

- 우수성과

세계 최초 200 Gbps 급 6G 무선전송기술 시연 성공 및 6G 핵심 원천기술 확보
- 연구자

김일규 (한국전자통신연구원 이동통신연구본부장)

6G가 열여가는 초지능 연결의 시대, 핵심 원천기술로 앞서간다

“*Whatever may be its present shortcomings and defects, there can be no doubt that wireless telegraphy—even over great distances - has come to stay, and will not only stay, but continue to advance*”

(현재의 단점과 결함이 무엇이든 간에, 무선 전신은 먼 거리에서도 유지되어 왔으며, 앞으로도 계속 발전할 것이라는 데에는 의심의 여지가 없습니다.)

- 굴리엘모 마르코니, 1909년 노벨 물리학상 수상 강연에서

새로운 패러다임을 제시할 6G 이동통신

하루가 시작되는 오전 8시가 되자 홍AI가 집안의 밝기와 온도 등을 기상에 적합하게 조절한다. 냉장고는 민준 씨가 지난 며칠 동안 집과 외부에서 먹은 식단을 분석해 최적의 아침 식사를 권한다. 식사를 마치고 나서는 서재로 들어가 업무를 시작한다.

첫 업무는 해외에 있는 스마트팩토리의 생산라인 최적화에 관한 검토다. 공장의 디지털 트윈이 대형 모니터에 펼쳐지고, 공장 내 수천 개의 센서와 로봇이 보내는 실시간 데이터를 분석한 AI의 보고가 올라온다. 함께 일하는 팀원들은 각자에 흠어져 있지만, 네트워크로 상시 연결되어 있어 불편함이 전혀 없다.

일과를 마친 민준 씨에게 좋은 소식이 들려온다. 예정되어 있던 어머니의 원격 수술이 무사히 끝났다는 것이다. 해당 집환의 최고 전문가였던 의사가 수백 킬로미터 떨어진 곳에서 로봇 팔을 조종해 정밀한 수술을 해냈고, 결과는 좋았다.

몇 달 뒤 다소 여유가 생긴 민준 씨는 휴가를 떠난다. 주차장으로 들어서자 자율주행 자동차가 다가와 서더니 문이 열린다. 차에 타자 자동차는 주변 상황을 모두 알고 있는 듯이 최적의 경로로 바닷가 도시를 향해 달린다. 주변에 수많은 자동차와 드론이 오가고 있지만, 마치 한 무리의 새 떼처럼 서로 부딪히는 일 없이 매끄럽게 움직인다.

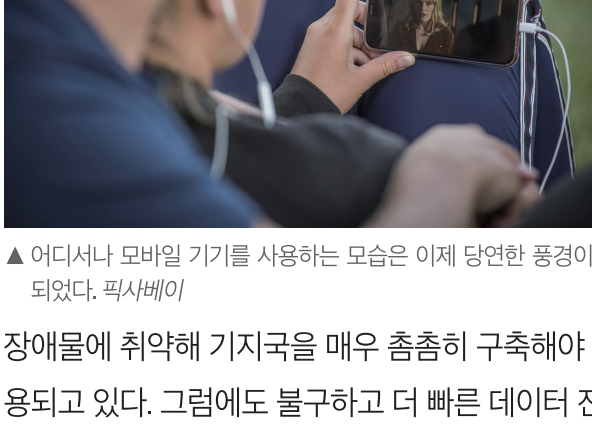
바닷가에서 배로 갈아탄 민준 씨는 먼바다로 나가 낚시를 즐긴다. 조용히 고독을 즐기던 그때 친구들이 메타버스 공연장에 초대한다. 혼자만의 시간을 방해받은 건 아쉽지만, 바다 한가운데서 안정 디스플레이를 쓰고 화려한 콘서트를 즐기는 것도 나름대로 낭만이 있다고 생각한다.

