

IMT-2030 지능화와 보안 표준화

나재훈*, 김종현*, 박종열**

요약

IMT-2020(5G)에 비교하여 IMT-2030(6G)의 주요 차이점은 서비스 및 지능의 수용에 있다. IMT-2020(6G)의 기본 스펙이 ITU-R WP 5D에서 기술 능력 요구사항(TPR: Technical Performance Requirement)으로 구체화가 진행되고 있으며, 이를 검증하기 위한 평가 방안이 동시에 개발이 되고 있다. 네트워크에서 AI의 이용은 여러 가지 측면이 있는데, 사용자 서비스의 활용과 사용자 서비스의 원활한 구축을 위한 기반 기술로서 AI가 고려될 수 있다. 본 고에서는 IMT-2030(6G)에 적용을 목표로 하는 지능화와 보안 항목 표준화를 ITU-R WP 5D의 6월 회의를 중심으로 기술 성능 요구사항에 대하여 살펴본다.

I. 서론

ITU-R M.2160 Framework and overall objectives of the future development of IMT 2030 and beyond 표준은 ITU-R SG5 (Study Group 5: Terrestrial services) 산하 WP 5D (Working Party 5D: IMT Systems)의 제37차 회의에서(2021.3.1.-3.12.) SWG IMT-2030 (의장 최형진, WG General Aspects(의장 위규진) 산하 서브워킹그룹) 신설과 함께 IMT.Vision for 2030 and Beyond라는 이름으로 문서 작업이 시작되었다.

WP 5D 국제회의는 일년에 3번 정기모임을 개최하며, 필요시 CG(Correspondence Group)을 개최하여 강도 있는 작업을 진행하였다. WP 5D의 전문가들은 3GPP와 동시에 참여하고 있어서, 3GPP의 주요 이슈들이 IMT-2030에 적절히 반영이 되고 있다고 판단된다. IMT-2030(6G)은 IMT-2020(5G)에 비교하여 서비스 측면은 5G 보다 향상된 성능을 기반으로 몰입형 경험을 제공하는 증강현실 디지털트윈 등의 통신기반 서비스, AI/ML 및 센싱을 결합하는 신규 결합서비스, 그리고 이동통신 네트워크의 공통적 서비스로 지속 가능성, 정보보호, 연결성 확장 및 지능화 서비스 개념이 반영되었다[1].

본 논문의 II장에는 IMT-2030(6G) 프레임워크 문

서의 사용 시나리오와, 능력(Capacity), III장에는 기술 능력 요구사항, IV장은 결론으로 구성되어 있다.

II. IMT-2030의 시나리오와 능력

2.1. ITU-R M.2160 Framework and overall objectives of the future development of IMT 2030 and beyond [1]

2023년 11월 제정된 ITU-R M.2160 표준문서의 구성은 다음과 같다. 1장 소개, 2장 IMT-2030의 트렌드, 3장 IMT-2030의 사용 시나리오, 4장 IMT-2030의 능력(Capacities), 5장 향후 작업을 위한 고려사항으로 구성되어 있으며, 각 장의 내용을 간략히 살펴본다.

1장은 IMT-2030은 풍부하고 몰입감 있는 경험을 지원하고 보다 향상된 커버리지를 제공함과 새로운 협업 형태를 가능하게 하며, IMT-2030은 IMT-2020과 비교하여 확장된 새로운 사용 시나리오를 지원하면서 향상된 기능 제공을 소개하고 있다.

2장 IMT-2030의 동향은 IMT-2030의 개발 동기가 포괄적인 정보 사회를 구축하고 지속 가능한 발전 목표(SDGs)를 지원하는 데 있다고 정의하며, 유비쿼터스 지능 (Ubiquitous intelligence), 유비쿼터스 컴퓨팅 (Ubiquitous computing), 몰입형 멀티미디어 및 다중 감

본 연구는 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2021-0-00796, 상시적 보안품질 보장을 위한 6G 자율보안 내재화 기반기술 연구).

