



O-RAN 지능형 제어기술 개발 현황

2026. 03. 25.
문정모

목차

PART Ⅰ O-RAN RIC 기술 개요

PART Ⅱ RIC 개발 현황

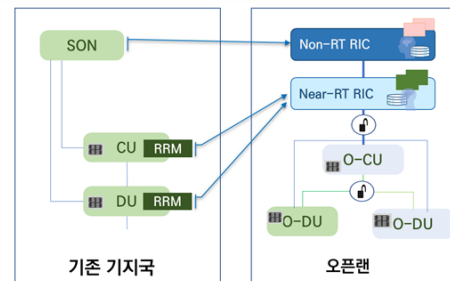




오픈랜 지능형 제어기(RAN Intelligent Controller(RIC))란?

오픈랜 지능형 제어기 (RIC)

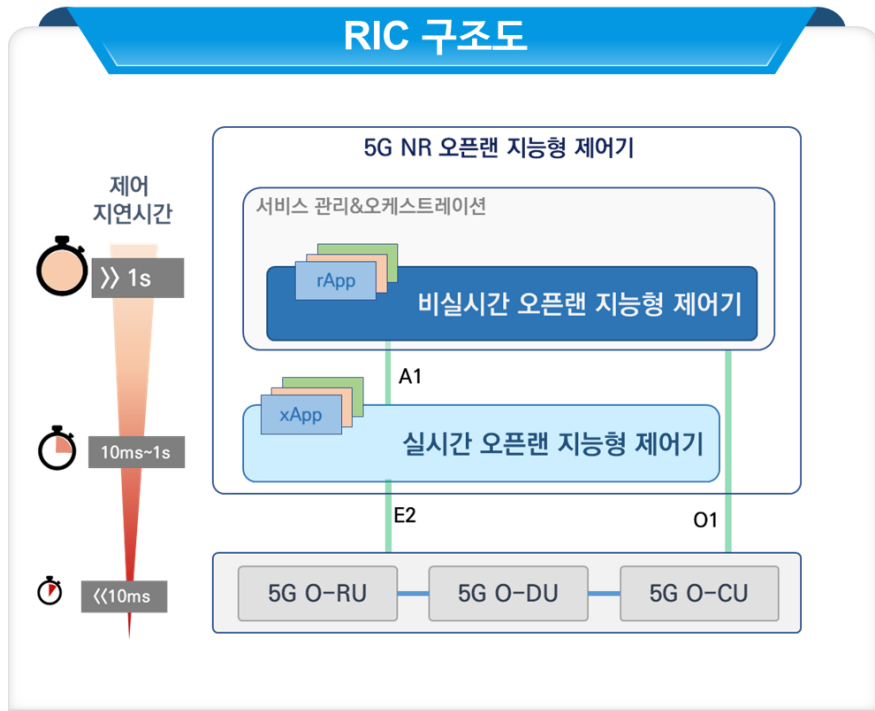
- ▶ 기지국의 성능을 최적화하기 위한 제어 및 무선자원관리 기능
 - ▶ 오픈랜의 지능화와 민첩성(agility) 및 프로그래밍 기능 제공
 - ▶ 기지국 장비 비용 절감 (CAPEX, OPEX)
- ※ 기존 RRM/SON 기술은 다양한 5G 요구사항 및 Use-case 적용 불가



구분	기존 RRM, SON	진화 RIC(오픈랜 지능형 제어기)
민첩성	정적, 전체 패키지로 변경	동적, App 만 추가/ 변경
최적화	네트워크와 셀 수준의 운용관리 영역의 변경	단말/베어러/세션/플로우 수준의 세밀한 제어
지능화	Rule 기반, 체험적(Heuristic)	AI/ML
인터페이스	비표준	O-RAN 표준
정책	사전 정의(Pre-built)	적응적인 상황 학습과 실시간 정책 변경



RIC 구조



비실시간 오픈랜 지능형 제어기 (Non-RT RIC)

- ▶ rApp을 이용하여 RAN 최적화 수행 (RAN 제어지연시간: >1초)
- ▶ 정책기반제어, AI 모델관리와 외부정보 (EI: Enrichment Information)를 Near-RT RIC에 제공
- ▶ 오픈랜 데이터 분석 및 AI/ML 모델 학습

rApp

- ▶ AI 기반 SON 기능 수행 (UE 제어 포함)

실시간 오픈랜 지능형 제어기

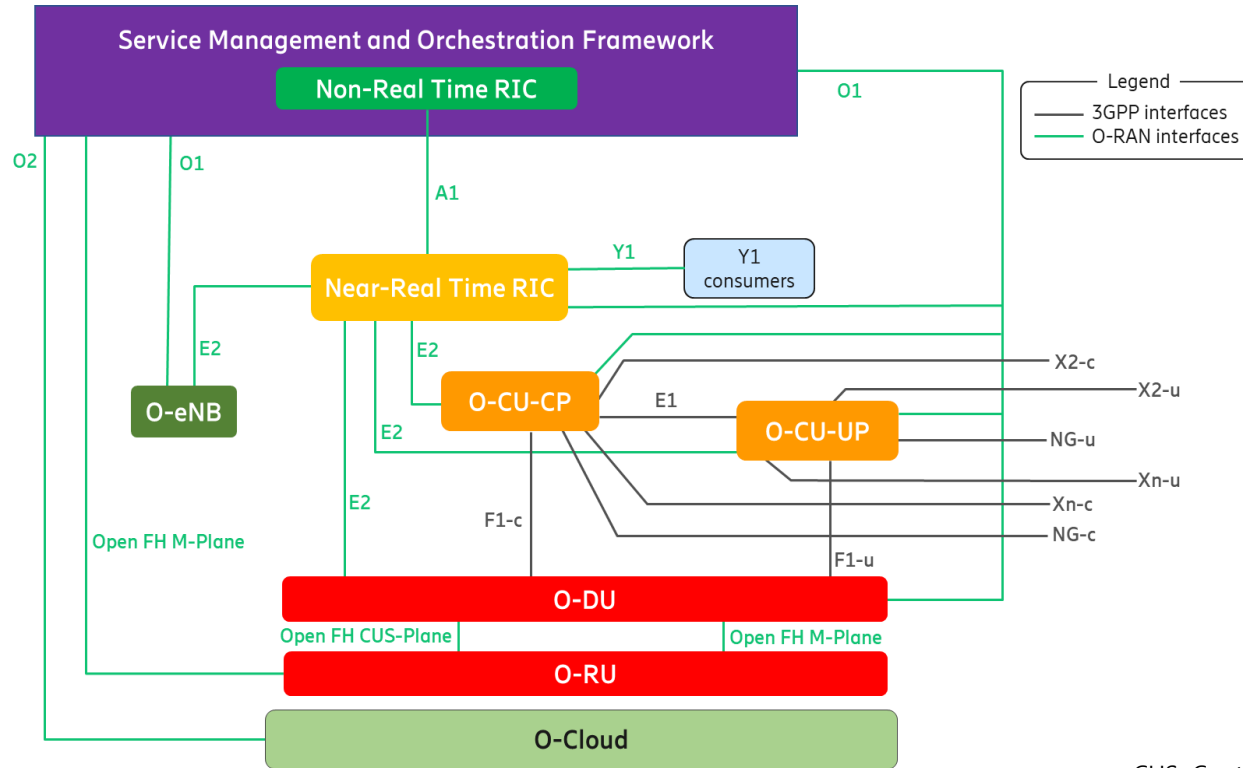
- ▶ xApp을 이용하여 마이크로 서비스 제공 (RAN 제어지연시간: 10ms~1초)
- ▶ E2 노드(O-eNB, O-RU, O-CU, O-DU)들을 제어
- ▶ A1/O1 인터페이스를 통해 Non-RT RIC와 연동

