

# PS-LTE를 기반으로 한 공공 안전망의 진화: 그룹통신의 기술적 관점

이종문, 최상원\*, 김주엽\*

(주)에스케이텔레콤, 한국철도기술연구원\*

## 요약

본 고에서는, 공공 안전망의 진화에 기반이 되는 임무 수행 중심의 그룹 통신 기술들을 살펴본다. 구체적으로는, PS-LTE 표준화 흐름에 대해서 다루고, PS-LTE를 이루는 그룹 통신 기술의 핵심적인 것들을 살펴본다. PS-LTE의 핵심이라고 할 수 있는 MCPTT 서비스는 기존의 PTT 기술과의 차별되는 흥미로운 특징을 가지고 있는데 이를 통해 MCPTT 기술의 진보성 및 주요 기술적인 이슈들에 대해서 짚어본다. 결과적으로, 현재 표준화로 진행되고 있는 MCPTT 서비스와 국가적으로 진행되고 있는 공공 안전망 구축 사업에서 요구하는 그룹 통신 기술 사이의 상관관계를 따져봄으로써 PS-LTE에서 지원하는 그룹 통신 기술이 신뢰도 및 효율성 측면에서 충분한 정도의 기술적인 완성도를 갖추고 있음을 보인다.

## I. 서론

현재, 우리는 이동 통신의 급속한 진화를 피부로 느끼며 살고 있다[1]. 더 나아가 우리는 소위 Internet Of Things (IOT) 기반의 초연결 사회의 도래를 앞두고 있다[2]. 이러한 진보를 이루는 데 큰 공헌을 한 것으로 첫 번째를 꼽는다면 정보이론을 들 수 있다[3]. 정보이론의 주 목적은 통신의 이론적인 한계를 규명하고 그 한계를 달성하는 코딩 기법을 제안하는 것이다. 두 번째를 꼽는다면, 이동 통신과 인터넷의 만남이라고 할 수 있다[4]. 이는 결국 Internet Protocol (IP) 기반의 이동 통신을 낳게 되었다고 할 수 있다. 이와 같은 두 가지 혁신들 뒤에는 3rd Generation Partnership Project (3GPP) Long Term Evolution (LTE) 표준화의 숨은 공로가 있는데, 이 규격으로 말미암아 학계, 연구계 및 산업계에 기술적인 기반을 제공함으로써 글로벌한 표준으로서 위의 두 혁신들이 실재화 될 수 있도록 하는 데 공헌하였다.

이와 같은 3GPP LTE 표준화와는 별도로, 공공 안전 통

신을 위한 또 다른 표준화 움직임이 있었다. 구체적으로는, Terrestrial Trunked Radio (TETRA)와 P25를 들 수 있다. 이러한 표준화는 상용 이동 통신 시스템에서는 지원하지 않는 다양한 종류의 그룹 통신 기술들을 제공한다. 구체적으로는, Internet Protocol (IP) 기반의 공공 안전 기술의 국소적인 진화를 통하여 Real Time Transport Protocol을 (RTP) 사용하는 Open Mobile Alliance (OMA) Push-to-talk over Cellular (PoC) [5] 라는 이름의 진보된 그룹 통신 기술을 낳았다.

한편, 최근에는 U.S. Department of Commerce, UK Home Office, 그리고 Telecommunications Technology Association 등과 같은 기관들을 필두로 하여 공공 안전망에 대한 국제적인 관심이 한 곳에 모아지면서, 공공 안전 통신에 대한 표준화가 공격적으로 이루어지고 있는 추세에 있다. 대표적인 예들 가운데 하나로 3GPP는 이동 통신 기술뿐만 아니라 OMA 표준 기술을 지렛대 삼아 임무 수행 중심의 통신 기술까지 아우르는 공공 안전 통신에 대한 표준화를 진행하는 가운데 있다. 기술적인 관점에서 OMA PoC와 3GPP LTE 표준은 근본적으로 IP 기반의 packet 중심의 그룹 통신을 제공한다. 아울러, OMA PoC는 network에 범용으로 쓰일 수 있는 기술로서, LTE system에도 적용이 가능한 기술이다. 최근의 LTE 기술은 이러한 OMA의 범용성을 넘어서서 device to device (D2D) communications [6]과 같은 진보된 이동 통신 기술을 지원한다. 이러한 특징은 기존의 그룹 통신의 패러다임을 바꾸었다. 기존의 그룹 통신은 기반 네트워크 위에서 운용되는 형태를 띠고 있으나, D2D 기반의 그룹 통신은 기반 네트워크가 형성되지 않은 상황에서 그룹 통신을 지원하는데 이를 off-network mission critical Push To Talk (MCPTT) [7][8] 이라고 부른다.

