

3GPP M2M/IoT 표준 기술 동향

류진숙, 김현숙, 김래영, 김기영
LG전자

요약

본고에서는 최근 활발한 활동을 보이고 있는 3GPP내 M2M/IoT 서비스를 위한 표준 기술 동향을 알아보고자 한다. 기술 초기 단계에 혼잡제어에 집중되었던 M2M/IoT서비스를 위한 3GPP내 표준 기술은, 현재 Rel-13에 접어들면서 Non-3GPP 기술 대비 경쟁력을 높이기 위해 새로운 기능 추가 등 시스템 전반에 걸쳐 많은 진화를 보이고 있다. 이에 3GPP 시스템 및 Radio Access 관점에서 최근 진행되고 있는 M2M/IoT 서비스 관련 기술 및 그 이후에 예상되는 표준 기술 변화를 살펴 M2M/IoT 서비스를 위한 이동통신 기술의 현 주소를 파악하고 향후 가능한 진화 방향성을 함께 알아 보고자 한다.

I. 머리말

3GPP(3rd Generation Partnership Project)는 2세대(Second Generation) 통신 기술인 GSM(Global System for Mobile Communications) 및 3세대 통신 기술인 WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access)이후, 현재 4세대 통신 기술인 LTE(Long Term Evolution)의 표준을

담당하는 국제 표준 기구로서, 이동통신 기술을 담당하는 독보적인 표준 조직이라고 할 수 있다.

이러한 기존 사람 중심의 통신 기술을 개발하는 표준 조직인 3GPP에서도 M2M/IoT 서비스로의 시장 확장을 위한 기술 개발을 꾸준히 모색해 왔다. MTC(Machine Type Communication)는 3GPP내 M2M을 지칭하는 용어로 Human interaction이 필요 없는 Communication 타입을 말하며, 3GPP에서 Rel-8부터 MTC를 위한 표준 기술 연구가 꾸준히 진행되어 왔다.

초기 M2M/IoT 서비스를 위한 표준 기술은, 3GPP 시스템이 수많은 M2M/IoT 단말을 수용하는 경우 발생 가능한 액세스/코어 네트워크 단의 혼잡 상황에서 기존 휴먼 타입(Human Type) 가입자를 보호하기 위한 혼잡 제어(Congestion Control)에 기술 개발이 집중되었다. 즉 액세스 네트워크(Access Network) 또는 코어 네트워크(Core Network)단의 혼잡 상황 시 M2M/IoT 단말(즉 Low Access Priority)에 대한 서비스를 Back-off Mechanism등을 통해 지연하는 방법으로 기존 가입자에 대한 서비스 성능 저하를 최소화 하는 것이 그 목적이었다.

이후 표준 기술은 좀 더 시스템 적인 형태로 진화하여 Rel-12에서는 단말 구현에 많은 변화가 있었다. 전력 소모에 민감한 M2M/IoT 단말의 전력 소모 최적화를 위한 작업 아이템(work item)인 UEPCOP(UE Power Consumption Optimizations)가 진행되어 데이터 송수신이 없는 휴지 구간(Idle period) 동안 단말의 이동성을 위한 메저먼트(measurement) 등의 RRC(Radio Resource Control) 동작을 중지하여 단말의 소모전력을 최소화 할 수 있는 PSM(Power Saving Mode)의 표준화가 진행되었다. 또한 M2M/IoT단말에 제공하는 LTE모뎀의 가격 경쟁력을 높이기 위해서 단말의 복잡도를 줄인 Low Complexity MTC for LTE에 대한 스테디가 진행되어 하나의 안테나만을 가지는 등 복잡도를 줄인 Category 0 단말이 정의되었다.

