

## 제 4 장 시뮬레이션 평가

---

- 제 1 절    시뮬레이션 평가의 개요
- 제 2 절    시뮬레이션 모형 선택
- 제 3 절    시뮬레이션 네트워크 구축
- 제 4 절    시뮬레이션 모형 정산
- 제 5 절    효과분석

## 제 4 장 시뮬레이션 평가

### 제 1절 시뮬레이션 평가의 개요

#### 1. 시뮬레이션 평가의 목적

- 신호운영체계개선의 과정에서 신호시간계획의 대안별 평가를 위하여 미시적 시뮬레이션 모델을 이용한 분석을 수행
- 다양한 신호운영체계 개선 방안을 평가하기 위해서는 네트워크 및 대안의 특성에 따라 차별화된 시뮬레이션 분석도구의 적용

#### 2. 시뮬레이션 평가의 범위

##### 가. 공간적 범위

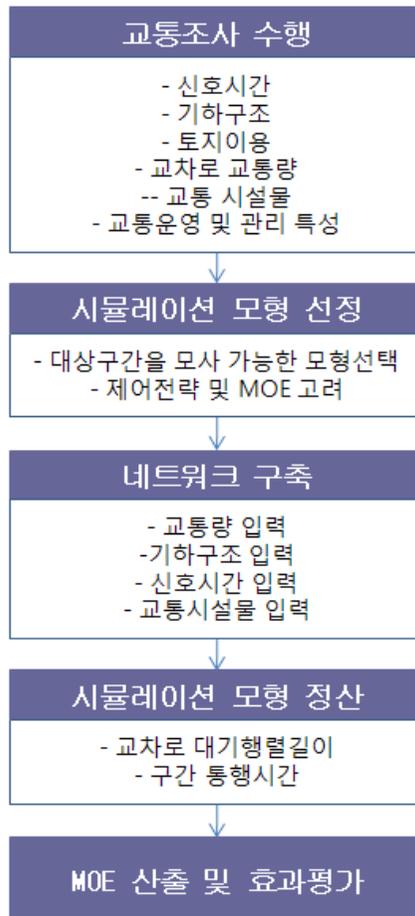
- 과업대상 교차로 구간
- 과업대상 교차로와 이웃한 최소 1개의 이상의 인접교차로

나. 시간적 범위

- 평일, 토요일, 일요일 평가 수행
- 첨두시/비첨두시 평가 수행
- 필요시 24시간 평가 수행

다. 업무수행 절차

- 시뮬레이션 평가를 위해 다음과 같은 절차를 따라 업무를 수행함



<그림 IV-1> 업무 수행 절차

## 제 2절 시뮬레이션 모형 선택

## 1. 시뮬레이션 모형의 적용

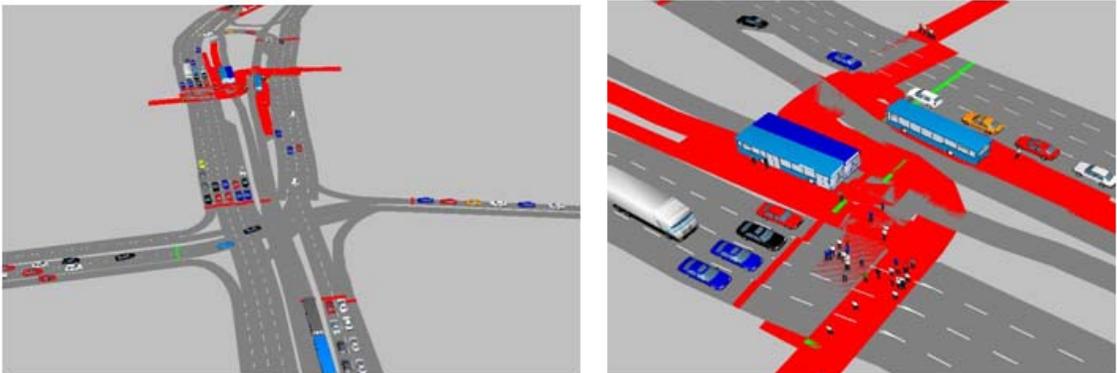
- 과업대상 교차로의 모사와 평가가 가능한 마이크로 시뮬레이션 모형 중에 최적화의 목적이나 신호제어 방법에 따라 분석모형을 선택함
- 다양한 신호운영체계 개선 방안을 평가하기 위해서는 네트워크 및 대안의 특성에 따라 차별화된 시뮬레이션 분석도구의 적용이 필요함
- 최근에 개발되어 사용되는 시뮬레이션 도구는 VISSIM, PARAMICS, TSIS, Synchro 등이 있으며, 분석대상 구간의 특성과 신호제어전략을 고려한 최적의 시뮬레이션 분석도구의 선택하여 사용함
- 시뮬레이션 분석에 사용될 범용적인 시뮬레이션 도구의 특징

