지능형 네트워크 관리를 위한 의도 기반 네트워킹

Intent-Based Networking for Intelligent Network Management

정재훈/Jaehoon Paul Jeong*

본 고에서는 지능형 네트워크 관리를 위한 의도 기반 네트워킹(Intent-Based Networking, IBN)에 대한 국제 표준화 현황을 소개한다. 특히 국제 표준화 기구 IETF(Internet Engineering Task Force)의 IBN 표준화 동향을 소개한다. IBN 기술은 네트워크 관리자가 네트워크 관리를 위한 의도를 표현하게 한다. 이 의도는 타겟 네트워크(Target Network)에서의 요청된 서비스를 위한 구체적인 정책으로 번역되어 타겟 네트워크에 전달된다. 타겟 네트워크는 이 정책에 의해 설정되어 요청된 서비스를 수행한다. 분석 시스템은 네트워크 장비들로부터 모니터링 데이터를 수집하고 인공지능으로 분석한다. 분석 결과를 통해 요청된 의도에 부합하는 서비스 및 성능을 제공하는지 검증하며 네트워크 구성을 자율적으로 보완한다. 본 고는 또한 IBN 유스케이스 문서의 표준화 현황을 설명한다. 아울러 자율이동체(Autonomous Moving Object)의 제어 및 관리를 위한 인공지능 기반 이동체 자율 네트워킹(AI-Driven Moving-Object Autonomous Networking, AMAN) 기술을 소개한다.

This article introduces the trends of international standardization on Intent-Based Networking (IBN) for intelligent network management. Especially, it introduces the trends of IBN in the Internet Engineering Task Force (IETF). The IBN technology lets a network administrator express an intent for network management. This intent is translated into a concrete policy for the requested service on the target network and this policy is delivered to the target network. The target network is configured with the policy and performs the requested service. An analysis system collects monitoring data from network devices and analyzes it with Artificial Intelligence (AI). With the analysis results, the analysis system verifies whether the target network provides the demanded service and performance or not, and it adjusts the configuration of the network autonomously. This article also explains the standardization status of the IBN use cases draft. In addition, it introduces AI-Driven Moving-Object Autonomous Networking (AMAN) for the control and management of autonomous moving objects.

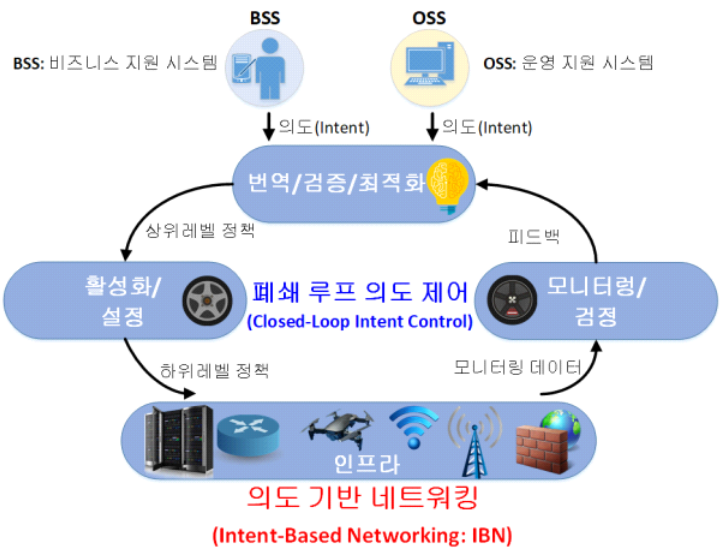
* *Key words : 의도 기반 네트워킹/Intent-Based Networking, 지능형 네트워크 관리/Intelligent Network Management, 이동체/Moving Object,*

I. 서론

* 성균관대학교 정보공학 학사, 서울대학교 컴퓨터공학 석사, University of Minnesota 컴퓨터공학 박사, 現 성균균대학교 소프트웨어융합대학 소프트웨어학과 교수

인공지능(Artificial Intelligence, AI) 기술 발달과 자연어 처리(Natural Language Processing, NLP)는 클라우드(OpenStack(2025), Kubernetes(2025)) 기반의 컴퓨팅 파워로 인해 거대 언어 모델(Large Language Model, LLM)(Minaee(2024), Devlin(2019))이 인간과 컴퓨터 간의 소통에 새로운 장을 열고 있다. LLM 기반의 자연어 텍스트를 입력으로 받아 원하는 답을 주는 ChatGPT 서비스(ChatGPT(2025), Romero-Sandoval (2023))는 보편화되어 학계뿐만 아니라 일반 대중들이 구글의 검색 엔진처럼 많이 사용하고 있다. 이러한 AI 기술은 인터넷과 데이터센터를 운영하는데 필요한 네트워크 관리(Network Management, NM) 분야에 적용되기 시작하였다. 국제인터넷표준화기구인 Internet Engineering Task Force(IETF)(IETF(2025))는 이러한 AI의 인터넷 운용에 적용하려는 노력을 하고 있다. IETF의 리서치 기구인 Internet Research Task Force (IRTF)(IRTF(2025))는 네트워크 관리 리서치 그룹(Network Management Research Group, NMRG)(NMRG(2025))를 통해 AI 기술을 네트워크 운영 및 관리에 적용하기 위해 활발히 연구하고 있다. 본 고에서는 IETF 중심으로 의도 기반 네트워킹(Intent-Based Networking, IBN)을 통해 네트워크 및 보안 서비스를 운영하기 위한 표준화 활동을 주로 소개한다. 또한 IBN 관련 다른 국제표준화기구와 오픈소스 그룹에서 진행하고 있는 활동을 소개한다.

<그림 1> 의도 기반 네트워킹 구조도 (Jeong(2025a))

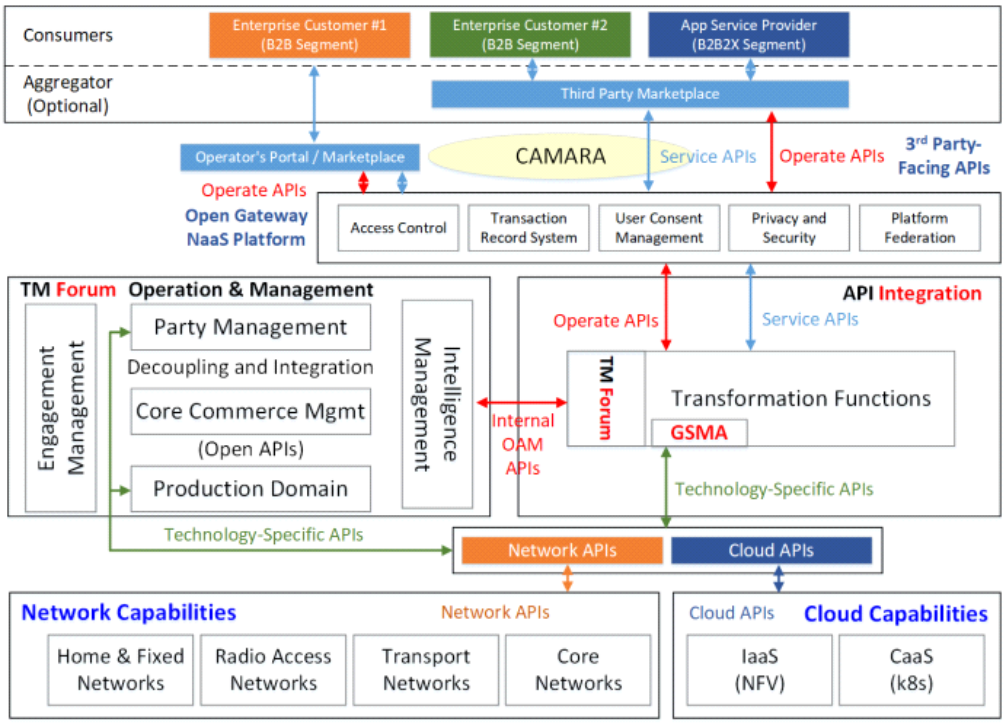


의도(Intent)는 사용자나 관리자가 원하는 서비스의 기술(Description)을 의미한다. 의도 기반 네트워킹인 IBN 기반 네트워크 관리 기술의 개발 및 표준화는 네트워크 장비 개발회사인 벤더(Vendor), 네트워크 서비스 회사인 오퍼레이터(Operator), IETF 같은 표준화기구(Standard Development Organization, SDO) 및 학계에서 활발히 수행되고 있다. 특히 글로벌 네트워크 벤더인 시스코(Cisco)와 노키아(Nokia)에서 의도 기반 네트워킹 개념 정립 및 상용화를 주도하고 있다. <그림 1>은 의도 기반 네트워킹(IBN) 구조도를 보여주고 있다(Cisco(2018)). 그림과 같이 IBN 시스템의 관리자 및 사용자는 비즈니스 지원 시스템(Business Support System, BSS) 또는 운영 지원 시스템(Operation Support System, OSS)을 이용한다. BSS와 OSS는 네트워크 관리를 위한 의도(Intent)를 번역, 검증 및 최적화 모듈에게 전달한다. 번역 및 최적화 모듈은 의도를 네트워크 시스템이 이해할 수 있는 상위레벨 정책(High-level Policy)으로 번역한다. 이러한 의도를 상위레벨 정책으로 번역하기 위해 거대 언어 모델(LLM)(Minaee(2024))이 이용될 수 있다. 번역된 상위레벨 정책은 설치 및 설정 모듈에서 전달되어 네트워크 인프라 시스템이 이해할 수 있는 하위레벨 정책(Low-level Policy)으로 번역된다. 이 하위레벨 정책은 인프라에 있는 해당 서비스를 수행할 네트워크 인프라 구성요소(예, 클라우드 서버, 라우터, 스위치, 기지국, 드론 기반 이동 기지국, 방화벽)에 전달되어 설정한다. <그림 1>에서 각 구성요소가 잘 동작하는지 검사하기 위해 각 구성요소는 자신의 모니터링 데이터를 모니터링 및 검정 모듈에게 송부한다. 이 모듈은 모니터링 데이터를 분석하여 본 구성요소가 설정된 의도대로 잘 동작하고 있는지 검정한다. 만약 의도에 잘 부합되지 않으면 번역된 정책을 보완하거나 새로운 정책을 생성하여 문제 및 해결 방안을 알리는 피드백 메시지를 번역, 검증 및 최적화 모듈에게 전달한다. 이 모듈은 이러한 피드백을 수집하여 의도대로 인프라 구성요소가 잘 동작하도록 네트워크 재설정을 수행한다. 이와 같이 모니터링과 피드백 기반의 재설정 과정을 폐쇄 루프 의도 제어(Closed-Loop Intent Control)라고 명명한다. 이와 같이 의도 기반 네트워킹 기술인 의도 번역, 의도 적용, 의도 모니터링, 의도 검정 및 의도 재설정의 과정을 폐쇄 루프로 사이클을 형성한다. 이러한 사이클을 의도 라이프 사이클(Intent Life Cycle)이라고 명명하고 네트워크 관리 자동화의 핵심 절차로 사용된다(Clemm(2022)). 본 고에서는 이러한 의도 기반 네트워킹인 IBN 기술을 인터넷과 데이터센터를 관리하는 기술 및 표준화 측면 중심으로 소개한다.