2014년부터 본격적으로 시작된 Rel-13표준 활동은 Non-3GPP(예, WLAN, Bluetooth)기술 대비 3GPP 표준 기술이 경

Project Co-ordination Group (PCG)

TSG GERAN GSM EDGE Radio Access Network	TSG RAN Radio Access Network	TSG SA Service & Systems Aspects	TSG CT Core Network & Terminals
GERAN WG1 Radio Aspects	RAN WG1 Radio Layer 1 spec	SA WG1 Services	CT WG1 MM/CC/SM (Iu)
GERAN WG2 Protocol Aspects	RAN WG2 Radio Layer 2 spec Radio Layer 3 RR spec	SA WG2 Architecture	CT WG3 Interworking with external networks
GERAN WG3 Terminal Testing	RAN WG3 Iub spec, Iur spec, Iu spec UTRAN O&M requirements	SA WG3 Security	CT WG4 MAP/GTP/BCH/SS
	RAN WG4 Radio Performance Protocol aspects	SA WG4 Codec	CT WG6 Smart Card Application Aspects
	RAN WG5 Mobile Terminal Conformance Testing	SA WG5 Telecom Management	
		SA WG6 Mission-critical applications	

그림 1. 3GPP TSG 조직 구성

쟁력 있는 전송기술(Transport Layer)로 사용될 수 있도록 가치 추가(Value Added)된 기능 제공 및 시스템 진화에 더욱 집중되었다. 특히 oneM2M등의 표준 기구에서 M2M/IoT 관련 서비스 플랫폼 표준작업이 활발해 지면서, 3GPP 시스템 사업자가 서드 파티 서비스 제공자(3rd Party Service Provider)에게 여러 가지 3GPP내 서비스 기능들을 제공할 수 있는 시스템 기반 구축을 위한 표준 작업 아이템인 AESE[1]의 스테디가 진행되었다. 또한 M2M/IoT 단말을 원격으로 모니터링 할 수 있도록 모니터링 기능을 제공하는 작업 아이템인 MONTE[2], 사업자가 특정 서비스의 지원을 위해 Dedicated Network(즉, MME/SGSN/S-GW/PCRF)을 운용하는 경우 해당 서비스를 이용하는 단말을 적절한 Dedicated Network으로 등록 전환해 주기 위한 작업 아이템인 DECOR[3]는 물론 그룹 단위로 운용 되는 M2M/IoT 단말의 특성을 고려한 3GPP 시스템의 효율적 운용을 위한 작업 아이템인 GROUPE[4] 등이 시스템 아키텍처 표준을 진행하고 있는 3GPP SA WG2 <그림 1>에서 진행 중인 Rel-13작업 아이템 들이다. 이 외에, 장시간 슬립모드(예, Power Saving Mode) 적용으로 데이터 송수신 시 긴 응답시간(High Latency)이 필요한 단말을 서비스 하기 위한 시스템 진화가 목표인 FS_HLcom[5] 및 단말 소모 전력 최소화를 위한 또 다른 소모 전력 절약 방식인 FS_eDRX[6] 등이 현재 3GPP SA WG2에서 논의되고 있는 스테디 아이템이다.

LTE/WCDMA등의Radio Access 기술의 표준을 관장하고 있는 RAN 워킹 그룹 <그림 1>에서는 Rel-12 Category 0 UE(User Equipment)에 이어 더욱 복잡도를 낮춘 Rel-13 Low complexity UE에 대한 스테디가 진행 중이며, GSM/GPRS/EDGE등의 Radio Access 기술 표준을 담당하고 있는 GERAN워킹 그룹<그림 1>에서는 셀룰러 IoT 단말을 더욱 효과적으로 지원하기 위한 새로운 Radio Access Network 개발을 위해 FS_IoT_LC[7] 의 스테디가 논의 중이다.

II. 3GPP 시스템 M2M/IoT 표준 기술

이번 장에서는 앞서 설명한 3GPP SA WG2에서 진행 중인 3GPP시스템 아키텍처 관점에서 진행된 Rel-13 M2M/IoT 관련 표준 기술을 좀 더 상세히 알아 보고자 한다.

