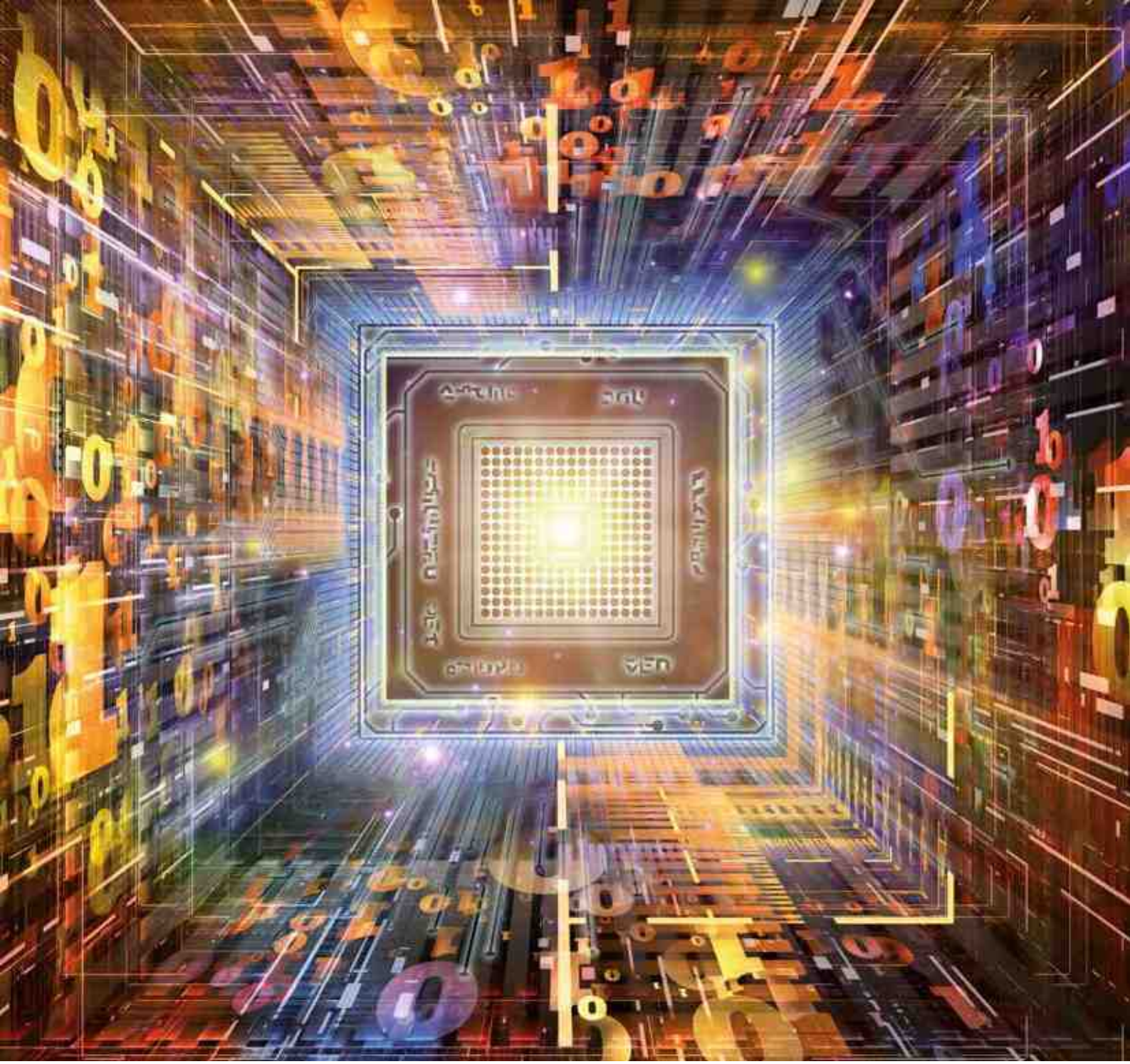


백서

엣지 인텔리전스

[일러두기]

- 본 서는 IEC에서 발행한 White Paper를 국문으로 번역 발간한 것입니다.
- 본 한국어 번역본의 저작권은 IEC 귀속됩니다. IEC는 한국어 번역에 대한 오역, 오류 등으로 인한 어떠한 책임도 지지 않으며, 번역의 책임은 한국전력공사 기술기획처에 있습니다.
- 본 백서의 영문 원본은 IEC 홈페이지를 통해 온라인으로 확인할 수 있습니다. http://www.iec.ch/whitepaper

Copyright ⓒ IEC All rights reserved

[발간사]

한국전력은 1898년 한성전기 설립을 시작으로 올해 창립 120주년을 맞았습니다. 그 동안 한전은 수많은 위기와 어려움을 극복해 왔으며, Forbes紙 선정 '글로벌기업 2000'의 전력 유틸리티 부문에서 3년 연속 최상위권을 기록하는 등 그 성과와 가능성을 국내외에서 인정받고 있습니다. 이러한 성과는 한전이 대한민국 국민여러분과 한전 임직원의 피와 땀으로 이뤄낸 결과이며, 글로벌 선도 전력회사로 대외에서 당당히 인정받은 결과입니다.

한전이 대한민국 대표 에너지 기업으로서 세계적인 위상을 인정받은 것은 매우 영광스러운 일이지만, 한편으로는 '에너지전환'과 '디지털변환'이라는 거대한 변화의 시대에 한전이 미래 에너지 시대를 선도해 나가야 한다는 막중한 책임감을 느꼈습니다. 본 IEC 백서의 국문본 번역 작업은 이러한 전력산업의 선도자라는 사명감으로 시작하였습니다. 세계적으로 저명한 학계 및 산업계의 석학과 경영진이 참여하여 편찬한 IEC 백서를 국내 전력산업의 미래를 위해 불철주야 헌신하고 계시는 많은 전력인들과 공유하고자 합니다.

IEC(International Electrotechnical Commission, 국제 전기전자 표준위원회)는 전기전자기술 분야의 국제표준화 기관이며, IEC 산하 MSB(Market Strategy Board, 시장전략이사회)는 주요 기술동향을 파악하고, 향후 예상되는 시장활동 및 요구기술을 분석하기 위해 매년 IEC 백서(White paper)를 개발하고 있습니다.

4차 산업혁명의 시대를 맞이하여 산업간 경계가 빠른 속도로 허물어지고 있고, 수많은 경쟁자들이 새로운 시장에 진입하며, 지금은 상상도 못한 새로운 세상이 열리게 될 것입니다. 많은 사람들이 4차 산업혁명이 일어나면 대규모 실업이 발생할거라고 말하고 있고, 수많은 직업군이 사라질 것이며, 인간의 삶은 지금과는 상당히 달라질 것이라고 합니다. 우리는 무엇을 어떻게 준비해야 할까요? 저는 지난 2017년부터 MSB 위원으로 활동하면서, 다가오는 대변혁의 미래에너지 시대를 대비하여 가능한 많은 사람들이 IEC 백서를 통해 작지만 분명한 도움이 된다고 생각합니다.

아무쪼록 한국어 번역본 발간을 흔쾌히 승낙해 준 IEC 중앙사무국과 순조로운 진행에 도움을 주신 한국표준협회에 감사드립니다. 또한, 본 백서 번역에 동참해 준 기술기획처 및 전력연구원 관계자 여러분께도 깊은 감사를 드립니다.

2018년 9월

한국전력공사 부사장 김종성

요약

존폐 기로에 선 클라우드– 클라우드여 영원하라!

사물 인터넷(IoT)을 중심으로 추진되고 있는 새로운 컴퓨팅 모델인 엣지 클라우드 컴퓨팅은 현재 클라우드나 중앙 데이터 센터에서 진행되는 컴퓨팅에 네트워크의 엣지로 데이터 프로세싱의 확장을 추가하는 방식으로 진화하고 있다. 엣지 클라우드 컴퓨팅 모델은 장치, 기지국, 엣지 서버, 마이크로 데이터 센터 및 네트워크를 경유하는 경우 이외에 온프레미스(on premise)와 공공 및 사설 클라우드 모두에서 운영된다.

IoT와 디지털 변혁의 확장을 통해 벤더와 소비자 모두가 모든 산업(항공 우주, 생활 안전, 자동차, 의료, 오락, 제조 등)에 걸쳐 컴퓨팅 및 네트워킹 인프라에 대한 새로운 수요를 발생시킴으로써 완전히 새로운 비즈니스와 시장이 창출될 것이다.

엣지 인텔리전스(EI)는 기계 학습(ML)과 고급 네트워킹 기능을 갖춘 엣지 컴퓨팅이다. 이는 여러 정보 기술(IT)과 운영 기술(OT) 산업이 사이버 보안, 자체 학습 솔루션 및 개인화/맞춤형 연결성을 보장하는 실시간 네트워크 및 보안 역량 등을 처리할 수 있도록 네트워크의 엣지에 더욱 근접하고 있다는 것을 의미한다.

컨테이너 기술과 ML은 이런 새로운 비즈니스 및 시장의 요구에 기술적으로 대응하는 앞서가는 방식이다. 이런 기술을 엣지에 적용하면, EI의 목표를 충족할 수 있다.
마찬가지로 제 5세대 무선 기술(5G)도 네트워크의 엣지에서 데이터 센터를 활성화하고 단일 환경에서 가상화 및 소프트웨어 정의 네트워킹 원칙에 의해 활성화되는 산업 특화 네트워크를 구현하는 것과 같은 방식으로 IT와 정보통신을 융합한다. 예상되는 5G 애플리케이션은 대개 IoT를 중심으로 추진된다.

개발에 대한 철저한 검토를 통해 본 백서에서는 다음과 같은 결론을 내렸다.

- EI는 컨테이너화가 중요하지만, Docker 및 개방 컨테이너 계획(OCI: Open Container Initiative)과 같은 다수의 오픈 소스 이니셔티브가 개발되었음에도 불구하고 이 부문에 대한 개별 표준은 아직 마련되지 않았다.
- 엣지 컴퓨팅 노드(ECN)에 대한 공통 데이터 모델은 EI의 성공에 필수적이다.
- 짧은 대기시간 및 대용량 데이터 처리 성능을 비롯한 여러 가지 이유로 마이크로 데이터 센터는 갈수록 중요해질 것이며, 이를 통해 클라우드로 데이터를 전송하는 것을 피할 수 있을 것이다.
- 5G 네트워크는 엣지에서 데이터 센터를 제공하고 가상화 및 소프트웨어 정의 네트워킹 원칙에 의해 활성화되는 산업 특화 네트워크의 구현도 지원할 것이다.
- 최고의 사용자 인터페이스는 사용자 인터페이스가 없는 것이다. IoT 덕분에 수동 데이터 입력이 불필요하고 ML 및 AI가 의사결정을 대신하고 있기 때문에, 인터페이스가 필요하지 않은 것이 현실이 되고 있다.

본 백서에서는 기존 기술 및 표준과 사용 사례를 비교 검토한 내용에 근거하여 공식적인 권고사항을 제시한다. 또한, 모든 권고사항은 오픈 소스 이행에 관한 표준을 보완하기 위하여 산업 인터넷 컨소시엄(IIC)과 공조하여 테스트베드를 활용하여 명시적으로 전달되고 지원된다는 것이 본 백서에서 언급된다.

특히, 본 백서에서는 산업계에 다음 사항을 권고합니다.

- 비즈니스 및 상업적 모델의 붕괴에 대비한다.
- 5G 표준을 활용하여 엣지 컴퓨팅과 EI 솔루션을 활성화한다.
- 컨테이너화를 채택하여 EI 솔루션 아키텍처에 마이크로 데이터 센터를 포함시키는 것이 이상적이다.
- 시장 분할을 방지하기 위한 오케스트레이션(orchestration) 및 수명 주기 관리에 대한 공동 접근에 동의한다.
- 시장 분할을 방지하기 위한 ML(툴, 모델 구현)에 대한 공동 접근에 동의한다.

전기 공학 시스템 소프트웨어 구성요소의 개발을 촉진하는 데 IEC가 더 큰 역할을 하도록 권고한다. IEC는 EI를 촉진할 수 있는 특별한 지위를 갖고 있다.

따라서 본 백서에서는 다음 부문에 대해 IEC 표준 관리 이사회(SMB)에 대한 개별적인 권고사항에 관하여 개략적으로 언급한다.

- 신뢰성 및 (분산) 트러스트(trust)
- 자체 조직화, 자체 구성 및 자체 검색
- ML에 대한 알고리즘의 구현

현재 엣지 컴퓨팅에 관련된 다수의 표준화 및 컨소시엄 활동이 진행되고 있다. 이 상황은 엣지 컴퓨팅 표준의 최적화에 관한 도전이지만, 정부, 산업계 및 사용자의 요구를 지원하는 보다 긍정적인 표준화 생태계를 조성하기 위한 기회도 된다.

마지막으로, 이 생태계는 일종의 컨소시엄과 SDO (standards development organizations)에 걸친 협력 사업이 되어야 한다. 특히, 본 백서에서는 IEC가 산업 인터넷 컨소시엄(IIC)과 협력하여 오픈 소스 구현 및 테스트 베드에 관한 표준을 보완하도록 권고한다. 여기에는 수평적, 수직적 및 전문적 기준과 함께 EI 표준이 포함된다.

그렇다면 현재 기술 생태계는 이런 새로운 개념과 신기술에 어떤 영향을 받을 것인가? 본 백서에서는 EI의 다양한 측면에 대한 통찰력과 권고 사항을 제공한다.

제 1절에서는 EI의 진정한 잠재력 개발을 활성화하고 장점 및 기회와 과제 및 예상 표준에 주안점을 두면서 이 신기술에 대해 간략히 설명한다. 본 절은 엣지 컴퓨팅 시나리오를 대략적으로 분류하는 것으로 마무리된다.

제 2절에서는 컴퓨팅 모델의 진화, IoT가 오늘날의 클라우드 기반 네트워크 아키텍처에 지장을 초래하는 원인 및 이로 인해 “클라우드의 정점에서(on top of the cloud)” 새로운 컴퓨팅 모델이 필요하게 되는 과정을 보다 구체적으로 살펴본다. 또한, 2.4절에서는 EI용 신형 고급 엣지 컴퓨팅 아키텍처를 소개한다.

EI의 일반적인 이해를 바탕으로, 제 3절에서는 이러한 추세의 주요 요인과 다양한 산업 부문에서 EI를 따라야 할 필요성을 보다 심층적으로 살펴본다. 또한, 본 절에서는 가상화, 5G 시스템과 ML 및 블록체인 등의 신기술들의 시너지 효과를 설명하기 위해 통신 네트워크용 하드웨어, 소프트웨어 및 아키텍처의 개선에 대한 최신 정보도 개략적으로 설명한다.

제 4절에서는 요구사항, 파악된 기술 격차 및 그런 격차를 극복하는 데 필요한 기능과 이에 관련되어 모색될 수 있는 표준화를 중심으로 제조, 스마트 시티, 스마트 빌딩 및 생활 안전 부문의 사용 사례를 다룬다. 사용 사례에 대한 세부 내용은 부록 A에서 확인할 수 있다.

제 5절에서는 다양한 사용 사례에서 나타난 구체적인 차이점에 관해 자세히 설명한다. 본 절은 분석한 EI 사용 사례 간의 공통적인 격차를 간략히 살펴보면서 마무리한다.

제 6절에서는 모든 사용 사례에서 유용한 사항을 이끌어 내어 해당 사항으로부터 어떻게 활용할 것인에 관해 자세히 설명한다.
제 7절에서는 아직 확립되지 않은 표준에 대해 설명하고, 확립되지 않은 사용 사례에 대한 공통적인 표준에 관해 분석한다.
제 8절에서는 사용 사례에 대한 분석을 통해, 테스트 베드를 활용하여 확장 가능성과 함께 일부 사용 사례들의 융합에 대해 설명한다.

제 9절은 본 백서에서 제시하는 EI 채택으로 예상되는 혜택에 관해 산업계에 보내는 권고 사항, SDO에 보내는 일련의 일반적인 권고 사항 및 특히 IEC 회원국 대상의 권고 사항으로 마무리한다.

감사의 말씀

본 백서는 프로젝트 파트너인 개방 통신 시스템을 위한 프라운호퍼 연구소(FOKUS: Fraunhofer Institute for Open Communication Systems)와 프로젝트 팀장인 Huawei Technologies Co. Ltd의 지대한 공헌 속에 IEC 시장 전력 이사회(MSB)의 엣지 인텔리전스 프로젝트 팀이 작성하였다. 이 프로젝트 팀은 2016년 11월(독일, 베를린), 2017년 1월(마카오), 2017년 3월(독일 베를린) 및 2017년 5월(미국, 팔로 알토) 등 4회에 걸쳐 모임을 가졌다. 이 프로젝트 팀의 팀장은 Huawei Technologies Co. Ltd의 산업 표준 부서 이사인 Mr. Xuemin Wang이며 프로젝트 팀 구성원 명단은 다음과 같다.

Mrs. Andreea Ancuta Corici, Fraunhofer FOKUS, Project Partner Lead

Mr. Yun Chao Hu, Huawei, Project Manager Prof. Dr. Thomas Magedanz, Fraunhofer FOKUS Mr. Marc Emmelmann, Fraunhofer FOKUS
Dr. Andreas Vogel, SAP

Mr. Tetsushi Matsuda, Mitsubishi Electric
Mr. Michael Cronin, Johnson Controls Inc.
Mr. Victor Kueh, Huawei
Mr. Bin (Remy) Liu, Huawei
Mr. Yaling Zhou, Huawei
Mr. Meigang Liu, Huawei
Mr. Yang Shi, Huawei
Mr. Kunlun Lu, Huawei

Dr. Marius Corici, Fraunhofer FOKUS
Dr. Mikhail Smirnov, Fraunhofer FOKUS
Dr. Alexander Willner, Fraunhofer FOKUS

Mr. Christopher Stephan Kertess, Fraunhofer FOKUS

Mr. Peter Lanctot, IEC
Dr. Gilles Thonet, IEC

목차

약어 목록 **10**

용어집 **16**

제1절 소개 **19**

1.1 본 백서의 범위 20

1.1.1 장점 및 기회 21

1.1.2 엣지 컴퓨팅 시나리오의 공통적인 과제 21

제2절 컴퓨팅 모델의 엣지 컴퓨팅을 향한 진화 **25**

2.1 공유 및 중앙 자원과 배타적인 로컬 컴퓨팅의 비교 25

2.2 클라우드 혁신을 이끄는 IoT 25

2.3 새로운 컴퓨팅 모델의 특징 26

2.4 엣지 컴퓨팅 인텔리전스의 청사진 26

2.4.1 정의 및 고급 아키텍처 26

2.4.2 적용 부문 27

제3절 엣지 인텔리전스의 주요 동인 및 최신 동향 **33**

3.1 산업 요구 33

3.1.1 빌딩 및 생명 안전 산업 35

3.1.2 스마트 제조 38

3.1.3 자동차 38

3.1.4 정보 및 통신 기술 41

3.1.5 보안 부문 42

3.1.6 블록체인 43

3.2 하드웨어 개선 50

3.2.1 데이터 센터 개선 50

3.2.2 IoT 게이트웨이/엣지 서버(edge server) 50

3.2.3 스마트 센서/엔드 노드 51

3.3 소프트웨어 개선 53

3.3.1 IoT 엣지 컴퓨팅 53

3.3.2 ECN OS 54

3.3.3 컨테이너화 및 마이크로서비스 56

3.3.4 기계 학습 59

3.4 아키텍처 61

3.4.1 데이터 수집 아키텍처 61
3.4.2 oneM2M 62
3.4.3 IIC 아키텍처 67
3.4.4 OPC-UA 아키텍처 68
3.4.5 코어 네트워크 68
3.4.6 액세스 네트워크 77
3.4.7 프로그램 가능 인프라 79

Section 4 엣지 인텔리전스 사용 사례와 요구사항 83

4.1 사용 사례 개요 83
4.2 논의 대상 프레임워크 85

Section 5 기술 격차 89

5.1 공장 생산성 개선 89
5.2 커넥티드 도시 조명 89
5.3 스마트 엘리베이터 90
5.4 실내 위치 추적 91
5.5 단독 작업자의 안전 91
5.6 접근 통제 – 감시 카메라를 통한 화재 감지/뒤따름 감지 91

Section 6 필요한 기능 93

6.1 엣지와 코어의 통합 93
6.1.1 엣지 서비스 93
6.2 공장 생산성 개선 93
6.3 커넥티드 도시 조명 94
6.4 스마트 엘리베이터 95
6.5 실내 위치 추적 95
6.6 단독 작업자의 안전 96
6.7 접근 통제 – 감시 카메라를 통한 화재 감지/뒤따름 감지 96

Section 7 표준 및 오픈 소스의 역할 97

7.1 자체 조직화, 자체 구성, 자체 검색에 대한 표준 97
7.2 신뢰/ 분산 신뢰 98
7.3 신뢰 가능한 정보 98
7.4 다중 ECN 간의 E/W 통신 표준 99
7.5 임베디드 시스템에 대한 컨테이너화 표준 99
7.6 기계 학습 알고리즘 이행을 위한 개방 표준 100

7.7 연결 상실 시 반송파 모드 선택에 대응하는 종합 표준 101
7.8 오픈 소스의 역할 101

Section 8 엣지 인텔리전스 사용 사례 테스트베드 103
8.1 테스트베드에서 이행 가능한 잠재적 사용 사례 103
8.2 기술 빌딩 블록 104
8.3 미래의 발전 104

Section 9 결론 및 권고 105
9.1 결론 105
9.2 권고 106
9.2.1 산업계 대상 권고 106
9.2.2 일반 권고 106
9.2.3 IEC 및 위원회에 대한 권고 107

부록 A 엣지 인텔리전스 사용 사례 및 요구사항 109
A.1 공장 생산성 개선 109
A.1.1 범위 109
A.1.2 목적 109
A.1.3 사용 경험담 109
A.1.4 사용 사례의 조건 109
A.1.5 사용 사례에 대한 추가 정보 109
A.2 커넥티드 도시 조명 111
A.2.1 범위 111
A.2.2 목적 111
A.2.3 사용 경험담 111
A.2.4 사용 사례의 조건 113
A.2.5 사용 사례에 대한 추가 정보 113
A.3 스마트 엘리베이터 116
A.3.1 범위 116
A.3.2 목적 116
A.3.3 사용 경험담 116
A.3.4 사용 사례의 조건 117
A.3.5 사용 사례에 대한 추가 정보 118
A.4 실내 위치 추적 119
A.4.1 범위 119
A.4.2 목적 119
A.4.3 사용 경험담 119
A.4.4 사용 사례의 조건 120

A.5 단독 작업자 안전 121
A.5.1 범위 121
A.5.2 목적 121
A.5.3 사용 경험담 121
A.5.4 사용 사례의 조건 122
A.6 Access control – tailgating detection 124
A.6.1 범위 124
A.6.2 목적 124
A.6.3 사용 경험담 124
A.6.4 사용 사례의 조건 124
A.7 Fire detection via surveillance cameras 126
A.7.1 범위 126
A.7.2 목적 126
A.7.3 사용 경험담 126
A.7.4 사용 사례의 조건 126
참고 문헌 129

약어 목록

기술 및 과학 용어

AAA	인증, 권한 부여 및 과금
AD	자율 주행
ADN	애플리케이션 전용 노드
AE	애플리케이션 엔터티
AF	애플리케이션 기능
AI	인공 지능
ANDSF	액세스 네트워크 발견 및 선택 기능
API	애플리케이션 프로그래밍 인터페이스
AS	애플리케이션 서버
ASN	애플리케이션 서비스 노드
BLE	블루투스 저 에너지
BSS	비즈니스 지원 시스템
CapEx	자본 지출
CCI	공동 채널 간섭
CDN	콘텐츠 전송 네트워크
C-ITS	협업 지능형 전송 시스템
CNC	컴퓨터 수치 제어
CNN	합성곱 신경망
CP	제어 평면
CPU	중앙 처리 장치
CRUDN	생성, 검색, 갱신, 삭제, 통보
CSE	공통 서비스 엔터티
CSF	공통 서비스 기능
DCS	분산 제어 시스템
DNN	심층 신경망
DSRC	전용 단거리 통신
DTLS	데이터그램 전송 계층 보안
D2D	장치대장치 통신

ECN	엣지 컴퓨팅 노드
EI	엣지 인텔리전스
EMS	구성요소 관리 시스템
eNodeB	개선된 노드 B
EPC	개선된 패킷 코어
ERP	전사적 자원 관리
E/W	동/서
FCAPS	고장, 구성, 과금, 성능 및 보안
FDD	고장 검출 및 진단
GIS	지리 정보 시스템
GPS	위성 위치 확인 시스템
GPU	그래픽 처리 장치
HMM	숨겨진 마르코프 모델
HPSL	고압 나트륨 램프
HSS	홈 가입자 서버
IACS	산업 자동화 및 제어 시스템
IAM	ID 및 액세스 제어 관리
IIoT	산업 사물 인터넷
IN	인프라 노드
IoT	사물 인터넷
IPE	상호 연동 프록시 엔터티
IRC	지능형 및 복원력이 있는 제어
ISG	산업 규격 그룹(ETS)
ISM	산업, 과학 및 의료
ISP	인터넷 서비스 제공자
IT	정보 기술
JAR	자바 아카이브
LED	발광 다이오드
L1/L2	레벨-1/레벨-2(캐시)
LTE	LTE
LWM2M	경량 기계대기계 프로토콜

MANO	관리 및 오케스트레이션
MEC	다중 액세스 엣지 컴퓨팅
MES	제조 실행 시스템
MI	기계 인텔리전스
ML	기계 학습
MME	이동성 관리 엔터티
MN	중재 노드
M2M	기계대기계
NB-IoT	협대역 IoT
NAS	비액세스 계층
NC	수치 제어
NF	네트워크 기능
NFV	네트워크 기능 가상화
NIDD	비-IP 데이터 전송
NoDN	비-oneM2M 장치 노드
N/S	북/남
NSD	네트워크 서비스 표시자
NSE	네트워크 서비스 엔터티
ODP	개방 분산 프로세싱
O&M	운영 및 유지보수
OAM	운영, 관리 및 유지보수
OpEx	운영 지출
OS	운영 체제
OSS	운영 지원 시스템
OT	운영 기술
PC	개인용 컴퓨터
PCRF	정책 및 요금 부과 규칙 기능
PDN-GW	패킷 데이터 네트워크(pdn) 게이트웨이(gw)
PKI	공개 키 인프라
PLC	프로그램 가능 논리 제어기
PNF	물리적 네트워크 기능

PoP	인터넷 접속 포인트
ProSe	근접성 서비스
PUF	물리적 복제불능 기능
QoS	서비스 품질
RAM	램
rkt	로켓 컨테이너 기술
RNIS	무선 네트워크 정보 서비스
RSU	노변 장치
SCEF	서비스 성능 노출 기술
SDN	소프트웨어 정의 네트워크
SDS	소프트웨어 정의 스토리지
SGW	서빙 게이트웨이
SIM	가입자 식별 모듈
SMS	단문 메시지 서비스
SoC	원칩화
SON	자체 구성 네트워크
telecom	전기 통신
TLS	전송 계층 보안
TOF	트래픽 오프로드 기능
TSN	시간에 민감한 네트워킹
UE	사용자 장비
UI	사용자 인터페이스
UICC	범용 집적회로 카드
UNB	초협대역
UP	사용자 평면
UWB	초광대역
VLAN	가상 랜
VNF	가상 네트워크 기능
VoIP	인터넷 전화 통화 규약
VPN	가상 사설 네트워크
VRU	교통 약자

V2I	차량과 인프라 간
V2X	차량과 만물 간
WAVE	차량 환경의 무선 액세스
WLAN	무선 랜
XML	확장 마크업 언어

조직, 기관, 회사 및 프로토콜

3GPP	3세대 파트너십 프로젝트
5G PPP	5G 인프라 공공-민간 파트너십
AMQP	고급 메시지 대기열 프로토콜
ANIMA	자율 네트워킹 통합 모델 및 접근방식
ARIB	전파산업협회(일본)
ATIS	통신산업협회(미국)
CCSA	중국통신표준화협회
CoAP	제한된 애플리케이션 프로토콜
cuDNN	CUDA 심층 신경망 라이브러리
ETSI	유럽전기통신표준협회
HTTP	하이퍼텍스트 전송 프로토콜
IDC	IDC
IEEE	미국 전기전자학회
IEET	신기술 및 윤리 협회
IETF	인터넷 엔지니어링 전담반
IIC	산업 인터넷 컨소시엄
IP	인터넷 프로토콜
Ipv4	인터넷 프로토콜 버전 4
ISO	국제 표준 기구
LPWAN	저전력 광역 네트워크 IPv6(IETF 실무 그룹)
MQTT	메시지 대기열 원격 측정 전송 프로토콜
MSB	시장 전략 이사회
NGMN	차세대 모바일 네트워크 연합
OCI	오픈 컨테이너 이니셔티브
OCF	오픈 커넥티비티 재단

OMA	오픈 모바일 연합 또는 오픈 모바일 얼라이언스
OMG	오픈 매니지먼트 그룹
oneM2M	M2M 및 사물 인터넷 표준
OPC	오픈 플랫폼 커뮤니케이션즈(재단)
OPC-UA	오픈 플랫폼 통신 통합 아키텍처
OSGi	오픈 서비스 게이트웨이 이니셔티브
OSI	개방형 상호접속시스템 모델
ROLL	저전력 손실 네트워크 상 라우팅(IETF 실무 그룹)
SMB	표준화관리이사회(IEC)
SOAP	단순 개체 액세스 프로토콜
TCG	신뢰 컴퓨팅 그룹
TCP	전송 제어 프로토콜
TIA	전기통신공업회(미국)
TSDSI	전기통신표준개발협회(인도)
TTA	정보통신기술협회(한국)
TTC	정보통신기술위원회(일본)
UDP	사용자 데이터그램 프로토콜
WIA-PA	산업 자동화 프로세스 자동화용 무선 네트워크

용어집

인공 지능(AI)

패턴 매칭, 학습 및 문제 해결과 같은 인간 고유의 인지 기능을 기계가 흉내내는 것

액세스 네트워크 발견 및 선택 기능(ANDSF)

다음을 위한 3GPP 코어 네트워크 구성요소이다.

1) 액세스 네트워크 발견에 있어 사용자 장비(UE) 지원

2) UE에 이런 네트워크에 대한 연결 사용에 관한 권고 제공

애플리케이션 프로그래밍 인터페이스(API)

다양한 소프트웨어 구성요소 간에 명확히 정의딘 통신 방법으로 구성된다.

합성곱 신경망(CNN)

시각적 심상(컴퓨터 비전) 및 음성 인식 분석에 성공적으로 적용된 심층 전방향 공급 인공 지능 네트워크 클래스

심층 신경망(DNN)

데이터 흐름이 루프백 없이 입력 계층에서 출력 계층으로 움직이는 전방향 공급 인공 신경망

데이터그램 전송 계층 보안(DTLS)

데이터그램 기반 애플리케이션에 보안을 제공하는 통신 프로토콜

엣지 컴퓨팅 노드(ECN)

감지된 또는 코어 서버에서 수신된 정보와 정책 또는 알고리즘을 기반으로 로컬 결정을 내리는 역할을 하며, 인프라의 엔드 장치에 근접하여 배포되는 기계. 그 결정은 로컬에서 물리적으로 적용되거나 집성 및 최종 결정을 위해 코어 서버로 전달될 수 있다.

엣지 인텔리전스 EI

기계 학습 및 고급 네트워킹 성능을 통한 엣지 컴퓨팅

개선된 노드 B(eNodeB)

LTE 액세스 네트워크에 있어 직접 무선으로 모바일 핸드셋(UE)과 통신을 주고 받는 모바일 폰 네트워크에 연결되는 구성요소

개선된 패킷 코어(EPC)

모든 IP 아키텍처를 갖고 회로 스위치 구성요소가 없는 3GPP 코어 네트워크

숨겨진 마르코프 모델(HMM)

모델링 대상 시스템이 관찰되지 않는(숨겨진) 상태에서 마르코프 프로세스가 되는 것으로 추정되는 통계적 마르코프 모델. 이 모델은 음성, 필기, 제스처 인식 및 생물 정보학과 같은 강화 학습 및 패턴 인식에 적용된다.

산업 규격 그룹((ETSI) ISG)

특정 기술 부문의 재래식 표준 작성 위원회와 함께 운영되는 ETSI 그룹. 이들은 산업 포럼 구성에 대한 효율적인 대안을 신속하고 간편하게 수립 또는 제공하기 위해 작성된다. [출처: ETSI]

레벨-1/레벨-2(캐시)
L1/L2

중앙처리장치(CPU) 캐시의 레벨 1과 레벨 2. 흔히 사용되는 주 메모리 위치의 데이터 사본을 저장하는, 프로세스 코어에 더 근접한 소규모의 빠른 메모리이다.

다중 액세스 엣지 컴퓨팅(MEC)

네트워크의 엣지에서 애플리케이션 개발자 및 콘텐츠 제공자에게 클라우드 컴퓨팅 성능 및 IT 서비스 환경을 제공하는 ETSI 규격[출처: ETSI]

기계 학습(ML)

특정 부문에 대해 기계가 관찰 또는 조작하는 프로세스 모델을 생성하여 관찰을 기반으로 하는 결정을 이행할 수 있다. 기계는 모델 개선을 위한 교육을 받을 수 있다.

네트워크 기능 가상화(NFV)

IT 가상화 기술을 사용하여 네트워크 기능 유형을 빌딩 블록으로 가상화하여 통신 네트워크에 연결하거나 이를 생성할 수 있는 네트워크 아키텍처 개념

비-IP 데이터
전송(NIDD)

UE 관련 IP 데이터를 신호 메시지로 캡슐화하여 UE 및 IP 주소를 취득하지 않고 데이터 전송이 실현될 수 있도록 한다.

네트워크 서비스 표시자(NSD)

ETSI NFV MANO 규격에 있어 각 네트워크 구성요소/서비스는 표시자에 연관되며 오케스트레이터가 그 표시자를 사용하여 서비스 배포 관리 방법을 식별한다.

개방 분산 프로세싱(ODP)

개방 데이터 프로세싱 시스템 규격에 대한 UML을 사용한다. 이 프로세싱은 ISO/IEC 19793:2015 표준에 의해 도입되었다.

운영 및 유지보수(O&M)

인프라 배포 및 유지보수를 위해 사용되는 절차에 대한 일반 용어

패킷 데이터 네트워크(pdn)
게이트웨어(gw)(PDN-GW)

UE에 IP를 할당하고, UE 트래픽에 대한 QoS 규칙을 강화하며, UE 핸드오버 시 이동성 앵커 역할을 하는 3GPP 개선 패킷 코어의 중앙 구성요소

공개 키 인프라(PKI)

전자 상거래와 같은 보안화 전자 전송을 활성화하기 위해 인증 당국이 발행하는 인증서의 확인을 취급하는 프레임워크를 도입한다.

로켓 컨테이너 기술(rkt)

결합성, 보안 및 속도에 대해 설계된 새로운 컨테이너 런타임[CoreOS.com]

소프트웨어 정의 네트워킹(SDN)

가용 라우팅 인프라인 첨부 사용자 측면에서 현재 네트워크 상태의 구성요소 인식으로부터 규칙으로 프로비저닝이 가능한 라우팅 구성요소에 소프트웨어와 API를 도입하는 기술

시간에 민감한 네트워킹(TSN)

이더넷 네트워크 상에서 시간에 민감한 데이터 전송을 위한 메커니즘에 대한 표준 모음. 이 표준은 IEEE 802.1 실무 그룹인 시간 민감형 네트워킹 전담 그룹이 개발하고 있는 중이다.

차량과 만물 간(V2X)

차량과 차량에 영향을 줄 수 있는 모든 엔터티 간에 정보 전달을 위한 안전 및 에너지 효율성 맞춤호 통신. 차량과 인프라 간(V2I), 차량과 차량 간(V2V), 차량과 보행자 간(V2P), 차량과 장치 간(V2D) 및 차량과 그리드 간(V2G)과 같이 특정한 통신 유형을 통합한 차량 통신 시스템이다.

제1절

소개

클라우드에 부는 변화의 바람, 새롭게 떠오르는 엣지

그동안 네트워크 아키텍처와 컴퓨팅 모델은 중앙 공유 자원의 활용과 배타적인 로컬 컴퓨터 성능 사용 사이에서 많은 변화를 겪어 왔다. 오늘날 대규모 가용 센서 및 지능형 장치를 분산 배포하는 사물 인터넷(IoT)은 중앙집중화된 공유 자원을 특징으로 하는 클라우드 컴퓨팅 모델이 대세이다. 이 모델은 모바일 애플리케이션 사용의 증가와 로컬 자원 및 이로부터 얻는 정보를 활용하는 사례가 점점 늘어나는 것을 보여주고 있다.

이와는 대조적으로, 콘텐츠 전송, IoT 및 신생 정보 기술(IT)과 운영 기술(OT) 애플리케이션은 대기시간과 대역폭에 대한 요구사항을 점점 더 엄격하게 적용하고 있으며, 단말 장치나 이에 근접한 장치에서의 네트워크 전송 및 데이터 프로세싱의 추가적인 최적화를 필요로 한다. 하이퍼스케일 클라우드 기술[1]을 통해서는 극복이 불가능한 현재의 상업적 클라우드 접근방식의 고유한 한계 때문에 서버의 거리와 위치, 대기시간 및 지터, 보안 및 개인 정보 보호, 애플리케이션의 근접 연결과 위치 인식 및 향상된 이동성 지원 등에 대응하는 혁신적인 솔루션에 대한 집중적인 연구가 촉진되어 왔다.

이와 같이 데이터 소스, 데이터 저장 및 데이터 프로세싱으로 구성되는 매우 일반화된 방식의 최신 아키텍처와 그와 같은 아키텍처를 연결하는 콘텐츠 전송 네트워크 사이에 불일치가 존재하고 있고, 이것이 새로운 사용 사례 목표 설정 및 산업 자동화, 로보틱스, e-보건 및 가상 현실(VR)과 같은 마케팅을 저해하고 있다.

이런 애플리케이션은 모두 극단적으로 짧은 시간 내에 대용량 정보를 취득 및 프로세싱할 것을 요구하며, 이로 인해 특히 소스로부터 테라바이트 용량의 데이터(원시)를 밀리세컨드 이내에 전송하는 성능과 같이 곧 실현될 네트워크 아키텍처에 대한 요구사항의 필요성이 갈수록 증대된다. 멀지 않은 미래에 네트워크가 그런 요구사항을 충족시킬 수 없는 것은 명백한 사실이다. 통신 지연을 극적으로 줄이고 가용 대역폭을 대폭 개선할 5G 네트워크 시대가 눈앞에 와 있기는 하지만 발전은 대체로 지리적으로 분산된 지역별 네트워크의 최적화를 통해 이루어지고 있다.

엣지 인텔리전스의 탄생

엣지 인텔리전스(EI)의 개념은 데이터 취득, 저장 및 프로세싱에 대한 패러다임의 전환을 가져온다. 데이터 프로세싱은 데이터 소스(예: 센서)와 클라우드에 위치한 IoT 핵심 및 저장 서비스 사이의 가장자리(엣지)에 위치한다. 이때 그림 1-1에 명시되어 있는 엣지와 인텔리전스의 사전적인 정의가 적용된다. 지식과 기술을 취득하여 응용하는 역량이 영역의 외부, 즉 여기에서는 핵심 통신 네트워크 또는 클라우드의 외부로 이동된다.

EI는 데이터 (전)처리 및 의사결정을 데이터 소스에 더 가까이 가져올 수 있게 하여 통신 지연을 줄인다. 또한 그와 같은 (전)처리는 클라우드의 IoT 코어 서비스로 전송하거나 저장하기 전에 데이터를 축적 및 응집할 수 있도록 지원하며, 이는 곧 실현될 제 5G 네트워크에서 제공될 바로 그 성능으로 분산된 처리와 지연 개선 효과를 제공할

엣지	인텔리전스
명사 1. 물체, 영역 또는 표면의 외부 경계 2. 절단 기구 또는 무기의 날의 날카로운 면 *동사* 1. 경계 또는 모서리를 제공하다. 특정 방향으로 조금씩 움직이거나 이동시키다.	*명사* 1. 지식과 기술을 취득하여 적용하는 능력 2. 군사적 또는 정치적 가치가 있는 정보의 수집

참고: "엣지 인텔리전스"라는 용어는 여기서 정의된 두 개념이 결합되어 반영된 것이다.

그림 1-1 | "엣지"와 "인텔리전스"의 사전적 정의

것이다. 엣지 컴퓨팅[2]은 모바일 장치 또는 센서에 근접하여 컴퓨팅 및 저장 자원이 사용 가능하도록 하고 중앙집중화된 클라우드 노드를 보완하며, 데이터 출처 및 소비처에 근접하여 데이터를 분석하고 정보를 생성할 수 있게 한다. 추가 자원은 백본 네트워크에 지속적으로 연결되지 않는 단말 장치에 상존할 수도 있다. 또한, EI는 미래의 애플리케이션이 상호 탐지 및 근접 서비스, 촉각 인터넷에 대한 실시간에 가까운 응답성, 엣지나 단말 장치에서의 데이터 분석과 장치 간의 통신 능력에 대한 컨텍스트 인지 능력에 의해 좌우될 수 있도록 한다.

프로세서, 마이크로컨트롤러 및 연결성이 많은 새로운 장치에 내장됨에 따라 스마트 가전, 착용형 기기, 산업 기계, 자동차 운전자 지원 시스템, 스마트 빌딩 등에 대한 EI의 적용은 지속적으로 증가할 것이다. IoT의 진정한 가치를 활성화 및 실현하기 위해 데이터 집약적인 애플리케이션에 대한 프로세싱을 클라우드로부터 네트워크의 엣지로 다시 밀어내는 EI를 채택하는 추세는 계속 확대되고 있다.

1.1 본 백서의 범위

본 백서의 목적은 사용 사례 및 기술 주도 요인과 관련하여 EI를 통해 얻어지는 장점과 기회를 살펴봄으로써, 다가올 10년에 대비하여 고려해야 할 사항을 제공하는 것이다. 본 백서에서는 제시된 사용 사례와 해당되는 요구사항 간의 개별적인 차이를 분석하고 새로운 일반적인 기능들을 제안한다.

특히, 본 백서에서는 현재의 사용 사례에서 출발하여 미래의 사용 사례의 전망을 보여주고 종적인 EI의 비전을 제시한다. 또한, 본 백서에서는 커뮤니케이션 및 의사결정 시에 시간 지연을 줄여야 하는 클라우드 컴퓨팅, 모바일 네트워킹, IoT 및 그 밖의 부문(스마트 제조, 보안 및 안전을 위한 영상 분석, 자동차 엔지니어링, 지능형 도시 시설물 및 VR) 분야에서 현재의 추세를 바탕으로 종합적인 결론을 이끌어낸다.

수많은 센서와 지능형 장치를 갖춘 IoT는 캄브리아기의 폭발로 불릴 정도로 새로운 서비스와 애플리케이션을 출시하게 될 것이며, 새로 출시되는 것들은 대부분 현재로서는 상상조차 할 수 없는 것이 될 것이다. 이와 같은 기술은 생활의 모든 측면에 영향을 줄 것이며, 모든 수직적 산업 부문에 엄청난 파장을 몰고 올 것이다. 이러한 변화를 주도하는 것(enabler)은 대기시간 초저지연, 고대역폭 및 의존성을 지원하는 차세대 모바일 네트워크가 될 것이다. 그런데, 촉각 인터넷용 고급 서비스는 고속 데이터 분석이 요구될 것이며, 클라우드 컴퓨팅 서비스는 단말 장치에 근접되도록 움직이는 것이 필요할 것이다. 이를 통해 이전에이전에는 분리되어 있던 부문들 간의 융합이 더욱 촉진될 것이며, 이를 실행하는 다양한 사람들간의 긴밀한 협업이 필요할 것이다. 이러한 기술은 수직적 산업으로 진출하려는 연관된 이해관계자들에게 새로운 기회와 가치를 창출하겠지만, 새로운 비즈니스 모델에 기반한 혁신적인 협업이 요구될 것이다. 따라서, 이전에 담이 둘러쳐져 있던 정원을 개방하고 제시되는 비전을 실현하기 위해서는 표준화가 핵심 요소가 될 것이다.

1.1.1 장점 및 기회

엣지 컴퓨팅 노드(ECN)에서 인텔리전스를 도입하면, 시스템을 통해 실행할 수 있는 것은 다음과 같다.

- 엣지 장치에 기계 학습(ML) 알고리즘을 탑재하고 클라우드 서버와의 접촉 빈도를 줄여줌으로써 보다 신속하고 효율적인 의사결정이 가능해진다. 또한, 의사를 결정하는 과정에서 왕복 지체(roundtrip delay) 현상의 발생이 꾸준히 감소하게 된다.
- 소스에 근접한 데이터 확보하고 로컬 규정을 준수하며 실행 애플리케이션에 특유한 로컬 ID 관리 및 액세스 통제 정책에 따라 의사결정을 내린다.
- 미가공 데이터(raw data) 보다는 결정 사항이나 경보만 클라우드 서버로 전송될 수 있도록 데이터 전처리를 위한 캐싱 또는 로컬 알고리즘을 사용하고 공공 광역 네트워크 통신을 줄여서 통신비를 절감한다.
- 일시적 장애를 적절히 처리하거나 유지보수 절차를 올바르게 실행하여 엣지 또는 핵심 인프라의 변경 사항을 토대로 사용자, 애플리케이션 또는 네트워크 요청의 균형을 유지한다.
- 경보 또는 엣지 장치(엣지에서 두 피어 간 동/서(E/W) 통신) 간 전처리 정보 교환을 토대로 의사결정을 내린다.

이러한 기회를 만난 것은 제조 장치, 소프트웨어 패러다임 및 5G와 같은 핵심 네트워크의 기술력이 발전한 결과였다. 이와 같은 변화는 ML, 소프트웨어 네트워크, 모바일 엣지 컴퓨팅, 분석 및 ID, 액세스 제어(예: 블록체인) 등과 관련된 새로운 개념, 알고리즘 및 표준과 긴밀하게 연결된다

1.1.2 엣지 컴퓨팅 시나리오의 공통 과제

엣지 컴퓨팅 시나리오에서 예상되는 즉각적인 응답 요건, 단속적인 연결성 및 가용 대역폭과 데이터 용량 간의 절충이 다양한 사용 사례(커넥티드 도시 조명, 스마트 엘리베이터, 생명 안전 및 보안 과제 및 공장 생산성 향상 등)의 특징이다.

1.1.2.1 필요한 표준

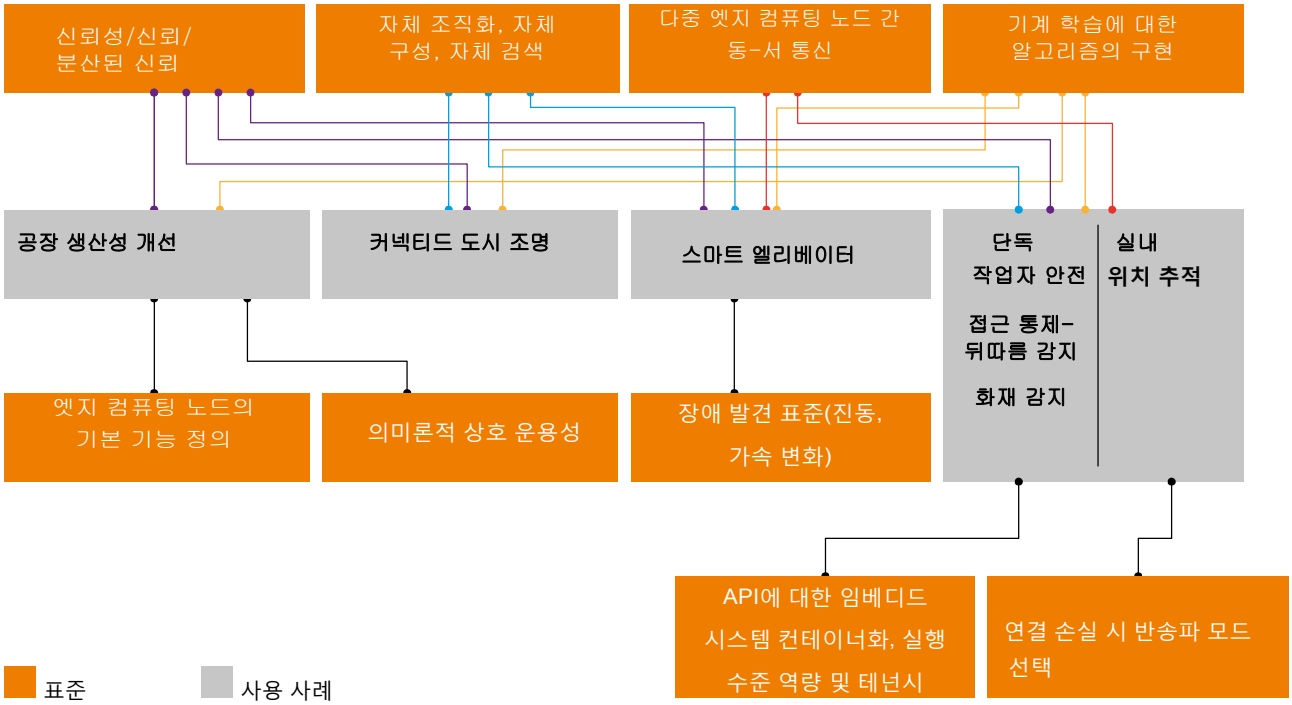


그림 1-2 | EI에 필요한 표준

그림 1-2와 같이, 모든 사용 사례는 EI 채용 시에 고려해야 할 여러가지 기술적 과제 및 요구사항을 공유한다.

- 신뢰성 및 (분산) 신뢰
- 자체 조직화, 자체 구성 및 자체 검색
- 다중 ECN 간 통신
- ML에 대한 알고리즘의 구현
- ECN의 기본 기능 정의
- 의미론적 상호 운영성
- 장애 감지 표준
- 애플리케이션 프로그래밍 인터페이스(API)에 대한 임베디드 시스템 컨테이너화, 실행 수준 역량 및 테넌시
- 연결 손실 방지를 위한 반송파 모드 선택

본 백서에 포함된 사용 사례의 분석을 통해 이러한 과제를 처리하는데 필요한 표준을 이해하게 되었다. 이러한 표준에 대한 자세한 내용은 제 7절에서 살펴볼 수 있다.

1.1.2.2 엣지 컴퓨팅 시나리오

1.1.2.2.1 데이터 용량과 가용 대역폭 비교

장치와 센서는 클라우드로 전송하는 데 요구되는 경제적인 허용 범위를 넘어서는 용량의 데이터를 생성할 수 있다. 이런 문제를 처리하려면, 엣지에서 분석 알고리즘을 적용하여 수신되는 센서 데이터를 처리하여 중요 수준의 사건만 선별적으로 코어로 전송할 수 있도록 한다.

예를 들어 수십 또는 수백대의 카메라가 초당 60 프레임으로 비디오 스트림을 생성한다면, 압축을 하더라도 비디오 스트림의 전송에는 많은 비용이

필요하게 된다. 비디오 분석 서비스를 엣지에 도입하여 사람, 물체(예: 자동차) 및 속성(예: 자동차 번호판 및 xy 좌표)을 식별할 수 있다. 이를 통해, 중요 수준의 정보만 코어로 전송된다.

비디오 콘텐츠는 일정 기간 동안 엣지에 로컬 저장되며 필요에 따라 추가 분석을 위해 운영자가 액세스할 수 있다.

IoT 솔루션은 비용에 민감한 경우가 많으며 통신비는 특히 상시 지출 비용의 상당 부분을 차지한다. LoRA 및 Sigfox 등의 저대역폭 광역 프로토콜 솔루션은 통신비 절감에 도움이 될 수 있다. 하지만 이러한 솔루션은 저대역폭으로 인해 성능이 감소하는 등의 안 좋은 결과가 발생하는 단점이 있다.

따라서, 분석 알고리즘을 사용하여 수신 센서 데이터를 처리한 후 경보(또 다른 형태의 높은 수준 사건)만을 선별적으로 코어로 전송함으로써 통신비에 보다 효율적으로 대응할 수 있다. 이를 통해, 기밀 또는 개인 정보 보호 관련 데이터를 데이터 소스에 근접하도록 하여 데이터 유출을 제한할 수 있는 장점도 있다.

1.1.2.2.2 단속적 연결성

장치와 센서가 연결성이 단속적인 위치에 있을 경우에만, 지속적인 운영을 위해 로컬 데이터 처리 및 의사결정이 필요하다.

예를 들어, 해안 석유 시추 장비와 컨테이너 선박은 수시로 끊기는 위성 연결을 이용한다. 이와 마찬가지로, 셀룰러 데이터 연결을 사용하는 자동차와 트럭도 이동할 때마다 수신 범위를 벗어나거나 수신 범위 안에 들어올 수 있다.

IoT 엣지 컴퓨팅은 데이터 버퍼링과 함께 자동 운영 지원을 위한 규칙이나 예측 알고리즘을 제공할 수 있다.

1.1.2.2.3 즉각적 응답

코어까지 데이터가 왕복할 시간이 없을 경우, 센서 데이터를 바탕으로 실시간으로 의사결정을 내려야 한다. 예를 들어, 자율 주행 자동차는 자율적으로 의사결정을 내려야할 필요가 있다. 이 경우, 네트워크 대기시간은 심각한 안전 문제를 야기할 수 있다.

제품 품질에 영향을 줄 수 있는 변수가 많은 공정 및 조립 제조 업계에서도 비슷한 요구가 제기된다. 예를 들어, 센서 데이터는 다변량 분석을 통해 도출된 방안과 비교된다. 공정 제조에서 잘 알려진 바와 같이, 황금 배치(golden batch)는 이러한 분석에 근거하여 이루어지며 온도, 압력, 습도 등이 실시간으로 조정된다.

제2절
컴퓨팅 모델의 엣지 컴퓨팅을 향한 진화

2.1 공유 및 중앙 자원과 배타적인 로컬 컴퓨팅의 비교

지난 70년 간의 컴퓨팅 모델은 공유 및 중앙 자원의 활용과 배타적인 로컬 컴퓨팅 능력 사이에서 많은 변화를 겪어 왔다. 변화 방향을 정하는 핵심 요소는 컴퓨팅 및 통신의 발전이다. 저렴하면서도 뛰어난 컴퓨팅 기능은 로컬 자원을 활용하는 방향으로 나아가고 있다. 저렴하고 속도가 빠른 통신 기술 덕분에 공유 중앙 자원의 활용이 가능하다.

공유 자원에 과도하게 의존하는 모델에는 배치 모드로 운영되거나 텍스트 전용 단말에 의해 제어되는 메인 프레임이 포함된다. 이와는 정반대로 1980년대의 독립형 개인용 컴퓨터(PC)는 보급형 컴퓨팅 능력으로 운영되었다.

네트워크 연결 PC와 클라이언트-서버 모델은 고속 랜을 통해 운영되면서 양 극단 사이에서 균형을 잘 맞춘 컴퓨팅 모델로 등장했다.

이 균형추는 전송되는 데이터 수준과 비교하여 저렴하고 고속인 광역 네트워킹을 통해 활성화된 초기 웹 모델과 함께 중앙 자원을 향해 다시 움직였다.

오늘날 대세인 클라우드 컴퓨팅 모델도 여전히 중앙집중화된 공유 자원을 강조하지만 모바일 앱과 JavaScript를 많이 사용하는 웹 애플리케이션은 로컬 자원을 활용하는 경우가 많다.

공유 및 중앙집중화 자원은 컴퓨터 자원 활용률을 극대화하고 탄력성을 제공하기 때문에 효율성이 높다.

일반적으로 데이터 센터가 중앙에 위치하는 경우, 경우 분산 시스템에 비해 보안 유지가 쉽고 수명주기 관리도 훨씬 편리하다. 하지만 충분한 대역폭과 최종 사용자에게 도달하는 속도를 갖춘 가용성이 높은 통신 채널이 요구되는데, 상당한 비용이 소요된다.

