

논문 2014-51-6-22

# 스마트 자동차 산업 발전을 위한 WAVE 통신용 주파수 분배에 대한 고찰

( A Study on The Frequency Allocation of WAVE for Smart Vehicle  
Industry )

김 승 천\*

( Seungcheon Kim<sup>©</sup> )

## 요 약

최근 자동차에 붙고 있는 스마트 바라는 더 이상 차량을 운송도구가 아닌 스마트 이동수단으로 만들어 놓았다. 스마트 자동차는 여러기술이 복합화되는 것이어야 하지만, 그중에서도 자동차의 통신 인프라로 자주 거론되는 것은 바로 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment)이다. 현재 국내의 현실은 WAVE를 활용하여 차량용 통신을 지원하기에는 어려운 상황이다. 가장 근본적인 이유는 주파수가 할당되어 있지 않기 때문인데, 본 논문에서는 WAVE관련 표준화 상황을 살펴보고 더불어 관련 전문가들의 설문에 근거하여 WAVE용 주파수의 할당이 어떤 식으로 이뤄져야 하는가에 대해서 살펴보도록 한다.

## Abstract

A recent trend of 'Smart Technology' has changed the simple and normal car into smart vehicle. Smart vehicle has a complex aspects of technologies and Wireless Access in Vehicular Environment (WAVE) is the technology that is mentioned for the communication infrastructure of Smart Vehicle. The current status about WAVE in Korea, however, is not good to be used in smart vehicular communication. The reason for that is that the frequency band for WAVE is not assigned or allocated in Korea. In this paper, we will explore the current status of technology standard for WAVE and investigate the way of frequency allocation for WAVE with the survey analysis from the smart vehicle industry.

**Keywords :** 차량통신, 스마트 자동차 서비스, WAVE.

## I. 서 론

최근의 무선통신의 발전은 우리 생활의 여러분야에서 변화를 일으키고 있다. 이러한 변화가 자동차에도 영향을 미치고 있는데, 대표적인 것이 전기차를 기반으로 한 스마트 자동차이다.<sup>[1~3]</sup>

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 서비스가 도입되기 시작하였다. 하지만 자동차 운전자, 탑승객 및 도로 이용자 등의 안전성을 향상시키기 위한 서비스는 상대적으로 부족한 실정이다. 또한 자동차의 안전성 기술은 상대적으로 뒤쳐져 있는 상황이다. 이러한 ITS는 스마트 자동차 서비스로의 다음 진화를 진행중에 있다.

스마트 자동차 서비스는 그림1에서 보이는 바와 같이 최근 첨단 통신, 제어 및 센싱 기술을 활용하여 운전

\* 정회원, 한성대학교 정보통신공학과  
(Hansung University)

© Corresponding Author(E-mail: kimsc@hansung.ac.kr)

※ 본 연구는 한성대학교 연구년 지원과제임  
접수일자: 2014년05월13일, 수정일자: 2014년05월18일  
수정완료: 2014년06월02일

자 및 도로 이용자의 안전성, 운전효율성 및 편리성을 향상이 가능한 차세대 자동차 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 한단계 나은 지능형 교통 서비스로 발전할 것으로 예상된다.

하지만 현재 국내의 스마트 자동차 서비스는 정책적 문제에 접해있다. 즉 WAVE통신을 위해서는 무선 주파수가 할당되어야 하는데, 이를 진행하기 어려운 실정인 것이다. 이에 본 논문에서는 이러한 스마트 자동차 서비스와 관련된 기술 개발 현황을 살펴보고 무선 통신 기술인 WAVE의 국내 적용을 위한 주파수 분배와 관련한 제안을 한다.

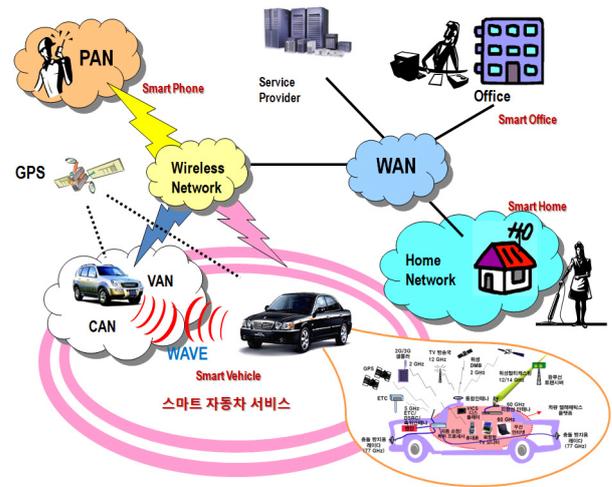


그림 1. 스마트자동차 서비스 개념도  
Fig. 1. The concept of Smart Vehicle Service.

