

5G 이동통신 산업 환경 분석과 대응방안

박세환

한국산업기술진흥협회 전문연구위원

본 고에서는 스마트폰 및 M2M 단말의 대중화, 모바일 클라우드 및 실감 미디어의 대중화 및 이로 인해 확산되고 있는 모바일 서비스 수요 니즈 등 5G 이동통신시스템 발전요인과 아울러 인구분포 및 디지털 지수 기반의 5G용 스마트폰 산업 등 국내 5G 이동통신 산업 환경 분석 정보를 제시한다. 또한, 이를 토대로 FMC 기술/WLAN 연동기술 중심의 유무선 융합 네트워크 대응방안 등 이동통신 환경 변화에 따른 대응방안에 대해 설명한다. 2020년 국내에서 세계 최초로 상용 서비스를 목표로 하고 있는 5G 이동통신시스템은 차세대 스마트폰을 통해 100Gbps급의 전송속도로 3D 홀로그램 영상을 전송할 수 있는 광대역/초고속 서비스를 지향하고 있으며, 아울러 다양한 융합기술과 접목하여 언제 어디서든 주변 다바이스와 소통할 수 있는 기술을 구현하는 것이 목표이다. 이로써 사용자 맞춤형 실감 서비스를 통해 라이프스타일의 획기적인 변화를 가져올 것으로 기대하고 있다. 이에 2020년 상용화 이후에도 지속적인 선도형 R&BD를 추진하여 글로벌 기술시장을 주도할 수 있는 공동노력이 필요하다.

I. 서론

전 세계 70억 명이 이용하는 다종다양한 스마트미디어 기기와 더불어 데이터 트래픽이 폭발적으로 증가하면서 초고속·대용량·고품질 미디어에 대한 수요 니즈가 발생되었다. 이를 수용하기 위해 광대역 네트워크를 통해 초고속 정보 전송을 가능하게 하는 5G 이동통신시스템이 개발 완료 단계를 넘어 상용 서비스 단계에 접어들고 있다. 5G 이동통신시스템은 무선통신 기술의 획기적인 대변혁을 예고하면서 ICT 산업 전반을 혁신시키는 핵심 인프라로 자리매김 되고 있다. 5G 시스템으로의 발전은 인구(이용자/수용자) 증가율과 이용자의 디지털 향상 지수가 직접적으로 영향을 미친다. 세계 최고 수준의 디지털 인프라를 보유하고 있는 우리나라

* 본 내용은 박세환 전문연구위원(☎ 02-3460-9114, world017@empal.com)에게 문의하시기 바랍니다.

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

라는 2020년 세계 최초로 5G 이동통신 상용 서비스를 준비하고 있다.

본 고에서는 스마트폰 및 M2M 단말 대중화, 모바일 클라우드 및 실감 미디어의 대중화 및 이로 인해 확산되고 있는 모바일 서비스 수요 니즈 등 5G 이동통신시스템 발전요인과 아울러 인구분포 및 디지털 지수 기반의 5G용 스마트폰 산업 등 국내 5G 이동통신 산업 환경 분석 정보를 제시한다. 이를 토대로 FMC 기술/WLAN 연동기술 중심의 유무선 융합 네트워크 대응방안 등 이동통신 환경 변화에 따른 대응방안에 대해 설명한다.

II. 5G 이동통신시스템 발전요인

1. 스마트미디어 기기의 대중화

스마트폰과 연동한 다양한 M2M(Machine-to-Machine) 단말 및 웨어러블 기기 등의 보급률이 폭발적으로 증가하면서 모바일 데이터 트래픽도 기하급수적으로 증가하고 있다. 이로써 향후 10년 이내에 전 세계 스마트미디어 기기 보급률은 3.5배, 이와 연동한 M2M 단말 보급률은 500배 정도 증가하고, 아울러 한 단말기 당 데이터 트래픽도 약 20~120배 정도 기하급수적으로 증가할 것으로 예상된다. 이러한 스마트미디어 기기의 증가 양상과 이로 인한 멀티미디어 증가 추세를 간단히 요약 정리하면 다음과 같다[1],[2].

