

SK Telecom 5G White Paper

*SK Telecom's View on 5G Vision, Architecture,
Technology, and Spectrum*



SK텔레콤 네트워크 기술원

COPYRIGHT © 2014 SK TELECOM. ALL RIGHTS RESERVED.  SK telecom

SK Telecom 5G White Paper

*SK Telecom's View on 5G Vision, Architecture,
Technology, Service, and Spectrum*

SK 텔레콤 네트워크 기술원

변경 내역

| Ver | 날짜 | 작성자 | 변경 내역 |
|-------|------------|--------|-------|
| V 1.0 | 2014.10.20 | SK 텔레콤 | 초판 배포 |
| | | | |

Table of Contents

| | | |
|-----|---------------------------------------|----|
| 1 | Introduction | 4 |
| 2 | 5G 진화 방향 및 Key Requirements | 5 |
| 2.1 | 5G 진화 방향 | 5 |
| 2.2 | Key Requirements | 6 |
| 3 | Vision..... | 8 |
| 4 | 5G Concept 및 Architecture..... | 10 |
| 4.1 | Innovative Service..... | 10 |
| 4.2 | Enabling Platform..... | 11 |
| 4.3 | Hyper-connected Infrastructure | 12 |
| 5 | Enabling Technologies..... | 14 |
| 5.1 | 5G 기술분류..... | 14 |
| 5.2 | Enabling Technologies | 15 |
| 6 | Services..... | 31 |
| 6.1 | 홀로그램 및 멀티미디어 기반 몰입형 통신 서비스 | 31 |
| 6.2 | Large-scale 몰입형 AR/VR 서비스 | 32 |
| 6.3 | 초실시간(Ultra-Low Latency) 서비스 | 34 |
| 6.4 | Massive Connectivity 기반 IoT 서비스 | 36 |
| 6.5 | Big Data 기반 지능형 서비스 | 37 |
| 6.6 | 재난 대응 및 공공안전 서비스 | 38 |
| 7 | Spectrum..... | 40 |
| 7.1 | 5G 후보 주파수 대역 | 40 |
| 7.2 | 5G 주파수 소요량 전망 | 42 |
| 8 | Appendix | 43 |

1. Introduction

과거 1G 부터 3G 까지의 이동통신은 음성 서비스 중심이었던 반면, 2011 년 국내에서 서비스가 시작된 4G 이동통신은 기술 방식의 혁신적 전환 및 서비스의 진화로 데이터 중심의 이동통신 패러다임 변화를 이끌어 오고 있다. 최근 콘텐츠별 무선 트래픽을 보면 동영상을 포함한 멀티미디어, 인터넷 등 몇년 전만 해도 유선 통신에서만 제공 가능했던 서비스가 모바일 환경에서도 주된 콘텐츠로 자리잡게 되었다. 이러한 모바일 콘텐츠 이용 패턴 변화는 무선 네트워크가 3G 에서 4G 로 진화함으로써 전송 속도가 급속도로 향상되었고, 모바일 서비스 운영자에 의해 차별적인 고객 경험을 제공하기 위한 많은 서비스들이 활발히 개발되었기 때문이다. 하지만, 통신망의 진화는 여기에 그치지 않고 2020 년 상용화를 목표로 한 5G 이동통신에 대한 논의가 최근 국내외에 시작되었다.

현재 ITU-R 은 5G 네트워크 기반의 다양한 컨버전스 서비스에 대한 Vision 을 작성하고 있고, 정부에서도 2014 년 1 월 미래창조과학부 주관으로 '미래 이동통신 산업발전전략(Creative 5G Mobile Strategy)'을 수립하여 5 대 핵심 서비스로 미래 SNS, 모바일 입체영상, 지능 서비스, 초고속 서비스, UHD/홀로그램을 선정한 바 있다. 이 밖에도 유럽연합, 중국, 일본, 우리나라 등에서는 5G 네트워크와 서비스를 논의하기 위한 전담기구를 마련하여 사용자에게 기가 비트급 초고속 전송을 제공하는 이동통신 기술의 혁신과 더불어 5G 의 상용화 목표 시기인 2020 년의 생활상을 반영한 사용자 중심의 5G 서비스에 대한 논의를 진행 중이다.

이러한 국내외적인 5G 진화 요구로 인해 SK 텔레콤에서도 5G 통신에 대한 연구를 2013 년부터 진행해오고 있으며, 국내외 5G 관련 논의에 적극적으로 참여하고 있다. 본 백서에서는 SK 텔레콤의 관점에서 바라본 5G 기술 진화의 배경 및 요구사항, Vision, Architecture, 주요 Enabling 기술, 후보 주파수 및 서비스 등 5G 기술 전반에 대한 View 를 제시하고, 미래 네트워크의 진화 방향성을 전망하고자 한다.

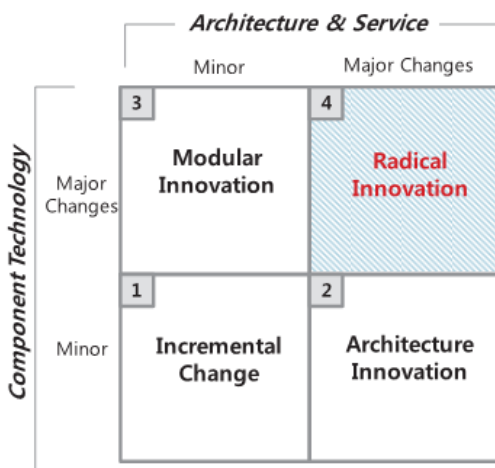
2. 5G 진화 방향 및 Key Requirements

2.1 5G 진화 방향

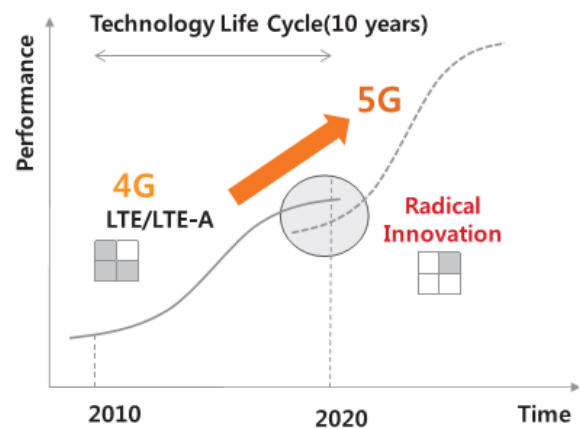
이동통신 서비스는 네트워크 구조(Network Architecture)를 기반으로 다양한 송수신 요소 기술들이 결합되어 동작하는데, 다양한 신기술들이 새롭게 등장하면서 이동통신 역사가 세대를 거듭하며 발전해 왔다. 이동통신 기술의 진화 유형은 Architecture 와 요소기술 2 가지 기준으로 그림 1 과 같이 분류할 수 있으며, 그 동안 4G 까지는 요소 기술 혹은 Architecture 의 개별적인 발전 및 점진적인 향상을 통해 진화해 왔으나, 5G 에서는 요소 기술 뿐만 아니라 망구조 혁신이 결합되어 새로운 'Value' 창출 및 통신 진화의 한 단계 도약을 위한 촉매가 되어야 한다. 즉, 현재 LTE/LTE-A 를 기반으로 한 지속적인 기술 진화(Evolution)와 더불어 지금까지와는 전혀 다른 방식의 기술 혁신(Revolution), 2 가지 Path 를 통해 5G 진화를 달성할 수 있다.

이는 그림 2 와 같이 나타낼 수 있으며, 통신 세대 교체 및 기술 수명을 10 년으로 봤을 때 2020 년 경 Architecture 와 송수신 요소기술 전반의 기술 혁신을 통해 5G 통신 진화를 달성 가능할 것으로 예상된다. 혁신 기술의 도입은 5G 통신 시대가 본격화되는 시점에 네트워크 성능의 비약적인 향상을 가속화할 것이다.

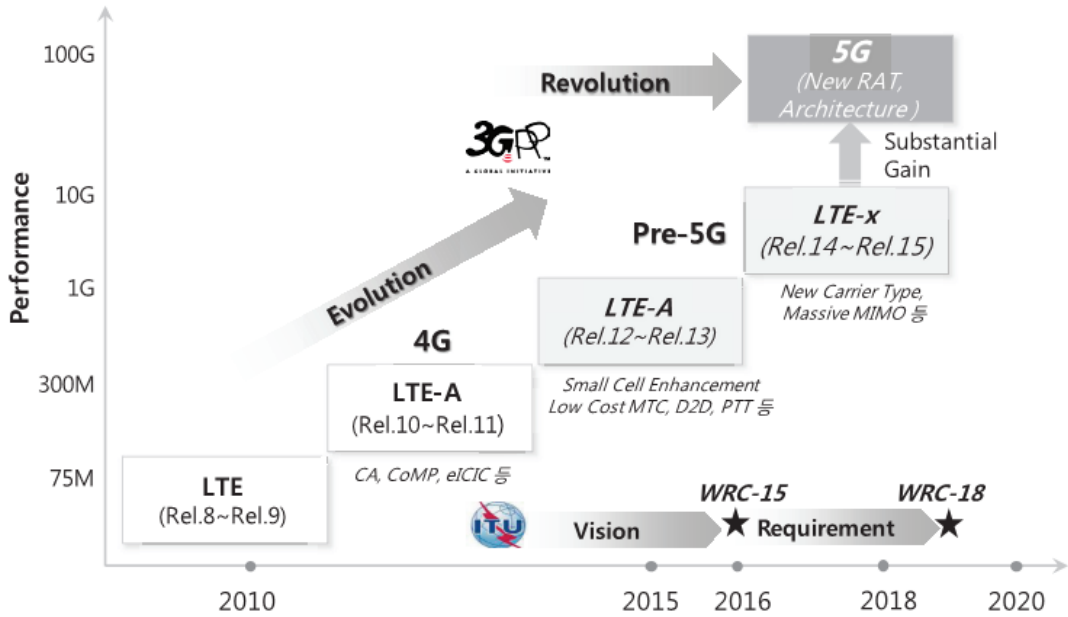
5G 진화가 Evolution 과 Revolution, 2 가지 기술진화 방향성으로 진행된다고 봤을 때 Evolution 방향성의 경우 현재 LTE-A 의 지속 고도화를 통해 달성할 수 있다. 또한, 5G 규격 표준화는 현재 LTE-A 표준 규격을 정하고 있는 3GPP 를 통해서 진행될 가능성이 높으며, 이에 대한 Time Schedule 을 예상해보면 그림 3 과 같다.



[그림 1] 기술 진화 유형 분류



[그림 2] 5G 기술 진화 곡선



[그림 3] 5G 기술 진화 방향성 및 예상 일정

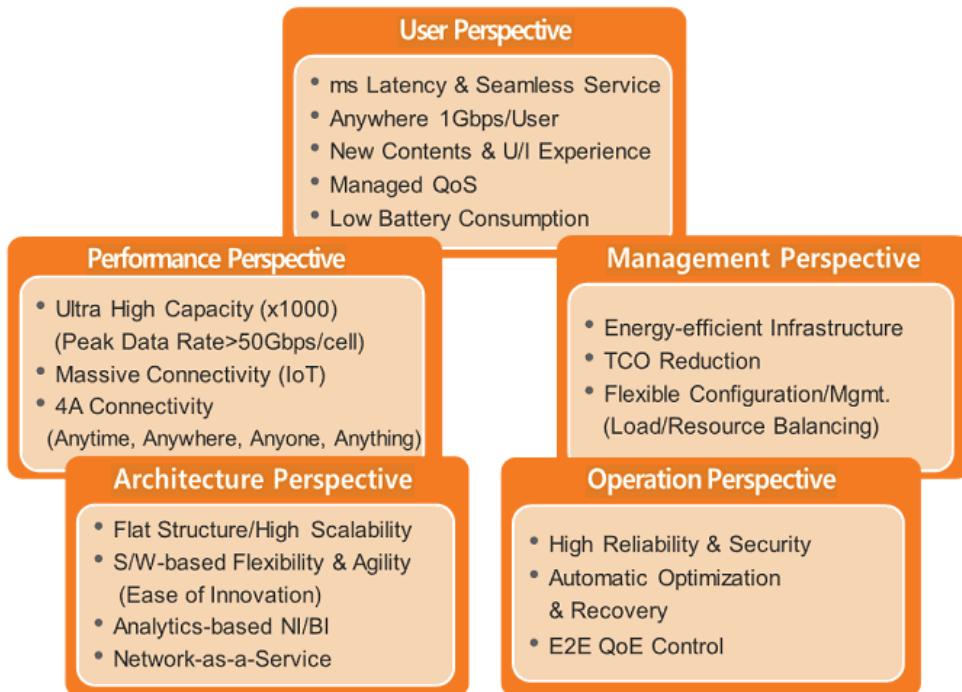
2.2 Key Requirements

5G는 국제적으로 요구 사항 및 기술 규격이 아직 확정되지 않은 상황이나, 국내외 Ecosystem에서 논의 중인 5G 개념은 LTE 대비 약 1000 배 데이터 용량 및 개인당 1Gbps 속도와 고밀도 네트워킹을 지원하는 통신 기술 및 서비스를 지칭한다.

이러한 목표를 달성하기 위한 5G 요구사항은 사용자 및 네트워크, 서비스 관점을 모두 고려한 다각적인 측면에서 정의해야 한다. 본 백서에서는 다음과 같이 5 가지 관점에서 Key Requirements를 제시한다.

- ① User Perspective: **"Ultra High Speed & Low Latency"**
 - LTE 대비 1000 배 빠른 속도, 수 ms 이내의 초저지연 응답, 실감형 콘텐츠
- ② Performance Perspective: **"Massive/Seamless Connectivity"**
 - 1000 배 많은 Device 및 Traffic 수용, 끊김 없는 연결성 보장 (4A Connectivity)
- ③ Architecture Perspective: **"Intelligent/Flexible Network"**
 - 소프트웨어 기반 구조, 실시간 Data 분석, 지능화/개인화된 서비스 제공
- ④ Operation Perspective: **"Reliable/Secure Operation"**
 - 99% 이상의 Network 지속성/신뢰성, Self-Healing/Reconfiguration
- ⑤ Management Perspective: **"Energy/Cost-Efficient Infra"**
 - LTE 대비 50~100 배 수준의 에너지 효율성, 인프라/Device의 저 비용화

5 개 Key Requirements 의 세부 내용에 대한 설명은 그림 4 와 같다. 5 개 Key Requirements 를 만족하기 위해서는 세부 기술 단위의 정량적인 KPI(Key Performance Indicator) 정의 및 세부 요구사항을 수치화하여 정의해야 하는데, 이러한 논의가 국내외에서 활발히 이루어지고 있다. 본 백서에서는 SK 텔레콤이 의장사로 참여중인 5G 포럼에서 정의한 세부 정량적 Requirement 를 Reference 로 제시하며, 표 1 과 같이 정리할 수 있다. 주요 Requirement 내용을 살펴보면, 셀당 최대 50Gbps 이상의 용량을 제공해야 하고, 사용자 당 데이터 속도는 어디서나 1Gbps 이상을 보장할 수 있어야 하며, Data Plane 경우 1ms 의 초저지연 응답성(Latency)를 지원해야 한다. 이러한 기술적 세부 Requirement 는 추후 5G 통신 진화 방향에 따라 업데이트 될 수 있으며, 5G 표준화 단계에서도 주파수 현황 및 기술의 성숙도 등을 반영하여 수정될 수 있다.



