

차세대 톨링 시스템의 최신 동향과 기술



이 태 훈
중앙대학교



도 재 환
중앙대학교



남 호 석
티스마트



김 태 원
상지영성대학교

I. 서론

톨게이트 요금소의 지정체 해소를 위해 2000년 도입된 하이패스는 2007년 전국 고속도로로 확대된 후 이용률이 꾸준히 늘고 있다. 그러나 하이패스 차로에 설치된 차단기는 오히려 사고를 유발하고, 사고예방을 위한 속도제한은 비용만 발생시켰다. 따라서 차세대 톨링 시스템의 요구하는 조건은 기존의 폐쇄식 단차로 기반이 아닌 무정차 다차로 기반의 영업시스템으로 옮겨가고 있으며 기존 방식에서 발생하는 정체 및 온실가스 배출에 따른 비용을 최소화 할 수 있을 것이라 기대되어지고 있다.

현재 많은 국가에서 다차로 톨링 시스템을 적용 및 연구 중에 있으며 국내에서는 2009년부터 다차로 기반의 무정차 영업 시스템 “스마트 톨링시스템”이 개발 중에 있다. 통신 방식 역시 기존 통신 기술인 DSRC 통신 기반에서 차세대 ITS 통신 기술로 유력시 되는 WAVE 통신 기반 요금 징수 시스템을 개발 중에 있다. 또한 독일의 트럭 톨링과 같이 이동통신을 이용한 톨링 기술도 연구 중에 있으며, 추후에는 스마트폰을 이용한 톨링까지도 그 응용 분야가 확대되어져 가고 있다. 본 연구에서는 국내 및 해외 톨링 기술의 연구 동향과 차세대 톨링 통신 기술에 대해서 소개하고자 한다.

II. 국내 기술 동향

1. 차세대 하이패스 시스템의 필요성

1995년 12월 건설교통부(현 국토해양부)의 고속도로 기능 제고 회의에서 처음으로 도입된 하이패스 시스템은 2000년 6월 판교, 청계, 성남 등 3개소 6개 차로에서 시범 운영을 시작으로 단계적 구

축을 거쳐 2007년 12월, 전국 영업소에서 하이패스를 개통하였다.^[1] 특히 일본(13%→25%)과 비교하여 국내의 전국 확대시점 1년 후를 비교하였을 때(15%→33%), 이용률 증가는 하이패스의 보급 확대에 따른 우리나라 ITS 발전을 짐작할 수 있다. 한국도로공사의 보도 자료에 따르면 2010년 기준 하이패스의 이용고객이 400만 명을 돌파하였고, 이는 총 차량등록대수(1,740만대)의 약 23%에 해당하는 수치이며, 수도권은 이미 50%를 넘었다고 보도했다. 현 시점에서 하이패스 시스템은 ITS의 대표시스템으로서 인식되고 있다 해도 과언이 아니다.

그러나 하이패스 차로에 설치된 차단기는 오히려 사고를 유발하고, 사고 예방을 위한 속도제한은 비용만을 발생시키고 있다. 하이패스 차로의 속도 제한에 따른 사회경제적 비용을 분석한 결과 이용자가 직접 부담하는 차량 운행과 통행 시간 비용이 연간 863억원, CO₂ 발생량 1만 7천톤 등을 포함한 대기오염 비용 연간 32억원을 합해 수도권에서만 연간 895억 원이 발생하는 것으로 추정됐다.^[2] 또한, 하이패스에 설치된 차단기는 2006년 이후 요금미납 건수는 한해 평균 43%, 미납액은 79%씩 증가추세로 요금 미납 방지효과는 미약하고 하이패스 차로에서 발생한 교통사고는 점차적으로 감소 추세에 있으나 대부분의 교통사고가 차단기의 오작동이 원인이라는 지적이 나오고 있다. 따라서 해외와 같이 차로별 칸막이 없이 정상 주행 속도에서 요금을 징수하는 다차로 기반의 요금 징수 시스템 적용이 필요시 되고 있다.



