

# AI 네이티브 무선접속망 연구 개요 및 방향성

이경필, 최기완, 이현호, 정상민, \*나민수, 류탁기

SK 텔레콤 Infra 기술

kyungpil.lee@sk.com, \*minsoo.na@sk.com

## A view on R&D of AI-native Radio Access Network

Kyungpil Lee, Giwan Choi, Hyunho Lee, Sangmin Jung, Minsoo Na, Takki Yu

SK Telecom Infra Tech.

### 요약

본 논문은 6G 통신에서 AI의 중요성에 대해서 조망하고 특히 통신 장비 시장에서 주류인 4G/LTE에 AI 기술을 적용하는 AI 네이티브 무선접속망(AI-native Radio Access Network, 이하 AI-RAN)에 대한 SK 텔레콤의 견해 및 연구개발 방향성을 소개한다. AI-RAN 적용 분야를 RAN Automation, RAN Operation, Air Interface의 세 가지로 분류하여 각 분야에서의 AI 기술 적용 방식과 특성 및 대표적 사용 사례들을 제시한다. 또한 SK 텔레콤의 AI-RAN 연구개발 활동으로 4G/LTE와 단말 간 Air Interface 분야에 AI 기술을 적용한 개발 사례를 소개하며, 향후 AI-RAN 개발 방향성을 제시한다.

### I. 서론

최근 ChatGPT 등 거대 언어 기반의 생성형 AI 애플리케이션이 등장함에 따라 AI에 대한 관심이 증가하고 있으며 전 세계 글로벌 회사들은 AI 기술 리더십을 확보하기 위한 연구개발을 활발하게 진행하고 있다 [1], [2]. AI가 다양한 영역에서 혁신을 불러 일으킬 것으로 기대되는 만큼 통신 시장에서도 AI를 활용하기 위한 노력과 산업 규모가 크게 성장할 것으로 전망되며 [3], 특히 통신 장비 시장에서 70% 이상의 투자 규모에 해당하는 4G/LTE 내 AI 기술의 확보는 국가 핵심 기술 중 하나인 정보통신 기술에 대한 리더십 확보의 핵심이 될 것으로 전망하고 있다 [4].

국제표준 및 사실표준 단계에서도 AI-RAN 관련 연구가 활발히 진행 중이다. 무선통신 산업을 위한 기술 표준 및 권장 사항을 개발하는 국제표준화기구 ITU-R 산하의 이동통신 표준화 작업반 Working Party 5D에서는 2023년 6월 6G 사용 시나리오와 핵심 성능 지표 등을 정의한 프레임워크 권고안을 발간하였으며 대표적 사용 시나리오 중 하나로 AI와 통신의 결합을 선정하였다 [5]. 또한 표준 기술 개발을 주도하는 사실표준화기구 3GPP에서도 6G 길목기술로도 불리는 5G Advanced 무선접속망에 AI 기술을 적용하기 위한 논의가 여러 Working Group에 걸쳐 진행되고 있다 [6]-[8]. 이에 따라 6G 시대에서는 통신과 AI의 융합이 본격화 될 것이다 [9]-[15].

본 논문에서는 SK 텔레콤에서 정의하는 AI-RAN 기술의 개념과 대표적 사용 사례를 소개하고, 관련 연구개발 결과 및 향후 방향성을 제시한다.

### II. AI-native Radio Access Network (AI-RAN)

SK 텔레콤은 2023년 6월 자사 단독으로 발간한 6G 백서를 통해 6G 네트워크 기술 진화 방향으로 AI 네이티브 네트워크를 소개한 바 있으며, 그 중 무선접속망에 AI를 적용하는 AI-RAN 기술은 적용 영역에 따라 크게 세 가지 분야로 나뉜다. 각 분야 별 데이터 수집, 학습, 추론 방식과 특성, 그리고 대표적 사용 사례들이 그림 1에 나타나 있다 [16].

AI/ML for	Characteristics	Use Cases
RAN Automation (OAM)	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Data Collection: BS statistics, OAM info for other NW nodes* * unified OAM system is required for E2E optimization</li><li>2. AI Training: located in OAM (Online/Offline)</li><li>3. AI Inference: located in OAM</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Energy Saving: cell/antenna on/off</li><li>2. Cell Shaping: beam shaping for each environments</li><li>3. And more</li></ol>
RAN Operation (>L1)	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Data Collection: local BS, UE measurement*, neighboring BS* * via implementation based or standard Xn interface (for multi-vendor interoperability)</li><li>2. AI Training: located in OAM or BS (Online/Offline)</li><li>3. AI Inference: located in BS</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Energy Saving: cell/antenna on/off</li><li>2. Load Balancing: steering UE among multi-bands</li><li>3. Mobility Mgmt.: minimizing call drops</li><li>4. Link Adaptation: faster outer loop convergence</li><li>5. And more</li></ol>
Air Interface (L1, PHY)	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Data Collection: local BS/UE</li><li>2. AI Training: OAM/BS (Offline) or BS/UE (Online)</li><li>3. AI Inference: located in BS and/or UE</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. CSI Compression</li><li>2. Beam Management</li><li>3. Positioning Accuracy Enhancement</li><li>4. Modulation/Demodulation</li><li>5. Equalization</li></ol>

