

논문 2012-49TC-5-1

주파수 간섭으로 본 스마트 자동차 서비스를 위한 WAVE 주파수 분배 방안

(Frequency Allocation of WAVE for Smart Vehicle Services)

김 승 천*, 노 광 현**, 황 호 영***, 홍 정 완****

(Seungcheon Kim, Kwanghyun Rho, Hoyoung Hwang, and Jungwan Hong)

요 약

최근의 스마트 라이프를 추구하는 경향은 자동차 활용에도 영향을 미치게 되었다. 자동차의 안전성 향상에 대한 만족도가 부족한 상황에서 첨단 통신, 제어 및 센싱 기술을 활용하여 운전자 및 도로 이용자의 안전성, 운전효율성 및 편리성을 향상시키는 차세대 스마트 자동차 서비스 개발이 진행되고 있다. 이러한 스마트 자동차 서비스용 통신기술로 특화되어 개발되고 있는 기술이 바로 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment)이다. 이와 관련하여 해외 업체들은 차량간 통신 기술인 WAVE 관련 부품, 플랫폼, 플랫폼 및 안전 서비스를 개발하고 있다. 국내 ITS 업체들도 관련 기술 확보 및 제품 개발을 추진하고 있지만 국내에는 WAVE용 주파수가 할당되어 있지 않다. 본 연구에서는 국내 WAVE 주파수 할당 여부를 판단하기 위해 필요한 기초 자료인 ITS 관련 표준화 동향, 국내외 ITS용 주파수 할당 현황, 국내 WAVE 주파수 할당시 문제점 및 주파수 간섭과 관련한 실험 결과를 토대로 국내 현실에 적합한 정책적 방향을 제시한다.

Abstract

Recent trend of pursuing smart life began to affect the usage of vehicle in real life. The next generation of the smart vehicle services start to utilize telecommunication technology and sensing techniques for the advanced safety and efficient use of road for drivers, while there's still decency in satisfaction about vehicular safety upgrade. For this purpose, a new technology is devised as Wireless Access in Vehicular Environment(WAVE). Foreign industries now are developing technologies of key components, platform and services related to WAVE. Domestic industry just starts to develop the related technologies about WAVE, although the frequency for WAVE is not allocated. This paper introduces the status of technical standards for WAVE and the status of developing components of WAVE. And this paper also proposes the guidance of frequency allocating policy for WAVE through frequency interference experiments.

Keywords: 스마트 자동차 서비스, WAVE, 주파수 간섭.

I. 서 론

근래 들어서 스마트 폰의 등장과 더불어서 우리의 일

상은 많은 변화를 겪게 되었다. 이러한 변화의 중심에는 무선 통신 기술의 발전이 큰 몫을 하였는데, 이러한 변화가 자동차 서비스에도 불고 있다.^[1]

1990년도 초반부터 기존 교통 체계에 IT 기술을 접목한 지능형 교통시스템(ITS)이 도입되기 시작하였다. ITS가 확장되는 과정에서 이동통신기술의 발전과 ITS용 통신기술의 개발 등으로 이동 중에도 자동차에서 다양한 정보를 제공 받을 수 있는 텔레매틱스 서비스도 도입되기 시작하였다. 하지만 자동차 운전자, 탑승객 및 도로 이용자들의 안전성을 향상시키기 위한 서비스는 상대적으로 부족한 실정이다. 또한 자동차의 안전성 기

* 정회원, 한성대학교 정보통신공학과
(Hansung University)

** 정회원-교신저자, 한성대학교 산업경영공학과
(Hansung University)

*** 정회원, 한성대학교 멀티미디어공학과
(Hansung University)

**** 정회원, 한성대학교 산업경영공학과
(Hansung University)

※ 본 연구는 한성대학교 교내연구비 지원임.

접수일자: 2012년3월12일, 수정완료일: 2012년5월12일

술은 상대적으로 뒤쳐져 있는 상황이다. 이러한 ITS는 스마트 자동차 서비스로의 다음 진화를 진행중에 있다.

