

O-RAN 공인시험 프로세스와 종단간 시험 기술 분석

O-RAN Certification/Badging Process and End-to-End Test Case Analysis

김정환 (J.H. Kim, ditto@etri.re.kr)

ICT시험연구센터 책임연구원

남기동 (G.D. Nam, kdnam@etri.re.kr)

ICT시험연구센터 책임연구원/센터장

ABSTRACT

The O-RAN Alliance is responsible for defining the technical and testing specifications of open radio access networks, aiming for openness, virtualization, and intelligence in these networks. Recently, the application of Korea Open Testing and Integration Center (OTIC) to this alliance has been approved, enabling the issuance of O-RAN certificates and badges. An OTIC plays a crucial role as a testing facility in performing conformance verification and interoperability tests for O-RAN functions and interfaces. In addition, it enables end-to-end system verification adhering to O-RAN principles and processes. These activities can substantially contribute to enhancing the competitiveness of domestic O-RAN products and activating the corresponding ecosystem. We comprehensively describe the O-RAN certification and badging processes. Additionally, we analyze end-to-end test cases that are essential for the proper deployment and operation of 5G systems including O-RANs.

KEYWORDS badging, certification, O-RAN, O-RAN E2E testing, OTIC

1. 서론

O-RAN Alliance는 2018년에 설립된 국제적인 컨소시엄으로, 개방형 무선 접속 네트워크(O-RAN)에 대한 구조 및 인터페이스를 표준화하고 장비 적합성, 장비 간 상호운용성, 종단간 시험에 대한 규격을 제정하고 있다. 특히, 멀티 벤더 환경에서의 다양한 RAN 요소들의 조합을 통한 상호운용성 확보가 가능하도록 하는 가상화 기반의 개방형 RAN 규

격을 정의하고, AI/ML 기술을 적용할 수 있는 구조를 도입하여 무선 제어 및 자원의 효율성 등 지능형 RAN으로의 진화를 추구하고 있다[1].

특히, 표준화된 인터페이스와 프로토콜을 통한 개방화된 O-RAN 구성요소들의 상호운용성을 위해서는 각 RAN 구성요소들에 대한 적합성 시험, 멀티 벤더의 RAN 구성요소 간 연동을 통한 상호운용성 시험, O-RAN 시스템 전체를 포함한 종단간 (End-to-End) 시험 등 다양한 수준과 관점의 시험검

* DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2024.J.390102>

* 이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임[RS-2023-00229151, 5G 개방형 네트워크 산업생태계 기반 조성].



증이 요구되며, 이는 사업자들의 O-RAN 도입, 구축, 확산을 위해 중요한 역할을 한다고 할 수 있다. O-RAN TIFG(Testing and Integration Focus Group)에서는 이러한 시험에 관련된 전반적인 코디네이션 역할과 중단간 시험 규격을 담당하고 있다. 또한 사업자 주도로 여러 장비제조사, 계측회사 등이 참여하는 Plugfest 행사를 통해 장비 적합성과 상호연동성, 중단간 시험 활동을 통해 O-RAN의 기술 성숙도를 확인하고, 행사 결과 홍보를 통해 O-RAN의 생태계 확산 및 구축을 유도하는 역할도 수행하고 있다.

최근 국내 오픈랜 기술 및 제품 개발, 글로벌 협력 생태계를 조성하기 위한 민관협의체인 ORIA(Open RAN Industry Alliance)가 출범하였으며, O-RAN 시험 인증을 수행하고 인증서(Certificate/Badge)를 발행할 수 있는 공인시험기관인 Korea OTIC(Open Testing and Integration Center)의 신청이 O-RAN Alliance에서 승인되었다.

O-RAN 생태계에 참여하는 대표적인 주체는 대표적으로 장비제조사(벤더), 플랫폼 제공자와 통신사업자 등이 있다. 장비제조사와 HW/SW 플랫폼 제공자는 O-RU, O-DU, O-CU, O-Cloud 등 각 구성요소들을 개발 검증하고 글로벌한 제품 공급을 위해서는, 적합성 검증과 멀티 벤더 간의 상호운용성 확보를 위한 시험인증이 필수적인 입장이며, 통신사업자는 이러한 멀티 벤더의 O-RAN 기능을 조합·구성하여 중단간 5G 시스템을 효율적으로 설계·시험하고, 이를 구축·운용하는 입장에 있다.

