

네트워크 자동화 오픈 플랫폼 동향 : IETF IBN & LF ONAP

| 작 성 | 경남대학교 석승준교수 (sjseok@kyungnam.ac.kr)

- 『AI Network Lab 인사이트』는 인공지능, 클라우드, 5G 등 4차 산업혁명의 핵심인 지능정보기술과 네트워크 신기술에 대한 동향을 간략하고 심도 있게 분석한 보고서입니다.
- 본 연구보고서는 과학기술정보통신부의 방송통신발전기금조성사업, 한국지능정보사회진흥원의 초연결지능형연구개발망 구축운영사업의 연구과제 결과이며, 한국지능정보사회진흥원/한국능률협회와 공동 기획하였습니다.
- 본 보고서의 내용의 무단 전재를 금하며, 가공인용할 때는 반드시 출처를 『한국지능정보사회진흥원(NIA)』 이라고 밝혀 주시기 바랍니다.
- 본 보고서의 내용은 한국지능정보사회진흥원의 공식 견해와 다를 수 있습니다.

발 행 처 한국지능정보사회진흥원

발 행 인 황종성

기 획 한국지능정보사회진흥원 지능형인프라본부 공공인프라팀

보 고 서 온라인 서비스 www.nia.or.kr



Contents

보고서 요약

(1) 보고서 요약	5
------------------	---

보고서 주요 내용

(1) 네트워크 자동화와 인텐트 기반 네트워킹	8
(2) IETF의 인텐트 기반 네트워킹 (IBN)	12
(3) Linux Foundation의 네트워크 자동화 오픈 플랫폼 (ONAP)	16
(4) ONAP 사용 사례 (Use Case)	23
(5) 결론 및 시사점	28

참고문헌	29
------------	----

- 인공지능 기술이 발전하면서 사용자의 의도를 이해하고 관리자가 직접 개입하지 않는 자동화 네트워크와 인텐트 기반 네트워킹(IBN)에 관한 논의가 가속화되고 있다. 인공지능 기술이 네트워크에 도입되면서 네트워크 제어 및 관리 분야에서 관리자의 개입 없이 자동화가 가능할 것이다. IBN 모델들은 공통적으로 사용자의 인텐트를 해석하고, 인텐트에 맞도록 네트워크 자원 배정을 배정하며, 폐쇄 제어 루프를 통해 사용자 인텐트를 보장하는 3가지 기능 요소들을 갖는다.
- 인터넷 표준화 기구인 IETF에서 IBN 용어 및 개념 그리고 기본 구조를 제시하기 위해 RFC 9315 표준 문서를 발표하였다. RFC 9315는 IETF IBN에 대한 최소한의 가이드라인만 제시한다. 하지만 인터넷을 포함한 범용적인 네트워크 규격이 될 것이므로 타 기관의 모델에도 IETF 규격을 지원할 것이다.
- 리눅스 재단의 ONAP은 종단간 서비스의 설계, 구축 및 통합관리 기능과 자동화된 네트워크 운영 및 서비스 관리 기능을 제공하는 네트워크 관리 프레임워크(Management Framework)이다. ONAP은 오픈소스 구조를 지향하고 있으며 효과적인 개발을 위해서 다른 Linux Foundation 프로젝트 및 다른 기관 프로젝트들과 연동하는 구조이다. ONAP 플랫폼의 아직 성과와 구조가 완성되지는 않았지만 범용 네트워크에 적용될 수 있고 개방형 오픈 소스 플랫폼 측면에서 관심을 가지고 지켜볼 필요가 있다.
- 본 고는 IBN 및 ONAP 플랫폼과 관련해 발표된 기고문, 백서, 표준문서, 발표자료 등을 정리하여 작성하였다. 특히, IETF RFC 9315 표준문서를 요약하여 IETF의 인텐트 기반 네트워킹 구조를 정리하고 리눅스 재단의 ONAP 프로젝트 홈페이지의 공개 자료와 ONAP 구조 백서 자료를 요약하여 ONAP 플랫폼 구조와 주요 사용 사례에 관해서 설명하였다.

보고서 요약

(1) 인텐트 기반 네트워킹(IBN)

- 네트워크 사용자의 인텐트(Intent, 의도)에 맞는 네트워크 서비스를 효율적으로 제공하고자 하는 개념으로 인텐트 기반 네트워킹(Intent-Based Networking, IBN)가 활발히 논의되고 있다. IBN 개념은 인공지능(Artificial Intelligence, AI) 기술과 결합 되면서 네트워크 제어 및 관리 분야에서 자동화 네트워크(Automatic Networks)를 구현하고자 하는 시도이다. IBN 모델들은 공통적으로 사용자의 인텐트를 해석하고, 인텐트에 맞도록 네트워크 자원 배정을 배정하며, 폐쇄 제어 루프를 통해 사용자 인텐트를 보장하는 3가지 기능 요소들을 갖는다.

(2) IETF 인텐트 기반 네트워킹(IBN)

- IETF에서는 통신 분야 산업계에서 혼란스럽게 사용되고 있는 인텐트 기반 네트워킹(IBN)과 관련된 용어 및 개념 그리고 기본 구조를 제시하기 위해 RFC 9315 표준 문서를 제시하였다.
- IETF의 IBN 구조는 인텐트 이행(Intent Fulfillment)와 인텐트 보증(Intent Assurance) 카테고리의 기능으로 구성된다. 인텐트 이행 카테고리는 사용자의 인텐트를 네트워크에 전달하고 네트워크 내에서 인텐트가 달성되기 위한 조치를 수행한다. 인텐트 보증 카테고리는 네트워크가 실제로 인텐트를 준수하는지 확인하고 모니터링할 수 있는 기능과 인터페이스 그리고 조정한다.

(3) Linux Foundation의 ONAP 플랫폼

- ONAP는 다중 인프라와 네트워크 환경에서 종단간 서비스의 설계, 구축 및 통합관리 기능과 자동화된 네트워크 운영 및 서비스 관리 기능을 제공하는 네트워크 관리 프레임워크(Management Framework)로 통신, 케이블 및 클라우드 사업자와 벤더들을 위한 공통 플랫폼 필요성에 대응할 수 있다.
- 네트워크 자동화를 위한 ETSI의 ENI, ZSM, ITU-T의 ML5G, 3GPP NWDAF 모

델과 달리 ONAP는 오픈소스 구조를 지향하고 있으며 효과적인 개발을 위해서 다른 Linux Foundation 프로젝트 및 다른 기관 프로젝트들과 연동하는 구조이다.

- Linux Foundation에서 ECOMP(Enhanced Control, Orchestrator, Management & Policy) 프로젝트와 Open-O(OPEN-Orchestrator) 프로젝트를 통합한 오픈소스 프로젝트로 2017년 2월 개방형 네트워크 운영 자동화 플랫폼 개발을 목표로 시작되었다. ONAP 표준 구조는 아직 완성되지 않았고 최근 11번째 문서(R11 Kohn Release)가 발표되었다.
- ONAP는 설계-타임 프레임워크와 동작-타임 프레임워크 내 서비스 설계, 서비스 구축, 서비스 운영의 3가지 기능 블록으로 구성된다. 또한 ONAP는 마이크로서비스 컴포넌트 기반 구조로 필요한 기능들을 Docker 컨테이너(Container)로 배포해서 플랫폼의 관리를 수월하게 한다. ONAP 플랫폼은 설계된 서비스를 동적으로 대응하는 데 필요한 "폐쇄 루프 자동화"를 제공한다. 폐쇄 루프 제어는 DCAE, CMAMP 등을 포함한 ONAP 운영-타임 컴포넌트들에 의해서 제공된다.
- ONAP 프로젝트는 실제 사용 사례(Use Case)를 테스트하고 청사진(Blueprints)을 제시한다. 이러한 방식으로 새로운 서비스를 시험하고 출시하는 작업을 단순화하고 크게 가속화 할 수 있다. 최근 5G 분야 사용 사례와 인텐트 기반 네트워킹 사용 사례를 지속적으로 검증하고 있다.

※ 시사점

최근 5G 이동통신, SDN/NFV, 클라우드 컴퓨팅, Wi-Fi 기술 등이 복합되어 이동통신 네트워크, 인터넷, 클라우드 서비스가 복잡하게 결합되고 있다. 또한 인공지능 기술이 발전하면서 사용자의 의도를 이해하고 관리자가 직접 개입하지 않는 자동화 네트워크와 인텐트 기반 네트워킹(IBN)에 관한 논의가 가속화되고 있다. 인공지능 기술은 해결하지 못하였던 많은 네트워크 관리 및 제어 이슈들을 해결하거나 근본적으로 예방할 수 있을 것이다.

3GPP, ETSI, ITU-T 기구들에서는 각각 네트워크 자동화 규격을 개발하고 있으나 대상으로 하는 네트워크가 제한적이어서 인터넷을 포함한 범용적인 네트워크 규격과는 거리가 있을 것이다. 따라서 IETF의 IBN 규격은 미래 인터넷의 고도화를 위해 꼭 필요할 것이고 타 모델에도 IETF 규격을 수용하게 될 것이다. IETF의 표준 성격상 최소한의 가이드라인만 제시할 것이지만 인터넷 분야의 영향력은 클 것이다. 따라서 우리는 IETF의 IBN 표준화의 동향도 잘 살펴볼 필요가 있다.

통신 네트워크에 SDN/NFV 및 클라우드 시스템이 도입되면서 ONOS와 같은 리눅스 재단 솔루션들의 역할이 늘어나고 있으므로 리눅스 그룹에서는 네트워킹 플랫폼 오픈소스 개발을 중요한 목표로 하고 있다. 이러한 배경에서 리눅스 재단에서 추진하고 있는 개방형 네트워크 자동화 플랫폼인 ONAP 오픈 플랫폼 개발은 중요한 시사점이 있다. ONAP 플랫폼의 아직 성능과 구조가 완성되지 않았지만 범용 네트워크에 적용될 수 있는 측면에서 관심을 가지고 지켜볼 필요가 있다.

