

Mobile-Edge Computing and Field Trial Results for 5G Low Latency Scenario

Jainmin Zhang et al.,
China Communications, 2016.12

임연주 (yeonjoo@pel.smuc.ac.kr)

상명대학교 프로토콜공학연구실

목 차

- Introduction
- 5G usage & Deployment Scenarios
- Field trial for MEC
- Challenges

Introduction

- 5G 이동통신 서비스

- 무선 통신의 빠른 성장

- 2020년 까지 500억 이상의 장치가 연결

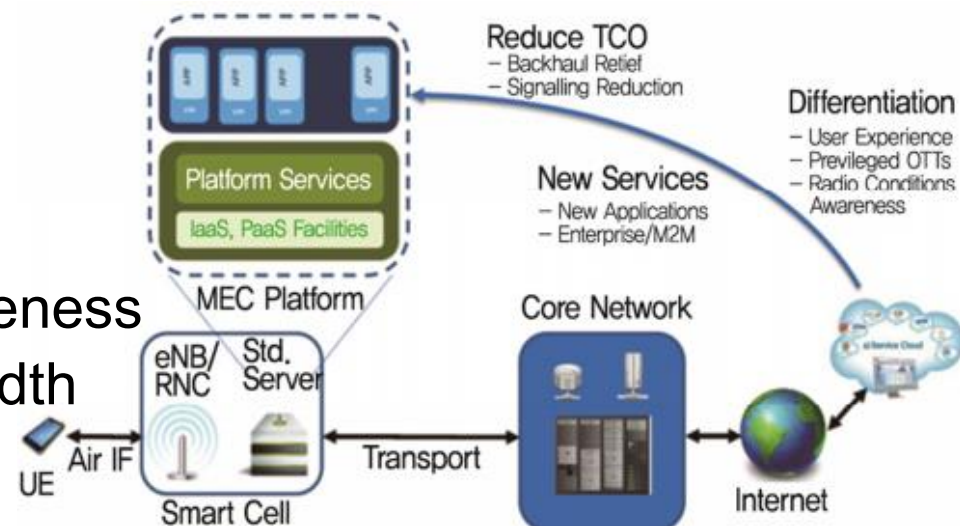
- 전세계적으로 5G에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있음

- ITU-R

- 5G 네트워크의 사용 시나리오 및 요구사항에 대한 합의

- 5G RAN 네트워크 요구 사항

- Service localization
- Local breakout and caching
- Computation Offloading
- RAN context information awareness
- Ultra-low latency, High bandwidth



Introduction

- Concept of MEC

1. Services Localization

- 기존 코어망에 있는 장비를 RAN 내부로 전진 배치 시켜 특정 서비스를 위한 지역화를 의미

2. Local breakout and caching

- a. Local Breakout

- 단말과 AP 사이에 전송되는 데이터들이 이동 통신망인 코어망을 거치지 않고 로컬 네트워크에서 바로 서비스 받을 수 있게 하는 기술

- b. Local Caching

- 요청된 트래픽 또는 요청할 파일을 예측해 미리 캐시에 저장하고 있다가 재요청이 있을 경우 원본 서버에 요청하지 않고 저장한 콘텐츠를 전송하는 기술

Introduction

- Concept of MEC

3. Computation Offloading

- 특정 컴퓨팅 작업을 클라우드와 같은 외부 플랫폼으로 전송하는 것
 - 오프로딩에 필요한 통신 비용보다 단말기 내에서의 연산 비용이 클 경우 작업 수행을 위탁
 - 서비스 지역화로 인해 통신 비용이 줄어 들 수 있음

4. RAN context information awareness

- 네트워크 상황에 대한 정보를 승인된 애플리케이션에게 미들웨어로 제공하는 것
- Third-party partners (content or service provider)에게 RAN context information 제공
 - Third party: 소비자가 사용하는 기본 플랫폼과 독립적인 소프트웨어 또는 하드웨어

