

지능형 에지 컴퓨팅 기술 및 표준화 동향

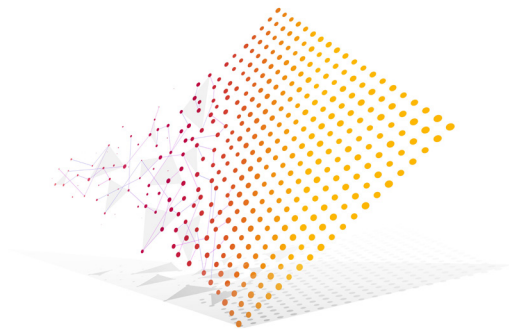
김귀훈 _ 한국전자통신연구원 KSB융합연구단

유태완 _ 한국전자통신연구원 KSB융합연구단

홍정하 _ 한국전자통신연구원 KSB융합연구단

김민석 _ 한국전자통신연구원 KSB융합연구단

홍용근 _ 한국전자통신연구원 KSB융합연구단



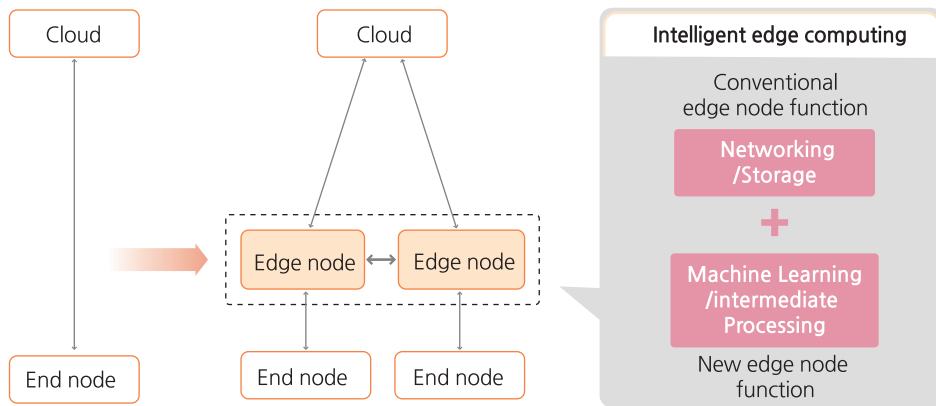
1. 머리말

인공지능의 비약적인 발전으로 인해 각 산업체에서 인공지능을 적용하려는 시도가 급증하고 있다. 인공지능 중에서 특히 딥러닝 기법의 발전이 두드러지고 있고 기존 머신러닝 기법과 최적화 알고리즘이 융합되는 추세이다. 특히, 제조·항공·기계 등 다양한 산업에서 기존까지 최적이라고 생각했던 다양한 서비스와 알고리즘이 새로운 데이터 기반 접근 방식(Data Driven Approach)으로 새로운 최적화 방법을 찾아서 성공한 사례가 지속적으로 발견되고 있다. 지금까지 이런 인공지능 기법은 많은 컴퓨팅이 소요되므로 클라우드를 중심으로 발전하고 있었다. 대표적인 사례로 아마존 AWS, MS 애저, 구글 클라우드가 있다. 하지만, 클라우드 기반의 인공지능 서비스는 개인 데이터 보호 측면(보안), 네트워크 속도 지연 측면(실시간성), 데이터 처리량 측면(효율적 대역폭)에서 단점이 있다. 이런 요구사항으로 인해 사용자 단말과 가까운 에지 사이드에서 인공지능 기능을 제공할 수 있는 에지 컴퓨팅 기술이 킬러 대안으로 급부상하고 있다. 궁극적으로는 클라우드 컴퓨팅

과 에지 컴퓨팅이 상호 보완하여 각 산업에 적용될 것으로 예측된다. 다양한 에지 컴퓨팅이 존재하다 보니 상호호환 될 수 있는 에지 컴퓨팅 기술의 표준화가 시급하게 되었다. 본고에서는 지능형 에지 컴퓨팅에 대한 구체적인 소개를 하고 현재까지 진행중인 에지 컴퓨팅 표준화에 대해서 알아보도록 하겠다.

