

상용차 자율 군집 주행 평가를 위한 하이브리드 V2X 통신 플랫폼 설계

Design of Hybrid V2X Communication Platform for Evaluation of Commercial Vehicle Autonomous Driving and Platooning

진성근¹ · 정한균¹ ·곽재민^{2*}

¹한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터

²목포해양대학교 항해정보시스템학부

Seong-keun Jin¹ · Han-gyun Jung¹ · Jae-min Kwak^{2*}

¹Mobility Platform Research Center, Korea Electronics Technology Institute, Gyeonggi-do, 13509, Korea

²Division of Navigation Information System, Mokpo National Maritime University, Jeollanam-do, 58628, Korea

[요 약]

본 논문은 상용차의 자율 군집주행 플랫폼을 평가함에 있어 차량 환경용 C-ITS 통신프로토콜인 WAVE 통신 및 LTE-V2X 통신과 상용 이동통신인 Legacy LTE 통신을 결합한 하이브리드 V2X 통신 플랫폼의 설계 방안을 제안하고 설계과정을 제시한다. 안전하고 효율적인 자율 군집주행 플랫폼을 위해 C-ITS 통신 기반의 저 지연 통신기능이 요구되며 또한 이를 관제하기 위해서 상시 연결이 가능한 Legacy LTE 등의 상용 통신기능이 요구된다. 이러한 시스템을 평가하기 위해서 평가 장비는 동일 수준 이상의 통신 성능을 가져야 한다. 본 논문에서 제시되는 주요 설계 내용은 기능 평가를 위한 하이브리드 V2X 단말기 구현에 적용될 예정이다.

[Abstract]

In this paper, we propose a design method and process for hybrid V2X communication platform that combines WAVE communication and LTE-V2X communication which are C-ITS communication protocols for vehicle environments and Legacy LTE communication which is a commercial mobile communication for evaluating the autonomous platooning platform of commercial vehicles. For a safe and efficient autonomous platooning platform, an low-latency communication function based on C-ITS communication is required, and to control it, commercial communication functions such as Legacy LTE, which can be connected at all times, are required. In order to evaluate such a system, the evaluation equipment must have the same level of communication performance or higher. The main design contents presented in this paper will be applied to the implementation of hybrid V2X terminals for functional evaluation.

Key word : Vehicle to everything, Wireless access in vehicular environments, Cooperative intelligent transport system, Long term evolution, Platooning.

<https://doi.org/10.12673/jant.2020.24.6.521>



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.

Received 23 November 2020; Revised 14 December 2020

Accepted (Publication) 18 December 2020 (30 December 2020)

*Corresponding Author; Jae-Min Kwak

Tel: +82-61-240-7268

E-mail: kjm@mmu.ac.kr

I. 서론

최근 자동차 기술의 발전으로 센서 기반의 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS)이 적용되어 자율주행 기능을 일부 경험할 수 있는 차량이 늘어나는 추세이다. ADAS 시스템은 주로 차량에 설치된 레이더, 라이다 및 카메라를 이용하여 센서가 감지할 수 있는 영역 내에서 사물을 인지하거나 거리를 측정하여 전방 차량과의 충돌 방지, 차선 이탈 방지 및 전방 차량과의 일정 거리를 유지하며 정속 주행을 지원하는 어댑티브 크루즈 컨트롤 (ACC; adaptive cruise control) 기능 등을 지원한다[1].

2000년대 후반에 들어서는 차량 내 센서를 비롯하여 차량 외부에서 정보를 전달받아 이를 자율주행과 접목시키고자 하는 노력들이 등장하였다. 자동차 기술의 발전과 더불어 자동차가 이용하는 교통 인프라 자체에도 다양한 IT 기술들을 접목하여 지능형 도로 인프라를 구축하는 등 고도화가 진행되고 있다. 이런 시장의 필요를 바탕으로 2010년 미국에서는 IEEE 802.11p 무선통신 규격과 IEEE 1609.2~4 프로토콜 규격으로 정의된 WAVE 통신 시스템이 등장하였다. WAVE 통신 시스템은 차량과 인프라 및 차량과 차량이 직접 통신을 통하여 정보를 교환하도록 고안된 V2X 통신 기술이다. 유럽에서는 동일한 물리규격에 유럽 ETSI에서 CAM, DENM 등의 표준 프로토콜을 더하여 ITS-G5 통신 시스템을 개발하였다[2], [3]. 2016년에는 3GPP를 필두로 기존 LTE 시스템의 uplink 기능을 V2X 목적으로 사용하도록 개량한 LTE-V2X 통신 기술이 등장하였다. 3GPP release 14 표준을 기반으로 PC5 sidelink 기술로 정의되었으며, 기존 Legacy LTE의 uplink 통신에 사용된 SC-FDMA 기술 기반의 다중접속기능을 제공하며 WAVE와 동일하게 장치 간 직접 통신을 지원한다. WAVE와 LTE-V2X 통신 기술을 표 1에 비교하였다.