본고에서는 먼저 장비제조사 입장에서 O-RAN 제품의 완성도를 높이고, 글로벌 시장 진출에 있어 중요한 요건인 O-RAN 공인시험(Certification/Badging)¹⁾에 대한 OTIC 시험 프로세스와 기술적 절차[2]

를 전반적으로 소개하기로 한다. 그리고 TIFG에서 담당하고 있는 O-RAN 중단간 시스템 시험 규격[3]을 분석하여 개방형 5G 시스템 구축·운영 전에 반드시 확인되어야 할 중단간 시험 방법 및 시험 항목들을 살펴보기로 한다. O-RAN 도입을 적극적으로 고려하고 있는 통신사업자나 최근 국내에서 활발히 추진되고 있는 5G 특화망의 도입을 추진하는 수주처 입장에서는 5G 시스템 전체 관점에서 O-RAN의 도입을 통해 진화 가능한 중장기적인 5G 시스템에 대한 도입·구축 전략 수립이 요구되며, O-RAN 시스템을 포함한 중단간 5G 시스템에 대한 전략적인 시험검증의 수행은 안정적이며 신뢰할 수 있는 5G 시스템 구축의 필수 요소라 할 수 있다.

II. O-RAN 시험 인증 프로세스

1. O-RAN 공인시험 개요

O-RAN에서 공인시험을 규정하고 정의하는 목적은 시험 프로세스, 기술적 절차, 템플릿, 데이터 포맷 등을 통일하여 시험 결과의 재사용과 공유, 수행된 시험의 재현성을 보장할 수 있도록 함에 있다 [2]. 따라서, OTIC에서는 O-RAN의 시험 원칙과 규정을 준수하여야 한다. OTIC에서는 다음 세 종류의 공인시험을 수행하고 인증서를 발행한다.

- 적합성 검증(Conformance Certification): O-RAN 적합성 시험 규격에 기반하여, O-RAN 인터페이스 또는 O-RAN 참조 설계의 구현을 사용한 DUT의 준수성 검증
- IOT Badging: IOT 시험 규격에 기반하여 O-RAN 인터페이스를 사용하는 두 DUT pair에 대한 상호운용성 평가
- E2E Badging: E2E 테스트 규격에 기반하여 O-RAN 인터페이스를 사용한 SUT에 대한 E2E 시스템 통합 평가

1) O-RAN에서는 Certification과 Badging으로 구분하여 공인시험 행위를 정의하고 있음

Certification과 Badging으로 용어를 구분하여 사용하는 이유는, Certification은 단일 DUT만 관여되어 있고 특정 인터페이스 규격을 준수하여 동작하는지를 검증하므로 제어 가능하기 때문이며, 상호운용성 및 E2E 시험은 여러 DUT나 서로 다른 벤더로 구성된 SUT가 관여되며, 그 조합이나 시험 프로파일에 따른 변화성을 가지고 있기에 Badging이라는 용어를 사용한다.

5G NR을 기준으로, 현재 가용한 인증서(Certificate/Badge)의 대상은 다음과 같다.

- Certificate(Conformance): 서브시스템(DUT)과 그 인터페이스에 부여

DUT	IUT
O-RU	OpenFH
O-DU	OpenFH
O-DU/O-CU (조합)	OpenFH

- IOT Badge: Badge는 인터페이스로 구성된 DUT pair의 각각에 부여

인터페이스	DUT pair
O-RAN 오픈프론트홀	O-RU, O-DU
O-RAN 오픈프론트홀	O-RU, O-DU/O-CU
X2	eNB, en-gNB
F1-C	gNB-CU, gNB-DU
Xn-C	gNB, gNB

- E2E Badge: Badge는 SUT를 구성하는 DUT 또는 전체 SUT에 부여

DUT
O-RU
O-DU
O-CU
O-RU/O-DU 조합형
O-DU/O-CU 조합형
O-RU/O-DU/O-CU 조합형

2. O-RAN 공인시험 프로세스

O-RAN에서 정의하고 있는 시험 프로세스[2]는 그림 1과 같이 수행 가능한 시험 종류를 식별하고, 시험을 기술적 절차에 따라 수행하고, 시험 결과에 대한 문서 작성 및 검증을 하고, 인증서(Certificate/Badge)를 발행하고, 결과를 저장/공유하는 일반적인 시험 프로세스와 크게 다르지 않다. 다만, 글로벌 O-RAN 멤버들과의 공유과정을 통해 시험 반복의 비효율성을 제거하고자 한다.

- 시험 종류와 시험셋 식별

시험신청이 의뢰되면, OTIC에서는 장비제조사 와 3가지 시험 중 어떤 종류의 시험을 수행할 것인지를 협의하고, 시험대상이 되는 서브시스템(들)을 식별한다. 장비제조사가 서브시스템(들)과 인터페이스에 대한 ICS(Implementation Conformance Statement)를 제출하면 DUT/SUT 식별이 용이하다. 그리고 나서 DUT(들)의 특정 기능과 프로파일을 대상으로 시험셋을 식별하고 결정하는 과정을 수행한다.

- 시험의 수행

식별된 시험의 종류에 따라 시험을 수행한다. 각각의 시험은 O-RAN에서 규정하는 시험 규격의 절차를 따라 수행되는데, 구체적인 내용은 III장에서 기술한다.