## II. 본 론

### 1. WAVE 표준화 동향

차량용 통신관련 표준으로는 대표적으로 WAVE 와 WAVE의 물리계층으로 정의된 IEEE 802.11p, 그리고 CALM (Continuous Access for Land Mobiles), DSRC 가 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, 통신 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 물리 계층과 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 표준화

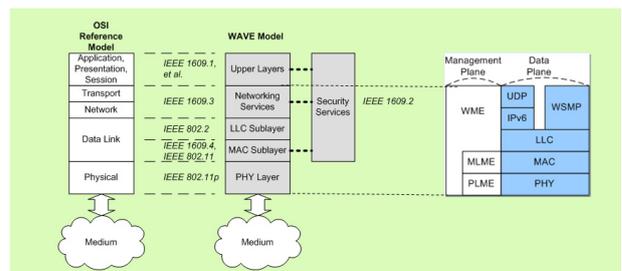


그림 2. WAVE 프로토콜 모델  
Fig. 2. WAVE Protocol Model.

가 추진되어 2010년에 802.11 amendment 6로 완료되었다.<sup>[2]-[4]</sup>

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. WAVE 통신 기술 개요

다시 말해서 WAVE는 고속으로 이동하는 차량 환경에서 안전 및 교통 서비스를 제공하기 위한 차세대 ITS 통신 기술로 최대 이동속도 200Km/h, 최대 통신거리 1000m, 통신 지연시간 100msec 이하를 만족하도록 설계된 통신 기술이다. 이를 다른 통신 기술들과 비교하면 다음과 같은 특성을 갖는 것을 볼 수 있다.

그림 3에서 보는 바와 같이 WAVE는 다른 무선통신 기술들에 비해서 이동성이 보장되는 상황에서 차량간통신(V2V)을 지원할 수 있는 기술임을 알 수 있다. 앞서 설명된 바와 같이 기존의 기술들이 V2I통신에서는 문제가 되지 않지만 차량간 통신에서 적절한 통신이 이뤄지기 어려운 점을 감안하였기 때문이다.

그림 4와 5에서 보는 바와 같이 WAVE는 이동성이 보장되는 상황에서 기존의 통신 기술인 WLAN, WiBro, DSRC에 비해서 적은 전송지연과 적은 빠른 전



그림 3. 서비스에 따른 무선기술비교  
Fig. 3. Comparison in terms of service.

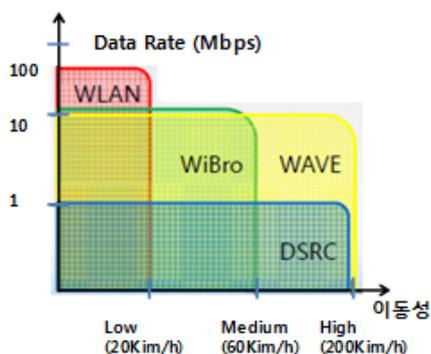


그림 4. 전송속도에 따른 무선기술비교  
Fig. 4. Comparison in terms of transmission rate.

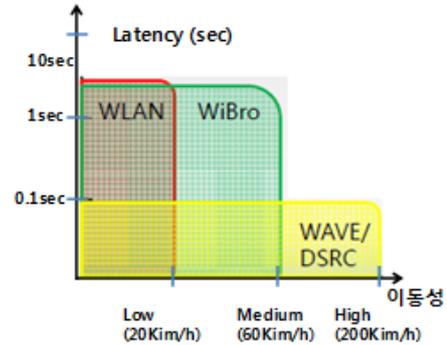


그림 5. 전송지연에 따른 무선기술비교  
Fig. 5. Comparison in terms of delay.

표 1. WAVE기반 서비스 분류  
Table 1. Categories of WAVE services.

