

O-RAN에서 6G RAN 연구 방향

Technical Directions of 6G RAN in O-RAN

권동승 (D.S. Kwon, dskwon@etri.re.kr)

지능형기지국SW연구실 연구전문위원

나지현 (J.H. Na, jhna@etri.re.kr)

지능형기지국SW연구실 책임연구원/실장

ABSTRACT

The 6G working group of the O-RAN Alliance, nGRG, conducted a survey to identify the directions of O-RAN research on 6G. Among the results, those related to 6G RAN research focused on 6G architecture, use cases, areas of interest in O-RAN architecture, and 6G network resilience. Among these, the research directions for 6G RAN were native AI RAN, cloud-friendly RAN, and service-based RAN. Accordingly, the concepts and requirements of 6G O-RAN, programmable RAN toward native AI, native AI architecture, and cross-domain AI were organized. The principles related to cloud-friendly 6G RAN architectures are organized in terms of requirements, standardization, and deployment. Finally, a solution for introducing SBA in a cloud-based 6G RAN architecture, like 5G CN that introduced SBA to CP, was described. We hope that these topics will be referenced in future 6G RAN research.

KEYWORDS AI-native RAN, Cloud-friendly RAN, Cross-domain AI, Native AI, Service-based RAN

I. 서론

개방적 · 지능적 · 가상화 · 단순화 · 완전히 상호 운용 가능한 RAN(Radio Access Network)으로 지속적 전환을 위해 O-RAN 얼라이언스의 6G 작업반인 nGRG(next Generation Research Group)는 6G를 향한 O-RAN 연구 방향 파악을 위한 설문조사 결과를 2023년에 발표하였다[1]. 여기서 6G RAN 연구 방

향과 관련된 것은 6G 아키텍처 관심 영역, 사용 사례, O-RAN 아키텍처 관심 업무 영역, 6G 네트워크 복원력이다. 6G 아키텍처 관심 영역은 TN(Transport Network), CN(Core Network), RAN, SMO(Service and Management Orchestration), DT(Digital Twin), AI, 보안과 프라이버시, SBA(Service Based Architecture)와 에너지 효율성이었다.

사용 사례는 네트워크 모든 부분에 AI/ML 적용,

* DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2025.J.400510>

* 이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. RS-2024-00395824, (총괄1-세부2) Upper-mid Band를 지원하는 Cloud virtualized RAN (vRAN) 시스템 기술 개발)



실시간 분석, 소프트웨어화와 분리, B5G 엣지 중심, 프라이버시와 보안, 자동화/오토노믹 순이었다. 네트워크 모든 부분에서 AI/ML 적용은 6G AI/ML 어플리케이션이 실시간으로 동작할 것이며, 무선 인터페이스부터 관리와 오케스트레이션까지 AI/ML 능력을 가질 것이라는 것이다. 실시간 분석을 요구하는 6G 어플리케이션을 네트워크에서 신속 최적화하려면 RIC(RAN Intelligent Controller)의 실시간 처리가 필요하다. 네트워크 요소를 즉석에서 실행하고 상대적으로 독립적 운영을 할 수 있는 보다 세부적인 마이크로서비스로 소프트웨어화하고 분리하는 추세 충족을 위해 SW 정의 요소와 시스템, 네트워크 기능 가상화는 B5G부터 기반 기술이 될 것이다. 현 환경에서 사용자 요구사항은 프라이버시와 금융과 개인 데이터의 보안이므로, 향후 시스템에 내장될 것이다. 추가 발굴된 사용 사례로 네트워크 운용 용이성이다. 6G에서도 다양한 주파수 스펙트럼과 구축 시나리오가 있을 것이며, 해당 환경에서 네트워크 파라미터의 수동 설정은 매우 시간과 비용이 많이 소요될 것이다. 따라서 AI/ML은 시스템 성능은 물론 관리와 오케스트레이션에서도 전체 시스템을 보다 효율적으로 만드는 핵심 기술이 될 수 있다.

O-RAN 아키텍처 관심 업무 영역에 대해 중단간 솔루션 또는 특정 영역 솔루션을 구축하는 O-RAN 기업들은 네트워크 자동화, 공통 SMO, AI/ML Native 아키텍처, 새로운 기능과 인터페이스를 제안했다. 네트워크 자동화는 네트워크 기능, 서비스 기능 오케스트레이션과 운영을 포함한 모든 영역에서 최적화하는 것으로, 완전 자동화와 도메인 간 최적화를 위해 CN, TN과 다른 네트워크 노드에 대한 관리 기능을 포함하는 공통 SMO가 필요하다. AI/ML은 시스템 성능, 자동화된 관리와 조정 측면에서 전체 시스템 개선에 핵심 기술이 될 수 있으므로,

O-RAN 아키텍처는 SMO, Non-RT RIC, Near-RT RIC를 포함한 AI/ML Native 아키텍처가 되어야 한다. 기존 O-RAN 노드를 새로운 기능이나 물리적 RAN과 DT와 연결하는 인트라 RAN 등의 Near-RT RIC와 새로운 인터페이스도 필요하다.

더 많은 사회활동에서 중요한 서비스들이 이동통신네트워크에 의존함에 따라 6G 네트워크는 복원력을 갖고 적절한 품질의 서비스 제공을 지속 가능하게 지원할 수 있어야 한다. 따라서 설계 단계에서 6G 네트워크에 다음 사항들이 직접 통합될 것으로 기대했다. (1) 복원력 있는 네트워크는 이동통신에 의존하는 사용 사례에서 기능적 안정성을 보장해야 한다. (2) 복원력은 네트워크 장비/기능에 설계될 수 있으므로, AI/ML은 여러 네트워크 KPI 모니터링하고, 네트워크 설정을 조정하는 복원력을 향상시켜야 한다.

본고에서는 상기 사항 중 6G RAN에 대한 nGRG 보고서 중 Native AI RAN, 클라우드 친화적 RAN, 서비스 기반 RAN을 분석하였다. II장은 6G O-RAN 개념과 요구사항, Native AI를 향한 프로그래밍 가능한 RAN, Native AI 아키텍처, Cross-Domain AI를 설명한다. III장은 클라우드 친화적인 6G RAN 아키텍처 원칙을 요구사항, 표준화 그리고 구축 측면을 분석하였다. IV장은 CP(Control Plane)에 SBA를 도입한 5G CN처럼 클라우드 기반 6G RAN 아키텍처에서 SBA 도입 솔루션을 분석하였다.

