

# 5G 기술 평가 절차 및 동향



오성준 \_ TTA 5G 기술평가 프로젝트그룹(SPG33) 의장, 고려대학교 교수

## 1. 머리말

이동통신 공식 표준화는 ITU-R(International Telecommunication Union-Radiocommunication)에서 진행되고 있으며, 2000년대 초반 IMT-2000(3G) 지정부터 시작하여 IMT-Advanced(4G)가 2012년에 지정되었고, 2020년 IMT-2020(5G) 지정을 앞두고 있다. 이러한 이동통신 공식 표준화는 <표 1>에서 나타난 바와 같이 새로운 이동통신기술

이 제공해야 하는 서비스를 vision 문서[1]를 통해 정의하고, 정해진 vision을 나타낼 수 있는 성능 지표 및 해당 성능 지표를 평가하기 위한 평가 방법론과 기술의 제안 절차 등이 먼저 정의된다. 이러한 엄격한 절차를 통해 후보기술이 평가되고, 평가 결과에 따라 비로소 공식 이동통신 기술로 인정받게 된다.

IMT-2000에서는 6개의 후보기술이 IMT-Advanced에서는 2개의 후보기술이 이러한 평가를 통해 공식 표준화기술로 승인되었으나, IMT-2020

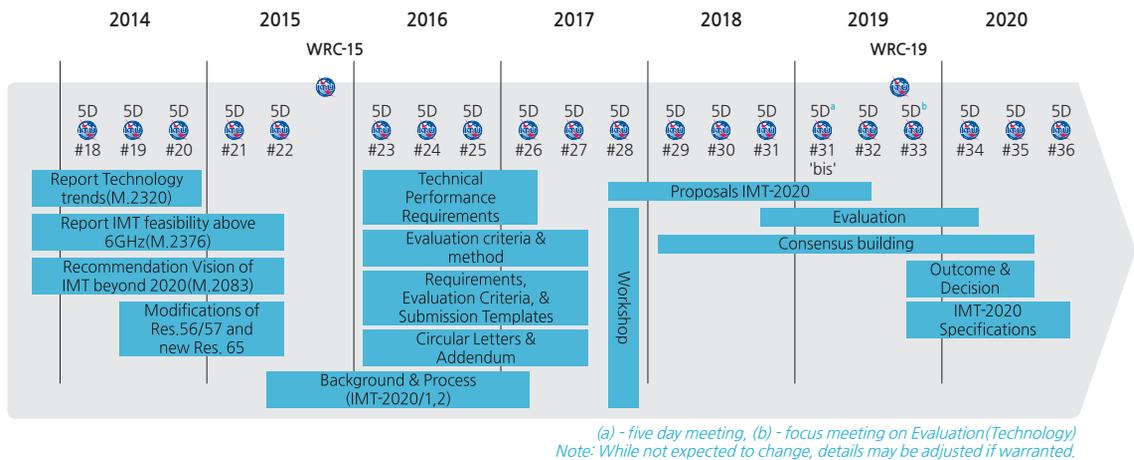
<표 1> 3G/4G/5G 이동통신 공식표준화 과정 및 관련 권고

구분	IMT-2000(3G)	IMT-Advanced(4G)	IMT-2020(5G)
Vision	M.687 & M.816	M.1645	M.2083
Year(Vision)	1992	2003	2015
Requirements	M.1034	M.2134	M.2410
Year(Requirements)	1997	2008	2017
Submission	8/LCCE/47+Add	M.2133	M.2411
Year(Submission)	1998	2008	2017
Evaluation	M.1225	M.2135-1	M.2412
Year(Evaluation)	1997	2009	2017
Specification	M.1457	M.2012	M.[IMT-2020.SPECS]
Year(1 <sup>st</sup> Specification release)	2000	2012	2020(expected)
Current version	M.1457-13	M.2012-3	

