

## LTE 기반 V2X 단말의 RF 규격에 대한 연구

임수환\*, 정만영\* 이상욱°

## A study on the RF Requirements for LTE-based V2X UE

Su Hwan Lim\*, Man Young Jung\* Sang-Wook Lee°

## 요 약

본 논문은 3GPP REL-14에서 논의된 LTE 기반 V2X(Vehicle to Everything) 서비스를 위한 전반적인 스펙트럼 규격 현황 및 V2X 단말에 대한 RF 기술 요구 사항을 기술한다. LTE 기반 V2X 서비스는 ITS (Intelligent transportation system) 대역 및 면허대역에서의 기존 셀룰러망의 도움 하에 차량과 차량, 차량과 네트워크 및 차량과 보행자에 대한 정보교환을 통해 사람과 차량에 대한 안전 관련 서비스 (충돌 주의, 속도 경고, 위험지역 알림, 비상브레이크 등), 차량 그룹간의 CACC (Cooperative Adaptive Cruise Control) 서비스 및 개인 멀티미디어 서비스 등을 제공한다. 본 연구는 3GPP RAN4 에서의 LTE V2X 단말에 대한 DSRC(Dedicated Short Range Communication)와의 간섭 분석을 통한 공존 연구를 포함하고 이를 기반으로 33 dBm 파워 클래스를 포함한 V2X 단말에 대한 RF 요구사항 분석 및 규격화된 결과를 기술한다.

**Key Words** : V2X (Vehicle-to-Everything), DSRC (Dedicated Short Range Communication), ITS (Intelligent Transportation System), Coexistence, RF requirements

## ABSTRACT

This paper describes a spectrum and related UE RF requirements for LTE-based V2X(Vehicle to Everything) services in 3GPP Release-14. LTE based V2X service provides road safety service (e.g. collision avoidance, speed warning, notice of dangerous region, emergency brake), efficient C-ACC(Cooperative Adaptive Cruise Control) services and personal multimedia service by exchanging its information between vehicles or between vehicle and network or between vehicle and pedestrian in ITS spectrum and / or in licensed spectrum. For the feasibility of V2X service, this paper performed 3GPP RAN4 based adjacent channel coexistence study between new V2X system and other system (e.g. DSRC or LTE system) in 5.9 GHz ITS spectrum or in licensed spectrum. Based on this coexistence study, this paper analyzed and defined UE RF requirements for V2X device including new 33 dBm high power class based on 3GPP RAN4.

## I. 서 론

LTE 기반 V2X 기술은 차량 간의 정보 교환, 실시간 교통 정보 및 주 차량을 통한 CACC (cooperative adaptive cruise control, 협동적 적응형 순항 제어 시

스템)에 의한 자율 주행을 위해서 ITS 대역과 면허 대역 주파수를 사용하여 V2X 서비스를 제공하는 3GPP Rel-14 의 LTE-Advanced Pro 의 핵심 요소 기술이다<sup>[1]</sup>. LTE 기반 V2X 서비스는 도로 안전 및 효율적인 차량 흐름 지원에서는 기존의 DSRC (Dedicated

\* First Author : LG Electronics, suhwan.lim@lge.com, 정회원

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

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

논문번호 : KICS2017-06-182, Received June 27, 2017; Revised September 4, 2017; Accepted September 11, 2017

Short Range Communication) 기반 서비스와 유사하지만, 셀룰러 망에 대한 지원이 추가되어 더욱 다양하고 효율적인 V2X 서비스를 지원할 수 있으며, DSRC와 함께 사용하면서 인포테인먼트에 특화하는 방식으로 도로 진화가 가능하다. LTE 기반 V2X 서비스는 또한 차량 간의 데이터 수집에 의존했던 기존 V2X 서비스와 달리 네트워크와 연동된 다양한 정보 교환을 통한 교통안전 서비스 (e.g. 시야확보가 어려운 교차로, 기상 악화환경에서 차량과 LTE 망간의 통신을 통한 안전 서비스) 그리고 망을 통한 차량 간의 CACC 서비스 및 대형차량이나 건물에 가려 시야 확보가 불가능한 상황에서 시-스루(see-through) 기술을 통한 시야 확보 등을 제공할 예정이다<sup>[2]</sup>. 이와 같은 LTE 기반 V2X 서비스의 기존 시스템과의 간섭 분석을 위해, 3GPP RAN4에서는 인접 대역에 위치할 수 있는 DSRC 및 LTE 시스템과의 공존 분석을 수행하였다<sup>[3]</sup>. 분석 결과 ITS 대역 (5.9 GHz)에서는 LTE 기반 V2X 서비스가 기존의 DSRC 기반 V2X 서비스와 공존할 수 있음이 확인 되었다. 반면 LTE 면허 대역에서는 LTE V2X 서비스가 기존 LTE 기지국과 단말에 무시할 수 없는 간섭을 주기 때문에 공존이 불가능한 것으로 결론지어졌다<sup>[4][5]</sup>. 또한 차량이나 단말이 기존의 LTE 면허대역과 ITS 대역을 모두 이용하여 주파수 집성과 같이 동시 송수신이 가능하도록 V2X 단말의 RF 규격을 정의하였다<sup>[7]</sup>. 추가적으로 3GPP에서는 ITS 대역인 Band 47(5855 ~ 5925 MHz)에서는 DSRC 기술과의 경쟁력 확보 차원에서 EIRP 기준으로 최대 33 dBm의 최대 전송 파워를 지원할 수 있는 파워 클래스를 추가로 정의하였다. 3GPP rel-15에서는 추가적인 V2X band 조합을 추가하는 작업 및 V2X 서비스를 지원하는 다중 carrier의 개수를 증가 및 64-QAM 등의 고차 변조 방식을 지원하는 규격 작업을 진행하고 있다<sup>[8]</sup>.

본 논문은 3GPP RAN4 의 LTE V2X 서비스와 DSRC와의 인접 채널 간 간섭 분석에 의한 공존 이슈를 기술적으로 분석하고 이를 바탕으로 사이드링크 (sidelink) 기반의 LTE V2X 단말의 RF 요구사항을 분석해 본다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 V2X에 대한 운용 시나리오에 따른 간섭 분석 결과를 간략히 설명하고, III장에서 단일 반송파와 다중 반송파를 지원하는 LTE V2X 단말 및 고출력 전송 지원을 위한 RF 규격을 정의하기 위한 기준 및 규격 설명하고 IV장에서는 향후 LTE 기반 V2X 서비스에 대한 발전 방향 및 5G에서의 진화된 V2X 서비스에 대해 소개하며 결론을 맺는다.

## II. V2X 운용 시나리오에 따른 간섭 분석

LTE V2X 단말의 인접대역 간섭 분석은 기존 LTE 면허 대역에서의 V2X 단말의 사이드링크 동작이 LTE 시스템과 단말에 미치는 영향 및 5.9 GHz 대역의 ITS 대역에서 기존 DSRC 시스템과 단말에 미치는 영향 포함한 두 가지 시나리오에서 수행되었다<sup>[4]</sup>. 이 두 가지 시나리오를 아래 4가지 경우로 세분하여 기존 LTE 시스템의 수율 감소 (Throughput loss) 및 기존 DSRC 시스템의 PRR (Packet Reception Rate) loss를 기준으로 간섭영향을 분석하였다. 여기에서 PRR은 송신 차량 주변 일정 거리에 존재하는 전체 차량의 수에 대한 송신 차량 신호를 성공적으로 수신한 차량의 수에 대한 비율을 나타내며 송신 차량에 대한 거리의 함수로 주어진다. 특별히 ITS 대역에서는 두 단계의 인접채널에 대한 간섭 분석이 수행되었다. 첫 번째 단계에서는 LTE V2X 단말이 LTE 단말과 동일한 23 dBm의 최대 전송 파워를 고려하여 인접채널 간섭 영향을 분석하였으며, 두 번째 단계에서는 LTE V2X 단말이 DSRC 기반 V2X 단말과 동일한 EIRP(Equivalent Isotropic Radiated Power) 기준 33 dBm 최대 전송 파워를 고려한 간섭 분석을 실시하였다<sup>[5]</sup>.

- LTE 면허 대역에서의 간섭 분석 시나리오
  - V2X 단말 (간섭원, Aggressor)-to-LTE 기지국 (피간섭원, Victim)
  - LTE 단말 (간섭원, Aggressor)-to-V2X 단말 (피간섭원, Victim)
- ITS 대역에서의 간섭 분석 시나리오
  - V2X 단말 (간섭원, Aggressor)-to-DSRC 단말 (피간섭원, Victim)
  - DSRC 단말 (간섭원, Aggressor)-to-V2X 단말 (피간섭원, Victim)

본 논문에서는 인접채널에 미치는 간섭 영향을 분석하기 위해 기존 간섭 분석 문서인 3GPP TR(Technical Report) 36.942<sup>[9]</sup> 및 LTE V2X 단말의 feasibility를 분석한 TR36.885<sup>[10]</sup>를 참조하였다.

### - 도심에서의 셀 배치

#### (Urban case: Manhattan grid model)

LTE V2X 단말의 인접 채널 간섭 분석을 위한 기지국 및 단말의 배치 (layout) 는 그림 1과 같이 도심 환경의 Manhattan grid 모델을 사용하였다<sup>[10]</sup>.

