LTE 기반의 재난안전 무선통신망을 위한 주요 요구사항 분석

정찬형 한국전파진흥협회 전파방송기술부 부장
전유찬 한국전파진흥협회 전파방송기술부 차장

1. 머릿말

재난안전무선통신망은 평시 구조, 구급 및 치안 등과 재난 시 재난 예방, 대비, 대응, 복구 등을 효율적이고 체계적으로 대응하기 위하여 재난 관련 공공기관에서 공동으로 사용하는 무선통신망을 말한다. 국내의 재난안전무선통신망은 각 재난 관련 기관별로 UHF, VHF, TRS 등 각각의 무선통신방식을 사용중에 있으며, 통합적으로 지휘할 수 있는 통합재난망에 대한 필요성이 수년간 논의되어 오던 중 세월호 침몰 사고를 계기로 2014년 7월 말 LTE 기반의 재난망인 PS-LTE로 최종 확정되었다.

통합재난안전무선통신망에 대한 필요성이 논의되던 가운데 2011년 3월 안전행정부에서는 재난안전무선통신망을 위한 주요 요구기능 37가지를 공고하였다[1]. 해당 공고문은 국가재난 관리기관이 재난을 예방하고 재난 발생 시 신속하고 체계적으로 대응하기 위하여 요구되는 재난안전무선통신망의 필수 및 선택 요구사항을 크게 생존·신뢰성, 재난대응성, 보안성, 운영·효율성, 상호운용성 등 총 5가지로 분류하고 있다. 또한, 각 요구사항에 대해 필요한 요구기능을 세분화하여 37가지로 분류하고 있다. 본 고에서는 그 중 재난안전무선통신망의 주요기능 중의 하나인 직접통신과 단독 기지국 운용 모드 그리고 그룹통신을 중심으로 기능 및 기술적 고려사항 등을 살펴보고자 한다.

2. LTE 기반의 광대역재난안전통신망을 위한 주요 기능 및 요구사항

2.1 직접통신 및 단말기 중계

재난망에서는 사용자가 음영지역에 위치하게 되거나, 인근 기지국에 접속하기가 어려운 상황이 발생하였을 때, 단말 간에 직접 통화할 수 있는 직접통신 기능이 필수적이다[2]. 3GPP에서는 직접통신을 Release 12의 ProSe(Proximity-based Services)에서

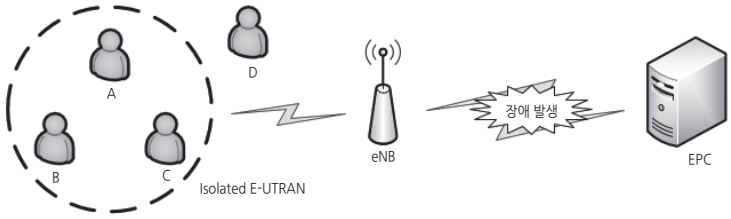
부터 다루기 시작하였다[3][4][5]. 직접통신 기능은 서로 근접해 있는 단말 간에 세션을 맺어 직접적으로 통신을 수행하는 것을 뜻하는데, 이때 일대일 통신 또는 일대 다수의 통신이 될 수 있다. 직접통신은 통신 방식으로 송신 단말이 특정 단말 하나를 수신 단말로 지정하는 유니캐스트, 한 그룹의 단말을 수신 단말로 지정하는 그룹캐스트, 모든 단말을 수신 단말로 지정하는 브로드캐스트 기능을 제공하게 된다. 또한, 단말이 셀 영역 내부에 위치하였을 경우 기지국에 의해 제어를 받아 직접 통신을 할 수 있으며, 단말은 복수 개의 신호를 수신할 수 있어야 한다. 단말발견 기능은 주변에 위치한 단말들을 파악하는 기능으로, 직접통신이 가능한 단말들을 주변 단말발견 기능을 통해 정보를 획득할 수 있다. 3GPP Release 12에서는 통신망 내부에 위치한 단말들로 제한되어 있지만, 궁극적으로는 통신망 영역과 상관없이 주변에 있는 단말들을 발견할 수 있어야 한다. 직접통신은 근거리 통신의 일종으로 고속 통신이 가능하고, 낮은 종단 간 전송 지연, 자원 효율 향상, 전력 소모 감소, 네트워크 혼잡 완화, 커버리지 확장 등 많은 장점을 지니고 있다.

