

Open RAN 기술 및 표준화 동향

채상훈 TTA 정보통신시험인증연구소 방송통신인프라단 수석
김영덕 TTA 정보통신시험인증연구소 방송통신인프라단 팀장

1. 머리말

모바일 통신의 데이터 트래픽 양은 소셜 네트워킹, 비디오 스트리밍, 온라인 게임과 같은 모바일 서비스가 계속 확대됨에 따라 급속하게 증가하고 있다. 5G 모바일 네트워크는 eMBB(Enhanced Mobile Broadband), URLLC(Ultra-Reliable and Low Latency Communications), mMTC(Massive Machine Type Communications) 3가지 카테고리로 분류되는 다양한 요구를 충족시키기 위해 이동통신 국제표준 개발기구인 3GPP(3rd Generation Partnership Project)에서 표준화되어 왔다. 모바일 트래픽의 양과 다양성이 증가함에 따라 모바일 네트워크는 보다 소프트웨어 중심적이고 가상화되고 지능적이며 효율적이어야 한다. SDN 및 NFV의 출현으로 코어망에는 상당한 변화가 일어나고 있지만, 기지국을 포함하는 무선 접속망은 폐쇄형 구조로 특정 장비 제조사의 프로토콜과 인터페이스에 종속되어 여러 장비 제조사 간의 상호호환성 문제가 발생하고 중

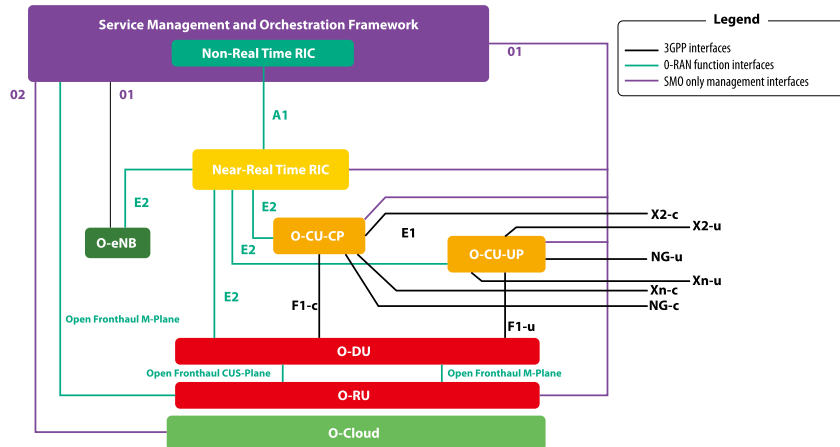
소 제조사의 시장 진입에 어려움을 겪고 있다.

O-RAN(Open Radio Access Network Alliance) [1]은 2018년 2월 AT&T, 차이나모바일, 도이치 텔레콤, NTT 도코모 및 오렌지의 5개 글로벌 통신사업자 주도로 설립되었으며, 현재에는 통신사업자, 기업, 연구기관 등 300여 개의 회원사로 구성되어 있다. 그리고 5G 시대의 개방형, 지능형 무선 접속망 개발을 촉진하기 위해 표준화 및 오픈소스 플랫폼 개발을 진행하고 있다. 본고에서는 O-RAN의 기술 및 표준화 동향에 대해 소개한다.

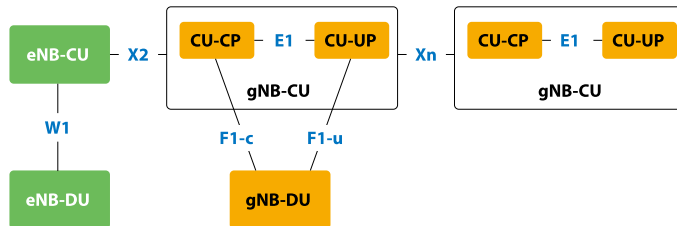
2. O-RAN 기술 및 표준화 동향

2.1 O-RAN 구조

O-RAN Alliance는 개방적이고 지능화된 무선 접속망 구현을 위한 O-RAN 구조를 설계하였다. O-RAN 구조는 [그림 1]과 같이 AI(Artificial intelligence) 기반 무선 제어 및 가상화된 무선 접속망을 구축하기 위해 설계되었으며, 표준화된 인



[그림 1] O-RAN 구조 [3]



[그림 2] 3GPP 표준 인터페이스(F1/W1/E1/X2/Xn)

터페이스를 기반으로 3GPP 및 다른 표준을 지원함으로써 개방적이고 상호운용 가능한 장비 공급망 생태계를 이룰 수 있도록 하였다. O-RAN 구조의 구성 요소, 기능 및 특징은 다음과 같다[2].