Introduction

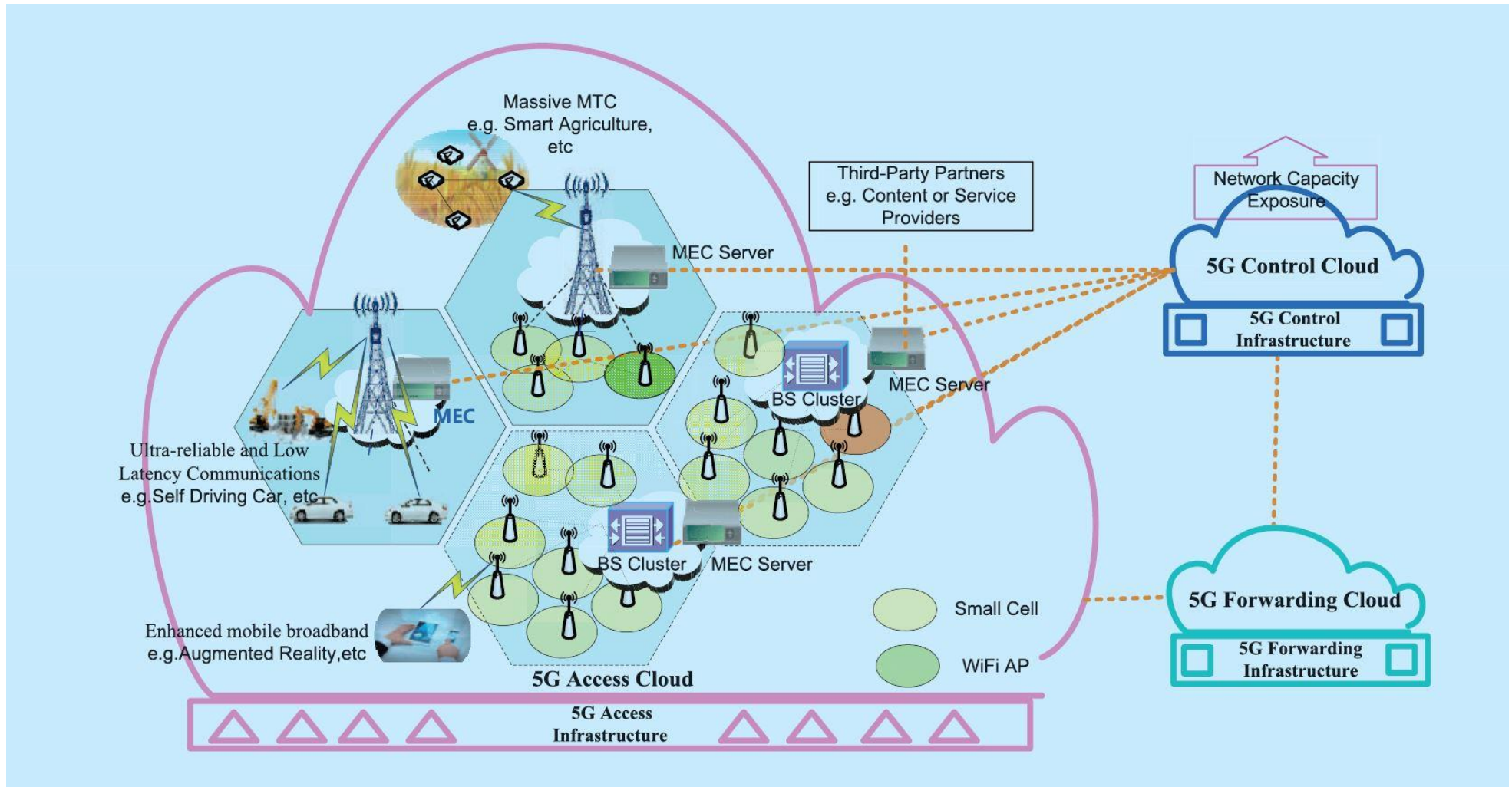
- Concept of MEC

- 장점

1. 5G 네트워크가 요구하는 대역폭 및 지연시간 완화
 - Ultra-low latency, High bandwidth
2. 네트워크 운영 및 유지 관리 비용 절감
 - Service localization, local breakout and caching
3. 사용자의 QoE 향상
 - Service localization, RAN context information
4. 제한적인 MTC 장치의 배터리 수명 연장
 - Through migrating computational intensive task to MEC server
5. 어플리케이션과 서비스 혁신의 가속화
 - RAN exposure to third-party partners (content or service provider)

