

2026

SK텔레콤 6G 백서

Vision on Future Network Architecture, ATHENA



ATHENA

AI, Trust, Hyper-connectivity, Experience, openN, Agility

Vision on Future Network Architecture

Contents

Executive Summary	4
1. 들어가는 말	6
2. SK텔레콤의 중장기 Telco Infra 진화	7
2.1 핵심 기술 요소 분석	8
2.2 진화 방향성	10
2.3 SK텔레콤의 중장기 망구조	12
3. 영역별 세부 Architecture 및 Enabling Technologies	16
3.1 AI-native RAN	16
3.2 xCore	22
3.3 ACTN (AI-native Converged Transport Network)	26
3.4 DIVE (network Data Insight & Value Engine)	31
4. SK텔레콤의 R&D 추진 현황 및 계획	37
4.1 AI-native RAN	37
4.2 xCore	40
4.3 ACTN	45
4.4 DIVE	48
5. 맺음말	51
References	52
Abbreviations	53

Executive Summary

| 들어가는 말 |

- AI 융합, 서비스 확산, 보안 강화, 운용 패러다임 전환 등 다양한 환경 변화 속에서 SK텔레콤은 운용 효율성·고객 경험 혁신·네트워크 수익화 달성을 위한 중장기 네트워크 진화 방향을 모색 중

| 중장기 Telco Infra 진화 방향성 |

- SK텔레콤은 ▶ AI-native ▶ Cloud-native ▶ Ubiquitous ▶ Open ▶ Zero-Trust ▶ Customer-centric를 6대 Network Vision으로 제시
- 중장기 네트워크는 고객 중심 가치 창출을 위한 신규 서비스 지원 및 End-to-End 효율적 운용을 기본으로, 도메인별 특화 기술을 개발/적용하는 방향으로 설계 필요

| 영역별 세부 기술 및 SK텔레콤 R&D 추진 현황 |

- (무선접속망) 가상화와 개방형 인터페이스를 기반으로, 운용자 개입 없이 의도 (Intent) 기반 최적화와 AI 서비스 지원을 수행하며, 모든 접근과 데이터를 지속 검증/보호하는 ZTA 기반의 AI-native RAN으로 진화 예정
SK텔레콤은 AI 기반 성능 향상, RIC/Orchestrator 기반 지능화, 표준 기반 개방형 인터페이스 연구개발을 통해 통신사 기술 주도권 확보하고 생태계 확장을 위한 기술 개발 중
- (코어망) 미래 코어는 CNF 및 MSA 기반의 클라우드 환경에서 AI를 활용해 자원 최적화, 자동 복구, Intent 기반의 자율 운용 기반으로 진화가 예상
SK텔레콤은 중앙집중형 AI 데이터센터를 기반으로 AI 기반 코어 자동화와 지능형 제어 기술을 고도화하며, Cloud-native 전환과 AI Agent 접목으로 운용 효율을 극대화하고, API 개방 및 보안성 확보를 위한 기술개발 선도 중

- (전송망) AI 기반 통합 제어·관리와 Network Digital Twin 환경을 통해 지능화, 자동화를 추구하는 AI native Converged TN으로 진화 예상
이를 위해 APN 구조 진화, 양자암호통신 결합 보안, 차세대 프론트홀 망 기술 및 Cross-DC xPU Clustering을 개발하여 확장성, 경제성, 보안성을 강화하기 위한 기술 개발 추진 중
- (DIVE) 네트워크 데이터 기반으로 차별화된 서비스 및 가치 제공을 위한 플랫폼으로, Hybrid Edge-Cloud 아키텍처 구조에서 AI 기반 네트워크 데이터 서비스 개발 및 운용 환경 제공, 정책과 서비스 배포를 이원화한 Dual Plane 배포 및 ZTA로의 진화 예상
SK텔레콤은 네트워크 데이터 서비스 중 정밀 실내 측위 위치기반 서비스에 대해 Hybrid Edge-Cloud 아키텍처 및 AI-powered Data Service Development 기술 개발을 우선적으로 추진 중이며, 향후 개발범위 확대 추진 예정

| 맺음말 |

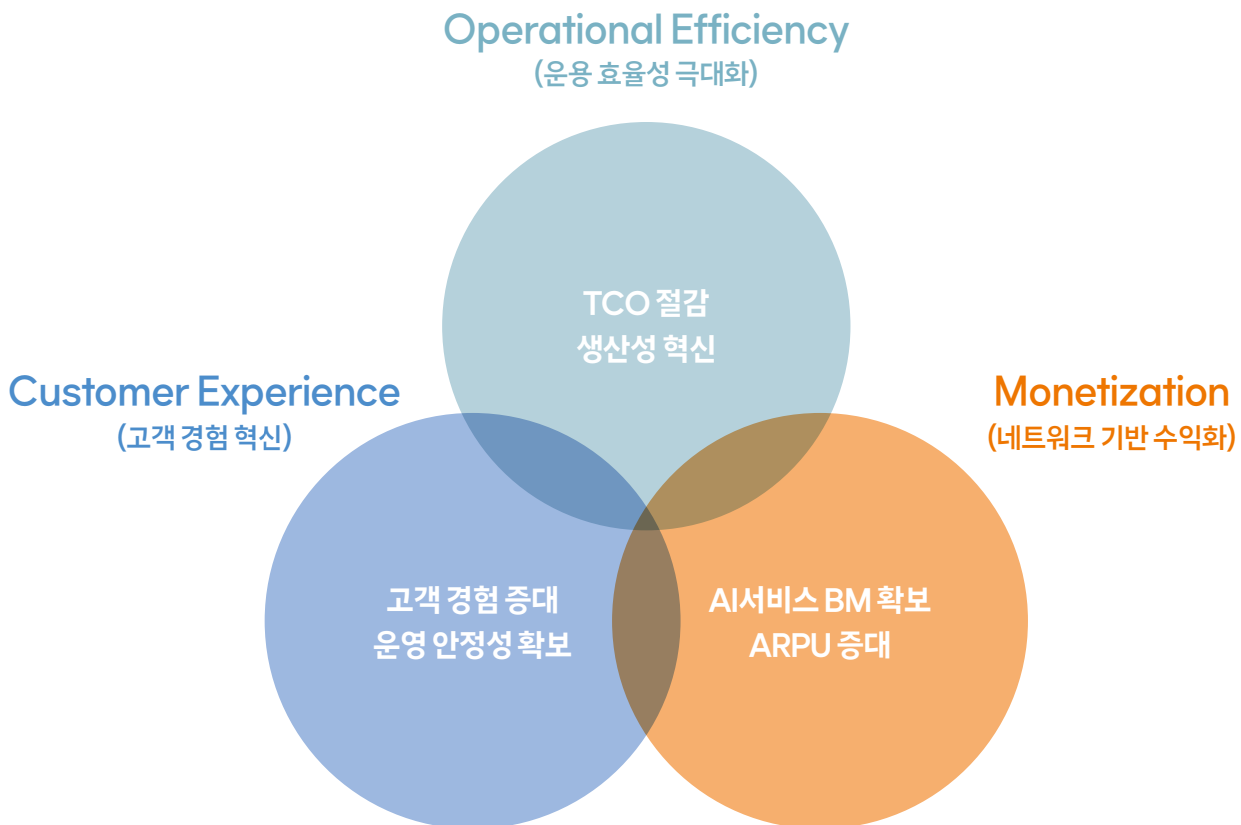
- SK텔레콤은 AI·클라우드·보안·개방형 네트워크를 핵심 축으로 무선접속망, 코어망, 전송망, 데이터플랫폼을 지능화·자동화해 운용 효율과 고객 경험을 혁신하며, 중장기 네트워크를 준비하고 있음
- 6G 시대의 불확실성 속에서 고객 가치를 최우선으로 삼고, AI 기술 접목과 Cloud-native 가상화를 기반으로, 개방형 시스템/인터페이스와 Zero Trust 보안을 결합해 선도적인 통신 인프라를 구축하여, 새로운 기회를 창출하겠음

*본 자료는 정보 제공을 목적으로 하며, 실제 서비스나 기술 제공에 대한 약속이 아닙니다. 수록된 예측 정보는 향후 표준화 및 기술 개발 상황 등에 따라 변경될 수 있습니다.

1. 들어가는 말

세계 최초로 5G를 상용화한 지 6년이 지난 지금, 이동통신 업계는 이미 2030년 이후를 바라 보며 차세대 이동통신인 6G 준비에 박차를 가하고 있다. SK텔레콤은 2023년부터 매년 6G 백서를 발간하여, 이동통신사업자로서 6G 시대를 대비하기 위해 필요한 요구사항과 핵심 기술을 제시해 왔다. 2023년 백서에서는 5G 상용화 경험을 바탕으로 도출한 6G 핵심 요구사항과 6G 기술 진화 방향성을 제안하였다. 이어서 2024년 백서에서는 네트워크의 지능화를 이끄는 ‘AI Telco Infra’의 진화 방향성을 제시하며, 6G 준비의 구체적인 청사진을 제시하였다[1][2].

이번 2026년도 백서에서는 보다 중장기적인 관점에서 미래 네트워크 구조가 어떠한 방향으로 진화해야 하는지를 제안한다. 6G가 본격적으로 도래할 10년 후의 환경은, 크게 네 가지 주요 변화가 예상된다. 첫째는 ‘AI Everywhere’로 대표되는 AI 기술과 네트워크의 융합이다. 이는 네트워크 성능 향상을 위한 AI for Network와 AI 확산을 지원하는 Network for AI라는 두 가지 축에서 모두 중요한 의미를 지니며, 앞으로 더욱 전개될 것으로 예상된다. 둘째는 관련 서비스의 본격적인 확산이다. 자율주행 차량, 멀티모달 기반 AR/VR 서비스 등 5G 시대에 등장하기 시작한 혁신 서비스들 뿐만 아니라 휴머노이드로



[그림 1] SK텔레콤의 네트워크 구조 진화 추진 방향

대표되는 Physical AI 등 새로운 서비스들이 6G 시대에는 대대적으로 상용화 될 것으로, 이를 뒷받침 할 수 있는 네트워크 아키텍처가 요구된다. 셋째, 서비스 다변화, 네트워크 가상화 및 개방화에 따른 시스템 구조 변화, 개인정보 보호 강화를 위한 보안 기술의 발전도 병행될 것으로 예상된다. 마지막으로, 급격한 인구 구조 및 사회적 환경 변화에 따른 네트워크 운용 패러다임의 전환도 중요한 고려 요소가 될 것이다.

이러한 변화 속에서 SK텔레콤은 그림1에서 표기된 바와 같이, 중장기 네트워크 운용 개선 추진을 목표로 ‘운용 효율성 극대화 (Operational Efficiency)’, ‘고객 경험 혁신 (Customer Experience)’, ‘네트워크 기반 수익화 (Monetization)’라는 세 가지를 정의하고, 각 목표에 맞는 세부적인 정량 KPI를 설정 하여 이를 달성하기 위한 핵심 기술 개발을 추진 중에 있다.

중장기 네트워크 추진 목표를 달성하기 위해서는 기술적 측면 뿐만 아니라, 미래 서비스와 고객·시장 변화, 투자 및 비용, 국내외 정책 등 다양한 요소를 종합적으로 고려해야 한다. 특히 기술 영역에서도 주파수, 전송 기술, 망 구조 등 다양한 측면에서의 논의가 필요하다.

본 백서에서는 이 중에서도 이동통신 네트워크 시스템의 구성 요소에 초점을 맞추어, 무선접속망, 코어 망, 유선망, 및 네트워크 데이터 플랫폼 등 주요 영역별 진화 방향을 살펴보고, 관련 기술 동향과 SK텔레콤의 연구 현황을 소개하고자 한다.

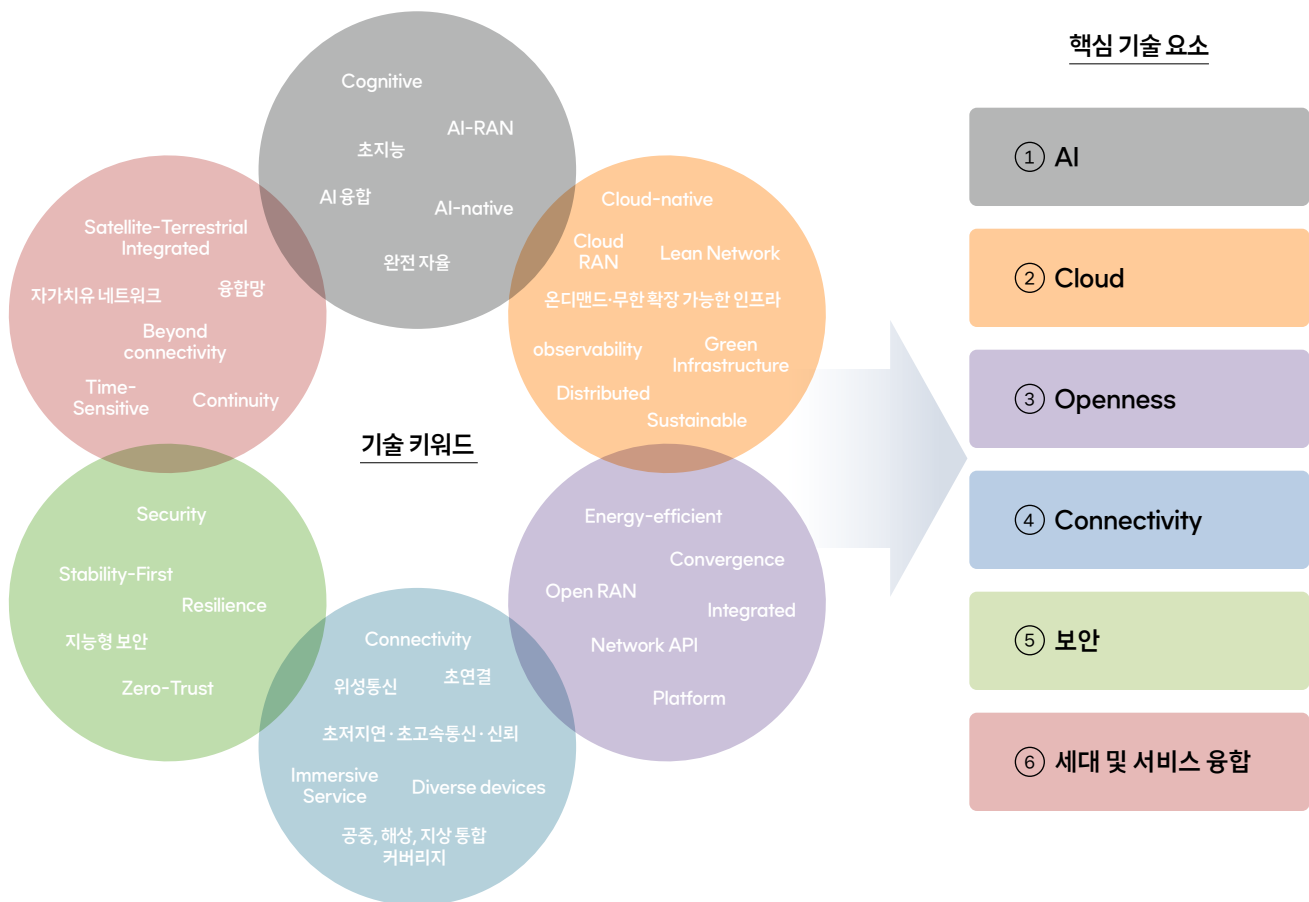
2. SK텔레콤의 중장기 Telco Infra 진화

본 장에서는 우선 통신 인프라의 구성에 직접적인 영향을 미치는 주요 기술 (Enabling technologies)을 기반으로 중장기적 관점에서 네트워크의 진화 방향을 제시한다. 또한, 제시된 진화 방향성을 기반으로 한 Telco Infra 아키텍처를 도출하고, 그 핵심 구성 요소와 역할을 구체적으로 설명하고자 한다.



2.1 핵심 기술 요소 분석

SK텔레콤을 비롯하여, 주요 글로벌 이동사 및 벤더들은 각각 6G 및 중장기 네트워크가 가져야 할 핵심 요소를 발표했다[3][4][5]. 그림 2에서는 이 중에서 공통적으로 언급되는 주요 기술 키워드를 중심으로, 네트워크 구성을 위한 핵심 기술 (Enabling technologies)에 대해서 살펴보고자 한다.



[그림 2] 미래네트워크 핵심 기술 요소

① AI

AI 기술과 네트워크의 융합은 차세대 네트워크 진화에서 가장 핵심적인 요소로 꼽힌다. 실제로 AI를 통신 영역에 적용해 네트워크 처리 및 운용 성능을 향상시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 동시에 AI 서비스를 보다 효율적으로 지원하기 위한 네트워크 역할에 대해서도 논의가 이어지고 있다. 또한, 네트워크에서 생성되는 방대한 데이터를 활용해 AI 모델 성능을 고도화하는 한편, 스팸 차단과 같은 고객관점의 서비스 혁신을 위해서도 AI 기술이 적극 활용되고 있다.

② Cloud

데이터센터에서 발전한 가상화 기술은 이동통신 영역으로 확대되어 지속 발전하고 있다. 초기에는 VM (Virtual Machine) 기반 NFV (Network Functions Virtualization)가 주를 이뤘으나, 최근에는 경량성과 확장성이 뛰어난 컨테이너 (Container) 기반으로 진화하면서 이동통신망 적용이 더욱 가속화되고 있다. 컨테이너는 VM 대비 자원 오버헤드가 적고, 마이크로 서비스 단위로 빠른 배포·스케일링이 가능해 대규모 이동통신망 운용에 더 적합하다. 무선접속망 영역에서도 vRAN (virtualized RAN) 기술 적용이 활발하며 기존 장비 벤더와 IT 기업이 상용 솔루션을 출시했고, 일부 북미/유럽/일본 사업자들은 특정 지역에 상용화를 진행했다.

③ Openness

유연한 망 운용과 비용 효율화를 위해 개방형 기술 개발이 진행되고 있다. 이종 제조사 간 연동을 위한 “Open Interface”의 적용 범위 확대와 규격화 중요성이 커지고 있다. 대표적으로 무선접속망에서는 O-RAN Alliance주도 Open Fronthaul Interface 관련 생태계가 활성화되고 있으며, GSMA의 CAMARA 프로젝트에서는 QoS, 위치 정보, 보안, 인증 등 통신사 보유 네트워크 자산을 표준화된 API를 통해 제3자에게 개방하기 위한 활동이 진행 중이다. 또한, 인터페이스 개방을 넘어 범용 하드웨어 (COTS) 도입, 클라우드 기반 가상화 솔루션 적용, 오픈소스 활용, Open RAN 아키텍처 설계 등 Open 기반 망 구조 개선 움직임도 빠르게 확산되고 있다. 다만, 일부 장비에서 Open Interface가 도입된 사례를 제외하면, 여전히 대부분 제조사는 자체 인터페이스와 설정 파라미터를 기반으로 상용 개발 중으로, 이종 제조사 간 연동이 어렵기에 이를 해결하기 위한 기술 개발이 필요하다.

④ Connectivity

이동통신 세대 진화를 거듭하며, connectivity강화를 위한 기술 개발은 여전히 중요한 비중을 차지한다. E-mMIMO (Extreme massive Multiple Input Multiple Output), AI/ML 기반 RAN 최적화 등을 통해 무선 접속망 커버리지와 성능 향상을 위한 기술 논의가 진행 중이며, 지상망과 위성·항공·해상 등을 포괄하는 NTN (Non-Terrestrial Network)과의 융합 기술 개발도 진행 중이다. 전송망에서는 광전송 기술의 발전에 따라, 기존의 분리된 IP망과 기간망을 융합하여, IPoDWDM (IP over DWDM)을 통해 IP 패킷을 직접 광 계층에서 전송함으로써 네트워크 구조를 단순화하고, 대용량·고속 데이터 전송과 확장성을 동시에 실현하는 기술 개발이 본격화되고 있다.

⑤ 보안

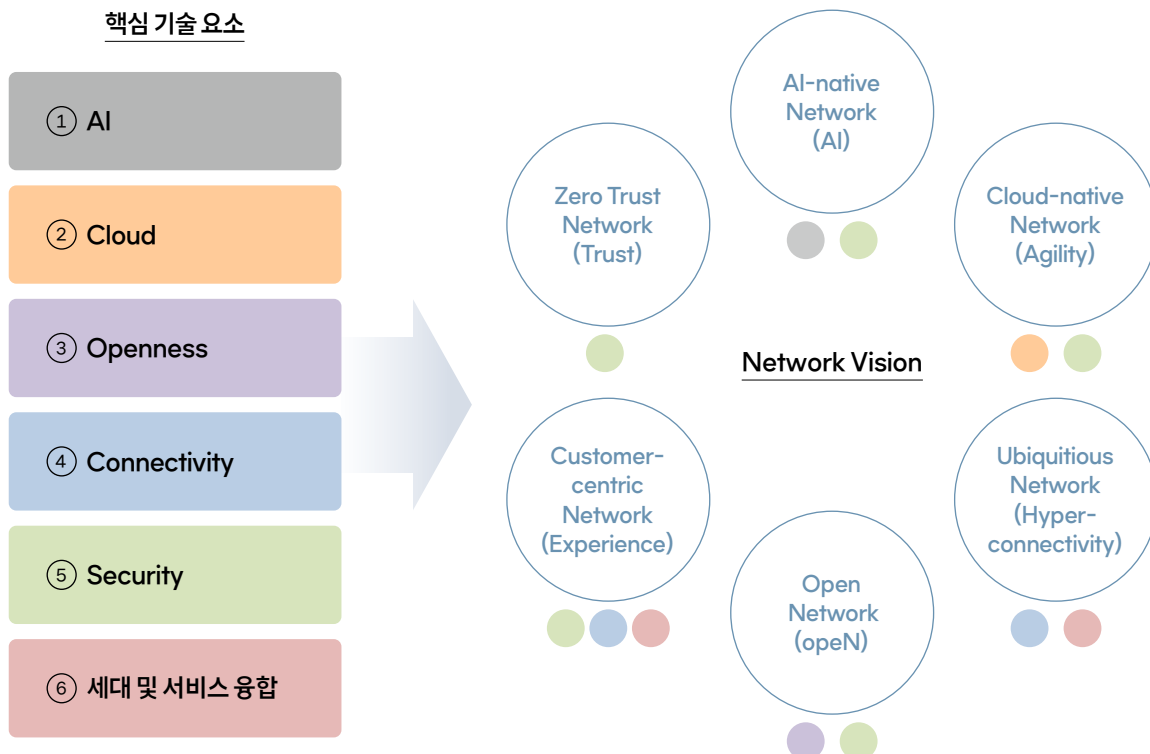
IT·OT·CT가 융합된 복잡한 생태계로 발전됨에 따라, 전송 계층 중심의 기존 보안을 넘어, ZTA (Zero Trust Architecture) 기반의 계층별, 서비스별 보안이 강조되고 있다. 예를 들어, 5G 규격에서는 SUCI (Subscription Concealed Identifier) 도입 등 구조적인 보안 개선안이 고려되었다. 추가로, 상시적인 상호 인증 및 트래픽 암호화를 필수적으로 고려해야 하며, 초기 접속 절차 등을 포함한 통신 시스템 전체 관점에서 보안 강화가 진행 중이다.

