

자동요금징수시스템(ETCS) 표준화 연구 (주파수방식을 중심으로)

A Study on the standardization of ETCS (Focused on RF)

권한준* 이기현** 김용득**
(Han-Joon Kwon) (Ki-Hyun Lee) (Yong-Deak Kim)

요약

본 논문에서는 능동방식의 870 nm 적외선 및 5.8 GHz 주파수 통합방식으로 운영되는 고속도로 자동 요금징수 시스템의 능동주파수방식에 대한 국내 표준 개선방안을 제시한 것으로 2007년말 전국에서 운영되고 있다.

본 표준 개선방안은 5.8 GHz 대역의 ITS전용 단거리 무선통신 표준 중 개방형 시스템간 상호접속 참조모델을 기준으로 OSI 1, 2, 7 계층 중 차량단말기와 노변장치간 다중접속을 위한 상호호환성을 제공하는 물리계층을 중심으로 실제 운영중인 시스템 개선방안을 도출하였다. 즉, 기존 표준에서 복사전력의 경우 전송거리에 따라 Class1 (10 m 이내)과 Class2 (100 m 이내)로 구분하였으나 Class1 단일규격으로 2004년 정보통신부고시에 의거하여 운영되고 있고, 통신영역내의 입사전력 한계치의 경우 실제 운영중인 자동 요금징수시스템의 운영방안을 고려하여 측정 결과치를 표준에 반영하도록 하였다. 즉, 자동 요금징수 시스템 운영상 필요한 부분에 대해 사업자 시스템간의 호환성 및 안정성을 확보하기 위해서 복사전력, 통신영역에서의 입사전력, 의사응답의 표준개선을 제안하였다.

Abstract

In this paper, domestic standard revision plan of dynamic frequency method which is used both in unmanned automatic toll collection system and manned collection system of the express highway is presented. For such ETCS, the infrared rays (870 nm) of active frequency method and the frequency integrated method (5.8 GHz) are adopted and extended to be operated to the all around the Toll Gate.

This standardization plan is based on inter connection reference model between OSI (Open System Interconnection) in process of ITS short range radio communication standardization of 5.8 GHz bandwidth to support traffic information and control system service, and the derived revision plan by starting from physical layer which support interoperability for multiple access between RSE (Road Side Equipment) and OBE (On Board Equipment), in which is categorized into physical layer, data link layer, and application layer. In case of radiation power, existing standard is divided by class1 (within 10 m) and Class2 (within 100 m) according to transmission lengthwhile it is operated with just single standard 'Class1' because of notification of Ministry of Information and Communication in 2004. In the case of the limitation value of incident power in communication area, considering operation plan of ETCS that is on actuality operation, the measurements are reflected to the standard. In other word, this paper proposed the improvement standard of incident power, pseudo response in the communication area and radiated power in order to secure stability and compatibility among operator systems about the needed part on ETCS operation.

Key words : ETCS, hi-pass system, RSE (Road Side Equipment), OBE (On Board Equipment), standard

* 주저자 : 아주대학교 전자공학과 박사수료

** 공저자 : 아주대학교 전자공학과 석사과정

*** 공저자 : 아주대학교 전자공학과 교수

† 논문접수일 : 2008년 4월 7일

† 논문심사일 : 2008년 4월 22일

† 게재확정일 : 2008년 5월 19일

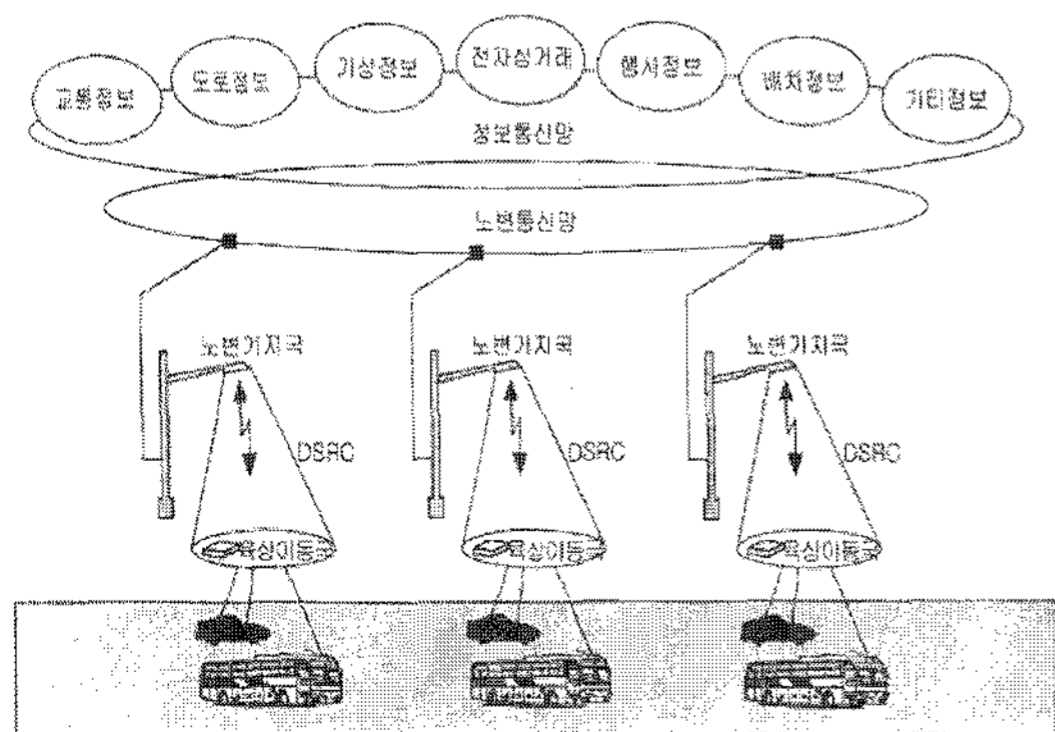
I. 서론

국내 ETCS (Electronic Toll Collection System : 자동 요금징수 시스템)은 고속도로 요금소 교통 정체 해소 및 물류비 절감방안으로 적외선 및 주파수 통합방식으로 서울외곽순환고속도로 개방식 영업소에 설치한 후 전국으로 확대 운영되고 있다 [1]. 유럽에서는 5.8 GHz 수동방식 DSRC (CEN방식)가 유럽표준 (EN)으로 검토중이며 일본에서는 5.8 GHz 능동방식, 미국에서는 5.9 GHz DSRC 규격을 표준화 하고 있다. 국내에서는 자동 요금징수 시스템이 방식별로 한국산업규격 (KS규격)과 한국정보통신기술협회규격 (TTAS규격)의 표준에 따라 구축되었으나, 실제 시스템 운영 중 명확한 기준값이 없어 사업자간 상호호환성을 가질 수 없었다.

본 논문에서는 이에 대한 문제점 분석 및 복사전력, 입사전력, 의사응답 등의 표준 개선방안을 제안하여 통일된 시스템을 구축하고자 한다.

II. 국내외 ETCS 표준화 현황

DSRC의 기본 개념은 제한된 장소 및 시간에서 차량단말기와 도로변에 설치된 노변 안테나간의 고속 무선 데이터 통신을 하기 위한 것으로써, 자동요금징수 (ETC), 주차 및 주요 요금징수, 교통정보 수집 및 제공, 도로정보 제공, 대중교통 및 상용차량 관리, 기상정보 제공, 긴급차량 처리, 차량추적 등



<그림 1> DSRC 개념도
<Fig. 1> DSRC diagram

다양한 ITS 서비스가 가능한 무선통신수단으로 제조업체간 무선접속규격의 호환성 및 호환성과 확장성을 보장하기 위해선 각 서비스에 대한 시스템 인터페이스 규격의 표준화가 요구된다.

현재 표준화의 범위는 <그림 1>과 같이, 노변-차량간 DSRC 무선접속규격과 자동요금징수 시스템 인터페이스 규격이 주요 표준화 과제로서 5.8 GHz 규격과 자동요금징수시스템 응용 인터페이스 규격은 이미 표준화가 완료되었고, 버스정보시스템 (BIS) 과 교통정보서비스 분야 등 응용서비스 분야에 대한 표준화가 검토 중에 있다 [2].

