

철도 재난안전을 위한 LTE 기반 그룹통화 기능 구현

정우석, 김주엽*, 최상원*
사이버텔브릿지, 한국철도기술연구원*

요약

본고에서는 철도 재난안전에 활용될 수 있는 그룹통화 기능을 Long Term Evolution (LTE) 기반으로 실현하기 위한 기반 기술을 알아본다. 최근 철도 및 공공안전 분야에서 특정 그룹 내 의사소통을 위한 그룹통화로 상용의 LTE 시스템을 활용하는 것이 적극적으로 검토되고 있다. 이런 서비스 흐름 속에서 LTE 시스템이 기술적으로 그룹통화의 요구사항을 만족시킬 수 있는지에 대한 검토가 최근 이루어지고 있으며, 그룹통화를 수월하게 제공할 수 있도록 해주는 기반 요소기술에 대한 연구 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 본고에서는 LTE 시스템에서 그룹통화를 지원하기 위한 기존 기술을 알아보고, 최근 표준 및 연구 분야에서 진행되고 있는 그룹통화 관련 기술 동향에 대해 구체적으로 알아본다.

I. 서론

최근 일반 사용자들에게 음성통화 및 데이터 통신 등의 서비스 제공을 목적으로 하는 대부분의 상용 이동통신 사업자들이 LTE 시스템을 활용하고 있다. 2000년대 후반 스마트폰의 보급화 추세에 따라 일반 사용자들의 데이터 통신에 대한 수요가 급증하게 되었고, 이로 인해 많은 상용 이동통신 사업자들이 높은 전송률과 고용량의 데이터 서비스 제공이 가능한 LTE 시스템을 구축하고 이를 기반으로 서비스를 개시하였다. 특히 LTE 시스템은 3세대 이동통신 시스템에 속하는 WCDMA/HSPA 및 CDMA2000과의 연동성이 우수하여 기존의 사업자 망을 음성 서비스 제공을 위해 그대로 활용할 수 있다는 장점으로 인해 많은 사업자들이 LTE 시스템을 선정하여 구축하게 되었고, 이에 맞는 LTE 상용 단말이 많이 출시가 되면서 일반 사용자에게 익숙하게 느껴지는 시스템이 되었다.

이런 추세와 더불어, 철도나 공공안전에서 활용되는 특수목적용 정보통신 시스템도 최근 상용의 LTE를 기반으로 구축을 시

도하는 노력이 다방면에서 시도되고 있다. 많은 철도 운영자들이 철도 분야의 특정 임무를 완수하기 위한 특수목적 정보통신으로 LTE 시스템을 활용하는 것을 실제로 고려하고 있다. 또한 국제적으로도 국제 철도 연맹 (UIC)에서 추진 중인 Future Railway Mobile Communication System (FRMCS) 프로젝트에서도 Global System for Mobile communication - Railway (GSM-R) 이후의 차세대 철도통신 시스템으로 LTE를 무조건적으로 고려하고 있다[1][2]. 그리고 수많은 나라의 정부들이 공공안전 통신 시스템으로서 LTE에 대한 기술 검토를 하고 있는 추세이며, 실제 우리나라에서도 2014년에 LTE를 기반으로 한 공공안전망 주파수 할당이 700MHz 대역에 이루어졌고, 2015년 7월에 LTE를 기반으로 한 공공안전망에 대한 시범사업 구축의 Request for Proposal (RFP)를 공개하는 등 공공안전 분야에서의 LTE 시스템의 도입이 가시화되고 있다[3][4].

이렇게 특수목적 분야에서의 LTE 시스템 도입이 활발하게 고려되고 있는 가장 큰 이유로 유지보수 및 개량을 위한 비용 절감을 들 수 있다. 기존 특수목적용 통신 시스템은 상용 시스템과는 다른 형태의 전용 장비로 구현이 되었으며, 이는 철도나 공공안전과 같이 특수 분야에서만 활용될 수 있는 형태였다. 이런 장비들은 상용 이동통신 시장만큼 큰 규모의 수요를 불러일으키지 못하였으며, 이로 인해 자연히 대당 가격 및 유지보수 비용이 높아질 수 밖에 없었다. 또한 관련 기술 개선을 위한 상용 시스템만큼 재투자도 활발하게 이루어지지 않게 되므로 시스템의 개량 속도도 떨어질 수 밖에 없었다. 한편, LTE시스템 관련 장비들은 상용 시장에 그대로 활용되기 때문에 가격 및 유지보수 비용이 상대적으로 낮아질 수 있다. 또한, 상용 시장의 더 나은 서비스에 대한 수요에 의해 이동통신 기술 개발에 대한 재투자가 이루어지면, LTE 시스템에 대한 장비의 개량이 동반되면서 자연히 특수목적 시스템에 대한 개량도 손쉽게 이루어질 수 있게 된다.