xApp

- ▶ AI 기반 제어 및 무선 자원 최적화



Logical Architecture of O-RAN

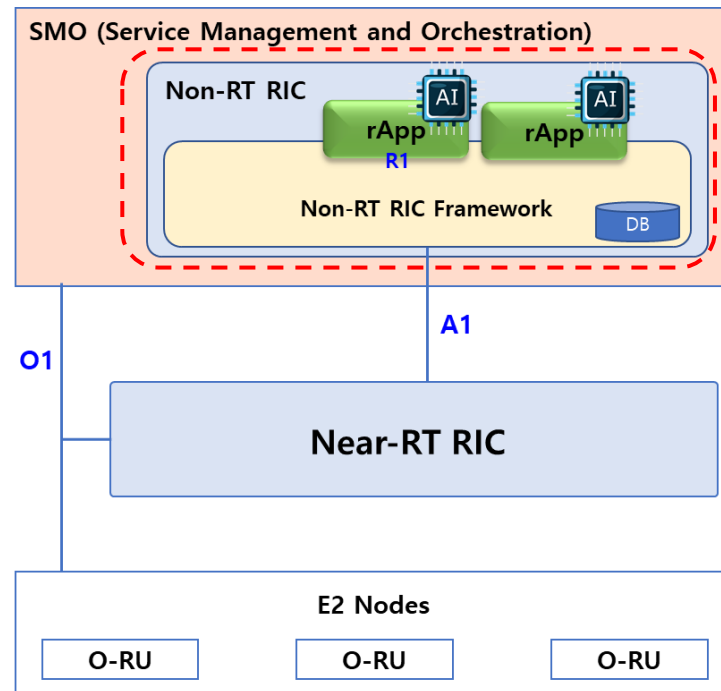


CUS: Control User Synchronization



Non-RT RIC

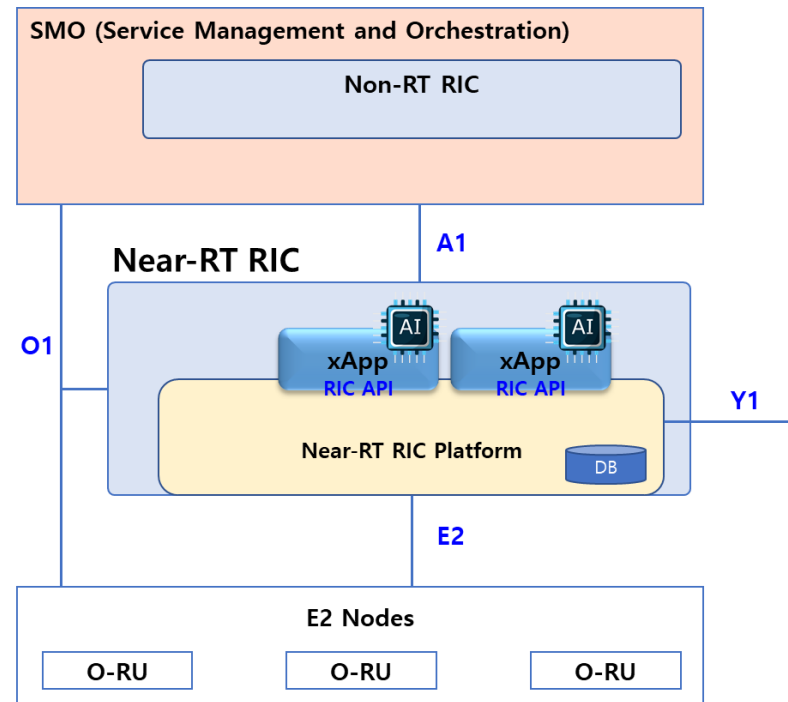
- Internal to the SMO
- Access other SMO framework functionalities
- A1 interface to the Near-Real Time RIC
 - Policy-based guidance
 - Enrichment Information(EI)
 - AI/ML model management
- Intelligent radio resource management function
 - Latency > 1sec.
- Data analytics and AI/ML training/ inference
 - RAN optimization
- Support the execution of third-party applications





Near-RT RIC

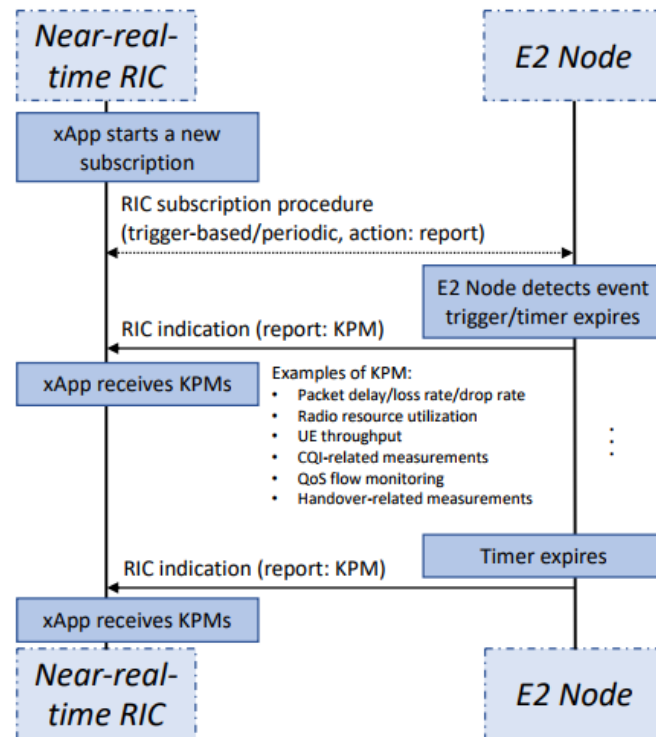
- Near real-time control and optimization of E2 Nodes functions and resources
 - xApps use E2 interface
 - ✓ collect near real-time information (e.g., on a UE basis or a Cell basis)
 - ✓ provide value added services
- Latency: 10ms ~ 1sec.
- Fine-grained data collection and actions (E2)
- Policies and the enrichment data (A1)
- RAN analytics information (Y1)





