

공용도로에서의 통신방식에 대한 전파특성 분석 연구

A study on the Analysis of Radio Characteristics about Communication Mode in a Road

최 기도*

(Gi-Do Choi)

(Korea Maritime And Ocean University)

임 기택**

(Ki-Taek Lim)

(Korea Electronics Technology Institute)

조 형 래***

(Hyung-Rae Cho)

(Korea Maritime And Ocean University)

요 약

차량통신시스템은 차량/도로기술과 정보통신기술을 접목하여 다양한 안전 메시지를 전송하거나 지능형 교통시스템에 적용이 가능한 시스템이다. 최근 차량용 센서와 통신 기술의 발달로 길안내와 교통체중 알림 서비스뿐만 아니라 주변 차량의 주행 정보, 도로 상태정보, 차량 간 긴급 메시지 전달 등과 같은 다양한 ITS 서비스가 가능해졌다. 일반적으로 차량통신은 WAVE라고 알려져 있는 IEEE 802.11p/1609 표준을 채택하여 차량간 통신 및 차량-노변기지국간 통신에 이용된다. 본 논문에서는 WAVE 통신 표준에 대하여 설명하고 신호 특성을 소개하였다. 또한 V2X 통신을 위해 실제 구현된 노변 기지국(RSS), 차량통신 장치(OBE)의 소프트웨어 및 하드웨어의 특성을 분석하였다. 실제 WAVE 통신의 성능 평가를 위해 시험도로에서 시험차량의 통신장치의 수신 신호 세기 지수(RSS)를 측정하였다. 측정된 WAVE 통신 성능은 ITS 서비스에 충분히 가능성을 실제 시험을 통하여 입증하였다.

핵심어 : WAVE, V2X, IEEE802.11p, 수신 신호 세기, 차량통신

ABSTRACT

Vehicular communications is system which can be applied for transmission of various safety messages or Intelligent Transportation Systems(ITS) applications by combining vehicle/road technology with Information and Communication Technology(ICT). In recent years, a variety of ITS services are available such as driving information, road conditions, V2X messages as well as navigation and traffic jams notification. In general, vehicular communications can be used for vehicle-to-vehicle and vehicle-to-infrastructure communication by adopting IEEE802.11p/1609 standard which is commonly known as wireless access in vehicular environments. In this paper, WAVE communication standard based on the IEEE802.11p is explained and signal characteristics in WAVE communication is introduced. Also, The H/W and S/W characteristics in Road Side Station and On Board Equipment for the Vehicle to Everything communication are analyzed. Received Signal Strength which is power of receiving signal of communication equipment is measured in test road to estimate the real WAVE communication's performance. It is shown that the implemented WAVE communication technology is satisfactory to provide ITS services.

Key words : WAVE, V2X, IEEE802.11p, RSS, Vehicular Communications

† 본 연구는 국토교통부 교통물류연구사업(15TLRP-B101406-01)의 세부과제인 "자율협력주행을 위한 도로기반시설 고도화 기술 개발" 과제의 지원에 의해 수행되었습니다.

* 주저자 : 한국해양대학교 전파공학과 석사과정

** 공저자 : 전자부품연구원 센터장

*** 공저자 및 교신저자 : 한국해양대학교 전파공학과 교수

† Corresponding author : Cho, HyungRae(Korea Maritime And Ocean University), E-mail : hrcho@kmou.ac.kr

† Received 20 January 2016; reviewed 28 January 2016; Accepted 16 February 2016

I. 서 론

C-ITS에서는 차량에 ICT(Information and Communications Technology) 기술을 접목시켜 차량 중심의 네트워킹을 하여 운전자에게 안정성과 편리성을 높이기 위한 차량 및 도로를 중심으로 통신하는 V2X(Vehicle to Everything)기술이 주목받고 있다[1].

V2X는 V2V(Vehicle to Vehicle)통신과 V2I(Vehicle to Infrastructure) 통신으로 구성이 된다. 본 논문에서 다룰 V2I는 거리에 설치되어 있는 인프라와 차량 간에 전방 교통정보, 차량 접근, 추돌 가능성 등의 정보를 주고받고 운전자에게 알린다는 점에서 사고를 예방하거나 연속 사고 발생을 막는데 효과적인 방법이다[2].