Ⅱ. 의도 기반 네트워킹 표준화 및 오픈소스 동향

본 섹션에서는 의도 기반 네트워킹 관련 기술의 표준화 기구의 활동과 오픈소스 그룹의 활동을 소개한다. 본 섹션에서 소개할 리눅스 재단(Linux Foundation)의 CAMARA API(CAMARA(2025))와 TM 포럼(TM Forum)(TM Forum(2025))의 API, GSMA(GSMA(2025a))의 오픈 게이트웨이(GSMA(2025b))를 통한 인터넷을 구성하는 네트워크와 클라우드를 기반으로 하는 이동 네트워크 서비스 구현 및 관리를 위한 의도 기반 네트워킹 기술의 개발 및 표준화 현황을 소개한다. <그림 2>는 의도 기반 네트워킹(IBN)을 통한 네트워크 및 클라우드 관제 시스템을 보여주고 있다(GSMA(2025c)).

<그림 2> IBN 기반 네트워크 및 클라우드 관제 시스템 (GSMA(2025c))



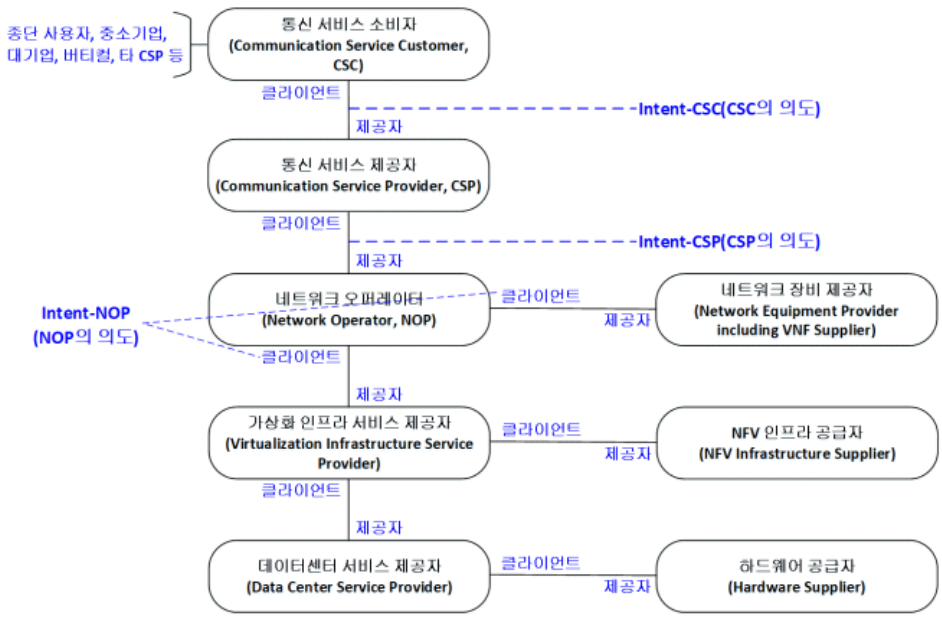
1. 3GPP

3GPP는 스마트폰 같은 사용자 단말(User Equipment, UE)의 무선 통신과 인터넷 접

속을 위한 모바일 네트워크 표준화를 수행한다(3GPP(2025a)). 3GPP 네트워크는 코어 네트워크(Core Network)와 무선 액세스 네트워크(Radio Access Network, RAN)로 구성되어 있다. 3GPP는 모바일 네트워크에서의 사용자 단말에게 원하는 이동 네트워크 서비스를 제공하기 위한 의도 기반 관리 기술인 의도 기반 네트워킹(IBN)을 표준화하고 있다(3GPP(2025b)). 이동 네트워크 서비스를 위한 의도(Intent)는 특정한 서비스 또는 네트워크 워크플로우에 대한 요구사항(Requirements), 목표(Goals) 및 제약사항(Restrictions)을 포함한다. 의도는 특정한 목표와 관련 세부사항에 대한 정보를 제공할 수 있다. 다음은 의도의 일반적인 개념을 설명한다(Jeong(2024a)).

- 개념 1: 의도는 사람에 의해 이해되고, 모호성 없이 기계에 의해 해석되어야 함.
- 개념 2: 의도는 무엇(요구사항, 목표, 제약사항)이 성취되어야 함에 더 많이 집중되어 있고, 그것을 어떻게 성취해야 하는 것에는 상대적으로 더 적게 집중되어 있음.
- 개념 3: 의도는 기대사항을 성취하기 위한 하부 시스템 구현, 관련 기술 및 인프라와는 무관함.
- 개념 4: 의도는 성취도 측정/평가를 위해 이동 네트워크 데이터 기반 정량화가 필요함.

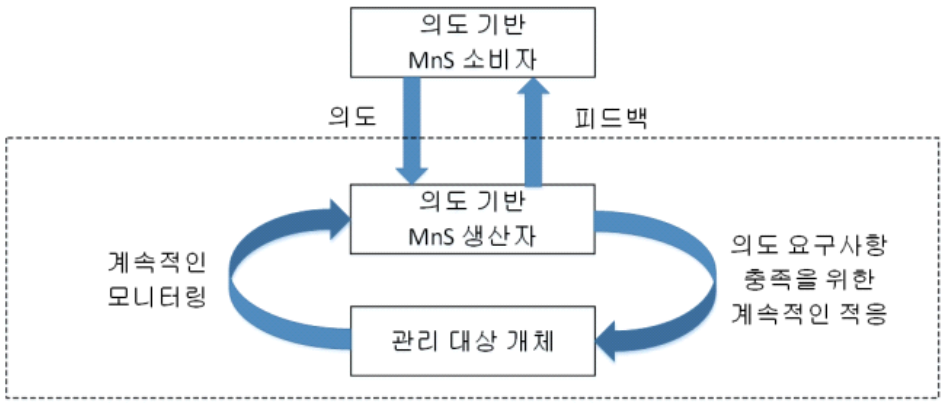
<그림 3> 역할에 따른 의도의 상위 레벨 모델 (3GPP(2025b), Jeong(2024a))



<그림 3>은 다른 역할에 의해 표현되는 다른 종류의 의도 상위 레벨 모델로, 소비자와 제공자(공급자) 간의 의도 송신/수신 관계를 보여주고 있다(3GPP(2025b), Jeong(2024a)). 예를 들면, 통신 서비스 소비자(Communication Service Customer, CSC)는 원하는 서비스를 표현하는 CSC의 의도(Intent-CSC)를 통신 서비스 제공자(Communication Service Provider, CSP)에게 전달한다. 통신 서비스 제공자는 수신한 CSC-의도를 처리하기 위해 네트워크 오퍼레이터(Network Operator, NOP)에게 자신의 CSP-의도(Intent-CSP)를 송신한다. 따라서 소비자는 자신과 바로 연관된 제공자(또는 공급자)에게 해당 의도를 생성 및 송신함으로써 원하는 서비스를 제공받을 수 있다.

의도 기반 관리 서비스(Management Service, MnS)는 사용자 또는 소비자가 의도(Intent)인 상위 레벨의 목적 또는 원하는 결과를 표현하면 이에 대한 기술적인 명령을 생성해서 원하는 서비스를 수행하는 통신 시스템을 의미한다. 3GPP의 의도 기반 관리에서 소비자(Consumer)는 특정 도메인에서 소비되는 관리 서비스의 집합의 생산자에게 자신의 의도를 전달한다. 생산자는 수신한 의도를 구체적인 명령으로 번역하여 해당하는 네트워크 함수(Network Function, NF)에게 그 명령을 전달한다.

<그림 4> 의도 기반 폐쇄 루프 (3GPP(2025b))



의도 기반 폐쇄 루프(Intent-driven Closed-loop)는 의도 기반 관리 서비스(MnS) 시스템에서 의도가 타겟 네트워크(Target Network) 함수에서 잘 수행되어 원하는 서비스가 제공되는지를 그 네트워크 함수로부터 모니터링 데이터를 분석하여 검증하는 구조를

의미한다. 의도대로 수행되지 않으면 번역되는 명령을 보완하거나 구성을 재구성하여 해당 네트워크 함수에 전달하여 서비스를 다시 수행하게 한다. <그림 4>는 3GPP 네트워크를 위한 의도 기반 폐쇄 루프를 보여주고 있다(3GPP(2025b)). 의도 기반 MnS 소비자는 의도를 의도 기반 MnS 생산자에게 전달한다. 의도 기반 MnS 생산자는 수신한 의도를 정책으로 번역하여 관리 대상 개체에게 전달하여 의도 요구사항을 충족할 적응(Adjustment)을 수행한다. 관리 대상 개체는 모니터링 데이터를 의도 기반 MnS 생산자에게 전송하여 의도에 따른 적응을 위한 정책을 재설정하여 관리 대상 개체에게 전달하는 과정을 반복한다. 이러한 과정을 의도 기반 폐쇄 루프 제어라고 한다. 이와 같이 3GPP 의도 기반 관리는 의도 번역과 의도 기반 폐쇄 루프 제어로 구성되어 있다고 볼 수 있다.

2. CAMARA

리눅스 재단은 텔레콤 네트워크(Telecom Networks)와 응용 개발자(Application Developers)의 응용 프로그램 간에 연동을 제공하기 위한 응용 프로그램 인터페이스(Application Programming Interface, API)를 제공하는 오픈소스 프로젝트인 공통 API 마켓플레이스 및 저장소 구조인 CAMARA(Common API Marketplace and Repository Architecture)를 시작했다(CAMARA(2025)).

텔레콤 네트워크의 능력들(Capabilities)이 CAMARA API로 응용 개발자들에게 제공되므로 복잡한 텔레콤 네트워크의 내부를 자세히 알 필요 없이 텔레콤 네트워크를 이용한 다양한 서비스를 개발할 수 있다. 이러한 API로 여러 나라의 텔레콤 네트워크들은 사용자 단말들에게 용이하고 끊김없는 핸드오버(Handover)를 기반으로 음성 및 데이터 서비스를 제공할 수 있다.

