

지능형 교통체계(ITS) 도입에 따른 효과분석기법 개발

Development of Evaluation Techniques on ITS Effectiveness

이병철

노정현

(도로교통안전협회, 교통과학연구원, 선임연구원), (한양대학교, 도시공학과, 교수)

목 차

I. 서 론	IV. ITS 효과 평가 항목 및 방법
1. 연구배경	1. 평가의 내용적 분류
2. 연구목적 및 범위	2. 시스템별 평가
	3. 주요 기반 기술별 평가
II. ITS의 개요 및 분류	V. ITS 평가계획 및 평가프로그램개발
1. ITS의 개요	1. 평가 항목 현장조사
2. ITS의 기능별 분류	2. 평가프로그램 개발
3. 주요기반기술(Infrastructure) 구성요소별 분류	
III. ITS 평가 사례 검토	VI. 결 론
1. 정책목표에 의한 평가 사례	
2. 시스템별 평가 사례	
3. 주요 기반 기술 평가 사례	

ABSTRACT

ITS의 도입효과평가에 관한 외국의 사례를 검토하고, 이를 토대로 우리나라 실정에 맞는 평가항목, 기준 등 평가방안 및 운영프로그램을 마련하였다. 즉, 'ITS'를 기능 측면, 주요기반기술 측면에서 분류하였으며, 해외 사례를 중심으로 평가항목 및 결과를 조사, 정리하였다. 또한 이 결과를 바탕으로 ITS 평가를 위한 내용적 분류 및 ITS 체계구성요소와 기반기술별 각종 'ITS'의 효과를 평가할 수 있는 항목, 내용 및 평가 운용 프로그램을 개발하였다.

1. 서 론

1. 연구배경

도로 교통혼잡을 해소하여 원활한 차량소통을 이루기 위해서는 도로 확충 및 공급에 대한 시설의 투자가 뒤따라야 하나 이러한 시설 확충은 공사 기간이 장기간 소요될 뿐만 아니라 토지 수용비 등으로 막대한 재원을 필요로 한다. 따라서 기존 도로의 효율성 제고를 목적으로 교통체중, 환경오염, 교통사고 등 제반 교통 관련 문제를 해결하고자 하는 방안의 하나로 ITS(첨단도로교통체계)에 관한 연구들이 국내외에서 추진되고 있다. 한편, 이러한 연구에 대하여 공무원, 교통관련 전문가, 기술개발 연구진 등 각계 각층의 일부에서는 국내 도로여건상 큰 기대효과를 나타내지 못할 뿐만 아니라 향후 연구·개발 효과에 대해서도 비판적인 시각을 갖고 있으므로 이에 대한 효과측도 등의 기법이 필요한 실정이다.

1.1. 연구목적 및 범위

본 연구는 ITS의 효율적 실현과 향후 국내 ITS구축의 올바른 방향을 설정하기 위해 평가기준 및 방안을 제시하는 데 그 목적이 있으며 이를 위해 ITS를 기능별, 주요 기반기술별로 분류하고 이에대한 해외 평가 사례를 토대로 국내 여건에 적합한 평가방안을 수립하고자 한다.

II. ITS의 개요 및 분류

1. ITS의 개요

ITS란 교통공학에 전자, 통신, 컴퓨터 등 첨단 기술을 교통시설운동을 효율적으로 관리하는 교통개선사업의 하나로써 기존의 교통체계운영기술에 교통정보 제공기술, 차량 운영 및 첨단 차량 제작기술 등을 도입한 종합적인 교통운영 관리체계라 할 수 있다.

2 ITS의 기능별 분류

ITS를 기능별로 분류하면 다음과 같다.

- 1) 첨단 도로 교통관리체계(ATMS: Advanced Traffic Management System)의 기능별 분류
 - (1) 교통제어시스템: 도시간선도로신호시스템과 진입제어를 위한 고속도로교통관리시스템으로 구성되어 실시간 신호체계 운영, 교통혼잡정보 등 다양한 교통정보를 처리하여 도로소통을 원활하게 하기 위한 시스템
 - (2) 돌발상황관리시스템: 교통사고, 차량고장 등 각종 돌발상황을 자동으로 인지·처리하는 시스템
 - (3)요금자동차정수시스템:통행료,혼잡통행료 등 요금자동차정수와 이에대한 위반차량을 적발하여 고지하는 시스템
 - (4) 중차량관리시스템: 도로허용용량이상인 과적차량을 자동으로 적발하고 관리하는 시스템
 - (5) 자동단속시스템: 신호·속도위반 등 각종 법규위반차량을 단속하여 범칙금 고지서를 발부하는 시스템
- 2) 첨단 여행자정보체계(ATIS: Advanced Traveler Information System)의 기능별 분류
 - (1) 교통정보센터: 도로정체상황, 운행지연상황등에 대해 정보제공하는 시스템
 - (2) 운전자정보시스템: 주행중 유고에 대한 전방향 예고, 대안경로 및 경로에 대한 과거통행시간 및 예측시간, 주차시설 등에 대한 정보를 실시간으로 제공하는 시스템
 - (3) 최적경로안내시스템: 차내장치를 이용하여 교통상황에 따른 최적경로를 제공하는 시스템
 - (4) 여행정보서비스시스템: 여행자에게 관광지,주유소,차량정비소 등에 대한 정보제공시스템
 - (5) 출발전교통안내시스템: 운전자에게 출발전 출발-목적지간의 경로대안 및 교통수단별 통행시간 등에 대한 정보를 제공하는 시스템
- 3) 첨단 차량도로체계(AVHS : Advanced Vehicle-Highway System)의 기능별 분류
 - (1) 첨단차량시스템: 차량 자체내에서 단독으로 구성되는 체계로 운전자 시계확대, 운전자 운행태 감지, 차량상태 자동진단, 도로 자동주행 등의 기능을 제공하는 시스템
 - (2) 첨단도로시스템:도로와 연계하여 얻을 수 있는 노면상황 정보감지, 교차로 진출입시,과속위험구간, 도로구조 등에 관한 경고·제어 등의 정보를 제공하는 시스템
- 4) 첨단대중교통체계 (APTS : Advanced Public Transportation System)의 기능별 분류
 - (1) 대중교통정보시스템: 대중교통관련정보를 제공하여 이용자가 목적지까지 편리하고, 경제적인 교통수단을 선택할 수 있도록 하는 시스템
 - (2) 대중교통관리시스템: 차량에 첨단장비를 설치하여 버스위치, 승객수 등에 대한 실시간 운영정보를 차량관리자에게 전달하여 차량배차 및 운전자 관리 등을 효율적으로 시행하도록 지원하는 시스템
- 5) 사업용 차량운영체계
 - (1) 전자통관시스템: 화물차량에 대한 사전경로선택, 우회도로안내 등에 대한 정보제공 시스템
 - (2) 화물차량관리시스템: 화물차량 운행, 유지 및 운전지원에 대한 서비스를 제공하고, 화물 및 차량에 대한 위치를 자동으로 추적함으로써 화물화역후 귀로시 공차운행을 방지하고자 하는 시스템
 - (3) 위험물차량관리시스템: 위험물 적재차량의 특정노선안내 서비스, 교량, 터널·도로 등 제한 지역 및 시설에 대한 화물차량 운행관리서비스 등을 제공하며 위험물 적재차량에 대한 정보교환을 통해 안전성 제고, 돌발상황 및 사고시 효율적인 사고처리지원을 위한 시스템
 - (4) 차내안전시스템: 차량에 부착된 센서를 통하여 차량상태를 자동감지하여 운전자에게 차량상태감시서비스, 자동조난 신호서비스등을 지원하는 시스템
 - (5) 노면자동검색시스템:도로면에 설치된 각종검색장치에 필요한 정보를 제공하여 화물차량의 점검을 수행하는 시스템으로 과적차량단속 등을 수행하는 시스템