- 스마트미디어 기기의 글로벌 보급증가율은 2010년 22%에서 2020년에는 76%로 획기적인 증가율을 기록할 것으로 예상된다. 이로 인한 트래픽 밀도는 스마트폰은 24배, 태블릿PC는 122배로 증가할 것이며, 이미 2013년부터는 스마트미디어 기기를 이용한 인터넷 접속률이 데스크톱PC를 추월한 것으로 나타났다.
- M2M 단말의 글로벌 보급증가율은 2010년 9,000만 대에서 2020년에는 450억 대로 획기적으로 증가할 것으로 예상된다. 이를 기반으로 M2M 단말을 이용한 센서 기반의 사물정보 서비스(교통/기상 정보 등), 멀티미디어 중심 서비스(CCTV, 스마트카 등) 등 초고속 대용량 M2M 서비스로 확대되어 가고 있다.

2. 모바일 클라우드 및 실감 미디어의 대중화

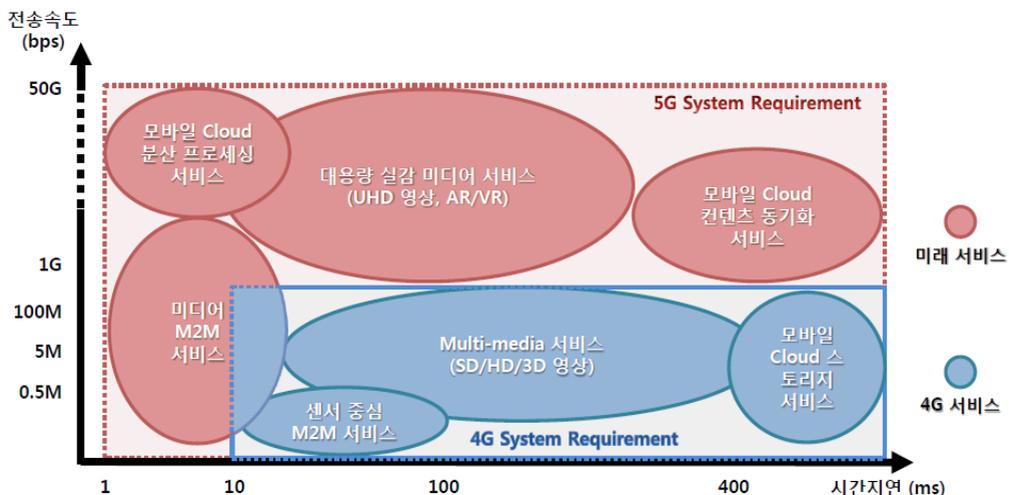
2008년(스마트폰 확산시점)부터 2014년(4G-LTE(A) 서비스 대중화 시점) 사이에 모바일 클라

우드 서비스 및 대용량 실감 미디어의 급속한 대중화로 인해 무선 데이터 트래픽이 획기적으로 증가하였다. 특히, 모바일 비디오 데이터가 지속적으로 증가하고 고품질화 되면서 위 기간 동안 사용자는 약 25배 증가한 것으로 나타났다[3].

- 모바일 클라우드 서비스는 스토리지 서비스(자료의 백업 및 저장)에서 자료동기화 및 분산 프로세싱(thin client의 컴퓨팅 리소스를 활용한 스마트폰 간 동기화 등)으로 확산되면서 사용자는 2008년 4,000만 명에서 2014년에는 10억 명으로 급속히 증가하였다.
- 1,200만 PIXEL(Picture Cell)의 초고해상 카메라를 탑재한 스마트폰 및 full-HD급 UCC(User Created Contents), 모바일 비디오 데이터 트래픽의 지속적인 증가(2010년 52.8%에서 2015년 66.4%) 등으로 인해 모바일 비디오 데이터 사용자는 약 25배 증가하였다.

3. 모바일 서비스 수요 니즈 확산

스마트미디어 기기 및 M2M 단말의 대중화와 아울러 모바일 클라우드 및 실감 미디어의 대중화에 따라 새롭고 획기적인 서비스를 요구하는 수요 니즈가 확대되고 있다. 이를 수용하기 위해서는 무압축 UHD(Ultra High Definition) 영상의 경우 최대 48Gbps의 전송속도가 필요하다. 또한, 압축 UHD 영상시청 및 클라우드 서비스를 안정적으로 지원하기 위해서는 최소 800Mbps의 전송률이 필요하다. 아울러 모바일 클라우드, 분산 프로세싱 및 미디어 M2M 서비



<자료> 5G 이동통신 산업동향 분석, 2015. 1. 15.