II. Native-AI RAN

1. Native-AI 아키텍처

참고문헌 [2]에서 Native AI 기반 6G O-RAN 개념과 요구사항, Native AI를 향한 프로그래밍 가능한 RAN, O-RAN에서 Native AI 아키텍처를 제안하였다. Native AI는 네트워크나 서비스에 사용 가능

하거나 노출되는 고유하게 내장된 AI 능력으로 AI 구현 방식의 변화뿐만 아니라 AI 메커니즘 자체의 근본적인 재구성을 의미하기도 한다. 시스템 내 여러 부분 간 명확한 인과 관계가 있으면 AI 분할 모드를 활용할 수 있고, 이 모드는 RAN 지능화에 특히 효과적이며, RAN 내 Native AI 기능을 허용한다. 즉, RAN 전체 AI 시스템을 서비스 특정 목표에 따라 여러 서브시스템 또는 구성요소로 분할 후, 각 구성 요소는 RAN 서비스 기능에 통합되어 응집력 있는 시스템을 제공할 수 있다. 분할 AI 방식은 시스템의 여러 부분이 중앙집중식 제어 또는 오케스트레이션에 따라 모델 훈련, 추론 도출, 데이터 처리를 하는 분산 아키텍처를 활용할 수 있다.

6G에서 Native AI를 구현하려면 컴퓨팅 파워, 데이터, AI 알고리즘, RAN · TN · CN · 관리 기능들이 요구된다. 6G 어플리케이션과 서비스 요구사항 충족을 위해 강력하고 가속화된 컴퓨팅 자원 수요를 증가시킬 것으로 예상되며, 6G 진화 시나리오와 네트워크 기능을 수용하려면 광범위한 데이터 볼륨과 복잡한 알고리즘 처리를 위한 새로운 컴퓨팅 아키텍처와 인프라 개발이 필요하다. 또한, 6G 네트워크와 어플리케이션에서 생성된 대규모 데이터를 관리할 수 있는 분산 컴퓨팅 아키텍처 구현도 포함될 수 있다. 6G 네트워크는 Native AI의 중요한 요소인 데이터를 수집, 저장, 처리와 검색을 위한 안정적이고 안전한 플랫폼을 제공해야 한다. 그리고 가변적 신호 강도, Latency, 대역폭 제약 등 무선통신 네트워크에서의 고유한 문제를 처리하려면 새로운 AI 알고리즘을 개발할 수도 있다. 특히 변화하는 네트워크 조건에 적응하고 시간이 지남에 따라 성능을 최적화하는 DL(Deep Learning), RL(Reinforcement Learning) 등이 포함될 수 있다. 또한, 6G 네트워크는 대용량 데이터의 실시간 처리와 분석은 물론 AI 어플리케이션과 기존 네트워크 인프라와 원활한 통합

도 지원하도록 설계되어야 한다.

6G에서 AI 요소를 원활하게 통합할 수 있는 효율적이고 편리한 접근 방식으로 Native AI를 향한 프로그래밍 가능한 RAN이 있다. 프로그래밍 가능한 RAN은 E2SM-KPM(E2 Service Model-Key Performance Measurement)[3] 등 인터페이스를 활용하여 RAN에서 데이터를 수집하고 상호작용을 할 수 있고, 수집된 데이터는 처리 · 분석한 후 의미 있는 상관관계를 밝혀내어 네트워크의 전반적인 기능을 향상시킬 수 있다. 또한, 프로그래밍 가능한 RAN은 관련 RAN 프레임워크 채택을 촉진하여 AI 모델의 가져오기 · 업데이트를 지원하고 궁극적으로 다양한 시나리오의 다양한 요구사항을 충족시킬 수 있다. 프로그래밍 가능한 RAN은 프로그래밍 가능한 파라미터 · 데이터 · 동작 구성요소를 포함한다. (1) 파라미터는 프로그래밍 가능한 프레임워크와 개방형 인터페이스를 통해 AI 모델과 SW 정의 RAN 기능 간 파라미터의 원활한 적응을 촉진한다. (2) 데이터에는 AI 모델 훈련을 위한 데이터 세트 구성과 RAN 기능 내 데이터 관계 탐색이 포함된다. (3) 동작을 통해 다양한 AI 모델을 활용하여 RAN 작업을 수정할 수 있다. 이 프로세스를 촉진하려면 모델의 효과적 전개와 관리를 할 수 있는 강력한 프레임워크가 필요하다. 이 프레임워크는 프로그래밍 가능한 인터페이스와 기능 모듈의 포괄적인 세트를 포함하여 원활한 통합과 운영을 가능하게 해야 한다. 또한, 프로그래밍 가능한 동작을 통해 RAN은 필요에 따라 AI 모델을 동적으로 업데이트하고 교체하여 변화하는 네트워크 요구사항에 대응하여 유연성과 적응성을 보장할 수 있다. 프로그래밍 가능한 RAN 구현을 활성화하려면 RAN 내에 기존 폐쇄형 프로토콜 스택의 점진적 개방이 필수적이다. Native AI가 지속적으로 발전하는 상황에서 프로그래밍 가능한 RAN은 동적 네트워크 요구사항에 효과적으로 적

응하고, 혁신을 촉진하며 Native AI 잠재력을 최대한 활용할 수 있다.

6G에서는 네트워크 내 어디서나 주어진 혹은 임의의 시간에 수많은 시나리오나 어플리케이션이 생성될 수 있을 것이다. 6G 인에이블러로서 Native AI는 이 요구사항을 신속 처리하기 위해 중앙집중형 AI와 분산형 AI가 있다. 중앙집중형 AI는 디바이스나 클라우드에서 필요한 모든 종류의 정보와 데이터를 수집하는 중앙 시스템과 데이터 처리, AI 모델 훈련과 추론 등을 위한 강력한 컴퓨팅 자원을 갖추고 있다. 그러나 Latency에 민감한 서비스나 빠른 응답이 필요한 어플리케이션 처리를 위해 분산형 AI는 중앙집중형 AI를 보완할 수 있다. 분산형 AI는 6G 네트워크 어느 곳이나 전개될 수 있고, 대역폭 측면에서 효율적이며, 어플리케이션 작업에도 반응적이다. 분산형 AI는 데이터 중심이거나 어플리케이션 중심이라는 특징을 가지고 있다. 중앙집중형 AI는 데이터와 자원을 제어하므로 데이터 중앙집중화 또는 중앙집중식 의사결정이 상당한 이점을 제공한다. 분산형 AI는 여러 네트워크 요소 또는 디바이스의 컴퓨팅 성능을 활용하여 데이터 프라이버시 문제 해결과 동시에 협업을 촉진한다. 중앙집중형 AI, 분산형 AI 및 둘의 공존 중 선택은 어플리케이션, 데이터 구축 및 프라이버시 요구사항에 따라 달라질 수 있다.

