

# 단말기보급에 따른 Hi-Pass 이용률변화 실증분석



김태호



이기영

## I. 서론

지속적인 경제성장 과정에서 고속도로의 시설이 수요에 크게 미치지 못하는 현상이 나타났으며, 해마다 혼잡비용이 증가하고 있어 사회적 문제로 대두되고 있다.

혼잡비용<sup>1)</sup> 발생의 주요원인은 Toll Plaza에서 요금수납을 위한 대기행렬로 발생하는 시간손실과 공기오염 등으로 추산되고 있다. 또한 과도한 인건비와 Toll Plaza 기반시설의 확보 및 유지관리 등 부수적인 문제가 지속적으로 이슈화되어 이에 대한 해결책이 한국도로공사의 경영개선 과제로 지속적으로 대두되었다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 한국도로공사에서는 2010년까지 「지·정체 없는 Toll Plaza」를 혁신목표로 정하고 Hi-Pass<sup>2)</sup>라는 고유브랜드로 2007년 12월 전국 영업소에 설치 운영 중에 있다. 향후 지속적인 보급 확대를 통해 친환경고속도로의 면모를 갖추기 위해서

는 단말기 보급과 관련된 요인(단말기보급현황, 보급률, 자동차등록대수 등)과 이용률에 대한 변화 추이분석을 수행하고 이에 대한 시사점을 제시하고자 한다.

## II. 실증분석의 접근방법 및 국외사례

### 1. 실증분석의 접근방법 및 흐름

본 연구에서는 Hi-Pass 이용률에 대한 영향분석을 수행하기 위해 다양한 분석방법을 구상하고 체계화시켰으며, 세부적인 내용은 다음과 같다.

첫째, 자동요금징수체계(ETCS) 이용률과 관련된 국내외 선행연구들을 검토하여 분석의 틀을 정립한다.

둘째, 추세분석(Trend Analysis)을 위한 자료 수집은 Hi-Pass가 완전 개통된 2007년 12월을

김태호 : 한양대학교 도시대학원 연구교수, traffic@hanyang.ac.kr, 직장전화:02-2299-2082, 직장팩스:02-2220-1214  
이기영 : 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원, kylee@ex.co.kr, 직장전화:031-371-3314, 직장팩스:031-371-3319  
1) 장성조(2008) 연구에서 혼잡비용의 추산은 1991년 2,600억 원에서 2000년 2조 1,500억 원으로 상당한 비용이 발생함.  
2) Hi-Pass는 3무(무정자, 무인, 무현금) 시스템으로 Toll Plaza에서 정차, 유리창개방, 통행권과 현금교부 등의 과정이 불필요하여 고속도로 이용 편의 증진에 크게 기여하고 있으며, 차로당 처리능력이 1,200대/시로 기존 Toll Plaza 처리능력에 4배(300대/시)정도 높음. 또한, 물류비용절감, 대기오염 감소에 따른 친환경적 Toll Plaza로 지구온난화 방지에도 큰 효과를 발휘하고 있음.

기준으로 전국영업소(본부단위)의 이용률과 단말기 보급 관련 변수(단말기 보급현황, 자동차등록대수, 보급률 등) 자료를 수집하였다.<sup>3)</sup>

셋째, Hi-Pass 이용률과 단말기 보급 관련 요인들 간에 상관분석(Correlation Analysis)을 실시하고 잠재적 인과관계를 1차적으로 판단하였다.

넷째, 1차 변수 선정 결과를 바탕으로 Hi-Pass 이용률과 단말기 보급 관련 요인의 추세분석(Trend Analysis)을 진행하여 인과관계를 파악하였다.

다섯째, 추세분석 결과를 바탕으로 영향력을 종합하고 시사점을 제시하였다.

## 2. 자동요금징수(ETCS)시스템 국내외 사례 분석

본 연구와 직접 관련 있는 전자요금징수 시스템(ETCS) 이용률과 관련된 국내외 사례를 검토하여 추세분석을 위한 방향을 정립하였다. 먼저, 국내외 주요한 연구를 살펴본 결과 많은 연구가 진행되지 않은 것을 알 수 있었다.