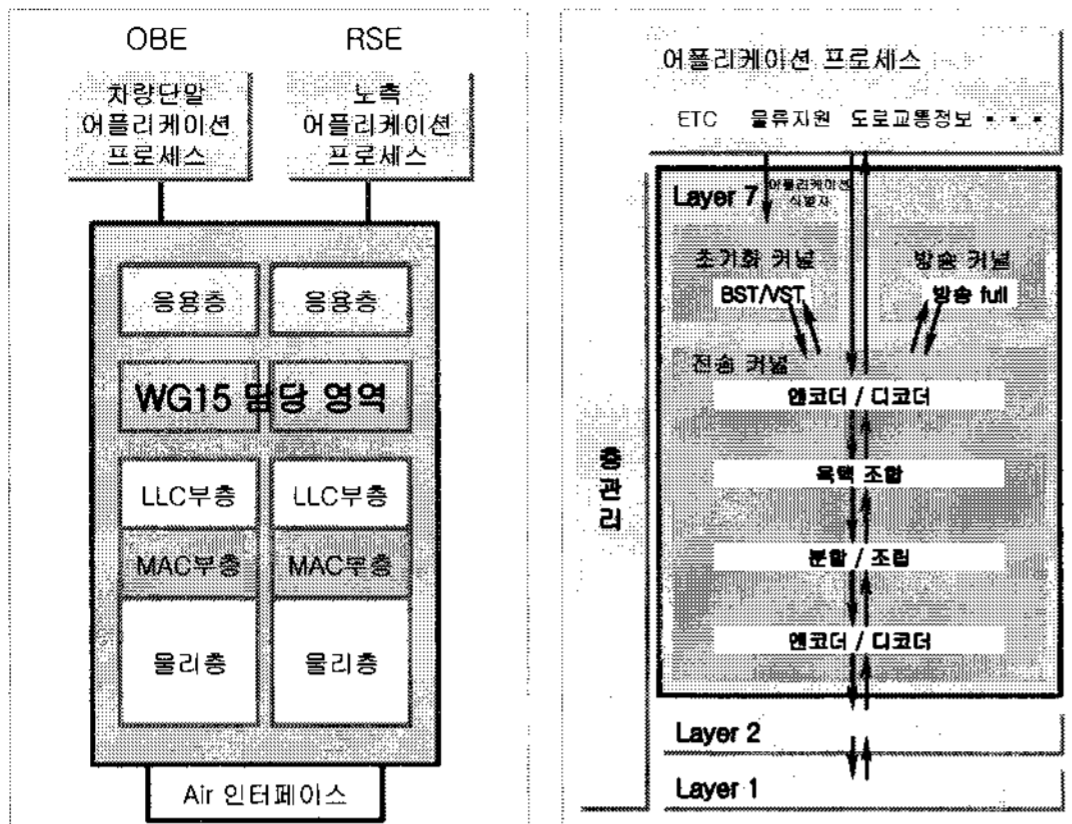
DSRC 능동형 RF통신기술의 표준화는 1998년 3월에 한국정보통신기술협회 (TTA)에 ITS 통신연구위원회가 구성된 이래 표준화가 추진되어 왔다. ITS 관련 국제표준은 ISO/TC 204 이며, 산하에 14개의 Working Group이 있는데, 이 중 DSRC 관련 무선통신 규격은 WG15와 WG16이다. WG15의 표준화 범위는 <그림 2>와 같다 [2].

ITS 통신기술 (DSRC)은 노변-차량간 통신방식으로 다양한 ITS 서비스에 적용 가능하지만 우선적으로 자동 요금징수 시스템에 사용되고 있다. DSRC 통신기술은 고속으로 주행하는 차량과 통신이 가능한 시간이 수초에서 수백 msec에 불과하므로 단순하고 빠른 통신 절차를 채용해야 한다. DSRC 통신의 경우 채널이 Line-of-Sight 특성을 가지므로 통신 오류가 10⁻⁵ 정도의 통신 시스템을 구현하는 것이 가능하다. 프로토콜 구조는 OSI 1, 2, 7계층으로 구성되어 있고 응용에 필요한 API 기능들은 7계층에 통합되어 있다.

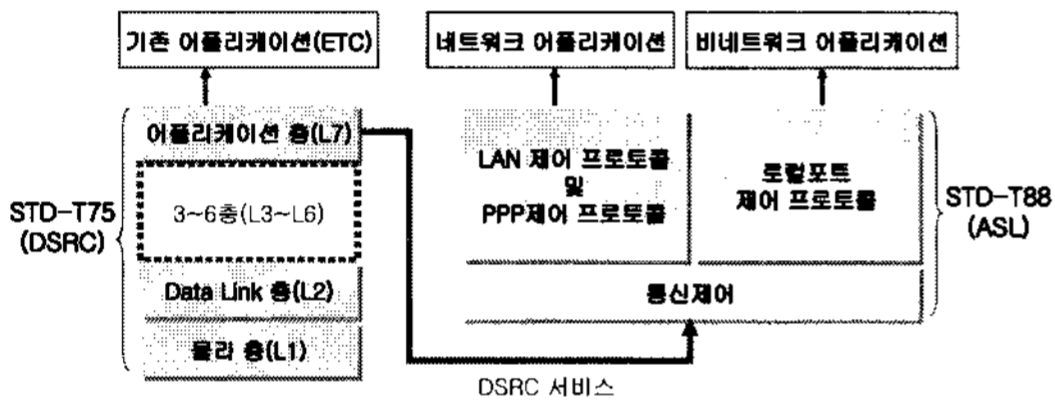
유럽에서는 5.8 GHz 수동방식 DSRC (CEN방식)가 유럽표준 (EN)으로 검토 중이며, 일본에서는 당초 ETC용 5.8 GHz DSRC규격이 작성되어, 이것을 기초로 5.8 GHz 능동방식 DSRC 규격이 작성되었다. 미국에서는 5.9 GHz DSRC 규격을 표준화하고 있다.

일본에서의 RF DSRC 표준화 현황은 일본 전파산업협회(ARIB)를 통해 표준 제정을 진행하고 있다.

여기서 제정된 표준을 국제표준화기구인 ISO에 상정하여 ISO 표준으로 제정하고 있으며 <표 1>에



<그림 2> WG 15 표준화 범위 및 DSRC 7Layer
 <Fig. 2> Standardization province by WG 15 and DSRC 7 layer



<그림 3> 일본의 ARIB STD-75 및 ARIB STD-T88 Concept

<Fig. 3> ARIB STD-75 and ARIB STD-T88 concept by Japan

표준화 현황을 요약하였다.

즉, 일본의 5.8 GHz DSRC에 관한 표준화 규격은 (사)전파산업협회에서 ETC 등의 업무처리시스템 무선통신 인터페이스를 규정한 「ARIB STD-T75」와 인터넷을 이용하는 어플리케이션 등 이제까지 정하지 않은 업무처리시스템으로 적용하는 경우에 차량단말기를 보다 이용하기 쉽도록 논리구조를 제공한 「ARIB STD-T88」을 책정하였는데, DSRC용으로 책정된 통신규격(ARIB STD-T75)의 물리계층은 2002년 7월에 승인되었으며, 복수 어플리케이션의 실행이 가능한 논리구조를 정하기 위한 규격(ARIB STD-T88)은 2004년 9월에 ITU-R 에 제안되었다. ARIB STD-T75 및 ARIB STD-T88의 개념도는 <그림 3>과 같다.

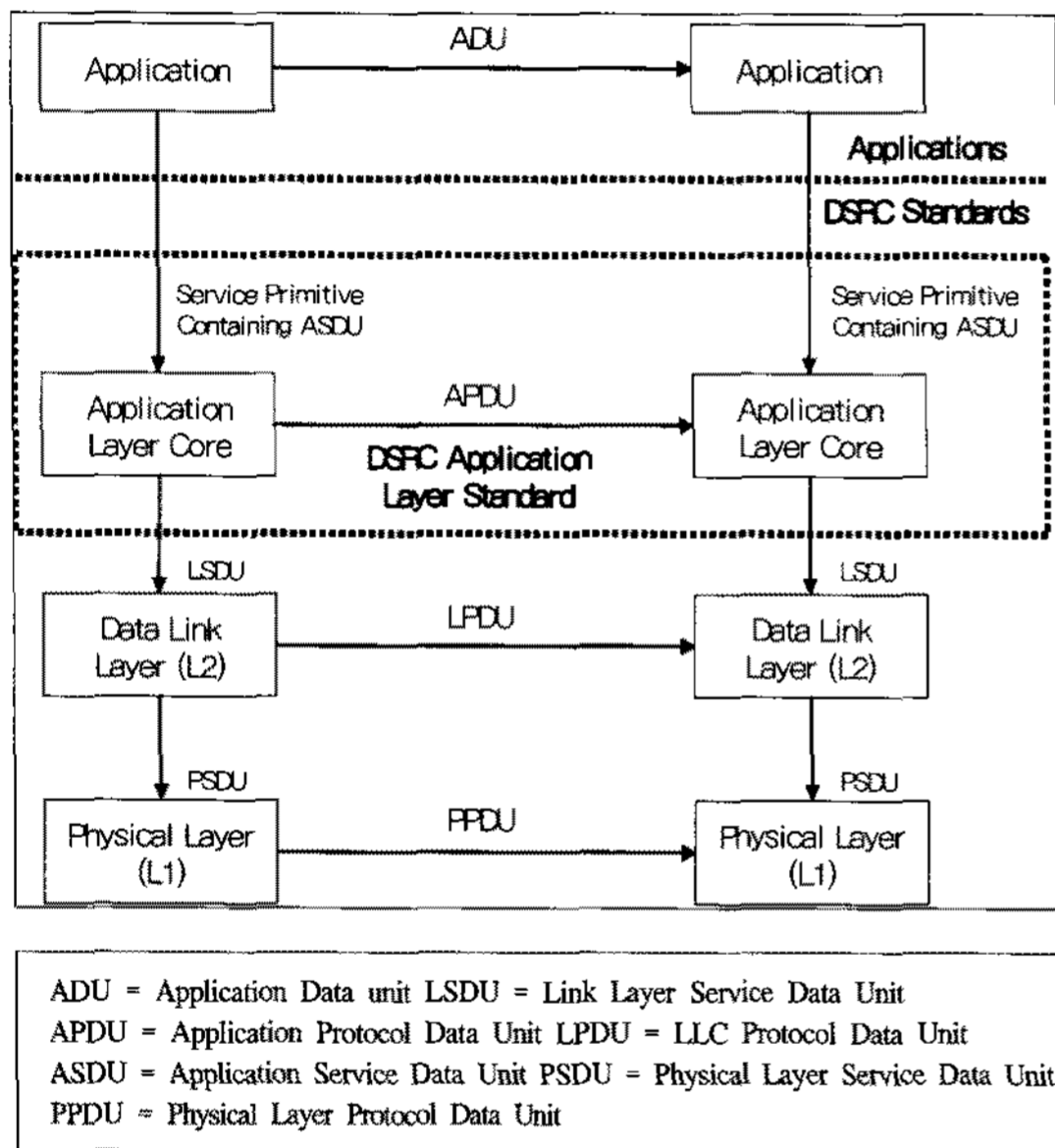
<표 1> 일본의 표준화 현황
 <Table 1> Standardization draft by Japan