E2 Interface

- E2 Service Models
 - **E2SM-KPM** (Key Performance Measurement)
 - ✓ Performance metrics from 4G LTE and 5G NR Network Functions, using the E2 report service
 - **E2SM-NI** (Network Interface)
 - ✓ Take the messages received by the E2 node on specific network interfaces (e.g. Xn, X2, F1, NG...)
 - **E2SM-RC** (RAN Control)
 - ✓ Radio bearer, radio resource allocation, connected mode mobility, radio access control, DC, CA and idle mobility control of an E2 node
 - **E2SM-CCC** (Cell Configuration and Control)
 - ✓ Node level and cell level configuration





Closed-control loops

Control & learning objective	Scale	Input data	Timescale	Architecture
Policies, models, slicing	> 1000 devices	Infrastructure-level KPIs	Non-real-time: >1s	The diagram illustrates the O-RAN architecture. At the top is the SMO / Non-RT RIC. Below it is the Near-RT RIC. To the right of the Near-RT RIC is the O-CU. Below the O-CU is the O-DU. At the bottom is the O-RU. The O-DU is connected to the O-RU via an O-FH interface. Control loops are indicated: A1 (green dashed line) connects SMO / Non-RT RIC to Near-RT RIC; E2 (orange dashed line) connects Near-RT RIC to O-CU and O-DU; O1 (green dashed line) connects SMO / Non-RT RIC to O-CU.
User Session Management e.g., load balancing, handover	> 100 devices	CU-level KPIs e.g., number of sessions, PDCP traffic	Near-real-time: 10-1000 ms	
Medium Access Management e.g., scheduling policy, RAN slicing	> 100 devices	MAC-level KPIs e.g., PRB utilization, buffering	Near-real-time: 10-1000 ms	
Radio Management e.g., resource scheduling, beamforming	~10 devices	MAC/PHY-level KPIs e.g., PRB utilization, channel estimation	Real-time: < 10 ms	
Device DL/UL Management e.g., modulation, interference, blockage detection	1 device	I/Q samples	Real-time: < 1 ms	



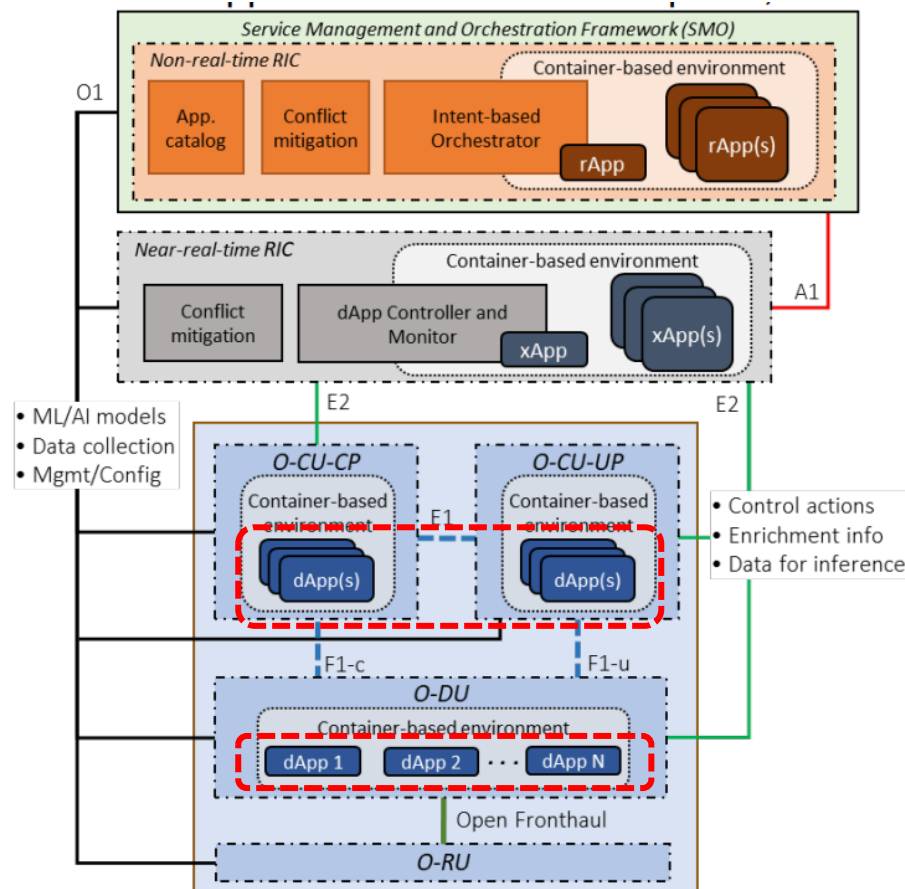
dAPP in O-RAN nGRG

Contributors

- Northeastern University, NVIDIA, Mavenir, MITRE, Qualcomm

Usage

- Physical layer security (I/Q samples: jamming detection, spoofing detection, ...)
- Spectrum sensing (interference management, automated Bandwidth Parts,...)
- Real-time scheduling
- Energy Savings
- AI/ML-Based CSI Feedback, Channel Estimation, and Coding
- Remote Interference Detection and Mitigation
- Uplink Throughput Optimization
- Beam Management and Optimization in the O-DU



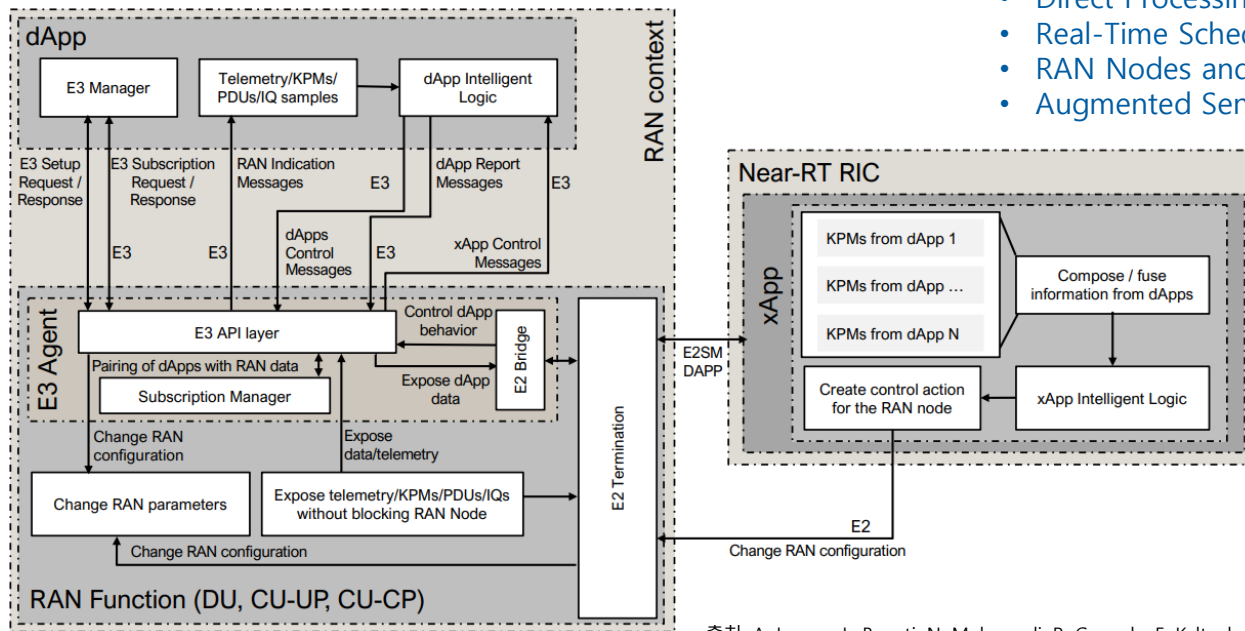


Enabling Real-Time AI-Based Open RAN Control

• dApps: Enabling Real-Time AI-Based Open RAN Control

Use case:

