

능동형 DSRC ETC 시스템

이지훈, 변우섭, 유흥렬
 KT 서비스개발연구소
 서울시 서초구 우면동 17

Active DSRC ETC System

Ji-Hun Yi, Woo-Sub Byeon, Heung-Ryeol You
 Service Development Laboratory, KT
 17 Woomyun-dong, SeoCho-gu, Seoul, 137-792, Korea

Abstract - 고속으로 주행하는 차량으로부터 차량의 일시정지함이 없이 자동으로 통행요금을 징수하기 위한 ETC(Electronic Toll Collection, 통행요금자동징수)서비스는 전용의 무선통신방식, 전자지불수단, 압축화, 영상인식, 실시간제어등의 다양한 기술을 필요로 한다. KT ETC 시스템은 능동형 DSRC(Dedicated Short Range Communication, 단거리전용통신)를 이용한 상용의 ETC 시스템이다. 본 논문에서는 KT ETC 시스템의 개발과 관련하여 핵심기술인 능동형 DSRC와 ETC 서비스를 위한 스마트카드 기술등을 소개하고, KT ETC 시스템에 고유한 ETC 서비스 처리절차를 소개한다.

색인어: ITS, ETC, Active DSRC, 스마트카드

1. 서 론

ITS(Intelligent Transport Systems, 지능형교통시스템)는 도로망과 차량들로 구성된 현재의 도로교통시스템에 전자, 전기, 통신, 컴퓨터기술등을 도입한 첨단교통시스템으로서, 도로교통시스템의 효율성 향상과 안전한 교통환경을 제공하는 것을 목적으로 하고 있으며, 구축되는 통신망 인프라는 부가적인 교통정보서비스를 창출하고 있다. ITS를 위한 정보통신부문은 국제적으로 CEN/TC278, "Road Transport and Traffic Telematics"와 ISO/TC204, "Transport Information and Control Systems"에 의해 표준화가 활발히 진행되고 있으며, 국내에서는 TTA 산하의 ITS 프로젝트그룹에서 표준화를 진행하고 있다. BIS(Bus Information System, 버스정

보안내시시스템), ATIS(Advanced Traveler Information Systems, 첨단교통정보시스템), CVO(Commercial Vehicle Operations, 화물운송관리)과 함께 ITS의 주요한 서비스로 평가되고 있는 ETC는 통행요금을 징수하는 유료도로를 주행하는 차량으로부터 전자동으로 통행요금을 징수하는 서비스로서 차량이 일시정지함이 없이 정상적으로 주행하는 상태에서 통행요금을 징수함을 목적으로 한다. 이에 대해 자동통행권 발급기와 사람에 의해 통행요금을 징수하는 현재의 TCS(Toll Collection System, 통행요금징수기계화시스템)는 차량이 증가할 경우 영업소에서 심각한 정체를 발생시켜 전체 도로교통환경을 악화시키는 요인을 제공하며, 연료소모와 환경오염 등의 문제를 발생시키고 있다. 실제 ETC를 적용할 경우 영업소통과에 걸리는 시간이 TCS에 비해 평균적으로 67.5% 감소하며, 전체 영업소의 15~30%에 ETC를 적용할 경우 차량정체에 의해 발생하는 비용의 절감액이 2천억원으로 추정되고 있다[1]. 다음의 표1.은 ETC 적용에 따라 배기가스에 의한 환경오염의 감소효과를 나타낸다[2].

표 1. ETC 적용에 따라 배기가스에 의한 환경오염의 감소 효과

항목	일시정지 (100→0→ 100)Km/h	일시감속 (100→50→ 100)Km/h	무정차주행 (100Km/h)
HC	1.2	1.0	0.2(-83%)
Nox	1.1	0.1	0.6(-45%)
OO	30.6	20.0	8.5(-72%)

*단위: g/km(주행거리당 발생된 오염물질의 무게)

ETC와 관련된 국제적인 개발과 표준화 현황은 다음과 같다. 일본은 1997년 12월 능동형 DSRC를 ARIB 표준으로 채택하고

ETC 시스템에 적용하였다. 그리고 1999년에 "ETC Application Interface Specification(DSRC)"(3)을 발표하고 54개 영업소에 능동형 DSRC를 이용한 ETC 시스템을 설치하여 상용서비스를 제공하고 있으며 2002년 말까지 900여개의 영업소에 능동형 ETC 시스템을 도입할 계획이다.

유럽은 1990년 이후로 6개 국가에서 수동형 DSRC를 이용한 ETC 시스템을 설치하여 상용서비스를 제공하고 있으며, CEN과 ISO/TC204의 협력 하에 ETC 서비스의 응용인터페이스표준(ISO14906)이 제정된 바 있다(4).

국내에서는 한국도로공사에서 2000년 6월 이후, 고속수동방식의 DSRC를 사용한 ETC 시스템(일명, HighPass)을 일부 개방형영업소에 설치하고 시범운영을 하고 있으며, TTA ITS 프로젝트그룹 산하의 ETC 전담팀을 통해 2001년 말에 ETC 응용인터페이스에 대한 표준이 마련되었다(5).

ETC 서비스를 제공하기 위해서는 다양한 기술이 필요하다. 특히, 최고 160km/h의 속도로 주행하는 차량으로부터 통행요금을 징수하기 위해서는 통신수행절차가 간략화된 통신방식과 프로토콜이 필요하다. 또한, 통행요금을 징수하기 위한 전자지불수단과 함께 거래에 대한 인증과 암호화를 위한 알고리즘이 필요하다. 이외에, 고속으로 주행하는 차량의 특성을 검출하기 위한 기술과 전체 ETC 시스템을 고속으로 제어하는 기술이 요구된다.

ETC 시스템의 가장 중요한 요소인 DSRC는 ITS/TC204 산하 WG15에서 표준화가 진행되고 있다. 그러나, 1998년 5월 ISO TC204회의에서는 DSRC 표준에 대한 각국의 이해관계가 달라 물리계층과 매체접속제어계층은 ISO 규격으로 만들지 않고 LLC와 응용계층의 표준만을 만들기로 합의하였고, 이에 따라 2001년 9월 현재 LLC와 응용계층 규격은 유럽의 CEN 규격을 근간으로 개발 중이며(6), 응용계층 위에 탑재되는 다양한 응용서비스를 제공하기 위한 플랫폼인 Resource Manager(자원관리자)를 미국에서 제안하여 표준화를 진행 중에 있다(7). 국내에서는 1999년 KT와 한국전자통신연구원이 능동방식의 DSRC 표준규격 및 시스템을 개발하여 TTA 단체표준으로 상정했으며, 여러 차례의 협의를 통해 2000년 10월 TTA 단체표준으로 확정하였다(8). 또한, 정통부에서는 2001년 4월 5.8GHz 대역의 40MHz를 ITS용 DSRC 주파수 대역으로 확정했으며, 2001년 7월 DSRC 기지국 및 단말기의 형식 승인을 위해 기술기

준을 제정하였다.