그림 1에서 보듯이 9개의 grid가 하나의 블록으로 구성되며, 하나의 블록에 위치하는 LTE 단말은 오른쪽 그림과 같이 한 셀 당 20개의 단말이 균일 간격으로 도로변에 분포하고 이 중에서 3개의 단말이 데이터를 주고받도록 활성화되어 있다. 그리고 V2X 단말은 속도에 따라 아래와 같이 V2X 간의 균등 거리에 따라 도로 위에 배치되며 1%의 V2X 단말이 데이터를 송수신 하도록 활성화 된다. 아래는 활성화된 V2X 단말의 수를 구하는 수식이다<sup>[11]</sup>.

• 15km/h V2X 단말의 활성화된 수:

$$[(2676/10.4)*9]*0.01=[(257.3*9)*0.01]=2315.7*0.01 \cong 23 \text{ UEs}$$

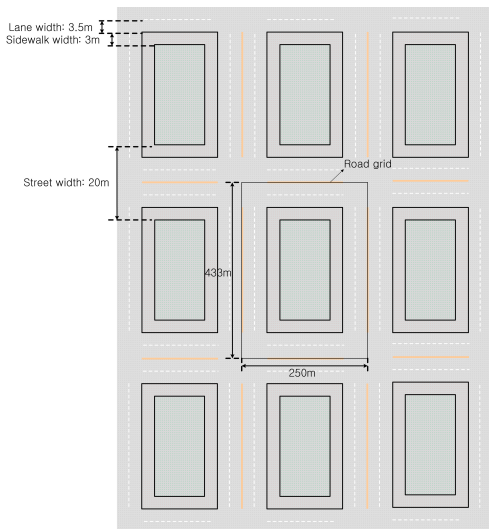


그림 1. 도심 환경에서의 도로 구성 및 셀 배치도  
Fig. 1. Road configuration and wrap around cell layout in Urban case

• 60km/h V2X 단말의 활성화된 수:

$$[(2676/41.7)*9]*0.01=[(64.2*9)*0.01]=577.55*0.01 \cong 6 \text{ UEs}$$

여기서, 2676 은 하나의 grid 크기를 나타낸다.

- 공존 평가를 위한 실험 척도 (test metrics for coexistence evaluation)

기존의 3GPP 에서는 간섭 양을 측정하는 척도를 간섭원이 피간섭원의 인접 대역에 미치는 간섭율인 ACIR (Adjacent Channel Interference Ratio)을 이용하여 평가하였다. 하지만 V2X 단말 간의 공존 평가를 위한 척도는 기존의 LTE 시스템 전체 용량의 손실률이 아닌 V2X 단말이 보내준 패킷의 수신 성공률 저하 정도를 공존 평가를 위한 척도로 사용하였다<sup>[4]</sup>.

인접 채널에 대한 간섭율은 아래와 같이 자신의 전송 파워에 대한 인접 채널 수신단이 받는 간섭량의 비로써, 수식 2-1과 같다<sup>[10,12]</sup>.

$$ACIR = -10\log_{10}\left(10^{-\frac{ACLR}{10}} + 10^{-\frac{ACS}{10}}\right) \quad (2-1)$$

수식 2-1에서 보듯이 ACIR은 자기 채널 송신 파워에 대한 인접 채널 누설 파워 비인 ACLR (Adjacent Channel Leakage Ratio)과 수신 단말의 인접 채널 간섭에 대한 자기 채널 선택적 수신 비율인 ACS (Adjacent Channel Selectivity)의 함수이며, V2X 통신에서 앞서 제공된 파라미터를 이용하면 아래 표 1과 같이 ACIR을 근사화 할 수 있다. 여기서 Case 1인 경우, 인접한 새로운 시스템에 의한 기존 시스템으로의 간섭 총량을  $ACIR_{New} = ACIR_{current} + X$  [dB]로 나타낼 때, 만일 새로운 시스템에 의해 기존 시스템 전체 수신 용량이 5% 이내로 감소된다면 오프셋 값인  $X=0$ 으로 되어, 기존 ACLR 혹은 ACS 값을 재사용하게 된다. 만일 새로운 시스템 간섭에 의해 기존 시스템의 용량이 5% 이상 감소된다면 오프셋  $X$ 를 조정하여 시스템 용량 손실률을 5% 미만으로 허용하는 ACIR 오프셋 값을 찾아야 한다.

또한 Case 2부터 Case 4까지는 차량 단말 시스템의 전체 패킷 수신율에 대한 손실률을 척도로 기존 시스템의 영향 유무를 해석한다. 이 패킷 수신율에 대한 손실률은 차량의 속도에 따라 아래와 같이 다른 척도를 적용한다.

표 1. 인접 채널 공존 시나리오 별 ACIR 값 및 공존 영향 척도  
Table 1. ACIR levels & test metrics based on adjacent channel coexistence scenario

동작 시나리오 (aggressor-to-Victim)	ACLR [dB]	ACS [dB]	ACIR [dB]	공존영향척도	비고
Case 1: V2X UE-to-LTE BS	30	46	29.9	T-put loss	V2X 23 dBm 만 고려
Case 2: LTE UE-to-V2X UE	30	33	28.2	PRR loss	
Case 3: V2X UE-to-DSRC UE	30/31	22/25/29	21.4/23.8/26.5	PRR loss	V2X 23/33 dBm 고려
Case 4: DSRC UE-to-V2X UE	26/38	33	25.2/31.8	PRR loss	DSRC 23/33 dBm 고려

\* 셀룰러 V2X 시스템에서의 공존 분석을 위한 패킷 수신율에 대한 손실률 척도<sup>[4]</sup>

- i. 도심 환경 (차량 속도: 15km/h) : Average PRR 90 % at 50 m range
- ii. 도심 환경 (차량 속도: 60km/h) : Average PRR 60 % at 150 m range

2.1 인접채널 간섭 분석 모의실험 결과

II 절에서 기술한 4가지 시나리오를 기반으로 한 모의 실험 환경 하에서 셀룰러 V2X 단말에 의한 공존 영향 분석이 수행되었으며, 분석 결과는 아래와 같다.

- LTE 면허 대역에서의 사이드링크 동작에 대한 공존 분석결과

i. Case 1 : V2X UE-to-LTE BS

3GPP RAN4 간섭 연구 결과를 바탕으로<sup>[4]</sup>, 차량 속도 15km/h 및 60km/h에서 전송 데이터 크기 300 byte를 가정했을 때, LTE 가 피간섭원인 경우의 전체 평균 시스템 용량 손실률은 허용 한계인 5% 보다 큰 15%를 넘었다. 간섭원인 V2X 단말의 ACLR 을 10

dB 가량 강화할 경우 5% 이하의 시스템 용량의 손실률을 확보할 수 있다. 하지만 동일한 LTE 단말이 셀룰러 통신도 지원하고 V2X 서비스도 지원할 경우, ACLR 은 하나의 값으로 고정하여야 하며, 이 경우 V2X 단말의 ACLR을 보장하여야만 2가지 시스템에서 사용 가능하게 된다. 따라서 RAN WG4 에서는 면허대역에서의 V2X 단말의 사이드링크 동작은 추가적인 간섭제어 방식이 적용되지 않는 한 기존 LTE 시스템과 공존할 수 없다는 결론을 도출하였다<sup>[4,5]</sup>. 이러한 문제를 해결하기 위해 RAN WG1 에서는 기존의 모의실험 환경 이외 power control 방식에 대한 최적화 및 혼잡 제어(congestion control) 방식에 대한 지원을 통하여 기존 LTE 시스템에 간섭을 주는 인자를 줄이기 위한 방식을 규격화 하였다<sup>[4]</sup>.

ii. Case 2 : LTE UE-to-V2X UE

패킷 수신율에 대한 손실률이, LTE 시스템 간섭이 존재하는 경우의 수신율과 간섭이 존재하지 않는 경우의 수신율의 차이가 차량의 속도에 따라 10% 및 40%를 넘는지를 기준으로 분석한 결과, 아래의 두 실험 환경 모두에서 2%이내의 손실률을 보임으로 LTE

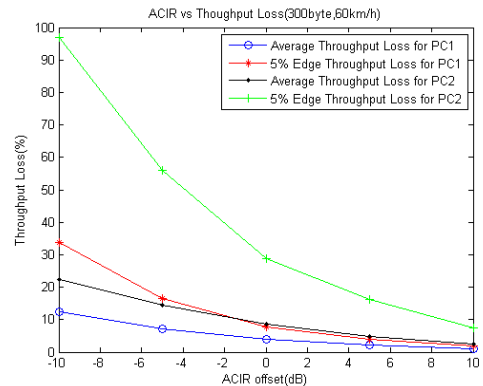
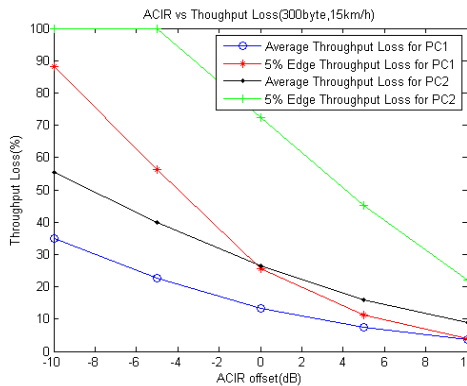


