

ITU-R 6G 요구사항 표준화

최형진 삼성전자 삼성리서치 기술표준연구팀 파트장

1. 머리말

UN(국제연합, United Nations) 산하 ITU(국제전기통신연합, International Telecommunication Union)의 전파통신부문(ITU-R)은 3G라 불리는 IMT-2000부터 5G로 불리는 IMT-2020까지 표준화를 성공적으로 마무리했다. ITU-R에서 이동통신, 즉 IMT(International Mobile Telecommunication) 표준화를 총괄하는 그룹인 Working Party 5D (WP 5D)는 IMT-2020(5G) 기술표준 완료 이후 2021년 3월부터 일명 Vision이라 불리는 6G 프레임워크(Framework) 표준 개발에 착수했고, 2023년 6월 WP 5D 44차 회의에서 이를 완성했다. 해당 표준은 이후 WP 5D 상위그룹인 ITU-R Study Group 5(SG 5)의 심의를 거쳐, 2023년 11월 개최된 전파통신총회(RA-23)에서 Recommendation ITU-R M.2160¹⁾으로 공식 승인 및 발간됐다.

ITU-R의 IMT 기술표준화는 [그림 1]과 같은 단계로 진행된다. 프레임워크, 즉 6G Vision 표준 개발이 완료됐다는 것은 기술성능 요구사항(이하 요구사항)등의 세부 표준화 추진이 진행된다는 것을 의미한다. 이번 원고에선 IMT-2030(6G)의 표준 개발 일정 및 현재 진행 중인 요구사항 개발 상황을 중심으로 정리했다.



[그림 1] ITU-R IMT 무선접속 기술 표준화 과정

2. IMT-2030 (6G) 기술표준 개발 일정

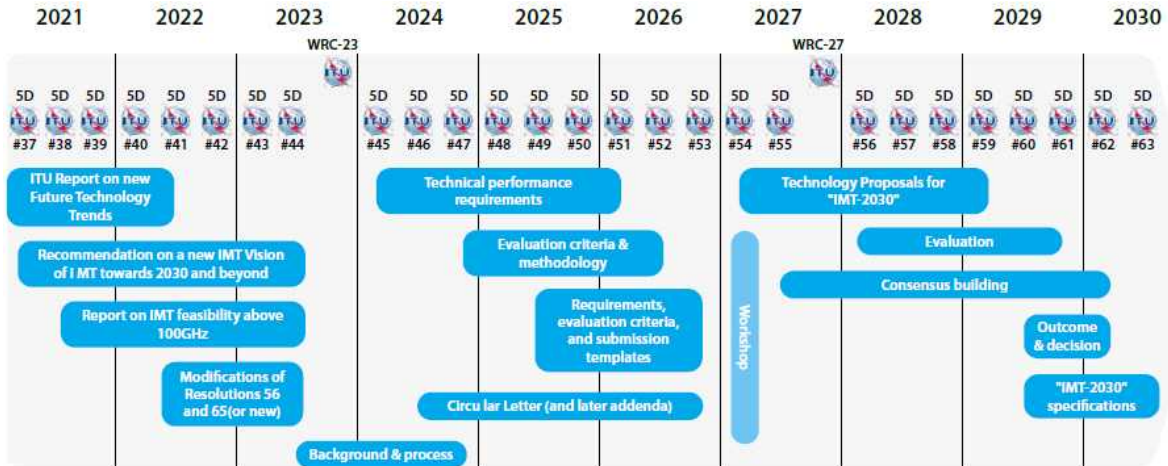
2022년 6월 개최된 ITU-R WP 5D 41차 회의에선 IMT-2030 무선접속 기술표준 개발을 위한 상세 표준화 일정을 [그림 2]와 같이 결정됐다. 표준 완성은 2030년 6월까지다.