위 내용은 가까운 미래의 생활상을 상상해 본 것이다. 이런 미래가 실현되기 위해서는 꼭 필요한 한 가지 핵심 기술이 있다. 바로 차세대 통신 기술이다. 단순히 빠르기만 해서 되는 게 아니다. 지금보다 훨씬 더 빠른 속도로 데이터를 전송할 수 있어야 하고, 통신 지연은 최소화되어야 하며, 음영 지역이 없고, AI와 통합되어 있어야 한다. 즉, 이와 같은 미래가 실현되기 위해서는 현재 개발 중인 차세대 이동통신인 6G(6세대) 통신이 상용화되어야 한다.

이동통신 기술은 대체로 10년 주기로 새로운 세대를 맞이했다. 1G는 아날로그 방식으로 음성통신만 가능했고, 2G는 디지털 방식으로 바뀌면서 문자메시지 같은 데이터 전송이 가능해졌다. 3G에서는 영상을 비롯한 멀티미디어 송수신이 원활해졌고, 4G는 고속 데이터 송수신으로 급속히 활성화된 모바일 환경에 대응했다.

현재 사용 중인 5G 이동통신 기술까지는 전송 속도를 높이고 지연을 최소화하는 데 중점을 두고 발전했다. 하지만 6G는 5G보다 높은 전송 속도뿐만 아니라 앞서 묘사한 것과 같은 혁신적인 서비스를 가능하게 하며 산업계와 사회 전반에서 통신의 새로운 패러다임을 제시할 전망이다.

초고속·초저지연·초공간으로 진화하는 6G 이동통신

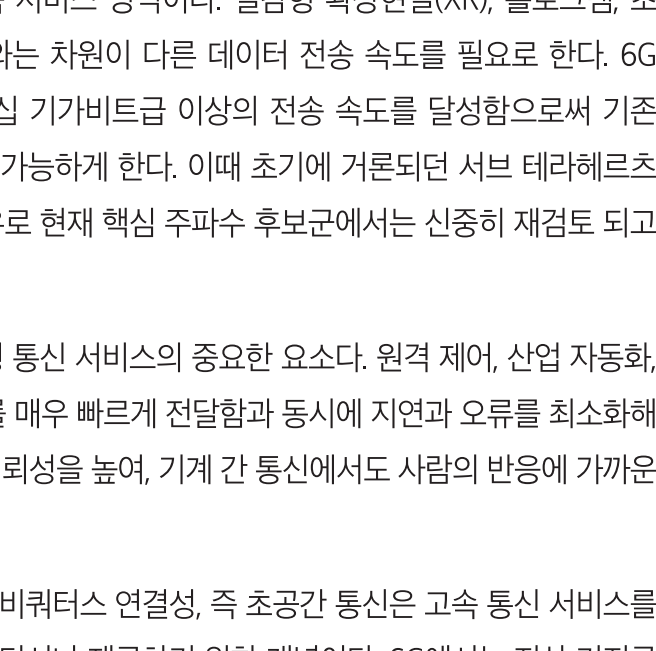


▲ 어디서나 모바일 기기를 사용하는 모습은 이제 당연한 풍경이 되었다. 픽사베이

오늘날의 이동통신 기술은 전자기파, 즉 빛을 이용한다. 전자기파는 진동수에 따라 전파, 마이크로파, 적외선, 가시광선, 자외선 등으로 나뉘며 일반적으로 진동수가 높을수록 같은 시간 동안 더 많은 정보를 전송할 수 있다. 즉, 이동통신의 세대 진화는 곧 더 높은 데이터 전송 속도를 달성하기 위한 도전의 역사라고 할 수 있다.

현재 상용화된 5G 이동통신은 주로 3.5 GHz 대역을 중심으로 이루어지고 있으며, 초고속 전송을 목표로 28GHz 밀리미터파 대역도 도입되었다. 그러나 28 GHz 대역은 도달 거리가 짧고 장애물에 취약해 기지국을 매우 촘촘히 구축해야 하는 한계가 있었고, 이로 인해 실제 서비스에서는 제한적으로 활용되고 있다. 그럼에도 불구하고 더 빠른 데이터 전송 속도에 대한 요구는 계속해서 증가하고 있다.

