

# 3GPP 표준에서의 LTE 기반 V2X 수신기 동향 및 성능 분석

황진엽\*, 정만영\*, 이상욱<sup>o</sup>

## Overviews on LTE-Based V2X Receiver in 3GPP Standards and Its Performance Analysis

Jin-Yup Hwang\*, Man Young Jung\*, Sang-Wook Lee<sup>o</sup>

### 요약

본 논문은 LTE 기반 V2X(Vehicle to Anything) 통신에 대한 3GPP WG4 표준 동향 분석과 수신 성능에 대한 분석이다. LTE 기반의 V2X는 기존 LTE 통신에서 사용하는 기지국과 단말 간의 상향/하향 링크가 아닌 3GPP Rel-12 기기 간 통신(Device to Device)에서 정의된 사이드링크(sidelink)를 통해 데이터를 송수신 한다. V2X는 차량 간 통신이고 기본적으로 차량 안전 정보를 포함한 데이터를 교환하기 때문에 고속 이동 환경과 요구되는 시간 지연에 대한 성능을 보장해야 하고 이를 만족하는 수신기가 필요하다. 본 논문에서는 3GPP WG4에서 정의하는 최소 성능 요구사항을 알아보고 이를 바탕으로 LTE 기반 V2X 단말에 대한 수신기 구조 및 성능을 분석한다.

**Key Words** : V2X, Sidelink, 3GPP Standard, High Speed, Test Case

### ABSTRACT

This paper investigates and analyzes a LTE based V2X communication and its performance in the 3GPP standard and its implementation. LTE based V2X communication transmits and receives data through sidelink based on PC5 interface defined in 3GPP Rel-12 D2D rather than using legacy Uu interface based uplink and downlink. Considering V2X is focusing on the basic safety related service in the first place, V2X receiver should guarantee minimum reliability and latency requirement for high speed case and for certain range since V2X data is firstly safety related message. In this paper, we introduce the LTE based V2X receiver and analyze receiver performance based on minimum performance requirement in 3GPP.

### 1. 서론

3GPP 표준단체에서 LTE 기반 V2X(Vehicle to Anything) 통신 핵심 규격이 2017년 3월에 Rel-14 V2X라는 명칭으로 완성이 되었다. V2X는 기본적으로 차량과 다른 차량, 보행자, 도로 통신망 및 셀룰러 기지국 망과 통신하여 주행의 안전성과 효율성을 높

이기 위한 기술로서 IEEE 802.11p 기술 기반의 DSRC<sup>[1]</sup> V2X와 3GPP LTE 기반의 V2X 기술이 있다. LTE 기반 V2X 기술은 LTE 기술을 채용한 셀룰러 망을 활용하여 통신하려는 대상에 따라 차량과 차량 V2V(Vehicle to Vehicle), 차량과 보행자 V2P(Vehicle to Pedestrian), 차량과 도로 인프라 V2I(Vehicle to Infrastructure), 그리고 차량과 네트워크

♦ First Author : LG Electronics, jinyup.hwang@lge.com, 정희원

° Corresponding Author : LG Electronics, sangwook1.lee@lge.com, 정희원

\* LG Electronics, manyoung.jung@lge.com

논문번호 : KICS2017-06-176, Received June 21, 2017; Revised September 1, 2017; Accepted September 12, 2017

크 V2N(Vehicle to Network) 간의 통신을 포함하고 있다. 기존의 LTE의 단말 기지국 간의 상향링크(uplink-UL), 하향링크(downlink-DL)가 아닌 3GPP Rel-12 D2D (Device to Device)에서 정의된 기기간 통신 규격인 사이드링크(sidelink-SL)를 기반으로 표준이 만들어 졌다. 이하 LTE 기반 V2X 통신을 V2X 통신으로 통칭한다.

LTE V2X는 Rel-12 D2D 기반으로 만들어 졌으나와는 몇 가지 부분에서 차이점이 있다. 먼저 V2X 통신은 기존의 Rel-12 D2D 물리계층 규격을 기반으로 차량 간 데이터를 송수신 환경을 추가로 고려하여, 망내의 각 단말기간의 시간 동기를 위한 기준으로써 기지국에서 전송하는 동기 신호인 SLSS(Sidelink Synchronization Signal) 외에 위성에서 전송하는 GNSS(Global Navigation Satellite System)를 추가적인 동기 신호로 사용한다. 또한 차량이 고속으로 이동하는 환경 및 기기 간 송수신 시간 지연에 대한 수신기 채널 추정 성능을 보장하기 위해 추가적인 참조 신호인 Reference Signal(RS)을 필요로 한다. 그리고 제어 채널(control channel)과 데이터 채널(shared data channel)의 전송이 기존 D2D의 시간 영역 다중화(TDM - Time Division Multiplexing)이 아닌 주파수 영역 다중화(FDM - Frequency Division Multiplexing)를 고려한다. 또한 도심 속 차량이 많은 혼잡 상황에서 간섭을 최소화하여 통신 가능 차량의 수를 효율적으로 관리하기 위하여 MAC(Medium Access Control)에서 주파수 상의 다른 차량의 존재 여부를 센싱(sensing)하여 내 차량의 V2X 신호의 전송 여부를 판단하는 기술이 들어갔다.