3. IMT-2020 (5G) 요구사항[1][2]

ITU-R WP5D는 IMT-Advanced(4G) 무선접속 기술 표준을 2011년까지 개발한 직후 IMT-2020(5G) 표준화를 2012년부터 착수했다. 표준화 첫 관문은 [그림 1]에서 볼 수 있듯이 IMT-2020(5G)에

¹⁾ Recommendation ITU-R M.2160, Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond, 2023년 11월

WP 5D timeline for IMT-2030

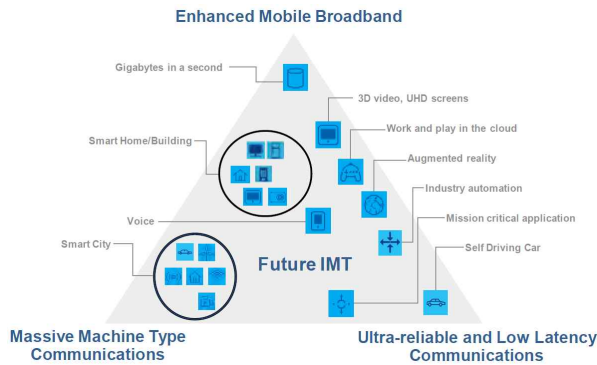


Note 1: Meeting 5D#59 will additionally organize a workshop involving the Proponents and registered IEGs to support the evaluation process

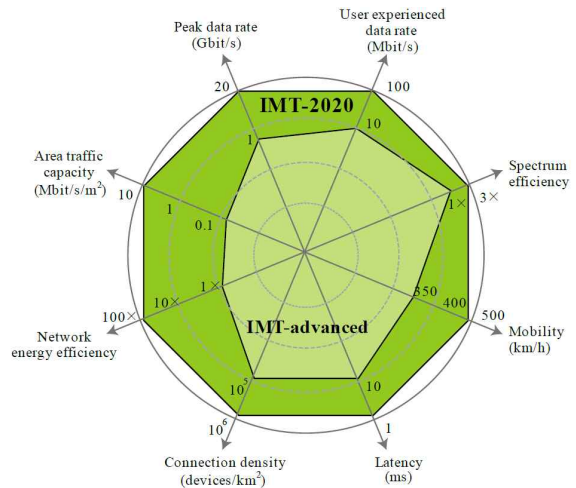
Note 2: While not expected to change, details may be adjusted if warranted. Content of deliverables to be defined by responsible WP 5D groups

[그림 2] ITU-R IMT-2030 무선접속 기술표준 개발 상세 일정

대한 비전 표준화였다. 2015년 개발이 완료된 5G 비전 표준²⁾은 [그림 3]과 같이 3개 사용 시나리오, [그림 4]와 같이 8개 핵심 성능지표를 제시했다. 그림에 대한 설명은 생략한다.



[그림 3] ITU-R IMT-2020(5G) 비전: 3대 사용 시나리오



[그림 4] ITU-R IMT-2020(5G) 비전: 8개 핵심 성능지표

M.2083-03

IMT-2020(5G) 요구사항은 2016년 2월부터 2017년 2월까지 총 4회 WP 5D 회의를 통해 개발돼 2017년 Report ITU-R M.2410³⁾으로 공식 발간됐다. IMT-2020(5G) 요구사항은 5G Vision 표준

2) Recommendation ITU-R M.2083, IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, 2015년 9월

3) Report ITU-R M.2410, Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s), 2017년 11월

(Recommendation ITU-R M.2083)을 통해 정의된 3개 사용 시나리오(Usage scenario)와 8개 핵심 성능 지표에 기반해 총 13개가 정의됐다.

각 성능 요구사항 항목들은 3개 사용 시나리오와 상호 연결돼 있다. 독자의 이해를 돕고자 이번 원고에선 [그림 5]와 같이 성능 요구사항 항목, 항목별 목표값, 항목과 사용 시나리오 간 어떤 연결 고리가 있는가를 도식화했다.