2. 지능형 에지 컴퓨팅 기술 개요

‘에지 컴퓨팅(Edge Computing)’이란 기기와 가까운 네트워크의 가장자리에서 지원하는 컴퓨팅을 의미한다. 클라우드 컴퓨팅(Cloud Computing)이 중앙 집중형으로 물리적으로 떨어져 있는 곳에서 데이터를 처리해주는 것과는 반대로 기기의 주변에서 개별로 데이터를 수집·분석·처리를 통해 활용하게 할 수 있는 기술이다. [그림 1]에서 보듯, 지금까지는 ‘에지’에 위치한 장비들이 단순히 데이터 수집 및 전송의 역할만을 수행하였다면 ‘지능형 에지 컴퓨팅(Intelligent Edge Computing)’은 에지 장비에서 인공지능 기능을 부여한 데이터 분석을 할 수 있도록 만들어서 클라우드 컴퓨팅의 단점을 보완할 수 있는



[그림 1] 지능형 에지 컴퓨팅 개념도[2]

차세대 컴퓨팅 기술로 부각되고 있다.

클라우드 컴퓨팅의 경우 수많은 스마트 기기 또는 지능형 기기가 사용됨에 따라 기기에서 발생하는 모든 데이터를 중앙에 집중해서 수집·처리·분석하는 것이 현실적이지 않다. 그래서 데이터가 생성된 위치에서 가까운 곳에서 처리할 수 있는 방안이 필요하다. 즉, 네트워크 에지 노드에서 컴퓨팅을 함으로써 실시간에 가깝게 중요한 데이터를 처리하는 방안이 일반적으로 에지 컴퓨팅(Edge Computing)이다. IDC는 ‘중요한 데이터를 지역에서 처리하거나 저장하고, 수신된 모든 데이터를 중앙 데이터센터나 클라우드 스토리지 리포지토리로 보내는 약 10평방 미터 이하 규모의 마이크로 데이터센터들로 구성된 메시 네트워크(Mesh Network)’라고 정의한다[1].

에지 컴퓨팅과 클라우드 컴퓨팅은 서로 경쟁하는 접근이 아니라 에지 컴퓨팅이 컴퓨팅 토폴로지(Topology)에 대한 관점에서 나온 개념이라면 클라우드 컴퓨팅은 서비스 지향 관점에서 나온 모델이다. 클라우드 컴퓨팅이 중앙집중형 혹은 분산형을 지향하는 것은 아니다. 궁극적으로는 클라우드 컴퓨팅과 에지 컴퓨팅이 협력하는 관점으로 발전하고 있다고

보면 좋을 것 같다.

3. 지능형 에지 컴퓨팅 국내의 표준 동향

3.1 유럽전기통신표준협회 모바일 에지 컴퓨팅(ETSI MEC)

ETSI(European Telecommunications Standards Institute) MEC(Mobile Edge Computing) 표준화 그룹은 2014년에 새로 신설되었다. HPE(의장), NOKIA(부의장), vodafone(부의장), HUAWEI(부의장), intel(secretary), VIAVI(technical manager)가 리더를 하고 있다. MEC는 3GPP의 5G 통신 기술의 에지 컴퓨팅 기술로 채택되어 사용되고 있다. LTE 지원을 목적으로 만든 Mobile Edge Computing은 Wi-Fi 등 다양한 access network를 함께 지원하는 Multi-access Edge Computing으로 바뀌었고 관련하여 후속 문서를 준비중이다. MEC의 특징은 산업체의 서비스 시나리오와 PoC가 함께 진행되는 부분이다. MEC-IEG(Industry Specification Group)로 시작되는 문서가 산업체 요구사항을 반영하여 산업 규격그룹에서 만든 문서이다. 지금까지 20개의 표준

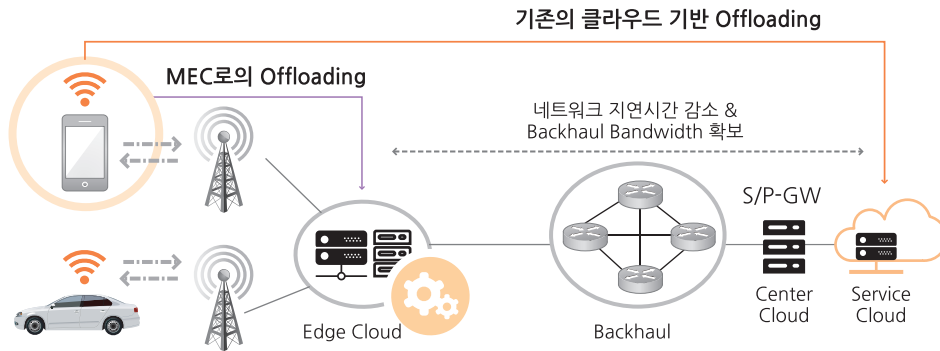
〈표 1〉 ETSI MEC 표준문서 완료 현황[3]