Rel-14 V2X 단말은 사이드링크 전송을 ITS 용으로 정의된 주파수 대역에 해당하는 5.9GHz 중심 주파수에서 70MHz 대역폭을 갖는 Band 47(5855 MHz~5925 MHz)에서 동작하며, 하나의 캐리어가 같은 주파수 대역은 10MHz 혹은 20MHz가 될 수 있다. 또한 Rel-14 V2X 단말은 동일한 시간에 LTE 면허 주파수 대역, 예를 들어 Band3(UL:1710MHz~1785MHz, DL:1805MHz~1880MHz)에서는 LTE 상/하향 통신을 수행하고 Band 47에서는 sidelink 통신을 수행하는 동작을 지원한다. 이는 차량 간에는 V2X 데이터를 주고받고 이와 동시에 차량과 기지국간에는 LTE 데이터를 동시에 주고받을 수 있음을 의미한다.

본 논문에서는 V2X 물리계층 구조의 주요 특징과 수신기 구조를 살펴보고, 3GPP RAN WG4에서 정의하는 V2X 단말의 수신 성능을 검증하기 위한 시험 항목과 그에 대한 모의 실험 결과를 분석한다. 본 논

문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 D2D 물리계층과 다른 V2X의 물리계층 구조를 설명하고, III장에서는 V2X 단말 수신기 및 주파수 오프셋 추정 방식을 소개한다. V2X 단말기의 수신 검증 시험과 모의 실험 결과는 IV장에서 다루고 V장을 결론으로 구성된다.

## II. V2X 물리계층 구조 개요

3GPP RAN WG1에서 정의한 V2X의 물리계층 구조는 기본적으로 Rel-12에서 정의된 D2D의 사이드링크를 기반으로 정의되며, 차량의 고속 이동 환경을 고려하여 채널 추정에 사용될 파일럿 신호인 Reference Signal(RS)를 개선하였고, 차량 간 정보교환 지연시간을 고려하여 제어채널과 데이터 채널 간에 기존 TDM(Time Domain Multiplexing)방식 대신 FDM(Frequency Domain Multiplexing) 방식의 전송기법을 채용하였다.

### 2.1 DMRS 구조

V2X 서비스는 기본적으로 차량 간 통신이기 때문에 고속 이동 환경에서도 단말 수신 성능이 보장되어야 한다. 이와 관련하여 V2X 물리계층 규격에서는 사이드링크의 채널 추정 성능 및 주파수 오프셋 추정 성능을 고려하여 그림 1과 같이 D2D의 DMRS 구조보다 더 많은 DMRS (Demodulation Reference Signal) 자원을 할당하였다. 즉, DMRS 심볼의 간격을 작게 하여 시간 축에서의 채널 추정 성능 향상을 통해 데이터 수신 성능 향상을 가져올 수 있다. 세부적으로, PSCCH (Physical Sidelink Control Channel: 제어채널) / PSSCH (Physical Sidelink Shared Channel: 데이터채널)를 위해서는 4개의 DMRS 를 심볼 인덱스 {2,5,8,11}에 할당하고, PSBCH (Physical Sidelink Broadcast Channel: 방송채널)를 위해서는 3개의

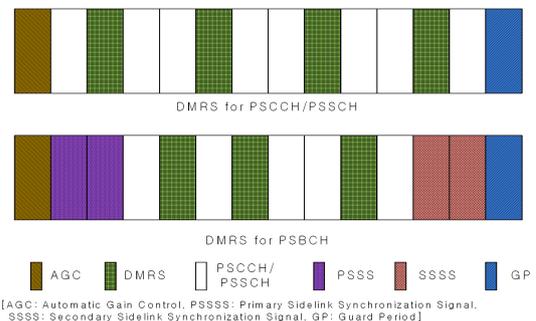


그림 1. V2X DMRS 구조  
Fig. 1. DMRS structure for V2X

DMRS를 심볼 인덱스 {5,7,10}에 할당한다<sup>[2]</sup>.

