

고속도로 exTMS시스템 효과 평가

Effect-Evaluation of exTMS Systems in Highway

성지나

(아주대학교 건설교통공학과 석사과정)

오영태

(아주대학교 환경건설교통부 교수)

Key Words : exTMS, 효과 평가

목 차

- | | |
|------------------|------------------|
| I. 서론 | III. 시뮬레이션 효과 평가 |
| 1. 연구의 배경 및 목적 | 1. 시뮬레이션 모형 선정 |
| 2. 연구의 방법 및 수행절차 | 2. 효과평가 방법론 |
| | 3. 분석 결과 |
| II. 이론적 고찰 | IV. 결론 및 향후 연구과제 |
| 1. exTMS 개요 | |
| 2. 기존 연구 고찰 | 참고문헌 |

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

교통혼잡, 교통사고증가, 환경오염 등의 문제를 해결하고, 기존 교통시스템을 효율적으로 운영하며, 운전자에게 유용한 정보를 제공하기 위해 도입된 ITS는 1990년대 이후 전 세계적으로 확산되었다.

이러한 국내에서도 ITS의 필요성을 인식하게 되었고, 각 지자체 ITS 구축사업 및 고속도로 ITS 구축사업 등을 통해 ITS서비스가 확산되었다.

특히 한국도로공사는 1993년 고속도로관리시스템(FTMS)을 도입한 이후 시스템의 효율적인 운영 관리와 고급/다양화된 고속도로 서비스를 제공할 수 있도록 차세대 기술을 이용한 미래지향적이고, 최적화된 고속도로교통관리시스템(exTMS)을 개발하기 위하여 마스터플랜을 수립 중에 있다.

exTMS는 서비스의 정확성 및 신뢰성, 품질에 대한 요구수준이 증대하고, 인프라 확대 및 교통량 증가에 따른 교통여건 변화하며, 차량단말, 통신, 네트워크, 교통류 관리 기법 등의 관련 기술이 발전함에 따라 이용자의 요구사항을 만족시켜 줄 수 있는 신개념의 고속도로교통관리시스템이다.

이를 바탕으로 exTMS 도입을 통한 고속도로 속도 개선의 정도를 정량적 효과 평가 함으로써 교통 상황에 따른 시스템 영향을 분석하고, 시스템 적용 및 운영의 기반 마련을 통한 보다 체계적인 운영이 될 수 있도록 근거를 마련한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 교통 상황 별 exTMS 기반의 시스템 도입을 통하여 각각의 시스템이 통행속도 개선에 미치는 효과를 평가한다.

이에 따라 시스템 적용으로 인한 효과가 뚜렷하게 나타날 수 있도록 고속도로 IC-IC 한 구간의 네트워크를 구성하고, exTMS를 기반으로 정량적 효과평가가 가능한 시스템을 선정하여, 선정된 시스템 도입을 통한 고속도로 본선에서의 효과를 평가한다.

교통상황 별 현실 상황을 최대한 반영할 수 있도록 미시적 시뮬레이션인 VISSM을 이용하여 효과를 평가하였다.

II. 이론적 고찰

1. exTMS 개요

현재 고속도로 FTMS 기능 고도화를 통한 미래지향적 고속도로교통관리 시스템(exTMS)을 구현 중이며, 이를 바탕으로 exTMS에서 제시하고 있는 시스템에 대하여 고속도로 대상 구간 적용 시 효과에 대한 평가를 하고자 한다.

따라서, 본 연구의 목적에 맞는 이론적 고찰로써 exTMS의 "정의" 및 "시스템 구성"을 살펴봄과 동시에 기존의 FTMS시스템을 바탕으로 exTMS만의 미래지향적 고속도로교통관리 시스템 종류 및 특징 등에 대하여 살펴보고자 한다.

1) 정의

현재 고속도로 정보는 FTMS를 통해 수집된 자료를 바탕으로 각종 정보제공매체를 통하여 제공되고 있으나 개별 고속도로 사용자의 교통정보에 대한 기대치가 높아짐에 따라 교통정보의 정확성, 신뢰성 및 교통정보의 질에 대한 요구수준도 높아지고 있는 실정이다.

또한 고속도로 인프라 확장 및 교통량 증가에 따라 기존 FTMS 진단과 차량단말, 통신, 네트워크 관리, 교통류 관리 기법 등에 대한 신기술의 접목을 통해 교통여건 변화 및 도로이용자의 요구수준에 적극적인 대응이 필요한 시점이다.

이에 따라 exTMS는 교통여건 및 도로이용자 요구수준에 대하여 적극적으로 대응하며, 신기술 접목을 통한 효율적인 운영관리 및 고급화된 서비스를 제공해주고, 교통소통 및 안전확보를 통하여 이용자가 즐거운 도로를 실현할 수 있도록 하는 기존 FTMS의 개선과

신규 시스템을 포함한다.

2) 시스템 구성

exTMS는 교통관리최적화와 전자지불, 교통정보관리, 여행자정보제공, 지능형차량/도로, 화물차량관리와 같은 6개의 분야로 서비스를 제공하고자 한다.

교통관리최적화 분야에는 총 교통운영관리와 긴급상황관리, 정보수집과 같이 3종류의 서비스로 구분되며, 그 내에는 총8개의 사용자 서비스와 29가지의 시스템으로 구성되어 있다.

전자지불 분야는 통행료 전자지불, 교통시설이용 요금 전자지불과 같이 2가지의 서비스로 구성되어 있으며, 그 내의 2가지 사용자서비스와 5가지의 시스템으로 구성하였다.