문서번호	제목
ETSI GS MEC 001 V1.1.1 (2016-03)	Mobile Edge Computing (MEC); Terminology
ETSI GS MEC 001 V2.1.1 (2019-01)	Multi-access Edge Computing (MEC); Terminology
ETSI GS MEC 002 V1.1.1 (2016-03)	Mobile Edge Computing (MEC); Technical Requirements
ETSI GS MEC 002 V2.1.1 (2018-10)	Multi-access Edge Computing (MEC); Phase 2: Use Cases and Requirements
ETSI GS MEC 003 V1.1.1 (2016-03)	Mobile Edge Computing (MEC); Framework and Reference Architecture
ETSI GS MEC 009 V1.1.1 (2017-07)	Mobile Edge Computing (MEC); General principles for Mobile Edge Service APIs
ETSI GS MEC 010-1 V1.1.1 (2017-10)	Mobile Edge Computing (MEC); Mobile Edge Management; Part 1: System, host and platform management
ETSI GS MEC 010-2 V1.1.1 (2017-07)	Mobile Edge Computing (MEC); Mobile Edge Management; Part 2: Application lifecycle, rules and requirements management
ETSI GS MEC 011 V1.1.1 (2017-07)	Mobile Edge Computing (MEC); Mobile Edge Platform Application Enablement
ETSI GS MEC 012 V1.1.1 (2017-07)	Mobile Edge Computing (MEC); Radio Network Information API
ETSI GS MEC 013 V1.1.1 (2017-07)	Mobile Edge Computing (MEC); Location API
ETSI GS MEC 014 V1.1.1 (2018-02)	Mobile Edge Computing (MEC); UE Identity API
ETSI GS MEC 015 V1.1.1 (2017-10)	Mobile Edge Computing (MEC); Bandwidth Management API
ETSI GS MEC 016 V1.1.1 (2017-09)	Mobile Edge Computing (MEC); UE application interface
ETSI GR MEC 017 V1.1.1 (2018-02)	Mobile Edge Computing (MEC); Deployment of Mobile Edge Computing in an NFV environment
ETSI GR MEC 018 V1.1.1 (2017-10)	Mobile Edge Computing (MEC); End to End Mobility Aspects
ETSI GR MEC 022 V2.1.1 (2018-09)	Multi-access Edge Computing (MEC); Study on MEC Support for V2X Use Cases
ETSI GS MEC-IEG 004 V1.1.1 (2015-11)	Mobile-Edge Computing (MEC); Service Scenarios
ETSI GS MEC-IEG 005 V1.1.1 (2015-08)	Mobile-Edge Computing (MEC); Proof of Concept Framework
ETSI GS MEC-IEG 006 V1.1.1 (2017-01)	Mobile Edge Computing; Market Acceleration; MEC Metrics Best Practice and Guidelines

문서가 완성되었고, 〈표 1〉은 현재까지 완료된 문서 목록이다. 현재 진행 중인 문서는 21개이다.

MEC는 크게 세 가지 특징이 있다. 첫 번째는 Proximity로써 모바일 이용자와 근접한 위치(예: 기지국)에서 서비스를 제공함에 따라 네트워크 지연 시간을 줄이고 백홀(Backhaul)의 대역폭(Bandwidth) 등 자원 사용을 줄일 수 있다. [그림 2]처럼 클라우드로의 오프로딩(Offloading)과 비교하였을 때, 백홀망을 통한 Propagation Delay가 감소하여 전체 서비스 지연시간을 줄인다. 또한, 코어

네트워크의 Congestion을 줄여주고 데이터 분산 처리를 통한 데이터 부하를 감소시킨다. 두 번째는 Location Awareness이다. MEC 서버가 지역 단위로 분산되어 있어서, 지역 단위 서비스 제공이 가능해지고 지역 특화 서비스를 제공할 수 있다. Local data 보안, 모바일 사용자 위치 정보 보안 처리, 지역 데이터 캐싱을 통한 서비스 속도 개선 등을 할 수 있다. 세 번째는 고품질(QoE, High Quality of Experience) 서비스가 제공 가능하다. 기지국(Base station)에서 수집 가능한 무선 네트워크의 상황에



[그림 2] MEC 구조 및 특징[4]

다른 송출 스트림 품질 조절 및 콘텐츠 캐싱 등을 통해서 QoE를 향상시킬 수 있다.