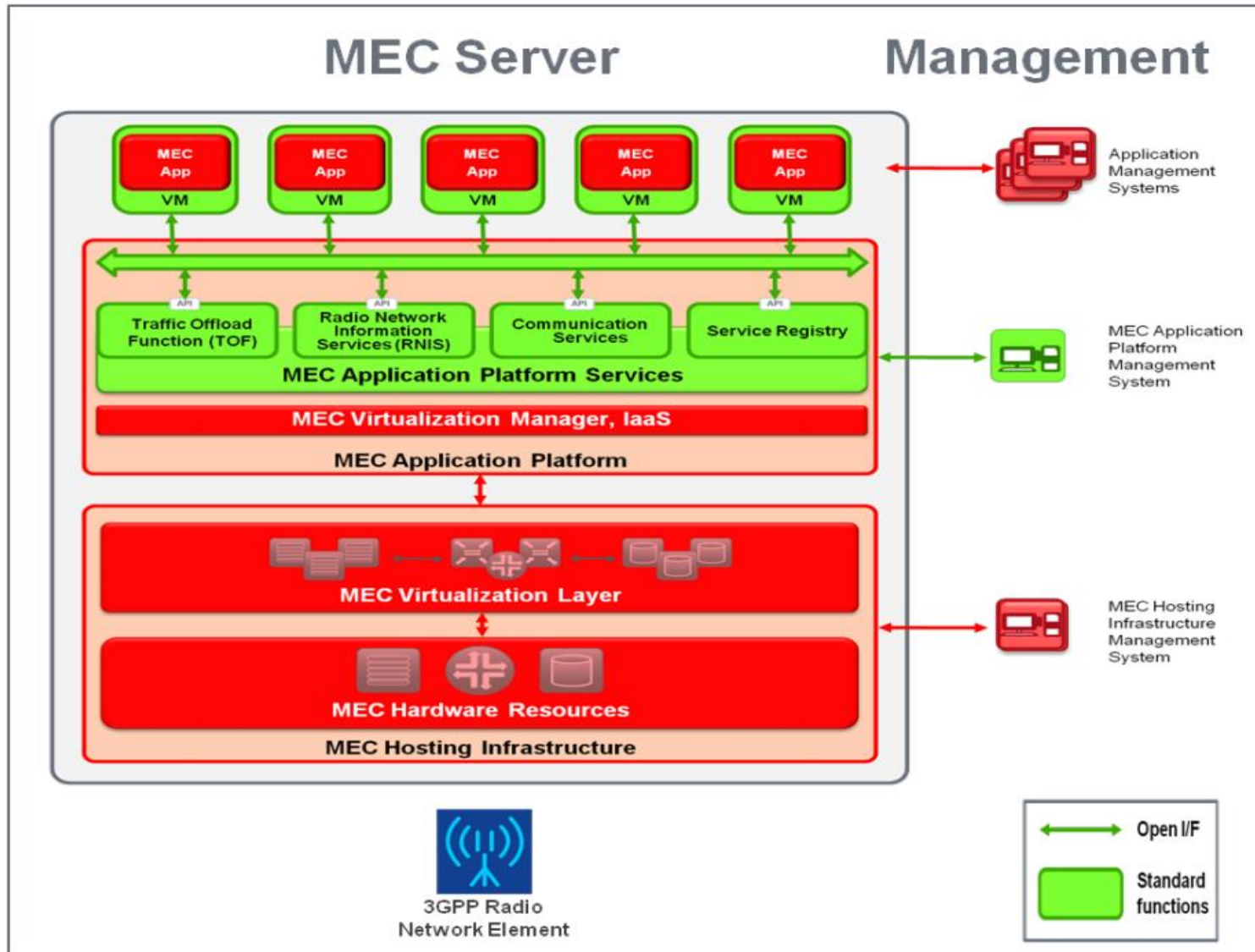
Introduction

- MEC in 5G network architecture



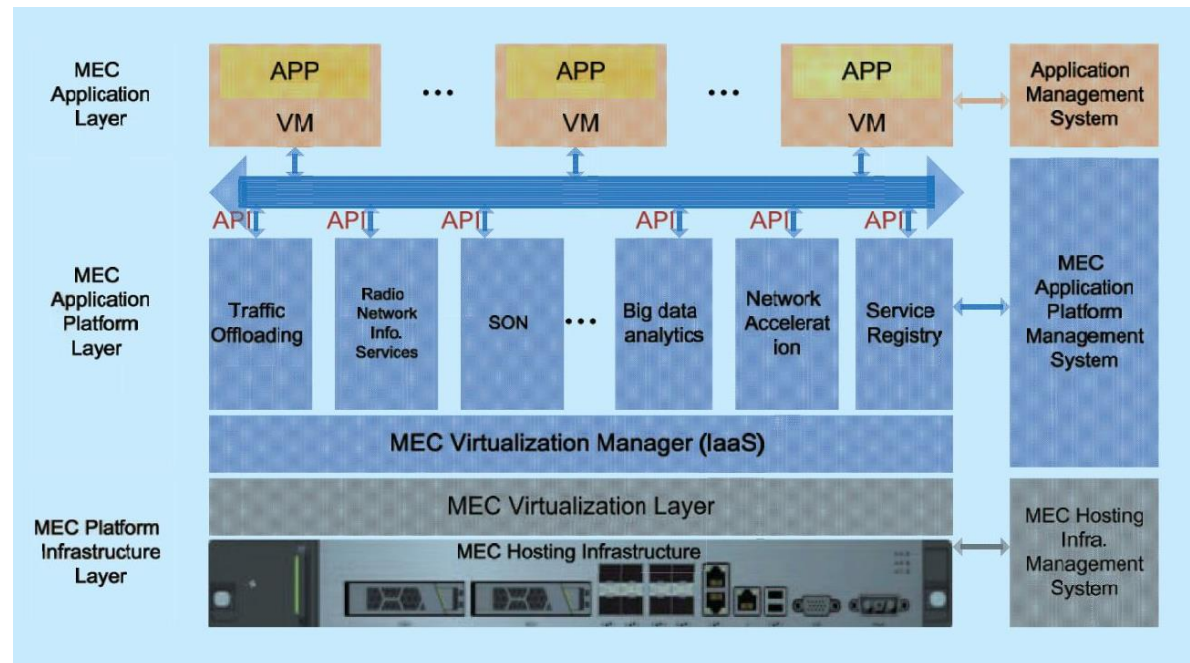
Introduction

- MEC Server platform overview



Introduction

- MEC Server platform
 - 3가지 Layer로 구성되어 있음
 1. MEC platform infrastructure layer
 2. MEC application platform layer
 3. MEC application layer



Introduction

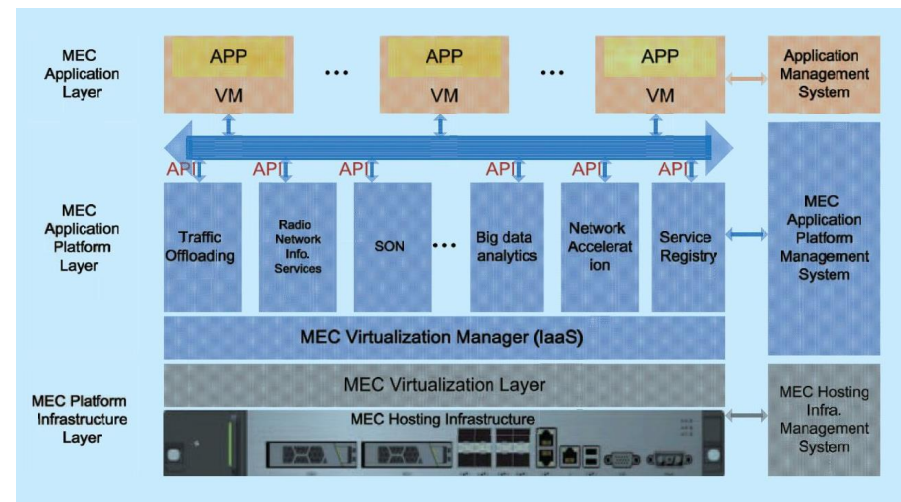
- MEC Server platform

- 특징

- 계층마다 관리 시스템과 애플리케이션을 각각 관리

1. MEC platform infrastructure layer

- MEC 애플리케이션 플랫폼을 위한 물리적 자원을 제공
- e.g., computation, storage and connectivity, etc.



