6G 모바일 코어 네트워크 기술 동향 및 연구 방향

Technology Trends and Research Direction of 6G Mobile Core Network

고남석 (N.S. Ko, nsko@etri.re.kr) 데이터중심네트워크연구실 책임연구원/실장
박노익 (N.I. Park, nipark@etri.re.kr) 데이터중심네트워크연구실 책임연구원
김선미 (S.-M. Kim, kimsunme@etri.re.kr) 네트워크연구본부 책임연구원/본부장

ABSTRACT

The competition to lead the next generation of mobile technologies, 6G, is underway while the deployment of 5G has not been implemented worldwide. ITU-R plans to develop technical requirements and standards after completing the 6G Vision by 2023. It can be considered too early to have a concrete view of the 6G core network architecture from this timeline. However, major stakeholders have started making their presence felt by publishing their views. From updated analysis on the technology and service trends proposed, we present a list of research directions on 6G core network from several perspectives: distribution of network functions to nearer edge locations; future fixed-mobile convergence, including low earth orbit satellites; highly-precise QoS guarantee; supporting an extremely wide variety of service requirements; AI-native automation and intelligence; and aligning with the evolution of radio access network.

KEYWORDS 6G, 모바일 코어, 구조

Ⅰ. 서론

한국과 미국이 2019년 4월 거의 동시에 상용화를 시작한 이후로 각국은 5G 확산에 박차를 가하고 있으며, 유럽, 중국, 일본 등이 뒤이어 5G에 대한 도전적인 투자를 지속하고 있다. 하지만 아직 많은 나라에서는 4G에 대한 투자비 회수조차 이루어지고 있지 않으며, 5G 주파수 특성에 따른 셀의 소형화로 기지국 설치를 위한 막대한 투자비용이 초래되는 점을 고려할 때 향후 몇 년간은 4G 역시 여전히 주요 무선접속 네트워크로 사용될 것임은 분명하다. 이처럼 5G의 상용화가 한창 진행되는 시점이긴 하지만, 테라헤르츠(THz) 대역의 주파수 활용성과 기술적 파급효과의 기대감으로 6G에 대한 논의가 빠르게 본격화되었다.

유럽연합에서는 핀란드가 2018년 4월 국가 플래

* DOI: https://doi.org/10.22648/ETRI.2021.J.360401
* 이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부) 재원으로 정보통신기획평가원의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음[2017-0-00045, 초연결 지능 인프라 원천기술 연구개발].

본 저작물은 공공누리 제4유형
출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.
©2021 한국전자통신연구원

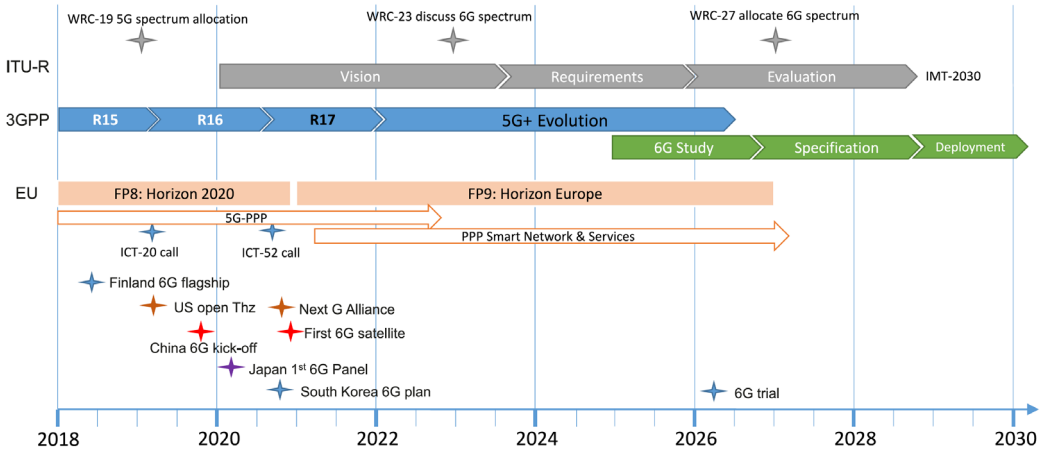
그십 과제로 Oulu대학이 주도하고 Aalto대학, VTT 연구소, Joint Center for Future Connectivity(Nokia Bell Lab와 Oulu대학이 공동으로 설립) 등이 함께 참여하는 8년간 약 250Million Euro규모의 6G Flagship (6Genesis) 과제를 시작하였다[1]. 또한 Horizon 2020 프로그램으로 대규모 민간 중심의 6G 연구개발 그룹인 Hexa-X 프로젝트를 출범하여 6G 비전, 로드맵, 타임라인 개발을 진행할 예정이다[2].

미국은 2017년부터 DARPA가 주도하고 퀄컴이 참여하는 6G 장기 선행 연구를 진행하고 있으며, 2020년 10월부터는 미국 통신사업자연합인 ATIS(Alliance for Telecommunications Industry Solutions) 주도하에 통신사업자와 제조사 연합체인 NextG 얼라이언스를 결성하여 6G 기술 표준화와 생태계 확산 협력을 진행하고 있다[3]. 2021년 4월에는 미·일 6G 협력 연구에 5조 원 공동 투자를 협의하였다.

중국은 2019년 11월 범정부 차원의 조직을 발족하고 6G 기술 연구에 착수하였으며, 2020년 3월에는 중국전자정보산업개발연구소(CCID)가 중국어판 6G 개념 및 비전 백서[4]를 발간하고, 2020년 11월에는 세계 최초의 6G 테스트를 위한 인공위성을 쏘아 올리는 등 6G 기술 주도권 확보를 위한 노력을 경주하고 있다[5].

