

■ 論 文 ■

자동요금징수 시스템(ETCS)의 시범사업 효과분석 (하이패스 시스템을 중심으로)

Performance Analysis for Electronic Toll Collection System, Hi-Pass

이 상 건

(국토연구원 SOC
건설경제연구실 연구위원)

조 용 성

(아주대학교
건설교통공학과 박사과정)

오 세 창

(아주대학교
환경도시공학부 부교수)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구수행방법
 - II. 국내외 자동요금징수 시스템 현황
 - 1. 선진국의 자동요금징수시스템 현황
 - 2. 동남아시아의 자동요금징수시스템 현황
 - 3. 국내의 자동요금징수시스템 현황
 - III. 분석기법의 정립
 - 1. 효과척도 결정
 - 2. 조사방법
 - IV. 시범사업의 평가
 - 1. 정량적 분석
 - 2. 정성적 분석
 - V. 결론 및 향후연구
 - 1. 결론
 - 2. 향후연구
- 참고문헌

Key Words : 지능형 교통시스템(ITS), 자동요금징수시스템(ETCS), 톨게이트, 하이패스(Hi-pass), 효과분석

요 약

본 연구는 지속적인 교통량의 증가로 인해 발생되고 있는 고속도로의 혼잡을 해결하기 위해 한국도로공사에서 도입, 시범사업을 실시하고 있는 자동요금징수시스템의 효과를 분석하고자 한다. 이를 위해 하이패스라고 하는 자동요금징수시스템의 시범운영이 실시되고 있는 서울외곽순환고속도로의 판교, 청계, 성남 톨게이트를 대상으로 정량적 측면과 정성적 측면에 대해 시범사업 시행 전·후의 상황에 대해 비교·분석하였다.

시행 전·후를 비교해 본 결과, 정량적 측면에서 각 톨게이트 별, 시간대별로 다른 결과를 보이긴 하지만 이용율이 비교적 높은 오전 첨두시에는 3개 톨게이트 모두 효과가 있는 것으로 나타나, 일정수준 이상의 이용율이 있는 경우는 효과가 있는 것으로 분석되었다. 정성적 측면의 이용자 만족도 조사에서는 하이패스 이용자의 84%가 만족하는 것으로 나타났으며, 비이용자 선호도 조사에서는 응답자의 91%가 하이패스 이용의사가 있는 것으로 조사되어 효과가 있는 것으로 분석되었다.

결론적으로 7,000대의 단말기 과소 보급으로 아직까지는 평균 3.9%의 저조한 이용율을 보여 시범사업의 전반적인 사업효과가 제대로 나타나지 않고 있지만, 비교적 하이패스의 이용율이 높은 오전첨두에는 효과가 있는 것으로 나타난 점을 보아 2000년 12월부터 시행되고 있는 단말기의 추가 보급이 완료되는 시점에는 그 효과가 분명하게 나타날 것으로 예상된다. 따라서, 이용자의 만족도와 비이용자의 선호도가 매우 높은 상황에서 현재의 시범운영상에서 발생된 문제점을 개선하여 하이패스를 확대·보급한다면 고속도로의 혼잡을 해결할 수 있는 좋은 방안이 될 것으로 판단된다.

* 본 연구는 한국도로공사 영업팀의 지원을 받아 수행되었음.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

1) 연구의 배경

고속도로는 1968년 경인고속도로, 1970년 경부고속도로 개통을 시발점으로 국토의 대동맥으로서 그 동안 국가경제발전에 견인차 역할을 담당하여 왔으며, 지속적인 고속도로 건설을 통하여 '99년말 현재 2,056km의 고속도로를 사용 중에 있다.

그리고, '99년말 현재 고속도로를 이용하는 자동차는 연간 총 92,141만대로서, 차종별로는 소형차 83.2%, 중형차 7.1%, 대형차가 9.7%를 차지하고 있으며, 95년 이후로 매년 연평균 증가율 7.4%를 보이고 있다.

이러한 고속도로 교통량의 지속적인 증가는 고속도로의 혼잡을 야기하여 연간 약 2조원의 지역간 교통 혼잡비용을 발생시키고 있으며, 특히 톨게이트 및 I.C에서의 요금징수에 따른 혼잡 및 지체가 매우 심해 '99년 한해만도 약 2,700억원의 혼잡비용이 발생하였다.

더욱이 수동요금징수로 인한 과도한 인건비지출('99년 1,758억원)과 톨게이트 광장의 확보 및 유지관리 등에 따른 부수적인 문제가 지속적으로 대두되고 있어 이에 대한 근본적인 해결책이 시급하다.

이에 지난 90년대부터 우리나라에 소개된 지능형 교통시스템(ITS)중에서 전세계적으로 가장 우선 구축되고 있는 자동요금징수시스템(ETCS:Electronic Toll Collection System)의 본격적인 도입의 필요성이 크게 대두되고 있다.

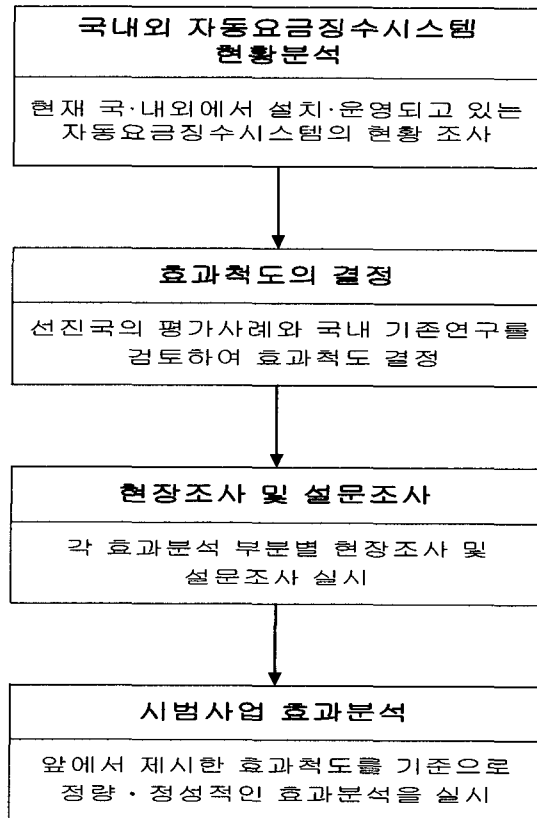
이를 위해 한국도로공사는 2000년 6월 30일부터 하이패스라고 하는 자동요금징수시스템에 대한 운영을 개시하였으며 향후 6개월간의 시범기간의 운영효과를 평가하여 효과적인 확대방안을 수립할 예정이다.