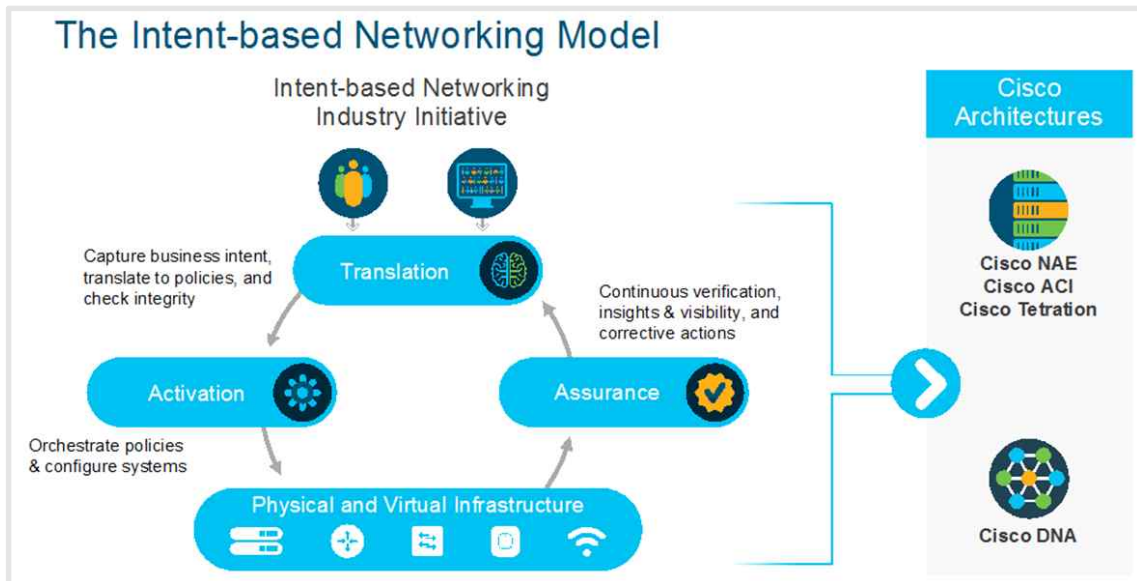
주요 내용

(1) 네트워크 자동화와 인텐트 기반 네트워킹

- 고속의 안정적인 통신 및 컴퓨팅 서비스는 사회와 산업분야의 디지털 전환(Digital Transformation)의 핵심요소이다. 하지만 오히려 통신 네트워크 운영에 있어서 디지털 전환(Digital Transformation)이 여러 가지 이유로 지연되고 있다. 이것이 인공지능 기술을 기반으로 자동화 네트워크(Automatic Networks) 혹은 자율 네트워크(Autonomous Networks) 기술이 개발되어야 하는 이유이다.
- 한편, 최근의 네트워크 산업 분야에서는 5G 이동통신 네트워크, 소프트웨어 기반 네트워크 기술(NFV, SDN), Edge Cloud 기술들이 개발되고 구축되면서 이동통신 서비스와 인터넷의 경계가 모호해졌으며 소프트웨어를 통한 말단부터 백본의 장치들을 세밀하고 유연하게 설치, 운영, 제어할 수 있게 되었다.
- 최근, 인공지능(Artificial Intelligence, AI) 기술이 발달하면서 네트워크 제어 및 관리 분야에서 관리자의 개입 없이 자동화 네트워크(Automatic Networks)를 구현하고자 하는 시도가 여러 표준화 기구와 벤더들에게서 나타나고 있다.
- 네트워크 자동화를 구현하기 위한 개념으로 2016년 Gartner Research에 의해서 인텐트 기반 네트워킹(Intent-Based Networking, IBN) 개념이 제시되었다. 이는 네트워크 사용자의 인텐트(Intent, 의도)에 맞는 네트워크 서비스를 효율적으로 제공하는 것으로 기술이 아니라 개념이다.
- 먼저, "인텐트(Intent)"라는 용어는 자동화 네트워크(Autonomic Networks)의 맥락에서 처음 도입되었으며, 여기서 "네트워크를 운영하기 위한 추상적이고 높은 수준의 정책(Policy)"으로 정의한다. 즉, 인텐트는 사람의 개입 없이 작동하는 자율 네트워크에 지침을 제공하기 위한 특정 유형의 정책이다. 인텐트는 비즈니스 및 애플리케이션을 지원하기 위해 네트워크에서 예상되는 또는 네트워크에 요구하는 동작에 대한 상위 수준 표현으로도 볼 수 있다.
- 기존의 물리 노드별 네트워크 관리에서 자율 네트워크(IBN)로 개념으로 전화되면 자동화 네트워크 시스템은 네트워크 장치별 특정 벤더나 운영체제에 관계없이 사용자 인텐트 혹은 서비스 목표에 따라 자율적으로 자체 작동, 자체 조정, 그리

고 자체 수정을 수행한다.

- 따라서, 인텐트 기반 네트워킹(IBN) 모델은 기존 네트워크에 비해 관리적 측면에서 복잡성 관리 향상, 리스ٹ 관리 향상, 안전성 향상, 민첩성 가속, 네트워크 데이터 향상 등의 장점이 있다.
- 여러 벤더과 표준 기관들이 제시하는 IBN 모델들은 구현 방식은 약간 차이가 나지만 공통적으로 ① AI 기반으로 사용자의 인텐트를 해석하고, ② 사용자의 의도에 맞도록 AI를 통해 네트워크 자원 배정을 배정하며 ③ 사용자의 인텐트가 보장되도록 동적으로 변화하는 네트워크 데이터를 수집해서 AI를 이용하여 상황을 분석하고 적절한 추가 작업을 수행하는 3가지 기능 요소들을 갖는다.
- CISCO의 IBN 모델인 DNA 시스템에서는 사용자 인텐트에 대한 네트워크 서비스를 Translation, Activation, Assurance의 순환 동작으로 구현되도록 한다.[2]

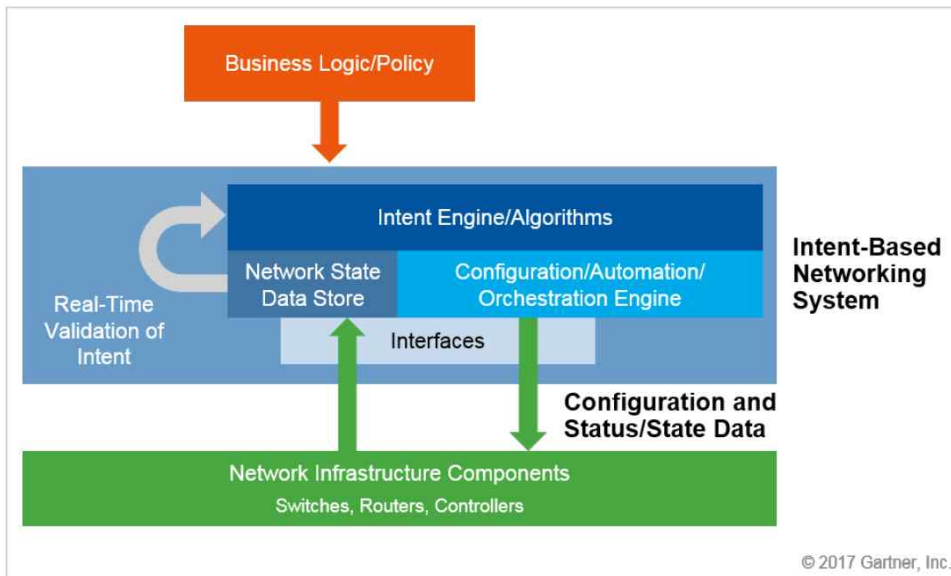


[그림 1] CISCO 인텐트 기반 네트워킹 모델[2]

- ✓ Translation(인텐트 번역) : 인텐트 번역 기능 사용자의 인텐트를 수집해서 네트워크 및 시스템에 대한 정책으로 변환하는 기능이다. 인텐트 번역은 인텐트 캡처로부터 시작하며 여러 경로로 캡처될 수 있다. 사용자가 요구 사항을 직접 제공하거나 네트워크 동작을 분석하는 내부 프로파일링 도구가 요구 사항을 자동으로 생성할 수도 있다. 인텐트가 캡처되면 인프라/네트워크에서 실행될 수 있도록 유효성을 검사해야 한다.
- ✓ Activation(활성화) : 인텐트 활성화는 자동화된 방식으로 네트워크에 인텐

트로부터 번역된 정책 및 구성을 설치하는 기능이다. 여기에는 물리/가상 스위치와 라우터 같은 네트워크 요소뿐만 아니라 소프트웨어 기반 에이전트까지 대상이 된다.

- ✓ Assurance(보증) : 인텐트 보증은 네트워크에 설치된 인텐트가 정확하게 작동하는지 네트워크 데이터를 분석해서 지속적으로 검증하고 필요 시 네트워크 설정을 조정하는 기능이다. 보증은 인텐트 기반 네트워킹을 구현하기 위한 중요한 부분으로 이전에는 자동화 네트워크에서 필수적인 기능이다.
- 가트너가 제시한 인텐트 기반 네트워킹 시스템(Intent-Based Networking System, IBNS)은 내부에 사용자로부터 인텐트를 수집하는 상위 인터페이스와 네트워크 인프라와 연동되는 하위 인터페이스를 갖는다.[3]



[그림 2]. 가트너 인텐트 기반 네트워킹 모델[3]

