

# Mesoscopic Traffic Simulator를 이용한 고속도로 지정체 관리방안평가

최 기주\*, 정 연식\*\*, 이 승환\*\*\*

## Evaluation of Freeway Congestion Management Using Mesoscopic Traffic Simulator

Keechoo Choi, Younsik Chung, Seunghwan Lee

**Key Words:** TRANPLAN, INTEGRATION, TSM

### Abstract

교통혼잡의 묘사를 보다 구체적으로 하기 위한 Mesoscopic시뮬레이션 모형으로서 INTEGRATION을 소개한다. 모형의 기본구조가 설명되고, 특히 응용사례로서 경부고속도로 축을 중심으로 한 주거지역의 급속한 팽창으로 야기된 고속도로상의 교통대안을 평가하려는데 초점을 맞추고 있다. 교통대안은 혼잡을 완화시키는데 타당하고 기술적으로도 실현가능한 대안이 제시된다.

이러한 대안들은 거시 및 미시 모의실험모형을 통해 면밀히 분석 평가되며 또한 대안을 도출하고 평가하는 과정의 제시로서 교통량조사에 근거한 OD 도출, Subarea 네트워크 분석 및 통합된 네트워크 모의실험과 같은 새로운 기법들이 아울러 제시된다.

대안의 대부분은 네트워크 개선에 관련한 것이다. 반포 IC 진출입로 공사(A1), 위빙 제거를 기초로 한 서초 IC TSM(A2), 서초-양재 구간의 고속 저속 분리(A3), 현릉 IC(A4)의 신설, 판교 JC 개선(A5), 백현 IC(A6)신설. 가장 자본 집약적인 대안은 A4, A6순이다. A1, A5, A6은 구간은 짧으나, 자본 집약적이며 어느 정도의 공사 기간이 소요된다. 가장 비용이 적게 소요되는 대안은 A2, A3이다. A2는 시행이 용이하나, A3의 경우 공사기간 중 교통분산 대책이 필요하다. A1, A6은 속도증가와 통행시간 절감의 측면에서 가장 비용대비 효율적인 것으로 분석되었다. 시뮬레이션의 한계 및 개선방안이 함께 검토되었다.

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

현재 수도권 일원의 고속도로는 늘어나는 교통 수요를 감당하지 못해 갈수록 심각한 교통지·정

체를 겪고 있다. 그럼에도 불구하고 서울 주변의 집중적인 개발로 인하여 장래에는 그 심각성이 더욱 커질 것으로 판단된다. 수도권의 고속도로와 지방자치단체의 도로 건설계획이 개별적으로 시행되어 수도권 전체의 교통체계가 효율적으로 수립되지 않고 있다. 고속도로와 연결도로의 접속 처리가 불량하고, 주변도시의 교통체계와 조화를 이루지 못하여 이에 대한 대책이 절실히 필요하게 되었다.

따라서 본 연구에서는 기존 경부고속도로축을

\* 아주대학교 환경도시공학부 부교수  
\*\* 아주대학교 교통연구소 연구원  
\*\*\* 아주대학교 건설교통공학과 석사과정

중심으로 현재의 교통 지·정체를 완화시킬 수 있는 단기 개선방안의 검토와 더불어, 향후 단계별 주변 택지개발 및 도로망 확충에 따른 교통영향 분석을 실시하여 문제점을 도출하고 그 개선대책을 강구하고자 한다.

## 1.2 연구의 범위

본 연구에서는 특히 수도권외의 고속도로를 대상으로 하여 고속도로의 구간별 교통량 및 IC 유출입 교통량을 예측하며, 이로 인한 IC 연결도로의 교통영향을 mesoscopic 교통분석모형의 시뮬레이션을 통하여 세부적으로 검토 및 문제점을 도출하고 교통 지·정체의 해소방안을 제시하는 것을 목적으로 하였다.

## 2. 시뮬레이션 수행 및 평가

### 2.1 접근방법

교통현황조사를 통해 교통량, 도로시설현황 및 주요 혼잡구간의 제반 문제점을 도출하였고, 이를 대안의 도출 및 교통공학적 검토, 그리고 시설물의 기술적 검토를 통해 지정체혼잡 개선방안을 검토하였다.

지점별 문제점, 개선방안은 반포IC, 서초IC, 양재IC, 판교IC, 신갈Jct를 검토하였고, 구간별 문제점 및 개선방안은 서초~양재IC, 판교~신갈Jct 구간을 검토하였다.

