

AI기반 관리 표준안 최근 경향: ETSI-ZSM과 NWDAF

| 작 성 | KHAN TALHA AHMED, KHIZAR ABBAS, AFAQ MUHAMMAD,
송왕철 (제주대학교)

- 『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 문용식

기 획 한국지능정보사회진흥원 지능형인프라본부 미래네트워크센터

보고서 온라인 서비스 www.nia.or.kr



Contents

보고서 주요 내용

1. ZERO-TOUCH 네트워크 및 서비스 관리	4
가. 네트워크 자동화란?	4
나. ZSM ARCHITECTURE	6
다. AI-구동 ZSM의 한계와 위험	9
라. IETF-IBN 시스템 (폐쇄 루프 네트워크 자동화 표준)	11
마. 산업계 동향	14
2. 3GPP NETWORK DATA ANALYTICS FUNCTION (NWDAF)	21
가. NWDAF 지원사용 사례	22
나. NWDAF 배포 과제 및 권장사항	23
다. 자동화와 분석을 위한 산업 분야의 NWDAF	24
3. 결론 및 시사점	28
참고문헌	29

주요 내용

본 보고서에서는 5G 망기술의 발전과 함께 뜨거운 관심을 받고있는 AI에 의해 자동화된 망관리 기술에 대하여 살펴보려고 한다. 이러한 망기술은 Intent 기반의 네트워킹(Intent based Networking, IBN) 기술로 받아들여지고 있으므로, 이 IBN 기술에 대한 관련 표준안을 중심으로 최근의 기술적 경향에 대하여 설명하기 위해, European Telecommunications Standards Institute (ETSI)의 Zero-touch Network and Service Management와 3rd Generation Partnership Project (3GPP)의 Network Data Analytics Function (NWDAF) 표준안을 소개하려한다.

(1) ZERO-TOUCH 네트워크 및 서비스 관리

5G 및 그 이후의 네트워크에 대한 운영 및 관리하는데 있어 복잡성이 예측되어, 네트워크 및 서비스 관리 운영을 폐쇄 루프 자동화 방식으로의 추세가 가속화되고 있다. 이를 위해 ETSI Zero-touch network and Service Management (ZSM) 프레임워크는, 모든 운영 프로세스와 작업이 이상적으로는 100 % 자동화로 자동 실행되도록 하는 차세대 관리 시스템으로 여겨진다. 인공 지능 (AI)은 자가 관리 기능의 핵심 원동력이 간주되며, 운영 비용을 낮추고 가치 창출 시간을 단축하며 인적 오류 위험을 줄여줄 수 있다. 그럼에도, ZSM 시스템에서 AI를 활용하려는 열의가 높아지고 있는 만큼, AI 기술 사용의 잠재적인 한계와 위험을 간과해서는 안될 것이다. 본 절에서는 zero-touch 시스템의 배경을 설명하고 ETSI-ZSM 아키텍처를 소개하려한다. 또한 ZSM 시스템을 위한 AI적용의 한계에 대해서도 설명할 것이다. ZSM 및 네트워크 자동화 분야의 최근 산업 동향에 대해서도 다루려 한다.

가. 네트워크 자동화란?

네트워크 자동화는 네트워크 및 서비스의 계획, 배포, 운영 및 최적화를 자동화하는 프로세스이다. 네트워크 자동화 솔루션은 네트워크 라이프 사이클의 각 단계에서 수행되는 수동으로 이뤄지는 작업과 프로세스들을 반복적이고 신뢰성 있게 자체적으로 완료할 수 있는 소프트웨어 응용들로 전환한다.

① 네트워크 자동화는 어떤 문제를 해결하는가?

인공 지능 (AI) 및 머신 러닝 (ML)의 도입으로 고급 네트워크 자동화 솔루션은, 메타 데이터를 분석하고 모델 기반 네트워크 프로그래밍 기능을 활용하여 네트워크 동작을 학습하고 예측 분석을 제공하며 네트워크 운영을 제어하기 위한 권장 사항을 제공한다. 이와 같은 IBN (Intent-Based Networking) 및 ZSM등의 고급 자동화 솔루션은 자율적으로 해결 조치를 취하도록 구성될 수 있어서, 네트워크 문제가 발생하기도 전에 적시에 폐쇄 루프 방식의 해결이 가능하도록 한다. 이를 통해 네트워크 자동화는 운영 효율성을 개선하고 인적 오류 가능성을 줄이며 네트워크 서비스 가용성을 높이고 더 나은 QoE (Quality of experience)를 제공할 수 있다.

오늘날 네트워크 자동화 솔루션은 다음과 같은 광범위한 작업들을 수행할 수 있다.

- 시나리오 계획 및 재고 관리를 포함한 네트워크 계획 및 설계
- 실시간으로 장치, 시스템, 소프트웨어, 네트워크 토폴로지, 트래픽 및 서비스와 관련된 네트워크 데이터 수집
- 현재 및 미래의 네트워크 동작에 대한 통찰력을 제공하는 AI 및 ML 예측 분석을 포함한 데이터 분석
- 모든 네트워크 장치 및 서비스가 의도한 대로 실행되도록 보장하는 구성 준수
- 보고서, 대시 보드, 경고 및 경보에 대한 통찰력 제공
- 보안 규정 준수 구현
- 네트워크 및 서비스를 모니터링하여 SLA 및 고객 만족 보장에 부합하는지 확인

② 네트워크 자동화의 이점

클라우드로의 전환이 계속됨에 따라 기업 고객들과 그들이 사용하는 응용들은 네트워크에 점점 더 의존하게 될 것으로 보이며, 이러한 변화로 인해 네트워크는 가동 중단과 같은 문제를 최소화하면서 높은 안정성을 기하게 될 것으로 기대된다. 서비스 제공 업체 입장에서, 자동화는 운영 비용 (OpEx) 및 자본 지출 (CapEx)을 제어하면서 네트워크 민첩성과 안정성을 높이기 위한 초석 전략이다.

네트워크 및 서비스를 자동화할 때, 다음과 같은 이점을 생각할 수 있다.

- 문제 발생 감소 — 낮은 코드 및 플레이 북 기반 워크 플로우를 활용하고 closed loop 방식의 intent 기반 운영의 효율성을 통해, 일반적인 네트워크 문제가 자연스럽게 해결될 수 있다. 구성 오류, 오타 등과 같은 프로세스 관련 수동 운용에 따르는 오류의 가능성이 줄어 든다.
- 비용 절감 — 자동화는 기본 인프라의 복잡성을 줄일 수 있기 때문에 서비스와 네트워크를 구성, 프로비저닝 및 관리하는 데 필요한 인력 시간을 크게 줄일 수 있다. 운영을 단순화하고, 네트워크 서비스를 통합하고, 설치 공간을 줄이며, 활용도가 낮은 장치를 꺼서 문제를 해결하고 수리하고 전력을 절약할 수 있는 인력을 줄일 수 있게 된다.
- 네트워크 탄력성 향상 — 이벤트 발생 시 사람이 개입해야 하는 필요성이 없어짐으로써 기업들은 지점들에 걸쳐 지리적으로 널리 보다 일관성 있는 더 높은 수준의 서비스를 제공하고 제공할 수 있다.
- 네트워크 Downtime 감소 — 인적 오류의 가능성을 제거함으로써 기업은 지사 및 지역에 걸쳐보다 일관성 있는 더 높은 수준의 서비스를 제공하고 제공할 수 있다. 예를 들어, Juniper Networks의 Service Now는 고객이 네트워크 문제를 인식하기 전에 Juniper가 신속하고 사전에 감지할 수 있도록 지원하는 원격 자동 문제 해결 클라이언트이다.
- 향상된 통찰력 및 네트워크 제어 — 자동화는 analytics를 통해 IT 운용이 변화에 보다 신속하게 대응할 수 있게 한다. 필요에 따라 제어하고 적응할 수 있는 능력을 통해 네트워크에 대한 가시성을 높이고 네트워크에서 일어나는 일을 정확하게 이해할 수 있다.

나. ZSM ARCHITECTURE

ZSM 프레임 워크 참조 아키텍처는, 법적 운영 경계를 가로지르는 운영을 포함하는 다중 도메인 환경에서, 완전히 자동화된 네트워크 및 서비스 관리를 지원하도록 설계되었다. 이 목표를 달성하기 위해, ZSM 아키텍처의 설계는 일련의 아키텍처 설계 원칙에 따라 진행된다. 이 아키텍처는 modular (독립적이고 느슨하게 결합된 서비스로 구성됨) 하고, extensible (새로운 서비스 및 서비스 기능을 추가 가능) 하며,

scalable (관리 부하를 수용하기 위해 구성 요소의 독립적 배포 및 확장 가능) 하고, 장애에 대해 resilient (인프라 및 기타 서비스의 저하에 대처하는 방식으로 서비스가 설계됨) 하다. modularity는 아키텍처 extensibility, scalability 및 resiliency를 달성하기 위한 핵심 요소이다. modular 특성은 intent 기반 인터페이스, closed-loop 운영 및 AI/ML 기술을 사용하여 관리 운영의 완전 자동화를 강화한다. 프레임워크 아키텍처는 그림 1에서와 같이, E2E 서비스 관리 도메인, 관리 서비스, 통합 패브릭 및 공통 데이터 서비스 등의 여러 관리 도메인들로 이뤄진 일련의 아키텍처 빌딩 블록으로 구성된다.

