

# Edge 컴퓨팅 기능을 활용한 oneM2M-MEC-5G 인터워킹

손현서 세종대학교 정보보호학과 석사/연구원

황재영 세종대학교 정보보호학과 박사/연구원

송재승 Technical Plenary Group 부의장, 세종대학교 정보보호학과 교수

## 1. 머리말

사물인터넷(IoT) 기술의 발전과 함께 네트워크에 연결되어 운영 중인 디바이스의 개수가 기하급수적으로 증가하고 있다. 또한 5G 네트워크 기술이 도입됨에 따라 스마트시티, 스마트 팩토리, 스마트 카와 같은 다양한 서비스가 개발되고 있다. 이와 같은 다양한 사물인터넷 서비스는 높은 대역폭, 초저지연과 같은 요구사항을 기본적으로 지원해야 한다.

그러나 기존의 서비스 제공 업체들이 운영하는 클라우드 컴퓨팅 방식은 디바이스가 생성하는 다양한 데이터를 처리하기 위해 중앙의 데이터 센터를 거쳐야 한다. 이 때문에 백홀(Backhaul)의 데이터 트래픽이 급격히 증가한다. 해당 응용서비스를 지원받기 위하여 원거리에 위치한 클라우드 서버와 통신하면서 발생하는 지연시간에 관한 문제도 있다. 따라서 위와 같은 문제점을 해결하기 위하여 엣지 컴퓨팅(Edge Computing) 관련 기술을 적용하여 트래픽 증가에 따른 네트워크망의 부하를 줄이고 사물인터넷 관련 서비스들을 비교적 짧은 거리에서 지원함으로써 초저지연 서비스를 제공하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

이와 관련하여, 3GPP, ETSI 등 통신 관련 표준화 단체뿐만 아니라, oneM2M과 같은 사물인터넷 표준화 단체에서도 엣지 컴퓨팅 관련 표준화의 중요성을 인지하고 관련 표준 개발을 진행하고 있다. ETSI 내의 엣지 컴퓨팅 전문가 그룹인 MEC-ISG(Multi-access Edge Computing Industry Specification Group)는 다중 액세스를 엣지 컴퓨팅에 활용하고, 3GPP 코어망에서 제공하는 네트워크 슬라이싱 표준 기술 등과의 연동이 가능하도록 내부 기술 개발 및 표준 보고서를 개발하고 있다. 본 고에서는 현재 oneM2M에서 진행하고 있는 엣지 컴퓨팅 사물인터넷 표준을 중심으로 MEC를 통한 5G 통신망과의 연동을 통해 엣지 컴퓨팅 서비스를 제공하는 표준 기술에 대해 기술하였다.

## 2. oneM2M 및 MEC 표준화 현황

기존 클라우드에서 동작하는 사물인터넷 서비스 플랫폼은 데이터 처리 및 지연시간 등의 문제로 차량의 자율주행이나 재난상황 모니터링에 필요한 대용량 비디오 데이터를 지원하지 못한다. 따라서 이동통신 및 사물인터넷 관련 표준을 제공하는 국제

