 동영상 가능

③ 전망 및 기술동향

(가) 국내에서 위성파 DMB는 방식이 2003년도에 System E 로 선정된 이후 방송서비스를 실시하기 위한 기술표준제정이 추진되어 2004년 9월에

'위성 디지털멀티미디어 송수신정합표준(표준번호 : TTAS.KO-07.0027)'이 제정되었고, 제정된 기술표준으로는 비디오, 오디오 및 간단한 데이터 다운로드 서비스 등이 가능하며, 다양한 데이터 서비스를 지원하기 위하여 추가의 위성 DMB용 데이터 방송표준의 제정이 필요한 상황이다. 2005년 5월 TTA DMB PG(표준화 위원회)에 위성 DMB용 데이터방송 기술 표준안이 제출되어, 현재 위원회 차원에서 검토 중이며 연내 제정이 가능할 것으로 예상된다. 위성 DMB용 데이터 방송 표준 제정에 있어서는 지상파 DMB 데이터서비스와의 이동통신에 적용되고 있는 미들웨어와의 호환성 등이 요구되고 있다.

(나) 국내 지상파 DMB 기술표준은 ETSI 300 401을 기본으로 하여 동영상 서비스기술 등이 추가되어 왔으며, 초단파 디지털라디오방송 송수신 정합표준(TTAS.KO-07.0023, 2003년 10월 24일 제정), 초단파 디지털 라디오방송 비디오송수신정합표준(TTAS.KO-07.0026, 2004년 8월 10일 제정) 등 두 개 표준이 제정, 완료되어 있다. 또 2005년 상반기에 6개 데이터방송 표준이 제정되었으며, 재난방송표준, EPG(Electronic Program Guide)표준, 미들웨어 표준, 제한수신표준 등이 추가로 제정될 예정이다. 그리고 교통 및 여행자정보서비스규격인 TPEG (Transport Protocol Expert group) 기술표준 적용을 위한 DMB 교통정보 서비스 표준도 제정이 완료될 예정이다.

(다) 향후 통신 비즈니스 측면에서 DMB 서비스는 통신사업자에게 차세대 신규 성장 및 비즈니스 모델 창출을 통해 사업 기회를 제공함과 동시에 통신 서비스 비즈니스 제공범위와 수준을 확대함으로써 새로운 산업 창출을 가속화 시키는 중추적 역할을 수행하고, DMB 서비스는 통신·방송 융합의 새로운 정보통신 패러다임 및 유비쿼터스 네트워킹의 조기 구현을 통해 궁극적으로 수익형 비즈니스 포트폴리오를 실현하게 될 것으로 보인다.

(라) DMB 서비스는 성장정체에 머문 국내 IT 산업의 신성장동력으로 작용함으로써 산업발전의 핵심적 역할을 할 것으로 전망되며 서비스 개발도 수반되어야 한다.

(3) 응용통신기술

1) CALM(Continuous Air interfaces-Long and Medium ranges)

CALM(Continuous Air interfaces-Long and Medium ranges)은 기존에 구축된 통신 인프라를 활용하여 고속에서도 끊기지 않고 사용할 수 있는 통신 네트워크를 제공하는데 목적이 있다. 이를 위해 다양한 서비스 및 통신 매체의 활용을 위해 개발되고 있는 통신 프로토콜의 집합으로서, 이동하는 단말이 사용하고자하는 응용 서비스에 따라 사용되는 통신매체 또한 달라지며 통신매체의 성능(통신 속도, 반경 등)과 응용 서비스의 요구사항(통신속도, 비용, 서비스의 질 등)을 서로 연계하여 각 상황별로 다른 통신매체를 사용하게 된다.

CALM의 목적 중 하나는 통신매체와 서비스의 통합을 목적으로 하며, 이를 위해 향후 도입될 IPv6 기반의 Convergence Network(All-IP Network)에 대한 유연한 적응도 고려되어 있다.

① 국내외 구축 및 서비스 현황

ISO TC204 WG16에서 활발히 논의 중에 있으며, 각 국이 필요성을 느껴 표준화가 진행 중에 있다.

② 전망 및 기술동향

(가) ISO TC204 WG16에서는 추진하고 있는 무선통신 통합은, 2G 및 3G 셀룰러 통신 시스템을 포함하여 다양한 무선통신방식과의 인터페이스를 위한 여러 분야를 정의하여야 하고, 각 통신매체를 관리하는 엔티티와의 연계를 제공해야 하기 때문에 M5 등의 무선통신방식을 포함하여 셀룰러 시스템의 인터페이스 및 프로토콜을 이해하고 있어야 한다. 하지만, 이 부분은 공개적으로 표준화되지 않고 이동통신 사업자가 규격을 개발하여 서비스를 독자적으로 제공하고 있기 때문에 인터페이스의 통일이 쉽지는 않을 전망이다.

(나) 현재 CALM의 필요성은 모두가 인지하고 있으며, 통신발전의 추세로 보아 곧 CALM의 구체적인 표준화가 완료될 것이다. 이에 스마트하이웨이와 유사한 목적의 CALM을 연구하고, CALM의 표준화에 대한 준비와 CALM을 활용한 통신시스템을 개발하여야 한다.

2) HAND OVER

통화 또는 데이터 송수신 중인 이동 단말이 해당 기지국의 서비스 지역(cell boundary)를 벗어나 인접 기지국으로 서비스 지역을 이동할 때 단말기가 인접 기지국의 새로운 채널에 자동으로 동조되어 지속적인 연결을 유지하는 것을 Hand Over 또는 Hand Off라고 한다.

① 국내외 구축 및 서비스 현황

현재 모든 무선통신 중 기지국을 이용하며 이동 중인 단말의 통신연결 상태를 유지해야 되는 이동성 서비스에는 모두 적용되어 있는 기술로서 특히, 이동전화, 무선데이터통신, Wi-Bro에서는 빠질 수 없는 핵심기술로 사용되고 있다.

② 전망 및 기술동향

핸드오버는 소프트웨어적인 처리를 통해 연결을 유지하는 소프트핸드오버와 하드웨어적인 처리를 통해 연결을 유지하는 하드핸드오버가 있다. 현재 ISO TC204 WG-16에서 통신매체의 스위칭을 위해 핸드오버 기술에 대해 활발히 논의되고 있다.

스마트하이웨이에서는 여러 통신매체의 상호 교환을 원활히 하여 이동중인 단말의 각 통신별 원활한 스위칭을 통해 연결을 유지하고, 계속적인 서비스를 위해 통신매체의 핸드오버기술 연구가 수반되어야 한다.

2.1.4 ITS (지능형교통시스템 : Intelligent Transportation Systems)

지능형교통시스템은 도로와 차량 등의 하드웨어 중심의 기존 교통의 구성요소에 첨단의 전자, 정보, 통신 기술을 적용시켜 차량 및 기반 교통시설이 상호보완적으로 작동하여 안전하고, 쾌적하고, 효율적인 교통을 실현 가능하게 하는 교통네트워크와 정보통신 네크워크 간의 통합시스템이다.

교통체계가 성숙단계에 도달한 산업화된 선진국뿐 아니라 최근에는 중국 등 개도국에서도 첨단기술을 교통문제 해결의 활용수단으로 접근하여 ITS가 활발히 추진되고 있다.

스마트하이웨이에 적용될 ITS 사업의 효율적 추진을 위한 목표와 전략을 제시하고, 이에 따른 연구개발 추진전략을 수립하기 위해 "ITS 기본계획 21"에서 정의한 7개 서비스분야, 18개 서비스, 62개 단위 서비스에 중에서 스마트하이웨이에 적용 가능한 분야의 국내외 서비스 구축 및 기술개발 현황을 살펴보고자 한다.

그림 2-156 지능형교통체계(ITS) 구성

(1) 교통관리 최적화

교통관리 최적화 분야는 도로상의 실시간 교통류 제어와 돌발상황 관리 등을 통해 도로시스템의 운영효율을 높이고 원활한 교통 흐름을 유지하는데 목적이 있다.

표 2-54 교통관리 최적화 요소 기술

서비스	요 소 기 술
교통류관리	실시간교통제어, 고속도로교통류제어, 광역교통류제어, 교통제어정보제공
돌발상황관리	돌발상황감지, 돌발상황대응조치, 긴급차량운행관리지원
자동교통단속	속도위반차량단속, 전용차로위반차량단속 차선위반차량단속, 신호위반차량단속, 과적차량단속

1) 국내 구축 및 서비스 현황

교통관리 최적화와 관련하여 국내에서는 교통류관리와 돌발상황관리, 자동교통단속 위주로 고속도로와 도시고속도로 등 간선도로급 이상의 도로에 주로 구축되어 서비스되고 있다.

① 교통류관리

(가) 교통류관리(신호, FTMS) 및 자동교통단속은 각 지자체 및 경찰청을 중심으로 활발히 추진되고 있으나, 돌발상황관리는 실제 현장에 적용하기에는 미흡한 실정이며, 공해 · 교통시설관리 지원부분은 구체적인 적용 사례가 거의 없다.

(나) 교통관리를 위한 교통정보 수집에서 국내의 경우, 루프검지기 등의 기계적인 기술개발을 거쳐 현재는 초음파를 이용한 교통량 검지기, 영상검지기 등의 기술을 보유하고 있으며, IT산업의 비약적인 발전으로 구간별 운행시간 산정을 위한 차량인식기술, 칼라영상을 분할하는 기법을 조합하여 이동차량을 인식하는 화상인식 기술, CCTV의 가시영역 확대차량조회용 인식카메라 등의 기술을 개발하여 실용화 추진 중이다.

(다) 교통정보 수집을 위하여 대부분의 지방자치단체에서는 루프검지기를 많이 사용하고 있으며, 한국도로공사의 경우에는 초기에 구축된 루프검지기를 점차 영상검지기로 교체하고 있다.

표 2-55 국내 검지기 설치현황

구 분	검지기 개소				ITS 구축 도로연장	평균 설치간격
	계	루프	영상	기타		
한국도로공사	2,067	1,265	653	(자석)149	2,804km	1,357m
수도권 국도ITS	282	-	282	-	204km	723m
서울 도시고속도로	702	150	552	AVI : 6개소 RWIS:2개소	101km	500m
울산광역시	135	135	-	-	140km	1,037m
과천시	400	400	-	-	25km	625m
전주시	40	40	-	-	100km	2,500m
제주시	43	43	-	AVI : 15개소	103.7km (루프검지기 설치구간)	2,412m
대전광역시	DSRC 방식 (OBE:4,965, RSE: 857)				873km	

(라) 대전광역시는 DSRC 방식으로 RSE(노변통신장치 : Road Side Equipment)를 857개소에 설치하고 OBE(차량용 통신장치 : On-Board Equipment)를 4,965대의 택시와 버스에 설치하여 정보수집을 하고 있으며, 제주시는 산간 및 시 외곽지역 등 통신시설을 갖추기 어려운 구간에 대해 AVI(구간검지체계 : Automatic Vehicle Identification)를 통해 교통정보를 수집하고 있다.

(마) CCTV(폐쇄회로 텔레비전 : Closed-Circuit Television)는 도로상의 소통상황을 모니터링하고, 돌발상황 확인 및 지휘하는데 중요한 역할을 하는 영상정보 수집기로 도로상의 모든 구간을 모니터링 할 수 있어야 한다.

표 2-56 국내 CCTV 설치현황

구 분	ITS 구축 도로연장	CCTV 개소	평 균 설치간격
한국도로공사	2,804km	645	4.35km
수도권 국도 ITS	204km	33	6.18km
서울시 도시고속도로	101km	93	1.09km
울산광역시	140km	49	2.86km
대전광역시	873km	50	17.46km
과천시	25km	16	1.56km
전주시	100km	38	2.63km
제주시	277.3km	27	10.27km

(바) 속도 및 차로제어시스템은 고속도로 본선의 교통류를 제어하기 위한 시스템으로, 도로본선의 차로 사용유무에 대한 정보를 실시간으로 제공하여 교통류를 안정화시키고, 심각한 사고와 2차 사고를 미연에 방지할 수 있다. 또한, 특정 차로를 일정시간 폐쇄할 경우나, 긴 교량 구간에서 돌발상황 및 공사관련 정보 제공 시에 사용할 수 있다.

그림 2-157 서울시 올림픽대로의 속도 및 차로제어시스템

(사) 고속도로의 경우, 터널 내 교통관리의 일환으로 차로제어 시스템을 터널 입구 및 터널내부에 설치하여 운영하고 있으며, 도로공사 자체적으로 시스템 보완 및 개선을 진행 중에 있다.

그림 2-158 한국도로공사의 차로제어시스템(영동고속도로)

② 돌발상황관리

(가) 돌발상황관리는 교통사고, 차량고장, 공사 등 비정상적 교통상황에 관한 정보를 실시간으로 수집·관리하고 체계적으로 대응·처리하는 서비스이다.

(나) 돌발상황관리는 ITS 시스템 구축시 대부분의 센터에서 구축하고 있으나, 실효성 있는 돌발상황관리시스템의 운영에는 한계가 있다. 이는 관계기관과의 협조 및 유기적 연동 등이 가장 많이 필요한 ITS 시스템 중 하나이지만, 실제로 지휘 및 통제권의 문제 등 관계기관과의 명확한 역할 구분 및 설정에 어려움이 있기 때문이다.

(다) 돌발상황관리는 오경보율이 높아 현장에서 대부분 사용하지 않으며, 실제 돌발상황 검지는 알고리즘을 통한 것이 아닌 CCTV를 통한 모니터링 및 운전자 제보로써 이루어지고 있다.

③ 자동교통단속

(가) 자동교통단속은 과속, 버스전용차로위반, 신호위반, 과적 등 교통법규 위반행위를 실시간으로 파악하고 자동으로 행정처리하는 서비스이다.

(나) 무인감시카메라 및 주행차량 자동인식(AVI: Automatic Vehicle Identification) 기술을 활용하여 속도위반, 버스전용차로위반, 신호위반 등 각종 법규위반 차량이 자동단속 처리되며, 주요도로 및 교량 진입 이전에 자동중계장비(WIM)를 이용한 무인 과적단속시스템이 실용화 중에 있다.

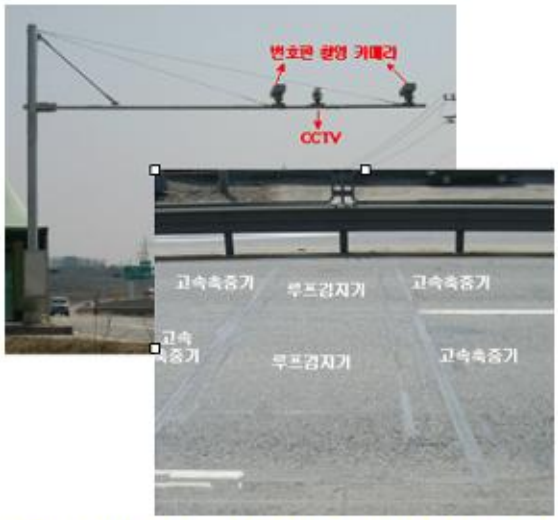


그림 2-159 국도 38호선 송산 WIM 시스템

2) 국외 구축 및 서비스현황

국외에서는 미국, 일본, 유럽 등의 선진국에서 1980년대부터 교통관리 최적화가 도입되어 운영되고 있으며, 우리나라와 마찬가지로 고속도로 및 간선도로 이상의 연속류에서 시스템이 구축되어 현재는 교통신호제어와 같은 도시부 도로에도 구축되어 운영되고 있다.

① 도시고속국도 교통류 관리

(가) 미국에서는 고속국도 교통관리시스템인 FTMS(Freeway Traffic Management Systems)가 각 지역의 도시고속국도에 구축되어 있으며 사고관리, 교통제어, 정보제공, 공공의 안전성 확보를 위하여 DMS(Dynamic Message Signs), HAR(Highway Advisory Radio), IVS(In-Vehicle Signing)를 통하여 운전자에게 정보를 제공하고 있다.

(나) 미네소타주 미니아폴리스 도시고속국도에서는 약 800m 간격으로 설치된 루프검지기를 통해 매 30초 간격으로 교통데이터를 수집하고 있으며, 교통정보는 가변안내표지판과 노측 방송을 통해 도로이용자에게 제공하고 있다. 운행제한속도는 55mile/h(약 88km/h)로 규정하고 있으며, 교통소통상태는 차량의 평균운행속도를 기준으로 50mile/h, 20~30mile/h, 20mile/h 미만의 4단계로 구분하고 있다.

(다) 시카고 도시고속국도에서는 시카고 일대의 고속국도에 대한 실시간 교통정보를 제공하는 웹 사이트에서 혼잡도의 수준 및 건설공사 상황, 양방향 교통량, CCTV 카메라 정보 등 다양한 교통정보를 제공하고 있다. 도로공사 구간의 시작점과 종점을 명확히 표시해주고 있으며 혼잡도를 표시해 줌과 동시에 구간 통행시간을 제공하고 있어 운전자들이 쉽게 이해할 수 있도록 구성하고 있다.

그림 2-160 도시고속도로 관리

(라) 일본 건설성은 각 지역의 정보제공 및 첨단도로관리 뿐 아니라 지역의 활성화를 위해 이미 실용화단계에 있는 ITS 기술의 적극적인 도입이 필요하다고 인식하여 1990년대 중반부터 교통관리시스템 도입을 시작으로 ITS 사업을 추진하였다. 교통관리시스템은 Yamagata현, Kochi현(KoCoRo : Kochi Communication Road), Okayma현(Okayma Information Highway Project), Nagano현(Nagano Area ITS Showcase)에서 도입되어 운영되고 있다.

그림 2-161 교통제어 시스템의 운영

② 영국의 MDIS(The Midlands Driver Information System)

(가) 런던 고속국도 관리국은 고속국도간 주요 교차점에 도로전광표지를 설치하여 운전자들에게 교통정보를 제공하고 있다. MDIS에서는 총 70개의 도로 전광표지를 통해 10분 간격으로 교통정보를 제공하여 운전자들은 노선을 선택하여 운행할 수 있고, 전방의 교통상황을 미리 파악할 수 있게 되었다.

(나) 시스템을 관리하고 있는 영국 고속국도 관리국의 교통관제센터(TCC : Traffic Control Centre)는 여행시간 개선, 돌발상황으로 인한 혼란 감소, 정체와 돌발상황에 대한 대안 경로 제시, 도로공사로 인한 정체 최소화, 여행 전 경로선택 정보제공 등을 네비게이션 시스템의 하나인 RDS-TMC(Radio Data System-Traffic Message Channel)를 통하여 제공하고 있다.

③ 독일의 인터넷을 통한 교통정보제공(ITF Intertraffic)

(가) 독일의 VSO(Verkehr & Service Online)에서는 교통소통상태 및 일기예보를 인터넷을 통해 제공하고 있으며, 통행전 교통정보를 제공하는 방식으로 승용차 이용자를 위한 정보뿐만 아니라 대중교통 이용자를 위한 정보도 제공하고 있다.

(나) VSO에서 제공하는 정보는 이용자가 선택한 출발지와 목적지간 통행시간, 최단경로, 희망하는 도착시간에 따른 최적출발시간, 일기예보 등이 있다.

④ 돌발상황관리 시스템

(가) 미국은 무료이동전화신고, 고속도로순찰대, CCTV, 유고감지알고리즘 등에 의해 돌발상황관리시스템을 추진하고 있으며, 발생한 돌발상황에 대한 긴급처리시스템이 Metropolitan 고속도로에 설치되어 있다.

(나) 독일은 위험지역에 설치된 비콘을 통해 교통상황을 감지하며 돌발상황 발생시 교통관제센터내의 경보 등이 작동한다.

(다) 핀란드는 TMS(Traffic Monitoring System)를 통해 비정상적인 교통류 상태를 인지하여 돌발상황을 감지한다.

(라) 일본은 한신고속국도의 교통관리를 위하여 사고처리시간 단축을 위한 시스템 및 FTMS(Freeway Traffic Management Systems)를 구축하였고, National Route 25(2차 사고방지를 위한 시스템)와 Metropolitan 고속국도(터널에서 발생한 돌발상황에 대한 긴급처리시스템)에서는 교통류 관리를 위하여 유고감지시스템(Incident Detection System)을 도입하여 운영하고 있다.

그림 2-162 돌발상황관리 시스템의 운영

3) 전망 및 기술동향

교통관리 최적화 분야는 고속도로와 같은 연속류의 교통류관리, 돌발상황관리, 교통정보제공 등과 신호교차로의 신호제어 등 초기에는 교통류의 자동검지와 이에 대한 정보제공 및 신호제어 등이 주를 이루었다.

이후 기술의 발달과 최근에는 차량단말기 등을 이용하여 개별 차량까지 제어할 수 있는 적극적인 형태의 교통관리로 변화하고 있는 추세이다.

특히, 최근에는 기존의 루프나 영상검지기와 같은 지점검지 형태에서 구간검지기술로 변화하는 추세에 있으며, 장비의 장애나 오검지로 인한 정확도의 향상과 검지된 데이터의 이력관리 등을 통한 정보의 신뢰도를 향상시키는 연구가 진행되고 있다.

① 교통정보 수집

○ 교통정보 수집을 위해서는 무엇보다 효과적인 검지체계 구축이 선행되어야 하며, 이를 위해 교통정보의 목표, 정확도 결정 기준 및 근거, 검지수준, 검지기능평가, 검지체계 등에 관한 종합적이고 체계적인 연구가 필요하다.

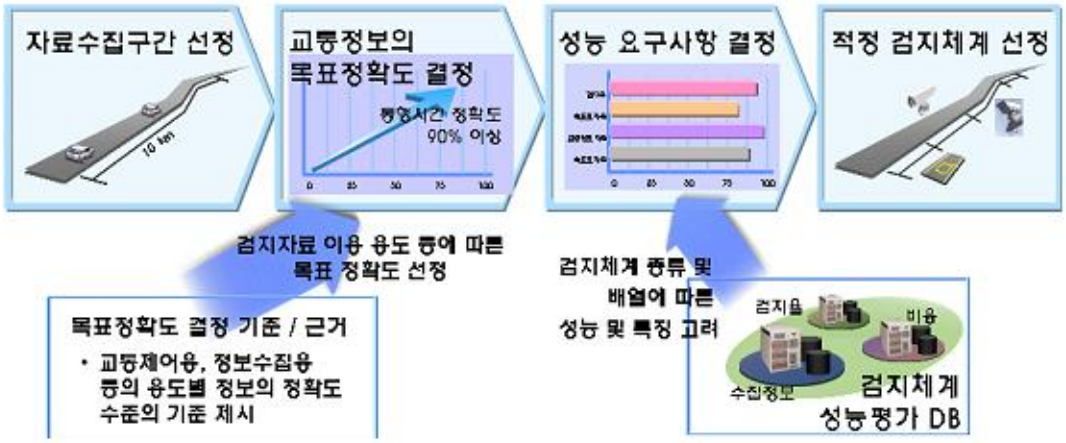


그림 2-163 효과적인 검지체계 구축방안 및 절차

② 검지기자료 진단 및 처리

(가) 교통류관리를 위해서는 검지기로부터 수집되는 정보에 대한 진단 및 가공 처리가 필요하다. 이를 위해서는 기존의 다양한 자료처리기법(이상치 제거, 결측치 생성, 통계처리)에 대한 종합적인 비교·평가를 실시할 필요가 있으며, 검지기 자료의 신뢰성을 검사하고 분석할 수 있는 진단체계가 필요하다.

(나) 진단체계 구축을 위해서는 분석기법의 개발이 선행되어야 하며 이를 위해서는 검지기의 종류, 시설위치, 영향요소 등에 따라 구분하여 기법을 제시할 필요가 있으며, 이를 위해 국내·외에서 관련연구가 진행되고 있다.

(다) 또한 센서기술의 발달과 더불어, 교통정보가공을 위한 정보원(information sources)이 다양해짐에 따라 보다 정확하고 신뢰성 있는 자료융합기술의 개발 필요성이 크게 대두되고 있으며, 지점 및 구간 검지기 자료의 융합을 통한 통행시간 추정 등과 같은 자료융합기술 연구가 국내외에서 활발히 진행되고 있다.

③ VMS Control을 활용한 교통류 관리

(가) 정보의 과도한 반응은 통행집중을 유발시키고, 단순한 상황 전달만으로는 대안 경로간의 최적 통행배분 달성이 불가능하다. 이를 위해서는 돌발상황, VMS control 등이 함께 이루어지는 통합제어가 필요하며, 돌발상황 발생시 혼잡상황의 진행 및 파급효과, 종료시점의 정확한 예측을 통한 우회정보 제공, 유출입 통제 등의 통합교통관리전략의 수립이 요구된다.

(나) 교통혼잡 시 우회도로에 대한 교통정보를 제공함으로써 교통량을 분산시켜 교통 네트워크를 최적의 상태로 운영하기 위해서는 실시간 교통상황정보에 대한 정확한 모니터링 및 예측, 그리고 이를 활용한 제어전략의 수립이 필수적이다.

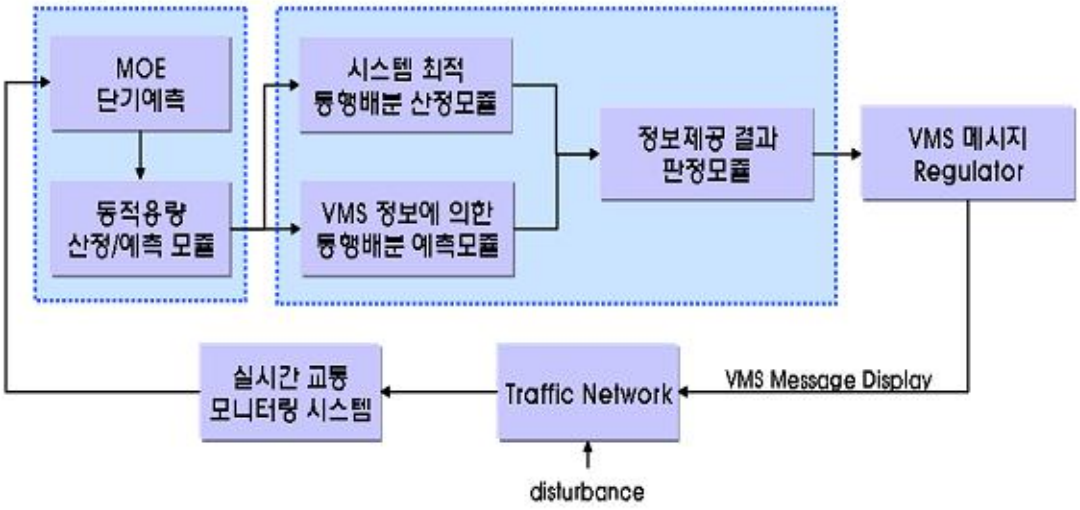


그림 2-164 VMS Control을 활용한 교통류 관리

(다) 기존의 소극적인 VMS 정보 제공에서, 최근에는 VMS를 이용한 교통류 제어 및 분산 등의 교통관리전략이 개발되어 현장에 적용되고 있는 추세다. VMS 제어는 VMS 메시지에 대한 운영자의 반응에 따라 효과가 좌우되며, 따라서 도로 및 교통조건 별로 다양한 VMS 메시지에 대한 운전자의 반응을 분석하는 기초연구가 필요하다.

④ 속도 및 차로제어시스템

(가) 속도 및 차로제어시스템은 하류부에 돌발상황 등으로 인한 정체 상황 발생시 상류부부터 차로별로 가변제한속도 정보를 제공하여 순차적으로 속도를 제어하며 병목구간의 교통소통을 보다 원활하게 해주기 위한 것이다.

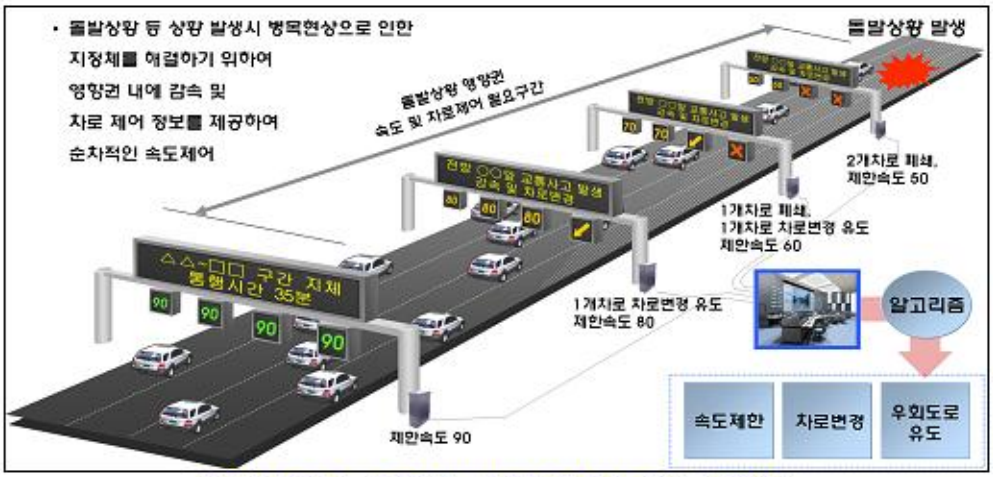


그림 2-165 속도 및 차로제어시스템의 개념도

(나) 속도 및 차로제어시스템은 교통상황에 따라 시공간적으로(temporal-spatial) 최적의 가변제한속도를 제공할 수 있는 알고리즘과 정보전달 시스템의 개발이 주요 연구과제가 될 수 있다.

(다) 도로상에 설치하는 시스템의 시설물에 관한 관련 법체계에의 명시가 필요하며, 현재 시스템의 설치지점의 선정에 대한 명확한 근거 및 기준의 부재로 각 시스템 구축시 체계적인 지점선정이 이루어질 수 없을 우려가 있다.

(라) 또한, 제공 정보에 대한 운전자의 반응 및 성향에 대한 연구가 필요하며, 관련되는 국내 법·제도가 뒷받침 되어야 한다. 정보 제공시 권고, 규제, 단속에 대한 문제와 잘못된 제어 및 정보 제공시 그로 인한 사고 및 혼잡을 야기시킬 경우 등에 대한 책임문제도 풀어가야 할 문제이다.

(마) 현재, 영국, 독일을 비롯한 선진유럽에서 VSL(가변속도제어 : Variable Speed Limit)과 LCS(차로제어시스템 : Line Control System) 등이 구축·운영되고 있으며, 돌발상황관리, 교통정보제공 등과 함께 통합적으로 운영되고 있는 추세이다.

⑤ 공사구간 교통관리시스템

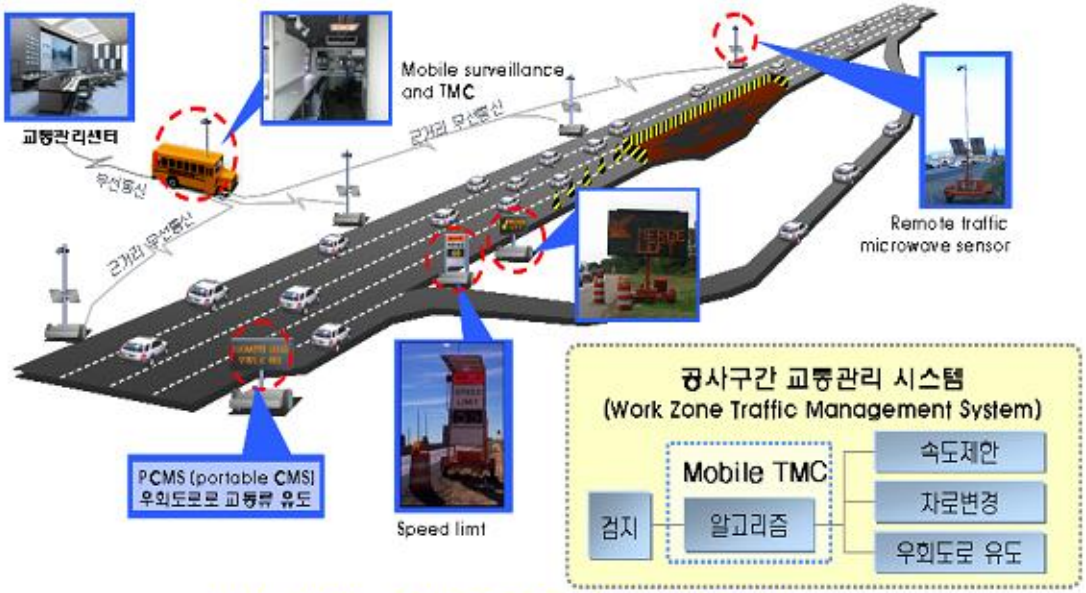


그림 2-166 공사구간 교통관리시스템 개념도

(가) 공사구간은 해당구간의 용량감소로 인한 교통정체 및 급작스런 차로 변경으로 인한 교통사고 발생 개연성이 대단히 높은 구간으로서 교통우회, 속도제어, 차로제어 등의 교통류 관리기법을 적용하는 등 각별한 교통관리가 요구된다.

(나) 공사구간 교통관리시스템은 공사구간 상류부에서 속도감소 및 차로변경을 통한 원활한 교통합류를 유도하고, 우회정보를 제공함으로써 교통정체를 완화하고 교통류의 안정성을 증진시키는 시스템으로, 공사구간 안전성 증가 및 공사구간 교통정체 감소로 인한 비용감소(사회적 비용, 유류비용 등)를 가져올 수 있다.

(다) 공사구간 교통관리시스템은 이동식(Mobile)이며, 임시적인(Temporary) 시스템으로 M-TMC(Mobile Traffic Management Center)가 필요하다.

(라) 일정규모, 일정기간 이상의 공사에 대해 공사구간 교통관리시스템의 적용이 필요하며, 이를 위해 체계적인 공사구간 관리를 위한 법·제도적 장치의 마련과 공사 종류별 관리 매뉴얼의 개발도 필요한 실정이다. 센서 및 통신기술의 발달로 공사구간 교통관리에 Mobile 센터 개념이 적용되고 있으며, 주로 미국에서 개발되어 적용되고 있다.

⑥ 통합교통관리 운영을 위한 의사결정지원시스템

(가) 대규모의 교통네트워크에서 고속도로 교통관리를 위한 솔루션과 시가지 도로를 위한 솔루션이 다르게 나타날 수 있으므로, 이를 조정할 수 있는 상위 레벨의 교통관리를 위한 의사결정지원시스템이 필요하다.

(나) 특히 상이한 운영관리 주체로 인해 고속도로 교통관리와 시가지도로 교통관리, 경찰의 교통신호제어와 지방자치단체의 교통관리운영 등에서 통합 운영관리의 필요성이 나타날 수 있으며, 이러한 의사결정지원 시스템은 광역 ITS 센터의 주요 기능이 될 수도 있다.

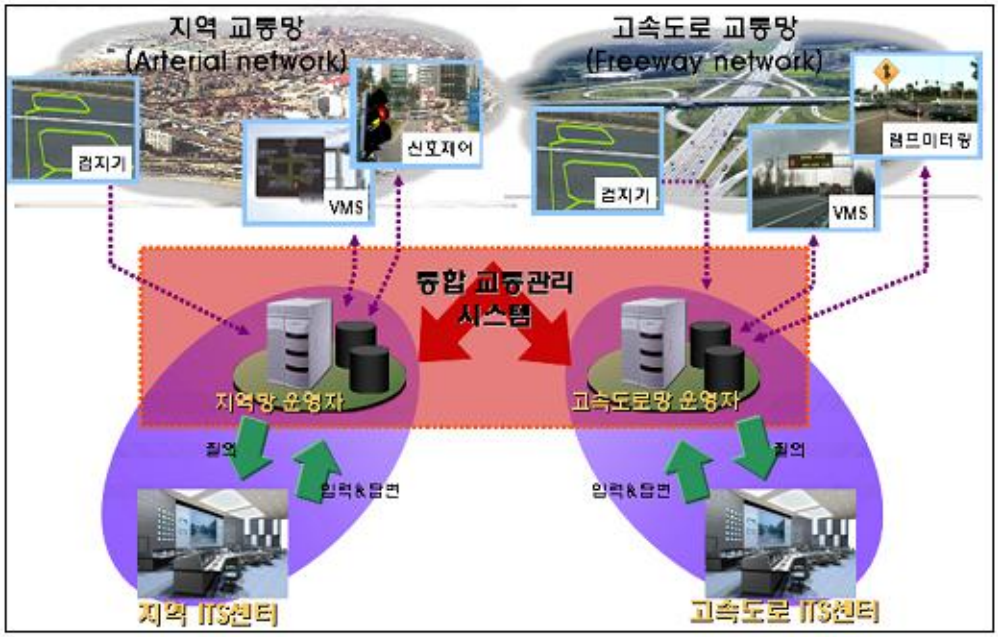


그림 2-167 지역과 고속도로의 통합 교통관리시스템

(다) 특히 상이한 운영관리 주체로 인해 고속도로 교통관리와 시가지도로 교통관리, 경찰의 교통신호제어와 지방자치단체의 교통관리운영 등에서 통합 운영관리의 필요성이 나타날 수 있으며, 이러한 의사결정지원 시스템은 광역 ITS 센터의 주요 기능이 될 수도 있다.

(라) 이러한 연유로, 국내외에서는 고속도로와 지역간선도로 등과 같이 운영 주체가 상이하거나 서로 연결되는 도로의 통합 운영관리를 위한 의사 결정지원시스템을 개발하고 있다.

⑦ 시뮬레이터를 활용한 테스트베드 구축

(가) ITS 센터에서는 실시간으로 수집되는 다양한 교통자료를 활용하여 연구개발 기능을 수행하여야 한다. 다양한 형태의 교통운영 전략의 개발 및 평가, 이력자료의 분석을 통한 교통공학적, 계획적 솔루션의 개발 등이 가능해진다. 특히 ITS 센터 관할 구역의 교통네트워크를 미시적 교통시뮬레이터를 이용하여 구현하고, 개발된 운영전략을 사전에 평가하는 테스트베드의 사령실 역할도 수행할 수 있다.

(나) 현장에서 실시간으로 수집된 교통자료를 미시적 교통시뮬레이터 상에서 평가하고 적정한 솔루션을 도출하여 다시 현장에 입력하는 절차를 통해 교통류관리의 효율성을 증대시킬 수 있다. 미국 등에서는 실시간 현장 수집자료와 시뮬레이터를 실제 교통류관리에 적용하고 있으며, 아직 국내에서는 실제 교통류관리에 적용하여 운영하고 있지는 않으나, 관련 연구가 진행 중에 있다.

그림 2-168 시뮬레이터를 활용한 테스트베드 구축

⑧ 데이터 이력관리

(가) 국외에서는 실시간으로 수집되는 자료의 활용방안에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 특히 데이터 이력 관리 및 데이터 분석 시스템(ADMS, ADVS)을 통해 제공정보 및 예측정보 생성 등에 활용하고 있으며, 교통정책 의사결정이나 도로설계 및 계획, 교통관리 등에 활용하고 있다.

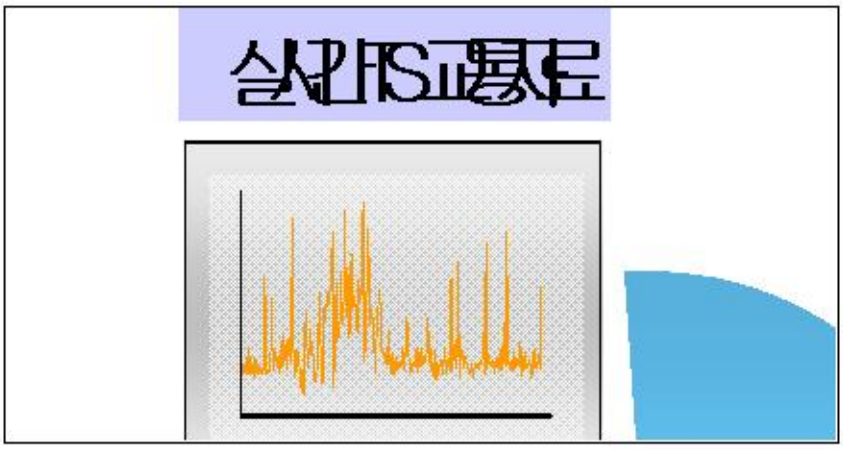


그림 2-169 데이터이력 관리 구축

(나) 국내의 경우 최근 적극적으로 추진되고 있는 각 지자체 ITS 사업의 일환으로 ITS 센터 내 소프트웨어로서, 데이터웨어하우징 개념이 일부 반영되어 통계자료 분석 시스템이라고도 불리는 일종의 ADMS 이력 자료 관리 시스템이 설계되고 구축되고 있으나, 이러한 작업은 단순한 통계 자료 추출 수준에 머물고 있다. 따라서 다양한 이용자의 요구 사항을 분석하고 보다 다양하고 유용한 이력자료의 추출이 용이한 이력 자료 관리 시스템의 개발이 필요하다.

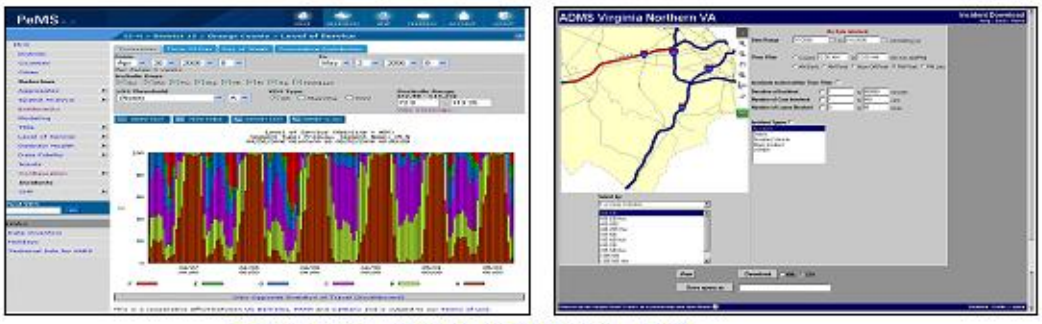


그림 2-170 데이터 이력관리의 활용

⑨ 장비 이상검지

(가) 대부분의 ITS 센터의 시스템은 일일점검 등의 정기점검을 통하여 이상장비를 감지하고 있다. 이 때문에 장비 이상여부의 검지가 즉각적으로 이루어지지 못하여, 적시적인 대응 조치를 하기 어려운 문제점이 있다.

(나) 이를 개선하기 위해서 셀프 테스트에 의하여 장비 이상여부가 감지되면, 센터 화면에 메시지를 표출시키는 동시에 센터 운영자에게 SMS (Short Message Service)등을 통하여 자동으로 전송시켜주는 시스템에 대한 연구가 진행 중이다.

그림 2-171 장비이상여부 자동검지 및 통보시스템

⑩ 돌발상황관리

(가) 돌발상황관리 분야에서는 돌발상황의 이력관리, 돌발상황 알고리즘 개발, 다양한 검지체계 적용 등과 같은 연구개발이 진행 중에 있다.

그림 2-172 돌발상황 이력관리 및 이력자료의 활용

(나) 돌발상황을 검지하는 알고리즘의 개선과 관련해서는 검지알고리즘 입력자료 전처리(pre-processing)과정의 개발과, 알고리즘에 사용되는 파라메터의 자동정산도구 개발과 같은 연구가 진행되고 있다.

(다) 특히, 돌발상황을 정확히 판단하기 위해서는 검지자료에서 발생하는 이상치와 결측치에 대한 전처리 과정이 필요하다. 또한 현재 운영 중인 돌발상황 알고리즘의 가장 큰 문제점 중의 하나인 현장 교통상황에 알고리즘이 적응할 수 있도록 파라메터의 지속적인 정산 및 관리가 필요하다. 이를 위해서는 돌발상황에 대한 다양한 사례를 모아, 돌발상황을 계량화하는 메타지식DB가 구성될 필요가 있으며, 다양한 돌발상황 사례를 수집하여 정리한 메타 지식 DB를 구축하고 돌발상황 인지, 결정, 긴급상태의 수준 등 다양한 의사결정을 지원할 수 있는 체계적인 연구가 필요하다.

(라) 현재 국내 현장에서 구현되는 돌발상황 검지알고리즘은 루프검지기 또는 영상검지기 등 단일 검지체계 만을 이용하고 있으나 향후 다양한 교통정보 수집체계를 활용할 수 있는 알고리즘 개발을 통해 돌발상황 검지 신뢰도를 높여야 한다. 따라서, AVI, 프로브 차량 등과 차량 단말기 장착차량 등의 다양한 정보수집원을 이용한 돌발상황 검지 알고리즘의 개발과 이에 대한 적용성을 검토할 필요가 있다.

(2) 전자지불 시스템

전자지불 시스템분야는 교통시설 이용료를 첨단기술을 사용하여 자동으로 지불하는 서비스 분야이다.

표 2-57 전자지불 처리 서비스 분야

서 비 스	단 위 서 비 스
통행료전자지불	유료도로통행료전자지불, 혼잡통행료전자지불

1) 국내 구축 및 서비스 현황

스마트 카드제작과 시스템구축의 단계를 지나 스마트카드 기반 교통카드 응용기술, 능동형 ETC시스템 기술 등을 보유하고 있고, 자동요금징수기술을 지속적으로 연구개발하고 있다.

특히, 한국도로공사를 중심으로 고속도로 통행료 전자지불 분야가, 서울시를 중심으로 대중교통요금 전자지불 분야가 활성화되어 있다.

① 유료도로 통행료 전자지불

(가) 한국도로공사는 기존 3개 영업소(판교, 청계, 성남)의 각 2차로씩 총 6차로에 능동 적외선 및 주파수 통합방식의 통신방식으로 ETCS(Electronic Toll Collection Systems)를 도입하여 운영하였으며, 2005년 10월 말 1차 4개 영업소(인천, 남인천, 하남, 토평) 및 12월 1일 3개 영업소(김포, 시흥, 구리)에 2차 확대 구축을 실시하여 2005년 12월 현재 총 10개 영업소에 도입하여 운영 중에 있다.

(나) 또한 향후 2007년 말까지 전국 폐쇄식 영업소로 확대하고, 민자고속도로 ETCS 및 타 ITS 시스템과의 연계를 추진하고 있다.

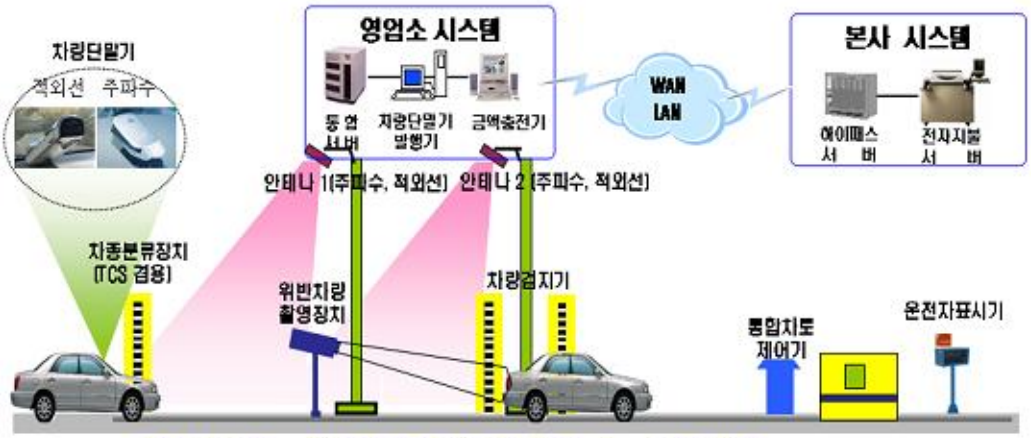


그림 2-173 한국도로공사 ETC(Hi-Pass) 구성도

(다) 현재, 한국도로공사는 하이패스 확대구축과 함께 적극적인 서비스 전략 및 단말기 보급, 등 홍보 전략을 세워 추진하고 있다.

표 2-58 한국도로공사 ETC 확대보급을 위한 전략

구 분	내 용
서비스 전략	▪ 하이패스 전자카드 충전시 최대 3% 충전금액 할증 ▪ 출퇴근 시간대 통행료 자동할인 (20%) ▪ 결재 수단 - 신용카드 제휴회사 지속적 확대, 고속도로 휴게소 CD/ATM기 설치, 인터넷 결재 지속 추진 등
단말기 기능 개선	▪ 주파수 방식의 추가 모델 개발 보급 - RF(고주파) 방식으로 서비스 영역이 넓음 - 차량전원 사용, 액정 백라이트 기능(잔액 확인 용이)등
홍보전략	▪ 인터넷을 통한 광고 ▪ 라디오 방송 등을 통한 광고 등

2) 국외 구축 및 서비스 현황

미국의 경우 ETCS를 중심으로 하는 통행료 전자지불 분야에 적용되고 있고, 유럽은 ETCS를 유료도로 통행료, 혼잡통행료, 주차요금 등의 전자지불에 활용하고 있다. 2000년대 이후 시작한 일본의 경우 유료도로 통행료와 주차요금을 중심으로 활발히 적용되고 있으며, ETCS 차량단말기를 중심으로 차세대 도로서비스로의 서비스를 확대추진하고 있다.

① 미국

(가) 미국의 ETCS는 E-ZPass, EPASS, FASTLANE, SmartTAG 등 주마다 다양한 이름으로 불리우며 각기 운영되고 있다.

그림 2-174 미국의 ETCS 현황

(나) E-ZPass는 1993년 미국 뉴욕 주에서 서비스를 시작하여, 현재 22개의 주정부 기관이 E-ZPass IAG(Interagency Group)를 구성하여 운영하고 있다.

(다) E-ZPass 시스템은 AVI(자동차량인식 : Automated Vehicle Identification), AVC(자동차종분류 : Automated Vehicle Classification), VEC(위반촬영 시스템 : Violation Enforcement System) 3가지로 구성되어 있으며, 본선에서 Multi-Lane의 개념으로 징수하는 Express E-ZPass와 공항 주차장 및 공공주차장, 패스트푸드점 등과 같은 곳에서 사용가능한 E-ZPass Plus 등과 같은 시스템 기술개발과 부가서비스를 지역 내의 도로에 적용하고 있다.

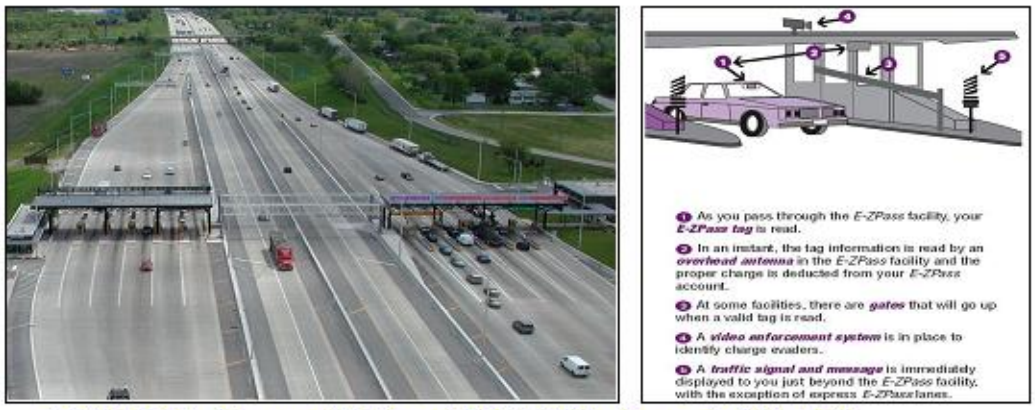


그림 2-175 Express E-ZPass 영업소와 E-ZPass 시스템 구성

② 일본

(가) 일본의 ETC는 2000년 3월 수도고속도로의 일부 구간부터 ETC를 시작하여 현재는 전국의 대부분 영업소(약 98%)에서 ETC를 이용할 수 있도록 시스템이 구축되어 있다.

(나) 특히, 2006년 11월 1,450만대 이상의 차량단말기가 보급되어 70%에 가까운 이용율을 보이는 등 자동차의 기본적인 서비스로 인식되어가고 있는 실정이다.

그림 2-176 일본의 ETC 톨게이트

③ 유럽

(가) 유럽에서는 스페인, 이탈리아, 프랑스가 대표적으로 유료도로를 운영하고 있으며, 최근 독일과 노르웨이, 영국에서 일부 차종이나 터널 등 특정 구간에 대해 혼잡통행료의 개념으로 통행료를 징수하고 있다.

(나) 기존에 유료도로를 운영하는 스페인, 이탈리아, 프랑스와 같은 나라에서는 우리나라와 유사한 형태의 영업소에서 단일차로로 ETCS를 구성하고 있으며, 노르웨이, 독일 등과 같이 최근에 통행료를 징수하기 시작한 나라는 본선형(Multi-Lane) 형태의 ETCS를 구성하고 있다.

(다) 대부분의 유럽국가는 유럽표준에 따라 수동형 RF(주파수 : Radio Frequency)방식으로 시스템을 구성하여 요금을 징수하고 있으며, 독일의 경우 GSM/GPS를 이용하여 12톤 이상의 화물차량에 대해서만 거리 비례에 따른 통행료를 징수하고 있다.

그림 2-177 이탈리아, 프랑스 ETC 톨게이트

3) 전망 및 기술동향

ETCS가 활성화되어 있는 미국과 일본, 유럽에서는 ETCS용 차량단말기를 이용한 부가서비스 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 차량단말기를 이용하여 자동요금징수 뿐만 아니라 교통정보를 수집하는 프루브 차량으로의 역할과 네비게이션 등과 연동하여 실시간 교통정보 제공, 실시간 신호제어, 차량-차량간 통신을 이용한 간격제어 등 교통류제어 분야까지 그 범위를 확대하고 기술을 개발하는 추세에 있다.

① 국내 기술동향

○ 한국도로공사를 중심으로 단일차로 외 본선형 요금소, ETC 차량단말기를 이용한 교통정보 수집 및 제공, 다양한 부가서비스 구현이 가능한 복합단말기 등을 개발하고 있다. 또한 이용률을 높이기 위한 다양한 전략으로서, OBU(차량단말기 : On-Board Unit) 및 전자카드 기능 개선, 서비스의 다양화 등을 추진하고 있다.

② 국외 기술동향

(가) 일본은 ETC 활성화에 따라 ETC 단말기와 네비게이션, 그리고 교통정보를 제공받는 VICS 단말기 등과의 통합단말기 개발을 추진하고 있다.

그림 2-178 일본 스마트웨이 서비스

(나) ETC를 활용한 부가서비스 제공으로 ETC를 활용하여 교통정보의 수집, 제공뿐만이 아니라 기존 영업소를 구조적으로 바꾸는 Smart-IC, ETC 전용휴게소(Service Area) 및 전용주차장(Parking Area), ETC 전용영업소 등에 대한 사회실험을 실시하고 있다. 의회에서는 '07년부터 ETC를 장착한 차량만이 고속도로 진입을 허용하도록 하자는 의견도 제시되고 있다.

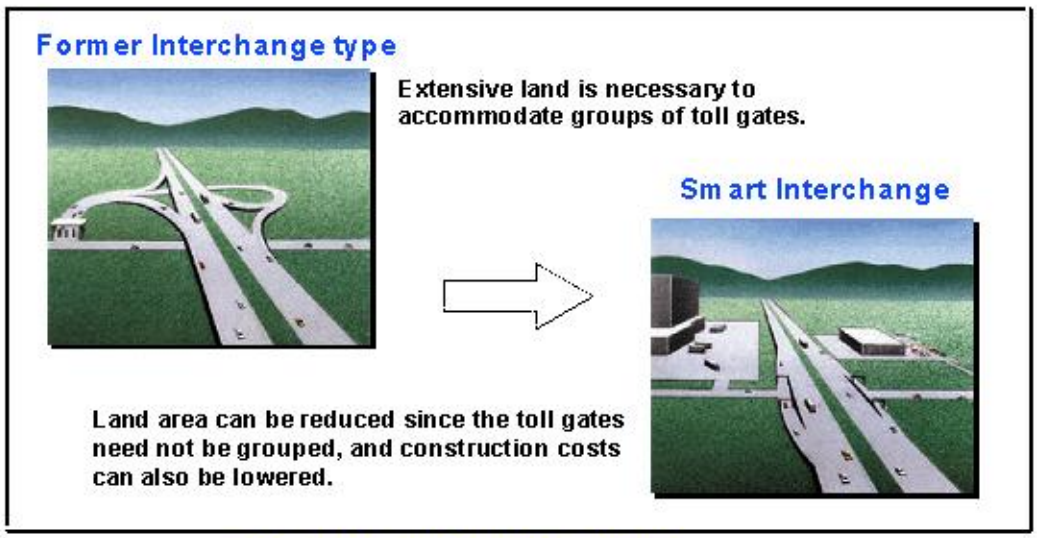


그림 2-179 일본의 Smart IC 개념

(다) 일본이 준비중인 Second Stage ITS(ITS의 2단계 도약)와 2007년 가을 본격적인 상용서비스를 앞두고 있는 차세대 도로서비스 구현을 위한 스마트웨이(SmartWay) 프로젝트의 중심에는 ETC를 기반으로 하는 통합형 차량단말기가 있다.

(라) 일본 외에 미국과 유럽에서도 ETC를 중심으로 부가서비스 및 차세대 통합단말기를 개발하고 있으며, 향후의 ETC 서비스를 위하여 본선상에서 요금을 징수하는 본선형 (Multi-Lane)으로 추진하고 있다. 또한, ETC 차량단말기의 성능개선을 통해 차세대 도로서비스 구현을 준비하고 있으며, 차량-노변간 통신 외 차량-차량간 통신 등이 가능하도록 기술을 표준화하고 개발하고 있으며, ETC 외 교통류 제어나 실시간 교통정보 제공 등의 고급서비스를 준비하고 있다.

(3) 교통정보 제공 및 여행자정보 고급화

교통정보 제공 시스템은 수집하는 교통정보를 종합관리·제공하는 서비스 분야이며, 여행자정보 고급화 분야는 기본교통정보에 부가정보를 추가하여 특정 교통이용자에게 제공하는 서비스분야이다.

표 2-59 교통정보제공 및 여행자정보 고급화 분야

서 비 스	단 위 서 비 스
기본교통정보제공	기본교통정보제공
교통정보관리·연계	교통정보관리·연계
차량여행자 부가정보제공	여행자정보제공, 출발전여행정보제공 운전중교통정보제공, 주행안내 주차정보제공

1) 국내 구축 및 서비스 현황

교통정보 제공과 여행자정보 고급화 분야는 도로 이용자들에게 직접적인 편익을 제공하며, 초기 ITS에서는 VMS 등의 현장장비를 통해 제한된 정보를 제공하였으나, 전자기술과 무선통신기술의 급속한 발달로 이동통신 및 개인 차량단말기, PDA, 무선인터넷 등을 이용한 유비쿼터스형 위치기반서비스를 제공하는 추세에 있다.

국내에서는 이와 관련하여 현장장비를 통한 정보수집 및 제공은 주로 공공기관 위주로 사업이 진행되어 왔으며, 민간사업자와 이동통신사를 중심으로 정보제공서비스가 점차 확대되어가는 추세에 있다.

국내의 전기, 전자, 통신, 계측제어분야 등의 높은 기술수준에 비하여 교통정보제공 분야는 국지적인 교통정보제공에만 국한된 초보적인 수준이며, 향후 적절한 지원만 있으면, 세계적 수준으로 도약할 수 있는 분야이다.

① VMS(가변정보판 : Variable Message Sign)

(가) 국내에서도 도로 이용자에게 실시간 교통정보를 제공하기 위해서 VMS를 설치하여 기본교통정보 및 통행시간 등의 정보를 제공하고 있으며, 초기 고속도로와 도시고속도로를 중심으로 설치되던 것이 지자체 ITS 활성화와 함께 간선도로 역할을 하는 국도 및 도시부 간선도로와 도심부 진출입부 등 점차 확대되어 가고 있는 추세이다.

(나) VMS의 경우 운전자에게 시인성이 매우 중요한 요소이기 때문에, 국내에서도 시인성 향상을 위해 VMS의 성능개선, 문자크기 및 색상에 대한 연구와 도형식 VMS 등과 같은 다양한 형태의 VMS를 개발하여 현장에 구축하고 있다.

② 교통정보관리 및 연계

(가) 국내에서는 건설교통부, 경찰청 및 지방자치단체 등이 각기 다른 시스템을 구축 운영하여 교통정보를 수집·제공 하고 있으며, 이에 따라, 광역적인 교통관리전략 및 정책 수립, 재해 및 재난에 대한 신속한 대응을 위한 연계된 교통정보제공 서비스는 효율적으로 제공되지 못하고 있는 실정이다.

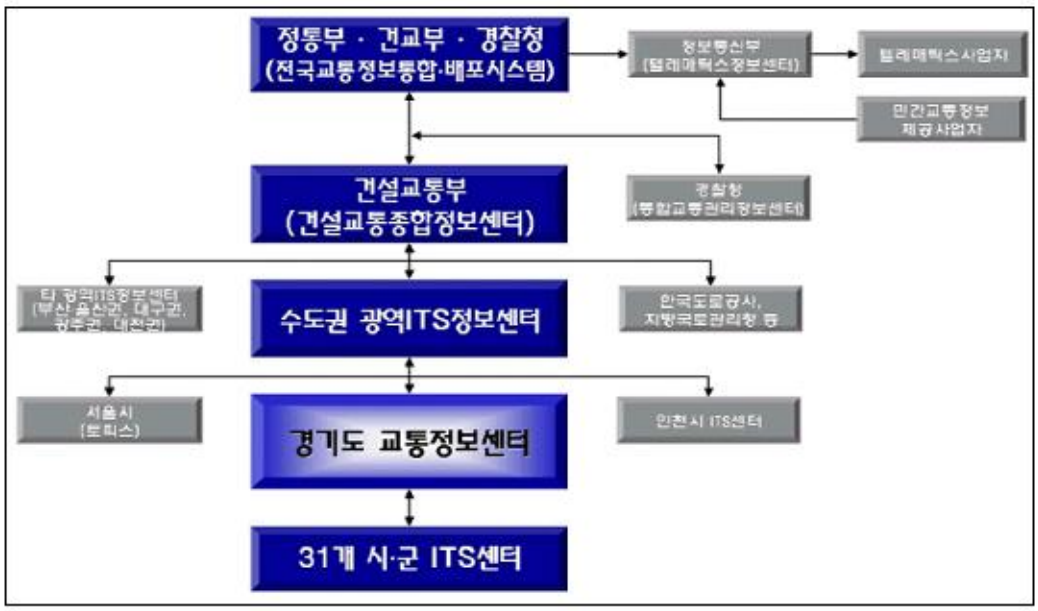


그림 2-180 기관별 교통정보 연계 방안

(나) 최근 정부에서는 건설교통부, 정보통신부, 경찰청을 중심으로 "전국 교통정보 통합·배포시스템 구축사업"을 통해 전국도로의 교통정보를 표준화된 형태로 연계·통합하여 다양한 수요자에게 정보를 제공하므로써 교통·물류체계 효율화 및 교통정보 활용산업 활성화를 촉진시키려는 사업을 추진하고 있다.

③ 출발전여행정보제공

○ 출발전 여행정보제공 서비스는 서울, 대전, 부산, 광주, 제주 등의 지자체 웹사이트와, 한국도로공사, 한국철도공사, 대한항공 등 교통기관에서 주로 홈페이지를 통해 여행정보제공 서비스를 실시하고 있다.

2) 국외 구축 및 서비스 현황

교통체증이 심각한 북미, 유럽, 일본 등의 대도시들은 교통정보제공 및 여행자정보제공 분야의 연구개발을 지속적으로 수행하여 우수한 시스템을 보유하고 있다.

일본의 경우 첨단지역정보제공, 주차정보제공, 자연재해에 대한 정보제공 뿐만 아니라, 차량에 장착된 네비게이션 등에 첨단기능을 탑재하여 운전중 교통정보제공 및 주행안내 등 운전자가 자동차의 운전 및 조작을 원활히 할 수 있도록 도로의 상태정보를 제공하는 역할까지 수행하고 있다.

유럽의 경우 교통정보 및 동적경로안내, 주차정보제공, 운전중 교통정보제공 등의 기본적인 교통정보 분야 위주로 발달하였다.

① VICS(Vehicle Information and Communication System)

(가) 일본의 VICS(도로교통정보통신시스템 : Vehicle Information and Communication System)는 운전자에게 필요한 이용편의를 향상시키는 것과 동시에 운송시간의 단축에 의한 비용 절감, 정확한 교통상태 파악에 의한 안전성 향상, 교통의 원활화에 의한 환경의 보존 등을 가능케하므로써 보다 나은 국민생활과 사회경제의 발전에 기여하는 것을 목적으로 하고 있다.

(나) 고속도로와 일반도로에서 도로교통정보를 제공함으로써 운전자에게 최단경로선택을 가능케하고 교통류를 적절하게 분산시켜 도로의 안전성 및 환경을 개선하는 시스템으로, VICS가 제공하는 정보는 다음과 같다.

○ 지체되는 도로구간과 지체정도

○ 통제구간, 지역에 대한 정보

○ 도로구간이나 링크의 통행시간

○ 주차정보나 응급상황 등의 정보

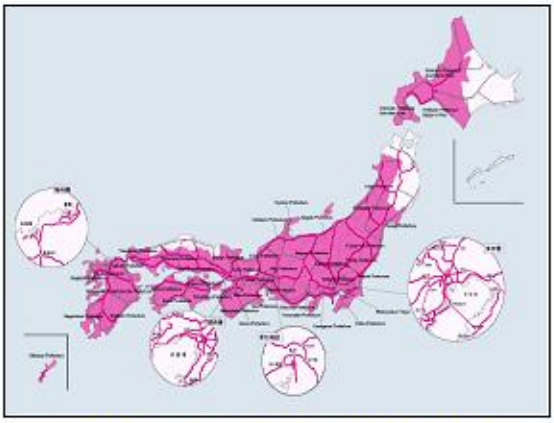


그림 2-181 VICS 서비스 지역

(다) VICS는 실시간 교통정보제공이 가능한 VICS 차량단말기를 장착하여 2.5GHz 전자비콘에 의해 도로교통정보를 제공받는다. '06년 6월 기준으로 VICS 차량단말기는 1,580만대 이상 보급되었으며, 일본내 거의 전지역에서 서비스를 받을 수 있다.

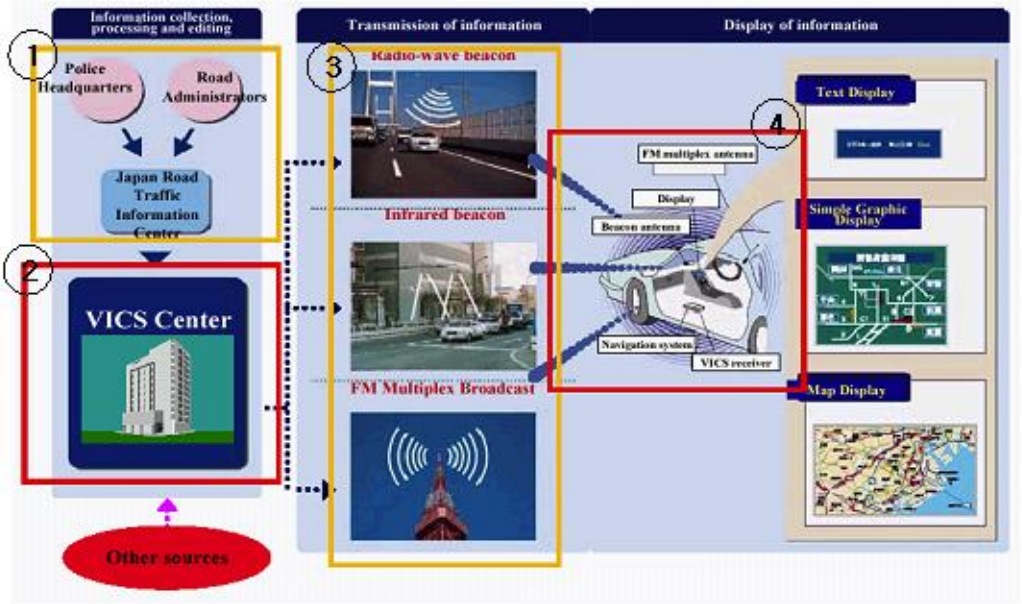


그림 2-182 VICS 전체시스템 구성

(라) VICS 전체 시스템은 ①정보수집 영역, ②정보처리·가공편집 영역, ③정보제공 영역, ④정보활용 영역으로 구분되며, VICS 센터에서 가공 처리된 도로교통정보는 일반도로에서는 적외선(Infrared), 고속도로에서는 전파(Radio-wave)를 사용하여 각 도로상에 설치된 비콘으로 발신시키며, 이 비콘에 의해 그 장소에서 필요한 도로교통정보 제공이 가능하게 된다.

(마) 2007년 가을부터 본격적인 상용서비스에 돌입할 예정인 차세대 도로서비스는 하나의 통합단말기에서, 자동요금징수인 ETC를 비롯하여, VICS의 실시간 교통정보서비스 등 기존 서비스에 추가적인 도로 서비스를 제공하는 것을 시작으로 점차 다양한 응용서비스를 늘려갈 계획에 있다.

② 첨단지역정보 서비스

(가) 일본의 첨단 지역정보 서비스로 고치현의 "KoCoRo" 프로젝트와 오카야마현의 "정보고속국도" 프로젝트 등이 있으며, 모든 서비스를 포괄하는 정보망을 우선적으로 구축하고 여기에 지역 공동체에 요구되는 정보서비스를 중심으로 정보를 제공하고 있다.

(나) 교통정보는 모든 서비스가 별개로 분리되는 것이 아니라 지역주민이 일상 생활 속에서 쉽게 접근할 수 있어 정보의 활용도가 매우 높은 편이다.

그림 2-183 일본의 첨단지역정보 서비스 화면

③ 자연재해에 대비한 정보서비스

(가) 일본은 지리적 특성상 자연재해가 많아 방재시스템이 특히 발달되었으며, 자연재난시 도로관리와 정보제공 등에 첨단 기술을 도입한 시스템을 구축하게 되었다.

(나) 야마가타현에서는 폭설에 대비한 정보제공장치를 설치하였고 가고시마현에서는 도로상 재난감지시스템을 설치하였으며 아오모리현에서는 폭설시 도로선형을 확인할 수 있는 시스템을 설치하여 운영하고 있다.

그림 2-184 자연재해 대비 정보서비스

④ 프랑스의 Visionaute 프로젝트

(가) 프랑스는 FM 문자다중방송인 RDS(Radio Data System)를 이용하여 교통정보 및 최적경로정보를 제공하는 Visionaute 프로젝트를 실시하고 있다.

(나) Visionaute 프로젝트는 프랑스 민간합동단체인 Telediffusion de France에서 1985년부터 시작하였으며, 1995년부터 기능성 최적화를 위해 광역적인 범위의 테스트를 실시하였다.

⑤ 독일의 주차·교통안내체계

(가) 독일 Cologne시에서 첨두시 주차공간을 찾기 위해 불필요한 혼잡을 유발하는 교통량이 전체의 25%에 달하는 것으로 추산되었으며 이러한 교통량을 감소시키기 위해 1986년 주차안내체계를 도입하였다.

(나) 독일에서는 차내 단말기인 TravelPilot 08 또는 라디오와 결합하여 경로안내 정보를 제공하는 TravelPilot을 운영하고 있다. TravelPilot의 네비게이션 시스템은 CD-ROM 드라이브, GPS 수신기, 거리계, 속도계, 바퀴의 센서 정보 등 종합정보를 제공한다.

3) 전망 및 기술동향

교통정보제공과 여행자정보 고급화 분야는 운전자가 ITS를 가장 직접적으로 느낄 수 있는 서비스 분야이다. 이러한 이유로 국내외에서 교통정보 및 여행자정보와 관련된 다양한 연구 및 프로젝트가 추진중에 있으며, 기존의 현장장비를 통한 기본교통정보제공에서 개인용 차량단말기, 휴대폰, PDA 등을 이용한 실시간 교통정보, 동적경로안내 뿐만 아니라 도로상태, 교통류제어, 정보접속서비스 등 다양한 서비스로 고급화되어가고 있는 추세다.

특히, 기존의 기본교통정보가 실시간 교통상황에 기반한 소극적 정보라 하면, 향후에는 보다 적극적 형태의 행동정보 즉, 예측교통정보, 실시간 경로안내 및 변경, 차량속도제어 및 차량조향제어 등을 제공하고 궁극적으로는 기본교통정보 외 도로상태, 기하구조, 기상 등 다양한 상태정보와 예측정보를 기반으로 자동주행을 목표로 연구개발이 이뤄지고 있으나 아직은 미흡한 실정이다.

① 예측교통정보 알고리즘

(가) 예측교통정보는 기본교통정보의 고급화된 형태로 운전자로 하여금 보다 효과적인 경로선택을 지원할 뿐만 아니라, 다양한 교통제어 알고리즘의 입력 자료로도 사용되는 중요한 요소로서 ITS 기능 고도화를 위해 관련 기술의 개발이 필수적이다.

(나) 정확한 예측정보의 가공을 위한 주요 장애요인으로는, 우선 실시간 자료의 부정확성, 예측기법의 특성 및 입력 자료의 행태에 대한 이해 부족, 급변하는 교통상황에 보다 효과적으로 적응할 수 있는 알고리즘의 개발이 필요하다.

② VMS 운영관리

(가) VMS는 ITS 사업의 확대와 함께 전국적으로 설치되고 있으나, ITS 시설물이 아닌 도로안전시설물로 정의되어 일반적인 사항(글자체, 문자크기, 단어간격, 줄간격) 위주로만 지침이 제공되고 있다.

(나) 인간공학적인 측면에서 VMS에 따른 도로이용자의 안전성을 평가할 수 있는 기법의 개발과 운전자 반응, 도로기하구조, 실시간 교통특성 등을 다각적으로 분석한 연구를 수행해야 하며, 국외의 경우 VMS 메시지에 대한 운전자 반응 및 VMS 운영관리에 대한 다양한 연구가 수행되었다.

(다) 연구결과를 바탕으로 VMS 설치 안전성, 위치의 적절성, 메시지의 시인성, 표출문안의 일관된 기준 등을 도출하고, 이를 통해 ITS 주요 시설물로서의 "VMS 설치 및 운영에 관한 지침(가칭)"을 새로이 작성할 필요가 있으며, 표출메시지의 표준화 및 교통정보 이외의 홍보문안 표출금지 규정화 등이 필요한 실정이다.

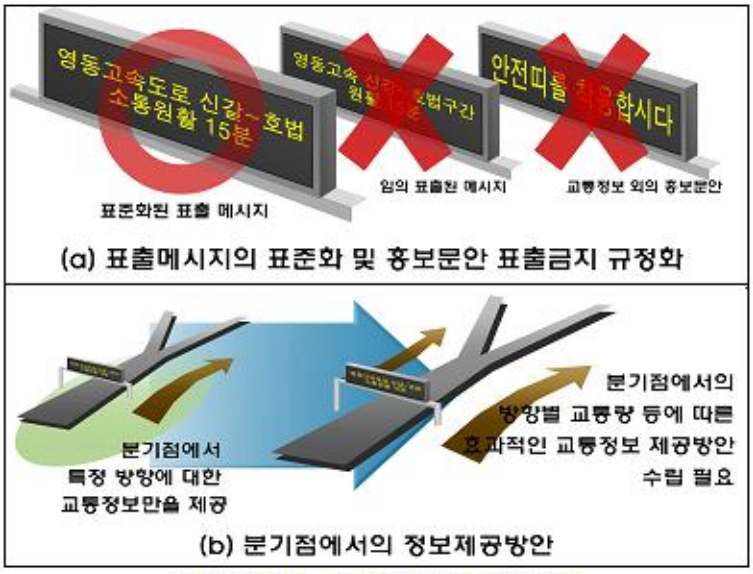


그림 2-185 VMS 운영관리방안

(라) 국외의 경우, VMS를 이용하여 VSL(가변속도제어 : Variable Speed Limit)나 LCS(차로제어시스템 : Lane Control Systems)등에 적용하고 있으며 특히, 고속도로 또는 간선도로에서의 교통정보제공과 함께 교통류 관리에 적극 활용되고 있는 추세이다.

③ 교통정보 제공

정보제공의 경우, 일본의 경우 ETC와 네비게이션을 연동한 복합단말기는 이미 상용화되어 있으며, 실시간 교통정보제공이 가능한 VICS 단말기와 ETC 단말기를 혼합한 형태의 단말기가 2007년부터 상용화될 예정이다. 미국과 독일, 이탈리아를 비롯한 유럽에서도 DSRC 및 GSM/GPS 등의 통신기술을 활용하여 실시간 교통정보, 경로안내, 자동요금징수 등 다양한 부가서비스가 혼합된 통합단말기 형태로 변화하는 추세에 있다.

(4) 화물운송 효율화

화물운송 효율화 분야는 효율적 화물운송체계를 구축하여 물류비 절감 및 사고를 예방하는 서비스 분야이다.

표 2-60 화물운송 효율화 분야

서 비 스	단 위 서 비 스
물류정보관리	화물추적관리, 화물차량운행관리 화물차량안전관리지원, 화물차량경로안내
위험물차량관리	위험물사고처리, 위험물관리 위험물차량 경로안내 · 관리
화물전자행정	화물전자통관, 화물전자행정

1) 국내 구축 및 서비스 현황

국내에서는 화물운송 효율화를 위한 화물전자행정 시스템인 종합물류정보전산망 구축을 추진하고 있다.

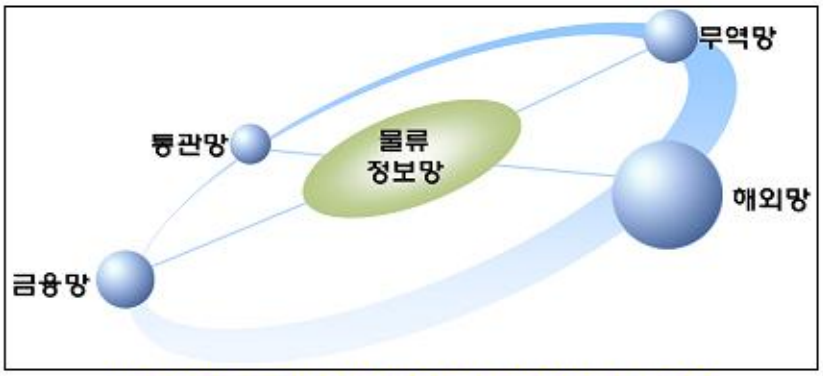


그림 2-186 종합정보망으로서 유관망과의 관계

종합물류정보전산망은 육상·해상·항공 등 개별 화물정보망과 무역·통관·금융·보험 등 유관망, 그리고 타 국가기관 전산망 등을 상호 연계하여 물류 관련업무의 일괄처리 서비스를 제공함으로써 화물의 수송·보관·하역·입출항 등의 업무를 자동화하는 범국가적 기간망(Intra-VAN) 사업이다.

이 사업은 한국통신(KT)과 한국물류정보통신(KL-Net)이 전담사업자로서 사업단계를 1단계(1996~1998) 시스템구축, 2단계(1998~2000) 서비스확산, 3단계(2001~2015) 서비스초고속화로 나누어 추진하였으며, 종합물류정보전산망에서 제공하는 주요 서비스는 다음과 같다.

표 2-61 종합물류정보전산망의 주요제공서비스

구 분	주요 제공 서비스	
수출입 물류정보	▪ 항만정보서비스(KL-NET) ▪ 항공화물 공용정보시스템(KT)	
수출입 물류정보 (통합 DB)	▪ 해상추적서비스 ▪ 통계서비스	▪ 항공추적서비스
첨단화물운송정보 (CVO)	▪ 실시간 차량/화물추적서비스 ▪ 수배송알선서비스 ▪ 지리정보서비스	▪ 차량운행관리서비스 ▪ 교통상황정보서비스 ▪ 사이버물류정보서비스

2) 국외 구축 및 서비스 현황

① 미국

(가) 상용차량 전자통과(Commercial Vehicle Electronic Clearance)는 국내 및 국제간(캐나다와 멕시코)의 화물차량에 대하여 트랜스폰더를 장착한 화물차량과 버스를 대상으로 규정에 적합한 차량은 국경검색이나 중량검색소의 검색과 검사를 하지 않고 운영 가능케 함으로서 화물차량의 운영에 효율성을 부여하고 있다.

(나) 자동노변 안전검색(Automatic Roadside Inspection)은 노변에서 실시하는 각종 검사를 자동으로 실시하는 서비스로서 연간 1억 6천만 건에 달하는 화물차량의 노변검색을 최소로 하고 있다.

(다) 상용차량 행정관리(Commercial Vehicle Adminstration Processes)는 각 주마다 법적으로 규정된 주행거리 및 연료에 관한 회계감사에 관한 보고의무를 자동화하여 화물운영에 효율성 향상을 목적으로 운영되고 있다.

그림 2-187 미국 화물교통 예측 및 정체 지도

(라) 차량안전검색(On-Board Safety Monitoring)은 화물차량, 화물 및 운전자에 관한 안전상태를 차량에 부착된 센서를 통하여 감지하는 시스템으로, 화물차량, 화물 및 운전자에 관한 경고를 함으로써 화물차량 관련 사고를 미리 예방하는 서비스를 제공하고 있다.

(마) 화물운영관리(Freight Mobility)는 화물차량 운전자와 관리자 및 복합운송 제공자간에 실시간 통신체계를 제공함으로써 화물운영의 신뢰성과 효율성을 증진시키고 있다.

(바) 위험물적재 차량 유고관리(Hazardous Material Monitoring)는 위험물 적재 화물차량의 유고시 즉각적인 안내체계와 위험물질의 사고처리에 적절히 대응하는 시스템이다.

② 유럽

(가) 유럽은 MELYSSA 사업에서 제시된 화물차량 및 차량군 관리체계(Freight and Fleet Management)가 있으며 미국의 CVO와 성격은 비슷하나 화물운송관리와 화물차량관리를 동시에 추구하는 서비스이다.

(나) 독일에서는 12톤 이상의 중차량에 대해 통행료 자동요금징수와 함께 중차량에 대한 운행관리를 실시하고 있다.

(다) 시스템의 특성으로는 위성위치추적시스템(GPS : Global positioning system), 이동통신(GSM), 적외선(Infrared) 및 무선(Radio Frequency) 단거리전용통신(DSRC) 등 다양한 통신방법을 이용할 수 있도록 구성되어 있다.

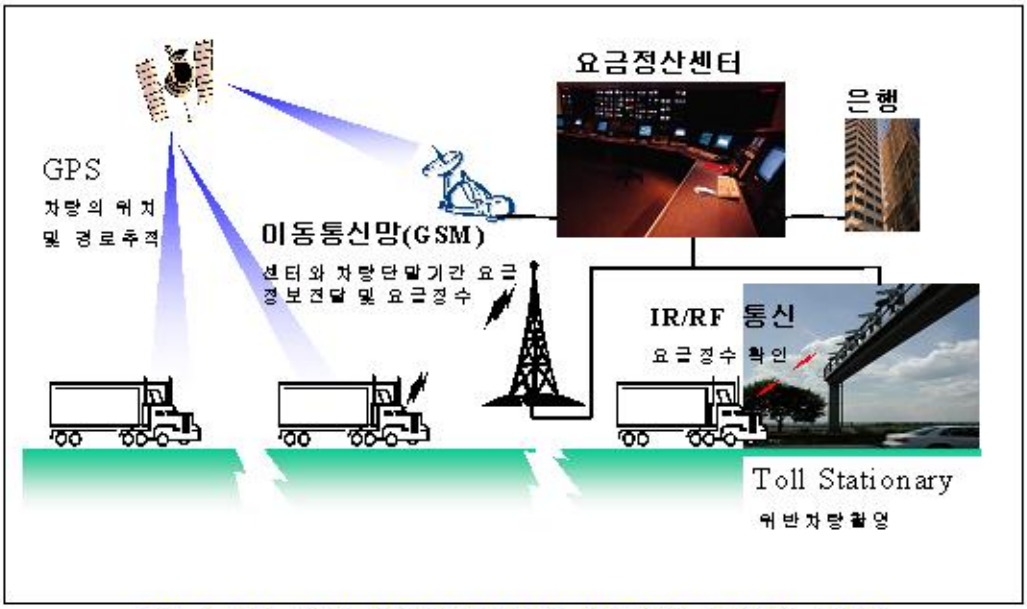


그림 2-188 독일 자동요금징수 및 화물운송 효율화 시스템

(라) 루마니아에서는 선진국가에서 적용하는 GPS/GSM 방식을 이용한 중차량 위치추적 및 자동사고감지시스템 등의 도입을 추진하고 있다.

3) 전망 및 기술동향

화물운송 효율화 분야에서는 화물차량에 디지털운행기록계나 RFID 등을 이용한 운행관리분야와 화물의 전자통관, 전자행정 등의 종합정보망 구축을 중심으로 추진되고 있다.

국내의 경우 KT-Logis, SK Netruck, 대신 OKnet, 삼성 Mlogis, N.Trac 등 민간기업을 중심으로 화물, 물류 분야에서 화물관리, 화물차량관리, 운송 및 배송관리 등에 적용하고 있으며, 텔레매틱스 등으로 인한 실시간 위치추적 기반의 운행관리 시스템이 확대 적용되고 있는 추세에 있다.

또한, 디지털운행기록계에 대한 표준화 및 연구개발을 통해 실시간 차량 위치추적 기반의 화물차량의 안전관리 및 운행관리를 추진하고 있다. 실시간 위치 추적기술인 GPS 및 이동통신기술의 발달과, RFID, DSRC와 같은 전자통신 기술의 발달로 화물운송 및 위치추적은 실용화되어가는 추세이며, 화물운송 분야 외 다양한 관리기능이 포함되어 있는 통합적인 관리시스템 개념으로 진화되고 있는 추세이다.

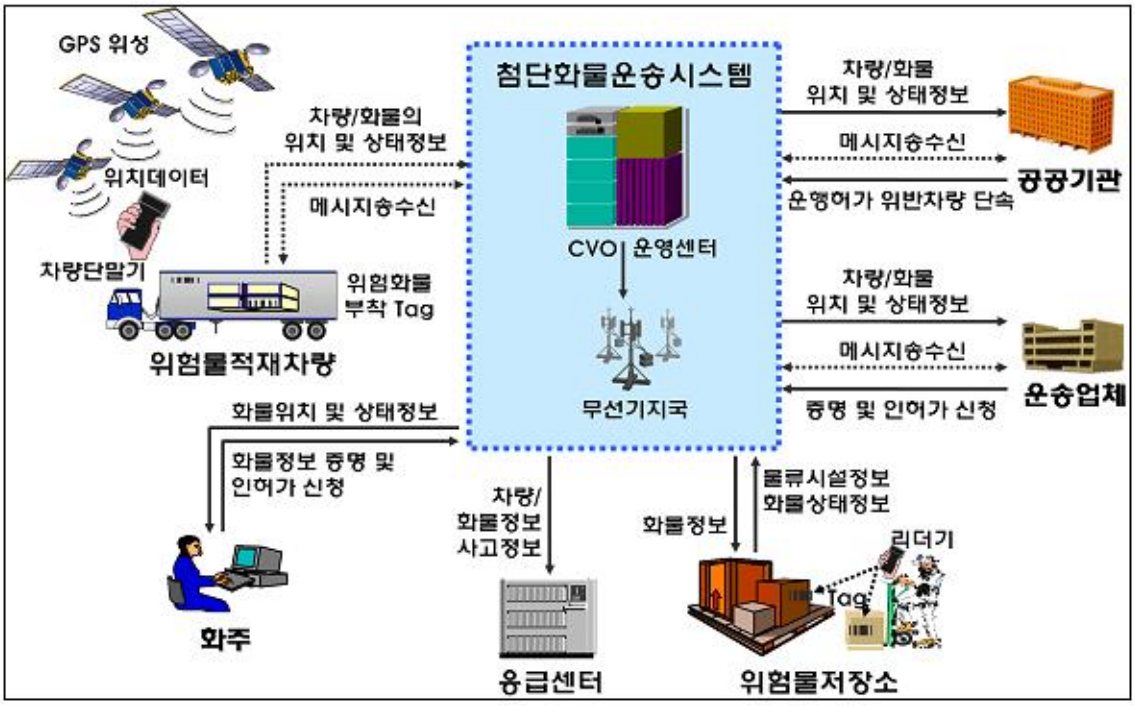


그림 2-189 정보기술과 물류산업의 연계

(5) 도로 첨단화

도로 첨단화 분야는 현재 다른 ITS 분야에 비해 개발된 세부 서비스 분야가 적지만 향후 ITS 분야에 있어서 운전자를 위한 가장 유용한 서비스 분야로 발전될 가능성이 큰 분야이다.

표 2-62 도로 첨단화 서비스 분야

서 비 스	단 위 서 비 스	
안전운전지원	사고발생자동경보, 차량측방충돌예방, 철도건널목안전관리, 차량안전자동진단, 장애자안전지원, 위험운전방지	차량전후방충돌예방 교차로충돌예방 감속도로구간안전관리 보행자안전지원 운전자시계향상

1) 국내 구축 및 서비스 현황

차량 및 도로 첨단화 분야는 물리적 대상으로는 차량과 도로로 구분할 수 있으며, 국내의 경우 안전운전지원, 자동운전지원 등과 관련된 연구개발 및 서비스가 상대적으로 저조한 분야에 속한다.

국내에서는 감속도로 구간 안전관리, 차량합류부 경고시스템과 같은 비교적 기술집약도가 낮고 초기 서비스가 용이한 안전운전지원 분야를 중심으로 연구개발 및 서비스가 추진되고 있다.

그러나, 최근 국내에서도 미국, 일본, 유럽의 사례를 검토하여 안전운전지원 부분과 자동운전지원 분야에서 많은 연구개발이 진행되고 있으며, 특히 차량 간격제어, 자동조향운전, 군집운행 등과 같은 고난이도의 자동운전지원 분야와 첨단안전차량에 대한 관심이 높아지고 있는 추세이다.

① 감속도로구간 안전관리

○ 감속도로구간 노변경고시스템(SRSRWS)은 다음 그림과 같이 노변의 전광판을 통해 운전자에게 자신의 속도를 표출하여 운전자의 경각심을 일깨워 감속을 유도하는 시스템으로 현재 과천시에서 16개소에 설치하여 운영하고 있다.

그림 2-190 과천시 감속도로구간 노변경고시스템(SRSRWS)

② 차량합류경고시스템

(가) 차량합류경고시스템은 서울 강변북로와 잠실대교 합류지점의 가속차로가 없는, 기하구조상 본선부와 연결로 간의 시야확보가 어려워 합류되는 지점에서의 운전자 안전을 도모하기 위하여 설치되었다.

(나) 시스템 운영시 여러 가지 운영상의 문제점 발생으로 항상 동일 메시지가 표출되어 그 실효성이 떨어지며, 안전한 합류를 지원하는 시스템이라기보다는 위험경고수준의 기능을 수행하고 있다.

그림 2-191 차량합류경고시스템

③ 도로결빙방지시스템

(가) 도로가 스스로 쌓인 눈을 제거하는 도로결빙방지시스템은 두 종류의 노면센서와 기상관측장비, 융설액 분사펌프로 구성된다. 결빙감지센서와 온도, 습도센서가 도로에 쌓인 눈이 얼어붙을 조짐을 감지하면 도로 옆에서 눈을 녹이는 염화칼슘용액이 일제히 분사된다.

(나) 이 시스템은 흔히 빙판길에 손으로 뿌리는 모래, 소금, 염화칼슘 가루보다 제빙효율이 월등하며 자동차, 교량철판이 염화칼슘으로 부식되는 피해도 거의 없어 선진국형 제설 장비로 각광을 받고 있다. 실제로 눈이 많은 북유럽, 캐나다, 일본 등지에서 도입 확대일로에 있으며 터널 입출구나 대형교량, 험준한 산악도로 등 대형사고 위험지역에 주로 설치하고 있다.

(다) 국내에서는 폭설로 인한 빙판길 교통사고를 줄이기 위해 정선카지노 진입구간을 비롯, 강원도 진부령터널 상행선과 대관령 2, 3터널의 1.5㎞ 구간에 도로결빙방지시스템을 설치하였으며, 수도권과 강원지역 산간도로 3곳에도 결빙방지시스템 설치가 진행 중에 있다.

④ RWIS(도로기상정보시스템 : Road Weather Information System)

(가) 도로상의 날씨 변화를 운전자에게 예보하여 잠시 뒤에 주행할 도로의 노면상태 및 기상상태를 미리 알려주는 시스템으로, 도로에 깔린 짙은 안개나 폭우 등 예상치 못한 기상변화로 인한 사고 위험을 줄이는 것을 목표로 하고 있다.

(나) RWIS는 도로변에 설치된 도로 기상관측 장비와 노면의 습도·온도 센서로부터 기상정보를 제공받아 차량 운전에 위험이 되는 기상상황을 1~2시간 전에 운전자에게 미리 통보하게 된다. RWIS는 특정 도로 구간만 다루기 때문에 광범위한 지역의 날씨를 예측하는 일반 기상예보에 비해 예측의 정확도가 훨씬 뛰어난 장점을 가지고 있다.

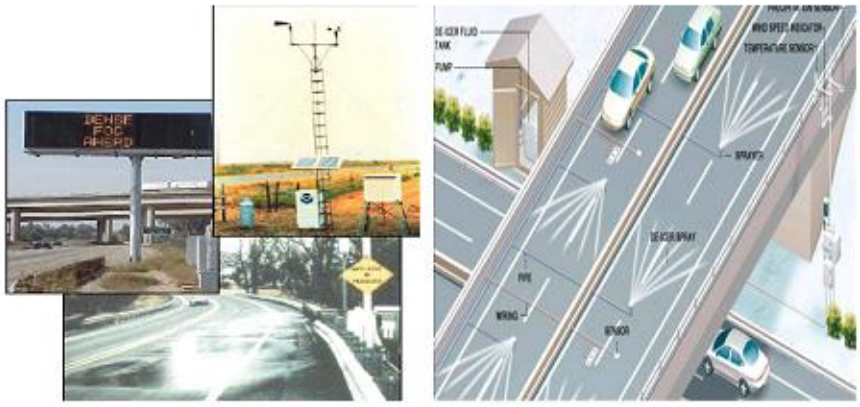


그림 2-192 도로기상정보 시스템

(다) 일본에서는 이미 1,000여곳의 사고다발지역에 RWIS가 설치됐으며, 국내에서는 서울 북악스카이웨이와 남부순환도로, 제주시 한라산 횡단도로 등 11개 구간에서 시험운영 중이다.

2) 국외 구축 및 서비스 현황

도로분야의 첨단화는 미국, 일본, 유럽에서 기상변화, 도로상태 등에 따른 도로의 관리와 안전운전을 지원하기 위한 예방 및 경고시스템 등에 주로 적용되고 있다.

① 버지니아 SMART ROAD

(가) 스마트 로드는 Interstate 81과 버지니아의 Blacksburg를 연결하는 5.7mile 연장의 고속도로이다. 폭우나 노면결빙, 눈보라와 같은 열악한 환경에서 운전자에게 필요한 기술을 현장시험을 통하여 개발할 수 있는 "세계에서 유일한 기상조건을 조절할 수 있는 시험공간" 으로서, 강우·강수량을 조절할 수 있는 snow타워 75개와 야간주행시 시야확보를 위한 가로등 연구지역을 가지고 있으며, 광통신망과 지역무선통신을 포함하는 첨단통신시스템 보유하고 있는 테스트 도로이다.

(나) 다양한 경사 및 구배를 가진 지형과 교량이 있어 센서를 시험하는데 용이하며, 아스팔트 포장의 장·단기적인 공용성을 연구하기 위해 포장체에 다양한 계측기가 매설되어 동적하중 및 환경변화에 따른 거동연구가 가능하다.

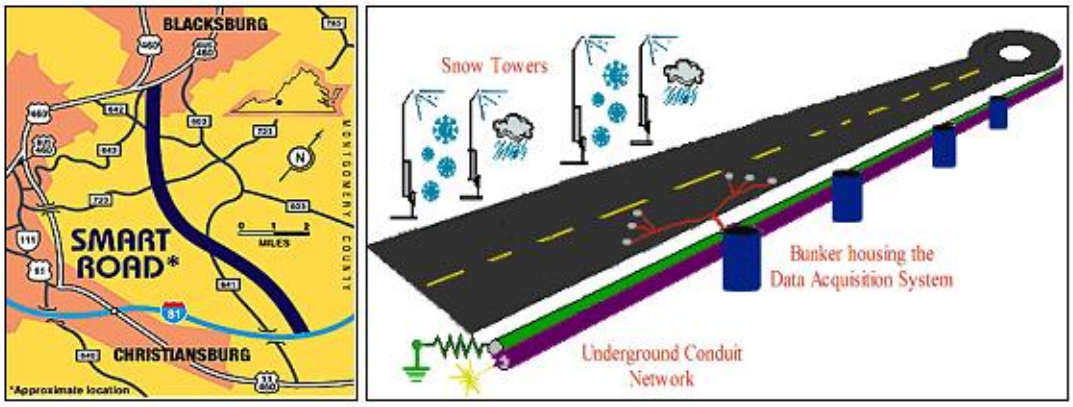


그림 2-193 미국 버지니아 SMART ROAD

② VSL(가변제한속도 : Variable Speed Limit)

(가) 법제도적으로 기상조건 및 도로교통조건에 따라 20% 혹은 50%로 감소되는 속도규제를 실시간으로 운전자에게 제공하는 시스템이다. 이는 단속 가능한 제한속도라기보다는 운전자에게 환경조건에 적절한 안전운행속도를 제시해주는 시스템이다. 미국의 아리조나, 워싱톤, 미시간, 버지니아를 비롯한 여러 지역에서 운영 중에 있으며, 유럽에서도 많은 국가에서 운영 중에 있다.

(나) 독일의 경우 본선의 차로제어시스템과 함께 운영되고 있으며, 혼잡상황, 기상조건, 작업, 사고 등으로 인한 차로폐쇄 등에 능동적으로 대처할 수 있는 장점이 있다.

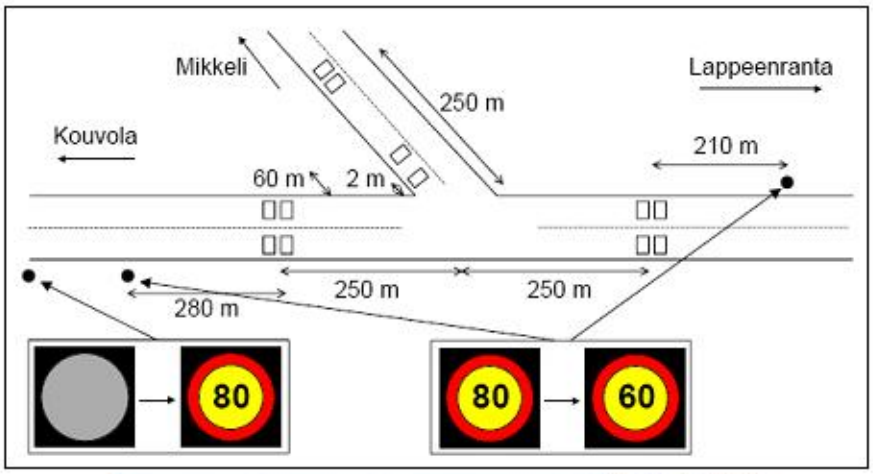


그림 2-194 VSL(가변제한속도) 개념 및 독일의 VSL

3) 전망 및 기술동향

도로 첨단화 분야는 센서기술과 통신기술의 발달에 따라 비약적으로 변화하고 있다. 도로부분에서는 센서기술을 이용하여 위험물, 장애물의 검지부터 기상상황, 노면의 상태 등을 검지하여 통신기술을 이용하여 운전자에게 일대일로 정보를 제공하는 형태로 발전하고 있는 추세다.

① 감속도로구간 안전관리 시스템 기능 고도화

(가) 현재 과속위험구간, 노면결빙구간, 안개구간, 터널, 교량 등 감속이 필요한 지점 및 시점에서는 교통표지판 및 노면의 과속방지포 등을 통해 감속 및 안전운전을 유도하고 있으며, 과천시에서는 감속도로구간 노변경고(SRSRWS) 시스템을 도입하여 16개소에서 운영하고 있다. 그러나 현행 시행되는 시스템은 소극적인 시스템으로 보다 적극적으로 차량을 제어할 수 있는 시스템에 대한 연구개발 및 적용 타당성을 검토해야 한다.

(나) 현재 시스템보다 한 단계 발전시켜, 감속하여야 하는 최적속도를 산출하여 노변장치에 표출시키고, 차내장비에 표출 및 경고음을 발생시키며, 최적속도 이상으로 가속을 할 수 없도록 차내 가속제어를 적극적으로 운전자의 감속을 유도하는 감속도로구간 속도제어 시스템이 하나의 예가 될 수 있다.

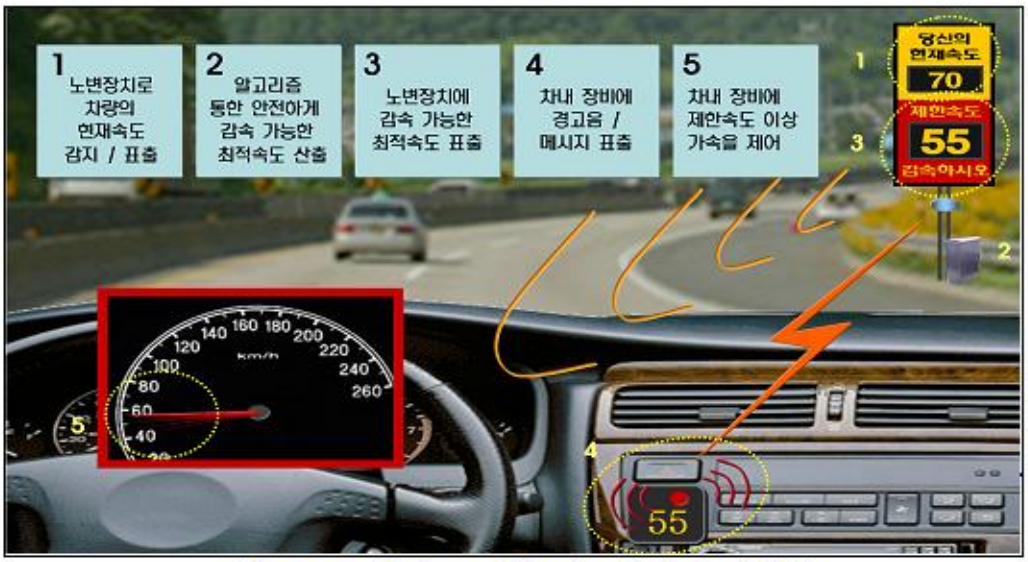


그림 2-195 감속도로구간 속도제어 시스템(예)

(다) 이러한 시스템의 도입에 앞서, 최적속도를 산출시키는 알고리즘의 개발이 필요하며, 최적속도산출 알고리즘은 도로 기하구조 특성(종단/횡단 경사, 회전반경 등), 기상영향(안개, 설빙 등), 교통상황(돌발상황 발생 등)을 고려하여 산출하여야 한다.

(라) 감속도로구간 속도제어 시스템을 도입함으로써, 평균속도 및 최고속도를 적극적, 효과적으로 감소시킬 수 있으며, 이와 동시에 속도위반 차량을 줄여 교통안전에 크게 기여할 수 있음. 이러한 시스템은 이미 유럽의 여러 국가에서 ISA(Intelligent Speed Adaptation) 프로젝트를 통해 다양한 실험을 수행 중에 있으며, ISA의 적용은 기술적인 문제는 없으나 국내 도입시 실질적인 교통사고 예방효과를 분석해 볼 필요가 있다.

② 진출입부 동적운영제어시스템

(가) 국내의 국가교통핵심기술개발사업 도로운영효율화부분 AVHS (Advanced Vehicle & Highway System)관련 Pilot 기술개발과제로 연구 중에 있는 것으로, 본선진입부에 검지기로 본선의 교통현황을 파악하여 본선의 원활한 소통상황에 맞춰 동적으로 진입을 제어하는 시스템이다.

(나) 고속도로의 경우 DSRC 기술을 이용한 하이패스가 운영되고 있으므로, 하이패스를 활용하여 고속도로와 연결되는 진출입부의 동적운영제어 시스템을 통한 램프미터링도 가능하리라 보여진다.