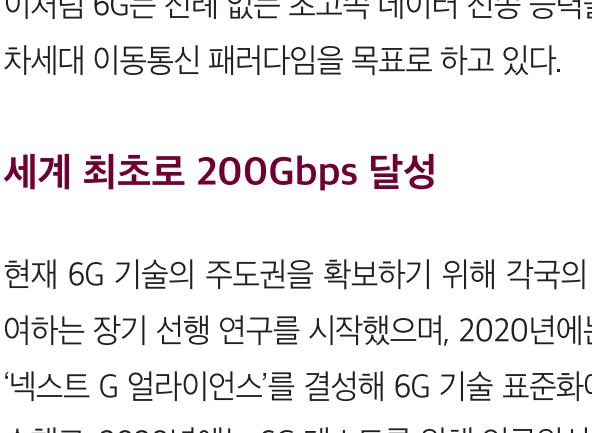
차세대 이동통신인 6G는 이러한 한계를 극복하고, 5G를 훨씬 뛰어넘는 초고속 데이터 전송을 핵심 목표로 삼고 있다. 동시에 6G는 속도 향상에 그치지 않고, 통신이 수행하는 기능과 활용 범위를 근본적으로 확장하는 것을 지향한다. 이에 국제전기통신연합(ITU-R)은 IMT-2030 프레임워크를 통해 6G의 핵심 사용 시나리오를 물입형 통신(초고속), 초저지연·초고신뢰 통신, 유비쿼터스 연결성(초공간), 통신과 센싱의 결합, AI와 통신의 결합, 초연결 통신의 여섯 가지로 제시했다.



▲ 초고속 데이터 전송은 XR과 같은 물입형 현실을 가능하게 한다. 위키미디어

먼저 물입형 통신은 6G가 추구하는 가장 대표적인 초고속 서비스 영역이다. 실감형 확장현실(XR), 홀로그램, 초고해상도 미디어와 같은 물입형 통신 서비스는 지금까지와는 차원이 다른 데이터 전송 속도를 필요로 한다. 6G는 새로운 변조·코딩 기술과 다중 안테나 기술을 통해 수십 기가비트급 이상의 전송 속도를 달성함으로써 기존의 영상·데이터 전달을 넘어 획기적인 사용자 경험 향상을 가능하게 한다. 이때 초기에 거론되던 서브 테라헤르츠(100~300GHz) 대역은 전파 손실과 구현 난이도 등의 이유로 현재 핵심 주파수 후보군에서는 신중히 재검토되고 있다.

초저지연·초고신뢰 통신 역시 초고속 전송과 맞물려 물입형 통신 서비스의 중요한 요소다. 원격 제어, 산업 자동화, 협력 로봇, 원격 의료와 같은 서비스에서는 대용량 데이터를 매우 빠르게 전달함과 동시에 지연과 오류를 최소화해야 하기 때문이다. 이에 6G는 지연을 극도로 줄이고 통신 신뢰성을 높여, 기계 간 통신에서도 사람의 반응에 가까운 수준의 실시간성을 제공하는 것을 목표로 한다.



▲ 실시간 원격 의료가 가능해지면 어디서나 첨단 의료 서비스를 받을 수 있다. 픽사베이

이때 유비쿼터스 연결성, 즉 초공간 통신은 고속 통신 서비스를 언제 어디서나 제공하기 위한 개념이다. 6G에서는 지상 기지국뿐 아니라 저궤도 위성, 고고도 플랫폼 등을 통합한 비지상 네트워크를 활용해 도심, 산간, 해상, 공중을 아우르는 전 지구적 초고속 연결을 지향한다.

한편 6G의 또 다른 특징은 통신과 센싱의 결합이라고 할 수 있다. 6G 네트워크는 데이터를 전송하면서 동시에 전파를 활용해 주변 환경과 물체의 위치·속도·상태를 인식할 수 있다. 통신 인프라 자체가 센서 역할을 하기 때문에 자율주행, 스마트 팩토리, 스마트 시티 등이 더욱 정밀하고 지능적인 서비스가 될 수 있다.