[표 IV-1] 미시적 시뮬레이션 분석도구의 비교

구분	VISSIM	PARAMICS	TSIS NETSIM
네트워크 표현능력	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사실적 네트워크 표현</li> <li>• 링크간의 연결</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사실적 네트워크 표현</li> <li>• 링크간의 연결</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개략적 네트워크 표현</li> <li>• 노드와 링크의 조합</li> </ul>
차량 추종 모형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiedemann Model</li> <li>• 인지모형으로 운전자의 특성반영 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PARAMICS Model</li> <li>• 교통상황별 차별화된 파라메타 적용 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fitt's Model</li> <li>• 전통적인 속도·가속도 모델에 반응시간 고려</li> </ul>
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현실적인 네트워크 묘사와 우수한 차량 추종 모형 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현실적인 네트워크 묘사와 우수한 차량 추종 모형 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NEMA 감응제어를 기본기능으로 탑재하여 다양한 감응분석 가능</li> </ul>
적용예시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TOD 제어 신호시간 대안 평가</li> <li>• 중앙버스전용차로의 신호시간 대안 평가</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 감응제어분석 시뮬레이션</li> </ul>

### 1) VISSIM 모형

- 1992년 독일 PTV사에서 개발
- 사실적인 네트워크의 모사와 버스전용차로, 승용차, 트럭, 버스, 일반철도, LRT, 자전거, 보행자 등의 다양한 교통시설물 및 교통수단에 대한 표현이 가능
- 분석결과를 사용자의 목적에 맞게 선택적으로 출력 가능함 (링크별, 차종별, 시간대별 산출 가능)
- 우수한 Car-Following Model(Wiedemann\_74,99)을 사용함으로써 다른 소프트웨어와 차별성을 지님
- 3D 애니메이션을 제공함으로써 강력한 VISUAL 제공
- VISVAP의 사용으로 다양한 교통운영 전략을 사용자가 구현할 수 있음

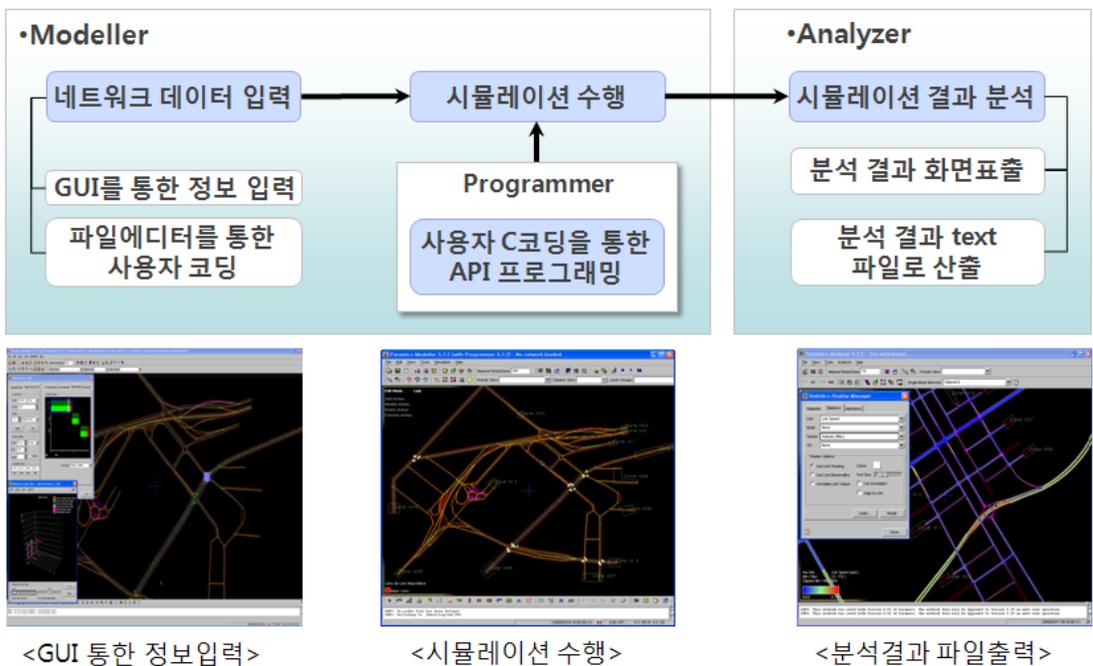


〈그림 IV-2〉 VISSIM의 실행모습

### 2) PARAMICS 모형

- Edinburgh Parallel Computing Center에서 1990년에 개발되어 현재는 SIAS Ltd., EPCC Qoudstone Ltd.에서 지속적인 연구개발이 이루어지고 있는 미시적 시뮬레이션 모형
- 각 차량들은 상세한 속성들을 가지고, ITS와 운전자와의 인터페이스를 모델링 할 뿐만 아니라 정확한 교통류, 대중교통 시간, 혼잡정보를 시뮬레이션 할 수 있음

- 신호의 영향, 첨단신호제어, 램프 미터링, 루프검지기, 다양한 속도 표지, VMS와 CNS 신호전략, 차량 내 네트워크 상태 장비, 차량 내 네트워크 문제에 대한 메시지, 재 경로 설정문제를 모델링이 가능
- 로터리, 대중교통, 주차장 시설, 유고의 영향, 트럭 차로 및 HOV차로를 분석
- 3D를 이용한 화려한 시각적 효과 제공
- API 모듈을 이용하여 다양한 교통상황 및 제어전략의 묘사가 가능