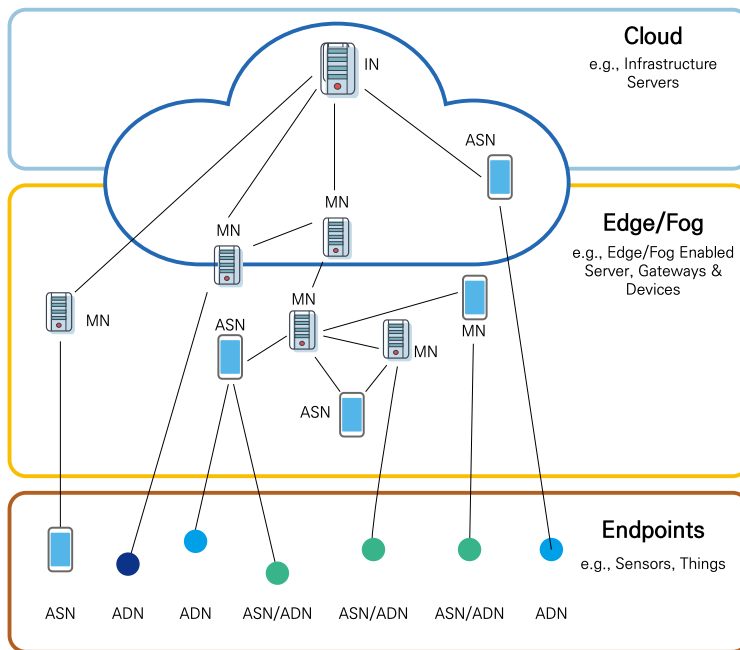
표준 단체들은 사물인터넷 환경에서 엣지 컴퓨팅 기술을 활용하여 전송 속도를 개선하고, 데이터 처리를 엣지 서버에서 분산 수행해 좀 더 빠른 서비스 제공이 가능한 표준제정을 진행하고 있다. 특히 사물인터넷 국제 표준 단체인 oneM2M에서는 기존 표준에 엣지 컴퓨팅 기술을 적용하여 사물인터넷 서비스 플랫폼을 가상화하고자 한다. 다음으로 이를 엣지에서 자유자재로 동작시킬 수 있는 기술을 도입하여 다양한 유스케이스(Use-cases, 사례)와 요구사항을 도출하고 아키텍처를 개선하는 표준 개발을 Release 4의 주요 표준 아이템으로 진행 중이다. 본 절에서는 관련된 표준화 연구 진행 상황에 대해 기술한다.

## 2.1 oneM2M 국제 사물인터넷 표준

oneM2M은 파편화되는 사물인터넷 시장을 글로벌 단위의 수평적 서비스로 제공하기 위해 시작된 서

비스 레이어 표준 개발을 위한 국제 사물인터넷 표준화 단체이다. 한국의 TTA, 유럽의 ETSI, 미국의 TTA, 중국의 CCSA 등 7개의 표준 기관이 공동으로 설립했다. 또한 다양한 사물인터넷 프로토콜 및 타 분야 표준과의 인터워킹 기능, 데이터 및 사물에 대한 관리 기능을 제공하고 있는 표준이다. 나아가 레퍼런스 아키텍처뿐만 아니라 구현 및 상용화가 가능한 상세 프로토콜 수준의 표준까지 제공하고 있다[1].

현재 oneM2M에서는 Release 4 표준의 일환으로 다양한 사물인터넷 관련 엣지 컴퓨팅 시나리오를 지원하기 위해 엣지 컴퓨팅 관련 기술보고서(TR-0052-Study on Edge and Fog Computing in oneM2M systems)를 개발하고 있다. 해당 표준에서는 oneM2M에서 엣지 컴퓨팅 기술을 적용하기 위한 기본적인 구조를 [그림 1]과 같이 정의하고 있으며, 현재 해당 아키텍처를 기반으로 관련 요구사항, 프로시저(Procedure), 유스케이스 등이 정의되고 있다[1].



[그림 1] oneM2M-MEC 인터워킹 아키텍처

〈표 1〉 엣지/포그 컴퓨팅을 적용한 다양한 유스케이스

유스케이스 제목	참고 TR
Accident Notification Service using Edge/Fog Computing	TR-0026
Smart Transportation with Edge/Fog	TR-0026
High-precision Road Map Service using Edge/Fog Computing	TR-0026
Link Binding Management for Digital Twins and Edge/Fog Computing	TR-0001
Smart Factories using Edge/Fog	TR-0018
Vulnerable Road User Discovery Use Case for Edge Fog Computing	TR-0026
Reliable Edge/Fog Computing	TR-0026
Use Case for Vehicular Data Service with data model and Edge/Fog Computing	TR-0026
Vehicle Data Service	TR-0026
Smart Building	TR-0001

oneM2M TR-0052에서는 엣지 컴퓨팅을 분산된 사물인터넷 플랫폼 환경하에서 데이터 처리를 요청하는 노드(주로 ASN, ADN 등 애플리케이션 엔티티)와 가장 가까운 곳에 위치한 노드들을 활용해서 데이터 처리를 수행함으로써 지연시간을 낮게 만드는 컴퓨팅 방법으로 정의한다.

