

제 3 장 신호체계 개선

- 제 1 절 신호체계 개선 개요
- 제 2 절 제어단위 및 중요교차로 선정
- 제 3 절 TOD 최적화
- 제 4 절 신호시간 최적화
- 제 5 절 좌회전 신호 개선
- 제 6 절 중앙버스전용차로 구간 신호최적화

제 3 장 신호체계 개선

제 1절 신호체계 개선 개요

1. 신호체계 개선의 목적

- 사업대상구간 신호교차로의 신호운영을 최적화하기 위하여 신호제어방식에 따른 신호제어변수를 최적화함
- 과업대상구간의 특성파악을 통해 전체적인 문제점과 개선방향을 도출하여 교통조사 및 모니터링 과정과 연계된 신호운영개선 과정을 수행함
- 신호체계 개선과정은 사업구간의 특성과 교통시설물 설치에 따른 구간특성에 따라 각각의 방법론이 적용되며, 신호운영 뿐만 아니라 기하구조 변경과 같은 물리적인 개선까지 포함

2. 신호체계 개선 범위

가. 공간적 범위

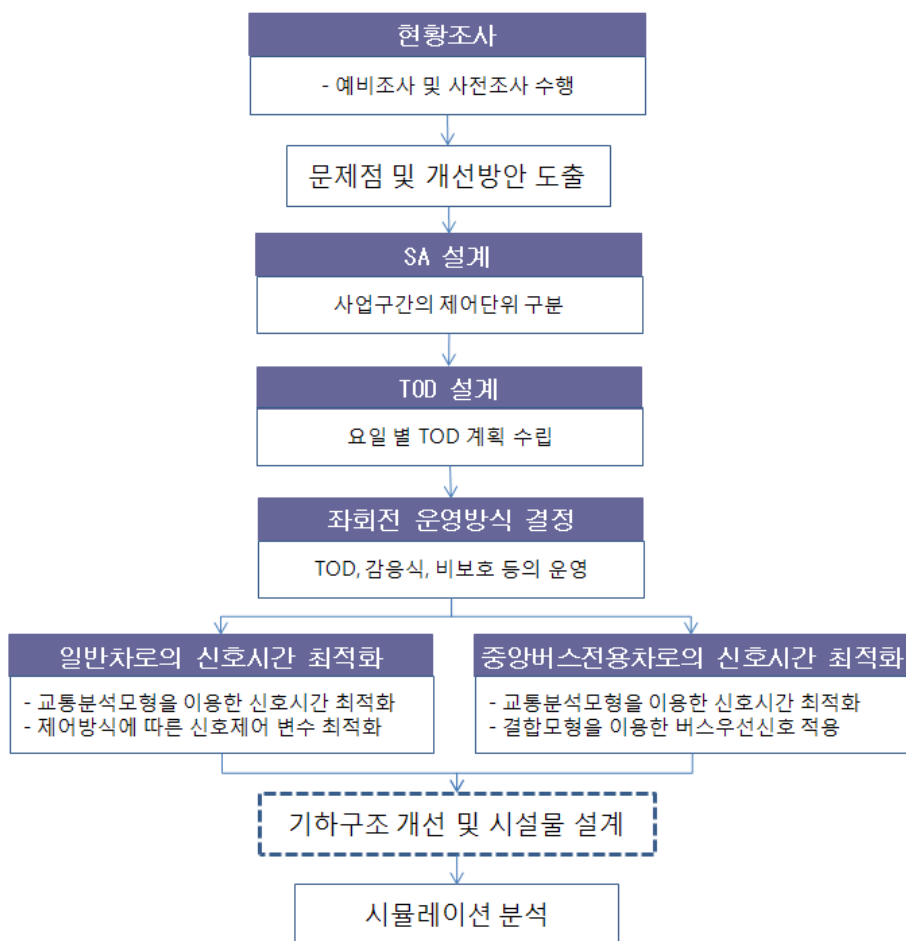
- 과업대상 교차로 구간
- 필요할 경우, 인접한 교차로의 신호시간 계획까지 개선

나. 시간적 범위

- 요일별, 24시간 신호시간 최적화
- 필요시 특수일의 24시간 신호시간 최적화

다. 업무수행 절차

- 신호체계 개선의 개략적인 업무수행 절차는 다음과 같이 정의



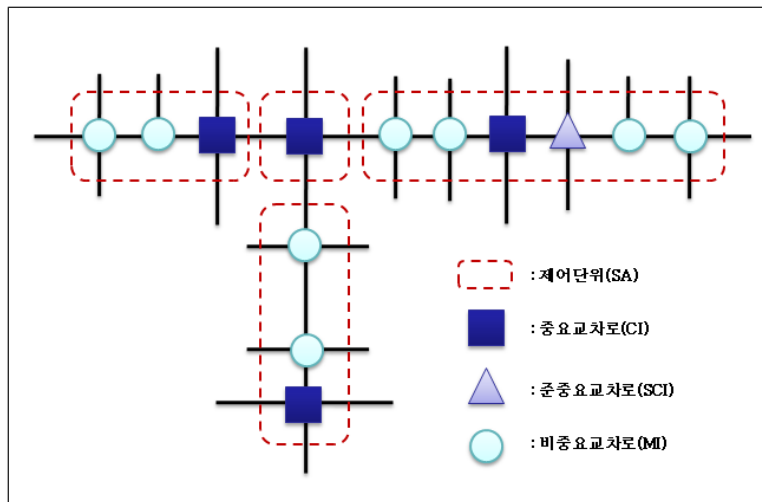
〈그림 III-1〉 신호체계 개선 업무수행 과정

제 2절 제어단위 및 중요교차로 선정

1. 제어단위(SA: Sub Area) 및 중요교차로 선정 절차

가. 제어단위와 중요교차로의 구성 방법

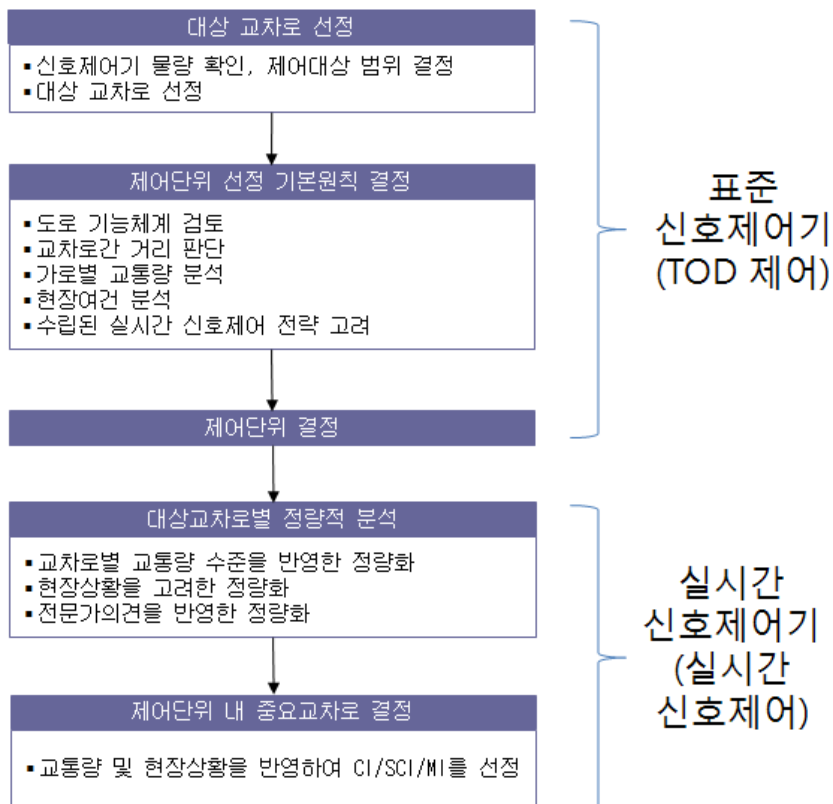
- 교차로의 효율적인 신호운영과 교차로 간 연동제어를 위하여 교통류 연동화에 영향을 미치는 가로망 형태, 교통패턴의 변화, 주요교통류의 방향 등을 고려하여 교통상황이 유사한 교차로를 묶어 하나의 그룹으로 구성
- 실시간 신호제어를 수행하는 사업구간에서는 신호제어 방식의 특성에 따라 1개의 제어단위에는 적어도 하나의 중요교차로(CI, Critical Intersection)를 포함해야 하므로 중요교차로를 선정하여 동일 제어단위 내 교차로의 신호주기 및 오프셋패턴을 결정함
- 1개의 제어단위는 최소 1개에서 가급적 10개 이내의 교차로로 구성 (정량적 분석 결과에 따라 변동 가능)



〈그림 III-2〉 제어단위 구성 방법

나. 제어단위 및 중요교차로 선정 절차

- 제어구간의 공간적 범위를 설정하고, 신호제어기 물량을 확인한 후 제어대상 교차로를 선정
 - － 과업구간에 포함시켜야 할 인접교차로 확인
 - － 신호제어기의 종류 및 형태 확인
- 제어대상 범위의 교통축 별 교통특성을 고려하여 구성
 - － 정성적 고려사항 분석
 - － 정량적 고려사항을 통한 확인 작업
- 제어단위 및 중요교차로 선정과정