한편, LTE 시스템이 재난 안전 혹은 철도 분야에 대해 적용되기 위해서는 우선적으로 그 분야에서 요구하는 서비스를 LTE 시스템에서 원활하게 제공할 수 있는지 여부에 대한 기술검토가 우선적으로 이루어져야 한다. 특히, 특수 목적 서비스에서

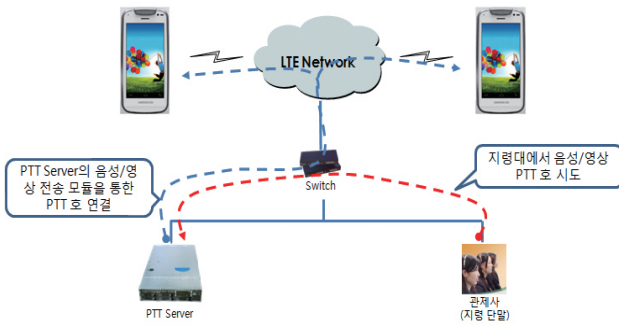


그림 1. 그룹통화 시스템 구성도

가장 흔한 형태인 그룹통화 서비스가 기존 1:1 형태의 서비스 제공을 목적으로 해오던 LTE 시스템이 수월하게 제공할 수 있는지에 대한 부분이 기술 검토의 핵심 부분 중 하나로 꼽을 수 있다. 사용자 시나리오 상으로 많은 경우, 철도나 공공안전 분야에서는 여러 사람들이 하나의 공통된 임무 수행을 위해 한 그룹을 형성하고, 서로 소통을 하거나 정보를 공유하면서 임무를 완수하게 된다. 따라서 여러 사람이 소통을 하거나 정보를 공유하기 위해서는 그룹통신 기반의 그룹통화 서비스가 제공될 수 있어야 한다. 세부적으로, 그룹통화는 보통 Push-To-Talk (PTT)와 같이 발언권을 잡은 한 사람이 발언을 하고, 그룹 내 다른 사람들이 발언을 수신하는 half duplex 형태로 이루어진다. 즉, 기관사가 발언권을 잡아서 주변 유지보수 현장 요원이나 역무 담당자와 차량 운영에 대한 상태 보고를 하거나, 재난 상황 시 담당자가 발언권을 잡아서 소방, 경찰 및 특공대 요원들에게 실행 명령을 내릴 때 그룹통화가 주로 활용된다.

이에 따라 최근 이동통신 관련 연구자 및 기술 개발자들을 중심으로 LTE 시스템 하에서 그룹통화 서비스 요구사항을 만족시키는 지 여부를 분석하고 효율적으로 서비스를 제공하기 위한 방안 연구를 활발하게 진행하였다. 특히 LTE 표준 단체인 3rd Generation Partnership Project (3GPP)를 중심으로 그룹 통화를 지원하기 위한 기술검토가 이루어져 왔다. Terrestrial Trunked Radio (TETRA)를 비롯한 기존 그룹통화 시스템에서 통용되는 서비스 요구사항 기준을 토대로 LTE에서의 그룹통화 제공을 위한 기능 및 성능 요구사항을 정립하였다. 그리고 이런 요구사항을 효율적으로 만족시키면서 그룹통화 서비스를 지원하기 위해 2014년부터 Group Communication System Enabler(GCSE), Single Cell Point-to-Multipoint (SC-PTM), Mission Critical Push-To-Talk(MCPPT), Proximity Service (ProSe)등 다수의 LTE 표준 아이টে임을 지정하여 진행하고 있다. 또한 요소기술 연구 측면에서도 많은 연구자들이 그룹통화를 위한 기반 기술에 대한 연구를 현재 진행하고 있다[5][6][7].

본고에서는 LTE 시스템을 기반으로 한 그룹통화 기술에 대한 현황 및 동향을 소개하고자 한다. 우선 LTE와 같은 이동통신 시스템 기반에서 그룹통화를 지원하기 위한 시스템 구조에 대해 간략하게 짚어보고, 이런 구조 하에서 그룹통화를 효율적으로 지원하기 위한 무선접속 요소기술에 대해 알아본다.

II. 이동통신 기반의 그룹통화 시스템 구조

일반적으로 이동통신 시스템은 1:1 음성이나 데이터 통신을 제공하는 것을 목적으로 하기 때문에, 다수의 수신 그룹이 존재하는 그룹통화 환경에서는 이를 지원하기 위한 시스템이 별도로 필요하다. 특히 그런 기술적 수요에 의해 System Architecture (SA) 표준 그룹에서 주도적으로 GCSE 표준 아이টে임을 진행하면서 그룹통화를 지원하기 위한 시스템 구조 및 구성, 각 개체 별 기능을 정의하였다. 사실 이런 시스템 구조 설계는 Open Mobile Alliance (OMA) 표준 단체에서 규격화한 PTT over Cellular (PoC) 규격에서 제안하는 시스템 구조 및 역할와 유사하다.