TECH PERF REQ	eMBB	URLLC	mMTC
Peak Data Rate [Gbps]	DL 20, UL 10		
Peak Spectral Efficiency [bit/s/Hz]	DL 30, UL 15		
User Experienced Data Rate [Mbps]	DU-eMBB (DL 100, UL 50)		
5 th Percentile User Spectral Efficiency [bit/s/Hz]	InH-eMBB (DL 0.3, UL 0.21), DU-eMBB (DL 0.225, UL 0.15), RU-eMBB (DL 0.12, UL 0.045)		
Average Spectral Efficiency [bit/s/Hz]	InH-eMBB (DL 9, UL 6.75), DU-eMBB (DL 7.8, UL 5.4), RU-eMBB (DL 3.3, UL 1.6)		
Traffic Capacity [Mbps/s/m ²]	InH-eMBB 10		
Latency [ms]	U-plane (4), C-plane (20)	U-plane (1), C-plane (20)	
Connection Density [Device/km ²]			1,000,000
Energy Efficiency	Capability to support a high sleep ratio and long sleep duration		
Reliability		1-10-5 success probability of size 32 bytes within 1 ms	
Mobility [bit/s/Hz]	UL, InH-eMBB (10km/h, 1.5), DU-eMBB (30km/h, 1.12), RU-eMBB (120km/h, 0.8 // 500km/h, 0.45)		
Mobility Interruption Time [ms]	0	0	
Bandwidth	At least 100 MHz and up to 1 GHz & Support of scalable BW		

DL (Downlink), UL (Uplink), DU (Dense Urban), InH (Indoor Hotspot), RU (Rural), UMa (Urban Macro)

[그림 5] ITU-R IMT-2020 기술 최소 성능 요구사항 및 사용 시나리오 맵핑

4. IMT-2030(6G) 요구사항 개발 동향[3]

[그림 2]에서 'Technical performance requirements'로 표기된 IMT-2030(6G) 요구사항은 2024년 2월부터 개발 착수돼 2026년 2월까지 개발 완료 예정이다.

ITU-R WP 5D에서 개발 중인 요구사항 보고서 초안의 제목은 'Minimum requirements related to technical performance for IMT-2030 radio interface(s)'로서, IMT-2030(6G) 무선접속 기술이 지원해야 하는 최소한의 성능 관점에서 기술적 요건을 정의하게 된다. 2024년 6월 개최된 WP 5D 46차 회의까지의 논의 경과를 간략히 살펴본다.

먼저 IMT-2030(6G) 요구사항 개발은 현재 다소 느리게 진행되고 있다. 여기엔 크게 세 가지 요인이 있다.

첫째, 요구사항 보고서 개발 일정이다. IMT-2020(5G)의 경우, 요구사항 보고서 개발 일정이 총 4회 회의를 통해 빠르게 진행된 반면, IMT-2030(6G) 요구사항 보고서는 총 7회 회의 동안 개발될 예정이다. 이 때문에, 아직까지 요구사항 항목 결정 단계에 머무르고 있다.

둘째, 복잡성이다. 사용 시나리오와 핵심 성능지표가 IMT-2020(5G) 대비 3개→6개, 8개→15개로

각각 증가했기 때문에 요구사항 항목 도출이 어려워지고 있다.

셋째, 다양성이다. IMT-2020(6G)에 접어들면서 위성 등 비지상 통신(NTN) 부문 진영, 그리고 아프리카 국가처럼 그간 IMT 기술표준 개발에 참여하지 않았던 국가들의 참여가 이뤄지면서 그들로부터 새롭게 제안된 요구사항으로 인해 논의가 복잡해졌다.

2024년 2월 개최된 WP 5D 45차 회의부터 2024년 6월에 개최된 WP 5D 46차 회의까지 십여 번의 논의 세션들이 진행됐으나, 현재까지 제안된 16개 요구사항 후보항목들의 소개와 질의응답도 마무리되지 못했다. 다행히 IMT-2020(5G) 요구사항과 IMT-2030(6G) 프레임워크 표준의 핵심 성능지표로 포함돼 있는 항목들을 요구사항으로 수용하는 데 큰 이견은 없는 상황이다. 예를 들면, 전송속도, 주파수효율, 지연시간 등이다.

하지만, IMT-2030(6G) 프레임워크 표준 단계에서도 이견이 많았던 보안 및 복구성(Security and Resilience), 상호호환성(Interoperability) 등의 항목들은 다르다. 이들을 요구사항으로 포함하는데 있어 다수 반대 의견들이 존재하고 있다. 아울러, 프레임워크 표준으로 통해 IMT-2030 (6G) 주요 특징으로 고려된 AI 및 센싱 관련 항목들의 경우, 요구사항으로 포함되는 데 별문제는 없어 보이나, AI와 센싱이 요구사항으로 어떻게 정의돼야 하는가에 대해 다수 견해차가 존재하고 있다.