배타적인 로컬 자원은 독립적으로 실행이 가능하지만 컴퓨터 성능, 메모리 및 저장 능력이 제한적이어서 일부 작업을 수행하는 데 충분한 성능을 발휘하지 못할 수도 있다.

이러한 장치는 최종 사용자가 관리하는 경우에, 애플리케이션의 수명 주기뿐만 아니라 관리 및 보안 유지가 훨씬 복잡해진다.

클라우드 컴퓨팅 모델은 배타적/로컬 자원과 공유/중앙 자원의 장단점을 파악하여 균형을 유지하면서 여러가지 분산 컴퓨팅을 절충한 것으로 보인다. 하지만 이 솔루션도 오래 지속되지는 않을 것이다.

2.2 클라우드 혁신을 이끄는 IoT

IoT는 다음과 같은 핵심 요구사항으로 귀결되는 새로운 활용 시나리오를 도입하여 클라우드 컴퓨팅 모델의 혁신을 이끈다.

- 실시간: 수십 밀리세컨드 이내에 결정을 내려야 할 필요가 많다. 신호 왕복에는 너무 많은 시간이 걸릴 수 있기 때문에 오늘날의 통신 인프라와 물리 법칙은 로컬 의사결정을 요구한다.
- 연결성: 오늘날의 모바일 네트워크는 분산된 경우가 많아 클라우드에 대한 연결성을 보증할 수 없다.

따라서, 로컬에서 의사를 결정해야 한다.

- 데이터 용량: 센서에 의해 생성되는 데이터 용량은 방대하다. 예컨대, 수백개의 고해상도 카메라 생성 비디오가 초당 30프레임으로 스트리밍되면 광역 통신 채널에 장애가 생길 수 있다.
- 컨텍스트: 의사결정을 위해 IoT 데이터를 변환하는 데 필요한 비즈니스 컨텍스트는 일반적으로 중앙집중화된 엔터프라이즈 시스템에서 저장된다.

클라우드 모델의 혁신은 클라우드를 밀어내는 것이 아니라 오히려 엣지로 영역을 확대하는 것을 의미한다.

2.3 새로운 컴퓨팅 모델의 특징

클라우드는 계속 유지될 것이다. 예컨대, 일반적으로 클라우드만이 필요한 데이터 전체를 보유하기 때문에 예측 분석 실습과 같은 일부 기능은 클라우드의 수행 능력이 가장 우수하다.

장치는 컴퓨팅 및 저장 성능을 보유하고 있는데, 고가의 보안 카메라는 해당 장치 내에 영상을 저장하고 분석할 수 있다.

엣지 컴퓨팅은 장치와 클라우드 사이의 공간에서 컴퓨팅 능력 및 저장 기능을 제공할 것이다. 엣지 컴퓨팅 장치에는 모바일 네트워크 기지국, 작업 현장, 차량 및 기타 장소의 IoT 게이트웨이, 라우터 및 마이크로 데이터 센터가 포함된다.

새로운 모델은 완전 분산 컴퓨팅 모델이 될 것이다. 새 모델이 지원하는 광범위한 인터랙션 및 통신 패러다임에는 다음 사항이 포함된다.

- 수신 IoT 데이터 및 캐시된 엔터프라이즈 정보에 기반한 자율적인 로컬 의사결정
- 피어투피어 네트워킹. 예컨대, 카메라의 실행 범위 내에서 대상에 관해 서로 통신하는 보안 카메라
- 엣지 네트워킹. 예컨대, 자율적으로 그룹을 조직한 차량들이 모바일 네트워크의 기지국에 있는 마이크로 데이터 센터에 의해 오케스트레이션 및 제어를 받으면서 함께 주행하는 군집 주행(platoon driving)
- 장치, 클라우드 및는 중간의 어떤 지점에 저장되는 데이터 간의 분산 쿼리
- 분산 데이터 관리. 예컨대, 데이터 에이징: 저장 대상 데이터, 저장 장소 및 저장 기간
- 엣지에서 학습 및 실행하거나 클라우드에서 학습하고 엣지에서 실행하거나 혹은 클라우드에서 학습 및 실행하는 자가 학습 알고리즘
- 격리. 장시간 연결이 해제되고, 에너지 소모가 최소화되며 수명은 최대화되도록 가동되는 장치 포함

엣지 노드에서 인텔리전스를 도입하면, 시스템은 다음과 같은 사항들을 수행할 수 있다.

- 클라우드 접촉에서 왕복 지체가 사라지기 때문에 보다 신속하고 효율적으로 결정을 내리게 된다.
- 소스에 근접한 데이터의 보안을 유지하면서 로컬 ID 관리 및 액세스 제어에 따라 결정을 내린다.
- 공공 광역 네트워크를 통한 통신을 제한하여 통신비를 절감한다.

이러한 기회는 소프트웨어 정의 네트워킹의 개념, 알고리즘 및 표준, 모바일 엣지 컴퓨팅, 분석, 장치 및 데이터 소유권과 제조 장치 및 5G 네트워크의 기술 혁신에서 나온다.

2.4 엣지 컴퓨팅 인텔리전스의 청사진

2.4.1 정의 및 고급 아키텍처

본 백서에서는 그림 2-1과 같이 EI를 장치, 기업 네트워크, 공공 및 전용 네트워크부터 서비스의

클라우드 배포까지 연관된 인프라 노드로 정의한다. 데이터가 취합되면, 이러한 노드는 모두 데이터 프로세싱 및 데이터에 알고리즘 적용, 캐싱, 의사결정 또는 라우팅 능력을 공유한다. 노드의 발전에 따라, 데이터 값, 속도 및 접근 제어와 신호 요청에 맞춰 자체 수정될 수 있으며, 이에 따라 인접 노드도 맞춤 수정된다. 현재 장치의 긴밀한 연결에 관한 가장 유력한 개념은 IoT이다. IoT는 센서의 기능을 활용하여 스마트폰, 태블릿, 차량, 생산 시설의 기계, 제트 엔진, 석유 시추 장비, 착용형 장치 등을 연결한다. 이와 같이 "사물(things)"은 데이터를 수집 및 교환하고 비즈니스 시스템과 상호 작용하여 상당한 비즈니스 성과를 창출한다.

즉, 몇 가지 IT 및 OT 기술을 네트워크의 엣지에 더 근접하게 배치하여 사이버 보안, 자가 학습 솔루션 및 맞춤화된 연결성을 보장하기 위한 보안 기능인 실시간 네트워크가 지원되게 할 수 있다. 클라우드에서 엣지로의 이런 급격한 변화는 수조 개의 센서와 수십억 개의 시스템을 지원할 것이며, 정적인 데이터와 동적인 데이터를 다르게 취급할 것이다.

2.4.2 적용 부문

2.4.2.1 IoT

네트워크 아키텍처의 관점에서 IoT 솔루션의 코어는 일반적으로 중앙 IT 시스템이며, 그 명칭은 주로 IoT 코어 서버를 의미하며 그림 2-2와 같이 IoT의 데이터 저장, 프로세싱 및 분석을 담당한다. 이런 IoT 데이터는 대개 코어에서 떨어진 클라우드에 위치할 수 있다.

작동 장치 및/또는 센서 부착 장치와 같은 IoT 엔드포인트(endpoint) 에는 모든 센서 데이터를 안전하고 신뢰할 수 있으며 가성비 높은(cost-efficient) 방식으로 코어로 전송하는 통신 기능이 없는 경우가 많다. 이러한 전송 방식에서 가장 자주 발생되는 장애는 다음과 같다.

- 센서가 배터리의 전력을 유지하기 위해 저에너지 프로토콜만 지원할 수 있다.
- 셀룰러 통신이 활용되는 모바일 장치는 특정한 위치에서 수신 범위가 부족한 단점이 있다..
- 모바일 통신 링크는 대역폭이 제한적이거나 많은 비용이 소요되는 경우가 많다.
- 광역 연결은 대기 시간이 너무 길어 실시간 의사결정에 심각한 장애가 될 수 있다.

또한, 자가 주행 차량과 같은 특정 로컬 시스템은 실시간으로 자율적으로 결정을 내려야 하며 클라우드로부터 전송되는 명령을 기다릴 수 없다.

EI를 활용하면, 이러한 문제에 대응할 수 있다. IoT 게이트웨이가 ECN의 한 가지 예(例)가 된다. ECN은 저에너지 Bluetooth 또는 ZigBee와 같은 프로토콜을 통해 코어에서 멀리 떨어진 장치(종종 "엣지에 있는" 장치라고 함)에 연결한다. 동시에 ECN은 고속 인터넷을 사용하여 코어에 직접 연결하기도 한다.

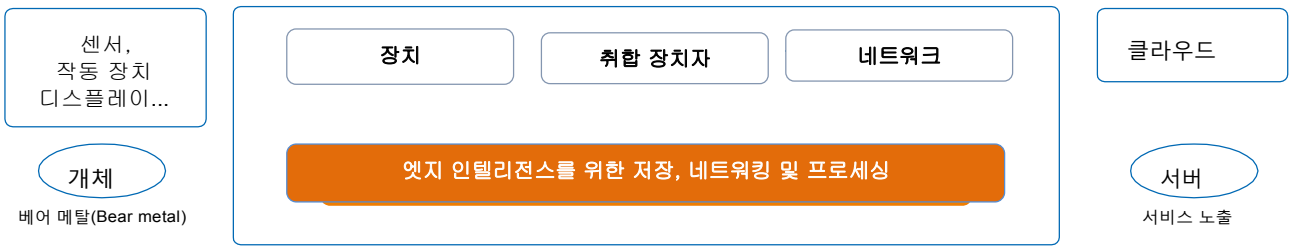


그림 2-1 | EI 노드

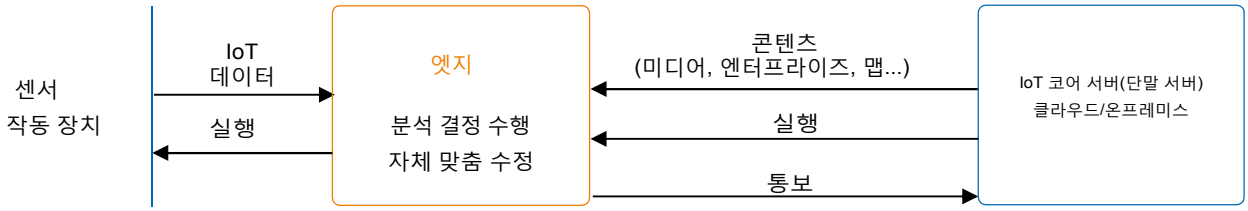


그림 2-2 | IoT 엣지 컴퓨팅

추가로 게이트웨이는 엣지에서 보안 및 수명주기 관리를 제공하여 엣지가 지속 가능하고 관리 가능한 컴퓨팅 유닛이 될 수 있도록 한다. 이러한 게이트웨이에 사용되는 하드웨어는 고성능 랙 탑재 서버에서부터 임베디드 프로세스가 장착된 소형 장치 및 양쪽 기기의 중간에 해당되는 장치까지 있다.

IoT 엣지 컴퓨팅이란 센서 데이터를 프로세싱, 저장 및 분석하는 기능뿐만 아니라 ECN에서 의사결정을 수행하는 기능까지를 말한다.

ECN의 역할은 다음과 같다.

- 데이터 및 네트워킹 분석을 수행하고 현재 정보에 대한 결정을 내려 로컬 지식을 자체 맞춤 수정할 수 있도록 엔드 포인트에서 IoT 데이터를 검색 또는 가져오고 IoT 코어 서버에서 다양한 특성의 콘텐츠(예: 미디어, 엔터프라이즈 경계, 맵)를 검색하거나 가져온다.
- 의사 결정의 내용을 토대로 엔드 포인트에 대한 조치(예: 한도를 활성화 또는 변경)를 시작하거나 IoT 코어 서버에 통보를 전송한다. 예: 화재나 기타 위험한 상황인 경우, 코어 컴퓨팅, 서비스의 네트워킹 품질 또는 구조대의 파견에 관련된 자원 요청

예컨대, IDC의 분석가들은 IoT 생성 데이터의 40%가 IoT 엣지 컴퓨팅에 의존할 것이며 엣지 대 코어 데이터 및 프로세싱의 비율은 매년 증가할 것으로 예측했다[3].

2.4.2.2 콘텐츠 전송 네트워크

콘텐츠 전송 네트워크(CDN)는 콘텐츠를 최종 사용자에게 전달하는 서버의 분산 네트워크이다. CDN의 목표는 높은 가용성 및 성능으로 콘텐츠 전송을 최적화하고 백본에서 요구되는 대역폭을 최소화하여 전송 비용을 절감하는 것이다. 단일 위치에 있는 중앙집중화된 서버를 이용하는 대신 콘텐츠가 엔드 포인트에 근접해 있는 서버에서 전송된다. CDN의 경우, 기존의 클라이언트 서버 모델은 최종 사용자와 프록시 미디어 사이 및 미디어 서버로부터 중앙 서버로 등 2가지 통신 흐름으로 구분된다.

CDN의 장점은 대기 시간의 감소, 서버와 네트워크 장애의 영향 제한 및 광역 전송 비용의 최소화 등이다. 또한, CDN은 보안을 강화한다. 고도로 분산되기 때문에 비교적 간단한 악성 공격의 영향을 흡수할 수 있다. CDN의 도입은 콘텐츠 제공자의 비즈니스 전략에 있어 필수적인 역할을 하며 고객도 품질에 만족할 것이다. 사용자 만족도 향상은 온라인 비즈니스의 높은 전환율 즉, 구매, 구독 또는 광고 클릭과 같이 실제로 원하는 활동을 수행하는 웹사이트 방문자의 수를 좌우하는 핵심 요소이다.

CDN 기술은 특히 대규모 미디어 파일 및 스트리밍 콘텐츠의 전송을 지원하지만 매우 광범위한 지역에 흩어져 있는 사용자 커뮤니티를 대상으로 하여 트래픽이 많은 기타 사이트,

즉, 일반적인 소셜 미디어 또는 전자상 거래 등도 CDN의 활용을 통해 혜택을 누릴 수 있다.

오늘날 CDN은 대부분의 인터넷 콘텐츠를 대상으로 한다. 이러한 콘텐츠는 웹 개체(텍스트, 그래픽 및 스크립트), 다운로드 가능 개체(미디어 파일, 소프트웨어, 문서), 애플리케이션(전자상거래, 포털), 소셜 네트워크의 트래픽 및 특히 주문형 스트리밍 미디어와 라이브 스트리밍 미디어로 구성될 수 있다. 여러 대기업에서 전문적으로 CDN 서비스를 제공하지만, CDN의 지원은 글로벌 클라우드 서비스 제공업체, 인터넷 서비스 제공업체(ISP) 및 네트워크 운영업체의 포트폴리오의 일부가 되었다.

CDN은 서버 팜 및 지능형 캐싱을 포함한 웹사이트의 발전을 가속화하는 기술에서 파생된 것이다. CDN 시장은 오디오 및 비디오 스트리밍에 대한 수요 증가와 콘텐츠 용량 증가로 촉발되어 1990년대에 개발이 시작되었다. 기술 개발이 더욱 진행됨에 따라 클라우드 컴퓨팅, 에너지 인지 및 대화형 환경에 대한 사용자 요구와 같은 추가 요소가 주목을 받았다. 911 테러 공격과 같은 사건이 발생한 상황에서 관찰되는 플래시 크라우드 현상은 CDN 솔루션의 중요성에 대한 인식을 제고했다. CDN 서비스에 대한 필요로 인해 인터넷을 통해 광대역 콘텐츠를 전송하고 풍부한 미디어 콘텐츠(비디오, 오디오 및 연관된 데이터)를 스트리밍하기 위한 표준 개발을 목표로 하는 사업 계획이 수립되었다.

적어도 기존의 고정 또는 정적 장치에 상응하는 수신 성능에 대한 사용자 기대에 부응하는 모바일 단말 장치를 지향하는 지속적인 추세 때문에, 최근에 CDN의 발전이 강력하게 추진되어 왔다. 개인화된 대화형 사용자 경험을 생성하기 위해 다운로드 시간과 페이지 렌더링 속도가 저하되지 않고 개별적으로 제안이 수용되는 동적 콘텐츠의 생성을 지원할 필요가 있다. CDN은 갈수록 복잡해지기 때문에 상이한 제공업체들의 다중 CDN 통합이 요구되는 경우가 많다.

CDN은 증가하는 EI의 주요 사용 사례를 보여준다. 미디어 콘텐츠는 더욱 분산화되어 실시간으로 제공되며, 대역폭도 집약적으로 변하고 있다. 따라서, 이러한 과제에 대응하기 위해 엣지 인텔리전스가 더욱 요구된다.

2.4.2.3 촉각 인터넷

전례를 찾기 어려운 통신 네트워크와 함께 엣지의 적합한 로봇 및 촉각 장비에 의해 활성화되어 실시간으로 느낄 수 있도록 촉감을 전송하는 능력을 종종 “촉각 인터넷”이라고 부른다[4]. 그래서, 촉각 인터넷은 인간이 이동 중인 경우를 비롯한 실시간에 가까운 인간-기계 상호작용을 나타낸다. 촉각 인터넷에 의해 활성화되는 사용 사례와 기회는 무수히 많으며, 네트워크 성능 요구사항의 수준은 매우 높다.

촉각 인터넷에 대한 대기시간 요구사항은 1ms 이하의 왕복 지체가 통상적으로 요구되는 매우 높은 수준이다. 4G 모바일 네트워크는 이상적인 조건에서 약 25ms의 대기시간을 제공되는데, 이것은 필요한 1ms 마크와는 거리가 한참 멀다. 5G는 산업 자동화, 로봇공학 및 원격 수술을 비롯한 다수의 핵심적인 사용 사례에 필요한 최저지연을 보장한다. 이러한 대기시간은 무선 인터페이스에서 새로운 하드웨어를 도입하고 더불어 엣지 클라우드를 도입할 경우에만 달성할 수 있다. 그림 2-3은 촉각 인터넷에 대한 대기시간 요구사항을 나타낸다. 더 나아가, 상기 대기시간의 요구사항은 센서에서 모바일 엣지 클라우드 사이의 최대 거리를 광속으로 제한하여 표시한다.

그림 2-3과 같이 촉각 인터넷의 대기시간의 요구사항을 충족하기 위해서는 엣지 클라우드를 사용하는 것이 필요하다. 또한, 촉각 인터넷 서비스에 대한 저장과 컴퓨팅을 제공하기 위해서도 엣지 클라우드가 요구된다. 확장성, 보안 및 신뢰성은 아래에서 설명하는 원격 수술 및 산업 자동화와 같은 사용 사례를 지원하기 위한 엣지 컴퓨팅의 중요한 특징으로 강조된다.

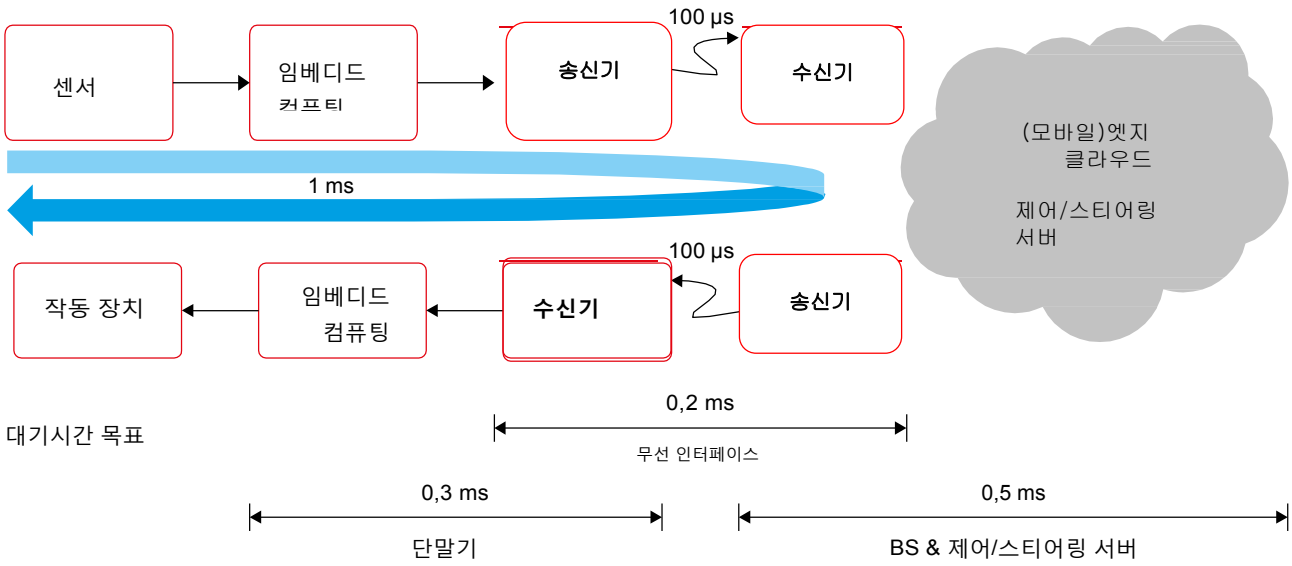


그림 2-3 | 촉각 인터넷에 대한 일반적인 대기시간의 요구사항

엣지 클라우드의 배치 옵션은 확장성 및 대기시간을 포함하여 여러 요소를 결정한다. 무선 기지국 또는 무선 기지국에 매우 근접한 위치에 소형 클라우드 배치는 서비스별 사용 사례에 유용할 수 있으며, 다양한 클라우드 기술의 배치는 촉각 인터넷에 필요한 확장 가능한 저전력 컴퓨팅 지원 성능을 보장할 수 있다.

인텔리전스로 엣지 컴퓨팅을 증강하면, 촉각 인터넷에 큰 도움이 될 수 있다. 대기시간 및 링크 속도는 광속과 같이 특정한 물리적 제약이 있다. 실제 접촉 작동을 인텔리전스 기반 예측 작동과 결합하여 인간과 기계 작동의 하이브리드 구성의 지원을 가능하게 하기 위해 인공지능(AI)과 ML을 배치하면, 앞서 언급된 제약을 관리하는 데 도움이 될 수 있다[4].

촉각 인터넷 사용 사례의 일부는 다음과 같다.

- 산업 자동화: 촉각 인터넷과 관련된 지속적인 성장 부문이다[5]. 특히, 로봇처럼 고속 이동 엔드 포인트를 제어할 때 제어 회로의 민감도는 약 1ms의 점대점(end-to-end) 대기시간을 요구한다.

프로세스나 엔드 포인트가 올바르게 작동되도록 하려면 실시간 피드백이 필수적이다. 현재 이러한 시스템은 산업 이더넷 등을 통한 배선에 의한 연결 방식(hard wired)이 사용된다. 특히, 스마트 제조 및 인더스트리 4.0(Industry 4.0)에서는 유연성을 높이기 위해 기기의 무선 연결이 필요하다. 복합 화학 가공 공장 또는 정밀 제조와 같은 산업 자동화의 특성은 항상 원활한 연결이 가능해야 하며 엔드 포인트 간의 통신도 보안이 필요하다. 주문형으로 자원을 할당하기 위한 클라우드 컴퓨팅 및 저장은 촉각 인터넷 서비스를 지원하는 데 필요한 규모 및 신뢰성을 제공할 수 있다.

로봇공학: 자연 재해 또는 원전 유지보수와 같이 인간이 접근할 수 없는 상황에서 작업을 수행하기 위해서 원격 제어 로봇을 도입할 수 있다. 이 경우, 정확한 실행을 보장하기 위해 실시간, 동기화 및 시각-촉각 피드백이 필요하다[4]. 상호작용하는 로봇이나 개체에 대해 신속한 제어 응답 시간을 보장하려면 신뢰 가능한 저지연 통신 링크가 요구된다.

- 의료: 촉각 인터넷은 의사가 로봇을 제어하여 멀리 떨어진 장소에 있는 환자를 수술하는 원격 수술을 활성화할 수 있다. 이러한 복잡한 작업에 대해서는 시청각 및 촉각의 매우 정밀한 피드백이 매우 중요하다. 원격 의료 및 원격 수술에서는 가용성을 높이고 개인 정보 보호를 강화하는 것이 매우 중요하다.
- 가상 현실: 촉각 능력으로 VR의 시청각 기능이 강화되는 것은 촉각 인터넷으로 누릴 수 있는 추가적인 혜택이 된다. 피드백과 다양한 감각에 관한 피드백 사이의 대기시간이 짧은 것은 사용자의 혼선을 방지하는 데 중요하다. 소셜, 게임 및 협업의 사용 사례는 보다 강한 몰입형 VR 체험의 혜택을 누릴 수 있을 것으로 예상된다.

교육, 게임, 자율 주행 차량, 원격제어복(exoskeleton) 및 스마트 그리드도 촉각 인터넷에서 많은 혜택을 누릴 수 있다[5].

제3절
엣지 인텔리전스 추세의 주요 동인 및 최첨단 기술

이 장에서는 2020년 이후의 원격 통신 및 산업 부문 내에서 예상되는 EI 기술을 소개한다.

3.1 산업계의 요구

여기에서는 제조, 자동차, 스마트 빌딩/생명 안전, 자산/ 유틸리티 관리, 스마트 그리드, 오락 및 운송과 같은 산업계의 요구 사항을 간략하게 분석한다.

엣지 컴퓨팅 장치에 인텔리전스를 통합하여 해결할 수 있는 분석 대상 산업의 가장 절실한 몇 가지 요구 사항은 다음과 같다.

- 이동성: 자동차, 운송 및 제조 산업은 특히 핸드 오버 측면에서 높은 수준의 이동성을 요구하는 네트워킹 지원(이동성과 무선 광대역)을 가장 절실하게 요구한다. 이와 동시에 서비스와 세션 핸드 오버 품질 관리는 네트워크 구성요소에서 인텔리전스의 혜택을 누릴 수 있는 중요한 항목이다.
- 대폭 단축된 의사결정의 대기시간: 자동차, 운송, 제조 및 스마트 빌딩 산업에 있어 탐지 또는 작동에 대한 의사결정은 10ms 미만의 지연 시간 내에 내려야 한다. 이런 이유로 엣지 컴퓨팅 유닛에 상주하는 로컬 인텔리전스가 지연을 단축하고 목표 응답 시간을 달성하는 데 도움이 될 수 있다.
- 자율성: 자동차, 운송, 제조, 스마트 그리드 및 스마트 빌딩/생명 안전의 사용 사례에 관련된 중요한 요구사항은 사람, 상품 또는 인프라에 대한 손상을 방지하기 위해 코어 서버나 서비스(예: 전력 서비스)에 대한 연결을 더 이상 사용할 수 없는 상황에 대응하는 자율성이다.
- 보안: 자동차, 운송, 제조, 스마트 그리드, 스마트 빌딩/ 생명 안전 및 자산/유틸리티 관리에서 보안은 매우 중요하다. 물리적 또는 가상 자원(예: 데이터)에 대한 액세스 제어를 보장해야 한다. 엣지 컴퓨팅 유닛에서 실행되는 인증 및 권한 부여에 대한 로컬 제공 또는 학습 정책 및 기타 메커니즘을 구상하여 시스템의 신속한 적응성을 가능하게 할 수 있다.
- 근거리 네트워크 대역폭: 제조, 자동차, 운송, 스마트 빌딩/생명 안전 및 오락의 사용 사례의 경우, 구성요소 간 로컬 통신을 활성화하기 위해 로컬 버스 대역폭을 확보하는 것은 사고나 기타 위험이 탐지된 경우에 정보를 스트리밍하거나 경쟁력 있는 서비스(예: 오락용 고화질 비디오 스트리밍)를 제공하는데 매우 중요하다. 따라서, 엣지 컴퓨팅 유닛에서 지능형 라우팅(예: 컨텍스트의 인지 연관)은 요구되는 사항의 대응 능력 향상에 도움을 줄 수 있다.
- 장거리 네트워크 대역폭: 오락 산업은 이러한 요구가 가장 절실한 부문이며, 엣지 컴퓨팅 유닛의 네트워크 인텔리전스가 우선순위를 지정하고 캐싱을 도입하여 고화질 비디오 스트리밍을 확보하는 데 중추적인 역할을 수행할 수 있다.
- 피어투피어(Peer-to-peer) 통신: 액세스 제어에 대한 의사결정이 로컬이나 코어

서비스 제공업체를 통해 자산/유틸리티 관리 및 스마트 그리드 통신을 제외한 거의 모든 산업에서 피어투피어 통신을 집중적으로 사용한다.

- 우선순위 지정: 스마트 그리드, 제조 및 자동차 부문의 경우, 전송되는 데이터에 기반하여 단말 장치부터 코어 서버까지 또는 그 반대로 통신 우선순위를 지정이 필요하다. 특정 트래픽이나 결정의 우선순위를 지정하기 위해 연관된 트래픽 유형 및 현재 데이터의 긴급성을 탐지하기 위한 지능형 소프트웨가 실행되는 엣지 컴퓨팅 유닛을 적합한 장소에 설치할 수 있다.
- 자체 조직화: 자산/유틸리티 관리, 오락 및 제조 부문은 일정한 업무를인간으로부터 지능형 소프트웨어로 넘겨줄 수 있도록 장치 및 서비스의 기능과 인프라에서의 역할을 파악하는 것이 필요하다.
- AI/ML: 운송, 제조, 스마트 빌딩/생명 안전 및 스마트 그리드와 기타 산업 부문에서 인간의 개입이 없이 적응형 소프트웨어 및 엣지 컴퓨팅 유닛의 인터랙션의 도움을 받으면서 통신 및 의사결정을 수정하거나 시스템에 대한 경보를 생성할 수 있는 새로운 알고리즘에 대한 필요성이 구체적으로 제기되며 이에 따른 잠재적인 이득도 예상된다.

그림 3-1에서는 개별 산업에 대한 요구의 중요도를 보여주는 적외선 열지도를 사용하여 EI의 여러 가지 기능에 대한 산업계의 다양한 요구를 요약하여 표시하고 있다. 값의 척도는 0-100 사이이고, 0은 해당 기능이 필요 없다는 것을 의미하며, 100은 해당 기능이 특정한 산업에 매우 중요하다는 것을 의미한다.

요구	산업 부문							
	제조	자동차	스마트 빌딩/ 생명 안전	자산/ 유틸리티 관리	스마트 그리드	소비자 IoT	오락	운송
이동성	55	98	10	50	10	55	80	97
초저 대기시간 (<10ms)	95	100	85	5	5	15	15	95
자율성	95	100	100	7	100	50	45	100
보안	100	100	100	90	100	25	30	100
근거리 네트워크 대역폭	100	100	90	10	10	35	90	100
장거리 네트워크 대역폭	35	30	55	15	10	55	90	45
피어투피어(Peer-to-peer) 통신	80	90	85	10	50	90	85	100
우선순위 지정	100	100	15	45	90	10	55	45
자체 조직화	60	50	20	95	40	65	90	60
인공지능/ 기계 학습	100	60	100	65	85	45	60	95

그림 3-1 | 산업 부문별 EI에 대한 요구 수준

3.1.1 빌딩 및 생명 안전 산업

현재 엣지 솔루션은 낮은 수준의 인텔리전스와 네트워크 집약도를 기반으로 한다. 이런 시스템의 공통적인 특징은 다음과 같다.

- 최대 용량의 시스템을 제외하고 대부분 네트워크에 연결되지 않는다.
- 저수준의 인텔리전스와 구성을 특징으로 한다.
- 맞춤형 하드웨어 환경에서 실행된다.
- 컨테이너화가 되지 않은 낮은 컴퓨팅 수준

현재 산업계에 도입된 이러한 시스템 유형의 사례는 3.1.1.1-3.1.1.3절에서 확인할 수 있다.

3.1.1.1 데이터 센터 방제(Data centre suppression) – 로컬 프로세싱 – 하위(low order)

그림 3-2와 같은 사례를 보면, 컴퓨팅 역량이 불충분하며 네트워킹 수준이 낮다. 이런 유형의 시스템은 장비 업데이트에 요구되는 승인으로 인해 발전이 제한된다.

3.1.1.2 보안 시스템 – 로컬 프로세싱 – 저층 및 중간 계층 – 클라우드 연결성

반대로, 높은 수준의 EI가 도입되는 영역은 그림 3-3과 같이 일정 수준의 컨테이너화가 시작되는 비디오 감시 영역이다.

인터넷 프로토콜(IP) 카메라 네트워크에 의해 공유되는 것과 같은 시스템은 카메라 자체의 메타데이터 성능이 분산된 상태로 높은 수준으로 네트워크에 긴밀하게 연결된다. 예컨대, 사물인식의 경우에 그림 3-4와 같이 카메라의 애플리케이션에 사물의 사양이 제공되고 업로드되는 비디오 스트림에는 해당 데이터로 주석이 달린다.

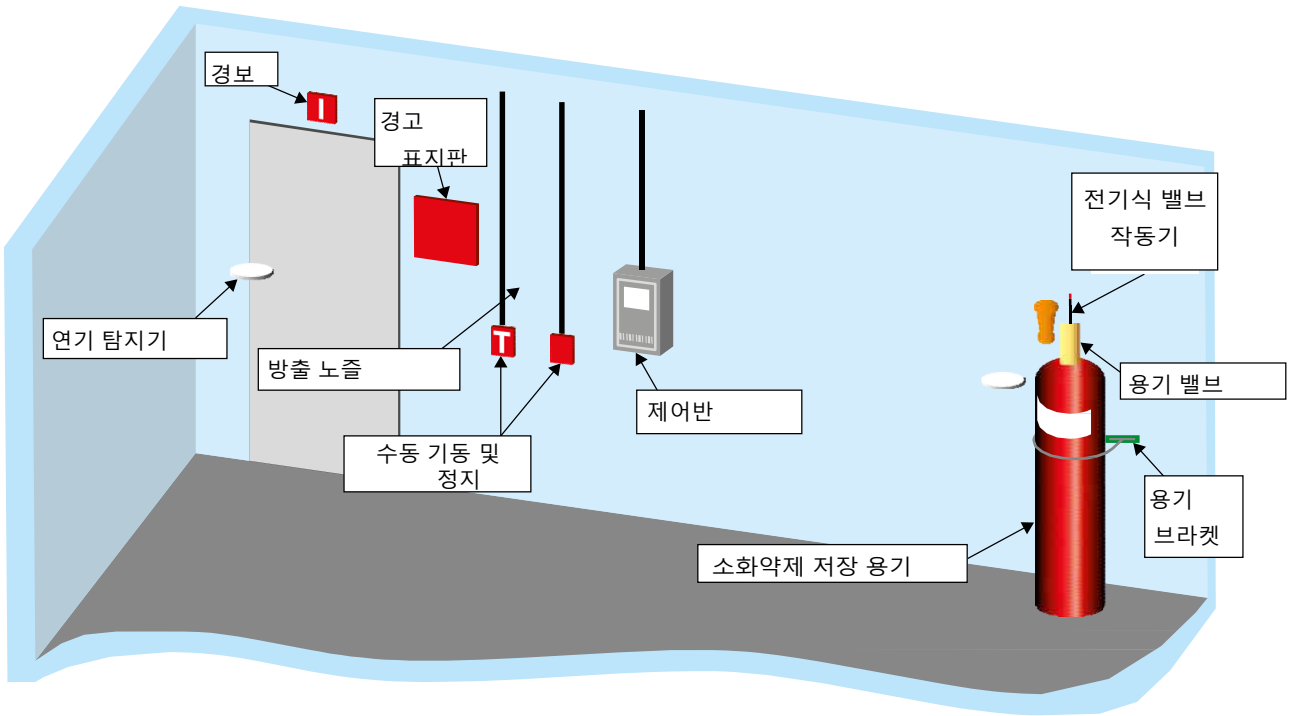


그림 3-2 | 일반적인 재래식 화제 방제 – 데이터 센터

그림 3-3 | 모듈식 기능을 보여주는 카메라 사용자 인터페이스(UI)

그림 3-4 | 전형적인 IP 카메라 네트워크

그림 3-5에서 볼 수 있듯이, 이러한 스트림은 메타데이터가 추가되고 병합되어 로컬별로 중앙집중식 콘솔에 업링크된다.

이 콘솔에서는 중앙집중식 초점 이동 및 확대/축소, 물체 추적 등과 같은 특색 있는 기능을 제공한다. 현재의 기술 상태에서, 이러한 시스템은 강력한 중앙집중식 구성 및 규칙에 의해 제어된다. 향후의 발전을 통해 보다 많은 규칙 및 인텔리전스가 카메라 노드로 옮겨지게 되면, 카메라 수준에서 보다 많은 의사결정이 내려질 것이다.

현재의 최신 기술로는 클라우드 및 클라우드 스토리지에 대한 라이브 스트리밍 기능을 갖춘 솔루션 구성이 가능하지만, 이 솔루션이 절대로 주요한 저장 방식으로 활용되지는 못할 것이다. 따라서, 앞으로는 5G가 인프레미스(in-premise) 요소를 대체하게 될 것이다.

그림 3-5 | 중앙집중식 제어 센터

3.1.1.3 빌딩 관리 – 고위(high order) – 클라우드 분석

클라우드 컴퓨팅과 고객 맞춤 애플리케이션이 등장하면서 사용자는 확장 가능할 뿐만 아니라 사용자 요구에 맞춤화된 심층 분석 솔루션을 기대하게 되었다. 클라우드 기반 기술은 상기 솔루션을 연결된 빌딩에 활용하여 장비 및 시스템의 데이터를 결합하고 사용자 요구에 맞춤화된 일반화된 통합 정보를 제공한다.

센서, 스마트 장비, 냉각 시설 및 계량기의 데이터는 공공 요금과 같이 시설의 외부에서 발생하는 데이터와 날씨 예보나 에너지 가격과 같이 시설 운영에 영향을 주는 정보와 함께 취합 및 분석될 수 있다. 데이터의 풍부한 캐시는 사용자에게 빌딩 또는 냉각 시설 운영 및 효율성에 대한 전체적인 심층 정보를 제공한다. 클라우드 분석은 스마트 장비의 원격 모니터링을 활성화하여 다른 장소에 있는 전문가가 냉각 장치가 최적 상태로 작동되지 않는 것을 나타내는 장애나 성향을 찾아낼 수 있다. 전문가들이 문제의 근본 원인을 진단하고 서비스 기사를 파견하여 실제 문제로 인해 장비가 가동 중지되기 전에 수리하도록 조치를 취할 수도 있다. 또 다른 솔루션은 장비 수준의 장애 검출 및 진단(FDD)으로 대개 빌딩 자동화 시스템 경보가 작동되기 전에 이상을 확인하여 특정 비효율의 원인이 되는 문제에 대해 시설 관리자에게 사전에 사전에 통보할 수 있다. 엔터프라이즈 옵션은 사용자가 전체 포트폴리오에 걸쳐 조사할 수 있도록 지원하여 대시보드와 워크플로우 툴에 액세스하여 명확한 확인과 심층 정보를 취득할 수 있도록 한다. 포트폴리오를 통해 정보를 취합하고 장소에 관계없이 액세스가 가능한 단일 인터페이스를 통해 제공할 경우, 사용자는 신속하게 현명한 의사결정을 내릴 수 있으므로 빌딩 관리도 원활하게 수행할 수 있게 된다.

그림 3-6은 로컬 센서 노드와 클라우드 시스템 간의 변환(translation)에 사용되는 게이트웨이 컨트롤러이다.

그림 3-6 | 네트워크 자동화 컨트롤러

3.1.2 스마트 제조

IEC MSB 백서 *미래의 공장*[6]에서 정의한 산업 요구에는 스마트 제조에 관련된 다음과 같은 요구가 포함되어 있다.

- 연결성 및 상호 운영성: 특별한 통합 노력을 하지 않고도 다른 시스템과 상호작용이 가능한 기능을 의미한다. 고려되는 차원에는 센서와 작동 장치에서 전사적 자원 관리(ERP) 시스템까지의 공장-내부 통합을 포함하는 "수직적 통합", 비즈니스 수준의 생산 네트워크의 통합을 포함하는 "수평적 통합" 및 제품과 서비스 개발 및 제조 환경 간 편리한 지식 공유와 동기화를 활성화하기 위한 "엔지니어링 및 제품/생산 수명주기 애플리케이션 지향 통합"이 있다.
- 기존 시스템 통합을 위한 아키텍처: 미래의 시스템에서는 공장의 단계별 이행과 확장을 지원하기 위한 적정 IT 시스템 아키텍처 즉, 각 솔루션의 모듈형 롤아웃을 수립하는 것이 필요하다. 그와 같은 아키텍처를 구현하려면 "장치 관리 및 통합"과 "지속성 메커니즘" 등 몇 가지 요구 사항을 고려해야 한다.
- 보안 및 안전: 시스템 경계는 확장되고 원격 시스템에 대한 인터페이스의 갯수도 증가한다. 이로 인해 외부의 잠재적인 위협이 들어오는 접근로도 증가하기 때문에 적절한 IT 보안 및 안전 조치가 요구된다. 또한, 시스템 구성요소와 해당 요소들 간의 연결도 증가함에 따라 시스템의 복잡성도 심화된다. 이로 인해 의도하지 않은 반결합(back coupling)의 영향이나 위험성을 간과할 수도 있다.

위와 같은 요구와 함께 스마트 제조용 애플리케이션의 확산에 따라 상이한 하드웨어 플랫폼에 걸친 애플리케이션 소프트웨어의 상호 운영성(이식성) 요구가 등장했다. 플랫폼에 의해 제공되는 기능과 해당 기능에 액세스하기 위한 인터페이스의 개념를 정의하는 것은 이와 같은 요구를 충족하는 데 유용할 것이다. 제조 작업이 갑자기 중지되는 일이 없도록 시스템의 신뢰성을 유지하는 것도 필요하다.

그림 3-7은 스마트 제조 솔루션(예: eF@ctory [7], PLAT.ONE [8])용 최신 기본 아키텍처를 나타낸다.

센서와 작동 장치(예: 로봇, 수치 제어(NC))는 현장 네트워크나 버스를 통해 통신을 주고받으며 실시간으로 이들을 제어하는 프로그램 가능 로직 컨트롤러(PLC) 또는 분산 제어 시스템(DCS)에 연결된다. 일부 센서(예: 비디오 분석 기능이 있는 비디오 카메라) 및 작동 장치(예: 지능형 로봇)에는 컴퓨팅 및 저장 기능이 포함되어 있다. PLC 및 DCS는 일반적으로 제한적인 컴퓨팅 및 저장 기능만 지원한다. ECN(예: 산업용 PC, 게이트웨이)이 현장 네트워크/버스를 통해 직접 또는 정보 네트워크(예: Ethernet)를 통해 간접적으로 PLC/DCS와 센서/작동 장치에 연결된다. ECN은 일반적으로 더 풍부한 컴퓨팅 및 저장 기능을 갖추고 있으며 일부 엣지 컴퓨터는 OT와 IT 간의 게이트웨이 역할을 수행할 수 있다. IT 시스템은 온프레미스 또는 클라우드에서 구현될 수 있다.

이러한 솔루션은 연결성 및 수직적 통합을 어느 정도 제공한다. 해당 솔루션이 제공하는 보안 수준, 기능 및 기능에 대한 인터페이스는 솔루션마다 다르며 독점적으로 운영된다.

3.1.3 자동차

자동차 산업에 있어 IT 및 OT 기술의 지속적인 발전은 이 부문에 영향을 주는 모든 사항 즉, 산업용 사물 인터넷(IIoT)에 따른 제조 프로세스의 재구성, e-모빌리티 개념에 따른 소비자 행동 방식, 도로에 있는 동안 인포테인먼트에 대한 수요, 세계 기후

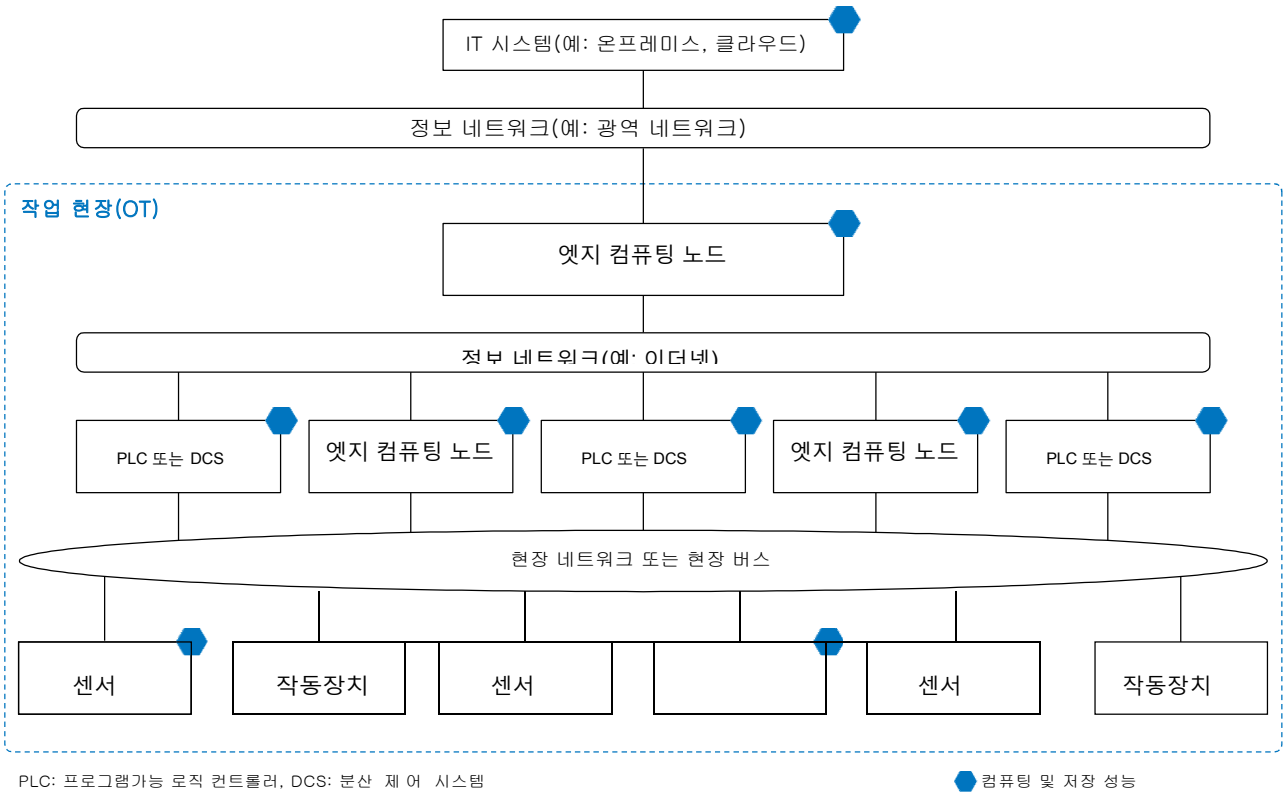


그림 3-7 | 스마트 제조 솔루션에 대한 최신 기본 아키텍처

변화에 따른 과제, 재생 가능 에너지 소스에 대한 요구, 자율적인 자율주행 자동차에 의해 활성화되는 물류 및 이동성에 대한 완전히 새로운 접근방식 등을 아우른다.

이런 추세와 비전이 모두 어우러지면서 자동차 제조업체, IT 벤더 및 원격 통신 산업 간의 긴밀한 협업 분위기가 조성되었다. 유럽 위원회가 시작한 5G 인프라 공공 및 개인 파트너쉽(5G PPP) 내에서 유럽 자동차 및 원격 통신 산업 대표들이 2015년 10월에 차세대 커넥티드 및 자동 주행과 새로운 이동성 서비스에 대한 "5G 자동차 비전"[9]을 발표하였다. 공공 관리 및 산업은 2025년까지 협업, 커넥티드 및 자동화 이동성과 모든 도시 지역 및 주요 교통 경로를 따라 무중단 5G 수신범위를 확보하기 위해 협업 지능형 운송 시스템(C-ITS) 도입 로드맵을 마련하고 있는 중이다[10] [11].

차량 사물 통신(V2X) 기술은 종종 단거리 통신, 특히 맞춤 수정된 무선 랜(WLAN) 표준을 차량 통신에 적용한다. 차량 환경 무선 액세스(WAVE)는 IEEE 802.11 WLAN 표준군의 승인된 개정사항이다[12]. 하지만 이것은 5G 기술이 등장하면서 필요에 따라 적절히 보완될 것이다.

다음의 사용 사례는 자동차 산업에 해당되는 것이며, EI의 요구사항을 종합한 것이다.

- 자동화 주행: C-ITS 기술 개발의 주요 동인은

인간 운전자의 입력이 없어도 운전이 가능한 자율 차량(무인 또는 로봇 차량)을 통한 자동화 주행(AD)에 대한 연구이다[13]. 이런 차량은 레이더, 레이저 및 위성 위치 확인 시스템(GPS)과 같은 다양한 기술을 활용하여 환경을 감지할 수 있다. 일정한 조건이 필요한 자동화 주행은 2020년으로 예정되어 있으며, 적어도 2030년까지는 무인 지능형 차량이 시내에서 뛰어난 자동 주행 성능을 선보일 것으로 예상된다.

- 협업 지능형 운송 시스템: 사용 사례 및 사용 사례를 현장 시험에 조기에 활용하는 것은 C-ITS 기술 발전에 매우 중요하다. 차량이 탑재된 센서의 범위 밖의 정보를 이용할 수 있고 협력적인 의사결정이 필요한 자동화 주행의 협력 사례에는 자동 추월[예: 전방 차량의 영상 정보를 수신 및 통합하는 시스루 비전(see-through vision)], 협력적인 충돌 방지 및 고밀도 편대 주행이 포함된다.
- 도로 안전: 교통 효율성 개선 및 도로 안전 기능의 사용 사례는 주기적으로 상태 정보(위치, 속도, 가속 등) 또는 환경 정보(예: 교통 정체, 날씨 로 인한 위험)를 교환하여 집단 인지를 통한 집단 지식을 만들어내는 커넥티드 차량에게 유익하다. 교통 약자(VRU) 탐지 기능을 활용하는 보행자나 자전거 이용자는 모바일 장치를 통해 근접한 차량을 발견하고 해당 차량에 자신에 관한 정보를 전달할 수 있다. 교차로의 카메라나 레이더 센서가 접근하는 차량에 스트리밍 정보를 제공하여 탑재된 센서의 정보를 보완할 수 있다.
- 원격 감지: 운송 및 물류의 디지털화 측면에서, 원격 감지 및 제어 기능은 커넥티트 차량에 유익하다. 구성요소의 상태 정보를 예측 분석에 이용하여 다가올 고장을 사전에 파악할 수 있다.

클라우드 서버에서 수행되는 원격 프로세싱은 차량의 앞 유리에 증강 현실(AR)을 디스플레이로 표시하는 것과 같은 용도로 차량의 제한된 로컬 기능을 지원한다.

- 차량 내의 AR 및 미디어 스트리밍: AR 및 실시간 비디오 스트림은 실시간 교통 상황을 제공하여 운행 유도 시스템(navigation system)의 역량을 강화할 수 있다. 사용자는 차량에서 가정이나 사무실과 같은 수준의 연결성을 기대할 것이다. 인포테인먼트 서비스(infotainment service)와 모바일 사무실을 위해서는 차량에서 빠른 데이터 전송 속도 및 낮은 대기시간의 연결이 요구될 것이다. 한편 모바일 네트워크 개선을 위해 차량의 자원을 노매딕 노드(nomadic node)로 이용할 수 있을 것이다. 예컨대, 주차 차량의 미사용 통신 및 컴퓨팅 자원을 소형 셀로 활용하여 모바일 네트워크의 용량, 데이터 전송률, 에너지 효율 및 수신범위를 개선할 수 있다.

이러한 사용 사례는 그림 3-8과 같이 로컬 데이터 취합이나 캐싱과 같은 기능을 위해 엣지에 배치되는 애플리케이션 서버(AS)가 활용되도록 위해 저지연 통신을 제공함으로써 통신이 기계대기계(M2M) 및 콘텐츠 환경 애플리케이션 모두에 대한 로컬 요구사항에 맞추어 대응한다는 의미에서 엣지 노드의 지능화를 요구한다. 또한, 통신 상태는 서비스 유비쿼터스화를 위해 엣지 네트워크에서 분해(분산)되어야 한다.

네트워킹에 대한 기술적 요구사항을 충족시키려면, 단거리부터 중거리 범위에 사용되는 단방향 또는 양방향 무선 통신 채널을 제공하는 전용 단거리 통신(DSRC)이 요구된다[14]. 장치대장치(D2D) 통신과 LTE 근접성 서비스는 인프라를 우회하여 사용자들 간에 데이터를 직접 전송함으로써 인프라에서 트래픽을 분산시켜 지체 현상을 크게 줄일 수 있다. 이런 기능은 3GPP

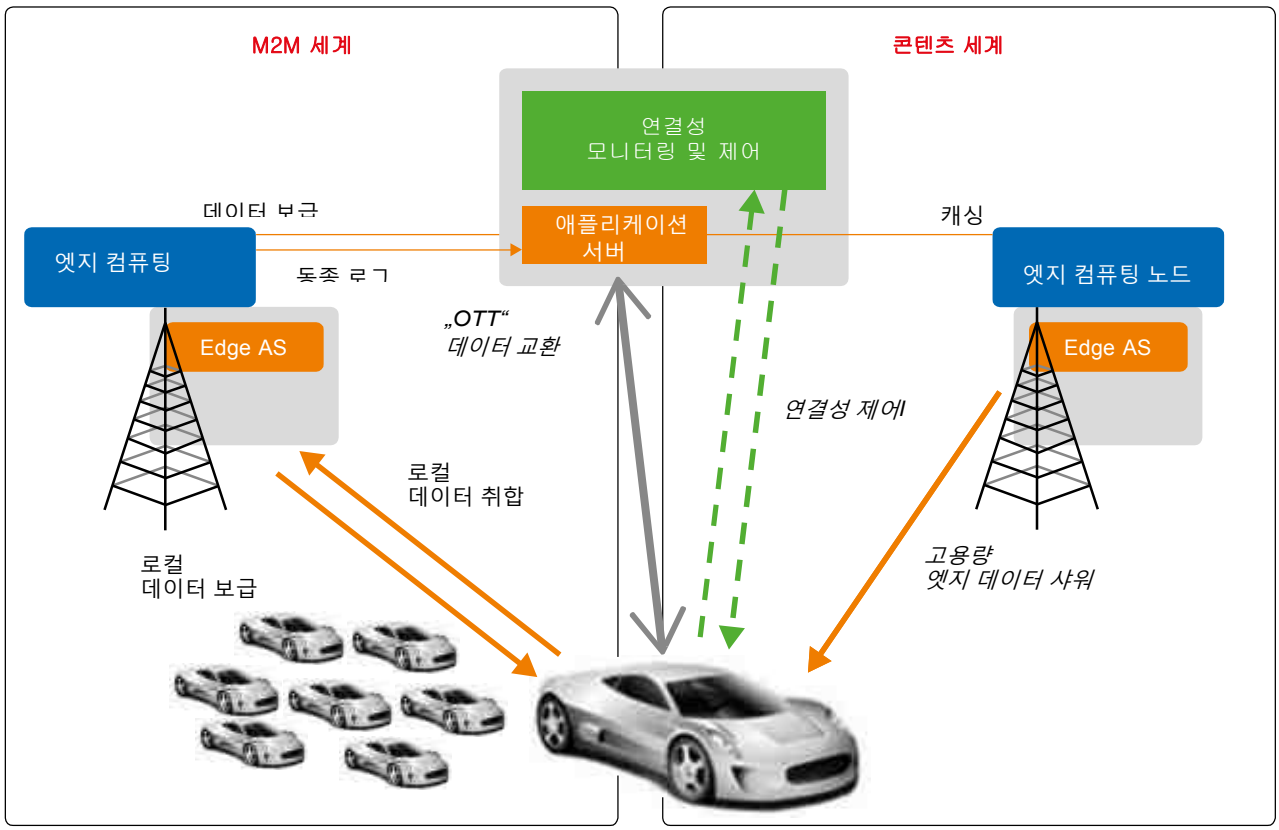


그림 3-8 | M2M 및 콘텐츠 세계에 활용되는 자동차 EI

릴리스 12(2105년 7월)로 가능하게 되었지만, V2X 통신 요구사항의 충족을 위해 한층 심화된 개선 작업이 진행되고 있다. 5G에 기반한 셀룰러 V2X 통신은 우수한 V2X 역량 및 가능성을 지원한다[15].