스마트 자동차 서비스는 최근 첨단 통신, 제어 및 센싱 기술을 활용하여 운전자 및 도로 이용자의 안전성, 운전효율성 및 편리성을 향상이 가능한 서비스로, 기본적으로 ITS와 텔레매틱스를 기반으로 하고 있다. 더불어 최근에는 차량간 무선 통신 기술인 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment)를 활용하는 서비스가 중점적으로 연구되고 있어서 향후 한 단계 나은 지능형 교통 서비스로 발전할 것으로 예상된다.

본 논문에서는 이러한 스마트 자동차 서비스와 관련된 기술 개발 현황을 살펴보고 무선 통신 기술인 WAVE의 국내 적용을 위한 주파수 분배와 관련한 정책적 방안에 대한 제안을 한다.

II. 본 론

1. WAVE 표준화 동향

차량 외부 통신관련 표준으로는 대표적으로 WAVE와 WAVE의 물리계층으로 정의된 IEEE 802.11p, 그리고 CALM (Continuous Access for Land Mobiles), DSRC가 있다. WAVE는 IEEE 802.11p 기반의 통신기술 개발을 통해, CALM은 셀룰러, 인공위성 등 이중 통신기술의 연계를 통해, 궁극적으로 지능형 교통시스템 및 차량용 통신환경 구축을 추구한다는 점에 있어서 두 기술은 그 맥락을 서로 같이한다고 할 수 있다.

WAVE는 고속으로 이동하는 차량 환경에서 안전 및 비안전 서비스를 제공하기 위한 차세대 ITS 통신 기술로 최대 이동속도 200Km/h, 최대 통신거리 1000m, 통

신 지연시간 100msec 이하를 만족하도록 연구개발 및 표준화가 추진되어 왔다. 그림 1에서 보이는 바와 같이 WAVE 표준화는 통신 계층별로 추진되어, IEEE 802.11p와 IEEE 1609 시리즈로 규격 개발이 진행되어 왔다. WAVE의 PHY/MAC 계층은 802.11 규격의 물리계층과 MAC 계층을 차량 통신 요구사항에 맞추어 보완한 것으로, 10MHz 대역에 맞춘 전송속도(최대 27Mbps)를 지원하고, Basic Service Set (BSS)영역 외에서도 통신이 가능하며 고속으로 이동하며 동적으로 통신 연결 및 해제가 이루어지므로 스캐닝 (scanning), 병합 (association), 인증 (authentication) 과 같은 가입 절차를 제외시켰다. IEEE 802.11p는 2004년부터 표준화가 추진되어 2010년에 802.11 amendment 6로 완료되었다.^[2~3]

WAVE 네트워킹 기능에 관한 규격인 IEEE 1609.3은 IPv6/UDP/TCP로 구성되는 IP 기반 프로토콜 스택을 지원하며, WSMP (WAVE Short Message Protocol) 라는 non-IP 프로토콜 스택 또한 정의한다. WAVE 서비스의 개시, 접속할 채널 할당 절차 및 WAVE 서비스 광고 등의 절차를 정의한다.

IEEE 1609.2는 WAVE 보안 관련 규격으로 암호화 메시지 형식 및 처리 방식 등을 정의함과 동시에 주요 어플리케이션 및 관리 메시지의 보안에 대해 다루고 있으나 차량에서 생성된 안전 메시지는 예외로 하며 현재 표준화 진행 중이다.

IEEE 1609.11은 WAVE 전자 지불 관련 규격으로 전자 지불을 위한 서비스 계층, 지불을 위한 프로파일, 인증 및 전자 지불과 관련된 데이터 교환 절차 등을 정의하며 현재 표준화 진행 중이다.

IEEE 1609.12는 WAVE 시스템에서의 식별자에 관한 규격으로 PSID (Provider Service Identifier), OID (Object identifier), Ethertype, IAB(Individual Address Block) 및 Management ID 등을 정의한다.

2. 스마트 자동차 관련 기술 개발 동향

WAVE 부품, 플랫폼 및 시스템 개발 동향부분에서는 전자부품연구원과 한국전자통신연구원에서 WAVE용 통신 모뎀 칩 개발 및 테스트 중에 있다.