2) 연구의 목적

본 연구의 목적은 자동요금징수시스템인 하이패스를 도입하여 현장에서 시범운영 한 결과를 토대로 효과 및 운영상의 문제점을 분석하고 개선방안을 제시함으로써, 궁극적으로 지능형 교통시스템을 활용하여 고속도로 이용자의 편리하고 안전한 고속도로 이용도모 및 효율적인 통행료 관리체계를 구축하고자 한다.

2. 연구 수행 방법

하이패스의 평가를 위한 시범 설치 장소로서, 서울 외곽순환고속도로의 판교, 청계, 성남 영업소를 대상으로 하이패스 설치 전과 설치 후의 시범운영기간동안 다음과 같은 방법에 의해 효과를 분석하였다.



〈그림 1〉 연구 수행 방법

II. 국내외 자동요금징수시스템 현황

1. 선진국의 자동요금징수시스템 현황

선진국은 이미 90년대 초반부터 이태리, 포르투갈, 노르웨이 등의 유럽국가들을 중심으로 ETCS 사업이 전개되기 시작했으며 이용율은 ETCS 설치범위 및 서비스형태에 따라 15%~80%의 지역마다 큰 편차를 보이고 있다.

미국의 경우 현재 거의 모든 주마다 유료도로에 ETCS를 도입했거나 도입 중에 있으며 특히 미동부의 보스

〈표 1〉 선진국의 ETCS 도입현황

구분	유럽			미국		일본
	이태리	노르웨이*	포르투갈	E-Z pass	Sun Pass	ETC 시범사업
도입시기	1990	1994	1991	1991	1999	2000
통신방식	OBU (수동)	Tag (수동)	Tag (수동)	Tag (능동)	Tag (수동)	OBU (능동)
단말기보급	120만	10만	50만	200만	20만	만7천
ETCS 설치수	750 차선	70 차선	10 차선	700 차선	30 개소	54 개소
이용율	15%	80%	35~52%	60~70%	-	3000 전/일

* 노르웨이는 트론하임이라는 도시의 경우임

톤에서 볼티모어에 이르는 I-95 축의 대도시 연담지역은 E-Zpass 시스템이 보편화되어 있고 최근 급격한 이용률 증가추세를 보이고 있다.

유럽, 미국에 비해 일본은 유독 ETCS 사업에 있어서는 신중을 기하고 있는데 2000년 4월에서야 시범사업을 동경지역의 54개 톨게이트에서 실시하고 있으며 2002년까지 전국 톨게이트의 70%에 달하는 900개소에 본격적으로 확대 설치할 계획이다.

이는 전국적으로 통합적인 ETCS의 구축을 위한 표준화 작업과 현재 12개에 달하는 단말기 제조업체간의 호환성 확보를 위한 준비기간이 소요되었기 때문인 것으로 조사되었다.

2. 동남아시아의 자동요금징수시스템 현황

1) 싱가포르

1998년부터 혼잡통행료의 개념으로 도심진입차량에

대해 의무적으로 차량단말기를 장착하게 하고 자동으로 요금을 통행시간과 혼잡정도에 따라 차등 부과하여 첨두시 교통량을 24% 감소시킨 사례가 있다.

현재 싱가포르 전체 차량의 96%가 이를 사용하고 있으며 2.45Ghz의 수동방식을 사용하는 IC카드 삽입형으로 차량단말기를 사용하며 이를 장착하지 않고 다차선(Multilane) 혼잡통행요금징수 위치를 통과하면 위반으로 처리되고 벌금은 \$70 정도이다.

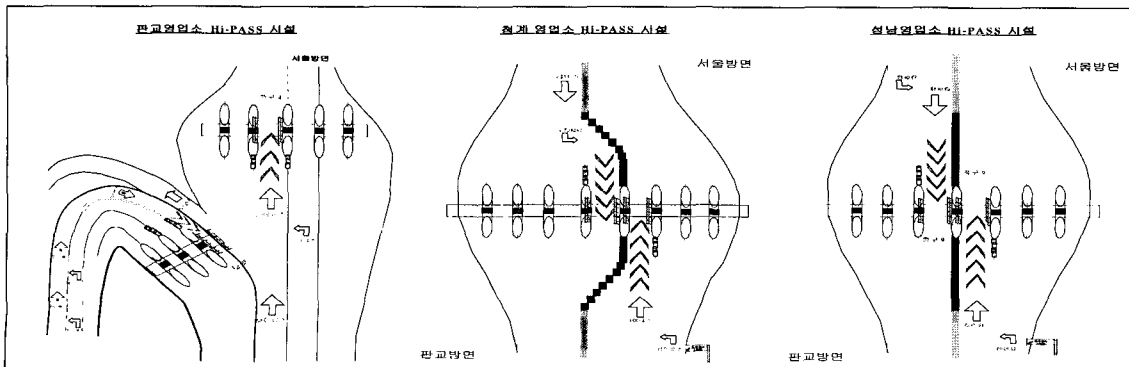
2) 말레이시아

말레이시아는 현재 전국적으로 20개가 넘는 고속도로운영체별로 제각기 다른 기술의 자동요금징수시스템을 1996년부터 도입해 왔고 현재 〈표 2〉와 같은 3가지 유형의 시스템이 혼재되어 있는 상태이다.