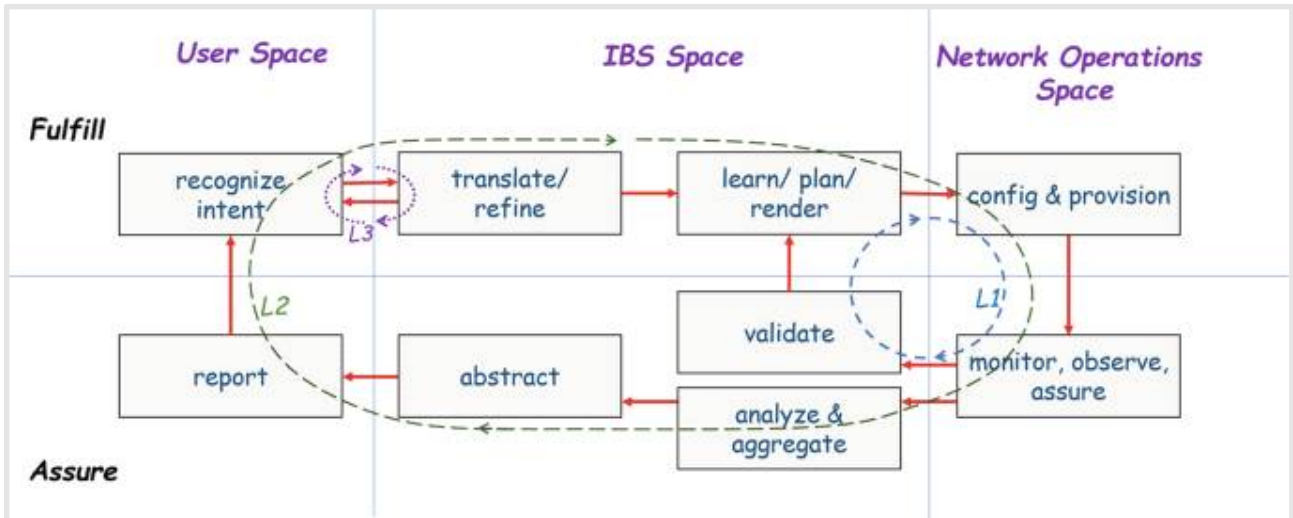
- 가트너의 IBNS 시스템은 다음의 동작으로 구성된다.[3]
 - ✓ 번역 및 검증(Translation & Validation) : 사용자로부터 상위 수준의 비즈니스 정책(Policy)을 입력받아 필요한 네트워크 구성(Configuration)으로 변환한다. 그다음으로 설계(Design) 및 구성(Configuration)내역을 검증한다.
 - ✓ 자동화된 구현(Automated Implementation) : 시스템은 네트워크 자동화 또는 네트워크 오케스트레이션을 통해 적절히 네트워크 설정을 변경한다. 이 동작은 관리자의 개입 없이 자동화 되어 수행된다.
 - ✓ 네트워크 상태 인식(Awareness of network state) : 시스템의 실시간 네트

워크 상태 정보를 수집하며 분석한다.

- ✓ 보증 및 동적 최적화(Assurance and dynamic optimization/remediation) :
시스템은 처음 비즈니스 인텐트가 충족되고 있는지 실시간으로 지속적으로
확인하고 만약 충족되지 못할 경우 조정을 수행한다.
(예 : 트래픽 차단, 네트워크 용량 수정 또는 알림)

(2) IETF의 인텐트 기반 네트워킹(Intent-Based Networking, IBN) 구조 [6, 7]

- IETF에서는 통신 분야 산업계에서 혼란스럽게 사용되고 있는 인텐트 기반 네트워킹(IBN)과 관련된 용어 및 개념 그리고 기본 구조를 제시한다.
- IETF는 2017년부터 IBN 관련 논의를 시작하였으며 2022년 10월 IBN 기본 개념과 구조에 관한 첫 표준 문서로 RFC 9315를 발표하였다.
 - ✓ draft-clemm-nmrg-dist-intent-00 : “Distinguishing Intent, Policy, and Service Models”, (2017년 10월)
 - ✓ draft-clemm-nmrg-dist-intent-01 : “Clarifying the Concepts of Intent and Policy”, (2018년 7월)
 - ✓ draft-clemm-nmrg-dist-intent-02 : “Intent-Based Networking – Concepts and Overview”, (2019년 7월)
 - ✓ draft-clemm-nmrg-dist-intent-03 : “Intent-Based Networking – Concepts and Overview”, (2019년 11월) -> 이후 RFC 9315로 통합됨
 - ✓ draft-irtf-nmrg-ibn-concepts-definitions-00 ~ 09 : “Intent-Based Networking – Concepts and Definitions”, (2019년 12월) -> RFC 9315로 승인 (2022년 10월)
- IETF의 IBN 모델은 두 가지 카테고리의 기능들로 구성된다.
 - ✓ 인텐트 이행(Intent Fulfillment) 기능 그룹(카테고리)은 사용자의 인텐트를 네트워크에 전달할 수 있도록 하고 인텐트가 달성되도록 필요한 조치를 수행할 수 있도록 하는 기능과 인터페이스를 제공한다. 여기에는 적절한 조치 과정을 결정하는 알고리즘과 시간이 지남에 따라 결과를 최적화하는 방법을 학습하는 기능이 포함됩니다. 또한 네트워크 전반에 걸친 구성(Configuration) 작업의 오케스트레이션 기능 그리고 상위 수준 추상화(인텐트)를 하위 수준 매개변수 및 제어 노브로 변환하는 것과 같은 기능도 포함합니다.
 - ✓ 인텐트 보증(Intent Assurance)는 기능 그룹은 네트워크가 실제로 인텐트를 준수하는지 확인하고 모니터링할 수 있는 기능과 인터페이스를 제공한다. 이것은 Intent Fulfillment 과정에서 취한 조치의 효과를 평가하는 데 필요하며 또한 결과를 최적화하기 위해 시간이 지남에 따라 해당 기능을 학습하고 조정할 수 있는 중요한 피드백을 제공합니다.



[그림 3] IETF RFC 9315, Intent Life Cycle [6]

가. 인텐트 이행(Intent Fulfillment) 프로세스

- 인텐트 이행 프로세스는 사용자(일반적으로 담당 조직의 관리자)의 인텐트를 시스템이 받아서 네트워크에서 인텐트가 실현될 때까지의 기능을 포괄한다. 인텐트 이행 과정은 인텐트 수집(Ingestion), 인텐트 번역/변환(Translation), 인텐트 오케스트레이션(Orchestration) 순서로 동작한다.
- 인텐트 이행 과정의 첫 번째 기능은 "인텐트 수집(Intent Ingestion)" 이다.
 - ✓ IBS(Intent-Based System)는 사용자와의 상호 작용을 통해서 인텐트를 인식한다. 이 과정에서 인텐트는 IBS에서 실행 가능하도록 구체화하고 명확하게 표현될 수 있다.
 - ✓ IBS는 인텐트 수집 단계의 워크플로우를 통해 인텐트 모델링 및 다음의 인텐트 번역에 필요한 정보를 수집한다. 또한 인텐트 수집 단계에서 사용자와 IBS 사이 인텐트 요청에 관해 상호 절충하는 과정이 수행될 수 있다.
- 인텐트 이행 과정 중 인텐트 번역(Intent Translation)은 사용자 인텐트를 네트워크 구성(Configuration) 및 프로비저닝(Provisioning) 시스템에서 적용될 수 있는 조치 및 요청으로 변환하는 동작이다.
 - ✓ 이 기능은 IBS의 핵심 기능이고, IBS는 사용자의 인텐트와 네트워크 프로비저닝 및 구성 사이에서 조정해야 한다. 단순히 상위 계층에서 요약된 정보(인텐트)를 하위 계층의 정보(정책 및 장치 구성)으로 나누는 것을 넘어, 최적의 IBS의 성과를 얻을 수 있도록 시간이 지남에 따라 지속적으로 학습하고 개선할 수 있어야 한다.

- Intent Fulfillment 중 인텐트 오케스트레이션(Intent Orchestration) 기능 세트는 실제 네트워크 구성 및 프로비저닝 처리를 수행하는 단계이다. 이 단계에서는 이전 인텐트 번역 단계에 의해 결정된 조치와 요청에 대해서 네트워크 자원을 오케스트레이션 한다.

나. 인텐트 보증(Intent Assurance) 프로세스

- 인텐트 보증 프로세스는 인텐트 이행 과정 처리 후 원하는 인텐트가 실제로 준수 되는지 확인하고 조정하는 데 필요한 기능을 포괄한다. 인텐트 보증 과정은 모니터링(Monitoring), 인텐트 준수 보증(Intent Compliance Assurance), 인텐트 조정(Intent Compliance Action), 요약/통합/리포트(Abstraction/Aggregation/ Reporting) 동작이 포함된다.
- 인텐트 보증 기능 중 첫 번째는 모니터링(Monitoring)기능으로 네트워크 상태를 모니터링하고 관찰한다.
 - ✓ 모니터링 기능에는 네트워크 이벤트 및 네트워크 성능 이상 값에 대한 모니터링, 서비스 제공 수준 평가를 위한 측정 수행, 원격 측정 데이터 생성 및 수집과 같은 일반적인 보증 기능(Assurance Functions)이 포함된다.
 - ✓ 모니터링 결과는 네트워크 동작이 의도(Intent)에 따라 예상되는 것과 일치하는 지를 평가하는 다음 동작에서 사용된다.
- 인텐트 보증의 핵심에는 모니터링 및 관찰되는 실제 네트워크 동작이 인텐트에 준수하는지 여부를 지속적으로 평가하고 검증하는 것이다.
 - ✓ 이 기능에서는 인텐트 이행 과정에서 윌했던 효과의 정도를 측정하기 위해 모니터링에서 관측된 데이터를 분석하고 평가한다. 또한, 인텐트 이행 과정을 최적화 하도록 평가 결과를 인텐트 이행 과정으로 피드백한다.
 - ✓ 인텐트 준수(Intent Compliance) 평가에는 시간이 지남에 따라 인텐트 드리프트(Intent Drift, 시간이 지나면서 인텐트가 어긋나는 현상)가 발생하는지 평가하는 것도 포함된다. IBS는 인텐트 드리프트가 발생하거나 발생하려고 하는 시점을 감지하고 드리프트의 심각도를 평가할 수 있어야 한다.
- 인텐트 조정(Intent Compliance Action)는 인텐트 드리프트가 발생하거나 네트워크 동작이 원하는 인텐트와 일치하지 않는 경우 시정 조치를 시작할수 있는 기능이 필요하다.