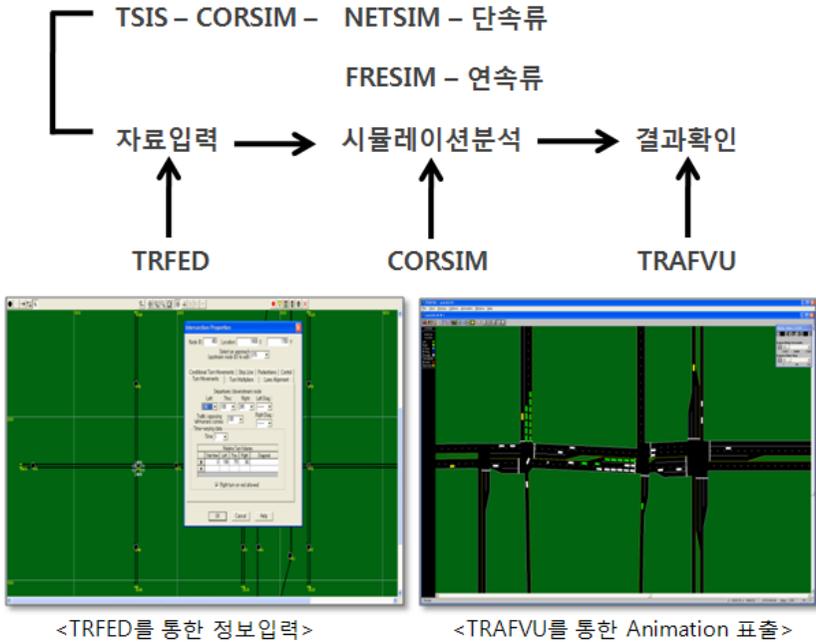


<그림 IV-3> PARAMICS의 분석과정

### 3) TSIS 모형

- 미국도로연방국(FHWA)에서 개발한 프로그램으로 단속류 및 연속류의 분석에 널리 사용되고 있음
- 정주기식 제어 및 감응식 제어 전략평가에 강점을 가지고 있음
- 버스운영, 장애물, 주차, 도류화, spill back, 일시적인 이벤트, 연속류의 차로변경모

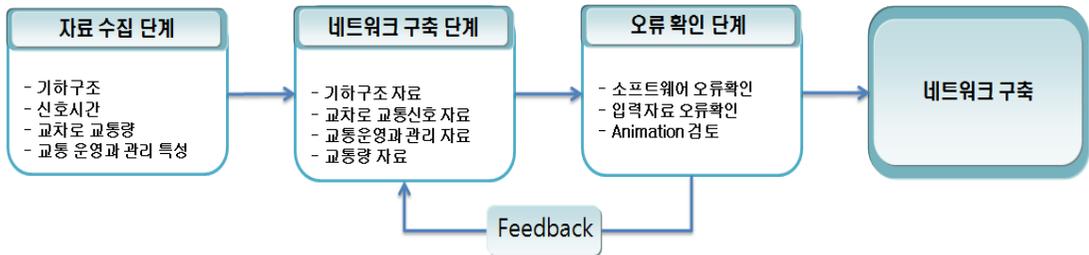
델, 램프미터링, HOV 운영 등의 도시내에서 경험하게 되는 대부분의 상황을 상당히 섬세한 수준까지 재현 가능



<그림 IV-4> TSIS NETSIM의 분석과정

### 제 3 절 시뮬레이션 네트워크 구축

- 일반적인 시뮬레이션의 구축과정은 자료수집, 네트워크 구축, 오류확인 과정의 절차를 거쳐 네트워크를 구축하게 되고, 정산과정을 통해 현실과 유사한 상황을 모사



〈그림 IV-5〉 VISSIM 네트워크 구축 과정

#### 1. 자료수집

- 자료 수집은 시뮬레이션 구축 및 평가를 위해 대상구간으로부터 필요한 자료를 수집하는 단계로 다음의 자료를 조사함

##### 가. 기하구조 자료

- 기하구조 데이터는 현장조사를 통해 수집한 자료를 기본으로 문헌자료를 통한 보완작업을 수행
- 교차로근처의 유출입부, 각 접근로에 대한 경사 등의 상세한 조사를 수행

##### 나. 신호시간 데이터

- 현황은 서울시 시설물 정보센터에서 제공하는 TOD 신호시간의 정보를 사용함
- 신호체계 개선안은 교통분석모형의 산출물을 사용함

# 신호운영 체계개선 매뉴얼

- 현황조사를 통해 실제 신호시간과 조사된 신호시간의 확인 작업을 수행
- 표준신호제어기 데이터베이스를 참조하여 입력

**표준신호제어기데이터베이스(GW-2020)**

(중랑서)

**1** 지도

**2** 차로번호: 880 교차로명: 중랑전화국 작성일: 2010.07.07

1현시	2현시	3현시	4현시	5현시	6현시

**3** 주현시

20:04:01:0	20:04:01:0
------------	------------

**4** 최소녹색 (MIN)

33:10:32:10	33:10:32:10
-------------	-------------

**5** 맵최대녹색 (MAP MAX)

09:04:04:03:03:0	09:04:04:03:03:0
------------------	------------------

**6** 중앙최대녹색 (HOST MAX)

11:04:04:05:0:03:0	11:04:04:05:0:03:0
--------------------	--------------------

**7** 보행녹색

12:00:12:00	12:00:12:00
-------------	-------------

**8** 보행검멸

18:00:20:00	18:00:20:00
-------------	-------------

**9** 풍색신호

03:03:03:03	03:03:03:03
-------------	-------------

**10** 전적색신호

00:02:01:00	00:02:01:00
-------------	-------------

**11** 보행전시간

03:00:00:00	03:00:00:00
-------------	-------------

**12** MDS

00:00:00:00	00:00:00:00
-------------	-------------

**13** TOD PLAN 1(평일)

번호	시각	주기	SP	FC
1	02:30	130	5	5
2	07:00	140	11	11
3	09:00	140	12	12
4	11:00	130	6	6
5	15:30	130	9	9
6	18:00	140	13	13
7	21:00	120	1	1
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