<표 1>은 2024년 6월 개최된 ITU-R WP 5D 46차 회의까지 제안된 요구사항 항목들을 보여주고 있다. 앞서 언급한 바와 같이, <표 1>에 정리된 요구사항 항목과 정의는 아직 결정된 것이 아니고, 제안된 내용에 기반해 정리한 것임을 주의해야 한다. 각 항목별 성능값에 대해, 일부 항목값이 제안되기는 했으나 아직 공식적인 논의는 진행되지 않았기에 표에 수록하지 않았다. 한편, 독자들이 참고할 수 있도록 6G 프레임워크 권고에서 정의된 성능지표의 값을 병기 했다.

2024년 10월 개최될 WP 5D 47차 회의에선 검토되지 못한 요구사항 후보항목들의 소개가 마무리될 전망이다. 16개 후보항목들의 경우, 세부 논의 및 검토를 통해 요구사항 항목으로 포함할 것인지가 일부항목부터 가닥이 잡힐 것으로 예상된다. 상호호환성 등 일부 항목들의 경우, 요구사항 포함 여부는 보고서 개발 막판까지 찬·반 입장이 팽팽히 대립될 것으로 예상되고, 전송속도 등의 요구사항 값 역시 높은 값과 낮은 값을 지지하는 진영 간 입장이 지속 대립될 것으로 예상된다.

아울러, 요구사항 개발은 후보기술 평가방법 및 상세표준개발 절차 표준문서(Process) 개발과도 매우 밀접한 관련이 있다. [그림 5]에서 볼 수 있듯, 각 요구사항은 사용 시나리오와 실내·도심·교외 등 지리적 환경과도 매핑돼 정의된다. 이들은 향후 후보기술 평가방법 보고서에 시험환경이라는 것으로 정의되고, 시험환경 수는 상세표준 개발 절차 표준문서에서 중요하게 정의될 후보기술 제안 요건 및 채택 요건으로 활용된다.

5. 맺음말

프레임워크 표준 완성으로 기술성능 요구사항 등 IMT-2030(6G)에 대한 세부 기술 표준화가 본격화됐다. IMT-2030(6G)에선 전통적 통신 영역뿐만 아니라 AI, 센싱 등 비통신 기술들과의 결합을 통해 새로운 사용 시나리오가 도출됨에 따라, 새로운 요구사항의 필요성이 제기됐다. 이에 향후 ITU-R WP 5D에서 다양한 요구사항들을 논의할 전망이다.

이러한 요구사항 개발은 장치 3GPP 등 ITU-R 외부 표준개발단체들의 표준 개발에 중대한 영향을 미치므로, 지속적인 표준화 참여와 대응이 필요할 것이다.