O-RAN의 Native AI 아키텍처는 현 O-RAN 아키텍처를 출발점으로 하지만, 최종 Native AI 아키텍처는 하나로 수렴되지 않고, 여러 솔루션이 있을 수 있다. 우선 Native AI 아키텍처가 가져야 할 기술적 특징들은 다음과 같다. 첫째, 6G는 AI 기능이 크게 중앙집중화되기보다는 O-RAN 논리 노드에 유연하게 배치될 것이므로, 더 계층화된 분산 AI 기능을 지원하는 아키텍처가 필요하다. 둘째, 6G에는 AI 기능이 네트워크 도메인에도 존재할 가능성이 높고,

이를 지원하기 위해 아키텍처는 서로 다른 논리적 노드들 간, 즉 RAN-UE 도메인 간 혹은 RAN-CN 도메인 간 등 다양한 도메인에 걸쳐 AI 작업의 공동 수행 능력, Cross-Domain AI 협업이 필요하다. 셋째, 6G에서 AI는 O-RAN 시스템이 사용자 장비, 네트워크 요소에 제공되는 서비스일 수 있으므로 서비스 품질이 보장되어야 한다. 따라서 아키텍처는 AI 서비스 제공과 서비스 품질 보장 능력을 갖추어야 한다.

4G·5G에서 AI는 Add-On 기능으로 구현되어, AI 모델 훈련 평가 방법이 RAN에 제공되었고, 훈련된 AI 모델이나 정책을 RAN에 직접 전송한다. 이 방식에는 다음의 피할 수 없는 과제가 있다. 첫째, 대규모의 실시간 및 더욱 세밀한 메트릭이 RAN에서 TN과 RAN에 용량 영향을 미칠 수 있는 추가 AI 엔터티로 전송되어야 한다. 이로 인해 RAN 비용이 커지고, 다양한 공급업체 간 상호 운용성 문제도 추가된다. 둘째, 효과적인 추론은 효과적인 지표에 크게 좌우된다.

이 문제 해결을 위한 Native AI 아키텍처는 대규모의 메트릭을 RAN 외부로의 전송을 피하고, AI 훈련·추론을 위한 메트릭은 RAN의 제어 플로우와 데이터 플로우에 수렴시켰다. 예로 분산형 Native AI와 DTN(Digital Twin Network)를 사용하여, 분산형 AI 시스템과 분산형 DT 시스템을 구성하고, AI와 DT 기능은 각각 CN, TN, RAN과 UE 기능에 포함된다. Native AI는 네트워크 기능을 가속화하고, 무선 자원 최적화와 CN, TN과 RAN 등 전체 네트워크를 지능형 시스템화할 수 있다. DT는 Native AI를 실행할 수 있는 인프라를 제공하며, AI 컴퓨팅과 처리는 시뮬레이션과 온라인에서도 DT 도메인으로 실행될 수 있다. AI와 DT의 분산형 시스템은 중앙집중형 AI/DT와 분산형 AI/DT로 구성된다. 중앙집중형 AI는 분산형 AI를 구성 및 제어하고, 분산형

AI는 측정값을 중앙집중형 AI에 보고한다. 분산형 AI는 CN, TN, RAN, UE의 서비스 기능으로 융합되어 이를 가속화한다. AI 알고리즘의 인스턴스는 AI 서비스 목표, 즉 다양한 AI 알고리즘을 사용하는 다양한 서비스 시나리오에 따라 결정된다. 분산형 DT 시스템은 분산형 AI 시스템과 인접하여 오프라인 또는 온라인 시뮬레이션으로 AI를 훈련하거나 추론할 수 있다. 분산형 AI와 분산형 DT는 ZMR(Zero Measurement Report)이 달성되도록 RAN의 메트릭을 로컬로 처리한다. 분산형 AI/DT 시스템은 클라우드 플랫폼에서, 중앙집중형 AI/DT는 SMO 플랫폼에서 실행되며 시스템을 중단간에 구성된다.

6G의 Native AI 네트워크에서 인텔리전스, 데이터, 컴퓨팅, 관리 및 기타 서비스 등 서비스 활성화를 위한 요구사항은 기존 무선 네트워크에서 충족되기 어렵다. 특히 서로 다른 네트워크 간 협업 제어는 새로운 과제이며 다음과 같이 수행된다. 첫째, 다양한 시나리오에서 차별화된 서비스 제공을 위해 중앙집중형 AI/DT에 위치한 협업 제어 기능은 의도를 UE, RAN, TN 및 CN 도메인별 서비스 요구사항으로 분해하고, 이 요구사항은 연결 요구사항, AI 알고리즘 요구사항, 데이터 요구사항과 컴퓨팅 요구사항에 영향을 미친다. 분해된 서비스 요구사항은 네트워크 도메인의 해당 협업 제어 기능으로 전송된다. 중앙집중형 AI/DT에 위치한 협업 제어 기능의 서비스 요구사항을 기반으로 네트워크 도메인에 위치한 협업 제어 기능은 서비스 요구사항을 네트워크 기능 요구사항, 연결 요구사항과 자원 요구사항으로 분해하여 연결을 설정하고 자원을 할당한다. 또한, 서비스 변경에 따라 네트워크 기능, 연결, 자원이 적응적으로 조정된다. 둘째, 협업 제어 기능을 네트워크 기능에 더 가깝게 배치하여, 더 많은 실시간 관리 능력을 갖추게 한다. 실시간 요구사항이 높고 복잡성이 낮은 서비스는 UE, RAN, TN 또는

CN에 위치한 협업 제어 기능으로 처리되고, 실시간 요구사항이 낮고 영역이 넓으며 복잡도가 높은 서비스의 경우 중앙집중형 AI/DT(클라우드 플랫폼)에 위치한 협업 제어 기능에서 처리된다.

2. Native-AI와 Cross-Domain AI

ITU-R 미래 기술 동향 보고서[4]에서 AI-Native 무선 네트워크 핵심 영역은 다음과 같다. (1) AI-Native 무선 네트워크로는 지능형 데이터 인식, 사용자 피드백, Pervasive 계산 노드, 온-디맨드 용량 공급, 센싱과 AI 협업, 분산과 통합 AI 제어, 다양한 용도에 대한 적응형 솔루션, (2) AI 서비스 지원에서 무선 네트워크로는 DL-centric에서 UL-centric으로 전환, CN에서 deep 엣지로 전환, 클라우드화에서 ML로 전환.

3GPP에서 AI/ML 작업 목표는 AI/ML 기술로 5G/B5G 성능을 향상시켜 새로운 어플리케이션과 서비스를 개발과 이동통신 네트워크의 전반적인 효율성과 효과성을 향상시키는 것이다. 구체적으로 5G 네트워크에 AI/ML 통합을 위한 기술 보고서와 규격을 개발하였다. AI/ML을 RAN, CN과 서비스 등 5G 네트워크의 여러 부분에 통합하기 위한 잠재적인 사용 사례와 기술 요구사항 탐색을 목표로 AI/ML을 사용한 네트워크 성능 최적화, 에너지 효율성 개선, 사용자 경험 향상을 위한 방법 조사도 포함했다.