〈그림 1〉 스마트 하이웨이 체험도로

2. 스마트 톨링의 시스템 구성

위에서 열거한 기존 하이패스의 문제점을 개선하고 차세대 톨링 시스템의 적용을 위해 한국 도로공사는 스마트 하이웨이 연구개발사업(2008년 착수)의 일환으로 다차로기반 “스마트 톨링 시스템”을 개발 중에 있다.^[3]

스마트 톨링은 무정차, 다차로 기반의 고속 주행 환경에서 자동 요금 지불이 가능한 톨링 체계로서 통합 정산 시스템과 통신시스템, 차종분류시스템, 통합 차로 시스템, 통합 운영 관리 시스템으로 분류 할 수 있다. 통합 정산 시스템은 스마트 톨링 전용 단말기뿐만이 아닌 기존 하이패스 단말기 장착 차량과 단말기 미장착 차량, 특수 차량 등에 대한 다양한 요금 수납 기술을 지원하는 요금 정산 시스템으로 고속 환경 유지를 위한 스마트 톨링 기반의 통합 정산 시스템이다. 또한 스마트 톨링에서는 고속 주행 차량을 대상으로 다차로 기반 Free-Flow 상태에서 통과하는 모든 차량들에 대해 요금을 징수하고, 24시간 무중단-실시간 서비스가 가능하도록 톨링 시스템을 통합 운영관리하기 위한 통신 시스템을 필요로 한다.

차종 분류 시스템은 다차로 고속 주행 기반에서의 차종 분류를 가능하게 해주는 시스템으로써 처리 영역 내 차량의 번호판 촬영을 위한 트리거 신호 및 차종 정보를 출력하고 차종 분류는 기존 하이패스 시스템(접촉식)의 6종 분류 체계와 호환 가능한 비접촉 방식을 적용한 시스템이다. 통합 차로 시스템 역시 다차로 기반 환경 통신 및 차량 매칭을 지원하며 다른 시스템과의



〈그림 2〉 스마트톨링 통합운영관리시스템 정의

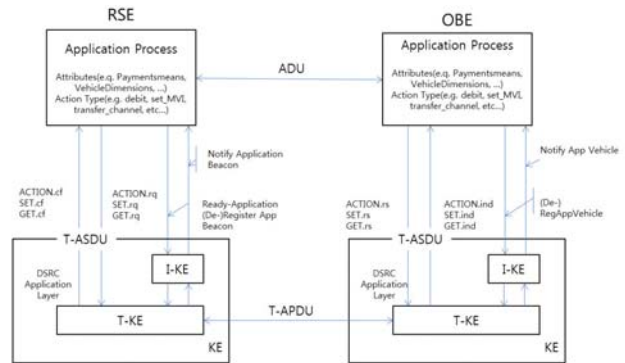
인터페이스 호환을 준용하는 시스템이다.

통합 운영 관리시스템은 요금 수납 처리와 관련된 제반 시스템을 통칭하는 것으로 통합 요금 수납 시스템, 원격 모니터링 시스템, 고객관리 시스템, 위반 차량 인식 시스템, 영상 정보 백업 시스템 등의 부 시스템으로 나눌 수 있다. 그 중에 통합 수납관리 시스템은 통합 운영 관리 시스템의 핵심적인 부분으로써 현장의 통합 차로 시스템으로부터 수집된 통행 요금을 자동 처리 및 관리하는 시스템으로 통행 요금은 물론 교통량, 요금 수납 업무와 관련된 제반 업무를 처리하는 시스템이다. 나머지 시스템 중 위반 차량 인식 시스템은 통행료를 납부하지 않고 도주하는 차량, 단말기 미장착 차량 등 위반 차량 번호판을 인식하는 시스템으로 영상 검지기에서 촬영된 이미지 정보를 처리하게 된다.^[4]

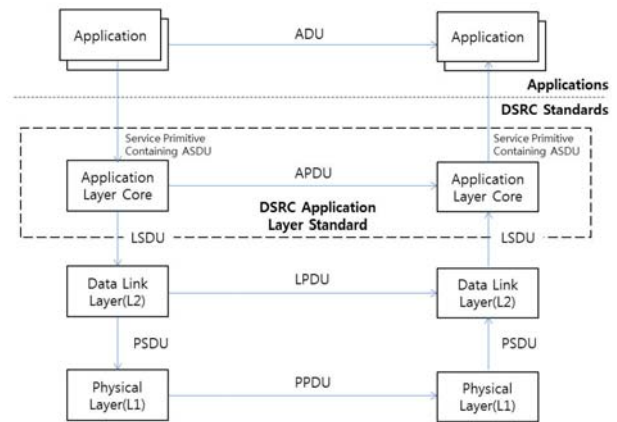
스마트 톨링 시스템은 차종 분류 장치가 차량의 진입을 감지하고 트리거 신호를 영상 검지기에 전송하고 차종 분류 정보를 차로 제어기에 넘겨주게 되면서 일련의 과정이 시작된다. 차로 제어기는 차종 정보와 영상 검지기에서 보내준 영상 정보, 그리고 DSRC 안테나를 통해서 사용자의 단말기에서 전송되어진 과금에 관련된 정보를 매칭하여 위반 판별을 하게 된다. 동시에 정상 사용자에게 대한 과금을 수행하며 일련의 영상정보, 차종 정보, 과금 정보 등은 통합 수납 관리 시스템으로 전송되어져 과금 되어진 요금에 대한 처리 및 위반 차량의 정보를 저장하게 된다. 위반 차량 정보는 추후 우편이나 이메일 등을 통해 도로 공사가 해당 요금을 청구할 때 이용되어진다.

