

# 5G 이동통신 기술 동향

박성준

강릉원주대학교 교수

셀 기반의 이동통신시스템은 기술의 진보를 거듭하여 현재 5G 이동통신의 출현을 목전에 두고 있다. 5G 시스템에서는 더욱 강력해진 기술 표준을 근간으로 초광대역 이동형 데이터 서비스, 초신뢰 저지연 통신 서비스, 대규모 사물통신 서비스 등을 제공할 예정이다. 본 고에서는 이동통신시스템의 진화 및 5G 개요에 관해 간단히 설명한 후 최근 큰 이슈가 되고 있는 3GPP NR 표준화 진행 현황 및 기술 특징에 관해 고찰한다. 또한, 5G 시스템 서비스 동향으로 평창 동계올림픽에서 개시된 5G 시범 서비스와 정부 및 기업 협력 하에 진행되고 있는 5G 6대 융합 서비스 동향에 관해서도 다룬다.

## I. 서론

글로벌 네트워크 장비업체인 시스코사에 따르면, 스마트폰 사용자의 데이터 사용량이 급격히 증가하여 2016년 말 한 달 동안의 총 데이터 트래픽은 7.2EB(Exabytes)에 도달하였으며 이 수치는 지속적으로 증가하여 2021년에는 49EB에 달할 것으로 전망되고 있다. 또한, 각 스마트폰에서 생성하는 트래픽 역시 2016년 월평균 1.6GB에서 2021년 6.8GB로 4배 이상 증가할 것으로 예측되고 있다[1].

예견되는 데이터 급증에 대비하고 신규 응용 서비스를 창출하기 위해 ITU-R(International Telecommunication Union-Radio Communication Sector)에서는 5세대 이동통신(5G)의 개념을 정립하고 요구사항을 정의하였다. 이에 보조를 맞추어 3GPP(Third Generation Partnership Project) 단체는 기존 LTE(Long Term Evolution) 규격에서 크게 진화한 5G 용도의 NR(New Radio) 규격을 개발하고 있으며, 초기 버전인 3GPP Release 15 표준이 2018년 중 완료되면 시스템 장비 및

\* 본 내용은 박성준 교수(☎ 033-640-2386, psj@gwnu.ac.kr)에게 문의하시기 바랍니다.

\*\* 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITP의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.

\*\*\*이 논문은 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2017R1A2A2A05001457)

단말 개발을 거친 후 본격적인 5G 시대가 열리게 될 것으로 전망된다.

최근 5G 이동통신이 큰 관심을 받고 있는 이유는 5G가 이전의 이동통신과는 달리 4차 산업 혁명의 핵심 인프라가 되어 다양한 신규 융복합 서비스를 창출할 수 있기 때문이다. 즉, 초고속, 초저지연, 초연결 특성을 갖는 5G는 단순 모바일의 영역을 넘어 IoT, AI, VR 및 AR, 스마트 카, 지능형 로봇 등과 긴밀하게 연동되어 인류의 생활을 획기적으로 변모시킬 혁신 플랫폼이 될 것이며 여기에 우리가 5G에 주목해야 하는 이유가 존재하는 것이다.

본 고의 2장에서는 이동통신 기술의 진화 과정에 관해 간단히 요약한 후 5G 이동통신시스템의 목표 성능과 서비스 시나리오에 관해 설명하고, 3장에서는 5G 이동통신 표준화 동향에 관해 상술한다. 즉, 최근 본격적인 논의가 진행 중인 3GPP NR Release 15 표준의 주요 이슈 및 진행 상황에 대해 설명하고 LTE와는 구분되는 NR만의 무선기술 특징에 대해 논한다. 4장에서는 5G 이동통신 서비스 동향에 관해 기술하며, 2018년 2월 개최된 평창 동계올림픽을 목표로 한 5G 시범 서비스를 소개하고 기가코리아사업단과 5G 포럼 중심으로 진행되고 있는 5G 6대 융합 서비스에 관해서도 설명한다. 끝으로 5장에서는 결론 및 시사점을 제시한다.