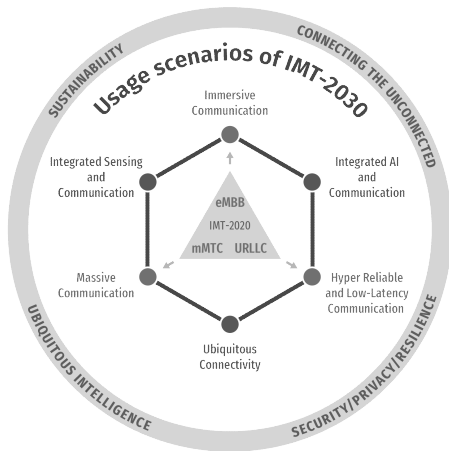
* 한국전자통신연구원 사이버보안연구본부 (전문위원, jhnah@etri.re.kr; 책임연구원, jhk@etri.re.kr)

** 서울과학기술대학교 인공지능융합학과 (교수, jongyoul@seoultech.ac.kr)

각 상호작용 (Immersive multimedia and multi-sensory interactions), 디지털트윈과 가상세계 (Digital twin and virtual world), 스마트산업 응용 (Smart industrial applications), 디지털 헬스와 웰빙 (Digital health and well-being), 유비쿼터스 연결성 (Ubiquitous connectivity), 센싱과 통신의 통합 (Integration of sensing and communication), 지속 가능성 (Sustainability) 등 9개의 기술 트렌드를 제시하였다.

2.2. IMT-2030의 사용 시나리오

IMT-2030의 사용 시나리오는 IMT-2020의 시나리오 (ITU-R M.2083에서 소개된 eMBB, URLLC 및 mMTC)를 더욱 발전시킨 새로운 능력을 제시하고 있다. IMT-2020 사용 시나리오에 더해, IMT-2030은 인공지능, 센싱 등과 같은 능력으로부터 발생하는 새로운 사용 시나리오를 지원할 것으로 예상하며, 이는 이전 세대의 IMT가 지원하지 않았던 분야를 포함한다. 그림 1은 확장된 IMT-2030의 사용 시나리오를 나타낸다.



(그림 1) IMT-2030의 사용 시나리오와 전체적 측면

2.2.1. 몰입형 통신 (Immersive Communication)

이 사용 시나리오는 IMT-2020의 모바일 브로드밴드(eMBB)를 확장하며, 사용자에게 풍부하고 상호작용적인 비디오(몰입형) 경험을 제공한다. 이 사용 시나리오는 핫스팟, 도시 및 시골 등 다양한 환경을 다루며,

IMT-2020의 eMBB와 비교하여 추가적인 새로운 요구사항이 발생하는 상황을 다룬다.

2.2.2. 하이퍼 신뢰성과 저지연 통신 (Hyper Reliable and Low-Latency Communication)

이 사용 시나리오는 IMT 2020의 “매우 신뢰성 높고 저지연 통신(Ultra-Reliable and Low-Latency Communication, URLLC)”을 확장하며, 신뢰성과 지연에 더 강화된 요구사항이 기대되는 특수한 사용 사례를 다룬다.

2.2.3. 대규모 통신 (Massive Communication)

이 사용 시나리오는 IMT-2020의 “대규모 기기 유형 통신(massive Machine Type Communication, mMTC)”을 확장하며, 다양한 사용 사례와 애플리케이션을 위해 대규모로 다수의 기기 또는 센서를 연결하는 것을 포함한다.

2.2.4. 유비쿼터스 연결성 (Ubiquitous Connectivity)

이 사용 시나리오는 디지털 격차를 줄이기 위해 연결성을 강화하는 것을 목표로 한다. 연결성은 다른 시스템과의 상호 운용을 통해 향상될 수 있다. 이 사용 시나리오의 주요 관점 중 하나는 현재 커버되지 않거나 거의 커버되지 않은 지역, 특히 농촌, 외진 지역 및 인구가 적은 지역에 대응하는 것이다.

2.2.5. 인공지능과 통신 통합 (Integrated Artificial Intelligence and Communication)

이 사용 시나리오는 분산 컴퓨팅과 AI 기반 애플리케이션을 지원한다. 전형적인 사용 사례로는 IMT-2030 기반의 자동 운전을 보조하는 애플리케이션, 의료 지원 애플리케이션에서 기기들 간의 자동 협업, 기기들과 네트워크 간의 고부하 계산 작업 오프로드, 디지털 트윈의 생성 및 예측, 그리고 IMT-2030 기반의 협업 로봇(cobots) 등이 포함된다.