역시 경부고속도로상의 상습 지·정체 구간은 주로 IC 또는 Jct(분기점)가 위치한 지점으로 유·출입 연결로의 엇갈림 등으로 인해 발생하는 정체가 고속도로 본선에 심각한 영향을 주는 것으로 분석되었다.

이러한 문제점을 해소하기 위하여 몇 가지 대안을 도출하였고, 용량증대방안, 교통류 처리개선방안 등 교통 및 기술적 측면에서 검토, 개선방안을 제시하였다.

기본적으로 문제를 해결하기 위한 일반적인 절차는 문제점을 파악하여 가능한 대안을 선정하고 이러한 대안을 시뮬레이션 모형으로 평가하여 최적대안을 선정하는 일련의 과정을 포함한다. 본 연구에서는 문제점 각각에 대해 대안을 선정하여 이를 평가하는 과정으로 진행하였다.

### 2.2 분석 툴 소개

본 연구에서는 대안 평가시 교통류의 흐름에 대한 거시적, 미시적인 분석을 모두 반영할 필요가 있기 때문에 기본적으로 TRANPLAN과 INTEGRATION을 병용하기로 하였다. 그러나 TRANPLAN은 거시모형으로서 수요증가에 따른 (또는 공급의 감소) 대기행렬의 시간적인 선상에서의 표현의 어려움이 있는바 기본적으로 규모가 큰 공급의 증가대안에 대한 평가에만 활용하는 것을 원칙으로 하였고, 미시적인 대안의 평가에는 INTEGRATION을 이용하는 것으로 하였다. 단, INTEGRATION은 시뮬레이션 도구인 만큼 사용에 한계가 있었던 바(예를 들면, 본과업에서 사용된 INTEGRATION Large Version은 주어진 시간대의 시뮬레이션에서 해당네트워크상에 7만대이상의 차량이 존재하면, software적인 한계로 인해서 수행이 불가능하였음), 이를 극복하기 위하여 분석대상의 크기를 고려하여 부분적으로 이러한 대안평가에는 TRANPLAN이 함께 이용되는 것으로 하였다. 개략적인 두 모형에 대한 소개는 다음과 같다.

TRANPLAN은 UTPS의 PC버전으로 보면 되고 대표적인 거시적 분석모형으로서, 구축된 OD를 통해 다양한 기법으로 통행배정을 실시한다. 또한 시뮬레이션을 하기 위하여 필요한 Subarea 분석을 통해 해당지역의 네트워크, OD추출 등이 용이하며, 분석을 위한 효과척도로서 네트워크 전체의 VHT(Vehicle Hours Traveled)와 VKT(Vehicle Kilometers Traveled), 링크의 통행시간, 통행속도, V/C, 교통량 등이 산출 가능하다.

INTEGRATION은 Macroscopic 모형(TRANPLAN, EMME/2 등)과 Microscopic 모형(NETSIM, FREESIM, T-7F 등)의 기능의 일부를 동시에 갖춘 Mesoscopic 범주에 속하는 툴로서 고속도로 및 간선도로를 통합하는 시뮬레이션이 가능하며, 신호의 최적화 및 배정에 대한 시뮬레이션, 유고상황, HOV차로 시행, 램프미터링 시행 등 기타 ITS 상황에 대한 시뮬레이션이 가능하다.

개별차량에 대한 속도 및 경로파악이 가능하고, 각 링크에 대한 개별결과자료 및 전체 네트워크의 분석이 가능하며, 애니메이션 기능을 통해 시뮬레

이전 수행시의 네트워크의 교통상황 및 대기행렬 길이 등의 상황을 눈으로 확인하기가 용이하다.

시물레이션시에 교통량은 OD를 기반으로 차량 단위로 발생이 이루어지나, 차량의 전체적인 속도 및 행동은 거시적 속도-밀도관계에 의해서 규정되는 meso형식의 시물레이션 도구로 볼 수 있다. 기본적으로 고속도로, 일반도로를 함께 포함하는 네트워크에 대한 분석이 가능한 것이 가장 큰 장점인 바 본 연구에서 채택하였으나, 시물레이션의 한계는 역시 있다고 볼 수 있다.(전술한 70,000대 Limit, 시물레이션의 러닝 타임이 장시간 소요 등)

