

WAVE/DSRC 개발 플랫폼을 이용한 서비스 어플리케이션 구현

김재완¹ · 김진우² · 김승구^{3*}

Service Application Implementation using WAVE/DSRC Development Platform

Jae-wan Kim¹ · Jin-woo Kim² · Seung-ku Kim^{3*}

¹Associate Professor, School of ICT Semiconductor & Electronics, Yeung-Jin University, Daegu, 41527 Korea

²Research Professor, School of Software, Soongsil University, Seoul, 07040 Korea

^{3*}Associate Professor, School of Electronics Engineering, Chungbuk National University, Cheongju, 28644 Korea

요 약

현재 국내 사용중인 DSRC 방식은 단거리 무선 통신으로 다양한 ITS 서비스를 제공함에 있어 한계가 있었다. 그래서, 자체 개발로 WAVE 기술을 적용하여 만든 WAVE/DSRC 복합 무선 플랫폼으로 데이터 전송 속도를 개선하였고 전송 범위도 크게 확대하였다. 이에 대한 개략적인 H/W 및 S/W에 대해 본문에 정리를 하였다. 그리고 본 논문에서는 ITS 서비스와 연관된 BSM, SPAT, MAP, 도로영상정보 등 다양한 서비스를 구현하였으며 개발한 WAVE/DSRC 복합 무선 플랫폼을 활용하여 실제 필드에서의 환경을 고려한 시나리오를 바탕으로 여러 가지 테스트를 진행하였다. 실제 필드에서의 이러한 에뮬레이션 과정을 통해 우리는 WAVE/DSRC 복합 무선 플랫폼의 우수성을 다시 한번 검증할 수 있었고, 실제 현장 운영에서 개발 서비스의 유용성과 가능성을 예측할 수 있었다.

ABSTRACT

The DSRC method currently in use has a limitation in providing various ITS services by short-distance wireless communication. Therefore, the WAVE/DSRC hybrid wireless platform, which was developed by applying WAVE technology in-house, improved the data transmission speed and greatly expanded the transmission range. The summary H/W and S/W technologies are summarized in the text. In this paper, various services such as BSM, SPAT, MAP, and road video information related to ITS services have been implemented, and various tests are conducted based on scenarios considering the environment in the actual field by utilizing the previously developed WAVE/DSRC composite wireless platform. Through this emulation process in the real field, we were able to verify the excellence of the WAVE/DSRC composite wireless platform once again and predict the usefulness and potential of development services in real field operations.

키워드 : WAVE, DSRC, BSM, SPAT

Keywords : WAVE, DSRC, BSM, SPAT

Received 15 May 2020, Revised 21 May 2020, Accepted 5 June 2020

* Corresponding Author Seung-Ku Kim(E-mail:kimsk@cbnu.ac.kr, Tel:+82-43-261-2479)

Associate Professor, School of Electronics Engineering, Chungbuk National University, Cheongju-si, 28644 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2020.24.8.1030>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

현재 국내 ITS(Intelligent Transport Systems)에서 사용 중인 DSRC(Dedicated Short Range Communication) 방식은 차량에 설치된 통신 모듈인 차량탑재단말기(On-Board Unit, OBU)와 톨게이트에 설치된 기지국(Road-Side Unit, RSU)과의 통신을 통하여 다양한 정보를 받는다. 하지만 이러한 통신은 대개 100m 이내의 반경 내에서 이루어지는 단거리 무선 통신으로서 다양한 ITS서비스를 제공함에 있어 한계가 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하여 다양한 ITS서비스를 지원하기 위해서는 차세대 ITS용 무선전송 기술인 WAVE(Wireless Access in Vehicle Environments)를[1-3] 적용하여 데이터 전송속도의 향상 및 유효 통신거리의 범위를 확장시킬 수 있는 지능형 WAVE/DSRC 복합 무선 플랫폼[4]이 필요하다.