Release 4에서는 엣지/포그 컴퓨팅 지원을 위해서 성능, 지연시간 및 효율성 문제에 중점을 두어 다양한 유스케이스를 〈표 1〉과 같이 정의한다. 현재 TR-0052에서는 8개의 엣지/포그 컴퓨팅 유스케이스를 독립적으로 정의하고 있다. 또한 기존 사물인터넷 유스케이스 관련 기술보고서에 수록된 각종 유스케이스 중 엣지/포그와 관련 있는 유스케이스 15개를 추가로 도출하여 사물인터넷 플랫폼에 필요한 엣지/포그 컴퓨팅 요구사항들을 도출하는 데 활용하고 있다. 특히 스마트 카와 같은 유스케이스는 엣지/포그 노드에 여러 대의 디바이스가 연결되어 실시간으로 사물인터넷 데이터를 저장한 클라우드 플랫폼 리소스가 엣지/포그 노드들로 오프로드(Offload)되어야 한다.

oneM2M TR-0052에서는 이러한 유스케이스들을

기반으로 사물인터넷 플랫폼을 최적화할 수 있는 세 가지 시나리오를 개발하고, 이를 기반으로 다음에 서술된 각종 엣지/포그 컴퓨팅 기능 적용에 필요한 핵심 이슈들을 도출하였다.

- **시나리오 1(데이터 전송 최적화 시나리오):** 3GPP 서비스를 활용하는 사물인터넷 디바이스들에 데이터를 제공하는 서비스이다. 각종 네트워크 관련 정보들을 MEC, 즉 엣지 노드에 공유하고 전달함으로써 최적의 서비스를 제공하는 것을 목표로 한다. 네트워크의 혼잡도 상태, 단말의 가입 상태 등에 따라서 개별 3GPP 서비스에 적합한 데이터 전송 속도를 적용하는 것이 가능하다. 예를 들어, 하나의 기지국에 접속된 일반 모바일 사물인터넷 단말과 차량이 있을 경우, 차량에는 고품질 비디오 데이터를 전송하면서 일반 단말에는 저품질 비디오 데이터를 차별적으로 전송하는 것이 가능하다.
- **시나리오 2(위치 및 QoS 정보를 활용한 데이터 전송 최적화):** 엣지/포그 노드에 위치 정보 및 QoS(Quality of Service) 정보를 공유함으로써 차량 데이터 전송 최적화를 제공하는 3GPP 서비스를 구현하고자 한다. 사물인터넷 기기(차량)의 위치의 혼잡도 상태에 따라 서로 다른 데이터 서비스를 제공하는 것이 가능하다.
- **시나리오 3(리소스 및 태스크 오프로딩):** 클라우드에서 동작하는 사물인터넷 서비스들을 사물인터넷 단말의 위치 및 상태에 따라서 클라우드의 일부 기능 및 관련 데이터를 엣지/포그 노드에 위치시켜 서비스를 대신 제공하고자 한다. 3GPP에서 제공하는 네트워크 기능들뿐만 아니라, 클라우드에서 제공되는 실제 사물인터넷 서비스에 대한 엣지/포그 노드를 제공함에 따라 데이터 전송 속도를 상당히 개선할 수 있다. 관련 상세 설명은 3장에서 추가로 설명하고 있다.

다음은 oneM2M에서 엣지/포그 컴퓨팅 기능을 사물인터넷 플랫폼에 적용할 때 발생할 수 있는 각종 이슈들을 도출한 내용이다.