〈그림 III-3〉 제어단위 선정절차

2. 제어단위 선정 기준

- 정성적 기준과 정량적 기준에 따라 대상도로의 기능 및 가로망 체계, 도로 기하구조 조건, 도로의 공사 여부, 신호기 형태, 교차로 운영 주체, 신호주기 및 연동패턴 등을 고려하여 구성
- 정성적 기준으로 SA를 분리하고, 정량적 기준을 통해 확인

가. 정성적 기준

1) 교통패턴의 연속성

교차로의 교통패턴이 동일할 경우, 가능한 동일한 SA로 구성하여 연속적인 교통흐름을 유지시키는 것이 중요하다. 조사된 자료가 충분할 시 운영자의 판단에 의해 교통특성을 유지

[표 III-1] 교통패턴의 연속성 기준

구분	내용
기준	교통패턴이 유사한 교차로의 경우에 동일 신호제어군으로 구성
목적	교통특성의 유지
필요자료	• 교차로 방향별 교통량 (veh/hr) • 교차로의 Level Of Service (A~F) • 링크통행속도 (km/h)

2) 교차로 운영주체

교차로의 운영주체가 상이할 경우, 신호제어기의 동일한 온라인제어가 불가능 하므로 지자체간의 협의가 가능한지에 따라 연동 유무를 결정

3) 도로의 공사 유무

대상구간 내에 장기적인 공사 중인 구간을 포함하게 되면 분리를 원칙으로 하며, 단기간의 공사일 경우에는 공사후의 교통패턴에 따라 분리여부를 판단

[표 III-2] 도로의 공사에 따른 기준

구분	내용
기준	장기 공사구간의 경우 가급적 신호제어군을 분리
목적	교통의 흐름이 변화하는 구간의 구분
필요자료	공사구간의 사업완료 기간

4) 미드블록의 방해

주차시설, 버스전용차로, 불법주정차 차량 등의 정도에 따라 차량군 분산에 의한 교통류 흐름이 변화되므로 해당구간을 분리하여 운영

[표 III-3] 미드블록의 방해 기준

구분	내용
기준	미드블록의 교통류 이동성 방해 정도
목적	교통의 흐름이 변화하는 구간의 구분
필요자료	해당구간의 교통시설물

5) 신호제어기 형태

오프라인 신호제어기, 온라인 신호제어기, 실시간 신호제어기의 구분에 따라 SA를 분리함

[표 III-4] 미드블록의 방해 기준

구분	내용
기준	신호제어기 형태
목적	신호제어 전략의 적용이 다른 구간의 구분
필요자료	신호제어기 장비의 종류, 신호제어 형태 (일반신호제어기, 전자신호제어기, 실시간 신호제어기)

6) 도로의 기능

동일한 위계를 가지는 도로를 하나의 SA로 묶어 동일한 교통류 흐름을 유지함

[표 III-5] 도로의 기능에 따른 기준

구분	내용
기준	동일한 도로 위계 유지
목적	위계가 다른 교통류의 분리하여 효율성 확보
필요자료	도로별 기능분류, 차로수, 교통량(veh/h)

7) 교차로의 기하구조 형태

교차로의 기하구조 형태에 따라 입체교차로나 특이교차로의 경우 SA를 분리하고, 3지, 4지, 특이교차로, 로터리 형태의 교차로는 교차로의 신호주기나 패턴이 상이할 가능성이 크므로 가능한 분리함

[표 III-6] 기하구조 형태에 따른 기준

구분	내용
기준	교차로 기하구조 형태
목적	형태가 상이한 교차로를 분리하여 연동성 확보
필요자료	도로 기하구조 현장조사 자료

8) 서로 다른 SA의 교차

서로 다른 신호제어군이 교차하는지 확인하여 SA가 교차할 경우, 2개의 신호제어군의 도로위계, 정량적 기준 정도를 확인하여 SA를 분리할지 유지할지를 판단

[표 III-7] 2개의 SA의 교차에 따른 기준

구분	내용
기준	SA의 교차 유무
목적	2개의 SA가 교차할 경우를 방지
필요자료	신호제어군 현황 및 계획

9) 기타 고려요소

- 어린이 보호구역 : 해당도로가 어린이 보호구역으로 지정되어 있을 경우, 통행제한 속도의 변화에 따른 교통류 흐름에 영향이 있으므로 이를 감안하여 SA를 분리
- 도로의 구배 및 경사 : 해당구간에 심한 도로의 구배 및 경사가 있을 경우 SA 분리를 검토
- 긴급차량 출동 : 소방서와 같은 시설이 위치하여 긴급출동과 같은 교통류 흐름의 방해 요소가 있을 경우 이를 검토
- 대량 교통유발 시설 : 신호제어군 내에 대량 교통유발시설이 존재하여 유출입교통으로 인한 교통량 변화와 교통류의 방해요소가 존재할 경우, 이를 감안하여 SA를 분리

나. 정량적 기준

1) 교차로 개수

제어단위(SA)내 교차로 수는 너무 많을 경우 동일한 주기 사용 등의 개별교차로 신호 제어 효율성이 저하되므로, 가급적 10개 이하로 구성하여 운영

2) 교차로간 거리

교차로 간격이 600m이상일 경우 신호연동효과가 미미하기 때문에 제어단위를 분리 (단 교차로간 거리가 600m를 초과할 경우라도 도로특성 및 교통관리상 필요성이 요구 되면 하나의 제어단위로 구성)

[표 III-8] 교차로간 거리에 따른 기준

구분	내용
기준	• 교차로간 거리가 600m 이내는 가급적 동일 신호제어군으로 설정 • 1500m 이상은 분리 • 600~1500m 거리의 교차로는 정성적, 정량적 기준에 의해 판단
목적	교차로 간 교통특성의 연속성 유지
필요자료	교차로간 거리(m)

3) Coupling Index

CI(Coupling Index)는 뉴턴의 중력법칙을 응용하여 연속된 두 교차로의 잠재적 연동효과를 파악하기 위한 지표로서 교통량에 비례하고 거리의 제곱에 반비례하며 산출결과에 따라 계략적인 신호연동 효과를 예측함

$$CI = V/D^2$$

여기서, CI = Coupling Index (단위없음)

V = 양방향 교통량 (1000대/시)

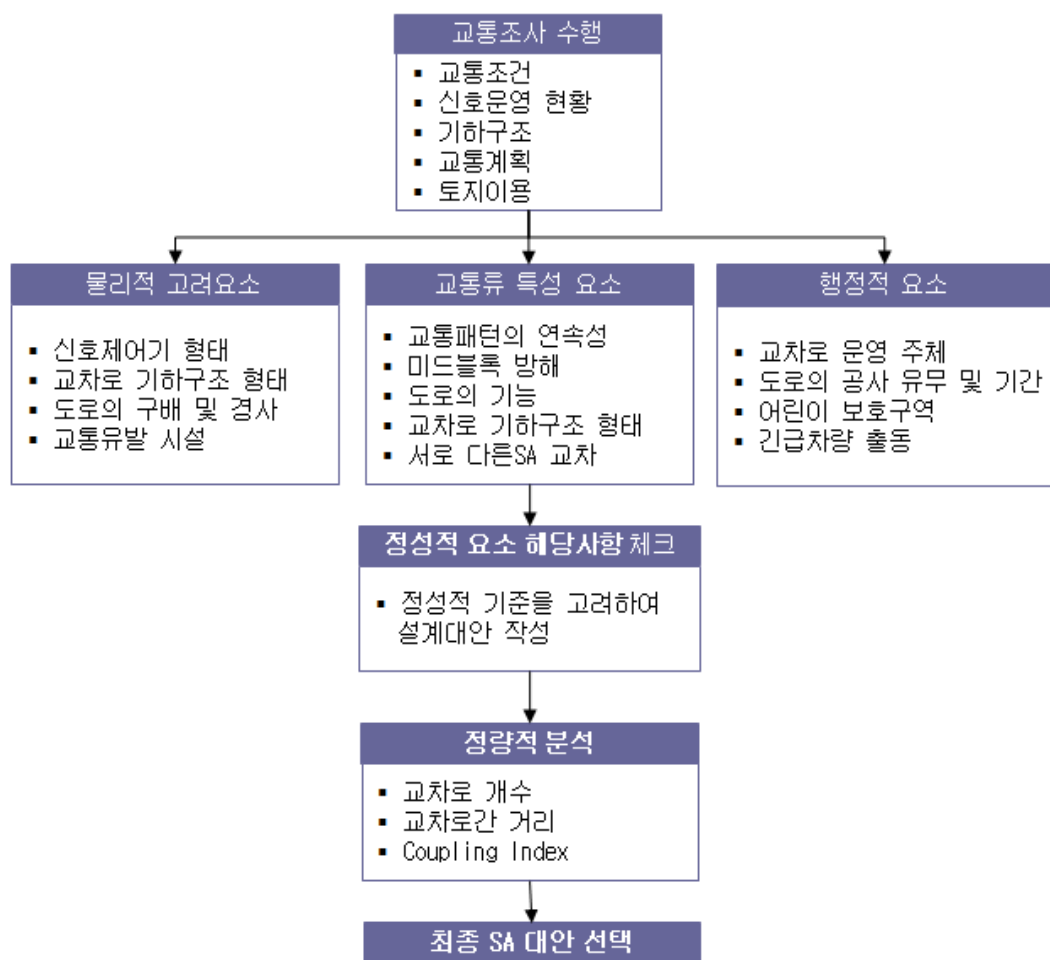
D = 교차로간 거리(miles)