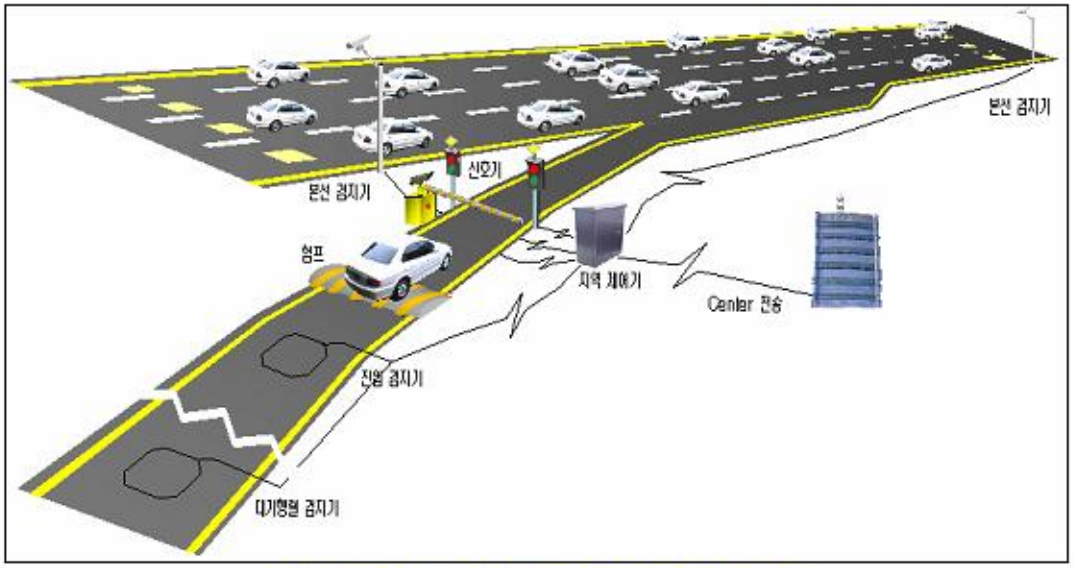


그림 2-196 진출입부 동적운영제어시스템

2.1.5 Human Factors

(1) 개요

1) 인간공학(Human Factors)이란?

인간공학이란「인간의 행동, 능력, 한계, 특성 등에 관한 정보를 발견하고, 이를 도구, 기계, 시스템, 과업, 직무, 환경의 설계에 응용함으로서, 인간이 생산적이고 안전하고 쾌적하고 효과적으로 이용할 수 있도록 하는 것」이며, 궁극적으로 안전성 향상과 사고 방지, 기계조작의 능률성과 생산성의 향상, 쾌적성을 그 목표로「인간을 위한 설계」라고 말할 수 있고, 다음과 같은 세 가지 관점에서 정의할 수 있다.

① 인간공학의 초점

○ 일과 일상생활에서 사용하는 제품, 장치, 설비, 수순, 환경 등과 인간의 상호작용에 초점을 두며 인간과 사물의 설계가 인간에게 미치는 영향에 중점을 둔다. 따라서 인간공학은 사람들이 사용하는 사물과 그 사용 환경을 변경하여 사람의 능력, 한계, 요구에 한층 부합시키도록 한다.

② 인간공학의 목적

○ 일과 활동을 수행하는 효능과 효율을 향상시키려는 것으로, 사용성 편의 증대, 오류감소, 생산성 향상 등을 들 수 있으며 바람직한 인간가치를 향상시키고자 하는 것으로 안전성 개선, 피로와 스트레스 감소, 쾌적감 증대, 사용자 수용성 향상, 작업만족도 증대, 생활의 질 개선 등을 들 수 있다.

③ 인간공학의 접근방법

○ 인간의 능력, 한계, 특성, 거동, 동기 등에 관한 적절한 정보를 사물의 설계와 그 사용절차 및 사용 환경에서 체계적으로 응용하려는 것이다.

○ 인간공학이라는 학문의 명칭은 유럽에서 Study(nomics) of Work(ergo)의 의미로 Ergonomics라고 불리어져 왔고, 미국에서 인간과 관련된 요소에 대한 연구라는 의미로 Human Factors라고 하여 교통이나 국방 관계 연구에서 사용되고 있다. 인간공학의 분야는 인간행동에 영향을 미치는 사물의 인식에 관해 다음과 같이 크게 2가지 분야로 나누어진다.

- 심리적 분야(mental side) : 심리학, 사회학 등의 사회과학 분야에서 설문지조사, 인터뷰조사, 프로토클 분석 등의 설문조사를 통해 얻어지는 정성적인 데이터를 다룸

- 역학적 분야(physical side) : 생리학, 자동차공학 등의 자연과학 분야에서 근육 및 관절운동, 안구운동 조사, 심박수 조사, 뇌파조사 등의 실험조사를 통해 얻어지는 정량적인 데이터를 다룸

④ 인간공학의 역사

○ 1900년대 초(태동기) : 인간의 동작 및 공장관리에 대한 연구 시행, 2차대전중 행동과학자 집단의 주어진 일에 적합한 사람을 고르는 시험법 개발을 들 수 있다.

○ 1945~1960(전문분야 탄생) : 미공군과 해군에 기술심리학 연구소 설립, 1957년 미 인간공학회 설립, 우주경쟁시대에 인간공학 발전

○ 1960~1980(급성장기) : 유인우주선 발사와 더불어 급성장을 나타냄, 의약품, 자동차, 컴퓨터, 산업현장의 안전에 인간공학의 확대가 이루어짐.

○ 1980~1990(컴퓨터, 재앙, 소송) : 컴퓨터 발전과 인간공학의 성장이 두드러짐. 1979년 Three Mile섬 원자력 사고와 인도 보팔지역의 유니온 카바이트사의 살충제 누출 등 엄청난 사고의 중요요인이 인간공학적 오류임이 밝혀지고 많은 소송에서 인적오류를 원인으로 인간공학자의 증언이 중요한 변수가 됨.

○ 1990년 이후 : 의료기구, 고령화 등 생활과 노동의 질의 개선에 기여하고 생산성과 안전성의 문제를 넘어 만족, 행복, 위엄과 같은 무형적 기준을 포괄하는 문제에 기여할 것으로 기대

2) 인간의 정보처리 과정

운전행동은 외부의 정보를 감각기관을 통과하여 신경계의 대뇌에 전달된다. 뇌에서는 입수된 정보를 종합적으로 판단하여 의사결정을 하고 행동기기를 통하여 동작의 형태로 반응을 실행하게 된다.

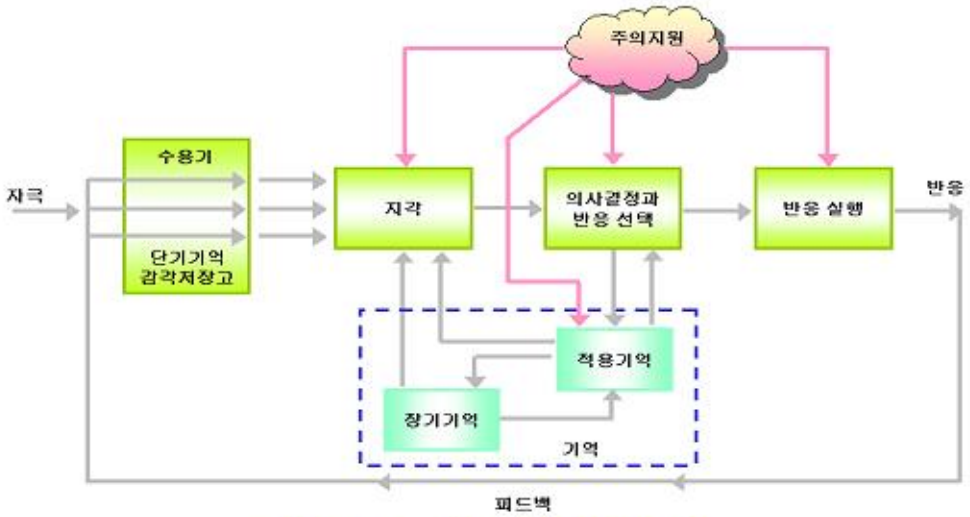


그림 2-197 인간의 정보처리 모형

① 지각과정에서는 외부 신호나 과녁의 존재 여부를 아는 검출(Detection)과 외부신호가 어떤 부류에 속하는지를 아는 확인(Identification)과 인식(Recognition)의 단계를 포함한다. 이러한 지각작용은 과거의 경험과 학습 연상이 작용한다

② 기억과정

(가) 감각저장(Sensory Storage)

○ 자극이 종료된 후에도 잠시 동안(시각-1초, 청각이나 운동감각- 2~8초) 자극표현을 지속하는 임시적 저장 메카니즘으로 비교적 자동적으로 나타나며 잘 알려진 저장메커니즘은 시각계통의 상(象)저장, 청각계통의 반향저장이 있다.

○ 이러한 현상을 지속시키기 위하여 할 수 있는 일은 없다. 정보를 장기간 유지하려면 코드화하여 작업기억으로 보낸다.

(나) 작업기억(Working Memory)

○ 감각저장장소에 정보를 코드화하고 작업기억 장소로 전달해 유지하려면 인간은 이 과정에 직접 주의를 기울여야 한다. 작업기억의 정보는 대개 2가지의 형태로 표시될 수 있다.

○ 첫째는 공간적 작업기억으로 시각상인 아날로그방식의 공간적 형태로 정보를 나타낸다. 둘째는 언어적 혹은 음운적 작업기억으로 단어와 음성과 같은 언어적인 형태로 정보를 표현한다.

○ 작업기억 안에 정보를 유지하는 유일한 길은 연습이다. 연습이 없는 상태에서 작업기억 중에 유지할 수 있는 항목의 최대수는 매직넘버로 불리우는 7±2이다.

(다) 장기기억(Long Term Memory)

○ 작업기억에서 장기기억으로 전달될 때는 의미적으로 코드화된다. 이것은 정보에 의미를 부여하고 기존의 장기기억에 저장되어 있는 정보와 연관시킨다. 이렇게 조직화되면 검색이 쉬워지고 시간이 빨라진다.

③ 의사결정(Decision Making) 단계는 사람들이 대안을 평가하고 행동경로를 선택하는 복잡한 과정이다. 결정과 연관된 정보를 보유정보 중에서 찾고, 여러 가지 가능한 결과의 확률을 평가하며 예상결과에 가치를 부여한다. 이때 걸리는 시간이 선택반응시간(choice reaction time)이다.

④ 주의(Attention)는 단기감각기억이 일어난 뒤에 오는 상당부분의 정보처리가 효과적으로 기능하기 위해서 필요하며 선택주의 (selection attention), 응시주의 (focused attention), 분할주의 (divided attention), 시분할 (timesharing), 지속주의(sustained attention, monitoring, vigilance)의 특징을 갖는다.

3) 도로교통에서 인간공학적 요소

인간공학적 입장에서 본 도로교통은 '운전자-자동차-도로' 시스템에 의하여 이루어지는 것으로 운전자는 도로로부터 주변의 자동차 및 도로정보를 포함 자신의 자동차로부터 진동 및 속도 등의 주행정보를 입력 처리하여 적절한 제어동작에 관한 의사결정을 내리고 안전주행을 도모한다.

인간의 정보처리과정을 설명하면 운전자는 외부로부터 자신의 수용기를 통해 들어오는 제반 외부자극을 받아드리고, 신경체계를 통하여 전달·분석하고 행동하는 절차를 정확하고 효율적으로 처리하여 안전한 운전활동을 수행할 수 있게 된다.

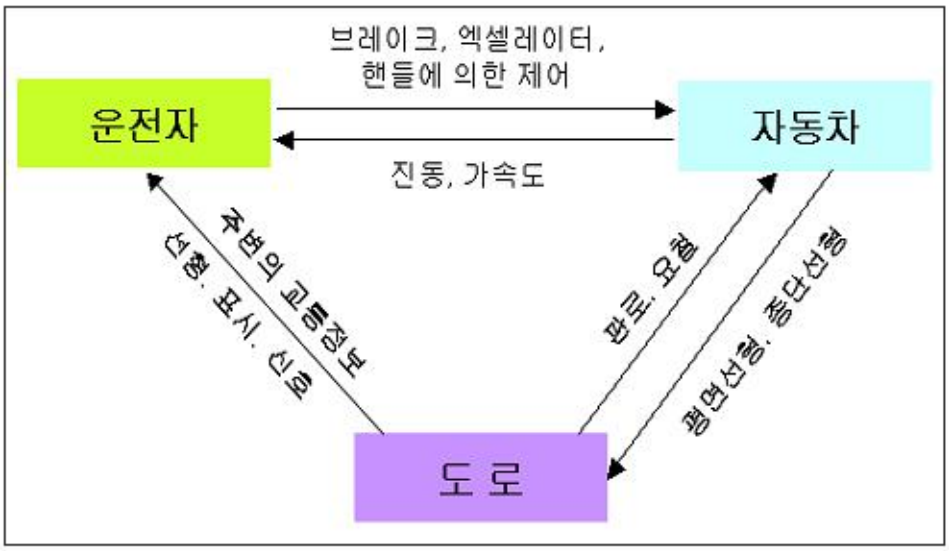


그림 2-198 도로교통에서 운전자-자동차-도로시스템 역할

① 인지-반응시간

(가) 인지-반응시간은 운전자가 장애물을 발견하고 자동차의 제동장치를 작동하기 시작하는 순간까지의 소요시간을 의미하며 제동시간은 이 순간부터 자동차가 완전히 정지할 때까지의 소요시간을 의미한다. 운전자의 특성 중에서도 특히 중요한 요소이며 인간의 시각에 의한 인지-반응시간은 촉각, 청각의 반응시간에 비해서 표 2-63과 같이 얼마간의 시간이 길어진다는 것을 알 수 있다.

표 2-63 인체수용기의 인지-반응 시간의 비교

구 분	인지 시간(초)	인지-반응시간(초)
시 각	0.188~0.208	0.408
청 각	0.115~0.182	-
촉각(전기)	0.117~0.201	0.281

(나) 실제 운전자의 동작은 엑셀레이터 페달을 밟고 있던 발을 브레이크로 옮겼을 때, 역시 브레이크가 동작하기 시작할 때부터 최대 브레이크력이 될 때까지의 시간 및 제동 시간이 지나야 자동차가 정지한다.

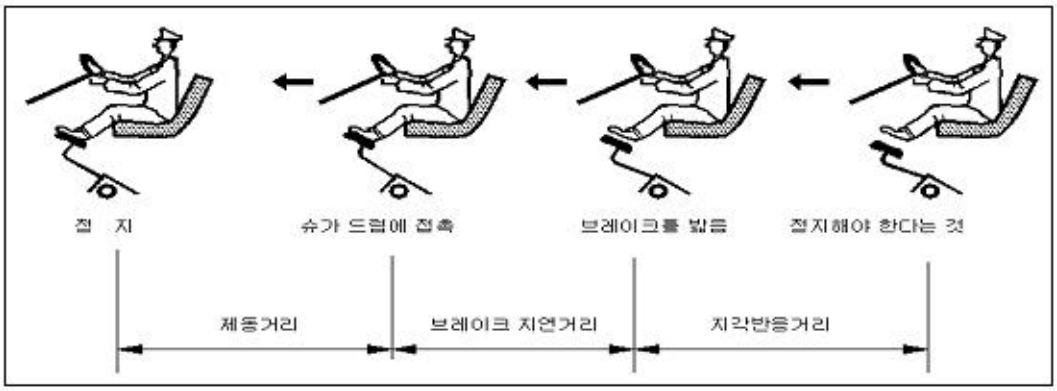


그림 2-199 운전자의 정지 제동의 거리

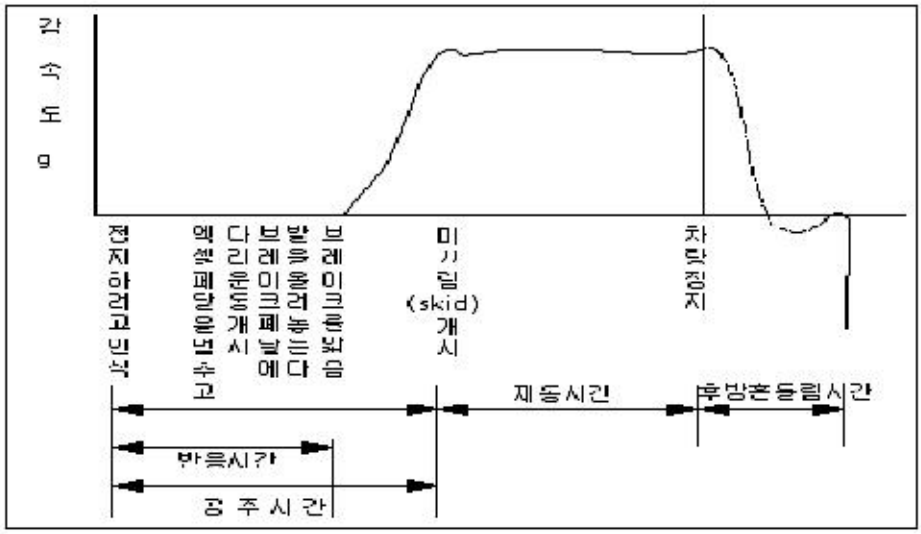


그림 2-200 운전자 지각반응시간

(다) 운전자는 운전자의 나이, 성별, 피로, 음주, 감성 등에 따라 운전의 패턴이 달라지고 인지 반응시간에 차이가 있다. 다음은 인지반응에 대한 일련의 과정을 나타낸다.

표 2-64 인지반응과정

인지반응과정	내 용
인지, 지각 (Perception)	자극을 느끼는 과정
식별 (Identification)	그 자극을 식별하고 이해하는 과정
행동판단 (Emotion)	적절한 행동을 결심하는 의사결정 과정
행동 및 브레이크 반응(Volition)	행동의 실행 및 이에 따른 자동차의 작동이 시작되기 직전까지의 과정

(라) 인지반응과정(PIEV)은 운전자가 사물을 인지하고 육체적으로 반응을 하는 과정을 말하며, 운전자가 장애물을 발견한 후 브레이크를 밟을 때까지의 동작시간으로 판단시간(perception time) 1.5초, 제동시간(braking reaction time) 1.0초로 인지반응시간을 도로설계에 적용하는 나라가 많다.

② 시각적 특성

(가) 시력

인간의 시력은 시야의 전부에 걸쳐서 일정하지 않으며 다음 그림과 같이 주시점을 둘러싼 극히 작은 범위만 확실하게 보인다. 주시점에서 2° 떨어지면 시력은 1/2이 되고 그 주위에서는 좀 더 낮은 경향을 보인다.

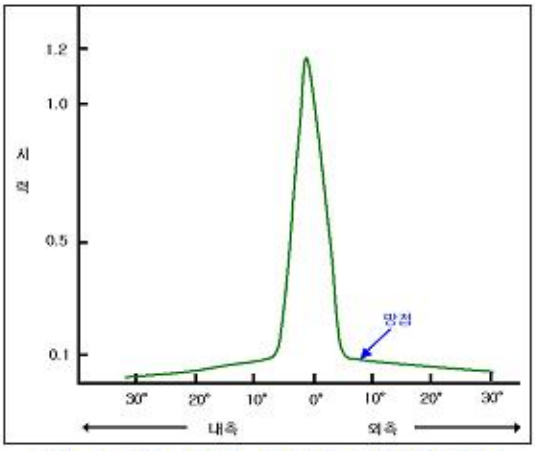


그림 2-201 망막 위치와 시력의 관계

○ 일반적으로 시력은 물체가 어느 정도 작은 것까지 분별이 가능한가에 의해 측정되며 보통, 굵기 1.5mm의 C자형의 직경 7.5mm 원환주(landolt ring)를 5m거리에서 보아 벌어진 부분의 위치를 구별하는 것이 가능한 시력이 1.0이라고 한다. 이러한 시력은 정지시력과 동체시력으로 구분된다.

○ 정지시력은 정지한 상태에서 물체를 볼 수 있는 시력을 말한다. 정지시력이란 아주 밝은 상태에서 1/3in(1.85cm) 크기의 글자를 20ft(6.10m) 거리에서 읽을 수 있는 사람의 시력을 말하며 정상시력은 20/20으로 표현된다.

○ 동체시력이란 움직이는 물체(대상 : 자동차 및 사람) 또는 움직이면서 다른 자동차나 사람 등의 물체를 인지할 수 있는 시력을 말한다. 동체시력은 물체의 이동속도가 빠를수록 상대적으로 저하된다.

○ 야간시력은 주간 시력에 비해 약 50% 정도 저하된다. 이것은 눈의 망막상에 있는 낮에 활동하는 추체와 야간에 활동하는 간체라는 세포의 기능 차이에 의한다.

(나) 순응(암순응과 명순응)

○ 밝은 곳에서 어두운 곳으로 이동할 경우, 눈의 시력이 점진적으로 회복되는 것을 암순응이라 하며 반대의 경우를 명순응이라 한다. 암순응에 걸리는 시간은 일반적으로 명순응에 걸리는 시간보다 약 30초 이상 길다.

○ 입·출구부 완화조명은 터널의 입구부에서 주간에 대단히 높은 야외 휘도로부터 암흑에 가까운 터널에 진입할 때, '블랙 홀(black hole)현상'과 '암순응 지체현상'이 발생하게 된다. 또한 운전자가 긴 터널을 통과한 후 터널 출구부에 접근하였을 때 발생하는 '화이트 홀(white hole)현상'이 발생하게 된다.

(다) 시야특성

○ 시야는 인간이 머리 위치 및 눈 위치를 바꾸지 않고 한 물체에 대해 양쪽 눈으로 볼 수 있는 좌우의 범위를 말한다.

○ 정상적인 시력을 가진 사람의 시야는 108°~200°정도이다. 두 눈으로 색채까지 확인 가능한 범위는 약 70°이내이며 각각의 눈에 무엇인가 보이는 범위 즉, 단순히 파악하는 정도는 그림 2-202에 표시된 것 같이 좌우대칭 160°이다.

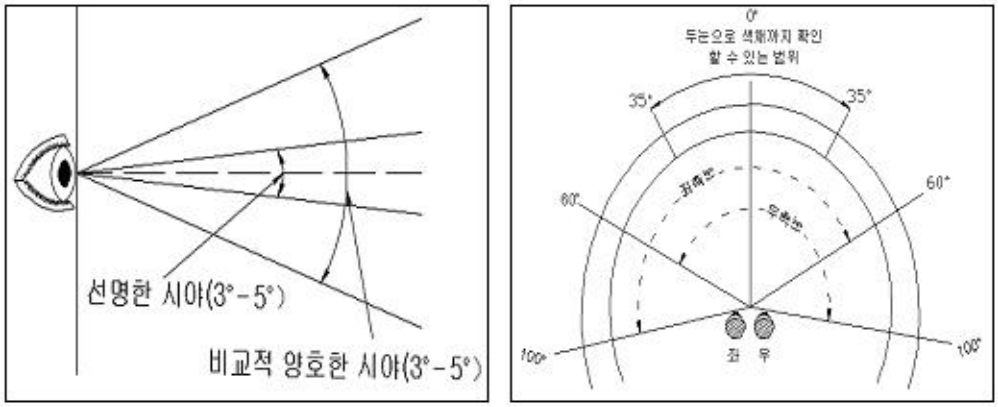


그림 2-202 운전자의 시계

○ 그림 2-203은 시점의 이동속도에 의해서 시야가 변화하는 동시야를 나타낸 것으로 속도의 증가에 의한 동시야, 주시점 거리변화의 한 예를 나타낸 것이다. (a)는 속도 63 km/h인 경우로서 동시야각은 38°이고, (b)는 76 km/h로 달리는 경우로서 동시야각은 27°이다. (c)는 운전자가 110 km/h로 달리는 경우이며 동시야각은 19°이다.

(라) 주행시 공간인지 특성

○ 속도가 빨라질수록 주시점은 멀어지고 시야는 좁아진다. 이러한 상태가 계속되면 운전자는 일종의 도로최면에 걸려 위험 상황에 빠지기 쉽다. 도로설계 시 지나치게 긴 직선구간에 곡선구간을 삽입하는 것은 이런 위험을 예방하고자하는 것이다.

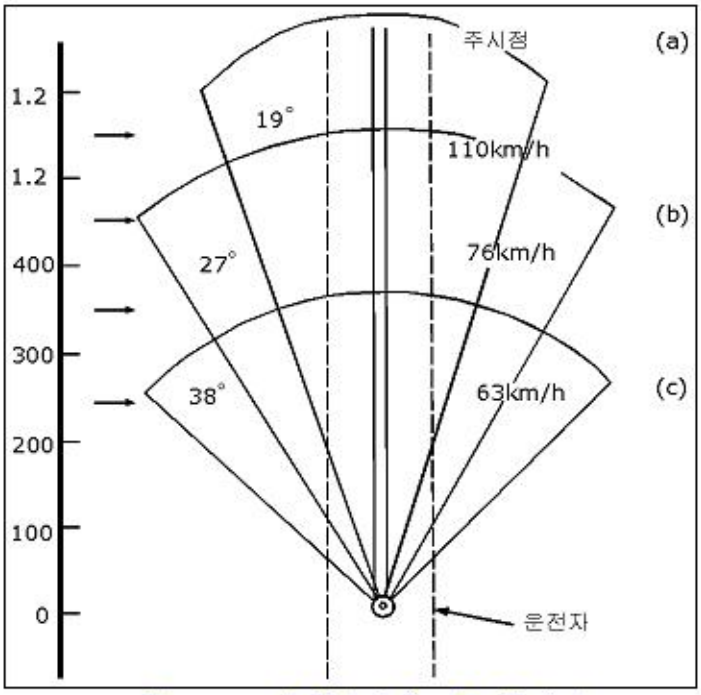


그림 2-203 초점거리에 따른 동시야

○ 일반적으로 운전자는 고속도로에서 300m~600m 전방을 주시하는 특성을 보이는데, 자동차 속도가 높아질수록 운전자의 주시점은 점점 더 멀어진다. 이러한 운전 행동은 멀리서부터 교통상황을 인지하여 돌발상황에 합리적인 대처를 하려는 운전자의 심리가 반영된 결과로 여길 수 있다.

○ 운전자는 왼쪽 커브 길 주행시 주시점이 좌측에 많이 집중되고, 오른쪽 커브를 주행할 때는 주시점이 우측으로 이동, 그리고 커브 주행시 주시점이 밑으로 이동한다는 결과를 얻어내었다.(McWowell과 Rockwell, 1978)

○ Shinar, McDowell과 Rockwell(1977)은 직선도로와 곡선도로에서의 운전자의 주시대상 분석을 하였는데 직선도로에서는 도로와 풍경을 보는 비율이 같고(23%), 곡선구간 주행 중에는 도로를 보는 시간보다(23%) 풍경을 보는 시간(27%)이 더 길었다.

○ 운전경험별 주시빈도비교는 운전경험이 많은 운전자가 가장 중요한 대상에 대한 주시빈도가 높으며, 중요하지 않은 대상의 주시빈도는 초보운전자보다 낮다.(이순철, 1990)

○ 초보자는 속도계를 보는 빈도가 많고 백미러를 보는 빈도가 적으며 초보운전자는 경험자에 비해, 주시점이 수직분포가 중앙에 집중하고 우측으로 쏠려 있다(Mourant, Rockwell, 1972).

(마) 가·감속도, 진동, 소음에 대한 인간의 능력

○ 다음은 여러 형태의 운전자들에 대한 가속도, 감속도 및 곡선구간에서의 가속도 등을 표시한 g-g diagram을 나타낸 것이다. 승용차의 성능, 운전자의 한계, 운전자의 요구는 감속될 때보다 가속될 때 감소하고, 직선구간보다는 곡선구간에서 감소하는 것으로 나타났다.

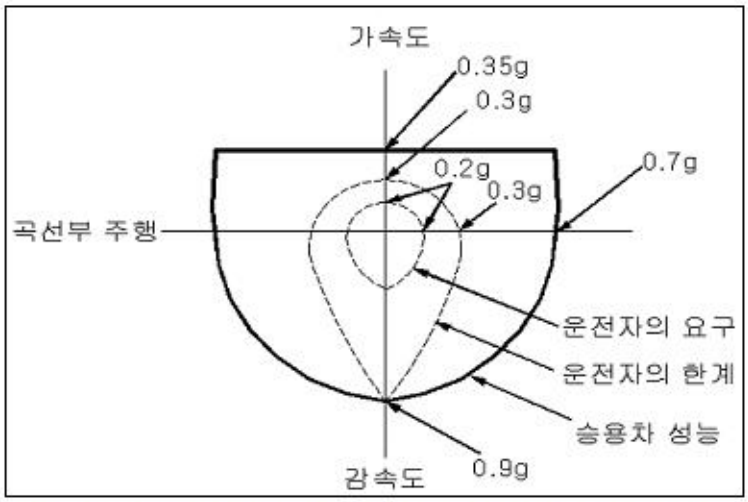


그림 2-204 g-g diagram (Ricedhk Alianello의 연구결과)

○ 운전자의 요구와 운전자의 한계가 승용차 성능보다 상당히 안쪽에 위치하고 있음에도 불구하고 주행 중 어려움을 겪는 이유는 운전자들이 도로상태가 불량해졌음에도 불구하고 양호한 도로를 주행 할 때처럼 생각하여 주행속도를 늦추지 않기 때문이다.

○ 승차감의 한계는 진폭과 진동수 양쪽 모두 관계가 있는 것으로 f를 진동수(cycle/sec), a를 진폭(in)이라면 그림 2-205와 같이 나타난다. 따라서 진동수가 작은 곳에서는 진폭이 커져도 상관이 없지만, 진동수가 많게 되면 진폭은 작아져야 한다. 이 한계곡선의 우-상측으로 멀어질수록 불쾌감은 더 커지는 것으로 알려져 있다.

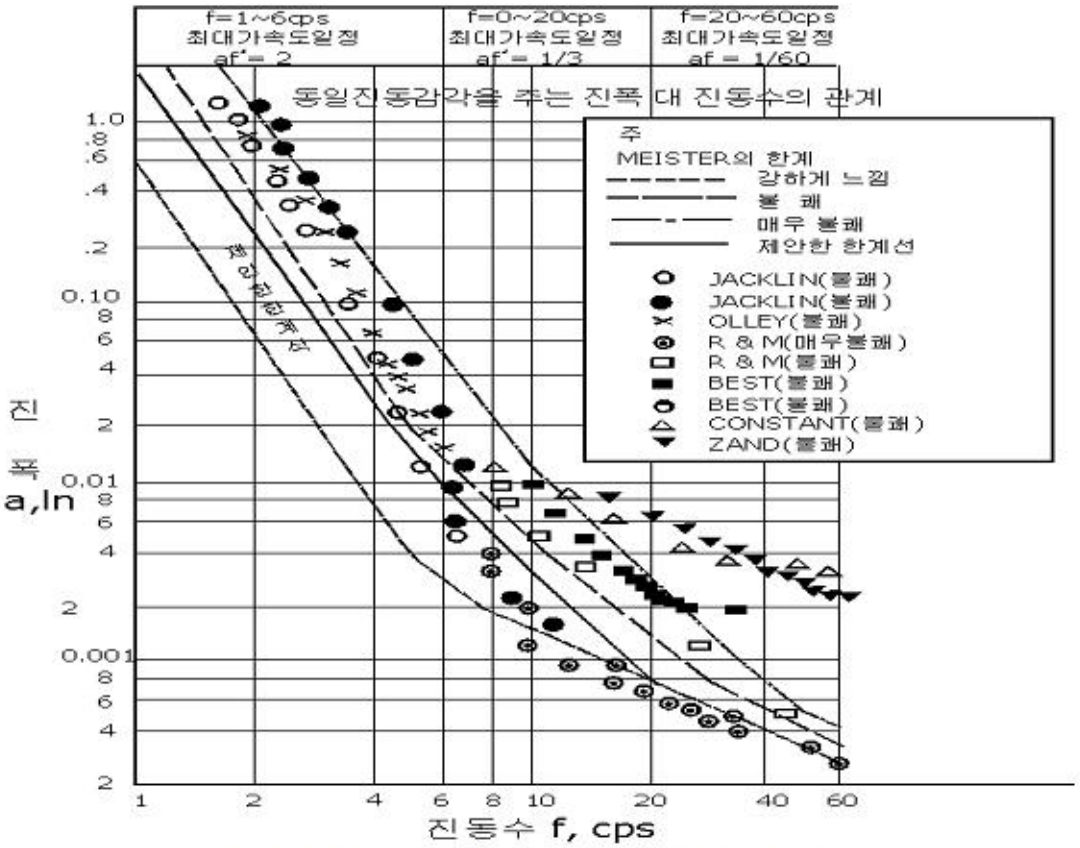


그림 2-205 Janeway의 자동차에 관한 진동한계

○ 또한 자동차 내에서 주의 산만과 스트레스의 원인 중 하나는 소음이며 이는 운전자의 안전과 관계가 깊다. 자동차의 소음 발생은 엔진뿐만 아니라, 불완전한 배기 시스템, 노면의 굴곡, 바람, 승객, 음악 등에 기인한다. 대부분 자동차의 소음지수는 80~90dBA 범위이며, 일반적으로 승용차는 트럭에 비해 소음지수가 낮다.

○ 갑작스런 소음은 운전자를 놀라게 하고 주의력을 흩트려 놓을 수 있으며 예측가능하고 제어 가능한 소음은 운전자에 의해 제거 될 수 없는 소음보다는 혼란을 적게 일으킨다. 큰 소음이 발생하면 놀람 반응이 생기는데 이때는 근육수축, 깜박임, 머리경동이 생긴다. 이런 반응은 과도기적이어서 빨리 정상으로 돌아온다. 이러한 소음에 대하여 인간은 약 95dBA에 노출되면 일반적인 스트레스 반응을 일으키는 것으로 알려져 있고 퍼포먼스에 신뢰할 만한 영향을 미치는 소음수준은 95dBA 이상이다.

4) 운전자 행동

① 능동적 운전특성

(가) 공격성

○ 욕구불만이 쌓인 운전자는 과속, 무리한 추월 등 공격적인 운전 행동을 통해 불만을 해소하기도 한다. 대부분의 운전자들은 자기의 목적지에 빨리 도착하기를 원한다. 이러한 운전자 행동은 운전자가 자기중심적으로 생각하고 행동하기 때문이라 생각된다. 일반적인 운전자의 공격적인 면은 도로조건, 교통상황 등에 따라 그 정도가 다르게 표현된다고 할 수 있다.

(나) 모방성

○ 운전자의 모방적 행동 특성은 다른 자동차의 행동을 흉내 낸다는 것이다. 주행 중의 운전자의 시계는 불과 몇 백 미터 정도밖에 볼 수 없기 때문에 그 앞에 어떤 장애물이 있는지, 어떤 곡선이 있는지 전혀 예측할 수 없다. 자동차의 주행특성 분석을 살펴보면 운전자들은 자동차군을 형성하며 주행하는 것을 알 수 있다.

(다) 기대 심리

○ 운전자는 주행 경험이 있는 장소라면 판단을 정확하고 신속하게 할 수 있지만 익숙하지 않은 장소에서는 행동을 하기 위한 상황판단 시간이 늦어지게 된다. 운전자의 기대심리를 표준화, 일관성, 중복성을 통하여 충족시킴으로서 운전자들의 반응시간을 감소시키고 운전자의 순응을 통해 도로의 안전성을 확보할 수 있다.

② 수동적 운전특성

가) 운전자는 장시간에 걸쳐서 자극이 적은 상태가 계속되면 반응이 늦어지게 된다. 도로 위를 끊임없이 주시하고 있는 운전자는 그 주시만으로도 주의가 집중 될 수 있으며, 더욱이 그 도로가 단조로운 도로라면 다른 자극이 도로 구조상에서 제거되어 자극 과소 상황이 되어 최면에 빠지는 것이다. 이러한 상황을 운전자 본인은 의식하지 못하는 경우가 많기 때문에 이를 예방하기 위해서는 직선구간의 중간에 곡선 구간을 삽입하거나 안전표시와 시선유도시설로 주의를 환기시키는 방법이 있다.

나) 운전자는 수동적 시스템이 아니라 운전자-도로-차량간 능동적인 요소이다. 그러므로 운전자들은 단순히 독립적인 상황에 반응하지 않고 상황을 만든 무언가에 반응하게 된다. 예를 들어, 운전자가 갖는 운전 스트레스는 운전자 스스로가 차량의 속도를 줄임으로서 그 스트레스를 줄일 수 있는 것이다. 반대로 운전자가 가속과 같은 위험상황에 처하게 되면 그 위험정도와 스트레스는 증가된다.

다) 또한 운전자의 기분, 개인성향, 능력 등에 따라 운전자의 운전수행 능력은 시간에 따라 수시로 변한다. 시간에 따른 운전자의 수행능력 변화에 있어 수시로 변하는 것은 도로와 같은 환경적 요소 때문이다. 이와 같은 관계를 John R Wilson & E Nigel Corlett(1995) 등은 Evaluation of Human Work에서 그림 2-206과 같이 인간작업의 난이도와 작업부하에 관한 모형을 제시하였다. 이 모형은 인간작업에 있어서 작업의 난이도가 지나치게 높거나 지나치게 낮으면 인간의 정신적인 부하수준은 높아지므로 모든 인간작업에 있어서 인간의 작업부하를 낮은 수준으로 유지하기 위해서는 적정한 수준의 작업부하를 갖는 것이 유리하다고 설명하고 있다.

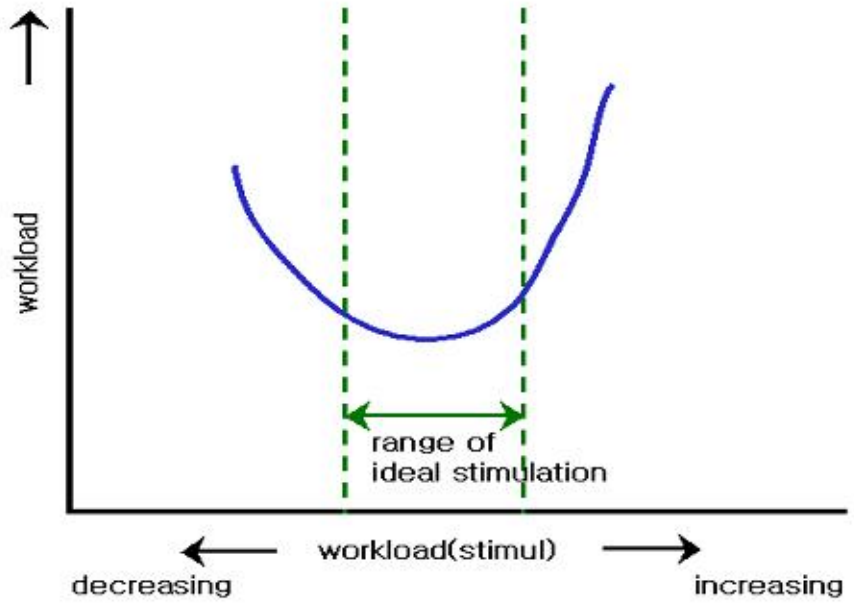


그림 2-206 인간작업 난이도와 작업부하 모형

③ 연령별 특성

(가) 도로상에는 운전경력, 연령, 성, 심신기능 등의 여러 가지 특성을 지닌 운전자들이 있다. 이 운전자들은 운전능력(skill), 운전태도 및 행동, 안전에 대한 민감도에 대한 차이가 있다. 또한 행동특성으로는 욕구불만으로 누적된 공격적 성향을 나타낼 수도 있으며, 타 자동차의 행동을 흉내 내는 모방성, 익숙하지 않은 도로를 주행 경험이 있는 도로처럼 예측하는 기대심리가 있다.

(나) 청소년은 신체, 지능, 반사신경 및 운동신경에 있어 다른 연령층에 비하여 뛰어나며 운전조작의 정확성과 민첩성이 뛰어나지만 교통사고 유발위험성이 큰 집단이다. 다음은 한국의 연령별 교통사고 사망자 수를 나타낸 것이다. 20대의 청소년 연령층에서 가장 많은 교통사고가 발생하였으며 20대 이후 연령이 높아짐에 따라 교통사고 사망자수가 낮아지는 것을 알 수 있다.

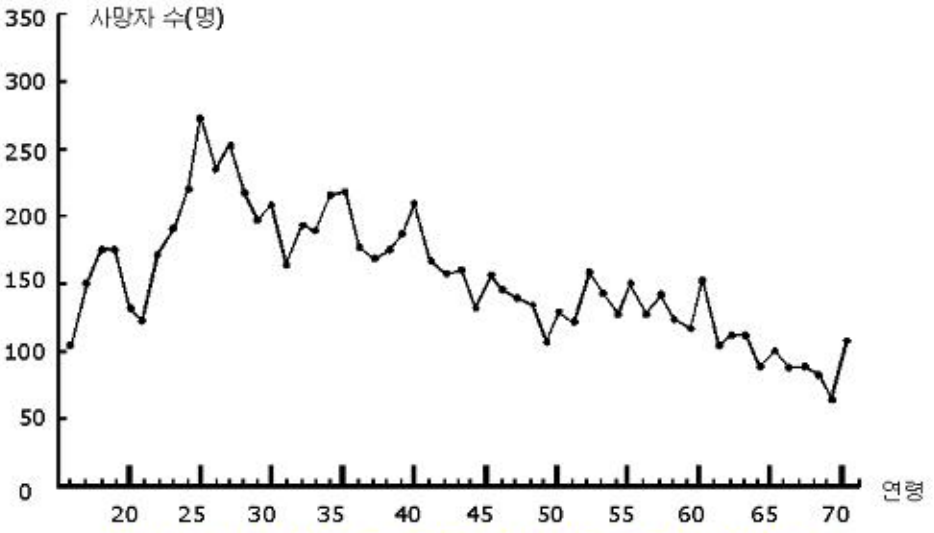


그림 2-207 1995년도 연령별 교통사고 사망자 수(한국)

(다) 다음은 심신기능과 교통사고의 관계를 나타낸 것이다. 청소년층은 심신기능이 중년층에 비해 우월하지만 사고의 위험성이 많은 반면 중년층의 경우, 심신기능이 떨어지지만 사고의 위험성이 적은 것으로 나타났다. 또한 청소년층보다는 중년층의 교통안전에 대한 태도가 높아 사고의 위험성이 줄어든다는 것이다.

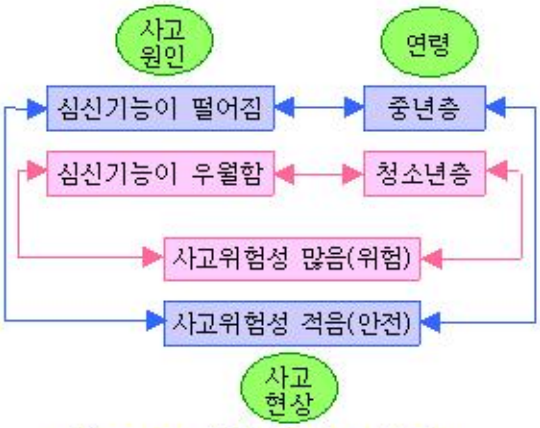


그림 2-208 심신기능과 교통사고

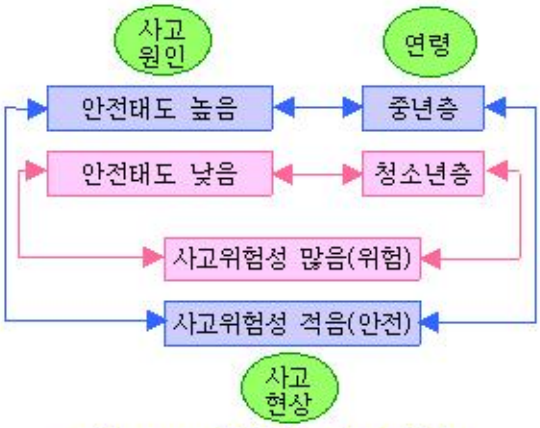


그림 2-209 안전태도와 교통사고

5) 스트레스와 인간에러

① 스트레스(stress)

스트레스는 항상 수행을 저하시키는 것은 아니지만 정보처리의 효율성에 영향을 미친다. 이로 인한 악영향은 인간의 주의를 협소화하고 작업기억에 손실을 가져오며 의사결정에 있어서 질의 저하를 초래한다.

② 인간에러

인간에러는 인간의 작업수행의 모든 단계에서 발생하며 크게 행동상의 실수, 무의식적 실수, 건망증, 양식에러 등으로 나눌 수 있다.

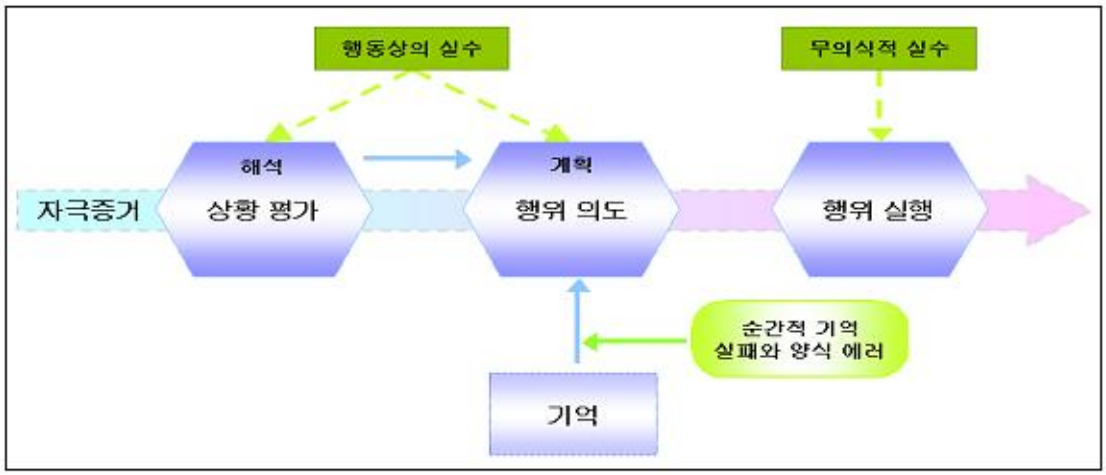


그림 2-210 인간에러를 나타내는 정보처리 메카니즘

(가) 행동상의 실수(Mistakes) : 상황을 제대로 이해하지 못했을 때 발생하는 『지식기반실수』와 자신이 처한 상황에 대한 과도한 자신감이 있을 때 발생하는 『규칙기반실수』로 구분

(나) 무의식적인 실수(Slips) : 올바른 의도가 잘못 실행된 경우로 상황에 대한 이해자체는 올바르게 이루어지고 행동선택도 제대로 이루어졌으나 행동자체가 부적합하게 이행되는 경우

(다) 건망증(Laps) : 순간적인 기억실패로 인한 행동의 불이행으로 방에 들어섰을 때 다른 어떤 일로 방해를 받아 그 방에 들어간 이유를 잃어버린 경우

(라) 양식에러(Mode error) : 기억의 실패로 발생한다. 즉 작업자가 그 상황에 적합한 맥락을 제대로 이행해 내지 못하였기 때문에 어떤 상황에서는 적합한 조작양식이 되고 또 다른 상황에서는 그렇지 못하게 되는 것이다.

(2) 인간공학을 고려한 도로 설계

1) 개요

○ 도로의 안전은 운전자의 행동양식, 자동차의 특성, 도로의 성질 그리고 운전환경에 따라 달라진다. 교통사고의 90%이상은 운전자의 실수, 적절치 못한 운전자의 행동양식에서 기인된다고 한다. 인간요소(운전자 요인)에 대한 이해는 도로 안전성을 평가·개선하는데 필수적이다. Lunenfeld와 Alexander에 따르면, 도로의 안전성 평가는 운전 기하학, 동력학, 심리학을 기본으로 한 조합된 절차에 의해서 시행되어야 하며, 도로안전평가의 절차는 일반 운전자가 위험에 대하여 충분히 주지하고 있지만 실수를 피하는데 약간은 불충분한 면이 있다는 점을 전제로 해야 한다고 한다.

○ 다음은 도로주행 시 중요한 운전 방법의 흐름을 설명하고 있다. 여기서 결정적인 운전상황은 단지 운전자의 적절치 못한 행동이라는 하나의 맥락만으로는 정확히 설명될 수 없다. 이것은 운전자-자동차-도로/환경의 상호작용 사이의 복잡한 관계 안에서만 설명 가능하다.

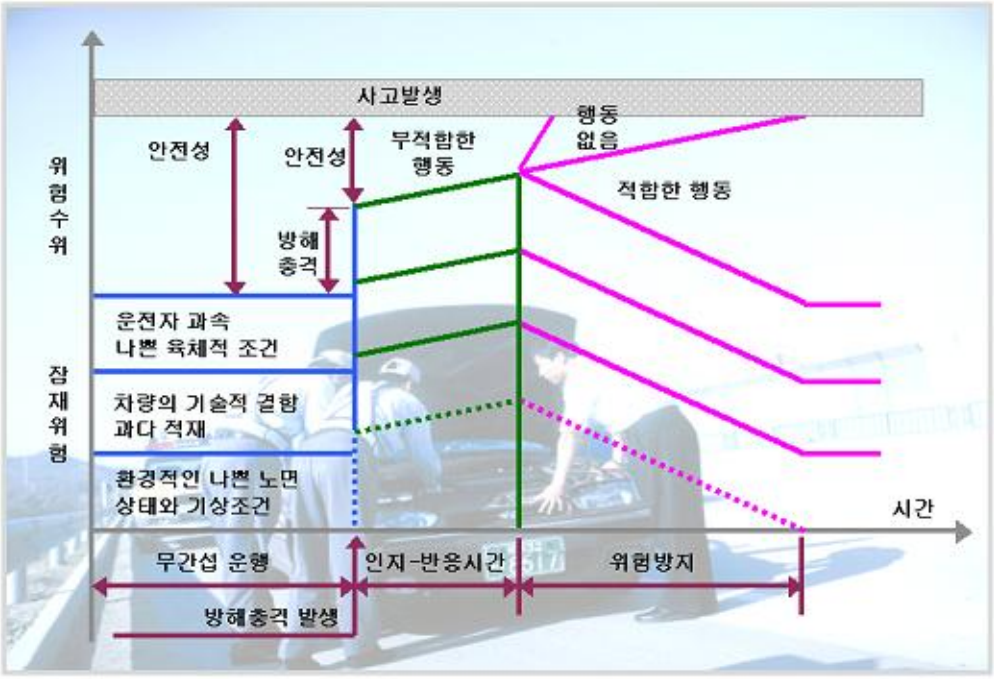


그림 2-211 도로주행 시 중요한 운전방법의 흐름과 안전성

○ 여기서 정상적인 운전상황에서도 잠재위험은 존재하며 어느 순간 방해충격(앞차의 급브레이크)이 발생했을 때 운전자가 적합한 행동(빠른 인지와 급브레이크)을 취했을 때는 안전성을 회복하지만, 행동을 취하지 못했거나(인지 못함) 부적절한 행동을 취하였을 때(제동이 늦음)는 이것이 사고로 연결된다. 따라서 사고방지의 성공은 넓은 영역에서 보면 잠재위험의 정도와 운전자의 정확한 조정에 달려 있다고 볼 수 있다.

○ 도로의 안전성에 관한 연구는 전통적으로 교통심리학에서 주로 다루어 왔으며, 도로환경과 운전자와의 상호작용을 이해하고 운전자 행동의 심리과정과 교통시스템과의 상호관련성을 이해하기 위하여 운전과정의 인지심리학적 접근과 행동과학적 접근 방식으로 연구하고 있다.

○ 인지심리학적 접근은 도로정보가 어떻게 운전자에게 입력되고, 기억되며, 행동에 연결되는가를 설명하고 있다. 특히 Shinar는 정보처리자로서의 운전자의 역할을 다음 그림과 같이 설명하고 있다. 운전자 특성인 개인의 성격이나 태도, 경험, 시각능력 등이 도로정보나 자동차정보를 인지하고 반응하는데 관여하고 있다고 설명하고 있다.

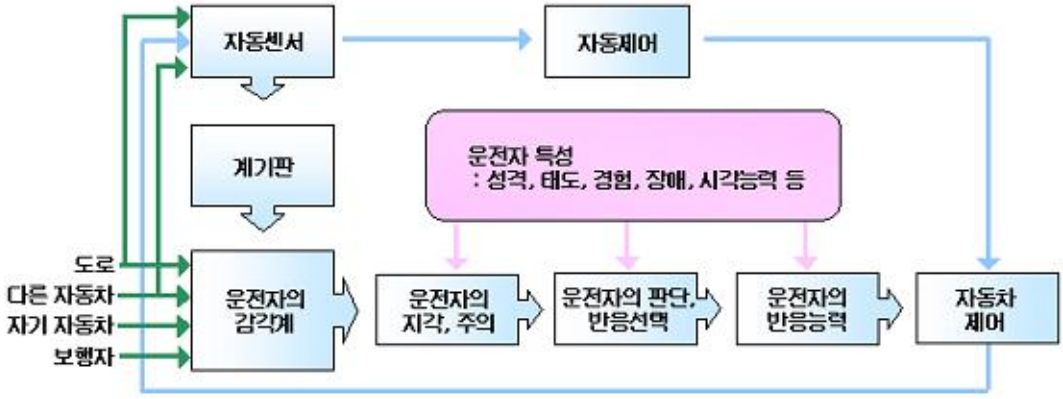


그림 2-212 운전자-자동차-도로환경에 있어서 운전자의 기능

○ 행동과학적 접근은 운전자가 교통환경에 어떻게 적응하는가, 적응행동의 배경요인으로 개인적, 사회적 요인을 명확히 하려고 한다. 이순철은 다음과 같이 개인적 행동요인과 사회·문화적 행동요인이 교통행동에 깊이 관여하고 있다고 주장하였다.

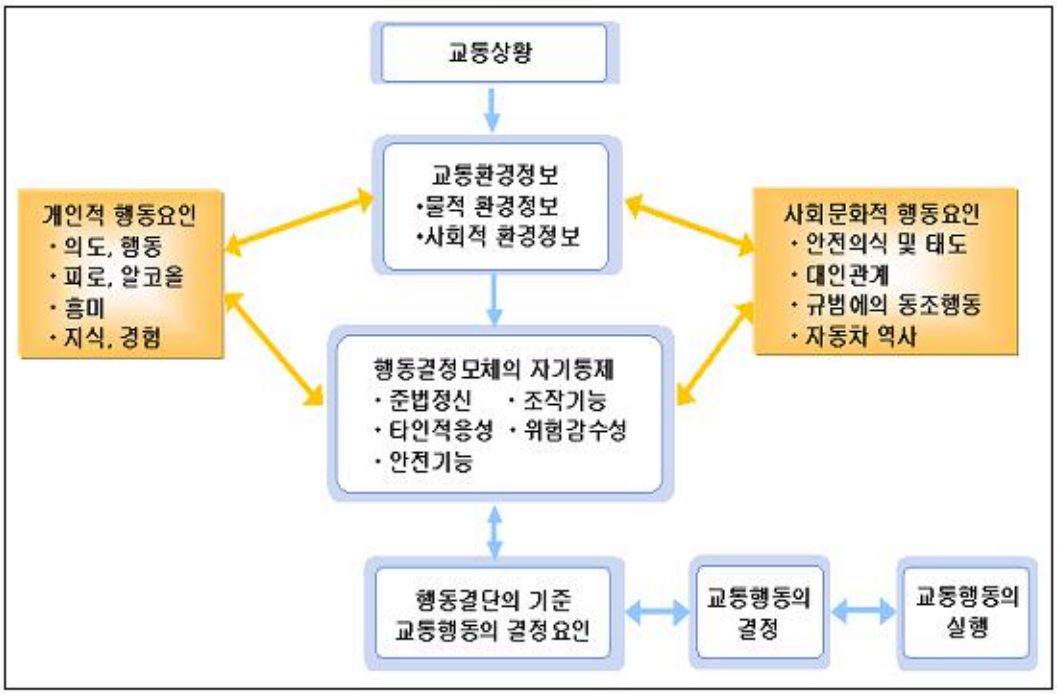


그림 2-213 교통참가자의 교통행동에 있어서의 심리과정

2) 인간공학을 고려한 도로설계요소

○ 도로의 안전성 향상을 위한 도로시설 기준은 운전자 능력의 한계를 알고, 운전자 실수를 유발케 하지 않는 것이 중요하다. 이를 위해서는 운전자 능력에 대한 연구 및 실측을 통하여 각종 요소 기준 값을 설정해야 한다.

○ 도로시설의 설계 및 설치에 대한 기준 정립시 인간공학적 측면에서 그림 2-214에 인간요소와 도로요소간의 상관관계를 나타내었으며 표 2-65에 인간요소와 도로요소에 대한 고려사항들을 정리하였다.

○ 도로의 안전성 향상을 위해서는 평면·종단선형, 과속방지시설, 악천후 및 야간 안전시설의 도로시설기준에 관한 연구가 우선되어야 할 것이며, 다음으로 편경사, 도로경관에 관한 연구, 마지막으로 차로폭, 중앙분리대, 도로표지 등에 관한 연구가 이루어져야 할 것이다.

○ 이상으로 인간공학을 반영한 도로시설의 개선방안에서는 인간특성연구 및 도로설계지침 등의 고찰을 통하여 안전하고 쾌적한 도로환경의 구축을 위하여 도로시설에 대한 인간공학적 고려요소와 도로경관을 고려한 도로설계기준 항목을 정립하였다.

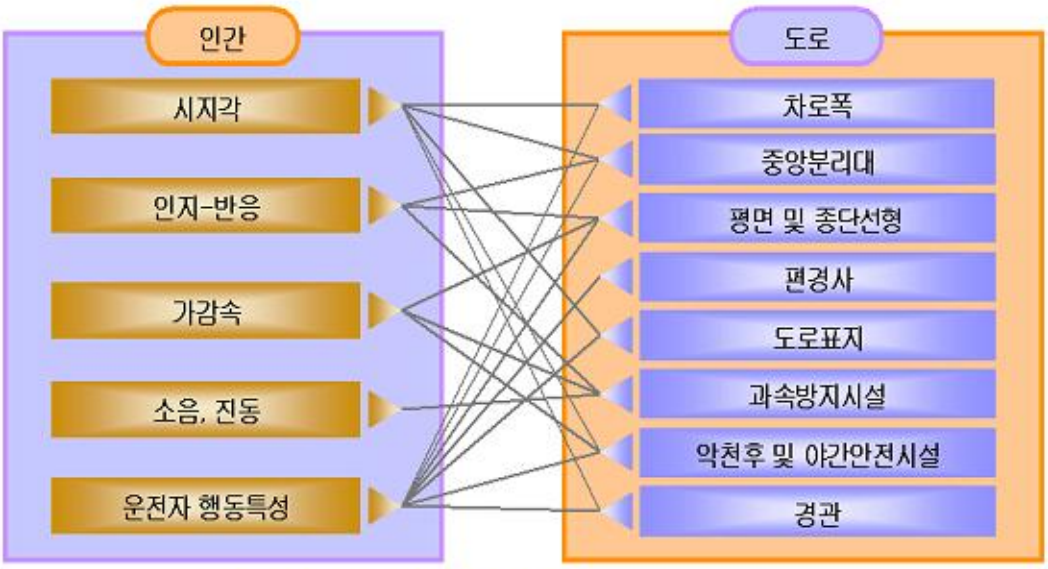


그림 2-214 인간요소와 도로요소간의 상관관계

표 2-65 운전자/도로에서 분석대상에 따른 고려사항

분석대상		고려사항
운전자	시지각	주·야간 시력, 시야, 암순응, 명순응, 공간인지, 색각
	인지-반응	도로의 물리적 환경이나 기상여건의 변화에 의한 인지-반응시간
	가·감속	곡선반경에 따른 운전자의 가·감속도 특성, 노면상태에 따른 주행의 안락감이나 불쾌감
	소음·진동	승차감에 따른 진동과 진폭의 한계와 노면상태에 따른 주행의 쾌적성
	운전자행동특성	고속주행 후 저속주행의 속도감 상실, 연령에 따른 운전 특성
도로	차로폭	연결로의 이탈이나 본선 진입 시 차로폭에 따른 운전자의 심리적 특성과 주행의 안전성
	중앙분리대	중앙분리대의 폭과 높이에 따른 운전자의 심리상태와 반응의 심적·물리적 특성
	평면·종단선형	평면 및 종단 선형의 위상에 따른 운전자의 심리적 특성
	편경사	본선 설계속도와 주행속도, 접속도로의 종단 경사 변화에 따른 운전자의 특성
	도로표지	터널 내·외의 조명의 변화나 환경의 변화에 따른 운전자의 도로표지 인식 특성
	과속방지시설	과속방지시설의 높이나 크기(면적)에 따라 운전자로 하여금 과속에 대한 심리적 부담감을 느끼게 하므로써 속도 저감 효과
	악천후 및 야간의 안전시설	눈, 비, 안개 등의 악천후시 앞뒤자동차의 거리조절, 주변상황 대처능력, 차선식별능력 분석
	경관	경관에 따른 주행 안전성 및 쾌적성의 영향

(3) 도로교통에서 인간공학 적용 연구

도로교통분야에서 인간공학은 교통환경이 운전자의 교통행동에 미치는 영향, 교통사고의 인적 요인규명, 그리고 운전자와 보행자의 교통행동을 연구하며 그 결과를 교통문제 해결에 응용하는 학문이다.

이러한 연구는 1912년 독일 Münsterberg의 전차기사 선발용 적성검사의 개발 연구에서 시작되어 독일어권 지역을 중심으로 활발한 연구가 진행되었으며, 1970대 이후 일본에서는 교통심리 연구회(이후 교통심리학회로 발전)가 발족되고, 미국에서는 교통사고와 관련된 자동차, 도로, 안전시설 등 미연방도로국(DOT)의 도로안전성을 개선하기 위한 IHSDM(Interactive Highway Safety Design Model)개발사업을 중심으로 도로교통 분야에서 대대적인 인간공학 연구가 진행되고 있다.

우리나라에서도 한국건설기술연구원의 RoSAS(Road Safety Analysis System), 도로교통안전관리공단의 교통과학연구원, 한국도로공사 도로교통기술원은 실내 시뮬레이터'와 '운전자 행동·반응 검지자동차(DBDV : Driving Behavior & Response Detecting Vehicle)개발연구를 통하여 운전자사고분석과 교통행동의 연구가 진행중이며, 충북대학교 심리학과에서 교통심리에 관한 연구가 진행중에 있다.

1) 주요 대단위 연구사업

① 한국건설기술연구원의 HuRoSAS

인간공학적 분석 및 평가를 통하여 기본적 도로안전성 및 경관을 분석·평가하는 방법론을 정립하고, 이들 결과를 반영하여 도로이용자(인간공학) 측면의 도로 평가 및 설계 기술이 적용될 수 있도록 인간공학적 도로안전성 분석 시스템(HuRoSAS)을 개발하는데 목적을 가지고 있다

(가) 연구개발기간 : 2003년 ~ 2007년

(나) 연차별 세부 연구내용

연 도	연 구 내 용
2003	인간공학을 토대로 한 도로안전성 분석 시스템 개발 기초 연구
2004	도로 안전성과 도로 경관과 관련된 운전자 시지각 특성 연구
2005	도로 안전성과 관련된 운전자 운동감각 특성 연구
2006	3차원 안전성 평가 모형과의 연계성 및 활용성 연구
2007	인간공학을 반영한 도로 시설 안전성 분석 지침 제시

(다) RoSAS 각모듈별 관계성

○ 본 사업은 전체 사업인 도로안전성 분석시스템(RoSAS) 개발의 세부과제의 하나이며 각 세부과제들은 연계성을 가지고 수행된다. 수행 중인 세부과제는 다음과 같은 세 분야에서 연구가 진행 중에 있다.

- [세부과제 1] RAFAM-RoS : 도로선형 및 노면 안전성 분석 모형 개발
- [세부과제 2] HuRoSAS : 인간공학적 도로안전성 평가 시스템 개발
- [세부과제 3] RoSSAV : 도로안전성 조사 분석 자동차 개발

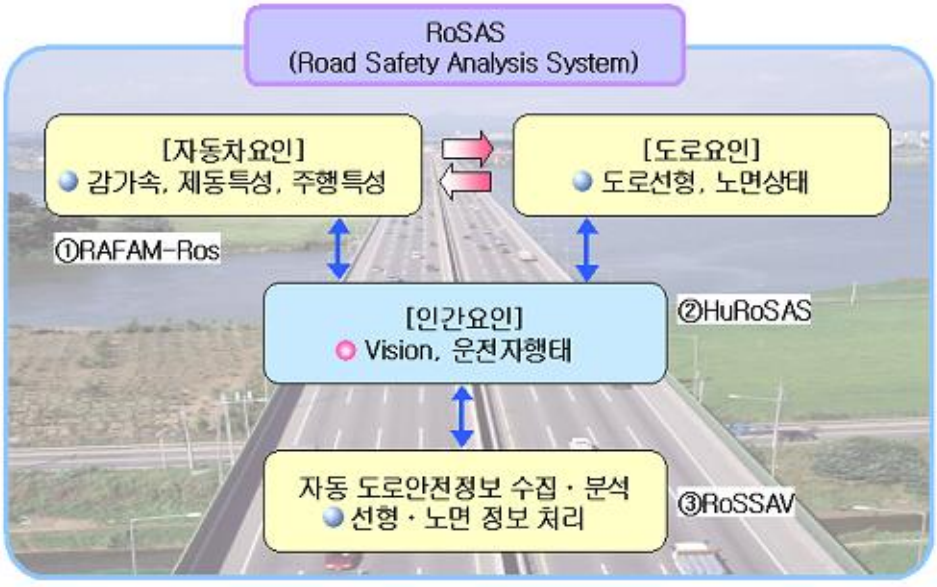


그림 2-215 도로 안전성 분석시스템 개발 연구의 연계성

(라) 각 세부과제는 5개년에 걸쳐 다음과 같이 각각의 연구 내용 및 성과를 공유하면서 수행할 계획이다.

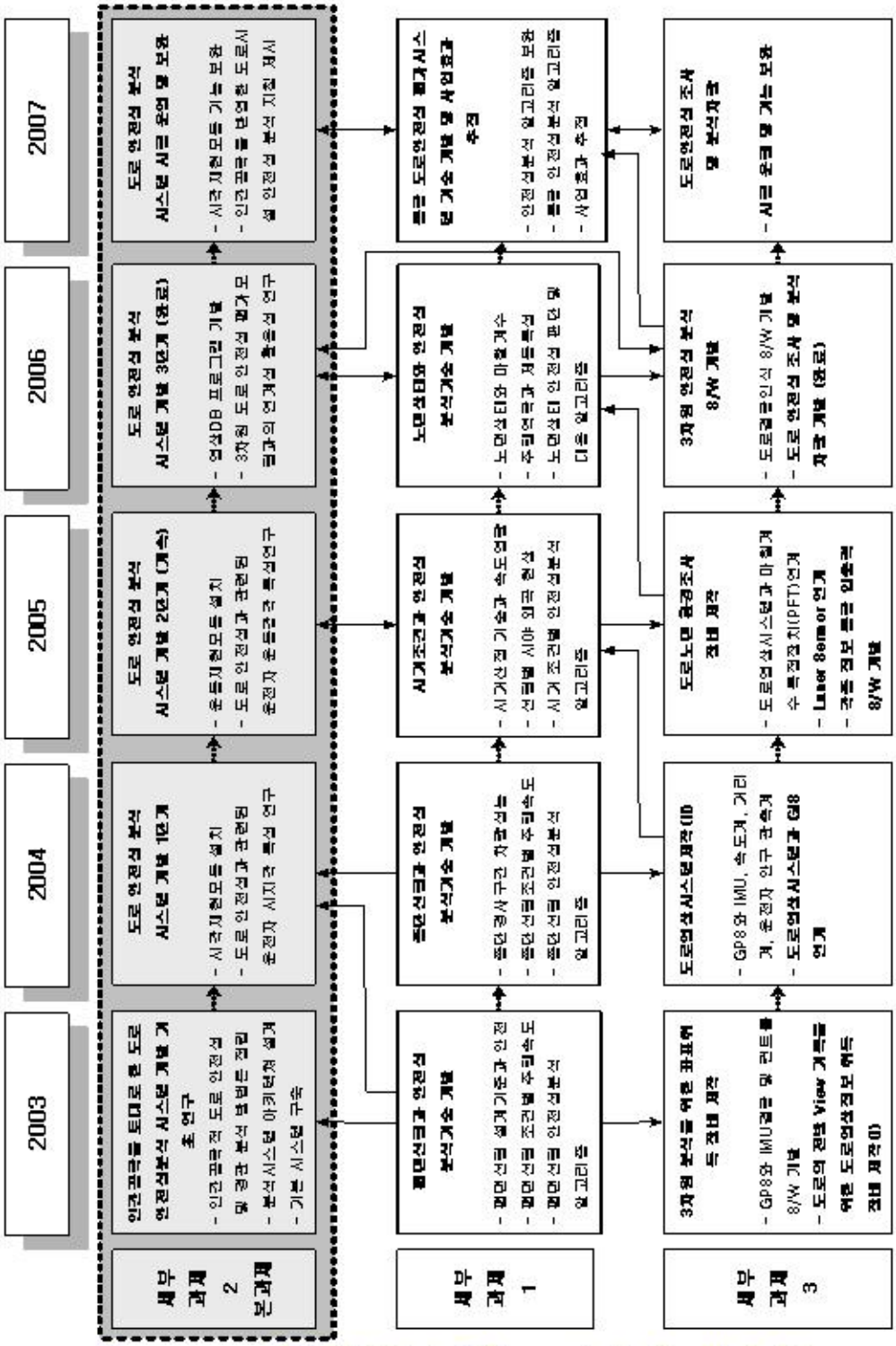


그림 2-216 도로안전성 분석시스템(RoSAS)과의 연도별 연계성

② 미연방도로국(DOT)의 IHSDM 개발사업

(가) 정의

○ CAD(computer-aid design)환경에서 도로 기하구조 설계안의 안전성을 평가하기 위해 설계가들이나 도로계획가들이 사용할 수 있도록 한 모듈의 통합된 체계

표 2-66 IHSDM 개발목표

개 발 목 표
도로공사의 설계, 시공과정에서 안전개념을 도입한 설계의 평가 지향
안전과 도로관련 연구결과를 실수요자에게 제공
설계자가 도로의 안전성, 경제성, 환경친화성 등의 trade-offs 기준 제공
설계자가 정보에 기초한 설계를 할 수 있게 함으로써 안전한 도로설계 도출

(나) 연구내용

○ IHSDM은 도로 안전의 다양한 면에 포커스를 맞춘 7개의 분석 모듈로 구성

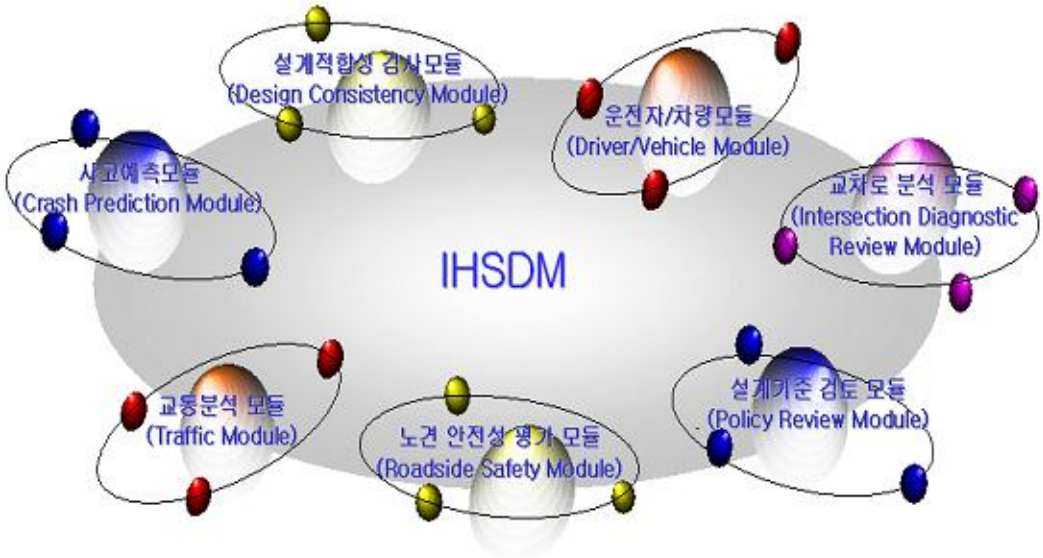


그림 2-217 IHSDM의 분석 모듈

(다) 운전자/자동차 모듈(Driver/Vehicle Module)의 세부내용

○ 운전자/자동차 모듈의 목표는 기존 상황이 자동차 제어의 손실을 초래할 수 있는 지에 대한 확인과 설계를 통해 운전자가 자동차를 운행하는 방법에 대해 사용자가 평가할 수 있도록 하는 것

○ 운전자 행위 모델(Driver Performance Model)은 자동차 동력학 모델과 연계되어 있으며 운전자의 주행속도와 노선선택을 예측하여 자동차 동역학 모듈로 그 값을 입력시켜 줌으로써 자동차의 동력학적 분석을 통한 자동차 운행의 안전성을 확인하는 모델이다.

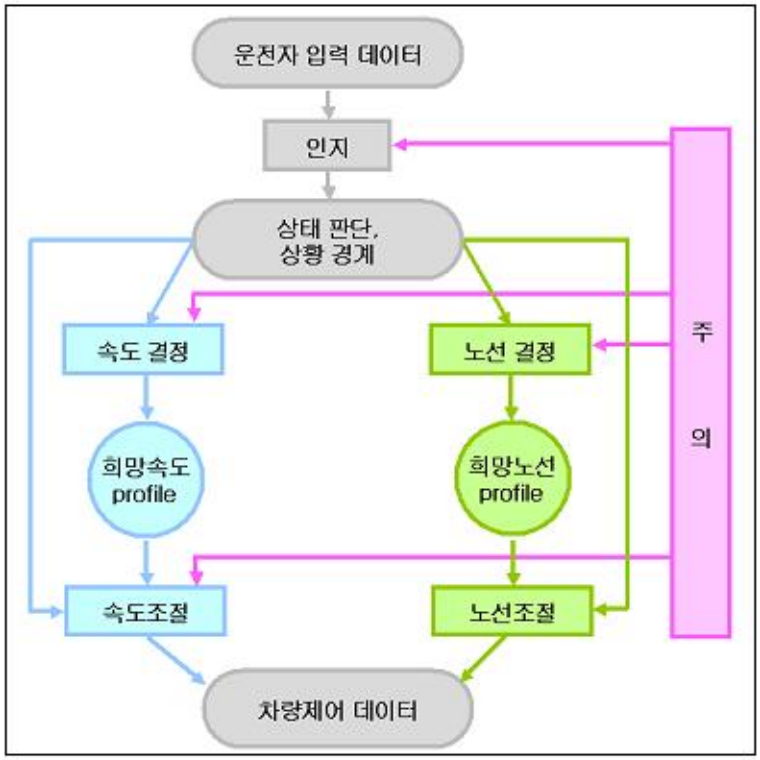


그림 2-218 IHSDM 운전자 행위 모델의 정보 흐름도

(마) 시험적용 대상구간

○ Minnesota(1985~1989)와 Washington State(1993~1995) 지방부 도로의 사고건수에 대한 데이터를 수집, 분석, 모델링함.

2) 분야별 세부연구 사례

운전상황은 자동차와 운전자, 외부환경 요소(도로여건, 날씨, 도로표지판 등)의 상호작용에 의해 설정되고, 교통사고는 이 조건들 간의 상호갈등에서 비롯된다고 볼 수 있다.

운전상황에서 운전자의 행동특성을 이해하는 것은 매우 어려운 문제인데 이는 상황여건에 따라 바뀌는 인간의 주관적이고 복잡 미묘한 심리과정을 매번 포착하기가 힘들 뿐만 아니라 심리과정과 행동특성간의 상호관계를 객관적인 수치로 정량화시키기가 매우 어렵기 때문이다.

운전자 요소를 계량화하기 위해서 주로 시도되고 있는 방법은 운전 작업부하를 측정하는 것이다. 작업부하 측정 기법들을 사용함에 있어서 실험자들이 어떤 기법을 사용해야 할지 선택하기 힘들 정도로 그 방법이나 특성이 다양하다. 이러한 작업부하 측정기법을 Wilson & Rutherford[1]는 크게 세 가지로 아래와 같이 구분하였다.

표 2-67 작업부하 측정기법

측 정 방 법	측 정 내 용
수행도 기준 측정방법 (performance-based techniques)	작업을 수행하는 피 실험자의 수행능력을 측정
주관적 측정방법 (subjective techniques)	피 실험자의 주관적인 판단에 근거 측정
생리학적 측정방법 (physiological techniques)	피실험자의 생리적인 반응을 측정

도로를 주행 중인 운전자 정보를 얻기 위해 기존 연구들에서 사용해 온 방법이 생체신호를 이용하는 방법이었고 다양한 연구결과가 도출되었으며 현재도 많은 연구가 진행 중에 있다.

1) Wilson, J. R. & Rutherford, A. , "Mental Models : Theory and Application in Huaman Factors", Human Factors, Vol 31 No 6, 1989

특히 첨단교통체계(ITS)분야에서도 Human Factor를 고려한 설계를 통해 운전자에게 보다 정확하고 안전한 정보제공과 주행상황을 만들어 주고 있다.

도로환경요소와 이에 대응하는 운전자의 작업부하와의 관계비교를 통한 교통사고 원인설명은 Blumenthal, M에 의해서 제안된 도로환경요구와 운전자 능력의 비교를 통한 사고발생 모형에서 출발한다. 다음은 도로환경 요구에 운전자의 능력이 미치지 못할 때 사고가 발생한다는 관계를 설명하고 있다.

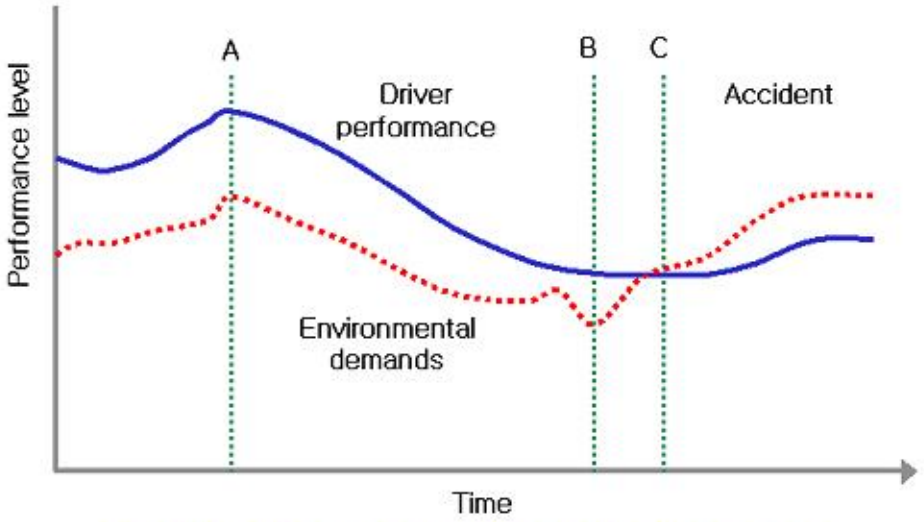


그림 2-219 도로환경요구와 운전능력 및 사고와의 관계

Fuller, R.은 상기 그림에 나타난 바와 같이 도로조건, 자동차속도, 다른 도로이용자들, 도로 외적환경 등 도로 및 교통 환경에 의하여 운전자에게 부과되는 작업량을 Task Demand, 이에 적응하는 운전자의 능력, 즉 기본적인 운전자의 역량에다 교육, 훈련 및 경험에 의해 축적된 운전자의 능력을 Performance(Capability)라 규정하고

Task Demand와 Capability관계에서 Task Demand가 운전자의 Capability 보다 클 때 사고가 발생하고 운전자의 Capability가 Task Demand보다 클 때는 안전하게 운행이 가능해진다는 Task-Capability Interface Model를 발표하였다.

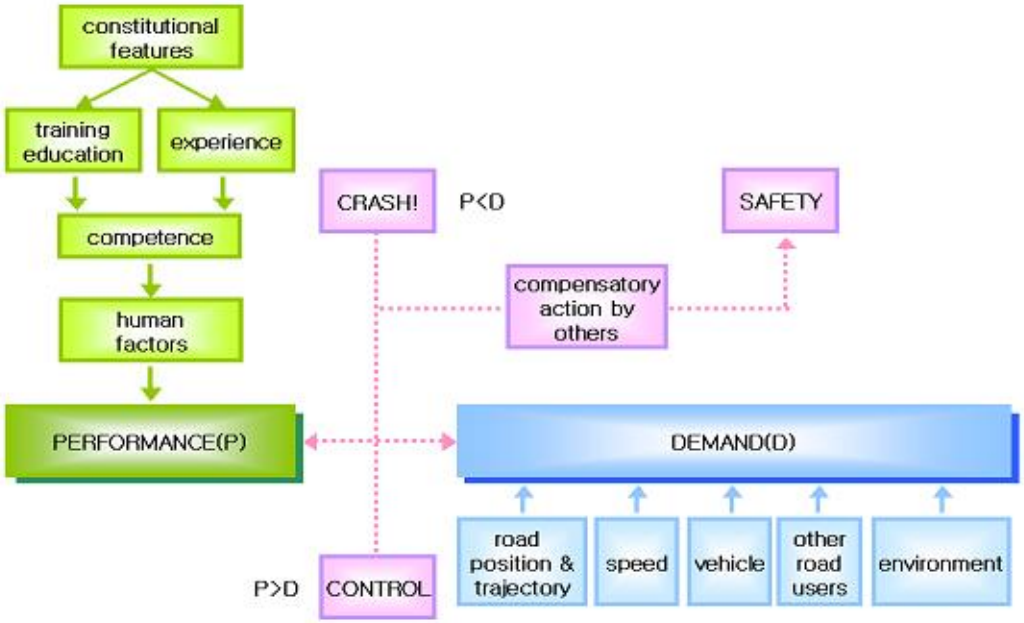


그림 2-220 Task-Capability Interface Model의 구조

① 중추신경계 관련연구

○ 중추신경계의 대표적 부위가 인간의 뇌이다. 뇌의 활동은 뇌에서 발생하는 전위차를 통하여 확인할 수 있다. 뇌전위(EEG, Electroencephalogram)는 뇌의 전기 활동변화를 뇌파계(Electroencephalo- graph)라는 장치를 이용하여 증폭시켜 육안으로 판별할 수 있도록 한 것으로 수시로 변화하는 뇌의 기능상태를 표시한다. 이러한 특성 때문에 고속도로를 주행 중인 운전자의 상태변화를 분석할 수 있는 것이다.

○ 교통과학연구원 신용균 등(1996)은 주행 중인 운전자에게 영향을 줄 수 있는 도로특성을 연구하였다. 연구결과 터널 주행 시 진입시점에서 delta파는 감소하고 beta파는 증가하였으며 진출시점에서는 심장활동이 빨라짐을 보였다. 신용균 등(1995)은 여행 시간과 속도가 운전자 운전부하에 미치는 영향을 연구하여 운전자의 심리·생리적인 변화 값을 정량화 하였다. 뇌파(electroencephalogram: EEG), 피부전도도(galvanic skin response: GSR), 심박수(heart rate: HR), 호흡 활동(respiratory system) 등의 다양한 생리반응을 측정하였다.

○ 한국도로공사에서는 운전자의 생체반응을 측정할 수 있는 자동차를 개발하고 실제 운전 상황에서 생리측정장치를 통해 받아들인 생체적 반응의 내용을 분석하여 운전자의 생리적 반응과 행동결과간의 관계를 설정하여 교통사고 감소와 안전성 확보에 기여할 목적으로 '실내 시뮬레이터와 운전자 행동·반응 검지자동차'를 개발하였고 시스템을 활용하여 실내에서의 운전자 반응 및 현장 주행실험을 통한 운전자 생체신호를 수집하였다. 정봉조 등(2003)은 터널 내에서의 10명의 운전자 생리변화를 측정하였다. 연구결과를 살펴보면 주행속도가 증가하면 delta파와 theta파는 감소하고 beta파는 증가되고 피부전도도와 심장박동이 증가한다고 하였다.

○ Goran Kecklund 등 2명(1993)은 장거리 트럭운전에서의 졸음과 관련한 야간주행의 영향조사를 위하여 18명의 피실험자를 대상으로 EEG (Cz-Oz)와 EOG의 δ파, Θ파, α파, β파의 스펙트럼 값을 분석하였다. Kecklund와 Akersted(1993)는 28명의 트럭운전자를 대상으로 장시간 트럭운전시 중심엽부에서 alpha파와 theta파가 증가함을 밝혔다.

○ Thomas C, Hankins외 (1998)는 비행 중인 조종사의 정신적 부하측정 방법으로 HR, HRV, 눈 깜빡임, EEG α파와 Θ파가 설명력을 갖는지 알아보기 위하여 15명의 남성조종사를 대상으로 ECG, EOG, EEG와 HR, HRV, eye blink횟수를 조사하였다. Alexander Gundel 외(1995)는 첫 번째 비행(10시간 야간비행)과 두 번째 비행(10시간 야간비행)에서 민간비행 조종사의 졸음을 평가하였다.

② 심전도(ECG) 관련연구

○ 심장은 수축과 확장을 할 때 전기적 변화를 일으키는데 이러한 전기적 변화를 심전 기록장치에 연결하여 기록한 것을 심전도(ECG)라고 한다.

○ 심전도는 인간의 운동수행(motor performance), 인지(cognition), 지각(perception), 정서반응(emotional reaction), 동기(motivation), 성격요인(personality factors)등의 연구에 많이 사용되었으며, 이러한 심전도의 변화가 인간의 정신적, 신체적 부담을 반영하는 좋은 지표임을 여러 연구를 통해 입증되었다.

○ 민병찬(1999)은 5명의 피실험자를 대상으로 도로굴곡에 따른 운전자의 생리변화를 연구하였다. 연구결과, 직선도로와 굴곡이 심한 도로에서 운전자의 심박수(HR), 피부온도(SKT), 피부전도도(GSR) 등 교감신경계의 활성비가 증가함을 보였다.

○ 일본 名神고속도로와 일반도로의 부하량 측정 연구에서 노면의 평탄성과 클로소이드 곡선 설계로 도로선형적으로 인간공학을 배려하고 경관적 검토까지 실시한 名神고속도로와 여러 일반도로를 대상으로 심박수의 변화를 통해 정신적 부담에 대한 인간공학적 검토를 실시하였다. 일본 오사카대학 森, 飯田연구팀은 고속도로의 대표적인 정체구간의 하나인 터널입구에 대해 자동차의 속도저하가 그 원인으로 생각하고, 운전자의 행동 및 생체반응을 측정하였다.

○ Gobel 등(1998)이 8명의 버스 운전기사를 대상으로 하여, 버스에 비디오 촬영기를 설치하고, 단거리 버스운전기사의 심박수 변화를 분석하였으며 정신부하가 증가할수록, 심박수가 증가한다고 하였다. Richter 등(1998)은 31명의 피실험자를 대상으로 한 연구에서, 어려운 굽은 도로나 굽은 도로에서 속도를 낼 때, HR이 증가한다고 하였다.

○ De Waard 등(1995)은 28명의 피실험자를 대상으로 속도증가나 차선변경 등을 통해 운전자의 정신부하가 높아질 때 심박수 변이도가 증가하는 것을 증명하였다. Richter 등(1998)은 31명의 피실험자를 대상으로 한 연구에서, 운전 시 어려운 굽은 도로나 굽은 도로에서 속도를 낼 때 심박수 변이도의 0.1Hz 요소가 감소하는 것을 볼 수 있었다. Mulders 등(1982)의 버스운전기사의 정신부하에 관한 연구에서도 정신작업부하가 증가할수록 HRV의 0.1Hz 요소가 감소하는 것을 밝혔다.

③ 안구운동도(electro-oculomotorgraphy: EOG) 관련 연구

○ 안구운동 분석은 운전자가 도로정보를 어떻게 인지하는가를 이해하기 위한 전통적인 분석방법이다. 안구운동도(EOG, electrooculomotography)는 눈의 각막(Cornia)의 양성 전기와 망막(Retina)의 음성전기 사이에 존재하는 전위차를 측정한 것이다.

○ 현재 안구운동도를 통해서는 눈의 중심점에서 좌우 70°정도의 움직임을 기록할 수 있으며 이러한 안구운동 측정기능은 주행 시 운전자의 시선(視線)의 변화를 측정하는데 사용된다. 안구운동과 눈 깜박임은 운전자의 정신적 스트레스를 측정하는 좋은 도구일 뿐만 아니라, 많은 분야에서 피로도를 알아보는데 사용된다. 또한, 안구의 지름크기를 통해 정신적, 감성적 부하를 측정하는 방법도 설명력이 우수한 것으로 알려져 있다.

○ 김대웅, 임채문(1990, 1991)은 '도로교통에 있어서 운전자 주시특성분석'과 '도로교통에 있어서 운전자 주시특성분석과 그 적용성에 관한 연구'에서 도로선형별, 속도별로 구분하여 운전자의 주시점 좌표 및 주시점과 운전자간의 거리, 주시점에 대한 운전자의 인지상태를 항목별로 측정하여 분석하였고, 주시점 정류시간 및 분포를 도로선형별 속도별로 분석하였다.

○ 국토연구원은 2000년 산학연 공동연구개발 '도로시설물 개선을 통한 국가시설물의 효율적 활용기술, 곡선부 등급화를 통한 도로안전표지 적정/최적 설치 자동화 기술 개발'에서 국도 곡선부에 설치되어 있는 시선유도시설(갈매기표지 등)과 운전자의 시각활동 특성과의 관계를 조사하여 이를 분석·평가하였다.

○ McDowell과 Rockwell(1978)은 왼쪽 방향으로 진행되는 곡선구간을 주행할 때 주시점이 좌측에 많이 집중하고 오른쪽 방향으로 진행되는 곡선구간을 주행할 때는 주시점이 우측으로 이동하며, 직선구간을 주행할 때는 주시점이 밑으로 이동한다고 하였다.

○ Shinar, McDowell, Rockwell(1977)의 실험결과, 운전자들이 곡선구간을 주행할 때에는 도로 위에서보다 주변을 주시함으로서 상황판단을 하는데 필요한 정보를 더 많이 얻는다는 것을 알려준다. 사고가 자주 발생하는 곡선구간과 자주 발생하지 않는 곡선구간을 주행하는 운전자의 주시시간을 비교하였다. Richter 등(1998)의 31명의 피실험자를 대상으로 복잡한 도로에서 운전자의 눈 깜박임 속도가 감소하는 것을 보였다.

○ 일본 오사카대학 森, 飯田연구팀은 최근 대형화, 복잡화되어 가는 고속도로 분기점에서 안전하고 쾌적한 경로안내를 위한 안내표지에 관한 연구를 수행하였다.

④ 피부전도도 및 피부온도 관련 연구

○ 피부전기활동의 측정을 위해서는 피부의 전위수준, 전기저항, 또는 전도율의 측정방법을 주로 사용하는데, 대표적인 측정방법으로는 손바닥의 발한에 따른 전기저항의 변화를 측정하는 방법(galvanic skin response: GSR)이 있다. GSR은 정신적인 긴장상태를 나타내는 지표, SPL은 뇌파라든가 주관적으로 판단한 졸음의 정도 등과 같이 보다 민감한 각성수준(arousal level)의 측정지표로 사용된다. 피부전기활동(electordermal activity: EDA)에는 심리전도반응(psychogalvanic reflex: PGR), 피부전도도(galvanic skin response: GSR), 피부표면온도(skin temperature: SKT), 피부저항(skin conductance: SC) 등이 있다.

○ Richter et al.(1998)은 급하게 굽어진 도로지각에 대한 연구를 통해 피부전도도가 낮은 상관관계를 보인다고 하였다. 이는 교통량이나 날씨 등을 표현하는데 상황에 종속적인 변수로서 피부온도와 같은 요인보다 일관성이나 안정성이 떨어진다고 하였다. Lazzaro 등(1999)의 연구에서는 피부전도도와 EEG 신호의 신호동기화에 관한 연구를 수행하였다. 이 연구 결과에서는 전두엽에서 beta파의 활동이 감소함에 따라 피부전도도가 동시에 감소하는 경향을 나타낸다고 하였다.

○ 이상의 인간공학적 도로안전성 평가방법에 대한 기존의 연구를 살펴보았다. 기타 Human Factors 관련연구에서 인간의 여러 가지 생리현상을 설명하는 지표가 발표되고 활용되었으며 대표적인 연구와 활용된 생체신호는 표 2-68과 같다.

표 2-68 생체신호를 이용한 운전자 평가연구 결과

운전자 생체신호	생체신호 표현방법	변화 경향	운전자 반응 설명	참 고 문 헌
뇌파(theta) (전두엽 F3-F7, F4-F8)	상대 파워 스펙트럼 분석법	증가	기억부하 증가	Lorenz 등(1992)
뇌파(alpha, theta) (두정엽 P3-Pz, 후두엽 O1-O2, 중심엽 C3-Cz)		증가	졸음 증가	Kecklund(1993) Akerstedt(1993), Gundel(1995)
뇌파(alpha, theta) (두정엽 P3-Pz, 중심엽 C3-Cz)		감소	정신적 스트레스 증가	Roscose(1987, 1993), Hankins/Wilson(1998), Sterman/Mann(1995)
심장활동(ECG)	HR (Heart rate)	증가	기억부하 증가	Roscose(1987, 1993), Hankins/Wilson(1998), Kakimoto(1998), Gobel(1998), Svensson(1997), Richter(1998)
안구운동(EOG)	RMS (root mean square)	증가	정신적 스트레스 증가	Stern(1994), Richter(1998), Torsvall/Akerstedt (1987)
		감소	피로(fatigue) 증가	
피부 온도 변화 (SKT), 피부 전기 저항 (GSR)		증가	운전조작의 어려움	Boucsein(1992) Richter(1998) Heino(1990)

(4) 인간공학적인 도로설계 및 연구 환경

1) 국내

① 인간공학적 도로설계 기술

○ 과거 수작업에 의존해 왔던 도로 구조 및 시설에 대한 설계는 전산설계 프로그램이 개발되어 신속하게 시공도면 등을 작성할 수 있게 되었으며, 부실설계 예방 및 교통사고 최소화 등 도로 안전성 검토를 위한 도로 설계검사 시스템이 개발되어 상용화 작업 중에 있다. 또한 전문가시스템과 GIS Tool인 공간정보분석을 접목시키고 유전자 알고리즘을 적용, 도로 최적설계 알고리즘을 연구 개발해서 지능형 도로최적설계 프로그램이 개발되고 있다.

○ Road Project(RP)는 나모소프트에서 개발한 시스템으로 국내 자체기술로 개발된 NS-CAD엔진으로 만들어졌다. 현재 도로설계 관련 업체에서 가장 많이 사용되고 있다. 이 시스템은 국내 도로설계 상황에 맞는 작업흐름으로 설계 납품용 수량산출 및 산출내역서를 간편하게 작성할 수 있으며 이 시스템의 주요 기능으로 완공된 도로를 주행 시뮬레이션에서 주행하는 위치에 따라 평면도, 종단면도, 횡단면도가 함께 이동하고, 주행지점 주변의 평면계획자료를 검색하는 기능을 제공한다.

○ Road Design 2000(RD2000)은 평화데이터시스템에서 개발한 프로그램으로 2000년 한국도로공사와 산학연 공동연구개발사업인 "도로설계 검사 시스템 개발(설계검사 및 안전도 평가모듈 개발)"연구 결과의 하나이다. AutoCAD를 기반으로 하여 친숙한 사용자 환경을 제공하고, 계획 및 수정이 편리하다. 프로그램은 C++로 개발되어 속도가 빠르며 수치지도 및 야장 데이터를 활용할 수 있고, 옹벽, 측구 등의 구조물 생성이 자유롭다. 또한 운전자의 위치와 대상구간만 정해지면 구간내의 각 측점에서의 투시도는 이미지파일로 자동 생성되어 그래픽 뷰어를 통해 Slide-Show방식으로 애니메이션의 구현이 가능하다.

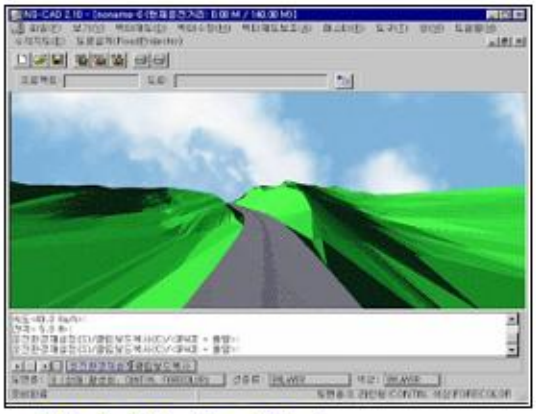


그림 2-221 Road Project

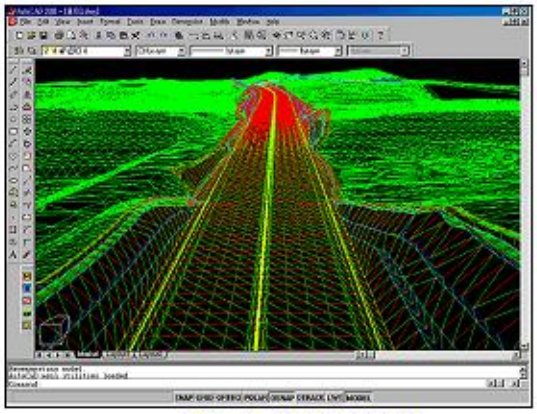


그림 2-222 RD2000

○ KACE-ROAD는 (주)고려소프트웨어에서 개발하였으며, 1999년도 건설기술연구개발사업인 "안전성 향상을 위한 도로선형 해석 및 평가자동화 기술 개발"연구 결과의 하나이다. 도형과 비도형의 표준화를 기반으로 건설 CALS (CITIS)와 각 발주처의 표준화 설계 방식에 변경 적용이 가능하도록 하여 향후 복잡하고 다각화된 설계 요건을 충족하도록 하고 있다.

○ 4D CAD기반 건설사업관리 시스템은 한국건설기술연구원에서 3차원 CAD 설계정보와 공정정보(시간)의 통합에 의해 설계·시공단계에 있는 도로 및 주변경관을 3차원 CG모델로 작성, 가상현실 기술을 이용하여 리얼타임으로 시각화하고, 건설과정을 애니메이션까지 할 수 있도록 한 4D CAD기반 기구이다.

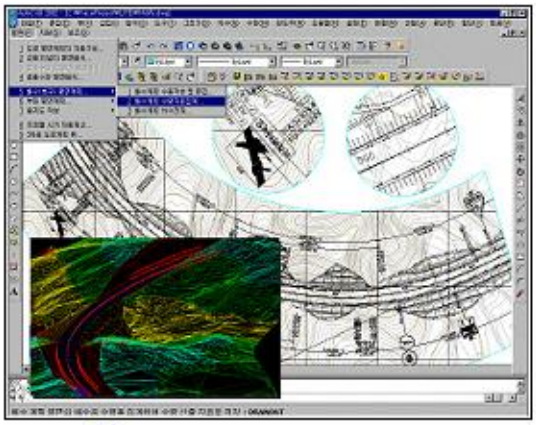


그림 2-223 KACE-ROAD

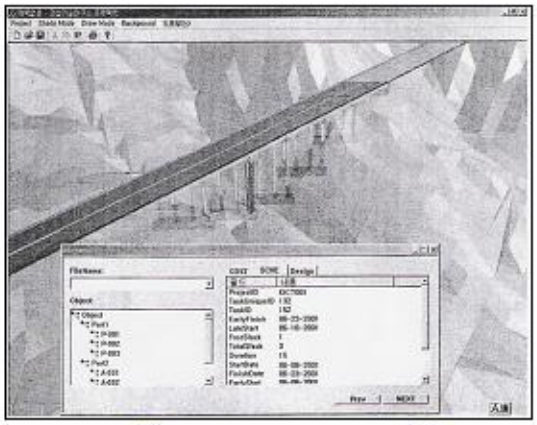


그림 2-224 4D CAD기반

② 시뮬레이터를 이용한 인간중심의 도로안전성 평가

○ 90년대 후반부터 여러 도로교통 관련기관과 학계를 중심으로 교통사고 발생요인의 하나인 운전자 요인을 분석하여 도로 안전도를 개선하려는 연구가 다양하게 시도되었고 이러한 운전자 행동에 관한 연구는 도로주행 시뮬레이터와 현장주행 자동차를 제작하는 등 보다 객관적인 운전자 행동에 관한 데이터를 수집하여 도로 안전성을 평가하려는 노력으로 시도되고 있다.

○ 실제 상황의 실험이 어려움으로 가상현실 기법을 이용하여 실제 주행 상황을 재현하고 운전자의 안전과 연구수행의 유연성을 확보하면서 비용 절감의 효과를 가지고 있는 도로주행 시뮬레이터(driving simulator)가 필요하게 되었다.

○ 도로주행 시뮬레이터는 초기에 주로 자동차 제작 개발과 운전 기술 향상 및 연구를 위하여 개발되었지만 최근에는 도로 환경분석이나 교통사고 해석 등에의 활용을 위하여 개발되고 있다. 도로설계 단계에서부터 도로의 안전성 및 주행성을 미리 검증하기 위한 도로주행 시뮬레이터의 개발 및 활용의 필요성이 이미 대두되었으며 그 중요성에 대한 인식도 점차 증가하고 있다.

○ 한국도로공사에서는 1997년부터 3년에 걸쳐 실제 주행환경에서 운전자 생체신호 변화를 측정하고 분석할 수 있는 시스템을 개발하였고 현장 주행실험을 통해 시스템의 안전성 검사를 실시하였다. 현장주행 실험 자동차는 갤로퍼 V6자동차를 개조하여 도로 주행시 주변상황변화에 따라 나타나는 운전자의 반응을 측정하는 생체신호 측정 및 자료입력 장비와 교통환경 정보를 수집하는 주변환경 측정이 가능토록 구축되었다.

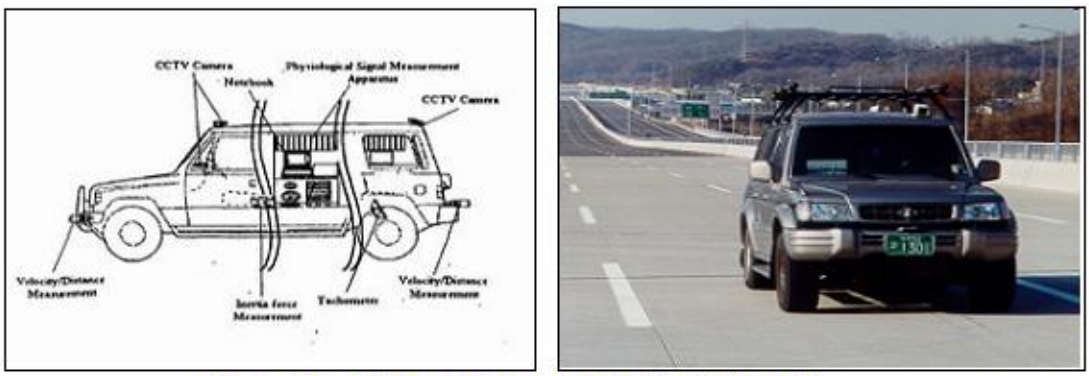


그림 2-225 한국도로공사의 도로주행 실험자동차

○ 한국건설기술연구원에서는 도로주행 시뮬레이터는 도로의 안전성과 경관에 대한 분석·평가는 도로의 기하구조 및 안전시설 등의 도로 환경과 운전자와의 상호작용을 이해하고 운전자입장에서 분석·평가하는 것이다. 운전자의 감각을 재현시키고, 운전자의 시각특성, 인지반응, 심리상황 등의 생리반응과 자동차제어 시의 특성을 조사·분석하는 연구가 가능하다.

○ 도로교통안전관리공단 현장주행 실험자동차를 자체 제작하여 운전자 반응에 대한 연구를 수행하고 있다. 운전중인 운전자의 생체신호를 모니터링 하기 위하여 뇌파, 피부전기반응, 심전도, 근전도, 안구운동, 호흡 및 피부온도변화를 측정할 수 있도록 하였으며, 실험자동차 내에 탑재된 신호수집장치를 이용하여 자동차의 주행속도, 핸들링 각도, 기어 변속 위치, 브레이크, 클러치, 엑셀 등에 가해진 압력을 수치로 전환한다.

