

3GPP Release 20 기반 6G 표준 기술 동향

이현수*, 오승철, 이상미, 김중헌
고려대학교

{hyunsoo, seungoh, sangmi, joongheon}@korea.ac.kr

Trends in 6G standard based on 3GPP Release 20

Hyunsoo Lee*, Seungcheol Oh, Sangmi Lee, and Joongheon Kim
Korea University

요 약

본 논문은 6 세대 이동통신(6G)의 핵심 기술인 통합 센싱 통신(ISAC), 비지상 네트워크(NTN), 에너지 효율적 통신, 인공지능(AI) 융합 기술에 대해 분석하였다. ISAC 기술은 센싱과 통신을 하나의 신호로 통합하여 주파수 및 에너지 효율성을 높인다. NTN 기술은 위성 및 공중 기반 장치를 활용하여 기존 지상 네트워크의 한계를 극복하고 글로벌 커버리지 확대를 실현한다. 에너지 효율적 통신은 재구성 가능한 지능형 표면(RIS)과 대규모 안테나 배열을 통해 지속 가능한 친환경 통신 환경을 구축한다. 본 논문은 또한 Massive MIMO 기술 확산으로 증가하는 채널 추정 문제에 AI 기술을 적용하여 파일럿 수를 감소시키고 효율적인 채널 추정을 가능하게 할 수 있음을 제시하였다. 결론적으로, ISAC, NTN, 에너지 효율적 통신 및 AI 융합 기술은 6G 네트워크의 성능과 효율성을 극대화하는 데 중요한 역할을 하며, 향후 이 기술들의 실질적 구현과 표준화가 필요함을 강조하였다.

I. 서 론

최근 무선 통신 기술은 지속적인 발전과 혁신을 통해 산업 전반과 일상생활에 필수적인 요소로 자리 잡았다. 특히 5 세대 이동통신의 도입과 확산은 초고속, 초저지연, 초연결이라는 특성을 실현하며 다양한 분야에서 새로운 가능성을 열어주었다. 그러나 급격히 증가하는 데이터 수요와 서비스 다양성으로 인해 기존 5G 네트워크의 한계를 극복하고자 6 세대 이동통신(6G)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 6G는 보다 지능적이고 효율적인 네트워크 환경 구축을 목표로 하고 있으며, 특히 통합 센싱 통신(ISAC), 비지상 네트워크(NTN), 에너지 효율적 통신과 같은 핵심 기술들이 중요하게 논의되고 있다.

또한, 6G 시대의 또 다른 중요한 논의는 인공지능(AI) 기술과의 통합이다. 6G에 적용되는 AI 기술은 크게 두 가지 갈래로 나눌 수 있다. 첫 번째는 6G를 위한 AI 기술(AI for 6G)로, AI 알고리즘과 기계학습(ML) 모델을 활용하여 6G 네트워크의 운용, 성능 및 관리를 최적화하는 것이다 [1]. 이를 통해 지능형 자동화, 자원 할당의 효율화, 보안 강화, 서비스 품질(Quality of Service, QoS)의 향상 등을 실현할 수 있다. 두 번째는 AI를 위한 6G 기술(6G for AI)로, AI 기반 애플리케이션과 서비스의 고유한 요구사항을 충족할 수 있도록 네트워크를 설계하는 것이다 [2]. 이는 대용량 데이터 처리, 초저지연, 고성능 컴퓨팅과 같은 AI 워크로드의 필수 요건을 충족하는 네트워크 아키텍처를 의미하며, 이러한 논의는 3GPP TR 22.870 등에서 구체적으로 다루지고 있다 [3].

본 논문에서는 이러한 6G 시대에 필수적인 핵심 기술인 ISAC, NTN, 에너지 효율적 통신, 그리고 AI와의 융합 기술들에 대해 체계적으로 분석하고자 한다. ISAC 기술은 하나의 신호로 센싱과 통신 기능을 동시에 수행하여 주파수 자원을 효율적으로 활용하고 에너지 효율성을 높이는 장점을 제공한다. NTN(Non-

terrestrial Network) 기술은 지상 기반의 네트워크가 닿지 못하는 지역에서도 안정적인 통신 서비스를 제공하여 글로벌 커버리지를 보장할 수 있는 방안을 제시한다. 또한, 에너지 효율적 통신 기술은 대규모 안테나 배열, 재구성 가능한 지능형 표면 (RIS) 등 최첨단 기술을 활용하여 지속 가능한 통신 인프라 구축을 가능하게 한다.