## II. 5G 이동통신 개요

### 1. 이동통신 기술의 진화

셀 기반의 이동통신시스템 기술은 1978년 미국에서 개발된 1세대 이동통신(1G), 즉, AMPS (Advanced Mobile Phone Service) 시스템에서 시작되었다. 미국 AT&T에서 네트워크를 구축하고 모토로라 단말을 활용하여 최초 서비스 개시된 AMPS 시스템은 아날로그 통신 방식인 주파수 변조(FM)와 주파수 분할 다중접속(FDMA) 기법을 사용하여 이동 중에 음성통화가 가능하도록 하였으며 국내에는 1984년 한국이동통신(현, SKT)에 의해 도입되었다.

1세대 이동통신과 구분되는 2세대 이동통신(2G)의 대표적 특징은 디지털 통신 기술의 사용이며 1990년대 GSM, TDMA, CDMA 등의 기술들이 서로 경합하였다. 2G에서는 음성과 더불어 영문 140자 또는 한글 70자 이내 짧은 길이의 메시지를 전송할 수 있었으며, 국내에서는 1996년 세계 최초로 CDMA 기반의 전국 망을 구축하고 서비스를 실시하였다.

이동통신 산업의 급격한 성장과 잠재적 가치를 인지한 ITU-R은 세계 어디에서도 단일 단말을 이용하여 통신 및 인터넷 접속이 가능하도록 하는 3세대 이동통신(3G), IMT-2000 시스템의

개념을 정립하였다. 유럽 중심의 3GPP와 미국 중심의 3GPP2 단체는 각각 비동기 방식의 WCDMA 기술과 동기 방식의 CDMA2000 기술의 표준화를 주도하였으며, 3GPP WCDMA 기술은 초기 규격인 Release 99 작성 및 배포 이후 지속적으로 진화하고 있는 반면, 3GPP2의 CDMA2000 기술은 2008년 주력업체인 퀄컴사의 포기로 인해 관련 기술 진화가 중단되었다. 2002년 배포되고 2006년 국내에서 세계 최초로 상용화한 3GPP Release 5는 HSDPA(High Speed Downlink Packet Access) 기술이 탑재되어 하향 링크로 최대 14.4Mbps 전송속도 제공이 가능하였으며 이동 단말기를 통한 인터넷 접속 서비스의 실질적 시발점이 되었다.

LTE로 더욱 잘 알려진 3GPP Release 8 표준 기술은 이동통신시스템 성능 및 효율성의 대폭 개선을 목표로 비교적 장기적으로 연구하고 개발되어 2008년 12월 확정된 규격으로, 이전 3G 규격과는 달리 OFDMA 기술을 근간으로 하며 기존 기지국 NB(Node B)에 RNC(Radio Network Controller)의 기능을 병합한 eNB(evolved Node B) 개념을 정립하는 등 네트워크 구조 또한 상당 부분 변경되었다. 한편, ITU-R에 따르면 4세대 이동통신(4G), IMT-Advanced 시스템 요구사항의 하나인 이동 중 최대 전송속도는 100Mbps로 정의되어 있으며, LTE 시스템은 하향 링크 10MHz 대역폭을 활용하여 최대 75Mbps의 전송속도를 지원하므로 4G 요구사항에 미치지 못하며 4G에 근접했다는 측면에서 3.9G라고 불리기도 하였다.

[표 1] 세대별 이동통신시스템 기술 비교

구분	1세대	2세대	3세대 (HSDPA)	3세대 (LTE)	4세대 (LTE-A)	4세대 (LTE-A Pro)
다중접속방식	FDMA	GSM, TDMA, CDMA	WCDMA	OFDMA	OFDMA	OFDMA
데이터 전송속도(하향)	Voice Only	384kbps	14.4Mbps	75Mbps	150Mbps	500Mbps
주요 서비스	음성	음성, 문자	음성, 문자, 인터넷	음성, 문자, 고속인터넷	음성, 문자, 초고속인터넷	음성, 문자, 초고속인터넷
상용화시기(국내)	1984	1996	2006	2011	2013	2016