〈그림 1〉은 이동통신 기반의 그룹통화 시스템 구조를 도식화 한 것이다. LTE 기지국 및 코어망과는 별도로 PTT 관련 서비스 제공을 위한 다양한 기능을 PTT 서버가 가지게 되며, 이 PTT 서버가 호 설정이나 그룹 관리, 음성 데이터 수신 및 전달 역할을 수행한다. 단말 측에서는 LTE 모뎀을 거쳐 LTE 기지국 및 코어망에 접속하고, 이를 통해 PTT 서버와 연결성을 유지하면서, PTT 서비스를 제공받게 된다. 즉, 기 득한 PTT 서버의 주소 정보를 바탕으로 IP 기반으로 PTT 서버에 접속하여 등록을 시도하고, 등록 후 통화 요청을 통해 통화를 원하는 사용자들과 그룹을 형성하여 호를 맺고 발언권 획득 절차에 따라 발언 정보를 PTT 서버에게 전달하게 된다. PTT 서버는 수신한 음성 정보를 수신 그룹이 복호를 할 수 있는 형태로 적절하게 가공하여 수신 사용자들에게 망을 통해 음성정보를 전송하게 된다.

PTT 서버는 우선 사용자의 등록 요청을 처리하고 그룹을 관리하는 역할을 수행한다. 사용자의 단말이 power-on 직후 초기에 Session Initiation Protocol (SIP)를 기반으로 등록을 요청하게 되고, PTT 서버는 SIP기반의 등록 요청 처리 과정에서 이 사용자의 요청 정보를 토대로 사용자 정보를 추출하고 인증 과정을 수행하게 된다. 인증에 성공하면 등록 절차를 완료하면서 등록된 단말의 주소 및 위치 정보 등을 저장하게 된다. 이후 사용자가 특정 그룹에 속하거나 그룹을 형성하는 요청을 올릴 수 있으며, PTT 서버는 이 요청에 의해 Group Management Server (GMS)와 그룹 생성/변경 작업을 진행할 수 있다. 이는 특정 단말에서 수행하는 형태일 수도 있지만, 그룹을 전체를 관

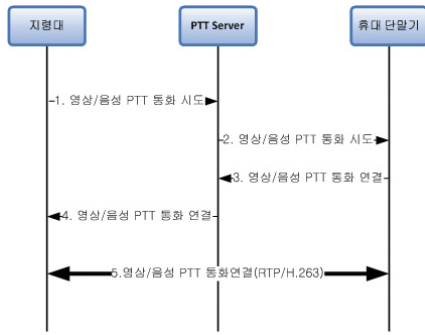


그림 2. 호 설정 과정

장하는 지령대에서 총괄적으로 수행하는 형태일 수도 있다.

등록 및 그룹 형성/편입 과정을 마친 단말은 <그림 2>처럼 특정 그룹과의 그룹통화를 개시하기 위한 호 설정 과정을 시작할 수 있다. SIP를 기반으로 PTT 서버에게 호 설정을 위한 요청 메시지를 전달하면, PTT 서버는 호 요청이 정당인지 여부를 우선 파악하고, 호 요청에 언급된 그룹에 속한 사용자들에게 등록 정보를 기반으로 호 설정을 위한 요청 과정을 수행한다. 한편 위의 그림에서는 모든 그룹 단말과의 호 설정이 완료된 뒤에 PTT 서버가 최초 호 설정을 시도한 단말에게 호 연결 결과에 대한 response를 주게 되는데, 이 response는 구현 방식에 따라 그룹 단말의 호 설정 이벤트와 상관없이 줄 수도 있다. 즉, 서비스 운영자가 최초 호 설정 사용자에게 response를 빨리 전달하여 호 설정에 대한 준비를 하게끔 하려면 response를 최대한 빨리 전달하고, 그룹 전체의 호 설정 결과 여부를 최초 호 설정 사용자에게 response 형태로 제공하고자 하면 그룹 사용자들의 호 설정 과정 이후에 response를 주게 된다.

호 설정을 마친 단말은 그룹 내 다른 단말들과 통화를 위한 data plane상의 정보 교환이 실제로 이루어진다. 호 설정 시 언급되거나 미리 약속된 음성 코덱으로 설정하고 구동을 하여 발언되는 음성 정보를 IP 패킷화하여 PTT 서버로 전송하거나 PTT 서버로부터 LTE 망을 통해 수신되는 음성 패킷을 음성 신호로 복호해서 재생을 한다. LTE 망에서는 음성 신호를 내용으로 하는 패킷이 서비스 요구사항을 만족시키기 위해서 적절하게 파라미터가 설정이 된 data bearer를 통해 단말에서 PTT 서버로, 혹은 PTT 서버에서 단말로 음성 패킷을 전달하게 된다.