- Direct Processing of Waveforms and PDUs
- Real-Time Scheduling and Beam Management
- RAN Nodes and Fronthaul Configuration
- Augmented Sensing and Channel Estimation



출처: A. Lacava, L. Bonati, N. Mohamadi, R. Gangula, F. Kaltenberger, P. Johari, S. D'Oro, F. Cuomo, M. Polese, and T. Melodia, "dApps: Enabling Real-Time AI-Based Open RAN Control," Computer Networks, pp. 1-31, February 2025.

PART Ⅱ RIC 개발 현황



01 · 과제 개요



과제명
목표

수행기관

수행기간
연구비

과제명

오픈랜 지능화를 위한 **무선지능화 제어기술개발**

기술목표

지능형 오픈랜 제어 플랫폼 및 무선 자원 관리 응용 앱 기술 개발

과제내용

5G NR 기반 비실시간 오픈랜 지능형 제어 기술 개발
5G 오픈랜 rApp 기술 개발 (AI 기술 포함)
5G NR 기반 실시간 오픈랜 지능형 제어기술 개발
5G 오픈랜 xApp 기술 개발 (AI 기술 포함)

주관기관

한국전자통신연구원 (ETRI)

공동연구기관

(주)엘지유플러스, (주)유캐스트, (주)두두원

위탁참여기관

부경대, 서울과기대, NEU

총연구기간

2023.4.1. ~ 2027.12.31. (1단계 2년, 2단계 3년)

총연구비

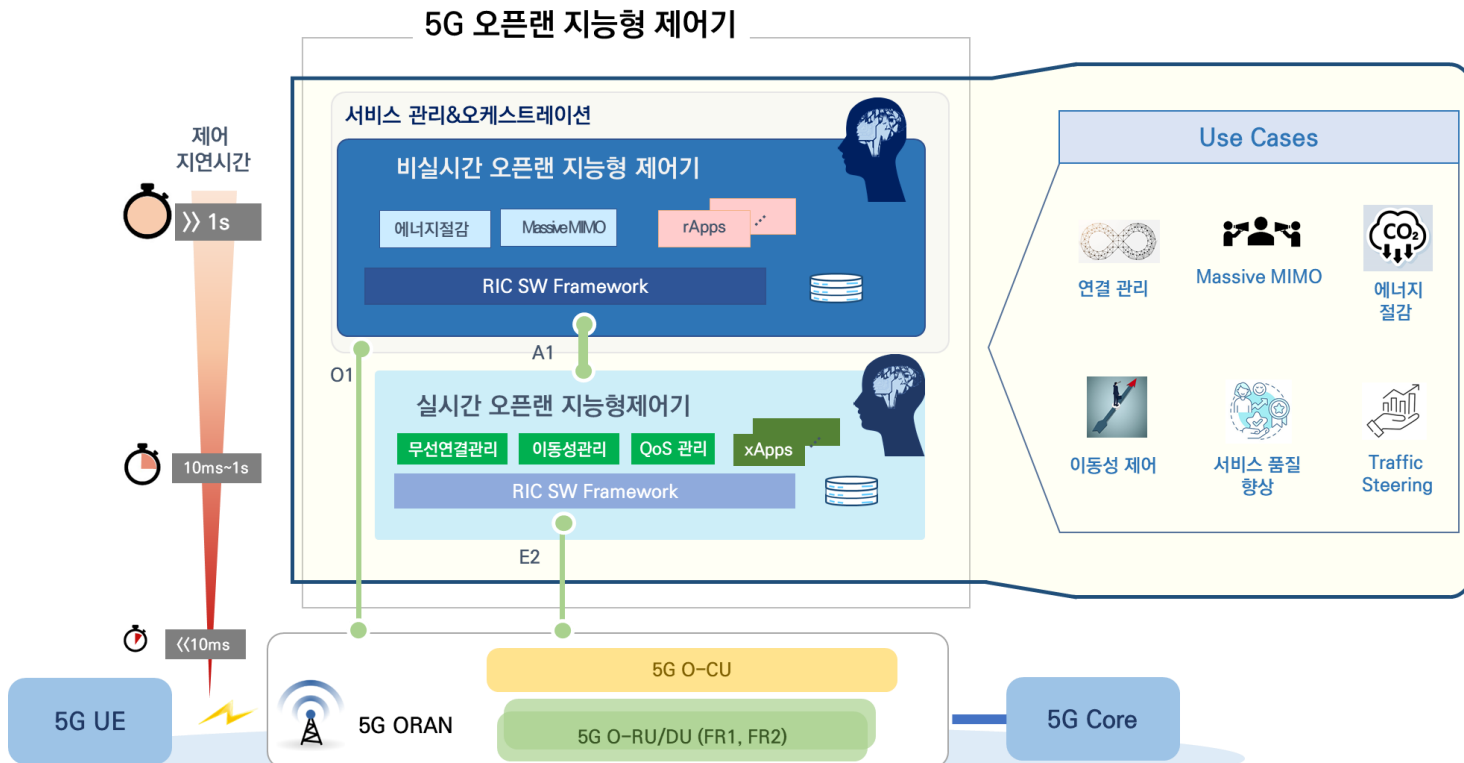
10,218,561천원 (정부: 9,330,000천원 / 민간: 888,561천원)

완성도

TRL 7

01 · 과제 개요

과제 개념도



02 · 단계별 추진 내용

1단계

5G 오픈랜 성능 최적화와 지능화를 위한
기지국 지능형 제어 플랫폼(RIC) 프로토타입
및 기본 무선자원 관리 응용 앱 기술 개발

연구내용

- 5G NR 기반 비실시간 지능형 RAN 제어 기술
- 5G 오픈랜 rApp 기술 개발
- 5G NR 기반 실시간 지능형 RAN 제어 기술
- 5G 오픈랜 xApp 기술 개발
- O-CU/O-DU 에뮬레이터

주요결과물

- 비실시간/ 실시간 지능형 제어기 플랫폼 (TRL 5)
- AIO(O-CU/O-DU) 에뮬레이터 SW
- Use Case
 - 에너지 절감 rApp
 - 트래픽 스티어링 xApp
- 특허, 논문(SCI-E), 프로그램 등

2단계 (진행중)

5G 오픈랜 성능 최적화와 지능화를 위한
5G NR 지능형 RAN 제어 플랫폼(RIC) **고도화**
및 무선자원 관리 응용 앱 **추가 발굴**