- ✓ 여기에는 인텐트 드리프트를 해결하고 네트워크를 다시 의도된 상태로 만드는 데 필요한 작업이 포함됩니다. 또는 필요한 경우 운영자에게 보고해야 하며 원래의 인텐트 이행(Intent Fulfillment) 프로세스가 인텐트 상황에 적절하게 대응하는데 필요한 정보와 도구를 제공하도록 해야 한다.
- 인텐트 보증(Intent Assurance)의 결과는 사용자가 결과를 의도(Intent)와 연관시킬 수 있는 방식으로 사용자에게 다시 보고되어야 한다.
 - ✓ 이를 위해서는 관찰 결과를 적절하게 집계(Aggregation), 분석(Analysis) 및 요약(Abstraction)할 수 있는 일련의 기능이 필요하다.
 - ✓ 세부적인 성능 통계 및 설정 값과 같은 낮은 수준의 정보는 사용자가 해석하고 조치를 취할 수 있는 개념으로 요약되어야 하고 시각화되어야 한다.

(3) Linux Foundation의 네트워크 자동화 오픈 플랫폼(ONAP) [8, 9, 10]

- ONAP는 SDN/NFV 기반 end-to-end network service 설계, 구축, 통합관리 기능과 실시간 정책 기반 운영 자동화 기능을 제공하는 관리 프레임워크(Management Framework)로 통신, 케이블 및 클라우드 사업자와 벤더들을 위한 공통 플랫폼 필요성에 대응할 수 있다.
- ONAP는 2017년 2월 Linux Foundation에서 개방형 네트워크 운영 자동화 플랫폼 개발을 목표로 ECOMP(Enhanced Control, Orchestrator, Management & Policy) 프로젝트와 Open-O(OPEN-Orchestrator) 프로젝트를 통합한 오픈소스 프로젝트이다.
 - ✓ ECOMP는 2016년 AT&T가 개발한 SDN/NFV 플랫폼으로 SDN 자동화, 서비스 배포, 검증, 성능 관리 및 장애관리 기능을 제공한다.
 - ✓ Open-O 역시 SDN과 NFV 운영을 위한 Orchestrator 프레임워크 개발을 목표로 추진한 오픈소스 프로젝트이다.



[그림 4] Linux Foundation의 ONAP 프로젝트 [9]

가. ONAP 플랫폼 개요

- ONAP 프로젝트 목표는 다음과 같다.
 - ✓ End-to-End Automation : 네트워크 서비스 수명 주기(Life Cycle)를 자동화하기 위한 플랫폼으로 지리적/관리범위의 제약 및 사용 기술 혹은 계층 구조를 넘어서는 오케스트레이션 및 자동화를 방법을 제시한다.
 - ✓ Industry Harmonization : 글로벌 네트워크 및 솔루션들을 연동시킬 수 있는 플랫폼으로 이를 위해 공통 기능, 개방형 플랫폼, 그리고 API를 제공한다.
 - ✓ Efficient Deployment : 플랫폼 구축 및 관리 비용과 시간을 줄이도록 오픈소스 기반 플랫폼으로 모듈형 컴포넌트 구조를 갖는다.

- ✓ Automatic Operation : 네트워크를 자동화하고 네트워크 서비스 운영을 최적화하기 위해서 네트워크 데이터 실시간 분석과 폐쇄 루프(Closed-Loop) 제어를 수행한다.
- 서비스 설계, 구축, 및 생명주기(lifecycle) 관리를 위해 ONAP 플랫폼은 다음의 원칙에 따라 네트워크 인프라와 서비스를 분리하는 구조를 갖는다.
 - ✓ Dynamically Introducing : 새로운 플랫폼 소프트웨어 릴리스가 필요하거나 기존 서비스의 운영에 영향을 미치지 않고 새로운 서비스와 기술 그리고 서비스 API 등을 동적으로 도입할 수 있는 능력
 - ✓ Carrier-Grade Scalability : 다수의 서비스와 대규모 캐리어급 네트워크를 지원하기 위해 수평적 확장(선형적 확대) 및 배포 가능함
 - ✓ Metadata-driven and policy driven architecture : 메타데이터 기반 및 정책 기반 아키텍처를 통해 유연하고 자동화된 방식 보장
 - ✓ Common/Shared Service : 플랫폼 핵심 기능을 공통 서비스로 개발하여 사용자 공유
- ONAP 플랫폼을 통해 동적으로 네트워크 서비스를 설계(Design), 엔지니어링(Engineer), 계획(Plan), 청구(Bill) 및 보장(Assure)하기 위해서 세 가지 핵심 기능 요소가 필요하다.
 - ✓ 서비스 디자인(Service Design) : 서비스를 구성하는 리소스 및 이들 간 관계 모델링, 서비스 동작에 대한 정책과 규칙을 지정할 수 있는 기능 요소
 - ✓ 오케스트레이터 및 컨트롤러(Service Orchestrator & Controller) : 설계된 서비스를 제공하기 위해 탄력적이고 효율적인 방법으로 네트워크 자원을 구축하고 관리하는 기능 요소
 - ✓ 분석(Analysis) : 설계되고 구축된 서비스를 수명 주기 동안 동작을 면밀히 모니터링하는 분석하는 기능 요소. 폐쇄 루프 최적화를 위해 분석 기능은 오케스트레이터 및 컨트롤러 기능 요소와 면밀하게 연계된다.
- ONAP 구조는 아직 완성되지 않았으며 2017년 첫 Amsterdam 버전으로부터 현재 Kohn 버전까지 1년에 2번 갱신된 구조 문서를 발표하고 있다.

ONAP Versions	Status	Initial Release Data
R1 : Amsterdam	EOL(종료)	2017년 11월
R2 : Beijing	EOL(종료)	2018년 06월
R3 : Casablanca	EOL(종료)	2018년 11월
R4 : Dublin	EOL(종료)	2019년 06월
R5 : El Alto	EOL(종료)	2019년 10월
R6 : Frankfurt	EOL(종료)	2020년 06월
R7 : Guilin	EOL(종료)	2020년 12월
R8 : Honolulu	EOL(종료)	2021년 04월
R9 : Istanbul	EOL(종료)	2021년 11월
R10 : Jakarta	EOL(종료)	2022년 03월
R11 : Kohn	Release	2022년 06월
R12 : London	Development	
R13 : Montreal	Pre-Planning	
R14 : New Delhi	Pre-Planning	

나. ONAP 플랫폼 구조

- ONAP의 서비스 설계, 구축 및 운영을 위해 ONAP는 두 가지 프레임워크(설계-타임 프레임워크, 동작-타임 프레임워크)와 3가지 기능 블록으로 구성된다.
 - ✓ 서비스 설계 (Service Design) 기능 블록 : 설계-타임 프레임워크(Design Time Framework)를 통해 설계되며 앞서 언급한 서비스 디자인 기능 요소를 수행한다.
 - ✓ 서비스 구축 (Service Deployment) 기능 블록 : 동작-타임 프레임워크 기능으로 정책 기반 오케스트레이터와 컨트롤러를 통해 서비스에 필요한 자원을 설치한다.
 - ✓ 서비스 운영 (Service Operations) 기능 블록 : 동작-타임 프레임워크 기능으로 서비스 수명 주기 동안 서비스 동작을 면밀히 모니터링하는 분석과 그 결과를 바탕으로 서비스 구축을 조정하는 폐쇄 제어 루프를 수행한다.

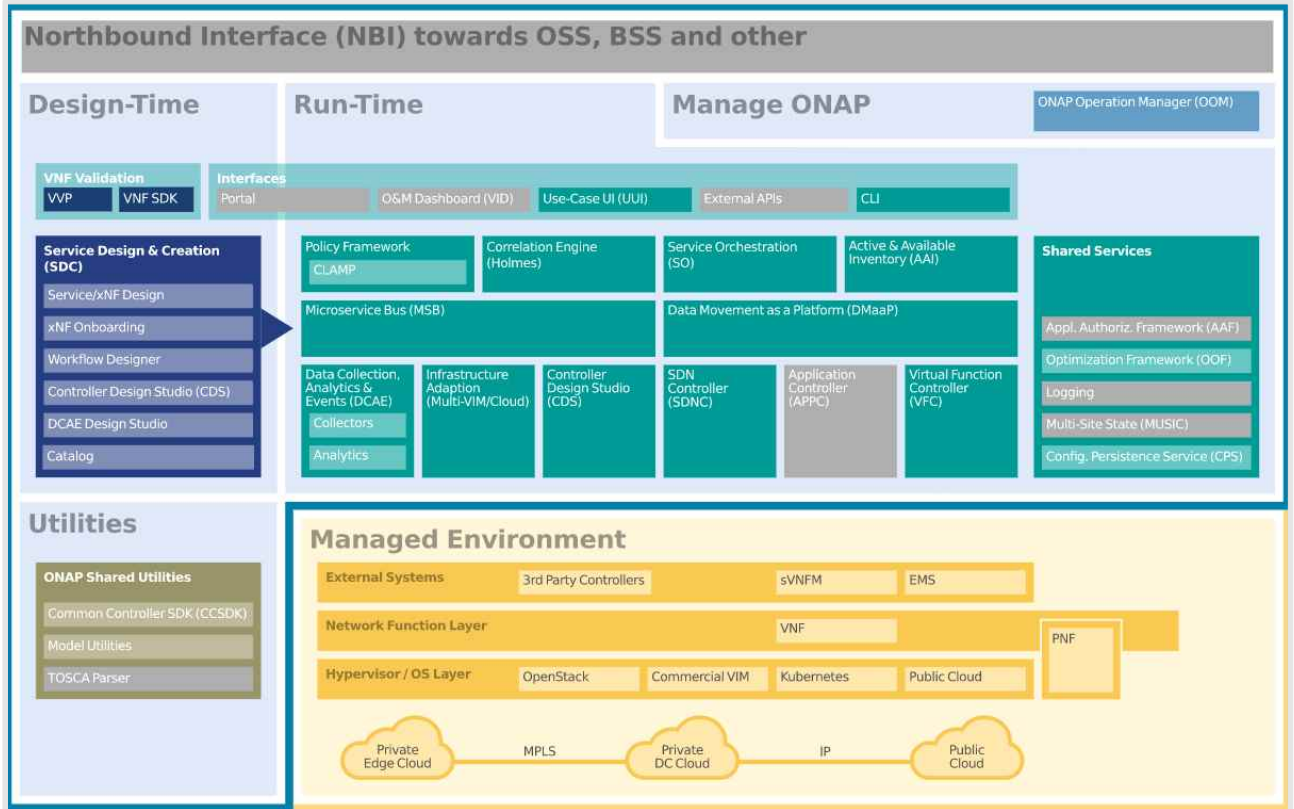
ONAP



[그림 5] ONAP 플랫폼 구조 개념[9]