3. 자동 요금 징수 시스템 응용 인터페이스

현재 하이패스와 같이 DSRC 기술을 기반으로 하여 노변 장치와 차량 단말기 사이에서 교통 정보 및 요금을 주고받는 시스템은 RF 방식이나 적외선 방식 등의 무선 매체의 차이와는 상관없이 적용 될 수 있는 일괄적인 정보 형식 및 인터페이스 표준이 필요하다. 따라서, ISO 14906에서는 자동 요금 징수 시스템(ETCS)의 무선 응용 인터페이스 및 정보 형식에 대해서 정의하고 있다. 여기서 무선 통신 응용 인터페이스는



〈그림 3〉 DSRC 통신과 그 상위에 있는 ETCS 응용 프로세스 관계



〈그림 4〉 어플리케이션 계층 코어의 컨텍스트 및 구조

ETCS 응용 프로세스와 DSRC 응용 계층의 인터페이스를 의미하며 ETCS 속성, ETCS 속성과 하드웨어 구성 부품에 대한 주소 지정 결과, ETCS 어플리케이션 기능 등과 같은 항목에 대해 정의하고 있다.

응용 인터페이스에서 DSRC 응용 계층(7계층) 서비스 프리미티브를 이용하여 DSRC 서비스가 응용 프로세스에 제공되고 있으며 응용 계층의 전송 커널 요소(T-KE)는 응용 과정에서 정보 검색을 위한 GET, 정보 수정을 위한 SET, 동작 수행을 위한 ACTION 등의 서비스를 제공하고 있다.

Ⅲ. 해외 기술 동향

1. 미국

미국의 약 20여 개주 이상에서 자동 요금 지불 시스

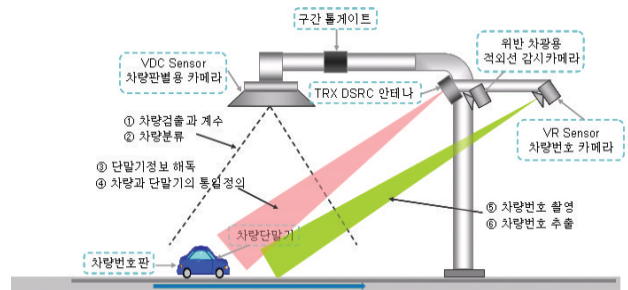
〈표 1〉 미국 자동요금 지불 시스템의 종류

<p>E-Z Pass</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 뉴욕, 1991년 시작 • 일부지역 무정차 다차로 운영 • 주차장 등 사용 범위 확대 • 타 지역의 시스템 보다 높은 호환성 확보 • 출퇴근 시 60~70% 차량 이용 • 미국 ETC의 75% 이상 점유
<p>Sun Pass</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 마이애미, 1999년 시작 • 영업소의 일부 차로, 혼합 운영 • IC 카드 미전환, 신용카드 이용 • E-Z Pass 호환 가능
<p>FASTRAK</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 캘리포니아 주, 1998년 다차로 ETC 운영 시작 • 영업소 일부 차로, 혼합 운영 • 통과 권장 속도 40Km/h • 첨두시간 통과 차량의 28% 이용

템을 구축하여 운영 중에 있으며, 지역별로 자동 요금 지불 시스템 운영 시 각각 독자적인 요금체제와 할인 시책을 사용하고 있는데 사업 형태로는 독자적으로 운영하고 있는 공사, 민간 기업에 외부 위탁을 하는 공사, 지주로서 사업에 참가하는 형태 등 여러 가지가 있다. 이 중, E-Z Pass는 미국 뉴욕 주에서 1993년 서비스를 시작하여 현재 11개 주의 22개 기관이 컨소시엄(IAG : Inter Agency Group)을 구성하여 운영 중인 미국의 대표적인 자동 요금 지불 시스템이다. 최근 확대되고 있는 Express E-Z Pass는 Open-road tolls^[5] 시스템으로 기존의 E-Z Pass와 달리 운전자가 요금을 지불하기 위해 감속하지 않고 주행속도를 그대로 유지하면서 통행료를 지불 할 수 있는 형태로 구현되었다. 또, 캘리포니아 주에서는 1988년 FASTRAK이라는 다차로 형태의 자동 요금 징수 시스템을 운영하기 시작했다.