그림 1. AI-RAN 적용 분야 별 특성과 사용 사례들

첫째, Operation Administration Maintenance (OAM) 영역에서 4G/LTE 통계 데이터 기반으로 학습 및 추론을 수행하는 RAN Automation 분야가 있다. 클라우드 서버를 활용하여 연산 능력 확보가 용이하지만, 운용 전문가가 중단간 네트워크 상황을 관제하는 것 대비 확실한 성능 이득을 얻기 위해서는 4G/LTE 영역 외에 코어, 전송 등 연관된 영역의 통계 및 운용 데이터를 통합하여 AI 기반 관리 및 분석할 수 있게 하는 것이 중요하다. RAN Automation 분야의 대표적 사용 사례로는 4G/LTE 트래픽 패턴 등 통계 데이터를 기반으로 다수 셀에 대한 ON/OFF를 제어하는 등의 4G/LTE 전력 절감 기능 자동화, 주변 환경에 따라 빔을 Shaping 하여 셀 커버리지 최적화 및 간섭을 감소시키는 셀 Shaping 기능이 있다.

둘째, Centralized Unit (CU), Distributed Unit (DU)와 같은 4G/LTE 장비에서 목적하는 KPI를 최대화하기 위한 RAN Operation 분야가 있다. 궁극적으로는 AI 모델의 학습과 추론이 4G/LTE에서 모두 수행되는 것을 고려하고 있으나, 4G/LTE의 제한된 연산 능력 등 현실적인 요인으로 인해 모델 학습은 외부 서버에서 오프라인으로 수행되어 4G/LTE에 탑재되고, 4G/LTE에서는 실시간 입력 정보에 기반하여 추론만 하는 방식이 우선적으로 고려되고 있다. 대표적 사용 사례로는 무선 채널의 상태에 따라 데이터 전송 파라미터를 조절하는 Link Adaptation 등이 있으며 [15], 이 외에도 3GPP에서는 셀 간 트래픽 오프로딩 기반 셀 ON/OFF 제어를 통한

에너지 절감, 셀 및 다중대역 간 균형적인 트래픽 분배를 통한 로드 밸런싱, 호 절단 최소화를 위한 이동성 관리 등의 사용 사례가 정의 및 논의되고 있다 [8].

셋째, 기지국과 단말의 내부 정보를 기반으로 무선 송수신을 수행하는 물리 계층에 AI 기술을 적용하는 Air Interface 분야가 있다. 해당 분야 또한 기지국과 단말의 제한된 연산 능력으로 인해 외부 서버에서의 오프라인 모델 학습과, 기지국 및 단말에서 실시간 입력 정보에 기반한 추론하는 방식이 우선적으로 고려되고 있다. Air Interface 분야에서의 대표적인 사용 사례로는 AI 기반 MIMO 스케줄링, 채널추정, 변복조 등이 있으며 [14], 이 외에도 3GPP에서는 기지국과 단말 간 채널 상태 정보 피드백 개선, 빔 관리 및 측위 정확도 향상 등의 사용 사례가 정의 및 논의되고 있다 [6].

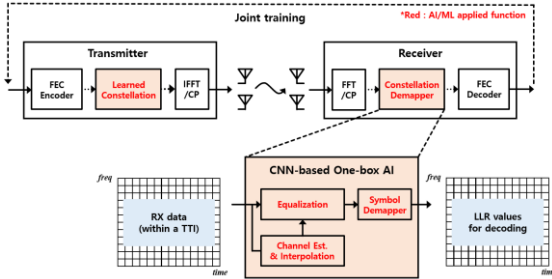


그림 2. AI 기반 변복조 송수신 시스템 블록 다이어그램

다음으로는 SK 텔레콤의 AI-RAN 연구개발 활동 중 Air Interface 분야에 AI 기술을 적용한 개발 사례를 소개한다. 전통적인 무선통신 시스템에서 송신기는 수신기 측에서의 채널추정 및 복조를 위해 별도의 참조신호를 필수적으로 사용하는데, 이러한 방식은 참조신호를 보내기 위한 별도 무선 자원이 필요하다. 더불어 채널 특성의 변화가 큰 환경에서는 보다 고밀도의 참조신호가 필요하여 주파수 효율이 낮아진다. SK 텔레콤은 그림 2 와 같이 기지국과 단말 간 무선 송수신 기술에 AI 를 적용하여 참조신호의 부하를 감소시킬 수 있는 AI 기반 변복조 송수신 기술을 개발하였으며, 주파수 효율을 높여 평균 10% 이상의 무선 속도 향상을 확인하였다 [17].