- ONAP는 마이크로서비스 컴포넌트 기반 시스템(Microservices-based system)이다. 즉, ONAP 서비스를 만들고 운영하기 위해 필요한 기능(예: 데이터 수집, 제어 루프, 메타데이터 레서피 생성, 정책/레서피 배포, 오케스트레이션, 컨트롤러 등)들을 마이크로서비스 컴포넌트 단위로 개발하고 운영한다. ONAP 플랫폼에서는 각 마이크로서비스를 Docker 컨테이너(Container)로 배포해서 플랫폼의 관리를 수월하게 한다.
 - ✓ ONAP Operations Manager(OOM)는 Kubernetes를 사용하여 서비스 컴포넌트의 배포와 모니터링 등 수명 주기 관리(Deployment, Configuration, Monitoring, Restart, Clustering and Scaling, Upgrade, Deletion)를 수행한다. 이러한 구조는 ONAP 플랫폼의 안정성, 확장성, 회복성을 높일 수 있다.
- ONAP는 서비스 개발을 위해 타 플랫폼 및 프로젝트 그리고 외부 개발자와의 연동을 고려한 구조를 갖는다. 이를 위해 SDK 및 NBI(North-Bound Interface)가 정의되어 있다.
 - ✓ ONAP Portal은 사용자가 서비스 설계, 분석, 및 운영 제어 기능을 개발할 수 있는 채널로 웹 기반 인터페이스를 제공한다. 또한 ONAP Portal UI 개발을 위한 SDK 및 명령줄 인터페이스(CLI)도 제공한다.
 - ✓ ONAP SDK 및 ONAP 디자인 프레임워크 포털을 사용하여 네트워크 서비스 운영자들이 서비스 관리를 위한 데이터 수집, 분석 및 정책(시정/교정 조치를 위한 레서피 포함)을 지속적으로 정의/재정의할 수 있도록 한다.
- ONAP 플랫폼에서는 서비스 라이프사이클 관점에서 ONAP 구조를 설계-타임과

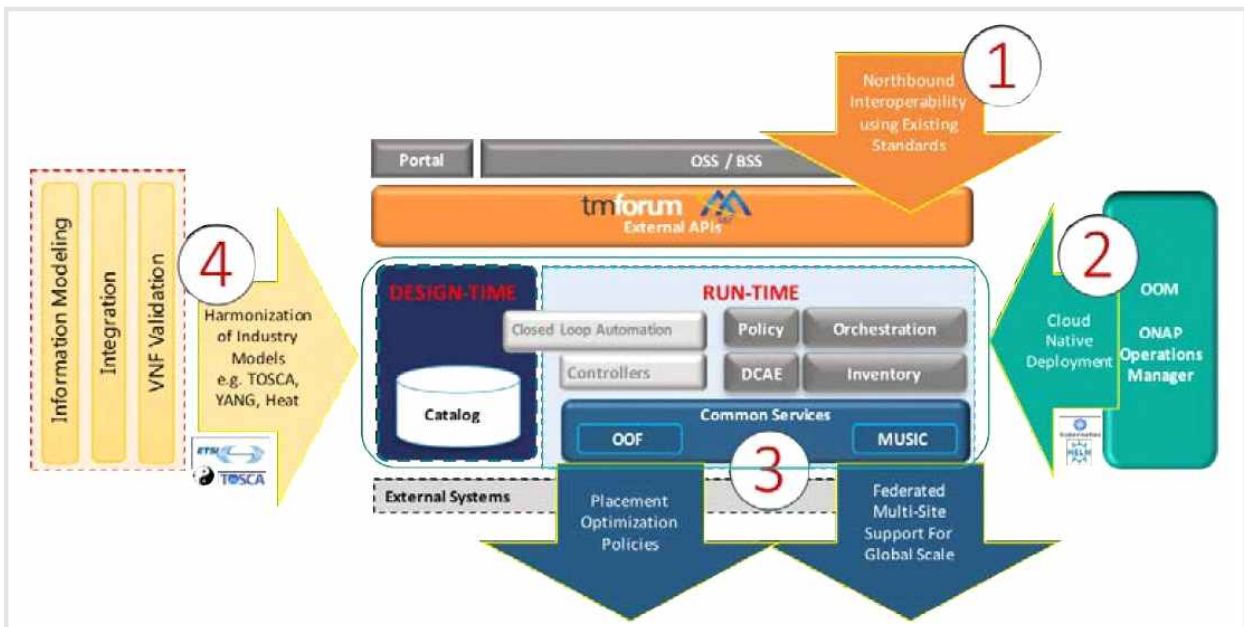
운영-타임의 두 프레임워크로 나누고 컴포넌트들을 두 프레임워크로 구분한다. 이외에도 ONAP 플랫폼에는 ONAP 컴포넌트를 관리하기 위한 프레임워크와 기타 Utilities 프레임워크도 포함된다.



[그림 6] ONAP 플랫폼 구조 및 컴포넌트 구성, R10-Jakarta[10]

- 설계-타임 프레임워크는 ONAP 사용자가 희망하는 서비스 등을 정의하기 위한 도구 와 기술 들을 포함하는 포괄적인 개발 환경이다.
 - ✓ Service Design & Creation(SDC) 파트에는 서비스, 자원, 기능, 정책 등을 정의 할 수 있도록 Service/xNF Design, Workflow Deginer, Controller Design Studio(CDS), DCAE Design Studio 컴포넌트 등이 포함된다.
 - ✓ VNF 유효성검증 파트에는 VNF Validation Program과 VNF SDK 컴포넌트 가 포함된다.
- 운영-타임 프레임워크는 설계-타임 프레임워크에서 정의된 서비스와 정책 등을 실행한다.
 - ✓ 운영-타임 프레임워크에는 Service Orchestration(SO), Controllers, Data Collection/Analytics/Events(DCAE), Active&Available Inventory(A&AI), Policy Framework(CLAMP) 등의 컴포넌트들이 포함된다.

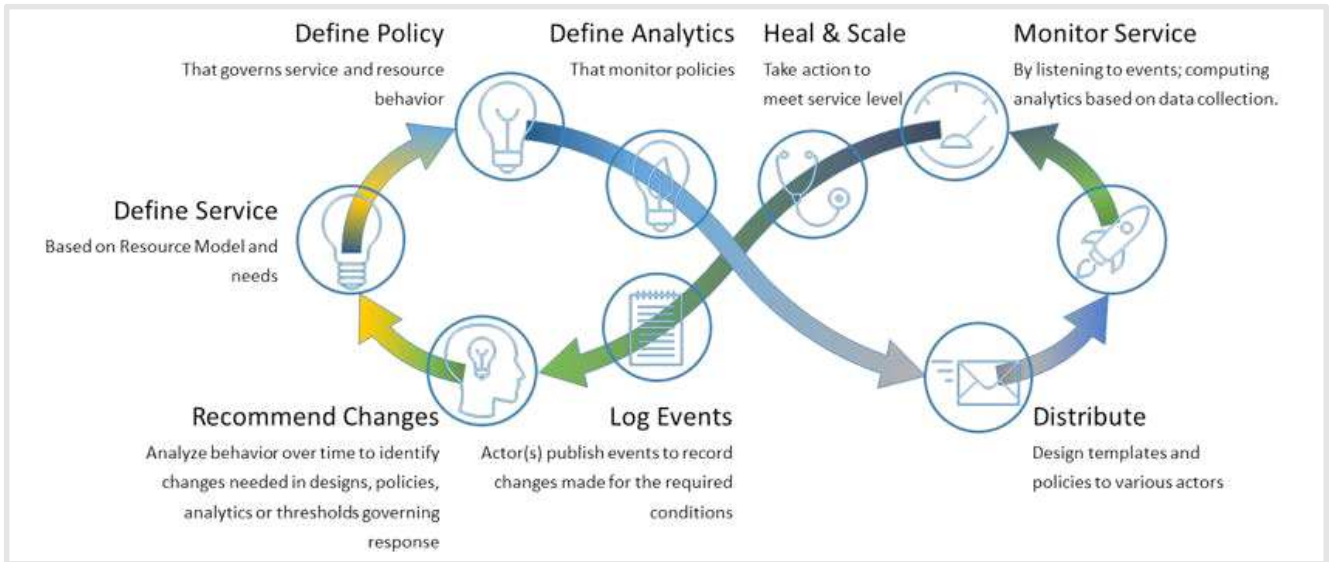
- ✓ 운영-타임 프레임워크는 Optimization Framework(OOF) 및 Configuration Persistence Service(CPS) 등 공통 서비스를 개발하여 공유한다.
- 그림 7은 외부 플랫폼 및 프로젝트와 연동 관점에서 ONAP 구조를 설명한다.
 - ✓ ①ONAP와 U-UI 등과 같은 외부 플랫폼을 연동하기 위한 상위방향(Northbound) API 컴포넌트이다.
 - ✓ ②OOM은 클라우드 네이티브 설치 및 배포를 관리하는 기능이다.
 - ✓ ③MUSIC Common(Shared) Services는 글로벌 규모의 인프라로 확장하기 위해 다중 사이트를 연동한다. ONAP Optimization Framework(OOF)는 서비스 최적화를 위한 정책을 하위 인프라에 적용할 수 있도록 한다.
 - ✓ ④ETSI NFV MANO, TM Forum SID, ONF Core, OASIS TOSCA, IETF MEF 등과 같은 플랫폼을 연동시킬 수 있다.



[그림 7] 외부 프로젝트/모듈 기능과 ONAP 연동[8]

나. 폐쇄 루프 자동화(Closed-Loop Automation)

- ONAP 플랫폼은 사람의 개입 없이 설계된 서비스 조건에 능동적으로 대응하는데 필요한 "폐쇄 루프 자동화"를 제공한다.
- ONAP 서비스 생명주기 내 폐쇄 루프 자동화 프로세스의 패턴은 설계(Design) -> 생성(Create) -> 데이터 수집(Collect) -> 분석(Analyze) -> 탐지(Detect) -> 게시(Publish) -> 응답(Response) 이다.