[그림 4] 5G Key Requirements

[표 1] 세부 기술적 Requirements (5G Forum)

| 항목 | Requirement 내용 |
|----------------------------|--|
| Cell Spectral Efficiency | DL : 10 bit/Hz/cell (30Km/h 이하 환경, 고속 환경은 FFS) |
| | UL : 5 bit/Hz/cell (30Km/h 이하 환경, 고속 환경은 FFS) |
| Peak Data Rate | DL : 50 Gbps |
| | UL : 25 Gbps |
| Cell Edge Data Rate | DL : 1 Gbps (30Km/h 이하 환경, 고속 환경은 FFS) |
| | UL : 0.5 Gbps (30Km/h 이하 환경, 고속 환경은 FFS) |
| Latency | Control Plane : 50 ms |
| | User Data Plane : 1 ms |
| Handover Interruption Time | 10 ms |
| Areal Capacity | FFS |
| Energy Efficiency | FFS |

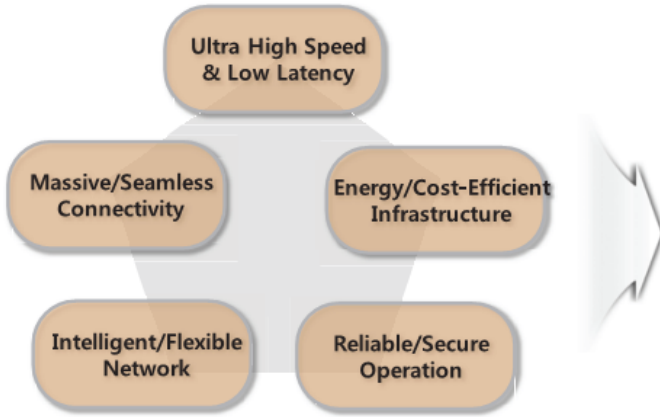
3. Vision

5G의 세부 기술을 논의하기에 앞서 5G 네트워크가 추구해야 할 Vision과 가치(Value)에 대한 정립이 필요하다. 2장에서 논의된 5G 진화에 대한 5가지 요구사항을 기반으로 사용자 및 통신사업자 관점에서 5G 시스템이 제공해야 할 Value를 도출할 수 있다. 본 백서에서는 5G의 차별화된 5가지 Value로서 그림 5와 같이 User Experience, Connectivity, Intelligence, Reliability, Efficiency를 제시한다. 각각의 Requirement로부터 개별 Value를 Mapping할 수 있으며, 5개 요소 모두 최종 사용자 입장에서의 Value는 물론 통신사업자 관점에서의 Value를 동시에 제공하여야 한다. 5G Key Requirements 및 5 Great Values를 통해 SK텔레콤이 추구하는 5G Vision을 정의할 수 있다. 즉, 5G 시스템은 항상 5 Great Values를 보장하는 가치 중심의 네트워크가 되어야 하며, "5G Connected Society"의 완성을 통해 ICT를 촉매로 한 사회 전반의 모바일 생활 혁신 및 가치 창출을 이끌어내어야 한다.

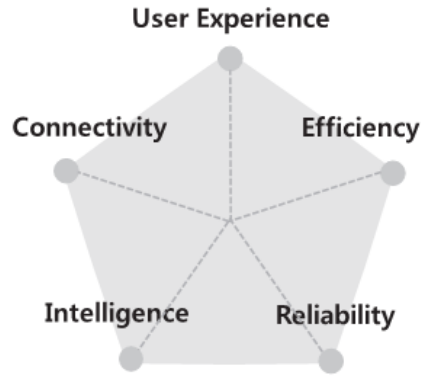
4G 대비 5G의 차별화된 "5 Great Values"의 세부 내용과 As-Is 및 To-Be 수준을 분석하면 그림 6과 같이 나타낼 수 있다. 5G Values 중에서 User Experience, Connectivity, Efficiency, 3개 분야는 현재 4G 통신이 제공 가능한 수준과 미래 5G 요구사항과의 Gap이 가장 큰 분야로서, 따라서 4G 기반 지속적인 고도화 (Evolution) 뿐 아니라 새로운 혁신 (Revolution)을 통한 획기적 개선이 요구되는 분야라 할 수 있다.

“5G Always Promises 5 Great Values”

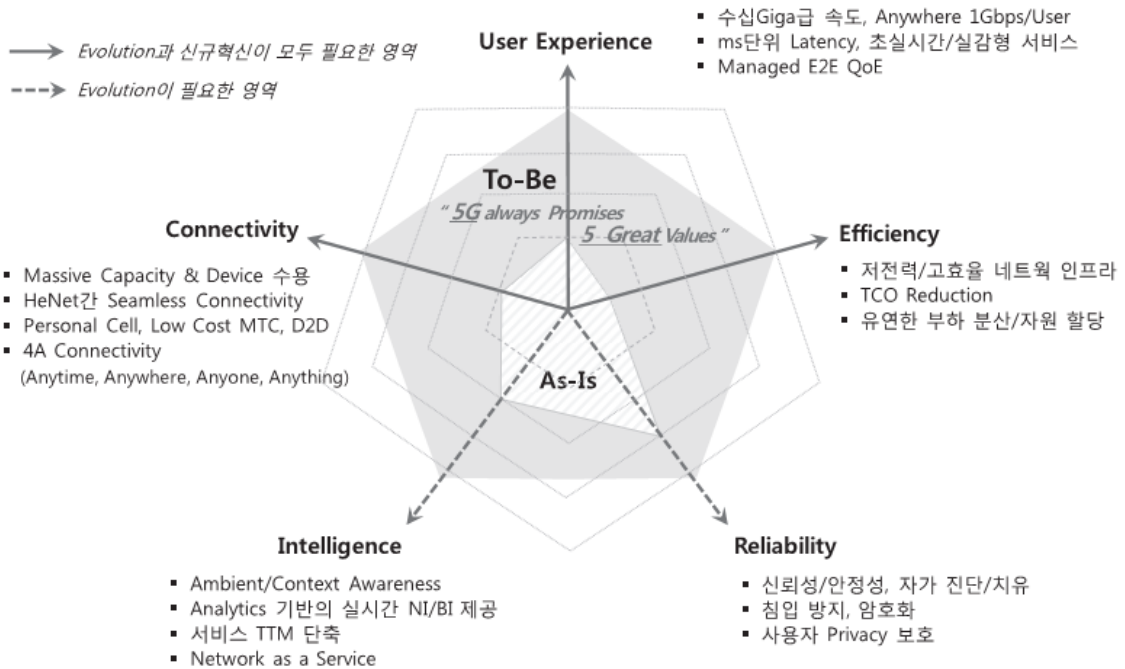
Key Requirements



5 Great Values



[그림 5] 5G Key Requirements 및 5 Great Values

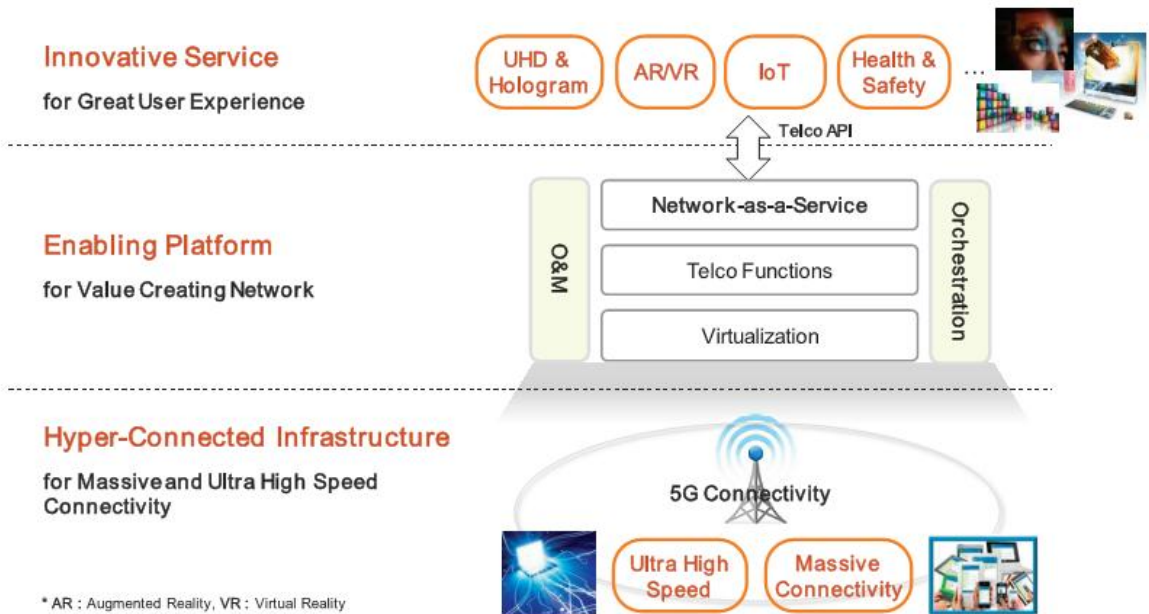


[그림 6] 5 Great Values 세부 내용 및 Gap 분석

4. 5G Concept 및 Architecture

5G Vision의 지향점인 5 Great Values를 달성하기 위해 5G 시스템이 필요한 기능을 살펴보면, ① 혁신적인 5G 서비스 및 ② 이를 구현하는 소프트웨어 플랫폼, 그리고 가장 근간이 되는 ③ 초고속 Infrastructure로 분석할 수 있다. 이를 통해 5G 시스템의 Concept을 구조화하면, 5G 시스템은 크게 Innovative Service, Enabling Platform, Hyper-connected Infrastructure, 3개의 Layer로 High-level Architecture를 구성할 수 있으며 이를 도식화하면 그림 7과 같다.

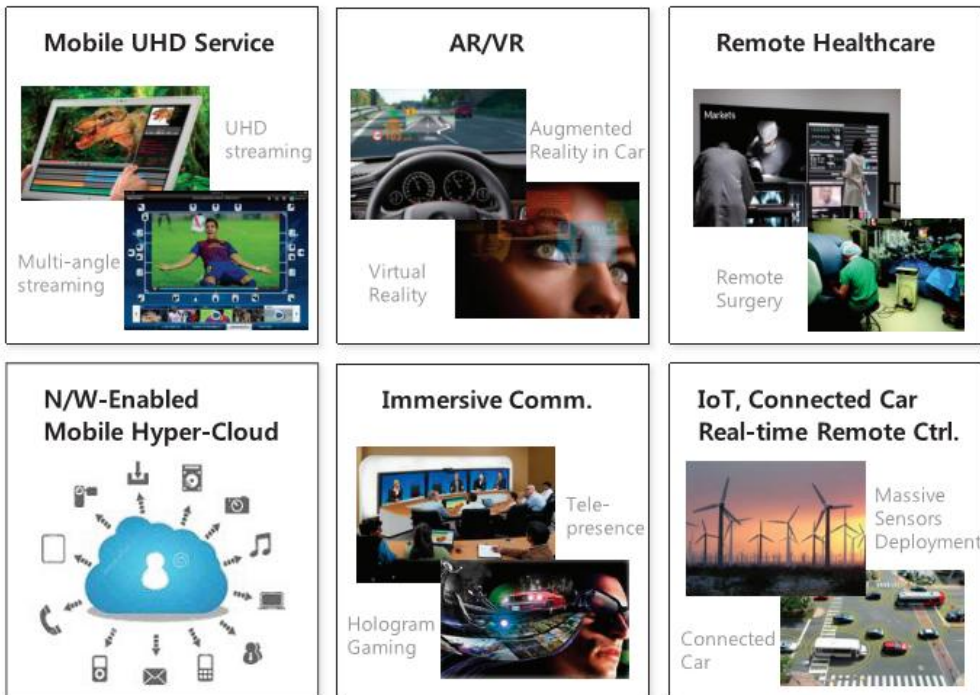
가장 상위의 Innovative Service는 5G 요구사항 수용 및 새로운 사용자 경험을 제공하는 Service Layer이며, Middle Layer인 Enabling Platform은 다양하고 복잡한 통신망 기능을 효과적으로 구현하고 지능화된 엔진을 탑재 가능한 S/W 플랫폼이다. 가장 아래에 있는 Hyper-Connected Infrastructure는 촘촘한 커버리지의 제공 및 초고속 Data Pipe 역할을 수행하는 기반 통신망 H/W 인프라를 의미한다. (Network Topology를 포함한 세부 Network Architecture는 첨부 참조)



[그림 7] 5G 시스템 구성도

4.1 Innovative Service

5G 서비스가 현재까지의 이동통신 서비스와 차별화되는 핵심 Theme 은 시공간의 제약을 뛰어넘어 몰입형 고객 경험을 제공하는 것으로, 이는 초고속 데이터 전송 인프라 및 혁신적 UI 를 기반으로 가능하다. 예를 들어, UHD 및 4K 등 고화질 멀티미디어 기반으로 언제 어디서나 Giga 급 데이터 전송이 가능하기 때문에 증강/가상 현실, 홀로그램 등 실감형 서비스와 원격진료, Tele-presence, IoT 등 초연결 서비스를 제공한다.



[그림 8] 5G 서비스 예제

4.2 Enabling Platform

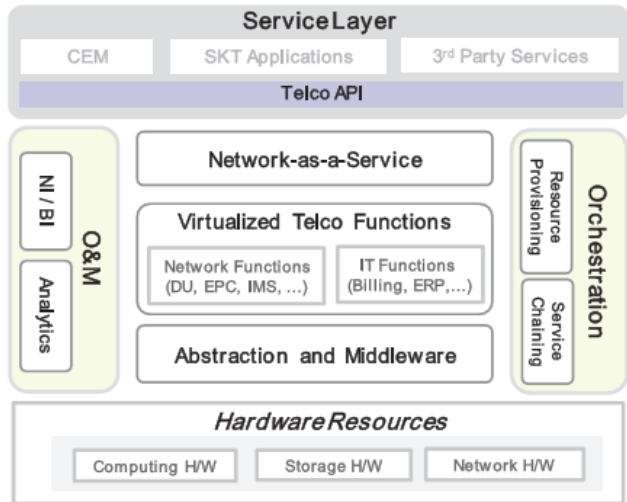
Telco Asset 기반의 다양한 혁신 서비스 및 가치 창출을 위한 인터페이스 및 시스템 기반은 5G Enabling Platform 이 제공한다. 5G Enabling Platform 의 핵심 기능은 IT 기반 범용 하드웨어 상에서 가상화된 소프트웨어로 모든 통신 및 서비스 기능의 자유로운 구성 및 변경이 가능한 Network-as-a-Service 플랫폼을 제공한다. 또한 Telco Asset 의 서비스 활용을 위한 API 를 제공하고, Analytics 기반의 지능화된 통신 및 서비스 구현이 가능하다. 이러한 플랫폼은 지능화된 통합 제어 및 Orchestration 을 통해 효율적으로 운용된다.