[그림 1] 5G 시스템의 모바일 서비스 수요 니즈

스를 안정적으로 지원하기 위해서는 10ms 이하의 시간지연을 보장할 수 있어야 한다[4]. 5G 시스템의 모바일 서비스 수요 니즈에 대한 개념도를 [그림 1]에 나타내었다.

Ⅲ. 국내 5G 이동통신 산업 환경 분석

1. 인구분포 및 디지털 지수

이동통신 산업 활성화 여부는 인구분포 및 이용자의 디지털 지수 등에 크게 영향을 받는다. 특히, 5G 시스템의 경우 광대역 멀티미디어 기반의 무선인터넷 인프라를 획기적으로 발전시킬 수 있어 인구분포 및 디지털 지수는 매우 중요한 의미를 갖는다. 2017년 8월 현재 우리나라 총 인구 수는 5,144만 6,000명으로 집계되었다. 이 중 전체인구의 49.6%에 해당하는 2,550만 8,000명(서울 977만 6,000명, 인천 292만 3,000명, 경기 1,280만 9,000명)이 수도권에 집중되어 있다. 우리나라 인구 수는 전 세계 225개 국가(2018년 1월 기준) 중에서 27위를 기록하고 있다(2018년 1월 13일 기준 약 75억 9,469만 4,017명의 0.68%).¹⁾ 이로써 다음과 같이 세계 최고 수준의 인프라를 보유한 ‘20-50 클럽’에²⁾ 진입한 국가가 되었다[5],[6].

- 2018년 1월 기준, 국내 이동전화(CDMA/WCDMA/LTE 포함) 가입자 수는 총 63,848,097명이며, 이 중 스마트폰 가입자 수는 전체의 76.6%인 48,901,342명으로 집계되었다.
- 2018년 1월 기준, 4G 시스템 이용자의 전체 무선 데이터 트래픽은 318,373TB를 기록하고 있다(한 가입자당 6,817MB).
- 2017년 12월 기준, 콘텐츠 유형별 전체 무선 데이터 트래픽은 6,635.9TB(멀티미디어/웹 포털/SNS/마켓 다운로드 등)를 기록하였다.

2. 5G용 스마트폰 산업 SWOT 분석

가. 분석목적

5G 이동통신 산업의 최후방위에 차세대 스마트폰 산업이 포지셔닝되어 있다. 이에 5G용 스마트폰 산업에 대한 정량적, 정성적 분석을 통해 글로벌 경쟁력을 향상시킬 수 있는 전략을

1) 미국인구조사국(United States Census Bureau) 통계에 의하면 2018년 1월 13일(한국시각) 현재 약 7,594,694,017명으로 집계되고 있다.

2) 1인당 국민소득이 2만 달러 이상, 인구 5,000만 이상인 국가를 의미함

도출할 필요가 있다. 이는 5G 이동통신 산업 정책 수립과 아울러 전략적 추진과제 도출을 위한 연결고리로 활용할 수 있을 것이다. 또한, 국내 5G용 스마트폰의 기술 및 시장 경쟁력을 진단하여 취약점을 극복할 수 있는 전략을 도출할 필요가 있다.

나. 분석내용 요약

5G용 스마트폰 기술은 차세대 모바일 기술의 최후방위 수요시장으로서 5G 이동통신 산업 활성화에 좌우할 수 있는 매우 중요한 지표인 CPND(Contents, Platform, Network, Device) 기술력을 좌우할 수 있는 요소이다. 5G용 스마트폰 시장은 강점과 기회, 약점과 위협 요인을 모두 가지고 있다. 강점/기회요인으로는 세계 최고 수준의 미세공정 및 모바일 DRAM 기술을 보유하고 있는 점, 5G에 대비한 사용자 맞춤형 실감 서비스 수요 증가 등을 들 수 있다. 약점/위협 요인으로는 5G 전용 스마트폰의 구체적인 스펙과 표준이 미비한 점, 글로벌 스마트폰 제조기업의 국내 시장점유율이 상승하고 있는 점 등을 들 수 있다[7],[8]. 국내 5G용 스마트폰 산업 SWOT 분석 결과를 [표 1]에 나타내었다.