본 고에서는, 3GPP에서 진행되고 있는 PS-LTE 표준화를 개괄적으로 살펴보고 진보된 그룹 통신 기술들을 살펴본다. 아울러, 기존의 그룹 통신 기술과의 차별성 및 몇 가지 기술 이슈들을 소개함으로써 진행되고 있는 PS-LTE 표준화 규격이 공공 안전망에 실제적인 면에서 공헌할 수 있는 기술임을 보인다.

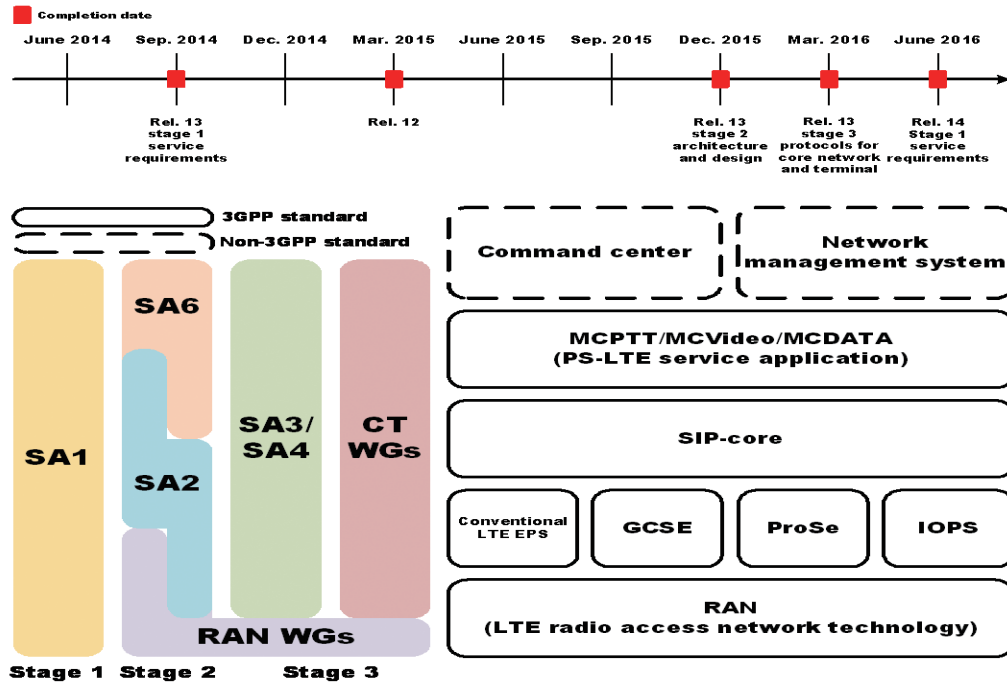


그림 1. PS-LTE의 핵심 기술 및 해당하는 3GPP 표준화 WG 사이의 대응 관계

## II. PS-LTE의 표준화 동향 및 주요 기술

PS-LTE의 궁극적인 목적은 LTE를 기반으로 한 임무 수행 중심의 공공 안전 통신의 실현에 있다. PS-LTE 기술의 구조 및 각각에 구성 요소에 해당하는 3GPP 표준화 영역을 나타내면 <그림 1>과 같다. 여기서, 각각의 표준은 주어진 마일스톤을 기반으로 단계 별로 진행된다. 첫째로, Stage 1에서는 MCPTT의 기능 관련한 서비스 요구 사항을 규정한다. 이때, 공공 안전 및 상용 시나리오 등이 고려가 된다. 둘째로, 전반적인 시스템 구조, 기능적인 흐름 및 RAN 기술과 더불어 application layer 서비스 등이 Stage 2에서 다루어진다. 셋째로, Stage 3에서는 보완, 미디어 코덱, 그리고 Stage 2에서 그려진 큰 그림을 지원하는 세부적인 프로토콜 등이 다루어진다. 현재, 공공 안전 관련하여 Stage 2의 큰 그림은 Rel. 12와 Rel. 13을 통해서 거의 완료된 상태에 있다. Stage 2에서의 큰 그림으로부터 나올 수 있는 대표적인 핵심들은 아래와 같다.

① **Proximity Service (ProSe)** [6]: ProSe는 서로 근접에 있는 단말 사이의 서비스를 뜻한다. 이와 같은 기능은 구체적으로 Evolved Packet Core (EPC) level ProSe discovery, EPC 지원의 Wireless Local Area Network (WLAN) direct discovery/communications, direct discovery/

communications, 그리고 UE-to-Network relay 기능들을 포함한다.