✓ Telco Asset 기반의 다양한 서비스 및 고객 가치 창출이 가능한 네트워크 플랫폼

✓ 소프트웨어 기반의 가상화 환경에서 CT와 IT가 융합된 통합 플랫폼

✓ 자유로운 네트워크 구성 및 End-to-End 제어/관리

✓ IT 기반 범용 하드웨어



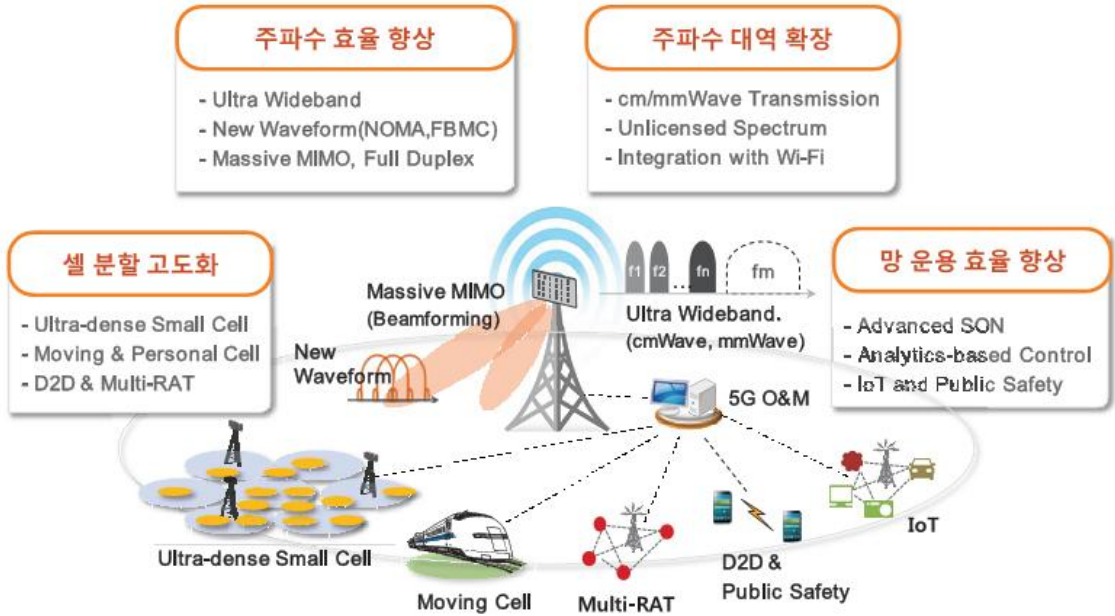
* NI : Network Intelligence BI : Business Intelligence

[그림 9] S/W 기반의 5G Enabling Platform

4.3 Hyper-Connected Infrastructure

LTE 대비 약 1000 배에 이르는 대용량 데이터를 처리하고 Massive Connectivity 를 지원하기 위해서는 5G 후보 기술로 논의되는 새로운 데이터 송수신 기술 및 망운용 기술들을 결합하여 Hyper-Connected Infrastructure 를 구성하여야 한다. 이를 위해 셀분할 고도화, 주파수효율 향상, 주파수 대역 확장, 망운용 효율화, 4 가지 영역에서 다양한 5G 요소기술들을 개발해야 한다. 셀 분할 고도화는 Ultra-Dense Small Cell, 이동 셀 및 개인화 셀, D2D 등 다양한 셀 구성을 통해 Areal Capacity 를 최대화하는 것으로 1000 배 용량 향상 요구사항을 만족하기 위한 핵심 영역이다. 그리고 신규 변복조 및 다중접속 기술, Massive MIMO 기술, 5G 간섭제어 등의 주파수 효율 향상 기술은 cm/mmWave 등 주파수 대역 확장과 결합하여 5G 시스템 용량 개선이 가능하다. 마지막으로 Advanced SON 및 Cellular 기반 IoT 등 다양한 망운용 효율향상 기술을 통해 5G 시스템의 안정성을 확보하고 TCO 및 에너지 절감 등을 추구한다.

4가지 영역에서 5G 후보 기술 개발 및 효과적인 결합으로 1000배 데이터 트래픽 수용 달성

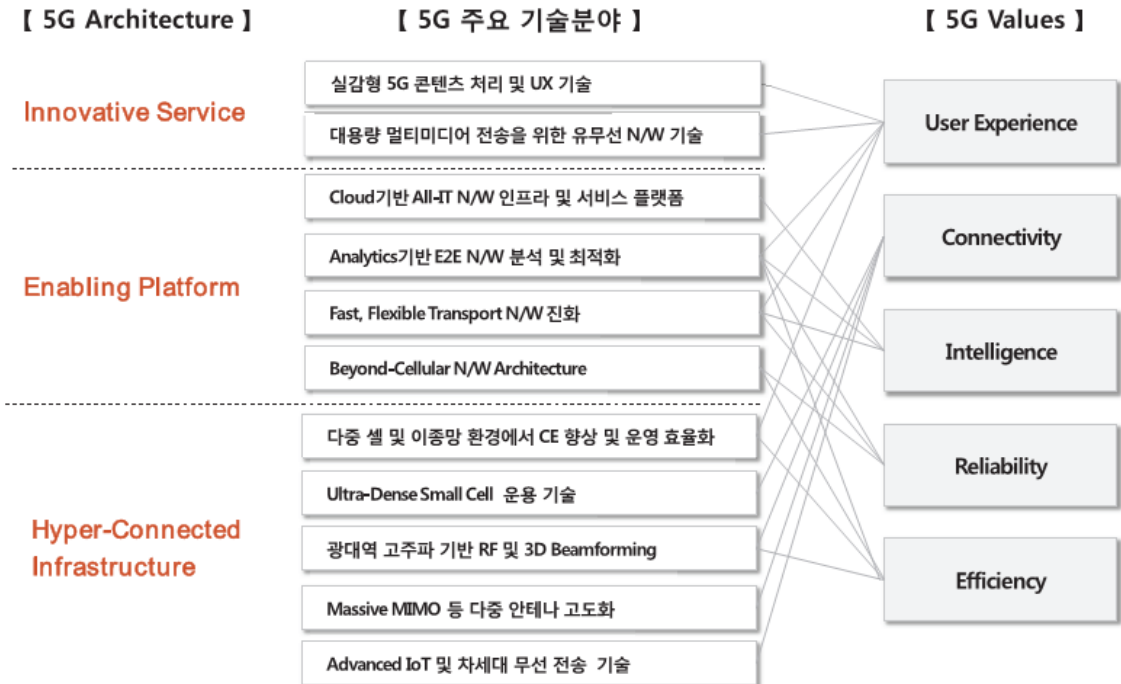


[그림 10] 초고속 전송 및 Massive Connectivity 를 지원하는 5G 인프라 구조

5. Enabling Technologies

5.1 5G 기술분류 및 Network Topology

4 장에서 살펴본 바와 같이 5G 시스템은 크게 3 개의 Layer 로 구성할 수 있으며, 이를 기반으로 5 Great Values 를 달성할 수 있다. 기술적으로 좀 더 세분화하여 살펴보면 각 3 개 Layer 별로 총 11 개의 5G 주요 기술 분야를 그림 11 과 같이 도출할 수 있으며, 각 기술 분야별 5G Great Values 와의 연관성을 도식화하여 표현하였다.



[그림 11] 5G Architecture/Values 기반으로 도출된 5G 주요 기술분야

User Experience 측면에서의 핵심 기술은 몰입형 서비스 제공을 위한 콘텐츠 처리 및 멀티미디어 전송기술, Analytics 기반 최적화 및 CE 향상 기술 등으로 주로 Enabling Platform 과 Innovative Service, 상위 Layer 기술에 해당한다. 이와 반대로 Connectivity 측면의 핵심 기술은 초고속 데이터 전송을 위한 기반이 되는 Infrastructure Layer 에 해당하는 기술로 Ultra-Dense Small Cell, 광대역 고주파 및 다중 안테나, 무선 전송 선행 기술 등이 포함된다. Intelligence 와 Reliability 측면의 핵심 기술은 주로 Enabling Platform Layer 에 속하는 기술들로 All-IT 기반의 Flat/Flexible 한 구조에서 가상화된 S/W 및 Analytics 기반으로 지능적으로 동작 및 제어되는 기술들을 포함한다. 마지막으로 Efficiency 측면에서는 Enabling Platform 및 Infrastructure Layer 에서의 다양한 운영 효율화 기술들이 핵심 기술로 포함된다. 각 11 개 핵심 기술 분야에 대한 세부 내용은 5.2 절에서 자세히 살펴본다.

5.2 Enabling Technologies

5.2.1 실감형 5G 콘텐츠 처리 및 UX 기술

- 사물/공간 인식 기술: 사용자 단말의 카메라/센서를 통해 입력되는 사용자 주위 환경의 다양한 사물과 공간을 고속으로 인식하는 고성능 인식 기술
- 실감형 디스플레이 및 렌더링 기술: 인식된 사물과 연계된 정보 및 미디어를 몰입감 있게 표시하기 위한 Glass, HMD 등 디스플레이 장치 및 고품질 정보의 실시간 표시를 위한 렌더링 기술
- 실시간 홀로그램 기술: 실물과 같은 입체적 영상을 360 도의 시야각과 수평/수직 시차의 입체공간에 실시간 재현하는 기술

5G 서비스의 몰입형 사용자 경험을 제공하기 위해서는 AR, 홀로그램 등 실감형 콘텐츠 처리 기술이 매우 중요하다. 현재 AR 기술은 네트워크 속도, 단말의 처리 성능, 인식/추적 기술의 제한 등으로 사용자에게 차별화된 몰입형 경험을 제공하는 데는 많은 제약이 있다. 특히 사용자의 다양한 환경에서 몰입형 경험을 제공하기 위해서는, 언제 어디서나 사용자가 바라보는 사물을 제한 없이 인식하고, 이와 연관된 AR 콘텐츠를 실시간으로 처리하고 제공하여야 한다. 5G의 실시간 응답성과 충분한 Bandwidth는 이러한 대규모 몰입형 AR 서비스를 가능하게 하는 기반을 제공할 것으로 예상되며, 이와 함께 인식/추적, 렌더링 등 다양한 기술의 고도화가 필요하다.

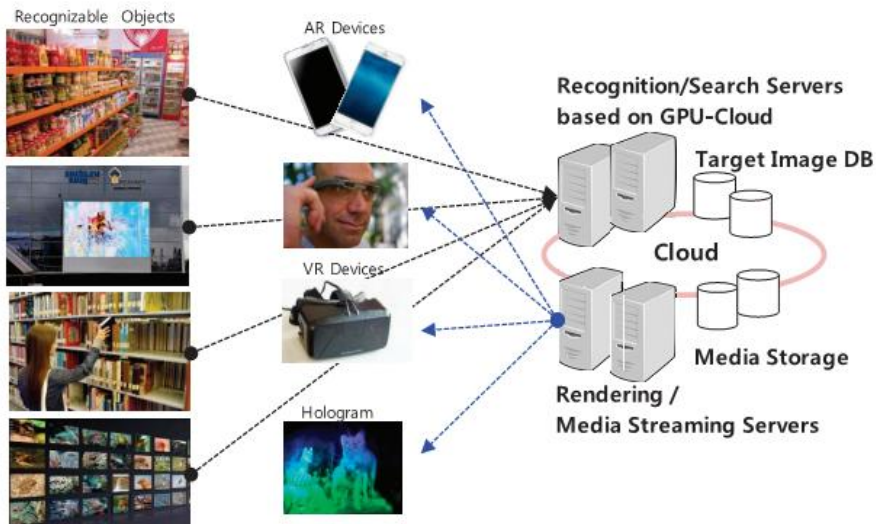
Large-scale AR을 위해서는 2D 이미지, 다양한 형태의 3D 물체, 사무실 등 3D 공간, 사용자의 얼굴, 표정, 음성 등 센서를 통해 입력되는 모든 사물과 정보를 제한 없이 인식할 수 있는 고성능 인식 기술이 필요하다. 현재의 기술은 인식의 대상 별로 특성이 다르기 때문에 각각 다른 알고리즘을 통해서 인식을 수행하고 있으며, 사람이 사물을 인지하는 정도의 수준에는 미치지 못하고 있다. 하지만 Deep Learning 등의 기술을 활용하여 특정 대상(얼굴인식)에 대해서는 사람과 동일한 수준의 인식 성능을 보여주는 예가 있으며, 향후 지속적인 발전이 예상된다. 또한 인식된 대용량 데이터를 Cloud 기반으로 초고속 분산/병렬 처리하는 기술이 필요하며, 대상물의 특징 추출(Feature Extraction) 등 다양한 인식 알고리즘의 고속 수행을 위한 GPU Cloud 시스템 및 대용량 DB 최적화 기술이 필수적이다.

현재는 단말의 카메라가 주된 영상입력 수단으로 사용되고 있지만, 향후 Lytro Camera, 3D Depth Sensor 등 사물 및 공간의 3D Depth 정보 획득을 용이하게 하는 센서를 탑재한 단말이 점차 보편화 될 것으로 예상된다. Google, Intel, Apple 등은 3D Depth 센서 및 이를 탑재한 Device 개발을 진행 중이고, 향후 이러한 단말의 확대와

따라 AR/VR 기반 다양한 몰입형 서비스가 증가할 것으로 예상된다. 단말 Computing Power의 지속적 향상은 단순히 영상 정보를 서버로 전송하고 서버에서 보내온 정보를 표시해주는 기능을 넘어서, 고용량 콘텐츠에 대한 전처리, 물체에 대한 실시간 추적 및 Image Processing, Rendering 등의 기능을 단말에서 제공할 것이다.

5G의 실시간 응답성은 AR 서비스에서 중요한 Rendering 기술에도 다양한 변화를 가져올 것이다. 이미 게임 등 일부 분야에 적용되고 있는 Cloud 기반 Rendering 기술은 단말에서 필요한 모든 정보를 Cloud에서 Rendering하여 단말로 Video Stream으로 전달하는 기술이다. 특히 단말의 추적 결과 및 센서 정보에 따라, (U)HD Audio/Video, 3D 등 관련 고품질 Media 및 정보를 정확히 Rendering하고 Video 형태로 Glass, HMD, Smartphone 등 다양한 디스플레이에 적합한 형태로 실시간 변환 전송하는 기술이 중요하다.

향후 중요한 몰입형 서비스로 대두될 홀로그램은 사용자에게 새로운 경험을 제공할 것으로 주목 받고 있으나, 초고용량 데이터 송수신을 요구한다. 따라서 5G 인프라에 기반한 초고속 실시간 데이터 처리 기술이 필요하며, 이 외에도 홀로그램 콘텐츠를 효과적으로 생성하고 자연스럽게 디스플레이할 수 있는 사용자 친화적인 홀로그램 기반 입출력 장치에 대한 기술이 필요하다.



[그림 12] Large-scale 몰입형 UX 서비스 개념도

5.2.2 대용량 멀티미디어 전송을 위한 유무선 N/W 기술

- MMT(MPEG Media Transport) 처리 기술: All IP 네트워크에서 영상의 전송 지연을 최소화 하기 위하여 MPEG 에서 정의한 표준 디지털 영상 Container 처리 기술
- High Efficiency Multimedia Coding: 다시점 영상과 같은 실감형 멀티미디어 생성/효율적 전송을 위한 MVC(Multi-view Video Encoding) 등 멀티미디어 Coding 기술
- Cloud 기반 Compute, Caching & Orchestration: 대용량 멀티미디어 실시간 처리를 위한 Cloud 자원 및 Caching 의 동적 할당 및 관리(Orchestration) 기술

현재 실시간 멀티미디어 전송은 지상파 대비 수 초 많게는 수십 초까지의 지연이 발생하는데 비해, 5G 시대에서는 지상파 대비 지연 없는 "True Real-time"으로 진화하여 UHD(Ultra High Definition)급 콘텐츠를 지상파 대비 지연 없이 실시간으로 전송하는 True Real-time UHD Streaming Service(TRSS)를 제공할 수 있어야 한다. 이러한 실감형/고용량 멀티미디어의 끊임없는 Streaming 서비스 제공을 위해서는 이에 특화된 새로운 Media Streaming 전송 Protocol 개발 및 유무선 전송 기술 최적화가 매우 중요하다.

이를 위해 전송 지연을 최소화 하는 MMT(MPEG Media Transport) Streaming Protocol 고도화, 다자간의 효율적인 통신을 위한 Edge Multicast 기술 등을 통해 멀티미디어 콘텐츠의 전송 Latency 를 줄이고 네트워크 내 전송속도 및 자원활용 효율을 극대화해야 한다. 또한 CDN 가상화 및 서비스 최적 분산으로 사업자 망 운용 효율성을 향상시켜야 한다.

5G 실감형 서비스의 한 예로, 실시간으로 원하는 각도에서 시청할 수 있게 해주는 초다시점 영상 Streaming 서비스가 주로 언급 된다. 이 서비스 제공을 위한 기술들로, ① 다(多)각도에서 수집된 많은 고화질 영상들을 하나의 Stream 으로 통합하는 Encoding 기법, ② Cloud 서버로 대용량 데이터의 실시간 전송 및 저장 기술, ③ 사용자가 원하는 시점 정보를 이용한 영상의 동적 생성 기술 등이 있다. 이러한 다(多)시점 영상 서비스는 현재 4G 시스템 및 유선네트워크를 기반으로 제한된 형태의 구현이 가능하지만, 5G 시대에 제공되는 빠른 전송속도 및 대용량 지원 인프라에 기반하여 사용자가 원하는 고화질 영상을 실시간으로 실감나게 제공 가능할 것이다.