MEC는 크게 여섯 가지 기술적인 이슈를 해결하려고 한다. 첫 번째는 이동성(Mobility) 이슈로써 Mobile end user의 이동에 따른 MEC 서비스의 연속성이 보장되어야 한다. MEC 서버 선택 및 응용 Migration을 위한 Handover 처리가 요구된다. 두 번째는 자원 제한성(Resource Limitation) 이슈로써 중앙 클라우드(Centric Cloud) 대비 MEC의 컴퓨팅 자원의 효율적 관리가 요구된다. 세 번째는 Edge system 간 협업(Collaboration) 이슈이다. 핸드 오버/VM Migration 등을 지원하기 위해서는 에지 시스템 간의 협력이 필수적으로 요구된다. 네 번째는 프라이버시 및 보안 이슈이다. 다양한 IoT 센서 데이터 및 유저 데이터가 수집되기 때문에 프라이버시 및 보안 이슈가 발생한다. MEC는 다양한 IoT 기기로부터 수집되는 데이터를 전처리 및 저장하기 때문에 사용자의 개인 정보 보안 이슈가 발생한다. 예를 들면 물과 전기 사용량으로 빈집 유무를 확인할 수 있다. 다섯 번째는 이식성(Portability) 이슈이다. 기존 클라우드 환경과 달리 MEC 상의 서비스 응용은 서로 다른 MEC 서버에 대한 이식성이 보장되어야 한

다. 가능한 방안은 두 가지 정도로 요약할 수 있는데 우선 Virtual Machine(VM)을 통한 서비스 배포로써 서비스 Migration을 지원할 수 있다. 다른 방안은 MEC 플랫폼 및 API 표준화를 통한 서비스 이식성을 보장하는 표준환경을 제공하는 것이다. ETSI는 <표 1>에서처럼 MEC 요구사항 정의, MEC 프레임워크 정의, MEC PoC 진행, MEC API 정의 등을 수행하고 있다. 여섯 번째는 저지연(Low Latency) 이슈이다. MEC는 클라우드에서의 서비스 처리 대비 통신 지연시간을 줄여준다. 전체 서비스 지연 시간 개선을 위해서는 통신 시간뿐 아니라 응용 처리 시간 개선 역시 요구된다. 클라우드 환경에서 하드웨어 가속기(GPU, FPGA, TPU 등)를 사용한 응용 처리 속도 가속화 연구도 활발히 진행되고 있다.

3.2 국제전기통신연합 지능형 에지 컴퓨팅(ITU-T IEC)

ITU-T(International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector) SG11(Study Group 11) IEC(Intelligent Edge Computing)는 지능형 에지 컴퓨팅 관련 작업을 진행 중이다. ‘지능형 에지 컴퓨팅’ 문서는 ETRI(부라포처), SKT(라포처), KT(에디터)가 주도로 작업을 하

〈표 2〉 ITU-T IEC 관련 표준문서 현황[3]

문서번호	제목
ITU-T Q.5001	Signalling requirements and architecture of intelligent edge computing
ITU-T Y.3500	Information technology - Cloud computing - Overview and vocabulary
ITU-T Y.3600	Big data - Cloud computing based requirements and capabilities
ITU-T Y.3601	Big data - framework and requirements for data exchange
ITU-T Y.3602	Big data - Functional requirements for data provenance
ITU-T Y.3650	Framework of big-data-driven networking
ITU-T Y.3651	Big-data-driven networking - mobile network traffic management and planning