일본 역시 2018년 NTT가 세계 최초로 100Gbps 무선전송 시연 성공을 발표하는 등 5G 다음 세대를 위한 무선 기술 개발을 일찍부터 시작했다. 2020년 1월에는 총무성 주관으로 '6G 연구회'를 발족하며 일본도 정부 주도의 6G 연구가 본격적으로 가동되었다. 통신사인 NTT는 2020년 7월 NEC에 지분을 출자하고, 100여 개의 일본 기업과 함께 '6G 통신장비'에 도전하겠다고 발표했다[6].

한국에서는 2019년 1월 LG전자가 KAIST와 함께 6G 모바일 핵심 기술 확보를 위하여 6G 연구소를 개소하였고, 한국전자통신연구원(ETRI) 역시 THz 주파수 대역의 차세대 이동통신 기술 연구개발을 시작하였다. 과학기술정보통신부는 2020년 8월 6G 시대를 선도하기 위한 「미래 이동통신 R&D 추진전략」을 발표하고 2021년 4월부터 5년간 2천억 원 규모의 R&D를 진행하고 있다[7].



출처 W. Jiang et al., "The road towards 6G: A comprehensive survey," IEEE Open J. Commun. Soc., vol. 2, 2021, pp. 334-366, CC BY-NC-ND 4.0.

그림 1 6G 표준 개발 예상 로드맵

6G 관련 연구개발은 이전 세대의 이동통신 기술 개발 초기에 보이는 현상에서와 같이 아직은 THz 기술과 같은 무선 인터페이스 성능 향상 등 무선 기술 영역이 많은 비중을 차지하고 있다. 6G 코어 네트워크 관점에서는 네트워크-컴퓨팅의 융합, 인공지능 적용, 확정적 QoS 제공 기술 등 6G 코어 네트워크에 적용될 가능성이 있는 개별 기술 단위의 연구가 진행되고는 있지만, 전체 구조적 관점에서의 연구는 아직 제시되고 있지 않다.

그림 1에서 보이는 바와 같이 2023년경 ITU-R에서 IMT-2030(6G) 비전 수립이 이루어지고, 2028년경 규격제정이 이루어질 것으로 예상한다. 이러한 가운데 현재 시점에서 구체적인 6G 네트워크 구조를 논의하기는 쉽지 않은 일이다. 6G 네트워크 구조는 몇 가지 기술 이슈와 키워드의 해결을 위한 진화관점이 아니라 수많은 가능성과 사회/문화/기술적 변화의 예측을 통하여 미래를 대비할 수 있는 혁신적 구조를 탐색해야 할 것이다.

Internet of Everything, 드론/자율주행차 등 무인 이동체의 확산, 인공지능 기술의 발전 및 확산, Robot+AI를 중심으로 한 생산방식의 혁신, COVID-19의 영향에 의한 통신망의 사회신경망 혹은 사회 안전망으로서의 역할론 대두, 기존 세대와 다른 MZ세대의 통신망 이용패턴 등을 총체적으로 고려한 기존 이동통신의 세대별 진화방식으로는 다른 새로운 구조도출 접근을 시도해야 할 필요가 있다.

본고에서는 총체적인 고민을 통한 완벽한 구조 도출에 앞서 아직 시작 단계이지만 현재까지 논의되고 있는 주요 6G 비전, 6G에서의 서비스 시나리오, 그리고 6G 실현에 적용될 것으로 보이는 주요 인에이블링 기술(Enabling Technology)들에 대하여 살펴본 후 6G 코어 네트워크 구조 연구 방향을 제시하고자 한다.

II. 6G 연구 동향

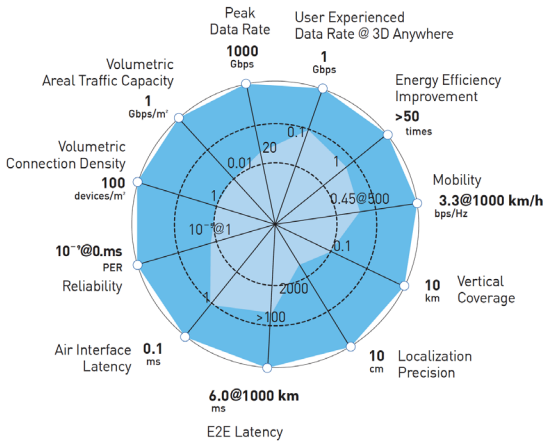
ITU-R에서 2023년 6G 비전 설정을 목표로 진행될 표준화 로드맵 정도가 나온 상황에서 아직 확정된 비전은 없으나, 각 연구·개발 주체들이 각자의 견해로 6G에 대한 비전과 성능목표치를 제시하고 있으며 삼성과 ETRI가 2020년 7월과 11월에 각각 6G 백서를 발간한 바 있다[8,9]. 이들은 대략 공통된 지향점을 가지고 있는데, 본 절에서는 전 세계 6G 연구·개발 주요 이해관계자가 제시하고 있는 핵심 비전, 성능 지표, 시나리오를 살펴본다.

1. 6G 비전

사회적 이슈 측면에서 에너지 효율성 확보, 탄소 배출량 절감 등의 이슈와 함께 UN의 '지속가능발전목표(SDG: Sustainable Development Goals)'[10] 달성에서의 역할을 강조하고 있고, 기술 적용성 측면에서는 크게 THz 기반의 초광대역 접속기술의 실현과 AI 기반의 네트워크 자동화(또는 지능화), 지상 네트워크뿐만 아니라 공중, 해상 등을 포함하는 3D 입체통신의 실현으로 통신의 편재(Ubiquity)를 추구하고 있다. 또한 사용자 관점에서는 인간 중심의 물리세계와 가상세계의 융합을 필두로 모든 것이 연결되는 새로운 초연결의 경험, 홀로그래픽 통신, 신뢰에 기반한 개개인의 안전과 프라이버시 보장 등을 추구하고 있다[11-17].