교통정보관리분야는 2개 서비스, 4개의 사용자서비스, 9개의 시스템으로 구성되어 있고, 여행자정보제공 분야는 2개의 서비스와 5개의 사용자서비스, 14개의 시스템으로 구성되어 있다. 지능형차량/도로 분야는 2개의 서비스, 3개의 사용자서비스, 21개의 시스템으로, 화물차량관리는 한 개의 서비스, 2개의 사용자서비스 5개의 시스템으로 구성되어 있다.

즉, exTMS에서 제공하고자 하는 서비스 기반의 시스템은 총 83개의 시스템으로 구성되어 있으며, 본 연구에서는 83개의 시스템을 기반으로 돌발상황 발생 시를 제외한 일반상황에서의 시뮬레이션 적용을 통하여 효과 평가 가능한 시스템을 선정하였다.

2. 기존 연구 고찰

첫 번째 국내 연구사례로 이성호(1999)의 연구결과를 살펴보고자 한다.

이 연구에서는 내부순환로에 적용된 ITS시스템(VMS, RMS)을 대상으로 각 시스템과 전체 통합시스템에 대하여 INTEGRATION을 이용한 시뮬레이션으로 설치전과 설치 후에 대한 효과를 비교평가하고 시스템 구축 10년 후에 대한 효과분석 수행과 함께 내부순환로 FTMS 시스템의 경제성 평가를 하였다.

결과적으로 이 논문에서는 VMS의 설치에 따라 평균속도 7.74%증가와 총지체 5.27%감소, 배기가스 배출량 4.15% 감소와 같은 효과를 나타냄을 평가하였다. 또한 RMS 설치 후 네트워크 전체의 평균속도는

설치전에 비하여 7.8%증가한다는 것과 VKT는 5.5%가 증가함을 보여주었으며, 총 지체 및 차량당 지체의 경우에도 각각 15%와 18%가 감소된다고 평가하였다. 이 논문에서의 시뮬레이션을 통한 시스템 효과평가 과정 및 시스템의 효과적도, 평가 결과를 고려하여 본 연구를 진행하였다.

두 번째 국내연구 사례로 조중래(1998) 연구를 살펴보고자 한다.

이 연구는 가로망의 구조 및 통행수요의 변화에 따라 통행 중 교통정보제공의 효과가 어떻게 달라지는지를 모의실험을 통해 분석하였다. 또한 이를 위하여 실제의 대규모 가로망에 대하여 적용할 수 있는 통행배정 기법을 제안하였다. 이는 제안된 모형을 시간의 흐름에 따른 가로망의 상태를 고려하여 통행 배정하는 방법으로 「시간 종속적 통행배정」이라 명하고 있다. 이 연구에서는 가로망 형태(격자형 및 방사환상형), 가로망 크기, 통행수요의 지역별 분포, 교통혼잡정도에 따라 시나리오를 작성하였고, 각 시나리오에 대하여 모의실험 및 사례연구를 통해 정보를 받는 차량의 비율에 따른, 그리고 정보를 제공하는 빈도에 따른 통행 중 교통정보제공에 대한 효과를 분석하였다.

결과적으로 모의실험에서는 정보를 받는 차량의 비율이 30%~70% 구간에서 14%까지의 총 체계 비용의 감소효과가 나타나는 것으로 분석되었으며, 가로망의 규모가 클수록, 혼잡이 심할수록, 그리고 대안도로가 많을수록 교통정보제공의 효과는 커진다는 결과를 나타내었다. 이 연구를 통하여 본 연구에서는 효과평가하고자 하는 VMS를 통한 정보제공에 따라 이용자가 받는 영향을 고려하여 연구를 진행하였다.

세 번째 국내연구 사례로 변완희(2003) 연구를 살펴보고자 한다.

이 연구에서는 개인단말기에 의한 교통정보 제공 서비스의 시행을 위하여 정보제공서비스가 사회적 편익과 개인적 편익에 미치는 영향 분석이 선행되어야 함을 바탕으로 진행하였다. 따라서 이 연구는 다양한 교통상황과 정보이용률 하에서의 운전자 경로선택 행동 데이터를 얻기 위하여 시뮬레이션을 개발하였다. 이를 활용하여 교통정보제공 서비스가 도로 네트워크에 미치는 영향과 정보를 이용하는 운전자와 정보를 이용하지 않는 운전자에 대한 차이를 소요시간 분석, 소요시간 예측오차 분석, 그리고 정보의존도 분석 등을 통하여 밝히고 있다. 결과적으로 소요시간 분석에 의하면 정보를

이용하는 운전자가 증가할수록 네트워크 전체의 소요시간과 효율성과 소요시간 신뢰성은 향상된다는 결과를 나타내었고, 소요시간 예측오차는 정보 이용층의 교통량 변동이 크고, 자신과 같은 정보이용 운전자의 비율이 작을 때에 한하여 상대적인 우수한 소요시간 예측이 가능하다는 분석 결과를 제시하였다. 정보의존도 분석은 도로 네트워크 내에 정보를 이용하는 운전자들이 증가하면 운전자들의 정보의존도는 증가하는 경향이 있다는 분석결과를 나타내었다. 이 연구를 통하여 정보이용자들이 증가하면서, 네트워크의 도로 이용 효율이 높아지고 이에 따라 소요시간의 감소 및 소요시간 예측오차의 감소 등의 편익과 정보의존도의 향상이 나타나고 있음을 알 수 있다.

네 번째 국내연구 사례로는 문병섭(2003)의 연구를 살펴보고자 한다.