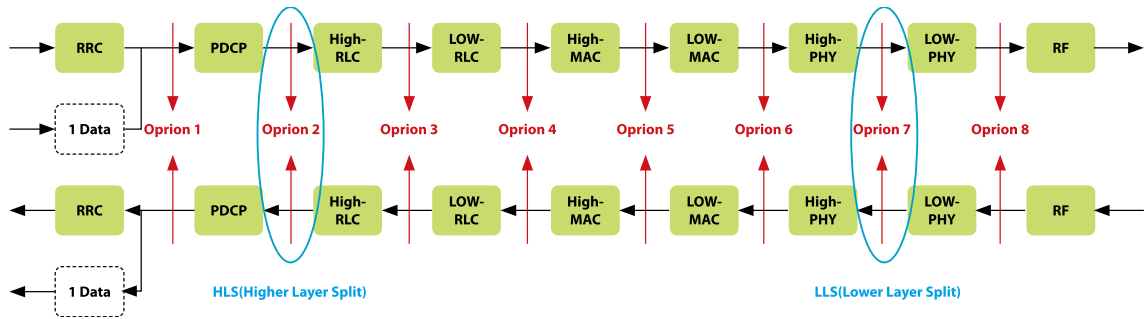
2.1.1 Non-Real Time RIC(RAN Intelligent Controller)

O-RAN Alliance는 지능형 무선 접속망을 위한 컨트롤러를 RIC(RAN Intelligent Controller)로 정의하고 있으며, 제어 대기시간(control latency) 기준으로 Non-Real Time RIC(> 1초) 계층과 Near-Real Time RIC(0.01초~1초) 계층으로 분리된다. Non-Real Time RIC 계층은 RAN 정책 관리, 네트워크 트래픽 패턴, 단말 이동성 패턴, 서비스 유형, 서비스 품질(QoS) 예측 패턴 등의 빅데이터 분석 및 기계학습(Machine Learning)을 통한 인공

지능 기반 관리를 수행한다. Non-Real Time RIC에서 생성된 학습 모델(Trained Model)은 A1 인터페이스를 통해 Near-Real Time RIC로 배포된다.

2.1.2 Near-Real Time RIC(RAN Intelligent Controller)

Near-Real Time RIC 계층은 실시간에 가까운 무선 자원 관리 기능을 제공한다. 단말 단위 부하 조정(Load Balancing), 자원 블록 관리뿐만 아니라 서비스 품질 및 단말 이동성 관리와 같은 기능을 담당한다. Near-Real Time RIC 계층은 E2 인터페이스를 통해 O-CU(O-RAN Central Unit)와 O-DU(O-RAN Distributed Unit)에 제어 명령(핸드오버, 자원할당 등)을 전달하고, 측정된 데이터를 수집하여 Non-Real Time RIC에 제공한다. 이러한 상호작용을 통해



[그림 3] CU 및 DU 기능 분리 옵션 [8]

부하 분산, 이동성 관리 등과 관련된 제어 알고리즘을 최적화한다.

2.1.3 O-CU

O-CU는 제어 정보를 전달하는 제어 평면(O-CU-CP)과 트래픽을 전달하는 사용자 평면(O-CU-UP)으로 분리되어 있으며, Near-Real Time RIC로부터 전달받은 제어 명령을 수행한다. O-CU는 3GPP 표준에 정의되어 있는 F1/W1/E1/X2/Xn 인터페이스를 지원하며, 3GPP에서 정의된 인터페이스는 [그림 2]를 참조한다. O-CU는 무선 이중망(Multi-RAT) 프로토콜 스택으로 LTE 및 5G 프로토콜 처리를 지원하며, [그림 2]에서 eNB(eNodeB)는 LTE 기지국, gNB(gNodeB)는 5G 기지국을 의미한다.

2.1.4 O-DU 및 O-RU

O-DU는 무선연결제어(Radio Link Control), 매체접근제어(Medium Access Control) 계층의 실시간 L2(Layer 2) 기능 및 기저대역(Baseband) 신호처리를 담당하고, O-RU는 무선 신호처리(Radio Signal Processing)를 수행한다. O-DU와 O-RU 사이에는 개방형 프론트홀 인터페이스(Open Fronthaul Interface)가 정의되어 있다.

