

자동요금징수 시스템(ETCS)의 통신방식별 성능평가 결과 분석

Field Test Analysis of Electronic Toll Collection System, Hi-Pass

조 용 성*

(Cho yong sung)

배 명 환**

(Bae Myoung Hwan)

오 원 일***

(Oh won il)

이 승 환****

(Seung Hwan Lee)

요 약

본 연구는 국내 유료도로에 적용될 ETCS의 방식을 결정하기 위해 ETCS 현장성능평가에 참여한 6개 업체의 현장성능 평가 과정을 소개하고 이에 대한 평가결과를 분석한 것이다.

현장성능평가에 참여한 업체의 주요 통신방식은 능동형 RF(전파)방식과 IR(광파)방식의 ETC 시스템이다. 본 연구에서는 업체별 통신방식과 시스템을 비교·분석하고 시스템 구성과 기본성능을 확인한 후, 최종적으로 현장성능시험의 시험 항목별 시험내용과 평가결과를 분석하였다.

현장성능평가 분석결과, 현장성능시험에 참여한 6개 업체 가운데 IR방식 1개 업체와 RF방식 2개 업체는 평가기준을 만족하고 나머지 3개 업체는 평가기준을 통과하지 못했지만, 전반적으로 불 때, 그동안의 많은 시험과 개발과정을 거쳐 안정화가 되어 가고 있는 것으로 여겨진다.

본 현장시험에 사용한 성능평가방법은 현재 고속도로를 이용하는 또는, 하이패스에 이용되는 패턴을 충분히 고려하였지만, 발생될 수 있는 여러 경우에 대해 한국도로공사 자체기준으로 시험방법과 시험횟수를 정하였기 때문에 이에 대한 논란의 여지는 있을 수 있다.

따라서, 실제 고속도로상에서 발생될 수 있는 운전자의 행태나 도로 운영 방법 등 차량운행실태 등을 고려한 현장성능 시험 표준방법론의 개발이 필요한 것으로 판단된다.

Abstract

This study introduces the process of the field test of ETCS that has been performed by six enterprises for selecting the type of ETCS that will be applied to the internal toll roads.

The main communication modes of six enterprises are active RF(radio wave)type and IR(optical wave)type. In this study, communication modes and systems, which are being used by each enterprises, have been compared and analyzed. Besides this, the configuration and the basic performances of the system have been checked. After those, the contents of the field performance test classified by the items of the test and the results of the test, finally, have been analyzed.

Through analyzing the test, it is found that an enterprise using IR type and two enterprises using RF type satisfied the standards of the test and the others failed to meet the standards. However, the enterprises seem to be becoming stable by a large number of tests and the effort for improving from general point of view.

* 회 원 : ITS Korea 표준총괄 팀장

** 회 원 : ITS Korea 표준운영 팀장

*** 비회원 : 한국도로공사 ETCS 사업부 과장

**** 비회원 : ITS Korea 사업부 팀장

† 논문접수일 : 2004년 8월 17일

Although the methods of performance evaluation in this field test considered enough patterns that are used in the present highway or Hi-Pass, there might possibly be some problems in the results because Korea Highway Corporation had decided the method and the number of times of the test according to their own standards about the various situations that can happen.

Therefore, it will be needed to develop the method of standards for testing the performance which can be correspond with driver's behavior that can actually happen on the highway or the methods of transportation management.

Key Words : 표준화, 전자지불, ETCS, DSRC, 성능평가

I. 서 론

1. 배경 및 목적

1) 배경

고속도로 교통량의 증가로 인한 출·퇴근, 주말 등 고속도로의 끊임없는 지체현상으로 인해 매년 약 3,000억원의 혼잡비용이 발생하고 있으며, 수동요금징수로 인한 인건비지출('99년 1,758억원)과 톨게이트 광장의 확보 및 유지관리 등에 따른 부수적인 문제가 대두됨에 따라 이러한 문제를 근본적으로 해결하기 위해 한국도로공사는 1999년 현장성능시험을 통해 하이패스(Hi-Pass)라고 하는 자동요금징수시스템(이하 "ETCS"라 함)의 구축 사업자를 선정하고 2000년 6월 30일부터 판교, 청계, 성남 3개 영업소를 대상으로 17,000대의 차량에 대해 시범 운영하였다.

그러나, 기존의 하이패스는 수동형 DSRC방식으로 한국정보통신기술협회의 표준에 적합하지 않을 뿐만 아니라 사용주파수가 국가 표준에 맞지 않아 건설교통부와 한국도로공사는 다양한 방식의 ETCS를 시험한 후 새로운 시스템을 채택하기 위하여 2003년 5월에 현장성능평가를 수행하여 IR(Infrared)방식의 ETCS 사업자를, 2004년 1월에 다시 현장성능평가를 수행하여 RF(Radio Frequency)방식의 ETCS 사업자를 선정하여 향후 듀얼방식으로 ETCS 사업화가 추진될 예정이다.

한국도로공사는 ETCS 시범사업을 완료하고 본 사업을 추진하여 2005년까지 외곽순환도로 전구간에 ETC 시스템을 구축하고, 전국으로 확대할 계획이며, 지자체와 민간에서도 관할 고속국도에 ETCS 도입이 예상되며, 이러한 사업자는 점차 늘어날 전

망이다.

이러한 현실에서 ETC 시스템 성능도 중요하지만, 향후에는 ETC 시스템의 표준화와 시스템의 상호 호환성 확보가 더 중요시 될 것이다.

그러므로 가장 먼저 ETCS 사업을 수행한 한국도로공사의 현장성능평가는 시스템 성능시험 이상의 참고사례가 될 것이며, ETCS 사업의 활성화에 큰 도움이 될 것이다.

이러한 취지하에 ETCS 통신방식별 성능평가 결과에 대한 내용을 소개하고자 한다.

2) 목적

본 현장성능평가는 국내 유료도로에 적용될 ETCS의 방식을 결정하기 위한 것으로 기술평가를 통하여 방식 또는 시스템별 문제점을 비교·분석하고 시스템 구성의 적정성, 기본성능확인 및 성능평가를 통하여 적절한 시스템을 선정함으로써 향후 ITS 및 대중교통 요금지불 수단의 통합 또는 상호 호환성 확보를 위한 기반을 마련하고자 한다.