- 시험 결과의 작성 및 검증

OTIC에서는 로그, 스크린샷, 패킷캡처 등 시험 결과를 반드시 수집하여야 하며, ‘요약보고서(Summary Report)’와 ‘시험보고서(Test Report)’를 작성한다. 그리고 작성된 시험 항목들의 결과는 Pass/Fail의 결정을 위해 시험 규격 내에 있는 예상 결과에 대비하여 반드시 평가되어야 한다. 그리고 시험 결과는 재현 가능하여야 한다.

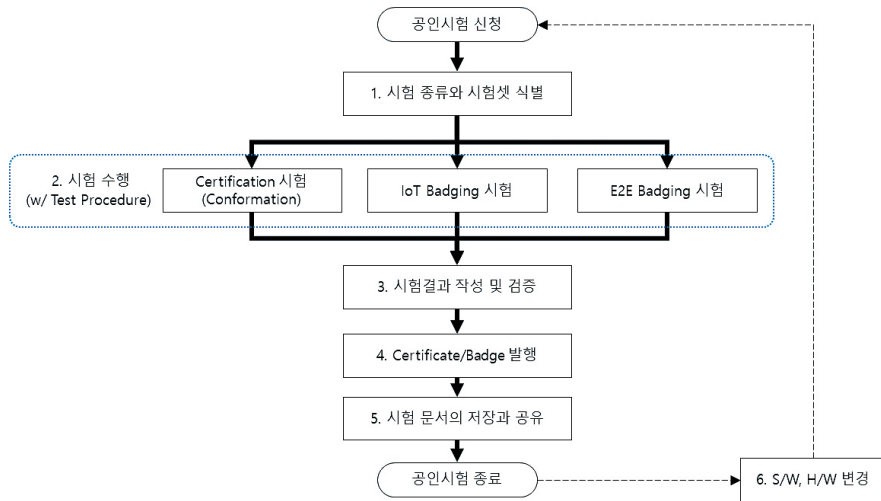


그림 1 O-RAN 공인시험 프로세스

• 인증서(Certificate/Badge) 발행

Certificate/Badge는 O-RU, O-DU, O-CU-CP, O-CU-UP와 같이 O-RAN 기능을 대표하는 DUT와 해당 인터페이스에 대해서만 발행한다. 그리고 시험에 관련한 각 DUT에 대해서 개별적으로 발행한다. IOT Badge의 경우, DUT Pair의 두 DUT에 동일한 Reference ID를 가지도록 발행하며, E2E Badge의 경우, E2E 시스템(SUT)에 포함된 모든 DUT에 동일한 Reference ID를 가지도록 발행한다. 동일한 Reference ID를 할당하는 이유는 동일한 시험에 포함된 DUT들 또는 SUT의 식별을 용이하게 하고자 함이다. Reference ID는 OTIC에서 관리하고 할당하며, NAMEyy##### 형태의 명명규칙을 가지며, unique하게 할당하여야 한다.

• 시험 문서의 저장과 공유

-규정 준수(Compliance) 폴더의 생성/관리

제품(product)의 공인시험을 위해 제출 또는 작성된 모든 관련 전자문서의 집합을 말한다. 이 폴더의 생성/관리는 벤더의 책임이며, 최소 6년 보관, O-RAN에서 규정하는 방식으로 공유 가능하여야

한다. Certification/Badging 보고서 템플릿을 반드시 포함하여야 한다. 제조사는 이 폴더를 관리할 품질 책임자를 지정하여, 문서관리 시스템 내에서 유일하게 식별할 수 있어야 한다고 명시하고 있다. IOT Badging과 E2E Badging 프로세스와 같이 여러 벤더가 참여한 시험의 경우에, 이 폴더의 관리는 중복성이 있더라도 각 벤더가 독립적으로 자료들을 보관할 수 있다.

-요약 보고서, 시험 보고서, 측정 결과(Measurement Result)의 저장과 공유

O-RAN Website에서는 모든 OTIC에서 발행된 Certificate/Badge에 대한 기본정보를 공개하고 있다. 따라서, OTIC은 신규 발행한 인증서(Certificate/Badge)에 대해서 즉시 O-RAN Office에 보고하여야 하며, 보고한 정보는 공표 전에 Review/승인을 받아야 한다. 요약보고서와 시험보고서는 OTIC 기관에서 안전하게 보관되어야 한다. '측정 결과'는 벤더(DUT의 로그 등) 또는 OTIC(테스트장비의 로그, 스크린샷, 패킷캡처 등)에서 반드시 보관하여야 한다.

OTIC은 테스트 결과 공유 원칙을 따라야 하며,

요청 시 ‘요약보고서’와 ‘시험보고서’를 O-RAN 멤버(사업자)와 Office에 반드시 공유하여야 한다. ‘측정 결과’는 벤더와 OTIC의 판단하에 공유할 수 있다. 모든 문서에 대한 공유요청은 해당 OTIC에게 직접적으로 문의하여야 하며, ‘측정 결과’의 공유요청의 경우에 OTIC이 참여사에 그 요청을 전달할 수 있다.