### 2.2 제어 채널과 데이터 채널 구조

Rel-14의 V2X 서비스는 기본적으로 차량 안전과 관련된 정보를 교환하기 때문에 송수신의 지연시간은 차량 간 안전을 보장할 수 있는 범위 내로 최소화 하는 방향이어야 한다. 이를 위해 제어 채널과 데이터 채널에 대해서, LTE/LTE-A나 D2D에서 일반적으로 사용하는 TDM 방식이 아니라 그림 2와 같이 동일 서브프레임에서 제어 채널과 데이터 채널을 다른 주파수 영역에서 시간적으로 동시에 전송하는 FDM 방식을 사용한다. 이를 통해 제어 채널을 수신하여 데이터 채널의 할당 정보를 얻고 데이터 신호를 수신하는 것은 같은 시간에 처리함으로써 기존 TDM 방식의 제어 채널 및 데이터 채널 할당보다 지연시간을 줄일 수 있다. 세부적으로, 제어 채널(PSCCH)과 데이터 채널(PSSCH)의 할당 구조는 그림 2에 제시된 바와 같이 두 가지 방식이 고려된다<sup>[3]</sup>. 그림 2.(a)는 하나의 서브프레임에서 제어 채널(PSCCH) 할당 자원 영역과 데이터 채널(PSSCH) 할당 자원 영역을 분리시켜 다수의 V2X 단말 송수신을 지원하고, 그림 2.(b)는 제어채널과 데이터채널을 하나의 서브채널에 연속적으로 할당하여 다수의 V2X 단말 송수신을 지원하는 방식이다.

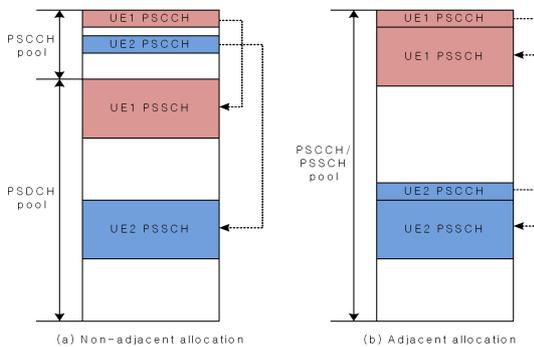


그림 2. PSCCH와 PSSCH 구조  
Fig. 2. PSCCH and PSSCH structure

### III. V2X 단말 수신기

V2X 사이드링크는 LTE/LTE-A의 상향링크 신호 파형인 SC-FDMA (Single Carrier FDMA) 를 사용하기 때문에 전형적인 수신기 구성도는 그림 3과 같다. 3GPP RAN WG4에서 수신기의 최소 성능 요구 최소 조건을 만족하기 위한 V2X 단말은 MRC(Maximum Ratio Combining) 수신기 구조를 고려한다.

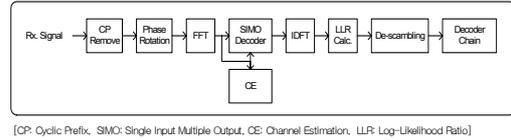


그림 3. V2X 수신기 기본 구성도  
Fig. 3. Basic receiver block diagram for V2X

하지만 앞 절에서 언급했듯이 V2X 서비스는 차량을 고려했기 때문에 고속 이동 환경에서도 일정 수준 이상의 수신 성능이 보장되어야 하고, 관련하여 차량 간 데이터 송수신 시 상대 속도를 최대 500km/h까지 지원하도록 Rel-14 V2V WID(Work Item Description)<sup>[4]</sup>에 명시되어 있다. 이를 위해서는 상대 속도 500km/h에 해당하는 도플러 주파수(Doppler Frequency)를 고려하여 주파수 오프셋을 추정할 수 있는 방식이 필요하다.