에서는(사실 표준화 기구인) 3GPP<sup>1)</sup>에서 정의되는 5G New Radio(NR) 기술만 공식표준화 기술로 승인될 것으로 전망되었다. 2019년 7월에 있었던 32차 ITU-R WP 5D에서 IMT-2020 후보기술 최종 접수가 있었고, 6개 국가/기관에서 7개의 후보기술이 최종적으로 제안되었다. 한국/중국/3GPP에서는 3GPP 5G NR에 기반한 기술과 LTE 기술을 제안하였으며, 이들은 기술적으로 동일함을 인정받았다. 인도 TSDSI(Telecommunications Standards Development Society), 유럽 ETSI(European Telecommunications Standards Institute) 그리고 중국 베이징의 Nufront사에서도 각각의 IMT-2020 후보기술을 제안하였다. TSDSI는 3GPP 5G NR의 변형을, ETSI에서는 진화된 DECT 기술과 3GPP 5G NR 기술을 결합한 내용을 후보기술로 제안한 반면, Nufront에서는 Wi-Fi 기반(EUHT, Enhanced Ultra High Throughput) 기술을 후보기술로 제안하였다.

ITU-R에서 새롭게 소개된 Nufront의 EUHT 기술을 제외하고 다른 후보기술들 모두 3GPP 5G NR의 기술을 그대로 적용하거나, 혹은 약간의 변형을 추가한 것이다. 비교적 새롭게 제안된 EUHT 기술이 주목받을 수는 있으나, 주요 산업체에서 제안한 3GPP 5G NR이 실질적인 IMT-2020 기술로 볼 수 있으며, 복수의 후보기술이 경쟁하거나 비교가 된다고 보기는 어렵다. 따라서, 3GPP 5G NR의 IMT-2020 후보기술로서 평가에서 대한 관심은 이전에 비해 떨어지는 경향도 있다. 그럼에도 불구하고, ITU에서 승인하게 되는 기술은 190여 개 회원국에서 5G 이동통신 사업자 허가 및 경매 실시의 기본 조건으로 제시될 수 있기 때문에, ITU에서 진행되는 이동통신 표준화 과정은 5G 기술 상용화 등에서 큰 영향을 미칠 수 있게 된다. IMT-2020 후보기술 제출 및 평가와 승인에 관련한 일정은 [그림 1]에서 볼 수 있다.

국가별 기술 경쟁이 더욱 치열해지는 5G 시대에



[그림 1] IMT-2020 표준화 일정

1) 3GPP(3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project)는 1998년 12월, 한국, 유럽, 일본, 미국, 중국의 표준화 기관을 중심으로 효율적인 이동통신 표준화 추진을 위해 설립되어, WCDMA, HSPA, LTE, LTE-Advanced 등 전 세계적으로 통용되는 이동통신 표준화를 추진해 왔다. 현재는 TTA를 비롯한 7개 표준화기관(TTA(한국), ETSI(유럽), ATIS(미국), ARIB/TTC(일본), CCSA(중국), TSDSI(인도)] 소속 이동통신 사업자, 제조업체 등 약 500여 업체가 참여하여 5G 이동통신 기술규격을 개발하고 있다.

우리나라는, 4G 시대부터 지켜온 기술적 우수성을 유지하기 위한 노력을 꾸준히 이어오고 있다. 국내 기업들은 3GPP에 국내에서 개발된 특허 기술의 표준화를 노력하여 일정 성과를 이루었으며, 한국 정부는 이러한 국내 기술들이 많이 반영된 3GPP의 5G NR 기술을 ITU-R에 IMT-2020 후보기술로 제출하였다. [그림 1]에 나타난 바와 같이 한국의 후보 기술은 2018년 1월에 있었던 29차 WP 5D 회의에서 초기버전을 제출하고 2019년 7월 32차 회의에서 최종버전을 제출하였다. 한국이 제안한 IMT-2020 후보기술은 중국이 제안 후보기술과 함께 3GPP 5G NR과 기술적으로 동일한 기술로 인정을 받았으며, 2019년 12월과 2020년 2월에 계획된 평가그룹의 평가를 거쳐 2020년 6월 회의에서 IMT-2020 기술로 최종 승인될 것이 예상되고 있다. 한국 정부의 후보기술 제출과 함께 TTA SPG 33은 독립 평가 그룹으로 등록되었으며, 후보기술 평가를 주도할 것으