⑥ 세대 및 서비스 융합

3G, 4G, 5G 등 이동통신 세대 진화에 따라서, 6G에서는 새로운 세대로의 완전한 전환이 아니라, 서비스 중심으로 접근 관점을 변화하여 기존 세대 및 시스템과의 공존에 기반한 유연한 구조 설계 기술이 개발 중이다. 일례로, 시간대별, 지역별 특성에 맞게 기지국 자원을 유연하게 활용하는 Inter-DU pooling 기술 및 세대 진화에 따른 이동통신망 커버리지 확대를 위해 MRSS (Multi-RAT Shared Spectrum) 등을 통한 5G-6G 주파수 동시 활용 등의 기술 개발 논의가 활발하다. 뿐만 아니라, 통신 자원을 connectivity 지원 외에도 AI 등 여러 서비스 지원을 위해 활용하기 위한 연구도 진행 중이다. 기지국 내 AR Glass, Robot 등의 새로운 6G 서비스의 AI 워크로드 지원을 위해 네트워크 자원의 탄력적 활용을 위한 orchestration 기술 개발 등 논의도 시작되고 있다.

2.2 진화 방향성

네트워크 진화 목표 및 위에서 분석한 핵심 기술요소를 바탕으로, SK텔레콤은 “AI-native Network (AI)”, “Cloud-native Network (Agility)”, “Ubiquitous Network (Hyper-connectivity)”, “Open Network (opeN)”, “Zero-Trust Network (Trust)”, “Customer-centric Network (Experience)”라는 6가지 네트워크 비전을 정의하였다[그림 3].



[그림 3] 중장기 네트워크 Vision

1. AI-native Network

AI-native Network는 AI 기술이 네트워크의 운용 원리와 아키텍처 전반에 깊이 통합되어, AI for Network와 Network for AI 두 축으로의 진화하는 것을 의미한다.

AI for Network 측면에서는 실시간 데이터 분석과 AI 기반 의사 결정을 통해 네트워크가 스스로 상황을 인지·최적화하는 완전한 지능형 네트워크로 발전할 것이다. 운용자의 개입을 최소화하고 Operational Intelligence 기반으로 운용·성능 최적화·장애 예측 및 복구를 자동화하여 운용 효율성과 서비스 민첩성 극대화가 가능해지며, 더 나아가 고객 맞춤 서비스 제공 등 차별화된 부가가치 창출이 가능하다.

Network for AI 측면에서는, AI 서비스를 원활하게 구동하기 위해 네트워크를 설계/최적화하는 것으로, 특히, 고성능·저지연 특성을 갖춘 통신 인프라 위에 Computing과 Communication을 융합하여 AI 워크로드를 효율적으로 지원하는 네트워크로의 진화가 예상된다. 이를 위해, 동일한 하드웨어에서 통신 서비스와 AI 서비스를 병행 운용할 수 있어야 하며, 통신 인프라 자체를 활용한 신규 수익 창출도 가능하다.



2. Cloud-native Network

Cloud-native Network는 가상화 기술을 통신망에 확대 적용하여, 네트워크 자원을 필요에 따라 유연하게 확장·축소하고 트래픽 패턴이나 서비스 특성에 맞춰 지능적으로 재분배할 수 있는 인프라로 발전하는 것을 의미한다. 이를 통해 무선접속망, 코어망, 전송망, 서비스 레이어 등 이동통신 전 영역을 End-to-End로 연계 제어·운용함으로써, 운용 자동화 및 최적화를 동시에 달성하고 고객 경험 중심의 통합 관리가 가능하다.

3. Ubiquitous Network

Ubiquitous Network는 SK텔레콤의 6G 추진 전략 중 하나인 “Generation Mix”와 맥을 같이 하며, 5G·6G 등 특정 세대에 종속되지 않고 수요에 따라 자원을 유연하게 분배·조정할 수 있는 세대 융합 (Generation Agnostic) 인프라로의 진화를 의미한다. 이를 통해 기존 세대와 차세대 기술이 공존하는 네트워크를 구축하고, 전체 망을 유기적으로 연결해 하나의 매끄러운 (Seamless) 커버리지를 제공할 수 있다. 더 나아가 통신 네트워크가 Connectivity 제공과 함께, 다양한 서비스를 효율적으로 제공할 수 있는, 서비스 중심의 최적의 성능과 품질 제공도 가능하다.

4. Open Network

Open Network란 범용 하드웨어 (COTS)와 오픈소스 기반 기술을 활용해 특정 벤더에 종속되지 않는 개방형 생태계를 지향하는 것이다. 이를 통해, TCO 절감은 물론 유연한 네트워크 운용, 나아가 AI 기반 자동화/최적화 기술 도입을 용이하게 하여 운전자 중심의 네트워크 설계가 가능할 것으로 기대된다. 또한, 네트워크 보유 데이터/자산을 외부에 개방하여, Network as a Platform 기반 신규 서비스와 수익 창출도 가능하다.

다만, Open Network를 지향하는 동시에, 네트워크 장비간, 장비 내부 기능 간의 인증 및 암호화를 통해 보안성 확보를 반드시 추구해야 한다. 이는 다음의 Zero Trust Network 비전으로 연결된다.

5. Zero Trust Network

“아무것도 신뢰하지 않는다 (Trust nothing, verify everything)”는 원칙 아래 정의된 Zero Trust Architecture의 개념은 모든 접속과 트래픽을 지속적으로 검증하고 최소 권한으로 통제하는 보안 패러다임으로 미래 네트워크에서 반드시 지향하는 부분이다.

Zero Trust Network는 위의 다른 비전들과 연계되어 정의할 수 있다. 예를 들어, AI-native 네트워크에서는 비정상 징후를 자동으로 탐지하고 실시간 정책을 동적으로 조정함으로써 ‘지속적 검증’과 ‘자동 위협 대응’을 실현할 수 있고, Cloud-native Network에서는 마이크로 서비스와 컨테이너 단위로 세밀한 접근 제어와 신뢰 검증을 적용하여, 분산 인프라 환경에서도 ‘최소 권한’과 ‘세분화된 접근 제어’ 원칙이 철저히 준수된다. 또한 Open Network 환경에서는 다양한 시스템 간 연동을 위해 API 및 외부 접근에 대한 인증, 권한 부여, 실시간 위협 모니터링 등 Zero Trust의 중요 요소를 더욱 강화해야 한다.

6. Customer-centric Network

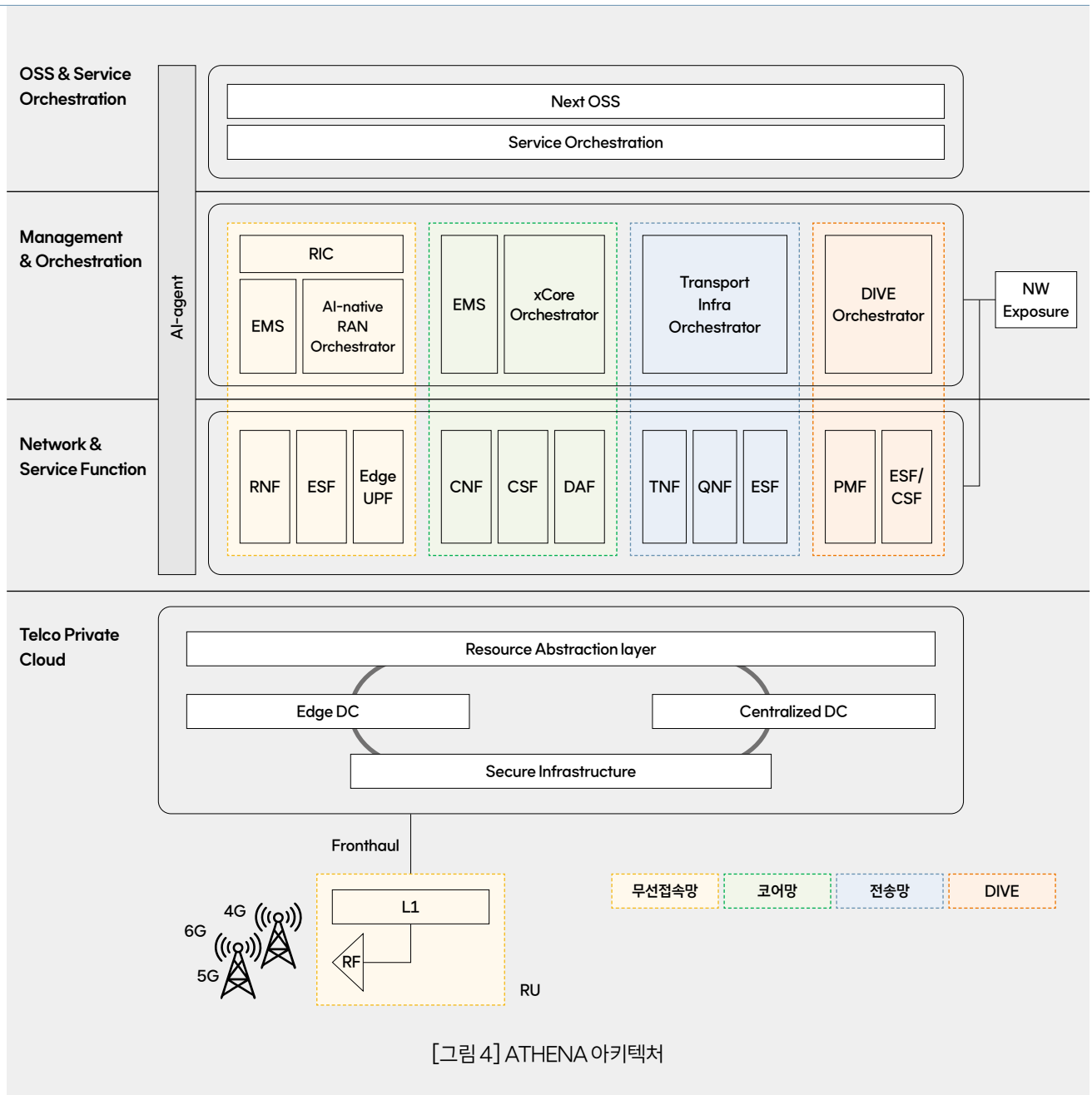
Customer-centric Network란 이동통신사업자 중심이 아니라 고객의 경험과 요구를 최우선으로 고려하여 네트워크를 설계/운영하는 것을 의미한다. 이는, 장애 발생률을 zero에 가깝게 줄여서 안정적인 네트워크를 제공하는 것, 고객의 데이터를 지키고 신뢰할 수 있는 통신 환경을 제공하는 것에서 나아가, 데이터 전송 속도, 지연 등 네트워크 품질 핵심 지표를 개선하여 고객이 체감하는 서비스 품질을 최고로 높이는 것을 목표로 한다.

특히, 6G시대에는 휴머노이드 로봇, 자율주행 자동차, AR 글라스 등 네트워크를 활용하는 기기의 종류가 매우 다양해지고, Physical AI와 같이 기존과 다른 성격의 새로운 서비스가 확대될 것으로 예상된다. 따라서, 이런 환경 변화에 유연하게 대비하기 위해, 고객 중심의 네트워크 기술 개발과 이에 따른 운영 전략 수립이 요구된다.

2.3 SK텔레콤의 중장기 망구조

이번 장에서는 2.2절에서 제시한 네트워크 비전을 달성하기 위한 SK텔레콤의 중장기 네트워크 망구조, ATHENA (AI, Trust, Hyper-connectivity, Experience, opeN, Agility)를 정의한다. 그림 4에 표현된 ATHENA는 무선접속망, 코어망, 유선망 도메인 외, 네트워크 데이터 기반 신규 기능 지원을 위한 DIVE (Data Insight & Value Engine)를 고려하여 정의하였다.

그림 3에서 정의한 네트워크 비전 달성에 용이한 구조 제공을, 그림 4의 ATHENA 아키텍처 설계의 지향점으로 설정했다.

**AI-native Network**

AI-Agent 추가 및 각 도메인 성능 개선을 위한 중요 요소 기술로 AI 활용

Cloud-native Network

CNF 기반 망구조 설계 및 Telco Private Cloud 정의, E2E orchestration 정의

Ubiquitous Network

세대융합, 다양한 서비스 지원 용이를 위한 도메인별 orchestration 기능 강화

Open Network

Open Fronthaul 중요성 강조 및 NW exposure 정의 DIVE 도메인 포함

Zero Trust Network

인터페이스 등 망구조 구체화 설계 단계에서, ZTA 지원을 기본요소로 고려

Customer-centric Network

고객이 체감하는 서비스/네트워크 품질 제고 및 도메인별 orchestration 기능 강화

1. OSS & Service Orchestration

네트워크의 안정적인 운용을 위해 장애 관리, 성능 최적화, 구성 관리, 서비스 개통 등을 지원하는 OSS (Operation Supporting System)와 End-to-End 네트워크 관점에서 통합 제어, 자동화를 지원하는 orchestration으로 구성된다. orchestration은 상품·서비스 요구사항과 정책에 맞게 필요한 모든 도메인 (무선접속망 코어망, 유선망 등)에 걸친 자원을 할당하고 조정하는 역할을 수행한다.

2. Mangement & Orchestration

무선접속망, 전송망, 코어망 등 각 도메인은 장비 특성 및 기술 스택이 상이하고 복잡성이 높아, 특정 도메인 내 자원과 기능을 관리·제어하는 역할이 필요하다. 해당 레이어의 orchestration은 각 도메인 별 특화 서비스/기능을 지원하며, 이를 통해 도메인 내 최적의 리소스 할당, 장애 대응, 성능 개선을 수행할 수 있어 운용 효율성과 품질을 동시에 확보 가능하다. 또한, 상위 레이어인 서비스 Orchestration과 연동하여 End-to-End 통합 운용을 지원한다.

3. Network & Service Functions

보안, 트래픽 제어, 네트워크 기반 Value-added 서비스 등 특정 네트워크 서비스를 제공하는 기능 블록으로, 각 도메인별 핵심 기능을 제공한다. 무선접속망 영역에서는 기본적인 RAN 자원 관리 및 정책 제어 뿐만 아니라 Edge 서비스 지원을 위한 Function을 고려했고, 코어망 영역에서는 가입자 관리 및 서비스 제공을 위한 기능을 포함했다. 유선망에서는 효율적 전송을 위한 기능 및 양자네트워크 보안기술 지원을 고려했다.

4. Telco Private Cloud

Network Function 및 Telco 기반 서비스를 지원하기 위한 가상화 인프라로, Scalable 하고 효율적인 하드웨어 및 소프트웨어 구성을 통해 보안성 및 확장성이 강화된 솔루션 도입을 고려하고 있다.

5. AI Agent

AI Agent는 AI 기술을 사용하여, 운용자를 대신해 작업을 자동으로 완료하는 자율적인 소프트웨어 시스템 또는 프로그램을 의미한다. AI-native Network 달성을 위한 중요한 기능으로, 모든 도메인과 레이어에서 각자의 목적과 시나리오에 맞게 적용 가능하다. 예를 들어, 트래픽 패턴과 장애 상황을 실시간으로 분석하고, 사람의 지시를 대신하여, 자원 할당과 장애 복구 수행이 가능하며, QoS (Quality of Service) 및 QoE (Quality of Experience)를 지속적으로 모니터링하고 예측하는데 활용될 수 있다. 또한, 이상 트래픽이나 보안 위협을 탐지/대응하여 네트워크 보안성 강화하는데도 적용 가능하다.

6. Network Exposure

네트워크의 상태와 데이터를 표준화된 API를 통해 외부 application이나 서비스에 안전하게 제공하는 기능을 의미하며, 이를 통해 외부의 서비스 Provider에게는 통신 네트워크 기반 서비스 품질을 보장할 수 있으며, 통신사에게는 새로운 수익 창출 수단이 될 수 있다. 기존에는 주로 코어망을 중심으로 제공되었는데, Edge AI 개념이 등장함에 따라, 무선접속망, DIVE 등 다른 도메인에서도 해당 기능 지원을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 다음 장에서는 무선접속망, 코어망, 유선망 및 네트워크 데이터 기반 신규 도메인인 DIVE에서 각각 고려해야 하는 세부 구조와 기술을 자세히 다루고자 한다.

도메인	Function	설명
무선접속망	RNF (Radio Network Function)	RAN 영역에서 Telco 서비스 제공하기 위한 자원 관리 및 정책 제어 - Resource Management: 무선자원 할당 및 최적화 - Policy Control: Resource Management 정보 기반 Connection 생성 및 Packet Flow 위한 관리 정책 생성 - Packet Management Function: 데이터 Packet을 Policy Rule에 따라 생성 및 전달
	ESF (Edge Service Function)	Edge 환경에서 제공하는 특화 서비스
	Edge UPF (Edge User Plane Function)	사용자데이터 트래픽을 Edge에서 처리하기 위한 분산형 UPF - 코어망 UPF와는 별도 개념으로, latency 감소 등 Edge 특화 기능 제공 가능
코어망	CNF(Core Network Function)	사용자 이동성 관리, 인증, Session, 정책, 과금, 음성, 메시지 및 데이터 서비스 제공하는 NF (Network Function)
	CSF (Centralized Service Function)	Value-added 서비스 제공하는 NF
	DAF (Data Analytics Function)	운용/사용자 데이터를 수집/정규화해 통계/예측/이상탐지를 제공하고, 다른 NF가 이를 구독 및 질의하도록 하는 분석 기능
유선망	TNF (Transport Network Function)	L0~L3 전송망 기능을 소프트웨어 기반으로 가상화하여 제공 - IP/MPLS Router, IP Multicast Router - Ethernet Switch - L2-L3 VPN Router - L3-L7 Load Balancer
	QNF (Quantum Network Function)	양자암호화, 양자 키 분배 등 양자 네트워크 관리를 위한 기능을 제공
	ESF/CSF (Edge/Centralized Service Function)	네트워크 데이터 기반 xPU 학습/추론 서비스를 제공
DIVE	PMF (Pipeline Management Function)	ESF와 CSF를 연결하는 통합 레이어로서 데이터, 처리 노드, AI 모델 및 서비스들 간의 Pipeline을 자동으로 구성 및 관리
	ESF/CSF	Edge 및 Cloud 영역에서 네트워크 데이터 서비스 개발, 운용, 배포 - ESF : Edge에서 서비스 기능 제공 및 Cloud와의 연동, 독립적 자율실행도 가능 - CSF : Cloud에서 Edge 통합 관리, 정책, 운용 수행 및 Cloud 서비스 기능 제공

3. 영역별 세부 Architecture 및 Enabling Technologies

본 장에서는 앞서 기술된 중장기 망구조의 주요 도메인 영역에서의 세부 구조를 제시하고 구현 기술 관점에서 상세히 기술한다.

3.1 AI-native RAN (Radio Access Network)

무선접속망은 향후 통신망 자체가 AI 기술과 결합하여 진화하는 AI-native RAN으로 진화하여야 한다. 또한, AI-native RAN은 개방형 인터페이스와 가상화를 기반으로 AI를 활용한 RAN 자동화/최적화 (AI for RAN), AI 서비스 지원을 위한 능동적 인프라 (RAN for AI)로 2개의 축이 있으며, 두 축은 상호 보완적인 관계로 통합되어야 한다. 또한, 모든 접근을 지속적으로 검증하는 Zero Trust 원칙 기반으로 설계되어야 한다.

AI-native RAN의 아키텍처는 [그림 5]와 같다. Network & Service Functions은 xPU 기반의 범용 서버를 활용하여, 기존의 Telco 서비스를 제공하는 RNF와 Telco와 독립된 형태의 AI 솔루션 혹은 자율주행 Control, AR/VR 등 Edge 서비스를 제공할 수 있는 ESF로 구성되며, Edge에서의 효율적인 Traffic 처리를 위해서 Edge UPF 도입이 필요하다. 또한 네트워크와 사용자 데이터를 실시간으로 수집·분석하여 네트워크를 최적화 (RIC, RAN Intelligent Controller)하고 AI-native RAN Orchestrator를 통해 효율적으로 관리할 수 있는 지능화된 네트워크를 지향한다.

AI-native RAN 실현을 위해 다음의 요소들을 고려해야 한다.

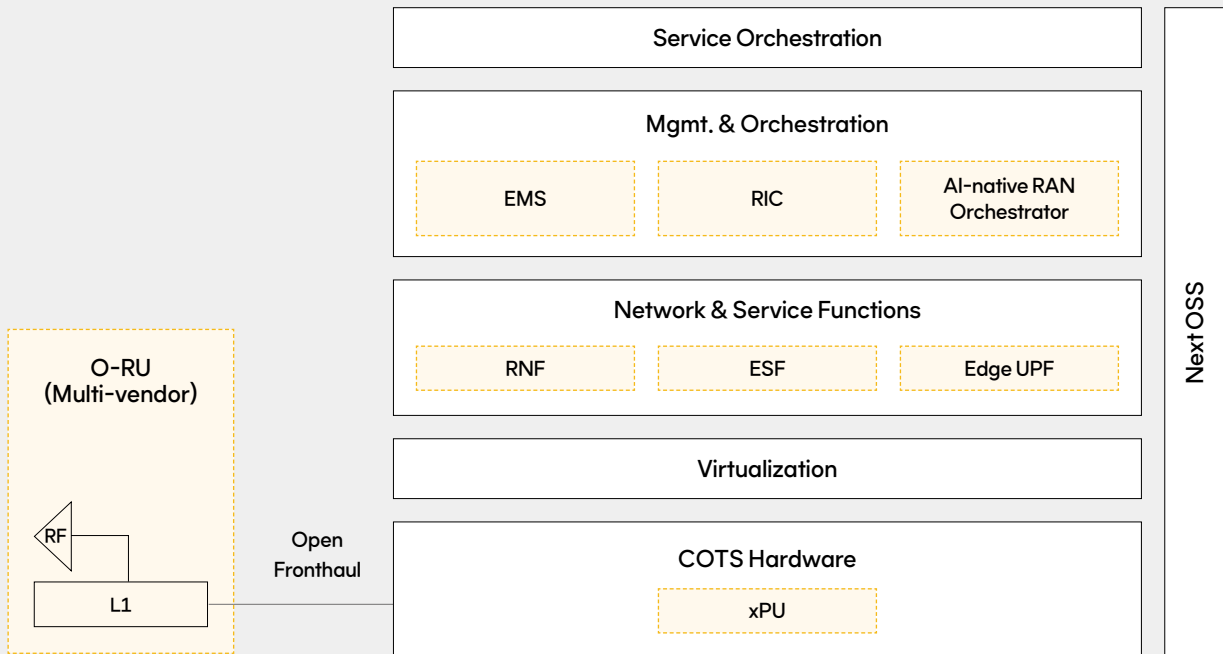
첫째, xPU 기반 서버와 Edge UPF 도입을 통해 기지국을 AI 연산 가능한 지능형 노드로 재정의하고, 통신 서비스와 Edge 서비스를 동시에 제공하면서 서로 간 유연한 자원 배분이 가능하게 한다.

둘째, 운용자의 개입을 최소화할 수 있는 의도(Intent) 기반의 지능화된 네트워크로 전환되어 Self-optimization을 통해 성능을 향상하고, orchestration을 통해 전체 인프라 내 리소스를 효율적으로 관리하고 최적화할 수 있어야 한다.

셋째, 하드웨어와 소프트웨어를 독립적으로 설계하고 구성함으로써 무선접속망 구성 요소를 판단에 따라 유연하게 재배치가 가능하도록 가상화 하는 것이 필요하다.

넷째, 개방형 인터페이스 기반으로 장비가 유연하게 연동되고 이종제조사 제약 없이 관리되어야 하며, 효율적인 운용을 위해 고품질의 세분화·정규화된 데이터 확보가 필요하다.

다섯째, 장비 내부 기능 간 및 장비 간 상시적인 상호 인증 및 트래픽 암호화가 필수적이며, 초기 접속 절차 등도 보안 강화를 고려해야 한다.



[그림 5] AI-native RAN 아키텍처

3.1.1 AI Integration

AI-native RAN은 기존의 연결 중심 통신 서비스와 AI 서비스를 위한 computing 연산을 동시에 수행할 수 있는 구조를 지원해야 한다.