[표 III-9] Coupling Index의 적용 기준

지표	연동효과 떨어짐	연동효과가 있음	연동효과가 우수함
Coupling Index	< 1	$1 < CI < 50$	$50 \leq CI$

3. 제어단위 선정 과정

- 해당구간의 교통조건, 기하구조 조건의 교통조사를 통한 자료를 바탕으로 정성적, 정량적 요소들에 대한 종합적인 기준을 적용하여 복수의 설계대안을 작성
- 정성적 고려요소 중 해당사항이 가장 적고, 정량적 요소 기준이 가장 높은 최종설계안을 선택



〈그림 III-4〉 제어단위(SA) 설계 과정

4. 중요교차로 선정 기준

- 중요교차로 선정기준을 교차로 혼잡도, 기하구조, 전문가 판단 등의 항목별로 정리하고, 각 항목들을 점수화 하여 이를 바탕으로 선정

1) 교통 혼잡도

교차로의 교통량을 조사하여 교차로의 통과교통량에 따라 점수를 산정하고, 2개의 도로위계가 상이한 도로가 만나는 경우, 도로의 위계에 따라 점수를 부여

[표 III-10] 교통량과 도로위계 기준

교통량 (PUC/시)				도로위계(두 도로가 만나면 합산)	
기준	점수	기준	점수	기준	점수
3000 이상	20	1500~1000	5	주간선도로	5
3000~2500	15	1000~500	3	간선도로	3
2500~2000	10	500 이하	1	보조간선도로	1
2000~1500	7	—	—	집산도로	0

2) 교차로 기하구조

교차로의 형태와 차로수에 따라 중요도가 높은 교차로를 선정

[표 III-11] 교차로 형태와 차로수 기준

교차로 형태		차로수	
기준	점수	기준	점수
특이교차로	5	3차로 이상	5
4지 이상	5	2차로	3
3지	2	1차로	1
입체교차로	0	없음	0

3) 전문가 판단항목

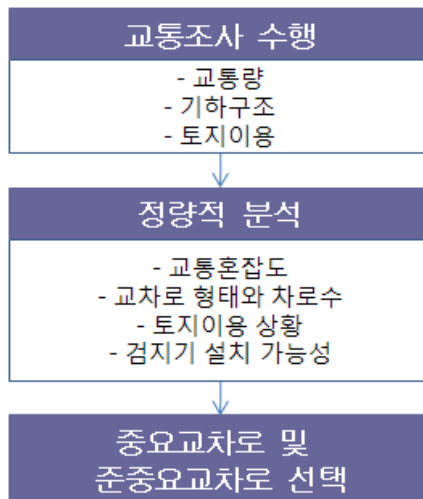
검지기 설치가 가능한지와 주변의 토지이용상황 및 교통계획, 중요지점 여부를 전문가의 판단에 의해 결정

[표 III-12] 전문가 판단 항목

검지기설치 여부		주변 토지이용		중요지점	
기준	점수	기준	점수	기준	점수
전체가능	5	많음	5	매우 중요	10
부분가능	3	보통	3	중요	7
불가능	1	적음	1	보통	5
-	-	-	-	비중요	2
-	-	-	-	매우 비중요	1

5. 중요교차로 선정 과정

- 해당구간의 교통 혼잡도, 기하구조 조건, 전문가 판에 의한 정량적 기준에 따라 종합적인 기준을 적용하여 정량적 요소 기준이 가장 높은 최종설계안을 선택

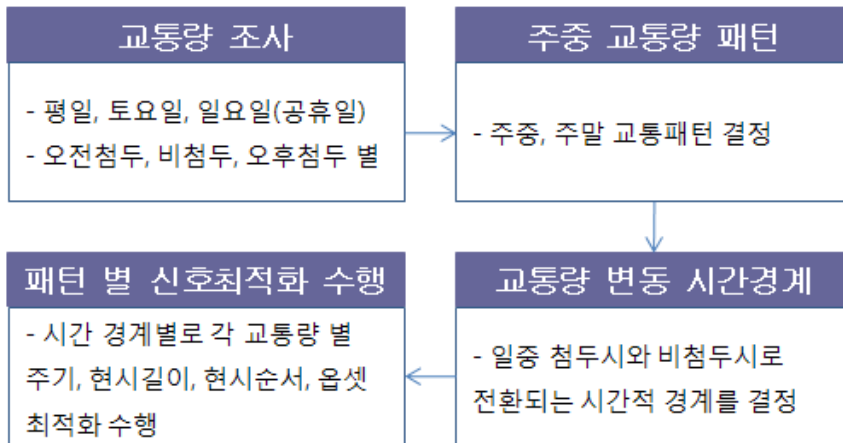


〈그림 III-5〉 CI 설계 과정

제 3절 TOD(Time Of Day) 최적화

1. TOD 계획수립의 개요

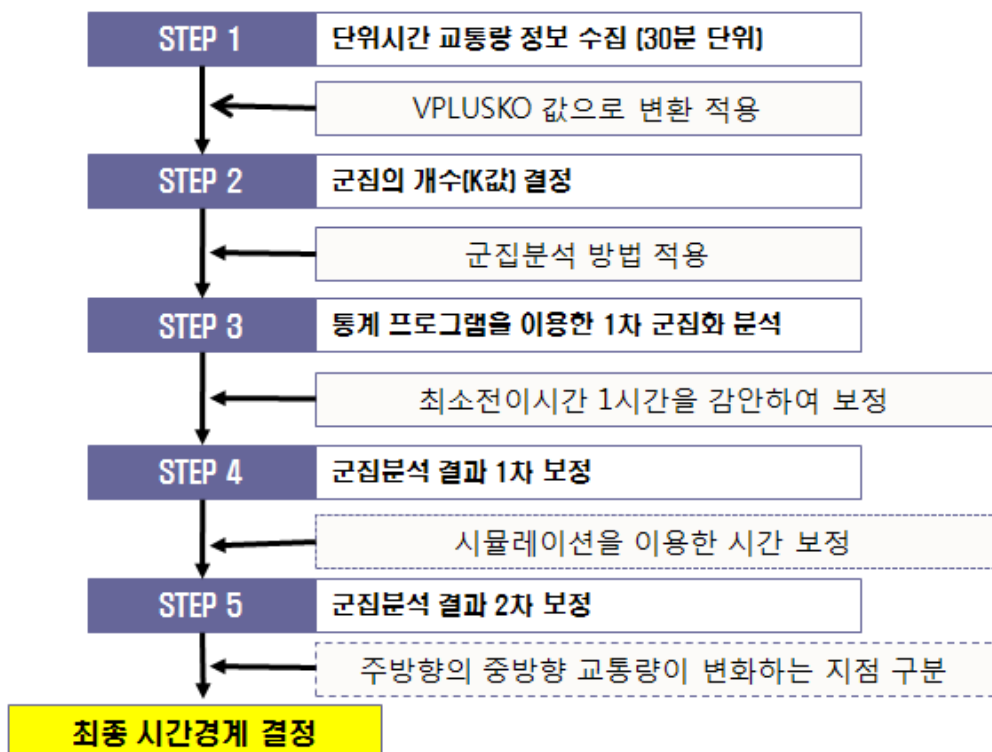
- 하루 중 동일한 교통량 패턴 또는 수요교통량을 나타내는 시간대를 구분하여 일정 시간그룹으로 분할함으로써 고정된 신호시간을 부여하는 방법
- TOD 제어의 신호시간계획은 일반적으로 교통대응제어 등 실시간 신호제어 운영변수 산정의 기초가 되며, 고장 및 오류에 대비한 백업 신호제어 기능을 수행함



〈그림 III-6〉 TOD 계획 수립 과정

2. TOD 계획수립 과정

- 교통조사를 통한 정량적인 방법으로 정확한 제어단위 별 통행패턴을 분석하여 TOD 시간경계를 결정
- 다음과 같은 5단계의 시간경계 구분과정을 통해 24시간 통행패턴을 구분



〈그림 III-7〉 시간경계 결정 과정

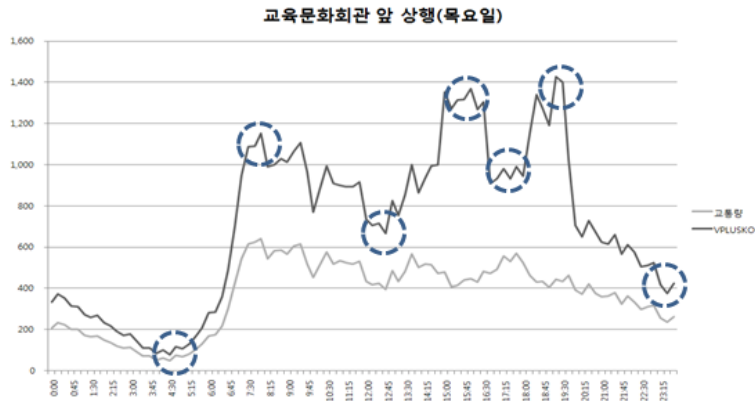
가. 단위교통량 정보 수집

- 평일, 토요일, 일요일의 24시간 교통량, 점유율 자료를 기계식 검지기를 이용하여 통행패턴 변화의 최소시간인 15분 단위로 수집
- 15분 단위 교통량의 변동이 클 경우, 30분 단위의 교통량을 분석에 적용
- 교통량을 VPLUSKO 값으로 변환

$$VPLUSKO = VOL + K \cdot OCC$$
여기서, VOL = 교통량 (대/시)
K = 밀도값 (일반적으로 도시교차로의 경우에는 20 사용)
OCC = 점유율 (%)
- 교통량 척도만으로 시간경계를 구분했을 경우에 나타날 수 있는 잘못된 교통상황 판단오류를 제거함