2. 성능지표

대역폭, 이동성 지원 속도 등 5G의 성능지표들에 대한 강화와 더불어, 측위 정확도, 공간통신을 고려한 버티컬 커버리지 범위 등의 지표가 추가되



출처 ETRI, "6G Insight: 비전과 기술," 2020. 11. Reproduced with permission from author[9]

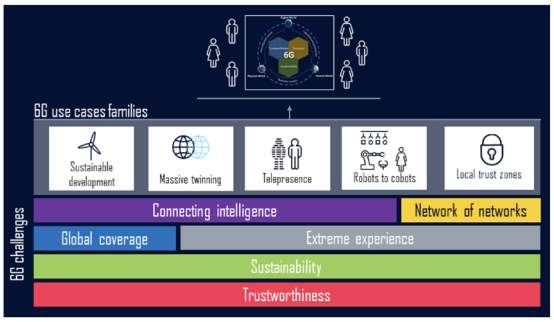
그림 2 6G 핵심성능지표(ETRI)

었으며, 에너지 효율에 대한 계량화를 목표로 하는 것이 눈에 띄는 점이다.

그림 2는 ETRI가 제시한 6G 핵심성능지표이다[9]. 최대 전송속도 1Tbps, 사용자 체감속도 1Gbps 등 5G 성능의 10~100배 이상 개선을 목표로 제시하고 있으며, 항공기 운항거리인 10km까지 도달 범위를 확대한 수직적 커버리지(Vertical Coverage)와 10cm의 측위 정확도(Localization Precision)를 추가하였다. 그리고 지연측면에서는 5G에서의 무선구간에서만 주어진 성능 목표가 무선구간 0.1ms뿐만 아니라 종단 간 1~6ms을 목표로 확장되어 종단 간 서비스를 사용하는 사용자 관점에서 진정한 의미의 저지연 성능 목표가 추가되었다고 평가할 수 있다. 사용자 체감속도 1Gbps와 함께 종단 간 저지연 서비스 제공 요구 사항은 6G 네트워크 구조 및 적용기술 설계에 직접 영향을 미치는 주요 KPI(Key Performance Index)이다.

3. 서비스 시나리오

ETRI는 6G를 구성하는 사용 요소를 정의하고



출처 Reproduced with permission from Hexa-X[12].

그림 3 Hexa-X 프로젝트의 6G Use Cases

그에 기반한 서비스 시나리오(Use Cases)를 제시하였다[9]. 5G에서 제시된 세 가지 사용 요소를 초광대역(Ultra Broadband), 초정밀 측위(Ultra Precision Positioning), 초고신뢰·저지연(Ultra High Reliability & Low Latency), 초공간(Ultra 3D Coverage), 초연결(Ultra Massive Connectivity), 초절감(Ultra Low Energy)의 6가지로 세분화고 그에 따른 서비스 시나리오가 매핑되는 형태를 취했다.

한편 Nokia 주도의 유럽연합 대규모 6G 민간 연합 프로젝트인 Hera-X에서는 구체적인 개별 서비스 시나리오보다는 그림 3에서 보이는 바와 같이 지속가능성(Sustainability), 사회적 포용성(Inclusiveness), 신뢰성(Trustworthiness) 등을 미래 핵심 가치로 정의하고, 이를 뒷받침하기 위한 인프라로서 6G가 추구해야 하는 5개 분야의 서비스 지향점을 제시하고 있다[12].

- Sustainable Development – UN의 SDG 달성과 연계하여 지속가능한 사회 실현을 위한 수단을 추구한다. 서비스 취약 계층 없이 모두가 원격에서 가상 경험(E-Health 등)을 받을 수 있도록 더 넓은 서비스 커버리지와 성능 보장을 고려하고 있으며, 효율적인 기후/환경 변화 대응 필요성을 제시한다.
- Massive Twinning – 디지털 트윈이 도시, 환

경, 물류, 수송, 엔터테인먼트, 사회적 관계, 의료, 국방, 공공안전 등의 전 영역으로 확대된다. 물리 세계의 완벽하고 정확한 디지털 세계로의 동기화를 통해서 삶의 질을 개선하고 생산성을 높이게 될 것이다.

- Immersive Telepresence – 혼합현실, 홀로그래픽 등을 활용하여 물리세계와 가상세계의 모든 대상과 언제, 어디서나 원하는 때에 사용자의 모든 감각이 소통될 수 있는 강화된 텔레프레즌스를 기반으로 가상세계와 물리세계의 결합을 추구한다. 극한의 몰입 경험이 요구하는 대역과 지연이 효율적으로 해결되어야 한다.
- From Robot to Cobot – 단순 명령에 따라 제어되는 로봇에서 확장되어 로봇 간 서로 공생 관계의 협력을 수행하여 복잡한 문제를 더 효율적으로 해결하고 인간의 필요나 요구에 더 지능적인 대응을 할 수 있는 AI 기반의 협동로봇(Collaborative Robot) 시대를 추구한다. 신뢰성이 보장되는 환경에서 지능의 협업이 이루어질 수 있도록 네트워크 및 자원 제어가 잘 이루어져야 한다.
- Local Trust Zones for Human & Machine – 더 많은 것이 연결되고 정보를 공유함에 따라서 민감한 정보의 전달 역시 증가하고 있다. 신체, 자동이동체, 스마트시티 등으로부터 발생되는 민감한 정보를 안전하게 유통시킬 수 있는 초고신뢰 네트워크의 지역화를 추구한다. 이러한 지역화된 신뢰 네트워크는 자율적이고 지능적인 방법으로 동적으로 설정될 수 있어야 한다.