O-RAN에서 AI/ML 관련 제안/진행 중인 연구는 NG-RAN(Next Generation-RAN), 관리 도메인에서 ML 훈련/추론과 데이터 수집을 위한 프레임워크가 있다. 관리 도메인에 적용되는 AI/ML은 NG-RAN에서 에너지 절약, Fault 관리(이상 검출/진단) 등이다. 또한, NG-RAN, 관리 도메인 전반에서 AI/ML 생애주기, 훈련과 추론 실행 등을 관리하는 AI/ML

관리 서비스도 포함된다. O-RAN 아키텍처에 일반 AI/ML 프레임워크 도입은 진행 중으로 설계가 제안되었고 예시 설계도 있다. 설계 원칙은 SMO에서 AI/ML 모델 훈련과 모델 저장소를 호스팅하고 이를 RAN의 다른 구성요소와 공유하는 것이다.

참고문헌 [5]에서 6G 필수요소인 AI/ML 관련하여 Native 및 Cross-Domain AI 영향을 받는 아키텍처의 주요 영역을 식별하고 예상되는 영향을 소개하였다. 구체적으로 Native AI 아키텍처에 영향을 미치는 요소인 데이터 관리, 의도 중심 네트워크 관리, 분산 인텔리전스와 도메인 간 협업 등을 다루었다.

Native AI란 네트워크 아키텍처 내의 다양한 노드/엔드포인트 및 인터페이스 지원 기능에 AI를 내장한다는 것이다. AI 주도 네트워킹을 활성화하려면 네트워크 인프라의 무선 액세스 구성요소에 AI 증강(Augmentation)과 AI 주입(Infusion)이 내재할 수 있도록 해야 한다. AI 증강된 RAN이란 기존 NG-RAN 아키텍처를 AI/ML이 가능한 논리 기능으로 강화하여 전반적인 RAN 운영과 관리를 본질적으로 지능화한 것이다. 따라서 현 O-RAN 아키텍처에는 Non-RT RIC와 Near-RT RIC가 존재하지만, 더 엄격한 수율(Throughput) 및/또는 Latency를 요구하는 6G 사용 사례 요구사항 충족을 위해 기존 AI/ML 기능은 RIC 진화(예: 실시간 RIC 도입)와 RIC 향상(예: 의도 기반 네트워킹 활성화)이 필요할 수 있다. 이 AI로 증강된 RAN은 AI/ML 기반 서브 모듈을 기존 NG-RAN 노드에 내장하여 기존 신호 처리 구현 블록을 향상 혹은 대체하는 AI가 주입된 RAN으로 발전할 수 있다. 즉, Native AI 중심 네트워크 설계는 RAN 인텔리전스를 더 증강하고 네트워크 아키텍처 논리 노드와 인터페이스에 AI 주입 기능을 활성화하는 방향으로 O-RAN 아키텍처가 진화될 것이다.

미래 통신 네트워크는 물리적 네트워크 경계 내에만 존재할 수도 있고, 물리적 네트워크 경계를 넘

어 가상 세계인 DT 공간으로 확장될 수도 있다. 무선에서 AI의 진정한 잠재력 발휘를 위한 AI-Native 아키텍처는 도메인 경계를 넘어 확장되어야 하며, 분산 AI는 Cross-Domain 인텔리전스 공유와 최적화의 길을 열어줄 것이다. 물리적 네트워크 경계를 넘는 Cross-Domain AI는 가상 공간에서 물리적 네트워크의 디지털 복제본인 NDT(Network Digital Twin)를 실현할 수도 있다. 물리적 네트워크 도메인과 DT 대응부 사이에서 실행되는 Cross-Domain 데이터 수집, 제어와 최적화 루프는 Cross-Domain AI를 통해 강화될 수 있다. 즉, Cross-Domain AI는 통신 네트워크의 다양한 도메인(예: RAN, CN, TN, 네트워크 어플리케이션, 그리고 NDT)에 걸친 AI-enabled 기능의 협업 및 통합을 하는 것이다.

우선 효율적이고 실현 가능한 데이터 수집과 관리 체계는 AI-Native 네트워크에 매우 중요하다. 그런데, 중앙집중식 데이터 수집과 관리는 물리 계층 AI 등 실시간 Native AI 요구사항을 충족하기 어렵기 때문에, 분산된 데이터 도메인과 분산된 Cross-Domain의 네트워크 인텔리전스 패브릭을 연결할 수 있는 데이터 주도 아키텍처가 필요하다. 6G 네트워크 구조, UE 유형과 동작, 데이터 서비스 요구사항과 시스템 리소스 구성은 매우 동적이고 시간에 민감하고 결합되므로, 데이터 수집과 관리는 다음 과제에 직면한다. (1) 데이터가 여러 장치와 여러 계층에 분산되어 있으므로 데이터 수집에 큰 어려움이 있다. (2) 다양한 데이터 유형과 복잡한 구조로 인해 데이터 분석이 어렵고, 고도로 추상적인 데이터는 이해를 방해한다. (3) 복잡한 상관관계가 있는 결합 데이터는 데이터 마이닝을 더욱 어렵게 만든다.

이런 과제 해결을 위해 표준 데이터 속성 일반화, 데이터 간 관계에 대한 효율적인 명확화, 관계 간 심층적 연관성에 대한 추가 탐색, 관계에 내재

된 데이터 및 핵심 정보의 명확한 표현이 필요하다. 현 O-RAN 아키텍처는 3GPP 아키텍처를 기반으로 Non-RT RIC와 Near-RT RIC를 지원하고, 네트워크 인텔리전스를 위한 중앙집중식 데이터 수집과 관리 프레임워크 제공을 위해 이 두 노드 주변에 A1, E2, O1과 O2 인터페이스를 추가한 것이다. 중앙집중식 데이터 수집과 관리 시스템에서 데이터는 RIC가 실행 단위로 보내기 전에 수집, 집계와 분석을 거쳐야 한다. 그런데, 차세대 네트워크에서 실시간 Native AI 요구사항 충족을 위해 효율적인 실시간 데이터 수집, 처리와 저장 기능이 필요하지만, 이 중앙집중식 데이터 수집과 관리는 실시간 Native AI 요구사항을 충족하기 어렵다. 또한, O-RAN 아키텍처의 높은 개방성으로 인해 기지국 장비는 다양한 공급업체에서 제공될 수 있으므로, 표준화된 데이터 형식뿐만 아니라 통합된 데이터 수집 모델을 설정하는 것이 좋다. 그리고 네트워크는 신뢰할 수 있는 실시간 데이터 수집과 전달, 실시간 데이터 풀, 실시간 데이터 컴퓨팅 등을 지원해야 한다.