Introduction

- MEC Server platform

2. MEC application platform layer

- 애플리케이션 호스팅을 위한 기능을 제공하는 계층
 - 애플리케이션의 가상화 관리자 및 애플리케이션 플랫폼 서비스로 구성
- 애플리케이션의 가상화 관리자
 - IaaS(Infrastructure as a Service) 기능을 제공함
 - IaaS: 서버, 스토리지, 네트워크를 가상화 환경으로 만들어 필요에 따라 인프라 자원을 사용할 수 있게 서비스를 제공하는 형태
 - 멀티 테넌시(Multi-tenancy)의 실시간 호스팅 환경 제공
 - IaaS 컨트롤러는 애플리케이션 및 플랫폼을 위한 보안과 자원 논리적 독립환경을 제공함
 - 애플리케이션들은 IaaS상에서 수행되며, Virtual Machine(VM) image로서 배포되고, 완전한 구현의 자유를 보장

Introduction

- MEC Server platform

- 2. MEC application platform layer

- 애플리케이션 플랫폼 서비스

- MEC 서버에서 호스트 되는 응용 프로그램에게 미들웨어 서비스를 제공

- 1. Infrastructure services

- Service registry
 - MEC 서버에서 이용 가능한 서비스들의 목록을 관리하고 공표
 - Communication services
 - 애플리케이션과 MEC 서버 내 서비스들을 연결하는 서비스

- 2. Radio Network Information Services (RNIS)

- 미들웨어 서비스로 실시간 무선 및 네트워크 정보를 승인된 애플리케이션에게 제공

- 3. Traffic Offload Function (TOF)

- 정책기반 특정 User Plane 트래픽을 승인된 애플리케이션에게 보냄

Introduction

- MEC Server platform

2. MEC application platform layer

- 애플리케이션 플랫폼 서비스

1. Infrastructure services

- 서비스 지향 아키텍처(SOA, Service-Oriented Architecture) 기반으로 설계
- Communication services
 - MQTT(Message Queue Telemetry Transport) 를 사용
 - 경량의 Publish/Subscribe 메시징 프로토콜
 - 서비스를 게시(Publish)하고 애플리케이션은 이를 구독(Subscribe)함
 - 어떤 서비스를 제공하고 어떤 형식의 메시지를 사용하는지 등에 대한 정의
 - 구독 및 게시는 접근 제어 됨 (인증 및 권한 부여)
- Service registry
 - 서비스 관련 인터페이스 및 버전, 서비스 상태 등을 제공
 - 애플리케이션에서 필요한 서비스를 찾고 사용할 서비스를 게시하는데 사용
 - 서비스 레지스트리에 대한 접근 제어 됨 (인증 및 권한 부여)

Introduction

- MEC Server platform

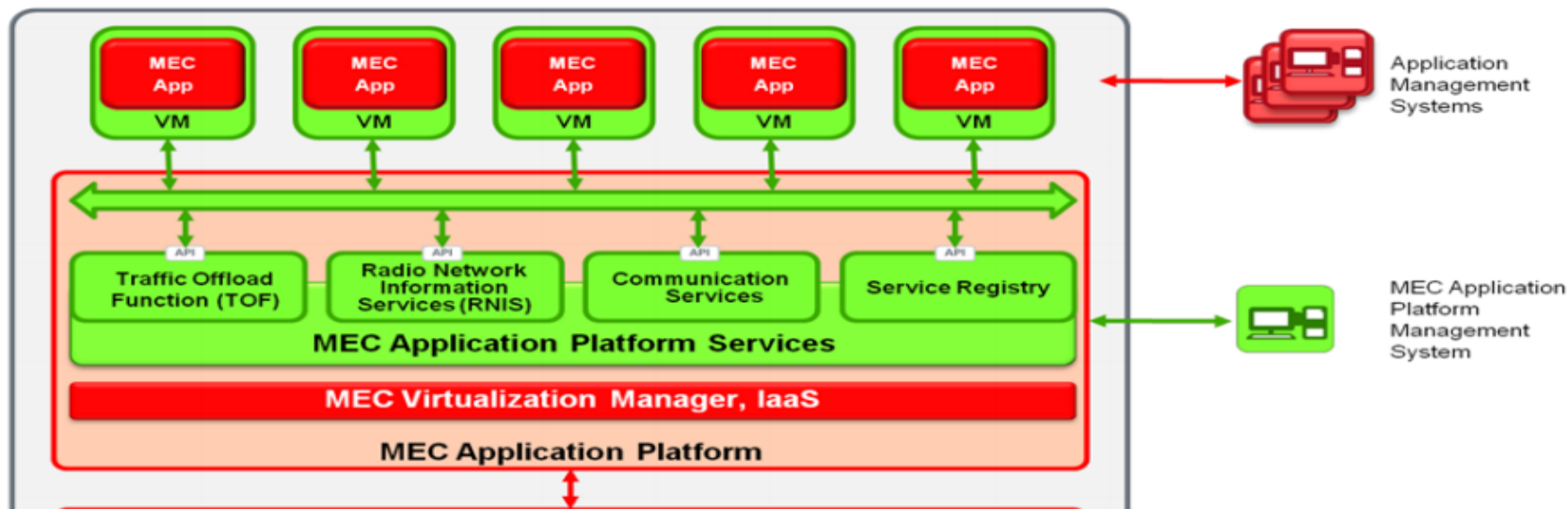
- 2. MEC application platform layer

- 애플리케이션 플랫폼 서비스

- 1. Infrastructure services

- 특징

- 서비스의 인터페이스는 플랫폼에 독립적임
- 서비스는 동적으로 검색될 수 있으며, 호출될 수 있음
 - 동적으로 바인딩 됨
- 서비스는 self-contained 함, 즉, 자신의 상태를 스스로 유지 함
- 서비스는 네트워크 주소로 접근 가능한 인터페이스를 가짐