이에 말레이시아 정부는 자동요금징수시스템의 표준화를 위한 협의를 최근 시작하였고 앞으로 5년 이내에 전국적으로 통일된 시스템을 구축할 계획이다.

〈표 2〉 말레이시아의 자동요금징수시스템 현황

구분	적외선 방식	2.45Ghz 수동방식	5.8 Ghz 수동방식
도입시기	1999.3	1998	1999.11
단말기 보급대수	150,000	100,000	15,000
차선수	140 차선	6 차선	6 차선
보급지역	수도권 및 남북연결고속도로	쿠알라룸푸르	쿠알라룸푸르
단속장치	차단기	차단기	차단기
속도제한	40kph	20kph	20kph
단말기 특성	비접촉카드사용 (충전용, 다목적)	Tag	Tag
적용차종	승용차	승용차	승용차



〈그림 2〉 하이패스 시범사업 설치도

3. 국내의 자동요금징수시스템 현황

1) 한국도로공사

1997년까지 NTCS(Non-stop Toll Collection System)의 기본계획수립을 완료하고 2000년 6월부터 청계, 성남, 판교 등의 개방식 톨게이트의 승용차와 정기노선 버스를 대상으로 7000개의 OBU를 보급하여 시범사업을 실시하고, 이를 토대로 본격적으로 시스템을 확대·구축 할 계획이다.

2) 서울시

혼잡통행료 징수를 목적으로 지난 1996년 9월 1차 성능검증실험을 완료한 바 있으나, 최근 혼잡통행료 징수에 대한 논쟁, 통신방식의 표준화, IC 카드의 표준화, 그리고 승용차이용 억제분위기에 의한 도심 교통량의 감소 등으로 전면적인 시스템 구축을 보류하고 있다.

3) 인천국제공항고속도로

최근 건설 완료된 이 고속도로의 요금징수시스템은 기존의 TCS를 중심으로 하면서 여기에 일부를 자동요금징수시스템으로 하여 설치완료하고 현재 도로공사 자동요금징수시스템과의 호환성 확보를 위한 협의를 진행하고 있다.

4) 부산광안대로 및 기타 민간투자도로

부산 광안대로의 광안대교 구간의 요금징수시스템에 ETC 시스템의 도입을 적극 검토하고 있으며 2001년 초만 확정할 예정이다.

이외에도, 2003년 이후 개통될 민간투자도로인 외곽순환도로 북부구간, 미시령 터널, 김포대교 등의 구간에 ETC 도입을 기본으로 하여 설계가 완료상태이다.

III. 분석기법의 정립

1. 효과척도 결정

본 연구에서는 자동요금징수시스템의 사업의 전·후

효과분석을 정량적 측면과 정성적 측면으로 구분하여 제시하고자 한다.

1) 정량적 분석

(1) 평균통과시간절감효과(Average Passing Time Savings: APTS)

하이패스 도입으로 인해 톨게이트 전체적인 통과시간이 절감될 것으로 예상되는 바 이를 계량화하여 효과척도로 제시하고자 한다.

즉, 톨게이트 광장 시·종점을 기준으로 평균 통과시간을 하이패스 시범사업 전·후로 조사하여 해당 평균 통행시간 절감효과를 제시하는 것으로 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$APTS(\%) = \frac{T_{시행전} - T_{시행후}}{T_{시행전}} \times 100$$

$T_{시행전}$: 하이패스 시행 전 평균통과시간(sec)

$T_{시행후}$: 하이패스 시행 후 평균통과시간(sec)

$APTS(\%)$: 평균통과시간 절감 효과(%)

(2) 평균대기행렬길이 감소효과(Average Queue Length Reduction: AQLR)

최근 제시된 대기행렬을 중심으로 한 톨게이트의 서비스 수준 선정기준¹⁾에 따라 본 시범사업의 효과를 분석하고자 한다.

이는 하이패스 시범사업 전·후 톨게이트 평균 대기행렬수를 분단위로 집계·비교하여 분당 대기행렬 감소효과를 제시하고 이를 서비스 수준변화로 표현하는 것으로 그 도출식은 다음과 같다.

$$AQLR = AQ_{시행전} - AQ_{시행후}$$

$$AQ = \frac{\sum_{i=1}^{120} Q_i}{120}$$

Q_i : i번째 시간(분)의 평균 대기행렬 수

120 : 2시간 동안의 대기행렬 대수를 분단위로 전환

$AQ_{시행전}$: 시범사업 전 평균 대기행렬 수(veh/min · booth)

1) 박창수, 톨게이트의 용량, 서비스수준평가 및 설계교통량 산정, 대한교통학회, 1998.

$AQ_{시행후}$: 시범사업 후 평균 대기행렬 수(veh/min · booth)
 $AQRL$: 단위시간당 평균대기행렬길이 감소 효과(veh/min)

2) 정성적 분석

하이패스 시범사업 시행전 · 후 고속도로 이용자(하이패스 이용자와 비이용자로 구분)를 대상으로 <표 3>과 같은 항목에 대해 설문조사를 실시하여 그 결과를 토대로 정성적인 효과를 분석하고자 한다.

<표 3> 정성적 효과분석을 위한 설문조사항목

설문대상	설문조사항목
하이패스 이용자	· 하이패스 서비스 만족도 · 하이패스 서비스의 만족이유 · 하이패스 서비스의 불만족이유
하이패스 비이용자	· 하이패스 도입의 타당성 · 하이패스 선호도

2. 조사방법

앞에서 제시한 효과척도를 비교 · 분석하기 위하여 다음과 같이 사업 전 · 후의 현장조사 및 설문조사를 실시하였다.

