

6G 기술 및 주파수 동향

글. 최병진 정보통신기술사 / 문엔지니어링㈜

개요

차세대 이동통신 기술인 6G는 2030년경 상용화를 목표로 하고 있으며, 현재 5G 기술을 뛰어넘는 혁신적인 기술로 기대되고 있다. 6G는 초고속 데이터 전송, 초저지연, 대규모 사물 통신 및 비지상 통신 등을 목표로 하고 있으며, 다양한 산업과 일상생활에 혁신을 가져올 것으로 전망된다. 6G의 특징은 홀로그램 서비스의 초고속 실시간 통신, 자율 동작 머신 서비스의 초저지연 통신, 스마트시티의 대규모 사물통신, 우주항공 서비스의 비지상 통신 등이 있다.

ITU(International Telecommunication Union)를 비롯한 각국의 연구기관 및 산업체에서 6G의 후보 기술 및 주파수에 대한 준비를 진행하고 있다. 이에 6G의 기술 및 주파수에 대한 주요 동향을 살펴보고자 한다.

6G 서비스 시나리오

6G 서비스 시나리오의 기본적 방향성은 5G의 3대 서비스 시나리오(eMBB, mMTC, URLLC)의 지속적 확대와 더불어, 통신과 AI/센싱의 결합을 통한 신규 서비스 창출 및 통신 커버리지 확대를 위한 이중 망과의 연동이다.

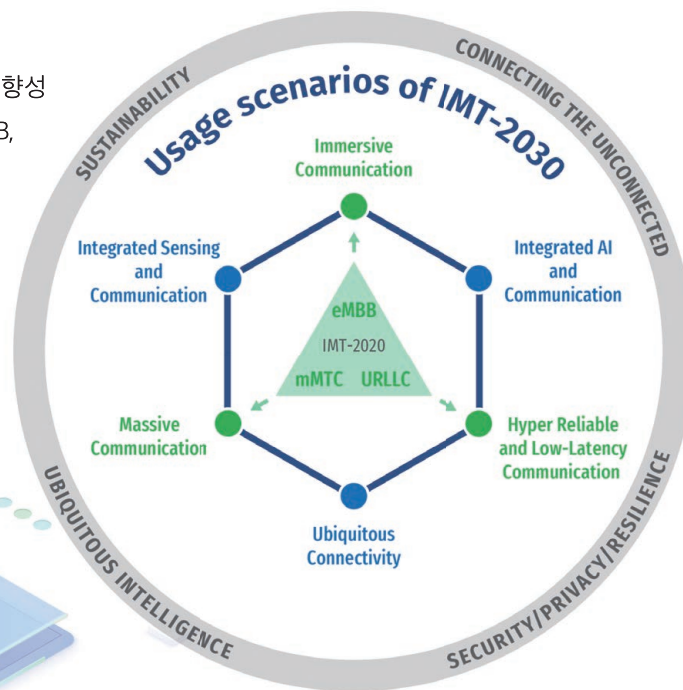


그림 1. 6G 서비스 시나리오 및 주요 특징

/ 출처 : ITU-R 6G Framework 표준안 및 향후 표준화 전망, TTA 저널

Immersive Communication

5G의 eMBB(Enhanced Mobile Broadband)가 확장된 것으로, 사용자들에게 좀 더 풍부한 양방향 몰입형 통신 서비스를 제공하는 것이다. 몰입형 XR, 원격 다감각 통신, 홀로그램 등의 다양한 몰입형 서비스들이 예상된다. 이를 위해 보다 향상된 주파수 효율, 초고속 데이터 전송속도 등의 통신 성능이 요구된다.

Hyper Reliable and Low-Latency Communication

5G의 URLLC(Ultra-Reliable and Low Latency Communications)가 확장된 것으로, 좀 더 강화된 신뢰성과 초저지연 시간에 기반한 통신 서비스를 제공하는 것이다. Smart Factory, Robotic interaction, 자율주행, 응급서비스, 원격 의료, 전력 송신/분배 감시 등의 서비스가 예상된다. 이를 위해 연결의 신뢰성, 초저지연 등의 통신 성능이 요구된다.

Massive Communication

5G의 mMTC(massive Machine Type Communication)가 확장된 것으로, 수많은 장치와 센서의 연결을 제공하는 초연결 통신 서비스를 제공하는 것이다. 스마트시티, 교통, 물류, 헬스, 에너지, 환경 감시, 농업 등의 서비스가 예상된다. 이를 위해 초연결 밀도, 데이터 전송속도, 저전력 통신, 이동성, 커버리지, 보안/신뢰성 등의 성능이 요구된다.

