

■ 論 文 ■

ITS를 통한 돌발적 교통정체 저감효과 분석 -경부고속도로를 중심으로-

Evaluation of Congestion-Reduction Benefits from ITS User Services in
a Freeway Corridor near Seoul City

이 시 복

(국토개발연구원 책임연구원)

이 상 건

(국토개발연구원 책임연구원)

박 진 호

(국토개발연구원 연구원)

목 차

I. 서론

II. 연구방법론

1. 분석이슈의 설정 및 접근방법
2. 대상지역의 선정
3. 분석도구의 선정
4. INTEGRATION 모형의 개요
5. 자료 수집 및 네트워크 구축
6. 시뮬레이션 시나리오 디자인

III. ITS 서비스의 효과 분석

1. 시뮬레이션 실행
2. 시뮬레이션 결과 및 서비스 효과 산정
3. ITS 서비스효과 비교·분석 및 고찰

IV. 연구의 결론 및 시사점

1. ITS 서비스 효과
2. 평가분석 도구로서의 시뮬레이션 모형의 활용

참고문헌

요 약

본 연구는 수도권 남부의 일부지역을 대상으로 시뮬레이션 기법을 이용하여 ITS 서비스 도입효과를 분석함으로써 그 잠재력을 타진해 보고, 특정 ITS 서비스 도입전의 타당성조사에 활용 가능한 시뮬레이션 분석의 사례를 제시하는 것이 목적이다.

본 연구에서는 ITS의 핵심분야인 교통관리(ATMS)와 교통정보제공(ATIS)의 일부 서비스를 중심으로 분석을 실시하였으며, 대상지역에 대한 분석결과에 의하면 ITS 서비스는 그 효과면에서 잠재력이 있는 것으로 파악되었다.

개별 서비스 중에서는 직접적으로 혼잡구간의 수요를 억제하는 램프미터링이 가장 높은 효과를 보였으며, 여러 서비스를 조합하여 실시하는 경우, 혼잡지점에 대한 정보제공은 선별적으로 실시하는 것이 효과적인 것으로 분석되었다. ITS 서비스가 보다 큰 효과를 발휘할 수 있는 경우는 첨두시와 같이 돌발상황이 발생하는 도로가 혼잡하되, 주변의 대안도로가 충분히 확보되어 있고 어느 정도 용량 여유분이 있을 때인 것으로 분석되었다.

본 연구에서 수행한 시뮬레이션 분석 과정은 특정지역의 특정 ITS서비스 도입여부 결정, 도로시설 등의 구축/운영 여건 평가, 서비스 제공전략 도출 등에 활용가능하므로 ITS 구축사업 착수 이전에 대상지역에 대한 타당성조사 작업의 일부로서 포함될 수 있을 것이다. 따라서, 시뮬레이션 모형을 이용한 평가의 과정 및 각 과정별 분석기법을 체계화된 틀로 정립하는 것이 필요하다.

I. 서론

ITS는 교통관리를 비롯하여 교통정보제공, 대중교통, 화물운송, 첨단차량 및 도로분야 등 다양한 사용자 서비스(User Services) 구현을 그 목적으로 하고 있다. 이러한 서비스를 제공하기 위해서는 막대한 예산이 소요되는 연구개발 및 대규모 인프라의 구축이 필수적이다. 그러나, ITS에 대한 인식부족으로 그 도입효과에 대한 회의론이 제기되고 있고 예산확보에도 어려움을 겪고 있으며, 이로 인해 본격적인 연구개발이나 구축사업이 활성화되지 못하고 있는 실정이다.

1. 연구의 필요성

향후 교통혼잡으로 발생하는 제반문제를 해결하기 위해서 ITS의 도입은 조속히 추진해야 할 과제라 하겠으며, 이를 위해 ITS에 대한 국민의 인식제고가 선행되어야 한다. ITS에 대한 국민의 인식을 제고하기 위해서는 서비스를 제공했을 때 발생하는 교통혼잡의 해소효과 등 다양한 ITS의 편익에 관한 자료가 제시되어야 하므로 구체적인 분석 과정이 필요하다.

또한, 실제로 ITS 서비스를 도입하는데는 많은 비용이 소요되므로 시스템 구축에 앞서 현장상황과 유사한 형태의 모의시험을 통해 효과를 미리 측정해 보는 것이 필요하다. 이를 통해 ITS 도입에 필요한 근거자료를 확보할 수 있을 뿐 아니라, ITS 기반시설 구축 타당성에 대한 사전검증이 가능할 것이다.

아울러, 한 지점이나 혹은 한 지역, 도로축에 대해 ITS 사용자 서비스를 구현하는데는 다양한 서비스 제공대안이 있을 수 있으므로, 지역의 특성에 따라 어떠한 대안이 가장 효과적인가를 판단하는데 있어 계량화된 해답을 제공할 수 있는 정책결정의 보조도구가 필요하다.

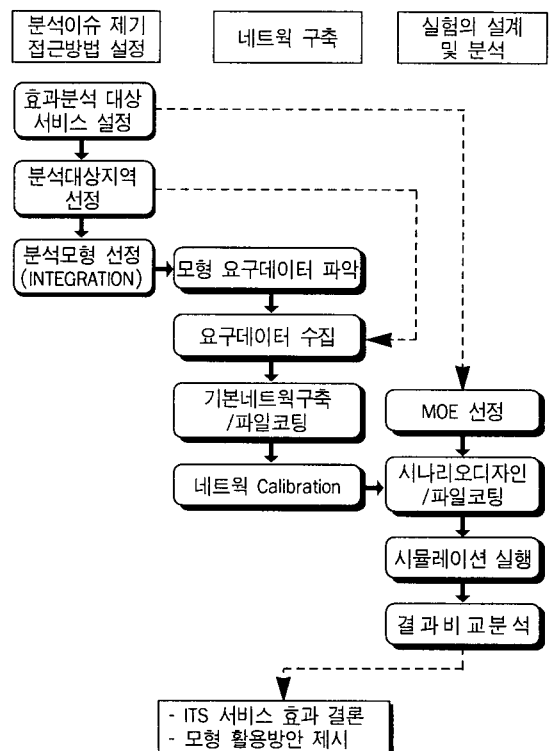
2. 연구의 목적

본 연구는 시뮬레이션 모형을 이용하여 돌발상황 발생시 ITS 서비스 도입에 따른 정체 저감효과를 분석해 보고, 특정지역에 ITS 서비스를 도입하기에 앞서 사전에 그 기대효과를 추정하기 위해 시뮬레이션

기법을 활용하는 사례를 제시하는 것이 목적이다. 시뮬레이션 분석은 특정지역의 특정 ITS서비스 도입 여부, 도로시설 등 구축/운영 여건 평가, 서비스 제공전략 등의 결정에 필요한 근거 자료를 제공할 수 있다.

II. 연구방법론

본 연구의 수행과정은 <그림 1>에 제시되어 있는 바와 같이 크게 3단계로 구분할 수 있는데, 첫째는 분석이슈 제기 및 접근방법 설정, 둘째로는 네트워크의 구축, 셋째로는 실험의 설계 및 분석이다. 분석이슈 제기 및 접근방법 설정과정에서는 본 연구에서 분석하고자하는 이슈를 제기하고, 연구수행을 위한 접근방법을 설정하는 과정이다. 여기에서는 분석하고자하는 대상 ITS 서비스를 설정하고, 이에 따라 사례지역을 선정하며, 분석을 위한 분석모형을 선정한다. 두 번째로는 선정된 지역을 토대로 네트워크를 구축하는



<그림 1> 연구의 흐름도

과정으로서, 모형실행에 필요한 요구데이터를 파악하여 구축하며, 이를 통하여 해당지역의 기본 네트워크를 구축하고, 네트워크이 올바르게 구축되었는지 검토하고 수정하는 작업을 수행한다. 셋째로는 모형의 실행을 위한 실험의 설계와 분석과정으로서, 효과를 파악하기 위한 MOE를 선정하고, 분석하고자 하는 목표에 부합되도록 시나리오를 설정하여 시뮬레이션을 실행하고 결과를 비교·분석하는 과정이다.

위의 세 과정이 모두 완료되면 결론을 제시하고, 사용된 모형의 활용방안 및 시사점을 제시하는 것으로 연구를 매듭짓고자 한다.

1. 분석이슈 및 접근방법의 설정

1) 이슈설정의 전제

분석 이슈를 설정하기에 앞서 본 연구에서는 분석하고자 하는 대상 서비스를 ITS서비스의 핵심적인 부분인 교통관리(ATMS)분야와 교통정보(ATIS) 분야로 국한하기로 하였다. 특히 교통관리(ATMS)분야 중 신호제어, 그리고 램프진입부의 진입제어, 교통정보(ATIS)분야 중 도로변에 설치하는 가변정보판(VMS)과 차안에 장착하는 주행안내시스템(RGS)만을 분석대상 서비스로 설정하였다.

