

Upper Mid-Band 대역의 3GPP 6G 연구 동향 개요

정재윤*, 전철기

*한국정보통신기술협회

*jyjeong@tta.or.kr, ironage@tta.or.kr

Overview of 3GPP 6G study status in the Upper Mid-Band Spectrum

Jeong Jaeyun*, Jun Chulki

*Telecommunications Technology Association

요약

본 논문은 2025년 9월 3GPP RAN 제109차 총회에서 15 GHz 대역을 6G 연구의 평가 시나리오에 포함하기로 결정한 내용을 중심으로, Upper Mid-band 대역의 기술적 타당성을 분석하고 시사점을 제시한다.

I. 서론

2025년 9월 15일부터 18일까지 중국 베이징에서 개최된 3GPP RAN 제109차 기술총회에서는 무선접속(6G) 연구의 핵심 주제 중 하나로 7-15 GHz 대역의 기술적 타당성과 운용 가능성을 논의하였다.

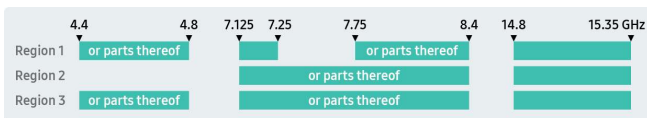
본 회의에서는 특히 15 GHz 대역을 6G 시나리오 연구 및 성능 평가에 포함하는 것에 합의가 이뤄졌으며, 동시에 '이 주파수는 아직 ITU-R/WRC 차원에서 IMT 용도로 확정되지 않았다'는 단서 문구를 명기하기로 하였다.

본 논문은 RAN#109에서의 논의 내용을 기반으로 7-15 GHz 대역의 물리적 특성, 시스템 설계 이슈, 서비스 응용 국제 표준화 동향, 그리고 국내 연구 및 정책 시사점을 제시하고자 한다.

II. Upper Mid-Band 대역 도입 논의 배경

5G NR은 대체로 7 GHz 대역 이하의 FR1과 24 GHz 이상의 FR2 대역으로 이원화되어 왔다. FR1은 광범위한 커버리지와 양호한 실내 도달거리를 지원하지만, 가용 대역폭이 협소해 초고용량 트래픽을 수용하기에는 어려움이 있다.

반면 FR2는 수 기가헤르츠 수준의 광대역 채널을 제공할 수 있지만 전파 감쇠와 차폐, 강우 영향 등으로 인해 기지국 밀도를 높게 유지해야 하며, 단말·기지국의 전력 및 열관리 부담도 크다.

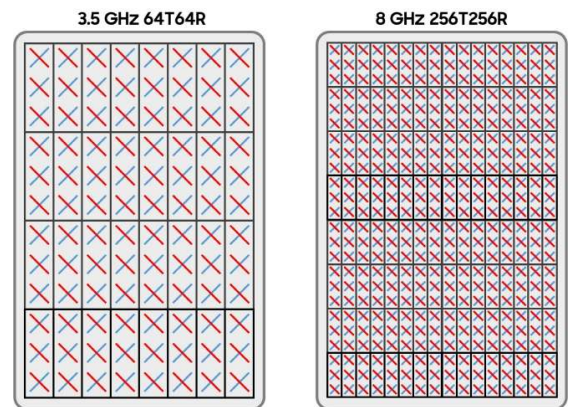


(그림 1) Candidate bands for IMT identification at WRC-27[1]

이러한 양쪽 주파수 대역의 한계를 보완하기 위해 Upper Mid-Band 대역(약 7-15 GHz)이 확장형 FR1 또는 하위 FR3로 거론되며, 도심과 실내의 고밀도·고용량 수요에서 새로운 균형점을 제시할 수 있다는 점이 논의의 출발점이 되었다. 이 범위의 전파 특성은 FR2보다 기상 민감도가 낮고, FR1보다 넓은 대역폭을 확보할 수 있어 장비 집적도와 빔포밍 효율을 함께 추구하는 6G 설계 방향과 부합하는 측면도 있다.

Upper Mid-Band 대역의 일반적인 특성은 다음과 같다.