1.2. 주요기반기술(Infrastructure) 구성 요소별 분류

ITS를 구성하는 각 기능별 내용을 토대로 주요기반기술별로 재분류하면 다음과 같다.

1) 고속도로관리시스템(Freeway Management Systems)

고속도로 관리체계에서 제공될 수 있는 서비스별 기본 기능들은 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 고속도로관리체계의 기능

제공서비스	관리대상	기본요구기능
정체관리	·상시정체 ·비상시정체(유고, 공사 등)	교통상황감시, 진출입조절, 본선속도조절, 차선제어,정보제공, 통행료 징수, 다인승전용차로운영/위반단속
잠재적 위험요인 관리	·위험한 기하구조(급커브, 터널, 기형적 유출입 구간) ·과적/과속 ·악천후(안개, 폭설, 폭우, 노면결빙 등) ·기타 천재지변(화재, 가스사고 등)	과적/과속 감시/단속, 기상조건감시, 정보제공, 견인,소방, 의료서비스 연계, 경찰, 기상청과 협조체계, 기타 유관기관 과 협조체계
환경저해요인관리	배기가스과다배출	배기가스 배출 감시/단속

2) 교통신호제어시스템(Traffic Signal Control Systems)

서로 상충하는 방향의 교통류에 대하여 적절한 시간간격을 배분하여 통행의 우선권을 할당하는 시스템이다. 국내

에서는 1991년부터 신호시스템을 개발하기 시작하여 1997년 강남지역 50여개 교차로에 설치를 완료, 현재 운영중에 있다.

3) 유고관리프로그램 (Incident Management Programs)

공사, 사고, 적설 등에 의한 돌발적인 유고상황이 발생하였을 때 교통정보센터의 신호제어시스템과 온라인화하여 즉각적으로 유고 상황에 대처함으로써 도로용량 저하를 방지함은 물론 구난을 위한 차량의 접근을 용이하게 하려는 관리체계라 할 수 있다.

4) 다수단 이용자 정보시스템(Multimodal Traveler Information Systems)

개별 차량내에 장착된 전자지도, RDS 수신기 등을 통하여 최단통행시간 소요 노선을 각종 교통수단 이용자에게 선정하여 주는 시스템이다.

5) 대중교통관리시스템 (Transit Management Systems)

노측시설, 위치정보시스템(GPS) 등을 버스에 설치하여 대중교통의 정시성 확보를 기하고자 하는 시스템으로서 국내에는 종로축에 시범 설치하여 운영하고 있다.

6) 전자 요금징수시스템 (Electronic Toll Collection Systems)

차량자동인식시스템, 차종자동구분시스템, 위반차량단속시스템의 3가지 요소로 구성되며 차량에 설치한 판독기와 틀게이트에 설치한 도로상 시스템에 의해 자동으로 요금이 징수, 처리되는 시스템을 말한다.

7) 전자요금지불시스템 (Electronic Fare Payment Systems)

교통수단에 대한 요금지불시 현금등을 이용한 기존방식과는 달리 스마트카드(Smart Card)를 이용하여 각종 대중교통수단의 요금을 하나로 통합 징수하여 정산하는 시스템이다. 최근 부산시에서는 "하나로 교통카드"를 개발하여 운영중이며 이 부문에서는 우리나라가 선진국에 비해 앞섰다고 말할 수 있다.

III. ITS 평가 사례 검토

본 연구에서는 ITS에 대한 국내의 평가사례를 수집 분석하고, 각각의 경우 사용된 평가기준, 방법 등을 정리하고 이를 근거로 평가의 틀을 제공하고자 한다.

본 연구에서는 평가사례를 다음 3가지로 나누어 분석한다.

- 1) 정책목표에 의한 평가
- 2) 시스템별 평가
- 3) 주요기반기술 평가

1. 정책목표에 의한 평가 사례

미국 정부, 산업체, 지방자치단체 등에서는 육상교통효율화법에 따라 ITS의 목적으로 다음 5가지를 선정하였다.

- 1) 교통체계 안전성 향상
- 2) 교통체계 운영 효율성과 용량 증가
- 3) 교통혼잡에 관련된 에너지 및 환경 비용의 절감
- 4) 현재와 미래의 생산성 향상
- 5) 도로교통체계내 개인의 이동성, 편의성, 안락성 향상

1) 교통체계의 안전성 평가

플로리다주의 올랜드에서 행한 TravTek 실험은 교통혼잡정보, 운전자 서비스 정보 등에 대하여 정보를 운전자에게 제공하고 그 결과를 평가하였으며 결과적으로 안전성에 대해서는 전반적으로 긍정적인 편익을 나타내지만 국가정책상 5가지 목적에 맞는 구체적 편익은 제시하지 못하였다. 또한 미시건주의 트로이(Troy)에서는 실시간 교통류를 토대로 한 감응식 교통신호제어 시스템인 FAST-TRAC 실험을 통한 결과 안전 측면에서 부상사고 건수는 6%, 좌회전 사고 건수는 89% 감소하였으나 부상자수는 약간 증가하여 결과의 일관성과 신뢰도 측면에서 일치하지 않는 사례로 평가된다.

미네소타주의 미네아폴리스의 교통관리센터에서는 운전자정보제공시스템을 교통류 제어에 사용함으로써 사고율이 25% 감소, 유고상황 발생시 대응시간도 20분이나 줄었다. 또한 자동 차종분류, 과적차량 단속시스템 기술을 통해 미국남서부 여러주의 화물차량 검색체계를 통합관리, 운영한 HELP/Crescent 프로젝트에서 사업용차량운영체계는 안전성 측면에서도 편익이 있다고 발표하였다.