이를 위해, 여러 영상 Stream 을 하나로 묶어 중복정보를 최소화하는 MVC (Multiview Video Coding), MPEG 3D Video Coding 등의 Encoding 기법이 중요하다. 예를 들어, ① 다수의 2D 영상, Depth 정보 및 Metadata 를 사용하여 3D 영상을 효율적으로 생성하는 영상 데이터처리 기술, ② 배터리소모 등의 이유로 단말에서

지원하기 어려운 많은 양의 영상 데이터처리(예. N-시점의 영상 Stream 들을 기반하여 360 도 View 생성 등), ③ 네트워크 Cloud 에서 동적으로 유연하고 확장이 용이한 구조로 지원하는 NFV, SDN 및 통합 Orchestration 기술 등이 필요하다. 이 때, 단말과 네트워크간의 통신으로 발생하는 지연은 사용자가 인지할 수 없는 수준으로 낮아야 한다. 따라서, 최적화된 네트워크 경로를 이용하여 서비스를 제공할 수 있도록 빠른 네트워크 전송기술과 다양한 지능형 분석 기반의 서비스 최적화 기술이 필요하다.

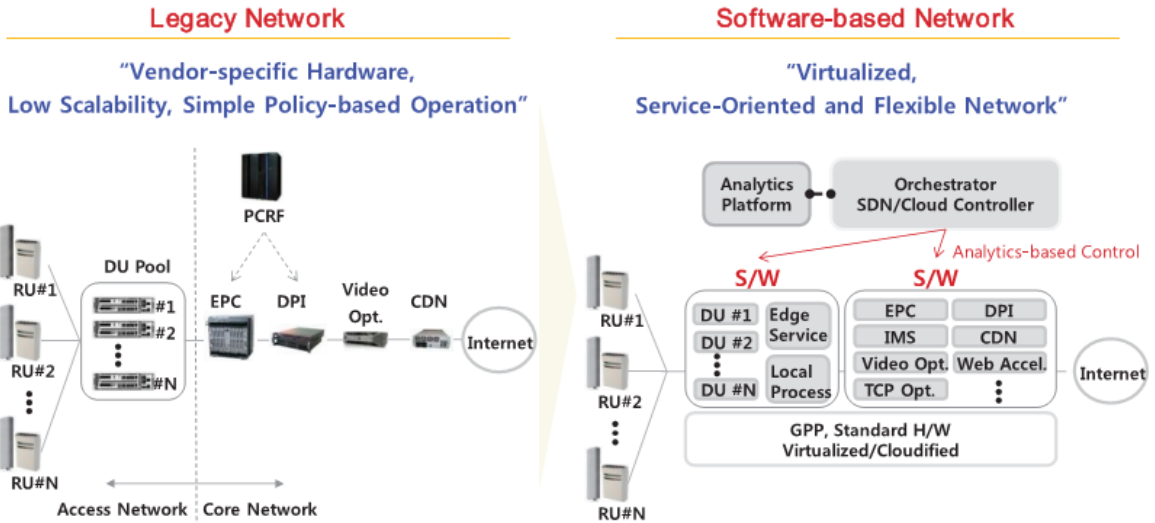
5.2.3 Cloud 기반 All-IT N/W 인프라 및 서비스 플랫폼

- NFV 기반 가상화 Core Network 운영 기술: 범용 하드웨어를 가상화한 Cloud 를 구축하고 다양한 네트워크/서비스 기능을 소프트웨어 방식으로 운용하는 기술
- 가상화 기반 Cloud 기지국 (virtualized RAN): 기지국 DU(Digital Unit)를 범용 하드웨어 기반 Cloud 로 집중화/가상화하고 실시간 통신 신호를 처리하는 기술
- SDN 및 통합 Orchestration 기술: 소프트웨어 기반의 통신망 기능을 Centralized 방식으로 제어하고 다양한 네트워크 기능의 Life Cycle Mgmt. 및 동적 연결 기술

5G 시대에 예상되는 Massive 트래픽을 원활하게 처리하고, 실시간 반응(Low Latency)의 요구사항을 만족하기 위해서는 5G 서비스 수용에 최적화된 Cloud 기반 All-IT, Flat Architecture 를 가진 인프라로 진화해야 한다. 즉, 확장 및 통합관리가 용이한 범용하드웨어를 기반으로 5G 통신에 필요한 다양한 네트워크 기능들이 소프트웨어 기반으로 분산 운영되고, 분산되어 적재적소에 배치된 네트워크 기능들은 지능화 및 자동화 된 Control 및 Orchestration 을 통해 효과적으로 연결되고 관리되어야 한다.

이를 뒷받침하는 것이 NFV (Network Functions Virtualization)/SDN (Software Defined Networking) 기술이다. NFV/SDN 과 더불어 필수적인 기술의 하나인 Network Analytics 기반 Orchestration 기술은 다양한 네트워크 기능 (Network Functions)들 뿐만 아니라 5G 서비스를 제공하는데 필요한 IT 소프트웨어 기능들의 LCM (생성, 업데이트, 스케일링, 복구, 종료 등의 Life Cycle Management) 및 동적 연결을 지원한다.

이와 더불어, 유연성, 확장성, Massive 트래픽의 효율적인 처리, ms 단위의 Low Latency 등의 요구사항을 만족하기 위해, 5G 네트워크의 Flat Architecture 로의 진화가 예상 된다. 즉, Micro Data Center 형태의 Edge Cloud 기술 도입이 필요하며, Edge Cloud 로 분산된 네트워크 기능 및 서비스는 End-to-End 통합 Orchestration 기술에 의해 효과적으로 관리될 것이다. 이 때, Orchestration 은 Big Data 및 Analytics 기술과의 융합으로 효과적인 NI(Network Intelligence)/BI(Business Intelligence) 서비스 기반을 제공하게 된다.



[그림 13] NFV/SDN 기술을 통한 S/W 기반 Network 진화

5.2.4 Analytics 기반 E2E N/W 분석 및 최적화

- Big Data 분석: 많은 양의 다차원/비정형적 데이터를 입체적이고 빠르게 비교, 분석 및 추론하여 특정 현상이나 데이터에 대한 Insight 를 제공하는 기술
- Network Intelligence & Analytics: 다양한 종류의 네트워크 장비에서 수집된 성능, Log, Traffic 등의 정보를 이용하여 네트워크 운용/성능을 최적화하는 기술
- Analytics 기반 SON: 무선망에서 생성되는 Big Data 를 실시간으로 분석하여 최적화, 비정상 감지 및 사전 조치 등을 자동으로 수행하는 네트워크 운용 기술

최근 이동통신망은 빠른 속도로 지능화 되어가는 동시에 Analytics/Big Data 등 IT 기술과의 융합이 가속화되고 있으며, 이는 5G 통신에서도 지속될 전망이다. 이에 따라 N/W, 사용자 및 사물 등에서 수집된 정보의 실시간 분석 기술을 통해 N/W 전반에 걸친 운영/성능/보안에 대한 최적화가 가능하다.

기존 OAM(Operation and Management) 기반의 통계 및 장애 데이터의 사후 분석에서 시스템 로그와 단말 수집 정보를 함께 분석하여 정확한 원인을 분석하는 Big Data 분석 단계로 진화했으며, IT 기술과 융합하여 실시간 분석을 위한 Fast Data 분석으로 패러다임 전환 중이다. 더불어 단순한 서술식(Descriptive) 결과에서 구체적 행동을 제시하는 처방식(Prescriptive) 결과와 자동화된 프로세스에 기반한 운용 플랫폼이 핵심 기술 중 하나로 부상할 것이다.

Analytics 기반 SON(Self Organizing Network) 기술 및 ITM(Intelligent Traffic Management) 기술이 대표적인 Use Case 이다. 5G 시스템의 진단과 최적화뿐만

아니라 자동적인 장애 복구 및 예측까지 가능한 기술로 진화할 전망이며, 복잡한 통신망 운영 환경에 따라 최적의 상태로 사용자들이 서비스를 받을 수 있도록 트래픽의 관리 및 경로 최적화를 수행한다.

최근 사업자의 Telco Asset 을 기반으로 개인화/맞춤형 서비스에 대한 Needs 가 증가하고 있으며, 이를 위해 Deep Learning 등 인지(Context-Aware) 기술을 이용하여 얼굴, 사물, 대화, 소리 등 일상 주변 환경을 인식하고, 사용자의 Needs 를 정확히 추론하여 맞춤형 정보를 제공하는 인공지능형 실시간 상황인지 기술이 중요하다. 또한 Service Orchestration 기술 및 Open API 등을 통해 End-to-End 관점의 자동화 및 개방/협력적인 서비스 개발이 가능한 플랫폼과 Ecosystem 이 부상하게 될 것이다.



[그림 14] 이동통신망 데이터 분석의 진화

5.2.5 Fast, Flexible Transport N/W 진화

- POTN 전송 기술: 전송망 Simplicity 증대와 전송 효율 증대를 위한 All IP, All optical 기반의 다계층 converged 전송 기술
- Transport SDN 기술: 멀티 벤더, 다품종 전송장비, 멀티 도메인의 네트워크 자원을 효율적으로 사용하고 제어 자동화하기 위한 통합 제어 네트워킹 기술

5G 대용량 트래픽을 처리하기 위해서는 Beyond 100Gbps 차세대 광전송 기술을 통해 전송망 대용량화가 필요하며, Coherent OFDM 광전송, Flexible Grid 기술 등의 고도화를 통해 5G 전송망 인프라를 구성할 수 있다.

기존 100Gbps 광전송을 위해 단일 Carrier 를 사용했다면, Coherent OFDM 또는 Nyquist-WDM 광전송 기술은 두 개 이상의 Sub-carrier 로 Beyond 100G 광전송을 가능하게 하며, ITU-T 에서는 이러한 기술을 기반으로 Beyond 100G 광전송을 위한 광전송 신호 인터페이스 관련 표준화 작업 진행 중이다. 또한, '17년 3월까지 400G 이더넷 표준화를 목표로 '14년 3월에 IEEE 802.3bs Task Force 가 구성되었다.

이와 같은 여러 Sub-carrier 묶음 기술에 따라 광 전송신호가 차지하는 대역폭이 변하게 되는데, 가변 대역폭을 효율적으로 사용하고 스위칭하기 위해서는 Flexible Grid의 광 스펙트럼 스위칭 기술이 필요하다.

또한 이러한 물리적 전송 기술 기반 위에 전송망 효율을 극대화하기 위해 최적 경로, 동적 파장 할당 등의 Lambda Switching 기반 Flexible Optical 및 Packet 통합 기술이 필요하며, 이를 적용한 POTN (Packet Optical Transport Network) 중심 Layer 통합 전송 기술로 진화해야 한다. 또한, 기존 인프라 수용과 신규 인프라로 Soft Migration을 가능하게 하고, Multi-layer, Multi-vendor 통합 제어할 수 있는 Transport SDN 기술이 매우 중요하다.

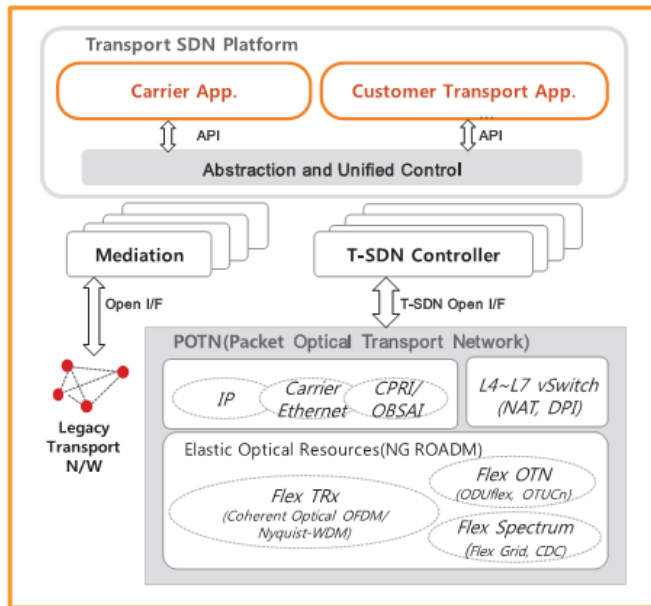
이러한 POTN 및 Transport SDN Platform을 활용한 5G uCTN (Unified Converged Transport Network)을 구축하여 5G에서 필요한 전송망의 Low-latency 및 Flexibility에 대한 요구조건을 만족할 수 있다.

Unified Control Plane

- E2E global abstraction
- Network resource management
- E2E automated operation

**Multi-layer
Convergence Data Plane**

- Packet optical integration
- Multi-vendor interoperability
- Elastic optical resources



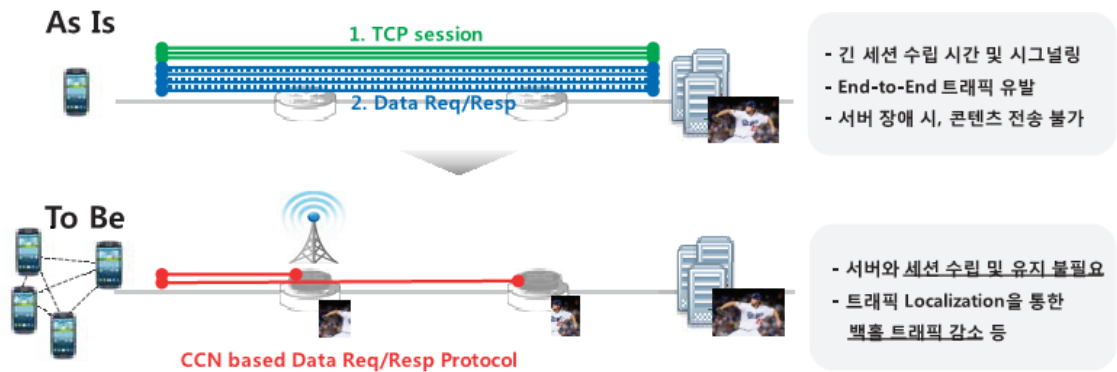
[그림 15] 차세대 전송망 uCTN Architecture

5.2.6 Beyond-Cellular N/W Architecture

- 단말간 직접 통신 (D2D) 기술: 단말 간 다양한 형태의 콘텐츠 정보를 공유하고 이를 기반으로 단말간 직접 데이터를 교환 하는 기술
- 콘텐츠 중심 네트워크(CCN) 기술: 네트워크 경로상의 전송 장비에 콘텐츠를 저장하고 이를 이름 기반으로 매핑 하여 제공하는 기술

5G 통신 시스템에서는 기존의 기지국-단말간 Cellular 방식의 단일망 구조에서 다양한 통신 Link 가 공존하는 복합 망으로 진화할 전망이다. 이를 위해 단말간 직접 접속을 통한 단말간 통신(D2D) 기술이 주요 Use Case 중 하나로 대두될 전망이며, 이를 위한 Discovery 및 Direct 전송 기술, PTT 및 Proximity 기반 운용 기술을 통해 다양한 서비스가 가능해진다.

또한 N/W 노드에 콘텐츠를 저장하고, 기존 IP 주소기반이 아닌 콘텐츠 이름 기반으로 데이터를 최단 경로로 전달 하는 ICN(Information-Centric Network) 및 CCN(Contents-Centric Network) 기술의 발전을 통해 단순 Data 전송 Pipe 가 아니라 송수신 콘텐츠 및 정보에 최적화된 N/W 운용을 가능하게 한다.