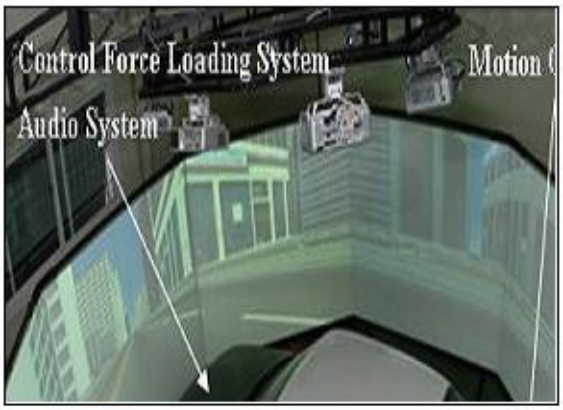


그림 2-226 건기원 실내 시뮬레이터

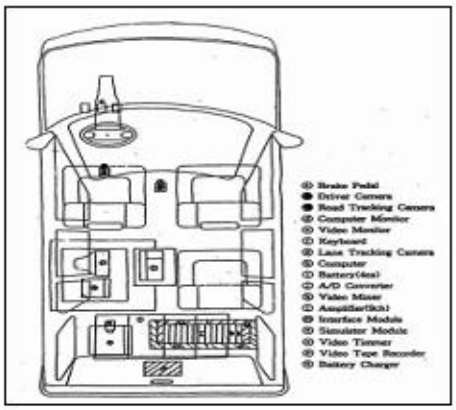


그림 2-227 교통공단의 실험자동차

○ 아주대학교에서는 'AHS Driver-Vehicle Interface의 Human Factors 평가를 통한 운전자 영향분석 및 행동 연구에서 인간공학 평가용 간이형 AHS 자동차 시뮬레이터를 구축하였다. 이 시뮬레이터는 베르나의 실제 운전석을 개조한 간이형 고정식 시뮬레이터로서 운전석에 각종 조종입력장치 및 스위치입력장치, 계기구동장치, 경고등과 AHS관련 디스플레이를 설치하였으며 전면에 시야각 45~55°의 1면 스크린에 PC를 베이스로 하였다.

○ 국민대학교는 국내 최초로 1997년에 유압식 6자유도 운동 시스템을 갖춘 자동차 시뮬레이터 (KMUDS-1)를 개발하였고, 2001년 후반에는 4채널의 영사 시스템을 갖추어 운전자에게 전방 150×40도, 후방 60×40도의 넓은 시야를 제공하고, 전기식 2자유도 운동 시스템을 갖추어 자동차의 운동을 효과적으로 재현하는 Full-Scale 자동차 시뮬레이터(KMUDS-3)를 개발하였다.

그림 2-228 아주대 자동차시뮬레이터

그림 2-229 국민대 자동차시뮬레이터

○ 부산대학교에서는 2002년 자동차 운전교육 및 자동차성능 평가, 운전자 심리 평가 등을 목적으로 운전자 입력에 의한 실시간 자동차 주행 시뮬레이터를 개발하였다.

○ 표준과학연구원은 1994년부터 인간의 감성을 평가하기 위한 연구를 수행하면서 운전자의 반응을 보다 쉽게 측정하여 표준적 지표를 이끌어 내기 위한 연구를 수행하고 있다. 이를 위해 가상현실 시뮬레이터를 제작하여 가상주행환경 하에서의 운전자 반응을 측정 분석할 수 있는 시스템을 개발하였다.

그림 2-230 부산대 자동차 시뮬레이터

그림 2-231 표준원 자동차 시뮬레이터

○ 현대자동차는 자동차 전자제어 시스템 개발 및 운전자 인지 반응 연구를 위한 고성능 자동차 시뮬레이터 신차 개발시 적은 비용으로 반복적인 주행시험을 할 수 있어 개발기간도 단축될 수 있다는 장점을 가지고 있으며, 최근에는 반경 3.6m의 곡면스크린을 사용하여 전방 180×40도, 후방 90×40도의 시야각을 가진 시각시스템과 총 12대의 PC를 이용하여 시스템을 통합하여 국내 최고 성능을 가진 자동차 시뮬레이터를 개발하고 있다.

그림 2-232 현대자동차의 자동차 시뮬레이터 (초기 모델)

2) 국외

① 인간공학적 도로설계 기술

(가) 일본

○ ODEX사의 Dokodemo Access는 가상현실 기법을 활용하여 PC상에서 고속도로 등의 3차원 CG모델을 리얼타임으로 표시하는 소프트웨어이다. 마우스 및 키보드로 가속·감속하면서 자유로운 주행 및 임의의 시점에서의 영상표시, 정지영상과 현지사진을 합성하여 포토몽타주를 작성하는 등 다양한 기능을 지원한다.

○ 片平(Katahira)사의 K-Road는 3차원 설계에 의한 실제 공간과 같은 3차원 도로모델을 컴퓨터 내에 구축, 이 설계 공간 내를 자유롭게 관찰하기 위한 시스템으로서, '도로 설계가 안전하고 쾌적한 설계가 되어 있는가', '주변지역과의 조화는 유지되는가' 등 완성 후의 도로를 3차원 영상으로 여러 관점에서 검토할 수 있다.

그림 2-233 Dokodemo Accesss

그림 2-234 K-Road

○ FORUM8사의 UC-win/Road는 계획단계에서 설계에 이용되는 수치지도, 종단선형 몇 평면선형을 이용하여 주변경관이 고려된 시공중과 시공후의 단계를 정확하게 시뮬레이션 함으로써 3차원 모델을 이용하여 교량 상부형식 및 하부형식의 비교를 실시간으로 할 수 있으며 주변 경관과의 채색검토, 태양의 정확한 위치에 의한 일조권 검토에 의한 결빙구간 등의 검토도 가능하다.

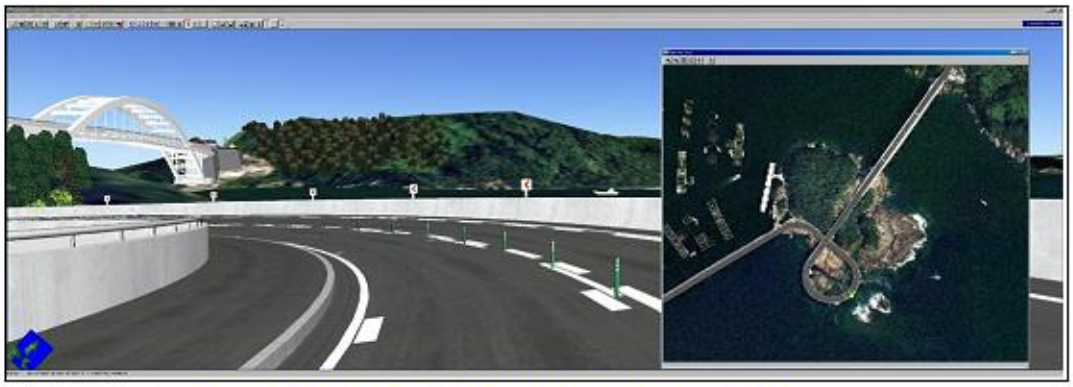


그림 2-235 일본 FORUM8사의 UC-win/Road

(나) 프랑스

○ G-Voyage는 도로주행 및 비행, 보행자의 가상체험이 가능한 리얼타임 시뮬레이션이며, 사업정비 전후 및 복수 대책안, 기상조건의 교환기능과, 거리·면적 측정기능 등을 가진 VR전용 소프트웨어이다.

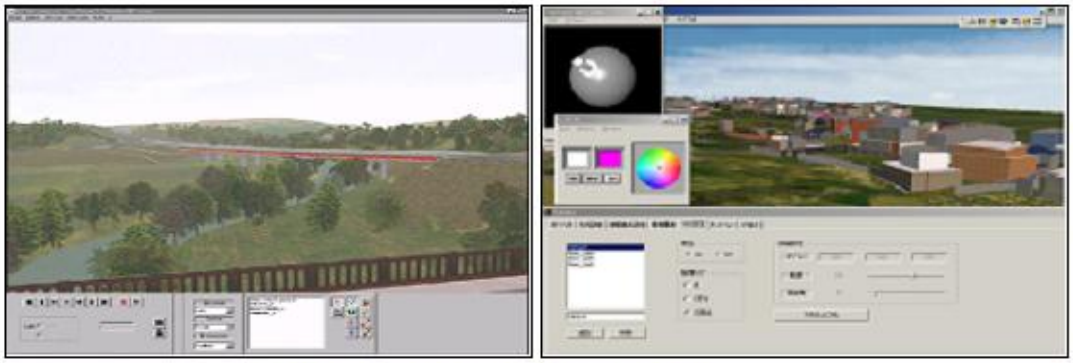


그림 2-236 Setec사의 G-Voyage

② 시뮬레이터를 이용한 인간중심의 도로안전성 평가

(가) 일본

○ 일본자동차연구소(JARI)는 1995년에 6개의 유압실린더를 사용하여 6자유도의 진동을 재현하는 자동차 시뮬레이터를 개발하였다. 영상재현은 시야각 50×30도를 가진 평면스크린에 컴퓨터 그래픽영상을 재현한다. 또한 주간·야간 및 안개, 비 등의 도로환경조건을 설정할 수 있고, 정밀한 운동 재현 장치로 주행상의 가감속도에 대한 현실감을 높이고 있다.

그림 2-237 일본자동차연구소 Driving Simulator

○ 일본 토목연구소에서는 1994년 고속도로 등의 계획, 설계, 정비의 사전평가 혹은 연도시설이 인간공학적으로 운전자에게 미치는 영향을 조사할 목적으로 도로주행 시뮬레이터를 개발하였다.

○ 이 시뮬레이터는 시야각 40×30도를 가진 대형 브라운관을 사용하여 컴퓨터 그래픽으로 도로환경을 재현하고, 자동차운동재현은 좌석의 상하진동만 재현하고 있어, 급격한 속도변화가 없고 시각정보만이 속도변화를 느낄 수 있는 실험에 사용되고 있다.

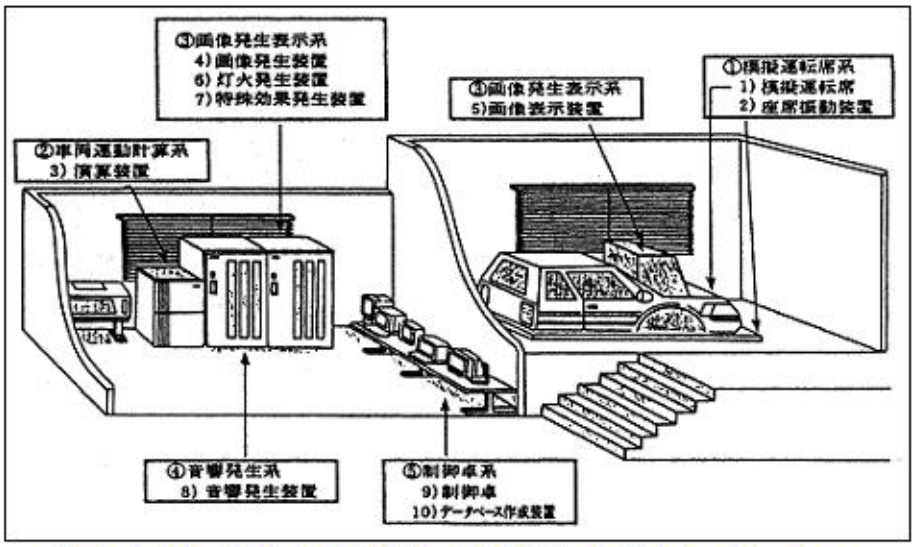


그림 2-238 일본 국토건설성 토목연구소의 Driving Simulator

○ 일본 ODEX는 일본 오사카대학과의 공동으로 도로공간의 다양한 과제에 대해 도로공간과 운전자 행동과의 관계에 주목하여 평가·검토·연구를 위한 도구로서 VERS III를 개발하였다. 실제 자동차의 앞부분 절반을 가진 고정형 드라이빙 시뮬레이터로서 시야각 180도를 가진 삼면의 평면스크린과 양 사이드밀러에 후방의 교통정보를 재현하고 있으며 3차원 CG기술을 사용하여 도로의 가상공간을 구축하고 모의운전대를 조작하여 가상공간에서 주행이 가능하고 안구측정장비와 심박측정기를 이용하여 운전자 행동과 생리반응 데이터를 다각적으로 수집할 수 있다.

그림 2-239 일본 ODEX VERS III

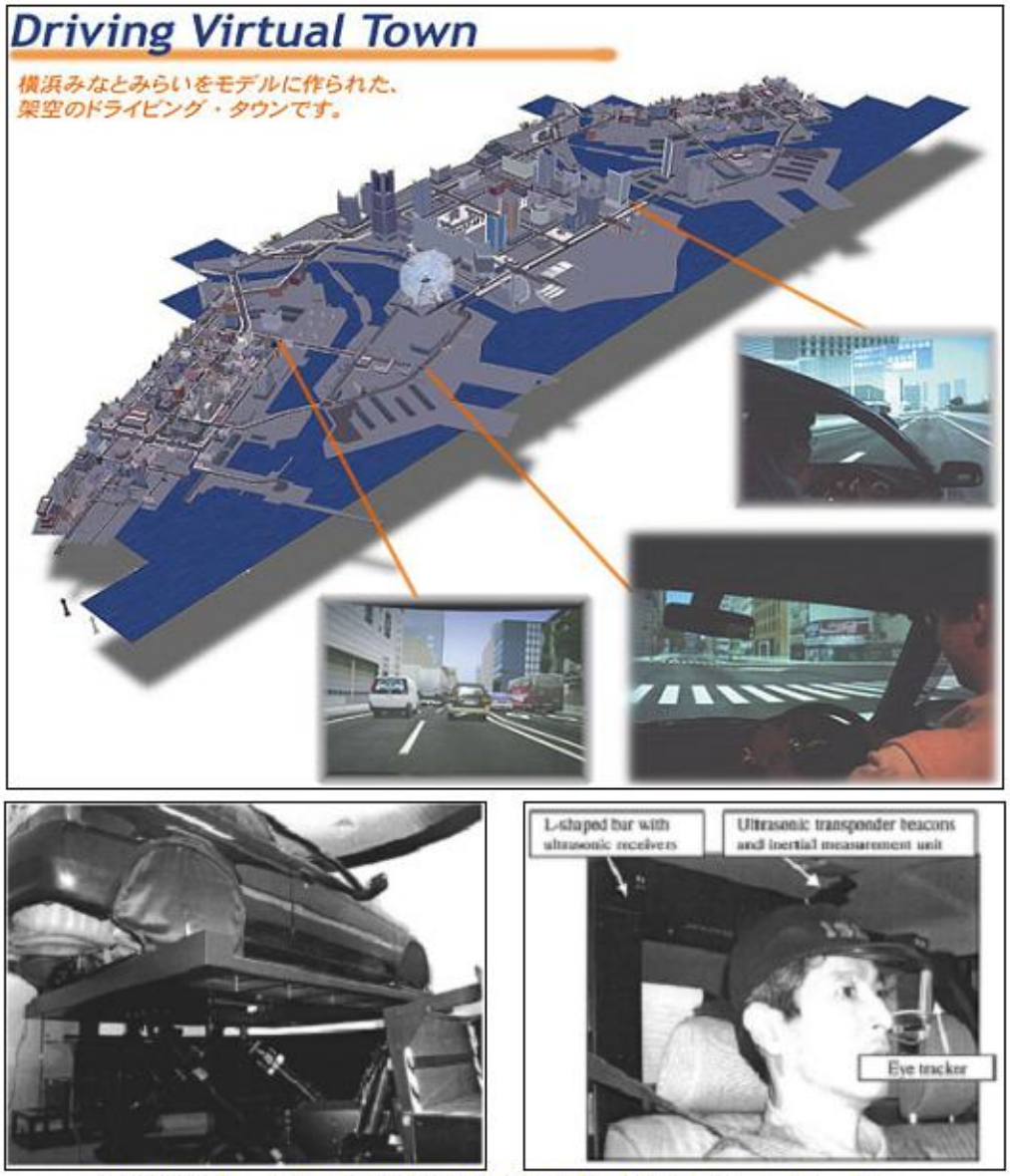


그림 2-240 일본 생명공학공업기술연구소의 Driving Simulator

○ 일본 생명공학공업기술연구소는 자동차 운전공간에서의 인간행동특성을 계측하고, 규명하기 위해 드라이빙 시뮬레이터를 개발하였다. 자동차의 가감속이나 핸들 조작에 의해 생기는 전후좌우 방향의 가속도의 체감을 재현하기 위해, 6자유도 모션베이스에 실제 자동차의 캐빈을 설치하였고, 전방 시야각 180도를 가진 곡면스크린과 측방 시야각 43도를 가진 곡면 스크린, 후방 스크린으로 구성되어 있다.

(나) 미국

○ Massachusetts 대학 인간능력연구실은 MIDAS(Massachusetts Interactive Driving and Acoustic Simulator)를 개발하였다. MIDAS는 1995년형 Saturn sedan 차체를 사용하고, 전방시야각 150도(3채널)와 후방시야각 60도(1채널)를 확보하는 스크린과 SGI Onyx 2 그래픽 워크스테이션을 사용하여 3차원의 가상세계를 실시간으로 재현하고 있다.

○ 텍사스 교통연구소 교통안전센터(Center for Transportation Safety)에서는 1995년형 Saturn sedan 차체를 사용하고, 전방시야각 150도(3채널)를 확보하는 스크린과 SGI Onyx 2 그래픽 워크스테이션을 사용하여 3차원의 가상세계를 실시간으로 재현하고 도로주행 시뮬레이터를 개발하였다.

그림 2-241 MIDAS

그림 2-242 TTI의 Driving simulator

○ 미국 연방 도로청(FHWA) 인간공학연구실은 2001년에는 3자유도(Roll, Pitch, 상하)의 운동재현장치 위에 1998년형 Saturn SL1 자동차를 설치하였고 전방 88도의 시야각을 가진 곡면스크린과 최고속의 그래픽 워크스테이션을 사용하여 시각재현 성능을 높인 3세대 HYSIM을 개발하였다.

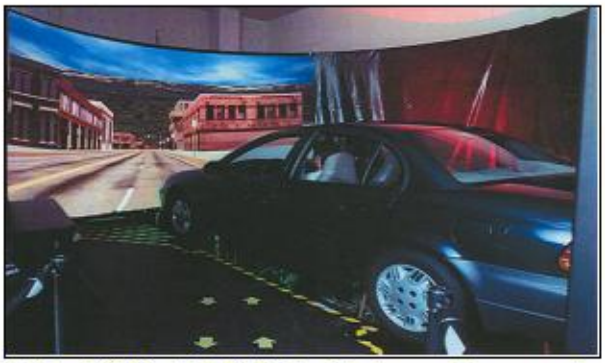


그림 2-243 미연방 도로연구소 Highway Driving Simulator

○ 도로교통안전협회(NADS :National Advanced Driving Simulator)가 주관하고 Iowa대학 및 관련업체에서 적극적으로 개발한 NADS는 복잡한 운전자-자동차-도로환경 시스템의 상호작용, 운전자 충돌회피거동을 연구할 수 있도록 도로환경과 교통시나리오 등을 제공하여 연구자가 위험상황을 설정하여 운전자의 반응 및 능력, 또한 자동차 능력 등에 대한 연구가 가능하다.

그림 2-244 미 NHTSA의 National Advanced Driving Simulator

(다) 기타국가

○ 영국 Leeds대학에서는 교통안전과 텔레매틱, 운전자 행동 및 가상환경의 기초 및 응용연구를 위한 도구로서 고정형 드라이빙 시뮬레이터(LADS : The Leeds Advanced Driving Simulator)를 1993년에 개발하였다. Rover 216GTi 차체를 사용하고, 전방시야각 230×39도를 확보하는 반경 2.5m의 곡면 스크린과 SGI Onyx2 Infinite Reality2 그래픽 워크스테이션과 5채널의 프로젝터를 사용하여 3차원의 실시간으로 가상현실을 재현하고 있다.

○ 네덜란드 TNO Human Factors의 경우 TNO의 도로주행 시뮬레이터의 개발은 30여년전부터 시작되었다. 처음에서 도로모형을 만들고 8mm 소형카메라로 찍은 도로영상을 테스트 운전자가 실제 운전하는 것과 같이 운전하는 모형실험기 수준이었지만, 현재 2002년에는 컴퓨터 그래픽 기술과 모션 플랫폼 기술을 가진 중소형급의 도로주행 시뮬레이터로 발전되었다.

그림 2-245 Leeds 대학 LADS

그림 2-246 TNO의 D/S

○ 스웨덴 도로교통연구원(VTI) 1983년에 자동차의 회전운동과 직선운동을 재현하고 3채널의 영상 시스템으로 120×30도의 넓은 시야각을 재현할 수 있는 도로주행 시뮬레이터를 개발하였다.

그림 2-247 스웨덴 도로교통연구원(VTI)의 Driving Simulator

(5) 전망

운전자의 능력과 한계의 정의, 이에 맞는 자동차 및 도로 환경의 설계에서 인간공학은 중요한 역할을 해 왔으며 앞으로도 더욱 그러할 것이다. 우리 도로교통분야에서 인간공학적 접근은 아직은 컴퓨터나 전자공학에 비하여 역사적으로나 실용적인 측면에서 일천한 것이 사실이다. 그러나 도로이용객의 삶의 질에 대한 관심이 높아지고 고규격화된 도로의 욕구가 많아질수록 도로공학분야에서 인간공학의 역할은 커져갈 것으로 판단된다.

우리나라의 도로교통분야에서 인간공학연구는 도로교통안전공단 교통과학연구원에서 교통사고와 관련된 본격적인 연구를 시발로 한국도로공사 도로교통기술원, 한국건설기술연구원, 지대학교 등 최근에는 활발한 연구결과를 내놓고 있다.

우리나라는 2002년 한국도로공사 도로교통기술원의 현장주행시뮬레이터의 개발, 2003년 한국건설기술연구원의 인간공학적 도로안전성 분석시스템 개발(HuRoSAS)사업에 의한 도로 및 교통 시뮬레이터와 교통과학연구원의 교통시뮬레이터의 구축으로 우리나라에는 공개된 시뮬레이터가 7개, 비공개 시뮬레이터가 2개를 가지게 되어 교통분야에서 실질적이고 효과적인 연구가 가능하게 되었다.

우리나라는 이제 각 분야에서 인간공학의 중요성을 인식한 단계에 들어섰다. 도로교통분야에서도 그간의 기하, 구조측면을 강조하여 물리학적 안전성을 중심으로 도로설계, 운영, 관리를 하였으나 국가적 대규모 재난사고와 수많은 교통사고로 인하여 한계에 봉착하게 되었다.

따라서 이제는 새로운 관점에서 도로교통에 대한 시각을 가져야 할 시점에 되었다. 즉, 이용 운전자의 입장에서 도로설계와 운영을 보는 인간중심의 도로교통에 대한 관점을 가지게 되었다.

아직은 여러 가지 측면에서 미흡한 한계를 가지고 있지만 몇 가지 성공사례를

통하여 도로교통분야에서 인간공학의 적용이 가능하고 충분한 의미를 가지고 있음을 알게 되었다. 앞으로 도로교통분야에서 인간공학의 지속적인 발전을 기대하면서 미래에 대한 몇 가지 전망을 하고자 한다.

1) 도로교통분야에서 인간공학적 접근의 중요성이 높아짐

도로교통설계에 있어서 기하학이나 물리학적 접근방법에 의한 한계를 나타내고 있다. h역학적 도로구조 설계나 기하학적 도로기하구조의 설계에 기반을 둔 현재의 도로설계방법은 고속의 주행이 가능한 자동차의 출현과 기상변화에 적응해야 하는 도로현실에서 많은 결점을 나타내고 있다.

이로 인하여 대규모 교통사고가 발생하고 천재지변으로 인한 도로기능 마비현상이 자주 나타나고 있다. 운전자의 인적특성에 기초한 도로설계는 이러한 문제를 해결하는데 주요한 도구로 평가 받고 있다. 특히, 미래자동차의 발전과 이용고객의 삶의 질 향상차원에서 볼 때 도로설계에 있어서 인간공학의 중요성은 날로 높아질 것으로 평가받고 있다.

2) 인간공학연구를 위한 다양한 연구 Tool 개발과 연구시설 확충

인간공학의 연구는 크게 조사연구, 측정연구, 평가연구로 대별되는데 도로교통에서는 종합적인 인간공학적 접근방법이 필요로 하고 있다. 특히, 측정연구는 도로구조의 개별요소에 대한 인간의 개별적 특성을 평가하는데 중요한 수단이다.

최근에 한국건설기술연구원, 도로교통안전공단 교통과학연구원, 한국도로공사 도로교통기술원의 운전자 평가를 위한 실내 시뮬레이터와 실물자동차의 개발로 운전자의 생체신호와 인체수용기를 통한 도로교통분야 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 한양대학교에서는 도로공사현장의 작업자에 안전개선을 위해 인간공학적 평가 연구가 시행되어 도로교통에서 인간공학적 접근이 날로 증가되고 있다.

3) 인간공학연구에 대한 사회적 합의

현대 사회가 첨단화, 분권화 될수록 인간개인의 존엄성과 가치를 존중받고자 하는 흐름을 가지고 있다. 따라서 사회를 구성하는 물리적 요소에 대한 인간중심의 설계가 불가피한 추세이다.

도로교통에서는 이러한 현상이 더욱 두드러지고 있다. 교통사고에 대한 불안, 도로이용의 불편, 각종 도로정보에 대한 이용자 욕구증대, 도로시설의 첨단화(ITS)· 고속화에 따른 인간오류 발생증대 등 도로설계과 관리운영에 있어서 인간공학적 접근이 필수적인 요소가 되고 있다.

자동차 내부시설의 운전자 적응성과 각종 센서의 운용, 도로와 자동차 그리고 도로관리자간의 정보교환에 있어서도 인간공학적 요소가 강조되고 있다. 최근에는 언론매체를 통한 각종 광고에서도 인간공학의 중요성이 날로 강조되어 주요한 제품 및 기업의 홍보의 수단이 되고 있다.

4) 자동차분야에서 안전성 확보를 위한 인간공학적 접근

교통사고시 자동차의 내구성향상을 통한 운전자의 안전성확보 및 피해확산 방지장치가 소극적 안전대책이라 하면 졸음방지, 차로이탈방지, 자동운전을 통한 운전자의 에러감소 등은 미연에 교통사고 발생을 예방하는 적극적인 안전대책이라 할 수 있겠다.

그간의 자동차 안전은 소극적인 안전에 머물렀다면 미래의 자동차안전은 사전에 교통사고를 예방하는 적극적 안전대책이 중심을 이룰 것이다. 현재에는 운전자의 졸음방지나 자동운전과 같은 기술들의 초기적 연구가 수행되고 있어 단계적 실용화나 실험적 적용에 불과하지만 가까운 시일 내에 상용화될 것으로 기대된다.

2.2 국외 고기능 도로 추진사례

2.2.1 미국 Trans-Texas Corridor Project

(1) 추진 현황

○ 미국의 텍사스 교통국(TxDOT)은 도로의 규격만이 아닌 그 기능적 역할의 확대를 위한 Trans-Texas Corridor Project를 수행하고 있다. 이는 오클라호마-텍사스-멕시코를 연결하는 최대폭 366m, 총 연장 6,400km의 복합 수송로로서, 총 150조원의 사업비가 투자되는 대형 사업이다.

○ 이 Corridor는 승용차 전용도로 (각 차선에 3개씩), 트럭 전용도로 (각 방향에 2개씩), 6개의 철도노선 (각 방향에 3개씩이고 2개의 노선은 고속 승객 운송용이고 2개는 통근자 운송용, 나머지 2개의 노선은 화물 운송용), 가스와 기름, 동력을 위한 전용 Utility 존으로 구성된다.

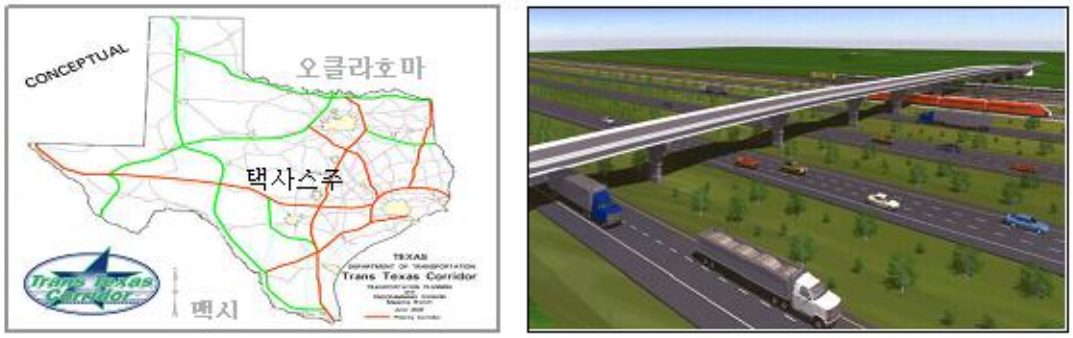


그림 2-248 Trans-Texas Corridor Project

※ Corridor는 승용차 전용도로 3개차선, 트럭 전용도로 2개차선, 6개의 철도노선, 가스와 기름, 동력을 위한 전용 Utility 존으로 구성

○ TxDOT는 주의 교통체계를 확장하기 위하여 Trans-Texas Corridor와 같은 복수의 고속경로뿐만 아니라 기하구조와 같은 기타 시설들도 확대하는 노력을 기울이고 있다.

○ 현재의 설계속도(80mph)를 초과하는 초고속도로의 설계기준 정립을 위하여 초고속도로 설계기준의 개발과 노변 안전 특징의 평가(Development of High Speed Roadway Design Criteria and Evaluation of Roadside Safety Features) 프로젝트를 수행하였는데 이 프로젝트의 목적은 현재의 설계지침을 확장하여 160km/h의 설계속도에 대한 새로운 기준을 수립하는 것이다.

○ 정지시거, 차선 폭, 횡단구성과 횡단경사, 편경사, 램프 설계속도와 차로폭, 중앙분리대, 노변 안전장치 등의 예비 기준이 작성된 기술보고서가 현재 TxDOT에 제출된 상태이며, TxDOT 도로설계지침서에 포함시키기 위한 검토가 현재 진행중이다.

(2) 시사점

○ 최근 해외 추세는 수송수단들(도로, 철도 등)의 기능적 통합화와 연계화로 발전하고 있는 상황에 있음. 따라서 국내에서도 이러한 세계적 추세에 맞추어 고규격 도로기술을 확보함으로써 도로의 기능과 역할을 향상시킬 필요성이 있다.

○ 결국 초고속도로는 기존의 도로가 갖는 한계점을 인정하는 시각에서 출발하는 것이 아닌, 한차원 높은 새로운 개념하에서 도로의 발전적 모습을 구상하고자 하는 취지에서 구상중인 도로의 개념이며, 향후 고속철도(KTX)의 도입으로 인해 발생하고 있는 철도부문의 발전적 모습과 유사한 효과가 나타나게 될 것이다.

2.2.2 일본 제2 도메이-메이신 고속도로

(1) 추진 현황

○ 도쿄~고베를 연결하는 왕복 6차로의 설계속도 140km/h인 고속도로로서 총 연장은 502km로서, 제2동명 고속도로 약 328km와 제2명신 고속도로 약 174km로 이루어지며 사업기간은 1987년~2025년 완공을 목표로 하고 있으며, 나고야~도쿄간 일부 구간은 공용중이다.

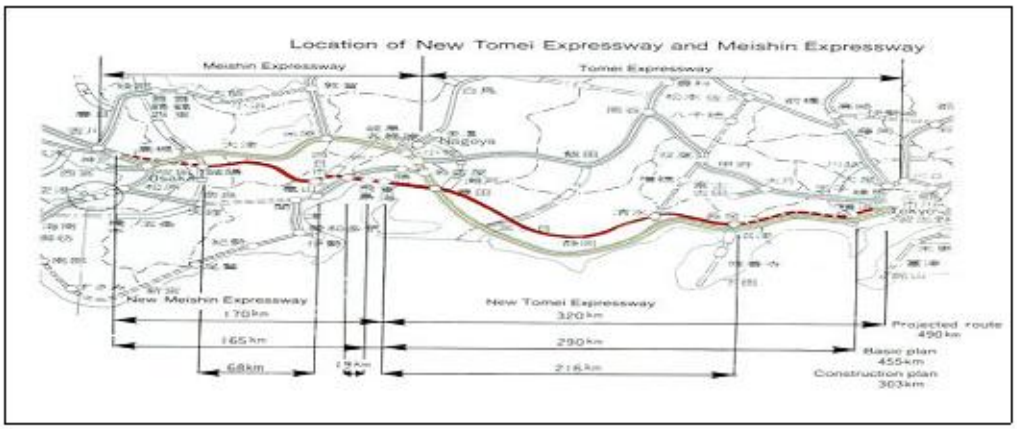


그림 2-249 제2동명-명신 고속도로 계획노선

○ 안전하고 쾌적한 고속주행을 확보하기 위해 편도 3차선과 완만한 구배(i=2% 이하), 큰 평면곡선(R=3,000m 이상)으로 계획되었고 1차선의 폭은 3.75m로 넓고 노견도 토공과 교량부에서 3.25m, 터널부에서 2.50m가 확보되었다.

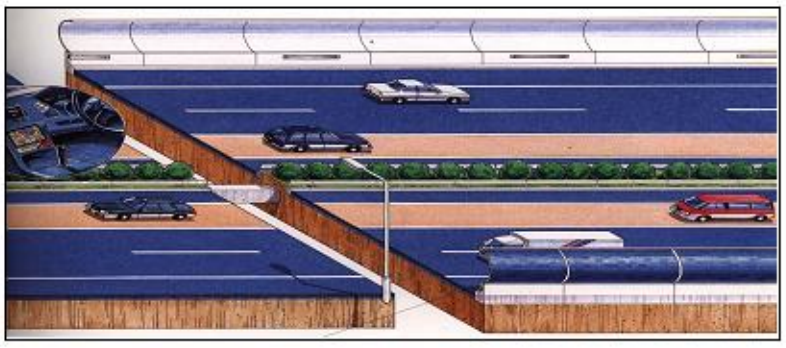


그림 2-250 제2 도메이~메이신 고속도로 개념도

표 2-69 설계기준

구 분		제2 도메이-메이신 고속도로	일반 고속도로
설계 속도		140 km/h	100 km/h
최소곡선반경		3,000 m	460 m
종단 경사		2 % 이하	3 % 이하
차로폭		3.75 m	3.6 m
중앙분리대		7.5 m	3.0 m
길어깨		3.25 m	3.0 m
종단곡선 반경	凸형	40,000m 이상	11,000m 이상
	凹형	9,000m 이상	4,500m 이상

그림 2-251 공용중인 나고야 구간

그림 2-252 공사중인 시주오카 구간('06.12)

(2) 시사점

○ 설계속도의 향상을 통한 이동성의 확보를 추진하고 주행 안전성을 감안하여 횡단폭원의 확대 등 고규격 도로의 건설을 추진하고 있다.

○ 현재까지 나고야 구간 20km정도가 공용중에 있으며, 일본도로공단의 민영화 과정을 거치면서 다소 사업추진이 늦어졌으나, 2015년까지 50% 수준으로 완공할 계획이며, 2025년까지 단계적으로 추진할 계획이다.

○ 설계속도 140km/hr에 따른 제한속도 상향의 문제는 경찰당국과 협의하고 사회적 합의를 도출하는 과정을 거칠 것이라고 하나, 현재까지 구체적인 계획은 없는 것으로 파악되며, 향후 본 고속도로가 어느 정도 수준으로 완공되었을 때 본격적인 논의가 시작될 것으로 보인다.

○ 이러한 점을 감안해 볼 때 본 Smart Highway 사업에서는 초기단계부터 법, 제도적인 부분의 장애요인 해소와 국민적 공감대 형성이 사업의 원활한 추진에 도움이 될 것으로 판단된다.

2.2.3 독일의 아우토반

(1) 추진 현황

○ 독일은 1955년 속도무제한 고속도로로 유명한 고규격화 도로인 아우토반을 완성함으로써 유럽 제일의 경제 강국으로 부상하는 기틀을 마련하였다. 1970년대 말 이후 오스트리아와 이탈리아도 설계속도 140km/h인 도로를 운영하므로써 국가경쟁력에 중요한 역할을 수행하고 있다.

○ 독일의 고속도로는 건설은 연방정부에서 담당하지만, 관리 및 운영은 주 정부에서 하기 때문에 해당구간을 관리하는 개별 주 정부방침에 따라 속도제한이 지정된 구간이 있고, 고속도로에서는 130km/h, 지방부도로(국도)에서는 100km/h를 최고속도로 권장하고 있다.

○ 최근 독일 연방행정조사기관에서 발표한 통계자료에 따르면 고속도로에서 속도제한이 없는 독일이 속도제한이 있는 프랑스나 이탈리아에 비해 고속도로 내 교통사고율은 비슷하거나 오히려 약간 낮은 것으로 분석되어 아우토반이 상대적으로 '안전한' 도로임을 밝히고 있다.

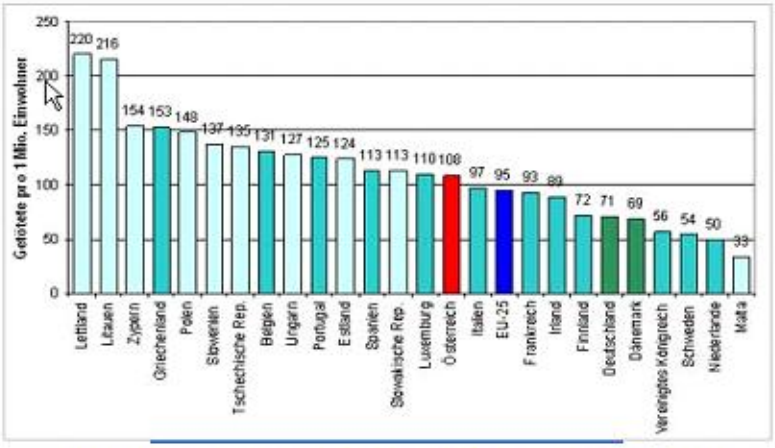


그림 2-253 인구 1백만명당 사망자의 수 1991-2004

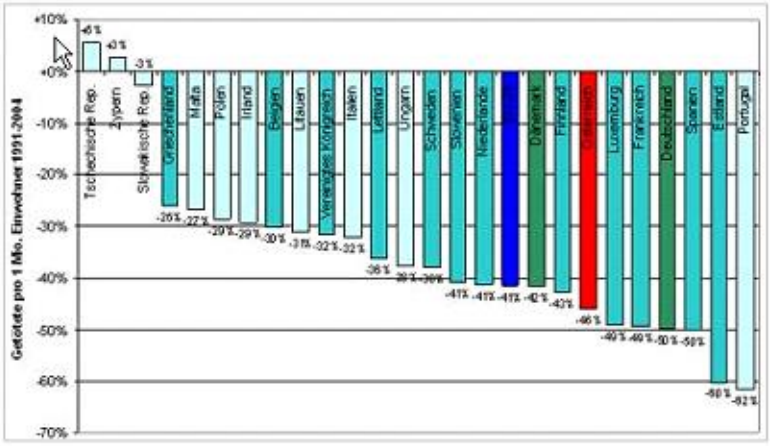


그림 2-254 인구 1백만명당 사망자의 수의 감소 비율 1991-2004

(2) 시사점

○ 속도 제한이 없는 독일이 교통사교율이 적다는 것은 도로의 운영 측면이나 유지관리, 안전관리에서의 선진 노하우를 대변하기도 하고 운전자의 안전의식 및 교통문화에 기인하는 것으로 평가될 수도 있다.

○ 따라서 Smart Highway 사업에서는 현재 우리나라의 제한속도 상향에 따른 문제점 해소와 공감대 형성 차원에서의 벤치마킹이 필요하다.

그림 2-255 독일의 아우토반

2.2.4 러시아의 유료 자동차 도로계획

(1) 추진 현황

○ 러시아에서는 매일 반복되는 심한 교통체증을 피하기 위해 러시아의 주요 도시 및 공항 등을 연결하는 초고속도로를 계획하고 있다. 모스크바와 쌍뜨뻬쩨르부르크를 연결하는 민관합자투자 고속 자동차도로는 러시아 교통 인프라 구축을 위한 전례 없는 계획이다.

○ 5년간 63억 달러의 자본이 투입되어 최대 10차선, 총 연장 669km인 제한속도 150km/h 이상의 유료 고속도로로서, 178개의 입체시설, 34개의 논스톱 교통제어 시스템 및 폐쇄식 요금 지불 시스템이 구축된다.

그림 2-256 모스크바-쌍뜨 베제르부르크 계획도

2.2.5 오스트리아의 속도 유연화 프로젝트

(1) 추진 현황

○ 오스트리아에서는 1970년대 초에 제한속도 시속 130km가 도입되었다. 도로인프라 구조의 대규모 개선, 자동차 기술영역의 진보, 텔레매틱 도입 등에 따라 제한속도 차별화에 대한 요구가 발생하여, 기상조건, 도로상태 및 교통상황에 따라 시속 80km/h에서 160km/h까지 제한속도에 유연성을 주어 교통흐름을 최적화 하려는 프로젝트가 진행중이다.

○ 2004년 10월 오스트리아 텔레매틱 계획안을 발표하여 12월에 세부 프로젝트를 시작하였고, 2005년 9월 고속도로상에서 시험구간(Ast. Paternion-Feistritz - Ast. Spittal Ost, 12km)을 선정하여 텔레매틱 장비를 시험운영 하였으며, 2006년. 10월 시험구간을 12개소 304km로 확대하여 속도변화 및 기후에 따른 교통안전성, 운전자 인지반응, 소음, 유해물질 배출 등 다양한 분야에 거쳐 테스트 및 평가·분석을 시행하고 있다.

Parternion-Spittal148km 지점

Spittal-Parternion간 159Km 지점

그림 2-257 시험구간 전경

○ 교통텔레매틱을 이용하여 현재의 교통상황 (교통정체구간, 공사구간, 역주행운전, 사고 등)에 대한 실시간 교통정보를 제공하고 속도제한의 유연화를 통해 교통안전성 및 교통제어를 최적화하는데 그 목표를 두고 있다.

(2) 시사점

○ 도로기반 기술력의 발전, 지능형 자동차 기술과 함께 텔레메틱의 등장으로 교통흐름제어 뿐만아니라 교통안전성을 높일 수 있는 현대적인 기술이 확보됨으로써 속도제한에 대한 유연화 프로젝트를 진행하고 있다. 특히 오스트리아의 경우 승용차 운전자의 경우 70% 정도가 법정 제한속도인 130km/hr를 넘어 주행하고 있고 융통성 없는 속도제한이 잘 지켜지지 않는 다는 데서 본 프로젝트 추진의 의미를 부여하고 있다. 따라서 Smart Highway사업의 성공적인 추진을 통하여 신규 고속도로 뿐만 아니라 기존의 고속도로에 대한 속도 유연화도 검토되어져야할 과제로 판단된다.

2.2.6 인도의 슈퍼하이웨이

(1) 추진 현황

○ 1991년에 전국 6만 5,000km의 도로를 재정비하는 프로젝트 시작하여, 2007년 완공까지 총 62억 5000만 달러를 투자하는 전국 도로망 건설 프로젝트로 4대 도시 13개 주를 연결하는 평균속도 120km/h의 사변형 고속도로를 구축하고 도로를 건설한 회사가 통행료를 받아 공사비를 회수하는 민자방식을 도입하였다.

○ 본 건설계획은 비전2020년 이란 중장기 전략의 일환으로 뉴델리-콜카타-첸나이-뭄바이를다이아몬드 모양으로 연결하는 순환고속도로와 십자형으로 동서, 남북을 잇는 간선고속도로를 건설하여 세계 3위의 경제강국으로 도약을 목표하고 있다.

그림 2-258 인도 수퍼하이웨이 전경

(2) 시사점

○ 변화가 적고 명상의 나라로 알려진 인도 이미지가 속도와 효율성의 나라로 변모 중으로 인도의 우수한 IT기술과 도로 기술이 접목될 것으로 예상된다.

2.2.7 미국 보스턴의 Big Dig

(1) 추진 현황

○ 일명 Big-Dig이라고 불리는 미국 보스톤시의 CA/T(The Central Artery/Tunnel)프로젝트로 기존의 6차선 고가고속도로(2.5km)를 헐어서 그 바로 아래에 8차선 터널 고속도로를 건설해 지상을 오픈공간으로 녹지화하는 대형 프로젝트이다.

○ 기존 6차로의 도심고가 고속도로를 지하화 하여 8~10차선의 지하 고속도로 건설, 보스턴 시내 남쪽에서 끝나는 I-90을 로간공항까지 연결하는 테드 윌리엄스 터널 건설, 벙커 힐 브리지 등을 건설하는 대규모 프로젝트로서 환경영향평가에 9년(1982~1991)이 소요되었다.

○ 지하도로 건설에는 최신 건축기술이 총동원되어 세계 최대의 터널 환기 시스템이 도입되었고, 최신 전자교통통제 시스템과 교통사고 대응체제도 마련되었다.

○ 약 15년에 달하는 공사기간 동안 보스턴 시의 경제활동, 보행자와 차량들의 안전성 및 이동성 확보, 인근 지역사회의 요구 수용 등 주요 문제를 해결하기 위해 'mitigation program'을 시행중이다.

(2) 시사점

○ 도심 교통난을 해소하고 도심의 경쟁력을 제고하는 방안으로 교통시설을 지하화 하여 매연 및 교통소음을 줄이고 지상공간을 녹지, 공공시설로 활용하는 압축 도시개발을 제시하였다.

○ 보스턴 당국은 CA/T 프로젝트에 대해 무려 9년이라는 시간을 들여 시민, 환경단체, 연방정부, 주정부의 합의를 도출하였고 프로젝트 전체 예산의

1/3이 투입되고 있는 mitigation program에 의해 CA/T 프로젝트가 시작된 후 지역주민, 사업가 등을 대상으로 정기적으로 개최되는 사업 설명회를 통하여 각종 정보를 공개하였으며 이러한 공청회를 통해 시민들의 의견을 적극적으로 반영하였다.

그림 2-259 Big Dig 조감도

그림 2-260 벙커 힐 브리지

2.2.8 프랑스 라뎅팡스

(1) 추진 현황

○ 비즈니스 지역(48만평)에 거대한 복층도시구조를 설치하고 도로·지하철·철도·주차장 등 모든 교통관련시설은 아래층 지하에 설치하여 그 위에 건축물 및 각종 공간 등을 조성한 입체교통시스템으로 14번 고속도로(A14), 지하철 메트로 1번선, 고속철도 ATJS, 국철, 버스 18개 노선 등이 모두 복층도시의 지하에 위치한다.

○ 지상에서의 도로 확장, 신규도로개설 등에 따른 보상비 부담과 공기장기화 등의 문제를 최소화하고 공간이용도를 극대화하여 관광버스를 제외한 모든 차량은 지하로 다니고 지상통행을 금지함으로써 지상공간은 보행자 위주의 새로운 환경으로 창출하였다.

그림 2-261 파리의 라데팡스 평면도 및 원경

그림 2-262 입체교차

그림 2-263 지하 진입구

(2) 시사점

○ 세계의 기업들을 유치하고 신도시 주거기능 활성화를 위해 개발 초기부터 정부보조 및 건축권 판매로 조성된 자금의 대부분이 교통시설에 집중 투입되었고 복층구조를 통해 교통효율의 극대화, 파리의 전통인 역사성과 예술성의 강조, 공간활용도 제고, 개발비용 절감 등을 이루었으며, 특히 도시 공간 이용을 극대화하고 복층구조를 통한 보행자 위주환경을 창출하는 등 인간중심의 도로환경을 조성하고 있다.

2.3 국내외 관련기술 특허 분석

본 분석결과는 한국특허정보원의 스마트하이웨이분야 특허동향 조사 보고서를 근간으로 작성되었으며, 본 연구진과의 상호 협의를 거쳐 분석이 수행되었다.

본 기획보고서는 초고속도로를 중심으로 하여 작성되었으나, 수퍼하이웨이 내부의 많은 연구분야가 상위 개념인 "스마트하이웨이"와 중복되어 있으므로, 본 분석에서는 도로 전체 기술분야에 대한 특허동향을 분석하고자 한다.

- ○ 세계적으로 스마트 하이웨이분야 특허건수 연평균 증가률 7.6%임.
- ○ 전세계 스마트 하이웨이 분야 특허는 한국, 일본, 미국, 유럽의 특허에서 모두 양적 성장세를 나타내고 있음.
- ○ 도로시설물과 하이웨이 운영 및 관리기술, 도로관리시스템, 콘크리트 포장 분야는 한국의 특허활동이 활발한 것으로 나타남.
- ○ 유럽의 경우 하이웨이 운영 및 관리기술과 슬래그를 활용한 도로포장 분야에서 한국과 미국에 비해 상대적으로 활발한 특허활동을 나타냄.
- ○ 미국은 스마트 하이웨이 전 분야에 걸쳐서 고르게 출원활동을 보이며 도로관리시스템, 노상지지력 향상기술, 아스팔트 포장, 콘크리트 포장 분야의 기술에서 상대적으로 활발한 특허활동을 나타냄.
- ○ 일본은 전 분야에서 방대한 출원량을 보이고 있고 도로시설물, 아스팔트 포장, 콘크리트 포장에서 상대적으로 활발한 특허활동을 나타냄.

그림 2-264 주요국가의 역점 기술분야

스마트 하이웨이 분야 기술은 포트폴리오 기본 모델에서 발전단계에 있음.

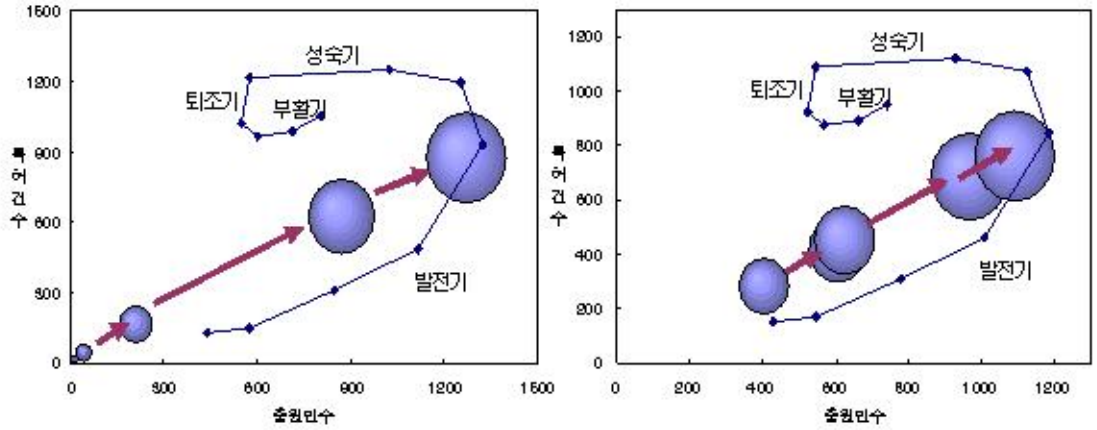


그림 2-265 한국(좌)과 미국(우)의 특허동향

○ 스마트 하이웨이 분야의 한국과 미국의 특허동향은 기술혁신의 주체인 출원인수와 기술혁신의 결과인 특허건수가 동시에 증가함에 따라, 포트폴리오 기본 모델에서 발전기에 해당하는 것으로 나타남.

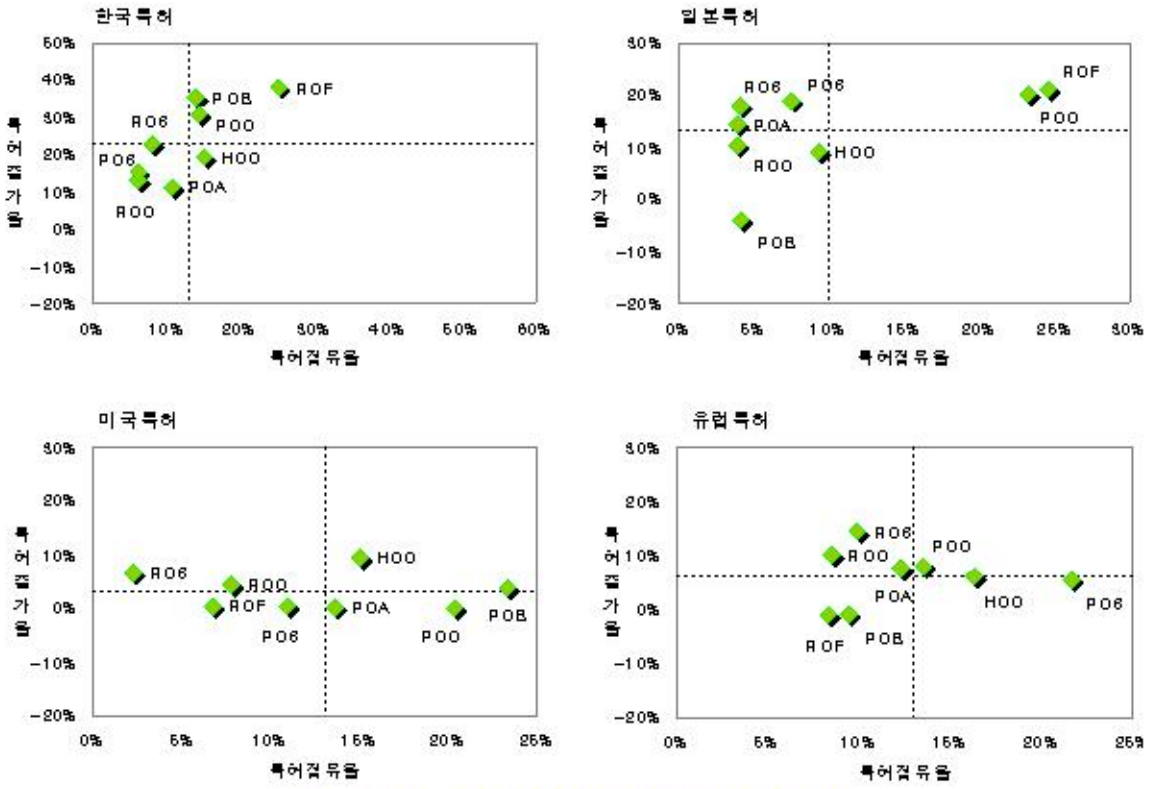


그림 2-267 각 연구분야별 국가별 특허동향

○ 한국특허의 특허점유율에 따른 특허 증가율을 살펴보면, 도로시설물(RCF) 분야가 특허 점유율, 증가율 모두 다른 기술 분야에 비해 상대적으로 높은 것으로 나타남.

○ 일본특허에서는 콘크리트 포장(PCC)과 도로시설물(RCF)의 기술 분야가 점유율, 증가율 모두 다른 기술 분야에 비해 높게 나타났음.

○ 미국특허에서는 하이웨이 운영 및 관리기술(HCC) 분야에서 비교적 점유율과 증가율이 상대적으로 높게 나타남.

○ 유럽특허에서는 콘크리트 포장(PCC)과 하이웨이 운영 및 관리(HCC) 분야에서 비교적 점유율과 증가율이 높게 나타남.

2.3.1 개요

(1) 목 적

도로건설 분야는 국가산업발전의 초석으로 장기간에 걸쳐 많은 자본과 노력이 요구되는 분야로 최근에는 IT, ET 등의 각종 첨단산업과 환경의 영향으로 안전하고 쾌적한 고속주행이 가능한 지능형 고속도로 시스템을 요구하고 있으며 궁극적으로 자동운전이 가능한 고속도로 실용화를 목표로 저소음·고수명 포장 등 환경 친화적이고 지속가능한 도로구조의 개발이 요구된다.

본 특허 동향 조사 보고서는 하이웨이 운영 및 관리기술, 차량방호 안전시설, 도로시설물, 도로관리시스템, 슬래그 골재를 활용한 도로포장, 노상지지력 향상기술, 아스팔트 포장, 콘크리트 포장 분야로 나누어 기술 동향을 특허 정보를 통해 파악함으로써 우리나라의 기술 수준, 국제 기술 동향 및 공동 연구 현황 등을 파악하여 본 연구 사업의 점검 및 정책수립에 대한 객관적 정보를 제공하고자 한다.

본 『스마트 하이웨이 분야』의 특허동향 조사는 국내의 도로건설 산업의 경향과 우리나라 기술수준에 대한 국내외 특허 분석을 통하여 국가 연구 개발 사업의 투자 방향을 점검하고 2006년도 산업 혁신기술 개발사업 정책 수립시 객관적 정보제공을 위해 건설교통부의 요청에 의해 특허청이 발주하고 한국 특허정보원이 주관하여 본 연구진과 공동 작성한 것이다.

(2) 분석 범위

본 분석에서는 연구 성과의 파급효과 및 연구의 필요성을 고려하여 선택된 8개의 연구기획 기술분야를 특허분석 대상으로 하였으며, 2006.6.15까지 출원 공개된 한국, 일본, 유럽 및 미국 공개특허와 2006.6.15까지 출원 등록된 미국 등록 특허를 분석 대상으로 한다.

표 2-70 분석대상 특허[2)]

자 료 구 분	국 가	전체분석구간	정량분석 대상특허	전체분석 대상특허
공개특허(출원일 기준)	한국	1980~2004. 12	2,469	2,682
	일본	1980~2004. 12	9,481	9,563
	유럽	1980~2004. 12	1,995	2,018
등록특허(등록일 기준)	미국	1980~2005. 12	4,381	5,217
공개특허(출원일 기준)		2001~2006. 6	241	253
합 계			**18,567**	**19,733**

※ 정량분석구간: 한국, 일본, 유럽 : ~2004(출원년도), 미국 : ~2005(등록년도)
※ 정성분석구간: 전체분석구간 대상 (~2006.6)

2) ※ 한국, 일본 및 유럽특허: 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련 정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2004~2006년 자료는 유효하지 않으므로 정량분석은 ~2004년까지 한정함. 단, 정성분석에는 가장 최근 특허자료까지 포함시킴.

※ 미국특허: 등록일 기준으로 분석하기 때문에 최근 데이터도 유효하므로 정량분석은 ~2005년 데이터까지 포함하였으며, 정성분석은 2006년 자료도 포함. 반면 미국공개특허는 출원시에 선택에 의해 공개되어 통계적인 의미는 없으므로 정량분석 대상에서는 제외하고, 정성분석에만 포함시킴.

(3) 분석 기준

1) 기술 분류

① 분석대상 기술분야

중 분 류	분류기호	소 분 류	분류기호
초고속 하이웨이 실현기술	HC	하이웨이 운영 및 관리기술	HCC
차세대 도로건설 기술	RC	차량방호 안전시설	RCS
		도로시설물	RCF
		도로관리시스템	RCC
차세대 포장건설 기술	PC	슬래그 골재를 활용한 도로포장	PCS
		노상지지력 향상기술	PCB
		아스팔트 포장	PCA
		콘크리트 포장	PCC

② 분석대상 기술범위

중분류	소분류	검 색 개 요 (기술범위)
초고속 하이웨이 실현기술	하이웨이 운영 및 관리기술	교통운영 및 제어기술로 교통정보 수집 및 제공기술, 지능형 교통수요 제어기술, 교통사고 처리 및 관리기술, 악천후시 운영제어기술, 도로상황 감시 및 제어기술을 포함하고 도로시설물 관리기술로 도로시설물 성능 평가기술, 도로시설물 점검 및 관리기술
차세대 도로건설 기술	차량방호 안전시설	안전성이 향상된 차세대 차량방호 안전시설물의 개발과 기존 시설물의 성능 개선기술
	도로 시설물	기존도로에 대한 성능 개선 공법의 정립과 적용 기술의 정진, 교량 교대 및 하천상 교각 등의 건전성 평가를 위한 모니터링 기법개발, 저가의 국산 센서 및 측정장비 개발, 시설물별 LCC 기법을 고려한 도로 유지관리 공법과 기술의 적정성 정립
	도로관리 시스템	교량, 터널, 도로 등 시설물 안전관리체계 일원화를 통한 IT 기술의 활용으로 중차량, 과적차량 관리시스템의 정착화, 교량, 터널 등 모든 주요 국각 시설물의 통합 안전 관리와 국가 재난관리 시스템으로 시설물 안전정보 제공
차세대 포장건설 기술	슬래그 골재 활용	슬래그 골재, 제철소 부산물, 쓰레기 부산물, 폐자재 등 재활용 포장 시스템과 재활용 골재 제조기술, 포장용 골재로 재활용 기술, 포장 하부 구조용 재활용 기술
	노상지지력 향상기술	안정처리용 재료 개발 기술 및 설계반영을 위한 실험 기법 개발과 현장에서 활용하기 위한 장비 및 시공법 개발 기술
	아스팔트 포장	내구성, 안전성, 쾌적성, 환경친화성을 지향하는 아스팔트용 고성능 신소재 및 재활용 신소재 공법개발과 신재료에 대한 저장 및 현장 시공 기법 개발
	콘크리트 포장	환경하중의 정량화 및 계측기술, 철근과 콘크리트의 거동분석 기술, 콘크리트 포장의 초기 거동분석기술, 콘크리트와 아스팔트의 접합기술, 고내구성/저소음 콘크리트 포장기술

2) 분석 지표[3)]

① 특허 분석 지표

구분	지 표	의 미	정 의
양적 측면	특허건수	특허활동	-
	특허활동지수 (Activity Index)	상대적 특허활동	$A.I = \frac{\frac{\text{특정기술분야의 특정출원인건수}}{\text{특정기술분야전체출원건}}}{\frac{\text{특정출원인총건수}}{\text{전체총건수}}}$
질적 측면	인용도지수 (Cites Per Patent)	인용도지수 ∝ 영향력	인용도지수 = $\frac{\text{피인용수}}{\text{특허건수}}$
	영향력지수 (Patent Impact Index)	상대적 영향력	PII = $\frac{\text{해당국가의피인용비}}{\text{전체피인용비}}$
	기술력지수 (Technology strength)	기술력	TS = 특허건수*영향력지수
	시장확보지수 (Patent Family Size)	시장확보지수 ∝ Market size	PFS = $\frac{\text{해당출원인 평균 특허Family수}}{\text{전체평균 특허Family수}}$
	과학적 연계성 (Science Linkage)	기초과학과의 연계성	SL(NPR) = $\frac{\text{인용비특허문헌수}}{\text{특허건수}}$

② 특허활동지수(Activity Index)

○ 상대적 집중도를 살펴보기 위한 지표로서, 그 값이 1보다 큰 경우에는 상대적 특허활동이 활발함을 나타내며 구하는 방법은 아래와 같음.

$$A.I. = \frac{\frac{\text{특정기술 분야의 특정출원인 건수}}{\text{특정기술분야 전체 건수}}}{\frac{\text{특정 출원인 총건수}}{\text{전체 총건수}}}$$

3) 특허활동지수(AI), 인용도 지수(CPP), 영향력 지수(PII), 기술력 지수(TS), 시장확보지수(PFS) 및 연구개발방향(NPR) 등의 지표는 특허정보분석에 일반적으로 사용되는 지표로서 미 상무성 기술정책국, OECD 등에서 발간하는 다수의 기술정책 관련 보고서에서 활용되고 있음.

③ 인용도 지수(CPP, Cites Per Patent)

○ 특정 특허권자의 특허들이 이후 등록되는 특허들에 의해 인용되는 회수의 평균값으로, 이 값이 클수록 주요특허 또는 원천특허를 많이 가지고 있다는 것을 의미하며 많이 인용되는 특허를 가진 특허권자는 상호 경쟁에서 유리한 위치를 점할 수 있음.

④ 영향력지수(Patent Impact Index)

○ 한 시점을 기준으로 삼아 과거의 기술적 활동을 반영하는 지표로서, 특정 출원인(특허권자)이 소유한 기술의 질적수준을 측정하는 지수임. PII가 1이면 평균 인용 빈도임을 나타내고, 2이면 평균보다 2배 많은 빈도로 인용됨을 나타냄.

PII = 특정기술 분야의 특정출원인의 피인용비/전체 피인용비

⑤ 기술력지수(Technology Strength) : TS = 특허건수 × 영향력지수

○ 기술력지수가 클수록 해당 국가(또는 연구주체)의 기술력이 높음을 의미함

⑥ 시장확보지수(Patent Family Size)

○ 한 발명에 대해 각 국가마다 출원된 특허를 Family patent라 지칭함. 해당국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때에만 해외에 특허를 출원하므로 Family Patent 수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 이를 시장확보력의 지표로 사용함.

$$PFS = \frac{\text{해당출원인(소유권자)평균 Patent Family 수}}{\text{전체평균 Patent Family 수}}$$

⑦ 연구개발방향(비특허문헌, Non-patent Reference)

○ 과학과 기술과의 연계성을 알아보는 지표로 미국특허에서 인용된 문헌 중에 비특허문헌이 많은 경우 기초과학(basic science)과의 연계성이 깊은 것으로 해석되며, 특허문헌이 많은 경우 응용기술(applied technology)과의 연계성이 깊은 것으로 해석됨.

⑧ 기하평균과 산술평균

○ (상대)성장률은 연평균 성장률의 평균값으로 산정하며, 이때 산술평균을 이용하면 아래 표와 같은 오차가 발생할 수 있음. 따라서, (상대)성장률을 산출시에는 반드시 기하평균을 이용함.

<기하평균 계산식>

$$G(\%) = [\{(1+g1)(1+g2)\cdots(1+gn)\}^{1/n} - 1] \times 100$$

구간 : n, 각 구간의 증가율: g, 연평균 증가율: G

표 2-71 기하평균과 산술평균의 오차 사례

구 분		1996년	1997년	1998년	1999년
특허출원건수		8,885건	3,865건	195건	2,720건
증가율			-56.5%	-95.0%	1,294.9%
연평균 증가율	산술평균	(-56.5-95.0+1294.9)/3 = 381.1%			
	기하평균	$\{((1-0.565)(1-0.95)(1+12.9))^{1/3} - 1\} \times 100 = -32.9\%$			

2.3.2 동향 분석

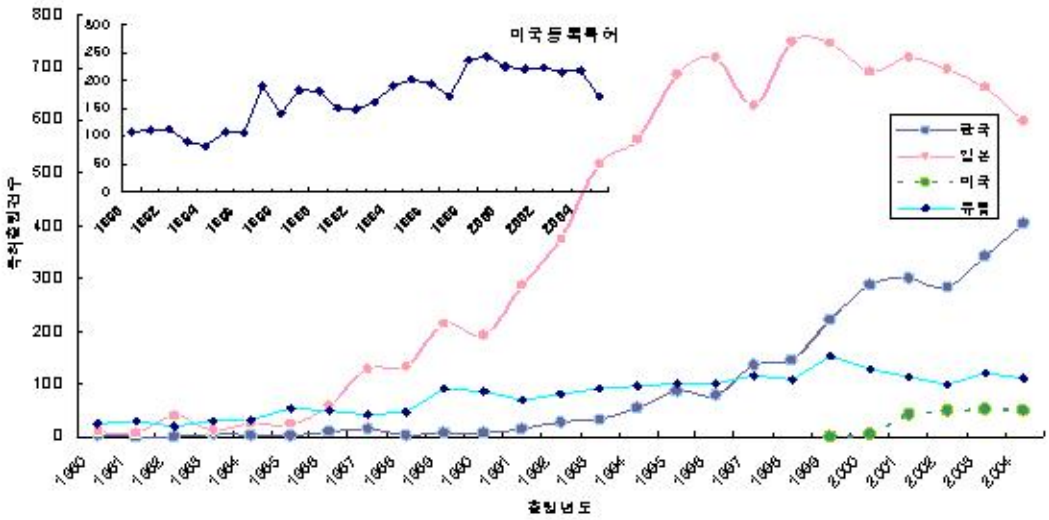
(1) 전세계 동향

1) 연도별 동향

○ 스마트 하이웨이 분야는 각 특허공보에서 증가 추세를 보이고 있으며, 유럽의 경우 점진적으로 출원량이 증가하고 있음.

○ 미국의 경우 등록특허와 공개특허로 구분하였으며 '80년 이후 도로건설 분야 전반적으로 등록특허가 증가하는 추세를 보이고 있음.

○ 스마트 하이웨이 분야 특허는 일본공개특허가 40.0%, 미국특허가 30.0%가 비교적 많으며, 그 다음에 한국공개특허가 20.0%, 유럽 공개특허가 10.0%순으로 나타남.



※분석구간: 한국,일본,유럽특허 ~2004.12(출원년도),
미국특허 ~2005.12(등록년도)

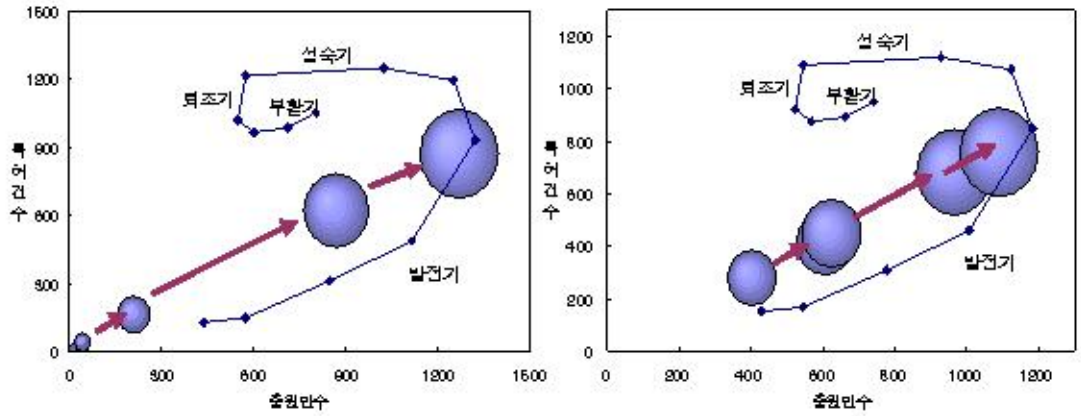
그림 2-268 스마트 하이웨이 분야의 특허공보별 점유율 및 특허건수 추이

2) 포트폴리오로 본 스마트 하이웨이 분야의 위치

○ 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델에서, 한국특허와 미국특허는 발전기 단계에 있는 것으로 나타났음.

○ 스마트 하이웨이 분야의 한국특허동향은 기술혁신의 주체인 출원인수와 기술혁신의 결과인 특허건수가 동시에 증가함에 따라, 포트폴리오 기본 모델에서 발전기에 해당하는 것으로 나타남.

○ 미국특허 역시 출원인수와 특허건수가 모두 증가하는 발전기에 있음.



1. 분석구간 : 한국 - '81~'85, '86~'90, '91~'95, '96~'00, '01~'05(출원년도)
미국 - '81~'85, '86~'90, '91~'95, '96~'00, '01~'05(등록년도)
2. X축: 출원인수(특허권자수), Y축: 출원건수(특허건수)

그림 2-269 포트폴리오로 본 스마트 하이웨이 분야의 위치

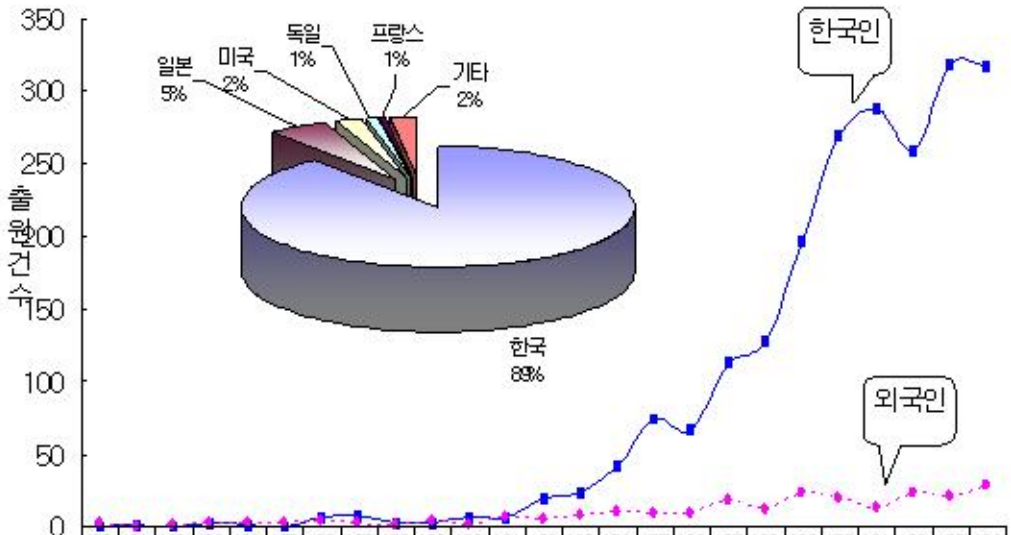
3) 국가별 특허 동향 및 점유율

① 한국특허에서의 국가별 특허동향

○ 한국특허에서의 스마트 하이웨이 분야는 '91년 이전에는 외국인의 출원이 한국인의 출원보다 많았으나 '92년 이후 한국인의 출원점유율이 외국인보다 우세함.

○ 내·외국인 점유율을 살펴보면 한국 출원인에 의한 출원건수 및 출원점유율은 각각 2150건으로 89%, 외국인에 의한 출원 및 출원점유율은 각각 262건으로 11%를 차지함.

○ 외국인에 의한 출원 중에서는 일본이 118건으로 4.9%를 차지하며, 그 뒤로 미국(2.4%), 독일(0.7%) 순임.



	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04
한국인	0	1	0	3	1	0	6	8	2	2	7	6	19	24	41	74	67	113	128	197	269	287	259	319	317
외국인	3	0	1	3	2	2	4	3	1	4	1	7	5	8	11	9	9	18	12	24	19	13	23	21	29

1. 제 1 출원인 기준
2. 분석구간: ~2004년 (출원년도)

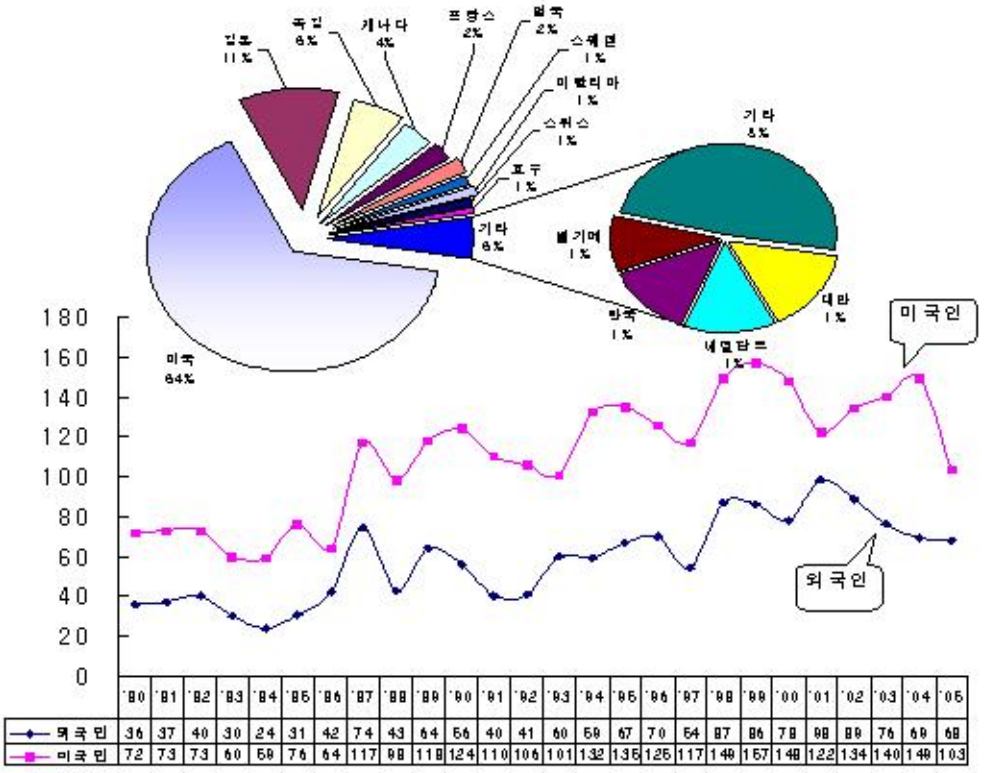
그림 2-270 한·외국인 연도별 특허 출원 동향(한국특허)

② 미국특허에서의 국가별 특허동향

○ 미국특허에서 스마트 하이웨이 분야는 '80년대 초반부터 꾸준히 미국 특허권자의 등록건수와 외국 특허권자의 등록건수가 비슷하게 상승 곡선을 그리고 있으며 미국 특허권자의 출원이 외국 특허권자 보다 우세함.

○ 내·외국인 점유율을 살펴보면 미국 출원인에 의한 출원점유율이 64.9%를 차지함.

○ 외국인에 의한 출원 중에서는 일본이 10.7%로 가장 많고, 그 뒤로 독일, 캐나다, 프랑스 순임.



	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05
외국인	36	37	40	30	24	31	42	74	43	64	56	40	41	60	59	67	70	64	87	86	78	98	89	76	69	68
미국인	72	73	73	60	59	76	64	117	98	118	124	110	106	101	132	136	125	117	148	157	148	122	134	140	148	103

1. 제 1 출원인 기준
2. 분석구간: ~2005년 (등록년도)

그림 2-271 내·외국인 연도별 특허 등록건수(미국특허))

4) 전 세계 국가별 주요 출원인

스마트 하이웨이분야의 주요 연구주체는 Energy Absorption Systems 등으로 파악된다.

○ 각국의 주요 연구주체 상위순위(Top10내)를 살펴본 결과, 스마트하이웨이 분야에서 전 세계에 특허출원(등록)이 가장 활발한 연구주체로는 미국 기업인 Energy Absorption Systems인 것으로 나타났고 TOYOTA나 HONDA, GE 등 자동차회사들이 많음.

○ 국가별 주요출원인으로는 한국은 황익현, 미국은 Allen Engineering Corporation, 일본은 SEKISUI JUSHI Co LTD, 유럽은 Energy Absorption Systems, INC가 상위 1위를 차지함.

○ 한국은 주요출원인 Top10에 현대자동차, 기아자동차 등의 대기업이 포함되어 있고 개인출원이 다수 있음.

5) 각국의 세부기술별 포트폴리오

○ 한국특허의 특허점유율에 따른 특허 증가율을 살펴보면, 도로시설물(RCF), 노상지지력(PCB), 콘크리트 포장(PCC) 분야가 특허 점유율, 증가율 모두 다른 기술 분야에 비해 상대적으로 높은 것으로 나타났고 도로관리시스템 기술 분야의 증가율과 점유율이 비교적 낮게 나타났음.

○ 일본특허에서는 도로시설물(RCF)과 콘크리트 포장(PCC)의 기술 분야가 점유율, 증가율 모두 다른 기술 분야에 비해 높게 나타났고 노상지지력 향상 기술 분야가 상대적으로 점유율과 증가율 모두 낮게 나타남.

○ 미국특허에서는 하이웨이 운영 및 관리기술 분야(HCC)와 노상지지력 향상기술(PCB) 분야의 기술에서 점유율과 증가율이 비교적 높지만 증가율은 전 분야에서 낮게 나타났음.

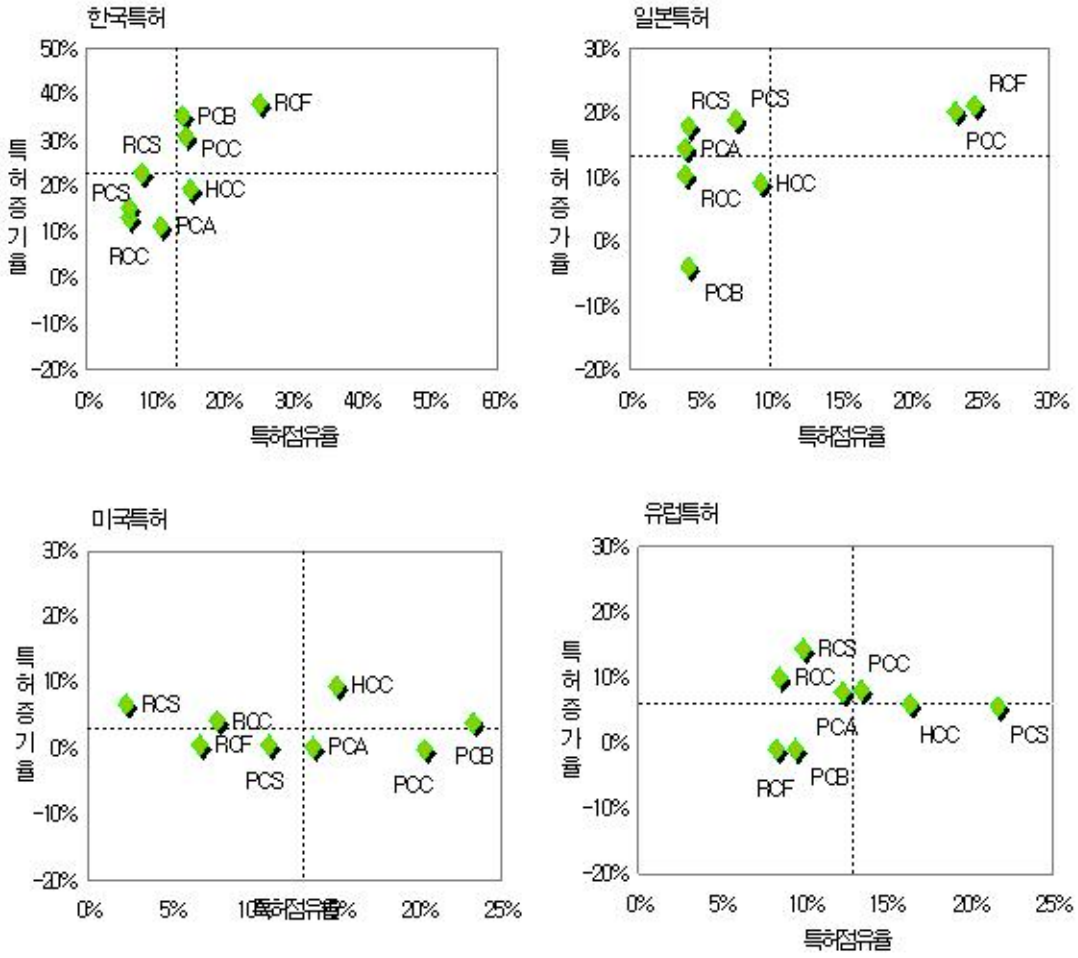
○ 유럽특허에서는 콘크리트 포장(PCC)과 하이웨이 운영 및 관리기술(HCC)과 비교적 점유율과 증가율이 높게 나타났고 도로시설물(RCF)와 노상지지력 향상기술(PCB) 분야의 기술이 비교적 낮게 나타났음.

표 2-72 전 세계 국가별 주요 출원인 Top10

순위	한국		미국		일본		유럽	
	출원인	건수	특허권자(등록)	건수	출원인	건수	출원인	건수
1	황익현	50	ALLEN ENGINEERING CORPORATION	46	SEKISUI JUSHI CO LTD	240	ENERGY ABSORPTION SYSTEMS,	20
2	장미희	18	CEDARAPIDS, INC.	26	BRIDGESTONE CORP	166	SIEMENS AKTIENGESELL SCHAFT	12
3	김길평	18	HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA	23	NIKKO CO LTD	139	TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA	11
4	한국건설기술연구원	14	CMI CORPORATION	23	MITSUBISHI HEAVY IND LTD	130	SAKAI HEAVY INDUSTRIES,	11
5	박승범	14	GENERAL ELECTRIC COMPANY	22	NIPPON HODO CO LTD	107	ROBERT BOSCH GMBH	10
6	김인중	12	MENDENHALL, ROBERT L.	20	YOKOHAMA RUBBER CO LTD:THE	104	KELLER GRUNDBAU GMBH	10
7	케이알	12	CATERPILLAR PAVING PRODUCTS INC.	19	MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD	101	COMPAGNIE DU SOL	9
8	명성산업개발	12	DENSO CORPORATION	18	TOSHIBA CORP	76	BITELLI S.P.A.	9
9	현대자동차	12	ENERGY ABSORPTION SYSTEMS,	17	TOKAI RUBBER IND LTD	67	SCREG ROUTES ET TRAVAUX PUBLICS	9
10	기아자동차	10	ASTEC INDUSTRIES,	17	NITTA IND CORP	64	COLAS	9

1. 제 1출원인 기준

2. 분석구간: 한국, 일본, 유럽- ~2004년(출원년도), 미국- ~2005년(등록년도)



1. 제 1출원인 기준

2. 분석구간: 한국, 일본, 유럽- '80~'03(출원년도), 미국- '80~'05(등록년도)

3. X축: 100%/기술분야 개수, Y축: 분석구간의 연평균 증가율의 기하평균값

4. 분석의미: 1사분면- 지속적으로 특허출원이 활발, 2사분면- 최근 특허출원이 활발
3사분면- 초창기(도입기) 기술, 4사분면- 최근 특허출원이감소추세

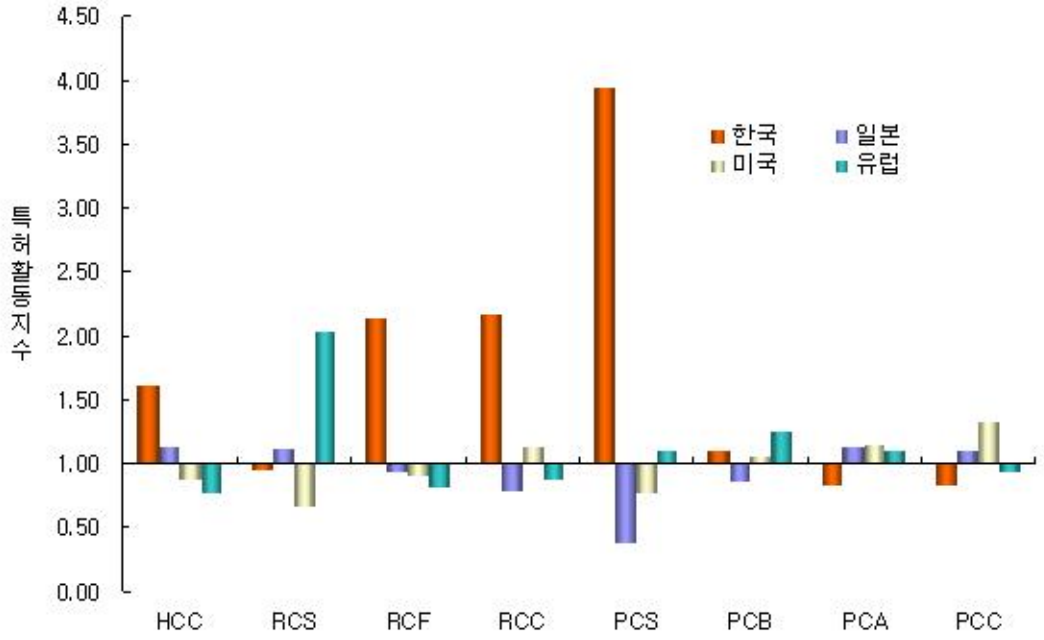
그림 2-272 특허점유율 및 증가율에 따른 포트폴리오 분석

(2) 기술별 동향

1) 기술분야별 주요 국가의 특허활동 및 역점 분야

특허활동지수(AI: Activity Index)를 통해 한국, 미국 및 일본, 유럽특허에서의 기술분야별 특허활동도를 살펴본 결과, 하이웨이 운영 및 관리, 도로시설물과 도로관리시스템, 슬래그 골재를 활용한 도로포장 분야는 한국의 특허활동이 활발한 것으로 나타난다.

○ 유럽의 경우 차량방호 안전시설과 노상지지력 향상기술 분야에서 한국과 미국에 비해 상대적으로 활발한 특허활동을 나타냄.



1.분석구간: 한국,일본,유럽- ~2004년(출원년도), 미국- ~2005년(등록년도)

2.산출예시

$$\text{HCC 한국특허에서 일본의 AI} = \frac{\dfrac{\text{HCC 한국 전체건수(20건)}}{\text{HCC 전세국 전체건수(20건)}}}{\dfrac{\text{한국의 전체건수(50건)}}{\text{전세계 전체건수(100건)}}} = 2.0$$

그림 2-273 주요국의 기술 분야별 역점 기술분야

○ 미국은 스마트 하이웨이 전 분야에 걸쳐서 고르게 출원활동을 보이며 도로관리시스템, 노상지지력 향상기술, 아스팔트 포장, 콘크리트 포장 분야의 기술에서 상대적으로 활발한 특허활동을 나타냄.

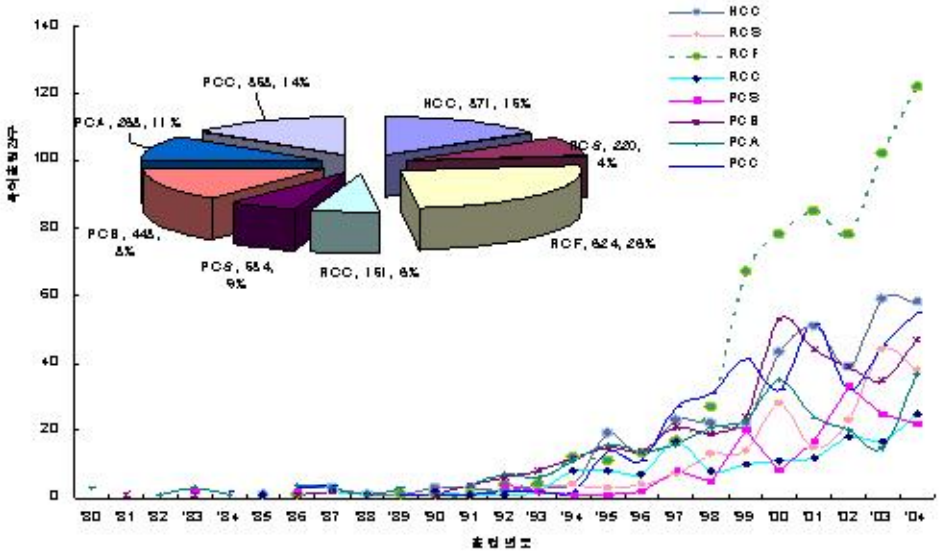
○ 일본은 전 분야에서 방대한 출원량을 보이고 있고 하이웨이 운영 및 관리 분야와 차량방호 안전시설, 아스팔트 포장, 콘크리트 포장에서 상대적으로 활발한 특허활동을 나타냄.

2) 세부 기술의 연도별 특허동향

① 한국의 세부 기술분야별 출원동향

○ 한국의 기술분야별 출원동향은 전체적으로는 도로시설물 분야가 가장 활발하고, 최근에는 하이웨이 운영 및 관리기술 분야가 활발한 것으로 나타남.

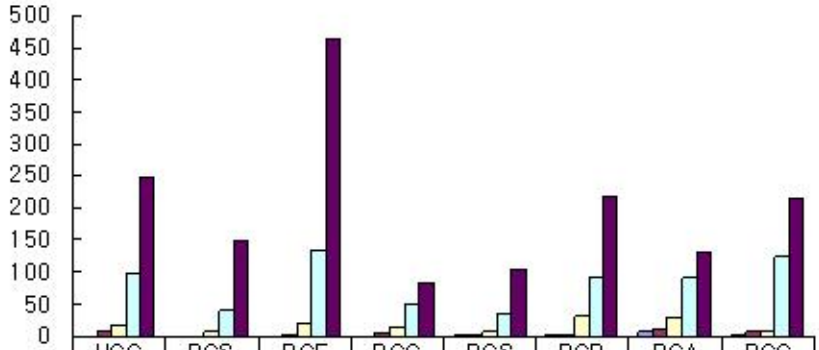
○ 한국에서의 스마트 하이웨이 분야에 대한 출원 동향을 살펴보면, 도로시설물 분야가 전체의 26%, 하이웨이 운영 및 관리기술 분야가 15%, 도로관리시스템 분야가 12%, 콘크리트 포장 분야가 14% 등의 순으로 차지하고 있으며, 전 분야에서 1995년을 기준으로 급격한 출원이 이루어지고 있으며, 특히 슬래그 골재를 활용한 도로포장 분야에서 다른 국가에 비해서 한국이 비교적 많은 점유율을 차지하고 있음.



※분석구간: 한국특허 ~2004년(출원년도)

그림 2-274 한국의 스마트 하이웨이 분야 동향

○ 한국의 기술분야별-구간별 출원동향을 보면, 도로시설물 분야에서 매우 활발하게 이루어졌음을 알 수 있고, 특히 1996년~2000년 구간과 2001년~2004년과 구간에 걸쳐 전 분야에 대한 특허활동이 활발하게 이루어졌음을 알 수 있음.



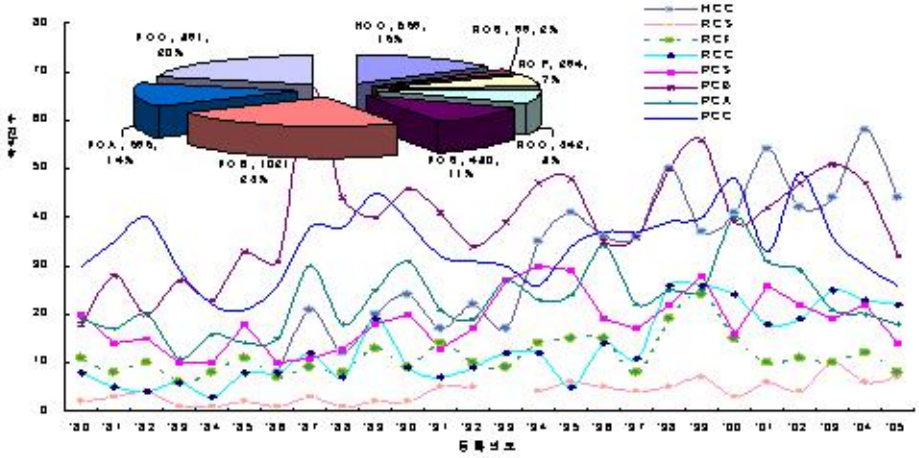
	HCC	RCS	RCF	RCC	PCS	PCB	PCA	PCC
'80-'84	0	0	0	0	2	2	8	2
'85-'89	6	1	2	4	2	3	11	8
'90-'94	16	8	22	14	7	31	28	8
'95-'99	99	41	135	50	36	93	90	124
'00-'04	250	148	465	83	105	218	131	216

그림 2-275 한국의 기술분야별 구간별 출원동향

② 미국의 세부 기술분야별 등록동향

○ 미국은 각 기술 분야에 걸쳐 전체적으로는 고른 특허활동을 보이고 있으며 완만한 경사를 이루고 있어 지속적인 특허활동이 이루어지고 있음.

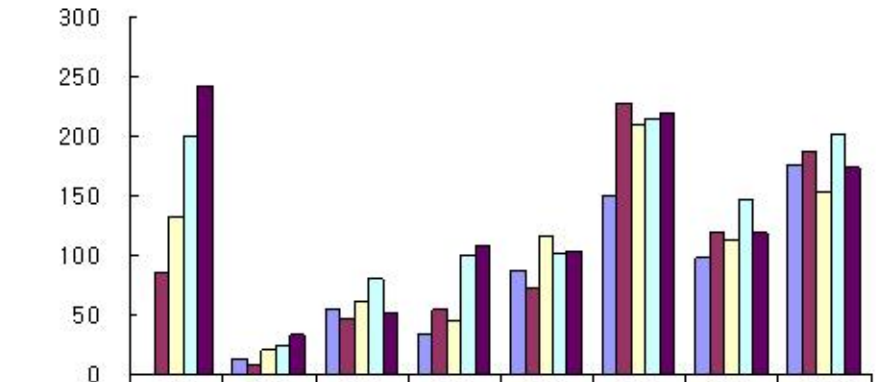
○ 미국에서의 스마트 하이웨이 분야에 대한 등록 동향을 살펴보면, 노상지지력 향상기술 분야가 23%, 콘크리트 포장 분야가 20%, 하이웨이 운영 및 관리기술 분야가 전체의 15%, 콘크리트 포장 분야가 14% 등의 순으로 차지하고 있으며, 미국은 하이웨이 운영 및 관리, 노상지지력 향상기술, 콘크리트 포장 분야 등이 지속적으로 출원량이 증가하고 있음.



※분석구간: 미국특허 ~2005년(등록년도)

그림 2-276 미국의 스마트 하이웨이 분야 동향

○ 미국의 기술분야별 구간별 등록동향을 보면, 노상지지력 향상기술, 콘크리트 포장, 아스팔트 포장 분야에서 지속적이며 활발한 특허활동이 이루어지고 있고, 도로시설물 분야와 하이웨이 운영 및 관리기술 분야는 1996-2000년도, 2001-2005년도 구간에서도 비교적 특허활동이 활발했음을 나타내고 있음.



	HCC	RCS	RCF	RCC	PCS	PCB	PCA	PCC
'80-'85	0	13	54	34	87	149	97	177
'86-'90	85	9	46	55	72	228	119	186
'91-'95	132	20	62	45	116	209	114	153
'95-'00	200	24	81	101	102	216	146	201
'01-05	242	33	51	107	103	219	119	174

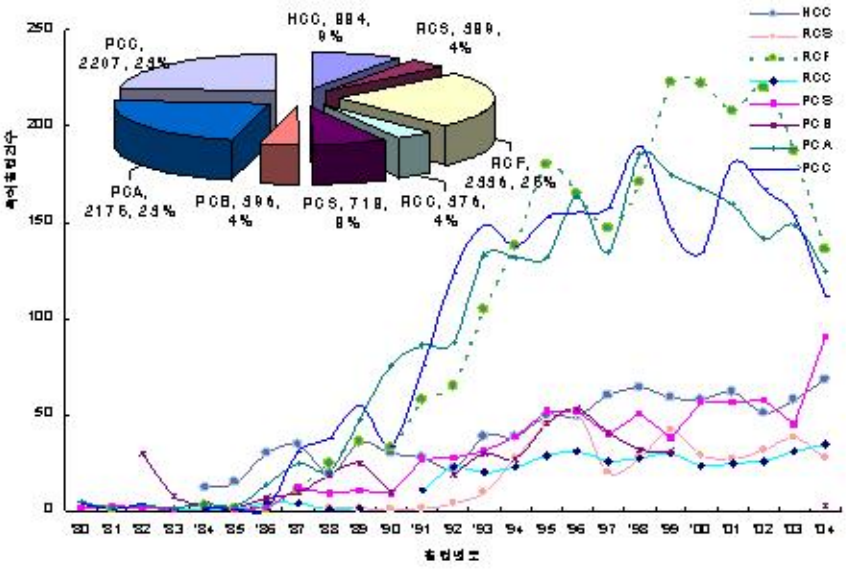
그림 2-277 미국의 기술분야별 구간별 등록동향

③ 일본의 세부 기술분야별 출원동향

○ 일본은 도로시설물 분야, 콘크리트 포장, 아스팔트 포장 분야가 특허 활동이 가장 활발함

○ 일본에서의 스마트 하이웨이 분야에 대한 출원 동향을 살펴보면, 도로시설물 분야가 25%, 콘크리트 포장 분야가 23%, 아스팔트 포장 분야가 23%, 하이웨이 운영 및 관리기술 분야가 9%, 슬래그 골재를 활용한 도로포장 분야가 8% 등의 순으로 차지하고 있고, 일본은 도로시설물 분야와 하이웨이 운영 및 관리기술, 아스팔트 포장 분야에서 고른 특허 활동 분포를 보이고 있음.

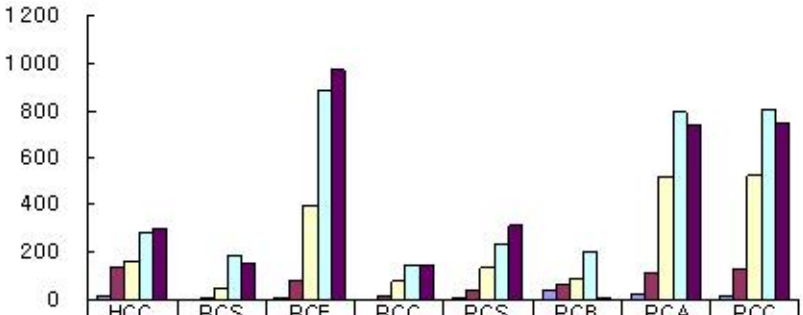
○ 일본에서의 각 기술분야별 출원 추이는 도로시설물 분야와 콘크리트 포장 분야, 아스팔트 포장 분야에서는 1990년을 기점으로 출원양이 증가하여 2000년 이후 발전기를 지나 성숙기에 접어든 것으로 여겨짐.



※분석구간: 일본특허 ~2004년(출원년도)

그림 2-278 일본의 스마트 하이웨이 분야 동향

○ 일본의 기술분야별 구간별 출원동향을 보면 전분야에서 출원량이 급격히 증가하고 있으며 도로시설물 분야는 2000-2004년 구간까지 출원이 활발하게 이루어지고 있고 콘크리트 포장과 아스팔트 포장분야는 1995-1999년 구간을 정점으로 하고 있으며, 하이웨이 운영 및 관리 분야에서는 1985-1989년 구간부터 특허활동이 고르게 활발했음을 보이고 있음.



	HCC	RCS	RCF	RCC	PCS	PCB	PCA	PCC
'80-'84	12	0	4	2	8	41	16	11
'85-'89	135	4	74	12	35	63	111	126
'90-'94	158	45	399	77	134	86	515	520
'95-'99	282	186	886	144	233	203	790	803
'00-'04	297	154	973	141	308	3	743	747

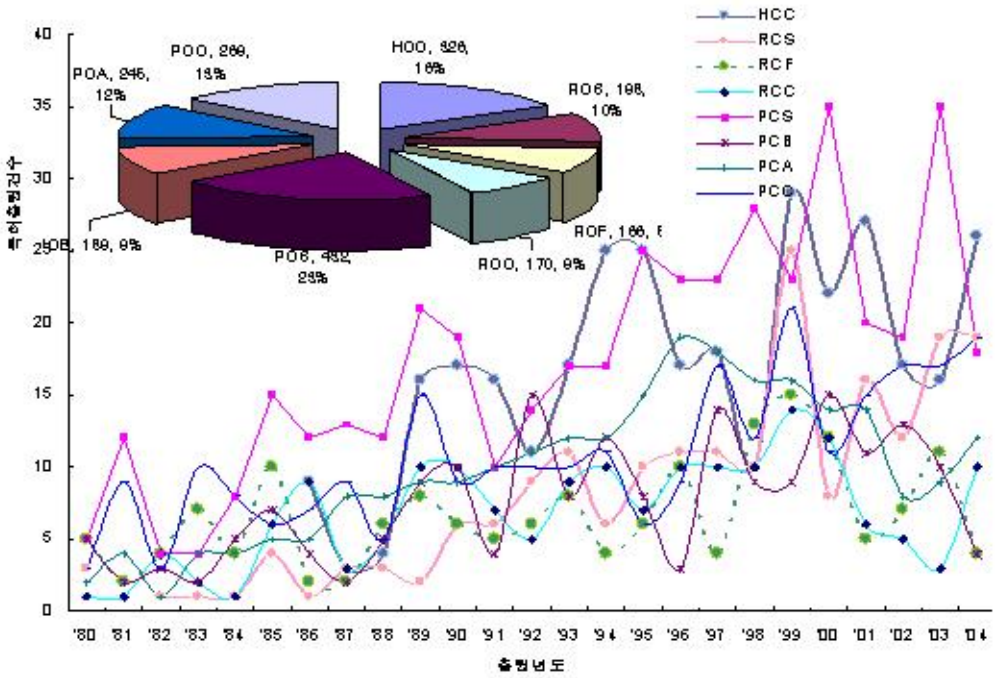
그림 2-279 일본의 기술분야별 구간별 출원동향

④ 유럽의 세부 기술분야별 출원동향

○ 유럽은 슬래그를 활용한 도로포장 분야와 하이웨이 운영 및 관리기술 분야의 특허출원이 지속적으로 증가하고 있으며, 하이웨이 운영 및 관리 기술 분야의 특허 활동일 활발함.

○ 유럽에서의 스마트 하이웨이 분야에 대한 출원 동향을 살펴보면, 슬래그를 활용한 도로포장 분야 23%, 하이웨이 운영 및 관리 분야가 16%, 콘크리트 포장 분야가 13%, 아스팔트 포장 분야가 12%, 노상 지지력 향상기술 분야가 9% 등의 순으로 전 기술 분야가 고르게 분포하고 있음을 알 수 있음.