KT에서는 2001년부터 능동형 DSRC를 사용하여 상용의 ETC 시스템 개발을 수행해 왔다. 본 논문은 KT에서 능동형 DSRC를 이용하여 개발한 ETC 시스템과 관련된 기술들을 소개한다.

2. 본 론

2.1 ETC 기반기술

고속으로 주행하는 차량으로부터 전자동으로 통행요금을 징수하기 위해서는 단거리전용의 무선통신, 스마트카드를 이용한 전자지불, 실시간제어의 기술들이 사용된다. 또한, 주행하는 차량의 특성을 검출하는 기술과 촬영된 이미지로부터 정보를 추출하는 영상인식기술도 사용된다. 그림1은 ETC 서비스를 제공하기 위해 필요한 기능적인 요소들의 구성이다.

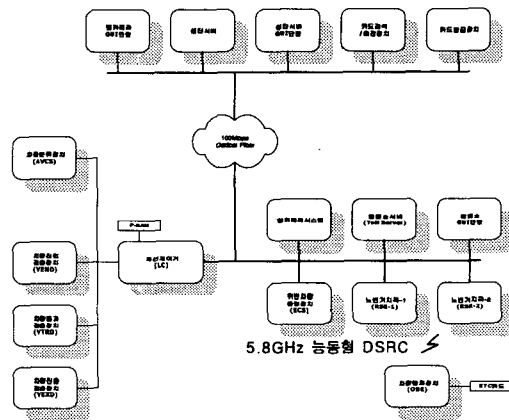


그림 1. ETC시스템 기능적 요소

OBE는 차량에 장착되며 스마트카드를 삽입할 수 있는 인터페이스를 제공한다. RSE는 차선상의 갠트리에 설치되며 KT ETC 시스템은 두 개의 RSE를 사용하여 ETC 서비스를 위한 트랜잭션 처리를 분산하여 수행하도록 한다. 이때, 능동형 DSRC는 OBE와 RSE 간에 이루어진다.

그림1.에서 차선제어기는 ETC 시스템을 구성하는 각 장치들을 실시간으로 제어하고, 통과하는 차량에 대해 통행요금을 결정하는 기능을 수행한다. 한 개의 RSE가 형성하는 능동형 DSRC 통신영역이 4m로 제한되고 차량이 160km/h로 통과할 경우, RSE와 OBE 간에 허용되는 통신시간은 90ms으로 제한된다. 이러한 짧은 시간동안에 ETC 서

비스를 처리하기 위해서 차선제어기는 고속의 처리능력과 고속의 데이터베이스 검색능력이 요구된다.

차종분류장치는 접촉식으로서 피에조센서와 루프센서등을 이용해 고속으로 주행하는 차량으로부터 다양한 기준에 따른 차종을 실시간으로 검출할 수 있다.

위반차량촬영장치는 차선제어기에 의해 위반차량으로 판단된 차량에 대해 차량의 후면의 번호판을 촬영한다. 촬영된 영상으로부터 차량번호가 실시간으로 인식되며 촬영된 영상은 영업소서버로 전달되어 저장된다.

2.2 DSRC 기술

주행하는 차량으로부터 통행요금을 징수하기 위해서 ETC 시스템은 차량에 장착되고 스마트카드를 삽입하여 연동할 수 있는 OBE와 차선상의 갠트리에 설치된 RSE 간에 단거리전용통신(DSRC)를 사용한다. DSRC는 사용되는 통신매체에 따라 무선방식(RF:Radio Frequency)와 적외선방식(IR:Infra Red)의 2가지 방식으로 분류될 수 있으며, 무선방식은 OBE가 반송파 발진기를 내장하는지 여부에 따라 능동방식(Active)과 수동방식(Passive)으로 구분된다.

능동 RF 방식은 OBE가 반송파 주파수대 발진기를 갖고 전파를 발사하는 방식으로 OBE에 5.8GHz대의 발진기를 내장하고 있어 전송거리가 길고, 요금징수, 교통정보, 물류정보서비스 등에 응용될 수 있다. 이에 반해, 수동 RF 방식은 OBE가 주파수대 발진기를 갖지 않고 변조용의 부반송파로서 변조한 데이터에 RSE에서 수신된 반송파를 곱하여 재발사하는 방식이다. 이 방식은 상향링크로 전송되는 반송파에 비해 부반송파만큼 천이되어 나타나므로 후방산란방식(Back scattering)이라고도 불린다. 적외선 방식은 전송속도가 최대 2Mbps로서 고속이고, 주파수 사용 시 승인이 불필요하며, 전자파 장애가 없어 인체에 무해하다는 장점 때문에 교통정보 수집과 톨게이트 요금징수용으로 사용중이다. 그러나, 통신영역이 좁고, 자연광 반사 및 간섭의 영향이 크고 경로차단에 의한 통신이 두절될 우려가 있어 일부 상용화를 제외하고는 차세대 ITS 서비스를 위한 매체로서 연구중이다.

ETC 시스템을 위한 RF 방식은 국내외적으로 크게 유럽형 수동방식, 고속수동방식, 능동방식으로 구분될 수 있으며 각각의 특징은 다음과 같다.