- 전파 특성과 시스템 설계 고려사항: 7-15GHz 대역의 전파 감쇠는 3.5GHz 대비 6-13dB 높게 나타난다. 건물 침투 손실은 7 GHz 기준 외벽 20 dB, 유리 15 dB 수준이며, 15 GHz 대역에서는 외벽 35-40 dB, 유리 25 dB 이상으로 주파수가 높아질수록 손실이 급격히 증가한다. 따라서 해당 주파수 대역을 실내에서 사용하기 위해서는 리피터나 스몰셀을 활용한 보완 구조가 필수적이다.
- 기지국 및 안테나 구조: 15GHz 대역의 파장은 약 2cm로 짧기 때문에 안테나 모듈을 고밀도로 배치할 수 있다. 이번 회의에서는 15GHz 대역의 경우 2,304 엘리먼트(48x48 배열)로 구성된 매크로 기지국 예시가 제시되었으며[3], 이는 4 GHz 대역의 576 엘리먼트 기준보다 4배 확장된 형태이다.



(그림 2) 3.5 GHz와 8 GHz 대역에서의 안테나 어레이 비교[1]

- 셀 반경 및 링크버짓 평가: 도심 환경에서 4x4 MIMO 조건 하에 셀 반경은 7 GHz 대역에서 250-300m, 10 GHz 대역에서 150-200 m, 15 GHz 대역에서 80-120m 로 예측된다. 따라서 15 GHz 대역은 대형 매크로 셀 보다는 밀집된 소형셀 구조가 적합하다.

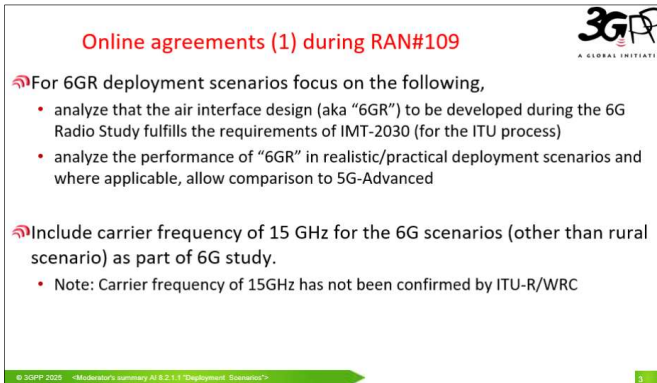
III. 3GPP 109차 RAN 기술총회 논의

이번 베이징 회의에서 7-15 GHz 대역은 6G 구축 시나리오 중 도심(Dense Urban)과 실내(Indoor Factory) 환경의 주요 검토 항목으로 상정

되었다.

밴더 측에서는 주로 7-15 GHz 에서의 고집적 안테나 배열과 빔포밍 이득, 그리고 다중대역 운용 시 링크버킷 개선 가능성을 연구 필요성의 근거로 제시하였고, 사업자 측에서는 커버리지 축소에 따른 CAPEX/OPEX 우려가 주로 언급되었다.

여러 산업계에서 제출한 7-15GHz 관련 기고를 검토하고 기술총회 현장에서 추가로 논의한 결과, 15 GHz 대역을 6G 연구 시나리오 평가용 주파수로 포함하는 데 합의하였으며, 해당 내용은 TR 38.914 v0.2.0 §4 (Deployment Scenarios) 및 §5.3.1에 반영되었다[2].



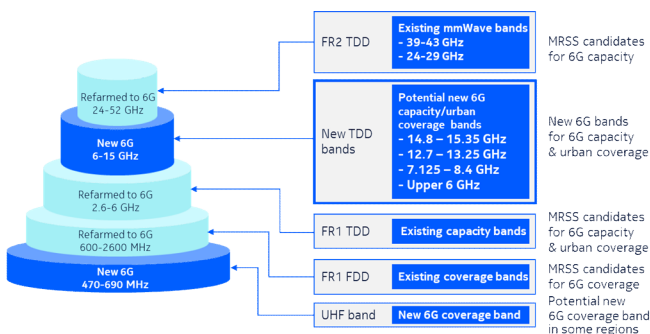
(그림 3) Include carrier frequency of 15 GHz for the 6G scenarios[3]

이는 향후 3GPP의 6G 평가 시뮬레이션과 성능 검증에서 15 GHz 대역이 공식적인 평가 항목으로 다뤄질 수 있음을 의미한다. 다만, 해당 TR에는 명시적으로 '이 주파수 아직 ITU-R/WRC 차원에서 IMT 용도로 확정되지 않았다'는 문구를 병기하기로 하였다. 즉, 15 GHz 대역 연구는 정책적 확정이 아닌 기술 검증의 범위 설정임을 명확히 하고 있다.