한편 PTT에서의 발언권 제어는 호 설정 이후 data plane에서 중요한 제어 동작 중 하나이며, 이는 PTT 서버를 중심으로 이루어진다. 발언권이 부여가 되지 않은 상태에서, 발언이 필요한 사용자는 단말의 특정 버튼을 누르는 형태로 발언권 요청을 개시하게 되고, 단말은 이때 PTT 서버에게 발언권 요청 메시지를 전달하게 된다. PTT 서버는 현재 발언권 상태 및 우선순위 등

을 고려하여 요청한 단말에게 발언권을 부여할지 여부를 결정하고, 그 결과를 해당 단말에게 전달하게 된다. 해당 단말은 발언권을 성공적으로 부여 받거나 거부당할 수 있다. 성공적으로 발언권을 부여받으면, 해당 단말은 사용자에게 알림음을 통해 발언권 부여 사실을 알리고, 그룹 단말들에게 전달할 음성 정보를 스트리밍 형태로 PTT 서버에게 전달하게 된다. 한편 발언권 부여 직후 그룹 내 다른 단말들에게 발언권의 부여 사실을 알림으로써, 음성을 수신하는 사용자들에게 발언권 상태를 표시하도록 하고 불필요한 발언권 요청 동작을 방지하도록 한다.

철도 재난통신을 실현하기 위해서는 시스템 수준에서 긴급통화 개념이 반드시 포함되어 있어야 하며, 이를 구현하기 위해서는 기술적으로 그룹통화 호 및 발언자 별 우선순위에 따른 호 설정 혹은 발언권 취득 동작이 보장되어야 한다. 특정 그룹통화 호가 재난 상황에서 긴급한 상황을 보고하기 위한 것이라면, 다른 일반적인 그룹통화 호보다는 우선순위가 높아야 하며, 필요 시 다른 그룹통화 호보다 음성 정보 처리를 우선적으로 수행하거나 다른 그룹통화 호를 종료시키는 동작이 필요하다. 또한 그룹 내에서도 재난 상황에서 더 중요한 음성 정보를 전달하는 역할의 사용자가 존재하는 경우, 다른 사용자보다 우선순위가 더 높게 설정이 되어 발언권 취득 등에 유리할 수 있게 되어야 한다. 이러한 우선순위 관리 및 보장이 PTT 서버에서 주도적으로 이루어지게 된다. 가령 우선순위가 낮은 단말과 높은 단말이 거의 동일한 시점에 발언권을 요청하면, 우선순위가 높은 단말이 발언권을 취득할 수 있어야 하며, 우선순위가 낮은 단말이 발언권을 점유하고 있을 때 필요에 따라 우선순위가 높은 단말이 발언권을 가로채기하는 기능이 PTT 서버에서 지원되어야 한다. 이런 우선순위에 대한 보장 기능은 기본적인 철도통신망(LTE-R)에서도 어느정도 수준에서 필요로 하고 있으나, 재난통신 시나리오에서는 우선순위가 더 세부적으로 나뉘고, 보장 동작이 복합적으로 필요한 등 더 세밀한 우선순위 보장 기능이 PTT 서버에게 요구된다.

Ⅲ. 그룹통화 지원을 위한 LTE Release 12 무선접속 요소기술

3GPP에서는 그룹통화 서비스에 대한 기능 및 요구사항을 GCSE 표준 아이টে를 통해 어느정도 정리하였으며, 중요한 성능 지표는 아래와 같이 정리될 수 있다.

-**Latency** : 호 설정은 300ms 내에 이루어져야 하며, data의 end-to-end 지연 시간이 150ms 이하이어야 함

-Scalability : 기본적으로 그룹 사용자는 무제한이어야 하며, 실제 환경에서는 총 사용자가 최대2000명, 한 그룹내 사용자가 최대 500명까지 있을 수 있음

LTE 무선접속 관점에서는 그룹통화 서비스 제공 시 무선 구간인 기지국에서 단말 사이의 정보 전송이 어떻게 이루어지는지가 관건이다. 그룹통화는 보통 PTT 서버에서 동일한 음성 패킷을 복수의 단말에게 전달하는 것이 수행되어야 하며, 한 기지국 안에 수많은 그룹 단말이 존재하는 경우 동일한 음성 패킷을 효율적으로 전달해야 하는 이슈가 발생한다. 특히 LTE 시스템이 다양한 데이터가 shared channel 개념으로 섞여서 단말들에게 제공된다는 측면에서 볼 때, 망의 데이터 용량을 극대화시키기 위해서 서비스 제공자들은 그룹통화 데이터의 전달이 효율적으로 이루어지는 것을 바라고 있다.