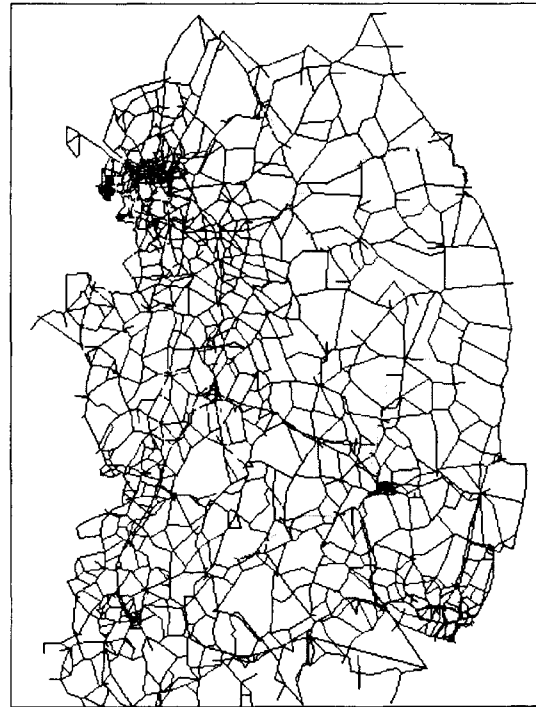
TRAF-NETSIM과 달리 OD를 제공함으로써 route choice 에 대한 배려가 있어서 path단위의 교통패턴에 대한 처리가 가능하며, 효과적도로써 속도, 통행시간, 지체, stop, 교통량 등이 산출된다.

### 2.3 네트워크, OD 구축 및 시물레이션 수행과정

미시적 시물레이션(TRANPLAN을 이용하는 거시적 시물레이션과 달리 meso 시물레이션 툴을 이용하는 것도 여기서는 미시적이라 보았음.)을 위해서는 기본적으로 네트워크 및 OD를 구축하는 과정을 5단계로 나누어 설명될 수 있으며, 기존의 EMME/2로 구축된 기존자료를 활용하여, TRANPALN과 INTEGRATION 분석을 위해서는 시물레이션의 가능한 용량을 고려하여야 하기 때문에 필요한 지역을 추출하는 세부지역분석(SubArea Network Analysis)이 필요하다. 이를 위해서는 Tranplan을 이용하여 시물레이션용 OD 및 네트워크를 구축하는 것이 용이하다. 각 단계별 수행과정 및 내용은 다음과 같다.

#### 2.3.1 1단계 수행과정

시물레이션 분석을 위해 EMME/2 형식의 네트워크 및 OD 자료를 TRANPLAN 형식으로 변환(Visual C++ 프로그램 이용)하였으며, EMME/2 네트워크 데이터형식을 TRANPLAN 데이터형식으로 변화하여 도시한 전국네트워크 개요는 [그림 1]과 같다.

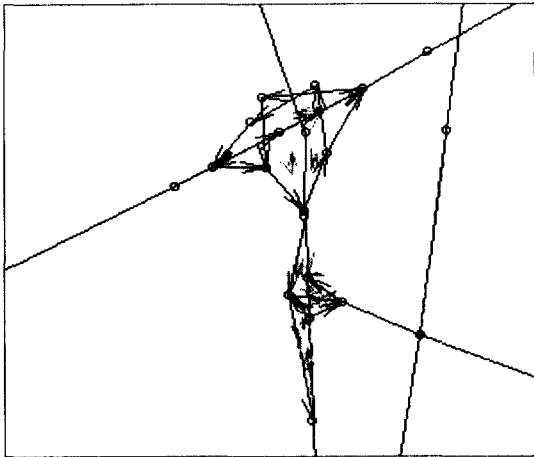


[그림 71] 변환된 전국 네트워크

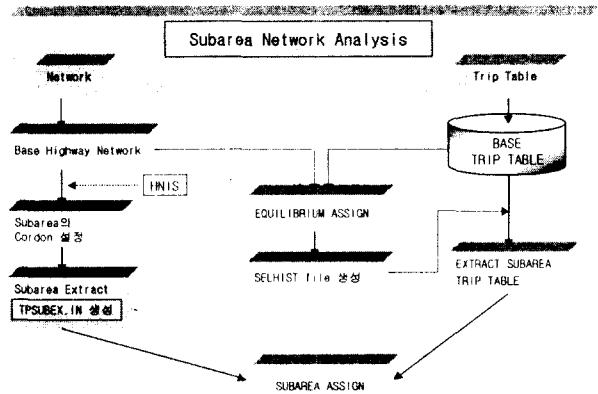
- : 총 237개의 존.
- : 3,496개의 노드, 10,260개의 링크.
- : 분석구간에 대한 링크 및 램프에 대한 네트워크가 미구축된 상태.
- : 왼쪽 그림은 각 링크의 차선별로 분류되었음. (링크 Color)
- : 각 연도별 네트워크 및 OD 자료 구축.  
2000년 AM OD의 경우 총 1,251,630 Trip