범용 하드웨어는 RAN 서비스와 AI 서비스를 병행 처리할 수 있도록 xPU (GPU, NPU 등)를 탑재하고, 하드웨어와 소프트웨어 간 가상화를 통해 RAN computing과 AI computing이 xPU 자원을 공유해 활용할 수 있어야 한다. 이를 통해 하나의 인프라에서 RAN 서비스와 AI 서비스를 동시에 제공할 수 있다. AI-native RAN의 AI computing 파워는 크게 두 가지 영역에서 활용된다.

첫째, AI-native RAN은 AI computing 파워를 활용해 기지국 상위 레이어와 물리계층의 신호 처리를 지능적으로 최적화할 수 있다. 이를 통해 RAN의 성능과 에너지 효율을 높이고, 지속 가능한 통신 인프라로의 진화를 가능하게 한다. 예를 들어, 기지국 내부 정보 및 단말 보고 등의 데이터를 기반으로 무선 채널의 상태에 따라 데이터 전송 파라미터를 조절하는 Link adaptation 기술에 AI를 적용해 성능을 개선할 수 있으며 기지국과 단말 간 무선 송수신을 수행하는 물리계층 내 신호 처리에 AI를 적용하는 AI-native Air Interface (AI-AI) 기술을 통해 성능 및 품질을 향상시킬 수 있다. 또한, AI 기반의 트래픽 패턴 예측 결과를 활용해 에너지 절감(Energy Saving) 동작을 정교하게 조정함으로써 네트워크 에너지 효율을 높일 수 있다.

둘째, RAN과 독립된 형태로 사업자 또는 서드파티 제조사의 AI 서비스를 제공할 수 있다. AI-native RAN은 AI computing 파워를 Edge에 전진 배치함으로써, 저지연 추론 기반 AI 서비스와 높은 보안성을 요구하는 AI 서비스를 위한 인프라를 제공할 수 있다. 이를 통해 통신 인프라는 단순한 연결 제공을 넘어, Edge AI 서비스와 네트워크 API 제공 등 신규 비즈니스 모델을 통한 부가가치를 창출할 수 있다. 또한, 보다 효율적인 트래픽 처리를 위해 사용자 데이터를 전달·처리하는 UPF를 AI-native RAN내에 구축하는 방안도 고려해야 한다.

3.1.2 Automation and Optimization

앞으로의 네트워크는 운용자의 개입을 최소화할 수 있는 의도 (Intent) 기반의 지능화된 네트워크로 구성되어야 한다.

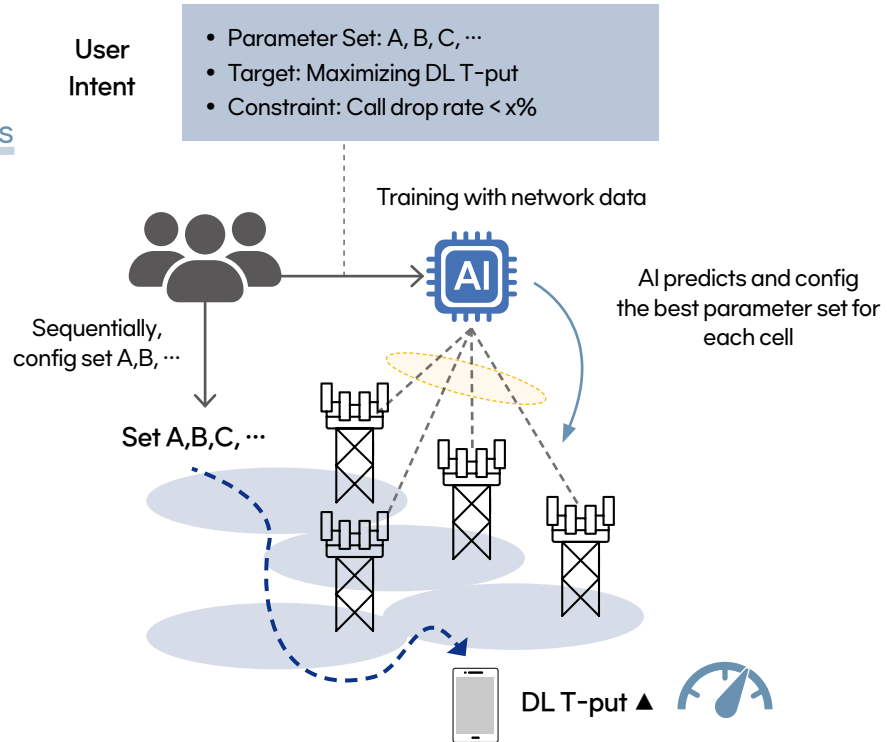
AI-native RAN은 EMS (Element Management System)를 통해 네트워크 인프라 및 단말에서 발생하는 다양한 정보를 수집하고 관리할 뿐만 아니라, RIC를 활용하여 분석과 실시간 Self-Optimization을 수행할 수 있어야 한다. RIC는 수집된 데이터를 기반으로, AI Agent를 활용하여 운용자의 직접적인 개입 없이 Intent 기반의 Load Balancing, 커버리지 최적화, 운용 parameter 최적화, Energy Saving 등의 망 최적화를 수행한다. 또한, RIC에서 동작하는 각각의 솔루션은 개방형 인터페이스 기반의 Application 형태로, 장비 제조사 뿐만 아니라 필요 시 사업자 혹은 서드파티 제조사의 Intent가 반영된 Application을 개발하고 네트워크에 적용할 수 있다.

가상화 기반의 AI-native RAN 운용에 있어서 리소스를 효율적으로 관리하기 위해서는 AI-native RAN Orchestrator를 지원하여야 한다. AI-native RAN Orchestrator는 기지국 별 traffic에 따른 Resource pooling 뿐만 아니라, 동일한 하드웨어 내에서 리소스를 효율적으로 활용하기 위한 RNF와 ESF 간의 orchestration도 수행할 수 있어야 한다. 예를 들어, Traffic이 많지 않은 시간대 혹은 장소의 하드웨어에서는 RNF에 대한 리소스를 최소화하고, ESF 운용에 집중하여 리소스를 제공할 수 있다. 또한, AI-native RAN Orchestrator는 RNF와 ESF에 대한 수명 주기 관리 (Life Cycle Management) 기능도 지원해야 한다.

AI-native RAN은 필연적으로 하드웨어의 이질성 (Heterogeneity)이라는 새로운 도전 과제를 직면하게 된다. 사업자는 다양한 벤더의 장비를 망 구축 계획에 따라 각기 다른 시점에 도입하게 된다. 또한, 도입 시기에 따라 성능과 기능에 차이가 발생하며 이러한 이질성은 단순히 중앙 처리 장치 (CPU)나 가속기 (GPU, NPU 등)에 국한되지 않고 네트워크 인터페이스 카드 (NIC, Network Interface Card), 정밀한 시간 동기화를 위한 타이밍 하드웨어 및 냉각 시스템에 이르기까지 인프라 전반에 걸쳐 복잡성을 야기한다. 따라서, AI-native RAN Orchestrator는 서로 다른 제조사·세대 구성과 CPU/GPU/NPU/DPU 등 이종 하드웨어가 혼재된 서버/사이트에 대한 통합 orchestration을 반드시 고려해야 한다.

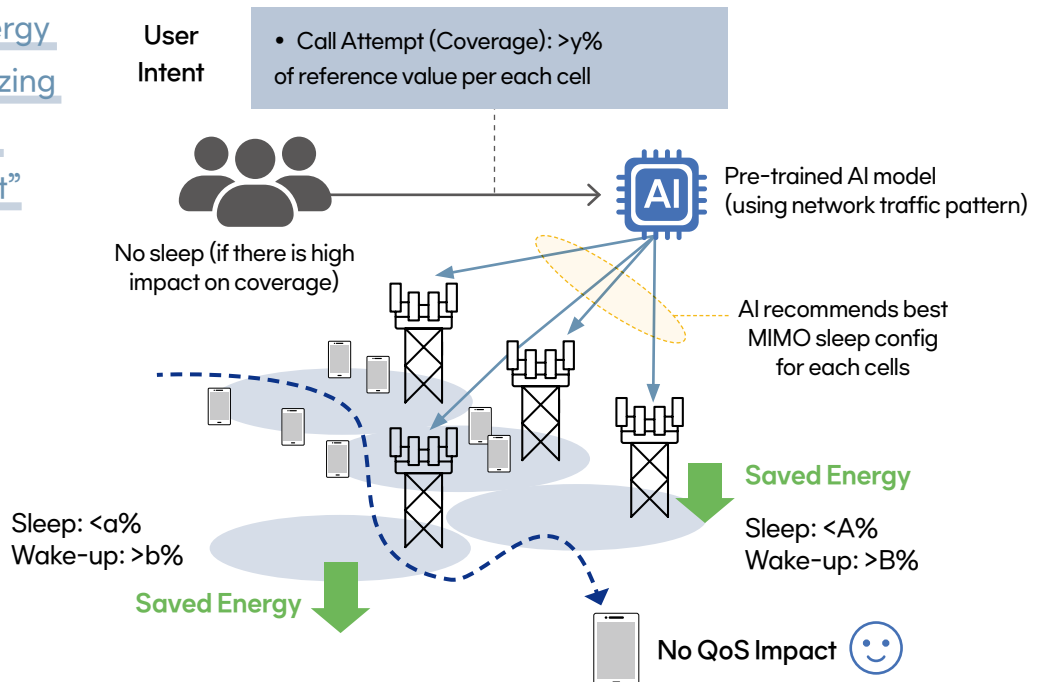
AI-assisted Parameter Optimization

“Cell-specific
parameter
optimization provides
meaningful gain”



AI-assisted MIMO Sleep

“Daytime energy
saving minimizing
customer
QoS impact”



[그림 6] RIC Use Case 예시

3.1.3 Virtualization

AI-native RAN은 하드웨어와 소프트웨어를 독립적으로 설계하고 구성함으로써 유연한 운용이 가능한 가상화 기지국 구조를 기반해야 한다.

기존의 기지국은 제조사 전용 하드웨어와 전용 소프트웨어로 설계 및 구성되어 있어, 사업자/운용자의 의도에 맞춰서 망을 설계하고 구성함에 있어서, 일부 제약이 있을 수 있다. 예를 들어, AI computing을 추가하기 위해 GPU나 NPU 등의 칩셋을 활용하고 싶어도, 전용 하드웨어는 사업자/운용자의 의도에 맞춰서 하드웨어를 재구성하는데 어려움이 있다.

이에 반해, AI-native RAN은 필요에 따라 특정 구조 제약 없이 범용 서버에 xPU를 구성하고, 가상화를 통해 운용자의 목적에 맞춰 RAN서비스를 제공하는 RNF와 AI 서비스 혹은 Edge 기반 특화 서비스를 제공하는 ESF를 동시에 운용할 수 있다.

또한, AI-native RAN은 Resource Pooling 기술 등 가상화의 이점을 활용할 수 있는 기술을 지원해야 한다. 예를 들어, 운용자는 가상화 환경에서 트래픽 부하가 적은 시점에 Scale-in 기술을 통하여 운용하는 서버의 수를 감소시켜 총 소모전력을 최적화할 수 있다. 반대로, 트래픽 부하가 집중되는 시점에는 Scale-up 혹은 Cell pooling 등의 기술을 활용하여 별도의 서비스 단절 없이 셀 용량과 안정성을 증가시킬 수 있다.

마지막으로, AI-native RAN은 가상화의 이점을 활용하여, 망을 유연하게 운용하고 활용할 수 있어야 한다. 하드웨어와 소프트웨어가 독립적으로 운용될 수 있기에, 사업자는 단일의 하드웨어로 4G, 5G 그리고 나아가 6G 서비스를 단독으로 혹은 동시에 제공할 수 있다. 혹은, RAN 서비스와 AI 서비스를 동시에 제공하면서 수요에 따라 서비스 간의 리소스 공유 및 배분을 통하여 효율성을 극대화할 수 있어야 한다.

3.1.4 Open Interface

AI-native RAN은 Flexibility 향상, 비용 효율화를 위하여 인터페이스 개방을 목표로 해야 하며, 이를 위해서 O-RAN Alliance 등 규격에 기반한 개방형 인터페이스 도입이 필요하다.

O-RAN은 장비 간 그리고 장비 내 인터페이스를 규격화 하여 서로 다른 제조사의 장비가 연동될 수 있도록 한 인프라 구조로, 관련 표준화 논의를 위한 O-RAN Alliance가 2018년도에 창립되어, 장비 간, 장비 내 인터페이스에 대한 규격화를 진행하고 있다.

AI-native RAN은 이러한 표준화된 인터페이스를 도입하여 서로 다른 제조사의 장비나 솔루션을 연동하고, 운용자는 이를 통해 이종 제조사 장비에 대한 통합 제어가 가능해야 한다. 장비 내 인터페이스도 개방형 인터페이스로 구현함에 따라, 소프트웨어 측면에서도 이종 제조사간의 연동 및 운용이 가능하다. 예를 들어, 동일한 하드웨어 내의 서로 다른 제조사의 RNF와 ESF가 운용되어도 표준 규격 기반으로 모니터링 및 제어가 가능하다. 또한, EMS와 기지국은 개방형 인터페이스를 기반으로 연동되어, 장비 제조

사간의 별도의 제약 없이 장비를 연동하고 데이터를 수집할 수 있어야 한다. RIC에서 동작하는 각각의 솔루션은 AI application 형태로, 개방형 인터페이스 기반으로 구현되기에, 장비 제조사 뿐만 아니라 운용자도 Intent가 반영된 application을 개발하고 네트워크에 적용할 수 있다.

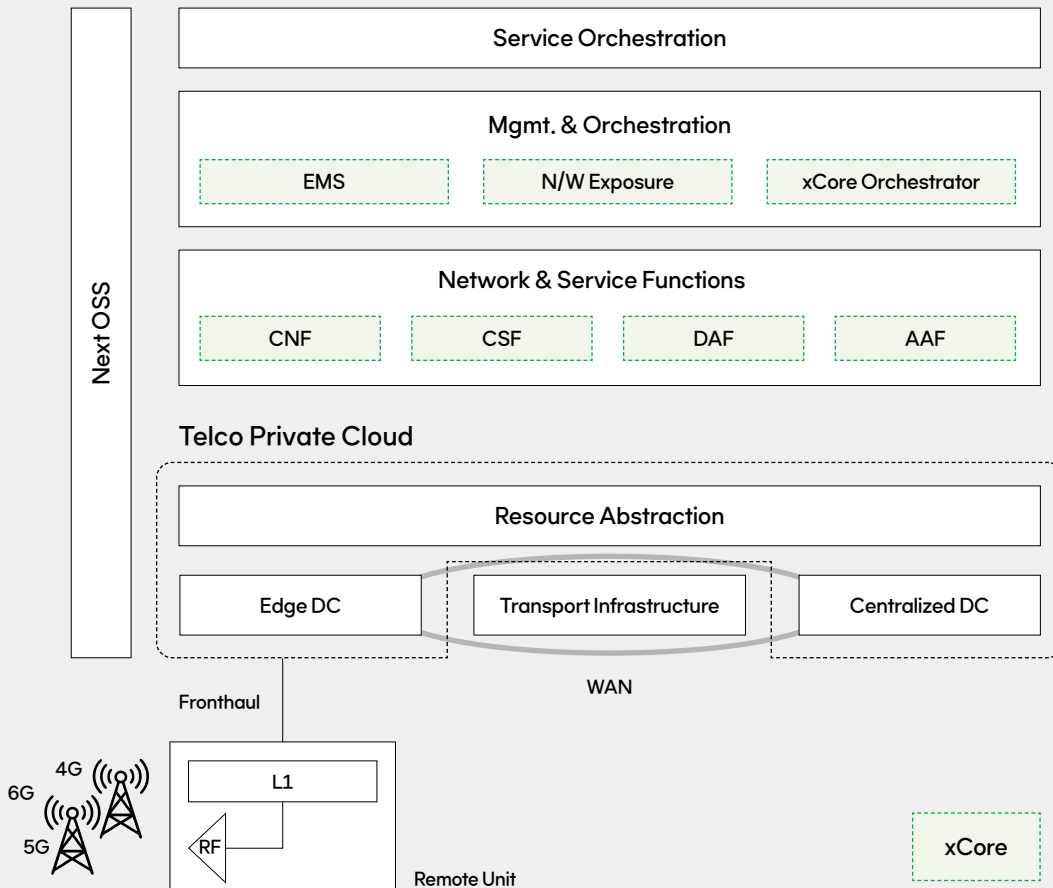
즉, AI-native RAN은 개방형 인터페이스를 기반으로 장비 라인업을 다변화함으로써 유연한 망 구축과 비용 효율화가 가능하며, 제조사 종속성 없이 AI agent 기반의 운용과 최적화를 지원해야 한다. 또한, 이를 실현하기 위해서, 이종 제조사 간의 제약 없이 개방형 인터페이스를 기반으로 세분화·정규화된 고품질의 네트워크 및 User 데이터를 확보할 수 있어야 한다. 예를 들어, 단순 Cell 기반의 데이터 뿐만 아니라, Cell을 구성하는 중계기 같은 장비 별 데이터 혹은 서비스 별 데이터 등 세분화된 데이터를 정규화하여 현장 측정 없이 추출하고 구분할 수 있어야 한다. 또한, 이러한 데이터는 Network Exposure를 통하여 제공될 수 있으며 제공된 데이터는 NWDAF (Network Data Analytics Function)의 RAN analytics, 사업자의 OSS 혹은 서드파티 서비스 제공자가 성능을 모니터링하거나 AI/ML 학습을 위해 사용될 수 있다.

3.1.5 Zero Trust Architecture

AI-native RAN은 어떤 주체나 네트워크도 본질적으로 신뢰하지 않고 항상 검증하는 ZTA를 지향해야 한다. 기존의 네트워크는 경계 기반의 보안 모델을 통해 내부 데이터나 장비를 일정 수준 신뢰하는 방식이었으나, 내부 침입이나 지속적으로 고도화되는 해킹 공격에 대한 대비가 필요하다. 이를 위해 ZTA를 적용하여 모든 사용자, 장비, application의 접근에 대해서 지속적인 검증과 암호화를 수행해야 한다. 사업자/제조사는 자체 보안 솔루션 구현을 통해 인프라에 Zero Trust 철학을 적용해 가고 있으며, O-RAN Alliance 등 표준 협의체에서도 관련 규격화를 활발히 논의 중이다.

AI-native RAN이 ZTA를 지원하기 위해서는 접근에 대한 식별 및 관리 강화가 필요하며, 이는 대규모 네트워크 환경에서도 확장 가능한 암호화 메커니즘을 통해 이루어져야 한다. 또한, 공격에 대한 지속적인 모니터링 및 정책 자동화가 필요하다. 이를 통해 이상 징후를 AI 기반으로 실시간 탐지하고 동적으로 보안 정책을 조정할 수 있어야 한다. 또한, 리소스 및 워크로드 격리를 강화하여 가상화 환경에서 발생할 수 있는 침해 확산을 방지해야 한다. 마지막으로, ZTA 적용 시 보안과 성능 간의 균형이 유지되도록 고려해야 한다. 예를 들어, Edge에서 제공될 수 있는 XR, 실시간 산업제어, V2X와 같은 지연 민감형 서비스에서는 ZTA 적용이 서비스 품질에 부정적 영향을 주지 않도록 최적화가 필요하다.

3.2 xCore



[그림 7] xCore 아키텍처

3.2.1 AI-native Core

코어망은 다수의 고객 단말에서 발생하는 음성 및 데이터 트래픽을 인터넷과 서비스 도메인에 연결하는 중앙 관문 역할을 수행한다. 코어망을 통해 단말 접속, 인증, 등록, 주소 할당, 핸드오버, QoS 정책, 세션 관리, 과금 처리 등 다양한 제어 및 사용자 평면 기능이 통합/분리되어 있으며, 이는 서비스 연속성과 정책 집행, 과금 처리 및 분석을 담당하는 Cloud-native 기반 NF, SF (Service Function) 그리고 DAF (Data Analytics Function)으로 구성되어 있다[그림 7].

미래 코어망은 Beyond Connectivity의 개념으로 단순 Connectivity를 넘어 AI, Computing, Zero Trust Security 등을 아우르는 방향으로 진화할 전망이다. 이를 수용하기 위해 단말과 네트워크 간 프로토콜 연동 구조를 최대한 단순화하고, NF 간 통신 효율을 획기적으로 개선해야 한다. 예를 들어, 미래

코어망은 현재보다 계층 구조 혹은 연동 의존성을 줄이고 AI가 포함된 지능형 기능들을 각 NF에 Native 하게 통합함으로써 운용 효율화를 높일 것으로 기대한다. ‘25년부터 3GPP 6G 표준 핵심 기술 논의가 본격화되어, AI/ML, SBA (Service Based Architecture), Computing, 데이터 처리, 그리고 새로운 보안 체계 등이 표준에 반영될 것으로 기대한다.

미래 코어망은 ‘AI Agentic Function (AAF)’에 기반한 기능적 확장과 진화가 예상되며, DAF를 활용 해 각종 실시간 데이터 분석, 학습 및 추론을 할 수 있어야 한다. 이를 실현하기 위해 다음과 같은 실행 요소를 고려해야 한다.

- ① 서비스 TTM (Time-to-Market) 및 운용 효율화 (Operational Efficiency)를 위해 Intent 기반 운용 체계를 도입하여 운용자는 목표 (예: 지연, 가용성, 비용 한도 등)만 설정하면 Agent가 도메인별 계획을 수립하고, 서비스 단위로 적용하고 수행하는 방향으로 나아가야 한다.
- ② 각종 모니터링, 진단, 품질, 보안 및 서비스 Agent 간의 협업 체계를 구축하여 상호 교류와 최적화된 시나리오 실행이 가능하도록 해야 한다.
- ③ Network Digital Twin 기술을 활용해 NF 변경을 사전 검증하고, Canary Update 및 Rolling Upgrade로 실패율을 낮추며, 예측 결과에 대한 높은 신뢰도를 확보하는 신뢰성 있는 Closed-Loop 를 마련해야 한다.
- ④ 로그, 지표, 정책을 결합한 도메인 지식 데이터 기반 운용을 통해 Root Cause 분석과 재발 방지, 그리고 사전 예방을 체계화해야 한다.
- ⑤ 네트워크의 QoS, 보안, 위치, 이벤트 등 역량을 제품화된 Open API로 제공하고, 사용량 기반 수익 모델을 접목하여 Network-as-a-Platform 관점에서 시장을 확장해야 한다.

코어망은 이러한 변화와 혁신을 바탕으로, 점진적 자동화에서 완전한 자율 운용으로 나아가는 AI-native Core로의 진화를 이루어야 한다.

3.2.2 Cloud-native

미래 코어망은 완전한 CNF (Cloud-native NF) 환경으로 진화하여, 모든 네트워크 기능이 MSA (Micro Service Architecture) 기반으로 구현되고 멀티/하이브리드 클라우드 간 유연하게 이식/배치될 수 있는 구조를 갖출 것으로 기대된다. 또한, 세대별 망의 안정적 관리, 검증된 품질, 개발 속도 증대, 투자 효율 제고와 관리 간소화를 위해 기능 세분화 및 통합 운용하는 방향으로 점진적인 진화가 필요하다. 이러한 구조적 진화는 네트워크 설계의 단순화 뿐만 아니라, 운영비와 투자비의 절감, 신속한 신규 서비스 제공 등 다방면에서 혁신을 가져올 것으로 전망된다.