- **핵심 이슈 1(엣지/포그 오프로딩):** 클라우드 플랫폼의 사물인터넷 데이터 및 기능들을 어떻게 엣지/포그 노드에 보내어 서비스를 지속적으로 제공할 수 있는지에 대한 문제
- **핵심 이슈 2(공동 서비스 인식):** 엣지/포그 노드를 통해 oneM2M에서 제공하는 공동 기능들이 사물인터넷 기기로 인식 가능해야 하며, 이를 제공하기 위해 어떠한 추가 요구사항이 필요한지에 대한 논의
- **핵심 이슈 3(네트워크 정보를 활용한 엣지/포그 컴퓨팅 지원):** 엣지/포그 컴퓨팅을 지원하기 위해 사용하고 있는 네트워크의 정보들을 활용할 수 있는데, 어떠한 정보를 어떻게 수집하여 활용할지에 대한 이슈 논의
- **핵심 이슈 4(리소스 예약):** 스마트시티의 재난 및 응급상황에서는 사물인터넷 플랫폼의 각종 데이터 및 리소스에 대한 접근을 우선적으로 해당 재난 서비스에 제공해야 하는데, 이를 위해 사물인터넷 및 엣지/포그 컴퓨팅 기능에서 필요한 요구사항에 대해 논의
- **핵심 이슈 5(다중 엣지/포그 노드 조율):** 사물인터넷 엣지/포그 컴퓨팅에는 하나 이상의 여러 엣지/포그 노드들이 연관되는데, 일관된 서비스 제공을 위해 관련 엣지/포그 노드들의 제어가 필요
- **핵심 이슈 6(동적 서비스 활성화):** 클라우드 사물인터넷 플랫폼 설치와는 다르게 엣지/포그 노드들의 경우 동적으로 서비스 플랫폼을 설치, 동작, 제거하는 기능이 필요한데, 이를 어떻게 제공할지에 대한 논의

이러한 oneM2M의 엣지 컴퓨팅 표준 기술은 5G에서 제공하는 네트워크 슬라이싱 및 가상화 기술과 인터워킹을 통해 제공될 수 있다. 즉, 3GPP의 5G 네트워크가 가상화되어 엣지 노드에서 데이터가 처리되고, 실제 서비스를 제공하는 oneM2M 사물인터넷 플랫폼이 마찬가지로 가상화되어 리소스 오프로딩을 통해 동일한 엣지 노드에 수행될 수 있다면, 네트워크뿐만 아니라 서비스도 자율주행차와 같은 서비스에 엣지 노드에서 제공할 수 있다. 이에 따라 상당한 서비스 속도 개선 및 컴퓨팅 분산이 이루어질 수 있다.

또한 5G 네트워크에서 수집이 가능한 정보들(예를 들어, 네트워크의 혼잡도, 필요 QoS 정보, 네트워크 망 관리 정보 등)과 사물인터넷 플랫폼에서 가용한 정보들(예를 들어, 서비스 제공 시간, 사용자의 QoS 요구 등)이 상호 공유될 경우 서비스 제공에 유용하

게 활용할 수 있다. 따라서 oneM2M에서는 5G 통신망 및 MEC를 활용한 엣지 컴퓨팅을 수행할 수 있는 표준에 대해 연구하기 시작했다. 다음 장에서 관련된 기술의 표준 연계 방안을 기술한다.

## 2.2 Multi-access Edge Computing (MEC)

유럽의 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)의 주도로 MEC 관련 표준이 제정되고 있으며, MEC는 애플리케이션 개발자 및 콘텐츠 제공자에게 엣지 컴퓨팅의 기능과 IT 서비스 환경을 제공한다. Multi-access는 유선, Wifi, LTE, 5G처럼 고객이 사용하는 다양한 유/무선 인프라를 의미한다. 이는 무선 네트워크 정보에 대한 실시간 접근, 매우 낮은 지연시간 및 높은 대역폭을 가진 서비스를 엣지 컴퓨팅 기반으로 제공하는 것에 초점을 두고 있다.

MEC 이니셔티브는 ETSI 내에서 운영하는 전문가 그룹인 ISG 중 하나이다. 참고로 ETSI는 필요한 선행 기술들에 대해 내부 전문가 그룹을 운영하여 표준 단체가 활용할 수 있는 기술 문서들을 개발하고 있다. 추후 상황에 따라 이렇게 개발된 기술문서들은 표준 단체에 이관되기도 한다.