<표 1> WP 5D 46차 회의까지 접수된 요구사항 후보항목

IMT-2030 기술성능요구사항 ※ 항목과 항목별 정의(Definition)는 논의 중인 미합의 버전임	(참고) 6G 프레임워크 목표값
① 최대 전송속도(Peak data rate) 이동기기에 대해 커버리지 영역 전반에 걸쳐 이용 가능한 달성 가능 데이터 전송률	50, 100, 200 Gbit/s를 예시로 표기
② 사용자 체감속도(User experienced data rate) 스펙트럼 자원 단위당 그리고 셀당 평균 데이터 처리량	300, 500Mbit/s를 예시로 표기
③ 주파수 효율(Spectrum efficiency) - 최대 주파수 효율(Peak spectrum efficiency): 스펙트럼 자원 단위당 최대 데이터 처리량 - 평균 주파수 효율(Average spectrum efficiency): 스펙트럼 자원 단위당 평균 데이터 처리량 - 하위 5% 주파수 효율(5th percentile spectrum efficiency): 스펙트럼 자원 단위당 CDF 상에서 하위 5% 데이터 처리량	평균 주파수 효율: IMT-2020 대비 1.5~3배 향상을 예시로 표기
④ 면적당 트래픽 용량(Area traffic capacity) 지리적 영역당 제공되는 총 트래픽 처리량	30Mbit/s/m ² 와 50Mbit/s/m ² 를 예시로 표기
⑤ 연결밀도(Massive Communication) 단위 면적당 접근 가능한 기기의 총수	106~108 기기/km ²
⑥ 이동성(Mobility) 사용자가 고속으로 이동하면서도 일정 수준의 서비스 품질을 유지할 수 있는 능력	500~1,000km/h
⑦ 이동성 단절 시간(Mobility interruption time) 사용자가 한 기지국에서 다른 기지국으로 이동할 때 발생하는 서비스 중단 시간	항목 미포함
⑧ 지연 시간(Latency) - 사용자 측면 지연시간(User plan latency): 기기와 기지국 간 통신에서 발생하는 시간 - 제어 측면 지연시간(Control plane latency): 네트워크의 제어 기능(연결 설정, 핸드오버 등)에 발생하는 시간 *non active to active state	0~0.1ms
⑨ 신뢰성(Reliability) 기기와 기지국 사이의 통신 시스템이 정해진 시간 내에 정보를 성공적으로 전달할 확률을 의미	1~10 ⁻⁵ 에서 1~10 ⁻⁷
⑩ 대역폭(Bandwidth) 확장 가능한 대역폭은 후보 RIT/SRIT가 다양한 대역폭으로 작동할 수 있는 능력을 의미	항목 미포함
⑪ 커버리지(Coverage) 커버리지는 원하는 서비스 영역 내 사용자들에게 통신 서비스에 대한 접근을 제공할 수 있는 능력으로 링크 버짓 분석을 통한 단일 셀의 셀 경계 거리로 정의	목표값 미정의
⑫ 위치(Positioning) 연결된 기기의 대략적인 위치를 계산하는 능력으로 위치 측정 정확도는 계산된 수평·수직 위치와 기기의 실제 수평·수직 위치 사이의 차이로 정의	1~10cm로 명시
⑬ 센싱 지표(Sensing-related capability) 센싱 관련 능력은 거리·속도·각도 추정, 객체 감지, 위치 측정, 이미징, 매핑 등을 포함하는 무선 인터페이스에서의 기능을 제공하는 능력으로 정확도, 해상도, 감지율, 오경보율 등의 측면에서 측정	목표값 미정의
⑭ 인공지능 지표(AI-related capabilities) 적용 가능한 AI 관련 기능은 AI 지원 애플리케이션을 지원하기 위해 IMT-2030이 특정 기능을 제공할 수 있는 능력을 의미	목표값 미정의
⑮ 지속가능성(Sustainability) 지속가능성은 네트워크와 기기가 온실가스 배출과 기타 환경 영향을 최소화할 수 있는 능력	목표값 미정의

<p>⑩ 보안 및 복구성(Security and Resilience)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 보안은 사용자 데이터, 시그널링 등 정보의 비밀성, 무결성, 가용성을 보존하고 해킹, 분산서비스거부, 중간공격자 등 사이버 공격으로부터 네트워크, 기기, 시스템을 보호하는 능력 - 복구성은 1차 전원의 손실 등 자연적 또는 인위적인 교란 시 이후에도 네트워크 및 시스템이 올바르게 동작할 수 있는 능력 	<p>목표값 미정의</p>
<p>⑪ 상호운용성(Interoperability)</p> <p>무선 인터페이스가 시스템의 서로 다른 Entity들 간의 기능을 가능하게 하기 위해 멤버 포함성과 투명성을 기반으로 하는 것</p>	<p>목표값 미정의</p>

[참고문헌]

- [1] Recommendation ITU-R M.2083, IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, 2015년 9월
- [2] Report ITU-R M.2410, Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s), 2017년 11월
- [3] ITU-R WP 5D Chairman’s report의 IMT-2030 (6) 기술성능 요구사항 보고서 작업문서, Annex 5.8 to Document 5D/242, Working document towards a Preliminary Draft New Report ITU-R M.[IMT-2030.TECH PERF REQ], 2024년 7월

※ 출처: TTA 저널 제215호