일반적인 주파수 오프셋 추정 방식(Cross DMRS frequency offset estimation)은 그림 1에서의 각 DMRS 심볼간 상관 관계를 식(1)과 같이 계산하여 얻어진다.

$$\hat{\epsilon} = \text{angle} \left( \sum_{nRx} \sum_{k=0}^{N_{RE}-1} H_{nRx,l_i}(k) H_{nRx,l_o}^*(k) \right) \quad (1)$$

$H_{nRx,l_i}(k)$ 는 n번째 Rx에서의  $l_i$ 번째 심볼의 DMRS 채널행렬이고,  $N_{RE}$ 는 DMRS가 할당된 서브캐리어 수이다. 이러한 방식의 주파수 오프셋 추정 방식은 그림 1에서의 DMRS 구조를 고려할 경우 DMRS 심볼 간격이 3 심볼이어서 최대 주파수 오프셋 추정 범위는 약 740Hz이다. V2X 서비스를 사용하는 Band 47(5.9GHz) 대역에서 상대 속도 500km/h 환경까지 고려한 최대 주파수 오프셋은 0.1ppm 주파수 에러와 Doppler shift로 인한 주파수 에러를 고려하면 약 3900Hz까지 발생할 수 있다. 따라서 DMRS 심볼간 상관 관계를 이용한 주파수 오프셋 추정 방식은 주파수 오프셋 추정 범위를 벗어나게 되어 V2X 단말의 수신 성능을 보장할 수 없다. 이를 극복하기 위해 V2X 수신기는 그림 4와 같이 다소 복잡하지만 하나의 DMRS 심볼내에서 주파수 오프셋을 추정하는 방식<sup>[5]</sup> (Single DMRS frequency offset estimation)을 고려한다.

이 방식은 시간 영역으로 전환한 k번째 DMRS 심볼의 수신 신호  $r_k(n)$ 를 시간 영역으로 전환한 k번

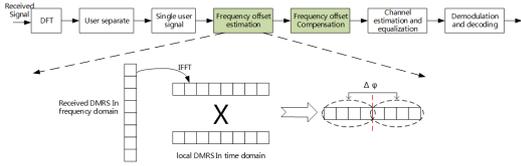


그림 4. DMRS 심볼내 주파수 오프셋 추정 흐름도  
Fig. 4. Flowchart for single DMRS frequency offset estimation

째 DMRS 심볼의 채널 응답 신호 최대점을 기준으로 시간 오프셋만큼 이동한 신호  $\tilde{r}_k(n)$ 를 생성한다. 이 신호와 시간 영역으로 전환한 k번째 DMRS 시퀀스  $p_k(n)$ 를 식(2)와 같이 두 구간 시간 사이 ( $\Delta t$ )의 위상 변화를 통해 주파수 오프셋을 추정한다.

$$\hat{\epsilon} = \frac{1}{2\pi\Delta t} \text{angle} \left( \sum_{k=0}^K \left( \sum_{n=0}^{N-1} \tilde{r}_k(n) p_k^*(n) \right) \times \left( \sum_{n=0}^{N-1} \tilde{r}_k\left(n + \frac{N}{2}\right) p_k^*\left(n + \frac{N}{2}\right) \right) \right) \quad (2)$$

추정된 주파수 오프셋은 시간 영역의 채널 추정 시에 보상하여 최종 채널 추정을 수행한다. 이 방식은 하나의 DMRS 심볼 내에서 주파수 오프셋을 추정하기 때문에 최대 4700Hz의 주파수 오프셋 추정 범위를 가질 수 있다. 주파수 오프셋 추정은 할당된 자원 영역이 많을수록 정확도가 높아지기 때문에, 2개의 RB(resource block)가 할당되는 PSSCH에서 추정된 주파수 오프셋을 PSSCH의 채널 추정에 사용하지 않고 PSSCH가 할당된 RB에서 다시 주파수 오프셋을 추정하여 채널 추정을 하도록 3GPP 표준 요구 성능이 정의되어 있다. 즉, 하나의 V2X 단말이 송신한 신호에 대해 PSSCH와 PSSCH에 대한 주파수 오프셋 추정을 각각 수행해야 한다.

#### IV. V2X 수신기 요구 성능 및 모의 실험

본 장에서는 3GPP RAN WG4에서 정의된 V2X 단말 성능 시험 항목 및 성능을 분석하고, 그 외에 고려될 성능 시험 항목에 대해 살펴본다.

##### 4.1 V2X 수신기 성능 시험 항목

###### 4.1.1 물리 계층 채널 검증 항목

기본적으로 V2X 수신기 요구 성능을 위한 항목으

로는 V2X 서비스를 위한 물리계층 채널 성능이 정의된다. 앞 절에서 언급했듯이, V2X의 물리계층 채널 구조인 DMRS의 할당 구조의 변경과 주파수 오프셋 추정 방식이 변경되었기 때문에 이를 위한 PSSCH와 PSSCH를 통해 전송되는 신호의 수신 성능에 대한 정의가 필요하다. 또한 V2X 수신기는 GNSS, 기지국, 그리고 다른 차량에서 전송되는 동기신호인 SLSS 기반의 동기화 방식이 있다. 따라서 각 동기화 방식에 따른 PSSCH와 PSSCH 및 SLSS와 함께 전송되는 PSBCH를 통해 전송되는 신호의 수신 요구 성능의 정의가 필요하다. 3GPP RAN WG4에서는 단순 수신기의 기능 검증이 중복되는 성능 시험을 방지하기 위해 표 1에 정의된 시험만 고려하여 최소 요구 성능을 정의한다.