전자부품연구원은 2008년말에 IEEE802.11p Draft 6.0 규격을 만족하는 IEEE802.11p 모뎀 SoC 칩을 개발하였으며, 이를 기반으로 단말 플랫폼과 기지국 플랫폼을 제작하여 테스트하였다. 2009년 8월부터 한국도로공사,

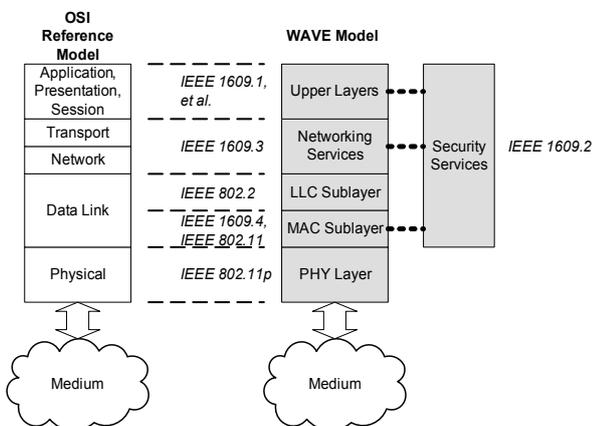


그림 1. WAVE 참조 모델과 OSI 참조 모델과의 관계
Fig. 1. WAVE Reference Model and OSI Model.

한국전자통신연구원, 서울통신기술(주), 현대자동차(주) 등과 함께 스마트하이웨이사업을 수행하여 사용자 중심의 스마트 통신 시스템을 개발, 구축하고 있다.^[4]

한국전자통신연구원은 2010년말에 IEEE802.11p PHY 규격과 호환, 최대 27Mbps의 동작 속도 지원, Latency가 적은 Multi-hop 지원, 시간 동기화 등을 위한 GPS 인터페이스 지원 및 외부 RF Transceiver를 위한 ADC, DAC를 지원하는 WAVE 통신 모뎀 칩을 개발하였다.

또한 국외의 후지쯔, UNEX, Denso등 자동차 및 통신 기기 관련 회사들은 이미 WAVE와 관련된 통신 모듈과 플랫폼 개발에 들어간 것으로 파악되어지고 있다.

3. WAVE관련 주파수 활용 현황

앞서서 살펴 보았듯이 WAVE는 이미 표준화에 있어서 기술적 완성도를 가지고 있는 상태이고 해외 및 국내에서는 이를 이용한 제품 개발에 착수한 시점이다.

따라서 이를 적극 활용하기 위해서는 현재 WAVE의 무선 주파수 활용이 가능해야 하지만 상황은 그렇지 못하다.

ITU-R 육상이동업무분야 작업반(WP5A)에서는 ITS 서비스를 위한 주파수 사용 권고 및 보고서를 개발하고 있고, 2005년 한국, 일본, 유럽 표준에 기반을 둔 5.8GHz 대역 차량간단거리통신(DSRC: Dedicated Short Range Communication) 권고인 M.1453-2를 제정하였다. 최근에는 기존 DSRC 기술의 통신 속도 및 범위를 개선시키고, 차량 충돌 방지 등 안전과 관련한 차량간 통신이 지원 가능한 기술을 Advanced-ITS (A-ITS) 무선통신이라 명명하여 보고서 작업을 추진 중이다. A-ITS 무선통신 보고서는 우리나라의 기고를

통해 개념 정의 및 기술특성, 요구사항이 보완되었고, 국내 ETRI에서 연구개발한 차량간 통신기술 사례와 차량간 통신 관련 TTA 단체표준 현황을 추가 반영하였다^[1]. ITU-R에서는 ITS 주파수 대역으로 ISM 대역인 5.725~5.875GHz 대역 사용을 권고하고 있다. 그림 2는 ITU-R과 국내외 ITS 무선통신용 주파수 현황을 나타낸다^[1].