본 논문에서는 이러한 기술들의 개념과 발전 현황을 살펴보고, 6G 표준 요구사항들과의 연계성을 분석하여 미래 통신 시스템 발전 방향을 제시하고자 한다.

II. 6G를 위한 핵심 기술

무선 시스템은 전자기파를 활용하여 물리적인 전도체 없이 공간을 통해 정보를 전달하도록 설계된 시스템이다. 이러한 시스템은 크게 두 가지 용도로 활용된다. 첫 번째는 센싱(Sensing)으로, 송신기의 주변 환경을 탐지하거나, 물체의 위치를 확인하고 추적하는 것을 목적으로 한다. 두 번째는 통신(Communication)으로, 사용자 데이터를 기기 간 또는 네트워크 노드 간 전달하는 것을 목적으로 한다. 센싱과 통신은 모두 무선 시스템이긴 하나, 기존에는 서로 별개의 영역으로 간주되어 왔다. 이는 주파수 및 시간과 같은 무선 자원을 각각 다르게 사용했기 때문이다.

6G 표준에서 센싱과 통신을 하나의 통합된 시스템으로 구현하는 통합 센싱 통신(Integrated Sensing and Communication, ISAC) 기술이 주목받고 있다 [4, 5]. ISAC은 하나의 신호를 통해 두 가지 기능을 동시에 수행함으로써 주파수 자원을 효율적으로 활용하고, 하드웨어 비용을 절감하며, 에너지 효율성을 높이는 등의 다양한 장점을 지닌다. 이로 인해 향후 무선 시스템 분야에서 핵심 기술로 자리 잡을 것으로 기대된다.

NTN은 지상 기지국 대신 위성과 같은 공중 및 우주 기반 장치를 활용하여 통신 서비스를 제공하는 기술이다. 지상 네트워크와 달리 NTN은 지리적 제약이 적고, 도서,

해상, 항공 환경 등 기존 인프라가 미비한 곳에도 효과적으로 무선 연결을 제공할 수 있다. 이에 따라 글로벌 커버리지 확대, 재난 및 비상 상황에서의 신속한 통신 복구, 원격지의 광범위한 IoT 연결 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.

최근 NTN 기술은 5G 표준에 통합되어 지상망과 위성 간의 원활한 연결을 지원하고있다 [6]. 그러나 NTN 은 높은 지연, 도플러 효과에 따른 주파수 변이, 전파 손실 등 고유한 기술적 난제들을 해결해야 한다. 현재 Starlink [7], OneWeb [8] 등의 저궤도 위성 네트워크 구축이 활발히 이루어지고 있으며, 앞으로 NTN 은 6G 기술과 결합하여 효율적인 통신 인프라로 진화할 것으로 기대된다.

에너지 효율적 통신(Energy-Efficient Communication)은 무선 통신 시스템에서 소비되는 에너지를 최소화하면서도 원하는 수준의 성능을 유지하거나 향상시키는 기술이다 [9]. 최근 통신 네트워크의 데이터 전송량이 급증하면서 기지국, 사용자 단말 등에서 소모되는 전력 또한 증가하여, 전력 소모 문제는 중요한 이슈로 떠오르고 있다. 특히, 6G 네트워크에서는 대규모 안테나 배열, 재구성 가능한 지능형 표면(Reconfigurable Intelligent Surface, RIS)과 같은 첨단 기술들을 통해 통신 성능을 유지하면서 에너지 효율성을 극대화하는 방향으로 발전하고 있다 [10]. 또한 기계학습과 강화학습 기반의 알고리즘을 활용하여 동적이고 지능적으로 네트워크의 에너지 소비를 최적화하는 연구가 활발히 진행 중이며, 향후 지속 가능한 친환경 통신 인프라 구축에 핵심적인 역할을 할 것으로 기대된다.