이용택(1998)은 인천국제공항고속도로를 대상으로 ETCS 이용률 추정에 관한 연구를 수행하였다. 이용률 추정을 위해서는 해외 유사지역의 사례분석 방법을 기반으로 과거 추세 연장법(최대값 70%, 50% 설정)을 적용하여 예측하였다. 분석결과, 향후 차량증가율이 ETCS 이용률보다 작다면 차선을 확장하지 않아도 될 것이라는 결론을 제시하였다.

이상건(2001)은 ETCS 시범사업의 효과를 분석한 연구로서 Hi-Pass 사업에 초점을 맞추어 분석을 수행하였다. 분석결과, Hi-Pass 이용률이 30% 넘는 경우 사업이 경제적 타당성이 있다는 결론을 제시하였다.

한국도로공사(2009) 조사용역보고서는 일본의 사례분석, Urban & Hauser의 구매의도, 시나리오 분석(정상시, 낙관시)을 종합적으로 고려하여 전

국개통 5년 뒤인 2013년(단말기 보급률 35%)에 이용률 70%를 달성할 것으로 예측하고 있다.

다음으로 국외의 주요한 연구를 살펴보면, ETCS 사업은 1990년대 초반부터 유럽 국가들을 중심으로 전개되었으며, 시스템의 이용률은 ETCS의 설치범위 및 서비스형태에 따라 15~80% 수준으로 다양하다 할 수 있다.

본 연구에서는 일본과 미국 사례를 중심으로 검토하였다.

일본(ETCS)의 경우 2008년 기준 2,000만대로 이용률은 75.8%(도시지역 81%), 미국(E-Zpass, 북동부 11개주 45개 유료도로)의 경우 2007년 1,600만대로 이용률은 60%인 것으로 나타났다. 특히, 일본의 경우 개통 5년 후 인, 2008년에 이용률 74%를 달성하였다. 추가적으로 노르웨이(트론하이)의 경우 전체 이용교통량의 약 80%가 ETCS를 이용하고 있으며, 연평균 14%의 높은 증가율을 보이는 것으로 나타났다. 포르투갈(리스본)의 경우 판매 단말기 기준으로 약 35~52%가 일평균 이용되고 있는 것으로 나타났다.

선행연구검토결과 국내에서는 이용률 관련 실증 분석이 다소 미흡한 것으로 나타나 이에 대한 인과관계 분석연구가 필요하다고 판단되며, 사용된 변수들은 단말기 보급 관련 변수가 주로 활용된 것으로 나타났다.

## III. 사례연구의 현황분석

### 1. Hi-Pass 이용현황 분석

#### 1) 연도별 구축 및 이용 현황

2009년 6월 현재 까지 전국적으로 273개 영업소, 649차로에 Hi-Pass가 설치되어 운영 중에 있다.

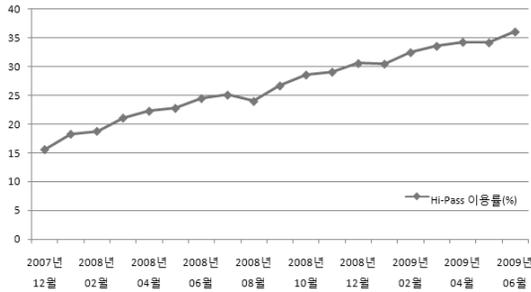
3) 세부영업소(수집최소단위)를 기준으로 수집된 이용률과 단말기 보급대수, 자동차등록대수, 보급률을 Matching시키기 위하여 한국도로공사 본부별(경기, 강원, 충청, 경북, 경남, 호남본부)로 Grouping하여 최종 변수를 정리하였음.

〈표 1〉 Hi-Pass 연도별 구축 현황

구분	계	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년 6월
영업소 수	273	10	10	240	1	12
차로 수	649	20	45	528	29	27

2) 연도별 하이패스 이용률 현황분석

2009년 6월 현재 전국평균 이용률이 약 36%를 넘어선 것으로 나타났다.