**TOD PLAN 2(토요일)**

번호	시각	주기	SP	FC
1	02:30	130	7	7
2	06:00	130	8	8
3	08:00	140	11	11
4	10:00	140	14	14
5	18:00	140	13	13
6	22:30	120	2	2
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

**TOD PLAN 3(공휴일)**

번호	시각	주기	SP	FC
1	02:30	130	8	8
2	07:30	130	7	7
3	09:30	140	15	15
4	18:00	140	16	16
5	22:00	120	3	3
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

**TOD PLAN 4(특수일)**

번호	시각	주기	SP	FC
1	02:30	130	10	10
2	07:30	130	7	7
3	09:30	140	15	15
4	18:00	140	16	16
5	22:00	120	3	3
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

**특수일**

PLN	DAY	TOD
1	1, 1	4
2	2, 13	4
3	2, 15	4
4	3, 1	4
5	5, 5	4
6	5, 21	4
7	9, 21	4
8	9, 22	4
9	9, 23	4
10	12, 25	4
11		
12		
13		
14		
15		
16		

**14**

번호	주기	판호	연동	현시각	번호	주기	판호	연동	현시각
1	120	1	0	44:25:86:15 44:25:86:15	4	130	9	0	51:30:36:13 51:30:36:13
		2	0	46:25:86:13 46:25:86:13			10	0	51:20:36:13 51:20:36:13
2	120	3	0	49:22:86:13 49:22:86:13	5	140	11	0	56:24:36:14 56:24:36:14
		4	0	48:23:86:13 48:23:86:13			12	0	58:32:36:14 58:32:36:14
3	130	5	0	55:16:86:13 55:16:86:13	6	140	13	0	56:31:36:17 56:31:36:17
		6	0	52:29:86:13 52:29:86:13			14	0	56:30:36:18 56:30:36:18
		7	0	57:24:86:13 57:24:86:13			15	0	60:28:36:16 60:28:36:16
4	130	8	0	60:21:86:13 60:21:86:13	16	0	55:32:36:17 55:32:36:17		

**15**

8	7	6	6
4	3	2	1

**16**

상호(SA1)

- 어린이보호구역 인장 보행속도 0.8m/sec 적용
- 보행검멸 시각시점 변경
- 신리진 무라희진 관련 신호체계 변경(2010. 2)
- 용2로 축개선 관련 그룹 및 TOD 변경(2010.6)
- 용2로 시범은영사업관련 그룹 및 TOD 변경(2010.6) (도로교통시설담당관-9997)

<그림 IV-6> TOD TYPE I(GW-2020)에 대한 표준신호 제어기 신호운영자료

- TOD TYPE I(GW-2020, LGTS-48S)에 대한 신호 운영 DB의 용어와 기준에 대한 설명을 나타내었다. 이는 제어기 신호자료 입력자와 신호운영자, 센터 모니터링자와 공통 규약이며, 다음과 같은 내용이 반드시 포함되어야 함
- ① 위치도 : 교차로의 기하구조와 위치를 표시한다.
- ② 현시순서 : 현시순서와 현시방법을 나타내며, 직선은 차량, 점선은 보행의 이동류로 표시한다.
- ③ OPTION : 주현시 구분을 나타내는 규약으로 주현시 ‘28’ , 또는 ‘20’ , 기타 현시 ‘10’ 으로 표기한다. 그러나 표준신호제어시스템에서는 제어변수에서 시작현시란에 주현시를 지정하여 준다.
- ④ MINIMUM GREEN TIME(최소녹색시간 : M.G) : 최소녹색시간은 어떠한 경우라도 제어기에서 확보하고 진행되는 시간을 의미하는데 일반적으로 차량의 출발지연시간과 1대의 차두간격시간이 기본이 되며, 최소값은 5초이고, 횡단보도가 설치되어 있을 경우 횡단보도 보행자 신호시간이 최소값이 된다.
- ⑤ 맵최대녹색 (MAP MAX) : 표준신호제어기의 신호운영맵(Signal Map)에 이용되는 값으로  $M.G. + MAP\ MAX \geq HOST\ MAX$ 으로 산정하며, 신호시간의 가변 값으로 신호시간은 이 범위 내에서 표출되어진다.
- ⑥ 중앙최대값(HOST MAX) : 표준신호제어시스템의 중앙에서 전이시간을 지정하는 값으로  $신호시간최대값 \times 1.33$ 배의 10의단위로 지정하며, 중앙최대값이 작을 경우 TRANS ERROR 상태로 나타난다.
- ⑦ WALK(보행자 녹색고정, 보행자 진입시간) : 보행자 밀도에 의해 산정되며, 보행자 진입가능시간으로 국내에선 현재 4~7초 에서 증가예정 시간이다.
- ⑧ PEDESTRIAN CLEAR(보행점멸, 보행자 소거시간) : 현행 기준은 거리 / 1.0(m/s)로 보행자 횡단시간으로 차도에 진입한 보행자는 횡단을 완료하여야 하고, 차도에 진입전인 보행자는 진입을 멈추는 시간이다.
- ⑨ YELLOW(황색시간) : 차량 교차로 내 횡단 소거시간으로 교차로 횡단거리와 진입속도에 따라 방향별 황색신호시간으로 3~5초와 전적색 1~2초를 병행하여 산정한다.