Ubiquitous Connectivity

통신 자체의 성격보다는 통신망 구현에 관한 이슈로, 다른 시스템들과의 상호 연동을 통해 연결성을 확장하는 것이다. 정보격차 해소를 목적으로 통신이 미치지 못하거나 통신 연결이 매우 드문 교외, 오지 및 인구가 매우 적은 지역 대상으로 통신 연결성을 확장하는 것으로 IoT 및 이동 광대역 통신 서비스 제공을 목표로 한다.

Integrated Artificial Intelligence and Communication

데이터 수집, 로컬 또는 분산 컴퓨팅, 다양한 지능형 노드에 걸쳐 인공지능(AI)을 활용하여 AI 기반 응용 서비스를 지원하는 것을 목표로 한다. 의료자원을 위한 장치 간 협력, 클라우드 오프로딩, 디지털트윈 생성 및 예측, Cobot 등의 서비스가 예상된다. 이를 위해 초고속 및 초저지연 통신, 분산형 네트워크, AI 관련 성능 등이 요구된다.

Integrated Sensing and Communication

연결되지 않은 물체뿐만 아니라 연결된 장치의 움직임 및 주변 공간 정보를 제공하는 광역 다차원 센싱에 기반하여 신규 서비스를 창출하는 것을 목표로 한다. 내비게이션, 움직임 탐지 및 추적, 환경 감시 및 AI/XR/디지털트윈을 위한 주변 센싱 데이터 제공 등의 서비스가 예상된다. 이를 위해 포지셔닝, 센싱 관련 성능 등이 요구된다.

6G 성능 요구사항

6G에서 목표로 하는 주요 서비스들인 홀로그램 통신, 촉각 인터넷 등의 서비스를 원활하게 제공하기 위해서는 적어도 1Tbps의 피크 데이터 전송률이 필요한데, 이는 5G 시스템에 비해 최소 50배 이상 빠른 속도이다. 사용자의 경험적 속도는 5G 대비 10배, 지연 속도는 5G 대비 40배 이상의 저지연 특성이 요구된다. 그리고 6G에서 지원해야 하는 이동체의 속도는 최대 1,000km/h이며, 이는 무인기와 항공기 등 고속 이동체에 대한 서비스를 목표로 하기 때문이다.

6G 네트워크에서는 5G보다 훨씬 많은 수의 머신 타입 단말기들과 연결할 수 있어야 하며, 5G 시스템에 비해 10배 이상의 밀집도를 지원할 것으로 예상된다. 또한, 산업자동화, 인터랙티브 촉각 인터넷, 긴급 상황 대처, 원격 수술 등의 서비스를 제공하기 위해 연결 신뢰성을 5G 대비 100배 이상 향상하며, 오류율은 10^{-7} 수준으로 낮춰야 하고, 에너지 효율을 단말기와 네트워크 모두 5G 대비 최소 2배 이상 향상해야 한다. 6G에서 필요한 주요 성능 지표를 5G와 비교 정리하면 [표 1]과 같다.

KPI	5G	6G
Carrier Bandwidth	100MHz(< 6GHz) 400MHz(> 6GHz)	To be defined
Peak Data Rate	20Gps	≥ 1Tbps
User Experience Rate	100Mbps	1Gbps
Connection Density	10 ⁶ devices/km ²	10 ⁷ devices/km ²
User Plane Latency	4ms(eMBB) and 1ms(uRLLC)	25μs to 1ms
Control Plane Latency	20ms	20ms
Mobility	500km/h	1,000km/h
Mobility Interruption Time	0ms	0ms

표 1. 6G의 주요 성능 요구사항 / 출처 : 6G 이동통신 기술 동향, ICT 주간기술동향

6G 주파수 동향

ITU 산하의 세계전파통신회의(WRC, World Radiocommunication Conferences)는 무선 주파수 스펙트럼과 정지궤도 및 비정지 궤도의 사용 등을 관장하는 국제 표준화 기관으로 3~5년마다 국제 표준화 회의를 개최한다. 2027년에 개최될 예정인 WRC-27에서 2030년 시작할 것으로 예상되는 6G 이동통신 주파수 추가 분배에 대해 논의 예정이다. 6G 산업을 위해 IoT/M2M 서비스와 같은 소량의 저속 데이터 서비스부터 UHD 영상/홀로그램과 같은 초고속 데이터 서비스, 비지향 서비스(NTN) 까지 다양한 전송속도 및 특성이 요구되는 서비스에 대응할 수 있는 주파수를 제공할 수 있어야 한다.