표 1. 물리 계층 채널 시험 항목  
Table 1. Physical channel performance test list

| Physical channel [Synch source] | Test parameters   |
|---------------------------------|---|
| PSSCH [GNSS]                    | Relative velocity: 280Km/h<br>Frequency offset: 1.2kHz                              |
| PSSCH [GNSS]                    | Relative velocity: 33Km/h<br>Relative velocity: 500Km/h<br>Frequency offset: 1.2kHz |
| PSSCH [eNB]                     | Relative velocity: 33Km/h<br>Frequency offset: 2.6kHz                               |
| PSBCH [SLSS]                    | Frequency offset: 0.6kHz  |

###### 4.1.2 V2X 수신기 기능 검증 항목

###### 1) 소프트 버퍼 관리 기능 시험

V2X 단말은 하나의 서브프레임 처리해야 하는 최대 수신 비트가 31704로 정의되어 있고 소프트 버퍼 사이즈는 737280으로 정의되어있다. 소프트 버퍼의 사이즈는 20MHz 대역폭, 16QAM 변조, 최대 2번의 재전송(16 서브프레임 간격)을 고려하여 아래와 같이 계산된 값이다.

$$RB_{PSSCH}(96) \times \text{carrier}_{RB}(12) \times \text{Symbol}_{PSSCH}(10) \times \text{Modulatororder}(4) \times \text{frame}_{ReTx}(16)$$

따라서 V2X 단말은 최대 16 서브프레임 동안 복호화를 실패한 데이터에 대해 소프트 버퍼에서 관리할 수 있어야 하고 이러한 관리 기능을 V2X 단말이 보유하고 있는 지에 대한 기능 시험이다.

표 2. 물리 계층 채널에 대한 모의 실험 파라미터  
Table 2. Simulation parameters for physical channel test

| Synchronization           | GNSS    |        |         | eNB    | SLSS   |
|---------------------------|---------|--------|---------|--------|--------|
| Physical channel          | PSCCH   | PSSCH  | PSSCH   | PSSCH  | PSBCH  |
| Bandwidth (Hz)            | 10      | 20     | 10      | 20     | 20     |
| Channel propagation       | EVA1500 | EVA180 | EVA2700 | EVA180 | EVA180 |
| Antenna configuration     | 1X2     |        |         |        |        |
| Allocated resource blocks | 2       | 8      | 3       | 8      | 6      |
| Modulation order          | QPSK    | 16QAM  | QPSK    | QPSK   | QPSK   |
| number of transmission    | 1       | 1      | 2       | 1      | 1      |
| Frequency offset (Hz)     | 1200    | 1200   | 1200    | 2600   | 600    |

#### 4.2 V2X 수신기 모의 실험 결과

본 절에서는 4.1에서 언급된 성능 검증 항목에 대한 모의 실험 결과와 최소 요구 성능 기준에 대해 설명한다.

##### 4.2.1 물리 계층 채널 모의 실험 결과

표 1에서 보여진 항목에 대해 모의 실험 결과를 위한 모의 실험 환경 중 상대 속도는 일반적인 시내도로 환경에서 저속일 경우와 고속도로에서의 속도를 고려하여 33Km/h와 280Km/h를 설정했으며, 독일의 아우토타반과 같은 고속도로를 고려하여 최대 상대 속도 500km/h까지 설정하였다. 또한, 각 동기화 방식에 따라 달라지는 변수는 주파수 오프셋 값이다. GNSS기반의 동기일 경우 각 차량 단말이 3GPP RAN WG4 표준에서 규정한 0.1ppm (part per million)인 600Hz (V2X band: 5.9GHz ≈ 6GHz)의 주파수 오프셋을 갖는다고 고려하면 V2X 단말 간의 주파수 오프셋은 송수신시 1200Hz의 주파수 오프셋이 발생한다. 이와 같은 원리로 기지국 기반의 동기화 방식일 경우, 서로 다른 기지국에 동기되어 있는 두 대의 차량 간 통신 환경을 가정하면, 기지국 간 주파수 오프셋 (600Hz), 차량 간 주파수 오프셋 (1800Hz), Doppler shift로 인한 주파수 오프셋 (약 200Hz)을 고려하여 최종적으로 2600Hz의 주파수 오프셋 값을 갖는다. 표 2는 물리계층 채널에 대한 모의 실험 파라미터이다.