본 논문에서는 WAVE와 DSRC 프로토콜을 메인모듈에서 컨트롤하기 위한 통합 관리 S/W와 각각의 통신 모듈과 메인 모듈에 모듈 컨트롤러가 추가된 기 개발한 WAVE/DSRC 복합 무선 플랫폼을 이용하여 다양한 ITS서비스를 지원하는 서비스 어플리케이션을 구현하여 각 어플리케이션에 대한 성능을 검증하고 플랫폼의 우수성을 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 본 논문의 기본 이론이 되는 DSRC와 WAVE 기술에 대해 간략하게 정리한 다음, 기 개발한 WAVE/DSRC 통합 플랫폼에 대해 소개하고 3장에서는 제안한 플랫폼으로 구현한 다양한 ITS서비스에 대해 소개 및 성능 검증을 진행하고, 4장에서 결론을 맺는다.

II. 본론

본 장에서는 DSRC와 WAVE 기술의 개요 및 특징에 대해 간략하게 정리하고, 기 연구 개발한 WAVE/DSRC 통합 플랫폼에 대해 전체적으로 소개한다.

2.1. DSRC 기술

DSRC는 톨게이트에 설치된 노변기지국(Road-Side Unit, RSU)과 도로상에서 주행중인 차량에 설치된 차량탑재단말기(On-Board Unit, OBU)간에 짧은 시간과 고

속의 데이터 통신 서비스를 위한 근거리 전용 무선통신 기술로서, 현재는 주로 도로의 통행요금 자동징수시스템(고속도로 하이패스)에 적용되고 있다[5].

DSRC는 5GHz대역의 주파수 또는 적외선을 사용하며, 수동방식과 능동방식이 있다. 수동방식은 OBU에 주파수 발진기를 내장하지 않고, RSU로부터 수신된 반송파를 증폭하여 재반사하는 방식으로 일명 재발신(Back-scattering)방식이라고도 한다. 이 통신방식은 OBU에서 RSU로 상향링크 구성시 RSU로부터 연속적인 반송파를 제공받아야 하므로 반이중(Half-Duplex)통신이 이루어지며, 연속파의 출력의 세기로 인하여 RSU간의 거리가 충분히 확보되어야 하는 단점이 있다. 또한 RSU로부터 수신한 전파를 이용한 역방향 변조방식을 사용하므로 OBU에서 RSU로 송신되는 상향링크의 데이터 전송속도는 250kbps이고, 하향링크의 데이터 전송속도는 500kbps로 상향링크의 전송속도가 낮아지는 단점이 있고, 반면에 변조방식이 간단하여 OBU를 저렴하게 만들 수 있는 장점이 있다. 유럽표준위원회(CEN : European Committee for Standardization)에서 표준으로 채택하였으나, RSU의 통신영역이 수십m 이내로 아주 짧고, 데이터의 전송속도가 낮아서 향후 다양한 ITS서비스의 구현에는 적합하지 않은 방식이다.

능동방식은 OBU가 주파수 발진기를 내장하고 있어 RSU의 반송파와 상관없이 독립적으로 반송파를 송신할 수 있어, RSU의 통신영역이 수백m에 이르고 하향링크와 상향링크에서 모두 1Mbps이상의 데이터를 전송할 수 있는 통신방식이다. 또한, RSU과 OBU간에 다중접속이 지원되며 주파수 재사용을 위한 RSU간 거리가 수동방식에 비해 짧고, 통신영역이 더 넓고 주파수 재사용 특성이 우수하여 향후 ITS의 구축에 있어서 활용가능성이 매우 높다.

2.2. WAVE 기술

기존의 통신방식으로는 차량에서의 무선 인터넷을 포함하는 ITS에서 요구하는 다양한 서비스 및 높은 전송속도를 수용하는데 한계에 도달하였고, 그 결과 이를 해결하기 위한 기술로 WAVE가 출현하였다. WAVE는 고속으로 주행하는 차량 환경에서 통신서비스를 제공하기 위하여 특화된 차세대 ITS 통신 기술로, WLAN기술을 기반으로 하여 자동차 환경에 맞도록 수정되었다 [6,7]. DSRC기술의 일종이며, V2I(Vehicle-to-Infrastructure)

과 V2V(Vehicle-to- Vehicle)통신을 지원한다[8-10]. 아래 표1은 DSRC와 WAVE 통신방식을 항목별로 비교한 것이다.