- ⑩ ALL-RED(전적색시간) : 황색시간이후 교차로 내 사고방지와 교차로 진입을 막기 위하여 전체 신호등을 1~2초정도 적색등화로 진입 억제하는 시간으로 사고예방을 위하여 다양한 방법으로 사용된다.
- ⑪ BEFORE PEDESTRIAN(보행자 전(前)시간) : 차량신호 개시 후 보행자 신호개시 전 일정 시간간격을 두는 시간으로 좌회전 회전 상충이나, 속도가 높은 곳에서 보행자의 안전을 확보하기 위하여 보행자 신호시간 이전에 설정한다.
- ⑫ MDS(MAXIMUM DEGREE SATURATION) : 실시간 신호제어시스템에서 MDS(최대포화도) 결정을 위해 사용하며, 직진현시로 구성되고, 주기 계산 시 사용한다.
- ⑬ TOD TABLE : 일일시간계획으로 표준신호제어시스템의 경우 10개 까지 가능하며, 번호에 따라 TOD 패턴이 순차 적으로 적용된다. 여기서, 시각은 TOD 시간대의 시작시간, SP와 FC는 패턴번호를 의미한다.
- ⑭ SPLIT, OFFSET TABLE : TOD 패턴 별로 주기, 신호시간, 오프셋 산정값을 기입하는 TABLE로 표준 시스템에서는 총 16개의 패턴번호로 구성되어 있다. 주기번호, 주기값, 패턴번호, 연동값, 현시값으로 구성되어 있다. 주기번호는 1번은 한 칸을 차지하며, 2~6번까지는 3칸씩 주기별로 구성된다. 주기번호에 따라 주기값은 주기가 작은 값부터 큰값으로 나열되며, 연동값은 연동 시간, 현시값은 현시 별 신호시간으로 구성된다.
- ⑮ 표준 NEMA 현시체계 : 현시순서에 대해 NEMA 표기법으로 분리하여 표현하한다.
- ⑯ 참고사항 : 신호변경날짜 및 제어기 설치현황 등 시설물 현황과 변경사항 및 특이사항에 대해 기술하여 나타낸다.



## 신호운영 체계개선 매뉴얼

---

- ⑰ MAXIMUM TIME I : 과거 전자신호시스템의 PHASE방식에서 대표 신호시간으로 OFF-LINE시 표출되어지며, 표준시스템에서는 적용치 않는다.
- ⑱ MAXIMUM TIME II : 과거 전자신호시스템에서 신호변환 범위지정값으로 주현시의 경우  $M.G. \leq \text{MAXIMUM TIME II} \leq \text{신호시간 최소값}$ , 기타현시의 경우 신호시간 최대값 < MAXIMUM TIME II으로 산정한다.
- ⑲ 보행신호유무 : 보행자 현시 콜에 따른 신호시간을 나타낸다.
- ⑳ 차량신호중첩 : 현시순서에서 중첩된 Dual-ring 대해 표시한다.

### 다. 교차로 교통량

- 교통량은 기계식 검지기(NC-200)를 교차로의 각 접근로별로 설치하여 24시간 조사를 수행
- 첨두시와 비첨두시에 대해서 교통조사원을 통한 교차로 방향별 통과교통량을 조사
- 버스교통량의 경우, 문헌조사를 통해 노선별 배차간격을 조사
- 버스 종류별(광역버스, 간선버스, 지선버스, 마을버스)로 구분하여 조사를 수행하여 버스우선신호의 시뮬레이션 평가 시 적용

### 라. 교통운영 특성 및 시설물

- 노면주차, 버스정류장 위치, 공사구간 등 사업구간의 운영 특성에 대해 현황 조사 수행
- 각종 노면표지, 노상표지, 가로변버스전용차로, 중앙버스전용차로 등의 교통운영 시설물에 대한 현장조사를 수행
- 현장조사 자료와 문헌조사 자료를 비교하여 보완 및 수정 작업 수행

## 2. 네트워크 구축

- 수집된 자료를 토대로 분석 대상지에 대해 시뮬레이션을 이용하여 현실을 표현하는 단계

### 가. 기하구조 입력

- 기하구조는 사업구간의 거리 및 면적의 정확성을 위해 사업구간의 지도와 도면을 밑바탕으로 축척을 맞춰 사업구간의 정밀한 네트워크 구축을 수행
- 시뮬레이션 도구 별 자료입력 구조에 따라 조사된 기하구조 자료를 입력

### 나. 신호자료 입력

- 표준신호제어기 데이터베이스의 주기, 현시시간, 현시순서, 오프셋 데이터를 입력하고, 정확한 자료입력이 이루어 졌는지 시뮬레이션을 통해 확인
- 감응식 신호제어의 경우, 4개 신호제어 변수 외에도 최대녹색시간, 최소녹색시간, 단위연장시간 등의 감응식 신호제어 변수를 입력

### 다. 교통시설물 자료 입력

- 양보표지, 속도규제 표지, 차로변경 표지 등의 교통류 제어를 위한 교통시설물과 대상지 내의 주차, 버스정류장 등의 교통류 흐름에 영향을 미치는 시설물에 대한 입력을 수행