<자료> 강릉원주대학교 자체 작성

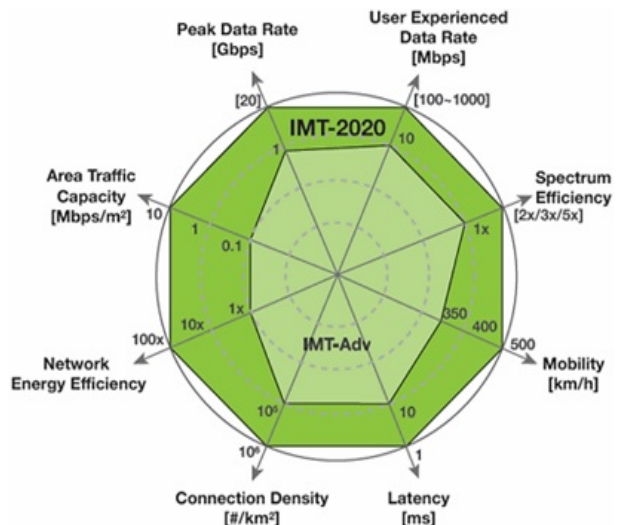
2011년 3월 배포된 3GPP Release 10, LTE-A의 대표적 기술적 속성은 서로 인접하거나 인접하지 않은 최대 20MHz의 대역폭을 갖는 복수 개의 통신 자원을 최대 5개까지 병합하여 전송속도를 개선하는 CA(Carrier Aggregation) 기술과 하나의 단말을 복수 개의 기지국이 협력 통신하여 셀 경계에 있는 단말의 전송 품질을 개선하는 CoMP(Coordinated Multi-Point) 기술이다. 2013년 SKT는 세계 최초로 LTE-A 시스템을 상용화하였으며 2밴드 CA를 통해 150Mbps의 전송속도

를 구현하여 본격적인 4G 이동통신 시대가 열리게 되었다.

LTE-A Pro라고 불리고 2015년 10월 확정된 3GPP Release 13은 256-QAM, 빔포밍, D2D(Device to Device), LAA(License Assisted Access) 등의 기술을 포함하였고 후속 3GPP Release 14는 Mission Critical Data over LTE 및 Mission Critical Video over LTE 기술 등을 포함하는 등 LTE 기술 진화의 종착점이자 5G NR 규격으로의 유연한 진화를 가능하게 하는 교두보가 되었다.

## 2. 5G 목표 성능 및 서비스 시나리오

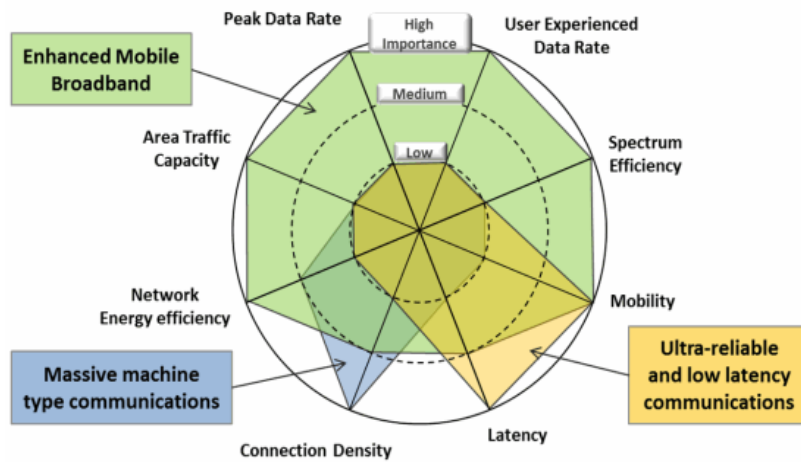
2015년 ITU-R 산하 이동통신작업반(WP5D)에서는 5세대 이동통신(5G)의 공식 명칭을 IMT-2020으로 결정하고 5G의 목표 성능 및 서비스 시나리오를 제시하였다[2]. [그림 1]은 5G 시스템의 기술적 요구사항을 나타내는 그림으로 항목별 5G의 목표치를 쉽게 파악할 수 있다. 즉, 5G 시스템은 20Gbps의 최대 전송속도를 보장해야 하고, 사용자 평면 지연은 1ms 미만이어야 하며, 단위 km<sup>2</sup> 당 10<sup>6</sup>개의 무선 연결을 지원해야 하는 등 정량적인 측면에서 4G 요구사항 대비 상당 부분 진보된 기술 수준의 요구함을 확인할 수 있다.