2) 분석이슈의 설정

“분석이슈”의 설정이란 분석을 통하여 파악하고자 하는 것이 무엇인가를 구체적으로 규정하는 것이다. 본 연구에서는 효과분석 대상분야인 ATMS와 ATIS 분야의 일부 서비스에 대하여 다음과 같이 분석이슈를 설정하였다.

첨두와 비첨두시의 돌발상황, 즉 사고가 발생했을 때 사고의 심각도에 따라 유발되는 교통혼잡의 크기 차이는 어느 정도인가?

실시간 신호제어, 가변정보판을 통한 교통정보의 제공, 차량에 주행안내장비 서비스 등 개별 ITS서비스 제공으로 교통정체를 얼마만큼 감소시킬 수 있는가?

ITS 서비스를 개별적으로 제공했을 때와 두 가지 혹은 세 가지 서비스를 조합하여 제공했을 경우 효과 면에서 어떤 차이가 있는가?(시너지 효과의 파악)

주행안내장비의 장착율변화에 따라 정체감소 효과

는 어떻게 변화를 보이는가?

돌발상황의 심각도에 따라서 서비스 효과는 어떻게 달라지는가?

이러한 ITS 서비스는 첨두시와 비첨두시중 어느 때, 어느 상황에서 더 효과적인가?

3) 분석의 접근방법

전 절에서 설정된 분석이슈에 대한 해답을 구하는 방법으로서 본 연구에서는 「컴퓨터 시뮬레이션 기법」을 채택하였다. 즉, (1)서비스 제공의 현실성을 감안하여 실제로 존재하는 대상지역을 선정하고, (2)그 지역에 대한 네트워크를 구축하며, (3)이를 토대로 컴퓨터 시뮬레이션 모형을 이용해 교통상황을 모사하고, 가상적으로 ITS 서비스를 제공하여 그 효과를 분석하는 것이다.

2. 대상지역의 선정

1) 선정기준

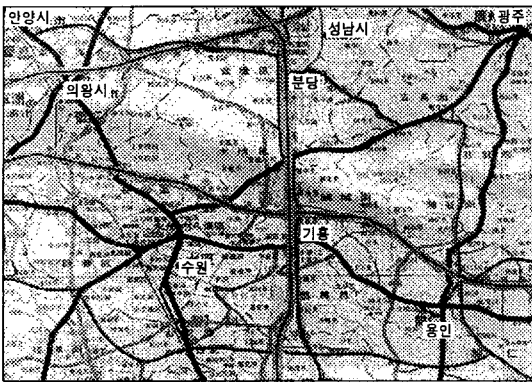
분석 대상지역은 분석대상 서비스의 효과 파악을 위해 적절한 요건을 구비한 지역이어야 하는 바, 다음과 같은 기준에 따라 선정하여야 한다. 자료수집에 소요되는 시간과 노력을 최소화하기 위해서는 기존에 자료가 구축되어 있는 지역이 유리하다. 또한 교통정체가 있어서 ITS 서비스를 도입을 고려할 필요가 있는 지역이어야 한다. 도로의 종류는 고속도로와 국도 지방도 등 다양한 등급의 도로가 고루 있는 곳이 소위 “일반화원” 결론도출에 유리하다. 그리고 주요 도로를 따라 그 도로를 대체할 수 있는 대체도로가 확보되어 돌발상황시 혼잡구간 우회가 용이한 지역이어야 한다. 또한 교통량, 속도 등의 현장 수집자료가 구비되어 있어 네트워크 구축후 실제의 교통상황과 비교 검증이 용이한 지역으로서, 일반인들의 ITS 효과에 대한 납득이 쉬운 지역을 선정하는 것이 바람직하다.

2) 대상지역의 선정

위의 선정기준에 따라 대상지역을 물색한 결과 경부고속도로를 중심축으로 하는 좌우 양방향 주변도로가 효과분석에 적합한 것으로 분석되었다. 상세한 대상지역의 위치는 <그림 2>에 나타나 있는 것처럼 남

북으로는 경부고속도로 판교 IC에서 수원 IC까지의 지역을 포함하며, 동서로는 영동고속도로 용인 IC 부근에서 신갈~안산간 고속도로 반월 IC 부근까지를 경계로 한다.

이 지역은 수도권 광역교통망 계획을 위해 이미 O-D자료가 구축되어 있는 곳으로서 서울로 출·퇴근하는 통근차량으로 인하여 상습적인 정체가 발생하는 지역이므로 ITS 서비스 도입시 효과를 파악하기에 알맞다고 할 수 있다. 대상지역 내에는 중심축인 경부고속도로의 대안도로 역할을 할 수 있는 393번 지방도로가 인접하여 위치하고 있으며, 그밖에 수도권의곽순환고속도로 및 국도 42호, 43호, 45호선, 그리고 지방도 342호 등 다양한 종류의 도로들이 포함되어 있다.



<그림 2> 대상지역의 현황

3. 분석도구의 선정

1) 시뮬레이션 모형

교통 시뮬레이션 모형은 고속도로를 포함한 특정지역의 도로망 및 교통시설과 도로의 기하구조, 교통량, 신호체계 등을 컴퓨터를 통하여 模寫하고, 이를 통하여 해당지역의 현재 교통상황을 분석하며 장래의 교통수요나 통행패턴을 예측하는데 사용하는 분석도구이다.

현재까지 개발된 교통 시뮬레이션 모형에는 고속도로의 시뮬레이션에 주로 쓰이는 HCM, FREQ, FREFLO, INTRAS, FRESIM, QUEWZ, 신호화된 교차로나 간선도로의 교통시뮬레이션에 쓰이는 PASSER II, PASSER III, TEXAS, TRANSYT-7F, NETSIM, CONTRAM, 고속도로와 일반도로를 모두

포함하는 교통축에 대한 시뮬레이션을 위한 INTEGRATION, CORFLO, DYNASMART 등이 있다(Aerde, Yagar, Ugge, Case, 1987).

2) 시뮬레이션 모형의 선정

본 연구에서 분석에 사용될 시뮬레이션 모형은 교통공학적 알고리즘을 고루 갖추고 있어 교통망이나 차량흐름을 실제 상황과 가능한 한 근사하게 미시적으로 구현할 수 있어야 한다. 또한 이용자가 분석하려는 대안상의 여러 가지 가정들을 수용할 수 있는 모형이어야 원하는 분석이 가능하므로 분석능력에 대한 고려도 필요한데, 본 연구의 목적상 무엇보다도 ITS 서비스에 대한 설정이 용이한 것이라야 한다. 아울러, 대부분의 모형들은 시뮬레이션 할 수 있는 노드-링크 개수상의 최대 허용치를 가지고 있기 때문에 사용하려는 모형이 대상 네트워크의 규모를 수용할 수 있는지도 검토해야 한다.

최근 많이 이용되는 모형들중 위에서 열거한 세 가지 측면을 모두 만족하는 모형을 선정하여 본 연구를 위한 시뮬레이션 모형으로 사용하고자 한다. 본 연구를 위해 실제 구축가능한 4개 모형(INTEGRATION, CORFLO, FREQ, CONTRAM)을 대상으로 모형의 일반적 기능과 ITS 기능에 대한 수행능력을 분석한 결과 <표 1>과 같이 평가되었다.

<표 1> 시뮬레이션 모형의 선정

선정기준		INTEGRATION	CORFLO	FREQ	CONTRAM
일반기능	네트워크 模寫	○	○	×	○
	신호통제	○	○	○	○
	Merging / Diverging	○	○	○	×
	동적 통행배분	○	△	×	×
ITS기능	돌발상황설정	○	○	×	×
	가변정보판	○	×	×	×
	주행안내	○	×	×	×
	램프진입량 최적화	△	△	×	×
여부	실시간 신호 최적화	○	×	×	×

주) ○:가능, △:부분적 가능, ×:불가능

따라서, 본 연구에서 분석을 위해 사용할 모형은 일반 시뮬레이션 기능뿐 아니라 ITS 기능에 대한 설정이 모두 가능한 INTEGRATION으로 최종 선정하였다. 이 모형은 최근 구미에서 많이 사용하고 있는 시뮬레이션 모형으로서 미시적인 접근방법을 취하고 있어 여타 모형들과는 차별화된 정밀한 분석을 가능케한다.

4. INTEGRATION 모형의 개요

INTEGRATION은 캐나다 Queen's University의 M. Van Aerde 에 의해 1984년에 최초로 만들어졌다. 처음에는 고속도로나 간선도로의 통행배정과 네트워크의 시뮬레이션을 위해 개발되어졌으나, 그 후에 ATMS나 ATIS와 같은 전형적인 ITS의 기능들이 추가되면서 ITS의 효과 분석을 위한 도구로 많이 이용되고 있다.

