

인공지능과 무선접속망 융합에 관한 연구 동향

이기훈¹, 정방철*

¹국립군산대학교 인공지능융합학과, *아주대학교 전자공학과
e-mail : kihun@kunsan.ac.kr, bcjung@ajou.ac.kr

Research Trends of Integrating Artificial Intelligence and Radio Access Networks (AI-RAN)

Ki-Hun Lee¹, Bang Chul Jung*

¹Department of AI Convergence, Kunsan National University

*Department of Electrical and Computer Engineering, Ajou University

요 약

본 논문에서는 인공지능(artificial intelligence: AI)과 무선접속망(radio access networks: RAN)의 융합인 AI-RAN의 최신 연구 동향을 소개한다. 특히, 지난해 MWC 2024에서 공식 출범한 AI-RAN Alliance에서 제시한 세 가지 융합 방향(AI-for-RAN, AI-and-RAN, AI-on-RAN)을 중심으로 각각의 개념을 소개하고, 향후 연구 방향을 제시한다.

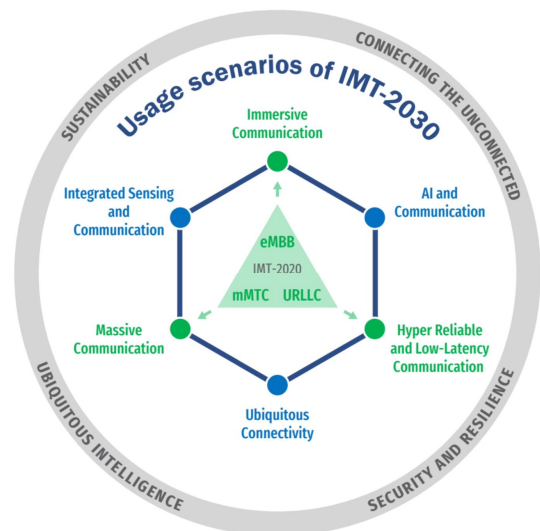
1. 서 론

5G 이후의 무선 네트워크는 이동전화와 같은 최종 제품(end product)의 역할을 넘어, 다양한 기술 및 서비스의 핵심 인프라로 진화하고 있다. 예를 들어, 5G의 대표적인 응용 분야는 사물인터넷(internet-of-things: IoT)이며, 초고신뢰·저지연 통신(ultra-reliable and low latency communications: URLLC), 향상된 모바일 브로드밴드(enhanced mobile broadband: eMBB), 대규모 사물 통신(massive machine type communications: mMTC)과 같이 사용 시나리오에 따른 주요 요구 성능을 정의하고, 이를 실현하기 위한 기술 개발과 연구가 진행되고 있다.

나아가, 6G의 주요 응용 분야 중 하나로는 인공지능(artificial intelligence: AI)이 주목받고 있다. 국제전기통신연합(International Telecommunication Union: ITU)에서는 그림 1에 도시된 바와 같이 IMT-2030을 통해 인공지능과 통신(AI and communication)을 6G의 대표적인 사용 시나리오 중 하나로 규정하고, 6G 네트워크가 AI 네이티브(native) 네트워크로 발전해야 한다고 제시했다 [1].

3GPP는 Release 18에서 5G new radio (NR) 무선 인터페이스(air interface)에 인공지능 기술을 접목하는 초기 연구를 수행했다. 구체적으로, 인공지능 기반 무선 인터페이스 프레임워크와 함께, 채널 상태 정보 피드백, 빔 관리, 위치 추정 기술에 인공지능 기술을 적용하는 방안을 분석했다 [2]. 나아가, Release 19에서는 AI 네이티브 6G 무선 인터페이스를 위한 연구 주제를 최소 세 가지 영역으로 확장할 예정이며, 무선 자원 관리 예측 및 이벤트 예측 등 다양한 연구가 진행될 전망이다 [3].