MEC ISG의 목적은 파편화된 플랫폼을 하나의 통합된 플랫폼에 연결하여 표준화된 개방형 환경을 조성하는 것이다. 이 이니셔티브는 이동통신사, 애플리케이션 개발자, OTT 플레이어, 시스템 통합 업체 및 기술 제공 업체를 포함한다. 그리하여 밸류체인 내 여러 조직에 혜택을 주어 MEC 기반으로 서비스를 제공하는 것에 가치를 둔다. MEC ISG의 작업에는 규범적인 사양의 개발뿐만 아니라 Proof of Concept(PoC) 및 MEC Deployment Trial (MDT) 환경을 호스팅하고, 관련 활동 지원을 통해 활성화하는 데 많은 노력을 기울이고 있다[2].

〈표 2〉는 ETSI가 MEC의 서비스별로 제안한 표준 내용을 정리한 것이다. 서비스 이용자가 언제 어디에

〈표 2〉 MEC 서비스별 ETSI 제안 표준

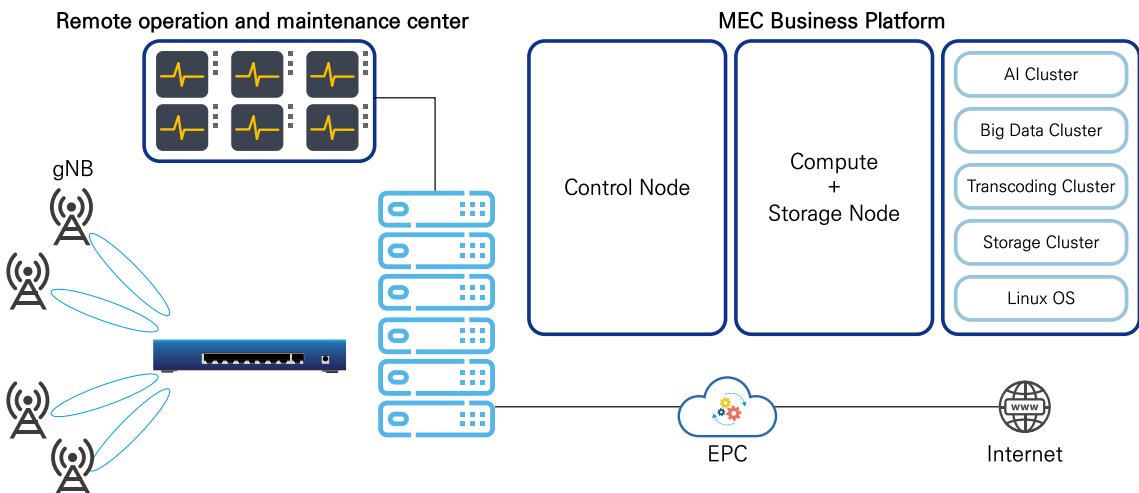
구분	서비스	상세내용
1	Radio Network Information	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MEC 서비스 이용 단말의 최신 Radio Network 이용 정보(예: UE Context, Radio Bearer 정보 등) 및 품질 현황 정보</li> <li>• MEC 서비스 이용 단말의 Network 트래픽 관련 이용 통계</li> <li>• MEC 서비스 이용 단말의 Radio Network 변경 정보</li> <li>• Radio Network에 대한 기지국별 및 특정 시간대별 정보</li> </ul>
2	Location	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MEC 서비스 이용 단말의 현재 Location 관련 정보</li> <li>• 특정 기지국 별 MEC 서비스를 이용 중인 단말 관련 정보</li> <li>• 특정 기지국별 단말 관련 각종 통계 정보</li> <li>• 특정 MEC 서비스를 제공받을 수 있는 기지국 그룹 정보</li> </ul>
3	Bandwidth Manager	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 특정 MEC 서비스 이용 고객에 대한 Bandwidth 보장 등 QoS 제공 기능</li> </ul>

서든 항상 최적화된 MEC 서비스를 제공받고 서비스 제공자는 효율적이고 안정적인 네트워크망을 운영하기 위한 내용을 담고 있다.