향후 무선 통신 환경은 Massive MIMO 기술을 적극 활용할 것으로 예상된다. 하지만 Massive MIMO 의 안테나 수가 증가할수록 추정해야 하는 채널의 차원이 급격히 커지는 문제가 발생한다. 기존의 파일럿 기반 채널 추정 방식은 채널 차원에 비례하여 파일럿의 개수가 증가해야 하므로 매우 비효율적이다. 따라서 이러한 문제를 극복하기 위해 AI 기술을 활용한 효율적이고 정확한 채널 추정 방법이 요구된다. 실제로 AI 기술을 적용하면 제한된 수의 파일럿만으로도 채널 정보를 효과적으로 추정할 수 있으며, 다양한 통신 환경과 요구 조건에 따라 유연하게 최적화할 수 있다. 이는 Massive MIMO 기술의 성능과 효율성을 극대화하는 데 크게 기여할 것으로 기대된다 [11].

III. 결론

본 논문에서는 6G 이동통신의 핵심 기술인 통합 센싱 통신(ISAC), 비지상 네트워크(NTN), 에너지 효율적 통신, 인공지능(AI) 융합 기술을 분석하였다. ISAC 은 센싱과 통신을 동시에 수행하여 효율성을 극대화하며, NTN 은 위성 네트워크를 통해 글로벌 커버리지 확대를 지원한다. 에너지 효율적 통신은 첨단 기술을 통해 지속 가능한 네트워크 환경을 구축한다. 또한 6G 와 AI 기술의 통합은 네트워크 성능 최적화 및 AI 애플리케이션 지원에 중요한 역할을 한다. 결론적으로, 이 기술들의 상호 보완적 통합은 6G 네트워크의 성능과 효율성을 크게 향상시킬 것으로 기대되며, 향후 연구는 이들의 실질적 구현과 표준화에 초점을 맞추어야 할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-대학 ICT 연구센터(ITRC)의 지원을 받아 수행된 연구임(IITP-2025-RS-2024-00436887).

참 고 문 헌

- [1] W. Wu et al., "AI-Native Network Slicing for 6G Networks," *IEEE Wireless Communications*, vol. 29, no. 1, pp. 96-103, February 2022
- [2] L. Bariah and M. Debbah, "AI Embodiment Through 6G: Shaping the Future of AGI," *IEEE Wireless Communications*, vol. 31, no. 5, pp. 174-181, October 2024
- [3] 3GPP, "Study on 6G Use Cases and Service Requirements; Stage 1 (Release 20)," 3GPP TR 22.870 V0.2.1, TSG SA, March 2025.
- [4] A. Liu et al., "A Survey on Fundamental Limits of Integrated Sensing and Communication," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 24, no. 2, pp. 994-1034, Secondquarter 2022,
- [5] F. Liu et al. "Integrated Sensing and Communications: Toward Dual-Functional Wireless Networks for 6G and Beyond," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* vol. 40, no. 6, pp. 1728-1767, June 2022.
- [6] M. M. Azari et al., "Evolution of Non-Terrestrial Networks From 5G to 6G: A Survey," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 24, no. 4, pp. 2633-2672, Fourthquarter 2022,
- [7] J. C. McDowell, "The Low Earth Orbit Satellite Population and Impacts of the SpaceX Starlink Constellation," *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 892, no. 2, pp. 1-10, April 2020.
- [8] Y. Henri, "The OneWeb Satellite System," in *Handbook of Small Satellites: Technology, Design, Manufacture, Applications, Economics and Regulation*, J. N. Pelton, Ed. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, Feb. 2020, pp. 1- 10.
- [9] Mao, Bomin, et al. "AI models for green communications towards 6G." *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, pp. 210-247, vol. 24, no. 1, 2021.
- [10] T. Jiang, H. V. Cheng and W. Yu, "Learning to Reflect and to Beamform for Intelligent Reflecting Surface With Implicit Channel Estimation," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 39, no. 7, pp. 1931-1945, July 2021
- [11] Y. Jin, J. Zhang, S. Jin and B. Ai, "Channel Estimation for Cell-Free mmWave Massive MIMO Through Deep Learning," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 68, no. 10, pp. 10325-10329, Oct. 2019