이 모형의 특징은 기존의 다른 네트워크 시뮬레이션 모형에서는 어려웠던 미시적인 분석까지 가능하다는 데 장점이 있다. 예를 들면, 가변정보표지판의 유무에 따른 교통상황의 변화라든가, 실제로 사고가 발생했을 경우 차량의 흐름이 변화하는 과정, 또는 교통정보 제공시스템 등 차량에 교통정보를 수신할 수 있는 장비를 설치했을 때 개별차량의 움직임 등을 화면에 시각적으로 묘사할 수 있으며, 동시에 결과를 출력과일의 형태로 제시한다. 최근에는 차량추종이론(car-following logic)이라든가 차선변경이론 등이 추가로 개량되었고 동적 통행배정(dynamic traffic assignment) 등이 추가되었다. 그외에 엇갈림 구간이나 HOV's 차선 등이 고려되고 시각적인 표현이 가능하여 이해하기 쉽고 calibration이 매우 쉬워졌다.

INTEGRATION 모형을 구성하는 기본요소는 크게 차량, 노드, 링크의 세 가지로 분류된다. 이중 차량은 네트워크를 통행하는 요소이고 노드는 네트워크 안의 한 장소에서 다른 장소로 이동할 때의 분기점이며, 링크는 노드와 노드를 연결하는 도로를 지칭한다. 차량은 지정된 시간에 출발노드를 통하여 네트워크안으로 진입하며, 모형에 의해서 목적지까지 최적경로를 선택해 적절한 링크를 경유하여 주행을 하게 된다. 이때 차량은 최적경로 tree에 의해 각 목적지까지 운행하며 선택된 경로를 따라 좌·우회전이나 직진을 선택하게 된다. 최적경로를 재산정하는 주기는 사용자가 외부파일로 정한 주기마다 재산정되어 갱신되며 차량이 목적지에 도착할 때까지 계속된다. 차량이 목적지에 도착하면 네트워크에서 제거되고 그 차량에 대한 각종 통계적 분석이 출력화일에 기록이 된다. INTEGRATION 모형은 컴퓨터상으로 이러한 차량의 움직임을 벡터와 매트릭스를 사용하여 표현한다. 네트워크안에서 벡터나 매트

릭스의 변화는 시간경과에 따라 초단위로 조정이 가능하다. 모형은 네트워크 교통상황에 의해 변화하는 차량 기록(vehicle record)이 수록되는 일종의 동적 데이터베이스와 같은 구조를 갖는다.(Aerde, 1997)

5. 자료 수집 및 네트워크 구축

1) INTEGRATION의 요구자료

INTEGRATION 모형의 실행에 필요한 필수적인 파일은 전체 입출력 파일을 운영·관리하는 파일「Master 파일」을 비롯하여 「노드특성 파일」, 「링크특성 파일」, 「신호설정 파일」, 「O-D 교통수요 파일」, 「돌발상황 묘사 파일」등 총 6개로 구성되어 있다. 이들 각 입력파일에 시뮬레이션을 위한 세부 자료가 기재된다.

2) 요구자료의 수집 및 가공

(1) O-D 자료

본 연구의 분석대상 네트워크에 대한 O-D 자료는 기존에 조사되었거나 예측된 자료를 활용하여 구축하였다. 우선, 1996년의 경기지역 예측 O-D 자료를 이용하여 본 연구의 목적에 맞도록 필요한 지역만을 분리하여 그 지역의 존별 24시간 교통량을 추출하였다.

이어서 실제교통량을 토대로 [24시간 교통량 대비 첨두시와 비첨두시의 교통수요 비율]을 산정하였다. 이 과정에서 도로의 종류별로 첨두시간이 상이하여 공통된 첨두시간을 찾아내기가 힘든 문제점이 있었으나, 네트워크의 주 간선도로인 고속도로와 그 주변도로의 교통상황이 중요한 것으로 판단하여 고속도로의 실제 교통량을 기준으로 첨두시의 전체 네트워크 수요 비율을 도출하였다. 해당지역의 고속도로 구간 중 경부고속도로에서 2개소, 영동고속도로에서 1개소, 신갈~안산간 고속도로에서 1개소에서 각각 시간대별 교통량을 조사하여 그 중 각 구간별로 교통량이 가장 많은 2시간대를 파악하였다. 이 두시간대의 교통량을 다시 시간당 교통량으로 환산하여 전체 24시간 교통량에서 차지하는 비율을 계산한 결과 5.76%의 비율로 나타났다. 이와 유사한 방법으로 위에서 선정된 4개소에 대하여 비첨두시간대의 비율도 산정하였는데, 교통량이 현저히 감소하기 시작하는 시간대부터 교통

량이 현저하게 증가하기 직전까지의 시간대를 비첨두 시간으로 보고 그 때의 교통량을 시간당 평균값으로 산출한 후 전체 24시간 교통량 중의 비율을 구한 결과 2.5%로 나타났다.

이와 같이 산정된 첨두시와 비첨두시의 교통수요 비율을 24시간 O-D에 각각 factoring하여 각 시간대의 O-D 자료를 산출하였다(The Urban Analysis Group, 1991).

(2) 네트워크 자료

네트워크자료는 도로망도를 토대로 도로의 기본 골격을 유지하여 설정하였고, 도면을 통해 얻기 힘든 자료나 별도의 확인이 필요한 지점의 경우에는 현장 조사를 통하여 수정·보완하였다. 현장조사는 도면으로 확인이 불가능한 자료 중 링크 및 노드의 위치, 링크길이, 차선수 등 도로기하구조에 중점을 두어 자료의 정확성, 현재성을 확인하였다.

(3) 신호자료

해당지역의 신호자료는 문서화된 기록이나 조사된 자료가 없기 때문에 대상지역내 각 교차로에 대하여 교통신호 유·무 및 교차로에서의 회전규제, 각 신호의 주기, 현시 등을 현장에서 직접 측정하였다.

3) 대상지역의 INTEGRATION 네트워크 구축(Network Building)

대상지역의 실제 도로망은 수집된 자료를 토대로 INTEGRATION이 요구하는 포맷의 네트워크로 변환시켜야 한다. 본 연구에서는 대상지역의 네트워크(그림 3)와 같이 구축하였다. 존 수는 내부존과 외부존을 합쳐 총 21개, 노드수는 147개이며, 총 네트워크 길이 288km에 총 링크수가 303개로 구축되었다.

4) 네트워크 테스트 및 Calibration

Calibration은 시뮬레이션 모델링의 필수과정의 하나로서 시뮬레이션 결과의 신뢰도를 좌우하게 된다. Calibration 작업은 크게 두 가지로 구분된다. 첫째 작업은 네트워크 Calibration으로서 도상과 현장조사, 문헌조사 등을 통해 수집된 자료가 컴퓨터에 올바르게 그리고 사실적으로 코드화 되었는지를 확인하는 것인데,

여기에서는 링크의 물리적 특성이나 각종 교통규제에 관한 설정 및 통행경로의 합리성 등을 점검한다. 두 번째 작업은 O-D 자료에 대한 Calibration으로서 O-D 자료에 설정된 교통량에 따라 배정된 링크별 교통량이 실제 조사된 교통량과 적정수준에서 부합되는가를 점검하고 보정하는 과정이다(Lee, Krammes, 1994).

6. 시뮬레이션 시나리오 디자인

1) 시뮬레이션 환경설정 및 전제(assumptions)

시나리오란 시뮬레이션을 위한 일종의 "각본"이라 할 수 있는데, 개별 시나리오는 다양한 상황에 관한 설정값의 조합이라 할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 상황설정에 관한 항목을 크게 교통상황과 ITS 서비스 제공의 2가지로 분류하고 항목별로 세부사항들에 대한 전제조건과 설정값을 규정하였다.

(1) 교통상황의 설정

해당지역 첨두시간대와 비첨두시간대의 교통량 두 가지 경우가 있으며, 앞서 각 시간대별로 산정된 INTEGRATION의 O-D파일로서 설정된다. 돌발상황의 유무와 심각도에 따른 상황설정이 필요한데, 이를 위해 정상상황, 즉 돌발상황이 없는 상태와 4차선 구간중 1.5개 차선에 돌발상황이 발생한 경우, 4차선 구간중 3개의 차선에 돌발상황이 발생한 경우의 3가지로 구분하였다. 돌발상황의 경우 돌발시간이 지속되는 총 시간은 20분으로 가정하였으며 돌발상황의 발생위치는 <그림 3>에 보인 바와 같이 경부고속도로 하행 신갈 JC 부근으로 설정하였다.

(2) ITS 서비스의 설정

ITS 효과를 분석하기 위한 대상 서비스는 크게 실시간 신호제어, 가변정보표지판, 램프미터링, 주행안내체계로 설정하였다.