제정 기관	표준 번호	표준명
국제 표준화 기구 (ISO)	ISO 15628	TICS-DSRC 어플리케이션 서브레이어(ASL)
	ISO/WD 22837	Configuration of Vehicle Probe Data for Wide Area Communication
	ISO 14907-1	Road Transport and Traffic Telematics (RTTT) : 사용자와 고정장비를 위한 전자요금징수(EFC) 시험절차 PART 1: 시험절차의 묘사
	ISO 14907-2	Road Transport and Traffic Telematics (RTTT) : 사용자와 고정장비를 위한 전자요금징수(EFC) 시험절차 PART 2: EFC 신청 일치 검사 규격
국제 전기 표준 협회 (IEC)	IEC 825	Safety of laser products: 장비분류, 필요조건 및 사용자 안내서
	IEC 825-1	Part 1: Infrared protection class approval
일본 전파 산업 협회 (ARIB)	ARIB STD-T75	DSRC 시스템 표준규격 → ITU-R M.1453 : 교통정보 및 제어시스템 (5.8GHz DSRC)
	ARIB STD-T88	DSRC어플리케이션 서브레이어(ASL) 표준규격 → ISO/FDIS 15628 : 교통정보 및 제어시스템 (DSRC 어플리케이션 레이어)
	ARIB TR-T16	DSRC 시스템 육상이동국의 접속성 확인에 관한 시험항목·시험조건 기술 자료
	ARIB TR-T17	DSRC 어플리케이션 서브 레이어 (ASL) 육상이동국의 접속성 확인에 관한 시험항목·시험조건 기술 자료
일본 ITS Forum	ITS Forum RC-002	DSRC 시스템에서의 신용카드 결제 적용을 위한 가이드라인
	ITS Forum RC-002	DSRC 시스템 기지국 설치 가이드 라인

Ⅲ. 국내ETCS 표준검토

RF관련 국내 표준은 교통정보 및 제어시스템 서비스를 지원하기 위한 5.8 GHz 대역의 ITS 전용 단거리 무선통신 표준 중 개방형 시스템간 상호 접속 참조모델을 기준하여 물리 계층과 데이터링크 계층, 그리고 응용 계층에 대하여 기술하고 있다 [3].

<그림 4>는 단거리 전용통신시스템과 응용시스템 사이에 광범위한 데이터 흐름을 나타내며 단거리 전용통신시스템의 응용계층에 적용된다 [4].



<그림 4> 통신시스템과 응용 사이의 총괄적 데이터 흐름

<Fig. 4> Overall stack relationship diagram

<표 2>와 <표 3>에는 OSI 계층의 상·하향회선에 관련된 값들을 정의하였으며, 하향회선 파라미터들은 노변장치로부터 차량단말기로의 데이터 전송에 적용되고 상향회선 파라미터들은 차량단말기로부터 노변장치로의 데이터 전송에 적용된다.

IR관련 국내 표준에서는 ITS 섹터에서의 능동형 IR (Infra-Red) 통신기술(KS X 6915)은 다양한 ITS 서비스를 지원하기 위해 적외선을 통신 매체로 사용하는 무선 통신에 대한 기술로서 OSI 1,2,7계층에 대하여 기술하고 있다. 표준규격의 내용은 <표 4>

<표 2> 물리계층 하향회선 주요파라미터
 <Table 2> Downward-circuit parameter of physical layer

항목	매개변수(Parameter)	기본(Default Values)
D1	반송파 주파수	5.8GHz 대역
D4	최대 등가 등방 복사 전력	- Class 1 : 안테나에 인가되는 전력 ≤ 10dBm 안테나 이득 ≤ 22dBi ∴ 최대 등가 등방 복사 전력 ≤ 32dBm - Class 2 : 안테나에 인가되는 전력 ≤ 15dBm 안테나 이득 ≤ 11dBi ∴ 최대 등가 등방 복사 전력 ≤ 26dBm
D4a	방사각에 따른 등가 등방 복사 전력 마스크	- Class 1 : $\theta \leq 45^\circ : \leq 32\text{dBm}$ $\theta > 45^\circ : \leq 7\text{dBm}$ - Class 2 : 제한사항 없음
D9	비트 오류율(BER)	기준값 10^{-5} 이내
D11	통신영역내의 입사전력 한계치	- Class 1 : 최소 : -37.7dBm, 최대 : -33.4dBm - Class 2 : 최소 : -64.3dBm, 최대 : -38.3dBm
D12	송수신 절체 안정화 시간	10 μ s
D13	대기모드에서의 누설전력	≤ 25 μ W
D14	의사 응답	5.8GHz 대역내 ≥ 24dB 5.8GHz 대역외 ≥ 18dB

에 요약하였으며, 단순한 서비스에서 무인자동 통행료징수와 같은 복잡한 서비스까지 광범위한 ITS 응용 서비스를 구현할 수 있다 [5].

<표 5>는 물리계층의 송·수신 파라미터의 요구 조건이며, 통신의 초기화 작업은 주어진 값을 사용해 수행된다.

데이터 링크 계층은 다양한 고정 장비의 구성을 지원하고, 제한된 통신영역을 담당하는 각 고정 장비 및 통신영역을 지나가는 동안 고정 장비와 통신하는 이동 장비에 대해 기술된다.

<표 3> 물리계층 상향회선 주요파라미터
<Table 3> Upward-circuit parameter of physical layer

항목	매개변수(Parameter)	기본(Default Values)
U1	반송파 주파수	5.8GHz 대역
U4	최대 등가 등방 복사 전력	안테나에 인가되는 전력 ≤ 10dBm 안테나 이득 ≤ 8dBi ∴ 최대 등가 등방 복사 전력 ≤ 18dBm
U9	비트 오류율(BER)	기준값 10 ⁻⁵ 이내
U11	통신영역내의 입사전력 한계치	- Class 1 : 최소 : -52.2dBm, 최대 : -47.9dBm - Class 2 : 최소 : -72.3dBm, 최대 : -46.3dBm
U12	송수신 절체 안정화 시간	10μs
U13	대기모드에서의 누설전력	≤ 25μW
U14	의사 응답	- Class 1 : 5.8GHz 대역내 ≥ 23dB 5.8GHz 대역외 ≥ 16dB - Class 2 : 5.8GHz 대역내 ≥ 30dB 5.8GHz 대역외 ≥ 26dB

<표 4> IR관련 표준의 계층별 구성 범위
<Table 4> Composition extent of each class for IR

구분	내용
물리계층	송신 파라미터 / 수신 파라미터 등
데이터 링크 계층	매체 접근 제어(MAC) 부계층 논리 링크 제어(LLC) 부계층 등
응용계층	전송 서비스 제공자(Transfer-KE) 초기화 서비스 제공자(Initialization-KE) 방송 서비스 제공자(Broadcast-KE) 등

응용계층(KS X 6915)에서는 데이터 링크 계층이 제공하는 서비스를 사용하고 다음 항목이 정의된다.