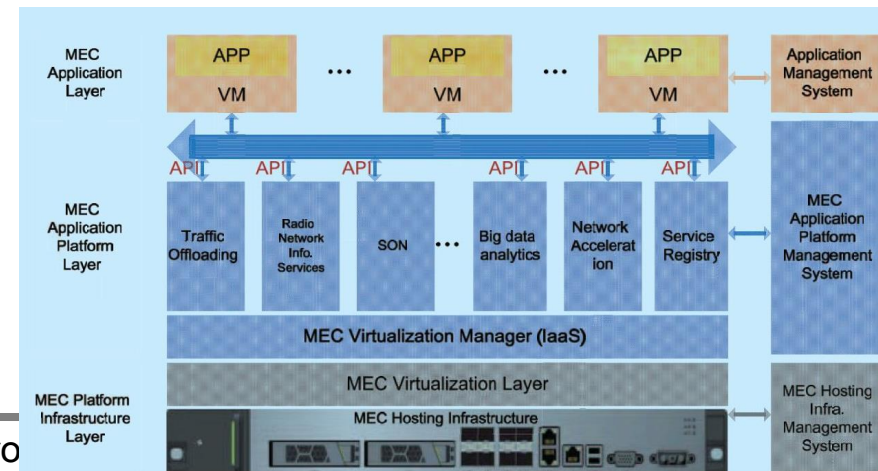


Introduction

- MEC Server platform

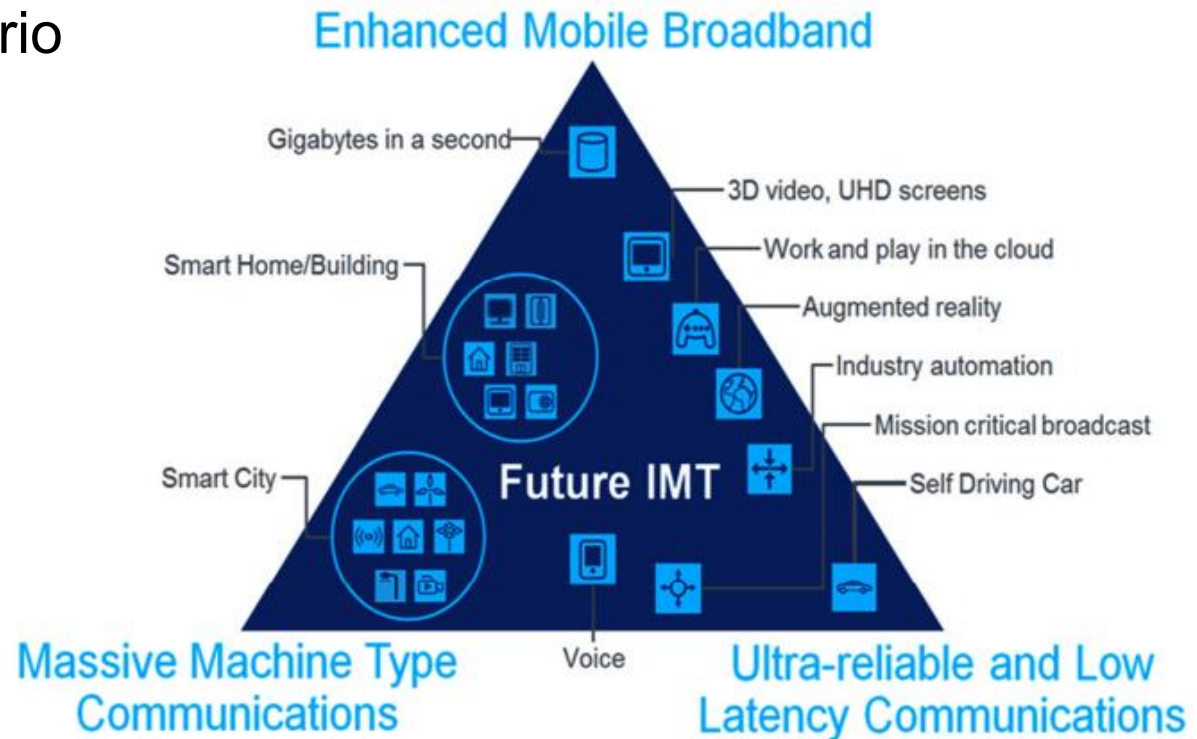
3. MEC application layer

- Third party들로 부터 제공되며, 가상머신 상에서 수행
 - MEC 서버 플랫폼과 플랫폼 서비스는 애플리케이션들과 독립적임
- 애플리케이션들은 자신과 연계된 Application Management Systems에 의하여 관리
 - 애플리케이션의 내부에 종속되었음
- 애플리케이션에 대한 라이프 사이클 관리는 MEC application platform management system이 수행