1. AESE(Architecture Enhancements for Service Capability Exposure)

AESE[1]는 서드 파티 서비스 제공자(3rd party Service Provider)에게 3GPP 내 서비스 기능 등을 제공하여 사용할 수

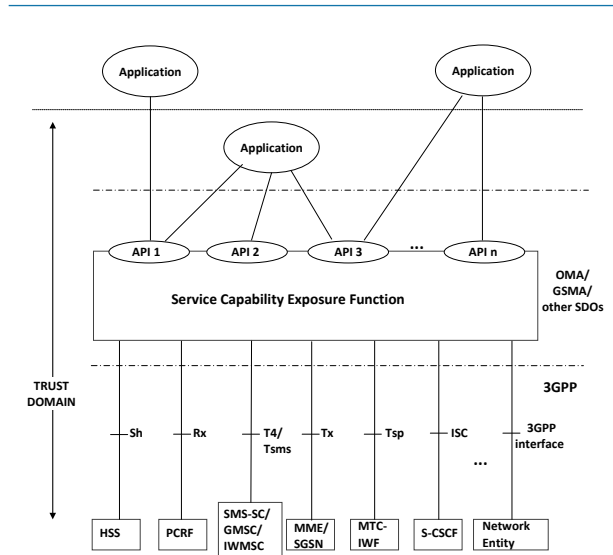


그림 2. 3GPP Architecture for Service Capability Exposure[1]

있도록 하는 시스템 기반에(Framework) 대한 표준으로 위 <그림 2>는 관련 아키텍처이다.

SCEF (Service Capability Exposure Function)는 이동통신 사업자가 운용하는 Trust Domain에 속하는 서비스 기능 제공을 위한 핵심 엔티티이다. SCEF는 서드 파티 서비스 제공자(Application Sever)에게 API 인터페이스를 제공하고, 3GPP의 각종 엔티티와 연결을 통해 서드 파티 서비스 제공자에게 3GPP의 서비스 기능들을 제공한다. 현재 Rel-13에서는 아래 <표 1>과 같이 다섯 가지의 노출 가능한 서비스 기능들이 정의되었다. 예로 다섯 번째 제공 가능한 3GPP 서비스 기능인 “백그라운드 데이터 전송을 위한 자원 운용(3GPP resource management for background data transfer)”은 서드 파티 서비스 제공자가 자신의 서비스를 받는 단말에게 백그라운드 데이터 전송(e.g. 소프트웨어 업그레이드) 을 원하는 경우, 백

표 1. AESE Service Capabilities [1]

제공 가능한 3GPP 서비스 기능	
1	서드 파티가 요구하는 QoS 세션 셋업 (Setting up an AS session with required QoS)
2	세션 셋업 또는 세션 중에 과금 주체 변경 (Change the chargeable party at the session set-up or during the session)
3	서드 파티와 예측 가능한 통신 패턴 교환 (Support of 3rd party interaction on information for predictable communication patterns)
4	서드 파티에 잠재된 네트워크 문제 알리기 (Informing the 3rd party about potential network issues)
5	백그라운드 데이터 전송을 위한 자원 운용 (3GPP resource management for background data transfer)

그라운드 데이터 전송을 원하는 시간(Time window) 및 트래픽 정보를 3GPP 네트워크에 요구하면 3GPP 네트워크 사업자가 백그라운드 데이터 전송이 가능한 적절한 시간 및 최대 Bit Rate등을 서드 파티 사업자에게 제공하며, 이에 서드 파티 사업자가 제공받은 정책에 의해 백그라운드 데이터 전송이 가능하다. 이를 통해 3GPP 네트워크 사업자는 혼잡 예측 및 제어가 가능하고, 서드 파티 사업자는 좀 더 효율적인 과금 및 정책을 통해 자신의 가입자를 서비스 할 수 있을 것이다.

2. MONTE (Monitoring Enhancements)

MONTE[2]는 서드 파티 M2M/IoT 사업자가 자신의 M2M/IoT 단말을 원격으로 모니터링 할 수 있는 편의 기능을 제공하는 아이템으로 SCEF를 사용하여 구현 가능하다. 즉 서드 파티 서비스 제공자가 Application Server(AS)를 통해 원하는 모니터링 이벤트를 SCEF 로 등록하면 해당 이벤트가 발생 했을 때 AS로 이벤트 발생 여부를 리포트 하는 형태이다. 현재 <표 2>와 같이 일곱 가지의 모니터링 이벤트가 정의되어 있다.