이러한 V2X 통신 기술을 기반으로 기존의 ITS 시스템은 C-ITS (cooperative-ITS) 시스템으로 전환되고 있다. 국내에서는 2007년 국토교통부의 스마트 하이웨이 구축 사업을 시작으로 스마트 하이웨이 고도화 사업을 거쳐 C-ITS 시스템을 차량 제어기술과 접목하여 자율주행을 지원하기 위한 C-ARS 시스템으로 확장하고 있다[5]. C-ITS 시스템은 차량 센서만으로 얻을 수 없는 도로에서 발생하는 많은 정보를 신속하게 수집하여

표 1. IEEE 802.11p와 LTE-V2X 주요 특징[4]
Table 1. IEEE 802.11p and LTE-V2X main features[4].

Feature	IEEE 802.11p	LTE-V2X
Main specs. released	2010	2016
Improvements	No plans	Ongoing activity
Devices	Available	Not yet available
Experimentations	Large scale testbed (3000+ vehicles)	Tests planned
V2I support	RSUs to be deployed	LTE eNodeB
Radio resources	CSMA/CA (collision avoidance mechanism)	SC-FDMA (orthogonal resources)
Time synchronization	Not required	Required (GNSS)

안전한 도로주행을 돕고 차량 간 직접 통신을 통하여 센서의 사각지대를 극복하도록 돕는 등 확장된 센서의 개념으로 교차로 충돌 예방, 돌발 상황 회피, 보행자 충돌 예방, 연쇄충돌사고 예방 및 긴급차량 지원 등의 부가 서비스를 제공할 수 있으며, 확장된 자율주행 및 군집주행 서비스 등의 편의 기능을 제공할 수 있도록 돕는다. 특히 WAVE 통신 기술은 단말 간 직접 통신으로 브로드캐스트 (broadcast) 및 유니캐스트(unicast) 통신과 더불어 멀티캐스트(multicast) 통신도 표준에서 정의하고 있어 도로를 주행하는 차량들의 그룹화가 가능해 군집주행 서비스에 적합하다.

최근에는 인공지능과 빅데이터를 결합한 형태의 완전 자율주행 자동차 연구가 활발히 이루어지면서 디지털 정밀지도, 교통데이터 및 인지정보 등 대용량 데이터 교환의 필요성이 대두되면서 저 지연 통신을 지원하는 C-ITS 통신 시스템과 대용량 데이터 통신을 지원하는 상용 legacy LTE 통신 시스템을 함께 사용하는 하이브리드 V2X 통신이 활발히 연구되고 있다.

본 논문에서는 하이브리드 V2X 통신 기술에 대해 설명하고 상용차 관점에서의 V2X 통신 기술의 응용에 대해 살펴보고 이를 평가하기 위한 하이브리드 V2X 통신 플랫폼 설계 방안을 제시한다.