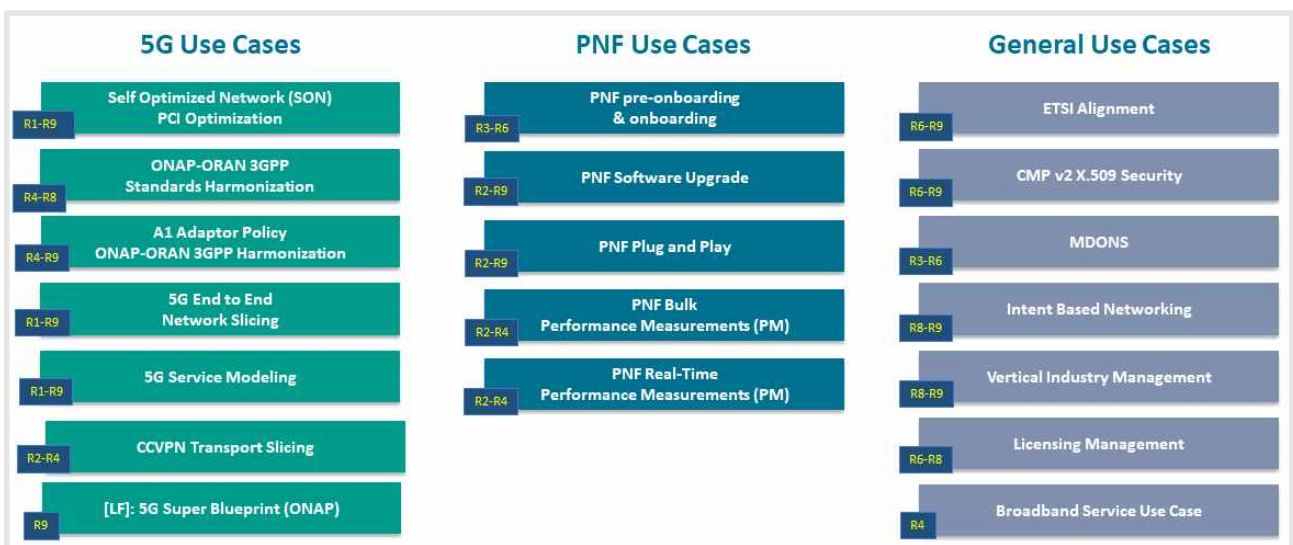


[그림 8] ONAP 폐쇄 루프 자동화 체인[8]

- 폐쇄 루프 제어는 DCAE(Data Collection, Analytics, & Events)을 포함한 여러 ONAP Run-Time 컴포넌트들에 의해 제공된다.
 - ✓ DCAE는 성능, 사용량 및 구성 데이터를 수집하고 분석해서 Troubleshooting (문제 해결)에 도움을 줍니다. 이벤트, 데이터 및 분석을 게시합니다.
- 정책 프레임워크 및 CLAMP는 같이 동작하며 네트워크의 문제를 감지하고 적절한 교정 방법을 식별한다.
- 경우에 따라 작업이 교정 작업이 자동으로 수행되거나 Service Orchestrator 또는 컨트롤러 중 하나에 작업을 수행하도록 알립니다. 하지만 다른 경우에는 운영자가 구성한 대로 경보가 발생하지만 변경을 실행하기 전에 사람의 개입이 필요합니다.

(4) ONAP 플랫폼 사용 사례(Use Case) [10, 11, 12]

- ONAP 프로젝트는 실제 사용 사례(Use Case)에 대한 청사진(Blueprint)을 테스트한다. ONAP("암스테르담")의 첫 번째 릴리스와 함께 vCPE 및 VoLTE. 두 가지 사용 사례 청사진을 제시했다. 후속 릴리스에서도 추가 기능 및 새로운 사용 사례 청사진 들이 계속 제시되고 있다. 이러한 방식으로 ONAP를 구축하면 새로운 서비스를 시험하고 출시하는 작업을 단순화하고 크게 가속화 할 수 있다.
- ONAP에서는 최근 5G 분야 사용 사례에 집중하고 있으며 인텐트 기반 네트워킹(Intent Based Networking)을 대표적인 사용 사례로 제시하고 있다.

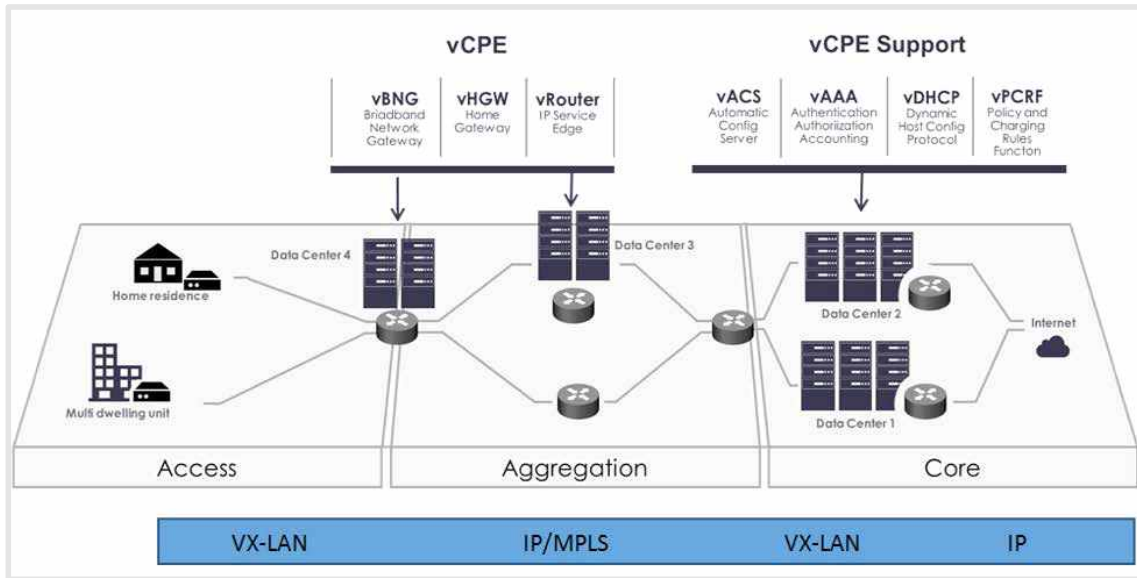


[그림 9] ONAP 사용 사례 청사진(Use Case Blueprints)[11]

가. Virtual CPE(Customer Premises Equipment) 사용 사례

- 이 청사진은 NAT, 방화벽, 자녀 보호 기능과 같은 사용자 측 필요 기능을 VNF로 데이터 센터나 고객 에지(또는 둘 다)에 배포하는 사용 사례이다.
- 이 청사진에서는 사용자와 서비스 제공자 사이에서 가상 환경과 하위 연결성을 모두 관리하는 상당히 복잡한 오케스트레이션 및 관리 기능을 필요로 한다. ONAP는 연결 서비스를 관리하는 SDN-C와 가상화 서비스를 관리하는 APP-C의 두 가지 핵심 구성 요소로 이러한 사용 사례를 지원한다.
- vCPE 사례 청사진에서는 ONAP 내부 컴포넌트(OOF, Multi-VIM/Cloud, Policy, SO, A&AI 등)들을 이용하여 Policy-Driven Workload Optimization을 수행한다. 이를 통해 용량, 위치 및 하드웨어 플랫폼 인식(HPA)과 같은 제약 조건에 따라

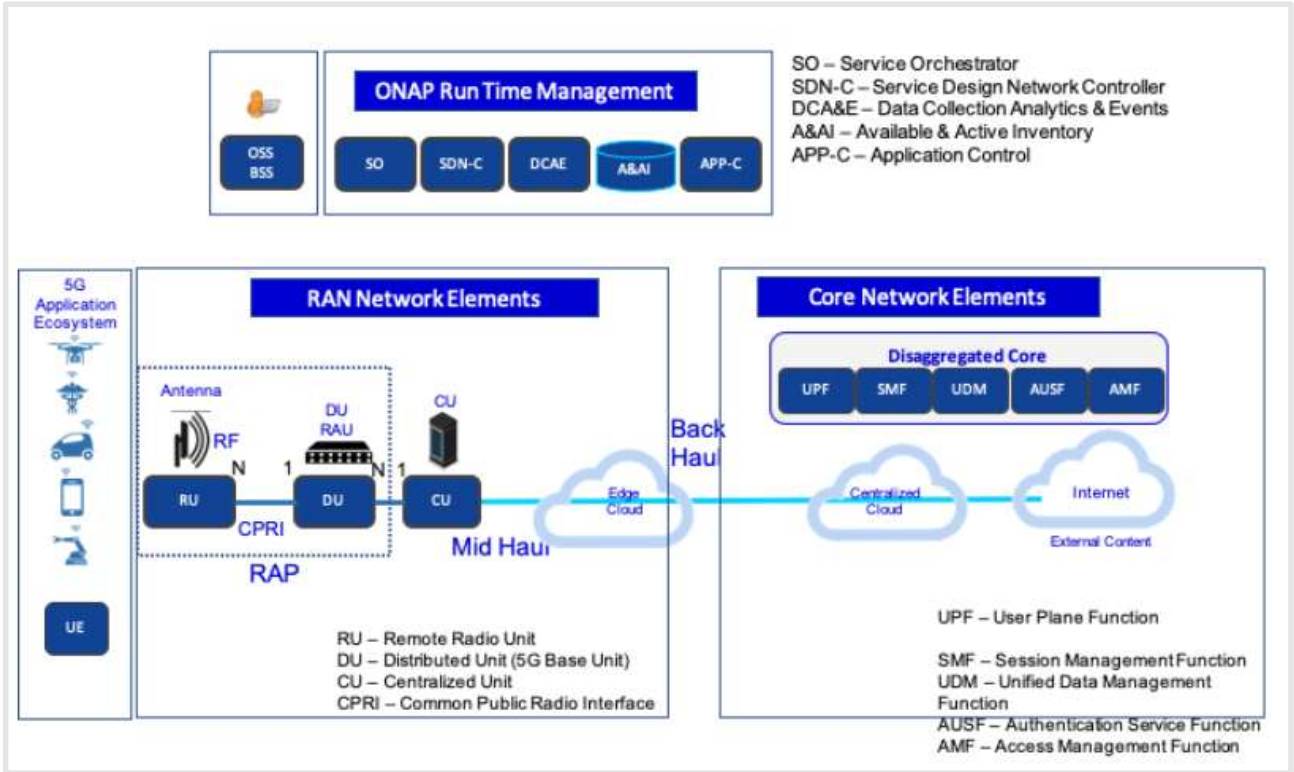
VNF를 적절한 클라우드 혹은 지역에 배치시킬 수 있다.