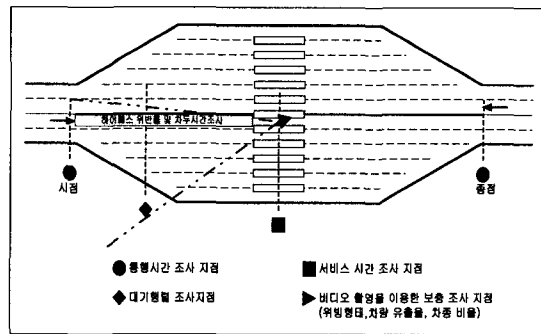
1) 정량적 분석

수도권 외곽순환도로의 시범사업 3개 톨게이트 지점을 대상으로 첨두시와 비첨두시, 주말 및 평일(월요일, 평일)로 구분하여 <표 4>와 <그림 3>과 같은 방법으로 조사를 실시한다.

표본조사를 해야 할 경우에는 각 톨게이트마다 다르긴 하지만, 신뢰수준 90~95%, 오차율을 5~10%의

<표 4> 교통흐름측면의 현장조사 항목

조사 항목	설 명	방법
통행 시간	· 톨게이트 광장부 시 · 종점부를 통과하는데 걸리는 시간을 조사함 · 특정 차량을 추적하면서 차량의 운행행태와 함께 총 통행시간을 기록하는 방법을 사용함	표본 조사
대기 행렬	· 각 영업소의 부쓰별로 단위시간(예:1분)당 대기하고 있는 차량의 수를 조사하여 기록함(단, 서비스를 받고 있는 차량은 제외)	전수 조사



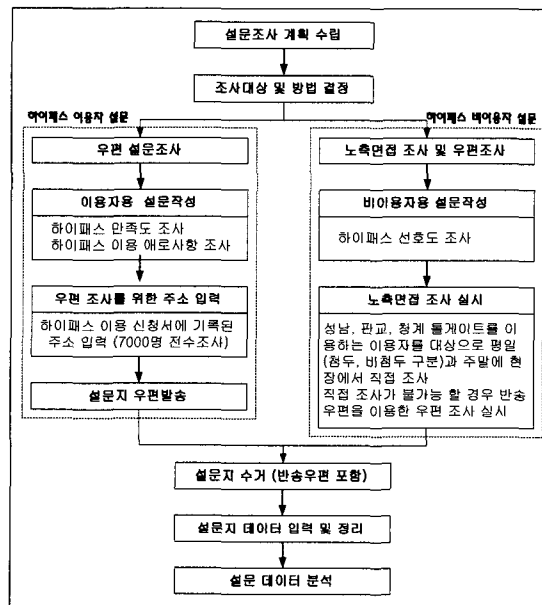
<그림 3> 현장조사 도면

조건 하에서 표본수를 산정 한 결과 약 100~200개의 표본이 적당한 것으로 판단되어 첨두시에는 100~150개, 비첨두시에는 150~200개의 표본을 산출하였다.

2) 정성적 분석

하이패스 시범사업을 시행 중인 성남, 판교, 청계 톨게이트의 통행자들을 중심으로 하이패스에 대한 선호도, 만족도, 애로사항을 조사하였다.

조사방법은 우편조사와 노측면접조사로 구분할 수 있는데, 하이패스 이용자는 노측면접 조사가 불가능하기 때문에 우편조사만을 실시하고, 하이패스 비이용자를 대상으로는 병행하여 수행하였다.



<그림 4> 사용자 측면 설문조사 방법

IV. 시범사업의 평가

1. 정량적 분석

앞절에서 언급한 조사방법에 따라 시범사업 시행 전후의 평균통과시간, 대기행렬길이의 효과척도를 조사한 결과는 <표 5>, <표 6>과 같다.

<표 5> 평균통과시간 비교 (단위:초/대)

구분	성남	청계	판교			
			시행전	시행후		
오전첨두 상행	79.26	66.84	95.07	101.17	28.94	28.27
비첨두 하행	-	-	87.68	90.65	18.11	21.23
비첨두 상행	69.84	62.33	87.85	103.31	43.98	52.39
오후첨두 하행	59.69	61.69	163.16	187.37	30.87	33.11

<표 6> 평균 대기행렬 길이 비교 (단위:대/분)

구분	성남	청계	판교			
			시행전	시행후		
오전첨두 상행	4.011	3.404	6.924	6.539	1.831	1.971
비첨두 하행	-	-	3.269	1.603	2.575	1.313
비첨두 상행	2.206	1.276	3.403	4.286	2.313	3.801
오후첨두 하행	1.960	2.549	16.569	23.106	9.507	12.598

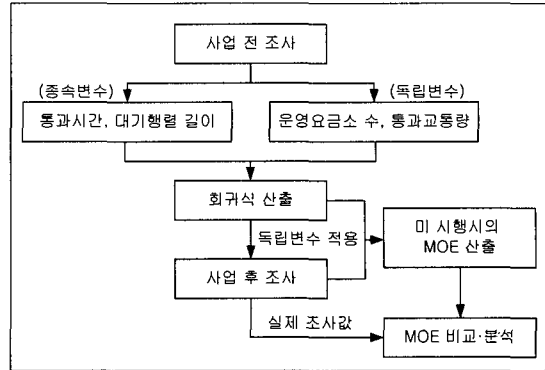
여기서 제시하는 효과척도 비교 결과는 단순한 현장조사 결과로, 하이패스 시범사업 시행으로 인한 효과에 대한 정량적 분석을 정확히 수행하기 위해서는 사업 시행 전·후에 대해 동일한 조건 하에서 상호 비교하는 것이 중요하다.

따라서, 본 연구에서는 하이패스 시범사업 시행 전, 2일 동안 조사된 통과교통량, 요금소의 수를 독립변수로 하는 회귀식을 도출하였다.

다음으로 시행 후에 조사된 통과교통량과, 요금소의 수를 도출된 회귀식에 적용하여 미시행되었을 경우의 평균통과시간을 산출하고, 실제 조사된 평균통과시간과 비교하여 그 효과를 분석하였다.