Table. 1 DSRC, WAVE Technology Comparison

Division	DSRC	WAVE
Frequency Used	5.795GHz~5.815GHz	5.85GHz~5.925GHz
Single RSU Range	30m	1km
Modulation Method	ASK	OFDM
Channel	Service : 4 Control : 1 Life Safety : 1 Public Safety : 1	Multi : 7
Bandwidth	5/10MHz	10MHz(Available : 20MHz)
Supports movement speed	Low-speed	High-speed
Transmission speed	Low-speed(1Mbps)	High-speed(54Mbps)
How it works	V2I	V2I, V2V

2.3. DSRC/WAVE 통합관리 S/W

기 개발한 DSRC/WAVE 플랫폼의 전체 소프트웨어 구조는 그림 1에서와 같이 Main모듈의 uTaskerOS 상에서 구동되며 각 WAVE/CAN/DSRC/GPS모듈의 제어를 담당하고 응용에게 각 모듈에 대한 서비스를 제공하는 SAL(Service Abstraction Layer)와 WAVE통신을 담당하는 WAVE모듈, DSRC통신을 담당하는 DSRC모듈, GPS모듈, CAN모듈로 구성된다[4]. Main모듈에서 구동되는 SAL은 태스크 형태로 운용되며, 네 개의 모듈의 제어를 위해 각 네 개의 태스크로 구성된다. Main모듈과 WAVE모듈 간 내부 인터페이스는 UDP를, DSRC와 GPS모듈의 Main 모듈 간 인터페이스는 UART를, CAN 모듈과 인터페이스는 CAN을 이용한다. Main모듈에서 운용중인 uTaskerOS는 이벤트 드리븐 방식의 스케줄링을 이용한다.

Main모듈은 그림 2와 같이 uTaskerOS기반의 소프트웨어 환경을 제공하며, 응용 태스크들이WAVE/DSRC/GPS/CAN 모듈에 대한 서비스를 요청하고 받을 수 있도록 SAL태스크들을 운용한다. SAL태스크들은 응용이 WAVE모듈, DSRC 모듈, GPS모듈, CAN모듈에게 서비스를 요청할 수 있도록 API를 제공하며, 응용이 요청한 각 모듈에 대한 API가 해당 모듈에서 서비스 되도록 모듈과의 내부 통신 및 제어를 담당한다. 또한, SAL

태스크들은 각 모듈에서 발생한 이벤트와 상응하는 정보를 응용에게 알리기 위한 목적으로 Callback API를 제공한다. 또한, Main모듈 개발에서는 WAVE모듈 및 외부와 TCP/IP통신을 지원하기 위해 Ethernet디바이스 드라이버를 포함한다.

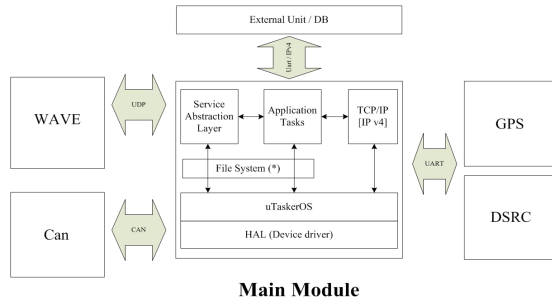


Fig. 1 Overall Software

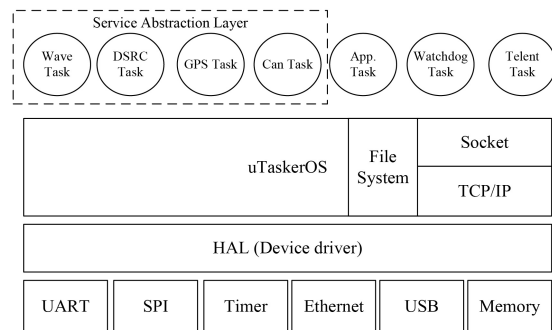


Fig. 2 Main Module Software

2.4. 통합형 DSRC/WAVE 플랫폼

그림 3은 DSRC/WAVE 통합 플랫폼의 하드웨어 개념도이다[4]. 다중 무선 접속 통합 플랫폼은 크게 4개의 보드로 나뉜다. WAVE 프로토콜이 동작하는 WAVE 보드와 DSRC 프로토콜이 동작하는 DSRC 보드, WAVE 프로토콜과 DSRC 프로토콜을 통합하여 사용자에게 프로토콜에 관계없이 통신을 할 수 있는 환경을 제공하는 Main 보드, 그리고 마지막으로 차량내의 여러 장치와의 인터페이스를 위한 Extend 보드로 구분할 수 있다. Main 보드는 다시 그 기능에 따라 Processing 모듈, Wired Connectivity 모듈, 그리고 Power 모듈로 구분할 수 있다.