### 라. 교통량 자료 입력

- 교통량에 대한 접근로별, 방향별, 차종별을 구분하여 입력
- 입력 후, 확인 작업을 위해 O-D 통행 및 교차로별 회전비율을 비교

### 마. 시뮬레이션 파라미터 보정

- 포화교통류율, 차량군의 감가속도, 제한속도, 회전차량 속도, 운전자 특성 등의 시뮬레이션 파라미터들에 대한 보정을 수행

## 3. 입력데이터 오류 확인

- 오류 확인에 대한 과정은 네트워크 구축 시 발생할 수 있는 실수와 문제를 발견하고 확인 하는 단계

### 가. 입력자료 보정

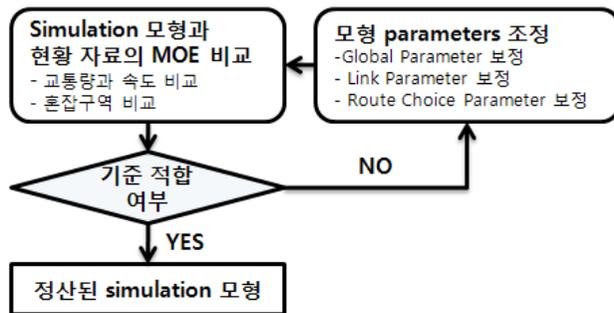
- 기하구조, 교차로 교통신호, 교통 운영과 관리, 교통량에 대한 확인 작업으로 조사 자료와 현황을 비교하여 오류에 대한 확인 작업을 수행
- 교차로와 링크 입력정보
  - 링크의 연결지점 확인
  - 링크의 기하구조 확인(길이, 차로수, 자유속도, 시설 등)
  - 교차로 신호시간 확인
  - 교차로와 링크상의 회전금지, 전용차로, 차로이용 제한 확인
- 교통량 입력정보
  - 차종 및 비율 확인
  - 입력 교통량 확인
  - 가·종점 통행량 확인
  - 교차로의 직진 및 각 회전 별 교통량 확인
  - 대중교통의 도착 분포 확인

나. 애니메이션 보정

- 마이크로 시뮬레이션의 기능인 애니메이션 확인을 통해 오류를 점검하는 단계
- 네트워크 구축 단계에서 기하구조, 교통량, 신호시간 자료 등 입력 시 발생할 수 있는 오류와 시뮬레이션 상의 오류에 대한 종합적인 검토가 가능
- 프로브 차량들의 운행확인을 통해 교차로와 링크상의 연결지점과 속도, 차로이용 확인 등의 차량의 이동흐름과 교차로와 잘못된 기하구조의 입력으로 링크 상에서 발생할 수 있는 오류의 세부적인 사항에 관해 검토
- 네트워크 상에서 혼잡이 과다하거나 수요가 적은 지점을 확인하여 현실상황과 비교 검토
- 교차로 별 교통량 회전비율과 신호운영 전략의 올바른 수행 여부를 확인

### 제 4절 시뮬레이션 모형 정산

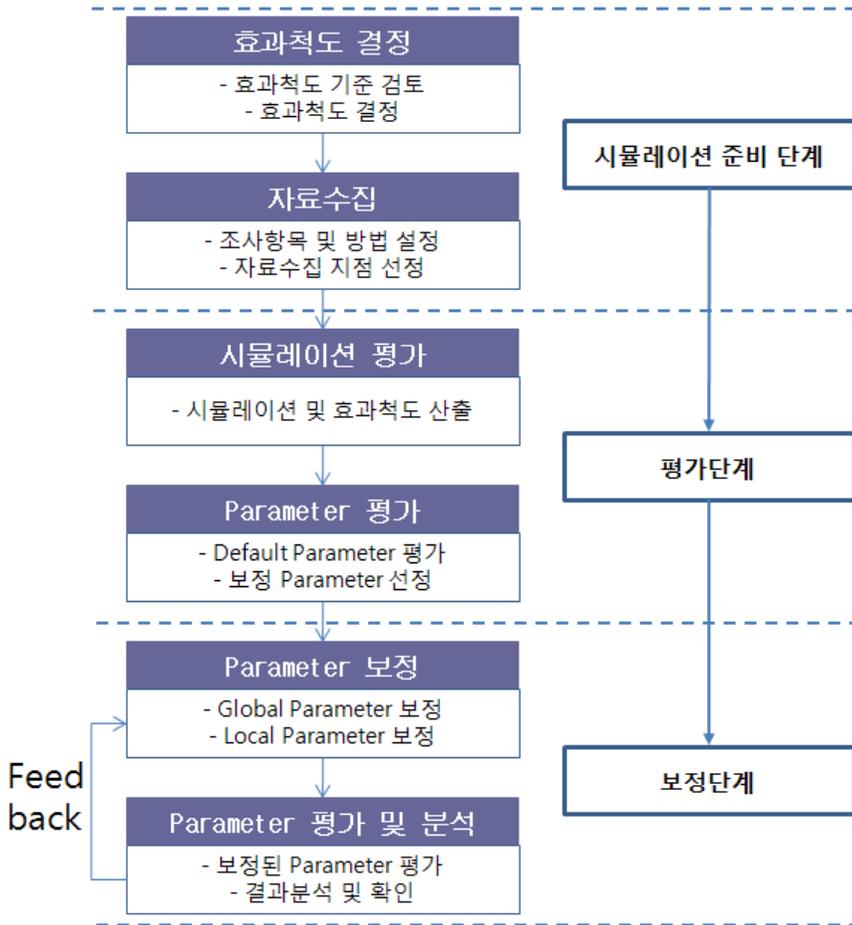
- 시뮬레이션 파라미터의 보정(Calibration)은 시뮬레이션 결과에 영향을 미칠 수 있는 다양한 변수들을 수정하고 검토하는 것으로 정의
- 정산과정의 수행절차
  - ① 현황과 시뮬레이션 모형의 효과척도 비교
  - ② 시뮬레이션 모형의 Parameter 보정
  - ③ 현황에 맞는 Parameter 보정을 위해 ①과 ②의 반복적인 수행