표 2. Monitoring Events

모니터링 이벤트	
1	단말과 UICC 결합관계 (Monitoring the association of the UE and UICC and/or new IMSI-HMEI-SV association)
2	단말 도달 가능성 (UE reachability)
3	단말의 위치, 단말의 위치 변화 (Location of the UE, and change in location of the UE)
4	단말과의 연결성 상실 (Loss of connectivity)
5	통신 실패 (Communication failure)
6	로밍 상태, 로밍 상태 변화 (Roaming status of the UE, and change in roaming status of the UE)
7	특정 지역의 단말 개수 (Number of UEs present in a geographical area)

즉 AS에서 자신의 M2M/IoT 단말이 잘 동작하는지 모니터링 하기 위해 모니터링 이벤트인 “단말과의 연결성 상실 (Loss of connectivity)”을 등록하는 경우, 단말이 도난 또는 비정상 동작으로 주기적인 위치 등록(Periodic Tracking Area Update)을 실시 하지 않으면 이 사실이 SCEF를 통해 AS로 리포트 되고 이에 서비스 제공자는 해당 단말이 도난 및 고장 등으로 인한 비정상적인 상황임을 인지하고 이에 대해 대처가 가능하다.

3. DECOR (Dedicated Core Network)

DECOR[3]는 3GPP 시스템에서 수용하는 서비스들이 다각화 되면서 Main Core Network외에 특정 서비스를 필요로 하는

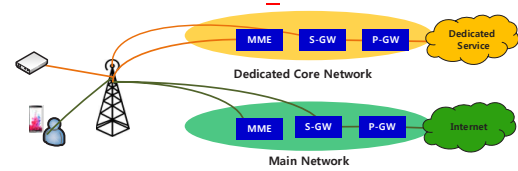


그림 3. Dedicated Core Network

단말을 서비스 하기 위한 Dedicated Core Network을 추가로 운용하는 경우 필요로 하는 단말의 등록 재설정에 관한 표준 활동이다. <그림 3>에서와 같이 일반 가입자들이 인터넷 서비스를 받기 위해 Main Core Network으로의 등록이 필요한 반면, M2M/IoT 서비스로 등록된 단말은 특정한 서비스를 받기 위해 Dedicated Core Network으로의 등록이 필요하다.

이에 가입자 별 UE Usage Type을 가입자 정보에 저장하여 이를 이용해 Network 엔티티들이 Attach 및 Tracking Area Update 시 해당 단말을 적합한 UE Usage Type의 네트워크로 서비스 받을 수 있도록 한다.

이러한 전용 네트워크 (Dedicated Network) 운영의 효과는 특정 서비스에 적합한 서비스 제공뿐만 아니라, 단말 수 및 서비스의 증가로 인해 발생 가능한 이동통신 서비스의 품질 저하를 최소화 하는 것이다.

4. GROUPE (Group based Enhancements)

GROUPE[4]는 M2M/IoT 단말이 그룹 단위로 운용되는 속성을 고려하여 3GPP내 자원을 효율적으로 운용하기 위한 표준 작업 아이템으로 아래 두 가지 핵심 이슈를 표준 작업 중이다.

- 그룹에 기반한 혼잡 제어: Group Specific NAS level congestion control
- 그룹 단위 메시지 송신: Message delivery to a group of devices

첫째, 그룹에 기반한 혼잡 제어는 기존 개별단말 단위로 운용되던 Non Access Stratum(NAS) 혼잡 제어에 추가해서 특정 그룹 관련 서비스 의 오작동 등으로 인해 단말 접속시도 반복으로 인한 혼잡 유발 시 해당 그룹에 속한 단말의 Mobility Management 및 Session Management 동작을 일정 시간 동안 Back off시키는 그룹 기반의 혼잡 제어 방식이다. 둘째, 그룹 단위 메시지 송신은 하나의 그룹에 속한 다수개의 단말을 Triggering 하는 등, 동일 메시지를 동일 그룹에 속한 다수개의 단말에 전송하는 경우 <그림 4>와 같이 기존 유니 캐스트 방식이 아닌 브로드캐스트/멀티캐스트 방식으로 메시지를 송신하여 네트워크의 자원을 효율적으로 사용하고자 하

