

비면허대역을 이용한 셀룰러 시스템 표준기술 동향

정회윤, 엄중선
한국전자통신연구원

{junghy, korsese}@etri.re.kr

A Study on standardization trends of cellular system in unlicensed band

Hoiyoon Jung, Jungsun Um
ETRI

요 약

본 논문에서는 이동통신 사실 표준화 기구인 3GPP 에서 현재까지 진행되어 온 비면허대역을 이용한 셀룰러 시스템 표준 기술에 대하여 소개한다. 4G LTE 표준화 단계에서 도입된 표준기술부터 각 표준의 도입 배경 및 주요 특징에 대하여 설명한다. 5G NR 의 등장에 따라서 다양한 수직 서비스가 고려됨에 따라서 각 서비스에 특화된 비면허대역 이용 기술들이 표준화되기 시작하였으며, 이에 대한 주요 특징들을 중심으로 설명하고자 한다. 마지막으로 현재 3GPP Release-18 에서 논의중인 비면허대역 이용 사이드링크 표준 기술의 표준화 범위 및 주요 특징을 논의하고자 한다.

I. 서 론

3GPP 는 5 세대 이동통신 시스템인 5G NR(New Radio) 표준을 완성한 이후에도 후속 표준화를 지속적으로 수행하고 있다[1]. 5G NR 첫 표준이 3GPP Release-15 에서 제정되었고 이후 Release-16 및 Release-17 표준까지 제정이 완료되었으며, 현재 Release-18 표준화를 진행하고 있다. Release-16 이후의 표준에서는 기본적인 통신 기능 이외의 추가적인 수직(Veical) 서비스를 제공하기 위하여 V2X(Vehicle-to-everything), 산업용 IoT(Internet of Things), 위성을 이용한 NTN(Non-Terrestrial Network), 다중안테나 기술 고도화 등이 표준화가 진행되었다.

5G NR 표준에 있어서 획기적인 변화 중 하나는 기존 이동통신 시스템이 사용하던 6GHz 이하의 주파수 대역을 벗어나 새로운 주파수 대역 (예를 들어, 28GHz 대역)을 이용함으로써 시스템 대역폭을 확장하는 것이다. 하지만, 다양한 이유로 6GHz 이상의 대역이 활성화되지 못하고 있으며, 이로 인하여 시스템 대역폭 확장의 한계가 부딪히게 되었다. 이를 타개하기 위한 방법의 하나로 면허대역이 아닌 비면허대역을 이용하는 방안 또한 고려되고 있다.

본 논문에서는 3GPP 에서 현재까지 논의된 비면허대역 이용 기술에 대하여 소개하고자 한다. 3GPP 에서 5G NR 표준 이전인 4G LTE-Advanced Pro 표준에서부터 고려한 비면허대역 이용 기술을 시작으로 5G NR 을 기반으로 하는 비면허대역 표준 기술에 대하여 설명하도록 한다. 또한, 5G NR 기반의 비면허대역 표준 기술은 일반적인 통신 기능 이외에 다양한 수직 서비스에도 적용 가능하도록 표준화가 진행된 바, 이에 대해서도 설명하도록 한다. 가장 최신의 표준 기술 동향까지 포함하고자 2022 년 3 월부터 시작하여 현재 진행중인 Release-18 표준에서 다루고 있는 비면허대역 사이드링크 표준 기술에 대한 내용까지도 다루어 보고자 한다.

II. 3GPP 비면허대역 표준화 현황

3GPP 에서 비면허대역 이용 기술이 처음으로 도입된 것은 Release-13 LTE-Advanced Pro 표준이다. LTE 표준을 기반으로 비면허대역을 이용할 수 있도록 하는 LTE-LAA (LTE License Assisted Access) 기술이 표준화되었다. LTE-LAA 기술은 당시 비면허대역을 주로 사용하고 있던 WiFi 와의 공존 이슈가 가장 큰 이슈가 되었다. WiFi 관련 제조업체에서도 당시 표준화에 다수 참여하였으며, 공존 요구조건으로 기존 WiFi 단말 1 개를 LTE-LAA 단말 1 개로 교체하였을 때, 나머지 WiFi 단말에 대한 전송률이 저하되지 않는 것을 목표로 하였다. LTE-LAA 는 기존 면허대역 캐리어를 이용한 기지국과 단말의 통신 연결이 이루어진 상태에서 추가적으로 비면허대역 캐리어를 캐리어 집성 (Carrier Aggregation)하여 추가적인 시스템 대역폭을 확장하는 방식으로 표준화가 진행되었다. Release-13 에서는 기지국에서 단말로의 하향링크 표준화가 진행되었고, Release-14 에서는 단말에서 기지국으로의 상향링크 표준화가 진행되었다. Release-15 에서는 LTE-LAA 표준에 대한 부가적인 기술 등 표준 고도화가 진행되었다.