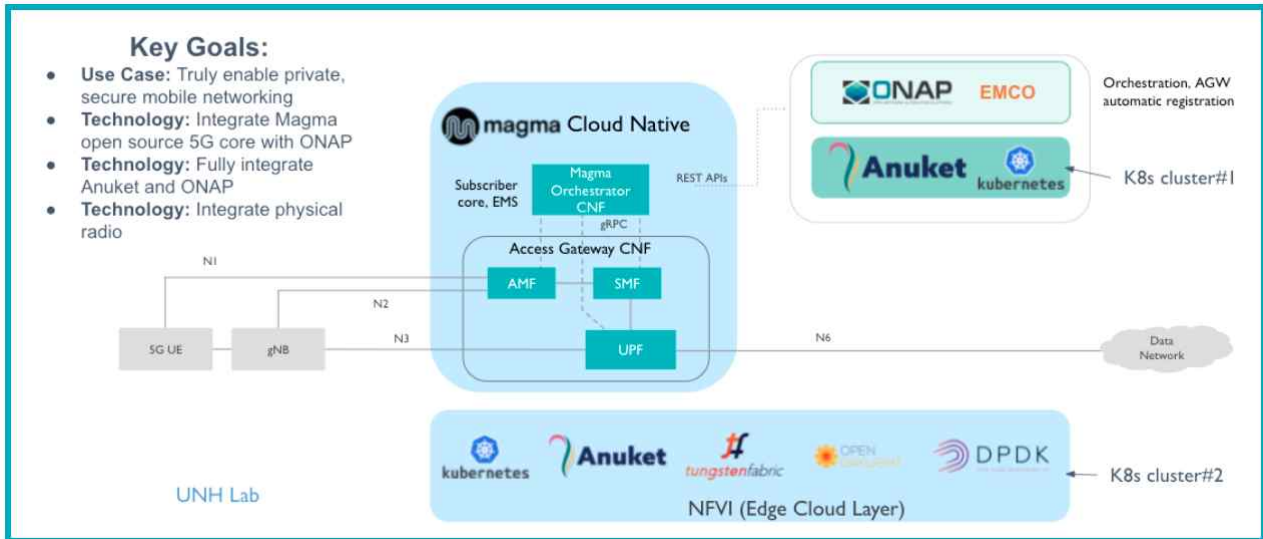
[그림 10.] ONAP vCPE 서비스 구조[10]

나. 5G 사용 사례

- 5G 청사진은 종단간 서비스 오케스트레이션, 네트워크 슬라이싱, PNF/VNF 생명 주기 관리, PNF 통합, 그리고 네트워크 최적화 5가지 핵심요소 개발의 결과이다.
 - ✓ ONAP는 초기 생성(활성화)에서 종료(비활성화)까지 네트워크 슬라이스의 수명 주기를 관리한다. 다음으로 실시간 및 대량 분석을 중심으로 네트워크를 최적화하고, VNF를 올바른 에지 클라우드에 배치하고, 서비스를 확장 및 복구하고, 에지 자동화를 제공한다.
 - ✓ ONAP는 새로운 RAN(Radio Access Network) 사이트에 대한 물리적 셀 ID 할당과 같은 자체 구성 네트워크(Self Organizing Network, SON) 서비스를 제공한다.
- ONAP 플랫폼을 통한 종단 간 5G 네트워크를 구축하기 위해 여러 Linux Foundation 프로젝트 그리고 3GPP, TM Forum, ETSI 및 O-RAN 소프트웨어 커뮤니티와 다른 표준 및 오픈 소스 조직들과 긴밀히 협력한다. 단기적으로 ONAP, Anuket(K8S NFVI) 및 Magma(LTE/5GC)의 세 가지 주요 프로젝트를 결합하고 추후 O-RAN-SC 및 LF Edge 프로젝트도 통합할 것이다.



[그림 12] End-to-end 5G 서비스 [11]



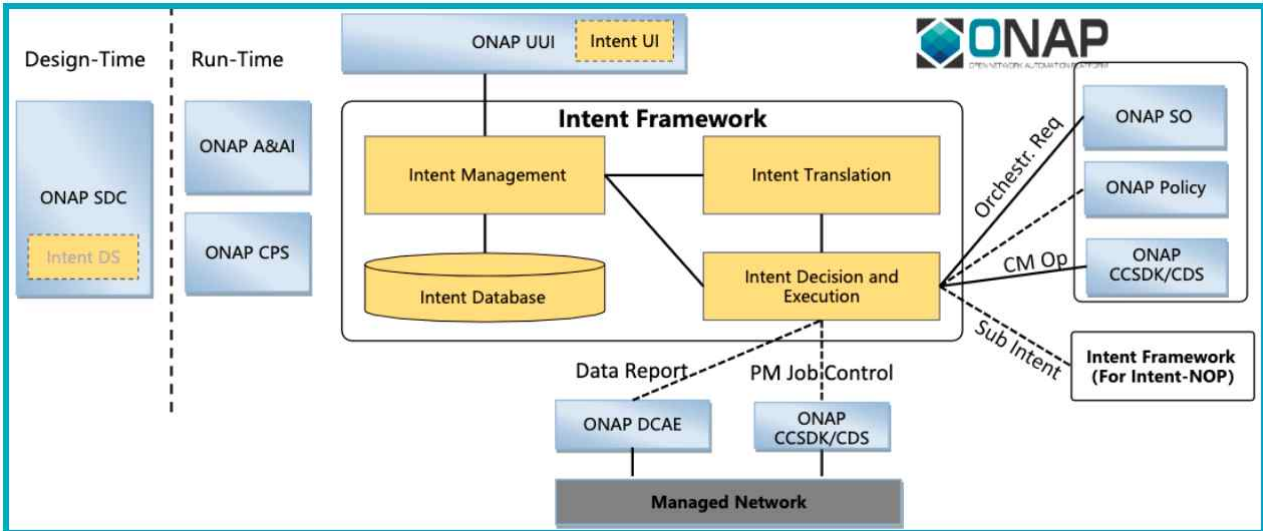
[그림 13] 5G Super Blueprint 구성 [11]

라. Intent-Based Networking (IBN) 사용 사례

- 인텐트 기술은 하위 네트워크 인프라의 복잡한 세부 사항까지 들어가지 않고도 효율적인 네트워크 관리를 수행할 수 있다. IBN은 네트워크 운영의 패러다임을 복잡한 절차적 운영에서 인텐트 기반 운영으로 전환하여 네트워크 관리의 운영

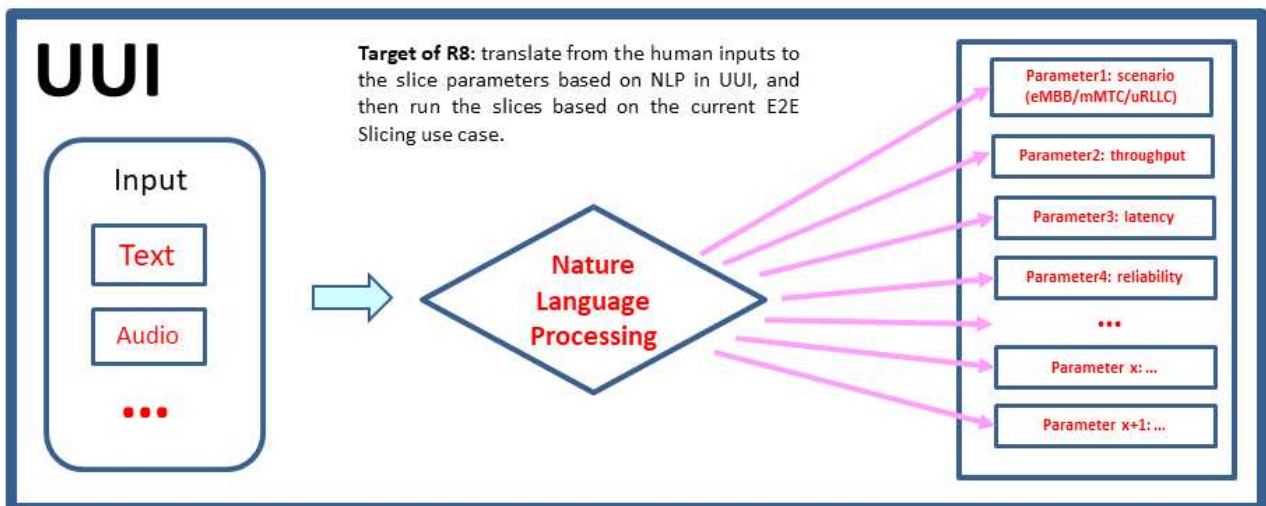
비용(OPEX)을 절감할 수 있도록 한다.

- R8(Honolulu) 릴리즈에서 제시한 IBN 청사진에서는 ONAP 인텐트 프레임워크 구조를 제시한다. 프레임워크는 인텐트 관리, 인텐트 번역, 인텐트 결정 및 실행, 인텐트 데이터베이스로 구성된다.