2. 수행방법

현장성능평가는 제안서 평가를 통과한 업체를 대상으로 하며, 현장시험에 적용되는 시스템의 기본구성 및 그 설비는 제안서에 제안된 시스템과 동일한 조건으로 시행한다.

본 평가는 1차(2003. 4.28~5. 17)시험과 2차(2004. 1. 5~1.31)시험으로 구분하며 중부내륙고속도로 내 시험도로(가남 JC 부근) 1.5KM구간(시험차량 가·감속구간 제외)에서 시행되었으며, 시험차량은 다음과 같이 1종과 3종, 7종(기타)의 차량만을 사용하였다.

구분	길이	높이	폭
1종	3230~5355	1270~2000	1605~1890
3종	10560~12000	3082~3450	2460~2500
7종(기타)	상기 1종, 3종 이외의 차량		

※ 1종 차량은 경차, 승용차, 승합차량을 포함한 차량을 말함.

각 평가대상업체는 현장평가 4주전에 현장에 시스템을 설치하고 자체 테스트를 시행하여 시스템을 안정화할 수 있도록 하였으며, 평가 하루 전 사전확인 점검일에 아래와 같은 수량의 단말기와 시험용 카드를 제출하도록 하였다.

단말기				카드				
1종	3종	7종	계	정상	잔액부족	할인	면제	계
18	6	-	24	25	5	5	5	40

※ 정상 및 할인 카드에는 50,000원, 잔액부족 카드에는 20원 충전
 ※ 2차 시험에서는 단말기 예비용 5개(1종 3개, 3종 2개), 카드 예비용 11개(정상 5개, 잔액부족, 할인, 면제 각각 2개)를 추가 준비함

사전확인항목	확인 내용 및 방법
통신출력 및 영역 확인	OBU 및 스펙트럼 아날라이즈
OBU 기능 확인	LCD, 기능버튼, 배터리, 메모리 등
보안모듈(SAM)내장 및 기능확인	보안모듈 내장 확인 및 특수검증 툴을 이용하여 보안알고리즘 구현확인
시스템 자기진단 기능	자기진단 프로그램 실행
OBU 초기화 후 시험	OBU를 초기화 후 카드 미삽입 주행
구성설비별 독립시험	시험차량을 통하여 통신, 차종분류, 위반차량촬영 등에 대한 기능 독립시험
시스템 구성 확인	통신선로 및 전원, 장치구성 확인

성능시험 전에 시스템의 설치상태를 제안서와 비교하여 시스템을 확인하고 확인결과 제안서의 내용이 허위로 판명될 경우 불합격 처리하기 위해 실시하며, 사전확인 내용은 다음과 같다.

1) 사전확인

사전확인인 시험항목에는 포함되지 않지만 현장

2) 현장성능시험

현장성능시험은 다음과 같은 시험항목에 따라

시험항목	시험조건	시험결과 출력 회수			
		통신	차종분류	위반촬영	
주행속도별 처리시험	20~60km/h	스마트카드 미삽입	120	120	30
	60~100km/h	스마트카드 미삽입	120	120	30
	100~160km/h	1, 3종 반대 OBU 부착 (5분이상 정체시험 병행)	120	120	30
근접주행 시험	1m 간격	카드 잔액부족, OBU 미부착	75	90	30
	4~5m 간격	카드 잔액부족, 카드 미삽입	120	120	40
OBU 2개 부착 시험	동일종류의 OBU 2개 부착		195	120	30
야간 주행 시험	야간시험 (잔액부족)		60	60	30
타 차종 혼합주행 시험	1, 3종 이외의 차량 및 OBU 미부착 차량 통과 (지정체 시험 병행)		180	200	60
면제·할인차량 시험	면제·할인 차량 통과		120	120	-
차선밀착주행 시험	차선내 좌·우측 밀착주행 및 통신구역 2m 옆 통과 (1, 3종 반대 OBU 부착)		120	60	30
OBU 부착위치별 시험	전면 입의 위치 OBU 부착 (입의 지점 선정)		180	180	-
고장시 대처능력 시험	최소설비(차로제이기, 통신안테나)만 동작하여 통행료 징수 시험		180	-	-
계			1590	1310	310

진행하며 당일 시험항목은 현장사무실을 봉인 한 후 결정하여 통보한다. 모든 시험은 참여업체의 OBU를 시험차량에 모두 부착한 상태로 실시하며, 다수의 OBU 부착에 의한 상호간섭이 일어나지 않도록 사전 조치하여 간섭에 따른 문제는 참여업체에서 책임지도록 한다.

시험은 오전, 오후로 나누어 실시하며, 연속주행 시험 후 현장성능시험결과표, 위반차량촬영 결과표, 스마트카드 처리로그표로 구성된 결과물을 출력하는 순서로 실시하며, 특별한 사유가 없는 한 오전 시험에 사용된 단말기와 카드는 오후 시험시 교체하여 사용하였다.

3) 성능시험평가 및 결과 분석

성능시험에 대한 평가는 다음과 같이 각 항목별 정확도(통신, 차종분류, 위반차량촬영)를 모두 만족시켜야 성능시험을 통과한 것으로 한다.

구분	통신	차종분류	위반차량촬영
총회수	1590	1310	310
허용오차	99%(16회이하)	97%(40회이하)	95%(16회이하)

통신정확도는 실제로 수행된 시험방법(차량진입 순서, 차종, 시험조건, 시험결과 등), 현장성능시험 결과표(별첨 1), 스마트 카드처리로그(별첨 3) 등을 기준으로 하여 아래사항을 모두 만족하여야 정상으로 인정한다.

- 시험차량에 부착한 OBU ID와 현장성능시험결과표의 OBU ID가 서로 일치하여야 한다.
- 현장성능시험결과표에서 안테나ID, OBU ID, 카드ID, 징수금액, OBU차종, 서명값 등이 모두 정상적으로 표시되어야 한다.
- 카드처리로그표에서 카드번호, OBU번호, OBU 차종, 서명값, 징수금액, 징수 전 금액, 잔액 등이 모두 정상적으로 표시되어야 한다.
- 통신역전현상에 대하여는 통신에러로 처리하며 차종분류는 차종분류장치의 감지 차종으로 판정한다.