구분	제공 서비스	효과
차량 안전 지원	V2V 돌발 경고, V2I 돌발 경고 교차로 보행자 경고, 신호 위반 경고 전자 교통 표지판, 주행로 이탈 경고 긴급 차량 우선 신호	교통사고 감소
이동성 지원	진출입 제어, 가변속도 제어 스마트 튜닝, 우회 도로 정보 제공	녹색 성장 기여
편리	교통 정보 수집 및 제공 CCTV 도로 정보 제공, 무료 Web 맞춤형 여행자 정보, 스마트 폰 연동 서비스 차량 진단 및 관리	사업화에 유리

송속도를 지원한다.

이러한 기술적 특징에 힘입어 WAVE는 스마트 자동차를 기반으로 한 안전 기반 서비스 및 기타 편의 서비스등에 적합할 것으로 기대된다. 관련한 서비스들은 아래의 표 1에 정리되어 있다.

## 3. WAVE관련 주파수 활용 현황

현재 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 제정

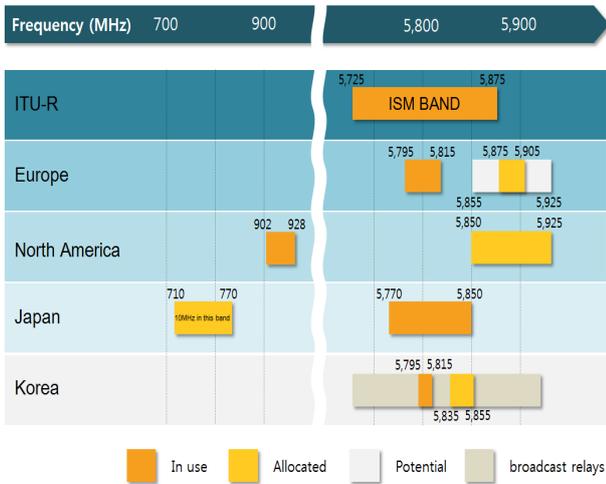


그림 6. 국내의 ITS 무선통신용 주파수 분배 현황  
Fig. 6. Frequency Distribution Status for ITS.

하였다. 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<sup>[1]</sup>. 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<sup>[1~2]</sup>.

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 추돌 경고와 교차로 충돌 방지용으로 사용할 계획이다.<sup>[5~7]</sup>

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.<sup>[1,8]</sup>

### III. 전문가 설문 조사 분석

다음으로는 WAVE 기반 응용 서비스에 대해 알아보기 위해서 수요조사를 실시하고 WAVE 관련 사업 계획과 WAVE 주파수 분배, WAVE 기반 서비스의 상용화 시기와 WAVE 기반 서비스 제공 및 제품개발 추진 시 애로사항 등에 대해 설문조사와 분석을 통해 살펴본다.

여기서는 설문자료를 분석하고 이를 근거로 주파수 분배가 어떻게 이뤄져야 산업발전에 도움이 되는지에 대해서 논의하도록 한다. 본 설문은 WAVE 관련 전문가들을 기업(19개 기업) 및 대학 및 연구소(27개소) 등에서 선발하여 이들을 대상으로 실시하였다.

그림 7은 기업들의 WAVE제품 개발에 대한 계획을 묻는 설문의 결과이다. 이 결과로 미뤄 볼 때 구체적으로 계획을 가지고 있는 기업은 25%, 대략적인 계획을 가진 기업들은 45% 있었다. 또한 고려중인 기업들도 25%나 있어서 전체적으로는 95%의 기업들이 WAVE에 대해서 관심이 있었으며 향후 관련 산업의 발전을 주도할 수 있으리라는 높은 관심도를 알 수 있었다.

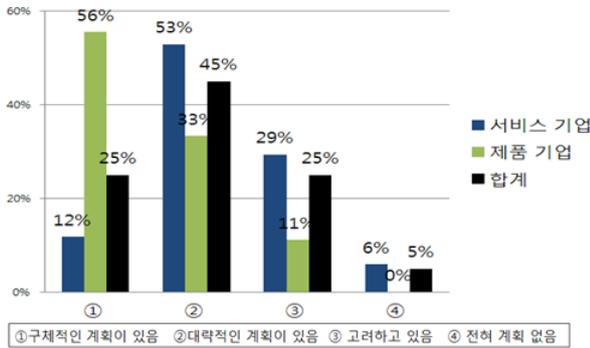


그림 7. WAVE 제품 및 서비스 개발 계획  
Fig. 7. Planning for WAVE products.