- S/W, H/W 변경

Certificate/Badge를 받은 Device에 S/W, H/W 변경이 가해지면, Certificate/Badge는 유효하지 않다. 다만, 해당 변경이 인터페이스에 무관할 수 있는데, 공인시험의 재수행 필요성은 벤더가 판단하고, 자체적으로 선언하여야 한다.

- Multi-vendor 시나리오

하나의 DUT가 여러 벤더의 제품 조합으로 구성될 수 있고, E2E의 경우 여러 벤더의 SUT로 구성될 수 있는 경우가 있으나, OTIC에서는 DUT Product에만 인증서 발행을 한다.

III. O-RAN 시험 프로시저

O-RAN 공인시험의 수행은 인증의 종류에 따라 시험의 기술적 절차가 구분되며, 인증 대상의 구체화 및 인증을 위한 시험 항목의 조건들에 대한 기준을 제시할 필요가 있다. 그리고 이 기준들은 시험규격의 진화에 따라 업데이트된다.

1. O-RAN Certificate 절차

현재 Certificate 대상은 오픈프론트홀의 CUSM 평면을 포함한 O-RU, 오픈프론트홀의 CUSM 평면을 포함한 Stand-alone O-DU 또는 O-DU/O-CU (조합형)에 부여된다.

- O-RU의 오픈프론트홀 인터페이스

O-RAN WG4의 “Open Fronthaul Conformance Test Specification”의 시험 항목을 기준으로 적합성을 검증한다. Certificate 발행이 되려면, 모든 M-plane과 S-plane의 필수 시험 항목과 모든 적용 가능한 M-plane과 S-plane의 조건필수항목들은 모두 통과하여야 한다. 그리고 선택된 테스트 시나리오에 대해서, 모든 UC-plane 필수 시험 항목들과 모든 적용 가능한 UC-plane의 조건필수항목들은 반드시 통과하여야 한다. OTIC에서는 수검자가 선언한 O-RU의 옵션기능에 대한 조건필수항목을 식별하여야 하며, UC-plane 시험에서 수행될 하나의 적용 가능한 테스트 시나리오를 선택하여야 한다. Certificate 발행에 있어, 위 시험 규격의 선택 시험 항목이나 3GPP 규격 등의 기타 시험 항목들에 대한 시험을 수행하고 시험문서에 추가할 수 있으나, 이 항목들은 반드시 통과할 필요가 없다. 모든 시험에 관련된 정보와 데이터는 요약보고서(“Certificate O-RU OpenFH” 탭)와 시험보고서에 수집되고 기록되어야 한다.

- O-DU의 오픈프론트홀 인터페이스

O-RAN WG4의 “Open Fronthaul Conformance Test Specification”의 시험 항목을 기준으로 적합성을 검증한다. Certificate 발행이 되려면, 모든 필수 시험 항목과 적용 가능한 모든 조건필수항목을 통과하여야 한다. OTIC에서는 수검자가 선언한 O-DU의 옵션기능에 대한 조건필수항목을 식별하여야 한다. 모든 시험에 관련된 정보와 데이터는 요약보고서(“Certificate O-DU OpenFH” 탭)와 시험보고서에 수집되고 기록되어야 한다.

2. O-RAN IOT Badge 절차

IOT 시험은 DUT pair와 그들 간의 인터페이스에

대한 상호운용성 시험으로, IOT Badge는 이들 조합에 대해 부여한다. 따라서, O-RAN 구조 내의 특정 인터페이스를 중심으로 IOT Badge 조건을 확인한다.

- 오픈프론트홀 인터페이스

O-RU와 O-DU pair에 대한 상호운용성 검증은 O-RAN WG4의 “Fronthaul Interoperability Test Specification(IOT)”의 시험 항목에 근거한다. IOT badge 발행을 위해서 모든 필수 시험 항목을 통과하여야 한다. 그리고 최소 하나의 적용 가능한 S-plane IOT 기능시험은 반드시 통과하여야 한다. S-plane 성능시험과 C/U-plane 지연 관리 시험을 선택 시험 항목이다.

“Fronthaul Interoperability Test Specification(IOT)”에서는 IOT 프로파일을 정의하고 있다. IOT Badge를 위해서는, O-RU와 O-DU 양쪽에서 최소 하나의 공통 IOT 프로파일 시험구성 또는 Customized IOT 구성을 협의하고 사용하여야 한다. IOT 시험 참여사는 다음의 선택사항 하나 또는 모두를 선택할 수 있다.

-선택 1: “Fronthaul Interoperability Test Specification(IOT)”의 IOT 프로파일 시험 구성 목록에서 선택하고, 그 이름은 요약보고서 IOT Badge OpenFH 탭 내에 언급되어야 한다.

-선택 2: Customized IOT 구성을 생성하고, 모든 시스템 파라미터의 값들은 요약보고서 OpenFH Customized IOT Conf. 탭에 포함되어야 한다. Customized IOT 구성의 이름은 요약보고서 IOT Badge OpenFH 탭 내에 언급되어야 한다.