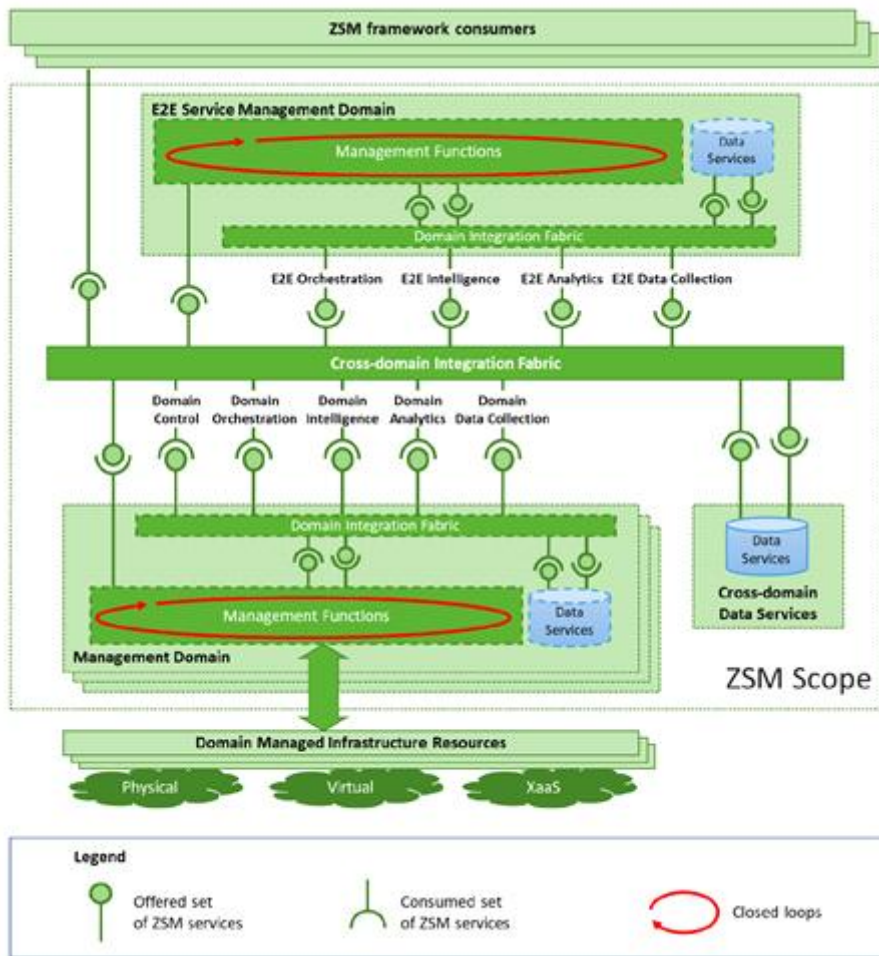


Figure 1: ETSI-ZSM architecture [11]

ZSM 아키텍처는 관리 문제들을 나누기 위해 여러 관리 도메인으로 분할된다. 각 관리 도메인은 자신의 범위 내에 있는 자원 및 서비스의 오케스트레이션, 제어 및 보중에 대한 지능적 자동화를 담당한다. 관리되는 리소스는 물리적 리소스 (예 : 물리적 네트워크 기능 (PNF)) 이거나 가상 리소스 (예 : VNF) 이거나 클라우드 리소스

(예 : "X-as-a-service" 리소스) 일 수 있다. E2E 서비스 관리 도메인은 서로 다른 관리 entity에 의한 복수의 도메인들에 걸쳐져 있는 종단간의 고객 대면 서비스를 관리하는 특수 관리 도메인이다. E2E 서비스는 오케스트레이션을 이용하여 도메인들 간에 조정을 한다. E2E 서비스 관리 도메인들에서 개별적인 관리 도메인을 따로 분리해서 보면, 다소 homogeneous한 특성을 지닌 시스템으로 구성된 도메인으로 개별적 관리가 가능해서, 전체 시스템의 복잡성이 줄어들고 도메인 및 종단 간 관리 작업을 독립적으로 발전시킬 수 있다.

공통 데이터 서비스를 사용하면 데이터 저장 및 데이터 처리를 분리하여 데이터에 대한 액세스와 도메인 간 데이터 노출을 용이하게 할 수 있다. Common Data Services의 데이터가 도메인 및 E2E 서비스 인텔리전스 서비스에서 각각 활용될 수 있으면, 도메인 수준 및 교차 도메인 수준에서의 AI 기반 폐쇄 루프 자동화를 추진할 수 있다. 이러한 자동화된 의사 결정 메커니즘은 규칙과 정책에 의해 제어된다. 하나의 관리 도메인은, 그 관리 도메인 내부의 기능 구성 요소들 사이에 데이터 공유를 허용하는 도메인 데이터 서비스를 포함할 수 있다.

E2E 서비스 관리 도메인을 포함하는 각 관리 도메인은 논리적 그룹 (예 : 도메인 수집 서비스, 도메인 분석 서비스, 도메인 인텔리전스 서비스, 도메인 오케스트레이션 서비스 및 도메인 제어 서비스)으로 그룹화 된 여러 관리 기능으로 구성되며 서비스 인터페이스를 통해 관리 서비스 세트를 제공한다. 일부 서비스는 도메인 내 통합 패브릭을 사용하여 도메인 내에서만 국소적으로 제공되고 사용된다. 한편, service exposure cross-domain은 도메인 간 통합 패브릭을 통해 활성화된다. 관리

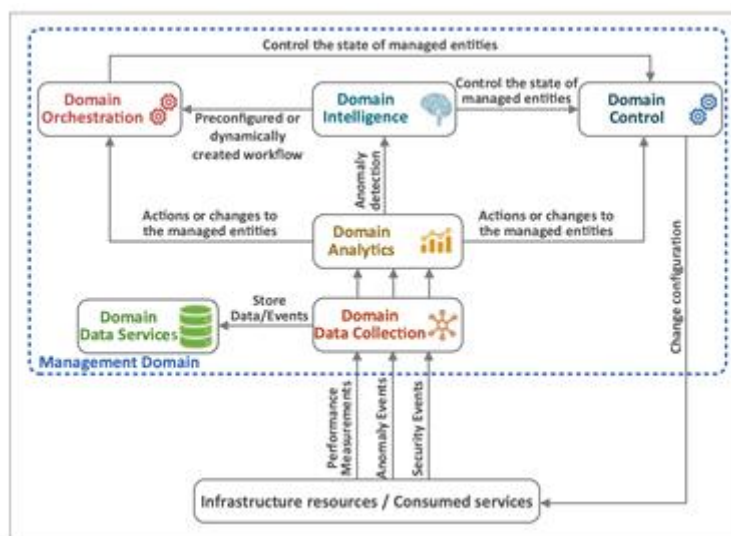


Figure 2. Management Domain High-level [13]

서비스는 요청-응답 또는 publish-subscribe 패턴에 따라 exposed되고 소비된다. 그림 2는 관리 서비스의 서로 다른 논리적 그룹들 사이의 주요 상호 작용을 갖는 관리 도메인의 상위 수준 아키텍처를 보여주고 있다.

다. AI-구동 ZSM의 한계와 위험

AI는 ZSM의 자체 관리 기능을 강화하는 데 중추적인 역할을 하여 서비스 제공을 개선하고 OPEX를 줄이는 역할을 한다. 그러나 ZSM 시스템에서 AI 기술을 활용하는 것은 다음과 같은 몇 가지 제한 사항과 위험에 의해 제한된다.

① 제한된 AI로 인한 제한된 자동화

데이터 세트 및 Labeling 결여: ML 모델의 검증 및 정확성은 고품질 데이터 세트의 가용성에 크게 좌우된다. (5G 관련 데이터 세트는 ZSM 시스템에서 효율적이고 정확한 학습 모델을 구축하는 데 중요함)

- 안타깝게도 2020 년 5G 네트워크가 시작되었기 있기 때문에 이러한 데이터 세트는 실제로 부족하다. 또한 개인 정보 보호 문제로 인해 기존 사업자의 데이터에 액세스 할 수 없다.
- 5GMdata10 및 5GTN11와 같은 최근의 몇몇 initiative들이 5G 특정 데이터 세트를 생성하기 위해 제기되고 있음에도, 생성된 샘플들은 합성이거나 완전성이 부족하다.
- 데이터 가용성 외에도, 수집된 데이터의 품질이 또 다른 문제이다. 실제로 유용한 insight를 주고 결정을 내리려 하면 정확하고 적합하며 완전하고 시기적절한 고품질 데이터가 필요하다.
- 또 다른 문제는 높은 정확도에 도달하는 데 필요한 데이터의 양이다. 예를 들어, 딥 러닝 정확도는 사용 가능한 데이터의 양에 따라 달라진다. 훈련에 사용되는 데이터의 양이 많을수록 정확도가 높아진다.
- Supervised 및 semi-supervised 학습은, 알고리즘을 훈련하기 위해 레이블이 지정된 데이터가 필요하므로 또 다른 복잡성 계층을 추가한다. 주석이 달린 데이터는 부족하거나 비싸게 구매해야 할 수 있으며 충분히 주석이 달린 데이터 세트

는 전혀 구하지 못할 수도 있다.