유럽은 DSRC용으로 5.795~5.815GHz를 사용 중이며, 2006년에 차세대 ITS용으로 5.855~5.925GHz를 분배하였다. 이 중 5.855~5.875GHz는 안전과 관련이 없는 ITS용, 5.875~5.905GHz는 차량 안전용, 5.905~5.925GHz는 미래 ITS용이다.

미국은 DSRC용으로 902~928MHz 대역을 사용하고 있지만 기술 발전에 따른 다양한 차량용 서비스 요구를 수용할 수 없을 것으로 판단하여 ITU-R의 ITS용 주파수 권고에 따라 5.850~5.925GHz의 75MHz 대역을 WAVE 주파수로 할당하고, 2004년 형식 규정을 확정하였다.

일본은 ITS용 주파수로 5.770~5.850GHz를 사용 중이며, ETC나 주차장 출입 관리 등 DSRC 방식에 의한 노변과 차량 간의 통신 서비스로 이용되고 있다. 차량 안전용으로 유럽·미국과 다르게 700MHz 대역에 10MHz 대역폭 할당을 추진하고 있다. 기존의 아날로그 TV 방송이 디지털화 되면서 발생하는 여유 주파수 중 10MHz를 차량 안전용으로 도입할 예정이며, 특히 후방 충돌 경고와 교차로 충돌 방지용으로 사용할 계획이다.^[5~6]

우리나라는 DSRC용으로 5.795~5.815GHz가 분배되었고, 하이패스 서비스와 지자체의 첨단교통시스템을 위한 교통정보 수집 및 제공과 실시간 신호제어 시스템 운영 등에 사용되고 있다. 또한 사업용 DSRC 주파수로 5.835~5.855GHz가 분배되었으나 ITS 서비스의 수익모델이 불분명하여 통신사업자들이 동대역의 주파수 사용을 요구하지 않아 전용 인프라 구축, 단말기 보급과 서비스 측면에서 사업화 추진이 이루어지지 않고 있다. 이러한 상황에서 국내 관련 산업체에서 차세대 ITS 서비스 및 스마트 자동차 수출 등을 고려하여 WAVE용 주파수인 5.850~5.925GHz 할당을 요청하고 있으며, 방송통신위원회에서는 해당 주파수 할당 여부를 검토하기 시작하였다. 국내의 경우 해당 대역을 방송 중계용으로 사용하고 있어 이를 위한 정책적 마련이 필요한 시점이라고 할 수 있겠다.^[7~8]

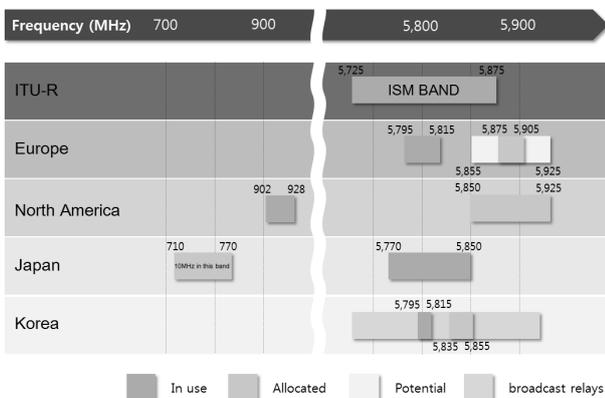


그림 2. 국내외 ITS 무선통신용 주파수 분배 현황
Fig. 2. Frequency Distribution Status for ITS.

III. 간섭 실험

WAVE를 위한 주파수 대역을 할당하기 위해서는 기본적으로 먼저 해당 대역을 활용하고 있는 방송 중계 장비와의 주파수 혼용시의 간섭의 정도를 파악할 필요가 있다.

1. 간섭 시뮬레이션 모델

간섭 실험은 주파수자원분석시스템(SMIS: Spectrum Management Intelligent System)를 기반으로 한 컴퓨터 시뮬레이션으로 진행되었으며 이때 사용된 장비의 규격은 아래 표에 나타난 바와 같이 현재 방송국에서 사용하는 스펙에 기준하였고 WAVE장비의 스펙 역시 현재 한국전자통신연구원에서 개발되어서 시험 사용되고 있는 장비를 기준으로 하였다.