[표 1] 국내 5G용 스마트폰 산업 SWOT 분석

Strength(강점) 요인	Weakness(약점) 요인
<ul style="list-style-type: none"> - 세계 최고 수준의 ICT 인프라와 스마트폰 기술력 보유 - 융복합 기술 확산으로 신 개념의 스마트폰 수요 창출 - 데이터 트래픽 폭증으로 인한 초고속/고품질 수요니즈 - 세계 최고 수준의 미세공정 및 모바일 DRAM 기술 보유 - 융합기술을 이용한 주변 디바이스와 연결수요 증가 - 5G 시스템 전후방 기술시장의 활성화 및 파급효과 등 	<ul style="list-style-type: none"> - CPU(256 코어 64비트) 설계기술의 높은 해외의존도 - 5G용 스마트폰의 구체적인 플랫폼/스펙/표준의 미비 - 스마트폰 무선충전 기술의 미확산 (스마트폰 제조사-이동통신사 간 공동노력 부족) - NFV/SDN/개방형 인터페이스/가상화 네트워킹 등 5G 핵심 플랫폼의 미비 - 5G 이동통신 및 5G용 단말의 국제표준 미공개 등
Opportunities(기회) 요인	Threats(위협) 요인
<ul style="list-style-type: none"> - 5G 이동통신 산업 투자 확대 및 표준기술을 적용한 5G용 스마트폰의 스펙 논의 가속화 - 곡면형 디스플레이를 적용한 스마트폰 출시 - 5G에 대비한 사용자 맞춤형 실감 서비스 수요 증가 - 차세대 스마트폰 산업 발전전략 수립을 통한 5대 핵심서비스^{주1)} 및 단계별 연구개발^{주2)} 가속화 등 	<ul style="list-style-type: none"> - 글로벌 스마트폰 제조기업의 국내 시장점유율 상승 - 스마트폰의 대기전력 저감기술의 미비 - 곡면형 디스플레이를 적용한 스마트폰의 확산속도 둔화 (플렉시블 디스플레이에 대한 낮은 수요니즈 원인) - 스마트/모바일 생태계 조성을 위한 지원정책 미비 - 저 에너지 기술의 미비(초저전력 에너지기술 및 에너지 하베스팅 기술 등)

주1) 5대 핵심 서비스는 미래 SNS, 모바일 입체영상, 지능 서비스, 초고속 서비스, UHD/홀로그램 등이다.

주2) 단계별 연구개발 사업추진 프로세스는 다음과 같다.

- 2015년 12월 Pre-5G 핵심 서비스 시연
- 2017년 12월 5G 핵심 시범 서비스 구현
- 2018년 평창동계올림픽에서 시범사업 구현
- 2020년 12월 세계 최초 5G 상용 서비스 제공

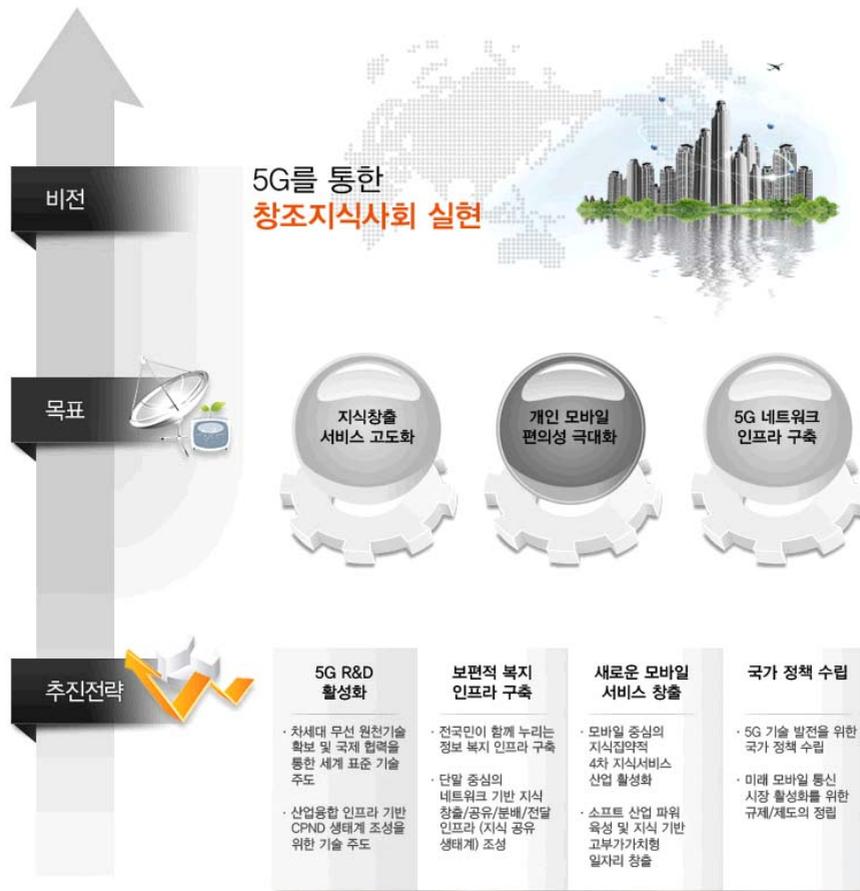
<자료> 1) Analysis of 5G Mobile Communications Industry Environment, July 2017.