② **Group Communication System Enabler (GCSE)** [9]: GCSE는 모듈 기능 형태로 그룹 통신 서비스를 형성하는데 이용된다. 주요 기능은 주어진 그룹 클라이언트들에게 multicast 및 broadcast 서비스를 제공하는 것이다. 아울러, unicast와 multicast/broadcast 사이의 스위칭 또한 고려되고 있다. 이러한 기능은 Evolved Multimedia Broadcast and Multicast Service와 (eMBMS) 같은 radio 기술이 지원되는 곳에서 이용 가능하다.

③ **Isolated Operation for Public Safety (IOPS)** [10]: IOPS는 일종의 이중화 방법으로 Rel. 13 System architecture Working Group 2에서 (SA2) 진행되어 승인된 상태에 있다.

기본적으로 IOPS를 수용할 수 있는 기지국, 곧, 국소적인 EPC를 구비한 evolved Node B 가 (eNB) IOPS 기능에서 고려된다. 이로 인해, 공공 안전 서비스를 위한 local IP 연결이 제공된다. 이중화의 방법은 다음과 같이 고려가 된다. 구체적으로는, eNB와 macro EPC 사이의 백홀 연결이 끊어진 상태에서 국소적인 EPC가 macro EPC의 역할을 대신하여 기능을 수행하게 되는 것이다. 한편, IOPS의 이러한 장점에도 불구하고 현재는 표준화가 더 진행되지 않고 있는 상태여서 현재는 non-3GPP 규격을 준수하거나 구현 이슈로 남아 있다.

LTE 기반의 진보된 무선 통신 기술들과 더불어 앞에서 언급한 시스템 구조들로 인해 임무 수행 중심의 통신을 실현될 것으로 예상된다. Stage 2에서는 application layer의 MCPTT를 사용하여 사용자가 임무 수행 중심의 통신을 경험할 수 있도록 구조가 형성된다. 다음 절에서는 Rel. 13에서 진행되고 있는 MCPTT에 대해서 좀더 구체적으로 살펴보도록 한다.

### III. 공공 안전 통신을 위한 MCPTT 서비스

MCPTT의 초기 목적은 음성/오디오 타입의 그룹 통신 서비스를 제공하는 것이다. 여기서, 임무 수행 중심의 그룹 통신을 위한 대표적인 요구 사항을 적어보면 아래와 같다.

- ① EPS를 기반으로 한 그룹 및 개별 통화를 위한 PTT 서비스와 그룹 클라이언트 위치 및 비상 정보 기능
- ② 특별한 우선 순위 관리 (가로채기, 예외 처리 등)
- ③ Floor control, priority과 pre-emption
- ④ Call establishment time and call access time을 포함한 PTT 성능
- ⑤ ProSe와 GCSE의 사용
- ⑥ MCPTT 통신 관리

MCPTT 서비스를 네트워크 기반 여부에 따라서 on-network와 off-network로 나눌 수 있는데 MCPTT 서비스 이해를 위한 몇 가지 정의를 아래와 같이 내릴 수 있다.

- ① **Group affiliation**: 한 개 또는 그 이상의 그룹에 대한 MCPTT 클라이언트의 관심에 의해 그룹에 소속되는 메커니즘.
- ② **그룹 통화**: MCPTT 사용자들이 일대다 통신을 하는 메커니즘
- ③ **On-network MCPTT 서비스**: Evolved-Universal Mobile Telecommunications System Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) and core network을 사용하여 EPS bearer를 통해 MCPTT 서비스를 제공하는 일련의 기능 및 수용
- ④ **Off-network MCPTT 서비스**: 단말의 상향 링크를 통한 MCPTT 서비스를 제공하는 일련의 기능 및 수용
- ⑤ **Rx InterFace (IF)**: Rx IF는 Application Function와 (AF) Quality of Service를 (QoS) 제어하는 Policy and Charging Rules Function (PCRF) 사이의 인터페이스를 뜻한다. 이때, PCRF는 EPS 내에 존재한다.

#### 1. On-network 그룹 통화

On-network 그룹 통화를 이루는 주요 개체로는 MCPTT 클라이언트, MCPTT 서버, 그룹 관리 서버를 들 수 있다. 기본적인

으로 MCPTT 서버는 on-network 상에서 call setup 및 floor control의 역할을 수행한다.