시뮬레이션을 위해서 지역은 비교적 완만한 대전 식장상과 서울 남산 지역을 선정하여 식장산 송신소와 중부 고속도로상에서 WAVE 장비와의 동신 운용을 가정하였다. 이때 방송 중계와 WAVE 장비는 5.87GHz를 동시에 사용하고 방송 송신장치와 WAVE 장치간 거리는 50m이고, 방송 수신국과 WAVE 장치간 거리는 0.5~

표 1. 방송중계장치와 WAVE 장치의 시뮬레이션 규격

Table 1. Simulation Specification.

구분	방송중계 차량	방송중계 수신	WAVE 기지국	WAVE 단말
출력	37 dBm	-	23 dBm	23 dBm
채널 대역폭	25 MHz	-	10 MHz	10 MHz
안테나 형태	파라볼라	파라볼라	다이폴	다이폴
안테나 이득	23.6 dBi	22 dBi	8 dBi	8 dBi
편파	수평	수평	수평	수평

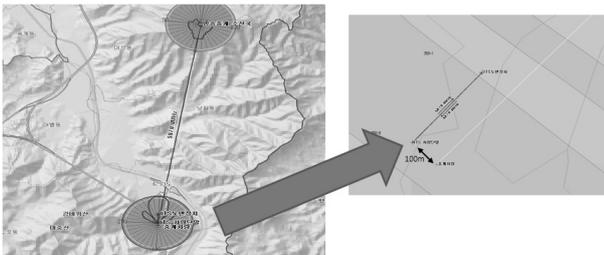


그림 3. WAVE 장치와 방송중계 장치간 간섭 시나리오 모델

Fig. 3. Interference Scenario Model.

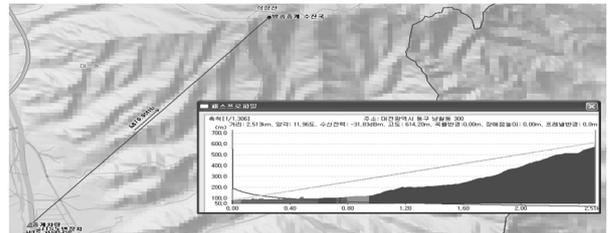
6km 구간으로 설정하였다. 시뮬레이션시 가시거리와 비가시거리에서 방송 중계 링크와 WAVE 장비 방사패턴을 일치하여 분석하였고 간섭 기준은 ITU 권고에 따라 I/N=-6 dB로 설정하였다.

2. 간섭 시뮬레이션 결과 분석

간섭 시뮬레이션은 방송중계기와 WAVE사용 ITS차량과의 거리를 다르게 변화시키면서 진행되었다. 기본적으로 6가지의 시나리오를 가지고 진행되었는데, 거리를 2.5Km에서 500m씩 증가시키면서 실험이 진행되었다. 먼저 거리가 2.5Km인 경우에 나타난 간섭 시뮬레이션의 결과는 다음과 같다.

위의 결과를 보면 우선 거리가 비교적 먼 2.5Km인 경우 간섭국이 방송 중계링크일 경우 WAVE를 이용하는 차량과 노변 장치간의 통신은 모두 혼신이 발생하는 것으로 나타났다. 하지만 반대로 간섭국이 WAVE를 이용하는 ITS차량인 경우 방송 중계차량은 혼신이 발생하지 않는 것으로 나타났다.

전체 시뮬레이션 결과를 요약하면 다음의 표와 같이 나타난다.



간섭국	피간섭국	NKTB	간섭전력 (dBm/Hz)	보호비 (dB)	I/N	혼신여부
방송중계링크	노변->차량링크	-133.98	-126.4	-6	11.55	혼신
	차량->노변링크	-133.98	-140.73	-6	-2.77	혼신
노변->단말링크	방송중계링크	-130	-189.4	-6	-63.38	비혼신
	단말->노변링크	방송중계링크	-130	-178.19	-6	-52.17

그림 4. 간섭시뮬레이션 결과: 거리 2.5Km
Fig. 4. Simulation Result: Distance 2.5Km.