[그림 16] 단말간 통신 및 콘텐츠 기반 네트워크 구조 진화

5.2.7 다중 셀 및 이종망 환경에서 CE 향상 및 운영 효율화

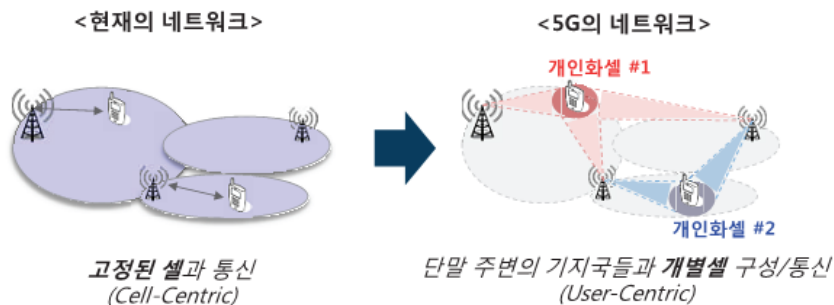
- 개인화 셀: 개별 사용자의 실시간 채널 환경에 맞추어 최적의 무선품질을 갖는 기지국을 Dynamic 하게 선택하고 통신하는 기술
- 이종망 Aggregation 기술: 셀룰러 네트워크와 함께 WiFi 등 이종 네트워크 혹은 Unlicensed Band 를 활용한 LTE 등과 결합하여 전송속도를 높이는 기술

5G 에서는 기존의 4G 에서 개별적으로 활용되던 다양한 N/W 들이 필요에 따라서 결합되거나 선택적으로 활용되어 단말의 전송속도를 높이고, 주변 N/W 의 영향을 최소화하게 된다. Small Cell 의 경우에는 강화된 셀간 Coordination 을 기반으로 하나의 단말이 복수의 기지국과 통신을 수행하면서, 마치 단말마다 Virtual 한 셀을 가지는 듯한 동작을 할 수 있다. 이 때, 사용자 및 망운영 환경에 따른 동적인 셀 Association/Clustering 기법 및 Coordination 기반 간섭 제어 기술이 매우 중요하다. 또한 전체 Network 의 Coordination 성능을 최대화하기 위해서는 사용자의 멀티 셀에 대한 효과적인 채널 Feedback 기법이 필요하다.

아래의 그림에서 보듯이, 현재의 네트워크는 하나의 단말이 기지국과 1-1 로 연결되어 통신을 수행하지만, 5G 네트워크에서는 매 순간 최적의 속도를 보장해주는 기지국과 통신을 수행할 수 있다. 이러한 구성을 통해 사용자의 접속 환경에 적응적으로 5G 서비스를 위한 User Experience 를 보장해 줄 수 있다.

그밖에 WiFi 등 이종망과의 Aggregation 및 Interoperation 기술을 통해 데이터 속도를 향상 시킬 수 있다. WiFi 망과 Cellular 망이 동시에 서비스되는 지역에서는 채널 환경에 따라 Data 를 나누어 전송하여 더 빠른 속도로 서비스 가능하며, 현재 개발되어 있는 IP 단 혹은 TCP 단에서 결합/분해를 수행하는 방법에서 더욱 발전하여, WiFi 무선 환경을 측정하여 Cellular 망과 연동하는 RLC 단의 결합/분해 방법이 고려될 수 있다.

WiFi 를 운용하는 Unlicensed Band 를 LTE 에 활용하는 Licensed-Assisted LTE (LA-LTE)와 같이 5G 에서는 Unlicensed Band 에 Cellular 망 기술을 사용하여 주파수 대역폭을 늘려 주는 기술도 활발히 활용될 것으로 기대된다.



[그림 17] 사용자 중심의 Cell Association 및 네트워크 운용

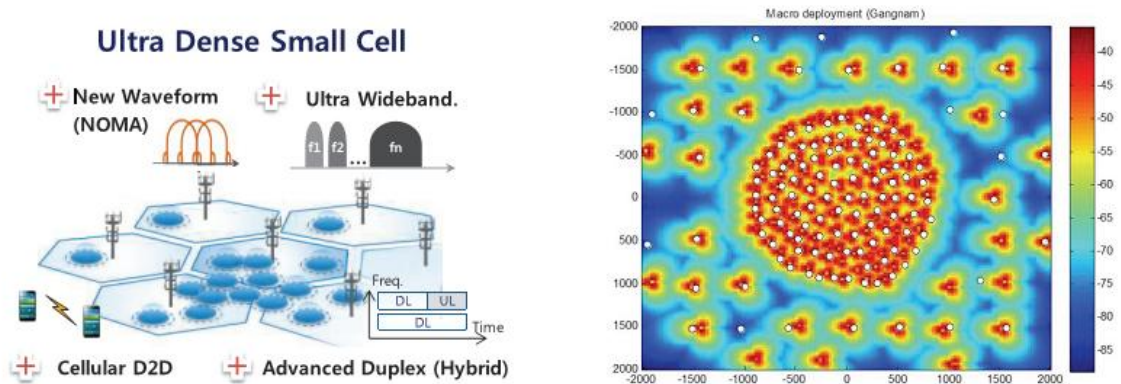
5.2.8 Ultra-Dense Small Cell 운용 기술

- Dynamic 간섭 제어 및 Coordination: 인접 셀간 실시간 협력을 통한 스케줄링으로 셀 경계에 위치한 사용자의 신호 품질을 향상시키는 기술
- SON 최적화 기술: 다양한 셀 구성 환경에서 자동으로 무선환경 및 망 운용을 최적화하여 사용자의 QoS 를 향상시키는 기술

LTE 대비 약 1000 배 이르는 대용량 데이터의 처리를 위해서는 한정된 주파수 자원의 확대는 한계가 있어 획기적인 수준의 셀 분할 고도화를 통한 망 용량 확대가 필수적이다. 즉, 기존 LTE-A HetNet 환경에서 논의된 셀 밀도를 넘어 수십 m ISD 기반 초밀집 Ultra Dense 소형 셀 기반 망 구축이 필요하다.

이를 위해서 Ultra Dense 소형셀의 Cell Breathing, Dynamic Clustering/Selection/Blanking 등 고도화된 간섭제어 및 자원관리 기술이 핵심이며, 간섭제어 성능과 상용망 적용 가능 여부가 Ultra Dense 소형 셀 환경에서 망 용량을 결정하는 요소가 될 것이다. 이에 따라 고성능/저비용 Managed Small Cell, 비용 효율적 Backhaul/Relay 기술 등 관련 Ecosystem 확대 및 차별화된 Small Cell O&M 기술 확보가 필요하다.

또한 Ultra Dense 소형 셀 환경에서 NOMA, D2D, Hybrid Duplex, Ultra Wideband 등 5G 후보기술 결합 시, 기술 조합에 따른 Cell Throughput 등 성능이 달라지므로 동작 시나리오에 따른 최적의 결합을 통한 5G Network 구성이 필요하다. 따라서 현재 논의 중인 다양한 5G 후보 기술의 Ultra Dense 소형 셀에서의 성능 분석 연구가 활발히 진행 될 것으로 기대되며 단기적으로는 이를 포함한 End-to-End 시뮬레이터, Proof-of-Concept 장비 구현을 통한 개념검증 진행, 중장기적으로는 Prototype 을 통한 상용 Trial 망 구성 등 관련 기술 개발이 활발히 진행 될 것으로 기대한다.



[그림 18] Ultra Dense 소형셀 기반 5G 동작 시나리오 및 시뮬레이션 Snapshot

5.2.9 광대역 고주파 기반 RF 및 3D Beamforming

- 3D Beamforming 기술: 사용자 분포에 따라 수직, 수평방향으로 전파 강도를 제어하거나 여러 빔을 형성하여 최적의 RF 환경을 구성하고 고속 전송하는 기술
- Beam Switching/Tracking 기술: 여러 빔 중 최적의 빔을 선택하거나 사용자의 위치에 따라 안테나의 빔 방향을 이동시켜 최적의 링크를 제공하는 기술

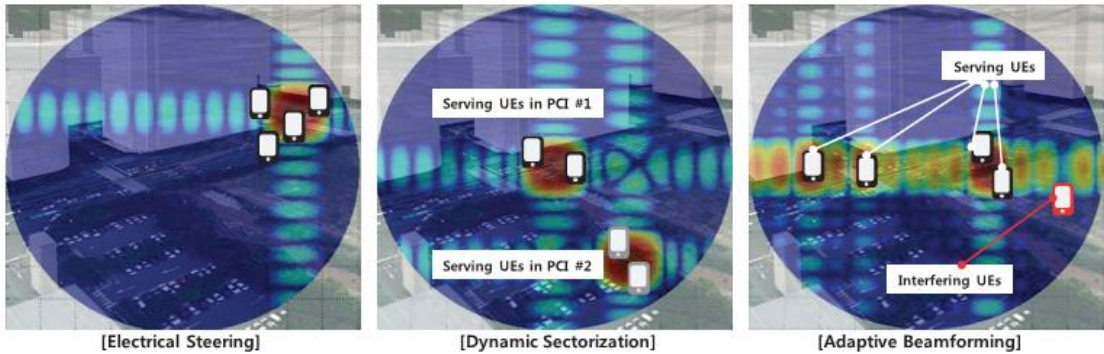
현재 이동통신에서 주로 사용되는 6 GHz 이하의 주파수 대역은 이동통신 및 다른 용도로 대부분 포화된 상태이며, 특히 다양한 용도로 파편화되어 있어, 5G 에서의 대용량 전송을 위한 최소 500 MHz 이상의 연속 광대역 확보가 어려운 상태이다. 따라서 상대적으로 연속 광대역 확보가 용이한 6 GHz 이상의 고주파 대역이 주요 스펙트럼으로 부각되고 있으며, 특히 중심 주파수가 높아질수록 운용 대역폭을 넓힐 수 있는 RF 시스템의 구현 관점에서도 고주파 대역은 유리하다.

또한 고주파 대역에서는 안테나의 고밀도화가 가능하다. 안테나의 물리적 크기가 정해진 경우, 주파수가 높아짐에 따라, 안테나를 구성하는 복사소자(Radiator) 간 간격이 줄어들어 보다 많은 수의 복사소자로 구성할 수 있다. 다수의 복사소자는 RF 신호의 크기(Amplitude)와 위상(Phase)을 제어하여 다양한 형태의 안테나 빔을 생성하는 3D Beamforming 및 다중 전송을 가능하게 하는 Massive MIMO 기술의 H/W 기반이 된다. 그림 19 는 가입자 분포에 따라 안테나 빔을 조향하는 Electrical Steering, 다중빔 송수신을 통해 용량을 증대시키는 Dynamic Sectorization 및 다른 셀에 속해있는 단말 방향으로는 안테나 널링(Nulling)으로 간섭을 최소화하는 Adaptive Beamforming 등 3D Beamforming 방식별 커버리지 내 전자파 크기 분포를 나타낸다.

밀리미터파 대역의 경우 현재 셀룰러 대역에 비해 광대역 주파수를 사용할 수 있는 큰 장점이 존재하나 고주파를 사용함에 따라 상대적으로 늘어난 경로손실과 고주파 대역의 특징인 고직진성, 저회절성을 극복하는 것이 가장 큰 과제이다. 이를 위해 고주파의 사용으로 인해 증가한 안테나를 활용하여 이득이 높은 펜슬 빔(Pencil Beam)을 형성함으로써 늘어난 경로손실을 극복하게 된다.

고주파 대역에서는 빔폭이 매우 좁아지고 전파의 직진성이 강해지는 반면 회절성은 약화되므로, 단말의 위치 변화에 따라 기지국/단말이 각각 적절한 송수신 빔을 선택하지 못하면 통신이 이루어지지 않게 된다. 따라서 미리 설계된 여러 후보 빔들 중에서 기지국/단말이 현재 전송에 사용할 빔을 선택하는 빔 스위칭(Beam Switching) 기술이나 더 나아가 기지국과 단말 간의 반사경로를 추정 또는 사용자 위치 이동에 따른 추적이 가능한 빔 트래킹(Beam Tracking) 기술이 개발되어야 한다.

3D Beamforming 을 통해 수직, 수평 방향으로 여러 개의 빔을 송수신하여, SDMA(Spatial Division Multiple Access) 기반의 망 용량을 증대시킬 수 있으며, 서비스 단말로의 전자파 송수신 강도 증가 및 간섭원 신호 억압으로 셀 내 가입자의 SINR(Signal to Interference plus Noise Ratio)을 향상시킬 수 있다. 이를 통해 트래픽 변화에 따른 비용 효율적 Cell 분할 및 가입자 중심의 Cell (User-Centric Cell) 구현이 가능하다.



[그림 19] 3D Beamforming 적용 방식에 따른 단말별 수신전계 분포

5.2.10 Massive MIMO 등 다중 안테나 고도화

- UE-Specific Beamforming 기술: 단말 별로 독립적이고 Sharp 한 Beam 을 사용하여 동시에 Scheduling 되는 다수의 단말 간 상호 간섭을 억제하는 기술
- 채널/간섭 정보 Feedback 기술: 상향 링크 오버헤드를 최소화하면서 기지국에서 획득 가능한 채널 정보(CSI) 및 간섭 정보(CQI)의 정확도를 향상 시키는 기술

5G 에서는 점점 더 고주파를 사용함에 따라 같은 크기에서도 기지국 및 단말 안테나의 고밀도화가 가능해지며 이는 MIMO 기술의 활용성을 높인다. 다만 한가지 중요한 사실은 기지국 안테나 수 증가에도 불구하고 단말과 기지국간 무선 채널의 Rank 는 크게 증가 하지 않을 수 있다는 점이다. 특히 기지국 안테나가 건물 옥상 등에 설치되어 고도가 높은 경우 기지국 안테나 근처에 Scatter 가 불충분하여 안테나당 약 3~4 λ 정도의 큰 거리가 확보되어야 단말에서 두 안테나를 높은 확률로 구분 할 수 있게 된다.

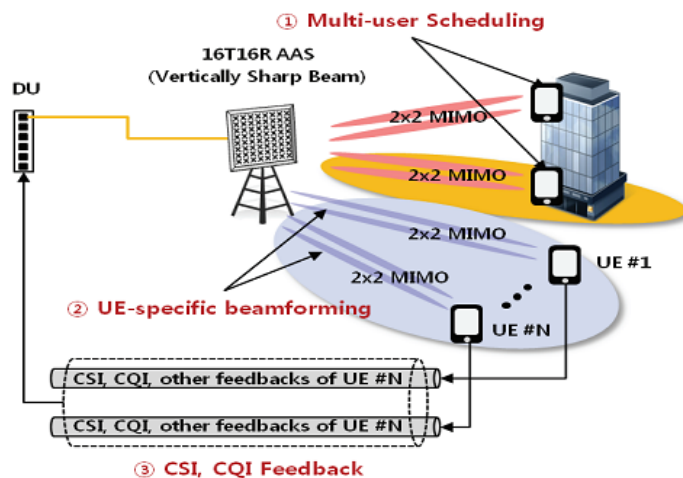
이런 상황에도 불구하고 현재 LTE 에서 하향 링크 2 Layer 전송이 일반화 될 수 있었던 것은 기지국 안테나가 Polarization (+45/-45°)을 사용하기 때문이다. 결론적으로 Polarization 을 제외하면 동일 면적에서의 탑재 가능 안테나 소자 수 (밀도)와 무선 채널 Rank 는 Trade-off 관계이므로 단말의 탑재 안테나 수가

늘어나더라도 5G 에서 SU-MIMO (Single-user MIMO)의 고도화는 제한적일 것으로 보인다. 따라서 5G 에서 MIMO 를 통한 용량 증대를 달성 하기 위해서는 각 단말에는 Polarization 을 통해 대부분의 상황에서 쉽게 확보 가능한 Rank 1~2 로 전송하고 동시에 공간상으로 멀리 떨어진 여러 단말이 동시에 같은 Time-Frequency 자원을 재활용하는 MU-MIMO (Multi-user MIMO) 기법의 적용이 필수적이다.

MU-MIMO 기법의 핵심 요소는 cell 내부의 다수의 단말 중 무선 채널이 서로 독립적이어서 Beamforming 을 통해 서로간의 간섭을 억제할 수 있는 단말을 스케줄링하는 것이다. 이를 위해서는 기지국이 각 단말의 하향 링크 무선 채널 상태를 정확히 알고 이에 맞추어 각 단말 별 UE-specific Beamforming 을 수행하여야 하므로 각 단말의 채널 및 간섭 정보의 정확도가 매우 중요하다고 할 수 있으며, 현재 LTE 의 지속적인 진화 관점에서 3GPP 에서 관련 표준화 작업 진행 중이다.