이 연구는 국도의 RTMS 교통정보가 FTMS의 VMS에 제공될 경우 운전자 행태를 검토하였다. 즉 고속도로를 운행하는 운전자가 고속도로와 국도의 교통상황 정보를 제공받을 경우 우회할 확률에 대하여 SP(선택회향) 조사를 통하여 운전자 경로변경 모형을 수립하고 상황별 국도 우회율을 도출하였다.

그 결과 이용자의 국도에 대한 인지도가 가장 좋은 경우 고속도로의 교통상황이 2배정도로 나빠지더라도 대안도로로 전환할 우회율은 단지 4.7%라는 결과를 제시하였다. 또한 국도에 대한 인지도가 보통인 경우 고속도로의 상황이 2배정도 나빠지면 우회율은 19.1%정도가 될 것이라는 결과를 제시하였으며 국도에 대한 인지도가 좋지 않은 경우 고속도로의 교통상황이 2배정도 나빠졌을 때 우회율은 35.6%정도 된다는 결과를 나타내었다. 만약 운전자들의 국도에 대한 인지도에 대하여 정성적으로 앞서 살펴본 것과 같이 세가지로 분류할 때 동일한 분포로 나타나고, 일반적인 교통상황이 이 연구와 같이 동일한 확률로 나타난다고 가정한다면 교통정보제공에 의한 평균 우회율은 8.2%로 산정 가능하다는 결과를 나타내었다. 이 연구를 기반으로 하여 본 연구에서는 교통상황에 따라 VMS 적용에 따른 우회율을 다르게 적용하도록 하였다.

III. 시뮬레이션 효과 평가

1. 시뮬레이션 모형 선정

시뮬레이션 모형은 ITS시스템의 적용에 따라 효과 평가가 가능하고, 어느 지점을 통과하는 차량의 통행패턴이 동일하지 않는 특성을 반영할 수 있는 시뮬레이션 모형을 선정하도록 한다. 또한 개별차량 단위로 수집되는 교통상황(속도, 위치자료 등)을 바탕으로 차량과 차량의 통행 특성 영향을 모형에 반영하여 효과척도를 산출 할 수 있어야 한다.

이에 적합한 시뮬레이션 모형에는 Paramics, VIS SIM, TransModeler 등 여러 가지가 있으며, 각각의 특성을 분석하여 본 연구의 목적에 적합한 시뮬레이션을 선정 한다.

본 연구에서는 exTMS의 주요 효과평가 대상 시스템인 램프미터링의 실시간 감응제어가 가능하고, 갓길 LCS의 구축이 용이한 것을 기반으로, 이 외의 ITS 시스템 구현을 통한 효과평가 가능한 VISSIM으로 선정 하였다.

또한 VISSIM은 고속도로 네트워크의 구축이 가능하고 네트워크의 속성 변형이 자유로우며, 3D모드 지원을 통해 ITS시스템 적용 효과를 직접 확인할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

2. 효과 평가 방법론

1) 고속도로 기하구조 특성 및 방법론

본 연구에서 목표로 하는 exTMS 기반 시스템의 효과평가를 위하여 고속도로의 기본구간 및 진입·진출 램프의 기하구조, 교통여건 등을 반영한 네트워크를 구성 하였다.

고속도로 기본구간은 시스템 각각의 적용 특성을 보다 명확하게 파악하기 위하여 한 구간으로 선정하였으며, IC-IC 간격은 인터체인지 설치의 지역별 표준간격을 바탕으로 구성하였다. 즉, IC의 설치지역이 대도시 도시고속도로인 것으로 가정하여 계획교통의 처리 및 표지판 설치 등 교통운영상 필요한 거리인 2km이상이 되어야 하는 것과, 실제 IC간의 설치 간격을 고려하여 5km로 구성하였다.

또한 고속도로 본선의 차로 수는 양방향 8차로, 연결로의 설치원칙을 기반으로 진입·진출램프는 각 1차로로 구성하였으며, 설계속도 100km/h로 구성하였다.

고속도로 본선 상의 직진 교통량과 진입·진출하는 교통량의 비율은 한국도로공사의 2008년 3월의 2주 동안의 검지기를 통하여 검지된 실측자료를 분석하여 직진 교통량의 15%를 진입·진출램프의 교통량으로 배분하였으며, 교통상황(V/C 비율)에 따라 진입·진출 차량 비율은 유사하게 적용되도록 구성하였다.

이러한 고속도로의 본선 구간 및 연결로에 대한 기하구조, 교통조건을 바탕으로 일반화된 네트워크를 구성하여 본 연구에서 설정한 교통상황에 따른 효과분석을 수행하였다.

2) 분석 방안

① 적용 시스템 선정

exTMS적용 시스템을 대상으로 시뮬레이션을 통하여 효과 평가 가능한 시스템을 선정한 결과 다음과 같다.