그림 2. Case1 도심 환경에서 차량 속도에 따른 시스템 용량 손실률 (데이터 크기: 300byte, 차량 속도: 15km/h or 60km/h)[4]

Fig. 2. Throughput loss Simulation results for 300 byte packet size in urban scenarios w/ 15km/h or 60km/h in Case1[4]

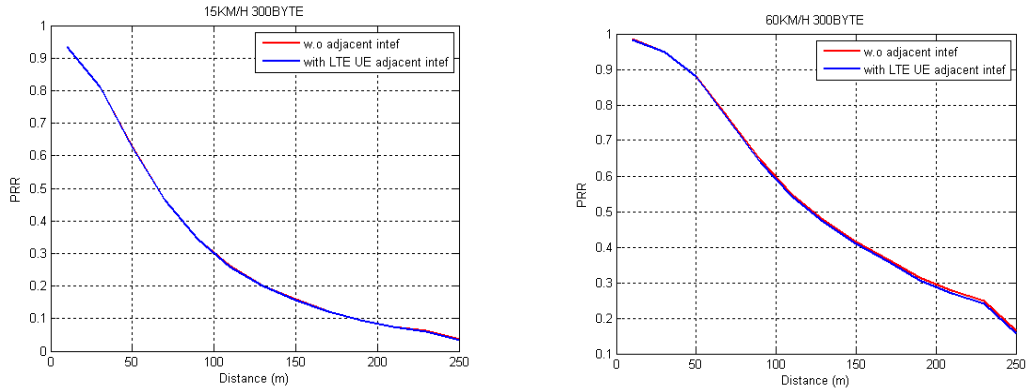


그림 3. Case2 도심 환경에서 차량속도에 따른 전체 시스템 패킷 수신율 (데이터 사이즈: 300byte)[4]  
 Fig. 3. Packet reception ratio for 300 byte packet size in urban scenarios w/ 15km/h or 60km/h in Case2[4]

단말이 V2X 단말의 수신율에 미치는 영향은 미미한 것으로 결론을 지었다<sup>4,5)</sup>.

- 5.9 GHz ITS 대역에서의 사이드링크 동작에 대한 공존 분석결과

iii. Case 3 : V2X UE-to-DSRC UE

패킷 수신율에 대한 손실률이, 셀룰러 V2X 단말에 의한 간섭이 존재하는 경우의 DSRC 단말의 수신율과

기존 DSRC 간섭만 존재하는 경우의 수신율의 차이가 차량의 속도에 따라 10 % 및 40 %를 넘는지를 분석한 결과, V2X 단말 최대 송신 파워가 23 dBm인 파워 클래스(power class) 3 인 단말을 가정한 경우, 4 % 이내의 DSRC 단말의 손실률을 보임으로 셀룰러 V2X 단말이 DSRC 단말의 수신율에 미치는 영향은 미미한 것으로 결론지었다<sup>4)</sup>. 또한 33 dBm 의 최대 송신 파워를 가정한 경우, 표 2와 같이 5 % 이하의 DSRC 단말의 손실률을 보임으로 셀룰러 단말이

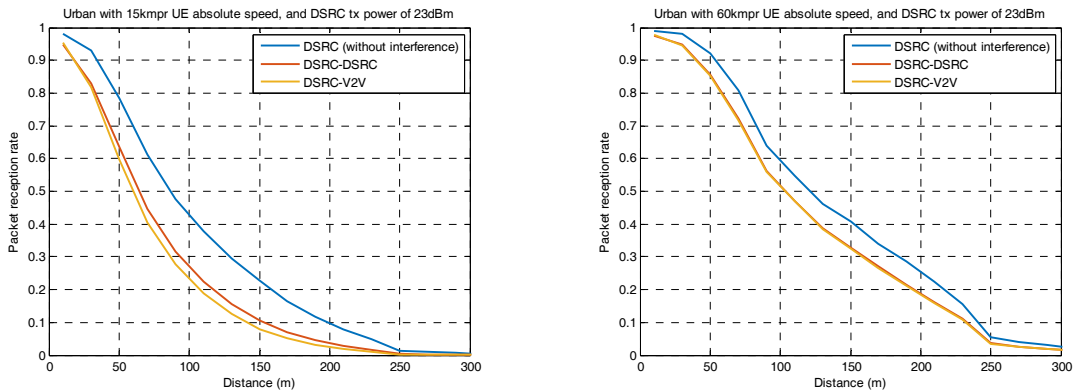


그림 4. Case 3 도심 환경에서 차량속도에 따른 시스템 패킷 수신율 (V2X 단말 23 dBm 송신 파워 가정)[4]  
 Fig. 4. Packet reception ratio in urban scenarios w/ 15km/h or 60km/h in Case3 (23 dBm V2X maximum output power)[4]

표 2. 인접 채널 공존 시나리오 별 ACIR 값 및 공존 영향 척도[5]  
 Table 2. ACIR levels & test metrics based on adjacent channel coexistence scenario[5]

패킷 손실률	차량 속도 15km/h (at 50m)		차량속도 60km/h (at 150m)	
	V2X 단말 송신 파워 (23 dBm)	V2X 단말 송신 파워 (33 dBm)	V2X 단말 송신 파워 (23 dBm)	V2X 단말 송신 파워 (33 dBm)
190 Byte	1.49 %	2.20 %	3.5 %	4.37 %
300 Byte	1.68 %	2.52 %	3.47 %	4.84 %

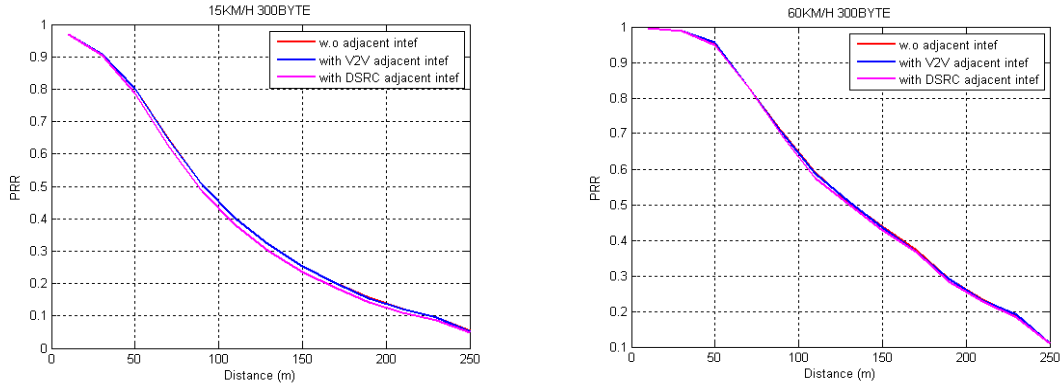


그림 5. Case4 도심 환경에서 차량속도에 따른 전체 시스템 패킷 수신율 (DSRC 단말 33 dBm 송신 파워 가정)[4]  
 Fig. 5. Packet reception ratio in urban scenarios w/ 15km/h or 60km/h in Case4 (33 dBm DSRC maximum output power)[4]

DSRC 단말의 수신률에 미치는 영향은 공존 가능 척도를 넘지 않았다. 따라서 5.9 GHz 대역에서 V2X 단말이 간섭원이고 DSRC 단말이 피간섭원일 경우는 공존이 가능하다는 결론을 도출하였다<sup>5)</sup>.

iv. Case 4 : DSRC UE-to-V2X UE

패킷 수신율에 대한 손실률이, DSRC 단말에 의한 간섭이 존재하는 경우의 셀룰러 V2X 단말의 수신율과 셀룰러 V2X 간섭만 존재하는 경우의 수신율의 차이가 차량의 속도에 따라 10 % 및 40 %를 넘는지를 분석한 결과, DSRC 단말 송신 파워가 33 dBm 단말을 가정한 경우, 3 %이내의 셀룰러 V2X 단말의 손실률을 보임으로 DSRC 단말이 셀룰러 V2X 단말의 수신율에 미치는 영향은 미미한 것으로 분석되었다. 따라서 5.9 GHz 대역에서 DSRC 단말이 간섭원이고 LTE V2X 단말이 피간섭원일 경우는 공존이 가능하다는 결론을 도출하였다<sup>4)</sup>.

위의 4가지 공존 시나리오를 분석 결과 현재 5.9 GHz 의 ITS 대역에서의 PC5 인터페이스에 의한 사이드링크 동작은 가능하나, LTE 먼허대역에서의 사이드링크 동작은 불가하다. 따라서 RAN WG4 에서는 ITS 대역에서 사이드링크 동작만을 위한 단말 RF 규격을 정의하였으며, 기존의 LTE 먼허 대역에서는

application을 통하여 Uu 인터페이스 V2X 서비스를 지원할 수 있다<sup>7)</sup>. 이 결과에 따라 먼허대역에서의 사이드 링크 동작을 위해서는 물리계층에서의 추가적인 간섭 제거 기술 및 V2X 단말의 opportunity 에 대한 제어 등의 기술 지원이 필요하며, 이를 기반으로 먼허대역에서의 추가적인 공존 분석이 rel-15에서 필요하다.