여기서 가장 중요한 포인트는 일반 이동통신 시스템 환경이 아닌 LTE 시스템 환경에서 무선접속 요소기술의 적용성을 우선적으로 고려해야 한다는 점이다. 상용 LTE 시스템을 기반으로 그룹통화가 제공되어야 하므로, 기본적인 LTE 시스템의 무선전송에 대한 framework의 변형 없이 효율적으로 그룹통신이 이루어져야 한다. 이는 무선접속 관점에서는 큰 제약이 될 수 있다. 가령 channel coding의 경우 multicast나 broadcasting에 적합한 rateless coding 계열의 기법을 쓸 수 없고 LTE 무선 접속 계층에서 정의된 turbo coding 혹은 convolutional coding 중 하나를 사용해야 한다.

LTE Release 12 버전의 표준에서는 그룹통신을 기존의 physical channel을 통해서 전달하는 것을 기본 전제로 하고 표준화가 진행되었다. 따라서 GCSE의 핵심 기능을 수행하는 GCS Application Server (AS)는 LTE에서 기존에 존재하는 두 개의 physical channel인 Physical Downlink Shared Channel (PDSCH)과 Physical Multicast Channel (PMCH)를 혼용해서 사용하고, 이 두 채널을 위한 data bearer의 설정/갱신/삭제 등의 관리작업을 수행하도록 표준에서 규정하고 있다. 즉, 단말의 위치나 그룹통화 호 참여 여부, 그룹통화 호의 활성 정도 등 다양한 정보에 따라 GCS AS가 그룹통화의 성능이 극대화되도록 PDSCH에 대한 data bearer 및 PMCH에 대한 data bearer를 설정하고 각각에 음성 정보를 전달하게 된다.

<그림 3>에 두 개의 물리채널에 대한 구조 및 송수신 기법에 대해 전반적으로 도식화기 되어 있다. 기본적으로 PDSCH와 PMCH는 한 radio frame에 혼재될 수 있으나, 한 subframe에는 혼재될 수 없다. 즉, 한 subframe에는 전체적으로 PDSCH가 존재하거나 PMCH가 존재한다. 이런 subframe 구분 정보는 기지국에서 방송하는 제어 정보인 System Information Block Type 2 (SIB2)에 명시되어 있다. SIB2 내에 PMCH에 대한 subframe이 어느 것인지 지정을 하고 있으며, 세부적으로 몇번 radio frame 내에 몇번 subframe이 PMCH용 subframe 인지를 지정함으로써, 수신 단말은 PMCH 수신을 위한 준비를 할 수 있게 된다.