<표 1> 효과평가 가능 시스템 선정

분야	서비스	사용자 서비스	시스템	시뮬레이션 적용시스템
교통관리 최적화	교통운영관리	교통류 제어	차로제어시스템	갓길LCS
			램프미터링	램프미터링
			우회관리 서비스	VMS
			공사구간관리 시스템	갓길LCS, VMS
		주의운전구간 관리	가변속도제어 시스템	갓길LCS, VMS
			노면결빙방지 시스템	VMS
			터널교통관리 시스템	갓길LCS, VM
			도로/노면상태 정보제공시스템	VMS
		노면잡물관리 시스템	갓길LCS, VM	
여행자 정보 제공	교통정보 제공	주행중 교통정보 제공	VMS 시스템	VMS

위의 표와 같이 본 연구를 통해 교통관리 최적화 분야 교통류제어 사용자 서비스 내의 5가지 시스템과, 주

의운전구간관리 사용자서비스의 4가지 시스템, 여행자 정보제공 분야의 주행중 교통정보제공서비스의 한가지 시스템에 대하여 효과를 평가 한다. 시뮬레이션이 가능한 시스템 중 exTMS에서의 기존시스템 개선방향과 신규시스템 정의 및 기능을 바탕으로 적용시스템을 선정하였으며, VMS 및 갓길 LCS에 대한 설명 및 기능을 고려하였다. 이에따라 exTMS에서 하고자 하는 서비스시스템에 대하여 갓길LCS, 램프미터링, VMS 3가지 시뮬레이션 적용시스템을 통하여 효과를 평가한다. exTMS에서는 위의 선정한 세가지 시뮬레이션 적용 시스템에 대하여 향후의 적용방향을 마련하고 있다.

차로제어 시스템은 터널진입 부 및 터널 내 그리고 강원도 일부와 경부선(신갈JC-궁내동)에 설치 운영되고 있으나, 향후 고속도로 합류/분류부, 본선, 교량에 추가 설치하여 유사 시 고속도로 차로 운영에 적극 개입할 수 있는 방향으로 활용하고자 한다.

램프미터링은 명절 및 특정일에 한하여 고속도로공사가 고속도로 주요 유출입부를 수동으로 차단하는 방법을 사용하고 있지만, 고속도로 본선이 서비스 용량을 초과하여 고속도로의 본래 기능을 유지 못할 경우 램프 진입차량을 신호를 통해 제어하여 고속도로 기능을 유지하도록 할 계획이며, 특히 단거리 주행 고속도로 이용차량의 경우 적극적인 램프미터링기법을 통해 제어하여 본선 교통흐름에 영향을 최소화하고자 한다.

주행중교통정보제공의 VMS시스템은 공간적 한계를 개선하고 휴게소 및 우회로, 고속도로 영향권 내에 시설을 확충함과 동시에 이동식 VMS를 도입하여 정보제공 필요 시 유연하게 활용하고자 한다.

이 세가지 외의 평가되는 다른 시스템 또한 이러한 exTMS에서 마련하고 있는 근거를 바탕으로 효과를 평가하도록 한다.

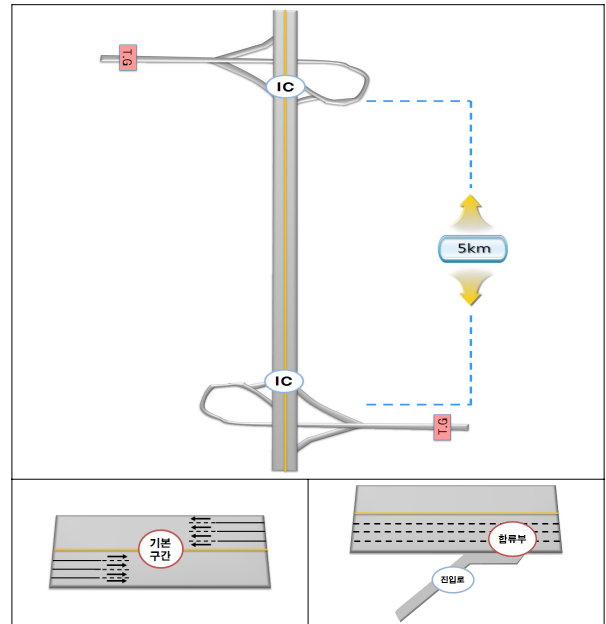
② 시스템 별 구현 방안

갓길LCS와 VMS, 램프미터링이 시뮬레이션에 적용되었을 때의 효과를 평가할 수 있도록 시스템별 시뮬레이션 환경을 조성해주었으며, 시스템이 적용되기 전의 기본 네트워크는 다음 그림과 같다.

시스템 적용 전의 고속도로 기본 네트워크는 각 시스템의 효율성을 명확하게 파악할 수 있는 고속도로 구간으로 선정하였고, IC의 설치지역이 대도시 도시교

속도로인 것으로 가정하여 계획교통의 처리 및 표지판 설치 등 교통운영상 필요한 거리를 고려하여 IC간의 간격을 5km로 구성하였다.

또한 고속도로 본선의 차로 수는 양방향 8차로, 진입·진출램프는 연결로 설치 원칙에 근거하여 각 1차로로 구성하였으며, 설계속도는 100km/h로 구성하였다.



<그림 1> 고속도로 기본 네트워크

갓길 LCS는 갓길로 차량이 이동할 수 있도록 함으로써 한 차로를 증가시켜 주어 결국 전체적으로는 고속도로 본선의 용량을 증가시켜 주는 효과와 같다고 볼 수 있다. 그에 따라 시뮬레이션의 환경에서도 본선의 차로수를 기존 4차로에서 5차로로 증가시켜 좁으로써 갓길 LCS가 적용되었을 때와 같은 효과를 나타내도록 구성하였다.