〈그림 1〉 월별 Hi-Pass 이용률 변화추이

1. 자료수집 개요

본 연구에서 사용한 단말기 보급관련 변수는 2007년 12월 Hi-Pass 전국 개통일 기준으로 수집하였으며, 자료조사 방법은 한국도로공사(Hi-Portal), 통

〈표 2〉 수집된 변수 세부사항

수집기관	수집변수 세부내용(단위)
통계청	자동차등록대수(천대, A)
한국도로공사	Hi-Pass 이용률(%), 단말기보급현황(천대, B)
조합변수	단말기 보급율(C=B/A, %)

〈표 3〉 상관분석결과(전국 및 본부기준)

변수구분	전국기준	경기본부	강원본부	경남본부	경북본부	충청본부	호남본부
단말기보급현황(천대)	.992**	.992**	.979**	.995**	.995**	.991**	.984**
자동차등록대수(천대)	.985**	.971**	.979**	.968**	.965**	.989**	.972**
단말기 보급률(%)	.907**	.845**	.947**	.976**	.956**	.959**	.959**

주 1 : \*는 0.05 수준에서 유의함(양측), \*\*는 0.01 수준에서 유의함(양측)

주 2 : 상관계수 판단은 부호검증(+,-), 유의성검증, 계수값이 상관관계가 있음(0.6이상)을 종합적으로 판단하여 제시하였으며, 제시되지 않은 상관계수는 통계적으로 유의하지 않음.

계청의 자료를 활용하였다. 또한, 보급률과 관련된 조합변수를 추가로 도출하였으며, 자세한 내용은 〈표 2〉와 같다.

3. 상관분석을 활용한 이용률 추세영향요인 검토

상관분석결과를 수행하였으며, 전국측면의 Hi-Pass 이용률에 긍정적인 영향을 미치는 변수로 단말기 보급현황(0.992), 자동차등록대수(0.985), 단말기보급율(0.907)로 나타나 전반적으로 Hi-Pass 이용률의 추세를 설명하기에 적절한 변수라고 판단된다. 따라서 추세선 분석(Trend Analysis)을 모두 분석하고 적합도가 가장 높은 변수를 기준으로 전국 및 본부별 영향력을 비교하여 제시하도록 한다.

IV. 추세선 분석을 활용한 Hi-Pass 이용률 영향분석

앞서 상관계수가 전반적으로 높았으므로 3가지 단말기보급관련 변수에 대한 추세선 분석을 시행하였으며, 결과는 다음과 같이 요약 정리하였다.

추세선 분석은 MS-Office Excel 2007을 활용하였으며, 추세분석을 시행한 결과 전반적으로 직선식이 가장 높은 적합도(R<sup>2</sup>)를 나타내었다. 또한 현재 Hi-Pass 이용률과 단말기 보급상황이 한계상

태4)가 아니므로 동일한 모형형태와 변수를 바탕으로 영향력을 비교를 하기 위하여 선형식(Linear)을 가정하여 진행하였다.

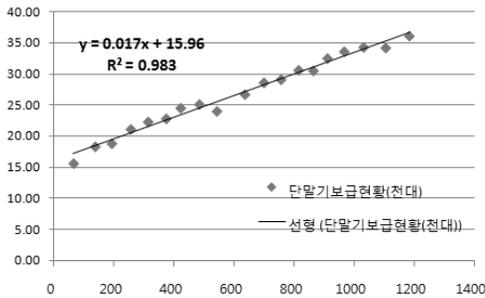
구분	영향력		R <sup>2</sup>
	Coefficient	Constant	
A	0.017	15.96	0.983
B	0.038	-499.1	0.961
C	0.241	15.80	0.986

〈모형결과 요약〉

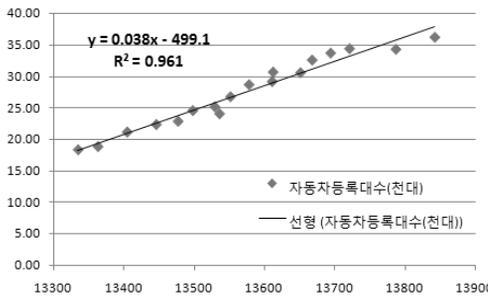
### 1. 추세선 분석(전국기준)

영향력의 기준 모형개발을 위해 전국을 기준으로 추세선 분석을 수행하였으며, 결과는 다음과 같다. 분석결과, 적합도는 0.9이상으로 영향력 해석

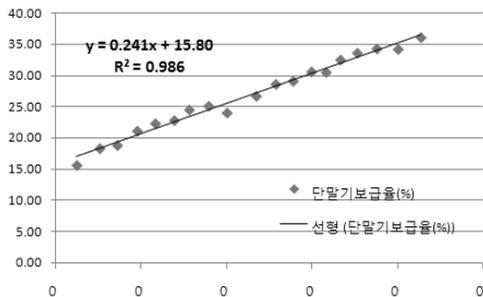
을 위해서는 큰 무리가 없을 것으로 판단된다. 추세 모형 중 가장 높은 적합도를 가지는 단말기보급현황(0.983)의 적합도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 영향력은 단말기보급 1,000대당 0.017%의 Hi-Pass 이용률 상승 추이를 보이는 것을 알 수 있었다.