직접통신은 크게 네트워크 개입 없이 단말기 간 설정에 의해 통신 환경을 구축하는 방식과 네트워크로부터 직접통신 권한을 부여받아 직접통신을 수행하는 방식으로 구분된다. 현재 3GPP Release 12에서는 네트워크로부터 직접통신 권한을 받는 방식에서는 일대일 통신만 고려되고 있으며, ProSe 기능이 있는 재난망 단말에 적용될 일대다 직접통신은 차후 논의 예정에 있다.

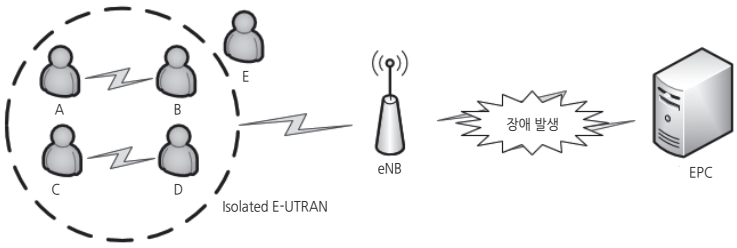
ProSe 기능이 있는 단말은 일반적으로 상용망과 재난망과 상관없이 E-UTRAN에 의해 제어되지만, 재난망의 경우는 E-UTRAN으로 제어하기 힘든 상황도 고려해야 한다. 이때, 직접통신을 위한 IP 주소 할당 방식에 대한 고려도 필요하다. 또한, 네트워크가 직접통신을 제어하는 방식 이외에도 단말 하나가 다수의 단말과 일대일로 직접통신을 동시에 설정하는 방식에 대한 고려도 필요하다.

일대다 직접통신은 ProSe 그룹통신과 ProSe 브로드캐스트 통신과 관련이 있으며, 네트워크 커버리지에 상관없이 적용 가능하다. 다만, 3GPP에서는 일대일 통신의 경우에는 인프라 path와 다이렉트 path 간의 서비스 연속성 보장을 요구하고 있으나, 일대다 직접통신의 경우 서비스 연속성을 요구하지 않는다. eNB를 경유하는 ProSe 직접통신 path는 크게 일대일 직접통신과 ProSe 그룹통신(또는 ProSe 브로드캐스트 통신)으로 구분될 수 있다. 이를 위해서 eNB를 경유하는 ProSe 통신 path를 정하기 위한 decision 방식에 대한 정립이 필요하고, 한 명 이상의 사용자가 로밍하게 되는 경우에 대한 직접통신 path 설정 방식, 그리고 eNB를 경유하는 직접통신 path를 위한 서비스 연속성 지원 방안에 대한 연구가 필요하다.

직접통신은 또한, 단말의 커버리지 확장 개념에서 단말기 중계 기능으로 확장될 수 있다. 현재 3GPP Release 12에서는 LTE 표준을 통한 단말기 중계 기능이 제공되지 않고 있으나, 단말 간 직접 통신과 기지국-단말 간 통신을 적절히 연결하는 애플리케이션을 통하여 단말기 중계 기능을 제공하는 것이 가능하다. 하지만 이와 같은 방식은 자원의 효율적인 관리 및 이동성 환경에 따른 적응적 중계 기능 등을 지원하기에는 부족하기 때문에 결국 시스템 레벨에서 중계 기능이 이루어질 필요가 있다. 또한, 통신망 외부 영역에 위치한 단말도 단말 간 직접 발견 과정을 통하여 중계 동작을 수행하는 단말을 파악할 수 있어야 하고, 그럼으로써 중계 기능을 통한 기지국으로의 데이터 송수신이 가능하여야 할 것이다.