그 외 다양한 논문에서 Hexa-X에서 제시한 것

출처 W. Jiang et al., "The road towards 6G: A comprehensive survey," IEEE Open J. Commun. Soc., vol. 2, 2021, pp. 334-366, CC BY-NC-ND 4.0.

그림 4 3D 입체통신을 포함한 6G 배치 시나리오

보다는 좀 더 세부적인 서비스 시나리오도 논의되고 있다. AR/VR을 포함한 홀로그래픽 기반 통신[18–20], 감각통신을 위한 햅틱 서비스[19,20], 원격의료 등을 위한 Intra-body Network[18], 원격진료, 로봇제어 등을 위한 Tactile 서비스[20,21] 등 구체적인 시나리오와 기술 요구를 제시하고 있다. 이들은 주로 THz 주파수 특성을 활용할 수 있고, 초광대역 및 초저지연 특성을 가지는 서비스 등을 대상으로 하며, 큰 틀에서는 전술한 Hera-X의 커다란 지향점 내에 포함되어 분류될 수 있다.

연결성 측면에서는 그림 4에서 보이는 바와 같이 기존 지상망(Terrestrial Network)만을 활용하던 방식에서 벗어나 무인 비행체, 위성, 해상 및 수중 등 지구상의 전체를 연계할 수 있는 3D 통신에 대한 밑그림이 그려지고 있다[9,20–23].

Ⅲ. 6G 코어 네트워크 실현을 위한 주요 인에이블링 기술 동향

Ⅱ장에서 살펴본 6G 비전, 성능 목표, 시나리오는 단말, 액세스 그리고 코어 네트워크까지 각 기술이 서로 조화를 이루면서 독립적인 혁신도 함께 이루어져야 가능하다. 이 장에서는 6G 코어 네트워크 구조와 그 구조를 실현하기 위한 구체적인 기술 트리(Technology Tree)가 아직은 제시되지 않았지만, 기술 방향에 있어 견해차가 크지 않아 6G 비전 실현을 위해 코어 네트워크에 적용될 것으로 예상하는 세 가지 주요 인에이블링 기술을 살펴본다.

1. 네트워크-컴퓨팅 융합 기술

5G는 에지 컴퓨팅이 기본 구조로 포함되어 데이터 플레인 기능인 UPF(User Plane Function)를 전진 배치하여 사용자와 가까운 곳에 있는 에지 컴퓨팅을 통해 응용 수행을 구조적으로 지원하기 시작하였다. 저지연을 요구하는 응용 서비스 지원 및 단말 스스로 처리하기 어려울 정도의 많은 컴퓨팅을 요구하는 응용에 대한 작업 오프로딩이 자연스럽게 지원된다.

인-네트워크 컴퓨팅(In-Network Computing)은 에지 컴퓨팅이 지원하는 네트워크-컴퓨팅 융합을 한 단계 더 끌어올리기 위한 최근 연구동향이다. 인터넷 선행 기술을 연구하는 IRTF(Internet Research Task Force)의 COIN(Computing in the Network) 연구그룹[24]을 중심으로 논의 중이다. 프로그래머블 디바이스에서의 네트워크 기능 구현 이슈, 데이터 플레인 구조, 분산된 컴퓨팅 자원의 연합 사용을 위한 프로토콜 등 다양한 스펙트럼에서 네트워크 내에서 분산된 컴퓨팅 자원을 최적 활용할 수 있는 기술 연구를 진행하고 있다. ICN(Information-Centric Networking) 연구그룹[25]과 긴밀한 협력 관계를 통해 기존 프로토콜에 한정된 사고 틀을 벗어나 인-네트워크 컴퓨팅 기술의 혁신도 함께 추구하고 있다.

2. AI/ML기반 네트워크 자동화 기술

AI/ML(Artificial Intelligence/Machine Learning) 기술 분야는 미래 네트워크의 서비스 효율성, 운용 효율성 확보 측면에서 적용되어야 할 가장 중요한 기술 분야가 될 것으로 예상한다.

5G 코어 네트워크의 자동화를 위하여 네트워크 데이터 수집 및 분석을 위한 NWDAF(Network Data Analytic Function)가 도입되었고[26,27], ETSI에서는 ZSM(Zero-touch network and Service Management) 그룹[28]이 신설되는 등 네트워크의 자동화 및 지능화에 대비한 표준화 및 연구개발이 진행 중이다[29-31].

AI/ML 기반의 네트워크 자동화는 소프트웨어 기반 가상자원의 자동배치, 트래픽 분석, 네트워크 장애 관리 등을 중심으로 한 망 운용/제어/관리의 자동화를 목표로 하고 있다[32].

다양한 버티컬 도메인에 대한 서비스 제공, 이기종 액세스 네트워크 통합, 네트워크의 최적 운영 등을 위한 가상화 및 슬라이싱이 심화되고 있는 가운데, 슬라이스의 자동화, 가상자원 배치 최적화 등에 AI/ML의 적용은 필수적으로 수반되어야 할 기술 분야임이 분명하다.

3. 저지연 서비스 제공 기술

네트워크는 이제 단순한 데이터 전달의 역할을 뛰어넘어 가트너[33]에서 정의한 운영기술(OT:

Operational Technology; 기업, 생산공정에서 물리적 장치, 프로세스 및 이벤트를 직접 모니터링하고 제어하여 과정의 변경을 감지하거나, 직접 변경하는 하드웨어/소프트웨어)의 기반으로 자리 잡아 가고 있다. 더 이상 최선형(Best Effort)의 전달 서비스로는 OT가 요구하는 품질 및 신뢰성 보장이 어렵다. 정확성이 핵심인 OT 영역의 서비스를 위해 지연, 지터 등과 같은 요구 조건이 주어졌을 때 그 요구를 정확하게 만족할 수 있어야 한다.