III. 셀룰러 V2X 단말의 RF 규격

본 절에서는 II 절의 공존 분석 결과 및 각 국가 및 지역별 규제 등을 근간으로 3GPP Rel-14 에서 다루어진 LTE V2X 단말의 RF 규격에 대해 기술한다. 차량 통신을 위한 유럽 지역에서의 규제는 European harmonized standard 인 EN 302 571<sup>15)</sup> 및 TS 102 792<sup>16)</sup> 를 기준으로 분석되었으며, 북미 지역의 규제는 FCC-99-305A1<sup>17)</sup> 를 통한 주파수 할당 및 IEEE 의 WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments)<sup>18)</sup>를 기준으로 분석되었고, 아시아 지역의 규제는 각 나라별 규제 현황에 대한 내용을 근거로 해서 차량 단말의 표준을 규격화 하였다.

유럽의 ITS 대역에서의 규제는 표 3과 같이 5855 ~ 5925 MHz 까지 총 70 MHz 대역에 대한 용도를 규제하였다. 미국도 아래 그림 6과 같이 5 MHz 의 보

표 3. 유럽의 5.9 GHz ITS 대역의 주파수 분배  
 Table 3. 5.9 GHz ITS frequency band segmentation in Europe

주파수	주파수 대역	용도	규제근거
ITS-G5B	5855 ~ 5875 MHz	ITS non-safety applications	ECC Recommendation (08)01
ITS-G5A	5875 ~ 5905 MHz	ITS road safety	Commission Decision 2008/671/EC, ECC Decision (08)01[20]
ITS-G5D	5905 ~ 5925 MHz	Future ITS applications	ECC Decision (08)01[20]

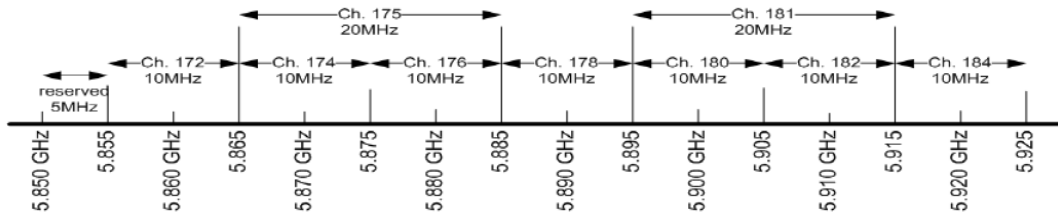


그림 6. 미국의 V2X 통신을 위한 5.9 GHz 대역의 채널 할당[18]  
 Fig. 6. Channel allocation in 5.9 GHz for V2X communications in U.S.A[18]

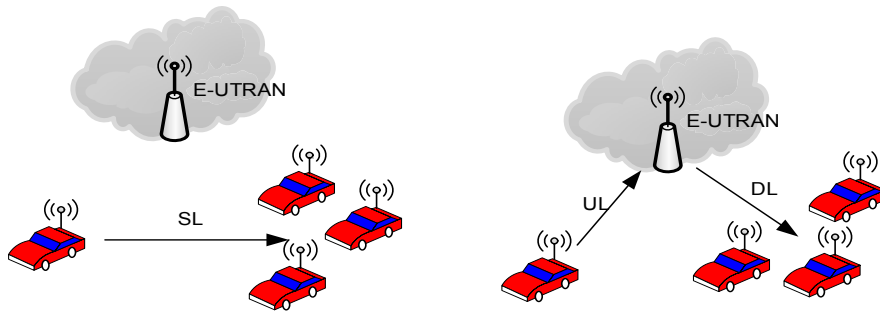


그림 7. 차량간 통신 시나리오[5]  
 Fig. 7. Vehicle-to-Vehicle communication scenarios[5]

호 주파수(5850~5855 MHz)를 설정하고 70 MHz를 총 9개의 주파수로 나누어 정의하였으며, 그 중 178번 채널을 제어 채널로 사용하고 나머지는 모두 서비스 채널로 사용할 수 있도록 규제하였다<sup>[18]</sup>.

3GPP RAN WG4에서는 이를 기반으로 위의 그림 7과 같이 사이드링크 기반으로 차량 간 데이터를 송수신하는 대역인 Band 47 (5855~5925 MHz)을 새로 정의하였다. 또한 기존 셀룰러 망에서 Uu 인터페이스를 이용한 차량 간 통신도 함께 지원 할 수 있도록 그림 8과 같이 동일 주파수 내지 서로 다른 주파수 대역에서 다중 반

송파를 동시에 지원할 수 있도록 하였다. 아래의 표 4는 3GPP RAN WG4에서 정의된 PC5 인터페이스에 따른 V2X를 지원하는 단일 반송파 주파수를 나타낸 표이다. 기존의 면허 대역의 Uu 인터페이스 기반의 V2X 서비스는 추가적인 규격 정의 없이 사용 가능하며, 면허대역에서의 PC5 인터페이스에 대한 것이 RAN WG4에서 허용이 되는 경우 아래의 표 4에 추가된다. 표 5는 그림 8과 같이 서로 다른 주파수에서 V2X 통신 및 기존의 면허대역에서의 LTE 서비스와 V2X 서비스 (Band 47)를 동시에 지원할 수 있도록 주파수 대역을 정의한 표이다. 이

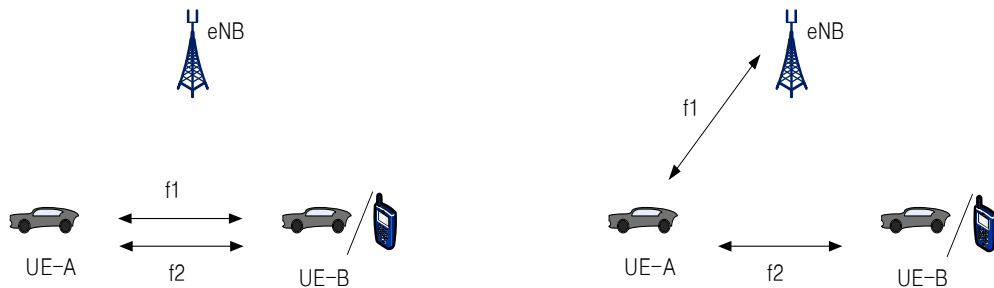


그림 8. 다중 반송파 송수신을 지원 V2X 통신 시나리오[5]  
 Fig. 8. Multi-carrier V2X communication scenario[5]

표 4. 3GPP TS 36.101에 정의된 V2X 동작 주파수 대역  
Table 4. V2X operating band in 3GPP TS 36.101

E-UTRA 동작 주파수 밴드	V2X 동작 주파수 밴드	V2X 단말 전송 주파수		V2X 단말 수신 주파수		전송 방식 (Duplex mode)	인터페이스 (Interface)
		F <sub>UL_low</sub>	- F <sub>UL_high</sub>	F <sub>DL_low</sub>	- F <sub>DL_high</sub>		
47	47	5855 MHz	- 5925 MHz	5855 MHz	- 5925 MHz	HD	PC5

표 5. 서로 다른 대역 간 동시동작 지원하는 V2X 동작 주파수 대역  
Table 5. Inter-band concurrent V2X operating bands

V2X 동시 전송 밴드 구성	동작 주파수 밴드	인터페이스 (Interface)	단말 전송 주파수 대역 (V2X UE transmit)		단말 수신 주파수 대역 (V2X UE transmit)		전송 방식 (Duplex Mode)
			F <sub>UL_low</sub>	- F <sub>UL_high</sub>	F <sub>DL_low</sub>	- F <sub>DL_high</sub>	
V2X_3-47	3	Uu	1710 MHz	- 1785 MHz	1805 MHz	- 1880 MHz	FDD
	47	PC5	5855 MHz	- 5925 MHz	5855 MHz	- 5925 MHz	HD
V2X_7-47	7	Uu	2500 MHz	- 2570 MHz	2620 MHz	- 2690 MHz	FDD
	47	PC5	5855 MHz	- 5925 MHz	5855 MHz	- 5925 MHz	HD
V2X_8-47	8	Uu	880 MHz	- 915 MHz	925 MHz	- 960 MHz	FDD
	47	PC5	5855 MHz	- 5925 MHz	5855 MHz	- 5925 MHz	HD
V2X_39-47	39	Uu	1880 MHz	- 1920 MHz	1880 MHz	- 1920 MHz	TDD
	47	PC5	5855 MHz	- 5925 MHz	5855 MHz	- 5925 MHz	HD
V2X_41-47	41	Uu	2496 MHz	- 2690 MHz	2496 MHz	- 2690 MHz	TDD
	47	PC5	5855 MHz	- 5925 MHz	5855 MHz	- 5925 MHz	HD

외에 추가적으로 Band 47 에서의 동일 주파수 대역 다중 반송파 (intra-band multi-carrier)를 최대 2개까지 지원 할 수 있도록 Rel-14에서 표준 규격을 완료하였으며<sup>[7]</sup>, 기존 주파수 집성(CA)과 같이 점차적으로 차량 통신을 위한 반송파 수를 증가하도록 (최대 8개) 규격 작업을 진행할 예정이다<sup>[8]</sup>.