Main 보드는 사용자가 다중 무선 접속 통합 플랫폼을 직접 제어할 수 있도록 하는 인터페이스를 제공하며, DSRC와 WAVE 보드, 그리고 Extend 보드를 제어한다.

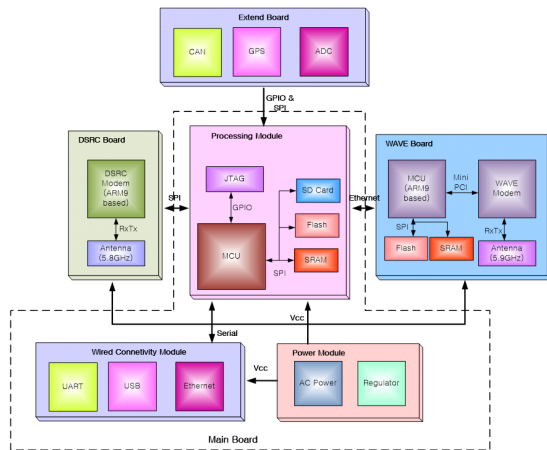


Fig. 3 DSRC/WAVE Platform

Main 보드에서 제공하는 API를 통하여 사용자가 DSRC와 WAVE 프로토콜에 대한 지식이 없더라도 통신하는데 지장이 없도록 설계를 하였다. Main 보드는 사용자가 만든 어플리케이션이 동작하는 Processing 모듈과, 주변 보드로부터 수신한 데이터, 혹은 어플리케이션의 연산결과를 출력하기 위한 Wired Connectivity 모듈, 그리고 다중 무선 접속 통합 플랫폼의 모든 보드에 전원을 공급하기 위한 Power 모듈로 구분할 수 있다. 아래 그림 4는 WAVE/DSRC 통합 플랫폼 내부의 모습이다.

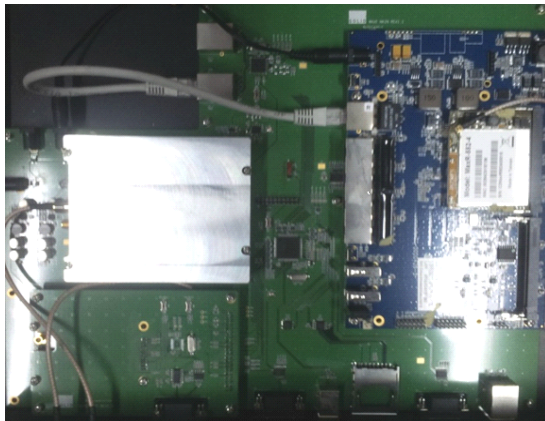


Fig. 4 DSRC/WAVE Prototype

III. ITS 서비스 구현

3.1. BSM(Basic Safety Message)

BSM은 ITS 어플리케이션에서 차량에 상태에 대한 정보를 서로 교환하기 위해 만들어진 표준 메시지 프로토콜이다. BSM은 차량에 대한 다양한 정보를 포함하며, 주변 차량들에게 100ms 주기로 브로드캐스팅된다. BSM 메시지는 다음과 같이 크게 3파트로 구분이 된다.

Part I은 차량의 position, motion, control에 관련된 정보가 포함되며, 항상 전송되고, Part II는 SAE J2735 표준에서 정의된 추가적인 데이터 요소들을 포함하며, 요청받을 때에만 전송되며, Part III는 SAE J2735 표준에서 정의되지 않은 데이터 요소들을 포함하며, 요청받을 때에만 전송된다. 본 어플리케이션 개발에서는 Part I을 구현하였으며, 메시지 구조는 다음 그림 5와 같다.

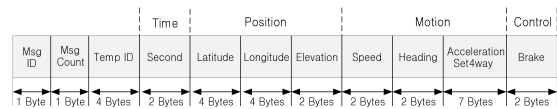


Fig. 5 BSM Structure

사용자가 GUI 프로그램을 통하여 BSM 메시지의 전송을 제어할 수 있다. 다음 그림은 본 어플리케이션을 위해 개발한 GUI 프로그램은 그림 6과 같다.