II. 상용차 자율 군집 주행

일반 승용 자동차에서의 C-ITS 서비스와 자율 군집주행은 주로 운전자의 안전과 편의기능 제공에 그 목적을 둔다고 할 수 있다. 반면 상용차 관점에서의 C-ITS 서비스와 자율 군집 주행은 물류의 효율적인 관리와 물류비용 절감을 주된 목적으로 한다. 이를 위하여 SCANIA, VOLVO, DAIMLER, IVECO, MAN 등 주요 상용차 회사들에서 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 다양한 국가가 연결되어 있는 유럽을 중심으로 상용차의 자율 군집주행 서비스의 호환성을 확보하기 위한 프로토콜을 표준화하고 기술을 개발하기 위한 앙상블(ENSEMBLE) 프로젝트가 활발히 진행되고 있다[6]. 상용차는 중량 및 기계장치 등 고유의 특징으로 인해 자율 군집주행 구현 시 일반 승용 자동차에 비해 더욱 높은 정밀도와 짧은 시간 지연을 요구한다. 차량에 장착된 센서를 기반으로 하는 ACC의 경우 여러 대가 함께 운행하는 경우 제어 지연 웨이브가 발생하게 되는데, 이 경우 저 지연 통신을 지원하는 C-ITS 통신 기술이 필수적이다. 유럽의 앙상블 프로젝트에서는 C-ITS 통신 기술의 V2V 통신을 이용하여 협력 어댑티브 크루즈 컨트롤 (CACC; cooperative adaptive cruise control) 기술을 개발하여 적용하고 있다. CACC 기술은 V2V 통신을 통해 자율 군집 주행 중인 모든 차량이 지연 없이 제어 신호를 교환하도록 하여, 센서를 이용하여 차량을 제어할 때 센서 노드의 데이터 처리 지연 시간과 이를 인지하고 반영하여 누적된 지연이 발생하는 문제를 해결한다. 따라서 상용차 자율 군집 주행을 위해서는 C-ITS 기반 V2V 통신 기술이 필수적이라 할 수 있겠다. 그림 1은 상용차 6대가 자율 군집 주

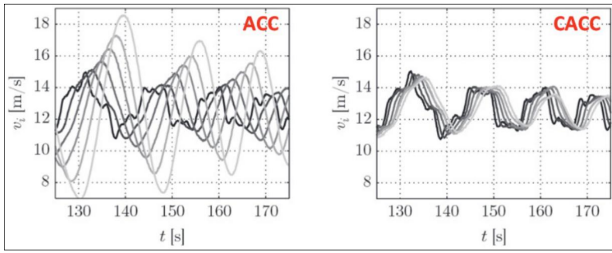


그림 1. ACC 및 CACC 시스템을 갖춘 6 대 차량의 속도 전환[7]
 Fig. 1. Speed transitions in a string of six vehicles with ACC and CACC systems[7].

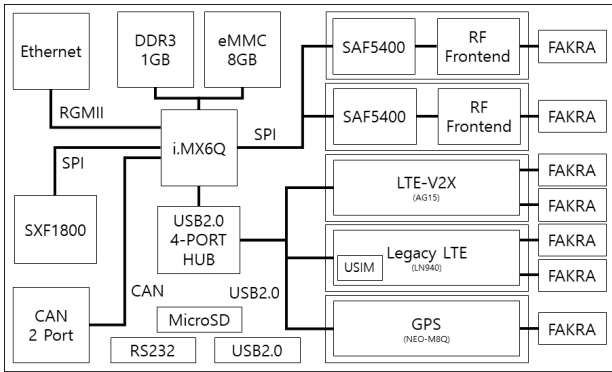


그림 2. 하이브리드 V2X 통신 플랫폼 블록도
 Fig. 2. Block diagram of hybrid V2X communication platform.

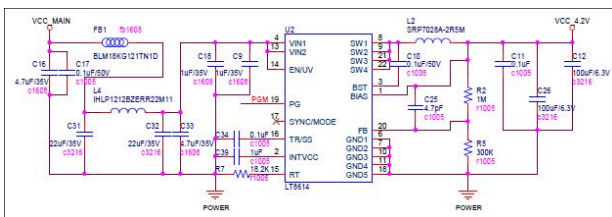


그림 3. 전원부 주요 회로도
 Fig. 3. Circuit diagram of power supply part.

표 2. 인터페이스부 구성
 Table 2. Interface configuration.