〈그림 IV-8〉 Microscopic 시뮬레이션 과정

#### 1. 시뮬레이션 정산 과정

- 시뮬레이션 정산과정은 시뮬레이션 준비단계, 평가 단계, 보정단계인 3단계로 구분
- 시뮬레이션 준비단계는 시뮬레이션을 구축하기 전 준비과정으로 효과척도 결정과 자료수집 과정 수행
- 평가단계는 시뮬레이션을 수행하고 Parameter의 평가하는 단계
- 보정단계는 보정할 Parameter를 선정하고, 선정 된 Parameter를 바탕으로 Parameter 보정이 수행되며, 보정 후 평가 및 확인하는 과정을 수행



<그림 IV-9> 시뮬레이션 정산 과정

## 2. 효과척도 결정

- Parameter 보정을 위한 효과척도를 선정하기 위해서 다음 사항을 고려하여 효과척도를 선정
  - 시뮬레이션 모델에서 산출 가능한 지표 및 현장수집 가능성 검토
  - 현실에서 교통상황에 직접적인 영향이 있는 지표
- 시뮬레이션(VISSIM)상에서 자료 수집이 가능한 대기행렬 길이, 통행시간을 효과척도로 선정

[표 IV-2] 효과척도 선정

효과척도	설 명	오차범위 기준
평균 통행시간	주행차 조사 평균 통행 시간과 시뮬레이션 상의 평균 통행시간 비교	10%
평균 대기행렬 길이	현황 대기행렬 길이와 시뮬레이션 상의 대기행렬 길이 비교	10%

### 3. 자료수집

- 효과척도로 선정된 평균통행시간과 평균대기행렬길이를 평가하기 위한 자료수집 지점을 선정하기 위한 단계
- 시뮬레이션 상에서 효과척도와 현장에서 조사한 위치를 고려하여 1개 교차로 이상의 방향별 자료수집 지점을 선정
- 대기행렬 자료 수집은 각각의 해당 교차로 정지선에 자료 수집 지점을 선정하여 대기행렬을 측정
- 평균통행시간은 사업구간의 시/종점부를 통과하는 시험주행차량의 평균통행시간을 측정 (시험주행차량은 조사시간 동안 3회 이상 주행할 것을 권장)

### 4. 시뮬레이션 및 Parameter 평가

- 내제된 초기(Default) Parameter는 정산되지 않는 Parameter들로 정산에 앞서 초기 Parameter에 대한 기본적인 평가가 필요
- 현황과 시뮬레이션에서 수집한 자료와 효과척도를 기준으로 비교·분석을 실시
- 초기 Parameter 값을 이용하여 산출한 효과척도가 오차범위 내에 있고, 현실을 반영하고 있으면 Parameter에 대한 보정과정 없이 산출한 MOE를 사용
- 효과척도가 오차범위를 벗어나고, 현실을 반영 하였다고 보기 힘들 경우에는 보정 과정을 수행

- 보정 시 현장 측정값과 시뮬레이션 상의 측정값과의 차이를 측정하는 척도가 필요한데, 평균 절대 정규화 오차(Mean Absolute Normalized Error, MANE)를 사용

$$MANE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|y_i - x_i|}{y_i}$$

여기서,

- $x_i$  : 시뮬레이션 측정값
- $y_i$  : 현황 측정값
- $N$  : 총 측정 수

- 시뮬레이션의 차량 분포인 Random Seed를 바꿔가며 최소 기준인 3회 반복 시뮬레이션을 수행
- 90%의 신뢰수준에서 10%의 허용오차 범위 내에 유의한 오차는 O, 유의하지 않은 오차는 X로 표시함

[표 IV-3] 주도로 통행시간 적합도 예

교차로 번호	교차로명	남측접근로				북측접근로			
		Default Parameter	현황	MANE	허용오 차범위	Default Parameter	현황	MANE	허용오 차범위
1		101.7	118.7	0.14	X	29.7	59.4	0.50	X
2		71.4	125.5	0.43	X	71.6	91.9	0.22	X

## 5. 보정 Parameter 선정

- 중요 Parameter를 선정하고 각 Parameter의 범위를 정의
- 분석가의 시각적인 확인을 통해 판단하고, 네트워크 구조가 간단한 경우에는 차로 변경 또는 경로 선택과 관련된 Parameter가 시뮬레이션 결과에 영향을 미치지 않으므로 제외된 나머지 보정 Parameter를 선정
- 각 Parameter의 오차 및 영향도를 측정하여 시뮬레이션 결과에 영향을 미치지 않는 경우, 제외함