기지국의 셀당 트래픽 수용 용량(bps)은 주파수 대역폭(Hz)과 주파수 효율(bps/Hz)의 곱으로 결정된다. 주파수가 높을수록 광대역 폭 확보가 유리한 장점이 있으나 전파 경로손실이 커져 커버리지가 작아지고 투자비가 증가하는 단점이 있다. 주파수가 낮으면 전파 경로손실이 작아 커버리지가 커지는 장점이 있으나 광대역 폭 확보가 어려운 단점이 있다. 주파수 효율은 무선접속 기술, 단말 및 기지국 장비의 성능이 좋을수록 커진다. 주파수 대역별 커버리지 및 연속 대역폭 특성은 [그림 2]와 같다.

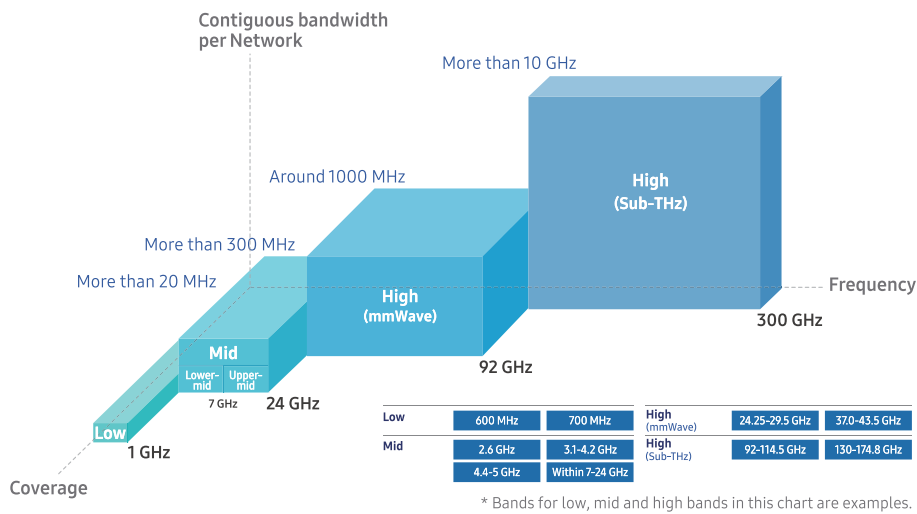


그림 2. 커버리지 및 연속 대역폭 측면에서의 주파수 특성 / 출처 : 6G 주파수 스펙트럼 전망, TTA 저널 202호

6G에서 예상되는 다양한 서비스와 커버리지 지원을 위해서 다양한 주파수 대역 간의 병합 및 이동성 지원이 필요할 것으로 예상된다. 이에 대응하여 저대역/중대역/고대역 등의 주파수 분배 및 활용 전략이 필요할 것이다. WRC-27에서 논의 예정인 6G의 추가 후보 주파수 대역은 [표 2]와 같다. 4.4 4.8GHz(400MHz 대역폭), 7.125 8.4GHz(1.275GHz 대역폭), 14.8 15.35GHz(3GHz 대역폭) 등이 6G의 추가 주파수 대역으로 검토될 예정이다.

주파수 대역		주파수 대역폭(MHz)	분배
Low Band (GHz)	3.3 - 3.8	500	WRC-07/15/23
	4.4 - 4.8	400	WRC-27(TBD)
Mid Band (GHz)	6.423 - 7.125	700	WRC-23
	7.125 - 8.400	1,275	WRC-27(TBD)
	10 - 10.5	500	WRC-23
	14.8 - 15.35	550	WRC-27(TBD)
High Band (GHz)	24.5 - 27.5	3,000	WRC-19
	37 - 43.5	6,500	WRC-19

표 2. 6G 주요 주파수 및 대역폭 비교 / 출처 : 6G 산업을 위한 ITU의 이동통신 주파수 활용 변화, ICT 주간기술동향 2131호

결론

6G 이동통신 기술은 2030년 상용화될 것으로 예상된다. ITU를 비롯한 각국 연구기관 및 산업계 등에서 6G 기술에 대한 논의 및 연구가 진행되고 있다. 6G 이동통신 기술은 초고속 데이터 전송, 초저지연, 대규모 기기 연결성 등을 목표로 하고 있으며, 다양한 산업과 일상생활에 혁신을 가져올 것으로 전망된다. 6G 주파수 표준화는 차세대 이동통신 기술의 성공적인 구현을 위한 핵심 요소이다. 6G의 성공적인 상용화를 위해서는 관련 기술 및 주파수 분배에 대해 관련 기관 및 산업계의 지속적인 연구, 국제 협력 및 전략적 대응이 필요할 것이다. 



참고문헌

- ITU-R 6G Framework 표준안 및 향후 표준화 전망, TTA 저널 208호
- 6G 산업을 위한 ITU의 이동통신 주파수 활용 변화, ICT 주간기술동향 2131호
- 6G 주파수 스펙트럼 전망, TTA 저널 202호
- 6G 이동통신 기술 동향, ICT 주간기술동향 2037호