본 논문에서는 인공지능과 무선접속망(radio access networks: RAN)의 융합인 AI-RAN의 최신 동향을 살펴본다. 특히, 지난해 Mobile World Congress (MWC 2024)

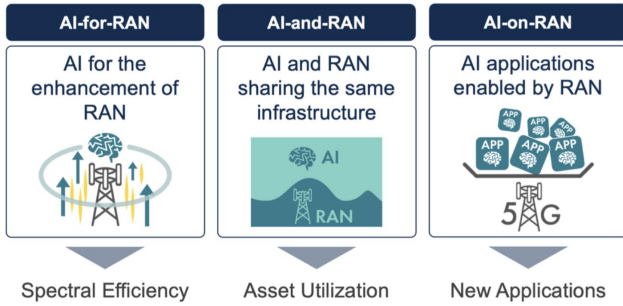


(그림 1) IMT-2030에서 제시한 6G 사용 시나리오 [1]

에서 NVIDIA와 SoftBank 주도로 공식 출범한 AI-RAN Alliance에서 제시한 세 가지 분류 체계(AI-for-RAN, AI-and-RAN, AI-on-RAN)를 중심으로, AI와 RAN 융합에 관한 주요 연구 방향을 소개한다 [4], [5].

2. 인공지능과 무선접속망(AI-RAN)

AI-RAN Alliance는 표준화 과정보다 빠르게 발전하는 AI 기술을 RAN에 효과적으로 접목하기 위해, 연구 개발과 프로토타입 기반의 성능 검증까지 수행하는 것을 목표로 한다. 특히, 그림 2와 같이 RAN의 성능 향상을 위한 AI(AI-for-RAN), AI와 RAN의 공동 인프라 활용(AI-and-RAN), RAN 상에서 구동되는 AI 애플리케이션(AI-on-RAN), 크게 세 가지 워킹 그룹(working group)으로 구성



(그림 2) AI-RAN Alliance의 세 가지 Working Group [5]

되어 있으며, 각 영역에서 AI와 RAN의 융합에 관한 연구를 수행하고 있다. 이를 통해, RAN을 실시간 변화에 대응하고 유지보수 시점을 예측하며, 자원을 더욱 효율적으로 관리할 수 있는 자율 구성, 자율 최적화, 자율 관리 가능한 네트워크로 전환하는 것을 목표로 하고 있다 [5].

2.1 AI-for-RAN

AI-for-RAN은 RAN 성능 향상을 위해, 프로토콜 스택 전반에 걸쳐 AI를 활용하는 데 중점을 둔다. 구체적으로, RAN의 운용 효율 향상, 통신 용량 증대, 핵심 성능 지표 달성 등을 위해 다양한 AI 기반 기술의 접목을 연구한다. 단일 셀 환경에서도 다중 사용자 다중 입출력, 무선 자원 관리, 빔포밍, 변조 코딩 방식(modulation coding scheme: MCS) 결정, 트래픽 예측, 스케줄링 등 다양한 요소에서 최적화가 요구되며, 이들 각각은 높은 연산 복잡도를 수반하기 때문에 저복잡도 알고리즘을 필요로 한다. 나아가, 차세대 네트워크에서는 단일 셀을 넘어 다중 셀 환경과 여러 기술의 통합 최적화가 요구된다. AI 기술은 성능과 솔루션 도출 속도 관점에서 효과적인 결과를 보여주고 있으며, 향후 더욱 복잡한 네트워크 환경을 고려한 연구가 활발히 진행될 전망이다 [6]–[8].