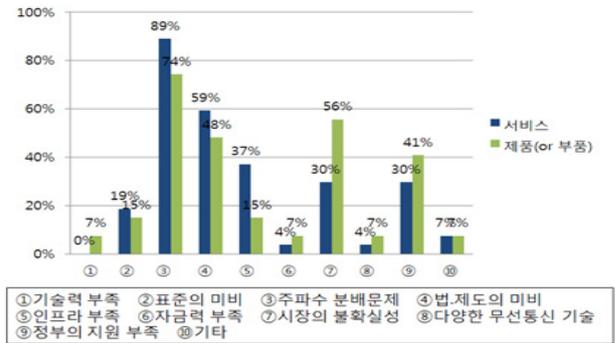


그림 10. 서비스 개발시 애로사항 설문조사 결과  
Fig. 10. Survey about difficulties in developing services.

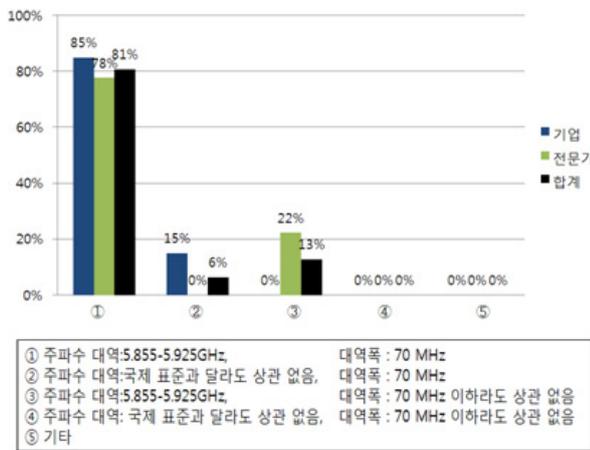


그림 8. 희망주파수 대역  
Fig. 8. Frequency band for WAVE.

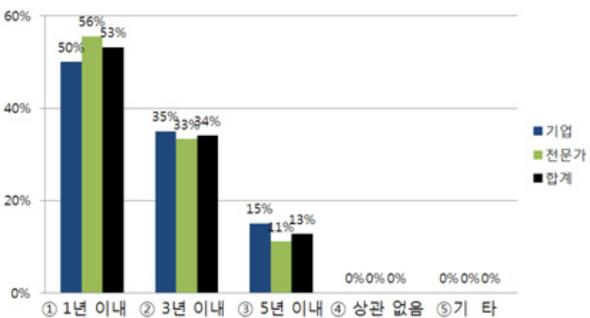


그림 9. 주파수 분배 희망 시기  
Fig. 9. Time for WAVE Frequency.

그림 8은 희망 주파수 대역에 대한 설문조사 결과를 나타낸다. 이를 보면 전문가와 기업체 모두 주파수의 할당을 유럽, 북미에서 사용하는 대역인 5.855~5.925GHz 와 대역폭 70GHz를 전체 응답한 전문가를 기준으로 81%가 선호하는 것을 알 수 있다. 하지만, 기업체는 주파수 대역은 달라도 대역폭은 준수하는 것을 선호하고 있고 전문가는 주파수 대역은 국제 표준을 준

수해야 하지만 대역폭은 상관없다고 응답한 비율이 꽤 있음을 알 수 있다.

그림 9는 WAVE용 주파수를 희망하는 시기에 대한 응답 결과이다. 일반적으로 기업은 평균 2.3년 이내 주파수 분배를 원했고, 전문가들은 평균 2.1년 이내 주파수 분배를 희망하고 있었다.

그림 10은 서비스 및 제품 관련 개발 추진시의 애로사항에 대한 설문 결과의 결과를 나타낸다.

결과를 종합해 보면 기업은 서비스 및 제품 개발 추진 시 애로사항으로 주파수 분배 문제를 60% 거론했고, 시장의 불확실성을 40%, 그리고 인프라 부족을 30% 지적하였다. 또한 전문가는 주파수 분배 문제를 70%, 시장의 불확실성을 0%, 그리고 법/제도의 미비성을 48% 지적하여 애로사항에 대한 태도를 함께 하였다. 즉 전문가와 기업들 모두 주파수 분배가 되지 않는 것이 현재 가장 큰 난관으로 생각하고 있었다.