2.2.6. 센싱과 통신의 통합 (Integrated Sensing and Communication)

이 사용 시나리오는 센싱 능력을 요구하는 새로운 응용 프로그램과 서비스를 용이하게 한다. IMT-2030을 활용하여, 연결되지 않은 객체와 연결된 기기, 그리고 그들의 움직임과 주변 정보에 대한 공간 정보를 제공하는 넓은 영역의 다차원 센싱을 제공한다. 전형적인 사용 사례로는 내비게이션, 활동 감지 및 움직임 추적 (자세/동작 인식, 추락 감지, 차량/보행자 감지), 환경 모니터링(비/오염 감지) 및 AI, XR 및 디지털트윈 응용을 위한 주변 센싱 데이터/정보 제공 등이 포함된다.

2.3. IMT-2030의 능력 (Capabilities)

IMT-2030은 ITU-R 권고 M.2083에서 기술된 IMT-2020과 비교하여 향상된 능력을 제공할 것이며, IMT-2030의 확장된 사용 시나리오를 지원하기 위한 새로운 능력도 제공할 것으로 예상된다. 향후 능력의 구체적 수치는 기술 성능 요구사항 단계(2024~2026년)에서 정하는 것으로 계획하고 있다. 그림 2는 IMT-2030의 능력을 되식화 한 것이며, 연두색은 향상된 능력을, 벽색은 새로운 능력을 표시하고 있다.

1) 최대 데이터 전송률 (Peak data rate)
 특정 시나리오에 50, 100, 200 Gbit/s들이 적용 가능한 예로는 제시되며, 다른 값들도 고려될 수 있다.

2) 사용자 체감 데이터 전송률 (User experienced data rate)
 300 Mbit/s와 500 Mbit/s의 값들이 가능한 예로 제시되며, 이보다 더 큰 값들도 고려될 수 있다.

3) 주파수 효율성 (Spectrum efficiency)
 IMT-2020보다 1.5배와 3배 큰 값들이 가능한 예로 제시되며, 이보다 더 큰 값들도 고려될 수 있다.

4) 지역 트래픽 용량 (Area traffic capacity)
 30 Mbit/s/m²와 50 Mbit/s/m²의 값들이 가능한 예로 제시되며, 이보다 더 큰 값들도 고려될 수 있다.

5) 연결 밀도 (Connection Density)
 연결 밀도는 106~108 기기/km²가 의 목표를 제시한다.

6) 이동성 (Mobility)
 이동성은 500~1,000 km/h가 목표를 제시한다.

7) 지연 시간 (Latency)
 지연 시간(무선 인터페이스 상에서)의 목표는 0.1~1 ms를 제시한다.

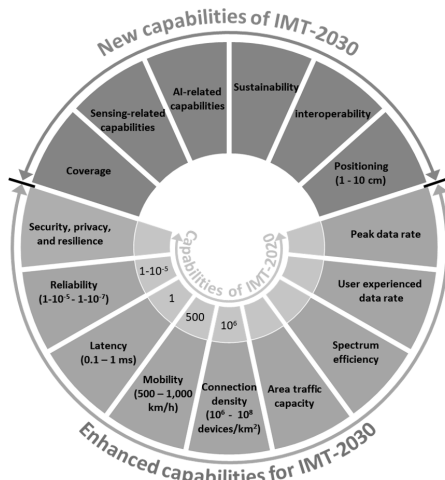
8) 신뢰성 (Reliability)
 신뢰성(무선 인터페이스 상에서)의 목표는 1-10⁻⁵에서 1-10⁻⁷ 범위 내에 있을 수 있다.

9) 커버리지 (Coverage)
 커버리지는 사용자들에게 원하는 서비스 지역에서 통신 서비스 액세스를 제공하는 능력을 나타낸다. 단일 셀의 셀 가장자리 거리를 링크 예산 분석을 통해 정의한다.