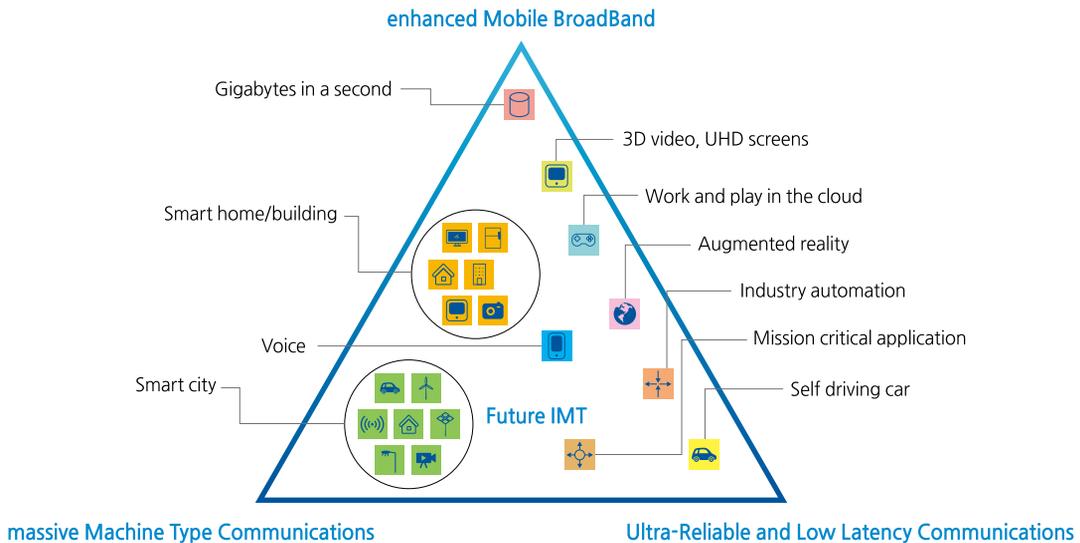
로 예상하고 있다.

## 2. IMT-2020 기술 평가

### 2.1 IMT-2020 비전

<표 1>에 나타난 바와 같이, 새로운 IMT 시스템을 ITU-R에서 승인하게 되는 과정은 다음과 같이 정리될 수 있다. ITU-R에서는 먼저 새로운 IMT 서비스에 대한 비전을 먼저 정의하고, 그러한 서비스 제공을 위한 이동통신 기술의 성능 요구사항(requirement)[2], 평가방법(evaluation)[3] 및 기술 평가 진행과정(submission)[4] 등을 정의하면, 이와 같은 정해진 절차에 따라 ITU로 기술들이 제안되고, 제안된 기술을 평가하고 평가 결과가 요구사항을 만족하는 경우, 표준화 승인을 진행하게 된다.

ITU-R에서 승인하게 될 IMT-2020(5G) 시스템이 제공하게 되는 IMT 서비스는 따라서, IMT-2020의



M.2083-02

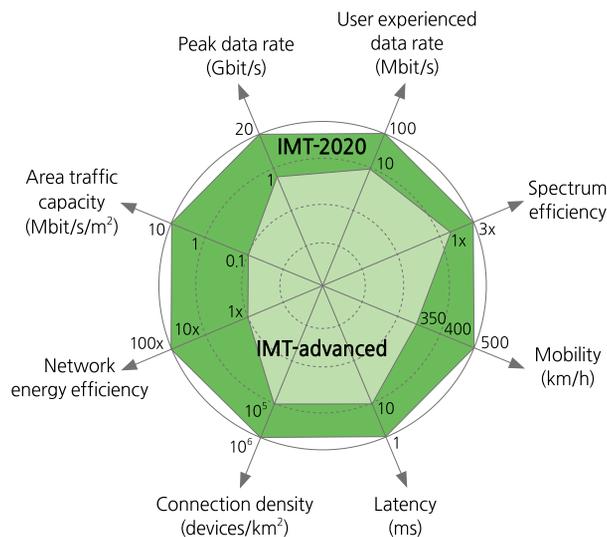
[그림 2] IMT-2020 사용 예(Usage Scenarios)