2) 차세대 스마트폰 산업 관련 자료를 종합하여 재구성

IV. 이동통신 환경 변화에 따른 대응방안

1. 기본 전략

5G 시스템의 기술적 목표는 각 사용자당 1Gbps급 이상의 데이터 전송속도와 1ms 이하의 초 저지연 서비스를 통해 사용자기기 간 초연결성을 보장하는 것이다. 이를 위한 세부 기술적 목표는 획기적인 전송용량 증대 및 기기의 에너지 효율 극대화를 통해 신규 서비스를 창출하여 세계화를 추진하는 것이다. 이에 정부는 산·학·연·관·민이 참여한 ‘5G포럼’을 결성하여 한국이 지속 가능한 First-mover가 되기 위한 국가정책 수립, 5G 시스템의 R&BD 활성화,



<자료> <http://www.5gforum.org/main/main.php?categoryid=02&menuid=04&groupid=01>

[그림 2] 5G 포럼의 비전 및 중점 분야

새로운 모바일 서비스 창출 등 전략을 추진하고 있다[9]. 5G 포럼의 비전 및 중점 분야는 [그림 2]와 같다.

이동통신 네트워크와 인터넷 네트워크 기술은 서로 다른 설계방식이 적용되어 있다. 이로 인해 현재의 all-IP 이동통신 네트워크에서 기존의 TCP/IP 기반 네트워킹과 이에 기반을 둔 응용 서비스들을 수용하는 데에는 많은 한계점을 보이고 있다. 따라서 5G 이동통신 네트워크의 가장 핵심적인 무선(wireless)과 이동성(mobility)의 관점에서 현재의 TCP/IP 서비스 구조에 대한 다음과 같은 기술적 대응이 필요하다[10].

- 제한된 식별자 구조를 이용한 중앙집중형 이동성 지원방안
- 무선 링크를 이용한 이동 호스트 지원방안
- 종단 호스트를 기반으로 한 프로토콜 설계방안 등

2. 유무선 융합 네트워크 대응방안

가. 네트워크 운용기술

5G 시스템에서 요구되는 서비스는 서버/클라이언트 구조의 P2P(Point-to-Point) 서비스 외에도 M2M 사물통신 및 디바이스 간 직접통신 방식이 요구된다. 아울러 멀티미디어 온라인 게임이나 원격 운전제어 등과 같은 실시간 서비스와 전송지연을 최소화 할 수 있는 FMC(Fixed Mobile Convergence) 서비스 기술과 광 전송기술 기반의 이동망(가상 기지국 RoF 기술 포함) 운용기술이 필요하다.³⁾ 특히, FMC 서비스를 효과적으로 구현하기 위해서는 3GPP에서 GAN(Generic Access to A/Gb interfaces) 플랫폼으로⁴⁾ 유럽에서 상용화된 UMA(Unlicensed Mobile Access) 방식을⁵⁾ 적용한 망 운용기술이 필요하다[11]. 현재보다 1,000배의 트래픽을 수용하여 2020년 상용 서비스를 목표로 하고 있는 5G 이동통신 코어 네트워크 구축을 위한 유무선 융합 기술의 기술적 요구사항을 간단히 요약하면 다음과 같다[11][12][13].

- 독립적으로 액세스 네트워크를 구성하고 이를 서비스 수준에서 통합하여 사용자 액세스 기술과 무관하게 동일한 서비스품질을 유지할 수 있어야 한다.