○ 유럽에서의 각 기술 분야별 출원 추이는 1980, 1990년대부터 상승과 반복이 몇 년 주기로 계속해서 반복되는 경향을 보이고 있고, 최근 1998년부터 하이웨이 운영 및 관리기술 분야와 슬래그를 활용 한 도로포장 분야에서 출원이 많이 증가하고 있는 경향을 보이고 있음.

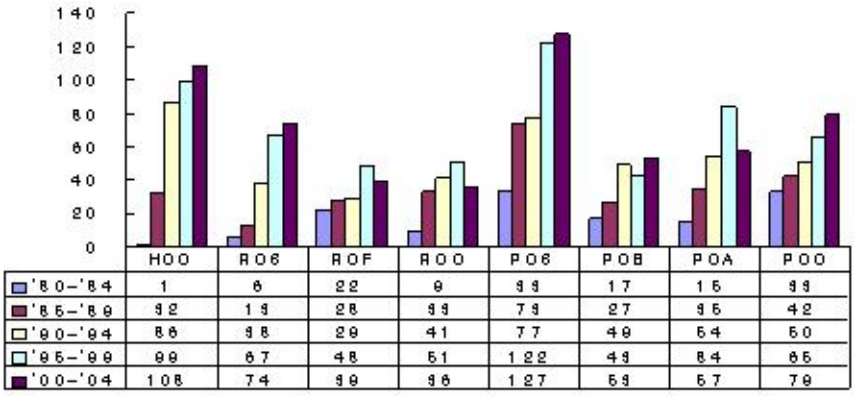


※분석구간: 유럽특허 ~2004(출원년도)

그림 2-280 유럽의 스마트 하이웨이 분야 동향

○ 유럽의 기술분야별 구간별 출원동향을 보면 아스팔트 포장 분야에서는 1991~1995년 구간에 특허활동이 가장 활발하고, 하이웨이 운영 및 관리기술 분야 1990-1994년 구간에서부터 특허활동이 활발함.

○ 슬래그를 활용한 도로포장 분야는 1995-2004년에 특허활동이 가장 활발하고, 도로시설물 분야는 전 구간에 걸쳐 고른 특허활동이 이루어졌음을 알 수 있음.

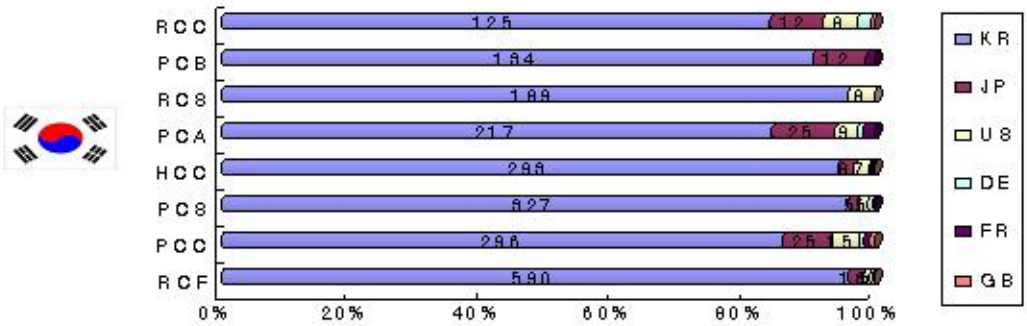


	H00	R06	R0F	R00	P06	P0B	P0A	P00
'80-'84	1	6	22	9	99	17	15	99
'85-'89	92	19	28	99	79	27	95	42
'90-'94	86	98	29	41	77	49	54	50
'95-'99	99	67	48	51	122	49	84	65
'00-'04	108	74	99	96	127	59	57	79

그림 2-281 유럽의 기술분야별 구간별 출원동향

3) 세부 기술별 출원인 국적 분포

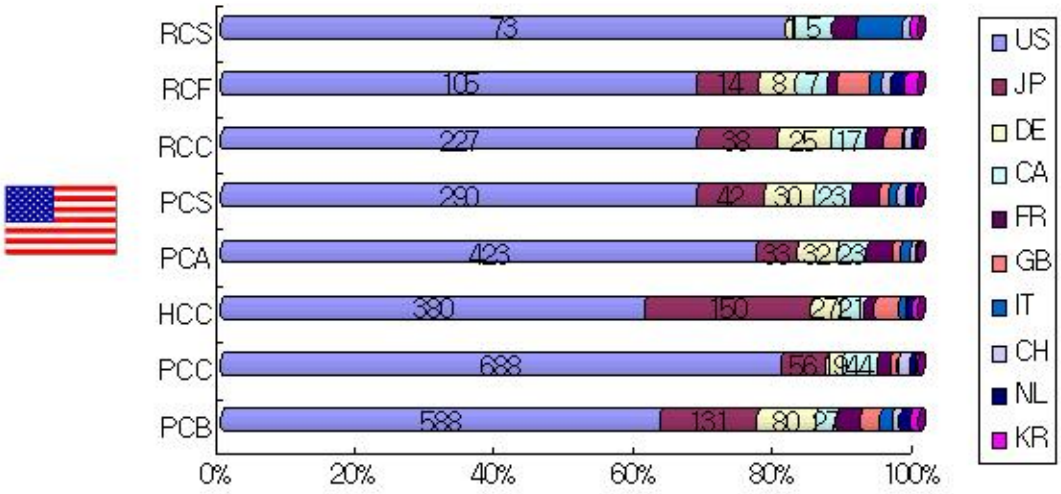
○ 한국에서의 기술별 출원인 국적 동향은 각 기술에서 한국 국적의 출원인이 90% 이상의 높은 점유율을 나타내고 있으며, 특히 도로시설물 분야, 슬래그를 활용한 도로포장 분야에서는 95%이상의 높은 출원 점유율을 나타낸다.



1. 제 1출원인 기준, 2. 분석구간: 한국특허 ~2004년(출원년도)

그림 2-282 기술별 출원인 국적 분포(한국)

○ 미국에서의 기술별 특허권자 국적 동향은 각 기술에서 미국 국적의 특허권자가 64% 이상의 점유율을 나타내고 있으며, 다음으로 일본 국적의 특허권자가 10% 내외의 등록 점유율을 나타냄. 하이웨이 운영 및 관리 분야의 경우 일본 국적의 특허권자가 비교적 많은 특허등록을 한 것으로 조사되었다.



1. 제 1특허권자 기준, 2. 분석구간: 미국특허 ~2005년(등록년도)

그림 2-283 기술별 특허권자 국적 분포(미국)

2.3.3 결 론

도로 건설과 관리 분야는 국가 운영의 초석이 되며 건설산업 특성상 장기간이 요구되고 많은 자본과 함께 첨단기술이 융합되고 있어 새로운 신기술의 접목이 많이 요구되는 분야이다.

「스마트 하이웨이 분야」와 관련하여 한국, 미국, 일본 및 유럽의 특허를 살펴본 바, 연도별 출원동향을 보면 1980년 이후 한국, 미국은 증가추세를 보이고 있고 일본의 경우 1999년을 기준으로 출원량이 줄고 있으며 유럽은 비교적 증가량이 작다. 전체적으로 출원량을 단순 비교하면 일본이 약50%를 차지하고 있다.

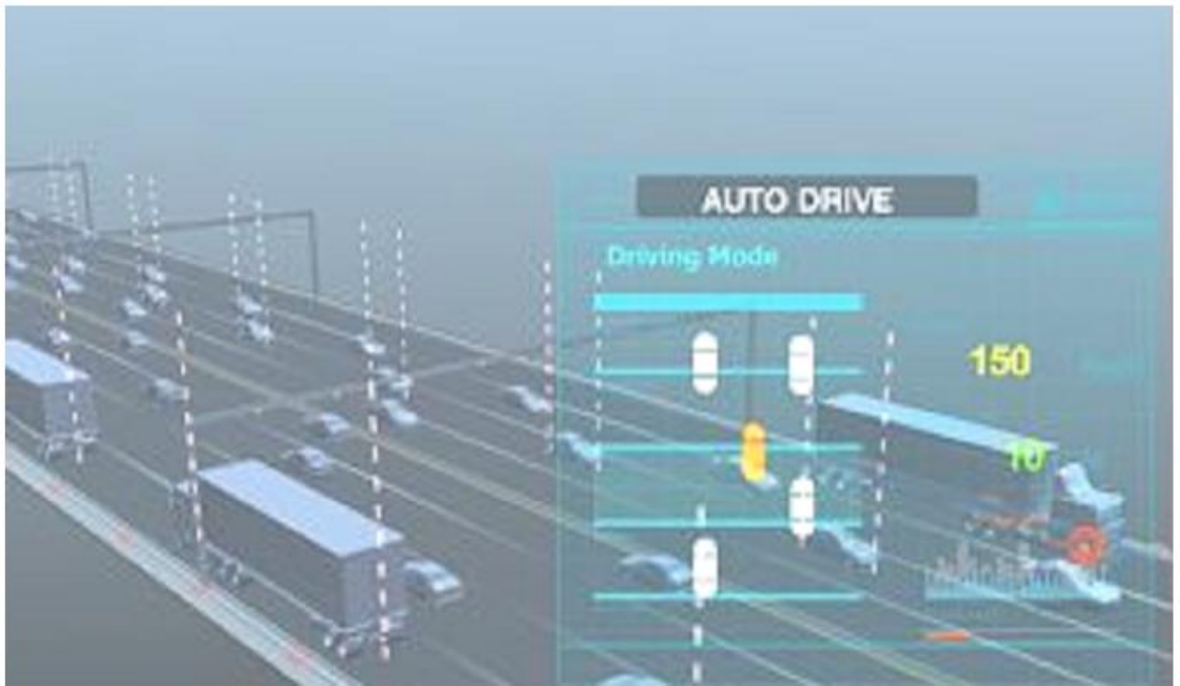
○ 한·외국인의 국내 출원 점유율을 단순 비교시 내국인에 의한 출원은 89% 이상으로 1992년을 기점으로 한국인의 출원수가 외국인의 출원수를 추월하여 급속한 증가를 보이고 있으며 외국인 중 일본인의 출원이 4.9%로 나타남. 미국 등록특허의 경우 미국인에 의한 등록이 64.9%이며 외국인의 출원 중 일본인의 출원이 10.7%로 나타남.

○ 국내 특허에서 도로시설물(RCF), 노상지지력(PCB), 콘크리트 포장(PCC) 분야가 특허 점유율, 증가율 모두 타 기술에 비해 상대적으로 높게 나타났으며 도로관리시스템, 아스팔트 포장과 슬래그를 활용한 도로포장 분야의 기술이 비교적 점유율과 증가율이 낮게 나타나 기술개발이 요구됨.

○ 특허건수와 출원인수의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델에서 한국특허는 발전기 단계에 있는 것으로 나타남.

제 3 장

미래도로(SMART High-Way) 개발전략



Chapter_3

제 3 장 | 미래도로(SMART High-Way) 개발전략

3.1 개발의 당위성

3.1.1 미래도로 개발배경

○ 우리나라의 도로는 1960년대 경부고속도로의 건설과 함께 급속한 양적 팽창을 하여왔으며 도로설계·건설·유지관리 기술측면에서도 상당한 발전을 해온 것이 사실이다. 이와 같은 성장에 힘입어 도로건설 기반기술은 선진국 수준에 근접해 있으나 신기술·신공법 등을 활용한 첨단 도로 건설 기술은 여전히 낙후되어 있다는 평가를 받고 있다. 또한, 최근 건설 시장 성장의 한계, 건설비용 상승과 생산성 저하, 에너지·안전·환경 측면의 비효율성 등의 문제는 도로 기술의 새로운 패러다임의 변화와 혁신 필요성을 강하게 제기하고 있다.

○ 환경에 대한 관심이 높아짐에 따라 교통혼잡으로 인하여 발생하는 대기오염과 에너지손실 절감, 환경과 조화를 이루는 도로건설, 건설폐기물의 저감 및 재활용, 체계적인 유지관리에 의한 시설수명의 연장 등을 통한 친환경 고속도로 구현에 대한 요구가 증대되고 경제의 비약적 발전에 힘입어 국민의 생활수준이 향상됨으로 인해 단순한 이동성의 가치에서 안전하고 쾌적한 도로에 대한 요구가 커지고 있다.

○ 하지만 현재 도로환경 및 정책이나 설계기준들은 국민과 사회적 요구를 충족시키기에는 미흡한 실정이다.

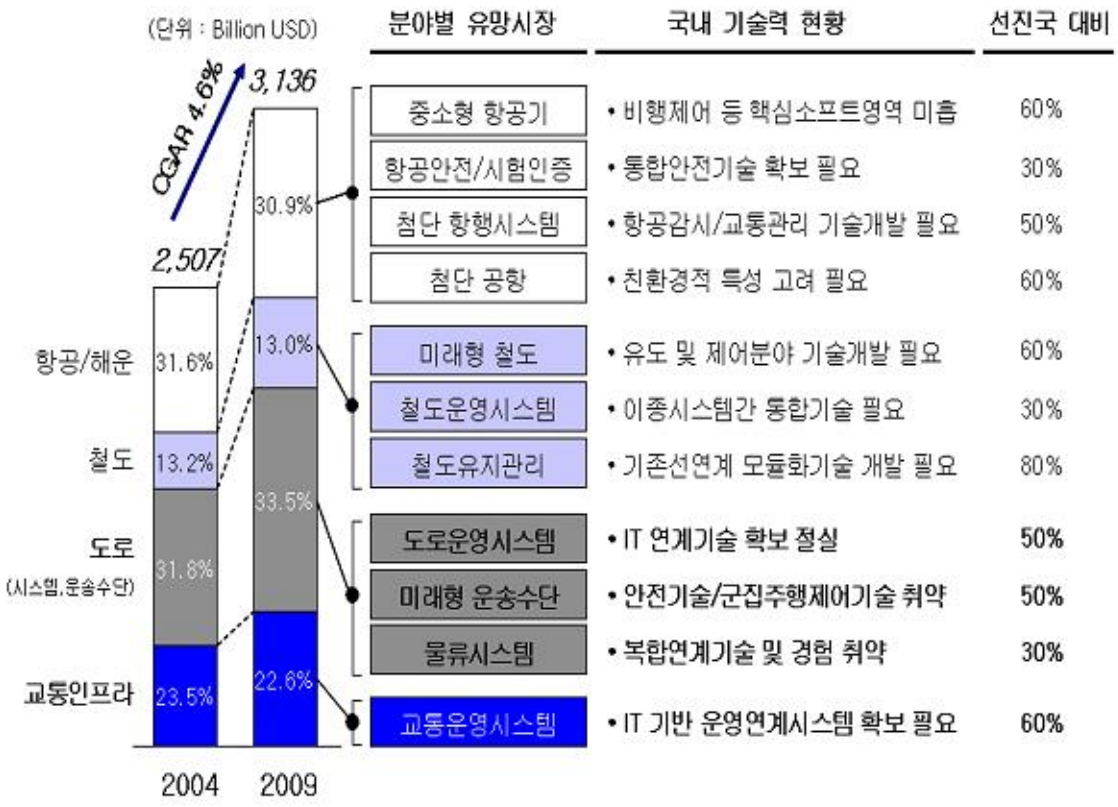
○ 동북아 경제권의 급부상과 남북통일을 대비하여야 하는 지금이 바로 우리 도로발전을 위해 요구되는 장기비전과 추진전략을 마련해야하며, 특히 고속철도의 개통으로 고속도로의 기능과 역할에 대한 재정립이 필요한 시기임에도 아직 미래지향적 모델이 없는 상태이다. 선진 외국의 경우 이미 정부, 산업 및 기업체에서 미래에 대한 준비의 필요성을 인식하고 장기비전과 전략을 수립하여 이를 달성하기 위한 연구 및 기술개발을 추진하고 있는 실정이다.

○ 1970년 경부고속도로 개통이후 지난 30여년간 국내도로는 100~120km로 달릴 수 있는 수준에 머물러 오면서 자동차 성능의 지속적인 향상 등 시대적 요구에 부합하지 못하여 왔다. 반면 해외의 경우 독일은 1955년 속도 무제한 고속도로로 유명한 고규격화 도로인 아우토반을 완성함으로써 유럽제일의 경제강국으로 부상하는 기틀을 마련하였고, 오스트리아와 이탈리아도 이미 설계속도 140km/hr인 도로를 운영함으로써 국가경쟁력에 중요한 역할을 수행하고 있다.

○ 이웃한 일본에서도 설계속도 140km/hr가 가능한 총연장 490km의 제2동명·명신 고속도로를 2025년 완공을 목표로 추진 중이다.

○ 최근 국내 건설시장이 현저히 위축되는 시점에서 적극적으로 추진하고 있는 해외시장 개척과 UN-ESCAP 주관의 아시안 하이웨이 도로망 구축(아시아 15개국을 관통하는 국제 자동차 도로망으로 길이 6만 6,000km, 지선을 합한 길이 20만 km) 및 북한지역의 도로건설 시장을 고려할 때 지능형의 신개념 도로건설 기술 개발은 미래시장 개척에 대단히 중요하다.

○ 미국의 시장조사기관인 Datamonitor에 따르면 세계 교통시장은 2004년부터 2009년까지 연평균 약 4.6%의 성장을 기록할 것으로 전망되고 있으며, 도로부문의 높은 성장이 예상되고 있다. 교통시장 분야별 유망시장과 국내 기술력 현황을 요약하면 다음과 같다.



* 자료 : Data Monitor(2005); ADL 분석

그림 3-1 세계 교통시장 성장 전망 및 유망분야별 기술경쟁력

표 3-1 도로/교통 인프라 분야 기술경쟁력

분 야	기술현황 및 경쟁력 분석	
	선진국	국내
도로운영 시스템	정보통신 영역의 결합을 통해 인공지능형 도로운영시스템을 구축하고 있음	경부고속도로 이후 도로시스템 영역에서 특별한 기술적 발전이 없었으며, IT영역과의 연계기술 확보 절실
미래형 운송수단	연료전지버스 등 차세대 연료자동차 개발이 활발히 이루어지고 있으며, 자동차 안전성 관련 기술도 지속적으로 개발 중	차세대 연료자동차연구는 선진국 대비 약 5년의 기술격차가 있는 것으로 분석되며 안전관련 기술은 선진국 대비 약70% 수준이며, 군집주행 제어지원 기술은 선진국 대비 50% 수준에 불과
물류 시스템	이종 교통수단간의 승객, 화물 연계를 위한 통합운영 시스템 구축이 활발히 이루어지고 있으며 보편화 개념을 도입하여 대중교통수단의 복합연계 및 환승체계 구축을 위한 기술개발을 추진하고 있음	대중교통 이용을 전제로한 복합연계기술 개발이 의지부족으로 아직 개념 구상단계에 머무르고 있으며, 경험 또한 부족
교통운영 시스템	정부 및 산·학·연 연계로 ITS사업을 추진한 이후 최근 성과가 가시적으로 드러나고 있으며 일본은 ITS관련 영역에 2010년까지 약 150조원을 투입하여 세계기술 표준화 주도 및 요소기술 통합 활성화를 시도하고 있음	선진국 대비 약30% 기술수준에 불과하며 IT기반 정보통합 시스템 인프라 구축을 통한 운영시스템 연계기술을 개발할 필요성이 있음
전체동향	이종 교통수단간 연계에 기반하여 승객 및 화물 운송의 효율화를 추구하는 통합운영시스템 및 복합 운송수단 개발관련 시장이 성장할 것으로 전망되며, 이 분야에 대한 기술개발이 요구된다.	

* 자료 : 건설교통 R&D 혁신로드맵보고서(P74)

○ 미래의 급격한 환경변화속에서 우리의 도로기술과 도로건설산업이 지속적으로 발전하기 위해서는 무엇보다도 미래 도로의 장기비전과 세부 전략을 마련하고 일관성 있는 실천이 절대적으로 요구된다. 여기에는 도로기술의 발전을 체계적으로 유도할 수 있는 정책과 이를 뒷받침할 마스터 플랜의 구축이 필요하다.

3.1.2 미래도로의 역할

○ 빠르게 발전하고 있는 정보통신기술, 소재기술은 사회·경제·문화전반에 걸쳐 영향을 끼치고 있으며, 이들 신기술의 발전은 도로교통 관련기술을 발전시키는 기회로 작용하고 있다. 따라서 도로관련 산업이 고부가가치를 창출하는 미래 유망산업으로 성장할 수 있도록 신기술 발전의 성과를 수용하여 도로관련 기술을 발전시킬 필요가 있다.

○ 우선적으로 21세기 건설교통산업 경쟁력 확보 및 물류비용과 사회적 비용절감을 통한 국가 경쟁력 향상을 도모하고 도로관련 핵심기술을 확보하기 위한 지속적인 연구개발이 이루어 질 수 있도록 미래 도로의 개념과 역할을 정립하여야 한다.

○ 이에 도로교통 관련분야 동향을 분석해 본 결과, 자동차산업의 발전, ITS관련 사업성장 등에 따라 도로정책의 변화, 도로설계 및 건설 기준의 개선 그리고 Human Factors에 대한 연구 등이 이루지고 있는 것으로 파악되었다.

○ 그러나, 이러한 분야별 성과만으로 현재의 도로교통관련 분야의 문제를 해결할 수는 없으며, 21세기 속도의 시대, 세계화 가속화에 따른 무한 경쟁의 시대에 비추어 볼 때 느린 성장에 따른 시간적 한계성에 노출될 것이다.

○ 따라서 미래사회의 변화요구에 따른 신규 수요를 도로기술 발전방향에 체계적으로 흡수하고 개발된 도로기술이 미래 사회의 성장엔진으로서의 역할을 수행할 수 있도록 하여야 한다. 이를 통해 인간중심, 지속가능성, 안전성, 이동성, 지능형, 정시성과 같은 핵심가치를 반영한 미래 도로를 추진함으로써 도로교통분야 건설산업이 그동안의 성장지원자(Growth Supporter)의 역할에서 미래 사회 신 성장동력(Blue Ocean)과 가치 창조자(Value Creator)로서의 역할로 변신하여 미래사회 삶의 질 향상이라는 보편적 지향목표를 달성할 수 있도록 하여야 한다.

그림 3-2 미래도로의 역할

3.2 스마트하이웨이 개발전략

3.2.1 정 의

○ 1장에서 미래사회 Trend 변화에 따른 도로환경 변화를 전망하고 미래의 도로가 어떠한 역할과 기능을 수행할 수 있도록 할 것인가에 대한 분석 결과 아래와 같은 발전방향이 도출되었다.

그림 3-3 미래 도로발전 방향

○ 이용자, 도로, 자동차, 운영자별 미래 도로발전방향을 서로간의 관련성이 높은 것끼리 구분하면 다음 그림과 같으며 각 구성요소별로 미래 사회의 Trend변화에 맞추어 발전시켜야 한다.

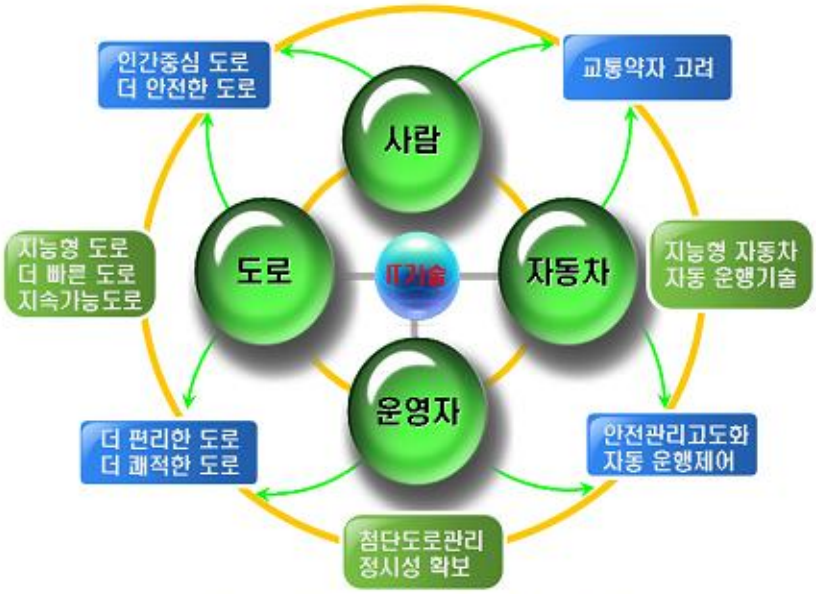


그림 3-4 미래 도로 구성요소별 관련성

○ 미래 도로는 안전성(Safety), 지속가능성(Sustainability), 이동성(Mobility, Speedy), 지능형(Intelligent), 정시성(Reliability)이라는 핵심가치를 반영하고 경제적인 도로를 건설·유지관리하는 방향으로 검토되어지며, 이를 실현하기 위하여는 Ubiquitous로 대표되는 IT기술과 미래 자동차 기술 그리고 통신, 센서기술 등 관련 기술과의 융합이 필요하다.

【자동 차량주행 고속도로】 【구조물 자동계측 시스템(RFID)】

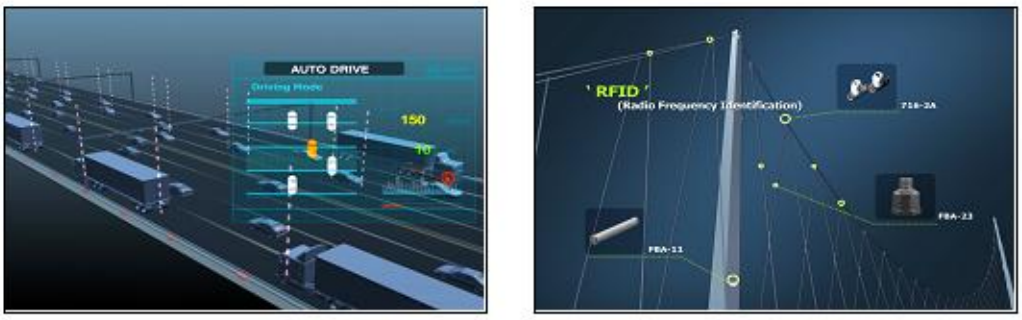


그림 3-5 첨단센서 등 IT기술, 미래자동차 기술과 접목된 미래 도로상

○ 이와 같은 미래 도로의 개발배경 및 역할, 미래 사회·기술의 발전, 이용자 욕구 변화 등에 따른 미래도로의 수요를 개념적으로 정리하면 다음 그림과 같다.

그림 3-6 미래도로에 대한 수요 개념도

○ 미래도로 즉 SMART High-Way는 미래를 열어갈 원동력을 제공하는 미래 지향형 도로이며, 현재 개발된 기술 뿐만아니라 미래 개발 가능한 모든 기술이 접목되어 구현되는 최고수준의 지능형 도로이다. 또한 인간과 환경을 중심에 두고 도로와 자동차가 조화를 이루는 지속 가능형 도로로서 이상과 같은 기본개념을 도로건설에 적용하여 인간중심의 고기능 도로를 구현함으로써 미래 삶의 질 향상과 도로기술경쟁력을 통한 미래 가치창조자로서의 역할을 수행하는 것이다.

○ 본 과업에서 SMART High-Way는 미래 지향형 도로, 지능형 도로, 지속 가능형 도로로써 미래도로를 상징하며 미래사회 도로 전체 부문의 기능 향상을 추구하는 프로젝트명으로 칭하도록 한다. 따라서 SMART High-Way는 미래 기술의 상징인 스마트기술을 활용한 인간중심의 고기능 도로로 정의하며 미래사회 도로의 역할 및 가치를 반영하는 것으로 연구개발의 지향목표이다.

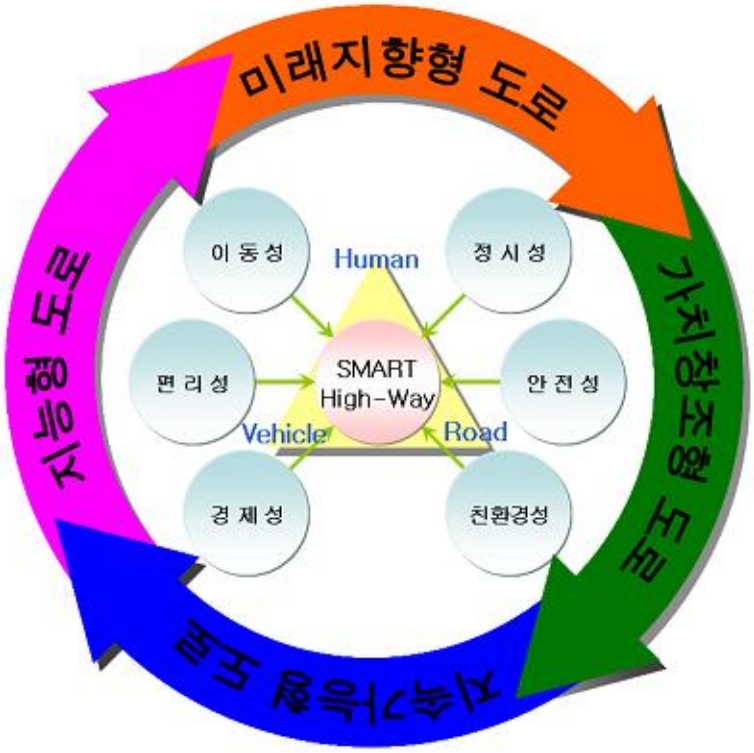


그림 3-7 SMART High-Way 개념도

3.2.2 비전 및 목표

(1) SMART High-Way 비전 및 목표수립 과정

○ 미래사회의 특징, 과학 및 기술의 발전, 건설교통의 전망과 비전, 도로분야의 미래 변화와 수용해야할 핵심가치 등을 통하여 형상화된 SMART High-Way의 비전 및 목표는 다음 그림과 같이 Top Down 방식과 Bottom Up방식을 병행하여 브레인스토밍과 Feedback을 통하여 결정하였다.

○ 먼저 미래 도로가 수용해야 할 다양한 키워드를 바탕으로 미래도로의 발전방향과 소요기술을 도출하고 SMART High-Way의 개념을 정리한 후 미래사회의 변화전망을 통한 비전과 목표를 1차적으로 작성하고 다시 비전과 목표가 4장에 기술한 핵심과제를 포함한 소요기술과 미래사회 가치 등과 얼마만큼의 상관성을 가지느냐의 검토과정을 반복하여 수행한 것이다.

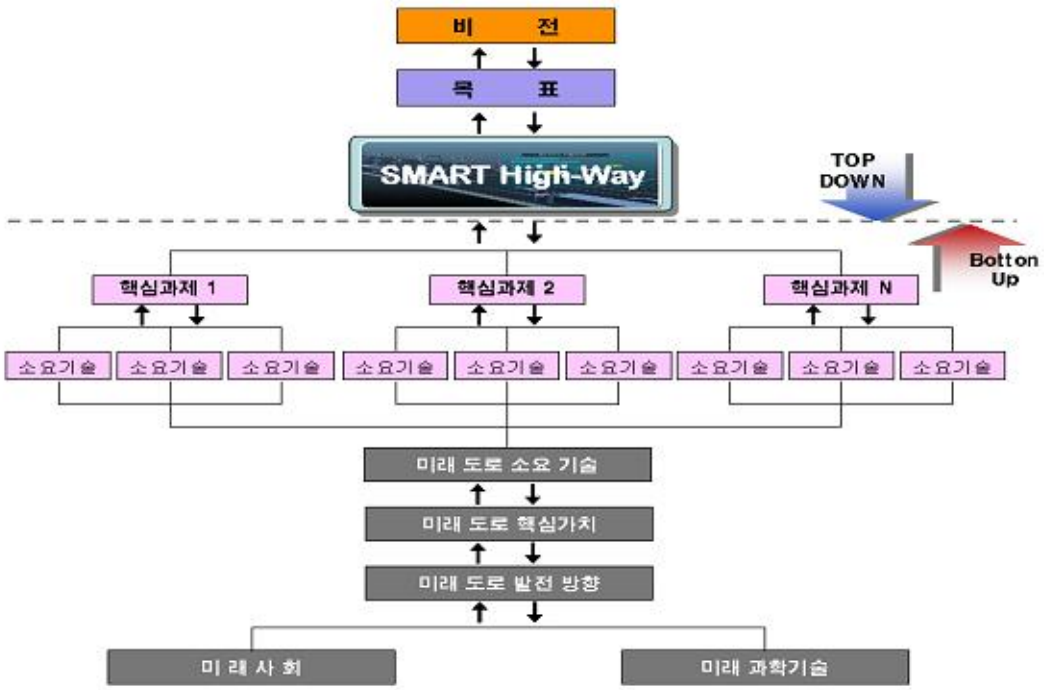


그림 3-8 비전 및 목표 도출과정

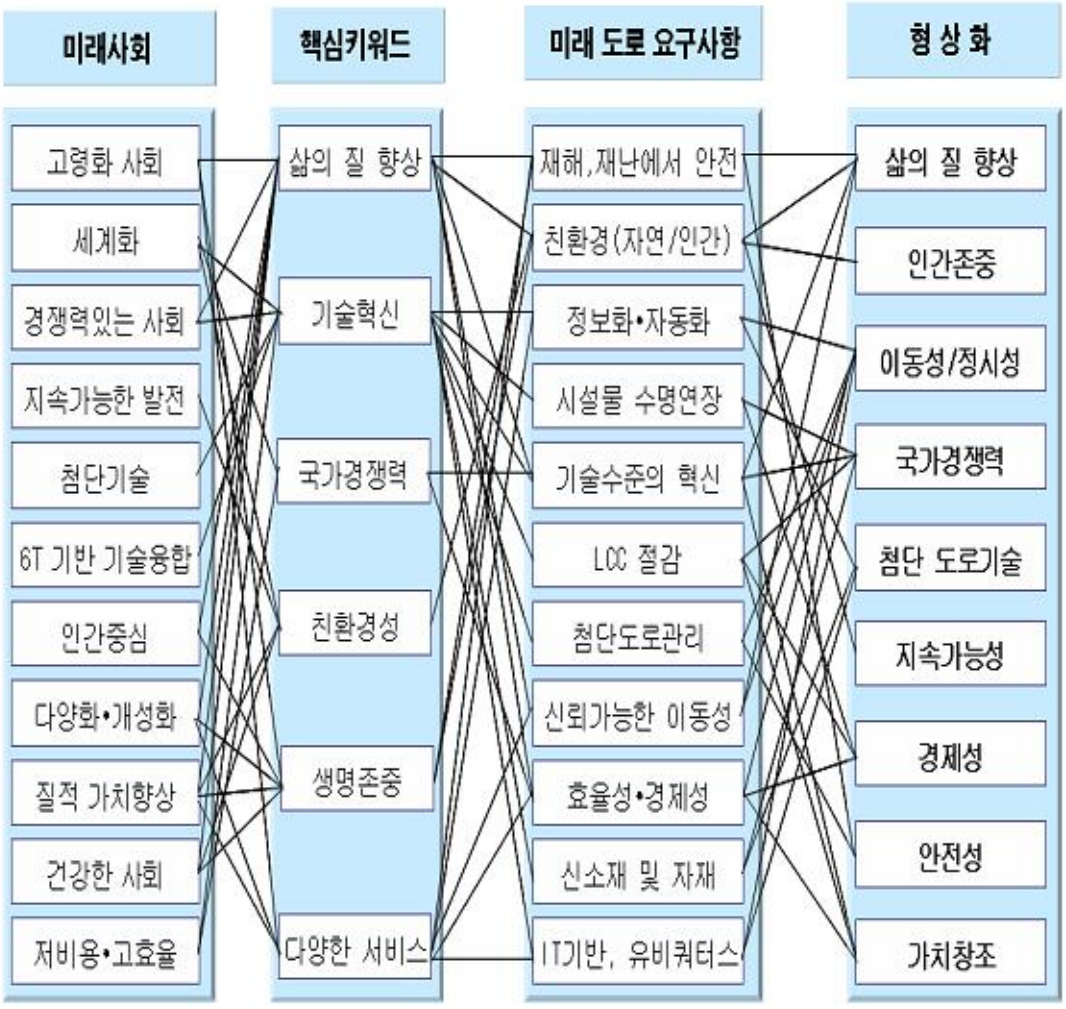


그림 3-9 미래 도로에의 요구사항 형상화 과정

(2) SMART High-Way 비전 및 목표

○ 먼저 미래 도로가 수용해야 할 다양한 요구사항의 형상화와 미래도로의 발전방향 등을 토대로 도출된 사항을 포함할 수 있는 목표와 비전을 다음 그림 3-10과 같이 설정하였다.

비 전
삶의 질 향상을 위한 가치창조형 미래도로 실현
목 표
더 빠르고 더 쾌적하고 더 안전한 미래 지향형 도로
미래 첨단 기술이 접목된 세계 최고수준의 지능형 도로
친환경적이며 인간중심의 지속 가능형 미래도로
발전방향
이용자 측면
인간중심도로
더 편리한 도로
더 쾌적한 도로
도로 측면
지능형 도로
더 안전한 도로
더 빠른 도로
지속가능도로
자동차 측면
지능형 자동차
자동운행기술
교통약자 고려
운영자 측면
첨단도로관리
정시성 도로
안전관리고도화
핵심가치
SMART High-Way
친환경성
지능성
지속가능성
안전성
이동성
정시성

그림 3-10 비전 및 목표

1) 비전 : 삶의 질 향상을 위한 가치창조형 미래도로 실현

① 삶의 질 향상

○ 미래사회의 변화 특성을 적극 수용하고 이동에 대한 인간의 욕구를 충족시키며, 더 쾌적하고 안전한 인간중심의 미래 도로를 실현함으로써 풍요로운 인류 미래를 열어가는 역할을 수행한다는 의미

② 가치창조형

○ 경제성장기의 단순한 이동수단으로서의 기능에서 미래사회 도로기술 수요의 선점을 통한 대내외 기술경쟁력 제고와 자동차, 전자통신 등 관련 산업 고성장의 동반자로서 고부가가치 창출과 해외 도로교통 시장의 확보 등 21세기 신성장 동력으로서의 역할을 수행하고 첨단 미래 기술을 바탕으로 인간의 삶의 질 향상이라는 가치를 도로에서 창조해 나간다는 의미

③ 미래도로

○ 미래도로는 미래사회의 변화의 한 모습으로서 SMART High-Way로 대표되며, 미래를 열어갈 원동력을 제공하는 미래 지향형 도로이며, 현재 개발된 기술 뿐만 아니라 미래 개발 가능한 모든 기술이 접목되어 구현되는 최고수준의 지능형 도로이다.

○ 또한 인간과 환경을 중심에 두고 도로와 자동차가 조화를 이루는 지속가능형 도로로서 이상과 같은 기본개념을 도로건설에 적용하여 인간중심의 고기능 도로를 구현함으로써 미래 삶의 질 향상과 도로기술 경쟁력을 통한 미래 가치창조자로서의 역할을 수행한다는 의미로서 기존의 도로(고속도로 포함) 개념에서 탈피한 신개념 도로 브랜드를 개척하겠다는 의지를 표현

2) 목 표

① 더 빠르고 더 쾌적하고 더 안전한 미래 지향형 도로

○ 현재의 교통문제를 완전 해소하고 고급화, 다양화 되는 이용자의 욕구를 반영하며, 무사고·무정체를 달성함으로써 인간에 대한 존엄성을 높이고 미래사회의 가치를 수용하는 도로를 만들어 가겠다는 목표를 제시

② 미래 첨단 기술이 접목된 세계 최고수준의 지능형 도로

○ 자동차, 전자통신 등 21세기 고부가가치산업과의 연계를 통한 고성장의 동반자로서 시너지 효과를 창출하고 미래사회 수요를 도로에 반영함으로써 미래 도로기술 우위를 선점하여 세계최고의 기술로 미래도로를 건설하겠다는 목표를 제시

③ 친환경적이며 인간중심의 지속 가능형 미래도로

○ 현재의 도로건설에 따른 부정적 시각을 해소하고 환경과 인간이 조화를 이루는 도로를 만들고 고령화 사회 대비 교통약자를 포함한 모든 국민에게 더 편리한 이동성을 확보해 준다는 목표를 제시

3.2.3 사전기획 범위 설정

○ SMART High-Way 사업은 "삶의 질 향상을 위한 가치창조형 미래도로 실현"이라는 비전의 달성을 위하여 시행하는 R&D과제이다. 본 장에서는 먼저 건설교통 R&D 혁신로드맵의 주요 내용을 분석하고 미래사회의 다양한 요구와 기술발전 등에 따른 SMART High-Way의 추진내용과 사전기획의 범위를 정하고자 한다.

○ 먼저 건설교통 R&D 혁신 로드맵의 내용을 정리하면 SMART High-Way 사업은『도로 이용자의 쾌적성 및 편리성을 개선하기 위한 신소재 및 신공법 개발 등을 통한 차세대 도로 기반기술을 확보하고 국내 거점 도시간 거리적 한계를 극복하기 위한 신뢰할 만한 수준의 이동성이 확보되면서도 안전성이 보장되는 지능형 초고속도로 실현기술 개발』을 추진하는 것이다.

○ 여기서 超高速道路란 기존의 고속도로보다 기능과 역할을 증대시킨 새로운 개념의 도로라는 의미로서 미래도로 즉, SMART High-Way의 핵심 가치를 고속도로에 반영하는 개념이다. 그리고 기존의 고속도로가 산업 생산성 향상 등 도로의 기본 기능에 충실하였다면 초고속도로는 도로의 근본 기능뿐만 아니라 도로 기술력의 향상을 통한 부가가치의 창출이라는 미래사회의 신 성장동력원으로서의 역할을 수행해 나간다는 발전적 개념을 내포하고 있다.

○ 따라서, SMART High-Way 기술 즉, 지능형 초고속도로와 차세대 도로 기술은 도로 자체의 기능향상만으로는 한계성을 내포하고 있으며, 자동차, 운전자, 도로관리환경, 정보·통신환경, 첨단소재 등 관련분야의 발전 기술이 융복합 내지 연계되어 시너지 효과를 창출할 수 있다.

○ SMART High-Way 사업은 먼저 도로의 성격과 규모, 사업기간 등을 고려할 때 모든 도로에 대하여 공통적으로 적용할 수 있는 미래기술을 하나의 프로젝트로 개발한다는 것은 바람직하지 않다.

○ 따라서 현재 고속도로 분야의 문제점을 해결하고 더 나은 이동성, 안전성 확보를 통한 초고속 주행환경을 제공하는 지능형 초고속도로 실현기술(이하 "Smart Highway 기반기술"이라 한다)과 일반도로 분야에 적용할 수 있는 범용성을 가지는 차세대 도로기반 기술로 범주를 나누어 추진하는 것이 효율성 및 사업관리상 타당하다.

그림 3-11 SMART High-Way 사업구분

○ 그리고 자동차, 정보통신 등 관련 산업 연계성을 고려시 사업추진에 따른 파급효과가 크고, 국내 거점도시간 거리적 한계의 극복을 통해 국가경쟁력을 강화하며 향후 아세안하이웨이와 같은 대륙을 연결하는 초대형 도로사업의 참여를 위해 우선적으로 Smart Highway 기반기술을 사전기획의 과업범위로 설정하여 개발전략을 수립하고 핵심과제를 도출하는 방향으로 진행하고자 한다.

3.2.4 개발전략

(1) 전제조건

○ Smart Highway 기술 개발을 위해 검토해야 할 주요 전제조건은 다음과 같다.

○ 첫째, 도로와 관련된 유관분야의 개발속도와 향후 전망을 고려하여 단계별 추진전략을 수립해야 한다.

- 특히 통신 및 전자분야의 기술수준은 불과 1,2년 단위로 급속히 발전하므로 도로의 첨단화, 지능화를 위해서는 이러한 유관분야의 발전속도에 맞추어 계획하는 것이 보다 합리적인 결과를 도출할 수 있다.

○ 둘째, 현재의 시급한 문제의 해결을 위한 개발방향을 우선적으로 고려해야 한다. 세계적으로도 매우 높은 사고율을 보이고 있으며, 수도권의 급속한 팽창에 따른 중거리통행 증가와 행정중심복합도시, 혁신도시 등의 지방화 정책 등에 따른 교통수요 변화에 신속히 대응하기위한 대책마련이 요구되는 시점이다.

○ 셋째, 이용자의 통행에 있어 도로가 담당하는 제어수준을 지금보다 더욱 더 강화해야 한다.

- 현재의 주된 사고요인은 운전자요인이 제일 크며, 따라서 주행중인 운전자에게 너무 많은 부하가 걸리지 않도록 도로가 운전자의 역할을 적극적으로 보완해주는 관리체계를 도입해야 한다.

- 즉 기존 도로가 주행자에게 단순 "정보제공" 수준에 그쳤다면, 미래에는 안내(Guidance)수준에서 제어(Control)까지 그 역할을 증가시켜야 한다. 특히 제어부문도 자동화된 제어체계를 도입하여 무사고, 무정체를 실현하는 미래 도로의 궁극적인 목표를 추구해 나가야 한다.

○ 넷째, 도로가 갖는 환경파괴라는 부정적 이미지를 제거하기 위해서는 보다 친환경적인 기능의 보강을 우선적으로 추진해야 한다.

- 특히 한정된 재원을 감안하여 친환경적인 요소에 저비용 공법 등의 고효율적 건설기법과 도로 관리기법을 개발하여 "지속가능성"을 확보하는 방안을 모색해야 한다.

○ 다섯째, 도로시설, 통신, 제어부문 등 도로에 도입되는 모든 시스템은 도로를 제외한 타 영역에서도 호환이 가능하도록 설계되어야 한다.

- 즉 통신부문의 경우 도로에서만 사용되는 별도의 영역을 설치할 경우, 이용자는 별도의 통신수단을 구입해야 하는 번거로움이 발생한다. 이러한 문제는 시스템의 전자화, 첨단화로 인해 발생할 수 있는 가장 대표적인 사례이며, 시스템의 호환성의 확보는 매우 중요한 사항이다.

○ 여섯째, 개발기술의 사업성 및 상용성 부문을 반드시 고려해야 한다.

- 개발기술의 효율성이 매우 높다 하더라도 비용적 부분이 높아 투자성이 없다면 이를 실용화하기는 어렵게 된다. 따라서 사업 규모와 실용성을 고려한 기술개발 전략의 수립이 필요하다.

(2) Smart Highway 발전단계 전망

○ 본 사전기획에서는 향후 30년간 미래사회의 변화 및 과학기술의 전망 분석을 통하여 Smart Highway의 발전전망을 크게 3단계로 구분하였으며, 최종적으로는 자동화된 최첨단 도로시스템을 구현하는 것을 목표로 설정하였다. 3단계 발전전망은 물론 자동차 기술이나 도로기술과 관련된 산업의 발전 정도에 따라 달라지겠지만 본 연구개발 기간 동안 세부과제의 변경을 통하여 변화를 수용하는 방향으로 추진되어야 할 것이다.

1단계 : 2007년~2016년, 10년

* 기존 도로가 갖는 안전성과 이동성 문제를 획기적으로 개선하기 위해 도로와 차량간 실시간 정보교류가 가능한 도로기반체계를 구축함으로써, 도로운영의 **최적상태를 지속적으로 유지**할 수 있는 인간중심형 미래도로

2단계 : 2017년~2026년, 10년

* 도로와 차량간, 차량과 차량간 완벽한 유비쿼터스형 도로기반체계를 구축하고 **도로가 능동적으로 차량제어기능을 수행**함으로써 운전자의 실수를 최대한 수용할 수 있는 Active형 미래도로

3단계 : 2027년~2036년, 10년

* 지능화된 도로가 차량의 주행을 전적으로 통제 및 제어함으로써 자율주행 및 **군집운행 등 첨단제어 운영을 달성**함으로써 도로의 효율성과 안전성을 극대화 할 수 있는 **자동화 도로**

그림 3-12 Smart Highway 단계별 발전전망

(3) 사업추진 체계

1) 대형 복합 Test Bed사업으로 추진

○ 도로건설기간이 5~10년임을 감안하여 Test Bed 추진계획을 수립하여 개발된 요소기술을 지속적으로 적용하는 등 단순한 Mock-Up 수준이 아닌 실제 운행가능한 지속적인 Test Bed로 추진한다.

○ 사업추진방식에 대하여는 제4장의 핵심과제 및 기술로드맵에서 상세히 기술한다.

2) 건설과 교통의 통합영역의 구축

○ 스마트하이웨이의 경우 도로와 교통, 정보통신 등의 기술이 고도로 융합될 수 있도록 추진하고, 장래에는 자동운전시스템 구축을 목표로 추진한다.

(4) 사업추진 단계별 전략

1) 사업기획단계

○ 기술개발의 포트폴리오에 따라 적정사업기간 책정 및 타 프로그램간의 중복기술개발 방지를 위한 기술협의회 등을 운영한다.

○ 프로그램에 대한 핵심요소기술 수요 및 각 업체별 보유기술 파악을 위해 충분한 사전기획 기간을 확보한다.

2) 핵심요소 기술 개발단계

○ 각 프로그램간 공통기술 요인은 프로그램간 연계를 통해 합동연구로 추진하되, 기술수준의 발전정도와 기술개발의 적용수준에 따라 프로그램간 세부과제 및 핵심기술 개발 시기를 조정한다.

○ 또한, 건설교통부, 한국도로공사, 한국건설기술연구원, 교통개발연구원, 국토연구원, 도로교통기술원 등에서 개별적으로 추진하고 있는 연구과제들을 상호연계하거나 대상과제에서 제외하여 중복성을 사전배제하고 미래도로기술의 중장기적인 관점에서 기술개발과제를 선정하여 효율적으로 연구를 추진하는 것이 무엇보다 중요하다.

3) 기 개발된 핵심요소기술의 동반상승 단계

○ 기 개발된 핵심요소기술이라도 기술수준을 극대화하기 위한 연구개발을 수행하되 차세대 도로기반기술과 초장대교량 및 교통체계효율화 사업군과 연계하고, 건설 생산성 혁신기술을 적용하여 기술 수요에 대응하도록 한다.

4) Test Bed 추진단계

○ 공공개발사업을 Test Bed사업장으로 선정하고 기술개발에 따라 Test Bed를 대형국책사업과 연계하여 추진한다.

5) 기술개발의 상용화, 표준화 단계

○ Test Bed를 통해 성공적으로 수행된 요소기술 개발순으로 기술특허 및 산업화로 건설산업의 해외진출 전략과 병행 추진한다.

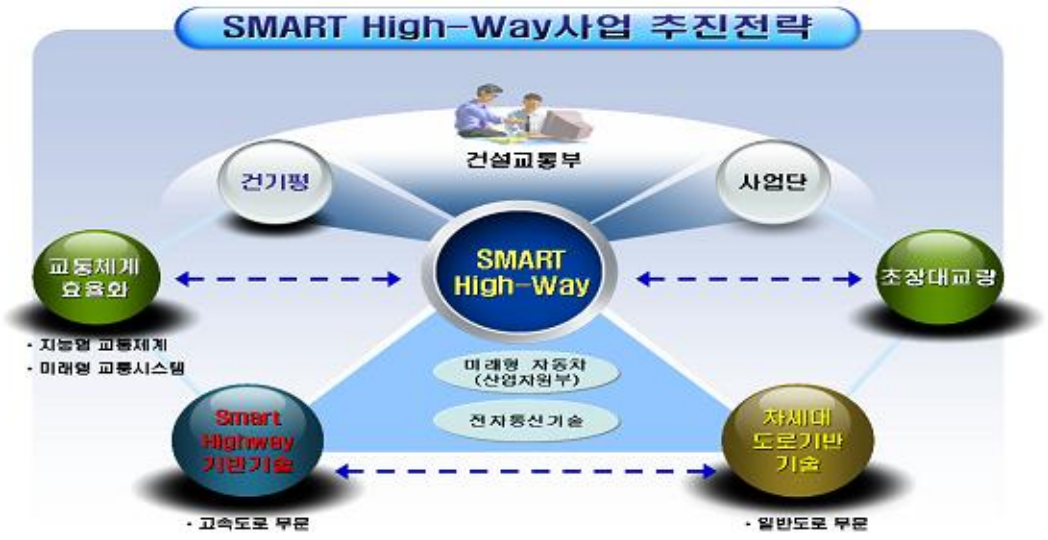


그림 3-13 SMART High-Way사업 개발전략

(5) Smart Highway 개발전략

○ 향후 장기적인 도로기술 개발은 유비쿼터스형 도로기반체계를 구축함으로써 무사고, 무정체를 실현하고 이용자에게 보다 다양한 멀티 서비스를 제공하는 최첨단도로를 구현하는데 궁극적인 목표가 있다.

○ 본 Smart Highway 기반기술 개발 사업에서는 향후 10년간의 사회변화 및 과학기술발전 등에 따른 미래 도로기술의 개발방향을 정하여 추진함으로써 도로건설기술 수준을 선진국 수준 이상으로 향상시켜 국가경쟁력을 제고하고 미래 도로기술 수요의 우위를 선점하여 신 성장 동력으로서의 역할을 수행하는 것을 목표로 한다.

○ 이를 위하여 Smart Highway 기반시설에 대한 지속가능한 재료 및 공법의 개발, 첨단 유지관리기술, 통합교통관리시스템, 노면 최적화 기술 등 도로 자체 뿐만아니라 미래 자동차 기술의 발달과 전자·통신분야의 진전에 따른 다양한 기술을 도로와 연계하는 연구가 반드시 수반되어야 한다.

○ 동시에 Smart Highway 기술 연구개발 사업이 실제로 사업화로 연계될 수 있는 총괄기획안을 마련하여 Test Bed를 통하여 검증함으로써 시행착오를 최소화하여야 한다.

○ 그리고 Smart Highway사업의 성공적인 연구개발 및 사업화를 위해 정책 및 제도, 계획 및 설계, 기타 제반 요소기술 들이 융합내지 복합되어 하나의 결정체로 나타날 수 있도록 실행력 있는 프로그램을 도출하여 추진하여야 한다.

○ Smart Highway사업은 도로를 구성하는 주요 인자별 즉, 도로-자동차-운전자-통신환경 등으로 연구범위를 구분하여 그림 3-14와 같이 추진하고자 하며 이에 대한 장점은 다음과 같다.

- 첫째, 도로를 구성하는 전체요인에 대한 순차적인 분석이 가능함으로써, 현 도로문제를 체계적으로 진단할 수 있음
- 둘째, 연구수행에 있어 각 분야별 중복영역을 최대한 피할 수 있어 업무의 효율성을 높일 수 있음
- 셋째, 타 분야의 기술수준 및 역할을 참고하여, 본 분야의 적정 기술개발 수준을 결정할 수 있는 탄력적 계획을 수립할 수 있음

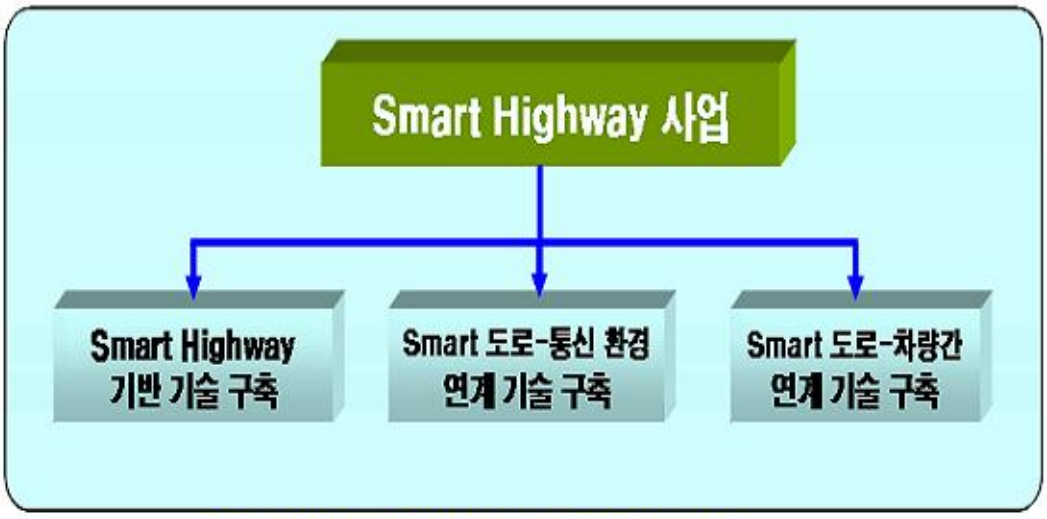


그림 3-14 Smart Highway사업 기술개발 체계

3.2.5 성과목표

○ Smart Highway 기술개발 사업의 추진을 통하여 관련분야의 기술을 개발하고 10년 후 자동차의 이동성을 현수준의 30% 이상 향상하며 자동차 만대당 11.6건인 사고건수를 G7 평균수준인 7.3대로 60% 낮추고, 사망자 또한 3.5인에서 1.3인 수준(감 170%)으로 낮추어 도로의 안전성을 높이는 등 다음 그림 3-15와 같은 성과목표를 달성하여 미래 사회 인간의 삶의 질 향상을 도모하도록 과제를 추진한다.

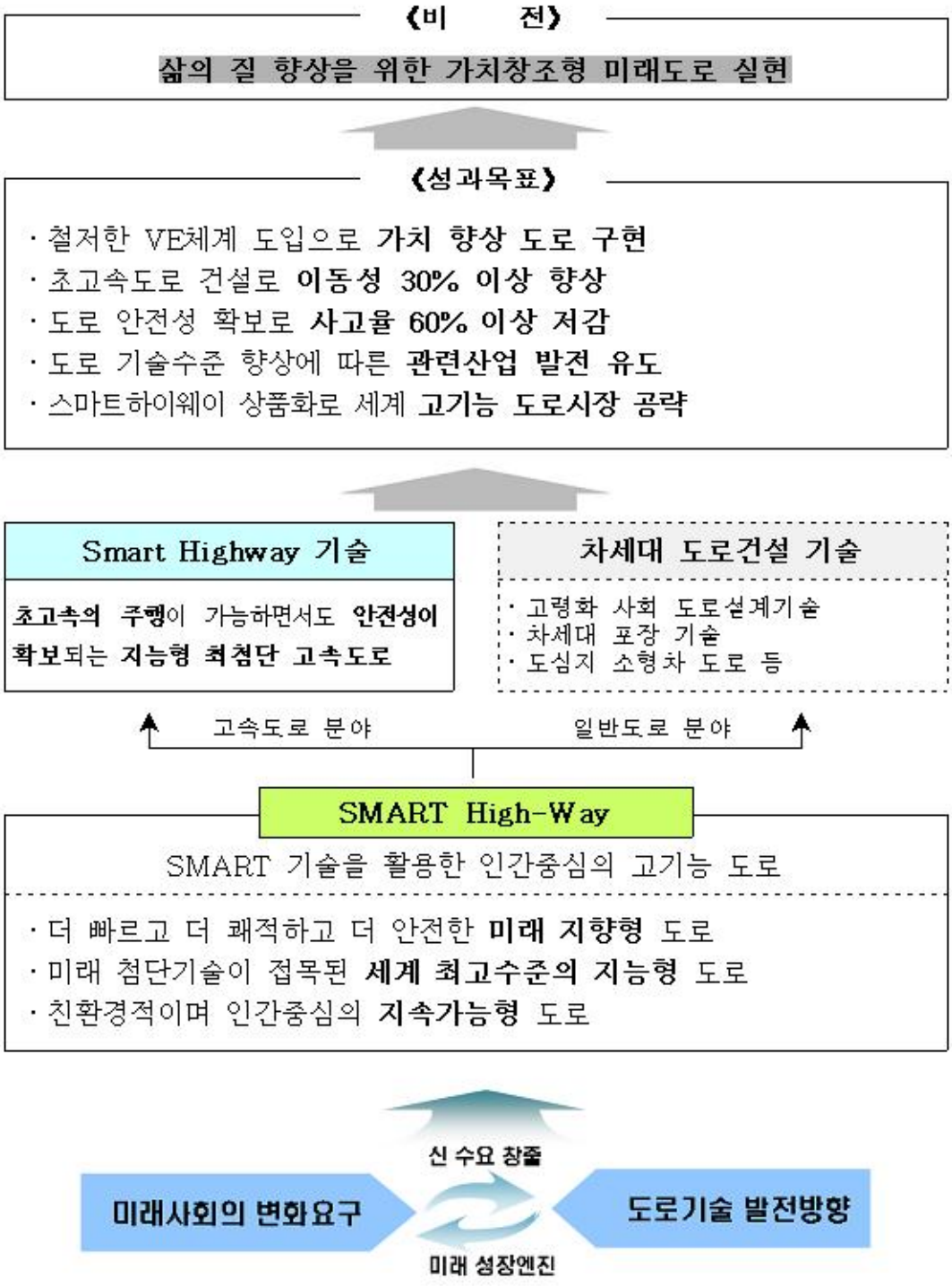
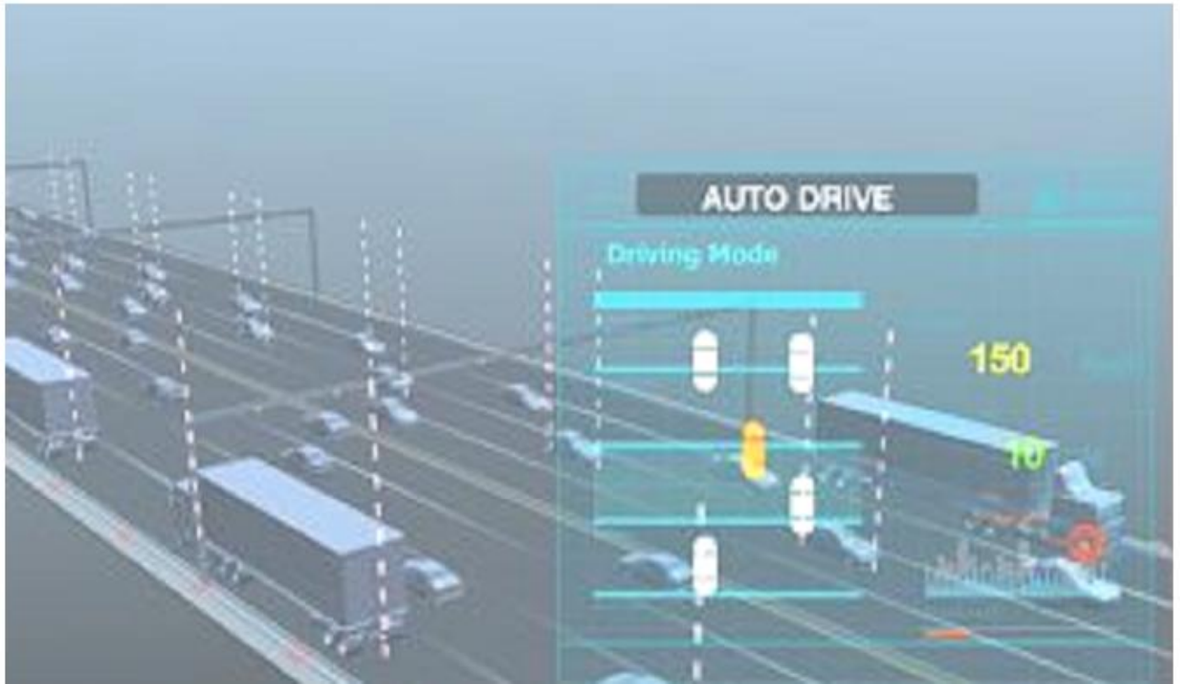


그림 3-15 Smart Highway 성과목표

제 4 장

핵심과제 및 기술로드맵



Chapter_4

제 4 장 | 핵심과제 및 기술로드맵

4.1 핵심과제

4.1.1 핵심과제 선정

(1) 과제 구성

○ 본 사전기획은 사업단장 선정 이전에 사업단의 연구목표를 달성하기 위하여 핵심과제 등을 도출하는 단계이며, 핵심과제는 사업단과제를 구성하는 중추과제이다.

○ 그리고 사업단 과제는 연구개발 결과의 시범적용을 위한 시작품(Prototype)제작 또는 Test Bed를 포함한 실용화 중심의 중대형 과제로서 핵심과제의 성공적인 연구개발 및 실용화를 위하여 총괄과제와 Test Bed에 대한 기획이 포함된다.

○ 총괄과제란 사업단 과제 전체에 연계되어 추진되는 과제로서 핵심과제의 연구개발과 실제 적용을 위한 법, 제도적인 측면의 장애요인을 해소하는 등 R&D 추진전략을 수립하고 결과물에 대한 실용성을 확보하는 방안을 연구하는 것이다.

○ Test Bed는 대형기술의 실용화를 목적으로 시범 적용을 위한 시험공간, 시설물, 시스템을 말한다.

○ 사전기획을 바탕으로 사업단장 선정후 사업단 과제의 세부과제 도출 등 상세기획을 시행하게 된다.

(2) 핵심과제 선정

○ 본 Smart Highway기술을 개발하는 사업단 과제는 방대한 연구분야를 포함하는 도로사업의 특성상 핵심과제 선정단계에서 기술적인 부문을 직접 다루는 것은 곤란하므로 미래도로의 핵심가치별로 과제를 선정하는 방법과 도로를 구성하는 주요 인자별(도로-자동차-운전자-통신환경 등)로 연구범위를 구분하여 핵심과제를 선정하는 방법을 검토하였다.

○ 검토결과 핵심가치별로 핵심과제를 선정 시에는 하나의 세부과제에 여러 가지 핵심가치가 중복될 수 있고 핵심과제의 수가 많아지는 등의 단점이 있어 도로를 구성하는 주요 인자별로 핵심과제를 선정하였다.

○ 즉 본 사전기획에서는 종합전략수립, Test Bed 구축 과제를 전제로 하고 효율적인 사업진행을 고려하여 도로 구성인자별 연구범위를 설정하였고 여기에 1장에서 도출된 미래 도로의 핵심가치와 2장의 미래 도로기술 동향 및 전망을 통하여 압축된 도로관련 미래기술이 접목될 수 있도록 핵심과제를 선정하였으며, 핵심과제별 세부과제 선정단계에서 Smart Highway의 목표를 달성할 수 있는 과제를 도출하고 세부과제별 세세부 과제를 제시하는 것으로 하였다.

○ 총괄과제로는 "Smart Highway 종합전략수립"으로 정하였고, 핵심과제는 총 4개로서 핵심과제 1에는 도로기반분야의 핵심기술을 연구하는 『Smart Highway 핵심요소 기술 개발』, 핵심과제 2는 도로-통신 환경 구축을 전제로 한 도로교통 운영과제인 『도로-통신기반 교통운영 기술 개발』, 핵심과제 3은 지능형 차량 등을 도로기술과 접목하는 『Smart 도로-자동차간 연계기술 개발』, 핵심과제 4는 핵심과제1~3에서의 R&D 성과에 대하여 현장 적용성을 검증하고 실용화를 확보하기 위한『Smart Highway Test Bed 구축 및 활용』으로 정하였다.

○ 이를 정리하여 도식화하면 아래 그림4-1과 같다.

그림 4-1 핵심과제 선정

(3) 과제 연구 경위

1) 기획위원회 구성 및 운영

○ 스마트하이웨이 기술개발 사업의 공정하고 합리적인 운영을 위해 20여명의 도로교통, 포장 및 시공, 터널, 자동차, 그리고 ITS 등 관련 분야 전문가들로 구성된 기획위원회에서는 세부과제에 대한 다양한 의견수렴과 수렴된 의견에 대한 검증·확인을 통해 객관성 및 공익성 높은 과제를 도출하는 자문 및 지도 역할을 수행하였음

○ 기획위원회는 효율적인 위원회 운영을 위해 여러 차례의 회의를 개최하였고, 도출된 연구과제에 대한 정책 및 기술기획 검토 등을 완료하였음

○ 또한 본 기획과제의 기획위원 외 다양한 의견수렴을 위해 여러 분야의 전문가들의 의견을 충분히 수렴하여 기획과제를 진행하였음

○ 기획위원회를 통해 결정된 기획연구 내용들은 타 기관 및 과제참여 전문가 외 여러 전문가들에게 On-line 및 Off-line을 통해 중복성 검토 및 의견을 수렴하여 과제 종료 때까지 지속적으로 수정·보완하였음

2) 연구수행 경과

○ 본 스마트하이웨이 사전기획연구 수행경과를 살펴보면 다음과 같음

○ 2006년 6월에 스마트하이웨이사업 기획위원회가 결성되어, 본 연구사업의 추진방향 등에 대한 3차례의 자체 회의를 시행함

○ 2006년 10월18일에 사전기획연구의 수행기관으로 도로교통협회가 선정되어, 착수보고회 겸 제4차 기획위원회가 개최됨

○ 2006년 11월10일 중간보고회 겸 제5차 기획위원회가 열렸고, 과제의 비젼 및 목표의 결정을 위해 11월 16일 전문가 전략 워크샵을 개최하였음

○ 이러한 연구결과를 바탕으로 11월 22일에 제1차 공청회를 실시하여 관련 전문가 및 일반시민의 의견을 조율하여 과제에 반영하였음. 제 1차 공청회 결과, 초고속기능에 국한하지 않은 전체 도로부문의 균형적 기능향상과 IT기술을 접목한 첨단 도로시스템 구현에 대한 요구에 따라 이를 반영하기 위한 보완작업이 수행되었으며, 주요 보완방향은 다음과 같음

- 본 사업은 미래의 새로운 도로의 상을 창출하는 것으로서, 속도향상에만 중점을 두기보다는 안전성, 편리성, 친환경성 등 미래도로가 갖추어야 할 여러 가치를 구현하는 종합 프로젝트로 수행하는 것이 타당함
- 미래도로의 화두는 지능형 도로로서, 자동차, IT 등의 첨단기술의 융·복합화가 필요하나 현재 보고서는 이에 대한 소극적인 도입방식을 채택하고 있음

- 미래도로의 가치를 창출하는 역할과 더불어 현재의 도로가 갖는 고질적인 문제를 해결하기 위한 대안이 제시되어야 하나 이를 소홀히 하였음

○ 보완작업 결과, 기존 "수퍼하이웨이 사업"에서 "스마트하이웨이 사업"으로 사업범위와 목표를 더 광범위하게 상향 조정하였으며, 2007년 5월18일 제2차 공청회를 통해 그 연구결과를 공개하였음

○ 최종적으로 6월 7일 최종 결과에 대한 평가회의와 이에 대한 지적사항을 반영하여 최종 연구내용을 확정하였음

3) 주요 회의결과 요약

제4차 기획위원회 회의 (착수보고)

일 시 : 2006. 10. 18.(수)
장 소 : 한국건설교통기술평가원

- 회의안건
  - 제안과제명 : 수퍼하이웨이 개발
  - 사전기획과제 착수보고회 및 관련자문
- 회의내용
  - 실현가능하고 합리적인 목표 설정이 바람직함
  - 경제성에 대한 고려가 최우선적으로 이루어져야함
  - 기존 연구과제와의 중복에 대하여 타 연구과제와의 조율을 위한 기획이 필요함
  - Test-Bed의 구체적 활용에 대한 설정 필요
  - 세부연구분야 재검토 및 연계기술 개발 병행 필요

제5차 기획위원회 회의 (중간보고)

일 시 : 2006. 11. 10.(금)
장 소 : 한국건설교통기술평가원

- 회의안건 : 사전기획과제 중간보고회 및 관련자문
- 회의내용
  - 사전기획에서는 사업단장 공모를 위한 RFP 도출과 사업단의 비전, 목표, 핵심과제를 도출하고 그 외 세부적인 사항은 사업단장의 유연성으로 상세기획을 통하여 도출하는 것이 바람직할 것임
  - 재원확보를 위한 구체적인 대안의 도출 필요
  - 고속도로뿐만 아니라 전체 도로에 적용 가능한 연구과제를 고려할 필요가 있음
  - Test-Bed로서 신규 단일노선이 적정하나 실현가능성을 토대로 세심한 검토가 필요함

스마트하이웨이 워크샵

일 시 : 2006. 11. 16.(목)
장 소 : 서울 팔레스호텔

- 워크샵 주제
  - 사전기획연구 결과 보고
  - 사업단 비전 및 목표 검토, 사업단 추진전략 및 핵심과제 편성에 관한 토의
- 워크샵 내용
  - 참석한 관련분야의 전문가들을 4개 분과로 구성
  - 각 분과별로 1. 사업단 비전 및 목표 검토, 2. 사업단 추진전략 및 핵심과제 편성 두개 Session에 대한 분임토의
  - 각 조별로 토의내용을 발표하여, 그 결과를 사전기획과제 연구진에게 제출

건설교통연구 개발사업 1차 공청회

일 시 : 2006. 11. 22.(수)
장 소 : 코엑스 컨퍼런스센터

- 공청회 주제
  - 사업단과제 추진배경 및 목적소개
  - 사전기획과제 연구성과물 발표
  - 사업단과제 및 사전기획과제 관련 의견 청취
- 공청회 내용
  - 유관기술 발전동향에 맞추어 수퍼하이웨이 기술을 개발할 필요가 있음
  - 향후 재원조달 등을 위한 기존 법,제도 보완 필요
  - 인간, 즉 이용자 입장에서 수퍼하이웨이 연구가 진행되어야 할 것임
  - 국가 기술경쟁력 강화를 위한 수출상품 특허 전략이 필요
  - 해외 시장 마케팅을 위한 영문 요약, 홍보물 제작이 필요
  - Test-Bed의 성공에 대한 비전공유 및 대국민 홍보가 필요
  - 기존 연구과제 조사 및 현 연구과제와의 연관성 고려 필요
  - 재원조달 확보를 위한 매칭펀드의 현실화 필요
  - 연구성과 적용 및 확산을 위한 법•제도 보완이 필요
  - 해외시장 진출 및 부가가치 창출을 위한 Test-Bed가 반드시 필요

건설교통연구 개발사업 2차 공청회 (보완)

일 시 : 2007. 5. 18.(수)
장 소 : 양재동 교육문화회관

- 공청회 주제
  - 사업단과제명 변경 : 스마트하이웨이
  - 사전기획과제 연구성과물 발표
  - 사업단과제 및 사전기획과제 관련 의견 청취

- 공청회 내용
  - 안전성 확보에 대한 다각적 검토 필요
  - IT, 자동차 등 유관분야의 발전속도에 맞는 적정 연구수행 절차 수립 필요
  - 안개, 폭설 등의 특수상황에 대한 연구내용 보강
  - 다른 등급의 도로간 연계문제(속도괴리문제 등)에 대한 대책 필요
  - 테스트베드의 신중한 접근과 예산의 효율적 관리
  - 장기 사업임을 감안하여, 과업의 수정 및 변경 등 유연한 대처가 가능토록 대책 마련 필요

건설교통연구 개발사업 최종평가회의

일 시 : 2007. 6. 7.(목)
장 소 : 한국건설교통기술평가원

- 회의 안건
  - 스마트하이웨이 사전기획 최종 평가회의
  - 사업성과 발표 후, 평가위원회의 평가 시행

- 주요내용(상세내용은 부록 참조)
  - 스마트하이웨이를 종합적으로 표현할수 있는 조감도 등의 작업 필요
  - 도로부문 공통기술에 대한 연구영역은 초고속도로인 스마트하이웨이에서 축소하는 것이 바람직함
  - 대규모 테스트베드 사업이 원활히 추진되도록 정부 및 유관기관과의 협력에 대한 중요성 및 그 방안을 제시
  - 특정 기술에 국한되지 않도록 연구과제명의 선정에 신중을 기할 것
  - 예산부분에 대한 세부적인 산정기준 제시

4.1.2 핵심과제별 목표

본 장은 앞에서 도출된 총괄과제와 4개의 핵심과제에 대한 개략적인 정의와 목표를 정함으로써 핵심과제별로 세부과제를 도출하기 위한 기초정보를 제공하기 위한 것이다.

(1) 총괄과제 : Smart Highway 종합전략 수립

1) 정의

○ 총괄과제는 Smart Highway 사업의 성과목표를 달성하기 위한 사업 추진전략을 수립하고 R&D를 통하여 개발된 기술의 실용화 단계까지 전 과정을 총괄 기획하는 과제이다.

2) 목표

○ Smart Highway 사업 추진의 효율성을 제고하고 실용화를 지원하기 위하여 Smart Highway 사업결과 도출되는 기술의 상호연계 강화와 사업추진 과정상의 법·제도, 내외부 환경적인 제약요소를 극복하는 것을 목표로 한다.

(2) 핵심과제 1 : Smart Highway 핵심요소 기술 개발

1) 정의

○ Smart Highway를 구축하기 위한 도로부문 기반기술을 연구개발하는 과제로서, 현재 도로가 안고 있는 문제점 해결과 Smart Highway가 추구하는 핵심가치(이동성, 안전성, 정시성, 편리성, 경제성, 친환경성)를 실현하기 위한 시공, 재료, 보수·보강, 환경에 관한 기술을 개발하는 과제이다.

2) 목표

○ 도로부문 기술력 향상을 통해 도로 선진화를 유도하고 더 좋은 품질의 도로를 이용객들에게 제공하기 위하여 도로건설 및 유지관리에 필요한 각종 핵심기술을 첨단기술과 접목시키는 등의 연구개발을 수행함으로써 현재 도로가 안고 있는 문제점을 해결하고 Smart Highway가 추구하는 미래 지향형 핵심가치를 구현한다.

(3) 핵심과제 2 : Smart 도로-통신기반 교통운영 기술 개발

1) 정의

○ 운전자에게 교통정보를 실시간으로 제공할 수 있는 통신환경체계의 구축을 통해 안전하고 편안한 주행환경을 제공하기 위한 첨단 교통운영 및 제어 기술을 실현하는 과제이다.

2) 목표

○ 보다 양질의 정보수집 및 제공기능의 강화를 통해 첨단제어시스템을 구현할 수 있는 통신하이웨이 구축을 목표로 하며 운전자가 원하는 시간, 원하는 지점에서 원하는 정보를 실시간으로 제공받을 수 있는 통신환경 기반 정보제공시스템 및 첨단 도로운영 기술을 개발한다.

(4) 핵심과제 3 : Smart 도로-자동차간 연계기술 개발

1) 정의

○ Smart 도로환경에서 도로와 자동차가 서로의 정보를 공유하며 최적의 주행상태를 유지하여 안전하고 편리한 도로-자동차 연계 환경 시스템을 구축하는 사업

2) 목표

○ 도로 및 교통안전관리를 위한 다목적 유지관리 자동차 그리고 교통정보 검증방안 및 무선통신기반의 다목적 단말기 개발

○ 초고속 주행환경에서 자동차 속도향상에 따른 교통소음 및 배기가스 배출증가를 도로-자동차 기술을 서로 연계하여 환경오염을 감소시키는 기술 개발

○ 초고속 주행환경에서도 일반자동차와 지능형 자동차가 주행마찰이 없이 안전하고 쾌적하게 주행할 수 있는 도로 구축

○ 자동차 발전에 대응할 수 있는 도로기술 개발을 원칙으로 하고, 미래형 자동차가 제 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 지원하거나 자동차의 성능을 향상시킬 수 있는 도로시설을 연구·개발

(5) 핵심과제 4 : Smart Highway Test Bed 구축 및 활용

1) 정의

○ Smart Highway R&D 사업 추진 성과물에 대한 개별 단위의 실용성을 검증하고 Test Bed 구축을 위한 제반 기준 마련, 설계, 시공 등을 단계적으로 시행하며 실제 운영을 통하여 종합적인 성과를 분석하는 과제이다.

2) 목표

○ Smart Highway 기술의 실용화를 실현하고 성과측정을 통한 사업성을 확보한다.

4.2 세부과제

4.2.1 세부과제 도출

(1) 세부과제 도출방법

○ 미래사회 기술의 변화전망과 국가 주요 정책 로드맵 및 도로관련 기술로드맵 등을 통하여 미래도로의 핵심가치와 발전방향을 구현하는 Smart Highway의 비전을 달성할 수 있도록 핵심과제별 세부과제를 도출하고자 한다.

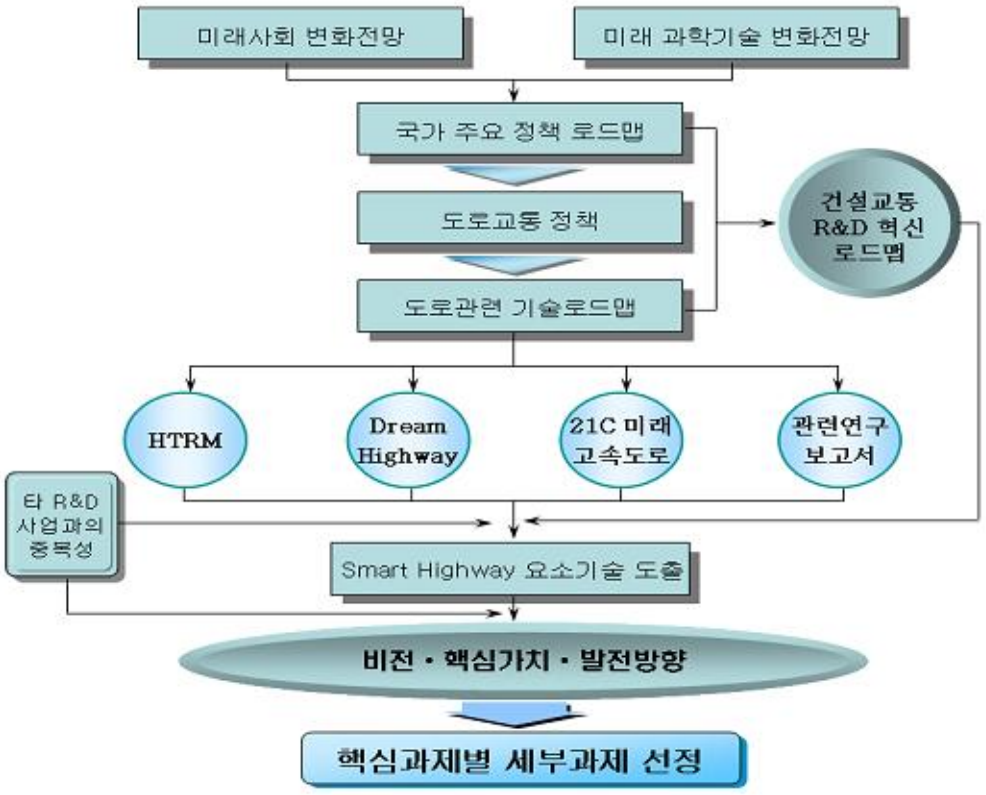


그림 4-2 세부과제 선정방법[1)]

1) * HTRM : Highway Technology Roadmap(한국도로공사, 2004), Dream Highway(한국도로공사, 2004)
* 21세기 미래고속도로 발전방향(한국도로공사, 2002)

○ 먼저 도로관련 기술로드맵 등을 통하여 미래 도로기술 수요를 도출하고 이를 토대로 핵심과제별 세부과제를 선정한 후 세부과제별 하위 과제를 도출하고 도출된 세세부과제에 대하여는 그간 도로교통분야 R&D 연구과제들과의 중복도 등을 고려하여 Smart Highway 연구과제로 최종 선정하는 방향으로 검토하였다.

(2) 미래 도로 기술

1) 미래 도로의 기술수요 분석

① 도로교통분야 주요 연구과제

○ 교통개발연구원(2003)의 "국내·외 도로교통 연구동향 및 전망" 연구에서는 국내외 도로교통연구 동향분석 및 전망을 통하여 각 분야별 국내의 연구수준을 다음 표 4-1과 같이 평가하고 주요 연구과제를 표4-2와 같이 제시하였다.

표 4-1 도로교통연구분야의 선진국대비 국내 연구수준 진단

분야	각 분야에 대한 선진국대비 국내의 연구수준 진단			
	미진	초기수준	중간수준	동일수준
① 지속가능한 도로교통체계의 확립 분야	○			
② 도로교통 안전분야		○		
③ 도로교통시설투자 및 평가체계 분야			○	
④ 인간중심의 도로교통체계 분야	○			
⑤ 연계교통체계 및 복합운송체계 분야	○			
⑥ 육상(도로)물류분야	○			
⑦ 도로교통분야 데이터베이스 구축 분야			○	
⑧ 도로교통 운영 및 유지관리 분야			○	
⑨ 도로교통 기술분야			○	
⑩ 도로교통 재정 및 제도·조직 분야		○		

표 4-2 도로교통 연구분야의 주요 연구과제

대 분 류	중 분 류	소분류(중요수행과제)
① 지속가능한 도로교통체계의 확립 분야	교통과 환경	환경오염 감소 대책 및 환경차량개발
		에너지절약을 고려한 교통환경 조성
		지속가능한 도로계획·설계·공사방안
		소음감소대책
		환경비용 산정 방안
		대체연료 개발
	도로, 교통, 지역개발	지속가능한 도로주변 개발
		교통과 토지이용의 균형
		교통기반시설 투자가 지역발전에 미치는 영향
② 도로교통 안전분야	도로이용자 안전	도로이용 불편센터(가칭) 설치
		노약자/어린이/장애인의 안전
		교통정류화(Traffic Calming)
		음주운전/운전중 휴대폰 사용금지 대책
		오토바이/자전거 안전
		트럭운전자의 안전
	도로안전진단	도로안전진단 평가(사전, 사후, 운영중)
	교통사고 분석 / 예측	사망사고율이 상대적으로 높은 국도 안전 강화
		교통사고비용 추정
		알콜, 약물 등의 영향
		교통사고 예측기법 개발
		안전캠페인의 효과
		안전에 영향을 미치는 신기술 개발
	교통 안전시설	학교주변 안전시설관리
		업무지구주변 안전시설관리
		비신호교차로의 안전
		터널 내 안전
		철도 안전
		지방부 도로의 안전
	도로 안전교육	안전교육의 실시
		교육방법의 개발
		초보운전자의 교육

대 분 류	중 분 류	소분류(중요수행과제)
③ 도로교통시설투자 및 평가체계 분야	도로교통시설	도로간 위계성 강화를 위한 종합적 도로 투자 평가체계
		친환경적, 인간중심의 도로설계기준 작성
		경관, 역사, 문화, 휴양도로 등 신개념 도로의 계획 및 투자
		도로교통안전시설 설치·운영·관리의 체계화(일원화)
		도로표지관리
		시간가치 산정
	교통평가	타당성 조사
		통행시간 조사
		관광지 도로평가
		지방부 도로의 평가
		평가측정기준
④ 인간중심의 도로교통체계 분야	보행자/자전거	차량과 보행자간의 상충해소
		보행자공간의 서비스 평가
		자전거/보행자 관련시설
		도로 휴게시설
	장애인 관련시설	장애인 관련시설
⑤ 연계교통체계 및 통합운송체계 분야	환승	복합·환승시설의 계획·설계·운영
		공항, 항만, 내륙 물류거점시설 등과의 연계도로망 집중 정비
	대중교통	HOV와 대중교통수단의 우선권
⑥육상(도로)물류분야	도시화물교통	화물차량 수단과 노선의 선정
		화물도로 지침 개발
		국제 물류 동향 파악
		화물교통수단의 개발
		위험화물차량 대책
		전자상거래의 영향
⑦ 도로교통분야 데이터베이스 구축 분야	데이터베이스 구축	보행자/차량/도로공사장 교통사고 통계
		도로현황 통계
		교통량 통계
		도로 기술용어 사전
		연구문서 자료 구축
	데이터베이스 활용	데이터베이스 활용방안 구축
	조사방법론	조사방법론 개발

대 분 류	중 분 류	소분류(항목)
⑧ 도로교통 운영 및 유지관리 분야	도로의 유지관리	도로 운영 및 유지보수 비중 강화
		유지관리업무의 우선순위 선정
		겨울철 도로관리
		보도 유지관리
		생애주기비용 최소화
		유지관리 시스템 개발
		재난시 도로관리 시스템 개발
		포장관리체계
		도로 터널관리
		교량
		도로공사구간 운영방안
		유지관리 모니터링 방법
		효과적인 유지관리 예산관리
	교통수요관리	교통수요관리 대책 수립
	유료도로의 효과	유료도로제도의 활성화
		민간자본의 적극적 도로분야 유치
	지능형 교통체계	관련산업체간 정기적/의무적 교류 및 정보공유 합리화
		각종 알고리즘의 지속적 연구개발
		첨단대중교통체계
		첨단교통정보체계
		첨단교통운영체계
		GPS/GIS/LBS
		운전자 행태 연구
⑨ 도로교통 기술분야	도로설계	친환경적이고 지속가능한 도로설계 기준 작성
		도시부도로의 구조·시설 기준 작성
		도로 기하구조 개선방안
		고령자와 도로구조
		시거/속도
		트럭특성을 반영한 도로설계
		보행자시설 설계
		교차로 설계
		미끄럼방지시설 개선

대 분 류	중 분 류	소분류(항목)
⑨ 도로교통 기술분야	도로포장	기온과 교통에 따른 포장재료 선택
		도로포장재료의 평가
		포장재료의 환경적 영향
	시설성능 검토	충격흡수시설, 방호울타리 성능 검토
	토목공사, 배수, 지반	토질관리
	기술개발	신기술 개발
⑩ 도로교통 재정 및 제도·조직 분야	도로정책	제도/캠페인의 효과분석
		중앙정부정책과 지방정부시행사이의 관계
		정책이론과 사회경제 이론의 상충
		주차정책
		교통관련 범죄
		자전거 정책 평가
	장기교통계획	친환경적 교통체계
	재정	경제성 평가
		도로행정
		도로부문의 자산관리
		도로재원부담

② 21세기 미래고속도로 발전방향

○ 한국도로공사의 21세기 미래고속도로 발전방향에서는 미래고속도로에 요구되는 도로기술의 수요를 조사하여 제시하고 있으며, 교통분야의 경우 한국도로공사 내외의 전문가를 대상으로 한 델파이조사와 워크샵을 통하여 6개 소분야에 걸쳐 46건의 기술과제를 도출하였다.

표 4-3 21세기 미래고속도로 발전방향의 교통부문 핵심기술 리스트

핵심기술	핵심기술의 정의	세부기술리스트
첨단교통류 관리	첨단교통류관리시스템은 도로시설 자체를 첨단지능화하여 위험상황 인지 및 자동제어, 자동주행이 가능하도록 한 시스템으로 고속도로의 반복정체 영향 및 발생빈도를 감소시키며, 고속도로 이용자의 안전과 운영효율성의 최대화, 운전자의 안락감 증진을 목표로 함.	• 이동식교통관리시스템(PTMS) • 램프제어시스템(RMS) • 차로제어시스템(LCS) • 가변속도제어시스템(VSLS) • 고속도로중차량관리시스템(HVMS) • 속도위반단속시스템(SVES) • 차로위반단속시스템(LVES) • 고속도로 교통정보시스템(FTIS) • 첨단차량 및 도로시스템(AVHS)
차량의 지능화	차량의 지능화는 차량을 첨단지능화하여 위험상황 인지 및 자동제어, 자동주행이 가능한 시스템으로, 첨단기능의 차량과 도로를 이용하고 안전하고 효율적인 도로주행을 제공하고 군집운행 및 자동운전을 통한 획기적인 도로용량 증진 및 운전편의성의 제고를 목표로 함	• 자동차량 위치추적시스템 • 실시간 경로탐색 및 안내 • 음성인식 전자정보시스템 • 운전자 정보시스템(DIS) • 차세대 디스플레이 장치(HUD) • 차량전후방 충돌예방기능 • 차량측방 충돌예방기능 • 감속도로구간 안전관리기능 • 차량안전 자동진단기능 • 장애자 안전지원기능 • 운전자 시계향상기능 • 위험운전 방지기능 • 차량간격제어기능 • 자동조향 운전기능 • 군집운행기능 • 고속도로 교통관리시스템 및 돌발상황관리 시스템과의 연계제어

핵심기술	핵심기술의 정의	세부기술리스트
돌발상황관리	돌발상황관리는 도로상에서 발생하는 교통사고, 차량고장, 비정상적인 혼잡 등 각종 돌발상황이 발생할 경우 이로 인한 혼잡 및 사고위험을 줄이기 위하여, 최대한 빨리 정상상태로 환원하기 위한 일련의 조직적이고 계획된 활동을 의미함. 즉, 돌발상황관리는 유고검지 및 확인, 유고관리 및 대응으로 이루어진 일련의 체계적 과정임.	• 차로 및 속도위반단속, 과적차량단속 • 안개, 결빙, 강풍 등 악천후 사전예고 시스템 • 자동돌발상황 검지기능 • 정보 수집관리기능 • 지리정보시스템을 이용한 돌발상황감지 • 돌발상황 진행 감시기능 • 긴급구조 구난 자동배차시스템 • 주변 고속도로 권역교통관리시스템 센터와의 연계기능 • 자동배차시스템 센터와의 연계기능 • 이동식 교통관리시스템 센터와의 연계기능
첨단 교통정보 제공	첨단교통정보제공시스템은 도로 이용자 및 유관 도로관리기관 등에게 각종 교통관련정보, 기상변동정보 등을 실시간으로 제공하여 교통수요를 분산하여 운전자의 편의성과 안전성을 향상시키고 교통시설의 이용효율을 극대화하기 위한 시스템	• 교통정보수집 및 처리기술, 고급정보 생성기술 • 기반시설물 관리시스템과의 연계기술 • 교통센터간 정보연계기술 • 첨단도로 및 차량연계 기술 • 첨단도로 및 차량시스템과의 연계기술 • 차로제어시스템과의 운영연계 • 환경관리시스템과의 연계기술
자동요금 징수체계	최첨단 정보통신 기술을 활용한 도로 인프라와 차량과의 상호 정보공유를 통해 고속도로 통행료 징수 및 관련 교통정보를 실시간으로 상호 교환할 수 있는 시스템	• 차량인식시스템 • 차재기시스템 • 위반차량감시시스템 • 자동요금정산시스템 • 차종분류시스템 • 도로변정보제공하드웨어시스템 • 통신 및 정보제공시스템 • 특수차량처리시스템 • 타 교통체계와의 호환시스템
국가물류 D/B에 의한 도로망 계획체계연구	교통정책 및 계획수립 등에 필요한 교통통계, 문헌 및 조사자료를 종합적, 표준적으로 분석관리하고, 도로, 철도, 항만, 공항, 물류기지 등 교통시설 및 수단의 운영실태, 기종점 교통량, 통행특성, 교통네트워크 등에 관한 자료를 Data Base화 하여 국가 교통 및 물류의 흐름을 반영하고 예측하여, 최적의 교통 및 물류 이동이 가능토록 도로망을 구축하는 시스템	• GPS 시스템 • GIS 시스템 • 위성항법 장치의 대량생산으로 가격인하 • 개인의 정보 보안대책 필요 • GPS, GIS 시스템과 교통, 물류 D/B간 연계 시스템 구축 • 장래 수요를 반영한 도로 네트워크 계획 시스템 구축

③ 한국의 미래기술 : 도시/건설/토목 부문

○ 본 보고서는 한국과학기술평가원 및 과학기술정책연구원(1999)이 분야별 과학기술계의 전문가를 통해 2000~2025년까지 과학기술을 예측 조사한 것이며, 이 조사결과는 관련분야의 광범위한 전문가를 대상으로 2차례의 델파이법에 의한 설문조사, 그리고 그 결과를 체계적으로 분석 및 조정하는 절차를 통해 도출된 것이다.

○ 그 중에서 중요도가 높았던 도로건설기술은 다음 표 4-4와 같다.

표 4-4 과학기술예측에서 중요도가 높았던 도로건설기술

구 분	과 제 명 (*: 중요도가 높은 과제: 상위 10대 과제에 포함)
시설의 질과 안전확보	· 도로의 포장재료 및 시공기술이 향상되어 도로수명이 지금보다 1.5배 이상 향상 · 도로시설의 유지관리를 위한 각종 계측기술이 발달하여 모든 주요 시설물이 자동으로 계측되는 기술의 개발 · 교량의 내진 및 면진설계기술과 장대교량 및 고속철도교량의 설계기술의 개발 · 연약지반조사와 해석기술이 개발되어 국내지반에 알맞은 설계 및 시공기술이 개량* · 기존 구조물의 기초구조의 건전성을 조사하여 합리적으로 보강하는 기술의 실용화* · 기존 및 신규건설 구조물의 내구성을 향상시킬수 있는 기술의 개발* · 물위에 뜰수 있는 경량 콘크리트의 개발 · 마이크로섬유를 이용한 철근이 필요없는 초고강도 콘크리트의 개발 · 겨울철 콘크리트의 온도를 상승시킬 수 있는 혼화제의 개발 · 강구조물을 위한 고내구성 및 고성능의 접착제의 개발을 통한 시공의 단순화 · 콘크리트의 내구수명을 연장하기 위한 관리, 재료, 시공기술의 실용화
신공간 창출	· 토사터널의 해석기술을 개발하여 난지반에 지하공간을 조성하는 기술의 자립 · 해양공간 활용을 위한 시설물 설계 및 시공기술의 개발 · 새로운 환경으로서 지하공간의 환기, 채광, 습도 등 환경적 조정기술의 개발
환경을 고려한 건설	· 개발이 생태계에 미치는 영향의 규명과 인류의 자연과의 공존을 목적으로 한 기술개발
초대형 건설기술	· 초고속도로 건설기술의 실용화

④ 건설기술혁신사업 5개년 계획 분석

○ 본 보고서는 국가종합계획인 '건설기술진흥기본계획'을 구체적으로 실천하기 위해 마련된 것이며, 최근에 범부처적으로 추진된 국가기술지도(NTRM)와 연계하여 추진된 것이다.

표 4-5 건설기술혁신사업 R&D 프로그램 리스트

R&D프로그램	세부 R&D 프로그램	중점추진과제
SOC 시설물 해석 및 설계기술의 선진화	도로해석 및 설계기술 선진화	· 도로시설기능향상 설계기준 개선 · 도로 토공구조물의 해석 및 설계기준개선 · 도로포장의 기능성 향상을 위한 해석 및 설계기술 개선 · 부대시설물 성능향상을 위한 설계기준개선
	교량해석 및 설계기술 선진화	· 정밀구조해석 및 실험기술 · 내진, 내풍, 피로해석 기술개발 · 설계고도화기술 · 부속시설기술
	터널/토공 구조물의 해석 및 설계 선진화	· IT와 연계된 지능형 지반조사기술 · 최적화 표준설계를 위한 지반재료 실험법 및 지반 정수산정 기술 · 저비용/고효율 급속시공을 위한 신개념 굴착설계기술 · 안정성 확보를 위한 신재료 신소재를 이용한 신개념 지보 시스템 개발 · 신소재 보강재료를 이용한 지반보강기술 및 평가기법 개발 · 초연약 대심도 지반개량기술, 지반보강기술 및 평가기법 개발
건설재료의 고성능화	건설재료의 성능개선 및 다기능화	· 고성능 콘크리트 개발 및 활용 · 고성능 포장재료 개발 및 활용기술
	차세대 시설물용 신재료 활용 기술	· 신형식, 신구조용 신재료 개발기술 · 지하공간 및 해양공간 등 신공간 창출용 신재료 개발 및 활용기술
시설물 유지관리 효율화	시설물 유지관리체계 선진화	· 시설물 안전관리체계, 관리체계 및 기준 개발 · 시설물 유지관리지침 및 매뉴얼 개발
	시설물 평가기술개발	· 평가방법 및 평가기준개발 · 잔존수명예측기술 개발 · 내구성, 내하성, 사용성 평가기술 개발 · 첨단비파괴시험방법 및 장비개발 · 건전도 평가기술 및 전문가 시스템 개발

R&D프로그램	세부 R&D 프로그램	중점추진과제
시설물 유지관리 효율화	시설물 성능향상 기술개발	· 내구성 향상기술개발 · 보수, 보강, 성능향상 신재료 개발 · 신소재를 이용한 보수, 보강기술 개발 · 보수,보강 매뉴얼 작성
	시설물 유지관리시스템 개발	· 시설물 정보 및 이력관리 D/B 구축 · 경제성 분석 도구 개발 · 시설물 유지관리 시스템 개발
GIS를 이용한 건설기술의 고도화	GIS를 이용한 SOC 현황정보 구축	· 지형지물정보의 자동추출 · GIS 기반의 건설현황 전산화 · 도로정책 및 계획지원 시스템 · GIS 기반 도로계획/설계업무 지원 시스템 · LBS 기반 실시간 지반조사정보 관리시스 · GIS/CAD를 이용한 도로건설 3차원 설계도면생성 · 도로안전시설 관리시스템
	GIS를 이용한 SOC 분석 및 평가	· RS를 이용한 실시간 공정관리 효율화 체계 구축 · GIS 기반의 실적공사비 분석지원 시스템 · LBS를 활용한 현장작업인력관리시스템 · GIS 기반 자재 및 장비관리체계구축 · LBS를 이용한 건설현장의 도면관리 자동화시스템
	GIS를 이용한 SOC 통합관리	· GIS기반 건설현장 안전관리시스템 구축 · 건설재해통합관리시스템 · LBS 활용 재해복구관리시스템 구축 · 도로수해복구 시스템 · GIS 기반 사업관리 통합시스템 · Web 기반 건설 GIS 활용센터 구축 · 건설 정보화 연계체계 구축
사업관리 요소기술 개발	건설사업관리 효율화 및 고도화를 위한 관련요소 기술개발 및 기반구축	-
	정보화 체계와 연계된 효율적인 관리시스템 구축	-

R&D프로그램	세부 R&D 프로그램	중점추진과제
신 건설생산 시스템 개발	현황평가	· 생산체계개편을 위한 현황 파악 및 모델검토 · 생산체계개편을 위한 시안개발
	신 건설생산 시스템 개발, 적용	· 설계 및 엔지니어링 업무의 지식기반 통합정보 시스템 구축 · 입찰 및 계약제도의 혁신 · 건설품질 및 생산성 측정 기법 · 설계시공 통합방식 연구 및 관련주체 역할 재정립 · 린 방식의 신건설 생산시스템 개발 등
건설공사의 자동화/로봇화 기술개발	건설공사 자동화시공기술개발	-
	자동화를 위한 측정원격 제어 기술개발	-
	건설로봇시스템 운영 및 성능시험 기술개발	-
건설 신공법 및 신기술 개발	도로공사 기계화 시공 시스템	· 터널굴착 및 진단, 보수보강기술 · 도로관련 시설 진단 및 보수보강 자동화 기술
	무인 원격조정 토공 자동시스템 개발	· 원격조정에 의한 작업 안전성 확보를 위해 원격 제어기술, 통신기술, 측정 및 진단기술, 보정기술 등
첨단기술을 접목한 건설재료/소재 개발	NT 및 IT 기술을 활용한 건설재료 개발	· Damage 및 환경조건 감지를 위한 고성능 세라믹 센서 개발기술 · 고지능 콘크리트 구조물 개발기술 · 구조물 보호용 첨단 코팅재료 개발 및 실용화 · 구조물 보수/보강용 신섬유복합재료 개발기술 · 구조물 보강용 신금속재료 개발 및 적용 기술 · 강재부식 모니터링용 센서 개발 및 적용기술
	NT 및 ET 기술을 활용한 건설재료 개발	· 고성능 방음재료 개발 및 실용화 기술 · 소음저감용 포장재료 개발 및 실용화기술 · 유해폐기물 고형화 및 안정화 처리용 신소재 개발 및 적용 · 신소재를 이용한 환경오염 모니터링 및 정화시스템 구축
IT를 접목한 첨단건설 기술 개발	Virtual Construction Tool 개발	· 표준화 및 프로세스 모델링 기술개발 · 컴퓨터 그래픽 및 가상현실 응용기술개발 · 지식기반 DB 구축 기술개발
	IT를 이용한 시설물 모니터링 기술개발	· 시설물 거동 특성을 고려한 첨단계측기술개발 · IT 기법을 이용한 모니터링 기법 개발 · 국가 주요시설물의 모니터링 시스템을 이용한 정보화 방안 개발

R&D프로그램	세부 R&D 프로그램	중점추진과제
통합재해 위험관리 시스템 구축	재해위험관리 계획기술	· 지역별/시설물별 재해위험관리 목표 및 계획 기술 정립
	재해위험관리 시스템 구축	· 재해시나리오에 대한 정량적해석 및 예측기능 수치모형 개발 · 종합적인 재해대응기술 정립
	재해위험관리 시스템 운영	· 지역/시설물별 재해형태 분석 및 웹기반 위험도 분석 및 평가 모델 · 통합재해위험관리 시스템 운영
산사태 피해 최소화 기술개발	사면붕괴 예측 및 피해저감기술	· 사면붕괴평가 및 기준수립 · 사면붕괴 예측기술 개발 · 사면보강 기술개발 · 사면관련전문가 시스템 개발 및 사면 정보화 기술개발 · 사면자동화 계측 시스템 운용 및 보완기술개발
지진 및 태풍피해 최소화 기술개발	시설물 지진해석 및 내진설계기법 개발	· 교량의 지진피해 최소화기술
	시설물 내풍해석 및 설계기법 개발	· 내풍해석 및 설계향상 요소기술 확보 · 내풍설계기법 개발
시설물 화재피해 최소화 기술개발	지하시설물 및 터널 화재피해 최소화	· 화재안전영향인자의 물리적현상 규명 및 예측기술 · 지하시설물 및 터널의 제반환경 통제형 대응기술 · 지하시설물 및 터널의 종합화재위험도 평가기술 · 지하시설물 및 터널의 화재안전성능기준 및 예방 설계기술
교통사고 최소화를 위한 도로안전성향상 기술개발	도로기하구조 및 노면 안전성 분석기술개발	· 도로 기하구조의 안전성 향상 기술개발 · 노면 및 노측 안전성 향상 기술개발 · 도로시설 안전형 향상 기술의 종합평가
	도로 안전시설개발 및 성능평가 기술	· 도로안전시설 설치기준 정립 및 성능평가 · 첨단기술을 이용한 도로안전시설개발 및 성능향상
	도로 교통안전진단 및 개선기술	· 도로교통사고 조사 및 분석기술개발 · 도로교통 안전진단 및 개선기술개발 · 도로교통 안전관리 기준정립 및 통합정보시스템 구축

R&D프로그램	세부 R&D 프로그램	중점추진과제
건설폐기물 저감 및 재활용 기술개발	건설 폐기물 발생억제 기술개발	· 건설폐기물 발생 최소화를 위한 설계/시공 기술 · 건설자재/제품의 표준화/모듈화 기술 · 건설폐기물 발생량 파악 및 저감을 위한 LCA(Life Cycle Assessment, 전과정 평가)기법 · 건설자재 선별/해체기술 · 건설공종별 건설폐기물 발생억제기술
	건설 폐기물 재활용 촉진 기술개발	· 건설폐자재 활용기술 · 건설발생목재 및 건설혼합물 등의 선별기술 · 재생골재 이용용도 개발기술 · 콘크리트 덩어리의 골재 재활용기술 · 재생자재의 품질기준 설정/정비기술 · 건설폐기물 수급조정을 위한 정보교환시스템 구축기술 · 건설오니 재활용기술
	건설 폐기물 적정처리 기술개발	· 건설폐기물 적정처리 감시시스템 개발 · 건설폐기물 적정처리 평가기술 및 시설개발 · 건설폐기물 재활용 품질인증 방안 연구
친환경 건설기술 개발	건설사업 환경성 평가기술	· SOC 사업의 LCA 적용기술 개발 · SOC 사업 환경성 평가기술 개발
	건설현장 자연생태계 보전/복원기술	· 환경영향 최소화 건설공법 및 시공기술 · 친환경 건설장비 및 자재개발
	건설부문 환경오염부하 저감기술	· 자연생태계 보전/복원 요소기술개발 · 자연생태계 보전/복원 응용기술 개발
지하공간 활용 기술개발	지하공간 활용기술	· 지하공간 건설을 위한 급속시공기술 개발 · 고품질/고성능 지보재 기술개발 · 저비용/고안전 굴착보조, 보강 기술개발
	지하공간 환경개선 및 방재기술	· 장대터널 환기 및 방재시스템 기술개발
해양공간 개발 활용 기술개발	해저터널	· 해저터널 고안전 시공을 위한 조사 및 계측기술 · 해저터널의 역학적-수리적 설계기술 개발 · 해저터널건설을 위한 고효율 시공기술개발

⑤ 건설분야 미래 첨단 과학기술 기획조사 연구 분석

○ 본 연구에서는 기술을 한국건설기술연구원의 '기본사업 발전계획(2002)'에 의하여 도출된 목적 지향적 중점 연구개발 영역구분을 토대로 구분하고 있다. 그리고 각 중점연구분야 별로 현재의 산업 및 기술동향을 제시하고, 전문가 조사를 통해 미래에 요구되는 핵심 연구개발 분야를 기술지도의 형태로 과제기간(2004년~2012년)과 예산을 제시하고 있으며 다음 표 4-6에 도로 건설기술 연구 분야별 중분류, 소분류, 핵심기술명 및 내용을 제시하였다.