표 2. 간섭 시뮬레이션 요약

Table 2. Simulation Result Summary.

시나리오	거리 (km)	공간손실 (dB)	방송장치에 의한 WAVE 장치 간섭	WAVE장치에 방송장치 간섭
1	2.5	116	간섭 있음	간섭 없음
2	3.4	118.6	간섭 있음	간섭 없음
3	4.1	120	간섭 있음	간섭 없음
4	5.6	122.7	간섭 있음	간섭 없음
5	6.1	123.6 (비가시)	간섭 있음	간섭 없음
6	0.5	102.8	간섭 있음	간섭 없음

3. 주파수 공유 제도 개선 방안

기본적으로 간섭 시뮬레이션을 통해서 얻어진 결과를 종합해 보면, 방송중계차량으로부터 WAVE기반 통신에는 영향을 주지만 반대로는 영향이 없다고 볼 수 있겠다. 따라서 이에 따른 주파수 공유에 대한 방안이 마련되어질 수 있을 것으로 보인다. 또한 관련해서 여러 가지 함께 고민해야 할 일들이 있겠다.

- 실제 운용 조건을 고려한 주파수 공유 방안

WAVE 차량 단말과 기지국에서는 간섭의 영향을 줄이거나 간섭을 회피하는 기술개발 및 적용이 필요하다. 이를 위해서는 안테나의 주파수 간섭 회피를 위한 방안이나 데이터 전송시 주파수 간섭을 피해서 다른 채널을 활용하는 방법 같은 기술 개발이 필요할 것으로 판단되어진다.

- 장기적인 주파수 확보 방안

현재 DSRC 대역의 활성화를 위해 사업자용 주파수(5.835~5.855GHz, 20MHz) 재지정 및 미국과 유럽의 WAVE 주파수 대역(5.855~5.925GHz) 대역과의 연관성을 고려한 주파수 배정이 필요하다.

따라서 현재 방송중계차량이 사용하는 주파수 대역의 WAVE의 공유는 정책적으로는 부담스러운 상황일 수 있다. 기본적으로 이미 공공의 서비스 성격으로 방송국에서 사용하는 주파수 대역의 다른 서비스와의 공유는 특별한 방안이 마련되지 않는 한 기존 방송국의 반대를 넘어설 방안이 부족하다.

하지만 기존의 ITS 사업자용으로 활용되지 않고 있는 5.835~5.855GHz를 우선 활용하고 추가로 10~20MHz 주파수 대역을 지정하여 활용하는 방법은 기존 사용자의 반대를 최대한으로 줄이면서 새로운 서비스를 위한 주파수 분배 방안으로 볼 수 있겠다.

IV. 결 론

본 논문에서는 WAVE에 기반한 스마트 자동차 서비스 활용에 대해서 살펴보았다. 현재 WAVE를 기반으로 한 스마트 자동차 서비스는 이제 막 움트기 시작하는 새로운 산업 영역이라고 볼 수 있겠다. 하지만 이미 활용을 위한 준비의 단계는 지났다고 판단된다. 기술 표준이 완성단계에 있고 이를 위한 기술 개발이 거의 끝

나 있다. 또한 국내외에서 이를 활용한 시범서비스를 계획중이라는 얘기도 들린다. 따라서 국내에서도 이를 준비하고 대비하여야 할 것이다.

본 논문에서는 WAVE가 V2I, V2V 무선 통신에 활용되기 위한 주파수 활용에 대해서 검토하였다. WAVE에서 활용하고자 하는 5.85~5.925GHz 기존의 주파수 대역은 국내에서는 방송 중계 장비가 활용하고 있는데 이를 혼용해서 사용하기 위해서는 기존의 사용자에게 피해를 주면 안 된다. 간섭 시뮬레이션 결과 기본적으로 방송중계 장비에는 간섭을 일으키지 않으나 WAVE를 사용하는 ITS차량에는 간섭이 발생하는 것으로 나타났다. 결론적으로 주파수 대역의 WAVE 혼용은 어느 정도 가능할 것으로 판단된다. 다만, WAVE 통신시 간섭으로 인한 문제가 발생할 가능성이 있으므로 이를 해결하기 위한 통신 방법의 관련 연구가 필요하다.