V2I에 대한 디자인, 성능분석, 그리고 최적화를 위해서는 무선 채널 특성을 분석하고 모델링을 하는 연구가 필수적이다. 현재까지는 V2I 무선채널특성에 대한 기존의 연구 결과들이 국외에서는 제한적으로 발표되고 있다. 국내에서는 고속도로 구간을 중심으로 기지국 과 단말기를 설치하여 전파 특성시험 결과를 3장에서 정리하였다[3].

전 세계적으로 차량통신은 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environments)라는 표준을 따르고 있다. WAVE 물리계층과 매체접근제어계층 표준은 IEEE 802.11 a/b/g표준을 수정한 IEEE 802.11p를 제정하여, 빠른 접속을 보장하고 송수신단에서 기존의 방식보다는 향상된 성능을 가질 수 있도록 정의하였다[4-5].

IEEE 802.11p를 기반으로 한 차량통신시스템을 이용하여 고속도로 및 직접과 환경에서의 신호특성 및 이에 따른 구현이슈가 물리계층을 중점을 두어 논의되었으며[6-7], 다양한 환경에서의 성능도 측정되었다[8]. 또한 수신신호제기를 이용한 핸드오버 관련 이슈와 실제서비스 구현에 대해서도 일부 소개되었다[9].

따라서 본 논문에서는 IEEE 802.11p 표준을 기반으로 한 통신시스템을 이용하여 공용도로환경에서의 전파환경을 측정된 결과를 소개한다. 마지막으로 4장에서는 본 논문의 결과를 정리한다.

II. WAVE 통신시스템 및 시험 방법

본 장에서 소개하는 통신시스템은 WAVE 통신 표준, WAVE 기술을 활용하여 RF로 데이터를 송수신하기위해 필요한 통신장치, 차량의 통신을 위한 차량통신장치(OBE, On Board Equipment) 및 노변기 지국(RSS, Road Side Station)을 소개하고자 한다 [10-11].

1. WAVE 통신 표준

WAVE 물리계층은 IEEE 802.11p 표준에 정의되어 있다. IEEE 802.11p는 기존의 무선랜 표준인 IEEE 802.11a 표준의 변형된 형태이다. <Table 1>은 IEEE 802.11p와 IEEE 802.11a의 표준을 표로 나타낸 것이다.

<Table 1> Standard IEEE 802.11p, IEEE 802.11a

	IEEE 802.11a	IEEE 802.11p
Symbol duration	4 μ s	8 μ s
Guard period	0.8 μ s	1.6 μ s
Subcarrier separation	0.3125 MHz	0.15625 MHz
OFDM subcarriers	52	52
Default Bandwidth	20 MHz	10 MHz
Data rates / Mbps	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	3, 4.5, 6, 9, 12, 18, 24, 27
Frequency Band	5 GHz ISM	5.9 GHz dedicated

<Table 1>에서 보면 IEEE 802.11p는 기존의 무선랜 표준과는 다르게 5GHz(ISM밴드)가 아닌 미국의 경우 5.850~5.925GHz의 주파수를 사용하고, 20 MHz 채널을 사용함에도 10 MHz의 대역폭을 1개 기본채널로 이용한다. 데이터 속도 (datarate)는 10 MHz의 채널대역폭을 이용하여 BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM등의 변조방식에 따라 3~27Mbps를 지원한다 [12].

2. WAVE 신호 특성

5.9 GHz대의 채널특성을 살펴보기 위해 차량이 이동할 경우에 수신 신호 세기 지수(Received Signal Strength Indicator)를 측정하여 기록하였다. 수신 신호 세기 지수는 노변기지국 1대와 차량통신장치 1대를 이용하여 측정하였는데 각각의 장치는 WAVE 통신장치를 장착하여 노변기지국에서 신호를 송신하고 차량통신장치가 신호를 수신하여 수신 신호 세기 지수를 기록하였다. 차량 통신장치에 사용되는 안테나의 특성은 <Table 2>와 같이 나타내고 있다.