5G는 엄격한 Latency와 안전성 요구사항을 충족하는 모듈식 프레임워크를 제공할 수 있지만, 6G는 에너지 절약, 이동성 관리 등 특정 기능 강화를 위해 AI를 적용할 뿐만 아니라 본질적인 AI 비전 구현을 위해 무선통신시스템의 모든 측면에 AI를 통합 설계해야 한다. 따라서 자율 학습, 의사 결정, 자가 최적화와 자가 진화를 위한 AI-Native RAN은 지능형 데이터 인식, 지능형 모델링, 분산 아키텍처와 지능형 모니터링을 포함하는 지능형 루프가 될 것이다.

(1) GAN(Generative Adversarial Network)은 네트워크 노드 간 대량의 데이터 전송을 방지하여 실제 데이터 시뮬레이션에 필요한 데이터를 생성하고 모델 성능을 향상시킬 수 있다. (2) AutoML 기술은 ML 모델과 최적화 알고리즘을 자동으로 선택하여 자율 학습 기능을 위한 수동 개입을 줄일 수 있다. (3) 분산

AI 서버 아키텍처는 네트워크 노드에 분산된 AI 유닛을 사용하여 데이터 전송 부하를 줄이고 데이터 프라이버시를 보호하며 모델 성능을 향상시킨다.

(4) 인간의 제어를 의사 결정 프로세스에 통합하면 AI 알고리즘 의사 결정이 향상되고 기계가 외부 환경 변화에 적응하기 위한 RL을 사용하여 사용자 선호도 이해에 도움이 된다.

분산 지능은 6G의 핵심 인에이블러 기술로서 네트워크 성능을 향상하고 보안을 강화하며 안전성을 높이고, 새로운 어플리케이션과 서비스를 지원하는 잠재적인 접근 방식이다. 가상화가 진행됨에 따라 RAN 기능, 엣지 컴퓨팅, CN의 네트워크 기능 등 통합을 위한 엣지 노드가 제안되었다. 엣지 노드는 네트워크 엣지에 위치한 물리적 또는 가상 머신으로 분산 지능 강화를 위한 옵션이다. 어플리케이션이나 서비스 요청이 네트워크 엣지에서 나오며, 엣지 노드에 내장된 분산 지능은 지능적으로 그 요청을 처리할 수 있다.

6G에서 네트워크가 지원할 어플리케이션으로 인한 복잡성을 관리하려면 자동화 수준을 높여야 한다. 사람이 수동적인 네트워크 관리 작업에서 벗어나 감독 역할로 이동하여 제로 터치 자율 네트워크 작업 촉진을 위해 의도를 요구사항으로 표현한다. 이 의도는 기술 시스템에 부여된 요구사항, 목표 및 제약 조건을 포함한 모든 기대 사항의 사양이다. 인간은 의도를 사용하여 네트워크에서 무엇을 달성할지 지정할 수 있지만, 원하는 상태의 달성 방법은 지정할 수 없다. 따라서 의도는 자율 네트워크 운영을 위한 AI 주도 의사결정을 가능하게 하는 인에이블러로 볼 수 있다. 의도 주도 네트워크 관리 영향은 Cross-Domain에도 미친다. 실제로, 네트워크는 의도 인터페이스를 통해 서로 통신하고 의도 처리 기반으로 자율적인 네트워크 운영을 촉진하는 일련의 의도 관리 기능으로 구성될 수 있다.

Native AI는 모든 사람과 모든 곳에서 중단간 지능형 서비스 제공을 위해 컴퓨팅과 통신의 심층적 통합을 요구한다. 현 3GPP와 O-RAN은 모두 RAN은 중앙집중식 AI이며, 그 중앙집중식 플러그인 AI는 다양한 서비스의 차별화된 요구사항 충족이 어렵고, 대규모 데이터 전송과 AI/ML 훈련으로 인해 네트워크 오버헤드가 더 증가하게 된다. 따라서 AI 기능은 분리된 RAN 기능에 내장되어 협업을 통해 보다 유연하고 맞춤형 가능한 AI 서비스를 제공해야 한다. 내장된 AI는 AI 훈련에 로컬 데이터를 사용할 수 있어 네트워크를 통한 데이터 전송으로 인한 오버헤드와 보안 문제를 피할 수 있다. 따라서, 분리된 RAN 기능 전반에 걸쳐 AI 협업 메커니즘 설계 방법은 Native AI에 매우 중요하다. 우선 RIC 기능에 AI 협업 제어 기능 제공하고, Non-RT RIC와 Near-RT RIC 외에도 RAN 기능에 내장된 AI를 실시간 제어하는 RT RIC를 설계해야 한다. 또한, RAN 내장 AI 구성요소의 협업으로 복수 AI 에이전트는 분산 학습을 지원하고, 잘 훈련된 모델은 복수의 RAN 기능 간 공유할 수 있어야 한다.

3. Cross-Domain AI 아키텍처

참고문헌 [6]에서 중단간 지능형 관리와 RAN-CN 융합 솔루션으로 Cross-Domain AI 레퍼런스 아키텍처를 제안했다. AI 협업 지원을 위한 6G 아키텍처, Cross-Domain 협업 방법론, 인터페이스 설계와 관리 프로세스, 광범위한 특정 시나리오와 사용 사례 지원을 강조했다. O-RAN 아키텍처 기반으로 Cross-Domain AI를 수용하는 다음 솔루션을 제안했다. (1) 융합 RAN-CN 아키텍처로 RAN과 CN의 AI 간 협업을 자연스럽게 향상시키는 동시에 X2 인터페이스로 정보 플로우와 관련 오버헤드를 최소화하는 엣지 네트워크 시나리오, (2) 관리 도메인을 활용

하여 다중 도메인 AI 협업과 관리를 지원한다. 이는 Non-RT RIC, CN 및 기타 도메인별 AI 컨트롤러와 상호작용하는 SMO 내에 Cross-Domain AI 컨트롤러를 도입하는 것이다.

