

# 8 세대 무선랜 IEEE 802.11bn UHR (Ultra High Reliability) 표준화 동향

김상현, 손주형, 콰진삼, 고건중, 성현준  
(주)윌러스표준기술연구소

{shawn.kim, john.son, jinsam.kwak, greg.ko, hank.sung}@wilusgroup.com

## The standardization status of the 8th generation wireless LAN IEEE 802.11bn UHR (Ultra High Reliability)

Kim Sanghyun, Son Juhung, Kwak Jinsam, Ko Geonjung, Sung Hyeonjun  
WILUS Inc.

### 요 약

8 세대 무선랜 표준은 보다 높은 수준의 신뢰성을 요구하는 다양한 응용을 지원하기 위해 개발이 시작되었다. 무선랜 기술의 신뢰성을 높이기 위한 다양한 후보 기술들이 8 세대 무선랜인 IEEE 802.11bn 표준 제정을 위해 논의되고 있다. 본 고에서는 8 세대 무선랜 표준의 후보 기술로 논의되고 있는 PHY 계층 및 MAC 계층 기술들에 대해서 기술한다.

### I. 서 론

IEEE 802.11 표준을 기반으로 하는 무선랜 기술은 새로운 응용들을 지원하기 위해 세대를 거듭하며 진화해왔다. 현재 7 세대 무선랜 표준인 IEEE 802.11be 를 지원하는 다양한 AP (Access Point)와 스마트폰 단말들이 시장에 출시되고 있다.

8 세대 무선랜 표준 기술은 메타버스, 증강 현실, 가상 현실, 로봇 공학, 산업용 IoT, 물류 및 스마트 농업 등과 같이 높은 통신 신뢰성을 요구하는 다양한 응용들을 지원하기 위한 목표로 개발이 시작되었다.

무선랜의 신뢰성 향상을 위해서는 적시 전송에의 신뢰성, 연결 상태에 대한 신뢰성, 전송 성공률에의 신뢰성 등이 보장되어야 하며, 8 세대 무선랜 표준 태스크 그룹인 IEEE 802.11bn (TGbn)에서는 다양한 후보 기술들이 활발히 논의되고 있다. 본 고에서는 IEEE 802.11bn 표준화 현황 및 논의가 진행 중인 후보 기술들에 대해 살펴본다.

### II. 본론

#### 1. IEEE 802.11bn UHR 표준화 현황

2022 년 9 월 UHR (Ultra High Reliability) 스터디 그룹이 시작된 후, 1 년에 걸쳐 무선랜의 신뢰성 향상이 요구되는 다양한 응용 분야 및 신뢰성 향상을 위한 다양한 후보 기술들이 논의되었다. UHR 스터디 그룹은 논의를 통해 8 세대 무선랜이 7 세대 무선랜 대비 25 % 이상의 Throughput 향상, 25 % 이상의 전송 지연 감소, 25 % 이상의 MPDU (MAC Protocol Data Unit) 손실률 감소 목표들을 달성해야 한다는 합의를 도출하였고, 이를 8 세대 무선랜의 성능 목표로 정의하였다 [1]. 또한 7 세대 무선랜 표준을 통해 정의된 멀티 링크 장치 (Multi-Link Device, MLD)의 전력 소모 절감 방안을 마련해야 한다는 것에도 합의가 이뤄졌고, 이에 따라 적어도 1 개의 소모 전력 절감 기술이 8 세대 무선랜

표준에 도입될 예정이다. 8 세대 무선랜 표준 제정을 위한 태스크 그룹(TGbn)은 지난 2023 년 9 월 출범하였으며, 2028 년 최종 표준 발간을 목표로 활발한 논의를 진행 중이다.



그림 1. IEEE 802.11bn UHR 표준화 Timeline

#### 2. IEEE 802.11bn 표준 PHY 계층 후보 기술

8 세대 무선랜 표준을 위해 논의 중인 후보 PHY 계층 기술들은 무선랜 채널 환경에서의 신뢰성 향상을 목표로 제안되고 있다. 이는 과거 무선랜 표준들이 주파수 대역폭 확장 및 MIMO 스트림 개수 증가, 더욱 높은 MCS (Modulation and Coding Scheme)의 도입 등과 같은 PHY 계층의 양적인 확장을 통해 성능 향상을 이뤄왔던 것에 비추어볼 때, 확연하게 다른 8 세대 무선랜 표준의 특징이라 할 수 있다.

##### A. Distributed RU (DRU)

DRU 는 FCC (Federal Communications Commission)에 의해 규정된 6 GHz 대역의 낮은 전력 스펙트럼 밀도 (Power Spectral Density, PSD) 제한을 극복하기 위해 제안되었다.

DRU 는 단일 RU (Resource Unit)에 포함된 각 tone (subcarrier)들이 연속적으로 위치하지 않고, 일정 대역폭에 걸쳐 넓게 분포된 형태를 갖는다. 예를 들어 20 MHz 대역의 26-tone size DRU 들의 경우, 첫 번째 26-tone size DRU 의 첫 번째 tone 과 두 번째 tone 사이에는 두 번째에서 아홉 번째 26-tone size

DRU 들의 첫 번째 tone 들이 위치한다. 즉, DRU 가 도입되면 적은 수의 tone 을 사용해 전송하는 단말도 상대적으로 넓은 대역폭으로 전송을 수행할 수 있어 더욱 큰 전송 파워를 활용할 수 있다 [2].

#### B. Unequal Modulation & New MCSs

채널 환경에 따라 보다 적절한 Modulation 이 사용될 수 있도록 허용하기 위해 8 세대 무선랜 표준에의 새로운 Modulation 추가 방안이 논의되고 있다.