※ 통신역전현상이란 1회 주행에서 통신결과와 차종분류결과가 개별적으로 나타나거나, 앞뒤차량의 정보가 바뀌어서 나온 현상을 말한다.

차종분류정확도는 실제로 수행된 시험방법에 따라 투입된 차량의 차종과, 현장성능시험결과표의 감지 차종간의 상호 일치하는 경우 정상으로 인정한다.

위반차량촬영정확도는 항목별 시험방법에 따라 실제로 발생한 위반사유와 현장성능시험결과표의 표시된 위반사유의 일치여부, 시험차량의 차량번호와 위반차량촬영결과표의 위반차량촬영번호 일치여부, 촬영한 영상(번호판)의 해상도(육안식별)에 따라 정상으로 인정한다. 촬영한 차량의 번호판 육안으로 인식할 수 없는 경우에는 에러로 처리한다.

현장성능시험결과표에서 차량이 정보 전체가 누락된 경우 통신, 차종분류, 위반차량촬영 에러가 각각 1회 발생한 것으로 처리한다.

다음은 시험 유형별 처리사항이다.

시험유형	처 리 사 항
OBU 미부착	- OBU미부착 차량에 대하여는 통신결과는 발생하지 않으나 차종분류결과와 위반차량촬영 결과가 출력되어야 함
OBU 2개 부착시험	- 1대의 시험차량에 2개의 동종 OBU가 부착되었을 경우 2개의 OBU에 대하여 정상적인 요금처리가 되어 2번의 통신과 1번의 차종분류 결과가 발생하여야 함 - 정상적인 통신결과가 없을 경우에는 에러로 처리함
다른 차종 OBU 부착	- 시험차량의 차종과 동일하지 않은 차종 정보가 입력된 OBU를 부착한 차량에 대하여는 입력된 차종정보에 의한 정상적인 요금처리가 되어야 하고, 입력된 차종정보와 차종분류결과에 의한 차종의 불일치에 대해서는 위반차량촬영 결과물이 출력되어야 함
스마트카드 미삽입	- 스마트카드 미삽입 차량에 대하여는 OBU와 통신결과에 의해 스마트카드 미삽입에 의한 위반차량으로 분류되어 처리되어야 하며 1번의 차종분류가 발생되어야 함

(계속)

II. ETCS 시스템 통신 방식

1. ETCS 주요 통신 방식

ETCS에서 사용되는 통신방식은 단거리전용통신(DSRC : Dedicate Short Range Communication)으로 크게 수동형 방식, RF(능동형) 방식과 IR(적외선)방식으로 구분되며 방식별 기능비교는 아래와 같다.

RF(능동형) DSRC 방식은 노변장치와 단말기 내에 각각 독립적인 발진기를 내장하여 무선통신을 수행하며 전이중방식과 반이중 방식이 있는데, 국내에서는 동일한 주파수를 사용하므로 반이중통신이 가능하다. 또한, 슬롯티드 알로하 방식을 채택하여 다수의 OBU와 통신이 가능하여 대용량의 정보를 고속으로 처리가 가능하여 ETCS 뿐만 아니라 기타 ITS 관련 서비스와 특히 교통정보 제공에 유리한 장점이 있으나, 전파의 특성상 회절 등에 의해서 거리가 멀어질수록 경로손실이 많고 차의 유리창, 페이딩 현상 등에 의해 손실이 일어나는 단점을 가지고 있다.

수동형 DSRC 방식은 단말기 내에 RF신호 발생기가 없어 노변장치로부터 내려오는 반송파(Carrier)를 반사시켜 통신하는 방법으로 저렴한 비용으로 제작이 가능하며 반송 주파수를 제사용하므로 통신영역을 명확히 할 수 있다는 장점이 있으나 ETCS 이외의 다른 ITS 응용서비스 적용에 대한 검증이 되지 않아 확장성이 단점으로 지적되고 있다.

IR DSRC 방식은 위의 두 가지 방식과는 달리 전파가 아닌 광파를 이용하기 때문에 주파수 표준에 위배되지 않으며, 거리, 차의 유리창, 페이딩 현상에 의한 손실이 적고 시스템 구성이 간편하여 단말기와 안테나의 가격이 저렴한 장점이 있으나, 짙은 안개나 여름 복사열 등의 기후적 여건에 약하고 아직은 국내기술이 전무하기 때문에 사후관리에 문제가 발생할 소지가 있다는 단점이 있다.

시험유형	처 리 사 항
인접차선 간섭시험	- 인접차선간섭 시험의 경우에는 인접차선 주행차량에 대한 어떠한 결과물도 출력되어서는 안되며, 인접차선 주행횟수는 통신횟수로 산정함. 만약 통신 발생시 발생횟수 만큼 감점처리 함
잔액부족 시험	- 잔액이 부족한 카드가 삽입된 차량에 대하여는 통신은 하되 잔액은 징수하지 않고 위반차량처리가 되어야 하며 1번의 차종분류가 발생하여야 함
타차종 혼합주행 시험	- 기타 차종에 대하여는 1종 또는 3종의 OBU와 스마트카드가 설치되며 따라서, OBU내의 차종정보에 의한 요금처리가 되어야 하고 차종분류 결과에 의한 차종과 OBU차종정보 불일치에 따른 위반차량 처리가 되어야 함
면제·할인 차량시험	- 면제 차량에 대하여는 면제차량으로 인식처리된 결과가 출력되어야 하며 1번의 차종분류가 발생하여야 함 - 할인차량에 대하여는 할인차량으로 인식처리된 결과가 출력되고 종별 요금의 50%가 할인된 금액으로 징수되어야 하며 1번의 차종분류가 발생하여야 함
차선밀착 주행시험	- 차선 좌우측 밀착주행시험시 요금의 정상처리 및 1번의 차종분류가 발생하여야 함
OBU 부착위치별 시험	- OBU 부착위치별 시험시 요금의 정상처리 및 1번의 차종분류가 발생하여야 함
고장시 대처 시험	- 최소설비(차로제어기, 통신안테나)만 동작하여 통행료가 정상적으로 징수되어야 함 - 상하행 주행시 통행료가 정상적으로 징수되어야 함
환경시험	- 인위적으로 만들어진 강우 환경에서 통행료가 정상적으로 징수되어야 함 - 시험은 항목별 시험방법에 포함하여 시행함. 시험일자, 회수등 구체적인 사항은 감독관이 현장여건을 고려하여 결정함 - 다만, 시험중 강우 상황이 발생한 경우 및 현장 여건상 수행이 불가능할 경우에는 본 시험을 실시하지 아니하며, 이에 대하여는 감독관이 결정함