2008 년 4G LTE 표준이 완성된 이후로 10 년만에 5 세대 이동통신 표준인 5G NR 표준이 완성되었다. LTE 기본 표준이 Release-8 에서 제정되고 이후 비면허대역을 이용하는 LTE-LAA 표준이 Release-13 에 제정되어 기본 LTE 표준과 비면허대역 LTE 표준 사이에는 상당한 시간 공백이 존재하였다. 반면, 5G 표준화 과정에서는 기본 5G NR 표준이 Release-15 에서 완성되고 Release-16 에서부터 바로 비면허대역 5G NR 표준논의를 시작하였다. 4G 표준 시절과 다르게 비면허대역 이용 기술의 중요성이 높아졌다고 할 수 있겠다.

3GPP Release-16 에서는 NR-U(NR Unlicensed) 표준화가 진행되었다. LTE 와 NR 의 배경기술 차이 이외에 기존 LTE-LAA 표준과의 차이는 LTE-LAA

표준이 면허대역 캐리어가 존재하는 환경에서 비면허대역 캐리어를 캐리어 집성하여 사용하는 식으로 제한된 방법이었다면, NR-U 표준은 면허대역 캐리어와 독립적으로(Standalone)으로 사용할 수 있다는 것이 가장 큰 차이점이라고 할 수 있다.

NR-U 표준화 과정에서는 WiFi 와의 상호공존성 이슈와 더불어 LTE-LAA 와의 상호공존 이슈도 존재하여 채널 접속 절차 관련해서는 LTE-LAA 표준을 다수 준용하여 사용하였다. 또한, LTE-LAA 에서는 면허대역 캐리어가 존재하였기에 비면허대역 전송에 대한 HARQ(Hybrid Automatic Repeat request) 전송을 면허대역을 통해 수행하였으나, NR-U 에서는 독립적 캐리어로 동작 가능하기 위하여 비면허대역 캐리어를 이용한 HARQ 전송을 지원하기 위한 기술들이 포함되었다. 그 밖에 NR 에서 새롭게 추가된 기술들을 비면허대역에 적용하기 위한 최적화 방식들이 도입되었다.

Release-16 NR-U 표준이 제정됨으로써, 비면허대역 캐리어를 이용한 NR 기반의 통신을 수행할 수 있게 되었다. Release-17 에서는 이에 추가적으로 산업용 IoT 를 대상으로 비면허대역 캐리어를 지원 가능하도록 하는 표준화가 진행되었다. 일반적인 통신시스템 대비 산업용 IoT 의 특징은 상대적으로 데이터 전송량이 많지 않고, 단말의 전력소모가 주요 고려 대상이며, 주기적인 전송을 필요로 한다는 점이다. 이런 특징에 착안하여 비면허대역 산업용 IoT 표준에서는 채널 접속 절차를 종래 NR-U 에서 사용하는 동적인 채널 접속 절차 이외에 준정적인(Semi-Static) 채널 접속 절차를 추가적으로 지원하게 되었다[2]. 기존 동적 채널 접속 절차는 기지국 또는 단말이 전송할 데이터가 있을 때마다 채널 접속 절차를 수행하여 전송가능 여부를 판단하고, 가능한 경우 전송을 수행하는 방식이다. 준정적 채널 접속 절차는 단말이 주기적으로 채널 접속 절차를 수행하여 해당 주기에서 데이터 전송이 가능한 경우 전송을 수행하고, 그렇지 않은 경우, 다음 주기까지 대기하는 방식이다. 준정적 채널 접속 절차의 경우, 상대적으로 비면허대역의 사용 권한을 얻을 수 있는 확률이 낮아질 수 있으나, 불필요한 채널 접속 절차 수행을 줄임으로써, 단말의 전력소모를 줄일 수 있다는 장점이 있어 산업용 IoT 를 위한 비면허대역 채널 접속 기술로 새롭게 도입되었다.