이 외에도 많은 경우와 상황을 묻는 설문이 있었으며 이러한 정보들을 종합하여 볼 때, 아직까지 스마트 자동차 산업의 직접적인 시작은 이뤄지고 있지는 않은 것으로 판단된다. 하지만, 빠른 시일 내로 관련 산업에 영향을 줄 것으로 판단되어지고 이에 대해서 관련 산업 종사자 및 전문가들은 대비를 해야 한다고 밝히고 있음을 알 수 있다. 그중 가장 큰 문제는 WAVE용 주파수 할당이며 해당 주파수도 북미와 유럽에서 사용하고 있는 동일 5.855 ~ 5.925 GHz 대역을 사용하는 것이 좋다는 희망을 보이고 있다.

하지만 현재 국내의 해당 5.855 ~ 5.925 GHz 대역은 방송국의 이동 중계용으로 분배되어서 사용되고 있는 실정이다. 따라서 원활한 스마트 자동차 산업의 발전과 국제 시장에서의 우위 확보를 위해서는 서비스 활성화

를 위한 주파수 분배가 선행되어야 할 것으로 판단되어진다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 WAVE에 기반한 스마트 자동차 서비스 활용에 대해서 살펴보았다. WAVE를 기반으로 한 스마트 자동차 산업은 미래의 핵심 산업이 될 것이 자명하다. 전기차를 중심으로 점차 자동차는 ICT기기의 도움으로 스마트한 진화를 할 것이고 이를 가능토록 하기 위해서는 WAVE를 기반으로 한 통신 기술의 활용이 절대적이라고 할 수 있겠다.

현재 WAVE를 기반으로 한 스마트 자동차 서비스는 이제 막 옴트기 시작하는 새로운 산업 영역이라고 볼 수 있겠다. 하지만 이미 활용을 위한 준비의 단계는 지났다고 판단된다. 기술 표준이 완성단계에 있고 이를 위한 기술 개발이 거의 끝이 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. 하지만 스마트 자동차 산업의 발전과 육성을 위해서는 세계적으로 표준화 되어 있는 통신 기술의 기반이 되는 주파수 대역을 확보해 주는 것이 우선되어야 할 것으로 보인다. 기업과 전문가들의 설문 조사 결과에서 알 수 있듯이 현재 스마트 자동차 산업의 발전을 저해하는 가장 큰 요소는 WAVE 주파수 할당 분배의 지연이다. 향후 스마트 자동차 서비스 및 산업이 어떠한 통신 기술을 기반으로 발전할지 장담하기는 어렵지만 현재 가용 기술인 WAVE를 사용할 것이라는 것이 가장 일반적이다. 따라서 WAVE 주파수 분배는 선결되어야 할 과제임에 틀림없다.

기술적으로 WAVE통신이 소출력으로 기존의 면허 서비스와 더불어서 비면허 사용으로 활용되는 것도 방법이 될 수 있을 것이다. 하지만 이 경우는 주파수 간섭에 의한 혼선이 있을 수 있다는 문제가 대두된다. 따라서 정책 당국의 스마트 자동차 산업육성과 방송산업 보

호의 원칙을 해치지 않는 형태로의 해결책 마련이 중요할 것으로 판단되어진다.

#### REFERENCES

- [1] Seungcheon Kim, et al, "Frequency Allocation of WAVE for Smart Vehicle Services", Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers-CI, Vol.46, No. 5, 2012.
- [2] Seungcheon Kim, et al, "Technology Trend for Smart Car", Magazine of KIISE, Vol.29, No. 9, pp13~18, 2011.
- [3] Dongyong Kwak, et al, "V2X networking technology standards", TTA Journal, No.124, 2009.
- [4] Sujin Kwak, et al, "The trend of V2X Technology and Research Projects", Magazine of the KSAE, 2011.
- [5] Seungcheon Kim, "An Evaluation of the Performance of Wireless Network in Vehicle Communication Environment", Journal of KICS, Vol. 36, No. 10, 2011
- [6] Jaehong Min, et al, "Technology Trend of Embedded Software for Vehicle", Electronics and Telecommunication Trend, Vol. 26, No. 2, pp.137-147, 2011.
- [7] Hwangsoo Jeon, et al, "A Study on the Development Trends of Automobile-IT Convergence", Electronics and Telecommunication Trend, Vol.24, No. 2, 2009
- [8] Taehan Kim, et al, "Spectrum Utilization Policy for Smart Korea and Smart Life", Electronics and Telecommunication Trend, Vol. 26, No. 2, pp.1-13, 2011.

---

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  
부교수.

<주관심분야 : 차량통신기술, 통신망, 유비쿼터스 센서  
네트워크 등>