자동요금징수 시스템(ETCS)의 통신방식별 성능평가 결과 분석

구분	RF(능동형) DSRC	수동형 DSRC	IR(적외선) DSRC
반송파	5.797/5.803 GHz	5.795/5.815 GHz	850 nm
대역폭	20MHz/2채널	20MHz/2채널	-
통신속도	1024Kbps (△)	1000Kbps (△)	2Mbps (◎)
통신방식	단말기에서 독자적으로 상향링크 신호 전송	단말기가 노변장치로부터의 반송파를 재사용	적외선을 이용한 통신방식
통신거리	수십미터 이상 가능 (◎)	약 10m (△)	수십미터 이상 가능 (◎)
주파수 재사용거리	100 m (△)	260 m (×)	8 ~ 12 m (◎)
방사전력(EIRP) : ↓	Class1 : < +32 dBm Class2 : < +26 dBm	< +33 dBm	-
방사전력(EIRP) : ↑	< +18 dBm	< -24 dBm	-
주파수 이용효율	우수 (◎)	보통 (△)	우수(◎)
경로손실 (회절, 10m가정)	> 30 DB (△)	> 60 dB (×)	< 10 dB (◎)
기후손실 (10m 가정)	0 dB (◎)	0 dB (◎)	최대 2.8 dB (△)
Windshilds 손실 (Cleanmetal coating ; 각 30대 추정)	3 ~ 30 dB (△) (평균 5 dB)	6 ~ 60 dB (×) (평균 10 dB)	1 ~ 7 dB (◎) (평균 3 dB)
Fading 효과 (Coherence)	> ±20 dB(△)	± 20 dB (△)	없음 (◎)

◎: 좋음, △: 보통, ×: 나쁨

<출처 : 2001.11, MIC 보도자료, NCA>

2. 선진국의 ETCS 표준 통신 방식

ETCS 관련한 통신방식 표준은 국내뿐만 아니라 전세계적으로 관심이 집중되었던 분야로 국제표준을 제정하는 ISO에서도 상당기간 논의가 진행되었

으나, 결국 표준방식을 결정하지 못하고 각 국의 상황에 맞게 결정하여 사용하도록 하고 있다.

따라서, 유럽, 일본 등 선진국은 개별적으로 표준화 작업을 진행하여 표준방식을 선정하였으며, 선정 결과는 아래와 같다.

항목	미국	유럽	일본
RF 주파수 대역	915MHz/5.8GHz/5.9GHz	5.8 GHz	5.8 GHz
통신 시스템	능동/수동	수동	능동
데이터 전송속도	하향 : 500kbps 상향 : 500kbps	하향 : 500kbps 상향 : 250kbps	하향 : 1.024MHz 상향 : 1.024MHz
프로토콜 요점	비동기/동기	비동기	동기
듀플렉스	전이중	반이중	반이중, 전이중 (노변장치)
변복조 방식	능동 : ASK 수동 : 하향 - ASK 상향 - MPSK	하향 : ASK 상향 : 2PSK (4, 8PSK)	ASK

일본의 DSRC 표준화는 ARIB(Association of Radio Industry and Businesses)에서 1995년 표준화 작업을 시작하여 1998년 능동형 DSRC 규격으로 제정하였으며, 유럽의 표준은 CEN TC278 WG에서 표준화를 진행하여 5.8 GHz 대역의 수동형 DSRC 방식을 표준으로 채택하였다. 미국의 경우는 주별로 서로 다른 통신방식을 사용함으로써 상호 연동이 불가능하여 ITSA(Intelligent Transportation Society of America), ASTM(American Society for Testing and Materials) 등에서 국가적으로 표준화를 추진하고 있지만, 각 주별로 표준방식을 채택하여 운영하고 있다.

3. 국내 ETCS 표준 통신 방식

국내 ETCS의 표준화는 연구기관이나 학계에서 출발된 것이 아니라 시스템을 구축하려는 기관에서 상호호환을 위해 정부에 요청하면서 시작되었다. 97년 서울시와 한국도로공사는 ETCS의 상호호환을 목적으로 공동협의체를 구성하고 시스템의 사양 및 운영요구사항 등을 검토하는 것을 시작으로, 그 후 ETRI의 선도기술 개발사업으로 한국전자통신연구원과 한국통신 등이 DSRC 1Mbps급 고속무선 패킷 통신 시스템(DSRC 망 통신프로토콜, 1Mbps급 패킷모뎀, 변복조 및 처리기술, 5.8GHz대역 송·수신장치)을 개발('98.11~'99.12)하였으며, 국내 표준화 협의체인 TTA의 ITS 통신연구반에서 표준화를 추진, 2000년 10월 능동방식 DSRC를 표준으로 채택하였다.

또한, 최근에는 산업자원부 기술표준원에서 IR 기술을 ITS 전반에 활용할 수 있도록 한국도로공사, AITS, 인테크산업, 삼성SDS, 삼원FA 등 20여개 업체가 참여하여 ITS용 통신기술 표준화를 추진하여 '04년 1월 KS로 제정되었다. 다음은 국내 ETCS 통식방식별 표준화 추진과정이다.

다음은 RF DSRC 표준화 추진과정이다.