(1) 유럽형 수동방식

OBE에 5.8GHz 발진기가 내장되어 있지 않으므로 상향링크 시 RSE로부터 수신한 반송파를 상향링크 데이터 전송용으로 반사시켜 재사용하는 방식으로 반이중 통신방식이다. 이 통신방식은 OBE와 RSE간 통신셀 크기가 10m 이내이고, 주파수대역은 5.8GHz를 사용하며, 최대 데이터 전송속도는 하향링크가 500Kbps, 상향링크는 250Kbps이다. 또한, RSE는 한번에 한 대씩 순차적으로 OBE와 접속이 가능하고, 상향링크 시 RSE로부터 반송파를 지원 받아야 하므로 무선셀 크기가 10m 이내로 제한된다. 또한, 기지국의 강한 전계강도로 인하여 RSE간의 주파수재사용 거리가 260미터 이상이 되어야 하는 단점이 있다. 그러나, 이 통신방식은 RSE에서의 수신레벨이 낮아 회로가 복잡해지는 단점이 있으나 OBE에서 발진기가 필요없기 때문에 OBE 가격을 저렴하게 설계할 수 있는 장점이 있다. 그림 2.는 유럽형 수동방식을 사용하는 OBE에서 RF 송수신 구조를 나타낸다.

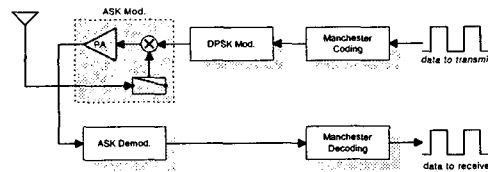


그림 2. 유럽형 수동방식을 사용하는 OBE에서 RF 송수신 구조

(2) 고속 수동방식

RSE에서 제공하는 반송파를 재사용한다는 점에서 저속의 유럽형 수동방식과 비슷한 구조이나 상향 및 하향링크의 전송률이 동일하게 1Mbps로 고속통신이 가능하다. 국내에서는 한국도로공사에서 시범운영되고 있는 ETC 시스템이 고속수동방식의 DSRC를 사용하고 있다.

(3) 능동방식(TTA 표준)

일본의 능동방식을 참고로 개발된 국내표준으로 OBE에 5.8GHz대의 발진기를 내장하고 있어 RSE의 반송파 지원없이 데이터를 송신할 수 있으므로 전송거리가 길어 요금징수를 포함한 다양한 ITS 서비스에 응용되도록 개발되었다. 주파수대역은 5.8GHz 대역이고 통신셀크기는 100m이내이며, 최대 데이터 전송속도는 1Mbps로서 다중접속 및 양방향 송수신이 가능한 통신방식이다.

표2. 국내외 DSRC 방식별 규격비교

layer	주요항목	능동형 DSRC(TTA)	수동형DSRC(유럽)	고속수동방식(HighPass)	
L1	반송주파수	5.8GHz	5.8GHz	5.8GHz	
	채널대역폭	20MHz(2채널)	20MHz(4채널)	30MHz(2채널)	
	multiplexing	TDD	Polling	Polling	
	변조방식	ASK	하향	ASK	하향
			상향	DPSK	상향
	전송률	하향	1.024Mbps	하향	500Kbps
상향		1.024Mbps	상향	500Kbps	
셀반경		최대 100m	최대 10m	최대 10m	
L2	프로토콜	접속제어	Adaptive Slotted ALOHA	Adaptive Slotted ALOHA	
		채널할당	TDM기반 채널예약	Polling	Polling
	프레임구조		가변(1~8슬롯)	HDLC	HDLC
	채널제어		중앙집중제어	중앙집중제어	중앙집중제어
L7		ISO/TC204	ISO/TC204	-	

주파수 재사용을 위한 RSE간 거리가 60m 이상으로 수동 DSRC방식의 260m에 비해 짧아 채널 재사용에 의한 시스템용량이 더 우수한 장점이 있다. 그림3.은 2000년 10월에 TTA 단체표준으로 제정된 능동방식을 사용하는 OBE에서 RF 송수신 구조를 나타낸다.

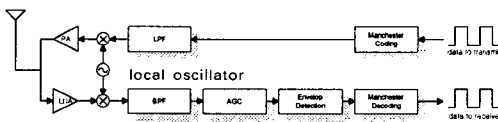


그림 3. TTA 능동방식을 사용하는 OBE에서 RF 송수신 구조

그림3.의 구조에 따라 능동방식의 DSRC는 상향과 하향 모두 1Mbps의 높은 데이터 전송률을 가지며, 진폭천이변조와 맨체스터 코딩 기술을 사용하여 고속통신에 적합하고, 채널당 10MHz의 대역폭을 사용하므로, 채널당 15MHz를 사용하는 고속수동방식의 DSRC보다 주파수 사용이 효율적이다. 또한, 능동방식의 DSRC는 KT와 한국전자통신연구원에서 국내 실정에 맞도록 개발한 표준이며 시스템 개발과 검증이 완료된 상태이다. 특히, 능동형 DSRC와 관련된 다수의 지적재산권을 확보하여 독자적인 기술자립이 가능하다.

KT ETC 시스템에 사용되는 능동방식 DSRC와 관련하여 현재 국내 표준화가 완료된 물리계층과 매체접속제어 부계층에 대한 내용은 다음과 같다.:

(1) 물리계층(Layer 1)

주파수 대역은 정통부에서 분배한 주파수 대역인 5.795GHz~5.815GHz(자가용)와 5.835GHz~5.855GHz(사업용)대역을 사용한다. 그리고, 데이터 전송속도는 다양한 ITS서비스 제공이 가능하도록 국가표준방식에 따른 1Mbps의 능동 DSRC를 선정하였으며, 160Km/h의 고속 주행차량과의 데이터 통신을 만족하도록 고려하였다.

□ 주파수 특성

- 반송주파수 : 5.80/5.81GHz(자가용), 5.84/5.85GHz(사업용)
- 점유주파수폭 : 채널당 10MHz
- 하향링크 특성
 - 최대등가복사전력 : ≤32dBm(Class 1:ETC용), ≤26dBm(Class 2:ITS서비스용)
 - 변조 : ASK
 - 부호화 : Manchester
 - 통신속도 : 1Mbps
 - 비트오류율 : 10×E-5 이하

- 상향링크 특성
 - 최대등가복사전력 : $\leq 18\text{dBm}$
 - 변조 : ASK
 - 부호화 : Manchester
 - 통신속도 : 1Mbps
 - 비트오류율 : $10 \times E-5$ 이하

□ 통신 방식

전이중 및 반이중 방식 모두 가능하나 주파수 자원의 효율적 이용을 위해 반이중 통신 링크를 구성한다.

□ 변복조 방식

상하향 링크는 맨체스터 코딩된 기저대역 데이터에 따라 반송파의 진폭을 변화시키는 진폭천이변조(Amplitude Shift Keying) 방식으로서 RSE 및 OBE 수신단에서 포락선을 검출하여 원신호를 간단히 검출하므로 회로구성이 간단한 장점이 있다.