연구내용

- 5G NR 기반 비실시간 지능형 RAN 제어 기술 고도화
- 5G 오픈랜 rApp 기술 개발 (AI 기술 포함)
- 5G NR 기반 실시간 지능형 RAN 제어 기술 고도화
- 5G 오픈랜 xApp 기술 개발 (AI 기술 포함)
- O-CU/O-DU 에뮬레이터*

주요결과물

- 비실시간/ 실시간 지능형 제어기 플랫폼 (TRL 7)
- O-CU/ O-DU 에뮬레이터 SW
- Use Case
 - 에너지 절감 App
 - RAN slicing App
 - Massive MIMO xApp
- 특허, 논문(SCI-E), 프로그램 등

03 · RIC platform 주요기능

Non-RT RIC

주요 기능

- 데이터관리 및 제공
- 서비스 관리 및 제공
- A1 Policy 관련
- RAN OAM 관련
- AI/ML 프레임워크
- R1 서비스 제공

Near-RT RIC

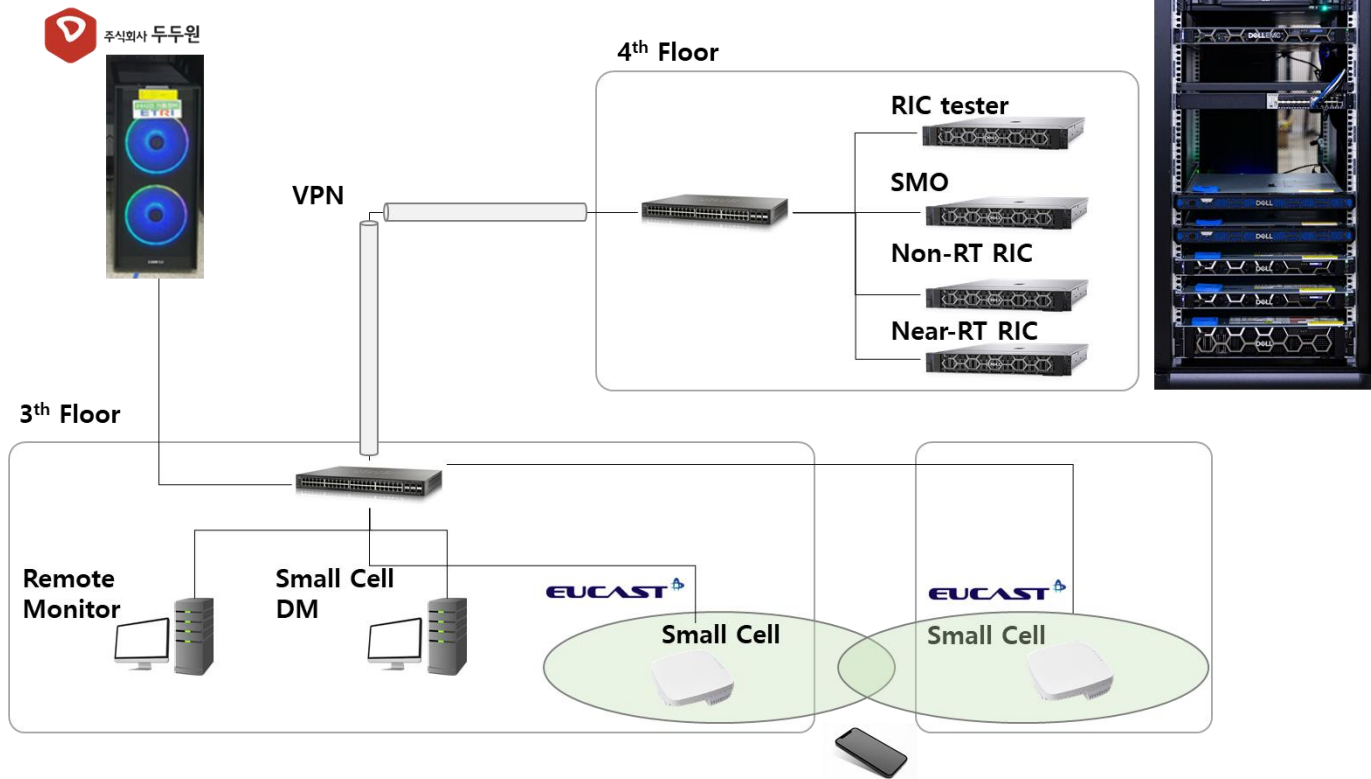
연구내용

- 데이터관리 및 제공 기능
- xApp 관리 기능
- 내부 메시지 라우팅 기능
- A1 처리 기능
- E2 제어 및 관리 기능
- O1 처리 기능
- RIC API 서비스 제공