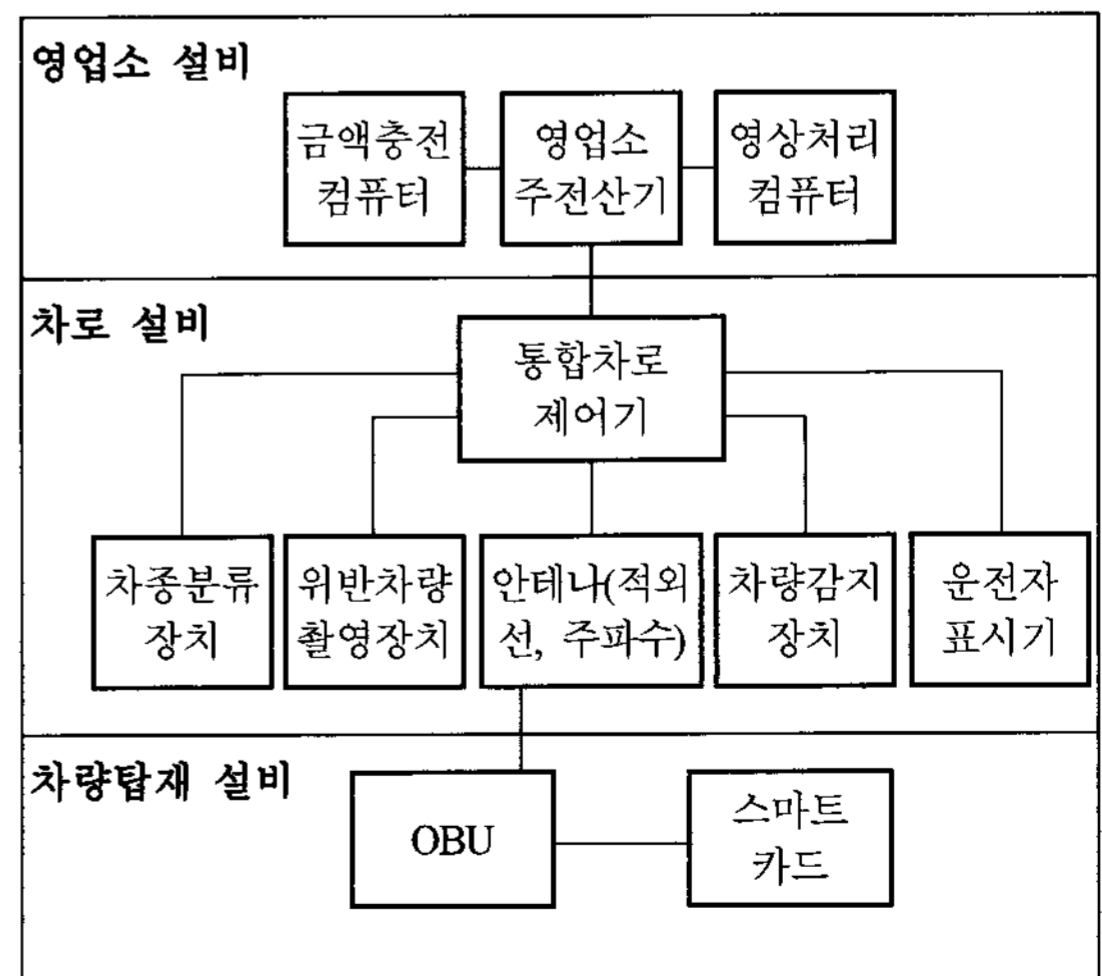
- 응용계층 구조와 프레임워크
- 데이터 전송과 원격 동작이 가능한 서비스
- 복호화 규칙
- 통신 초기화와 릴리즈 절차
- 방송 서비스 지원 등

<표 5> 물리계층 파라미터 요구조건
<Table5> Physical layer parameter condition

요구조건	구분	
	송신 파라미터	수신 파라미터
전송 파장의 범위	800~900nm	800~900nm
간섭의 길이	1mm 미만	-
송신기 대역폭	50nm 미만	50nm 미만
최대 송신 출력	IEC 825 준수	IEC 825 준수
변조방식	ASK-OOK	ASK-OOK
충격계수	0.2	0.2
데이터 부호화	RZI	RZI
비트율	1Mbps	1Mbps
비트 클럭 허용 오차	-	± 0.1%

IV. 기존 ETCS 구성

고속도로 자동 요금 징수시스템은 요금소에서 차량을 멈추지 않고 정상주행 상태에서 첨단전자 장비를 이용해 통행료를 징수하는 시스템, 즉 하이패스(Hi-PASS)로서 이의 구성도는 <그림 5>와 같다. 차량탑재 설비부는 적외선 또는 주파수방식의 차량단말기와 스마트카드(ISO14443 표준에 의거 B타입)로



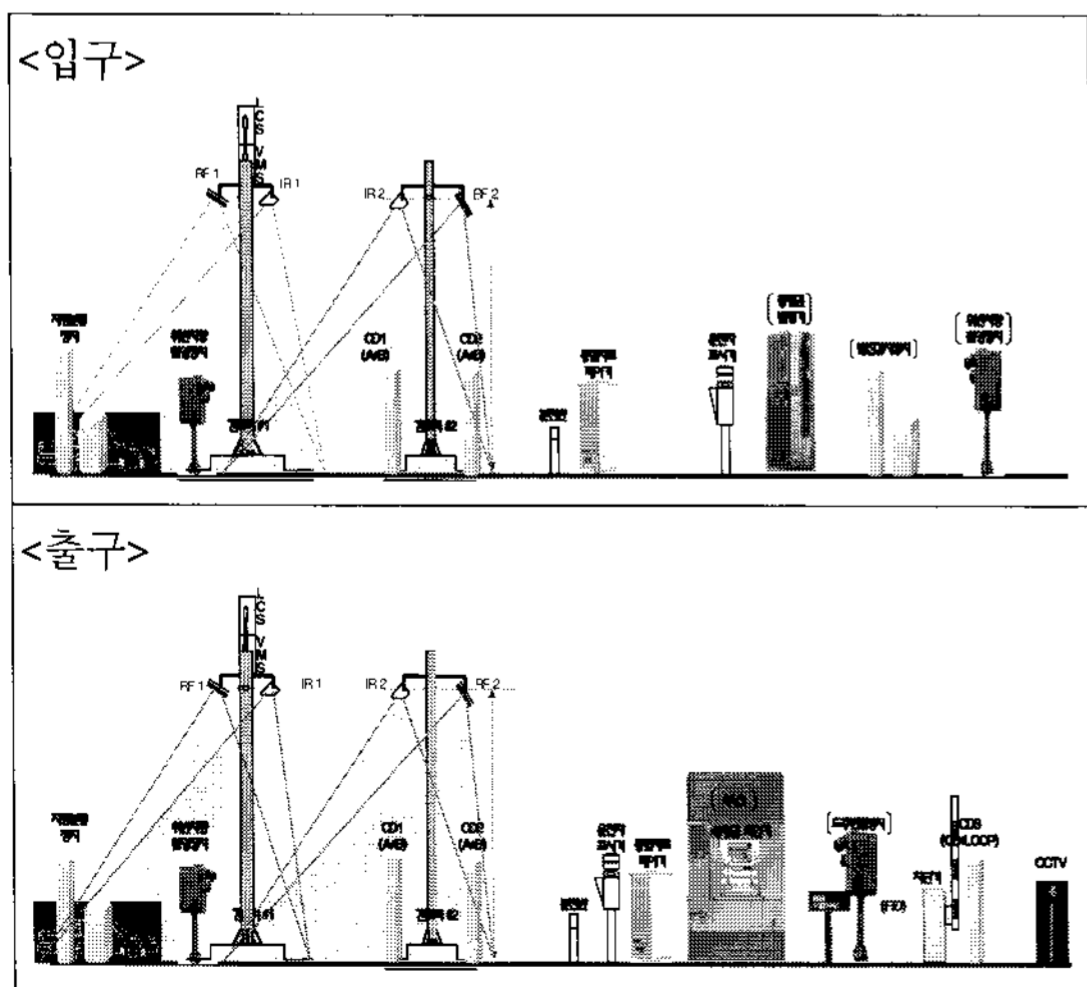
<그림 5> ETCS 구성도
<Fig.5> ETCS diagram

구성되고 차로 설비부는 차종분류장치, 위반차량촬영장치, 운전자표시기, 구조물(젠트리, VMS, 신호등)로 구성되며, 영업소 설비부는 영상처리컴퓨터, 운영단말기 및 위반차량 촬영장치 등으로 구성된다 [6].

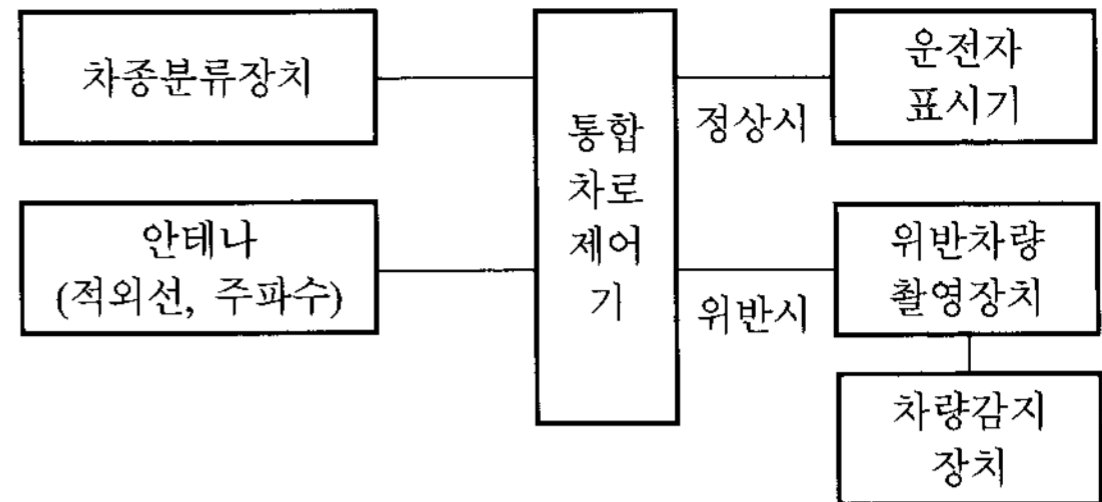
국내에서는 영업정책 및 운영방식별로 시스템이 구분된다. 영업정책별로는 개방식과 폐쇄식 시스템으로 구성되며, 개방식시스템은 고속도로 본선에 위치하여 통과시 차종별 일정금액의 통행료를 수취하는 시스템이며 폐쇄식 시스템은 주로 고속도로 지선에 위치하여 입구 및 출구로 구분, 고속도로로 진입(입구)한 차량이 목적지 요금소 진출(출구)할 경우 이동구간별 통행료를 수취하는 시스템이다. 즉, 개방식시스템은 폐쇄식 출구시스템과 유사하다.