채널 정보의 경우 TDD 에서는 Channel Reciprocity 를 이용하거나 FDD 의 경우 Two-Stage Precoding 등을 통해 상향 링크 채널 정보 피드백 양을 줄이면서 기지국에서 획득 가능한 채널 정보 정확도를 올리는 작업이 필요하다.

또한 간섭 정보의 경우에도 LTE 의 CQI 의 경우 자신 혼자 스케줄링된 것을 가정하여 채널 상태를 보고하는 것으로 MU-MIMO 기법에 적용 시 제조사 별로 단말의 채널 상태에 대한 예측이 필요한데 이때 발생하는 CQI Mismatch 로 인해 성능 저하가 발생되게 되며, 이에 대한 개선 작업이 필요하다. 이외에도 기지국 안테나 수가 증가하면서 발생하는 Pilot Contamination 문제 등도 개선이 필요하며 이를 통해 다중 전송기술 구현을 기대할 수 있다.



[그림 20] MU-MIMO (UE-specific Beamforming) 동작 방식

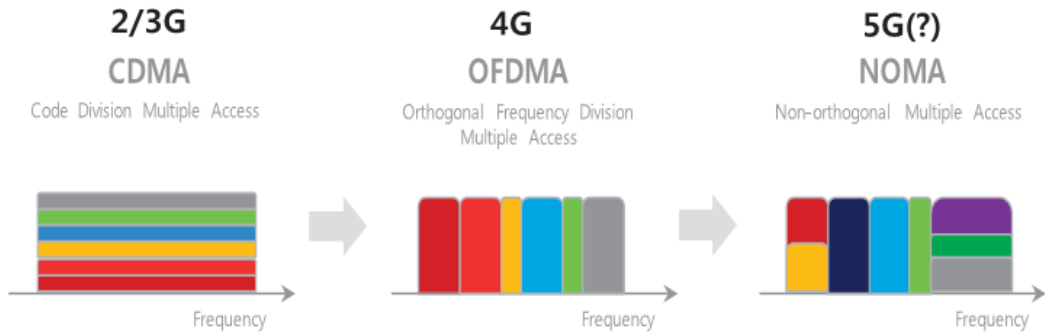
5.2.11 Advanced IoT 및 차세대 무선전송 기술

- Cellular 기반 MTC (Machine-Type Comm.): 이동 통신망에서 IoT 서비스를 지원하기 위한 대용량 다중 접속 및 Machine 데이터 처리 기술
- New Waveform 기술 (NOMA, FBMC): 수신단 간섭제거 및 필터 기반 간섭 억제를 통해 다중 사용자 수용 효율 및 전송 속도를 높이는 송수신 기술
- Hybrid Duplex 및 Full Duplex 기술: 기존 FDD, TDD 와 다른 형태로 Flexible 하게 DL/UL 자원 운용 및 Self-Interference 제거를 통한 동시 송수신 기술

기존 4G 까지의 무선 네트워크는 더 많은 사용자에게 더 높은 속도를 제공하는 방향으로 기술이 진화되어 왔다. 하지만 사람과 더불어 사물이 연결되는 IoT (Internet of Things) 시대가 도래함에 따라, IoT 기간 통신 인프라로서 5G 는 더 빠른 속도와 함께 대규모 연결성 (Massive Connectivity) 및 더 낮은 지연 시간 (Low Latency)을 제공하는 것이 필요하다.

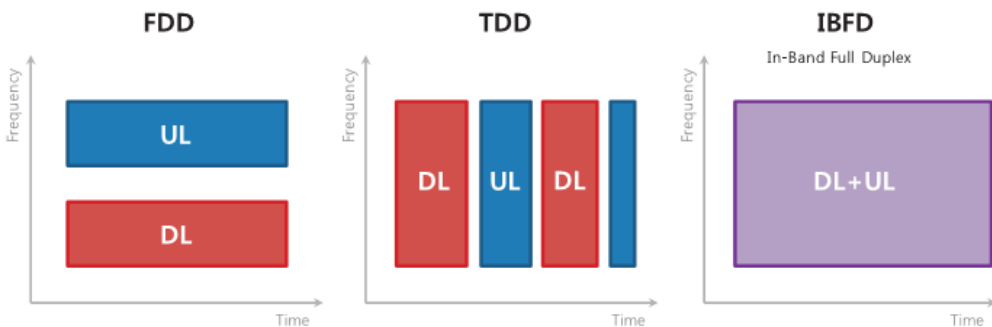
기존에 IoT 기술이 주로 활용되었던 기상 관측, 수질 감시 등의 환경 분야 및 최근 SK 텔레콤이 제공하고 있는 Smart Farm, 양식장 등의 Sensor/Meter 응용 분야의 경우, 많은 수의 Sensor 에 Connectivity 를 제공하는 것이 필요하며, 전송 속도는 낮지만 높은 전송 효율성을 요구한다. 이러한 Machine-Type Communication (MTC)을 위한 LTE 표준 개정 작업이 3GPP 에서 논의 중이며, Half-Duplex Support, Efficient Signaling for Small Data, Massive UE Handling, Extended DRX 등의 Low-Cost IoT 단말 지원을 위한 기술 표준화가 진행 중이다. 뿐만 아니라, Connected Car 및 실시간 원격 제어/원격 의료 등의 대용량/실시간 IoT 서비스가 5G 주요 서비스로 주목 받게 됨에 따라, 저지연성 (Ultra-Low Latency)이 무엇보다도 중요하게 되었다. 그러나 기존 LTE 에서는 TTI (Transmit Time Interval)인 1ms 이하로 줄어 들 수가 없는 한계성을 지니고 있다.

이렇듯 IoT 를 위한 무선 네트워크는 매우 낮은 전송 속도로 산발적인 트래픽을 발생시키는 Sensor/Meter 부터 Connected Car, Remote Healthcare 와 같이 고해상도 영상 전송 및 실시간 제어가 필요한 경우까지 다양한 요구사항을 만족시켜야 한다. 이에 기존의 LTE 와는 다른 New Scalable Radio Access 구조가 필요하다.



[그림 21] 이동통신의 다중 접속 기술 진화

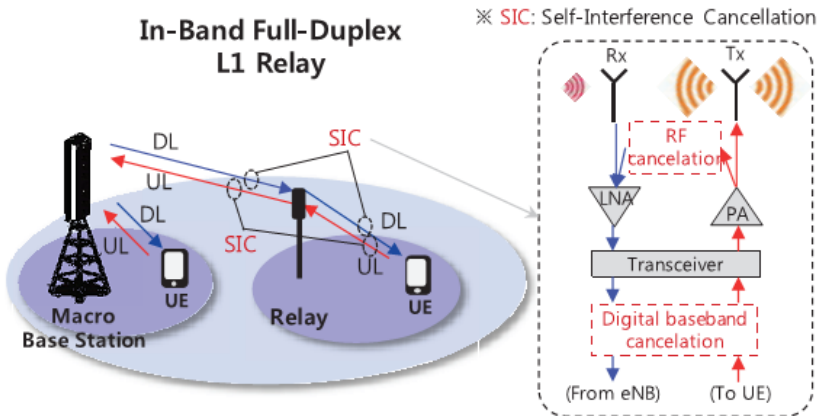
기존보다 많은 수의 단말 수용 및 셀 용량 증대를 위해 새로운 다중 접속 기술이 주목받고 있다. 대표적인 것이 NOMA (Non-Orthogonal Multiple Access) 기술로서, 4G 는 주파수간의 직교성을 보장하며 복수의 단말이 다중 접속하는 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 방식을 사용해왔는데, NOMA 는 주파수 간 직교성 뿐만 아니라 Power 등을 활용한 다중 접속을 제공한다. 위의 그림에서 보듯, 같은 시간/주파수 상에서도 송신단에서 복수 단말 신호의 전송 Power 를 다르게 조정하여 보낸다면 단말은 SIC (Successive Interference Cancellation) 수신기 등을 활용하여 단말간 간섭을 제거하고, 원하는 신호의 수신이 가능하다. 같은 시간/주파수 상에서 복수의 단말 신호를 중첩하여 전송할 수 있으므로, 전체적인 셀 용량 증가와 함께 보다 많은 수의 단말 수용이 가능해진다. 이외에도 기존 OFDMA 의 단점을 극복할 수 있는 New Radio Access 기술로 UFMC (Universal Filtered Multi-Carrier)와 FBMC (Filtered Bank Multi-Carrier) 등이 5G 후보기술로 논의되고 있다.



[그림 22] 이동통신의 주파수 Duplex 방식

기존 통신 시스템의 Downlink 와 Uplink 는 주파수 (Frequency-Division Duplex, FDD) 혹은 시간 (Time-Division Duplex, TDD)으로 분리되어 상호 간섭 영향을 최소화하고 있으나, 5G 에서는 같은 주파수/시간에서 Downlink/Uplink 동시 전송이 가능한 In-Band Full Duplex (IBFD)가 가능할 것으로 기대된다. 이의 구현을 위해서는 송신 신호가 수신기로 유입되면서 발생하는 간섭 신호를 제거하는 Self-Interference Cancellation

기술 개발이 중요한데, 최근 Analog 및 Digital Cancellation 기술을 결합하여 110dB 이상 Suppression 결과가 발표되기도 하였다. 기존 FDD/TDD 기반의 표준 변경이 필요하고 다중 셀 환경에서 추가 검증이 요구된다는 점으로 인해 하기 그림과 같이 In-Band L1 Relay 등에서 IBFD 가 우선적으로 활용될 것으로 보인다. 그러나 다중 안테나 구현 시 RF Chain 복잡도가 증가하고, Multipath Fading 을 고려한 Digital Cancellation 이 필요하다는 점 등은 향후 지속적인 기술 개발이 필요한 부분이다.



[그림 23] In-band Full Duplex 통신 기술

6. Service

지금까지 5G 통신 진화에 대한 요구사항 및 Architecture, 주요 기술들을 살펴보았으며, 본 장에서는 이를 기반으로 창출될 다양한 5G 서비스와 활용분야를 논의하고자 한다.

6.1 홀로그램 및 멀티미디어 기반 몰입형 통신 서비스

현재 4G에서는 고화질 HD 영상 전화 및 고음질의 VoLTE 서비스가 널리 사용되고 있다. 하지만 사람들이 직접 만나서 이야기하는 것과 비교해 볼 때 여전히 영상 전화 및 VoLTE 서비스는 사용자 경험 측면에서 다소 부족하다. 향후 5G에서는 상대방이 자신 바로 옆에 있는 것 같은 몰입형 통신 경험을 사용자에게 제공하기 위해 인간의 오감 중 특히 시각적인 관점에서 큰 폭의 발전이 예상된다.

이에 따라 초고용량 통신이 가능한 5G 네트워크에서는 Full HD 해상도의 4 배에 해당되는 4K-UHD, 16 배에 해당하는 8K-UHD 등의 초고용량 영상 콘텐츠가 보편화될 것으로 예상되며 장기적으로는 3D 영상 또는 홀로그램 서비스로 확대될 전망이다. 그림 24 는 영상 해상도 별 데이터 용량을 나타낸다. 또한 이러한 화질의 향상과 더불어 실감형 미디어 형태의 오감을 지원하는 실시간 양방향(Interactive) 맞춤형 서비스가 가능해질 전망이다.



[그림 24] 영상 해상도 별 데이터 용량



[그림 25] 실시간 Interactive 홀로그램 서비스

원래의 3 차원 홀로그램은 테라 바이트급 대역폭이 필요하여 5G 대역폭으로도 처리가 어려워 이를 대체하는 초다시점 입체영상, 컴퓨터 생성 홀로그램 등 유사 홀로그램 서비스가 제안되고 있으며, 3D 영상 압축효율 향상, 실시간 재생을 위한 디코딩 알고리즘, 대용량 병렬 프로세싱, 자유공간 디스플레이 등의 핵심 기술 개발이 필요하다. 또한 향후 3 차원 공간에 기록이 가능한 광 메모리 및 광전 병렬 처리 컴퓨터 등이 도입과 함께 3 차원 홀로그램 통신도 가능하게 될 것으로 예상된다.

고화질 Streaming 서비스의 경우 스포츠 관람, 공연 등을 다(多)시점에서 보다 실감나게 시청하고자 하는 욕구를 만족 시키는 실시간 (Real-time) 고화질 (UHD) 다시점 (Multi-view) Contents 의 Streaming 서비스가 보편화 될 전망이다.



[그림 26] 고화질 다시점 Streaming 서비스

6.2 Large-scale 몰입형 AR/VR 서비스

현재의 스마트폰 기반의 모바일 증강현실 시스템들에서는 고화질 카메라, GPS 등의 센서를 통해 얻어진 정보를 기반으로 다양한 콘텐츠를 증강된 인터페이스로 제공하는 것에 초점을 맞추고 있다. 하지만 AR 기술 중 일부 인식 기능을 서버에서 실행하는 경우는 있으나, 네트워크의 한계로 인해 실시간 성능에 제한이 있으며 추적, 렌더링 등은 단말의 성능에 제한이 있어 최적의 사용자 경험을 제공하는 서비스를 만드는데 한계가 있었다.

하지만 향후 5G 네트워크는 초고용량, 실시간, 초연결 기반으로 휴대용 단말 뿐만 아니라, 차량, CCTV 등 다양한 장치로부터 영상, 3D Depth Data 및 Gyroscope 등 다양한 센서 정보를 실시간으로 수집 가능하다. 이를 기반으로 빅데이터 분석 및 Cloud 시스템을 통해 실시간 인식함으로써 사용목적, 사용자 성향에 따라 가공된 최적화된

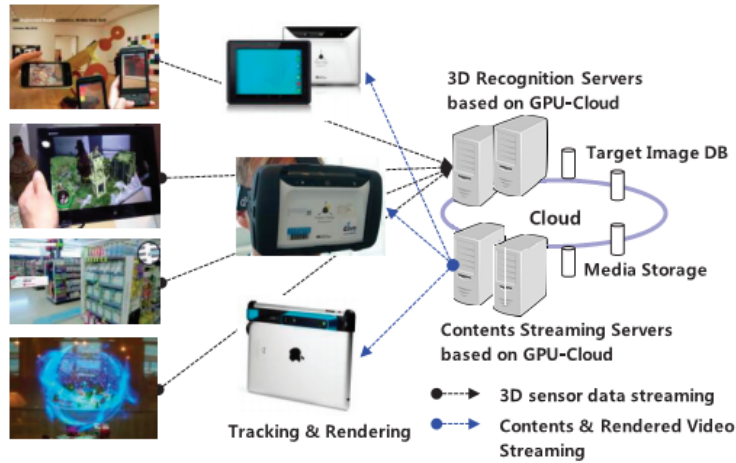
정보와 미디어를 다양한 디스플레이를 통해 현실과 실시간 융합된 새로운 사용자 경험을 제공할 수 있다.

최근 자동차 회사의 연구 동향을 파악하면, BMW 그룹은 도로 환경에 대한 정보를 수집하고 운전자에게 최적의 길안내 및 안전운전을 위한 유용한 정보를 제공하고 있으며, GM은 증강 현실이 가능한 창문을 기반으로 엔터테인먼트 기능을 개발하고 있다. 또한 최근에는 수술실에서 MRI로 성대 등 사람의 장기를 인식하여 의사의 정확한 수술을 가이드 하는 증강현실 시스템에 대한 연구도 진행되고 있다. 이러한 개별 기술의 발전과 함께 5G 시대 도래에 따라 단계별로 상용화 될 것으로 전망된다.