[그림 1] 백홀 연결이 끊긴 경우, 그룹통신을 수행하는 단독기지국 운용모드



[그림 2] 백홀 연결이 끊긴 경우, 개별 통신을 수행하는 단독기지국 운용모드

2.2 단독 기지국 운용 모드

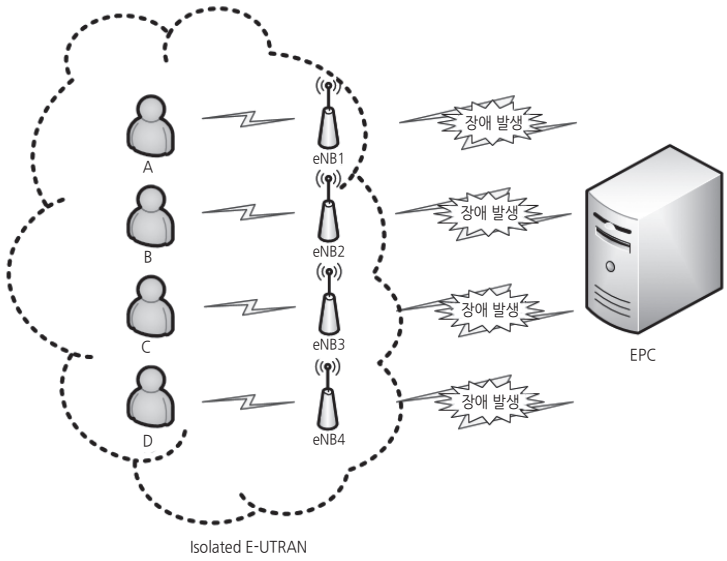
단독 기지국 운용 모드는 백홀 장애 또는 트래픽 폭주로 인해 EPC와 정상적으로 통신이 어려운 상황이거나, 임시적으로 커버리지 확보 및 용량 증설을 위해 이동 기지국을 사용하는 경우를 말한다. 3GPP에서는 단독 기지국 운용을 위해 크게 6가지로 구분하고 있다[6].

2.2.1 기지국 내 그룹통화 유지

기지국 내에서 그룹(A, B, C)을 형성하여 그룹통화를 수행하고 있을 때, 해당 기지국이 EPC와의 통신 불능 상태가 되면 광역서비스가 끊기게 된다. 이때, 기지국은 기지국 내에 있는 모든 사용자에게 단독 기지국 운용 모드로의 전환을 알리게 되고 지역서비스로 전환하게 된다. 또한, 새로운 사용자(D)가 단독 기지국으로 운용 중인 기지국 영역에 들어오게 되면, 단독 기지국과의 등록 절차를 통해 그룹통화 참여 여부의 허락을 맡게 된다. 그 후, 다시 EPC와 연결 가능한 상태가 되면, 단독 기지국 운용 모드는 해제가 되고, 사용자들은 지역서비스에서 다시 광역서비스로 전환을 하게 된다. 기지국 내 그룹통화 유지 시나리오에서 그룹통화를 수행하던 사용자들은 단독 기지국 운용 모드로 전환되더라도 기존의 그룹을 유지하며 그룹통화를 지속적으로 할 수 있어야 하며, 이때 지역서비스와 광역서비스 간의 스위칭 시간이 최소화됨으로써 끊김없이 그룹통화를 지속적으로 유지할 수 있어야 하겠다.

2.2.2 기지국 내 개별통화 유지

동일한 기지국 내에 위치한 사용자 간에 광역서비스로 개별통화를 수행하고 있을 때, 해당 기지국이 EPC와의 연결이 끊어지게 되어 지역서비스로 전환되는 시나리오다. 기지국이 EPC와 연결이 끊어지는 상황이 발생하게 되면, 개별통화 중인 사용자들(A-B, C-D)은 광역서비스가 끊기게 되고 기지국으로부터 단독 기지국 운용 모드로의 전환을 인지하게 된다. 그때 개별통화 사용자들은 지역서비스로 전환하여 개별통화 초기화 과정을 통해 개별통화



[그림 3] 넓은 범위를 서비스하는 단독기지국 운용모드

를 위한 재연결을 수행하게 된다. 또한, 새로운 사용자(E)가 기지국 내에 위치하게 될 경우, 단독 기지국 운용 중인 기지국과의 인증 과정을 통해 개별통화를 위한 지역서비스 참여가 가능하게 된다. 그 후, 다시 EPC와 연결이 가능한 상태가 되면, 단독 기지국 운용 모드는 해제가 되고, 사용자들은 지역서비스에서 다시 광역서비스로 전환하게 된다.