#### 2.3.2 2단계 수행과정

TRANPLAN에서의 전국네트워크의 링크 및 노드를 수정(HNIS 이용)하여 미시적 시물레이션을 수행하기 위해서 보다 상세히 링크의 방향, 용량, 차선수, 회전금지 등의 세부적인 네트워크 사항을 추가 및 수정하여 분석대상지역인 경부고속도로 상의 IC, Jct, 서울 영업소 및 연결램프 등의 현실상황을 구축하였으며, 이것의 예시 도면은 [그림 2]와 같다.



[그림 72] 판교 Jct 및 IC 구간의 수정 예



[그림 73] TRANPLAN에서의 Subarea Network Analysis 과정 수행도

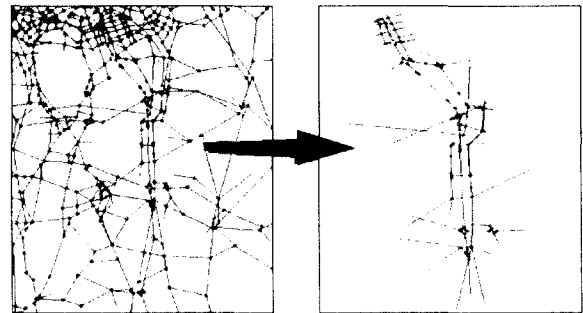
### 2.3.3 3단계 수행과정

2단계에서의 세부네트워크 표현이 완성되면, Subarea Network Analysis를 이용하여 분석구간의 네트워크 및 OD를 추출하게 된다. 이는 TRANPLAN의 Hnis 기능을 이용하여 서브네트워크(분석구간)를 추출한 후 TRANPLAN의 모듈의 하나인 \$Extract Subarea Trip Table을 이용하여 서브OD를 추출하게 된다. 추출된 네트워크상의 링크가 Extract되는 Cordon Line과 만나게 되는 노드는 하나의 외부존(Eternal Zone)으로 인식되며, 경계선 내의 기존의 존은 순차적으로 새로이 번호 매김(Renumbering)되면서, 새로운 OD 파일을 생성하게 된다.

한편 통행배정은 사용자평형(User Equilibrium)으로 배정하게 하였고, Entry와 Exit Node의 각 Trip이 전환되면서 최종 OD를 생성시킨다.

이러한 절차로 2000년, 2003년, 2005년 각각의 네트워크를 수정하고, 년도별 전국 OD의 통행배정을 반복하여 최종적으로, 년도별 네트워크와 OD를 Subarea Network Analysis를 이용하여 추출하게 된다.

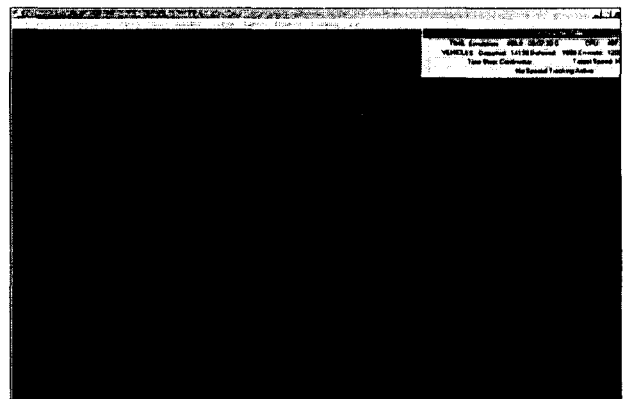
2000년을 기준으로 한 Subarea 추출결과 총 37개의 존으로 압축되었고, 분석지역의 존간 OD, 각 년도별 네트워크와 OD, 반포, 서초, 양재, 판교, 신갈, 수원, 기흥IC를 포함하는 서브네트워크가 추출되었는데 총 397개의 링크와 210개의 노드로 구성되어 있다.