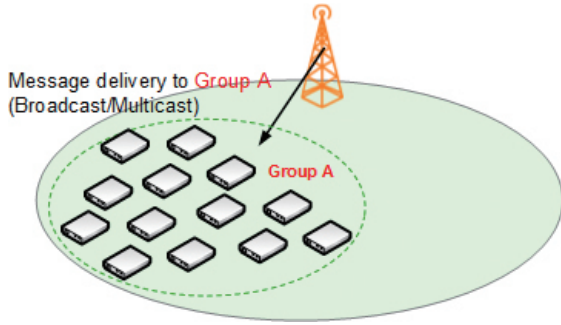


그림 4. 그룹 단위 메시지 송신

는 것이 그 목적이다. 현재 그룹 단위 메시지 송신을 위해서 MBMS(Multimedia Broadcast and Multicast Service) 기술을 적용하는 것이 합의되어 표준 작업 중이다.

5. FS_HLcom(Study on Optimizations to support High Latency Communication)

FS_HLcom[5]는 M2M/IoT 전용 단말이 기존의 단말과는 다른 특성으로 (e.g. 소모 전력 최적화를 위해 장시간 동안 슬리핑 하는 등의 동작) 발생할 수 있는 네트워크의 영향들을 분석하여 해결함으로써, 이동통신망의 효율성을 높이기 위함이다. <그림 5>는 HLcom[5]을 설명하는 개괄적인 그림이다.

기존 단말이 최대 2.56s 짧은 주기로 Paging 수신이 가능하여 AS에서 단말로 패킷 전송 시, 지연 없이 해당 패킷을 단말에 전송할 수 있었던 반면, 소모 전력 극대화를 위해 단말이 Power Saving Mode등으로 슬리핑 하는 경우 AS에서 단말로 패킷 송신 시 송신 실패가 발생한다. 이러한 경우 AS에서 패킷을 재전송 해야 하거나 송신된 패킷이 3GPP network (예, S-GW)에서 유실 되는 등의 문제가 발생하여 원활한 서비스가 불가능하게 된다. 이에 S-GW에서 단말이 슬리핑 한다고 판단하는 경우 해당 패킷을 버퍼링 하는 솔루션 및 위에서 살펴본 MONTE[2]의 모니터링 이벤트 중 단말의 통신 가능 여부를 판단하는 "UE Reachability" 이벤트를 이용하여 AS가 단말과의

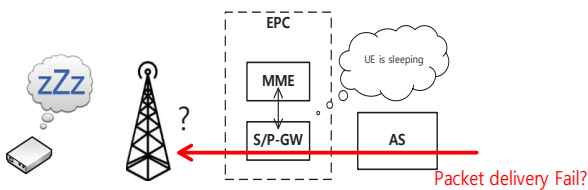


그림 5. High Latency Communication

통신이 가능하다고 판단한 경우에만 패킷을 전송하는 등의 솔루션에 기반하여 표준 작업 중이다.

6. FS_eDRX (Study on Extended DRX cycle for Power Consumption Optimization)

eDRX[6]는 기존 최대 2.56ms 이던 Paging 송신 주기 즉 DRX(Discontinuous Reception) 주기를 수분에서 최대 수십 분으로 늘려서 단말의 전력 소모를 최소화 하기 위한 스타디 아이템이다. 현재 3GPP SA WG2에서 Core Network 관련된 영향에 대한 스타디를 진행 중이며, RAN WG2에서 DRX 주기를 확장하는 방법 및 휴지 모드가 장기화 되면서 발생하는 Paging 수신 신뢰성 및 메저먼트(measurement) 동작 등에 대해 스타디 중이다. eDRX는 휴지 모드(Idle mode) 및 연결 모드(Connected Mode)에 대해서 스타디가 진행 중으로 DRX 주기 및 운용 방식에 대한 표준은 스타디가 종료된 뒤 그 윤곽이 드러날 것으로 보인다.

III. 3GPP Radio Access M2M /IoT 표준 기술

이번 장에서는 Rel-12에서 정의된 Category 0 LTE UE에 이어 3GPP RAN/GERAN WG에서 진행하고 있는 3GPP Radio Access 관련 M2M/IoT 표준 기술을 살펴보고자 한다.