이 결정은 이후 KPI-연계 성능평가(예: 커버리지, 에너지 효율, 신뢰성)와 RAN4의 RF 특성 연구 패키지 설계에 직접적인 기준점으로 작동할 예정이다.

IV. 맺음말

7 - 15 GHz는 6G 스펙트럼 지도에서 공백을 메우는 전략적 축으로 자리 잡고 있다. 이번 3GPP 제109차 RAN 기술총회에서 Upper Mid-band 대역, 특히 15 GHz를 연구에 포함 시키기로 한 결정은 기술 평가의 출발점을 정한 것이며, 이후 KPI-연계 평가와 RAN4의 연구 결과에 기반한 측정·모형을 확정하는 수순으로 이어질 것이다.

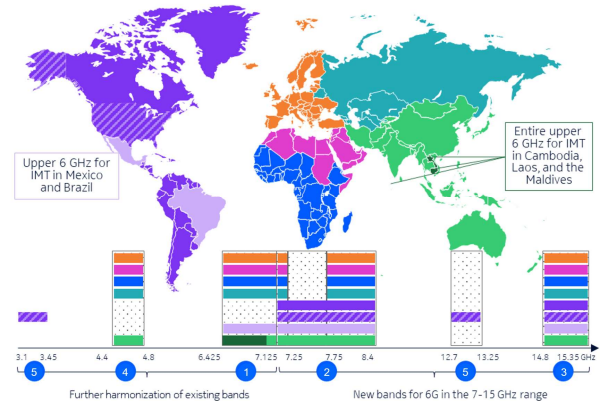


(그림 4) Potential use of new and existing spectrum bands with 6G technology[4]

7-15 GHz 대역 상용화를 위해서는 여러 과제가 해결되어야 한다. 우선,

다중 대역 운영시 발생하는 위상 오차와 간섭을 보정하기 위해 정밀하게 설계된 동적 스케줄링이 필요하다. 또 RF 프론트엔드 단의 전력 효율 향상과, 열 관리 기술, 그리고 위성·고정 서비스와의 공존성 확보를 위한 스펙트럼 관리가 필요하다.

국내에서는 7 - 15 GHz 실측 기반의 전파모델 DB와 실내의 혼합 시나리오에 대한 링크버킷·커버리지 지도화가 필요할 것으로 보인다. 사업자 관점에서는 다중대역·비대칭 운용을 전제로 한 망 설계·운영, 예를 들면 저주파 업링크 보강, 중고주파 다운링크 고용량의 최적화 정책과, 도심·실내에서의 스몰셀 밀집 배치의 투자 효율성 모델이 병행 개발되어야 한다.



(그림 5) Mid-band spectrum considered for 6G: Harmonized bands as per WRC-23 and new bands under study for WRC-27[4]

정책적으로는 7 - 15 GHz의 국제 공조 상황을 수시로 추적하면서, 국내 테스트베드 결과를 근거로 IMT-2030 평가 절차에 실증 데이터를 제공하는 선순환 체계를 구축하는 것이 바람직할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021-0-00092, 주파수 확보 및 공급 기반 기술개발).

참 고 문 헌

- [1] Gary Xu, Younghun Nam, "Upper Mid-Band Spectrum for 6G: Opportunities and Key Enablers", Aug. 2024, (<https://research.samsung.com/blog/Upper-Mid-Band-Spectrum-for-6G-Opportunities-and-Key-Enablers>)
- [2] 3GPP TR38.914 v0.2.0, "Study on 6G Scenarios and requirements", Sep. 2025
- [3] RP-292514, "Moderator's summary for RAN led 6G SI-Deployment scenarios"
- [4] R4-2513070, Nokia, "6G Considerations on Spectrum aspects" Oct. 2025