2) 교통체계의 운영 효율성과 용량 평가

메사츄세츠주 보스턴의 SmarTraveler라는 연구에서는 주행중 운전자에게 제공되는 정보를 사용하는 사람의 96%가 통행시간, 통행수단을 최소한 한번이상 바꾸었으며 30%는 자주 바꾸는 것으로 조사되었다. 특히 주행안내시스템이 장착된 차량에 대해 시뮬레이션결과 통행시간이 8-16% 감소하였으며, TravTek 시뮬레이션 결과는 주행시 19%의 통행시간 감소를 예측하였다. 대중교통에 대한 정시성 향상에 관해서는 볼티모어의 사례를 보면 25%의 향상을 가져왔다.

3) 에너지 및 환경 비용 평가

일본에서는 종합차량 제어시스템을 도입실시할 경우 유해 가스 배출량의 감소율은 일산화탄소 6.2%, 황화수소 6.2% 및 질소산화물은 0.45%를 나타내었다. 또 다른 연구에서는 일산화탄소 12.6%, 황화수소 9.8%의 배출량이 감소하는 결과를 가져왔으며 연료소모는 평균 5% 정도 감소한 것으로 나타났다.

4) 생산성 평가

생산성에 관한 대부분의 연구가 사업용 차량과 관계되고 운영자들이 차내감시와 운전자와 통신을 통해 승객 승차를 20%이상, 차량 운영효율13%, 화물적재 및 배달율도 5-20%정도 증가한 것으로 나타났다.

5) 이동성, 편의성, 안락성 평가

개인의 이동성, 편의성 등에 관한 효과는 불행하게도 효과 척도들을 수량적으로 나타내기 어렵어 이러한 것들에 대한 편익을 측정하는 데에는 교통수요모형이 가장 바람직하다는 정도로만 평가되어 있다.

2. 시스템별 평가 사례

1) 첨단 교통관리체계(ATMS)의 평가 사례

교통신호제어와 관련하여 평가된 사례로서는 미국, 영국, 국내의 경우가 있으며 평가결과는 다음 <표 2>와 같다.

< 표 2 > 첨단교통관리체계 평가사례

구 분	시 스템	효 과
교통신호 제어시스템 (미국)	FAST-TRAC	- 교차로에서의 좌회전사고 감소(89%), 상해사고 :6%감소 (총상해자 :27%감소, 중상자 : 100%감소), 침두시 차량속도 증가 (19%)
	Abilene Texas	-감소율(통행시간 14%, 지체시간 37%, 일산화탄소 및탄화수소 10%), 통행속도 : 22%증가,
	NCHRP Project3-38	- 잠재편익/비용 비 : 5 - 10, SCOOT를 이용한 완전감응식이 편익/비용비가 제일 높고 교통류 개선 및 정체 저감 효과가 가장 높음
요금자동 징수시스템 (영국)	Dart Tag	- 부사용량 6-7% (침두시 12.5%), 100% Tag 장착시 70~80%개선
램프제어 시스템(미국)	Minneapolis	- 교통사고율: 25% 감소, 유고 대응시간: 20분감소, 침두시간대의 평균속도: 35% 증가 (55km/h → 74km/h), 고속도로의 용량: 22%증가

2) 첨단 여행자정보 체계(ATIS)의 평가 사례

일본 UTMS 프로젝트에서 교통정보제공의 만족도 (90% 이상), 정보제공 내용에 대한 유용도 (70%이상)으로 나타났다. 국내 사례의 경우 교통정보제공의 유용도 측면에 대하여 설문조사결과 교통정체시 우회도로를 선택하겠다는 응답 비율이 86.4%에 달하기 때문에 교통정보제공의 유용도를 판단할 수 있다. 또한 미국 사례는 여행자정보체계의 이용여부에 대한 항목으로 조사되었는데 설문 응답자의 76%~87%가 이용에 적극적이고 일반 자가용 운전자의 87.7%가 정보를 이용할 것이라는 높은 응답이 나왔으므로, 첨단여행자정보체계가 도입되면 이용도가 높을 것이 예상되어 그 편익도 크다고 추정된다.

3) 첨단대중교통체계(APTS)의 평가 사례

벨기에 브뤼셀의 버스정보안내시스템의 경우 사업시행전 설문조사에서는 65%의 승객이 버스이용 증진을 응답했으나 사업 시행후 응답자 28%만이 버스이용을 더 이용한다고 응답하였으며 버스 정보 안내 시스템 설치로 인해 5.8%의 신규 수요 증대효과가 있을 것으로 평가 분석되었다. 국내의 경우 서울시설치될 경우에 대하여 통행속도 측면에서 분석을 실시하였는데 외국의 경우 평균 5%이상 통행속도가 증가한 것으로 평가되기 때문에 서울시의 경우 버스 전용차로의 영향을 고려 약 10%정도 통행속도가 증가할 것으로 분석되었다.

4) 사업용 차량 체계(CVO)의 평가 사례

미국에서는 ITS의 한 분야로, 유럽에서는 DRIVE라는 프로젝트내에서 진행되고 있으며, 일본에서는 차세대 도로교통시스템의 한 분야인 수송 효율화 시스템에서 연구가 추진되고 있다. 특히 미국에서는 로스앤젤레스, 시카고, 디트로이트, 달라스, 휴스턴, 마이애미 등 주요 6대 도시에서 실시간 정보시스템을 구축하여 택시 및 화물 차량을 대상으로 시행하고 있으며 이에 따른 효과는 운임 수입, 연료비용, 교통사고, 適期수송을 등의 항목으로 평가되었으며 대상차량 및 기대효과는 다음 <표 2>와 같다.

<표 2> 사업용 차량 운영체계 효과

대상 차량	내 용	기 대 효 과
화물차량	<ul style="list-style-type: none"> • 운행효율 증대 <ul style="list-style-type: none"> - 운임 수입 증대 - 연료비용 감소 • 교통사고 감소 <ul style="list-style-type: none"> - 100만 마일당 교통사고 감소 • 운전자 이직율 감소 <ul style="list-style-type: none"> - 운전 채용 비용(1,500\$ - 3,000\$/인)절감 •통신비 절감 • 기타 <ul style="list-style-type: none"> - 배차 담당자의 생산성 증대 - 적기수송(Just-In-Time)를 제고 - 운전자 수입 증대 	6 - 8% 증대 7% 감소 39% 감소 28% 감소 66% 감소 12% 증대
	<ul style="list-style-type: none"> • 고가 화물의 수송질 개선 • 정확한 위치 파악, 배송가능 • 고객 요구에 신속한 대응 가능 	
택시	<ul style="list-style-type: none"> • 운행효율 증대(수입금 증대, 연료비 감소) • 이용자 서비스 증대 	

5) 첨단차량제어체계(AVCS)의 평가 사례

미국 교통성에서는 첨단차량제어체계에 대한 기대효과 중 가장 큰 편익 항목으로 안전성 향상을 고려하여 도로의 환경조건, 도로구조 불량 등으로 인한 기존의 사고 발생 가능성을 80-90% 절감시킬 수 있다고 예측하였다. 또한 주행속도 측면에서는 도로용량을 증진시킬 수 있으므로 도로의 최대설계속도를 200km/h까지 체고할 수 있고 속도 증가로 차량간의 차두간격을 줄일수 있으므로 도로용량은 2-3배 정도 증가한다고 분석하였다. 또한 Brown과 Zabat의 연구에 의하면 첨단차량도로체계 운영시 유류소모는 기존보다 25% 정도 감소되고 일산화탄소량도 50%이상 줄일 수 있을 것으로 평가하였다.