AI 모델 해석능력(Interpretability): ZSM에서 완전 자동화를 가능하게 하는 AI / ML 기술의 채택은 잠재적으로 AI / ML 모델이 얼마나 잘 해석될 수 있는지에 달려 있다. AI / ML 모델 해석능력은 내린 결정과 그러한 결정을 유발한 입력 데이터 사이의 인과 관계를 설정하는 능력이다. 훈련 데이터를 기반으로 결정이 내려지는 내용, 방법 및 이유를 설명하는 프로세스인 것이다. AI / ML 모델 해석은 책임성, 신뢰성 및 투명성을 보장하고 AI 지원 시스템의 신뢰성을 촉진한다.

- 안타깝게도 AI/ML 모델의 해석은 모델 정확도를 희생하지 않고는 달성 할 수 없는 어려운 작업이다. 실제로 선형 및 트리 기반 모델과 같은 단순한 모델은 쉽게 해석할 수 있지만 정확도가 낮다. 예를 들어, 선형 모델에 의해 생성된 반응 함수 (예: 예측된 출력)는 입력 데이터 (예: 특징 값들)의 가중 합계로 표현되며, 이는 반응함수가 간단해진 만큼 모델 해석능력을 복잡하지 않은 프로세스로 만든다.
- 하지만 선형 모델은 데이터에서 복잡한 비선형 패턴을 잡아내지 못해서 정확도를 떨어뜨린다.
- 한편 앙상블 및 DL 모델과 같은 더 복잡한 모델은 입력과 출력 간의 복잡한 비선형 관계를 학습할 수 있는 능력 덕분에 종종 더 높은 정확도를 제공할 수 있다.
- 그럼에도 불구하고 이러한 모델은 결정을 이끌어내는 논리가 설명하기 매우 어렵기 때문에 블랙박스 모델로 유명하다. DL 모델의 예를 들어보면, 개별 뉴런의 역할과 입력 기능과 모델 결정 간의 상관관계를 이해하는 것은 매우 어렵다. 따라서 해석능력과 정확성 사이의 균형을 잘 설정해야 한다.

훈련 시간 및 추론 정확도: 차세대 네트워크의 매우 낮은 지연 시간과 매우 높은 안정성을 지원하기 위해 ZSM 시스템은 정확한 의사 결정을 통해 실시간 또는 거의 실시간의 관리 운용을 지원해야 한다.

- 앙상블 및 딥 러닝과 같은 새로운 AI/ML 기술은 복잡한 실제 문제를 높은 정확도로 해결하는 능력을 입증했다. 따라서 이러한 기술은 ZSM 시스템에서 정확한 결정을 내릴 수 있는 핵심 요소가 될 수 있다. 그러나 이러한 향상된 정확도를 달성하는 데 필요한 교육 시간이 길다는 것은 실시간 사용을 위한 실용성에 위협이 될 수 있다.
- 이러한 문제들은 5G 네트워크와 같이 매우 동적이고 비정적인 환경에서 더욱 중

요해진다. 이러한 환경에서 데이터 패턴은 시간이 지남에 따라 변할 수 있으며, 데이터 배포의 새로운 변경 사항을 수용하고 결과적으로 더 높은 예측 (또는 추론) 정확도를 달성하기 위해서는 AI/ML 모델 재교육이 필요하게 된다. 모델 재학습은 AI/ML 모델 성능 저하를 방지하지만 학습 시간이 상당히 증가하게 된다. 따라서 추론 정확도를 잃지 않고 훈련 시간을 단축하는 것은 새로운 AI/ML 기술이 ZSM 시스템으로 진입하는 데 필수적인 요건이 될 것이다.

계산 복잡성: 딥 러닝 및 강화 학습과 같은 새로운 AI/ML 기술은 눈에 띄는 정확성 향상 덕분에 관심이 급증해왔다. 그러나 이러한 정확도 향상은 계산, 메모리 및 에너지 자원에 대해 높은 수요를 초래하게 된다. 따라서 ZSM 시스템에서 이러한 기술을 활용하는 것은 5G 네트워크에서 Latency를 거의 0으로 줄이고 에너지 사용량이 낮추기 위해서는 어려운 문제를 풀어야 한다. 이리 모델들의 이점을 최대한 활용하려면 모델을 최적화하고 가속화하는 효율적인 솔루션 개발이 아주 중요하다.

라. IETF-IBN 시스템 (폐쇄 루프 네트워크 자동화 표준)

진정한 Intent Based Networking 시스템 (IBNS)은, 단순히 멋진 구성 관리 플랫폼이란 것 이상으로, 두 가지 기본 특성 즉 intent 이행 및 intent 보증을 포함하고 있다. intent는 수명주기에 따라 달라진다. intent는 생성되고, 시간이 지나면서 변경될 수 있으며, 어느 시점에서 철회되는 수명 주기를 가질 수 있다. [8] intent기반 네트워킹 접근 방식 (IBN)은 완전히 자동화된 네트워크를 목표로 IETF 표준에 정의되어 있으며 네트워크는 다음 같아야 한다고 설명하고 있다.

- 자율적: 자가 관리 (자체 구성, 자가 보호, 자가 치유, 자가 최적화). 하지만 Intent를 통해 중심 entity의 높은 수준의 가이드를 허용한다. 자율 기능은 변화하는 환경에 자체적으로 적응한다.
- 자동적: 사람의 개입 없이 규칙을 단계별로 실행하는 프로세스임. 하지만 규칙의 순서를 정의하는 인간에 의존하므로 완전한 의미에서 자율적이지는 않다. 예를 들어, 시작 스크립트는 자동이지만 자율적이지는 않다는 의미이다. 자동 기능은 환경이 변경되면 수동 조정이 필요할 수 있다.
- 자가 구성, 자가 복구, 자가 구성, 자가 최적화: SLA를 충족하기 위해 결정을 내리고 상태를 변경할 수 있으며, 치유는 충돌 또는 오류를 극복하고 서비스 보증

또는 향후 리소스 프로비저닝을 위해 스스로를 구성하도록 시스템을 자동으로 업데이트한다.

- 높은 수준의 정보를 이용하여 제어: 요구 사항 단순화라고도 알려진 IBN 시스템은 사용자가 그 intent를 얘기할 때, 시스템이 이해할 수 있는 복잡한 프로그램 방식이 아닌, 사람이 이해할 수 있는 형식으로 되도록 해야 한다.

① IBN 라이프 사이클의 단계 :

그림 3과 같이 IBN 시스템에는 두 주요 단계가 있다.

- 이행: 이 단계에서 intent는 다음 IBN 절차를 사용하여 물리적 시스템으로 변환 및 전달된다.

(ㄱ) intent 인식 및 생성: IBN 시스템은 높은 수준의 요구 사항을 수용하고 intent를 인식한다. intent 생성은 시스템 보고 또는 업데이트 결정의 결과로 수행될 수 있다.

(ㄴ) 번역/정교화: 이 단계는 intent를 시스템 수준 정책 및 구성으로 변환하는 것이다. 또한 하부 플랫폼에 대해 허용 가능한 충돌 없는 정책으로 의도를 구체화한다.

(ㄷ) 계획/렌더링 학습: 이 단계에서 인텔리전스가 통합되어 물리적 계층에서 정책을 최적으로 관리하고 적용하는 방법을 지능적으로 결정한다. 또한 물리적 인프라에서 모니터링 및 분석 정보를 지속적으로 수신한다.

(ㄹ) 구성/프로비저닝: 이 단계에서 생성된 구성을 통해 물리적 인프라가 호출되고 리소스 프로비저닝이 수행된다.

- 보장: 서비스 프로비저닝 후 IBN 시스템은 서비스 보장을 담당하며 다음 단계를 통해 수행된다.

(ㄱ) 모니터링/관찰: 이 단계에서는 물리적 인프라를 지속적으로 모니터링하고 모든 정보를 가져온다.

(ㄴ) 집계 분석 및 검증: 현재 시스템 상황을 기반으로 구성중인 여러 도메인 및 장치에서 분석이 수행되고, 집계된 분석이 생성된다. 또한 시스템 상황을 검증하고 학습/계획/render 모듈에 보고한다. 학습/계획/render 모듈을 인프라의 현재 상황으로 업데이트해야 하기 위한 것이다.

마. 산업계 동향

많은 회사들에서 네트워크 자동화를 위한 향상된 접근 방식을 개발해왔다.

- Cisco
- Huawei
- Apstra
- Juniper

① CISCO IBN (INTENT BASED NETWORKING):

CISCO는 IETF와 협력하여 IBN 표준을 설계하고 정의하는 데 중요한 역할을 해왔다 [11]. CISCO에서의 IBN의 주요 설계는 다음 단계를 따른다.

- Intent: 기관에 필요한 비즈니스 또는 IT 결과는 무엇인가?
- Translation: intent를 포착하고 네트워크가 조치를 취할 수 있는 정책으로 변환
- Activation: 네트워크 전체 자동화를 사용하여 물리적 및 가상 네트워크 인프라에 생성한 정책을 설치
- Assurance: 분석 및 기계 학습을 사용하여 원하는 intent가 적용되었고 비즈니스 결과가 달성되고 있는지 지속적으로 모니터링하고 확인



Figure 5: CISCO IBN architecture [17]

② Cisco DNA (디지털 네트워크 아키텍처)

CISCO-DNA는 캠퍼스, 지사 및 WAN을 위한 IBN 구현을 목표로 하는 프로젝트이다. 그림 6은 기본 설계를 보이고 있다. 상위 수준에서 높은 수준의 사용자 요구 사항을 수신하기 위한 개방형 API를 도입하고 e2e 서비스 오케스트레이션을 위한 추상화 및 정책 제어를 제공하는 네트워크 자동화 모듈을 포함한다. 한편, 시스템에 대한 지속적인 모니터링, 통찰력 및 업데이트를 가능하게 하는 분석 모듈을 구성하고 있다. 이를 통해 자동화된 폐 루프 IBN 시스템을 제공한다.