3.1.4 정보 및 통신 기술

3.1.4.1 전용 로컬 네트워크

전용 네트워크는 공공 안전 및 군용 네트워크에 오랫동안 사용되었다. 이것은 공적인 목적의 상호작용이 발생하는 부문에 기술이 자리잡는 자연스런 과정의 한 가지 사례가 된다.

공공 이벤트의 일부 참가자들의 스포츠, 음악 또는 이와 유사한 활동(가상 여행, 비상 탈출 안내도, 인간의 경험을 심화시키는 AR 또는 게임을 활용한 인간의 체험 확장)에 원격으로 참여하는 동안 개인화된 미디어를 사용할 수 있도록 지원을 요구하는 목소리가 점점 높아지고 있다.

이러한 ID 관리 및 액세스 제어를 비롯한 안전한 통신, 짧은 지체 프로세싱이 요구되는 양립적인 지연(compatible delay), VR 또는 AR, 방송에 초점을 맞추고 있다.

요구사항이 이와 유사한 여타 부문은 다음과 같다.

- Industry 4.0: 원하는 사람은 누구나 조립 또는 수리를 목적으로 새로운 기계의 사용을 위한 도움을 받거나 기계의 사용에 필요한 교육을 받을 수 있다[16].

- 안전 애플리케이션: 통신이 전체적으로 격리되어야 하며, 참여자가 안전한 상태로 복귀할 수 있도록 지원하는 경우에 동일하거나 상이한 네트워크의 복원을 보장하면서 통신의 지연 시간이 짧은 애플리케이션[17]

EI의 특성은 다음과 같은 상황에서 잘 나타난다.

- 로컬라이제이션 액세스 제어 또는 로컬에서 생성되는 데이터의 가상 울타리 설정
- 안전 모니터링을 위해 처리되어야 할 실시간 센서 데이터나 다른 입력에 대한 분석
- 통신 트래픽에 대응하면서 전국의 운영자들에게 지장을 주지 않는 로컬 코어 네트워크
- 멀티미디어 스트림에서 개인화된 플러그앤플레이 입력 지원

현재 이러한 네트워크를 기술적으로 지원하고 있다. 예를 들면, 다음과 같은 것이 포함된다.

- 철저한 장치대장치 통신
- 3GPP에서 근접성 서비스(ProSe)는 네트워크 ID 관리 구성요소인 홈 가입자 서버(HSS)가 인증하는 장치 그룹을 생성하는 메커니즘을 정의한다[18].
- 모바일 엣지 컴퓨팅은 애플리케이션이 최종 사용자에 근접하여 기지국 근처에서 실행되는 데 유효한 후크를 제공한다(3.4.5.5절 참조).

3.1.5 보안 도메인

본 절에서는 특히 엔터티의 역할이 또 다른 보안 도메인을 변경하거나 가입 또는 탈퇴하는 경우, 보안 도메인에 관련된 표준화, 연구 및 특정 프로젝트의 프레임워크에서 제공되는 정보를 개략적으로 설명한다.

보안 도메인은 동일한 보안 정책을 준수하는 사람, 데이터, 시스템 및 장치의 집합이다.

보안 도메인에는 ID 및 액세스 제어 관리용 구성요소가 포함된다[19].

과거 수년 동안 표준을 위한 노력은 인간대서비스의 관점에서 2개의 보안 도메인 간의 상호작용을 고려하는데 초점을 맞추어졌는데, 사용자는 보안 도메인 A으로부터 원격 서비스에 액세스하고 보안 도메인 B에서 자체 ID 제공자를 사용하여 원격 서비스에 대해 인증할 것이다.

최근에 IoT 도메인이 데이터를 생성 또는 소비하는 서비스를 실행하는 장치의 사례를 소개했다. 애플리케이션 당 1명의 사용자가 장치에 저장되거나 원격 서비스로 전송되고 있는 정보에 액세스할 수 있다. 그러나 IoT 도메인을 장치 제조업체, 장치를 시스템에 통합하는 소비자, 동시인지 여부에 관계없이 해당 장치에 액세스할 권한 및 소유권을 가질 필요가 있는 최종 사용자가 보편적으로 이용할 수 있게 됨에 따라 데이터의 개인정보를 보장하기 위해 장치의 소유자를 변경할 수 있는 유연성에 대한 필요가 점차 증가할 것이다. 소유자는 전체 데이터 스트리밍이 장치 제공업체 또는 통합자 보안 시스템을 거치지 않도록 하여 보안 도메인에 데이터를 전송하도록 해당 IoT 장치를 재구성할 수 있다. 재구성 또는 작동을 위해 장치 수준의 ID 및 액세스 제어 관리(IAM)도 필요하다.

3.1.5.1 데이터 또는 장치 소유자의 동적 ID 및 액세스 제어

IAM의 미래 통신에 대한 핵심 요구사항 중 하나는 연결성과 서비스의 유연성이다. 이 때문에 데이터 소유권 변경과 애플리케이션이 가장 단순하고 가장 보안화된 방식으로 민감한 데이터를 프로세싱하도록 지원하는 것이 자동차, 디지털 라이프 및 에너지와 같은 사용 사례에 중요하다(표 3-1 참조).

표 3-1 | 유연한 IAM 사용 사례

사용 사례	행위자	요구되는 기능
자동차	센서 제조업체, 자동차 제조업체, 자동차 소유자, 자동차 정비소, 자동차 두번째 소유자, 자동차 공유 운전자	자동차 자원을 동적으로 관리하기 위한 액세스 및 권한 허용, 예: 발동(물품 적재/하역), 즉석 자동차 공유, 세션 지속성
디지털 라이프	시민, 은행, 온라인 상점, 운송 회사, 정부 기관, 서비스 제공 업체	ID 사용 편리성, 다수 ID에 대한 ID 래퍼(identity wrapper), 서비스 발견
에너지	산업용 에너지 제공업체, 제공자로서 시민, 소비자로서 시민, 스마트 홈 사용자, 스마트 홈 제조업체, 스마트 홈 애플리케이션 개발업체, 클라우드 제공업체	개인 정보 보호 지원을 위한 서비스와 장치의 동적 결합

3.1.5.2 공급망 사례 연구

출시 기간 단축과 개인 정보 보호를 활성화하기 위해, 신규 서비스의 배포를 위한 서비스 오케스트레이터(service orchestrator) 를 비롯한 전용 가상화 네트워크에서 서비스를 조직할 수 있다[20].

보안 도메인의 맞춤 수정된 정의는 다중 계층에 확장되는 지원 구성요소[코어 네트워크, IoT 통신 관리(액세스 제어 포함) 및 IoT 데이터 수집 장치 및 발동 엔진]와 함께 사용 사례용으로 배포되는 네트워크로 구성된다. 그림 3-9와 같이, 장치에 관련된 2개의 보안 도메인을 서로 다른 장소에 배포하거나 중첩할 수 있다. 즉, 장치는 동시에 다중 보안 도메인의 일부가 될 수 있다.

유지보수 비용을 줄이기 위해 요구되는 핵심적인 사항은 서비스 세션의 설정부터 종료까지의 시간을 포함한 장치의 전체 수명 주기 동안 인간의 개입을 제한하는 것이다.

자동차나 스마트 전송과 같이 민감한 영역에서 개인 정보 보호와 신뢰성 유지는 예상 고객(소비자 또는 기업)에게 점점 중요한 관심의 대상이 되고 있다.

새로운 서비스를 활성화하거나 기존 서비스의 유연성을 강화하려면, 장치가 로컬 ID 관리 인텔리전스를 사용하여 새로운 보안 도메인을 동적으로 안전하게 연결하고, 새로운 보안 도메인 내부에서 서비스 세션을 만들기 위해 통신을 자동으로 맞춤 수정하며 동시에 개인 정보도 보호하는 솔루션이 필요하다[21] [22].

3.1.6 블록체인

블록체인 기술은 미래에 거대한 정부 시스템이 불필요한 방식으로 통화와 같은 가치를 저장, 이동 및 관리하는 방식으로 2명 이상의 당사자 간의 분산 신뢰 및 신용을 생성할 수 있도록 지원한다[23]. 이 기술은 모든 거래 목록을 유지관리하고 지속적으로 증가하는 질서 정연한 분산 데이터베이스이다[24].

3.1.6.1 스마트 계약 개념

스마트 계약은 사람을 대신하여 실행되는 프로그램에 의해 속성 값을 정하고 제어하는 알고리즘 및 프로토콜로 구성된다[25].

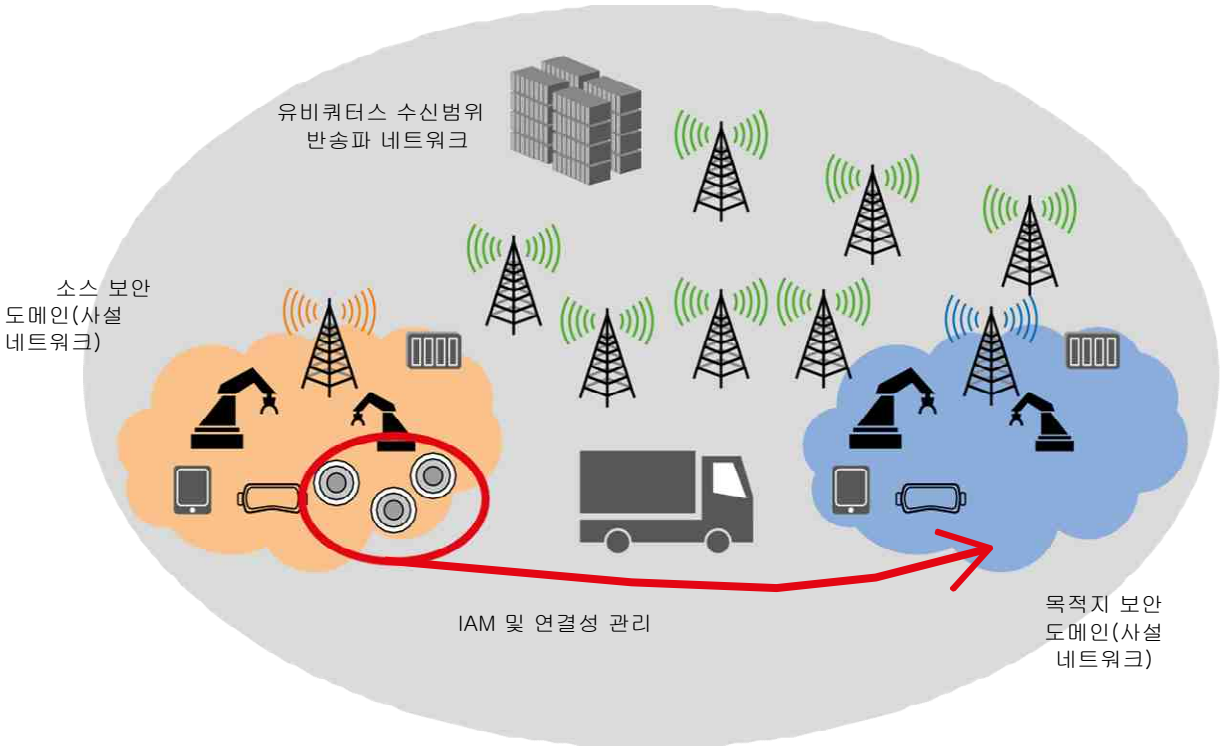


그림 3-9 | 유연한 보안 도메인[출처: IEEE]

최근 조사에 따르면 블록체인 기반 기술은 2개의 범주(비트코인 및 이더리움과 같은 완전 분산 무허가형 원장과 Ripple과 같은 간이 중앙집중 허가 원장)로 나누어진다[26]. 스마트 계약은 비트코인과 같이 공개적으로 실행된다. 이와 크게 다른 민간 계약(Private contract)은 개인 정보를 취급할 수 있으며, 비공개로 진행된다.

3.1.6.2 기술의 심층 정보

블록체인 기술의 작동 방식을 이해하려면, 단일 블록의 구조, 분산 네트워크에 의해 활성화되는 블록의 연쇄/채굴 프로세스 및 블록체인의 가장 유명한 이행 방식인 비트코인의 송수신을 가능하게 하는 암호화를 살펴보는 것이 중요하다.

- **블록의 구조**

우선 모든 단일 블록은 바디(body)와 헤더(header)로 구성된다. 헤더(80바이트 크기)에는 블록 및 블록에 포함된 거래의 진위 여부를 판단하는데 사용되는 식별 정보가 들어 있다. 헤더는 3가지 상이한 주요 메타데이터의 집합으로 구성된다(표 3-2 참조).

- 첫 번째 메타데이터에는 블록체인에서 현재의 블록을 이전의 블록에 연결하는 이전 블록의 해시가 포함된다.
- 두 번째 메타데이터에는 블록에서 발생한 모든 거래를 요약하는 데 사용되는 데이터 구조인 머클 루트(merkle root)가 표시된다.
- 세 번째 메타데이터 집합에는 새로운 블록의 채굴과 연관되는 난이도, 타임스탬프 및 난스(nonce)가 포함된다.

바디(또는 콘텐츠)에는 머클 트리(merkle tree) 또는 이중 해시 트리라고 하는 특정 데이터 구조를 사용하여 체인에서 해당 블록과 이전 블록의 생성 사이에서 발생한 모든 검증된 거래의 목록이 포함된다. 이 트리는 특정 SHA256-알고리즘을 사용하여 헤더의 일부이며 머클 루트라고 하는 단 하나의 노드만 남을 때까지 노드 쌍을 반복적으로 해싱하여 만들어진다.

각 블록에서 평균 250바이트의 거래 규모 및 500건의 거래 횟수를 고려하면, 바디는 헤더보다 1,000배 정도 더 크며 블록 크기의 대부분을 차지한다.

- **블록체인**

블록체인에는 일정한 횟수의 거래가 포함된다. 다시 말해서 다중 거래가 단일 블록으로 그룹화된다. 블록의 바디가 최대 크기에 도달하면, 후속 거래는 그 다음 블록에 들어간다. 이런 블록들이 앞뒤로 연속적으로 결합되어 뚜렷한 긴 체인을 형성한다. 이러한 질서 정연한 구조는 모든 블록이 체인에서 이전 블록에 체계적으로 연관될 수 있도록 메타데이터에서 물려받은 이전 블록 해시에 의해서 만들어진다. 체인의 최초 블록은 선행 블록이 없기 때문에 태초 블록(genesis block)이라고 하며, 태초 블록은 산출되는 모든 후속 블록과 다르게 프로그래밍된다. 블록의 높이는 해당 블록과 태초 블록 사이의 체인에 있는 모든 블록의 개수이다. 결과적으로 태초 블록의 높이는 선행 블록이 없기 때문에 0이 된다.

- **분산 기술**

전통적인 중앙집중화 데이터베이스와 다르게, 블록체인은 은행과 같은 중앙 기관에 속한 단일 컴퓨터(서버)에 위치 및 유지관리되지 않는다. 네트워크(노드)의 참여자는 전자 지갑을 통해 네트워크에서 체인의 자체 사본을 다른 사용자 보유분과 동기화하여 로컬 스토리지에 전체 블록체인(태초 블록부터)의 전체 사본을 보유한다. 네트워크에서 새 블록이 생성되면 특정 참여자가 컴퓨터를 사용하여 체인의 각 블록을 식별 및 확인하고 대다수의 참여자가 새 블록이 유효하다는 점에 동의하면 해당 신규 블록은 네트워크에 의해 승인되고 해당 블록체인의 크기가 증가하며 전체 네트워크에 알려지게 된다.

3.1.6.3 기술 채택 및 발전

금융 기관, 기술 전문 회사 및 벤처 기업 등에서 다수의 애플리케이션과 시스템을 개발함에 따라 블록체인 기술의 사용이 급증하고 있다. 이러한 애플리케이션의 성숙도 및 범위를 구분하기 위해 신기술 및 윤리 협회(IEET)의 회원 연구진이며 MS Futures Group의 소유주인 Melanie Swan은

표 3-2 | 블록체인 블록 메타데이터

크기	필드	설명
4바이트	버전	소프트웨어/프로토콜 업그레이드를 추적하기 위한 버전 번호
32바이트	이전 블록 해시	이전(상위) 블록의 해시에 대한 참조
32바이트	머클 루트	현재 블록 거래의 머클 트리에 대한 루트의 해시
4바이트	타임스탬프	현재 블록의 대략적인 생성 시간
4바이트	난이도 목표	현재 블록에 대한 작업 증명 알고리즘 난이도 목표
4바이트	넌스(Nonce)	작업 증명 알고리즘에 대해 사용되는 카운터

3가지 범주(블록체인 1.0, 블록체인 2.0 및 블록체인 3.0)를 도입했다[24].

3.1.6.3.1 블록체인 1.0 – 암호통화

블록체인 1.0에는 암호통화 도입이 수반된다. 애플리케이션은 블록체인 "상단"에 구축되는 개별 거래 소프트웨어를 통해 결제를 처리한다. 비트코인은 블록체인 1.0의 가장 성공적인 사례이다.

비트코인은 2008년에 도입된 분산 디지털 통화로 개인들 간의 합의에 의한 스마트 계약을 배포하는 프로토콜 덕분에 최근에 인기를 얻고 있다. 스마트 계약의 거래는 피어(peer)가 비트코인 통화의 사용자가 되는 메시(mesh) 네트워크에서 교환된다. 비트코인 사용자를 대신하여 실행되는 소프트웨어는 거래의 확인을 책임진다. 타임스탬프를 거래 주문 검증 및 이중 지출 방지에 사용할 수 없기 때문에 블록체인 개념이 도입되었다. 블록에는 연결 목록과 유사한 이전 블록의 포인터와 여러 거래가 포함된다. 이중 지출을 거의 불가능하게 만드는 고도로 분산된 네트워크에서 합의에 도달하기 위해 거래의 다음 블록을 선택하는 알고리즘은 이미 정의되어 있다. 이 알고리즘은 가장 긴 블록 가지(block branch)를 선택한다. 새로운 암호 해시 거래를 생성하려면 잠재 블록은 많은 컴퓨팅 능력을 요구한다. 악의적인 의도로 들어올 수 있는 작은 문이 열려 있는데, 여기에서 네트워크의 컴퓨팅 능력의 50%를 가진 노드가 승리하여 사용 대상인 또 다른 블록 가지에 영향력을 행사할 가능성이 50%이다.

ID 관리 측면에서 중요한 것은 ID로 사용되는 요소가 공개 키 인프라(PKI) 쌍(비공개 키/공개 키)이기 때문에 인간이나 회사가 비트코인 네트워크에서 다중 ID를 보유할 수 있다는 점이다. 일정한 비트코인 통화(BTC)를 제공하는 발행인(emitter)은 비공개 키를 사용하여 거래에 디지털 서명을 할 것이다. 네트워크 피어가 공개 키를 사용하여 거래 타당성을 확인한다. BTC의 수신인은 자신의 비공개 키를 사용하여 BTC를 소비한다. 계산(mathematics) 및 디지털 서명을 통해 정확성과 무결성이 보장되기 때문에 비트코인 네트워크에 포함된 노드는 서로 간의 신뢰가 전혀 필요없다. 하지만 우려되는 단점들 가운데 한 가지만 지적하면, 노드는 사실상 익명이어서 정부가 거래를 단속하거나 추적할 수 없기 때문에 불법 행위로 이어질 수도 있는 것이 엄연한 사실이다.

3.1.6.3.2 블록체인 2.0 – 스마트 자산

오로지 암호통화에만 중점을 두는 블록체인 1.0과 대조적으로 블록체인 2.0에는 보다 폭넓은 경제, 시장, 법률 및 금융 거래가 포함된다. 표 3-3과 같이, 이러한 거래에는 주식이나 채권과 같은 가치 있는 다양항 대상뿐만 아니라 자동차 및 특허와 같은 유무형의 자산, 운전면허증과 같은 신분증 정보, 출생 증명서, 서명 및 면허와 같은 공개/비공개 기록도 포함된다. 이런 종류의 가치 있는 대상의 경우, 현재 소유자를 식별하고 그 가치 대한에 대한 실제 소유자인지 여부를 입증하는 것이 중요하다. 따라서, 블록체인에서 이런 디지털 자산의 표현 즉, "블록체인에서 자산을 추적, 통제 및 교환(구매 또는 판매)할 수 있는 고유한 식별자를 이용하여 모든 자산을 블록체인으로 인코딩하는 개념"인 스마트 자산이 필요하다[24].

블록체인 2.0의 포괄적인 개념 덕분에 오늘날(디지털)의 세상에 존재하는 다양한 문제를 해결할 수 있다.

3.1.6.3.3 IoT

IoT를 통해 센서, 근거리 자기장 통신(NFC) 태그, iBeacons, Wi-Fi, Bluetooth 등과 같은 수많은 기술적인 장치들이 연결될 수 있다. 하지만 이 장치의 거대한 시장 잠재성에도 불구하고

표 3-3 | 블록체인 2.0의 거래 구분 개요

거래 구분	예
금융 거래	주식, 채권, 사모 펀드, 크라우드펀딩, 뮤추얼 펀드, 파생상품, 연금, 보조금
공공 기록	토지 및 부동산 등기, 차량 등록증, 사업자등록증, 결혼 증명서, 사망 증명서
신분 관리	운전 면허증, 주민등록증, 여권, 유권자 등록증
비공개 기록	대출, 계약, 베팅, 서명, 유언장, 신탁 증서, 조건부 날인 증서
증명서	보험 증명, 소유권 증명, 공증서류
물리적 자산	집, 호텔 객실, 렌트 차량, 자동차 접근권
무형 자산	특허, 상표, 저작권, 예약, 도메인 이름

IoT는 두 가지 어려움에 직면해 있다[28].

- 무엇보다 먼저, IoT 네트워크에서 참여하는 장치를 다른 장치들이 정확히 식별해야 하지만 개별 장치의 상이한 작업 분량, 데이터 형식 및 제조업체를 고려할 때 갈수록 어려워진다.
- 둘째, 정확한 식별 후 데이터 교환을 신뢰할 수 있어야 한다.
- 블록체인은 위의 2가지 문제가 2명 이상의 당사자가 서로를 알 필요가 없거나(제조업체가 제품 정보에 연결된 보편적인 블록체인의 자체 엔터티로 각 장치를 직접 등록할 수 있음) 서로를 신뢰할 필요도 없다는(합의된 메커니즘 덕분에) 사실에 근거하기 때문에, 스마트 자산 및 스마트 계약 조합을 통해 2가지 문제를 해결한다. 따라서, 블록체인은 ioT의 잠재력을 이끌어내는 데 필수적이라고 말할 수 있다." [23].
- 이러한 계약을 예증하는 모범적인 사례는 IBM 기업가치연구소와 삼성이 공동 개발한 IoT에 대한 자율 분산 피어투피어 원격 측정(ADEPT) 프로젝트[29]이다. IBM은 인간의 개입없이 소모품, 에너지 및 서비스 시장에서 완전히 자율적으로 작동될 수 있는 삼성 세탁기에 블록체인 소프트웨어를 통합했다.

스마트 계약의 실행 능력 때문에 선택된 Ethereum 블록체인을 기반으로, 이 세탁기는 소유자와 계약 서비스 제공업체 간에 스마트 계약을 통해 활성화되는 기능을 이용하여 현재 남아 있는 세제의 양이 적으면 세제를 주문하고 결제할 수 있다. 뿐만 아니라 시스템 고장 시, 이 세탁기는 기계의 블록체인 상에서의 보증 상태에 따라 수리 기사 방문을 자율적으로 신청하고 그에 따라 비용을 지급할 수 있다. 또한 이 세탁기는 로컬 그리드와 통신을 주고 받는 방법을 교육 받았다. 소유자와 스마트 계약이 체결되어 커뮤니티 회원은 계약 파트너의 세탁기에서 세탁기 작동에 필요한 특정 분량의 에너지만큼 특정 횟수의 세탁을 할 수 있도록 허용되었다.

3.1.6.3.4 블록체인 3.0

블록체인 3.0 애플리케이션은 통화, 금융 및 비즈니스 부문의 거래를 뛰어넘어 정부, 의료, 과학, 교육, 문화 및 예술 부문에 질적으로 접근할 뿐만 아니라 자유, 평등 및 권한 이양과 같은 사회적 가치도 취급한다. 또한, Melanie

Swan은 이러한 애플리케이션을 통해 사회 및 기업 환경에서 개인과 기업 간 뿐만 아니라 인간과 지능형 기계 사이의 상당한 규모의 협업으로 이어질 수 있다는 것을 시사한다. Swan은 더 나아가 "아마도 모든 인간 활동 방식이 어느 정도 블록체인 기술로 조율되거나 최소한 실행에 합의가 요구되는 블록체인 개념으로 재창조될 수 있다는 것"을 지적했다.

3.1.6.4 EI 평가

거래를 검증하는 분산 프레임워크를 제공하는 기술인 블록체인 기술은 특정 부문에 채택되어 기술적인 장단점을 평가해야 하는 경우에도 ECN에 의해 사용될 수 있다. 표 3-4는 이러한 내용을 요약한 것이다.

3.1.6.4.1 장점

- **투명성과 추적성**

비트코인과 같이 권한이 부여되지 않거나 권한이 없는 블록체인 아키텍처의 중요한 장점은 원장이 네트워크에서 전부 개방되어 누구나 액세스 가능하다는 점이다. 예컨대, 비트코인 원장에는 해당 블록체인에서 발생했던 모든 단일 비트코인 거래의 전체 내역이 나타나며 타임스탬프를 통한 정확한 추적 정보도 추가된다.

이 투명성은 식품 산업과 같이 높은 품질 기준을 충족해야 하는 연관된 다양한 당사자와 연결되는 복잡한 공급망에 의해 제품의 특성이 결정되는 산업 부문과 관련성이 크다. 모든 중요 거래 데이터는 분산된 레지스터에 저장되기 때문에 절대로 삭제되지 않으며 감사가 모든 거래의 이력과 컨텍스트를 추적할 수 있다. 이를 통해, 블록체인은 고도로 투명하고 신뢰 가능한 시스템이 된다.

- **고가용성**

1개 이상의 서버가 네트워크에서(기술적 사유로 또는 참여자가 실행을 중지하여) 장애가 발생해도 나머지 서버 덕분에 여전히 여러 레지스터가 실행 중이어서 원장은 위험에 처하지 않는다. 뿐만 아니라 네트워크는 새로운 사용자가 가입하고 추가 사본이 작성되면 더욱 보강된다.

- **개인 정보 보호(유사 익명성)**

노드 A가 거래할 때, 일방 당사자의 실제 식별정보를 참조하지 않ㄴ느다. 이러한 노드는 생성된 주소(공개 키)를 통해 네트워크와 상호작용하므로, 네트워크의 참여를 위해 신용카드 번호, 주소, 실명 등의 식별정보가 필요하지 않기 때문이다. 블록체인 시스템은 일반적으로 익명으로 기술된다. 하지만 거래의 흐름은

표 3-4 | 블록체인 기술의 장단점

장점	단점
높은 투명성과 추적성	"51% 공격" 위험
고가용성	높은 복잡성
유사 익명성	비공개 키의 분실
프로그램 가능	유사 익명성 악용
중앙 거버넌스 없음	
신뢰 제 3자 요금 없음(고효율성 및 저렴한 비용)	

추적 가능하기 때문에 노드의 디지털 ID가 노출되며, 공개 키가 필명 역할을 하기 때문에 유사 익명성이라는 용어가 보다 적합하다.

- **프로그램 가능 및 추가 정보**

블록에 소유권 및 개인 기록과 같은 거래 내역 이상의 정보가 포함될 수 있다. 블록은 프로그래밍이 가능하여 if/when절과 같은 일정한 규칙을 적용하여 원하는 작업을 이끌어낼 수 있다.

- **신뢰할 수 있는 제 3자 요금 없음**

여러 세기에 걸쳐 세계화를 통해 거래는 믿을 수 없을 정도로 복잡해졌다. 거래는 부기 상에 기록되며, 이러한 정보는 종종 격리되어 대중에게는 공개되지 않는다. 이러한 이유로 거래를 활성화하고 개선하는 정부, 은행 및 회계사와 같은 제 3자 및 중개인들을 신뢰하게 되었다. 이렇게 신뢰받는 제 3자는 자산 교환에 대한 많은 수수료를 요구한다. 블록체인 기술은 제 3자의 중재 및 간접비를 제거하여 이런 비용을 크게 절감할 수 있다. 더욱이 금융 기관 간의 현재 결제는 특히 영업 시간 후 정산 및 결제로 인해 시간이 많이 걸릴 수 있다. 이와 반대로 블록체인은 거래를 항시 처리할 수 있기 때문에 금융 기관 간의 결제 속도를 높여 거래 효율성을 개선할 수 있다.

3.1.6.4.2 단점

- **채굴 풀 및 "51% 공격"**

비트코인의 경우, 채굴 풀 참여자는 컴퓨팅 자원을 추가하여 비트코인 채굴 기회를 향상시키고, 그에 따라 보상을 공유한다. 그러나 이러한 수집 채굴 메커니즘은 대규모 산업화 채굴 풀의 설립으로 인해 위험에 처하게 된다. 그래서, 고유의 채굴 회원이 줄어들고, 블록체인의 분산 특성이 상당히 위협 받게 된다. 그로 인해 "51% 공격"을 감행하는 악성 채굴 풀의 위험도 증가한다. 이 시나리오는 실제로 발생할 가능성은 거의 없지만 네트워크의 신뢰성 하락으로 이어질 수 있다. 이 문제에 대한 해결책은 서명 거래 및 거래의 진본성 확인을 요구할 수 있는 검증 당사자를 채택하는 것이 될 수 있다.

- **지나친 복잡성**

블록체인에 적용되는 기술의 작동 방식에 대한 이해의 부족이 블록체인을 만날 때 극복해야 할 한 가지 과제가 된다. Ipv4와 같은 표준화된 인터넷 프로토콜 및 하이퍼텍스트 전송 프로토콜(HTTP)과 같은 애플리케이션과는 대조적으로 블록체인 기술의 발전은 여전히 초기 단계에 머물고 있다. 비록 다수의 기업들은 이와 같이 수준이 높고 복잡한 기술이 제공할 수 있는 거대한 혜택을 이해한다. 하지만 이러한 복잡성이 블록체인을 활용하려는 개인과 사업자들에게는 걸림돌로 작용하고 있다. 이와 같은 이해 부족은 기업이나 개인이 사이버 공격에 노출되는 경우에도 적용된다. 마운트곡스의 파산 신청 사례에서, 회사는 시스템의 "불특정 취약성"이 공격으로 이어졌다고 언급하면서 잠재적 공격 및 대응책을 포함하여 비트코인 기술 자체에 대한 완벽한 예상 및 이해는 거의 불가능함을 지적했다.

- **비공개 키의 분실**

비록 이 기술이 강력한 암호화 프로토콜을 채택하지만, 서비스 제공업체 또는 사용자가 자신들의 컴퓨터에서 비공개 키를 보호하지 못해 보안이 위협받을 지도 모른다. 비공개 키가 분실되는 경우 이 키로 전송되는 데이터의 가치가 영원히 상실될 수 있다. 비트코인의 경우, 이것은 암호통화의 실제 금전적 기반의 규모를 알 수 없게 되어 명백하게 무효화된 코인의 양이 많아지면서 비트코인의 경제적인 안전성이 약화될 수 있다.

- 유사 익명성의 악용

블록체인의 암호화 특성과 더불어 중앙 규제 당국이 없다는 점 때문에 노드가 다크넷에서 비트코인을 통해 불법 거래나 정치적으로 위험한 거래를 수행하는 것이 매우 쉽다. 미국이나 독일과 같은 특정 국가들이 이 기술의 악용을 방지하고 그 잠재력을 활용하기 위한 규제를 시도하고 있다. 예컨대, 독일 연방 정부는 비트코인 통화를 다국간 계좌 및 이체에 사용 가능한 "사적 화폐"로 인정했다[30]. 최근(2017년 5월) 랜섬웨어 공격이 바로 이러한 익명성 때문에 비트코인의 결제를 요구했다는 사실에 주목할 필요가 있다.

3.2 하드웨어 개선

3.2.1 데이터 센터 개선

데이터 센터는 최신 소프트웨어 기술의 중심에 있으면서 기업의 확장을 위한 핵심적인 역할을 수행한다. 데이터 센터의 발전은 3가지 단계 즉, 사일로화 데이터 센터(siloed data centre), 가상화 데이터 센터 및 소프트웨어 정의 데이터 센터를 거친다.

사일로화 데이터 센터는 하드웨어 및 물리적 서버, 네트워크 및 스토리지에 크게 의존한다. 이 센터는 물리적 인프라에 의해 정의되는데, 이러한 물리적 인프라는 한 가지 용도로만 사용되며 데이터 센터에서 전체적으로 저장 및 취급할 수 있는 데이터 용량을 결정한다. 이로 인해 운영비와 자본 지출이 높은 반면 자산 활용도는 매우 낮아진다. 기업이 재래식 데이터 센터를 이용하여 새로운 애플리케이션을 배포하려면 몇 개월이 걸릴 수 있다.

2003-2010년 사이에 가상 기술 혁명으로 이전에는 몇 개의 사일로화 데이터 센터가 처리하던 컴퓨팅, 네트워크 및 저장 작업의 자원을 풀(pool)화할 수 있게 되면서 요구를 기반으로 재할당할 수 있는 보다 유연한 중앙 자원을 생성하게 되면서 가상화 데이터 센터가 등장하기 시작했다. 2011년까지 약 72%의 조직들이 자신의 데이터 센터가 최소한 25%라고 말했다[출처: ZK research, 2013].

기술은 항상 발전하기 때문에 자원은 풀화되어 대규모의 보다 유연하고 중앙 집중화된 컴퓨팅, 저장 및 네트워크 자원 풀이 생성된다. 현재 IT의 주요한 과제는 조직들이 환경 최적화, 유지관리 및 활용을 비롯한 운영에 예산의 70-80%를 쉽게 사용한다는 점이다. 마찬가지로 동적 워크로드를 취급하는 방법 또한 상당한 과제를 안긴다. 서버 가상화, 소프트웨어 정의 네트워크(SDN), 소프트웨어 정의 저장(SDS) 및 자동화를 결합한 소프트웨어 정의 데이터 센터는 진정한 동적 가상 데이터 센터의 생성을 활성화할 것이다[31]. 제어는 전체적으로 소프트웨어에 의해 이행된다. 여기에는 데이터 센터의 네트워크를 모니터링 및 관리하는 단일 중앙집중화 허브를 생성하여 배포, 제공, 구성 및 소프트웨어를 이용한 실행의 자동화 제어가 포함된다. 소프트웨어는 전력 자원과 냉각 인프라 및 네트워킹 인프라를 포함하여 데이터 센터의 물리적 및 하드웨어 구성요소에 대한 자동화 제어를 수행한다.

이러한 상황에서 주목할 점은 데이터 센터 내에서 엣지를 지향한 보다 작고 보다 민첩한(즉, 이동 가능한) 데이터 센터로 이동되는 추세이다. 여기에는 예컨대, ISP 노드 근처에 단독 또는 공동으로 위치한 소규모의 "즉석" 데이터 센터를 이용하여 응답 대기시간을 최소화하는 구글과 같은 기업이 채택한 "엣지 캐싱" 접근방식이 포함된다. 무선 네트워크의 기지국 수준에서 이런 캐싱/호스팅을 수행한다면, 이것은 논리적으로 타당할 수 있다. 마지막으로 이런 추세는 기지국에서 컨테이너화를 지원하고 그에 따라 제3자 애플리케이션의 결합을 지원하도록 확장될 수 있다.

3.2.2 IoT 게이트웨이/엣지 서버

수많은 단말 장치를 세상에 연결하는 것이 필요하기 때문에, 미래 IoT 시스템의

가장 중요한 구성요소 중 하나는 IoT 게이트웨이라는 장치가 될 수 있다. 재래식 게이트웨이는 대부분 프로토콜 변환과 장치 관리 기능을 수행하였다. 또한, 지능형이 아니며 IoT 데이터에 대한 심층적 및 복잡한 프로세싱을 수행할 수 있는 프로그램 가능 장치가 아니었다. 오늘날의 스마트 IoT 게이트웨이는 리눅스 및 윈도우즈와 같은 최신 운영체제(OS)에서 실행되는 모든 기능이 갖춰진 컴퓨팅 플랫폼이다. 신세대 IoT 게이트웨이는 응답성을 개선하고 새로운 운영 모델을 지원하여 엣지에 보다 근접한 프로세싱을 추진할 수 있는 많은 기회를 열어준다.

이러한 IoT 게이트웨이는 운영과 IT 간의 중요한 브리지 역할을 수행하며 가성비 높은 비즈니스 모델을 제공한다. IoT 게이트웨이를 추가하면, 현재의 현장 배치에서는 게이트웨이에 대한 사전 예측 유지보수와 같은 새로운 애플리케이션을 실행하기 위한 변경이 불필요해질 수 있다,

스마트 제조와 같은 시나리오의 경우에 현장에서 대규모 실시간 데이터를 생성하는 로봇 및 컴퓨터 수치 제어(CNC) 기계 툴 등이 더 많이 사용될수록, 더 많은 컴퓨팅 및 저장 자원이 필요하게 될 것이다. 이러한 상황에서 엣지에 있는 로컬 클라우드는 좋은 선택이 될 수 있다. 보다 많은 엣지 서버가 상호 연계되어 풀화 및 확장 가능한 자원을 제공할 것이다. 여러 가지 소프트웨어 프로그램이나 서비스가 엣지에 동시에 배포될 수 있다.

이러한 요구를 충족시키려면, ECN에는 더 강력한 하드웨어를 요구하는 향상된 컴퓨팅, 저장 및 네트워크 성능이 갖춰져야 한다. 첫째, 엣지 노드의 중앙 프로세싱 유닛(CPU)은 더 좋은 성능과 더 높은 주파수 및 대규모 L1 및 L2 캐시를 갖추어야 한다. 둘째, 엣지 노드에는 더 큰 규모의 RAM 및 플래시 메모리가 있어야 한다. 셋째, 경우에 따라 엣지 노드에는 진동, 심한 온도 차이, 먼지, 산업 현장 및 실외 환경의 전기자기장 간섭과 같은 열악한 환경에 대응할 수 있는 더 나은 역량을 갖춰야 한다.

그 밖에도 소형화와 저전력 소비가 요구될 수 있다. 향상된 하드웨어 덕분에, 연관된 애플리케이션 소프트웨어와 함께 단순한 제어 루프 및 통신 소프트웨어부터, 완전한 기능을 갖춘 Windows 및 리눅스 커널과 연관된 마이크로 커널 OS까지 이러한 수준에서 배포할 수 있는 소프트웨어의 수준이 높아졌다. 이러한 개선을 통해 장치의 기능이 정보 전달/프로토콜 변환 역할을 수행하는 것에서 다음과 같은 사항이 가능한 그림 3-10의 하드웨어 일반 도표와 같은 자체 권한을 지닌 복잡한 장치로 변경되었다.

- 데이터 스트림에 대한 보안 규칙, 상태 기반 패킷 검사(SPI) 방화벽 기능 및 로컬 암호화 실행
- ML을 통한 로컬 비즈니스 규칙 애플리케이션 및 의사결정
- 컨테이너화를 통한 애플리케이션 결합

이러한 하드웨어의 발전은 Arduino 및 Raspberry PI와 같은 아마추어/취미활동가 장치에 의해 상업적 용도와 무관하게 진행된 계획의 영향을 많이 받았다. 이와 같은 보급형 옵션이 많은 시제품 용도의 값비싼 개발 보드를 대체하면서 최종적인 하드웨어 디자인을 모색하기 시작했다.

3.2.3 스마트 센서/엔드 노드

엔드 장치의 개발과 더불어 수준 높은 엔드 센서 장치가 자체 권한을 보유한 실질적인 컴퓨팅 장치로 떠오르고 있다. 이 장치 등급이 게이트웨이 장치를 요구하지 않을 정도로 충분히 강력해지는 추세가 나타나고 있으며, 실제로 애플리케이션 결합을 통해 자체적으로 게이트웨이 역할을 수행하여 순수하게 방화벽/보안 기능 전용인 게이트웨이가 사라지고 있다. 이 개념의 2가지 사례는 다음과 같다.

- **지능형 카드 판독기**

그림 3-11과 같이 비교적 단순한 장치가 강력한 컴퓨팅 툴이 될 수 있음을 보여 주는 이 장치는

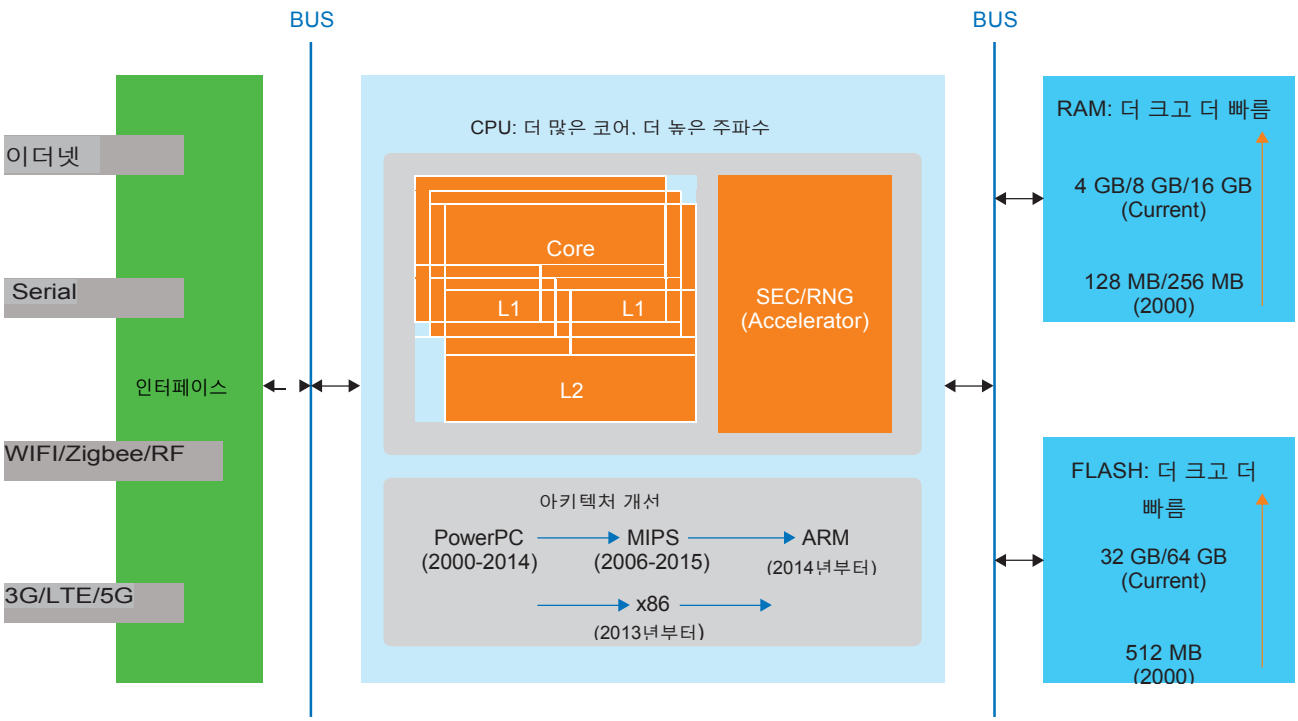


그림 3-10 | ECN의 하드웨어 도표

무선 주파수 식별(RFID) 근접성 카드 판독기를 기반으로 하지만 추가로 다수의 입출력(입력 4개 및 출력 2개) 장치와 함께 RS485와 Wiegand 입력 장치를 보유하며 인터넷 프로토콜(IP)을 통해 원격 서버와의 자체 연결을 수립하고 자체 로컬 데이터(및 비즈니스 규칙을 기반으로 독립적인 실행을 위해 캐싱) 채널링할 뿐만 아니라 보이스오버 IP(VoIP) 통신을 포함하여 이 장치에 연결된 다른 하위 장치를 관리하기도 한다. 그러므로 이 장치는 로컬 센서, 엣지 서버 및 게이트웨이의 다중 기능을 수행한다. 이 터미널에는 로컬 애플리케이션 도킹도 포함되어 있어 주변장치에 연결되는 다른 장치의 데이터를 관리 및 수집하고 일정수립 및 생체인식과 같은 ID기반 애플리케이션을 실행하는 데 사용될 수 있다.

- 고급 카메라

그림 3-12와 같이, 이 카메라는 고급 IP 카메라로서 기본 작업을 수행할 뿐만 아니라 전용 비디오 프로세스와 코어 CPU 성능을 갖추고

그림 3-11 | 지능형 카드 판독기

강력한 보안 및 데이터 수집 기능도 제공한다. 이 카메라에는 아날로그 입출력과 애플리케이션 도킹 기능이 갖춰져 있어서 입력 모니터링, 출력

그림 3-12 | 지능형 카메라

작동 및 오디오 녹음/스트리밍을 모두 지원하는데, 그 덕분에 엣지 노드 내에는 보다 단순한 다른 노드를 제어하는 상당한 수준의 컴퓨팅 성능 및 역량이 존재한다.

3.3 소프트웨어의 발전

3.3.1 IoT 엣지 컴퓨팅

대부분의 IoT ECN 기술(엣지 프로세싱 기능을 호스팅하는 기술)은 Linux OS의 플레이버(flavour)에서 실행되며 상이한 종류의 프로세서 아키텍처를 사용한다. 그림 3-13과 같이 엣지 컴퓨팅 성능을 마이크로서비스로 패키지화하여 IoT ECN의 컨테이너 안에 배포하는 방식이 산업계의 새로운 추세가 되고 있다. 컨테이너는 격리를 통해 보안을 제공하며 상호의존성 및 복잡성이 적어 수명주기 관리를 단순화하는 배포 유닛의 역할도 수행한다.

이러한 리눅스 대세의 흐름에서 예외가 되는 것은 제조업 분야이다. 제조업 분야에서는 다양한 버전의 Windows OS 및 Microsoft' .net 플랫폼이 주류를 형성하고 있다.

3.3.1.1 장치 관리

에너지 효율성이 높은 IoT 인프라의 경우, 엔드 장치는 네트워크 감지 또는 연결 시기에 대한 로컬 정책을 보유해야 한다. 예컨대, 환경 매개변수 모니터링의 경우에 중요한 감지는 오염이 대중의 건강에 위협이 될지도 모르는 교통이 가장 혼잡한 시간에 실행된다. 연결 간격과 같은 장치별 기능을 제공하기 위해, OMA 경량 M2M(LWM2M)이라는 새로운 IoT 맞춤 장치 관리가 표준화되었다.

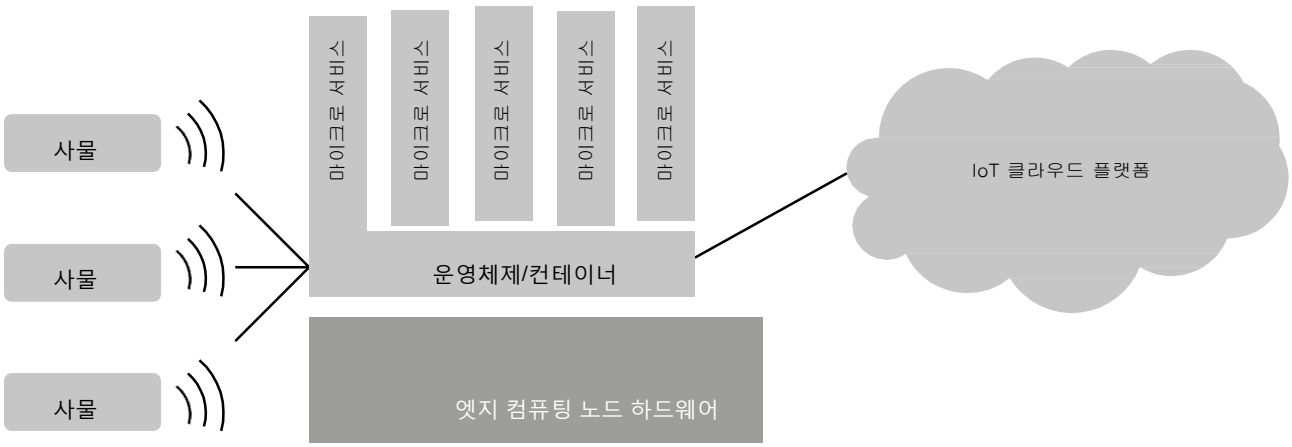


그림 3-13 | 엣지 컴퓨팅

위치 추적, 연결성 관리 및 연결 통계와는 별도로, 펌웨어 업그레이드와 장치에서 실행되는 소프트웨어 관리는 프로토콜에 의해 지원된다. 따라서, 장치가 업그레이드되어 관리 서버로부터 새로운 성능을 수신할 수 있다. 예를 들어, 로봇이 새로운 환경에 도입되어 새로운 환경과 통신을 주고받는 데 적합한 프로토콜 어댑터가 포함된 소프트웨어 패키지를 수신하여 그에 따라 내부 프로세싱을 맞춤 수정할 수 있다.

제한 애플리케이션 프로토콜(CoAP)을 기반으로 상호 운영성 및 에너지 효율적인 전송을 목표로 프로토콜이 설계된다. 데이터에 대해 사용 가능한 또 다른 전송은 짧은 메시지 서비스(SMS) 또는 직접적인 가입자 식별 모듈(SIM) IP 연결이다. 또한, 장치를 사용할 수 없을 때 엔드 장치 지향 실행이 저장되는 축적 전송 기능도 갖추고 있다.

3.3.2 ECN OS

3.3.2.1 IoT 게이트웨이 OS

엣지 컴퓨팅에서 데이터는 사물이나 데이터 소스 근처에 있는 네트워크 엣지에서 프로세싱, 분석 및 취합될 것이다. IoT 게이트웨이는 모든 이런 기능에 대한 완벽한 호스트이다. IoT 게이트웨이의 엣지 컴퓨팅 기능에는 클라우드 오프로딩, 비공개 데이터 필터링, 데이터 취합 등이 포함된다.

IoT 게이트웨이에서 실행되는 OS는 항상 리눅스와 같은 범용 OS이다. 수평적 분리는 게이트웨이에 개방적이다. 호스트 OS, 컨테이너(LXC, Docker) 또는 가상 기계를 통해 게이트웨이 OS에서 제 3자 애플리케이션을 배포할 수 있다.

게이트웨이의 기본 기능은 네트워킹이다. IoT 게이트웨이는 가상 랜(VLAN), 라우팅 프로토콜, 멀티캐스트 프로토콜 및 신뢰성 프로토콜과 같은 L2 및 L3 프로토콜을 비롯한 풍부한 네트워크 프로토콜을 지원하여 게이트웨이가 유연한 네트워크 기능을 갖추고, 제 3자 제조업체의 장비와 상호 연결이 가능하도록 해야 한다. 고성능 및 낮은 대기시간 요구사항을 충족하기 위해 IoT 게이트웨이 OS는 다양한 네트워크 프로토콜을 일반 리눅스에 통합하고 데이터 전송 영역을 개선하고 선택적으로 암호화/복호화와 같은 일부 애플리케이션에 대한 하드웨어 가속을 도입한다.

RAM 및 스토리지 보안, 호스트 OS의 보안 운영 환경, 컨테이너 및 가상 기계, 암호화 키의 보안, 멀웨어의 안티인젝션, 보안 운영 환경 및 제 3자 애플리케이션 오류 격리 등을 포함한 OS 수준의 보안 보증이 필요하다.

3.3.2.2 엔드 장치용 경량 OS

하드웨어 자원 제한, 개발 플랫폼의 부족, 복잡한 통신 프로토콜 등으로 인해 지능형 하드웨어 및 IoT 애플리케이션의 개발은 어렵다.

개방형 및 고객 맞춤형 플랫폼을 제공하는 것이 혁신적이고 비즈니스 효율적인 방식이다.

그림 3-14와 같이, 플랫폼의 코어 부분에는 다음 사항이 포함된다.

- 경량 커널

소형 장치의 시스템온칩(system-on-chips)에서 실행되는 OS 커널은 실리콘 회사들 간의 칩셋 차이를 감추게 될 것이며, 이러한 OS는 드라이버를 제공하고 하드웨어 주변에서 발생하는 사건에 대응한다. 자원이 제한적인 애플리케이션을 고려할 때, 이 커널은 가벼운 풋프린트(footprint), 빠른 시작 속도, 낮은 전력 소비 및 신속한 응답 기능을 갖춰야 한다. 경량 OS는 Tiny OS, Contiki, LiteOS, Mantis 등의 OS 클래스를 의미할 수 있다.

- **고객 맞춤형 서비스**

  새로운 애플리케이션의 신속한 개발을 지원하는 연결성 서비스, 센서 관리자, 보안 엔진 등의 핵심 서비스를 제공한다. 각 서비스에 대한 알고리즘은 유연하며 고객 맞춤형이다. 예컨대, 애플리케이션 시나리오에서 Bluetooth 스마트, 2G, 3G, LTE, Wi-Fi 등의 연결을 활용할 수 있으며, 이런 연결에 대한 고객 맞춤형 스택(stack)이 가능하다.

- **개방형 API**

  개방형 API의 핵심은 시스템온칩(SoC) 설계의 혼란 상황과 연결성과 같은 핵심 서비스의 복잡성을 개발업체로부터 격리하여 추상화하고 청정한 협업 공통 인터페이스만 남겨두는 것이다. C++, JavaScript, HTML, Swift 및 기타 스마트폰, 태블릿, 데스크탑용 언어에 익숙한 프로그래머는 궁극적으로 플랫폼 아래에 격리되어 감추어지는 까다로운 하드웨어용 애플리케이션의 시제품을 만들고 구축할 수 있다. 이러한 프로그래머들은 문서화되지 않은 레지스터, 제어 비트 및 시스템온칩 환경을 방해하는 경쟁에 대해서는 관심을 기울일 필요가 없다. 이것은 세분화(fragmentation)를 시도하는 개방형 API에 의해 격리 및 추상화된다.

오늘날의 IoT는 대부분 격리되어 존재하며, 진정한 상호 연계 환경을 실현하는 것이 불가능하기 때문에 장치 상호 운영도 불가능했다. 수직 EI에 경량 OS 플랫폼을 도입하면 새로운 장이 열릴 것이다. 이 플랫폼은 연결성, 보안, 애플리케이션 및 벤더의 구현 차이를 감추는 다른 도메인에 대해서도 일관된 API를 제공하기 때문에 단말기들(센서) 및 애플리케이션이 있는 단말기들(센서)의 상호 운영성 문제를 근본적으로 해결할 것이 분명하다.