[그림 74] Subarea 추출 결과

### 2.3.4 4단계 수행과정

TRANPLAN format을 INTERAION format으로 변환(Visual C++ 프로그램 이용)하여 TRANPLAN 형태의 네트워크와 OD를 INTEGRATION 형태로 변환(노드파일, 링크파일, OD파일로 변환)하였다.



[그림 75] 변환된 데이터의 INTEGRATION 시물레이션 수행 모습

### 2.3.5 5단계 수행과정

INTEGRATION 시물레이션 수행의 과정은 변환된 데이터를 통해 INTEGRATION에서 수행 가능한 세부적인 부분(Lane Striping, 신호, 차선이용 제한 등)의 수정 및 보완을 통해 기본 시물레이션 데이터를 구축한 후, 구축된 기본 데이터에 대안별 추가네트워크의 수정 사항의 구축을 통해서 대안별로 네트워크의 상황을 시물레이션하는 절차이다.

## 2.4 대안별 시물레이션 수행 및 효과 분석

### 2.4.1 지점별 대안설정

연속류인 고속도로의 용량 및 속도를 현저히 감소시키는 고속도로 진출입로 및 연결부에서 특히 현저한 교통정체 현상이 발생하고 있다. 특히 반복적인 혼잡(Recurring congestion)이 발생하는 각 지점 및 구간에 대한 문제점을 파악하며 교통류 및 공학적인 측면을 고려하여 대안으로 제시한 것은 다음 [표 1]과 같다.

[표 18] 각 지점별 문제점 및 대안

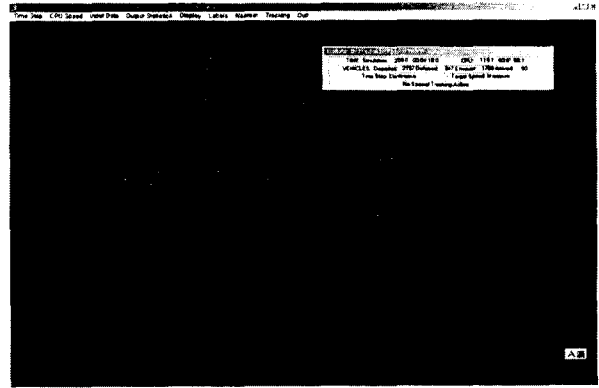
지점 및 구간	문제점	대안
A1. 반포 IC	사평로의 고속버스터미널 방향 Loop형 램프의 교통처리능력이 부족	고속버스터미널로 연결되는 직결램프 신설
A2. 서초 IC	경부고속도로와 남부순환로의 진출입 교통의 상충	교통류의 분리 방법으로 집산로 설치
A3. 서초-양재구간	서초 IC와 양재 IC의 합·분류부에서 극심한 교통정체 발생	서초IC↔양재IC 전후부터 IC 유출입부와 완전히 분리하는 구분차로제
A4. 현릉 IC	양재 IC의 교통량이 과다하고 엄곡교차로까지의 거리가 짧아 혼잡가중	주변 교통혼잡해소하기 연결로 개량과 현릉 IC 설치
A5. 판교 JC	경부고속도로와 외곽순환고속도로로 인한 합류 및 엇갈림으로 혼잡가중	판교 JC의 외곽순환고속도로구간으로의 연결로 확장
A6. 백현 IC	지방도 23호선의 수지구↔서울방향의 교통량이 판교 IC를 이용함으로써 주변 지역지정체 유발	경부고속도로 서울영업소↔수지구 방향으로 연결하는 백현 IC 신설

### 2.4.2 시물레이션 수행결과

반포 IC, 서초 IC, 서초-양재 구간, 판교 JC는 meso 모형인 INTEGRATION으로 시물레이션을 수행하였으며, 분석 대상의 크기 및 대안의 특성상

현릉 IC, 백현 IC의 신설은 macro 모형인 TRANPLAN으로 수행하였다.

[그림 6]은 meso 모형으로 구간에 대한 시물레이션 수행모습이다.



[그림 76] 반포 IC의 INTEGRATION 시물레이션 수행 모습

각 지점에 대하여 개선 전·후를 2003년과 2005년에 따라 시물레이션을 수행한 결과는 다음과 같다.