5G부터 산업 자동화 영역 등 OT가 요구하는 저지연 요구사항 만족을 위해 이더넷 망 규모에서의 저지연 네트워킹 제공 표준인 IEEE TSN (Time-Sensitive Networking) 기술[34]을 모바일 네트워크 수용하기 위한 표준화 및 연구개발을 진행해 왔다. 모바일 망 자체를 하나의 TSN 브릿지 역할을 하도록 하여 모바일 네트워크를 통하여 TSN 단말 간 연동되도록 하는 기술이다. 따라서 아직은 모바일 네트워크 차원에서의 범용적인 저지연 기술이라기보다는 TSN 네트워크 및 장비만을 특정 대상으로 하는 저지연 기술이라는 한계가 있다.

IP 계층에서의 저지연을 위한 기술로는 IETF의 DetNet(Deterministic Networking) 표준 기술[35]이 인터넷망을 통한 저지연 달성 제공을 목표로 논의되고 있다. 라우팅, 시그널링 및 데이터 플레인 포워딩 기술 등이 표준화되고 있으며, TSN 기술과의 연동을 위한 작업도 함께 진행되고 있다.

또한 ITU-T는 NET-2030 포커스 그룹[36]을 통해 2030년 이후의 네트워크에 대한 요구사항 도출과 이에 기반한 네트워크 구조수립에 있어서 확정적 QoS에 대한 중요성을 강조하고 현재 수준의 TSN, DetNet의 한계를 극복하는 새로운 네트워크 계층의 프로토콜을 제시한 바 있다.

Ⅳ. 6G 코어 네트워크 구조 연구 방향

전술한 바와 같이 현재 상황에서 구체적인 6G 코어 네트워크의 상세한 구조를 논의하기는 쉽지 않다. 본고에서는 정형화된 코어 네트워크 구조를 제시하기보다는 6G의 성능 및 서비스 요구사항 만족을 하는 데 필요한 코어 네트워크 구조 연구 방향을 제시하고자 한다.

1. 기능 분산화

그림 5는 4G에서 5G로 진화되는 과정에서 기능 분산화가 어떻게 진행되었는지 보여주고 있다. 기존 4G 코어 네트워크는 주로 중앙국사에 집중되어 배치되어 모든 트래픽이 전달망을 통해서 코어 노드로 전달되었다. 하지만 점차 데이터양이 폭증하고, 저지연 서비스 요구가 확대됨에 따라서 4G-Advanced를 거쳐 5G에서는 가입자 근접성이 확보되는 에지(지역국사)로 분산배치되기 시작하였다. 이러한 분산배치의 실현에는 코어 네트워크의 제어계층과 데이터계층의 분리개념 및 가상화 기술 도입이 중요한 역할을 수행하였다.

5G에서보다 더 많은 대역과 더 낮은 지연을 요

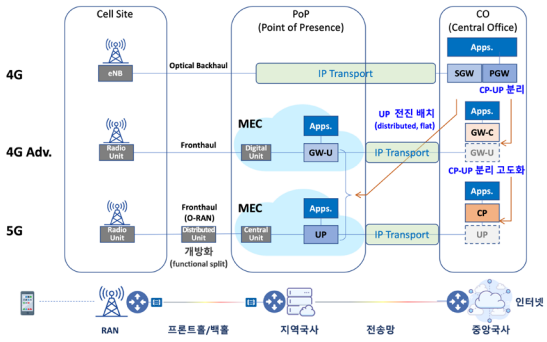


그림 5 4G/5G 이동통신망의 분산구조 진화

구하는 다양한 서비스 실현을 목표로 하는 6G에서 이러한 기능의 분산배치는 더 심화되어 초분산 구조로 진화될 것으로 예상한다. 모바일 코어의 기능은 그러한 초분산화에 따라 수반되는 도전 이슈를 해결해야 할 것이다.

6G의 기능 분산 배치를 심화하는 첫 번째 요인으로 생각할 수 있는 것은 무선광대역화 실현을 위한 THz와 같은 초고주파 사용이다. THz 주파수를 이용한 전송 거리를 늘리기 위한 기술 연구가 활발하게 진행 중이지만 그 주파수 특성으로 셀 반경이 100m 이내로 제한될 것이다. 이러한 주파수 특성은 THz를 이용하여 일반인을 대상으로 한 전국망 서비스 시나리오보다는 특정 서비스에 한정되어 제공될 가능성이 더 커 보인다. 현재까지 제시된 6G 유즈케이스들 또한 주로 WBAN(Wireless Body Area Network), Factory Network, Intra-Vehicle Network 등 근거리망(Local Network) 적용이 주로 언급되고 있다[18,37].

기능의 분산 배치를 가속하는 두 번째 중요한 요인은 6G 네트워크에서의 지연에 대한 성능목표치이다. 원격수술 등 Tactile 서비스들이 이루어지기 위해서는 종단 간 1ms 이하의 지연이 요구되고 있으며[38], 6G는 무선구간 0.1ms 이하와 종단 간 1~6ms 이하 수준의 지연을 목표로 하고 있다. 앞서 언급한 종단 간 확정적 QoS 기술이 적용된다고 하더라도 종단 간 지연을 생각하면 모바일 코어의 기능이 서비스 종단에 더 가까이 배치되어야 한다. Network of (Sub)Networks, RAN-Core Convergence, Nano-Core 등의 용어로 제시되고 연구[18,38,39]되고 있는 것처럼 6G 셀이 집중된 로컬 영역에 개별적으로 배치되거나 혹은 셀 사이트까지 코어의 일부 기능 혹은 전체 기능이 분산되어 배치될 것으로 예상한다.