① **Call setup**: MCPTT 클라이언트는 media plane과 floor control establishment 이전에 그룹 call setup을 수행하게 된다. 그룹 call setup은 해당 그룹에 소속된 MCPTT 클라이언트들과 unicast 및 broadcast 등을 통해 이루어진다. 이때, 소속된 MCPTT 클라이언트들은 그룹 관리 서버에 정의되어 있다. Call setup 절차는 크게 두 개의 주요 파트로 구성이 된다. 하나는, initial call을 시도하는 MCPTT 클라이언트가 MCPTT 서버로 그룹 call setup을 요청하는 절차이다. 다른 하나는, MCPTT 서버에서 그룹 통화에 참여하는 나머지 MCPTT client 사이의 그룹 call request 절차이다. 이와 같은 두 개의 call setup 절차는 순차적으로 이루어지며, 두 절차 모두 해당하는 개체로부터 응답 메시지를 수반한다. 구현적인 관점에서는 MCPTT server로부터의 응답 메시지와 참여하는 MCPTT 클라이언트들의 응답 메시지와는 서로 독립이다.

② **Floor control**: Floor control은 MCPTT 클라이언트와 MCPTT 서버 사이에 unicast 또는 broadcast 전송을 통해 floor control 메시지를 교환함으로써 이루어진다. <표 1>의 일부는 on-network에 알맞은 floor control 메시지를 나타낸다. Floor control 메시지는 floor request와 floor grant와 같은 특정 MCPTT 클라이언트에게 전달되는 형태가 있는데, 이러한 메시지는 unicast 전송을 통해 전달된다. 그렇지 않은 경우에는 MCPTT 클라이언트들에게 broadcast 전송을 통해 전달된다.

On-network인 경우 floor arbitration을 위한 주요 개체는 MCPTT server이며, 기본적인 기능은 MCPTT 클라이언트로부터 나오는 floor request에 대해서 grant, reject 그리고 queue를 하는 것이다. 이때, arbitration 결과는 참여하는 MCPTT 클라이언트들 사이의 우선 순위를 기반으로 도출된다.

#### 2. Off-network 그룹 통화

On-network인 경우와 대조적으로 off-network에서는 구성 개체로서 MCPTT 클라이언트만 존재한다. 따라서, off-network의 한 가지 중요한 특징은 MCPTT 서버를 대신하여 MCPTT 클라이언트가 floor arbitrator 역할을 수행해야 한다는 것이다. 다른 특징은 MCPTT 클라이언트들 사이에서 시그널링 교환을 위해 기본적으로 broadcast 전송 방식을 토대로 직접 통신이 이용된다는 것이다. 이때, 흥미로운 것은 broadcast 전송 방식으로 인해 의도된 MCPTT 클라이언트뿐만 아니라 다른 MCPTT 클라이언트들도 관련된 정보를 수신할 수 있다는 것이다.

표 1. On-network와 off-network에 알맞은 MCPTT floor control message

Message	Semantic	Transport Mode (on-network)	Transport Mode (off-network)
From an MCPTT client to the floor arbitrator			
Floor request	Request the floor for a media transfer	Unicast (to floor control server)	Unicast (to the MCPTT client)
Floor release	End of media transfer	Unicast (to floor control server)	Unicast (to the MCPTT client)
Queue position request	Request position in the queue	Unicast (to floor control server)	Unicast (to the MCPTT client)
From the floor arbitrator to MCPTT client(s)			
Floor granted	Grant the floor for a media transfer	Unicast (to granted MCPTT client)	Broadcast (to MCPTT clients)
Floor rejected	Refuse a floor request	Unicast (to refused MCPTT client)	Unicast (to the MCPTT client)
Queue position	Request is queued	Unicast (to queued MCPTT client)	Unicast (to the MCPTT client)
Floor revoked	Indicate the floor is revoked to the previously granted party	Unicast Unicast (to revoked MCPTT client) Unicast or broadcast (to MCPTT client(s))	Broadcast (to MCPTT clients)
Floor taken	Indicate the floor is granted to another party	Unicast or Broadcast (to MCPTT client(s))	Broadcast (to MCPTT clients)
Floor idle	Indicate the floor is not granted to any party	Unicast or Broadcast (to MCPTT client(s))	Broadcast (to MCPTT clients)

① **Call setup:** 기본적으로, off-network call setup은 단말과 단말 사이의 D2D 링크를 이용한다. 따라서, 이미 지정된 그룹 configuration 정보가 MCPTT 클라이언트들에게 제공이 된다면, 그룹 call setup 절차는 생략될 수 있다. 그룹 configuration이 결정되지 않았다는 가정 하에서, MCPTT 클라이언트들은 call setup 절차를 따르게 된다. 모든 call setup 관련 메시지는 이미 정의된 multicast path, multicast IP 주소, 그리고 수신 신호 포트를 통해 보내진다. Off-network call setup의 원칙은 그룹 call 초기 발생자가 참여하는 MCPTT 클라이언트들에게 그룹 call announcement 메시지를 broadcast한다는 것이다. 그 이후에는 그룹 call announcement 관련하여 제한 사항이 없다. 그룹 call에 관심 있는 어떤 MCPTT 클라이언트들도 그룹 call announcement 메시지를 바탕으로 참여하여 그룹에 형성될 수 있다. 이때, 그룹 call announcement 메시지는 주기적으로 전송이 되는 데 이는 D2D 링크가 MCPTT 클라이언트들의 이동성 등으로 말미암아 링크가 불안정한 요소를 갖고 있기 때문이다.