또한, AI를 통해 NF 자원 최적화, 전력절감, CI/CD (Continuous Integration/Continuous

Delivery, Deployment) 정책 기반 동작이 가능해져, 각종 장애 복구 (Self-Healing) 및 업그레이드 (In-Service SW Upgrade)를 기대할 수 있다. AI가 NF 동작을 지속 모니터링하여 이상 행동을 사전에 감지하고 조치를 실행하는 것이다. 예컨대, AI Model이 장애 징후를 예측하면 사람이 개입하지 않아도 코어망 자체적으로 트래픽 경로를 변경하거나 결함이 있는 NF를 격리 및 복구하는 절차를 수행하게 된다. 그 결과 “죽어도 죽지 않는 코어망”과 같이 단일 장애로 전체 서비스가 멈추지 않는 강력하고 회복력 있는 코어망 (Robust and Resilient Core Network)이 실현될 것으로 예상된다. 이러한 궁극적인 목표는 운용자의 개입 없이도 최상의 가용성을 달성하는 것으로, 향후 완전 자율화된 네트워크(예: Level-4 자율망) 수준의 안정성을 갖춘 코어망을 구축 및 운용하는 방향으로 기술과 표준이 발전할 것으로 기대된다.

미래 코어망의 orchestration은 클라우드·Edge·단말에 걸친 계층적 computing 환경에서 통신 기능을 동적으로 배치하고 관리하기 위해, AI/ML 기반으로 망 상황과 다양한 서비스 요구사항을 실시간으로 분석하여 최적의 자원 배치와 트래픽 라우팅을 자동화한다. 또한 Intent 기반 네트워킹을 통해 운용자의 Intent를 자동으로 네트워크 정책으로 변환하고, 품질 저하 없이 Seamless하게 서비스 연속성을 보장한다. 6G에서는 이러한 자동화 기능을 통해 운용 효율성이 극대화될 것으로 전망한다.

3.2.3 서비스 Enabling Tech

Network Exposure 서비스는 “표준/Open API를 통한 개방형 네트워크 활용” 단계라 할 수 있으며, 미래 코어망은 단순한 API 호출을 넘어, Context-aware Exposure (사용자 상황/환경을 반영한 노출)과 Intent-based Exposure (서비스 의도를 정책으로 번역해 네트워크가 자동 제공)로의 진화로, 새로운 Business Model을 통해 사업자 Monetization 솔루션으로 진화될 전망이다.

Roaming Edge 서비스는 클라우드 기반 데이터 처리 UPF를 Global Region에 구축해, Home망에서 제어가 가능한 구조로 해외 로밍 중인 고객에게 가장 가까운 거리에서 데이터 트래픽을 제공해주는 서비스이다. 미래 코어망은 다양한 세분화된 Slice별로 네트워크 자원 Isolation 및 QoS 보장 뿐만 아니라, AI, Computing 기능과 차량, 로봇 등 사용자에도 적용하여 국경에 제한을 받지 않는 Global Connectivity 제공인 ‘서비스형 네트워크’로 진화될 전망이다.

3.2.4 Zero Trust Architecture

코어망은 고객 접속·인증·과금을 담당하며, 다수의 분산된 장비들로 상호 교류와 동시에, 여러 민감한 데이터를 처리하기 때문에, 더 철저한 보안기술 도입이 요구된다. 예를 들어, 오래된 프로토콜들을 적용하는 구간에 대한 집중적인 고려가 필요하다. 또한 악의적 침투 및 해킹 (부정 유심/단말, 스팸 및

Fake 기지국 공격 탐지)에 대한 다양한 고도화된 방어 솔루션들이 필요하다.

미래 코어망에서 네트워크 개방과 서비스 확장을 위한 NEF (Network Exposure Function)와 API Gateway가 중요하지만, 이는 외부 공격과 내부 위협이 교차하는 주요 보안 취약 지점 중 하나로, 기존 경계 보안 중심 모델로는 복합적인 위협에 대응하기 어렵다. 이에 따라 모든 API 호출과 데이터 흐름을 지속적으로 평가하고 동적으로 방어하는 Zero Trust 기반 접근 방식이 필요하다. 이 때 API 트래픽이 게이트웨이에 도달하는 시점마다 요청의 출처, 인증서 유효성, 메시지 무결성, 토큰 만료 여부를 포함한 다양한 요소들을 확인해야 한다. 세션이 지속되는 동안에도 접근 주체의 상태와 행위 패턴을 끊임없이 점검하여 이상 징후를 식별하고, 필요시 접근을 중단하는 능력이 요구된다.

접근 권한은 최소 권한 원칙에 기반하여, 호출 주체가 반드시 필요한 범위 내에서만 부여되어야 하며, 인가 범위는 API 엔드포인트 수준까지 세분화되어야 한다. 또한 모든 데이터 전송 구간에서는 최신 IPSec 및 TLS (Transport Layer Security) 규격을 통한 암호화를 기본으로 하며, 종단 간 암호화/무결성 검증이 필요하다.

코어망 내 취약점들은 상시 점검과 조치가 필요하며, 국제 이동통신 보안 가이드 (예: GSMA FASG)에 따른 개선이 필요하다. 특히 1) 소프트웨어 공급망 보안 강화 2) 통신/저장소 암호화 및 알고리즘 강화 3) Micro Segmentation 등 closed-loop 기반으로 상시 반영 (예: configuration parameters)하고, 텔코 보안 거버넌스를 통해 코어망 전 구간의 보안성과 회복 탄력성 확보를 위한 체계적인 고도화가 필요하다.

미래 코어망은 AI를 통해 보안 취약점을 상시 자동/분석하고 개선사항들을 지속 반영함으로써 통신 인프라 전반의 보안 수준을 획기적으로 향상시킬 것으로 기대된다.

3.2.5 Centralized DC

SK텔레콤의 Centralized DC는 AI 데이터센터 (AI DC)로 지속 진화하며 코어망 기능의 중앙 관리, 제어 및 지능형 Hub로서의 역할을 수행한다. AI를 수행하는 NWDAF 등 주요 코어 NF들을 중앙에 집적하고 구조적으로 연계함으로써 지능형 closed-loop 기반의 제어를 구현한다. AI Orchestrator와 SDI (Software-Defined Infrastructure)를 통해 자원의 자동 구축, 스케일링 및 운용이 가능해져 코어망 리소스 관리 효율성과 대응 속도가 대폭 향상된다. NWDAF를 통해 분산된 NF들로부터 수집한 시그널/데이터를 분석하여 장비의 비정상 동작, 트래픽 혼잡 등 예측/탐지하여 네트워크 성능 최적화를 수행할 수 있다. 또한 표준화된 API를 통해 네트워크 기능을 외부에 노출하여 서비스 연동성을 높이며, 다양한 Intent 기반 제어를 도입하여 운용자의 의도를 자동으로 네트워크 정책에 반영함으로써 코어망 운용의 자율성을 한층 강화한다. 이러한 발전 방향을 통해 중앙집중형 데이터센터를 중심으로 한 AI-native Core 구조로의 진화가 전망된다.

3.3 ACTN(AI-native Converged Transport Network)

AI-native Converged TN 은 SK텔레콤 유선망의 미래 혁신을 위한 전송망 인프라로, 네트워크의 지능화와 자율화, 보안 강화, 운용 자동화, 확장성 및 경제성 제고를 목표로 진화하고 있다. AI-native TN은 AI 기반 통합 제어·관리 체계를 통해 운용자의 경험과 전문성을 AI에 내재화하고, 실시간 자원 할당과 장애 예측, 트래픽 최적화 등 지능형 운용을 실현하는 네트워크로 발전하고 있다. 이러한 지능형 운용은 APN 기반 구조 진화와 Layer 0~3 Converged 장비, Open API, Next-Generation Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer (NG-ROADM) 등 차세대 광전송 기술의 도입과 맞물려 네트워크 구조의 단순화와 유연성, 확장성, 경제성을 극대화한다. 네트워크의 개방성과 표준화된 인터페이스는 Multi-Vendor 환경에서의 운용 효율성을 높이고, 다양한 장비와 서비스가 유기적으로 연동될 수 있는 기반을 제공한다.

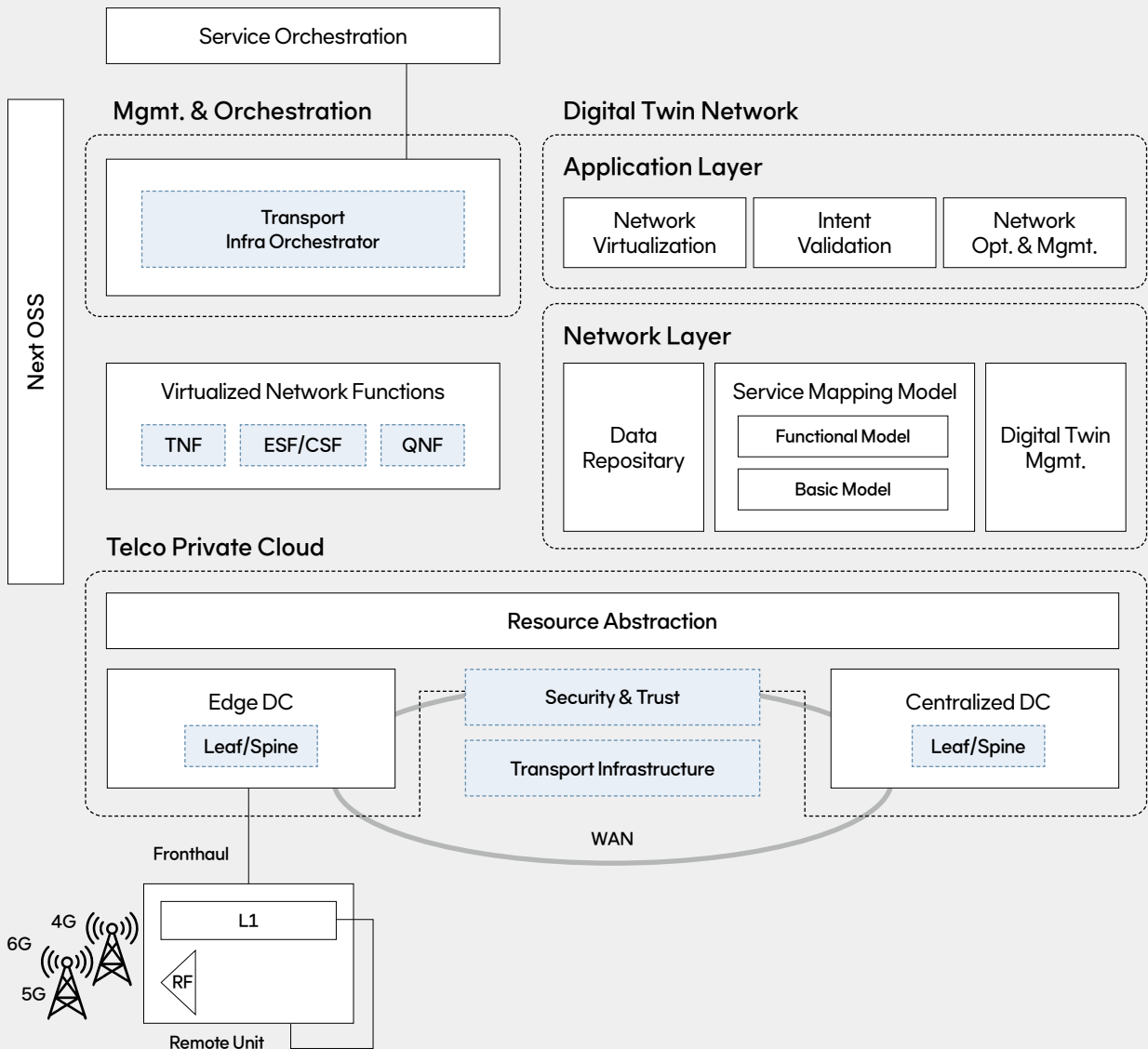
보안 측면에서는 양자암호통신(QKD)과 PQC(Post-Quantum Cryptography)를 결합한 이중 보안 구조와 API 기반 자동화, 실시간 탐지·대응 체계를 통해 데이터 전송의 안전성을 혁신적으로 강화한다. 이는 데이터 센터와 B2B 구간 뿐만 아니라, Edge, IoT, 백홀 등 다양한 네트워크 환경에서 End-to-End 보안이 실현될 수 있도록 한다. 또한 네트워크의 신뢰성과 안정성을 높이기 위해 Digital Twin 환경을 구축하여 실제 유선망을 정밀하게 가상화하고, 운용 시뮬레이션과 자동화, 최적화, 예측, 검증이 가능한 지능형 네트워크 운용 체계를 실현한다. Digital Twin은 신규 서비스 설계, 장애 대응, 품질 진단, 자원 최적화 등 다양한 운용 업무를 안전하게 수행할 수 있는 기반을 제공한다.

AI 시대에 대응하기 위해 xPU 기반 DCI(Data Center Interconnect) 전송망을 기반으로 AI DC와 전국 국사 Cluster를 연계하여 대규모 AI 학습·추론 서비스를 지원한다. 개방형 장비와 SDN 기반 통합 제어를 적용함으로써 자원 최적화와 운용 효율성을 극대화하고, 서비스 수요와 트래픽 변화에 따라 유연하게 확장·축소가 가능한 네트워크 구조를 구현한다. 이러한 인프라는 AI-native RAN, Digital Twin, 양자암호통신 등 각 요소가 유기적으로 연동되어, 네트워크의 지능화와 자율화, 보안 강화, 운용 자동화, 확장성 및 경제성 제고라는 목표를 실현한다.

SK텔레콤은 AI-native Converged TN의 진화를 통해 미래 유선망의 패러다임을 선도하고, 고객에게 차별화된 네트워크 경험과 지속적인 경쟁력 강화를 제공할 계획이다.

3.3.1 AI 기반 전송망 통합 E2E 제어/관리

AI 기반 전송망 통합 E2E 제어/관리는 미래 유선망의 혁신과 지능형 네트워크 실현을 위해 추진하는 핵심 전략이다. 운용자 Knowledge 기반 AI-assisted 운용, AI 기반 자동화된 LCM통합 운용, 그리고 Time-scheduling 기반 E2E xPU Clustering 기능이 차세대 전송망 운용 체계의 중심이 된다. 운용자 Knowledge 기반 AI-assisted 운용 기능은 오랜 기간 축적된 운용자의 경험과 전문성을 AI



[그림 8] AI-native Converged TN 아키텍처

모델에 내재화하여, 네트워크 운용 전반에 걸쳐 실시간 의사결정과 자동화된 대응을 지원한다. 이를 통해 경험 기반 의사결정, 지능형 장애 예측 및 대응, 운용 효율성 증대, 지속적 학습 및 최적화가 가능해진다. AI는 운용자의 피드백과 실제 운용 데이터를 학습하여, 네트워크 운용의 신속성, 정확성, 안정성을 크게 향상시킨다.

AI 기반 자동화된 LCM 통합 운용 기능은 네트워크 자원의 도입, 배포, 운용, 폐기 등 전 주기적 관리 프로세스를 자동화한다. 자원 도입 및 배포, 운용 및 품질 관리, 폐기 및 회수, 실시간 정책 제안 등 각 단계에서 AI가 최적의 운용 정책을 제시함으로써, 운용자의 개입을 최소화하면서도 네트워크의 안정성과 품질을 지속적으로 유지할 수 있다.

Time-scheduling 기반 E2E xPU Clustering 기능은 네트워크 내 주요 노드별로 클러스터를 구성하고, 각 클러스터 내 xPU 자원을 서비스 특성 및 트래픽 패턴에 따라 동적으로 할당한다. AI가 실시간 트래픽

예측과 서비스 요구를 분석하여 시간 단위로 자원 할당 계획을 수립하고, 클러스터 간 연동 및 부하 분산, 실시간 모니터링 및 장애 대응을 통해 네트워크의 안정성과 확장성을 확보한다.

이와 같이, AI 기반 전송망 통합 E2E 제어/관리 체계는 미래 유선망이 지능적이고 자율적으로 진화할 수 있는 기반을 제공하며, 고객에게 차별화된 네트워크 경험과 지속적인 경쟁력 강화를 위한 핵심 동력이 될 것이다.

3.3.2 APN 기반 전송망 구조 진화

SK텔레콤은 미래 지능형 네트워크 실현을 목표로, APN (All Photonic Network) 기반의 전송망 구조 진화를 추진하고 있다. 이를 위해 기존의 폐쇄적이고 제조사 종속적인 네트워크 구조에서 벗어나, Layer 0~3 Converged 장비 도입과 Open API 및 Open 하드웨어 기반의 통합 제어·관리, 그리고 NG-ROADM 등 차세대 광전송 기술을 활용한 기간망의 단순화와 효율화에 집중하고 있다. 이러한 전략을 통해 제조사의 의존성을 줄이고, 네트워크의 유연성, 확장성, 경제성을 획기적으로 높이하고자 한다.

APN 기반 전송망 구조의 진화는 Layer 0~3 Converged 장비로의 마이그레이션을 중심으로 이루어진다. POTN (Packet Optical Transport Network) 등 Convergence 장비의 도입을 통해 서비스별 경로 제어가 가능해지고, 네트워크 구조가 더욱 단순화된다. 또한, NG-Fronthaul (T-PON) 구조에서는 Optical Fiber 기반의 L0 Transparent 구조와 PON, 파장가변 광모듈 기술을 결합하여 망의 안정성을 강화하고, TCO 절감 및 운용 효율 향상 등 다양한 효과를 기대할 수 있다. 더불어, Open PON 구조에서는 White Box화 (pOLT)와 저가 CPU, L3 Switch 제거 등을 통해 경제성을 높이며, 제어·관리 및 부가 서비스 기능을 유연하게 생성·삭제할 수 있는 Flexible Network를 구현하고 있다.

이와 같은 네트워크 구조 혁신은 다양한 Open API 지원을 통해 제조사 독립적인 통합 제어·관리를 실현하는 데에도 기여한다. Common Management Data Model을 적용함으로써 IP/MPLS 라우터, Open 하드웨어 스위치, Open ROADM 등 다양한 장비를 통합적으로 관리할 수 있으며, 특히 Multi-Vendor 환경에서 운용 효율성을 극대화할 수 있다. 표준화된 인터페이스와 데이터 Model 기반 Open API를 활용하여 Open ROADM을 통합적으로 제어·관리함으로써, 네트워크 운용의 효율성과 확장성을 동시에 확보하고 있다.

NG-ROADM은 200Gbps 이상의 대용량 전송과 CDC (Color-less, Direction-less, Contention-less) 기술을 적용하여 기간망의 단순화와 효율화를 실현할 수 있다. Flexible Photonics 기술을 통해 전송 용량과 스펙트럼 효율을 극대화하고, 소프트웨어 기반의 동적 제어로 운용 효율성을 높이고 있다. 또한, Open NG-ROADM은 표준화된 데이터 Model과 Open API를 기반으로 통합 관리가 가능하여, 장애 대응 및 서비스 확장에 신속하게 대응할 수 있다.

무선 서비스의 용량 증가에 따라 프론트홀 회선의 용량도 기존 25Gbps에서 50Gbps 이상으로 확대되는 추세다. 광전송에서 발생하는 Dispersion penalty는 전송 속도에 따라 급격히 증가하기 때문에,

고속 전송에서는 이에 대응할 수 있는 변조 방식의 적용이 필수적이다. 현재 광전송 표준에서는 단일 파장 기준으로 25Gbps까지는 None-Return to Zero 방식을 사용하며, 50Gbps 또는 100Gbps 이상에서는 Pulse Amplitude Modulation 4-level (PAM4) 및 Digital Coherent Optics (DCO) 기술을 활용하고 있다[6].

기존 프론트홀 망은 고정형 WDM 네트워크로 구성되어 운용 중 망 구성을 변경하지 않고 사용해 왔으나, 차세대 모바일 프론트홀 망은 사용자 트래픽에 따라 무선 시스템 자원 최적화 또는 에너지 절감을 위해 망 구성을 유동적으로 변경할 수 있는 기능을 갖추고 있다.

이처럼 APN 기반 구조 진화와 Open 라우터·광모듈 통합 제어·관리, Open NG-ROADM을 통한 기간망 혁신, 그리고 벤더 의존성 탈피 등 네트워크 혁신 전략을 바탕으로, SK텔레콤은 미래형 유선망의 지능화와 자율화를 선도적으로 추진해 나가고 있다.

3.3.3 양자통신암호화 서비스 제공

디지털 전환과 AI, 클라우드, 빅데이터 등 데이터 중심 서비스가 폭발적으로 증가함에 따라, 유선망을 통한 데이터 전송의 보안 중요성이 크게 부각되고 있다. 특히 양자 computing의 발전으로 인해 실시간으로 데이터센터(DC)와 B2B 사이트 간 대용량·고가치 데이터를 기존 암호화 기술만으로는 완벽히 대응하기 어렵다는 인식이 확산되고 있다. 이에 양자암호통신(QKD)과 양자내성암호(PQC) 등 차세대 암호화 기술을 유선망에 도입하여, DC와 B2B 사이트 간 데이터 전송의 보안 수준을 혁신적으로 높이는 전략을 추진하고 있다.

QKD 인프라는 주요 거점(DC, B2B 사이트, 국사 등)에 QKD 장비를 설치해 광섬유 기반으로 양자키를 실시간 분배하며, 기존 전송망(OTN, DWDM 등)과 연동해 암호키 분배와 데이터 전송 암호화를 동시에 지원한다. 양자키는 일정 주기로 갱신되어 데이터 암호화에 사용되는 세션키로 활용된다. 또한, 전송 구간(DC-DC, DC-B2B, B2B-B2B)에는 PQC 알고리즘을 탑재한 암호화 장비를 배치해, 양자 컴퓨터 환경에서도 안전성을 보장하고 기존 네트워크와의 호환성을 유지한다. QKD로 분배된 양자키와 PQC 알고리즘을 결합해 이중 보안 구조를 구현한다.

QNF(Quantum Network Function)는 양자 암호화, 양자 키 분배 등 양자 네트워크 관리를 위한 기능을 제공한다. QNF를 기반으로 양자키관리 시스템(QKMS)과 다중요소보안(Multi Factor Security)을 통해 양자키와 PQC키의 생성, 분배, 갱신, 폐기를 자동화하고, API 기반 연동으로 다양한 네트워크 장비와 암호화 장치 간 실시간 키 교환 및 운용 자동화를 실현한다. 키 유출, 도청 시도, 이상 징후 발생 시 실시간 탐지 및 대응 체계도 마련한다.

메가DC와 지역DC 간 대용량 데이터 동기화, 백업, AI 학습 데이터 전송 등에서 QKD와 PQC를 결합한 암호화 전송을 제공하며, 금융·의료·공공·제조 등 B2B 고객의 전용회선에도 양자/PQC 기반 암호화 서비스를 적용한다. 기업 간 데이터 연동, 클라우드 연계, 원격 백업 등 다양한 B2B 시나리오에서도

데이터의 기밀성·무결성·가용성을 보장할 수 있다.

향후에는 End-to-End 암호화 적용 범위를 Edge, IoT, 5G/6G 백홀 등으로 확대하고, 운용 자동화 및 AI 기반 보안 강화, Open API 및 표준화 연동, 고객 맞춤형 보안 서비스 등으로 유선망 보안의 진화를 지속해 나갈 계획이다.

3.3.4 xPU 기반 서비스를 위한 DCI 전송망 구성

AI 시대의 본격적인 도래에 맞춰, 대규모 데이터 처리와 초저지연 서비스 제공을 위해 AI 데이터센터 (AI DC)와 전국 국사를 연계한 xPU Clustering 기반 전송망 구축을 준비하고 있다. AI DC는 AI 학습 (Training) 전용, 전국 국사 클러스터는 AI 추론 (Inference) 전용으로 역할을 분담하여, AI 서비스의 효율성과 확장성을 극대화하는 차세대 네트워크 인프라를 설계하고 있다.