· 실시간 신호제어

실시간 신호제어는 시시각각으로 변화하는 교차로의 교통량에 대응하여 신호주기 및 녹색시간 등 신호제어 모수를 주기적으로 최적화하고 이를 교차로 제어에 실시간으로 적용하는 것이다. 실시간 신호제어는 본 연구의 대상 네트워크내 모든 신호교

차로에서 시행되는 것으로 가정하였으며, 실제 교차로의 신호주기를 초기값으로 이용하여 최적화하는 것으로 설정하였다(최적화시 최소값 30초, 최대값 120초로 설정). 신호최적화 주기는 10분으로 설정하여 매 10분마다 신호주기 및 녹색시간을 재설정하도록 하였다.

· 가변정보제공

가변정보제공서비스는 노변에 설치된 가변정보표지판(Variable Message Signs:VMS)을 이용하여 특정한 지점 또는 구간의 교통상황정보를 제공하거나, 정체 발생시 운전자들에게 대안경로를 제한적으로 안내하는 기능을 수행한다. 본 연구에서 가변정보표지판은 네트워크의 주 간선도로인 경부고속도로상에만 설치된 것으로 가정하였다 (<그림 2> 참조). INTEGRATION 모형의 논리상으로 볼 때, 가변정보판이 설정된 노드를 주행안내장비를 장착하지 않은 차량이 통과하게 되면 일시적으로 주행안내장비를 장착한 차량처럼 운행하는 형태로 바뀌게 된다. 이때 변경된 형태로 운행하는 시간은 180초로 한정되어 있으며, 그 이후에는 본래의 형태로 환원된다. 단, 180초가 경과되기전에 가변정보표지가 설정된 다른 노드에 지나게 되면 다시 180초의 시간으로 재설정된다. 이때, 실제로는 가변정보판을 통과한 모든 운전자가 가변정보의 내용을 따르는 않을 것이므로, 가변정보판 통과차량중 절반가량 (50%)만이 제공정보에 따르는 것(주행안내장비를 장착한 것처럼 운행하는 것)으로 설정하였다. 이 비율은 모형 사용자가 의도하는 대로 0~100 % 사이의 어떤 값으로도 설정할 수 있다.

· 램프미터링

진입량 조절이라고도 불리는 램프미터링 목적은 고속도로의 진입램프에서 교통량의 과도한 진입을 억제하여 본선의 원활한 교통흐름을 유지하기 위한 것으로서, 이는 최적의 교통밀도와 속도가 유지되고 있을 때, 교통류율(flow rate)이 최대가 되는 원리에 따라 적용되게 된다. 램프미터링은 진입램프에 설치된 신호등을 일정한 주기로 제어함으로써 진입량을 조절하게 된다. 본 연구에서는 램프미터링은 돌발상황이 발생한 경우에 한하여 돌발상

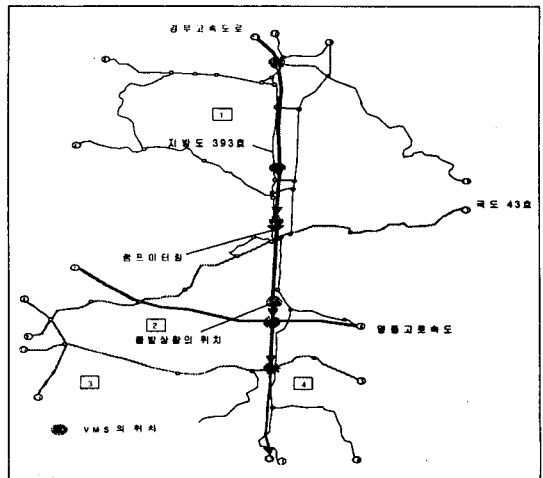
황 발생지점 상류의 진입램프 1개소(<그림 2>)에서만 시행되는 것으로 설정하였다. 램프미터링은 돌발상황 감지에 소요되는 시간을 5분으로 가정하여 돌발상황 발생 5분 후부터 시작하며, 돌발상황 종료 후에도 돌발상황으로 인한 정체가 해소될 때까지 10분간 더 지속되도록 하였다. 램프미터링은 본선의 램프하류 링크의 용량과 상류링크의 수요를 고려하여 첨두시에는 24veh/min, 비첨두시에는 1veh/min 로 설정하였다.

· 주행안내체계 (Route Guidance System:RGS)

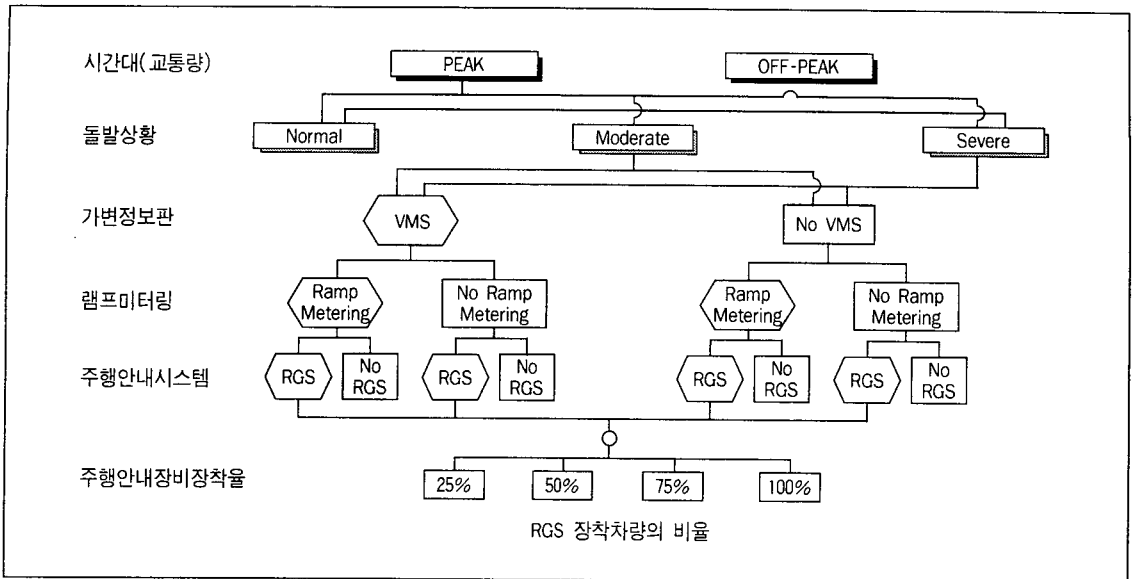
주행안내는 차량에 장착된 안내장비를 통해 교통상황정보 또는 최적경로 산정에 필요한 구간별 통행시간 등의 교통자료를 개별 차량에 제공하는 것이다. 본 연구에서는 전체 차량중 주행안내장비를 장착한 차량의 비율이 어느 정도일 때 전체 네트워크 측면에서 가장 효과적인가를 알아보기 위해 장비 보급정도에 차등을 두어 장착율을 25%, 50%, 75%, 100%로 각각 설정하였다.

2) 시나리오 설정

앞서 분석이슈로서 제기되었던 의문들에 대한 해답을 제공하기 위해 실행하여야 할 시나리오의 종류와 내용을 파악하고, 위에서 규정된 시뮬레이션의 전제조건과 설정값을 근간으로 하여 각기 다른 설정의 조합으로서 개별 시나리오가 작성되었다.



<그림 3> 대상지역의 ITS서비스 설정



<그림 4> 시나리오의 설정

<그림 4>에 보인 바와 같이 먼저 시간대에 따른 교통상황을 시나리오의 대분류 기준으로 적용하고 돌발상황을 중분류 기준으로, ITS 서비스 제공상황을 소분류 기준으로 각각 적용하여 시나리오를 디자인하였다.

교통상황은 첨두(Peak)시와 비첨두시(Off-Peak)로 나누었고, 돌발상황은 돌발정도에 따라 돌발상황이 없는 경우(Normal)와 4개 차선중 1.5개차선에 돌발이 발생한 경우(Moderate), 4개차선중 3개 차선에 돌발이 발생한 경우(Severe)의 상태로 구분하였다.

이들의 시간대와 돌발상황 설정의 조합 중에서 비첨두시 1.5개 차선 돌발상황은 정체유발 효과가 거의 없기 때문에 분석대상에서 제외하였다. 돌발상황하에서 각각의 ITS 서비스를 개별적으로 제공했을 때와 이들을 2개 혹은 3개로 조합하여 동시에 제공했을 경우 효과를 비교분석하기 위해<그림 4>에 보인 바와 같이 1.5개차선 돌발시와 3개차선 돌발상황 각각에 대해 ITS 서비스 제공상황을 tree형식으로 조합하여 설정하였다. 그림에서 가변정보제공은 「VMS」와 「NO VMS」로, 램프미터링은 「Metering」과 「No Ramp Metering」으로, 그리고 주행안내는 「RGS」와 「No RGS」로 각각 표현되었다. 실시간 신호제어는 ITS 서비스 중의 하나이지만, 직접적으로 돌발상황에

대응하여 제공되는 서비스가 아니기 때문에 모든 시나리오에 기본적으로 적용되는 것으로 설정하였다.