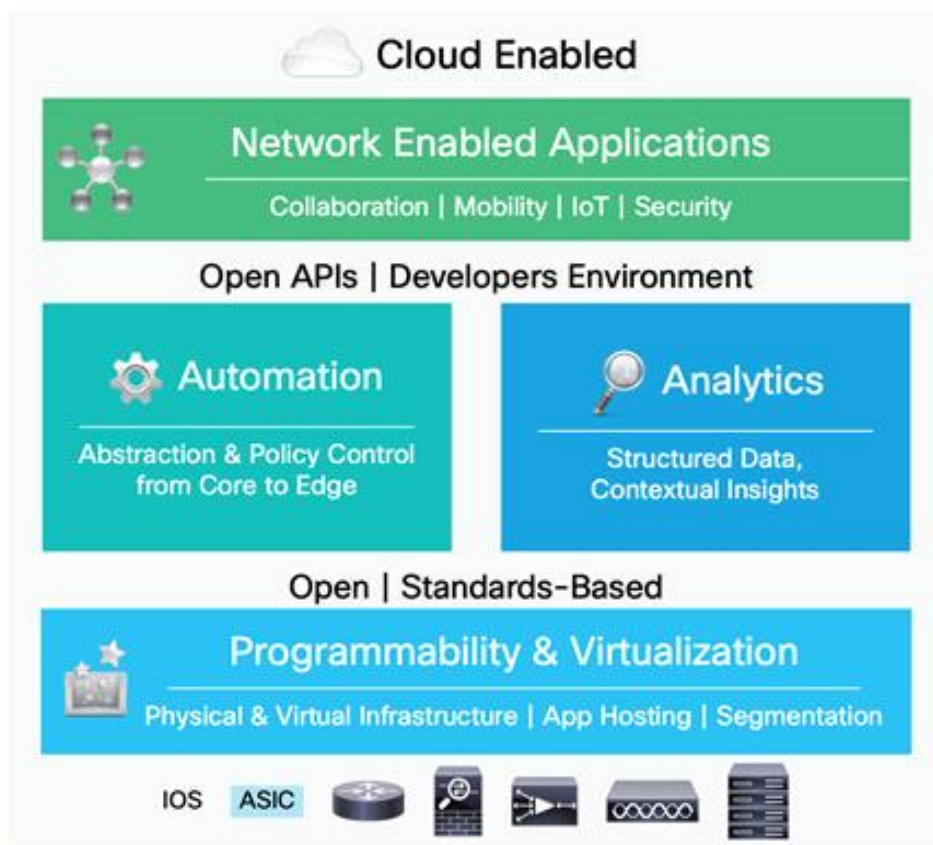


Figure 6: Design of CISCO-DNA in contrast to IBN [15]

DNA 아키텍처는 프로그래밍 가능한 인터페이스를 통해 의도를 입력하는 Restful 서비스를 제공할 수 있게 하여 디지털화된 비즈니스를 지원한다. 또한 다목적 애플리케이션이 프로그래밍 가능한 네트워크를 보다 유연하게 제어할 수 있게 한다. 타사 응용 프로그램이 해당 요구 사항을 입력해서, 프로그래밍을 통해 사용자 요구 사항을 변환할 수 있다는 점에서 독특함을 제공하고 있다. DNA를 통해 네트워크는 지속적인 피드백을 제공하여 네트워크 운영을 단순화 및 최적화하고, 디지털 응용들이 본질적으로 네트워크를 인지방식으로 동작할 수 있게 지원한다.

네트워크 아키텍처 중심으로 본 Cisco DNA을 그림 7에 보였다. 아키텍처에서 애플리케이션을 포함한 종단 포인트는 전송 서비스를 찾으려고 네트워크에 연결한다. 모든 종단 포인트는 네트워크 도메인 외부에 있으며 사용자 네트워크 인터페이스(UNI)를 통한다. DNA의 전송 서비스는 ingress에서 egress UNI 로의 IP 플로우들의 전송으로 정의되는데, 다시 말해, 종단 사용자의 장치나 호스트에서 실행되는 애플리케이션 사이에서의 플로우를 구성하는 IP 패킷들의 전송으로 정의된다. 다양한 응용들로 부터 물리적 인프라로 정보를 변환하는 전체 프로세스는 IBN이 주도하는 자동화를 통해 수행된다.

이러한 IP 플로우들은 네트워크 기반 Layer 4-to-Layer 7 서비스를 적용하여 네트워크에서 수정될 수 있다. 네트워크기반의 서비스를 찾는 모든 호스트나 응용 프로그램들은 호스트나 응용 프로그램 또는 관련 통신 엔티티들이 네트워크에서 받을 수 있는 서비스를 지정함으로써, PEP(policy enforcement point)에 의해 관리된다. 그러면, DNA는 연결 및 전송 서비스를 제공하여 종단 포인트 및 응용이 엔터프라이즈 인프라 내에서 호스팅 되는지 클라우드에서 호스팅 되는 지에 관계없이 통신할 수 있도록 한다.

Cisco DNA 인프라의 주요 구성 요소는 다음과 같다.

- 네트워크 패브릭
- 가상화
- 클라우드 지원
- 네트워크 컨트롤러
- 서비스 정의 및 오케스트레이션
- 분석 및 원격 측정 애플리케이션

③ Huawei AND (Autonomous Driven Network):

(a) 단순화된 네트워크 인프라

- ✓ 단순화된 네트워크 인프라는 기본적으로 지능적이고 계층적으로 자율적인 ADN을 보장함
- ✓ 단순화된 네트워크 아키텍처, 프로토콜, 장치, 사이트 및 배포 솔루션은 초고대역폭 및 방대한 연결로 인한 복잡성을 상쇄하여 네트워크 라이프 사이클 전반에 걸쳐 효율성과 고객 경험을 향상시킴

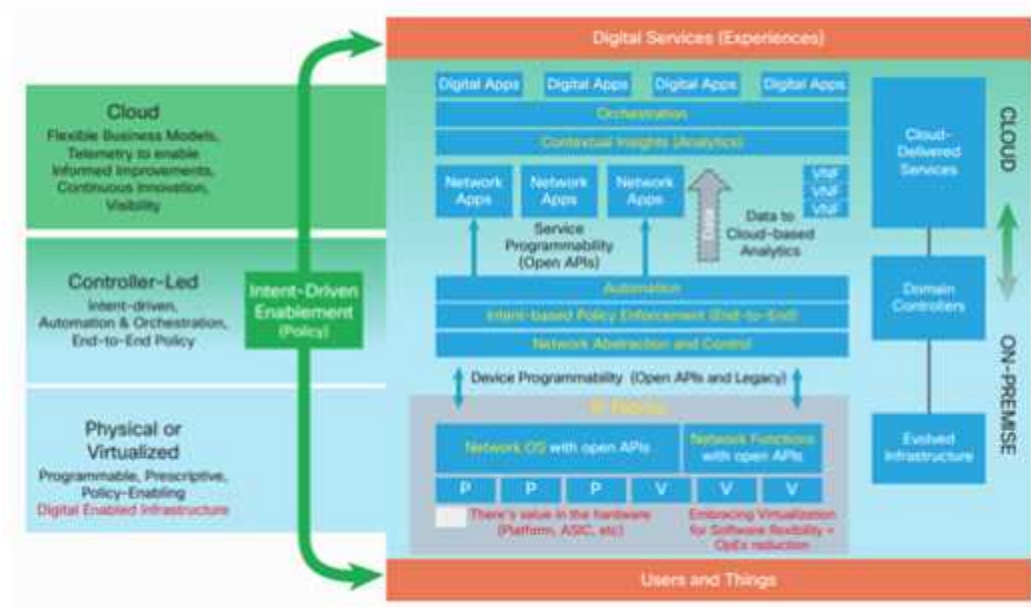


Figure 7: CISCO DNA architecture [15]

(b) 네트워크 관리 및 제어 장치

- ✓ ADN은 네트워크 관리자, 컨트롤러 및 분석기의 세 가지 모듈을 통합함
- ✓ ADN은 지식과 AI 모델을 주입함으로써 상위 계층 서비스 및 애플리케이션 intent들을 네트워크 동작으로 자동 변환하여 단일 도메인 자율성과 폐쇄 루프 관리를 구현한다. 이러한 방식으로 네트워크 연결 또는 기능의 SLA를 커밋 할 수 있다. 네트워크 관리 및 제어 장치는 디지털 모델링 방법을 사용하여 개별 네트워크 리소스, 서비스 및 상태 데이터를 연결하여 완전한 도메인 내 디지털 HD 맵을 생성하고 통합 네트워크 데이터 수집, 네트워크 인식, 네트워크 의사 결정 및 네트워크 제어를 구현한다.

(c) 지능형 O & M 플랫폼

- ✓ 지능형 O & M 플랫폼은 O & M 프로세스, 지식 자산 및 프로그래밍 가능한 O & M 설계 프레임워크를 위한 클라우드 서비스를 제공한다. 간소화된 O & M 프로세스 및 유연한 서비스 오케스트레이션을 지향하는 이 서비스는 네트워크 특성에 따라 통신 업체가 새로운 서비스 모델, O & M 프로세스 및 서비스 애플리케이션을 신속하게 개발할 수 있도록 지원한다. 이것이 서비스 민첩성과 O & M 기술 향상의 핵심이다.