2.2 AI-and-RAN

AI-and-RAN은 같은 인프라 상에서 RAN과 AI를 동시에 운용하는 방안을 연구한다. 구체적으로, 가상화된 RAN (virtualized RAN: vRAN)을 기반으로 RAN 기능을 범용 소프트웨어로 구현하고, 여기에 AI 기능을 통합한다. 이러한 통합 아키텍처에서, RAN과 AI가 연산 및 전력 자원을 공동으로 활용하여 전체 시스템의 평균 성능을 최적화하는 것을 목표로 한다. 이를 통해 AI 기반 서비스의 지연 시간을 줄이고, 에지 컴퓨팅을 통한 데이터 처리로 코어 네트워크의 부하를 분산시키는 효과를 기대할 수 있다.

2.3 AI-on-RAN

AI-on-RAN은 AI 애플리케이션의 원활한 실행을 위한 RAN의 요구사항을 다룬다. 즉, 다양한 AI 응용의 사용 시나리오와 요구 성능을 분석하고, 이를 수용할 수 있는 시스템 구현 프레임워크를 제공하는 데 목표를 둔다. 대용량, 저지연 통신, 보안 등과 같은 핵심 요소는 물론이며, AI 및 최근 급속도로 진화하고 있는 생성형(generative) AI 애플리케이션의 요구 성능을 안정적으로 수용하도록 RAN 성능을 고도화하는 데 중점을 둔다.

3. 결 론

본 논문에서는 AI-RAN Alliance에서 제시한 세 가지 융합 영역(AI-for-RAN, AI-and-RAN, AI-on-RAN)을 바탕으로, AI와 RAN 융합에 관한 최신 연구 동향을 제시했다. AI-for-RAN은 RAN의 성능을 향상시키기 위한 AI 기반 기술의 접목, AI-and-RAN은 동일한 인프라 내에서 AI와 RAN 작업의 병행 실행, AI-on-RAN은 RAN 인프라 상에서 AI 및 생성형 AI 애플리케이션을 안정적으로 운용하기 위한 기술적 지원을 의미한다. 이러한 AI와 RAN의 융합은 차세대 무선 네트워크를 자율적으로 구성하고 최적화하며 관리할 수 있는 AI 네이티브 네트워크로 진화시키는 데 핵심적인 역할을 할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] Recommendation ITU-R Frame work and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond, ITU-R Standard M.2160-0, Nov. 2023.
- [2] Technical Specification Group Radio Access Network; Study on Artificial Intelligence (AI)/Machine Learning (ML) for NR air interface (Release 18) Standard 3GPP TR 38.843, Jan. 2024.
- [3] B. C. Jung, "Toward artificial intelligence-native 6G services," *IEEE Veh. Technol. Mag.*, vol. 19, no. 4, pp. 9–14, Dec. 2024.
- [4] "AI-RAN Alliance Vision and Mission White Paper," AI-RAN Alliance, Dec. 2024. [Online]. Available: https://ai-ran.org/wp-content/uploads/2024/12/AI-RAN_Alliance_Whitepaper.pdf
- [5] "AI-RAN: Telecom infrastructure for the age of AI," SoftBank Corp., Dec. 2024. [Online]. Available: https://www.softbank.jp/corp/set/data/technology/research/story-event/Whitepaper_Download_Location/pdf/SoftBank_AI_RAN_Whitepaper_December2024.pdf
- [6] M. Chen, U. Challita, W. Saad, C. Yin and M. Debbah, "Artificial neural networks-based machine learning for wireless networks: A tutorial," *IEEE Commun. Surveys Tuts.*, vol. 21, no. 4, pp. 3039–3071, 4th Quart. 2019.
- [7] Y. Shi *et al.*, "Machine learning for large-scale optimization in 6G wireless networks," *IEEE Commun. Surveys Tuts.*, vol. 25, no. 4, pp. 2088–2132, 4th Quart. 2023.
- [8] H. Zhou, M. Erol-Kantarci, Y. Liu, and H. V. Poor, "A survey on model-based, heuristic, and machine learning optimization approaches in RIS-aided wireless networks," *IEEE Commun. Surveys Tuts.*, vol. 26, no. 2, pp. 781–823, 2nd Quart. 2024.