[표 19] A1(반포 IC) 시물레이션 수행결과

구분	2003년 개선 전	2003년 개선 후	2005년 개선 전	2005년 개선 후
전체 Network 평균주행속도 (km/h)	18.00	19.00	14.88	16.30
경부축 Link average speed(km/h)	36.67	47.33	36.70	68.33
Total network stops	232964.83	194310.05	338451.59	343281.53
Average network stops(%)	77.33	65.94	96.17	80.02

[표 20] A2(서초 IC) 시물레이션 수행결과

구분	2003년 개선 전	2003년 개선 후	2005년 개선 전	2005년 개선 후
전체 Network 평균주행속도 (km/h)	39.34	39.59	35.83	36.25
경부축 Link average speed(km/h)	59.00	68.17	53.83	62.83
Total network stops	142010.05	139516.92	177194.52	169911.91
Average network stops(%)	54.98	53.83	59.19	56.78

[표 21] A3(서초-양재 구간) 시물레이션 수행결과

구분 \ 효과척도	2003년 개선 전	2003년 개선 후	2005년 개선 전	2005년 개선 후
Average network speed(km/h)	39.34	39.46	35.83	36.10
경부축 Link average speed(km/h)	66.80	57.40	64.00	64.60
Total network stops	142010.05	138216.91	177194.52	167746.53
Average network stops(%)	54.98	55.77	59.19	59.05

[표 22] A4(현릉 IC) 시물레이션 수행결과

구분 \ 효과척도	Vehicle Hours Traveled(VHT)	Vehicle Kilometers Traveled(VKT)
2003년 개선 전	39681568.8	86089789.4
2003년 개선 후	3959076.2	86054241.0
2005년 개선 전	5191411.2	97131534.3
2005년 개선 후	5188926.4	97140283.8

[표 23] A5(판교 JC) 시물레이션 수행결과

구분 \ 효과척도	2003년 개선 전	2003년 개선 후	2005년 개선 전	2005년 개선 후
전체 Network 평균주행속도 (km/h)	38.72	39.19	37.11	35.88
경부축 Link average speed(km/h)	49.00	59.80	51.00	57.80
Total network stops	117856.48	116774.6	135864.53	133459.03
Average network stops(%)	62.38	59.90	66.93	69.15

[표 24] A6(백현 IC) 시물레이션 수행결과

구분 \ 효과척도	Vehicle Hour Traveled(VHT)	Vehicle Kilometer Traveled(VKT)
2003년 개선 전	3968156.79	86089789.4
2003년 개선 후	3963130.05	86043027.9
2005년 개선 전	5191411.15	97131534.3
2005년 개선 후	5195615.53	97087379.5

### 3. 결론 및 향후과제

각 대안별로 시물레이션 수행한 결과 모두 개선 효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나 서초-양재구간의 구분차로제의 경우, 개선 후 경부고속도로 본선의 속도가 감소한 것으로 나타났으며 다만, 전체 네트워크의 정지수는 감소한 것으로 나타났다. 각 대안별로 산출된 MOE를 바탕으로 개선안에 대한 효과분석은 가능하며, 이를 토대로 경제성 분석 및 공학적인 검토를 통하여 투자우선순위를 정한 결과 A1과 A6이 비용대비 가장 효율적인 대안으로서 분석되었다. 특히 반포IC의 직결램프설치, 판교JC의 교통류 처리대안이 효과가 있는바 이의 추진을 적극적으로 권장하며, 서초부분의 차로확보방안은 단기간의 공사로서 소통효과가 있는바 이의 추진도 요구된다고 볼 수 있다.

본 연구에서 사용된 INTEGRATION은 ITS의 대안을 평가할 수 있는 것이 또 하나의 장점인 모형이다. 하지만, meso 시물레이션으로서 가지고 있는 한계, 즉 거대한 네트워크의 시물레이션이 어렵고, 시물레이션 러닝 타임이 장시간 소요되며, 시물레이션 수행을 하기 전의 위밍업을 위한 시간이 없다는 것이 단점으로 지적되었다. 향후 이러한 부분에 대한 근본적인 모형에 대한 연구가 필요하다 하겠다.

### 참고문헌

- (1) M.Van Aerde, INTEGRATION RELEASE 2.10 User's Guide, 1998
- (2) The Urban Analysis Group, TRANPLAN User Manual, 1996
- (3) Texas A&M University, Transportation Systems Management, 1988
- (4) TRB, Traffic Flow Theory - A Revised Monograph, 1998