<표 2>는 설정된 시뮬레이션 시나리오를 정리한 것으로서 각 시나리오의 ID를 "xy-z"의 형식으로 표현하였다. x자리에는 시간대가 표현되는데, 알파벳 「P」는 첨두시간대(Peak)를, 「O」는 비첨두시간대(Off-Peak)를 의미한다. y자리는 돌발상황설정으로 「N」은 Normal, 「M」은 1.5개차선 돌발시, 「S」는 3개차선 돌발시를 각각 표현한다. z자리는 ITS 서비스 설정을 위한 것으로서 「0」은 서비스가 제공되지 않는 경우를, 「V」는 VMS를, 「R」은 램프미터링을, 「G」는 주행안내장비(RGS)를 각각 나타낸다. 여기에서, z자리가 1개 이상인 경우는 위의 서비스의 조합을 의미한다 (예컨대, 시나리오 ID 「PS-VRG」는 첨두시 3개 차선 돌발상황시 VMS, Ramp-Metering, RGS가 모두 제공되는 경우를 의미함). 「VRG1~4」는 주행안내장비의 장착율이 25%, 50%, 75%, 100% 일 때 각각에 대한 시나리오이다.

이와 같이 총 32개의 시뮬레이션 시나리오가 설정되었으며, 각 시나리오에 INTEGRATION 모형이 요구하는 형식의 입력파일로 작성되어 시나리오별로 시뮬레이션을 실행하게 된다.

III. ITS 서비스의 효과 분석

본 장에서는 앞서 설정된 시나리오의 시뮬레이션 실행한 결과를 제시하고 이들간의 비교·분석을 통해 사전에 설정된 이슈에 대한 고찰을 하기로 한다.

1. 시뮬레이션 실행

설정된 32개의 시뮬레이션 시나리오 각각에 대해 INTEGRATION 입력파일을 준비하여 시뮬레이션을 실행하였다. 설정된 모든 시나리오에 대하여 시뮬레이션 실행시간은 1시간 (3,600초)으로 설정하였다.

돌발상황은<그림 3>에 보인 바와 같이 경부고속도로 하행 신갈 JC 바로 윗 지점에서 발생하는 것으로 설정하였으며, 시뮬레이션 시작후 20분 경과시점에 발생하여 40분이 경과되는 시점까지 20분 동안 지속되

는 것으로 가정하였다. 램프미터링은 돌발상황 발생 5분 후인 25분부터 50분까지 실행되는 것으로 가정하였는데, “발생 5분 후”라는 설정은 돌발상황을 감지하는데에 5분의 시간이 소요되었다고 가정한테에서 비롯한다. 돌발상황이 40분까지 지속되는데 반해 램프미터링을 50분까지 실행한 것은 돌발상황이 종료된 이후에도 남아 있을 정체에 계속 대응하기 위한 것이다.

2. 시뮬레이션 결과 및 서비스 효과 산정

1) 시나리오별 시뮬레이션 결과

INTEGRATION 모형은 시뮬레이션 결과로서 총 통행시간, 평균속도, 총 통행거리, 링크 통과교통량, 링크별 v/c, 총 차량당 평균 통행시간 (Avg. travel time/veh) 등의 MOE(Measure of effectiveness) 값을 제공한다. 시나리오별로 실행된 시뮬레이션 결과는

<표 2> 시뮬레이션 시나리오

일련 번호	시나리오 ID	시간대 (교통량)	돌발상황	ITS 서비스				
				실시간 신호	VMS	Ramp Metering	RGS	
1	PN	Peak	Normal	◇	-	-	-	
2	PM-	0	Peak	Moderate	◇	-	-	-
3		V	Peak	Moderate	◇	○	-	-
4		R	Peak	Moderate	◇	-	○	-
5		G	Peak	Moderate	◇	-	-	장착율 50%
6		VR	Peak	Moderate	◇	○	○	-
7		VG	Peak	Moderate	◇	○	-	장착율 50%
8		VRG1	Peak	Moderate	◇	○	○	장착율 25%
9		VRG2	Peak	Moderate	◇	○	○	장착율 50%
10		VRG3	Peak	Moderate	◇	○	○	장착율 75%
11		VRG4	Peak	Moderate	◇	○	○	장착율100%
12	PS-	0	Peak	Severe	◇	-	-	-
13		V	Peak	Severe	◇	○	-	-
14		R	Peak	Severe	◇	-	○	-
15		G	Peak	Severe	◇	-	-	장착율 50%
16		VR	Peak	Severe	◇	○	○	-
17		VG	Peak	Severe	◇	○	-	장착율 50%
18		VRG1	Peak	Severe	◇	○	○	장착율 25%
19		VRG2	Peak	Severe	◇	○	○	장착율 50%
20		VRG3	Peak	Severe	◇	○	○	장착율 75%
21		VRG4	Peak	Severe	◇	○	○	장착율100%
22	ON	Off-Peak	Normal	◇	-	-	-	
23	OS-	0	Off-Peak	Severe	◇	-	-	-
24		V	Off-Peak	Severe	◇	○	-	-
25		R	Off-Peak	Severe	◇	-	○	-
26		G	Off-Peak	Severe	◇	-	-	장착율 50%
27		VR	Off-Peak	Severe	◇	○	○	-
28		VG	Off-Peak	Severe	◇	○	-	장착율 50%
29		VRG1	Off-Peak	Severe	◇	○	○	장착율 25%
30		VRG2	Off-Peak	Severe	◇	○	○	장착율 50%
31		VRG3	Off-Peak	Severe	◇	○	○	장착율 75%
32		VRG4	Off-Peak	Severe	◇	○	○	장착율100%

주) ◇:기제공, ○:기능설정

〈표 3〉에 나타난 바와 같이 본 연구의 주 MOE인 총통행시간과 보조 MOE인 평균속도, 총 통행거리, 차량당 평균통행시간을 중심으로 정리하였다.

전반적인 MOE의 변화를 살펴보면, 첨두시에 해당되는 시나리오는 대체로 총통행시간이 420,000veh-

mins 가량으로 나타났으며, 비첨두시에 해당되는 시나리오는 150,000veh-mins 안팎이었다. 평균속도는 첨두시에는 50~54km/h, 비첨두시에는 67~69km/h정도로서 같은 시간대에서 시나리오간의 변화폭은 크지 않은 것으로 나타났다.

〈표 3〉 시나리오별 시뮬레이션 결과

일련번호	시나리오 ID		분석척도 (MOE)			
			통행시간		평균속도 (km/h)	총통행거리 (VKT)
			총통행시간 (veh-mins)	차량당 평균통행시간 (mins)		
1	PN		417,886	11.55	54.50	379,548
2	PM-	0	424,363	11.73	53.16	375,977
3		V	422,460	11.68	53.53	376,900
4		R	416,524	11.49	54.05	375,235
5		G	420,070	11.67	53.81	376,741
6		VR	415,098	11.47	54.23	375,203
7		VG	422,930	11.69	53.64	378,114
8		VRG1	416,786	11.52	54.13	375,982
9		VRG2	416,753	11.52	54.24	376,775
10		VRG3	416,986	11.53	54.34	377,649
11		VRG4	417,068	11.53	54.16	376,488
12	PS-	0	428,813	11.85	50.79	362,973
13		V	427,439	11.81	50.98	363,213
14		R	423,602	11.71	51.68	364,882
15		G	427,650	11.82	51.22	365,050
16		VR	423,602	11.72	51.73	365,188
17		VG	428,577	11.85	51.07	364,804
18		VRG1	424,117	11.72	51.78	366,002
19		VRG2	424,088	11.72	51.82	366,271
20		VRG3	424,918	11.74	51.83	367,090
21		VRG4	423,238	11.70	51.96	366,516
22	ON		154,969	9.92	69.44	179,345
23	OS-	0	159,390	10.21	67.52	179,369
24		V	159,327	10.20	67.58	179,445
25		R	158,968	10.18	67.31	178,328
26		G	159,310	10.20	67.57	179,414
27		VR	158,839	10.17	67.39	178,402
28		VG	159,346	10.20	67.58	179,470
29		VRG1	158,685	10.16	67.41	178,285
30		VRG2	158,739	10.17	67.42	178,350
31		VRG3	158,489	10.15	67.54	178,409
32		VRG4	158,594	10.16	67.48	178,358

2) ITS 서비스의 효과 산정방법

일반적으로 돌발상황시 ITS 서비스의 효과는 돌발상황으로 인해 유발된 정체 증가분 중 ITS 서비스 제공을 통해 저감된 부분의 비율로써 아래의 식을 이용하여 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \text{ITS 서비스효과} &= \frac{\text{ITS서비스를 통한 정체저감분}}{\text{돌발상황으로 인한 정체증가분}} \\
 &= \frac{\text{돌발상황}-\text{ITS서비스}}{\text{돌발상황}-\text{정상상황}} \times 100(\%) \quad (1)
 \end{aligned}$$

시나리오 별 ITS 서비스효과의 비교는 각 MOE의 「절대값」보다는 위의 식을 이용하여 「정규화(Normalized)」된 결과를 이용하는 것이 보다 객관적인 분석을 가능케 할 것이다. 본 연구에서 사용된 MOE인 총통행시간의 경우, 위 식에 의해 계산된 결과는 '총통행시간의 저감율'을 의미하게 되며, 통행속도의 경우는 '평균통행속도의 향상율'을 의미한다.