나. 군집의 개수(K값) 결정

- 시간경계의 총 개수를 결정하는 과정
- 교통량 패턴의 변곡점 및 교차하는 지점을 교통량 곡선의 그래프를 통해 판단



〈그림 III-8〉 군집의 개수 결정 예

다. K-Means 군집화 수행

- SPSS나 SAS와 같은 통계팩키지 프로그램을 이용하여 군집분석 수행
- k개의 임의의 개체를 초기 중심값으로 선택 (시간경계 총 개수 적용)
- 15분이나 30분단위의 VPLUSKO 값을 적용
- 통계프로그램을 이용하여 개별 군집에 대해 거리의 제곱평균을 최소로 하는 새로운 중심점을 계산
- 결과값을 정리하여 초기 시간경계 값을 산출

라. 1차 보정 (최소 전이시간 보정)

- 현장적용에 있어 신호에 대한 변동이 잦을 시에 교통류에 영향을 미치는 지체 및 충격율을 완화 및 방지하기 위해 최소전이시간은 1시간으로 결정
- 최소전이시간이 1시간 미만일 경우 인접 교통량 패턴 및 밀도 등 교통패턴이 유사한 군집단위로 이동하여 보정을 수행

마. 2차 보정 (시뮬레이션 보정)

- 교통량 패턴 변화가 미세하게 변화하고, 잦은 변동이 있어 시간경계의 구분이 모호할 경우에 필요에 따라 수행
- 15분 단위로 초기 시간경계 값을 이동하면서 시뮬레이션을 수행하여 평균통행시간이 가장 낮은 시간을 보정된 시간경계로 결정

바. 3차 보정 (중방향 교통패턴 보정)

- 상행과 하행교통량의 중방향 교통패턴에 대한 보정 수행
- 상·하행 중방향 교통패턴의 변화가 일어나는 지점에 대해서 시간경계를 추가함

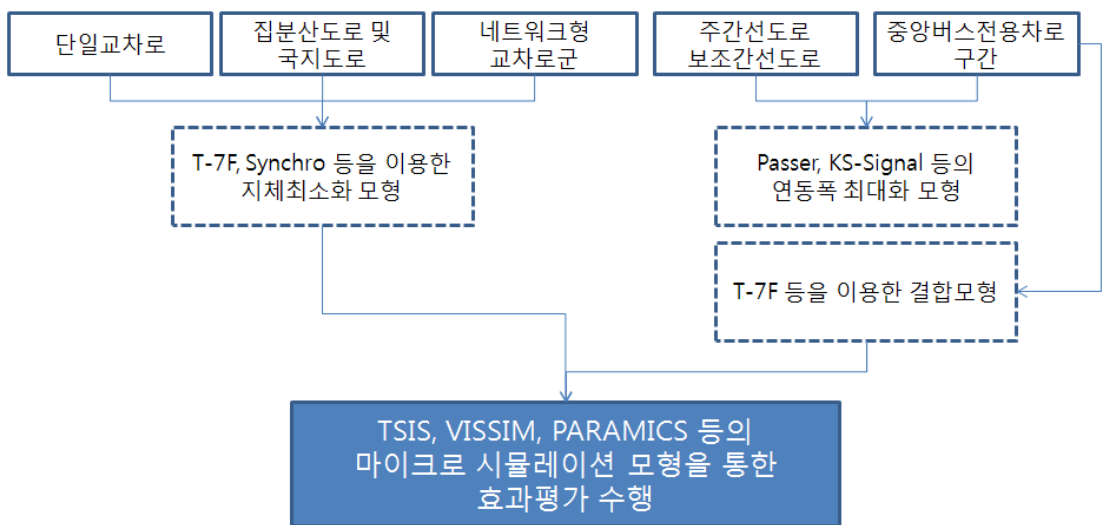
사. 최종 시간경계 결정

- 평일과 토요일, 일요일에 대해서 위의 과정을 반복 수행하여 각각의 TOD 시간계획을 작성
- 특수일은 별도의 교통자료를 적용하여 TOD 최적화 수행

제 4절 신호시간 최적화

1. 신호최적화 개요

- 교통조사를 통해 수집된 자료를 바탕으로 신호최적화 프로그램을 사용하여 교차로의 신호운영 변수인 주기, 현시길이, 옴셋, 현시순서의 최적화를 수행
- 신호최적화의 목적에 따라 지체최소화 모형과 연동폭 최대화 모형을 선택하여 최적화 작업 수행
- 사업구간의 통행특성과 시설물 설치, 도로의 기능에 따라 신호최적화 모형을 다르게 적용

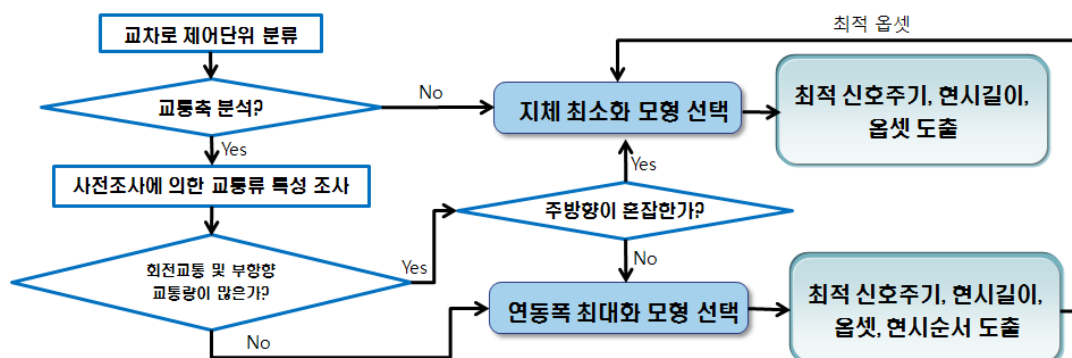


〈그림 III-9〉 도로의 기능별 최적화 모형 선택 기준

- 차량의 연동효율이 상대적으로 적거나 중요하지 않은 단일교차로, 집분산도로, 네트워크형 교차로는 지체최소화 모형을 선택
- 대상구간을 통과하는 차량의 연동과 정지수 최소화가 중요한 주간선도로의 경우는 연동폭 최대화 모형을 사용하거나 결합모형을 사용함

2. 신호최적화 과정

- 현황조사를 통해 사업대상구간의 교통류 특성 파악
- 네트워크의 과포화 정도에 따라 네트워크가 과포화 상태인 교차로의 경우, 지체감소를 위한 모형을 선택
- 비포화 교차로의 경우에는 연동폭을 최대화하는 모형을 선택
- 단일교차로와 집분산도로 및 군집교차로군의 경우, 연동폭 최대화의 장점이 희석될 가능성이 많으므로 교차로의 지체를 최소화하는 모형을 선택하여 최적화를 수행
- 간선도로나 중앙버스 전용차로는 주방향의 통과폭을 최대화하여 정지수를 감소시키는 선택을 위해 연동폭 최대화 모형이나 결합모형을 사용
- 중앙버스 전용차로는 중앙버스 전용차로 신호최적화 참고



〈그림 III-10〉 신호 최적화 프로세스

- 신호최적화 모형 선택의 기준은 다음과 같음
- ① 축단위의 교차로 분석일 경우는 연동폭 최대화 모형을 선택하고, 아닐 경우에는 지체최소화 모형 선택
- ② 연동폭 최대화 모형을 선택할 경우, 회전교통 및 부방향의 교통량이 많은가를 판단하여 많을 경우에 주방향이 혼잡하면 지체최소화 모형 선택
- ③ 주방향이 혼잡하지 않을 경우, 연동폭 최대화 모형 선택

- ④ 필요에 따라 결합모형을 선택하여 연동폭 최대화 모형의 옵션값을 지체최소화 모형에 적용하여 사용함

3. 신호최적화 모형 선택

- 신호최적화가 가능한 거시적 시뮬레이션 모형 중에 최적화의 목적이나 신호제어 방법에 따라 분석모형을 선택함
- 신호최적화 모형들의 장단점을 분석하여 대상구간에 적합한 모형 선택