○ 여기서 소분류 도로기술은 현재 파악된 핵심 연구과제로서 앞으로도 지속적인 연구개발의 필요성이 제기되고 있는 분야로 이 연구에서 제안하는 미래 첨단 과학기술 연구분야 선정을 위한 과제풀(Pool)의 성격을 가지고 있다.

표 4-6 도로건설분야의 연구목표 및 분야

중분류	도로시설물 고도화 기술	
연구목표	· 작지만 잘사는 나라의 핵심인 정보 및 물류산업의 육성기초로서 효율적인 인프라 제공 · 최소 유지관리 교량구조 개발 · 도로 교량의 공용수명 평균 200년 이상 확보 · 공기, 공사비 20% 절감형 도로터널 및 부대기술 개발 · 한국형 도로시설물 건설기반 기술 확보	
소분류	콘크리트 교량의 향상 기술	국내 교량의 90% 이상을 차지하는 콘크리트 교량의 성능 향상 기술
	건설재료의 성능향상 및 건설 신재료 기술	교량, 터널 등 도로시설물의 기존 재료 성능 제고와 개선된 신재료 개발
	터널 및 토공 구조물 기술	터널, 지하공간 등의 안전성 제고와 성능향상을 위한 기술
	도로성능 및 안전성 향상 기술	도로선형, 도로시설물, 도로포장의 건설재료 및 신공법 개발

표 4-7 도로 건설 분야의 연구목표 및 분야

소분류별 핵심기술		
콘크리트 교량의 성능향상기술	첨단검지기술을 이용한 자기진단형 교량시스템 기술	교량 안전성 확보를 위한 첨단센싱기술을 활용한 교량상태 자동계측 기술
	충격실험 해석법의 표준화 기술	자동차 하중만 고려되는 국내 교량충격하중 외에도 홍수의 수압등의 요소를 고려할 수 있는 해석법
	부유교의 설계 및 시공기술	연약지반, 홍수 등의 악조건에서도 유동적, 경제적으로 설치, 제거할 수 있는 부유고설계/시공기술
건설재료의 성능향상 및 건설신재료 기술	복합재료를 활용한 건설구조물 개발 기술	기존강재나 콘크리트를 대체할 수 있는 고내구성의 복합재료를 활용한 구조물 건설기술
	친환경 콘크리트 기술	사회기반시설, 주거건축물 등에 활용되는 친환경 콘크리트 기술
	차세대형 인공골재기술	산업부산물, 도시쓰레기 등을 활용하여 부족한 골재를 대체할 수 있는 인공골재 개발기술
	도시열섬효과를 저감하는 친환경건설재료기술	친환경적인 건축/토목 재료로 콘크리트, 아스팔트로 인해 발생하는 도시열섬 현상 저감
	환경친화적 신건축재료 기술	모르터, 바닥재 등 건축물 마감재등 건축재료의 독성 저감, 재활용도 제고기술
터널 및 토공구조물 기술	건축재료의 Environmental Resource Guide 개발	원료채취, 가공, 생산, 사용, 폐기 등 주요 건설재료의 LCA 평가로 환경 부하 저감 기술
	효율적인 비파괴 진단 및 평가기술	지능형 센서 등을 이용한 비파괴 진단 기술
	지하공간 고속물류 Tube 건설기술	육상물류의 92% 이상을 차지하는 수도권 물류의 미래대안으로 지하공간 고속물류 튜브 건설
	초장대 터널 건설기술	급증하는 초장대터널의 안전성 확보를 위해 지반조사, 굴착기술, 환기/방재시스템 개발기술
	대심도 도심 지하공간 굴착기술	새로운 미래공간으로 환경친화적 도심 지하공간 조성을 위한 굴착 및 축조기술

소분류별 핵심기술		
도로 성능 및 안전성 향상 기술	포장파손 촉진 시험장비 기술	개발된 포장기술의 현장적용이 어려우므로 포장파손 촉진시험을 통해 성능평가
	교량결빙 방지를 위한 자동 제설제 살포 시스템	기상센서를 이용한 교량결빙조사 및 필요시 자동으로 노면에 제설제를 살포하는 시스템
	저소음 기능성 포장기술	급증하는 교통량과 중차량으로 생기는 심각한 소음 저감을 위한 도로포장의 신재료, 신공법
	도로교통 소음 저감기술	도로교통 소음의 주원인인 타이어 마찰음을 저감시킬 수 있는 도로 조건 제시와 관련기술
	지능형 도로 안전체계 기술 (미래핵심과제)	전자, 통신 등 첨단기술을 도로에 접목하여 도로안정성 제고와 교통사고에 능동적으로 대처
	ENVIROAD21 (친환경도로건설기술)	도로건설 계획시 재료, 공법 등의 친환경/친생태성 정량적 평가기법 개발/적용으로 친환경 도로 건설

표 4-8 재해/재난 분야의 연구목표 및 도로건설 관련 연구분야

중분류	재해/재난 피해 최소화 기술	
연구목표	· 화재로 인한 인명 및 재산피해 40% 수준 절감 · 화재 실험동의 극대 활용으로 관련 기술분야 선진국 수준 진입 · 정확한 홍수예보 기술개발 · 홍수 피해 및 홍수방어 비용 절감 · 산사태 피해 예측 및 피해 저감기술 개발	
소분류	시설물 화재피해 경감기술	사회 기반시설의 화재피해를 최소화하기 위한 첨단 기술을 응용한 방재기술
	홍수 등 자연재해 피해 경감기술	홍수, 가뭄, 산사태, 풍하중 등 자연재해의 피해를 최소화한 기술

소분류별 핵심기술		
시설물 화재 피해경감기술	인프라시설의 방재, 안전성능 선진화 기술	인프라 안전에 영향을 미치는 지진, 진동, 화재, 고장, 침수 등 제반 원인 규명과 위험도 평가 기술
	첨단 CAE 기반 화재방재 설비기술	화염과 연기의 거동을 대규모 실험을 거치지 않고 첨단 CAE(Computer Aided Engineering)를 기반으로 한 화재방재기술
	장대도로터널 화재안전기준 및 적정환기설비 설계안 개발	터널화재방지, 화재대응 및 화재제어 기술의 개발로 터널화재안전 설계기법 및 기준 확립
홍수 등 자연재해 피해경감기술	집중적 폭우에 대비한 도로 배수 설계관련 기술	특정지역에 발생하는 집중 폭우에 대비한 종합적인 도로 배수 관련 설계기술
	낙석산사태 피해 저감을 위한 도로 방재 및 통행 안전관리시스템 개발	산사태나 도로절개면의 붕괴로 인한 인명, 재산피해를 최소화하기 위한 설계, 시공기준, 공법을 제시, 도로통행차량의 안전한 주행을 지원하는 정보를 제공하는 등 위험상황 발생에 대처할 수 있는 종합적인 방재시스템 개발
	건설재해 통합관리 시스템 기술	SOC 등 재해예방과 피해최소화를 위한 수치지도, 위성영상 등 첨단기법을 이용한 건설재해통합관리 시스템 개발 기술

표 4-9 건설관리 및 정보화 분야의 연구목표 및 도로건설관련 연구분야

중분류	재해/재난 피해 최소화 기술	
연구목표	· 이종 첨단기술과 전통기술의 접목을 통한 건설기술 고도화 · 건설사업관리 효율화를 통한 건설생산구조 혁신	
소분류	첨단 도로시스템 기술	3D 설계, Web 기반 등 첨단기술을 접목한 도로의 안전성 제고 기술
	건설사업의 지식화, 정보화, 표준화 기술	건설 IT를 통해 건설분야별 정보의 DB화, Web 기반을 통한 표준화 제고 기술
	GIS의 건설분야 활용기술	도면 등 문서 전산화, 공사현장 이력, 재해량 산정 등 건설분야의 GIS 활용
	건설공사 관리기술	건설생산시스템 개선, 건설분야의 자동화, 로봇화 등 공사관리기술 혁신

표 4-10 건설관리 및 정보화 분야의 연구목표 및 도로건설관련 연구분야

소분류별 핵심기술		
첨단 도로 시스템 기술	도로기하구조 설계 평가용 3D 시뮬레이션 기술개발	도로 3D 설계 프로그램을 차량 운전자가 실감할 수 있도록 시뮬레이터와 결합, 활용하는 기술
	설계속도 200km이상의 초고속 도로 선형설계 관련기술	초고속도로의 설계와 시공 관련 기술 요구 증가에 따라 초고속도로의 선형 설계 및 통제 기술
건설사업의 지식화, 정보화, 표준화 기술	건설 IT 활용 확산을 위한 기획	건설 분야 IT 기술 활용 모델 개발, 건설-IT 활용센터 구축 및 유지관리, 서비스 방안 제시
	건설정보 통합환경 구축을 위한 표준화 기술	건설산업 정보화에 개별적으로 활용되고 있는 GIS, XML, STEP 등을 연계하는 표준화 기술
	가상기업 구현을 위한 건설 e-비지니스 첨단기술	건설산업의 디지털 경쟁력의 강화를 위한 건설업체의 e-비지니스 체계 구축 기술
	공학적 판단에 근거한 도로사업 관리 전문가 시스템	도로업무 전반에 대한 전문가 시스템 구성을 위한 자료축적부문에 대한 연구
	국제화 시대에 대비한 성능중심의 건설기술기준 및 건설 품질규격의 개발	선진외국 기술기준 현황 및 발전추세 분석/평가를 통한 독자적인 품질인증 체계 구축
	시설물 유지관리 첨단화를 위한 IT 적용기술	시설물의 노후화 상황을 센싱 기술 등 첨단 IT 기술을 통해 점검하고 적절하게 유지 보수할 수 있는 기술
GIS의 건설분야 활용기술	GIS를 이용한 현장지원 시스템 기술	어느 현장에서나 해당지역의 인력, 장비, 자재 업체의 정보를 GIS를 이용하여 연계하는 기술
	환경, 재해, 교통 등 종합검토용 국토개발 가상현실 시뮬레이터 기술	국토개발, 사회기반시설 건설, 대규모 택지 개발시 경제성, 환경, 재해, 교통, 인구 등을 고려한 가상 현실세계 시뮬레이터
	4S기술을 이용한 교통/물류 자원(기반시설) 통합관리 시스템 기술	분리되어 이루어지는 도로, 철도, 항만 등의 교통물류자원을 4S(GIS, ITS, SIIS, GNSS)를 통해 관리하는 시스템
	디지털 이미지로부터 지형지물 정보의 자동추출 기술	공간지형정보추출을 위해 디지털 이미지를 이용한 지형지물의 자동 추출 기술
	LBS를 이용한 건설현장 도면관리 자동화 기술	건설현장에서 PDA 등을 이용한 모바일 LBS 기술로 시공자에게 도면을 자동 전송하는 시스템 개선
	GIS와 연계한 도로관련문서 전산화 체계구축	· 전국단위의 도로관련대장 DB 구축, WEB 기반 통합 시스템 구축 및 기존 시스템과의 통합, 연계

소분류별 핵심기술		
건설공사 관리기술	가상현실기술을 이용한 설계 및 시공 시뮬레이터 기술 (예비과제)	설계도면의 가상현실 구현을 통해 설계상의 오류를 사전에 시각적으로 검토, 보완
	건설시공 자동화 기계 및 로봇시스템 선진화 기술 (예비과제)	건설기능인력의 부족해결과 공사비 절감 및 시공품질의 향상을 위한 자동화, 기계화 기술
	건설생산시스템 혁신기술 (예비과제)	건설환경과 유효 기능인력 감소 등으로 건설생산시스템 개선을 위한 대체 시스템
	신건설 개념을 활용한 차세대 건설생산기술	신건설 적용을 위한 건설생산작업 분석 및 이론정립, 건설사업에 적용하는 전략 수립
	건설핵심장비 및 공사시공 시뮬레이션 프로그램	최적의 공정계획 수립지원을 위한 사용자 환경의 건설작업 시뮬레이션 모델링 기술

⑥ 미래 고속도로 발전방향 분석

○ 이 보고서는 한국도로공사가 근래에 들어 선진국과 우리나라에서 추진되고 있는 각종 미래전략, 기술지도 등과 보조를 맞추어 미래 고속도로에 요구되는 도로기술의 수요를 제시하고 있으며, HTRM(고속도로 기술지도) 연구의 사전연구의 성격을 가지고 있다. 여기서는 2020년까지 기술발전을 고려하여 광범위한 내외부 전문가를 대상으로 한 델파이 조사 및 워크샵 등을 통해 유지관리 시스템 체계화/통합화, 인간/환경 중심의 고속도로, 차세대 첨단교통체계 구축, 신개념 고속도로 창출 등 4가지 분야에 4개 분야에 대한 27개 과제를 제안하였다.

○ 한국도로공사는 여기서 삶의 질 향상을 위한 인간과 자연의 상생실현을 실현하기 위한 비전으로 "Smart Highway"를 제시하였고 고속도로 측면과 기업의 양 측면에서 IT, SMART 고속도로, 세계최고 핵심기술 노하우 보유, 신개념 고속도로 개발, 통일 고속도로 실현, 아시안 하이웨이 프로젝트 리더라는 목표를 제안하고 있다.

표 4-11 21C 미래고속도로 발전방향에서의 도로건설 핵심기술 리스트

핵심기술	정의	세부기술 리스트
유지관리 시스템의 체계화/통합화(7건)		
1) 시설물유지관리 시스템 개발 및 정착	교량, 포장, 터널, 암거 등의 점검, 진단 및 보수, 보강 우선순위 결정에 IT기술을 접목한 효율적인 유지관리 시스템	· 교량유지관리 통합시스템 · 강구조물 비파괴 진단장비기술 · 콘크리트구조물 균열탐사기술 · 포장 및 터널관리 통합소프트웨어 등 총11개 기술
2) 첨단점검 및 진단기술	시설물의 점검 및 진단을 위해서는 적절한 계획과 기법, 필요한 장비의 확보 및 운영 그리고 책임기술자를 포함한 기술자의 공학적 지식, 경험과 신뢰성이 필요	· 무인점검장비 · 각종 조사장비 및 판독기술 · PDA등의 무선장비를 이용한 점검 기술 · 광학 및 무선 디지타이저를 이용한 균열망도 작성기술 등 총 10개 기술
3) 혁신적인 보수, 보강공법 개발	도로상의 주요시설물인 교량, 터널, 포장 등에서 통행차량의 주행성 또는 사용성이 불량해지거나, 시설물 자체의 안전이 확보되지 못할 경우 적절한 조치를 통하여 원래의 기능을 회복하는 기술	· 보수/보강 설계 시스템 · 강교 용접부 보강 기술 · 환경친화적인 강교도장 기술 · 콘크리트 균열 억제 기술 · 성능개선 기술 · 침투식 포장 균열 보수 기술 · 콘크리트 내구성 확보를 위한 도장 기술
4) 노면관리 첨단기술	노면관리는 도로청소, 제설작업, 노면잡물처리, 노면평탄성유지, 차선관리가 있으며, 사후 보수적 개념에서 사전 예방적 관리체계로 개선해 나아가기 위한 기술	· 적정 염화물 살포기준 · 노면잡물 진공청소 시스템 · 도로기상자료 수집, 분석을 통한 도로결빙 조기경보시스템 · 네트워크 레벨의 지능형 노면 관리시스템의 개발 등 총 12개 기술
5) 도로주변 소음저감기술	고속도로 주변의 정온한 환경유지를 위한 소음저감과 관련된 총체적인 기술	· 고속도로 소음예측 및 방음벽 설계기술 · 방음벽 상단 간섭장치 기술 · 저소음 도로포장 기술 등 총 8개 기술
6) 건설폐기물 재활용 및 자원화기술개발	건축물의 해체 증축, 신축, 개축 및 재건축과 도로의 신설, 굴착, 개보수 등 모든 과정에서 재사용되지 않거나 또는 사용된 후 배출되는 모든 폐기물을 자원화하는 기술	· 폐자재 사용에 대한 인식의 전환 · 폐자재 사용관련 명확한 품질기준의 수립 · 사업부산물 발생기관과 유용가능기관과의 상호교류 및 협력 · 폐자재 사용에 대한 연구 강화
7) 도로주변 환경오염 예측 및 저감방안	고속도로를 이용하는 자동차에서 발생하는 대기오염물질에 의한 고속도로 주변 대기 및 토양, 수계의 오염 상태변화를 관찰, 예측하는 시스템을 구축하고, 관찰, 예측된 자료에 따른 문제점을 파악하여 이를 저감시킬 수 있도록 하는 저감기술의 구축	· 고속도로 소음예측 및 방음벽 설계기술 · 방음벽 상단 간섭장치 기술 · 저소음 도로포장 기술 · 방음벽 흡음재 성능개선기술 · 환경친화적 방음패널의 제조 및 시공기술 · 방음터널 기술 · 능동형 도로소음 차단기술

핵심기술	정의	세부기술 리스트
인간/환경 중심의 고속도로(10건)		
1) 국가물류D/B에 의한 도로망 계획체계 구축	생략	생략
2) 건설정보화	건설활동의 전과정에서 발생되는 데이터와 이를 목적에 따라 가공한 정보, 그리고 체계화한 지식으로서 건설생산활동의 기반체제	· GPS, LBS 등 무선기술, 컴포넌트 기술, 전자상거래 기술 등 IT기술 · 가상현실을 이용한 건설사업 관리기술 선진화 등 총 6개 기술
3) 도로설계 자동화	도로건설을 위한 설계 성과품을 만드는데 정보화기술을 활용하여 신속하고 정확하게 이를 작성할 수 있도록 하는 기술	· 설계검사 소프트웨어 · 도로안전도평가 소프트웨어 · 3차원 시뮬레이션 소프트웨어 · 가상현실 설계 소프트웨어 · 설계최적화 소프트웨어
4) 구조물의 프리캐스트화	공장이나 현장에서 제작된 프리캐스트를 사용하여 구조물을 완성하는 기술	· 건설 구조물 표준화 및 부품화 · 프리캐스트 구조요소의 접합방법 및 접합기술 · 프리캐스트 요소개발기술 등 총6개 기술
5) 지반조사 기법 첨단화	지속적인 지반조사기법 및 신장비의 개발을 통해 최적, 고품질의 도로건설 및 운영을 추구하는 기술	· 전자 및 계측기술을 응용한 원지반 지반조사 장비 도입/응용 개발 · 비파괴 및 원격 탐사기법 도입/응용 개발 등 총 4개 기술
6) 건설현장의 무인화/자동화	건설기계 및 장비의 조종을 통신, 화성정보 등의 기술을 이용하여 작업의 생산성을 향상시키고, 작업의 환경을 개선시킬 수 있는 기술	· 건설기계의 자동화/반자동화 · 화상시스템 · GPS 건설기계 위치 검출 시스템 · 메카트로닉스 응용기술
7) 신재료 및 신공법 정착 시스템 구축 및 기준 체계화	신건설기술의 적용 및 관련혜택을 늘여 신기술 활용의 극대화를 유도	· 신재료, 신공법 적용의 경제적 효과를 판단할 수 있는 인력 양성 · 도입된 신기술에 대하여는 관계법령이 정한 수준정도의 지원으로 보상 수립
8) 다양한 신재료 적용	다기능, 고성능 혹은 친환경적 재료의 관한 기술	· 산업폐기물의 대체재료원 활용화 · 대체가능한 천연재료원 개발 · 신건설재료 적합성 평가기술 개발 및 사용기준 수립 등 총 7개 기술
9) 도로주변 야생동물 보호대책	도로건설로 인한 생태계 영향 최소화를 위해 인공구조물의 설치, 대체서식지를 조성하는 관련 기술	· 지형적 특성을 고려한 서식종 조사기법 · 동물이동을 위한 유도기법 · 기존구조물을 이용한 동물이동통로확대 · 단절된 공간내의 서식환경조성 등 총7개기술
10)절/성토부의 다양한 사면 녹화기술개발	개발이나 재해 등에 의해 변화하는 환경 및 생태계의 회복을 위해 바람직한 자연환경을 재생하며 창조하는 기술	· 절성토사면의 환경녹화기술 체계화 · 지속가능한 생태계 보전기술개발 · 환경녹화용 자생식물조사 및 선발기술 등 총 10개 기술

핵심기술	정의	세부기술 리스트
신개념 고속도로 창출(5건)		
1) 복층고속도로 건설	교통혼잡과 집중도의 완화를 목적으로 부지확보 등이 어려운 별도의 고속도로를 건설하지 않고, 기존의 노선이나 도로 위에 고속도로를 복층으로 건설하는 기술	· 조립식 교각 시공 및 건설기술 · 경량의 조립식 상부구조 및 가설기술 · 고가 고속도로의 소음저감기술 · 오폐수 처리 시스템 · 내구성이 뛰어나고 재활용이 가능한 소재의 적용 기술 · 내진 및 면진 설계기술
2) 초고속도로 건설	인적, 물적자원을 보다 빠르고 안전하게 효율적으로 이동시키며, 도로와 자동차가 일체의 시스템으로 움직이는 도로를 건설하는 기술	· 초고속도로 설계기준 정립 · 터널, 교량의 장대화 기술 및 장수명화 기술개발 · 고속주행에 적합한 자동차 제작기술 개발 · 장애대응 시스템 등 총 11개 기술
3) 해상, 지하 고속도로 건설	좁은 국토자원의 활용과 물동량 확대, 그리고 지구면적의 70%를 차지하는 해양의 개발을 위해 해안 지역 도서간 연결 고속도로, 해상의 부유형 고속도로, 육상 및 해저의 지하 고속도로를 건설하고 관리하는데 필요한 기술	· 해저 및 지하 지반조사를 위한 시험 및 탐사, 분석 기술 · 지반개량 기술 · 내풍, 내염기술 · 해양환경 보존기술 등 총 13개 기술
4) 내구성이 우수한 다기능 포장재료개발	도로의 사용자가 일정기준 이상의 승차감을 느끼면서 안전하게 도로를 주행하는데 필요한 포장노면을 제공할 수 있는 재료기술	· 내구성이 좋은 다공성 콘크리트 포장을 활용한 저소음 포장 기술 · 내구성이 향상된 배수성 포장재료 개발기술 등 총 4개 기술
5) 다기능, 고성능 구조물 신재료 개발	고속도로 구조물에 사용되는 각종 재료의 성능을 높이고, 다기능화시켜, 신기술을 이용한 신소재를 고속도로 구조물 건설 및 유지관리에 적용하는 기술	· 도로구조물 수명예측 기술 · 첨단신재료를 이용한 새로운 보수/보강기술 · FRP의 교량 적용 기술 · 초고강도 콘크리트의 설계 및 시공 기술 등 13개 기술

⑦ 고속도로 기술지도(HTRM, 2004.12)

○ 본 연구는 한국도로공사가 국민과 사회적 욕구를 충족시키고 21세기 기업성장의 기반을 위하여 개발, 보유해야할 필요 기술에 근거한 고속도로 기술지도 작성 및 실행전략을 수립하기 위하여 수행된 것이며, 한국도로산업의 국제적 경쟁력 확보와 물류비용 등 사회비용절감을 도모하기 위하여 거시적 목표 연도를 2025년으로 하고 부문별 기술지도와 실행전략의 계획은 2014년을 목표로 수행한 것이다.

○ HTRM에서는 "지속적인 기술혁신을 통한 인간중심의 Nexus Highway 실현"을 비전으로 안전성, 이동성, 지속가능성, 경제성을 목표로 설정하였으며, 비전과 목표에 부합되는 핵심 기술 프로그램을 도출하기 위해 본 연구에서는 도로 교통, 설계/건설, 유지관리 분야의 기술 수요 분석을 수행하였고 각 분야별 전문가 그룹을 운영하여 67개 기술 프로그램을 도출, 도로관련 전문가의 자문 등을 거쳐 40개의 핵심기술 프로그램을 도출하였다.

- 교통 분야 : 6개 기술 프로그램
- 설계 및 건설분야 : 27개 기술 프로그램
- 유지관리 분야 : 7개 기술 프로그램

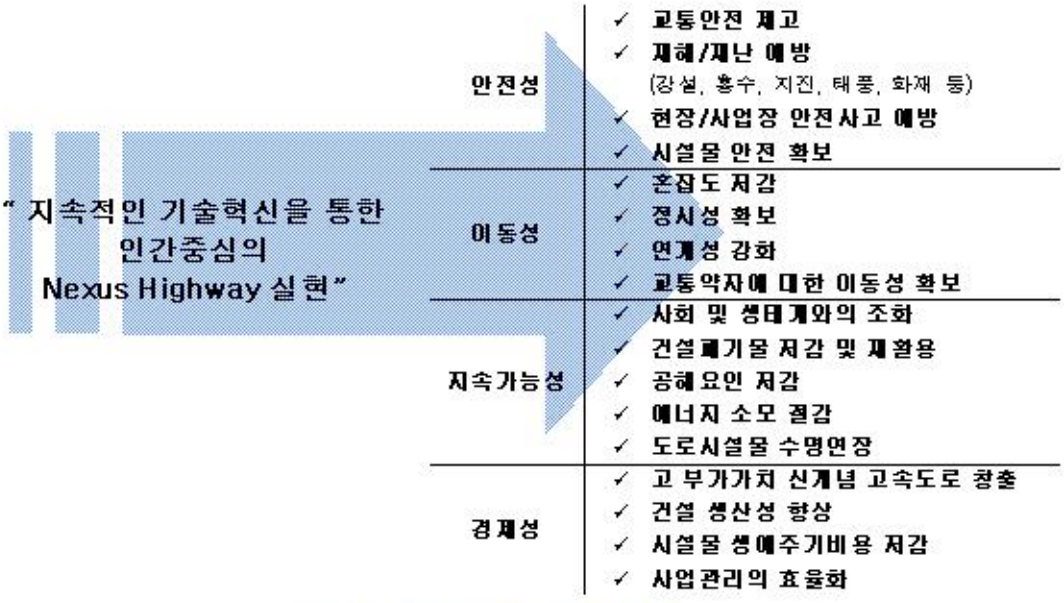


그림 4-3 HTRM의 비전과 목표

표 4-12 HTRM 프로그램 현황

분 야		프로그램명(40개)	비고
설계/건설	설계	도로설계기법의 고도화	
		인간/환경 중심의 도로설계	
		설계 최적화 기반 조성	
		특수도로설계[프로젝트]	
		Integrated Mapping 시스템과 GIS를 이용한 도로설계/시공/유지관리 기술	
	환경	자원순환형 도로건설 기술	
		생태친화형 도로건설 기술	
		도로주변 환경오염 모니터링 및 저감기술	
		환경관리 시스템 개발	
	포장	동절기 도로운영 최적화	
		안전하고 환경친화적인 도로기술 개발	
		다양성을 고려한 포장신공법 개발	
		포장의 공용성 평가를 통한 예방적 유지보수 공법개발	
	구조	차세대 PSC 교량 건설 기술	
		프리캐스트 콘크리트 교량 건설 기술	
		복합 신소재를 이용한 교량 건설 기술	
		고성능 강교량 건설 기술	
		지속가능 콘크리트	
		초장대 교량의 설계 및 건설 기술[프로젝트]	
	지반	지반공학적 방재기술 개발	
		친환경 터널공간 구축기술	
		신개념 터널 건설 및 관리 기술	
		취약지반 대응 첨단화 기술	
		지반조사의 고도화 및 정보화 기술	
	CM	혁신적 사업관리 기법 향상	
		건설 정보화 시스템 구축	
		발주자 관리역량 강화[프로젝트]	
교통		고속도로사업 영향분석 및 의사결정 지원	
		체계적인 교통안전 관리기술 개발	
		과학적인 교통혼잡 관리기술 개발	
		교통관리 시스템 기능 강화	
		고속도로 지능화기술개발	
		물류사업 지원기술[프로젝트]	
유지관리		고속도로망 통합 자산관리 시스템 구축	
		생애주기비용최소화 유지관리 시스템 구축	
		지능형 통합 포장관리 시스템 구축	
		지능형 점검·진단 시스템 개발	
		시설물 안전감시 체계 구축	
		시설물의 장수명화를 위한 성능평가 및 내구성 향상기술 개발	
		자연재해 위험관리 통합시스템구축	

⑧ Dream Highway(2004.12.)

○ Dream Highway 보고서는 한국도로공사가 21세기 사회·경제전망 및 도로교통의 변화를 수용하고 현 도로시스템의 문제점을 해소하는 동시에 향후 통일과 신국토건설에 능동적으로 대처하고자 인간을 존중하고 환경을 중시하며 빠르고 편리한 아름다운 고속도로를 모토로하여 작성한 것이며 주요 내용은 다음과 같다.

그림 4-4 Dream Highway 개념도

표 4-13 Dream Highway 주요 개념

개 념	주요 내용
빠른 고속도로 (Superspeed Highway)	· 설계속도 140km/h 이상의 놀라운 속도 · 이용고객의 목적지까지 정시성이 확보된 도로 · 고속주행에 적합한 최적의 선형설계 · 안전성과 주행성 향상을 위해 화물차량이 배제된 도로 · 진출입시설 최소화로 고속주행성이 확보된 도로 건설
친환경 고속도로 (Eco-Highway)	· 자연환경 훼손을 최소화 할 수 있는 도로설계 · 인간과 자연이 조화되는 여유로운 도로 건설 · 동식물에 대한 철저한 생태보전대책 수립 · 모든 사람이 아름다움을 느낄수 있는 공간 창출 · 연도주민 피해가 최소화된 도로건설
안전한 고속도로 (Safe Highway)	· 초고속 주행에 따른 운전자의 안전 중시 · 화물차량 배제로 주행 안정성 확보 · 기상변화에 효율적으로 대처하고 사전에 정보가 제공되는 도로 · 재해·재난 대응시스템이 구축된 안전한 도로
신기술 고속도로 (New-Tech Highway)	· 장수명의 교량 건설 · 주행 쾌적성 확보를 위한 공법 채택 · 유지관리 효율이 극대화된 도로 · 시공성 및 경제성이 향상된 신공법 적용
지능형 고속도로 (Smart Highway)	· 도로이용자 편익 극대화 · 최첨단 교통정보 서비스 제공 · 교통사고의 신속한 처리등 완벽한 돌발상황관리 · 지능형 교통체계 구축
편리한 고속도로 (Convenient Highway)	· 단순히 이동만을 목적으로 하는 도로의 기본개념을 탈피한 새로운 개념의 Total Service 제공 · 가정과 같은 편안한 생활공간 창출 · 복합 생활시설 및 비즈니스 서비스 센터 구축 · 편안한 이동 및 여행에 필요한 각종 정보 제공

2) 기술수요 도출 및 관련 R&D과제 분석

① 기술구현 방향

○ 먼저 미래 도로기술 전망 및 연구과제 추이를 통한 스마트하이웨이 기술구현 방향은 다음과 같이 정리된다.

○ 첫째, 현재 운영중인 도로가 갖는 문제점을 해결하기 위한 대안을 수립하는 것으로 IT기술을 접목하여 첨단도로체계를 구축하여 선진국 수준의 안전성과 이동성을 확보하는 것이다.

○ 둘째, 현재 제공되고 있는 도로 서비스를 관리자 중심에서 이용자 중심으로 관점을 이동하여 보다 편리하고 안전한 서비스를 제공하는 것이다.

○ 셋째, LCC기반 시설물 평가 및 VE를 통해 도로건설 및 유지관리의 저비용 고효율화를 달성하고 보다 친환경적인 요소를 가미한 지속가능한 도로건설 기술을 개발하는 것이다.

○ 넷째, 무사고, 무정체를 지향하는 자동화·지능화 도로의 구현을 위해 필요한 핵심요소기술을 개발하여 상용화를 위한 시험을 완성하고 관련 기초기술의 응용기술을 지속적으로 개발해 나가는 것이다.

○ 마지막으로 이동성이라는 도로의 기본 기능을 최대한 지속할 수 있도록 신뢰 가능한 주행시간을 확보하고 자동차 성능의 놀라운 향상, 도로관리 기술의 발달, 안전성 강화 등의 미래 여건변화를 감안하여 현 선진국의 설계속도 140km/hr를 상회하는 160km/hr 수준에서도 안전한 주행환경이 확보될 수 있는 도로설계, 건설, 관리 기술력을 확보하도록 한다.

○ 여기서 설계속도 160km/hr는 단순한 도로규격을 높이는 기준이라기 보다는 자동차 기술, IT기술뿐만 아니라 도로설계, 건설, 품질관리 및 유지관리 기술 등 전반적인 관련분야의 발전에 따른 융·복합기술을 활용한 도로성능의 뒷받침이 되는 수준으로 평가되어야 한다.

② 미래도로 소요기술 전망

○ 앞에서 기술한 도로관련 기관들의 미래 도로 기술전망을 통하여 스마트 하이웨이 구현을 위한 기술수요를 분석하고 세부과제 도출을 위한 분류작업을 시행한 결과는 다음 표 4-14와 같다.

표 4-14 미래 도로 소요기술 전망 분석

핵심가치		소요기술 전망
인간중심 친환경성 지속가능성		· 환경오염 감소대책 및 친환경차량 개발 · 친환경적, 인간중심의 도로설계 기준 작성 · 저소음 기능성 포장 기술 · 건설폐기물 저감 및 재활용 기술개발 · 교통약자(노약자, 장애인 등) 대책 · 운전자 행태 연구(인간공학 측면)
정시성 이동성		· 첨단 교통류관리시스템 개발 · 노면잡물, 청소, 평탄성 유지 등 노면관리 첨단기술 · 과학적인 교통혼잡관리 기술 · 돌발상황관리시스템 개발 · 첨단교통정보제공 기술 · 자동요금 징수시스템 진화 · 초고속도로 건설기술의 실용화 · 연계교통체계 및 복합운송시스템 개발
경제성	신관리 기법	· VE를 통한 경제성 증대 · 생애주기비용 최소화 방안 · 혁신적인 사업관리 기법 개발
	신기술	· 기존 시설물 성능향상 기술 · 도로 포장재료 및 시공기술의 향상 · 내진, 면진기술의 개발 · 설계기술의 고도화 · 시설물 장수명화를 위한 성능평가 및 내구성 향상기술 · 자원순환형 도로건설 기술
	신소재	· 차세대형 인공골재 기술 · 초고강도 콘크리트 개발 · 신소재를 이용한 도로건설기술 · 건설재료의 고성능화 · 복합재료를 활용한 건설구조물 개발기술
	신공법	· 혁신적인 보수, 보강공법 개발 · 차세대 PSC 구조물 건설 기술

핵심가치	소요기술 전망
지능성	· GIS, LBS, GPS를 활용한 지능형 도로교통체계 · 첨단 점검 및 진단기술 · IT를 이용한 시설물 모니터링 기술 개발 · 도로설계 자동화 기술 · 자동차의 지능화 대응 도로기술 개발 · 건설공사의 자동화, 로봇화 기술개발
안전성	· 취약지반 대응 첨단화 기술 · 교통사고 예측기법 개발 · 안전관련 신기술 개발 · 위험물 운반차량 관리시스템 개발 · 겨울철 도로관리 고도화 방안 · 통합재해 위험관리 시스템 개발 · 교통사고 최소화를 위한 도로안전성 향상 기술개발
기 타 (특수구조물 기술보유)	· 초장대터널 및 초장대교량 건설기술 · 복층고속도로 건설 · 지하공간 활용기술 개발(지하고속도로) · 해양공간 개발 활용기술 개발(해저터널)

③ 관련 R&D사업 분석

○ 스마트하이웨이 소요기술 도출을 위하여 타 R&D 사업의 연구내용을 분석하고 사업량과 기간, 성격 등을 고려하여 과업량을 조정할 필요가 있다.

○ 먼저 특수구조물 기술보유를 위한 초장대 터널 및 초장대 교량, 복층고속도로, 지하고속도로, 해저터널 등의 건설기술은 스마트하이웨이의 과업 성격에 부합되지 않고 사업의 특수성과 사업량, 연구기간 등을 고려할 때 별도의 R&D과제로 추진하는 것이 타당하다. 현재 초장대교량은 별도의 R&D과제로 사전기획연구를 추진중에 있으며, 본 과업과의 중복성이 배제되도록 하였고 상세기획 단계에서 충분한 검토가 진행되어야 할 것이다.

○ 3장에서 검토한 사업범위와 관련하여 차세대 도로건설기반 기술에 해당하는 과제와는 건설교통 R&D 혁신로드맵에서 제시된 개발내용을 중심으로 가능한 중복성을 피하고 일반도로와 고속도로라는 구분에 따라 별도 검토되어지는 부분에 대하여 세부과제로 선정하여 추진하는 것을 원칙으로 한다. 다만 필요시 건설교통기술평가원을 비롯한 사업단과 관련기관과의 협의를 통하여 스마트하이웨이 상세기획단계에서 업무분담 및 Test Bed 구현시기 등을 감안하고 차세대 도로기반기술의 R&D 착수 시기를 보아가며 과업범위를 조정할 필요가 있다.

표 4-15 타 건설교통 R&D 과제 내용(1)

개발과제		개발내용
SMART High-Way (차세대 도로기반기술)	차세대 도로건설 기술 개발	· 미래 대비 도로구조 및 제도 · 고령사회 도로설계 기술 · 도심지 소형자동차 도로 · 차세대 차량방호 안전시설 · 연구기반시설 활용 도로시설물 성능 개선 · U-Safety 도로관리시스템 구축
	차세대 포장건설 기술 개발	· 슬래그 골재를 활용한 기술 · 노상지지력 향상 기술 · 차세대 아스팔트포장 · 한국형 연속철근콘크리트
초장대 교량	장대교량기술 개발	· 초장대교량 설계기반 구축 · 초장대교량 구조시스템 최적화 · 대형기초 설계시공기술 · 고성능 재료 적용기술 · 초장대교량 유지관리기술 · 초장대교량 내풍성 향상 기술
생산성·안전성 향상	건설 자동화 및 장비개발	· 무인자재운반 및 시설물 유지관리 자동화 등
	엔지니어링 요소기술 개발	· 설계, 사업관리 요소기법 등
	환경부하저감형 고성능 건설재료 개발 등	· 고기능, 고성능 건설재료 개발 등 NT, BT, ET 기술을 이용한 재료 개발
	IT융합 건설기술 개발	· 사회기반관리, 건설IT교육 시스템 등
	시설물 안전관리 네트워크 구축	· 도로시설물 안전관리 네트워크 구축 · USN기반 안전관리 네트워크통합시스템 구축 등

○ 생산성·안전성 향상 R&D과제는 요소기술별, 단위 재료의 개발 등에 관련된 부분이므로 개발된 재료의 활용을 통한 스마트하이웨이 구현 기술을 개발하는 것으로 과제를 선정하며, 스마트하이웨이에 한하여 검토되어지는 특수한 부분에 대하여는 과제내용에 포함 시키는 것으로 한다.

○ 교통체계 효율화 R&D과제는 교통수단간 연계성 강화, 종합적인 정보제공, ITS 기술 표준, 수송분야에 대한 총괄적인 연구성격이 강하므로 스마트하이웨와의 중복성 보다는 개발된 기술의 상호보완적인 기능이 충분히 발휘되도록 사업관리를 진행해야 한다.

표 4-16 타 건설교통 R&D 과제 내용(2)

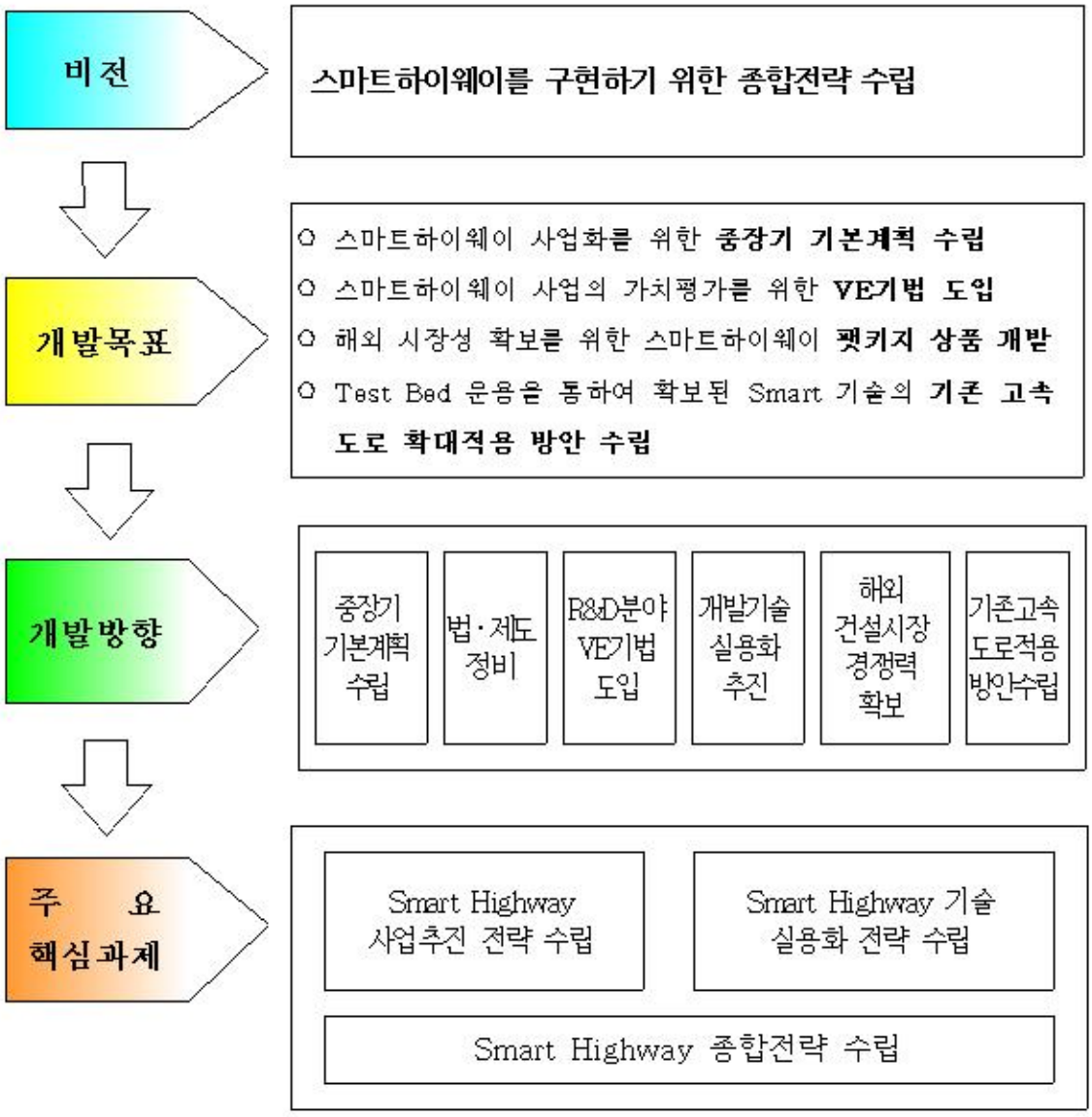
개발과제		개발내용
지능형 교통체계	유비쿼터스 맞춤형 대중교통 서비스 기술 개발	스마트카드(RFID) 기반의 정보수집기술
		대중교통 통합 운영체계 기술 개발
		맞춤형 정보제공 기술 개발
		통합 대중교통 요금체계 기술 개발
	교통정보유통 혁신기술 개발	정보수집, 통합운영, 맞춤형 정보제공, 핵심 IT기술/시스템 개발, 표준화 기술
	안전지향형 교통환경 개선기술 개발	운전자 안전운전지원시스템 기술개발
		U-Safety 교통사고분석 기술 개발
		교통약자 보호시스템 기술 개발
		교통안전 감시시스템 기술 개발
		Test Bed 구축 기술 개발
	교통데이터 관리 및 통합연계	대규모 교통데이터 분석, 품질관리, 운영, 저장, 제공기술 등
		첨단교통조사 체계 구축 기술 등
	ITS 표준구현체계 기술 개발	ITS 표준참조 모델 개발
		차세대 서비스 기반기술 및 지원시스템
		도로기반시설의 핵심표준기술 개발 등

개발과제		개발내용
미래형 교통운행 시스템	U-Transportation 기반기술 개발	정보수집, 가공, 제공, 운영 기술 등
		Test Bed 구축 기술 개발
	위성항법 기반 교통인프라기술 개발	신교통시스템, 위성항법 인프라개발
		도로-위성항법 기술에 대한 도로부문 활용 기술 개발
	신에너지 바이모달 수송시스템 개발	저상굴절 차량 개발
		수송 연료전지 교통인프라 기반기술 등
	교통연계 및 환승 시스템 기술 개발	교통수단간 교통정보 환승연계 체계 구축 등
	미래형 자동차 안전성 향상 기술 개발	안전성 평가, 고령자 친화적 자동차 개발 등

4.2.2 세부과제 선정

(1) 총괄과제 : Smart Highway 종합전략 수립

1) 구상도



2) 세부과제 선정

○ 총괄과제는 Smart Highway 사업의 성과목표를 달성하기 위한 사업 추진전략을 수립하고 R&D를 통하여 개발된 기술의 실용화 단계까지 전 과정을 총괄 기획하는 과제로서 "Smart Highway 사업추진 전략수립", "Smart Highway 기술 실용화 전략수립" 등 2개의 세부과제를 선정하였다.

○ "Smart Highway 사업추진 전략수립" 과제는 스마트 하이웨이 사업추진을 위한 기본 방향 및 계획을 수립하고 법·제도적 측면의 장애요인을 해소하며 R&D에 VE기법을 도입하는 방안을 연구하고 실제 VE를 시행하는 것으로 다음과 같은 연구과제를 선정하였다.

- Smart Highway 중장기 기본계획 수립
- Smart Highway 관련 법령 및 제도 개선 연구
- Smart Highway 사업 VE 도입방안 연구 및 시행

○ "Smart Highway 기술 실용화 전략수립" 은 스마트 하이웨이 기술의 실용화를 위한 기본연구를 수행하고 국내외 도로시장 동향분석 및 기존 고속도로의 성능향상을 위한 적용 방안을 수립하는 과제로서 다음과 같은 연구과제를 도출하였다.

- 국내외 고기능 도로기술 개발 동향 분석
- 해외 도로시장 조사, 분석
- Smart Highway 팻키지 상품화 방안 연구
- Smart Highway 기술의 기존 고속도로 적용 방안 연구

3) 총괄과제 요약

정의

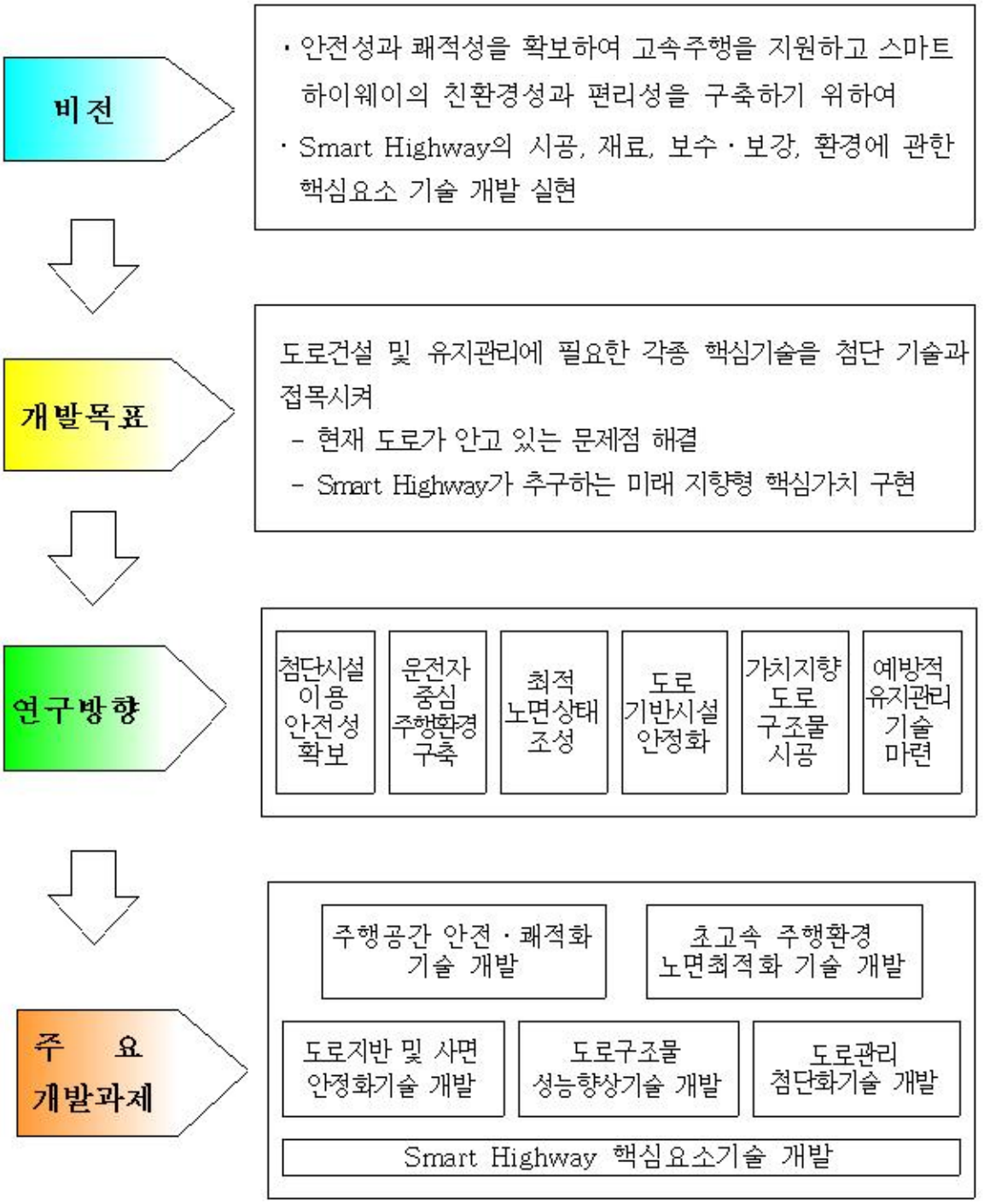
- **Smart Highway** 사업의 성과목표를 달성하기 위한 사업 추진전략을 수립하고 R&D를 통하여 개발된 기술의 실용화 단계까지 전 과정을 총괄 기획하는 과제

세부과제

- **Smart Highway 사업추진 전략 수립**
  - **정의**
    - 스마트 하이웨이 사업추진을 위한 기본 방향 및 계획을 수립하고 법·제도적 측면의 장애요인을 해소하며 R&D에 VE기법을 도입
  - **세세부과제**
    - Smart Highway 중장기 기본계획 수립
    - Smart Highway 관련 법령 및 제도 개선 연구
    - Smart Highway 사업 VE 도입방안 연구 및 시행
- **Smart Highway 기술 실용화 전략 수립**
  - **정의**
    - 스마트 하이웨이 기술의 실용화를 위한 기본연구를 수행하고 국내외 도로시장 동향분석 및 기존 고속도로의 성능향상을 위한 적용 방안을 연구
  - **세세부과제**
    - 국내외 고기능 도로기술 개발 동향 분석
    - 해외 도로시장 조사, 분석
    - Smart Highway 팻키지 상품화 방안 연구
    - Smart Highway 기술의 기존 고속도로 적용 방안 연구

(2) 핵심과제 1 : Smart Highway 핵심요소기술 개발

1) 구상도



2) 세부과제 선정

① 세부과제 1 : 주행공간 안전·쾌적화 기술 개발(안전부문)

□ 현재의 문제점

○ 교통사고 사망시 비교중 상위도로의 치사율이 하위도로보다 높음

- 고속도로 9.8%, 일반국도 5.4%, 지방도 5.7%, 군도 5.5%, 기타 1.4% 등

○ 맑은 날보다 악천후 상태에서의 치사율은 3배 이상 급등

- 맑은날 2.8%, 흐린날 4.5%, 강우시 3.6%, 안개시 10.9%, 강설시 2.5% 등

○ 야간 사고의 분석 결과, 치사율은 계속 증가, 18~20시간대에 치사율 급증, 곡선부 내리막길에서 높은 치사율, 야간 안개발생시 치사율 급증, 야간에 차선위반 사고가 많음

○ 즉, 야간 교통사고는 다양한 사고원인에 기인하지만 야간의 시인성 부족으로 인해서 그 심각도가 높아진다고 할 수 있음

○ 강우시 표지판 및 차선 등이 잘 보이지 않음

○ 설문조사 결과(안개다발지역의 안전관리 시스템 개발 연구보고서, '03. 8, 한국건설기술연구원) 안개로 인한 시정감소시 운전자가 도로전광표지에 의존하는 것으로 나타났으나, 안개가 짙어지면 정확한 정보 전달에는 한계가 있음

□ 원인 분석

○ 악천후 상태에서의 안전시설 성능 발휘 미흡 및 운전자의 부주의 등

○ 기상조건은 주행 운전자의 동체시야 저하, 오판 및 판단을 지연시킴

○ 시정감소 시 등에 적합한 안내, 안전 시설물 및 정보전달시스템의 미비

○ 과속차량이 급증하는 상황에서 과속차량(제한속도 위반차량)의 안전관리 체계는 미흡

- 2006년도 고속도로 제한속도 위반차량은 약 200만건(160km/h 까지 주행)

□ 최근의 연구동향 및 기술수준

○ 현재 도로의 안전시설은 주로 일반적인 속도, 기후 및 도로환경에 맞추어져 있으며, 안전시설별 조합에 대한 입체적 특성 연구, 특수환경에서의 입체적 대처방안 등에 관한 연구 및 적용은 여전히 미흡한 상태

○ 야간 시인성 증진을 위한 도로안전시설 개발 연구('05. 7, 한국건설기술연구원)에서는 야간 시인성을 증진할 수 있는 안전시설 선정 및 기존의 ITS와 연계한 야간 시인성 증진을 위한 새로운 시설 개발 연구를 진행 중

○ 도로안전시설에 대한 규정은 1995년도부터 연차적으로 제·개정되어 활용중이며 강우, 안개, 노면결빙 등 악천후 상황에 대한 연구는 특수구간을 대상으로 수행되어 현재 적용중이지만, 일반국도를 대상으로 제정됨

○ 설계속도(120km/h) 이상으로 주행하는 경우에서의 안전시설기준(시설의 높이, 간격, 시설물의 조합, 특수환경 및 특수지역에서의 시인성 확보방안 등) 연구는 아직까지 이루어지고 있지 않은 실정이며,

○ 도로표지의 시인성 향상을 위해 문안, 적정여백을 결정하고 재질을 개선하기 위한 연구가 이루어지고 있으나, 이 또한 고속주행 환경에서의 연구는 미비한 실정

○ 아울러, 정상적인 주행 경로를 벗어난 차량이 대향 차로 또는 도로 등을 이탈하는 것을 방지하는 차량 방호 안전시설의 충돌·성능시험 및 기준은 설계속도 100km/h를 기준으로 제정되어 있는 상황

※ 차량 방호 안전시설 : 방호울타리, 중분대, 충격흡수시설 등

○ 바람으로 인한 차량 주행안정성의 저하는 교통의 원활한 흐름을 방해할 뿐만아니라, 운전자에게 심리적 영향을 가하여 주행안정성에 대한 확신을 주지 못함으로서 장기적으로는 이동성에 대한 신뢰감을 저하시킬 수 있음

○ 따라서, 최근에는 주행성 향상을 위한 적극적인 방풍연구가 시행되었고, 방풍시설이 일부 적용된 바 있지만, 이에 대한 세부적인 기준은 아직 정립되지 않은 실정임

□ 연구과제 선정방향

○ 자동차의 주행성능 향상, 시간가치에 대한 중요성 인식, 속도감에 대한 욕구 증대 등으로 교통사고의 증가와 치명도가 갈수록 심각해짐에 따라

○ 교통사고를 미연에 방지하고 피해를 최소화시킬수 있는 도로안전시설에 많은 관심을 기울이고 있고, 연구되고 있는 상황이나 대부분 설계속도 100km/h를 기준으로 진행된 관계로, 본 세부과제에서는

- 현재의 문제점을 종합적인 모델링으로 시스템화하여 개선할 수 있는 과제
- 고속주행 환경에 적합한 설계기준을 수립할 수 있는 과제
- 미래 시장(향후 10년 이상)에서 경쟁력을 확보할 수 있는 실용화 과제를

○ 중심으로 세세부과제를 선정하되, 기존연구 결과 또는 진행중인 연구 내용 등을 적극 활용할 수 있는 과제를 선정토록 함

□ 과제 선정 현황

○ **고속주행 기준에 적합한 도로안전시설 기술 개발**

- 고속주행에 적합한 도로안전시설 기술 개발
- 도로안전시설 설치 및 관리기준(안) 수립

※ 도로안전시설 : 시선유도시설, 도로전광표지, 차량방호시설, 조명시설 등

○ **고속주행 환경에 적합한 시인성 최적화 기술 개발**

- 도로표지판 등 안내시설의 크기, 문안 및 재질 최적화 기술 개발
- 차선도색 반사성능 등 시인성 및 수명 향상 기술 개발
- 관련사항 설계 및 시공기준(안) 수립

○ **고속주행 안전향상을 위한 방풍 대책 기준 개발**

- 방풍 대책 기준 마련
- 최적 방풍벽 설계방안 연구 및 개발

② 세부과제 1 : 주행 공간 안전·쾌적화 기술 개발(환경부문)

□ 현재의 문제점

○ 개발위주의 양적 팽창에서 인간과 환경위주의 질적 성숙에 대한 관심이 증대되면서 환경오염 대책 및 개선에 대한 노력은 상당히 진전을 보이고 있지만, 운전자 중심의 환경 개선 노력은 아직도 미흡한 상황

○ 도로 관련 환경분쟁 지속

- 분쟁원인별로는 소음·진동 86%, 대기오염 8%, 수질오염 2%, 기타 4%
- 도로차량소음이 공장소음이나 철도소음보다 높은 분쟁 건수를 보임

○ 방음벽의 미관을 고려한 다양한 형식의 방음벽이 출현되고는 있지만, 여전히 도로의 개방성이 저해되고 있고, 시간이 지남에 따라 매연 등으로 인해 도로의 미관이 훼손되는 상황

○ 동물 피해 예방을 위한 로드킬 방지 노력에도 불구하고 매년 이로 인한 사회적 문제 야기

- 동물이동통로 실효성 논란
- 이동통로 유도용 가드휀스 증가 및 이로 인한 위화감 증가 예상

○ 국토의 70% 정도가 산지로 구성되어 있어, 갈수록 도로설계중 터널 건설이 증가되어, 도로운전의 쾌적성이 저해되는 상황임

□ 원인 분석

○ 도로경관 변화에 대한 운전자의 감성인지 특성 설계반영 미흡

- 고속주행 환경하에서는 시각환경이 운전자의 위화감 내지는 부담으로 작용
- 고령화 사회로의 진입과 여성운전자의 증가 등 교통약자에 대한 고려 부족

○ 운전자의 심리적 변화를 쉽게 일으킬 수 있는 터널구간에서 운전자 심리반응과 차량주행특성 설계반영 미미

○ 주변생물 로드킬 방지를 위한 도로의 가드휀스 설치 증가

○ 주거지역에 대한 환경피해 저감대책 강화로 방음벽 설치 증가

- 방음벽 전방 부분에서는 겨울철 융설이 늦어지고, 주변 환경과의 부조화 등 다양한 문제점 야기

□ 최근의 연구동향 및 기술수준

○ 친환경 도로 건설을 위한 소음, 진동, 폐기물 처리 및 수질개선 등 환경오염발생을 최소화하는 연구는 활발히 진행되고 있지만, 친환경 소재에 관한 연구가 대부분을 차치하고 있으며,

○ 그동안의 도로건설이 이동성 확보 위주 및 오염배출 최소화 개념으로 시행되다 보니 도로이용자의 심리적 반응을 완화시켜 주행을 쾌적하게 해 줄 수 있는 도로의 안전성 및 경관 분석 평가시스템 연구는 미국 및 유럽, 일본 등 국외에서도 초기단계라 할 수 있음

○ 그러나, 다행스럽게도 국내에서는 한국건설기술연구원에서 현재의 주행환경(설계속도 120km/hr)을 기준으로 연구 중에 있으나

○ 고속 주행환경 일수록 운전자의 감성인지 반응이 크게 변화된다는 것을 감안할 경우, 본 스마트하이웨이에서는 인간공학적인 안전성 분석시스템의 적용성 연구는 절실히 필요한 실정임

○ 또한, 협소한 국토면적에서 친환경 설계 및 안전한 선형을 중시하다 보니 터널의 개소 수가 증가되어 가고 있고, 장대화되어가고 있음

○ 터널입구 직전에서는 입구가 블랙홀처럼 보여 진입시 운전자의 긴장감이 고조되고, 어두움에 대한 적응이 늦어져 잠깐 동안 주행에 필요한 정보 획득이 불안정한 상태가 됨으로써 고속주행에 상당한 위화감을 주지만, 이를 완화 및 개선하려는 노력은 아직까지 미흡한 실정

○ 자동차 소음에 대한 방음시설은 생활수준이 높아질수록 증가될 추세임. 그러나 현재의 방음벽은 자동차 소음에 대한 방음성은 클 수는 있겠지만, 방음벽 전방 부분 융설이 곤란하고, 도로의 개방성을 저해할 뿐만 아니라, 도로의 미관을 훼손시키는 부정적인 측면 노출되고 있는 상황

○ 따라서, 최근에는 미관을 개선하는 노력, 방음벽을 낮추어 개방성을 확보하려는 연구 및 노력을 경주하고 있지만, 아직까지는 근본적 해결을 위한 연구 및 실적은 미흡한 상황

○ 건설기술혁신사업 5개년('03~'07)계획 중 환경관련 연구현황

- 친환경재료 및 건설폐자재 이용 연구 등이 대부분
- 도로소음 저감 대책에 관한 연구로 소음 감쇠기 등에 관한 연구 진행 외국에서는 음파 상쇄를 이용한 방음에 관한 연구가 일부 진행 중
- 도로 이용자 중심의 감성인지 반영을 위한 설계는 설계속도 120km/h 기준으로 연구 진행 중

○ 기타 친환경 도로건설 추진방향성 제시 등에 관한 연구 진행

□ 연구과제 선정방향

○ 환경의 중요성이 인식되면서 건설 및 운영중에 발생되는 환경피해 저감 대책은 활발히 연구 및 시행되고 있으므로, 본 세부과제에서는

- 현재의 문제점을 개선시키면서 쾌적한 환경을 조성할 수 있는 과제
- 고속주행 환경에 적합한 이용자 중심의 설계를 반영할 수 있는 과제
- 미래 시장(향후 10년 이상)에서 경쟁력을 확보할 수 있는 실용화 과제를 중심으로 세세부과제를 선정하되, 기존연구 결과 또는 진행중인 연구 내용 등을 적극 활용토록함

□ 과제 선정 현황

○ 초고속 환경에서의 운전자 감성인지 반응 평가 시스템 개발

- 운전자의 감성인지(시, 지각)를 반영한 도로 경관 기준 수립
  · 단조로움 및 대절토부 위압감 해소, 측면여유 검토, 노변시설의 설치 등
- 운전자의 감성인지(시, 지각) 반응 평가기법 알고리즘 및 시스템 개발
- 운전자 시각 특성을 고려한 도로경관(조경 포함) 종합 모델링

☞ 최근 들어 3차원 시뮬레이터 및 운전자 반응 계측장비의 활용이 본격화 되고 있어 주행의 쾌적성을 정량적으로 접근이 가능해짐에 따라 주행 공간의 종합적 분석을 통해 운전자 중심의 쾌적한 도로 설계가 가능함

○ 주행 운전자의 터널 환경 위화감 개선 기술 개발

- 고속주행을 위한 내부 조도 및 안전시설물 등 안전성 분석 모형 개발
- 고속주행 운전자 감성인지 순반응 갱문형식 개발

☞ 고속주행에 다른 운전자의 인지반응 감소를 해소할 수 있는 환경 제시 및 입구부 위화감을 해소할 수 있는 신형식 갱문 모델 제시

○ **유지관리를 고려한 고기능성 방음벽 기술 개발**

☞ 현재 투명방음판, 칼라방음판 등 다양한 형식의 방음벽이 개발, 적용되어 도로변 미관을 개선함에도 불구하고 시간이 지나면서 차량 배출가스, 먼지 및 각종 비산물 등으로 인한 경관 저해 및 유지관리에 대한 문제가 지속되고있어, 유지관리 및 미관 측면에서 유리한 기능성 방음벽 개발이 필요한 실정임

○ **로드킬 방지 시설 개발**

☞ 로드킬 방지를 목적으로 설치되는 울타리는 자연과의 단절 및 인공물로 인한 위화감이 유발되고, 유지보수 및 미관저해 요소로 등장되고 있음. 따라서, 음파 이용 또는 후각을 자극하여 야생동물이 도로에 접근하지 못하도록하는 울타리 대체시설을 개발하여 도로 미관 및 친환경성 개선

③ 세부과제 2 : 초고속 주행환경 노면 최적화 기술

□ 현재의 문제점

○ 기상상태별 교통사고로 인한 치사율은 맑은 날보다 강우시의 경우가 약 30% 증가하며, 노면 상태별 사망사고는 건조한 상태에서보다 습기가 있는 경우 1.3배 가량 증가함 (2006 교통사고 통계분석)

- 날씨별 치사율(%) : 흐린 날 4.5, 비오는 날 3.6, 맑은 날 2.8, 눈오는 날 2.5
- 노면상태별 사망사고율(%) : 습기시 3.6, 건조시 2.7, 결빙시 2.6, 적설시 1.8

○ 환경부 자료에 의하면 대기, 수질, 등 다른 오염에 비해 소음·진동으로 인한 피해 진정은 86%에 해당

- 도로교통 소음은 자동차 엔진음, 타이어 마찰음, 배기가스의 배기음, 바람과 마찰에 의한 풍력음, 차체 진동에 의한 소음 등이 있으나, 고속도로 상에서는 마찰음 즉 주행음이 주된 소음원임

※주행음 : 통행량, 주행속도, 포장상태 등에 의해 발생음의 세기가 결정

○ 국내 아스콘 포장은 조기 파손이 자주 발생하여 선진국 대비 공용기간이 50%이상 짧아 막대한 예산손실로 이어짐

- 선진국의 경우 덧씌우기 보수주기는 평균 10년 이상이나 국내의 경우는 5년 미만임(장수명 아스팔트포장 공법 개발, '06, 세종대학교)

○ 아스콘 포장의 소성변형과 포트홀 등 다양한 형태의 도로 파손이 급격히 증가되면서 유지보수 비용 및 교통사고 유발 증가(도로포장 장수명화를 위한 설계 시공 기술 고도화, '05, 한국건설기술연구원)

□ 원인 분석

○ 최근들어 교통량이 많아지고, 지구온난화 등의 이상 현상으로 폭우, 폭설이 지속됨

- 강우시에는 수막현상 발생, 물 튀김 발생, 우천시 야간 시인성 불량 및 제동거리 단축 등으로 교통사고가 증가됨

- 강설시 및 노면 결빙시에는 노면의 미끄럼 저항성이 약해지면서 교통체증과 사고를 유발하고 있으며, 이를 방지하기 위한 제설제 살포 및 사용으로 구조물의 수명단축의 원인이 됨

※ 이상 기후시에는 맑은 날보다 시계 악화 및 미끄럼저항성 저하로 노면상태가 불량하여 과속시와 급정거시 추돌사고, 도로 이탈 등과 같은 사고로 인하여 치사율이 상승됨

○ 교면포장 시공시의 결함과 구조물과의 거동특성의 차이 및 부적절한 교면 배수시스템으로 인한 교면 결함은 동절기에 동결방지 및 융설을 위해 사용되는 제설제로 인하여 교량 바닥판의 공용수명을 단축시킴

○ 생활수준 향상에 따른 자동차 보유대수 및 교통량 증가와 시간적 가치의 중요성 등으로 인한 고속주행 패턴이 증가되면서 도로소음이 증가됨

- 일반적으로 도로소음은 자동차 엔진소음과 포장면과 타이어 사이에서 발생하는 소음으로 구분('04, 12, 한국도로학회 논문)

- 주행중 발생되는 소음은 차량속도가 증가할 수록 기계적인 소음보다는 타이어와 포장면의 마찰음이 전체 소음에서 큰 비중을 차지

○ 90년대 이후 물동량의 급증과 차량하중의 중량화 및 대형화, 여름철 이상고온과 집중호우 등의 대기환경의 변화로 소성변형 및 포트홀 등이 자주 발생

- 소성변형

· 교통하중 정체 및 정체구간의 증가, 환경이상으로 인한 여름철 온도의 상승이 주 원인이며, 혼합물의 품질관리와도 밀접한 관계

· 소성변형이 발생되면 주행차량에 물보라를 일으키고, 수막현상이 발생되어 노면 마찰력 감소로 교통안전에 문제가 있으며, 동절기에 쉽게 결빙되어 교통사고의 위험을 초래함은 물론 조향성 및 주행성이 불량하게 되어 승차감이 저하됨

- 포트홀

· 물이 균열, 특히 좁은 간격의 거북등 균열 및 연약한 입상재료기층을 통하여 표층으로 침투하기 쉬운 강우기에 발생

□ 최근의 연구동향 및 기술수준

○ 노면에서 가장 문제시 되고 있는 소음과 노면배수 및 결빙, 시인성 강화 등을 극대화 할 수 있는 배수성 포장은 현재 실용화 단계에 와 있으며, 장점을 극대화하고 단점을 극복하려는 연구가 국내·외적으로 활발히 진행되고 있음

○ 그러나, 배수공극으로 토사등이 침투되어 기능성이 저하되고, 이로 인하여 겨울철에는 오히려 결빙의 최대 요인으로 부각될 수 있는 단점 요소를 갖고 있음

○ 따라서, 최근에는 겨울철 노면 안전관리에 대한 관심으로 탄소 및 유리섬유 격자망을 이용한 포장자체의 융설 시스템에 대한 기초연구가 일부 진행 및 완료되어 특허 등이 신청되었고,

○ 아스콘 제조시 융설제를 첨가하므로써 높은 융설 특성을 갖도록하는 아스콘 제조공법이 연구 및 특허 출원되어 있으며, 전기전도체 시멘트 콘크리트에 대한 연구도 활발히 진행되어, 일부 제품이 특허 출원되어 있지만, 아직까지는 대단위 건설공사에 적용하기에는 기술적 수준이 미흡한 상황

○ 또한, 국부지역에 대한 융설을 목적으로 하는 액체분사식 융설시스템은 겨울철에 노즐 입구가 막히는 경우 등 많은 문제점이 대두 되고 있는 상황

○ 노면의 소성변형, 균열, 내구성 저하에 따른 파손에 대응하기 위한 특수 포장(SMA, CRM, LMC 등)에 대한 연구는 많은 진전을 보이고 있으며, 최근에는 환경적 요소를 가미한 칼라포장, 광촉매 등을 이용한 대기정화 포장 등 다양한 연구가 진행됨

○ 국내 포장설계법은 외국의 설계법을 도입하여 사용하고 있으나, 각 기관별로 정확히 원용하지 못할 뿐만 아니라, 국내의 재료, 기후 및 여러 가지 조건과도 일치하지 않아 우리 조건에 적절한 한국형 포장설계법 연구 등이 진행되고 있음

□ 연구과제 선정방향

○ 국민들의 생활수준 향상에 따라 포장의 내구성에 대한 기대와 더블어 주행성 및 저소음 향상에 대한 요구가 급격히 증대되고 있고, 고속주행 환경하에서는 이러한 요구사항들이 한층 더 증가될 것으로 판단됨

○ 현재의 연구 진행상황은 배수성, 미끄럼방지, 저소음 및 자체융설 등 각 기능성에 대한 연구들 또는 여기에 장수명을 가미한 연구들이 개별적으로 진행되고 있는 상황임.

○ 그러나, 미래 도로 포장의 관점은 기능성이 융·복합된 포장 즉, 배수성, 저소음성, 미끄럼 저항성, 결빙방지 및 장수명성이 융·복합된 다기능 포장일 것으로 판단됨. 따라서 본 세부 과제에서는

- 지금까지 연구되고 있는 공법들을 아울러, 다양한 기능을 발휘하면서 능동적 발열 성능을 가미한 다기능 발열 포장공법

- 특수구간에 적합한 맞춤형 포장공법을 중심으로 세세부과제를 선정하되, 기존 과제 연구들을 적극 활용하여 초고속 노면에 적합한 공법을 실용화 할 수 있는 과제를 선정토록 함

□ 과제 선정 현황

○ 다기능 발열 콘크리트 포장 기술 개발

- 저소음 발열 콘크리트의 실용화 기술 연구
- 품질 및 시공 기준(안) 수립

○ 다기능 발열 아스팔트 포장 기술 개발

- 배수성, 저소음성 및 장수명을 가미한 발열 아스팔트 포장공법 기술 개발
- 품질 및 시공 기준(안) 수립

○ 특수구간 포장 기술

- 교량과의 거동특성을 고려한 맞춤형 교면포장 기술 개발(교면배수포함)
- 연결부(교면포장/교차로) 및 정지부(영업소/휴게소) 포장공법 개발
- 품질 및 시공 기준(안) 수립

④ 세부과제 3 : 도로지반 및 사면 안정화 기술 개발

□ 현재의 문제점

○ 뒷채움 침하로 인한 주행 평탄성 저하

- 포장면의 단차 발생으로 인한 주행 승차감 저하 초래
- 포장면 유지보수로 인한 교통차단 등이 필요

○ 도로의 절토사면 붕괴로 인한 재해 및 사고 심각

- 사면의 붕괴로 인한 막대한 인적·물적 피해 발생

  ※ 연평균 184건, 복구비 866억원, 32.1명 사망

○ 선진 외국 시방 이해부족 및 체계화된 설계법 부재 등으로 설계자간의 혼동 야기

□ 원인 분석

○ 교대 뒷채움부의 침하

- 구조물 뒷채움 부위는 지형적, 또는 작업순서상 쐐기형의 좁은 공간에서 이루어지는 것이 현재까지의 작업방법이며, 이러한 작업조건은 다짐작업에 장애요인이 되어 다짐부족 발생에서 부등침하로 연결되는 하자의 주원인이 되고 있음

○ 지반해석 및 말뚝거동에 대한 제안식이 다양하여 적용시 혼동 초래

- 수평력을 받는 말뚝의 거동 해석방법의 한계

  · 사용되는 적용식이 다양하고, 대부분이 실험치 및 제안식을 사용하고 있어 설계자간의 의견이 분분한 실정

- 말뚝의 수평거동 실사를 통한 해석방법 확인 미흡

○ 대 절토 구간에서의 한정된 조사로 정해진 토질의 성질에 따라 보강공법이 획일적으로 적용이 됨

- 현재의 보강공법은 토질의 종류에 따라 달리 적용되도록 되어 있음. 따라서 사면의 토질을 달리 해석 했을 경우에는 적정한 보강공법의 적용이 곤란할 경우가 있음

○ 전 국토의 70% 이상이 산악지로 구성

- 도로 개설시 절개면의 발생은 필연적임

- 국내 기상특성상 여름철 집중강우기에 지하수의 침투에 의한 수압의 증가로 절개면의 불안정성이 가중되어 절개면이 붕괴되는 사례가 빈번함

□ 최근의 연구동향 및 기술수준

○ 수평력을 받는 말뚝의 거동 해석방법은 극한지반반력법(BROMS방법), 탄성해석법(CHANG방법), 비선형해석(P-Y해석방법) 등이 있으며, 이때 수평방향 지반반력계수는 수평방향 지지력 및 수평변위를 산정하는데 매우 중요하다.

○ 수평방향 지반반력계수를 구하기 위한 방법으로는 공내수평재하시험과 말뚝의 수평재하시험 등 원위치시험과 N치 등 지반조사결과를 이용하여 간접적으로 구하는 경험식에 의한 방법이 있음

○ 일반적으로 경험식에 의한 방법은 N치만을 이용하는 경우와 말뚝의 직경 및 변위를 고려하는 방법이 있으나 현재 사용되고 있는 대부분의 경험식은 말뚝의 직경과 변위를 고려할 수 없거나 말뚝의 직경만을 고려하는 방법 등 실제 말뚝의 거동을 고려한 합리적인 수평방향 지반반력계수 결정방법이 제시되지 못하고 있음

○ 최근 제시된 구조물 기초설계기준(2003, 건교부)은 공내수평재하시험 결과를 이용하여 지반반력계수를 산정하는 방법으로 제안식을 제시하였으나 본 제안식은 수평변위를 고려할 수 없는 등의 문제점이 있는 것으로 나타남

(수평방향지반반력계수 예측에 관한 연구, 한국지반환경공학회, 2006년4월)

○ 또한, 말뚝거동 해석방법으로 극한지반반력법(BROMS방법)은 내부 마찰각에만 의존하므로 지지력이 과소 평가될 우려가 있으며, 안전율에 대한 특별한 기준이 없어 적용에 많은 애로사항이 있음

○ 탄성해석법(CHANG방법)은 해석이 간편하나 깊이에 다른 지반계수의 변화를 고려할 수 없을 뿐만아니라, 군말뚝 감소계수 적용에 있어 다소 문제점을 나타내고 있으며,

○ 비선형해석(P-Y해석방법)은 상기 두 방법보다는 실제 말뚝의 거동과 일치한다고 판단이 되지만, 해석이 다소 복잡하며, 아직 실용화되지는 못한 실정

○ 교대의 뒷채움재는 선택층 또는 보조기층재인 SB-1이 가장 합리적인 재료이나 최근에는 충분한 토피고를 확보한(H=3.5m 이상) 지중암거에 토사 뒷채움이 가능한 것으로 연구되었으며, 또한 동일조건을 확보한 지중라멘까지 확대하여 적용하는 것이 가능한 것으로 밝혀짐

(교대 뒷채움부 재질개선 및 교대설계단면 최적화 연구, 2005, 도기원)

○ 그러나, 어떤 재료이든지 시간이 지나면서 인근 구조물과의 상대 침하가 발생되며, 제한된 공간 안에서 완벽한 시공이 다소 곤란하여 종종 침하가 자주 일어나고 있음

○ 현재 시공되는 산마루 측구는 평균적으로 강우시 약 3%의 안전율 증대 효과가 있는 것으로 검토되었으나, 열악한 시공조건으로 인하여 터파기부와 산마루 측구 사이가 매우 느슨한 상태로 유지되어 지표수가 적절히 배수되지 못하므로서, 오히려 사면안정성에 저해 요인을 제공하고 있는 실정임

○ 즉, 산마루 측구를 시공하지 않을 경우의 안전율은 토사사면의 경우 1.1%, 암반사면의 경우는 약 2% 안전율이 감소하나, 부실시공 했을 경우에는 토사 사면의 경우는 1.5%, 암반사면의 경우는 약 4.8% 정도 사면안전율이 작게 나타남

○ 사면보강 공법은 토질의 특성에 따라 최근에 다양하게 연구되고 있는 실정임.

○ 하지만 다양한 절리와 지층, 점성토와 사질토가 혼재된 사면을 한정된 시험 또는 조사로 토질의 특성을 상세히 파악할 수 없고, 적정 공법을 선택하기 곤란한 경우가 있음.

□ 연구과제 선정 방향

○ 기초지반과 사면에 대한 다양한 연구가 현재 진행되고 있으며 실용화에 접어든 연구개발 성과도 다수 나타나고 있는 실정임. 따라서 본 세부과제에서는

- 국내 기술수준 향상을 위해서는 반드시 정립을 해야 되나, 장기적인 연구 및 실험이 필요한 과제
- 고속주행 환경에 반드시 필요한 과제
- 현재의 문제점을 해결하기 위한 노력이 지지부진한 분야에 대한 연구 과제

중심으로 세세부과제를 선정하되, 기존연구 결과 또는 진행중인 연구 내용 등을 적극 활용토록함

□ 연구과제 선정 현황

○ 한국형 말뚝기초 수평지지력 설계기준 연구

- 토질별로 말뚝의 허용수평지지력에 대한 정확한 해석기법을 마련하고 실무자를 위한 손쉬운 설계프로그램을 개발

○ **비압축성 뒷채움 기술 개발**

- 뒷채움 재료의 압축성을 'Zero化' 할 수 있는 재료·시공기술 개발

○ **다기능 고심도 사면보강공법 개발**

- 활동면이 깊고 지층구성이 복잡한 사면에 대한 보강공법 개발

○ **산마루측구 대체기술 개발**

⑤ 세부과제 4 : 도로구조물 성능향상 기술 개발

□ 현재의 문제점

○ 교량 신축이음 품질 및 내구성 저하

- 덜컹거림으로 인한 주행성 저하, 소음 및 진동 발생

- 틈사이로 스며든 제설제와 우수로 인한 교좌장치 성능저하 및 교대 미관 훼손

- 보수 및 교체에 따른 교통체증 유발 및 LCC 증가

○ 단경간 교량의 미적 감각 저하 및 적용 한계

- PSC I형 거더교 : 경제적인 이유로 고속도로에 제일 많이 사용되는 형식이지만 경간장이 짧고(현재 25 ~ 35M), 형고가 높을 (1.8 ~ 2.2M) 뿐만아니라, 시각적으로 미관성 저하

- Steel Box 거더교 : 고속도로 Over Pass 육교 중 제일 많이 사용되는 형식이지만 역시 형고가 높고, 미관성이 저하

○ 교량 바닥판의 수명 및 평탄성 저하

- 국내 교량 바닥판의 평균수명 20년 미만

  · 생애주기비용 측면에서 경제성 저하를 초래함

  ※ 교량 바닥판의 수명은 생애주기비용에서 많은 부분을 차지

- 현장 타설로 시공되는 바닥판의 평탄성은 교면포장의 평탄성에 직접적으로 기인하여 주행성을 저하시킴

○ 산업발달에 비해 교량의 기술 수준 상대적 저하

- PSC I형 거더교의 경우는 1968년 경인고속도로에서 최초 적용되어, 국내외적으로 활발히 적용되고 있지만, 최근의 산업기술 발달에 비해서는 상대적으로 비약적인 진보는 없음, 즉, 기술경쟁력의 향상은 없었음

□ 원인 분석

○ 교량 신축이음 품질 및 내구성 저하

- 교통량 저하, 교량특성에 맞는 적정제품 적용 및 신축량 검토 미흡
- 시공방법 부적정 및 미숙한 보수 등

○ 단경간 교량의 미적 감각 저하

- 초기 건설비용 측면에서 경제성이 큰 공법 선호

  · 생애주기비용 검토 수준 한계

- 외관상 구형 모양으로 딱딱한 시각을 주며, 형고가 높아 답답함

○ 교량 바닥판의 수명 단축 및 평탄성 저하

- 중차량 및 교통량 증가
- 배기가스, 결빙방지를 위한 제설제 살포 및 교면배수 부적절
- 슬라브 현장타설 기술 미흡

○ 산업발달에 비해 교량의 기술 수준 향상은 저하

- 산업발달에 따른 생활수준 향상으로 구조물의 미관성이 중요시 되고 있으나, 고기능, 고강도 복합재료 등의 등장에도 불구하고 여전히 초기 경제성 측면만을 고려한 공법 선택

□ 최근의 연구동향 및 기술수준

○ 1997년에 대전~통영간 고속도로에 처음 도입된 무조인트 교량은 시공 및 장기계측 결과 유지관리의 용이성과 탁월함이 실증되었으나,

○ 교량형식, 연장(콘크리트교 120m, 강교 90m 이내) 및 사각조건(Skew 60°~90°)에 따라 적용상의 제한이 있고 부력에 취약하여 범람이 우려되는 지역과 연약지반에서의 적용은 곤란하며 교대말뚝에 높은 응력이 발생함.

○ 또한, 말뚝은 교량의 신축으로 인한 수평력을 견뎌야 하고, 접속슬래브와 완충슬래브 사이에서 교량부의 응력이 도로부로 전달되는 것을 막기 위한 응력해소 조인트가 필요한 실정으로 적용성의 제한과 부력 문제에 대한 과제가 남아있는 실정임

○ 전세계적으로 가장 많이 사용되고 있는 PSC I 거더교는 미국에서 가장 활성화되어 있으며 일본에서도 사용실적이 높은 교량형식임

○ 최근에는 고강도(압축강도 700kg/㎠ 이상) 콘크리트나 섬유보강 콘크리트 등을 이용한 연장 증가(L=40m) 연구와 최적단면 및 일정 형고에서의 최대 연장(L=65m)에 대한 연구가 진행된 바 있고, (PSC I 거더교의 최적설계 및 표준화 연구, 2005, 도기원)

○ 상부 플랜지 측에 강판을 합성하거나 내부에 합성빔을 두는 방식, 탈착이 가능한 별도의 하중 재하시스템을 설치하는 방식, 돌출형 플랜지를 두는 방식 등은 특허 출원된 상태이나,

○ 연구결과에 따른 실용화가 미흡한 실정이며, 고정하중에 대한 활하중의 비가 커지는 관계로 피로하중에 대한 좀 더 세심한 연구가 필요함

(피로 실험에 의한 PSC 부재의 성능개선기법에 관한 연구, 2003, 중앙대)

○ '06년 12월 한국건설기술연구은 Bridge200 연구 결과, 강철을 사용하지 않은 무강재 바닥판 및 프리케스트 교량 등 새로운 형식의 바닥판을 개발함

○ '프리캐스트 바닥판'은 교량 장수명화에 가장 적합판 바닥판으로 평가되나, '강-콘크리트 합성 바닥판'은 강판의 수직보강재 설치에 따른 용접작업 증가와 하부강판 부식시 유지관리상의 문제가 남아있는 상황임

○ '복합재료 바닥판'은 2000년대 이후부터 본격적으로 실용화에 접어든 분야로서 유리강화섬유(FRP ; Fiber Reinforced Plastic)를 기본재료로 하여 신속하고 견고한 조립을 위한 다양한 단면 형상들과 그에 대한 기계적 연결을 위한 시공법이 개발·적용되고 있는 상황

○ 또한, 부식이 없으며 높은 인장강도로 철근을 대체할 수 있는 아라미드 섬유 보강폴리머(AFRP), 탄소섬유 보강폴리머(CFRP), 유리섬유 보강폴리머(GFRP) 봉의 사용에 관한 연구 등이 활발히 진행중에 있음

□ 연구과제 선정 방향

○ 최근 고강도 복합재료에 대한 적용, 무조인트 교량, 프리케스트 바닥판 등의 신기술이 연구되고 있고, 적용되고 있지만 그의 적용성 및 실용화는 아직까지 미흡한 실정. 따라서 본 세부과제에서는 가장 많이 적용되고 있는 단경간 교량위주로

- 현재 도출되고 있는 공법들에 대한 가치분석(VE : Value Engineering)을 통한 문제점 분석으로 가치를 향상시킬 수 있는 과제

- 고속주행 환경에 적합하면서, 미래 시장(향후 10년 이상)에서 경쟁력을 확보할 수 있는 실용화 과제를

중심으로 선정하되, 기존연구 결과 또는 진행중인 연구 내용 등을 적극 활용

□ **과제 선정 현황**

○ **범용성 무조인트 장경간 교량 기술 개발**

- 적용상에 제한이 없고, 교대 말뚝부의 응력을 줄 일 수 있는 교량

○ **곡선을 가미한 장경간 PSC I형 거더교량 기술 개발**

- 주행시 부드러운 이미지를 줄 수 있는 곡선를 가미한 장경간 PSC I형 거더교 실용화 연구

○ **FRP 철근을 이용한 신(新)교량 기술 개발**

- FRP 또는 신재료를 복합하여 시공성을 높이고 사하중을 줄이므로써, 가치를 향상시킬 수 있는 교량

○ **프리케스트 콘크리트 접착재 기술 개발**

○ **조형미를 강조한 프리캐스트 콘크리트 지중구조물 개발**

⑥ 세부과제 5 : 도로관리 첨단화 기술 개발

□ 현재의 문제점

○ 사회 전반적으로 도로시설물 유지보수에 대한 중요성이 인식되면서, 시설물의 보수·보강, 계측 및 점검 등의 분야에서 많은 발전이 있었으나,

○ 현재까지는 유지관리의 대부분이 사후처리 개념으로 시행되고 있고, 제한된 보수·보강 재료 및 획일적인 의사결정 방법으로 인하여 구조물의 성능 저하 지연 및 적절한 보수가 이루어지고 있지 않음

○ 또한, 사후처리 보수·보강은 시설물의 내구수명을 단축시키고, 유지관리 비용의 비효율적 집행으로 이어질 수 있는 수동적 유지관리방법으로 지적됨

- 도로연장, 건설후 상당한 공용기간이 경과된 도로시설물의 증가로 지속적으로 유지관리 비용은 증가

※ 고속도로 보수비 [단위 : 백만원]

년도	계	포장보수	구조물 보수	상시보수	비고
2002	111,378	21,275	17,765	72,338	
2003	134,796	18,733	15,805	100,257	

○ 매년 반복되는 재해로 인한 도로시설물이 파괴되고 천문학적인 재해복구 비용이 발생

- 재해복구비용 : 1조 9천억('04년), 1조 6천억('05년)
- 피해유형 : 산사태, 사면 유실, 성토부 유실, 포장파손 등

□ 원인분석

○ 시설물에 대한 최적의 보수·보강 공법 및 시기 결정, 시설물간 우선순위 결정 시스템 미흡

○ 시설물 손상 초기 단계에서의 조치를 통해 대상 시설물의 수명을 연장시킬 수 있는 예방적 유지관리 개념 사회적 인식 부족

- 경미한 손상이 아닌, 시설물의 기능적 이상이 발생하여 보수·보강하는 전통적 유지보수 개념이 도로관리자의 지배적 인식

- 현 유지보수는 공용수명의 종료시기 근처에서 전면적 보수를 시행하는 수동적인 유지보수

○ 재해/재난 예측 기술 미비로 인한 예방적 관리가 이루어지지 않고 있음.

□ 최근 연구동향 및 기술 수준

○ 최근 유지관리 분야는 실시간으로 시설물의 손상감지 및 전조현상을 파악하기 위하여 첨단IT기술을 활용한 비접속식 장치, 광센서 및 음향센싱 등 점검, 계측장비가 지속적으로 연구 중에 있으며,

○ 또한, HPMS, HBMS 등 기존의 유지관리시스템의 의사결정기법 객관화를 위해 구조물 상태평가 자동화, 스캐닝을 이용한 터널 상태평가, 상시교통하중을 통한 교량 내하력 평가 등 퍼지이론의 결합을 통한 연구가 함께 진행 중임.

○ 예방적 유지관리

- 미국 등(AASHTO, FHWA)에서 "예방적 유지보수"라는 신개념의 유지관리기법 도입이 생애주기비용 및 공용성 유지 측면에서 성공을 거둠에 따라 국내에서도 예방적 유지공법의 적용 필요성이 제기되고 있으며,

- 이로 인하여 포장 중심으로 적용이 활발히 진행 중이고, 교량 등 다른 시설물에 개념적 적용이 확대되고 있음.

・교량 : 시설물 부위별(신축이음장치, 교량받침, 난간방호벽 등) 예방적 유지관리 연구

· 포장 : 포장 손상 조기 보수 및 지연을 위한 균열처리, 표면처리공법 등에 관한 연구 등

- 예방적 유지관리를 위한 공용성 평가의 정확한 기준이나 공법선정의 의사결정 알고리즘이 미비한 실정.

○ 재해/재난 관리

- '04년 3월 충청권 100년만의 폭설, '05년 12월 호남권 폭설, '06년 7월 장마기간 집중호우 등 매년 자연 재해를 통한 재난이 일어나고 있음

- 정책적으로는 개발로 인해 발생가능한 재해영향 요인 예측·분석 및 방재산업 육성 등의 정책이 재해/재난 예방차원에서 이루어지고 있음

- 연구분야에서는 산사태를 유발하는 인자들을 조사하여 산사태 취약지를 결정하는 연구 또는 로지스틱 회귀분석을 통한 산사태 위험지역 분석 등 산사태의 예방적 관리 차원의 연구 등이 첨단 기술과 접목하여 진행 중이며,

- 돌발 홍수 예측 모형, 인공지능을 이용한 홍수 예측 기술 개발 등 이상기후에 따른 홍수 피해 방지를 위한 연구도 활발히 진행 중임

□ 연구과제 선정방향

○ 생활수준 향상에 따라 시설물 안정성에 대한 중요성이 부각되면서 유지관리에 꾸준한 노력을 가미해 오고 있지만, 사전에 시설물의 손상을 지연 및 방지할 수 있는 체계가 아직까지는 미흡한 실정이므로, 본 세부과제에서는

- 일상 유지관리의 효율성을 극대화하고, 능동적 유지보수를 통한 시설물의 생애주기를 증가시키기 위하여 예방적 유지관리를 체계화시킬 수 있는 과제

- 홍수 등의 악천후로 인한 도로시설 및 인명 피해 최소화를 준비할 수 있는 재해/재난 사전예측에 관한 과제 등

사후관리가 아닌 예방적 유지관리를 중심으로 과제를 선정토록 함

□ 과제선정 현황

○ 시설물 공용성 극대화를 위한 예방적 유지관리공법 기술 개발

- 미끄럼저항 및 골재 탈리 등의 예방을 위한 포장 표면처리 공법 개발
- 범용성(염해, 열화, 중성화 등) 구조물 예방적 표면처리 공법 개발

○ 예방적 유지관리시스템 구축 기술 개발

- 시설물 상태평가 객관성 확보를 위한 자동화(스캐닝, 퍼지이론 등) 기술 개발
- 도로관리시스템을(HPMS, HBMS 등) 활용한 예방적 유지공법별 공용성 예측 모형 개발
- 최적공법, 최적시기 결정을 위한 의사결정 알고리즘 개발 및 시스템 구축 연구(총유지보수비용, 공용수명)

○ 재해/재난 예측 관리 시스템 구축 기술 개발

- 첨단기상정보 등를 활용한 도로피해 영향 예측 시뮬레이션 개발

  [시설물 파손 예상위험도 등급 결정, 도로변 위험지역(산사태, 노면홍수) 예비발령 범위 선정 등]

- 위험등급 시설물의 사전 보강 및 경보지역 실시간 모니터링 시스템 구축

3) 핵심과제 1 요약

정의

- **Smart Highway**를 구축하기 위한 도로부문 기반기술을 연구개발하는 과제로서, 현재 도로가 안고 있는 문제점 해결과 Smart Highway가 추구하는 핵심가치(이동성, 안전성, 정시성, 편리성, 경제성, 친환경성)를 실현하기 위한 시공, 재료, 보수·보강, 환경에 관한 기술을 개발하는 과제

세부과제

- **주행 공간 안전·쾌적화 기술 개발(안전부문, 환경부문)**
  - **정의**
    - 이용자 중심의 주행공간을 안전하고 쾌적하게 조성하기 위한 안전 및 환경관련 기술 연구 과제
  - **세세부과제**
    - 고속주행에 적합한 도로안전시설 개발
    - 고속주행 환경에 적합한 시인성 최적화 기술 개발
    - 고속주행 안전향상을 위한 방풍 대책 기준 개발
    - 초고속 환경에서의 운전자 감성인지 반응 평가 시스템 개발
    - 터널 환경 위화감 개선 기술 개발
    - 유지관리를 고려한 고기능성 방음벽 기술 개발
    - 로드킬 방지시설 개발
- **초고속 주행환경 노면 최적화 기술 개발**
  - **정의**
    - 초고속 주행에 적합한 최적의 노면상태를 개발하기 위한 도로포장 관련기술 연구 과제
  - **세세부과제**
    - 다기능 발열 콘크리트 포장기술 개발
    - 다기능 자체 융설 아스팔트 포장기술 개발
    - 특수구간 포장 기술 개발

세부과제

● 도로 지반 및 사면 안정화 기술 개발

- 정의
  - · 안전하고 쾌적한 주행환경과 차량의 최적 주행상태를 지원하기 위한 지반 및 사면에 대한 기술 연구 과제

- **세세부과제**
  - · 한국형 말뚝기초 수평지지력 설계기준 연구
  - · 비압축성 뒷채움 기술 개발
  - · 다기능 고심도 사면보강공법 기술 개발
  - · 산마루측구 대체 기술 개발

● 도로 구조물 성능향상 기술 개발

- **정의**
  - · 스마트하이웨이가 미래시장에서의 경쟁력을 확보할 수 있도록 각종 구조물의 가치를 향상시키는 연구 과제

- **세세부과제**
  - · 범용성 무조인트 장경간 교량 개발
  - · 곡선을 가미한 장경간 PSC I형 거더교량 개발
  - · FRP철근을 이용한 신(新)교량 개발
  - · 프리캐스트 콘크리트 접착재 개발
  - · 조형미를 강조한 프리캐스트 콘크리트 지중구조물 개발

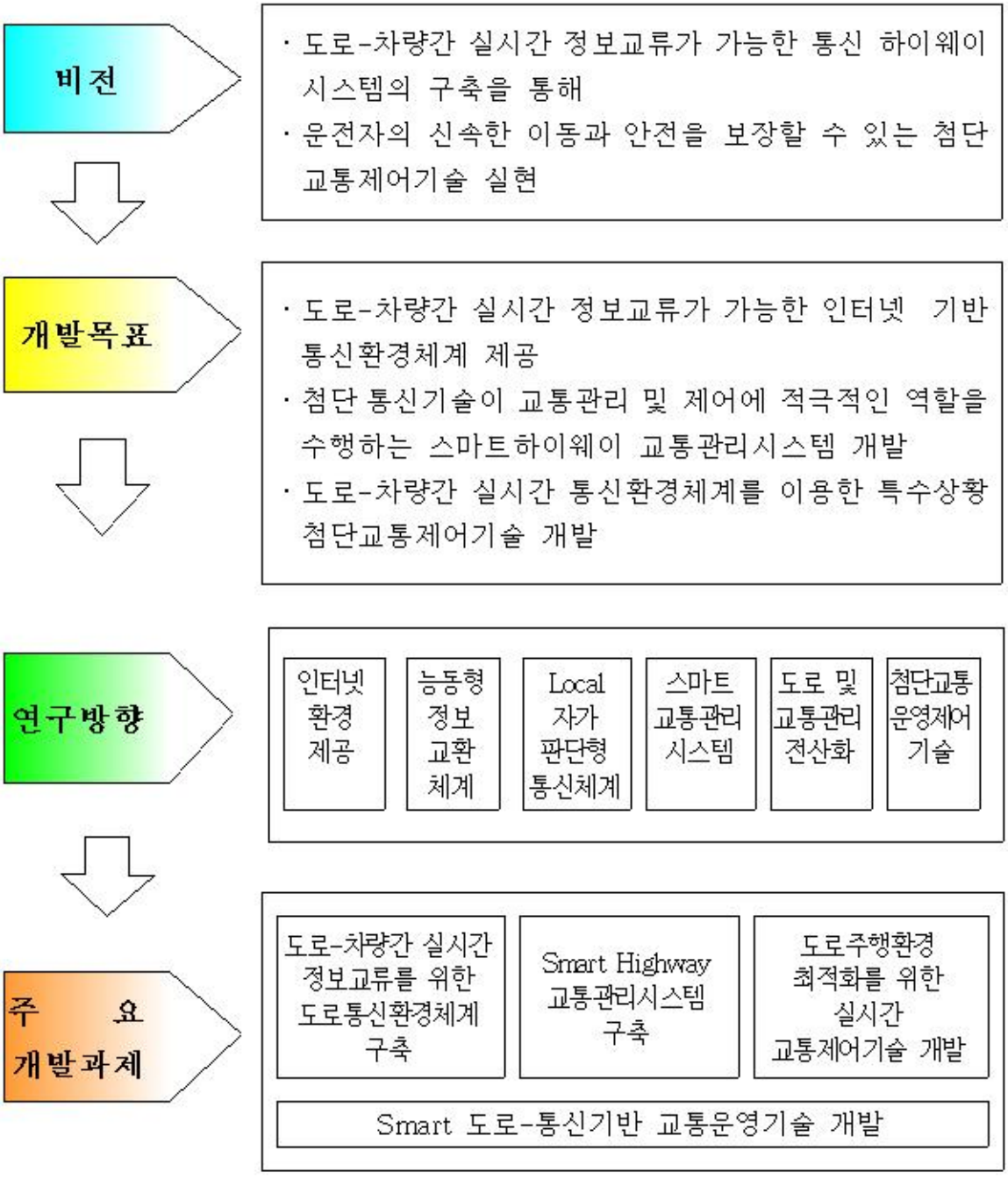
● 도로관리 첨단화기술 개발

- **정의**
  - · 일상적 유지관리 업무의 효율성을 극대화하고 재해와 재난을 사전에 예측하여 도로의 예방적 유지관리를 도모하기 위한 연구 과제

- **세세부과제**
  - · 시설물 공용성 극대화를 위한 예방적 유지관리공법 개발
  - · 예방적 유지관리시스템 구축 기술 개발
  - · 재해·재난 예측관리 시스템 구축 기술 개발

(3) 핵심과제 2 : Smart 도로-통신기반 교통운영기술 개발

1) 구상도



2) 세부과제 선정

① 세부과제 1 : 도로-차량간 실시간 정보 교류를 위한 도로통신 환경체계 구축

□ 문제점 및 원인 분석

○ 도로구간내 이용자에게 정보제공을 위한 정보통신환경체계 제공 필요

- 도로관리자가 도로내에 있는 이용자에게 교통정보를 제공할 수 있는 매체는 크게 자체적인 매체와 타 기관매체를 활용하는 방법이 있으며, 대부분 시공간적인 한계가 존재함

그림 4-5 현재 교통정보매체별 특징 비교

- 도로구간내에서 이용자에게 다양한 교통정보를 제공하기 위해서는 인터넷 기반 정보컨텐츠를 개발하여 제공하는 방법이 매우 유용하게 사용될 수 있음

- 현재의 도로환경에서는 무선인터넷을 사용해야 하나, 통신 이용료가 매우 높아서 교통정보제공용으로 사용하는데 한계 존재

○ 돌발 또는 특수상황에 대한 실시간 정보제공 기능 필요

- 도로 노면잡물, 사고취약구간 등 특수상황시 운전자에게 실시간 정보를 제공함으로써, 사고를 사전 예방하고 2, 3차 충돌을 방지하는 통신기술 필요

○ 도로-차량간 통신정보를 교통정보로의 활용기술 필요

- 두 지점간 거리를 인지하고, 개별차량이 각 지점에서 도로와의 통신교환 시점을 안다면, 이를 환산하여 도로구간 통행정보로의 변환가능

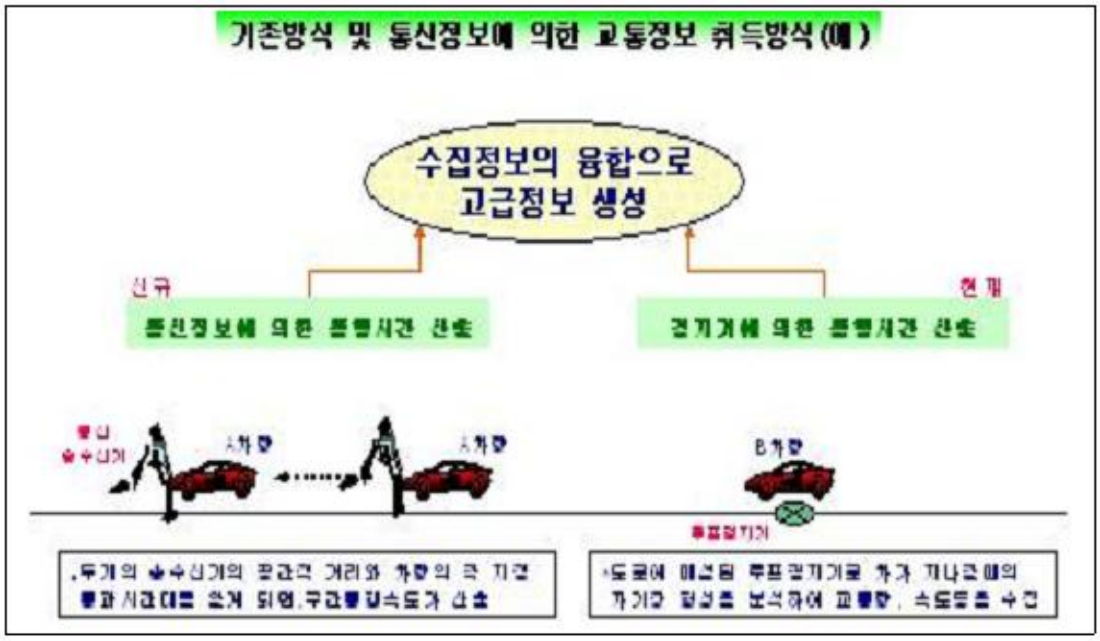


그림4-6 기존방식 및 통신정보에 의한 교통정보 취득방식

- 이러한 통신을 이용한 교통정보와, 기존 VDS(Vehicle Detection System)에서 수집되는 교통정보를 융합할 경우, 연속류의 미시적 움직임을 파악할 수 있는 고급 교통정보를 생성할 수 있음.