② **Floor control:** Off-network에서 floor control의 주요 특징은 중앙 집중화된 floor arbitrator가 없다는 것이다. On-network인 경우에는 floor arbitration이 MCPTT 서버에 의해 이루어진다. 반면에 off-network에서는 MCPTT 클라이언트들 가운데 하나가 floor arbitrator가 된다. 구체적으로는, 현재 말하고 있는 MCPTT 클라이언트가 floor arbitrator 역할을 한다. Silent mode인 경우에는 floor

contention을 detecting한 MCPTT 클라이언트가 floor taken 메시지를 나머지 MCPTT 클라이언트들에게 전송하고 floor arbitrator가 되는 식으로 동작한다. Off-network에서 floor control은 unicast 또는 broadcast 방식으로 전송되는 floor control 메시지를 이용하여 floor arbitrator에 의해 이루어진다. <표 1>은 on-network와 off-network에 알맞은 floor control 메시지를 나타낸다. Off-network인 경우에는 몇 개의 floor control 메시지는 잉여 메시지의 성격을 띠게 된다. 이는 D2D 링크의 broadcast 특성에 기인한다고 볼 수 있다. 다시 말해서, off-network에서는 의도된 MCPTT 클라이언트뿐만 아니라 나머지 참여하는 MCPTT 클라이언트들에게도 floor control 메시지가 전송이 되기 때문에 추가적인 floor control 메시지의 전송이 필요 없는 경우가 생긴다. 예를 들면, floor request를 한 MCPTT 클라이언트에게 floor arbitrator 역할을 수행하는 MCPTT 클라이언트로부터 grant 메시지가 전송이 되는 경우, 나머지 MCPTT 클라이언트들도 같은 grant 메시지를 수신하게 되기 때문에 taken 메시지의 전송이 불필요하게 된다.

### 3. On-network MCPTT와 off-network MCPTT의 비교

On-network에서는 MCPTT 서비스가 MCPTT 서버에 의해 제어된다. 그러므로, MCPTT 서비스는 중앙 집중적인 방법으로 제공된다. 따라서, call setup 및 floor control을 포함한 다양한 MCPTT 절차들이 중앙 집중화된 MCPTT 서버를 중심으로 다소 안정적으로 운영될 수 있다. 하지만, MCPTT 클라이언트

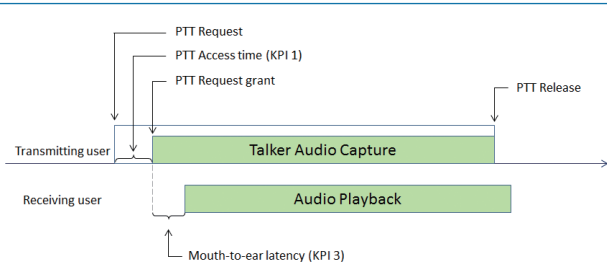


그림 2. 음성 중심의 MCPTT 서비스 관련 성능 요구 사항 (KPI 1, 3)

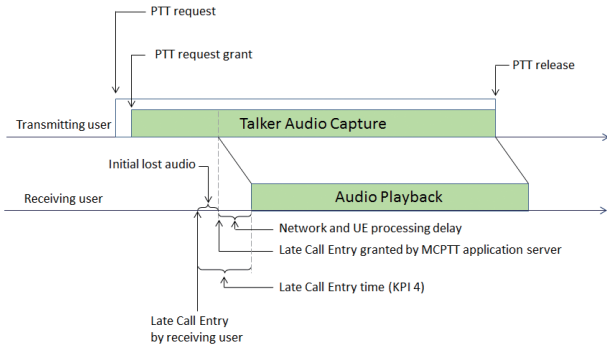


그림 3. 음성 중심의 MCPTT 서비스 관련 성능 요구 사항 (KPI 4)

언트와 MCPTT 서버 사이의 시그널링은 E-UTRAN 및 core network을 경유하여 전달이 되어야 하기 때문에 상대적으로 긴 서비스 시간을 초래할 수 있다.