CAMARA는 변환 함수(Transformation Function)를 통해 CAMARA API에 의해 요청된 의도를 3GPP 네트워크 API 함수로 변환한다. 이러한 변환 함수를 통해 모바일 네트워크 대상 응용 개발자는 3GPP 네트워크의 복잡한 구조 및 동작을 이해하지 않고도 쉽게 응용을 개발할 수 있다. <그림 2>는 이러한 변환 함수가 CAMARA API와 GSMA 게이트웨이를 연결시키는 구조를 보여주고 있다.

3. TM Forum

TM 포럼(TM Forum)은 인터넷 연결 생태계를 제공하는 네트워크, 통신 및 엔터테인먼트 서비스 제공자들과 그들의 장비 공급업체들로 구성된 글로벌 얼라이언스(Global Alliance)이다(TM Forum(2025)). 회원사는 통신 회사, 케이블 사업자, 네트워크 사업자, 소프트웨어 공급업체, 네트워크 장비 공급업체 및 시스템 통합 사업자 등 800개의 기관을 포함한다. TM 포럼은 회원사들이 인터넷 산업을 위해 새로운 도전을 극복할 기술 혁신과 표준화를 위한 장을 제공한다.

TM 포럼은 인터넷에서의 네트워킹과 통신 서비스를 제공하는 산업체들을 위한 표준 프레임워크, 개방형 API, 운영 모델을 표준화한다. 특히 TM 포럼은 네트워크 서비스를 위한 통신사의 운영 지원 시스템(OSS)과 비즈니스 지원 시스템(BSS) 분야에서의 상호운용성과 개방성을 제공하기 위한 표준을 제공한다.

TM 포럼은 네트워크 시스템에서 의도(Intent)를 처리하기 위해 의도 온톨로지(Intent Ontology)와 의도 관리 API(Intent Management API)를 제공한다. 의도 온톨로지는 여러 도메인에서 사용되는 의도를 표시하기 위한 데이터 구조(Data Structure)와 의미(Semantics)를 표현하기 위한 데이터 모델(Data Model)이다. 이러한 데이터 모델은 리소스 기술 프레임워크(Resource Description Framework, RDF)를 기반으로 컴퓨팅 디바이스가 이해하고 추론을 수행할 수 있는 시맨틱 모델링을 지원한다. 이러한 시맨틱 모델링을 통해 OSS와 BSS의 복잡한 서비스 요구사항은 정형화된 방식으로 표현되어 원하는 서비스로 정확히 번역되어 네트워크 및 클라우드에서 동작한 API로 번역될 수 있다.

4. GSMA

세계이동통신사업자협회인 GSMA(Global System for Mobile Communications Association)는 전 세계 이동통신 사업자들의 이익을 대변하는 산업 협회이다(GSMA (2025a)). 1987년 GSM(Global System for Mobile Communications) 휴대폰 서비스 표준화와 보급을 지원하기 위해 12개국 13개 이동통신사가 참여하는 양해각서(MOU)를 시작으로 1995년에 설립되었다. 현재 GSMA는 모바일 네트워크 생태계를 통합하고 모바일 기술과 서비스 발전을 촉진하고 있다.

GSMA는 오픈 게이트웨이(Open Gateway)(GSMA(2025b), GSMA(2025c))를 통해 CAMARA API와 TM 포럼 API를 통해 네트워크 서비스 요청을 TM 포럼의 변환 함수를

통해 3GPP 네트워크를 위한 REST API로 변환한다. 또한 CAMARA API와 TM 포럼의 API를 통해 클라우드 서비스 요청을 TM 포럼의 변환 함수를 통해 클라우드 시스템을 위한 API로 변환한다. <그림 2>는 GSMA 오픈 게이트웨이를 통한 IBN 기반 네트워크 및 클라우드 관제 시스템 구조를 보여주고 있다.

Ⅲ. IRTF의 NMRG 의도 기반 네트워킹 표준화

IRTF의 NMRG는 의도 기반 네트워킹(IBN)의 개념 정립 및 시스템 정의 그리고 의도 분류 구조화를 표준화했다(NMRG(2025)).

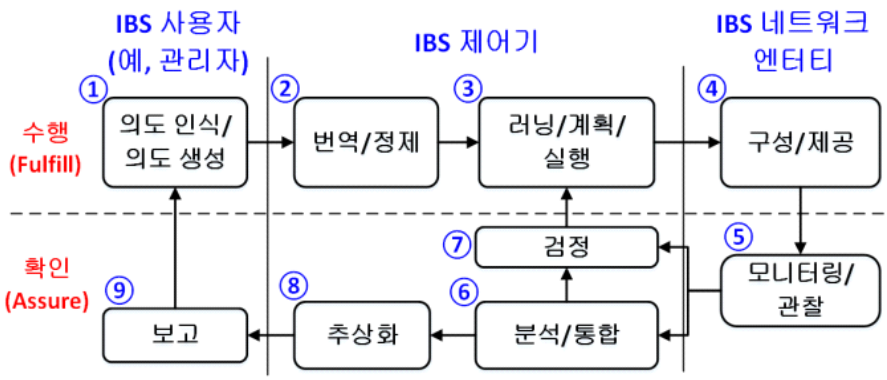
1. 의도 기반 네트워킹 개념 및 정의

IETF 표준문서인 RFC 9315(Clemm(2022))는 의도 기반 네트워킹의 개념 및 정의(Intent-Based Networking - Concepts and Definitions)를 설명하고 있다. 의도(Intent)는 라우터와 스위치 같은 네트워크 엔터티(Network Entity)의 설정 또는 서비스 구성을 요청하는 개념적인 목표(Conceptual Goal)를 나타내는 선언적인 명령(Declarative Command)으로 정의된다(Cisco(2018)). 이러한 의도는 의도 번역기(Intent Translator)에 의해 구체적인 설정 및 작업의 순서를 명시적으로 나타내는 순차적인 명령(Imperative Command)으로 번역된다.

<그림 5>는 인공지능(Artificial Intelligence, AI)과 기계학습(Machine Learning, ML) 기술을 통한 네트워크 관리 자동화를 위한 의도 기반 시스템(Intent-Based System, IBS)의 설정 및 운영을 위한 의도 라이프 사이클(Intent Life Cycle)을 보여준다. 이러한 의도 라이프 사이클은 의도의 수행(Fulfill)과 의도의 확인(Assure)의 두 단계로 구성된다. 의도 수행은 관리자의 의도에 해당하는 네트워크 서비스를 설정 및 운용하는 단계이다. 의도 확인은 의도대로 네트워크 서비스가 잘 운용되고 있는지를 검정(Validate)하고 부족한 기능 및 성능을 위해 최적화(Optimize) 과정을 거쳐서 의도 수행을 보완(Augment)한다. 또한 의도에 따른 운영 상황을 보고서(Report)로 작성하여 사용자에게 보고한다. 이와 같이 IBS는 의도 라이프 사이클에 따라 동적이고 변화무쌍한 네트워크 상황을 고려하여 의도에 따라 요청된 서비스를 최상의 품질로 제공하고자 한다.

<표 1>은 <그림 5>의 IBS의 의도 라이프 사이클의 과정을 단계별로 기술한다. 이 의도 라이프 사이클은 모두 9단계로 구성되어 있고, 의도대로 네트워크 서비스가 잘 수행될 수 있게 폐쇄 루프 의도 제어(Closed-loop Intent Control)에 의해 수행된다. 이러한 의도 라이프 사이클은 의도 기반 네트워킹(IBN)의 기반이 되어 IBN 시스템 프레임워크 설계 및 유스케이스 작성에 이용된다.

<그림 5> 의도 기반 시스템의 라이프 사이클 (Clemm(2022))



<표 1> 의도 전주기의 단계별 오퍼레이션

단계	오퍼레이션
1 (의도 인식/ 의도 생성)	네트워크 및 보안 관리자(Administrator)인 IBS 사용자(User)는 네트워크/보안 서비스에 대한 요청인 텍스트/음성을 인식하여 의도(Intent)를 생성한다. IBS 사용자는 의도를 IBS 제어기 (Controller)에서 송신한다.
2 (번역/정제)	IBS 제어기(Controller)는 수신한 의도를 번역하여 네트워크/보안 서비스를 수행할 서비스 함수(Service Function, SF)가 이해할 수 있는 정책(Policy)으로 번역한다.
3 (러닝/계획/실행)	IBS 제어기(Controller)는 번역된 정책을 실행할 네트워크/보안 서비스를 수행할 서비스 함수(SF)를 선택하여 정책을 송부한다.
4 (구성/제공)	IBS 네트워크의 서비스 함수는 정책을 전달받으면 정책에 따른 네트워크/보안 서비스를 수행할 구성을 수행하고, 요청된 서비스를 실행한다.

5 (모니터링/관찰)	IBS 네트워크의 서비스 함수는 자신의 동작이 모니터링되고 분석되기 위해 모니터링 데이터(Monitoring Data)를 생성하여 IBS 분석기(Analyzer)에게 송신한다.
6 (분석/통합)	IBS 분석기(Analyzer)는 서비스 함수들로부터 모니터링 데이터를 수신하면 인공지능(AI) 또는 기계학습(ML)으로 분석하여 서비스 함수들의 관찰 내용을 정리한다.
7 (검정)	IBS 검정기(Validator)는 분석 내용을 통해 서비스 함수들이 의도대로 서비스를 제대로 수행하고 있는지 검정한다. 서비스 함수의 기능 및 성능이 불충분하거나 최적화할 사항이 있으면 정책 재구성(Reconfiguration) 또는 피드백 정보(Feedback Information)를 IBS 제어기에게 송부한다.
8 (추상화)	IBS 추상화기(Abstractor)는 보완할 정책 또는 피드백 정보를 관리자(Administrator)가 쉽게 이해할 수 있게 추상화 작업(Abstraction)을 수행하여 추상화 정보를 IBS 보고기(Reporter)에게 송부한다.
9 (보고)	IBS 보고기(Reporter)는 수신한 추상화 정보를 보고서로 작성해서 IBS 사용자에게 전달한다. IBS 사용자는 수신한 보고서를 다시 의도 인식 및 의도 생성 모듈에게 전달하여 기존의 의도를 보완해서 1번부터 8번까지의 단계를 반복 수행한다. 즉 폐쇄 루프 의도 사이클(Closed-loop Intent Cycle)을 수행한다.