이러한 초분산 구조가 가져올 다양한 기술적 도전 이슈에 대한 분석과 그 해결책 제시를 위한 연구가 필요하다. 예를 들어, 사용자가 초분산 구조의 코어 네트워크 내 이동으로 인한 이동성 지원과 인증이 효율적으로 지원될 필요가 있다. 작은 셀 반경을 가로질러 불연속적으로 포설될 로컬망과 광역망 사이를 이동할 때 인증을 받고, 세션에 대한 연속성을 보장받아야 한다. 다단계 혹은 다중인증체계 등 인증체계의 변화와 인증을 위한 별도의 초고속 신호망 등의 필요성 등에 관한 연구가 필요하다.

2. 유무선 액세스 융합

유무선 융합은 4G, 5G를 거쳐 지속해서 추진한 모바일 네트워크의 진화 방향이다. FMC(Fixed-Mobile Convergence)라는 개념으로 유선을 포함하여 이종의 액세스 망 통합이 진행되었다. 4G까지는 이기종 액세스 망을 데이터 오프로딩을 위한 활용 관점에서 접근해온 반면 5G는 이종 망을 통한 신호전달까지 완전히 통합하게 되면서 진일보하게 되었다. 하지만 액세스 망 통합이란 용어가 말해 주듯 모바일 단말이 유선망의 다른 단말과의 종단 간 서비스는 여전히 고려되지 않는 한계가 있다.

6G는 저궤도 위성의 완벽한 수용을 비롯하여 5G까지 추진해온 액세스 통합을 더욱 발전시키고 그 범위를 확장시켜, 지역적·계층적 소외를 줄여나가고 궁극적으로는 디지털 정보 격차(Digital Divide)를 최소화하고 좀 더 사회적 포용을 확대하는 데 일조할 수 있을 것이다.

6G는 서비스 제공에 있어 액세스 망을 넘어서 유무선 단말 간 진정한 의미의 유무선 융합망으로 발전되어야 한다. 무선 네트워크 내에서만 제공되는 서비스는 그 범위와 응용에 있어서 제한적일 수밖에 없다. 인터넷을 통해서 연결된 유선 단말과

의 종단 간 서비스가 통합적으로 제공될 수 있도록 6G 모바일 코어의 제어 체계는 유선망과의 긴밀한 협력 및 연동이 고려되어야 한다.

3. 초정밀 QoS 보장

좀 더 정밀한 QoS 보장이 제공되어야 한다. 단순하게 빠른 지연과 낮은 지터, 그리고 높은 대역을 보장하는 기술이 아닌 서비스의 요구 및 특성에 따라서 필요한 만큼의 정밀한 QoS 제공을 위한 모바일 코어 네트워크 기술이 필요하다. 현재 5G까지 진행되어 온 TSN과 DetNet을 단순하게 확장하는 형태가 아닌 네트워크 계층, 전송 계층에서의 새로운 네트워크 프로토콜, QoS 제공 프레임워크를 포함한 모바일 코어 네트워크 구조적 측면에 대한 연구가 필요하다.

네트워크 기능 가상화가 보편화되고, 저궤도 위성과 같은 특성이 상이한 새로운 액세스 네트워크의 출연 등을 고려하여 서비스별 QoS 제공 한계를 명확하게 제시하는 것 역시 구조 차원에서 고려되어야 할 것이다. 예를 들어, 종단 간 QoS 보장 시 거리의 물리적 한계를 넘어서 저지연 요구를 만족시킬 수 없다. 광전송의 최대 속도, 저궤도 위성 채널에 내재된 지연 등 네트워크 환경에 대한 명확한 인지를 기반으로 한 서비스 제공이 고려되어야 한다.

초분산 네트워크 환경으로의 변화에 따라서 네트워크의 역동성도 증대될 것이다. 동적인 소규모 네트워크 간의 경로 설정을 위한 라우팅 프로토콜 또는 경로 제어 메커니즘 역시 QoS에 중요한 역할을 할 것으로 보인다. 네트워크 환경 변화에 동적으로 대응하여 최적 연결성을 제공하기 위해 기존 라우팅 프로토콜의 한계를 분석하고 최적의 라우팅 프로토콜 또는 그 대체 방안을 도출해야 한다.

4. 서비스 다양성 수용

앞서 서비스 시나리오를 통해서 살펴본 바와 같이 6G는 전통적인 통신망으로의 역할을 넘어서 다양한 버티컬 산업군에 적용되어 역할이 확대해 나갈 것이다. 홀로그래픽, AR/VR, 햅틱, 협동로봇, 자율이동체 등 다양한 형태의 서비스가 전개될 것이다. 이들 서비스는 초광대역 요구, 초저지연 요구 등 서비스별 요구사항에 있어 많은 차이를 갖고 있다.

COVID-19 경험 이후 업무/교육/의료 등을 포함한 많은 사회활동의 원격화가 더 확대될 것으로 예상하며, MZ세대를 중심으로 한 온라인상에서 멀티페르소나 실현 욕구가 증대됨에 따라서 점점 더 서비스의 다양성 요구도 확대될 것이다[40-42].

이러한 광범위한 서비스 특성과 다양성을 수용하기 위하여 향후 네트워크에 대한 가상화/슬라이스화는 현재보다 더욱 심화되어야 할 것이다. 6G는 각 네트워크 슬라이스별로 완전히 다른 네트워크 구조 및 프로토콜 적용을 검토할 수 있다. 서비스 중심적인 멀티 테크놀로지 기반의 네트워크가 될 수 있도록 모바일 네트워크 코어 구조 개발이 필요하다. 종단 간 초저지연을 요구하는 응용이 인터넷 스트리밍 응용과 동일한 네트워크 프로토콜로 서비스되기보다는 개별 응용의 특성에 따라 최적의 네트워크 구조, 프로토콜, 기술을 기반으로 독립적 발전이 가능할 것이다.