<자료> © ITU-R

[그림 1] 5G 기술적 요구사항

ITU-R에서는 상기 요구사항을 토대로 5G 시스템을 대표하는 세 가지 서비스 시나리오를 제시하였는데 eMBB(Enhanced Mobile Broadband), URLLC(Ultra-Reliable Low Latency Communications), mMTC(Massive Machine Type Communications)가 그것이다. 초광대역 이동형 데이터 서비스인 eMBB는 UHD급 영상 스트리밍, VR, AR, 홀로그램 등의 신규 응용 서비스를 제공할 것으로 예상되고, 초신뢰 저지연 통신 서비스인 URLLC는 자율주행차, 드론 및 로봇제어, 실시간 헬스케어 등의 분야에서 새로운 서비스를 발굴할 것이며, 대규모 사물통신 서비스인 mMTC는 수많은 IoT 디바이스의 효율적 운용을 위한 통신 플랫폼을 제공할 것으로 전망된다.



<자료> © ITU-R

[그림 2] 5G 서비스 시나리오

### III. 5G 이동통신 표준화 동향

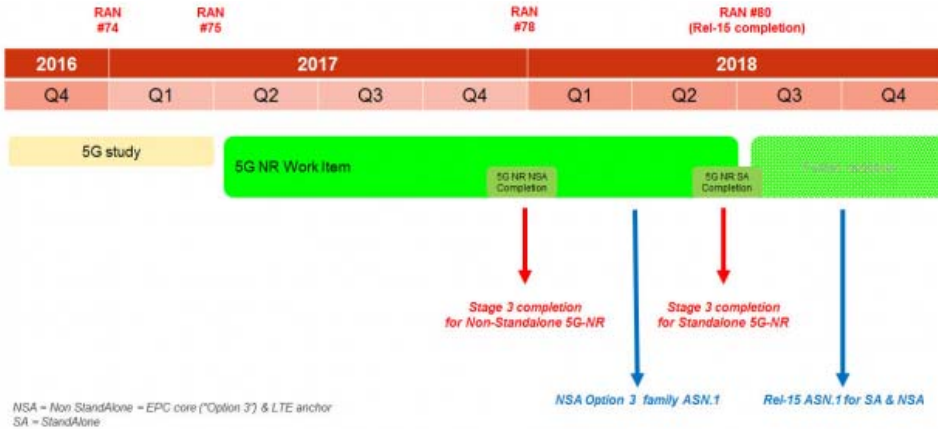
#### 1. 3GPP NR

ITU-R에서 제시한 IMT-2020의 목표 성능을 만족하는 시스템 규격을 제정하기 위해 3GPP에서는 2016년 3월 Study Item을 구성하여 5G 용도의 NR에 관한 본격적인 논의를 시작하였고 이 작업은 2017년 3월에 마무리되었다. 이를 바탕으로 5G 시스템을 위한 본격적인 규격 작업이 시작되었으며 3GPP NR 규격은 시급성에 따라 두 단계, 즉, Phase-1 NR과 Phase-2 NR로 나누어 진행하는 것으로 결정되었다. 이 중 3GPP Release 15로 명명된 Phase-1 NR 규격은 2018년 6월까지 완료될 것으로 예상되며, 3GPP Release 16인 Phase-2 NR 규격은 2019년 12월 완성될 것으로 계획되어 있다[3]. 3GPP NR 표준의 범위는 전반적으로 촉박한 일정을 감안하여 Phase-1 NR에서 eMBB와 낮은 수준의 URLLC 기능을, Phase-2 NR에서 mMTC 기능까지 커버하는 것으로 결정되었다.