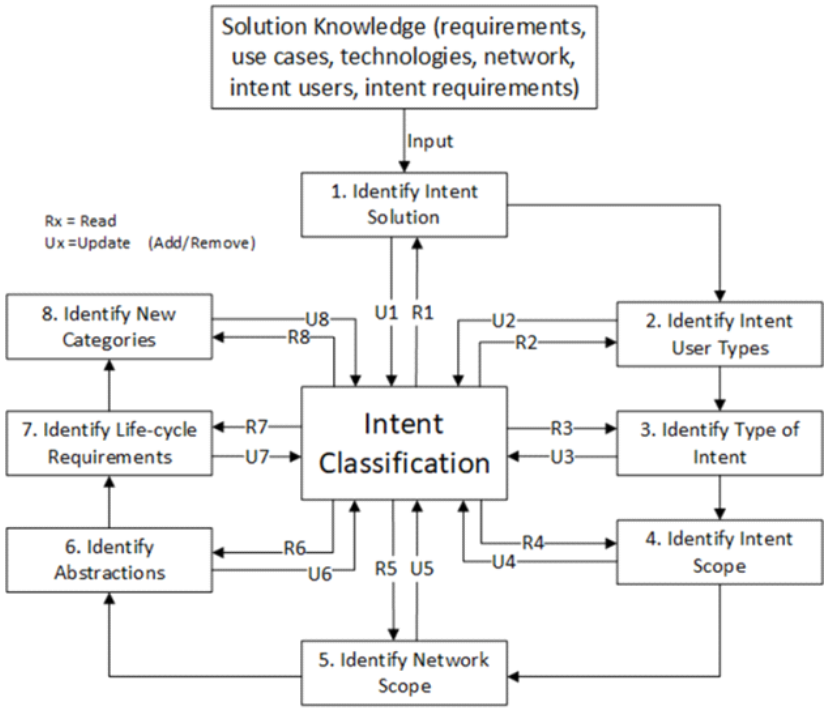
2. 의도 분류

IETF 표준문서인 RFC 9316(Li(2022))은 의도 기반 네트워킹(IBN)에서의 의도 분류(Intent Classification)를 설명하고 있다. 의도는 네트워크 및 보안 서비스를 위해 운영하기 위해 사용되는 추상적, 상위레벨 정책을 의미한다. 의도 기반 시스템(IBS)은 사용자가 요청 사항을 입력하기 위한 인터페이스(Interface)를 제공한다. 또한 IBS는 의도 라이프 사이클 상에서 의도를 네트워크 및 보안 서비스 구성으로 번역하기 위한 의도 번역기를 제공해야 한다. RFC 9316은 네트워크 의도의 개념과 정의를 설명하고, 아울러 다른 타입의 의도를 기술하고 있다. 본 문서는 의도의 스테이크홀더(Stakeholder) 관점을 조명하고, 의도를 분류하고 인코딩(Encoding)하는 방법을 기술한다. <표 2>는 의도 솔루션과 의도 사용자를 보여주고 있다.

<표 2> 의도 솔루션과 의도 사용자 (Li(2022))

솔루션	의도 사용자
캐리어 네트워크 (Carrier Networks)	네트워크 오퍼레이터, 서비스 디자이너, 응용 디자이너, 서비스 오퍼레이터, 소비자, 가입자
데이터센터 네트워크 (Data Center Networks)	클라우드 관리자, 언더레이 네트워크 관리자, 응용 개발자, 소비자, 거주자
엔터프라이즈 네트워크 (Enterprise Networks)	엔터프라이즈 관리자, 응용 개발자, 엔드 유저

<그림 6> 의도 분류 방법론 (Li(2022))



<그림 6>은 의도 분류 방법론을 보여주고 있다. 이 방법론은 처음부터 네트워크 및 보안 관리를 위한 솔루션 지식(Solution Knowledge)을 분석함으로써 의도 분류를 생성하기 위해 사용될 수 있다. 또한 이 방법론은 미래의 시나리오, 다양한 응용과 도메인을 지원하기 위해 다른 솔루션, 의도 사용자 또는 의도 타입을 추가하거나 제외함으로써

기존의 분류 테이블(Classification Table)을 갱신할 수 있다. 의도 분류 워크플로우(Workflow)는 솔루션 지식에서 시작한다. <표 3>은 의도 분류 방법론의 단계별 오퍼레이션을 보여주고 있다.

<표 3> 의도 분류 방법론의 단계별 오퍼레이션

단계	오퍼레이션
1 (의도 솔루션 식별)	의도 솔루션(예, 캐리어, 엔터프라이즈, 데이터센터)을 식별하기 위해 솔루션 지식에서 제공되는 정보를 입력값으로 수신한다. 의도 솔루션들이 기존에 존재하는 분류에 대해 검토된다. <그림 6>과 같이 해당 솔루션이 존재하면 사용되고, 그렇지 않으면 의도 분류 엔진에 추가된다. 의도 솔루션이 더 이상 필요가 없으면 의도 분류 엔진에서 제거된다.
2 (의도 사용자 타입 식별)	의도 사용자 타입(예, 소비자, 네트워크 오퍼레이터, 서비스 오퍼레이터)을 솔루션 지식을 기반으로 식별한다. 기존의 의도 분류를 검토한다. 그 의도 사용자 타입이 존재하면 그것을 사용한다. 존재하지 않으면 그것을 추가하고, 필요하지 않으면 제거한다.
3 (의도 타입 식별)	의도 타입(예, 네트워크 의도, 소비자 서비스 의도)을 식별한다. 그 의도 타입이 존재하면 그것을 사용한다. 존재하지 않으면 그것을 추가하고, 필요하지 않으면 제거한다.
4 (의도 스코프 식별)	의도 스코프(예, 연결성, 응용)를 식별한다. 그 의도 스코프가 존재하면 그것을 사용한다. 존재하지 않으면 그것을 추가하고, 필요하지 않으면 제거한다.
5 (네트워크 스코프 식별)	네트워크 스코프(예, 캠퍼스, 무선 접속)를 식별한다. 그 네트워크 스코프가 존재하면 그것을 사용한다. 존재하지 않으면 그것을 추가하고, 필요하지 않으면 제거한다.
6 (추상화 식별)	추상화(예, 기술적인 것, 비기술적인 것)를 식별한다. 그 추상화가 존재하면 그것을 사용한다. 존재하지 않으면 그것을 추가하고, 필요하지 않으면 제거한다.
7 (라이프 사이클 요구사항 식별)	라이프 사이클 요구사항(예, 지속적인 것, 일시적인 것)을 식별한다. 그 라이프 사이클 요구사항이 존재하면 그것을 사용한다. 존재하지 않으면 그것을 추가하고, 필요하지 않으면 제거한다.
8 (새로운 카타고리 식별)	새로운 카타고리를 식별한다. 그 새로운 카타고리가 존재하면 그것을 사용한다. 존재하지 않으면 그것을 추가하고, 필요하지 않으면 제거한다.

3. NMRG 의도 기반 네트워킹 유스케이스

IRTF의 NMRG는 IBN의 네트워크 및 보안 관리를 위해 IBN 유스케이스 문서(Yao (2024)) 표준화를 진행하고 있는데, 본 저자는 이 문서의 에디터로 참여하고 있다.

3.1 IBN 시스템 구축 방법론

의도 기반 네트워킹(IBN) 시스템인 IBS의 구축을 위해 RFC9315(Clemm(2022))의 의도 라이프 사이클이 참고된다. 이러한 IBN 시스템 구축 방법론은 (i) 시스템 인식과 데이터 수집과 (ii) 통합 및 적용, 평가, 최적화, 의도와 정책의 재설정의 두 단계를 고려하는 IBN 시스템 구축으로 구성된다.

3.1.1 시스템 인식 및 데이터 수집

시스템 인식은 네트워크 트래픽과 네트워크 및 컴퓨팅 리소스와 같은 다양한 네트워크 상태 지표들의 수집을 필요로 한다. 먼저 의미 있는 데이터셋을 수집하는 것이 IBN 시스템 구축에 필요하다. 통찰력을 주는 데이터 수집은 적합한 방법 및 도구, 적합한 샘플링 메트릭(Metric) 및 데이터 수집을 위한 합리적인 데이터에 대한 정밀도(Granularity)에 전적으로 의존한다.

(1) 방법 및 도구

데이터 수집 방법으로 능동적 측정(Active Measurement)과 수동적 측정(Passive Measurement)이 있다. 인-밴드 네트워크 텔레메트리(In-band Network Telemetry, INT) 같은 능동적 측정은 온-패스 패킷(On-path Packet)의 프로그래머블 필드(Programmable Field)에 타임스탬프를 포함함으로써 네트워킹 정보를 획득할 수 있다.

수동적 측정은 종단점 서버(Endpoint Server)와 같은 특정 타겟에서 데이터를 수집하기 위해 Tcpdump와 Wireshark 같은 측정 도구를 사용한다. IBN 시스템은 적용 시나리오에 따라 데이터를 수집하는 방법을 선택한다.

(2) 메트릭

메트릭은 트래픽 연관된 정보와 네트워크 연관된 정보를 포함한다. 트래픽 연관된 메트릭은 지연, 처리율 및 트래픽 체증 시그널 같은 성능 지표 등을 포함한다. 네트워크

연관된 메트릭은 포트 수와 포트 상태와 네트워크 토폴로지 정보(예, 링크 연결성, 구조) 같은 네트워크 디바이스 정보를 포함한다.

전체 네트워크에서의 로드 밸런스와 트래픽 체증 제거 등 특정 사용자 의도를 충족시키기 위해서는 IBN 시스템은 트래픽 및 디바이스 관련 정보를 수집 및 처리해야 한다.

(3) 정밀도

데이터에 대한 정밀도(Granularity)는 네트워크 트래픽, 시간 정밀도, 공간 정밀도를 고려한다. 네트워크 트래픽은 패킷 단위(Per-packet)과 플로우 단위(Per-flow) 등의 타입으로 수집된다. 패킷 단위 트래킹(Tracking)은 각 패킷이 개별적으로 추적되게 해서 매우 정밀하게 패킷의 전달 과정을 분석할 수 있으나 측정 및 관리 오버헤드가 크다. 이 방법을 대규모 네트워크에서 적용하기에는 확장성(Scalability) 측면에서는 효율적이지 않다. 반면에 플로우 단위 트래킹은 많은 상태를 유지할 필요가 없어서 확장성 측면에서 유리하다. 플로우는 다섯 튜플(즉, 송신자 IP 주소, 수신자 IP 주소, 송신자 포트 번호, 수신자 포트 번호, 프로토콜)로 구분된다.

