

# NS-3와 InfluxDB를 활용한 O-RAN E2SM-KPM 구현에 관한 연구

홍승은, 문정모, 이재욱\*

한국전자통신연구원, \*부경대학교

iptvguru@etri.re.kr, jmoon@etri.re.kr, \*jlee0315@pknu.ac.kr

## A Study on the O-RAN E2SM-KPM Implementation using NS-3 and InfluxDB

Seung-Eun Hong, Jungmo Moon, Jaewook Lee\*

ETRI, \*Pukyong National Univ.

### 요약

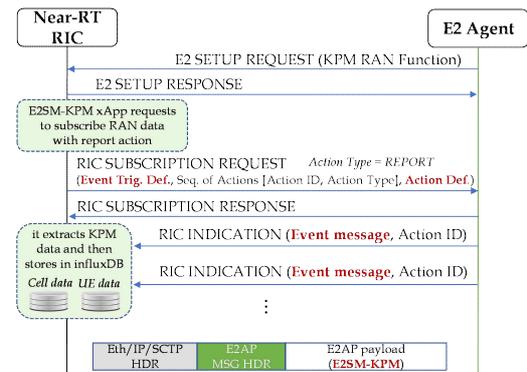
본 논문은 개방형 무선 접속 네트워크 (O-RAN)에서 AI/ML 기반의 지능형 무선 자원 관리 및 제어 알고리즘 개발을 위한 다양한 RAN 환경에서의 '주요 성능 측정 (KPM)' 데이터를 수집하고 관리하는 방안을 구현 연구하였다. mmWave 기반 NS-3를 활용하여 복잡한 RAN 환경을 시뮬레이션하고 필요한 데이터를 발생시키고, 시계열 RAN 데이터를 효율적으로 관리하는 InfluxDB를 가진 소프트웨어 기반 실제 RAN 지능형 제어기에 E2 인터페이스 상으로 전달된다.

### I. 서론

최근 O-RAN 연합에 의해 개발 중인 오픈랜 아키텍처 및 그 표준들은 기능 분리 및 가상화 특징과 AI/ML 지원으로 인해 단순화된 네트워크 관리, 향상된 무선 자원 관리, 에너지 효율의 이점을 제공하며, 장비 제조 업체들과 사업자 사이의 생태계 활성화 비전 공유를 통해 차세대 셀룰러 네트워크에서도 지배적인 영향력을 차지할 것이다 [1]. 그러나, 다양하고도 복잡한 RAN 배치들에서 사용자 및 네트워크 성능을 최적화시킬 수 있는 확장 가능하면서 효율적인 데이터-기반 AI/ML 알고리즘을 개발하는 것은 현재까지도 난제로 남아 있다. 이는 데이터 수집, AI/ML 모델 설계, 모델 배치 및 실제 데이터를 통한 온라인 모델 제련(fine-tuning), 그리고 추론/예측/제어로 구성되는 'RAN 지능형 제어기 (RIC)'의 AI/ML 워크플로우에 기인한다 [2]. 즉, RIC의 AI/ML 알고리즘 성능은 훈련 및 재훈련에 사용되는 RAN 데이터의 품질에 달려있다.

상기한 문제점을 해결하는 간단명료한 방안은 실제 RAN으로부터 데이터를 획득하는 것이지만, 개인 데이터 보안 문제를 차치하더라도 다양한 응용 시나리오를 고려한 대규모의 그리고 최신의 네트워크로부터 데이터를 확보하는 것은 불가능하다. 최신 연구들에서는 네트워크 시뮬레이터 NS-3를 활용하여 복잡하고 다양한 RAN 데이터를 생성하여 RIC 개발에 활용한다 [3]-[5]. 관련 연구 [3]에서는 NS-3 시뮬레이션 프레임워크 내부에 O-RAN 동작 모듈을 NS-3 확장 모듈로 추가하여 시뮬레이션 환경에서의 AI/ML 알고리즘을 개발한다. 반면, 관련 연구 [4]에서는 mmWave 프로젝트 [6]로 개발된 NS-3를 E2 노드들로 구성된 RAN 환경으로 시뮬레이션하고 E2 인터페이스를 지원하는 에이전트 모듈을 추가하여 실제 환경에서 구동하는 RIC과 연동한다. 우리의 선행 연구인 [5]에서는 [4]의 mmWave 모듈을 3GPP NR 기능을 가진 5G-LENA 모듈로 변경한다. [4] 및 [5]의 연구는 NS-3 시뮬레이션 환경에서의 'KPM 기능 E2 서비스 모델 (E2SM-KPM)' 구현에 집중된 바, 실제 RIC에서 E2 인터페이스로 전달된 E2SM-KPM 메시지를 해석하지 않고 있다.

본 논문에서는, [4]에서 구현된 ns-O-RAN 코드에 기반하여, 실제 RIC 모듈에서의 E2SM-KPM 기능과 InfluxDB 액세스 기능을 추가로 구현하고, NS-3(E2 노드들을 시뮬레이션)로부터 주기적으로 전달되는 E2SM-KPM RAN 데이터를 해석하여 셀 관련 성능 측정치와 UE 관련 성능 측정치로 분리하여 시계열 데이터로 관리하는 InfluxDB[7]에 저장한다. 이는 RIC에 배치될 AI/ML 알고리즘 개발에 중요한 기능을 제공한다.



<그림 1. RIC과 NS-3 E2 에이전트 간의 E2SM-KPM 프로토콜 메시지 교환>

### II. 본론

그림 1에는 E2AP 및 E2SM-KPM 프로토콜에 따른 RIC과 NS-3 E2 에이전트 간의 메시지 교환 절차를 도시하고 있다. E2 에이전트는 NS-3에서 scenario-zero.cc로 구현하는 RAN 노드들(eNB 1개와 5개의 gNB로 구성되어 총 12개의 UE들을 서비스, 세부 사항은 [4], [6] 참조)을 대표하여 E2 인터페이스 기능을 제공한다. 즉, KPM RAN 기능을 RIC에게 알리는 E2 Setup 요청 메시지들을 전송하고 RIC으로부터 RIC Subscription 요청 메시지들을 수신하여 요청 주기에 맞춰 KPM 데이터를 RIC Indication 메시지로 보고하게 된다. 본 구현에서 RIC은 0.1s로 Report 이벤트 트리거링을 E2 에이전트에게 요청하며, RAN 노드들로부터 상기 주기로 수신되는 KPM 데이터들을 RIC Indication 메시지에서 추출하여 셀 관련 데이터와 UE 관련 데이터로 구분하여 InfluxDB에 저장하게 된다. 그림 1에서 도시된 바와 같이 상기 메시지들은 적색으로 표시되는

1) O-RAN에서는 non-real-time(Non-RT) RIC과 near-RT RIC를 정의하고 있으나, 본 연구에서는 E2 인터페이스를 갖는 near-RT RIC만을 고려한다.  
2) Non-RT RIC에 배치되는 것을 rApp이라 하고 Near-RT RIC에 배치되는 것을 xApp이라 함