1) 평균통과시간 절감효과 (APTS)

위와 같은 방법으로 효과를 분석하기 위해서 시행 전 조사된 교통량, 요금소의 수를 독립변수로 평균통과시간의 회귀식을 다음과 같이 산출하였다.



<그림 5> 정량적 분석 Flow

통행시간에 대한 회귀분석 결과, 각 영업소별 회귀식의 결정계수 (R^2)가 0.99, 0.93, 0.91로 모두 높게 나타났고, 회귀모형에 대한 적합성 검정(F 검정) 결과도 유의수준 5%이내에서 적합한 것으로 나타났다.

영업소	회귀식
성남	TIME=0.052*VOL - 5.996*OG + 0.158
청계	TIME=0.052*VOL - 7.097*OG + 17.071
판교	TIME=0.001*VOL - 8.931*OG + 91.730(상)
	TIME=0.021*VOL - 2.927*OG + 8.884(하)

* 판교TG의 경우, 방향별로 총 주행거리가 다르기 때문에 통과시간에 많은 영향을 미치는 것으로 판단하여 회귀식을 방향별로 구분하여 산출하였음.

* VOL은 교통량, OG는 운영중인 요금소의 수를 나타냄.

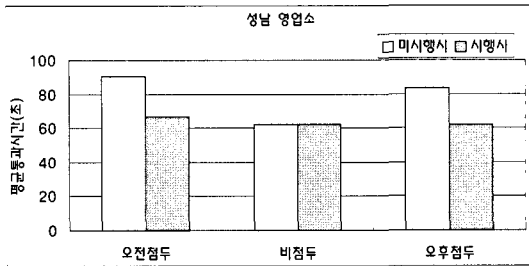
산출된 회귀식을 이용하여 미시행시의 평균통과시간과 시행 후 실제 조사된 평균통과시간을 비교한 결과는 다음과 같다.

(1) 성남영업소

성남영업소의 경우에는 전체적으로 효과가 있는 것으로 나타났는데, 오전과 오후 첨두시에 비해 비첨두시의 경우에는 이용율이 낮아 거의 효과가 없는 것으로 나타났다.

<표 7> 평균통과시간 분석 결과(성남)

구분	교통량	요금소 수	통과시간(초)		
			미시행시	시행시	APTS (%)
오전첨두 상행	2690	8.15	90.46	66.84	26.11
비첨두 상행	2109	7.83	62.34	62.33	0.02
오후첨두 하행	2435	7.12	83.45	61.69	26.08



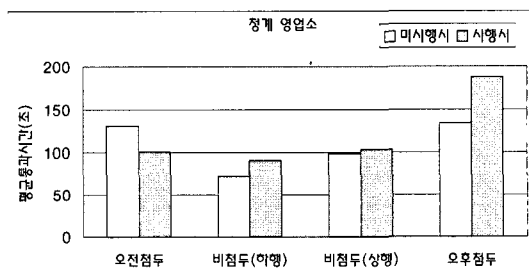
〈그림 6〉 평균통과시간 분석결과(성남)

(2) 청계영업소

청계 영업소의 경우에는 오전 첨두시를 제외한 모든 경우에 역효과를 나타냈으며, 오후 첨두시가 39.59(%)로 역효과가 가장 크게 나타났다.

〈표 8〉 평균통과시간 분석 결과(청계)

구분	교통량	요금소 수	통과시간(초)			
			미시행시	시행시	APTS (%)	
오전첨두	상행	4430	12.00	130.27	101.16	22.35
비첨두	하행	3024	10.00	70.67	90.65	-28.27
비첨두	상행	3826	11.00	98.57	103.31	-4.81
오후첨두	하행	4235	10.00	134.23	187.37	-39.59



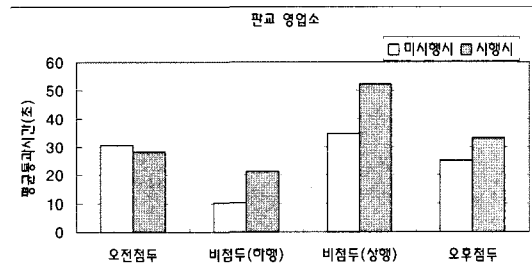
〈그림 7〉 평균통과시간 분석 결과(청계)

(3) 판교영업소

판교 영업소도 청계 영업소와 마찬가지로 오전 첨두시를 제외한 모든 경우에 역효과를 나타냈으며, 그 차이가 기타 다른 영업소에 비해 매우 크게 나타났다. 이는 판교 영업소는 성남, 청계와 달리 상·하행 방향별로 분리되어 있고, 일반국도의 신호교차로와 접하여 있어 신호 교차로에서의 대기행렬에 의해 영향을 받기 때문인 것으로 판단된다.

〈표 9〉 평균통과시간 분석 결과(판교)

구분	교통량	요금소 수	통과시간(초)			
			미시행시	시행시	APTS (%)	
오전첨두	상행	2980	7.00	30.85	28.27	8.36
비첨두	하행	1778	6.00	10.20	21.23	-108.14
비첨두	상행	1873	6.49	34.79	52.39	-50.59
오후첨두	하행	2506	6.00	25.21	33.11	-31.34



〈그림 8〉 평균통과시간 분석결과(판교)

2) 평균대기행렬길이 감소효과(AQLR)

평균 대기행렬길이의 효과분석도 평균통과시간과 마찬가지로 효과를 분석하기 위해서 시행 전 조사된 교통량, 요금소의 수를 독립변수로 평균대기행렬길이의 회귀식을 산출하였다.

대기행렬길이에 대한 회귀분석 결과, 성남과 청계 영업소의 경우 결정계수(R^2)가 0.83, 0.95로 비교적 높게 나타났고, 판교의 경우, 0.75로 나타났다. 마찬가지로 회귀모형에 대한 적합성 검정(F 검정) 결과도 유의수준 5%이내에서 적합한 것으로 나타났다.