시간 정밀도는 데이터 수집을 위해 데이터 샘플링을 위해 적합한 시간 간격(Time Interval)을 선택함을 의미한다. 극단적인 경우로서 데이터가 인터럽션(Interruption)됨 없이 수집될 수 있다. 이러한 수집은 너무 많은 중복된 정보를 수집하는 단점이 있다. 장점은 네트워크 시스템의 마이크로 버스트(Micro-burst)를 잘 관찰하여 해당 네트워크 시스템을 정교하게 관찰 및 관리할 수 있다.

공간 정밀도는 데이터 수집의 적합한 물리적인 범위를 선택하는 것을 의미한다. 전체 네트워크 또는 도메인 기반의 정보 수집이 모든 상황에 적합하지 않을 수도 있다. 대규모 네트워크에 대한 측정은 정확도가 떨어질 수 있고, 측정 오버헤드가 크다. 따라서 사용자 의도에 대한 적합한 공간 정밀도를 선택하여 데이터 수집을 수행하는 것이 효율적이다.

3.1.2 IBN 시스템 구축

IBN 시스템 구축에서 의도 번역 모듈, 정책 생성 및 매핑 모듈 및 의도 검증 모듈이 중요한 역할을 한다. IBN 시스템 구축은 <표 4>와 같이 7단계로 구성된다.

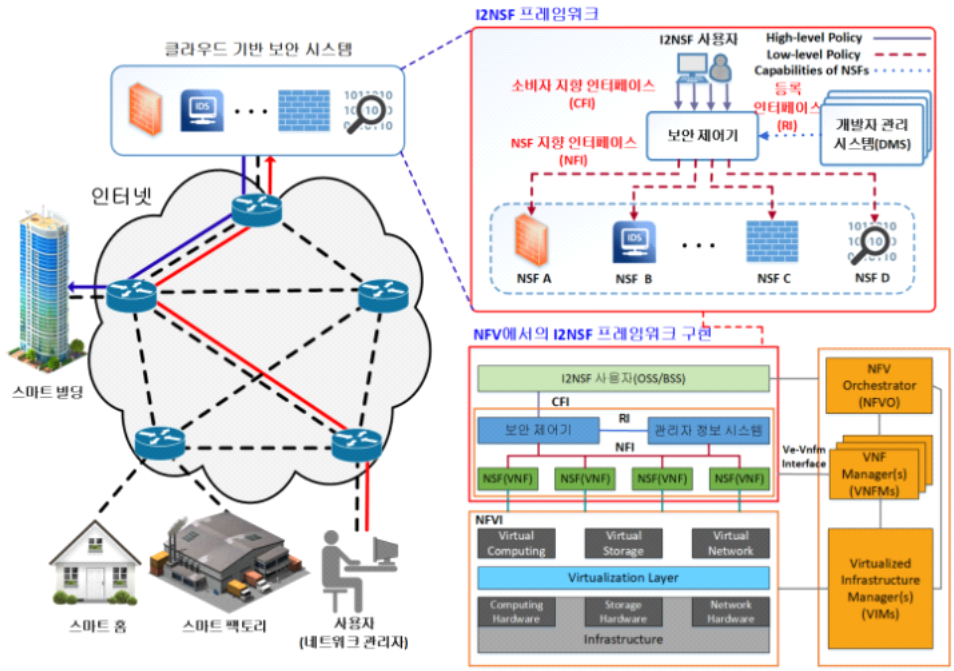
<표 4> IBN 시스템 구축 단계

단계	오퍼레이션
1 (의도 번역/정제)	의도 번역 및 정제는 서비스 의도의 시맨틱스(Semantics) 관계를 탐색하는 시스템을 필요로 한다. 자연어로 표현된 의도를 거대 언어 모델(LLM) 기술로 정책으로 번역한다.
2 (정책 생성/매핑)	주어진 의도를 네트워크와 컴퓨팅 시스템 상태를 모두 고려하여 수행될 수 있는 정책으로 번역한다. 본 정책을 수행할 네트워크 엔터티 또는 컴퓨팅 엔터티를 선정한다.
3 (의도 검증)	의도 검증은 번역된 정책이 기존의 다른 정책과 충돌하는지 검사하고, 사용자의 요구사항을 만족시키는지를 확인하다. 정책이 다른 정책과 충돌할 때는 정책 충돌 해소 기법을 통해 정책 충돌을 해결한다. 사용자의 요구사항 만족 확인을 위해 IBN 시스템은 사용자에게 피드백을 제공하고 사용자가 제공될 서비스 품질에 만족하는지 질의한다. 다른 방법으로 심층 강화 학습(Deep Reinforcement Learning)을 통해 AI 에이전트를 통해 사용자 메트릭이 만족되는지 확인한다.
4 (의도 적용)	의도 적용은 번역된 정책을 타겟 네트워크에 적용하고 정책에 대한 구성 및 명령이 해당 네트워크 엔터티 또는 컴퓨팅 엔터티에서 실행되게 한다.
5 (모니터링)	수집기(Collector)는 네트워크 엔터티(예, 스위치, 라우터, 방화벽, 웹필터, DDoS 공격 약화기) 및 컴퓨팅 엔터티(예, AI Inference Engine)로부터 모니터링 데이터를 수집한다.
6 (검정)	분석기(Analyzer)는 데이터 수집기로부터 전달받은 모니터링 데이터를 기계학습(ML)을 통해 분석하여 의도에 따라 네트워크 서비스가 만족되는지 확인한다. 분석기는 분석 결과를 최적화기(Optimizer)에게 전달한다.
7 (최적화)	최적화기(Optimizer)는 수신한 분석 결과를 기반으로 사용자 의도를 만족되는지 확인하고, 보다 의도에 부합되게 정책을 재설정하기나 신규 정책을 생성하여, 해당 네트워크 엔터티 또는 컴퓨팅 엔터티에게 전달한다.

3.2 IBN 유스케이스

IBN 유스케이스 문서는 IBN 기술을 네트워크, 보안 및 AI 응용 서비스에 적용하는 다양한 유스케이스(즉 시나리오)를 기술하고 있다. 본 고에서는 클라우드 기반 보안 서비스 프레임워크와 소프트웨어 정의 차량 프레임워크 관리 유스케이스를 설명한다.

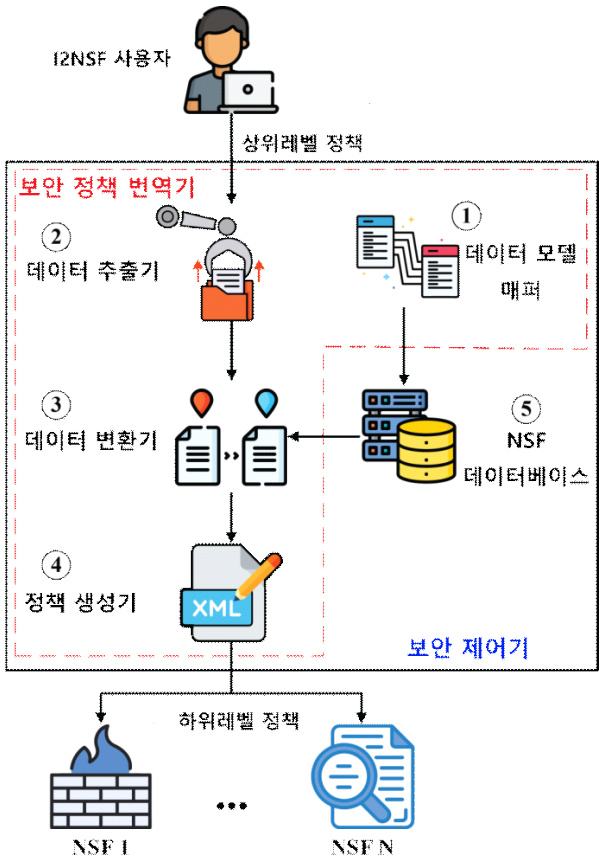
<그림 7> I2NSF 지원 클라우드 기반 보안 서비스 시스템 (Jeong(2023a), Jeong(2025a))



3.2.1 클라우드 기반 보안 서비스 프레임워크

IBN 시스템의 대표적인 사례는 IETF I2NSF(Interface to Network Security Functions) 워킹그룹(I2NSF(2025))에서 표준화한 클라우드 기반 보안 서비스를 위한 프레임워크이다. 다양한 클라우드 기반 보안 서비스(예, 방화벽, 웹필터)를 위해 I2NSF 프레임워크 기반으로 구현된다(Lopez(2018)). <그림 7>은 I2NSF를 지원하는 클라우드 기반 보안 서비스 시스템을 보여주고 있다(Jeong(2023a)). 사용자(예, 네트워크 관리자)는 본 시스템을 통해 스마트 빌딩(Smart Building)의 보안 의도를 작성 후 보안 제어기(Security Controller)에게 전달함으로써 보안 의도에 따른 네트워크 보안 함수(Network Security Function, NSF)(예, 시간 기반 방화벽, 웹필터)를 수행할 수 있다. <그림 7>에서 I2NSF 사용자가 보안 서비스에 대한 의도인 상위레벨 보안 정책(High-level Security Policy)을 생성해서 보안 제어기에서 송신하면, 보안 제어기는 보안 정책 번역기(Security Policy Translator)(Lingga(2024))를 통해 보안 서비스 함수(예, 방화벽, 웹필터)가 이해할 수 있는 하위레벨 보안 정책(Low-level Security Policy)으로 번역한다.