10) 위치 측정 (Positioning)
 위치 측정 정확도의 목표는 1~10 cm를 제시한다.

11) 센싱 관련 능력 (Sensing-related capabilities)
 무선 인터페이스에서 범위/속도/각도 추정, 물체 감지, 위치 결정, 영상 촬영, 지도 작성 등과 같은 기능을 제공하는 능력을 나타낸다.

12) 인공지능 관련 능력 (AI-related capabilities)
 IMT-2030을 통해 AI 응용을 지원하기 위해 특정



(그림 2) IMT-2030의 능력(Capabilities)

기능을 제공하는 능력을 나타낸다. 이러한 기능은 분산 데이터 처리, 분산 학습, AI 컴퓨팅, AI 모델 실행 및 AI 모델 추론 등을 포함한다.

13) 보안 및 복원력 (Security and resilience)

보안은 사용자 데이터 및 신호와 같은 정보의 기밀성, 무결성 및 가용성을 보존하며, 해킹, 분산 서비스 거부, 중간자 공격 등과 같은 사이버 공격으로부터 네트워크, 장치 및 시스템을 보호하는 것을 의미한다.

복원성은 네트워크와 시스템이 기본적인 전원 소스의 손실 등과 같은 자연적 또는 인공적인 장애가 발생한 후에도 올바르게 작동을 계속하는 능력을 의미한다.

14) 지속 가능성 (Sustainability)

지속 가능성 또는 환경적 지속 가능성은 네트워크와 장치가 자신의 수명 주기 동안 온실가스 배출과 다른 환경적 영향을 최소화할 수 있는 능력을 나타낸다. 중요한 요소로는 에너지 효율성 향상, 에너지 소비 최소화 및 자원 사용 최소화가 포함된다.

15) 상호 운용성 (Interoperability)

상호 운용성은 무선 인터페이스가 구성원 포용성과 투명성을 기반으로 시스템의 다른 개체들 간에 기능을 가능하게 하는 것을 의미한다.

III. 기술 능력 요구사항 (TPR Technical Performance Requirement)

기술 능력 요구사항 문서는 WP 5D 산하 WG Technology Aspects 밑의 SWG Radio Aspects에서 미국 Marc GRANT 의장에 의하여 작업이 진행되고 있으며[2], 향후 IMT-2030의 성능 평가(Evaluation)를 위한 규격으로 사용할 표준으로서 서비스 제공자, 벤더 들에게 매우 중요한 규격이 된다. M.2160 권고에서 제시된 사용자 시나리오를 기반으로 주어진 시험 환경에서(예, Indoor, Rural, Urban 등) 목표 성능치를 성취하는가를 평가(Insepection, Analytical, Simulation) 한다[3]. 이러한 성능 평가를 전제로, IMT-2030의 성능(Capabilities)에 걸맞는 기준치를 설정하는 것이 기술 성능 요구사항 문서이다. 다음은 AI와 정보보호 항목에 대한 요구사항 작업과 관련하여 ITU-R WP 5D 46 차 회의(2024년 7월)에서 논의되었던 이슈에 대하여 기술한다.

3.1. AI-related capability

AI 관련 기능은 AI 애플리케이션을 지원하기 위해 IMT-2030 전반에 걸쳐 특정 기능을 제공할 수 있는 기능을 의미한다. 이러한 기능에는 분산 데이터 처리, 분산 학습, AI 컴퓨팅, AI 모델 실행 및 AI 모델 추론 등을 포함하며, AI 서비스 및 통신용 AI/ML로 분류할 수 있다[2].

AI 성능은 정성적(Qualitative) 그리고 정량적(Quantitative) 지표로 기술할 수 있으며, 정성적 지표는 인공지능과 통신의 사용 시나리오에서 성능 평가하기 위한 목적으로 정의가 필요하다.

그리고 정량적 지표는 AI service accuracy(주어진 AI 추론/학습 작업에 대해 특정 [상대적] 정확도로 AI 추론/학습 작업을 처리), AI service latency(주어진 서비스 정확도를 가진 특정 AI 추론/학습 작업의 시작부터 종료까지 걸리는 시간), AI service Density(AI 서비스 밀도는 단위 커버리지 영역의 네트워크에서 주어진 AI 추론/학습 작업에 대해 지원할 수 있는 주어진 AI 서비스 품질(QoS) 요구사항을 만족하는 AI 서비스의 총 개수)와 같은 지표를 구성하는 것을 고려하고 있다.