3. 주요 기반 기술 (Infrastructure) 평가 사례

미국 교통성에서는 ITS를 구축하는 데 필요한 주요기반기술을 다음과 같이 7가지로 분류하고 있다.

- 1) 교통신호제어시스템 2)고속도로관리시스템 3) 대중교통관리시스템 4) 유고관리프로그램 5) 전자요금 지불체계 시스템 6) 전자요금징수시스템 7) 다수단 이용자 정보시스템

주요 기반기술별로 평가사례를 평가항목 및 평가효과를 중심으로 살펴보면 다음과 같다.

1) 고속도로관리시스템 (Freeway Management Systems)의 평가 사례

시애틀, 워싱턴 지역을 대상으로 한 램프미터링연구에서 통행속도는 48% 증가하고, 교통사고율은 약 62% 감소되었다. 또한 미네소타주 미네아폴리스지역에 교통관리센터를 운영한 결과, 램프미터링 사용 전후 차로당 용량 22%, 평균 통행속도 35% 정도 향상되었으며, 사고율은 연간 27%, 교통사고 건수는 1억차량-mile당 3.4건에서 2.1건으로 줄어 들었다. 고속도로 관리시스템의 전반적인 편익은 다음<표 3-6>과 같다.

<표 3> 고속도로 관리시스템 편익분석

항 목	편 의	비 고	
통행시간	감소(20%-48%)		
통행속도	증가(16%-62%)		
도로용량	증가(17%-25%)		
사고율	감소(15%-50%)		
연료소모	감소(41%)		
배출 가스량	일산화탄소	122,000ton감소	디트로이트시의 경우
	탄화수소	1,400ton감소	
	질소산화물	1,200ton감소	

2) 교통신호시스템 (Traffic Signal System) 평가 사례

Texas의 Wichita falls에서 행해진 실험결과(1996)로는 차량 정지횟수 16%, 차량지체 31%, 교통사고 85%가 각각 감소되고 통행속도는 50%이상 증가한 것으로 나타났다. 캘리포니아에서는 자동교통제어프로그램(ASTAC)의 시행으로 인해 통행시간 13%, 차량횟수 35%, 교차로 지체 20%의 감소를 가져왔으며 이로 인한 평균통행속도는 14%가 증가되었으며 황화수소 등의 배기가스량도 10% 감소하였다.

3) 유고관리 프로그램(Incident Management Programs)의 평가 사례

유고관리프로그램은 미네아폴리스의 HHP, 메릴랜드의 CHART프로그램, 일리노이의 ETP 등이 있다. 캘리포니아 지역 유고관리프로그램에서는 유고발생 통보시간이 5.2분에서 3분으로 줄었는데 2분단축이 연간 10%의 사망자 감소를 가져오며, 유고관리가 전국적으로 행해지면 연간 212명의 생존자가 생길 수 있다고 판단하고 있다. 유고관리 프로그램에 의한 편익분석을 살펴보면 다음<표 4>와 같다.

<표 4> 유고관리프로그램 편익 분석

항 목	편 의	비 고
유고제거시간	8분감소(전인차 출동시간 5-7분감소)	
통행시간	감소(10%-42%)	
사망사고	감소(10%)	도시지역

4) 다수단 이용자 정보시스템 (Multimodal Traveler Information System)의 평가 사례

다수단 이용자 정보시스템에 대한 평가는 첨단 여행자 정보체계에 대해서 운전자의 5%가 이용율을 가질 때를 가정하여 시뮬레이션한 캘리포니아주의 Marin County 조사에 의하면 정기 통근자들은 통행 시간을 예측한 대안 노선을 제시할 경우 69%가 이를 이용하며 이때 평균 17분이 감소되었다. 운전자에게 교통정보 제공시의 총괄적인 편익은 다음 <표 5>와 같다.

<표 5> 다수단 이용자 정보시스템 편익분석

항 목	편 의	비 고	
통행시간	17분감소(20%)	유고상황시	
	감소(8%-20%)	정보수신을 차내장치 부착차량의 경우	
차량지체	1900 차량-시간까지 감소	첨두시간의 경우	
연료소모	감소(6%-120%)		
배출 가스량	탄화수소	감소(33%)	
	질소산화물	감소(1.5%)	

5) 대중교통 관리시스템(Transit Management System)의 평가 사례

버스 및 긴급차량에 위치정보시스템에 근거한 자동차량위치인식시스템을 약 10여년전부터 설치 운영해왔으며, 캐나다 토론토시는 3700여대의 버스에 자동차량위치 인식시스템을 장착하여 운영하고 있는 중이다. 미국 볼티모어는 자동차량 인식시스템 장착 버스에 의해 정시도착이 23%, 캔사스시에서는 12%, 밀워키에선 운행시간보다 1분이상 지연된 버스의 수가 28%나 감소하였다.

<표 6> 대중교통관리시스템의 편익분석

항 목	편 의	비 고
통행시간	감소 (15%-18%)	
서비스신뢰도	증가 (12%-23%)	정시성, 배차간격 등
안전도 (Security)	유고상황 크게 감소	
비용효과분석	증가 (45%)	연간투자액대비

6) 전자요금징수체계 (Electronic Toll Collection System)의 평가 사례

Tappan Zee Bridge의 요금징수소에서는 시간당 350-400대를 처리하였으나 전자요금징수로 인해 시간당 1000대를 처리하였으며 통행속도도 12 - 20km/시를 향상시켰다. 편익의 정도를 항목별로 나타내면 다음 <표 7>과 같다.

<표 7> 전자요금징수체계에 의한 편익분석

항 목	편 의	비 고	
운영비	감소(90%)		
도로용량	증가(250%)		
연료소모	감소(6%-12%)		
배출가스량	일산화탄소	감소(72%)	
	탄화수소	감소(83%)	

7) 전자 요금지불체계 (Electronic Fare Payment)의 평가 사례

전자 요금지불체계는 고객선호도, 요금징수율, 자료 등 정리경비에 대한 항목으로 평가할 수 있으며 샌프란시스코, 워싱턴 D.C 등지에서 1970년대 이후 철도교통시스템에서 전자식 요금카드를 사용하는 실험이 시행되었다. 이 결과 요금 수입이 3-30%까지 증가하였으며 자료 등의 정리 비용이 15억~50억까지 절감되었다. 이러한 전자요금 지불 체계에 의한 편익은 다음 <표 8>과 같다.