VMS를 통한 효과평가는, 고속도로를 운행하는 운전자가 고속도로와 국도의 교통상황 정보를 제공받을 경우, 이용자가 국도로의 우회라는 적극적인 경로변경의사를 가진다는 기본 가정 하에 고속도로 교통상황에 따른 국도 우회율에 대한 연구결과를 반영하여 적용하도록 한다. ("ITS 타당성 조사 및 건설교통 종합정보센터 정보 연계 방안 연구, 한국건설기술연구원(2003)"기반)

위의 기존 연구에서는 VMS를 통한 우회율이 평균 8.2%라고 제시하고 있다. 이를 기반으로 VMS 정보 제공에 따른 우회율을 민감도 분석하여, 상황에 따라

VMS정보제공이 어느 정도의 효과를 나타내는지 평가하도록 한다. 교통상황에 따른 우회율은 다음 표와 같다.

<표 2> VMS 정보제공에 따른 우회율

우회율(%)		
5%	8%	11%

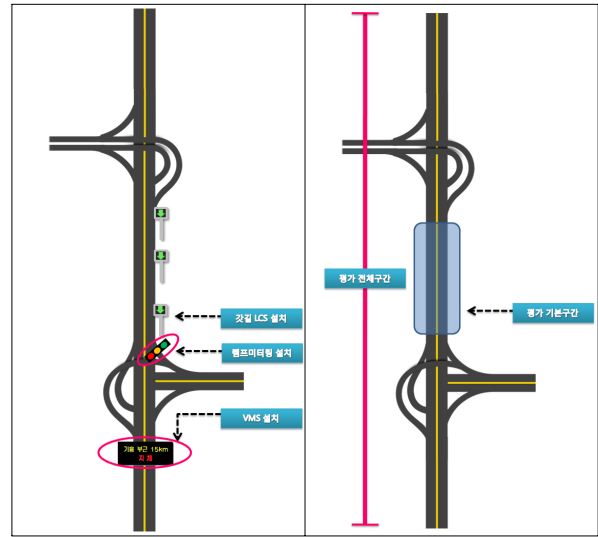
이와 같은 우회율을 통하여 본선의 교통량을 우회시켜 줌으로써 VMS 적용에 대한 효과를 평가하도록 한다.

램프미터링은 유럽에서 대다수 적용되고 있으며, 고속도로 램프미터링 관련 연구에서 대부분 적용되고 있는 ALINEA 방식을 채택하였다. ALINEA란, ALINEA (Asservissement Linéaire d'entrée Autoroutière)의 약자로서 Papageorgiou교수가 개발한 교통감응 독립램프 미터링 방식이며, ALINEA는 전통적인 feedback 제어이론에 입각한 Local 램프 미터링 제어 전략으로, 유럽 대부분의 국가(벨기에, 영국, 프랑스, 독일, 네덜란드 등)에서는 ALINEA 알고리즘을 사용하거나, 이를 변형한 알고리즘을 사용한다.

ALINEA는 고속도로 진입 구간 하류부에서 측정된 점유율을 기초로 하여 미터링률을 결정하며, 예측된 램프미터링률이 최대 미터링률보다 크면, 램프미터링은 시행되지 않고, 최소 미터링률보다 작으면 최소 미터링률로 운영된다. ALINEA는 다른 알고리즘보다 간단하며, 자료수집장치를 최소화시킬 수 있고, 하나의 변수 사용으로 인한 특정교통상황 적용이 용이하다. 또한 램프제어시스템 적용 및 운영자 요구사항에 따른 변경이 용이하다는 장점을 가지고 있다. 반면 하류부의 최적화를 수행하였을 때, 상류부의 상태가 정체상황이 나타날 수 있으며, 최적의 검지기 설치지점 선정이 어렵다는 단점을 가지고 있다. 본 연구에서는 고속도로 기본 구간의 점유율에 따라 진입로의 차량을 제어하는데, 이는 시뮬레이션 상에서 ALINEA방식의 알고리즘 VAP를 적용함으로써 효과 평가하였으며, VAP는 “속도를 이용한 ALINEA 모델 개발(2008, 조한선 외 1명)” 연구를 기반으로 하였다.

전체 효과평가 대상 구간에 대하여 시스템의 적용

구간 및 평가구간을 나타내면 다음 그림과 같다.



<그림 2> 시스템 적용 구간

③ 시나리오 구성

본 연구의 목표는 exTMS 기반의 시스템 중 시뮬레이션을 통한 효과분석이 가능한 갓길 LCS와 램프미터링, VMS가 교통상황에 따라 어떤 시스템의 효율이 두드러지게 나타나는지와, 세 가지 시스템이 전체 적용되었을 때의 효과가 어느 정도 개선되는지를 평가해 보는 것이다.

따라서 교통상황을 구분하기 위하여 고속도로 본선 구간의 V/C=0.5일 때, V/C=0.8, V/C=1.0일 때로 CASE를 나누어 각 교통상황일 때의 시스템 적용으로 분석시나리오를 구성하였다.