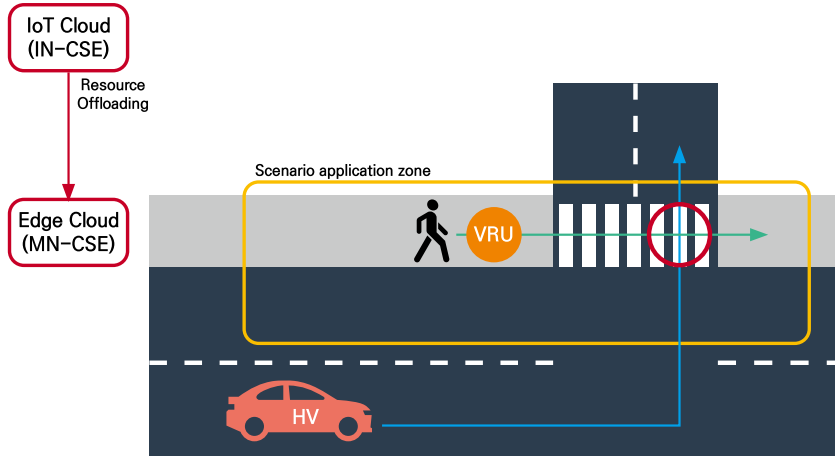
- **Radio Network Information** : 무선 네트워크의 정보에 관한 내용으로 무선 네트워크를 최신화하여 연결된 이동통신망에 대한 정보 및 트래픽 분석을 통해 항상 최적화된 네트워크를 사용하기 위한 내용을 담고 있다.
- **Location** : 현재 단말의 위치를 기준으로 특정 기지국 및 주변에서 MEC 서비스를 제공받을 수 있는 기지국 그룹의 정보를 업데이트하여 단말의 위치가 이동되거나 움직일 때도 신속하게 다른 기지국의 네트워크를 사용할 수 있게 한다.
- **Bandwidth Manager** : 특정 MEC 서비스 이용 고객에 대해 수많은 사용자가 동시에 접속하여 네트워크에 과부하가 걸리지 않게 항상 높은 대역폭을 보장한다는 내용이다[3].

### 3. MEC-5G인터워킹을 위한 5G 기술과 oneM2M 플랫폼 최적화 시나리오

oneM2M에서는 기존의 oneM2M 표준을 기반으로 5G 이동통신 기술이 적용된 MEC를 활용하여 엣지/포그 컴퓨팅 기능을 지원하기 위한 노력을 유관 표준 단체들과 논의하고 있다. 예를 들어, 3GPP Interworking 아이টে를 통해 3GPP 통신망과 각종 정보를 교환하는 표준을 개발하고 있다. MEC ISG와는 사물인터넷 관련 유스케이스 공유 및 상호 인터워킹을 위한 화이트 기술문서 공동 개발 등을 진행하



〔그림 2〕 ETSI MEC Business Platform



[그림3] 리소스가 클라우드에서 엣지노드로 오프로드되는 시나리오

고 있다. 본 절에서는 이와 관련되어 5G 이동통신 기술에 관한 간략한 소개와 클라우드 서버에서 엣지/포그 서버로 리소스가 오프로드되어 지연시간을 줄이는 시나리오를 기술한다.

### 3.1 5G 이동통신 기술

최근 멀티미디어에 대한 수요가 폭발적으로 증가하고 그에 따른 트래픽 양이 엄청난 속도로 늘어나고 있다. 더불어 네트워크를 통해 모든 데이터를 전송하기 위한 트래픽의 양은 폭발적으로 증가하였다. 이렇게 늘어나는 트래픽에 대한 부담을 줄이기 위해 세대를 거듭하여 연구가 진행되었고 초광대역, 초저지연, 대용량의 특징을 가진 5세대 이동통신 기술이 등장했다[4],[5].

5세대 이동통신은 eMBB, URLLC, mMTC 같은 특성을 가진다.