시기	추진과정
98.3	- TTA ITS 통신연구반 구성 : ETC 표준화 추진
99.2	- 능동방식(ETRI) 물리계층, MAC계층 검토완료 및 승인처리 - 한국통신 능동방식 무선규격(안) 제안
99.3	- 수동방식을 ETC용 잠정표준 상정협의, IPR확약서 제출 요구 - 능동방식은 범용 ITS 단거리 전용통신 규격으로 표준화 추진기로 합의
99.8	- DSRC 통신규격 평가방안 협의 및 삼성 SDS 고속수동방식 표준제안
00.3	- ETC를 위한 수동방식 표준화 보류 (IPR, 통신규격 자료 미비) - KT/ETRI 제안 능동방식 단일화 작업
00.4	- ITS용 DSRC 표준안 초안 작성완료 및 최종 규격안 제출, 승인
00.6	- 전파통신 기술위원회에 표준안 상정 (ITS 프로젝트 그룹에서 논의하기로 결정)
00.9~10	- 능동방식 표준초안 서면가결 및 표준총회 상정 - 표준총회에 능동방식을 표준으로 확정
01.1	- 고속수동방식 표준화 과제 선택 부결 결정
01.4	- DSRC 주파수 분배 고시 (자가용 : 5.795GHz ~ 5.815GHz, 사업용 : 5.835GHz ~ 5.855GHz)
'01.7	- 정보통신부 기술기준 수립 고시

다음은 IR(적외선) DSRC 표준화 추진과정이다.

시기	추진과정
'03.9	DSRC 능동형 IR 통신방식 제정신청 미래ITS(주), (주)KT, 삼성SDS, 한국도로공사 등 19개 업체 제정추진 합의
'03.9~11	IR 통신방식 제정고시
'03.12	ITS 표준화분과위원회 심의, 승인
'04.1	DSRC 능동형 IR 통신방식 표준제정

Ⅲ. 현장 시스템 구성

1. 시스템 기본 구성

1) 시스템 구성

현장성능평가를 위한 시스템의 기본구성은 현재의 한국도로공사의 영업체제와 요금소 구조에 부합하고 기존의 TCS 설비를 이용할 수 있도록 아래와 같이 구성되어야 한다.

또한, OBU를 부착한 차량이 통신구역 진입시 OBU 고유번호 및 차량속성정보(차종 등)를 송신하고 안테나가 이를 수신 처리하여 스마트카드로부터 해당 통행료를 차감 정산하며, 통행료 징수 내용이 확인 될 경우에는 결과 및 잔액을 표시하며 내용확인이 불가능한 위반차량일 경우에는 후면 번호판을 촬영하여 기록하도록 한다.

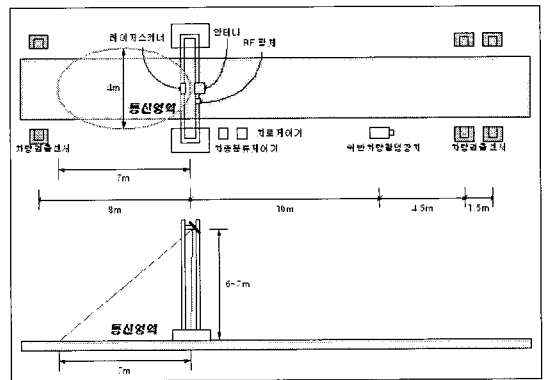
2. 참여방식별 현장 시스템 구성

앞서 설명한 시스템 기본 구성원리에 따라 현장 시스템을 구성하되 각 참여방식별로 통신영역이나

Gentry의 수, 작동방식에 약간의 차이를 두어 현장 평가를 수행하였다.

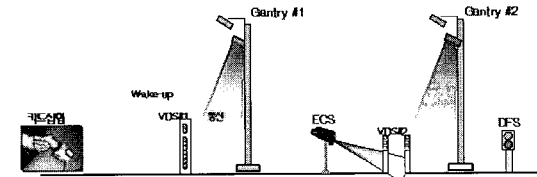
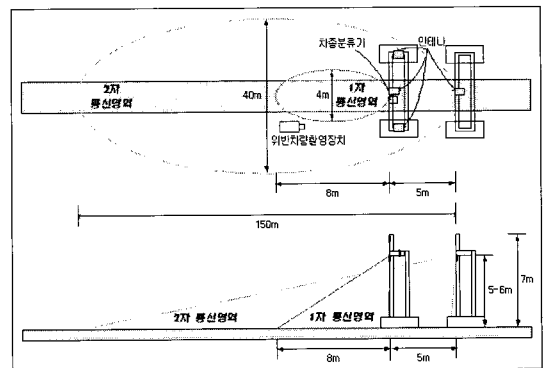
1) 능동형 DSRC A방식

첫 번째 능동형 DSRC A방식은 안테나와 Gentry가 하나로 구성되어 있어 통신영역이 BER 10⁻³기준에서는 7m이고 BER 10⁻⁵기준에서는 5m에 불과하며, 차종분류는 지상에서 레이저 스캔 방식을 이용한 차종분류장치를 사용하였다.

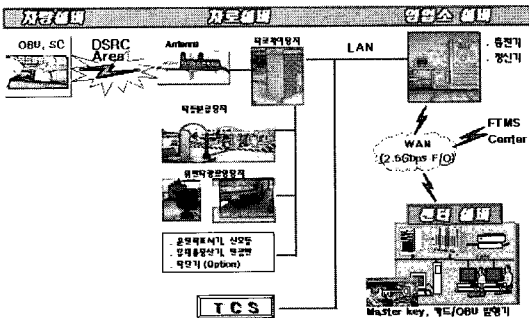


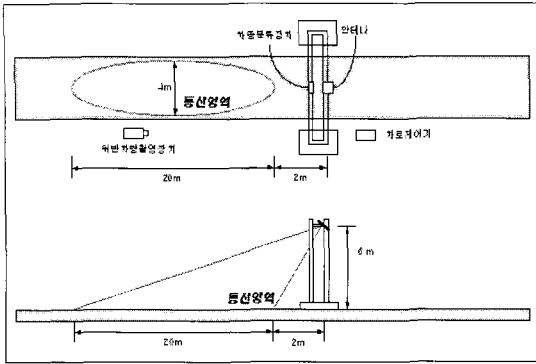
2) 능동형 DSRC B방식

두 번째 능동형 DSRC B방식은 Two Gentry 구조로 되어 있으며, 첫 번째 Gentry는 3개의 안테나와 차종분류기(레이저스캔방식)로 구성되어 있으며, 통신영역이 BER 10⁻⁵기준에서 전방 8m, 좌우로 4m의 폭을 가지 타원형태의 통신영역을 가진다. 두 번째 Gentry는 1개의 안테나로 구성되어 있으며, 보조 안테나의 개념으로 전방 150m, 좌우