5G에서 넓어진 주파수 대역폭과 대규모 MIMO (Massive Multiple Input Multiple Output) 도입으로 인한 대량의 트래픽 증가 문제를 해결하기 위해 3GPP에서는 [그림 3]과 같이 CU 및 DU 기능 분리 옵션들을 제안하였다[8].

[그림 3]에서 상위계층 기능분리(Higher Layer Split) 옵션 2는 3GPP에서 F1 인터페이스로 표준화하였고, 물리계층 기능을 분리한 하위계층 기능분리(Lower Layer Split) 옵션 7은 O-RAN Alliance에서 개방형 프론트홀 인터페이스 표준으로 개발하였다. 옵션 7에서 상위 물리계층(High-PHY) 기능인 스케줄링, 변조 등 기저대역 신호처리는 O-DU에서 담당하고, 하위 물리계층(Low-PHY) 기능인 A/D(Analog/Digital) 변환, FFT(Fast Fourier Transform) 등과 같은 무선 신호처리는 O-RU에서 수행한다.

2.2 O-RAN Alliance Technical WG(Workgroup)

O-RAN Alliance에서는 TSC(Technical Steering Committee) 산하의 Technical WG들이 서로 다른 기술 영역에 대한 연구 및 표준화를 진행하고 있다. TSC에서 이 WG들을 관리하고 있으며, 각 WG들이 담당하고 있는 기술 영역은 <표 1>에 기술하였다.

각 WG에서 진행하는 연구 활동 및 표준화 내

용은 아래와 같다[1].

- **WG1:** O-RAN 아키텍처를 정의하고 및 사용 사례(Use Case)를 배포한다.
- **WG2:** 비실시간(Non-real-time) 지능형 무선 자원 관리 및 최적화를 위한 Non-Real Time RIC 기능을 정의하고, Near-Real Time RIC에 AI/ML(Artificial Intelligence/Machine Learning) 모델 제공을 위한 A1 인터페이스를 표준화한다.
- **WG3:** E2 인터페이스를 통한 데이터 수집, 무선 자원에 대한 실시간 제어 및 최적화를 위해 Near-Real Time RIC의 아키텍처를 개발한다.
- **WG4:** 다중 공급업체로 구성되는 O-RU 및 O-DU 간의 상호운용성을 실현할 수 있는 개방형 프론트홀 인터페이스를 표준화하고, 사용자 평면(Control Plane), 제어 평면(User Plan), 동기화 평면(Synchronization Plane) 및 관리 평면(Management Plane)을 정의한다. 그리고 개방형 프론트홀에 대한 적합성 시험표준[4] 및 프론트홀 상호운용성 시험표준[5]을 개발한다.
- **WG5:** 개방형 F1/W1/E1/X2/Xn 인터페이스에서 다중 공급업체의 제품이 동작할 수 있도록 프로파일 사양을 제공하며, 상호운용성 시험표준[6]을 개발한다.
- **WG6:** 기본 하드웨어 플랫폼에서 RAN 소프트웨어를 분리하고 배포하기 위해 클라우드 플랫폼에 대한 참조 설계(Reference Design)를 정의하고 가상화 RAN의 배포 시나리오를 연구한다.
- **WG7:** 통신사업자와 공급업체의 비용을 줄일 수 있는

개방형 하드웨어에 대한 참조 설계 표준을 개발한다.

- **WG8:** O-RAN 및 3GPP 표준을 기반으로 하는 O-CU 및 O-DU에 대한 소프트웨어 아키텍처를 개발한다.
- **WG9:** 전송 네트워크 관련 제어, 관리 프로토콜로 구성된 전송 도메인에 대한 표준화를 진행한다.
- **WG10:** 시스템 운용 관리를 위한 OAM(Operation Administration Maintenance) 아키텍처, 요구사항 및 O1 인터페이스를 담당한다.

2.3 TIFG(Test & Integration Focus Group) 및 OTIC(Open Test & Integration Center)

O-RAN Alliance의 Focus Group 산하에는 시험 및 검증을 관리하는 TIFG(Test & Integration Focus Group)가 있다. TIFG에서는 다양한 WG들의 시험 표준에 대한 관리를 포함하여 O-RAN 장비에 대한 시험검증 절차를 정의하고, Plugfest 행사 계획·조정 및 OTIC(Open Test & Integration Center)에 대한 가이드라인을 제공한다[1].