영업 운영방식별로는 ETC 전용과 혼용시스템(차로내 ETCS와 TCS을 동시)으로 구분되며, 하이패스 이용율이 낮은 요금소의 차로 활용도를 높이기 위하여 기존 TCS차로내 ETCS를 <그림 6>와 같이 구성한다 [1].

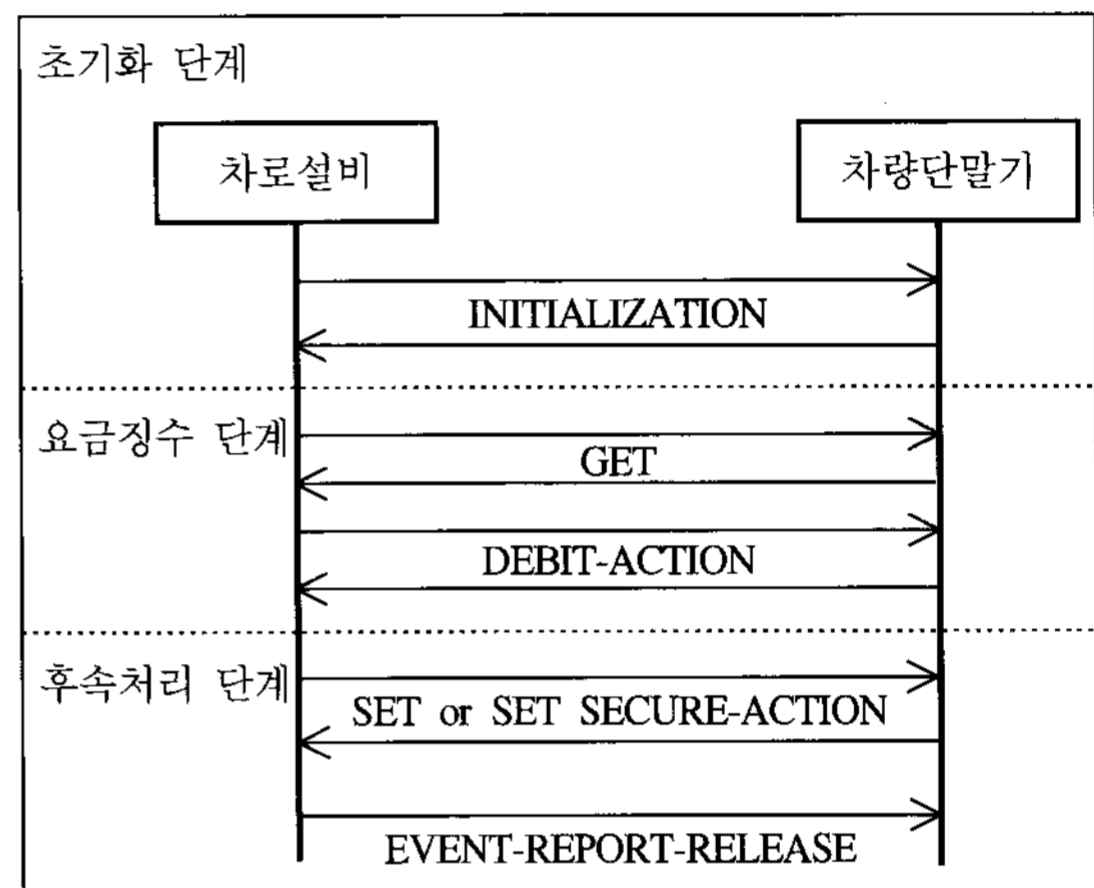
통행료 징수 방법은 <그림 7>에서 보여주듯 OBU(차량단말기)내에 스마트카드를 삽입한 후 ETCS차로에 진입하면 차종분류장치에서 차종분류 데이터를 형성 통합차로제어기에 전송한다. 차로설비는 안테나와 연결되어 차량의 단말기와 통신기능을 수행한다.



<그림 6> ETCS 혼용구성도
<Fig. 6> Mixture ETCS diagram



<그림 7> ETCS 통신절차도
<Fig. 7> ETCS communication process



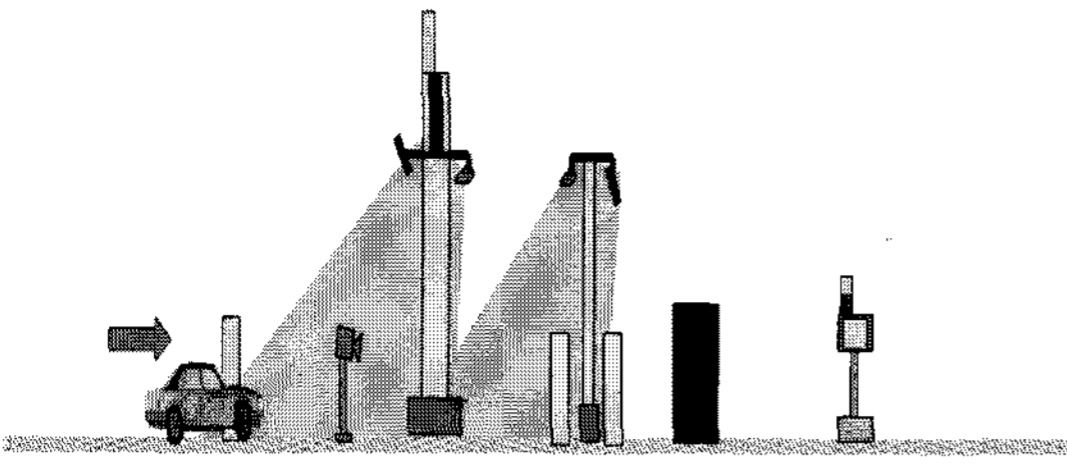
<그림 8> 통행료 징수 처리
<Fig. 8> Process of toll collection

단말기의 스마트카드와 통합차로제어기의 PSAM과 절차처리 및 결과생성을 위하여 <그림 8>과 같은 수순으로 무선통신 영역 진입 시 안테나와 차량단말기 간 정보를 교환하여 스마트카드에서 통행료 지불한 후 차량단말기 차종과 차종분류장치 차종 일치 여부를 확인하여 통행료 지불내용을 확인한다 [4].

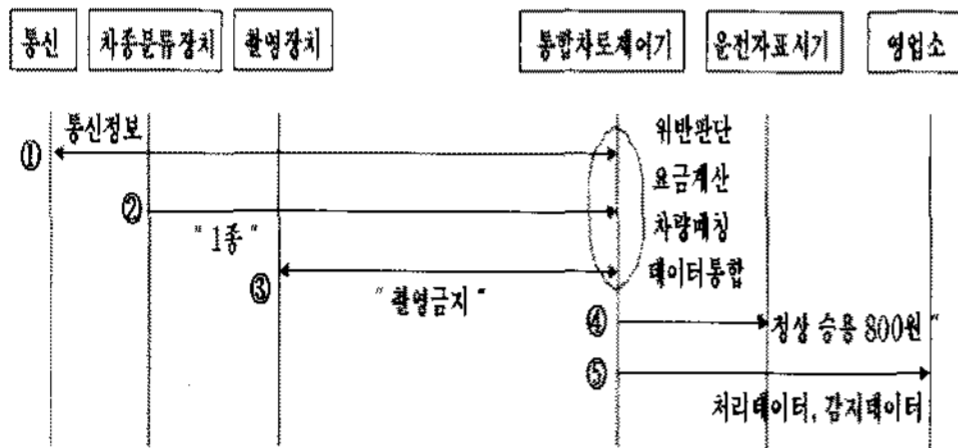
이때 위반차량의 경우 차량후면 번호판을 촬영하여 영업소 서버로 전송하여 통행료와 과태료를 부과한다.