Category	Type	Ports
Wired	1Gbps Ethernet	1
Wired	USB2.0	2
Wired	CAN2.0	2
Wired	RS-232	2
Wired	MicroSD	1
Wired	USIM	1
Wired	I2C	1
Wireless	GNSS	1
Wireless	WAVE	2
Wireless	LTE-V2X	2
Wireless	LTE	2

행 시ACC와 CACC의 차량 간 속도 전환 차이를 보여준다. ACC 기술은 연속된 차량 간 속도 제어 오차가 누적되어 보이는 반면 CACC 기술은 지연 없이 동시 제어가 가능함을 확인할 수 있다. 상용차의 자율 군집 주행이 가능해지면 주행 차량 간 공기저항을 줄이고 불필요한 감, 가속을 제어하여 연료 효율을 높이고 물류비용을 절감하는 효과를 얻을 수 있다. 또한 상용차에서는 물류의 효율적인 관리를 위해 차량 정보를 상시 원격지로 전송할 필요가 있다. 이를 위해 상용 legacy LTE 통신 기술이 요구된다.

III. 하이브리드 V2X 통신 플랫폼 설계

상용차의 안전한 자율 군집 주행을 위해 C-ITS 기반 V2X 통신기술과 legacy LTE 통신기술이 요구됨을 위에서 설명하였다. 서비스를 구현한 플랫폼의 기능을 검증하고 성능을 평가하기 위해서는 해당 통신 기능이 정상적으로 동작하는지 모니터링 하고 이를 검증하기 위해서는 동일한 통신 기능을 수행하며 데이터를 수집할 수 있는 플랫폼이 필요하다. 본 논문에서 설계하고자 하는 하이브리드 V2X 통신 플랫폼의 전체 구성을 그림 2에 나타내었다.

본 논문에서 제안하는 하이브리드 V2X 통신 플랫폼은 상용차 환경에 적합하게 설계된 DC 6~42 V의 입력 전압 범위를 갖는 전원부, 플랫폼과 외부 연결을 위한 인터페이스부, 데이터 처리를 위한 시스템부, C-ITS 통신을 위한 WAVE 통신부 및 LTE-V2X 통신부, 상시 연결을 위한 LTE부 및 보안 처리를 위한 보안부로 구성하였다.

3-1 전원부

전원부의 입력단은 자동차 환경에서의 전기적 빠른 과도현상 및 버스트 상황에서의 오동작을 방지하기 위하여 TVS 다이오드와 바리스터를 적용하고 과도전류 방지용 PTC 휴즈와 노이즈 필터링을 위한 공통 모드 초크 필터로 구성된다. 인입부에 공급되는 DC 전원을 PMIC를 통하여 시스템에 알맞게 조정하여 플랫폼의 각 장치로 공급하게 되는 데, 시스템부에 공급되는 전원부와 통신부를 비롯한 기타 주변장치들에 공급되는 전원부로 분리하여 설계하였다. 상용차 전원인 DC 24 V 수준에 맞추어 최대 입력전압 42 V를 지원하는 Analog Devices사의 LT8614 PMIC를 적용하여 설계하였다. LT8614 제품은 automotive grade를 지원한다. 그림 3은 전원부 주요 회로도이다.

3-2 인터페이스부

인터페이스부는 플랫폼과 외부장치 간 연결을 위한 부분으로 유선 인터페이스와 무선 인터페이스로 구성된다. 유선 통신부는 이더넷, USB, CAN 및 RS-232 포트로 구성되며 무선 통신

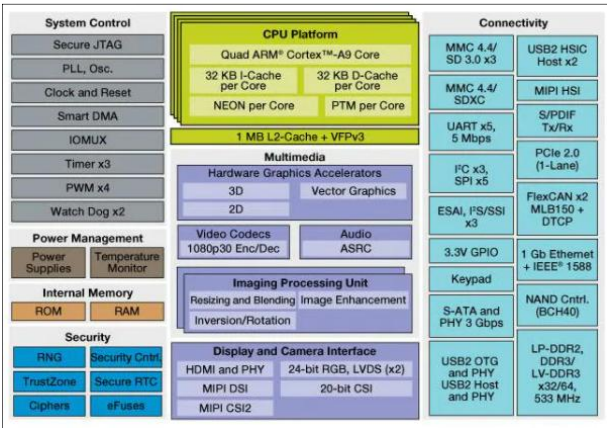


그림 4. NXP i.MX6Q 기능 블록도[9]

Fig. 4. Block diagram of NXP i.MX6Q functions[9].