중국 화웨이는 기고서[4]를 통하여 AI관련 주요 골격인 AI 성능으로 정성적(Qualitative) 그리고 정량적(Quantitative) 지표를 제시하였다.

스웨덴 에릭슨은 기고서[5]를 통하여 M.2160의 AI 관련 기능 문구를 기반으로 TPR은 권고 ITU-R M.2160에 명시된 대로 AI 애플리케이션을 지원하는 데 필요한 기능과 관련 되어야 하며, 따라서 이러한 기능을 제공하기 위한 RIT의 기능 요구사항으로 구성하여야 한다. 이러한 요구사항은 RIT의 분석 또는 검사를 통해 평가될 수 있으며 본질적으로 질적 성능치가 적절하다 하고 코멘트를 고수하였다.

한국 ETRI는 기고서[6]를 통하여 무선접속네트워크의 자율성 제공을 위한 AI 기능이 활성화 되어야 하며, 무선접속네트워크에 대하여 Resource Management and Optimization, Dynamic Network Slicing and Service Orchestration, Self-Organizing Networks (SON), User Experience Enhancement 기능들을 관리할 수 있어야 하며, 이를 위한 세분화된 성능 요구사항을 제시에 대한 검토를 제시하였다.

3.2. Security and Resilience Capability

보안과 복원력에 대하여는 IMT-2020에서와 같이 성능 평가에서 삭제를 중국과 퀄컴의 주장이 있었으나, 한국의 기고서와 영국, 핀란드, 일본 등의 지지를 얻어, 계속 논의 하는 방향으로 협의를 이루었다.

IMT-2030 비전(M.2160) 문서 작업 중에는 Security, Privacy and Resilience이었던 제목이 제정하는 마지막 단계에서 Privacy가 삭제되고 관련 성능 항목에 대하여 Security and resilience로 제목이 확정되었다. TPR 작업에서 보안은 예방적 전처리 과정이며 복원력은 후처리 과정이라는 관점적 차이가 있음을 한국은 명확히 하였으며, 이러한 기준점을 바탕으로 계속적 논의를 진행하기로 하였다.

일본은 기고서[7]를 통하여 현재의 문구가 복원력에 치중되어 있으니, 추가적인 문구 작업이 필요하다고 주장하며 에디터 노트를 추가할 것을 코멘트 하였다.

핀란드, 독일, 영국은 기고서[8]를 통하여 보안과 복원력을 분리하였으며, 복원력 관련하여 ‘Overlay trust network’ 개념을 제시하였다.

한국은 기고서[9]를 통하여 AI의 도움을 받는 보안 및 복원력이 필요하며 두가지 측정 항목(보안, 복원력)에 대하여 검사(Inspection) 평가 방안을 제시하였다.

IV. 결 론

ITU-R SG5 산하 WP 5D(IMT Systems) 는 2024년부터 4년의 새로운 회기를 시작하였다(2024-2027). 지난 회기의 주요 결과물인 M.2160(IMT-2030 Framework)의 후속 작업으로 TPR(기술 성능은 요구사항) 과 EVAL(평가 방안) 문서를 작성 중에 있다. 이 두 개의 문서는 매우 중요하다. 향후 ITU-R 회원사들이 3GPP등에서 WP 5D에서 제시한 요구사항을 만족하는 기술개발과 표준개발을 완료하고, 해당 제품을 제출하면(2027년) ITU-R에서는 주어진 시험환경에서 요구사항 목표치를 만족하는지에 대한 평가(2028년)하는 중요한 절차가 있다.