2. 호주

호주에서는 멜버른 주변 교통 흐름을 관리, 촉진 목적으로 건설한 시티링크에서 1999년 5월, 처음으로 다차선식 자동요금 징수 시스템을 운영했다. 호주의 자동요금 징수 시스템은 노변 장치 시스템과 요금 부과를 위한 DSRC 안테나, 그리고 차종 판별을 위한 기기와 위반 차량의 감시 촬영용 기기 등을 설치한 시스템으로 구성되며 5.8GHz 수동 RF, 다차로 Free-Flow 형태로써 계좌이체 방식으로 요금을 징수 된다.^[6]



〈그림 5〉 호주 시티링크 시스템 구성

3. 캐나다

캐나다 토론토 시는 1997년 9월, 407 고속도로에 다중차선의 자동요금 징수 시스템 운영을 시작했다.^[7] 캐나다 자동요금 징수 시스템의 노변장치 시스템은 위반 차량을 감시하는 촬영용 기기, 요금 부과를 위한 DSRC 안테나 그리고 차종 판별을 위한 기기, 이렇게 세 가지로 구성된다. 요금 부과를 위한 처리 절차는 차량 검출, 단말기 정보 인식, 차량 분류, 요금 부과 처리, 위반 차량 번호 비디오 녹화(위반시)의 순서로 이루어지며, 915MHz의 수동 RF, ETCS 전용으로 운영되며 5톤 이상 차량의 단말기 설치를 의무화하고 있다.^[8]

4. 싱가포르

싱가포르에는 1998년 4월, 다차선식 전자 통행료 징수시스템을 도입하였다.^[9] 노변 장치의 구성은 스마트카드의 인증 및 요금 부과를 위한 통신 기기와 위반 차량의 감시 촬영용 장비를 설치한 갠트리 그리고 차량 분류와 위반행위의 감시, 확인을 위한 DSRC 안테나와 차량 위치 검출을 위한 기기를 설치한 갠트리로 구성된다. 싱가포르의 시스템은 2.54GHz의 수동 RF를 ETCS 전용으로 운영하고 있으며 도심 지역과 주요 고속도로의 지정체 해소를 위한 수단으로 사용하고 있다. 평균 속도에 따른 요금을 탄력적으로 적용하며 혼잡시에는 요금을 인상하고 평균 속도가 30km/h 이상 시에는 요금을 인하한다는 특징이 있다.

IV. 차세대 트링 기술

1. WAVE의 적용

WAVE는 Wireless Access in Vehicle Environments의 약어로, ITS 서비스와 차량 안전 지원 서비스를 제공하기 위한 IEEE 표준으로 고속으로 이동하는 차량 환경에서 차량 간 메시지를 주고받거나 차량과 노변 기지국 간 메시지를 주고받을 수 있는 통신 기술이다. WAVE 통신 표준은 5.9Hz 전용 주파수 대역을 사용하며, IEEE 802.11p와 IEEE 1609.x 규격으로 구성되어^{[10],[11]} 이 중 IEEE 802.11p는 무선 전송을 위한 물리 계층과 MAC 계층에 대한 내용을 포함하고 있고 IEEE 1609.x는 IEEE 802.11P 위에 탑재되는 상위 멀티채널 계층, 네트워킹 계층, 인증 보안 계층, 응용 서비스 계층을 포함한다. WAVE는 현재 트링 서비스에 대부분 적용되고 있는 DSRC 통신과 비교하여

몇 가지의 장점을 가지고 있다. 우선 5.9Hz 전용 대역에서 WAVE는 최대 1Km까지 통신이 가능하여 DSRC 보다는 통달 거리가 확장되어 통달 거리에 따른 서비스 수용성이 크다는 장점이 있으며 데이터 전송 속도가 최대 27Mbps를 지원하며 고속 이동환경에서는 10Mbps 전송이 가능하므로 DSRC 기술 대비 전송 용량이 10배 정도 우수하다는 점이다. 또한 DSRC와 달리 차량 노변 기지국 통신뿐만 아니라 차량 간 통신을 제공하며 패킷의 응답시간이

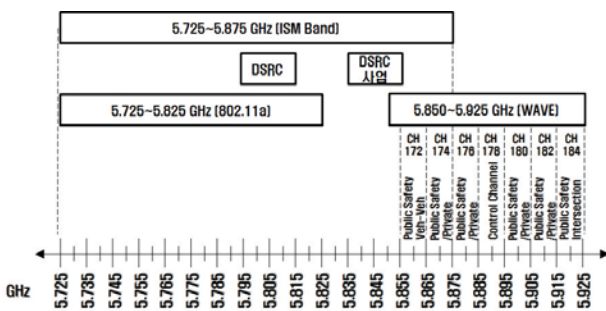
100msec 이내로 짧기 때문에 차량 안전 서비스에 적용 할 수 있다.