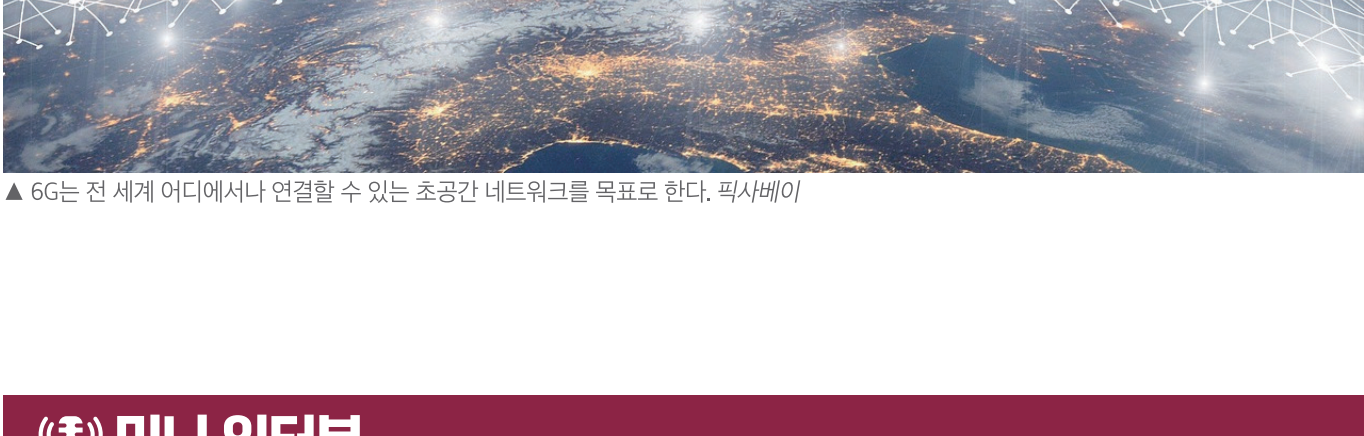
또한 AI와 통신의 결합도 빼놓을 수 없다. 초고속·초저지연 성능을 안정적으로 유지하기 위한 핵심 기술이기 때문이다. 이를 통해 네트워크 설계, 자원 관리, 장애 예측과 복구에 시가 깊이 융합돼 초고속 데이터 트래픽이 발생하는 환경에서도 스스로 최적의 통신 성능을 유지하는 지능형 네트워크가 구현될 것으로 기대된다. 마지막으로 초연결 통신은 사람, 사물, 공간, 디지털 객체가 대규모로 동시에 연결되는 환경을 의미한다. 초고속 데이터 전송 능력을 바탕으로 디지털 트윈, 메타버스, 대규모 사물인터넷(IoT)과 같은 차세대 서비스의 토대가 마련되는 것이다.

이처럼 6G는 전례 없는 초고속 데이터 전송 능력을 핵심 축으로 연결의 범위와 신뢰성, 기능을 함께 확장해 나가는 차세대 이동통신 패러다임을 목표로 하고 있다.

세계 최초로 200Gbps 달성

현재 6G 기술의 주도권을 확보하기 위해 각국의 경쟁이 치열하다. 미국은 2017년부터 국방고등연구계획국이 참여하는 장기 선행 연구를 시작했으며, 2020년에는 미국 통신사업자연합이 주도해 통신사업자와 제조사 연합체인 ‘넥스트 G 얼라이언스’를 결성해 6G 기술 표준화에 나섰다. 중국도 2019년부터 정부 차원에서 6G 기술 개발에 착수했고, 2020년에는 6G 테스트를 위해 인공위성을 세계 최초로 발사하기도 했다. 일본도 소프트뱅크와 NTT 등의 기업과 함께 ‘비온드 5G’ 프로젝트를 발족해 6G 기술 연구에 나서고 있다.

우리나라에서도 2019년 LG전자와 KAIST가 6G 연구센터를 설립했고, 한국전자통신연구원(ETRI)도 6G 이동통신 기술을 개발하고 있다. 2020년에는 과학기술정보통신부가 ‘미래 이동통신 R&D 추진전략’을 발표하고, 2021년부터 5년 동안 2000억 원을 투자하며 기술 개발을 지원하고 있다. 2025년까지 핵심 기술을 개발하고, 2028년까지 상용화를 지원한다는 계획이다.