- X2 인터페이스

O-RAN WG5의 “Interoperability Test Specification(IOT)”에 명시된 X2 인터페이스를 사용하는 서브시스템 간의 상호운용성을 검증하는 시험으로, eNB와 en-gNB가 될 수 있다. 모든 적용 가능한 X2 C-plane과 U-plane에 대한 IOT 시험을 통과하여야

IOT badge를 발행할 수 있다.

- F1-C 인터페이스

O-RAN WG5의 “Interoperability Test Specification(IOT)”에 명시된 F1 인터페이스를 사용하는 서브시스템 간의 상호운용성을 검증하는 시험으로, gNB-CU와 gNB-DU가 될 수 있다. 모든 적용 가능한 F1 C-plane에 대한 IOT 시험을 통과하여야 IOT badge를 발행할 수 있다.

- Xn-C 인터페이스

O-RAN WG5의 “Interoperability Test Specification(IOT)”에 명시된 Xn 인터페이스를 사용하는 서브시스템 간의 상호운용성을 검증하는 시험으로, gNB와 gNB가 될 수 있다. 모든 적용 가능한 F1 C-plane에 대한 IOT 시험을 통과하여야 IOT Badge를 발행할 수 있다.

3. O-RAN E2E Badge 절차

E2E 기능과 보안에 대한 시험은 모두 E2E 시험 규격[3]에 명시되어 있다. E2E Badge의 발행을 위해서는 모든 적용 가능한 기능 시험과 3GPP SA3에서 요구하는 gNB SCAS(Security Assurance Specification)를 반드시 통과하여야 한다. 3GPP 규격에 있는 다른 시험도 할 수 있고 이를 요약보고서나 시험보고서에 추가할 수 있으나 E2E Badge 발행 시 그 시험들의 통과 여부는 관계없다. 시험 참여사는 다음의 두 가지 경우에 하나를 선택할 수 있다.

- E2E reference 테스트 셋업의 일부인 단일 또는 복수의 DUT에 대한 E2E 기능과 보안에 대한 검증
- 전체 E2E 셋업을 SUT로 한 E2E 기능과 보안에 대한 검증

모든 시험에 관련된 정보와 데이터는 요약보고서와 시험보고서에 수집되고 기록되어야 한다.

IV. O-RAN E2E 시스템 시험 기술

1. O-RAN 종단간 시스템 시험

앞서 O-RAN에서의 공인시험의 종류, 프로세스 및 인증의 대상 및 절차를 알아보았으며, 이 절에서는 O-RAN의 E2E 시스템 시험 기술[3]에 대해 분석한다. O-RAN E2E Badge를 발행하기 위해서는 반드시 통과하여야 할 시험 항목들이다.

이 규격에서는 종단간 시험을 위한 지원 가능한 네트워크 구조(4G LTE, 5G NR SA, 5G NR NSA options)와 계측 장비와 툴, 테스트 보고서에 담겨야 할 내용들을 사전 정의하고 있다. 그리고 UDP, TCP, QUIC, HTTP, SIP, RTP, FTP 등 트래픽과 트래픽 모델에 대한 정의, 이동속도(Mobility Classes) 분류, 무선 조건(Radio Condition)의 분류, 셀 간 간섭(Inter-Cell Interference)에 대한 분류 등 다양한 시험 수행 시에 기준이 되는 조건에 대해서도 정의/분류하고 있다. 5G NR에서 무선 조건 분류에 따른 문턱값 기준은 다음과 같다[3].

- 업링크(dBm): SS-RSRP 기준
 - Excellent(셀 중심): -75 초과
 - Good: -75~-90(대푯값 = -85)
 - Fair: -90~-105(대푯값 = -95)
 - Poor(셀경계): -105 미만(대푯값 = -110)
- 다운링크(dB): DL SS-SINR 기준
 - Excellent(셀 중심): 25 초과
 - Good: 15~20(대푯값 = 17)
 - Fair: 5~10(대푯값 = 7)
 - Poor(셀경계): 5 미만(대푯값 = 3)

2. O-RAN E2E 시험 항목 분석

O-RAN은 LTE, 5G NSA, SA 모드를 모두 수용하는 구조이나, 5G SA에 적용되는 시험 항목들 중심으로 정리한다.

• 기본 호처리 기능 시험

종단간 시험의 가장 기본 기능으로, 단일 UE가 5G SA 네트워크로 Registration, PDU 세션 설정, UL/DL 사용자 트래픽 생성, Deregistration 과정을 확인한다. 5G 네트워크 슬라이스 설정에 따라, 단일 및 멀티 슬라이스로의 데이터호 연결성을 구분하여 확인하는 항목도 포함하고 있다.