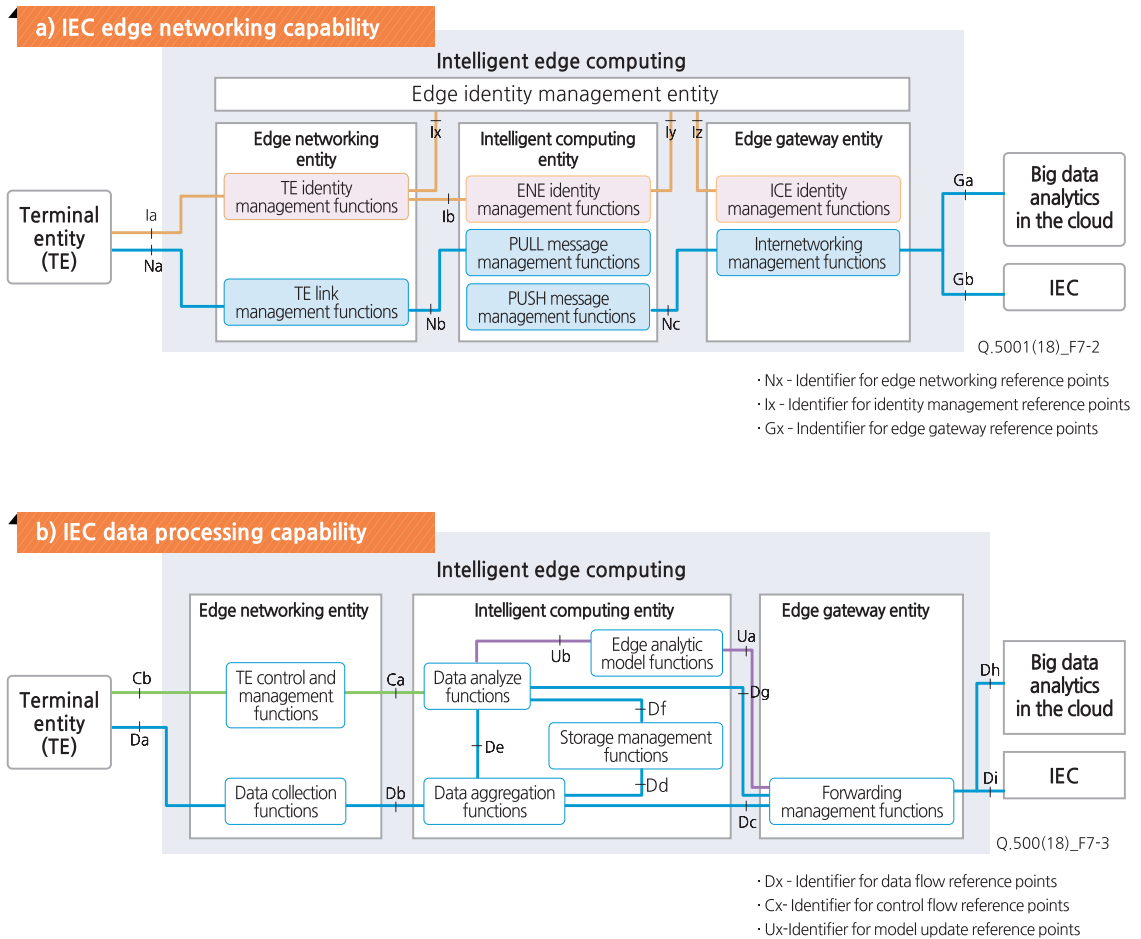
고 있다[5]. 최근에 'IEC의 신호방식 요구사항 및 구조'에 대한 문서가 완료되었다. 또한, 현재까지 관련 ITU-T 표준은 〈표 2〉처럼 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터, 빅데이터 기반 네트워킹 등이 있다.

IEC 관련 후속 문서가 지속적으로 만들어질 예정이다. 현재 완성된 'IEC의 신호방식 요구사항 및 구조' 문서에 의하면, IEC는 인공지능(AI, Artificial Intelligence) 기술을 적용하는 것에 의해서 에지 분석을 위한 에지 네트워킹 및 데이터 처리 능력을 제공하는 네트워크 구조 개념이다.

AI를 위한 데이터의 크기가 폭발적으로 증가하고 있다. 네트워크 장비가 단말로부터 클라우드 컴퓨팅까지 데이터를 제공한다고 할 때, 네트워크 병목(Bottleneck) 때문에 데이터가 손실되거나 네트워크 지연이 발생한다. 그렇기 때문에, 데이터를 신뢰성있게 수집하거나 빅데이터 분석을 위해 클라우드 컴퓨팅으로 가치있는 데이터를 제공할 필요가 있다. 게다가, 기계학습(ML, Machine Learning)을 통하여, 데이터를 분석하거나 즉각적으로 응답해 줄 필요가 있다. 주로 미션 크리티컬 서비스(실시간 및 고신뢰 서비스)가 이 네트워크 장치로부터 생성된 데이터를 처리하거나 분석하는 데 제공되어진다. IEC를 통하여, 핵발전 알람과 지능형 신호등 제어 서비스 같은 신뢰

성 있고 즉각적인 미션 크리티컬 서비스를 제공할 수 있다. [그림 3]을 살펴보면, IEC는 크게 두 가지 특징이 있다. 첫 번째는 지능적인 에지 네트워킹 능력을 위한 자율 네트워크 제어 기능이 있다. 두 번째는 지능적인 데이터 처리 능력을 위한 앰비언트(Ambient) 지능 분석 기능이 있다.