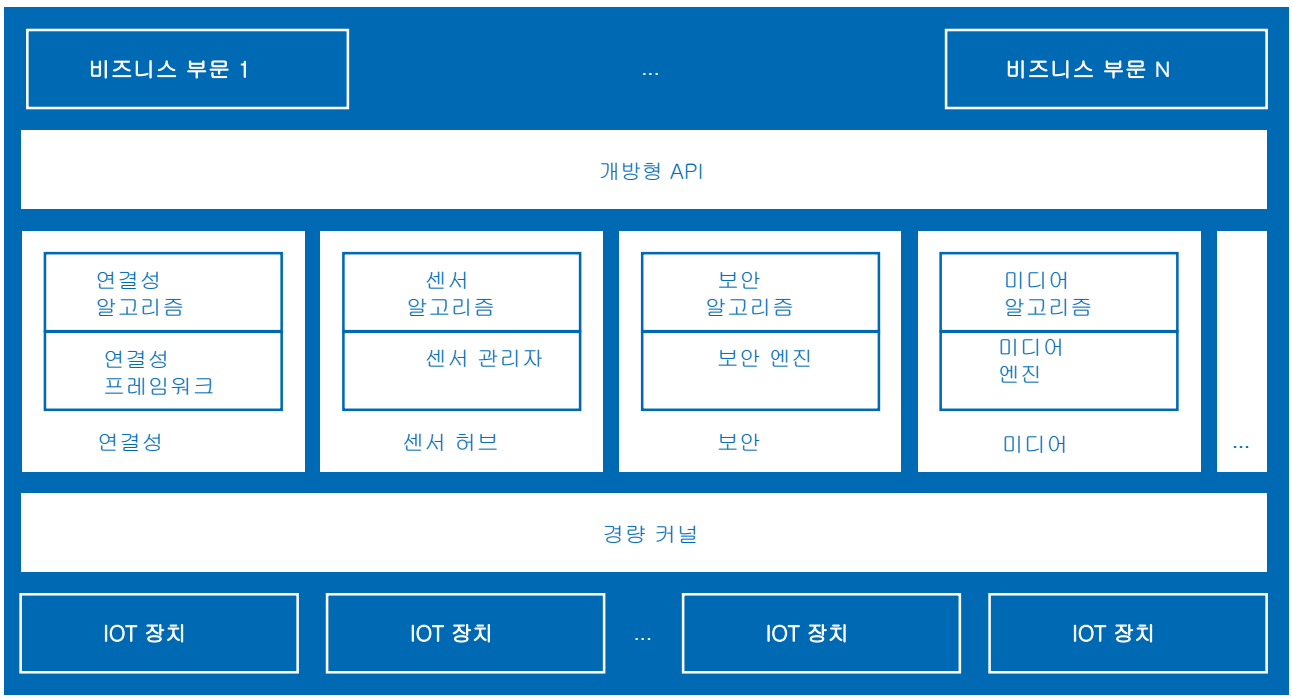


그림 3-14 | 경량 OS 아키텍처 [출처: Huawei]

3.3.3 컨테이너화 및 마이크로서비스

엣지 컴퓨팅에 대한 핵심 아키텍처 목표는 스마트 장치, IoT 게이트웨이, 마이크로 데이터 센서, 회사의 데이터 센터 또는 공개 클라우드나 비공개 클라우드 등 어디에서나 배포가 가능한 서비스 형태로 기능을 격리하는 것이다.

이 격리는 서비스 개념, 특히 마이크로서비스(전체적으로 자체 제한됨) 또는 포드(데이터베이스와 같이 자원을 공유하는 서비스 그룹을 지정하는 쿠버네티스 개념)와 같은 서비스 개념을 통해 달성될 수 있다.

서비스 배포는 모든 예상 배포 위치에 걸쳐 동일한 런타임 환경을 요구한다. 3가지 주요 옵션은 다음과 같다.

- 개방형 서비스 게이트웨이 계획(OSGi)은 자바용 표준화 런타임 환경(다른 프로그래밍 언어로 개발된 구성요소를 포함 가능)이다. 마이크로 서비스는 OSGi 번들로 대표된다.
- 가상 기계는 하드웨어 추상화이다. 마이크로 서비스는 자체 게스트 OS 내부의 서비스 기능으로 대표된다.
- 컨테이너는 OS 추상화이다. 컨테이너는 런타임 라이브러리 및 구성요소와 같은 모든 서비스의 의존성을 제공한다.

자원 소비량이 더 적고, 더 빠르게 시작되어 가상 기계보다 경량이고 OSGi와 같은 특정 프로그래밍 언어에 구속받지 않기 때문에 컨테이너를 선호하는 것이 산업계의 추세이다.

3.3.3.1 가상 기계

가상 기계는 컴퓨터 하드웨어의 소프트웨어 추상화를 제공한다. 이는 단일 하드웨어에서 다중 OS 인스턴스(게스트 OS라고도 함) 실행을 지원한다. 가상 기계는 소프트웨어 인터페이스와 실제 하드웨어 간의 매핑을 제공한다. 또한 이런 인스턴스 간의 자원을 관리한다.

예를 들어, 게스트 OS에는 제약이 없어서 다양한 리눅스 플레이버와 서로 다른 Windows 버전이 동일 하드웨어에서 동시에 실행될 수 있다.

가상 기계는 PC뿐만 아니라 서버에서 사용되고 있어서 다수의 다른 시나리오에 대한 혜택을 제공한다.

첫 번째 시나리오는 리눅스나 Mac OS가 원시 호스팅된 박스에서 게스트 OS로 Windows를 실행하거나 그 반대인 경우를 지원한다.

처음에는 가상 기계가 소수의 하드웨어 시스템에서 서버 병합을 위해 사용되었다. 클라우드 컴퓨팅이 증가하면서 가상 기계가 확장성 및 격리를 제공하는 데 중요한 역할을 수행하였다.

컨테이너가 가상 기계보다 간접비가 덜 들기 때문에 클라우드 컴퓨팅에서 더 선호되어 왔다. 컨테이너는 유연성이 더 적지만 클라우드 데이터 센터는 일반적으로 리눅스가 실행되는 표준화된 하드웨어를 제공하기 때문에 유연성이 필요없다.

상이한 구성으로 다양한 OS 버전에서 소프트웨어 테스트가 가능하고 코어 하드웨어가 필요한 경우에 상이한 OS 테스트에 재사용되기 때문에 가상 기계는 품질 보증 측면에서도 선호도가 높다.

3.3.3.2 컨테이너

컨테이너는 OS 수준에 가상화를 제공하며, 컨테이너들 사이를 격리시키는 OS 커널의 사용자 공간에서 실행되는 사용자 공간 인스턴스이다. OS 커널은 상이한 컨테이너 간의 자원 관리를 제공할 수 있다.

가상 기계와 달리 컨테이너는 간접비가 거의 들지 않는다. 하지만 컨테이너에는 가장 선로도가 높은 리눅스라는 단일 OS만 사용되기 때문에 가상화에 비해 유연성이 떨어진다.

오늘날 컨테이너가 클라우드 플랫폼 내에서 주로 사용되며 수평적 확장성,

격리, 자원 및 수명주기 관리를 지원한다. 컨테이너는 개발업체가 컨테이너와 함께 생산 환경 내에 배치 가능한 컨테이너에 소프트웨어를 설치할 수 있도록 하면서 단순화, 설치, 유지보수 및 애플리케이션 보안 향상 기능을 제공하기 때문에 소프트웨어 엔지니어링 프로세스에서 중요한 역할을 수행한다.

Docker는 지금까지 가장 선호되는 컨테이너 기술이었다. 하지만 최근에는 rkt 또는 Rocket이 널리 사용되고 있다. 개방형 컨테이너 계획(OCI)인 Linux Foundation 프로젝트는 경쟁력 있는 컨테이너 기술 통합을 목적으로 한다.

쿠버네츠는 컨테이너화 애플리케이션의 자동 배포, 확장 및 관리를 목적으로 하는 클라우드 원시 컴퓨팅 재단(CNCF)에 의한 또 하나의 개방형 소스 프로젝트이다. 쿠버네츠는 원래 구글이 자체 데이터 센터 운영을 위해 설계한 것이었다.

또한, 쿠버네츠는 데이터베이스와 같은 일정한 자원을 공유하며

중재 통신을 통해 상호작용하는 컨테이너 내에 배치되는 서비스 그룹인 포드 개념을 도입한다. 서비스에 의해 부족한 자원이 공유되도록 하는 포드는 엣지 컴퓨팅에 대한 흥미로운 개념이다.

3.3.3.3 OSGi

OSGi 기술은 Java용 동적 구성요소 시스템을 정의하는 사양 세트이다. 이러한 사양은 애플리케이션이 다수의 상이한 재사용 가능 구성요소로 동적으로 구성될 경우에 개발 모델을 활성화한다. OSGi 사양은은 구성요소가 특별히 구성요소 간에 공유되는 개체인 서비스를 통해 통신을 주고 받는 동안, 다른 구성요소에서 자신들의 실행을 숨길 수 있도록 지원한다. 놀랍도록 단순한 이 모델은 소프트웨어 개발 프로세스의 거의 모든 면에 대한 영향력이 매우 크다.

OSGi는 그림 3-15와 같은 계층 모델을 갖는다.

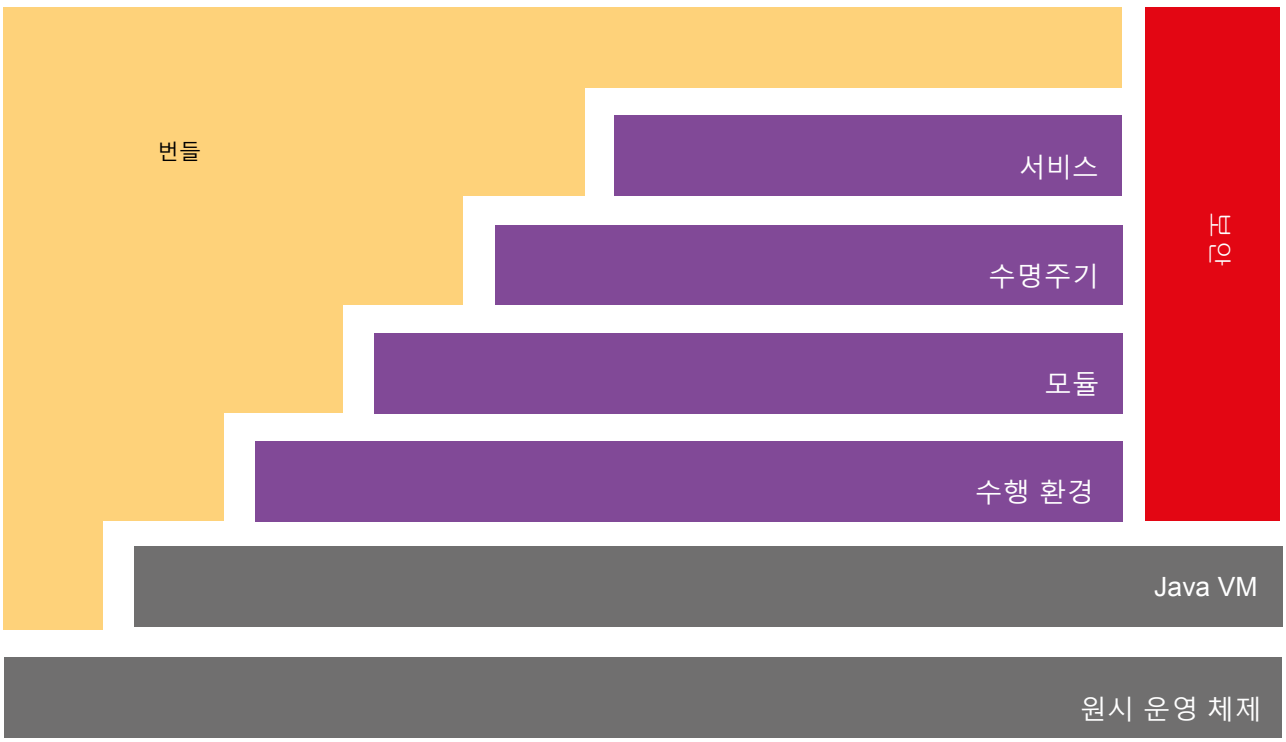


그림 3-15 | 그림 3-15 OSGi의 계층 모델 [출처: OSGi]

다음 목록은 그림 3-15에 표시된 용어에 대한 간략한 정의이다.

- 번들: 개발업체가 만드는 OSGi 구성요소
- 서비스: 순수한 재래식 Java 개체에 대한 등록-검색-호출(publish-find-bind) 모델을 제공하여 동적 방식으로 번들을 연결하는 계층
- 수명주기: 번들을 설치, 시작, 중지, 업데이트 및 설치 제거하는 데 사용되는 API
- 모듈: 번들이 코드를 가져오고 내보낼 수 있는 방식을 정의하는 계층
- 보안: 보안 측면을 취급하는 계층
- 수행 환경: 특정 플랫폼에서 사용 가능한 메소드와 클래스를 정의한다.

이러한 시스템의 밑바탕이 되는 근본적인 개념은 모듈성이다. 모듈성은 사물을 로컬에 유지하면서 공유하지는 않는 것이다. 이해하지도 못하고 가정의 대상도 아닌 사물에 잘못 대응하면 수습하기 어렵다.

이 서비스 모델은 공조하는 번들에 대한 것이다. 번들은 순수 재래식 Java 아카이브(JAR) 파일로 1개 이상의 인터페이스 아래서 개체를 생성하고 해당 개체를 OSGi 서비스 레지스트리를 사용하여 등록할 수 있다. 다른 번들이 레지스트리에 접근하여 특정 인터페이스나 클래스 아래 등록된 모든 개체를 나열할 수 있다.

이 내용은 그림 3-16의 도표에 표시된다. OSGi는 EI/컴퓨팅 IoT 솔루션에 대한 지원을 제공한다. OSGi는 네트워크 연결 장치와 애플리케이션을 원격적으로 동적으로 유지보수, 관리, 과금 및 향상하는 구성요소 지향 수행 환경뿐만 아니라 개발업체가 출시 속도와 개발 비용을 줄이도록 장치 서비스, HTTP 서비스, 메시지 대기열 원격 전송 프로토콜(MQTT) 등과 같은 다양한 IoT 관련 구성요소도 제공한다.

예를 들어, OSGi 게이트웨이는 장치와의 상호작용을 담당하는 번들만 설치할 수 있다. 이 게이트웨이에서 특별한 상황에서 경보를 시작하기 위해 규칙 엔진이 필요할 때 규칙 엔진 번들을 원격으로 이 게이트웨이에 배포 및 설치할 수 있다.

3.3.3.4 엣지에 대한 컨테이너화

앞에서 살펴보았듯이 컨테이너는 클라우드에서 포드 및 마이크로서비스 배포를 위해 선호되는 기술이다. 컨테이너 기술은 또한 엣지 컴퓨팅에서 활용도가 매우 높으며 얼리 어답터들(early adopter)은 이미 엣지에서 컨테이너나 컨테이너 유사 기술을 사용하고 있다.

클라우드뿐만 아니라 엣지에서도 서비스 배포를 지원하는 단일 런타임 인프라를 제공하면 엣지 컴퓨팅의 성공에 유리할 것이다. 이 경우에 대역폭과 스토리지 위치 및 대기시간, 확장, 신뢰성

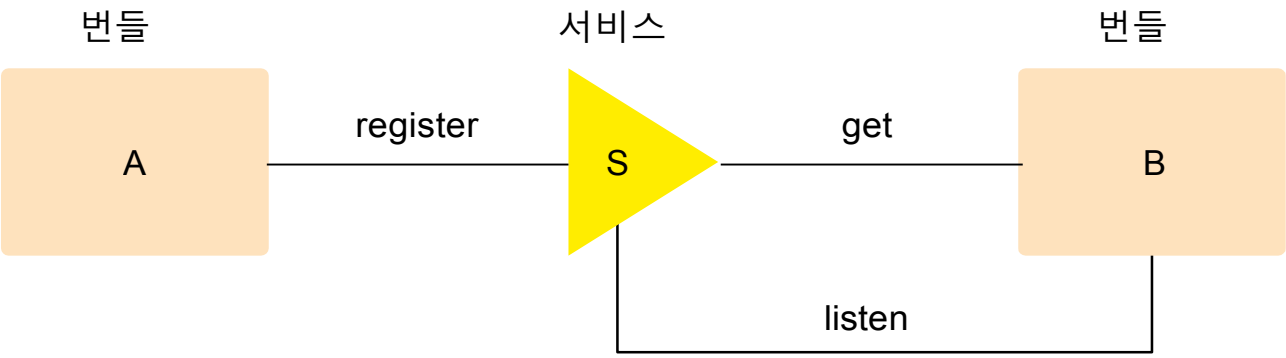


그림 3-16 | OSGi의 서비스[출처: OSGi]

및 궁극적으로는 비용과 같은 요구사항에 대한 컴퓨터 성능 간 애플리케이션과 서비스의 최적화가 가능하다.

공통적으로 적용되는 개방형 소스 플랫폼은 고객의 전체 소유 비용을 절감하고 솔루션 제공업체가 부가가치 서비스와 산업별 솔루션 제공에 집중할 수 있도록 지원할 것이다

Linux Foundation의 엣지 X Foundry 프로젝트[32]는 현재 이러한 통합을 지향하는 가장 유망한 활동이다.

3.3.4 기계 학습

3.3.4.1 소개

Jason Brownlee가 *기계 학습의 기초 개념(Basic Concepts in Machine Learning)*에서 설명한 것과 같이 기존 컴퓨터 프로그래밍과 데이터 처리는 규칙의 인코딩을 토대로 하며, 일반적으로 애플리케이션이 보다 많은 사례를 취급할수록 더 성공적인 결과를 가져올 것으로 간주할 수 있다. 프로그래밍의 목적이 자동화라고 간주될 수 있는 경우, ML은 자동화의 프로세스를 자동화한다. 규칙을 인코딩하는 대신 ML은 그림 3-17에서 볼 수 있듯이 특정 목적을 지향하여 활용되는 데이터를 검사하고 그 기반이 되는 규칙을 찾아내는 프레임워크를 지원한다.

예컨대, 몇 가지 특징(평방 피트, 침실 수, 면적 등)을 바탕으로 하는 주택 판매 가격의 예측,

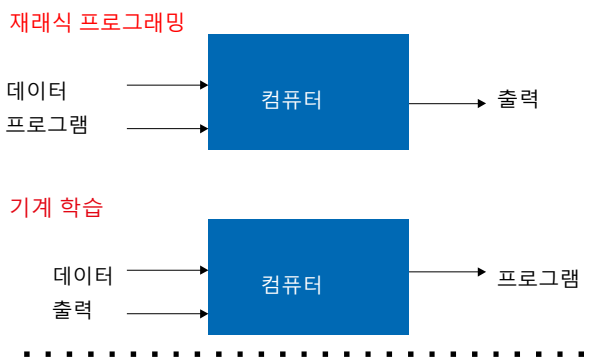


그림 3-17 | 재래식 프로그래밍과 ML 비교

이미지에 있는 것이 고양이가 아니라 개인지 여부 판별 또는 식당 후기들이 긍정적인지 또는 부정적인지 여부 판별 등이다.

3.3.4.2 현재 ML 애플리케이션의 예(例)

현재 ML 애플리케이션의 예(例)는 다음과 같다.

- 웹 검색: 클릭 수가 가장 많을 것 같은 페이지 순위
- 컴퓨터 생명 공학: 과거 경험에 기반하여 컴퓨터를 이용한 약제의 합리적 설계
- 금융: 신용 카드 제공 대상 결정, 신용 위험도 평가, 투자처 결정 방법
- 전자 상거래: 고객 이탈 예측, 거래의 사기 여부 판별
- 우주 탐사: 우주 탐색기 및 전파 천문학
- 로봇공학: 새로운 환경에서 불확실성 취급, 자율 기계, 자율 주행 자동차
- 정보 추출: 웹 전체 데이터에서 질문
- 사회 관계망: 관계 및 우선순위 데이터, 데이터에서 값을 추출하는 ML

3.3.4.3 ML의 핵심 요소

수만개의 ML 알고리즘이 이미 존재하고 수천개의 새로운 알고리즘이 매년 개발된다.

모든 ML 알고리즘은 3가지 기본 구성요소를 갖는다.

- 표현: 지식 표현 방법. 예로는 결정 트리, 규칙 집합, 그래픽 모델, 신경망, 서포트 벡터 기계, 모델 앙상블 등이 있다.

- 평가: 후보 프로그램 평가 방식(가설). 예를 들어, 정확도, 예측 및 재현율, 제곱 오차, 공산, 사후 확률, 단가, 마진, 엔트로피, 쿨백-라이블러 발산 등
- 최적화: 검색 프로세스라고 하는 후보 프로그램이 생성되는 방식. 예를 들어, 조합 최적화, 볼록 최적화, 제한 최적화 등

모든 ML 알고리즘은 이러한 3가지 구성요소의 조합이다.

3.3.4.4 학습 유형

ML에는 4가지 유형이 있다.

- 지도 학습(귀납적 학습이라고도 함): 교육 데이터가 원하는 출력을 포함한다.
- 비지도 학습: 교육 데이터가 원하는 출력을 포함하지 않는다. 예로는 클러스터링이 있다.
- 간이 지도 학습: 교육 데이터가 몇 가지 원하는 출력을 포함한다.
- 강화 학습: 연속된 실행의 결과로 보상을 받는다. 인공지능 실습에 선호되며 가장 유력한 학습 유형이다.

지도 학습은 가장 성숙되고 연구가 많이 된 것으로 ML 알고리즘에 가장 많이 사용되는 학습 유형이다. 지도 학습은 비지도 학습보다 훨씬 더 쉽다. 핵심 개념은 다음과 같다.

- 분류: 학습되는 함수가 이산적일 때
- 회귀: 학습되는 함수가 연속적일 때
- 확률 추산: 함수의 결과가 확률일 때

ML의 다음 단계는 인공 지능(AI)이라는 보완 영역으로 인간의 두뇌를 모방하는 신경망 및 자연 언어 처리와 같은 방법에 더 의존한다

3.3.4.5 IoT에서 잠재적인 애플리케이션

IoT 애플리케이션에서는 특히 지도 학습의 장점이 두드러진다. 오디오와 비디오를 포함한 센서 애플리케이션에서, 센서 수준에서 로딩되는 강화 모델을 통해 교육 데이터 모음을 생성하고 모델을 오프라인으로 클라우드 등에서 강화할 수 있다. 이 접근방식에는 분명한 장점이 있다.

- 코어 소프트웨어 업데이트 필요가 감소된다. 규칙과 실행 코드가 분리되어 업데이트는 모델 데이터만으로 제한된다.
- 업데이트 기반 공격 가능성이 감소되고 증가식 업데이트에 있어 잠재적 보안 취약성 노출이 제한되기 때문에 보안이 강화된다.
- 업데이트의 롤백 및 롤포워드가 단순화된다.
- 하드웨어가 지원할 경우 CPU 수준에서 모델 비교를 수행할 수 있다.

3.3.4.6 최첨단 기술

여러 IoT 활성화 기술과 마찬가지로 기계 지능(MI) 연구 및 개발은 합성곱 신경망(CNN), 숨김 마르코프 모델(HMM), 자연 언어 처리 및 기타 ML 알고리즘 및 생성에 사용되는 부문과 심층 신경망(DNN)의 복잡성은 항상 데이터 센터 규모에서만 액세스가 가능한 스토리지 및 컴퓨팅 자원을 요구하기 때문에 IT 부문으로 제한된다.

OT 영역으로 들어가는 MI의 초기 버전 중 하나는 2014년의 NVIDIA Jetson TK1 플랫폼의 릴리스와 함께 나왔다. Tegra K1 SoC 및 192-코어 Kepler 그래픽 처리 유닛(GPU)과 쿼드-코어 ARM Cortex-A15를 기반으로 Jetson TK1은 데이터 센터 수준의 컴퓨팅 성능을 컴퓨터 비전, 로봇공학 및 자동차 애플리케이션에 제공했을 뿐만 아니라

임베디드 엔지니어에게 CUDA 심층 신경망(cuDNN) 라이브러리용 개발 플랫폼도 제공했다. cuDNN 기초 요소는 DNN 교육 및 추론에 요구되는 활성화 함수, 전방 및 후방 합성곱, 정규화 및 텐서 변환과 같은 실행을 활성화했으며, 이런 기술과 Jetson TK1의 10W 전력 파형이 결합되면 Caffe 및 Torch와 같은 심층 학습 프레임워크를 소규모 OT 장치에 접속하여 수행할 수 있다. 고비용 임베디드 접근방식에서 더 나아가 임베디드 프로세서에서 낮은 수준의 명령어에 일치되는 패턴이 추가되었다(예: Intel Quark).

3.3.4.7 사용자 체험에 대한 영향

가장 좋은 사용자 인터페이스는 사용자 인터페이스가 없는 것이다. IoT는 수동 데이터 입력 대부분을 사라지게 하며 ML 및 AI가 의사결정을 대신하므로, 이 격언이 현실이 되고 있다.

UI가 어떻게 사라지는가? 컴퓨팅 시스템의 UI는 주로 두 가지 용도(오락 제외)를 지원한다.

- 데이터 입력 활성화
- 인간의 의사결정을 위한 정보 제공

위와 같은 2가지 기능은 대부분 무용지물이 되고 있는데, 그 이유는 다음과 같다.

- IoT에서는 소스에서 컴퓨터 시스템으로 직접 데이터 입력이 가능하다.
- AI는 의사결정을 자동화한다.

인간 사용자는 예외적인 상황에서 정책만 설정하고 피드백을 제공하면 된다. 하지만 자율 주행 자동차에서 페달과 운전대(즉, UI)를 제거하는 데 대한 논의가 시사하는 것처럼, 피드백 제공은 단지 과도기 단계에 불과하다. 따라서, 최상의 UI는 어떤 UI도 없는 것이다.

3.4 아키텍처

3.4.1 데이터 수집 아키텍처

3.4.1.1 재래식 데이터 수집 모델, 다분기/아날로그 센서

그림 3-18과 같은 다분기 네트워크는 현재 도입된 대부분의 시스템 간에 대세인 네트워크 모델로 화재, 보안 및 아날로그 카메라 시스템에 의해 공유된다. 최저 컴퓨팅 수준은 게이트웨이 수준이며 이 수준에서는 순수하게 중앙 서버로 전송하는 기능이 전부인 경우가 많다. 사실, 새로운 장비가 이 유형의 모델을 따르는 경우는 매우 드물 것이다. 예외가 있다면 프로세스 제어와 공장 자동화 기능일 수 있다.

3.4.1.2 현재 데이터 수집 모델, 무선/네트워크 연결 센서

그림 3-19와 같은 무선 센서 네트워크는 현재 판매되는 대부분의 시스템 사이에서 유력한 네트워크 모델이며, 화재, 보안 및 디지털 카메라 시스템에 의해 공유된다.

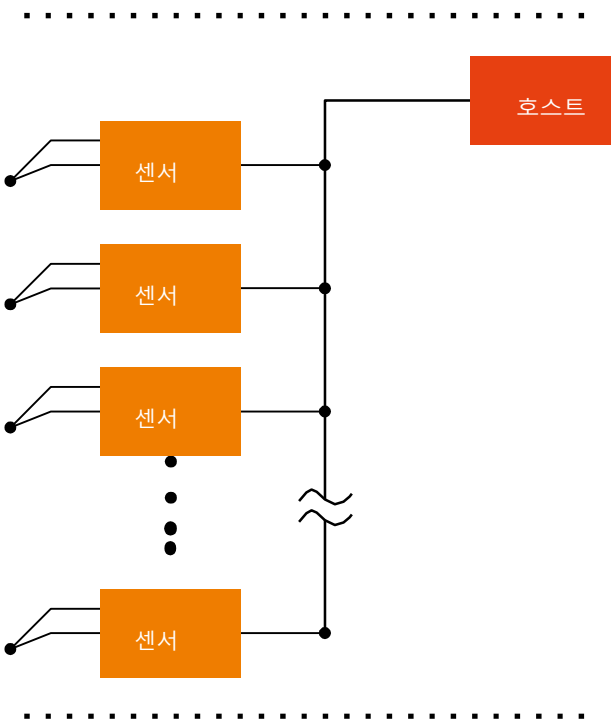


그림 3-18 | 다분기 네트워크

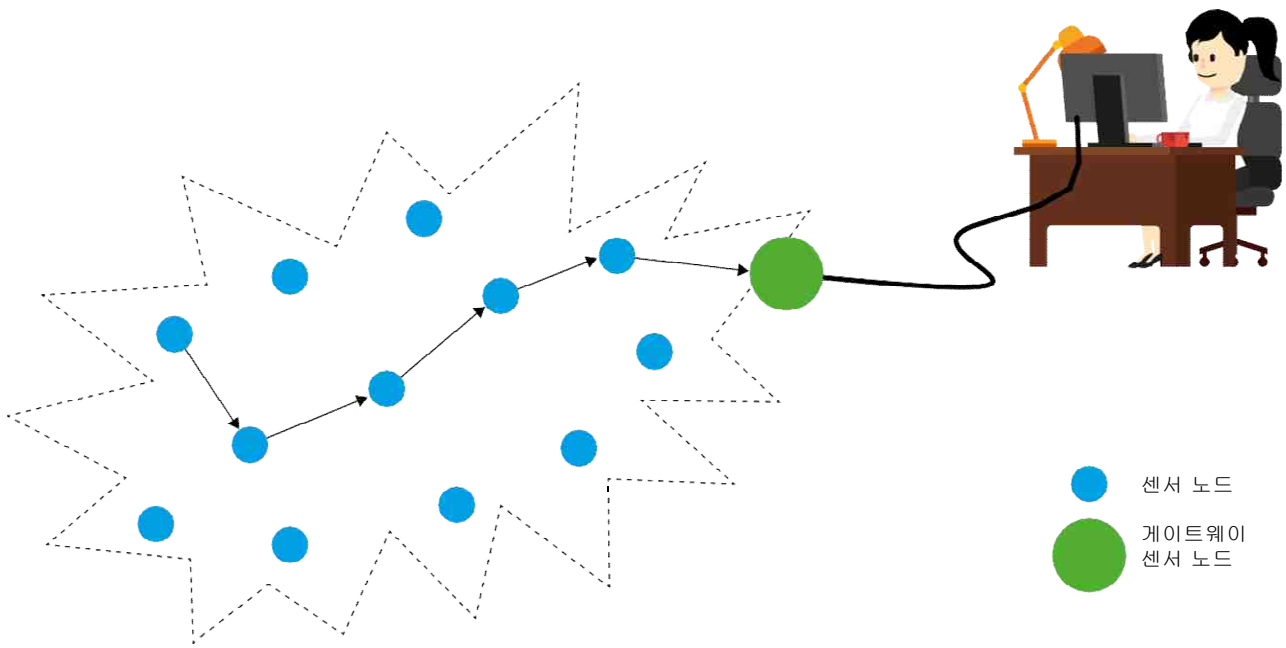


그림 3-19 | 무선 센서 네트워크

가장 낮은 수준의 컴퓨팅은 게이트웨이 수준이며 순수하게 중앙 서버 및 클라우드로 전송하는기 기능인 경우가 많다.

3.4.1.3 현재/미래 데이터 수집 모델, 지능형 센서

현재의 시나리오에 추가되는 2가지 사항이 데이터와 분석을 신속하게 변화시킬 것이다. 첫 번째는 수집하는 데이터의 필수 예상 범위를 파악할 수 있는 지능형 센서이다. 데이터가 예상 범위 이내라면 센서는 보고를 시작하지 않고 예상되지 않은 판독 에 관해 보고한다. 주목 받고 있는 또 하나의 혁신은 센서에 대한 메시 네트워크에 관한 것이다. 단일 연결을 통해 단일 장치에 보고하는 센서 대신, 이 센서는 메시(mesh)에 보고한다. 메시는 신속하고 효율적으로 데이터를 자율적으로 라우팅할 수 있다. 메시 센서와 지능형 센서가 결합되면 표준을 벗어난 차이가 있을 경우에만 보고하는 센서를 수용 및 관리하는 복원력 있는 네트워크를 포함하여 흥미로운 조합을 갖추는 데 유용하다. 이 결과를 가리켜서 지능형 센서 네트워크라고 하며, 작동 방식은 그림 3-20과 같다.

3.4.2 oneM2M

2012년에 세계 8대 선두 ICT 표준 개발 기구 [ARIB(일본), ATIS(미국), CCSA(중국), ETSI(유럽), TIA(미국), TSDSI(인도), TTA(한국) 및 TTC(일본)]가 구성한 oneM2M은 스마트홈, 의료, 운송 및 제조를 포함한 다양한 수직적 산업에서 사용될 수 있는 IoT 애플리케이션 간에 데이터를 교환 및 공유하기 위한 단일 수평적 플랫폼을 정의하는 세계 표준 계획이다.

그림 3-21은 애플리케이션 계층, 공통 서비스 계층 및 기반 네트워크 서비스 계층 등 3가지 계층을 구성하는 oneM2M 기능 아키텍처를 나타낸다[33].

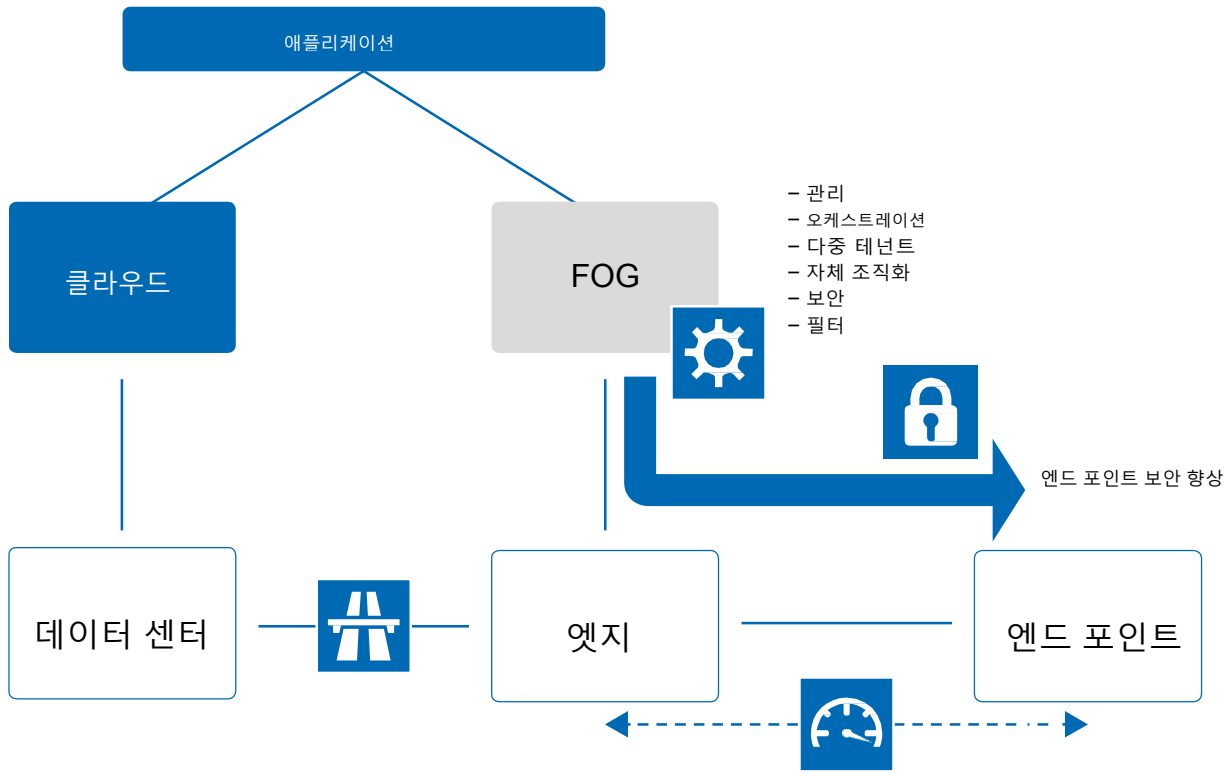


그림 3-20 | 지능형 센서 네트워크

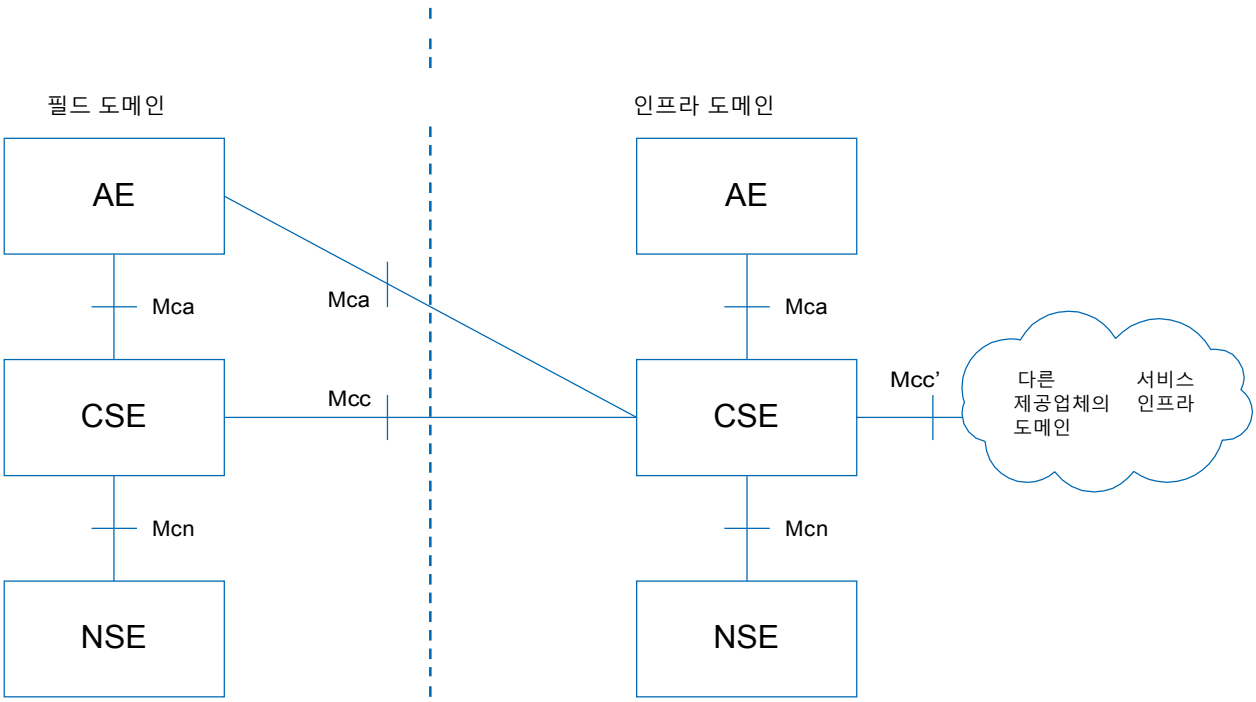


그림 3-21 | oneM2M 기능 아키텍처 [33]

각 계층에서 논리 기능은 상응하는 엔터티로 표시된다.

- 애플리케이션 엔터티(AE): M2M 애플리케이션 서비스 로직을 이행하는 엔터티이다. AE의 예에는 차량군 추적 애플리케이션, 원격 혈당 모니터링 애플리케이션, 전력 계량 애플리케이션 또는 제어 애플리케이션의 인스턴스가 있다.
- 공통 서비스 엔터티(CSE): M2M 환경의 "공통 서비스 기능"의 모음에 대한 인스턴스화를 나타낸다. 그런 서비스 기능은 Mca 및 Mcc 참조점을 통해 다른 엔터티에 노출된다. 참조점 Mcn는 기반 네트워크 서비스 엔터티에 접근하는 데 사용된다. CSE가 제공하는 서비스 기능에는 데이터 관리, 장치 관리, M2M 서비스 가입 관리 및 위치 서비스가 있다. CSE에 의해 제공되는 이런 "하위-기능"은 공통 서비스 기능(CSF)으로 논리적 및 정보를 제공하여 개념화될 수 있다.
- 기반 네트워크 서비스 엔터티(NSE): 기반 네트워크에서 CSE로 서비스를 제공한다. 이런 서비스의 예로는 장치 관리, 위치 서비스 및 장치 트리거링이 있다. NSE의 특별 조직화는 전제되지 않는다.

각 oneM2M 기능적 엔터티는 필드 도메인의 장치가 자원이 제한되는지 여부나 분산 데이터 저장, 로컬 프로세스 또는 상호 연동에 여러 중재 게이트웨이가 필요한지 여부 등과 같은 배포 구성에 따라 필드 도메인과 인프라 도메인 모두에 상주할 수 있다. 이런 구성은 그림 3-22와 같으며 "노드"의 개념은 AE 및 CSE가 포함될 수 있는 논리적 장비로 도입된다. 이 도표는 엔터티의 다양성을 제한하지 않으며 표시되는 모든 관계를 제시하도록 요구하지도 않는다.

배포 위치와 oneM2M AE 및 CSE 포함 여부에 따라 몇 가지 유형의 oneM2M 노드가 정의된다.

- 인프라 노드(IN): 하나의 CSE 및 0개 이상의 AE가 포함된 인프라 도메인에 있는 노드이다. IN의 물리적 매핑은 IoT 플랫폼이다. 그러므로 IN의 CSE에는 다른 노드 유형(클라이언트 역할 등)에는 적용할 수 없는 서버 역할과 같은 CSE 기능이 포함될 수 있다.
- 애플리케이션 서비스 노드(ASN): 하나의 CSE와 최소한 하나 이상의 AE가 포함된 필드 도메인의 노드이다. ASN의 물리적 매핑은 IoT 장치일 수 있다.
- 애플리케이션 전용 노드 (ADN): 최소한 하나 이상의 AE가 포함되고 CSE가 포함되지 않은 필드 도메인의 노드이다. AND의 물리적 매핑은 제한된 IoT 장치일 수 있다.
- 비 oneM2M 장치 노드(NoDN): oneM2M 엔터티(AE 및 CSE 모두 비포함)가 포함되지 않은 필드 도메인의 장치 노드이다. 이런 노드는 관리를 포함한 상호 연동 목적으로 oneM2M 시스템에 부착되는 장치를 나타낸다.
- 중간 노드(MN): CSE 하나와 0개 이상의 AE가 포함된 필드 도메인의 노드이다. MN은 MN(MN-CSE)이 양측에서 IN과 ASN/ADN/NoDN 모두와 통신을 주고 받을 수 있다는 점에서 ASN과 다르다. 이 노드는 프록시 기능과 로컬 프로세스(IE)를 제공할 수 있는 중재 엔터티이다. AND의 물리적 매핑은 IoT 게이트웨이일 수 있다. oneM2M 아키텍처는 연쇄 MN을 지원한다. 서로 다른 노드에 상주하는 CSE는 서로 다를 수 있으며 CSE에 의해 지원되는 서비스와 CSE의 노드가 포함된 물리적 엔터티의 특징(예: 서로 다른 메모리, 펌웨어)에 따라 다르다. oneM2M CSE는 CSF라고 하는 서비스를 제공한다. CSF는 Mca 참조점을 통해

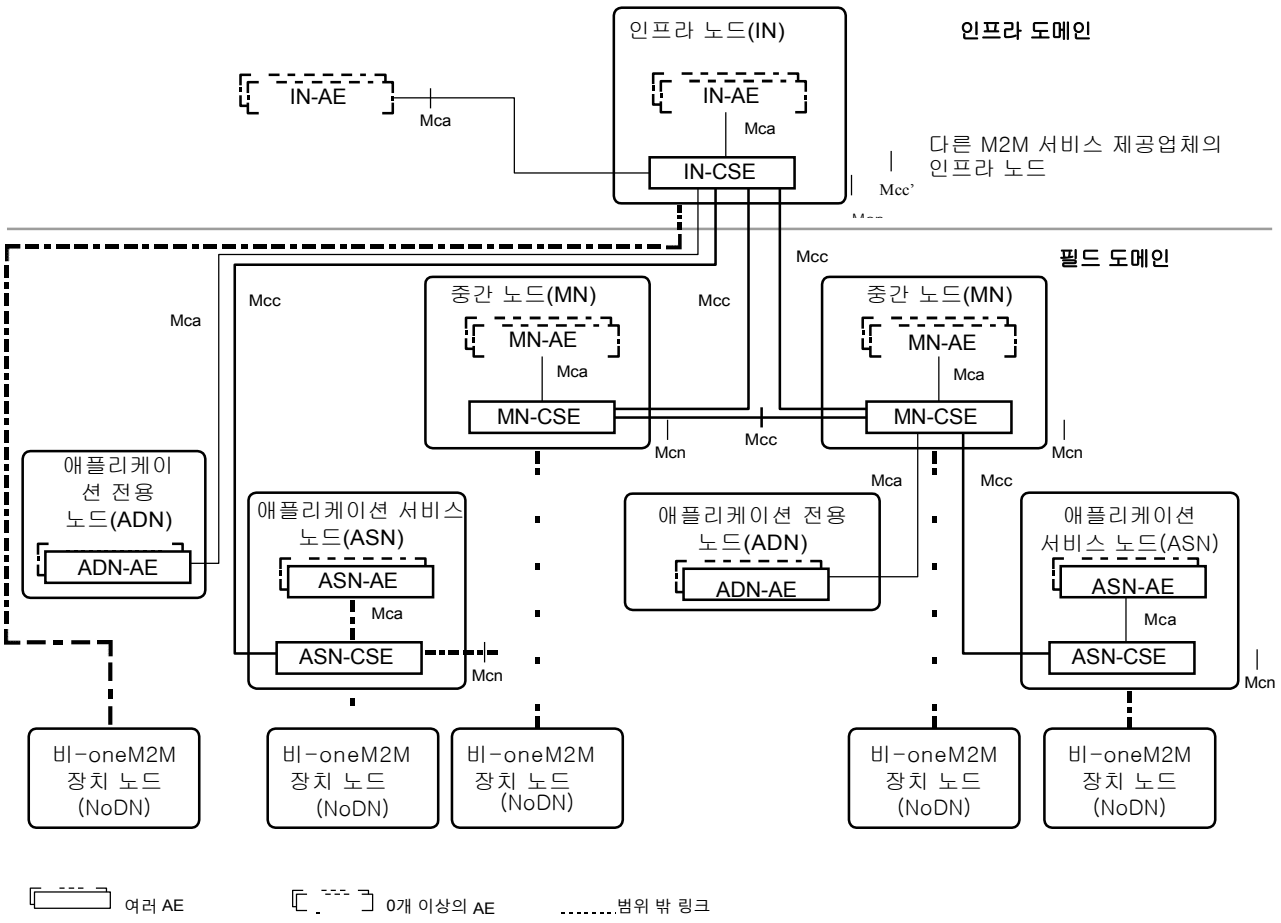


그림 3-22 | oneM2M 아키텍처에 의해 지원되는 구성[33]

Mcc 참조점을 통해 다른 CSE에 서비스를 제공한다. 노드에서 CSE의 인스턴스화는 그림 3-23과 같은 CSFA의 하위 모음을 구성한다.

eM2M은 RESTful 아키텍처를 채택하여 Mca 또는 Mcc를 통해 제공되는 모든 서비스가 HTTP, CoAP, MQTT 및 WebSocket과 같은 상이한 프로토콜(RESTful 또는 비 RESTful)에 바인딩될 수 있는 일반적인 생성, 검색, 업데이트, 삭제 및 통지(CRUDN) 작업을 기반으로 하도록 한다. 프로토콜 바인딩의 선택은 실행에 따라 달라진다.

oneM2M는 Mcn 참조점을 지정하지 않으며 특정 네트워크 기술로부터 독립적이다. 하지만CSE는 다른 기구(OMA 또는 3GPP)가 지정한 네트워크 API를 토대로 한 Mcn을 통해 NSE와 상호작용할 수 있으며 기반 네트워크 서비스를 활용하고 해당 서비스와 조율하여 IoT 애플리케이션에 보다 나은 서비스를 제공한다.

oneM2M 아키텍처는 그림 3-23과 같은 유연한 배포 구성 덕분에 원시 EI/컴퓨팅에 대한 고유한 지원을 제공한다. 보다 높은 스토리지 및 컴퓨팅 성능이 제공되면, MN(IoT 게이트웨이)과 ASN(스마트 IoT 장치)은 일반적으로 EI에 대한 이상적인 호스트가 된다.

MN/ASN은 CSE 및 AE(그림 3-23 참조) 모두를 호스팅할 수 있다. CSE는 데이터 저장, 자원 탐지, 장치 및 애플리케이션 관리, 통신 버퍼링 등과 같은 로컬/엣지 서비스를 제공할 수 있으며, 여러 AE(로컬 애플리케이션)가

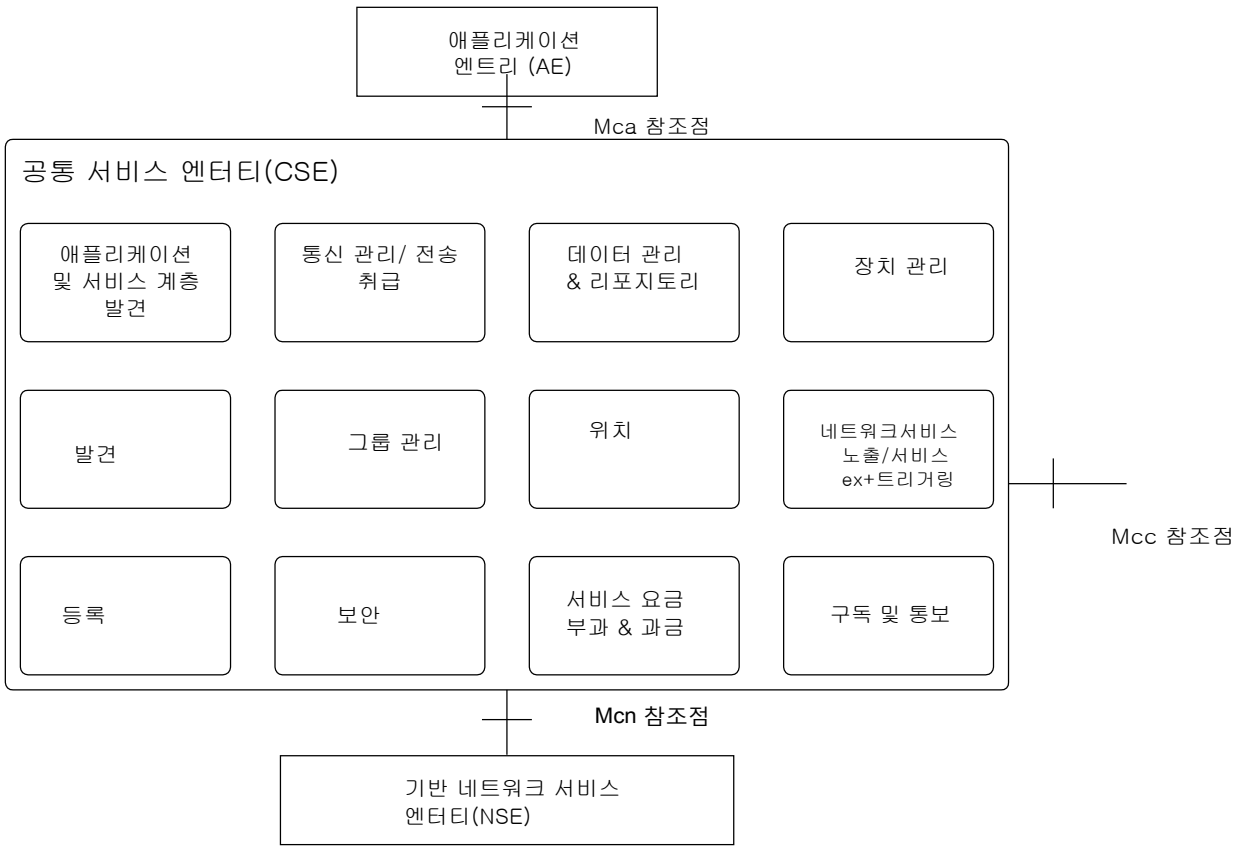


그림 3-23 | oneM2M 공통 서비스 기능[33]

로컬 데이터 필터링/마이닝, 분산 규칙 수행, 매시업 등의 서비스 데이터에 대한 추가 다목적 프로세스(엣지 컴퓨팅)를 수행할 수 있다.

MN/ASN에서 일부 AE는 상호 연동 프록시 엔터티(IPE)로서 프로토콜 변환 및 데이터 모델 매핑을 수행하여 유연한 시스템 통합이 가능하도록 이종 비 oneM2M IoT 장치와 지역 네트워크(예: Zigbee, OCF)가 oneM2M 시스템에 위치할 수 있다.

뿐만 아니라 MN 및 ASN은 대역폭, 저장 및 대기시간을 절감하기 위해 항상 클라우드(즉, IN)를 통하지 않고 고속 데이터 프로세스 및 반응을 위해 랜에서 상호 및 ADN/NoDN과는 물론이고 MN 및 ASN 사이에서 통신을 주고 받을 수 있다.

예컨대, 홈 게이트웨이(MN)의 애플리케이션(MN-AE)은 온도 센서(ADN)로부터 온도 데이터를 수집한 후 구성 가능한 자동화 규칙을 바탕으로 에어컨(ASN)을 시작하여 난방을 가동할 수 있다. 이러한 단순 작업은 효율성이 없고 사용자에게 추가 비용을 부과할 수 있기 때문에 네트워크를 거치지 말아야 한다.

또 다른 사례는 파이프라인(ASN/ADN)에서 시계열 진단 데이터를 수집하는 스마트 팩토리 게이트웨이(MN)로 로컬 스토리지(MN-CSE)에 데이터를 저장하고 매일 또는 주별로 데이터를 클라우드에(IN) 일상 작업으로 백로그한다. 한편 게이트웨이(MN)의 로컬 애플리케이션(MN-AE)은 실시간으로 로컬 데이터를 토대로 예측 분석을 수행할 수 있다. 이상 패턴이 발견되거나 예상되면 필요에 따라 원시 데이터 전체가 포함된

긴급 보고서를 클라우드(IN)에 발행한다. 엣지에서 클라우드까지의 통신 대역폭과 클라우드 스토리지는 긴급 상황이 발생하지 않는 한 간편한(low-value) 데이터 보고를 통해 크게 절감될 수 있다. 더 나아가 로컬 애플리케이션(MN-AE)이 즉각적인 대책을 수립할 수 있다. 즉, 클라우드에 긴급 상황이 보고되거나 클라우드로부터 명령이 수신되기 바로 직전에 막대한 손상이나 손실이 발생하지 않도록 하기 위해 파이프라인에 직접 중단 또는 감속을 위한 제어 명령을 전송한다. 이와 유사한 사례는 자율주행에서 찾을 수 있다. 커넥티드 자동차(MN 또는 ASN)는 대부분의 컴퓨팅 작업을 로컬에서 수행할 것이다. 예컨대, 적응형 운행 제어, 충돌 방지, 클라우드(IN)로부터 때때로 교통 정보를 다운로드하거나 사고가 발생한 경우에만 클라우드(IN)에 위치 및 손상을 보고하는 경우가 있다.