<Table 2> Antenna characteristics

Characteristics List	Value
Frequency Range	5.835~6.10 GHz
Bandwidth	315 MHz
Gain	7 dBi(±1)
-3dB Beam Width	15°±2°

3. 차량통신장치 구성

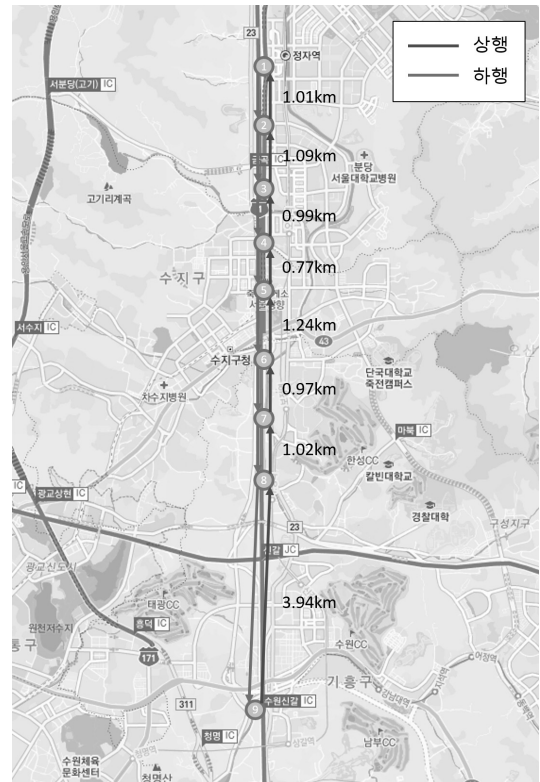
차량통신장치의 구성은 차량통신장치(OBE, On Board Equipment) 및 노변기지국(RSS, Road Side Station)으로 <Fig. 1>과 같이 구성되어 있으며 차량 내부에는 차량통신장치의 정보를 표시해주는 PC가 연결되어 있다. 노변기지국은 인프라와 유선으로 연결되어 서버 및 외부통신망과 접속 할 수 있는 기능을 제공한다. 즉 고속으로 이동하는 차량에 다양한 텔레매틱스 및 ITS 서비스를 제공하기 위해 차량통신장치와 통신기능을 수행한다. 차량통신장치와 노변기지국 모두 차량통신시스템을 장착하고 있는데 5.9 GHz대(5.850~5.925 GHz)의 주파수에서 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 변조 방식으로 신호를 전송하는 IEEE802.11p 표준을 따른다. 통신성능을 향상시키기 위해 차량통신장치는 약 7 dBi의 이득을 가지는 안테나로 수평 방향에 대해서는 30 도의 빔 폭을 가지고 수직방향에 대해서는 약 15 도의 빔 폭을 가진다. 반면 노변 기지국에 사용되는 안테나는 수직과 수평 방향 모두 30 도의 빔 폭을 가진 지향성 특성을 나타낸다.



<Fig. 1> RSS communication module and OBE communication module antennas

4. 시험 환경

전파특성은 공용도로환경에서 5.9 GHz대의 신호를 이용하여 측정하였다. 노변기지국통신장치가 설치된 시험환경은 <Fig. 2>와 같다. 총 9대의 기지국이 약 1 km 간격으로 배치되어 있고 8번 기지국과 9번 기지국이 약 4 km의 간격으로 배치되고 있다. 기지국은 서울 IC에서 수원 신갈 IC 인근에 설치되



<Fig. 2> Location of RSS on the test road

어 있으며 각 기지국은 버스 및 차량 등이 계속 다니는 전형적인 도로환경에 해당된다. 시험고속도로에는 다양한 전파 장애물에 따른 통신 시험이 가능하다. 1번 기지국과 4번 사이의 기지국은 철 방음벽이 존재하여 많은 반사파가 발생할 수 있으며 8번에서 9번 기지국은 두 개의 도로가 연결되어 있어 신호의 LOS(Line of Sight)를 방해할 수 있다. 추가적으로, 시험환경은 직선도로임으로 충분한 통신 커버리지 확보가 가능하다. 시험환경의 붉은 선이 상행이고 초록 선은 하행 방면이다.