□ 데이터 부호화 방식

무선직렬통신에서 동기신호를 쉽게 추출하기 위해 자기동기방식이 가능한 맨체스터 부호화 방식을 선정하였다.

(2) 프로토콜 구조

□ 매체접속제어 부계층

MAC 계층은 RSE와 OBE를 연결하는 물리매체의 사용을 관장한다. 물리매체의 사용은 예약을 기본으로 하는 동기식 시분할 다중접속방법을 채택하며, 예약은 슬롯 동기화된 ALOHA액세스 방법을 사용한다. 물리매체의 접속은 RSE에 의해 관리되는 중앙 집중형 제어방법을 사용하며, 그 기능은 다음과 같다.

- 통신 프레임 생성
- 점대점 통신링크 초기화
- 프로토콜데이터 단위 및 확인신호 송수신
- 통신 채널에 대한 에러 검출 기능
- 메시지 데이터의 단순 암호화 및 복호화
- LPDU 분리 및 결합

통신 프레임은 시간축 상에서 여러 개의 슬롯들로 이루어진다. 각 슬롯들의 길이는 100바이트로 동일하며, 데이터의 성격에 따라 프레임제어슬롯(FCMS), 메시지데이터 슬롯(MDS), 접속요구슬롯(Acts)으로 나뉘어진다. 프레임은 한 개의 프레임 제어 슬

롯과 $n(0 \leq n \leq 8)$ 개의 메시지데이터 슬롯, $k(0 \leq k \leq 8)$ 개의 접속요구슬롯들로 구성된다. 또한, 한 개의 프레임에 포함되는 메시지데이터슬롯과 접속요구슬롯의 합은 $1 \leq n+k \leq 8$ 의 범위를 갖는다. 따라서, 프레임의 최대길이는 한 개의 프레임 제어 슬롯을 포함하여 9개 슬롯길이이며, 최소 길이는 2개의 슬롯길이이다.

구조를 살펴보면 통신 프레임의 첫 번째 슬롯은 반드시 프레임제어슬롯(FCMS)이고 접속요구슬롯들은 프레임의 마지막 부분에 위치한다. 프레임의 길이는 매 프레임 주기마다 RSE에 의하여 결정된다. 그림4.는 프레임 형식을 나타낸 것이다.

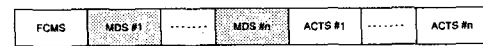


그림 4. 프레임 형식

□ 프레임제어슬롯 (Frame Control Message Slot; FCMS)

RSE에서 차량 OBE로 채널사용에 대한 제반 정보를 제공하기 위하여 사용하며, 프레임의 맨 앞부분에 위치한다. 이 슬롯에는 통신프로파일과 슬롯할당정보가 포함되며 하향링크 전용으로 사용되고 그 구조는 그림5.와 같다.

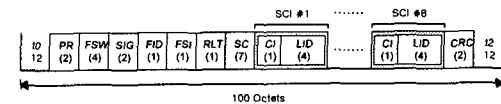


그림 5. 프레임제어슬롯의 구조

□ 메시지 데이터 슬롯 (Message Data Slot; MDS)

프레임제어슬롯 또는 다른 메시지데이터 슬롯 뒤에 위치하여 상·하향링크용으로 사용할 수 있다. 이 슬롯은 RSE와 OBE 사이의 메시지 데이터 교환을 위하여 사용한다. 한 개의 프레임에는 최대 8개의 메시지 데이터 슬롯을 포함할 수 있고 그 구조는 그림6.과 같다.

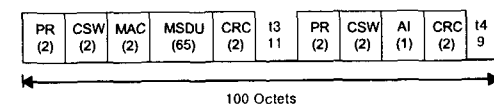


그림 6. 메시지데이터슬롯

□ 접속요구슬롯 (Activation Slot: ACTS)

OBE가 RSE에게 메시지 데이터 슬롯의 할당을 요구하기 위하여 사용하며 상향링크 전용으로 사용된다. 한 개의 프레임에는 최대 8개의 접속요구슬롯(최대 48개의 접속요구채널)을 할당할 수 있고 그 구조는 그림7.과 그림8.과 같다.

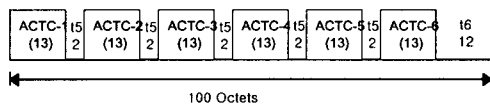


그림 7. 접속요구슬롯

PR	CSW	FID	LID	LRI	LRC	CRC
(2)	(2)	(1)	(4)	(1)	(1)	(2)

그림 8. ACTC의 세부구조

상기한 프로토콜 구조에 따르면, 능동형 DSRC는 고속수동방식이 한번에 1개의 OBE와 통신이 가능한 반면에, 동시에 8개의 OBE와 통신이 가능한 다중접속방식으로 다양한 ITS 서비스 제공이 가능한 장점을 지닌다. 그러나, 고속수동방식에 비해 프레임 구조가 복잡하고, 프레임 길이가 길어 데이터 처리시간이 더 요구되는 단점도 있다. 한편, 능동방식의 DSRC는 셀영역이 넓어 다중차선의 ETC시스템의 구현에 적합한 방식이다.

2.3 스마트카드

ETC 서비스에서 통행요금 지불방식은 선불제와 후불제로 분류될 수 있다. 선불제는 현금을 지불하고 일정한 금액을 충전하여 사용할 수 있는 전자지불수단을 이용하여, 영업소 통과 시에 통행요금만큼을 전자지불수단으로부터 차감하는 방식이다. 이에 대해 후불제는 현재의 신용카드를 이용한 결제방식과 동일하다. KT ETC 시스템은 두 가지 방식을 모두 지원한다.

ETC 서비스를 위해 사용되는 스마트카드는 카드잔액을 포함하여 필요한 카드정보를 저장하고, 통행요금지불에 대한 거래내역을 기록하는 기능을 수행한다. 스마트카드에 기록되는 정보의 형태는 표3.와 같다.