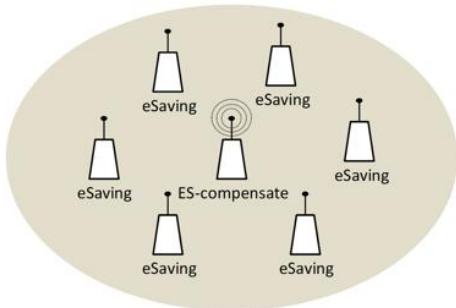
04 · 시험 환경

시스템 시험 환경



05 · Use Case 1: 기지국 에너지 절감 1

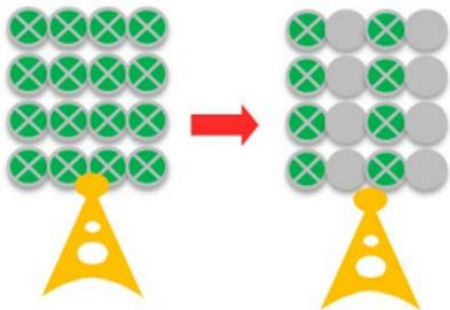
Carrier and Cell Switch Off/On



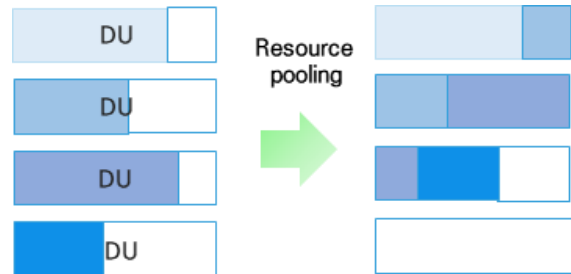
Advanced Sleep Mode Selection



RF Channel Reconfiguration Off/On

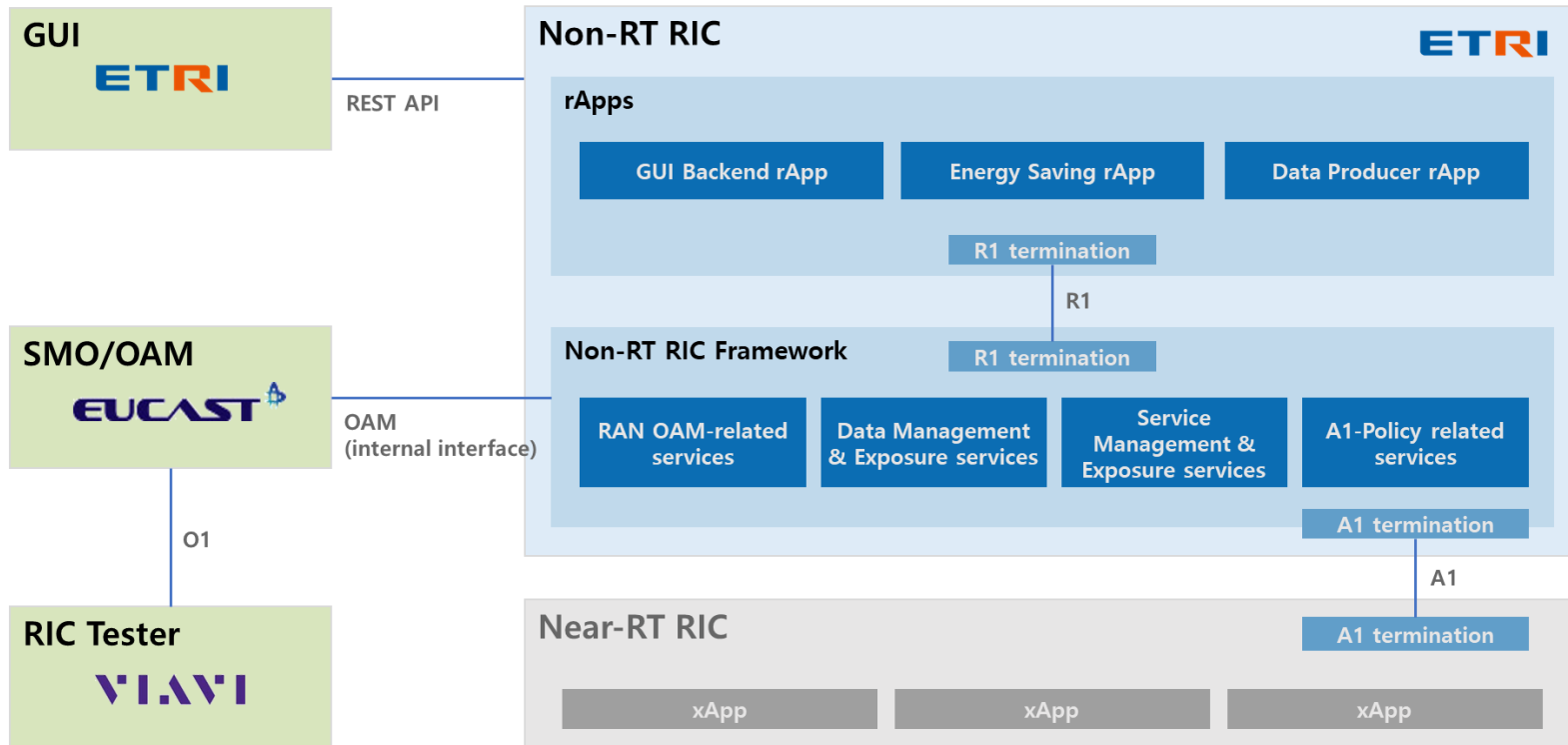


O-Cloud Resource Energy Saving Mode



05 · Use Case 1: 기지국 에너지 절감 2

시험 구성



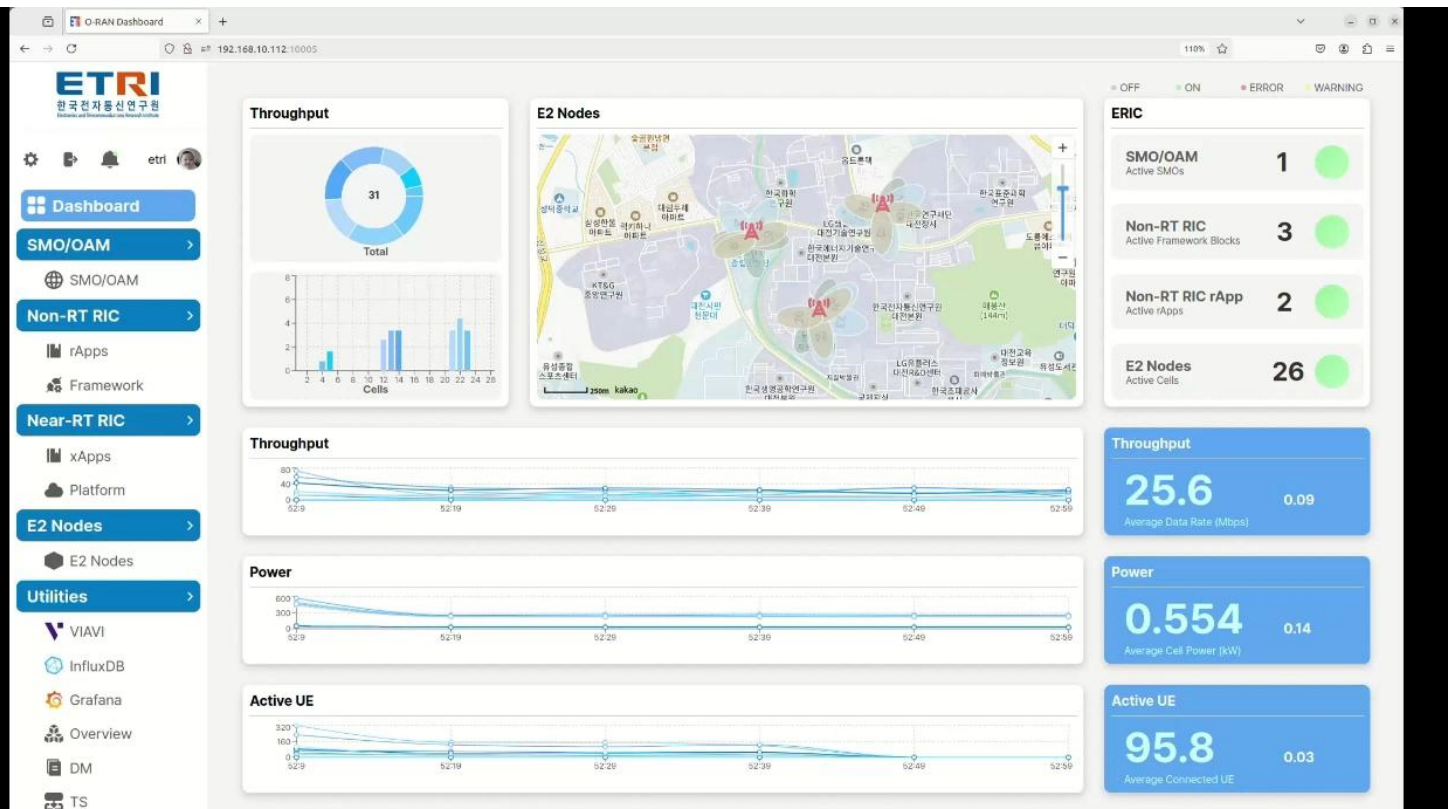
05 · Use Case 1: 기지국 에너지 절감 3

시험 구성

Type	Description
Band	• B1(4G capacity) / B5(4G coverage) / N78(5G capacity)
Network scenario	• 3 sites, 26 cells (8 coverage cells, 18 capacity cells)
	• 150 UEs, random distribution
AI/ML model	• Cell load prediction model - (Offline) training: data with 15 min. granularity (generation by VIAVI RIC Test) - Cell load prediction for every cell
Interface	• O1 / R1 • O1 metrics report every 1 min. (data granularity: 10 sec.)
Apps	• ESrApp – Energy Saving App • TCrApp – Test Case Control App • VrApp – GUI Backend App • PrApp – PM Data Producer App