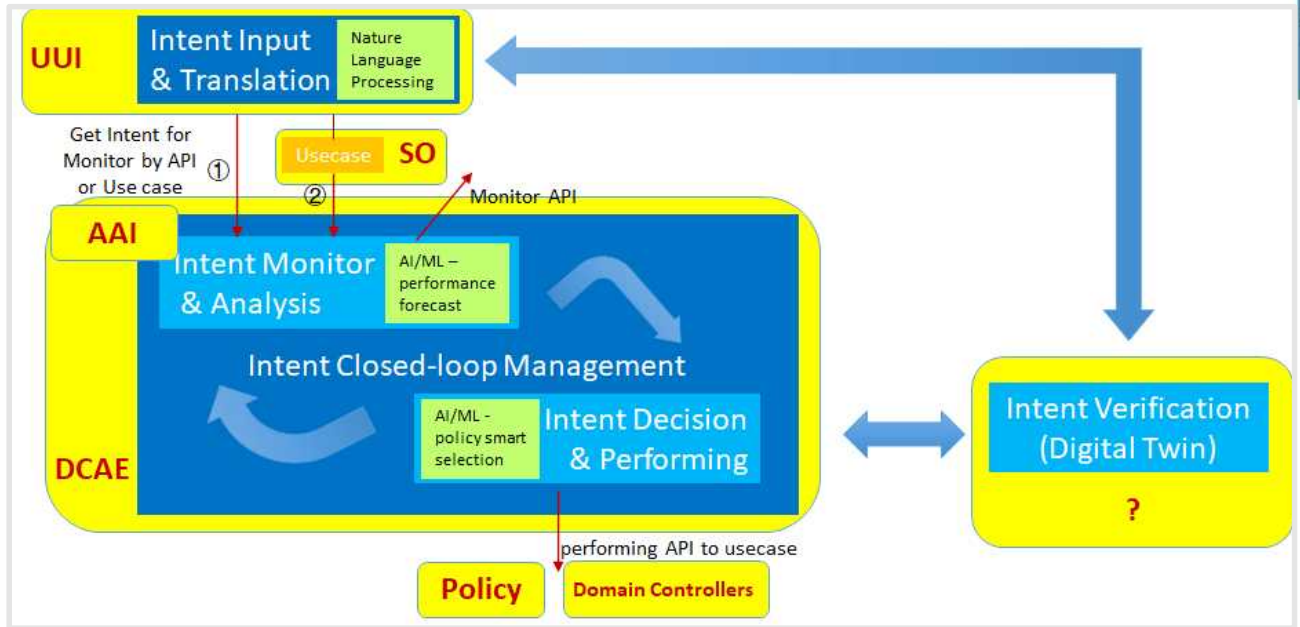
[그림 14] ONAP Intent Framework [11]

- R9(Istanbul) 릴리즈 에서는 E2E 슬라이싱(Slicing) 및 CCVPN(Cross Domain and Cross Layer VPN)을 지원하기 위한 인텐트 서비스 사례가 제시되었다.
- 슬라이스 기반 IBN 사용 사례에서는 UUI를 통해 사용자의 입력(자연어)을 기반으로 사용자의 네트워크 요구 사항과 네트워크 서비스 파라미터들을 도출한다.

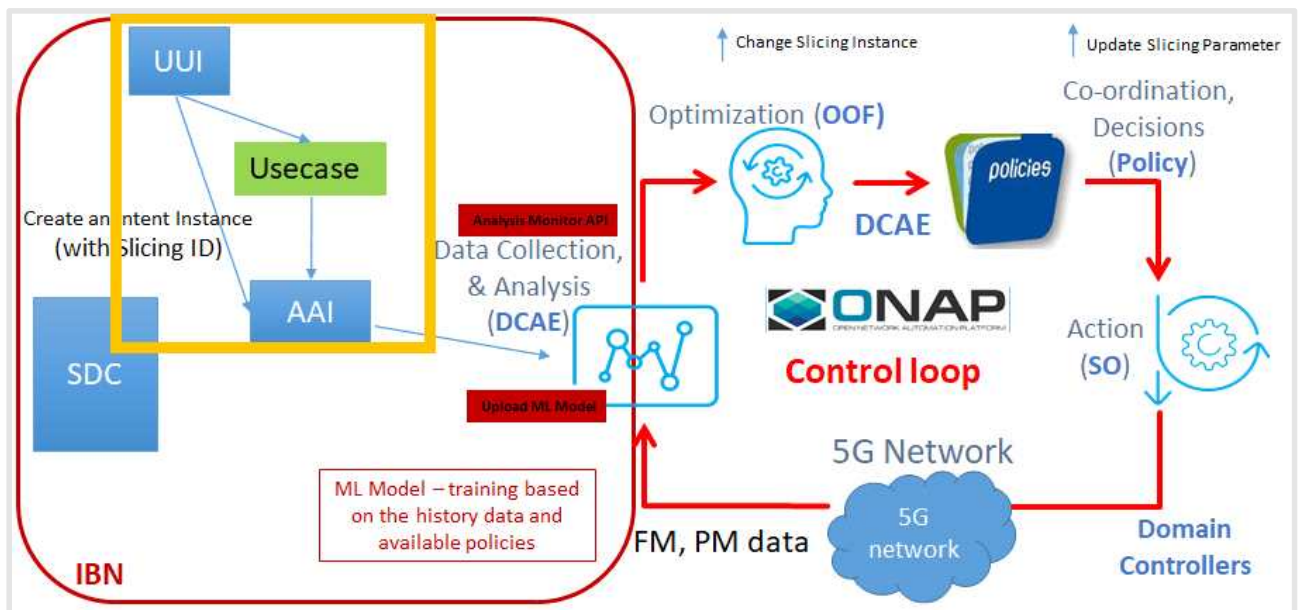


[그림 15] UUI 인터페이스 [11]

- 인텐트 UI를 통해 인텐트를 인텐트 프레임워크로 입력하고 이 후 지능형 엔진을 통해 적절한 리소스를 할당하고 관리하는 인텐트 기반 관리 서비스(Intent driven MnS)를 수행한다.



[그림 16] Minimum IBN model on R9 Istanbul Release [12]



[그림 17] E2E Slicing based IBN support on R9 Istanbul Release [12]

(5) 결론 및 시사점

- 최근 5G 이동통신, SDN/NFV, 클라우드 컴퓨팅, Wi-Fi 기술 등이 복합되어 이동통신 네트워크, 인터넷, 클라우드 서비스가 복잡하게 결합되고 있다. 또한 인공지능 기술이 발전하면서 사용자의 의도를 이해하고 관리자가 직접 개입하지 않는 자동화 네트워크와 인텐트 기반 네트워킹(IBN)에 관한 논의가 가속화되고 있다. 인공지능 기술이 네트워크에 도입되면서 네트워크 제어 및 관리 분야에서 자동화가 가능할 것이다.
- 시스코, 주니퍼와 같은 벤더들 그리고 3GPP, ITU-T, ETSI와 같은 표준화 기구들에서 IBN 혹은 자동화 네트워크 솔루션과 규격을 만들기 위해 노력하고 있다. 인터넷 표준화 기구인 IETF에서도 IBN 용어 및 개념 그리고 기본 구조를 제시하기 위해 RFC 9315 표준 문서를 발표하였다. IETF의 성격상 최소한의 가이드라인만 제시할 것이지만 인터넷을 포함한 범용적인 네트워크 규격이 될 것이다. 따라서 타 모델에도 IETF 규격을 수용하게 될 것이다.
- 리눅스 재단의 ONAP은 다중 인프라와 네트워크 환경에서 종단간 서비스의 설계, 구축 및 통합관리 기능과 자동화된 네트워크 운영 및 서비스 관리 기능을 제공하는 네트워크 관리 프레임워크(Management Framework)이다. ONAP은 오픈소스 구조를 지향하고 있으며 효과적인 개발을 위해서 다른 Linux Foundation 프로젝트 및 다른 기관 프로젝트들과 연동하는 구조이다.
- ONAP 프로젝트는 실제 사용 사례(Use Case)를 테스트하고 청사진(Blueprints)을 제시한다. 이러한 방식으로 새로운 서비스를 시험하고 출시하는 작업을 단순화하고 크게 가속화 할 수 있다. 최근 5G 분야 사용 사례와 인텐트 기반 네트워킹 사용 사례를 지속적으로 검증하고 있다.
- 통신 네트워크에 SDN/NFV 및 클라우드 시스템이 도입되면서 리눅스 재단 솔루션들의 역할이 늘어나고 있으므로 개방형 네트워크 자동화 플랫폼인 ONAP 오픈 플랫폼 개발은 중요한 시사점이 있다. ONAP 플랫폼의 아직 성능과 구조가 완성되지는 않았지만 범용 네트워크에 적용될 수 있는 측면에서 관심을 가지고 지켜볼 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] 이규명, “인텐트 기반 네트워킹 기술 동향”, *KOSEN Report*, 2019.
- [2] Cisco, “Intent-Based Networking”,
<https://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=2995353>
- [3] Joe Skorupa, Andrew Lerner, Sanjit Ganguli, “Innovation Insight” Intent-Based Networking“, Gartner Research, Feb. 2017,
<https://www.gartner.com/en/documents/3599617>
- [4] Jeff Doyle, “Intent-Based Networking”, juniper’s ebook,
<https://www.juniper.net/content/dam/www/assets/ebooks/kr/ko/intent-based-networking-for-dummies-in-brief.pdf>
- [5] 김주현, “ONAP 기술 동향”, *OSIA S&TR Journal*, Vol. 31, No. 4, pp. 17-20, Dec. 2018.
- [6] Alexander Clemm, “Intent-Based Network Management”, *Future Networks, Services, and Management*, pp. 383-398, Nov. 2021.
- [7] “Intent-Based Networking – Concepts and Definitions”, IETF RFC 9315, Otc. 2022
- [8] “Open Network Automation Platform (ONAP) Architecture White Paper”,
<https://www.onap.org>
- [9] “ONAP Overview”, <https://docs.onap.org/en/jakarta/guides/overview/index.html>
- [10] “ONAP Architecture”,
<https://docs.onap.org/en/jakarta/guides/onap-developer/architecture/index.html>
- [11] “ONAP Architecture”, <https://www.onap.org/architecture>
- [12] Dong Wang, Lin Meng, “Smart Intent Guarantee of Slicing based on IBN – R9 Intent Instance”