Smart card	카드 잔액표시	카드 요금징수	Logging
OBU	OBU 확인	요금징수 결과확인	요금징수 결과표시
Antenna	양수 영역	차종, Black List Matching/Search	요금징수 결과표시
차종분류기			
위반차량			
차종분류	차종분류		





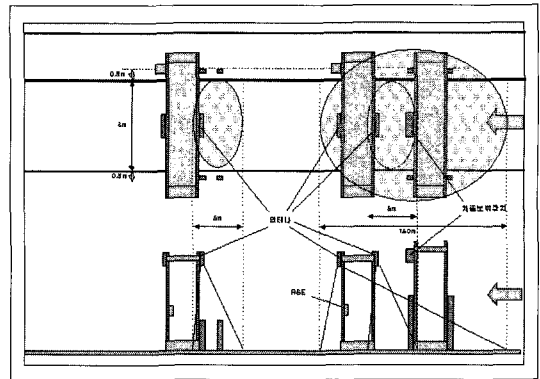
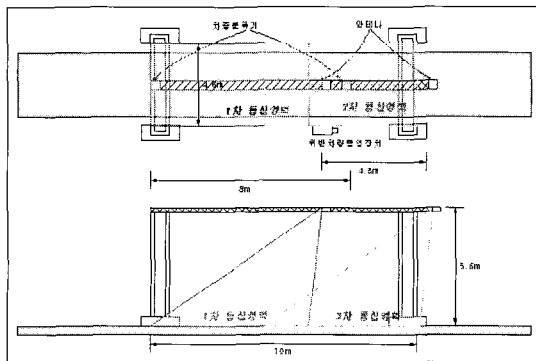
40m의 폭을 가진 타원형태의 통신영역을 가진다.

3) IR-DSRC C방식

세 번째 IR-DSRC C방식은 능동형 DSRC A방식과 마찬가지로 안테나와 Gentry가 하나로 구성되어 있으며, 통신영역은 20m이고 차종분류는 지상에서 레이저 스캔 방식을 이용하였다.

4) IR-DSRC D방식

네 번째 IR-DSRC D방식은 능동형 DSRC B방식과 마찬가지로 Two Gentry 구조로 되어 있으나 Gentry에 장비를 설치하지 않고, 아래 그림에서 보듯이 중심부에 긴축을 연결하여 축에 안테나와 차종분류기를 2개씩 설치하였다. 통신영역은 1, 2차 안테나에 의해 두 개의 직사각형 형태로 나타나며 전체 길이 10m, 폭 4.6m의 하나의 직사각형으로 표현된다. 차종분류는 타 방식과 마찬가지로 지상에서 레이저 스캔 방식을 이용하였다.



5) 능동형 DSRC E방식

다섯 번째 능동형 DSRC E방식은 Three Gentry 구조로 되어 있으며, 첫 번째 Gentry는 차종분류기가 구성되어 6개의 레이저 빔을 이용한 차종분류를 한다. 안테나는 두 번째 Gentry에 주안테나 1개, 보조안테나 1개와 세 번째 Gentry에 보조안테나 1개가 장착되어 있으며, 주안테나의 통신영역은 전방 5m, 좌우 3m, 보조안테나의 통신영역은 전방 150m, 좌우 5m이다. 세 번째 Gentry의 보조안테나는 주안테나 이상시 보조역할을 수행한다.

6) 능동형 DSRC F방식

여섯 번째 능동형 DSRC F방식은 능동형 DSRC B방식과 유사한 Two Gentry 구조로 되어있으며, 장치 구성도 유사하나 보조안테나의 통신영역 폭이 70m로 B방식 40m 보다 넓다.

IV. 현장성능시험 결과 분석

1) 사전확인결과

사전확인인 현장성능평가 하루 전에 실시하였으며, 시험항목 특히, 전문성이 요구되는 통신출력 및 영역확인과 보안모듈기능확인 부분은 전문기관 및 전문가에 의뢰하여 실시하였다. 사전확인 결과, 모든 참여업체가 제안내용과 일치하였으며 참가조건을 만족한 것으로 나타나 현장성능평가를 진행하였다.

2) 현장성능평가결과

현장성능평가 결과, 위반차량 감지 정확도는 모든 참여업체가 95%기준을 만족하는 것으로 나타났으나 차종분류와 통신정확도에서는 기준을 통과하지 못하는 것으로 나타났다.

방식별로 구분하여 보면, 능동형 DSRC A형은 통신정확도가 92.77%로 기준(99%)과 많은 차이를 나타냈으나 차종분류와 위반차량 정확도에서는 거의 100%에 가까운 정확도를 나타냈다.

능동형 DSRC B형의 경우, 통신정확도가 98.55%로 기준인 99%에는 미치지 못하였으나 비교적 양호하게 나타났으며, 위반차량 정확도도 100% 정확한 것으로 나타났으나, 차종분류 정확도가 94.27%로 기준(97%)에 훨씬 미치지 못한 것으로 나타났다.

IR-DSRC C형의 경우, 모든 부분에서 에러를 나타냈으나 차종분류(98.78%)와 위반차량 정확도(99.68%)는 기준을 만족하였고, 통신 정확도가 96.16%로 기준(99%)에 미치지 못한 것으로 나타났다.

IR-DSRC D형, 능동형 DSRC E형과 F형의 경우, 모든 부분에서 기준을 통과하여 비교적 안정적인 것으로 나타났다.

3) 에러 원인 분석

각 방식별로 현장성능평가를 수행한 결과를 토대로 각 시스템 별로 에러의 원인을 분석해보면 다음과 같다.

능동형 DSRC A형의 경우, 타차종 혼합주행이나 고속주행, OBU부착 위치별 등 일반적인 상황보다는 특수한 상황에서의 오류가 많았으며 특히, OBU 2개 부착 시험에서는 총 195회 중 무려 20회, 설비 고장대처능력시험에서 총 180회 중 63회의 에러가 나타났다. 결론적으로 다른 시스템에 비해 통신가 능영역이 매우 좁기 때문에 이로 인한 OBU와의 통신오류가 많았을 것으로 판단되며, 전반적인 시스템의 안정화가 미흡한 것으로 판단된다.