WAVE의 PHY는 IEEE 802.11 PHY로부터 최소한의 변경만을 전제로 하고 있으며 그 중 DSRC와 유사한 5GHz 대역에서 동작하는 IEEE 802.11a PHY를 기준으로 하고 있다. 기존 IEEE 802.11a와의 차이점은 주로 사용하는 OFDM을 사용하지만 고속으로 이동하는 환경에 적합하도록 도플러 전이로 인한 부반송파 간의 간섭을 완화하기 위해 기존 IEEE 802.11a에서 주로 사용하는 20MHz 보다 작은 10MHz 대역폭 채널을 사용하고 있다.

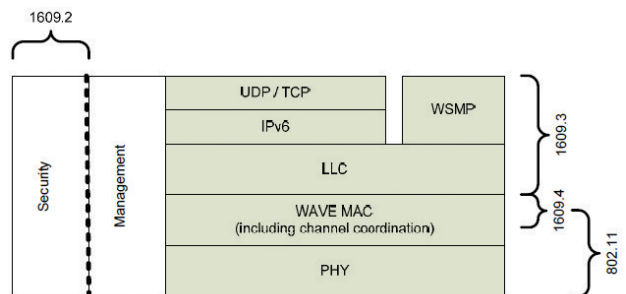
WAVE 프로토콜 스택은 위에서 언급한 대로 IEEE 802.11p의 PHY, MAC과 IEEE 1609.x 로 구성되어 있는데, IEEE 1609는 각각 4개의 항목으로 나뉜다. IEEE 1609.1은 어플리케이션과 이 어플리케이션이 주어진 자원을 효율적으로 사용할 수 있도록 자원을 관하는 RM(Resource Management)에 관하여 정의하고 있다. IEEE 1609.2는 WAVE 표준이 BSS 가입과정의 간략화를 위해 Association과 Authentication

〈표 2〉 WAVE와 DSRC 규격 비교

구분	WAVE	DSRC
주파수	5,850~5,925GHz	5,795~5,815GHz
출력	700mW(최대 28dBm)	최대 100mW
통달거리	최대 1Km	최대 100m
대역폭	10MHz	10MHz
데이터 속도	3, 4.5, 6, 9, 12, 18, 24, 27Mbps	1Mbps
통신 방식	V2V, V2I 지원	V2I 지원
접속 속도	100msec 내외	100msec 내외
서비스	차량 간 통신 인터넷 서비스 동영상 전송	단말 및 기지국 간 통신



〈그림 6〉 WAVE 및 IEEE 802.11a 주파수 할당



〈그림 7〉 WAVE 프로토콜 스택 구조

의 과정을 생략하고 있기 때문에, MAC 상위 계층에서 보안 서비스를 제공하는 표준을 정의하고 있다. IEEE 1609.3은 안전한 데이터 교환을 위한 네트워크 계층 및 전송 계층을 정의하고 있으며 긴급 데이터 전송 등을 위한 WSMP를 정의하고 있다. IEEE 1609.4는 7개의 채널로 이루어진 WAVE 환경에서 멀티채널 동작에 대해서 정의하고 있다.

국내에서는 ETRI에서 2007년부터 VMC(Vehicle Multi-hop Communication) 기술 개발을 착수하여 WAVE 표준을 수용하는 차량 단말과 기지국 시스템을 개발했다. 이 후, 2009년도 적합성 시험을 통과해서 스마트 하이웨이 통신 방식으로 채택되었으며 2010년 부산 ITS 세계대회에서는 부산 벡스코 주변 도심과 해운대와 온양 간 고속도로에서 WAVE 서비스를 시연했다. 그리고 KETI에서는 276Mbps까지 송수신이 가능하고 기지국을 통한 실시간 HD 동영상 수신, 이동 중 초고속 인터넷의 사용 및 양방향 멀티미디어 서비스가 가능한 IEEE 802.11p 전용 칩을 개발했다.