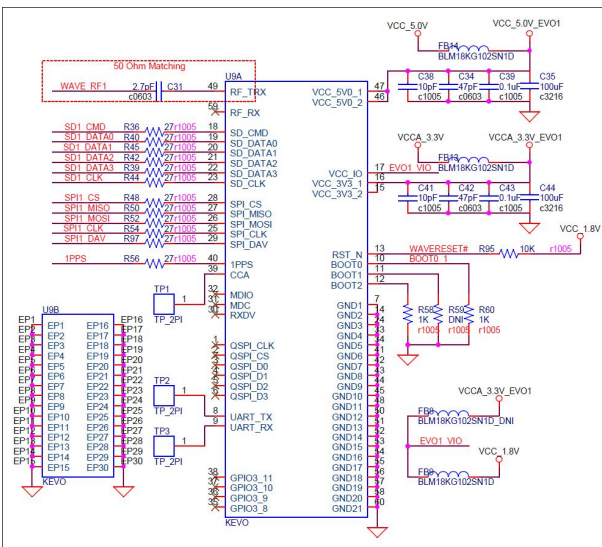


그림 5. WAVE부 주요 회로도

Fig. 5. Circuit diagram of WAVE part.

부는 자동차용 RF 커넥터인 FAKRA 커넥터로 구성된다. 표 2는 인터페이스 구성 내용이다.

3-3 시스템부

시스템부는 C-ITS 데이터 처리 및 시스템 운용을 위해 어플리케이션 프로세서와 메모리 및 저장장치로 구성된다. 기존 연구에서 개발된 하이브리드 V2X 통신 모듈은 WAVE 통신과 Legacy LTE 통신을 하이브리드 하여 단말에서는 이기종 통신에 대한 게이트웨이 역할을 수행하도록 하는데 목적이 있어 Powerpc e300 32-bit 400 MHz single core 제품에 DDR2 128 MB 메모리 수준으로 개발되었다[8]. 본 논문에서 도출된 요구 사항은 C-ITS 통신으로 WAVE와 LTE-V2X를 모두 포함하며 플랫폼 평가를 위한 로깅 기능과 이를 분석하여 센터로 전달하는 등의 새로운 기능들도 포함되어 실시간으로 다양한 서비스

가 플랫폼에서 구동된다. 따라서 더욱 고사양의 시스템부 성능이 필요하다. 시스템부에 요구되는 성능을 위하여 NXP사의 automotive grade 제품군인 i.MX6Q 제품이 적용되었다. 본 제품은 ARM CORTEX-A9 32-bit 1 GHz quad core 제품으로 동시에 다양한 명령을 수행하기에 적합하다. 주 메모리는 DDR3 1 GB가 적용되었으며 비휘발성 저장장치로는 eMMC 8 GB가 적용되었다. 평가 및 검증을 위한 데이터 저장을 위하여 SDHC 규격의 Micro-SD 카드 및 USB2.0 규격의 USB 메모리를 추가적으로 사용할 수 있도록 설계하였다. 시스템부는 Linux를 OS로 사용하며 Kernel 버전 4.9.11이 적용되어 C-ITS 표준 스택 소프트웨어와 각종 리눅스 기반 어플리케이션을 구동한다. 또한 NAT 및 SNMP 등을 적용하여 이기종 통신 간 연결 및 실시간 원격 모니터링 기능을 제공할 수 있다. 그림 4는 NXP사의 i.MX6Q 제품의 기능 블록도이다.

3-4 WAVE 통신부

C-ITS를 위한 WAVE 통신부는 NXP사의 SAF5400 모듈칩셋과 SKYA21043 RF frontend 칩을 적용하였다. SAF5400 모듈칩셋은 NXP의 2세대 WAVE 통신 모듈칩셋으로 단일채널 수신 다이버시티 기능을 제공하고 ECDSA 보안 가속기를 내장하여 초당 2,000개 이상의 보안검증을 수행할 수 있다. 또한 자동차 사양으로 제작되어 automotive grade 지원 및 ASIL-B를 지원한다. WAVE 통신부는 SAF5400과 RF frontend 및 PMIC를 포함하여 별도의 모듈로 설계하였다. 플랫폼에는 멀티채널 송수신을 제공하기 위해 2개의 모듈이 적용되었다. 호스트 인터페이스로는 SPI, SDIO 및 MII를 지원하며 본 플랫폼에는 SPI 인터페이스가 적용되었다. 그림 5은 WAVE통신부의 주요 회로도이다.