3) 전송 지연시간과 네트워크의 부하를 줄일 수 있는 지능화된 네트워킹 기술을 통해 5G 시스템에서 요구되는 멀티미디어 데이터의 수요 니즈를 수용할 수 있어야 한다. 지금까지(3G-4G)의 데이터 서비스는 웹 브라우징이나 채팅 앱과 같은 메시지 서비스나 유튜브와 같은 인터넷 포털을 이용한 멀티미디어 서비스가 대부분을 차지하고 있다.

4) GAN의 응용 서비스로는 WLAN 듀얼모드 단말을 통한 GSM(Global System for Mobile Communications)과 UMTS(Universal Mobile Telecommunication System) 네트워크를 통한 음성 및 데이터 서비스를 들 수 있다.

5) IP 네트워크를 통해 이동전화, 데이터, IMS/SIP(IP Multimedia Subsystem/ Session Initiation Protocol) 응용 서비스를 제공하는 방식을 의미함

- 5G용 스마트폰에 WLAN(Wireless Local Area Networks) 플랫폼을 실장하여 실내에서는 WLAN을 통한 통신 서비스를, 실외에서는 기지국을 통한 서비스를 제공할 수 있는 FMC 서비스 기술이 필요하다.
- WLAN과 이동통신 네트워크 간 핸드오버(hand-over) 기능을 지원함으로써 이기종 네트워크 간 무선 액세스의 변경 시에도 끊김 없는(seamless) 통화가 가능한 FMC 서비스 기술이 필요하다.

나. WLAN 연동기술

3GPP에서는 Release 6(WLAN과 비3GPP 네트워크와의 연동)과 Release 8(4G-LTE 시스템과 WLAN을 포함한 비3GPP와의 핸드오버)을 수용할 수 있는 표준화작업을 주도해 왔다. 이를 위해 이기종 무선 네트워크와 연동 시 접속되는 네트워크의 신뢰성이 보장된 연동구조를 표준화하였다.⁶⁾ 이는 PDG(Packet Data Gateway) 혹은 ePDG(evolved PDG)를 이용하여 신뢰성이 낮은 WLAN과의 효율적인 접속을 구현함으로써 신뢰성을 보장하도록 하고자 하는 것이다. 특히, WLAN-3GPP IP 접근방식에서 신뢰성 있는 접근을 위해 UE(User Equipment)와 3GPP 네트워크 사이에 보안경로를 설정하여 이후 접속 시 할당된 IP주소를 이용한 PDG를 설정하며, 맨 마지막에 3GPP 네트워크 내 서비스 이용 시 사용될 IP주소가 할당된다.⁷⁾ 이처럼 WLAN 연동을 효과적으로 구현하기 위해서는 다음과 같은 핵심 네트워킹 기능이 필요하다[14][15].

- PDG와 WAG(WLAN Access Gateway)를 이용한 전송패킷의 라우팅(routing) 기능, 유효 패킷의 필터링 기능 및 과금정보 수집기능 등⁸⁾
- SAE(System Architecture Evolution)에서는 3GPP망과 비3GPP망의 효과적인 핸드오버 기능⁹⁾
- EPS(Evolved Packet System) 기반의 PMIP(Proxy Mobile IP) 기능과 호스트 기반의 MIP(Mobile IP) 기능, DSMIPv6(Dual Stack Mobile IPv6)를 통한 비3GPP 네트워크와의 이동성 기능 등 기본적인 설계목표는 네트워크 접속 시 사용자 인증 등으로 인한 핸드오버 지연시간을 줄

6) 신뢰성이 보장된 네트워크란 서비스접속 시 네트워크 접속 보안, 유선 구간에서의 네트워크 도메인 보안, 비3GPP 액세스 네트워크 내에서의 도메인 보안, 사용자와 운용자 간 응용 프로그램의 도메인 보안 및 모바일기기 내부의 사용자 도메인 보안이 보장되는 네트워크로 정의할 수 있다.

7) WLAN 직접 IP 접근방식의 경우 사용자 인증기능만이 요구되며, WLAN-3GPP IP 접근방식의 경우에는 3GPP 네트워크의 자원(resource)을 이용하여 서비스에 접근할 수 있는 기능들이 요구된다.

8) PDG는 UE의 서비스 종류에 따라 운용자의 홈 네트워크나 방문측 네트워크에 위치하여 UE에게 IP주소를 할당하며, UE에게 기본 라우터로 동작하여 외부망과 UE 사이의 패킷의 라우팅 기능을 담당한다.