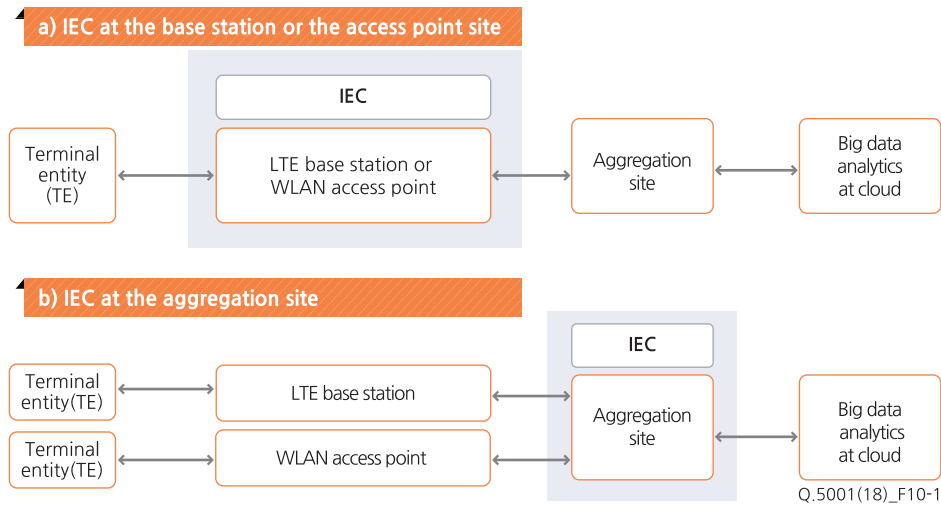
IEC 기반의 대표 서비스 시나리오는 여덟 가지가 있다. 첫 번째는 TCP를 위한 네트워크 처리 가이드를 이용한 모발 비디오 전달 최적화 서비스이다. 네트워크 상황에 따라서 TCP 데이터를 효율적으로 전송하여, 모발 단말에서 품질이 감소되지 않게 비디오를 최적으로 볼수 있게 해주는 서비스이다. 두 번째는 액티브 단말 위치 트래킹 서비스이다. GPS와 실시간, 네트워크 측정 단말 알고리즘을 통해 효과적으로 단말의 위치를 트래킹 하는 서비스이다. 세 번째는 응용을 위한 대역폭 할당 관리 서비스이다. 특별한 응용에 따라서 요구하는 대역폭이 달라질 수 있으므로, 각 응용에 따라 적절한 대역폭을 할당해 주는 서비스를 제공한다. 네 번째는 비디오 캐싱, 압축 및 분석 서비스이다. 비디오 트래픽이 에지 노드에 왔을 때 비디오 캐싱 정보를 통해서 빠르게 비디오를 보여주거나, 비디오 압축 정보 및 분석 정보를 클라우드에 제공해 준다. 다섯 번째는 응용 컴퓨



[그림 3] IEC 구조 및 특징[5]

팅 오프로딩 기능이다. 단말에 필요한 컴퓨팅을 에지와 나누어서 처리하게 해준다. 예를 들어, 그래픽 렌더링(고속 브라우저, 가상현실, 3D 게임), 상호 데이터 처리(센서 데이터 클렌징, 비디오 분석) 등 단말에서 수행하기에 컴퓨팅이 많이 필요한 서비스를 에지 노드가 고속으로 처리해서 단말에게 결과를 제공해 준다. 여섯 번째는 데이터 경로 오프 로딩이다. IoT 환경에서 많은 센싱 데이터가 생성되고 이동 에지 노드를 통해서 데이터를 처리해 주는 서비스이다. 일곱 번째는 지능형 데이터 프로세싱 및 필터링

서비스이다. 에지 노드에서 데이터를 분석해서 제3 서비스 사업자에게 정보를 제공해 주는 서비스이다. 여덟 번째는 기계학습 기술을 활용한 스마트 건설 모니터링 서비스이다. 소음, 진동, 가스 센서들의 정보를 보고 영상 트래픽 양을 조정해 주는 서비스이다. [그림 4]는 IEC를 실제 상용망에 어떻게 적용되는지를 보여준다. IEC는 LTE 기지국이나 WLAN AP에 적용할 수도 있고, 여러 가지 액세스망이 결합되는 집적 장치(Aggregation Site)에 배치할 수도 있다.