3. ITS 서비스효과 비교·분석 및 고찰

본 절의 내용은 이미 설정된 분석이슈에 대한 답안의 형식으로 구성하였다. 그러나, 여기에 언급된 분석 결과는 '사례연구'의 성격으로 이해되어야 하며, ITS 서비스 효과에 대한 어떤 단정적 결론을 유도하는 것은 바람직하지 않다.

1) 정상상태의 교통상황

돌발상황이 발생하기 전의 교통상황을 시나리오 ID 「PN」의 시뮬레이션 실행결과에 의거하여 분석해 보면, 비첨두시의 경우는 네트워크 전체적으로 큰 정체 지점이 없이 양호한 반면 첨두시에는 주요고속도로를 비롯하여 주변 간선도로상에서 다소간의 지체가 있음을 확인할 수 있었다.

돌발상황이 발생하는 경부고속도로 하행선의 평균 v/c(Volume-to-Capacity ratio)는 비첨두시의 경우에는 0.18로써 LOS (Level-Of-Service) A에, 첨두시는 0.43으로써 LOS B에 해당된다. 돌발상황 발생 링크의 교통수요는 비첨두시 2,256대/h, 첨두시 4,928대/h로써 용량보다는 작은 값이지만 돌발상황이 발생할 경우 수요가 용량을 초과하게 됨으로써 고속도로와 주변도로에 상당한 정체를 유발시킬 것으로 예상된다.

2) 돌발상황의 정체유발 효과

첨두시 1.5개 차선 돌발상황은 총통행시간을 6,477 veh-mins 만큼 증가시켰으며 3개 차선 돌발상황은 10,927veh-mins의 증가를 유발하였다. 비첨두시의 경우, 3개차선 돌발상황은 4,421veh-mins의 증가를 가져왔다. 첨두시 3개차선 돌발상황의 정체유발 효과(통행시간 증가)를 1.0으로 보았을 때, 첨두시 1.5개차선 돌발상황은 0.6, 비첨두시 3개차선 돌발상황은 0.4 가량의 정체를 유발하였다고 할 수 있다.

동일한 심각도의 돌발상황일지라도 교통량이 적은 비첨두시간에 발생하는 것보다는 교통량이 많은 첨두시간에 발생할 때에 더 큰 정체를 유발하였으며, 동일한 교통량 하에서는 당연히 심각도가 큰 돌발상황이 더 큰 정체를 유발하였다.

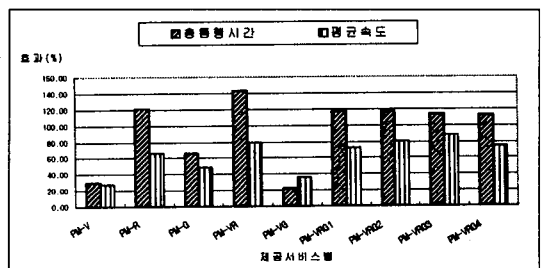
3) 개별 ITS 서비스 및 조합 서비스의 효과

다음의 그림들은 시나리오별 식 (1)에 따라 산정된 ITS 서비스의 효과를 (1)첨두시 1.5개차선 돌발상황, (2)첨두시 3개차선 돌발상황, (3)비첨두시 3개차선 돌발상황에 대해 각각 도시한 것이다.

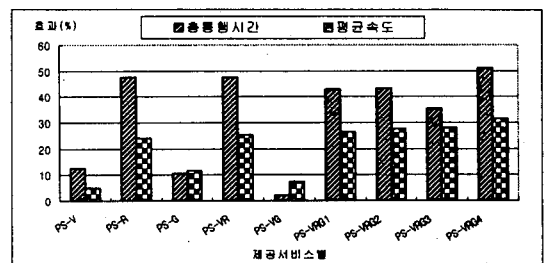
개별 ITS 서비스간의 효과를 비교해 보면, 위의 그림에서도 파악할 수 있듯이 세 경우 모두 램프미터링의 효과가 가장 높았고, 다음으로는 주행안내, 가변정보제공의 順으로 나타났다.

이처럼 개별 서비스 중에서는 국지적인 램프미터링이 분석시간대, 돌발상황 정도를 불문하고 가장 뛰어난 효과를 나타내었는데, 이는 램프미터링을 통해 돌발상황 발생지점으로 직접 유입되는 교통량을 감소시킴으로써 돌발상황으로 인해 악화된 교통상황의 추가적인 악화가 가장 효과적으로 억제되었기 때문이라 할 수 있다. 첨두시 심각한(severe) 돌발상황의 경우, 램프미터링을 하지 않을 때 본선유입교통량은 1,292대, 25분간 램프미터링을 시행했을 경우, 792대로써, 447대의 차량유입이 제어된 셈이다. 그 결과 램프미터링을 시행한 램프는 밀도값이 80veh/km/lane에서 135veh/km/lane로 악화된 반면, 본선램프 하류링크 돌발상황 발생지점에서는 86.4veh/km/lane에서 80.7veh/km/lane로 개선되었다.

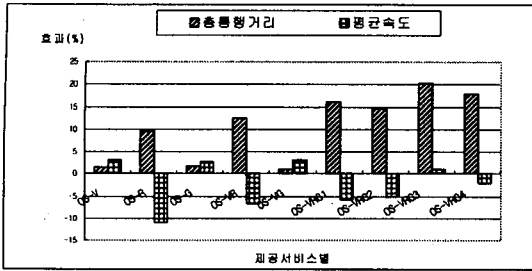
이처럼 교통사고와 같은 돌발적 상황에서는 램프미터링과 같은 직접적이고 적극적인 수요관리가 매우 중



〈그림 5〉 첨두시 1.5개차선 돌발상황시 효과변화



〈그림 6〉 첨두시 3개차선 돌발상황시 효과변화



〈그림 7〉 비첨두시 3개차선 돌발상황시 효과변화

요하다고 할 수 있다.

가변정보판만을 통해 돌발상황정보를 제공했을 경우, 고속도로상에서 주변도로로 우회되는 교통량은 평균적으로 고속도로 본선교통량의 10% 이하로써, 시뮬레이션 결과에서도 파악되었듯이, 본 연구의 대상 지역에서는 큰 효과를 거두지 못했다고 할 수 있다.

가변정보제공과 램프미터링을 병행하면 개별서비스보다 큰 효과가 있으나, 가변정보제공과 주행안내를 병행했을 때는 오히려 개별서비스보다 효과가 감소됨을 알 수 있는데, 이는 지나치게 많은 차량이 돌발상황 발생지점(고속도로)을 우회한 탓에 여타 도로에서의 정체가 증가한데 기인한 것으로 판단된다.

가변정보제공과 램프미터링, 주행안내를 종합적으로 제공함으로써 대체적으로 개별서비스보다는 큰 효과를 거둘 수 있으며, 특히 비첨두시간 즉 교통량이 많지 않을 때에 3개 서비스 종합제공과 개별서비스간의 효과 차이가 두드러지는 현상을 볼 수 있다. 이는 교통량이 많지 않은 비첨두시간에는 주변도로의 용량이 상대적으로 여유가 있어 돌발상황 발생지점을 우회한 교통량을 효과적으로 수용할 수 있기 때문인 것으로 해석된다.

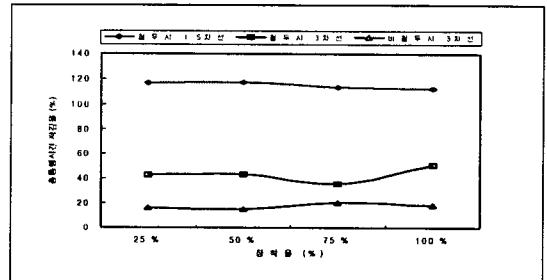
교통량이 많지 않을 때에는 여러 종류의 서비스를 함께 제공하는 것이 유리하고, 교통량이 많을 때는 무조건 많은 종류의 서비스를 제공하기보다는 전략적으로 선별된 서비스 제공이 유리하다고 할 수 있다. 그러나, 주행안내의 경우는 시스템운영자가 서비스제공 여부를 결정할 수 있는 것은 아니므로 소위 '선별적 서비스 제공'의 개념에서는 제외되어야 할 것이다.