Introduction

- MEC 서비스 시나리오
 - MEC in 5G usage scenario 분석
 - 3가지 주요 사용 시나리오 분석
 - Enhanced mobile broadband scenario
 - Ultra-reliable and low latency communications scenario
 - Massive MTC scenario



5G usage & Deployment Scenarios

- 5G usage Scenario 1: Enhanced Mobile Broadband Scenario
 - LTE 코어 네트워크(CN)의 Backhaul에 대한 부담이 큼
 - MEC에서 IT 및 클라우드 컴퓨팅 Capacities를 부여
 - local breakout, services localization, caching, computation offloading, network context information exposure 등의 기능을 수행가능
 - Backhaul 대역폭 요구 사항을 감소
 - 코어의 부담을 완화하고 추가 비용을 줄일 수 있음
 - 사용자들에게 로컬 ISP 서비스 및 연결성을 제공
 - 가상 LAN을 지원 가능

5G usage & Deployment Scenarios

- 5G usage Scenario 2: Ultra-reliable and Low Latency Communications Scenario
 - 매우 민감하고 높은 안정성이 요구되는 시나리오
 - e.g., 의료, 보안, 차량 등의 핵심 제어 부분
 - 기존 서비스 또는 콘텐츠를 네트워크 엣지로 배치/캐시
 - 로컬 서비스 제공
 - 종단 간의 지연 시간을 줄일 수 있음

5G usage & Deployment Scenarios

- 5G usage Scenario 3: Massive Machine Type Communications Scenario
 - MTC 디바이스에 내장된 낮은 프로세서 및 스토리지 용량
 - Computation offloading
 - MTC 디바이스의 배터리 수명 연장
 - 한계: 기존 클라우드와 장치 간에 데이터 교환을 위한 지연시간 필요
 - MEC 서버로 Computation offloading 시킴
 - 한계점 극복
 - MTC 디바이스의 로컬 게이트웨이로도 사용 가능
 - e.g., 모니터링 서비스

5G usage & Deployment Scenarios

- 5G usage Scenario 4: Other Potential of MEC
 - Context-aware 서비스 제공
 - network context information 기반
 - e.g., cell ID, location, network load, wireless resource efficiency, etc
 - 구축 환경 차별화와 QoE을 향상 시킬 수 있음
 - Third party에게 네트워크 새로운 응용 프로그램 및 서비스를 확장할 수 있도록 함

5G usage & Deployment Scenarios

- Deployment Scenario

1. Outdoor macro base station

- 네트워크 인프라의 활용도 높고 네트워크 지연 시간 요구가 많은 서비스에 유용
 - e.g., vehicle-to-vehicle scenario
 - MEC 기능을 매크로 셀룰러 기지국에 부분적으로 내장

2. Indoor pico base station

- 상대적으로 제한된 범위와 사용자 수를 가진 서비스에 유용
 - e.g., IoT용 로컬 게이트웨이, 응용 프로그램 서버

Field trial for MEC

- 3가지 field 성능 분석

1. 기존 네트워크 서비스 성능에서 MEC의 영향
 - e.g., 업/다운 링크 처리량, End-to-End 지연시간
2. 서비스 지역화 성능
 - 업/다운 링크 처리량, End-to-End 지연시간 측면
3. 네트워크 종단 간 지연시간 성능
 - 기존 네트워크와의 비교