**- 채널 대역 폭**

Band 47에서는 그림 6과 같이 10 MHz 채널 대역 폭을 기본으로 지원하도록 하였으며, DSRC 시스템과의 경쟁력 확보를 위해 20 MHz 채널도 단독으로 지원할 수 있도록 표 6과 같이 정의하였다. 이와 더불어 표 7 과 같이 최대 2개 이상의 반송파를 동시에 지원함으로써, ITS 대역만을 지원하는 DSRC 시스템 대비 경쟁력을 확보하도록 규격화하였다. 또한 대역 47 내

표 6. V2X 대역에서의 지원되는 채널 대역폭[7]  
Table 6. V2X communication channel bandwidths[7]

E-UTRA V2X band / V2X channel bandwidth						
V2X 밴드	1.4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
47				Yes		Yes

에서도 최대 2개의 반송파를 지원할 수 있도록 하는 인접한 다중 반송파 지원을 규격화 하였으며, Rel-15 eV2X에서는 대역 47에서 동시 지원 다중 반송파 개수를 3개까지 증가할 수 있도록 표준 지원할 계획이다<sup>[8]</sup>.

**3.1 V2X 단말의 송신단 RF 규격**

송신단의 RF 규격은 대역 47에서의 PC5 인터페이스를 지원하기 위한 규격 정의와 다중 반송파를 동시에 지원하기 위한 송수신 단 규격 정의하는 두 가지로 요약할 수 있다. 첫 번째는 V2X 단말의 사이드링크 동작이 기존의 LTE 단말의 기기 간 통신(D2D-Device to Device) 규격<sup>[23]</sup>과 차이점을 분석하고 이에 대한 차이점을 단일 반송파에 대해서 정의를 하는 것이고 두 번째는 서로 다른 인터페이스를 사용하는 다중 반송파를 동시에 지원하기 위한 송수신 단 규격과 기존의 LTE 와 D2D 동시 동작과의 차이점을 분석하고 이에 기반으로 차량단말의 RF 규격을 정의하는 것이다.

**- 최대전력 감쇠(MPR and A-MPR)**

사이드링크를 지원하는 기존 D2D 단말의 송신 규



표 7. 대역 간 동시 동작 지원하는 V2X 단말의 채널 대역폭[7]  
Table 7. Inter-band concurrent configurations and channel bandwidths[7]

이종대역 간 V2X 구성	E-UTRA 밴드	1.4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz	최대 허용 대역폭 [MHz]	대역 조합 set (Bandwidth combination set)
V2X_3A-47A	3	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	40	0
	47				Yes		Yes		
V2X_7A_47A	7			Yes	Yes	Yes	Yes	40	0
	47				Yes		Yes		
V2X_8A-47A	8	Yes	Yes	Yes	Yes			30	0
	47				Yes		Yes		
V2X_39A-47A	39			Yes	Yes	Yes	Yes	40	0
	47				Yes		Yes		
V2X_41A-47A	41			Yes	Yes	Yes	Yes	40	0
	47				Yes		Yes		

격은 최대 송신 파워 23 dBm 만을 지원하였으나, V2X 단말에서는 안테나 이득을 제외한 단말 송신 파워가 23 dBm 및 26 dBm (Band 47 only) 을 지원하며, 최대 파워 감쇠(MPR-Maximum Power Reduction) 관점에서는 D2D 단말은 데이터 채널과 제어 채널이 TDM(Time Division Multiplexing) 방식으로 구분되어 시간상 동시 전송이 되지 않으나<sup>[23]</sup>, V2X 단말에서는 데이터 채널과 제어 채널이 FDM(Frequency Division Multiplexing) 되어 동일 시간에 동시 전송이 이루어 질 수 있으며, 또한 제어 채널이 데이터 채널보다 3 dB 파워가 높게 설정되기 때문에<sup>[4,5]</sup> 이에 대한 MPR 이 분석 되어야 한다.

이러한 조건에 대한 시뮬레이션 결과를 기반으로 표 8과 같이 MPR 규격이 정의 되었다. 즉 QPSK 변

조 방식인 경우 1.5 dB 이하의 MPR을 적용하여야 하며, 16-QAM 변조 방식인 경우 2 dB 이하의 MPR을 적용하여 V2X 송신 규격을 만족하면 된다. 데이터와 제어채널이 주파수 상에서 비연속적으로 할당된 경우에는 아래의 수식 3-1과 같은 마스크 이내의 MPR 값을 적용할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 MA &= 4.5 && ; 0.00 < A \leq 0.2 \\
 &5.5 - 5.833A && ; 0.2 < A \leq 0.6 \\
 &2.0 && ; 0.6 < A \leq 1.00 \quad (3-1)
 \end{aligned}$$

여기서  $A = N_{RB\_alloc}/N_{RB}$  로써, 전체 할당 가능한 RB(Resource Block) 수 중 신호가 할당된 RB 개수에 대한 비율이다.

표 8. power class 3 V2X 단말의 MPR 규격 (연속된 RB에서 PSCCH 와 PSSCH를 전송시)  
Table 8. MPR for power class 3 V2X communication (Contiguous PSCCH and PSSCH transmission)

Modulation	Channel bandwidth / Transmission bandwidth (NRB)						MPR (dB)
	1.4 MHz	3.0 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz	
QPSK	-	-	-	-	-	-	$\leq 1.5$
16-QAM	-	-	-	-	-	-	$\leq 2$

표 9. V2X 10 MHz 채널 대역폭을 위한 A-SEM 규격  
Table 9. A-SEM requirements for V2X 10 MHz channel bandwidth

스펙트럼 방사 규격 (dBm)/ 채널대역폭		
$\Delta f_{OOB}$ (MHz)	채널대역폭: 10 MHz	측정 대역폭
$\pm 0-0.5$	$-13 - 12( \Delta f_{OOB} /MHz)$	100 kHz
$\pm 0.5-5$	$-19 - \frac{16}{9}( \Delta f_{OOB} /MHz - 0.5)$	100 kHz
$\pm 5-10$	$-27 - 2( \Delta f_{OOB} /MHz - 5.0)$	100 kHz

또한 A-MPR 관점에서 D2D 단말은 기존의 LTE 먼터 대역에서 동작하기 때문에 각 대역에서 수신한 네트워크 시그널링을 따르면 되지만, V2X 단말은 ITS 대역인 Band 47에서 동작하기 때문에 ITS 대역에서 규정한 각 지역 및 국가 별 규제<sup>[15-18]</sup>를 지켜야 하며, 이에 따라 3GPP 에서는 표 9 및 표 10과 같이 Band 47을 위한 각 지역의 규제를 기반으로 추가적인 A-SEM (Additional Spectrum Emission Mask) 및 A-SE (Additional Spurious Emission) 규격을 정의하였다.

표 9와 표 10에서 제안된 추가적인 V2X 단말의 2 가지 지역적 규제를 만족하기 위한 시뮬레이션 분석을 통하여 표 11 및 표 12와 같은 V2X 단말에 대한 A-MPR 규격이 정의 되었다.

**- 설정된 송신 전력(Configured transmit power)**

송신 파워를 설정하는 방식은 단일 반송파로 V2X 통신을 수행하는 경우와 다중 반송파로 동시에 송신하는 경우에 따라서 달라진다.

첫 번째, 대역 47에서 사이드링크 동작으로 단일 반송파를 통하여 전송하는 경우, 기존의 LTE 단말에서 D2D를 지원하는 단말의 송신 파워를 결정하는 방식과 유사하나 수식 3-2에서의 V2X 통신을 위한 MPR 과 A-MPR 값을 적용하여 값을 구하여야 한다.

$$P_{CMAX\_L,c} \leq P_{CMAX\_c} \leq P_{CMAX\_H,c} \quad (3-2)$$

여기서 상한과 하한은 각각 아래와 같다.

$$P_{CMAX\_L,c} = \text{MIN} \{P_{EMAX,c} - \Delta T_{C,c}, P_{PowerClass} - \text{MAX}(MPR_c + A\text{-MPR}_c + \Delta T_{IB,c} + \Delta T_{C,c} + \Delta T_{ProSe}, P\text{-MPR}_c), P_{Regulatory,c}\} \quad (3-3)$$

$$P_{CMAX\_H,c} = \text{MIN} \{P_{EMAX,c}, P_{PowerClass}, P_{Regulatory,c}\} \quad (3-4)$$

또한 기존 LTE와는 달리  $P_{Regulatory,c}$  이라는 것을 정의하여, 단일 통행료 정산 (DSRC tolling) 시스템이 근처에 있는 경우 10 dBm 으로 최대송신 파워를 제한하여 통행료 정산 시스템을 보호하도록 설정<sup>[16]</sup>하였으며, 기본적인 셀룰러 V2X의 최대 송신 파워는 33 dBm 으로 설정되어 최대 구성할 수 있는 송신 파워를 계산한다.

두 번째, 다중 반송파를 이용하여 동시에 V2X 서비스를 수행하거나 기존의 LTE 시스템과 V2X 통신 시스템을 지원하는 단말인 경우, 단말의 송신 파워를 결정하는 방식은 LTE 통신과 V2X 통신의 전송 우선 순위에 따른다. 즉, V2X 단말이 수신한 사이드링크 제어 신호 정보 (SCI-Sidelink Control Information)에서 기존 LTE 통신이 V2X 통신보다 우선시 되는 경우, 두 전송 신호 송신 파워의 총 합이 최대 송신 파워를 넘는 경우, 우선 순위가 낮은 V2X 전송을 포기(drop) 하거나 해당전송파워를 줄여 전송하게 된다.