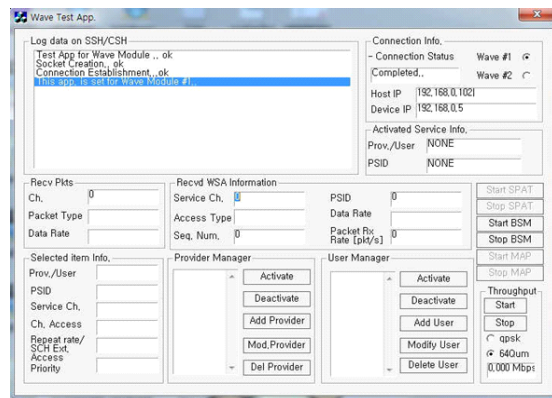


Fig. 6 GUI Program

위 그림에서 보는 바와 같이 Start BSM, Stop BSM 버튼으로 BSM 메시지의 전송을 제어할 수 있다. 또한, BSM 메시지를 보내거나 받게 되면, 다음 그림 7과 같은 팝업 창이 뜨게 된다.

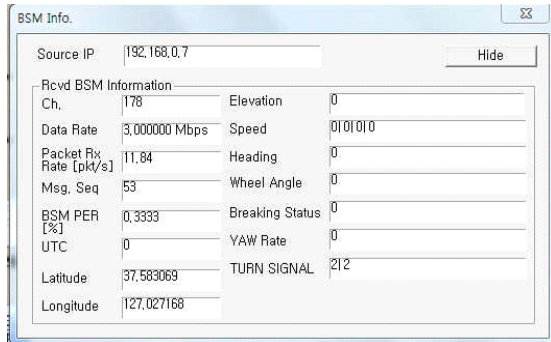


Fig. 7 BSM Message Window

위 그림에서 보는 바와 같이 BSM 메시지 창에는 전송하거나 수신하는 BSM 메시지를 사용자가 보기 편하도록 필드별로 구분하여 출력한다. 따라서, 사용자는 BSM 메시지 창을 통하여 현재 차량에 대한 정보와 주변 차량에 대한 정보를 얻을 수 있다. 또한, BSM 메시지 창을 구분하기 위하여 전송하는 BSM 메시지를 출력하는 창은 Local BSM Info를 출력하도록 하였으며, 수신하는 BSM 메시지를 출력하는 창에는 각각 BSM을 전송하는 OBU들의 IP 주소를 출력하도록 하여, BSM 메시지를 구분하도록 하였다.

3.2. SPAT(Signal Phase and Timing Message)

SPAT은 RSU가 브로드캐스팅하는 도로의 교통정보 신호를 차량에 탑재된 OBU가 수신하여 운전자에게 알려주는 서비스 어플리케이션이다. 본 과제에서 개발한 서비스 어플리케이션은 RSU가 신호등과 연동이 되었다고 가정하여, RSU가 신호등 정보를 브로드캐스팅하면, 주변의 OBU들은 해당 정보를 수신하여 GUI 프로그램에 출력하는 어플리케이션이다.

RSU는 다음과 같이 SPAT 데이터(교통신호 정보)를 생성한다. MAP 데이터 기반으로 4개의 신호등이 생성되고 관련 시나리오는 아래 그림 8과 같다.

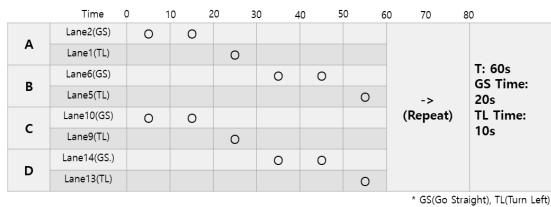


Fig. 8 Traffic Light Scenario

OBU는 자신이 수신한 SPAT 메시지를 PC와의 Interface를 통해 Data Logging을 하며, GUI 프로그램에 수신한 SPAT 정보를 출력한다. SPAT 메시지도 BSM 메시지와 마찬가지로 GUI를 통해 전송을 제어할 수 있다. RSU는 그림 6의 Start SPAT, Stop SPAT 버튼을 통해 SPAT 메시지의 전송을 제어한다. SPAT 메시지를 수신한 OBU는 그림 9에서 보는 바와 같이 팝업창을 통해 수신한 SPAT의 정보와 신호등 정보를 출력한다.