IMT-2030 네트워크의 자율적 관리를 위해서 AI/ML의 필요성이 대두되고 있다. 자율적 관리는 자동화라는 기술로부터 지속적으로 연구가 되어 왔던 이슈이다. 이동통신 네트워크의 자율적 관리를 위한 시작으로 무선접속네트워크(RAN Radio Access Network)의 자원관리가 좋은 예가 될 수 있으며, 점점

복잡성이 증가하는 IMT-2030 RAN 관리를 위하여 AI/ML은 필요하며, 또한 AI/ML과 관련한 보안 이슈를 해결하는 것은 산업적 요구인 것으로 판단된다. 이와 관련하여 ITU-R, ITU-T, 3GPP, Open RAN과 같은 표준화 기구들 간의 협력과 조율이 필요하며 정책적 선행이 요구되는 시점이다.

참 고 문 헌

- [1] ITU-R M.2160 Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond.
- [2] ITU-R WP5D/TEMP/98-E Minimum requirements related to technical performance for IMT-2030 radio interface(s) 1 July 2024
- [3] ITU-R WP5D/TEMP/117-E MEETING REPORT OF SUB-WORKING GROUP EVALUATION 1 July 2024
- [4] ITU-R WP5D/150-E Proposals on the Draft New Report ITU-R M.[IMT-2030.TECH PERF REQ] 10 June 2024
- [5] ITU-R WP5D/218-E Proposals FOR the WORKING DOCUMENT TOWARDS a PRELIMINARY DRAFT NEW REPORT ITU-R M.[IMT-2030.TECH PERF REQ] 10 June 2024
- [6] ITU-R WP5D/215-E Considerations for developing new ITU-R report of technology performance requirements (TPR) for IMT-2030 and beyond AI related capacity 10 June 2024
- [7] ITU-R WP5D/199-E Proposals to working document towards a preliminary draft new report ITU-R M.[IMT-2030.TECH PERF REQ] 10 June 2024
- [8] ITU-R WP5D/174-E Proposals to working document towards a preliminary draft new report ITU-R M.[IMT-2030.TECH PERF REQ] 10 June 2024
- [9] ITU-R WP5D/215-E Considerations for developing new ITU-R report of technology performance requirements (TPR) for IMT-2030 and beyond Security and resilience 10 June 2024

〈저자 소개〉

**나 재 훈 (Jae Hoon Nah)**

증신회원

1985년 2월 : 중앙대학교 컴퓨터공학과 졸업

1987년 2월 : 중앙대학교 컴퓨터공학과 석사

2005년 2월 : 한국의국어대학교 정보공학 박사

1987년~현재 : 한국전자통신연구원 사이버보안연구본부 전문위원/책임연구원

2019년~현재 : ICT 국제표준화 명장

2018년 7월~현재 : TC307 HoD/대표전문위원

2009년~현재 : ITU-T SG17 WP4의장, Q7 라포처

2011년~현재 : 한국정보보호학회 이사

2011년~현재 : 한국정보보호학회 학회지 정보보호 국제표준 특집호 책임 편집위원/의장

<관심분야> 블록체인보안, 핀테크보안, 웹보안, 스마트시티보안, 익명인증, 6G보안

**박 종 열 (Jongyoul Park)**

증신회원

1996년 8월 : 충남대학교 컴퓨터공학과 졸업

1999년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 석사

2004년 8월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 박사

2004년~2020년 : 한국전자통신연구원 시각지능연구실 책임연구원/연구위원

2020년~현재 : 서울과학기술대학교 인공지능응용학과 교수

2021년~현재 : 서울과학기술대학교 인공지능·반도체 연구소장

2021년~현재 : 서울과학기술대학교 슈퍼컴·데이터센터장

2021년~현재 : 서울과학기술대학교 인공지능 혁신융합대학 사업단장

2009년~현재 : ITU-T SG17 에디터

<관심분야> 대규모 기계학습, 사이버보안, 강화학습, 비식별화

**김 종 현 (Jong Hyun Kim)**

정회원

2005년 5월 : 오클라호마대학교 컴퓨터과학과 공학박사

2005년~현재 : 한국전자통신연구원 사이버보안연구본부 책임연구원

2013년~현재 : ICT 국제표준화 전문가

2017년 7월~현재 : ITU-T SG17 WP1 부의장, Q4 라포처

<관심분야> 네트워크 보안, 클라우드 보안, 악성코드 분석, 5G/6G보안