

# 5G Open RAN 테스트베드 구축에 관한 연구

신중호, 윤혜성, 김성륜  
연세대학교 전기전자공학부

jhshin@ramo.yonsei.ac.kr, [yhs950720@ramo.yonsei.ac.kr](mailto:yhs950720@ramo.yonsei.ac.kr), slkim@yonsei.ac.kr

## RAMO 5G Open RAN Testbed

Joong Ho Shin, Hyeeseong Yun, Seong-Lyun Kim

Robotic & Mobile Networks Laboratory, School of EEE, Yonsei University

### 요약

O-RAN Alliance에서 제안한 RAN Intelligent Controller(RIC)는 인공지능(AI)/기계학습(ML) 기술을 활용하여 네트워크 최적화와 자동화를 가능하게 하는 새로운 도구로서, 이러한 기술적 진보는 실질적인 운영 효율성과 서비스 품질을 향상시킬 잠재력을 가지고 있다. 본 논문에서는 OpenAirInterface를 활용하여 구축한 5G Open RAN 테스트베드를 소개한다. 또한 Open RAN이 제안하는 구조에서 AI/ML 기술이 실제 RAN 환경에서 적용되는 시나리오를 소개함으로써 5G 네트워크 최적화 및 향후 발전 방향에 대한 이해도 증진과 5G 및 미래의 6세대(6G) 이동통신 기술 발전에 기여할 것으로 생각한다.

### I. 서론

최근 통신 기술의 급속한 발전은 5G 이동통신 기술의 상용화로 이어지고 있으며, 이는 다양한 산업 분야에서 혁신적 변화를 초래하고 있다. 특히 Open RAN은 기존의 RAN의 구조를 재정의하고, 이를 더욱 유연하고 확장 가능하게 만드는 중요한 기술적 진전을 제시하고 있다. Open RAN은 기존 RAN과는 달리 소프트웨어 중심의 접근 방식을 통해 네트워크 기능을 분리하고, 이를 표준화된 인터페이스를 통해 다양한 제조사의 제품과 통합할 수 있는 개방성을 제공한다 [1].

이러한 배경 하에, Open RAN은 AI/ML 기술을 RAN에 통합하여 최적화하는 데 특히 유리한 구조를 갖추고 있다. O-RAN Alliance에서 제안한 RIC은 AI/ML 기술을 통한 네트워크 최적화와 자동화를 가능하게 하는 새로운 구성 요소로, 기존 RAN 구성 요소와의 효과적인 연결을 지원하는 인터페이스를 제공한다. 이는 Open RAN이 단순한 기술적 진보를 넘어서, 실질적인 운영 효율성과 서비스 품질 향상을 이끌 수 있는 잠재력을 지니고 있음을 시사한다.

OpenAirInterface는 Open RAN 구현을 위한 오픈소스 소프트웨어로서, 네트워크 환경을 시뮬레이션하고 실험할 수 있는 유연한 플랫폼을 제공한다 [2]. 본 논문은 OpenAirInterface를 활용한 5G Open RAN 테스트베드의 구축에 관하여 소개한다. 5G Open RAN 테스트베드는 AI/ML 기술의 실제 적용 가능성을 실증하는 중요한 사례로서, 이를 통해 미래 통신 기술의 전망을 제시하고 5G 네트워크의 최적화 및 발전 방향을 심도 있게 이해하고, 차세대 이동통신 기술 발전의 기초를 마련하는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 또한 AI/ML 기술을 RAN에 적용하는 시나리오에 초점을 맞추어, 이러한 기술들이 실제 RAN 환경에서 어떻게 활용될 수 있는지 소개한다.

### II. 본론

OpenAirInterface는 다양한 리눅스 기반 운영체제에서 오픈소스 소프트웨어 RAN 및 Core Network를 개발하고 있다. OpenAirInterface Core

Network는 Docker를 컨테이너 호스트로 사용하여 가상화된 네트워크 기능(Virtual Network Function)을 효과적으로 구현하고 관리하고 있다 [3]. 컨테이너의 사용은 몇 가지 중요한 이점을 제공한다. 우선, 컨테이너는 가상머신에 비해 상대적으로 가벼워 시스템 자원을 효율적으로 사용할 수 있다. 이는 더 빠른 시작 시간과 낮은 오버헤드를 통해 RAN 및 Core Network의 더욱 신속한 배포와 확장을 가능하게 한다. 또한, Docker와 같은 컨테이너 기술은 개발과 운영 환경의 일관성을 유지하며, 다양한 환경에서도 동일한 소프트웨어 동작을 보장한다. 이러한 기술적 구성은 OpenAirInterface가 지속적으로 업데이트와 효율적인 네트워크 운영을 수행할 수 있는 토대를 마련해 준다.