[그림 4] IEC 배치(deployment) [5]

4. 맺음말

지능형 에지 컴퓨팅은 수많은 기기의 데이터 기반으로 인텔리전스와 인사이트를 에지 단독으로 혹은 에지와 클라우드를 적절히 나누어 분석 및 실행하고자 하는 접근 방식이다. 또한 네트워크 보안, 네트워크 지연 문제, 네트워크 불안정, 불필요한 데이터 문제 등을 해결하면서 새롭게 등장하는 수많은 스마트 기기와 여러 가지 산업에서 킬러 서비스를 창출할 수 있는 중요한 포인트이다. 본고에서는 에지 컴퓨팅을 대표적으로 표준화하고 있는 3GPP, ETSI, ITU-T의 표준현황을 소개하였다.

향후 다양한 에지 컴퓨팅 기술이 출현한다고 할 때 여러 기업들이 함께 사용할 수 있는 표준은 필수적으로 요구된다. 앞으로 기업이나 조직은 광범위하게 활용될 에지 컴퓨팅을 기본 구조로 채택하는 것이 유리할 것이며 가능하면 표준화된 에지 컴퓨팅을 기반으로 사업 모델을 구상할 필요가 있다. 클라우드 컴퓨팅을 이미 도입한 기업도 에지 컴퓨팅과 병행

하는 신규 비즈니스 모델을 구상하여 좀 더 수익을 높일 수 있을 것으로 기대한다. TTA

※ 이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC-15-05-ETRI)의 지원을 받아 수행된 연구임.

[참고문헌]

- [1] IT World, '엣지 컴퓨팅의 이해와 네트워크의 변화', Sep. 2017.
- [2] Garcia Lopez, Pedro; Montresor, Alberto; Epema, Dick; Datta, Anwitaman; Higashino, Teruo; Iamnitchi, Adriana; Barcellos, Marinho; Felber, Pascal; Riviere, Etienne, 'Edge-centric Computing: Vision and Challenges' ACM SIGCOMM 2015.
- [3] 김귀훈, 'IoT와 AI를 위한 에지 컴퓨팅 표준화 및 기술 동향', 한국통신학회지(정보와통신), Nov. 2017.
- [4] 윤찬현, '모바일 Edge 컴퓨팅 기술 동향', Korea Internet Conference(KRnet) 2018.
- [5] K. Kim, T. You, J. Lee, S. Baik and Y. Hong, 'Signalling requirements and architecture of intelligent edge computing,' ITU-T SG11, Oct. 2018.

[주요 용어 풀이]

- 인공지능: Artificial Intelligence, AI, 인간의 두뇌와 같이 컴퓨터 스스로 추론, 학습, 판단하면서 전문적인 작업을 하거나 인간 고

유의 지식 활동을 하는 시스템. 기존의 컴퓨터와 같이 프로그래밍된 순서 안에서만 작업하는 시스템과는 달리 좀 더 유연한 문제 해결을 지원하는 데 도움이 된다. 요소 기술로는 추론, 학습, 지각 및 이해 기능과 인공지능(AI)에서 데이터베이스가 되는 지식 베이스가 있다. AI의 개발 언어로는 리스프(LISP), 프롤로그(PROLOG) 등이 있다.

- 국제 전기 통신 연합: International Telecommunication Union, ITU, 국제 연합의 전문 기관으로, 모든 종류의 전기 통신의 개선과 합리적인 사용을 위해 국제 협력을 유지, 증진하고 전기 통신 업무의 능률 향상, 이용 증대 및 보급의 확대를 위해 기술적 수단의 발달과 효율적 운용을 목적으로 하는 범세계적인 정부 간 국제기구.
- 유럽전기통신표준협회: European Telecommunications Standards Institute, ETSI, 통신과 방송 및 이와 밀접한 관련이 있는 첨단교통과 의료전자 등 정보통신기술(ICT)분야의 ES(ETSI Standard)표준 제정을 촉진하고 총괄 조정하는 유럽의 독립된 비영리 기관.