(d) 네트워크 AI 유닛

- ✓ 네트워크 AI 유닛은 텔레콤 도메인에서 AI 플랫폼과 클라우드 서비스를 제공한다.

- ✓ 이는 네트워크 AI 설계 및 개발을 위한 기본 플랫폼으로서, 클라우드에 업로드된 통신 데이터를 기반으로 AI 모델을 지속적으로 훈련하고 지식을 추출하여 새로운 AI 모델과 네트워크 지식을 생성한다. AI 모델과 지식을 네트워크 인프라, 단일 도메인, 교차 도메인 관리 및 제어 장치에 주입하여 지능적이고 사용하기 쉬운 네트워크를 만들 수 있다. 네트워크 AI 유닛은 carrier의 인텔리전스 자산의 공유 센터이기도 하다.
- ✓ 계획, 건설, 유지 보수 및 최적화 과정에서 carrier가 개발하고 훈련 한 AI 모델과 네트워크 지식을 관리한다. 이 프로세스를 통해 AI 모델과 지식을 완전히 공유하고 재사용 할 수 있으므로 반복적인 개발 및 교육의 필요성이 줄어들게 된다. 네트워크 AI 유닛은 클라우드에서 데이터 서비스, 교육 서비스, 코스 서비스, 네트워크 지식 기반 및 AI 마켓 플레이스와 같은 기본 서비스 및 기능을 제공한다.

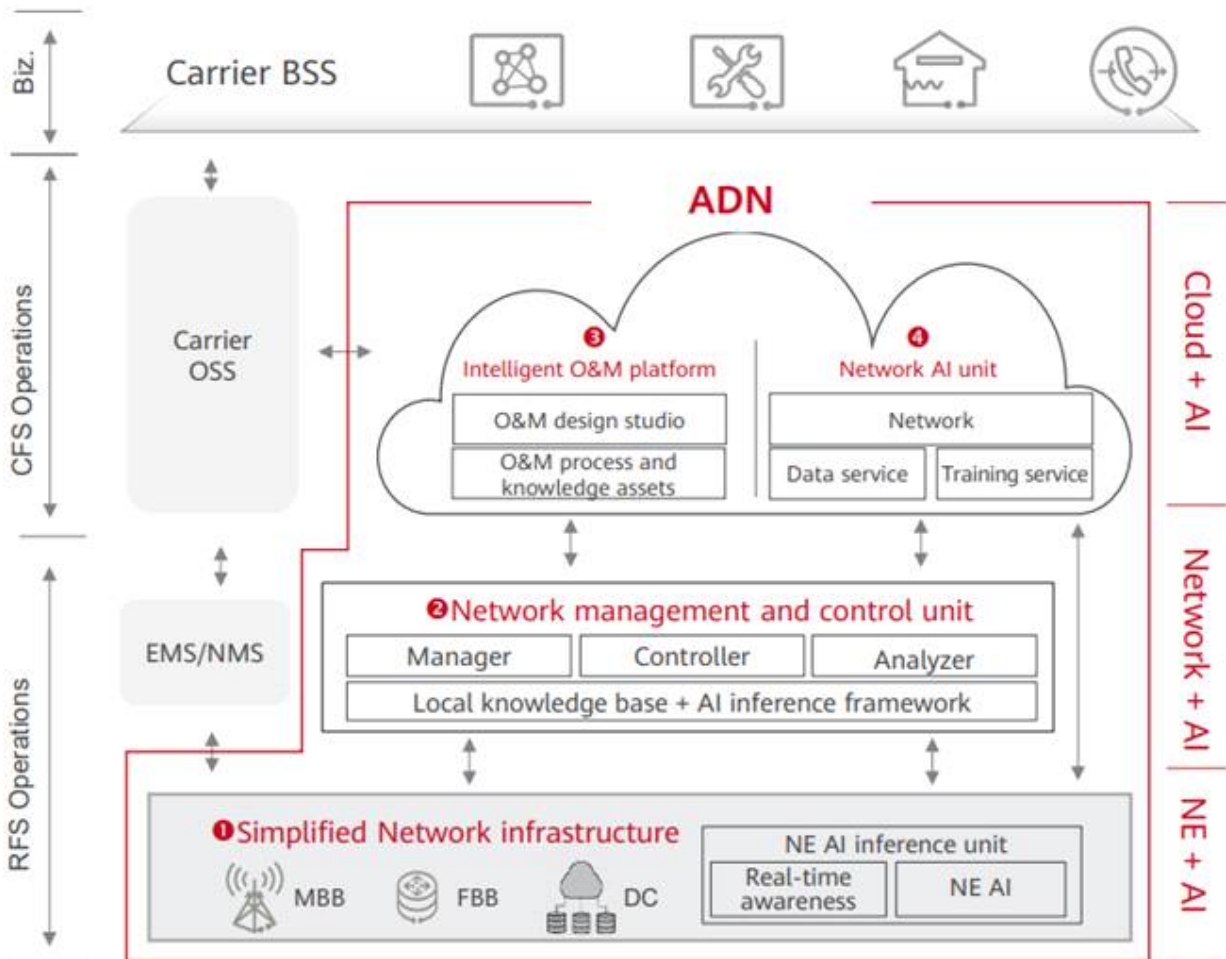


Figure 8: ADN(Autonomous Driven Network) architecture [16]

[표 1] 주니퍼의 모듈별 특징

Pragon Planner	Pragon Pathfinder	Pragon Active Assurance
네트워크 계획 및 시뮬레이션 도구를 이용해 라이브 네트워크에 영향을 주지 않고 심층적인 네트워크보기, 상태 감사 및 시나리오 계획을 제공	강력하고 유연한 트래픽 엔지니어링 솔루션을 통해 대규모 네트워크에서 세그먼트 라우팅 및 IP / MPLS flow 들의 프로비저닝, 관리 및 모니터링을 단순화하고 자동화함	액티브 네트워크 테스트 솔루션을 통해 물리적 및 멀티 클라우드 네트워크에서 서비스 검증을 위한 Layer 2- Layer 7 측정 기능을 제공
Paragon Insights	Anuta Atom	Junos Telemetry
고도로 자동화 된 클라우드 네이티브 데이터 수집 및 분석 솔루션을 통해 ML 알고리즘을 사용하여 네트워크 배포 전반에 걸쳐 일관되고 실행 가능한 운영 인텔리전스를 제공	클라우드 네이티브하고 모듈화된 서비스 오케스트레이션 플랫폼을 통해 네트워크 및 서비스를 프로비저닝, 관리, 모니터링 및 보장하기 위한 폐쇄 루프 자동화를 제공	네트워크 장치에서 실시간 성능 데이터를 스트리밍하여 성능 분석, 서비스 보증 및 문제 해결 도구를 지원
Juniper Apstra	Mist Wi-Fi Assurance	Session Smart Router
Apstra 는 다중 공급 업체 환경에서 폐쇄 루프 assurance, single source of truth, 강력한 분석 및 root-cause 식별을 통해 설계에서 일상적인 운영에 이르는 자동화를 통해 데이터 센터 네트워크를 재구성함	클라우드 서비스를 통해 수동 문제 해결 작업을 자동화된 무선 작업으로 대체함	사용자 중심의 SD-WAN 기술로 클라이언트에서 클라우드로 획기적인 통찰력과 자동화를 제공합니다.

④ Junipers 네트워크 자동화 플랫폼

네트워크 자동화는 커스터머의 경험을 개선하면서 계획, 설계 및 운영을 단순화하며 Experience First Networking의 기본 구성 요소이다. 인적 오류의 영향을 제거하고 고객 이탈을 줄인다. 커스터머들의 비즈니스 및 개인 요구 사항보다 앞서기 위해서 서비스 라이프 사이클의 모든 단계에 걸쳐 L2에서 L7까지 전체 네트워크를 지원할 수 있는 자동화 솔루션이 필요한데, 주니퍼는 모든 제품에 자동화를 구축하고 네트워크 엔지니어링, 운영 및 DevOps 팀이 환경에서 자동화의 이점을 누릴 수 있도록 지원하는 솔루션 제품군을 제공하고 있다. 보장받은 경험을 제공하는 것이 네트워크 및 서비스 운영 팀의 가장 중요한 요구 사항으로 두고, 주니퍼의 Paragon 자동화 솔루션을 통해, 능동적인 서비스 보증과 폐쇄 루프 자동화를 결합하여 더 나은 사용자 경험을 제공할 수 있는 플랫폼이다.