융합 RAN-CN 아키텍처는 다음과 같다. 무선 네트워크에 서로 다른 요구사항의 광범위한 AI 사용 사례를 촉진하려면 CN과 RAN 간 협력은 필수지만, 기존 아키텍처에서 Cross-Domain AI를 위해 부족한 사항은 다음과 같다. 첫째, 기존 아키텍처는 Cross-Domain 데이터 정보 교환에 장애가 된다. 구체적으로, RAN은 점대점 N2 인터페이스를 통해서만 CN CP의 AMF(Access and Mobility Management Function)에 연결할 수 있고, 이는 RAN과 NWDAF(Network Data Analytics Function) 간 제어 데이터 전달에 AMF 개입이 필요하므로 전송 지연과 오버헤드가 증가한다. 더욱이 NWDAF와 Near-RT RIC와 Non-RT RIC의 상호작용 촉진을 위한 표준화된 인터페이스가 부족하다. 둘째, 분산 지능형 배치에서 RAN과 CN의 지능형 기능은 물리적으로 근접해서, 둘 사이의 논리적 기능을 더 통합할 수 있는 기회를 제공해야 한다. 이 융합은 네트워크 아키텍처와 인터페이스를 단순화하고, 기능적 중복성을 제거하고, Latency를 줄이며, 불필요한 전달 오버헤드를 완화할 수 있다. 그리고 Endogenous AI를 위한 RAN-CN 협업/융합을 위해 O-RAN 관점에서 다음 측면을 고려해야 한다. (1) RAN과 CN 간 데이터 · 모델 · 알고리즘 등 공유와 조정 촉진을 위해 협업 · 융합 요구사항과 사용 사례 분석과 특정 협업 · 융합 기능 식별을 해야 한다. (2) O-RAN 아키텍처, 프로토콜, 인터페이스와 절차에 대한 협업 · 융합 영향을 식별해야 한다. RAN-CN 협업 · 융합을 더 잘 수용 · 지원하려면 SA(Service based Architecture) 등 보다 유연하고 효율적인 아키텍처가 요구된다. 데이터 송신과 제어를 쉽게 하려면 적절한 프로토콜과

인터페이스를 고안해야 하므로, 협업/융합에 따른 데이터 전송 및 협업 워크플로우도 고려해야 한다. (3) RAN-CN 협업·융합에는 광범위한 데이터 공유와 처리가 수반되므로 데이터 보안과 프라이버시가 중요하다. 사용자 데이터와 네트워크 정보의 기밀성과 무결성을 보호하려면 적절한 보안 메커니즘과 프라이버시 전략이 중요하다.

Cross-Domain AI를 위한 향상된 SMO는 다음과 같다. 현 SMO는 AI 훈련과 모델 관리 기능을 제공할 수 있으며, AI 인터페이스를 통해 Near-RT RIC에 정책을 보낸다. 그러나 다양한 네트워크 도메인에서 조정된 AI 기능 활성화를 위해 현재 SMO에 다음 기능을 추가할 수 있다. (1) 네트워크 도메인 전체에서 AI 관리 및 오케스트레이션을 처리하는 Cross-Domain AI 제어 기능, (2) 다양한 네트워크 도메인에서 AI 능력 정보를 획득하고 AI 능력 노출을 가능하게 하는 기능, (3) Cross-Domain 데이터 정렬과 매핑, AI 작업 식별과 분해, 일치하는 컴퓨팅 노드에 구축 등 종단간 AI 관리 및 오케스트레이션 기능, (4) 데이터 수집, 모델 훈련, 추론 외에도 모델 생성, 저장, 마이그레이션 관리는 물론 AI 성능 평가, 모델 업데이트 등 프로세스도 AI의 종단간 생애주기 관리 역량 강화, (5) 수직 FL(Federated Learning) 훈련·추론을 관리하여 Cross-Domain 분산 학습 지원, (6) 의도 인식, 번역, 매칭 기능, 의도 충돌 해결, 그리고 Cross-Domain AI에서 폐쇄 루프 제어 등의 도 관리 지원 등.

III. 클라우드 친화적 RAN

이동통신 네트워크는 긴밀하게 통합된 SW와 HW 솔루션에서 SW와 클라우드 솔루션으로 전환 중이다. 따라서 진화할 이동통신 네트워크 아키텍처는 간소화된 관리와 오케스트레이션, 구현 시 더

높은 확장성 등 잠재적 이점을 활용할 수 있도록 정의하는 것이 중요해졌다. 이 기능들을 통합한 RAN 아키텍처를 클라우드 친화적 RAN 아키텍처라 한다. 그러나 클라우드 친화성이 미래 RAN에는 바람직하지만, 성능에 (너무) 타협하지 않도록 주의해야 한다. 예로 시간에 민감한 절차는 성능에 초점을 맞춘 최적화가 필요하므로 일부 클라우드 친화성 기능이 희생될 수 있다. 또한, RAN 기능과 구축은 한정적인 무선 리소스의 지능적 최적화로 다양한 서비스를 지원하도록 설계되어야 한다. RAN 성능에서 가장 엄격한 요구사항인 Latency(Latency 변동 포함), 수율과 안전성은 상당한 L1 처리로 인해 복잡한 디지털 신호 처리가 필요하며, 이 처리는 클라우드 구현의 일반적인 어플리케이션이 아니다. 따라서 클라우드 친화적 RAN 아키텍처와 RAN 친화적 클라우드는 함께 고려되어야 한다. RAN 아키텍처는 클라우드 기술로 가능한 한 유연성, 확장성, 민첩성, 지속적 통합과 구축을 통한 서비스 개발과 맞춤형의 신속성을 활용할 수 있어야 한다. 즉, 클라우드 RAN은 다음 요구사항을 지원하도록 설계되어야 한다: 시간에 민감한 이벤트와 작업에서 결정적 응답 시간을 보장하는 실시간 운영 체제와 사전 예방적 스케줄링, 고성능 RAN 어플리케이션 요구사항 지원, 리소스 보장, HW 가속기로 RAN에서 복잡한 처리 지원을 위한 대규모 CPU 사이클과 메모리 등.

참고문헌 [7]은 클라우드 친화적 6G RAN 아키텍처 설계 방법(및 설계하지 않는 방법)의 지침으로 클라우드 친화적 6G RAN 아키텍처 요구사항, 표준화, 구축과 관리 관련 원칙을 분석하였다. 6G RAN 아키텍처 요구사항 원칙에는 에너지 성능과 지속 가능성, Latency, 관찰 가능성, 복원력 등이 있다. 미래 RAN 아키텍처는 에너지 성능과 HW 사용을 개선하기 위해 네트워크 전체에서 효율적인 Sleep 메커니즘 지원과 HW 풀링 수단이 에너지 효율성을 개선

한다. 복원력은 컴퓨팅, 스토리지, 네트워킹 등 여러 영역에서 중요하며, 기본 인프라에서 장애를 허용하고 계속 동작할 수 있도록 네트워크 어플리케이션이 설계된다.