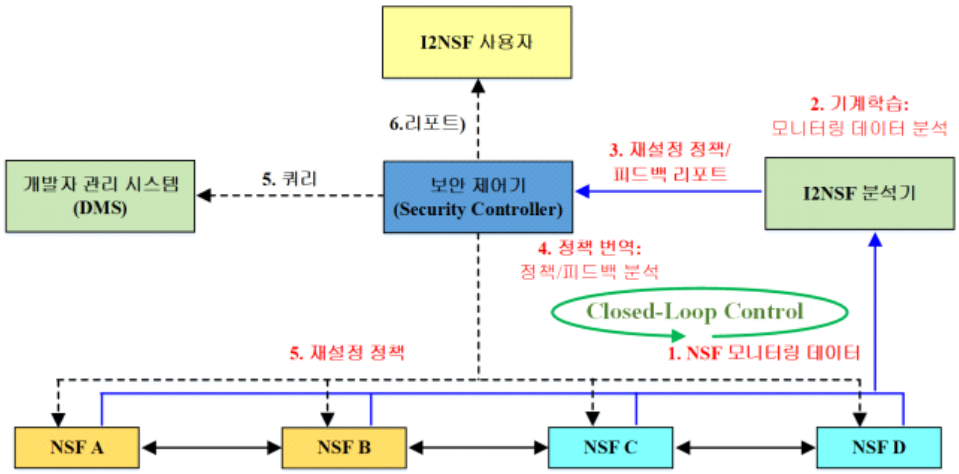
<그림 8> I2NSF 보안 정책 번역기 (Lingga(2024))



<그림 8>은 보안 정책 번역기의 동작 과정을 보여준다(Lingga(2024)). 초기화 단계로 I2NSF 보안 서비스에 대한 상위레벨 정책(High-level Policy)을 위한 모델(Jeong (2023b))과 하위레벨 정책(Low-level Policy)을 위한 모델(Kim(2022)) 간의 매핑을 수행하여 보안 정책 번역을 가능하게 준비한다. I2NSF 사용자가 보안 제어기에게 상위레벨 정책을 전송한다. 보안 제어기의 보안 정책 번역기는 수신한 상위레벨 보안 정책을 데이터 추출기(Data Extractor)에게 전송한다. 데이터 추출기는 상태 머신인 오토마타(Automata)를 통해 정책에 대한 키워드들을 추출한다. 데이터 변환기는 NSF 데이터베이스를 통해 데이터 추출기에게서 전달받은 데이터를 하위레벨 보안 정책을 위한 데이터로 변환한다. 정책 생성기는 PyangBind 툴(PyangBind(2025))을 통해 데이터 추출기로부터 받은 데이터와 하위레벨 보안 정책 모델을 기반으로 하위레벨 보안 정책을 생성

한다. 보안 제어기는 번역된 하위레벨 보안 정책을 수행할 네트워크 보안 함수들(NSFs)을 선택하고, 그것들에게 적합한 하위레벨 보안 정책을 전송한다. 하위레벨 보안 정책을 수신한 NSF들은 해당 보안 서비스를 개시한다.

<그림 9> IBN 기반 I2NSF 프레임워크 (Jeong(2023a))

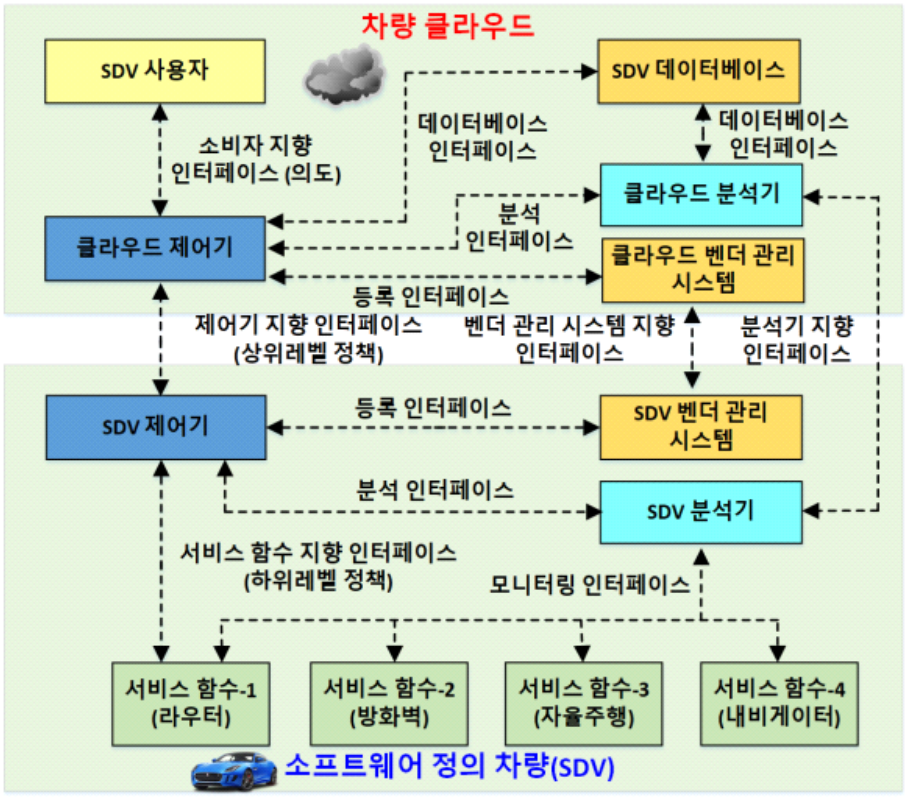


<그림 9>는 IBN을 지원하는 I2NSF 프레임워크를 보여주고 있다(Jeong(2023a)). <그림 8>처럼 6단계로 폐쇄 루프 보안 제어(Closed-loop Security Control)를 통해 I2NSF 사용자의 보안 의도에 부합하는 보안 서비스를 제공할 수 있다. 보안 서비스를 제공하는 네트워크 보안 함수(Network Security Function, NSF)는 자신의 모니터링 데이터를 I2NSF 분석기(Analyzer)에게 제공한다. I2NSF 분석기는 제공받은 모니터링 데이터를 기계학습(ML)으로 분석하여 NSF가 새로운 보안 공격을 발견했는지, NSF가 보안 공격을 받고 있는지, NSF의 보안 서비스를 위한 하드웨어 리소스(예, 컴퓨팅 또는 네트워크 리소스)가 부족한지를 분석한다. 만약 새로운 공격의 발견 또는 자신이 보안 공격을 받았으면 I2NSF 분석기는 이러한 보안 공격을 무력화시키기 위해 기존의 설정된 보안 정책을 보완하거나 새로운 보안 정책을 생성하는 재설정 정책(Reconfiguration Policy)을 생성한다. 반면에 NSF 관련 하드웨어 리소스 부족이 발견되면 I2NSF 분석기는 피드백 리포트(Feedback Report)를 생성하여 보안 제어기에게 송신하여 하드웨어 리소스 증설을 요청한다. 이와 같이 폐쇄 루프 보안 제어를 통해 I2NSF 사용자의 직접적인 개입 없이 자율적으로 보안 공격 및 리소스 이슈에 대한 대응을 수행할 수 있다.

3.2.2 소프트웨어 정의 차량 프레임워크

IBN 시스템의 두 번째 유스케이스로서 소프트웨어 정의 차량(Software-Defined Vehicle, SDV)의 소프트웨어를 관리하기 위한 차량 내부 네트워크(In-vehicle Network)에서 동작하는 네트워크, 보안 및 AI 응용 함수를 차량 클라우드를 통해 설정 및 관리할 수 있다.

<그림 10> 소프트웨어 정의 차량 프레임워크 (Jeong(2025a), Jeong(2025b))



<그림 10>은 소프트웨어 정의 차량(SDV)의 소프트웨어 프레임워크를 보여주고 있다(Jeong(2025a), Jeong(2025b)). SDV는 차량 클라우드(Vehicular Cloud)를 통해 SDV 사용자가 정한 네트워크(예, 라우터), 보안(예, 방화벽), AI 응용 서비스(예, 자율주행) 정책을 전달받아서 SDV 내부 클라우드의 다양한 서비스를 제공하는 컨테이너들을 설정할 수 있다. SDV 사용자는 의도(Intent)를 차량 클라우드 제어기에게 송부한다. 클라우드

제어기는 수신한 의도를 SDV 데이터베이스를 이용하여 상위레벨 정책으로 번역하여 SDV 제어기에게 송부한다. SDV 제어기는 수신한 상위레벨 정책을 하위레벨 정책으로 번역하여 자신의 차량 내부 네트워크에서 동작하는 해당하는 서비스 함수에게 송부한다. 해당 서비스 함수는 수신한 하위레벨 정책에 따른 네트워크, 보안 또는 AI 함수 서비스를 수행하고 주기적으로 SDV 분석기에게 모니터링 데이터를 송부한다. SDV 분석기는 수신한 모니터링 데이터를 기계학습으로 분석하여 필요한 액션을 취하기 위해 SDV 제어기 또는 클라우드 분석기에게 분석 내용 기반의 재설정 정책 또는 피드백 메시지를 송부한다. 이와 같이 SDV 프레임워크는 의도 번역, 정책 번역, 모니터링 데이터 기반의 피드백 루프(Feedback Loop)를 통한 폐쇄 루프 의도 제어(Closed-loop Intent Control)를 수행한다.

3.3 IBN 적용의 학습 결과

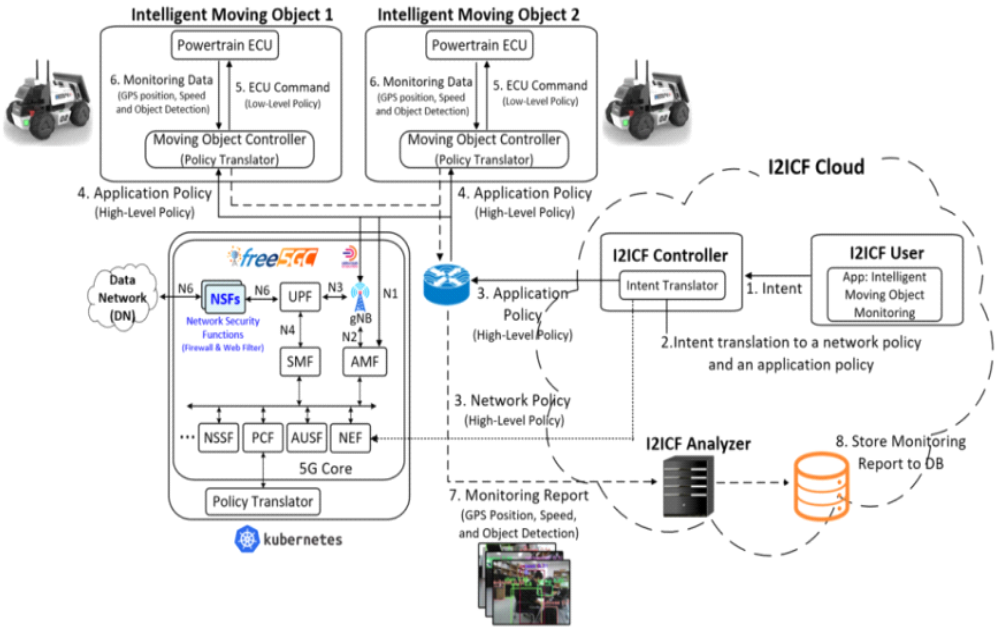
글로벌 네트워크 장비 회사인 시스코, 화웨이, 노키아 등은 IBN 기술 및 표준화에 적극 참여하고 있다. 시스코는 IBN 기술의 선도 주자로서 네트워크 장비 관리 및 네트워크 서비스 프로비저닝(Provisioning)에 IBN을 적극적으로 적용하고 있다(Cisco(2025), Kelly(2023)). 물리적 네트워크 인프라 또는 가상 네트워크 인프라에서 IBN 기반의 네트워크 자동화를 지원한다. 또한, 시스코는 적용한 고화질 화상회의 같은 종단간 서비스 품질 보장 네트워크 설정을 위한 네트워크 슬라이싱(Network Slicing) 기술을 개발하여 본사 네트워크 장비 제품에 적용하려고 한다. 화웨이는 5G와 6G를 위한 네트워크 함수 가상화(Network Functions Virtualization, NFV)(ETSI(2014), ETSI(2021))와 소프트웨어 정의 네트워킹(Software-Defined Networking, SDN)(Boucadair(2014), ONF(2015), ONOS(2025)) 기술을 적극 개발하여 IBN 기술 개발 및 표준화에 많은 투자를 하고 있다(Huawei(2025), He(2023)). 화웨이는 유무선 네트워크 인터페이스 설정, 가상랜(Virtual LAN, VLAN) 생성, 네트워크 슬라이싱 등의 네트워크 자동화를 위한 IBN 기술을 개발하고 있다. 이와 같은 네트워크 벤더들의 IBN 기술 경험을 기반으로 다음의 일반화된 IBN 연구 방향을 고려해야 한다.