표3. 거래내역정보

정보요소	크기 (바이트)	형식
영수증일련번호	3	Hex
징수처리일련번호	3	Hex
서비스제공자	3	BCD
영업소유형	1	Hex
입구영업소번호	2	BCD
출구영업소번호	2	BCD
입구영업소차선번호	1	BCD
출구영업소차선번호	1	BCD
입구영업소진입일시	7	BCD
출구영업소진입일시	7	BCD
차량탑재장치식별번호	4	Hex
차량번호	10	Hex BCD
차종	1	ASCII
통행요금	4	Hex
카드잔액	4	Hex
할인면제정보	1	Hex
요금지불방식	1	Hex
카드발급자	2	BCD
카드일련번호	5	BCD

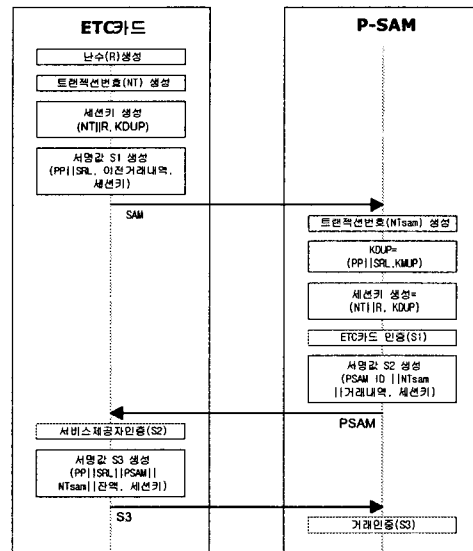


그림 9. ETC카드와 P-SAM간의 처리절차도

이와 함께 스마트카드의 가장 중요한 기능은, 통행요금을 징수하는 서비스제공자와 스마트카드 간의 상호인증과 상호 간에 교환되는 메시지에 대한 인증이다. 이를 위해 영업소에 설치되는 RSE는 P-SAM(Purchase-Security Access Module, 노변인증장치)을 구비하며, 상호인증과 메시지인증은

OBE에 삽입되는 ETC카드와 P-SAM 간에 이루어진다.

상호인증과 메시지인증을 위한 서명값은 128비트의 Key를 사용하는 CBC 모드의 3-DES를 사용한다. 선불제 방식을 사용하여 통행요금을 징수하기 위해 ETC카드와 P-SAM 간에 이루어지는 트랙잭션 처리절차는 그림9와 같다. 그림9에서 SAM은 PP(Purchase Provider, 카드발급자), SRL(Card Serial Number, 카드일련번호), VK(Key Version, 키버전), NT(Transaction Number, 트랜잭션번호), 서명값 S1과 이전거래내역으로 구성되며, PSAM은 SAM, NTsam, 서명값 S2와 통행요금징수에 대한 새로운 거래내역으로 구성된다.

KT ETC시스템에 사용되는 스마트카드는 ISO7816과 ISO14443 인터페이스를 제공한다. 또한, 각종 인증을 위한 계산과 메모리기록이 아주 짧은 시간동안 수행되어야 하므로 ETC 전용의 COS(Chip Operating System)와, 3-DES 계산을 위한 전용의 하드웨어 로직을 사용한다.

2.4 ETC 응용

주행하는 차량에 대해 통행요금을 징수하는 유료도로는 통행요금을 결정하는 방식에 따라 개방형과 폐쇄형으로 분류된다. 개방형은 영업소를 통과하는 차량의 차종에 따라 통행요금을 결정한다. 이에 대해 폐쇄형은 각 구간 별로 입구영업소와 출구영업소를 지정하고 차량이 주행한 구간과 차종에 따라 통행요금을 결정한다.

(1) 개방형 ETC 시스템

개방형영업소에서 ETC 시스템은 그림10과 같은 물리적인 구성을 가진다.

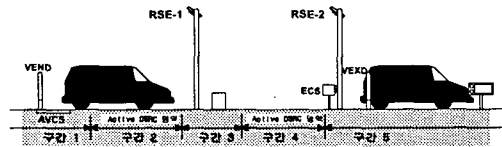


그림 10. 개방형영업소에서 ETC 시스템

개방형영업소에서 통과하는 차량으로부터 통행요금을 징수하기 위해서는 차종과 중간 경유지를 고려하기 위해 이전 영업소에서의 거래내역이 필요하다. 그림11은 개방형영업소에서 선불제 ETC 서비스를 제공하기 위한 처리절차를 나타낸다.

구간1은 RSE1이 형성하는 능동형 DSRC 통신영역 전을 나타낸다. 이 구간에서 ETC카드는 카드인증을 위한 서명값 S1을 카드정보, 이전거래내역에 대해 계산하여 OBE에 전달한다. 또한, 이 구간에서는 차량의 진입이 차량진입검출장치(VEND, Vehicle Entrance Detection)에 의해 검출되고 차종분류장치에 의해 차종이 분류되어 차선제어기로 전달된다.

구간2는 RSE1이 형성하는 능동형 DSRC 통신영역을 나타낸다. 이 구간에서 OBE와 RSE1간에 DSRC 통신이 이루어진다. 통신영역은 한번에 한 개 차량만을 수용할 수 있도록 길이가 4m로 제한하여 구성한다.

OBE와 RSE1간에 DSRC 통신링크가 설정되면 DSRC L7 초기화절차[6]에 따라 RSE1과 OBE간에 BST(Beacon Service Table)과 VST(Vehicle Service Table)가 교환되며, 이 때, VST를 통하여 OBE로부터 S1, 카드정보, 이전거래내역, OBE 고유정보, 차량고유정보가 RSE1으로 전달된다. P-SAM은 S1을 가지고 ETC카드를 인증하며, 함께 전달된 정보들의 무결성을 검사한다.

차량에 부과할 통행요금은 차선제어기가 결정한다. 통행요금 결정을 위하여 차선제어기는 카드정보, OBE ID, 차량번호, 차종, 이전거래내역을 사용한다. 또한, 차선제어기는 카드번호, OBE ID, 차량번호를 사용하여 Black List를 검사하며, 할인과 면제를 위한 White List 검사를 수행한다. 또 다른 차선제어기의 중요한 기능은 차종불일치, 잔액부족 등의 이유에 따라 위반차량을 판단하는 것이다.

차선제어기는 결정된 통행요금을 포함하는 거래내역을 생성하며, P-SAM은 ETC카드가 서비스제공자를 인증하기 위한 서명값 S2를 거래내역에 대해 계산한다. 이후, RSE1은 S2와 거래내역을 OBE로 전달하며, OBE는 수신을 확인하고 RSE1과의 통신링크를 해제한다. 이때 OBE는 전달된 S2와 영수증을 ETC카드로 전달한다.