<표 3> 평가 시나리오 구분

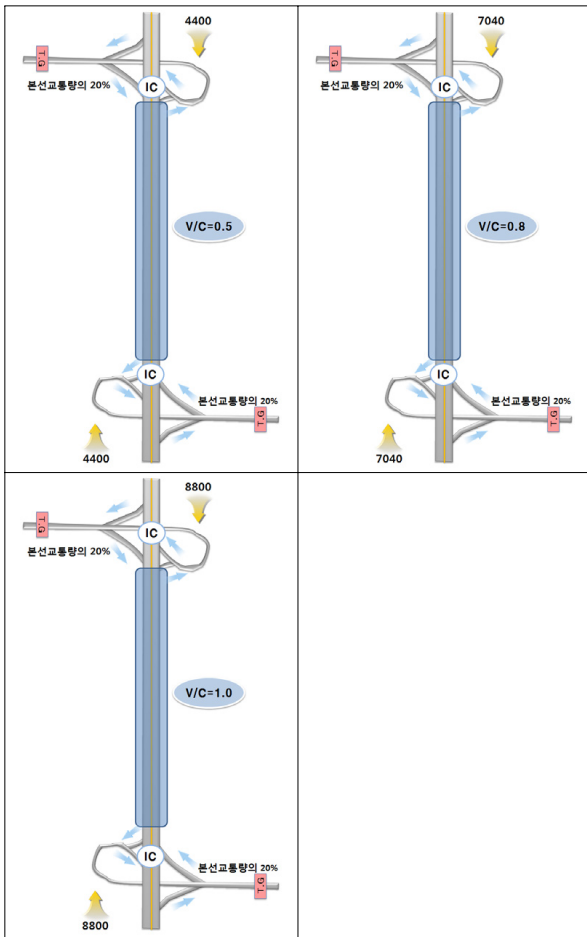
본선 교통상황 시스템 구분	V/C=0.5	V/C=0.8		V/C=1.2	
	CASE I	CASE II		CASE III	
갓길LCS	I - 1)	II - 1)		III - 1)	
VMS	I - 2) (우회율 5%)	5%	II-2)- ②	5%	III-2)- ②
		8%	II-2)- ③	8%	III-2)- ③
		11%	II-2)- ④	11 %	III-2)- ④
램프미터링	I - 3)	II - 3)		III - 3)	
전 시스템 도입	I - 4)	II - 4)		III - 4)	

위와 같이 본 연구의 시나리오는 크게 3가지의 CA SE로 구성되며, 각 시나리오 내에 세 가지 시스템이 각각 적용되었을 경우와 세 가지 시스템이 모두 적용되었을 때의 세부적인 경우로 구성하였다.

④ 교통상황 별 교통 조건 구성

교통상황에 따른 시스템의 효과를 평가하기 위하여 고속도로 본선이 V/C=0.5인 경우와 V/C=0.8인 경우, V/C=1.0인 경우로 시나리오를 구성하였다.

고속도로 기본구간의 한차로 당 용량은 2200pcphpl (2001, 도로용량편람)이며, 고속도로 본선에서의 직진 교통량과 연결로 상의 유·출입 교통량의 비율은 2008년 3월 2주 동안의 실측치의 값을 기반으로 분석하여 본선의 20% 비율로 연결로의 교통량을 배분하였다.



<그림 3> 교통상황 별 교통조건 구성(계속)

3) 분석 구간

시뮬레이션을 통한 exTMS 기반의 시스템에 대한

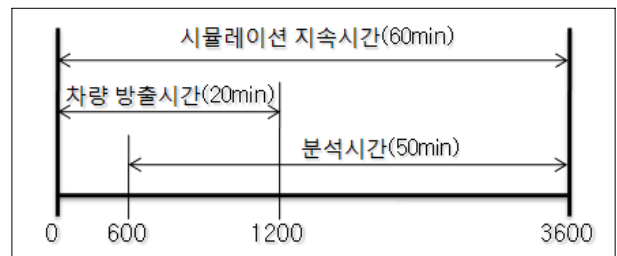
효과 평가를 위하여 시스템 별 효과를 뚜렷하게 파악할 수 있는 고속도로 IC-IC 간의 한 구간을 효과평가 대상 구간으로 선정하였다. 효과 평가함에 있어 IC에 접해 있는 진출램프를 통하여 고속도로에서 진출하고자 하는 차량의 차선변경으로, 다른 차량의 통행에 대한 영향이 최소화 될 수 있는 기본구간과, 위빙구간 및 연결로를 포함하여 전체적 네트워크에 대한 통행속도를 파악함에 따라 시스템 적용에 따른 기본 구간 및 전체적 네트워크의 통행속도 변화율을 분석하기 위하여 전체 네트워크를 효과평가 대상구간으로 선정하였다.

4) 시뮬레이션 분석 시간 설정

시뮬레이션의 분석시간은 분석 구간 상에 처음 진입한 차량이 본선 구간을 모두 통과 했을 때의 시점 이후 시간대를 대상으로 분석함으로써, 네트워크에 차량의 배분이 안정적으로 구성되었을 시점 이후를 분석시간으로 설정하였다.

따라서 분석시간은 시뮬레이션의 시작과 동시에 교통량 방출시점에서 600초 후에 시작되도록 설정하였으며, 차량 방출 시간은 교통량이 지속적으로 방출 될 경우 의도했었던 교통상황에서 벗어나 차량 과포화에 따른 결과 값의 신뢰도가 저하될 수 있으므로, 1초부터 1200초까지로 설정하였다. 또한 시뮬레이션이 끝나는 시점은 방출된 교통량이 모두 네트워크를 통과할 수 있는 시간으로 선정하였다.

즉, 시뮬레이션 지속시간은 1초부터 3600초까지 60분으로 설정하였고, 차량 방출시간은 1200초까지 20분, 분석시간은 600초부터 3600초까지 50분 동안으로 설정하였다.



<그림 4> 시뮬레이션 분석시간

5) 효과척도 선정

고속도로에 적용된 exTMS시스템의 효과를 평가하기 위하여 고속도로 이용자가 실제적 시스템 적용으로 인한 개선 정도를 쉽게 느낄 수 있는 통행 속도를 효과적으로 선정하였다.

이를 통하여 시스템 적용 전과 후의 기본구간 및 전체 네트워크의 통행 속도 개선 정도를 분석함으로써 시스템 적용의 효과를 평가하도록 한다.