주파수 할당은 국내 주파수 사용 현황을 고려해야 하지만 5.85~5.925GHz 주파수 대역을 미국과 유럽이 모두 공통으로 사용하므로 국제적인 표준 호환성을 반영하는 것이 필요하다.^[12] 현재 방통위에서 WAVE 주파수 할당을 위해서 관련 논의를 진행 중이며 조만간 WAVE 주파수 할당이 이루어지면 스마트 하이웨이 사업에서 WAVE 통신 적용이 가속화 될 것으로 전망된다. 주파수 할당 문제뿐만 아니라 WAVE 기술 상용화 이후 국내 시장 및 해외 시장 진출을 위해서는 인프라 구축 및 단말기 보급, 인증 및 보안 체계 구축이 선

행적으로 해결되어야 할 것이다.^[13]

미국에서는 2010년부터 IntelliDrive 프로젝트에 WAVE 기술을 적용하여 차량 간(V2V), 차량과 도로 변 간 통신(V2I) 및 시스템 및 인프라를 구축하여 안정성, 이동성을 극대화하기 위한 새로운 서비스의 실현을 목적으로 추진 중 이다. 주요 추진 내용은 미국 RITA의 추진 하에 안전, 이동성, 환경의 세 가지 분야에 대한 연구를 수행하고 있으며 V2V, V2I 통신뿐만 아니라 운전환경의 요소들에 대한 연구, 실험을 진행 중에 있다. Arada Systems, Cohda Wireless 등의 업체들이 차량 안전 부분에서 연구 자격 제품 목록(rQPL : research qualified products list)에 선정되어 해당 연구를 진행하고 있으며, WAVE 연구 개발용 모뎀을 시판 중에 있다.

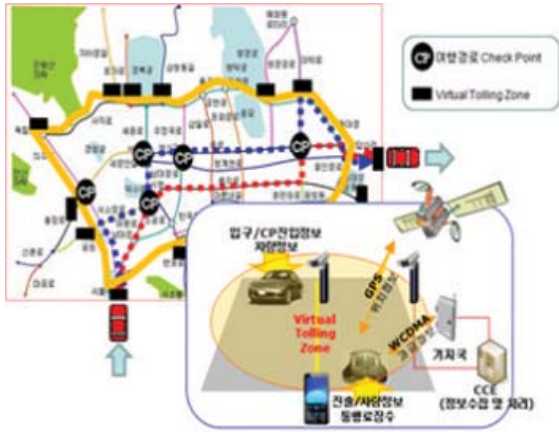
위에서 기술한 차량 안전에 적용뿐만이 아니라 현재 국내에서 다차로 요금 징수가 가능한 WAVE 통신 적용 시스템을 개발 중에 있다. 톨링에 대한 적용은 낮은 지연 시간을 요구하므로 차량 안전 메시지에 사용되는 WSMP(WAVE Short Message Protocol)를 사용하는 것이 검토되어지고 있으며 톨링 적용에 대한 WSMP 호환성 테스트가 진행 중에 있다. 국외에서도 WAVE를 톨링 기술에 실제 적용한 예는 없어 상용화가 성공된다면 국외 기술을 선도할 수 있는 유리한 위치를 선점할 수 있을 것이라 보인다.

2. 이동 통신 기술의 적용

스마트폰 사용자가 늘어나면서 모바일 커머스 규모가 확대되고, 게임, 음원 등 디지털 콘텐츠 거래 증가와 함께 오픈마켓, 온라인 쇼핑물, 도서, 티켓 등까지 가세하면서 실물거래 영역에서 휴대폰 결제 비중이 계속 확대되고 있다. 더불어 최근 스마트폰의 대중화, NFC 탑재 단말 증가, 사업자들의 신규 제휴 등으로 인해 본격적인 Mobile Payment 시장 형성이 기대되고 있다. 단순한 휴대폰 결제 시장의 확대뿐만이 아니라 스마트폰 및 태블릿 PC의 보급이 급속히 활성화 되면서 개인 이동 단말에서 텔레매틱스 서비스를 제공 받고자 하는 요구가 확산되고 있어 각종 통신 방식에 무관한 새로운



〈그림 8〉 Arada systems, Cohda wireless WAVE 모뎀



〈그림 6〉 톨링 영역의 설정에 따른 요금 징수 예시

개념의 다양한 요금 지불 수단 서비스 확대가 요구되어 지고 있다.