구간3은 RSE1과 RSE2가 형성하는 두 개의 DSRC 통신영역 사이를 나타낸다. 이 구간에서 ETC카드는 S2를 사용하여, 서비스제공자를 인증하고 전달된 거래내역에 대해 무결성을 검사한다. 서비스제공자에 대한 인증이 완료되면 ETC카드는 통행요금에 따라 카드잔액을 갱신하고 거래내역을 메모리에 저장한다. 통행요금징수의 완료는 통행요금이 ETC카드로부터 제대로 차감되었는지를 인증함으로써 완료된다. 이를 위해 ETC

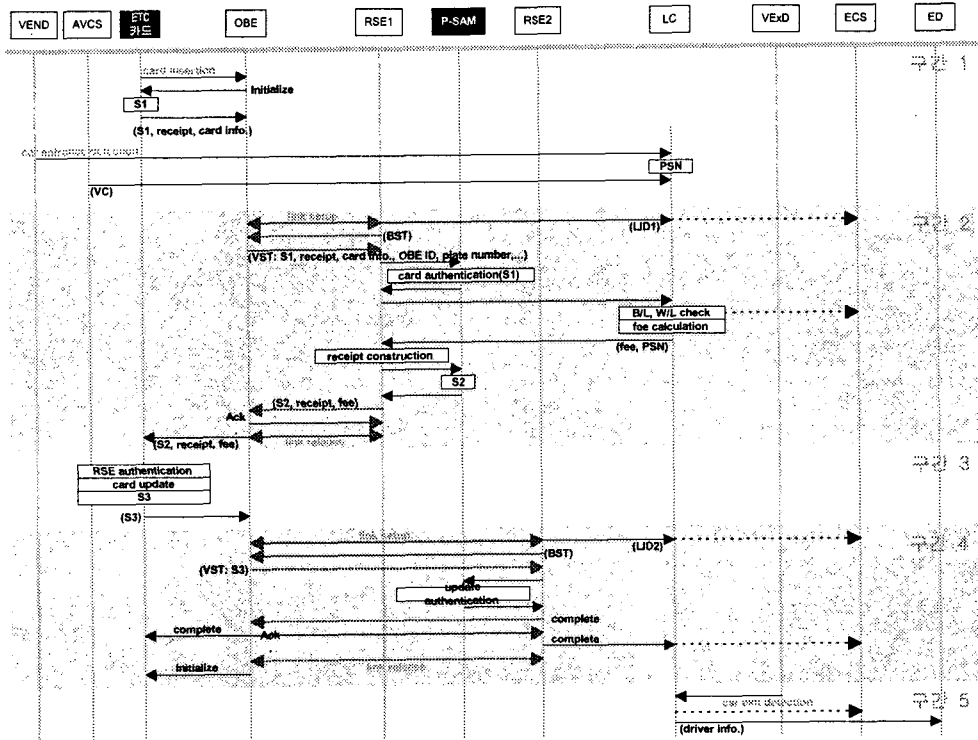


그림 11. 개방형영업소에서 ETC 서비스 처리절차

카드를 거래인증을 위한 서명값 S3를 계산하여 OBE로 전달한다.

구간4는 RSE2가 형성하는 능동형 DSRC 통신영역을 나타낸다. 이 구간에서 OBE는 VST를 통해 S3를 RSE2로 전달하며, P-SAM은 S3를 사용하여 거래에 대한 인증을 수행한다. 인증이 완료되면 차선제어기는 RSE를 통해 OBE로 거래완료료를 통보한다.

한편, 거래완료료를 통보받은 OBE는 ETC 카드로 초기화신호를 발생함으로써, 구간3에서 전달된 거래내역에 대해 ETC카드가 새로운 S1'을 계산하는 초기화절차를 수행하게 한다.

구간5는 RSE2가 형성하는 능동형 DSRC 통신영역 이후를 나타내며, 차량진출 검출이 이루어지며, 운전자에 대해 외부에서 거래에 관련된 내용을 표시한다. 만약, 차량이 차선제어기에 의해 위반차량으로 판별되는 경우 차선제어기는 위반차량촬영장치로 하여금 차량후면의 번호판을 포함하는 영상을 촬영하여 인식된 차량번호와 함께 영업소 서버로 전달하도록 한다.

(2) 폐쇄형 ETC 시스템

폐쇄형 시스템에서 폐쇄형출구영업소는 차량으로부터 통행요금을 징수하며, 폐쇄형입구영업소는 차량의 입구영업소 통과에 대한 정보를 ETC카드에 기록하게 한다. 폐쇄형 입구와 출구영업소는 그림10.의 개방형영업소와 동일한 물리적 구성을 가지며, ETC 서비스를 제공하기 위한 서비스절차는 그림 11.의 개방형 영업소에서와 동일하다. 개방형영업소와 폐쇄형출구영업소의 차이는 구간 1에서 전달되는 이전거래내역이 입구영업소 통과정보가 된다는 것과, 차선제어기는 구간 2에서 전달된 폐쇄형입구영업소 통과 정보도 함께 사용하여 통행요금을 결정한다는 것이다.

그림12.는 폐쇄형입구영업소에서 선불제 ETC 서비스를 제공하기 위한 처리절차를 나타낸다.

구간1은 RSE1이 형성하는 능동형 DSRC 통신영역 전까지 나타낸다. 이 구간에서 ETC카드는 카드인증을 위한 서명값 S1을 카드정보, 이전거래내역에 대해 계산하여 OBE에 전달한다. 또한, 이 구간에서는 차량의 진입이 검출되어 차선제어기로 전