[표 III-13] 신호최적화 모형

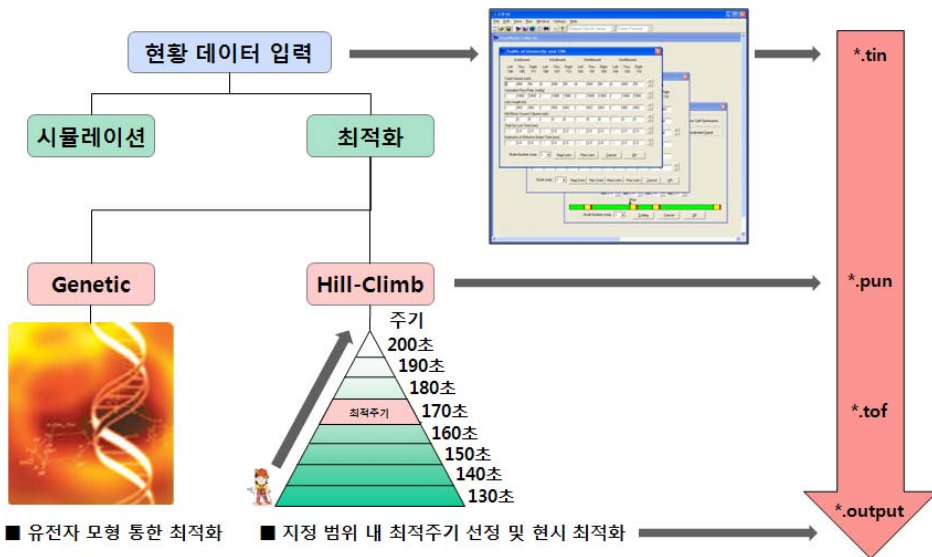
구분	T-7F	Synchro	PASSER-V	KS-Signal
주용도	간선축·네트워크 신호최적화	간선축·네트워크 신호최적화	간선도로축 신호최적화	간선도로축 신호최적화
목적함수	지체 및 정지수 최소화	지체 및 정지수 최소화	연동 대역폭 최대화	연동을 고려한 지체 최소화
지체산정	T7F Model	US HCM 2000	US HCM 2000	US HCM 1994
장점	차량군 분산모형 등 우수한 교통모형 적용	미시적 분석과 거시적 분석을 동시에 수행가능	간선도로 축의 확실한 연동효과 확인가능	연동폭 최대화와 함께 직관적인 시공도를 제공
단점	신호시간 최적화 결과가 연동을 고려하지 않음	대기행렬 길이를 고려한 신호시간 최적화 불가	부방향 지체를 최소화하지 못함	대중화가 되지 못함
적용예시	신호교차로 네트워크 신호최적화		간선도로 축 신호최적화	

- 지체도 모형은 지체를 최소화해주지만 좌회전현시순서를 최적해 시켜주지 못하므로 좌회전현시순서는 최적화되지 못하고 사용자가 모든 현시순서를 입력하여 시행
- 통과폭 모형은 교통류를 단순화하여 교차도로에서의 진입차량이나 통과 폭 밖의 직진차량 등을 고려해주지 못하므로 통과폭을 최대화하는 좌회전현시순서를 최적화 해주지만 지체를 최소화해주지는 못함

가. 지체최소화 모형

1) TRANSYT-7F 모형

- T-7F는 거시적 교통류모형으로 최대 100개의 노드와 600개의 링크로 이루어진 가로망의 최적 신호시간계획을 수립하는데 사용되는 대표적인 지체도 모형
- 전체 교통시스템 측면에서 높은 효율성을 제공하므로 네트워크의 최적 신호시간 계획에 이용되는 범용적인 모형
- 현시순서를 최적화하지 못하고 최적화시 사용되는 언덕오름기법 상 국부최소값에 귀착될 가능성이 있으며 연동방향 교통류의 통과 폭을 증가시켜야 하는 간선도로의 신호최적화에는 적절하지 못하다는 단점을 가지고 있다.
- 분석과정

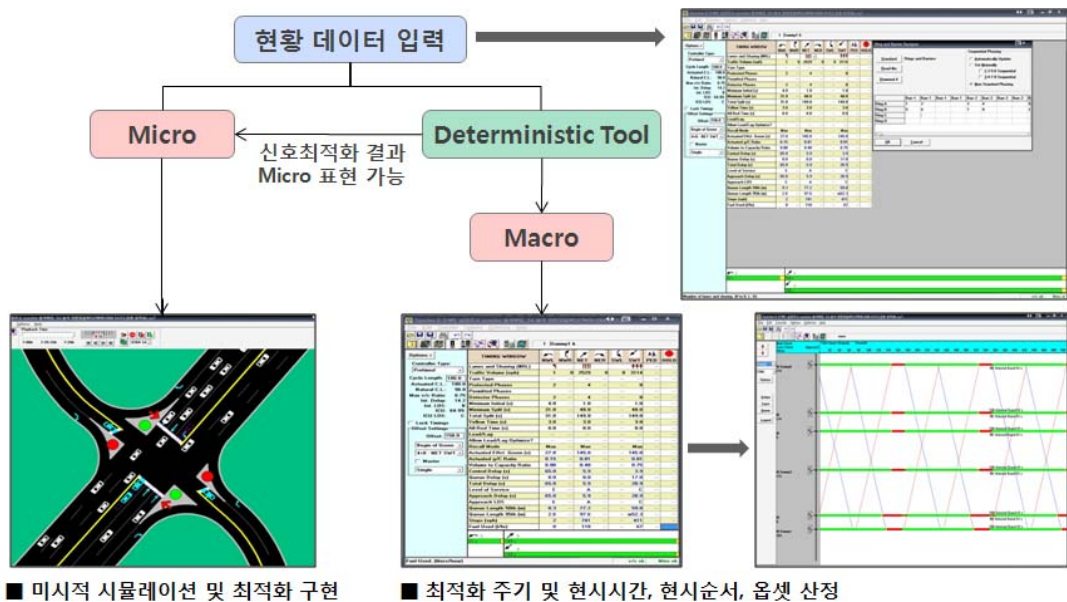


〈그림 III-11〉 T-7F의 분석과정

2) SYNCHRO 모형

- Synchro는 거시적 교통류모형으로 미국 HCM 2000에 기반한 지체도 모형
- Microscopic과 Macroscopic 동시 분석가능으로 각광

- 네트워크 전체의 지체를 최소화 하나 간선도로의 신호최적화에는 적절하지 못함
- 분석과정

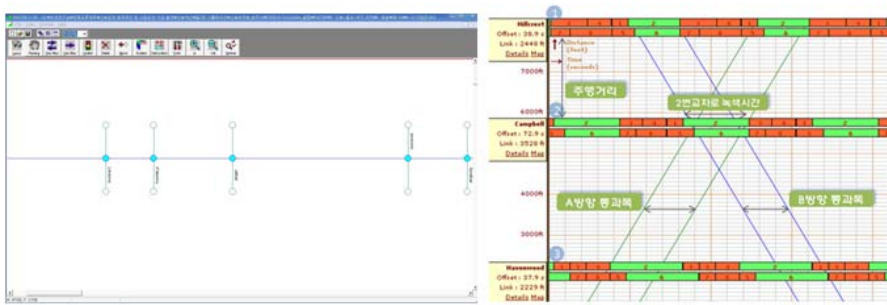


〈그림 III-12〉 Synchro의 분석과정

나. 연동폭 최대화 모형

1) Passer-V 모형

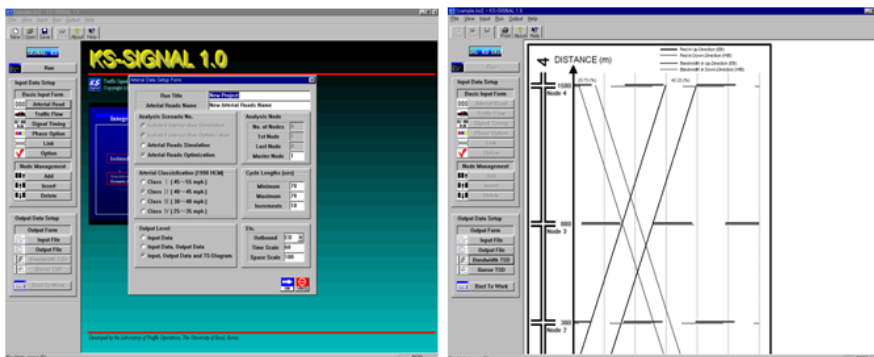
- 간선도로의 통과폭(bandwidth)을 최대화하는 간선 축 분석 툴
- 현재 PASSER 시리즈는 PASSER-II, PASSER-III, PASSER-IV, PASSER-V가 개발되어 상용 중
- Brook's Algorithm을 이용하는 Passer 모형은 차량의 통과 폭을 최대로 유지하면서 지체를 최소화하는 신호주기, 오프셋 및 현시순서를 최적화하는 모형
- 간선도로의 연동화를 위한 신호시간계획 및 시스템 평가에 유용하나, 교통량이 많을수록 좋지 못한 해를 도출하며, 지체가 최소화된다는 보장이 없는 단점을 가지고 있음



〈그림 III-13〉 Passer-V 분석화면

2) KS-SIGNAL 모형

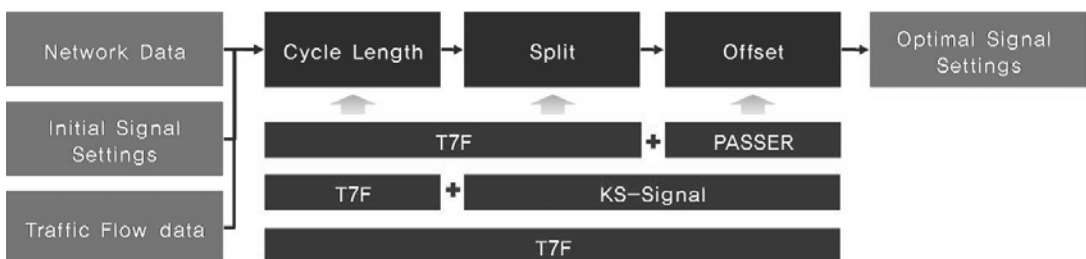
- 우리나라의 교통여건에 부합되는 간선도로 신호 연동화 모형 구축을 목표로 1996년부터 개발
- KS-SIGNAL은 보다 더 현실적인 교통류형태를 기초로 하여, 지체를 최소화하면서 좌회전 현시순서를 최적화시키는 MILP의 형태를 갖는 최적화모형
- KS-SIGNAL는 기존 모형들의 문제를 해결하여 연동을 고려한 지체 최소화를 위한 신호최적화를 수행
 - 간선도로의 연동화를 위한 신호최적화 수행
 - 모든 신호계획 변수(주기, 녹색시간, 옴셋, 현시조합) 최적화
 - 유전자 알고리즘, 혼합정수계획법(MILP) 형태의 모형 개발로 최적해 산출
 - 국내의 교통여건, 도로상황을 고려한 모형
- 직관적인 통과폭 시공도와 대기행렬 시공도의 출력이 장점