• 이동성 관리 기능 시험

Connected와 Idle 모드에서 이동성 관리 기능으로 크게 나눌 수 있으며, O-DU 내에서의 이동성, O-DU 간 혹은 O-CU 내에서의 이동성, O-CU 간의 이동성에 대한 각각의 항목으로 정의하고 있다. Connected 모드에서 O-DU 내 이동성은 UE의 A3 이벤트 측정보고를 바탕으로 O-CU에서 시작되는 UE Context Modification 과정 후에 NR RRC Reconfiguration으로 핸드오버를 수행하는 것이며, O-DU 간 이동성은 F1 인터페이스를 통해 UE Context가 교환되며, 단말은 타겟 O-DU로의 RACH 및 RRC Reconfiguration을 수행하는 과정으로 이루어진다. O-CU 간의 이동성은 Xn 핸드오버로 정의된 과정으로 수행된다. 반면, Idle 모드에서의 이동성은 타겟셀에서의 Cell Reselection과 RRC Connection 설정 과정으로 이루어진다.

• 성능 시험

성능 시험 항목으로는 DL/UL 최대 Throughput, 서로 다른 무선 조건에서의 DL/UL Throughput, 양방향 Throughput에 대한 측정과 UE의 무선 조건이 점차적으로 변화할 때 DL/UL 방향의 사용

자 데이터 Throughput을 측정하는 Link Budget 측정, 복수의 단말을 공간적으로 배분하여 DL/UL Aggregated Cell Throughput을 측정하는 셀용량 시험으로 구성된다. 또한 O-RAN 특장적인 성능시험으로 프론트홀과 미드홀에 지연요소를 부과하여, 지연에 따른 DL/UL 최대 Throughput에 대한 영향을 측정하는 시험도 포함하고 있으며—E2E Badge를 위한 필수항목은 아님—시험의 내용은 다음과 같다.

-프론트홀 지연에 따른 DL Throughput 시험 예

O-RU와 O-DU 사이(프론트홀 구간)의 단방향전송지연에 따른 User Peak Throughput을 측정하고, 최대 적용 가능한 프론트홀 전송지연을 확인하는 것을 목적으로 하며, Excellent한 무선 조건의 단일 셀에서 고정 UE로 측정한다. 응용서버에서 다운로드 크로 Full Buffer UDP/TCP 데이터를 전송하고 Peak User Throughput을 측정한다. MCS, PRB, BLER 등 UE 파라미터들도 측정한다. 전송지연을 위해 Network Impairment 에뮬레이터 또는 길이를 늘린 광섬유(5μs/km)로 교체한다. Peak User Throughput의 총 저하가 30% 미만일 때까지 반복한다.

- 서비스 시험

-데이터 서비스와 스트리밍

가장 기본적인 서비스로, 웹브라우징과 FTP 업/다운로드 기능을 시험한다. 웹브라우징에서는 DNS Resolution 시간, TTFB(Time to First Byte), 페이지 로딩시간을 KPI로 서로 다른 무선 조건하에 있는 UE가 HTTP/TLS/TCP 또는 HTTP/QUIC/UDP 프로토콜을 사용하는 시험을 수행하고 측정한다. FTP 시험은 서로 다른 무선 조건하에 있는 UF가 1GB 이상의 파일을 업/다운로드하여 Throughput 과 소요 시간을 측정한다. 또한 많이 사용하고 있는 HTTP 프로토콜상에서 ABR(Adaptive Bit Rate) 스트리밍에 대한 시험 항목도 정의하고 있다.

-음성/영상 통화 서비스(VoNR/ViNR)

5G SA 구조에서 IMS 시스템과 연동하여 제공되는 VoNR과 ViNR에 대한 시험을 정의하고 있다. 기본적인 서비스로 중요하지만, 현재 상용망에서는 VoLTE를 사용하거나, SA로 접속하더라도 EPS로 넘어가는 EPS fallback 기능이 먼저 사용되고 있는 실정이다. 해당 시험에서는 호셋업성공률, 호셋업시간, MOS 값, Mute Rate, One Way Call 비율, RTP 패킷손실률 등이 KPI로 측정된다. 또한, 앞서 언급한 다양한 이동성 시나리오 상황에서의 VoNR/ViNR에 대한 KPI 측정도 시험 항목으로 구성하고 있다.

-URLLC와 mMTC

URLLC와 mMTC는 5G가 다양한 버티컬 서비스 요구사항을 수용 가능하게 하는 서비스이다. URLLC에 속하는 하나의 응용서비스로 증강현실(Augmented Reality)에 대한 시험 항목을 정의하고 있다. AR device가 UE 역할을 하고 이미지처리서버가 응용서버의 역할을 하는 서비스 구조에서 여러 무선조건하에서 사용자(UE)의 움직임에 따른 응답된 이미지와 오디오의 지연시간을 측정한다.

mMTC는 센서와 같은 다수의 IOT(Internet of Things) 장비들을 수용하는 서비스이며, 응용에 따라 다양한 서비스로 구현될 수 있다. O-RAN에서는 mMTC 네트워크 슬라이스가 구성된 상황에서 주변 정보를 수집하는 센서를 UE 역할을 하고, 이를 응용서버로 주기적으로 전송하는 시나리오에 대한 시험 항목을 정의하고 있다. 센서(UE)를 다양한 무선 조건하에 배치하고, RACH 성공률, 페이징 성공률, 패킷 지연시간, DRX Sleep Time 등을 측정한다. 이 KPI들은 단말 및 네트워크에서 측정할 수 있는 mMTC와 관련된 일반적인 파라미터들이며, 서비스 특장적인 KPI를 추가적으로 정의할 수도 있다.