능동형 DSRC B형의 경우에도 타차종 혼합주행이나 고속주행, OBU부착 위치별, 설비고장 등 일반적인 상황보다는 특수한 상황에서 오류가 많았

으며, 특정 시험에 집중되기보다는 에러가 모든 시험에서 고르게 나타났다. 세부 원인도 OBU 인식 불가, 카드 로그 에러 등 다양한 형태로 나타났고 일부 단말기나 카드 고장으로 인하여 에러가 집중된 경우도 있어 시스템의 안정화가 필요한 것으로 판단된다.

IR-DSRC C형의 경우, 타차종 혼합주행, 고속주행, 차선 밀착 시험에서 오류가 발생하였는데, 대부분이 통신역전으로 인한 에러로 나타났으며, 면제/할인 시험에서 무려 45개의 에러가 카드 내부의 처리 알고리즘의 불일치로 인한 통신에러로 나타났다. 전체적으로 통신방식 등 H/W적인 문제보다는 S/W측면에서의 오류로 향후 개선의 여지가 많은 것으로 판단된다.

IR-DSRC D형의 경우, 전체 8건의 통신에러 중 150km/h의 고속주행시 3개, 1m 근접주행시 2개, OBU2개 부착시 2개, 설비고장대처능력 1개로 나타났는데, 이는 노변장치와 OBU, 카드의 통신이 모두 완료되어 요금징수가 처리된 후에 카드에서의 서명확인 절차인 S4를 수행하지 못하여 나타난 에러로 통신상의 문제는 없다고 판단된다. 차종분류 에러는 60-100km/h 주행시 근접주행으로 인한 버스 와 승용차를 기타차종으로 분류하는 형태의 오류가 14개 나타났다. 결론적으로 본 시스템은 고속, 근접주행으로 인한 차종분류나 카드처리 부분에 대한 일부 시스템 개선이 필요한 것으로 판단된다.

능동형 DSRC E형의 경우, 통신에러가 고속주행시 2개, 면제·할인시험 2개, OBU 부착위치별 2개로 모두 6개 발생했는데, 대부분 Shadowing상태, 노변장치와 차량장치간 통신속도 및 통신각도 등의 이유로 통행료가 정상적으로 징수되지 않은 것으로 판단되며, 차종분류에러는 100-160km/h에서 단 1개 발생했는데, 고속에서의 통신에러로 인해 발생한 것으로 판단된다.

능동형 DSRC F형의 경우, 통신에러가 주행속도별 시험 (저속, 중속, 고속)에서 6개, 야간주행시 1개, 타차종혼합주행시 5개로 모두 12개의 에러가 발생했는데, 대부분 대형차 뒤 또는 대형차 사이의 소형차에 대한 Shadowing 상태에서의 통신상태가 불

안정한 것으로 판단된다. 차종분류에러와 위반차량 에러는 중속주행시험시 각각 10개씩 발생했는데, 이는 차로제어기의 이상유류로 이상원인을 개선한 이후의 시험에서는 모두 안정한 시험결과를 나타냈다.

한편, 시험항목별 정확도가 가장 높게 나타난 항목은 차선밀착시험으로 이는 차량장치간 상호 간섭의 영향이 없는지를 테스트 하는 것이다. 이로써 능동형 DSRC ETC 시스템에 대해서는 차량장치간 상호간섭이 아주 미약한 것으로 판단된다.

다음 표는 각 사의 ETCS 현장성능평가 결과를 정리한 것이다.

평가항목 시험항목	A 사(RF DSRC)			B 사(RF DSRC)		
	통신	차종 분류	위반 차량	통신	차종 분류	위반 차량
주행속도 (20-60)	116/ 120	120/ 120	30/ 30	120/ 120	120/ 120	30/ 30
주행속도 (60-100)	117/ 120	120/ 120	30/ 30	120/ 120	118/ 120	30/ 30
주행속도 (100-160)	119/ 120	120/ 120	30/ 30	117/ 120	120/ 120	30/ 30
근접주행 (1m)	74/ 75	90/ 90	28/ 30	75/ 75	87/ 90	30/ 30
근접주행 (4-5m)	120/ 120	120/ 120	40/ 40	116/ 120	116/ 120	40/ 40
OBU2개 부착	175/ 195	120/ 120	30/ 30	189/ 195	114/ 120	30/ 30
야간주행	60/ 60	60/ 60	30/ 30	60/ 60	60/ 60	30/ 30
타차종 혼합주행	173/ 180	200/ 200	60/ 60	178/ 180	200/ 200	60/ 60
면제할인 시험	117/ 120	120/ 120	-	120/ 120	60/ 120	-
차선밀착 시험	119/ 120	60/ 60	30/ 30	120/ 120	60/ 60	30/ 30
OBU부착 위치별	172/ 180	180/ 180	-	178/ 180	180/ 180	-
설비고장 대체능력시험	107/ 180	-	-	174/ 180	-	-
에러/ 총횟수	121/ 1510	0/ 1310	2/ 310	23/ 1510	75/ 1310	0/ 310
정확도(%)	92.39	100	99.35	98.55	94.27	100

(계속)

평가항목 시험항목	C 사(IR DSRC)			D 사(IR DSRC)		
	통신	차종 분류	위반 차량	통신	차종 분류	위반 차량
주행속도 (20-60)	120/ 120	120/ 120	30/ 30	120/ 120	120/ 120	30/ 30
주행속도 (60-100)	112/ 120	111/ 120	30/ 30	120/ 120	106/ 120	30/ 30
주행속도 (100-160)	120/ 120	120/ 120	30/ 30	117/ 120	120/ 120	30/ 30
근접주행 (1m)	75/ 75	90/ 90	30/ 30	75/ 75	88/ 90	30/ 30
근접주행 (4-5m)	120/ 120	120/ 120	40/ 40	120/ 120	120/ 120	40/ 40
OBU2개 부착	193/ 195	120/ 120	30/ 30	193/ 195	119/ 120	30/ 30
야간주행	60/ 60	60/ 60	30/ 30	60/ 60	60/ 60	30/ 30
타차종 혼합주행	173/ 180	198/ 200	60/ 60	180/ 180	199/ 200	60/ 60
면제할인 시험	75/ 120	120/ 120	-	120/ 120	120/ 120	-
차선밀착 시험	120/ 120	54/ 60	29/ 30	120/ 120	60/ 60	30/ 30
OBU부착 위치별	180/ 180	180/ 180	-	180/ 180	180/ 180	-
설비고장 대체능력 시험	179/ 180	-	-	179/ 180	-	-
에러/ 총횟수	63/ 1590	17/ 1310	1/ 310	6/ 1590	18/ 1310	0/ 310
정확도(%)	96.04	98.70	99.68	99.62	98.63	100