5G 네트워크는 사용자의 일상 생활에 다양한 증강현실 서비스가 초고속/실시간으로 적용될 수 있는 기반을 제공하게 될 것이다. 일반 사용자는 스마트폰 뿐만 아니라, Glass, HMD 등 다양한 단말을 이용하여 '모바일 인식 및 증강' 서비스로 사용자의 주위 환경의 물건, 공간 등 현실과 융합된 정보를 검색 등 추가적인 노력 없이 항상 제공되는 증강 현실 서비스를 경험할 수 있을 것으로 보인다. 예를 들면, 차량의 경우 다양한 도로 상황, 차량 탑재 카메라 및 센서의 정보를 기반으로 종합 판단하여 운전자에게 유용한 정보를 차량 HUD를 통해서 증강현실로 제공할 수 있게 될 것이며, 의료분야의 경우 원격지의 카메라 및 MRI 장비를 통해 획득된 영상을 분석하여 수술에 필요한 정보를 실시간 전송하여 표시함으로써 수술 로봇 등을 활용한 원격 진료 및 수술에 활용 될 것이다.

Large-scale AR 서비스는 Landmark/Building, 제품, 포스터 등 사용자의 주위 환경의 다양한 사물을 Cloud 기반으로 실시간 인식하고, 관련 (U)HD Audio/Video, 3D 등 고품질 Media 및 정보 사용자에게 맞게 가공하여 단말에 전달하여 증강하는 서비스이다. 이러한 Large-scale AR 서비스는 3D depth sensor data를 기반의 3D 사물/공간 인식 기술과 접목하고, Glass, HMD 등 Wearable 단말에 최적화된 정보 및 미디어를 현실과 융합된 형태로 표시하는 3D Sensing 기반 AR 서비스를 통해 사용자의 몰입적 경험을 극대화 할 수 있다.

5G 기반 AR 기술은 가상의 유명작품/사진/미디어/유물을 벽, 바닥 등 현실의 빈 공간에 전시하는 실감형 전시 서비스, 거실의 벽 등 현실 공간에 UHD 등 고품질 미디어를 제공하는 AR 고품질 미디어 서비스, 냉장고에 있는 식품의 종류, 수량, 유효기간을 항상 표시한 등의 일상 AR 서비스를 가능하게 할 것으로 예상된다.



[그림 27] 3D Sensing 기반 AR 서비스

6.3 초실시간(Low Latency) 서비스

4G 까지 이동통신 기술의 비약적 발전에 따라, 이동통신 네트워크는 여러 측면에서 유선 네트워크를 넘어서기 시작하였다. 5G 시대에 이르러서는 초실시간 반응을 요구하는 서비스들이 등장할 것으로 예상되며, 이를 위해 네트워크 종단간의 지연시간을 최소화하기 위하여 네트워크 구조가 전반적으로 변화하게 될 것으로 예상된다. 예를 들어, 앞서 5장에서 Enabling Technology 로 언급된 각각의 다양한 Cloud 기반 인프라(5.2.3 장), Transport 네트워크 기술(5.2.5 장), 차세대 무선전송 기술(5.2.11 장) 등의 요소기술들이 지능형 Analytics 기반 End-to-End 네트워크 분석 및 최적화 기술(5.2.4 장) 기반으로 네트워크 적재적소에 동적으로 유연하게 배치 및 조합되게 된다. 그 결과로, 종단간의 지연시간이 현재 수 초(second) 단위에서 수 ms(millisecond) 단위로 단축될 것이다.

따라서, 5G 시대에는 속도 또는 안정성을 이유로 유선 네트워크 상에서만 구현되었던 서비스들이 본격적으로 이동통신 네트워크에서도 구현 가능하게 될 것이다. 또한, 공간 및 가격 제약으로 인해 유선 네트워크에서 구현이 불가능했던 서비스들도 5G 기반으로 새롭게 등장할 것이다. 예를 들어, 위험한 공사 현장에 사람 대신 로봇을 투입하여 실시간 고화질 영상 및 정보를 기반으로 무선으로 원격 조정하고 환경 변화에 즉각적으로 반응할 수 있는 원격 로봇 제어 서비스가 가능할 것이다. 이 때 네트워크의 관리/제어 하에, 종단(즉, 해당 시나리오에서 로봇과 Remote Controller)을 포함한 근거리 내(Proximity)에 있는 단말들이 서로 직접 통신하는 D2D(Device-to-Device)통신도 가능해 질 것으로 예상된다. 즉, 5G 시대에서는 D2D 통신을 포함한 다양한 기술들이 네트워크 또는 장비와의 불필요한 상호작용을 최소화하여 End-to-End Latency 를 감소시키고 무선자원을 효율적으로 사용할 수 있게 된다.



[그림 28] 인명구조 로봇과 실시간 원격 조정의 예

이와 유사한 시나리오로, 의사가 직접 찾아가기 힘든 지역에서 환자 발생 시 로봇을 통해 치료하는 원격 의료 서비스 등의 여러 초실시간 원격 제어 서비스가 활성화 될 것이다. 또한 높은 신뢰성과 실시간성이 동시에 요구되는 공장에서의 초정밀 자동화 시스템 및 센서, 동력전달 장치, 조향 장치, 브레이크 장치 간의 연동이 필요한 자동 주행 차량 등 기기 간 통신 서비스 역시 크게 부각될 것이다.



[그림 29] 초실시간 제어가 필요한 원격의료 서비스

대표적인 Use Case 중 하나로 "Connected Car" 서비스는 5G의 Low Latency 특성을 활용하여 영상 인식, V2V (Vehicle-to-Vehicle)/V2I (Vehicle-to-Infrastructure) 통신을 기반으로 자율 주행을 가능하게 할 수 있다. 또한 사고 Alarm, 도로 상황 알림 등의 정보제공이 가능하고, 네트워크 장애가 발생한 경우에도 단말간 최소한의 근거리 통신을 지원하는 지능형 교통 안전 인프라 구축도 가능하다. 마지막으로 차량에서 가상현실 및 Cloud 기반 3D 게임 등 차량용 인포테인먼트 서비스가 고도화될 전망이다.

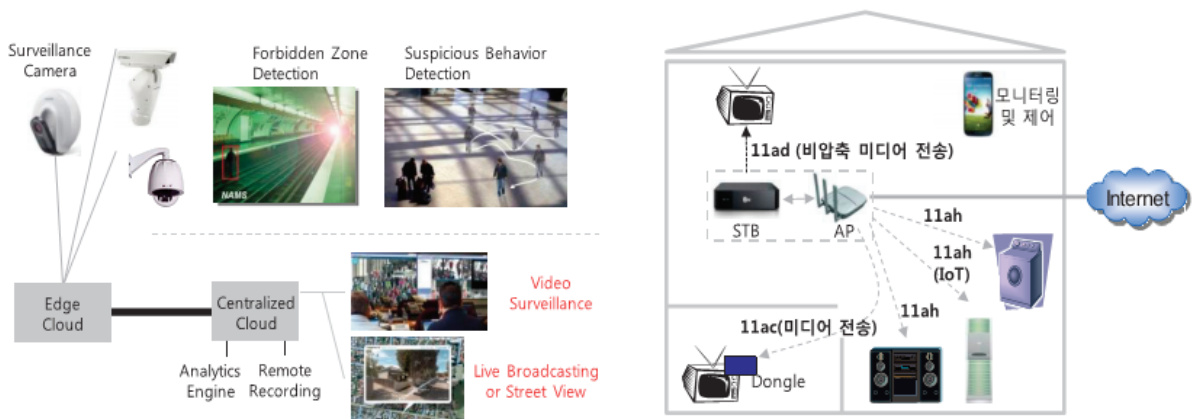


[그림 30] Connected Car 서비스

6.4 Massive Connectivity 기반 IoT(사물인터넷) 서비스

5G 시대에는 현재의 사물 인터넷 서비스가 사회 전반으로 확산되어 모든 사물이 연결되는 Massive Connectivity 기반 IoT 서비스가 부상할 것이다. 현재의 사물인터넷은 사물 상태를 인식하는 수준으로 RFID (Radio Frequency Identification)와 같은 칩을 이용한 물류관리 서비스 또는 버스, 택시, 화물차량 등 위치기반 결합 관제 서비스 등 제한적 분야에 활용되고 있다. 향후 초연결 통신이 현실화되는 5G에서는 대규모 사물이 네트워크로 연결된 상태에서 사물의 상태나 환경 정보를 수집하는 원격 모니터링, 설비나 기기를 원격에서 통제하는 원격 제어, 이동하는 사물의 위치정보와 연계한 원격 추적, 무선 네트워크를 통한 정보 교환 등의 기술이 구현될 것이다. 이를 통해 차량의 자율 주행·정비 시스템, 보험 상품 연계 및 교통 제어까지도 가능한 Connected Car 서비스, 에너지 절감, 탄소배출 규제, 위험물 누출 방지 등을 자동화하는 공장·건물·설비 관리 시스템, 원격으로 가전기기를 제어하거나 또는 가정 내 기기 간 통신으로 가사를 자동화할 수 있는 스마트홈 서비스, 수질, 대기질, 소음 등 삶의 질과 관련된 분야에서도 다양한 사물인터넷 서비스가 가시화될 것으로 예상된다.

Video Surveillance 분야에 IoT 기술을 적용할 경우, 5G의 실시간 응답성을 기반으로 고화질 영상의 빠른 저장 및 분석을 통해 Event 발생에 대한 정확한 Detection 과 Alarm 이 가능하며, 비디오 트래픽에 대한 Managed QoS 를 제공 가능하다. 또한, 대용량 미디어 전송 및 Massive connectivity 제공이 가능한 차세대 WiFi 기술(11ad, 11ah 등)도 통합적으로 활용하여 홈(Home) 내 IoT N/W 를 구성할 경우, 홈 내부 스마트기기(TV, 냉장고, 에어컨 등)들의 상태 모니터링 및 원격 제어가 가능하고, 추후 수백~수천 개까지의 스마트기기들에게 상호 Connectivity 제공이 효과적으로 가능하다.



[그림 31] IoT 기반 Video Surveillance 서비스 및 스마트 홈 서비스

6.5 Big Data 기반 지능형 서비스

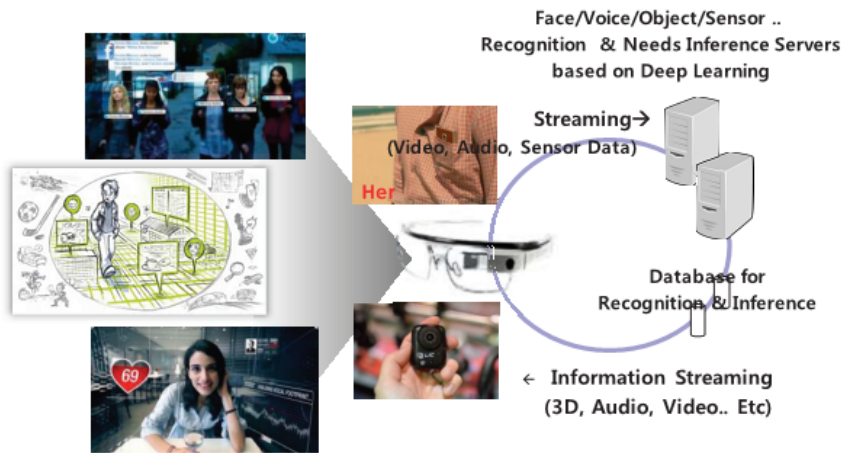
5G 시대에는 다양하고 광범위하게 수집된 정보를 기반으로 한 Big Data 기술의 고도화가 대두되고, 이를 기반으로 한 지능형 서비스가 다양하게 출현할 전망이다. 기존 지능형 서비스는 많지 않은 저차원적/정형화 된 통계정보를 획득하여 주로 리포팅 목적으로 사용하는 방식이었다. 하지만, 최근 급속도로 성장하고 있는 Big Data 기술은 다양한 경로에서 수집되는 고차원적-비정형화 된 데이터를 입체적으로 비교 분석 및 추론하여, 기존 분석기술로는 어려웠던 과거 및 현재정보의 분석이나 미래정보를 예측하는 방향으로 진화하고 있다. 현재 Big Data 기술은 Business 및 Network 운영과 관리 전반에서 효율성을 개선하는 목적으로 주로 사용되고 있으며, Business Intelligence (BI) 및 Network Intelligence (NI) 라는 이름으로 그 기술이 빠르게 발전하고 있다.

Big Data 분석에 의한 BI/NI 핵심 기술인 데이터 수집, 분석, 추론, 예측 기법들은 5G 에서 IoT (Internet of Things)의 출현과 맞물려, 폭증하는 다양한 고차원적/비정형화 된 데이터들과 함께 Service Intelligence (SI) 기술로 발전하게 될 것이다. 5G 시대에 SI 기술은, 기존 이동통신 사업자 또는 사용자 조차 인지하지 못했던 새로운 서비스를 발굴하는데 많은 도움이 될 것이다. 더불어 SI 는 Telco Asset 기반의 개인화된 서비스를 제공하여, 4G 대비 "나보다 나를 더 잘 아는" 미래 지향적 Life Style 의 기반이 될 것이다. 예를 들어, 기존의 지능형 서비스들은 간단한 상황인지 기술 및 단말기의 GPS 를 이용하여 사용자의 위치를 파악하고 이를 기반으로 해당지역의 날씨, 상점, 식당 등의 정보를 제공하는 수준에 머물러 있다. 하지만, 향후 Big Data 기반의 SI 기술은 개별 사용자의 입체적 상황인지 뿐만 아니라, 전체 사용자의 성향, SNS 여론 및 웹 등의 사용자주위 정보들을 실시간으로 종합 분석하여 사용자가 원하는 형태와 상황에 맞게 개인화 하여 최적의 서비스를 제공하는 방식으로 진화할 것이다.

이에 따라 5G 와 Big Data 기술의 결합은 길찾기, 여행/맛집 도우미, 상품/서비스 추천 등 기존 단순 정보 전달 서비스에서 벗어나 헬스케어/보안/교육 등 전반적인 일상 생활을 편리하게 해 줄 것이다. 또한, 개인화를 통하여 사용자의 삶과 일체화 되어 시간과 비용을 절감하는 Smart Life 의 필수 서비스로 확산 될 전망이다.

또한 5G 시대의 Big Data 기술은 현재 상황인지 뿐만 아니라 높은 확률로 미래를 예측하여 서비스를 제공하고, 필요 시 사용자의 편의 및 안전을 위한 적절한 예방 조치까지 상황에 맞게 제공하는 인공지능 서비스로 진화할 것이다. 예를 들어, Big Data 기술과 상황인지(Context-Aware) 기술을 결합하여 5G 시스템에 적용하면, Deep Learning 등 인지 기술을 이용하여 얼굴, 사물, 대화, 소리 등 일상 주변 환경을 인식하고, 사용자의 현재 상황과 Needs 를 정확히 추론하여 맞춤형 정보를 제공하는

인공지능형 실시간 상황인지 서비스가 가능하다. 좀 더 자세히 설명하자면, IoT 범주에 있는 다양한 Smart Glass, Badge Camera 등 Wearable 단말(Thing)로부터 방대한 양의 데이터가 실시간으로 수집되고, 고화질 영상 데이터를 포함한 여러 형태의 데이터는 Cloud 내 대용량 저장장치로 전송된 후, Cloud 내 인공지능의 Big Data/Deep-Learning 기법을 통해 얼굴, 대화, 소리, 사물, 위치 등의 주변 정보를 실시간으로 인식하고, 인식된 정보를 기반으로 Context 추론 및 Context 기반으로 사용자 의 Needs 를 추론하여 맞춤형 정보를 각각의 사용자의 선호하는 다양한 형태 (예. AR, Audio, Video 등) 로 사용자가 지연을 체감하지 않고, 실시간으로 제공 될 것이다.



[그림 32] 인공지능형 실시간 상황인지 서비스

6.6 재난 대응 및 공공안전 서비스

향후 5G 네트워크는 재난안전통신망으로도 활용될 수 있으며, 기존의 재난망이 제공하던 단순한 음성, 문자 중심의 대응에서, Big Data 기반의 Intelligence, 빨라진 무선망을 기반으로 한 Multimedia 및 더욱 정밀화된 Location 등의 ICT Convergence 를 활용한 재난 대응 서비스로 진화할 것으로 예상된다.