<표 8> 전자요금 지불체계에 의한 편익분석

항 목	편 의	비 고
고객선호도	가능한 한 사용 (90%)	
요금징수율	증가 (3%-30%)	
자료 등 정리경비	감소 (15억~50억)	

IV. ITS 효과 평가 항목 및 방법

ITS 도입에 따른 편익을 정확히 측정한다는 것은 매우 어렵다. 왜냐하면 편익의 일부 항목은 계량화가 곤란하기도 하며, 계량화가 가능하다 해도 평가항목의 측정치에서 다른 요인의 변화에 의한 영향을 구분해 내기 어렵기 때문이다. 이를 위해 먼저 ITS 도입에 따른 평가를 내용적으로 분류하고, 기능별로 구분되는 각 ITS 시스템에 대하여 평가항목, 평가 방법과 ITS의 각 기반기술에 대한 평가항목과 방법을 구축한다.

1. 평가의 내용적 분류

1) 국가 정책적 측면

미국 교통성에서는 ITS 도입에 따른 국가 정책상 목표를 도로교통체계의 안전성, 효율성 증가, 에너지 및 환경비용 절감, 생산성 향상, 이동성, 편의성, 안락성 향상 등에 두고 있다.

<표 9> 국가정책적 측면 평가항목

평가 항목	평가 내용
도로교통체계의 안전성	<ul style="list-style-type: none"> · 교통사고 발생건수 · 응급의료차량 지원체계 · 구난차량지원체계 · 운전자 안전 및 서비스 폐지
도로교통체계의 효율성	<ul style="list-style-type: none"> · 도로용량 증감 · 도로혼잡정도 변화 · 대중교통서비스수준(정시성)
에너지소모 감소정도	· 단위 통행거리당 연료소모량 변화
환경오염 감소정도	· 단위 통행거리당 차량배출가스량 변화
산업체의 생산성	· 차량 운영비 감소
통행자의 편리성	<ul style="list-style-type: none"> · 접근성 · 교통정보의 정확성 · 통행시간의 예측가능성

2) 편익 수혜자 측면

편익 수혜자 측면에서 ITS 평가시에는 3가지 유형의 수혜자 그룹을 고려하여 편익을 측정하여야 한다.

(1) 개인 통행자 편익 - 미시적 편익

이용자가 교통수단 선택이나 이용방법을 자유롭게 결정할 수 있는 환경의 수준(통행시간 감소, 스트레스 감소, 교통서비스 신뢰도 향상 등 항목)으로 평가한다.

(2) ITS 관리자 편익 - 거시적 편익

전반적인 교통망 성능 향상과 외부환경효과(배기가스, 소음)의 감소 등으로 측정할 수 있다.

(3) 지역사회

첨단교통기술은 이용자의 통행태를 변화시킴으로써 이동성 향상 및 고용 사업에 대한 접근성의 향상을 야기하므로 지역관련산업 파급도와 개인의 이동성 향상등에 의해 평가될 수 있다.

3) ITS 하부구조 구성 측면 평가

ITS 하부구조체계는 적용지역의 특성과 ITS 이용자들의 기능적 요구에 부합하여야 하므로 국가 ITS 하부구조체계의 평가는 구조의 적합성아래서 도입되는 교통체계의 비용-효과분석에 맞추어져야 한다.

(1) 구조의 적합성 평가

(i) 융통성(지역적 요구와 국가 정책목표에 부합할 수 있는 연계의 정도), (ii) 상호운영성(장소, 시간, 목적에 적용할 수 있는 표준적 ITS 장비개발에 관한 지원정도), (iii) 발전가능성(각종 시스템들의 비용면에서 효과적인 발전성-통행자 행태면, 지리적 및 인구학적 성장면, 연구기관의 기술혁신 발전 측면)

(iv) 서비스 지원정도(하부구조체계내에서 ITS 사용자를 지원하는 형태와 특성 평가)

(2) 비용-효과 평가

지역정책목표의 달성, 기존 시설의 활용, 지역행정체계와의 적합 등이 고려된다. 또한 어느 한 지역에서 가장 적합한 ITS 구조가 다른 지역에서도 가장 적합한 구조라 할 수 없으며, 하부구조체계의 평가시에는 이점을 충분히 고려하여야 한다.

(3) 편익분석

(i) 사고 등에 따른 손실로 계량화될 수 있는 안전성, (ii) 혼잡으로 발생하는 영향을 계량화 함으로 얻을 수 있는 교통 효율성, (iii) 이동 중 편리성과 안락성의 영향, (iv) 생산성 효과, (v) 환경 및 에너지 영향, (vi) 새로운 ITS 산업의 개발과 같은 경제개발효과 등의 변화를 계량적으로 추정하여 얻는다.

2. 시스템별 평가

1) 첨단 교통관리체계

교통제어체계, 고속도로교통관리체계, 전자요금 지불체계 등으로 구성되어 있으며 평가항목 및 방법은 다음<표 10>과 같다.

<표 10> 첨단 교통관리체계의 평가항목 및 방법

시스템		평가항목	평가방법
첨단 도로교통 관리체계	교통제어 체계	도시부도로 교통관리 체계	•통행시간 •차량지체율 •대기행렬 •각 구간별 통행시간 측정 •교차로 주위의 통행시간 측정 •단위시간당 도착률, 서비스, 시설대기행렬상태를 측정
		고속도로 교통관리 체계	•통행시간 •사고율 •초과통행량을 적정용량의 우회도로 로 우회시켰을 경우의 통 행시간 비교 •지체현상시 진입통제/허용에 대한 통행시간 측정 •터널내의 교통사고율, 사고정도 조사 •기후로 인한 교통사고율조사 •고속도로의 다중추돌사고율 조사
	통행료 자동징수 체계	•통행시간 •대기행렬	•통행료 징수구간 통행시간측정 •단위시간당 도착률, 대기행렬상태 측정
	도심통행료 징수 체계	•통행시간 •대기행렬	•도심진입 차량에 대해 통행거리 통행시간 등을 측정
	돌발상황관리체계	•유고대응시간 •인명피해감소율 •차량지체율	•구난차량의 현장출동시간 측정 •유고해소로 인한 지체 감소율 측정 •교통사고로 인한 인명피해 감소율
	중차량 관리체계	•과적차량단속건수	•설치전후의 과적 차량 적발 건수 측정
	자동단속체계	•신호, 속도, 위반단 속건수 •교통사고건수	•단속카메라에 의한 위반건수 측정 •단속에 의한 교통사고감소율 측정

2) 첨단 여행정보체계

유고상황과 기상상태에 따른 통행시간, 통행비용을 측정하고 최단경로제공 유무에 따른 운행거리를 비교측정하여 평가하는 방안이 있으며 평가항목과 방법은 다음<표 11>과 같다.