각 Spatial Stream 에 서로 다른 QAM 및 서로 다른 Code rate 가 적용될 수 있도록 허용하는 형태의 Unequal Modulation 기법이 검토되고 있으며, 이를 통해 MIMO TxBF (Transmit Beamforming)의 효율성이 보다 높아질 것으로 기대된다 [3].

또한, 7 세대 무선랜 표준에 정의된 16 개의 MCS (MCS0~MCS15)는 가용한 QAM 와 Code rate 조합 중 일부분을 활용하고 있으며, 8 세대 무선랜 표준에 보다 다양한 조합을 추가함으로써 채널 상황에 따라 최적의 MCS 를 선택할 수 있도록 허용하는 것이 논의되고 있다 [4].

### 3. IEEE 802.11bn 표준 MAC 계층 후보 기술

8 세대 무선랜 표준을 위해 논의 중인 MAC 계층 후보 기술들은 무선랜 단말의 연결 안정성과 채널 접근성을 향상시키는 것을 목표로 제안되고 있다.

#### A. Seamless Roaming

Seamless roaming 은 로밍을 수행하는 무선랜 단말이 데이터 송/수신 서비스의 단절을 경험하지 않도록 하기 위해 제안되었다. Seamless roaming 절차는 복수의 AP MLD 들이 포함된 Mobility Domain 을 구성하고, Mobility Domain 에 접속한 단말이 기존 AP MLD 에서 다른 AP MLD 로 연결을 전환하는 절차, AP MLD 간의 정보 교환 절차를 포함하여 정의되고 있다 [5].

#### B. Multi-AP Coordination

C-TDMA (Coordinated TDMA) 기법은 각 AP 가 획득한 TXOP (Transmission Opportunity)을 다른 AP 와 공유하는 기법이다. C-TDMA 를 수행하는 각 AP 는 보다 잦은 전송 기회를 획득할 수 있고, 이를 통해 저지연 트래픽 송/수신이 보다 빠른 시점에 완료될 수 있을 것으로 기대된다 [6]. C-RTWT (Coordinated Restricted-TWT)는 각 AP 의 BSS 에서 운용되는 저지연 트래픽 SP (Service Period) 정보를 공유함으로써 상호 간의 SP 를 보호하는 것을 목적으로 논의가 진행 중이다.

#### C. NPCA (Non-Primary Channel Access)

NPCA 는 무선랜 단말의 Primary channel 이 장치에 의해 점유되었을 때, Primary channel 이 아닌 다른 subchannel 을 이용해 채널 액세스를 수행하도록 허용하는 새로운 채널 접근 절차이다. NPCA 는 무선랜 기술이 갖는 Primary channel 에 대한 높은 의존성을 완화하여, 무선랜 단말의 채널 접근 능력을 향상시킬 것으로 기대된다 [7].

#### D. Dynamic Power Save

Dynamic Power Save 는 무선랜 단말의 대기 전력을 줄이기 위해 논의되고 있다. Dynamic Power Save 모드의 무선랜 단말은 데이터 송/수신을 수행하지 않는 대기 상태일 때 매우 제한된 성능 상태만을 유지하여

대기 전력을 낮춘다. Dynamic Power Save 모드의 단말에게 전송을 수행하는 상대 단말은 약속된 프레임의 프레임을 전송함으로써 프레임 교환 절차를 개시하며, 약속된 프레임 교환 절차가 진행되는 동안 Dynamic Power Save 모드의 단말은 데이터 프레임 교환을 위한 준비를 마칠 수 있다. Dynamic Power Save 가 도입되면 데이터 송/수신 능력 저하없이 무선랜 단말의 대기 전력을 획기적으로 낮출 수 있을 것으로 기대된다 [8].

### III. 결론

8 세대 무선랜 표준인 IEEE 802.11bn UHR 은 무선랜 기술의 신뢰도를 높임으로써, 높은 요구 사항을 갖는 다양한 응용들을 지원하기 위해 개발이 시작되었고, 주요 무선랜 칩셋 업체들 및 단말 제조사들이 다양한 후보 기술들을 활발히 논의하고 있다. 본 고에서 다룬 후보 기술들을 포함한 다양한 기술들이 무선랜의 신뢰성 향상을 위해 8 세대 무선랜 표준에 도입될 것으로 기대되며, 이를 탑재한 8 세대 무선랜 제품들은 2028 년부터 시장에 출시될 것으로 예상된다.

### 참 고 문 헌

- [1] UHR Project Authorization Request, (<https://development.standards.ieee.org/myproject-web/app#viewpar/14476/10639>).
- [2] Liu J, "Enhanced Long Range-Usage Scenarios, Design Target and Feasibility," 2022, (<https://mentor.ieee.org/802.11/dcn/22/11-22-1928-00-0uhr>).
- [3] Cao R, "MIMO RvR enhancement with unequal modulation," 2024, (<https://mentor.ieee.org/802.11/dcn/24/11-24-0016-01-00bn>).
- [4] Hu S, "New MCS for 11bn," 2024, (<https://mentor.ieee.org/802.11/dcn/24/11-24-0469-00-00bn>).
- [5] Ho D, "Seamless Roaming for UHR," 2022, (<https://mentor.ieee.org/802.11/dcn/22/11-22-1910-00-0uhr>).
- [6] Sun Y, "Considerations on Coordinated TDMA," 2023, (<https://mentor.ieee.org/802.11/dcn/23/11-23-0041-00-0uhr>).
- [7] Verma S, "Non-primary Channel Utilization," 2023, (<https://mentor.ieee.org/802.11/dcn/23/11-23-0034-00-0uhr>).
- [8] Asterjadhi A, "Considerations for enabling AP power save," 2023, (<https://mentor.ieee.org/802.11/dcn/23/11-23-0010-00-0uhr>).