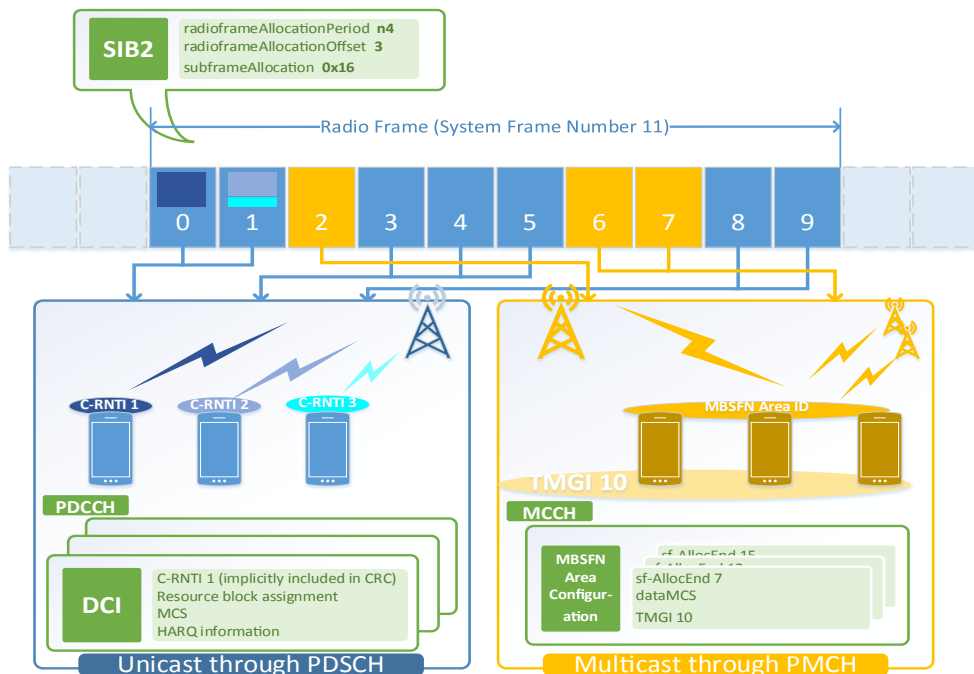


그림 3. PDSCH 및 PMCH 채널 구조

PDSCH는 일반적으로 LTE 시스템에서 두루 활용되는 shared channel로, LTE 망을 통하는 모든 데이터가 PDSCH를 통해 전달이 된다고 보아도 무방하다. 기본적으로 PDSCH내에 전달되는 물리적인 패킷은 한 단말에게만 전달이 되도록 프로토콜이 규정되어 있다. 기지국은 특정 단말과 통신을 할 때 Cell Radio Network Temporary Identifier (C-RNTI)를 각각 부여하며, PDSCH를 통해 전송되는 데이터는 이 C-RNTI를 기반으로 scrambling을 수행하게 된다. 이렇게 되면 수신 단말은 동일한 C-RNTI를 할당받지 않은 이상 다른 수신단말의 데이터를 수신처리할 수 없다. 또한, Physical Downlink Control Channel (PDCCH)를 통해서 PDSCH내 데이터 전송 관련 제어 정보를 수신하고, 이를 통해 단말들이 자신의 데이터 유무를 확인하게 되는데, 이 PDCCH를 통해 전달되는 정보도 C-RNTI를 기반으로 scrambling이 이루어진다. 이는 곧 다른 사용자에 대한 데이터 전달 여부 자체도 파악하는 것이 근본적으로 불가능하다는 것이다. 이로 인해, PDSCH로 그룹통화 데이터를 전송할 때, 그룹 수신자 별로 별도의 무선자원을 사용해서 데이터를 중복으로 전달할 수 밖에 없으며, 이는 특정 데이터를 전달할 때 사용하는 무선자원이 그룹 수신 사용자 수에 따라 증가하게 된다. PDSCH는 일반적으로 LTE 시스템에서 데이터 전송을 위해 가장 많이 활용되며, 이를 기반으로 최신 무선 통신 기술이 표준에 적용되고 있으므로, PDSCH를 활용하면 LTE에 적용된 최신 무선통신 기술을 그대로 활용할 수 있는 장점이 있다. 그리고 LTE 시스템의 별도의 수정 없이 쉽게 그룹통화 서비스를 제공할 수 있다는 간편성도 그 장점에 속한다. 그러나, 중복된 데이터 전송으로 인해 무선 자원이 낭비될 수 있으며, 이는 그룹통화 서비스에서 요구하는 많은 그룹 사용자에게 지원할 때 장애 요인으로 작용할 수 있다.

한편 PMCH는 다수의 단말이 동일한 데이터를 수신하는 multicast를 위한 물리적 채널로, evolved Multimedia Broadcast and Multicast Service (eMBMS) 시스템에서 무선 전송을 위해 정의되었다. 주로 방송 streaming을 이동통신 환경에서 효율적으로 제공하기 위해 정의된 것으로, 인접한 복수의 기지국이 하나의 Multimedia Broadcast Single Frequency Network (MBSFN) Area를 형성하고, MBMS Coordination Entity (MCE)의 스케줄링을 통해 동일한 물리적 신호를 동일한 타이밍에 전송하게 된다. 수신하는 단말은 복수의 기지국에서 전송하는 동일한 물리적 신호를 동시에 수신하여 적절한 combining 처리를 수행한다. 이 정보 전송에 대한 스케줄링 정보는 Multicast Control Channel (MCCH)를 통해 전달되는 MBSFN Area Configuration 제어 메시지를 통해 파악이 가능하다. Multicast로 전달이 되는 각 session별로 Temporary Multicast Group

ID (TMGI)가 할당이 되어 있으며, 이 TMGI별로 몇 개의 연속된 subframe이 할당되어 있으며 어떤 modulation 및 coding 기법으로 전송이 되는지에 대한 정보를 담고 있으며, 특정 그룹통화에 대한 TMGI를 단말이 이미 파악하고 있으면 이 MBSFN Area Configuration 메시지 내에서 TMGI 대조를 통해 관심을 가지는 그룹통화의 데이터가 PMCH 상에서 어느 위치에 있는지를 파악할 수 있게 된다. 참고로 MCCH에 대한 설정은 기지국에서 방송하는 SIB13 내의 정보를 기반으로 하므로, 모든 단말이 MCCH에 대한 채널 설정 및 수신이 가능하다.

PMCH를 활용한 그룹통신의 가장 큰 장점은 한번의 무선자원 할당을 통해 복수의 단말이 동일한 데이터를 수신할 수 있다는 점이다. PDSCH와는 대조적으로, PMCH는 관련 스케줄링 정보 및 수신 처리를 위한 기본적인 정보가 모든 단말에게 공개되어 있으므로, TMGI 정보만 기 획득하면 어떤 단말이든 수신이 가능하다. 이는 기지국 입장에서는 한번의 데이터 전송으로 복수의 단말이 알아서 잘 수신할 수 있다는 뜻이 된다. 또한, PMCH는 복수의 기지국이 동일한 물리 신호를 전송하므로, 기지국 커버리지 바깥 쪽의 cell edge 사용자들이 수신 성능이 개선될 수 있다는 장점이 있다.