- 따라서 다양한 매체에서 수집되는 교통정보를 상호 융합하여 정확한 교통상황을 표출해 내는 정보융합 기술개발 필요

□ 최근 연구동향 및 기술 수준

○ 현재 통신기술을 이용한 교통정보의 취득과 제공, 그리고 활용을 위해 가장 많이 검토되고 있는 통신시스템은 세계적으로 단거리무선통신을 이용하는 방식이 대세를 이루며, 현재 우리나라에서도 활발한 연구가 수행되고 있음

- 비콘(Beacon) 시스템은 현재 각 지자체에서 BIS(버스정보시스템) 및 도심통행 정보시스템에 사용중에 있으나 최근 차량의 위치정보수집에 국한되는 서비스 영역의 제약으로 위상이 떨어지는 추세임

- DSRC(Dedicated Short Range Communication)는 도로공사의 하이패스와 같은 비교적 통신의 정확성이 필요한 시스템에 활용되고 있으며, 최근 도로내 단말기를 탑재한 개별차량의 구간통행시간을 산출하기 위한 용도로 기능적 확장을 추진하고 있음

- 무선통신은 유선랜과 이용자의 단말기(PC,핸드폰,네비게이션)를 연결해 주는 무선 송수신기를 통해 연결하여 사용하는 시스템으로, 송수신기의 통신영역은 반경 1km내외로 알려져 있으며, 단거리 통신과 장거리 통신의 중간적 위치의 시스템임

- 차량 및 물류의 이동을 파악하기 위해 단순히 정보를 읽는 수준에 출발한 바코드형식의 통신매체인 RFID(Radio Frequency Identification)가 그 기능이 향상됨에 따라 교통분야로의 적용에 대한 활발한 연구가 진행되고 있음.

  * 유비쿼터스 환경의 차세대 국가 교통정보수집체계 개발 및 시범사업, (수행기관 : KT, 발주기관 : 건설교통기술평가원, 시범사업지역 : 제주시)

  * U-transportation 기반기술 개발 사업 (수행기관 : 한국교통연구원, 발주기관 : 건설교통기술평가원)

○ 교통정보수집을 위한 통신부문 연구동향

- 장거리 무선통신인 이동통신, DMB 등은 기지국을 중심으로 넓은 지역에 있는 고객 단말기의 위치를 알아내고 정보를 제공하는 장점이 있으나, 수많은 교통정보의 가공처리시 용량적 문제와 이용자에게 추가되는 통신사용료로 인해 교통정보 및 관리측면에서 광대역 통신을 활용하기에는 현 시점에서 한계가 존재함

- 단거리 무선통신을 이용한 교통정보수집방식은 현재 초기 연구가 시작되는 단계로 DSRC, RFID등 여러 통신기술에 의해 테스트되고 있는 상태임. 그러나 각각의 통신방식에 따라 교통수집기능에 있어 장단점이 존재하며, 각 기술적 발전속도에 따라 진화되어 가고 있음.

- 본 연구에서는 통신기술을 이용한 교통정보수집기술에 대한 부분은 선행연구가 시행되고 있으므로, 이 분야는 본 과업범위에 포함하지 않고 그 결과를 활용할 예정임

○ 교통정보제공을 위한 통신부문 연구동향

- 현재의 도로정보제공매체는 라디오, VMS등이며, 이러한 수단으로서는 운전자에게 실시간으로 적정한 정보를 제공하는 맞춤형 체계를 갖추는 데에는 한계가 있음.

- 현재 여러 종류의 차량내 통신용 단말기(OBU, 네비게이션, 핸드폰)가 보급되어 있으나, 핸드폰으로 교통정보를 전송하기 위해서는 통신사용료가 부가되며, OBU는 요금수납외 추가적 기능을 보완해야 하는 단점이 존재함

- 주행중인 운전자에게 실시간 정보를 제공하기 위한 방법은 크게 4가지로 나누어 볼 수 있음.

  첫째, DMB망 사업자와 도로관리자와의 상호 협약을 통해 DMB 단말기 소유자에게 정보를 제공하는 방안

둘째, 이동통신망 사업자와 도로관리자와의 상호 협약을 통해 핸드폰 소유자에게 정보를 제공하는 방안

셋째, 도로내 인터넷망을 이용하여 네비게이션 소유자에게 정보를 제공하는 방안

넷째, 단거리통신망을 이용하여 OBU 소유자에게 정보제공 방안

○ 본 연구에서 선정한 통신시스템은 우리나라 최초로 기존 고속도로에 설치된 유선망을 활용하여, 무선송수신기를 접목한 저렴한 비용의 인터넷 환경을 구축하는 것과, 특수상황시 별도의 교통관리를 위한 자가진단형 Local 통신시스템을 개발하는 것으로써, 기존 연구에서 다루지 않은 영역의 연구분야를 수행함

□ 연구과제 선정방향

○ 구현 목표

- 도로구간내 인터넷 서비스환경 구축으로 교통정보의 실시간 제공
- 특수상황 대처를 위한 자가판단형 Local 통신기반시스템 구현
- 통신정보를 활용한 도로구간 미시적 교통류 분석 기술 개발
- 정보수집매체별 수집되는 다양한 정보를 융합, 가공하는 기술 개발

○ 구현 방향

- 스마트하이웨이와 같은 미래형 첨단도로를 구현하기 위해서 통신기술이 갖추어야 하는 중요한 기능적 조건은 다음과 같음

가) 통신교류정보를 미시적, 공간적 교통정보로 생성가능한 통신체계

나) 도로와 차량간 실시간 교류가 가능한 통신시스템

* 차량 : 도로와의 정보공유가 가능한 차량단말시스템 보유

* 도로(센타) : 개별차량의 움직임을 지속적으로 추적할 수 있는 seamless 통신체계 구축

다) 시스템 구축 및 유지비용을 최소화한 시스템

* 최대한 유선통신, 무선통신, 방송매체 등 기존 통신체계 활용

라) 이용자의 정보서비스 이용료를 최대한 낮출 수 있는 시스템

* 이용자의 정보이용료를 최소화 할 수 있는 통신체계 구축 필요

마) 타 도로 및 교통수단의 통신시스템과 호환이 가능한 시스템

* 버스, 지하철 등 타 교통수단의 통신시스템과의 호환성이 보장되는 서비스체계 구축 필요

바) 다양한 교통정보관련서비스가 가능한 시스템

* 여행시간 정보, 적정 출발시간 정보, 전방 사고 및 날씨, 노면정보 제공, 동적 최적경로 정보등의 다양한 정보 제공 가능

사) 첨단교통제어기술에 활용가능한 시스템

* 도로의 안전과 소통능력을 획기적으로 개선할 수 있는 안전과 소통-본선용량제어 등 첨단도로운영시스템 구현 가능

○ 본 연구에서는 위의 7가지 기본 요건을 고려하여 스마트하이웨이에 적용 가능한 최적의 통신환경을 구현하고자 함

○ 도로구간내 인터넷 서비스환경 구축으로 교통정보의 실시간 제공

- 인터넷 유선망과 무선 송수신기를 결합한 인터넷환경 구축

- 도로정보제공 전용인터넷 웹사이트를 구축하여, 통행정보에 관한 세부 정보컨텐츠를 개발하고, 이를 이용자에게 실시간으로 제공

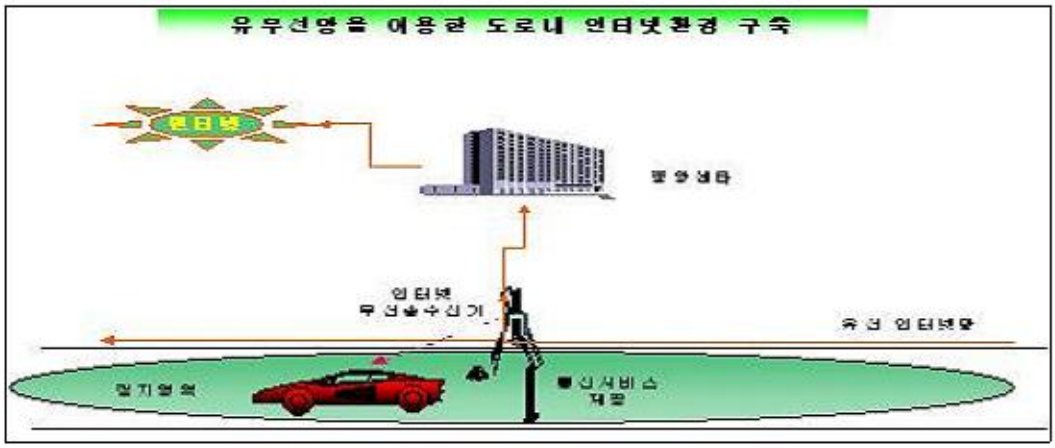


그림 4-7 유무선망을 이용한 도로내 인터넷환경 구축

○ 특수상황 대처를 위한 자가판단형 Local통신기반시스템 구현

- 특수상황시 실시간 정보취득과 제공을 위해 노변시스템 자체적으로 도로를 모니터링하고 판단하여 운전자에게 정보를 제공할 수 있는 능동적 역할을 수행하는 Local통신기반시스템 개발

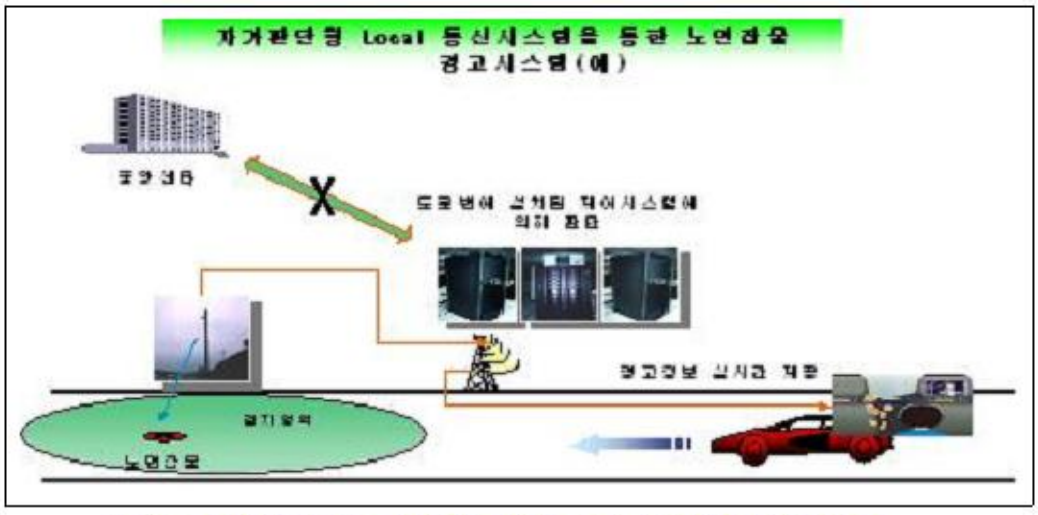


그림4-8 자가판단형 Local 통신시스템을 통한 노면잡물 경고시스템

○ 통신정보를 활용한 도로구간 미시적 교통류 분석 기술 개발

- 도로-차량간 통신교환정보를 도로구간단위 통행정보로의 변환을 통해, 정확한 교통류의 흐름과 통행시간 등의 교통정보를 파악할 수 있는 기술 개발

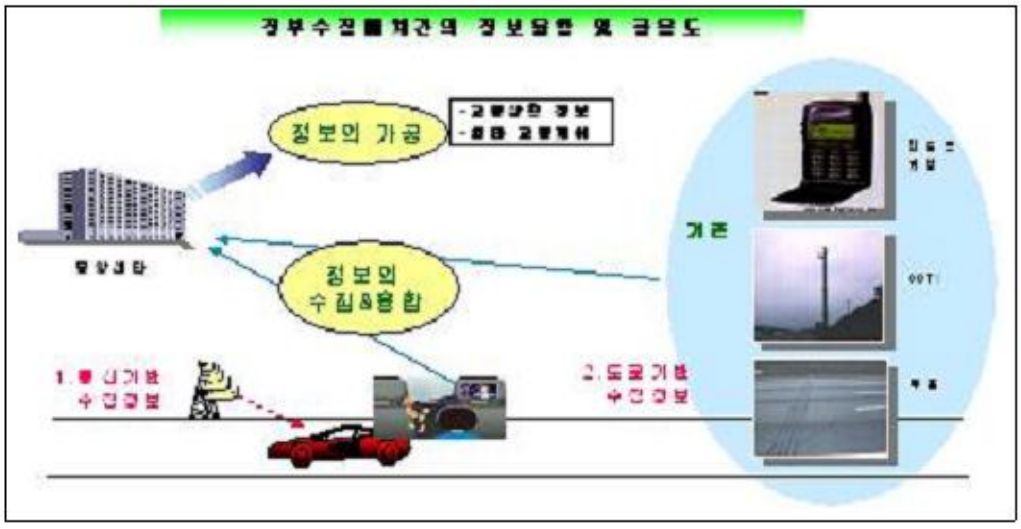


그림 4-9 정보수집매체간의 정보융합 및 활용도

○ 정보수집매체별 수집되는 다양한 정보를 융합, 가공하는 기술 개발

- 기존 루프검지기와 같은 VDS 교통정수집체계와 새롭게 추가되는 통신기반 교통정보와의 상호 융합을 통해 정밀한 교통상황 정보로 변환하는 데이터 융합기술 개발

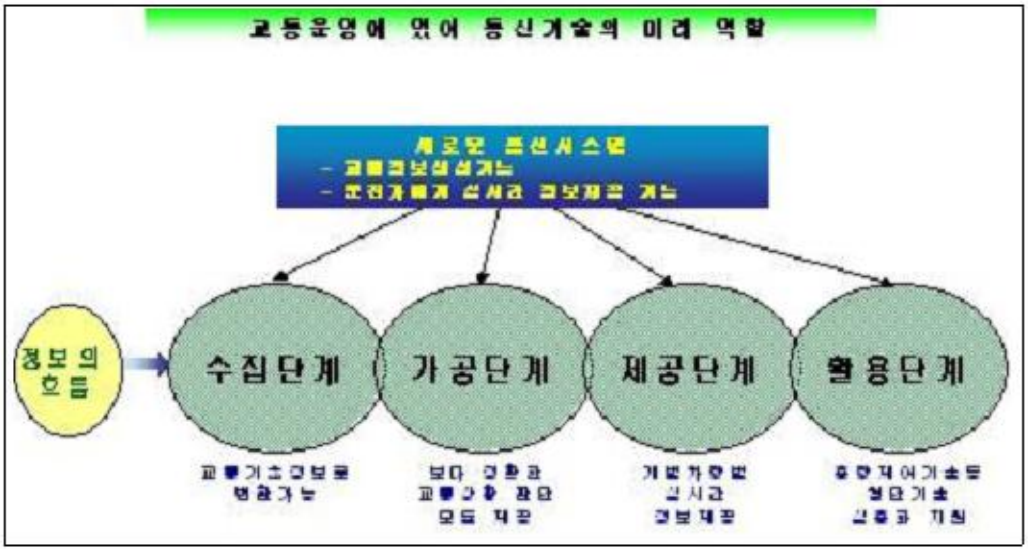


그림 4-10 교통운영에 있어 통신기술의 미래 역할

□ 연구과제 선정

○ 차량단말기내 실시간 교통정보제공을 위한 도로통신 환경체계 구축

- 과제의 정의

: 일반 및 특수 교통상황에 대한 다양한 교통정보를 주행중인 운전자에게 실시간으로 제공할 수 있는 도로기반 통신환경체계를 개발하는 과제

- 주요 연구내용

* 유무선통신체계를 결합한 도로내 인터넷환경 조성 및 서비스컨텐츠 개발 사업

▷ 통신 아키텍쳐 수립

▷ 통신 시스템 개발 및 검증

▷ 시범사업

* 자가판단형 차량 단말기내 실시간 교통정보제공을 위한 도로통신환경 체계 구축

▷ 아키텍쳐 및 시스템 개발

▷ 시범사업

○ 도로-차량간 통신정보의 변환을 통한 교통정보생성 기술 개발

- 과제의 정의

: 도로와 차량간 통신교환 위치와 시간정보를 교통정보로 생성하고, 기존 정보수집체계와의 상호 융합을 통해 보다 정확한 교통정보를 생성하는 기술 개발

- 주요 연구내용

* 통신정보를 활용한 교통류 분석기술 개발

▷ 알고리즘 개발

▷ 현장 검증 및 평가

* 정보수집매체별 수집정보의 융합 및 가공기술 개발

▷ 알고리즘 개발

▷ 현장 검증 및 평가

② 세부과제 2 : 도로스마트하이웨이 교통관리시스템 구축

□ 문제점 및 원인 분석

○ 현 고속도로관리시스템(Freeway Traffic Management System) 현황

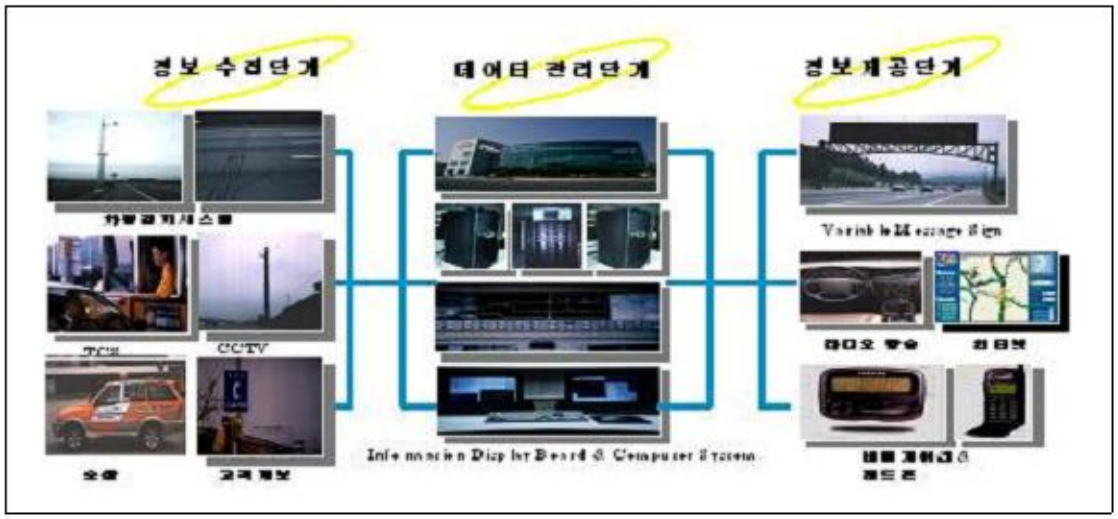


그림 4-11 현 고속도로관리시스템 정보 흐름도

- 정보수집 : 도로에 설치된 루프검지기(속도, 교통량 수집)와 인력에 의한 CCTV 감시체계, 운전자 및 순찰자 제보로 구성

- 정보관리 : 고속도로상에 설치된 각종 정보수집매체에서 들어오는 정보를 센타에 송부하고, 센타는 이를 저장, 처리하여 고급 교통정보로 가공

- 정보제공 : 교통센타는 자체적으로는 VMS, 인터넷, ARS를 이용하여 정보를 제공하고, 방송사에 정보를 제공하여 TV, 라디오로 운전자에게 정보를 제공하는 방식 채택

- 기능적 한계

  * 정량적 정보수집매체가 매우 열악하며, 대표적으로 사용되는 루프검지기는 지점교통정보만을 취득하여 자료의 정확성 및 관리측면에서 한계 존재

* 도로에 적용되는 통신체계는 정보를 생성하는 주체가 되지 못하며, 단순히 전달역할만 수행

* 운전자에게 현재 주행상황에 맞는 신속한 정보를 전달할 수 있는 정보체계가 갖추어 있지 못함

그림 4-12 루프검지기에 의한 통행시간 산출

○ 미래형 도로인 스마트하이웨이의 교통관리시스템의 재설계 필요

- 도로관리에 있어 첨단 통신기술이 능동적인 역할을 수행할 수 있는 기능이 추가되는 새로운 형태의 고속도로관리시스템 구축 필요

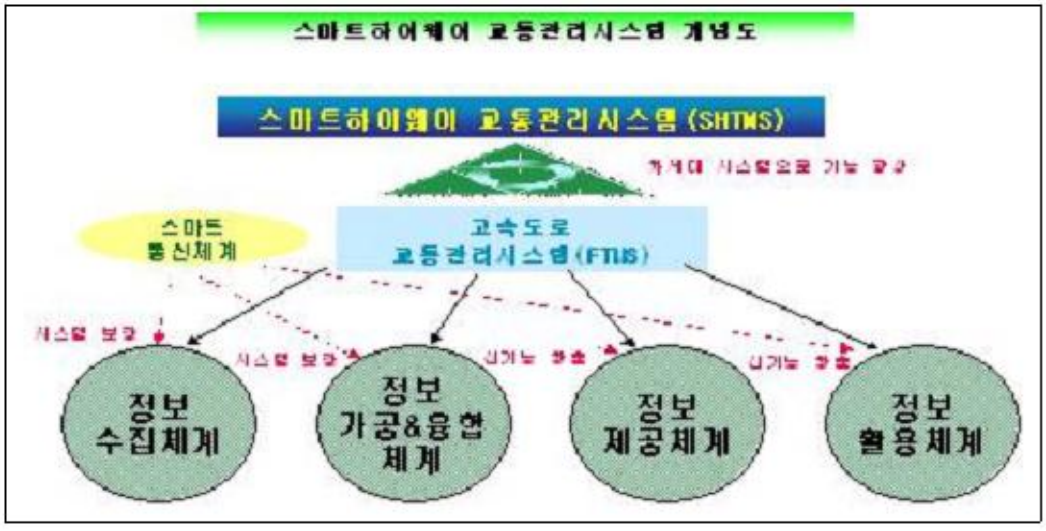


그림 4-13 스마트하이웨이 교통관리시스템 개념도

○ 교통 및 도로시설에 대한 각종 Data의 전산화 작업 필요

- 도로에서 벌어지는 모든 시설물, 각종 사고자료, 영업자료, 교통현황, 유지보수 작업 등 모든 일련의 자료를 하나로 통합하여 관리하는 것이 효율적임

- 따라서 각종 교통 및 도로관련 자료를 전자 지도맵에 표출할 수 있는 GIS기반 교통관리 전산프로그램의 개발 필요

○ 스마트하이웨이 첨단운영기술을 실현하기 위한 시뮬레이션 Tool 필요

- 스마트하이웨이는 첨단 통신환경체계하에 다양한 첨단제어기술이 실현되는 첨단 도로임

- 이러한 첨단제어기술은 실제 제작하기에 앞서, 다양한 조건하에서 시스템의 효과를 평가할 수 있는 모의실험 Tool을 개발하여 수없는 반복실험을 수행해야 시스템적 오류 및 예산의 낭비를 방지할 수 있음

- 현재 상용중인 도로관련 시뮬레이션 프로그램은 스마트 하이웨이의 다양한 교통운영기술을 묘사하지 못하며, 따라서 이를 분석할 수 있는 전용 프로그램의 개발이 필요함

□ 최근 연구동향 및 기술 수준

○ 본 과제는 첨단도로인 스마트하이웨이를 운영하기 위한 시스템 설계와 소프트웨어 개발, 그리고 교통시뮬레이션 분석프로그램을 개발하는 과제로 기존 도로분야 연구와는 차별성을 갖고 있음

○ 다만, 기존 도로에 사용된 각종 하드웨어 및 소프트웨어 기술을 활용하고, 새로운 기능을 가진 신규 기술을 접목함으로써 스마트하이웨이 시스템을 구현하고자 함

□ 연구과제 선정방향

○ 구현 목표

- 스마트하이웨이 교통운영시스템 아키텍쳐 및 설계

- 도로 및 교통관리 Data의 통합형 전산관리와 각종 첨단제어기술을 완벽히 구현할 수 있는 스마트하이웨이 전용 소프트웨어 개발

○ 구현 방향

- 스마트하이웨이에 적용되는 교통운영시스템 설계

가) 통신네트워크 통합운영시스템

* 교통정보에 대한 자체적인 생성기능이 추가된 스마트 하이웨이에 적용되는 종합적인 통신네트웍의 설계 및 운영기준 정립

나) 정보수집체계 운영시스템

* 다양한 정보수집매체에 대한 효과적인 지원과 상호 중복을 방지하기 위한 시스템 설계 및 관리기준 정립

다) 정보DB관리체계 운영시스템

* 다양한 매체에 의해 수집된 정보를 전달, 저장, 가공, 융합하는 데이터의 관리를 위한 시스템 설계 및 관리기준 정립

라) 정보제공체계 운영시스템

* 다양한 정보제공매체에 대한 효과적인 지원과 상호 중복을 방지하기 위한 시스템 설계 및 관리기준 정립

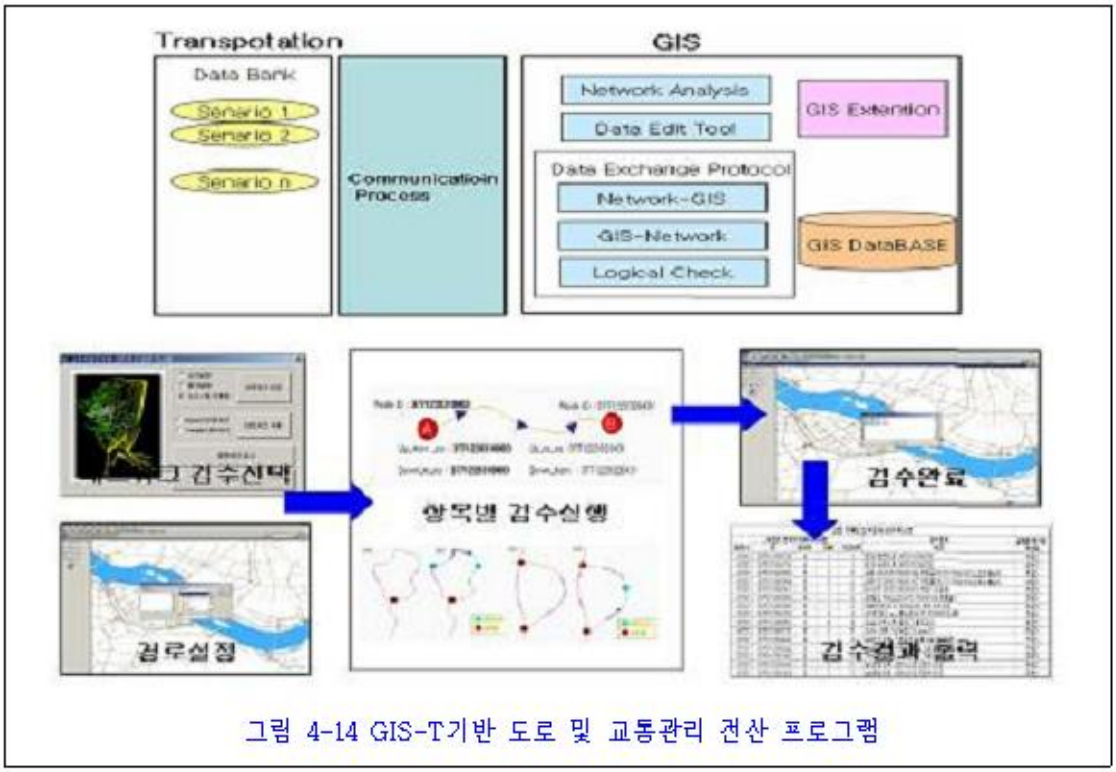


그림 4-14 GIS-T기반 도로 및 교통관리 전산 프로그램

- 각종 도로 및 교통자료에 대한 효율적인 관리와 첨단 운영기법의 분석을 위한 소프트웨어 프로그램 개발

가) 고정적인 시설물에 대한 전산관리 Tool의 하나인 GIS를 이용하여 도로시설물에 대한 효율적인 관리체계 구축

나) 고정적인 시설물이 아닌 교통에 대한 자료를 GIS에 포함한 GIS-T 기반 프로그램을 개발하여 모든 자료를 효과적으로 관리할 수 있는 환경조성 필요

다) 스마트 하이웨이에서 구현 가능한 첨단 교통정보제공 기술과 첨단 교통운영기술을 모의실험상으로 완벽히 묘사하여, 실제 시스템 구축전에 다양한 평가를 통한 최적사양을 결정하는데 사용가능한 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램 개발

그림 4-15 교통분석 프로그램 개발

□ 연구과제 선정

○ 스마트 교통관리시스템 설계기술 개발

- 과제의 정의

: 첨단 정보통신을 활용해 각종 교통제어기술이 실제 구현되는 스마트 교통관리시스템 설계기술 개발

- 주요 연구내용

* 스마트 통신네트워크 통합운영체계 설계

▷ 아키텍쳐 수립

▷ 시스템 설계

* 스마트 정보수집체계 설계

▷ 아키텍쳐 및 시스템 개발

▷ 시스템 설계

* 스마트 정보DB관리체계 설계

▷ 아키텍쳐 및 시스템 개발

▷ 시스템 설계

* 스마트 정보제공체계 설계

▷ 아키텍쳐 및 시스템 개발

▷ 시스템 설계

○ **스마트 교통운영 프로그램 개발**

- 과제의 정의

: 도로 및 교통자료의 효율적 관리와 운영, 그리고 첨단제어기술의 효율적 구현을 위한 전산프로그램 개발

- 주요 연구내용

* GIS-T기반 도로교통DB관리 프로그램 개발

▷ 아키텍쳐 수립

▷ 소프트웨어 개발

GIS-T : 지리정보체계(Geographic Information System)에 교통(Transportation) 체계를 결합하여 도로의 시설물과 교통상황에 이르기까지 도로관리에 필요한 전 과정을 통합 전산관리하는 시스템

* 첨단운영시스템 평가를 위한 스마트 시뮬레이션 프로그램 개발

▷ 알고리즘 개발

▷ 소프트웨어 개발

Smart Simulation Program (SSP) : 미시적 차량움직임을 묘사할 수 있는 마이크로 수준의 시뮬레이션 프로그램으로, 첨단교통제어시스템의 운영과 실시간 정보제공에 따른 이용자 행태 분석 등 첨단운영기술을 컴퓨터 상에서 직접 묘사할 수 있는 프로그램을 나타냄

③ 세부과제 3 : 도로주행환경 최적화를 위한 실시간 교통제어기술 개발

□ 문제점 및 원인 분석

○ 현재의 교통제어시스템으로는 도로에서 발생하는 비반복적 정체(사고구간, 공사구간, 일시적 교통 혼잡 구간 등)를 사전에 예측할 수 없으며, 이에 대한 실시간적 대응을 하는데 한계가 있음.

○ 교통류를 능동적으로 제어하기 위해서는 다양한 정보의 취득과 모니터링 기술이 필요하며, 현재 사용되는 루프검지기는 자료의 수집과 전송, 가공의 과정에서 많은 오차가 발생하여 이를 실제 현장에 적용하기 힘든 상황임

○ 특히 도로와 차량간 정보공유를 위한 도로환경이 구축되지 않아, 적정 정보를 제공하는 것이 불가능한 실정임

○ 스마트하이웨이는 기존의 루프검지기를 통한 지점기반의 교통류 검지기술외에 첨단의 통신기술과 센서기술을 활용한 공간기반의 실시간 검지기술이 접목되는 도로체계를 갖추게 됨. 또한 도로-차량간 실시간 정보교환이 가능한 통신체계를 구현함으로써, 실시간 대응능력이 강화되는 도로임

○ 즉 미래의 도로환경은 도로-차량간 실시간 통신정보와 각종 모니터링 시스템을 활용하여, 도로의 안전성과 소통능력을 극대화할 수 있는 첨단 실시간 교통제어기술의 구현이 가능해야 함.

○ 초고속환경의 스마트하이웨이는 교통사고, 악천후, 공사구간 등 특수상황시 더 큰 위험요소가 되므로, 보다 정밀한 교통제어기술을 실현하는 것이 필요함

□ 최근 연구동향 및 기술 수준

○ 그동안 공사구간 및 돌발상황 등의 상황을 실시간으로 감지하고 교통류를 처리하는 기술에 대한 많은 선행 연구가 수행되어 왔음.

○ 그러나 그 동안의 연구는 다음과 같은 한계점이 존재하여 실용화 수준까지 이러지 못하고 있음.

- 첫째, 대부분의 연구는 기본적인 알고리즘과 제어기법에 대한 수준에 머무르고 있으며, 비교적 적은 예산이 책정되어 기본 구상과 방법론만을 제시하고 있음
- 둘째, 시스템을 구현하기 위한 모의실험환경 부재
- 셋째, 정밀한 교통제어기술을 실제 구현하기 위해서는 적정 시범구간이 선정되어야 하나, 다양한 정보수집매체와 모니터링 체계가 구비된 현장을 구하기 어려움
- 넷째, 도로에서 차량에게 적정 정보를 실시간으로 제공할 수 있는 통신체계를 구현하는 데는 한계가 존재함

○ 스마트하이웨이에서 수행하고자 하는 특수상황 관리기술은 첨단 통신환경체계하에 자동화된 제어시스템을 도입하는 것이며, 이는 도로 및 운전자와의 유기적인 상호 정보교류가 이루어지는 환경하에서 가능할 것임

○ 즉 본 연구는 기초적인 데이터를 통해 알고리즘 구현수준에 그친 것이 아닌, 현장에 직접 적용되는 시스템을 구현하는 것을 목표로 수행할 예정임

□ 연구과제 선정방향

○ 구현 목표

- 스마트 하이웨이에서 구현되는 통신 및 센서를 활용한 실시간 교통제어 기술 구현

- 위험구간 및 특별관리구간의 실시간 교통제어 기술 구현
- 주행차량 속도 및 전용차로 준수 실시간 감시체계 도입

○ 구현 방향

- 특별상황시 운전와의 정보를 교환할 수 있는 통신시스템 구현
- 보다 빠른 교통처리를 위해 중앙센타의 지시를 받지 않고 스스로 처리할 수 있는 도로-차량간 통신환경에 구축된 첨단지역관리 시스템 구현
- 각종 모니터링과 정보수집시스템을 활용하여 실시간으로 감지하고 대처할 수 있는 첨단 교통제어 및 관리기술 실현
- 교통제어 지시정보를 운전자에게 빠르게 전달하고 이해시키기 위한 각종 정보표출 기술 개발

□ 연구과제 선정

○ 자가판단형 Local통신시스템을 이용한 특별관리구간 교통제어기술 개발

- 과제의 정의

: 사고취약구간, 시인성 저하구간 등 도로상의 주요 사고위험구간에 대한 다중 감시체계 구축과, 위급상황시 실시간 경고정보 및 교통을 제어하는 첨단기술 개발

- 주요 연구내용

* 강우, 폭설, 안개 등 악천후 대응 교통제어기술
* 노면 잡물, 고장 차량등 특수상황에 대한 교통제어기술
* 전방 유고상황 정보제공 및 교통제어 기술

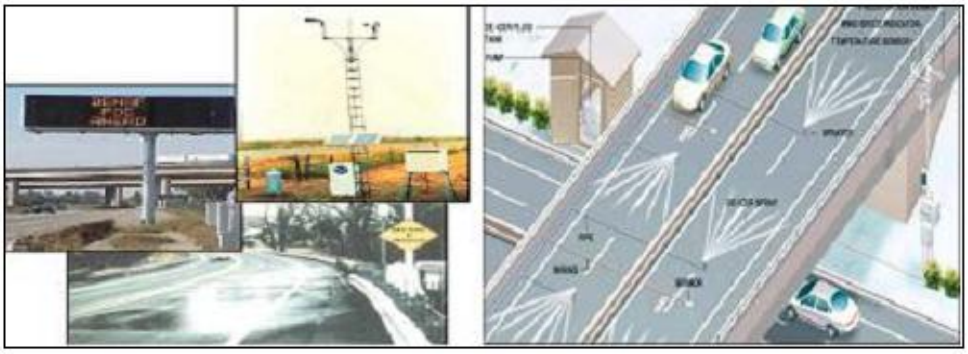


그림 4-16 악천후대응 교통제어기술

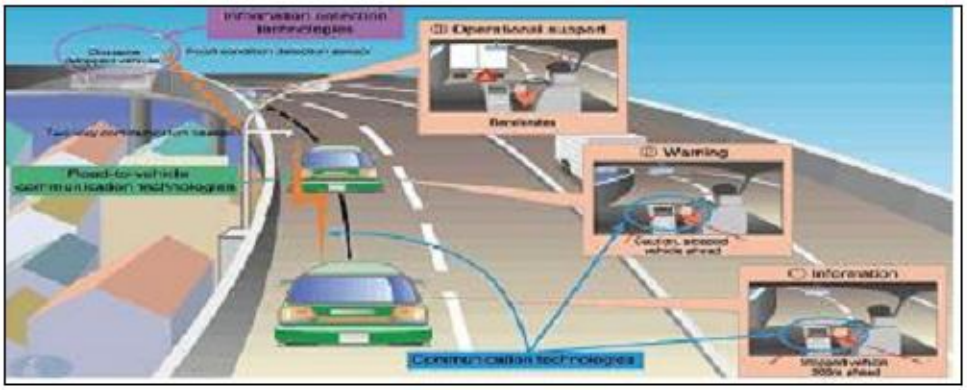


그림 4-17 전방 경고정보 제공 및 교통제어기술

○ 속도 및 차로위반차량 실시간 감시기술 개발

- 과제의 정의

: 통신체계를 이용하여 차량의 공간주행속도와 주행차로를 실시간 모니터링 함으로써, 운전자의 위반사항에 대한 경고메시지를 제공할 수 있는 기술 개발

- 주요 연구내용

* 공간주행속도 감지 시스템 개발
* 차종별 주행차로 감지 시스템 개발
* 가변형 속도제어 기술 개발
* Portable DMS (이동식 동적표출장치) 개발

그림 4-18 속도 및 차로제어시스템

○ 단기 공사구간 통합형 교통제어기술 개발

- 과제의 정의

: 스마트하이웨이에서 구현되는 센서 및 통신기술을 기반으로 공사구간 관리를 위해 움직이는 이동센타 개념의 시스템을 개발하여, 교통우회, 속도제어, 차로 제어 등의 교통류 관리기법을 개발

- 주요 연구내용

* 공사구간 상하부 교통류 분석기법 개발
* 공사구간 접근 속도제어 및 차로제어 기법 개발
* 공사구간 야간 안전성 확보 기술 개발
* 공사구간 이동식 정보 제공시스템 개발

그림 4-19 단기 공사구간 교통관리 시스템

3) 핵심과제 2 요약

정의

- 운전자에게 교통정보를 실시간으로 제공할 수 있는 통신환경체계의 구축을 통해 안전하고 편안한 주행환경을 제공하기 위한 첨단 교통운영 및 제어기술을 실현하는 과제

세부과제

- **도로-차량간 실시간 정보교류를 위한 도로통신환경체계 구축**
  - **정의**
    - 도로-차량간 실시간 교통정보 교류가 가능한 통신환경체계의 구축을 통해 다양한 교통정보를 제공하고, 통신교환정보를 정밀한 교통정보로 생성하기 위한 가공기술을 개발하는 과제
  - **세세부과제**
    - 차량단말기내 실시간 교통정보제공을 위한 도로통신환경체계 구축
    - 도로-차량간 통신정보의 변환을 통한 교통정보생성 기술 개발
- **스마트하이웨이 교통관리시스템 구축**
  - **정의**
    - 통신매체가 정보의 단순한 전달이 아닌 생성매체로써 활용되는 스마트하이웨이의 효율적인 교통관리체계 구축을 위해, 최적 운영시스템을 설계하는 과제
  - **세세부과제**
    - 스마트 교통관리시스템 설계기술 개발
    - 스마트 교통운영 프로그램 개발
- **도로주행환경 최적화를 위한 실시간 교통제어기술 개발**
  - **정의**
    - 교통류의 안정적인 흐름과 교통사고 방지를 위해, 도로-차량간 통신교환 기술이 접목된 첨단 교통제어기술을 개발하는 과제
  - **세세부과제**
    - 자가판단형 Local 통신시스템을 이용한 특별관리구간 교통제어기술 개발
    - 속도 및 차로위반차량 실시간 감시기술 개발
    - 단기 공사구간 통합형 교통제어기술 개발

(4) 핵심과제 3 : Smart 도로-자동차 연계기술 개발

1) 구상도

비전

더 안전하고, 편안하고, 지능화된 (More Safe, Convenient, Intelligent) 「움직이는 생활공간」으로 진화하는 도로-자동차 실현

* 자동차 정보화에 따른 운전자 편이성 증진
* 교통사고 만대당 사망자 OECD평균수준 목표

개발목표

○ 실시간 도로주행관리 및 교통정보 검증을 통해 교통관리 신뢰도를 향상을 위한 **첨단유지관리 및 교통정보 수집 기술 개발**

○ 초고속 주행환경에서 발생하는 교통소음과 환경개선을 위한 **도로-자동차 상호보완 기술개발**

○ 이종차종 및 차로별 속도편차로 인한 사고를 예방하고 안전한 주행환경 조성을 위한 **초고속 주행 안전성 향상 연구 개발**

○ 지속가능한 성장을 위한 도로, 자동차, 통신전문가가 참여하는 **미래형 자동차 주행지원 도로기술 연구 및 실용화 기술 개발**

연구방향

초고속주행 지원유지 관리자동차 시스템개발	교통정보 Probe Car 시스템개발	소음저감 및 방음벽 대체기술	오르막차로 구동력 증진 포장 공법 개발
저소음성 마찰력 강화 타이어 기술 개발	지능형 자동차와 일반자동차 혼합주행 안전성 평가 연구	초고속 주행환경 교통류 분리 운영 방안연구	각성유지를 위한 도로 및 자동차 지원 시스템 개발

주 요 개발과제

자동차를 이용한 첨단유지관리 및 교통정보 수집 기술 개발	도로-자동차 상호보완기술 개발	초고속주행 환경하의 자동차 주행 안전성 향상 연구 개발	미래형 자동차 주행지원 도로기술 연구 및 실용화 기술개발

첨단정보 · 환경 · 인간중심으로 진화하는 도로-자동차 구현

2) 세부과제 선정

① 세부과제 1 : 자동차를 이용한 첨단 유지관리 및 교통정보 수집 기술 개발

□ 문제점 및 원인 분석

○ 현재 도로유지관리 체계는 순찰차량·CCTV Camera·신고 등을 통하여 도로잡물이나 교통문제를 확인하고, 인력을 현장으로 투입하여 처리하는 시스템임. 이로 인한 현장 도로관리자의 교통사고 위험노출과 효과적인 안전조치에 어려움이 있음

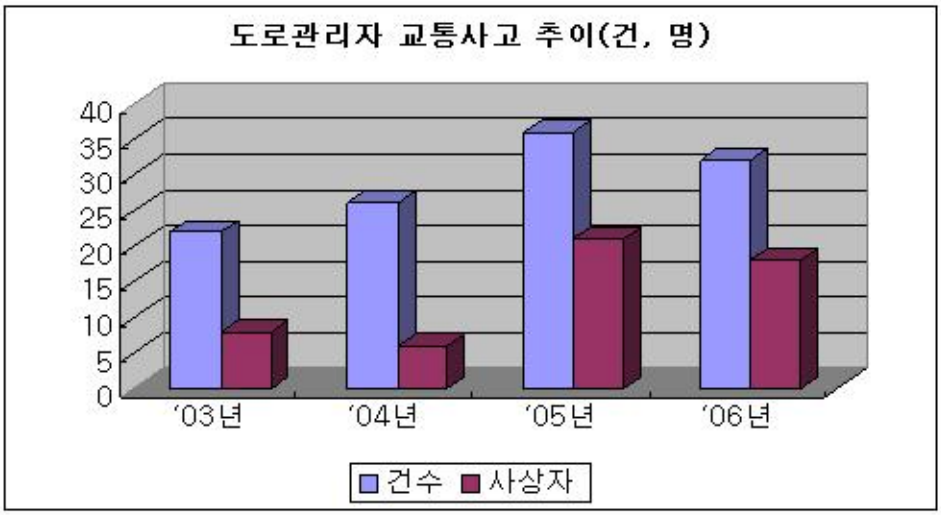


그림 4-20 도로관리자 교통사고 발생 추이

○ Smart Highway와 같은 초고속주행 환경을 갖는 도로에서는 관리자의 교통사고에 대한 위험이나 피해강도는 더 커질 것으로 예상됨

○ 특히, 노면잡물 처리 등과 같은 인력투입 유지관리로 인한 2차 사고를 예방하기 위해서는 효과적인 도로 및 교통유지관리방안의 수립과 더불어 초고속 환경에서의 효과적인 순찰방법과 자동화된 유지관리 차량의 개발이 필요한 상황임

○ 초고속주행 환경에서의 본선교통에 영향을 주는 유지관리는 얼마나 빠른 시간

내에 처리하느냐가 중요하므로 최적지점에 유지관리자동차를 배치하여 최대한 빨리 도착해서 처리할 수 있는 Area Routing(지역배차) 최적화 기법에 대한 연구가 필요할 것으로 판단됨

○ 현재까지는 수집가공하여 제공된 교통정보에 대한 검증이 이루어지지 않고 있으며, 국지적인 기상에 따른 노면상태의 정보수집이 미흡하여 이에 대한 보완이 필요함

그림 4-21 기존의 교통정보 수집과 간접적 제공체계

□ 최근 연구동향 및 기술 수준

○ 비이콘, 루프검지기, CCTV Camera 등 기존의 검지기에서 수집된 교통데이타는 운전자의 통행시간, 경로선택, 운전행동의 판단을 지원하기 위한 광역교통정보를 생산하기 위해서 다양한 기법(시계열분석, 칼만필터링, 신경망이론, 유전자알고리즘 등)을 사용해 왔음

그림 4-22 Becon 방식의 통신장비

○ 도로 이용객에게 정확한 교통정보를 제공하기 위해서는 기존의 교통 검지기에서 발생되는 구조적인 오차(예 : 통행시간정보의 경우는 시간 처짐 현상(Time-lag) 및 장비적 오류 또는 수집 자료의 오차 등)나 검지기 고장에 의한 데이터 손실 등에 대한 보정이 필요함

○ 이러한 보정을 위해서 최근에 연구에서는 검지기 정보나 교통정보센타에서 생성되는 각종 정보의 정확성을 상시 검증 및 보정하기 위해서 Probe Car를 활용하는 것이 효과적인 것으로 알려져 있음

그림 4-23 Probe Car 기법 예시

○ 미국은 차량과 도로기반시설을 통합(Vehicle Infrastructure Integration, VII)하여 모든 도로체계에서 능동적으로 교통사고를 방지할 수 있도록 안전운전을 지원하는 연구를 연방 및 주정부, 자동차 업체들과 함께 진행 중에 있으며, 개별차량에 정보를 수집하고 제공하기 위해 2008년 이후에는 차량단말기(On-Board Unit, OBU)를 의무적으로 설치하도록 하는 규정을 법제화하려고 추진 중에 있음

○ 미국, 유럽, 일본, 한국 등이 모두 참여하는 국제표준화기구인 ISO와 자동차 안전기준의 글로벌 협의기구에서는 도로인프라기반 첨단주행 시스템 등에 대한 새로운 국제표준, 인증절차 등을 마련하기 위하여 관련전문가 그룹을 구성하고, 연례회의를 통해 기술개발 및 국제표준 수립을 위해 노력중임

○ 국내 ITS사업에서는 다음과 같은 GPS, 비이콘, DSRC방식의 세 가지 방식의 위치검지기술이 사용 중이며, 측위정밀도, 확장성, 유지관리, 경제성 등의 판단기준에 의하여 선택적으로 적용되어 왔음

구분	GPS	Beacon	DSRC
동작원리	- 3개이상 GPS위성까지 거리를 위성 신호를 이용하여 각 위성 현재위치와 위성까지 거리를 계산, 차량위치를 파악	- 무선발신장치를 설치, 비콘에서 고유ID를 주기적으로 발신, 인근을 주행하는 차량이 비콘에서 발신되는 위치ID를 수신, 차량위치 파악.	- 노변에 단거리전용무선기지국을 설치하고 차량과는 단거리무선통신, 정보센터와는 유선통신을 함. (원리는 통신비콘과 동일)
장점	- 위치정밀도가 높고 전지구적위치파악(global positioning)이 가능함. - 별도의 도로상 노변시설이수반되지 않음.	- 수집지점에 비콘을 설치함으로 안정적인 위치파악이 가능하며 비콘 무선신호의 출력과 수신지역을 필요에 따라 조절할 수 있음.	- 비콘방식과 유사한 방식이나, 다자간통신이 가능하며, 초고속 (1Mbps) 데이터 전송 가능.
단점	- GPS 위성신호에 의존적이므로 도심의 고가도로, 터널 등 측위음영지역 존재.	- 노변에 위치비콘을 설치해야 함. - 링크내부차량행태 등 정밀한 위치파악이 어려움.	- 노변에 RSE를 설치해야 함가용채널수가 제한적(2개)이어서 연속적인 차량위치 파악과 정보제공이 어려움.
유지관리	- 차량단말기 정상작동에 대한 유지관리.	- 차량단말기 정상작동에 대한 유지관리 - 위치비콘에 대한 지속적인 유지관리	- 차량단말기 정상작동에 대한유지관리. - 노변기지국에 대한 유지관리.
확장성	-차량단말기 추가설치.	- 향후 대상도로 변경 및 확장시 추가적인 노변기지국 설치	
검토의견	- 인공위성 신호를 받아 위도, 경도, 고도, 측위시간 등을 생성하는 방식. - 측위음영이나 GPS에러를 수반하는 등 단점이 있으나 GPS안테나 설치이외에 추가적인 이용료가 없고 시스템 확장 및 유지보수, 운영이 용이한 측위 방식임.	- 주요지점에 설치된 위치비콘의 통신영역에 차량 통과시 위치비콘으로부터 지점ID를 수집하여 통신비콘에 간헐적으로 전달하는 방식. - 시스템 확장이나 변경시 추가비용이 발생하고 유지보수 비용이 다소 크나 초기구축 비용이 비교적 적고 이용료가 거의 없는 측위 방식.	- 비콘과 유사한 방식이나 센터와 전용선으로 직접 양방향 통신이 가능한 방식. - 채널수가 한정적이어서 임의지점에서의 정보제공이 불가능하며 구축비용이 비교적 높으나 5.8GHz의 높은 대역을 사용하여 고속, 다자간 통신이 가능한 측위방식임.
적용도시	서울특별시, 울산광역시, 광주광역시, 안양시	서울특별시, 인천광역시, 부천시, 과천시, 안산시	대전광역시, 전주시

그림 4-24 Probe car 위치검지방식

□ 연구과제 선정방향

○ 구현 목표

- 지역내 도로의 주행환경에 대한 변화를 실시간으로 감지하고 첨단감지 센서 및 장비를 이용하여 노면잡물처리 등 최적의 노면관리를 효율적으로 처리할 수 있는 유지관리 지원 시스템 개발

- Smart 통신환경 하에서 제공되는 교통정보를 검증하고, 유고 상황 시 현장에서 직접영상을 제공하여 교통정보센터에서 현장상황을 종합적으로 판단할 수 있도록 지원해 주는 시스템 개발

○ 구현방향

- 초고속 주행에서의 도로유지관리 및 종합교통정보 제공 지원시스템을 개발하는 과제로서, 자동차의 하드웨어적인 기술보다는 도로의 실시간 정보를 검증할 수 있는 자동차내 탑재 시스템 구축 및 운영소프트웨어 구축에 주안점을 둠

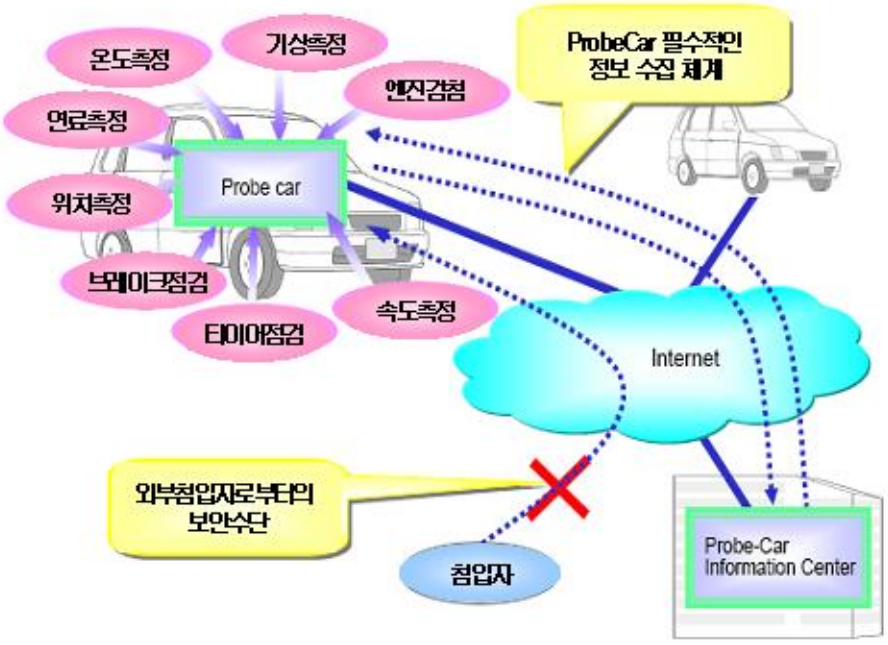


그림 4-25 Probe Car 구현예시

- 미래 ITS는 기존의 교통소통 중심의 광역교통정보서비스에서 교통안전성 확보를 위한 미시적 도로교통정보와 생활정보를 제공하는 통합형 정보시스템으로 진화 할 것으로 예상됨.

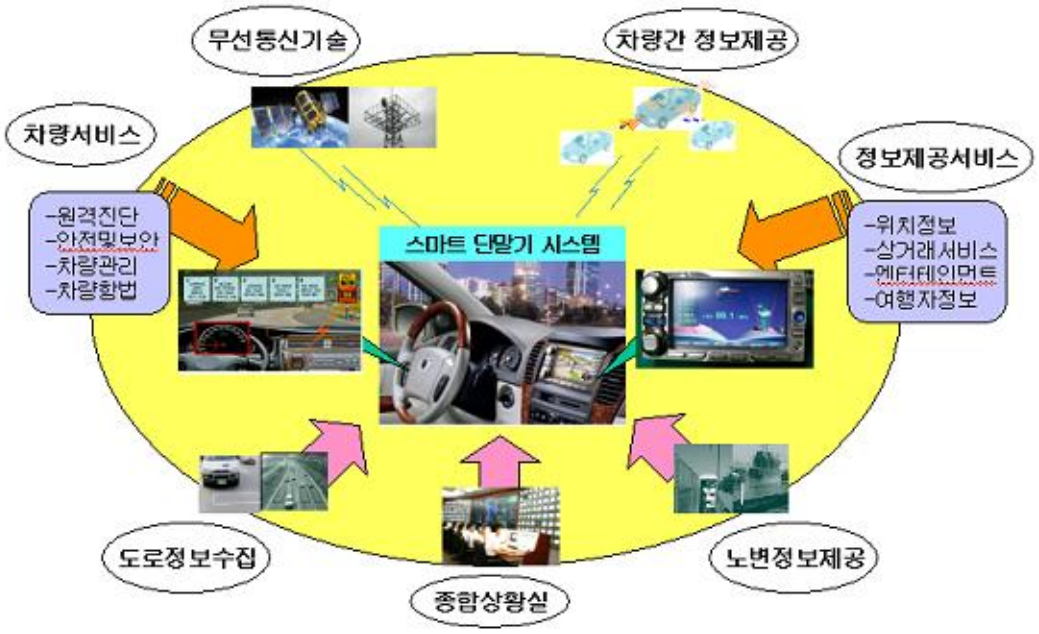


그림 4-26 미래 통합교통정보 단말기 기능 예시도

- 고속주행 환경에서 무선통신망에 의한 도로 / 자동차 / 관리자간의 원활한 Interface를 제공하여 이용자가 안전하고, 편리하게 정보를 활용할 수 있도록 지원해주는 연구과제

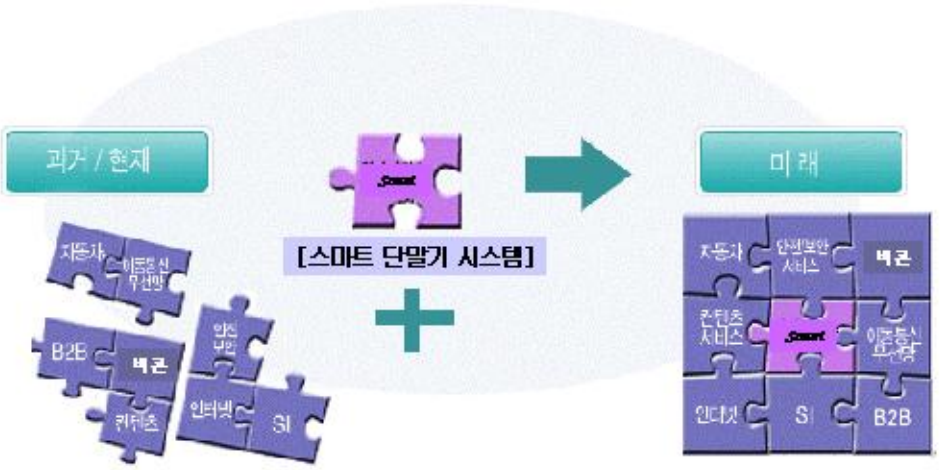


그림 4-27 Smart 단말기 인터페이스 개념도

□ 과제선정 현황

○ 초고속주행 지원 유지관리 자동차 시스템 개발

- 유지관리자동차 지역배차 최적화 기술개발
- 노면잡물처리 기술개발
- 이동식 주행환경(안개, 강우 등)측정 기술 개발

○ 종합교통정보 제공 Probe Car 시스템 개발

- 교통정보 검증 주행시스템 개발
- 무인 도로 및 노측시설 점검자동차 개발
- 유고현장 실시간 중계 영상정보제공 기술 개발
- 최적교통정보 검증 및 Feedback S/W 개발

○ 도로기반 스마트 단말기 시스템 개발

- 교통정보 처리 및 디스플레이 표준화 기술 개발
- 자동차내(In-Vehicle) 능동형 안전장치 통합운영기술 개발
- 스마트 단말기 운영체제 S/W 개발
- 운전자지원 도로교통 및 자동차 정보제공기술 개발
- 정보 활용 콘텐츠 개발

② 세부과제 2: 도로-자동차 상호 보완기술 개발

□ 도로-차량간 상호 보완기술이란

○ 지금까지 도로와 차량은 서로 밀접한 관계에 있으면서도 각기 다른 관점에서 자체의 기술발전에 국한하여 노력하여 왔으나, 초정밀 시대, 무한경쟁 시대, 첨단기술의 융복합 시대 등이 도래하면서 한 분야에서의 기술발전 노력만으로는 어느 정도 한계점이 노출되고 있는 실정임

○ 본 과제에서는 도로와 차량의 공동의 노력으로 서로간의 관심부분에 대한 기술을 상호 보완하고 협력하여, 궁극적으로는 Smart Highway의 경쟁력을 강화할 수 있는 과제를 도로-자동차간 상호보완기술 측면에서 논의하고자 하는 개념임

□ 공동의 관심사항

○ 교통소음은 교통량과 자동차의 속도변화에 따라 민감하게 영향을 받는 도로 환경인자로서, 자동차의 속도증가는 교통소음의 크기를 결정하는 결정적 요소가 되고 있음

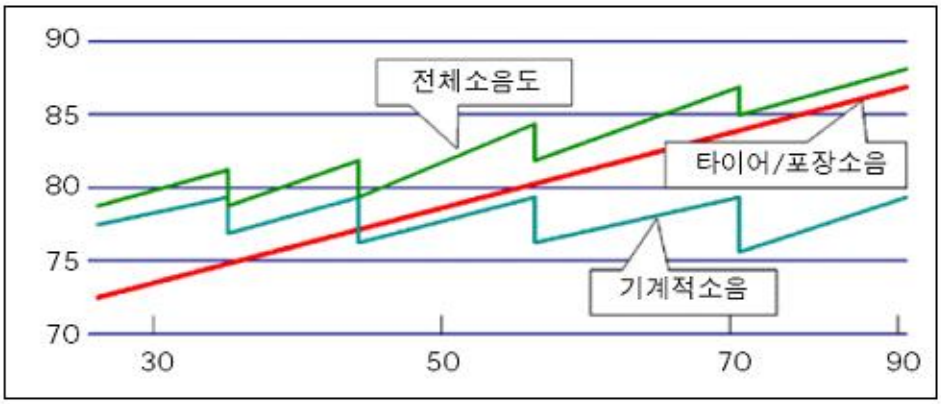


그림 4-28 자동차 속도증가에 따른 교통소음과의 관계

○ 이러한 교통소음은 자동차 엔진음, 타이어 마찰음, 배기가스의 배기음, 바람과 마찰에 의한 풍력음, 차체 진동에 의한 소음 등이 있으나, 고속도로 상에서는 타이어와 포장면의 마찰음 즉, 주행음이 주된 소음원임
※ 주행음 : 통행량, 주행속도, 포장상태 등에 의해 발생음의 세기 결정

○ 최근에는 교통소음과 관련하여 많은 민원사항이 제기됨에 따라 방음벽의 높이를 조정하여 시공하고는 있지만, 풍하중으로 인한 높이의 상향 조정 제한과 개방성 저해로 인한 운전자의 조망권 제한 등의 문제점을 안고 있는 실정임

○ 또한, Smart Highway의 초고속 주행환경은 자동차의 공기저항 증가 등으로 인하여 배기가스의 대기오염 문제를 수반하게 될 것이며, 특히 오르막 차로에서는 가중될 것으로 예상됨

○ 자동차의 배기가스는 지구온난화의 주범인 이산화탄소의 배출의 90% 이상을 차지하고 있어 자동차의 배기가스에 대한 감소노력에 많은 관심을 보이고 있음

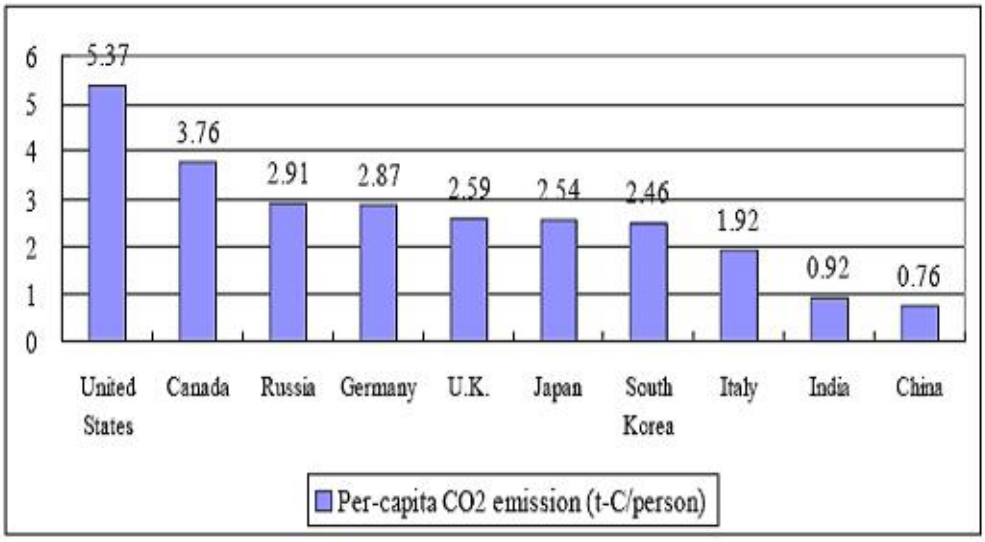


그림 4-29 국가별 1인당 이산화탄소 배출량 비교

○ Smart Highway의 주행환경에서 필연적으로 나타날 것으로 예상되는 소음, 배출가스 등의 환경문제를 도로와 자동차 분야에서 나름대로 개선방안을 제시하고 있으나, 이러한 대응방안이 시너지효과를 나타내기 위해서는 두 분야의 상호 보완적 공동대응방안을 모색하는 것이 필요함

□ 최근 연구동향 및 기술 수준

○ 선진 외국에서는 자동차 소음에 대한 환경 문제의 심각성이 사회적 문제로 대두되어 포장에서 발생하는 소음에 대해 오래전부터 관심을 가지고 연구를 진행하고 있음

○ 1996년 뉴질랜드에서 개최된 포장표면특성에 대한 제3차 국제심포지엄에서는 포장표면의 마찰 및 표면특성, 타이어/포장면 사이의 소음감소 및 표준단면의 개발 등이 주요안건으로 다뤄지기도 하였음

○ 최근 일본에서는 방음벽 상단 부착형 소음저감장치에 대한 연구와 제품 개발이 활발하게 이루지고 있음

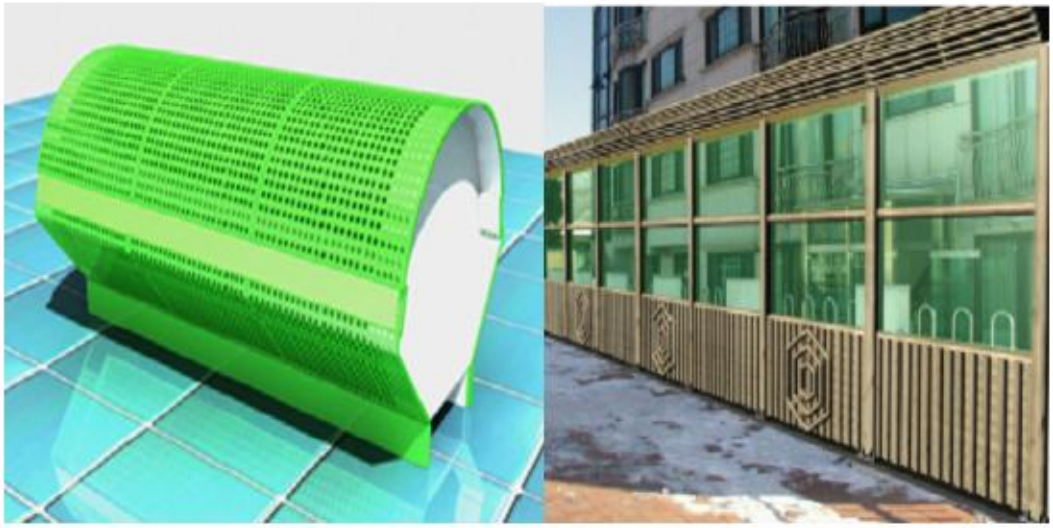


그림 4-30 방음벽 부착형 소음저감장치의 소음저감 구현도

○ 우리나라에서는 방음벽 상단에 설치하는 소음 저감장치에 대한 성능 평가를 주로 철도 소음 분야에서 일부 수행된 바 있으나, 철도 소음과는 달리 발생 소음의 주파수 대역별 변화가 심한 도로교통 소음 관련 조사와 연구는 미흡한 실정임.

□ 연구과제 선정방향

○ 최근에는 교통소음 저감노력의 일환으로 방음벽의 미관과 흡음성능을 개선하는 노력, 방음벽의 높이를 낮추어 개방성을 확보하려는 노력 등을 활발히 진행중에 있지만 아직까지도 근본적 해결을 위한 연구 및 실적은 미흡한 상황이며, 방음벽으로 인한 도로내 및 도로외측의 조망권 제한과 미관저해라는 또 다른 문제점 양산을 미연에 방지하고, 교통 소음의 근본적 해결을 위하여 방음벽 대체기술이 필요한 실정

○ 또한, 자동차의 배기가스를 저감할 수 있는 방법으로는 자동차 엔진 성능 개선, 청정 연료 개발, 도로조건 및 기타 사항 등이 있을 수 있겠으나, 본 연구에서는 도로조건과 차량 타이어의 성능을 개선시킴으로써 배기가스배출을 줄일 수 있는 방안을 모색하고자 함

○ 따라서 본 세부과제에서는

- 도로-자동차간 상호 보완기술 측면에서 공동의 관심과 노력을 기울일 수 있는 과제
- 미래 시장(향후 10년 이상)에서 경쟁력을 확보할 수 있는 실용화 과제를 중심으로 기존연구 결과 또는 진행중인 연구 내용 등을 적극 활용하여 세부과제를 선정 하고자 함

□ 과제 선정 현황

○ 첨단기술을 이용한 소음저감 및 방음벽 대체기술 개발

- 음파 상쇄 등과 같은 소음 제거 기술 개발
- 미관을 고려한 신 방음시설 개발

○ 오르막차로에서의 차량 구동력 증진 지원 포장 공법 개발

- 오르막구간의 경사 및 길이에 따른 차량 구동력과 배출 가스량 분석
- 오르막 주행시 차량 구동력 증진 포장 공법 개발

○ 저소음성 마찰력 강화 타이어 기술 개발

- 고속주행시 타이어 마찰력 강화 방안 연구
- 고속주행에 따른 타이어 소음 저감 방안 연구

③ 세부과제 3: 초고속 주행환경하의 자동차 주행 안전성 향상 연구 개발

□ 문제점 및 원인 분석

○ Smart Highway상에서 구현되는 첨단도로 교통기술의 융합으로 안전성과 쾌적성 그리고 이동성에 있어서는 비약적인 향상이 이루어질 것으로 예상되고 있으나, 또 한편으로는 비첨단자동차와의 주행마찰이 나타날 것으로 예상됨

○ Solomon, D(1964), Cirillo, J.A(1968), 정봉조(1996)의 연구에 따르면 지방부도로에서 평균속도로부터 편차가 크게 나타나면 100백만 차량 마일당 사고율이 증가하는 패턴을 갖으며, 우리나라 경우에도 속도분포와 교통사고 발생과의 상관성이 유의한 결과를 나타내는 것으로 알려져 있음

○ 양방향 6차로 이상의 다차로로 건설이 예상되는 Smart Highway 상에서 고속주행자동차와 저속주행자동차간의 속도편차는 더욱 커 질것으로 판단되며, 이로 인한 이종 차종간의 교통사고의 위험성은 더욱 높아질 것임.

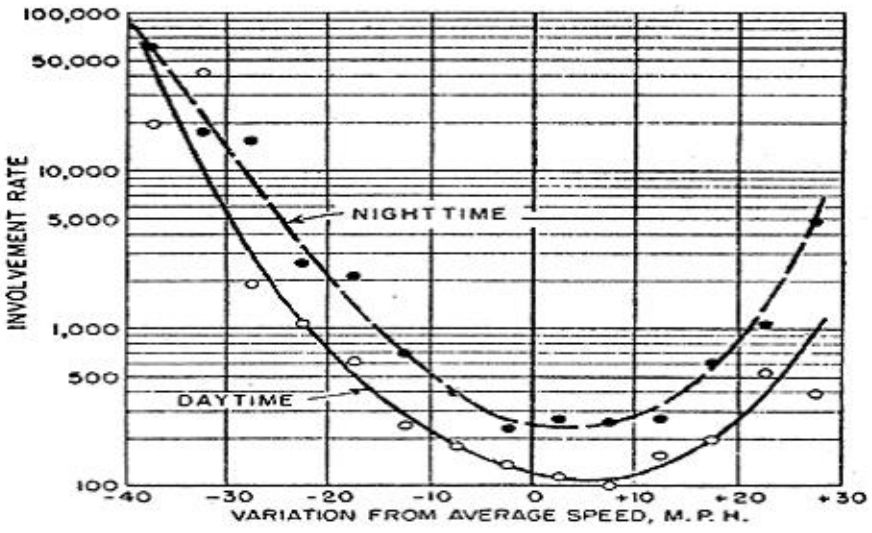


그림 4-31 자동차의 속도편차와 사고율과의 관계(Cirillo, 1968)

○ Smart Highway는 고속주행을 고려한 단순한 기하구조 등으로 건설될 것이므로 운전자의 각성수준을 쉽게 떨어뜨려 운전부주의에 의한 교통사고 위험성이 높게 나타날 것으로 예상되고 있음

▶ 졸음운전 등 Human Error에 의한 교통사고 증가
- 졸음사고 '01년 3,638건 중 21.4% → '06년 2,583건 중 24.4%
- 고속도로 사고 원인 중 졸음 → 과속 → 전방주시태만 순서임

□ 최근 연구동향 및 기술 수준

○ 미래형 자동차 기술개발은 도로부문의 ITS사업을 반영하는 첨단안전 자동차로 진화하는 기술발전 형태를 띠고 있다. 즉 기존의 소통중심의 ITS나 네비게이션을 장착한 첨단자동차에서 안전중심형 자동차기술 개발로 전환되는 과정에 있음

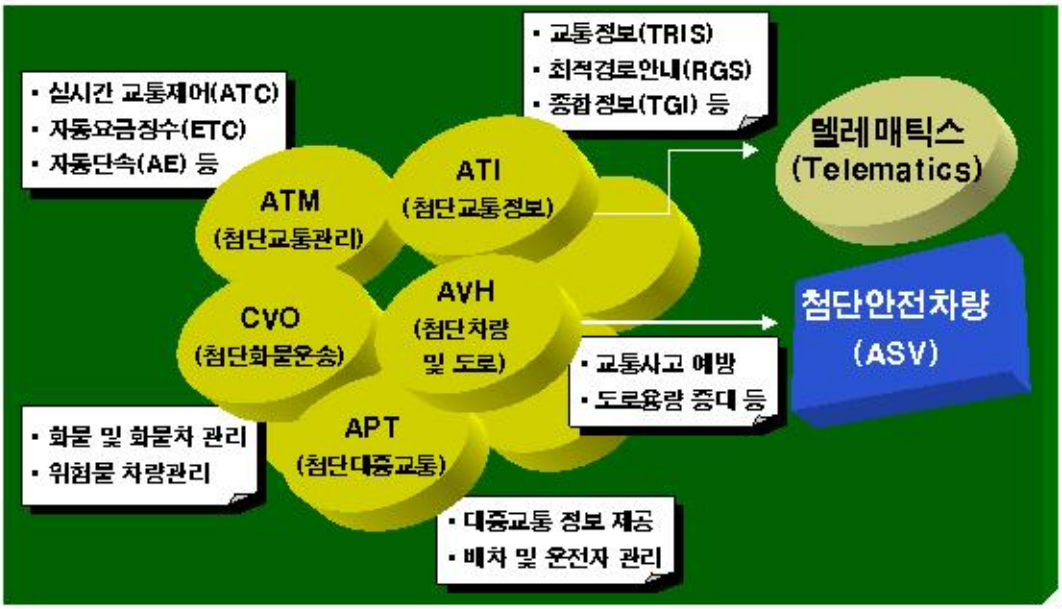


그림 4-32 기존 ITS사업과 미래형자동차와의 관계

○ 일본의 첨단안전자동차(ASV) 개발에서 초기에는 운전자의 쾌적성과 수동적 안전 지원중심으로 개발되어 왔으나, 미래에는 능동적으로 교통사고를 회피하는 능동형 안전장치개발을 중심으로 상용화가 진행될 것으로 예견됨

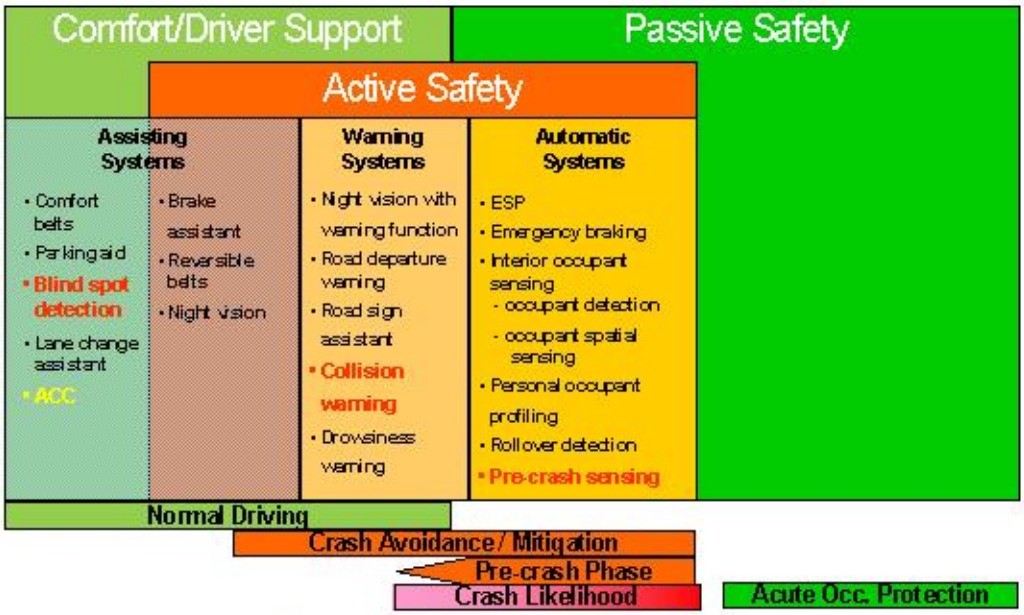


그림 4-33 일본 단계별 ASV 개발전략

○ 운전자의 각성변화에 대한 연구는 미국에서 O'Hanlon와 Kelly(1977)가 야간 운전 중 심박율 변화에 대한 연구를 수행하였으며, Hein, et al. (2003)가 운전능력측정기준(SDLP : standard deviation of the lateral position)을 연구하였고, 국내에서 Kim, et al. (2003)은 운전자의 심리, 생리적 반응 연구에 관하여 연구를 수행한 바 있음

○ 한국건설기술연구원의 RoSAS(Road Safety Analysis System), 도로교통안전관리공단의 교통과학연구원, 한국도로공사 도로교통기술원은 실내 시뮬레이터'와 '운전자 행동·반응 검지자동차(DBDV : Driving Behavior & Response Detecting Vehicle)개발 연구를 통하여 운전자 사고분석과 교통행동의 연구가 진행 중이며

○ 졸음운전방지 관련 국내 특허의 경우 약 210여건이상이 등록되어 연구자들에게 많은 관심을 가지고 있는 분야임

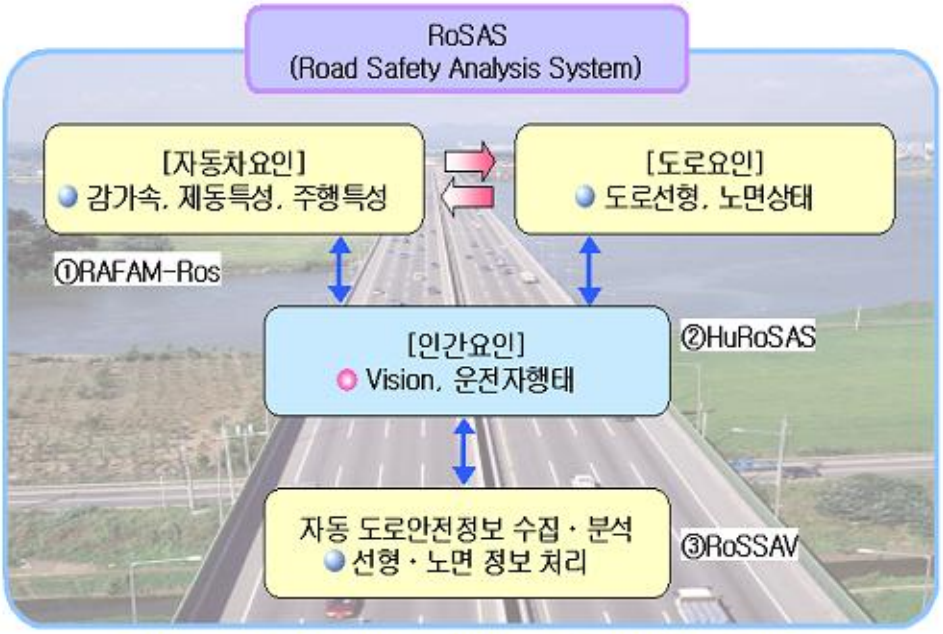


그림 4-34 운전자중심의 도로/자동차 연계기술 연구 구상도

□ 연구과제 선정방향

○ 구현 목표

- 미래형자동차의 기능제고를 지원하기 위한 도로기반시설 향상화 방안을 제시하여 도로-자동차기술 발전의 시너지효과를 도출하고자 함

○ 구현방향

- 저속 교통류와 고속 교통류를 합리적으로 분리하여 운영할 수 있는 교통관리 전략 및 물리적 시스템을 구축하고 제도적인 측면의 개선방안 도출

- 운전자 각성수준 변화에 따른 교통안전상 문제점을 도출하여 이를 관리 및 제어할 수 있는 도로 및 자동차 기반 경고정보 제공 기술 개발

□ 과제선정 현황

○ 지능형 자동차와 일반 자동차 혼합주행시 안전성 평가 연구

- 취득 정보 수준에 따른 주행안전성 평가 및 초고속주행의 교통 흐름에 미치는 영향 분석
- 차량 혼합 주행 시뮬레이션 개발
- 일반 자동차의 스마트 정보 전달 방법 검토 및 주행안전성 개선 방법

○ 초고속 주행환경에서의 교통류 분리운영 방안 연구

- 교통류 혼합 및 분리 운영 시뮬레이션 개발
- 교통류 분리를 위한 운영 전략 및 알고리즘 개발
- 전용차로 구분을 위한 물리적 시스템 구축

○ 운전자 적정 각성유지를 위한 도로 및 자동차 지원시스템 개발

- 운전자 각성수준에 따른 주행 능력 시뮬레이션
- 최적 각성수준 판단 및 관리기준 연구
- 도로 및 자동차 기반 경고정보 제공 기술

④ 세부과제 4: 미래형 자동차 주행지원 도로기술 연구 및 실용화 기술개발

□ 문제점 및 원인 분석

○ 산업자원부에서 미래형자동차기술개발사업, 자동차부품기반기술개발사업 등 다수의 중장기 연구단 사업을 추진 중에 있으나, 단기적으로는 에너지 및 환경분야에 중점적으로 연구를 진행하고 있고 도로와 관련된 능동적 안전장치개발은 중장기과제로 추진되고 있음

<table>
<tr><th>사업명</th><th>핵심과제명</th><th>'07</th><th>'08</th><th>'09</th><th>'10</th><th>'11</th><th>'12</th></tr>
<tr><td rowspan="5">자동차부품 기반기술</td><td rowspan="5">첨단시스템 기술</td><td colspan="5">차세대 차량용 디스플레이장치</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">전방충돌회피를 위한 주행시스템 개발</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">차량전복경고 /자동제동시스템 개발</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">나이트비젼 시스템 개발</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">통합샤시진단 시스템개발</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">미래형 자동차</td><td rowspan="4">지능형 자동차 기술</td><td colspan="2">차선이탈경고</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="4">차선유지기술</td></tr>
<tr><td colspan="3">멀티미디어기술</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td colspan="3">스마트차량기술개발</td></tr>
</table>

표 4-17 자동차 주요 능동안전장치 개발 로드맵

○ 미래자동차 안전기술은 운전자의 기능을 도와주고 운전개입을 최소화하여 교통사고의 주요 원인인 Human Error를 줄일 수 있는 능동형 안전장치개발에 중점적으로 연구계획을 수립하고 있음.

○ 이와 같이 산업자원부, 자동차 회사, 자동차관련 연구소 등에서는 미래형 자동차 개발에 에너지, 환경, 첨단 등을 3대 핵심기술로 선정하고 이에 대한 연구를 추진 중에 있으나, 도로분야에서는 미래 자동차기술을 수용할 수 있는 기반시설구축에 대한 연구가 미흡한 실정임

□ 최근 연구동향 및 기술 수준

○ 미국은 차량과 도로기반시설을 통합(Vehicle Infrastructure Integration, VII)하여 모든 도로체계에서 능동적으로 사고를 방지할 수 있도록 안전운전을 지원하는 연구를 연방정부, 주정부 그리고 자동차 업체들과 함께 진행 중에 있으며, DOT(교통국)의 Turner-Fairbank(도로연구센터)에서는 IHSDM (Interactive Highway Safety Design Model) 개발사업을 중심으로 자동차/운전자/도로시설의 연계기술개발 프로젝트를 수행 중에 있음

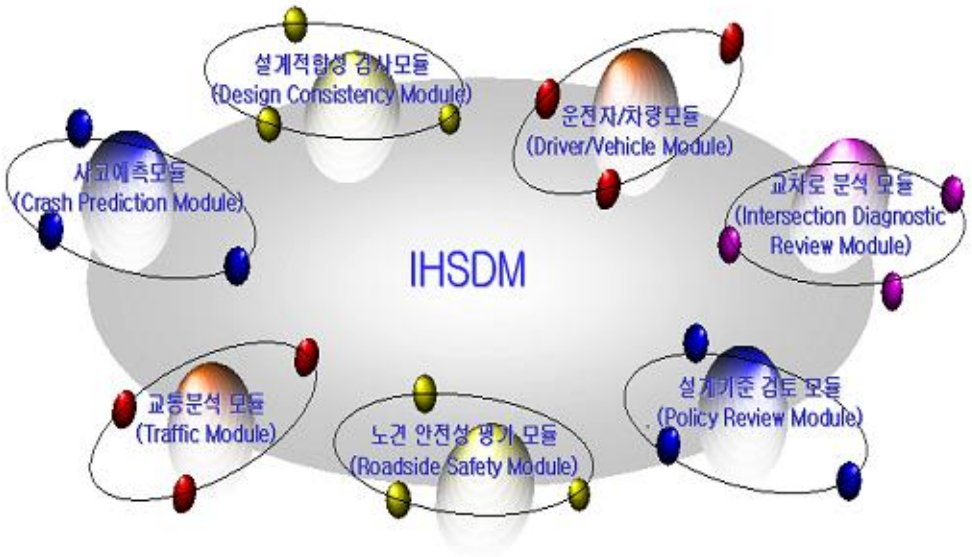


그림 4-35 IHSDM 연구과제 구성도

○ EU는 예방안전서비스 개발프로젝트인 PReVENT, 차량간 통신기술을 기반으로 한 고급형 운전자 지원시스템인 CARTALK을 추진하면서 자동차와 도로기술개발을 통하여 운전자 상태를 고려하여 다가오는 위험의 특징과 중대성을 파악하여 사고를 피하거나 최소화 할 수 있는 시스템을 개발하고 있음.

○ 일본은 민간자동차회사를 중심으로 자동차요소기술개발에 힘쓰고 있으며, 2003년 자동차회사별 능동형안전장치 상용화 실태는 다음과 같음

구분	TOYOTA	NISSAN	HONDA	MMC	SUBARU
주요 차종	CELSIOR	PRESIDENT	ODYSSEY	GRANDIS	LEGACY
	ESTIMA	CIMA	ACCORD	PAJERO	
	HARRIER	PRIMERA	INSPIRE		
옵션 시스템	*직등순항제어 *자동주차보조 *Pre-safe	*직등순항제어 *차선유지보조 *Pre-safe	*직등순항제어 *차선유지보조 *Pre-safe	*차간거리제어 *차선이탈경보	*차간거리제어 *Pre-safe

그림 4-36 일본자동차 능동형 안전장치 상용화 실태

○ 국내에서는 미래형자동차 기술개발을 위하여 산업자원부 주관으로 연구사업을 추진하고 있으며 주요사업으로는『미래형자동차기술개발 사업』,『자동차부품기반기술개발사업』,『중기거점기술개발사업』,『부품소재기술개발사업』,『산업기술기반조성사업』등을 수행하고 있음.

○ 민간자동차 제작사는 독자적인 고유기술개발을 추진하고 있으며 현대자동차는 최종적으로 자동차의 군집주행과 자율주행을 목표로 단계적인 안전기술 개발을 추진하고 있음.

그림 4-37 현대자동차의 단계적 첨단안전장치기술 개발 구상도

□ 연구과제 선정방향

○ 구현 목표

자동차 발전에 대응할 수 있는 도로기술 개발을 원칙으로 하고, 미래형자동차가 제 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 지원하거나 자동차의 성능을 향상시킬 수 있는 도로시설을 연구·개발

○ 구현방향

- 미래형 자동차는 친환경에너지, 지능형 IT기술 등 첨단기술의 융복합으로 현재의 수동적 안전을 거쳐 능동형 안전을 구현하고 나아가 군집주행과 무인 자동운전기술로 진화 될 것으로 예상됨.

- 본 연구는 자동차의 능동형 안전장치 기술 발전에 대응하는 도로기술개발을 추진하여 미래형자동차가 Smart Highway에서 안전하고 쾌적한 주행이 가능하도록 자동차의 성능과 도로시설의 기능이 조화롭게 어우러져 상호 기술개발 성과가 상승작용을 할 수 있도록 하며,

- 이를 실현하기 위하여 산자부에서 추진하는 미래자동차기술개발사업과 타 연구단의 자동차기술 개발과정을 모니터링하고, 연관된 도로기술개발 과제를 발굴하기 위한 상설기구를 사업단내에 설치하여 운영하는 방안을 추진

□ 과제선정 현황

○ 『상시 연구과제 발굴 및 선정을 위한 상설기구』를 사업단 내에 설치하여 다음과 같은 과제를 수행한다.

- 산자부 및 타 기관에서 추진하는 미래형, 첨단자동차 기술개발 모니터링 및 분석

- 자동차기술과 연계되는 도로기술 연구과제 발굴 및 추천

- Smart Highway 사업의 성공적 추진을 위한 제반 사항 지원 등

○ 미래형 자동차기술 기능지원과 향상을 위하여 연계 가능한 도로기술 연구과제는 다음과 같이 예상할 수 있다.

- 차로유지인식용 감지기 및 차선개발
- 근거리전방 긴급유고상황 감지 및 정보제공시스템
- 환경적응형 주행자동차 속도제어 및 관리 안전시설
- 위험자동차 제어 및 관리시설 개발 등

3) 핵심과제 3 요약

정 의

- Smart 도로환경에서 도로와 자동차가 서로의 정보를 공유하며 최적의 주행상태를 유지하여 안전하고 편리한 도로-자동차 연계 환경 시스템을 구축하는 사업

세 부 과 제

- **자동차를 이용한 첨단 유지관리 및 교통정보 수집기술 개발**
  - **정의**
    - 도로 및 교통안전관리를 위한 다목적 유지관리 자동차 그리고 교통정보 검증 방안 및 무선통신기반의 다기능 단말기를 연구 개발
  - **세세부과제**
    - 초고속주행 지원 유지관리 자동차 시스템 개발
    - 종합교통정보 제공 Probe Car 시스템 개발
    - 도로기반 Smart 단말기 시스템 개발
- **도로-자동차 상호보완 기술개발**
  - **정의**
    - 초고속 주행환경에서 자동차 속도향상에 따른 교통소음 및 배기가스 배출 증가를 도로-자동차 기술과 서로 연계하여 환경오염을 감소시키는 기술 개발
  - **세세부과제**
    - 첨단기술을 이용한 소음저감 및 방음벽 대체 기술 개발
    - 오르막차로에서의 차량 구동력 증진지원 포장공법 개발
    - 저소음 마찰력 강화 타이어 기술 개발

세부과제

● 초고속 주행환경하의 자동차 주행 안전성 향상 연구 개발

– 정의

· 초고속 주행환경에서도 일반자동차와 지능형 자동차가 주행마찰이 없이 안전하고 쾌적하게 주행할 수 있도록 지원하는 연구

– 세세부과제

· 지능형 자동차와 일반 자동차 혼합주행 안전성 평가 연구
· 초고속 주행환경에서의 이종교통류 분리 및 차로운영 방안 연구
· 운전자 적정 각성유지를 위한 도로 및 자동차 지원시스템 개발

● 미래형 자동차 주행지원 도로기술연구 및 실용화 기술개발

– 정의

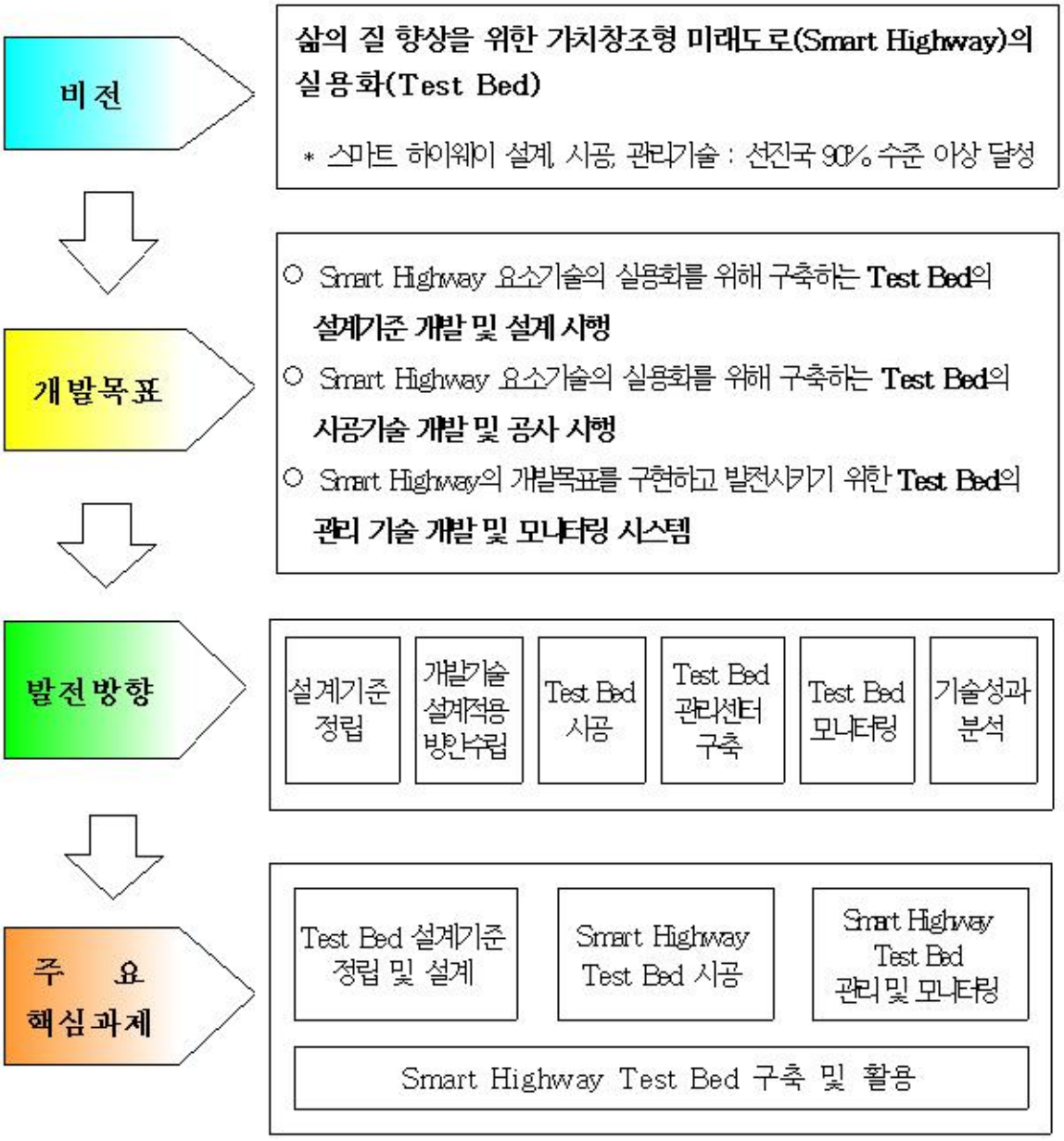
· 자동차 발전에 대응할 수 있는 도로기술 개발을 원칙으로 하고, 미래형 자동차가 제 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 지원하거나 자동차의 성능을 향상시킬 수 있는 도로시설을 연구·개발

– 세세부과제

· 상시 연구과제 발굴 및 선정을 위한 상설기구
· 미래형 자동차기술 기능지원과 향상을 위해 예상되는 도로기술

(5) 핵심과제 4 : Smart Highway Test Bed 구축 및 활용

1) 구상도



2) 세부과제 선정

① 세부과제 1 : Test Bed 설계기준 정립 및 설계

□ 현재의 문제점(연구개발의 필요성)

○ 설계속도는 단순히 주행 가능 속도 뿐만 아니라 도로의 주요 기능, 기하구조 및 도로를 구성하는 부대시설 등 도로 서비스의 질을 단적으로 표현해 주는 지표임

○ 또한, 도로설계의 기초가 되는 자동차의 속도로서, 도로기능 향상 및 자동차 성능의 발전 등에 따라 변화되어 왔음

- 도로구조령 : 80km/hr(1965.7.19 제정) → 120km/hr(1979.11.17 개정)

○ 그러나, 이후 『도로의 구조·시설 기준에 관한 규정(1990)』, 『도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙(1999)』으로 개정되었으나, 설계속도의 변화는 없었음

○ 일본을 비롯한 해외에서는 자동차 산업과 IT 기술의 발달에 따른 도로의 기능증대를 위한 다각적인 노력을 기울이고 있으며, 그중 핵심적인 부분이 설계속도의 향상을 통한 이동성의 확보임

【해외 사례 】
- **일본** : 제2 동명-명신고속도로 (나고야 구간 20km 개통, 490km)
  - 설계속도 140km/hr
- **러시아** : 유료자동차 도로계획 (모스크바~쌍뜨뻬쩨르부르크, 669km)
  - 설계속도 150km/hr
- **오스트리아** : 속도 유연화 Project ('06년 텔레메틱 시험 및 평가)
  - 설계속도 80~160km/hr (기상조건, 도로상태, 교통상황에 따라 차별화)

○ 우리나라에서도 IT의 급속한 발전, 지능형 자동차 산업의 가속화 등에 따라 더 빠르고, 더 안전하고, 더 편안한 이동에 대한 욕구가 증대되고 있으나,

- 국내 도로기술은 설계속도 100~120km/hr 수준에 머무르고 있음

- 텔레메틱스, 지능형 자동차 산업의 발전은 상대적인 도로 서비스의 질적 저하로 인식

☞ 따라서 도로기술력의 획기적인 진보 계기 마련을 위해 현 수준보다 한 차원 높은 목표를 설정(V=130~160km/hr)하고 도로 서비스의 질을 높이는 기반 환경조성을 위한 설계기준 정립에 대한 R&D 추진 필요

□ 최근 연구동향 및 기술수준

○ 최근까지의 주요 연구과제는 주로 도로 인프라 조기 확보가 중요했던 시기의 도로 시공상의 문제점 해소, 부족한 인프라로 인해 발생되는 지정체·교통사고 등의 해소, 교통관리 측면의 ITS 도입, 시설 및 운영상의 도로용량 증대 방안 등에 치중되고 있으며, 자동차의 성능향상, IT의 발달에 따른 도로의 기능 증대를 위한 설계속도의 상향에 대한 국내 연구는 거의 없었음

- 이것은 설계속도의 상향에 따른 파급효과가 매우 큰 반면에 연구하여야 할 과제 또한 방대하여 소규모의 단일과제별 R&D 형식으로는 연구 추진이 곤란한데에 기인한 측면이 크다고 판단됨

○ 2006. 11월 착수한 『도로의 구조·시설기준에 관한 규칙』 개정 연구용역은 도로 계획목표년도의 상향조정, 정지시거·교차로·오르막차로 재검토, ITS 설치기준 정립, 고령운전자·교통약자 등에 대한 설계기준 등에 대한 연구가 진행되고 있음

- 특히 최고 설계속도 규정치를 현행(120km/hr)보다 상향 조정하는 방안과 소형자동차 전용도로 설치기준 마련에 대한 과제가 포함되어 있으며 현재 국내외 자료조사 단계

☞ 본 개정 연구용역이 '07년 완료 예정임에 따라 Smart Highway 사업에서는 설계속도 상향조정 방안 검토결과와 연계하여 세부적인 기준 마련을 위한 연구 추진 필요

○ 2005. 7월 착수한 『친환경·지능형 도로 설계기술 개발』연구용역은 건설핵심기술 연구개발사업의 하나로서 연구단 형식으로 산·학·연 컨소시엄을 구성하여 진행되고 있으며, 2010년까지 5년간 연구를 진행함

- 본 연구에서는 초고속도로 설계기준 개발이 과제에 포함되어 있으며, 현재 관련 자료조사 및 기본 연구를 진행중이나, 타 연구과제와 연계되어 120km/hr를 초과하는 고속도로의 실현이라는 일관된 목표를 가지고 추진되는 것이 아니기 때문에 한계성이 있을 것으로 판단되며,

- 2008년도에 완료되는 과제이기 때문에 연구성과를 Smart Highway 연구개발사업에 충분히 활용하되 보완 연구가 필요할 것으로 사료됨

○ 기타 교통약자 등 인간공학의 도로기술 접목에 대한 연구가 일부 있으나, 일반도로 및 기존 최고 설계속도(120km/hr)를 전제로 한 것임

※ 최근 3년간의 국내 연구현황(붙임참조)

- 친환경, 지능형 도로설계기술 개발(진행중, 2010년 완료)
  · 도로용량 증대를 위한 도로시설 개선기술 개발(진행중, 2007년 완료)
  · 도로기하구조의 안전성 평가기술 개발(진행중, 2007년 완료)
  · 이용자 중심의 도로설계기법 개선 연구(진행중, 2007년 완료)
- 도로의 구조, 시설기준에 관한 규칙 개선 연구(진행중, 2008년 완료)

□ 연구과제 선정 방향

○ Smart Highway R&D 사업 성과물에 대한 실용성을 검증하고 Test Bed 구축을 위한 제반 기준 마련, 설계, 시공 등을 단계적으로 시행하며 실제 운영을 통하여 종합적인 성과를 분석하는 과제로서 일반적인 도로건설의 절차에 따라 설계, 시공, 관리, 모니터링의 과정으로 진행되도록 과제를 선정하였다.