OTIC에서는 O-RAN 기반 시험 환경 및 공간을 제공하며, O-RAN 적합성 시험, 상호운용성 시험, 종단간 시험 등을 진행하고, Plugfest 및 개념증명(PoC, Proof of Concept)을 통해 O-RAN 표준 기반 제품에 대한 솔루션을 시연한다. 현재 독일(도이치텔레콤), 이탈리아

<표 1> O-RAN Alliance Technical WG

WG	기술 영역
WG1	Use Cases and Overall Architecture
WG2	Non-real-time RAN Intelligent Controller and A1 Interface
WG3	Near-real-time RIC and E2 Interface
WG4	Open Fronthaul Interface
WG5	Open F1/W1/E1/X2/Xn Interface
WG6	Cloudification and Orchestration
WG7	White-box Hardware
WG8	Stack Reference Design
WG9	Open X-haul Transport
WG10	OAM

(TIM), 스페인(텔레포니카), 프랑스(오렌지), 대만(Auray) 5개 국가에서 O-RAN Alliance로부터 공식 OTIC을 승인받아 운영하고 있다[1].

2.4 인증(Certification) 및 배지(Badge)

O-RAN 솔루션에 대한 공식 인증 시험은 OTIC에서 진행되며 O-RAN 표준 적합성 시험, 상호운용성 시험, 종단간 시험에 대한 인증과 배지가 부여된다. 인증은 단일 제품에 대한 표준 적합성 시험에 적용되며, O-RAN 제품이 구체적인 O-RAN 적합성 시험표준에 따라 동작하는지 확인한다. 배지는 상호운용성 시험(Interoperability Badge) 및 종단간 시험(E2E System Integration Badge)에 적용되며, 여러 공급업체 제품의 조합에 대한 상호운용성 및 통합 시스템에 대한 평가로 이루어진다. 현재 O-RAN 표준 적합성, 상호운용성 및 종단간 시험과 관련된 시험표준 현황은 <표 2>에 기술하였다.

3. 맺음말

본고에서는 O-RAN의 전반적인 기술 및 WG에서 진행하고 있는 표준화 동향에 대해 설명하였다. 전세계 통신사업자들은 지속적으로 5G 네트워크를 구축하고 있으며, 망 구축에 필요한 대량의 기지국 장비 도입에 따른 비용을 낮추기 위해 노력하고 있다. O-RAN 기술은 개방형 5G 기지국 장비 생태계를 조성하고 활성화하여 중소기업들도 국내 및 글로벌 시장을 개척하는 데 도움이 될 것으로 보인다. 따라서 O-RAN 기술 및 제품에 대한 시험검증 필요성도 증가하고 있으며, 국내에서도 시험인증 환경 조성을 통해 관련 업계의 경쟁력을 강화할 수 있는 계기가 마련될 수 있기를 기대한다. TTA

<표 2> O-RAN 시험표준 현황

분야	표준명
적합성 시험	O-RAN Fronthaul Working Group Conformance Test Specification (O-RAN.WG4.CONF.0-v03.00) [4]
상호운용성 시험	O-RAN Fronthaul Working Group Fronthaul Interoperability Test Specification Fronthaul Interoperability Test Specification (O-RAN.WG4.IOT.0-v04.00) [5]
	O-RAN Open F1/W1/E1/X2/Xn Interface Working Group Interoperability Test Specification (O-RAN.WG5.IOT.0-v02.00) [6]
종단간 시험	O-RAN ALLIANCE Test and Integration Focus Group End-to-end Test Specification (O-RAN.TIFG.E2E-Test.0-v01.00) [7]

참고문헌

- [1] <https://www.o-ran.org/>
- [2] O-RAN: Towards an Open and Smart RAN, White Paper, October 2018.
- [3] O-RAN.WG1.O-RAN-Architecture-Description-v03.00: O-RAN Architecture Description
- [4] O-RAN.WG4.CONF.0-v03.00: O-RAN Fronthaul Working Group Conformance Test Specification
- [5] O-RAN.WG4.IOT.0-v04.00: O-RAN Fronthaul Working Group Fronthaul Interoperability Test Specification (IOT)
- [6] O-RAN.WG5.IOT.0-v02.00: O-RAN Open F1/W1/E1/X2/Xn Interface Working Group Interoperability Test Specification (IOT)
- [7] O-RAN.TIFG.E2E-Test.0-v01.00: O-RAN ALLIANCE Test and Integration Focus Group End-to-end Test Specification
- [8] 3GPP TR 38.801: Study on new radio access technology: Radio access architecture and interfaces