3.4.3 IIC 아키텍처

산업용 인터넷은 사물, 기계, 컴퓨터 및 인간의 인터넷이며, 변화하는 사업 성과에 대한 고급 데이터 분석이 사용되는 지능형 산업 운영을 가능하게 한다. OMG/ODP 전통 및 IEC 지침을 따르는 산업 인터넷 컨소시엄(IIC) 참조 아키텍처는 4가지 관점(1v) 비즈니스, 2v) 활용, 3v) 기능 및 4v) 이행)을 고려한다. 기능적 관점은 6대 공통 보안 기능(감사, ID, 암호, 개인 정보 보호, 인증 및 물리적 보호)에 의해 지원되는 5가지 항목(1d) 제어, 2d) 운영, 3d) 정보, 4d) 애플리케이션, 5d) 비즈니스)를 고려한다. 이러한 3중 계층 모델은 대표적인 이행 뷰(implementation view)를 대표한다. 그림 3-24에서는 엣지 계층이 주로 1d이고, 플랫폼 계층이 주로 2d 및 3d이며,

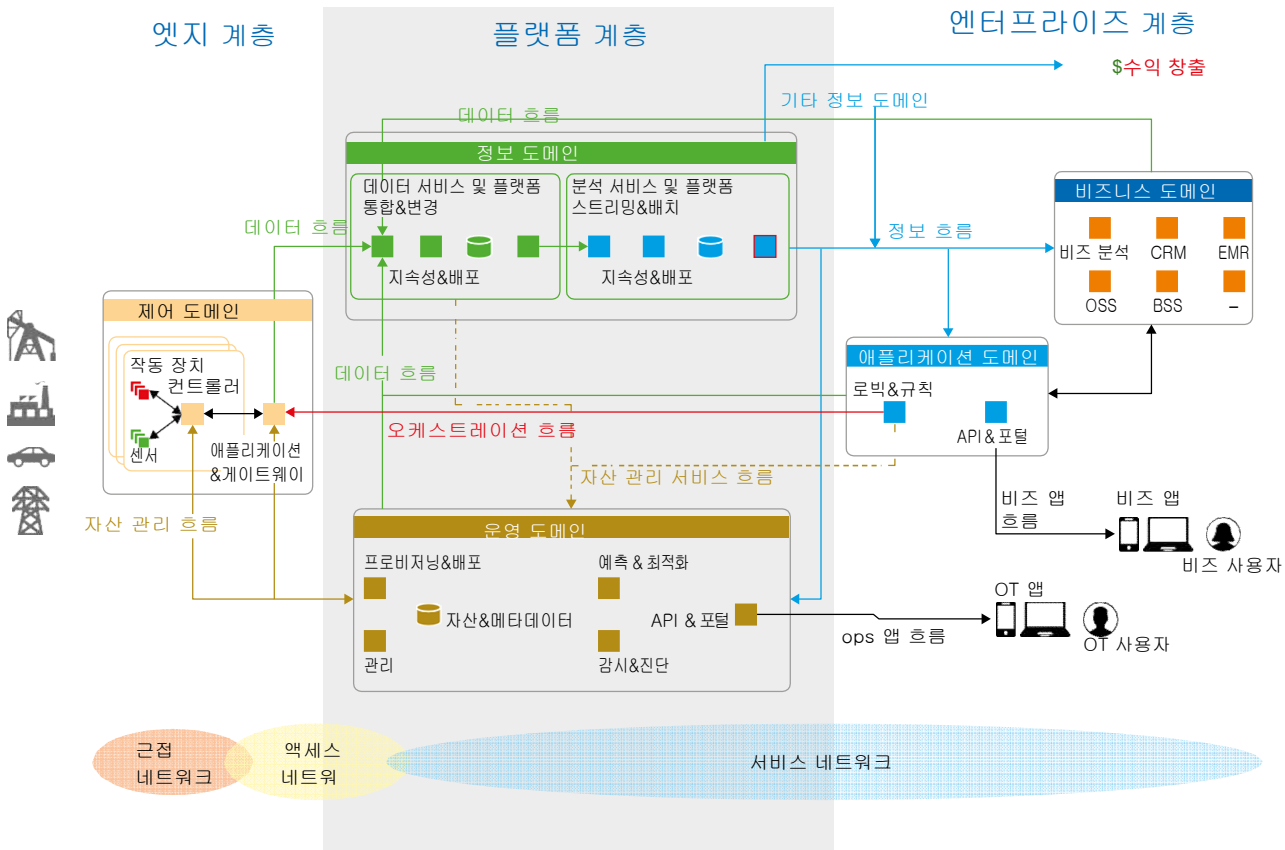


그림 3-24 | IIC 아키텍처 [출처: IIC]

엔터프라이즈 계층이 4d 및 5d인 3중 계층 모델[34]을 설명한다. 결과적으로 EI는 3d 및 4d의 일부를 엣지 도메인으로 마이그레이션할 것을 요구한다. 보안, 복원성, 분석 등과 함께 인텔리전스는 IIC에 의해 핵심 시스템 고려사항으로 간주된다. 이것은 통신에서 최고의 이해 수준(3번째 수준)과 연관되며, 송신자의 의도 해석을 수월하게 한다.

인텔리전스는 일부 장소에서 지원된다. 예를 들면, 지능적인 의사 결정이 자동 서비스 발견의 지원을 받을 수 있다. 하지만, IIC 인텔리전스의 핵심 플레이스홀더는 지능형 및 복원력 있는 제어(IRC)이다. IIC 아키텍처 문서는 샘플 IRC 워크플로우와 함께 IRC 설계와 관련한 다수의 모델링 고려사항을 기술하며, 이것들을 플래너, 예측기, 책임 배정기 및 윤리적 거버너와 같은 기능적 구성요소에 매핑한다.

3.4.4 OPC-UA 아키텍처

모든 산업 부문에 걸쳐 디지털 변화의 바람이 불 것이며, 동시에 기술적 과제도 부상할 것은 자명해 보인다. 관계 대상 연결성, 통신 및 데이터 교환의 핵심 영역은 직접 상대 영역을 토대로 구축되어 도메인 간의 상호 운영성을 보장한다. 확장된 개념적 개방 시스템 상호 연계(OSI) 모델을 기반으로 물리적 계층에서 시작하여 지식의 의미론 기반 교환에서 끝난다.

시스템 통합자 및 산업계 공급자를 비롯한 500여 회원이 가입된 세계 비영리 기구인 국제 OPC 재단 내에서 개발된 개방형 플랫폼 통신 통합 아키텍처(OPC-UA) 미들웨어는 그림 3-25과 같이 자동화 업계에서 주로 사용되고 있다. 2006년 이후 이 아키텍처는 이전의 프로세스 제어를 위한 개체 연결 및 포함(OPC) 아키텍처에 대한 후계자였으며, 서로 다른 두 가지 통신 유형 즉, 원시 전송 제어 프로토콜(TCP) 소켓을 사용하여 직접적으로 바이너리 데이터 교환 또는 [35]에서 정의된 아키텍처와 함께 TCP 상의 단순 개체 액세스 프로토콜(SOAP) 및 HTTP를 통해 확장 마크업 언어(XML) 데이터 교환을 정의한다. 2016년 6월 이후 고급 메시지 대기열 프로토콜(AMQP)과 같은 추가 애플리케이션 수준 등록/구독 프로토콜이 평가된다. 이 표준은 추가로 (이력적) 데이터 액세스, 경보 및 상태와 프로그램 가능성뿐만 아니라 교환된 정보를 기술하기 위한 공통 개체 지향 메타모델과 같은 공통 기반 서비스를 정의한다.

3.4.5 코어 네트워크

3.4.5.1 4G 코어 네트워크

그림 3-26과 같이 4G 액세스 네트워크에 대해 3GPP는 LTE를 포함하여 액세스 기술의 3GPP 기술군에 대한 연결 기능을 제공하는 모든 IP 코어 아키텍처와 같은 개선된 패킷 코어(EPC)를 표준화하였다. EPC에는 다음 사항에 대한 집중적인 메커니즘이 포함된다.

- 홈 가입자 서버, 인증, 권한 부여 및 과금(AAA) 서버[36]를 갖고 사용자 엔드 포인트(UE)의 ID를

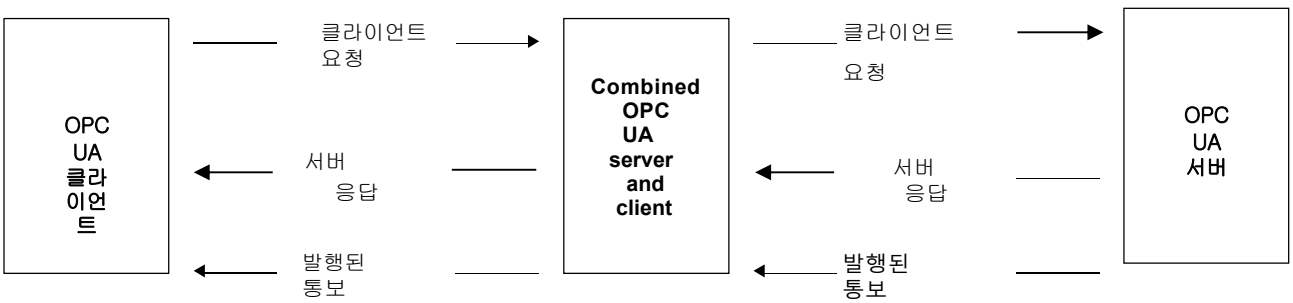


그림 3-25 | OPC-UA 시스템 아키텍처 [출처: OPC-UA]

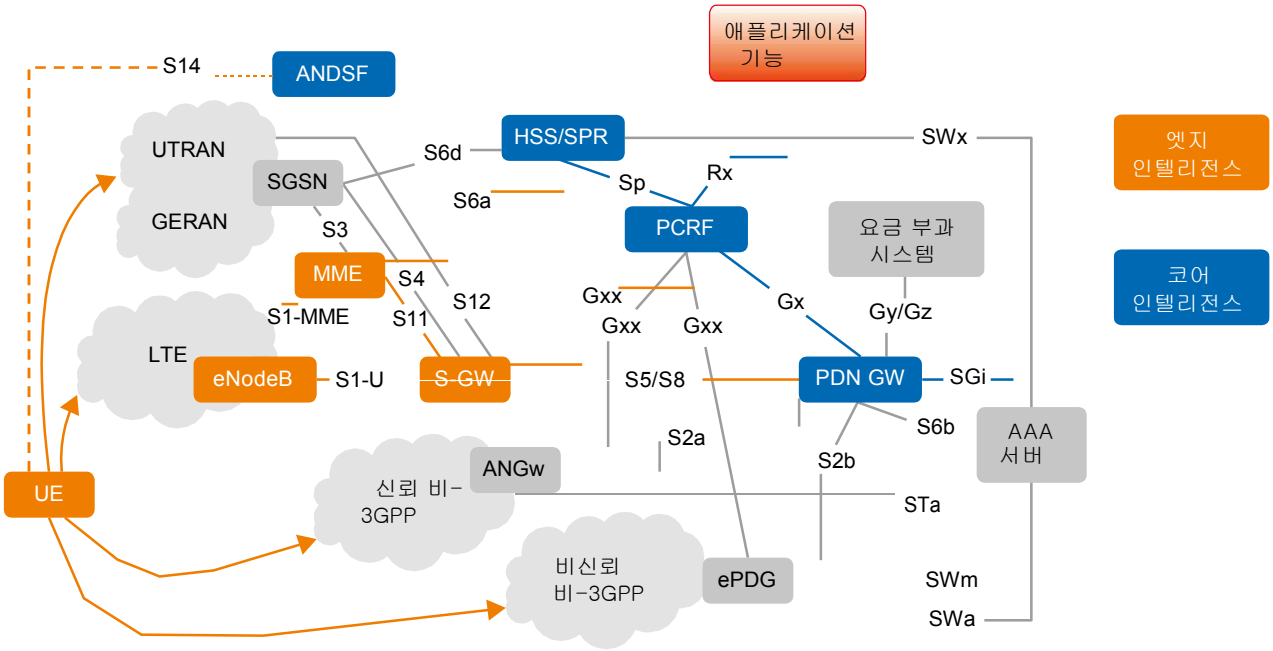


그림 3-26 | EPC 단순화 아키텍처

보유하고 두 액세스 네트워크 유형에 대해 인증하는 3GPP 및 비 3GPP 액세스 네트워크에 대한 인증 및 권한 부여 액세스

- 이동성 지원, 해당 노드에 대해 투명성. 이동성 관리 엔터티(MME)는 연결성 세션을 보존하며 패킷 데이터 네트워크 게이트웨이(PDN-GW)는 UE 데이터 트래픽을 앵커에 고정하여 투명한 이동성과 함께 집중 과금(convergent accounting)을 보장한다.
- 정책 및 요금 부과 기능(PCRF)에 의해 제어되는 정책 기반 자원 보유 서비스 품질(QoS) 및 요금 부과. 애플리케이션 기능(AF)이 PCRF와 통신을 주고 받으며 특정 애플리케이션 세션에 대한 QoS 성능을 요청한다.
- 액세스 네트워크 발견 및 선택 기능(ANDSF)은 엔드 장치에 특정 위치에서 및 특정 간격으로 특정 액세스 네트워크를 선택하도록 권장/정책을 전송할 수 있다.

그러므로 UE는 위치, 수신범위, 가격, 광고된 네트워크의 가용 대역폭 및 현재 요구되는 QoS를 기반으로 네트워크 사용량을 맞춤 조정할 수 있다. 이 기능은 네트워크 운영자가 예측이나 단순 통계에 따라 특정 위치 및 시간대에 트래픽을 오프로드하기 위해 사용할 수 있다.

EPC 코어 네트워크의 제어 평면은 각 성능 즉 인증, QoS 및 요금 부과, 장치 연결성 관리 및 이동성에 대한 HSS, PCRF, ANDSF, MME 및 PDN-GW로 구성된다. 이런 구성요소는 정책 변경 및 모니터링 대상 네트워크의 동작 방식에 맞춤 수정하는 데 유연성이 있는 것으로 여길 경우 네트워크의 인텔리전스에 대한 진입점이다.

이동성 지원을 고려할 때 기지국 간(개선된 노드 B) eNodeB)) 또는 액세스 네트워크 간(LTE와 기타 비-3GPP 네트워크)에 인계되는 서비스 필요의 종류 측면에서 서비스 사용량에 대한 모니터링 정보부터 시작하여 인간과 기계 UE 동작 방식

모두의 패턴을 학습할 수 있다. 이렇게 취득된 인텔리전스는 특정 장소(사용자 연결이 폭증하거나 또는 분산되어 미디어 서비스를 집중적으로 사용하는 경우)에서 피크 타임이 발생하기 전에 MME를 확장하거나 게이트웨이(SGW) 구성요소를 제공하는 것과 같이 엣지에서 자원을 사전 할당하기 위한 목적으로 시스템에 의해 사용될 수 있다.

더 나아가 짧은 지연 통신을 필요로 하는 고 이동성 애플리케이션에 대해 3GPP는 eNodeB의 배후에 직접 애플리케이션 서버가 배포되는 로컬 브레이크아웃(local breakout)이라는 메커니즘을 정의하였다. 통신은 직접 연결되어 더 이상 SGW 및 PDN-GW에 전달되지 않으며 SGi 인터페이스를 통해 인터넷에 연결된다. 이 경우, 4G 네트워크의 ECN에 보다 많은 인텔리전스가 배치되어 높은 이동성 및 짧은 통신 지연 요구사항을 갖는 애플리케이션(3.4.7절 참조)에 대해 수립된 세션으로부터 QoS와 최소 패킷 손실을 수용할 수 있다.

3.4.5.2 소프트웨어 네트워크 및 소프트웨어 정의 네트워크

공통적인 기성 하드웨어 위에 프로그램으로 네트워크 기능(NF)을 배포하는 패러다임 채택 시 이 기술의 주요 초점이 소프트웨어 프로그램에 의해 제공되는 역동성으로 완전히 옮겨가면서 결국 소프트웨어 네트워크가 된다. 제어의 가장 고객 맞춤이 가능한 형태인 소프트웨어 프로그램은 새로운 형태의 혁신을 촉발하는 원격 통신과 IT 산업 간의 완전한 집중을 나타낸다.

그림 3-27과 같이 소프트웨어 정의 네트워크 환경에서 인텔리전스는 여러 SDN 스위치에 패킷 라우팅 방법을 통보하는 SDN 컨트롤러에 상주한다. SDN 스위치는 프로토콜을 통해 SDN 컨트롤러와 인터페이싱하는 프로그램 가능 스위치이다. SDN 컨트롤러에 SDN 스위치가 취급하는 트래픽에 대한 통보가 가능하도록 하는 데이터 흐름의 모니터링도 지원된다. 이런 기능을 지원하는 SDN 프로토콜 중 하나가 OpenFlow이다[37].

SDN 네트워크의 배포는 캠퍼스 네트워크로 출발했으며 초고속 장치 제조업체 및 운영자들이 MME-SGW-PGW 구성요소에 연결된 SDN 컨트롤러를 갖고 SDN 스위치의 계층으로 규칙을 전송하는 사용자 평면(UP)에서 제어 평면(CP)을 분리하여 EPC 아키텍처를 수정했다[38].

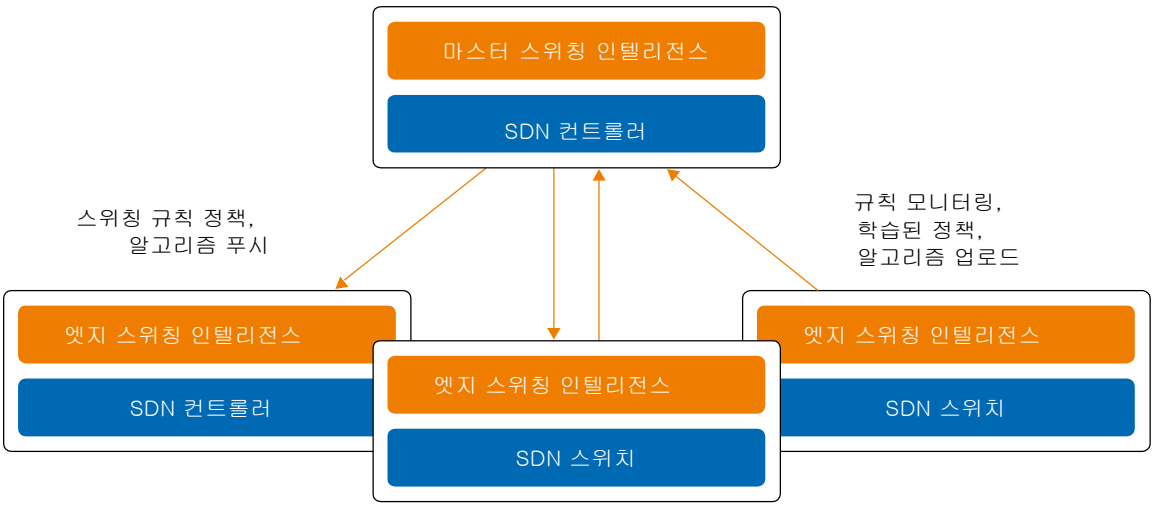


그림 3-27 | SDN 및 EI

소프트웨어-정의 네트워크의 유연성덕분에 엣지 노드에 의해 제공되는 규칙/정책/알고리즘에 기반하여 시작 스위칭 알고리즘 또는 정책이 제공될 수 있으며 마스터 스위칭 엔터티는 엣지 스위칭 인텔리전스를 맞춤 수정하고 개선할 수 있다. SDN 스위치는 데이터 프로세싱을 위한 알고리즘을 수신할 수 있으며 모니터링되는 트래픽을 기반으로 알고리즘을 개선하고 SDN 컨트롤러를 업로드할 수 있다.

엣지 컴퓨팅에 SDN을 적용하면 수백만 개의 장치가 네트워크에 액세스할 수 있도록 지원하고 유연한 확장성도 지원될 것으로 보인다. SDN은 효율성이 높고 저비용인 자동 운영 및 유지보수(O&M)를 제공하고 보안 공조와 네트워크 및 보안의 융복합을 실현한다.

3.4.5.3 네트워크 기능 가상화 및 오케스트레이션

표준 ETSI 네트워크 기능 가상화(NFV)는 "새로운 네트워크 서비스의 롤아웃을 단순화하고 배포 및 운영비를 절감하며 혁신을 장려"하기 위해 가상화 네트워크 및 서비스에 대한 새로운 접근방식을 도입한다. 즉, 여러 네트워크 운영업체(테넌트)가 공통의 인프라 상에서 상이한 가상 네트워크 기능을 가진 맞춤화된 네트워크 서비스를 제공할 수 있게 됨으로써 네트워크 공유를 실현할 수 있다. NF 모음을 토폴로지에 구성함으로써 서비스 기능 및 동작 방식 표준을 충족하는 네트워크 서비스를 얻을 수 있다. VNF은 다른 VNF 및 물리적 네트워크 기능(PNF)과 연쇄되어 네트워크 서비스를 실현한다.

[39]에서 추출된 ETSI NFV의 현재 사용 사례의 일부는 다음과 같다.

- 모바일 코어 네트워크
- IP 멀티미디어 하위 시스템
- 기지국의 가상화, 홈 환경
- 콘텐츠 전송 네트워크(CDN)
- 서비스로서 가상 사설 네트워크(VPN)
- 고정 액세스 네트워크 가상화

ETSI NFV 표준에서 중요한 구성요소는 NFV 관리와 오케스트레이션(MANO)이다(그림 3-28 참조)[39]. 이 구성요소는 VNF 관리자를 사용하여 OpenStack[40] 또는 Amazon Cloud 와 같은 가상화 인프라에서 VNF의 수명주기를 배포, 모니터 및 결정할 수 있다. 운영 및 비즈니스 지원 시스템(OSS 및 BSS)과 요소 관리 시스템(EMS)은 고장, 구성, 과금, 성능 및 보안(FCAPS) 관리와 같은 재래식 네트워크 관리 작업을 수행한다.

EI 관점에서 NFV를 사용하여 서비스의 규모를 자동으로 확대하거나 축소하여(새 인스턴스 배포 또는 종료) 시스템이 피크 사용량 또는 에너지 효율성과 같은 로컬 요구사항에 대응할 수 있도록 한다.

엣지에서 NFV 배포를 계획할 경우, 컴퓨팅, 메모리 및 네트워크의 자원이 서비스의 필요한 맞춤 수정을 지원하기에 충분한지 여부를 판별하기 위해 가상 환경의 상태에 대한 정보가 필요하다. 조사 결과 가상 자원의 실제 사용량이 "노이지 네이버(noisy neighbor)"[41] 등의 실행 서비스의 영향을 받을지도 모르는 것으로 나타났기 때문에 이 정보는 실제로는 충분하지 않을지도 모른다. 이러한 상황을 개선하기 위한 솔루션은 먼저 가상 자원의 실제 상태 및 시스템 동작 방식에 대한 영향을 모니터링하는 것이다. 세션 수립 또는 미디어 교환과 같은 서비스 수립의 현재 지연을 보고하는 주입된 자동화 테스트에 대한 모니터링 정보는 특히 특정 가상화 및 공유 인프라에서 실행되는 가용 통계가 없을 때 사용되는 전략 중 하나이다. 측정된 지연이 감당할 수 있는 정도이면, 서비스를 실행하는 시스템은 지능형이 되어

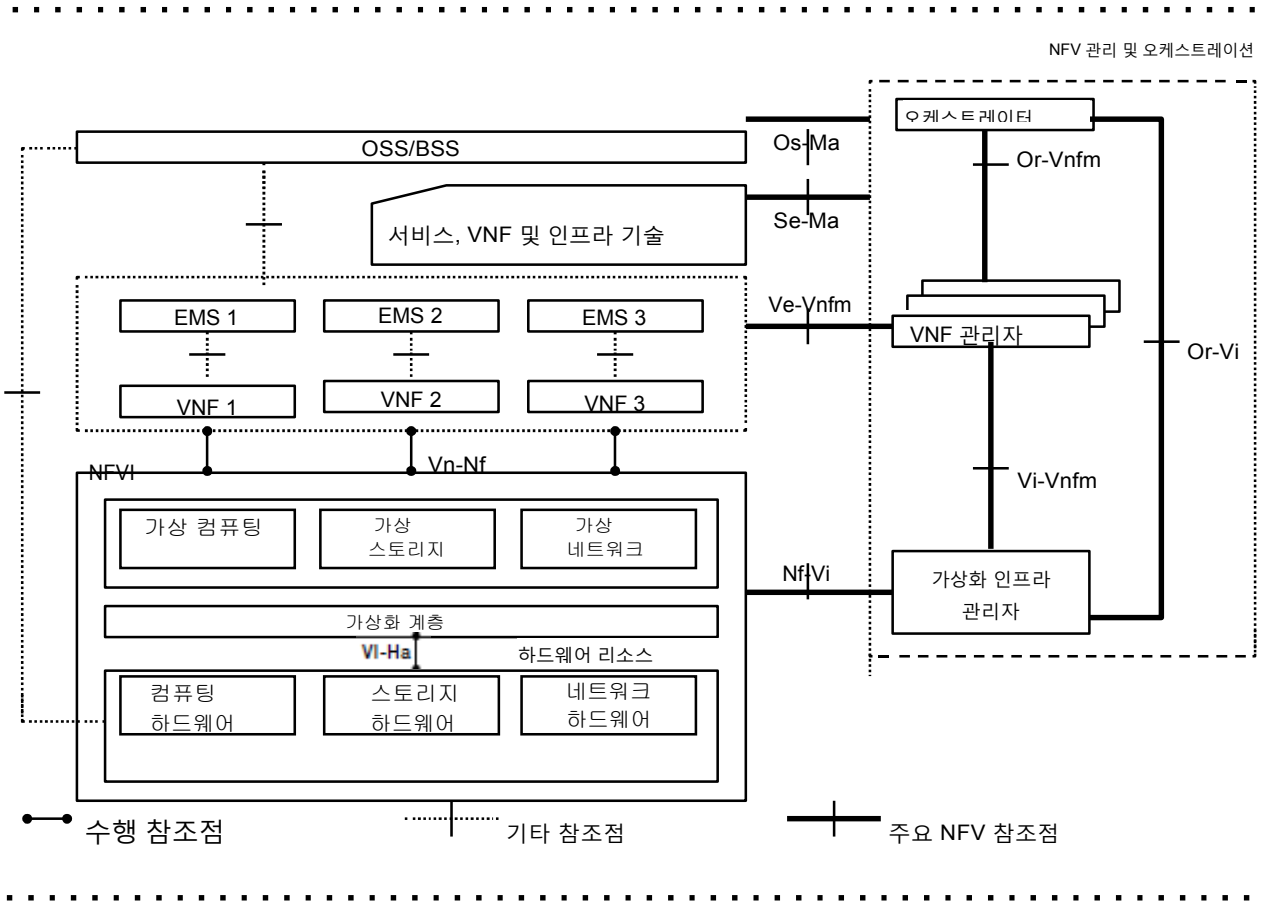


그림 3-28 | ETSI NVF MANO 프레임워크 아키텍처[출처: ETSI NFV]

구성요소 간의 응답에 대해 현재 측정된 지연에 자체적으로 맞춤 수정되어 타임아웃을 피한다.

현재 새로운 가상 기계/컨테이너 배포 시간은 분 단위이다. 비지능형 시스템을 사용하여 초저 대기시간을 요구하는 서버스에 대해 이 시간 범위 내에서 가용한 새로운 서비스 인스턴스를 배포하면 위험에 처할지도 모른다. 그러므로 서비스 사용에 대한 인텔리전스를 얻고 적시에 사전 할당된 가상 기계 자원을 확보하는 것이 해결책이며, 때로는 "적시에" 또는 예비 가상 기계 풀에서 사용 가능한 가상 기계/컨테이너를 확보하고 사전에 서비스 기능을 갖추도록 하여 초저 대기시간 내에 구성되어 기존 인프라 토폴로지에 연결될 수 있도록 한다.

3.4.5.4 ID, 인증 및 권한 부여

[42]에서는 보안이 중요한 역할을 하는 일부 사용 사례(보안 부팅, 보안 충돌, 다중 관리자 역할, 사용자/테넌트 인증, 권한 부여 및 과금) 에 관해 설명한다.

ETSI NFV[42]의 보안 표준에 있어 지원되는 보안 관점 즉, 인증, 권한 부여, 기밀성 보호 및 무결성 보호와 ETSI NFV에 연관되는 방식 등에서 가상화 소프트웨어 OpenStack이 분석된다.

다수의 ETSI NFV MANO 이행 중에서 하나가 최근 다중 H2020 프로젝트를 이용하여 가시화되었다. 이 툴킷의 명칭은 OpenBaton[43]이며

OpenStack 또는 Amazon 클라우드를 실행하는 데이터 센터를 다룰 수 있다. 네트워크 토폴로지를 동적으로 배포하기 위해서는 각 서비스가 VNF로 실행되도록 하는 어댑터를 생성하고 오케스트레이터에 특정 상호 접속 위치(PoP) 즉, 데이터 센터에 대한 네트워크 서비스 기술자(NSD)를 배포하도록 요청해야 한다.

3.4.5.5 다중 액세스 엣지 컴퓨팅

ETSI 다중 액세스 엣지 컴퓨팅(MEC)의 실무 그룹은 모바일 코어 네트워킹에 대한 새로운 접근방식을 제공한다. 운영자가 무선 액세스 네트워크(RAN) 엣지를 개방하고 권한이 부여된 제 3자 애플리케이션 기능을 모바일 가입자, 엔터프라이즈 및 수직 세그먼트를 지향하여 배치한다.

모바일 엣지 컴퓨팅 프레임워크는 모바일 엣지 애플리케이션을 소프트웨어 전용 엔터티로 이행하도록 허용하는 데 연관된 일반 엔터티를 나타낸다. 그림 3-29와 같이 이들은 시스템 수준, 호스트 수준 및 네트워크 수준 엔터티로 그룹화될 수 있다[44]. 모바일 엣지 관리는 모바일 엣지 시스템 수준 관리 및 모바일 엣지 호스트 수준 관리로 구성된다.

MEC 서버의 아키텍처는 애플리케이션에 대한 미들웨어 서비스로 구성된다[45].

- 인프라 서비스: 1) 애플리케이션 서비스 및 자체 내의 상호 작용을 위한 API를 제공하는 통신 서비스와 2) 요구되는 서비스에 대한 엔드 포인트를 발견하고 해당 위치를 찾아내기 위해 애플리케이션에 의해 사용되는 서비스 레지스트리 포함
- 다음과 같은 수준 높고 의미있는 데이터를 산출하여 공급하는 애플리케이션에 정보를 제공하는 무선 네트워크 정보 서비스(RNIS):

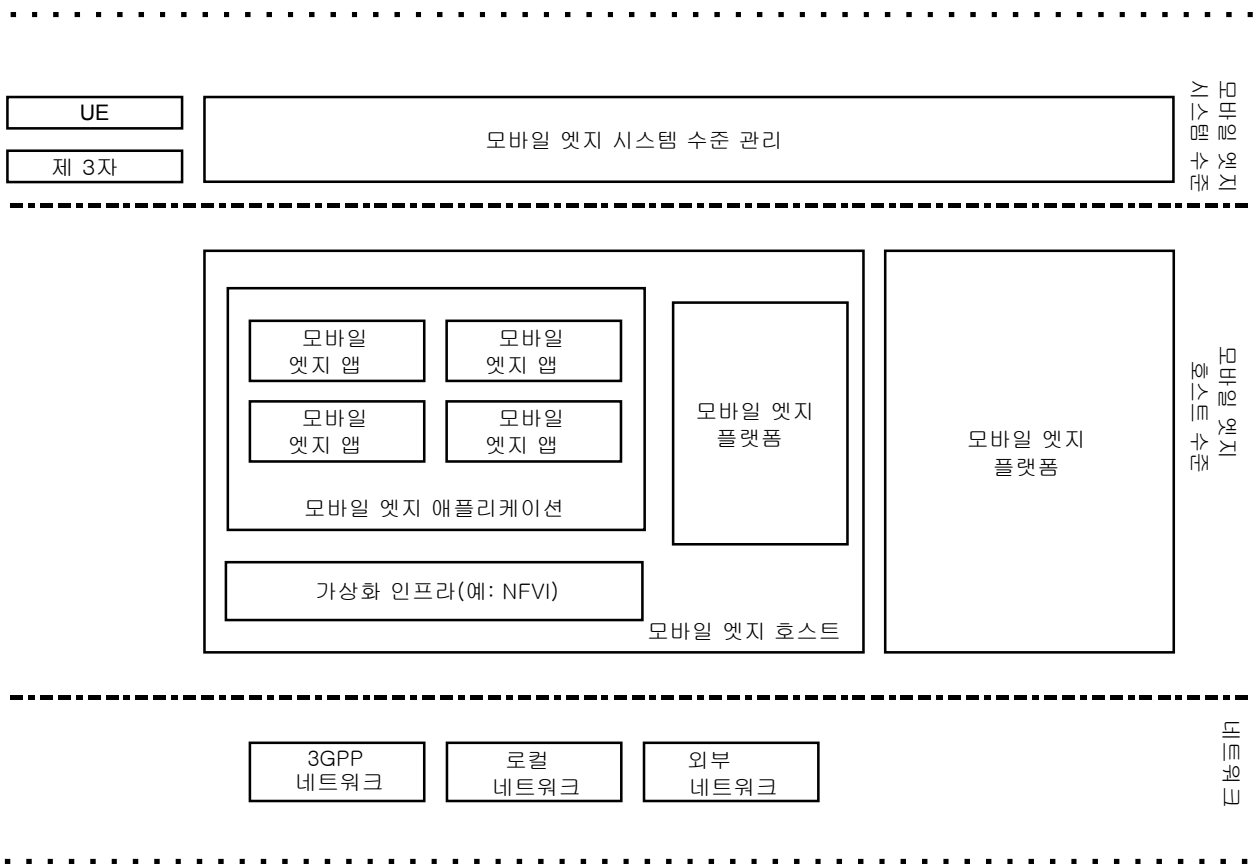


그림 3-29 | ETSI MEC 프레임워크 아키텍처 [출처: ETSI]

셀-ID(cell-ID), 가입자의 위치, 셀 부하 및 처리량 지침

- 트래픽 오프로드 기능(TOF)은 트래픽의 우선순위를 지정하고 선택된 정책 기반 사용자-데이터 스트림을 데이터를 수신할 권한이 부여되는 애플리케이션으로 및 애플리케이션으로부터 라우팅한다. 이 기능은 통과 모드에서 데이터 평면이 애플리케이션으로 전송된 뒤 원래 PDN-GW으로 전송되어 실행되거나 엔드 포인트 모드에서 데이터를 위치 애플레케이션으로 전송하여 실행될 수 있다.

2016년 9월 산업 규격 그룹(ISG) MEC가 3GPP 액세스 기술에 더해 Wi-Fi 및 고정 회선의 중요성을 반영하여 약어 MEC를 "다중 액세스 엣지 컴퓨팅"[46]으로 변경했다. 무선 액세스 네트워크를 제 3자 플레이어에 개방하면 모바일 운영자에게 가치와 기회가 창출될 수 있고 새로운 서비스 및 애플리케이션에 대한 혁신을 가속화하여 모바일 엣지에서 근접성, 컨텍스트 및 속도를 활용할 수 있다.

3.4.5.6 프로그램 가능 연결성 ID

모바일 연결을 사용하고 새로운 당사자에게 이동, 양도, 대여 또는 판매되는 IoT 인프라의 제약들 가운데 하나는 SIM ID가 SIM 카드(범용 통합 회로 카드(UICC)) 수동 교체를 통해서만 변경될 수 있다는 점이다. 임베디드 UICC(eUICC/eSIM)에 대한 보안 원격 제공 아키텍처에 대한 솔루션은 GSMA에 의해 소비자와 M2M SIM 카드 양쪽에 대해 표준화되었다[47].

그림 3-30과 같이 eSIM은 구성된 가입 관리자에 등록되어 운영자 연결을 활성화/비활성화하는 정책을 수신하고 새로운 증명정보를 다운로드하여 운영자에게 연결할 수 있다. 가입 관리자 간에 인계를 위한 인터페이스가 지원된다. 이 표준은 매우 유연하고 안전하며 모바일 또는 판매 제품의 수명주기 관리를 매우 효율적으로 수행하여 장치의 부품 시장 관리가 가능하도록 지원한다.

이 문제에 대한 또 하나의 해결책은 펌웨어에 증명정보를 포함한 뒤 새로운 증명정보로 펌웨어 업데이트를 전송하는 것이다. 이에 대한 대안은 증명정보를 스마트 카드에 저장하고 OMA LWM2M 장치 관리 프로토콜을 사용하여 권한이 있는 엔터티로부터 수신된 정보를 토대로 관리 클라이언트가 증명정보를 업데이트하도록 하는 것이다.

3.4.5.7 5G 코어 네트워크

최근 3GPP는 요구사항 목록(다수의 요구사항은 NGMN 5G 백서[49]에 이미 제시)에 대응하여 [48]에서 코어 네트워크 아키텍처 표준화를 시작했다. 기술 사양[48]은 LTE, NextGen 무선(5G)뿐만 아니라 WLAN 및 위성을 지원하는 아키텍처를 도입한다.

4G 코어 네트워크와 비교하여, 네트워크의 인텔리전스에 관한 다음과 같이 참신한는 신개념은 NextGen 아키텍처에 포함된다(그림 3-31 참조).

- 네트워크 슬라이싱 및 네트워크 슬라이스 선택: 이 메커니즘을 통해 NFV 기술, 전용 또는 격리된 네트워크 활용을 공유 하드웨어에 배포할 수 있다. 이 개념은 매우 강력하며 코어 네트워크에 전례없는 수준의 유연성을 도입한다. 그 결과로 코어 네트워크는 물려받은 인증, 권한 부여 및 과금에 대한 다이어미터(DIAMETER) 등의 프로토콜과 표준을 사용하여 상호 운영성을 보존함으로써 하드웨어 기반에서 소프트웨어 기반 네트워크로 전환을 극복한다. 그럼에도 불구하고 이 개념과 더불어 제어 평면 구성요소와 사용자 평면 구성요소 간의 분명한 분리는 확장성, 보안 및 이동성 요구사항에 대한 맞춤 수정을 도입하는 데 필요한 유연성을 보장한다.

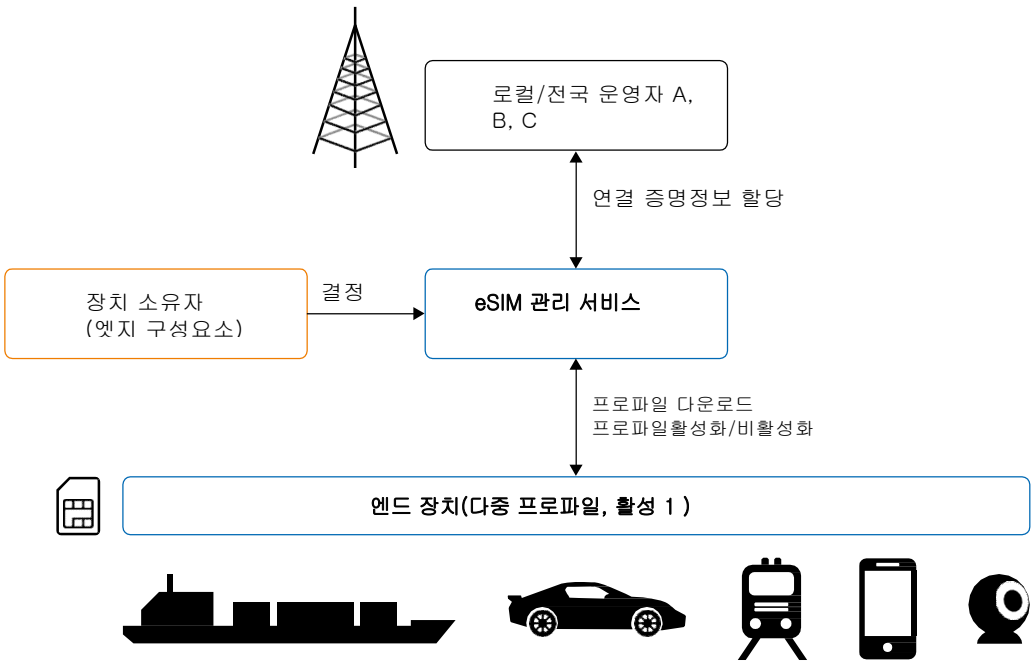


그림 3-30 | eSIM 활성화 인프라 아키텍처

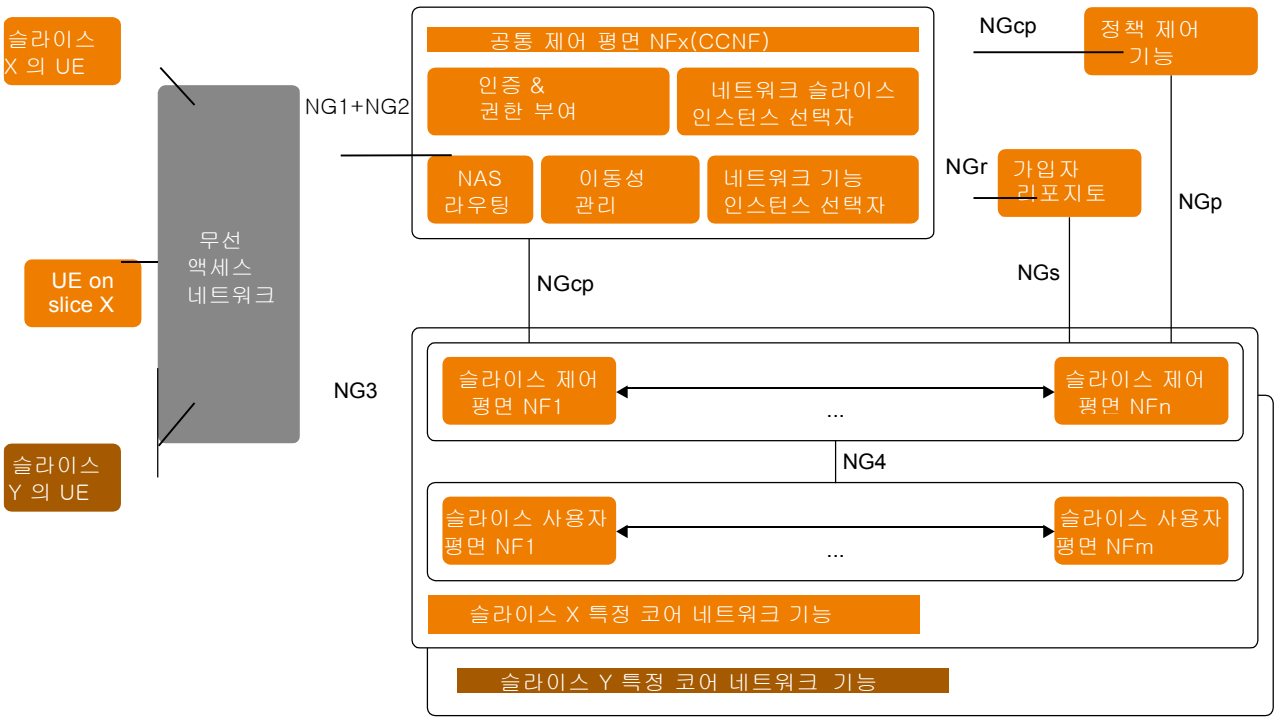


그림 3-31 | 3GPP NextGen 아키텍처

몰에서 공공 네트워크가 고객들에게 비핵심 QoS를 제공하고 보증된 QoS 자원을 갖춘 또 다른 네트워크가 스마트 빌딩 인프라의 공공 안전 서비스나 유지보수를 위해 배포되며, 5G에 의해 네트워크 슬라이스 선택이라는 새로운 메커니즘이 도입되는 다중 전용 네트워크를 사용하여 구별하고 전용 네트워크 중 하나에 대해 액세스를 허용할 수 있다(그림 3-32 참조).

- 구성요소 확장 및 축소, 소프트웨어 정의 네트워킹 설계, 에너지 효율성 및 네트워크 성능 노출: 네트워크 슬라이싱과 함께 이런 개념이 에너지 효율성에 대한 유연성 및 자율 맞춤 수정을 도입하며 지능형 네트워크를 향한 중요한 단계로 간주될 수 있다.
- QoS 지원을 위한 콘텐츠 인식 무선 액세스 네트워크: QoS 성능은 기지국과 함께 실행되는 소프트웨어 구성요소에서 엣지의 우측으로 이동된다.
- 다른 여러 요소들 가운데 이동성 프레임워크 지원: 주문형 이동성 개념과 접속 불가능성 검출. 프레임워크는 이동성 필요에 따라 정적, 특정 영역에서 이동성 및 고도의 이동성으로 분류되는 엔드 장치가 포함되는 에너지 효율적인 IoT 통신와 같이 맞춤 수정이 가능하고 유연성 있으며 지능형이 되도록 설계될 것이다. 장치의 요구사항은 앵커 지점(기지국, 코어 네트워크 구성요소) 결정에 있에 네트워크에 정책 즉, 인텔리전스를 유도하기 위해 고려될 것이다.
- 서비스 세션 지속성: 모바일 장치가 이동 중이더라도 애플리케이션 계층 서비스 세션은 중단되거나 연결이 끊어지지 말아야 한다. 요구되는 성능은 서비스 엔터티가 엣지에 근접하여(무선 액세스 네트워크) 상주할 수

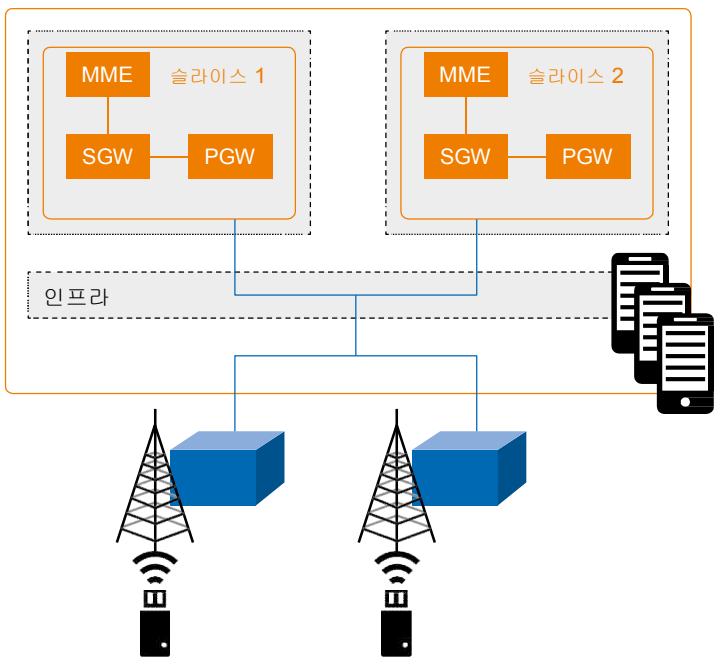


그림 3-32 | 네트워크 슬라이스 선택

있다는 것을 고려하여, 최종 사용자의 평면 컴포넌트 인스턴스를 결정할 뿐만 아니라 애플리케이션 차원의 트래픽을 취급하는 새로운 사용자 평면 컴포넌트를 재선택할 수 있는 시간을 결정하는 것이다.

3.4.6 액세스 네트워크

3.4.6.1 Narrowband IoT

최근 3GPP는 특별히 IoT를 연결하기 위해 설계된 협대역 IoT(NB-IoT) 기술을 표준화하였다[50]. "사물"의 통신은 이전에는 순수한 제어 평면 엔터티로 간주되었던 MME를 통한 비액세스 계층(NAS)의 페이로드(payload)로 캡슐화된다. 그러므로 "사물"은 기본 전달자 없이도 데이터를 전송/수신할 수 있다. 이 새로운 개념은 IoT 인프라에서 센서의 배터리 수명을 수 년까지 증가시킬 수 있도록 한다.

EPC 시스템의 확장과 함께, 3GPP는 NB-IoT 메시지 처리를 도입하였다.

그림 3-33과 같이, 이 새로운 아키텍처는 셀룰러 IoT(C-IoT)라고 하며 다음과 같은 장점을 갖는다.

- 네트워크 시그널링을 최소화하여 소규모 데이터 전송의 효율적인 지원을 제공한다.
- 사용자 데이터 페이로드를 NAS 시그널링 메시지로 캡슐화하여 데이터 전달자 지정 필요가 없다.
- 특별히 기계 유형 통신(MTC) 및 제어 평면에 걸친 비-IP 데이터의 전송(NIDD)을 위해 설계된 서비스 성능 노출 기능(SCEF)을 통해 사용자 데이터 또는 SMS 메시지를 안전하게 전송한다.

3.4.6.2 Sigfox

Sigfox는 M2M/IoT 애플리케이션 전용 통신을 제공을 전문으로 하는 셀룰러 네트워크 운영자이다[51]. 통신은 초대규모 수신범위를 가진 무선 셀 내에서 적은 처리량을 지향하여 최적화된다. 일반적인 데이터 속도는 초당 10비트에서 최대 1킬로 비트까지이다. 개방 공간에서 신호 전파는 40km에 도달한다. 채택된 초협대역(UNB) 기술은 사용권 허가 주파수를 획득할 필요없이 글로벌 배포가 허용되는 433MHz, 868MHz 또는 2.4GHz 산업, 과학 및 의료용(ISM) 밴드와 같은 사용권 없는 밴드로 운영된다[52]. Sigfox는 노이즈 영향을 완화하는 소규모 주파수 내에서 이진 위상 편이 변조를 사용한다. 장비 비용 절감을 위해 비대칭 링크 버짓(link budget)이 일반적이다. 이와 같이 Sigfox는 주로 장치에서 기지국으로의 데이터 전송을 목표로 한다.

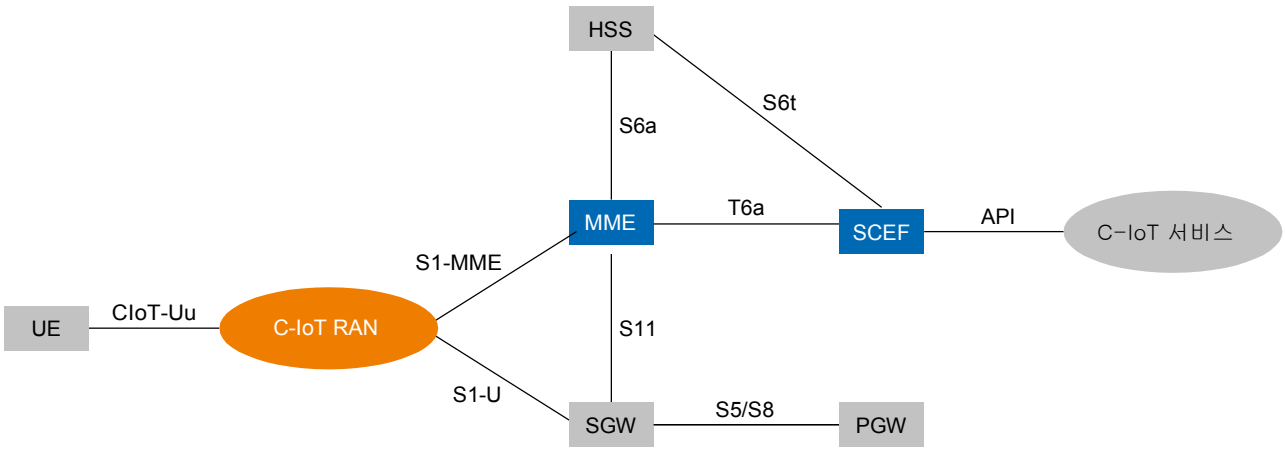


그림 3-33 | IoT에 대한 협대역 IoT 제어 평면 최적화

이는 다운링크 통신을 지원받기도 하지만 값비싼 정밀 수신기 기술을 보유하여 낮은 신호 대 잡음비를 보상한다.

이 네트워크 액세스를 사용하는 제약은 있을 수 있는 손실 보상을 위해 모든 데이터 메시지가 3번 전송되고 서비스 제공업체는 항상 모든 장치에서 데이터를 수신하는 저장하는 데이터 서버의 인스턴스 하나를 보유한다는 점이다. 사용자 측에는 단순 HTTPS API가 제공된다. 그러므로 전체적으로 네트워크에서 인텔리전스 채택에 대한 개인 정보 보호, ID 관리 및 액세스 제어, 서비스 품질뿐만 아니라 서로 다른 애플리케이션 또는 사용 사례에 관련된 데이터 스트림의 격리와 같은 제약이라는 인상을 준다.

3.4.6.3 LoRa 및 LoRaWAN

LoRa 및 LoRaWAN은 LoRa Alliance가 규정한 기술이다. LoRa는 적용되는 무선 전송 기술을 의미하고, LoRaWAN은 그 위에서 사용되는 미디어 액세스 제어(MAC)-계층을 가리킨다.

LoRa는 항상 125kHz 이상의 대역폭을 갖는 와이더 밴드에서 운영되는 대역 확산 기술이다.

Sigfox와는 대조적으로 LoRa는 Sigfox와 유사한 완전 대칭 링크 버짓으로 이어지지만 장치와 기지국측 모두에서 수신기에 대해 똑같이 낮은 비용으로 주파수 변조 처프(chirp)를 통해 향상된 수신기 민감도를 달성한다[53].

LoRaWAN 데이터 속도는 0.3kbps에서 50kbps 사이이다. 채택된 대역 확산 기술 덕분에 서로 다른 속도가 상호 간섭하지 않는다. 이와 같이 LoRaWAN은 각각 자체 고유 데이터 속도를 갖는 몇 가지 가상 데이터 채널을 병렬로 제공한다[54].

네트워크 기술 관점에서 LoRa는 게이트웨이가 투명한 전송 브리지이고 중앙집중화된 마스터가 주어진 엔드 장치와의 통신 중계에 가장 적합한지 여부를 결정하는 별 모양 배포(star-배포)를 기반으로 한다(그림 3-34 참조).

3.4.6.4 TSN

자율 시스템의 제어는 연속적인 제어 루프로 실현된다. 루프는 3단계 즉, 데이터 입력, 제어 컴퓨팅 및 신호 출력으로 구성된다. 각 단계는 준수해야 할 결정적인 타이밍이 있으며 시간에 민감한 데이터는 대기시간 및 신뢰성의 엄격한 제한 속에서 전송되어야 한다.

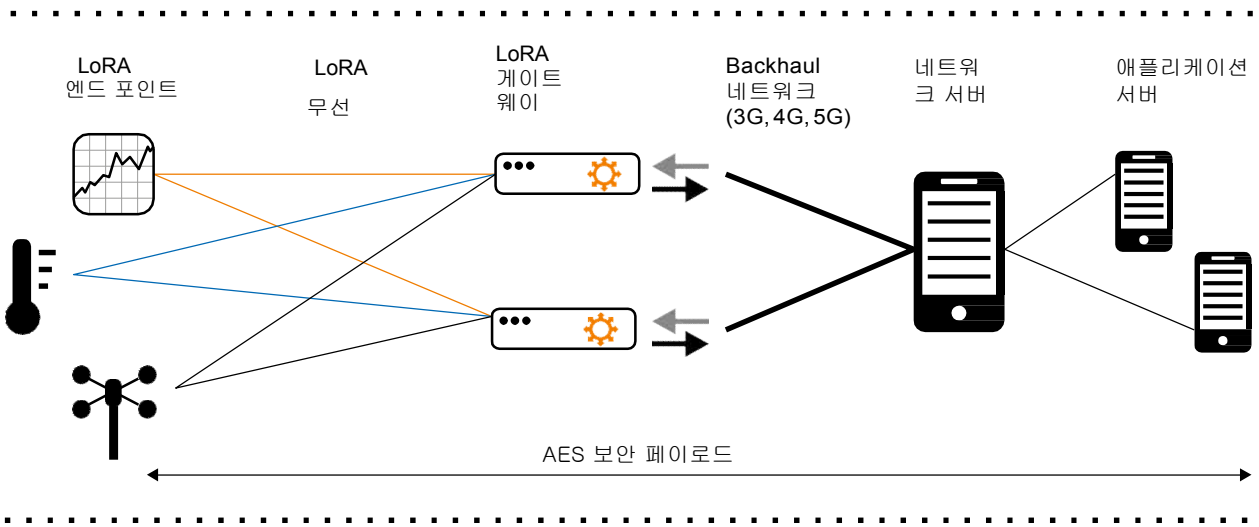


그림 3-34 | LoRa 기능적 아키텍처

자동차 및 산업 부문에서 센서 데이터와 제어 신호를 포함하여 임무에 필수적이고 시간에 민감한 데이터는 항상 단향성 전용 케이블을 통해 전송되며 유연성 없는 대규모 케이블 연결로 이어진다.. 다중 애플리캐이션(시간에 민감한지 여부에 관계없이)의 모든 트래픽 등급을 단일 네트워크로 집중하여 운영 지출(OpEx)을 절감할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 중요 후보는 해당 성숙 구성요소와 기술로 인한 이더넷이다. 그러나 최선 노력 메커니즘이 시간이 핵심적인 트래픽을 취급할 수 없기 때문에 표준 이더넷을 직접 적용할 수는 없다. 평균 지연 최소화는 최선 노력 메커니즘의 주요 측정 기준이며, 트래픽의 결정은 보장되지 않는다.

시간에 민감한 네트워킹(TSN)은 IEEE 802.1 실무 그룹의 TSN 작업 그룹이 개발하고 있는 표준 모음이다. 이더넷의 MAC/PHY 계층에 구축되는 TSN은 표준 이더넷 인프라에서 시간이 핵심적인 트래픽을 전송하는 저대기시간 및 시간 확정적이고 신뢰성이 높은 방식을 제공한다. TSN의 중요한 특징 3가지는 시간 동기화, 스케줄링 및 시간 인식 트래픽 셰이핑이다. 트래픽 셰이핑은 스케줄에 따라 논리적 게이트를 제어하여 시간에 민감한 트래픽에 특정 시간 윈도우를 예약하고 나머지 트래픽은 차단한다. 정확한 시간 동기화는 스케줄링 및 셰이핑의 선결요건이다.

이더넷 상의 산업 자동화, 자동차 또는 로봇 환경에서 장치와 인터페이싱을 위해 ECN이 요구되는 경우 네트워크 혼잡 시 시간에 민감한 트래픽을 우선 시하는 데 있어 TSN에 대한 지원이 필요할 수 있다.