○ Test Bed 설계기준 정립 연구에서는 기존 자동차의 운동역학적인 측면에서의 기하구조에서 탈피하여 지능형 자동차 기술을 포함한 최근의 자동차 산업 동향을 분석하고 자동차 성능과 도로와의 연계 및 IT기술의 진보에 따른 역할분담 등을 통하여 경제적이고 효율적인 초고속도로 실현을 위한 연구를 진행하고자 함

○ 먼저 『Smart Highway 구조 및 시설기준에 관한 규칙』 제정을 통하여 법, 제도적인 측면의 타당성 확보를 위한 연구를 시행

- 기존의 『도로의 구조·시설기준에 관한 규칙』은 일반도로와 고속도로의 기준을 같이 포함하고 있으나, 120km/hr까지로 한정된 기준을 가지고 있으므로 본 연구를 통하여 설계속도 160km/hr까지의 Smart Highway에 대한 규칙을 제정하여 Test Bed를 통하여 검증, 보완해 나갈 필요성이 있음

○ 제정된 규칙을 근간으로 Smart Highway 설계기준을 정립하고 R&D를 통하여 개발된 기술과 연계하여 효율적인 적용을 위한 방안을 연구하며 이를 토대로 설계를 추진하는 방향으로 과제를 선정함

○ 예비타당성조사 및 타당성조사에서 실시설계는 본 R&D 시작 초기부터 정부와의 협의를 통하여 기존 고속도로 사업과 같은 절차를 통하여 사업성이 확보되는 노선중에서 Test Bed 구간을 대상으로 선정하여 추진

□ 과제 선정 현황

○ Smart Highway 구조 및 시설기준에 관한 규칙 제정(개정) 연구

- 설계속도 130~160km/hr의 도로 구조 및 시설기준에 관한 규칙을 제정하고 Test Bed에 적용하여 운영한 결과를 토대로 개정작업까지를 진행하는 연구과제
- 지능형 자동차 등 자동차 기술의 진보에 따른 도로설계 요소에 대한 변화 연구
- IT기술의 발달에 따른 도로, 자동차와의 융복합 기술 도로설계 접목 연구
- 인간중심, 친환경 도로구조 및 시설 기준 연구 등

○ **Smart Highway 설계기준 정립**

- 제정된『Smart Highway 구조 및 시설기준에 관한 규칙』은 최소한의 기준치를 정해 놓은 기준으로서 Test Bed 실제 적용을 위한 세부 설계기준(기준, 지침, 편람 등)을 정립하는 연구과제
- 또한, Total Service를 제공하는 미래형 휴게소 등 부대시설 설치기준 등에 대한 연구가 수행됨

○ **Smart Highway 개발기술 설계 적용방안 연구**

- 핵심과제별, 세부연구과제별로 연구 개발된 기술들에 대하여 도로의 시설, 구조 등을 감안, Test Bed 구간에 적용하여 Smart Highway를 실현하기 위한 효율적인 방안을 연구하는 과제(기본, 실시설계 지원과제 성격)

○ **Smart Highway Test Bed 대상노선 타당성 조사**(예비타당성 포함)

- 기존 고속도로 사업과 같은 절차를 통하여 사업성 타당성이 확보되는 노선 중에서 적정 Test Bed 구간을 대상으로 선정하여 시행

○ **Test Bed 기본 및 실시설계**

- 타당성 조사 후 기본설계→실시설계(도로구역결정고시 등 인·허가 포함) 등을 단계적으로 추진

  · 토공, 배수공, 구조물공, 포장공, 부대공 등 공종별 시방서 작성까지를 포함하며, VE를 시행

② 세부과제 2 : Smart Highway Test Bed 시공

□ Test Bed 필요성

○ 도로사업은 복합공종으로 이루어져 있어 연구분야가 넓으나, 그동안 소규모 단위과제별로 시행되어 주로 학술적, 이론적 연구에 머물러 현장 적용을 위해서는 응용연구가 별도로 진행되어야 하므로 실용화는 미흡

○ 이러한 문제점을 해결하기 위하여 Smart Highway 사업에서는 팻키지 형태의 R&D를 시행하여 연구의 효율성을 높이고 실제 연구결과물을 도로에 적용하여 검증함으로써 실용성을 확보하는 차원에서 Test Bed를 구축하는 것임

○ 특히 그동안 추진된 도로관련 R&D 결과물중 실용화가 가능한 과제에 대하여는 추가 연구를 통해 Test Bed에 적용하여 현장 적용성을 확보함으로써 기 투자된 연구과제를 사양시킬 경우 발생될 수 있는 연구비 낭비요인 제거

□ Smart Highway Test Bed의 조건

○ Test Bed 사업대상 후보

- Smart Highway 건설의 필요성이 인정되는 국가간선도로망 장래 계획노선, 고속도로 확장 예정 노선, 민간제안노선, 기타 간선도로망의 타당성이 인정되는 노선
- Test Bed 건설 후 그 실효성이 입증되면 연장 건설에 따른 효과를 발휘할 수 있도록 향후 연장 건설 가능구간을 선정
- Smart Highway Test Bed 구축을 위해 타당성이 없는 별도의 신규노선을 계획하지 않는 것을 원칙으로 하며 건설교통부, 기획예산처 등과의 협의를 거쳐 시행

○ Test Bed 사업규모 : 최소 연장 30km 이상

- 설계속도 160km/hr까지의 초고속도로를 실현하기 위한 것임을 감안, Test Bed의 효율성을 확보하기 위한 최소 연장 확보 필요

○ 연구진행 단계의 Test Bed 1단계 대상노선 선정은 해당 연구책임자가 사업단장, 핵심연구책임자와 협의하여 정함

③ 세부과제 3 : Smart Highway Test Bed 관리 및 모니터링

□ 필요성

○ Test Bed의 실제 운영을 위한 관리센터를 구축하여 Smart Highway에 대한 기본적인 도로유지관리 업무를 수행하며, 적용된 기술의 모니터링을 시행하고 R&D의 연구성과 및 효과를 분석하는 연구 필요

□ 세부과제

○ **Test Bed 관리센터 구축**

- 현 도공의 지사+소규모 교통관리센터+연구소를 포괄하는 개념으로서 도로 유지관리, 교통관리 업무뿐만 아니라 R&D 결과물에 대한 실용성을 검증하고 개선해 나가는 연구가 진행될 수 있는 환경을 조성

○ **Test Bed 모니터링 방안 연구 및 모니터링**

- 관리센터내 모니터링을 위한 설비의 구축, 연구인원 배치, 현장과 센터간의 통신환경, Test Bed 전반의 효율적인 모니터링 방안 등에 대한 연구

- 관리센터에서 그간 참여했던 연구진을 상주와 비상주 등으로 구분하여 참여하는 형식으로 연구성과의 상호 보완 업무를 수행

○ **Test Bed 도로교통관리 방안 연구**

- Smart Highway Test Bed 개통시 기본적인 유지관리업무를 수행하고 연구진행단계에서 신개념의 도로관리, 교통관리 등에 대한 연구(조직체계, 기법 등)를 병행하며 이를 토대로 핵심과제2의 도로운영기술 연구에 반영하고 기존 고속도로의 Smart화에도 응용하는 연구를 진행

○ **Smart Highway 기술 성과분석**

- Smart Highway Test Bed에 적용된 R&D 성과물에 대한 종합적인 성과를 분석, 평가하고 이를 총괄과제 책임자에게 제출하여 Smart Highway 팻키지 상품화 및 기존 고속도로의 적용방안 연구에 활용토록 지원

3) 핵심과제 4 요약

정의

- Smart Highway R&D 사업 성과물에 대한 실용성을 검증하기 위한 Test Bed 구축에 필요한 제반 기준 마련, 설계, 시공 등을 단계적으로 시행하며 실제 운영을 통하여 종합적인 성과를 분석하는 과제

세부과제

- **Smart Highway 설계기준 정립 및 Test Bed 설계**
  - **정의**
    - Smart Highway 기하구조, 설계기준을 정립하고 Test Bed를 설계
  - **세세부과제**
    - Smart Highway 구조 및 시설기준에 관한 규칙 제정 연구
    - Smart Highway 설계기준 정립
    - Smart Highway 개발 기술 설계 적용방안 연구
    - Test Bed 설계(타당성조사, 기본설계, 실시설계)
- **Smart Highway Test Bed 시공**
  - **정의**
    - R&D 결과의 실용성 검증을 위한 Smart Highway Test Bed 시공
  - **세세부과제**
    - Test Bed 1단계 : 기존 고속도로 및 고규격 도로 적용(개별과제별)
    - Test Bed 2단계 : Smart Highway Test Bed 시범적용 구간 적용
- **Smart Highway Test Bed 관리 및 모니터링**
  - **정의**
    - Test Bed 구축후 관리 및 모니터링을 통한 성과분석 및 보완 연구
  - **세세부과제**
    - Test Bed 관리센터 구축 · Test Bed 모니터링 방안 연구 및 모니터링
    - Test Bed 도로·교통관리 방안 연구 · Smart Highway 기술 성과분석

표 4-18 Smart Highway 핵심과제 및 세부과제

핵심과제명	세부과제명	세세부과제명
[총괄과제] Smart Highway 종합전략 수립	Samrt Highway 사업추진 전략 수립	Smart Highway 중장기 기본계획 수립
		Smart Highway 관련 법령 및 제도 개선 연구
		Smart Highway 사업 VE 도입방안 연구 및 시행
	Smart Highway 기술 실용화 전략 수립	국내외 고기능 도로기술 개발 동향 분석
		해외 도로시장 조사, 분석
		Smart Highway 팻키지 상품화 연구
		Smart Highway 기술의 기존 고속도로 적용방안 연구
[핵심과제1] Smart Highway 핵심요소기술 개발	주행공간 안전·쾌적화 기술 개발	고속주행에 적합한 도로안전시설 개발
		고속주행 환경에 적합한 시인성 최적화기술 개발
		고속주행 안전향상을 위한 방풍 대책 기준 개발
		초고속 환경에서의 운전자 감성인지 반응 평가 시스템 개발
		터널 환경 위화감 개선기술 개발
		유지관리를 고려한 고기능성 방음벽 기술 개발
		로드킬 방지시설 개발
	초고속 주행환경 노면최적화 기술 개발	다기능 발열 콘크리트 포장기술 개발
		다기능 자체 융설 아스팔트 포장기술 개발
		특수구간 포장 기술
	도로지반 및 사면 안정화기술 개발	한국형 말뚝기초 수평지지력 설계기준 연구
		비압축성 뒷채움기술 개발
		다기능 고심도 사면보강공법 개발
		산마루측구 대체기술 개발
		고속주행 환경에 적합한 성토관리 기준 연구
	도로 구조물 성능향상 기술 개발	범용성 무조인트 장경간 교량 개발
		곡선을 가미한 장경간 PSC I형 거더교량 개발
		FRP 철근을 이용한 신(新)교량 개발
		프리캐스트 콘크리트 접착재 개발
		조형미를 강조한 프리캐스트 콘크리트 지중구조물 개발
	도로관리 첨단화기술 개발	시설물 공용성 극대화를 위한 예방적 유지관리공법 개발
		예방적 유지관리시스템 구축기술 개발
		재해·재난 예측관리 시스템 구축기술 개발

핵심과제명	세부과제명	세세부과제명
[핵심과제 2] Smart 도로-통신기반 교통운영 기술 개발	도로-차량간 실시간 정보교류를 위한 도로통신환경체계 구축	차량단말기내 실시간 교통정보제공을 위한 도로통신환경체계 구축
		도로-차량간 통신정보의 변환을 통한 교통정보 생성 기술 개발
	Smart Highway 교통관리시스템 구축	Smart 교통관리시스템 설계기술 개발
		Smart 교통운영 프로그램 개발
	도로주행환경 최적화를 위한 실시간 교통제어기술 개발	자가판단형 Local통신시스템을 이용한 특별관리구간 교통제어기술 개발
		속도 및 차로위반차량 실시간 감시기술 개발
		단기 공사구간 통합형 교통제어기술 개발
[핵심과제 3] Smart 도로-자동차 연계기술 개발	자동차를 이용한 첨단 유지관리 및 교통 정보 수집기술 개발	초고속주행 지원 유지관리 차량 시스템 개발
		종합교통정보 제공 Probe Car 시스템 개발
		도로기반 Smart 단말기 시스템 개발
	도로-차량간 상호보완기술 개발	첨단기술을 이용한 소음저감 및 방음벽 대체기술 개발
		오르막차로에서의 차량 구동력 증진 지원 포장공법 개발
		저소음 마찰력 강화 타이어 기술 개발
	초고속 주행환경하에서의 자동차주행 안전성 향상 연구 개발	지능형 자동차와 일반 자동차 혼합주행시 안전성 평가
		초고속 주행환경에서의 이종교통류 분리 및 차로 운영방안 연구
		운전자 적정 각성유지를 위한 도로 및 자동차 지원시스템 개발
	미래형 자동차 주행지원 도로기술 연구 및 실용화 기술 개발	상시 연구과제 발굴 및 선정을 위한 상설기구를 운영하여 미래형 자동차기술 기능지원과 향상을 위한 도로기술 연구과제 발굴 및 개발
[핵심과제 4] Smart Highway Test Bed 구축 및 활용	Smart Highway 설계기준 정립 및 Test Bed 설계	Smart Highway 구조 및 시설기준에 관한 규칙 제정 연구
		Smart Highway 설계기준 정립
		Smart Highway 개발기술 설계 적용방안 연구
		Test Bed 설계 (타당성조사, 기본설계, 실시설계)
	Smart Highway Test Bed 시공	Test Bed 1단계 : 기존 고속도로 시범적용 ※ 총괄기관과 연구개발사업협의체간 협의 시행
		Test Bed 2단계 : Test Bed 대상노선 적용
	Smart Highway Test Bed 관리 및 모니터링	Test Bed 관리센터 구축
		Test Bed 모니터링 방안 연구
		Test Bed 도로·교통관리 방안 연구
		Smart Highway 기술성과 분석

4.2.3 Test Bed 구축방안 검토

(1) Test Bed 개요

1) Test Bed 정의

○ Test Bed는 대형기술의 실용화를 목적으로 개발기술의 시범 적용을 위한 시험공간, 시설물, 시스템을 말한다.

○ 일반적으로 시작품(Prototype) 제작, Mock-Up(실물크기 모형), Test Bed 등의 시범단계 종류가 있다.

2) Smart Highway사업의 Test Bed

○ Smart Highway 사업은 사업단 과제로서 연구개발 결과의 시범적용을 위한 Prototype 제작 또는 Test Bed를 포함한 실용화 중심의 중대형 과제이다. 따라서 핵심 요소기술 과제들의 성공적인 연구개발 및 실용화를 위하여 Test Bed 구축 과제를 추진한다.

○ Test Bed는 1, 2단계로 나누어 진행

- 1단계 : 세부과제별 연구진행단계에서 실용성을 검증하는 차원에서 기존 고속국도 및 고규격 국도를 활용하여 단위 항목별 적용성 검증

- 2단계 : 연구개발 마무리 단계에서 R&D 결과물 전체를 Smart Highway 시범구간을 대상으로 적용하고 보완을 통해 최종적인 실용화 도모

○ Smart Highway사업은 공공개발사업을 Test Bed로 선정하여 Smart Highway 개발 기술을 지속적으로 적용해 나가되 Prototype 또는 Mock-Up 단계에서의 적용성 검증을 위하여 기존 고속도로 등의 도로를 적극 활용하도록 한다.

○ 또한 Smart Highway사업은 도로건설사업으로서 건설소요기간이 5~10년임을 감안하여 공공기관의 사업계획이 수립된 노선의 일부를 Test Bed로 선정하고 단순한 Mock-Up 수준이 아닌 실제 운행이 가능한 수준으로 추진한다.

○ 도로와 자동차, 정보통신 등의 기술이 고도로 융합될 수 있도록 핵심과제 추진에 따라 개발된 기술의 접목을 연구하여 효율적으로 Test Bed를 구축하고 향후 미래 자동차 기술, 정보통신 기술 등의 발전에 따른 군집주행 등 자동운행시스템 구축 연구시 Test Bed로서의 기능 수행을 고려하여 구축하는 것이 합리적이라 판단된다.

3) Test Bed 기술 적용원칙

○ 본 Smart Highway 사업의 특성상 실용화를 전제로 하는 점을 감안하여 모든 개발기술을 Test Bed에 적용하는 것을 원칙으로 한다.

○ 또한, Smart Highway Test Bed 노선에 적용되는 기술은 Prototype 또는 Mock-Up 수준에서의 시범적용을 통하여 검증된 기술을 적용하는 것을 원칙으로 한다.

○ 다만, 연구개발 기간과 Test Bed 대상노선의 준공기간 등을 감안하여 부득이한 경우 Test Bed 노선에 적용하는 것을 허용하되 안전과 도로의 기본 기능에 저해되는 요소는 제외되는 것으로 한다.

(2) Test Bed 구축방안

1) Test Bed 대상노선

○ Test Bed 사업대상 후보지는 Smart Highway 건설의 필요성이 인정되는 국가간선도로망 장래 계획구간, 고속도로 확장 예정구간, 기타 필요 구간을 대상구간으로 검토

○ 스마트하이웨이 사업은 제반 도로기술 및 자동차 기술, 정보통신기술 등 연계기술의 연구개발을 통하여 설계속도 160km/hr의 초고속도로를 실현하기 위한 것임을 감안해 볼 때 Test Bed 연장이 최소 30km 이상 건설될 수 있는 적정 구간을 대상으로 선정해야 함.

○ Test Bed 구간 건설 후 그 실효성이 입증되면 향후 연장 건설이 필요하므로 대상 구간 선정시에는 향후 연장 건설이 이루어 질 수 있는 구간을 선정해야 함.

○ Test Bed구간 선정시에는 향후 활용여부와 기여도를 우선적으로 고려하여야 함

2) 고규격 도로 건설 현황 및 계획

(가) 국가간선도로망 추진현황 및 계획

① 총괄

○ 총연장 6,522.8km 중 3,147.7km는 사용 중, 1,834.9km는 설계 및 공사중이며 나머지 1,540.2km는 장래 계획임

표 4-19 국가간선도로망 단계별 추진현황

구분		단계별 추진현황(km)				
		계	사용중	공사중	설계중	장래
계	계	6522.8	3147.7	910.9	924.0	1540.2
	고속국도	5952.8	3102.6	879.8	924.0	1046.4
	자동차전용도로	570.0	45.1	31.1	-	493.8

② 축별현황

표 4-20 국가간선도로망 축별현황

구 분	연장(km)				
	계	건설중	공사중	설계중	장래
남북1축	370.5	340.8		29.7	
남북2축	391.8	290.5		101.3	
남북2축지선	292.6	132.1	133.1	27.4	
남북3축	464.8	409.8		55.0	
남북3축지선	56.6	13.3		43.3	
남북4축	416.2	233.6	98.6	74.8	9.2
남북5축	441.1	378.1		63	
남북6축	405.8	96.3			309.5
남북7축	444.0	60.2	91.0	118.5	174.3
동서1축	211.5				211.5
동서2축	290.8	130.6	86.3	73.9	
동서2축지선	63.3	63.3			
동서3축	234.4	234.4			
동서4축	249.7	25.8	31.3	69.4	123.2
동서5축	260.0			75.7	184.3
동서6축	245.7		139.5	106.2	

구 분	연장(km)				
	계	건설중	공사중	설계중	장래
동서6축지선	268.6	129.0	94.3	45.3	
동서7축	294.4	114.0	61.0	86.1	33.3
동서7축지선	96.2			96.2	
동서8축	223.4	181.9	41.5		
동서8축지선	338.9	39.6	17.2	282.1	
동서9축	292.1	169.3	117.1	5.7	
동서9축지선	170.4	105.1		65.3	

(나) 고속도로 확장계획

○ 현재 공용중인 고속도로는 총 3,106km이며 그 중 통행량이 많아 확장이 검토되고 있는 구간은 19개구간 552.5km 이다.

표 4-21 고속도로 확장계획

노선명	구간	연장(km)	추진현황	비고
남해지선	냉정~부산	55.4	'07 실시설계 완료	
서해안	일직~안산	10	'09 실시설계 완료	
경부	천안~남이	32.9	-	
서해안	서평택~평택	10.3	'09 실시설계 완료	
서해안	당진~홍성	31	-	
영동	여주~만종	35.3	'05 타당성 완료	
호남지선	서대전~논산	34.4	-	
경부	남이~비룡	32.1	-	
중부내륙	영산~현풍	28	-	
중앙	제천~만종	36.8	-	
중부	음성~남이	46.1	-	
대전통영	비룡~산내	8.3	-	
서해안	군산~부안	34.9	-	
호남지선	회덕~서대전	19	-	
제2경인	일직~서창	14.7	-	
중부내륙	김천~상주	32.1	-	
호남	내장산~광산	36.1	-	
영동	서창~동수원	34.2	-	
중부내륙	칠원~영산	20.9	-	

(다) 대도시권 고속국도 추진계획

① 수도권 고속국도 계획

○ 수도권의 동북아 경제권 중심국가 기능수행을 지원하기 위한 고속국도 확충은 「장기 수도권 고속도로망 기본계획」에 의해 추진

○ 2020년까지 장기계획으로 7×4 + 3R의 20개 구간, 551.6km의 고속(화)도로 추진

표 4-22 장기 수도권 고속(화)도로망 : 20개 사업, 551.6km

노 선 명	연장(km)	총사업비(억원)	비 고
서평택~서안산*	39.7	16,607	
수원~광명*	32.3	16,531	
광명~서울*	13.8	17,018	
서울~문산*	37.9	19,258	
용인~서울	39.5	31,022	
서울~연천*	53.4	28,206	
양평~화도	18.8	14,039	
화도~수동	14.8	10,523	
수동~포천	21.5	12,099	
안양~성남*	20.9	21,126	
초월~이천*	19.7	9,589	
이천~원주*	37.1	16,700	
봉담~인천*	50.2	31,374	
인천~일산*	24.9	17,145	
일산~파주	10.8	3,429	
파주~동두천	31.0	14,384	

노 선 명	연장(km)	총사업비(억원)	비 고
동두천~수동	19.9	13,146	
양평~곤지암	29.0	14,535	
곤지암~오산	29.7	16,200	
경인고속도로 지선	6.7	3,115	
계	544.9	323,751	

주) 도로정비기본계획 수정계획(건설교통부, 2005.12)
* : 민자제안으로 검토 또는 추진중인 사업

② 지방 대도시권 순환고속국도 계획

○ 지방 대도시권 순환고속국도는 국토 간선도로망 추진계획과 연계하여 사업을 추진

○ 부산·울산권 : 기장~양산~김해~장유~부산 신항만

○ 대구권 : 구미~고령~경산~영천~군위

○ 광주권 : 장성~나주~화순~담양

○ 대전권

- 기존 남부순환고속국도와 함께 당진~대전, 청원~상주 고속도로 계획과 연계하여 권역내 순환노선 추진

- 행정중심복합도시로의 국토간선도로망 연결성을 강화하고, 주요 도시로의 접근성을 향상시키기 위하여 당진~대전, 청원~상주 고속도로 간 연결 노선 확충을 적기 추진

(라) 민자 제안 고속도로 사업 현황

표 4-23 민자 제안 고속도로 사업 현황

사 업 명	연장(km)	투자비(억원)	비 고
계20건	789.8	306,671	
고시 4건	240.0	86,643	
인천공항고속도로	40.2	17,440	운영중
천안~논산	81.0	17,296	운영중
대구~부산	82.5	28,064	운영중
서울외곽순환	36.3	23,843	공사중
제안 14건	540.0	196,602	
서울~춘천간	61.4	22,725	공사중
서수원~오산~평택	38.5	15,954	공사중
서울~용인	22.9	11,836	공사중
인천대교	21.4	17,300	공사중
평택~시흥	42.6	11,614	추진예정
제2외곽순환(신흥~양촌)	28.5	12,873	추진예정
제2경인연결	21.8	7,579	추진예정
영천~상주	90.5	20,642	추진예정
수원~광명	26.3	10,167	추진예정
제2영동	57.5	15,418	추진예정
서울~문산	44.0	15,513	추진예정
서울~동두천	45.4	15,752	추진예정
화도~양평	18.8	6,392	추진예정
광명~서울	20.4	12,837	추진예정
기타 2건	9.8	23,426	
이화령터널	1.6	718	운영중(국도 3호)
거가대교	8.2	22,708	공사중(국지도 58호)

주) 추진예정인 사업의 노선연장 및 투자비는 향후 변동 가능
(자료 : 도로정비기본계획 수정계획, 건설교통부, 2005.12)

(3) Test Bed 사업대상 후보

1) 기준

○ Test Bed 사업대상 후보지는 Smart Highway 건설의 필요성이 인정되는 국가간선도로망 장래 계획구간, 고속도로 확장 예정 구간, 민간제안 구간, 기타 간선도로망의 타당성이 인정되는 구간중 신설 또는 확장 연장이 30km 이상인 구간을 대상구간으로 선정

○ 특히, Smart Highway Test Bed 구축을 위해 타당성이 없는 별도의 신규 노선을 계획하지 않는 것을 원칙으로 하며 기존의 고속도로, 국도 등 고규격 도로와의 중복성이 없는 국가 계획이 있는 구간 중에서 건설교통부, 기획예산처 등과의 협의를 거쳐 시행

2) 국가간선도로망 신설 구간(장래 예정 구간)

표 4-24 국가간선도로망 신설

구분	구간	연장(km)	비고
남북4축	철원~포천	9.2	(연장 부족 제외)
	포천~양평	74.8	
남북5축	철원~화천	48.0	
	화천~춘천	15.0	(연장 부족 제외)
남북6축	양구~영천	309.5	자동차 전용도로
남북7축	간성~고성	7.6	(연장 부족 제외)
	동해~포항	166.7	
동서1축	강화~간성	211.5	
동서4축	제천~삼척	123.2	
동서5축	오창~울진	184.3	자동차 전용도로
동서6축지선	대산~당진	24.3	(연장 부족 제외)
	공주~청원	21.0	(연장 부족 제외)
동서7축	군산~익산	33.3	
	무주~대구	86.1	
동서8축지선	광주순환	70.2	
	대구순환	81.1	
동서9축지선	부산외곽	65.3	

3) 고속도로 확장구간

표 4-25 고속도로 확장구간 현황

노선명	구간	연장(km)	비고
경부	천안~남이	32.9	
서해안	당진~홍성	31	
호남지선	서대전~논산	34.4	
경부	남이~비룡	32.1	
중부내륙	영산~현풍	28	(연장 부족 제외)
중앙	제천~만종	36.8	
중부	음성~남이	46.1	
대전통영	비룡~산내	8.3	(연장 부족 제외)
서해안	군산~부안	34.9	
호남지선	회덕~서대전	19	(연장 부족 제외)
제2경인	일직~서창	14.7	(연장 부족 제외)
중부내륙	김천~상주	32.1	
호남	내장산~광산	36.1	
영동	서창~동수원	34.2	
중부내륙	칠원~영산	20.9	(연장 부족 제외)

4) 고속도로 기타구간

표 4-26 고속도로 기타구간

구간	연장(km)	비고
서울~대전	130	수도권과 신행정수도간 연결
대전~부산	300	영남권과 신행정수도간 연결
대전~광주	250	호남권과 신행정수도간 연결
서울~강릉	200	수도권과 강원권 연결

5) 기타 도로

○ 기타 국도, 국도대체우회도로, 국가지원지방도 등의 계획을 검토하고 Smart Highway 사업의 성격을 감안하여 Test Bed 구축 대상 선정의 적정성 여부를 판단

(4) Test Bed 사업 추진방식

1) 국고사업(재정사업)

(가) 기타공사

○ 발주기관이 제시하는 원안의 공사입찰 실시설계에 대하여 입찰하는 일반적인 발주 방식

(나) 일괄입찰공사

○ 발주기관이 제시하는 기본계획과 입찰공고사항(입찰안내서)에 따라 건설업체가 기본설계 도면과 공사가격 등의 서류를 작성하여 입찰서와 함께 제출하는 방법

(다) 대안입찰공사

○ 발주기관이 제시하는 원안의 공사입찰 기본설계 또는 실시설계에 대하여 기본방침의 변경없이 원안과 동등이상의 기능과 효과를 가진 신공법·신기술·공기단축 등이 반영된 설계로서 원안의 가격보다 낮은 공사로 입찰하는 것

(라) 국고(재정)사업 추진 타당성 검토

○ 도로건설사업은 타당성조사, 기본설계, 실시설계 등의 과정을 거쳐 공사를 착수하되 공사의 경우 일부를 제외하고는 R&D 예산이 투입되지 않는 점을 감안하여 공사시행은 실시설계 완료후 Test Bed 담당기관과 사업단 주관하에 시공업체를 선정하는 방안으로 추진하는 것이 타당함

○ 또한 본 Test Bed 사업이 R&D를 통하여 개발된 기술의 적용성을 검증하는 성격을 가지므로 턴키 및 대안입찰 방식으로 추진하는 것은 타당하지 않음

2) 민자사업

(가) 투자방식

· BTO (Build-Transfer-Operate)

- 사회기반시설의 준공과 동시에 당해 시설의 소유권이 국가 또는 지방자치단체에 귀속되며 사업시행자에게 일정기간의 시설관리운영권을 인정 (현행 고속도로 민자사업은 BTO방식으로 추진)

· BOT (Build-Own-Transfer)

- 사회기반시설의 준공 후 일정 기간 동안 사업시행자에게 당해시설의 소유권이 인정되며 그 기간의 만료 시 시설소유권이 국가 또는 지방자치단체에 귀속

· BOO (Build-Own-Operate)

- 사회기반시설의 준공과 동시에 사업시행자에게 당해시설의 소유권이 인정

· BTL(Build-Transfer-Lease)

- 사회기반시설의 준공과 동시에 당해 시설의 소유권이 국가 또는 지방자치단체에 귀속되며 사업시행자는 일정기간의 시설관리운영권을 인정받아 타인에게 사용·수익하도록 하는 방식

· BLT (Build-Lease-Transfer)

- 사업시행자가 사회기반시설을 준공한 후 일정기간동안 운영권을 정부에 임대하고 임대 기간 종료 후 시설물을 국가 또는 지방자치단체에 이전

· ROT(Rehabilitate-Operate-Transfer)

- 국가 또는 지방자치 단체 소유의 기존시설을 정비한 사업시행자에게 일정기간 동시설에 대한 운영권을 인정

· ROO(Rehabilitate-Own-Operate)

- 기존시설을 정비한 사업시행자에게 당해 시설의 소유권을 인정

· RTL(Rehabilitate-Transfer-Lease)

- 사회기반시설의 개량·보수를 시행하여 공사의 완료와 동시에 당해 시설의 소유권이 국가 또는 지방자치단체에 귀속되며, 사업시행자는 일정 기간 관리운영권을 인정받아 당해 시설을 타인에게 사용·수익하도록 하는 방식

(나) 민자사업 추진 타당성 검토

○ Smart Highway 사업이 R&D를 통하여 개발된 기술을 Test Bed에 적용하여 실용성을 검증하고 상용화 및 상품화를 목적으로 시행되는 점을 감안할 때 민자사업의 성격과는 다소 거리가 있음

○ 다만 민자사업으로 추진시는 BTO방식이 적정하며 건설사 위주의 컨소시엄 구성방식보다는 도로관련 전문기관의 참여를 전제로한 제3섹터 방식으로 추진하는 것이 사업관리 및 본 R&D의 목적달성에 부합할 것임

○ 그리고 Test Bed사업 추진에 따른 소요기간을 감안할 때 R&D 착수와 동시에 Test Bed에 대한 검토가 시작되어야 하므로 사업규모가 확정되지 않은 상태인 핵심과제 주관기관 선정단계에서 민자사업자의 참여는 곤란하므로 민간제안사업방식보다는 정부고시사업으로 추진하되 개발기술이 반영된 기본설계 또는 실시설계 완료후 민간사업자를 선정하여 건설공사를 추진하는 방식으로 검토하는 것이 타당할 것임

○ 그러나 추진하려고 하는 노선이 이미 민간투자사업으로 제안되어 있는 경우 도로정비기본계획 및 전국간선망계획에 반영되어 있는 노선 또는 민간 최초 제안노선 등의 성격에 따라 본 R&D사업을 고려한 사업성 검토 및 협의 등의 절차를 마련하여 추진되어야 할 것임

(5) Test Bed 사업시행시 고려사항

○ Test Bed 대상 구간이 기존 도로(고속도로, 국도, 지방도 등)와 접속될 경우에는 해당 도로의 관리청과 사전 협의가 이루어 져야 함.

○ 도로 건설 시에는 통과 구간 주민 및 지자체로부터 많은 민원이 예상되므로 민원을 최소화할 수 있는 구간을 대상 구간으로 선정하는 것이 바람직함.

○ 스마트하이웨이는 첨단 기능을 갖는 도로이므로 이에 걸맞는 구간을 Test Bed 구간으로 선정해야 함.

○ Test Bed 구간도 향후 실험 건설 후 향후 본 도로로서의 기능을 가져야 하므로 경제성에 대한 충분한 검토가 이루어져야 함.

○ 스마트하이웨이 사업의 Test Bed는 도로를 건설하는 사업이므로 노선선정, 타당성조사, 기본설계, 실시설계, 인허가, 공사시행 등의 여러 단계를 거쳐야 하는 장기간 소요 사업인 점을 감안하여 Test Bed 시행자는 연구초기 단계부터 Test Bed 시행에 관한 일련의 절차를 추진해 나가야 함.

○ Test Bed 건설 시 설계비(타당성, 기본, 실시) 및 모니터링 비용은 연구비로 집행할 수 있으나, 공사비 및 여타 시설물 건설 비용은 사업시행자가 정부와 협의하여 부담하는 것을 원칙으로 하되 본 R&D에서 개발된 기술 또는 소재 등의 적용에 있어 필요시 연구비 지원방안 검토

○ Test Bed에는 본 연구에서 개발된 모든 기술을 적용하는 것을 원칙으로 하며, Test Bed 1단계에서 우선적으로 적용성을 검증하고, 검증된 기술에 대하여 Test Bed 2단계의 대상노선에 적용하며 그 기술의 계속 적용 여부는 모니터링 결과에 의해 판명하는 것으로 함.

○ Test Bed 사업 추진방식은 건설기술관리법, 국가계약법 등 관련 법령의 절차에 따라 추진

- 국고사업 : 기타공사, 일괄입찰공사, 대안입찰공사
- 민자사업 : BTO, BOT, BOO, BTL 등

4.2.4 기술 로드맵

본 개발사업은 테스트베드의 구축을 포함하여 총 10년으로 구성되며, 각 단계별 특징은 다음과 같다.

(1) 조사 및 계획 단계 (1단계)

○ 스마트하이웨이에 맞는 새로운 요소기술을 개발하기 위한 기획단계이며, 요소기술의 구현 목표와 경제적 가치를 평가하고, 국내외 기술수준 및 개발동향을 파악하여 경쟁력있는 기술수준을 달성하기 위한 기본전략을 수립한다.

(2) 요소기술 개발단계 (2단계)

○ 1단계에서 정립된 요소기술별 목표를 구현하기 위한 연구를 시행하며, 구현된 기술은 테스트베드에 직접 적용되어야 하므로 완성형 시제품을 개발하는 것을 기본적인 목표로 한다.

(3) 요소기술 적용 및 검토 단계 (3단계)

○ 개발된 기술들을 모두 결합한 테스트베드를 구축하고, 개발기술의 검증과 완성도를 높이는 작업을 시행한다.

(4) 테스트베드 평가 및 개발기술 확산 단계 (4단계)

○ 테스트베드에서 적용된 개발기술의 모니터링을 통해 보완기술을 제시하고, 개발기술의 확산을 위해 신기술의 실용화 및 상품화를 추진한다.

그림4-27은 스마트하이웨이 사업을 수행하기 위한 각 핵심과제와 그에 소속된 세부과제에 대한 개발과정을 로드맵으로 작성한 것이다.

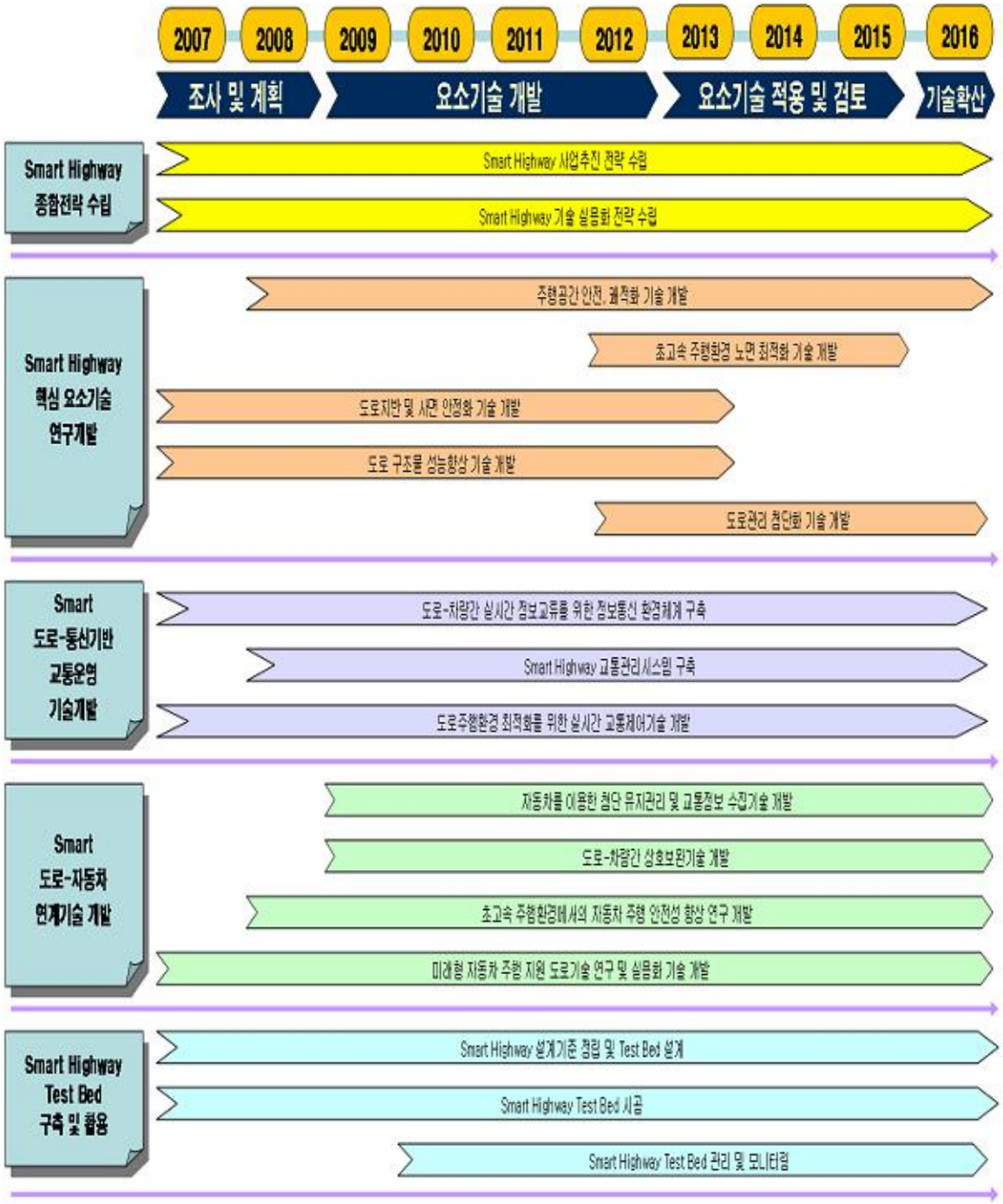


그림 4-38 스마트하이웨이 기술로드맵

4.2.5 추정사업비

[단위 : 억원]

핵심과제	세 부 과 제	계	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	비고
스마트하이웨이 연구개발 사업비 예산		1,490.0	69.6	90.0	95.0	95.0	199.0	195.0	195.0	190.0	185.0	176.4	100.0%
스마트하이웨이 사업단 운영비		50.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.36%
Smart Highway 종합전략 수립	Smart Highway 사업추진전략 수립	52.0	5.6	6.0	7.0	7.0	7.0	8.0	5.0	3.0	2.0	1.4	3.49%
	Smart Highway 기술실용화전략 수립	31.0	3.0	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	2.08%
	합 계	83.0	8.6	8.0	9.0	10.0	10.0	12.0	9.0	7.0	5.0	4.4	5.57%
Smart Highway 핵심 요소기술 연구 개발	주행공간 안전 · 최적화 기술 개발	140.0	-	2.0	5.0	6.0	18.0	20.0	24.0	22.0	22.0	21.0	9.40%
	초고속 주행환경 노면 최적화 기술 개발	66.0	-	-	-	-	-	14.0	20.0	22.0	10.0	-	4.43%
	도로지반 및 사면 안정화 기술 개발	97.0	16.0	18.0	18.0	15.0	17.0	8.0	5.0	-	-	-	6.51%
	도로 구조물 성능향상 기술 개발	129.0	25.0	29.0	23.0	13.0	19.0	11.0	9.0	-	-	-	8.66%
	도로관리 첨단화 기술 개발	75.0	-	-	-	-	-	6.0	10.0	19.0	27.0	13.0	5.03%
	합 계	507.0	41.0	49.0	46.0	34.0	54.0	59.0	68.0	63.0	59.0	34.0	34.03%
Smart 도로-통신기반 교통운영 기술개발	도로-차량간 실시간 정보교류를 위한 정보통신 환경체계 구축	104.0	2.0	3.0	4.0	4.0	12.0	16.0	16.0	16.0	16.0	15.0	6.98%
	Smart Highway 교통관리시스템 구축	77.0	-	1.0	2.0	2.0	10.0	12.0	12.0	23.0	5.0	10.0	5.17%
	도로주행환경 최적화를 위한 실시간 교통제어기술 개발	93.0	2.0	4.0	4.0	4.0	8.0	9.0	11.0	18.0	14.0	19.0	6.24%
	합 계	274.0	4.0	8.0	10.0	10.0	30.0	37.0	39.0	57.0	35.0	44.0	18.39%
Smart 도로-자동차 연계기술 개발	자동차를 이용한 첨단 유지관리 및 교통정보 수집기술 개발	24.0	-	-	1.0	2.0	5.0	5.0	5.0	3.0	2.0	1.0	1.61%
	도로-차량간 상호보완기술 개발	26.0	-	-	1.0	2.0	4.0	6.0	4.0	2.0	2.0	5.0	1.74%
	초고속 주행환경에서의 자동차 주행 안전성 향상 연구 개발	25.0	-	1.0	2.0	3.0	3.0	4.0	5.0	4.0	1.0	2.0	1.68%
	미래형 자동차 주행 지원 도로 기술연구 및 실용화 기술 개발	25.0	1.0	1.0	1.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0	5.0	4.0	1.68%
	합 계	100.0	1.0	2.0	5.0	10.0	15.0	18.0	16.0	11.0	10.0	12.0	6.71%
Smart Highway Test Bed 구축 및 활용	Smart Highway 설계기준 정립 및 Test Bed 설계	422.0	10.0	18.0	20.0	25.0	80.0	58.0	52.0	39.0	58.0	62.0	28.32%
	Smart Highway Test Bed 시공	별 도 산 출[1]											
	Smart Highway Test Bed 관리 및 모니터링[2]	54.0	-	-	-	1.0	5.0	6.0	6.0	8.0	13.0	15.0	3.62%
	합 계	476.0	10.0	18.0	20.0	26.0	85.0	64.0	58.0	47.0	71.0	77.0	31.95%

※ 별도산출(추정사업비)

- 1) Test Bed 2단계 시공비 : 15,400억원(L=30km 가정시)
- 2) 종 합 통 제 센 터 건립비 : 200억원

4.2.6 세부과제별 RFP

(1) 총괄과제 : Smart Highway 종합전략 수립

세부과제 1	Smart Highway 사업추진 전략 수립
1. 연구개발 목표	○ Smart Highway 중장기 기본계획 수립 ○ Smart Highway 관련법령 및 제도 개선 연구 ○ Smart Highway사업 VE 도입방안 연구 및 시행
2. 연구개발 필요성	○ Smart Highway 사업추진을 위한 기본 방향 및 계획을 수립하고 법·제도적 측면의 장애요인을 해소하여 사업의 성과목표 달성을 지원하기 위한 연구 필요 ○ R&D에 VE기법을 도입하여 연구과정의 효율성을 제고하고 개발된 기술의 가치를 높이기 위한 연구 필요
3. 연구개발내용	○ Smart Highway 중장기 기본계획 수립 * 목표 : Smart Highway사업의 성공적인 추진을 위한 중장기 기본계획 수립 * 세부 연구내용 - 미래 도로분야와 연관성이 높은 미래 사회, 경제, 문화 전망 - 도로 관련분야 기술, 정책 전망을 통한 미래 도로의 새로운 역할에 따른 기능을 재정립하고 개발 방향 설정 - 미래도로 개발을 위한 기본전략 수립 등

○ Smart Highway 관련 법령 및 제도 개선 연구

* 목표 : Smart Highway 상용화를 위한 법, 제도적인 측면의 장애요인 해소와 법령 제, 개정 시행

* 세부 연구내용

- Smart Highway 사업 관련 법령 및 제도 분석
- Smart Highway 개발기술의 권리확보와 분쟁요인 해결을 위한 행정절차 연구 및 대응
- Smart Highway기술 실용화를 위한 제도적 장치 마련 등

○ Smart Highway 사업 VE 도입방안 연구 및 시행

* 목표 : Smart Highway 개발 단계의 효율성 제고 및 개발기술의 가치 향상

* 세부 연구내용

- R&D분야 VE 평가방법론 연구
- 개발과제별 VE 평가절차 수립
- R&D 단계의 VE 평가 시행
- 설계 단계의 VE 평가 시행 등

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 도로와 관련분야 전문가 협동연구체계 구축
○ 효율적 R&D 시행을 위한 VE 전문가 그룹 활용
○ 사업 초기단계부터 공청회 등을 통한 사회적 공감대 형성 전략 추진
○ R&D 진도에 따른 중장기 기본계획 수정
○ 법, 제도 개선을 위한 유관기관 협의체 구성 등

□ 추진체계 ○ 민·관·학 공동연구를 통한 개발

5. 사업기간 및 예산

○ 사업기간 : 2007~2016(10년)

※ 1차년도 사업기간 : 2007.

○ 사업예산

- 당해연도 사업비 : 5.6억원
- 총사업비 : 52.0억원

(단위 : 억원)

	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
연도별 사업비	5.6	6.0	7.0	7.0	7.0	8.0	5.0	3.0	2.0	1.4

※ 민간 부담금은 Matching fund 방식

세부과제 2	Smart Highway 기술 실용화 전략 수립
1. 연구개발 목표	○ 국내외 고기능 도로기술 개발 동향 분석 ○ 해외 도로시장 조사, 분석 ○ Smart Highway 팻키지 상품화 방안 연구 ○ Smart Highway 기술의 기존 고속도로 적용방안 연구
2. 연구개발 필요성	○ R&D를 통하여 개발된 기술의 실용화를 위해서는 국내외 도로관련분야 기술 개발 동향을 파악하고 해외 도로시장의 지역적 특성과 흐름에 맞는 R&D 방향 설정에 대한 연구가 필요함. ○ 특히 Smart Highway 사업은 미래 도로기술의 고부가가치 창출을 목표로 하고 있으므로 상품화 전략을 수립하는 것이 중요하며, 특화된 사업화 방안 연구 필요 ○ Smart Highway 기술을 기존 고속도로의 문제점 해소와 성능향상에 접목시키는 방안 연구 필요
3. 연구개발내용	○ 국내외 고기능 도로기술 개발 동향 분석 * 목표 : 선택과 집중 과제 지원을 통한 효율적인 사업추진으로 미래 도로기술의 우위를 선점하고 연구과제의 중복성 배제 * 세부 연구내용 - 첨단 IT를 활용한 도로기술 개발 동향분석 - 지능형 자동차기술 및 도로 연계기술 개발 동향분석

- Human Factor를 고려한 도로기술 개발 동향 분석
- 해외 대형 도로기술 개발 프로젝트 벤치마킹 등

○ 해외 도로시장 조사, 분석

* 목표 : 해외 도로시장 수요조사를 통한 Smart Highway 기술의 해외 진출 지원

* 세부 연구내용

- 해외 도로시장 동향 조사·분석
- 해외 도로시장 수요예측
- 해외 진출대상국 도로 설계인자 및 환경 분석 등

○ Smart Highway 팻키지 상품화 방안 연구

* 목표 : Smart Highway 기술의 해외 도로시장 경쟁력 확보를 위한 팻키지 상품화

* 세부 연구내용

- Smart Highway 개발기술 상품화 기본방향 연구
- Smart Highway 개발기술 팻키지 상품화 연구
- 해외 도로시장 진출을 위한 최적화 기술 개발 지원

○ Smart Highway 기술의 기존 고속도로 적용 방안 연구

* 목표 : R&D를 통하여 개발된 Smart Highway 기술의 기존 고속도로 적용방안 연구

* 세부 연구내용

- 기존 고속도로 문제구간 조사·분석 시행
- 기존 고속도로 Smart화 추진 기본방향 연구
- 안전취약구간 등 문제구간 Smart Highway 기술 응용 방안 연구 등

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 해외 고기능 도로기술 개발 동향분석을 위하여 도로관련 학회, 세미나, 논문자료 등 적극 활용

○ 해외 도로시장 조사·분석과 해외 진출을 위한 대상국가 기술지원 파견인력 운영 검토

○ 해외 도로시장 수요에 적합한 Smart Highway 팻키지 상품에 대한 전략적 마켓팅 방안 수립을 위한 유관기관 협력체계 구축

○ 기존 고속도로 Smart화 방안 연구의 효율적 추진을 위한 사업단과 고속도로 관리기관간 협력체계 구축

□ 추진체계

○ 민·관·학 공동연구 및 해외 기술제휴를 통한 개발

5. 사업기간 및 예산

○ 사업기간 : 2007~2016(10년)

※ 1차년도 사업기간 : 2007.

○ 사업예산

- 당해연도 사업비 : 3.0억원
- 총사업비 : 31.0억원

(단위 : 억원)

	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
연도별 사업비	3.0	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0

※ 민간 부담금은 Matching fund 방식

(2) 핵심과제 1 : Smart Highway 핵심요소기술 개발

세부과제 1	주행공간 안전·쾌적화 기술 개발
1. 연구개발 목표	○ Smart Highway의 초고속 주행환경에서의 교통사고를 미연에 방지하고 피해를 최소화할 수 있는 안전하고 쾌적한 이용자 중심의 주행공간 조성
2. 연구개발 필요성	○ 자동차의 주행성능 향상, 시간가치에 대한 중요성의 인식, 속도감에 대한 욕구증대 등으로 교통사고 발생에 따른 치명도가 점차 심각해지는 추세임 ○ 환경의 중요성이 인식되면서 건설 및 운영중에 발생되는 환경피해 저감 대책에 대한 연구는 활발히 진행되고 있으나 인간중심의 주행특성을 감안한 초고속 주행환경에서의 연구는 전무한 실정임
3. 연구개발내용	○ 고속주행 기준에 적합한 도로안전시설 기술 개발 * 목표 : 초고속 주행에 적합한 도로안전시설물의 개발과 그에 따른 설치 및 관리지침 수립 * 세부 연구내용 - 고속주행에 적합한 도로안전시설 기술 개발 - 도로안전시설 설치 및 관리기준(안) 수립 ○ 고속주행 환경에 적합한 시인성 최적화 기술 개발 * 목표 : 교통안전시설물의 시인성 향상 기술 개발과 관련 제반 기준의 제·개정 * 세부 연구내용 - 도로표지판 등 안내시설의 크기, 문안 및 재질 최적화 기술 개발

○ 고속주행 안전향상을 위한 방풍대책 기준 개발
* 목표 : 초고속 주행시 강풍이 미칠 수 있는 영향을 연구하고 기존의 방풍벽을 개선한 최적 형식 개발
* 세부 연구내용
- 방풍 대책 기준 마련
- 최적 방풍벽 설계방안 연구 및 개발

○ 초고속환경에서의 운전자 감성인지 반응평가시스템 개발
* 목표 : 운전자 중심의 주행환경을 구축하기 위한 종합 경관 모델링 기술 개발
* 세부 연구내용
- 운전자의 감성인지(시,지각)를 반영한 도로경관 기준 수립
- 운전자의 감성인지(시,지각) 반응평가기법 알고리즘 및 시스템 개발
- 운전자 시각특성을 고려한 도로경관(조경포함) 종합 모델링

○ 주행 운전자의 터널환경 위화감 개선 기술 개발
* 목표 : 일반구간과 터널구간의 주행환경 차이를 최소화하기 위한 터널 갱문 및 터널 내부 환경조성
* 세부 연구내용
- 고속주행을 위한 내부 조도 및 안전시설물 등 안전성 분석모형 개발
- 고속주행 운전자 감성인지 순반응 갱문형식 개발

○ 유지관리를 고려한 고기능성 방음벽 기술 개발
* 목표 : 청소 및 미관유지 측면에서 유리한 고기능성 재질의 방음벽 기술 개발
* 세부 연구내용
- 기존의 방은판에 비해 미관유지가 용이한 새로운 재질의 방음벽 개발
- 이에 대한 국내 실정에 맞는 방음판의 재료 및 품질 시험 기준을 수립하고 최적 성능을 구현하기 위한 시공 기술 개발

○ 로드킬 방지시설 개발

* 목표 : 기존 동물유도 방호울타리의 형식 및 기능 개선
* 세부 연구내용
  - 음파 또는 후각 자극 등을 통한 동물 접근방지시설 개발
  - 운전자의 위화감을 해소하고 유지보수 및 미관이 뛰어난 울타리 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 수행중인 안전 및 환경 분야의 대형 국책과제들과 연계하여 중복성 방지 및 시너지 효과 창출

○ 국내·외 관련 학계 및 전문연구기관과 협조하여 유기적 연구 추진

○ 관련 기술력을 보유한 중소기업과 연계하여 기술 개발 및 시스템 구축

□ 추진체계

o 산·학·연 공동연구를 통한 개발

5. 사업기간 및 예산

o 사업기간 : 2008년 ~ 2016년 (9년)

※ 1차년도 사업기간 : 2008.

o 사업예산

- 당해연도 사업비 : -
- 총사업비 : 140.0억원

(단위 : 억원)

	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
연도별 사업비	-	2.0	5.0	6.0	18.0	20.0	24.0	22.0	22.0	21.0

※ 민간 부담금은 Matching fund 방식

세부과제 2	초고속 주행환경 노면 최적화 기술 개발
1. 연구개발 목표	○ 기상상태의 악화와 도로조건의 변화시에 운전자에게 안정감을 제공하고 최적의 주행 상태를 지원하기 위한 최적 노면의 조성 및 유지
2. 연구개발 필요성	○ 현재 도로이용자들의 도로포장에 대한 안전성과 내구성에 대한 기대와 더불어 주행성 및 저소음 향상에 대한 요구는 고속주행 환경하에서 한층 더 증가될 것으로 예상됨 ○ 현재 관련분야의 연구 진행상황은 배수성, 미끄럼 방지, 저소음 및 자체융설 등 각 기능성에 대한 연구들 또는 여기에 장수명을 가미한 연구들이 개별적으로 진행되고 있는 상황임
3. 연구개발내용	○ 다기능 발열 콘크리트 포장 기술 개발 * 목표 : 콘크리트 발열체를 이용한 저소음 결빙 방지포장 기술 개발 * 세부 연구내용 - 저소음 발열 콘크리트 실용화 기술 연구 - 품질 및 시공 기준(안) 수립 ○ 다기능 발열 아스팔트 포장 기술 개발 * 목표 : 배수성포장과 발열 아스팔트의 특성을 결합한 전천후 아스팔트 포장기술 개발 * 세부 연구내용 - 배수성, 저소음성 및 장수명을 가미한 발열 아스팔트 포장공법 기술 개발 - 품질 및 시공 기준(안) 수립

○ 특수구간 포장 기술 개발

* 목표 : 특수구간에 적합한 포장공법을 연구하고 일반 구간과의 원활한 접속을 위한 기술 개발

* 세부 연구내용

- 교량과의 거동특성을 고려한 맞춤형 교면포장 기술 개발(교면배수 포함)
- 연결부(신축이음부/교차로) 및 정지부(영업소/휴게소) 포장공법 개발
- 품질 및 시공 기준(안) 수립

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 기 수행중인 포장분야의 대형 국책과제들과 연계하여 중복성 방지 및 시너지 효과 창출

○ 국내·외 관련 학계 및 전문연구기관과 협조하여 유기적 연구 추진

○ 관련 기술력을 보유한 중소기업과 연계하여 기술개발 및 시스템 구축

□ 추진체계

○ 산·학·연 공동연구를 통한 개발

5. 사업기간 및 예산

○ 사업기간 : 2012년 ~ 2015년 (4년)

※ 1차년도 사업기간 : 2012.

○ 사업예산

- 당해연도 사업비 : -
- 총사업비 : 66.0억원

(단위 : 억원)

	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
연도별 사업비	-	-	-	-	-	14.0	20.0	22.0	10.0	-

※ 민간 부담금은 Matching fund 방식

세부과제 3	도로지반 및 사면 안정화기술 개발
1. 연구개발 목표	○ Smart Highway가 제공하는 안전하고 쾌적한 주행공간과 최적의 주행노면을 유지하기 위한 기반이 되는 지반과 사면의 안정화 도모
2. 연구개발 필요성	○ 뒷채움 침하로 인한 주행 평탄성 저하와 도로의 절토사면 붕괴로 인한 재해 및 사고가 매년 심각한 수준의 인적·물적 피해 발생을 야기하고 있으며 ○ 선진 외국시방에 대한 이해 부족 상태에서 국내에의 도입과 체계화된 설계법의 부재로 인하여 설계자간의 혼동이 야기되고 있는 실정임
3. 연구개발내용	○ 한국형 말뚝기초 수평지지력 설계기준 연구 * 목표 : 말뚝기초의 허용수평지지력 산정을 위한 기준 마련 및 현장 적용을 위한 프로그램 개발 * 세부 연구내용 - 허용수평지지력에 대한 정확한 해석기법 마련 - 실무자용 설계프로그램 개발 ○ 비압축성 뒷채움 기술 개발 * 목표 : 고속 주행시 민감한 뒷채움부의 평탄성 유지를 위한 신재료의 개발과 이를 이용한 시공기술 개발 * 세부 연구내용 - 저압축성 뒷채움재의 개발 - 뒷채움재의 최적 시공을 위한 공법 및 뒷채움 단면 개발

	○ 다기능 고심도 사면보강공법 개발 * 목표 : 복합 사면 활동에 대한 장·단기 보강대책 수립을 위한 조사기술 및 보강공법 개발 * 세부 연구내용 - 지층구성이 복잡한 사면의 신속 조사 및 적정 보강공법 결정 기술 개발 - 심도가 깊고 활동에 대한 예측이 어려운 사면에 대한 적정 보강공법 개발 ○ 산마루측구 대체기술 개발 * 목표 : 산마루측구 시공으로 인한 절토사면 안정성 저하를 방지하기 위한 기술 개발 * 세부 연구내용 - 산마루 측구 되메우기 미흡과 세굴로 인한 절토부 상단 지하수 유입 방지기술 개발 - 산마루측구 대체 시설물 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 기 수행중인 기초 및 지반분야의 대형 국책과제들과 연계하여 중복성 방지 및 시너지 효과 창출 ○ 국내·외 관련 학계 및 전문연구기관과 협조하여 유기적 연구 추진 ○ 관련 기술력을 보유한 중소기업과 연계하여 기술개발 및 시스템 구축
□ 추진체계	○ 산·학·연 공동연구를 통한 개발
5. 사업기간 및 예산	
	○ 사업기간 : 2007년 ~ 2013년 (7년) ※ 1차년도 사업기간 : 2007.
	○ 사업예산 - 당해연도 사업비 : 16.0억원 - 총사업비 : 97.0억원

(단위 : 억원)

	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
연도별 사업비	16.0	18.0	18.0	15.0	17.0	8.0	5.0	-	-	-

※ 민간 부담금은 Matching fund 방식

세부과제 4	도로구조물 성능향상 기술 개발
1. 연구개발 목표	○ 주행공간의 안전성과 쾌적성을 지원하는 교량 및 지중구조물의 가치향상을 통해 Smart Highway의 사업성과 도로기술의 경쟁력 확보
2. 연구개발 필요성	○ 최근 연구개발되는 고강도 복합재료의 적용, 무조인트 교량, 프리캐스트 바닥판 등의 신기술에 대한 적용성 및 실용화는 현재 미흡한 실정 ○ 교량 신축이음부의 품질 및 내구성 저하와 교량 바닥판의 짧은 수명에 대한 지적과 이에 유지보수와 교통차단으로 인한 구조물의 관리비용과 사회적 비용의 발생 초래 ○ 한정된 형식(PSC I형 거더교량) 적용에 따라 교량 설계시 주변환경 및 도로조건과의 부조화와 비경제적 설계요소를 내포하는 문제 발생
3. 연구개발내용	○ 범용성 무조인트 장경간 교량기술 개발 * 목표 : 무조인트 교량의 실용화를 위해 현재 기술의 한계를 극복할 수 있는 신기술 개발 * 세부 연구내용 - 다양한 하부지반과 도로조건에 적용상 제한이 없는 무조인트 교량 교대기술 개발 - 교대 말뚝부의 응력을 줄일 수 있는 말뚝 재료 및 시공기술 개발 ○ 곡선을 가미한 장경간 PSC I형 거더교량 기술 개발 * 목표 : 제한된 교량형식의 불합리성을 개선하기 위한 다양한 제원과 형태의 PSC Beam 개발 및 이를 통한 교량 설계, 시공기술 개발

* 세부 연구내용
- 주행시 교량의 부드러운 이미지를 줄 수 있는 곡선화를 위한 곡선형 PSC I Beam 개발
- 교량의 복합적인 조건에 부합되는 다양한 경간의 PSC I Beam 설계 및 시공기술 개발

○ FRP 철근을 이용한 신(新)교량 기술 개발
* 목표 : 교량 설계·시공의 간편성과 이를 통해 경제성을 도모할 수 있는 신형식 바닥판 개발
* 세부 연구내용
- FRP 또는 첨단 신소재를 이용한 교량 사하중 경감 기술 개발
- 시공이 용이하고 경제성이 있는 바닥판 개발

○ 프리캐스트 콘크리트 접착재 기술 개발
* 목표 : 프리캐스트 콘크리트 교량의 장점을 극대화하기 위한 접착재 및 시공기술 개발
* 세부 연구내용
- 전단력과 접착성, 내구성이 뛰어난 신소재 접착재 개발
- 최적 단면의 프리캐스트 콘크리트 및 시공기술 개발

○ 조형미를 강조한 프리캐스트 콘크리트 지중구조물 개발
* 목표 : 지중구조물의 시공시 투입되는 인원, 장비, 자재의 최소화를 위한 프리캐스트 기술 개발
* 세부 연구내용
- 조형미와 시공 간편성을 고려한 단품 제작 및 현장 연결기술 개발
- 다양한 지반조건에 적용을 위한 표준화 설계

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 기 수행중인 교량 및 구조물 분야의 대형 국책과제들과 연계하여 중복성 방지 및 시너지 효과 창출
○ 국내·외 관련 학계 및 전문연구기관과 협조하여 유기적 연구 추진
○ 관련 기술력을 보유한 중소기업과 연계하여 기술개발 및 시스템 구축

□ 추진체계

○ 산·학·연 공동연구를 통한 개발

5. 사업기간 및 예산

○ 사업기간 : 2007년 ~ 2013년 (7년)
※ 1차년도 사업기간 : 2007.

○ 사업예산
- 당해연도 사업비 : 25.0억원
- 총사업비 : 129.0억원

(단위 : 억원)

	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
연도별 사업비	25.0	29.0	23.0	13.0	19.0	11.0	9.0	-	-	-

※ 민간 부담금은 Matching fund 방식

세부과제 5	도로관리 첨단화 기술 개발
1. 연구개발 목표	○ 일상적 유지관리 업무의 효율성을 극대화하고 재해와 재난을 사전에 예측하여 도로의 예방적 유지관리 실현을 위한 첨단 도로관리 기술 개발
2. 연구개발 필요성	○ 유지관리의 대부분이 사후처리 개념으로 시행되고 있고, 제한된 보수·보강 재료 및 획일적인 의사결정 방법으로 인하여 구조물의 성능저하 지연 및 적절한 보수가 이루어지고 있지 않음. ○ 또한, 사후처리 보수·보강은 시설물 내구수명을 단축시키고, 유지관리비용의 비효율적 집행으로 이어지고 있음. ○ 매년 반복되는 재해로 인하여 도로시설물이 파괴되고 천문학적인 재해복구 비용 발생
3. 연구개발내용	○ 시설물 공용성 극대화를 위한 예방적 유지관리공법 개발 * 목표 : 시설물이 양호한 상태에서 시설물의 경미한 손상의 진행을 억제하거나 지연하여 장기적 공용성을 극대화하기 위한 예방적 유지관리 공법 개발 * 세부 연구내용 - 미끄럼 저항 및 골재 탈리 등의 예방을 위한 포장 표면처리 공법 개발 - 범용성(염해, 열화, 중성화 등) 구조물 예방적 표면처리 공법 개발 등

○ 예방적 유지관리시스템 구축 기술 개발
* 목표 : 예방적 유지관리공법의 최적의 시공을 위한 합리적 의사결정 시스템 개발
* 세부 연구내용
- 시설물 상태평가 객관성 확보를 위한 자동화 (스캔닝, 퍼지이론 등) 기술 개발
- 도로관리시스템(HPMS, HBMS 등)을 활용한 예방적 유지관리공법별 공용성 예측 모형 개발
- 최적공법, 최적시기 결정을 위한 의사결정 알고리즘 개발 및 시스템 개발

○ 재해/재난 예측 관리 시스템 구축 기술 개발
* 목표 : 도로변 재해/재난에 대해 도로시설물의 사전 피해 영향을 예측하여 시설물의 예측관리가 가능한 시스템 개발
* 세부 연구내용
- 첨단기상정보 등을 활용한 도로피해 영향 예측 시뮬레이션 개발
- 위험등급 시설물의 사전 보강 및 경보지역 실시간 모니터링 시스템 구축

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 기 수행중인 유지관리 분야의 대형 국책과제들과 연계하여 중복성 방지 및 시너지 효과 창출

○ 계측관련 기술력을 보유한 기업과 연계하여 시설물의 정밀상태평가 체계 구축

○ 국내외 포장·구조 관련 학계 및 전문연구기관과 협조하여 유기적인 협조체계 및 참여 유도

○ 재해/재난관련 각종 연구결과를 활용하고 기상청과 연계하여 실시간으로 첨단기상정보를 동시 활용할 수 있는 체계 구축

□ 추진체계 ○ 산·학·연 공동연구를 통한 개발

5. 사업기간 및 예산

○ 사업기간 : 2012년 ~ 2016년 (5년)
※ 1차년도 사업기간 : 2012.

○ 사업예산
- 당해연도 사업비 : -
- 총사업비 : 75.0억원

(단위 : 억원)

	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
연도별 사업비	-	-	-	-	-	6.0	10.0	19.0	27.0	13.0

※ 민간 부담금은 Matching fund 방식

(3) 핵심과제 2 : Smart 도로-통신기반 교통운영기술 개발

세부과제 1	도로-차량간 실시간 정보교류를 위한 도로통신환경체계 구축
1. 연구개발 목표	○ 도로-차량간 실시간 교통정보 교류가 가능한 통신환경체계의 구현을 통해 도로 및 교통상황에 대한 정보를 실시간으로 파악하여, 이용자에게 맞춤형 교통정보를 제공할 수 있는 통신환경체계 구축 및 정보가공기술 개발
2. 연구개발 필요성	○ 도로구간내에서 이용자에게 다양한 교통정보를 제공하기 위해서는 유무선망을 결합한 인터넷기반 통신환경을 조성하여 정보제공서비스를 제공하는 방법이 유용하게 적용될 수 있음. ○ 이러한 통신환경과 아울러 특별구간에 사용가능한 Local기반 자가판단형 무선통신시스템은 교통상황을 실시간 모니터링하고 교통을 제어하는 기술을 실현하게 하는 중요한 수단으로 활용될 수 있음 ○ 또한 통신기반체계하에 생성된 다양한 교통자료와 기존 VDS에서 수집되는 교통정보를 상호 융합하여 가공할 경우, 연속류의 미시적 움직임을 보다 정확히 파악하여 운전자에게 보다 정확한 정보를 제공할 수 있음
3. 연구개발내용	○ 차량단말기내 실시간 교통정보제공을 위한 도로통신환경체계 구축 * 목표 : 일반 및 특수 교통상황시 다양한 교통정보를 주행중인 운전자에게 실시간으로 제공할 수 있는 도로기반 통신환경체계 개발

	* 세부 연구내용 - 유무선통신체계를 결합한 도로내 인터넷환경 조성 및 서비스컨텐츠 개발 사업 - 자가판단형 Local 통신체계 개발 및 정보제공 기술 개발 ○ 도로-차량간 통신정보의 변환을 통한 교통정보생성 기술 개발 * 목표 : 도로와 차량간 통신교환 위치와 시간정보를 교통정보로 생성하고, 기존 정보수집체계와의 상호 융합을 통해 보다 빠르고 정확한 정보를 생성하는 기술 개발 * 세부 연구내용 - 통신정보를 활용한 교통류 분석기술 개발 - 정보수집매체별 수집정보의 융합 및 가공기술 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 기존 수동형 통신체계에서 능동형 통신체계로 진화해 가는 차세대 도로통신기반의 연구임. 따라서 현재 또는 가까운 미래에 국내외 시장에서 검증되거나 상용화 예정인 유무선 통신기술을 도로에 접목해야 함. ○ 본 연구는 여러 분야의 통신기술을 하나의 통합하는 복합연구개발사업으로 통신, IT, 도로, 교통 등 여러 분야의 연구기관의 참여가 필요하며, 사업 참여자간 원천기술의 공유를 통해 그 완성도를 높여야 함. ○ 개발기술은 공공성이 강하며, 또한 개발수준에 따라서는 많은 이윤이 창출될 수 있는 연구이므로 추후 기술의 소유권에 대한 부분의 처리가 매우 중요할 것임.
□ 추진체계	○ 산·학·연 공동연구를 통한 개발

5. 사업기간 및 예산

○ 사업기간 : 2007년 ~ 2016년 (10년)
※ 1차년도 사업기간 : 2007년

○ 사업예산
- 당해연도 사업비 : 2.0억원
- 총사업비 : 104.0억원

(단위 : 억원)

	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
연도별 사업비	2.0	3.0	4.0	4.0	12.0	16.0	16.0	16.0	16.0	15.0

※ 민간 부담금은 Matching fund 방식

세부과제 2	Smart Highway 교통관리시스템 구축
1. 연구개발 목표	○ 통신매체가 정보의 단순한 전달이 아닌 생성매체로써 활용되는 스마트 하이웨이의 교통관리 최적화를 위한 운영시스템 설계기술 개발
2. 연구개발 필요성	○ 통신기술이 단순히 정보를 전달하는 매체가 아닌, 정보자체의 생성 및 가공에 능동적인 역할을 수행하게 되는 새로운 형태의 교통관리시스템 구축 필요 ○ 보다 다양한 통신환경과 첨단기능이 보강된 스마트 하이웨이를 운영하기 위한 시스템 구성과 운영에 대한 기준 정립 및 설계 필요 ○ 또한 모든 교통 및 도로자료를 체계적으로 통합하여 관리하기 위한 GIS기반 교통관리 소프트웨어 개발과, 첨단시스템의 운영전에 사전 모의실험을 통해 개발상의 시행착오를 줄일 수 있는 교통류 시뮬레이션 Tool의 개발 필요
3. 연구개발내용	○ Smart 교통관리시스템 설계기술 개발 * 목표 : 첨단 정보통신기술이 접목되어 각종 교통제어 기술이 실제 구현되는 스마트하이웨이 교통관리 시스템의 설계 및 운영기준 개발 * 세부 연구내용 - 스마트 통신네트워크 통합운영체계 설계 및 운영기준 - 스마트 정보수집체계 설계 및 운영기준 - 스마트 정보DB관리체계 설계 및 운영기준 - 스마트 정보제공체계 설계 및 운영기준

	○ Smart 교통운영 프로그램 개발 * 목표 : 스마트하이웨이에 필요한 각종 도로 및 교통 자료의 효율적 관리와, 각종 첨단 제어기술의 효율적 구현을 위한 전산프로그램 개발 * 세부 연구내용 - GIS-T기반 도로교통DB관리 프로그램 개발 - 첨단운영시스템 모의평가를 위한 스마트 교통류 시뮬레이션 프로그램 개발 (미시적 모형)
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 본 과제는 첨단도로인 스마트하이웨이를 운영하기 위한 시스템 설계와 소프트웨어 개발, 그리고 교통운영 시뮬레이션 분석프로그램을 개발하는 과제로 기존 도로분야 연구와는 차별성을 갖고 있음 ○ 기존 도로에 사용된 각종 하드웨어 및 소프트웨어 기술을 활용하고, 새로운 통신기능을 접목함으로써 스마트하이웨이 시스템을 구현하고자 함 ○ 스마트 하이웨이 DB 구축, 아키텍쳐 및 시뮬레이션 개발 등에는 교통전문가의 관련 지식을 바탕으로, 특히 전산분야의 전문가가 적극적으로 참여하여 상호 협력을 통해 완성도를 높여야 함.
□ 추진체계	○ 산·학·연 공동연구를 통한 개발

5. 사업기간 및 예산

○ 사업기간 : 2008년 ~ 2016년 (9년)
※ 1차년도 사업기간 : 2008년도

○ 사업예산
- 당해연도 사업비 : -
- 총사업비 : 77.00억원

(단위 : 억원)

	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
연도별 사업비	-	1.0	2.0	2.0	10.0	12.0	12.0	23.0	5.0	10.0

※ 민간 부담금은 Matching fund 방식

세부과제 3	도로주행환경 최적화를 위한 실시간 교통제어기술 개발
1. 연구개발 목표	○ 고속주행환경에서 발생할 수 있는 치명적 사고요인을 사전에 제거하고 관리하기 위해, 도로-차량간 통신 교환기술이 접목된 실시간 첨단 교통제어기술 개발
2. 연구개발 필요성	○ 현재의 교통제어시스템으로는 사고발생 취약구간에 대한 실시간적인 대응을 할 수 없음. 즉 도로-차량간 정보교환 인터페이스가 구축되지 않고 있으며, 도로의 모니터링도 인력에 의한 CCTV나 운전자 제보를 통해 수행되므로 즉각적인 대응이 불가능함 ○ 스마트하이웨이는 통신기술의 강화를 통해 도로변에서 다각도의 모니터링체계와 차량에게 실시간 정보를 제공하는 시스템을 구비하고 있어, 특수상황시에 도로가 능동적으로 대처할 수 있는 기능이 부여됨 ○ 따라서 스마트 하이웨이에서 구현되는 도로와 차량의 실시간 정보교류가 가능한 통신체계와 각종 모니터링 시스템을 활용하여, 도로의 안전성과 소통능력을 극대화할 수 있는 첨단 교통제어기술 개발 필요
3. 연구개발내용	○ 자가판단형 Local통신시스템을 이용한 특별관리구간 교통제어기술 개발 * 목표 : 사고취약구간 및 선형불량구간등 사고위험이 높은 구간에서의 악천후, 사고 등 특수상황이 발생할 경우, 도로-차량간 실시간 통신을 통해 이에 효과적으로 대응할 수 있는 자동화된 교통제어기술 개발

* 세부 연구내용
  - 강우, 폭설, 안개 등 악천후 대응 교통제어기술
  - 노면 잡물, 고장 차량등 특수상황에 대한 교통제어기술
  - 전방 긴급유고상황 정보제공 및 교통제어기술

○ 속도 및 차로위반차량 실시간 감시기술 개발
* 목표 : 도로-차량간 통신체계를 포함한 다각도의 감시 시스템을 이용하여, 차량의 속도 및 주행차로를 실시간 모니터링함으로써 운전자의 위반사항을 감시하는 교통제어기술 개발
* 세부 연구내용
  - 공간주행속도 감지 시스템 개발
  - 차종별 주행차로 감지 시스템 개발
  - 가변형 속도제어 기술 개발
  - Portable DMS (이동식 동적표출장치) 개발

○ 단기 공사구간 통합형 교통제어기술 개발
* 목표 : 단기간의 공사가 시행될 경우, 운전자에게 실시간 가변정보의 제공을 통해 보다 안전하고 빠른 주행을 확보해 줄 수 있는 이동형 교통제어기술 개발
* 세부 연구내용
  - 공사구간 상하부 교통류 분석기법 개발
  - 공사구간 접근 속도제어 및 차로제어 기법 개발
  - 공사구간 야간 안전성 확보 기술 개발
  - 공사구간 이동식 정보 제공시스템 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 본 연구는 도로-차량간 통신교환이 가능한 도로환경 체계하에서, 특수상황에 능동적으로 도로가 대처할 수 있는 기술을 개발하는 사업이며, 단순한 알고리즘의 개발에 끝나는 것이 아니라, 이를 현장에 적용하는 시범사업이 강조되는 연구사업임

○ 이를 구현하기 위해서는 교통전문가가 중심이 되어 기존의 연구와 다른 새로운 제어알고리즘을 개발하고, 통신·계측·센서 분야의 전문가가 협력하여 이를 현장에 적용할 수 있는 시스템을 구축해야 함

○ 단, 여기에서 차량단말기에 대한 정보제공은 인터넷을 이용하는 방법과 단거리통신기반 Local통신체계를 활용하는 두 가지 방법이 존재하므로 다양한 접근방법을 고려해야 함

□ 추진체계

○ 산·학·연 공동연구를 통한 개발

5. 사업기간 및 예산

○ 사업기간 : 2007년 ~ 2016년 (10년)
※ 1차년도 사업기간 : 2007년도

○ 사업예산
- 당해연도 사업비 : 2.0억원
- 총사업비 : 93.0억원

(단위 : 억원)

	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
연도별 사업비	2.0	4.0	4.0	4.0	8.0	9.0	11.0	18.0	14.0	19.0

※ 민간 부담금은 Matching fund 방식

(4) 핵심과제 3 : Smart 도로-자동차 연계기술 개발

세부과제 1	자동차를 이용한 첨단 유지관리 및 교통정보 수집기술 개발
1. 연구개발 목표	○ 지역내 도로의 주행환경에 대한 변화를 실시간으로 감지할 수 있고, 첨단의 센서 및 장비를 이용하여 잡물 처리 등의 노면 최적화를 효율적으로 처리할 수 있는 시스템 개발 ○ 도로 유지관리 전용 자동차의 효율성을 높이기 위한 서비스 경로 및 지역배차 최적화 기술 개발
2. 연구개발 필요성	○ 안개, 노면 결빙 등의 기상상태는 동일지역 내의 도로에서도 국소적으로 그 변화가 심함. ○ 현재의 기상정보로는 도로상에서 발생하는 국소적인 기상변화를 감지 할 수 없으므로, 실시간으로 주행환경을 감지할 있는 이동형 측정 기술의 개발이 필요함. ○ 또한, 교통사고, 기상악화, 재난재해 등의 돌발상황 발생시 2차 사고를 방지하기 위해서는, 첨단의 장비를 도입하여 유지관리 업무의 효율성을 높이는 동시에 신속하고 효율적인 처리를 위해 최적 경로 배차 시스템이 구축되어야 함.

3. 연구개발내용

○ 초고속주행 지원 유지관리 자동차 시스템 개발

* 목표 : 초고속 주행환경에서의 도로관리 및 안전처리를 위한 유지관리자동차 첨단화 및 배차 최적화
* 세부 연구내용
  - 유지관리 자동차 지역배차 최적화 기술 개발
  - 이동식 주행환경 측정 기술 개발
  - 노면잡물 처리 기술 개발

○ 종합교통정보 제공 Probe Car 시스템 개발

* 목표 : 첨단 검지장비를 이용하여 교통정보를 실시간으로 검증하고 스마트 통신환경 시스템에서의 결측구간에 대한 보정이 가능한 probe 시스템 개발
* 세부 연구내용
  - 교통정보 검증 주행시스템 개발
  - 무인 도로 및 노측시설 점검자동차 개발
  - 유고현장 실시간 중계 영상정보제공 기술 개발
  - 최적교통정보 검증 및 Feedback S/W 개발

○ 도로기반 Smart 단말기 시스템 개발

* 목표 : 도로 및 차량의 정보를 활용 가능하게 통합하고 이를 표준화하여 주행 중에도 운전자에게 정보를 쉽게 전달할 수 있고 안전하게 조작할 수 있도록 도와주는 단말기 시스템을 개발
* 세부 연구내용
  - Smart 단말기 표준화 및 시스템 개발
  - 정보 활용 콘텐츠 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 초고속 주행에서의 도로유지관리 및 종합종합정보 제공 지원 시스템을 개발하는 과제로서, 자동차의 하드웨어적인 기술보다는 도로의 실시간 정보를 검증할 수 있는 자동차내 탑재 시스템 구축 및 운영 소프트웨어 구축에 주안점을 둠.

○ 연구개발기간동안 개발된 요소기술에 대하여 Test Bed에서 실용성을 평가하여야 하므로 Smart Highway 사업단과 연구내용과 추진일정에 대하여 사전 상의하는 것이 효율적이며, 도로부분의 연구과제 추진에 대하여는 Smart Highway 사업단과의 긴밀한 협조가 요청됨

□ 추진체계

○ 도로운영기관, 자동차업체, IT업체 등의 긴밀한 협조가 필요하며, 특히 최적 배차 시스템 개발에는 Operation Research(OR) 분야의 전문가가 참여해야 함.

5. 사업기간 및 예산

○ 사업기간 : 2009년 ~ 2016년 (8년)
※ 1차년도 사업기간 : 2009.

○ 사업예산
- 당해연도 사업비 : - 억원
- 총사업비 : 24.0억원

(단위 : 억원)

	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
연도별 사업비	-	-	1.0	2.0	5.0	5.0	5.0	3.0	2.0	1.0

※ 민간 부담금은 Matching fund 방식

세부과제 2	도로-자동차 상호 보완 기술
1. 연구개발 목표	○ 초고속 주행에 따른 소음 및 배기가스 저감 방안 개발
2. 연구개발 필요성	○ 초고속 주행환경에서는 자동차의 속도 향상에 따라 배출가스 및 소음증대에 대한 문제가 발생함. ○ 환경에 영향을 미치는 소음, 배출가스 등의 문제를 도로분야와 자동차분야에서 독자적으로 해결하기에는 그 한계가 존재하므로, 서로 연계하여 상호 보완적으로 대응방안 모색 필요함.
3. 연구개발내용	○ 첨단기술을 이용한 소음저감 및 방음벽 대체기술 개발 * 목표 : 신기술을 이용하여 발생된 소음을 상쇄시키는 저감기술 개발 및 기존 방음벽 시설을 대체하는 신 방음시설 기술 개발 * 세부 연구내용 - 음파 상쇄 등과 같은 소음 제거 기술 개발 - 방음벽 대체 신 방음시설 개발 ○ 오르막차로에서의 차량 구동력 증진 지원 포장공법 개발 * 목표 : 오르막구간에서 자동차의 구동력을 증진시킴으로써 자동차 배출 가스를 저감시킬 수 있는 기술 개발 * 세부 연구내용 - 오르막구간의 경사 및 길이에 따른 자동차 구동력과 배출 가스량 분석 - 오르막 주행시 자동차 구동력 증진 포장 공법 개발

○ 저소음 마찰력 강화 타이어 기술 개발

* 목표 : 초고속 주행환경에서의 곡선구간 및 우천시 주행에 적합한 저소음성 마찰력 강화 타이어 기술개발

* 세부 연구내용
  - 고속주행시 타이어 마찰력 강화 방안 연구
  - 고속주행에 따른 타이어 소음 저감 방안 연구

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 자동차의 초고속 주행에 따른 소음 및 공해 문제를 도로, 교통, 자동차, 환경 분야 등의 전문가들이 협력하여 공동으로 대안 모색

○ 각 분야의 독자적은 기술만으로 문제를 직접 해결하기 보다는 상호 보완적인 기술의 개발을 통해 간접적인 해결책 모색

□ 추진체계

○ 산·학·연 공동연구를 통한 개발

5. 사업기간 및 예산

○ 사업기간 : 2009년 ~ 2016년 (8년)

※ 1차년도 사업기간 : 2009.

○ 사업예산

- 당해연도 사업비 : - 억원
- 총사업비 : 26.0억원

(단위 : 억원)

	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
연도별 사업비	-	-	1.0	2.0	4.0	6.0	4.0	2.0	2.0	5.0

※ 민간 부담금은 Matching fund 방식

세부과제 3	초고속 주행환경하의 자동차 주행 안전성 향상 연구 개발
1. 연구개발 목표	○ 지능형 자동차와 일반 자동차의 혼합주행이 속도 안정화에 미치는 영향 연구 ○ 교통류 분리운영을 통한 주행환경 최적화 방안 ○ 초고속 주행환경 안전도 향상을 위한 지원기술 개발
2. 연구개발 필요성	○ Smart Highway에서는 지능형 자동차와 일반 자동차의 취득 정보 편차, 자동차 성능 및 운전자의 각성 수준 등에 따라 주행속도의 편차가 다소 심화될 전망임 ○ 따라서, 정보 불균형과 속도 편차에 따른 안전도 및 교통 흐름을 분석하여 이를 효율적으로 제어할 수 있는 전략이 필요함.
3. 연구개발내용	○ 지능형 자동차와 일반 자동차 혼합주행 안전성 평가 연구 * 목표 : 자동차의 성능에 따라 스마트 하이웨이에서 얻을 수 있는 정보의 편차가 초고속 주행 안전성에 미치는 영향을 연구하여 일반 자동차의 주행 안전성 개선방안 도출

* 세부 연구내용
  - 취득 정보 수준에 따른 주행안전성 평가 및 초고속 주행의 교통 흐름에 미치는 영향 분석
  - 자동차 혼합 주행 시뮬레이션 개발
  - 일반 자동차의 스마트 정보 전달 방법 검토 및 주행안전성 개선 방법

○ 초고속 주행환경에서의 이종교통류 분리 및 차로 운영 방안 연구

* 목표 : 저속 교통류와 고속 교통류를 합리적으로 분리하여 운영할 수 있는 교통 관리 전략 및 물리적 시스템을 구축하고 제도적인 측면의 개선방안 도출
* 세부 연구내용
  - 교통류 혼합 및 분리 운영 시뮬레이션 개발
  - 교통류 분리를 위한 운영 전략 및 알고리즘 개발
  - 전용차로 구분을 위한 물리적 시스템 구축

○ 운전자 적정 각성유지를 위한 도로 및 자동차 지원 시스템 개발

* 목표 : 운전자 각성수준 변화에 따른 교통안전상 문제점을 도출하여 이를 관리 및 제어할 수 있는 도로 및 자동차 기반 경고정보 제공 기술 개발
* 세부 연구내용
  - 운전자 각성수준에 따른 주행 능력 시뮬레이션
  - 최적 각성수준 판단 및 관리기준 연구
  - 도로 및 자동차 기반 경고정보 제공 기술

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 초고속 주행하에서의 자동차의 주행안전성을 자동차가 취득할 수 있는 정보의 수준과 교통류 및 운전자 특성에 따라 분석하는 것으로서, 시뮬레이션을 통한 전략 수립 및 대안 평가가 중요함.

○ 연구과제의 특성상 산업공학분야, 생명과학분야, 전자 공학분야, 교통 운영분야 등의 협력이 필요함.

□ 추진체계

○ 산·학·연 공동연구를 통한 개발

5. 사업기간 및 예산

○ 사업기간 : 2008년 ~ 2016년 (9년)

※ 1차년도 사업기간 : 2008.

○ 사업예산

- 당해연도 사업비 : - 억원
- 총사업비 : 25.0억원

(단위 : 억원)

	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
연도별 사업비	-	1.0	2.0	3.0	3.0	4.0	5.0	4.0	1.0	2.0

※ 민간 부담금은 Matching fund 방식

세부과제 4	미래형 자동차 주행지원 도로기술연구 및 실용화 기술 개발
1. 연구개발 목표	○ 산자부 및 자동차회사, 자동차 관련연구소 등에서는 미래형자동차 및 첨단자동차 요소기술 개발에 있어서 에너지, 환경, 지능형기술을 3대 핵심기술로 선정하고, 이에 대한 연구를 추진중임. ○ Smart Highway는 미래형자동차가 주행해야 할 도로로서 이들 자동차가 안전하고 쾌적하게 주행하기 위해서는 자동차의 성능과 도로시설의 기능이 조화롭게 어울러져야 할 것임. ○ 따라서, Smart Highway는 미래형자동차의 기능을 보조하고, 향상시킬 수 있는 방향으로 기술개발이 추진되어야 함. 이러한 관점에서 본 연구과제는 타 핵심과제와 달리 과제선정에 유연성이 요구됨. 즉, 자동차 기술 발전에 대응하는 도로기술개발을 대원칙으로 정하고 세부연구과제는 Smart Highway 사업 진행 과정에서 도로, 자동차, 통신 전문가가 참여하는 상설위원회를 사업단 내에 설치하여 지속적으로 연구과제를 발굴해 나가는 것으로 추진하고자 함.
2. 연구개발 필요성	○ 산자부는 현재의 수동적 안전 자동차에서 능동적 안전을 거쳐 미래에는 자동운전자동차를 개발하기 위하여 2013년까지 10년간의 연구개발 로드맵에서 제시하고 단계적으로 2006년까지 평가기술, 2008년 평가기술 표준화, 2013년 실차평가기술을 개발하는 것으로 계획하고 있음.

○ 비약적인 자동차 안전기술의 발전에 반하여 도로기술 발전이 정체된다면 도로교통의 부조화를 인해 안전과 주행성 등에 있어서 문제가 나타날 것이므로 이를 해결하기 위해서는 자동차기술 발전을 지속적으로 모니터링하고, 예측하면서 상응하는 도로기술 개발이 추진되어야 할 것임.

○ 이처럼 미래형자동차가 도로에서 제 기능을 발휘하기 위해서는 연계되는 도로기술개발이 필수적이며, 이를 원활하게 추진하기 위해서 자동차 관련업체, 연구소, 도로 및 통신전문가가 참여하는 상설기구를 사업단 내에 설치하여 연구사업 기간 중에 연구과제를 발굴해 나가는 것이 요청됨.

3. 연구개발내용

○ 상시 연구과제 발굴 및 선정을 위한 상설기구 설치

* 목표 : 산자부에서 추진하는 미래자동차 기술개발사업과 타 연구단의 자동차기술개발과정을 모니터링하고, 연계되는 도로기술을 검토하여 사업단 연구사업으로 추천하여 Smart Highway 사업이 성공적으로 추진되도록 지원함.

* 세부 연구내용
  - 산자부 및 타 기관에서 추진하는 미래형 및 첨단 자동차 기술개발 모니터링 및 분석
  - 자동차기술과 연계되는 도로기술 선정 및 추천
  - Smart Highway 사업의 성공적 추진을 위한 제반 사항 지원

○ 미래형 자동차기술 기능지원과 향상을 위한 연계가 가능한 도로기술 개발

* 목표 : 미래형 자동차기술로 개발예정인 요소기술의 기능지원과 향상을 위하여 도로부문에서 개발이 필요하거나 지원해야 할 도로요소 기술을 도출
* 예상 도로요소기술
  - 차로유지인식용 감지기 및 차선개발
  - 근거리전방 긴급유고상황 감지 및 정보제공시스템
  - 환경적응형 주행자동차 속도제어 및 관리 안전시설
  - 위험자동차 제어 및 관리시설 개발 등

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 도로-자동차 연계기술개발 연구과제 발굴을 위한 연구관리위원회를 사업단내에 상설화

○ 도로, 자동차, 통신분야 전문가로 구성된 상설기구에서 미래자동차 기술발전 동향을 주기적으로 모니터링하여 자동차 성능을 지원하고 향상시킬 수 있는 도로요소 기술을 검토·추천

○ 자동차 기술개발과 연계된 도로기술 중 교통안전상 발생되는 문제에 대한 입법적, 행정적 제도개발이 병행하여 진행되어야 하므로 관련된 문제점을 발굴하여 사업단에 보고

○ 본 연구는 특성상 자동차분야의 기술개발수준 및 기간 통신업체 그리고 완성차 업계와의 지속적인 정보교류를 통해 효과적으로 Smart Highway를 구현할 수 있는 방안을 지속적으로 피드백하며 연구과제가 추진될 수 있도록 지원

□ 추진체계

○ 자동차분야를 중심으로 한 도로/교통/전자/통신 등 관련산·학·연 공동연구를 통한 개발

5. 사업기간 및 예산

○ 사업기간 : 2007~2016(10년)

※ 1차년도 사업기간 : 2007.

○ 사업예산

- 당해연도 사업비 : 1.0억원
- 총사업비 : 25.0 억원

(단위 : 억원)

	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
연도별 사업비	1.0	1.0	1.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0	5.0	4.0

※ 민간 부담금은 Matching fund 방식

(5) 핵심과제 4 : Smart Highway Test Bed 구축 및 활용

세부과제 1	Smart Highway 설계기준 정립 및 Test Bed 설계
1. 연구개발 목표	○ Smart Highway 구조·시설기준에 관한 규칙 제정 및 개정 ○ Smart Highway 설계기준 정립 ○ Smart Highway 개발 기술 설계 적용방안 수립 ○ Test Bed 설계(타당성조사, 기본설계, 실시설계)
2. 연구개발 필요성	○ IT의 급속한 발전, 지능형 자동차 산업의 가속화 등에 따라 더 빠르고, 더 안전하고, 더 편안한 이동에 대한 욕구 증대되고 있으나, - 국내 도로기술은 최대 설계속도 120km/hr 수준 - 텔레메틱스, 지능형 자동차 산업의 발전은 상대적인 도로 서비스의 질적 저하로 인식 ○ 따라서, 도로기술력의 획기적인 진보계기 마련을 위해 현수준 보다 한차원 높은 목표를 설정(V=130~160km/hr)하고 도로서비스의 질을 높이는 기반 환경 조성을 위한 설계기준 정립에 대한 R&D를 추진할 필요가 있으며, 이 결과를 토대로 Test Bed 설계 시행
3. 연구개발내용	○ Smart Highway 구조·시설기준에 관한 규칙 제정 및 개정 * 목표 : 도로-통신-자동차 연계기술 등을 활용한 초고속(V=130~160km/hr) Smart Highway 실현을 위한 도로 기하구조 정립

* 세부 연구내용
- 설계속도 130~160km/hr의 도로구조 및 시설기준에 관한 규칙 제정 연구
- 지능형 자동차 등 자동차 기술 진보에 따른 도로설계 요소 변화 연구
- IT기술의 발달에 따른 도로, 자동차와의 융복합 기술 도로설계 접목 연구
- 인간중심, 친환경 도로구조 및 시설 기준 연구
- Test Bed 운영 결과를 토대로한 기준 개정 연구 등

○ Smart Highway 설계기준 정립

* 목표 : 『Smart Highway 구조·시설기준에 관한 규칙』을 토대로한 세부 설계기준(기준, 지침, 편람 등) 정립

* 세부 내용
- Smart Highway 설계기준 연구
- Smart Highway 용량편람 연구
- Smart Highway 설계편람 연구 등
(기하구조, 배수공, 포장공, 구조물공, 부대공 등)
- Total Service 제공을 위한 미래형 휴게소 연구 등

○ Smart Highway 개발기술 설계 적용방안 연구

* 목표 : R&D 결과물의 효율적인 Test Bed 적용 방안 연구를 통한 기본, 실시설계 지원

* 세부 내용
- Test Bed 노선 특성 조사·분석
- Smart Highway 실현을 위한 Test Bed 적용기술 수요 조사·분석
- R&D 결과물의 효율적인 Test Bed 적용 방안 연구
- Test Bed 운영결과를 토대로한 개발기술 설계기준 정립 등
(설계기준, 품셈작성 등 업무 추진)

○ Smart Highway Test Bed 설계 시행

* 목표 : Smart Highway 실현을 위한 예비타당성조사, 타당성조사, 기본설계, 실시설계 시행

* 세부 내용 : 건설기술관리법 등 관련법령에 의한 발주 절차에 따라 시행

- Smart Highway Test Bed 예비타당성 조사
- Smart Highway Test Bed 타당성 조사
- Smart Highway Test Bed 기본설계
- Smart Highway Test Bed 실시설계

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 기존 연구과제 진행현황, 결과와 연계하여 추진

- 『도로의 구조·시설기준에 관한 규칙』 개정 연구용역
- 『친환경·지능형 도로 설계기술 개발』 연구용역

○ IT, 자동차 관련 연구기관 및 업계와의 협동연구 체계 구축

○ 설계(예비타당성, 타당성, 기본, 실시설계)는 건설기술관리법 등 관련법령에 의한 발주 절차에 따라 시행

- 본 과제는 핵심과제4 주관기관 책임하에 정부, 건기평, 사업단 등과의 협의를 통하여 시행

□ 추진체계

○ 산·학·연 공동연구를 통한 개발 및 설계업체 선정

5. 사업기간 및 예산

○ 사업기간 : 2007~2016(10년)

※ 1차년도 사업기간 : 2007.