5. 시험 방법

전파특성의 측정은 차량통신장비의 수신안테나를 통해 수신 신호 세기 지수를 시험하였다. 차량을 이용하여 차량과 노변기지국간의 송수신 상태를 시험함으로써 전파특성을 확인하였다. 송신신호세기의 최대 안테나 이득은 15 dBi이며, WAVE 통신을 위한 주파수 및 출력 등의 시험 조건은 <Table 3>과 같이 나타내었다. 안테나의 출력이 고정되지 않은 이유는 수신 단말기의 제품에 따라 출력이 차이가 발생하기 때문이다. 시험차량은 1 대를 이용하여 WAVE사양의 간섭을 최대한 배제하도록 하였다.

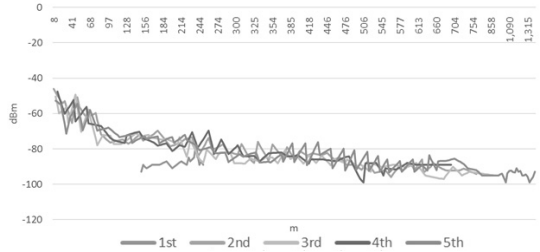
<Table 3> RSS and OBE test value

	RSS	OBE
Frequency	5.85~5.89 GHz	5.85~5.89 GHz
Bandwidth	10 MHz	10 MHz
Antenna Type	Patch	Dipole
Antenna Gain	15 dBi	7 dBi
Power	10~27 dBm	3~20 dBm
Speed	-	0~100 km/h

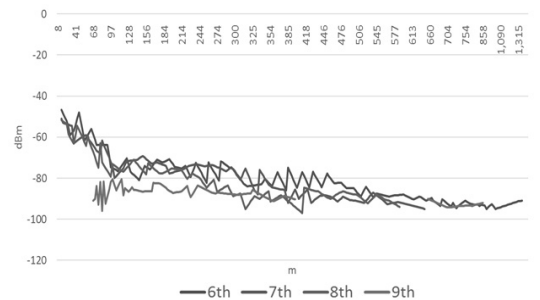
III. 시험결과 분석

본 절에서는 서울 IC와 수원 신갈 IC 구간에서 차량 속도를 100 km/h로 주행하는 상태에서 기지국에서 전송하여 차량에서 수신되는 전파특성을 측정하였다. 시험 시 실제 주파수 대역은 WAVE 통신 대역

의 75 MHz로 할당되어 있으나 본 시험과정에서는 하나의 채널 10 MHz를 사용하였다. 또한 시험은 기지국 통신장치에서 차량 통신장치로 신호를 보내며 통신 모뎀에서 안테나로 입력되는 신호의 출력 값은 15 dBm으로 입력하여 시험을 진행하였다.

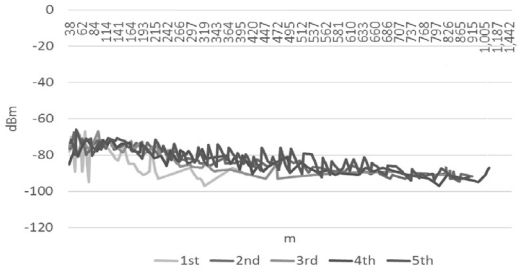


<Fig. 3> Received Signal Strength measurements for each 1-5 RSS(Up Train)

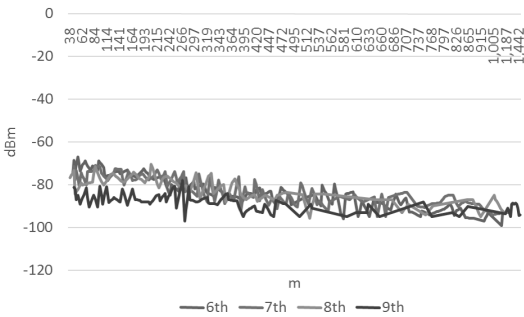


<Fig. 4> Received Signal Strength measurements for each 6-9 RSS(Up Train)

WAVE의 통신장치의 수신 신호 세기 지수는 OBE를 장착한 시험차량이 한쪽 기지국 경계선에서 반대편 기지국 경계선까지 주행하며 직경에 따른 값의 변화를 측정하였다. <Fig. 3>와 <Fig. 4>는 각각 상행으로 진행 할 때 셀의 직경 거리에 따라 값을 나타낸다. 데이터 수신 성능은 전반적으로 기지국과 가까울수록 더 좋은 수신 신호 세기 결과를 보여준다. 이는 수신기가 멀리 있으면 있을수록 수신 신호 세기의 손실은 커지며 그로 인해 수신 신호 세기 지수는 낮아지는 것이라 판단된다. 시험결과 상행 방면으로 전체적인 평균 데이터는 -81 dBm으로 나타났다.