영업소	회귀식
성남	$QUEUE = 0.0027 * VOL - 0.0378 * OG - 3.4470$
청계	$QUEUE = 0.0123 * VOL - 3.5371 * OG - 3.6762$
판교	$QUEUE = 0.008 * VOL - 3.7705 * OG + 7.0236$

* 판교의 경우, 통과시간과는 달리 총 주행거리가 대기행렬에 미치는 영향이 거의 없다고 판단되기 때문에 같은 회귀식을 사용하였다.

* VOL은 교통량, OG는 운영중인 요금소의 수를 나타냄.

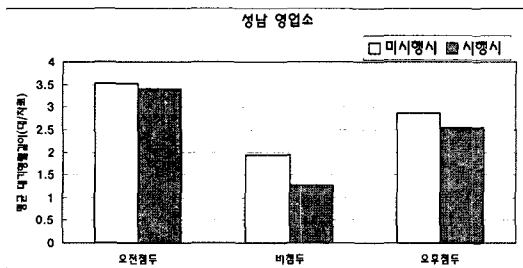
산출된 회귀식을 이용하여 미시행시의 평균대기행렬길이와 시행 후 실제 조사된 평균대기행렬길이를 비교한 결과는 다음과 같다.

(1) 성남영업소

성남 영업소의 경우, 전체적으로 고르게 약간의 효과가 있는 것으로 보이지만 서비스 수준으로 분석해 본 결과 그 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

<표 10> 평균대기행렬길이 분석 결과(성남)

구분	교통량	요금소 수	평균대기행렬길이(대/차로)				LOS 변화
			미 시행시	시행시	AQLR	LOS	
오전첨두	상행	2690	8.15	3.508	3.404	0.104	C→C
비첨두	상행	2109	7.83	1.951	1.276	0.675	B→B
오후첨두	하행	2435	7.12	2.858	2.549	0.309	B→B



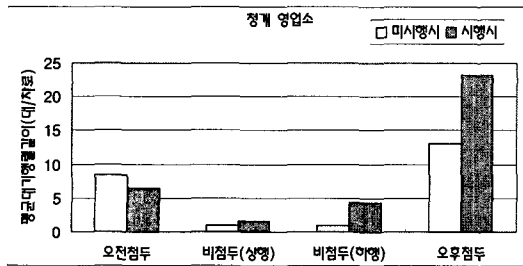
<그림 9> 평균대기행렬길이 분석결과(성남)

(2) 청계영업소

청계 영업소의 경우에는, 하행은 서비스 수준의 변화가 없는 것으로 나타났고, 상행은 오전 첨두시에

<표 11> 평균대기행렬길이 분석결과(청계)

구분	교통량	요금소 수	평균대기행렬길이(대/차로)				LOS 변화
			미 시행시	시행시	AQLR	LOS	
오전첨두	상행	4430	12.00	8.368	6.539	1.829	E→D
비첨두	하행	3024	10.00	1.000	1.603	-0.603	B→B
비첨두	상행	3826	12.00	0.938	4.286	-3.348	A→C
오후첨두	하행	4235	10.00	13.043	23.106	-10.063	F→F



<그림 10> 평균대기행렬길이 분석결과(청계)

서비스 수준이 E에서 D로 효과가 있는 것으로 나타났고, 비첨두시에 서비스 수준이 A에서 C로 변화하여 역효과를 나타냈다.

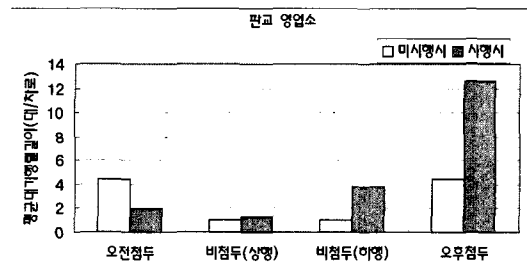
이는 기하구조적인 차이(<그림 2> 참조)와 하이패스 이용율에 따른 영향이 포함된 것으로 판단된다.

(3) 판교영업소

판교 영업소의 경우는 방향과 시간대에 따라 각기 다른 결과를 나타내고 있는데, 오후 첨두시에는 서비스수준이 C에서 F로 크게 변화한 것을 볼 수 있다. 이처럼 판교의 변화도가 큰 이유는 전체적으로 다른 영업소에 비해 대기공간이 협소하고, 현재는 하이패스 차로가 좌측에 위치하고 있으나, 분석시점에는 중앙차로를 하이패스 차로로 운영하여서 대기행렬의 편중 현상이 발생하기 때문인 것으로 판단된다. 또한, 대기공간의 상대적 차이(<그림 2> 참조)로 인한 영향도 포함된 것으로 판단된다.

<표 12> 평균대기행렬길이 분석 결과(판교)

구분	교통량	요금소 수	평균대기행렬길이(대/차로)				LOS 변화
			미 시행시	시행시	AQLR	LOS	
오전첨두	상행	2980	7.00	4.470	1.971	2.499	C→B
비첨두	하행	1778	6.00	1.000	1.313	-0.313	B→B
비첨두	상행	1873	6.49	1.000	3.801	-2.801	B→C
오후첨두	하행	2506	6.00	4.449	12.598	-8.149	C→F



<그림 11> 평균통과시간 분석결과 (판교)

3) 이용율 변화에 따른 사업효과 비교

지금까지 정량적 측면의 효과를 분석해 본 결과, 아직까지는 사업효과가 미비한 것으로 나타났으나, 이는 이용율이 아직 적고, 사업 초기의 운영상의 문제(이용자 인식부족 등)가 원인인 것으로 판단된다.

〈표 13〉 하이패스 이용률 비교 (단위:%)

	오전첨두 (상행)	비첨두 (하행)	비첨두 (상행)	오후첨두 (하행)
성남	3.82	-	1.45	3.19
청계	5.23	1.68	1.62	3.67
판교	9.79	1.61	2.88	6.96

〈표 13〉에서 보듯이 효과가 있는 것으로 나타난 오전 첨두시는 기타 다른 조사시간대에 비해 이용률이 다소 높은 것을 볼 수 있다. 특히, 교통량이 비교적 적은 비첨두시에도 역효과가 있는 것으로 나타났는데, 이는 영업소의 운영이 교통량에 따라 요금소의 개수를 조절하며 운영하는 상황에서 한 개의 요금소를 이용률이 2% 미만인 하이패스로 지정함으로써 발생하는 역효과인 것으로 판단된다.