On-network의 경우와 대조적으로 off-network에서는 상대적으로 분산된 방식으로 MCPTT 서비스가 이루어진다. 따라서, 관련되는 MCPTT 절차는 보통 각각의 MCPTT 클라이언트가 self-decision 형태로 수행한다. 아울러, MCPTT 클라이언트들은 D2D link를 사용하기 때문에 E-UTRAN과 core network을 경유할 필요가 없게 된다. 따라서, 대부분의 경우에 상대적으로 짧은 서비스 시간을 갖게 된다.

## IV. MCPTT 서비스의 이용 가능성 및 실용성

### 1. MCPTT 서비스 성능의 주요 잣대

MCPTT 서비스 성능의 주요 요구 사항은 4개의 Key Performance Indicators를 (KPIs) [7] 고려한다. 이 KPI들은 3GPP SA1에서 audio MCPTT의 성능 잣대로 정의된다. 세부적인 KPI들의 설명은 다음과 같다. 여기서, KPI 1, 3, 그리고 4는 on-network과 off-network에 모두 적용이 되고, KPI 2는 on-network에만 적용이 된다. 아울러, off-network인 경우

에는 KPI 1, 3, 그리고 4에 대해서 현재 구체적인 성능 기준이 결정되지 않은 상황이다.

- ① **KPI 1 (Access time)**: MCPTT 클라이언트가 floor request를 한 시점부터 발언을 시작하는 시점까지의 시간
- ② **KPI 2 (End-to-end access time)**: MCPTT 클라이언트가 floor request를 한 시점부터 발언을 시작하는 시점까지의 시간. 이때 MCPTT call establishment 시간도 포함이 되며 음성이 전송되기 전에 첫 번째 수신자로부터의 acknowledgement도 포함할 수 있다.
- ③ **KPI 3 (Mouth-to-ear latency)**: 전송하는 사용자의 발언을 한 시점부터 수신자의 스피커에 playback 사이의 시간
- ④ **KPI 4 (Late call entry time)**: 진행되는 MCPTT 그룹 call에 들어가는 시점부터 MCPTT 클라이언트의 스피커가 오디오를 play하기 시작하는 시점까지의 시간

<그림 1>과 <그림 2>는 KPI 1, 3, 4을 도식적으로 나타낸 그림이다. 위의 성능 잣대들 가운데 KPI 1은 수신단으로부터의 confirmation을 포함하지 않으며, KPI 2의 end-to-end MCPTT Access time은 acknowledgement가 요청되지 않은 MCPTT 서비스에 대해서는 적용되지 않는다. 아울러, on-network인 경우에 백홀 지연이 작지 않은 경우에는 위의 KPI 값들 (KPI 1, 2, 3, 4) 기준이 재고될 수 있다.

### 2. PS-LTE의 공공 안전 시스템으로의 적용 가능성

본 절에서는, PS-LTE를 위한 그룹 통신 기능들이 실제 시스템에 적용 가능함을 기술한다. 구체적으로는, 국내에서 진행 중인 공공 안전망 구축 사업에서 요구하는 재난 통신 기능들과 PS-LTE에서 지원하는 기능들 사이의 상관관계를 살펴봄으로써 적용 가능성을 짚어본다.

- ① **그룹 통신의 기능적 요구 사항**: 대한민국 정부는 공공 안전을 위한 그룹 통신 관련하여 국가 고유의 그룹 통신 기능적 요구 사항을 공표하였다[11]. 한편, 표준화로 진행 중인 3GPP로는 모든 기능적 요구 사항을 만족시키지 못하는 상태이고, 일부 기능들은 non-3GPP 규격 또는 구현 이슈로 남아 있는 실정이다. 3GPP Rel. 13을 기준으로 지원되는 공공 안전망 기능적 요구 사항을 나열하면 <표 2>와 같다. 다음 항목들은 3GPP Rel. 13에서 지원 또는 부분적으로 지원되는 항목들을 나열한 것이다.
  - a. 직접 통신 및 UE-to-network 릴레이 지원: 직접 통신은 일대다 형태의 직접 통신과 일대일 형태의 직접 통신으로 분류된다. 여기서, 일대다 형태는 Rel. 12에서 일대일 형태는 Rel. 13에서 RAN WG을 통해서 지원된다. 구체적으로는, 일대 다 형태의 직접 통신에서는 proximity service

표 2. 국가 공공안전망 위한 그룹 통신 요구 사항에 대한 3GPP 표준 기술 지원

Functionality	Contents	Supportability from 3GPP release 13
Direct communications/UE relay	D2D communications between two difference UEs/ UE as a relay	△
Mobility of UE	Service continuity while UE moves	○
Control of call overloading	Discriminatory call control	○
Standalone eNB operation mode	Isolated operation for public safety (IOPS) (without core network)	×
Individual call	Private call	○
그룹 call	1 to many communications	○
Paging of selected areas	Group communication with all UEs in a specific area	○
Call preemption/Emergence call	Group communication with group priority	○
Identification of UE location	Report of UE location using satellite or Global Positioning System (GPS)	○
Group video call	Group communication using data	×
Listening plural talk group	Receiving more than 2 group communications	○
Full duplex call between multiple users	Conference call among more than 3 users	○
Data communications	MC video and data communications	×