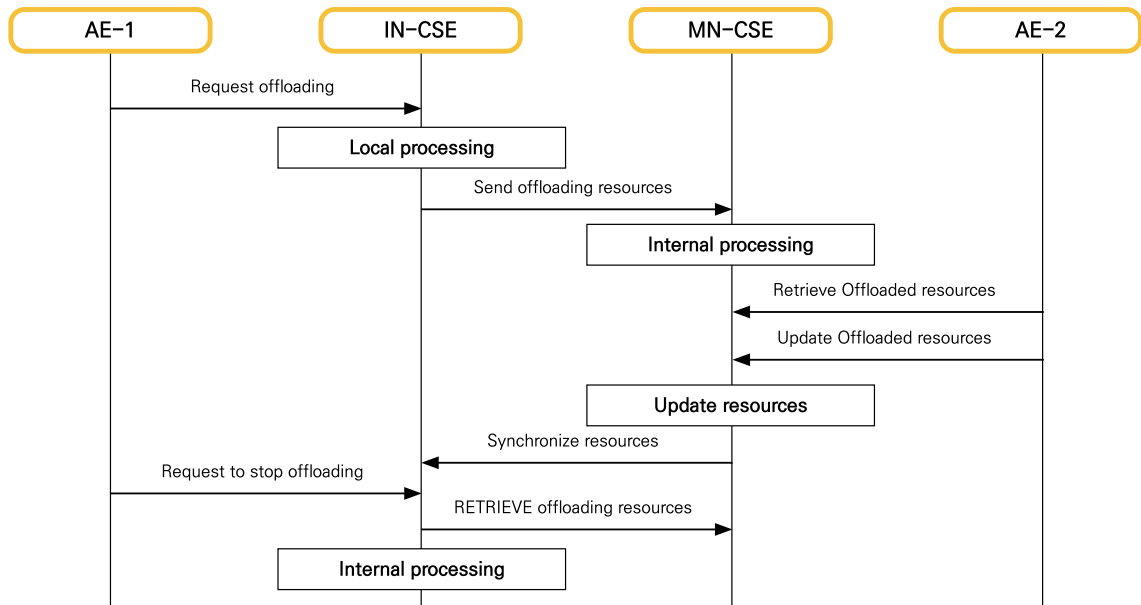
- **enhanced Mobile BroadBand(eMBB)** : 초광대역을 의미하며 LTE보다 더 넓은 주파수 대역폭을 이용하여 데이터 전송이 가능하다. 주파수 대역폭이 넓으면 동시에 더 많은 데이터를 전송할 수 있어 매우 빠른 속도로 통신 가능하다.
- **Ultra-Reliable and Low Latency Communications (URLLC)** : 초고신뢰-초저지연 통신기술을 의미하며 5G 이동통신에서 1밀리초(ms) 이하의 지연시간을 지원한다. 이러한

특성으로 인해 자율주행차 서비스가 가능하고 예기치 못한 상황에서 원격으로 긴급제동까지 지원이 가능하다.

- **massive Machine Type Communications(mMTC)** : 대규모 사물통신망을 사용하여 사물인터넷 전용통신망(LoRa, NB-IoT) 등의 다양한 통신을 위한 망을 5G 이동통신망에서 수용할 수 있다. 또한 수십억 개의 디바이스에서 생성하는 대용량의 데이터를 위한 통신이 가능하다.

이러한 특성을 고려하여 5G 이동통신 기술이 설계되었고 다양한 종류의 서비스를 각각의 특성에 맞게 제공할 수 있게 되었다. 또한 수십만 개의 디바이스를 동시에 수용하여 데이터 전송 과정에서 발생하는 지연도 아주 낮게 유지하면서 기존에는 제공하지 못했던 자율주행차 및 스마트 팩토리와 같은 서비스를 제공할 수 있게 되었다[6].

특히 5G 이동통신망에서 제공하는 각종 네트워크 기능들을 서비스별 또는 사용자별로 논리적인 구조로 슬라이싱하여 제공할 수 있게 하는 표준을 개발하였다. 이와 더불어 서비스 기반의 구조를 용인함에 따라 더 다양한 네트워크에 대한 정보를 손쉽게 애플리케이션에서 사용할 수 있게 개방적인 구조로 표준을 개발하였다.