- 보안 시험

O-RAN 시스템도 3GPP 시스템의 일부이므로,

보안과 관련되어 3GPP SA3에서 요구하는 gNB Security Assurance 규격의 요구사항을 만족하여야 하며, 관련 시험 항목을 정의하고 있다. 또한, 옵션으로 DoS 공격 등에 대한 시험 항목을 정의하고 있다. 최근 분산 노드가 기본인 O-RAN 구조에서 보안 위협이 국제적인 정세와 맞물려 큰 이슈로 부각되어 논의되고 있으며, 최근 O-RAN TIFG에서는 보안 시험 규격은 별도의 문서(WG11 담당)에서 다루기로 결정한 바가 있다.

- 부하 및 스트레스 시험

중단간 네트워크 관점에서 RAN의 부하나 스트레스 상황에서의 Tolerance에 대한 시험으로, 실제 필드에서 일어날 수 있는 다양한 트래픽 패턴을 처리하는 능력을 확인하는 것을 목적으로 한다.

- 동시 무선연결설정 단말수

다수의 UE를 접속하여 gNB에서 RRC_CONNECTED 상태의 최대 UE수를 측정한다. 접속한 UE들은 ping과 같은 작은 사이즈의 사용자 평면 트래픽을 주기적으로 전송하여 RRC_CONNECTED 상태(최소 3분 이상)를 유지하여야 한다.

- UE 상태 천이에 대한 Benchmark

다수의 UE를 gNB에 연결하여, 단위시간 당 상태천이 처리율을 측정한다. 즉, 특정 수의 단말들(100UEs, 200UEs, ...)을 gNB에 적절한 속도로 접속한 다음, 그 단말들을 RRC IDLE과 RRC CONNECTED를 특정 시간 동안 천이할 수 있게 한다. 접속 단말의 수를 조절하면서, 연결 실패가 나올 때까지 특정 시간 동안 단말들이 상태천이를 반복할 수 있게 하고, 그 측정을 반복하여 그때까지의 단말수와 단위시간 상태천이율을 측정한다.

- 트래픽 부하 시험

다수의 UE들이 데이터를 송수신하게 하여, 부하상태에 있는 gNB의 안정성을 체크하는 것을 목적으로 한다. UDP 업/다운링크 트래픽을 발생하

는 X개(예: 10 UEs)의 UE를 단위초당 연결하기 시작하고, N개(예: 1000UEs)의 UE가 될 때까지 연결한다. 그다음 초당 X개의 UEs를 연결해제하고 다시 X개의 새로운 UE들을 연결한다. 이때 전체 UDP 트래픽은 최대 Cell Throughput을 넘지 않도록 한다. 최소 5분 동안 안정적으로 동작하는지 확인하고, RRC Access 성공률, 업/다운링크 Packet 에러율을 측정한다.

- 트래픽 모델 시험

UE의 등록/해제, 업/다운링크 데이터전송, 핸드오버와 같은 다양한 행동의 조합을 시나리오로 모델링하여 gNB 부하를 시험하는 것이다. 다양한 시나리오의 트래픽 모델이 가능하며, 구축 환경에 따른 전형적 시나리오에 대한 예를 제공하고 있다. 시나리오에 따른 성공률, 평균 Throughput 등을 측정한다.

- 장시간 안정성 시험

특정한 트래픽 모델에 대한 장시간(예: 24시간) 동안 운영을 수행하는 시험이다. 시험 시간을 가변하면서—최소 12시간에서 최대 60시간까지 권고—성공적으로 시험한 시간을 측정한다.

- 멀티 셀 시험

특정한 트래픽 모델을 기반으로 기지국의 일부 셀 또는 전체 셀에 부하를 가함으로써 기지국의 처리 능력을 시험하는 것이다. 단, DUT 셀들 간의 inter-cell 간섭은 배제한 상황에서 시험한다. 이 시험은 트래픽 모델 시험을 multi-cell 환경에서 시험하는 것으로, DUT 셀들 간의 다양한 핸드오버를 포함할 수 있다.

- 응급호와 재난문자 방송 서비스

응급호는 기지국의 과부하상황에서도 제공되어야 하는 필수 서비스이다. 과부하 상황을 환경적으로 구성하고, 응급호 성공률을 측정한다. 재난문자 방송서비스 역시 유사하게 기지국의 과부하 상황을

구성하고, 단말로의 재난문자 1차 2차 전송에 대한 성공률을 측정한다.