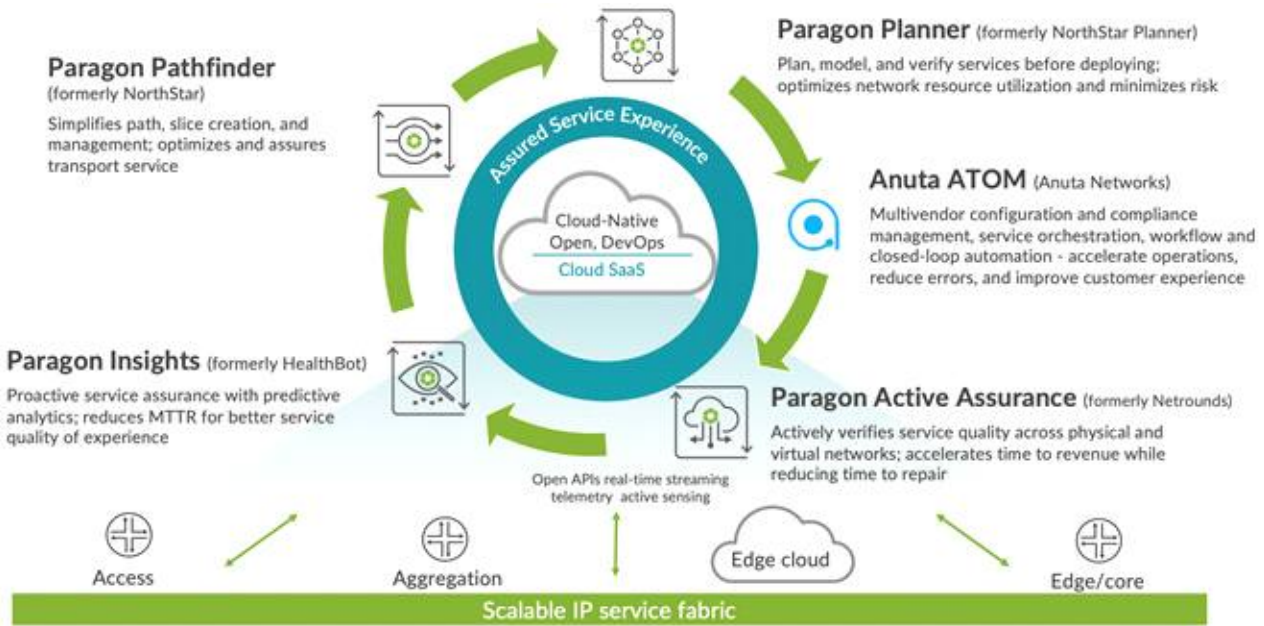


Figure 9: Juniper 시스템상세[7]

⑤ APSTRA IBN 시스템

Apstra의 3가지 핵심 기술

- Intent 기반 네트워킹은 공식 설계, 검증, 정책 번역 및 자체 문서화의 실시간 자동화를 제공함
- Graph datastore는 single source of truth, 지속적인 폐쇄 루프 자동화 및 분석을 제공함
- 개방형이며, vendor agnostic한 오버레이 체계 제공

Apstra의 Intent 기반 분석을 사용하면 더 적은 데이터를 수집하고 저장하여 사용자 인프라에 대한 더 많은 지식을 얻을 수 있는 기술을 제공한다. intent는 본질적으로 달성하려는 것을 의미하며, Apstra의 Intent 기반 분석은 intent (달성하고자 하는 것) 및 참조 디자인 (그것을 달성할 방법)을 통해 제공되는 품질 정보 (기대하는 패턴)를 사용할 수 있도록 함으로써 작동한다. Intent는 사용자 인프라에서 모든 지식이 아닌 올바른 지식을 수집할 수 있는 기능을 제공하며, 올바른 지식은 실행 가능한 통찰력으로 이어진다. Apstra의 intent 기반 분석은 intent를 사용하여 올바른 지식과 데이터를 찾아 의미론적 가치가 있는 조건을 식별한다. Apstra의

Intent-Based Analytics에서 얻은 insight를 통해 사용자 인프라를 효율적으로 차트화하고 비용을 제어하여 솔루션에 집중할 수 있다.

Apstra Intent-Based Analytics의 이점

- 간단하고 명확한 insight 제공: 관찰 대상인 중요한 조건과 상황을 식별하고 "간단한 유리창"을 사용하여 실시간으로 noise를 제거함
- 저장 및 처리 비용 절감: 더 적은 데이터를 수집하고 저장하는 동시에 더 많은 정보를 추출하여 저장 및 처리 비용을 절감함
- 자동화된 문제 해결: 효과적이고 복잡하며 상황에 맞는 문제 해결 워크 플로우를 자동화하여 시간과 비용 절약가능
- 제로 터치 유지 관리: 변경이 발생할 때 제로 비용 및 제로 터치 유지 관리를 제공
- 통합 불필요: 고비용이며 취약한 데이터 처리 파이프라인 통합 작업을 제거하여 유연성 확보와 비용 절감 성취
- 꼼꼼한 정확성: ML/AI 접근 방식보다 더 정확하여 시간과 비용을 절약하면서 더 효과적이고 Agile함

AOS (Apstra Operating System)

실시간으로 네트워크를 설계, 구축, 배포 및 검증 할 수 있게 하며, 중앙 AOS를 사용하여 IBN의 핵심 개념을 기반으로 수행함

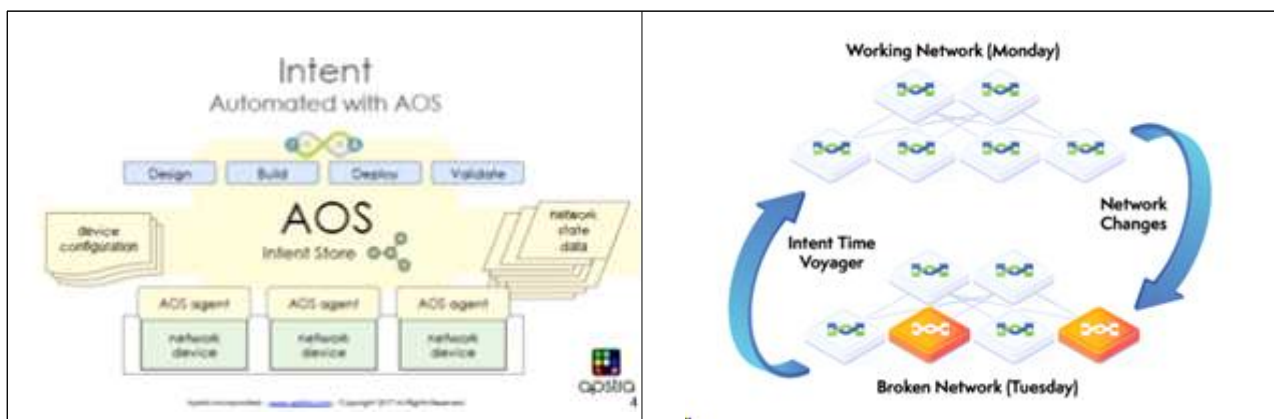


Figure 10: AOS는 APSTRA의 모든 IBN 시스템에 기본요소임[10]

(2) 3GPP NETWORK DATA ANALYTICS FUNCTION (NWDAF)

3GPP는 지능적이고 자율적인 네트워크 운영 및 서비스 관리를 지원하기 위해 5G 서비스 기반 아키텍처 (SBA)에 NWDAF(network data analytics function)을 도입

리 조치에 대한 결정을 내리는 데 이 정보를 활용한다. NWDAF는 또한 OAM에서 데이터를 수집하고 분석 정보를 OAM에 노출하기 위해 이 프레임 워크 내에서 네트워크 OAM (운영, 관리 및 관리) 시스템과 긴밀하게 교환한다.

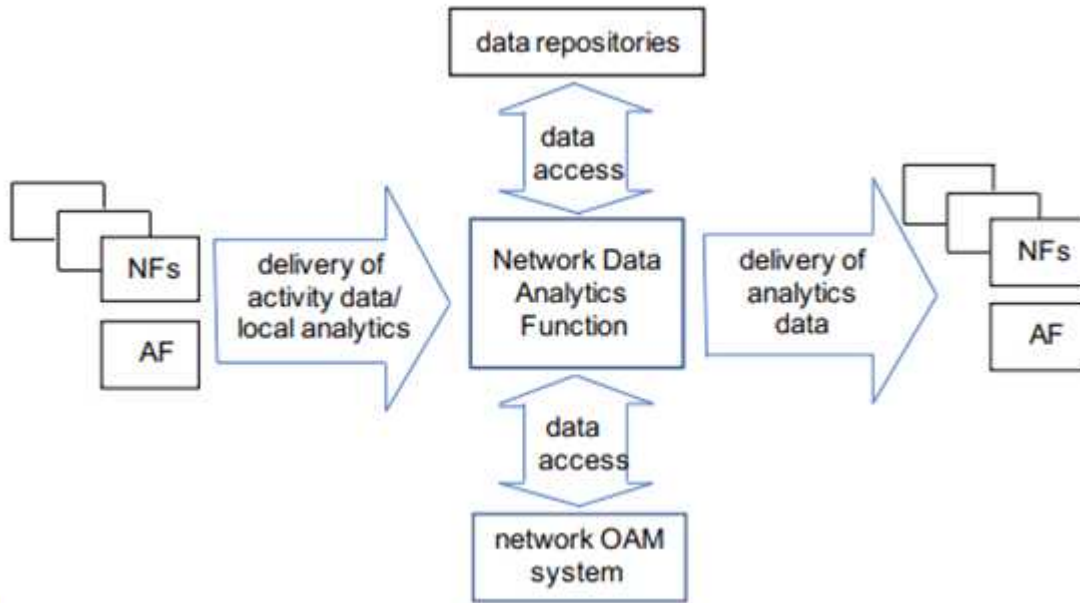


Figure 12: 다른 NF 및 OAM과의 3GPP NWDAF 통신

가. NWDAF 지원사용 사례

3GPP는 현재 NWDAF를 사용하는 5G에 대해 다음과 같은 AI-ML 분석 사용 사례를 보이고 있다.