비전문서인 ITU-R M.2083[1]에서 찾아볼 수 있으며, [그림 2]와 [그림 3]을 통해 ITU-R의 핵심적인 서비스 특징을 살펴볼 수 있다. [그림 2]에서는 IMT-2020 시스템이 기존의 주파수 효율만을 중요하게 생각하던 시스템에서 진화하여, 속도(eMBB, enhanced Mobile Broad Band)는 물론이고, 사람만이 아닌 사물 통신 즉, IoT를 고려한 통신(mMTC, massive Machine-Type Communication)과 신뢰성 있는 초연결 통신(URLLC, Ultra-Reliable Low Latency Communication) 등 세 가지의 사용 예시(usage scenarios)를 기본 다양한 통신 서비스로 제공하려고 한다. IMT-2020이 제공하게 되는 이러한 다양한 통신 서비스는 [그림 2]의 삼각형 안에 예시로 보다 구체적으로 알 수 있다. [그림 3]은 IMT-2020이 여러 측면에서 IMT-Advanced 보다 성능이 뛰어날 것임을 보여주고 있다. 이와 같이 다양한 사용 예시에서 향상된 성능을 보여주게 될 IMT-2020의 성능 기준 및 성능을 평가하는 방법은 각각 ITU-R M.2410[2]와 ITU-R M.2412[3]에 정의되어 있다.

## 2.2 성능 기준 및 평가방법

ITU-R M.2410[2]에 따르면 ITU-R에 이동통신 기술을 제출하여 IMT-2020 기술로 인정받기 위해서는 다음 13가지 주요 항목(KPI, Key Performance Index)에 대해 성능 평가가 이루어져야 한다.

- ① 최대 전송 속도(Peak data rate)
- ② 최대 주파수 효율(Peak spectral efficiency)
- ③ 사용자 체감 전송속도(User experienced data rate)
- ④ 셀경계사용자 주파수 효율(5th percentile user spectral efficiency)
- ⑤ 평균 주파수 효율(Average spectral efficiency)
- ⑥ 단위 면적당 트래픽 용량(Area traffic capacity)
- ⑦ 사용자 측면/제어 측면 전송 지연시간(User plane/Control plane latency)
- ⑧ 단위 면적당 동시접속 밀도(Connection density)
- ⑨ 에너지 효율(Energy efficiency)
- ⑩ 신뢰성(Reliability)
- ⑪ 이동성(Mobility)
- ⑫ 이동 단절 시간(Mobility interruption time)
- ⑬ 대역폭(Bandwidth)



[그림 3] IMT-Advanced 대비 IMT-2020의 향상된 성능 지표

또한 이러한 13가지 KPI에 대해 IMT-2020으로 인정받기 위한 최소 요구 값은 <표 2>에서 설명하고 있다. IMT-Advanced에서와 마찬가지로, 다양한 성능지표가 IMT-2020 기술로 인정받기 위해 사용되며, 특히 최대 전송속도, 사용자 체감 전송속도, 단위 면적당 트래픽 용량, 단위 면적당 동시접속 밀도, 에너지 효율, 신뢰성 등은 IMT-2020에서 처음 등장한 평가 지표들이다.