5. AI 내재화 기반 지능화·자동화

앞서 제시된 모바일 코어의 연구 방향인 “기능 분산화”, “유무선 융합 액세스”, “초정밀 QoS 보장”, “서비스 다양성 수용” 등은 네트워크의 유연

성을 확장시키는 반면, 이에 따라 복잡도 역시 증대시킬 것이다. 수동 제어를 통해서 6G에서의 다양한 요구사항에 맞춰 최적의 기능을 찾아 제공한다는 것은 거의 불가능하게 되었다. 다양한 기능 요소의 요구와 상태를 지능적으로 파악하고 오케스트레이션해야 한다. 예를 들어, 저지연 서비스를 요청하는 하나의 응용에 대해서 TSN, DetNet 등에 기반한 네트워크 스케줄링 기술, 인-네트워크 컴퓨팅 기술 등 초저지연을 제공하기 위한 다수의 구성요소를 네트워크는 지능적으로 판단하고 각각에 대한 최적의 제어와 기능 배치를 자동으로 수행하여야 한다. ETSI ZSM 등에서 추진하고 있는 네트워크 운용/관리 측면의 자동화가 6G에는 완성되고 발전할 것이다.

홀로그래픽, AR/VR, 햅틱, Tactile 등 6G 서비스가 추구하는 궁극적인 지향점은 사용자에게 극한의 몰입 경험(Extremely Immersive User Experience)을 제공하는 것이다. 특히 6G가 실현될 2030년대는 온라인을 통한 다양한 경험을 중요시하며 즉각적인 반응을 요구하는 MZ세대가 주역이 됨에 따라서 이러한 사용자 경험이 더욱 강화되고 그에 대한 즉시성 보장이 더 중요하게 될 것이다[43]. 이에 6G 네트워크는 사용자의 상황을 지능적으로 인지하여 필요한 서비스를 자동으로 실행하거나 대화 상대(Human) 또는 사물(Things)에 대한 연결을 즉시 제공할 수 있어야 한다.

모바일 코어의 핵심인 접속 제어 기능(AMF: Access and Mobility Management Function), 세션 제어 기능(SMF: Session Management Function)을 포함하여 각 기능 자체의 지능화가 진행될 것이다. 각 기능이 피동적으로 NWDAF에 데이터를 제공하고 그로부터 제어를 받는 구조에서 각 기능은 AI/ML 내재를 통한 능동적 지능 주체로 발전할 것이며, 각 기능 간 유기적 지능 연합을 통해 스스로 발전하는 자율 진화 기능으로까지 발전할 수 있을 것으로 기대된다.

앞서 언급된 6G 코어의 지능화·자동화 방향은 네트워크 곳곳에 컴퓨팅이 분산되어 내재되는 네트워크-컴퓨팅 융합 그리고 AI/ML 내재를 기반으로 6G 코어의 다른 구조적 변화까지 영향을 주며 핵심적인 구조 요소가 될 것이다.

6. RAN의 진화에 따른 코어 구조 고려사항

RAN 구조에 대한 혁신도 모바일 코어의 변화에 많은 영향이 있을 것으로 보인다. 6G에서는 무인 이동체 스스로가 독립적인 셀 역할을 하며 이동하거나, 셀 경계가 없는 MIMO 기술도입 등 Cell-less, Cell-free 형태의 RAN 구조 구현을 위해 연구되고 있다[44-46]. 이러한 무선 액세스 네트워크에서의 변화에 맞춰 단말의 인증, 트래픽 경로제어 등에 있어 코어 네트워크에서의 제어 기능에 관한 연구가 진행되어야 한다.

Ⅴ. 결론

본고에서는 2030년을 목표로 하는 6G 네트워크가 추구하는 바와, 이를 실현하기 위하여 적용 가능한 연구개발이 진행 중인 기술 현황, 그리고 이를 종합하여 크게 여섯 가지 측면에서의 6G 코어 네트워크 구조연구 방향을 제시하였다.

AI 기술적용의 본격화, COVID-19 등을 통한 기술적·사회/문화적 변혁기 속에서 과거에서 현재를 예측했던 것보다 향후 미래 변화를 예측하기는 쉽지 않다. 또한, 이제 막 시작한 6G 연구이니 만큼 향후 다양한 요인에 의해 변화 가능성이 농후하다. 다행스러운 것은 6G에 대한 논의가 과거 세대별 진화 때보다는 빠르게 시작되어 적용까지 아

직 10년이란 충분한 시간이 있다는 것이다. 특히 2019년 상용화된 5G의 경우 코어 네트워크 연구가 2016년에서야 본격적으로 시작되었음을 고려할 때 6G 코어 네트워크를 위한 기술은 다양한 진화 및 혁신 기술을 다각도에서 접근해 볼 시간적 여유가 충분하다.

5G까지 성공적인 상용화를 이루었다고는 하지만, 기술 측면에서 개발 초기의 목표들이 전부 실현이 못 되었다는 것은 아쉬움으로 남는다. 6G는 기술/사회/문화적 변화의 예측을 기반으로 최적의 구조도출과 기술적용을 통하여 단순 기능적 목표치 달성 이외에 명실상부한, 국가 지능화의 완성을 위한 '지속가능한 디지털 사회 간접자본(Sustainable Digital SoC)'으로 자리매김할 수 있어야 할 것이다.