V. 기존 ETCS 문제점

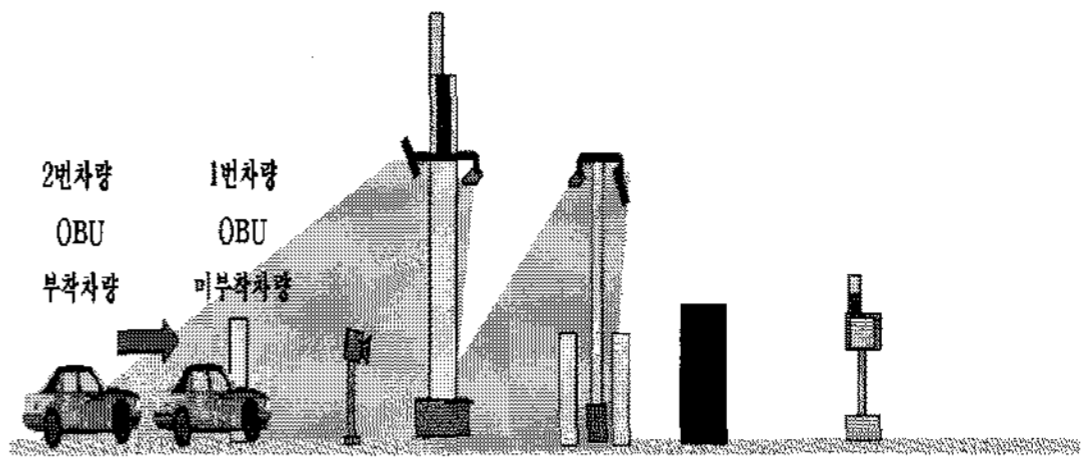
자동 요금징수 시스템에서는 단말기를 장착한 차량과 장착하지 않은 차량을 구분하는 것이 시스템 운영상에 중요한 요소이다. 현재 국내 시스템 운영사업자는 차종분류장치에서 판단되는 차종데이



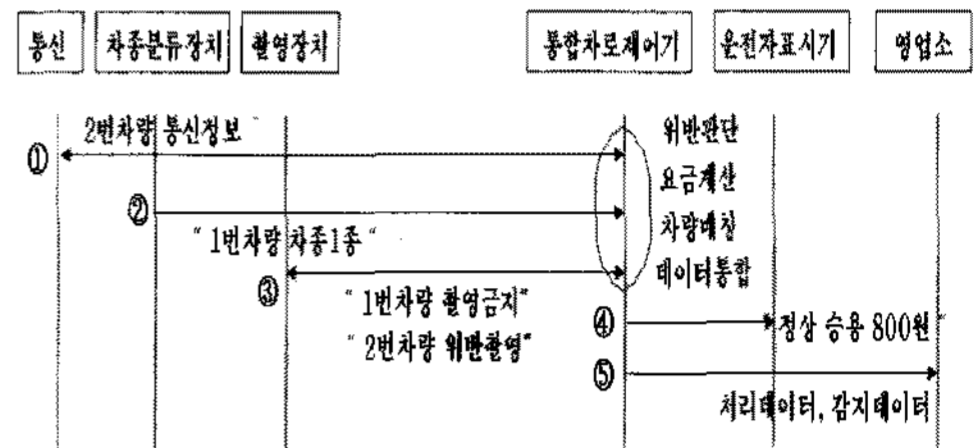
◆ 데이터 흐름도



<그림 9> 정상 운영 시 시스템 운영 절차도
<Fig. 9> System operation process at normal communication



◆ 데이터 흐름도



<그림 10> 급 통신 시 시스템 운영 절차도
<Fig. 10> System operation process at early communication

타와 통신데이터를 매칭하여 구분하고 있다. 그러나, 기지국 및 단말기의 수신, 송신값이 규정되어 있지 않아 업체마다 각기 다른 기준을 가지고 제품을 생산하여 서비스 초기화시 아래와 같은 문제점을 야기한 바 있다.

먼저, 정상 운영시 ETCS 운영절차를 <그림 9>에서 보여주며 시스템 운영절차는 다음과 같다.

- ① 차량이 통신영역 진입 시 차량단말기(OBU)와 통신 및 스마트카드 인증, 과금
- ② 차량통과 시 차종정보 발생
- ③ 정상차량 통과시 촬영금지 정보를 위반촬영 장치에 전송
- ④ 운전자 요금표시기에 녹색신호등과 통행요금 표시 (예 : "정상 승용 800원")
- ⑤ 영업소 통합 TCS서버에 카드처리데이터, 감지정보 전송

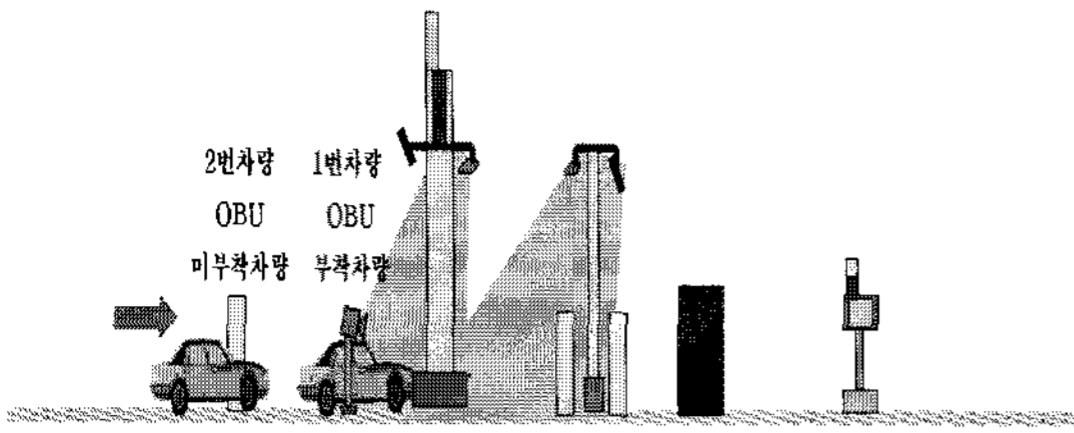
정상적으로 단말기를 단 차량이 영업소를 통과할 경우 ①번과 ②번 데이터가 처리되는 시간의 기준을 두고 일정한 시간에 차종과 통신이 처리될 경우 차량과 단말기간 통신 데이터를 매칭시켜 서버에 정상적으로 처리결과를 송신한다. 정상동작 상

태는 안테나의 통신영역과 단말기의 송, 수신 레벨이 기준치에 맞게 설정될 경우 위의 구성과 같이 정상적인 처리가 가능하다.

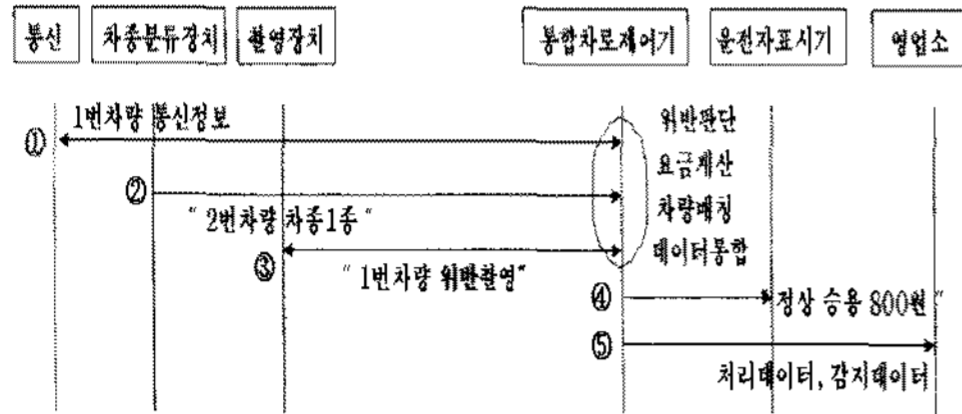
급 통신에서는 통신영역으로 설정한 영역보다 빨리 통신이 되는 현상으로 안테나의 통신영역이 기준보다 넓게 설정되거나 또는 단말기의 통신감도가 기준보다 높을 경우 발생하며, 급 통신 시 시스템 운영 절차를 <그림 10>에서 보여준다.

예를 들어, 1번 차량이 단말기를 달지 않은 차량이고 1번 차량의 차종 정보가 발생한 후에, 2번 차량이 일정시간이 지나기 전에 통신영역에 들어오면 2번 차량을 1번 차량으로 오인되어 위반차량으로 단속될 수 있다. 1번, 2번차량 두대 모두 단말기를 단 경우라면, 2번 차량의 단말기까지 1번 차량에 부착되어 있다고 오인되어 1번 차량은 Many OBU(2건)로, 2번 차량은 OBU 미부착 차량(1건)으로 분류되어 시스템 오류는 3건으로 집계된다.

다음에 지연통신은 통신영역으로 설정한 영역보다 늦게 통신이 되는 현상으로 안테나의 통신영역이 기준보다 좁게 설정되거나 또는 단말기의 통신감도가 기준보다 낮을 경우 발생하며, <그림 11>에서 지연 통신 시 시스템 운영 절차를 나타내었다.



◆ 데이터 흐름도



<그림 11> 지연 통신 시 시스템 운영 절차도
<Fig. 11> System operation process at delay communication

2번 차량이 단말기를 달지 않은 차량이라면 2번 차량이 늦게 통신을 할 경우 1번 차량의 통신 결과가 2번 차량의 차종에 매칭 되어 1번 차량은 위반 차량이 되고 2번 차량은 위반 차량이 되지 않을 수 있다. 1번, 2번차량 두대 모두가 단말기를 단 경우라면 1번 차량은 OBU 미부착 차량(1건)으로 2번 차량은 Many OBU(2건) 차량으로 분류되어 시스템 오류는 3건으로 집계된다.