OpenAirInterface RAN은 물리 계층(PHY), 링크 제어(MAC), 라디오 링크 제어(RLC), 패킷 데이터 수송 프로토콜(PDCP), 라디오 자원 제어(RRC)와 같은 프로토콜 스택을 구현하며, X2AP 인터페이스를 포함하여 3GPP release 15 표준에 부합하는 방식으로 개발되었다[4]. 또한 gNB와 UE를 시뮬레이션할 수 있는 환경을 제공한다.

본 논문에서는 연세대학교 김성륜 교수 연구팀이 구축한 5G Open RAN 테스트베드에 대하여 설명을 하고자 한다. 윈도우 운영체제에서 Virtual Box를 이용하여 가상머신으로 Ubuntu 20.04 환경을 생성한 후 OpenAirInterface RAN과 Core Network를 설치하여 5G Open RAN 환경을 구축하였다. Figure 1은 Core Network를 설치한 후 실행시킨 Network Function을 나타낸다. OpenAirInterface의 Core Network는 각각의 Network Function을 컨테이너를 통해 가상화하여 구현한다.

Figure 2는 OpenAirInterface RAN에서 gNB와 UE를 시뮬레이션하는 모습과 Core, gNB, UE가 통신하는 과정을 나타낸다. OpenAirInterface에서 제공하는 오픈소스 RAN에서 제공하는 시뮬레이션 환경에서 Core Network와 gNB 그리고 UE가 메시지를 주고받는 모습과 gNB와 UE가 Core Network의 Network Function 과 메시지를 주고 받으며 인증을 하여 네트워크에 연결되는 모습을 볼 수 있다.

```

CONTAINER ID   IMAGE
10c7eff70c92   oaisoftwarealliance/oai-smf:v2.0.1
p, 8080/tcp, 8805/udp   oai-smf
92d8d2f1cc3d   oaisoftwarealliance/oai-amf:v2.0.1
p, 8080/tcp, 9090/tcp, 38412/sctp   oai-amf
7e8db5007f59   oaisoftwarealliance/oai-ausf:v2.0.1
p, 8080/tcp   oai-ausf
f45798e6732f   oaisoftwarealliance/oai-udm:v2.0.1
p, 8080/tcp   oai-udm
561bf11fd4ac   oaisoftwarealliance/oai-udr:v2.0.1
p, 8080/tcp   oai-udr
6f51750538e4   mysql:8.0
tcp, 33060/tcp   mysql
564e4a6c4468   oaisoftwarealliance/trf-gen-cn5g:latest
oai-ext-dn
1c8fd61122f6   oaisoftwarealliance/oai-nrf:v2.0.1
p, 8080/tcp, 9090/tcp   oai-nrf

```

Figure 1. OpenAir Interface Core Network

```

-44 (16 meas)
UE ffrf: dl-sch rounds 461/0/0, dl-sch_errors 0, pucch_DTX 0, BL [NR_PHY] RSRP = -42 dBm
ER 0.00000 MCS (0) 9 [NR_PHY] RSRP = -42 dBm
UE ffrf: ul-sch rounds 465/0/0, ul-sch_errors 0, ulsch_DTX 0, BLE [NR_PHY] RSRP = -42 dBm
R 0.00000 MCS (0) 9 [NR_PHY] RSRP = -42 dBm
UE ffrf: MAC: TX 50580 RX 53826 bytes [NR_PHY] RSRP = -42 dBm
UE ffrf: LCID : TX 172 RX 100 bytes [NR_PHY] RSRP = -42 dBm
[NR_PHY] Harq round stats for Downlink: 105/0/0
[NR_PHY] RSRP = -42 dBm
-44 (16 meas)
UE ffrf: dl-sch rounds 474/0/0, dl-sch_errors 0, pucch_DTX 0, BL [NR_PHY] RSRP = -42 dBm
ER 0.00000 MCS (0) 9 [NR_PHY] RSRP = -42 dBm
UE ffrf: ul-sch rounds 477/0/0, ul-sch_errors 0, ulsch_DTX 0, BLE [NR_PHY] RSRP = -42 dBm
R 0.00000 MCS (0) 9 [NR_PHY] RSRP = -42 dBm
UE ffrf: MAC: TX 58179 RX 54418 bytes [NR_PHY] RSRP = -42 dBm