(계속)

평가항목 시험항목	E 사(RF DSRC)			F 사(RF DSRC)		
	통신	차종 분류	위반 차량	통신	차종 분류	위반 차량
주행속도 (20-60)	120/ 120	120/ 120	30/ 30	117/ 120	120/ 120	30/ 30
주행속도 (60-100)	120/ 120	120/ 120	30/ 30	118/ 120	110/ 120	20/ 30
주행속도 (100-160)	118/ 120	119/ 120	30/ 30	119/ 120	120/ 120	30/ 30
근접주행 (1m)	75/ 75	90/ 90	30/ 30	75/ 75	89/ 90	30/ 30
근접주행 (4-5m)	120/ 120	120/ 120	40/ 40	120/ 120	120/ 120	40/ 40
OBU2개 부착	195/ 195	120/ 120	30/ 30	195/ 195	120/ 120	30/ 30
야간주행	60/ 60	60/ 60	30/ 30	59/ 60	60/ 60	30/ 30
타차종 혼합주행	180/ 180	200/ 200	60/ 60	175/ 180	200/ 200	60/ 60
면제할인 시험	118/ 120	120/ 120	-	120/ 120	120/ 120	-
차선밀착 시험	120/ 120	60/ 60	30/ 30	120/ 120	60/ 60	30/ 30
OBU부착 위치별	178/ 180	180/ 180	-	180/ 180	180/ 180	-
설비고장 대체능력 시험	180/ 180	-	-	180/ 180	-	-
에러/ 총횟수	6/ 1510	1/ 1310	0/ 310	12/ 1510	11/ 1310	10/ 310
정확도(%)	99.62	99.92	100	99.25	99.16	96.77

V. 결 론

이상으로 ETCS에서 사용하는 주요 통신방식인 RF(전파)방식과 IR(광파)방식의 ETC 시스템에 대한 현장성능평가의 내용을 소개하였다.

지금까지 현장성능평가를 분석한 결과, 현장성능시험에 참여한 모든 업체의 시스템이 그동안의

많은 시험과 개발과정을 거쳐 안정화가 되어 가고 있는 것으로 여겨진다.

전체적으로 볼 때, 일반적인 승용차 위주의 교통상황에서의 요금징수에는 크게 문제가 없는 것으로 판단되나, 여러 차종이 혼합하여 이용하는 차로에 적용할 경우에는 많은 문제가 발생할 것으로 예상된다. 또한 고속주행으로 인한 통신에러가 거의 모든 시스템에서 발생하였기 때문에 개선이나 실제 운영시에 이에 대한 고려가 필요한 것으로 판단된다.

본 현장시험에 사용한 성능평가방법은 현재 고속도로를 이용하는 또는, 하이패스에 이용되는 패턴을 충분히 고려하였지만, 발생할 수 있는 여러 경우에 대해 한국도로공사 자체기준으로 시험방법과 시험횟수를 정하였기 때문에 이에 대한 논란의 여지는 있을 수 있다.

따라서, 실제 고속도로상에서 발생할 수 있는 운전자행태나 도로 운영 방법 등 차량운행실태 등을 고려한 현장성능시험 표준방법론의 개발이 필요한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] "현장성능시험 세부 계획서", 한국도로공사, 2002. 12
- [2] "DSRC를 이용한 자동요금징수 시스템의 응용 인터페이스 표준", 한국정보통신기술협회, 2001. 12
- [3] "5.8GHz 대역 노변기지국과 차량단말기간 근거리 전용 무선통신 표준", 한국정보통신기술협회, 2000. 10
- [4] "자동요금징수를 위한 정보형식 표준", ITS Korea, 2003. 7
- [5] "하이패스 현장성능시험 평가", ITS Korea, 2004. 2
- [6] "ORANGES Evaluation Test Plans", Volpe National Transportation Systems Center, 2002. 10
- [7] Mark Wedlockdhl 3인, "Advanced Vehicle Classification and Enforcement Project TR4002 : TEST PLAN FOR ADVICE TRIALS", TRL.

[8] "Specific requirements-5 GHz Band Dedicated Short Range Communications (DSRC) Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) standard test method", Standard Test Method for

Telecommunications and information exchange between roadside and vehicle systems

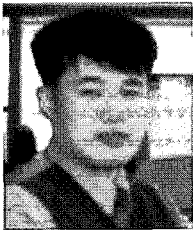
[9] "Validation of Dedicated Short Range Communications" TR1062, VASCO, CEN, 1999. 7

〈저자소개〉



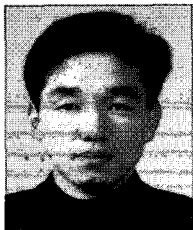
조 용 성 (Cho yong sung)

2005년 2월 : 아주대학교 건설교통공학과 박사 졸업예정
1999년 6월~2001년 1월 : 국토연구원 SOC연구센터 연구원
2002년 2월~현재 : (사)ITS Korea 표준총괄팀장, ITS Forum 간사



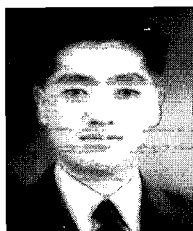
배 명 환 (Bae Myoung Hwan)

2000년 2월 : 아주대학교 건설교통공학과 석사 졸업
2000년 3월~2000년 7월 : 경기개발연구원 교통정책연구실 연구원
2000년 7월~2002년 5월 : 심테크시스템 연구원
2002년 8월~현재 : (사)ITS Korea 표준운영팀장



오 원 일 (Oh won il)

1993년 2월 : 조선대학교 전자공학과 학사 졸업
1992년 12월~현재 : 한국도로공사 ETCS 사업부 과장



이 승 환 (Seung Hwan Lee)

2001년 8월 : 아주대학교 건설교통공학과 석사 졸업
2001년 9월~2002년 10월 : 국토연구원 SOC연구센터 연구원
2002년 11월~현재 : (사)ITS Korea 사업부 팀장