### III. 결론

본 논문에서는 통신과 AI 의 융합이 본격화 될 것으로 예상되는 6G 시대에 대비하여 SK 텔레콤의 AI-RAN 에 대한 관점과 연구개발 방향성을 소개하였다. SK 텔레콤은 AI-RAN 적용 분야를 OAM 서버에서의 RAN Automation, 기지국 상위 레이어에서의 RAN Operation, 그리고 모뎀에서의 Air Interface 세 가지 분야로 구분하였으며, 자사의 AI-RAN 연구개발 활동의 일환으로 기지국과 단말 간 Air Interface 에 AI 기술을 적용하여 기존 시스템 대비 평균 10% 이상의 무선 속도 향상을 확인하였다. SK 텔레콤은 AI-RAN 전 분야에 걸친 지속적인 연구개발 활동을 통해 RAN 영역에서 AI 적용 효익 분야를 도출하고 표준화 및 구현 영역을 구체화할 계획이다.

### 참 고 문 헌

[1] Wu T., et al., "A Brief Overview of ChatGPT: The History, Status Quo and Potential Future Development," in IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, vol. 10, no. 5, pp. 1122-1136, May 2023.

[2] Grudin, J., "ChatGPT and chat history: Challenges for the new wave," Computer, vol. 56, no. 5, pp. 94-100, May 2023.

[3] Value Market Research, "Global AI In Telecommunication Market Research Report - Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast 2023 to 2030," Nov. 2023.

[4] 김종기, 경희권, 심우중., "통신장비산업의 가치사슬별 경쟁력 진단과 정책 방향," 월간 KIET 산업경제, vol. 285, pp. 68-80, June 2022.

[5] Recommendation ITU-R M.2160-0, "Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond," Nov. 2023.

[6] 3GPP TR 38.843 V2.0.1, "Study on Artificial Intelligence (AI)/Machine Learning (ML) for NR air interface," Dec. 2023.

[7] 3GPP RP-234055, "Study on AI (Artificial Intelligence)/ML (Machine Learning) for mobility in NR," Dec. 2023.

[8] 3GPP RP-234054, "New SID: Study on enhancements for Artificial Intelligence (AI)/Machine Learning (ML) for NG-RAN," Dec. 2023.

[9] 디지털타임스, "AI 네이티브로 진화하는 네트워크... 다음 혁신 빅뱅은 6G-AI 융합," Apr. 2024, ([https://www.dt.co.kr/contents.html?article\\_no=2024041702101831029001](https://www.dt.co.kr/contents.html?article_no=2024041702101831029001))

[10] SK 텔레콤, "SK Telecom Announces AI Pyramid Strategy to Become a Global AI Company," Sep. 2023, ([https://www.sktelecom.com/en/press/press\\_detail.do?idx=1582](https://www.sktelecom.com/en/press/press_detail.do?idx=1582))

[11] 정보통신신문, "통신 신사업 확대 가속...AI 기술 관심집중," Apr. 2024, (<https://www.koit.co.kr/news/articleView.html?idxno=121813>)

[12] Samsung Research, "Towards 6G AI: AI-based Non-linearity Compensator," Blog, Dec. 2022, (<https://research.samsung.com/blog/Towards-6G-AI-AI-based-Non-linearity-Compensator>)

[13] Ericsson, "To deliver cognitive networks, we build human trust in AI," Blog, May 2021, (<https://www.ericsson.com/en/blog/2021/5/cognitive-networks>)

[14] Hoydis J., Aoudia F. A., Valcarce A. and Viswanathan H., "Toward a 6G AI-Native Air Interface," in IEEE Communications Magazine, vol. 59, no. 5, pp. 76-81, May 2021.

[15] Nokia Bell Labs, "AI opportunities in 6G layer two", White paper, Apr. 2024.

[16] SK 텔레콤, "SK 텔레콤 6G 백서," ICT Infra v1.0, Aug. 2023.

[17] SK 텔레콤, "SKT, 글로벌 협력 통해 AI 기반 기지국 무선 송수신 기술 개발," Feb. 2024, (<https://news.sktelecom.com/201768>)