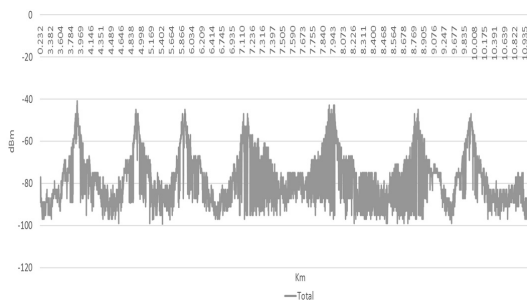


<Fig. 5> Received Signal Strength measurements for each 1-5 RSS(Down Train)

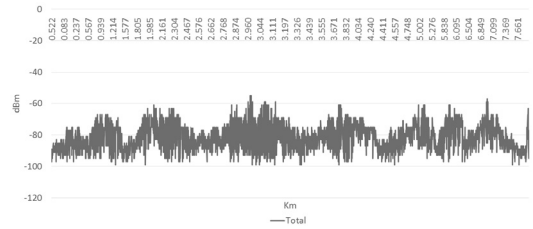


<Fig. 6> Received Signal Strength measurements for each 6-9 RSS(Up Train)

다음으로는 OBE를 장착한 시험차량이 하행으로 진행할 때 수신 신호 세기 결과를 보여준다. <Fig. 5>와 <Fig. 6>는 각각 하행으로 진행 할 때 셀의 직경 거리에 따른 값을 나타낸다. 하행 방면 역시 데이터 수신 성능은 전반적으로 기지국과 가까울수록 더 좋은 수신 신호 세기 결과를 보여준다. 그러나 상행에 비하여 하행 방면의 수신 신호의 세기가 약하게 측정되는데 이는 통신장치의 안테나 빔 패턴



<Fig. 7> Received Signal Strength measurements for test road(Up Train)



<Fig. 8> Received Signal Strength measurements for test road(Down Train)

이 완전히 대칭적이지 못해 차량 진행 방향에 따라 상호 안테나 이득이 달라지기 때문이라고 사료된다. 시험결과 하행방면의 평균 데이터는 -84 dBm으로 나타났다.

다음 시험은 WAVE의 통신장치의 수신 신호 세기 지수는 OBE를 장착한 시험차량이 전 시험도로를 주행하면서 직경에 따른 수신 신호 세기의 변화 값을 <Fig. 7>, <Fig. 8>과 같이 측정하였다.

전 시험도로에서의 측정 데이터는 수신 성능은 전반적으로 기지국과 가까울수록 더 좋은 수신 신호 세기 결과를 보여주고 있다. 전체적인 평균 데이터는 약 -80 ~ -85 dBm정도의 수신 신호 세기를 갖으며 동일하게 상행 방향의 수신 신호 세기가 더 좋은 성능을 보여주며 이유는 앞서 설명한 바와 같다.

IV. 결론

본 논문에서는 ITS 서비스를 위한 통신기술로 WAVE 기술을 소개하였다. WAVE 기술을 활용한 V2X 통신을 위하여 WAVE 통신 표준에 대하여 설명하고 WAVE 통신의 신호 특성을 소개하였다. 또한 V2X 통신을 위해 실제 구현된 노변 기지국 (RSS), 차량통신장치(OBE)의 소프트웨어 및 하드웨어의 특성을 소개하였다.

실제 WAVE 통신의 성능 평가를 위해 시험도리에 설치된 기지국의 통신장치와 시험차량의 통신장치의 수신 신호 세기 지수를 측정하였다. 시험도로는 서울 IC에서 수원 신갈 IC로 버스 및 차량 등이 계속 다니는 전형적인 도로환경에 해당되며 철 방음벽, 두 개의 도로의 연결 등 전파간섭 환경이 존재하며 최적의 통신성능 보다는 실질 성능을 파악

할 수 있도록 설정 하였다. WAVE 통신장치는 주파수 5.85 ~ 5.89 GHz이며 송신신호의 세기는 15 dBm으로 설정하였다. 시험은 기지국별, 전 시험도로에서의 수신 신호 세기를 측정하였으며 측정결과 -80 ~ -85 dBm로 수신 신호 세기가 측정되었다. 이는 ARADA사의 LocoMate 제품의 최소 수신 신호세기인 -95 dBm와 비교할 때 상기의 성능은 ITS 서비스에 필요한 각종 정보 전달에 충분한 성능이라는 것을 입증할 수 있다.