3. 분석 결과

$v/c=1.2$ 일 경우 전 시스템 도입으로 인하여 시스템 적용 전 평가구간의 통행속도 평균 50.85km/h에서 79.80km/h로 개선됨에 따라 속도 개선율이 55.95%정도로 나타났다. 또한 차량의 위빙구간을 포함한 전체 네트워크의 속도 평균은 40.19km/h에서 62.53km/h까지 증가함에 따라 55.60%의 속도개선율을 나타내었다.

각 시스템을 도입한 결과, 평가구간 통행속도 개선율은 LCS → VMS 우회율 11% → 램프미터링 → VMS 우회율8% → VMS 우회율 5% 순으로 나타났으며, 전체 네트워크 통행속도 개선율은 VMS 우회율 11% → VMS 우회율 8% → 램프미터링 → LCS → VMS 우회율 5% 순으로 나타났다.

VMS 적용을 통한 우회율이 11%일 경우 평가구간 속도개선은 39.11%, 전체구간 속도개선율은 46.92%로 전체적인 네트워크의 효율을 고려했을 때 비교적 큰 효과를 가져오는 것을 알 수 있었다.

LCS를 적용하였을 때의 평가구간의 속도 개선율이 39.44%로 가장 큰 개선의 효과를 나타내지만 전체 구간 속도의 개선율을 보았을 때는 21.77%로 타 시스템보다 전체 네트워크의 속도개선에는 크게 영향을 미치지 못하는 결과가 나타났으며, 이는 LCS의 적용에 따라 기본구간의 속도는 증가하지만 차선수가 증가하였다가 감소하게 되어 병목구간이 생기므로 이에 따른 전체 네트워크의 차량 속도 개선율이 비교적 낮은 결과를 가져온 것으로 판단된다.

램프미터링은 VMS 우회율 8%일 때와 기본구간의 속도개선율이 비슷한 정도를 보이나, 램프미터링으로 인한 연결로 부문의 차량이 속도가 감소하여전체 네트워크 평가에서 비교적 낮은 속도 개선율을 보인다.

$v/c=0.8$ 인 경우, 전 시스템 도입 전의 차량 평균속

도 64.9km/h에서 적용 후 79.31km/h까지 평균 속도가 증가하면서 속도 개선율이 22.21% 정도를 나타내었다. 위빙구간을 포함한 전체 네트워크는 개선 전 평균속도 50.67km/h에서 64.19km/h로 증가하여 26.70%의 개선율을 보였다.

각 시스템을 적용한 결과 평가구간 통행속도 개선율은 LCS → VMS 11% → 램프미터링 → VMS 8% → VMS 5% 순으로 나타났으며, 전체 네트워크 통행속도 개선율은 VMS 8% → VMS 11% → VMS 5% → 램프미터링 → LCS 순으로 나타났다.

$V/C=0.8$ 인 경우 VMS를 통한 우회율이 8% 정도 일 때 전체 네트워크의 효율에는 가장 큰 영향을 미치며 우회율 11%일 경우에는 평가구간의 속도 개선율은 높지만, 진출하고자 하는 차량으로 인한 차선 변경으로 인하여 위빙구간에서의 지체가 증가함에 따라 전체 네트워크의 통행속도 증가율은 우회율 8%일때보다 적은 것으로 나타났다.

램프미터링의 경우 $V/C=1.2$ 일때와 같이 평가구간의 속도개선율은 높은 편이나 전체적 네트워크 평가에서 연결로에서의 지체로 인한 통행속도 증가율이 낮음을 알 수 있다.

$v/c=0.5$ 인 경우에 전 시스템을 도입한 결과 시스템 적용 전 80.94km/h에서 평균 85.41km/h로 5.52% 정도의 속도 증가율을 보였다.

전체 네트워크는 평균 65.48km/h에서 77.58km/h로 속도가 증가하면서 18.48%의 속도 증가율을 나타내었다.

각 시스템을 도입한 결과, 평가구간의 속도 개선율이 2~9%로 평균통행속도 개선에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 파악되었으며, 이는 $v/c=0.5$ 인 상황에서 차량의 평균통행속도가 80~88km/h 정도으로써 차량의 통행이 원활한 상태이기 때문에, 차량의 통행을 원활하게 하기위해 도입되는 시스템의 영향은 크게 미치지 않는 것으로 판단된다.

전체적으로 차량의 통행이 증가하면서 V/C 가 커질수록 전체 시스템 적용을 통한 평균 통행속도 증가율도 커짐을 알 수 있다.

또한 전체 시스템 적용을 통하여 평가구간의 속도 증가율 보다 네트워크 전체의 속도증가율이 비교적 높다는 결과를 보았을 때, 전 시스템의 적용은 네트워크 전체적으로 속도 증가에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

〈표 4〉 V/C=0.5 일 경우, 시스템 적용 효과

시스템 구분		CASE I V/C=0.5					
		기본구간			전체구간		
		구축전 통행속도(km/h)	구축후 통행속도(km/h)	통행속도 증가율	구축전 통행속도(km/h)	구축후 통행속도(km/h)	통행속도 증가율
1	갓길LCS	80.94	88.51	9.36%	65.48	68.66	4.85%
2	VMS	80.94	82.91	2.43%	65.48	67.85	3.63%
3	램프미터링	80.94	82.54	1.98%	65.48	76.127	16.25%
4	전체 시스템 도입	80.94	85.40	5.52%	65.48	77.587	18.48%