05 · Use Case 1: 기지국 에너지 절감 4

시험 내용 (에너지절감 Dashboard)



05 · Use Case 1: 기지국 에너지 절감 5

시험 내용 (에너지절감 Dashboard)



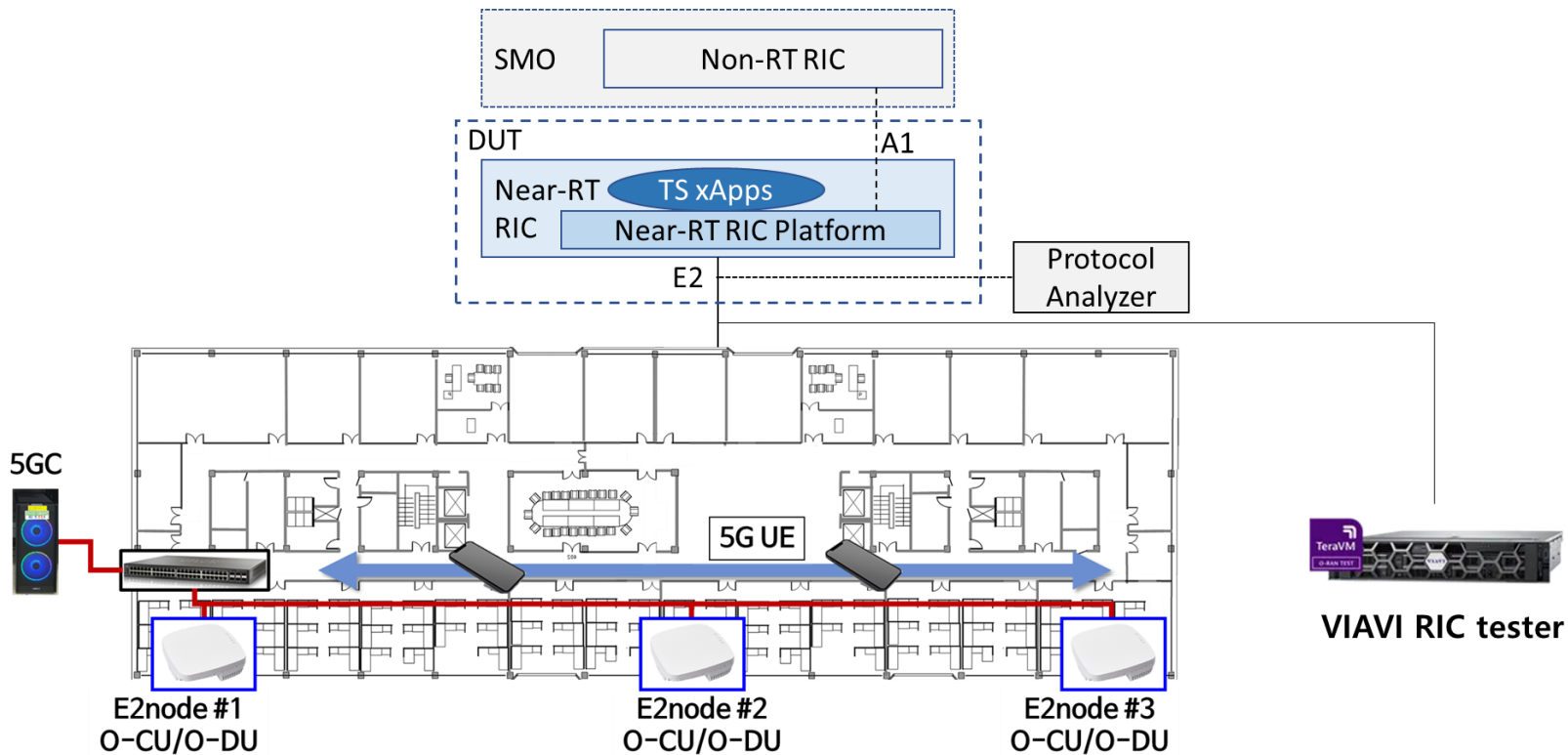
05 · Use Case 2: 트래픽 스티어링 1

시험 환경

Type	Description
Band	• N79 (4.7 GHz)
Network scenario	• 2 cells (5G NR Smallcell)
	• 2 UEs (Samsung Galaxy S22 일본향(NTT Docomo))
AI/ML model	• Prediction model - (Offline) training - Anomalous UE Prediction with Isolation Forest (or Autoencoder) - QoE Prediction with Vector Autoregressive (or LSTM)
Interface	• E2 over SCTP with E2AP/E2SM-KPM/E2SM-RC • PM metrics report every 1 min. (data granularity: 1 sec.)
Near-RT RIC Platform (k8s 기반)	• ricplt: 17 pods such as e2term (EETB), e2mgr (EEMB), submgr (ESMB), rtmgr (ERMB), influxdb, etc. • ricinfra: 3 pods such as nfs-server etc.
xApps	• xTSB – Traffic Steering xApp Block for Traffic Steering Use Case • xRCB – RAN Control xApp Block for Traffic Steering Use Case • xKMB – KPI Monitoring xApp Block for Traffic Steering Use Case • xADB – Anomaly UE Detection xApp Block for Traffic Steering Use Case • xQPB – QoE Prediction xApp Block for Traffic Steering Use Case