표 10. V2X 통신을 위한 A-SE 규격  
Table 10. A-SE requirements for V2X communication

V2X 동작 밴드	보호 주파수 밴드	주파수 대역 (MHz)	최대 허용 방사레벨 (dBm)	측정 대역폭 (MHz)	Note
47	E-UTRA Band 1, 3, 5, 7, 8, 22, 26, 28, 34, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 65	$F_{DL\_low} - F_{DL\_high}$	-50	1	
	Frequency range	5925 - 5950	-30	1	38, 40
	Frequency range	5815 - 5855	-30	1	38

NOTE38: 미리 설정된 라디오 파라메타에 의해 NS\_33 또는 NS\_34 가 설정된 경우에 적용된다.

NOTE40: (X-5950) MHz 주파수 영역에서, SE 규격 -30 dBm/MHz 가 적용되며, 여기서 X = max (5925, fc + 15)이며, fc 는 채널의 중심 주파수를 나타낸다.

표 11. V2X 통신을 위한 A-MPR 규격  
Table 11. Additional MPR requirements for V2X communication

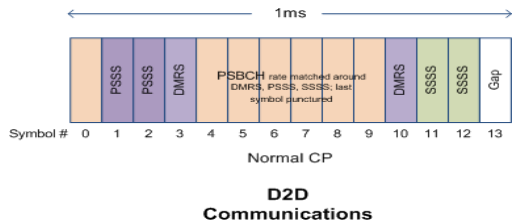
네트워크 시그널링 값	지역적 규제 (in TS36.101)	E-UTRA Band	전송 대역폭(MHz)	A-MPR (dB)
NS_33	6.6.2.2.4 (A-SEM) 6.6.3.2 (A-SE)	47	10	표 12

표 12. NS\_33 수신 V2X 단말의 A-MPR 규격  
Table 12. Additional MPR requirements for NS\_33

리소스 할당 방식	중심주파수 (MHz)	할당된 RB 수 (N <sub>RB</sub> )	RB 시작점	A-MPR (dB)	
연속적인 RB 할당 (Adjacent)	5860	[≤ 10]	[0]	[12]	
			[5]	[6]	
			[10]	[4]	
			[≥ 15]	[0.5]	
		[>10 & ≤22]	[0]	[11.5]	
			[5]	[10]	
			[10]	[8]	
			[15]	[4.5]	
			[20 and 25]	[2.5]	
			[≥ 30]	[1]	
			[>22]	[0 and 5]	[9]
				[10]	[8]
	[15]	[7.5]			
	5870, 5910, 5920	[<20]	≥ 0	[3]	
		[≥ 20 and ≤45]		[2]	
[>45]		[3]			
5880, 5890, 5900	[<10]	≥ 0	[1.5]		
	[≥ 10 and ≤38]		[0]		
	[>42]		[1.5]		
비연속적인 RB 할당 (Non-Adjacent)	5860	[≤ 5]	≥ 0	[12]	
		[>5]		[10]	
	5870, 5910, 5920	[≤ 5]	≥ 0	[3.5]	
		[>5 & ≤42]		[1.5]	
		[>42]		[3]	
	5880, 5890, 5900	[≤18]	≥ 0	[2]	
		[>18 & ≤42]		[1]	
		[>42]		[1.5]	

반대로, V2X 전송 신호의 우선 순위가 LTE 신호 전송 보다 우선 순위가 높은 경우 (예를 들어 V2X 안전 메시지 전송 등) 최대 송신 파워의 총 합이 최대 송신 파워를 넘는 경우, LTE 의 신호를 포기하거나 해당 LTE 전송파워를 줄이고 V2X 메시지를 먼저 보낼 수 있도록 하였다<sup>7)</sup>.

**- ON/OFF 타임 마스크(Time mask)**  
기존 LTE 에서의 D2D 단말의 ON/OFF Time



mask 는 아래의 그림 9와 같이 혼련 신호인 DM-RS 와 SSSS(Secondary Sidelink Synchronization Signal) 가 인접해 RB에 할당 되었지만, LTE V2X 에서는 DM-RS 의 디자인이 그림 10과 같이 변경됨에 따라<sup>21)</sup> 추가적으로 타임 마스크를 수정하였다.

즉 위의 그림 9와 같이 DM-RS 가 SSSS 와 바로 인접하여 DM-RS를 보호하기 위하여 파워 변이 구간을 SSSS 에 두었으나, 셀룰러 V2X 에서는 아래 그림 10과 같이 DM-RS의 위치가 SSSS 와 바로 인접하지

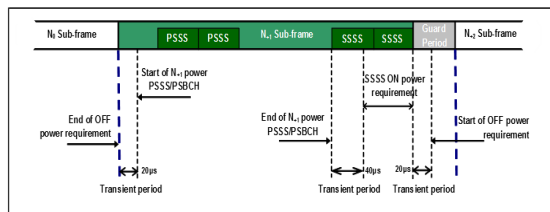


그림 9. D2D 에서의 DM-RS 할당<sup>21)</sup> 및 ON/OFF time mask<sup>7)</sup>  
Fig. 9. LTE-based D2D subframe structures<sup>21)</sup> and ON/OFF time mask<sup>7)</sup>

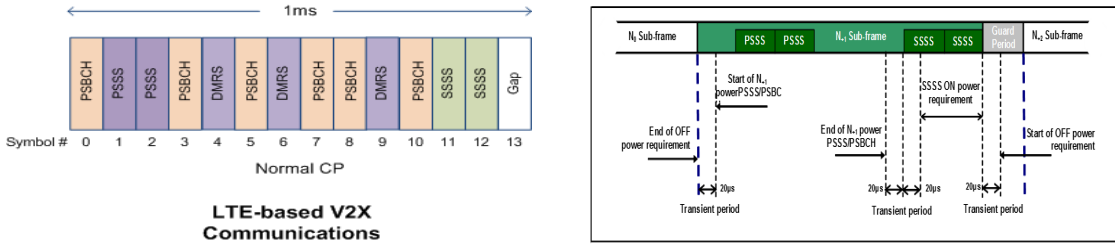


그림 10. V2X 단말에서의 DM-RS 할당[21] 및 ON/OFF time mask[7]  
 Fig. 10. LTE-based V2X subframe structures[21] and ON/OFF time mask[7]

않도록 변경하였기 때문에 파워 변이 구간을 DM-RS 에 두도록 ON/OFF 타임 마스크를 수정하였다.

**- 대역 외 방사(Out of band emission)**

앞서 기술한 것과 같이 사이드링크 동작의 V2X 서비스는 대역 47로 정의된 5.9 GHz ITS 대역에서만 동작이 가능하며, 기존의 LTE 대역에서는 Uu 기반의 V2X 서비스가 가능하다. 따라서 LTE 망에서의 V2X 단말의 대역 외 방사 요구 조건인 ACLR, SEM 및 SE 는 기존의 LTE 단말의 규격을 따라 동작을 하면 된다. 하지만 대역 47 에서는 공존 분석 결과 두 가지 파워 클래스(23 dBm, 33 dBm)를 모두 지원할 수 있다는 결론이 도출되었기 때문에, 이에 따른 ACLR, SEM, SE 요구조건을 추가로 도출하여야 한다.

ACLR 은 공존 분석 결과 23 dBm 최대 송신 파워인 경우, 기존 30 dB ACLR 이면 PRR 손실률이 공존 척도를 넘지 않기 때문<sup>[4]</sup>에 그대로 사용 가능하며, 33 dBm 최대 송신 파워인 경우, 31 dB ACLR 이면 PRR 손실률을 만족할 수 있기 때문<sup>[5]</sup>에 이를 그대로 사용가능하다. 하지만 RAN WG4 에서는 차량인 경우 0보다 큰 안테나 이득을 개발 관점에서 추가될 수 있도록 하고 3GPP 규격에서는 안테나가 분리된 연결 단자에서의 송신 파워 26 dBm 만을 지원하도록 규격화 하기로 합의<sup>[19]</sup>하였기에 최대 송신 파워 26 dBm인 파워 클래스 2 V2X 단말의 ACLR 규격을 표 13과 같이 추가하였다<sup>[7]</sup>.

또한 V2X 단말은 다중 반송파 동시 전송을 함으로 두 개의 송신 주파수에서 서로 보호해야 하는 LTE 및

각 지역 별 규제를 만족시켜야 한다. 따라서 표 14와 같은 인접한 단말간의 공존 규격을 추가하였다<sup>[7]</sup>.

앞서 기술한 송신 규격 이외의 V2X 단말의 규격은 기본적으로 기존의 LTE 단말 RF 규격을 재사용하는 방식으로 기술되었다.

**3.2 V2X 단말의 수신단 RF 규격**

LTE V2X 단말의 수신단 RF 규격에서 가장 큰 변화는 수신 감도에 대한 규격 및 측정 방식이다. 기존 D2D 에서는 각각의 반송파가 LTE 서비스 또는 D2D 서비스를 위한 것으로 각 반송파 별로 구분되었다면, 셀룰러 V2X 단말에서는 다중 반송파가 기존 LTE 서비스를 지원할 수도 있고, 다중 반송파 모두가 V2X 서비스를 지원할 수도 있다. 또한, 3-1절에서 설명한 것과 같이 제어 채널과 데이터 채널이 FDM 되어 동시에 수신되며, 제어 채널이 데이터 채널 대비 3 dB의 파워 오프셋을 항상 유지하며 데이터를 수신하기 때문에, 이를 반영한 수신 감도를 규격화 하였다.

대역 47 에서 하나의 반송파를 통하여 데이터를 수신하는 경우 수식 3-5에 의해서 수신 레벨을 결정한다<sup>[4]</sup>.

$$\begin{aligned}
 \text{REFSENS}_{V2X} &= kTB + \text{SNR}_{V2X} + 10\log_{10}(L_{CRB}/N_{RB}) \\
 &\quad + \text{NF}_{V2X} + \text{IM} \\
 &= -104 \text{ dBm} + (-1.9 \text{ dB}) + 10\log_{10}(50/50) + 13 + 2.5 \\
 &= -105.9 + 15.5 = -90.4 \text{ dBm/CBW} \quad (3-5)
 \end{aligned}$$

표 13. 파워 클래스 2 차량을 위한 ACLR 규격  
 Table 13. ACLR requirements for power class2 V2X communication

	전송대역폭 / ACLR / 측정대역폭	
	10 MHz	20 MHz
ACLR	31 dB	31 dB
E-UTRA 측정대역폭	9.0 MHz	18 MHz
중심주파수와 인접채널과의 주파수 오프셋 [MHz]	+10 / -10	+20 / -20

표 14. V2X 단말의 서로 다른 대역에서의 동시 전송을 위한 인접 단말간의 공존 규격  
Table 14. UE-to-UE coexistence requirements for inter-band concurrent V2X communication

이종 대역 간 V2X 구성	방사 규격						
	보호 밴드	주파수 대역 (MHz)			최대 허용 값 (dBm)	측정대역 폭(MHz)	NOTE
V2X_3A-47A	E-UTRA Band 1, 5, 7, 8, 26, 28, 34, 39, 40, 44, 45, 65	F <sub>DL_low</sub>	-	F <sub>DL_high</sub>	-50	1	
	E-UTRA Band 3	F <sub>DL_low</sub>	-	F <sub>DL_high</sub>	-50	1	3
	E-UTRA Band 22, 41, 42	F <sub>DL_low</sub>	-	F <sub>DL_high</sub>	-50	1	2
	Frequency range	5925	-	5950	-30	1	7,8
	Frequency range	5815	-	5855	-30	1	7
V2X_7A-47A	E-UTRA Band 1, 3, 5, 7, 8, 22, 26, 28, 34, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 65	F <sub>DL_low</sub>	-	F <sub>DL_high</sub>	-50	1	
	Frequency range	2570	-	2575	+1.6	5	3, 6, 4
	Frequency range	2575	-	2595	-15.5	5	3, 6, 4
	Frequency range	2595	-	2620	-40	1	3, 6
	Frequency range	5925	-	5950	-30	1	7, 8
	Frequency range	5815	-	5855	-30	1	7
V2X_8A-47A	E-UTRA Band 1, 5, 26, 28, 34, 39, 40, 44, 45, 65	F <sub>DL_low</sub>	-	F <sub>DL_high</sub>	-50	1	
	E-UTRA Band 7, 22, 41, 42	F <sub>DL_low</sub>	-	F <sub>DL_high</sub>	-50	1	2
	E-UTRA Band 3, 8	F <sub>DL_low</sub>	-	F <sub>DL_high</sub>	-50	1	2, 3
	Frequency range	5925	-	5950	-30	1	7, 8
	Frequency range	5815	-	5855	-30	1	7
V2X_39A-47A	E-UTRA Band 1, 3,5,7,8, 22, 26, 28, 34, 39, 40, 41, 42, 44, 45,65	F <sub>DL_low</sub>	-	F <sub>DL_high</sub>	-50	1	
	Frequency range	1805	-	1855	[-40]	1	5
	Frequency range	1855	-	1880	[-15.5]	5	3, 4, 5
	Frequency range	5925	-	5950	-30	1	7, 8
	Frequency range	5815	-	5855	-30	1	7
V2X_41A-47A	E-UTRA Band 1, 3, 5, 7, 8, 22, 26, 28, 34, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 65	F <sub>DL_low</sub>	-	F <sub>DL_high</sub>	-50	1	
	Frequency range	5925	-	5950	-30	1	7, 8
	Frequency range	5815	-	5855	-30	1	7

NOTE 1: FDL\_low 와 FDL\_high 는 TS36.101의 표5.5-1에 정의된 각 E-UTRA 밴드에서의 주파수를 참고  
 NOTE 2: 예외사항으로, 2차,3차,4차 또는 5차 고조파 방사에 따른 인접단말보호를 위한 방사 규격시, TS36.101의 표 6.6.3.1-2에 정의된 적용 가능한 요구 사항이 각 할당된 E-TRA 반송파에 허용된다. 고조파 방사의 예외가 적용되는 경우, 고조파 방사의 양측에서 바로 바깥의 첫 번째 1 MHz 주파수 범위에 추가적인 예외가 허용된다.이 결과는 고조파 방사의 중심 주파수로부터 (2 MHz + N x LCRBx180kHz) 떨어진 대역 전반에 대한 예외 영역이 존재하며, 여기서 N 은 2,3 또는 4배수의 고조파 차수를 나타낸다. 이 예외사항은 측정 영역이 예외 영역과 완전히 겹치거나 부분적으로 겹치는 경우에 적용된다.  
 NOTE 3: 제안된 규격은 TS36.101의 표 6.6.3.1-1의 단일 반송파의 FOOB(MHz) 영역 내 및 집적된 다중 반송파의 FOOB(MHz) 영역 내에서도 적용된다.  
 NOTE 4: 인접대역인 경우, 해당 방출 규격은 보호주파수 대역에 존재하는 단말에 혼신의 위험을 줄 수 있다.  
 NOTE 5: 이 요구사항은 1885~1920 MHz 내에서 허용 가능한 반송파에만 적용된다(최소 1RB가 1880 ~ 1885 MHz 이내에 존재하는 경우에 대한 요구 사항은 명시되지 않음). 이 규격은 반송파 중심 주파수가 1895~1894.5 MHz 범위에 있는 경우, 15 MHz 채널 대역 그리고 송파 중심 주파수가 1895~1903 MHz 범위인 경우, 20 MHz 채널 대역에서 54RB 이하의 송신 대역폭을 갖는 경우에만 적용된다.  
 NOTE 6: 예외 사항으로, 2차 고조파 방사에 의한 측정시, 각 할당된 E-UTRA 반송파에 대해 -38 dBm/MHz 까지 허용된다. 만일 해당 송신 주파수 대역에 최소 1RB이상이 할당되고, 그 2차 고조파 방사 영역이 측정 주파수(MBW)와 전 체적으로 혹은 부분적으로 겹치는 경우 예외가 허용된다. .  
 NOTE 7: 미리 설정된 라디오 파라미터에 의해 NS\_33 또는 NS\_34 가 설정된 경우에 적용된다.  
 NOTE 8: (X-5950) MHz 주파수 영역에서, SE 규격 -30 dBm/MHz 가 적용되며, 여기서 X = max (5925, fc + 15) 이며, fc 는 채널의 중심 주파수를 나타낸다.

여기서 REFSSENS, SNR<sub>V2X</sub>, L<sub>CRB</sub>, N<sub>RB</sub>, NF<sub>V2X</sub>, IM 은 각각 수신감도, 90 % PRR을 위한 V2X 수신 SNR, 연속 할당된 RB 길이, 대역 전체 RB 개수, V2X 단말의 노이즈 피겨(noise figure), 구현 마진을 의미한다. 식 3-5에 따라서 10 MHz 채널 대역폭인 경우 수신감도 레벨은 -90.4 dBm 이 되었으며, 20 MHz 채널 대역폭에서는 -87.5 dBm 으로 결정되었다.

다중 반송파를 지원하는 V2X 단말인 경우, 수신 감도레벨은 각 반송파에서 정의된 수신 감도를 그대로 규격화 하였으며<sup>5,7)</sup>, 다음의 측정 방식이 추가 되었다. 즉, V2X PC5 동작 (대역 47)에 대한 수신 감도를 측정하는 경우 표 15와 같은 상황링크 구성 방식에 맞도록 설정하여 검증하며, Uu 동작 (기존 면허 대역)에 대한 수신 감도를 측정하는 경우는 Band 47 의 송신신호를 전송하는 환경에서 면허 대역의 수신 감도를 측정한다.

최대 수신 레벨 (maximum input level)은 기존 LTE D2D 에서와 같이 SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) 방식의 전송 방식에 의해 LTE 시스템 대비 3 dB 더 높은 -22 dB 의 최대 수신 레벨을 지원하도록 설정하였으며<sup>23)</sup>, ACS 는 공존 분석 결과를 토대로 33 dB를 그대로 사용할 수 있도록 규격화하였다<sup>4,5)</sup>. D2D와의 차이점은 ACS 규격을 위한 간섭원의 최대 설정값이 기존 D2D 에서의 -25 dBm 대비 셀룰러 V2X 단말에 대해서는 최대 -22 dBm 으로 간섭 레벨을 변경하여 규격을 정의하였다. 이는 인접한 양쪽의 차량 단말에서 모두 데이터가 수신이 되는 최악의 상황을 가정한 결과이다.

추가적으로 V2X 단말의 수신 블로킹(Blocking) 규격, 불요 응답(spurious response), 광대역 상호변조(wideband intermodulation) 규격 및 수신단 불요 방사(spurious emission) 규격 설정 시 인접한 간섭원의 레벨은 모두 기존 LTE 와 동일하며, 변조된 간섭 신호의 채널 대역폭을 10 MHz 로 규격을 변경하여 규격화 하였다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 3GPP RAN WG4 에서 다루어진 인접채널에서의 셀룰러 V2X 시스템과 기존 DSRC 시스템 및 기존 LTE 시스템과의 공존 연구를 수행하였다. 본 연구에 대한 분석 결과는 사이드링크 동작에 의한 셀룰러 V2X 서비스는 ITS 대역인 5.9 GHz 에

서는 기존의 DSRC시스템과 공존이 가능하나, LTE 면허 대역에서의 사이드링크 동작은 기존의 LTE 시스템의 전체 시스템 용량의 손실이 허용 가능한 레벨을 넘어서기 때문에 기존 LTE 시스템과 공존 할 수 없다고 결론지었다<sup>4,5)</sup>. 이를 바탕으로 ITS 대역에서 사이드링크 동작을 하는 V2X 단말을 위한 규격을 우선 정의하였으며, 면허대역에서의 사이드링크 동작은 간섭문제가 해결되기 전까지는 사용하지 못한다고 해석할 수 있다. 이는 물리계층에서의 간섭 제어 기술 및 V2X 단말의 opportunity 제어 방식 등에 대한 추가적인 기술 지원이 필요하며, 이를 기반으로 RAN WG4에서 면허대역의 사이드링크 동작에 대한 공존 분석이 재 수행되어야 함을 의미한다. 하지만 기존 LTE 면허 대역에서의 기지국과의 Uu 기반 V2X 통신은 추가적인 규격 작업 없이 지원 가능하며<sup>10)</sup>, 이는 주파수 합성기술 (CA)과 유사하게 면허 대역과 ITS 대역을 동시에 사용할 수 있는 V2X 단말을 지원하기 위한 추가적인 RF 규격 정의가 필요하였다.

이를 기반으로 3GPP RAN WG4 는 두 가지 환경을 고려하여 RF 규격을 정의하였다. 첫 번째는 ITS 대역인 대역 47 에서 하나의 반송파에서의 사이드링크 동작에 대한 기본 규격을 먼저 설정하였으며, 두 번째는 주파수 집성과 유사한 다중 반송파를 이용한 셀룰러 V2X 단말에 대한 규격을 설정하였다. 이는 서로 다른 주파수 또는 동일 주파수에서 다중 반송파를 이용하여 V2X 서비스를 위한 것으로써, 서로 다른 주파수 밴드에서의 동시동작에 대한 규격과 ITS 대역 내에서 V2X 서비스를 위한 다중 반송파 동시 전송방식 두 가지 모두를 규격화 하였다.

세부적으로는 서로 다른 주파수 대역에서는 전송신호의 우선순위에 따라 송신 파워를 설정하는 방식이 규격화 되어 서로 다른 서비스 또는 동일 서비스를 V2X 단말에서 동시에 지원할 수 있도록 우선순위에 따라 단말의 송신 파워가 설정되도록 규격 설정하였다.

제안된 3GPP의 V2X 규격은 각 나라의 규격 및 유럽 연합/미국의 규격 등을 기반으로 주변 시스템을 보호하고 공존할 수 있도록 전송 규격에 대한 기준을 우선 설정하고, 해당 기준을 만족할 수 있도록 표준을 정의하였다. 또한 경쟁기술에 대한 경쟁력 확보를 위해 3GPP LTE 기반 V2X는 ITS 대역에서 다중 반송파를 최대 2개까지 전송할 수 있도록 규격을 정의하였으며, DSRC와 유사하게 최대 33 dBm의 송신 파워를 지원하도록 추가적인 파워 클래스를 정의하였다.

향후 진화된 V2X 단말을 위한 고차 변조 방식 지

원 (64QAM) 및 최대 8개까지의 다중 반송파 지원에 대한 셀룰러 V2X 진화를 위한 규격이 연구될 것이며, 먼거리 대역에서의 사이드링크 동작에 대한 재검증 및 대역 47에서 다중 반송파를 지원하는 경우 추가적인 파워 클래스 정의 등의 대한 연구가 지속적으로 진행될 것으로 예상된다<sup>6,8)</sup>.

### References

- [1] 3GPP Technical Report, 22.885, *Study on LTE support for V2X Services*, v14.0.0, Dec. 2015.
- [2] 3GPP Technical Report, 22.886, *Study on enhancement of 3GPP support for 5G V2X Services*, v15.1.0 Mar. 2017.
- [3] 3GPP RP-162519, *Revised WID: LTE-based V2X Services*, 3GPP RAN Plenary #74, Dec. 2016.
- [4] 3GPP Technical Report, 36.785, *V2V Services based on LTE sidelink: UE radio transmission and reception*, v1.0.0, Sept. 2016.
- [5] 3GPP Technical Report, 36.786, *V2X Services based on LTE sidelink; UE radio transmission and reception*, v1.0.0 Mar. 2017.
- [6] 3GPP R4-1705877, *TR skeleton for LTE V2X phase 2*, 3GPP RAN WG4 #83, May 2017.
- [7] 3GPP Technical Specification, 36.101, *E-UTRA UE radio transmission and reception*, v14.3.0, Mar. 2017.
- [8] 3GPP RP-171069, *Revised WID: V2X phase 2 based on LTE*, 3GPP RAN Plenary #76, Jun. 2017.
- [9] 3GPP Technical Report, 36.942, *E-UTRA Radio Frequency (RF) system scenarios*, v12.0.0, 2014.
- [10] 3GPP Technical Report, 36.885, *Study on LTE-based V2X Services*, v14.0.0, Jun. 2016.
- [11] 3GPP R4-164920, *Meeting minutes for evening ad-hoc for V2V*, 3GPP RAN WG4 #79, May 2016.
- [12] S. H. Lim, M. Y. Jung, and S.-W. Lee, "Adjacent channel coexistence of LTE in unlicensed spectrum," *J. KICS*, vol. 40, no. 10, pp. 1879-1888, Oct. 2015.
- [13] 3GPP Technical Report, 36.843, *Study on LTE device to device proximity services*; Radio aspects, v12.0.1, 2014.
- [14] 3GPP Technical Specification, 36.213, *E-UTRA physical layer procedures*, v14.2.0, Mar. 2017.
- [15] ETSI EN 302 571 v2.1.1, Feb. 2017.
- [16] ETSI TS 102 792 v1.2.1 Jun. 2016
- [17] FCC-99-305A1 "Commission's Rules to Allocate the 5.850-5.925GHz Band to the Mobile Service for DSRC of ITS" Oct. 1999.
- [18] IEEE, "IEEE Guide for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)-Architecture," IEEE std 1609.0-2013.
- [19] 3GPP R4-168998, *WF on power class for high power V2X UE*, 3GPP RAN WG4 #80BIS, Oct. 2016.
- [20] ECC Decision (08)01: "ECC Decision of 14 March 2008 on the harmonised use of the 5875-5925 frequency band for Intelligent Transport Systems (ITS)," 14 March 2008 and amended 3 July 2015.
- [21] 3GPP Technical Specification, 36.211, *E-UTRA physical channels and modulation*, v14.2.0, Mar. 2017.
- [22] IEEE, Part11: *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*, IEEE Std 802.11-2012.
- [23] 3GPP Technical Report, 36.877, *LTE Device to Device Proximity Services; UE radio transmission and reception*, v12.0.0, Mar. 2015.
- [24] Recommendation ITU-R M.2084-0 (09/2015) *-Radio interface standards of vehicle-to-vehicle and vehicle-to-infrastructure communications for Intelligent Transport System applications*

임 수 환 (Su Hwan Lim)



2001년 2월 : 이주대학교 전자  
공학과 학사  
2003년 2월 : 이주대학원 전자  
공학과 석사  
2004년 6월 : 네오텔레콤 주임  
연구원  
2004년 7월~현재 : LG 전자 책  
임연구원

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

이 상 욱 (Sang-Wook Lee)



1994년 2월 : 서울대학교 전자공  
학과  
1996년 2월 : 서울대학교 전자공  
학과 석사  
2001년 2월 : 서울대학교 전기·  
컴퓨터공학부 박사  
2001년 3월~현재 : LG 전자 책  
임 연구원

<관심분야> 3GPP UMTS/LTE/LTE-A 이동통신 시스  
템, 단말 모뎀 수신기, 5G NR 이동통신 시스템

정 만 영 (Man Young Jung)



1998년 2월 : 중앙대학교 전자공  
학과 학사  
2000년 2월 : 중앙대학원 전자공  
학과 석사  
2004년 11월 : SK Innoace 대리  
2004년 11월~현재 : LG 전자 책  
임 연구원

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