<표 11> 첨단 여행자 정보체계의 평가항목 및 방법

시스템		평가항목	평가방법
첨 단 여행자 정보체계	교통정보센터	•총통행시간 •총통행비용 •사고율	•총통행량의 평균 통행시간 통행 비용 측정 •사고 등 공사로 인한 지체율 측정 •정보 미제공으로 인한 위험,사고율 측정
	출발전 교통안내	•통행시간,통행비용 •여행서비스, 편리성	•교통정보의 유·무에 따른 통행시간 통행비용 측정 •주차정보의 유·무에 따른 통행시간 측정
	여행서비스정보	•통행시간, 통행비용	•교통유고,기상/노면상태정보, 운행관련정보제공(호텔, 주유소, 병원 등) 유무에 따른 통행시간 및 비용측정
	최적경로안내	•운행거리	•최단경로제공 유·무에 의한 통행시간, 총 통행비용 비교 측정
	RGS	•통행시간, 통행비용	•교통정보제공 유·무에 의한 통행시간, 총통행비용 비교측정

3) 첨단대중교통체계

대중교통정보시스템과 대중교통관리시스템으로 구분되며 전자는 대중교통을 이용하는 시민들에게 관련된 사항이 고 후자는 대중교통회사들의 운영에 관한 것으로서 평가항목과 방법은 다음<표 12>와 같다.

<표 12> 첨단대중교통체계 평가 항목과 방법

시스템		평가항목	평가방법
첨단대중 교통시스템	대중교통 정보제공	•편리성,안락성, 서비스 신뢰성 •통행량, 교통수단 분담률 •대기시간감소율,대중교통이용자수	•환승결정 및 변경, 편리성, 안락성 정시 도착 여부 ,정류장 무단통과여부 •대중교통 이용자수 측정
	대중교통 운영 및 관리	•서비스질 •다인승 차량 이용률 •차내 안전도 •대중교통으로 전환한 승객수	•환승률, 운행시간, 탑승객수, 하차인원, 배차간격, 접근성 •대중교통 이용자수 측정 •다인승차량 이용률 측정

4) 사업용 차량 체계

사업용차량의 생산성과 안전성 향상을 도모하는 체계로서 평가항목과 방법은 다음 <표 13>과 같다.

<표 13> 사업용 차량체계 평가 항목 및 방법

시스템		평가항목	평가방법
사업용 차량 관리체계	화물차량관리 시스템	• 운행거리 • 공차율 • 물류비 • 신뢰성, 효율성	• 귀로공차율(물류비, 운행거리) 측정 • 사업주체의 알선료, 운임비, 물류비 측정 • 정보알선에 의한 차량운행, 적재효율, 수익성 및 신뢰성 향상 • 운행시간/거리 단축으로 인한 생산성(물류비) 측정
	차내안전시스템	• 사고율 • 사고대처능력	• 과속에 의한 사고율 및 연료비 측정 • 사고발생시 사고 대처능력 측정
	위험물 차량관리시스템	• 사고율 • 사고대처능력	• 차량고장, 특정 위험지역의 사고율 측정
	노변자동검색 시스템	• 과적차량/위법차량 단속율	• 과적차량 및 위법차량 검지를 측정
	전자통관시스템	• 통행시간 • 대기행렬 • 지체율	• 통행료 자동징수, 화물차량의 각종허가에 대한 전자시스템으로 시간단축, 대기시간, 지체율 등을 측정

5) 첨단차량도로체계

첨단차량시스템과 첨단도로시스템으로 구분되며 평가항목 및 평가 방법은 다음 <표 14>와 같다.
<표 14> 첨단차량 도로체계 평가항목 및 방법

시스템		평가지표	측정방법
첨단차량 도로체계	첨단차량시스템	사고율, 편리성, 지체율	추돌사고에 의한 사고율 조사, 운행의 편리성 측정, 차량간격 미확보에 의한 사고율 측정, 신호등 출발시 지연에 의한 지체율 측정
	첨단도로시스템	도로용량, 편리성, 사고율	• 최적 교통밀도까지 차두간격을 줄임으로 교통량 증가 측정 • 측면사고에 의한 사고율 측정

3. 주요 기반 기술별 평가

ITS구축에 가장 중요한 하부 기반시설 기술별 효과평가를 위한 항목 및 방법은 다음 <표 15>와 같다.
<표 15> 주요 기반기술에 의한 효과 평가 항목 및 방법

구분	기능	평가항목	평가방법
1. 고속도로 관리시스템	고속도로의 용량감소를 막기 위한 교통량 유출입제어 시스템	• 통행시간 • 통행속도 • 도로용량 • 사고율 • 유고해소시간 • 연료소모율 • 배출가스량	• 고속도로를 주행하는 차량의 통행시간/비용 측정 • 고속도로상의 추돌 등 교통사고율 조사 • 시스템 설치후의 교통량 측정으로 도로용량 조사 • 유고시의 대응시간 측정 • 차량의 연비 및 배출가스량 실측.
2. 교통신호 시스템	차량에 우선권 할당을 통한 교통류 제어 시스템	• 통행시간 • 통행속도 • 차량정지횟수 • 차량지체율 • 연료소모 • 배출가스량	• 간선도로의 차량 통행시간/속도 측정 • 교차로, 단일로의 차량 지체도 측정 • 차량의 연비 및 배출가스량 실측.
3. 유고관리 프로그램	도로상의 유고상황에 대해 대처할 수 있는 능력 제공 시스템	• 유고제거시간 • 통행시간 • 치사율 • 구난차량출동시간	• 유고상황시의 사고처리시간 측정 • 구난차량의 출동시간 측정 및 이로인한 인명피해감소를 조사 • 유고해소로 인한 차량 통행시간 측정
4. 다수단 이용자정보 시스템	차내장치, RDS 등에 의해 최단통행시간을 각종 교통수단이용자에게 제공하는 시스템	• 통행시간 • 차량지체율 • 연료소모 • 배출가스량 • 노선전환율 • 교통량배분율	• 정보제공에 의한 통행시간/차량지체율 측정 • 차량의 연비 및 배출가스량 실측. • 교통정보제공으로 인한 차량의 노선전환율과 이에 따른 교통량 배분율 측정
5. 대중교통 관리시스템	대중교통이용자의 편의성 증대도 및 운영회사의 수입 증대를 위한 시스템	• 통행시간 • 서비스 신뢰도 • 안전도(security) • 비용-효과분석	• 대중교통의 운행시간 측정 • 정시성, 배차간격 등 서비스 항목 측정 • 승객의 차내 범죄로부터 안전도 조사 • 설치비용에 따른 효과 분석
6. 전자요금 징수시스템	고속도로 및 유료간선도로의 자동 요금 징수시스템	• 운영비 • 도로용량 • 연료소모 • 배기가스량 • 대기행렬	• 설치 운영시의 비용조사 • 자동징수로 인한 증가된 도로용량 측정(시간당 교통량조사) • 차량의 연비/배출가스량 직접 측정 • 시설전후 요금지불시 대기행렬 측정
7. 전자요금 지불시스템	교통수단에 대한 요금 지불시 스마트카드 사용 시스템	• 고객선호도 • 요금징수율 • 현금, 자료 등 정리 경비	• 사용자의 선호도 설문조사 • 설치전후의 요금 징수율 측정 • 인력에 의한 요금 징수시의 경비 조사

V. ITS 평가 계획 및 평가 프로그램 개발

1. 현장 실험 평가 계획 및 평가척도

1) 평가계획구성요소

현장 실험 평가 계획은 ITS의 사업 내용에 따라 약간 다를 수 있지만 기본적으로는 중복되는 부분을 제거하고 무엇을, 왜, 어떻게의 기초적 질문을 명확히 하기 위한 간략한 형태를 따라야 한다. 평가계획의 구성요소와 내용은 다음 <표 16>과 같다.