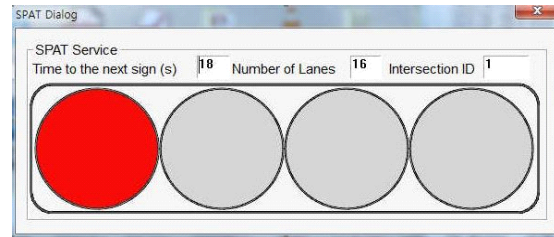


Fig. 9 SPAT Message Window

3.3. MAP

RSU는 왕복 4차선 교차로, 차선 폭, RSU 위치, 교차로(차선) 방향 등의 MAP 데이터(교차로 정보)를 생성한다. OBU는 자신이 수신한 MAP 정보를 자신의 GPS 정보와 함께 연산하여, RSU와의 거리와 방위각을 계산한다. 계산된 결과를 바탕으로 자신이 위치한 교차로의 차선을 판단하여, GUI 프로그램에 출력한다. MAP 메시지도 BSM 메시지와 마찬가지로 GUI를 통해 전송을 제어할 수 있다. RSU는 그림 6의 Start MAP, Stop MAP 버튼을 통해 MAP 메시지의 전송을 제어한다. MAP 메시지를 수신한 OBU는 그림 10에서 보는 바와 같이 팝업창을 통해 수신한 MAP의 정보와 자신이 위치한 차선을 GUI 창에 출력한다.

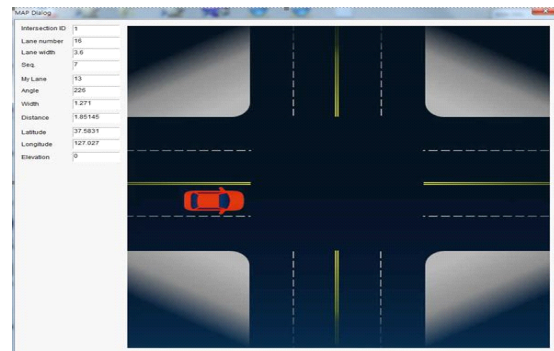


Fig. 10 MAP Message Window

3.4. 도로영상정보

RSU는 자신이 수신한 동영상 스트리밍 데이터를 주변 OBU들에게 브로드캐스팅한다. 동영상스트리밍 데이터를 수신한 OBU들은 자신과 연결된 PC상에 전송하여 동영상을 재생한다. 다음 그림 11은 도로영상정보 어플리케이션의 예를 보여주고 있다.

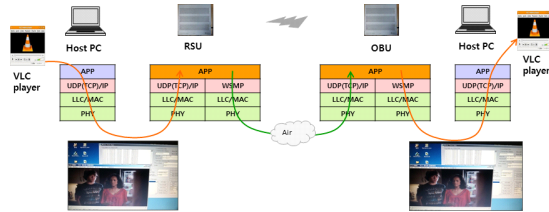


Fig. 11 Road Image Information Application

개발한 서비스 어플리케이션은 동영상을 스트리밍하여 UDP로 RSU에게 전송한다. PC로부터 수신한 스트리밍 데이터를 fragmentation한 후, WSMP 메시지에 포함시킨 후 주변 OBU들에게 브로드캐스팅한다. 스트리밍 데이터를 수신한 OBU들은 defragmentation 과정을 거친 후, UDP를 통하여 PC로 전송한다. OBU로부터 스트리밍 데이터를 수신한 PC는 동영상을 재생한다. 본 어플리케이션에서 동영상 스트리밍과 재생을 위한 툴로 VLC media player를 사용하였다.

IV. 결론

자체개발로 만든 통합형 WAVE/DSRC 복합 무선 플랫폼으로 기 논문을 통해 데이터 전송 속도 개선 및 전송 범위 확대를 실현하였고 본 논문을 통해서 개발 시스템을 이용하여 BSM, SPAT, MAP, 도로영상정보 등 다양한 서비스를 구현하였으며 이를 통해 개발 플랫폼의 우수성을 다시 한번 검증하였다.