〈그림 III-14〉 KS-SIGNAL의 분석화면

다. 결합 모형

- 지체최소화와 연동폭최대화의 두 가지 목적을 만족시키기 위한 시도로 두 가지 모형의 결합방법이 제기되기 시작
- Passer-V는 먼저 연동화 통과 폭을 산정하고 이들 통과 폭을 제약조건으로 하여 여유녹색시간(slack green time, interference)내에서 지체화를 최소화하는 단계별 모형간선도로의 통과폭(bandwidth)을 최대화하는 간선 축 분석 모형
- AAP(Arterial Analysis Package)는 Passer-V와 T-7F를 프로그램 내에서 상호 처리하는 모형으로 기존의 지체최소화 모형인 T-7F와 통과 폭 최대화 모형인 Passer-V의 장점을 부각시켜 통합된 환경 하에서 간선도로 연동화에 관한 신호최적화가 가능
- 두 모형의 결합모형 사용방법
 - T-7F로 지체 최소화 → 주기 및 Split고정 → Passer-II로 연동폭 최대화 및 현시순서, 오프셋 최적화
 - Passer-II로 현시순서 및 연동폭 최대화 → CI의 오프셋고정 → T-7F로 MI의 지체를 최소화 하기위한 최적화 수행



최적 신호시간 도출을 위해 시뮬레이터의 조합 적용!

〈그림 III-15〉 결합모형 사용방안

4. 신호최적화 수행

가. 교통분석모형의 자료입력

- 예비조사와 사전조사를 통해 분석된 현황자료를 바탕으로 신호최적화를 수행하기 위한 교통분석모형의 입력 데이터를 정리하여 코딩
- 기하구조의 입력
교통분석모형 별 자료입력 구조에 따라 현황조사에서 정리된 링크길이, 차로수, 차로 등의 자료를 입력
- 신호자료 입력
주기, 현시길이, 현시순서, 오프셋을 기준으로 입력하고, 최적화시에는 최적화 할 주기범위와 오프셋의 옵션을 선택하고, 현시순서를 최적화 할지 결정하여 최적화 작업을 수행
- 교통시설물을 입력
교통류의 흐름에 영향을 미치는 교통시설물과 버스정류장등의 위치 등을 입력
- 파라미터를 조정
현황조사에 의하여 방향별 포화교통류율, 제한속도, 운전자 특성 등을 조정
- 교통량의 입력
 - 교차로별, 접근로별, 방향별 통과교통량 데이터를 이용하고, 버스데이터는 문헌조사를 통한 배차간격을 통해 입력
 - 조사된 총교통량 대신에 분석시간대의 평균 15분 교통량과 85 Percentile 15분 교통량 중 더 큰 교통량을 사용하여 최적화를 수행
 - 보정 교통량(대/시) = 분석시간(시) $\times$ $Max(85\%tile\ 15분\ 교통량(대/15분),$
 $평균\ 15분\ 교통량(대/15분)) \times 4$

나. 최적화 수행 및 결과분석

- 교통분석모형을 실행하여 얻은 결과물을 이용하여 실행결과를 분석하고, 신호최적화 효과를 검증
- 교통분석모형의 매뉴얼을 참조하여 신호주기, 현시길이, 현시순서, 오프셋 최적화 옵션을 설정
- 단일교차로와 네트워크형 교차로군의 경우에는 일반적으로 평균정지지체(초/대)를 효과척도로 사용하고, 교통축의 분석에서는 연동효율(%)과 평균정지지체를 효과척도로 활용
- 그 밖에 교통분석모형의 산출 가능한 효과척도에 따라 링크주행속도(km/h), 정지수(회), 대기행렬길이(m) 등을 활용
- 신호최적화 시나리오에 대해서 각각의 효과척도 산출결과를 정리하여 최적 시나리오를 작성
- 신호주기, 현시길이, 현시순서, 오프셋의 4가지 신호교차로 제어 변수에 대하여 분석 시간 별로 정리하여 신호최적화 결과물로 활용

제 5절 좌회전 신호 개선

1. 비보호 좌회전 적용

가. 비보호 좌회전 적용 시 고려사항

- 교차로에서 좌회전 교통의 처리방법에는 크게 보호좌회전과 비보호좌회전 방식으로 나눌 수 있음
- 좌회전 교통량이 많지 않고 대향 직진차량 사이의 간격이 좌회전하기에 충분하거나 직진차량이 없는 경우 별도의 좌회전현시를 사용하지 않고 직진신호 동안 운전자의 판단에 따라 좌회전하도록 하는 현시 방법
- 비보호좌회전을 실시하면 신호주기내에 별도의 좌회전 신호가 없고 직진신호에 좌회전 차량이 이동하게 되므로 현시수가 줄면서 교차로의 효율을 높일 수 있음
- 안전에 관한 문제가 야기 될 수 있으므로 설치기준을 고려하여 적용교차로를 신중히 고려해야함
- 좌회전 교통량이 많거나 직진교통량이 많을 경우에는 오히려 교차로의 효율이 저하될 수가 있음
- 비보호좌회전차량이 적고 대향 직진차량이 적은 특정한 경우에 적용함

나. 비보호 좌회전 설치 기준

- 비보호 좌회전을 적용하는데 있어 아래의 요소를 고려하여 검토
 - 교통량 기준 : 좌회전 교통량과 대향 직진 교통량, 좌회전 교통량
 - 기하구조 기준 : 대향차로 수, 좌회전 차로 제공유무, 교차로 시거
 - 운영기준 : 지체, 교차로 용량
 - 교통사고 기준 : 교통사고 기록, 현장조사 및 이동류 상충분석

[표 III-14] 비보호 좌회전 설치 기준안

기 준	내 용
교통량	3차로 이하 접근로의 좌회전 교통량과 이에 상충하는 직진교통량의 곱이 첨두시간에 1차로는 차로당 50,000대²/h 미만, 2차로는 100,000대²/h 미만, 3차로는 150,000대²/h 미만 - 첨두시간 좌회전 교통량이 90대/h 미만
교통사고	좌회전 관련 교통사고가 4건/년 이하
시계	좌회전의 시계가 확보되는 곳
대향 직진차로 수	≤ 3차로
기타	- 상충분석 결과 잠재적인 좌회전 문제가 존재하지 않는 곳 - 접근속도가 70km/h 이하로 빠르지 않은 곳

교통운영체계 선진화 연구 (2010.03, 경찰청) 설치기준

- ※ 참고 : 노히철 : 교통량 곱 17만대2/h(2차로), 좌회전 교통량 170대/h
 안창태 : 교통량 곱 72,000대2/h~120,000대2/h, 좌회전 교통량이 300대/h
 황상호 외 : 교통량 곱 5만대2/h(1차로), 좌회전 교통량 90대/h
 미국 HCM : 교통량 곱 10만대2/h(2차로), 좌회전 교통량 100대

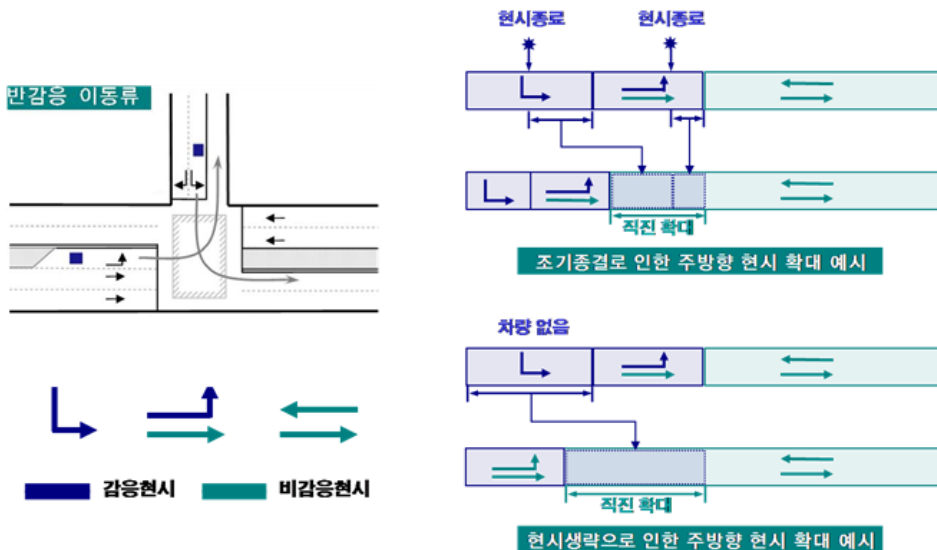
2. 좌회전 감응시스템 적용

- 좌회전 감응시스템의 기본원리는 좌회전 차량의 적절한 통제로 직진차량의 진로방해나, 불필요하게 긴 좌회전 신호에 의한 지체를 최소화하여 교차로 소통을 증진
- 주방향 좌회전 현시, 부방향 현시에 감응제어의 수행하여 조기종결 및 생략으로 발생하는 잔여시간을 주방향 현시로 배분함