〈그림 2-1〉 단말기 보급현황(A : 천대)



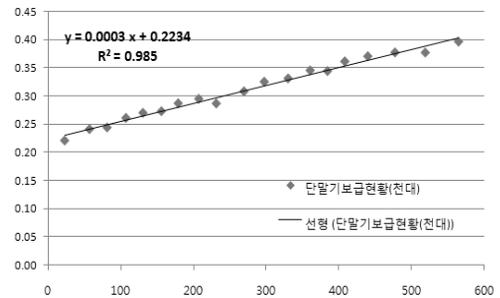
〈그림 2-2〉 자동차등록대수(B : 천대)



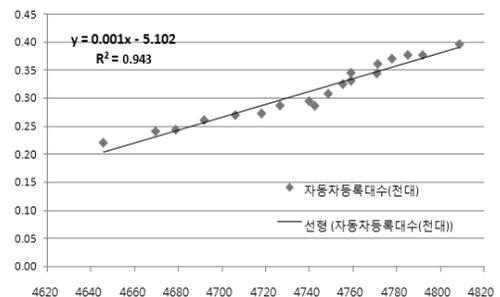
〈그림 2-3〉 단말기보급율(C : %)

### 2. 추세선 분석(경기도)

경기본부의 자료를 기준으로 추세선 분석을 수행하였으며, 결과는 다음과 같다. 분석결과, 전반적인 적합도 0.9이상으로 나타나 영향력 해석을

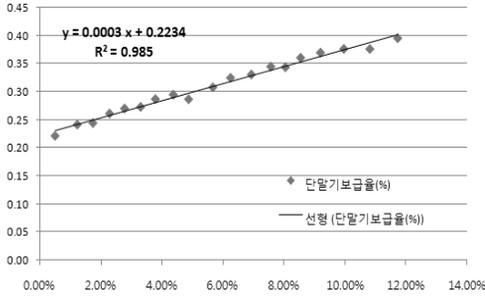


〈그림 3-1〉 단말기 보급현황(A : 천대)

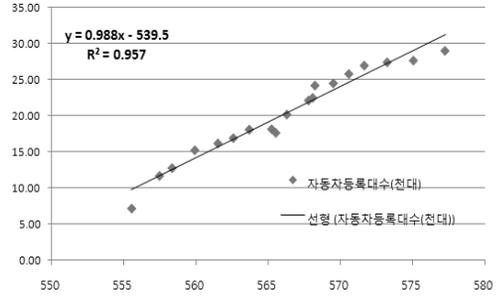


〈그림 3-2〉 자동차등록대수(B : 천대)

4) 국내의 사례를 토대로 한계이용률을 검토해보면 다음과 같음.  
 국내의 경우 : 이용택(1998)연구 50%~70%, 한국도로공사(2009)연구 62~72%  
 국외의 경우 : 일본(2008)은 75.8%(도시지역 81%), 미국(2007)의 경우 60%로 나타남.



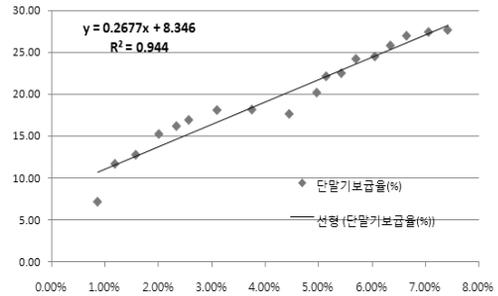
〈그림 3-3〉 단말기보급율(C : %)



〈그림 4-2〉 자동차등록대수(B : 천대)

구분	영향력		R <sup>2</sup>
	Coefficient	Constant	
A	0.0003	22.34	0.985
B	0.001	-5.102	0.943
C	0.0003	0.2234	0.985

〈모형결과 요약〉



〈그림 4-3〉 단말기보급율(C : %)