AI DC는 대규모 GPU, TPU, FPGA 등 고성능 xPU 자원을 집중 배치해 방대한 데이터를 활용한 AI 모델 학습에 최적화된 환경을 제공한다. 첨단 냉각·전력·보안 설비를 갖춘 초대형 거점으로 운영되며, 최신 AI 모델의 학습, 파인튜닝, 대규모 데이터 전처리 및 검증 등 고부가가치 AI 연산을 집중적으로 수행한다. 전국 국사에는 CPU, GPU, FPGA 등 다양한 xPU 자원을 클러스터 형태로 배치하여, AI 추론 서비스를 실시간·저지연으로 제공한다. 국사 클러스터는 고객과 가까운 위치에서 영상 분석, 음성 인식, IoT 데이터 처리 등 다양한 AI 추론 서비스를 신속하게 처리할 수 있다.

국사 단위 xPU 클러스터는 Open 장비 (White Box Switch, Open Router, Open ROADM 등)를 도입해 표준화된 인터페이스와 운용 자동화, 확장성을 확보한다. Layer 0~3 Converged 장비와 SDN 기반 통합 제어 (OpenConfig, NETCONF, gRPC 등)를 적용하여, 네트워크 계층별 중복 장비와 복잡한 경로를 최소화하고, 자원 최적화와 운용 효율성을 극대화한다. 클러스터 아키텍처는 모듈화되어 서비스 수요와 트래픽 변화에 따라 xPU 자원과 네트워크 장비를 유연하게 증설·축소할 수 있다.

AI DC와 국사 클러스터 연계 시, AI 모델에 대한 LCM이 체계적으로 이루어진다. 네트워크 데이터를 기반으로 xPU 학습/추론 기능을 제공하는 ESF (Edge Service Function)/CSF (Centralized Service Function)를 기반으로, AI DC에서 학습·검증된 AI 모델을 국사 클러스터에 배포하고, 실시간 추론 서비스 중 발생하는 데이터와 피드백을 다시 AI DC로 전송해 모델 재학습 및 고도화에 활용한다. DCI 전송망은 대용량 모델 파일과 데이터, 피드백 정보를 신속하게 연동하고 국사 클러스터에서 트래픽 급증이나 장애 발생 시 인접 국사 또는 AI DC와의 연계를 통해 부하 분산과 자동 복구가 가능하다. 국사 클러스터는 Edge Cloud, B2B 특화 서비스, IoT 등 다양한 미래 서비스와 연계되어, 지역별 특화 서비스와 초저지연 AI 추론을 실현할 수 있다.

이와 같이, AI DC와 전국 국사 클러스터의 Hybrid 구성과 Open 장비 기반 xPU 클러스터, 체계적인 모델 관리 및 서비스 연계 전략을 통해 AI 시대에 최적화된 차세대 유선망 인프라를 선도적으로 구축해 나갈 예정이다.

3.3.5 네트워크 Digital Twin 환경 제공

Network Digital Twin은 실제 유선망의 구조, 자원, 트래픽, 장애, 운용 정책 등 모든 요소를 디지털 공간에 정밀하게 복제하여, 네트워크 운용 시뮬레이션, 자동화, 최적화, 예측, 검증이 가능한 차세대 가상화 서비스 환경을 목표로 한다. 이를 통해 복잡한 유선망 운용 업무의 혁신적 자동화와 네트워크의 안정성, 신뢰성, 확장성 제고를 위한 기반을 마련하고 있다.

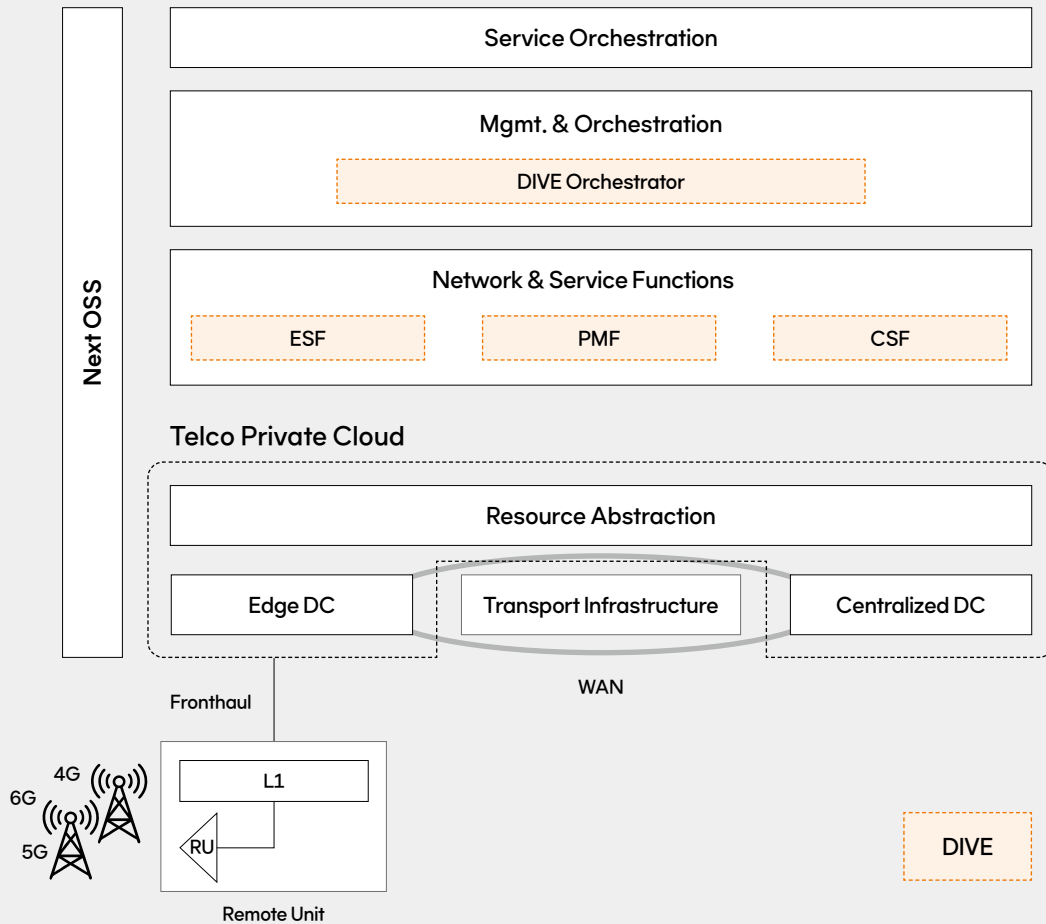
Digital Twin 환경은 전송망 기능을 소프트웨어 기반으로 가상화하여 제공하는 TNF(Transport Network Function)를 기반으로 실제 유선망의 장비, 회선, 경로, 서비스, 트래픽 흐름 등 모든 구성요소를 디지털 모델로 가상화하여, 실시간 상태 모니터링과 다양한 운용 시나리오 시뮬레이션이 가능하도록 설계된다. Layer 0~3에 걸친 자원과 운용 정책, 장애 이력, 품질 데이터, 트래픽 패턴 등 방대한 운용 데이터를 연동함으로써, 실제 네트워크와 동일한 수준의 정밀한 가상 네트워크를 구축하는 것이 목표다. 이를 통해 네트워크 구조 변경, 신규 장비 도입, 회선 증설/삭제, 서비스 경로 변경 등 다양한 운용 시나리오를 사전에 검증하고, 운용 리스크를 최소화할 수 있다.

또한, Digital Twin 환경은 네트워크 시뮬레이션 및 운용 자동화의 핵심 인프라로 활용된다. 대규모 트래픽 변화, 장애 발생, 신규 서비스 론칭, 경로 최적화, 자원 재배치 등 복잡한 운용 상황을 가상 네트워크에서 미리 시뮬레이션하여, 실제 네트워크에 미치는 영향을 사전에 분석하고 최적의 대응 방안을 도출할 수 있다. AI 기반 운용 정책, 자동 장애 대응, 트래픽 예측 및 자원 할당, 품질 진단 등 다양한 운용 업무를 Digital Twin 환경에서 자동화함으로써, 운용자의 업무 부담을 경감시키고 네트워크의 안정성과 신뢰성을 높일 수 있다.

이와 함께, Digital Twin 환경을 기반으로 운용자는 실제 네트워크와 동일한 가상 네트워크에서 신규 서비스 설계, 장애 대응 시나리오 검증, 품질 진단, 자원 최적화, 정책 변경 등 다양한 운용 업무를 안전하게 수행할 수 있다. 신규 장비 도입 시 장비 연동 테스트, 트래픽 흐름 분석, 장애 발생 가능성 검증 등을 사전에 수행하여 실제 네트워크에 미치는 영향을 최소화할 수 있으며, 대규모 트래픽 변화나 장애 발생 시 다양한 대응 시나리오를 시뮬레이션하여 최적의 복구 경로와 자원 할당 정책을 도출할 수 있다. 이처럼, Network Digital Twin 환경은 운용 리스크를 최소화하고, 네트워크의 품질과 안정성을 지속적으로 유지할 수 있는 미래형 유선망 운용의 핵심 기반이다.

3.4 DIVE (network Data Insight & Value Engine)

AI와 데이터의 중요성이 급격히 부각되면서, 현재 이동통신 산업은 네트워크 장비에서 생성되는 방대한 네트워크 데이터를 단순한 운용 목적을 넘어 새로운 가치 창출의 핵심 자산으로 재조명하고 있다. SK텔레콤은 이러한 데이터를 활용하여 실시간 유동인구 분석 서비스, 측위 서비스, 상권 분석 솔루션 등을 성공적으로 출시한 바 있다. 또한 기지국 트래픽 및 전계 패턴 분석을 통한 네트워크 최적화는



[그림 9] DIVE 아키텍처

운영 효율성을 향상시키는 게 가능하며, 이는 네트워크 데이터가 단순한 부산물이 아닌 전략적 자산임을 입증한다.

향후 6G 시대에는 앞서 언급한 미래 네트워크 기술을 통한 고도화와 함께 네트워크 데이터 활용이 훨씬 더 광범위하고 정교해질 것으로 예상된다. 이를 통해 미래 네트워크는 정밀 실내 위치 기반 서비스, AI 기반 네트워크 품질 예측/보증, Digital Twin 기반 도시 관리, 사업별 특화 데이터 서비스 등 다양한 서비스를 지원하고, 산업 분야에 깊숙이 융합될 것이다.

6G 시대에 이러한 네트워크 데이터 기반 서비스들을 효과적으로 창출하고 운영하기 위해서는 서비스별 독립적 시스템 구조로는 한계가 명확하다. 서비스별로 독립적인 데이터 Pipeline과 분석 인프라를 구축하는 방식은 개발 비용의 중복, 운영 복잡도 증가, 신규 서비스 출시 지연 등의 문제를 야기한다. 또한 보안 정책 일관성 유지, 장애 발생 시 신속한 대응 등 운영 측면의 과제도 부각될 수 있다[7].

이에 본 절에서는 6G 시대의 네트워크 데이터 기반 서비스 창출을 위한 통합 플랫폼인 ‘DIVE (network Data Insight & Value Engine)’를 제시한다. DIVE는 네트워크 장비에서의 다양한 데이터를 체계적으로 수집·가공·분석하여 새로운 비즈니스 가치를 창출하는 플랫폼이다. DIVE는 Hybrid

Edge-Cloud 아키텍처 구조에서 AI 기반 네트워크 데이터 서비스 개발 및 운용 환경, 정책과 서비스 배포를 이원화한 Dual Plane 배포 및 Zero Trust Architecture를 핵심 설계 원칙으로 하며, 이를 통해 운용 효율성 극대화, 고객 경험 혁신, 네트워크 기반 수익화를 동시에 달성하고자 한다.

3.4.1 Hybrid Edge-Cloud Architecture

6G에서의 네트워크 데이터 서비스는 중앙집중형 Cloud 처리만으로는 실시간성, 데이터 전송 비용 및 고객의 데이터 제한 수요 관점에서 한계가 있고, Edge 기반 분산형 구조만으로는 일관된 정책과 대규모 데이터 분석이 어렵다. DIVE는 Edge와 Cloud의 장점을 결합한 Hybrid Edge-Cloud 아키텍처를 통해 이러한 딜레마를 해결할 수 있다.

Hybrid Edge-Cloud 아키텍처는 ESF (Edge Service Function), CSF (Centralized Service Function) 및 PMF (Pipeline Management Function)이라는 세 가지 핵심 구성요소로 이루어진다. ESF는 B2B 고객 전용망과 같은 환경에서 독립적으로 실행될 수 있고, 현장 네트워크 장비로부터 데이터를 수집하며 실시간 서비스를 제공하는 Edge에서의 실행 엔진이다. ESF는 자율 실행되어 Cloud와의 일시적 연결 단절 상황에서도 로컬 정책 기반으로 독립적인 서비스 제공이 가능하다. 이는 공장 자동화, 원격 의료 등 Mission-Critical 환경에서 필수적이다. 또한, ESF는 Edge에서의 네트워크 데이터를 가공, 필터링하여 Cloud로 전송되는 데이터를 최적화할 수 있고 이를 통해 네트워크 비용 절감 및 Cloud에서의 처리 부하를 감소시킬 수 있으며 경량화된 컨테이너 환경으로 구축되어 다양한 Edge 하드웨어에서 일관된 배포 및 실행이 가능하다. 이외에도 민감하거나 기밀 데이터의 경우 Edge에서 유출되지 않으면서도 AI 모델 학습 효과를 유지하기 위해 Federated Learning 기법을 지원할 수 있다.

CSF는 전체 네트워크 데이터의 통합 모니터링, 정책관리, 대규모 데이터 분석 및 AI 모델 학습을 담당하는 Cloud에서의 실행 엔진이다. CSF는 Git 기반의 Infrastructure as Code (IaC) 접근 방식을 통해 모든 Edge 노드의 정책, 서비스 구성, 운용 규칙을 버전별로 통합 관리한다. 이를 통해 Edge 사이트들에 대한 정책 일괄 배포 또는 단계적(Canary) 배포가 가능하다[8]. 또한, CSF는 Edge에서 전송된 데이터 분석, 이상 징후 탐지(Anomaly Detection), 서비스 모델 학습을 수행한다. 학습된 모델은 다시 Edge로 배포되어 현장에서 실시간 추론에 활용될 수 있다. 이외에도 모든 데이터 접근 이력, 정책 변경 이력, 자동 조치 실행 기록을 Cloud에서 통합 관리하여 GDPR, 정보통신망법 등 규제 요구사항을 충족할 수 있고, 서로 다른 산업이나 지역 간의 연관 관계를 발견하여 새로운 서비스 기회를 식별하는 크로스 도메인 분석을 수행할 수 있다.

PMF는 ESF와 CSF를 연결하는 통합 레이어로서 데이터, 처리 노드, AI 모델 및 서비스들 간의 Pipeline을 요구사항에 맞춰 자동으로 서비스를 구성하고 관리한다. PMF는 서비스 요구사항에 따라 필요한 데이터 소스 식별, 전처리 노드 선택, AI 모델 매핑, 결과 전달 경로를 자동으로 생성한다. 예를 들어, '특정 지역의 실시간 유동인구 예측' 서비스를 요청하면, PMF는 해당 지역 기지국의 접속 로그, 이 동

패턴 분석 모델, 시각화 대시보드를 자동으로 연결하는 Pipeline을 구성한다. 또한 서비스 Pipeline은 선언적 구성 파일로 정의되며, 데이터 커넥터, 전처리 함수, AI 모델, 출력 핸들러 등의 구성 요소는 표준화된 인터페이스로 컴포넌트 카탈로그에 등록되어 재사용 가능하다. PMF는 서비스의 특성과 리소스 가용성에 따라 Pipeline의 각 단계를 Edge 또는 Cloud에서 실행하도록 동적으로 결정하며, 네트워크 상태와 에지 리소스 가용성을 고려하여 워크로드를 최적으로 분산한다.

3.4.2 AI-powered Data Service Development

DIVE는 네트워크 데이터를 서비스로 변환시킬 수 있는 플랫폼으로, 서비스 기획자가 새로운 서비스 아이디어를 제안하면 자연어 처리 기술이 서비스 요구사항 문서를 분석하여 필요한 데이터 속성을 자동으로 도출한다. 특정 지역의 시간대별 네트워크 혼잡도 예측 서비스를 예로 들면 지역, 시간대, 혼잡도라는 키워드를 추출하고 관련 네트워크 로그인 기지국 접속 로그, 트래픽 측정 로그, 무선 신호 품질 로그를 식별한다. 그리고, 데이터 카탈로그와 메타데이터 관리 시스템을 통해 대규모의 데이터 소스 중에서 관련성 높은 데이터를 신속하게 찾아낸다.

추출된 데이터는 Feature Engineering Pipeline을 통해 AI 모델 학습에 적합한 형태로 변환된다. 결측값 처리, 이상값 제거, 정규화, 범주형 변수 인코딩, 시간 윈도우 집계 등의 전처리 작업이 자동으로 수행되며, Feature Store에 저장되어 재사용 가능한 형태로 관리된다. 또한 자동화된 학습 모델 생성 기술을 활용하여 다양한 Feature 조합을 실험하고 서비스 목적에 가장 적합한 Feature Set을 자동으로 선정한다. Feature가 준비되면 학습 모델 생성 프레임워크가 다양한 AI 알고리즘을 자동으로 실험하고 하이퍼 파라미터 튜닝을 수행하여 최적의 모델을 도출한다. 모델의 성능은 교차 검증을 통해 평가되며 최적 모델은 Model Registry에 버전별로 관리되고 A/B 테스트를 통해 실제 서비스 환경에서 검증된 후 배포된다. PMF는 서비스 요구사항을 분석하여 필요한 데이터 소스, 전처리 단계, AI 모델, 출력 형식을 자동으로 결정하고 이들을 연결하는 Pipeline을 생성한다. 복잡한 서비스는 여러 개의 마이크로 서비스들 또는 기존에 구현되어 있는 서비스들과 협력하여 구현되며, 마이크로 서비스 간의 호출 순서, 데이터 전달, 여러 처리, 트랜잭션을 자동으로 조율한다. 이때 분산 시스템 패턴을 적용하여 서비스 간 일관성과 안정성을 보장하며, 서킷 브레이커, 재시도, 타임아웃 등의 회복 탄력성 패턴을 자동으로 적용하여 일부 서비스의 장애가 전체 시스템으로 확산되는 것을 방지한다.

3.4.3 AI-powered Autonomous Operation

6G 시대에는 대규모 네트워크 데이터 기반 서비스들과 Edge 노드들이 동시에 운용되는 네트워크 환경이 예상된다. 이러한 복잡도 증가에 따라, 전통적인 수동 운용 방식으로는 안정성과 효율성을

보장할 수 없고, 운용 인력을 늘리는 것은 RoI (Return on Investment) 관점에서 지속 가능하지 않다. DIVE는 이 문제를 해결하기 위해 LLM (Large Language Model)과 RAG (Retrieval Augmented Generation) 기술을 결합하여 운용자의 의사결정을 지원하는 지능형 운용 Agent인 AIOps Copilot을 지원한다.

AIOps Copilot의 효과적인 운용을 위해서는 DIVE 플랫폼 자체의 관측성 데이터를 최적으로 수집하는 것이 선행되어야 한다. 이를 위해 OpenTelemetry 표준을 기반으로 DIVE 플랫폼의 각 마이크로 서비스 및 노드로부터 Metrics, Logs, Traces를 통합하여 수집한다[9]. Metrics는 시계열 데이터 베이스에 저장되어 실시간 모니터링과 이상 탐지에 활용되며, Logs는 구조화된 Schemaless형식의 데이터 구조로 중앙 로그 저장소에 수집되어 검색과 분석이 가능하도록 한다. Traces는 분산 추적 (Distributed Tracing) 시스템을 통해 서비스 간 호출 관계와 성능 병목 지점을 시각화한다.

AIOps Copilot은 운용자에게 통합 대시보드와 Reference Link를 제공하여 DIVE의 복잡한 시스템 상태를 직관적으로 파악할 수 있게 한다. 이상 탐지 (Anomaly Detection) 알고리즘은 시계열 패턴 분석, 통계적 이상치 탐지, 그리고 AI 기반 예측 모델을 결합하여 정상 범위를 벗어나는 징후를 실시간으로 감지한다. 이상이 탐지되면 RCA (Root Cause Analysis) 엔진이 작동하여 장애의 근본 원인을 추적한다. RCA는 Topology Graph를 통해 서비스 의존 관계를 파악하고, Trace Correlation을 따라 장애 전파 경로를 분석하여 영향 범위와 우선순위를 결정한다. LLM과 RAG를 활용한 지능형 분석 시스템은 과거 플랫폼 장애 사례, 정책 문서, Runbook, 변경 이력 등을 Knowledge Index로 구축하고 주기적으로 업데이트한다. 장애 발생 시 LLM은 현재 상황과 유사한 과거 사례를 검색하고 RAG를 통해 관련 문서와 해결 방법을 제시한다.

AIOps Copilot은 탐지된 이상 상황에 대해 사전 정의된 Runbook을 기반으로 자동 조치를 제안한다. 예를 들어, 특정 서비스의 응답 시간이 임계값을 초과하면 ‘인스턴스 스케일 아웃’, ‘Circuit Breaker 활성화’, ‘트래픽 우회’ 등의 조치 시나리오를 우선순위와 함께 제시한다. 운용자의 승인 (Approval Workflow)을 거쳐 Function Calling 메커니즘을 통해 DIVE Orchestrator에 실제 제어 명령을 전달하고, 실행 결과를 모니터링한다. 모든 자동 조치 이력은 Audit Log에 기록되어 사후 분석 및 규제 대응에 활용될 수 있다.

또한, 지식 기반 운용을 지원해 과거의 장애 이력, 조치 결과, Runbook, 정책 변경 이력 등을 벡터 데이터베이스 (Vector DB)에 색인화하여 저장한다. 운용자가 자연어로 질의하면, RAG Pipeline을 통해 관련 문서를 검색하고 LLM이 맥락에 맞는 답변을 생성한다. 또한, 지속적인 피드백 학습을 통해 답변 정확도를 향상시킨다.

Self-Healing 메커니즘은 DIVE 플랫폼의 장애를 사전에 예방하고 발생한 장애는 신속하게 복구한다. 머신러닝 기반의 예측 모델은 플랫폼의 메모리 사용률 비정상 증가 패턴, CPU 온도 상승 추세, 응답 시간 점진적 증가 등 서비스 장애 전조 증상을 학습하여 조기에 감지한다. 장애가 예측되거나 실제로 발생하면 Self-Healing 엔진이 자동으로 복구 절차를 실행하며, 경미한 장애의 경우 서비스 재시작, 리소스 재할당 등의 조치를 자동으로 수행한다.

3.4.4 Dual Plane Deployment

6G 시대의 네트워크 데이터 서비스는 다양한 산업과 고객의 요구사항에 따라 신속하게 개발되고 배포되어야 한다.

DIVE는 이를 위해 Governance Plane과 Delivery Plane의 Dual Plane Deployment 전략을 채택한다. Governance Plane은 CSF 중심의 중앙 거버넌스를 통해 정책의 일관성과 보안 통제를 유지하며, Delivery Plane은 ESF를 통해 현장 서비스 실행성을 보장하는 구조로 이원화되어 있다.

좀 더 구체적으로 Governance Plane은 GitOps 방식처럼 선언적 (Declarative) 정책 관리를 통해 서비스 정의, 네트워크 정책, 보안 규칙을 Git 레포지토리에 코드 형태로 저장하고, 변경 이력을 추적한다. 정책 변경이 발생하면 CI/CD Pipeline을 통해 자동으로 검증, 테스트, 승인 프로세스를 거친 후 전체 또는 일부 Edge 노드에 배포된다. 이때 선언된 상태 (Desired State)와 실제 운영 상태 (Actual State) 간의 차이를 지속적으로 모니터링하고 자동 조정할 수 있다[10].