용어해설

6G 코어 네트워크 6G 무선 접속망과 더불어 통신 서비스 제공을 위한 핵심 부분으로 신호처리 등을 담당하는 제어 플레인과 사용자 데이터 포워딩을 담당하는 유저 플레인으로 구성

약어 정리

AI	Artificial Intelligence
AMF	Access and Mobility Management Function
AR	Augmented Reality
ATIS	Alliance for Telecommunications Industry Solutions
COIN	Computing in the Network
DetNet	Deterministic Networking
ICN	Information-Centric Networking
IRTF	Internet Research Task Force
KPI	Key Performance Index
ML	Machine Learning
OT	Operational Technology
SDG	Sustainable Development Goal
SMF	Session Management Function
TSN	Time-Sensitive Networking
UPF	User Plane Function
VR	Virtual Reality

참고문헌

[1] https://www.oulu.fi/6gflagship/

[2] https://hexa-x.eu/

[3] https://nextgalliance.org/

[4] 송영근, "중국 CCID 6G 개념 및 비전 백서," ETRI Insight, 2020. 6.

[5] https://www.yna.co.kr/view/AKR20201118080600083

[6] https://www.chosun.com/economy/2020/12/11/FJRCJ4EFHNHWHD6K6LVPVNVPPA/

[7] 과학기술정보통신부, "6G 시대를 선도하기 위한 「미래 이동통신 R&D 추진전략」," 2020.

[8] Samsung, "6G: The next hyper-connected experience for all," 2020. 7.

[9] ETRI, "6G Insight: 비전과 기술," 2020. 11.

[10] Department of Economic and Social Affairs(UN), https://sdgs.un.org/goals

[11] University of OULU, "6G research visions, no. 6," White paper on 6G Networking, June 2020.

[12] Hexa-X Project of Horizon 2020, "6G vision, use cases and key societal values," Feb. 2021.

[13] KDDI, "Beyond 5G/6G white paper," Mar. 2021.

[14] M.H. Alsharif et al., "Sixth generation (6G) wireless networks: Vision, research activities, challenges and potential solutions," Dec. 2020.

[15] M.W. Akhtar et al., "The shift to 6G communications: Vision and requirements," Human-centric Comput. Inf. Sci. vol. 10, Dec. 2020.

[16] S. Dang et al., "What should 6G be?," Nat. Electron., Jan. 2020.

[17] I.F. Akyildiz et al., "6G and beyond: The future of wireless communications systems," IEEE Access, June 2020.

[18] G. Berardinelli et al., "6G subnetworks for life-critical communication," in Proc. 6G Wirel. Summit, Levi, Finland, Mar. 2020.

[19] L.U. Khan et al., "6G wireless systems: A vision, architectural elements, and future directions," IEEE Access, July 2020.

[20] H. Tataria et al., "6G wireless systems: Vision, requirements, challenges, insights, and opportunities," Proc. IEEE, Mar. 2021, pp. 1-34.

[21] W. Jiang et al., "The road towards 6G: A comprehensive

survey," IEEE Open J. Commun. Soc., vol. 2, 2021, pp. 334-366.

[22] Y. Zhao et al., "6G mobile communication network: Vision, challenges and key technologies," SCIENTIA SINICA Inf., vol. 49, no. 8, 2019.

[23] H. Yao et al., "The space-terrestrial integrated network: An overview," IEEE Commun. Mag., vol. 56, no. 9, Sept. 2018.

[24] IRTF Computation in the Network Research Group, https://irtf.org/coinrg

[25] IRTF Information-Centric Networking Research Group, https://irtf.org/coinrg

[26] 3GPP TS 23.288, "Architecture enhancements for 5G system (5GS) to support network data analytics services," 2021. 3.

[27] 3GPP TS 23.501, "System architecture for the 5G system (5GS)," 2021. 3.

[28] ETSI, Zero touch network & Service Management (ZSM), https://www.etsi.org/technologies/zero-touch-network-service-management

[29] ETSI GS ZSM 001, "Zero-touch network and service management (ZSM); Requirements based on documented scenarios," 2019. 10.

[30] ETSI GS ZSM 002, "Zero-touch network and service management (ZSM); Reference architecture," 2019. 8.

[31] ETSI GS ZSM 003, "Zero-touch network and service management (ZSM); Means of automation," 2020. 5.

[32] 김태연 외, "네트워크와 AI 기술동향," 전자통신동향분석, 제35권 제5호, 2020. 10, pp. 1-13.

[33] Gartner, "IT and operational technology: Convergence, alignment and integration," 2015. 10.

[34] N. Finn, "Introduction to time-sensitive networking," IEEE Commun. Stand. Mag., vol. 2, no. 2, June 2018.

[35] IETF RFC 8655, "Deterministic networking architecture," 2019. 10.

[36] https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/net2030/Pages/default.aspx

[37] R. Adeogun et al., "Towards 6G in-X subnetworks with sub-millisecond communication cycles and extreme reliability," IEEE Access, vol. 8, May 2020.

[38] F. Tariq et al., "A speculative study on 6G," IEEE Wirel. Commun., vol. 27, no. 4, Aug. 2020.

[39] H. Viswanathan et al., "Communications in the 6G Era," IEEE Access, vol. 8, Mar. 2020.

[40] J. Schenker, "코로나 이후의 세계," 미디어숲, 2020.

[41] 김난도 외, "트렌트코리아 2021," 미래의 창, 2021.

[42] Gartner, "Top strategic technology trends for 2021," 2020. 10.

[43] 한국경제신문, "넌 어느별에서 왔니?…기성세대와는 완전히 다른 M세대 10가지 특징, since 1981~," 2018. 10.

[44] V. Ziegler et al., "6G architecture to connect the worlds," IEEE Access, vol. 8, 2020. 8.

[45] J.F. Monserrat et al., "Key technologies for the advent of the 6G," in Proc. IEEE Wirel. Commun. Netw. Conf. Workshops (WCNCW), Seoul, Rep. of Korea, Apr. 2020.

[46] L. Wanget al., "Cell-less communications in 5G vehicular networks based on vehicle-installed access points," IEEE Wirel. Commun., vol. 24, no. 6, Dec. 2017.