[표 IV-4] 보정 Parameter 예

Parameters		Default value	범위
Average standstill distance(m)		2	1.00~5.00
Saturation Flow Rate	Additive part of desired safety distance	2	1.00~5.00
	Multiple part of desired safety distance	3	1.00~6.00
Lane change distance(m)		200	80~290
Right-turn Desire speed(kph)		-	10~40
Number of Preceding vehicles		2	0~4

## 6. Parameter 보정

### 가. Global Parameter 보정

- 현황 조사를 통한 보정 관련 Parameter로써 Saturation Flow Rate와 Lane Change Distance에 대해 적용
- ① 포화교통류율에 대한 보정은 KHCM에서 제공하는 포화교통류율 관련 과정으로 현황 포화교통류율을 조사
- ② 포화교통류율 측정 후 시뮬레이션 상의 포화교통류율과 비교하여, VISSIM 매뉴얼에서 제공되는 포화교통류율 목록을 이용하여 Parameter를 구함
- ③ 조사한 대기행렬 길이를 고려하여 보정 교통량을 추가
- ④ 현황에서 정지선을 기준으로 차로변경에 대한 거리를 조사하였고, 조사한 자료를 이용하여 Lane change distance에 대한 보정을 수행
- ⑤ 속도의 분포에 관해 보정을 하였으며, 우회전 속도에 관해 보정을 수행
- 증감률법을 이용한 보정 수행
- 증감율법은 Parameter의 값을 범위 내에서 무작위 추출법으로 추출 후, 시뮬레이션을 수행하여 효과척도의 오차범위에 근접하는 Parameter들에 대하여 Parameter 별로 0.01~1만큼 증가하여 최적 Parameter를 찾는 방법

[표 IV-5] 정산된 Parameter의 값

Parameters		정산된 Parameter
Average standstill distance(m)		2
Saturation Flow Rate	Additive part of desired safety distance	2.6
	Multiple part of desired safety distance	3.6
Lane change distance(m)		250
Right-turn Desire speed(kph)		20~25
Number of Preceding vehicles		4

#### 나. 미세 Parameter 보정

- Global Parameter의 보정값을 구한 후, 링크 특성에 맞는 미세 보정을 실시
- 사업구간의 각 링크별로 현황조사를 수행하고, 링크별로 설치된 시설물과 표지판을 참고하여 현실을 반영한 Routing point 위치와 링크 특성에 대한 보정을 수행

### 7. Parameter 평가 및 분석

- 보정된 Parameter를 바탕으로 평가 및 분석을 수행하는 단계
- 현황과의 차이가 오차범위를 벗어날 경우 Parameter 보정단계로 돌아가 보정을 수행하는 Feedback 작업 수행
- 현황과의 차이가 오차범위 내에 있을 경우 Feedback 작업을 종료
- 시뮬레이션 수행 시 차량 분포인 Random seed를 바꿔가며 3회 반복하여 시뮬레이션을 수행

## 제 5절 효과분석

### 1. 효과분석 시나리오 설정

- 개선안 적용 전/후의 사업시행 효과를 명확히 할 수 있는 시나리오를 선정함
- 평일, 토요일, 일요일에 대해서 각각 평가 수행
- 최소한 첨두/비첨두 시간대에 대해서 사업시행 효과 분석
- 필요시 24시간 시뮬레이션 평가 수행
- 주도로와 부도로의 적용효과에 대해서 분석

### 가. TOD 효과분석 예

- TOD 제어 효과와 신호변수 최적화 효과를 구분하여 분석하기 위해서 3개의 시나리오를 설정
- 평일과 토요일, 일요일의 각각의 TOD 시간에 대하여 24시간 효과분석을 수행



〈그림 IV-10〉 TOD 시간경계 구분 효과분석 과정

## 나. 버스전용차로 효과분석의 예

- 링크전체와 버스전용차로구간, 일반차로구간 각각의 효과분석 수행
- 평일과 토요일, 일요일의 각각의 첨두/비첨두 시간에 대하여 효과분석을 수행
- 버스전용차로 구간의 일반차로구간의 지체 비교

## 2. 평가지표 설정

- 단일교차로에 대해서는 방향별 평균정지지체(초/대), 평균대기행렬길이(m) 등의 효과척도를 이용하여 사업시행 전/후의 변화를 측정
- 교통축에 대해서는 네트워크의 평균정지지체(초/대), 방향별 평균정지지체(초/대), 주도로의 정지수(회), 주도로의 통행속도(km/h), 방향별 평균대기행렬길이(m) 등의 변화를 측정
- 네트워크 교차로군에 대해서는 네트워크 평균정지지체(초/대), 네트워크 통행속도(km/h) 등의 변화를 측정

[표 IV-6] 평가지표 선정

구분	평가지표
단일교차로	방향별 평균정지지체(초/대), 평균대기행렬길이(m), 대기오염비용, 보행자 지체도(초/인)
교통축	네트워크의 평균정지지체(초/대), 방향별 평균정지지체(초/대), 주도로의 정지수(회), 주도로의 통행속도(km/h), 방향별 평균대기행렬길이(m), 연동효율(%), 대기오염비용, 보행자 지체도(초/인)
네트워크	네트워크 평균정지지체(초/대), 네트워크 통행속도(km/h), 대기오염비용, 보행자 지체도(초/인)