미래의 고품질 실시간 어플리케이션 지원에서 중요한 Latency를 고려한 클라우드 친화적인 6G RAN 아키텍처 설계 시 주요 목표는 이기종 및 여러 어플리케이션에 원활하고 고품질이며 안정적인 실시간 통신을 보장하는 것이다. 즉, Latency 고려는 뛰어난 사용자 경험 보장, 자율 주행과 원격 진료 등 미션 크리티컬 어플리케이션 지원, 네트워크 리소스 최적화 등 진화하는 기술 요구에 대비하여 미래의 클라우드 친화적인 6G RAN 설계에 필수적이다. 향상된 사용자 경험은 빠른 응답 시간에 달려 있으므로, Latency는 서비스의 지각된 품질과 반응성에 직접적인 영향을 미친다. 효율적인 Latency 처리는 네트워크 리소스 활용도를 개선하여 비용 절감과 성능을 향상시킬 수 있다. 따라서 클라우드 친화적인 6G RAN 아키텍처를 설계 시 동적 서비스 체이닝, 가상화된 공유 OS, 구축 전략, 기능 그룹화 등과 Latency에 영향을 미치는 중요한 요소를 분석해야 한다.

관련 데이터를 수집, 분석과 시각화하여 시스템 내부 동작에 대한 통찰력을 얻는 관찰 가능성은 사용 가능한 데이터 기반으로 시스템의 상태, 성능과 동작을 이해하고 추론하는 능력이다. 관찰 가능성은 복잡한 분산 시스템에서 실행 가능한 통찰력을 제공하여 운영자와 개발자가 문제를 효과적으로 진단·해결하는 데 중점을 둔다. 기존 모니터링 방식은 종종 시스템 기능 간에 미리 정의된 미리 정의된 메트릭과 경고에 의존한다. 이 가정은 시스템의 내부 역학에 대한 충분한 가시성을 제공하지 못할 수 있다. 클라우드 환경에서 관찰 가능성은 여러 공급업체의 기능으로 구성된 이기종 시스템의 역학에

대한 전체적인 관점 제공을 목표로 한다.

6G RAN 아키텍처 표준화 원칙에는 구현과 구축에 혁신을 허용하면서도 여러 공급업체의 상호 운용성 달성 방법과 6G RAN 프로토콜을 클라우드 친화적으로 만들고, NF(Network Function)와 계층 간 우려 사항 분리(즉, 불필요한 종속성 방지) 달성 방법이 포함된다. 여러 공급업체 인터페이스와 계층에서 우려 사항의 적절한 분리 과정에서 NF 구현 별 정보 노출을 최소화하여 다른 NF에 영향을 미치지 않으면서 NF에 더 큰 변경을 허용하는 솔루션, 특정 기능이 여러 NF에 분할되어 불필요한 종속성, 시그널링 복잡성과 Latency로의 영향을 방지하는 NF에 기능 할당이 포함된다. 미래 RAN 아키텍처에 클라우드 친화적 프로토콜 채택으로 현재와 미래 클라우드 플랫폼에서 잘 지원되는 시그널링 트랜스포트와 보안 프로토콜이 포함되고, 시그널링 어플리케이션 프로토콜을 기본 시그널링 트랜스포트 프로토콜에서 명확하게 분리하여 독립적인 진화를 가능하게 하는 것도 포함된다.

6G RAN 아키텍처 구축과 관리 원칙에는 자동화, 자동화된 RCA(Root Cause Analysis), ZTA(Zero Trust Architecture), DevOps로 전환, 상태 처리 최적화, 데이터 메시 활용 방법에 대한 일반 원칙이 포함된다. 네트워크 성능을 개선하면서 지속적인 서비스 보장을 가능하게 하는 페루프 자동화 지원을 포함한 자동화 설계로서 의도 기반 API, 복잡한 RAN 구성 간소화, 새로운 서비스의 빠른 구축 가능, 최종 사용자 경험 품질과 구성 변경의 영향을 더 잘 이해하기 위한 향상된 관찰 가능성, 생애주기 관리와 오케스트레이션을 지원한다. 시스템 또는 프로세스 내에서 문제, 사고 또는 실패의 근본 원인을 식별할 수 있는 자동화된 RCA 지원은 네트워크가 다양한 공급업체의 구성요소로 구축되고, 독립적으로 설계 및 관리되는 HW와 SW를 포함하는 클라우드 RAN에서 중

요하다. 표준에는 자동화된 RCA를 위한 인에이블러 구축에 중점을 두어야 한다. 네트워크에서 요청자 위치와 관계없이 어플리케이션과 플랫폼 상태에 따라 NF 상호작용의 세분화된 인증과 권한 부여로 다중 이해 관계자 클라우드 설정에서 중요한 ZTA를 지원한다. TEE(Trusted Execution Environment)와 원격 증명 메커니즘은 리소스를 보호하는 인에이블러로서 어플리케이션과 플랫폼의 보안을 모니터링한다.

IV. 서비스 기반 RAN

참고문헌 [8]은 CP에 SBA를 도입한 5G CN처럼 클라우드 기반 6G RAN 아키텍처에 SBA를 도입한 솔루션을 제시하였다. Service-Based RAN은 산업 요구에 적응하고, 기술 추세를 준수하면서, 6G 네트워크 진화 목표와 일치하는 진정한 Cloud-Native RAN 실현의 핵심 요소다.

전통적인 RAN 아키텍처는 주로 가입자 연결을 보장하도록 설계되었으며, 구현은 모든 내부 인터페이스가 폐쇄된 고도로 통합된 SW와 HW를 기반으로 성능 이점을 제공했다. 5G부터 다양한 어플리케이션과 서비스가 가능해져서 사업자와 사용자 모두에게 민첩성, 유연성과 확장성을 제공하므로, 네트워크의 Cloud-Native로 전환은 불가피한 추세였다. 그런데 3GPP에서 정의한 RAN 기능은 관리/오케스트레이션 기능의 유연성을 제공하는 Cloud-Native 플랫폼을 통해 컨테이너에 구축할 수 있지만, RAN의 대부분 프로토콜 기능과 프로세스는 Cloud-Native가 아닌 과거 설계 철학에 따라 구현되었다. 현재 클라우드 RAN 구현은 RAN의 기본 SW 아키텍처 변경 대신 SW 실행 플랫폼만 변경하여 클라우드 친화적이지 않다. 따라서 다음 특징을 갖는 Cloud-Native 원칙에 따라 설계된 RAN 아키텍

처를 Service-Based RAN이라 한다: 네트워크 서비스로 정의된 RAN 기능은 하나 이상의 네트워크 기능에서 제공한다. 해당 기능은 개별적으로 정의되지만, 네트워크 서비스는 실제 구현에서 함께 번들로 묶을 수 있다: RAN 내부 서비스 구성요소와 RAN과 CN 서비스 간 새로운 통합 방법은 상위 수준 서비스의 종단간 기능 제공을 위해 상호작용한다.