- 네트워크 슬라이스 인스턴스에 대한 부하 수준 계산 및 예측
- 애플리케이션/UE 그룹에 대한 서비스 경험 계산 및 예측
- 특정 NF에 대한 분석 정보 및 예측로드
- 네트워크 부하 성능 계산 및 향후 부하 예측
- UE 예상 행동 예측
- UE 비정상 동작/이상 감지
- UE Mobility 관련 정보 및 예측
- UE 통신 패턴 예측
- 혼잡 정보 - 특정 위치에 대한 현재 및 예측
- QoS 변경보고 및 예측을 포함하는 서비스 품질 (QoS) 지속 가능성
- 트래픽 조정, 스위칭 및 분할 체계 지원에 액세스

- 정책 결정
- 네트워크 congestion 데이터 - 특정 위치에 대한 현재 및 예측
- 애플리케이션에 대한 NWDAF 분석 노출

나. NWDAF 배포 과제 및 권장사항

NWDAF를 배포하기 위해 CSP (communication service providers)는 다음과 같은 문제에 직면할 수 있다.

- 일부 네트워크 기능 공급 업체는 표준을 준수하지 않거나, 데이터를 제공하거나 분석 서비스를 받을 수 있는 인터페이스가 없을 수 있다.
- 중앙 집중식 분석 사용 사례에 대한 결정을 내리려면 집계된 네트워크 데이터가 필요하므로 5G 네트워크가 배포될 때까지 NWDAF를 기존 분석 애플리케이션과 통합할 필요가 있다.
- 많은 CSP에는 수익 보장, 구독자/마케팅 분석 및 구독자 경험/네트워크 관리와 같은 다양한 사용 사례를 위해 배포된 다양한 분석 노드가 있다. 이 모든 것을 하나의 분석 노드에 통합하여 NWDAF 사용 사례를 제공하는 것은 네트워크 데이터에서 더 나은 통찰력과 가치를 이끌어내는 데 중요하다.
- 배포된 분석 기능이 가치를 도출하기 위해, 네트워크 자동화를 위한 orchestrator나 reporting을 위한 BI 도구/UI/이메일/알림 앱 등과 통합될 필요가 있다.

다. 자동화와 분석을 위한 산업 분야의 NWDAF

① RADCOM:

RADCOM ACE (automated, containerized, e2e)는 SA(Standalone) 및 NSA (Non-Standalone) 5G에 대한 Assurance를 위한 폐쇄 루프 접근 방식을 제공하면서, Kubernetes와 원활하게 통합된 자동화된 5G 보증 플랫폼이다.

- RADCOM ACE - 네트워크 슬라이스 인스턴스를 식별하고 네트워크 슬라이스 인스턴스 당 PCF 및 NSSF에 제공되는 슬라이스 활용 KPI를 생성한다.

- RADCOM Service Assurance는 ICON에 권한을 부여하여 RAN에서 Core로 지능형 컨테이너 기반 주문형 네트워크 분석을 제공한다 [3].
- RADCOM ICON은 NWDAF의 일부 기능을 구현한 것이다. NWDAF를 사용하면 NF 소비자가 KPI의 주기적 알림을 구독 및 구독 취소하고 임계값이 초과될 때 알림을 구독 및 구독 취소할 수 있다.
- AI/ML 기능이 있는 RADCOM의 NWDAF는 NF에서 네트워크 데이터를 지속적으로 수집하고 NF 및 운영자의 BSS/OSS 시스템에 실시간 분석을 제공하여 고급 5G 사용 사례에 필수적인 5G 네트워크를 사전에 관리하는 데 도움이 되는 지속적인 네트워크 분석을 제공한다. 합의된 SLA가 전달되도록 조정된 성능 및 리소스에 대해 네트워크 슬라이스가 자동으로 모니터링된다.

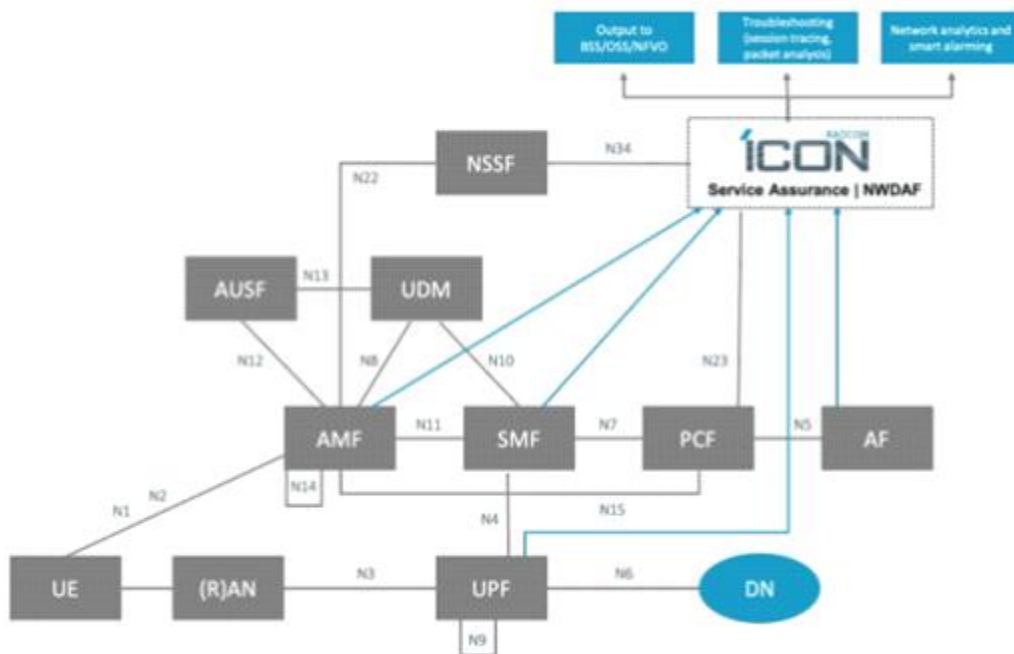


Figure 13: service assurance를 위한 RADCOM NWDAF

② SANDVINE 5G 서비스 인텔리전스 엔진 (NWDAF):

Sandvine은 검증된 기계 학습 기능과 업계에서 가장 진보된 트래픽 분류 기술을 강화한 5G Service Intelligence Engine이라고하는 강화된 3GPP 표준 준수 및 클라우드 네이티브 NWDAF를 엔지니어링했다고 소개되고 있다. 그 결과 5G 네트워크의 진정한 잠재력을 발휘하는 자동화된 서비스 인텔리전스가 만들어졌다. Sandvine은 3GPP 표준에 따라 NWDAF를 구현했으며 실제로 개발에 적극적으로 기여하고 있다

[4]. Sandvine은 이 최소 표준을 충족하는 NWDAF를 구축했을 뿐만 아니라 입증된 트래픽 분류 기능과 모바일 서비스 제공 업체가 그림 14처럼 네트워크를 보고 관리하는 방식을 혁신하는 데 사용할 수 있는 세부적이고 상황에 맞는 정확한 KPI 측정을 통해 이를 강화하는 기술을 구현했다.