현재 톨링 서비스는 차량 통행에 대한 검지와 요금 과금이 해당 설정 된 톨링 존에서만 이루어지게 되는 지점 기반의 톨링으로 서비스되어지고 있다. 하지만 이후 톨링 서비스는 단순한 지점 기반의 톨링이 아닌 광범위한 지역을 하나의 큰 톨링 존으로 설정하고 그 영역 내부의 주행 거리에 따라 통행료를 부과한다거나 하는 영역 기반의 톨링 등으로 발전해 나갈 것이며 톨링 기술 또한 그러한 서비스의 요구에 따라 발전해 나갈 것이다. 현재 이동 통신의 발전은 위치에 관계없이 정보 전달의 자유성을 제공하고 있으며 GPS와 같은 위치 측위 시스템의 발전은 일반 소비자 기기에서도 어느 정도의 정확한 위치 측위 기술을 제공 할 수 있게 되었다. 따라서 이동 통신 기술 및 정확한 위치 측위 기술의 발전에 따라 해당 기술을 응용해 스마트폰을 이용한 톨링에 적용시키는 방안에 대한 기술 및 표준이 점차 주목 받고 있다. 현재 국내에서도 이런 스마트폰이나 이동 통신을 톨링에 적용 시키는 방안이 연구되어지고 있으며 그와 연동된 다양한 응용 서비스 창출에 대한 연구 또한 동시에 진행되어 지고 있다.[14]

이동 통신 기술을 적용한 단말기의 유형 또한 다양하게 분류 될 수 있으며, 독일의 트럭 톨링과 유사하게 위치 측위 보정을 위한 DSRC와 이동 통신 기술을 융합 시킨 형태의 단말 등이 그 예가 될 수 있을 것이다.



〈그림 10〉 이동 통신 기술 적용 단말기 유형

이러한 유형의 단말은 DSRC를 통해 인접 도로를 구분하거나 DGPS와 같은 위치 보정 정보 등을 수신하여 위치 측위의 정확도를 높여 이를 톨링에 응용하게 되는 형태이다. 또, DSRC 신호를 수신하는 소형 태그를 통해 위치 보정 정보를 수신하여 이를 블루투스 통신을 이용 GPS가 내장되고 와이브로나 3G, LTE 등 이동 데이터 통신을 지원하는 IT 단말기에 해당 정보를 전송해 위치 보정을 수행하고 기존의 카드 형태가 아닌 소프트웨어 적인 처리를 통해 과금을 수행하는 식의 응용도 가능할 것이다.

이동 통신을 이용한 톨링 서비스 상용화 시에는 혼잡 통행료 징수 등에 따른 교통 수요 관리 기능 및 주행 거리 합산을 통한 통행료 징수 등 여러 가지 형태의 요금 부과 방식으로 세분화 되어 도로 자원의 효율성 증대 및 차량 혼잡 억제, 도심지 지정체 억제를 통해 CO₂ 배출 감소 등의 효과 또한 볼 수 있을 것이라 기대되어지고 있다. 또한 위에서 언급한 다양한 응용 서비스 창출의 예로써 차량 이력 관리와 주행 거리 정보를 스마트폰과 연동 시켜 차량 정비 및 그린 마일리지 결제, 운행 일 수에 따른 보험료 차등 적용 등 무수한 응용 서비스의 파생이 가능하다.

다만, 위에서 언급 했듯이 이동 통신 기술을 톨링에 적용 시키고 다양한 서비스를 접목 시키려면 매우 정확한 위치 측위 기술이 필요한데 현재 국내에서 검토 중인 DGPS 정보의 DMB 채널을 통한 송신 서비스 등이 이뤄지게 되면 보다 정확한 위치 정보를 기반으로 이동 통신 기술의 톨링 적용 연구도 보다 가속화 되어질 것으로 보인다.



V. 향후 연구 및 결론

2007년 하이패스 서비스가 전국 영업소에서 개통된 후 이용자 숫자는 꾸준히 증가되어 왔으며 국내 ITS 기술의 대표 시스템으로 자리 잡게 되었다. 그러나 단차로 운영, 차단기 작동 등에 따라 발생하는 정체와 차량 및 인명 사고 등은 하이패스의 효율성을 떨어뜨리고 있다.

따라서, 그 효율성의 개선을 위해 국내에서 다차로 무정차 기반의 스마트 톨링 개발이 진행 중에 있으며 해외에서도 이러한 다차로 기반의 톨링 서비스를 제공하고 있다. 더불어 최근 무선 통신 기술의 고품질화 및 다양화는 선진국을 중심으로 ITS 영역으로 확대되고 있으며 현재 사용되고 있는 DSRC 기술에서 WAVE 및 이동 통신을 활용한 톨링 서비스로 진화해 나갈 것이다. 현재 스마트 톨링에 적용된 DSRC 통신도 추후에는 WAVE가 확대 적용될 것이며 이후 WAVE 기술 상용화 및 기술 개발의 고도화에 따라 ITS 텔레매틱스 기술에서의 통신 기술은 WAVE 통신으로 수렴되어질 것이라 보이며 차량 내부의 WAVE 단말기가 안전 및 톨링을 포함한 각종 서비스를 제공하게 될 것이다. 따라서 이에 따른 관련 표준의 확립 및 주파수 할당의 문제가 조속히 해결돼야 할 것이다.