Delivery Plane은 컨테이너 단위의 패키징화된 서비스를 Edge로 신속하게 배포하는 역할을 담당한다. 패키징 도구를 활용하여 서비스별 의존성, 설정값, 리소스 요구사항을 선언하고, 배포 로직을 자동화한다. 특히 Fast Rollout/Rollback 기능을 통해 신규 버전 배포 후 성능 저하나 오류가 감지되면 단시간 내에 이전 버전으로 자동 복원이 가능하며, 점진적 배포(Canary Deployment) 전략을 통해 안정성을 검증한 후 단계적으로 확대할 수 있다.

이러한 Dual Plane Deployment 방식은 중앙에서의 일관된 정책 관리와 Edge에서의 민첩한 서비스 실행을 동시에 가능하게 하며, 서비스별로 독립적인 Pipeline과 서빙 환경을 구성할 수 있어 Multi-tenancy 환경에서도 각 고객의 요구사항을 효율적으로 충족할 수 있다.

3.4.5 Zero Trust Architecture

DIVE는 Zero Trust 보안 모델을 채택하여 모든 접속과 트랜잭션에 대해 신뢰하지 않고 검증한다는 원칙을 적용한다. Edge와 Cloud 모두에서 강력한 신원 인증이 수행되며, DIVE 내부의 마이크로 서비스 간 통신은 상호 TLS 인증을 통해 암호화된다. 각 서비스는 최소 권한 원칙에 따라 필요한 리소스에만 접근할 수 있으며, 역할 기반 접근 제어와 속성 기반 접근 제어를 결합하여 세밀한 권한 관리를 구현한다.

AI 기반의 보안 분석 엔진은 DIVE의 내부 트래픽 패턴, 사용자 행동, 시스템 로그를 실시간으로 분석하여 이상 징후를 탐지한다. 비정상적인 데이터 접근 패턴, 알려지지 않은 출처로부터의 연결 시도, 비정상적인 리소스 사용량 급증은 보안 위협의 신호일 수 있다. 탐지된 위협에 대해서는 자동으로 격리, 차단, 추가 인증 요구 등의 조치가 실행되며, 보안 운용 센터에 실시간으로 알림이 전달된다.

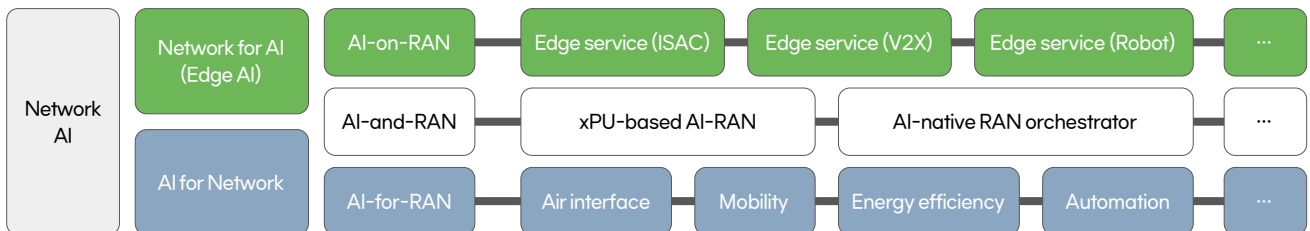
데이터 처리와 저장은 GDPR, CCPA 등 국제 개인정보보호 규정을 준수하며, 감사 로그를 통해 데이터

접근 이력을 투명하게 관리한다. Edge에서 민감한 데이터는 로컬에서만 처리되고 Cloud로 전송되지 않는 Federated Learning 방식을 적용하여 프라이버시를 강화할 수 있다. 분산 환경에서의 보안은 각 Edge와 Cloud 시스템이 독립적으로 보안 정책을 적용하면서도 전체적으로 일관된 보안 태세를 유지해야 한다는 도전과제를 안고 있다. DIVE는 Cloud의 Governance Plane을 통해 통합된 보안 정책을 관리하고, 각 Edge에 정책을 배포하여 일관성을 보장한다. 동시에 Edge는 Cloud와의 연결이 끊어진 상황에서도 로컬 보안 정책을 자율적으로 적용할 수 있어 보안 공백이 발생하지 않는다.

4. SK텔레콤의 R&D 추진 현황 및 계획

본 장에서는 2장에서 살펴본 중장기 Telco Infra 구조 혁신/진화를 위해 SK텔레콤이 각 네트워크 도메인에서 추진 중인 PoC (Proof of Concept) 등 R&D 현황 및 향후 계획을 살펴보고자 한다.

4.1 AI-native RAN



[그림 10] AI-RAN 영역 및 R&D 주제

4.1.1 AI-RAN (AI Integration)

SK텔레콤은 AI를 활용하여, 기지국 성능을 향상시키기 위한 연구를 활발하게 진행하고 있다. 대표적인 사례로, 2022년 9월에는 특정 테스트 환경에서 Link adaptation 기술에 AI를 적용하여 전송 속도가 약 10% 개선되는 것을 확인하였다. 또한, 2023년부터 글로벌 사업자 및 제조사와 협력을 통해 기지국과 단말 간 무선 변복조 기술에 AI를 적용하는 연구를 진행 중이며, 해당 기술에 대한 PoC를 통해 전송 속도 향상 feasibility를 검증하고[11], 그 성과를 인정받아 WCA (World Communication Awards) 2024에서 미래혁신상을 수상하였다. '25년 9월 AI/ML 기반의 상향링크 채널 추정 및 성능 개선 연구 등 관련 연구를 지속하고 있다.

또한, 통신 서비스와 AI 서비스를 동시에 제공할 수 있는 최적의 AI-RAN 구조를 도출하기 위해 GPU를

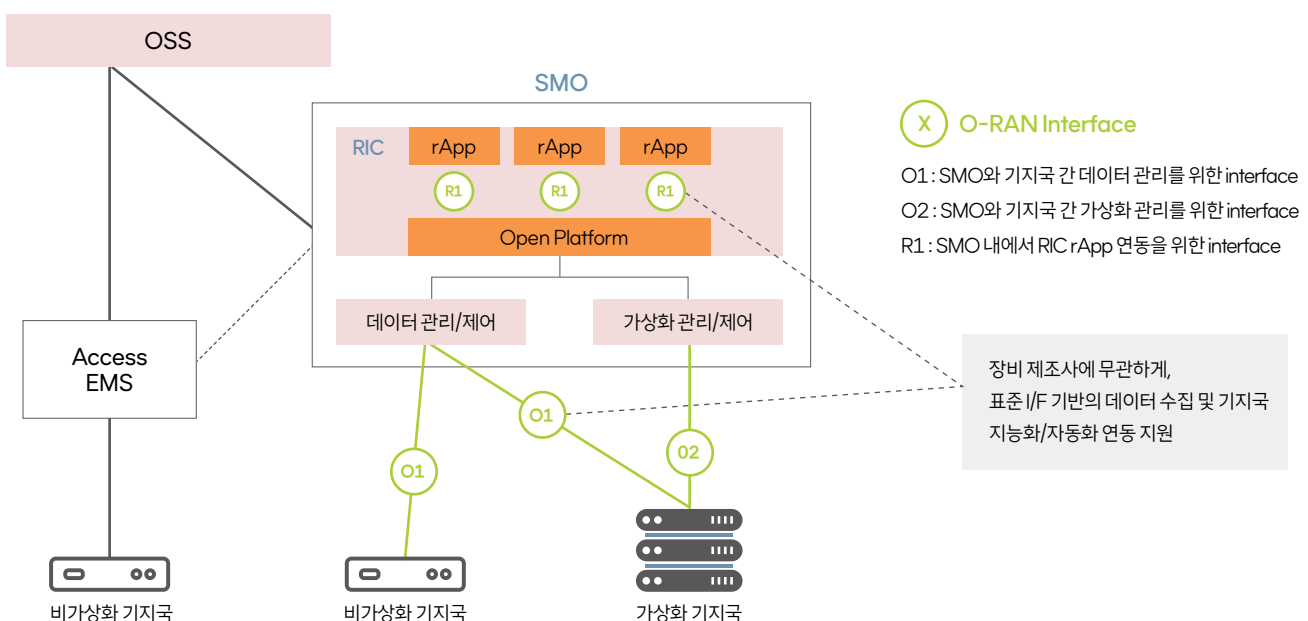
포함한 다양한 칩셋 기반의 기지국 장비와 가상화 자원 분배 기술에 대한 연구도 진행하고 있다. MWC 2025에서는, L1 Benchmark Test를 통해 GPU를 활용한 RAN 워크로드 처리와 하나의 하드웨어에서 통신 서비스와 AI 서비스를 동시 제공하는 시연을 선보였다.

또한, SK텔레콤은 2024년 10월에 AI-RAN Alliance에 가입하여, 2025년 6월 AI-for-RAN 관련 아이템 제안 및 승인을 받는 등 AI-RAN 관련 글로벌 활동을 추진 중이며, 지속적으로 제조사 그리고 산 학계와 협력하여 AI-RAN에 대한 연구개발을 선도하고 있다.

4.1.2 RAN Automation and Optimization

O-RAN Alliance의 등장과 함께 기존 3GPP에서는 정의하지 않았던 SMO (Service Management and Orchestration), RIC와 이와 연관된 O1, O2, R1 인터페이스 등이 표준화되고 있다[그림 11].

이와 동시에 다양한 RIC Application (예: rApp) 및 Use-case가 Study 및 개발되고 있는 상황이다. SK텔레콤은 주요 제조사들과의 협력을 통해 다양한 RIC Use-case들에 대한 기술 PoC를 진행 중이다. 2022년에는 주장비사들과의 협력을 바탕으로 혼잡 제어 및 In-service Software Upgrade에 대한 기술 PoC를 진행하였으며, MWC 2023에서 관련 성과를 전시한 바 있다. 2023년에는 주장비사와 AI 기반 전력 절감 Use-case에 대한 PoC를, 2024년에는 이종 제조사 RIC, rApp, 기지국 Emulator 구성으로 확정하여 AI 기반 전력 절감 Use-case에 대한 PoC를 진행한 바 있다. 이들 결과는



[그림 11] O-RAN SMO/RIC 아키텍처

O-RAN Alliance PlugFest Fall 2024를 통해 공개되기도 하였다. 또한, 2024년 9월에는 고객 체감품질 향상을 위해서 AI 기반의 기지국 파라미터 최적화 기술 개발을 완료하여 일부 상용망에 적용하였다. 반면, SK텔레콤은 AI-native RAN의 성능을 극대화하고 운용 효율성을 향상시키기 위해 Orchestrator 연구 또한 지속 추진하고 있다. 통신과 AI 서비스를 동시에 제공하기 위한 xPU 자원 분배 기술과 SK텔레콤의 운용 데이터를 바탕으로 학습된 트래픽 패턴 예측 모델을 통해, 네트워크 부하가 낮은 시간대에는 유휴 연산 자원을 AI 워크로드에 할당하여 자원 활용도를 높이고, 트래픽이 급증하는 상황에서는 AI 워크로드의 자원을 RAN 워크로드로 신속하게 전환하여 서비스 품질 저하를 방지하기 위한 기술을 중점적으로 연구하고 있다. 향후 SK텔레콤은 AI-native RAN Orchestrator 주요 요소 기술에 대한 표준화 및 Eco 협력PoC를 통해 AI-RAN Architecture 관점의 기술 주도권 또한 확보해 나갈 예정이다. 앞으로도, SK텔레콤은 네트워크 보안 강화를 위한 AI agent 솔루션 등 차별화된 RIC Use-case에 대한 발굴과 AI 접목을 통한 효율성 개선 및 상용 환경 Trial, orchestration 고도화 연구 등 관련 R&D 활동을 지속해 나갈 예정이다.

4.1.3 기지국 가상화 (RAN Virtualization)

SK텔레콤은 기지국 가상화를 위한 연구를 지속 추진하고 있다. 2019년도 가상화 CU를 활용하여 세계 최초로 5G 서비스를 상용화하였으며, 2022년에는 장비 제조사와의 5G 가상화 기지국에 대한 연구 결과를 MWC 2022에서 발표하였다. 또한, 지속적인 연구를 통하여 RAN 전용 가속기 기술의 다변화와 진화에 따른 성능 향상과 장단점을 실증하고 분석하였다. 한편, 가상화 기지국의 소모전력을 개선하기 위해, 주요 제조사들과 함께 AI 기반의 CPU 소모전력 최적화 (C-State Optimization) 기술을 개발하였다. 이러한 가상화 기지국에 대한 연구 성과를 바탕으로, 2024년 2월에는 일본 주요 사업자와 함께 가상화 기지국에 대한 기술 백서를 공동 발간해 가상화 기지국에 대한 핵심 고려사항과 진화 방향을 제시하였다[12].

나아가, SK텔레콤은 칩셋 다변화 측면에서 GPU 등 다양한 xPU 기반의 가상화 기지국 구조와 Resource pooling 등 가상화 특화 기능에 대한 개발 및 검증을 수행하고 있다. 이러한 연구 성과를 기반으로, AI-native RAN으로의 진화를 위해, 핵심기술인 가상화에 대한 중장기 R&D를 지속 추진해 나갈 예정이다.

4.1.4 Open Interface

SK텔레콤은 2019년 4월, 세계 최초 5G 상용화 추진 이후 다양한 개방형 인터페이스 연구 및 개발 활동을 진행하였다. O-RAN Alliance 등의 개방형 표준 규격 완성도가 높지 않았던 5G 초기에는,

자체적으로 정의한 개방형 프론트홀 인터페이스 규격을 기반으로 LSH(Layer Split Hub) 인빌딩 솔루션을 개발하여 국내 중소, 중견기업의 5G RU와 주장비 제조사의 DU를 연동 및 상용화하였다.

이후, O-RAN Alliance WG4 (Working Group 4)를 중심으로 개방형 프론트홀 인터페이스에 대한 표준 완성도가 성숙해 감에 따라, SK텔레콤은 2022년 국내 중견기업의 O-DU와 O-RU를 O-RAN Alliance의 개방형 프론트홀 표준 기반으로 연동하였다. 또한, 2023년 2월에는 특화 서비스까지 연동 및 인빌딩 환경에서 실증하여 그 결과를 MWC 2023에서 발표하였다.

2023년에는 주장비사의 O-DU와 국내 중견 제조사의 O-RU를 O-RAN Alliance의 개방형 프론트홀 표준 기반으로 연동하였으며, 2024년에는 주장비사의 가상화 기지국과 국내 중견 제조사의 O-RU를 연동하는 데까지 성공하였다.

또한, SK텔레콤은 SMO와 DU간의 개방형 인터페이스인 O1 인터페이스와 Non-RT RIC (non-Real Time RIC)와 rApp간의 개방형 인터페이스인 R1 인터페이스에 대해서도 R&D 활동을 진행하고 있다. 2024년에는 이종 제조사의 SMO/RIC, rApp, DU Emulator를 연동하고, O1과 R1 인터페이스에 대한 규격 적합성을 시험 및 PlugFest Fall 2024에 출품하여 그 성과를 인정받기도 하였다.

뿐만 아니라, 개방형 인터페이스를 바탕으로 AI-native RAN을 실현하기 위해 필수적인 고품질, 정규화 데이터를 확보하기 위해, O-RAN Alliance에서 Filtered Measurements Feature를 제안하고, WG1, WG10 등에서 표준화 활동을 추진 중이다.

향후 SK텔레콤은 AI-native RAN을 구성하는 주요 인터페이스에 대한 표준화 활동과, 기술 진화에 따른 PoC, Trial과 같은 실증 활동을 지속하며 생태계를 만들어 갈 예정이며, 개방형 인터페이스 도입에 맞춰 장비 내부 기능 간 및 장비 간 상시적인 상호 인증 및 트래픽 암호화 등 Zero Trust Architecture 실현을 위한 연구도 진행할 계획이다.

4.2 xCore

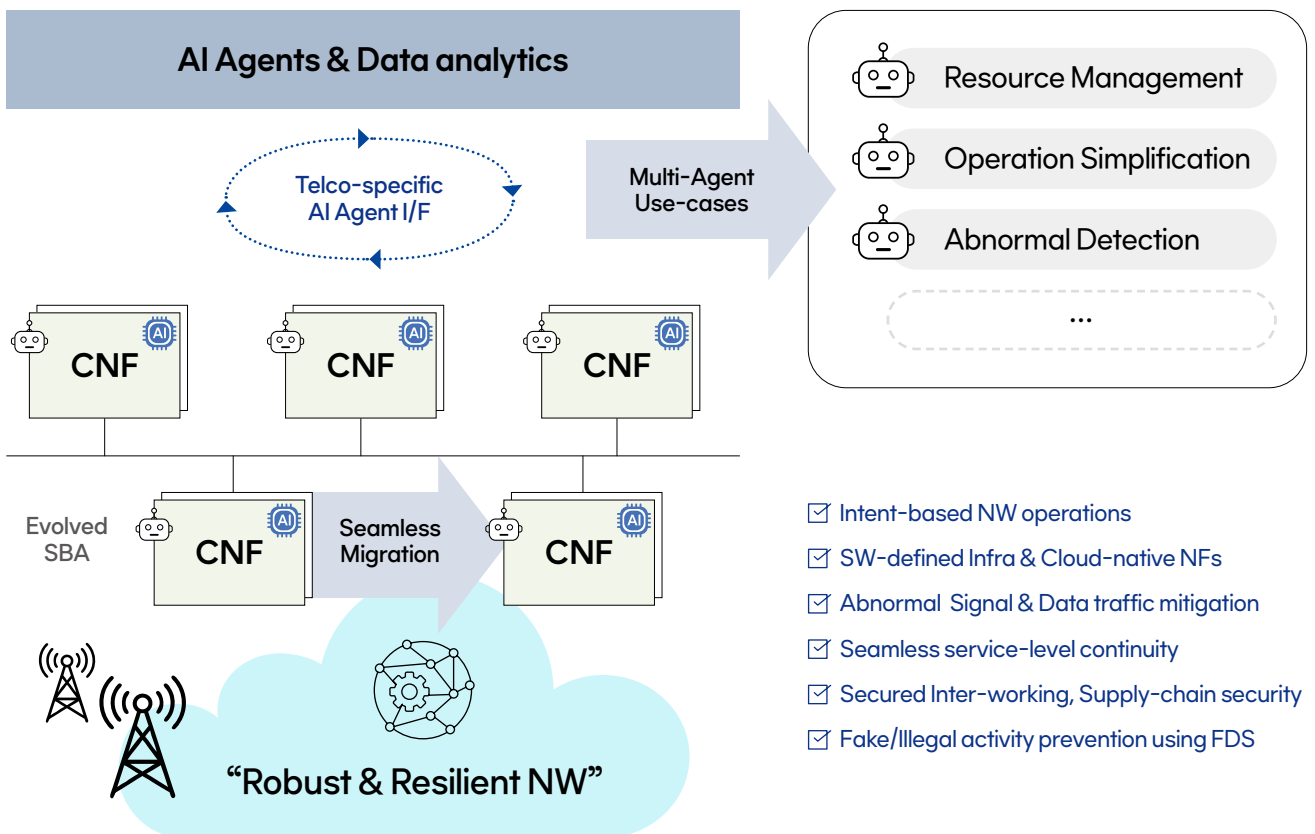
4.2.1 AI-native Core

코어망 운용은 정적 규칙과 수동 절차에 의존하는 구조로 설계/개발되어 왔다. 장애나 혼잡 상황이 발생하면 사전에 정의된 룰과 운용자 지시에 따라 단계별로 대응했고, 기능별 자동화는 산발적으로 존재하고 각 시스템 간의 연계는 미흡하였다. 결과적으로 시스템 별 운용을 위해 각 건마다 운용자의 승인과 직접적인 개입을 전제로 하는 수준을 벗어날 수 없었다.

지속적인 시스템의 고도화와 신규 기능/도입, 기술 진화에 따라 기하급수적 복잡도를 갖는 코어망의 효율적인 운용을 위해 운용 관점의 망 단순화와 기능 일치화 요구가 더욱 커지고 있다. 따라서, AI-native Core로의 진화를 위해 코어망의 기술적 진화를 가속화하여 더욱 높은 수준의 품질과 서비스 경쟁력을

확보하며, 동시에 시스템 운용과 서비스의 TTM 측면에서 보다 단순화된 개선 경험을 추구할 수 있다. 앞서 전망한 미래 코어망으로의 진화를 위해 SK텔레콤은 이러한 한계를 극복하고자, 점진적인 자율화와 AI 접목을 위해 우선, 네트워크 구조를 표준 SBA로 전환하였다. 이를 Cloud-native 환경에서 운용하며 서비스 기능을 모듈화하고, 개발과 배포를 유연하게 만들었다. 이후 Service Mesh 구조로 진화하여 다양한 서비스 기능을 효율적으로 연결하여, 미래 코어 망 발판 기술을 확보하였다[13]. 동시에, 국제 ETSI NFV 및 3GPP 표준을 토대로 AI, NWDAF를 활용한 QoS 품질 보장 및 비정상 장비 동작 예측/조치 기술 규격 (Rel-19/Rel-20)을 주도하며 활발히 표준화 활동을 하고 있다[14][15]. 글로벌 통신사 및 제조사와의 협업을 통해 미래 6G AI, xPU, LLM 기술 진화 등 망 안정성 및 운용 효율화 연구 활발히 진행하고 있다[16][17][18]. AI 상용화 사례 중 고객 및 망 품질 관점, Smart Paging은 시간 대 및 위치 기반 이동 패턴을 반영해 Paging 영역을 동적으로 조정함으로써 불필요한 신호 부하를 줄이고 응답 성능을 개선하였다[19]. 또한 스팸 필터링은 콘텐츠와 발신 패턴을 학습하여 사기 위험을 자동으로 식별하는 기능을 도입하였다[20].

향후 코어망은 ‘Agentic Core’로의 기능적 확장을 위해, 실시간 최적화, 복구, 보안을 자율적으로 수행하는 완전 자율 운용 플랫폼, 즉 Autonomous Network로 진화할 계획이다[그림 12].



[그림 12] xCore 아키텍처를 위한 AI Agents & Data Analytics, Robust & Resilient NW

4.2.2 Cloud-native

코어망은 '19.4월 5G 상용화 후 본격적으로 가상화 전환을 추진해 왔다. 3G, LTE/NSA 및 SA 등 세대가 다른 장비 및 기능들을 동시에 처리하는 단일 교환기를 개발하기 위해 복잡한 설계/검증 난이도가 요구되어 왔다. 또한, 다양한 세대의 장비 운용 및 장비 간 복잡한 호처리 프로토콜 인터페이스로 연동되어 있어, 애기치 못한 장애 또는 과부하/행업 발생 시 E2E 분석 및 복구가 어렵다. 이러한 구조적 복잡성은 한 요소의 고장이 연쇄적으로 서비스 중단을 초래할 수 있으므로, 장비/기능 단순화 및 장애 견딤성 강화가 반드시 필요하다.

SK텔레콤은 이러한 문제점들을 극복할 수 있도록 가상화 분야 개선을 지속 추구하고 있으며, ETSI NFV의 MANO 진화, Telco Cloud 전환을 위해 운용 효율성, 제로터치 자동화, Observability 강화 등 다양한 요구사항과 개선 과제를 글로벌 사업자 및 제조사들과 공동으로 제안하고 있다[21][22][23]. 이를 바탕으로 Telco PaaS 도입 등 플랫폼 서비스와 표준 및 오픈소스 연계를 통해 상호 운용성 확보, 운용 단순화 및 TCO 효율화를 목표로 하고 있다.

앞서 전망한 미래 코어망으로의 진화를 위해 SK텔레콤은 이러한 구조적 복잡성을 개선하고 운용 효율성을 높이기 위해 세대가 다른 장비를 하나로 통합한 식 단위 통합 “LTE/NSA+SA 교환기”(예: MME+AMF, S/PGW-C+SMF, S/PGW-U+UPF) 구성을 선제적으로 개발하여 상용화하였다. 물리적 장비 수는 감소하며 시그널/데이터 처리 효율화를 통해 SK텔레콤 가입자 수용 용량을 일반 교환기 대비 극대화하였다[24][25][26][27].