그림 5와 6은 표 2의 환경에서의 물리계층 채널에 대한 모의 실험 결과이다. 그림 5에서 GNSS기반의 PSCCH와 SLSS기반의 PSBCH 성능은 물리계층 채널에 대한 수신 성능으로 최소 요구 성능은 제어 채널에 대한 수신 성능을 보장하기 위해 BLER (Block Error Rate) 1%에서의 SNR을 기준으로 3GPP TS36.101 표준에 정의된다. 그림 6에서의 GNSS와 기지국 기반의 PSSCH 성능은 고속 이동 환경과 주파

수 오프셋 추정에 대한 수신기의 성능 검증 시험하는 환경이다. 모의 실험 결과에서 보듯이 인가된 채널의 도플러 주파수 와 주파수 오프셋 추정 기법에 따라 상당한 수준의 성능 차이가 발생하는 것을 관찰할 수 있

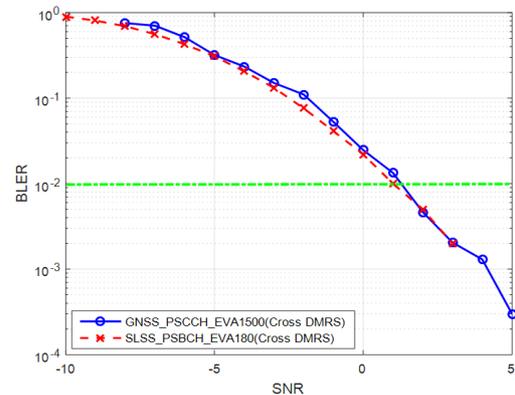


그림 5. PSCCH와 PSBCH 성능  
Fig. 5. PSCCH and PSBCH performance

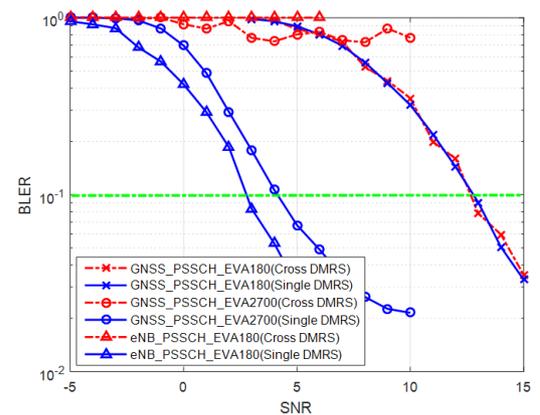


그림 6. GNSS와 기지국 기반의 동기에서의 PSSCH 성능  
Fig. 6. PSSCH performance for GNSS and eNB synchronization

표 3. 소프트 버퍼 관련 기능에 대한 모의 실험 파라미터  
Table 3. Simulation parameters for soft buffer management test

|                            |  |             |                           |
|----------------------------|--|-------------|---------------------------|
| Channel bandwidth          |  | MHz         | 20                        |
| Propagation Condition      |  |             | AWGN                      |
| Sidelink UE #i, 0 ≤ i < 15 | Sidelink transmission                      |             | PSCCH+PSSCH               |
|                            | Timing offset                              | Ts          | 0                         |
|                            | Frequency offset                           | Hz          | 0                         |
|                            | Number of PSSCH transmissions              |             | 2                         |
|                            | # of subframe regarding two retransmission | subframe    | 16                        |
|                            | Allocated RB for PSCCH                     | ithsubframe | 2                         |
|                            | Allocated RB for PSSCH                     | ithsubframe | 96 PRBs with MCS17(16QAM) |
| Antenna configuration      |  |             | 1x2                       |

으며, 특히 V2X 단말이 앞 절에서 소개한 Single DMRS 기법이 아닌 Cross DMRS 기법을 사용한 경우 성능 검증 시험에 통과하지 못하게 된다. V2X PSSCH의 최소 요구 성능은 기존 LTE와 다르게 V2X에서 고려되는 서비스 품질인 패킷 수신율 (PRR-Packet Reception Ratio) 90%를 고려하여 BLER 10%에서의 SNR을 기준으로 3GPP TS36.101 표준에 정의된다.