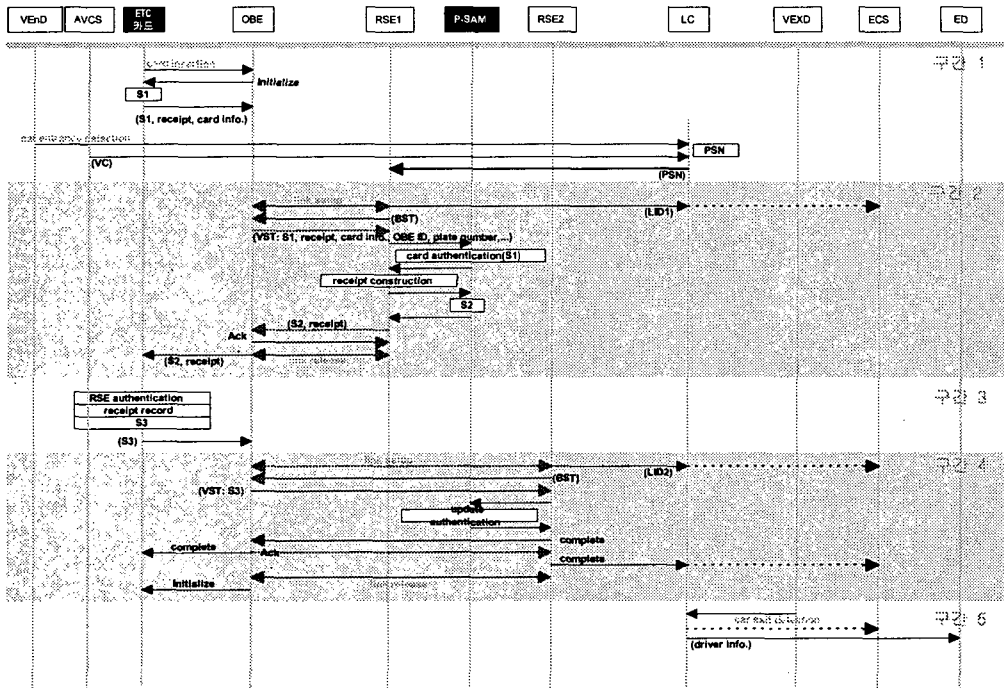


그림 12. 폐쇄형영업소에서 ETC 서비스 처리절차

달되며, 차종이 분류되어 차선제어기로 전달된다.

구간2는 RSE1이 형성하는 능동형 DSRC 통신영역을 나타낸다. 이 구간에서 OBE와 RSE1간에 DSRC 통신이 이루어지며, 통신영역은 한번에 한 개 차량만을 수용할 수 있도록 4m로 제한하여 구성한다.

OBE가 RSE1간에 DSRC 통신링크가 설정되면 DSRC L7 초기화 절차[6]에 따라 RSE1과 OBE간에 BST와 VST가 교환되며, 이 때 VST를 통하여 OBE로부터 S1, 카드정보, 이전거래내역, OBE 고유정보, 차량고유정보가 RSE1으로 전달된다. P-SAM은 전달된 S1을 가지고 ETC카드를 인증하며, 함께 전달된 정보들의 무결성을 검사한다.

차선제어기는 차량의 영업소 통과에 대한 정보를 가지고 새로운 거래내역을 구성한다. P-SAM은 ETC카드가 서비스제공자를 인증하기 위한 서명값 S2를 거래내역에 대해 계산하고, RSE1은 S2와 거래내역을 OBE로 전달한다. 이때, OBE는 전달된 S2와 거래내역을 ETC카드에 전달한다.

구간3은 RSE1과 RSE2가 형성하는 두

개의 DSRC 통신영역 사이를 나타낸다. 이 구간에서 ETC카드 S2를 사용하여, 서비스제공자를 인증하고 전달된 거래내역에 대해 무결성을 검사한다. 인증이 완료되면 ETC카드를 전달된 거래내역의 입구영업소 통과정보를 메모리에 저장한다. 저장이 완료되면 스마트카드가 거래내역이 제대로 기록되었는지를 인증할 수 있도록 서명값 S3를 계산하여 OBE로 전달한다.

구간4는 RSE2가 형성하는 능동형 DSRC 통신영역을 나타낸다. 이 구간에서 OBE는 VST를 통해 S3를 RSE2로 전달하며, P-SAM은 전달된 S3 사용하여 입구영업소 통과정보가 ETC카드에 정상적으로 저장되었음을 인증한다. 인증이 완료되면 RSE2는 OBE로 거래완료통보를 통보한다. 한편, 거래완료통보를 통보받은 OBE는 ETC카드 초기화신호를 발생함으로써, 구간3에서 전달된 거래내역에 대해 ETC카드가 새로운 S1'을 계산하는 초기화절차를 수행하게 한다. 이 초기화절차에서 계산된 S1'은 나중에 폐쇄형출구영업소에서 사용된다.

구간5는 RSE2가 형성하는 능동형 DSRC 통신영역 이후를 나타내며, 차량진출

검출이 이루어지며, 운전자에 대해 외부에서 거래에 관련된 내용을 표시한다. 이 구간에서 차선제어기는 위반차량촬영장치로 하여금 위반차량으로 판별된 차량에 대해 차량의 후면번호판이 포함된 영상을 촬영하여 인식된 차량번호와 함께 영업소서버로 전달하도록 한다.

2.5 ETC 전용망

ETC서비스를 제공하는 사업자는 운영하는 유료도로망에 따라 지역별로 분포된 영업소를 관리하기 위해서, ETC 서비스를 위한 전용망을 가지며, 그림 13.과 같은 구조를 가진다.

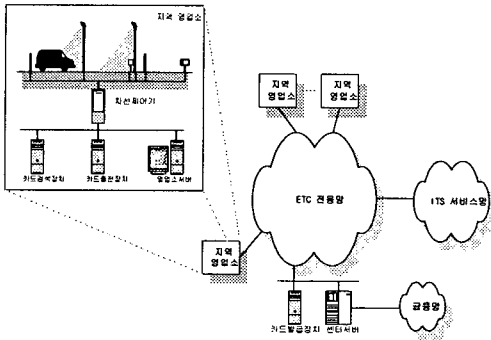


그림 13. ETC 서비스를 위한 망 구조도

각 영업소는 차선별로 설치되어 차선제어기에 의해 제어되는 ETC 시스템과 카드충전 및 검색용 장치, 영업소서버로 구성된다. 영업소서버는 각 차선제어기를 통해 ETC 시스템을 감시, 관리하며, 각 차선제어기로부터 통행요금 징수내역을 통보받아 저장하며 정기적으로 센터서버로 보고하는 기능을 수행한다. 또한, 영업소서버는 수시로 센터서버로부터 Black List와 White List 갱신내역을 통보받아 차선제어기로 전달하며, 위반차량에 대한 촬영된 영상을 보관하고 정기적으로 센터서버에 보고한다.

센터서버는 지역별로 위치한 영업소서버를 감시, 관리하며 후불제 정산을 위해 금융망과 연동한다. 또한, 센터서버는 위반차량 관리와 Black List와 White List 관리를 담당한다.