3.4.6.5 WIA-PA

최근에 많은 주목을 받는 감지 및 필드 통신 기술은 스마트 제조 실현의 토대가 된다.

산업 자동화와 같은 일부 산업에는 해결해야 할 과제가 산더미이지만 제어 애플리케이션 주기 시간이 2ms-50ms이내여야 하고 전송 지연은 10ms미만이어야 하며 패킷 손실율은 0.01%미만이어야 한다. 무선 통신 기술에 있어서는 신뢰성/대기시간의 지표가 동일 채널 간섭(CCI)으로 인해 보다 규모에 민감하다. 무선 메시 노드의 수가 증가함에 따라 대기시간 지표가 비선형 성장세를 보이고 신뢰성 지표는 비선형 감소세를 보인다. 그림 3-35와 같이, 이러한 과제에 대응하기 위해 산업 자동화 공정 자동화(WIA-PA)를 위한 무선 네트워크는 적응 주파수와 같은 일부 혁신적인 기술을 제시한다. WIA-PA는 2011년 7월에 중국에서 국가 표준(GB/T 26790.1-2011)이 되었으며 2011년 10월에 IEC 국제 표준(IEC 62601)이 되었다.

3.4.7 프로그램 가능 인프라

네트워크, 서비스 구성요소 및 해당 구성요소의 새로운 인스턴스를 배포해야 하는 시간 및 장소까지 소프트웨어화하는 것이 최근의 흐름이다.

동시에, 엔드 장치(특히, ECN)는 복잡한 문제 해결을 위해 가성비 높은 강력한 하드웨어 및 지능형 소프트웨어의 실행을 활용한다.

다중 ECN 또는 ECN과 코어 구성요소 간 통신의 필요성은 여전히 남는다. 동적 증가 및 확장을 요구하는 대부분의 인프라의 경우, 네트워크와 서비스 기능을 동적으로 배포하여 피크 타임에 대응하고 에너지 효율 개선을 위해 종료할 수 있다.

3.4.7.1 프로그램 가능 통신 관리자

부하 분산 장치(load-balancer)와 같은 기존 개념을 사용하면 통신에서 병목 현상이 유발되어 지연 시간이 증가할 지도 모른다. ECN과 코어 구성요소 모두가 포함된 인프라 개선의 다음 단계는

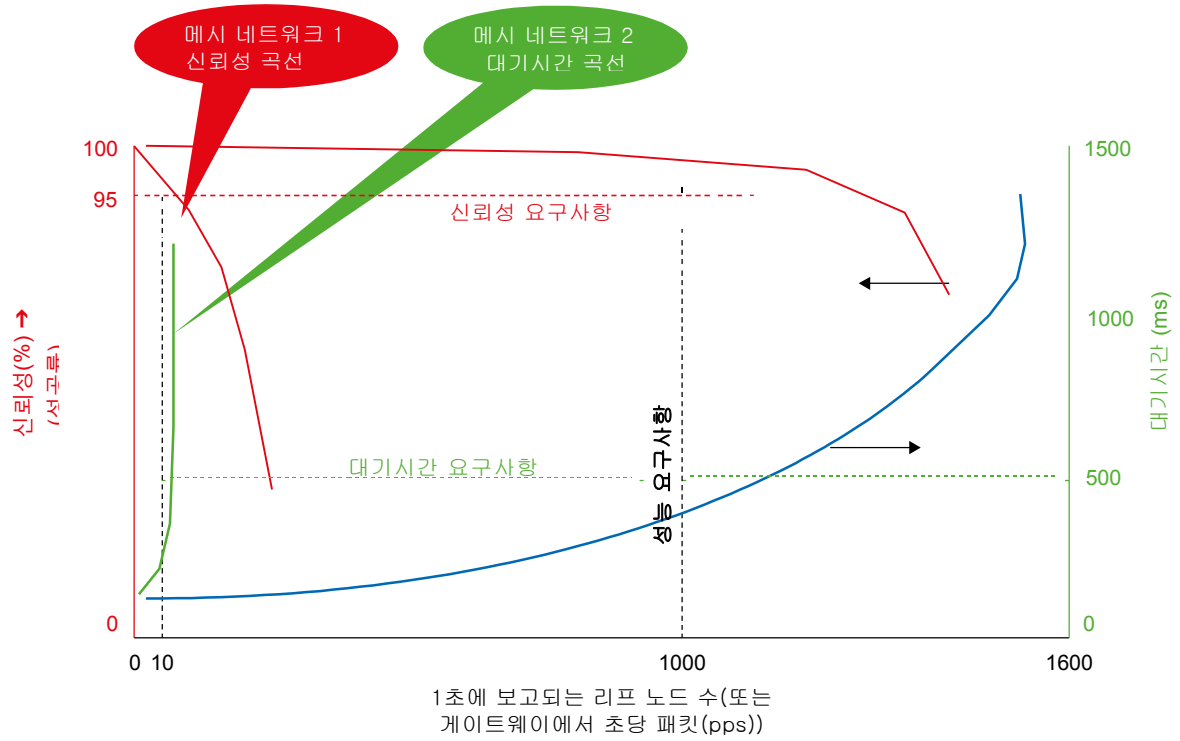


Figure 3-35 | WIA-PA 출처

인프라 변화에 맞춰 ECN을 수정하는 것인데, 이것은 엄청난 발전이다.

동시에, 지원하는 네트워크 기능에 ECN을 직접 결합하는 솔루션은 처음부터 부하 분산 알고리즘의 지연을 제거하고 지연이나 라우팅 측면에서 권역별 정책 또는 ECN 기능과 제약에 맞춤 수정하여 네트워크를 구성하는 데 있어 보다 복잡한 로직을 활성화하는 것이다.

그림 3-36와 같이, 이러한 통신 솔루션은 권장 통신 피어(예: 서비스 인스턴스)를 ECN으로 옮기기 위해 NFV 오케스트레이터가 광고하는 토폴로지 변경을 입력으로 갖도록 하는 ECN 성능 및 제약과 관련하여 통신 관리자의 인텔리전스를 사용할 수 있다. 장치 관리 프로토콜을 사용하는 이 같은 메커니즘은 Open5GMTC 툴킷[55]에서 이미 구현되었다. 이러한 지능형 장치 통신 관리자 구성요소는 기지국에 상주하면서 그 범위 내에서 IoT 장치를 관리하여 재구성 지연을 최소화할 수도 있다.

3.4.7.2 로컬 브레이크아웃

로컬 브레이크아웃은 eNodeB가 코어 네트워크 외부의 인터넷 게이트웨이를 통하지 않고 직접 애플리케이션 서버로 트래픽을 전송할 수 있는 메커니즘이다. 이 표준[56]은 엔드 장치가 모바일인 경우(즉, 두 eNodeB 간에 핸드오버를 수행중인 상태)를 규정하지 않는다.

자동차나 물류의 사용 사례와 같이, 서비스 연속성을 요구하는 이동형 엔드 장치일 경우에 기지국에서 ECN 근처에 있는 서버를 향하는 로컬 브레이크아웃을 위한 솔루션이 필요하다. 프로토타입 이행은 Open5Gcore 툴킷[38]에서 이용 가능하다. 이 툴킷은 그림 3-37과 같이 서비스 인스턴스가

네트워크 브레이크아웃 외부에 직접 연결되는 경우와 비교하여 멀티미디어 서비스 지연의 1/3에 해당하는 두 소프트웨어 eNodeB 간의 핸드오버 지연이 발생한다. 이를 통해, 콘텐츠 전송 네트워크 등에서 사용되도록 멀티미디어 패킷을 라우팅하는 기지국의 인텔리전스는 이동 중일 때조차 체험 및 서비스 품질 면에서 유리하다는 것을 분명히 이해할 수 있다.

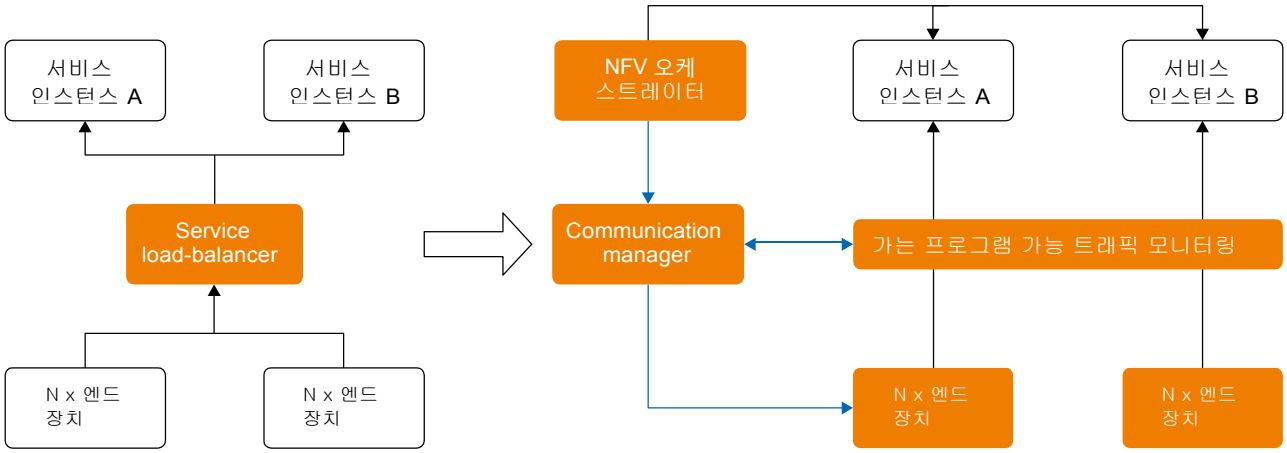


그림 3-36 | 네트워크 토폴로지 인식 인프라 지향

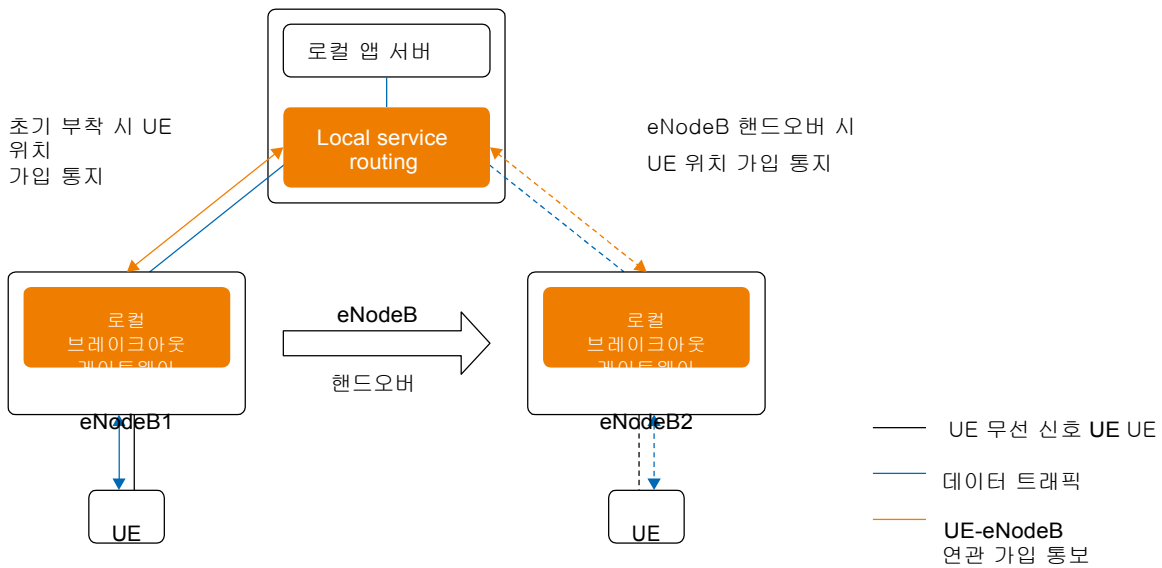


그림 3-37 | 로컬 브레이크아웃 애플리케이션 활성화

제4절

엣지 인텔리전스의 사용 사례 및 요구사항

본 장에서는 상이한 산업 부문 내에서 원하는 EI 기술의 적용을 위해 정보의 전환을 지원하는 데 사용될 수 있는 사용 사례를 소개한다. 여기서 다루는 사용 사례와 요구사항은 EI 기술 자체의 최종적인 적용보다는 이러한 전환 과정과 관련된다.

다음과 같은 주제별로 7가지의 사용 사례를 살펴본다.

- 공장 생산성 개선
- 커넥티드 도시 조명
- 스마트 엘리베이터
- 실내 위치 추적
- 단독 작업자 안전
- 액세스 제어 – 뒤따름 감지
- 감시 카메라를 통한 화재 감지

4.1절에서 다양한 사용 사례의 간략한 내용을 소개하며, 사용 사례에 대한 세부 내용은 부록 A에서 확인할 수 있다. 각 세부 내용은 1) 범위 및 목적, 2) 사용 사례 도표 및 3) 최신 상태의 기술 평가, 잔여 기술 격차, 필요한 기능 및 미래 표준으로 구성된다.

4.2절에서는 다른 잠재적 EI 사용 사례에 대한 토대를 다지는 의미에서, 논의의 대상이 되는 사용 사례를 구조적인 측면에서 개략적으로 살펴본다.

4.1 사용 사례의 개요

- **공장 생산성의 개선**

공장 운영자에게 공장 생산성의 개선은 공장에서 발생하는 수익 극대화를 위해 중요한 문제이다. 엣지 컴퓨팅과 클라우드 컴퓨팅의 조합을 통해 실현되는 빅 데이터 분석은 공장 생산성의 개선에 상당히 도움이 된다. 인텔리전스 지원 엣지 컴퓨팅은 작업 현장에서 수집되는 데이터를 클라우드 컴퓨팅에 의해 분석 가능한 형태로 변환한다. 이러한 분석 결과에 따라 실수로 인해 결함이 있는 것으로 잘못 판별되는 제품을 최소화하고 예측 유지보수를 활성화하여 공장 가동 중단 시간을 축소할 수 있다.

- **커넥티드 도시 조명**

생활에 편의를 주면서 도시 장식 효과도 있는 도시 조명은 막대한 양의 에너지를 소모하며 지자체의 관리비 상승 요인이 된다. 이러한 문제 해결을 위해 커넥티드 도시 조명 솔루션이 개발되고 있다. 첫째, 이 솔루션은 EI가 시간, 밝기, 날씨 및 기타 많은 요인에 따라 조명을 제어하도록 지원하여 높은 에너지 효율을 보장하는 통합 스마트 조명 정책을 제공한다. 둘째, 온라인 검사를 통해 이상 발생 시에 자동으로 유지보수 직원에게 통보가 되는 동시에 실시간으로 각 조명의 상태를 모니터링할 수 있도록 지원한다. 기존의 수동 검사는 더 이상 필요하지 않으며, OpEx가 크게 줄어들 수 있다.

셋째, 로컬 생존 메커니즘은 클라우드에서 원격 제어를 실행할 수 없을 때에 로컬 캐시 정책을 사용하여 조명을 제어한다.

미래에는 조명 전신주의 단일 기능(조명) 수행에서 환경/유틸리티 모니터링, 비디오 감시, 차량 대 인프라(V2I) 통신 장치 등과 같은 다른 다수의 기능 모듈을 추가할 수 있는 다기능성으로 전환되어 조명 전신주가 감지 및 서비스 제공의 통합 시스템이 될 것이다.

- 스마트 엘리베이터

도시화로 인해 도시에서 엘리베이터는 필수 요소가 되었다. 엘리베이터 운행 및 유지보수는 수동 검사와 시간이 소요되는 고장 탐지 및 수리로 인해 비용이 많이 든다. 엣지 및 클라우드 인텔리전스를 통한 스마트 엘리베이터 솔루션은 벤더가 비효율적이고 비용이 많이 드는 예방 유지보수 모델을 차세대 실시간 대상 설정 예방 유지보수로 업그레이드하여 제품에서 서비스로 가치를 확장할 수 있도록 지원할 수 있다.

엘리베이터 상태 모니터링을 위해 수백개의 센서가 설치된다. 이 데이터를 이용하여 ECN이 잠재적인 장치 고장을 조기에 검출하여 즉시 경보를 내보낸다. ECN이 클라우드에 연결하지 못할 때 연결이 복구될 때까지 로컬에 데이터가 저장될 수 있다. 클라우드에서 이력 데이터를 분석하여 고장까지도 예측이 가능하며 그에 따라 실제로 고장하기 발생하기 전에 유지보수를 이행할 수 있다. 클라우드에서 AI가 고장의 새로운 특징을 추출할 수 있으며 ECN이 이를 다운로드할 수 있다.

- 실내 위치 추적

실내 위치 추적을 위한 대역폭 요구사항은 대기시간이 매우 짧고(<1ms), 논쟁의 여지도 많지 않은 중간 정도인 약 2MB이다. 시스템은 다수의 센서 출처에 대한 삼변 측량 데이터의 백홀(모두 IP/사용자 데이터그램 프로토콜(UDP) 패킷으로 정규화)과 고품질 위치 추정으로 변환을 요구한다. 고가의 자산 추적에 사용되기 때문에 대기시간은 실질적인 문제이며 게이트웨이를 클라우드에서 또는 최소한 고객 부지 외부에 유지하는 동시에 센서 샘플을 최대한 소스에 근접하여 프로세싱하는 게이트웨이를 갖는 것이 이 유형의 시스템에 핵심적인 사항이다. 게이트웨이 모듈 내에 있는 위치 추정을 수행하는 임베디드, 조정 가능한 MI 모듈은 실제의 위치와 사용자 상태를 클라우드의 관리/UI 모듈로 전송한다. 이 모델은 조정 가능하며 MI 모듈은 업데이트될 수 있다.

- 단독 작업자의 안전

단독 작업자의 안전을 위해 지능형 게이트웨이를 사용하여 특정 직원의 위치를 표시하는 신호를 수신할 수 있다. 이 경우에 MI 모듈 또한 GPS 신호 송신기에 임베디드될 수 있으며 MI 모듈을 사용하여 착용자의 걸음걸이와 방향을 특징화할 수 있다. 이 모듈은 일정 기간에 걸쳐 개인의 “정상” 행동 방식을 “학습”한 뒤 사고, 공격 등으로 인해 그 행동 방식이 변하면 경보를 생성할 수 있다. 의사 결정이 로컬에서 이행되기 때문에 전송 대역폭은 매우 낮으며 대기시간은 수초 이내일 수 있다. 이 경우에 지능형 게이트웨이는 데이터 통합자 기능만 수행하고 UI 등을 설치할 수 있을 것이다.

- 액세스 제어 – 뒤따름 감지 보급형 스테레오 카메라에 부착된 MI 모듈을 사용하여, 시스템이 시작 데이터를 근거로 머리 및 어깨를 식별하여 보안문에서 뒤따라 들어오는 것을 차단한다. 이와 함께 추가되는 저에너지(예: BLE)/RFID) 판독기 Bluetooth는 출입증이 판독되도록 활성하고 그에 따라 무검색 즉, 사람이 다가오면 문이 열리지만 다가오는 (여러 명일 경우) 각 사용자에게서 유효한 신호가 판독될 경우에만 출입문 통과가 허용될 수 있다. 여러 명이 다가오는 것이 감지되고 다가오는 사람보다 더 적은 수의 출입증 신호가 판독되면 해당되는 사람들이 문을 통과하려고 할 때 경보가 등록될 것이다. 보급형 카메라가

부지 내 또는 클라우드에 있는 프로세싱 모듈에 연결된다. 이 경우에는 대기시간과 대역폭이 모두 문제가 된다.

- **감시 카메라를 통한 화재 감지** MI 모듈은 비전문 비디오 카메라에서 수신되는 비디오 스트림에 액세스하여 사용하며 학습된 모델을 사용하여 화재 추적을 위한 스트림을 스캐닝한다. 카메라는 부지 내 또는 클라우드에 있는 프로세싱 모듈에 연결된다. 이 경우에는 대기시간과 대역폭이 모두 문제가 된다.

4.2 논의 대상 프레임워크

표 4-1은 연관된 식별 기술 격차와 필요한 기능과 함께 7가지의 사용 사례를 요약한 것이다.

이 표는 비슷한 기술 격차를 접하게 되어 그런 격차를 극복하는 데 필요한 성능을 여기서 찾을 수 있는 다른 부문의 동일 산업계의 다른 EI 사용 사례에 대해 논의할 프레임워크 역할을 한다. 필요한 성능 일부가 여러 사용 사례를 지원한다고 결론을 내릴 수 있다. 예를 들어 ID, 컨테이너화 및 자율 구성의 보안을 보존하는 자체 조직화인 ML은 여러 사용 사례에서 제공된다.

기술 격차와 결과로 필요한 성능에 대해 기술하는 제5절과 제6절은 표 4-1에서 제공하는 프레임워크에 대한 관찰 및 전제를 기반으로 한다.

표 4-1 | 파악된 사용 사례 기술 격차와 필요한 기능

	기술 격차	필요한 성능
공장 생산성 개선	• 엣지 컴퓨팅에 의해 생성된 정보의 신뢰성 • 시스템 운영의 지원/자동 최적화 • 애플리케이션이 배포되도록 허용하는 엣지 컴퓨팅 환경	• 보안 ID의 관리 – 엣지 컴퓨팅에 의해 생성된 정보의 신뢰성에 대한 활성화 기술 – 예: 물리적으로 복제 불가능한 기능(PUF) – 통신 중 권한 없는 당사자에 의해 정보가 방해를 받지 않도록 보장 • ML 기술 – 시스템 운영의 자동 최적화를 위한 활성화 기술
커넥티드 도시 조명	• 편리한 기능 추가/제거 • 혁신적인 조명 정책 및 에너지 관리 정책 • 클라우드 오프로딩 및 개인 정보 보호: 엣지에서 데이터를 로컬 프로세싱 • ECN 간 상호작용, 컨텍스트 동기화, 제어 및 오케스트레이션	• 자체 조직화, 자체 발견, 플러그앤플레이 • ECN이 학습 역량을 지원하기 위한 ML • ECN에 대한 프로세싱 성능, 스토리지 및 네트워킹, 보안 정책 • ECN이 E/W-바운드 통신 지원

	기술 격차	필요한 성능
스마트 엘리베이터	• 진단 및 예측 유지보수 • 클라우드 오프로딩 및 개인 정보 보호 • ECN 간 상호작용 • 예방 유지보수의 보안	• ECN이 학습 역량을 지원하기 위한 ML • ECN에 대한 프로세싱 성능, 스토리지 및 네트워킹, 보안 정책 • ECN이 E/W-바운드 통신 지원 • 블록체인과 같은 분산 인증 메커니즘
실내 위치 추적	• 정확한 추적에 필요한 수준에서 대역폭을 사용할 수 없는 경우가 많음 • 정확한 추적에 요구되는 높은 수준의 컴퓨팅을 요구함	• 설치된 노드 추적은 상당한 대역폭을 요구하고 노드 추적 간 E/W 통신이 보다 낮은 N/S 대역폭 요구사항을 허용할 것임 • 이상적으로는 카메라 또는 다른 엣지 노드에서 또 다른 노드에 컨테이너로서 포함되는 소형 패키지의 보다 높은 로컬 프로세싱 성능 • 컨테이너화 및 자율 구성은 쉽고 신뢰되는 설치를 허용하도록 보다 높은 수준에서 이행될 필요가 있음
단독 작업자의 안전	일부 패키지가 존재하지만 다음과 같은 이유로 광범위하게 채택되지는 않았다. • 발자국이 큼 • 정상 동적으로 해석하는 시스템으로 인해 잘못된 경보가 자주 발생함(예: 추락) • 백홀 연결성이 자주 상실됨 • 연결성 상실 대응책	• 전세계 기반의 배포성과 함께 신호 손실을 줄이기 위한 Sigfox와 같은 협대역 IoT 프로토콜 • GPS 운영 또는 저전력 GPS 운영을 위한 보다 나은 배터리 성능. 이는 배터리 수명을 확장하는 장치의 지능형 운영을 통해 이행될 수 있다. • MI 알고리즘이 잘못된 경보를 줄일 수 있도록 지원하는 보다 큰 로컬 컴퓨팅 또는 임베디드 프로세서에 대한 특수화된 MI 성능 • 연결성 옵션 간의 비용, 정확성 또는 기타 기준에 대한 엔드 장치 정책 • 선택적인 네트워크에 연결하기 위한 사전 제공 증명정보

	기술 격차	필요한 성능
액세스 제어 – 뒤따름 감지	• 현재 이를 달성할 수 있으며 카메라와 컴퓨팅 노드 모두 이 솔루션에 대해 비용 효율적이지 않음 • 환경에 대한 교정으로 인해 솔루션이 설치가 어려움	• 스테레오 카메라 모듈의 비용 절감 • MI 알고리즘을 지원하는 보다 큰 로컬 컴퓨팅 또는 임베디드 프로세서에 대한 특수화된 MI 성능 • 쉬운 설치를 지원하는 더 높은 수준에서 컨테이너화와 자율 구성 이행이 요구됨
감시 카메라를 통한 화재 감지	• 현재 이를 달성할 수 있으며 카메라와 컴퓨팅 노드 모두 이 솔루션에 대해 비용 효율적이지 않음 • 환경에 대한 교정으로 인해 솔루션이 설치가 어려움	• 스테레오 카메라 모듈의 비용 절감 • MI 알고리즘을 지원하는 보다 큰 로컬 컴퓨팅 또는 임베디드 프로세서에 대한 특수화된 MI 성능 • 쉬운 설치를 지원하는 더 높은 수준에서 컨테이너화와 자율 구성 이행이 요구됨

제5절
기술 격차

본 장에서는 사용 사례의 보다 원활한 지원과 요구사항 충족을 위해 심도 있는 개발을 통해 대응할 필요가 있는 다양한 EI 격차에 대해 기술한다.

5.1 공장 생산성의 개선

- **엣지 컴퓨팅에 의해 생성된 정보의 신뢰성**

EI를 실현하려면 분석 및 의사결정의 입력을 구성하는 데이터의 신뢰성 확보가 필요하다. 현재 ID 및 장치 생성 데이터의 무결성 확보 기능과 네트워크를 통해 전달되는 정보를 보호하는 기술 등의 일정한 기술을 구성요소 기술로 사용하여 데이터 출구의 신뢰성을 확보할 수 있다. 이러한 구성요소 기술을 개선하는 동시에 해당 기술 및 물리적 보안을 비롯한 운영 방법을 활용하여 데이터의 신뢰성을 시스템으로 보증하는 체계적인 방법을 구축하는 것이 바람직하다.

- **시스템 운영의 지원/자동 최적화**

시스템 운영비 절감을 위해 시스템 운영 방식을 최적화하거나 운영 매개변수를 보다 효율적으로 조정할 필요가 있다. 현재 공장의 생산성과 같은 시스템 운영 개선 방법에 대한 사항은 경력직 엔지니어가 수동으로 결정하며, 이러한 의사결정에 필요한 데이터 수집도 일부 공장에서는 수동으로 진행된다. 우선 최적화를 위한 데이터 분석에서 엔지니어를 지원하고 궁극적으로는 일부 영역에서 MI에 의해 활용 가능한 전문 엔지니어의 노하우를 사용하여 최적화 프로세스를 자동화함으로써 최적화를 보다 수월하게 만드는 것이 바람직하다.

- **애플리케이션이 배포되도록 허용하는 엣지 컴퓨팅 환경**

현재 여러 엣지 컴퓨팅 제품 벤더가 있으며, 이러한 제품의 엣지 컴퓨팅(프로그램 수행) 환경은 독점적이다. 이런 상황 때문에 엣지 컴퓨팅 애플리케이션 개발업체들이 다중 엣지 컴퓨팅 제품에 걸쳐 실행이 가능한 휴대용 애플리케이션을 개발하는 것이 어렵다. 스마트폰 애플리케이션이 그렇듯이 개발업체 커뮤니티를 확장하여 시스템 개발의 다양한 부문에 속한 사람들의 지혜를 공유하는 것이 바람직할 것이다. 엣지 컴퓨팅 환경의 개방은 이런 목적에 기여할 수 있다. 제조 분야의 애플리케이션과 같은 인프라용 애플리케이션의 경우, 애플리케이션 인증과 같은 방법을 통해 애플리케이션이 악성이 아니며 시스템에 해롭지 않다는 것을 보증하는 방법을 고려할 필요가 있다. 또한, 애플리케이션의 수명주기 관리도 대응해야 할 문제이다.

5.2 커넥티드 도시 조명

- **전신주 네트워킹, 기능 추가/제거**

전신주 설치 시, 설치 대상 기능 모듈을 먼저, 파악한 후에 이웃 장치와 연결 수립 대상 ECN을 지정해야 한다.

이러한 방식으로 인간의 개입 없이 네트워크가 구축될 수 있다. 네트워킹 토폴로지는 ECN의 연결 품질 및 컴퓨팅 부하와 같은 특정 조건에 따라 융통성이 있어야 한다. 전신주에 기능 모듈이 추가되거나 제거되고 나면 ECN의 네트워크와 애플리케이션이 그에 따라 변경되어야 한다.

- **혁신적인 조명 정책 및 에너지 관리 정책**

기본적인 조명 정책은 시간, 날짜 및 지리적 위치에 따라 작성된다. 일부 대응 정책은 주변 밝기와 차량 및 보행자의 근접성에 따라 작성될 수 있다. 엣지와 클라우드는 지속적으로 개선되는 규칙을 구축하기 위한 학습 능력을 보유해야 한다. 램프와 기타 모듈 및 특히 충전 모듈은 스마트 그리드의 부품이기 때문에 에너지 관리 정책도 최적화되어야 한다.

- **클라우드 오프로딩 및 개인 정보 보호: 엣지에서 데이터 로컬 프로세싱**

엣지와 클라우드 간의 프로세스 할당을 정의해야 한다. 시간이 핵심적인 데이터는 엣지에서 프로세싱되어 적시 응답을 확보해야 하며 필터링 및 집성과 같은 일부 하위 단계 프로세싱 또한 클라우드가 오프로딩될 수 있도록 엣지에서 수행할 수 있다. 개인 정보 보호를 이유로 비디오 감시 시스템에서와 같은 일부 데이터는 로컬에서 프로세싱되어야 하며 비정상 사건만이 클라우드에 보고되고 시민의 초상권은 보호되어야 한다.

- **ECN 간 상호작용, 사용자 정보 동기화, 제어 및 오케스트레이션**

일부 시나리오에서 ECN은 협업 방식으로 작동할 필요가 있다. 예를 들어 야간에 차량 및 보행자가 다가올 때에는 램프 밝기를 높이고 멀어질 때에는 밝기를 줄일 필요가 있다. 이 프로세스 특히 두 ECN 간의 핸드오버는 지속적인 것이 바람직하다. 주행방향, 속도 및 위치를 토대로 ECN은 차량이 지나갈 다음 ECN을 예측하여 해당 ECN에 핸드오버 준비를 하도록 상기시킬 수 있다.

5.3 스마트 엘리베이터

- **진단 및 예측 유지보수**

엘리베이터 안전은 공공 안전과 직결되며 고장 탐지 및 유지보수는 매우 중요하다. 현재 현장 유지보수는 진단과 유지보수에 대한 풍부한 경험이 필요하며, 직원 교육에 추가 비용이 든다. 더군다나 고장을 식별하고 적절한 해결 방법을 찾는 데 상당한 시간이 소요되는 경우가 많다.

자율적이고 정확한 적시 진단은 고장이 발생하는 즉시 고장 발생 위치를 찾는 데 도움이 되며, 예측 유지보수는 고장이 발생하기 전에 경보를 보낸다. 이러한 메커니즘 모두가 엘리베이터 안전성 개선 및 회사의 OpEx 절감에 도움이 될 것이다.

- **클라우드 오프로딩 및 개인 정보 보호**

엣지와 클라우드의 임무는 확실히 구분되어야 한다. 고장 검출과 같이 적시 대응을 요하는 기능은 엣지에서 실현되어야 한다. 엣지에서는 필터링 및 수집과 같은 데이터 전처리도 수행할 수 있으며, 핵심적인 데이터만 클라우드로 업로드한다. 예방 유지보수는 업로드된 데이터와 레이블링된 샘플을 비교하여 클라우드에서 수행될 수 있다. 예를 들어 제조업체의 데이터와 비디오 감시 데이터는 개인 정보 보호 필요에 따라 로컬에서 처리할 필요가 있다는 점도 고려해야 한다.

- **ECN 간 상호작용**

스마트 엘리베이터는 ECN 간 협업을 요구할 수도 있다. 대형 빌딩에는 몇 개의 엘리베이터 그룹이 있을 수 있다. 한 그룹이 만원이 되면 ECN 간의 정보 공유를 통해 승객들을 가장 가까운 가용 엘리베이터로 안내하여 시간을 절약할 수 있도록 지원할 수 있다.

- 예방 유지보수의 보안

고장 보고와 데이터 업로드는 인증 및 암호화해야 한다. 현장 엔지니어 또한 유지보수 및 보수를 위한 액세스 시, 인증 및 권한을 부여 받아야 한다.

5.4 실내 위치 추적

- 네트워크 대역폭

높은 로컬 네트워크 대역폭(적합하게 낮은 대기시간 <100MS) 및 산출 필요를 지원하는 충분한 컴퓨팅과 함께 로컬 프로세싱 노드에 대한 백홀 지원이 필요할 것이다.

- 프로비전(Provisioning)

기존 및 미래 네트워크 내에서 이 기능을 추가할 수 있는 역량이 제공되어야 한다.

- 엣지 컴퓨팅 성능

로컬 프로세싱 노드는 2017년 기준 서버급 기계인 수준에서 높은 수준의 로컬라이제이션 프로세싱이 가능해야 한다. 이상적이라면 프로세싱 로직이 컨테이너화 또는 모듈화되어 일반 IT 장비의 예비 공간에서 원활하게 운영되거나 임베디드 하드웨어에서의 개발이 게이트웨이 규모의 컴퓨팅 노드에 허용되는 방식이어야 한다.

5.5 단독 작업자의 안전

- 성능 효율성

현재의 장비는 현재 운영되는 시스템의 성능/안테나 요구사항 및 GPS 운영 유지를 위한 전력 요구사항으로 인해 물리적으로 매우 거대하다.

- 기계 인텔리전스

온보드 프로세싱 성능이 MI가 정상 이동 또는 작업 활동 간의 차이나 추락과 같은 예외적인 상황을 구분하기에 불충분하고 주변 장치의 지능형 전원 관리에 부족하기 때문에 잘못된 경보가 자주 발생한다.

- 데이터 전송 비용

전송되는 데이터 수준을 고려할 때, 현재 전송 메커니즘의 비용은 합당하지 않다.

5.6 접근 통제 – 감시 카메라를 통한 화재 감지/ 뒤따름 감지

- 기계 인텔리전스/강력한 엣지 컴퓨팅

임베디드된 장치/게이트웨이에서 MI 알고리즘 구현이 가능하려면 로컬 컴퓨팅 향상 또는 임베디드된 프로세스에서 특수화된 MI 성능이 요구된다.

- 컨테이너화

기존 환경에서 높은 수준의 모듈성 및 보안 기능과 원활하게 설치할 수 있는 역량을 갖추는 것이 필수적이다. 거의 모든 경우에 있어 그런 애플리케이션은 기존 카메라 시스템 및 화재/보안 인프라에 추가될 것이다.

제6절
필요한 기능

본 장에서는 앞에서 언급된 각 격차에 대응하는 데 필요한 기능을 구체적으로 살펴본다.

6.1 엣지와 코어의 통합

데이터 개인 정보 보호를 보장하고 데이터나 시스템 훼손을 방지하려면 코어와 보안 통합되는 IoT 엣지 컴퓨팅 솔루션이 필요하다. 엣지 솔루션은 또한 비용이 최소화되고 광범위한 엣지 장치에 걸친 수명주기 관리를 최적화하기 위한 관리가 필요하다. 데이터 관리와 프로세싱은 어떤 접근방식이 특정 시나리오에 대해 최적화되는지에 관계없이 코어 또는 엣지에서 발생할 수 있다.

6.1.1 엣지 서비스

개발이 진행중인 필요한 엣지 서비스는 다음과 같다.

- 지속성 서비스: IoT 게이트웨이에서 IoT 데이터를 저장한다. IoT 관리자가 로컬에서 저장되어야 할 데이터를 구성하고 데이터 에이징 정책을 설정할 수 있다.
- 스트리밍 서비스: IoT 데이터 스트림을 분석한다. IoT 관리자가 자동화 사건에 대한 기초로서 수신 IoT 데이터의 패턴을 식별하기 위해 조정 가능한 윈도우와 함께 조건을 정의할 수 있다. 예를 들어 특정 조건은 적정 당사자의 거래 및 통보를 시작할 수 있다.
- 비즈니스 거래 서비스: 엣지가 코어에서 연결이 끊길 때조차 핵심 비즈니스 기능의 연속성을 제공하기 위해 엣지에서 비즈니스 거래를 수행한다.
- 예측 분석 서비스: 예측 모델을 사용하여 IoT 데이터를 분석한다. 예측 알고리즘은 가용 데이터를 토대로 코어에서 지속적으로 "교육"을 받고 개선되어야 한다. 결과 예측 모델은 엣지로 전송되어 적용된다.
- 기계 학습 서비스: 특히 이미지와 비디오 분석을 위해 엣지에서 ML 알고리즘을 적용한다.
- 시각적 분석 서비스: IoT 게이트웨이에 저장된 IoT 데이터를 시각적으로 탐색한다. IoT 데이터 분석자가 엣지에서 수집된 데이터를 시각적으로 검사한다. 예를 들어 코어로 경보가 전송된 뒤 분석자가 경보의 세부사항을 심층적으로 확인 할 수 있다.
- 제 3자 애플리케이션 호스팅 서비스: 하드웨어와 애플리케이션 간의 탈동조화를 허용하여 제 3자 애플리케이션 컨테이너가 엣지 하드웨어에서 실행될 수 있도록 지원한다. 예를 들어 엣지 게이트웨이를 사용하여 카메라, 액세스 제어, AC 관리, 엘리베이터와 같은 몇 가지 서비스를 실행할 수 있을지도 모른다.
- 엔드투엔드 정밀 관리 시스템: 철저하게 통합된 서비스 및 네트워킹을 기반으로 하여 EI 부문에서 새로운 비즈니스 모델을 활성화하기 위해 5G 및 다른 소스로부터 소프트웨어 정의 네트워킹과 기타 패러다임을 적용한다.

6.2 공장 생산성 개선

- 보안 ID의 관리

  ECN에 포함된 장치에 의해 생성된 데이터의 신뢰성 보증을 위해 해당 장치가 의도한 것인지 검증할 필요가 있다.

쉽게 복제할 수 없는 보안 ID와 그 관리는 검증에 유용하다. 보안 ID를 사용하여 사물을 식별할 수 있다. 또한 해당 장치에 저장될 보안 ID로 암호화되는 공유 비밀 키로 펌웨어를 보호하여 멀웨어가 펌웨어를 업데이트할 수 없도록 방지할 수도 있다. 보안 ID 실현을 위한 기술의 예로는 PUF와 신뢰 플랫폼 모듈(TPM)이 있다.

- **통신 보안(기밀성, 무결성, 인증)**

  통신의 기밀성, 무결성 및 인증과 관련하여 IP 통신용 전송 계층 보안(TLS) 및 데이터그램 전송 계층 보안(DTLS)과 같은 몇 가지 기술이 이미 존재한다. TLS 및 DTLS는 디지털 인증이나 공유 비밀 키를 사용한다. IoT 엣지 컴퓨팅 시스템 규모의 디지털 인증서 또는 공유 비밀 키의 운영, 관리 및 유지보수(OAM)는 IT 시스템에 대한 현재 OAM 방법이 충분한지 여부 판별을 위한 추가 조사가 필요하다. 자원이 제한된 장치를 엣지 컴퓨팅 시스템에 연결하는 일부 필드 네트워크는 비-IP 통신 기술을 사용한다. 그런 필드 네트워크에 있어 기밀성, 무결성 및 인증의 취급은 추가 고려를 필요로 한다. 예를 들어 시스템 구성에 따라 그런 필드 네트워크에 기밀성, 무결성 및 인증 수단이 없어도 괜찮으며 시스템의 나머지에 대해 게이트웨이 역할을 하는 ECN이 그런 요소 및 시스템의 나머지 부분에 대한 어느 정도의 보호를 제공한다.

- **기계 학습 기술**

  ML 기술은 시스템 운영 환경의 변화에 따라 시스템 운영을 최적화하는 데 효율적이다. 이행 패턴은 두 가지이다. 첫 번째는 클라우드 학습 모델을 갖추고 이런 학습 모델의 ECN에 배포하여 ECN이 해당 모델을 실행하고 분석하거나 결정을 내리도록 하는 것이다. 두 번째는 ECN이 직접 모델을 학습하여 그런 모델을 실행하는 것이다. 고장 예측과 같이 대상 사건이 잘 발생하지 않기 때문에 학습 샘플이 얼마 없는 문제에 적용할 수 있는 ML 알고리즘을 개발하는 것이 바람직하다.

6.3 커넥티드 도시 조명

- 자체 조직화, 자체 발견, 플러그앤플레이: 수평적 탈동조화로 서로 다른 기능 모듈이 표준화된 수명주기 관리 인터페이스를 갖춘 ECN에 연결될 수 있으며 해당 애플리케이션은 기능 모듈이 서로 다른 벤더에 속하는 경우에도 공통 개방 플랫폼에서 실행 가능하다. 모듈이 추가 또는 제거될 때 애플리케이션도 그에 따라 추가/제거된다. 이런 방식으로 모듈은 민첩하게 관리되고 중복 개발이 방지된다.
- 학습 역량을 지원하기 위한 ECN용 AI: 최적화된 서비스 제공을 위해 스마트 조명 정책, 차량 충전 및 비디오 감시와 같은 일부 애플리케이션에 서로 다른 ML 알고리즘을 배포할 수 있다. 운영 중 AI에 새로운 샘플이 제공되어 인텔리전스가 지속적으로 개선된다.
- 클라우드에서 컴퓨팅을 오프로드하려면 ECN이 프로세싱, 저장 및 네트워킹 성능을 갖춰야 한다. 다시 말해서 이런 성능을 지원할 정도로 충분히 강력한 CPU와 충분한 규모의 RAM 및 FLASH가 필요하다. 개인 데이터가 ECN에 저장되기 때문에 외부의 공격을 방지하기 위한 보안 정책도 이행해야 한다.
- ECN 간의 상호작용 실현을 위해 E/W-바운드 통신을 활성화해야 한다.

데이터 상호 운영성 향상을 위해서는 서로 다른 종류의 ECN 간의 데이터 온톨로지가 조율되어야 한다.

6.4 스마트 엘리베이터

- AR/VR 기술: 스마트 엘리베이터 시스템이 제공하는 이미지 식별 및 진단 결과를 토대로 AR/VR 장치는 엔지니어가 고장 위치를 찾고 수리를 위한 해결 방법을 제시하는데 도움을 줄 수 있다. 고장이 데이터베이스에 없으면 엔지니어가 인간 전문가 또는 AI가 제공하는 원격 지원을 요구할 수 있다. 이러한 방식으로 직원 교육비 및 전문가 출장비를 절감할 수 있다.
- AI: 현재 취득된 데이터와 관련 유지보수 운영(레이블)은 지도 학습에서 교육 샘플 역할을 할 수 있다. 교육은 클라우드에서 수행될 수 있으며 결과 전략은 엣지에서 임베디드되어 적시에 대응이 이뤄질 수 있다. 전략은 새로운 샘플이 추가될 때 개선될 수 있다. 학습은 데이터 배후에 있는 암시적인 관계를 발견하기 위해 사용할 수 있는 방대한 양의 데이터를 활용하는 AI로 자율적으로 수행할 수 있으며 그러므로 엔지니어가 발견하지 못한 경우라도 예측 유지보수에 대한 즉각적인 새로운 전략 구축이 가능하다.
- 이 경우 게이트웨이인 ECN은 해당 하드웨어에 의해 제공되는 프로세싱, 저장 및 네트워크 성능을 갖춰야 한다. 수평적 탈동조화를 통해 ECN이 서로 다른 제조업체의 엘리베이터와 통신을 주고 받을 수 있으며 제 3자 애플리케이션이 공통 OS에서 배포될 수 있다. 기밀 데이터는 로컬에 저장 및 암호화된다.
- E/W-바운드 통신이 활성화되어 ECN에서 ECN 간의 작업 조율이 지원되어야 한다. 데이터 온톨로지 일관성이 보증되고 서로 다른 제조업체 간의 상호 운영성이 활성화되어야 한다.
- 블록체인과 같은 분산 인증 메커니즘: 무단 조작이나 수정을 방지하기 위해 현장 및 원격을 포함한 유지보수의 인증이 필요하다. 인증이 클라우드에 의해서만 수행될 경우 해당 통제 센터가 무단 조작 공격을 받으면 모든 엘리베이터를 통제할 수 있다. 블록체인과 같은 분산 인증 메커니즘이 이 문제를 해결하는 데 도움이 된다. 블록에 타임스탬프와 이전 블록에 대한 링크가 포함된다. 데이터 수정사항은 어느 것도 소급하여 변경될 수 없다. ECN이 무단 조작 공격을 받아 다른 모든 노드에 통보되도 해당 노드가 전송한 메시지가 신뢰할 수 없는 것으로 간주되어 단일 노드에서 전체 네트워크를 공격하는 것은 불가능할 것이다.

6.5 실내 위치 추적

- 대역폭

  대역폭은 공공 및 사설 무선 네트워크(5GPP 참조) 양쪽 모두에서 증가하며 네트워크 간에 원활하게 오고 가는 성능은 이런 유형의 네트워크 추적이 완전히 실현되도록 지원할 것이다.
- 엣지 컴퓨팅

  이러한 유형의 시스템 지원을 위해 로컬라이제이션 MI 성능(최소한 특징 비교 수준에서)도 유용하게 하여 임베디드 컴퓨팅 성능을 향상하는 것이 필요하다.
- 컨테이너화

  컨테이너화와 자율 구성은 보다 높은 수준에서 이행되어 손쉬운 설치를 지원할 필요가 있다. 컨테이너화는 소프트웨어가 단속적, 보안화 및 분리된 패키지로 제공될 수 있도록 지원한다. API 연결은 라이브러리나 개발 언어/OS 요구사항이 수반되지 않고 마이크로서비스를 통해 확실히 정의될 수 있다. 컨테이너화는 서로 다른 벤더의 다중

IoT가 프로세싱 하드웨어에서 공존하고 다른 벤더의 애플리케이션에 대한 참조 없이 또는 다른 벤더 애플리케이션 운영에 영향을 주지 않고 별도로 유지관리 및 업그레이드될 수 있도록 지원하며 장치나 게이트웨이 수준에서 사전 정의된 E/W 인터페이스를 통한 정보 공유를 지원한다.

6.6 단독 작업자 안전

- **협대역 IoT**

  신호 손실을 줄이는 Sigfox와 같은 협대역 IoT 프로토콜이 전 세계를 기반으로 하는 배포 기능과 결합되었다.

- **기계 인텔리전스/배터리 성능**

  GPS 운영 또는 저전력 GPS 운영을 위한 보다 나은 배터리 성능. 이것은 배터리 수명을 확장하는 장치의 지능형 운영을 통해 이행될 수 있다.

- **엣지 컴퓨팅**

  이러한 유형의 시스템 지원을 위해 로컬라이제이션 MI 성능(최소한 특징 비교 수준에서)도 유용하게 하여 보다 낮은 전력 소모 수준에서 임베디드 컴퓨팅 성능을 향상하는 것이 필요하다.

6.7 접근 통제 –감시 카메라를 통한 화재 감지/뒤따름 감지

- **엣지 컴퓨팅**

  인식 알고리즘 및 보다 기본적인 카메라 장비를 이용한 운영을 모두 지원하기 위해 로컬라이제이션 MI 기능(최소한 특징 비교 수준에서)도 유용하게 하여 보다 낮은 전력으로 임베디드 컴퓨팅 성능을 향상하는 것이 필요하다.

- **컨테이너화**

  컨테이너화와 자율 구성은 보다 높은 수준에서 이행되어 손쉬운 설치를 지원할 필요가 있다. 컨테이너화는 소프트웨어가 단속적, 보안화 및 분리된 패키지로 제공될 수 있도록 지원한다. API 연결은 라이브러리나 개발 언어/OS 요구사항이 수반되지 않고 마이크로서비스를 통해 확실이 정의될 수 있다. 컨테이너화는 서로 다른 벤더의 다중 IoT가 프로세싱 하드웨어에서 공존하고 다른 벤더의 애플리케이션에 대한 참조 없이 또는 다른 벤더 애플리케이션 운영에 영향을 주지 않고 별도로 유지관리 및 업그레이드될 수 있도록 지원하며 장치나 게이트웨이 수준에서 사전 정의된 E/W 인터페이스를 통한 정보 공유를 지원한다.

- **네트워크 대역폭**

  대역폭은 공공 및 사설 무선 네트워크(5GPP 참조) 모두에서 증가하며 이런 네트워크 간에 원활하게 오가는 성능은 카메라와 프로세싱 노드 탈동조화를 지원할 것이다.

제7절

표준 및 오픈 소스의 역할

본 장에서는 이전에 필요하다고 확인된 서비스 및 기능을 지원하는 데 필요한 표준화/오픈 소스 활동을 살펴본다. 그림 2-1(여기에 있는 그림 7-1과 동일)에서 볼 수 있듯이, 필요한 표준의 일부는 신뢰성/신뢰/분산 신뢰, ML의 이행뿐만 아니라 자체 조직화 및 자체 검색 등의 여러 사용 사례와 애플리케이션 유형에 적용된다.

7.1 자체 조직화, 자체 구성, 자체 검색에 대한 표준

ECN 수의 증가에 따라 네트워크, ECN 및 애플리케이션의 관리는 커다란 난제가 될 것이 분명하다. ECN의 배포 촉진을 위해 운영자와 사용자로부터 기술의 복잡성을 숨기고 장치의 플러그앤플레이를 실현하는 것이 좋다. 그러므로 자동 네트워킹을 도입할 필요가 있다. 현재 자율 기능은 이미 존재한다. 그러나 발견, 노드 식별, 협상, 전송, 메시징 및 보안 메커니즘뿐만 아니라 비자동 관리 인터페이스가 별도로 실현되고 있다. 이 기능의 격리는 높은 OpEx로 이어진다.

인터넷 엔지니어링 태스크 포스(IETF)의 자동 네트워킹 통합 모델 및 접근방식(ANIMA) 실무 그룹이

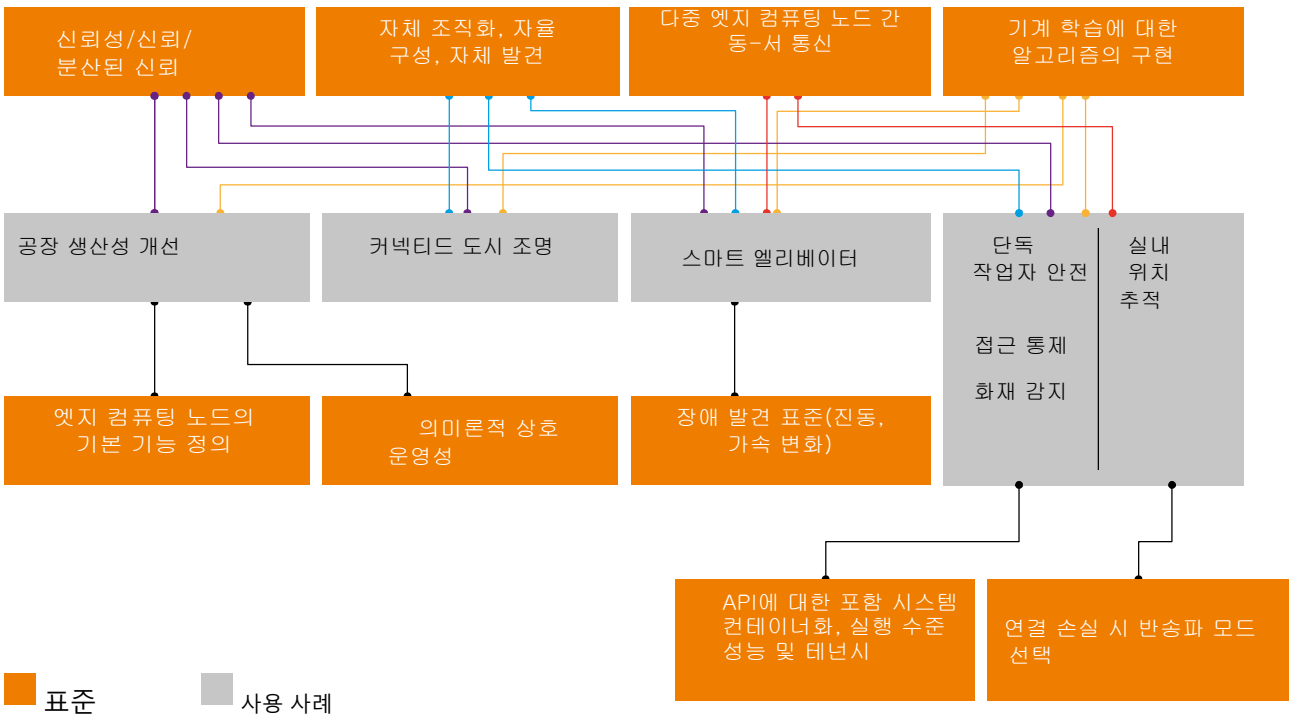


그림 7-1 | 티에 필요한 표준

참고: 이 그림은 그림 1-2와 동일하며 독자의 편의를 위해 여기에 다시 표시한다.

개별 장치의 세부적인 낮은 수준 관리가 필요없는 네트워크 관리를 위해 자동 기능의 시스템을 개발하고 있다. 보안화 폐쇄 루프 상호작용 메커니즘에서 네트워크 요소는 관리 의도에 맞게 협업한다. 따라서 네트워크 프로세스가 결정을 조율하고 이를 로컬 실행 조치로 변환한다.

셀룰러 통신 도메인에서는 3GPP가 모바일 무선 액세스 네트워크의 보다 단순하고 신속한 계획 수립, 구성, 관리, 최적화 및 회복을 목적으로 하는 자체 조직화 네트워크(SON)를 제안하였다. Release 8 이후로 3GPP는 네트워크 구성에 대한 보다 많은 변수를 취급하고 2G/3G/LTE 네트워크의 공존을 도모하기 위해 SON에 대한 조사와 표준화를 시작하였다. 새로 추가되는 기지국은 플러그앤플레이를 실현하도록 자체 구성되어야 한다. 더 나아가 네트워크 성능 및 무선 상태에 따라 기지국이 매개변수와 동작 방식을 자체 최적화할 것이다. 정전 발생 시 자체 회복을 시작하여 영구적인 해결책을 찾기 전에 일시적으로 성능 손실을 보상할 것이다.

표준은 ECN 및 소프트웨어의 낮은 OpEX 관리를 지원할 것이다.

7.2 신뢰/ 분산 신뢰

ISO/IEC 15408 표준은 신뢰를 “어떤 상태에서도 구성요소, 운영 또는 산출에 연관되는 프로세스가 예측 가능하고 바이러스 및 물리적 파손에 내성이 있는 산출 구성”으로 정의한다.

이런 의미의 신뢰는 컴퓨팅 시스템에 의해 제공되는 서비스가 신뢰할 수 있음이 입증된다는 것을 뜻한다. 즉, 제공되는 서비스가 사용자 관점에서 신뢰 가능하고 이 신뢰성은 검증 가능하다.

신뢰 컴퓨팅 그룹(TCG)이 정의한 신뢰 컴퓨팅은 다음과 같은 의미를 갖는다.

- 사용자 인증: 사용자의 신뢰성
- 플랫폼 하드웨어 및 소프트웨어 구성 정확성: 플랫폼 환경에서 사용자의 신뢰성
- 애플리케이션의 무결성과 적법성: 실행되는 애플리케이션의 신뢰성
- 플랫폼 간 확인 가능성: 네트워크에서 플랫폼 간의 상호 신뢰

분산화 흐름은 중앙 허브가 작동하지 않는 엣지 컴퓨팅 시스템 과 같은 분산 시스템을 통해 추진되며 따라서 분산 아키텍처에 기반한 보안 및 신뢰에 대한 새로운 접근방식이 필요하다.