4.2.2 V2X 수신기 기능 검증 모의 실험 결과

1) 소프트 버퍼 관리 기능 시험

V2X 데이터 전송은 최대 2번까지 재전송이 가능하다. 소프트 버퍼 관리에 대한 성능을 보기 위해서는 첫 번째 전송되는 수신 데이터에 대해서는 100% BLER를 가지고 재전송 되는 데이터에 대해 수신을 성공해야 한다. 이는 첫 번째 전송되는 수신 데이터가 100% BLER가 되어야 soft buffer에 저장되어 관리되기 때문에 시험 환경에서 이를 반드시 고려해야 한다. 이 상황에서 정상적인 단말은 재전송 되는 데이터를

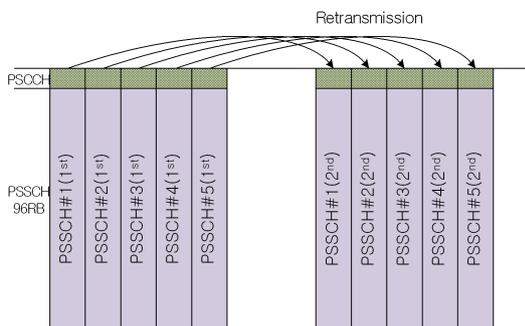


그림 7. 소프트 버퍼 관리 시험 환경  
Fig. 7. Test scenario for soft buffer management test

소프트 버퍼에 저장된 데이터와 결합하여 수신 데이터에 대한 복호화를 성공할 수 있지만, 소프트 버퍼의 구현에 제약이 있는 단말의 경우 일부 재전송되는 데이터를 저장하지 못하고 삭제하게 되어 이전에 전송된 데이터를 사용할 수 없게 되므로, 수신 성능 저하가 발생한다. 이를 위한 모의 실험 환경은 그림 7과 같이 16 서브프레임 마다 재전송이 이루어지고 소프트 버퍼 관리에 대한 기능 검증을 하기때문에 페이딩 채널 환경과 같은 외부 환경 의해 수신 성능 저하가 발생하면 안 된다. 따라서 표 3과 같이 AWGN (Additive white Gaussian noise) 채널 환경에서 시험을 한다. 그림 8에서 보듯이 PSSCH의 재전송여부에 따라 약 9dB의 성능 차이가 발생하는 것을 관찰할 수 있다. 즉, 4dB SNR 영역에서 V2X 단말이 첫 전송에 대한 데이터 수신을 실패하여 저장하고 있다가 16 서브프레임 이후에 재전송되는 데이터와 soft combining 하여 수신해야 BLER 10%를 만족할 수 있게 된다.

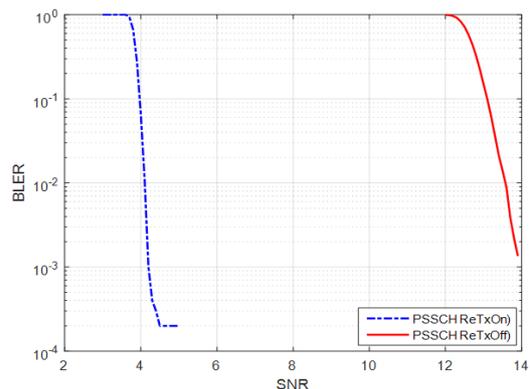


그림 8. 소프트 버퍼 관리 시험에 대한 PSSCH 성능  
Fig. 8. PSSCH performance for soft buffer management test

4.3 V2X 단말의 추가 기능 검증 항목

본 절에서는 앞 절에서 언급한 V2X 단말 성능 시험 항목 외에 추가적으로 정의되어야 할 시험 항목을 살펴본다.

4.3.1 수신 전력 불균형에 대한 수신 성능 시험

차량 간 데이터 송수신 환경을 고려할 경우, 수신 V2X 단말을 기준으로 가까운 전송 V2X 단말과 상대적으로 멀리서 전송하는 V2X 단말이 존재할 수 있다. 이러한 환경에서 V2X 단말은 대역내 방사(In-band Emission)로 인해 더 높은 전력 레벨의 신호는 더 낮은 전력 레벨의 신호에 간섭으로 작용하여 이러한 경우에도 낮은 전력 레벨에 해당하는 수신 신호가 정상적으로 수신할 수 있어야 하고, 이를 검증하기 위한 시험이다.