〈표 5〉 V/C=0.8 일 경우, 시스템 적용 효과

시스템 구분		CASE II V/C=0.8						
		기본구간			전체구간			
		구축전 통행속도(km/h)	구축후 통행속도(km/h)	통행속도 증가율	구축전 통행속도(km/h)	구축후 통행속도(km/h)	통행속도 증가율	
1	갓길LCS	64.89	77.43	19.31%	50.66	52.23	3.11%	
2	VMS	① 5%	64.89	67.91	4.64%	50.66	55.60	9.76%
		② 8%	64.89	72.60	11.88%	50.66	62.82	24.01%
		③ 11%	64.89	74.88	15.39%	50.66	61.32	21.04%
3	램프미터링	64.89	72.82	12.21%	50.66	54.97	8.50%	
4	전체 시스템 도입	64.89	79.31	22.21%	50.66	64.19	26.70%	

〈표 6〉 V/C=1.0 일 경우, 시스템 적용 효과

시스템 구분		CASE IV V/C=1.2						
		기본구간			전체구간			
		구축전 통행속도(km/h)	구축후 통행속도(km/h)	통행속도 증가율	구축전 통행속도(km/h)	구축후 통행속도(km/h)	통행속도 증가율	
1)	갓길LCS	50.85	70.81	39.24%	40.18	48.93	21.77%	
2	VMS	① 5%	50.85	54.06	6.31%	40.18	47.63	18.52%
		② 8%	50.85	63.80	25.47%	40.18	53.62	33.43%
		③ 11%	50.85	70.78	39.18%	40.18	59.04	46.92%
3)	램프미터링	50.85	65.01	27.84%	40.18	51.40	27.91%	
4)	전체 시스템 도입	50.85	79.30	55.95%	40.18	62.53	55.60%	

IV. 결론 및 향후 연구과제

고속도로의 상황에 따라($V/C=0.5, 0.8, 1.0$) 갓길 LCS 및 VMS, 램프미터링을 적용하였을 때의 효과를 평가하였다.

그 결과, 전 시스템의 적용을 통한 상황별 통행속도의 개선이 기본구간을 평가하였을 경우 5~55%까지 속도개선율을 보였으며, 전체 네트워크를 평가한 경우 18%~55%까지의 속도 개선율을 나타내었다. 이를 통하여 전 시스템 도입을 통하여 평가 구간 뿐만 아니라 전체네트워크의 효율성이 상당히 좋아짐을 알 수 있다.

또한 차량이 증가하여 V/C 가 커질 수록 시스템 적용에 따른 속도 개선율이 더욱 커지는 결과를 얻을 수 있었다.

$V/C=0.5$ 인 상황에서는 시스템 적용이 되지 않아도 차량이 통행이 원활한 상태이므로, 시스템 적용을 통한 속도개선율이 미비하게 나타났다.

또한 $V/C=0.8$ 인 경우에는 전 시스템 도입 전의 차량 평균속도 64.9km/h에서 적용 후 79.31km/h까지 평균 속도가 증가하면서 속도 개선율이 22.21% 정도로 나타났으며, 위빙구간을 포함한 전체 네트워크는 개선 전 평균속도 50.67km/h에서 64.19km/h로 증가하여 26.70%의 개선율을 보였다.

$V/C=1.2$ 일 경우 전 시스템 도입으로 인하여 시스템 적용 전 평가구간의 통행속도 평균 50.85km/h에서 79.80km/h로 개선됨에 따라 속도 개선율이 55.95%정도로 나타났다. 또한 차량의 위빙구간을 포함한 전체 네트워크의 속도 평균은 40.19km/h에서 62.53km/h까지 증가함에 따라 55.60%의 속도개선율을 나타내었다.

본 연구에서는 일반상황을 대상으로 적용시스템에 대한 효과를 평가하였지만, exTMS에서 제시한 돌발상황 관리서비스 내의 시뮬레이션 적용을 통하여 효과를 평가할 수 있는 시스템을 대상으로, 돌발상황 발생 시 적용하고자 하는 시스템에 대한 효과가 어느 정도인지를 평가하는 것도 상당히 의미있는 연구가 될 것이라고 생각한다.

또한 시스템의 적용 대상에 있어, 실제 대상구간의 기하구조 및 교통조건 등을 반영한 현장 적용성 평가를 실시해 봄으로써, 각 시스템 및 전체 시스템의 효과를

평가한다면, 향후 현장 적용성 평가 대상 구간 외의 타 구간 시스템 적용 및 운영 시, 좋은 판단 기준이 될 수 있을 것이라 생각된다.

참고문헌

1. 건설교통부 (2004), “도로교통용량편람”
2. 한국건설기술연구 (2003), “ITS 타당성 조사 및 건설교통 종합정보센터 정보 연계 방안 연구”
3. 이성호(1999) “FTMS 구축에 따른 효과분석(내부순환로를 중심으로)”
4. 문병섭(2008) “국도 인지도와 VMS 교통정보를 고려한 국도 우회율 분석”
5. 박현석(2006) “국도ITS 교통정보(VMS, KIOSK)제공의 효과평가 연구”
6. 변완희(2008) “정보제공 서비스가 운전자 및 도로 네트워크에 미치는 영향에 대한 시뮬레이션 분석”
7. 조한선(2008) “속도를 이용한 ALINEA 모델 개발”
8. “Benefits, Costs, and Lessons Learned” Intelligent Transportation Systems 2005 Update
9. Evaluation Study of Inflow Traffic Control by Ramp Metering on Tokyo Metropolitan Expressway, Tsubota, Y..