블록체인의 분산 아키텍처는 분산 시스템 보안 및 신뢰 과제에 대응하는 데 유효한 프레임워크를 제공한다는 것이 일반적인 견해이다. 블록체인은 지속적으로 증가하는 블록이라고 하는 레코드 목록을 무단 조작 및 수정으로부터 보안화하여 유지관리하는 분산 데이터베이스이다. 각 블록에는 타임스탬프와 이전 블록에 대한 링크가 포함된다. 설계에 따라 블록체인은 본질적으로 데이터의 수정에 대해 내성을 갖추고 있다. 즉, 일단 블록에 기록된 데이터는 소급하여 수정할 수 없다.

ISO 기술 위원회 307은 이제 사용자, 애플리케이션 및 시스템 간의 보안 및 신뢰 상호 운영성과 데이터 교환을 지원하기 위한 블록체인 및 분산 원장 기술의 표준화를 전담한다.

7.1 신뢰 가능한 정보

엣지 컴퓨팅 시스템에서 신뢰 가능한 정보는 매우 중요하다. 정보의 신뢰성은 해당 정보를 생성하는 시스템의 신뢰에 좌우된다. IEC 62443-3-3에서 신뢰를 “운영, 데이터 트랜잭션 소스, 네트워크 또는 소프트웨어 프로세스가 예상대로 동작할 것이라는 데 의존할 수 있는 신뢰성”으로 정의한다[63]. IEC 62443-3-3에서는

산업 자동화 및 제어 시스템(IACS)에 대한 시스템 보안 요구사항을 기술하며 현재 신뢰를 요구사항으로 명시적으로 열거하지는 않고 있다. 보안 자체가 신뢰 보증을 의미하지만 IACS에서 신뢰를 실현하는 데 시스템 통합 및 운영에 대한 요구사항과 같은 추가적인 시스템 요구사항이 필요한지 여부를 검토하는 것이 유용할 수 있다. 수평적 엣지 컴퓨팅 시스템에서 신뢰를 취급할 때 어떤 추가 요구사항이 필요한지를 조사하는 것도 유용할 수 있다.

7.2 다중 ECN 간의 E/W 통신 표준

대상 E/W 통신의 몇 가지 계층은 다음과 같다.

1) 물리적 계층: 물리적 계층 중계를 통한 메시 네트워킹 및 이중 하나를 사용할 수 있는 방식에 대한 여러 표준이 존재한다. 유선 네트워크에서 메시를 효율적으로 이행할 수 있는 방식 및 물리적 무선 표준이 장거리 운용을 위한 협대역 IoT 프로토콜과 병합되는지 여부를 고려하는 것이 유용할 수 있다.

2) 계층 프로토콜 연결: 마찬가지로 다수의 프로토콜이 존재한다(유선에 대한 IEEE 802.1aq 및 무선에 대한 IEEE 802.15.4-ZigBee[64] 또는 Z-Wave[65]와 WIA-PA). 마찬가지로 장거리 운용을 위한 협대역 IoT에서 메시 운영을 지원하기 위해 협대역 IoT 프로토콜과의 병합을 고려해야 한다.

1) 자율 제어 부문에 있어 시간에 민감한 데이터는 대기시간과 신뢰성의 엄격한 한도 내에서 전송되어야 한다. 산업 자동화, 자동차 또는 로봇 환경에서 ECN 간에 E/W-바운드 통신이 요구되는 경우 혼잡한 네트워크에서 시간에 민감한 트래픽을 우선 시하는 TSN이 필요할 수 있다. 현재 TSN은 IEEE 802.1 및 ETF와 확정적 네트워킹 실무 그룹이 개발 중이다.

2) 데이터 계층: 네트워크 간 데이터 유형 및 의미의 공통적인 정의를 지원하는 융통성 있는 데이터 온톨로지. 두 표준 기구와 오픈 소스가 oneM2M 및 OPC-UA와 같은 역할을 할 수 있는 분야이다.

대부분의 오픈 소스 작업은 개방 참조 아키텍처 내에서 기존의 검증된 권장 표준(MQTT 등)을 정교화하여 메시지에서 높은 수준의 데이터 프로세싱 영역에 집중될지도 모른다. 예를 들어 대단히 중요한 참조 아키텍처는 모듈 간의 남북(N/S)뿐만 아니라 E/W 거래를 수용하기 위해서 경량 MQTT 이행을 채택할 수 있다. 이는 단일 대기열(모든 거래 E/W, N/S) 또는 E/W용 하나와 N/S용 하나 등 두 대기열로 이행될 수 있다. 메시지 이상의 항목은 각 계층에서 이행될 수 있지만 애플리케이션 수준 E/W 통신은 3)을 통해서만 가능하다는 점을 주목할 필요가 있다.

마지막으로 E/W 통신의 성공적 이행은 분산 신뢰에 의존한다.

7.3 임베디드 시스템에 대한 컨테이너화 표준

Docker와 같은 Linux 컨테이너는 임베디드 장치에서 가상화 사용에 대한 실질적인 경로를 최초로 제공하며, 후자는 작동을 위해 매우 복잡한 하이퍼바이저 아키텍처를 요구하지 않는다. 특히, ECN 수준에서 IoT 애플리케이션의 컨테이너화는 IoT 노드에서 가상화 지원에 대한 공통 표준 생성으로 크게 촉진될 것이다. 이것은 일반적인 노력을 시작한 OCI[60]가 취급한 근거의 확장일 것이다.

이행에 대한 여러 문제는 다음과 같다.

- 장치 유형의 극단적인 이종성
- 스토리지, CPU 및 네트워킹에 있어 제약이 심한 자원 엔벨로프

- 접속이 어렵거나 장애 발생 즉시 다시 프로비저닝되기 어려운 장치에 있어 전원이 불안정적이어서 언제라도 차단될 수 있을 경우 또는 고객 하드웨어가 부착되어 있어 심층적인 버전 상호 운영성이 요구되는 경우 즉, 장치가 수주 또는 수개월 후에 온라인으로 복귀할 때 컨테이너에 대한 업그레이드가 몇 개 버전에 걸쳐 이행될 수 있다.

ResinOS[66]와 같이 이 영역의 오픈 소스에서 활동 수준이 주어지면(그림 7-2 참조), 이러한 이행이나 이행 그룹을 다음 사항을 정의하는 표준으로 개발하는 것이 유용할 것으로 보인다.

- 호스트 OS에서 코어 커널 서비스
- 코어 장치 이행 및 지원될 기본 장치
- 대상 프로세서/주변장치 조합에 대한 초기 구축 대상
- 커널, 장치 및 컨테이너화 프레임워크 간의 긴밀한 연결
- ResinOS일 경우 Docker와 같이 지원될 컨테이너 프레임워크 선택

7.4 기계 학습 알고리즘 이행을 위한 개방 표준

3.3.4.6절에서 앞에서 언급했듯이 ML 알고리즘 및 DNN 생성에 사용되는 CNN, HMM, 자연 언어 프로세싱 및 기타 부문은 항상 데이터 센터 규모에서만 액세스가 가능한 저장 및 컴퓨팅 자원이 상당량의 전력 소모를 요구하여 상대적으로 비싸다. 분명 임베디드 장치에서 백엔드 프로세싱이 현재 오픈 소스 계획이지만 그 계획은 이런 방식으로 시작되었기 때문에 여전히 그렇게 유지될 가능성이 있으며 Caffe와 몇 가지 다른 것들이 *사실상의 표준*으로 자리잡고 있다.

전력 소모가 적고 더 저렴한 임베디드 장치를 기반으로 한 ML 이행을 위해 도입된 ML 모델을 수용하고 이를 활용하는 즉, 수신 라이브 데이터와 모델을 비교하는 특정 하드웨어 기반 방법을 이행하는 합리적인 접근방식이 될 것으로 보인다.

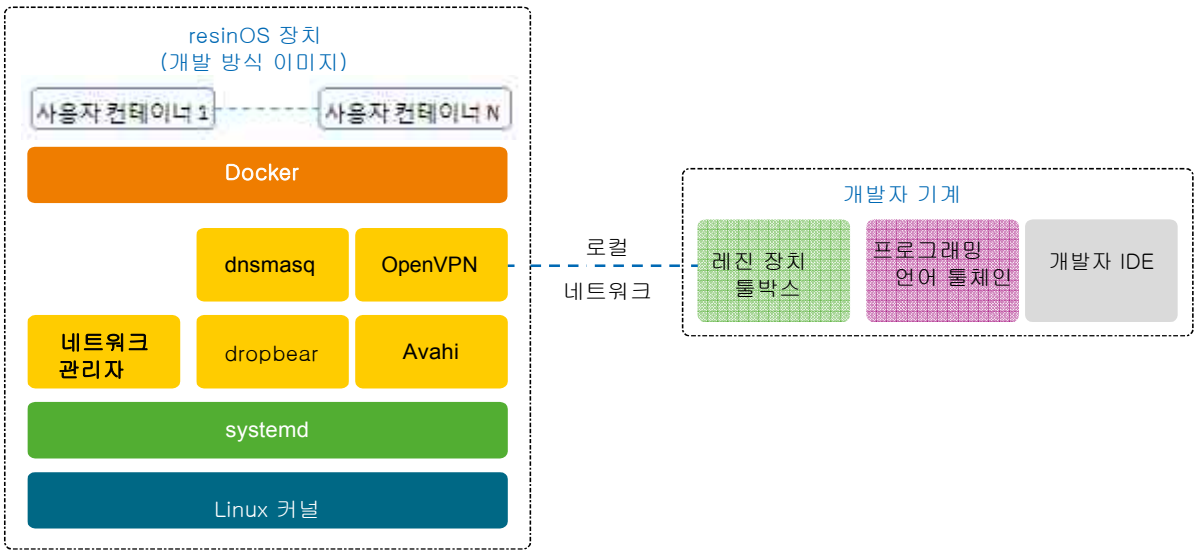


그림 7-2 | ResinOS 임베디드[66]

최근 인텔 Quark의 비교 기능 구현[59]과 같이 이 분야에서 이미 진행 사항이 있었다. 이런 진행 사항들은 독점적이며 로딩 및 기능 비교에 대하 표준이 정의되지 않았다.

모델 로딩과 데이터 비교에 있어 표준이 정의되면 서로 다른 프로세서 제조업체들의 서로 다른 제공품 간에 최대 수준의 상호 운영성이 제공될 것이다.

7.3 연결 상실 시, 반송파 모드 선택에 대응하는 종합 표준

다수의 모바일 제공업체가 연결성을 제공하며 Wi-Fi 네트워크도 제공한다. 일부는 Wi-Fi 액세스 포인트의 네트워크인 iPass 또는 대학들 간의 Wi-Fi 액세스 포인트를 제공하는 Eduroam과 같은 전세계 수신범위 또는 전세계 분산 수신범위를 갖기도 한다.

현재 사용자가 사람인 경우, 네트워크를 선택하여 증명정보를 입력할 수 있다. 호텔과 같은 일부 장소에서는 증명정보에 대한 QR 코드를 제공한다.

연결이 상실될 경우, 인간이 개입하여 새로운 네트워크에 연결해야 한다. IoT 또는 안전 및 보안 사용 사례에서 이러한 상호작용은 불가능하거나 비생산적이다. HTTP를 기반으로 하는 오픈 모바일 연합(OMA) 장치 관리와 같이 연관된 정책과 함께 사용할 대상 네트워크에 관한 권고를 전송하는 표준이 있다. 이 표준은 UE와 ANDSF 네트워크 구성요소 간의 인터페이스에 대해 3GPP에 의해 채택되었다. 이는 당일의 시간, 장소 및 연결 대상 우선 지정 네트워크에 따른 권장 네트워크 정책을 지원한다. 그러므로 UE는 연결성이 상실될 때 독립적으로 새로운 네트워크에 연결할 수 있다. 불행히도 이 정책에는 매우 중요한 가격 측면에 포함되어 있지 않다. 전기통신 업계는 표준을 지향하고 있지만 외부 커뮤니티까지 이런 분위기가 확장되지는 않았다.

IoT 사용 사례 추적을 위해 OMA는 UDP를 기반으로 하는 보다 에너지 효율적인 전송을 사용하는 OMA 경량 M2M이라는 새로운 프로토콜을 정의하였다. 이에 대한 연결성 관리 정책은 개발 중이며 인간의 상호작용이 배제된 연결성 제공에 보다 폭넓은 영향을 줄지도 모른다.

그렇다고 해도 수직 부문 간에 Wi-Fi, 3G, LTE, 곧 실현될 5G 또는 다른 유형의 액세스 네트워크가 될 엔드 장치에서 구축되는 연결성 모듈에 따라 반송파 모드 선택을 추적하는 종합 표준을 보유해야 할 필요가 강하다.

7.4 오픈 소스의 역할

클라우드 컴퓨팅은 Linux, Docker 컨테이너, Kafka 메시징, Spark 스트리밍 및 다계층 스토리지와 같은 오프 소스에서 굉장한 이득을 얻어왔다. 그 결과로 소프트웨어 솔루션의 지속적인 비용 절감을 도모하면서 컴퓨팅 및 수명주기 관리 요구를 충족하고 개발업체용 공통 환경을 제공하는 고도로 확장 가능하고 표준화된 인프라가 도출되었다.

엣지에 대한 표준화와 오픈 소스 필요는 더욱 커지고 있다. 엣지는 벤더 특정 솔루션이 상호 운영을 필요로 하는 장소이다. 이런 상호 운영성이 없으면 IoT가 그에 대한 기대를 충족할 수 없다.

제 4절에서 살펴보았듯이 마이크로서비스나 포드를 엣지(장치, IoT 게이트웨이, 마이크로 데이터 센터 등)뿐만 아니라 클라우드에 배포하여 애플리케이션이 대용량 데이터, 실시간 요구사항 및 연결성의 차이 등에 대응하여 최적화되어 구성될 수 있도록 할 필요가 있다.

그 동안의 진행 과정이 보여주었듯이 오픈 소스 프로젝트는 인터페이스 및 아키텍처의 표준화에 비해 이러한 필요를 더 잘 충족시킨다.

엣지 컴퓨팅에서 솔루션을 제공하는 업체는 차별화된 기능, 부문 특정 솔루션, 개선된 서비스,

보다 높은 QoS 등을 제공하여 차별화 및 수익을 창출할 여지가 많다.

본 백서를 작성하는 현재 시점에 Linux Foundation 프로젝트 Edge X Foundry가 공통 엣지 컴퓨팅 플랫폼에 대응하는 후보로 보인다.

제8절

엣지 인텔리전스 사용 사례 테스트베드

테스트베드는 과학 이론, 계산 툴 및 신기술의 철저하고 투명하며 복제 가능한 테스트 실시용 플랫폼으로 사용된다. 본 장에서는 기술의 타당성 입증을 위해 EI의 신개념을 구현할 테스트베드 계획에 대해 살펴본다. 이 테스트베드에는 6장에서 기술한 필요한 성능 일부를 이행하는 수평적 테스크베드 플랫폼이 포함된다. 동일한 수평적 테스트베드 플랫폼을 사용하여 보안 부문(카메라 및 액세스 제어), ERP 및 제조 시스템의 사용 사례 간 융합과 같은 수직적 테스트베드를 구축할 수 있다. 그 목적은 그림 8-1과 같은 통합된 효율적인 이동식 정보 흐름을 입증하는 것이다.

가시성과 지속성 향상을 지원하기 위해 테스트베드는 새로운 사용 사례나 솔루션의 요구에 따라 확장이 추가되는 살아 있는 플랫폼을 목표로 한다.

8.1 테스트베드에서 이행 가능한 잠재적 사용 사례

- CNC/재고 관리가 ERP에 재고 보충 요구사항 통보
- 주문 발주
- ERP 시스템이 예상 도착 일자/시간 및 운송 내역과 함께 추가 자재의 예상 도착 정보를 액세스 제어/ 카메라 시스템에 통보한다.
- ECN 시스템:
  - 다가오는 배송을 인식하고 먼 거리에서 경고를 발행한다.
  - 카메라(또는 대체 카메라/감지 시스템)가 선적 유형을 식별한다.
  - ERP 시스템에 임박한 도착에 대해 통보한다.

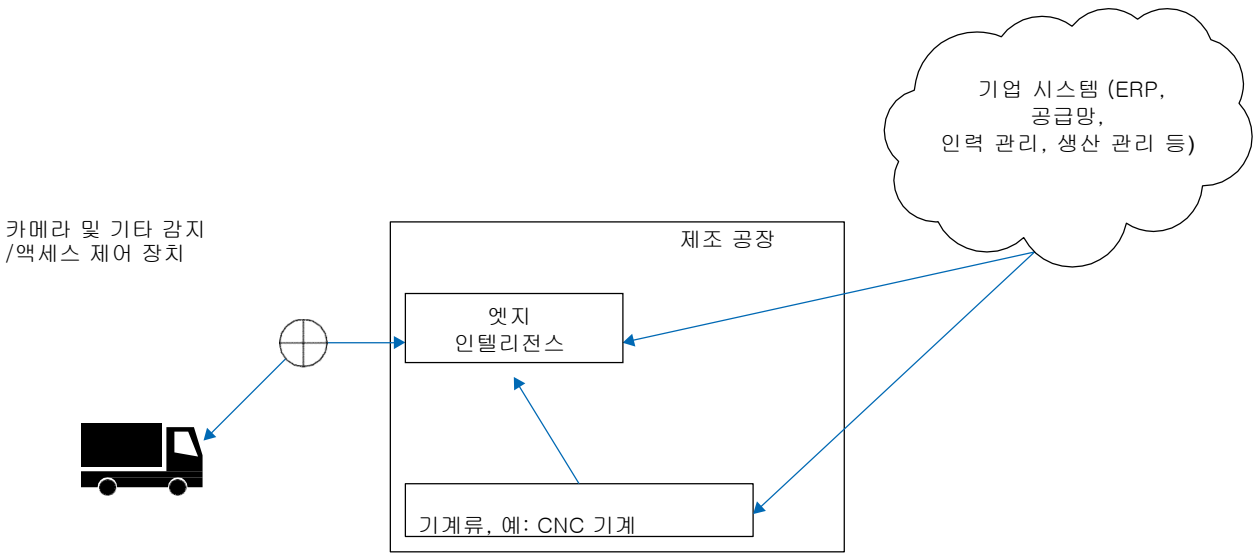


Figure 8-1 | Testbed diagram

- 생산 라인 요구사항을 토대로 ERP 시스템이 도착지 기계로 들어오는 배송을 저장 또는 대기할지에 대한 지시를 발행한다.
- 길찾기 시스템이 배송을 생산 라인 또는 저장 창고로 운송하도록 안내한다.

8.1 기술 빌딩 블록

본 백서에서 제시된 내용을 완전히 수용하기 위해서 최소한 테스트베드에 필요한 사항은 다음과 같다.

- 컨테이너화 ECN(기술 한계로 컨테이너화 센서를 사용하지 못할 수 있음)
- 고급 또는 다중 센서를 채택하는 ML 기반 배송 인지
- 마이크로서비스 기반 시스템 간 상호 연계
- 소프트웨어 정의 네트워킹 및 ID 관리에 대한 반송파 기술로서 5G 시스템

8.2 미래의 발전

테스트베드의 잠재적인 개선 사항 중 하나는 분산 신뢰를 추가하여 사용화 전 솔루션 개발에 박차를 가하고 상이한 사용 사례 또는 보안상의 이유로 격리를 필요로 하는 동일한 사용 사례의 네트워크를 지원하는 다중 전용 네트워크를 갖는 것이다.

제9절

결론 및 권고

9.1 결론

다음 결론은 본 백서에서 그 잠재성을 실현하기 위해 대응할 필요가 있는 표준화를 포함한 IoT 이행에 있어 엣지 인텔리전스의 기술적 잠재성과 현재 격차 및 요구사항 모두와 관련하여 본 백서에서 수행된 검토와 분석을 통해 도출될 수 있다.

- **엣지 인텔리전스**는 기계 학습 성능을 갖춘 엣지 컴퓨팅이다. 즉, 데이터가 수집되고 기계와 다른 장비가 제어되는 곳과 매우 근접한 엣지에서 알고리즘에 의해 데이터가 분석되고 결정이 내려질 수 있다. 이로 인해 클라우드에 연결하지 않고 매우 짧은 반응 시간으로 자율적으로 대응할 수 있다.
- **컨테이너화**는 엣지 인텔리전스에 있어 중요할 것이다. 컨테이너화는 기능 캡슐화가 가능하게 지원한다. 예를 들어, 공공 클라우드, 사설 클라우드, 온프레미스, 작업 현장의 마이크로 데이터 센터, 차량, 5G 네트워크 또는 IoT 게이트웨이 등 어디에서도 배포가 가능한 컨테이너라고 하는 소프트웨어 패키지에 기계 학습 알고리즘을 캡슐화할 수 있다. 이 덕분에 소프트웨어 개발의 효율성이 향상되며 추가 프로그래밍 노력 없이 고객 특정 요구사항에 따라 배포를 최적화하는 것이 가능하다. 현재 Docker 및 OCI와 같은 다수의 오픈 소스 계획이 있지만, 이 기술에 직접 적용되는 표준은 존재하지 않는다.
- 엣지 컴퓨팅 노드 통신에 대한 **공통 데이터 모델**은 엣지 인텔리전스의 성공에 필수적이다. 공통 데이터 모델은 서로 다른 벤더의 장치, 통신 프로토콜 및 소프트웨어 솔루션 간의 상호 운영성을 지원한다.
- **마이크로 데이터 센터**는 낮은 대기시간 제공 및 대용량 데이터 프로세싱 즉, 비실용적이거나 비용이 많이 들 수 있는 클라우드로 그런 데이터 전송을 방지하는 것을 포함하여 많은 이유로 이런 프로세스에서 중요해질 것이다.
- **5G 네트워크**는 엣지에서 데이터 센터를 제공할 뿐만 아니라 가상화 및 소프트웨어 정의 네트워킹 원칙에 의해 활성화되는 산업 특정 네트워크 이행 가능성도 제공할 것이다. 이 덕분에 고객이 엣지에서 데이터 프로비저닝 및 유지관리를 취급할 필요가 없기 때문에 클라우드 컴퓨팅이 제공하는 혜택과 유사한 방식으로 비용을 절감하고 효율성을 향상시킬 수 있다.
- **최선의 사용자 인터페이스는 사용자 인터페이스가 없는 것이다**. 그 동안 엔터프라이즈 시스템의 사용자 인터페이스는 사용자가 사람인 경우에 데이터를 입력 및 분석하여 결정을 내릴 수 있도록 지원하였다. IoT에서는 데이터가 자동으로 수집되기 때문에 수동 데이터 입력은 대부분 무용지물이 된다. 데이터 분석과 의사결정은 기계 학습과 인공지능이 대신한다. 따라서 인간의 상호작용 및 개입은 대폭 감소했다.

9.2 권고

IEC는 국제 표준화 기구뿐만 아니라 엣지 인텔리전스 환경의 컨소시엄까지 연관되는 엣지 인텔리전스의 이행을 위한 전세계적으로 공조가 강화된 접근방식에 솔선수범하여 큰 기여를 할 필요가 있다. 아래 나열된 권고는 산업계, 여러 부분에 걸친 미래 표준화 행위자 및 IEC 자체를 대상으로 하고 있다.

9.2.1 산업계 대상 권고

다음 권고는 엣지 인텔리전스 애플리케이션의 개발 및 이행의 영향을 받게될 다양한 산업계가 대상이 된다.

- 비즈니스 및 상업적 모델의 변혁에 대비한다. 지난 10년 동안 재래식 소프트웨어 라이선스 모델에서 서비스 모델로의 변화 즉, 서비스로서 소프트웨어, 플랫폼 및 인프라로의 변화를 겪어왔다. 이런 서비스는 통상적으로 클라우드 즉, 중앙집중와 데이터 센터에 위치한다. 엣지 컴퓨팅이 등장하면서 이런 서비스 모델이 엣지로 확장되고 재래식 라이선스 모델과 서비스 모델이 결합되는 것을 보게 될 것이다.
- 5G 표준을 활용하여 엣지 컴퓨팅과 엣지 인텔리전스 솔루션을 촉진한다. 5G 네트워크는 클라우드 컴퓨팅과 유사한 장점을 제공할 가능성이 있지만 중앙집중화 데이터 센터대신 엣지에 중점을 둔다.
- 이상적으로는 컨테이너화를 채택하여 엣지 인텔리전스 솔루션 아키텍처에 마이크로 데이터 센터를 포함한다. 마이크로 데이터 센터는 극히 짧은 반응 시간과 함께 통신 관련 비용의 절감 효과도 제공할 수 있다. 컨테이너화는 추가 프로그래밍 노력 없이 특정 고객 요구사항에 따라 기능의 배포를 최적화하는 융통성을 제공한다.
- 시장 분할 방지를 위한 오케스트레이션 및 수명주기 관리와 기계 학습(툴, 모델 이행)에 공통적인 접근방식에 동의한다. 이들의 상품화는 비용 감소를 촉진할 것이다.

9.2.2 일반 권고

현재 엣지 컴퓨팅에 관련된 많은 표준화 및 컨소시엄 활동이 진행되고 있다. 이 상황은 엣지 컴퓨팅 표준화 및 정부, 민간 부문 및 사용자의 요구를 지원하는 보다 긍정적인 표준화 생태계를 조성하기 위한 기회를 최적화하는 과제를 안겨준다. 이 생태계는 아래의 설명과 같이 SDO 및 컨소시엄의 스펙트럼에 걸친 공조 중 하나가 되어야 한다.

- 수평적 표준화: 국제 표준은 부문, 지정학적 경계, 국제 수준에서 정교화되는 기능 및 요구사항에 걸친 표준 활동에 있어 선호되는 접근방식이 되어야 한다.
- 수직적 및 전문 표준: 부문 특정 또는 지정학적 표준은 관련 기구가 만들어야 한다. 가능한 보다 높은 수준의 수평적 표준을 작성해야 한다.
- 엣지 인텔리전스 표준에 대한 요구사항: 선두 컨소시엄은 요구사항을 정의하고 기존 표준 기구에 그런 요구사항을 제공해야 한다.

엣지 인텔리전스 정의, 개발, 배포 및 운영에 관련된 모든 SDO, 컨소시엄, 지정학적 엔터티 및 기타 엔터티는 위에서 설명한 것과 같은 지침 원칙을 공개적으로 채택하고 그 이행에 대한 향상된 수준의 협업 및 공조를 장려할 기회를 모색해야 한다.

9.2.3 IEC 및 위원회에 대한 권고

IEC 시장 전략 이사회(MSB)는 기술 동향 및 시장 요구 파악을 담당한다. 이것은 다양한 방식으로 달성될 수 있다.

- 백서: 신기술 및 시장 변화에 대한 IEC의 입장 표명
- 테스트베드 프로젝트: 기술 및 시장 측면에서 IEC 국제 표준에 대한 산업계 피드백 제공
- 표준 및 오픈 소스 기반 이행 간 상호 운영성 프로젝트: 오픈 소스와 표준 시장/커뮤니티를 연결하는 교량 역할 수행

엣지 인텔리전스의 추진과 관련된 IEC의 위치는 특별하다. 따라서, IEC는 다음 조치를 취해야 한다.

- 전기 공학 시스템 내에서 소프트웨어 이행의 확장에 따라, 이 부문의 소프트웨어 구성요소를 활성화시키는 필요한 전체적인 구상을 제시한다.
- 제7절에서 기술한 것과 같이 엣지 인텔리전스 표준이 강력히 요구된다. 이들은 추가 개선 필요를 파악할 수 있는 테스트베드를 통해 검증해야 한다.
- 제5, 6 및 7절에 포함된 조사 결과 및 권고를 검토하여 IEC 표준화 관리 이사회(SMB)가 수행할 특정 활동을 파악한다.
- 7.1 및 7.4절에서 기술한 것과 같이, ISO/IEC JTC 1/SC 41 및 IEC SEG 8에서 엣지 인텔리전스를 추진한다.
- 핵심 기술에 대한 오픈 소스 개발에 원활하게 대응하는 것과 같은 IEC 국제 표준에 대한 산업계 피드백 수신을 위한 내부 환경을 조성한다.

  산업계 피드백은 "바람직한" 산업 변혁에 필요한 기술/표준 격차 표시와 진화하는 비즈니스 모델을 수용하는 데 있어 핵심적이다. 이렇게 중심이 잡힌 방향성은 국제 표준을 통해 시장 요구를 지원하려는 IEC의 준비태세를 나타내기도 할 것이다. 또한 운영 및 정보 기술이 융복합되고 있는 상황에서 오픈 소스를 수용하기 위한 IEC 준비태세가 더욱 더 중요해질 것이다. IEC는 시장 내에서 핵심 기술에 대한 오픈 소스 프로젝트 개발에 대응할 필요가 있다.
- 산업 인터넷 컨소시엄(IIC)과 공조하여 오픈 소스 이행 및 테스트베드 표준을 보완한다. IEC MSB는 IEC/IIC 테스트베드 계획에 있어 예를 들어 프로젝트 전담 관리팀을 통해서 이 계획에 대한 의사소통을 관리해야 한다.
- IEC/IIC 테스트베드 프로젝트는 신기술이나 비즈니스 모델에 관해 전향적인 자세를 취해야 한다. 이 활동은 IEC SMB, IEC 기술 위원회 및 소위원회와 ISO/IEC JTC 1 내의 지속적인 규격 활동을 저해하지 말아야 한다.
- IEC/IIC 테스트베드의 목적은 산업 변혁 내의 기술 격차를 파악하고 표준에 대한 특정 시장 요구를 확인하며 표준과 오픈 소스 이행 간의 상호 운영성에 대응하는 것이어야 한다.
- IEC/IIC 테스트베드 프로젝트는 프로젝트 보고서 형태로 조사 결과를 IEC에 전달하여 IEC SMB가 그에 따라 표준화 활동을 조정할 수 있도록 뒷받침해야 한다.

부록 A

엣지 인텔리전스의 사용 사례 및 요구사항

A.1 공장 생산성 개선

A.1.1 범위

- 부문: 스마트 제조
- 아키텍처 수준: 장치, 엣지, 클라우드

A.1.2 목적

- 제조 장비의 생산성 및 수익성 향상
- 제조 장비의 가동 중단 시간 축소

A.1.3 사용 경험담

A.1.3.1 요약

엣지 컴퓨팅과 클라우드 컴퓨팅이 결합되어 공장의 생산성을 개선하고 가동 중단 시간을 단축한다.

A.1.3.2 사용 사례의 특징

엣지 컴퓨팅은 실제 세계에서 수집된 원시 데이터를 컨텍스트 정보를 이용하여 분석에 유용한 데이터로 변환한다.

A.1.3.3 전체 내용

e-F@ctory 솔루션[57]을 통해 엣지 컴퓨팅과 클라우드 컴퓨팅을 결합하여 실행하는 빅 데이터 분석은 공장 운영에 커다란 도움이 될 수 있다.

반도체 공장에서 엣지 컴퓨터는 작업 현장에서 수집된 센서 데이터를 프로세싱하여 클라우드에서 서버에 의한 분석이 가능한 데이터로 변환한다.

이 분석 결과를 이용하여 공장 운영자들은 실수로 인해 발생된 결함으로 판명되는 제품의 갯수를 최소화하고 생산성을 개선할 수 있다. 또한, 이 분석 결과는 예측 유지보수를 가능하게 한다.

A.1.3.4 사용 사례의 도표

그림 A-1 참조

A.1.4 사용 사례의 조건

A.1.4.1 전제

공장 운영자는 시스템 통합자와 협력하여 수집 대상 데이터와 분석 방법을 파악하여 원하는 목적을 달성할 수 있도록 한다.

필요한 데이터는 대개 공장 장비를 수정하지 않고 상황에 따라 추가 센서를 설치하여 수집할 수 있다.

A.1.4.2 필요 조건

없음

A.1.5 사용 사례에 대한 추가 정보

A.1.5.1 최신 상태

현재 상황:

- 생산성 개선이 사람의 경험을 통해 이루어진다. 생산성 개선은 항상 단일 공장에서 끝나버린다.
- 공장 운영자가 작업 현장에서 수집한 데이터로 무엇을 해야 할지 이해하기 어렵다.

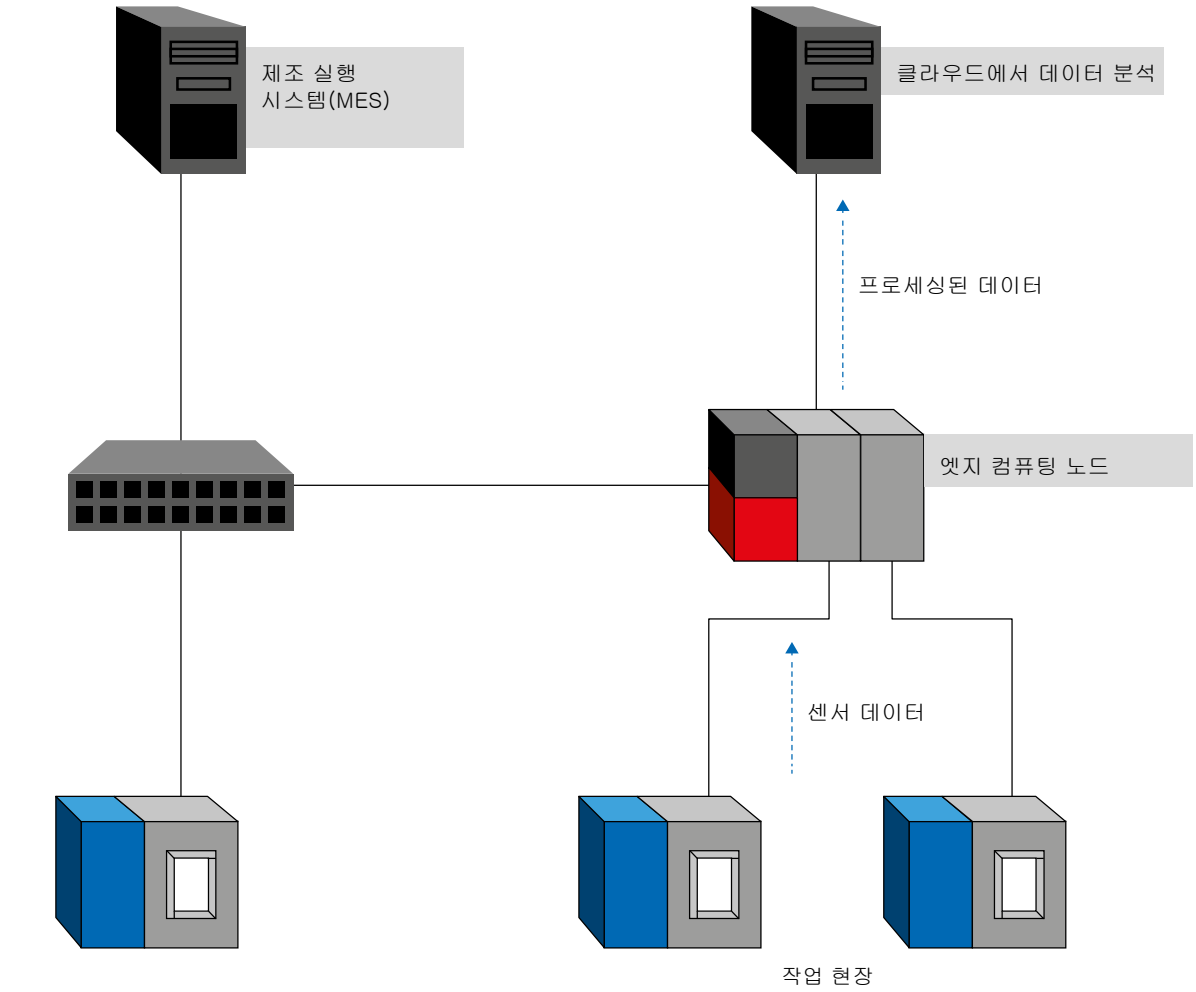


그림 A-1 | 미래의 사용 사례 활용 공장

최신 상태:

- 공장 운영자는 공장 자동화 시스템을 활용하여 이 공장 운영 데이터의 시각화 및 분석을 통해 생산성을 개선할 수 있다.
- 여러 공장을 대상으로 시각화 및 분석을 실시할 수 있다.

현재 상황을 최신 상태로 전환하려면, 엣지 컴퓨팅 시스템의 채택을 촉진하는 기술/표준이 필요하다.

A.1.5.2 기술 격차

- 엣지 컴퓨팅에 의해 생성된 정보의 신뢰성
- 시스템 운영의 최적화 지원/자동화
- 애플리케이션이 배포되도록 허용하는 엣지 컴퓨팅 환경

A.1.5.3 필요한 기능

보안 ID의 관리:

- 엣지 컴퓨팅에 의해 생성된 정보의 신뢰성에 대한 활성화 기술.

- 예: PUF.
- 보안 ID를 이용해 통신을 주고 받는 동안 권한이 없는 당사자에 의해 정보가 침해되지 않도록 보장.

기계 학습 기술:

- 시스템 운영의 자동 최적화를 위한 활성화 기술.

A.1.5.4 필요한 미래 표준

현실 세계의 데이터 수집, 데이터 관리, 애플리케이션 간의 통신과 같이 엣지 컴퓨팅에 의해 제공되는 기본적인 기능의 정의

엣지 컴퓨팅 애플리케이션의 상호 운영성의 개선을 위한 표준:

- 엣지 컴퓨팅 플랫폼에 의해 제공되는 기능의 외부 인터페이스의 사양
- 애플리케이션 간의 통신용 프로토콜
- 데이터의 의미적 상호 운영성

A.2 커넥티드 도시 조명

A.2.1 범위

- 부문: 도시 IoT, 스마트 시티
- 아키텍처 수준: 엔드 장치/센서, 엣지 컨트롤러/게이트웨이, 클라우드
- 소규모 사용 사례:
  - 스마트 조명
  - 환경 모니터링
  - 유틸리티 관리
  - 비디오 감시
  - 교통 관리
  - 차량 충전
- 대규모 사용 사례:
  - 스마트 시티/캠퍼스

A.2.2 목적

- 도시 조명의 에너지 소모량 절감
- 반복 시공 방지, 도시 공간 절약
- 지자체 관리 효율성 제고, OpEx 절감

A.2.3 사용 경험담

A.2.3.1 요약

가로등은 도시 IoT의 가장 중요한 대상 중 하나로 간주된다. 유연한 주문형 조명 시스템을 도입하면 에너지 소모량을 절감할 수 있다. 또한, 가로등의 전신주는 다양한 기능을 통합하는 IoT 액세스 노드로 사용되어 스마트 시티 개발에 중요한 빅 데이터를 제공하고 통합적인 소통 창구의 역할을 수행하여 시민들의 생활을 개선할 수 있을 것이다.

A.2.3.2 사용 사례의 특징

엣지 컴퓨팅은 적시 응답을 전제로 데이터를 처리한다.

엣지 컴퓨팅은 원시 데이터의 전처리(즉, 데이터의 취합 및 필터링 등)를 수행하여 클라우드의 부담을 덜어주는 오프로딩을 지원한다.

A.2.3.3 전체 내용

그림 A-2와 같이, 세계 전력 소비 총량은 20조 450억KWh이며, 이 가운데 19%는 조명 전력 소비량이 차지한다.

기존의 고압 나트륨 램프(HPSL)를 최신 발광 다이오드(LED) 램프로 업그레이드하면 전력 효율이 좋아서 각 램프의 1일 소비량은 4.8 kWh에서 1.8 kWh로 감소할 수 있다. 이러한 개선 작업의 과정에서 해결해야 할 몇 가지 과제는 여전히 남아 있다.

- 방대한 에너지 소비량
- 램프 밝기를 조절할 수 없거나 날씨 상황 변환에 따라 스위치를 조절할 수 없어서 막대한 에너지가 낭비된다.
- 높은 OpEx
- 2025년까지 3억 5천 2백만 개의 가로등 램프가 예상된다.
- 폐쇄 아키텍처
- 스마트 시티 패턴으로 개선하기 어렵다.

이러한 문제의 해결을 위해 다음과 같은 장점이 있는 커넥티드 도시 조명이 제안된다.

- 스마트 조명 정책

  정확한 일자, 시간 및 지역 위도에 따라 기본 점등 지속 기간과 밝기를 조절할 수 있다. 예를 들어 심야에는 가로등 밝기를 줄이고 하나씩 건너서 가로등을 끄도록 하며 고위도 지역에서는 여름에 점등 지속 기간을 단축한다. 이 기본 조명 계획에 더해 주문형 계획도 추가할 수 있다. 예를 들어 비오는 날 가시성이 열악할 때 가로등을 점등하거나 시민 안전을 위해 차량이나 보행자가 다가오면 밝기를 높인다.

- 로컬 생존 메커니즘

  기존 가로등은 중앙집중화 방식으로 제어된다. 고장이 생기면 밝은 한 낮에도 점등되어 다량의 에너지가 낭비될 수 있다.

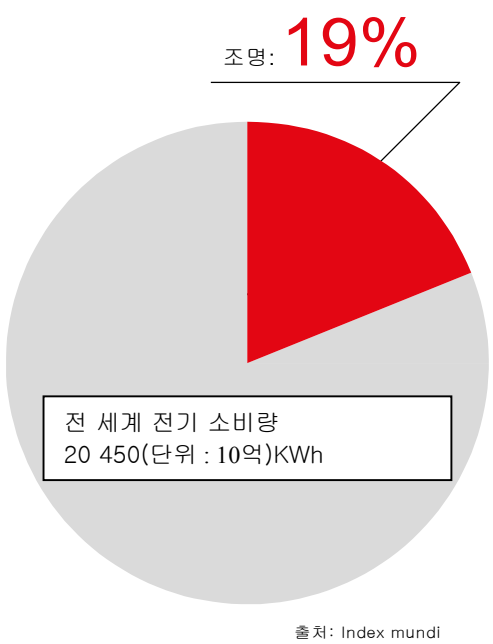


그림 A-2 | 세계 전력 소비량[58]

커넥티드 도시 조명이라면 그런 상황을 받지할 수 있다. 클라우드에서 원격 제어에 연결할 수 없을 경우 게이트웨이가 로컬 캐시 정책을 사용하여 가로등을 제어하여 유연성과 신뢰성이 향상될 것이다.

- 가시적인 관리 및 온라인 검사

  지리 정보 시스템(GIS)-기반 시각적 관리 시스템을 채택하여 램프 상태를 실시간으로 모니터링할 수 있다. 램프가 고장나면 시스템에 자동으로 경보가 되어 유지보수 직원에게 통보될 수 있다. 그러면 현장 검사 필요가 감소하여 인건비 절감과 관리 효율성 개선에 도움이 된다.

- 사용 유효 기한 통계

  예측 유지보수는 램프 상태와 통계 데이터를 비교하여 활성화할 수 있다. 램프 사용 유효 기한이 다되가면 시스템이 직원에게 교체하도록 알려줄 수 있다.

커넥티드 도시 조명은 도시 IoT에 대한 견실한 초석을 다진다. 한 걸음 더 나아가 가로등 전신주는 모듈형이어서 필요에 따라 다양한 기능 모듈을 손쉽게 추가할 수 있다. 그러므로 전신주는 조명용일 뿐만 아니라 감지 및 서비스 제공의 통합 시스템을 구성한다. 이런 식으로 전신주나 장치 캐비닛의 불필요한 시공을 방지하여 도로변 공간을 절약하는 데 도움이 된다.

가능한 모듈의 일부는 다음과 같다.

- 환경 모니터링 모듈: 온도, 습도 및 공기의 질과 같은 센서
- Wi-Fi 핫스팟
- 비디오 감시 모듈
- 광고 모듈: LED 스크린, 스피커
- 전기 차량의 충전 시설
- 지자체 관리 모듈: 쓰레기통, 주차 공간, 지하 배관 등에 배포되는 분산 센서용 게이트웨이 및 엣지 컨트롤러

  예를 들어, EI는 쓰레기 수거의 효율성을 개선할 수 있다. 현재 청소원들은 주기적으로 각 쓰레기통을 찾아다니며 점검해야 한다. *사전* 지식이 없다면 청소원들은 비어 있는 쓰레기통을 찾아다니며 헛수고 할 수도 있다. 쓰레기통 내부에 설치된 센서에 의해 쓰레기 분량과 유형에 대한 상세 정보가 수집될 수 있으며, 해당 정보에 따라수거에 적합한 유형의 청소차가 배정될 수 있다. 최적의 일정 및 경로도 계획될 수 있다. 이러한 주문형 수거는 청소 업체의 OpEx 절감에도 도움이 될 것이다.

- V2I 장치

  V2I 통신 장치와 통합된 전신주는 차량 네트워크 환경에서 도로변 장치(RSU)가 될 수 있다. 이 장치는 차량 안전 보장을 위해 차량과 차도 인프라간 핵심 안전 및 운영 데이터 교환에 사용될 수 있다.

  또한, V2I 장치는 자율 주행에 요구되는 위치 결정의 정확성을 향상시키는 신호등 역할을 할 수도 있다. 위치나 속도와 같은 차량 정보가 V2I을 통해 수집되어 엣지 컨트롤러는 최적화된 교통 신호등 계획을 찾아 보다 많은 차량이 교차로를 통과하도록 할 수 있다. 또는 제안 속도 정보를 차량에 제공하여 적색 신호등을 피할 수 있도록 할 수 있다.

A.2.3.4 사용 사례에 관한 도표

그림 A-3 및 A-4 참조

A.2.4 사용 사례의 조건

A.2.4.1 전제

조명 기능은 전신주의 여러가지 기능 중 하나일 뿐이며, 엣지 OS 및 클라우드 OS에 구축된 애플리케이션은 다양한 조직들(공익 기업, 공공 안전 기관, 광고 회사, 부동산 회사 등)에 속한다.

A.2.4.2 필요 조건

센서, 통신 장치 및 기타 모듈이 전신주 구조를 크게 변경하지 않고도 기존 전신주에 추가될 수 있다.

새로운 모듈형 전신주는 손쉬운 설치를 촉진하는 새로운 인프라 구성을 위해 설계 및 구축될 수 있다.

A.2.5 사용 사례에 대한 추가 정보

A.2.5.1 최신 상태

이 사용 사례의 경우, 기능적 모듈이 통합된 전신주는 도시 시나리오에서 감지 기지국 및 다양한 서비스에 액세스 역할을 한다. 도시 규모에서 광범위한 데이터가 클라우드에서 심층 분석 및 시각화를 위해 활용될 수 있다. 도로, 주거 지역 또는 주차 지역과 같은 소규모 차원에서 EI는 편리성과 적시 서비스를 제공할 수 있다.

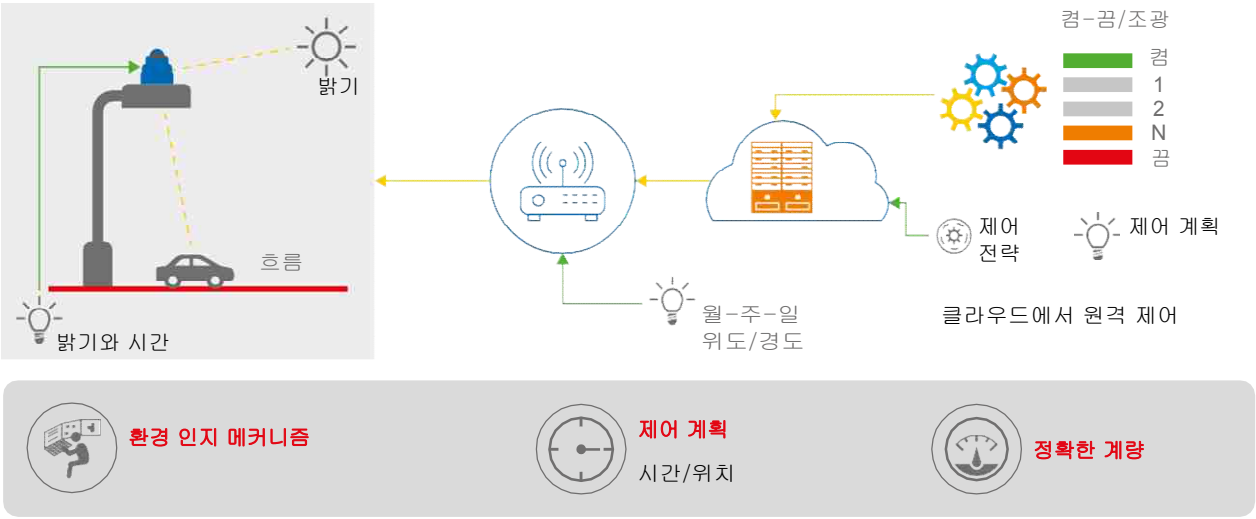


그림 A-3 | 커넥티드 도시 조명 사용 사례[출처: Huawei 기술]

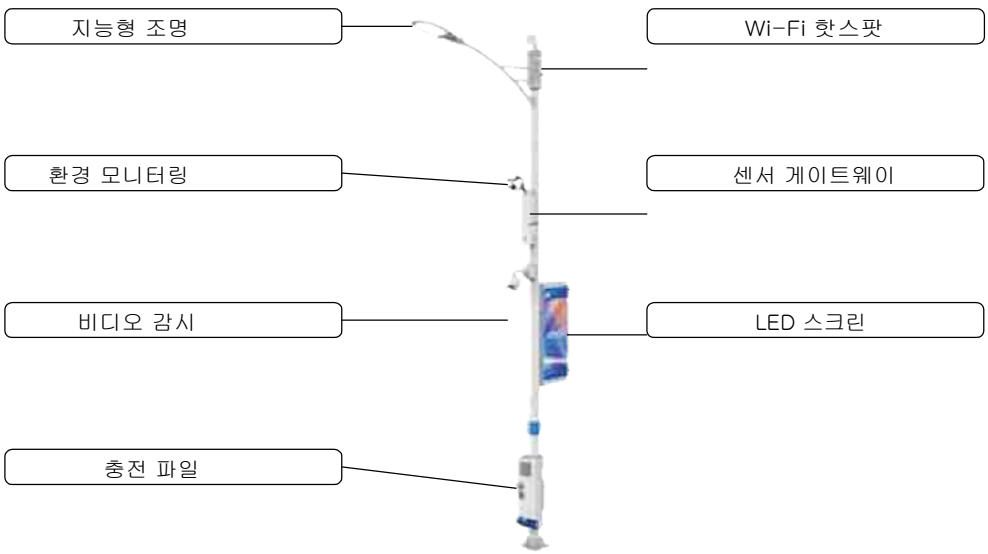


그림 A-4 | 지능형 유틸리티 전신주[출처: Huawei-Sansi]

A.2.5.2 기술 격차

- 전신주 네트워킹, 기능 추가/제거: 현재 IoT 애플리케이션이 사일로 모드로 구축되며 서로 다른 조직에 속한 애플리케이션은 자체 엔드투엔드 솔루션을 보유하여 자본 지출(CapEx) 및 OpEx가 기하급수적으로 상승할 수 있다. 장기간에 걸쳐 장치를 점진적으로 배포할 수 있기 때문에 역 방향 및 전 방향 호환성도 고려해야 한다.

- 혁신적인 조명 정책 및 에너지 관리 정책: 정책은 일정 시간에 걸쳐 개선되어 보다 나은 서비스 제공이 가능할 수 있다.
- 클라우드 오프로딩 및 개인 정보 보호: 비디오 감시와 같은 일부 애플리케이션은 대량의 데이터를 생성할 것이다. 클라우드에서 그런 데이터를 저장 및 프로세싱하면 네트워크에 압박이 가중되고 데이터가 로컬 영역에 저장되지 않을 경우 개인 정보 보호가 보증되지 않을 수 있다.
- ECN 간 상호작용: 일부 애플리케이션은 단일 ECN에 의해 실현이 불가능할 수 있으며 노드 간 상호작용을 도입하여 사용자 정보 동기화, 제어 및 오케스트레이션을 수행해야 한다.

A.2.5.3 필요한 기능

- 기능적 모듈의 자체 조직화, 자체 검색 및 플러그앤플레이: 모듈을 추가/제거할 때 플랫폼에서 관련 애플리케이션이 추가/제거된다. 그러므로 모듈을 민첩한 방식으로 관리할 수 있고 반복적인 개발이 방지된다.
- 학습 역량을 지원하기 위한 ECN에 대한 AI
- ECN은 로컬 데이터 프로세싱 요구사항을 지원하는 데 충분한 프로세싱과 저장 성능을 갖춰야 한다.
- ECN 간의 E/W-바운드 통신

A.2.5.4 필요한 미래 기술

엔드 장치는 다양한 제조업체에 의해 생산될 수 있지만, 엣지 및 클라우드 애플리케이션에 투명해야 한다. IP와 다양한 하드웨어 기술 간의 맞춤 수정이 적용되어야 한다. IETF는 IEEE 802.15.4에 대한 맞춤 수정 계층 구축을 위해 6LoWPAN 표준을 제안했으며 이 표준은 하위 GHz ISM 및 PLC에 사용될 수도 있다. 6LoWPAN은 주로 분할 및 헤더 압축을 고려한다. 현재 다른 IETF 실무 그룹들이 기타 IoT 관련 문제를 조사하고 있다. 예를 들어 ROLL은 저전력 및 손실 네트워크에 대한 라우팅 프로토콜을 조사하고, LPWAN은 저전력 광역 네트워크를 통한 IPv6을 조사한다. 이 사용 사례에서 이행될지도 모르는 V2I 통신에 있어 IPWAVE 실무 그룹은 차량 환경에서 직접 및 보안 통신을 구축하는 방법을 조사하고 있다.

자체 조직화, 자체 구성 및 자체 검색에 대한 표준: 엔드 장치는 서로 다른 제조업체가 서로 다른 PHY 및 MAC 기술을 사용하여 생산할 수 있지만 운영자와 상위 계층 애플리케이션에 투명해야 한다. 단일 및 동일 플랫폼에서 관리되는 다양한 장치의 플러그앤플레이 방법을 연구해야 한다.

E/W 통신 표준은 물리적 및 연결 계층에서뿐만 아니라 데이터 계층에서도 고려되어야 한다. 벤더 간 데이터 상호 운영 및 분석을 실현하려면 통합 의미적 수단이 요구된다.

임베디드 장치에서 가상화를 실현하려면 컨테이너화 표준이 필요하며 서로 다른 IoT 서비스의 사일로를 허물고 애플리케이션의 반복적인 개발을 방지하는 데 도움이 된다.

ML에 대한 개방 표준이 필요하다.

신뢰 및 보안: 데이터 무단 조작이나 수정 또는 ECN의 불법 제어를 방지하기 위한 관련 표준이 개발되어야 한다.

A.3 스마트 엘리베이터

A.3.1 범위

- 부문: 도시 IoT, 스마트 빌딩
- 아키텍처 수준: 장치/센서, 엣지 컨트롤러/게이트웨이, 클라우드
- 소규모 사용 사례:
  - 엘리베이터 내 광고
  - 비디오 감시
- 대규모 사용 사례:
  - 스마트 시티
  - 스마트 빌딩/캠퍼스: 스마트 엘리베이터는 부동산 회사가 사용하는 빌딩/캠퍼스 관리 플랫폼에 설치되는 애플리케이션 중 하나일 수 있다.

A.3.2 목적

그림 A-5와 같이, 도시화로 인해 엘리베이터는 도시 생활의 필수적인 요소가 되었다. 따라서, 엘리베이터 유지보수 및 A/S 서비스는 분명히 전망이 밝은 비즈니스이다.

점점 더 많은 엘리베이터 벤더들이 산업망을 통합하고 O&M 서비스를 제공하여 매출 증대를 꾀하고 있다. 하지만 기존의 유지보수 비용은 여전히 높은 수준이며 최초 유지보수 성공률은 10% 미만이다. 그러므로 O&M 효율성을 개선하고 O&M 비용을 보장하려면 기존의 엘리베이터 유지보수에 디지털 변혁을 도입해야 한다.