VI. 제안하는 ETCS

ETCS은 무인으로 운영되는 시스템으로 단말기 장착여부를 통신을 시작하는 시점과 차종분류장치에서 차량의 차종신호가 나오는 시점을 매칭하여 위반여부를 판단한다.

그러나 5.8GHz DSRC 무선통신표준에서는 ETCS 통신영역에 대해 명확히 특정값에서 송, 수신이 이루어져야 한다는 기준이 명확히 규정되어 있지 않다. 이로 인해 ETCS 초기에 후발업체에서 개발한 단말기가 기존 ETCS 차로에서 앞장에서 논의한 바와 같은 지연통신 발생 및 통신영역이 기지국에서 맞추어 놓은 기준에 부합하지 못해 과금 절차를 완료하지 못하여 S3미수신과 같은 오류가 다수 발생하였다.

이후 업체간 협의를 통해, 영업소 안테나 통신영역 조정 및 단말기의 송,수신 출력에 대한 기준을 마련하였고, 본 논문에서는 이를 기초로 RF단말기를 이용하여 국내 ETCS를 구축할 경우 통신영역에 대한 기준을 제시하고자한다.

복사전력은 방송·해상·항공 전기통신 사업용 외의 기타업무용 무선설비의 기술기준(정보통신부 고시 제2004-12호)에 의거 단거리전용통신(DSRC)용 특정소출력 무선기기 공중선 전력은 10mW이하로 정의되어 있으므로 Class1을 단일규격으로 개정 제안하며 <표6>에 요약하였다.

통신영역내의 입사전력 한계치는 현재 ETCS차로의 경우 통신영역의 신뢰성을 통신영역의 확장 개념에서 확보하게 되어 있고, 상대적으로 전파환경은 표준보다 소출력으로 구축되어 있다. 따라서,

<표 6> 복사전력
<Table 6> Radiation power

항목	매개변수	기본	개정(안)
D4	최대 등가 등방 복사 전력	- Class 1 : 안테나에 인가 되는 전력 ≤10dBm 안테나 이득 ≤22dBi ∴ 최대등가등방 복사전력 ≤32dBm	- Class 1, 2의 구분 불필요 안테나에 인가 되는 전력 ≤10dBm 안테나 이득 ≤22dBi ∴ 최대등가등방 복사전력 ≤32dBm
		- Class 2 : 안테나에 인가 되는 전력 ≤15dBm 안테나 이득 ≤11dBi ∴ 최대등가등방 복사전력 ≤26dBm	
U4	최대 등가 등방 복사 전력	안테나에 인가 되는 전력 ≤10dBm 안테나 이득 ≤8dBi ∴ 최대등가등방 복사전력 ≤18dBm	좌동

<표 7> 통신영역에서의 입사전력
<Table 7> Incidence power in communication area

항목	매개변수	기본	개정(안)
D11	통신 영역 내의 입사 전력 한계치	- Class 1 : 최소 : -37.7dBm, 최대 : -33.4dBm - Class 2 : 최소 : -64.3dBm, 최대 : -38.3dBm	최소 : -80dBm±2dBm, 최대 : -39dBm
U11	통신 영역 내의 입사 전력 한계치	- Class 1 : 최소 : -52.2dBm, 최대 : -47.9dBm - Class 2 : 최소 : -72.3dBm, 최대 : -46.3dBm	최소 : -80dBm±2dBm, 최대 : -39dBm

다양한 표준해석 및 표준 활용을 위하여 모든 Class 를 포함한 값으로 정하고 필요에 따라 세부규칙을 두어 각 사업자가 활용할 수 있도록 수정한다. 단, 상기의 값은 단말기가 통신개시의 값을 의미하므로 안정된 통신영역이라 볼 수 없으며 이에 사업자는 요구하는 신뢰성이 확보되는 값을 정하여 전파세기를 따로 정할 수 있다. 즉, 국내ETCS에서 적용되는 안정된 통신영역은 최소 -75dBm으로 하며 개정안은 <표 7>에 제시하였다

<표 8> 의사응답
<Table 8> Pseudo response

항목	매개변수	기본	개정(안)
D14	의사 응답	5.8GHz 대역내 ≥ 24dB 5.8GHz 대역외 ≥ 18dB	좌동
U14	의사 응답	- Class 1 : 5.8GHz 대역내 ≥ 23dB 5.8GHz 대역외 ≥ 16dB - Class 2 : 5.8GHz 대역내 ≥ 30dB 5.8GHz 대역외 ≥ 26dB	5.8GHz 대역내 ≥ 30dB 5.8GHz 대역외 ≥ 26dB

의사 응답 과정은 차량단말기의 의사응답의 경우 단말기 수신감도가 Class2보다 낮은 레벨(-80dBm)에서 동작하도록 상용화되어 있어 의사응답의 내성은 Class2의 값으로 개정하며, 개정안은 <표 8>에 요약하였다.

VII. 운영시스템 측정결과 및 표준화 분석

국내 ETCS가 설치, 운영중인 차로시스템을 대상으로 주파수(RF)방식의 물리계층에 대한 표준 적합성 및 적정성을 확인하고자 통신영역 전파세기를 측정하였다. 한국도로공사 운영구간 중 서울(영), 수원(영), 김포(영) 그리고 서울고속도로 일산-퇴계원구간 중 양주(영), 통일로(영) 5개 영업소를 택하였으며, 측정방법은 지상1m높이에 A사의 Omni Ant (0dB이득)을 사용하여 차종분류장치 기준 -3m~15m 구간을 1m간격으로 스펙트럼 분석기 2대(8563EC, E4407B)로 측정한 결과는 <표 9>, <표 10>과 같다.

<표 9> 측정결과(양주),
<Table 9> Measurement result(YangJu)

단위: dBm

구분(m)	Left	Center	Right	B사측정(중앙)
-3	-80.8	-84.8	-83.5	-83.9
-2	-80.3	-81.3	-86	-81.3
-1	-83.5	-80.5	-79.3	-80.1
0	-79	-80.5	-80.1	-81.4
1	-78	-79	-77.6	-79.5
2	-68.6	-71.6	-78.1	-70.2
3	-65.6	-65	-73.8	-65.07
4	-71.7	-67.6	-76.3	-71.43
5	-74.3	-71.6	-77.8	-73.85
6	-71.6	-72.6	-80.8	-70.2
7	-72	-73.5	-74.1	-68.72
8	-66.8	-67	-69.3	-70.65
9	-67.6	-71.1	-73.8	-68.98
10	-65.3	-70	-70.5	-68.19
11	-66.3	-68.8	-71.6	-68.34
12	-72.8	-74.3	-82.3	-78.51
13	-82.5	-81.7	-81.3	-85.43
14	-84.6	-81.1	-83.1	-86.92
15	-82.6	-84.6	-84.6	-83.53

<표 10> 측정결과(서울)
<Table 10> Measurement result(Seoul)