본 연구를 통해 개발된 DSRC/WAVE 복합 무선 통신 시스템 및 구현 서비스들은 국가 정책적으로 요구되는 ITS 산업 육성에 활용이 가능하며 개발된 세부 요소 기술들의 기술 이전을 통해 벤처 산업 활성화를 유도 가능하다. 차후 이를 활용하여 ITS 관련 여러 가지 응용 서비스 개발을 계속적으로 진행할 계획이며 이를 통해 U-City 환경에서 지역 내 고속 무선 통신 인프라를 확보할 수 있도록 할 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIP) (No. 2019R1F1A1061970).

REFERENCES

- [1] IEEE Std., *Amendment 7: Wireless Access in Vehicular Environments*, IEEE Standards for Information Technology Telecommunications and Metropolitan Area Networks Specific Requirements, 802. D 7.0, 2009.
- [2] IEEE Std., *Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) -Networking Services*, IEEE Standards for Information Technology Telecommunications and Metropolitan Area Networks Specific Requirements, IEEE 1609.3, 2007.
- [3] IEEE Std., *Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) -Multi-channel Operation*, IEEE Standards for Information Technology Telecommunications and Metropolitan Area Networks Specific Requirements, IEEE 1609.4, 2006.
- [4] J. W. Kim, H. M. Jeon, and S. K. Kim, "Intelligent WAVE/DSRC Platform Technology for Efficient Data Transmission in Vehicle Communication," *Journal of Korea Multimedia Society*, vol. 20, no. 9, pp. 1519-1526, Sep. 2017.
- [5] T. David, Y. Kristie, and L. David, Evaluation of the potential safety benefits of collision avoidance technologies through vehicle to vehicle dedicated short range communications (DSRC) in Australia. Austroads, 2011.
- [6] S. H. Lee, C. K. Lee, S. B. Byun, S. H. Cho, and H. K. Cho, "Design and analysis of a acenario for evaluating application service performance of a hybrid V2X communication system," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 23, no. 4, pp. 423-430, Apr. 2019.
- [7] A. B. Reis, S. Sargento, and O. K. Tonguz, "Parked Cars are Excellent Roadside Units," *International Journal of IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 18, no. 9, pp. 2490-2502, Feb. 2017.
- [8] G. R. Reddy, and R. Ramanathan, "Performance analysis of clustering for message classification and congestion control in DSRC/WAVE-based vehicular ad-hoc networks,"

- International Journal of Vehicle Information and Communication Systems*, vol. 4, no. 1, pp. 55-77, Mar. 2019.
- [9] Y. H. Chou, R. H. Chu, S. Y. Kuo, and C. Y. Chen, "An Adaptive Emergency Broadcast Strategy for Vehicular Ad Hoc Networks," *International Journal of IEEE Sensors*, vol. 18, no. 12, pp. 4814-4821, Jun. 2018.
- [10] R. G. Rajeswar, R. Ramanathan, "An Empirical study on MAC layer in IEEE 802.11p/WAVE based Vehicular Ad hoc Networks," *International Journal of Procedia Computer Science*, vol. 143, pp. 720-727, 2018.



김재완(Jae-Wan Kim)

고려대학교 전기전자전파공학부 공학사
고려대학교 전자컴퓨터공학과 공학석사
고려대학교 전자컴퓨터공학과 공학박사
(주)솔리드 책임연구원
영진전문대학교 ICT반도체전자계열 부교수
※ 관심분야 : WSN, Ad-Hoc, WBAN, VANET



김진우(Jin-Woo Kim)

고려대학교 전기전자전파공학부 공학사
고려대학교 전자컴퓨터공학과 공학박사
목포대학교 정보산업연구소 연구교수
숭실대학교 소프트웨어학부 연구교수
※ 관심분야 : IoT, WPAN, 차량간 통신



김승구(Seungku Kim)

고려대학교 전기전자전파공학부 공학사
고려대학교 전자컴퓨터공학과 공학석사
고려대학교 전자컴퓨터공학과 공학박사
삼성전자 소프트웨어센터 책임연구원
충북대학교 전자공학부 부교수
※ 관심분야 : 네트워크, 위치인식, 딥러닝