(ProSe) layer-2 group ID가 그룹 통신을 위한 identifier가 되며, 일대일 형태의 직접 통신에서는 단말의 layer-2 ID가 그룹 통신을 위한 단말의 identifier가 된다. UE-to-network 릴레이 관련해서는, RAN WG1과 WG2에서 UE-to-network 릴레이 선별을 위한 기준을 포함하여 UE-to-network 릴레이의 사용 이슈에 대해서 진행이 되었다. 하지만, MCPTT 서비스를 위한 Stage 2의 작업 가운데 SA6에서 이 기능을 현재는 고려하지 않고 있는 상황이다. 결국, 네트워크 기반이 없는 상황에서는 one-hop 형태의 단말과 단말 사이의 직접 통신을 기반으로 한 그룹 통신 서비스만이 고려되고 있다.

- b. 단독 기지국 모드: Rel. 13 기준으로 SA6에서는 단독 기지국 모드가 working item으로서 고려되지 않고 있는 상황이다. 그러나, non-3GPP 규격을 준수하는 또는 구현 형태로 단독 기지국 모드는 지원될 수 있는 상황이다. 예를 들면, one-box 타입의 기지국, core network, 그리고 application을 포함한 이동형 기지국이 이용 가능하다.
- c. MCPTT 비디오 및 데이터 통신: Rel. 13에서 SA6에서는 음성 중심의 MCPTT 서비스만을 고려하고 있다. 비디오 및 데이터 통신을 지원하는 MCPTT 서비스 관련해서는 SA1에서 Rel. 14에 대한 기능 및 성능 요구 사항에 대한 진행이 이루어지고 있다.
- ② **구축 계획:** 대한민국 정부는 전국적으로 공공 안전망 시스템을 구축할 계획을 가지고 있다[13]. 구체적으로는, 3GPP LTE Rel. 13을 반영한 radio access network (RAN),

core networks, and applications을 구축하는 데 있다. 이와 같은 구축을 위해 대한민국 정부는 주파수 할당을 하였고, (BAND28, uplink: 718Hz-728Hz, downlink: 773Hz-783Hz) LTE-FDD 방식의 통신 방식을 채택하였다. 2015년부터 시범 구축 사업, 확산 사업, 본 사업으로 지역 별로 순차적으로 진행될 예정이며, 2015년 하반기부터 3년여에 걸쳐 점진적으로 진행될 예정이다.

- ③ **셀 배치:** 대한민국은 크게 세 가지 지역으로 분류되며, 각 분류에 따라 고유의 셀 배치 전략이 반영될 계획이다. 셀 반경은 아래와 같은 절차를 통해 얻어진다.
  - a. 셀 플랜 기준의 정립 (Okumura-HATA model [12])
  - b. 셀 플랜 시뮬레이션
  - c. Urban, sub-urban, 그리고 rural에 대한 실측
  - d. 실측을 바탕으로 한 셀 플랜의 보정

결과적으로, urban, sub-urban, 그리고 rural 지역에 대한 셀 반경은 각각 0.7km, 1.4km, 그리고 3.3km로 지정될 것이 국가적으로 결정되었다. 아울러, digital unit (DU) 대 radio unit의 (RU) 비율도 각 분류된 지역에 따라 차등적으로 적용될 예정이다. 구체적으로는, urban 지역인 경우에는, DU:RU = 1:6, sub-urban 지역과 rural 지역인 경우에는 DU:RU=1:3으로 기지국 배치 전략이 반영될 예정이다.