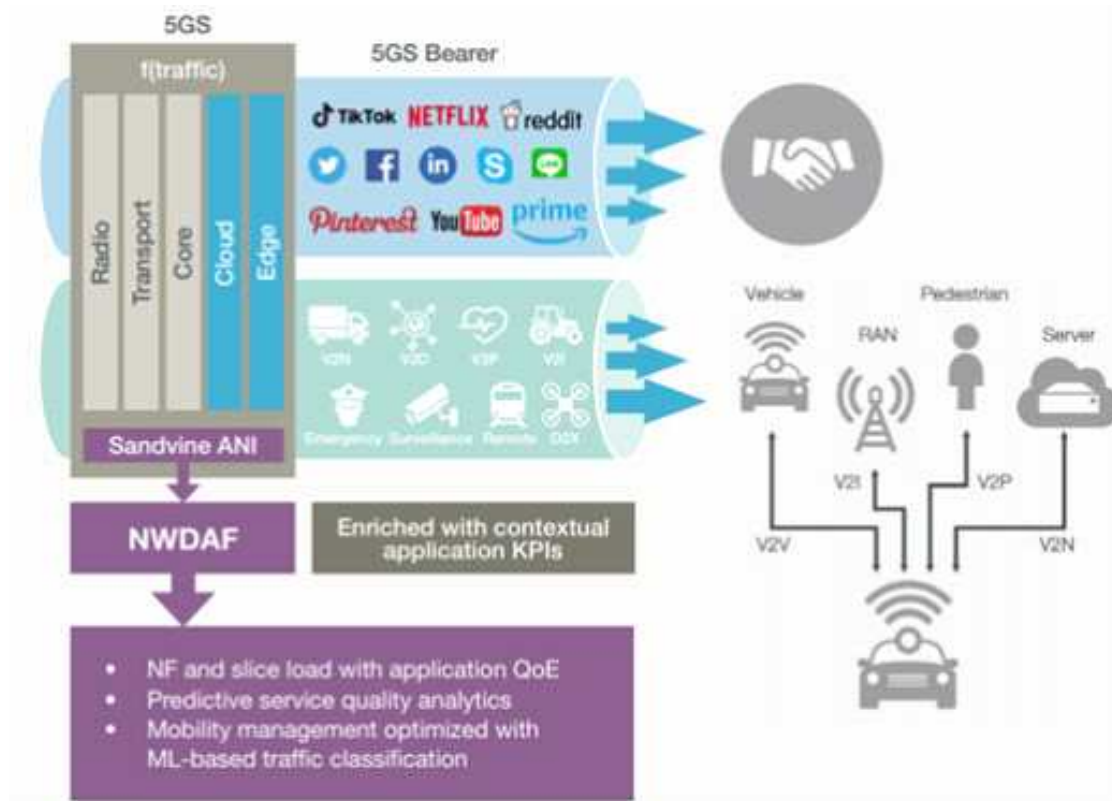


Figure 14: Sandvine 5G 서비스 인텔리전스 엔진(NWDAF) 구현

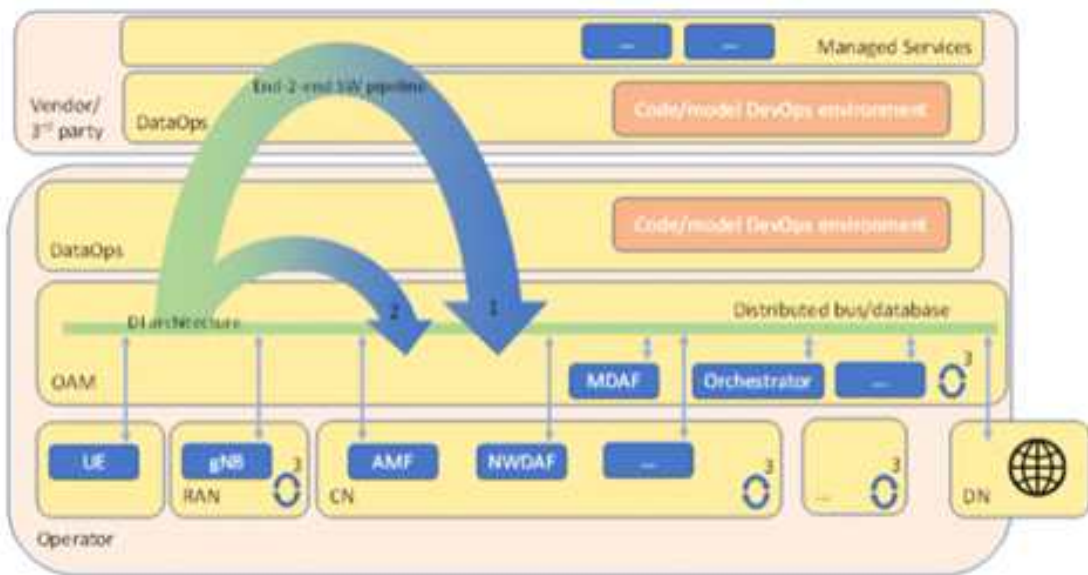


Figure 15: NWDAF를 사용한 Ericsson 데이터기반 아키텍처

③ ERICSSON 데이터 기반 아키텍처 및 NWDAF:

데이터 기반 아키텍처의 기본 구성 요소는 조사 및 노출, 데이터 파이프라인, 네트워크 분석 모듈, AI/ML 환경으로 구성되어 있다. 그림 15는 Ericsson의 NWDAF를 사용한 데이터 기반 아키텍처를 보여주고 있다. 컨트롤 플레인 및 데이터 플레인 네트워크 기능을 위한 NWDAF와 관리 도메인 분석을 수행하기 위한 MDAF가 있다 [5].

④ VIAVI NITRO: NWDAF를 장착한 모바일 아키텍처

NWDAF는 운영자가 클라우드 네이티브 NFV 도메인에서 네트워크 슬라이싱과 같은 실시간 요소를 관리할 수 있도록 하는 자동화된 assurance 및 분석 제공의 핵심 요소이다. VIAVI NITRO Mobile의 중심 기반은 표준 및 기술이 진화함에 따라 조정되는 northbound 및 southbound 인터페이스가 있는 개방형 플랫폼이다. NITRO Mobile은 NWDAF 원칙을 활용하여 5GC 네트워크, 서비스 및 고객에 대한 세부적인 insight를 제공하고 있다 [6].

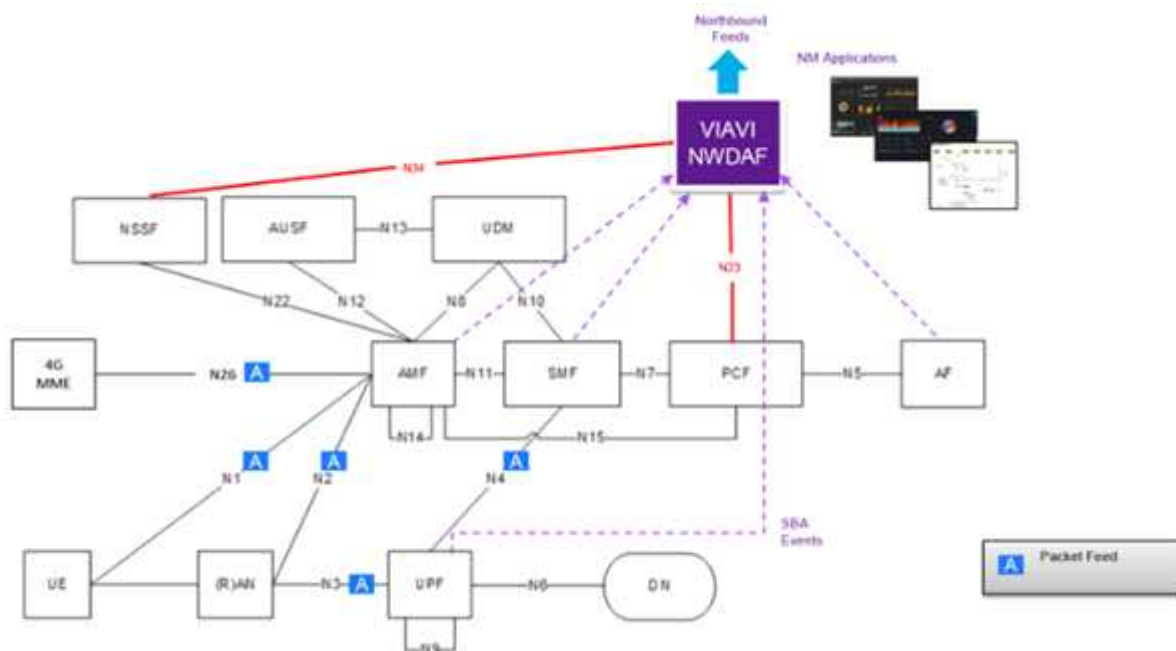


Figure 16: NWDAF를 사용한 VIAVI 가상화 및 분석 시스템

(3) 결론 및 시사점

최근 AI 기술이 주목을 받으면서, 아주 다양한 알고리즘과 기술들이 개발되고 있으며, 이에 따라 대부분의 개발 시스템에 AI를 적용하려는 움직임들이 활발하다. 네트워크 분야에서도 5G 망기술의 발전과 함께 향후의 네트워크 기술들이 AI에 기반해서 개발될 것으로 보인다. 본 고에서는 최근 ETSI의 ZSM과 3GPP의 NWDAF가 표준안으로 제시되고, 네트워크에 AI를 적용하여 망을 자동화하려는 움직임에 주목하여, ZSM과 NWDAF에 대해 표준안과 산업계의 경향에 대해 간단하게 알아보았다.

망을 자동화해서 관리하는 측면에서 ZSM과 NWDAF에 기반해서, 사용자 및 응용의 요건에 기반하여 그 intent가 제시되고, 이를 자동화해서 망이 독자적으로 운용이 가능한 Intent 기반의 네트워킹 기술은 이미 많은 망 사업자가 적용기술을 개발하고 있는 만큼, 향후 그 솔루션 확보를 위한 다양한 시도들이 있을 것으로 예상되며, 궁극적으로 아주 추상화된 요구가 망에서 자동적으로 이뤄질 수 있는 단계로의 진화가 있을 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] 3GPP. TR 23.791 Study of Enablers for Network Automation for 5G, version 16.2.0; 3GPP: Sophia Antipolis, France, 2019.
- [2] 3GPP. TS 23.288 Architecture Enhancements for 5G System to Support Network Data Analytics Services, version 16.5.0; 3GPP: Sophia Antipolis, France, 2020.
- [3] White paper: RADCOM's Network Data Analytics Function (NWDAF) : 2020.
- [4] White paper: SANDVINE 5G Service Intelligence Engine (NWDAF) for Core, Cloud, and Edge Networks: 2021.
- [5] Whitepaper: Data driven Architecture by Ericsson.
- [6] VIAVI system: <https://www.viavisolutions.com/es-es/taxonomy/term/6500>
- [7] Juniper System:
<https://www.juniper.net/us/en/products-services/network-automation/>
- [8] IETF:
<https://tools.ietf.org/pdf/draft-irtf-nmrg-ibn-concepts-definitions-03.pdf>
- [9] C. Benzaid and T. Taleb, "ZSM Security: Threat Surface and Best Practices," in IEEE Network, vol. 34, no. 3, pp. 124–133, May/June 2020, doi: 10.1109/MNET.001.1900273.
- [10] APSTRA: <https://apstra.com/solutions/>
- [11] ETSI GR ZSM 005 V1.1.1 (2020–05)
- [12] ETSI White Paper #32: “Network Transformation; (Orchestration, Network and Service Management Framework)”
- [13] C. Benzaid and T. Taleb, "AI-Driven Zero Touch Network and Service Management in 5G and Beyond: Challenges and Research Directions," in IEEE Network, vol. 34, no. 2, pp. 186–194, March/April 2020, doi: 10.1109/MNET.001.1900252.