그러나 PMCH는 최대한 많은 사용자들에게 정보를 전달하고자 하는 broadcasting에 초점이 맞춰져 있는 만큼 무선자원 활용의 효율성이 다소 떨어지는 단점이 존재한다. 특히 현재의 LTE 시스템은 무선자원 활용을 다양한 룰 기반으로 동적으로 수행함으로써 그 효율성을 극대화 시키는 기술이 많이 반영되어 있으나, PMCH에 대해서는 그런 기술의 적용이 다소 제한되어 있다. 가령, spectral efficiency를 높이는데 큰 공헌을 한 physical layer feedback 기반 Adaptive Modulation and Coding (AMC)나 Hybrid Automatic Retransmission request (HARQ) 이 PMCH에서는 적용이 되지 않았다. 또한, scheduling 측면에서도 MCE가 모든 multicast session에 대해 수십 ms 길이에 대한 scheduling을 한번에 수행하기 때문에, scheduling 주기도 길어지고, 이로 인해 동적인 traffic에 대한 scheduling 지연 시간도 추가적으로 발생될 수 있다.

IV. 그룹통화 지원을 위한 LTE Release 13 무선접속 요소기술

Release 12에서는 최대한 물리채널의 변형 없이 기존의 LTE air interface의 framework을 유지하면서 그룹통신을 제공하는

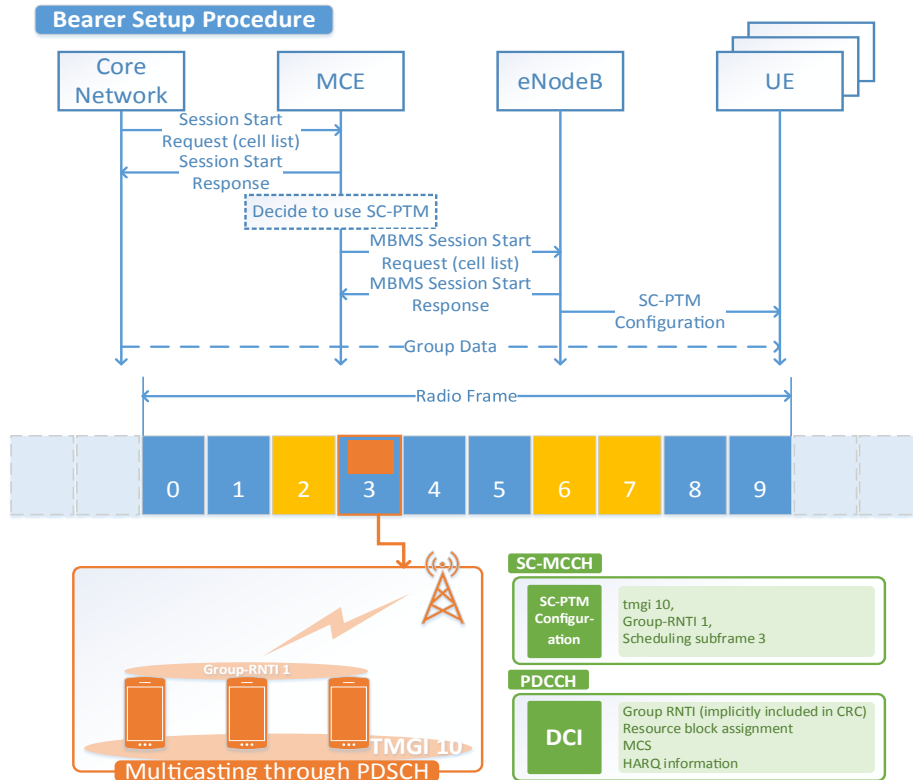


그림 4

형태로 기술의 표준화가 진행되었다. 이는 기존 장비의 변형 없이 시스템 가장 상위의 Application Server 수준에서의 효율적 관리를 통해서 그룹통화 제공 시 발생하는 다양한 문제를 극복하는 접근 방식이므로, 적용이 쉽다는 장점이 있으나 기술적으로 그룹통화로 인한 문제점의 근본적인 해결책이 되지 않는다는 한계점이 있다.

한편 Release 13에서는 그룹통신을 위한 새로운 물리채널의 필요성을 인지하고, PDSCH와 PMCH framework에서 최소한의 변형을 통해 그룹통신을 지원하는 SC-PTM이라는 새로운 개념의 물리채널을 정의하였다. SC-PTM은 서버 및 코어망에서 MCE까지 데이터가 전달되는 부분은 동일하나, 그 이후 특정 기지국이 PDSCH를 활용하여 그룹통신 데이터를 전달하는 점에서 무선 접속 구간의 동작이 차이점을 가진다. 이때 기지국은 그룹 수신 단말이 Group RNTI라는 공통된 ID를 할당하고, PDSCH의 scrambling 과정을 이 ID를 통해 수행함으로써 PDSCH를 통해 복수의 단말이 공통된 데이터를 받을 수 있도록 하였다. 이렇게 하면 데이터의 중복 전송 없이 효율적으로 무선자원을 활용하면서 그룹통신을 실현할 수 있다. 이와 동시에 PDSCH에서 활용되는 최근 무선통신 기술들을 그대로 활용할 수 있는 가능성이 존재하며, 이로 인해 무선자원 효율성이 더 극대화가 될 수 있다. 현재 SC-PTM은 표준화 아이টে็ม으로 진행되고 있으며, release 13에서는 물리적 채널을 통한 feed-