PNF (Physical Network Function) / VNF (Virtualized Network Function)을 CNF (Cloud-native NF)로 효과적으로 전환하기 위해서는 핵심 기능들(Control, Data, OAM)을 MSA로의 복합적 전환 및 설계가 중요하다. 특히, CNF 내 Pod 단위 자동 확장 (Auto-scaling), 독립 배포, Cluster/Region 간 확장 환경을 통한 Dynamic Load Balancing, All-Active 호처리, Error/Fault Isolation 등 운용 안정성을 검증하고, 네트워크 자원 효율성과 서비스 론칭 속도를 유의미하게 개선하고 있다. 또한, 이를 위한 기술 검토의 일환으로, SK텔레콤은 현재 장애 발생 포인트를 줄이는 작업 (예: Load Balancing 구조 알고리즘[28], 하드웨어 가속[29], 저지연 중요 패킷 우선처리[30] 및 NF Parameter 최적화)을 연구 및 상용화 개발을 진행하고 있다. 가입자 별 음성/데이터 세션 무중단 보장을 위해 식 단위 장애 발생 시에도 NF Set 기술 및 Service Communication Proxy 기술[31]을 통해 서비스 품질 저하 없이 Seamless하게 자동 트래픽을 인계 받는 방법, 검증 속도 증대를 위한 CI/CD 등 장비 구조개선 및 운용 방식을 지속 개선하고 있다.

코어망은 서비스 품질 및 신뢰성을 이유로 서버 장비가 상시 최대 성능으로 동작하도록 설계되었으나, 심야나 저부하 시에도 코어 장비들은 유향 전력소모가 크며, 탄소 배출 및 에너지 효율 관점에서 개선 여지가 있다. 따라서 SK텔레콤은 에너지 절감을 위해 코어 장비에 서비스품질 저하 없는 동적 전력절감 (Dynamic Power Saving) 기술 개발을 진행하였다[32][33]. 가상화 환경에서 트래픽 부하가 낮은 시간 혹은 높은 시간과 무관하게 상시 동적으로 실시간 트래픽 상태에 따른 코어망 서버의 하드웨어

리소스 제어를 통해 전력 절감 효과를 확인하였으며, 전 구간으로의 확대 추진 및 운용 기준을 도출 중에 있다.

SK텔레콤은 완전한 Cloud-native 환경 (Cloud-native NF)을 목표로, PNF 혹은 VNF Fadeout (시스템 Rebuilding)을 통해 CNF로 단계적 전환 로드맵을 운영하고 있으며, 컨테이너 orchestration, 서비스 모듈화 및 분산 배치 정책 등에 대한 기술 검토와 상용망 적용 추진을 병행하고 있다. 기존 ‘식 단위 관리/운용’ 체계에서 Common 하드웨어 Pool 개념으로 진화 중이며, 적기 상용화를 위해 자동화된 검증 체계 및 Staging System과 상용망을 동시 운용할 계획이다. 또한, SDI 및 NFV orchestration 솔루션을 통해 자동 소프트웨어 설치/제어와 장비 종류 및 서비스 별 일관된 관제를 만들 계획이다.

4.2.3 서비스 Enabling Tech

SK텔레콤은 API 등을 외부 파트너에게 제공하며, B2B/B2G 시장을 확대하고 있으며[34], 현재 사용되고 있는 SMS 인증보다 보안이 더 강화되고 더 안전한 Number Verification API도 개발 완료하였다. 이는 단순한 네트워크 연결을 넘어, 플랫폼화 된 네트워크로의 변화를 의미한다.

SK텔레콤은 스마트 팩토리, 미디어, 공공안전 등에서 Network Slice 기반의 application 별, 맞춤형 네트워크 서비스[35] (Slice기반 관리, 보안 정책, 동적 자원 할당 자동화)를 제공하며, 고객사와 협력하여 SLA 기반의 서비스 품질을 만족한 상품 설계를 통해 기술 경쟁력을 강화하고 있다.

SK텔레콤은 Roaming Edge Cloud[36] 진화를 위해 글로벌 B2B 파트너사들과 협업을 진행하고 있으며, 이를 통해 Global Connectivity를 확대 중이다. 이 구조는 해외 로밍 중인 고객에게 가장 가까운 지역에서 데이터 트래픽을 처리함으로써, 지연을 최소화하고 품질을 극대화하는 서비스를 제공한다.

4.2.4 Zero Trust Architecture

SK텔레콤은 보안 강화를 위해 ZTA를 추구하며, GSMA[37][38], KISA[39] 보안 가이드를 기반으로, 각 장비와 서비스에 대해 목적별로 세부 검토 및 개선을 진행하고 있다. 이를 통해 통신 경로, 저장소, 인증 절차 등 다양한 보안 요소를 체계적으로 점검하고 있다. 궁극적으로는 6G 시대에 적합한 보안 체계를 선도하기 위한 기술 기반을 마련하고 있으며, 텔코 보안 거버넌스를 통해 코어망 전 구간의 보안성과 회복 탄력성 제고를 체계적으로 고도화해 나가고 있다.

현재, 소프트웨어 공급망 보안은 통신망 운용의 필수 요건으로 자리잡으며, 실질적인 PoC와 상용 적용이 확대되고 있다. SK텔레콤은 코어 장비 및 소프트웨어 도입 시 SBOM (Software Bill of Materials) 자동 생성, 취약점 실시간 탐지, 보안 패치 자동화 시스템을 구축하고, 무결성 검증, 공급망 위험 평가, 보안 인증 프로세스를 상용망에 적용하고 있으며, 공급망 위험 분석 시스템을 운영하여 보안 사고 예방에

앞장서고 있다. 협력사와의 보안 협력 강화, 공급망 보안 교육, 실시간 모니터링 체계 구축을 통해 공급망 보안 수준을 향상시키고 있으며, PoC와 상용 적용을 통해 네트워크 신뢰성 확보에 기여하고 있다.

장비 간 통신 및 DB 암호화는 고객 데이터와 네트워크 정보를 외부 공격이나 내부 유출로부터 보호하기 위해 필수적이며, SK텔레콤은 이를 위해 데이터 흐름을 안전하게 하고, 저장되는 로그/트레이스 데이터도 암호화하여 보안성을 강화하고 있다. 특히 AI 기반 분석이 적용되면서 민감한 정보가 더 많이 다뤄지기 때문에, 암호화는 기술 개발의 기본 전제가 되고 있다. SK텔레콤은 보안에 앞서기 위해 PQC, Confidential Computing 및 동형암호 등 최신 암호화 알고리즘 및 플랫폼을 연구하고 있다.

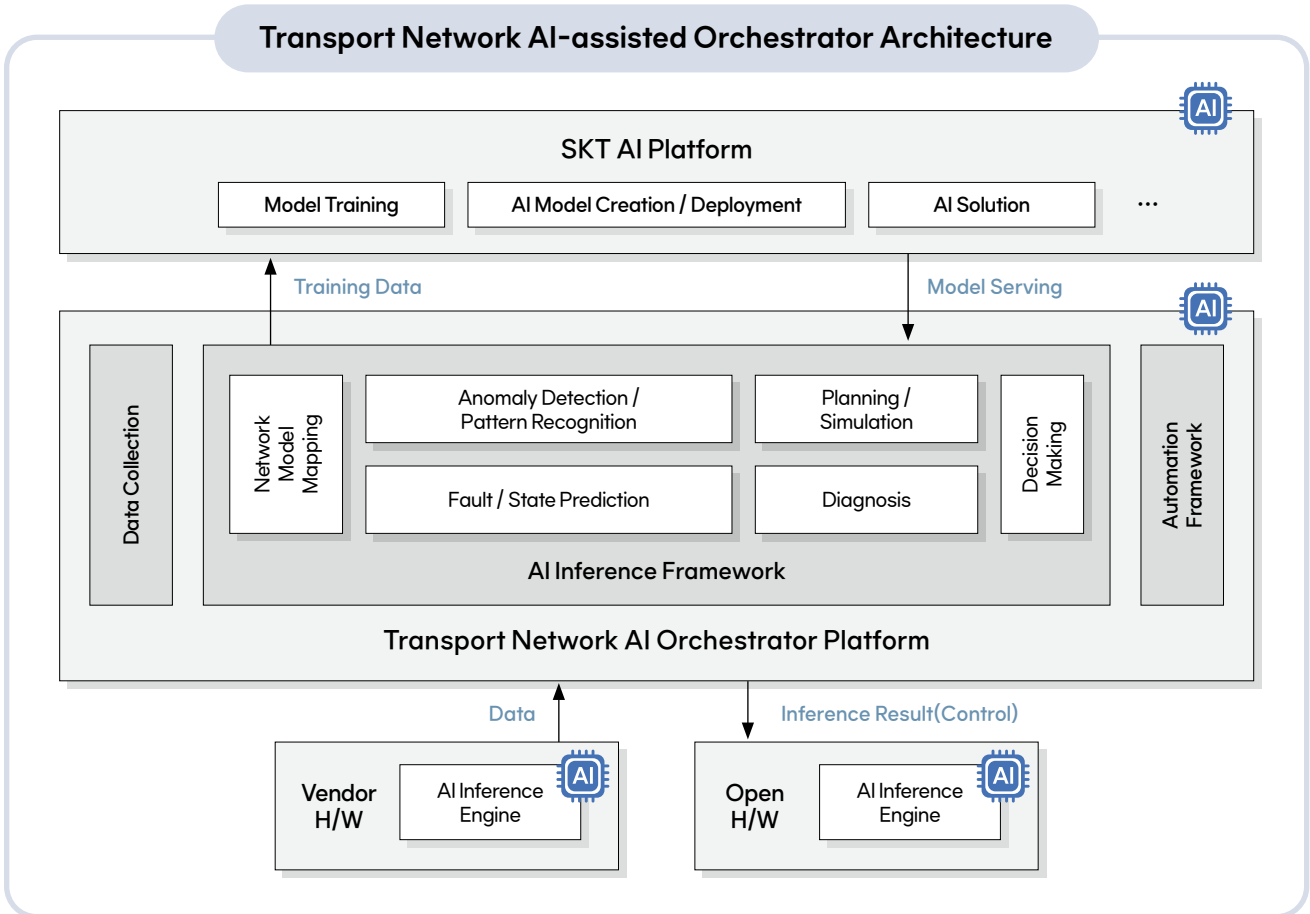
Cloud-native 환경 내 Micro-segmentation[40] 기반으로 네트워크 내 불필요한 접근을 차단하고, 기능별로 맞춤형 정책을 적용할 수 있어 운용 효율성과 안정성을 동시에 확보할 수 있다. SK텔레콤은 이러한 Observability 기술을 연구하여, In-NW-Computing[41][42][43]을 활용한 각 컨테이너 Pod 간 통신 흐름의 효율적인 Deep 데이터 수집·분석 체계를 구현하였고, 이를 통해 데이터를 더욱 빠르고 정확하게 추출·모니터링할 수 있게 되었으며, AI 기반 분석을 통해 실시간 Pod 간 트래픽 이상 탐지(Anomaly Detection) 기능도 입증하였다. 이는 서비스 간 경계를 명확히 하여 보안성과 가시성(Visibility)을 높였으며, 이상 징후를 빠르게 탐지할 수 있는 기반을 마련하였다.

최근 명의 도용, 불법 스팸 등 이동통신망을 악용한 금융 범죄가 사회적 문제로 대두되고 있으며, 이에 따라 이동통신사업자의 역할과 책임이 한층 더 강조되고 있다. SK텔레콤은 이러한 위협으로부터 고객을 보호하기 위해, 이동통신망 내에서 불법 단말, 불법 유심, 불법 스팸 메시지를 탐지 및 차단할 수 있는 Fraud Detection System (FDS)와 Spam Filtering System (SFS)을 구축/운용하고 있으며, AI 기술 접목을 통해 방대한 통신 패턴과 메시지 데이터를 학습하고, AI 알고리즘을 지속적으로 고도화하여 정확도를 개선해 나가고 있다. 향후에는 FDS와 SFS에 국내/외 보안기관 및 금융기관과의 위협 정보 공유 체계를 접목하여, 금융 사기/스미싱/보이스피싱 등 신종 범죄에도 대응하는 플랫폼으로 진화시킬 계획이다.

4.2.5 Centralized DC

SK텔레콤은 전진 UPF 배치와 NWDAF 기반 분석을 활용하여 코어망 지연 최적화를 실증하고 있다. AI를 통해 장비의 비정상 동작과 네트워크 혼잡을 사전 예측함으로써 고객 체감 품질 저하를 선제적으로 방지하는 운용 기술을 개발 중에 있으며, UPF를 기지국 인근으로 전진 배치하여 AI 서비스 및 리소스를 최단 경로로 처리하는 초저지연 서비스 구조를 구현 중에 있다. 또한 API 연동으로 네트워크 기능을 외부 서비스에 개방하는 개방형 Network Exposure 체계를 구축해 나가고 있다. 한편 SK텔레콤은 AI Orchestrator와 SDI를 활용한 코어 자원 자동화 및 운용 고도화 기술도 검증하였다. 향후 이러한 R&D 성과를 바탕으로 AI 기반 Intent 네트워킹 등 기술을 한층 강화하여, 운용자의 의도만으로 네트워크 자원을 제어하고 지능형 서비스 개방을 구현할 계획이다.

4.3 ACTN



[그림 13] AI-assisted Orchestrator 구조

4.3.1 AI-assisted Orchestrator

AI-native Converged Transport Network를 실현하기 위한 핵심 기술로 AI-assisted Orchestrator를 개발하고 있다. 유선망 전 구간에서 실시간 데이터 수집, AI 기반 분석, 자동화된 제어를 통합적으로 수행하여, 네트워크의 효율성과 안정성을 혁신적으로 높이는 역할을 한다.

AI-assisted Orchestrator는 데이터 수집 모듈, AI 추론 프레임워크, 자동화 프레임워크로 구성된다. 데이터 수집 모듈은 다양한 제조사의 장비에서 실시간 데이터를 수집·정제하며, AI 추론 프레임워크는 모델 관리, 추론 실행, 네트워크 성능 최적화, 의사결정 지원을 담당한다. 자동화 프레임워크는 AI 분석 결과를 바탕으로 네트워크를 실시간 제어한다. 이 모든 과정은 SK텔레콤 AI 플랫폼과 연동되어, 모델 학습, 배포, 운용까지 전 주기를 지원한다.

AI-assisted Orchestrator는 네트워크 전 구간에서 다양한 벤더의 장비로부터 Telemetry 데이터를

수집하고, AI 기반 추론 엔진을 통해 장애 예측, 이상 탐지, 트래픽 최적화, 자원 할당 등 복잡한 운용 의사 결정을 자동화한다. 실제로 1만 대 이상의 라우터에서 발생하는 라우팅 변화 데이터를 실시간으로 수집·분석하여, 이상 징후를 조기에 감지하고, AI가 진단 및 복구 방안을 제시하면 자동화 시스템이 즉각적으로 네트워크 복구를 실행한다. 이를 통해 장애 탐지 시간을 수 초 단위로 단축할 수 있다

AI-assisted Orchestrator는 Autonomous Network 실현을 위한 핵심 플랫폼으로서, Open 하드웨어·소프트웨어 기반 네트워크에 적용하여, 벤더 종속성을 탈피하고 확장성과 유연성을 극대화할 계획이다.

4.3.2 차세대 프론트홀망 기술

광회선 속도를 증대하기 위해 PAM4 기술을 사용할 경우 광 link budget이 부족하게 되며, 이를 보상하기 위한 광증폭 기술 개발이 필요하다. 최근 개발된 Bismuth doped fiber amplifier는 O-band 대역에서 넓은 파장 범위에서 비교적 균일한 이득을 제공하는 다파장 증폭에 준수한 성능을 보임을 확인하였다. 또한, 100Gbps 이상의 고속 광전송을 위한 DCO (Digital Coherent Optics) 기술은 80km 이상의 비교적 장거리를 목표로 발전되어 왔으며, 가입자망에 적합하도록 저가격 및 저 전력 광모듈 제품의 개발이 필요하다.

프론트홀 망의 Dynamic reconfiguration 기능 지원을 구현하는 방법으로 Optical Switch를 이용하는 방법과 Packet Switch를 도입하는 방법이 논의되고 있다. 일반적으로 Optical switch를 이용하는 방법은 장치가 집중국 쪽에만 추가되어 투자비에 이점이 있는 반면, Packet Switch를 도입하는 방법은 aggregation에 따른 프론트홀 구간의 용량 감소를 기대할 수 있다.

4.3.3 양자암호

SK텔레콤은 양자키 분배 시스템의 비용을 줄이고 확산하기 위한 기술을 지속적으로 연구하고 있다.

WDM QKD 기술은 QKD시스템에서 양자 채널을 위해 사용하던 Dark fiber를 이용하지 않고, 기존의 전송 데이터 채널과 다중화하여 사용하는 기술로써 구축비용을 절감하는 효과가 있다. 이를 통해 B2B 양자암호 전용회선 서비스의 확대를 추진할 계획이다.

QKD 시스템은 전송거리의 한계로 80km 이상 전송이 어렵고, 특히 해외와의 연결은 불가능한 것으로 여겨졌다. 이러한 전송거리의 한계를 극복하기 위해서 Free Space Optics를 이용한 무선 QKD를 연구하고 있다. 무선 QKD 기술은 지상과 지상간 통신을 먼저 개발하여 기술의 Feasibility를 확인하고,

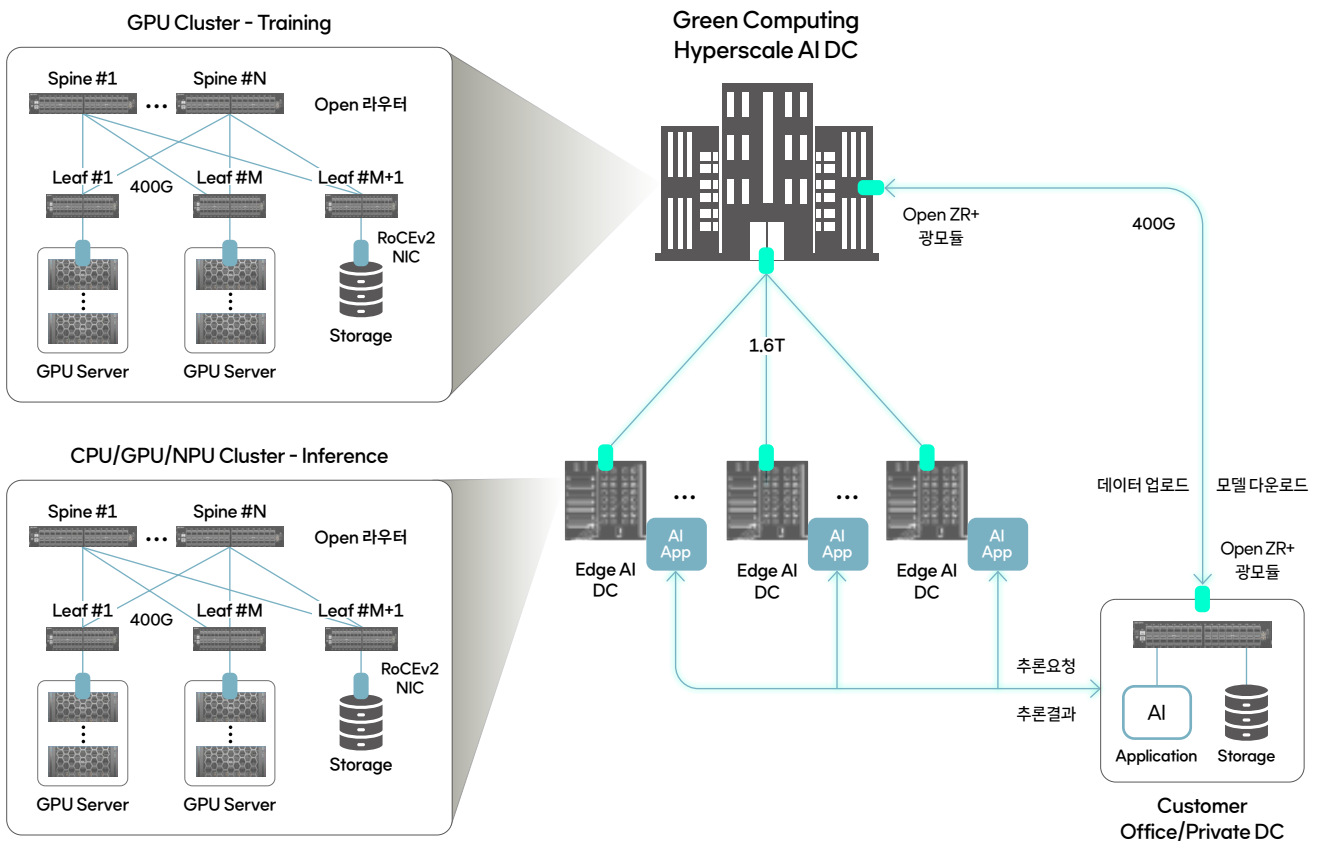
위성에 탑재하여 위성과 지상간 통신을 이용하여 장거리 전송과 위성이 지나가는 지역과의 QKD 연동도 가능할 것으로 예상된다.

소형화 QKD 기술은 기존의 광학 컴포넌트를 이용하여 만들었던 QKD 시스템을 PIC 기술로 집적화하여 광모듈 크기의 QKD시스템 개발을 목표로 하고 있다.

4.3.4 Cross-DC xPU Clustering 기술

기존 단일 데이터센터 기반 GPU 클러스터는 처리량 변동, 리소스 제약, 전력 공급 문제 등 한계가 존재한다. 이에 따라, 여러 지역에 분산된 GPU 리소스를 네트워크로 연결하여 하나의 통합 computing 시스템처럼 작동하는 지리적 분산 GPU Clustering이 글로벌 트렌드로 부상하고 있다. AI 서비스 주요 사업자들은 다수의 데이터센터를 연결해 대규모 AI 모델 학습을 수행하고 있으며, 전력 및 computing 자원의 한계를 극복하고 있다.

SK텔레콤은 APN 기반의 Open 라우터, 400G 광모듈, RDMA(Remote Direct Memory Access) NIC 등 최신 네트워크 장비를 활용하여, 국사 간 장거리 GPU clustering 환경을 시범 구축하고 있다.



[그림 14] Telco 향 Cross-DC xPU Cluter

시험 환경에서는 RoCE 네트워크 기반의 데이터 전송 및 AI 학습 성능, 지연 특성 등을 검증한다. 단계적으로 시험 환경 구축, PoC 구현, 성능 검증, 결과 분석을 진행 중이며, 국사 간 GPU 자원 결합 및 비용 효율화 설계를 기반으로 Telco 환경에 적합한 네트워크 아키텍처 도출을 목표로 한다.

Cross-DC GPU Clustering 기술은 AI 시대의 대규모 분산 학습 및 추론 환경을 실현하는 핵심 인프라로, APN 기반의 유선망 혁신을 통해 경쟁력을 강화하고 있다. 향후, 분산 GPU 클러스터의 효율적 orchestration, 네트워크 자동화, 서비스 확장 등 다양한 분야에서 기술 고도화를 지속해 나갈 계획이다.

4.4 DIVE

SK텔레콤은 향후 6G 시대의 DIVE 플랫폼을 구현하기 위해, 우선 네트워크 데이터 기반 서비스를 B2B 고객 타겟의 정밀 실내 위치 기반 서비스에 한정해 DIVE 플랫폼 핵심 설계 원칙 기술들을 연구개발 진행 중이다. 현재까지는 대상 서비스에서의 Hybrid Edge-Cloud 아키텍처 및 AI-powered Data Service Development 기술 개발을 추진 중이며, 향후 DIVE 플랫폼 관련 AI-powered Autonomous Operation, Dual Plane Deployment, Zero Trust Architecture 기술 연구개발을 확대해 추진할 예정이다.