2.2.3 인프라 및 이동 기지국 주도의 로컬 라우팅

단독 기지국 운용 모드는 E-UTRAN의 eNB에서 ProSe의 local routing을 지원함으로써 커버리지를 향상시킬 수 있다. 사용자들이 ProSe 기능을 갖춘 단말을 가지고 인프라 네트워크를 통해 그룹통화를 하고 있을 때, 백홀 연결이 끊기게 되면 기지국은 단독 기지국 운용 모드로 전환된다. 각 사용자가 ProSe 다이렉트 모드를 이용 가능한 거리에 위치해 있을 때, 네트워크 커버리지 내에 없는 사용자는 ProSe의 다이렉트 모드에 의해서 ProSe 그룹통신을 수행하게 된다.

2.2.4 인프라 및 이동 기지국 주도의 제한된 백홀 연결

기지국과 백홀 간에 고속 데이터 송수신이 원활히 이루어지지 않고 다만, 시그널링 신호와 저속 통신이 가능한 경우에도 기지국은 단독 기지국 운용 모드로 전환하게 된다. 이때, 사용자들의 데이터는 단독 기지국에서 local routing에 의해 통신을 하게 된다.

2.2.5 넓은 범위를 서비스하는 단독 기지국 운용모드(eNB 또는 이동기지국으로 구성)

하나의 E-UTRAN이 여러 개의 eNB를 포함하고 있는 환경에서, E-UTRAN과 EPC 간의 백홀 연결이 끊기게 되면 모든 eNB는 단독기지국 운용 모드로 전환을 하게 된다. 사용자들은 ProSe 기능이 되는 단말을 가지고 인프라 네트워크를 통해 그룹통화를 하는 도중, 기지국이 단독 기지국 운용 모드로 전환되면, 사용자 간에 거리가 멀어 ProSe 다이렉트 모드에 의한 ProSe 그룹통신이 어려운 경우, 단독 기지국 운용 모드로 전환된 eNB 간에 상호연결을 통해 그룹통신을 수행하게 된다.

2.2.6 격리된 기지국과 정상적인 기지국 간의 이동성

사용자가 단독 기지국 운용 모드에 있는 기지국과 백홀에 정상적으로 연결된 기지국 간의 영역에 모두 포함되어 있을 때, 일반적으로 기지국 간의 이동성 메커니즘을 따르게 된다. 하지만 이와 같은 경우 정책적으로 기지국 접속 권한에 따른 우선순위를 부여하거나, 자원할당 및 QoS 등을 고려하여 최적의 이동성 메커니즘을 별도로 다룰 수 있다.

2.3 그룹통신

그룹통신은 동일한 통신 그룹에 속해있는 단말기 상호 간 일대 다수로 통신을 하는 기능으로, 크게 동일 콘텐츠를 기지국을 통해 단말 그룹에 전송하는 GCSE 방식과 동일 콘텐츠를 기지국을 통하지 않고 직접 수신 단말 그룹에게 전송하는 ProSe 방식이 있다. GCSE 방식은 또한 그룹 내 단말들에게 동일 콘텐츠를 별도로 전송하는 유니캐스트 기반 GCSE와 그룹 내 단말들에게 동일 콘텐츠를 공통으로 전송하는 MBMS 기반 GCSE로 구분된다. ProSe 방식은 단말 간 직접통신을 통해 그룹통신을 지원하는 방식으로 단말이 동일 콘텐츠를 전송하고 단말그룹이 이 콘텐츠를 동시에 수신하는 형태로 그룹통신을 지원한다[7].

그룹통신 서비스의 목적은 다수의 사용자에게 동일한 콘텐츠를 빠르고 효율적으로 전송하기 위한 것이다. 특히, 그룹통신의 우선적인 사용 목적은 PTT(Push-to-Talk)이며, 더 나아가 광대역을 이용한 멀티미디어 전송이라고 할 수 있다[8]. 그룹통신을 위한 end-to-end setup time은 기존의 TETRA 미션 크리티컬 음성 시스템을 위한 ETSI ETR 086에 정의되어 있는 것처럼 300ms 이하이어야 한다. 3GPP에서는 이 셋업 타임의 기준을 그룹 멤버가 사용자에게 그룹 통신을 요청하고 나서 그 사용자에게 데이터 전송을 할 수 있는 상황까지로 정의하고 있다. 또한, 그룹통신을 위한 end-to-end delay time은 ITU-T에서 정의한 150ms 이하이어야 한다.