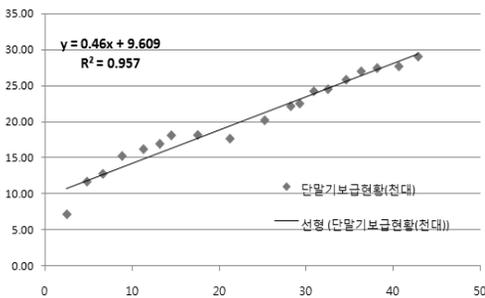
위해서는 큰 무리가 없을 것으로 판단된다. 추세모형 중 가장 높은 적합도를 가지는 단말기보급현황(0.985)의 적합도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 영향력은 단말기보급 1,000대당 0.0003%의 Hi-Pass 이용률 상승 추이를 보이는 것을 알 수 있었다.

구분	영향력		R <sup>2</sup>
	Coefficient	Constant	
A	0.460	9.609	0.957
B	0.988	-5.395	0.943
C	0.26777	8.346	0.944

〈모형결과 요약〉

### 3. 추세선 분석(강원본부)

강원본부의 자료를 기준으로 추세선 분석을 수행하였으며, 결과는 다음과 같다. 분석결과, 전반적인 적합도 0.9이상으로 나타나 영향력 해석을 위해서는 큰 무리가 없을 것으로 판단된다. 추세모형 중 가장 높은 적합도를 가지는 단말기보급현황(0.957)의 적합도가 가장 높은 것으로 나타났

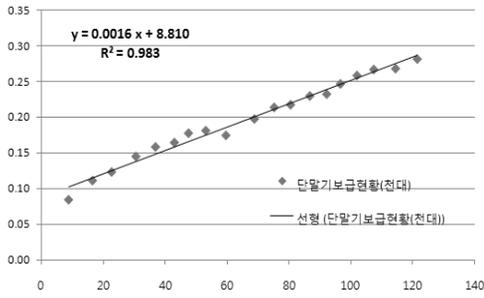


〈그림 4-1〉 단말기 보급현황(A : 천대)

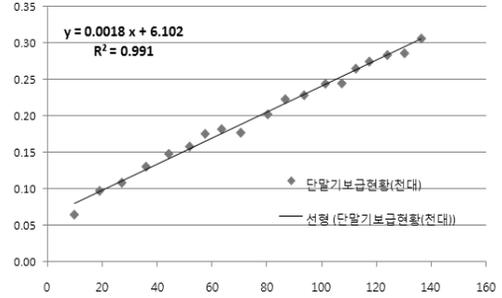
며, 영향력은 단말기보급 1,000대당 0.46%의 Hi-Pass 이용률 상승 추이를 보이는 것을 알 수 있었다.

### 4. 추세선 분석(충청본부)

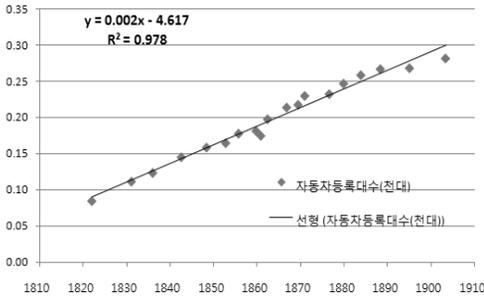
충청본부의 자료를 기준으로 추세선 분석을 수행하였으며, 결과는 다음과 같다. 분석결과, 전반적인 적합도 0.9이상으로 나타나 영향력 해석을 위해서는 큰 무리가 없을 것으로 판단된다. 추세모형 중 가장 높은 적합도를 가지는 단말기보급현황(0.982)의 적합도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 영향력은 단말기보급 1,000대당 0.0016%의 Hi-Pass 이용률 상승 추이를 보이는 것을 알 수 있었다.



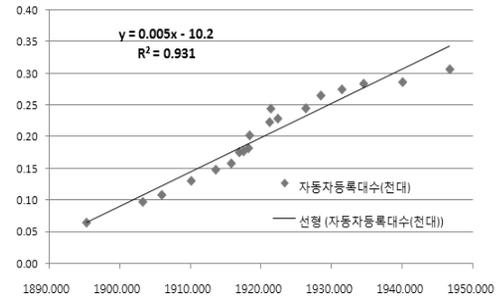
〈그림 5-1〉 단말기 보급현황(A : 천대)