```

Figure 2. Core, gNB, UE communication

O-RAN Alliance의 백서에서 제시한 다양한 시나리오와 Use Cases 중 traffic steering과 QoS 기반 자원 최적화에 대하여 소개를 하고자 한다. 두 개의 시나리오를 통하여 왜 Open RAN 구조가 기존의 RAN 구조와 다르게 AI/ML 기술을 적용하는데 유리한 구조인지 설명한다. 두 개의 시나리오에서 중요한 인터페이스는 AI, E2, 그리고 O1이다. 이 인터페이스들은 각기 다른 용도로 사용되며, 효과적인 트래픽 관리와 서비스 최적화에 필수적인 역할을 한다.

Traffic steering은 모바일 로드 밸런싱을 발전시켜 최적의 트래픽 분배를 달성하는 네트워크 솔루션이다. Non-RT RIC와 Near-RT RIC는 AI를 통해 traffic steering 전략을 제어한다. AI, E2, O1 인터페이스는 각각 RAN 정책과 AI 모델을 제공하는 역할, 실시간으로 RAN 자원을 조정하는 역할, 데이터 수집의 역할을 하며, 이 데이터는 traffic steering을 위한 AI 모델 및 정책 개발에 사용된다 [5].

QoS 기반 자원 최적화는 RAN의 변화하는 트래픽 수요와 라디오 환경으로 인해 기본 설정만으로는 모든 사용자의 요구를 충족시키기 어려울 때, 특히 특정 서비스를 이용하는 모든 사용자에게 충분한 자원을 제공하지 못해 만족도가 떨어지는 혼잡 상황에서 필요하다. 이러한 정책을 통해 Non-RT RIC는 우선 순위가 높은 사용자에게 자원을 재할당하고, Near-RT RIC는 이러한 재할당을 E2 인터페이스를 통해 CU/DU에 적용하여 자원을 최적화한다 [5].

### III. 결론

본 논문에서는 5G Open RAN 테스트베드를 구축하는 것에 대한 중요성을 얘기하고 5G Open RAN 테스트베드를 구축하기 위해 필요한 오픈 소스 OpenAirInterface와 시스템 및 가상화 개념에 대한 내용을 소개했다.

또한 Virtual Box를 이용하여 Core Network와 gNB, UE가 서로 initial access를 하는 시뮬레이션 결과를 제공했다. 본 논문에서 소개한 내용처럼 5G Open RAN 테스트베드를 구축하여 AI/ML 알고리즘의 증명등을 통하여 5G 네트워크 최적화 및 발전에 대한 이해를 심화시킬 수 있기를 기대한다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-00347, 6G 통신을 위한 Post MAC)

### 참고 문헌

- [1] M. Polese, L. Bonati, S. D'Oro, S. Basagni and T. Melodia, "Understanding O-RAN: Architecture, Interfaces, Algorithms, Security, and Research Challenges," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 25, no. 2, pp. 1376-1411, Secondquarter 2023
- [2] N. Nikaiein, M. K. Marina, S. Manickam, A. Dawson, R. Knopp, and C. Bonnet, "OpenAirInterface: A flexible platform for 5G research," ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev., vol. 44, no. 5, pp. 33 -38, 2014
- [3] <https://gitlab.eurecom.fr/oai/cn5g/oai-cn5g-fed>
- [4] <https://gitlab.eurecom.fr/oai/openairinterface5g/-/tree/develop>
- [5] "Use Cases and Deployment Scenarios", O-RAN Working Group 1, Alfter, Germany, 2020