제안된 이동통신 기술의 13가지 KPI에 대한 만족여부는 ITU-R M.2412[3]에 정의된 평가 방법에 따라 평가가 이루어진 결과로 판명이 된다. 따라서 ITU-R M.2412[3]에서는 평가 방법에 대해 정의되어 있으며, 모의 실험(Simulation), 분석(Analytic) 및 직관(Inspection)등의 방법이 적용된다. ITU-R M.2412[3]에서는 최대 전송 속도, 최대 주파수 효율, 사용자 체감 전송속도(single layer), 단위 면적당 트래픽 용량, 지연시간, 이동 단절시간 등은 분석적 방법을 통해서, 사용자 체감 전송속도(multi-

layer), 셀경계사용자 주파수 효율, 평균 주파수 효율, 단위 면적당 동시접속 밀도, 신뢰성, 이동성 등은 모의 실험을 통해서, 그리고 그 외 에너지 효율과 대역폭은 직관적으로 평가가 이루어진다. 이중에서, 사용자 체감 전송속도(single layer)와 단위 면적당 트래픽 용량은 모의실험 결과를 토대로 주파수 및 물리적인 영역을 고려하여 평가를 하게 되는데, 그럼에도 ‘분석적’ 방법으로 평가된다고 정의하였다.

또한 이러한 KPI들이 어떠한 실험 환경(Test Environments, 실내/도심/교외)에서 어떠한 사용 예시(usage scenarios)에 대해 평가되어야 하는가를 정의하고 있다. 실험 환경 및 사용 예시와 KPI와의 관계는 <표 3>에서 설명하고 있다. 모의 실험의 경우 평가 툴(Simulator software) 개발과 검증이 선행되어야 하기 때문에 상대적으로 많은 시간과 노력이 필요하다. ITU-R M.2412[3]에서는 이러한 모의 실험 방식에 대해서도 자세히 기술하고 있다. 모의 실험은 다수의 기지국(TRxP, Transmission/

<표 2> IMT-2020의 최소 성능 기준

Key Performance Indices(KPI)	Numbers
Peak data rate	DL 20 Gbps, UL 10 Gbps
Peak spectral efficiency	DL 30 bps/Hz, UL 15 bps/Hz
User experienced data rate	DL 100 Mbps, UL 50 Mbps
5th percentile user spectral efficiency	DL 0.3/0.225/0/12, UL 0.21/0.15/0.045 bps/Hz
Average spectral efficiency	DL 9/7.8/3.3, UL 6.75/5.4/1.6 bps/Hz/TRxP
Area traffic capacity	10 Mbps/m <sup>2</sup> for DL Indoor Hotspot eMBB
Latency(User Plane)	4 ms for eMBB, 1 ms for URLLC
Latency(Control Plane)	20 ms
Connection density	10 <sup>6</sup> devices per km <sup>2</sup>
Energy efficiency	No specific number
Reliability	1-10 <sup>-5</sup>
Mobility	Various traffic channel link data rate per speed
Mobility interruption time	0 ms
Bandwidth	at least 100 MHz and 1GHz for above 6GHz

Reception Point)과 다수의 단말(UE, User Equipment)을 고려하여 전체적인 시스템 성능을 측정하는 시스템레벨 시뮬레이션(SLS, System-Level Simulation)과 하나의 송신/수신기에 대한 성능을 측정하는 링크레벨 시뮬레이션(LLS, Link-Level Simulation)이 있으며, 사용자 체감 전송속도(multi-layer), 셀경계사용자 주파수 효율, 평균 주파수 효율 등 eMBB에 관련한 성능 지표들은 모두 SLS를 통해 얻어지고, 신뢰성과 이동성 지표는 LLS를 통해 얻을 수 있다. 단위 면적당 동시접속 밀도는 SLS 혹은 LLS를 통해서 얻을 수 있다 - 두 가지 방법 모두 가능하며, 각각 방법에 대한 기술이 ITU-R M.2412[3]에 되어 있다.