4.3.2 다수의 제어 채널과 데이터 채널에 대한 수신 능력 시험

앞 2.2 절에서 언급했듯이 V2X 데이터 송수신시 제어 채널과 데이터 채널이 하나의 서브프레임에 할당이 되기 때문에 V2X 단말이 하나의 서브프레임에서 동시에 전송되어지는 다수의 데이터를 수신할 수 있어야 하고, 이 수신 능력을 (X=10, Y=100)과 (X=20, Y=136) 두 가지로 나누어 정의되어 있다. X는 하나의 서브프레임에서 제어 채널인 PSCCH를 수신할 수 있는 수를 나타내고, Y는 하나의 서브프레임에서 PSCCH와 PSSCH를 복호화할 수 있는 총 RB수를 나타낸다. V2X 단말은 구현된 수신 능력에 따라 하나의 서브프레임에서 처리할 수 있는 PSCCH와 PSSCH에 대한 성능 시험이다.

4.3.3 V2X와 LTE 데이터에 대한 동시 수신 성능 시험

기본적으로 V2X 단말은 V2X band와 LTE band에 각각 별도의 RF 체인을 가지고 동작한다고 가정하기 때문에, V2X 데이터와 LTE 데이터를 동시에 수신할 수 있어야 한다. 즉, V2X와 LTE의 동시 수신 성능도 V2X 데이터만 수신하는 환경 그리고 LTE 데이터만 수신하는 환경에서와 같은 성능을 유지해야 하고 이를 확인하기 위한 성능 시험이다.

V. 결 론

본 논문에서는 3GPP Rel-14에서 정의된 LTE 기반 V2X를 지원하는 차량 단말에 대한 수신기 구조, 성능

시험 항목과 그에 대한 성능을 분석하고 모의 실험을 통해 살펴보았다.

기존 LTE 시스템과 달리, 차량 간 통신이라는 새로운 환경에서 정의된 물리계층 채널에 대해 진화된 주파수 오프셋 추정 기법을 통한 수신기 성능을 분석하였고, V2X 단말이 가지는 소프트 버퍼에 대한 관리를 검증하는 방식과 성능을 보았다.

그 외에도 V2X 단말의 기능 검증 항목인 수신 전력 불균형에 대한 수신 성능, 다수의 제어 채널 및 데이터 채널에 대한 수신 성능, V2X와 LTE 데이터를 동시에 수신할 수 있는 수신 성능에 대해서도 살펴보았다.

현재는 Band 47의 하나의 캐리어 (single carrier)만을 고려해서 V2X 단말 수신 성능을 정의하고 있지만, 향후 복수의 캐리어 (multi carriers)가 도입이 될 경우 추가적인 V2X 단말 수신 성능에 대한 정의가 논의되고 추가되어야 한다. 또한 차량 혼잡 지역에서 간섭 제한 (interference limited) 된 상황에서 간섭 제거 기능을 포함하는 수신기의 진화도 연구가 필요하다.

References

- [1] S. H. Lee, M. N. Jung, and D. H. Hwak, "Summary of DSRC system standardization trend," in *Proc. KICS Int. Conf. Commun.*, pp. 2555-2558, Jul. 2001.
- [2] 3GPP TS 36.211, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access; Physical channels and modulation (Release 14)," V14.1.0, Dec. 2016.
- [3] 3GPP TS 36.213, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access; Physical layer procedure (Release 14)," V14.1.0, Dec. 2016.
- [4] RP-161603, "Support for V2V services based on LTE sidelink," LG Electronics, Huawei, HiSilicon, CATT, RAN#73.
- [5] R1-160284, "DMRS enhancement of V2V," Huawei, HiSilicon, RAN WG1 #84.

황 진 업 (Jin-Yup Hwang)



2005년 2월 : 경희대학교 전파통신공학과 졸업  
2007년 2월 : 한국정보통신대학원 공학 석사  
2012년 2월 : 한국과학기술원 정보통신공학과 박사  
2012년 1월~현재 : LG 전자 책임연구원

<관심분야> 3GPP LTE/LTE-A/5G NR 이동통신 시스템, 차세대 이동통신 시스템

이 상 욱 (Sang-Wook Lee)



1994년 2월 : 서울대학교 전자공학과  
1996년 2월 : 서울대학교 전자공학과 석사  
2001년 2월 : 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 박사  
2001년 3월~현재 : LG 전자 책임연구원

<관심분야> 3GPP UMTS/LTE/LTE-A/5G NR 이동통신 시스템, 차세대 이동통신 시스템

정 만 영 (Man Young Jung)



1998년 2월 : 중앙대학교 전자공학과 학사  
2000년 2월 : 중앙대학원 전자공학과 석사  
2004년 11월 : SK Innoace 대리  
2004년 11월~현재 : LG 전자 책임연구원

<관심분야> 3GPP LTE/LTE-A/5G NR 이동통신 시스템, V2X