ETC카드의 발급, 충전과 검색을 위한 기능은 발급은 센터서버와 연동하는 카드발급 장치에서 담당하며, 카드충전과 검색은 영업소별로 설치된 카드충전 및 검색용 장치가 담당한다.

ETC 서비스를 위한 망을 제공함에 있어

중요하게 고려돼야 할 사항은 ETC 이외의 서비스를 제공하기 위한 ITS 서비스 망과의 연동이다. 능동형 DSRC를 사용할 경우, 복수의 서비스를 동시에 제공할 수 있다. 따라서, 기존에 ATIS, BIS 등의 서비스를 제공하고 있는 ITS 서비스망과 연동할 경우, ETC 서비스 사용자들에게 다양한 서비스를 제공할 수 있다.

3. 결 론

KT ETC 시스템은 5.8GHz 능동형 DSRC와 스마트카드를 사용한 상용의 ETC 시스템이다. 특히, 전자지불수단을 위해 스마트카드를 사용하였으며, 통행요금 징수에 있어 선불제와 후불제를 동시에 지원하다. 또한, 전용의 하드웨어 로직으로 구현된 3-DES를 사용하여 상호인증과 거래인증을 통한 강력한 보안기능을 제공한다. KT ETC 시스템은 두 개의 RSE를 사용하여 ETC 서비스를 위한 트랜잭션 처리를 분산 수용하도록 하였고, RSE와 OBE 간에 통신링크가 설정되는 DSRC L7 초기화절차를 이용하여 정보를 교환하게 함으로써 제한된 통신기간 동안에 ETC 이외의 ITS 서비스를 동시에 제공할 수 있다. 특히, 서명값 계산을 포함하는 스마트카드의 초기화절차를 통신영역 이전에 수행할 수 있는 방법을 제안함으로써 ETC 서비스 처리 시간을 단축할 수 있다.

ITS를 위한 단거리전용통신의 기술기준으로서 능동형 DSRC를 채택하고, 관련된 주파수를 배정한 정보통신부에서는 능동형 DSRC 기술에 대한 상용화 현황을 평가하기 위해 2002년 6월에 KT ETC 시스템에 대한 성능평가를 수행한 바 있다. 이 시험은 ETC에 대한 시범서비스를 수행하고 있는 한국도로공사의 NTCS(Non-stop Toll Collection System) 성능평가 기준에 근거하였으며, KT ETC 시스템은 각 항목별 기준을 통과함으로써, 능동형 DSRC를 이용한 ETC 사업 및 향후 국가 ITS망 구축을 위한 새로운 계기를 마련한 것으로 평가되고 있다. 특히, 한국도로공사에서 운용중인 고속도로가 국가교통기간망의 역할을 수행하고 있고, 연계한 주요 도시들에서의 ITS 서비스 전개현황은 능동형 DSRC를 이용한 ETC 시스템 구축이 향후 국가 ITS망 구축을 위한 중요한 계기가 될 것으로 전망된다.

(참 고 문 헌)

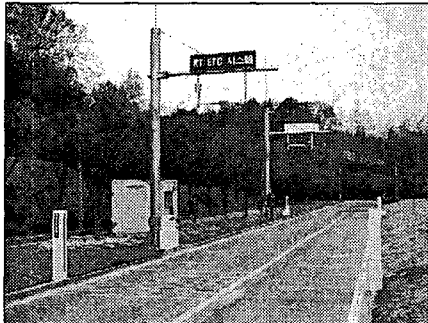


그림 14. KT ETC 시스템(1)

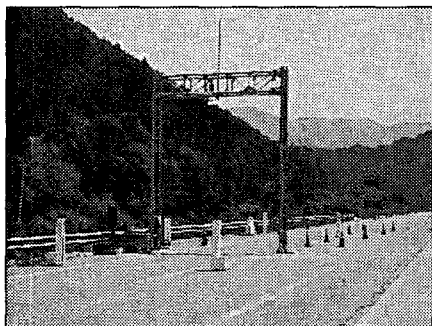


그림 15. KT ETC 시스템(2)

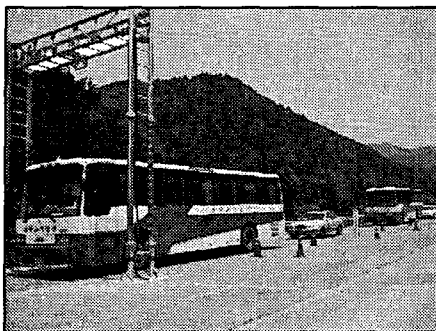


그림 16. ETC 성능시험(근접주행)

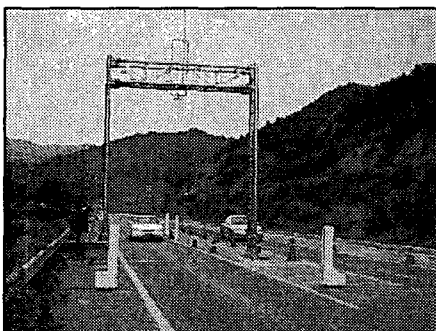


그림 17. ETC 성능시험(인접차선간섭)

- [1] 한국도로공사, "한국도로공사의 ETC 서비스 추진계획", TTA/ITS-Korea ITS정보통신기술표준화워크숍, 1999년 6월
- [2] Said Majdi, "Electronic Toll Collection paving the way for Automatic Vehicle Identification Application", ITS95 Proceedings Vol3, November 1995
- [3] ARIB Japan, "ETC Application Interface Specification(DSRC), ETC-A99230P", 1999
- [4] ISO/TC204, "Road Transport and Traffic Telematics(RTTT)-Electronic Fee Collection(EFC)-Application interface definition for dedicated short range communications, ISO/TR 14906", 1998
- [5] TTA, "DSRC를 이용한 자동요금징수 시스템의 응용 인터페이스 표준, TTAS.KO-06.0035", 2001년 12월
- [6] ISO/TC204, "Transport Information and Control System(TICS) Dedicated Short-Range Communication(DSRC) DSRC Application layer, ISO/CD 15628", 2001년 9월
- [7] ISO/TC204, "Transport Information and Control System(TICS)-Dedicated Short-Range Communication(DSRC) -DSRC RESOURCE MANAGER Ver.0.1", 2001년 4월
- [8] TTA, "5.8 GHz 대역 노변기지국과 차량 단말기간 근거리전용 무선통신 표준, TTAS.KO-06.0025", 2001