○ 사업예산

- 당해연도 사업비 : 10.0억원
- 총사업비 : 422.0억원

(단위 : 억원)

	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
연도별 사업비	10.0	18.0	20.0	25.0	80.0	58.0	52.0	39.0	53.0	62.0

※ 민간 부담금은 Matching fund 방식

세부과제2	Smart Highway Test Bed 시공
1. 연구개발 목표	○ R&D 결과물을 Smart Highway Test Bed에 적용하고 보완을 통해 최종적인 실용화 도모
2. 연구개발 필요성	○ 도로사업은 복합공종으로 연구분야가 넓으나, 그동안 소규모 단위과제별 연구가 진행되어 학술적, 이론적 연구단계에 머물러 현장 적용을 위해서는 별도 응용연구가 필요하고 장시간 소요됨 ○ 이러한 문제점을 해결하기 위하여 Smart Highway 사업에서는 팻키지 형태의 R&D를 시행하여 연구의 효율성을 높이고 실제 연구 결과물을 도로에 적용하여 검증함으로써 실용성을 확보하는 차원에서 Test Bed 구축 필요
3. 연구개발내용	○ Test Bed 사업추진 방식 검토 * 내용 : 건설기술관리법, 국가계약법 등 관련 법령의 절차에 의거 Test Bed 시공방법 결정 ※ 국고사업, 민자사업 등 검토 ○ Test Bed 시공 1단계 * 내용 : 세부과제별 연구진행단계의 실용성 검증 ※ 해당 연구책임자가 사업단장, 핵심과제 주관기관 등과 협의하여 기존 고속도로 등 대상 노선을 선정하여 추진 ○ Test Bed 시공 2단계 * 내용 : 연구개발 마무리 단계에서 실제 Smart Highway Test Bed에 적용하여 보완 및 실용성 확보 ※ 건설기술관리법, 국가계약법 등 관련법령의 절차에 따라 추진하되 사업단장과 핵심과제 4 주관기관이 협의하여 시행

4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 건설기술관리법, 국가계약법 등 관련법령의 절차에 따라 추진 ○ 개발기술의 효율적인 적용을 위한 R&D 참여 업체와 시공업체간 협의체 구성·운영
□ 추진체계	○ 관련법령에 의한 시공업체 선정 및 관리·감독 체계 구축
5. 사업기간 및 예산	
	○ 사업기간 및 예산 : 별도산정

세부과제 3	Smart Highway Test Bed 관리 및 모니터링
1. 연구개발 목표	○ Test Bed 관리센터 구축 ○ Test Bed 모니터링 방안 연구 및 모니터링 ○ Test Bed 도로교통관리 방안 연구 ○ Smart Highway 기술 성과분석
2. 연구개발 필요성	○ Test Bed의 실제 운영을 위한 관리센터를 구축하여 Smart Highway에 대한 기본적인 도로 유지관리 업무를 수행하며, 적용된 기술의 모니터링을 시행하고 R&D의 연구성과와 효과를 분석하는 연구시행 필요
3. 연구개발내용	○ Test Bed 관리센터 구축 * 내용 : Smart Highway Test Bed 유지관리, 교통관리 업무뿐만 아니라 R&D 결과물에 대한 실용성을 검증하고 개선해 나가는 연구가 진행될 수 있는 환경 조성 ※ 현 도공의 지사+소규모 교통관리센터+연구소를 포괄하는 개념 ○ Test Bed 모니터링 방안 연구 및 모니터링 * 내용 - 관리센터내 모니터링을 위한 설비의 구축, 연구인원 배치, 현장과 센터간 통신환경, Test Bed 전반의 효율적인 모니터링 방안 등에 대한 연구 - 관리센터에서 그간 참여했던 연구진을 상주와 비상주 등으로 구분하여 참여하는 형식으로 연구성과의 상호보완 업무를 수행 ○ Test Bed 도로교통관리 방안 연구 * 내용 - Smart Highway Test Bed 개통시 기본적인 유지관리업무 수행조직 구성 등 검토

	- 연구진행단계에서 신개념의 도로관리, 교통관리 등에 대한 연구(조직체계, 기법 등) 병행 - 이를 토대로 핵심과제 2의 도로운영기술 연구에 반영하고 기존 고속도로의 Smart화에도 응용하는 연구를 진행 ○ Smart Highway 기술 성과분석 * 내용 - Smart Highway Test Bed에 적용된 R&D 성과물에 대한 종합적인 성과를 분석, 평가 - 이를 총괄과제 책임자에게 제출하여 Smart Highway 팻키지 상품화 및 기존 고속도로의 적용방안 연구에 활용토록 지원
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ R&D사업 참여 연구기관, 연구자, 시공업체, 설계업체 등이 참여하는 협력체계 구축 ○ Test Bed 관리센터내 통합업무 환경을 조성하여 관리 및 모니터링 지원
□ 추진체계	○ 연구기관, 연구자, 시공업체, 설계업체 등이 참여하는 협력체계를 통한 업무 수행
5. 사업기간 및 예산	
	○ 사업기간 : 2010~2016(7년) ※ 1차년도 사업기간 : 2010. ○ 사업예산 - 당해연도 사업비 : - - 총사업비 : 54.0억원

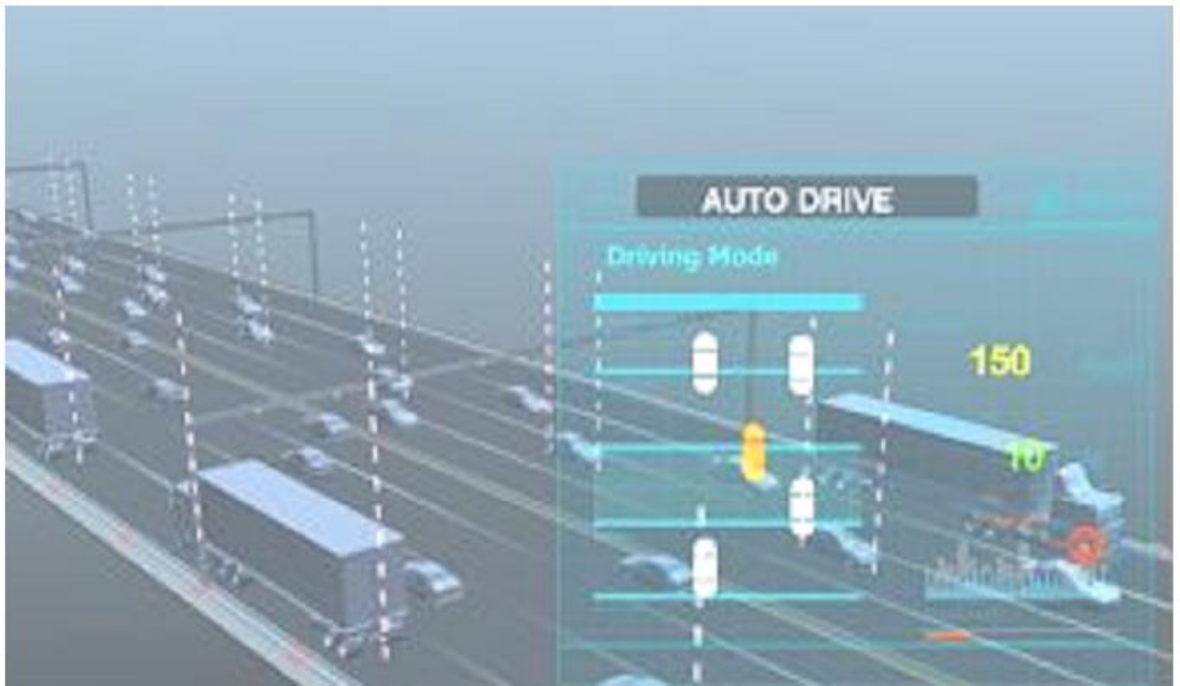
(단위 : 억원)

	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
연도별 사업비	-	-	-	1.0	5.0	6.0	6.0	8.0	13.0	15.0

※ 민간 부담금은 Matching fund 방식

제 5 장

사업단 구성 및 운영방안



Chapter__5

제 5 장 | 사업단 구성 및 운영 방안

5.1 사업단 구성

(1) 건설교통부

○ 사업총괄기관으로서, 연구사업 기획·관리·감독을 총괄하고, 기술개발 촉진 및 성과보급을 위한 법·제도 개선 업무 지원

(2) 전문기관(한국건설교통기술평가원)

○ 건설교통부장관이 연구개발사업에 대한 기획·평가·관리 등의 업무를 위탁하여 수행하기 위하여 설립하거나 지정한 기관

(3) 기획위원회

○ 사업단과제의 목표 및 방향설정, 사업단과제의 도출, 사업단장 선정 등 연구개발사업의 사전기획에 관한 주요사항 검토 및 관리

(4) 운영위원회

○ 사업단 과제 진도점검 결과검토, 예산조정, 이의 신청, 사업단장 해임 등 사업단 운영에 관한 주요사항 심의·조정 및 관리

(5) 평가위원회

○ 사업단 과제의 선정평가, 단계(중간)평가, 최종평가를 수행하여, 과제의 계속 추진여부 판정 및 사업단장에 대한 업무평가

(6) 사업단장

○ 사업단을 구성하여 사업단과제의 상세기획, 세부과제 공모·선정, 진도·성과관리 및 결과물의 활용 등을 위한 업무를 총괄적으로 수행

○ 사업단에서 개발된 기술의 국내외 표준 제·개정, 법제도 개선, 시범지역 선정, 정책반영 등 실용화를 위한 상설조직 운영

(6) 사무국

○ 사업단장을 보조하며 사업단 운영에 필요한 제반 행정지원 업무

(7) 과제총괄위원회

○ 사업단 사무국 운영, 사업단 연간운영계획, 핵심과제 참여기관 변경 등 사업단 운영에 관한 중요사항을 심의

○ 연구기획 대상 세부과제 우선순위결정, 세부과제 조정 및 시작품 제작 또는 테스트베드 형태의 사업화 전략에 관한 사항을 심의·검토

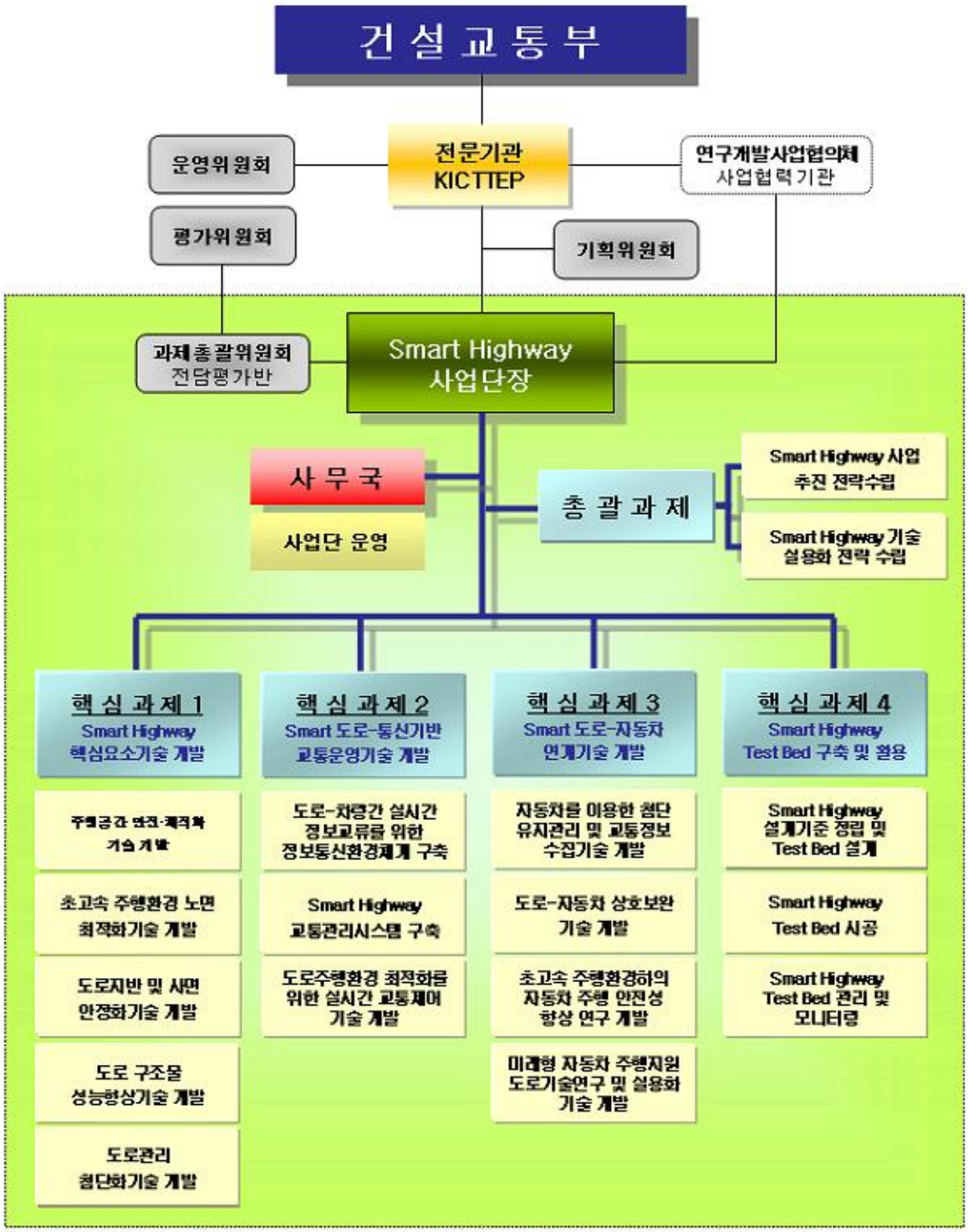


그림 5-1 스마트하이웨이 수행체계

5.2 사업단 운영방안

5.2.1 연구수행체계

○ 본 연구는 도로 전반에 걸친 방대한 분야가 수행되므로, 학회, 연구소, 협회, 학회 등 모든 유관들의 유기적인 협력체계와 참여가 유도되어야 할 것임.

○ 또한, 국외에서 선점한 도로기술 분야에 한해서는 중복 투자방지와 기술 습득을 통한 개발사업의 효율성을 기하기 위해 국외 유관기관과의 협력 연구체계를 수립해야 함

그림 5-2 사업단 연구수행 참여기관 구축도

5.2.2 성과지표 및 성과측정

○ 본 사업은 국가연구개발사업 조사·분석·평가의 성과지표를 참조하여 기본지표로 설정

○ 공통적인 성과부분을 평가하고, 각 사업 분야별 특성화된 성과부분을 추가지표로 설정하여 성과를 효과적으로 측정

○ 사업 분야별로 지표에 가중치(점수) 부여를 다르게 설정하여 성과측정을 더욱 효과적으로 도출토록 함

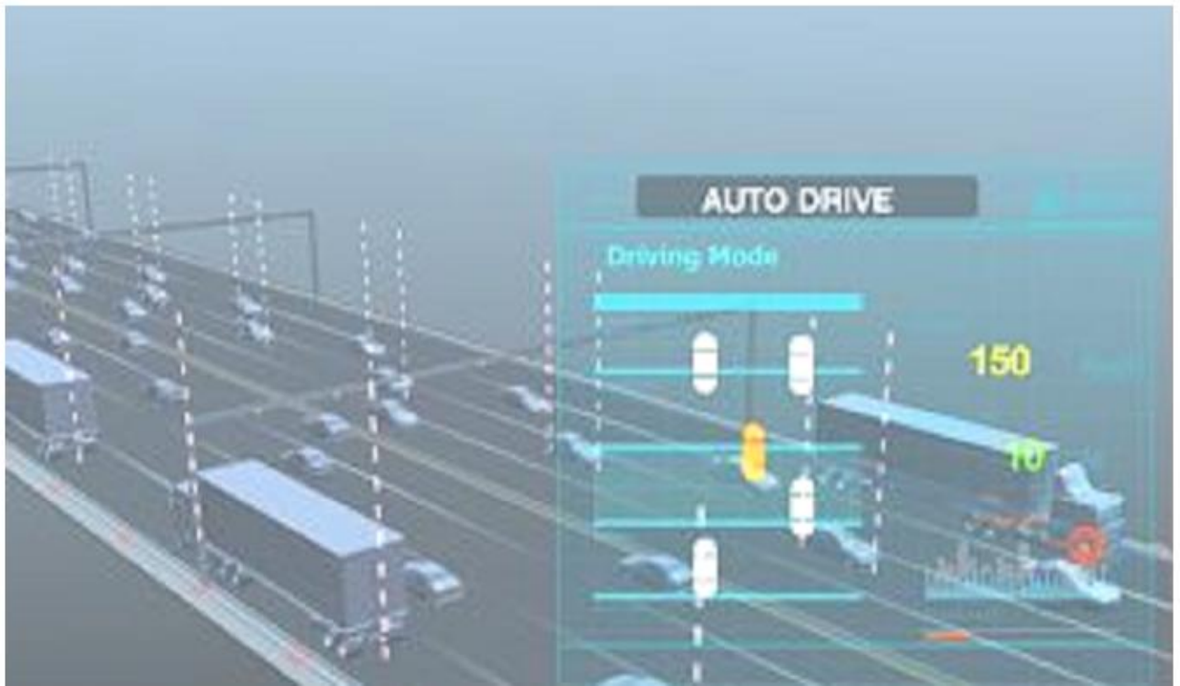
○ 도출된 성과지표는 고정된 것이 아니며, 추후에 지속적인 검토 및 시범 적용을 통해 더 효율적이고 적합한 성과지표로 수정·보완

표 5-1 스마트 하이웨이 기술개발사업 성과지표(안)

구분	성과목표	성과지표	달성 목표치	가중치 (0~1)	
기획・집행	공통지표 (10%)	사업목적 및 내용의 타당성	-	0.07	0.10
		사업관리 체계의 적절성	-	0.02	
		전년도 평가결과 활용	-	0.01	
결과	과학기술 연구성과 (10%)	국내외 학술지 논문	100건	0.02	0.10
		국내외 학술대회 발표	300건	0.03	
		SCI 논문게재	20건	0.01	
		인용논문	100건	0.01	
		선진국과 기술수준 년수	0년	0.03	
	사업화 성과 (50%)	국내외 특허등록	50건	0.10	0.50
		국내외 특허 인용	50건	0.02	
		소프트웨어 등록	50건	0.10	
		신기술 등록	10건	0.01	
		기술이전 건수	30건	0.10	
		기술공개 건수	50건	0.05	
		기술료 징수액	10억	0.01	
		사업화 현황 및 성공도	50건	0.05	
		제품판매량(매출액)	100억	0.01	
	인력양성 성과 (10%)	인력 지원수	300명	0.03	0.10
		1인당 지원 연구비	0.3억	0.03	
		연수지원 수	30건	0.03	
		연수 지원액	50억	0.01	
	국제협력 성과 (5%)	외국연구자 유치수	20명	0.01	0.06
		기술무역 대상국가 수	10개	0.01	
		국제회의 개최	5회	0.01	
		기술협력(MOU) 수	5건	0.01	
		공동연구자 수	50명	0.01	
		공동연구 예산 규모	50억	0.01	
	경제사회 파급효과 (5%)	산업지원 기술지도	50건	0.01	0.04
		산업지원 기술이전	30건	0.01	
		산업지원 기술평가	30건	0.01	
		고용창출	500명	0.01	
	정책반영 성과 (10%)	정책건의 건수	50건	0.04	0.10
		정책반영 건수	30건	0.06	

제 6 장

기대성과 및 활용방안



Chapter_6

제 6 장 | 기대성과 및 활용방안

6.1 기대성과

○ Smart Highway는 고속의 주행 안전성이 확보되는 지능형 최첨단 고속도로 시스템으로 국내 거점도시간 공간적 한계를 극복함으로써 국민의 편익 증진과 균형발전의 촉진제가 될 것이다. 또한 세계 최고의 IT기술을 바탕으로 하여 돌발상황 감시 및 제어, 양방향성 교통정보 서비스 등의 제공이 가능해지고, 장기적으로 자동주행이 가능하게 되어 도로 인프라와 연계된 자동차 산업의 국가 경쟁력이 강화될 것이다.

6.1.1 사회·경제적 성과

(1) 국민 삶의 질 향상

○ 급변하는 시대적 흐름을 반영한 도로기술의 구현을 통하여 도로이용자 및 자동차의 이동성 향상(현수준의 35% 향상)을 통한 전국 반나절 생활권 실현과 국민의 삶의 질 향상

○ 고령자 등 교통약자에 대한 안전한 도로시설 기준정립으로 도로교통 안전성 확보 및 쾌적성 증진

○ 이용자 중심 및 친환경성, 에너지 효율 등을 제고한 도로기술 개발로 진보된 도로기술 확보, 특히 기능성향상 및 에너지 절약형 도로안전시설 도로안전시설 개발로 교통사고 감소 및 에너지 효율성 향상(현수준보다 20% 향상)

(2) 인간중심의 도로문화 형성

○ 경제성장 및 지역발전을 달성하기 위한 산업적 수단으로써의 도로가 아닌, 편안한 운전과 안전이 보장된 인간중심의 도로 건설 및 운영기술 확보

○ 정시성, 이동성 확보를 통한 주행시간 단축으로 시간기회비용을 절감하려는 욕구를 충족시키고 자동차 문화를 선도하는 기능으로써 도로의 역할 확대

(3) 2천만 자동차시대의 대비

○ 자동차보유 2천 5백만 시대를 대비한 향후 도로시설 공급부족 현상의 해소

(4) 통일대비 도로의 역할 강화

○ 통일대비 북한지역을 포함한 전국을 1일 생활권으로 연결할 수 있는 도로를 건설함으로써, 지역간 교류활성화를 통한 문화적 동질성 회복과 산업의 발전을 도모

6.1.2 기술적 성과

(1) 건설경쟁력 강화

○ 고기능성/고성능 건설재료 관련 건설기술 무역역조 개선 및 수입대체 효과로 선진국의 신소재 원천기술을 보유하여 해외에 의존해 오던 고기능성/고성능 건설재료의 해외 의존도 경감

(2) 시설물 고도화 및 기술 확보를 통한 해외시장 진출

(3) 도로관련 산업의 동반성장 및 파급효과 창출

○ 자동차기술은 업체의 주도로 고성능 및 첨단장비를 갖춘 지능형 차량으로 급격히 진일보하고 있으므로 도로가 이에 맞는 기능을 제공할 수 있도록 스마트하이웨이를 통해 자동차 산업 등의 국내 주력산업의 기술발전을 지원하고, 이로 인해 2차, 3차의 파급효과를 창출할 수 있는 터전을 마련

○ 신속한 이동과 정시성 확보로 인한 여가 및 업무통행 등의 새로운 통행형태의 증가를 유도하여 사회, 경제적 부가가치 창출 기대

(4) 지식정보매체로의 도로기능 확대

○ 단순히 이동목적이 아닌 정보통신 기술을 활용하여 지식정보화 가치 창출이 가능한 최첨단 정보기능의 시설로 고도화 하고, 도로에서 구현 가능한 IT기술에 대한 종합적인 테스트 및 신기술 개발의 촉진제로써 작용하여 국내 IT기술의 실용화 촉진

6.1.3 건설교통 R&D 혁신로드맵 목표달성에 기여

○ 자동차의 이동성을 현수준의 30% 이상 향상하여 물류비 절감 10%에 기여

○ 교통사고 건수를 G7 평균수준(사고율 60% 감소, 사망률 170% 감소)으로 향상시켜 교통사고 비용절감 10% 달성에 기여

○ 무사고, 무정체 지향 교통류 제어기술 개발, 초고속 주행환경 노면 최적화 기술 개발, USN기반 도로시설물 관리시스템 등을 통하여 도로 재해대응시스템 분야의 세계 초일류 기술을 확보함으로써 국가 재해비용 절감 10% 달성에 선도적 역할 수행하고 교통혼잡비용 10% 절감 목표 달성에 기여

○ 장수명 도로건설 및 유지관리기술 개발 등으로 시설물의 장수명화를 도모하고, LCC, VE 등의 관리기법을 고도화하여 경제적인 도로건설로 건설공사비 절감 5~10% 실현에 기여

○ 국내적으로는 초고속도로망 건설로 전국 반나절 생활권을 실현함으로써 혁신도시 건설 등 지방분산 정책을 직·간접적으로 지원하고 국외적으로는 선진국 대비 60~70% 도로기술수준을 선진국 수준으로 향상하여 2015년까지 해외시장 점유율 10% 달성에 기여함으로써 신성장동력의 역할 수행

표 6-1 건설교통 R&D 혁신로드맵 달성 목표

건설교통 R&D 혁신로드맵 목표
① 건설공사비 절감 5~10%
② 물류비 절감 10%
③ 교통혼잡비 절감 10%
④ 교통사고 비용 절감 10%
⑤ 국가 재해비용 절감 10%
⑥ 건설교통기술 Global Top 5개 달성
⑦ 2015년까지 해외시장 점유율 10% 달성

6.2 활용방안

○ Smart Highway 패키지 상품화로 세계 고기능 도로시장을 공략함으로써 침체된 국내 도로분야의 재활성화를 도모

○ 아세안 하이웨이 및 북한도로 건설과 해외 건설시장 진출을 위한 선진 기술력 확보로 건설산업의 활성화 도모

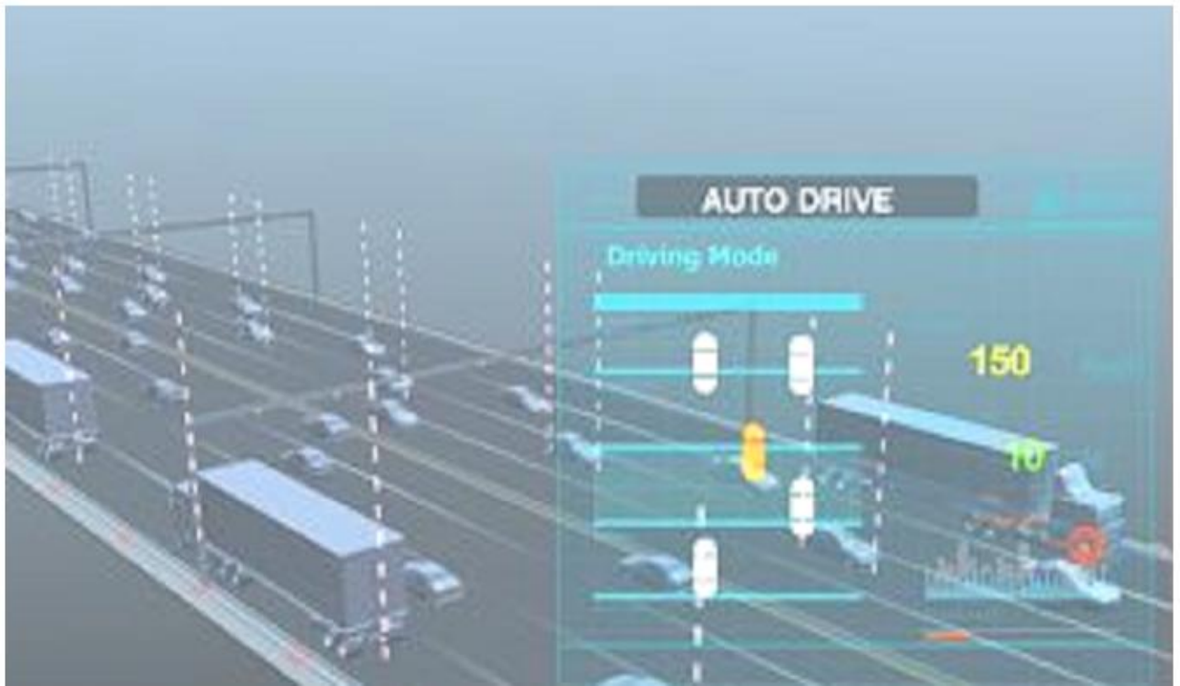
○ IT를 접목하여 선진화된 유비쿼터스 기술 확보에 따른 도로기술의 해외 수출로 고부가가치 업무영역으로의 정착화와 신규 시장 개척

○ 도로시설물 모니터링에 사용하던 외산 첨단센서 및 장비를 국산화하여 수입대체 및 해외 도로시설물 유지관리 시장 진출

○ Test Bed를 통한 실용화, 사업화 원칙에 따라 연구결과를 기존 고속도로의 스마트화에 적용하고 Test Bed의 연장으로 신규 Smart Highway사업을 지속적으로 추진

제 7 장

사업단장 공모 RFP



Chapter_7

제 7 장 | 사업단장 공모 RFP

7.1 사업단장 임무

사업단장은 Smart Highway 사업단 운영을 총괄하며, 사무국을 설치 운영하고 사업단 핵심과제 및 세부과제의 계획을 수립, 평가한다. 또한 신규과제 기획, 대외 기술협력 등 해당사업의 원활한 추진을 위하여 다음과 같은 역할을 수행하여야 한다. 사업단은 사업단 평가위원회 평가결과를 바탕으로 운영위원회의 의결에 따라 사업단장 해임 및 계속지원여부 등의 평가를 받게 된다.

1) 사업단 핵심과제 수행 총괄

○ Smart Highway 사업단의 과제는 ① Smart Highway 종합전략 수립 ② Smart Highway 핵심요소기술 개발 ③ Smart 도로-통신 교통운영기술 개발 ④ Smart 도로-자동차 연계기술 개발 ⑤ Smart Highway Test Bed 구축 및 활용의 큰 규모 핵심과제와 이를 구성하는 각각의 하부 연구과제들로 이루어져 있으므로 과제 및 예산규모가 기존 연구사업에 비하여 방대하다 할 수 있다. 또한 각각의 핵심과제를 통합하여 Teat Bed를 구축, 실용화 단계까지 이루어져야 하므로 전체 연구 사업을 실제로 구현하기 위한 총괄 기능이 중요하다.

○ 사업단장은 사업단 사무국을 구성·운영하고 핵심과제 및 세부과제 각각에 대한 목표관리, 평가, 진도관리 등 여러범위에 걸쳐있는 과제 연구조직을 총괄 관리해야 한다.

2) Test Bed 구축사업의 총괄기획 및 운영

○ 사업단장은 해당사업의 핵심 과제별 산·학·연 컨소시엄을 구성하고, 그 역할을 적절히 배분하여 각 연구기관의 이해관계를 조정하고 성과를 관리하여야 한다. 또한 각각의 과제가 실제 스마트하이웨이 개발에 적용할 수 있는 신기술로 발전할 수 있도록 종합적으로 정립하여야 한다.

○ Test Bed 사업은 개발된 기술을 현재 사용되는 건설 기술의 미래 기술의 대안으로 정립되는 사업이기 때문에 실용화가 필수적이다. 따라서 사업단장은 스마트하이웨이 사업을 기획, 관리 통제하는 역할과 연구개발의 결과로 나온 성과물을 보급·확산하는 역할을 수행하고 이에 필요한 홍보 및 실제 사업 적용 등의 대외 실무를 총괄한다.

3) 건설교통부 관련업무 자문 및 업무협조

○ Smart Highway 사업은 "건설기술 R&D 혁신 로드맵" 의 일부로써 건설분야의 기술 수준을 혁신하고 비용을 절감하여 세계적 수준의 건설기술을 개발하기 위한 사업의 일부분이다.

○ 따라서 사업단장은 건설교통부에서 실시하는 해당 분야의 산업 육성, 발전정책 및 종합계획 수립 등의 관련업무 추진 시 기술자문 및 적극적인 업무협조를 수행하여야 한다.

4) 사업단 과제 성과 관리

○ 사업단장은 각 핵심과제와 하위과제의 사업성과를 관리하고 다양한 참여기관의 연구성과를 실제 부가가치로 창출할 수 있는 사업과 연계하여 발전시키는 역할을 수행하여야 한다. 또한 각 성과에 관한 지적 재산권 및 정보 관리등 지원업무를 수행하여야 한다.

5) 연구 결과 통합 및 사업화

○ 사업단장은 연구결과를 통합, 조정하여 기초 요소기술에서 상용화까지 연결하는 대형 실용화를 추진함은 물론, 실제 부가가치를 창출할 수 있는 사업화, 지적재산권·정보관리 등을 지원하고, 사업성과 관리 및 국가 연구개발사업 조사·분석·평가 관련업무를 협조한다.

7.2 사업단장의 자격요건

1) 사업단 총괄 운영능력

○ Smart Highway 사업단의 과제는 큰 규모의 핵심과제와 이를 구성하는 각각의 하부 연구과제들로 이루어져 있고 과제 및 예산규모가 기존 연구사업에 비하여 매우 방대하다. 또한 각각의 핵심과제를 통합하여 Teat Bed를 구축, 실용화 단계까지 이루어져야 하므로 총괄적인 사업 관리 능력이 필수적이다. 따라서 사업단장은 하부단위의 연구를 직접 진행하는 역할보다는 하부 연구 과제를 책임지는 각 연구기관의 이해 관계를 조정하여 사업단 과제를 충실히 이행할 수 있는 리더십이 요구된다.

2) 연구 및 핵심과제 성과 관리 능력

○ 사업단장은 핵심 주관기관 및 세부연구기관으로부터 보고받은 연구개발 보고서 현황을 유지·관리하고, 지적재산권의 확보·관리 및 연구개발 성과의 확산을 위하여 정기적으로 핵심과제 및 세부과제의 연구성과를 점검함은 물론 연구개발기간중에 정기적으로 워크샵 및 성과 발표회를 개최하기 위해서는 행정력과 전문지식을 겸비하여야 한다.

3) Test Bed 사업구축을 위한 대외협력 및 사업추진 능력

○ 개별적인 연구성과를 통합하여 실용화 하기 위한 Teat Bed는 기존 도로와의 연계 및 자동차의 제한과 자연환경의 훼손 및 지자체와의 인·허가 또는 법률관계 등의 다양한 외부적 문제점이 발생할 수 있다.

○ 따라서 사업단장은 Test Bed 구축과 관련된 다양한 이해관계자들의 원할한 의견 조율 및 업무 협조 체제를 구축하는 대외 협력능력 및 사업추진 능력을 갖추어야 한다.

4) 사업단의 성격에 맞는 전문성과 경력

사업단장은 Smart Highway 사업단의 성공적인 과제 완수를 위하여 사업단의 성격에 맞는 다음과 같은 수준의 전문성과 경력을 갖추어야 한다.

① 도로사업 과제 전문지식 및 수행 경력

○ 건설교통 R&D 혁신 로드맵을 기반으로 국가 차원의 비전과 전략하에 이루어지는 스마트하이웨이사업을 성공적으로 완수하여 국가 건설교통 기술을 세계적 수준으로 끌어올리는데 기여하기 위해서는 도로관련 분야에 대한 학문적 지식 기반과 더블어 해당 분야에 다년간 종사하면서 꾸준한 관심과 성과를 쌓아온 인물이어야 한다.

② 스마트하이웨이 개발 및 건설교통기술 발전에 대한 의지와 철학

○ 스마트하이웨이 사업단장은 "건설교통 R&D 혁신 로드맵"을 충분히 이해하고, 신소재 및 신공법 개발을 통하여 국내 거점 도시간 거리적 한계를 극복하는 지능형 초고속도로 건설기술 개발에 대한 깊이 있는 의지와 철학이 요구된다.

③ 대규모 조직 구성 및 운영 경력

○ 건설교통 분야에서 유래가 없는 방대한 사업 과제를 수행하는 사업단을 총괄하기 위해서는 해당 사업단에 버금가는 대규모 조직을 직접 지휘·관리해 본 경력과 관련분야에서의 수년간의 경력이 요구된다.

7.3 사업단장 공모 및 평가기준

1) 총괄기관 평가 기준

① 자격 및 운영기간

○ 총괄기관 자격은 사업단을 운영할 수 있는 전문성과 기술력, 행정능력을 겸비한 기관으로서 건설교통기술연구개발사업운영규정 제4조에 해당하는 기관으로 한다

○ 사업단 운영기간은 사업단 과제의 총 연구개발기간으로 한다

② 역할 및 기능

○ 사업단장 후보 추천

○ 사업단 운영을 위한 지원인력, 시설, 장비, 공간 등을 제공할 수 있음

○ 필요시 사업단 총괄과제 또는 핵심과제를 수행할 수 있음

③ 평가기준

○ 사업단 규모를 운영할 수 있는 지원시설 및 인력을 갖춘 조직

○ Test Bed 구축 및 Matching Fund 구성을 지원할 역량을 겸비한 도로건설 및 연구분야에서 선도적인 위치에 자리매김한 조직

※ 상세내용 : 별첨 2 참조

2) 사업단장 평가 기준

① 서류평가

② 발표평가

※ 상세내용 : 별첨 2 참조

별첨 및 관련 서식

= 목 차 =

■ 별 첨 1 : 스마트하이웨이사업단 사업단장 공모 제안요구서(RFP)

■ 별 첨 2 : 사업단 과제 선정평가 절차 및 평가항목

■ 별 첨 3 : 관련서식

3.1 사업단 총괄 기관장 확약서

3.2 사업단 총괄기관 및 사업단장 신청서

3.3 사업단 운영계획서

[별 첨 1]

스마트하이웨이사업단
사업단장 공모 제안요구서(RFP)

사 업 단 명	스마트하이웨이 사업단
1. 사업추진 최종목표	
	○ 건설교통기술에 대한 국가 경쟁력 강화와 국내 거점 도시간 거리적 한계를 극복하고 향후 아세안 하이웨이와 같은 대륙간 초대형 도로사업 참여에 대비하기 위하여 지능형 초고속도로 사업을 실용화 및 사업화할 수 있는 '스마트하이웨이" 개발
2. 사업의 최종성과물	
	※ 다음 내용은 사전기획연구결과이며, 상세기획에 따라 수정 및 보완 가능 ○ 가칭 '스마트하이웨이 도로 교통법(안)'의 입법화 - 스마트하이웨이 사업의 효율적 추진을 위한 스마트하이웨이 도로교통법(안) 입법 ※ 스마트하이웨이 사업을 체계적으로 추진하기 위한 국가차원의 기구 설립 ○ 기존 고속도로 문제점 분석 및 스마트하이웨이 성과 활용방안 제시 - 기존 고속도로의 문제점을 진단하고, 스마트하이웨이 사업 성과를 활용하기 위안 방안 제시 ○ 도로-통신-자동차 연계기술 개발 - 도로기술에 IT, 통신 및 자동차 연계기술을 융복합하여 도로공간의 효율성 제고 ○ 도로기술의 사업화 - 해외시장 개척과 UN-ESCAP 주관의 아시안 하이웨이 도로망 구축 및 북한 지역의 도로건설 시장등에 적극적으로 참여하여 국가 경쟁력을 강화할 수 있는 첨단 도로기술 개발 ○ 테스트베드 - 스마트하이웨이 실용화를 위한 총 연장 최소 30km이상의 테스트베드 시행 ○ 스마트하이웨이 종합통제기술 - 인간중심의 도로-자동차간의 유관기술을 통제 및 제어할 수 있는 종합통제기술 개발

3. 사업추진 필요성

□ 연구개발의 필요성

○ 우리나라 도로기술은 선진국 대비 60~70% 수준으로 신기술·신공법 등을 활용한 첨단 도로건설 기술 개발이 적극적으로 요구되는 상황

○ 최근 건설시장에 직면한 건설분야 성장의 한계, 건설비용 상승과 생산성 저하, 에너지·안전·환경측면의 비효율성 문제 등을 해결하기 위해서는 도로기술의 새로운 패러다임 필요

○ 사회환경의 변화, 도로교통수단의 다양화 및 차량기술의 급속한 발전 등 급변하는 도로여건을 고려하여 공공의 도로공간을 환경과 공존하고, 삶의 질을 높일 수 있는 인간중심적이며 미래지향적인 도로기술개발 필요

○ 대도시권을 중심으로 형성된 초기 고속도로는 개통후 장기간이 경과함에 따라 노후화되고 있고, 만성적인 지·정체 등으로 국가 대동맥으로서의 기능이 조금씩 상실되고 있는 상황에서, 신행정수도와 같은 도시들의 출현으로 거점 도시간 공간적 한계를 느끼고 있는 상황

○ 승용차 100만 대당 교통사고로 인한 사망자 수가 선진국의 2배를 훨씬 상회하고 있어 자동운전 인프라의 개발 및 확충과 자동차 안전기술 개발 등의 미래 건설교통 선진화 방안 마련이 시급

○ 미래사회가 점차 유비쿼터스 사회로 이동됨에 따라 선진국에서는 도로 분야에서도 IT 및 통신을 융복합하여 도로 이용객의 편리성을 제고하고 있으나, 우리나라는 아직까지도 도로/교통 인프라에 대한 선진국 대비 기술 경쟁력은
  - 교통운영시스템분야에서는 약 30%
  - 자동차 군집주행제어기술분야에서는 약 50% 수준 임

○ 따라서 급변하는 미래 환경변화 속에서 건설교통기술이 지속적으로 발전하고 국가 경쟁력을 제고하기 위해서는 도로교통기술을 체계적으로 유도 발전시킬 수 있는 스마트하이웨이 개발이 절실히 요구됨

□ 기술동향

○ 국내기술동향

- 1970년 경부고속도로 개통 이후 국내기술은 100~120km/h로 달릴 수 있는 기술적 수준에 머물러 있는 상황

- 건설용 고성능 재료의 개발 및 적용을 위해 '차세대 시설물용 신재료 활용기술 개발" 및 '고성능, 다기능 콘크리트 개발'을 위한 CTRM과제가 일부 수행되고는 있으나,

- 차량의 주행속도를 160km/h 이상으로 유지할 수 있는 기하구조 설계 및 초고속용 포장기술은 이제야 시작하는 단계

- 또한 도로교통운영기술 개발은 건교부를 중심으로 ITS 및 첨단교통정보서비스, 정통부를 중심으로 한 차량-단말기간 DSRC 기술개발 및 음용 인터페이스 기술개발, 산자부를 중심으로 한 첨단차량 안전시스템 등의 도로 연계인프라 연구 개발들도 이제야 시작되는 단계

- 따라서 아직까지는 인간중심의 도로환경 및 안정성을 가미한 기술을 실현하고 있는 선진국에 비하여 매우 뒤떨어진 상황

○ 국외기술동향

- 외국의 경우, 독일은 1955년 이미 속도 무제한 고속도로로 유명한 아우토반을 완성하였으며,

- 오스트리아와 이탈리아도 이미 설계속도 140km/h 인 도로를 운영하고 있다. 또한 일본에서도 설계속도 140km/h가 가능한 총연장 490km의 제2동명고속도로를 2025년 완공을 목표로 시공중에 있으며, 일부구간은 시험운영을 하고 있다

- 초고속도로 운영기술의 경우, 미국 및 일본은 전방의 위협구간 및 터널구간에 대한 교통장애 상황을 자동으로 감지하여 운전자에게 제공하는 안전유도시스템을 구축하고 있는 등 이미 선진국에서는 교통관리 최적화를 구현하고 있는 상황이다

4. 단계별 전략 및 목표

□ 추진전략

○ 해외 공동연구 추진
- 필요시 지능형 초고속도로 기술부문의 선도적 위치에 있는 해외 주요 기관 및 전문가 자문 등을 추진하여 국내 실정에 적합한 스마트하이웨이 개발 및 사업화를 위한 테스트 베드 추진

○ 스마트하이웨이사업의 제도기반 구축 추진
- 스마트하이웨이사업을 추진하는데 기본 바탕이 되는 정책 및 제도를 개선·보완할 수 있는 방안을 마련함으로써 스마트하이웨이의 원활한 연구개발 및 사업화 추진

○ 융·복합 기술개발 추진
- 지능형 초고속도로를 구현하기 위하여 정책 및 제도, 계획 및 설계, 각종 요소기술들 속에 IT, TIS, 통신, 자동차등의 융·복합기술을 하나의 기술체계로 연결할 수 있는 프로그램 개발

○ 테스트 베드 추진
- 사업단에서 개발한 성과물을 사업화로 연계하기 위해 건설교통부, 한국건설교통기술평가원, 사업단장, 테스트 베드 수행기관과의 유기적 협력관계를 구축하여 사업화 실현

○ 국가적 종합전략 수립
- 스마트하이웨이사업의 활성화를 위해 국가차원의 관련법 제안 및 입법화, 관련기구 설립, 전문인력 양성을 위한 전략적 프로그램 개발 추진

※ 사업단 과제추진시 사업단 목표에 맞게 기술환경 변화를 고려하고 사업단 상세기획을 통한 세부과제(기획공모) 또는 추가적인 요소기술 개발과제(제안공모)를 반드시 포함하되 전문기관과 협의 후 진행

□ 단계별 목표

○ **1단계(2007-2008년)** : 정책기반 구축 및 요소기술 조사·계획 단계
- Smart Highway 중장기 기본계획 수립
- Smart Highway 관련 법령 및 제도 개선 연구
- Smart Highway사업 VE도입 방안 연구 및 시행
- 국내외 고기능 도로기술 개발 동향 분석
- Smart Highway 구조 및 시설기준에 관한 규칙 제정 연구
- Smart Highway 개발기술 설계 적용방안 연구
- 테스트 베드 설계구간 연구 및 대상구간 타당성 조사

○ **2단계(2009-2012년)** : 요소기술 개발 단계
- 주행 공간 안전·쾌적화 기술 개발
- 초고속 주행환경 노면 최적화 기술 개발
- 도로지반 및 사면 안정화 기술 개발
- 도로 구조물 성능향상 기술 개발
- 도로관리 첨단화 기술 개발
- 스마트교통관리시스템(FTMS) 개발
- 통신기반 실시간 교통정보제공기술 개발
- 스마트 첨단 교통운영기술 개발
- 설계시방서 작성 및 테스트베드 기본· 실시설계 시행

○ **3단계(2013-2015년)** : 요소기술 적용·검토 및 테스트 베드 구축
- 핵심기술 테스트 베드 적용
- 정책제도기술 및 건설 요소기술 융·복합에 의한 테스트 베드 실현
- 핵심기술별 특허 및 신기술 출원
- 도로기반 Smart 단말기 시스템 개발
- 테스트베드 도로·교통관리 방안 연구
- Smart Highway 기술의 기존 고속도로 적용 방안 연구

○ **4단계(2016년)** : 테스트베드 모니터링 및 검증 단계
- Smart Highway Test Bed 관리 및 모니터링
- Smart Highway 기술의 기존 고속도로 적용 방안 연구

5. 사업단 추진체계

○ '06년 5월 수립된 '건설교통 R&D 혁신로드맵"에 의거 비전과 전문지식을 갖춘 사업단장이 과제를 전체적으로 관리하는 책임운영체계 도입

- 연구개발·시험평가·성과확산 등 연구사업의 전주기적 경영관리 업무를 총괄하는 역할 수행
- 사업단장에게 핵심 및 세부과제 구성, 연구팀 편성, 연구비 배정 등에 관한 권한을 부여하고 엄정한 평가로 이에 대한 책임부여

※ 세부사항은 '건설교통기술연구개발사업 사업단운영관리지침('06.9)"을 따름

6. 핵심과제 구성 내용

○ Smart Highway 종합전략 수립

- 정의
  Smart Highway 사업의 성과목표를 달성하기 위한 사업 추진전략을 수립하고 R&D를 통하여 개발된 기술의 실용화 단계까지 전 과정을 총괄 기획하는 과제

- 중점요소기술
  - Smart Highway 사업추진 전략 수립
  - Smart Highway 기술 실용화 전략 수립

○ Smart Highway 핵심요소기술 개발

- 정의
  Smart Highway를 구축하기 위한 도로부문 기반기술을 연구개발하는 과제로서, 현재 도로가 안고 있는 문제점 해결과 Smart Highway가 추구하는 핵심가치(이동성, 안전성, 정시성, 편리성, 경제성, 친환경성)을 실현하기 위한 시공, 재료, 보수 ·보강, 환경에 관한 기술을 개발하는 과제

- 중점요소기술
  - 주행 공간 안전·쾌적화 기술 개발
  - 초고속 주행환경 노면 최적화 기술 개발
  - 도로 지반 및 사면 안정화 기술 개발
  - 도로 구조물 성능향상 기술 개발
  - 도로관리 첨단화 기술 개발

○ Smart 도로-통신기반 교통운영기술 개발

- 정의
  운전자에게 교통정보를 실시간으로 제공할 수 있는 통신환경체계의 구축을 통해 안전하고 편안한 주행환경을 제공하기 위한 첨단 교통운영 및 제어기술을 실현하는 과제

- 중점요소기술
  ▪ 도로-차량간 실시간 정보교류를 위한 도로통신환경체계 구축
  ▪ 스마트하이웨이 교통관리시스템 구축
  ▪ 도로주행환경 최적화를 위한 실시간 교통제어기술 개발

○ Smart 도로-자동차 연계기술 개발

- 정의
  Smart 도로환경에서 도로와 자동차가 서로의 정보를 공유하며 최적의 주행상태를 유지하여 안전하고 편리한 도로-자동차 연계 환경 시스템을 구축하는 사업

- 중점요소기술
  ▪ 자동차를 이용한 첨단 유지관리 및 교통정보 수집기술 개발
  ▪ 도로-자동차 상호보완 기술개발
  ▪ 초고속 주행환경하의 자동차 주행 안전성 향상 연구 개발
  ▪ 미래형 자동차 주행지원 도로기술연구 및 실용화 기술개발

○ Smart Highway Test Bed 구축 및 활용

- 정의
  Smart Highway R&D 사업 성과물에 대한 실용성을 검증하기 위한 Test Bed 구축에 필요한 제반 기준 마련, 설계, 시공 등을 단계적으로 시행하며 실제 운영을 통하여 종합적인 성과를 분석하는 과제

- 중점요소기술
  ▪ Smart Highway 설계기준 정립 및 Test Bed 설계
  ▪ Smart Highway Test Bed 시공
  ▪ Smart Highway Test Bed 관리 및 모니터링

7. 시작품 제작 또는 테스트베드 유형

○ 개발기술의 실용화 및 사업화를 위해 테스트 베드 시행이 필요하며,
세부 내용은 다음과 같음
- 추진방법
  · 1단계 : 연구수행중 개별단위 실용성 검증 단계
  · 2단계 : Smart Highway 시범구간 적용 단계
- 대상 : 국가간선도로망계획 또는 장래계획구간 등 국내거점도시 연결 노선
- 규모 : 최소 30km

8. 사업단 운영형태 및 실용화 방안

○ 사업단 운영형태
- 사업단 : 법인 또는 독립된 조직형태의 사업단 구성
- 산·학·연·관의 연계를 활용한 역할분담과 효율적인 운영체계를 확립

※ 세부사항은 '건설교통기술연구개발사업 사업단운영관리지침('06.9)"에 따름

○ 실용화 방안
- 건설교통부 및 지자체, 산학연의 적극적인 참여를 유도하여 사업화로 연계될 수 있는 혁신적 종합 실행 프로그램 개발
- 사업단장이 사업의 전체에 대한 실용화 방안 제시
- 사업단장이 각 핵심과제별로 구체적인 실용화 방안 제시

9. 단계별 사업기간

□ 전 체

○ 사업기간 : 2007년 ~ 2016년(10년)

10. 기 타

○ 사업단의 목표달성을 위한 조직체계 및 인력 투입방안 제시

○ 사업단장 선정 후 사업운영계획에 따라 과제내용이 일부 변경될 수 있음

○ 필요시 사업단 총괄과제 제안 가능

○ 기타 세부사항은 '건설교통 R&D 혁신로드맵 보고서(2006, 건설교통부·한국건설교통기술평가원)' 및 '도시재생 사업단 사전기획 최종보고서(2006.11 한국건설교통기술평가원)' 참조

[별첨 2]

사업단과제 선정평가 절차 및 평가항목

가. 평가절차

수 행 단 계	내 용
사업공고	·전문기관 : 사업단장 공고
⇩	
신청서 접수 및 사전검토	·신청기관 : 운영계획서 등 신청서 접수 ·전문기관 : 공모분야와의 부합성 및 신청서 등 적합성 검토
⇩	
선정평가 (평가위원회)	·1차평가 : 서류평가 ·2차평가 : 발표평가(최종후보자 선정)
⇩	
평가결과 공시	·신청기관에 평가결과 통보 ·사업단총괄기관·사업단장 확정 및 평가결과 공시
⇩	
협약체결	·협약체결

나. 평가항목

I. 서류평가(100점)

◦ 연구개발계획 평가(70점)

기준항목	세부항목
연구개발목표 (10점)	최종목표의 적절성 및 타당성(5점)
	단계별 달성목표 및 성과지표 설정의 적절성(5점)
연구개발 내용 (15점)	최신동향 분석 및 사전계획의 충실성(5점)
	목표달성을 위한 연구내용의 적절성(5점)
	핵심과제별 구성 및 목표의 적절성(5점)
추진전략 및 계획 (15점)	연구방법의 적정성, 구체성 및 타당성(5점)
	연구수행체계 및 추진전략의 적절성(5점)
	연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성(5점)
연구수행능력 (10점)	사업단 구성 및 연구주체별 역할의 적정성(5점)
	연구인프라 및 총괄기관 지원시스템의 적정성(5점)
실용화방안 및 사업화가능성 (20점)	사업단 과제 실용화 방안의 구체성(5점)
	TEST BED 건설/실현 가능성(5점)
	TEST BED 현장적용 시스템 적정성(10점)

◦ 사업단장 및 총괄기관 역량 평가(30점)

기준항목	세부항목
사업단장 역량 (10점)	도로관련 연구 또는 사업수행 실적 및 주요업적(5점)
	사업단과제 기획능력 및 운영능력(5점)
사업단 총괄기관 역량 (20점)	스마트하이웨이 관련 총괄기관의 보유 역량(5점)
	과제 결과물 활용을 위한 인프라 구축 여부(5점)
	도로 관련 설계 및 시공 실적(5점)
	사업단 총괄기관 지원시스템의 적절성(5점)

II. 발표평가(100점)

기준항목	세부항목
운영계획 평가 (50점)	운영계획의 RFP에 대한 부합성(10점)
	운영계획의 독창성 및 구현가능성(10점)
	운영계획의 종합적인 완성도 및 논리적 연계성(10점)
	실용화방안 타당성 · 신뢰도(10점)
	연구개발 성과물 목표 및 성과지표의 신뢰성(10점)
사업단장 평가 (50점)	사업단과제 추진추진에 대한 종합적인 이해도(10점)
	사업단과제 추진을 위한 기획 · 관리 능력(10점)
	유사업무에 대한 경험과 실적(10점)
	사업화를 위한 기업가정신 및 기술개발 · 산업경험(10점)
	실용화(Test Bed)구현을 위한 실무추진 능력(10점)

III. 종합 점수

종합 평가점수 : (I+II)/2	_____

※ 종합 평가점수는 항목별 정량평가점수의 소계(I+II)를 종합한 최종 점수임

[별 첨 3-1 관련서식]

3-1 사업단 총괄 기관장 확약서

사업단 총괄기관장 확약서

사업단명		
사업단 총괄기관		
연구기간		
사업단장	성명(한문)	
	소속(부서)	
	직 위	
	퇴직예정일	년 월

상기 추천된 사업단장은 사업단과제 종료시까지 특별한 사유가 발생하지 않는 한 고용이 보장되며, 사업단과제 직무에 전념하여 맡은바 업무를 성실히 수행할 수 있도록 인적·물적 지원을 아끼지 않을 것임을 확약합니다.

년 월 일

사업단 총괄기관장 : (직인)

한국건설교통기술평가원장 귀하

[별 첨 3-2 관련서식]

3-2 사업단 총괄기관 및 사업단장 신청서

건설교통연구개발사업
사업단 총괄기관 및 사업단장 신청서

사업단명				
사업단 총괄기관	기 관 명		기관유형	기업( ),연구조합( ) 연구기관( ), 학교( ), 기타( )
	사업자등록번호		인터넷 URL	
	주 소			
사업단장	성 명(한문)		전화번호	
	주민등록번호		팩스번호	
	E-mail		휴 대 폰	

건설교통기술연구개발사업운영규정 및 건설교통기술연구개발사업 사업단 운영관리지침에 따라 사업단 사업을 성실히 수행하고자 건설교통연구개발사업 사업단 총괄기관 및 사업단장 신청서를 제출합니다.

붙임 1. 사업단 총괄기관 현황

붙임 2. 사업단장 현황

200 년 월 일

사업단장 신청자 : (인)

사업단총괄기관장: (직인)

한국건설교통기술평가원장 귀하

[붙임 1]

사업단 총괄기관 현황

1. 기관현황

1-1. 기관개요

기 관 명				대 표 자	
인터넷 URL				대표자 주민등록번호	
주소	본사	(-)		전화 :	FAX :
	연구소	(-)		전화 :	FAX :
설 립 일				사업자등록번호	
업 종				법인등록번호	
기 관 유 형		기업( ),연구조합( ) 연구기관( ), 학교( ), 기타( )		상시종업원수	
주연구분야					
재무 상황 (단위: 백만원)	구분	총자산	자기자본	부채	총매출액	당기순이익
	20 년도					
	20 년도					
총연구개발비 (단위:백만원)		20 년도	20 년도	기업연구개발 투자비율 (%)	20 년도	20 년도
연 혁						

※ 재무상황, 총연구개발비, 기업연구개발투자비율은 최근 2년간의 현황을 기입

1-2. 해당 기술분야 연구기반 현황

(1) 개요

○ 연구소(연구전담조직)명 :
○ 설 립 일 :
○ 책임자명 :
○ 주 소 :

(2) 연구인력 현황

○ 학위별 현황

(단위 : 명)

구 분	토목	건축·도시	플랜트	교통	철도	항공·물류	IT NT	기타	계
박사									
석사									
학사									
기타									
총인원									

(3) 연구기자재 및 시설 보유현황(별도 자료 제출)

※ 기자재 및 시설명, 구입연도, 용도·규격, 구입가격, 수량, 주요기능 등에 대해서 표(Table)형식으로 제출

2. 기술개발 추진실적(최근 3년간)

2-1. 연구개발실적

(1) 건설교통기술연구개발사업 수행실적

번호	사업명 (또는 프로그램명)	과 제 명	총개발기간 (시작-종료일)	총사업비 (백만원)	비 고

(2) 기타 정부출연 연구개발사업 수행실적

번호	사업명 (또는 프로그램명) (시행부처/기관)	과 제 명	총개발기간 (시작-종료일)	총사업비 (백만원)	비 고

(3) 자체연구개발 수행실적

번호	과 제 명	총개발기간 (시작-종료일)	총사업비 (백만원)	비 고

2-2. 기술개발 성과

(1) 사업화 실적

번호	개발기술 또는 프로젝트 실적	매출액		수출액		비 고
		20 년	20 년	20 년	20 년	

* 주) 매출 및 수출액은 최근 2년간 해당 개발제품관련 실적 기준으로 작성
(추정치를 기준할 경우 비고란에 "추정근거" 표기)

(2) 특허/프로그램 출원·등록실적

번호	출원·등록자	특허/프로그램명	국가명	출원·등록일	출원·등록순번, 출원·등록자수	비고

(3) 국내·외 인증 획득 현황

번호	인증명	기술명	인증연도(기간)	비고

(4) 대외 수상실적

번호	시상기관	시상품격(명)	수상자 (개인 또는 기관)	수상연도	비고

작성요령

○ **해당 사업단 대상분야 기술개발과 관련있는 연구실적위주로 3년간의 실적을 기재**
- 최근연도순으로 기재

○건설교통연구개발사업 수행실적
- 사업명(또는 프로그램명)을 기재하고 비고란에는 해당과제별 기완료/수행중/신청중으로 구분하여 작성

○기타 정부출연 연구개발사업 수행실적
- 사업명(또는 프로그램명) 및 시행부처/기관은 정부출연 지원 프로그램명 및 해당정부부처를 기록 (예: 창의적연구진흥사업(과기부) 등)
- 비고란에는 해당과제별 기완료/수행중/신청중으로 구분하여 작성

○자체연구개발 수행실적
- 자체수행으로 개발한 실적을 기록

○사업화 실적
- 해당개발제품의 매출액과 수출액을 기재

○특허/프로그램 출원등록실적 : 비고란에 등록 또는 출원으로 구분 기재

○국내외 인증 획득 현황 및 대외 수상실적 : 기술개발과 관련된 사항만 기재

2-3. 사업추진실적

번호	분야	기술용역 또는 시공명	발주처 유형	목적물	사업추진기간	비고

작성요령

○기관이 추진한 기술용역 등 사업추진 주요실적(국책사업, 공공·민간사업) 기재
○필요시 실적을 확인할 수 있는 서류 첨부
○분야 : 설계, 시공, 유지관리 등 가치사슬분야로 구분
○발주처 유형 : 대상업체·기관명을 기재한 후 유형을 기재
　　예 : 건설교통부(공공기관), (주)000(중소기업), 000건설(대기업) 등
○목적물 : 댐, 도로, 교량, 터널 등 종류를 기재
○사업추진기간 : 년월을 기재후 총 개월 수 기입
　　예 : 2001.4~2004.2(34개월)

3. 사업단 지원계획

3-1. 공간(사무실 등) 지원

3-2. 시설 및 연구기자재 지원

3-3. 연구인력 지원

3-4. 기타 지원(의사결정, 인력·예산 운영권 보장 등)

작성요령

- ○ 사업단 총괄기관이 사업단에 제공하는 사무실 등의 공간, 연구장비, 연구인력 등의 지원 계획을 구체적으로 서술
- ○ 공간 지원의 경우 사무공간, 연구공간으로 나누어 m^3 단위로 제시
- ○ 연구기자재 지원의 경우 지원기자재명, 구입연도, 규격, 구입가격, 수량, 용도 등을 제시
- ○ 연구인력의 경우 연구관리인력과 연구인력으로 나누어 기관에서의 인력부담여부 등을 제시
- ○ 기타 지원의 경우 의사결정, 인력·예산 운영권 보장, 사무용기기, 사무용품지원 등을 제시

[붙임 2]

사업단장 현황

1. 인적사항

1-1. 개요

성 명(한문)		전화번호	
주민등록번호		팩스번호	
E-mail		휴 대 폰	
소속 기관명		기관유형	기업( ),연구조합( ) 연구기관( ), 학교( ), 기타( )
부 서 명		직위/직책	
주 소			

1-2. 학력

연도(부터 ~ 까지)	학 교	전 공	학위
최종 학위 논문 제목			

1-3. 경력

연도(부터 ~ 까지)	기 관	부 서	직위/직책

2. 연구 및 기술개발수행실적

□ 총괄표

구분 / 연도	기술개발과제 수행실적		특허출원 실적		특허등록 실적		논문게재 실적	
	과제수	기술개발비	국내	국외	국내	국외	국내	국외
	건	억원	건	건	건	건	편	편

2-1. 주요 연구개발성과

1)

2)

작성요령

◦ 최근 5년 이내에 수행한 실적을 작성(사업단과제 관련부문은 강조)
◦ 연구개발성과(기술개발과제수행실적, 특허, 논문) 중 가장 대표적인 연구개발성과물(2건 이내)에 대해 각 3쪽 이내의 요약본(자유양식)을 작성하여 첨부

2-2. 연구개발과제 수행실적

(단위 : 백만원)

연구개발과제명(1)	연구개발기간	연구개발 수행당시의 소속기관 (참여유형)	역할 (과제책임자 또는 연구원)	연구개발 사업비	사업비 지급기관	연구개발 결과
1) 2)						

작성요령

◦ (1) 사업단 과제 관련과제는 *로 구분하여 표시할 것
◦ 최근 5년 이내에 수행한 연구개발과제 목록
◦ 연구개발수행 당시의 소속기관의 참여유형에 주관기관, 참여기업, 위탁기관 등을 ( )내에 기재
◦ 연구개발 결과는 사업화 진행 유무를 표시(사업화 실시중, 완료, 미실시 등)

2-3. 기술개발 관련 수상 실적

수상명	수상일자	수여기관	수상내역	비고
1)				
2)				

작성요령

○ 논문상, 과학상, 공학상 등(비고란에 국내, 국외를 구분)
○ 수상 실적을 확인할 수 있는 서류 첨부

2-4. 특허 출원 및 등록 실적

가. 국내·외 출원

출원명	출원자	출원국	출원번호	출원일자	주요내용	구분
1)						
2)						

나. 국내·외 등록

등록명	등록자	등록국	등록번호	등록일자	주요내용	구분
1)						
2)						

작성요령

- 구분에 국내, 국외 여부 표시
- 주요내용은 간략하게 작성
- 특허제목, 출원(등록)자명, 출원(등록)국명, 출원(등록)년도, 주요내용, 관련과제명 등 관련 내용을 "출원"과 "등록"으로 구분하여 연차순으로 정리하고 관련자료를 첨부

2-5. 국내외 논문게재 실적

가. 국 내

◦ 관련논문

◦ 기타논문

나. 국 외

◦ 관련논문

◦ 기타논문

작성요령

◦ 최근 5년간 국내외 논문게재 실적을 연차순으로 정리하고, 저자명, 연도, 제목, 학술지명, 권, 호, 쪽의 순으로 표기

예) Hong, K.D., 1999, "A study on the Development of Technology," J. of Science & Technology, Vol 20, No. 5, PP. 20-29

◦ 기재시 해당 사업 관련논문과 기타논문으로 구분하여 표기하고, 각각의 논문 중에서 3개 이내의 대표논문은 밑줄을 그어 표기

3. 기술개발성과

3-1. 기술료 실적

기술개발과제명	개발기간	기술료 납부기관 (기관유형)[1]	기술료 수입 금액	기술개발성과 유형[2]
1) 2)				

작성요령

- 본인의 기술개발로 발생한 기술료 수입 실적 기재
- 실적을 확인할 수 있는 서류 첨부
- [1]란에는 기관 또는 기업명을 기재한 후 기관유형(연구기관, 중소기업, 대기업, 공공기관, 기타 등)을 ( )내에 기재
- [2]란에는 신제품 개발, 기존제품 개선, 신공정 개발, 기존공정 개선 등을 기재

3-2. 사업화 실적

기술개발과제명	대상업체 기관명 (기관유형[1])	기술개발성과 유형[2]	기업화·실용화 제품/공정명	생산/활동 개시/예정일	파급효과[3]
1) 2)					

작성요령

- 본인의 기술개발로 발생한 사업화 실적 기재
- 실적을 확인할 수 있는 서류 첨부
- [1]란에는 기관 또는 기업명을 기재한 후 기관유형(연구기관, 중소기업, 대기업, 공공기관, 기타 등)을 ( )내에 기재
- [2]란에는 신제품 개발, 기존제품 개선, 신공정 개발, 기존공정 개선 등을 기재
- [3]란에는 사업화에 따른 수입대체액(만불), 수출액(만불), 매출액(억원), 수익률(%), 원가절감효과(%), 생산성향상효과(%), 공사기간 단축(일), 공사비절감액(억원) 등을 기재(기존대비 연도별 실적 또는 예측)

3-3. 기술용역 또는 시공 실적

기술용역 또는 시공명	발주처 (기관유형[1])	목적물 종류[2]	기술용역/시공 분야[3]	용역 또는 시공 참여기간 (월)	비고
1) 2)					

작성요령

- 본인의 기술개발로 발생한 사업화 실적 기재
- 실적을 확인할 수 있는 서류 첨부
- [1]란에는 기관 또는 기업명을 기재한 후 기관유형(연구기관, 중소기업, 대기업, 공공기관, 기타 등)을 ( )내에 기재
- [2]란에는 댐, 도로, 교량, 터널 등 종류를 기재
- [3]란에는 타당성 조사, 기본설계, 실시설계, 시공, 유지관리 등 분야를 기재

4. 기획관리능력

4-1. 주요 기획실적

기획사업명 (연구기획 등)	수행기관	기획 책임자	기술개발 기간	역할 (책임자 또는 참여자)	지원기관	비고
1)						
2)						

작성요령

◦ 최근 5년이내 기획사업 참여 실적
◦ 수주 계약서가 있는 경우 사본 첨부
◦ 기획한 사업의 성과 관련자료(기획 보고서 표지(요약포함), 사업 leaflet, 관련기사 등) 첨부
◦ 비고란에는 사업착수여부, 착수사업명, 사업성공여부, 사업수행현황을 기재

4-2. 주요 관리실적

기술개발사업명	역할 (사업단장 또는 총괄책임자 등)	주관기관	사업비 지원기관	사업비	주요내용
1)					
2)					

작성요령

◦ 최근 5년 이내에 수행한 기술개발사업의 관리 실적
◦ 2개이상의 하부과제로 구성된 기술개발사업에 한정
◦ 주요내용란에는 기술개발사업의 개요 및 과제구성을 간략히 기재

5. 대외활동 등 지도력

5-1. 건설교통연구개발사업 사업단과제 비전

작성요령

◦ 해당 사업단과제 수행에 관한 비전을 기술(자유형식으로 A4 2장이내)

5-2. 학술활동 수행실적

학회명	역할	활동기간	주요 활동 실적
1)			
2)			

작성요령

◦ 국내외 학회 편집위원(editor, referee) 활동 등 기술
◦ 역할은 직책 등을 기술

5-3. 국제 공동연구 수행실적

공동연구기관	과제명	연구기간	연구비	주요내용
1)				
2)				

작성요령

◦ 최근 5년이내 국제 공동연구 수행실적 기술
◦ 확인 가능한 실적이여야 함

5-4. 국제활동 수행실적

기구명/회의명	역할	활동기간	주요 활동 실적
1)			
2)			

작성요령

◦ 국제기구 및 국제회의 활동

5-5. 국가과학기술 또는 건설교통 관련 주요 위원회 참여실적

위원회명	주관부처	참여기간	역할 (위원장 또는 위원 등)	주요내용
1)				
2)				

작성요령

◦ 최근 5년이내 국가과학기술 또는 건설교통 관련 주요 위원회 참여실적
◦ 위촉장이 있는 경우 사본 첨부

[별 첨 3-3 관련서식]

3-3 사업단 운영계획서

사업단 운영계획서

1)사업단과제명					
2)총괄기관	기 관 명			사업자등록번호	
	주 소	(-)			
3)사업단장	성 명			주민등록번호	
	부 서			전 화	
	직 위			F A X	
	E-mail			휴대전화	
4)총개발기간	200 . . ~ 200 . .				
5)당해단계 (__단계) 개발기간	200 . . ~ 200 . .				
6)총사업비 (천원)	정부 출연금		민 간 부담금		계
7)당해단계 (__ 단계)의 연차별사업비 (천원)	구 분	1차년도	2차년도	3차년도	계
	정부출연금				
	민간부담금				
	합 계				
8)실무담당자	성 명			전 화	
	부서/직위			휴대전화	

건설교통기술연구개발사업운영규정 및 건설교통기술연구개발사업 사업단 운영관리지침에 따라 사업단과제를 성실히 수행하고자 건설교통연구개발사업 사업단 총괄기관 및 사업단장 신청서를 제출합니다.

200 년 월 일

사업단장 : (인)

사업단 총괄기관장 : (직인)

한국건설교통기술평가원장 귀하

목 차

1. 연구개발과제의 개요 ····· 00
1-1. 연구개발의 중요성(필요성) ····· 00
1-2. 국내·외 관련기술의 현황 ····· 00
1-3. 연구개발 시 예상되는 파급효과 및 활용방안 ····· 00

2. 시장현황 및 사업화전망 ····· 00
2-1. 시장규모 ····· 00
2-2. 실용화 계획 및 활용 전망 ····· 00

3. 연구개발의 목표 및 내용 ····· 00
3-1. 최종목표 ····· 00
3-2. 단계별 개발목표 ····· 00
3-3. 단계별 연차계획 개발내용 및 개발범위 ····· 00
3-4. 핵심과제별 주요 목표 및 추진방안 ····· 00
3-5. 국제적 수준의 연구개발 역량 및 기술개발 성과 확보방안 ····· 00

4. 당해단계 연구개발 추진전략 및 체계 ····· 00
4-1. 연구개발 추진전략 ····· 00
4-2. 연구개발 추진체계 ····· 00
4-3. 사업단과제 편성도 ····· 00

5. 당해단계 연구개발 추진일정 ····· 00

6. 연구개발실적 및 사업단장실적 ····· 00
6-1. 총괄기관 주요연구개발 및 사업화실적 ····· 00
6-2. 사업단장 ····· 00

7. 추정사업비 ····· 00
7-1. 연차별 총괄 ····· 00
7-2. 연차별 핵심과제 사업비 현황 ····· 00

8. 사업단 운영비 계획 ····· 00
8-1. 연차별 총괄 ····· 00
8-2. 비목별 총괄 ····· 00
8-3. 1차년도 비목별 소요명세 ····· 00
8-4. 2차년도 비목별 소요명세 ····· 00
8-5. 3차년도 비목별 소요명세 ····· 00
8-6. 4차년도 비목별 소요명세 ····· 00
8-7. 5차년도 비목별 소요명세 ····· 00

9. 사업단 총괄기관 현황 ····· 00

※본 장부터 Page No.를 기입 할 것
※서술란의 크기는 사업내용에 따라 조정가능

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발의 중요성(필요성)

1-2. 국내 · 외 관련기술의 현황

1-3. 연구개발 시 예상되는 파급효과 및 활용방안

2. 시장현황 및 사업화전망

2-1. 시장규모

(1) 주시장(국가 또는 지역) : , ,

(2) 시장규모

구 분	현재의 시장규모 (200 년)	예상 시장규모 (200 년)
세 계 시 장 규 모	억원	억원
한 국 시 장 규 모	억원	억원

* 산출근거 :

(3) 세계시장의 성격(해당란에 모두 표시)

☐ 안정성이 큼 ☐ 영속성이 있음
☐ 성장성이 있음 ☐ 독점성(또는 과점성)이 있음

(4) 본 과제와 관련된 최고기술을 보유하고 있는 국내외 기관은?

5개사 미만 □

국내기관(기업체포함) : ( )외

5개사 이상 □

5개사 미만 □

국외기관(기업체포함) : (국명 :)외

5개사 이상 □

2-2.실용화 계획 및 활용 전망

(1) 과제 관련 기술의 사업화 추진현황

(2) 핵심(원천) 기술의 국내 실용화 계획

(3) 관련기술의 장기 활용전망

3. 연구개발의 목표 및 내용

3-1. 최종목표

3-2. 단계별 개발목표

(1) 1단계 개발목표

(2) 2단계 개발목표

(3) 3단계 개발목표(☞ 3단계 사업과제가 아닌 경우에는 동 항목을 전체 삭제)

3-3. 단계별 연차계획 개발내용 및 개발범위(상세히 기재)

3-3-1. ( ) 단계 연차계획

(1) 1차년도

① 개발목표

② 개발내용 및 개발범위(시스템 구성도, 구조 등은 그림으로 표현)

(2) 2차년도 (☞ 2차년도 사업과제가 아닌 경우에는 동 항목을 전체 삭제)

① 개발목표

② 개발내용 및 개발범위(시스템 구성도, 구조 등은 그림으로 표현)

(3) 3차년도 (☞ 3차년도 사업과제가 아닌 경우에는 동 항목을 전체 삭제)

① 개발목표

② 개발내용 및 개발범위(시스템 구성도, 구조 등은 그림으로 표현)

3-3-2. ( ) 단계 연차계획

(1) 1차년도

① 개발목표

② 개발내용 및 개발범위(시스템 구성도, 구조 등은 그림으로 표현)

(2) 2차년도 (☞ 2차년도 사업과제가 아닌 경우에는 동 항목을 전체 삭제)

① 개발목표

② 개발내용 및 개발범위(시스템 구성도, 구조 등은 그림으로 표현)

(3) 3차년도 (☞ 3차년도 사업과제가 아닌 경우에는 동 항목을 전체 삭제)

① 개발목표

② 개발내용 및 개발범위(시스템 구성도, 구조 등은 그림으로 표현)

3-4. 핵심과제별 주요 목표 및 추진방안

3-5. 국제적 수준의 연구개발 역량 및 기술개발 성과 확보방안

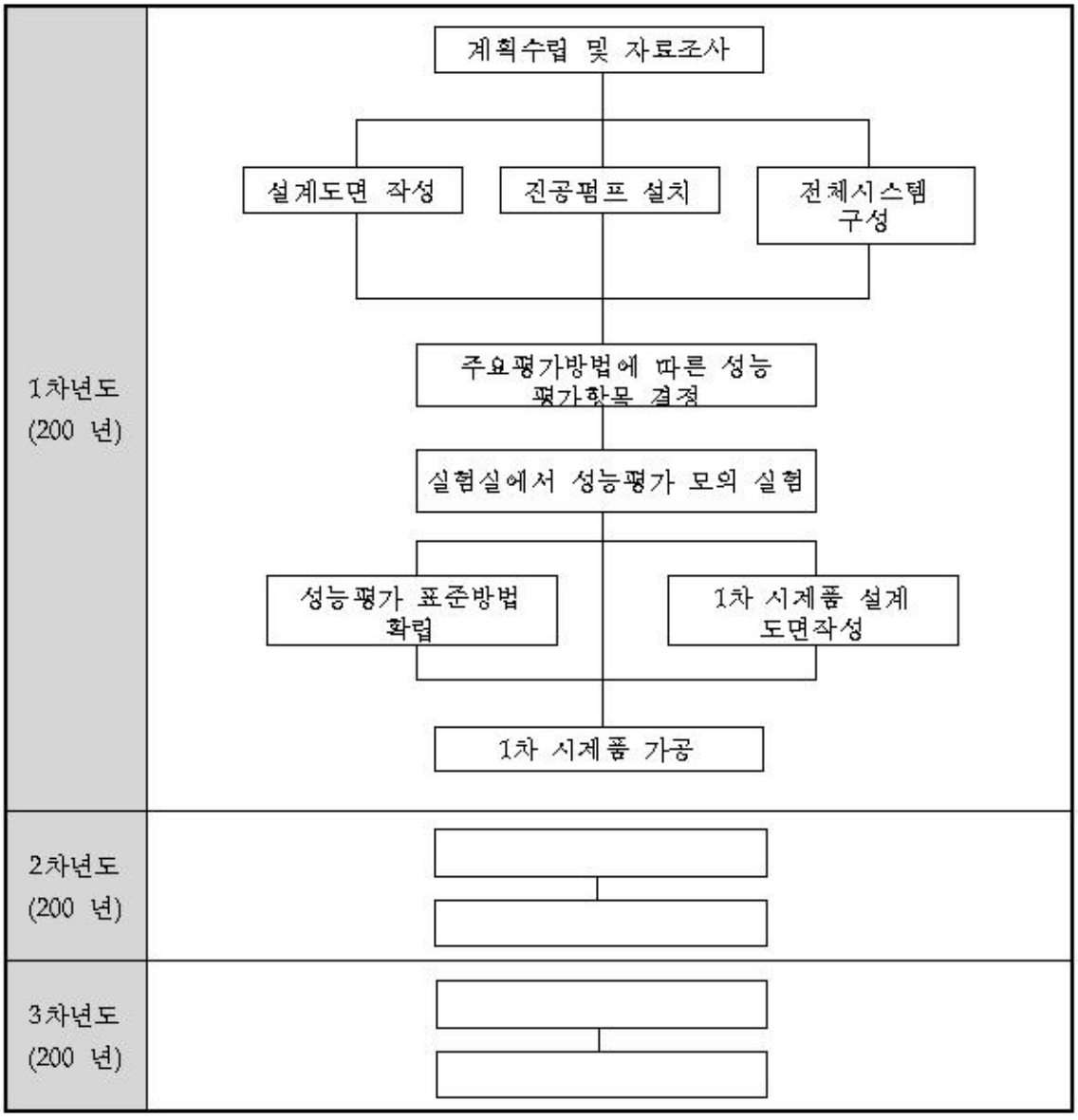
4. 당해 단계(00단계) 연구개발 추진전략 및 체계

4-1. 연구개발 추진전략

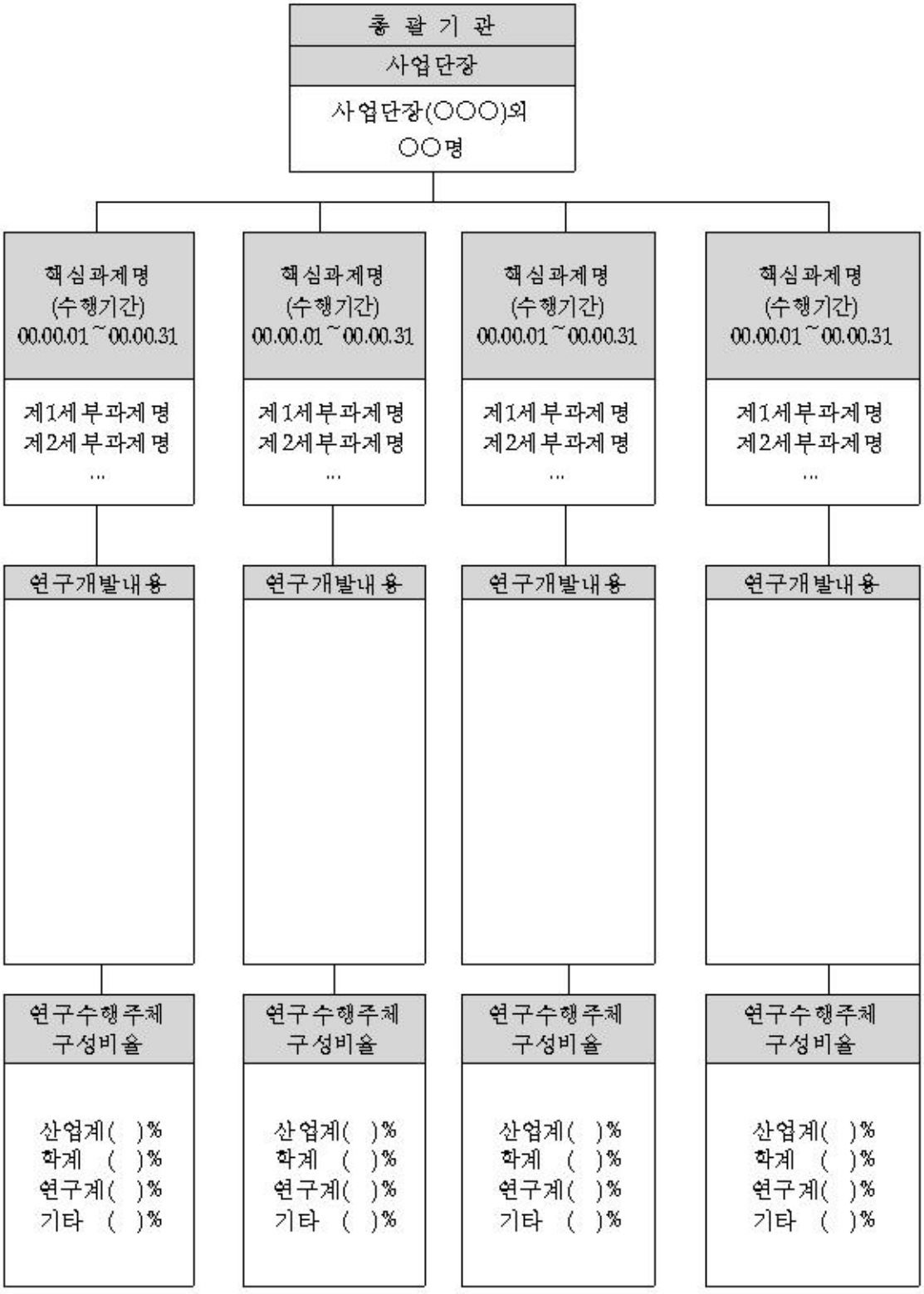
※ 사업단과제의 단계별 추진시나리오 및 Test Bed 구현 방안을 반드시 포함할 것

4-2. 연구개발 추진체계

※ 다음 예시와 같이 작성함(예 : 저진공 펌프 개발)



4-3. 사업단과제 편성도


총 괄 기 관
사업단장
사업단장(○○○)외
○○명
핵심과제명
(수행기간)
00.00.01~00.00.31
제1세부과제명
제2세부과제명
...
연구개발내용
연구수행주체
구성비율
산업계( )%
학계 ( )%
연구계( )%
기타 ( )%

5. 당해단계 연구개발 추진일정

일련번호	핵심과제명	( )단계 추진일정												비고
		1년				2년				3년				
		1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

6. 연구개발실적 및 사업단장실적

6-1. 총괄기관 주요연구개발 및 사업화실적

구 분	내 용	지 원 기 관
연구개발실적		
사업화실적		

6-2. 사업단장

(1) 인적사항

성 명	국 문	(한문)	주민등록번호	
	영 문			
직 장	기관명		전 화	
	부 서		F A X	
	직 위		휴대전화	
	주 소	(-)	E-mail	
자 택	주 소	(-)	전 화	

(2) 학 력

연 도	학교명	전 공	학 위
~			
~			
~			
(최종학위논문명)			

(3) 경 력

연 도	기 관 명	직 위	비 고
~			
~			

(4) 수상경력

연 도	수 상 명	수 상 내 용
~		
~		

(5) 특허/프로그램 출원·등록실적

일련 번호	특허/프로그램명	국가명	출원 등록일	출원등록순번 / 출원등록자수	비 고

(6) 정부출연 개발과제 수행실적

일련번호	프로그램명 (시행부처/기관)	과 제 명	총개발기간 (시작-종료일)	총사업비 (백만원)	비 고

(7) 주요사업화 성공과제 내용 및 실시기업

번호	과 제 명	내 용	실시기업

7. 추정사업비

7-1. 연차별 총괄

(단위 : 천원)

구 분	1차년도(200)		2차년도( )		3차년도( )		4차년도( )		5차년도( )		합 계
	금 액	%	금 액	%	금 액	%	금 액	%	금 액	%	
정부 출연금											
민간 부담금											
합 계											

7-2. 연차별 핵심과제별 사업비 현황

7-2-1. 핵심과제명 :

※핵심과제 수만큼 연차별 사업비 현황 작성

(1) 1차년도

(단위 : 천원)

세부과제명	정부출연금	민간부담금	합 계	구성비 (%)
1.				
2.				
3.				
:				
:				
계				

(2) 2차년도

(단위 : 천원)

세부과제명	정부출연금	민간부담금	합 계	구성비 (%)
1.				
2.				
3.				
:				
:				
계				

(3) 3차년도

(단위 : 천원)

세부과제명	정부출연금	민간부담금	합 계	구성비 (%)
1.				
2.				
3.				
:				
:				
계				

(4) 4차년도

(단위 : 천원)

세부과제명	정부출연금	민간부담금	합 계	구성비 (%)
1.				
2.				
3.				
:				
:				
계				

(5) 5차년도

(단위 : 천원)

세부과제명	정부출연금	민간부담금	합 계	구성비 (%)
1.				
2.				
3.				
:				
:				
계				

8. 사업단 운영비 계획

8-1. 연차별 총괄

(단위 : 천원)

1차년도(200)		2차년도( )		3차년도( )		4차년도( )		5차년도( )		합 계
금 액	%	금 액	%	금 액	%	금 액	%	금 액	%	

8-2. 비목별 총괄

(단위 : 천원)

비 목	1차년도(200)	2차년도( )	3차년도( )	4차년도( )	5차년도( )	총 계
인건비						
직접비						
사업지원 경비						
합 계						

8-3. 1차년도 비목별 소요명세

(1) 1차년도 비목별 소요명세

① 사무국 인건비

(단위 : 천원)

구 분	성 명	직 위	월급여	참여율(%)	참여 개월수	총 액
내 부 인건비						
	소 계					
외 부 인건비						
	소 계					
합 계						

② 직접비

(단위 : 천원)

구 분		품 명	규 격	단위	수량	단 가	금 액	용도(당해 개발사업에의관련내용)	비고
시설비 및 기자재구입비	구입								
	임차								
합 계									

(단위 : 천원)

구 분		내 역	단 가	회수 (수량,건)	금 액	비고
여비	국내					
	국외					
수용비 및 수수료						
기술정보 활동비						
행사 및 홍보비						
합 계						

※ 국외여비는 다음의 산출내역서 별도 제출

<table>
<tr><td colspan="7">국외여비</td></tr>
<tr><td>차수</td><td>직급</td><td>인원</td><td>횟수</td><td colspan="2">산출 내역</td><td>금 액</td></tr>
<tr><td rowspan="8">1</td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">합계</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">출장 목적 및 사유</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">당해 연구개발과제 관련 내용</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">국내에서 관련정보를 입수하기 어려운 이유</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>출장자</td><td colspan="2"></td><td rowspan="2">출장 목적지 및 기관</td><td colspan="2" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>출장기간</td><td colspan="2">(20 . . ~ 20 . .)</td></tr>
</table>

※ 국외여비의 경우 해외 출장이 반드시 필요한 경우에만 기재함 (최소인원 계상)

※ 국외여비 산출 내역 작성예시

-국외여비 = [{(일비+식비) × ○일} + (숙박비 × ○박)] + 항공운임(왕복)

※ 국외출장 차수가 2차 이상인 경우, 노란색 부분을 복사하여 붙여넣기(아래쪽에 끼워넣기) 하고 차수를 증가시켜 사용함

③ 사업지원경비

(단위 : 천원)

구 분	내 역	금 액 (천원)	비고
연구활동 수당			
업무추진비			
합 계			

8-4. 2차년도 비목별 소요명세

※ 8-3. 1차년도 사업비 비목별 소요명세 양식에 준하여 작성

8-5. 3차년도 비목별 소요명세

※ 8-3. 1차년도 사업비 비목별 소요명세 양식에 준하여 작성

8-6. 4차년도 비목별 소요명세

※ 8-3. 1차년도 사업비 비목별 소요명세 양식에 준하여 작성

8-7. 5차년도 비목별 소요명세

※ 8-3. 1차년도 사업비 비목별 소요명세 양식에 준하여 작성

9. 사업단 총괄기관 현황

구 분 \ 기관명			
대 표 자 성 명			
기 업 유 형 (중소기업, 벤처기업, 대기업)			
설 립 년 월 일			
주 생 산 품 목			
상시 종업원 수			
전 년 도 매 출 액 (백 만 원)			
매 출 액 대 비 연구개발비 비율			
부 채 비 율			
자기 자본 비율			
주 소	(-)	(-)	(-)
전 화			
F A X			
담 당 자			
E-Mail			

부 록

사전기획보고서 최종평가 지적사항 및 보완내용

심사위원	지 적 사 항	보 완 내 용
종합의견	1. 고속도로의 지속개발 및 기능향상 차원에서 필요한 과제임. 그러나 스마트하이웨이에 대한 조감도(구상도)가 요구되며, 세부과제의 제목이 특정분야의 참여를 전제한 것으로 오해되지 않도록 다양한 분야에서 제안을 할 수 있도록 개방성을 유지할 필요성이 있음	1. 스마트하이웨이사업 조감도는 조속한 시일내에 보완하여 별도 제출토록 하겠으며, 세부과제 제목의 개방성 문제는 일부 보완 토록 하겠음. 추가적인 보완은 보다 신중한 검토를 거쳐 상세 기획 단계에서 보완하는 것이 바람직할 것으로 판단됨
	2. 스마트하이웨이에 부합하지 않는 일부 요소기술(핵심1의 지반/사면, 구조물 성능 등 도로부문 공통기술)은 삭제 또는 Smart에 초점을 맞춰 대폭 축소 요망되며, 본 사업 적용대상을 기존도로 활용까지 고려시 이에 대한 언급을 주요 논리과정에 포함시킬 필요가 있음	2. 스마트하이웨이는 초고속 기반에 필요한 안정성, 경제성 등 여러 핵심가치를 동시에 추구해야 할 뿐만 아니라, 추후 본 사업결과를 패키지 상품화로 세계시장을 공략한다는 추진전략 목표를 두고 있으므로 도로부문 공통기술도 본 과제에 필요할 것으로 판단됨
	3. 또한, 핵심과제 조정에 따라 추정예산도 조정되어야 할 것임. 추정 사업비에 대한 예산의 적정성은 재검토 필요	3. 총사업비는 다소 현실성이 있도록 축소 조정하였으나 과제조정에 따른 예산조정 및 상세 예산은 세부과제 도출단계인 상세기획 단계에서 조정함이 바람직할 것으로 판단됨
	4. 기획과정(수행체계, 자문, 공청회, 관계부처 협의 등)을 사전기획보고서에 수록이 필요하며, 많은 투자비 및 별도의 테스트베드가 건설되는 사업이니 만큼 소요예산 및 사업추진의 당위성을 명확히 제시	4. 기획과정은 보고서에 수록토록 하겠으며, 사업추진의 당위성은 보고서에 기 수록되어 있음. 또한 소요예산 추정은 보고서에 기 수록되어 있으나 향후 상세 기획 단계에서 과제가 일부 조정될 수 있으니 추가적인 검토가 이루어질 것으로 사료됨
	5. 상세기획 과정에서 건교부 관련 실무부서, 그리고 건기평과 사업단이 충분히 협의하여 추진해 나갈 수 있도록 조치 필요	5. 타당한 지적이라고 판단되며, 상세기획 과정에서 충분한 협의가 이루어지도록 상세기획 담당자에게 통보토록 하겠음(사전기획보고서에 보완 요청 내용 수록)

심사위원	지 적 사 항	보 완 내 용
평가위원A	고속도로 지속개발 및 기능향상 차원에서 필요한 과제임. 그러나 미래의 스마트하이웨이에 대한 조감도(구상도)가 요구됨. 추정사업비에 대한 예산의 적정성은 재검토가 필요함	스마트하이웨이사업 조감도는 조속한 시일내에 보완하여 별도 제출토록 하겠으며, 추정사업비에 대한 예산 적정성은 향후 상세기획 단계에서 충분한 검토가 이루어질 것으로 사료됨
평가위원B	단기간에 광범위한 연구내용과 추진전략을 합리적으로 제시하고 있으나 일부 핵심과제는 재검토할 필요가 있음. 핵심과제 조정에 따라 추정 예산도 조정되어야 할 것임	핵심과제는 미래도로의 3대 요소인 도로, 통신, 자동차의 인터페이스 환경으로 구성된 것으로서 기본방향은 적정하다고 판단되며, 세부과제의 조정은 상세기획 단계에서 조정함이 바람직함
평가위원C	세부과제의 제목이 특정분야의 참여를 전제한 것으로 오해되지 않도록 다양한 분야에서 제안을 할 수 있도록 개방성을 유지할 필요가 있음	세부과제 제목의 개방성 문제는 일부 보완토록 하겠으며, 추가적인 보완은 보다 신중한 검토를 거쳐 상세기획 단계에서 보완하는 것이 바람직할 것으로 판단됨
평가위원D	추진방법에 있어서 사업의 시행착오를 줄이기 위해서 1단계(약 3년 동안) Computer Sumulation Base의 다양한 시험을 통해서 검증된 결과로서 연속 사업을 추진하는 것이 타당하다고 사료됨. 만약 현재와 같은 추진체제로 진행한다면 시스템간 정합문제와 표준문제, 통합시험, 평가를 수행하는 과정에서 시행착오에 따른 시간과 예산의 낭비를 초래할 수도 있음. 사전기획으로서 적정함	타당한 지적이라고 판단되며, 향후 과제 진행과정에서 충분히 반영되도록 상세기획 담당자 및 핵심과제 담당자에게 통보토록 하겠음(사전기획보고서에 보완 요청내용 수록)

심사위원	지 적 사 항	보 완 내 용
평가위원E	1. 미래도시 건설에 있어서의 선진시스템을 비교 분석함으로써 우리나라에 필요한 미래도로에 대한 적합한 청사진을 이끌어낼 수 있었음	1. 답변사항 아님
	2. 사업비 규모는 현재까지는 수행된 다른 연구과제에 비해 다소 큰 액수이지만, 실제 적용 가능한 시스템 구축 및 실제 구조물에 적용하는 등의 실험이 일부 포함되어 있기 때문에 적절한 것으로 보임	2. 사업비 규모를 다소 축소 조정하였음
평가위원F	많은 투자비 및 대규모 별도의 테스트 베드가 건설되는 사업이니 만큼 소요 예산 및 사업 추진의 당위성을 전면 재검토할 필요가 있음	사업추진의 당위성은 건설교통R&D 로드맵을 통해 이미 검증된 것으로 알고있으며, 소요예산 적정성은 향후 상세기획 단계에서 충분한 검토가 이루어질 것으로 사료됨
평가위원G	1. 기획과정(수행체계, 자문, 공청회, 관계부처 협의 등)을 사전기획보고서에 수록 요망	1. 사전기획보고서에 수록토록 하겠음
	2. 사업단 수행기간 내 단계적 추진전략(핵심기술 적용과정, Test Bed 추진 과정 등 포함)이 일목요연하게 정리할 필요가 있음	2. 단계적 추진전략은 보고서에 기 수록되어 있으며, 미진한 부분은 향후 상세기획 단계에서 면밀한 검토가 이루어질 수 있도록 상세기획 담당자에게 통보토록 하겠음 (사전기획보고서에 보완 요청 내용 수록)
	3. 스마트하이웨이에 부합하지 않는 일부 요소기술(핵심과제1의 지반/사면, 구조물 성능 등 도로부문 공통기술)은 삭제 또는 Smart에 초점을 맞춰 대폭 축소 요망	3. 스마트하이웨이는 초고속 기반에 필요한 안정성, 경제성 등 여러 핵심가치를 동시에 추구해야 할 뿐만 아니라, 추후 본 사업결과를 패키지 상품화로 세계시장을 공략한다는 추진전략 목표를 두고 있으므로 도로부문 공통기술도 본 과제에 필요할 것으로 판단됨
	4. 본 사업 적용대상을 기존 도로 활용까지 고려시 이에 대한 언급을 주요 논리과정에 포함시킬 필요가 있음	4. 지적하신 사항은 사전기획보고서에 일부 언급되어 있으며, 보다 상세한 내용은 향후 상세기획 단계에서 면밀한 검토가 이루어질 수 있도록 상세기획 담당자에게 통보토록 하겠음(사전기획보고서에 보완 요청 내용 수록)

심사위원	지 적 사 항	보 완 내 용
평가위원H	-	-
평가위원I	1. 당초 고규격 초고속도로건설 위주의 수퍼하이웨이 개념에서 보완작업을 충실히 수행하여 IT, 지능형 자동차기술, 통신기술이 도로와 잘 접목되어 미래 신개념 고속도로 실현을 위한 연구과제를 적절한 제시	1. 답변사항 아님
	2. 특히 핵심연구과제는 최근 연구동향과 타 과제와의 중복성, 실현가능성을 충분히 검토하여 선정, 현재 고속 도로의 문제점 해결과 미래 요구되는 도로기술을 적절히 발굴하여 제시됨	2. 답변사항 아님
	3. 다만 사전기획단계에서 타 VC-10(특히 교통체계효율화사업)과의 세부과제 분담은 핵심연구과제의 특성을 살려 상세기획 과정에서 건교부 관련 실무부서, 그리고 건기평과 사업단이 충분히 협의하여 추진해 나갈 수 있도록 조치 필요	3. 향후 상세기획 단계에서 충분한 협의가 이루어질 수 있도록 상세기획 담당자에게 통보하겠음 (사전기획보고서에 보완 요청내용 수록)
	4. 스마트하이웨이사업은 단순히 설계속도를 높이는 위주로 연구보다 지능을 갖춘 첨단기능의 안전한 도로를 만드는 방향으로 추진되어야 할 것임. 따라서 현재 속도 160km/h로 제한되는 도로보다 무제한으로 운영중인 독일의 아우토반을 분석하고 이를 토대로 한 단계 더 진보된 첨단 미래도로를 만들 수 있도록 하여야 할 것임	4. 스마트하이웨이사업은 속도보다는 지능위주의 연구로 추진될 예정이며, 독일 아우토반 사례를 향후 상세기획 단계에서 충분히 반영할 수 있도록 상세기획 담당자에게 통보토록 하겠음(사전기획보고서에 보완 요청내용 수록)
	5. 사업단장의 선정에 건교부의 관련 실무부서의 의견이 충분히 반영되어야 함	5. 사업단장 선정은 한국건설교통기술평가원의 운영규정에 따라 추진될 것이며, 건교부의 의견도 충분히 반영될 수 있을 것으로 사료됨

참고문헌

강재수 편역(2000), "도로에서의 인간공학", 엔지니어즈

강정규 외 1인(2006), "초고속도로 개발전략", 대한교통학회 하계학술발표회논문집

강정규 외 2인(2005), "21세기 간선도로망 개조 방향 제언", 고속도로지 제71호, 한국도로공사

건설교통부(1999), "도로설계편람"

건설교통부(2000), "도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침"

건설교통부(2002), "도로시설 및 설계 기준 개선 방안 연구 최종보고서"

건설교통부(2002), "도로안전시설 설치 및 관리지침"

건설교통부(2003), "환경친화적인 도로설계기법 연구"

건설교통부(2004), "수도권 BRT 도입 기본구상"

건설교통부(2006), "도로업무편람"

건설교통부·교통개발연구원(2004), "국가주요교통통계"

경찰청(2006), "도로교통 안전백서"

과학기술처(2003), "국가기술지도"

교통개발연구원(2001), "21세기의 교통 : 전망, 비전과 전략"

교통개발연구원(2001), "인적요인이 도로설계에 미치는 영향"

교통개발연구원(2005. 5), "월간교통"

국민경제 경영연구소(2004), "고속도로 휴게시설 전후방 경제연쇄효과 연구"

국토연구원(2004), "도로와 환경영향 연구"

국회예산정책처(2004), "2004 국가 주요 사업 현황"

권영인 외 3인(2003), "국내·외 도로교통 연구동향 및 전망", 교통개발연구원

김영호(2006. 6), "도로분야 R&D사업의 과제와 기대효과", 월간교통, 한국교통연구원

김이형 외 4인(2006), "아스팔트포장 고속도로의 강우 지속시간별 오염물질 유출 경향", 한국도로학회

김태형 외 2인(2004), "도로-포장시스템의 오염원 및 주변 환경적 요인과의 상호작용", 한국도로학회

남영국 외 1인(1996), "최신 도로공학총론", 청문각

도로교통안전관리공단(2006), "교통사고 통계분석"

대한토목학회(2005), "Super Highway & Smart Road ", 2006 토목의 날 미래정책토론회 논문집

문준범 외 4인(2004), "콘크리트포장 표면처리 방법에 따른 소음감소 방안 연구", 한국도로학회

박현(2005), "도로·철도간 투자재원 배분 및 해상교통수단 지원", 『2005~2009년 국가재정운용계획 -SOC 분야- 공개토론회 자료』

박희문 외 3인(2005), "장수명 아스팔트포장 단면설계에 관한 연구", 한국도로학회

백용 외 3인(2005), "집중호우시 사면붕괴의 특성 및 토층 심도와 지하수 변동에 따른 사면안정성 해석", 한국건설기술연구원

비점오염물질 정화공법 총람, (주)에코스타

산업자원부(2003), "차세대 성장동력산업보고서"

삼성경제연구소(2004), "에너지 혁명 : 연료전지 사업의 현황과 발전 전망"

서울시정개발연구원(2001), "환경친화적 도로구현방안 연구"

서울시정개발연구원(2004), "서울의 미래를 읽는다"

선우명호 외 1인(2006), "지능형자동차 개요", 오토저널

신상윤(2006), "지능형자동차 차량정보시스템과 편의장치 기술동향", 오토저널

신희철 외 1인(2004), "국제비교를 통한 적정 SOC 스톡 및 투자지표 개발 연구", 교통개발연구원

아주대학교(2001), "AHS Driver-Vehicle Interface의 Human Factors 평가를 통한 운전자 영향분석 및 행동 모델링에 관한 연구, 2000년도 지능형교통시스템(ITS) 연구·개발사업 최종보고서", 건설교통부

유복모(2000), "경관공학", 동명사

윤홍변 역/ Dieter Klebelsberg 작(1987), "교통심리학", 성원사

이경수(2006), "지능형 자동차:차세대 능동안전 및 운전보조시스템", 오토저널

이상근(2004), "21C 미래도로기술 발전방향", 서울대학교경영대학

이상민 외 1인(2000), "고속철도 개통 및 항공망의 확충에 대비한 지역간 버스의 기능정립방안", 교통개발연구원

이수범 외 3인(2001), "인적요인이 도로설계에 미치는 영향(제1단계):교차로 구간에서의 운전자 행태 분석을 중심으로", 교통개발연구원

이순요 외 1인(2001), "가상현실형 감성공학", 청문각

이순철(2000), "교통심리학", 학지사

이재관 외 1인(2006), "지능형 안전 자동차의 기술개발 동향", 오토저널

이재식(2001), "인간공학", 시그마프레스

일본도로공단(2004), "도로의 Technotopia"

일본도로공단, "Highway 미래도감"

자동차경제(2003), "자동차 신기술이 최근개발 동향과 특징"

자동차부품연구원(1998), "도로와 차량간 상호 정보교환을 통한 자율 주행 기술 및 인터페이스 기술"

자동차부품연구원, "자동차 신기술 동향 및 대응과제"

정도현(2006), "지능형자동차 기술동향 및 미래형자동차기술개발사업", 오토저널

장정화(2002), "국도 곡선 구간에서의 운전자 시각행태 특성 분석에 관한 연구", 명지대학교 대학원, 석사학위논문

전창근(2004), "미래도로와 미래도로 기술", 도로교통지

전한철(2003), "미래 도로교통 기술 개발 연구", 국방대학원

정선경(2001), "자동차 시뮬레이터를 이용한 급발진 사고연구", 국민대학교 자동차공학전문대학원, 석사학위논문

제2토메이(東名)·메이신(名神) 고속도로 건설 관련 논문집(2004)

최동차 외 3인(1999), "자동차 시뮬레이터를 이용한 음주 운전자의 운전 특성 분석", 한국자동차공학회 춘계학술대회논문집 제2권

한국건설기술연구원(2003), "인간공학적 도로안전성 분석시스템 개발"

한국과학기술정보연구원(2004), "지능형 안전 시스템"

한국과학기술정보연구원(2004), "지능형 차량정보 시스템"

한국과학기술정보연구원(2004), "첨단기능의 지능형 자동차"

한국도로공사(1992), "세계 고속도로의 연변 개발"

한국도로공사(1996), "미래의 『도로모습』을 추구하며"

한국도로공사(2002), "21C 미래고속도로 발전방향"

한국도로공사(2002), "21C 미래고속도로 발전방향"

한국도로공사(2002), "유지관리비젼"

한국도로공사(2002), "친환경적 도로건설 기법 습득 및 환경관리 시책조사"

한국도로공사(2003), "주5일근무제 시행에 따른 고속도로 여가통행 전망과 대응방안 고찰"

한국도로공사(2004), "고속도로 기술지도(HTRM)"

한국도로공사(2004), "Dream Highway"

한국도로공사(2004), "HTRM핵심기술 도출을 위한 기술Program"

한국도로공사(2006), "미래경영로드맵"

한국도로공사(2006), "친환경·지능형 도로설계 기술개발, Technical Committee 착수보고서"

한국도로공사, "도로공사 설계요령"

한국도로공사, "도로설계 실무편람"

한국자동차공업협회(2003), "2003 한국의 자동차 산업"

한국자동차공업협회(2004), "자동차통계월보"

한국환경정책평가연구원(2003), "국가환경 종합계획 기본틀 마련"

환경부(2003), "생태통로 설치 및 관리지침"

환경부(2005), "비점오염원관리 업무편람"

환경부(2006), "환경분쟁 조정현황", 환경분쟁 조정위원회

황인용(2005), "지능형자동차의 안전기술 동향", 오토저널

황인태 역/Lamm 외 2인 작(2003), "도로선형 조건에 따른 주행안전성 평가지침", 한진중공업·한국종합기술개발공사

金鍾旻(2000), "ドライビングシミュレーターの再現性檢証と高速道路走行環境評価への適用に關する研究"

日本建設省土木研究所·日本自動車研究所(1991), "道路走行シミュレーターに關する共同研究報告書(I)"

海保博之, 加藤 隆(1999), "認知研究の技法(シリーズ·心理學の技法)", 福村出版

Alan H. Roscoe(1993), Heart rate as psychophysiological measure for in-flight workload assessment, ERGONOMICS

Alexander Gundel(1995), Sleepiness of civil airline pilots during two consecutive night flights of extended duration, BIOLOGICAL PSYCHOLOGY

Blumenthal, M.(1968), Dimension of the traffic safety problem, Traffic Safety Research Review

E. Svensson(1997), Information complexity-mental workload and performance in combat aircraft, ERGONOMICS

Fuller, R.(2000), The Task-Capability Interface Model of the driving process, Recherche Transports Securite

Goran Kecklund & Torbjorn Akerstedt(1993), Sleepiness in long distance truck driving : an ambulatory EEG study of night driving, ERGONOMICS

J. Lorenz, B. Lorenz & M. Heineke(1992), Effect of task load on fronto -central theta activity in a deep saturation dive to 450msw, Undersea Biomedical Research

John A. Stern & Blink Rate(1999), A possible measure of fatigue, HUMAN FACTORS

K. Penny & L. Belluz(1999), "Visual Perception of Horizontal Curves Using 3D Computer Modelling", Graduation Project, : akehead University, Thunder Bay, Ontario, Canada

Leonard Evans & Richard C. Schwing(1985), "Human Behavior and Traffic Safety", Plenum Press

Matthias Gobel(1998), Stress and strain of haul bus driver, ERGONOMICS

Paul L. Olson(1996), "Forensic Aspects of Driver Perception and Response", Lawyers & Judges Publishing Co.

Peter, Richter(1998), Psychophysilogical analysis of mental load during driving on rural road, ERGONOMICS

Ray Fuller & Jorge A. Santos(2002), "Human Factors for Highway Engineers", Elsevier Science

Robert E. Dewar & Paul L. Olson(2002), "Human Factors in Traffic Safety", Lawyer & Judges Publishing Company, Inc

Ruediger Lamm, Bassil Psarianos & Theodor Mailaender(1999), "Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook", McGRAW-HILL

Thomas C. Hankins(1998), A comparison of heart rate, eye activity, EEG and subjective measures of pilot mental workload during flight, aviation, space, environmental medicine

Wendy A. Macdonald(1985), "Human Factors and Road Crashes - A Review of Their Relationship", Office of Road Safety, Department of Transport

Yasser Hassan & Said Easa(2000), "Visual Perception of Horizontal Curves in Three-Dementional Combined Alignments", Transportation Research Board 79th Annual Meeting, January 9-13, Washington D.C

Yukiko Kakimoto(1988), Crew workload in JASDF C-1 transport flight, aviation, space, environmental Madicine

Smart High-Way