### 2.3 후보기술 제안 및 자체 평가

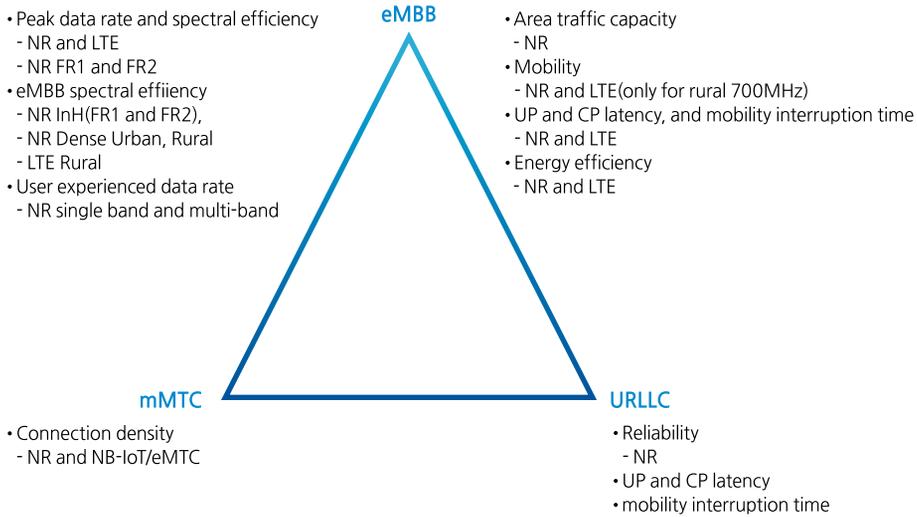
어떠한 특정 이동통신 기술이 ITU-R에서 IMT-2020(5G) 기술로 승인되기 위해서는 먼저 후보 기술로 제출되어야 한다. 제출되는 후보기술은

ITU-R M.2412[3]에서 기술된 평가 방법론에 따라 성능평가가 이루어져야 하며, 성능 평가가 ITU-R M.2410[2]에서 정의된 기준을 넘어야 한다. 기술을 제안하는 측에서의 평가를 자체평가(Self-evaluation)라고 한다. 한국이 제안한 후보기술은 중국의 제안 기술과 함께 3GPP에서 제안한 기술과 기술적인 측면에서 동일하다고 인정되기 때문에, 3GPP의 자체평가 결과가 한국 제안기술의 자체 평가로 인정받게 되어 있다.

3GPP의 5G NR 기술은 2018년 10월 31차 WP 5D회의에서 (초기) 자체평가 결과와 함께 제출된 바가 있다. 3GPP의 5G NR 기술은 그 자체로 Radio Interface Technology(RIT)로써 ITU에 제출되었으며, 기존의 LTE 기술과 5G NR 기술을 통합하여 Set of RIT(SRIT)로도 ITU에 제출되었다. 따라서, 3GPP는 하나의 RIT와 하나의 SRIT를 ITU에 제출하였고, 자체평가는 3GPP 5G NR과 LTE를 모두 포함하고 있으며, 3GPP TR 37910에서 자세한 결과를

<표 3> IMT-2020의 성능 지표 및 사용 예 적용

Key Performance Indices(KPI)	Usage Scenarios		
	eMBB	mMTC	URLLC
Peak data rate	✓		
Peak spectral efficiency	✓		
User experienced data rate	✓		
5th percentile user spectral efficiency	✓		
Average spectral efficiency	✓		
Area traffic capacity	✓		
Latency(User Plane)/Latency (Control Plane)	✓		✓
Connection density		✓	
Energy efficiency	✓		
Reliability			✓
Mobility	✓		
Mobility interruption time	✓		✓
Bandwidth			



[그림 4] 3GPP 자체 평가의 항목별 기술

제시하고 있다. 평가 항목 및 조건에 따라, LTE 기술과 5G NR 기술이 선택적으로 혹은 동시에 고려되고 있으며, [그림 4]에서 해당 조건과 기술을 보여주고 있다. 3GPP 자체 평가에 의하면 3GPP 5G NR 기술은 ITU-R에서 제시한 성능 요구 조건을 만족시키고 있다.