정체 저감비율상으로 100% 이상을 나타내는 경우에 100% 초과분은 평상시 정상상황하에서 기대할 수 있는 효과중의 일부를 의미한다. 100%를 초과하지 않

는 경우에도 정체 저감분에는 정상상황시에 거둘 수 있는 효과와 돌발상황으로 인해 유발된 정체를 저감시키는 효과가 혼재되어 있을 수 있다. 이러한 맥락에서 돌발상황하에서와는 별도로 정상상황하에서의 ITS 서비스효과를 분석해 볼 필요가 있다.

4) 주행안내장비 장착율에 따른 효과 변화

주행안내장비 장착율에 따른 효과변화를 살펴보면, 〈그림 8〉에 도시된 바와 같이 첨두시 1.5개차선 돌발상황시에는 장착율이 증가함에 따라 총통행시간 저감율이 감소하는 추세이고, 3개차선 돌발상황시에는 장착율 75%에서 가장 낮게 나타났다. 반면, 비첨두시에는 첨두시와는 달리 장착율이 75%일 때 가장 높은 효과를 보였다. 그러나, 통행시간 저감율의 변화폭 자체가 극히 미미하므로 이것만으로 어떤 특별한 패턴이 있다고 보기는 어렵다.



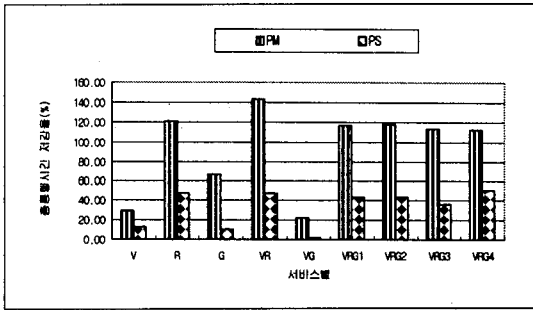
〈그림 8〉 주행안내장비 장착율에 따른 총통행시간 저감율 변화

주행안내 서비스의 경우에는 보다 세분화된 장착율 및 다양한 교통상황을 고려한 별도의 정밀분석이 필요하다고 하겠다.

5) 돌발상황의 발생정도(심각도)에 따른 효과 변화

돌발상황의 발생정도에 따른 효과변화를 살펴보면, 〈그림 9〉에 보인 바와 같이 첨두시 3개차선 돌발상황시보다 1.5개차선 돌발상황시에 ITS 서비스의 효과가 높게 나타났다. 이는 3개차선 차단을 유발하는 심각한 돌발상황 발생으로 인해, 돌발상황 발생지점 뿐만 아니라 교통축 전체 측면에서 수요가 용량을 초과하게 되어 ITS를 통해 일부 교통량을 주변 대안도로로 우회시킨다고 해도 교통상황을 크게 개선시킬 여지가 상대적으로 적기 때문인 것으로 판단된다. 다시 말해, 심각도가 큰 돌발상황시에는 심각도가 작은 돌

발상황시보다 상대적으로 더 많은 교통량이 돌발상황 발생지점을 우회하려 할 것이기 때문에 주변 대안도로에서도 교통수요가 용량을 초과하는 현상이 일어날 수가 있다.



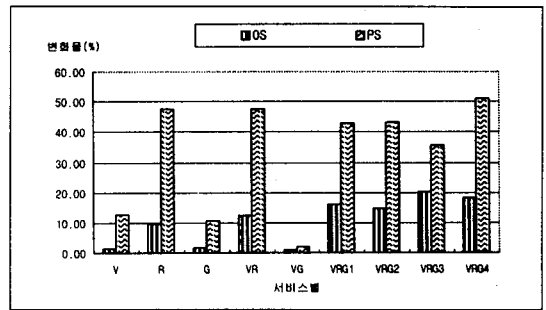
〈그림 9〉 첨두시 돌발정도간 총통행시간 저감률 비교

따라서 일부 교통량이 고속도로상의 돌발상황 발생지점을 우회함으로써 고속도로의 교통상황은 크게 개선될 수 있으나, 주변 대안도로에서 정체현상이 유발될 가능성이 높다. 그러한 이유로 교통축전체 차원에서의 교통상황은 상대적으로 크게 개선되지 않는 것이다. 그러나, 돌발상황하에서 교통축의 수요가 용량을 초과하지 않는 범위내에서는 심각도가 클수록 ITS 서비스 효과는 심각도가 작은 경우에 비해 대체로 높을 것으로 예상된다.

6) 네트워크 교통수요에 따른 효과 변화

첨두시와 비첨두시의 ITS 서비스효과를 비교해 보면, 〈그림 10〉에 보인 바와 같이, 대체로 비첨두시에는 정체 저감분이 절대크기 및 비율면에서 첨두시에 비해서 훨씬 적은 것을 알 수 있는데, 그 이유는 교통량이 많지 않은 비첨두시에는 같은 돌발상황이라 할 지라도 교통류에 미치는 영향이 상대적으로 적으므로 큰 혼잡은 유발되지 않고, 따라서 ITS 서비스가 도입되어 개선할 부분이 크지 않기 때문이라 할 수 있다.

개별 서비스 중에서는 램프미터링이 교통수요(네트워크 교통량)에 따라 가장 민감한 효과차이를 나타냈다(비첨두시 → 9.6%, 첨두시 → 47.7%). 이로 미루어 볼 때, ITS 서비스의 효과가 가장 클 수 있는 상황은 첨두시와 같이 돌발상황이 발생하는 도로가 혼잡하되, 주변의 대안도로가 충분히 확보되어 있고 어느정도 용량 여유분이 있을 때라 할 수 있다.



〈그림 10〉 교통수요간 총통행시간 저감률 비교

7) 기타

본 연구의 대상 네트워크의 경우 주 간선도로인 경부고속도로 주변의 대안도로 및 진출입 램프가 극히 제한적이고, 고속도로가 폐쇄식으로 운영되고 있어 정체 상황이 발생하였을 때 우회를 위한 고속도로 진출입이 어려운 특성을 갖고 있다. 이 때문에 고속도로의 진출입부 주변에서 대기행렬이 빈번히 형성되는 등 교통흐름이 원활하지 못해 ITS를 통한 정체 저감효과가 상당 부분 상실된다고 할 수 있다. ITS 서비스가 더 큰 효과를 발휘하기 위해서는 대안도로 및 고속도로 진출입부의 확보, 개방식 고속도로 운영 등이 전제되어야 한다.

4. 시뮬레이션 모형 (INTEGRATION 모형)의 한계와 활용

INTEGRATION 모형을 비롯한 교통류 시뮬레이션 모형은 실제 교통상황을 그대로 재현하는 것이 아니라 "模寫"하는 것이므로 미시적인 결과에 비중을 두기보다는 거시적인 '패턴'을 분석하는 것이 바람직하다. 또한, MOE의 절대값에 크게 의존하지 말고 '비교' 방식의 상대적인 분석방법을 취하는 것이 바람직하다.

본 연구는 특정 지역의 지역간 도로를 중심으로 하는 네트워크의 경우이므로 다른 네트워크 유형(예: 도시부), 교통량 등의 특성에 따라 다른 결론이 유도될 수 있음에 유의하여야 한다. 또한, 실제 교통네트워크는 여러 방식으로 '모형화'될 수 있으며, 이러한 방식에 따라 비합리적인 차량의 흐름이 유발될 수도 있으므로 trial-and-error를 통해 합리적으로 교통류가 처리될 수 있도록 하여야 한다. 특히, 고속도로 인터체인지 등 복합적인 도로시설의 모형화에 주의와 노력이 필요하다.

INTEGRATION 모형의 주행안내 개념은 전술된 바와 같이 개별차량이 각자의 최적경로를 산정하는 방식 즉, 사용자최적(user optimal) 방식을 따르고 있다. 시스템최적 방식 주행안내의 경우, 센터는 주행안내장착을, 개별 차량의 센터제어영역 진입상황, 주행안내장비를 장착한 개별 차량의 현재 위치 등의 정보를 항상 확보하고 있어야 하기 때문에 막대한 시설비용 투자가 필요하게 된다. 따라서, 시설비용면에서는 사용자최적방식이 우월하다 할 수 있으나, 주행안내 단말기의 가격이 다소 높아지는 단점이 있다. 현재 주행안내 시스템의 개발 추세는 사용자최적방식을 지향하고 있으나 시스템최적방식이 네트워크 전체차원에서의 혼잡완화라는 관점에서는 유리하다 할 수 있으므로 이에 대한 별도의 분석 및 사용자최적 주행안내 방식과의 비교·분석이 필요할 것이다.