## V. 결론

최근의 3GPP LTE 표준화는 RANs부터 application 서비스

에 이르기까지 종합적인 고려가 이루어지면서 진행되고 있다. 이는 결국 신뢰도 및 효율성을 만족시키는 공공 안전망 시스템의 실현을 가능케 할 것으로 내다보고 있다. 이와 같은 PS-LTE 표준화 흐름은 흥미롭게 새겨볼 만한 것이 있다. 곧, 기존의 표준화 흐름은 대체로 core network까지 고려가 되었지만 application 서비스까지는 아우르지 않았다는 것이다. 이와 같은 layer들을 아우르는 협력적인 표준화 진행과 직접 통신 및 향상된 multicast/broadcast 기술 등과 같은 진보된 radio 기술들로 말미암아 임무 수행 중심의 통신 기술이 이동 통신 기술과 함께 진보하는 걸음을 같이 하는 형태가 되었다. 한편, OMA PoC와 프레임워크를 유사하게 갖는 on-network과 달리 off-network MCPTT는 고유의 차별성있는 특징으로 인해 기존의 그룹 통신이 지닌 패러다임을 바꾸었다. 예를 들면, MCPTT 서버의 부재로 인해 전혀 다른 call setup 및 floor control 프로토콜을 낳았다. 마지막으로, 3GPP에서 진행되고 있는 그룹 통신 기능들과 국내에서 진행되고 있는 공공 안전망 구축 사업에서 요구하는 그룹 통신 기능들 사이의 상관관계를 살펴봄으로써, 현재 표준화로 진행되고 있는 PS-LTE 그룹 통신 기술들이 실제적인 면에서도 신뢰도 및 효율성을 갖춘 공공 안전망의 실현을 이루어내는 데 실용적인 기술임을 살펴 보았다.

## Acknowledgment

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [B0101-15-1361, 국가 공공안전서비스를 위한 LTE기반 재난 통신 시스템·단말 개발]

## 참고 문헌

- [1] F. Boccardi, R.W. Heath, A. Lozano, T.L. Marzetta, and P. Popovski, "Five disruptive technology directions for 5G," *IEEE Comm. Mag.*, vol. 52, no. 2, Feb. 2014, pp. 74-80.
- [2] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): a vision, architectural elements, and future directions," *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, no. 7, Feb. 2013, pp. 1645-1660.
- [3] T.M. Cover and J.A. Thomas, *Elements of information theory*, John Wiley & Sons, 2012.
- [4] S. Kotola, T. Tarnanen, P. Gustafsson, "Method and apparatus for accessing internet service in a mobile communication network," U.S. Patent No. 6,321,257, Nov. 2001.
- [5] OMA, OMA-AD-PoC-V2 1-20090224-D: Push to Talk Over Cellular (PoC)-Architecture, 2009.
- [6] 3GPP TS 23.303 V13.1.1, Technical Specification Group Services and System Aspects; Proximity-based Services (ProSe); Stage 2, 2015.
- [7] 3GPP TS 22.179 V13.2.0, Technical Specification Group Services and System Aspects; Mission Critical Push To Talk (MCPTT) over LTE; Stage 1, 2015.
- [8] 3GPP TS 23.179 V0.4.0, Technical Specification Group Services and System Aspects; Functional Architecture and Information Flows to Support Mission Critical Communication Services; Stage 2, 2015.
- [9] 3GPP TS 23.468 V12.5.0, Technical Specification Group Services and System Aspects; Group Communication System Enablers for LTE (GCSE LTE); Stage 2, 2015.
- [10] 3GPP TR 23.797 V13.0.0, Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on Architecture Enhancements to Support Isolated Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) Operation for Public Safety, 2015.
- [11] TTA TTA.KO-06.0390, Functional requirements for public safety LTE, 2015.
- [12] M. Hata, "Empirical formulas for propagation loss in land mobile radio service," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 29, no. 3, Aug. 1980, pp. 317-325.
- [13] Ministry of Public Safety and Security, Information Strategy Plan (ISP) project for implementing public safety communication networks, Apr. 2015.

약 력



이 종 문

2006년~2010년 연세대학교 학사  
 2010년~현재 SKT Network 기술원 연구원  
 2015년~현재 TTA PS-LTE 실무반(WG9021) 의장  
 관심분야: Core Network, PS-LTE 시스템 개발



최 상 원

1998년~2002년 고려대학교 전기전자공학부 학사  
 2002년~2004년 KAIST 전자전산학과 전기 및  
 전자공학전공 석사  
 2004년~2010년 KAIST 전기 및 전자공학과 박사  
 2010년~2014년 삼성전자 무선사업부 모델개발팀  
 책임연구원  
 2014년~현재 한국철도기술연구원  
 ICT융합신기술연구팀 선임연구원  
 관심분야: 차세대 이동통신 시스템, 통신 신호처리, 특수 목적 통신,  
 공공 안전망, 단말 알고리즘 개발, ICT융합기술 연구/개발



김 주 엽

2004년 KAIST 공학사  
 2010년 KAIST 공학석/박사 통합  
 2010년~2011년 KAIST Institute IT 융합연구소  
 박사후연구원  
 2011년~2013년 삼성전자 무선사업부 모델개발팀  
 책임연구원  
 2014년~현재 한국철도기술연구원  
 지능형신호통신연구팀 선임연구원  
 관심분야: LTE-R, 공공안전망 (PS-LTE), 그룹통신, 직접통신,  
 산업형 사물인터넷 (mission critical IoT)