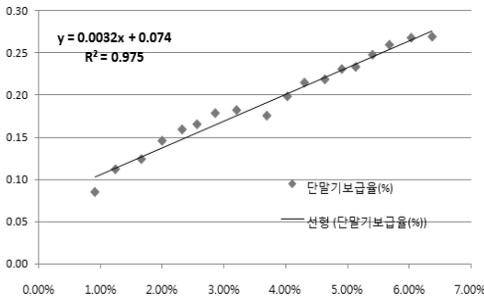
〈그림 6-1〉 단말기 보급현황(A : 천대)



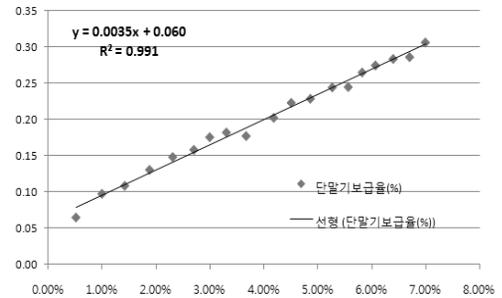
〈그림 5-2〉 자동차등록대수(B : 천대)



〈그림 6-2〉 자동차등록대수(B : 천대)



〈그림 5-3〉 단말기보급율(C : %)



〈그림 6-3〉 단말기보급율(C : %)

구분	영향력		R <sup>2</sup>
	Coefficient	Constant	
A	0.0016	8.810	0.983
B	0.0020	-4.617	0.978
C	0.0032	0.074	0.975

〈모형결과 요약〉

구분	영향력		R <sup>2</sup>
	Coefficient	Constant	
A	0.0018	6.102	0.991
B	0.005	-10.2	0.931
C	0.0035	0.060	0.991

〈모형결과 요약〉

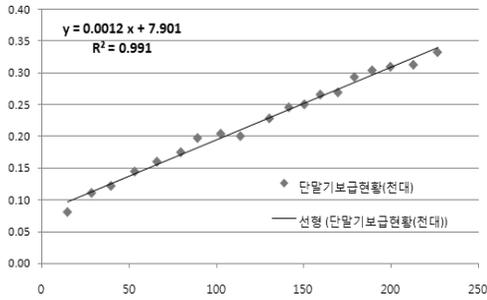
## 5. 추세선 분석(경북본부)

경북본부의 자료를 기준으로 추세선 분석을 수행하였으며, 결과는 다음과 같다. 분석결과, 전반적인 적합도 0.9이상으로 나타나 영향력 해석을 위해서는 큰 무리가 없을 것으로 판단된다. 추세모형 중 가장 높은 적합도를 가지는 단말기보급현황(0.991)의 적

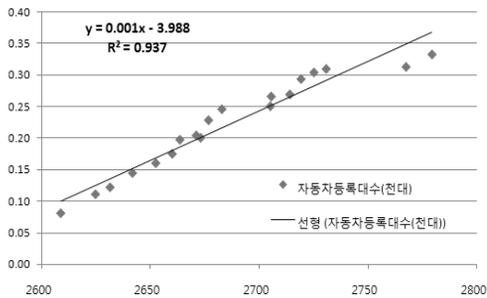
합도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 영향력은 단말기보급 1,000대당 0.0018%의 Hi-Pass 이용률 상승 추이를 보이는 것을 알 수 있었다.

## 6. 추세선 분석(경남본부)

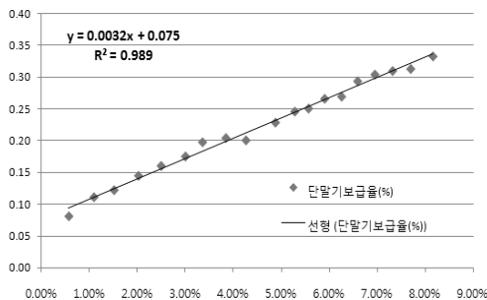
경남본부의 자료를 기준으로 추세선 분석을 수행



〈그림 7-1〉 단말기 보급현황(A : 천대)



〈그림 7-2〉 자동차등록대수(B : 천대)



〈그림 7-3〉 단말기보급율(C : %)