3-5 LTE-V2X부

C-ITS를 위한 LTE-V2X 통신부는 Quectel사의 AG15 모듈이 적용되었다. LTE-V2X 기술은 3GPP release 14에서 표준화가 완료되었으며 그에 따라 하드웨어 개발이 활발히 진행되고 있다. AG15 모듈은 퀄컴사의 MDM9150 베이스밴드 칩셋을 적용하여 3GPP release 14 표준의 PC5 sidelink 표준을 지원하며 호스트 인터페이스로는 USB2.0, USB3.0 및 PCIe를 지원한다. 시스템부의 프로세서와는 USB2.0 인터페이스로 연결되며 Qualcomm MSM interface(QMI) 드라이버를 통해 모듈과 통신한다[10]. QMI 인터페이스는 퀄컴사의 독자 인터페이스 기술로 퀄컴사의 베이스밴드 모듈칩과 호스트 시스템과의 제어에 사용된다. 그림 6는 LTE-V2X부의 주요 회로도이다.

LTE-V2X 기술은 채널다중접속을 위해 시간 동기가 매우 중요하다[4]. 따라서 베이스밴드 모듈 내부에 전용 GNSS 모듈을 추가적으로 내장하고 있으며 이를 통해 시간 동기화를 진행한다. 시스템의 GNSS 모듈과 LTE-V2X의 GNSS 모듈을 위한 중복적인 GNSS 안테나가 필요하게 되는데 이 부분을 개선하기

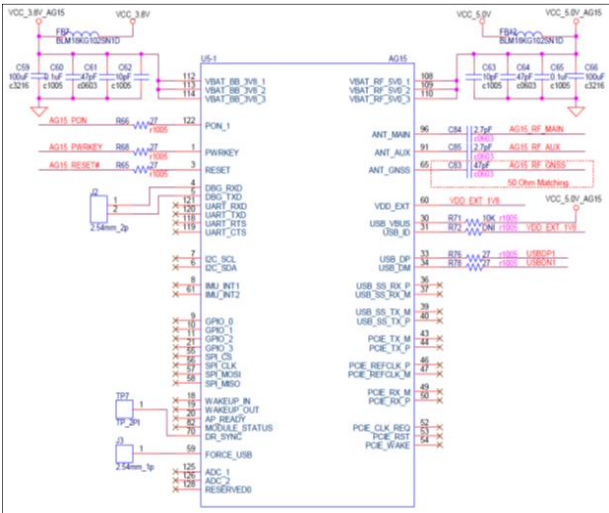


그림 6. LTE-V2X부 주요 회로도
Fig. 6. Circuit diagram of LTE-V2X part.

위하여 GNSS 신호를 증폭 및 분기하여 단일 안테나를 통해 두 GNSS 시스템에 신호를 공급하도록 설계하였다. 그림 7은 GNSS 신호 분기부 주요 회로도이다.

3-6 LTE부

Legacy LTE 통신을 지원하기 위하여 Telit사의 LN940 A9 LTE CAT-9 M.2 모듈을 적용하였다. AG15와 동일하게 호스트 인터페이스로는 USB2.0, USB3.0 및 PCIe를 지원하며 시스템부의 프로세서와는 USB2.0 인터페이스로 연결되며 QMI 드라이버를 통해 모듈과 통신한다. LN940 모듈은 3GPP release 11을 지원하며 LTE UE category 9 제품으로 여러 스펙트럼을 묶어 전송 대역폭을 높이는 LTE advanced 기술 중 하나인 carrier aggregation(CA) 기능을 지원하여 3-CA 환경 조건에서 downlink 450 Mbps, uplink 50 Mbps를 지원한다. 국내 KC 인증 등록 제품으로 시장 진입 시 별도의 인증 절차 없이 적용이 가능하다. 또한 국내에서 지원하는 밴드가 B1(2100 MHz), B2(1900 MHz), B3(1800 MHz), B5(850 MHz), B7(2600 MHz), B8(900 MHz)로 다양하여 모든 통신사 지원이 가능하다. 그림 8은 LTE부의 주요 회로도이다.