1. LTE_MTCe2_L1 (Further LTE Physical Layer Enhancements for MTC)

현재 WCDMA/LTE 표준 기술 개발을 담당하고 있는 3GPP RAN 워킹 그룹<그림 1>에서는 Rel-12의 Low complexity UE에서 좀 더 진화된 Rel-13 Low complexity UE의 표준화인 LTE_MTCe2_L1[7]의 스타디가 진행 중이다. 특히 M2M/IoT 단말이 건물 내부 지하실 등 음영지역에 위치하는 경우 필요한 수신감도 개선을 위한 Coverage Enhancement요구사항 반영, 및 상향 하향 모두 축소된 1.4MHz Bandwidth 지원, 최대 송신 파워 감소 등을 통해 더욱 큰 폭의 복잡도 감소 효과를 통해 가격 경쟁력 향상을 하고자 하는 것이 그 목표이다. 이러한 Low complexity UE가 최적의 서비스를 받기 위해서는 네트워크 단에서 단말의 Coverage Enhancement 레벨에 적합한 Paging 송신을 하는 등의 적절한 지원이 필요하다

2. FS_IoT_LC (Cellular System Support for Ultra Low Complexity and Low Throughput IoT)

반면 GSM/GPRS/EDGE등의 표준 기술 개발을 담당하고 있는 3GPP GERAN 워킹 그룹 <그림 1>에서는 좀 더 적극적인 방식으로 Radio Access 기술 개발이 진행되고 있다. 즉 Cellular IoT 서비스 만을 위한 저전력 및 작은 사이즈의 데이터 송수신에 적합한 라디오 액세스 기술(Radio Access Technology) 개발을 위해 진행 중인 FS_IoT_LC[8]가 그것이다. RAN 워킹 그룹에서 진행 중인 LTE_MTCe2_L1가 LTE 시스템을 M2M/IoT 서비스에 맞춰서 최적화 하는 개념이었다면 GERAN 워킹 그룹에서 진행 중인 FS_IoT_LC는 M2M/IoT 서비스를 위한 특화된 독립적인 액세스 시스템 개발이라 할 수 있다. 현재 GERAN 기술을 바탕으로 하는 GERAN Evolution 진영과 새로운 Radio Access 기술을 적용하는 Clean Slate 진영 양 축으로 스테디가 진행되고 있으며 상/하향 160bps의 저사양의 성능 요구 및, 배터리 교체 없이 10년의 수명을 그 목표로 하고 있다. 기존 단말에 요구 되던 이동성 등의 많은 요구사항을 상당 수 완화하여 더욱 가볍고 복잡도를 줄인 형태로 기술 개발이 진행 될 것으로 예측된다.

IV. 향후 M2M/IoT 표준 기술

초기 3GPP M2M/IoT 서비스를 위한 기술 개발의 경우 M2M/IoT 단말도 기존 단말이 수행하던 대부분의 기능이 동일하게 요구되었다. 그러나 최근 Cellular IoT 시장에서 Non-3GPP 기술 대비 실질적으로 사용 가능한 요구 조건을 만족하는 시스템 개발을 위해 Radio Access 기술은 물론 시스템 아키텍처 측면에서도 이를 위한 노력이 집중되고 있다. 이에 2015년 3월, 이러한 시장의 요구사항을 반영되어 스테디 아이템인 FS_AE_CIoT[9]가 승인되어 2015년 하반기부터 논의가 시작될 예정이다. FS_AE_CIoT는 Cellular IoT를 지원하기 위한 시스템 아키텍처의 진화로 작은 사이즈의 데이터 전송 및 시그널링 부담 감소 등을 통해 저전력 통신을 그 목표로 하고 있다. 이에 초기 논의 단계에서는 기존 GPRS, EPC(Evolved Packet Core)의 진화는 물론 새로운 코어 네트워크에 대한 논의도 포함할 것으로 보인다.

V. 결론

본고에서는 최근 활발한 활동을 보이고 있는 3GPP내 M2M/

IoT 서비스를 위한 표준 기술 동향을 논의해 보았다. 초기 혼잡 제어 위주로 개발되었던 3GPP내 M2M/IoT 표준 기술은, Rel-12에서는 단말의 소모전력 최적화를 위한 기술이 반영되었고, 현재 Rel-13에서는 3GPP내 서비스 기능을 서드 파티 서비스 제공자에게 제공하는 등, 시스템 레벨에서 M2M/IoT 서비스 지원을 위해 다양한 형태로 그 표준화가 진행되고 있다. 이어 Cellular IoT 서비스를 위해 특화된 라디오 액세스 네트워크의 기술 개발이 진행 중이고, Cellular IoT 서비스에 특화된 코어 네트워크 기술 또한 그 논의가 곧 시작 될 것이다.