이동 통신 기술 발전 및 스마트 폰 보급 가속화에 따라 이동 통신 기술을 톨링을 적용하기 위해 정확한 위치 측위 기술 및 이와 연동된 여러 응용 서비스에 대한 연구 또한 보다 증대되어야 할 것이다. 또한, 기존 전용 단말기 등에서 발생하지 않았던 여러 사용자 탑승시의 중복 과금 방지 및 사용자 인증, 보안 문제에 대한 연구가 필요하다.

미래의 톨링 서비스는 지금과 같이 하나만의 무선 통신 기술을 포함하는 것이 아닌 무선 통신 기술에 발전에 따라 다양한 무선 통신 기술을 적용하여 사용자 환경 및 그 응용 서비스에 맞게 다양화 되어지는 방향으로 발전할 것이다. 이에 따라 통신 인프라 구축에 있어서 기존의 DSRC 통신을 수용하고 새로운 WAVE 통신 및 이동 통신 기술을 수용할 수 있는 무선 통합 기지국 설치와 운영 역시 필요할 것이다.

참고 문헌

- [1] 하이패스의 시장 기술 보고서, 중소기업진흥공단, 2009. 10
- [2] 지차체 유료도로 하이패스 시스템 문제점과 개선 방안, 경기개발연구원, 2012. 7.
- [3] SMART Highway 상세기획보고서, 스마트하이웨이 사업단 핵심2과제 상세기획위원회, 2008. 5.
- [4] 박상욱 외, 차세대 ITS 패러다임 스마트톨링시스템, 한국도로교통사보, 2012.
- [5] E-470 Historical Fact File, E-470 Public Highway Authority, 2011. 9.
- [6] <http://www.govia.com.au/via/home/>
- [7] <http://www.407etr.com/>
- [8] 연복모, 캐나다 고속도로의 차등요금 정책, 도로정책 Brief, 2011. 12.
- [9] <http://www.lta.gov.sg/content/ltaweb/en/roads-and-motoring/managing-traffic-and-congestion/electronic-road-pricing-erp.html>
- [10] IEEE 802.11p "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications", 2010.
- [11] IEEE 1609 "Family of Standards for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)", 2009.
- [12] 오현서, ITS/텔레매틱스 주파수 현황, 첨단ITS WAVE 통신 기술 워크숍, 2011. 3.
- [13] 이상우, 오현서, 스마트하이웨이 통신 기술, 한국통신학회지 (정보와 통신) 제27권 제11호, 2010. 10.
- [14] Any Media 기반 스마트 전자지불시스템 개발 기획보고서, 스마트하이웨이 사업단, 2011. 7.



이 태 훈

2007년 2월 중앙대학교 전자전기공학부 졸업
 2009년 2월 중앙대학교 전자전기공학부 석사
 2010년 9월~현재 중앙대학교 전자전기공학부 박사
 과정

〈관심분야〉
 Routing protocol for VANET, WAVE,
 GPS Positioning



김 태 원

1986년 2월 청주대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
 1990년 8월 중앙대학교 전자공학과 졸업 (공학박사)
 1997년 8월 중앙대학교 전자공학과 졸업 (공학박사)
 1991년 9월~현재 상지영서대학교 국방정보통신과
 교수
 2011년 7월~현재 상지영서대학교 산학협력처장/단장

〈관심분야〉
 마이크로웨이브, 안테나



도 재 환

2008년 2월 서울산업대학교 전자정보공학과 졸업
 2010년 2월 중앙대학교 전자전기공학부 석사
 2010년 3월~현재 중앙대학교 전자전기공학부 박사
 과정

〈관심분야〉
 Ad-hoc routing protocol, WAVE, Automotive
 Platform



남 호 석

1993년 2월 중앙대학교 전자공학과 졸업
 1995년 2월 중앙대학교 전자공학과 석사
 1995년 2월~2000년 국방과학연구소
 2008년 8월 중앙대학교 전자전기공학부 박사

〈관심분야〉
 ITS, WAVE, 모바일 컴퓨팅