또한, 본 연구에서는 이용률에 따른 효과의 변화를 좀더 정확히 파악하고 교통공학적인 측면에서 효과를 나타낼 수 있는 이용률은 어느 정도인지를 파악하기 위해서 시뮬레이션을 수행하였다.

시뮬레이션 모형은 99년 건교부 과제를 통해 개발·검증된 ETCS 시뮬레이션 모형을 사용하였으며³⁾, 실제 시범사업 중인 성남, 청계 톨게이트의 2000년 11월의 이용률 3%를 기준으로 이용률을 7%, 10% 20%로 증가시켜 가면서 시뮬레이션을 수행하였다.

시뮬레이션 적용결과, 〈표 14〉에서 보듯이 영업소에 따라 차이는 있으나 3% 이용시에는 그 효과가 역으로 나타나고 있고, 10% 이상 이용할 경우에는 그 효과가 있는 것으로 나타났다. 예를 들어, 교통량이 많은 청계 영업소 첨두시의 경우 3%보급시 149.71초가 20% 보급시에는 59.88초로 89.83초의 평균통과시간 절감 효과가 있는 것을 볼 수 있다.

따라서, 향후 하이패스의 보급률이 증가하여 이용률이 약 10% 이상이 되고 운영이 안정화된다면 그 효과는 크게 나타날 것으로 판단된다.

〈표 14〉 이용률에 따른 평균통행시간 변화

구분	사업전	3%보급	7%보급	10%보급	20%보급	
청계	첨두	99.51	149.71	111.54	99.64	59.88
	비첨두	87.73	181.68	127.62	92.99	58.24
성남	첨두	56.23	84.29	61.31	58.81	40.87
	비첨두	49.04	41.44	40.03	38.43	34.08

* 평균통행시간에 대한 비교로 단위는 초임.

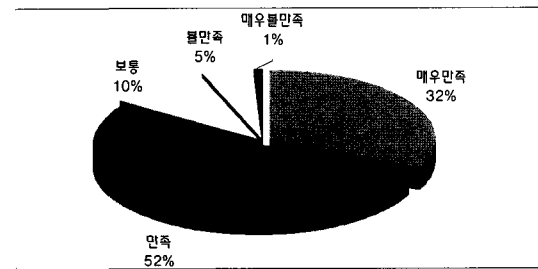
2. 정성적 분석

1) 이용자 만족도

하이패스에 대한 만족도를 파악하기 위해서 이용자 전수조사를 실시한 결과, 총 발송건수 6,825건 중에서 2,081건이 회수되어 30.49%의 높은 회수율을 나타내었다.

(1) 하이패스 서비스에 대한 만족도

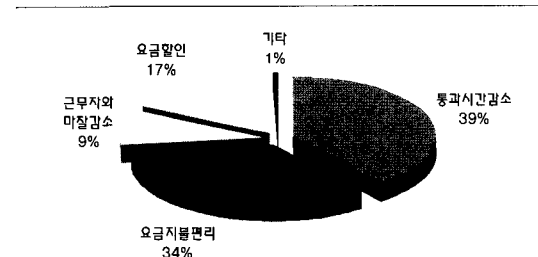
하이패스 시범사업을 시행한 후에 현재의 서비스에 대해 이용자들이 얼마나 만족하고 있는가에 대해 조사한 결과, 현재의 서비스에 만족하는 비율이 52.23%, 매우 만족하는 비율이 31.76%로 이용자의 거의 대부분(83.99%)이 현재의 서비스에 만족하고 있는 것으로 나타났으며, 만족하지 못한다는 의견은 약 5.72%로 매우 낮게 나타났다.



〈그림 12〉 하이패스에 대한 이용자 만족도

(2) 하이패스 서비스에 대한 만족이유

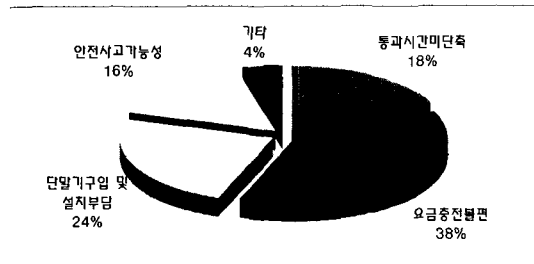
현재의 하이패스 서비스에 대해 만족(83.99%)하거나 보통이다(9.71%)라고 응답한 비율이 전체의 93.7%로 대다수의 이용자가 만족하고 있는 것으로 나타났으며 그 이유를 위와 같은 방법으로 분석해 보면, 통행시간 감소가 39.4%, 요금지불편리가 33.8%, 요금할인이 16.9%, 근무자와 마찰감소가 9.4%로 나타났다.



〈그림 13〉 하이패스 서비스에 대한 만족 이유

(3) 하이패스 서비스에 대한 불만족 이유

현재의 하이패스 서비스에 대해 불만족하는 비율은 전체 응답자의 5.72%로 매우 낮은 비율을 차지하고 있으며, 그 이유를 분석해 보면, 요금충전불편이 37.88%로 가장 많았고, 다음으로 단말기구입 및 설치부담이 23.99%, 통과시간 미단축이 17.94%, 안전사고 가능성이 15.90%의 순으로 나타났으며 이 밖에도 운영미숙 등의 기타의견도 4.28%가 있었다.