본 연구를 통해 발견된 INTEGRATION의 구체적 문제점을 들면, 시뮬레이션 시행시에 고속도로의 가·감속차선이 없어지는 곳에서 간헐적으로 비정상적인 대기행렬이 형성되는 문제점이 발견되었는데, 이는 모형의 합류부(merging)와 분류부(diverging) 알고리즘상의 부분적 오류인 것으로 판단된다. 그러나, 이러한 비정상적인 대기행렬은 장시간 지속되는 것이 아니므로 시뮬레이션 결과를 거시적으로 분석할 때는 큰 영향을 주지 않는다고 할 수 있다.

또한, 실제 상황과는 달리 시뮬레이션 시작시 네트워크는 비어 있는 상태로써 네트워크 loading에는 일정시간이 소요된다. 시뮬레이션이 시작되면 네트워크의 각 존(zone)들로부터 O-D 자료에 설정된 교통량의 비율로써 차량이 지속적으로 방출되는데, 네트워크이 적절한 수준의 교통량으로 채워진 후부터 시뮬레이션이 실질적 의미를 갖는다고 할 수 있다. 본 연구와 같은 상대적인 '비교' 방식의 분석에는 영향이 없으나, 개별 시뮬레이션 결과의 분석시에는 loading에 소요된 시간만큼의 시뮬레이션 결과는 무시되어야 할 것이다. 네트워크의 loading에 소요된 시간은 대략 통행거리가 가장 긴 O-D 자료중에서 가장 먼저 출발한 차량이 목적지에 도달하는 시간으로 볼 수 있다.

시뮬레이션 결과의 신뢰도는 모형의 능력(capability) 뿐 아니라 시뮬레이션에 필요한 상세하고 정확한 데이터의 확보 여부에 따라 좌우되므로 분석

의 목적에 맞게 데이터의 상세성과 정확성을 기해야 한다. 네트워크 자료의 경우는 현장조사를 통해 비교적 용이하게 구득할 수 있으나, O-D 자료의 경우는 실제 조사를 하려면 막대한 비용과 시간이 소요되므로 정확성이 다소 떨어지더라도 가능하면 기존에 구축되어 있는 자료를 활용하고 Calibration 과정에서 적절한 보정을 해 주는 편이 효율적일 것이다.

본 연구에 사용된 INTEGRATION과 같이 미시적인(microscopic) 시뮬레이션 방식을 취하는 모형의 경우 개별 시나리오의 시뮬레이션 실행에는 상당한 시간이 소요되므로 분석목적에 달성할 수 있는 한도내에서 가능한 한 간결하고 함축적으로 시간적, 공간적 범위를 설정하고 반듯이 필요한 시나리오만을 선별하도록 하여야 할 것이다.

IV. 연구의 결론 및 시사점

1. ITS 서비스 효과

본 연구의 분석에 의하면 ITS 서비스는 돌발상황 발생시 정체감소에 잠재력이 있는 것으로 파악되었다. 일반적으로, 시뮬레이션 결과로 파악된 ITS 효과에 대해 지나치게 회의적이거나 과신해서는 아니되며, 분석 대상 네트워크의 특성을 잘 파악하여 그 효과에 대한 종합적인 해석을 하여야 한다. 본 연구의 결과 역시 선정된 사례지역에서 그리고 사전에 설정된 가정하에서 타당성을 가지는 것이므로, 본 연구에서 제시하고 있는 결과만으로 ITS 서비스 효과에 대하여 어떤 결론을 도출하기는 어렵다 하겠다.

본 연구에서 분석한 바에 의하면, 단순히 정보만 제공하는 것이 아니라 "제어 action"을 통한 직접적이고 적극적인 수요관리를 하는 것이 유리한 것으로 나타났다. 돌발상황 발생지점 주변에서 너무 많은 운전자가 돌발상황에 대한 정보를 인지하고 있으면 오히려 전체 네트워크 측면에서는 불리하며, 정보를 갖고 있는 운전자와 그렇지 않은 운전자가 적절히 배합되어 있을 때 정체저감효과가 극대화될 수 있다. 주요 간선도로는 혼잡하되, 주변 대안도로는 상대적으로 여유용량이 있을 때에 ITS 서비스 효과가 극대화 될 수 있다.

ITS 서비스 효과의 극대화에 필요한 대안도로 및 고속도로 진출입부의 확보, 개방식 고속도로 등 조건을 고려하여, ITS 구축사업 착수 이전에 대상지역의 타당성조사를 통하여 현재 상태대로 ITS를 도입해도 좋을 것인지, 혹은 이러한 조건을 충족시킨 후에 도입해야 할 것인지에 대한 검토가 필수적이다.

본 연구에서는 ITS서비스의 도입효과를 거시적으로 분석하는 데에 초점을 맞추어 네트워크 전체 차원에서 분석을 수행하는 것을 목적으로 하였다. 이러한 거시적 분석결과가 어떠한 링크에서, 어떤 시간에, 그리고 어떠한 패턴으로 나타났는가에 대한 구체적인 분석은 본 연구의 범위에는 포함되지 않았으나, 후속 연구로 수행하여 미시적 차원의 공학적 근거를 규명하는 노력이 필요하다고 하겠다. 아울러, 또 다른 특성을 갖는 사례지역에 대하여 본 연구와 유사한 분석을 함으로써 결과를 비교하여 보는 것도 흥미로운 연구가 될 수 있을 것이다.

2. 평가분석 도구로서의 시뮬레이션 모형의 활용

ITS 서비스에 대한 평가는 시스템 구축이전에 시스템 구성체계의 효율성을 사전에 점검하여 최적의 설계 대안을 도출하거나, 구축 후에 운영 초기단계에서 시스템 전체 또는 구성요소별로 기능성과 성능을 점검함으로써 필요한 부분에 적절한 보정작업을 가능하게 한다는 점에서 ITS 시스템 구축 및 운영을 위해 필수적인 작업이라 할 수 있다.

이러한 맥락에서, 시뮬레이션 모형은 ITS 서비스에 대한 체계적인 공학적 분석·평가를 가능하게 함으로써, 시스템 구축 및 보완·발전 등 개별 ITS 사업에 관한 제반 정책결정의 지원도구(decision-supporting tool)로써 활용될 수 있다.

본 연구를 통해 도출된 분석결과는 특정 사례지역을 대상으로 한 것이므로 이를 일반화하는 것은 바람직하지 않으나, 제시된 시뮬레이션 모형을 이용한 분석 과정은 대상지역을 불문하고 일반적으로 적용 가능하다고 할 수 있다. 그러므로, 이러한 분석과정은 ITS 구축 이전의 ITS 서비스구현에 필요한 도로 및 교통시설 여건 등 대상지역에 대한 타당성조사 또는 구축 후의 시스템 효율성평가 작업의 일부로서 포함될 수 있을 것이다.

따라서, 시뮬레이션 모형을 이용한 평가의 과정 및 각 과정별 분석기법을 체계화된 틀로 정립하는 작업은 향후 연구로써 추진되어야 한다.

참고문헌

1. 건설교통부, '96도로교통량 통계연보, 1997.
2. 국토개발연구원, 국가 ITS 사업의 핵심공유기반 기술 연구, 1997. 8.
3. 국토개발연구원, 고속도로 물류비용분석을 통한 물류기능 강화방안 : 한국도로공사, 1997.
4. 국토개발연구원, 첨단교통체계(G7 연구기획보고서), 1996. 3.
5. 서울시정개발연구원, 간선도로 교통류 관리방안 연구-도시고속도로를 중심으로-, 서울시정개발연구원, 1994.
6. 한국도로공사, '96 고속도로 교통량 조사, 1997
7. Dan Garrison and Fred Nannering, "Assessing the Traffic Impacts of Freeway Incidents and Driver Information", ITE Journal, 1990.
8. J. de D. Ortuzar, L.G. Willumsen, "Modelling Transport", 1994. pp.295~306.
9. John N. Ivan, Shyuan-Ren Chen, "A Proposed Methodology for Real-time Corridor Traffic Control During Freeway Incidents", ITS America, 1996. pp.378~379.
10. M Van Aerde, "INTEGRATION RELEASE 2 : User's Guide-Volume I : Fundamental Model Features", 1997. pp.8~11.
11. M. Van Aerde, S. Yagar A. Ugge and E.R. Case, "A Review of Candidate Freeway-Arterial Corridor Traffic Models", TRR 1132, 1987. pp.61~65.
12. Sibok Lee and Raymond A. Krammes, "Corridor Analysis Guidelines for Incident Management", TTI Research Report 1232-29, 1994. p15, p16, pp.21~22.
13. THE URBAN ANALYSYS GROUP, "TRANPLAN -User Manual", 1991. pp.199~200.