5G 망은 LTE 망과 마찬가지로 All-IP 기반의 망이므로 서비스 노드들간의 연동이 가능하여 일원화된 지휘체계 및 소통능력을 제공할 수 있으며, 스마트폰의 센서, 카메라, 마이크를 활용하여 재난과 사고 발생 지역의 다양한 정보의 수집과 전송이 용이하게 된다. 또한, 현장상황 전달 트래픽과 기존의 통신 사업자나 정부기관이 가진 데이터 베이스와 연동하여 정밀한 분석정보, 재난 감식, 예측 능력 등을 Big Data 분석을 통해 얻을 수 있을 것이며, 측위기술과 연동을 통하여 재난상황에 대한 Tracking, 탈출 안내 서비스 등의 차별화된 서비스 제공이 가능할 것으로 기대된다.



[그림 33] 5G 재난대응 서비스의 진화

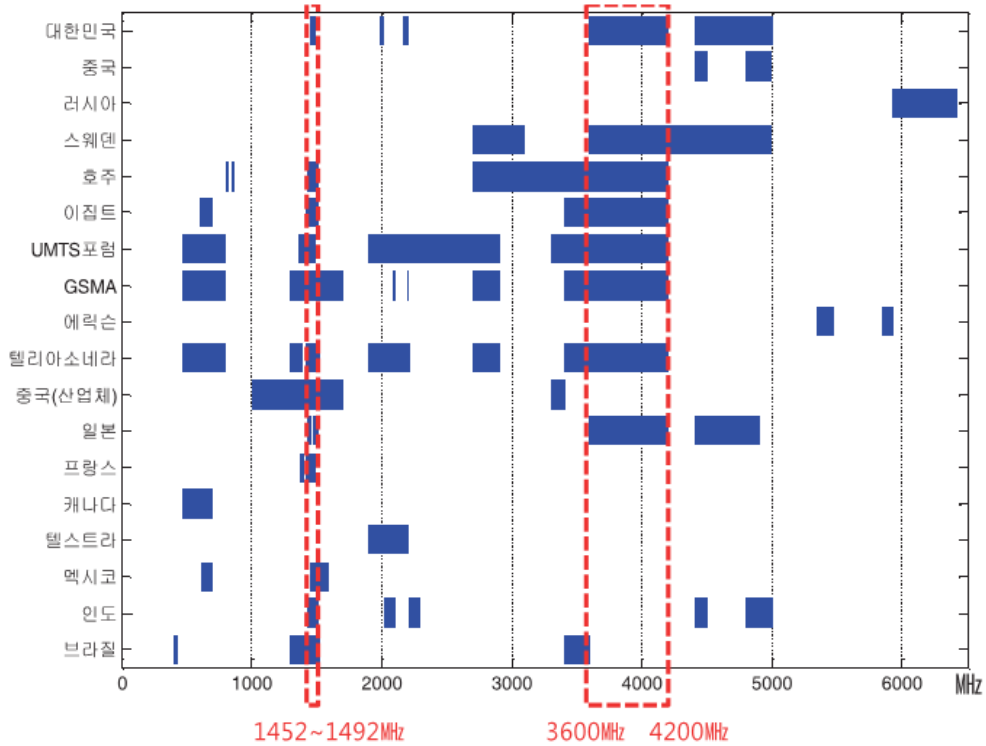
7. Spectrum

7.1 5G 후보 주파수 대역

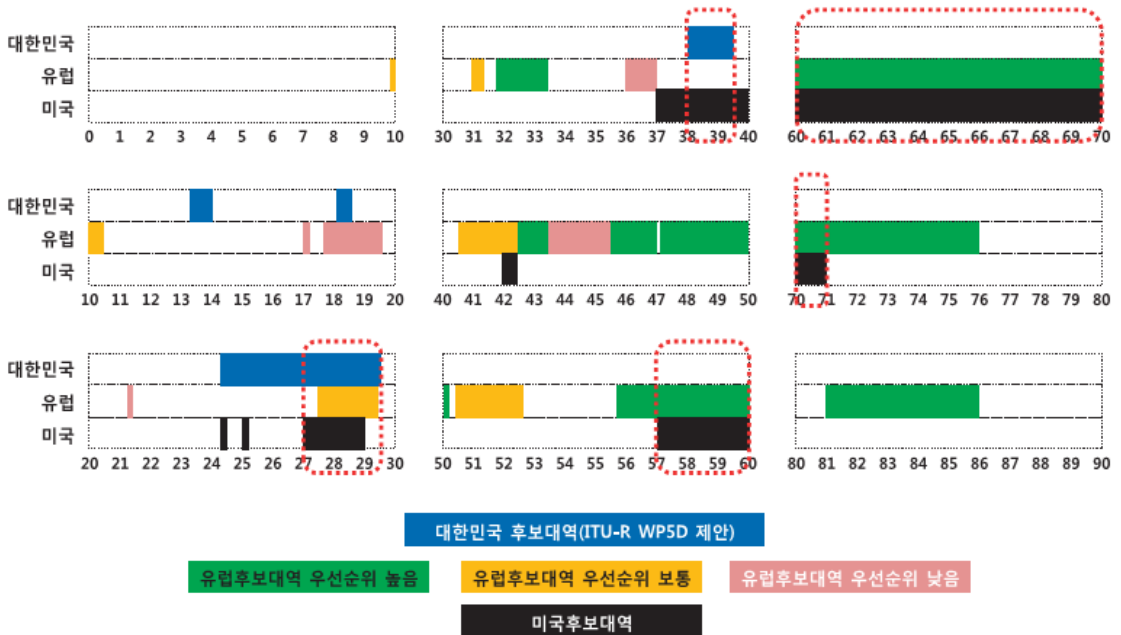
5G 시대 트래픽 증가에 따른 주파수 예상 소요량을 분석해보면 2020년까지 최대 1960 MHz의 대역폭이 필요한 것으로 예측되며, 이에 따라 5G 통신을 위해 6GHz 이상의 초고주파 대역을 포함한 다양한 주파수 대역의 검토가 필요하다.

ITU-R은 기존 6 GHz 이하 및 6 GHz 이상 초고주파 대역을 모두 5G 후보 주파수로 검토 중이며, 2015년 말 개최 예정인 WRC (World Radio Conference)-15에서의 5G 후보 주파수 제안을 위해 각 국가, 업체별로 ITU-R WP5D (Working Party 5D)에서 6 GHz 이하의 IMT 대역을 제안하였다. 국내에서는 1452~1492 MHz, 1980~2010 MHz, 2170~2200 MHz, 3.6~4.2 GHz, 4.4~5.0 GHz 대역을 ITU-R에 제안하였으며, 현 시점 주파수 소요량 및 5G 요구사항, Global Harmonization 고려 시, 1.5 GHz 대역 및 3.6~4.2 GHz 대역이 유력 후보군으로 예상된다.

6GHz 이상의 초고주파 대역은 초기 검토 단계로 WRC-18 등에서 본격적인 논의가 예상되며, 국내는 13.25~14 GHz, 18.1~18.6 GHz, 24.25~29.5 GHz, 38~39.5 GHz 대역을 ITU-R에 제안하였으나, 합의되지 않은 상황이다. METIS, FCC에서의 후보 대역 고려 시, 27~29 GHz 및 70~80 GHz 대역이 유망한 것으로 전망된다.



[그림 34] ITU-R WP5D 에 제안된 6GHz 이하 IMT 주파수 대역



[그림 35] 이동통신용 6GHz 이상 후보 주파수 대역

7.2 5G 주파수 소요량 전망

5G 시대 트래픽 증가에 따른 주파수 소요량은 시장수요, 기술진화, 망 구축방식 등을 고려한 사용자 밀집도를 분석한 결과, 현 시점에서 2020년까지 1340~1960 MHz 대역폭이 필요한 것으로 예상된다¹. 또한, 6 GHz 이상의 초고주파 대역에서도 약 1,000 MHz의 대역폭 추가가 필요할 것으로 전망되나, 실제 트래픽 증가 추이에 따라 변동 가능성은 존재한다².

ITU-R 은 시장수요, 기술진화, 망 구축을 고려하여 RATG (Radio Access Technique Group) 1 (IMT-2000) 및 RATG 2 (IMT-Advanced)의 소요량 분석 결과, 표 2 와 같이 2020년에 1340~1960 MHz 대역폭이 필요한 것으로 전망하였다.

6 GHz 이상의 초고주파 대역 (cmWave, mmWave)은 기존 6 GHz 이하 대역의 주파수 소요량 분석을 기반으로 WLAN 등에 의한 오프로딩 비율 30% 를 가정하여 반영할 경우, 약 1000 MHz 추가 확보가 필요한 것으로 전망된다.

[표 2] ITU-R 주파수 소요량 전망(2020년)

| 구분 | RATG 1 주파수소요량 | RATG 2 주파수소요량 | 전체 주파수소요량 |
|----------|---------------|---------------|-----------|
| 低사용자 밀집도 | 440 MHz | 900 MHz | 1,340 MHz |
| 高사용자 밀집도 | 540 MHz | 1,420 MHz | 1,960 MHz |

¹ Spectrum Requirement for IMT Related to WRC-15 Agenda Item 1.1, ITU-R WP5D, Jul. 13, 2013.

² Spectrum Requirement for Performance Above 6GHz Regarding WRC-15 Agenda Item 1.1, ITU-R WP5D, Jan 23, 2013

[Appendix] 5G 주요기술 요약

| 기술 분야 | 세부 기술명 | 설명 |
|--|---|---|
| 실감형 5G 콘텐츠 처리 및 UX 기술 | 사물/공간 인식 기술 | 사용자 단말의 카메라/센서를 통해 입력되는 주위 환경의 다양한 사물과 공간을 고속으로 인식하는 고성능 인식 기술 |
| | 실감형 디스플레이 및 렌더링 기술 | 인식된 사물과 연계된 고품질 정보의 실시간 표시를 위한 Rendering 기술 및 Glass, HMD 등 몰입형 디스플레이 기술 |
| | 실시간 홀로그램 처리 기술 | 실물과 같은 입체적 영상을 360 도의 시야각과 수평/수직 시차의 입체공간에 실시간 재현하는 기술 |
| 대용량 멀티미디어 전송을 위한 유무선 N/W 기술 | MMT(MPEG Media Transport) 처리 기술 | All IP 네트워크에서 영상의 전송 지연을 최소화 하기 위하여 MPEG 에서 정의한 표준 디지털 영상 Container 처리 기술 |
| | High Efficiency Multimedia Coding | 다시점 영상과 같은 실감형 멀티미디어 생성/효율적 전송을 위한 MVC(Multi-view Video Encoding) 등 멀티미디어 Coding 기술 |
| | Cloud 기반 Compute, Caching & Orchestration | 대용량 실감형 멀티미디어 처리를 위한 Cloud 자원 및 Caching 의 동적 할당 및 관리(Orchestration) 기술 |
| Cloud 기반 All-IT N/W 인프라 및 서비스 플랫폼 | NFV 기반 가상화 Core Network 운영 기술 | 범용 하드웨어를 가상화한 Cloud 를 구축하고 다양한 네트워크/서비스 기능을 소프트웨어 방식으로 운영하는 기술 |
| | 가상화 기반 Cloud 기지국 (virtualized RAN) | 기지국 DU(Digital Unit)를 범용 하드웨어 기반 Cloud 로 집중화/가상화하고 실시간 통신 신호를 처리하는 기술 |
| | SDN 및 통합 Orchestration 기술 | 소프트웨어 기반의 통신망 기능을 Centralized 방식으로 제어하고 다양한 네트워크 기능의 Life Cycle Mgmt. 및 동적 연결 기술 |
| Analytics 기반 E2E N/W 분석 및 최적화 | Big Data 분석 | 많은 양의 다차원-비정형적 데이터를 입체적이고 빠르게 비교, 분석 및 추론하여 특정 현상이나 데이터에 대한 Insight 를 제공하는 기술 |
| | Network Intelligence & Analytics | 다양한 종류의 네트워크 장비에서 수집된 성능, Log, Traffic 등의 정보를 이용하여 네트워크 운용/성능을 최적화하는 기술 |
| | Analytics 기반 SON | 무선망에서 생성되는 Big Data 를 실시간으로 분석하여 최적화, 비정상 감지 및 사전 조치 등을 자동으로 수행하는 네트워크 운용 기술 |

| | | |
|---|-------------------------------------|---|
| Fast, Flexible Transport N/W 진화 | POTN 전송 기술 | 전송망 Simplicity 증대와 전송 효율 증대를 위한 All IP, All optical 기반의 다계층 converged 전송 기술 |
| | Transport SDN 기술 | 멀티 벤더, 다품종 전송장비, 멀티 도메인의 네트워크 자원을 효율적으로 사용하고 제어 자동화하기 위한 통합 제어 네트워킹 기술 |
| Beyond-Cellular N/W Architecture | 단말간 직접 통신 (D2D) 기술 | 단말 간 다양한 형태의 콘텐츠 정보를 공유하고 이를 기반으로 단말간 직접 데이터를 교환 하는 기술 |
| | 콘텐츠 중심 네트워크(CCN) 기술 | 네트워크 경로상의 전송 장비에 콘텐츠를 저장하고 이를 이름 기반으로 매핑 하여 제공하는 기술 |
| 다중셀 및 이종망 환경에서 CE 향상 및 운영 효율화 | 개인화 셀 | 개별 사용자의 실시간 채널 환경에 맞추어 최적의 무선품질을 갖는 기지국을 Dynamic 하게 선택하고 통신하는 기술 |
| | 이종망 Aggregation 기술 | 셀룰러 네트워크와 함께 WiFi 등 이종 네트워크 혹은 Unlicensed Band 를 활용한 LTE 등과 결합하여 전송속도를 높이는 기술 |
| Ultra-Dense Small Cell 운용 기술 | Dynamic 간섭 제어 및 Coordination | 인접 셀간 실시간 협력을 통한 스케줄링으로 셀 경계에 위치한 사용자의 신호 품질을 향상시키는 기술 |
| | SON 최적화 기술 | 다양한 셀 구성 환경에서 자동으로 무선험경 및 망 운용을 최적화하여 사용자의 QoS 를 향상시키는 기술 |
| 광대역 고주파 기반 RF 및 3D Beamforming | 3D Beamforming 기술 | 사용자 분포에 따라 수직, 수평방향으로 전파 강도를 제어하거나 여러 빔을 형성하여 최적의 RF 환경을 구성하고 고속 전송하는 기술 |
| | Beam Switching /Tracking 기술 | 여러 빔 중 최적의 빔을 선택하거나 사용자의 위치에 따라 안테나의 빔 방향을 이동시켜 최적의 링크를 제공하는 기술 |
| Massive MIMO 등 다중 안테나 고도화 | UE-Specific Beamforming 기술 | 단말 별로 독립적이고 Sharp 한 Beam 을 사용하여 동시에 Scheduling 되는 다수의 단말 간 상호 간섭을 억제하는 기술 |
| | 채널/간섭 정보 Feedback 기술 | 상향 링크 오버헤드를 최소화하면서 기지국에서 획득 가능한 채널정보(CSI) 및 간섭정보(CQI)의 정확도를 향상 시키는 기술 |
| Advanced IoT 및 차세대 무선전송 기술 | Cellular 기반 MTC(Machine-Type Comm.) | 이동 통신망에서 IoT 서비스를 지원하기 위한 대용량 다중 접속 및 Machine 데이터 처리 기술 |
| | New Waveform (NOMA, FBMC) | 수신단 간섭제거 및 필터 기반 간섭억제를 통해 다중 사용자 수용 효율 및 전송 속도를 높이는 송수신 기술 |
| | Hybrid Duplex 및 Full Duplex 기술 | 기존 FDD, TDD 와 다른 형태로 Flexible 하게 DL/UL 자원 운용 및 Self-Interference 제거를 통한 동시 송수신 기술 |

[Appendix] 5G Network Architecture