재난안전무선통신망에 그룹통신을 원활히 적용하기 위해서는 추가적으로 고려해야 할 사항들이 있다. 첫째, 사용자가 그룹통신을 하는 동안 기지국 간 이동 시 끊김 없는 서비스 지원을 위한 service continuity가 보장되어야 하며, 그룹통신을 위해 효율적으로 데이터를 전송하여 자원 효율을 높이기 위한 연구가 필요하다. 둘째, 수신 가능한 그룹 멤버의 수에 제한을 갖지 않고 사용자가 복수 개의 그룹 멤버에 속할 수도 있고 복수 개의 그룹과도 통신이 가능하여야 한다. 우선권 할당 측면에서는 n개의 우선권 단계를 지원하면서 각 그룹 멤버에게 각 우선권 단계를 할당 및 재할당이 가능하여야 한다. 셋째, 재난안전무선통신망은 그룹통신이 ProSe든 GCSE든 상관없이 동일한 그룹 멤버십을 지원해야 하고, GCSE 그룹 멤버는 그룹통신을 위해 ProSe path나 EPC path 둘 중 하나를, 또는 두 path를 동시에 사용 가능해야 한다[4]. 그룹통신의 수용 용량은 동시에 적어도 36개 그룹이 동시에 그룹통화가 가능해야 하며, 한 그룹에는 최대 500명까지 수용이 가능하여야 한다. 또한, 한 지역에서 최소한 2,000명 이상이 참여 가능해야 한다.

3. 맺음말

본 고에서는 PS-LTE 기반의 재난안전무선통신망이 갖추어야 할 요구기능 중 직접통신과 단독 기지국 운용 모드 그리고 그룹통신을 중심으로 기능 및 기술적 고려사항을 살펴보았다. 현재 안전행정부에서 공고한 재난안전무선통신망을 위한 주요 요구기능 37가지는 LTE 기반의 재난망 구축에 있어서 필수적

인 자료로 활용되고 있으며, 요구기능에 대한 TTA 국내표준화 진행을 비롯하여 3GPP 등 해외 표준화 기구에도 적극적으로 대응하고 있는 중이다. 특히, 3GPP의 Release 13에서부터 본격적으로 PS-LTE를 위한 표준화가 진행될 예정이므로, 국내의 경우 재난망의 필수 기능인 MCPTT 서비스 및 단독 기지국 운용 모드를 비롯한 37가지의 요구기능 및 요구성능을 중심으로 표준화 및 원천기술을 확보할 필요가 있다. 또한, 재난발생 시 재난 관련 기관들이 표준운영절차에 따라 신속하고 효율적으로 재난대응을 할 수 있도록 각 재난상황에 따른 재난안전무선통신망 운영을 위한 재난안전무선통신망 표준운영절차를 구성해야 하며, 해당 절차를 기반으로 국내 환경에 맞는 PS-LTE 운영이 이루어져야 할 것이다.

지면 관계상 MCPTT 서비스는 본 고에서 다루지 못하였으나, PTT는 상하향 전송 간의 트래픽 비대칭 등 일반 전화통화와는 다른 경향을 보이고, flow control과 talker ID와 같은 PTT 시그널링을 위한 PER(packet error rate)이 10^{-2}보다 높은 QCI 5로 권고되고 있는 등 기존 음성통화와는 다른 방향에서 접근할 필요가 있다. 따라서 차후 MCPTT에 대한 요구기능 및 요구성능 등에 대한 논의도 중요한 이슈가 될 것으로 본다.

[참고자료]

[1] 행정안전부, '재난안전무선통신망 주요 요구기능 공고,' 제2011-76호, 2011년 3월

[2] R. Ferrús, 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

[3] X. Lin, and J. G. Andrews, 'An Overview of 3GPP Device-to-Device Proximity Services,' IEEE Communications Magazine, 2014

[4] 3GPP TS 22.278, '3rd Genration Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Service requirements for the Evolved Packet System(EPS),' Sept. 2014

[5] 3GPP TR 23.703, '3rd Genration Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on architecture enhancements to support Proximity-based Services(ProSe),' Feb. 2014

[6] 3GPP TR 22.897, '3rd Genration Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on Isolated Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network(E-UTRAN) Operation for Public Safety,' Feb. 2014

[7] 3GPP TR 23.768, '3rd Genration Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Group Communication System Enablers for LTE(GCSE_LTE),' June 2014

[8] 3GPP TS 22.468, '3rd Genration Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Group Communication System Enablers for LTE(GCSE_LTE),' Sept. 2014

[9] J. