

3GPP Rel-18 에서의 진화된 sidelink 수신 성능 표준 동향

허중관, 이상욱, 황진엽
LG Electronics

{joongkwan.huh, sangwook1.lee, jinyup.hwang}@lge.com

Overview on the receiver performance of NR sidelink evolution in 3GPP Rel-18

Joong-kwan Huh, Sang-wook Lee, Jin-yup Hwang

요약

본 논문은 3GPP(3rd Generation Partnership Project) Release18 에서 진행하였던 NR(New Radio)-sidelink evolution 표준화 방향에 대해 소개하고 각 개선 항목의 선정 배경과 수신 성능의 현재 표준 진행 동향에 대해 정리하였다.

I. 서론

본 논문에서는 3GPP(3rd Generation Partnership Project) release18 에서 진행하였던 NR(New Radio)-sidelink 진화 수신 성능 표준화 방향에 대해 소개하고 각 개선 항목의 선정 배경과 현재 진행 동향에 대해 정리하였다. Release 18 에서는 sidelink 의 상업적 용도를 위해 크게 두 가지의 요구사항이 정의되었는데, 첫 번째는 데이터전송율(data rate)을 향상시키는 것이고 두 번째는 새로운 전송 주파수 대역에 대한 지원이다. 이러한 요구 사항을 만족시키기 위해 sidelink 주파수 집계(sidelink carrier aggregation, 이하 SL-CA), 비 면허 대역 sidelink (sidelink over unlicensed spectrum, 이하 SL-U)을 연구하였고, 그 외에 초고주파 대역인 주파수 대역 2(Frequency Range 2, FR2) 지원, LTE sidelink 와 NR sidelink 간의 동일 채널 공존(co-channel coexistence)와 같은 분야도 연구가 되었다. 본 논문에서는 간략히 SL-CA 와 SL-U 에 대해서 소개하고 SL-U 수신기에서의 성능 평가 결과도 함께 공유하고자 한다.

II. 본론

본 논문에서는 3GPP 에서 Release 18 기간동안 sidelink evolution 을 위해 진행하였던 SL-CA 와 SL-U 에 관하여 진행 사항을 간략히 소개하고 SL-U 에서의 성능 평가 결과도 함께 공유하고자 한다.

Table 1. NR SL CA bandwidth combination set

SL CA configuration/Bandwidth combination set		
Component carriers in order of increasing carrier frequency		Maximum aggregated bandwidth [MHz]
Channel bandwidths for carrier [MHz]	Channel bandwidths for carrier [MHz]	
10	10, 20, 30	70
[20]	20, 30	
30	30, 40	

먼저 SL-CA 에서는 두 개의 캐리어(carrier)를 사용함으로써 대역폭을 넓게 사용할 수 있다. 현재까지 합의된 SL-CA 에서의 대역폭 조합은 Table 1 과 같다 [1].

SL-CA 에서 최대 지원 가능한 대역폭 조합은 30MHz + 40MHz 로 70MHz 의 최대 대역폭을 지원함으로써 대역폭 확장을 통해 sidelink 의 데이터전송율(data rate)을 높였다.

SL-U 의 경우 비 면허 대역을 사용하여 통신을 하게 되는데, 비 면허 대역의 경우 다른 사용자들과 spectrum 공유해야 하고 또한 network 에서 spectrum 에 대한 scheduling 을 하지 않기 때문에 단말 입장에서는 LBT(Listen Before Talk)라고 하는, 송신하기 전에 채널의 상태를 확인하는 절차가 필요하다. 또한 잦은 LBT 로 인한 비효율성을 해결하기 위해 COT (Channel Occupancy Time)라는 개념을 적용한다. COT 란 LBT 를 통해 채널이 사용가능 상태로 확인되면 일정 시간 동안 사용 채널을 점유하겠다고 공지하는 것이다. 이 시간 동안 해당 UE 는 추가 전송 시 LBT 를 하지 않고 전송할 수 있다. 또한 비 면허 대역에서는 아래와 같은 OCB(Occupied Channel Bandwidth) 와 PSD (Power Spectral Density) 요구 사항을 모두 만족해야 한다.

- OCB 요구 사항: 전체의 80%의 대역폭 사용
- PSD 요구 사항: 전송 power 10dBm/Mhz

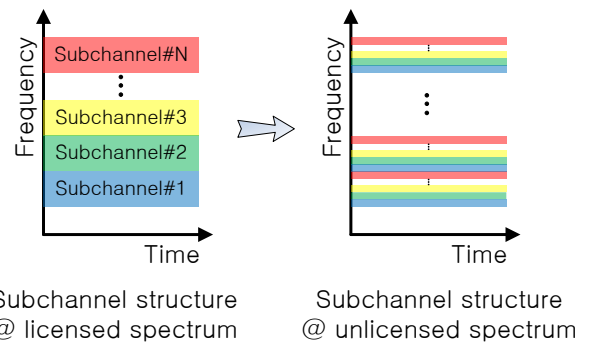


Figure 1. Interlaced physical channel resource allocation at unlicensed band

두 요구 사항을 만족하기 위해 SL-U에서는 Fig.1과 같이 물리 채널(physical channel)의 격자(interlaced) 자원 할당 방식이 도입되었다.

기존 면허 대역(licensed spectrum)을 사용하던 방식과 달리 전체 채널 대역폭(channel bandwidth)에 분산되는 구조로 자원 할당이 이루어지면서 채널 추정 성능에 영향을 미치고, 이에 따라 데이터 수신 성능 측면에서도 차이가 발생하게 되었다. 이로 인해 새로운 수신기 성능 요구 사항이 필요하여 RAN4 표준에서 SL-U를 위한 성능 평가가 진행되었다.

성능 평가 환경을 간략히 요약하면 Table 2와 같다.

Table 2. Test parameters for PSSCH with unlicensed spectrum

Parameter	Unit	Value
SL transmission duration values (transmission burst length)	Slot	{2,4,8}
LBT failure probability (p_{LBT})		0.25
PSSCH DMRS pattern		{2,2}
Number of interlace		1 with RB index 0,5,...,50
PSFCH resource period	Slot	4
CP-OFDM symbols for slot with PSFCH		9
CP-OFDM symbols for slot without PSFCH		12
Channel bandwidth	MHz	20
Subcarrier spacing	kHz	30
Allocated RBs	RB	11
Modulation order		16QAM
MCS index		11
Propagation condition		TDLA30-195

성능 평가를 위한 Sidelink 전송 모델을 간략히 소개하면 다음과 같다. Sidelink 단말(UE, User Equipment)는 SL 전송 버스트(transmission burst) 단위로 동작을 하고 SL 전송 버스트의 길이 L은 2, 4, 8 중에서 동일 확률로 랜덤하게 선택된다. 해당 SL 전송 버스트 구간에서 신호를 전송할지 mute를 할지 결정은 0부터 1 사이에서 균등분포(uniform distribution) 확률을 갖는 V 값을 생성하여 V가 p_{LBT} 보다 작으면 mute를 하고 그렇지 않으면 전송을 한다. LBT를 모델링 한 동작으로 V 값이 p_{LBT} 보다 작으면 LBT 결과가 채널상태가 이미 점유되어 있다고 판단했다는 의미이다.

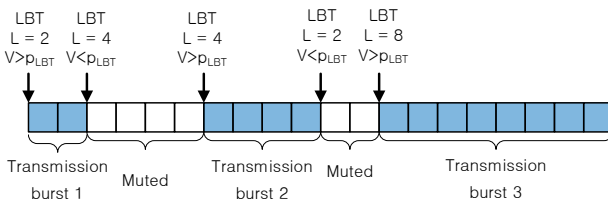


Figure 2. Diagram of LBT model

SL 전송 버스트 길이가 4인 경우를 예로 들어보면 PSFCH 주기가 4 슬롯(slot)이므로 4 슬롯 중 한 슬롯에는 PSFCH가 포함되어 있다. PSFCH는 피드백 채널(feedback channel)로서 수신한 PSSCH의

ACK/NACK 결과에 대한 정보를 담아 피드백 해주는 채널이다.

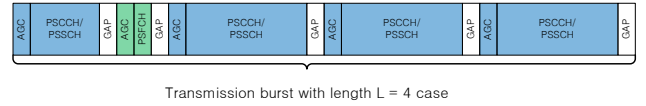


Figure 3. Transmission burst example with length L = 4

해당 환경 조건에서의 성능 평가 결과는 그림 4와 같이 10% 블록 오류율(BLER)에서는 6.2dB 가량의 SNR 수준이 요구된다.

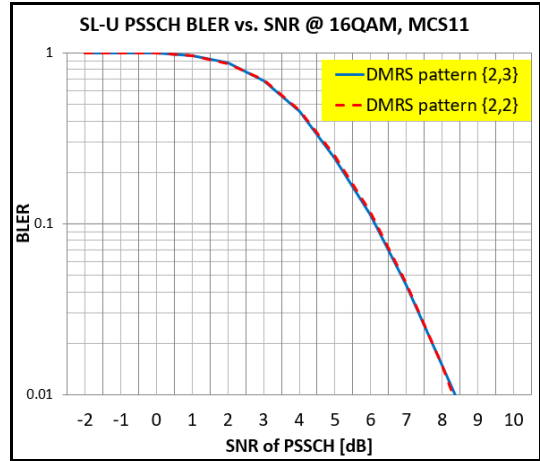


Figure 4. SL-U PSSCH BLER performance

RAN4 표준에서는 여러 업체들의 시뮬레이션 결과의 평균값을 얻고 구현 마진(impairment margin)을 추가하여 현재 9.3 dB의 최소 성능 요구 사항(minimum requirement)으로 합의되었다.

Table 3. Minimum requirement for PSSCH in SL-U

Test num.	Modulation format and code rate	PSSCH BLER (%)	SNR(dB) of PSSCH
1	16QAM, 0.37	10	[9.3]

III. 결론

본 논문에서는 3GPP Release18 NR-sidelink 진화 수신 성능 표준화 방향에 대해 소개하고 각 개선 항목의 선정 배경과 현재 진행 동향에 대해 정리하였다. 마지막으로 SL-U에서의 성능 평가 결과와 RAN4 표준에서의 수신기 최소 성능 요구사항도 함께 정리하였다.

참고 문헌

- [1] 3GPP TR38.101-1 v18.5.0, "UE radio transmission and reception (Release 18)", 2024
- [2] RP-232789, OPPO, "WID revision: NR sidelink evolution", 2023
- [3] R4-2404482, LG Electronics, "Simulation results for SL-U PSSCH demodulation", 2024
- [4] R4-2405159, Huawei, "Sidelink demodulation requirements", 2024