- RIC-Enable 중단간 유스케이스 시험

O-RAN에서는 Non-RT RIC과 Near-RIC 기능을 도입하였고, 이를 통해 O-RAN 구축을 통해서만 가능한 다양한 유스케이스를 식별·정의하고 있다[4]. O-RAN 시스템의 도입과 구축을 위해서는 O-RAN 시스템만이 제공할 수 있는 유스케이스들을 시험하여 그 특징과 유용성을 확인하는 것이 중요하다. 멀티셀 환경에서 UE들의 트래픽 사용 패턴과 셀 위치 등에 기반하여 서비스 최적화를 수행하는 Traffic Steering 유스케이스에 대한 시험 항목을 현재 정의하고 있다. 셀 레벨, 사용자 레벨, 서비스 QoE 관련된 KPI들을 Traffic-Steering이 적용된 경우와 적용되지 않은 경우를 측정 비교한다. 최근 OPEX 비용 절감 측면에서 유용한 Energy Saving 유스케이스도 Plugfest에서 PoC 시연되었고, 관련 시험 항목의 공격 작업도 진행되고 있다.

IV. 결론

O-RAN Alliance에서는 개방형 무선접속망에 대한 구조와 기술 규격을 제정하여 특정 벤더의 종속성을 탈피하고, 경쟁적 환경의 조성을 통해 통신사업자의 네트워크 구축·운영 비용 절감을 실현하고, 나아가 가상화된 플랫폼에서 AI/ML 기반의 지능화된 Feature들을 도입하여 RAN 영역에서의 지속적인 진화를 추진하고 있다. 현재의 수직적인 이동통신 네트워크 구축/운영에서 벗어나 멀티 벤더 기반의 수평적이며 개방적인 RAN 환경의 도입과 구축을 위해서는 O-RAN 공인시험소인 OTIC의 역할은 매우 중요하다.

최근 정부에서도 국내 장비제조사들의 기술 경쟁력과 통신사업자들의 참여도를 집중시키고 관련 생

태계 활성화에 대한 노력을 진행하고 있다. 이러한 노력의 실제적인 수단으로써 최근 Korea OTIC의 탄생은 그 시작점에 있다고 할 수 있다.

본고에서는 O-RAN 제품의 글로벌 경쟁력을 확보하기 위해 반드시 필요한 O-RAN 공인시험에 대한 프로세스와 기술적 절차에 대해서 기술해 보았다. 그리고 E2E 시스템 시험 기술은 사업자의 O-RAN 도입을 위한 검증뿐만 아니라 5G 특화망(이음 5G)과 같이 독립적인 5G 시스템을 도입 구축하고자 하는 수요처에서 반드시 확인되어야 할 시험들에 대한 내용을 시사해준다.

거세어지고 있는 국내외 개방형 통신시장 환경 속에서 글로벌 기술 경쟁력 확보를 위해서 장비제조사, 통신사업자의 개별적인 노력과 함께 정부를 비롯한 시험인증기관, 민관협의체 등의 상생적이고 유기적인 협업이 활발히 진행되기를 기대해 본다.

용어해설

O-RAN 이동통신 기지국 장비의 벤더 종속성을 탈피하여, O-RU, O-DU, O-CU 등 네트워크 기능들을 분리하여 개방형 인터페이스로 표준화하고, 가상화 기술의 적용을 통한 네트워크 기능의 소프트웨어화 및 AI/ML 기술을 통해 지능형 서비스 적용이 가능한 플랫폼 구조를 지향하는 기술 또는 이를 추진하는 표준화 단체

프론트홀 O-RU와 O-CU를 연결하는 전송구간으로 O-RAN의 대표적인 개방형 인터페이스. 프론트홀의 전송지연은 O-RU와 O-DU 간의 처리량과 처리시간을 고려하여 20km 이내로 구성하는 것이 일반적임.

약어 정리

AR	Augmented Reality
BLER	Block Error Rate
CP	Control Plane
DUT	Device Under Test
E2E	End-to-End
ICS	Implementation Conformance Statement
IOT	Interoperability Test

IUT	Interface Under Test
MCS	Modulation Coding Scheme
mMTC	massive Machine Type Communication
O-CU	Open Central Unit
O-DU	Open Distributed Unit
O-RU	Open Radio Unit
OTIC	Open Testing and Integration Center
PRB	Physical Resource Block
RIC	RAN Intelligent Controller
SUT	System Under Test
TIFG	Testing and Integration Focus Group

UP	User Plane
URLLC	Ultra Reliable and Low Latency
ViNR	Video over NR
VoNR	Voice over NR

참고문헌

- [1] O-RAN Alliance, <https://www.o-ran.org/>
- [2] O-RAN, Certification and Badging Processes and Procedures 7.0, 2023. 6.
- [3] O-RAN, End-to-end Test Specification 4.0, 2022. 10.
- [4] O-RAN, O-RAN Use Cases Detailed Specification 11.0, 2023. 6.