한편, Phase-1 NR의 특이한 사항 한 가지는 그 내부에서 다시 NSA(Non-Standalone)와 SA(Standalone)로 분리되어 표준화가 진행된다는 점이다[4]. 즉, [그림 4]와 같이 3GPP Release 15의 조속하고 유연한 확산을 위해 LTE와 NR을 하나의 네트워크처럼 서로 공유하여 운영하는



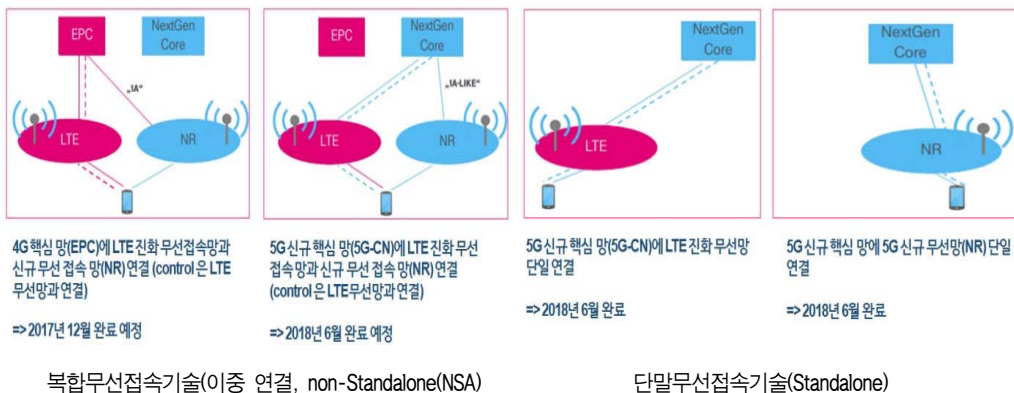
### 5G-NR eMBB workplan



<자료> © 3GPP

[그림 3] 3GPP NR 표준화 일정

NSA를 먼저 규격화한 후 이어 LTE와 NR의 독립적인 네트워크를 구현하는 개념이 도입되었다. 3GPP Release 15 규격 내 NSA 일부 부분은 이미 지난 2017년 12월에 완성되었으며 이르면 2018년 3분기부터 NSA 표준 기반 5G 망 구축이 가능해질 전망이다. 또한, SA를 포함한 완전한 3GPP Release 15 시스템은 규격 확정 후 관련 장비 출시 및 망 구축을 거쳐 2019년 4분기쯤 상용화될 것으로 전망되고 있다.



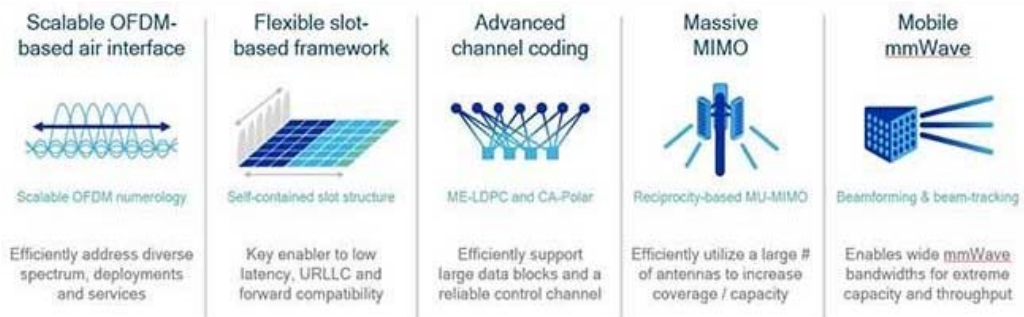
<자료> © 전자신문, 2017. 12. 17.

[그림 4] 3GPP Release 15의 NSA와 SA

## 2. 3GPP NR 기술 특징

5G 이동통신을 위한 3GPP NR 규격이 비교적 단기간에 걸쳐 개발되고 있기 때문에 많은 부분에 있어 3GPP LTE의 기술을 그대로 준용하거나 또는 일부 변형하여 적용하고 있다. 그럼에도 불구하고 LTE와 구분되는 NR의 대표적인 핵심 기술들을 열거할 수 있으며 OFDM numerology, self-contained 슬롯 구조, LDPC와 polar code, 대용량 MIMO, mmWave 빔포밍 등이 그것이다[5].