back의 정의가 표준화 범위에서 제외되었으나, 향후 표준화에서 feedback 채널이 정의가 되면, 이를 활용한 AMC 및 HARQ 기술의 활용이 가능하다. 다만 이것이 가능해질 경우, 복수의 단말로부터 수신한 feedback 정보를 바탕으로 modulation 및 coding 기법을 어떤 정책으로 결정하며, HARQ 재전송을 어떻게 수행할 지에 대해서는 향후 풀어야 할 이슈로 남게 된다.

V. 결론

본고에서는 LTE를 기반으로 할 때 철도 재난통신 기능을 제공하기 위한 기반 기술에 대한 논의를 하였다. 우선 철도 재난통신 기능을 제공하기 위한 그룹통화 서비스가 현재 제공되기 위한 전체 시스템 구조 및 기술에 대해 알아보았고, 이런 시스템 구조 하에서 LTE 시스템이 그룹통화 서비스를 제공하기 위한 다양한 그룹통신 기술에 대해 논의하였다. 그룹통신은 무선 접속 관점에서는 특정 기지국이 다수의 그룹 사용자들에게 동일한 그룹통화 정보를 제공하기 위한 무선 전송 기법들에 대한 후보를 소개하였다. 중요한 포인트는 각 기법이 상황에 따라 뚜렷한 장단점이 존재하므로 상황에 맞게 적응적으로 활용해야 한다는 것이다. 따라서 그룹통화 서비스 제공을 목표로 하는 운

영자는 LTE 시스템의 이러한 특성을 잘 반영하여 망을 운영해야 그룹통화 서비스의 성능을 극대화 시킬 수 있다.

참고 문헌

- [1] J. Kim, S.W. Choi, Y.-S. Song, Y.-K. Yoon, and Y. K. Kim, "Automatic train control over LTE: Design and performance evaluation", *IEEE Communications Magazine*, vol. 53, no. 10, pp. 102-109, Oct. 2015.
- [2] Y.-S. Song, J. Kim, S.W. Choi, and Y.-K. Kim, "Long term evolution for wireless railway communications: Test-bed deployment and performance evaluation", *IEEE Communications Magazine*, vol. 53, no. 11, Nov. 2015. (to appear)
- [3] T. Doumi, M. F. Dolan, S. Tatesh, A. Casati, G. Tsirtsis, K. Anchan, and D. Flore, "LTE for public safety networks", *IEEE Communications Magazine*, vol. 51, no. 2, pp. 106-112, Feb. 2013.
- [4] R. Ferrus, O. Sallent, G. Baldini, and L. Goratti, "LTE: The technology driver for future public safety communications", *IEEE Communications Magazine*, vol. 51, no. 10, pp. 154-161, Oct. 2013.
- [5] T. Kwon and J. W. Choi, "Multi-group random access resource allocation for M2M devices in multicell systems", *IEEE Communications Letters*, vol. 16, no. 6, pp. 834-837, June 2012.
- [6] R. Sivaraj, A. K. Gopalakrishna, M. G. Chandra, and P. Balamuralidhar, "QoS-enabled group communication in integrated VANET-LTE heterogeneous wireless networks", 2011 IEEE 7th International Conference on Wireless Mobile Computing, Network and Communications, pp. 17-24, Oct. 2011.
- [7] K. Zheng, F. Hu, W. Wang, W. Xiang, and M. Dohler, "Radio resource allocation in LTE-advanced cellular networks with M2M communications", *IEEE Communications Magazine*, vol. 50, no. 7, pp. 184-192, July 2012.

약 력



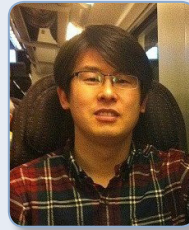
정우석

1999년 연세대학교 문학사
 2000년 (주)한경피씨라인 웹마스터
 2007년 (주)휴노 기획팀장
 2013년 한국철도기술연구원 선임연구원
 2014년~현재 (주)사이버텔브릿지 사업개발팀 차장
 관심분야: OMA 표준, LTE-R, PS-LTE, Software Defined Data Bus



김주엽

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)



최상원

1998년~2002년 고려대학교 전기전자전파공학부 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 ICT융합기술연구원 선임연구원
 관심분야: 차세대 이동통신 시스템, 통신 신호처리, 특수 목적 통신, 공공 안전망, 단일 알고리즘 개발, ICT융합기술 연구/개발