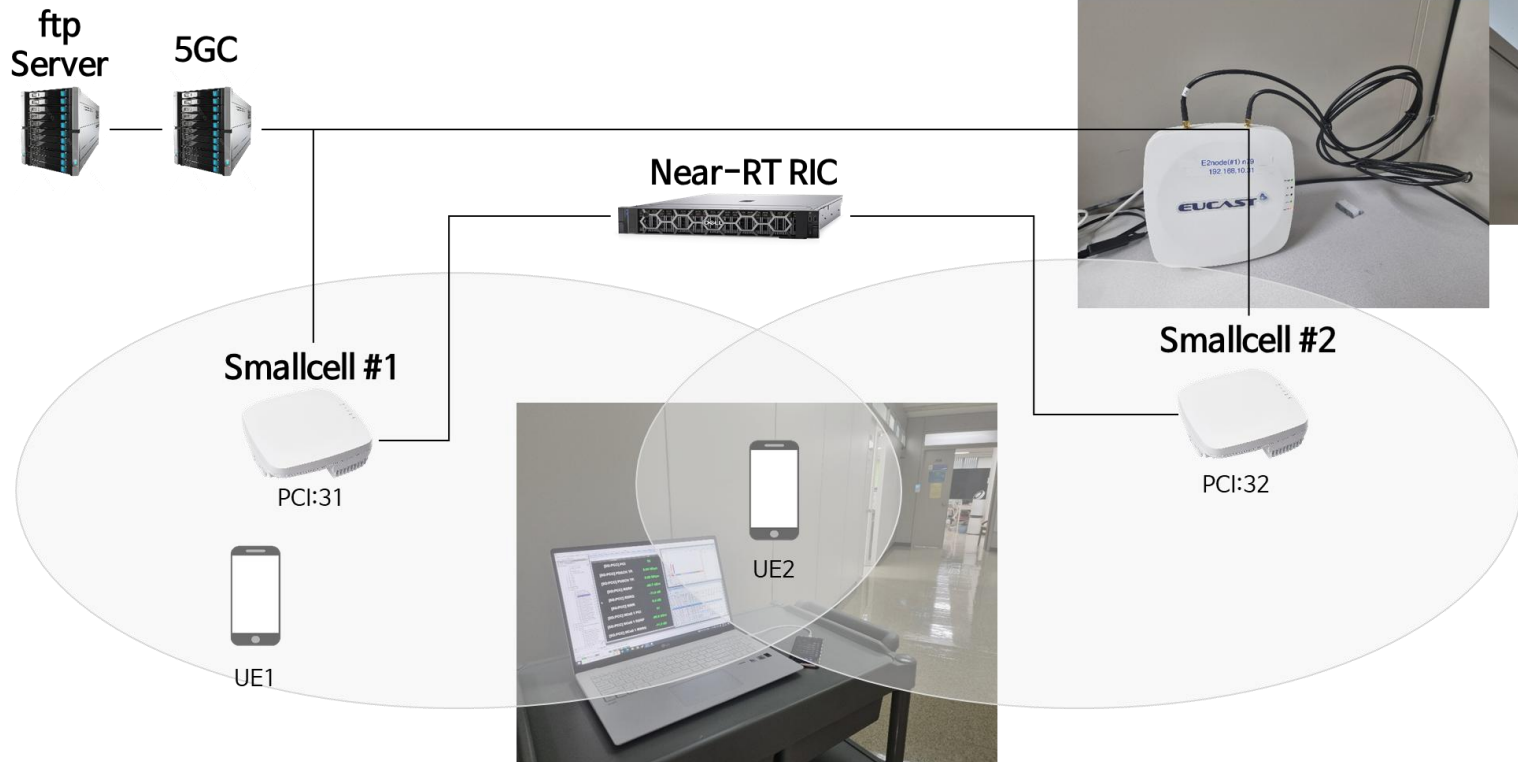
05 · Use Case 2: 트래픽 스티어링 2

시험망 구성



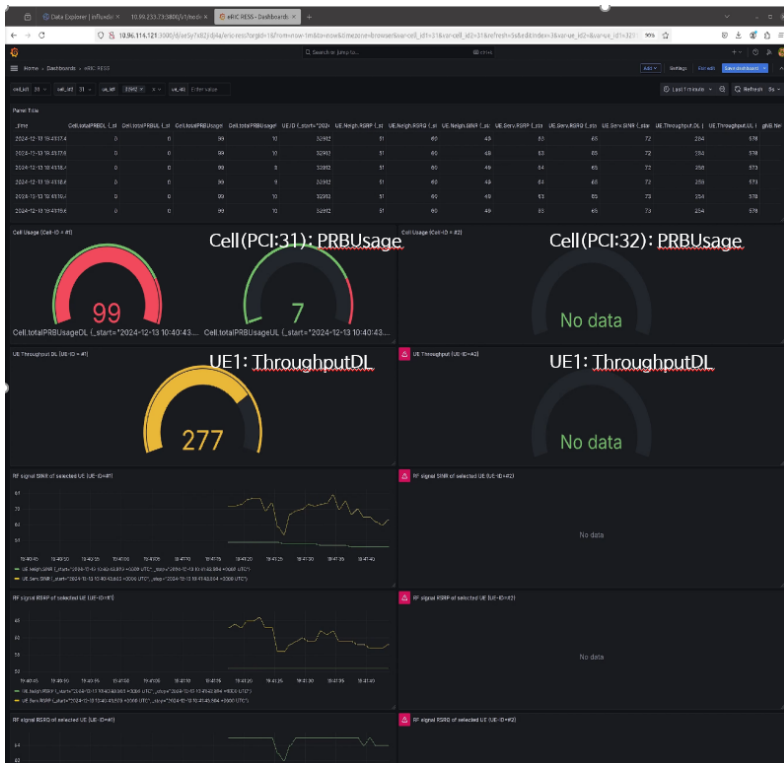
05 · Use Case 2: 트래픽 스티어링 3

시험망 구성

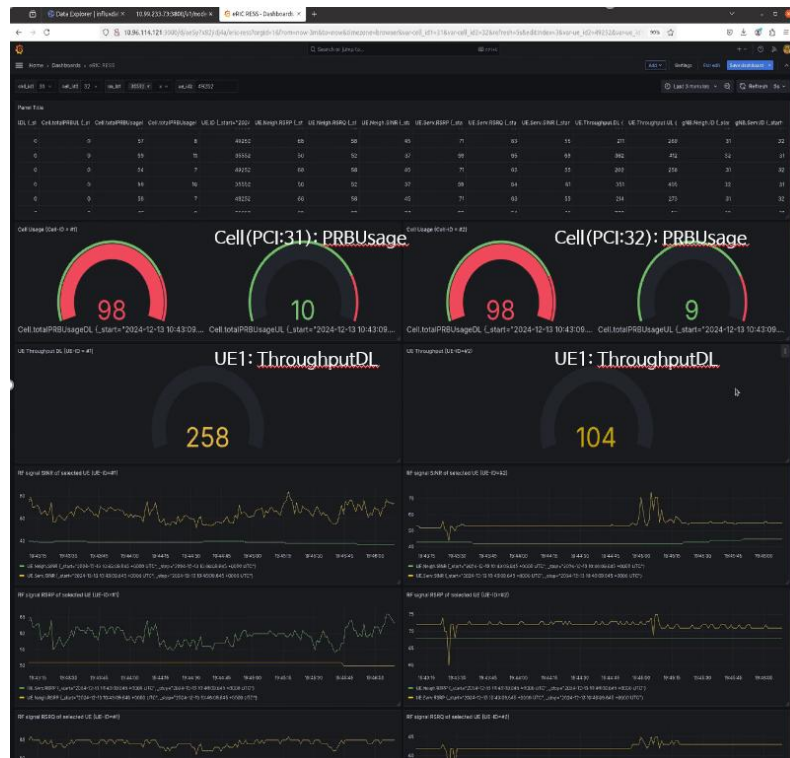


05 · Use Case 2: 트래픽 스티어링 4

Before



After



감사합니다

5G