M2M/IoT 단말은 더 이상 혼잡 상황에서 우선 순위가 뒤쳐지는 “Low Access Priority” 타입의 단말이 아니라, 추후 이동 통신 시스템이 확장 가능한 가장 큰 고객이라고 할 수 있다. 이에 3GPP는 M2M/IoT 시장을 끌어안기 위해 좀 더 적극적인 형태의 단말 기술 개발은 물론 효율적으로 M2M/IoT 단말을 지원할 수 있는 시스템 개발을 지속 할 것이다. 이는 서비스 중심의 5세대 통신과도 그 접점을 함께 할 것으로 보인다.

참고 문헌

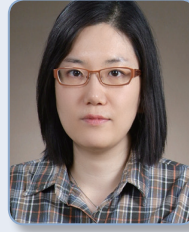
- [1] 3GPP TR 23.708, Architecture enhancements for service exposure (v.1.1.0) [Internet], Available: <http://www.3gpp.org/DynaReport/23708.htm>
- [2] 3GPP TR 23.789, Monitoring Enhancements (v.13.0.0) [Internet], Available: <http://www.3gpp.org/DynaReport/23789.htm>
- [3] 3GPP TR 23.707, Architecture enhancements for dedicated core networks; Stage 2 (v.13.0.0) [Internet], Available: <http://www.3gpp.org/DynaReport/23707.htm>
- [4] 3GPP TR 23.769, Group based Enhancements (v.1.1.0) [Internet], Available: <http://www.3gpp.org/DynaReport/23769.htm>
- [5] 3GPP TR 23.709, Study on Optimizations to Support High Latency Communications (v.1.1.0) [Internet], Available: <http://www.3gpp.org/DynaReport/23709.htm>
- [6] 3GPP TR 23.770, Study on System Impacts of Extended DRX Cycle for Power Consumption Optimization (v.0.1.0) [Internet], Available: <http://www.3gpp.org/DynaReport/23770.htm>
- [7] 3GPP TDocs-RP-141660, New WI proposal:

Further LTE Physical Layer Enhancements for MTC [Internet], Available: <http://www.3gpp.org/DynaReport/TDocExMtg--RP-65--30566.htm>

[8] 3GPP TR 45.820, Cellular System Support for Ultra Low Complexity and Low Throughput Internet of Things (v.1.0.1) [Internet], Available: <http://www.3gpp.org/DynaReport/45820.htm>

[9] 3GPP TDocs-SP-150167, New SI proposal: Study on architecture enhancements of cellular systems for ultra low complexity and low throughput Internet of Things [Internet], Available: http://www.3gpp.org/ftp/tsg_sa/TSG_SA/TSGS_67/Docs/

약 력



류진숙

2000년 서울시립대학교 이학사
2014년 연세대학교 공학석사
2000년~현재 LG전자 차세대 표준 연구소
관심분야: 3GPP 이동통신 시스템, Cellular IoT, 5G



김현숙

2004년 연세대학교 공학박사
2005년~현재 LG전자 차세대 표준 연구소
관심분야: 3GPP 이동통신 시스템



김래영

1994년 이화여자대학교 이학사
2002년 연세대학교 공학석사
2006년 연세대학교 공학박사
1994년~2000년 삼성전자
2008년~현재 LG전자 차세대 표준 연구소
관심분야: 3GPP 이동통신 시스템, 차세대 이동통신, 사물통신 시스템



김기영

1988년 서강대학교 공학사
1990년 서강대학교 공학석사
1990년~1999년 LG전자 CDMA 연구소
2000년~2005년 LG전자 북미 San Diego 연구소
2006년~현재 LG전자 차세대 표준 연구소
관심분야: 차세대 이동통신, SAE/LTE, M2M/IoT, Mobile Convergence