4.4.1 Hybrid Edge-Cloud Architecture

앞서 언급한 바와 같이, DIVE는 Hybrid Edge-Cloud 아키텍처를 통해 중앙집중형 Cloud 처리 방식과 Edge 기반 분산형 구조의 서비스 개발 및 운용의 한계를 극복할 수 있다.

이를 위해, SK텔레콤은 중앙 Cloud 영역에서는 Data-Centric ML/DL Pipeline 플랫폼 연구 개발을 진행 중이다. 플랫폼 아키텍처 설계 및 데이터 전처리 체계 확립, 데이터 수집·정제·정규화를 위한 ETL (Extract-Transform-Load) Pipeline을 대규모 분산처리 네트워크를 활용하여 확장 가능한 데이터 처리 아키텍처를 구축하고, 데이터 품질 관리 (Data Quality Check, Schema Validation 등) 및 표준 스키마 기반의 메타데이터 관리 체계를 확립하였다.

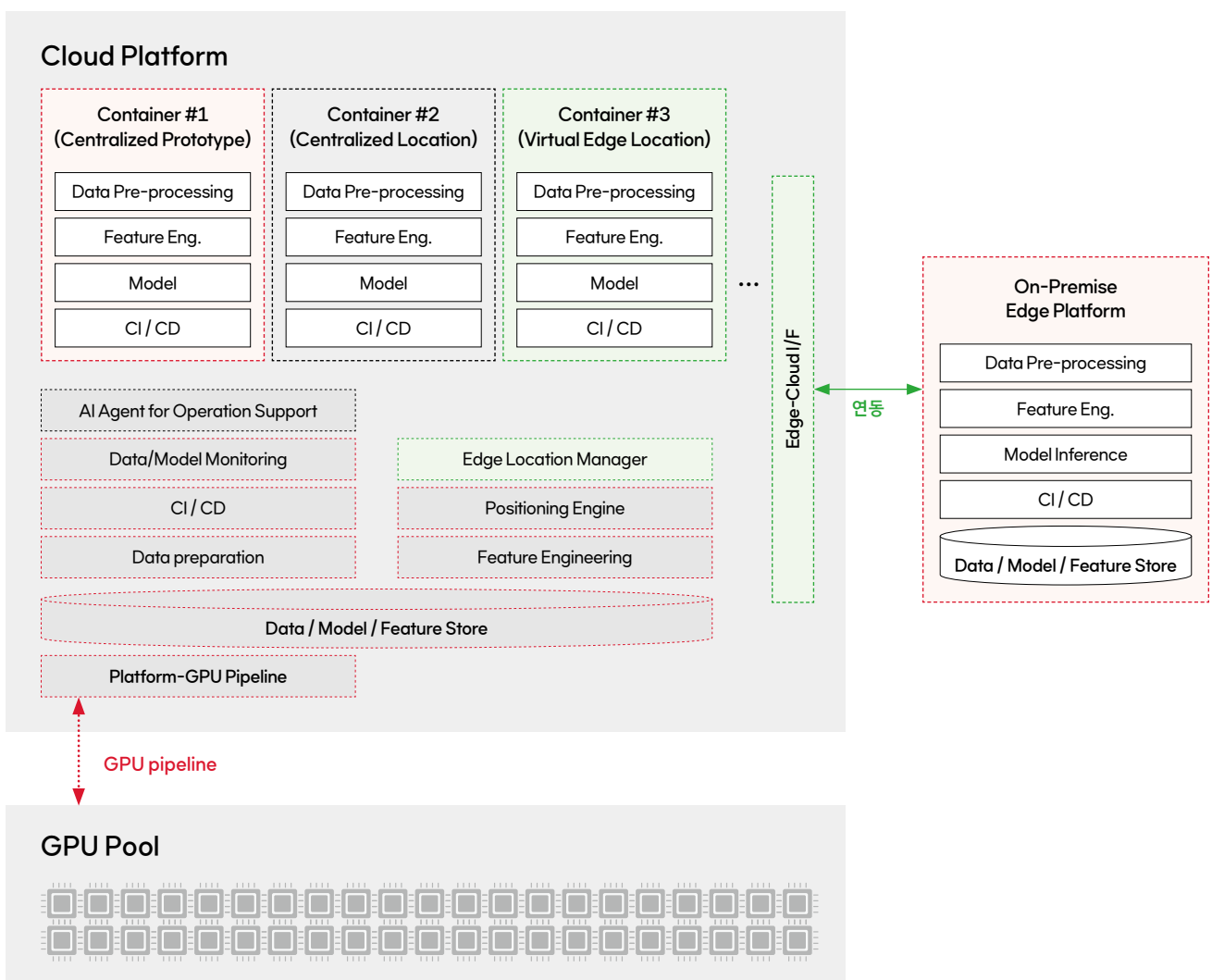
분석 모델은 Feature Store와 Model Registry 기반으로 구현하고, 데이터 중심 (Data-Centric) 학습 전략을 통해 성능을 지속적으로 개선할 수 있는 기반을 마련하였다. ML/DL 기반 자동화 체계 확립 데이터 Pipeline을 workflow orchestration, 분산 학습 프레임워크를 활용해 표준화하고, CI/CD 및 MLOps 환경과 연계하여 모델 학습-검증-배포-모니터링의 End-to-End 자동화를 구현함으로써 장기적 성능 개선 비용을 크게 절감할 수 있도록 설계하였다.

또한 Edge 영역에서는 AI 기반 Edge Data Service 기술 개발을 통해, 현장 맞춤형 데이터 처리 및 안전한 분산 학습 환경 구현을 목표로 하고 있다. 한정된 실내 공간에서 WiFi, BLE 기반의 정밀 측위

서비스를 개발, 검증하기 위해 데이터 Logging, 데이터 Cleansing, 데이터 Analysis, AI 측위 모델 등 End-to-End Pipeline을 구성했다. 본 서비스를 위한 데이터는 Path Planning 기반의 Data Collector Application을 통해 수행했다. 특히, 민감 데이터는 Edge에서 직접 처리·보호함으로써 중앙 전송 구간에서의 보안 리스크를 최소화하였으며, Edge와 Cloud 간 데이터 순환 구조(Feedback Loop)를 통해 모델 품질을 지속적으로 개선할 수 있음을 확인하였다.

이를 통해 SK텔레콤 판교사옥 내 테스트 환경에서 10m 이내의 측위 결과를 도출하였으며, 저사양 Edge 하드웨어에 경량화된 AI 모델을 적용해 서비스 제한 조건도 완화시킬 수 있었다.

향후에는 Hybrid Edge-Cloud 아키텍처의 완성도를 높여 Federated Learning, Edge-Cloud Orchestration 등을 적용해 확장성 검증을 추진하고, 고객 요구에 따라 다양한 형태의 데이터 중심 서비스 제공이 가능하도록 발전시킬 계획이다.



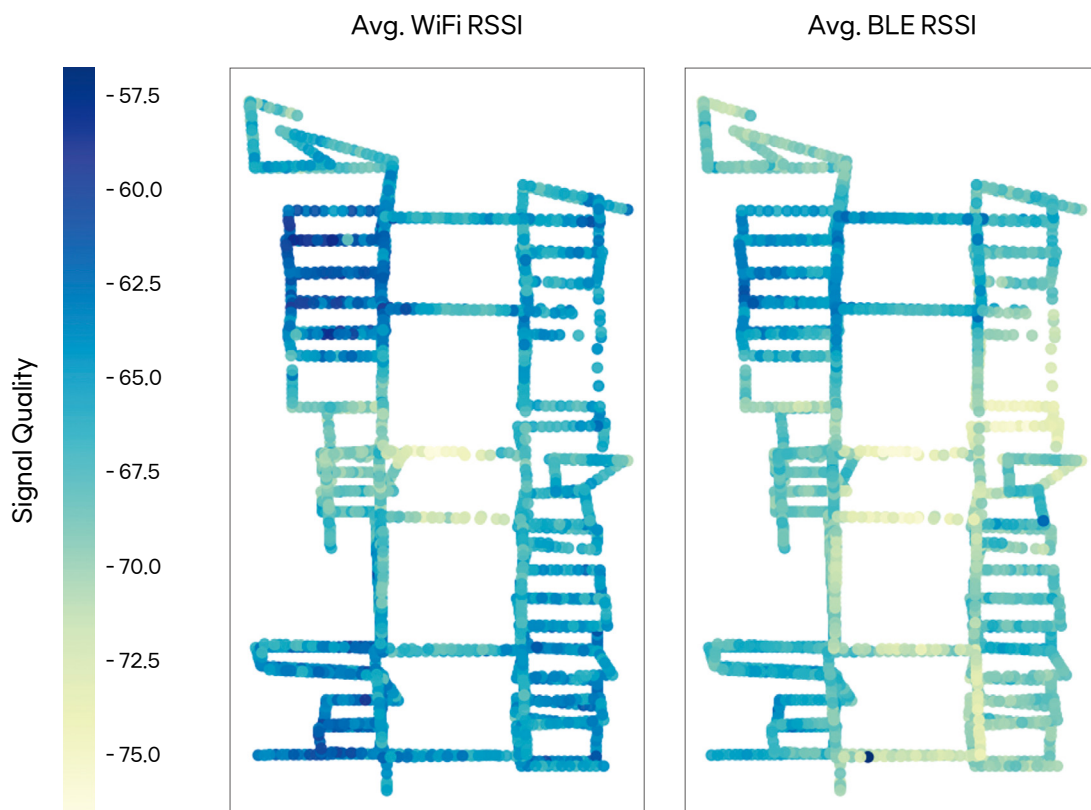
[그림 15] 위치기반 서비스향 Hybrid Edge-Cloud 구조

4.4.2 AI-powered Data Service Development

앞서 언급한 바와 같이, DIVE는 네트워크 데이터를 서비스로 변환시킬 수 있는 플랫폼으로, 서비스 기획자가 새로운 서비스 아이디어를 제안하면 DIVE는 필요한 네트워크 데이터, 모델 및 Pipeline 등을 자동으로 구성해 서비스를 빠르게 배포할 수 있다. 이는 대상 범위와 의미에 다소 차이는 있으나, 최근 급부상하고 있는 AI 기반 통합 개발 환경 (IDE)과 유사하다. 물론 아직 AI 기반 통합 개발 환경을 통해 제공되는 코드는 사용자의 요구사항이 명확하게 전달하기 위한 Prompt Engineering 및 반복적인 과정이 필요하고, 최종 산출물도 100% 사용자의 요구사항을 만족하기에는 아직 한계가 있다.

그러나, 향후 6G 시대에는 코드 레벨에서의 이러한 한계들은 대부분 극복될 수 있을 것으로 예상되며, 네트워크 데이터 기반의 서비스 역시 이러한 형태로 서비스 기획자의 요구사항에 따라 용이하게 개발 및 배포가 가능할 것으로 예상된다.

SK텔레콤은 앞서 언급한 정밀 측위 서비스 개발 과정에서 개발자의 생산성 향상을 위해 AI 기반 통합 개발 환경을 활용하였다. 이를 통해 데이터 수집을 위한 Data Collector Application을 개발하고, Random Forest Regressor, XGBoost, Transformer 등의 AI 측위 모델에 대해 디버깅 및 리팩토링



[그림 16] Data Collector 기반 수집데이터

작업을 수행하였다. 또한, 단순 요구 사항 뿐만 아니라 WiFi 측위 성능을 보다 향상시킬 수 있는 개발자의 아이디어를 반영해 경량화된 모델을 빠른 시간 내 개발할 수 있었다. 이를 통해 네트워크 데이터 서비스 구성요소를 개발하는 과정에서 AI 활용을 통해 빠른 서비스 구성 및 배포 관련 Feasibility를 확인할 수 있었다.

5. 맺음말

5G 상용화 이후 이동통신 산업은 이전과 비교할 수 없을 만큼 빠르게 변화해 왔으며, 6G가 본격적으로 상용화될 2030년대에는 이러한 변화가 한층 더 가속화될 것이다. 특히 AI와 네트워크의 결합, 네트워크-Computing 융합, 데이터 기반 신규 서비스의 확산은 통신 인프라의 구조와 운용 방식을 근본적으로 변화시킬 것으로 예상된다. 동시에, 사이버 위협의 고도화와 개인정보 보호 요구 증대는 보안 역량 강화를 필수 과제로 만들고 있다.

SK텔레콤은 이러한 환경 변화 속에서 AI-native Network, Cloud-native Network, Ubiquitous Network, Open Network, Zero Trust Network, Customer-centric Network라는 여섯 가지 진화 방향을 설정하고, 운용 효율성 극대화, 고객 경험 혁신, 네트워크 기반 수익화를 목표로 지속적으로 기술을 고도화하고 있다.

이번 백서를 통해 중장기 미래 네트워크 진화의 핵심 영역인 AI-native RAN, xCore, ACTN, DIVE를 중심으로 구체적인 아키텍처와 구현 기술을 제시하였다. 무선접속망은 개방형 인터페이스와 가상화를 기반으로 AI 자동화·최적화를 추진하고 있으며, 코어망은 Cloud-native 전환과 AI Agent 도입을 통해 자율운용과 서비스 개방을 강화하고 있다. 전송망은 Digital Twin, APN 기반 구조, 양자암호통신, xPU Clustering을 결합해 지능화·자동화를 실현하고, DIVE 플랫폼은 네트워크 데이터를 활용한 Self-Healing과 보안성 강화를 목표로 하고 있다. 이러한 비전은 현재의 R&D 활동과 연계되어 AI 기반 성능 향상 및 Edge에서의 AI 서비스 제공, 클라우드 네이티브 코어와 보안 기술 고도화, 지능형 유선망 제어 및 양자암호 실증, 그리고 데이터 플랫폼의 모델 품질 개선과 Edge AI 추론 지원 등을 적극 추진하면서 글로벌 생태계와의 협력을 통해 6G 시대를 선도해 나가고 있다.

6G 시대의 모습과 요구사항은 여전히 많은 불확실성과 변수를 안고 있으며, 예상치 못한 기술 트렌드 변화, 글로벌 표준화 속도, 시장·정책 환경 변화, 그리고 새로운 고객 니즈는 끊임없는 조정과 보완을 요구할 것이다. 이에 SK텔레콤은 정해진 답을 고집하기보다 고객 가치를 최우선으로 삼고, Cloud-native, AI 기반 자동화, 개방형 인터페이스, Zero Trust 아키텍처 기반 보안 기술들을 기반으로 변화에 유연하게 대응할 수 있는 개방적이고 민첩한 접근을 통해 6G 시대의 통신 인프라를 선도적으로 구축하며, 미래 시장에서 새로운 기회를 창출해 나가고자 한다.

References

- [1] SK Telecom, “5G Lessons Learned 및 6G 핵심 요구사항, 6G네트워크 기술 진화 방향, 6G 스펙트럼” SK Telecom 6G 백서, Aug. 2023, <https://news.sktelecom.com/197370>
- [2] SK Telecom, “View on Future AI Telco Infrastructure” SK Telecom 6G 백서, Oct. 2024, <https://news.sktelecom.com/207733>
- [3] 삼성전자, “AI-Native & Sustainable Communication”, Feb. 2025
- [4] Ericsson, “Co-creating a cyber-physical world”, July 2024.
- [5] Nokia, “Nokia’s Vision for 2030: Pioneering the Future of Networks”, Mar. 2024
- [6] ICT R&D 기술로드맵 2025, p96, 정보통신기획평가원 2024
- [7] Gartner, “Hype Cycle for Edge Computing”, 2024
- [8] CNCF, “GitOps Principles v1.0.0”, Cloud Native Computing Foundation, 2023
- [9] OpenTelemetry, “OpenTelemetry Specification”, 2024
- [10] Argo Project, “Argo CD – Declarative GitOps CD for Kubernetes”, 2024
- [11] K. Lee, et al, “AI-based Pilotless Communication: Experimental Validation via Channel Emulation and Indoor Over-the-air Testing”, in the 16th International Conference on ICT Convergence (ICTC) Workshop, Oct. 2025
- [12] SK Telecom and NTT DOCOMO, “Key Considerations for vRAN: Insights from SK Telecom and NTT DOCOMO”, Feb. 2024
- [13] “Toward 6G Core Architecture Using an Inline Service Mesh”, SK Telecom & Intel Whitepaper, Jan. 2024
- [14] “SK Telecom, S1-242019, 6G Area of Interest”, 3GPP SA1#107, Aug. 2024
- [15] “SK Telecom, S2-2502989, Views on 6G study in SA WG2”, 3GPP SA2#168, Apr. 2025
- [16] “AI-agent Communication Network(ACN)” CMCC/MWC White Paper, Mar. 2025
- [17] “Leveraging LLM for Evolving and Declarative Trace Analytics towards Next Generation Mobile Core Networks”, IEEE FNWF, Oct. 2024
- [18] “Dynamic Traffic Load Rebalancing for Hardware-accelerated 6G UPF Resilient Architecture”, IEEE IPCCC, Nov. 2024
- [19] “SK텔레콤, 삼성전자 공동개발 AI 기술로 코어망 업그레이드”, <https://www.etnews.com/20220701000222>, Jul. 2022
- [20] “SK텔레콤, AI 시스템 탐지 기술로 ‘CES 2025’ 최고 혁신상”, <https://www.etnews.com/20241117000008>, Nov. 2024
- [21] “In the Light of Ten Years from the NFV Introductory”, ETSI Whitepaper No. 53, Feb. 2023
- [22] “NFV evolution: Towards the Telco Cloud”, ETSI White Paper No. 65, Mar. 2025
- [23] “Management and Orchestration of the Telco Cloud: The Role of NFV-MANO and Its Added Value”, ETSI White Paper No. 67, May. 2025
- [24] “SK텔레콤, 상용망서 순(純) 5G통신 성공”, <https://news.sktelecom.com/137028>, Jan. 2020
- [25] “SKT-삼성전자, ‘차세대 클라우드 Core망’ 국제 표준 기술 선점”, <https://news.sktelecom.com/136426>, Nov. 2020
- [26] “SKT, ‘차세대 5G Core’ 내년 상용”, <https://news.sktelecom.com/172464>, Nov. 2021
- [27] “SKT, Core망 고도화로 6G 진화 기반 확보”, <https://news.sktelecom.com/179973>, Jul. 2022
- [28] “Implementation for a Resilient Cloud-native Core Network with an eBPF-based SCTP”, IEEE FNWF, Oct. 2024
- [29] “Towards Achieving High Performance in 5G Mobile Packet Core’s User Plane Function”, SK Telecom & Intel Whitepaper, Feb. 2018
- [30] “Low Latency 5G UPF Using Priority Based 5G Packet Classification”, SK Telecom & Intel Whitepaper, Jun. 2020
- [31] “Evaluation of a Service-mesh based Service Communication proxy for Future 5G Core Network”, SK Telecom & Nokia Whitepaper, Apr. 2020
- [32] “Dynamic Power Savings in Cloud-Native 5G”, SK Telecom & Intel Whitepaper, Mar. 2023
- [33] “SKT, 인텔과 함께 Green Infra 기술 개발 성공”, <https://news.sktelecom.com/185221>, Feb. 2023
- [34] “통신3사, 공동 API 규격으로 혁신 서비스 생태계 강화한다”, <https://news.sktelecom.com/206655>, Aug. 2024
- [35] “SKT, 앱/서비스 별 네트워크 슬라이스 기술 개발”, <https://news.sktelecom.com/136300>, Dec. 2020
- [36] “Roaming Optimization using Global Presence of AWS: SK Telecom Roaming Edge Cloud”, <https://aws.amazon.com/ko/blogs/industries/roaming-optimization-using-global-presence-of-aws/>, Jun. 2024
- [37] “GSMA FS.31 – Baseline Security Controls”, https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/security/gsma_resources/fs-31-gsma-baseline-security-controls/, Apr. 2025
- [38] “GSMA FS.40 – 5G Security Guide”, https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/security/gsma_resources/5g-security-guide-version-3-0/, Jul. 2024
- [39] “제로트러스트 가이드라인 2.0”, <https://www.kisa.or.kr/2060204/form?postSeq=18#fnPostAttachDownload>, Dec. 2024
- [40] “GSMA FS.61 – Micro-Segmentation in 5G Core Network Resource Pool”, https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/security/gsma_resources/micro-segmentation-in-5g-core-network-resource-pool-guidelines-version-1-0/, Apr. 2025
- [41] “Congestion-Aware Selective In-band Network Telemetry for Low Traffic Overhead and High-Accuracy Network Monitoring”, IEEE INFOCOM, May. 2025
- [42] “Semantic In-Band Network Telemetry for Low Bandwidth Overhead and High-Accuracy Monitoring”, IEEE INFOCOM, May. 2025
- [43] “FAT-INT: Frequency-Aware and Item-Wise In-band Network Telemetry for Low-Overhead and Accurate Measurement”, ACM on Networking, Sep. 2025

Abbreviations

Abbr	Full Name	Abbr	Full Name
APN	All Photonic Network	OT	Operational Technology
CCO	Coverage and Capacity Optimization	PAM4	Pulse Amplitude Modulation 4-level
CCPA	California Consumer Privacy Act	PMF	Pipeline Management Function
CI/CD	Continuous Integration/Continuous Delivery, Deployment	PNF	Physical Network Function
CNF	Core Network Function	PoC	Proof of Concept
CNF	Cloud-native Network Function	POTN	Packet Optical Transport Network
COTS	Commercial Off-The-Shelf	PQC	Post-Quantum Cryptography
CT	Communication Technology	QKD	Quantum Key Distribution
DAF	Data Analytics Function	QKMS	Quantum Key Management System
DCI	Data Center Interconnect	QNF	Quantum Network Function
DCO	Digital Coherent Optics	RAG	Retrieval-Augmented Generation
DIVE	Data Insight & Value Engine	RCA	Root Cause Analysis
Edge UPF	Edge User Plane Function	RIC	RAN Intelligent Controller
EMS	Element Management System	RNF	Radio Network Function
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	SA	Standalone
FBS	False Base Station	SBA	Service Based Architecture
FDS	Fraud Detection System	SBOM	Software Bill of Materials
FPGA	Field-Programmable Gate Array	SDI	Software Defined Infrastructure
GDPR	General Data Protection Regulation	SDN	Software Defined Networking
gPRC	Google Remote Procedure Call	SFS	Spam Filtering System
GSMA	Global System for Mobile Communications Association	SLO	Service Level Objective
IOWN	Innovative Optical and Wireless Network	SMO	Service Management and Orchestration
IPoDWDM	IP over Dense Wavelength Division Multiplexing	SPIFFE	Secure Production Identity Framework for Everyone
IT	Information Technology	SPIRE	SPIFFE Runtime Environment
LLM	Large Language Model	SUCI	Subscription Concealed Identifier
MPLS	Multiprotocol Label Switching	TCO	Total Cost of Ownership
mTLS	Mutual Transport Layer Security	TLS	Transport Layer Security
NEF	Network Exposure Function	TNF	Transport Network Function
NETCONF	Network Configuration Protocol	TPU	Tensor Processing Unit
NF	Network Function	VM	Virtual Machine
NFV	Network Functions Virtualization	VNF	Virtual Network Function
NG-ROADM	Next-Generation Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer	VNF	Virtualized Network Function
NIC	Network Interface Card	WCA	World Communication Awards
Non-RT RIC	non-Real Time RIC	WDM	Wavelength Division Multiplexing
NSA	non-standalone	WG	Working Group
NWDAF	Network Data Analytics Function	ZTA	Zero Trust Architecture
OAM	Operations, Administration, and Maintenance		