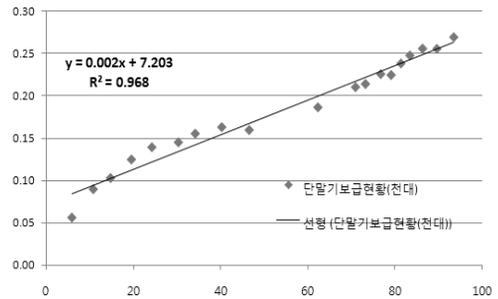
구분	영향력		R <sup>2</sup>
	Coefficient	Constant	
A	0.0012	7.901	0.991
B	0.001	-3.988	0.937
C	0.0032	0.075	0.989

〈모형결과 요약〉

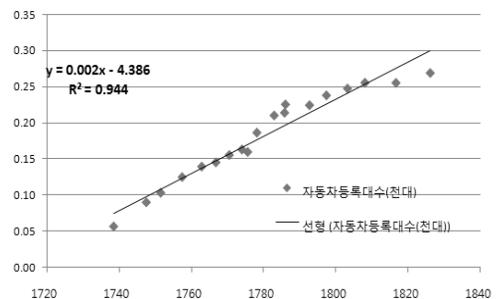
하였으며, 결과는 다음과 같다. 분석결과, 전반적인 적합도 0.9이상으로 나타나 영향력 해석을 위해서는 큰 무리가 없을 것으로 판단된다. 추세모형 중 가장 높은 적합도를 가지는 단말기보급현황(0.991)의 적합도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 영향력은 단말기 1,000대당 0.012%의 Hi-Pass 이용률 상승 추이를 보이는 것을 알 수 있었다.

## 7. 추세선 분석(호남본부)

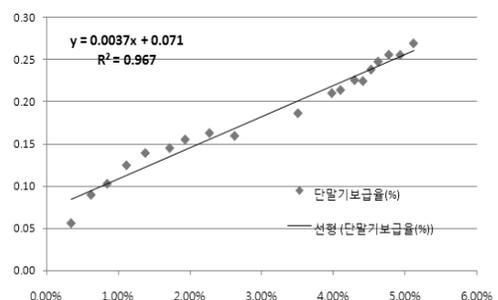
호남본부의 자료를 기준으로 추세선 분석을 수행하였으며, 결과는 다음과 같다. 분석결과, 전반적인 적합도 0.9이상으로 나타나 영향력 해석을 위해서는 큰 무리가 없을 것으로 판단된다. 추세모



〈그림 8-1〉 단말기 보급현황(A : 천대)



〈그림 8-2〉 자동차등록대수(B : 천대)



〈그림 8-3〉 단말기보급율(C : %)

구분	영향력		R <sup>2</sup>
	Coefficient	Constant	
A	0.002	7.203	0.968
B	0.002	-4.386	0.944
C	0.0037	0.071	0.967

〈모형결과 요약〉

형 중 가장 높은 적합도를 가지는 단말기보급현황 (0.968)의 적합도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 영향력은 단말기보급 1,000대당 0.02%의 Hi-Pass 이용률 상승 추이를 보이는 것을 알 수 있었다.

### V. 결론

본 연구에서는 현재 고속도로의 자동요금징수 시스템(ETCS)인 Hi-Pass 변화율과 관련된 가장 주요한 변수인 단말기 보급관련 수준에 따라 Hi-Pass 이용률의 변화 추세에 미치는 영향력을 본부 유형별(경기, 강원, 충청, 경북, 경남, 호남)로 세분화하여 수행하였다.

본 연구에서 도출된 추세 영향력은 향후 전국

및 각 본부별 변화율을 예측할 수 있는 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

Hi-Pass 이용률에 대한 추세 영향을 분석한 결과 다음과 같이 정리할 수 있다.

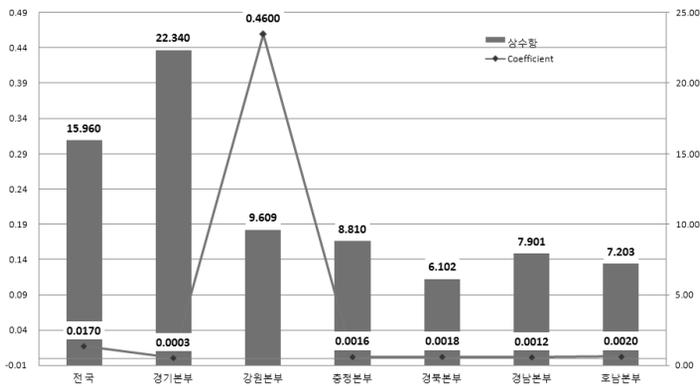
첫째, 선행연구 변수들을 종합하여 상관분석을 시행하였으며, Hi-Pass이용률과 단말기 보급현황이 가장 밀접한 관계를 가지는 것으로 나타났다.