9) 앵커 기능을 담당하는 SAE 노드를 통한 신뢰성이 있는 비3GPP-IP 접속 네트워크, 혹은 ePDG와 연결된 신뢰성이 없는 비3GPP-IP 접속 네트워크들과의 핸드오버 기능을 의미함

이는 것이며, 라우팅 경로가 홈 네트워크를 경유하지 않아도 되는 local breakout 기능을 지원하도록 설계하여 사용자 트래픽의 라우팅 경로를 최적화하고자 하는 것이다.

V. 결론

2020년 상용 서비스를 목표로 하고 있는 5G 이동통신시스템은 차세대 스마트폰을 통해 100Gbps급의 전송속도로 3D 홀로그램 영상을 전송할 수 있는 광대역/초고속 네트워크를 지향하고 있으며, 아울러 다양한 융합기술과 접목하여 언제 어디서든 주변 다바이스와 소통할 수 있는 기술을 구현하는 것이 목표이다. 이를 위해 2013년부터 5G 상용 서비스 개시 시점인 2020년까지 기가코리아(Giga KOREA) 구축사업이 추진되고 있다[16]. 이 사업의 최종 목표는 3D/4D/5D/홀로그램/AR/VR 등 실감형 콘텐츠를 실시간 양방향으로 전송할 수 있는 Gbps급 유무선 통합 인터넷 망을 구축하는 것이다. 이로 인한 사용자 맞춤형 실감 서비스를 통해 라이프 스타일(life style)에 획기적인 변화를 가져올 것으로 기대하고 있다. 또한, 정부는 5G 이동통신시스템의 기술적 목표를 구현하기 위해 민·관 협의체인 ‘5G 포럼’을 결성하여 상용화 전략을 추진하고 있다[7]. 이를 통해 ① 5G 비전과 서비스 개발, ② 5G 주파수대역 및 스펙트럼 요구량 분석, ③ 글로벌 화합(harmonization)을 위한 협력, ④ 5G 시스템에 대한 산업체와 정부 정책방향에 대한 조율 등 다양한 정책적 역할을 집중시키고 있다. ICT 융합 생태계가 빠르게 재편되고 있는 다변화 상황에서 2020년 상용화 이후에도 지속적인 선도형 R&BD를 추진(After market 창출 등)하여 글로벌 기술시장을 주도할 수 있도록 할 필요가 있다.

[참고문헌]

- [1] 박승찬 외, “5G 이동통신 기술 방향”, 정보와 통신, 한국통신학회, 2013. 12.
- [2] 박세환, “5G 이동통신시스템의 요구사항 분석”, 정보통신기술진흥센터, 주간기술동향, 2015. 2. 25.
- [3] ABI Research 및 Cisco 자료종합, 2016.
- [4] 박세환, “5G 이동통신 산업동향 분석”, 하연, 2015. 1. 15.
- [5] e-나라지표, “지역별 인구 및 인구밀도”, 2017. 8. 11.
- [6] 과학기술정보통신부, “유무선 통신서비스 가입자현황”, 2018 1.
- [7] 박세환, “5G 이동통신 시대 스마트폰 기술동향 분석”, 한국기술혁신학회 2015 추계학술대회, 2015. 11. 6.
- [8] Jong-Yun Kim, Se-Hwan Park, “Analysis of 5G Mobile Communications Industry Environment,” SCOPUS Journal_IJMUE, July 2017.
- [9] <http://www.5gforum.org>

- [10] 오상진, “5G 이동통신 산업 발전을 위한 정부 정책”, TTA Journal Vol.152, 한국정보통신기술협회, 2014. 4.
- [11] <http://www.tacs.eu/Analyses/Wireless%20Networks/UMA/uma.htm>
- [12] 문정모 외, “5G망을 위한 유무선 융합 네트워크 기술”, 한국전자통신연구원, 전자통신동향분석, 제28권, 제6호, 2013. 12.
- [13] 최준오, “5G 이동통신 산업 정책 및 기술동향”, 정보통신기술진흥센터, 주간기술동향, 2017. 8. 23.
- [14] 3GPP TS 23.234 v. 8.0.0, “3GPP system to Wireless Local Area Network(WLAN) interworking; System description.”
- [15] 3GPP TS 23.402 v. 12.2.0, “Architecture enhancements for non-3GPP accesses.”
- [16] 기획재정부, “미래 IT통신 인프라 구축사업(Giga KOREA)의 힘찬 시동”, 보도자료, 2012. 12. 7.