<표 16> 평가계획구성요소와 내용

구성요소	내용
1.개요 및 행정적 요약	
2.개별실험계획 (평가계획의기초)	목적 및 범위, 평가방법의 내용(목적, 실험설명, 효과척도, 접근개요, 자료수집활동, 수집된 자료분석), 실험방법(예비실험, 실험수행, 사후수행, 질적통제과정), 주요상황(가정, 제약조건), 안전, 비용항목등
3.자료관리계획	

2) 평가척도

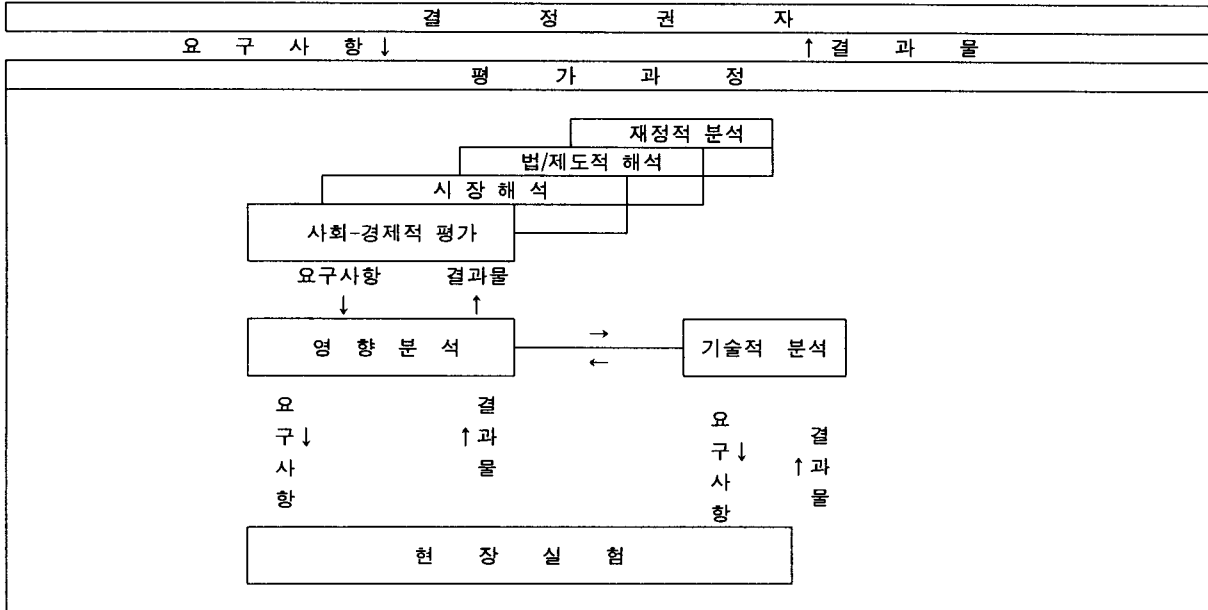
평가계획이 완료되면 ITS 현장실험을 실시하되 최소 일주일이상 운전자의 운행일지가 기록되고, 관리자와 감독자들의 면담 등이 평가의 일부분으로 수행되어야 하며 이때의 평가척도는 다음 <표 17>과 같다.

<표 17> 평가척도항목

구분	내용
평가척도	사용자의 가치평가, 통행결정에 필요한 정보형태, 통행시간 변화(측정), 장치 및 서비스에 대한 이용자들의 지불금액(사용비용), 유고를 회피한 수, 제공되는 정보의 신뢰성/현실성(신속성), 시스템 사용회수, 제공되는 정보의 신뢰성/현실성(신속성), 통행생산성증가, 정보의 이해성, 장치와 기능의 이용성, 교통안전에 미치는 영향, 시스템 구성요소들의 임대와 운영비, 인건비, 보증보험비, 유지 관리비등

평가척도등에 의해 평가계획이 결정되면 다음<표 18>과 같은 현장실험평가절차에 의해 실험을 한다.

<표 18> 현장 실험 평가 절차



2) 주요 항목에 관한 평가 기법

ITS의 효과를 평가하기 위해서는 개별적 측정 방법중 원단의 측정을 통한 직접 효과 측면에서 살펴보아야 할 것이며 효과 평가 항목들중 계량화가 가능한 통행시간 단축, 통행비용 절감, 교통사고 감소 등의 항목 등에 관한 효과 평가 기법만을 열거하고자 한다.

(1) 통행 시간 단축

ITS를 설치하려는 목적중의 하나는 통행 시간 단축으로 ITS의 가장 큰 편익이라고 할 수 있다.

총 편익액(BT)는 다음식을 사용하여 구할 수 있다.

$$BT = \sum_{i=1}^n C_i (X_i \Delta t_i + Y_i \Delta g_i)$$

X_i = 기준도로에서 ITS로 전환시 i차종의 교통량(대)

Δt_i = 기준도로에서 ITS로 전환시 i차종의 통행시간 단축량(시간/대)

Y_i = 타 교통수단으로부터 ITS가 설치된 도로의 교통수단으로 전이한 i 차종의 교통량(대)

Δg_i = 타 교통수단으로부터 ITS가 설치된 도로의 교통수단으로 전이한 i 차종의 통행시간 단축량(시간/대)

C_i = i 차종의 통행 단축시간

(2) 통행 비용 절감

ITS가 신설되는 경우에 이를 이용하려는 전환교통량과 전이교통량을 차종별로 예측하고 이들의 차종별 차량당 통행비용 절감액을 구하여 ITS 설치전후의 비용절감효과 등을 산출하면 된다.