둘째, 추세선 분석 결과를 바탕으로 영향력<sup>5)</sup>을 비교하였으며, 세부적인 결과 값은 다음과 같다. 분석결과, 초기 개통시 Hi-Pass 이용률은 경기지역이 22.34%로 전국 평균보다 높으며, 개통이후 월별 Hi-Pass 이용률 증가가 가장 높은 지역은 강원지역으로 0.46%인 것으로 나타났다.(<그림 9>참조)

셋째, Portfolio분석을 활용하여 본부별 결과를 비교하여 보면 다음과 같다.

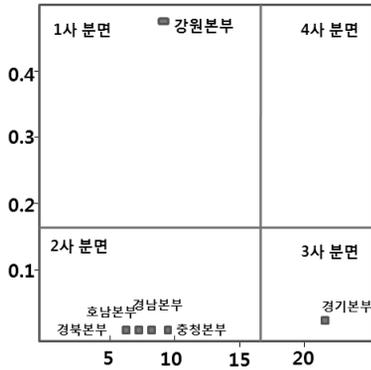
<표 4> 단말기보급 추세분석결과 종합표(전국 및 본부비교)

구분		모형형태	영향력계수		적합도(R <sup>2</sup> )
			Coefficient	Constant	
전국	단말기보급현황	Linear	0.0170	15.96	0.983
경기본부	단말기보급현황	Linear	0.0003	22.34	0.985
강원본부	단말기보급현황	Linear	0.4600	9.609	0.957
충청본부	단말기보급현황	Linear	0.0016	8.810	0.983
경북본부	단말기보급현황	Linear	0.0018	6.102	0.991
경남본부	단말기보급현황	Linear	0.0012	7.901	0.991
호남본부	단말기보급현황	Linear	0.0020	7.203	0.968



<그림 9> 영향력비교를 위한 이중축 그래프(본부별)

5) 기울기(Coefficient, 월별추세영향력) : 전국평균(0.017%), 상수(Constant, 개통년도 초기이용률) : 전국평균(15.96%)



〈그림 10〉 Portfolio 분석을 활용한 영향력 비교(본부)  
 주 1 : Y-axe(단말기보급대수), X-axe(이용률)

- ① 초기단말기보급률은 전국평균 이하이고, 월별 이용률증가는 전국평균 이상 지역(1사분면)으로 강원본부가 선정되었으며, 향후 Hi-Pass이용이 가장 활발히 증가할 것으로 판단된다.
- ② 초기단말기보급은 전국평균이상이나, 월별 이용률증가가 전국평균 이하 지역(3사분면)은 경기본부이며, Hi-Pass 이용률이 개통초 약 20%를 넘어서면서 증가율이 점차 둔화되고 있어 향후 그 추세 변화가 활발하지 않은 정체지역으로 판단된다.
- ③ 초기단말기보급과 월별 이용률증가 모두 전국평균이하 지역은 충청, 경북, 경남, 호남본부이

며, 현재 추세 변화는 다소 낮으나 잠재적 발전가능성이 높은 지역으로 판단된다.

결과적으로 향후 지역본부별 특성을 고려한 자동요금징수시스템의 차별화 전략수립이 필요하다고 판단된다.

### 참고문헌

1. 이상건·조용성·오세창(2001), 자동요금징수시스템(ETCS)의 시범사업 효과분석 (하이패스시스템을 중심으로), 대한교통학회지, 제19권 4호, 대한교통학회, pp.59~69.
2. 이용택·김대현·박재범·김승준(1998), ETCS 이용률 추정에 관한 연구, 대한토목학회 논문집, 제18권 2호, 대한토목학회.
3. 장성조(2008), Hi-Pass 서비스 개선 방향에 관한 연구(서비스 품질만족도가 재이용 및 구전의사에 미치는 영향), 한양대학교 석사학위논문.
4. 주종문(2007), 6시그마 프로젝트 추진도구, Global.
5. 한국도로공사(2009), 단말기 중장기 보급목표 설정 조사용역보고서.
6. Martilla, J, James J(1997), Importance-Performance analysis, Journal of Marketing.