[그림 4] 엣지 노드로 리소스가 오프로드되는 과정

### 3.2 엣지/포그 노드 리소스 오프로딩

[그림 3]은 클라우드 사물인터넷 서비스 플랫폼에서 엣지 노드로 리소스가 오프로드되는 시나리오를 보여주고 있다. Vulnerable Road User(VRU)는 도로에서 보행자와 주행 중인 자동차 및 자전거 등을 감지하는 서비스이다. 도로 위의 자동차나 사람에게 GPS 정보를 받아 사용자가 이용 중인 모바일 디바이스(스마트폰, 태블릿 등)에 상대방의 위치를 전송한다. 그림에서 차량이 좌회전할 때 보행자가 신호를 건너는 경우 서로에게 다른 VRU 정보를 전송하여 사고를 미연에 방지할 수 있다.

이 시나리오에서는 차량이(AE-1) 오프로드 서비스에 등록되었다고 가정한다. 이후 해당 차량이 특정 지역(교차로, 사각지대 등)에 진입할 경우 엣지 컴퓨팅 리소스 오프로딩을 요청한다. VRU 서비스와 연관된 각종 데이터들이 클라우드에서 동작하는 IN-CSE에서 MN-CSE 엣지 노드로 이동하는 오프로드 절차가 수행된다. 이후, 마찬가지로 VLU 서비스에 연계되는, 또는 해당 지역에서 동작하는 사물


인터넷 기기들은 위치 정보를 엣지 노드인 MN-CSE로 업데이트한다. 엣지 노드는 이러한 정보들(차량의 움직임 및 주변 사물들의 이동 경로)을 분석하여 지속적으로 도로상에서 다른 VRU를 감지하는 즉시 차량 운전자에게 경고 알림을 보내어 크고 작은 사고를 미연에 방지한다.[7].

## 4. 맺음말

본고에서는 oneM2M 사물인터넷 표준 단체에서 개발하고 있는 엣지 컴퓨팅 표준화 현황, 사물인터넷 환경에서 엣지 컴퓨팅 지원을 위한 예로 oneM2M 기반 5G-MEC 관련 시나리오에 대해 기술하였다. 특히 oneM2M에서는 엣지/포그 컴퓨팅을 사물인터넷 플랫폼에 적용하기 위해 다양한 유스케이스를 도출하여 분석하고, 이를 기반으로 리소스 오프로딩, 서비스 활성화 등과 같은 핵심 이슈들을 도출하여 시스템 표준 개발을 진행하고 있다. 이에 더해 더 빠르고 안정성 있는 엣지 컴퓨팅을 활용한 서비스를 제공하



는 표준을 개발하기 위해 노력하고 있다. 현재 진행 중인 oneM2M Release 4에서는 엣지/포그 컴퓨팅을 위한 기능 구현 및 성능 최적화에 대한 표준이 개

발될 예정이며, 이후에는 엣지/포그 컴퓨팅에 대한 고도화 및 3GPP의 5G 시스템과의 엣지 컴퓨팅 인터워킹 등과 관련된 표준화가 논의될 전망이다. 

※ 본 연구는 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2018-0-01456, 지능 기반 초소형 Disposable IoT 동적 자율 구성 및 실행 인프라 기술)

#### 참고문헌

- [1] oneM2M, "oneM2M Standards for M2M and the Internet of Things", [www.onem2m.org](http://www.onem2m.org)
- [2] ETSI, "Multi-access Edge Computing", ETSI Technology Leaflets
- [3] oneM2M TR-0052, "Study on Edge and Fog Computing in oneM2M system"
- [4] 박민철, "MEC 개요 및 오픈소스 동향" 한국정보화진흥원 인사이트 8호, 2019.11
- [5] "5G 국제표준의 이해", 삼성전자 네트워크 사업부, 2018.05
- [6] 신재욱, 신재승, "5G 이동통신 기술", 한국로봇학회 특집 16호, 2019.05
- [7] 김상기, 박종대, "5G를 위한 MEC 기술동향", Electronic and Telecommunications Trends 31호, 2016.02
- [8] Alex Reznik, "MEC in an Enterprise Setting: A Solution Outline", ETSI White Paper No.30, 2018.09