따라서 통행비용 절감 총액 Tc 는 다음과 같다.

$$T_c = \sum_{i=1}^n (X_i \Delta C_i + Y_i \Delta d_i)$$

X_i = 기존도로에서 ITS로 전환시 i 차종의 교통량(대)

ΔC_i = 기존도로에서 ITS로 전환시 i 차종의 통행비용 절감액(원/대)

Y_i = 타 교통수단으로부터 ITS도로의 교통수단으로 전이한 i차종의 교통량(대)

Δd_i = 타 교통수단으로부터 ITS도로의 교통수단으로 전이한 i 차종의 통행비용 절감액(원/대)

(3) 교통사고 감소

ITS설치로 인한 사고 감소 효과(Ae)는 다음의 식으로 구할 수 있으며 이를 토대로 설치전후의 효과를 평가하여야 한다. 단, 여기서 주의할 점은 ITS가 설치되는 도로 구간의 길이는 설치되기전의 기존 도로 구간 길이와 같아야 한다.

$$Ae = V \cdot (R_g - R_t)B$$

여기서, V = ITS를 이용하는 교통량, Rg = ITS가 설치되기전 도로의 교통사고건수(인)/대 · km

Rt = ITS가 설치된 도로의 교통사고건수(인)/대 · km, B = 사상자 1인 또는 사고 1건당 피해액 (원/인 또는 원/건수)

3. 평가프로그램 개발

ITS에 대한 효과를 평가하기 위해서 여러 평가 방안 중 ITS기반 기술별 평가 방안, 시스템 기능별 분류에 의한 평가 방안, 국가 정책 목표상의 평가 방안 등의 3가지 방안에 대하여 평가하고자 하는 운영자가 사용할 수 있도록 FORTRAN 언어를 사용하여 평가 프로그램을 작성하였다. 프로그램은 3가지 평가 방안중 운영자가 평가시 사용하고자 하는 방안을 하나 선택하여 이에 따른 평가항목 자료들을 입력 결과를 산출할 수 있도록 구성하였다.

1) 기반기술에 의한 평가 항목

1. 도시고속도로 관리시스템	○ 통행시간, 통행속도(공간/시간평균), 도로용량, 사고율, 연료소모율,배출가스량
2. 교통신호 제어시스템	○통행시간, 통행속도, 차량정지횟수, 차량지체, 연료소모, 배출가스량
3. 유고관리 프로그램	○유고제거시간(견인차 출동시간, 사고처리시간), 통행시간, 사망사고
4. 운전자 정보제공	○ 통행시간, 차량지체, 연료소모, 배출가스량
5. 대중교통관리 체계	○ 통행시간, 서비스 신뢰도(정시성), 안전도, 비용효과분석
6. 전자요금징수 체계	○ 운영비, 도로용량, 연료소모, 배출가스량, 대기행렬
7. 전자요금지불 시스템	○ 고객선호도, 요금징수율, 자료등 정리경비

2) 기능별 분류에 의한 효과 평가 항목

1. 시가지도로 교통관리체계(ATMS)	○ 도시부: 통행시간, 지체율(시간), 대기행렬 ○ 고속도로: 통행시간, 사고율
2. 여행자정보체계(ATIS)	○ 통행시간, 통행비용, 사고율, 편리성, 운행거리 측정
3. 첨단차량 제어시스템(AVCS)	○ 편리성, 사고율, 지체율
4. 첨단대중교통시스템(APTS)	○ 대중교통정보제공: 편리성(환승결정 및 변경), 안락성, 서비스 신뢰성(정시성, 정류장 마단통과여부), 통행량, 교통 수단 분담율 ○ 대중교통 운영 및 관리: 편리성, 신뢰성, 다인승 차량이용율,환승율, 운행시간,탑승자수, 배차간격, 대중교통이용자수측정
5. 사업용차량체계(CVO)	○ 생산성 향상: 운행거리, 공차율, 물류비, 신뢰성, 수익성 ○ 안전성 향상: 사고율, 연료비 측정, 사고대처 능력, 과적차량 및 위험차량 검지율 측정

3) 국가정책목표상 분류에 의한 효과 평가항목

1. 육상교통체계 안전성	○ 사고율(사상자수의 감소), 응급의료,유고대응시간(견인차 출동시간), 운전자 안전과 서비스능력 대응력 향상
2. 육상교통체계 효율성과 용량증가	○ 도로용량, 도로혼잡완화(통행시간, 통행속도), 대중교통서비스 정시성
3. 에너지 및 환경	○ 배출가스 감소량(통행거리당), 에너지 소모율
4. 미래의 생산성(Productivity)	○ 통행시간, 비용감소, 지체, 자료수집, 관련산업체, 접근성, 수단선택, 안락성

* 5번째 목표인 이동성, 안락성 향상 등에 관한 항목 평가는 4번째 목표에서 평가되도록 하였음.

VI. 결론

본 연구는 각종 ITS 도입에 따른 파급효과를 평가하기 위한 틀을 마련하기 위한 준비단계로 수행되었다. 먼저, ITS의 개념을 정리하고, 각종 ITS시스템을 기능별, 기반기술별로 재분류한 뒤, 각종 평가사례를 ITS시스템별로 분석하였다. 사례분석결과 평가내용 및 항목들을 기능적 측면, 기반기술 측면, 국가정책목표상에서의 측면에서 정리하였으며, 이를 바탕으로 평가프로그램을 작성하였다. 이는 ITS 평가 담당자의 편의를 도모할 수 있을 것이다. 특히 평가내용적 측면에서는 국가정책적 측면, 편의수혜자 측면, 그리고 하부구조체계 측면에서 평가내용 및 항목들을 제시하였다.

본 연구의 시간적, 내용적 제약으로 프로그램의 실용성을 검토하지 못하였다. 그러나 본 연구의 결과로 제시된 각 시스템별 평가항목과 고려해야 할 평가내용은 향후 ITS 평가에 도움이 될 수 있을 것이다.

※ 참고문헌

- 도철용, 교통공학 원론(상,하), 청문각, 1991.
도로교통안전협회, 첨단도로교통체계 기본 계획(안) 수립연구, 2차년도, 1995.
대한교통학회, ITS 2단계 최종보고서, 1996.7.
교통개발연구원, IVHS 국가 개발 방향에 관한 연구, 1993.
도로교통안전협회, 교통안전연구논집, 1996.
도로교통경제(일), 미국의 최신 도로화물 운송시스템에 관하여, 1992.1.
Michael J.Haris, *Planning an Evaluation of an APTS Operational Test in Northern Virginia.*, the third congress on ITS, 1996.
G.Mckinnon, A.Kanaan, M.Van Aerda, *Evaluating the Impacts of Implementing Electronic Toll Collection Using INTERGRATION*, ERTICO volume2, 1994.
Assessment of the Effects
H.M.AL-Deek, *Improvement Traffic Operations at Electronic Toll Collection Plazas in Orlando*, the third congress on ITS, 1996. 6.
Market Potontial and Behavioural Response to Advanced Transport Telematics : Measurement and Survey Issues. 1993.
Richard G.Dowling, PE, PhD and Steven B.Colman, *Effects of Incleased Highway Capacity : Results of a Household Travel Behavior Survey*, 1995.
Michael Q. Wang and Danilo J.Santini, *Monetry Values of Air Pollution Emissions in Various U.S. Areas*, 1995.
Susan Harvey, *The Political and Economic Implications of ATT*, 1993.
Alan Stevens, Domenico Inaudi, Heinz Zanckor, *Implementation Aspects of Road Transport Telemantic System*, 1993.