Service-Based RAN 기본 고려 사항인 모듈형 서비스, 서비스 재사용성, 독립형 기능 구조화 등 원칙과, CP, UP(User Plane), 서비스 액세스 인터페이스 등 아키텍처 관점에서 서비스 기본 구현 방향에 따라 Service-Based RAN 솔루션 두 가지를 제시했다.

솔루션 1은 인터페이스 기반으로 기존 5G RAN 아키텍처와 역호환되며, 구현이 더 용이하므로 6G 서비스 기반 RAN 아키텍처 진화의 초기 단계라 할 수 있다. CU(Central Unit)-CP와 CU-UP는 부분적으로 서비스 기반이며 NF로 취급할 수 있다. CU-CP는 CN NF와 기타 CU-UP에 서비스 기반 인터페이스를 제공하지만, DU(Digital Unit)와 기존 F1 인터페이스도 유지한다. CU-UP는 일부 기능을 열기 위해 서비스 기반 E1만 구현하고, UPF(User Plane Function)와 DU 간 P2P 인터페이스는 그대로 유지된다.

솔루션 2는 모든 RAN 기능이 재구성되고 새로운 AI, 컴퓨팅과 기타 기능 도입이 쉬운 SBA 개념에 더 밀접하고, Cloud-Native 설계 원칙을 최대한 활용한 것이다. 이 솔루션은 여러 트래픽 유형에 대해 다양한 UP NF가 사용한다. 이 NF는 특정 시나리오 또는 요구사항에 따라 선택적으로 구축될 수 있다. 6G에 더 많은 유형의 QoS가 있으므로 UP NF도 확장될 수 있다. 각 RAN NF는 다른 NF가 사용할 수 있는 여러 서비스로 구성되며, 여러 RAN NF 간 상호작용도 SBI(Service Based Interface)를 기반으로 한다. 전용 액세스와 보안 메커니즘으로 RAN NF 서비스

를 선택적으로 CN에 노출할 수 있다.

두 솔루션의 가장 큰 차이점은 서비스 기반 재설계 정도에 있다. 솔루션 1은 서비스 기반 인터페이스에 대한 것이 더 많지만, 솔루션 2는 보다 철저한 RAN 기능 재구성이다. 솔루션 1은 기존 5G RAN 아키텍처와 더 호환되어 5G의 원활한 진화에 도움이 되며 SBA로 인해 발생하는 성능 문제가 너무 많지 않다. 그러나 이 솔루션에서 SBA가 제공하는 이점은 제한적이며 AI와 같은 새로운 기능의 경우 RAN에 더 잘 통합될 수 없다. 솔루션 2는 기존 네트워크 아키텍처를 크게 재구성하는 것이며 많은 프로세스와 기능 구현을 재설계해야 하지만, 유연성과 확장성 등 SBA가 제공하는 이점은 더 분명하고, 새로운 기능을 도입하는 것이 더 쉽다. 그러나 SBA로 인해 발생하는 몇 가지 과제가 있다. 따라서 전략적으로 솔루션 1을 서비스 기반 RAN의 초기 시도로 사용한 다음, 완전한 서비스 기반 아키텍처로 완전히 진화시켜 지속적으로 더 유연하고 사용자 정의 가능한 RAN 구현을 촉진하여 6G에 대한 더 많

은 비즈니스 시나리오를 실현하는 것이다.

V. 결론

O-RAN 얼라이언스의 6G 작업반인 nGRG는 6G를 향한 O-RAN 연구 방향에 대한 설문조사한 결과 중 6G RAN 연구 방향과 관련된 것은 6G 아키텍처의 관심 영역, 사용 사례, O-RAN 아키텍처의 관심 업무 영역, 6G 네트워크 복원력이다. 이 중 6G RAN 연구 방향은 Native AI RAN, 클라우드 친화적 RAN, 서비스 기반 RAN이었다. 따라서 6G O-RAN 개념과 요구사항, Native AI를 향한 프로그래밍 가능한 RAN, Native AI 아키텍처, Cross-Domain AI를 정리하였다. 클라우드 친화적인 6G RAN 아키텍처 관련 원칙을 요구사항, 표준화와 구축 측면을 정리하였다. 마지막으로 CP에 SBA를 도입한 5G CN처럼 클라우드 기반 6G RAN 아키텍처에서도 SBA를 도입하는 솔루션을 정리하였다. 이 주제들이 6G RAN 연구에 참고되기를 희망한다.

참고문헌

- [1] O-RAN next Generation Research Group, "O-RAN Towards 6G," O-RAN Alliance, Oct. 2023. <https://mediastorage.o-ran.org/ngrg-rr/nGRG-RR-2023-01-O-RAN-Towards-6G-v1.3.pdf>
- [2] O-RAN next Generation Research Group, "O-RAN Native AI Architecture Description," O-RAN Alliance, Dec. 2023. <https://mediastorage.o-ran.org/ngrg-rr/nGRG-RR-2023-02-Native%20AI%20Architecture%20Description-v1.2.pdf>
- [3] O-RAN Alliance, "O-RAN WE2 Service Model: Key Performance Measurement(E2SM-LPM) v2.0," Aug. 2021. <https://www.o-ran.org>
- [4] International Telecommunication Union, "Future technology trends of terrestrial IMT systems towards 2030 and beyond," ITU-R M.2516-0, Nov. 2022.
- [5] O-RAN next Generation Research Group, "Research Report on Native and Cross-domain AI: State of the art and future outlook," O-RAN Alliance, Sep. 2023. <https://mediastorage.o-ran.org/ngrg-rr/nGRG-RR-2023-03-Research-Report-on-Native-and-Cross-domain-AI-v1.1.pdf>
- [6] O-RAN next Generation Research Group, "Research Report on Cross-domain AI," O-RAN Alliance, Feb. 2024. <https://mediastorage.o-ran.org/ngrg-rr/nGRG-RR-2024-02-O-RAN%20Cross-domain%20AI%20v1.6.pdf>
- [7] O-RAN next Generation Research Group, "Architecture principles for a cloud-friendly future 6G RAN architecture," O-RAN Alliance, Feb. 2024. <https://mediastorage.o-ran.org/ngrg-rr/nGRG-RR-2024-01-O-RAN%20Cloud%20Friendly%20Future%206G%20RAN-v1.2.1.pdf>
- [8] O-RAN next Generation Research Group, "Research Report on Service-based RAN for 6G Network," O-RAN Alliance, Oct. 2024. <https://mediastorage.o-ran.org/ngrg-rr/nGRG-RR-2024-11-Research%20Report%20on%20Service-based%20RAN%20for%206G%20network.pdf>