끝으로 WAVE를 활용할 수 있는 무선 통신용 주파수 분배에서 스마트 자동차 서비스는 시작된다고 볼 수 있으므로 이를 위한 적절한 정책적 조치가 마련되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김승천, 노광현, “스마트 자동차 기술 동향”, 정보과학회지, 제 29권, 제9호, pp13~18, 2011.
- [2] 곽동용, 이소연, 윤현정, “V2X 네트워킹 기술 표준화 동향”, 표준기술동향, 2009.
- [3] 곽수진, 이상선, “V2X통신기술 및 프로젝트 동향”, 한국자동차공학회, 2011.
- [4] 민재홍, 이현우, 김재영, “자동차용 임베디드 소프트웨어 기술 동향”, 전자통신동향분석, 제26권, 제2호, pp.137-147, 2011.
- [5] 전황수, 허필선 “국내외 자동차-IT 융합 추진동향”, 전자통신동향분석 제24권 제2호, 2009
- [6] 김태한, 장재혁, 성기훈, “Smart Korea와 Smart Life를 위한 전파자원 이용정책 동향”, 전자통신동향분석, 제26권, 제2호, pp.1-13, 2011.
- [7] 최광주, 김대혁, 윤동원, 박상규 “DSRC시스템기반의 긴급차량을위한교통관리시스템”, 전자공학회논문지제 43권, 제09호, 2006.
- [8] 최광주, 최경원, 조경국, 윤동원, 박상규 “DSRC시스템에서릴레이프로토콜”, 2006.9, 전자공학회논문지, 제 43권, 제09호, 2006.

저 자 소 개



김 승 천(정회원)
 1994년 연세대학교 전자공학과
 공학사.
 1996년 연세대학교 전자공학과
 공학석사.
 1999년 연세대학교 전기컴퓨터
 공학과 공학박사.

2000년 Univ. of Sydney, Post Doc.
 2001년~2003년 LG전자 DTV 연구소 선임연구원
 2003년~현재 한성대학교 정보통신공학과 부교
 수.
 <주관심분야 : 차량통신기술, 통신망, 유비쿼터스
 센서네트워크 등>



노 광 현(정회원)
 1995년 고려대학교 산업공학과
 공학사
 1997년 고려대학교 산업공학과
 공학석사
 2001년 고려대학교 산업공학과
 공학박사

2002년 Ecole des Mines de Paris, Post-Doc.
 2003년~2006년 한국전자통신연구원 연구원
 2006년~2007년 한국항공우주연구원 선임연구원
 2007년~현재 한성대학교 산업경영공학과 부교수
 <주관심분야: 차세대이동통신, ITS, RFID/USN>



황 호 영(정회원)
 1993년 서울대학교 컴퓨터공학과
 공학사
 1995년 서울대학교 컴퓨터공학과
 공학석사
 2003년 서울대학교 전기컴퓨터
 공학부 공학박사

2003년~2007년 안양대학교 디지털미디어학부
 조교수
 2007년~현재 한성대학교 멀티미디어공학과
 부교수
 <주관심분야 : 정보통신, 무선 및 이동통신망, 센
 서네트워크, 멀티미디어시스템>



홍 정 완(정회원)
 1988년 서울대학교 산업공학과
 공학사
 1990년 서울대학교 산업공학과
 공학석사
 1994년 서울대학교 산업공학과
 공학박사

1994년~1996년 한국전자통신연구원(ETRI)
 기술경제연구부 선임연구원
 1996년~현재 한성대학교 산업경영공학과 교수
 <주관심분야 : 정보통신, e-비즈니스, 서비스 사
 이언스, 경제성분석 등>