- 라이프 사이클 검증을 위한 일반적인 의도 모델
- 자율적인 단대단 네트워크 정책 생성
- 거대 언어 모델(LLM)을 통한 의도 번역

Ⅳ. 인공지능 기반 이동체 자율 네트워킹

다양한 자율주행 로봇들을 제어하고 모니터링하는 표준 인터페이스를 제정하기 위해 IETF 123차 정기회의에서 로봇틱 AI 에이전트(Robotic AI Agent)를 위한 인-네트워크 컴퓨팅 함수(In-Network Computing Function, ICF) 인터페이스(Interface to In-Network Computing Functions, I2ICF) 그룹(I2ICF(2025a))이 사이드 미팅(Side Meeting)을 개최하였다(I2ICF(2025b)). 본 I2ICF 사이드 미팅에서 I2ICF의 해커톤 프로젝트(I2ICF(2025c), I2ICF(2025d)), I2ICF 문제 정의(Jeong(2025c)), I2ICF 프레임워크(Jeong(2025d)), I2ICF 유스케이스(An(2025)) 및 의도 번역기(Intent Translator)(Gu(2025))가 논의되었다.

<그림 11> 인-네트워크 컴퓨팅 함수 인터페이스(I2ICF) 프레임워크(I2ICF(2025d))



<그림 11>은 인-네트워크 컴퓨팅 함수 인터페이스 프레임워크(A Framework for Interface to In-Network Computing Functions)(Jeong(2025d))를 보여주고 있다. 본 그림에서는 로봇 사용자가 I2ICF 사용자(User) 프로그램을 통해 로봇카를 제어하는 로

봇틱 AI 에이전트 구현 기술을 보여준다. I2ICF 클라우드(I2ICF Cloud)는 I2ICF 사용자(I2ICF User), I2ICF 제어기(I2ICF Controller) 및 I2ICF 분석기(I2ICF Analyzer)를 포함하며 I2ICF 프레임워크를 운영한다. <그림 11>에서는 I2ICF 사용자가 이동체(Moving Object)인 로봇카에게 특정 임무(예, 특정 지역의 비디어 관찰)를 수행하게 하고자 한다. I2ICF 사용자가 이러한 특정 임무에 해당하는 인텐트(Intent)를 I2ICF 제어기에게 전송한다. I2ICF는 수신한 인텐트를 네트워크 상에서 수행해야 할 네트워크 정책(Network Policy)과 응용 서비스에서 수행해야 할 응용 정책(Application Policy)으로 번역한다. 응용 정책은 로봇카에게 자신의 위치 정보, 속도, 주변 환경 이미지를 주기적으로 엣지 서버(Edge Server)인 I2ICF 분석기에게 송부하게 한다. 네트워크 정책은 로봇카가 연결되는 5G 코어 네트워크 내에 라우터 역할을 하는 UPF(User Plane Function) 뒷단에 네트워크 보안 함수들(Network Security Functions, NSFs)을 생성하게 하고, 해당 보안 서비스를 위한 보안 정책을 전달하게 한다.

이동체의 모니터링 정보는 이러한 보안을 위한 네트워크 정책에 따라 안전하게 I2ICF 분석기에게 전달된다, I2ICF 분석기 내부의 비디어 컨테이너는 수신한 이미지를 분석하여 객체들을 식별한다. 식별된 객체 정보는 데이터베이스(Database, DB)에 저장되어 추가적인 분석 작업을 수행할 수 있게 한다. 이와 같이 I2ICF 사용자는 인텐트를 기반으로 I2ICF 인터페이스를 통해 로봇카 같은 이동체에게 AI 기반 지능화 서비스를 수행하게 한다. 본 해커톤 프로젝트는 응용 정책 생성 및 로봇카의 환경 모니터링 정보 송신 및 분석까지 구현 및 시연을 했다. 네트워크 정책 기반 보안 서비스는 차후 해커톤에서 구현 및 시연을 할 예정이다.

본 I2ICF 그룹은 다양한 벤더들(Vendors)로부터 제작된 로봇같은 이동체들을 대상으로 자연어 기반 의도를 통해 로봇 기반의 다양한 AI 서비스를 지원하게 하는 로보틱 AI 에이전트 통신 인터페이스를 표준화하고자 한다. 이러한 인터페이스의 데이터 모델을 YANG(Bjorklund(2020))을 기반으로 설계 및 구현할 계획이다. YANG 기반 데이터 모델은 이동체 간의 상호작용을 위한 통신을 위한 XML 문서 생성에 사용되는 틀(Frame)이 된다. 무선랜뿐만 아니라 이동통신인 5G 또는 6G 네트워크를 위해서는 YAML (Ingerson(2001))을 지원할 계획이다.

이번 IETF 123차 정기회의에서 I2ICF 그룹은 I2ICF 표준화를 진행하기 위해 <표 5>와 같이 I2ICF 사이드 미팅(Side Meeting)을 진행하였다(I2ICF(2025b), I2ICF(2025e)).

<표 5> IETF-123 I2ICF 사이드 미팅(I2ICF(2025b), I2ICF(2025e))

발표 제목	발표자
IETF-123 I2ICF Hackathon Project (I2ICF Hackthon Project (2025))	Mose Gu (SKKU)
I2ICF: Problem Statement (Jeong(2025a))	Jaehoon (Paul) Jeong (SKKU)
A Framework for I2ICF (Jeong(2025b))	Yoseop Ahn (SKKU)
A Use Case of I2ICF: Cooperative Intelligent Transportation Systems (An(2025))	Byoungman Robert An (KETI)
Intent Translator (Gu(2025))	Mose Gu (SKKU)
AI for I2ICF	Daniel Park (Samsung Research)
Discussion: Problem Statement, Framework, Use Cases, Intent Translator, and Next Steps for I2ICF BoF in IETF 124	Jaehoon (Paul) Jeong (SKKU)

본 사이드 미팅을 통해 I2ICF 해커톤 프로젝트의 내용을 성균관대 구모세 연구원이 발표하였다. I2ICF의 문제정의 문서(Jeong(2025c))는 성균관대 정재훈 교수가 발표하였는데, 로봇틱 AI 에이전트를 위한 인-네트워크 컴퓨팅 함수 및 인터페이스를 위한 필요성을 제시하는 문제를 기술하였다. I2ICF의 프레임워크 문서(Jeong(2025d))는 성균관대 안요섭 연구원이 발표하였고, I2ICF의 구성 컴포넌트와 인터페이스를 설명하였다. I2ICF의 유스케이스 문서(An(2025))는 KETI의 안병만 책임연구원이 발표하였는데, 협력 지능형 교통 시스템(Cooperative Intelligent Transportation System, C-ITS)에서의 I2ICF 적용을 설명하였다. I2ICF를 위한 의도 번역기 문서(Gu(2025))는 성균관대 구모세 연구원이 발표하였는데, 자연어 의도를 입력받은 의도 번역기는 사물인터넷 디바이스가 인식할 수 있는 응용 정책(Application Policy)으로 번역한다. I2ICF를 위한 AI에 대해 삼성리서치의 Daniel Park 수석이 발표하였는데, 인-네트워크 함수(In-Network Function)와 AI의 관계를 설명하고 AI 에이전트 프로토콜(예, Agent to Agent Protocol(A2A), Model Context Protocol(MCP)) 및 I2ICF에서의 AI 서비스에 대해 논의를 이끌었다. 마지막으로 사이드 미팅 때 발표된 기고서들(즉, 문제 정의, 프레임워크, 유스케이스, 의

도 분석기)을 논의하였고, 차기 IETF 124차 정기회의(캐나다 몬트리올)에서의 I2ICF 다음 스텝을 논의하였다.

현재 I2ICF의 BoF(Birds of a Feather)를 준비하기 위해 현재 성균관대의 정재훈 교수, 아주대의 Yiwen Shen 교수, 숭실대의 김영한 교수, China Mobile의 Kehan Yao 연구원이 참여하고 있고, IETF 124차 정기회의 사이드 미팅에서 전 세계 주요 통신사업자, 네트워크 장비 회사의 연구원, 로봇 기업 관계자들을 초대해서 6G의 핵심 응용인 로봇 서비스를 위한 로봇틱 AI 에이전트 프로토콜을 개발하는 I2ICF 워킹그룹 형성에 매진할 예정이다.