향후 연구개발 계획으로는 호법에서 신갈 구간에서의 공용도로 전파특성을 연구할 계획이며 PER 분석과 모든 구간에서의 패킷 지연시간, 수신 신호 세기를 측정 및 분석 후 통신 음영지역의 개선방안 연구를 진행할 계획이다.

REFERENCES

- [1] Korea Communications Agency(2014) "V2X Communication," *Has emerged as the Intelligent Transport System's core technology*, p.06.
- [2] Hwang T. W.(2012), "Development Trend of vehicles and communication technology," *The journal of Communications radio*, vol. 10, no. 54, pp.92-93.
- [3] Cho W.(2014), "Measurement of Radio Characteristics of Vehicular Communication Environments in Urban Areas and Implementation Issues," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 9, pp.1057-1062.
- [4] Kenny B. J.(2011), "Dedicated short-range communications(DSRC) standard in the united states," *Proc. of IEEE*, vol. 99, no. 7, pp.1162-1182.
- [5] Uzcategui R. A. and Acosta-Marum G.(2009), "WAVE : A tutorial," *IEEE Commun Mag.*, vol. 47, no. 5, pp.126-133.
- [6] Cho W.(2012), "Physical layer issues in vehicular communications," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 5, pp.1229-1234.
- [7] Fernandez J. A., Borries K., Cheng L., Kumar B. V. K. V., Stancil D. D. and Bai, F.(2011), "Performance of the 802.11p physical layer in-vehicle-to-vehicle environments," *IEEE Trans. Vehicular Technology*, vol. 16, no. 1. pp.3-14.
- [8] Alexander P., Haley D. and Grant A.(2011), "Cooperative intelligent transport systems : 5.9-GHz field trials," *Proc. of the IEEE*, vol. 99, no. 7, pp.1213-1235.
- [9] Cho W.(2013), "A Measurement Study of Midamble based Cannel Estimation in IEEE 802.11p WAVE System," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 5, pp.733-738.
- [10] Song Y. S., Lee S. W. and Oh H. S.(2013), "Performance evaluation of WAVE communication systems under a high-speed driving condition in a highway," *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 12, no. 3, pp.96-102.
- [11] Jin S. K.(2015), "An Automatic Gain Control Technique forAdjacent Channel Rejection of IEEE802.11p OFDM Modem," *Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, pp.1005-1006.
- [12] IEEE Std 802.11p, IEEE standard for information technology-telecommunications and information exchange between systems-localand metropolitan area networks-specific requirements, Part 11, Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments, 2010.

..... <저자소개>



최 기 도 (Choi, Gi-Do)

2014년 한국해양대학교 학사과정 졸업

2014년 2월 ~ 현 재 : 한국해양대학교 석사과정 (전파공학과 전공)

e-mail : radio1@kmou.ac.kr

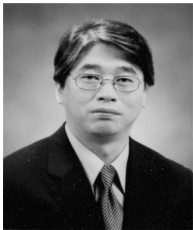


임 기 택 (Lim, Ki-Taek)

2010년 한양대학교 박사수료

1996년 3월 ~ 현 재 : 전자부품연구원 지능형SoC연구센터 센터장

e-mail : limkt@keti.re.kr



조 형 래 (Cho, Hyung-Rae)

1989년 연세대학교 박사과정 졸업(통신공학전공)

1996년 4월 ~ 현 재 : 한국해양대학교 교수 (전파공학전공)

2015년 2월 ~ 현 재 : 한국 ITS 학회 회장

2012년 4월 ~ 현 재 : 산업기술혁신 평가단 위원(위원장)

2012년 2월 ~ 현 재 : 그린ICT포럼 부위원장

e-mail : hrcho@kmou.ac.kr