3-7 보안부

C-ITS 서비스의 대부분은 브로트캐스트 통신 방식으로 이루어진다. 따라서 IEEE 1609.2 보안 표준에는 패킷 송신자의 신원 확인과 더불어 수신된 패킷의 유효성을 검증하기 위한 ECC 알고리즘 기반 보안 서명 및 검증 표준과 데이터의 암호화를 위한 AES-CCM 알고리즘 기반 패킷 암호화 표준을 정의하고 있다. 또한 SAE J2945/1 표준에서는 개인정보보호 문제를 해결하기 위해 단말기에서 송신하는 패킷을 추적할 수 없도록 통신 장치의 MAC 주소나 ID 값을 주기적으로 랜덤하게 변경하도록 정의하고 있다. 이런 보안 기능을 지원하기 위해서는 신뢰성 있는 보안모듈이 필수적이다. 제안하는 플랫폼에서는 다음과 같이 크게 세 가지 방법을 적용하여 보안부를 설계하였다.

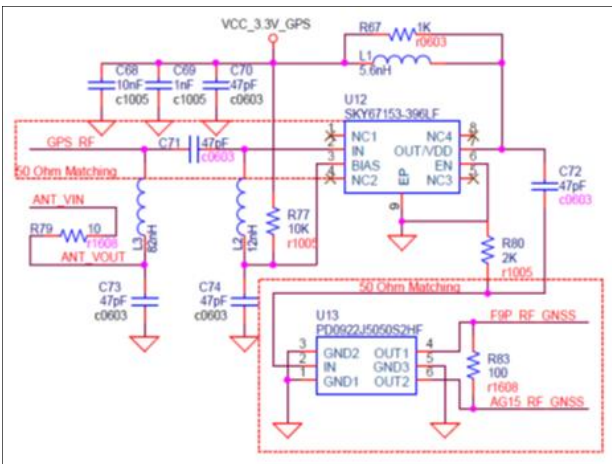


그림 7. GNSS 분기부 주요 회로도
Fig. 7. Circuit diagram of GNSS divider part.

- 키 관리 및 보안서명 : NXP사의 SXF1800 HSM 적용
- 보안검증 : NXP사의 SAF5400 보안가속기 적용
- 난수발생기 : i.MX6Q 내장 CAAM 모듈의 TRNG 적용

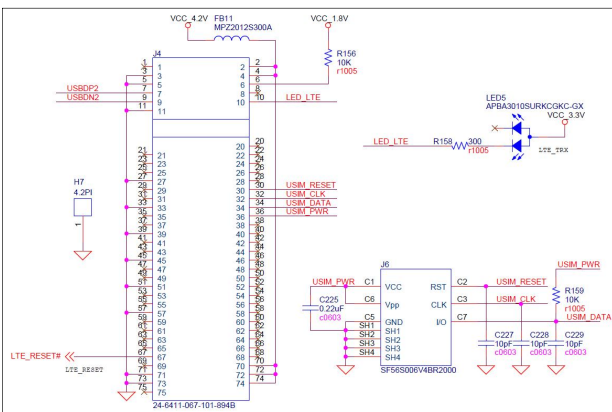


그림 8. LTE부 주요 회로도
Fig. 8. Circuit diagram of LTE part.

보안키 관리 및 ECC 보안서명을 위해 NXP사의 SXF1800 HSM을 적용하였다. 해당 제품은 V2X 보안을 고려하여 설계된 제품으로 일반 HSM 대비 더 많은 보안 저장소를 제공한다. 호스트 인터페이스로는 SPI를 지원한다. ECC 보안서명검증을 위해서는 NXP사의 WAVE 통신모뎀 칩인 SAF5400에 내장된 보안가속기를 적용하였다. ECDSA 검증을 초당 2,000 회 이상 수행 가능하다. 시스템의 보안 성능에 많은 영향을 미치는 난수 발생기는 Linux 시스템에서 제공하는 소프트웨어 RNG를 사용하지 않고 NXP사의 i.MX6Q 제품에 내장된 CAAM 모듈을 사