가. 좌회전 감응시스템 유형

1) 독립형 반감응 제어

- 독립교차로를 대상으로 직진현시를 제외한 모든 현시를 감응하여 잔여녹색시간을 주방향 직진현시에 부여함으로써 주방향 직진차량의 원활한 소통을 도모
- 독립교차로를 대상으로 적용



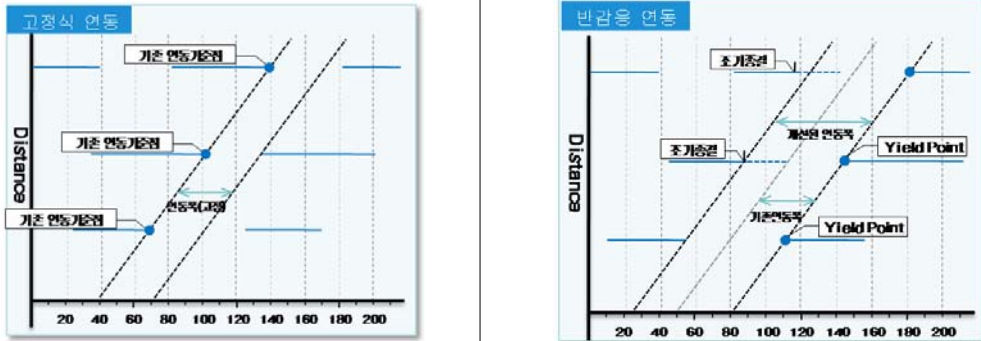
〈그림 III-16〉 독립형 반감응제어 운영

2) 연동형 반감응 제어

- 연동형 반감응제어는 감응제어를 통해 발생하는 잔여녹색시간을 주방향 직진에 부여하여 연동폭을 최대화
- 연속된 교차로의 간선도로를 대상으로 적용
- 연속된 감응제어 교차로에 대하여 Yield Point를 주방향 직진현시가 끝나는 지점으로 이동시켜 연동제어를 수행
- 연속성을 유지하기 위해 가급적이면 동일한 교통류 특성을 갖는 교차로를 대상으로 시스템을 구성

- 교차로 간격이 연동제어시 연동효과가 존재하는 800m이하일 경우 연동형 반감응 제어 시스템 구성하는 것을 원칙으로 함

연동형 감응제어



〈그림 III-17〉 연동형 감응제어의 예시

나. 좌회전 감응시스템 설치 기준

1) 교통 조건

- 선행연구 검토 결과 주방향 임계차로 교통량 수준 및 주도로 대비 부도로의 교통량비를 기준으로 좌회전 감응시스템의 설치기준을 제시
- 국내의 교통특성을 반영한 좌회전 감응시스템의 설치기준
 - 주방향 임계차로 교통량 수준 : 900vph(첨두교통량) 이하
 - 주도로 대비 부도로의 교통량비 : 20%이하
(단, 설치기준 외에도 야간의 교차로 효율성 제고를 위해 설치할 수 있음)

2) 도로 조건

- 도로의 기하구조 조건
 - 차량의 신호대기 공간, 즉 좌회전 차로가 명확하여 서비스 제공이 가능

- 교차로에 좌회전 감응을 위한 검지기 설치가 가능하고 유지관리가 용이



〈그림 III-18〉 좌회전 감응 적용을 위한 고려사항 기준

다. 좌회전 감응시스템 운영요소

- 좌회전 감응제어 시스템의 주요 운영변수는 〈표 II-7〉과 같이 최소녹색시간, 단위 연장시간, 최대녹색시간으로 구분

[표 III-15] 운영제어 변수

기 준	내 용
최소녹색시간	• 초기 대기행렬을 위한 최소녹색시간 • 검지기 적용방식 및 검지기 이격거리에 의해 결정
단위연장시간	최소녹색시간 이후 차량 검지 시 연장하는 시간
최대녹색시간	최대 연장 가능 녹색시간

1) 최소녹색시간 설정

- Small-area Detector에서 단위연장시간은 최대 허용 차두시간, 차량접근속도, 차량 길이, 검지기 길이를 고려하여 차량이 검지기에서 교차로까지 도달할 수 있을 정도의 시간으로 결정하며 다음과 같이 산출

$$\text{단위연장시간(초)} = \text{최대허용 차두시간(초)} - \frac{L_v + L_d}{V_{85^{th}}/3.6}$$

여기서, L_v = 차량길이(6m가정)
 L_d = 검지영역 길이(1.8m 가정)
 $V_{85^{th}}$ = 85th percentile 접근속도

[표 III-16] Small-area Detector에서 최소녹색시간

구분	검지기의 set-back 거리 (m)					
	30	35	40	50	60	70
단위연장시간 (초)	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6

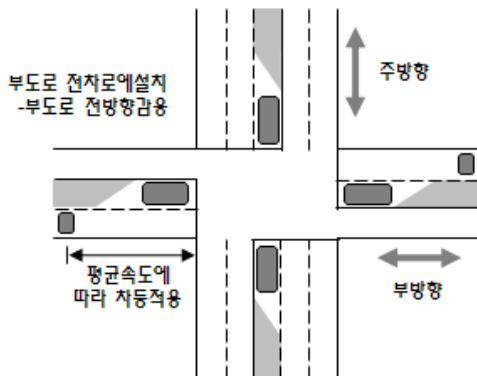
- Large-area Detector의 경우 검지기가 대부분 정지선에 위치하기 때문에 단위연장시간을 0에 가깝게 설정하는 것을 권장

2) 최대녹색시간 설정

- 최대녹색시간은 연동형 반감응제어를 적용할 때와 독립교차로 감응제어를 적용할 때로 구분하여 적용
- 연동형 반감응제어 시에는 주기를 고정시켜 오프셋이 유지시키기 위해 최대녹색시간을 TOD 시간으로 하는 것을 권장
- 독립교차로 감응제어 시에는 최대녹색시간을 TOD 시간의 1.25~1.5배로 하는 것을 권장

라. 좌회전 감응시스템 검지기 설치 기준

- NEMA 감응제어의 검지기 체계를 따름
- 반감응제어는 부방향 전차로 및 주방향 좌회전 차로에 검지기를 설치



〈그림 III-19〉 검지기 설치 위치

1) Small-Area 검지기

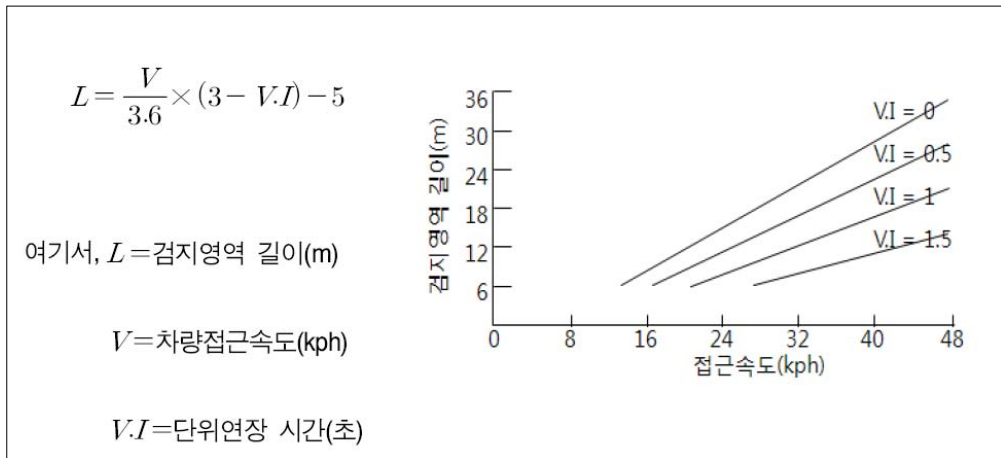
- 접근속도에 따른 Set-back 거리는 85 percentile 접근속도로 최대 허용 차두간격 만큼 주행할 때의 거리로 설정

[표 III-17] 검지기 설치 위치

85th Percentile 접근속도 (km/h)	검지기 set-back 거리 (m)
30	25
35	29
40	33
50	42
60	50
70	58
70 이상	Volume Density 나 Multiple Detector 사용

2) Large-area 검지기

- 검지영역에 차량이 점유되는 시간만큼 차량의 존재여부를 검지하는 방식으로 접근 속도가 낮은 회전차로에 설치
- 검지영역의 길이는 교차로 접근속도와 제어기 단위연장 설정 값에 따라 변하며, 최소 6m 보다 길어야 함