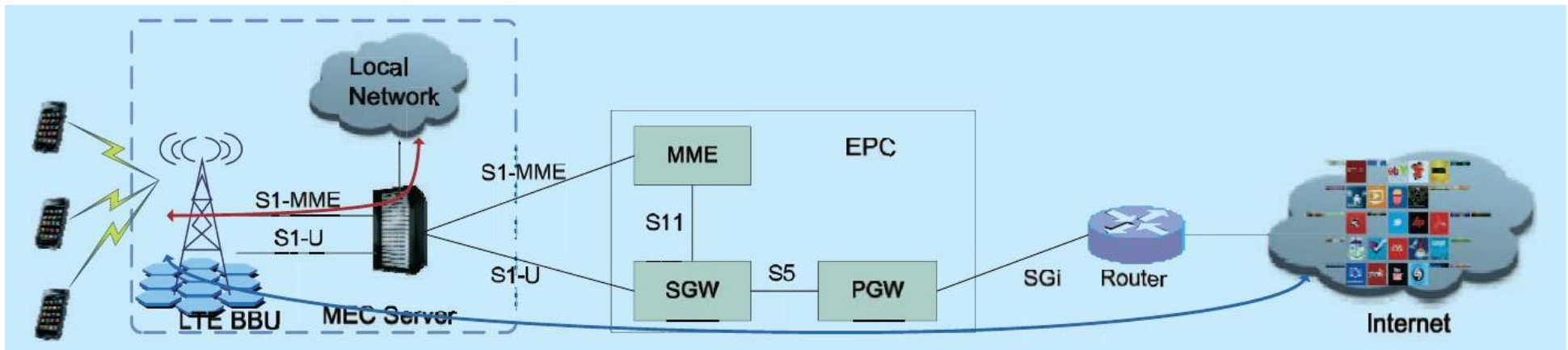
Field trial for MEC

- 성능 평가 환경 구축

- 참고사항

- 5G 시스템이 개발 중이므로 LTE 네트워크에서 MEC 성능 평가 실시

- 기존 LTE 네트워크에서의 MEC 성능 평가 토폴로지 그림

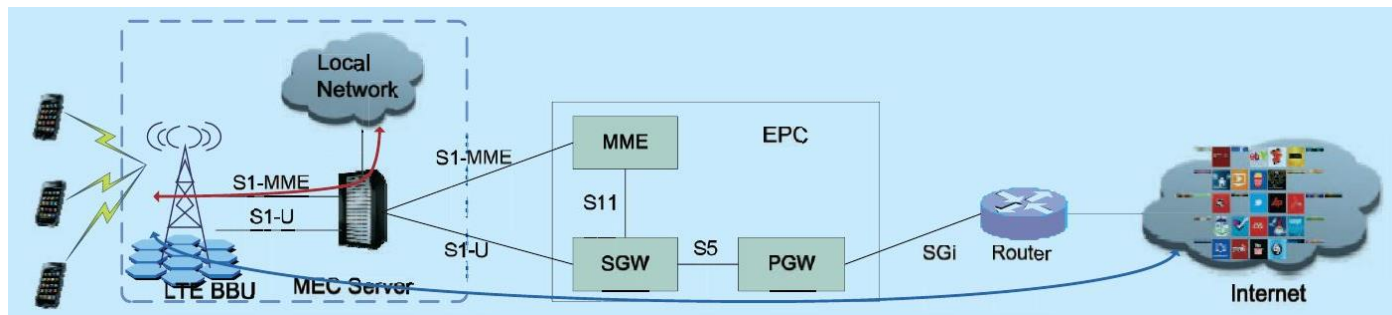


Field trial for MEC

- 성능 평가 환경 구축
- 성능 평가에 사용된 매개 변수

Table I Network Parameters of Field Trial

Parameter	Value
System Bandwidth	15MHz
PRB Number	75
Maximum Tx. Power of UE	23dBm
eNB Tx. Power (indoor)	15dBm
Uplink central frequency	1927.5MHz
Downlink central frequency	2117.5MHz
Frequency reuse factor	1
Test Services	FTP, web browsing, ping, etc



Field trial for MEC

- 네트워크 MAC 처리량
- 세 가지 시나리오에서 다운/업 링크 FTP 서비스 테스트 수행
 1. MEC 서버 없이 인터넷에 배포된 FTP 서버를 통한 공용 서비스
 2. MEC 서버가 있는 인터넷에 배포된 FTP 서버를 통한 공용 서비스
 3. 로컬 네트워크에 배포된 FTP 서버로 로컬 서비스
- 테스트 중 무선 상태 영향을 최소화 하기 위해 UE 위치는 고정

Field trial for MEC

- MAC 처리량 필드 평가 결과

- Public service

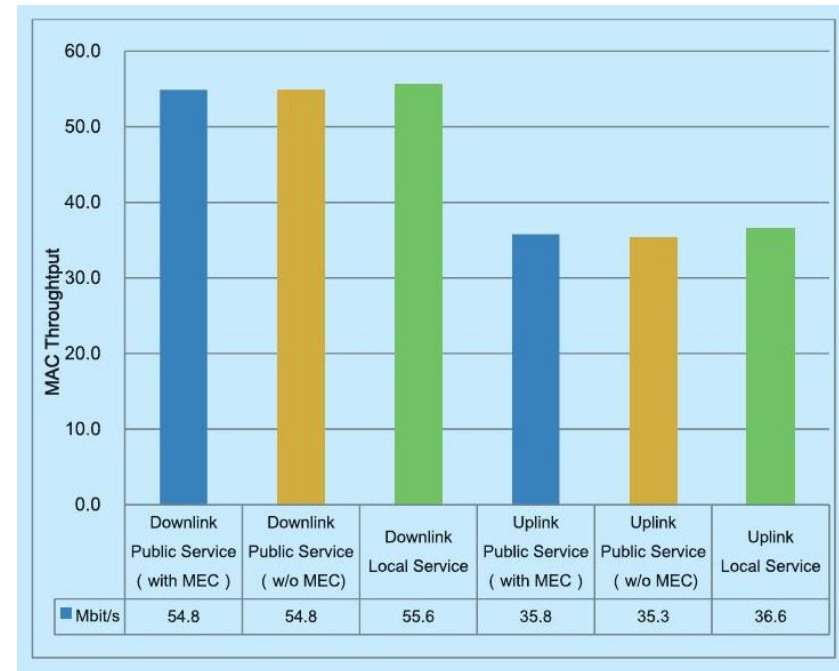
- 시나리오 간의 차이 거의 없음
- 도입된 MEC 네트워크 처리량에 영향을 미치지 않음

- Local service

- Public과 차이가 없음

- 결론

- MEC와 네트워크 처리량의 영향을 미치지 않고 로컬 서비스와 연결성 등을 제공할 수 있음



Field trial for MEC

- 네트워크 종단 간 지연 시간
 - 다양한 시나리오에서 네트워크 종단 간 지연시간 비교
 - MEC 서버가 유무
 - 서로 다른 패키지 크기 (32Bytes 및 1500Bytes)
 - 세 가지 다른 공공 서비스 IP 주소 (www.189.cn, www.sina.com.cn, yjt.189.cn)에 따라 ping 테스트
 - 로컬 서버에 대한 공인 IP 주소를 할당해 MEC와 로컬의 차이점, 기존 네트워크와의 차이점을 비교

Field trial for MEC

• 네트워크 종단 간 지연 시간 평가 결과

Table II Network End-to-End Latency Field Trial Results in different scenarios

Package Size	Scenario	Local Server (Local IP)	Local Server (Public IP)	www.189.cn	www.sina.cn	yjt.189.cn	AverageDelay(ms)
32byte	MEC	15	17	39	35	86	-0.5
	w/o MEC	not accessible	15	38	39	87	
	Delay		2	1	-4	-1	
1500byte	MEC	17	18	43	36	91	1.0
	w/o MEC	not accessible	18	40	38	88	
	Delay		0	3	-2	3	
Average Delay brought by MEC Server							0.25