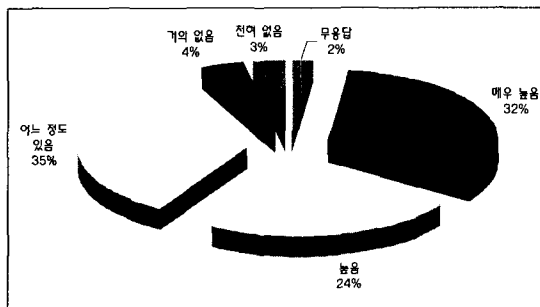
〈그림 14〉 하이패스 서비스에 대한 불만족 이유

2) 비이용자 선호도

하이패스에 대한 선호도를 파악하기 위해서 비이용자 설문조사를 실시한 결과, 총 발송건수 1,500건 중에서 668건으로 4.45%의 낮은 회수율을 나타내었다.

(1) 하이패스 도입의 타당성

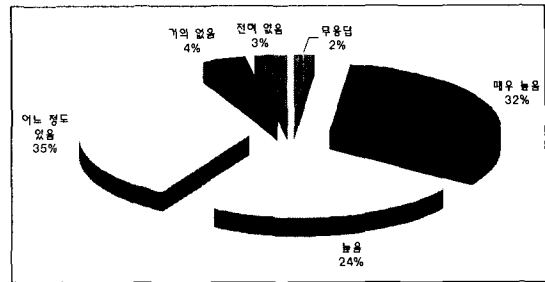
하이패스 도입의 타당성에 대한 하이패스 비이용자들의 의견을 조사한 결과, 타당하다고 생각하는 의견이 77%이상으로 높은 비중을 차지한 것으로 나타났으며, 타당하지 않다는 의견은 10%미만으로 나타났다.



〈그림 15〉 하이패스 도입의 타당성

(2) 하이패스 사용의사 여부

하이패스 비이용자를 대상으로 하이패스 사용의사 여부에 대한 설문결과, 사용의사가 있다는 의견이 91%



〈그림 16〉 하이패스 사용의사 여부

이상인 것으로 나타나 향후 하이패스에 대한 이용자 수가 증가할 것으로 판단된다.

V. 결론 및 향후연구

1. 결론

(1) 초기 걱정 단말기 보급대수의 과소추정으로 인한 사업시행효과의 감소

외곽순환고속도로의 교통량이 타 신설 고속도로 구간에 비해 상대적으로 훨씬 높게 증가하여 7,000대의 단말기 보급으로는 평균 3.9%의 저조한 이용율을 보여 두드러진 사업효과가 제대로 나타나지 않은 것으로 평가되었다.

구체적으로 하이패스 사업 전/후 정량적 분석을 실시한 결과, 평균통과시간이나 대기행렬길이가 감소한 시간대도 있었지만 오히려 증가하는 부정적인 효과가 나타난 시간대도 많았다.

특히, 청계와 판교 영업소의 경우 비교적 하이패스의 이용율이 높은 오전첨두시간에는 그 효과가 있는 것으로 나타나고 이외의 시간에는 역효과가 있는 것으로 나타나는 것으로 보아 비첨두시와 오후첨두시에도 하이패스의 이용율이 증가한다면 충분한 효과가 나타날 것으로 예상된다. 따라서, 향후 좀더 많은 단말기가 보급된 후에 추가적 분석이 필요할 것으로 판단된다.

(2) 이용자 만족도는 합격선이나 시설운영측면에서 보급되어야 할 사항이 다수 발생함

약 85%의 설문응답자가 하이패스 이용이 만족스럽다고 한 점은 특기할 만한 사항이지만, 시설운영측면에서 홍보부족에 의한 위반차량의 다수 발생, 초기운영 및 유도인원 과다 소요, 충전의 불편함 등이 향후 보완되어야 할 것으로 지적된다.

(3) 비이용자의 선호도는 높은 편이어서 보급량 확대가 시급함

비이용자 응답자 중 약 91%가 하이패스 이용의사가 있음을 밝혔기 때문에 그만큼 하이패스의 선호도가 높아졌음을 간접적으로 알 수 있으며 추가적인 단말기 보급확대로 이들의 요구를 충족시켜 주는 것이 바람직하다.

2. 향후연구

지금까지 본 연구에서 제시한 효과분석의 결과는 교통공학적인 측면에서의 효과만을 분석한 것으로, 자동요금징수시스템의 도입을 결정하거나 및 효율성을 분석하기 위해서는 교통공학적인 측면뿐만 아니라 환경적, 비용적(인건비, 시설비, 운영비 등) 측면에 대한 보다 복합적인 경제성분석이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. "하이패스 시범사업 효과분석 및 확대방안 기본계획수립", 국토연구원, 2000. 11.
2. "과천 ITS 시범사업 사례를 통한 ITS 사업의 발전적 추진방안에 관한 연구", 교통개발연구원, 1999.
3. "3차원 그래픽을 통한 ITS용 시뮬레이션 기술에 관한 시뮬레이터 및 애니메이터 개발", (주)심테크

- 시스템, 1999. 12.
4. 김상구, "고속도로 톨게이트 운영 시뮬레이션 모형 개발", 한국도로공사 도로연구소, 1997.
5. 박창수, "톨게이트의 용량, 서비스 수준 평가 및 설계교통량 산정", 대한교통학회, 1998.
6. Jianling Li, Ph.D와 2인, "Benefit-Cost Evaluation of the Electronic Toll Collection System : A Comprehensive Framework and Application", TRB 78 meeting, 1999. 1.
7. D.r. Marguerite L. Zarrillo, "Capacity Calculations For Two Toll Facilities : Two Experiences in ETC Implementation", TRB 79 meeting, 2000. 1.
8. Muhammad A. S. Mustafa, "Costs and Benefits of Interoperability of EFC Systems for Motorway Tolling - The CARDME Case Studies", CARDME.

✉ 주 작성자 : 조용성
 ✉ 논문투고일 : 2001. 5. 22
 논문심사일 : 2001. 7. 13 (1차)
 2001. 8. 1 (2차)
 2001. 8. 7 (3차)
 심사판정일 : 2001. 8. 7