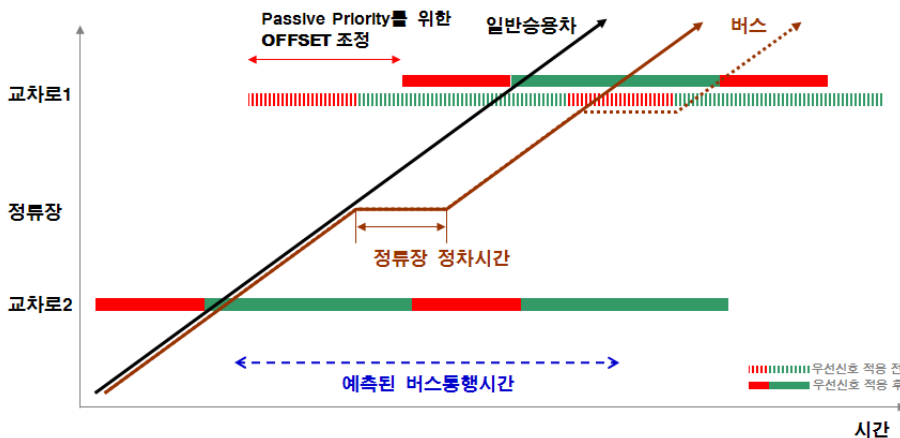


〈그림 III-20〉 Large-area 검지영역 결정

제 6절 중앙버스전용차로 구간 최적화

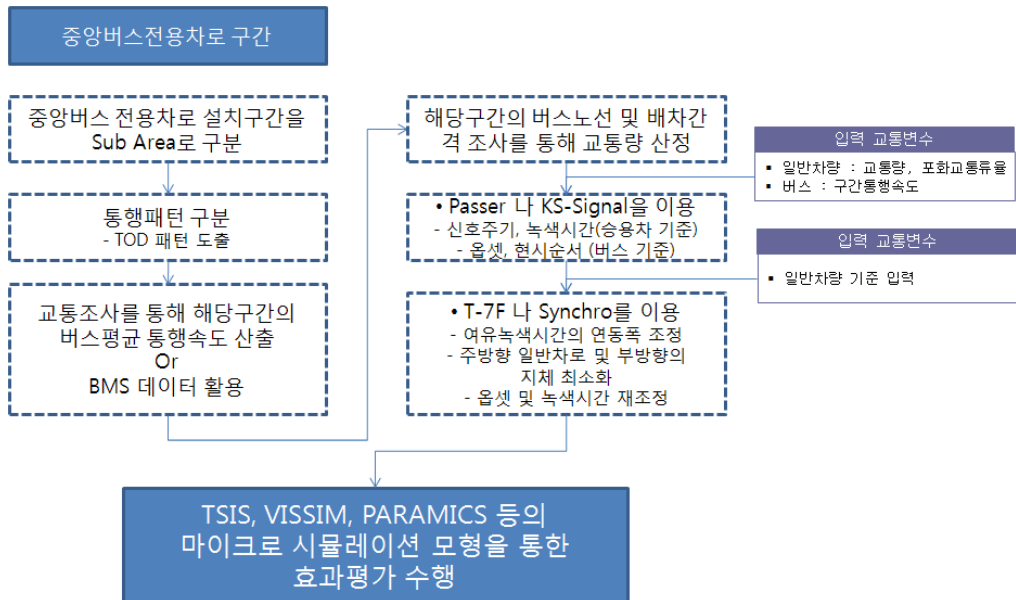
1. 버스우선신호 개요

- 버스우선신호의 목표는 신호교차로에서 발생하는 지체와 버스통행시간의 편차를 최소화하여 버스의 정시성을 강화함으로써 서비스수준을 제고하는데 있음
- 버스우선신호는 수동형(Passive Priority), 능동형(Active Priority)으로 구분하여 적용하며, 이는 신호교차로의 운영모드(TRC, TOD), 버스의 운영형태(Schedule & Headway Base), 버스정류장 위치 등 교차로 기하구조 환경 등을 고려하여 결정
- 버스연동 중심 제어 방안은 링크 통행속도를 승용차가 아닌 버스 통행속도를 기준으로 하여 신호시간 옵션값을 조정하는 방법으로, 수집된 버스교통정보 데이터를 근거로 버스통행시간을 예측하여 신호교차로별 버스도착예정시간을 미리 산정하여 이에 맞게 연동을 조정해 주는 기법
- 사전에 시간대별, 요일별 특정한 패턴 조사하여 미리 산정된 통행시간으로 버스중심의 연동제어를 위한 TOD 구축이 가능하며, 버스가 신호교차로에 도착 시 녹색시간이 부여될 확률을 증가시켜 버스통행속도가 증가



〈그림 III-21〉 수동형 버스우선신호 개념도

- 중앙버스전용차로가 설치된 사업구간의 버스우선신호 최적화 과정은 아래와 같음



〈그림 III-22〉 중앙버스전용차로 구간의 최적화 과정

2. 버스연동 중심 제어의 신호시간 산정 방안

가. 버스통행 시간 산정

- 구간 통행시간은 구간 시점부부터 종점부까지 이동하는데 걸리는 총 소요시간으로 버스의 경우 버스주행시간(자유속도로 운행 할 때의 주행시간과 신호교차로 등에 의한 감·가속 시간의 합)과 버스정차시간 등에 의하여 결정
- 사업구간 내의 버스전용차로의 실측조사를 수행
- 조사자료
 - 버스가 자유속도로 주행 할 때의 주행시간
 - 정류장 및 적색시간에 의한 가속 및 감속시간
 - 신호교차로에 의한 지체
 - 정류장의 승하차를 위한 정차시간을 포함

- 버스정차시간은 버스정류장에서 승객의 승하차를 위하여 정지해있는 시간으로 정류장 도착하여 출입문이 열리는 시각부터 승하차를 마치고 출입문을 닫고 출발하기 직전까지의 시간으로 산정

나. 신호시간 최적화 방법

- 버스 연동폭 최대화와 일반차량 지체변화의 최소화를 위하여 결합모형 방안을 구축
- Passer-V를 이용한 버스연동중심의 신호시간을 산정한 후, 버스 연동폭을 유지한 채, Transyt-7F를 이용한 일반차량 지체변화를 최소화하는 신호시간을 산정

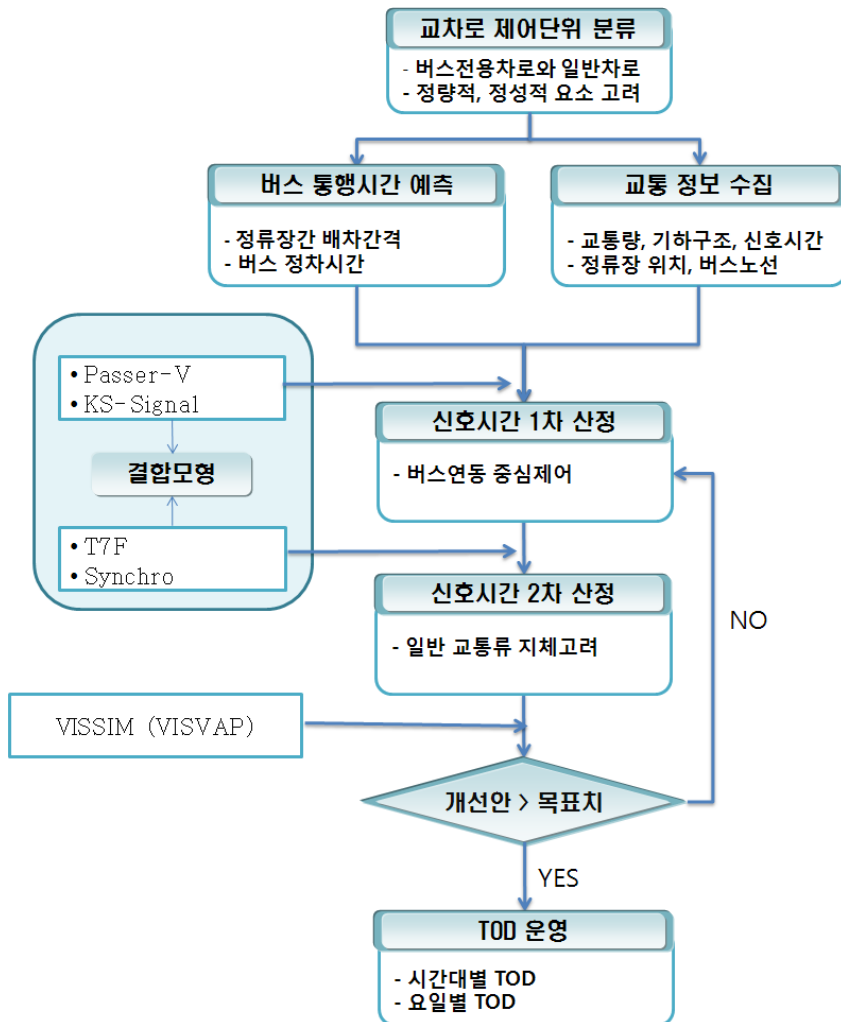
1) 버스 연동폭 최대화를 고려한 신호시간 1차 산정

- Passer-V를 이용한 1차 신호시간 산정
- 일반차량 교통량 및 포화교통류율을 입력하고 버스정류장을 포함한 교차로간 거리와 통행시간 산정
- 산출한 버스통행속도를 입력 링크속도로 입력한 후 방향별 가중치에 따른 결과를 도출

2) 일반차량 지체 최소화를 고려한 신호시간 2차 산정

- T-7F를 이용한 2차 신호시간 산정
- Passer-V의 연동값과 현시순서를 사용하여 T-7F에 적용 후, 교차로 지체를 최소화하는 주기, 현시길이를 산정
- 1차로 산정된 신호시간의 연동폭을 결정하는 것은 네트워크 내 임계교차로이므로 이외의 교차로에는 여유녹색시간(Slack Green Time) 이 발생
- 여유녹색시간 내 옴셋값을 조정하는 것은 버스연동 중심제어의 연동폭에 영향을 미치지 않으므로, 버스중심의 신호시간 계획방법에 의해 일반교통류에 영향을 미치

는 것을 최소화하기 위하여 여유녹색시간 내 일반 교통류 지체를 최소화하는 2차
오프셋을 산정함



〈그림 III-23〉 버스우선신호 적용 프로세스