• 결론

- Public service의 네트워크 지연에 영향 없이, MEC가 17ms 미만의 저지연성으로 로컬 접근을 지원할 수 있음
- 추후 더 낮은 지연시간을 제공을 위한 연구를 통해 해결할 수 있음

Challenges

- 향후 배포를 위해 논의 되어 할 문제
- Bypassing function of MEC server
 - MEC 고장(e.g., 전원 오류, 하드웨어 오류, 소프트웨어 오류 등)이 발생하면 MEC 서버는 자동으로 백업 연결할 우회 기능이 필요
- Charging policy of local service
 - 가상 LAN 서비스 이용요금 정책을 고려해야 함
- Security problem
 - 노출 되는 Network context information로 인해 야기되는 보안 문제를 해결해야 함

감사합니다!

- 용어 정리
 - UE (User Equipment)
 - LTE 망에 붙을 수 있는 사용자 단말
 - e.g., Smartphone 또는 USB dongle 등
 - eNB (Evolved Node B)
 - LTE 기지국
 - UE와 LTE 네트워크 간에 무선 연결을 제공하는 장비
 - S-GW (Serving Gateway)
 - eNB간 핸드오버 시에 anchoring 역할
 - 하나의 S-GW를 축으로 eNB1에서 eNB2로 UE의 핸드오버가 발생

- 용어 정리
 - Hand-over(핸드오버)
 - 단말기가 연결된 기존 공간에서 다른 기지국의 서비스 공간으로 이동하는 동안 원활하게 그대로 유지하는 기능
- P-GW (PDN Gateway) (1/2)
 - 단말에 IP 주소를 할당
 - DHCP 프로토콜이 아닌 3GPP에서 규정하고 있는 UE 접속 절차를 통해서 IP 주소 할당
 - P-GW는 S-GW들에 대한 anchoring을 수행
 - UE가 이동 중에 S-GW1에서 S-GW2로 변경이 되는 경우(S-GW1이 관리하는 eNB에서 S-GW2가 관리하는 eNB로 이동) P-GW가 anchoring

- 용어 정리
- P-GW (PDN Gateway) (2/2)
 - UE 별 서로 다른 QoS 정책을 적용
 - 우선순위, 대역폭 제어 등의 행위를 수행
- UE 별 Accounting Data를 관리
 - Accounting Data
 - 각 가입자 별로 언제 접속했고, 얼마나 데이터를 사용했고, 얼마 동안 접속했는지 이력을 P-GW가 모두 생성/관리
 - P-GW는 이 데이터를 CDR(Charging Data Record) 형태로 OFCS에게 전달

- 용어 정리

- MME (Mobility Management Entity)

- UE를 인증(Authentication)

- 인증 프로토콜은 EPS-AKA

- UE를 인증하기 위한 Key 정보는 HSS에 들어있고, 이 Key 정보를 HSS로부터 받아서 UE 인증을 수행

- EPS 베어러 관리

- EPS 베어러: UE가 인터넷을 사용하기 위해 {UE - eNB - S-GW - P-GW} 구간에서 생성되는 논리적인 터널(GTP 터널)을 의미

- MME는 그 터널의 생성/변경/해제 등의 행위에 관여

- 가입자의 Mobility 상태를 관리

- 현재 UE가 망에 존재 여부 파악

- 존재할 경우, 인터넷을 사용하는지 아니면 사용하고 있는 않은지(Idle state)를 관리

- 용어 정리

- HSS (Home Subscriber Server)

- 각 UE 인증을 위한 Key 정보와 가입자 프로파일을 가지고 있는 데이터베이스
 - 가입자 프로파일에는 각 가입자가 가입한 서비스 상품에 맞는 QoS 등급 정보(우선순위, 최대 사용 가능 대역폭 등) 저장
- 인증을 위한 Key 정보와 가입자 프로파일은 UE가 LTE망에 접속할 때 HSS에서 MME로 전달
 - 이후 MME가 UE에 대한 인증도 수행하고 가입자 프로파일(QoS 정보)을 기반으로 EPS 베어러를 생성

- 용어 정리
 - PCRF (Policy and Charging Rule Function)
 - UE 별 정책(Policy)과 과금(Charging)에 대한 규칙을 정하는 장비
 - 정책(Policy): UE가 사용할 QoS 정보
 - 과금(Charging): offline/online 과금에 대한 정보
 - PCRF에서 P-GW로 전달
 - P-GW는 PCRF가 준 정보를 기반으로 UE에 대한 제어를 수행
 - SPR (Subscriber Profile Repository)
 - UE 별 Policy 및 Charging 규칙(Access Profile)이 저장되어 있는 데이터 베이스
 - PCRF는 SPR로 부터 UE에 대한 Access Profile를 가지고 옴

- 용어 정리
 - OCS (Online Charging System)
 - P-GW에서 관리하는 실시간 사용량을 전달받아 사용자 별로 남은 사용량(balance or credit)을 관리
 - Credit을 다 사용한 가입자를 확인해 접근하지 못하도록 P-GW에 전달
 - e.g., 선불 요금제, 무선 인터넷 차단 서비스
 - OFCS (Offline Charging System)
 - P-GW가 전달해 주는 CDR을 받아 중앙에서 관리하는 장비

감사합니다!