즉, LTE에서 부채널 간격(subcarrier spacing: SCS)은 15kHz로 고정 값을 갖는데 비해 NR에서는  $2\mu \cdot 15\text{kHz}$ 의 가변적 SCS를 운용할 수 있으며 이로 인해 더 짧은 길이의 OFDM 심볼 구성이 가능해져 다양한 서비스를 지원할 수 있게 되었다. 또한, NR 규격에서는 저지연, 고신뢰성 및 상우호환성 지원을 위한 TDD 기반 유연한 슬롯 기반 프레임 구성을 지원하며, 오랫동안 데이터 채널과 제어 채널의 오류정정부호였던 터보부호와 길쌘부호에서 탈피하여 LDPC 부호와 polar code를 새롭게 도입하였다. 아울러 28GHz 등의 초고주파수를 반송파로 사용함에 따라 단위 안테나 모듈의 크기가 대폭 감소하였고, 이를 통해 높은 집적도의 MIMO를 구성하고 전송 효율을 개선하는 것이 가능하게 되었다.



<자료> © Qualcomm

[그림 5] 3GPP Release 15 무선기술 특징

## IV. 5G 이동통신 서비스 동향

### 1. 5G 이동통신 시범 서비스

2018년 2월 개최되는 평창 동계올림픽에서의 시연을 목표로 공식 올림픽 파트너사인 KT는 세계 최초 5G 시범 서비스를 준비해 왔다. 2015년 5G 비전 선포 이후 KT 5G-SIG(Special Interest



Group)를 구성하여 28GHz mmWave 대역을 사용하는 전송 기술 표준을 2016년 6월에 완성하였고, 2016년 5월 KT 5G-DF(Development Forum)를 결성하여 기지국, 단말 개발 및 호환성 테스트를 수행하였다. 2016년 10월 KT와 삼성은 5G first call에 성공하였으며, 2017년 5G 네트워크 구축 및 실증 작업을 계속하였다[6].

평창 동계올림픽에서 공개된 대표적 5G 시범 서비스는 싱크 뷰(Sync View), 인터랙티브 타임 슬라이스(Interactive Time Slice), 360° VR 라이브, 옴니 포인트 뷰(Omni Point View) 등으로 5G의 초고속 데이터 전송 기술을 활용하여 사용자에게 실감형, 몰입형 신규 서비스를 제공한다[7],[8]. 싱크 뷰는 봅슬레이에 부착된 초소형 모듈을 활용하여 초고화질 영상을 실시간 전송함으로써 사용자에게 선수 시점의 몰입형 체험을 제공하는 서비스이고, 인터랙티브 타임 슬라이스는 다수 개의 카메라를 활용하여 선수의 경기를 다각도에서 동시 촬영하고 이를 활용하여 더욱 다양하고 실감적인 영상을 제공하는 서비스이다. [그림 6]에 나타난 360° VR 라이브는 촬영한 360° 영상을 HMD(Head Mounted Display)를 착용하고 시청함으로써 실감나는 경기 감상이 가능하도록 하는 서비스이고, 옴니 포인트 뷰는 크로스컨트리 등 장거리 경기 선수의 경기복에 부착된 센서들과 코스 곳곳의 카메라를 활용하여 선수의 위치, 기록 및 영상을 실시간으로 제공하는 기술이다.