▲ 200Gbps 전송 시연회 장면(좌)과 무선링크 성능을 보여주는 화면(우). ETRI

그 결과 2024년 말에는 세계 최초로 200기가비트(Gbps)급 6G 무선 전송 기술을 시연하는 데 성공했다. 주인공은 ETRI의 김일규 이동통신연구본부장이 이끄는 연구팀이다. 스웨덴의 통신장비 제조기업 에릭슨이 모바일 월드 포럼(MWC) 2023에서 선보였던 100기가비트의 최고 기록을 2배로 끌어올린 것이다. 이 성과는 MWC 2025에서 해외에서도 선보였다.

ETRI 연구팀이 개발한 6G 이동통신 시스템은 10기가헤르츠의 대역폭을 활용하는 다중점-송-수신 무선 전송 기술을 사용한다. 다중점-송-수신 무선 전송은 송신기와 수신기를 다수의 안테나로 구성해 성능을 높이는 기술이다. 연구팀은 4개의 기지국 무선유닛을 사용해 동일 대역으로 동시에 신호를 전송했다. 각각의 무선유닛은 50기가비트의 속도로 데이터를 보낼 수 있다. 시연 결과, 단말기에서는 간섭을 최소화하면서 4개의 무선유닛이 보내는 신호를 동시에 수신해 200기가비트이상의 전송 속도를 달성할 수 있었다.

연구팀은 이를 위해 초대규모 ‘MIMO(Multiple Input Multiple Output, 기지국과 단말기에 안테나를 여러 개씩 사용해 용량을 높이는 기술), 초고속 동기화 기술을 비롯한 다수의 6G 핵심 기술을 개발했다. 이 기술로 2024년까지 3년 동안 국제특허 42건을 포함해 총 121건의 특허를 출원하는 성과를 올렸다. 또한 이 과정에서 SCIE급 논문도 모두 7편을 게재했다. 특히 연구팀이 개발한 핵심 기술 중 ‘기지국 무선 프로토콜 및 플랫폼 설계’ 기술은 국내 중소기업에 기술을 이전해 산업 확산 기반을 마련했다.

연구팀은 이와 같은 원천기술을 향후 3GPP(국제 이동통신 표준 개발 기구)의 6G 표준에 적극적으로 반영할 계획이다. 필수 표준 특허로 반영될 경우 전 세계에서 사용되는 모든 기지국과 단말기뿐만 아니라 스마트 팩토리, 자율주행, 드론 등 여러 산업 전반에 활용되기 때문에 특허의 가치는 매우 높아진다.

한편 연구팀은 그동안 국제이동통신표준화기구(ITU-R) 활동에도 적극 참여해 왔다. 그 결과 이번 연구를 바탕으로 2030년대 서비스를 목표로 제시한 6G 비전인 ‘IMT-2030 프레임워크’ 권고안에 ETRI의 비전이 대거 반영되는 성과도 올렸다. 특히 사용 시나리오와 성능 요구 사항 항목은 우리나라가 주도적으로 만들었다는 점에서 의미가 크다. 이는 이동통신 분야에서 우리나라의 위상이 높아진 것을 뜻한다. 이처럼 이번 연구는 우리나라의 6G 기술 경쟁력을 세계적 수준으로 끌어올렸을 뿐만 아니라, 다가올 인공지능과 대규모 네트워크 시대에서 앞서나가기 위한 우리나라의 중요한 발판이 될 것으로 기대되고 있다.



▲ 이번 연구에 함께 참여한 연구팀의 모습. ETRI

글 고선아(김일규논문특약연구소 대표) 외
기획 한국과학기술기획평가원(김주희 외)
“본 원고는 과학기술정보통신부가 선정한 2025 국가연구개발 우수성과 100선 최우수성과에 대한 이해를 돕고자 작성하였습니다.”