자율 주행 자동차에 대한 관심이 높아짐에 따라 이를 지원하기 위한 통신 기술에도 관심이 높아지게 되었다. 이동통신 표준화 단체인 3GPP 에서도 이에 대한 관심이 높아지게 되었고 4G LTE 부터 차량간 통신을 지원하기 위한 V2X 또는 사이드링크(Sidelink) 표준화를 시작하였다. 5G NR 표준이 등장함에 따라 최신 표준기술인 5G NR 을 기반으로 하는 사이드링크에 대한 표준화가 Release-16 에서 이루어지게 되었다. Release-17 에서의 사이드링크 표준 고도화에 이어, 현재 진행중인 Release-18 에서는 비면허대역을 이용한 사이드링크 표준 기술에 대한 표준화가 이루어지고 있다. 비면허대역을 이용한 사이드링크 표준화의 범위는 아래와 같다[3].

- 비면허대역 스펙트럼에 대한 사이드링크 지원
 - ▷ NR-U 에 기반한 채널 접속 절차
 - ▷ 물리계층 채널 설계 프레임워크
 - ▷ 기존 NR 사이드링크 기술에 대한 고도화 제외
 - ▷ FR1(Frequency Range1, ~7.125GHz) 대역

기존 비면허대역 NR 표준인 NR-U 표준에서는 기지국이 채널 접속 절차를 수행하고 이를 통해 획득한 채널 점유(Channel Occupancy)를 단말에 공유하여 단말이 비면허대역을 이용한 상향링크 통신을 수행하는 형태가 주로 고려되는 시스템 동작이었다. 하지만, 사이드링크에서는 단말 간의 통신이기 때문에 기지국의 개입이 제한적이라는 차이점이 있다. 이에 따라 시스템이 중앙 제어형보다는 분산형으로 동작한다는 점에서 기존 NR-U 보다는 많은 차이점이 발생하게 된다. 비면허대역 사이드링크 표준은 현재 Release-18 에서 진행중으로 차량 제조업체를 비롯한 다수의 회사들에서 참여하고 있으며, 표준화는 2024 년 3 월 완료를 목표로 하고 있다[4].

아래 그림은 3GPP 에서 현재까지 진행되어온 비면허대역관련 표준화 현황을 도시한 그림이다. LTE-LAA 를 시작으로 하여, 3 개의 Release 에 걸쳐 LTE 관련 비면허대역 표준이 진행되었다. NR 관련 표준으로는 Release-16 NR-U 표준을 시작으로 현재 Release-18 비면허대역 사이드링크 표준이 진행중이다.

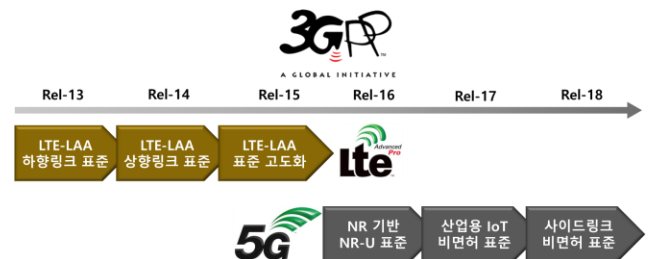


그림 1. 3GPP 비면허대역 표준화 현황

III. 결론

본 논문에서는 3GPP 에서 현재까지 진행된 비면허대역을 이용한 표준 기술에 대하여 소개하였다. 3GPP 에서는 Release-13 LTE-LAA 를 시작으로 꾸준히 비면허대역을 이용한 표준 기술을 개발하여 왔으며, 현재 진행중인 Release-18 에서도 관련된 표준화 활동을 진행하고 있다. 5G NR 의 다양한 수직 서비스 등장과 더불어 앞으로도 비면허대역을 이용한 표준 기술에 대한 표준화 활동이 계속될 것으로 예상된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 성과물은 중소벤처기업부에서 지원하는 2023 년도 스마트 제조혁신 기술개발(R&D) (No. RS-2022-00070516)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참 고 문 헌

- [1] 3GPP TS 38.201, NR Physical layer general description, Dec. 2021.
- [2] 3GPP TS 37.123, Physical layer procedure for shared spectrum channel access, Jan. 2022.
- [3] 3GPP RP-221938, NR Sidelink Evolution, Sep. 2022.
- [4] 3GPP RP-222730, RAN Planning, Dec. 2022.