A.3.3 사용 경험담

A.3.3.1 요약

엣지 컴퓨팅은 엘리베이터 벤더가 기존의 예방 유지보수를 차세대 실기간 유지보수로 업그레이드하고 제품의 가치를 서비스로 확장하는 데 도움이 될 수 있다.

A.3.3.2 사용 사례의 특징

엣지와 클라우드 간 임무 구분 및 협업: 엣지는 고장 검출 및 추가 분석과 AI 교육을 위해 클라우드로 프로세싱된 원시 데이터를 전송하는 것과 같이 적시의 응답이 요구되는 시나리오를 담당한다

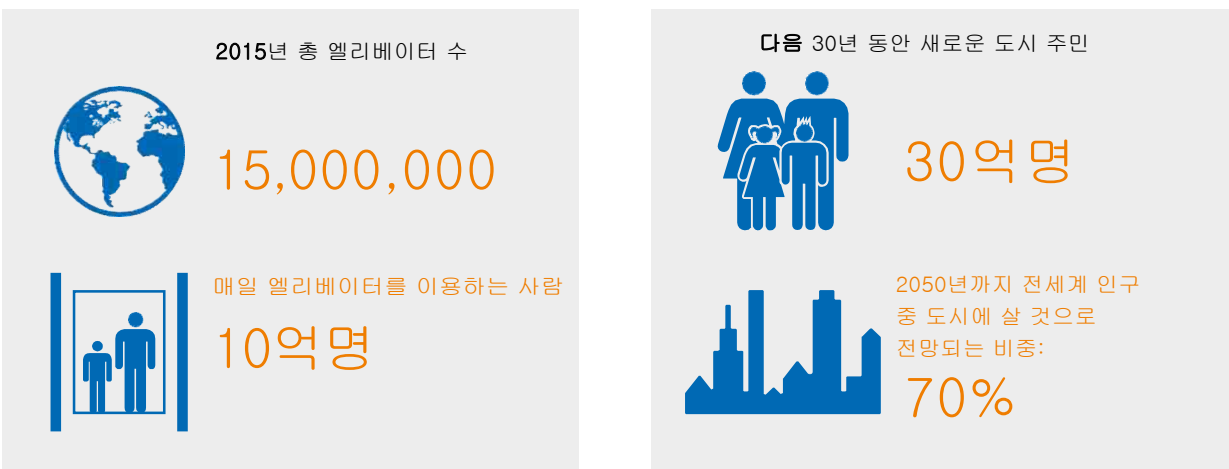


Figure A-5 | Predictions on elevator business use case [source: Huawei Technologies]

A.3.3.3 전체 내용

- 비용 절감

  다수의 센서가 실시간으로 엘리베이터의 상태를 모니터링할 수 있다. 로컬 엣지 컴퓨팅이 융합된 게이트웨이가 잠재적 장치 고장을 조기에 검출하는 데이터 분석 성능을 제공할 수 있다. 이 모델 로컬 복원성을 제공한다. 게이트웨이가 클라우드에 연결하지 못하면 데이터는 로컬에 저장될 수 있다. 연결이 복원된 뒤 저장된 로컬 데이터가 자동으로 클라우드에 동기화되어 클라우드가 각 엘리베이터의 전체적인 뷰를 생성할 수 있도록 보장할 수 있다. 예측 유지보수는 인력 작업량을 줄이고 장치 신뢰성을 강화하여 서비스 수명을 연장하며 장치 활동도를 개선하여 유지보수 비용을 절감할 수 있다. 이런 성능 모두는 기업의 전체적인 경쟁력을 제고한다.

- 확실한 보안

  예측 유지보수는 단말 장치, 게이트웨이 칩 및 OS, 네트워크 및 데이터를 아우르는 다중 수준의 보호를 제공한다.

- 제품에서 서비스로 확장

  엘리베이터 벤더의 연구 개발 팀은 제품 품질과 AS 서비스를 개선할 수 있다. 예측 유지보수를 통해 빌딩 소유자와 부동산 관리 기관은 긴급 구조 서비스를 제공할 수 있다. 뿐만 아니라 엘리베이터는 광고를 위한 미디어 플랫폼 역할을 할 수도 있다.

A.3.3.4 사용 사례에 관한 도표

그림 A-6 참조

A.3.4 사용 사례의 조건

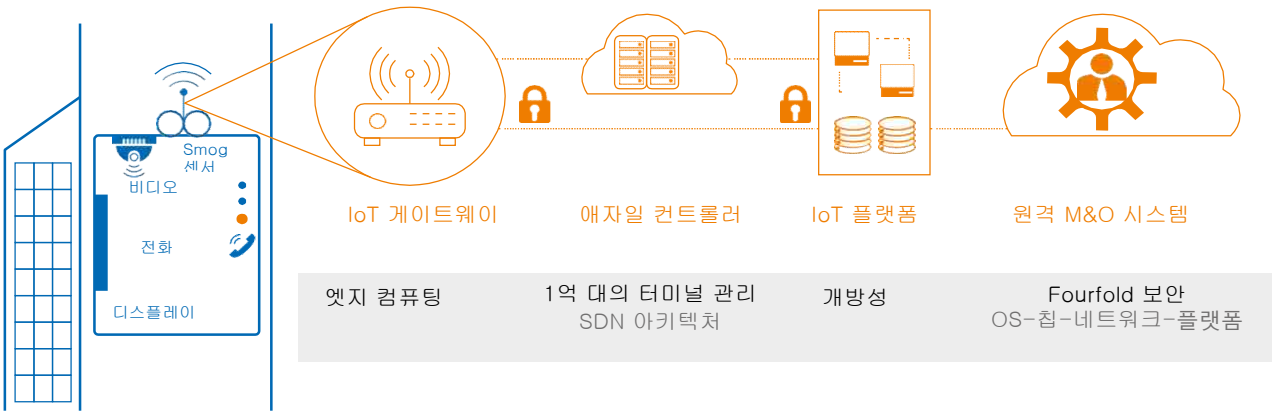
A.3.4.1 전제

없음

A.3.4.2 필요 조건

- 디지털 모델: 엘리베이터의 수학적 또는 메커니즘 모델을 구축해야 한다.
- 상태 취득: 센서에 의해 취득된 데이터는 엘리베이터의 실제 상태를 나타내는 데 충분하여 그에 따라 엣지 컴퓨팅 및 클라우드 컴퓨팅이 정확한 결과를 얻을 수 있어야 한다.

  디지털화 규칙: 엣지와 클라우드 간 임무 구분을 정의해야 한다. 로컬 진단은 기능 이상 발견을 위해 단순하지만 핵심적인 규칙을 필요로 한다. 기능 이상에 대한 해당 응답도 제공되어야 한다.



A.3.5 사용 사례에 대한 추가 정보

A.3.5.1 최신 상태

게이트웨이, 애자일 컨트롤러(agile controller) 및 플랫폼은 소프트웨어 정의(software-defined)이다. 컨테이너가 벤더에 제공되어 자체 O&M 애플리케이션을 추가할 수 있다. 또한 벤더가 광고 및 통보와 같은 부가가치 서비스에 대해 빌딩 소수자와 기타 클라이언트에 일부 컨테이너를 제공할 수 있다.

A.3.5.2 기술 격차

- 진단 및 예측 유지보수: 엘리베이터는 공공 안전과 밀접한 관련이 있기 때문에 고장 검출 및 유지보수가 매우 중요하다. 현재 대부분의 고장은 발생된 뒤에 발견되며 고장 원인을 파악하여 수리할 때까지 상당한 시간이 소요되는 경우도 많다. 그러므로 엘리베이터 유지보수의 OpEx는 매우 높다.
- 클라우드와 엣지 간 작업 구분: 고장 검출과 같이 적시 응답이 요구되는 기능은 엣지에 배포해야 하며 클라우드에 연결하지 않고도 실행되어야 한다.
- ECN 간 상호작용: 관리 전략의 범위 내에서 엘리베이터의 동작 방식을 최적화하는 것이 요구된다.
- 예방 유지보수의 보안: 엘리베이터 시스템에 대한 접근 권한을 얻기 전에 현장 엔지니어는 인증을 받아야 한다.

A.3.5.3 필요한 기능

- AI: 클라우드에서 교육이 이행될 수 있고 결과 전략은 엣지에 임베디드되어 엣지가 적시에 응답할 수 있도록 할 수 있다.
- ECN은 로컬 데이터 프로세싱 요구사항을 지원하는 데 충분한 프로세싱 및 저장 성능을 갖춰야 한다.
- ECN 간 E/W-바운드 통신이 필요하다.
- 엣지의 무단 조작이나 수정의 방지하고 정보를 포함할 수 있는 분산 인증 메커니즘이 요구된다.

A.3.5.4 필요한 미래 기술

진단과 예측 유지보수에 사용되는 기본 및 필요한 기능은 산업 표준화 기구의 서로 다른 엘리베이터 범주에 대해 표준화될 필요가 있다.

자체 조직화, 자체 구성 및 자체 검색에 대한 표준: 엘리베이터와 내부 장치는 서로 다른 제조업체의 제품일 수 있다. 그러나 이들은 운영자 및 상위 계층 애플리케이션에 투명해야 한다. 조직화, 구성 및 검색의 자동화는 엘리베이터 시스템의 플러그앤플레이를 실현하는 데 도움이 되어 OpEx 절감으로 이어질 수 있다.

E/W 통신 표준은 물리적 및 연결 계층뿐만 아니라 데이터 계층에서도 고려되어야 한다. 벤더 간 데이터 상호 운영 및 분석을 실현하려면, 통일된 의미론적인 수단이 필요하다.

임베디드 장치에서 가상화를 실현하려면 컨테이너화 표준이 필요하며 서로 다른 IoT 서비스의 사일로를 허물고 애플리케이션의 반복적인 개발을 방지하는 데 도움이 된다.

ML에 대한 개방 표준이 필요하다.

신뢰 및 보안: 데이터 무단 조작이나 수정 또는 ECN의 불법 제어를 방지하기 위한 관련 표준이 개발되어야 한다.

A.4 실내 위치 추적

A.4.1 범위

잠재적인 적용 대상은 군사, 법률 집행, 건강 관리, 생명 안전, 민감한 정보가 취급되는 의료 및 사무 환경이다.

A.4.2 목적

사람 및 물체의 위치에 대한 정확하고 가성비 높은 정보를 제공한다.

A.4.3 사용 경험담

A.4.3.1 전체 내용

- 사용 사례의 명칭: 사람 추적 실내 애플리케이션
- 다양한 무선 시스템(BLE 등)에 걸쳐 무선 삼변 측량 및 무선 표면 매핑 메커니즘을 사용하여 추적 대상 사람/물체에 대한 구체적인 위치 정보를 취득한다.
- 대역폭 요구사항: 중간(약 2MB, 초 저 대기시간 <1ms, 낮은 콘텐션)
- 시스템은 다수의 센서 출처(모두 IP/UDP 패킷으로 정규화)에 대한 삼변 측량 데이터의 백홀 및 고품질 위치 추측 정보로의 변환을 요구한다.
- 이러한 유형의 시스템에 있어 대기시간이 실질적인 문제이기 때문에 게이트웨이를 클라우드에서 또는 최소한 고객 부지 외부에 유지하는 동시에 센서 샘플을 최대한 소스에 근접하여 프로세싱하는 게이트웨이를 갖는 것이 이 유형의 시스템에 있어 핵심이다. 게이트웨이 내에서 모듈은 위치 추측을 수행하는 두 실제 위치와 사용자 상태를 클라우드의 관리/UI 모듈로 전송하는 임베디드, 조정 가능 MI 모듈이다. 이 모델은 조정 가능하며 MI 모듈은 업데이트될 수 있다.

A.4.3.2 사용 사례에 관한 도표

그림 A-7 참조

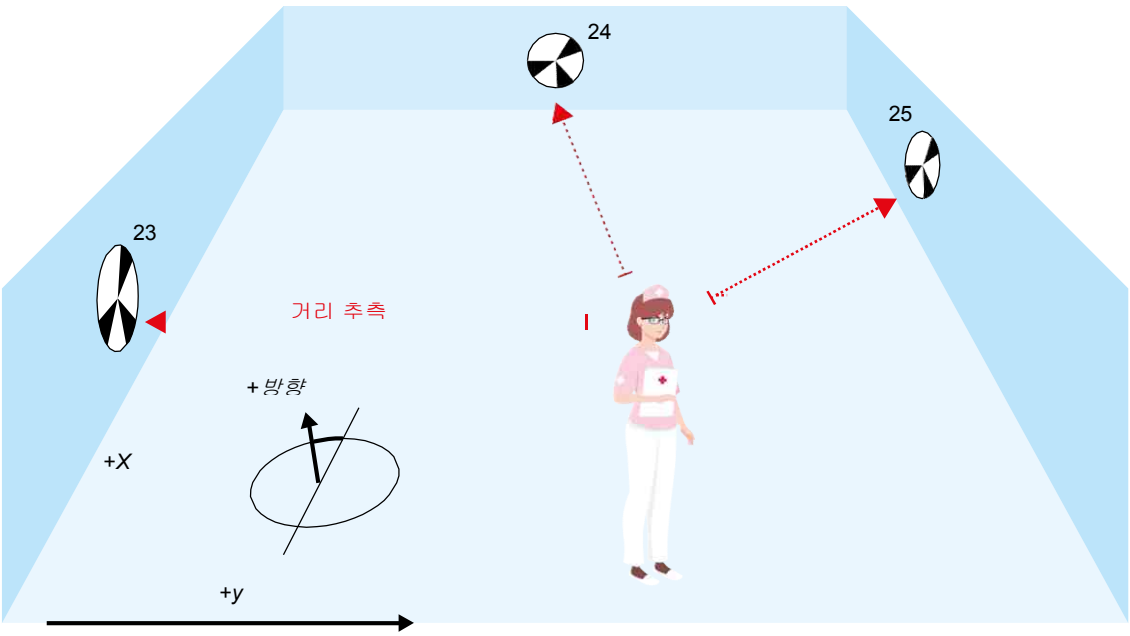


그림 A-7 | 병원 직원/자산 추적 사용 사례

A.4.4 사용 사례의 조건

A.4.4.1 최신 상태

이러한 유형의 추적을 위한 다수의 서로 다른 솔루션이 시장에 이미 나와 있지만, 각 기술이 점차 개선됨에 따라 초점도 변하고 있다. 최고급 애플리케이션은 지자기 센서 및 소나를 사용해 왔지만 대부분의 고급 실내 시스템은 현재 초광역(UWB) 또는 BLE 무선을 사용한다. 하지만 이들은 제공하는 결과의 정확도가 떨어지는 틈새 시장 애플리케이션 및 Wi-Fi 기반 시스템으로 간주될 수 있다.

A.4.4.2 기술 격차

정확한 추적은 두 가지 기본 원리[높은 로컬 네트워크 대역폭(적정하게 낮은 대기시간 <100MS) 및 필요한 산출에 충분한 컴퓨팅을 통한 로컬 프로세싱 노드에 대한 백홀]를 바탕으로 한다. 다수의 대상이 추적될 때 대역폭 요구사항은 직선의 형태로 증가한다. 현재 이를 달성하는 유일한 방법은 추적을 위한 기존 네트워크 인프라에 장비를 추가하는 것뿐이기 때문에 기존 및 미래 네트워크 내에 이 성능을 원활하게 추가할 수 없는 것은 주요 격차이다.

여기에 더해 로컬 프로세싱 노드는 2017년에 서버급 기계가 될 정도로 높은 수준의 로컬라이제이션 프로세싱이 가능해야 하며 이상적으로는 프로세싱 로직이 컨테이너화되거나 일반 IT 장비에서 예비 공간에서 원활하게 작동해야 하며 또는 임베디드 하드웨어에서 개발할 경우 게이트웨이급 컴퓨팅 노드를 지원해야 한다.

A.4.4.3 필요한 기능

공공 및 사설 무선 네트워크(5GPP 참조) 모두에 있어 대역폭이 증가하며 이런 네트워크 간에 원활하게 전환이 가능한 성능이 이러한 유형의 네트워크 추적을 완전히 실현되도록 지원할 것이다. 이러한 유형의 시스템 지원을 위해 임베디드 컴퓨팅 성능의 향상이 필요하며 로컬라이제이션 MI 성능(최소한 특징 비교 수준에서)도 유용하다.

컨테이너화와 자체 구성은 보다 높은 수준에서 이행되어 손쉬운 설치를 지원할 필요가 있다. 컨테이너화는 소프트웨어가 단속적, 보안화 및 분리된 패키지로 제공될 수 있도록 지원한다. API 연결은 라이브러리나 개발 언어/OS 요구사항이 수반되지 않고 마이크로서비스를 통해 확실이 정의될 수 있다. 컨테이너화는 서로 다른 벤더의 다중 IoT가 프로세싱 하드웨어에서 공존하고 다른 벤더의 애플리케이션에 대한 참조 없이 또는 다른 벤더 애플리케이션 운영에 영향을 주지 않고 별도로 유지관리 및 업그레이드될 수 있도록 지원하며 장치나 게이트웨이 수준에서 사전 정의된 E/W 인터페이스를 통한 정보 공유를 지원한다.

A.4.4.4 필요한 미래 기술

비교 측정 기준(benchmark)이 없는 상태에서 시장에 정확성과 대역폭 요구사항이 서로 다른 각양각색의 솔루션이 나와 있기 때문에 "전파 시간(time of flight)" 시스템(예: UWB) 및 BLE 시스템의 표준화가 유용할 것이다.

임베디드 프로세서의 도형 자료 인코딩에 적용되는 표준을 추가하면[59] 제조업체의 혁신을 제한하지 않고 상이한 프로세서 간 도형 자료의 이식성을 제고할 것이다.

자체 구성은 네트워크에서 장치 성능의 발견 및 광고와 등록에 대한 구체적인 권고/프로토콜 모음으로 촉진될 것이다. 이들 중 일부는 이 부문에서 새로 등장한 5GPP 표준을 기반으로 하거나 이에 관련될 수 있다.

IoT 애플리케이션(특히 게이트웨이 수준)의 컨테이너화는 IoT 노드에서 가상화 지원에 대한 공통 표준의 수립에 의해 크게 촉진될 것이다.

이것은 추진하기 위한 노력을 시작한 OCI[60]가 다루는 영역의 확장일 것이다.

마이크로서비스 표준을 사용하는 애플리케이션 간에 이 수준에서 E/W 데이터 공유에 관한 표준이 유용할 수 있다.

A.5 단독 작업자 안전

A.5.1 범위

잠재적인 적용 대상은 민감하고 위험한 실외 환경에서 단독으로 참여한 작업자들뿐만 아니라 모든 단독 작업자의 상황이다.

A.5.2 목적

사람 및 물체의 위치에 대한 정확하고 가성비 높은 정보를 제공한다.

A.5.3 사용 경험담

이 사례는 지능형 게이트웨이를 사용하여 특정 직원의 위치를 나타내는 신호를 수신하는 경우이다. 이 사례에서는 MI 모듈도 GPS 신호 송신기에 임베디드되며 이 송신기는 MI 모듈을 사용하여 착용자의 걸음걸이와 방향을 특정화할 것이다. 이 모듈은 일정 기간에 걸쳐 개인의 "정상" 행동 방식을 "학습"한 후 사고, 공격 등으로 인해 행동 방식이 변할 경우 경보를 생성할 수 있다. 의사결정이 로컬에서 이뤄지기 때문에 전송 대역폭은 매우 낮고 대기시간은 수밀리세컨드 이내가 될 수 있을 것이다. 이 사례에서 지능형 게이트웨이는 데이터 병합자 역할을 할 것이며 UI 등이 설치될 수도 있을 것이다.

A.5.3.1 전체 내용

- 사용 사례의 명칭: 사람 추적 – 실외(GPS 표시) 애플리케이션
- GPS를 사용하여 추적 대상 사람/물체의 구체적인 위치 정보를 취득하며 저대역폭 무선을 통해 백홀된 가속도계 데이터도 취득한다.
- 대역폭에 대한 요구사항: 중간(약 5kB/일, 높은 대기시간 <1분, 콘텐션은 문제가 되지 않음)
- GPS는 프로세싱되며 후프로세싱은 필요하지 않고 패킷 프레임만 전송할 필요가 있다.

- 그런 애플리케이션에 대한 주요 고려사항은 심층 수신범위(즉, 고대역폭)대신 매우 광범위한 수신범위가 요구된다는 점이다.

A.5.3.2 사용 사례의 도표

그림 A-8 참조

A.5.4 사용 사례의 조건

A.5.4.1 최신 상태

지금까지 이 백홀은 셀룰러 네트워크를 통해 영향을 받아왔지만 SigFox 또는 셀룰러 협대역 IoT와 같은 새로운 IoT 프로토콜을 채택하는 옵션도 있다. 이러한 유형의 고급 시스템은 위성 백홀을 사용하지만 전력 요구 및 소형화 측면 때문에 단독 작업자용으로는 부적합하다.

A.5.4.2 기술 격차

시장에 솔루션이 나와 있지 않지만, 원래 장인 정신의 산물이어서 널리 채택되지는 않았다. 장비는 현재 시스템(셀룰러 또는 위성 기반)의 전력/안테나 요구사항뿐만 아니라 GPS 운영 유지에 필요한 전력 요구사항으로 인해 물리적으로 매우 크기가 크다.

또한, 온보드 프로세싱 전력이 MI가 정상 움직임, 작업 활동 및 추락과 같은 예외적인 상황 간의 차이를 분별하도록 지원하기에 불충분하고 주변 장치의 지능형 전력 관리를 지원하기에는 프로세싱 성능도 부족하기 때문에 잘못된 경보가 잦다.

그러나 이런 모든 시스템에 대한 주요 반대 사유는

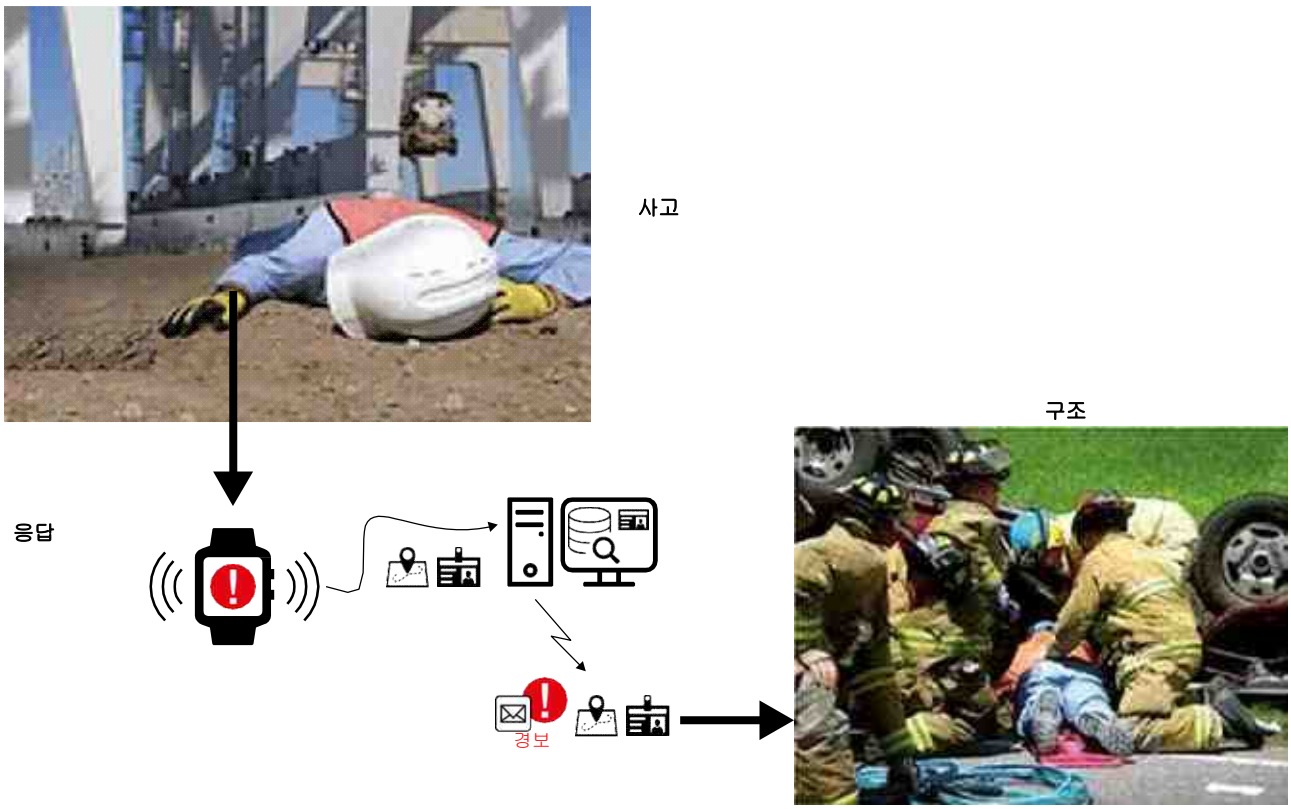


그림 A-8 | 단독 작업자 안전 절차

경보/상태 데이터를 모니터링 센터로 다시 전달하기 위한 백홀 메커니즘과 연관이 있다. 첫째, 수신범위가 셀룰러 수신범위 발자국(특히 건물, 터널 또는 지하에서 단독 작업자의 작업 대상 영역의 좁은 장소) 또는 위성 액세스(위성 통신)에 좌우된다. 둘째, 이런 전송 메커니즘의 비용이 전송 대상 데이터의 가치에 합당하지 않다.

A.5.4.3 필요한 기능

전세계 기반 배포성과 결합된 신호 손실을 줄이는 Sigfox와 같은 협대역 IoT 프로토콜

GPS 운영 또는 저전력 GPS 운영을 위한 개선된 배터리 성능. 이는 배터리 수명을 확장하는 장치의 지능형 운영을 통해 이행될 수 있다. 배터리 수명 연장을 위한 장치 운영

이러한 유형의 시스템을 지원하는 데 로컬라이제이션화된 MI 성능(최소한 특징 비교 수준에서)도 유용하게 하는 것과 동시에 낮은 전력으로 임베디드 컴퓨팅 성능을 향상하는 것이 필요하다.

A.5.4.4 필요한 미래 기술

관심이 있는 단체에서 표준[61]을 제안하였지만 셀룰러 협대역 IoT[62]에서 나타나는 것과는 별도로 "광대역" IoT 액세스 네트워크를 표준화하려는 산업계 차원의 시도는 없었다.

임베디드 프로세서의 도형 자료 인코딩에 적용되는 표준을 추가하면[59] 제조업체의 혁신을 제한하지 않고 상이한 프로세서 간 도형 자료의 이식성을 제고할 것이다.

A.6 접근 통제 – 뒤따름 감지

A.6.1 범위

잠재적인 적용 대상의 일부는 민감한 영역(은행, 사무실 및 병원 등)의 모든 접근 통제이다.

A.6.2 목적

출입문 뒤따라 들어오기(권한 있는 단일 출입 지점 통과가 2명 이상의 사람에게 허용)를 정확하고 가성비 높은 방식으로 감지하는 것이 목적이다.

A.6.3 사용 경험담

보급형 스테레오 카메라에 부착된 MI 모듈을 사용하여 시스템이 시작 데이터세트를 근거로 머리 및 어깨를 식별하여 보안문에서 뛰따라 들어오기를 차단한다. 이와 함께 추가적인 판독기 Bluetooth 저에너지(예: BLE)/RFID)는 출입증이 판독되도록 활성화하고 그에 따라 무검색 즉, 사람이 다가오면 문이 열리지만 다가오는 (여러 명일 경우) 각 사용자에게서 유효한 신호가 판독될 경우에만 출입문 통과가 허용될 수 있다. 여러 명이 다가오는 것이 감지되고 다가오는 사람보다 더 적은 수의 출입증 신호가 판독되면 그런 사람들이 문을 통과하려고 할 때 경보가 등록될 것이다. 보급형 카메라가 부지 내 또는 클라우드에 있는 프로세싱 모듈에 연결된다. 이 경우 대기시간 및 대역폭이 모두 문제이다.

A.6.3.1 전체 내용

- 사용 사례의 명칭: 접근 위반-뒤따라 들어오기의 비디오 식별
- 낮은 프로세싱의 스테레오 카메라로 머리/어깨 모델을 식별하고 한 번에 권한이 있는 단일 출입증으로 둘 이상의 사람이 진입을 시도하는 경우를 검출한다(카드 사용 또는 무검색).
- 인원 수가 유효하면 단순 통보만 이행된다.
- 대역폭 요구사항: 카메라와 프로세싱 노드 간(공존하지 않을 경우) 높음(약 20MB/초, 낮은 대기시간 <5ms, 콘텐션은 문제임) 또는 낮음(로컬에서 프로세싱할 경우 1kB/일)
- "인텔리전스"가 결정한, 네트워크가 보유해야 할 수준의 대역폭이 존재하는, 장소에 따라 입력 및 출력 대역폭 간에 10^5의 스케일 차이가 있다는 점을 주목할 필요가 있다.

A.6.3.2 사용 사례에 관한 도표

그림 A-9 참조

A.6.4 사용 사례 조건

A.6.4.1 최신 상태

이 문제에 대한 광범위한 솔루션은 널리 배포되지 않은 상태이다.

A.6.4.2 기술 격차

현재 기술 격차는 해결할 수 있지만, 카메라와 컴퓨팅 노드 모두 매우 높은 수준이어야 하며 보다 보급형인 카메라를 갖춘 저전력 장비에서 운영하는 솔루션이 필요하다. 이 문제와 함께 환경에 대한 교정 필요로 인해 솔루션 설치도 해결해야 할 과제이다. 또한 컴퓨팅 노드에 대한 매우 빠른 통신을 지원하기 위해 카메라는 고-대역폭 및 저-대기시간 네트워크와 연결되어야 한다.

A.6.4.3 필요한 기능

이러한 유형의 시스템을 지원하는 데 로컬라이제이션화된 MI 성능(최소한 특징 비교 수준에서)도 유용하게 하는 것과 동시 낮은 전력으로 임베디드 컴퓨팅 성능을 향상하는 것이 필요하다.

손쉬운 설치를 지원하는 더 높은 수준에서 컨테이너화와 자체 구성의 실행이 요구된다.

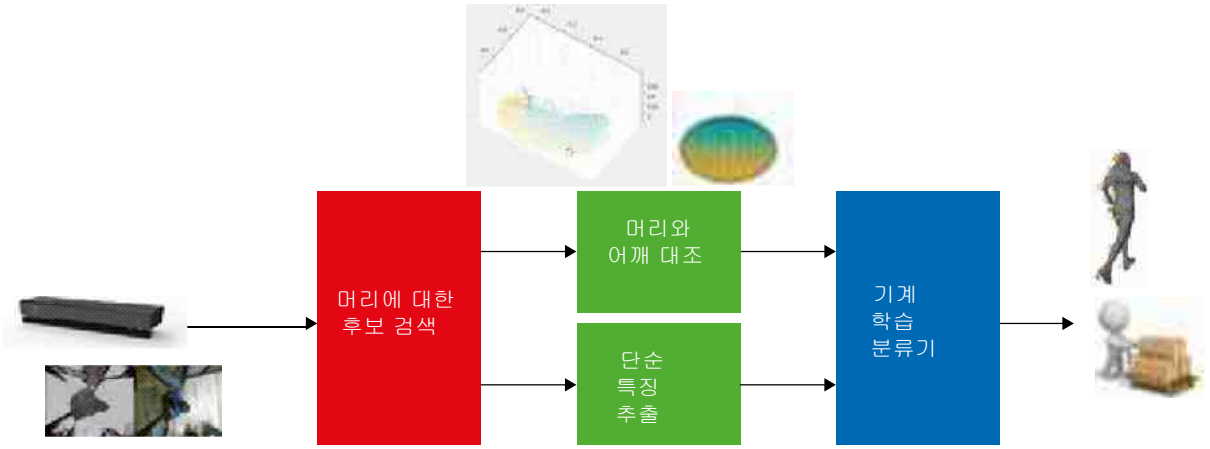


그림 A-9 | 뒤따름 감지 사례

컨테이너화는 소프트웨어가 단속적, 보안화 및 분리된 패키지로 제공될 수 있도록 지원한다. API 연결은 라이브러리나 개발 언어/OS 요구사항이 수반되지 않고 마이크로서비스를 통해 확실히 정의될 수 있다. 컨테이너화는 서로 다른 벤더의 다중 IoT가 프로세싱 하드웨어에서 공존하고 다른 벤더의 애플리케이션에 대한 참조 없이 또는 다른 벤더 애플리케이션 운영에 영향을 주지 않고 별도로 유지관리 및 업그레이드될 수 있도록 지원하며 장치나 게이트웨이 수준에서 사전 정의된 E/W 인터페이스를 통한 정보 공유를 지원한다.

대역폭은 공공 및 사설 무선 네트워크(5GPP 참조) 모두에서 증가하며 이런 네트워크 간에 원활하게 오가는 성능은 카메라와 프로세싱 노드 탈동조화를 지원할 것이다.

A.6.4.4 필요한 미래 기술

임베디드 프로세서에서 도형 자료의 인코딩에 적용되는 표준을 추가하면[59], 제조업체의 혁신을 제한하지 않고 상이한 프로세서 간 도형 자료의 이식성을 제고할 것이다.

자체 구성은 네트워크에서 장치 성능의 발견 및 광고와 등록에 대한 구체적인 권고/프로토콜 모음으로 촉진될 것이다. 이들 중 일부는 이 부문에서 새로 등장한 5GPP 표준을 기반으로 하거나 이에 관련될 수 있다.

IoT 애플리케이션(특히 게이트웨이 수준)의 컨테이너화는 IoT 노드에서 가상화 지원에 대한 공통 표준의 작성으로 크게 촉진될 것이다. 이는 일반적인 노력을 시작한 OCI[60]가 취급한 근거의 확장일 것이다.

마이크로서비스 표준을 사용하는 애플리케이션 간에 이 수준에서 E/W 데이터 공유에 관한 표준이 유용할 수 있다.

A.7 감시 카메라를 통한 화재 감지

A.7.1 범위

잠재적인 적용 대상은 창고, 은행, 사무실 및 병원 등의 모든 실내 공간이다.

A.7.2 목적

현재 화재로 인한 피해 수준은 화재를 감지하는 데 걸리는 시간에 반비례한다.

목적: 보다 신속한 화재 감지(화재 감지가 빠를수록 피해는 더 적어진다)

A.7.3 사용 경험담

비전문 비디오 카메라에서 수신되는 비디오 스트림에 대한 액세스와 함께 MI 모듈을 사용하고 학습된 모델을 사용하여 화재 추적을 위한 스트림을 스캐닝한다. 카메라는 부지 내 또는 클라우드에 있는 프로세싱 모듈에 연결된다. 이 경우 부지 내 또는 클라우드 솔루션에서 대기시간 및 대역폭이 모두 문제이다.

A.7.3.1 전체 내용

- 사용 사례의 명칭: 기존 비디오 감시 네트워크를 사용한 비디오 화재 감지
- 대역폭 요구사항: 카메라와 프로세싱 노드 간(공존하지 않을 경우) 높음(약 20MB/초, 낮은 대기시간 <5ms, 콘텐션은 문제임) 또는 낮음(로컬에서 프로세싱할 경우 1kB/일)
- "인텔리전스"가 결정한, 네트워크가 보유해야 할 수준의 대역폭이 존재하는, 장소에 따라 입력 및 출력 대역폭 간에 10^5의 스케일 차이가 있다는 점을 주목할 필요가 있다.

A.7.3.2 사용 사례에 관한 도표

그림 A-10 참조

A.7.4 사용 사례의 조건

A.7.4.1 최신 상태

이 문제에 대한 광범위한 솔루션은 널리 배포되지 않은 상태이다.

A.7.4.2 기술 격차

현재 기술 격차는 해결할 수 있지만 카메라와 컴퓨팅 노드 모두 매우 높은 수준이어야 하며 보다 보급형인 카메라를 갖춘 저전력 장비에서 운영하는 솔루션이 필요하다. 이 문제와 함께 환경에 대한 교정 필요로 인해 솔루션 설치도 해결해야 할 과제이다.

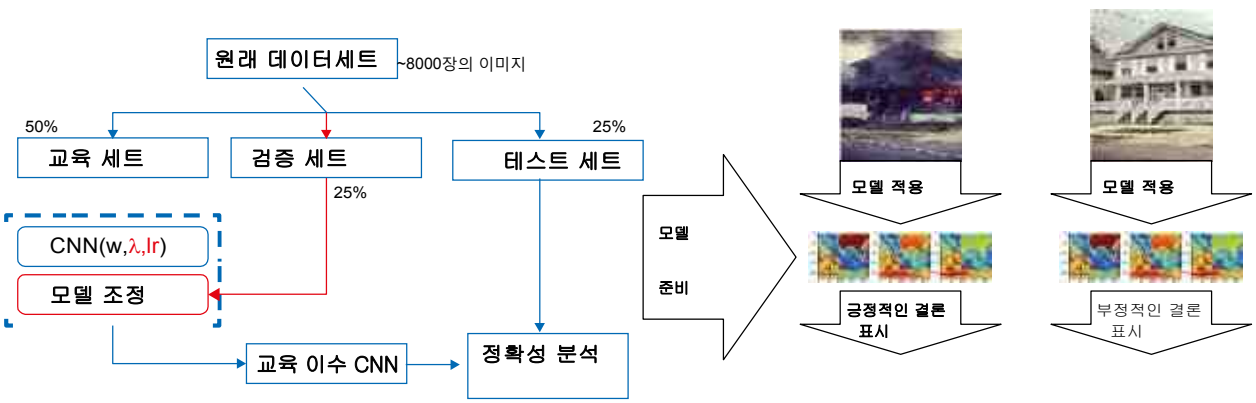


그림 A-10 | 화재 감지 사용 사례

A.7.4.3 필요한 기능

이러한 유형의 시스템을 지원하는 데 로컬라이제이션화된 MI 성능(최소한 특징 비교 수준에서)도 유용하게 하는 것과 동시 낮은 전력으로 임베디드 컴퓨팅 성능을 향상하는 것이 필요하다.

손쉬운 설치를 지원하는 더 높은 수준에서 컨테이너화와 자체 구성 이행이 요구된다.

A.7.4.4 필요한 미래 기술

임베디드 프로세서의 도형 자료 인코딩에 적용되는 표준을 추가하면[59] 제조업체의 혁신을 제한하지 않고 상이한 프로세서 간 도형 자료의 이식성을 제고할 것이다.

자체 구성은 네트워크에서 장치 성능의 발견 및 광고와 등록에 대한 구체적인 권고/프로토콜 모음으로 촉진될 것이다. 들 중 일부는 이 부문에서 새로 등장한 5GPP 표준을 기반으로 하거나 이에 관련될 수 있다.

IoT 애플리케이션(특히 게이트웨이 수준)의 컨테이너화는 IoT 노드에서 가상화 지원에 대한 공통 표준의 작성으로 크게 촉진될 것이다. 이는 일반적인 노력을 시작한 OCI[60]가 취급한 근거의 확장일 것이다.

마이크로서비스 표준을 사용하는 애플리케이션 간에 이 수준에서 E/W 데이터 공유에 관한 표준이 유용할 수 있다.

참조 문헌

[1] Ericsson, *Hyperscalecloud– reimaginingdatacentresfromhardwaretoapplications*, May 2016 [Online]. Available: http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/wp-hyperscale-cloud.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[2] SATYANARAYANAN, M., *The Emergence of Edge Computing*, IEE Computer, Vol. 50, pp. 30–39, January 2017.

[3] International Data Corporation, *IDC FutureScape: Worldwide Internet of Things 2017 Predictions*, November 2016 [Online]. Available: https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US40755816. [Accessed 19 September 2017].

[4] SIMSEK, M. et al., *5G-Enabled Tactile Internet*, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 34 (No. 3), March 2016.

[5] ITU-T, *The Tactile Internet*, International Telecommunication Union, August 2014.

[6] IEC, *Factory of the Future,* White Paper, 2017 [Online]. Available: http://www.iec.ch/whitepaper/futurefactory. [Accessed 19 September 2017].

[7] Mitsubishi Electric, *e-F@ctory*, 2017 [Online]. Available: http://sg.mitsubishielectric.com/fa/en/download_files/solutions/e_Factory.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[8] PLAN.ONE, *PLAT.One Platform*, 2017 [Online]. Available: https://www.sap.com/products/iot-platform-cloud.html. [Accessed 19 September 2017].

[9] 5G-PPP, *5G Automotive Vision,* October 2015 [Online]. Available: https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-White-Paper-on-Automotive-Vertical-Sectors.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[10] European Commission, *European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS),* 30 November 2016 [Online]. Available: https://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en. [Accessed 19 September 2017].

[11] European Commission, *5G for Europe: An Action Plan*, 14 September 2016 [Online]. Available: ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=17131. [Accessed 19 September 2017].

[12] IEEE 802.11p-2010, *IEEE Standard for Information technology – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments.* 15 July 2010 [Online]. Available: https://standards.ieee.org/findstds/standard/802.11p-2010.html. [Accessed 19 September 2017].

[13] DOKIC, J., MÜLLER, B., MEYER, G., *European Roadmap: Smart Systems for Automated Driving,* European Technology Platform on Smart Systems Integration (EPoSS), April 2015, [Online]. Available: http://www.smart-systems-integration.org/public/documents/publications/EPoSS%20Roadmap_Smart%20Systems%20for%20Automated%20Driving_V2_April%202015.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[14] *Dedicated Short-Range Communications (DSRC) Fact Sheet,* Intelligent Transport Systems Joint Program Office, U.S. Department of Transportation [Online]. Available: http://www.its.dot.gov/factsheets/pdf/JPO-034_DSRC.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[15] 5G Americas, *V2X Cellular Solutions*, October 2016 [Online]. Available: http://www.5gamericas.org/files/2914/7769/1296/5GA_V2X_Report_FINAL_for_upload.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[16] BEDO, J-S., CALVANESE STRINATI, E., CASTELLVI, S., CHERIF, T., FRASCOLLA, V., HAERICK, W., KORTHALS, I., LAZARO, O., SUTEDJO, E., USATORRE, L., WOLLSCHLAEGER, M., *5G and the Factories of the Future*. 5G-PPP White Paper, 2015 [Online]. Available: https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-White-Paper-on-Factories-of-the-Future-Vertical-Sector.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[17] KOTT, A., SWAMI, A., WEST, B. J., *The Internet of Battle Things*, IEEE Computer, vol. 49, p. 70-75, December 2016.

[18] *Proximity-based services (ProSe); Stage 2,* TR 23.303 3GPP; December 2016 [Online]. Available: https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=840. [Accessed 19 September 2017].

[19] GOODYEAR, M., LOUIS, J.H., *Defining the Security Domain,* University of Kansas, 2015 [Online]. Available: http://slideplayer.com/slide/2353814. [Accessed 19 September 2017].

[20] 5G-Ensure, *5G Security Architecture* [Online]. Available: http://www.5gensure.eu/5g-ensure-architecture. [Accessed 19 September 2017].

[21] Global Platform, *Internet of Things White Paper*, May 2014 [Online]. Available: https://www.globalplatform.org/documents/whitepapers/IoT_public_whitepaper_v1.0.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[22] ANCUTA CORICI, A., EMMELMANN, M., LUO, J., SHRESTHA, R., CORICI, M., MAGEDANZ, T., *IoT inter-security domain trust transfer and service dispatch solution*, 2016 IEEE 3rd World Forum on Internet of Things (WF-IoT), December 2016.

[23] TAPSCOTT, D., TAPSCOTT, A., *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World*, Portfolio, Penguin Random House, New York, 2016.

[24] SWAN, M., *Blockchain: Blueprint for a new economy*, O'Reilly Media, Sebastopol, California, 2015.

[25] SZABO, N., *The Idea of Smart Contracts*, [Online]. Available: http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/idea. html. [Accessed 19 September 2017].

[26] SWANSON, T., C*onsensus-as-a-service: a brief report on the emergence of permissioned, distributed ledger systems*, 6 April 2015 [Online]. Available: http://www.ofnumbers.com/wp-content/uploads/2015/04/Permissioned-distributed-ledgers.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[27] ANTONOPOULOS, A.M., *Mastering Bitcoin: Unlocking Digital Cryptocurrencies*, O'Reilly Media, Sebastopol, California, 2015.

[28] SIGNORIN, M., *Towards an internet of trust: issues and solutions for identification and authentication in the internet of things*, University Pompeu Fabra, Barcelona, Spain, 2015.

[29] IBM, *Empowering the edge: Practical insights on a decentralized Internet of Thing*s. April 2015 [Online]. Available: https://www-935.ibm.com/services/multimedia /GBE03662USEN.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[30] GOTTHOLD, K., ECKERT, D., *Deutschland erkennt Bitcoin als "privates Geld*. Welt N24 16, August 2013 [Online]. Available: https://www.welt.de/finanzen/geldanlage/ article119086297/Deutschland-erkennt-Bitcoin-als-privates-Geld-an.html. [Accessed 19 September 2017].

[31] PETERS, M., *Software-Defined Storage: A Buzzword Worth Examining*, 18 January 2013 NetworkComputing.com [Online]. Available: http://www.networkcomputing.com/ storage/software-defined-storage-buzzword-worth-examining/1334995080. [Accessed 19 September 2017].

[32] Available: https://www.edgexfoundry.org

[33] oneM2M, TS-0001-V2.10.0, *Functional Architecture,* August 2016 [Online]. Available: http://www.onem2m.org/images/files/deliverables/Release2/TS-0001-%20Functional_Architecture-V2_10_0.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[34] Industrial Internet Consortium, *Industrial Internet Reference Architecture*, Version 1.7 June 2015, Report No. IIC:PUB:G1:V1.07:PB:20150601, [Online]. Available: https://www.iiconsortium.org/IIRA-1-7-ajs.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[35] *OPC Unified Architecture Specification – Part 1: Overview and Concepts*. OPC Foundation, March 2015.

[36] 3GPP, 3GPP TS 29.273: *Evolved Packet System (EPS); 3GPP EPS AAA interfaces* [Online]. Available: www.3gpp.org. [Accessed 19 September 2017]

[37] PFAFF, B., LANTZ, B., HELLER, B., BARKER, C., COHN, D., TALAYCO, D., ERICKSON, D., CRABBE, E., GIBB, G., APPENZELLER, G., TOURRILHES, J., PETTIT, J., YAP, K.K., POUTIEVSKI, L., CASADO, M., TAKAHASHI, M., KOBAYASHI, M., McKEOWN, N., BALLAND, P., RAMANATHAN, R., PRICE, R., SHERWOOD, R., DAS, S., YABE, T., YIAKOUMIS, Y., LAJOS KIS, Z., *OpenFlow Switch Specification,* Version 1.1.0, February 2011 [Online]. Available: http://archive.openflow.org/documents/openflow-spec-v1.1.0.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[38] Fraunhofer FOKUS, *Open5GCore: The Next Mobile Core Network Testbed Platform* [Online]. Available: www.open5gcore.org. [Accessed 19 September 2017].

[39] ETSI GS NFV-INF 001 V1.1.1, *Network Functions Virtualisation (NFV); Infrastructure Overview,* January 2015 [Online]. Available: http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV-INF/001_099/001/01.01.01_60/gs_NFV-INF001v010101p.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[40] OpenStack, *Open source software for creating private and public clouds*, [Online]. Available: https://www.openstack.org. [Accessed 19 September 2017].

[41] Spirent, *NFV Validation across Boundaries,* Spirent White Paper, 2017 [Online]. Available: http://www.spirent.cn/-/media/White-Papers/Broadband/PAB/NFV_Validation_across_Boundaries_whitepaper.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[42] ETSI, GS NFV-SEC 002 V1.1.1, *Network Functions Virtualisation (NFV); NFV Security; Cataloguing security features in management software,* August 2015. [Online]. Available: http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV-SEC/001_099/002/01.01.01_60/gs_nfv-sec002v010101p.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[43] FOKUS F., Open-source MANO implementation [Online]. Available: openbaton.github.io. [Accessed 19 September 2017].

[44] ETSI, GS MEC 003 V1.1.1, *Mobile Edge Computing (MEC); Framework and Reference Architecture*, March 2016 [Online]. Available: http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/MEC/001_099/003/01.01.01_60/gs_MEC003v010101p.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[45] ETSI, *Mobile Edge Computing– Introductory Technical White Paper,* September 2014 [Online]. Available: https://portal.etsi.org/Portals/0/TBpages/MEC/Docs/Mobile-edge_Computing_-_Introductory_Technical_White_Paper_V1%2018-09-14.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[46] ETSI, *Multi-access Edge Computing,* 2016 [Online]. Available: http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/multi-access-edge-computing. [Accessed 19 September 2017].

[47] GSMA, *Remote Provisioning Architecture for Embedded UICC,* May 2016 [Online]. Available: http://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads//SGP.02_v3.1.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[48] 3GPP, TR 23.799, *Study On Architecture For Next Generation System,* December 2016 [Online]. Available: https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3008. [Accessed 19 September 2017].

[49] NGMN Alliance, *NGMN 5G White Paper,* 2015 [Online]. Available: https://www.ngmn.org/uploads/media/NGMN_5G_White_Paper_V1_0.pdf. [Accessed 19 September 2017]

[50] 3GPP, 3GPP Radio Characteristics for IoT, 2016 [Online]. Available: http://www.3gpp.org/images/articleimages/iot_large.jpg.

[51] SIGFOX, *The world's first cellular operator dedicated to M2M and IoT*, [Online]. Available: http://www.iotglobalnetwork.com/public/files/product/1aeb87ba26088c15a4a707656fcce9f2.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[52] SIGFOX, *Sigfox UNB technology vs. other cellular technologies*, [Online]. Available: http://www.iotglobalnetwork.com/public/files/product/0d8208975415b38ac7321ed8b4ac537a.pdf. [Accessed 19 September 2017].

[53] LinkLabs, *SigFox vs. LoRa – A comparison between technologies & business models*, [Online]. Available: https://www.link-labs.com/sigfox-vs-lora. [Accessed 19 September 2017].

[54] LoRa Alliance, *LoRa Alliance Technology*, [Online]. Available: https://www.lora-alliance.org/What-Is-LoRa/Technology. [Accessed 19 September 2017].

[55] Fraunhofer FOKUS, Open5GMTC, toolkit for M2M connectivity, [Online]. Available: www.open5gmtc.org. [Accessed 19 September 2017].

[56] 3GPP, TR 23.83, *Local IP Access and Selected IP Traffic Offload (LIPA-SIPTO),* 2011 [Online]. Available: https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=909. [Accessed 19 September 2017].

[57] Mitsubishi Electric, *e-Factory,* November 2016 [Online]. Available: http://app.mitsubishielectric.com/app/fa/download/search.do?kisyu=/sol/efactory&mode=catalog. [Accessed 19 September 2017].

[58] IndexMundi, *World Energy Consumption*, [Online]. Available: http://www.indexmundi.com/g/g.aspx?c=xx&v=81. [Accessed 19 September 2017].

[59] Intel, *Intel IoT Platform*, [Online]. Available: http://www.intel.com/content/www/us/en/internet-of-things/infographics/iot-platform-infographic.html. [Accessed 19 September 2017].

[60] Open Container Initiative, [Online]. Available: https://www.opencontainers.org/about. [Accessed 19 September 2017].

[61] LoRa Alliance, [Online]. Available: https://www.lora-alliance.org/what-is-lora. [Accessed 19 September 2017].

[62] NarrowBand IoT, [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/NarrowBand_IOT. [Accessed 19 September 2017].

[63] IEC 62443-3-3:2013, *Industrial communication networks – Network and system security – Part 3-3: System security requirements and security levels*

[64] Zigbee technology, [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee. [Accessed 19 September 2017].

[65] ZWave Technology, [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Z-Wave. [Accessed 19 September 2017].

[66] ResinOS, [Online]. Available: https://resinos.io. [Accessed 19 September 2017].

Notes

IEC 백 서

발행일 2018년 9월

발행인 김동섭

지은이 IEC 산하 MSB(Market Strategy Board)

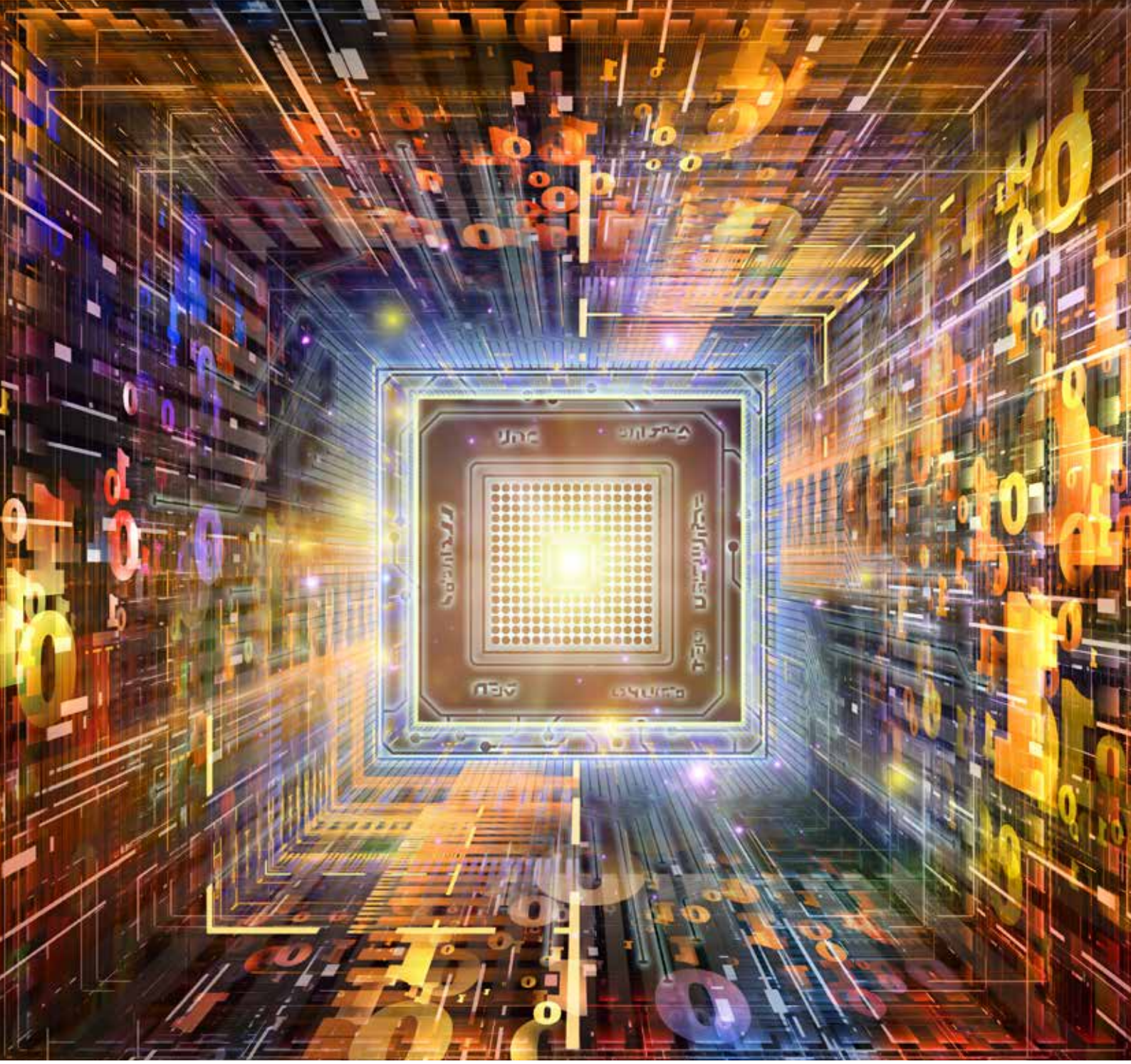
옮긴이 한국전력공사 기술기획처

발행처 한국전력공사 기술기획처

주 소 전남 나주시 전력로 55

전 화 061-345-4925

팩 스 061-345-4929



ISBN 978-2-8322-6118-7

International
Electrotechnical
Commission

3 rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

T +41 22 919 0211
info@iec.ch
www.iec.ch

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission. Copyright © IEC, Geneva, Switzerland 2017

IEC WP Asset Management:2018-10(ko)