- ⑦ Wireless World Research Forum(WWRF)
- ⑧ Egyptian Evaluation Group
- ⑨ Telecom Centres of Excellence(TCOE), India
- ⑩ TTA 5G Technology Evaluation Special Project Group(TTA SPG33)
- ⑪ Chinese Evaluation Group(ChEG)
- ⑫ Trans-Pacific Evaluation Group(TPCEG, 대만 평가그룹)

## 2.4 평가 그룹 및 활동

2019년 현재 ITU-R에 등록된 독립 평가 그룹(IEG, Independent Evaluation Group)은 한국 평가 그룹인 TTA 5G 기술평가 프로젝트그룹(TTA Special Project Group33, 이하 TTA SPG33)을 비롯하여 다음과 같이 총 12개 단체가 있다.

- ① 5G Infrastructure Association - 5GPPP
- ② 5G India Forum
- ③ The Fifth Generation Mobile Communications Promotion Forum(일본평가그룹)
- ④ ATIS WTSC IMT-2020 Evaluation Group
- ⑤ Canadian Evaluation Group(CEG)
- ⑥ ETSI Evaluation Group

2019년 7월에 있는 32차 회의까지 TPCEG/TCOE, India/ChEG 등에서 초기 평가 보고서를 제출한 바 있으며, 다른 평가 그룹들은 2019년 12월까지 초기 평가 보고서를 제출하고 2020년 2월 34차 회의에 IEG의 보고서 제출이 마감된다.

각 IEG는 IEG별로 필요한 후보기술(들)에 대한 평가를 하여 보고서를 제출하게 되어 있다. 따라서 IEG별로 어떠한 후보기술을 평가할지는 2019년 7월 현재 알려진 바가 없으며, 2019년 12월에 예정되어 있는 IMT-2020 평가 워크숍에서 IEG별로 평가 기술에 대한 내용이 공개될 것으로 예상되고 있다.

TTA SPG33을 제외한 다른 평가 그룹은 산업계

에서 개별적으로 3GPP에 제출한 결과를 산업체별 관련 평가 그룹에 중복으로 제출하며, 각 평가 그룹은 그룹별로 취합된 결과를 기반으로 평가기관 보고서를 작성하여 ITU-R에 제출할 것으로 예상된다. TPCEG, TCOE of India와 ChEG에서는 2019년 7월 32차 회의 혹은 이전 회의에서 (초기) 평가 기고서를 제출한 바 있다. TTA SPG33에서는 국내 기업의 결과와 TTA SPG33 내에서 자체 개발한 평가 툴로부터의 결과를 취합하여 2019년 12월 33차 회의와 2020년 2월 34차 회의에 결과 제출을 계획하고 있다.

### 3. 맺음말

복수의 후보 기술이 IMT-2000과 IMT-Advanced로 인정이 되던 3G/4G와는 달리, IMT-2020에서는 3GPP 단일 기술만 승인될 것으로 예상되기 때문에, 이전 경우와는 달리 외부 평가그룹에 의한 평가의 중요성이 많이 떨어진 것은 사실이다. 또한, IMT-Advanced 평가에서부터 등장하기 시작한 SLS를 통한 성능 평가 방법은 특히 많은 송수신 안테나를 가정한 IMT-2020 시스템의 SLS는 구현하기도 어렵고, 어렵게 구현된 평가 툴(simulator)이 신뢰성 있는 결과를 얻었는지도 확인하기 어려운 실정이다.

그럼에도 불구하고, TTA SPG33에서는 IMT-2020 평가를 위한 평가 툴을 산학연에서 개발하였으며, 평가 툴의 소스코드를 공개하여 다른 IEG에 도움을 주며 ITU-R에서의 평가 활동을 주도할 계획이다. 또한, 공개된 평가 툴의 결과와 국내 산업계의 결과를 기반으로 ITU-R에 5G 후보기술에 대한 평가 보고서를 제출할 계획이다. 

### [참고문헌]

- [1] ITU-R Report M.2083, 'IMT Vision - Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond', Sept. 2015.
- [2] ITU-R Report M.2410, 'Requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s)', Nov. 2017.
- [3] ITU-R Report M.2412, 'Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-2020', Nov. 2017.
- [4] ITU-R Report M.2411, 'Requirements, evaluation criteria and submission templates for the development of IMT-2020', Nov. 2017.