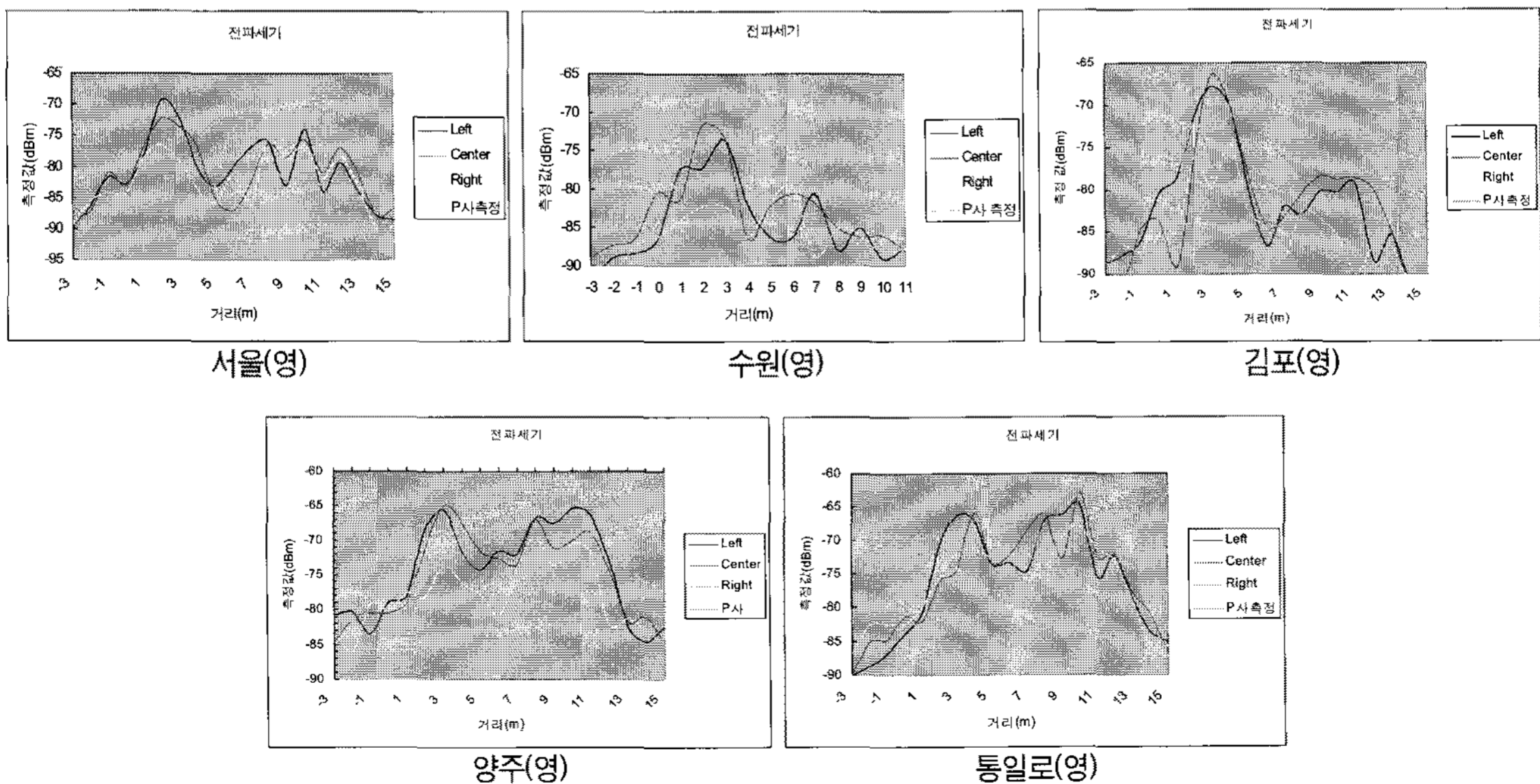
단위: dBm

구분(m)	Left	Center	Right	B사측정(중앙)
-3	-89.8	-86.5	-89.5	-88.9
-2	-86.6	-87.5	-85.6	-91.41
-1	-81.8	-81.1	-84.1	-84.37
0	-82.8	-83.3	-84.6	-80.89
1	-78.5	-77	-78.6	-80.06
2	-69.5	-72.3	-76.6	-75.23
3	-72.3	-73.6	-79.3	-75.39
4	-80.1	-76.8	-83.5	-85.33
5	-83.3	-85	-85.8	-83.16
6	-80	-87.1	-81.3	-86.75
7	-76.9	-82.5	-86.1	-86.04
8	-76	-76.5	-75.3	-79.38
9	-83	-78.6	-78.8	-82.56
10	-74.1	-75.6	-76.6	-80.75
11	-84	-81.1	-82	-83.44
12	-79.3	-77	-78.3	-85.75
13	-84	-81.1	-83.1	-83.97
14	-87.8	-88	-90.1	-83.94
15	-88.5	-86.8	-89.5	-87.15

<그림 12>는 통신영역내의 입사전력 한계를 측정하는 것으로 차량외부를 기준하여 차량단말기 정면에 0dB이득의 안테나에 대한 입사전력의 최소, 최대 한계치로서 차량단말기 수신기의 동작범위를 지정한다. 입사전력의 값은 다양한 기후조건이나 차량 단말기의 설치각도 변화 등에 따른 부가적 손실을 고려하지 않고 측정된 값이다.

실제 운영환경에서 시스템 오류중 매칭실패로 인한 오류가 상당수를 차지한다. 이를 개선하기 위해서는 기지국의 통신영역의 기준과 단말기가 통신영역에서 반응하는 기준이 규정되어 있어야 한다. RF단말기의 경우 전파의 특성상 기존 통신영역기준으로 설정한 값을 초과하거나 미달할 경우 기지국에서 설정한 통신영역에서 시스템에서 설정한 것과 통신과 차종이 매칭될 수 없는 데이터가 올라올 수 있다. 즉 기지국에서 통신영역으로 설정한 것보다 빠르게(급통신) 통신을 시작하거나 늦게(지연통신) 통신됨으로 인해 단말기를 장착한 차량이 과금은 되었으나 시스템상으로 OBU 미부착 차량으로 분류되는 오류가 있다.

A영업소의 2008년 2월 26 ~ 28일 오류내용을 분석해 보면 OBU 미부착 오류 60건중 10건은 실제



<그림 12> 영업소별 전계강도 측정결과
<Fig. 12> Electric field intensity result

과금을 하였으나 오류단말기로 분류된 경우도 있다.

VIII. 결 론

국내 ETCS는 수동주파수(RF)방식으로 판교(영) 등 3개소에 시범 설치되어 최초(2000.6) 운영되었으나, 정부 관련부서에서 향후 교통정보 수집 및 제공 등의 파급성을 고려 시범설치 운영중인(2000.4) 일본의 능동주파수 방식으로 기술기준을 고시함(2001.7)으로써 기존시스템을 변경하여 능동주파수 방식 시스템이 고속도로 요금소에 설치, 운영하게(2005.10) 되었다. 이에, 능동주파수 시스템의 국내 기술표준은 일본 표준을 모태로 작성되었다. 그러나, 국내ETCS는 2007년 12월 전국영업소 개통으로 하이패스 사업의 원년을 이루었다고 할 수 있다. 능동주파수 사업자의 경우 3개사가 참여하여 시스템을 설치완료 하였으나 차량단말기의 경우 현재 8개사가 경쟁적으로 사업에 참여하고 있다. 이에 맞추어 기지국과 단말기간의 호환성 및 안정성을 확보하기 위해서는 앞에서 논의한 표준내용에 대해 표준에서 정의되어 있지 않는 운영상 필요한 요소에 대해서는 제안한 바와 같이 정의되어야 한다.

이에, 시스템의 기본이 되는 물리계층에 대한 표준을 확인하고자 고속도로 차로에서 운영중인 ETCS의 전계강도 등을 측정하여 상이한 사항을 도출하였다. 그 결과로서 전송거리에 따라 Class1(10m 이내)과 Class2(100m이내)로 구분된 사항을 정보통

신부고시에 의거 Class1 단일규격으로 개정하고, 통신영역내의 입사전력 한계치를 $-80\text{dBm} \pm 2\text{dBm}$ 이상 등으로 ETCS에 국한되어 기술되어야 하는 부분 등에 대하여 관련 표준기관과 논의하여 기술보고서 형식으로 규정을 제정하여야 한다.

참고문헌

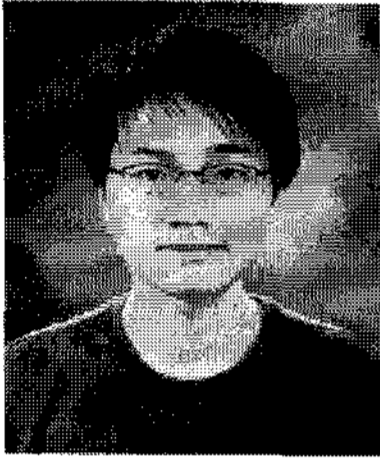
- [1] 권한준, "한국형 혼합자동통행 요금징수시스템의 설계," *Proc. 14th ITS World Congress*, pp. 1~3, 2007. 10.
- [2] 한국도로공사, 시뮬레이션을 이용한 하이패스 차로선정 및 응용서비스 추진계획 수립 용역보고서, pp. 380~388, 2005. 12.
- [3] 한국정보통신기술협회, 5.8 GHz대역 노변기 지국과 차량단말기간 근거리 전용무선통신 표준개정(TTAS.KO-06.0025/RI), pp. 5~7, 2006. 10.
- [4] 건설교통부, 근거리 전용통신을 이용한 자동요금징수시스템의 정보교환기술기준 (노변단말간) (건설교통부 고시 제2006-304호), pp. 6~10, 2006. 7.
- [5] 한국표준협회, ITS 섹터에서의 적외선기술 (KS X 6915), pp. 3~4, 2004. 1.
- [6] 한국도로공사, 하이패스(ETC) 시스템 제조구 매 (설치포함) 시방서(기술사항), p.16, 2007.

저자소개



권 한 준 (Kwon, Han-Joon)

1992년 광운대학교 전자공학전공(학사)
1997년 아주대학교 전자공학전공(석사)
2006년 아주대학교 전자공학전공(박사수료)
1994년 ~ 현재 : 한국도로공사 (현재, 하이패스사업처 하이패스팀)



이 기 현 (Lee, Ki-Hyun)

2006년 아주대학교 전자공학전공(학사)
2006년 ~ 현재 : 아주대학교 전자공학전공(석사과정)



김 용 득 (Kim, Yong-Deak)

1971년 연세대학교 전자공학전공(학사)
1973년 연세대학교 전자공학전공 (석사)
1978년 연세대학교 전자공학전공 (박사)
1979 ~ 현재 아주대학교 전자공학부 정교수
1973 ~ 1974 불란서 E. S. E 전자공학 연구실
1973 ~ 1974 미국 STANFORD 대학교 연구교수
1981 ~ 1982 한국전자통신연구소 위촉연구위원
1994 ~ 1998 ITS 연구기획단연구위원, 전자부문총괄