용하였다. CAAM 모듈은 프로세서에 내장된 보안 가속기로 하드웨어 기반의 TRNG 기능을 제공한다. 해당 모듈을 OS인 Linux에 포팅하여 리눅스 시스템이 사용하는 랜덤 기능에 적용하여 시스템이 항상 일정 수준 이상의 엔트로피 수준(Entropy level)을 갖는 난수를 발생시키도록 설계하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 상용차 자율 군집주행 플랫폼을 평가하기 위한 요구사항을 도출하고 요구사항에 적합한 하이브리드 V2X 통신 플랫폼 설계 방법에 대해 제시하였다. 제안한 설계 방법을 바탕으로 실제 플랫폼 하드웨어를 개발하여 모든 기능 검증을 완료하였으며 검증된 플랫폼을 새만금지역 상용차 자율주행 테스트베드에 실제 적용하여 상용차 자율 군집주행 플랫폼의 기능검증 및 성능분석에 활용될 예정이다.

Acknowledgments

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 “새만금지역 상용차 자율주행 테스트베드 구축사업”(과제번호 P0013841) 으로 수행된 연구결과입니다.

References

[1] Technology trends related to autonomous vehicles such as ADAS - KOROAD. Available: https://www.koroad.or.kr/cmm/fms/epkoroadFileDown.do?board_code=PRBBS_070&board_num=102101&file_num=172782

[2] K. Lim, Vehicle communication system technology evaluation and management service, KEIT PD Issue Report, Aug. 2016.

[3] S. H. An, B. H. Lee, and D. R. Shin, “A survey of intelligent transportation systems,” in *2011 Third International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks*, Bali: Indonesia, pp. 332-337, July, 2011.

[4] A. Bazzi, B. M. Masini, A. Zanella and I. Thibault, “On the performance of IEEE 802.11p and LTE-V2V for the cooperative awareness of connected vehicles,” in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 66, No. 11, pp. 10419-10432, Nov. 2017, doi: 10.1109/TVT.2017.2750803.

[5] C-ITS public relations hall. Available: <http://c-its.kr>

[6] ENSEMBLE project. Available: <https://platooningensemble.eu/>

[7] K. Sjöberg, Status of truck platooning in Europe, Available: https://docbox.etsi.org/Workshop/2018/20180306_ITS_WORKSHOP/S04_ACCIDENT_FREE_AUTOM_DRIV/TRUCK_PLATOONING_SCANIA_SJOBERG.pdf

[8] K. T. Lim, S. K. Jin, and J. M. Kwak, “Design of hybrid V2X communication module for cooperative automated driving,” *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 22, No. 3, pp. 213-219 June 2018.

[9] i.MX 6Quad multimedia applications processor block diagram. Available: <https://www.nxp.com/products/processors-and-microcontrollers/arm-processors/i-mx-applications-processors/i-mx-6-processors/i-mx-6quad-processors-high-performance-3d-graphics-hd-video-arm-cortex-a9-core:i.MX6Q>

[10] Qualcomm MSM interface. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Qualcomm_MSM_Interface



진 성 근 (Seong-keun Jin)

2008년 2월 : 한국외국어대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
 2010년 2월 : 한양대학교 대학원 전자컴퓨터통신공학과 (공학석사)
 2009년 12월~현재 : 한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 선임연구원
 ※관심분야 : V2X 통신기술, SoC, Embedded System



정 한 군 (Han-gyun Jung)

2005년 2월 : 한국항공대학교 정보통신공학과 (공학사)
 2007년 2월 : 한국항공대학교 정보통신공학과 (공학석사)
 2008년 3월~현재 : 한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 책임연구원
 ※관심분야 : V2X 통신기술, 유무선 통신 프로토콜



곽 재 민 (Jae-min Kwak)

2002년 8월 : 한국항공대학교 대학원 통신정보공학과 (공학박사)
 2002년 7월~2003년 7월 : 한국전자통신연구원 네트워크 연구소 (Post-doc.)
 2003년 7월~2008년 2월 : 전자부품연구원 SoC 연구센터 책임연구원
 2008년 3월~현재 : 목포해양대학교 항해정보시스템학부 부교수
 ※관심분야 : 디지털 통신 시스템, 유무선 통신신호처리