Ⅴ. 결론

본 고는 지능형 네트워크 관리를 위한 의도 기반 네트워킹(IBN)을 위한 국제표준화 기구들과 오픈소스 그룹의 활동을 소개하였다. 네트워크 및 클라우드 관리자가 인터넷의 유무선 네트워크와 데이터센터의 클라우드를 효율적으로 관리하기 위해 인공지능(AI) 기술이 사용될 수 있다. 특히 거대 언어 모델(LLM)과 지식 그래프(Knowledge Graph, KG)를 통해 관리자는 자연어로 관리를 위한 의도(Intent)를 관리 시스템에 내리면, 관리 시스템은 이 의도를 컴퓨팅 디바이스가 이해할 수 있는 상위레벨 정책(High-level Policy)으로 번역한다. 현재 인터넷 기반의 서비스는 유무선 네트워크와 클라우드 및 엣지 시스템를 통해 제공된다. 서비스 제공업체나 응용 개발자가 인터넷을 구성하는 이러한 유무선 네트워크와 클라우드 및 엣지 시스템의 상세한 구성 및 설정 정보 없이 원하는 의도대로 서비스를 고객들에게 전달하기 위해서는 IBN 기술이 필수적이다. 본 고에서는 특히 유무선 네트워크에서의 의도 전달, 번역 및 정책 전달을 위한 IETF의 표준화 활동을 설명하였다. 특히 본 고는 IRTF의 NMRG의 의도 기반 네트워킹 표준화 문서를 개략적으로 설명하였고, 본 저자가 IETF에서 로봇 같은 자율이동체의 의도 기반 네트워킹을 위한 인-네트워크 컴퓨팅 함수 인터페이스(Interface to In-Network Computing Functions, I2ICF) 표준화 활동을 소개하였다. 본 저자는 앞으로도 IETF에서 I2ICF를 워킹그룹으로 결성하여 본격적인 로보틱 AI 에이전트를 위한 프레임워크와 인터페이스 개발을 주도할 계획이다.

Acknowledgments

이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2024-00398199, RS-2022-II221015).

참 고 문 헌

OpenStack, 2025. https://www.openstack.org/

Kubernetes, 2025. https://kubernetes.io/

S. Minaee, et al., “Large Language Models: A Survey”, arXiv, pp.1-44, 2024. https://arxiv.org/abs/2402.06196

Devlin, J., Chang, M., Lee, K., and K. Toutanova, “BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding”, Proceedings of Conference of the North American Chapter of the Association of Computational Linguistics - Human Language Technology (NAACL-HLT), 2019. https://arxiv.org/abs/1810.04805

ChatGPT, 2025. https://chatgpt.com/

Romero-Sandoval, M., Calderon-Ramirez, S., and M. Solis, “Using GPT-3 as a Text Data Augmentator for a Complex Text Detector”, Proceedings of 2023 IEEE 5th International Conference on BioInspired Processing (BIP), 2023. https://ieeexplore.ieee.org/document/10379347

IETF, 2025. https://www.ietf.org/

IRTF, 2025. https://www.irtf.org/

NMRG. 2025. https://datatracker.ietf.org/group/nmrg/about/

Cisco, “Why Your Campus Network Needs Intent”, 2018. https://blogs.cisco.com/networking/why-your-campus-network-needs-intent

J. Jeong, “The Standardization Trends of Intent-Based Networking at IETF NMRG”, KICS Information and Communications Magazine, Vol.42, No.1, 2025a.

Clemm, A., Ciavaglia, L., Granville, L. Z., and J. Tantsura, “Intent-Based Networking - Concepts and Definitions”, IETF, RFC 9315, 2022. https://www.rfc-editor.org/info/rfc9315

CAMARA, 2025. https://camaraproject.org/

TM Forum, 2025. https://www.tmforum.org/

GSMA, 2025a. https://www.gsma.com/

GSMA, “GSMA Open Gateway”, 2025b. https://www.gsma.com/solutions-and-impact/gsma-open-gateway/?utm_medium=display&utm_source=organic_web&utm_campaign=gsma-homepage

GSMA, “GSMA Open Gateway with CAMARA”, 2025c. https://www.tmforum.org/oda/open-apis/partners/camara

3GPP, 2025a. https://www.3gpp.org/

3GPP, “Intent driven management services for mobile networks”, 3GPP TS 28.312, V19.2.1, 2025b. https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3554

J. Jeong, “The Technology Trends of Intent-Based Networking in 5G Networks”, IITP Weekly ICT Trends, 2024a.

Li, C., Havel, O., Olariu, A., Martinez-Julia, P., Nobre, J., and D. Lopez, “Intent Classification”, IETF, RFC 9316, 2022. https://www.rfc-editor.org/info/rfc9316

Yao, K., Chen, D., Jeong, J., Wu, Q., Yang, C., Contreras, L., and G. Fioccola, “Use Cases and Practices for Intent-Based Networking”, Internet-Draft, draft-irtf-nmrg-ibn-usecases-00, 2024. https://datatracker.ietf.org/doc/draft-irtf-nmrg-ibn-usecases/

I2NSF Working Group, 2025. https://datatracker.ietf.org/wg/i2nsf/about/
Lopez, D., Lopez, E., Dunbar, L., Strassner, J., and R. Kumar, "Framework for Interface to Network Security Functions", IETF, RFC 8329, 2018. https://www.rfc-editor.org/info/rfc8329
Jeong, J. and P. Lingga, "CBSS: Cloud-Based Security System with Interface to Network Security Functions", Proceedings of Fourteenth International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Network (ICMU), 2023a.
https://ieeexplore.ieee.org/document/10412229
Lingga, P., Jeong, J., Yang, J., and J. Kim, "SPT: Security Policy Translator for Network Security Functions in Cloud-Based Security Services", IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing, Vol.21, Issue 6, 2024, pp.5156-5169.
https://ieeexplore.ieee.org/document/10453963
Jeong, J., Chung, C., Ahn, T., Kumar, R., and S. Hares, "I2NSF Consumer-Facing Interface YANG Data Model", Internet-Draft, draft-ietf-i2nsf-consumer-facing-interface-dm-31, 2023b.
https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-i2nsf-consumer-facing-interface-dm/
Kim, J., Jeong, J., Park, J., Hares, S., and Q. Lin, "I2NSF Network Security Function-Facing Interface YANG Data Model", Internet-Draft, draft-ietf-i2nsf-nsf-facing-interface-dm-29, 2022.
https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-i2nsf-nsf-facing-interface-dm/
PyangBind, 2025. https://github.com/robshakir/pyangbind
Jeong, J., Shen, Y., Ahn, Y., and M. Gu, "An Intent-Based Management Framework for Software-Defined Vehicles in Intelligent Transportation Systems", Internet-Draft, draft-jeong-opsawg-intent-based-sdv-framework-04, 2025b.
https://datatracker.ietf.org/doc/draft-jeong-opsawg-intent-based-sdv-framework/
Cisco, "What is intent-based networking (IBN)?", 2025.
https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/intent-based-networking.html
P. Kelly, "Intent-Based Networking: Automated Assurance's Critical Success Factor", Whitepaper, Appledore Research and Cisco, 2023.
https://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/cloud-systems-management/crosswork-network-automation/white-paper-sp-appledore-automated-assurance.pdf
ETSI, "Network Functions Virtualisation (NFV); Architectural Framework", ETSI GS NFV 002 V1.2.1, 2014.
https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV/001_099/002/01.02.01_60/gs_NFV002v010201p.pdf
ETSI, "Network Functions Virtualisation (NFV) Release 2; Management and Orchestration; Architectural Framework Specification", ETSI GS NFV 006 V2.1.1, 2021.
https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/nfv/001_099/006/02.01.01_60/gs_nfv006v020101p.pdf
Boucadair, M. and C. Jacquenet, "Software-Defined Networking: A Perspective from within a Service Provider Environment", IETF, RFC 7149, 2014.
https://www.rfc-editor.org/info/rfc7149
ONF, "OpenFlow Switch Specification Version 1.5.1", ONF TS-025, 2015. https://opennetworking.org/wp-content/uploads/2014/10/openflow-switch-v1.5.1.pdf
ONOS, "Open Network Operating System", 2025. https://opennetworking.org/onos/
Huawei, "What Is Intent-driven Deployment?", 2025.
https://info.support.huawei.com/info-finder/encyclopedia/en/Intent-driven+Deployment.html
He, K. and Chuanyu Chen, "A General Implementation with Intent-based network in ONAP", ONE Summit, 2023.
https://lf-onap.atlassian.net/wiki/search?text=A%20General%20Implementation%20with%20I

ntent-based%20network%20in%20ONAP
I2ICF, “Interface to In-Network Computing Functions”, 2025a.
https://mailman3.ietf.org/mailman3/lists/i2icf.ietf.org/
I2ICF, “IETF-123 I2ICF Side Meeting”, 2025b.
https://trello.com/c/QwnB56Xq/87-1430-1600-interface-to-in-network-computing-functions-i2icf
I2ICF, “IETF-123 I2ICF Hackathon Project”, 2025c.
https://datatracker.ietf.org/doc/slides-123-hackathon-sessd-interface-to-in-network-computing-functions-i2icf-project/
I2ICF, “I2ICF Open Source Project”, 2025d.
https://github.com/jaehoonpauljeong/I2ICF/tree/main
I2ICF, “IETF-123 I2ICF Side Meeting Minutes”, 2025e.
https://github.com/jaehoonpauljeong/I2ICF/tree/main/Side-Meeting/IETF-123
Jeong, J., Shen, Y., Ahn, Y., Kim, Y., Duarte Jr., E., and K. Yao, “Interface to In-Network Computing Functions (I2ICF): Problem Statement”, Internet-Draft, draft-jeong-opsawg-i2icf-problem-statement-00, 2025c.
https://datatracker.ietf.org/doc/draft-jeong-opsawg-i2icf-problem-statement/
Jeong, J., Shen, Y., Ahn, Y., Kim, Y., Duarte Jr., E., and K. Yao, “A Framework for Interface to In-Network Computing Functions (I2ICF)”, Internet-Draft, draft-jeong-opsawg-i2icf-framework-00, 2025d.
https://datatracker.ietf.org/doc/draft-jeong-opsawg-i2icf-framework/
An, B., Jeong, J., and S. Jang, “Interface to In-Network Computing Functions for Cooperative Intelligent Transportation Systems”, Internet-Draft, draft-ahn-opsawg-i2icf-cits-00, 2025.
https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ahn-opsawg-i2icf-cits/
Gu, M., Ahn., Y., and J. Jeong, “An Intent Translation Framework for IoT Networks”, Internet-Draft, draft-gu-nmrg-intent-translator-01, 2025.
https://datatracker.ietf.org/doc/draft-gu-nmrg-intent-translator/
M. Bjorklund, “YANG - A Data Modeling Language for the Network Configuration Protocol (NETCONF)”, IETF, RFC 6020, 2010. https://www.rfc-editor.org/info/rfc6020
Ingerson, B., Evans, C., and O. Ben-Kiki, “Yet Another Markup Language (YAML) 1.0”, 2001. https://yaml.org/spec/history/2001-05-26.html