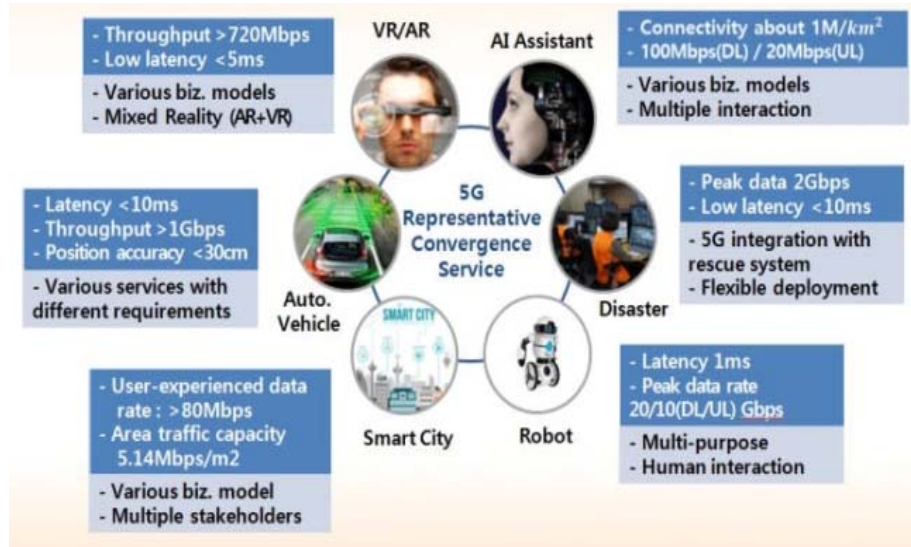
<자료> © KT blog

[그림 6] 360° VR Live

## 2. 5G 이동통신 융합 서비스

타 산업과 협력하여 5G를 확산하고 생태계 경쟁력을 제고한다는 목표 하에 과학기술정보통신부와 기가코리아사업단은 5G 포럼의 기술 자문을 받아 선정한 5G 6대 융합 서비스 시나리





<자료> © 전자신문, 2017. 11. 23.

[그림 7] 5G 6대 융합 서비스

오를 최근 공개하였다[9],[10]. 상기 6대 서비스는 자율주행, 지능형 로봇, AI 비서, 재난/재해, AR/VR, 스마트시티로 국내 이통 3사는 각 융합 서비스를 위한 구현 시나리오를 도출하고 그 결과를 2017년 11월 ‘글로벌 5G 이벤트’ 행사에서 발표한 바 있다. SKT는 자율주행과 지능형 로봇을, KT는 인공지능과 재난/재해 서비스를, LGU+는 AR/VR과 스마트시티를 각각 담당하였으며 각 융합 서비스를 위한 상세 요구사항은 [그림 7]에 요약되어 있다. 정부는 5G 확산이 산업계에 미칠 거대한 영향을 감안하여 6대 융합 서비스 외 스마트 공장, 바이오 등 추가 융합 서비스를 종합적으로 검토하고 있으며 2018년 1분기 최종 계획을 발표할 예정이다[11].

## V. 결론 및 시사점

3GPP NR NSA 표준 개발이 마무리되고 네트워크 장비 및 단말 사업자와 통신 사업자의 다양한 실증 테스트가 시작되는 등 5G 시스템 상용화가 목전에 다다르고 있다. 아울러 5G 이동통신은 단순한 통신 서비스의 개념을 뛰어넘어 IoT, AI, VR 및 AR, 스마트카, 지능형 로봇 등과 긴밀하게 연동되어 인류의 생활을 획기적으로 변모시키는 4차 산업혁명시대의 핵심 플랫폼이 될 것으로 전망된다. 2018년 2월 개최된 평창 동계올림픽에서 실시된 5G 시범 서비스는 ICT

기술 경쟁력에 있어 세계 속의 한국을 알릴 기회가 되었으며 2019년으로 예상되고 있는 세계 최초 5G 서비스 상용화를 통해 관련 산업의 기술적 토대는 더욱 공고해질 것이다. 향후 선택 과 집중을 통해 지속적으로 5G 및 B5G 연구 개발을 수행하고 국제 이동통신 표준기술 장악력을 확보하여 ICT 강국의 위상이 더욱 공고해지기를 기대한다.

#### [ 참고문헌 ]

- [1] Cisco, “Cisco visual networking index: global mobile data traffic forecast update, 2016- 2021(white paper),” 2017. 3. 28.
- [2] ITU-R WP5D, <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/Pages/default.aspx>
- [3] 3GPP, “5G-NR workplan for eMBB,” 2017. 3. 9.
- [4] 3GPP, “5G architecture options,” 2016. 6. 15.
- [5] Qualcomm, “Five wireless inventions that define 5G NR,” 2017. 12. 19.
- [6] KT blog, “KT, 평창 5G 성공으로 대한민국 ICT 재도약 선언,” 2016. 12. 15.
- [7] KT blog, “평창에서 미리 만나 본 KT의 5G 세상,” 2017. 3. 15.
- [8] 서울경제, “KT 5G 리더십으로 ICT 주도권 잡는다,” 2018. 2. 8.
- [9] 기가코리아사업단
- [10] 전자신문, “5G 퍼뜨릴 6대 융합 서비스 시나리오 공개,” 2017. 11. 23.
- [11] 디지털타임스, “5G 대표 융합서비스 확대 팔 걷은 정부,” 2017. 12. 27.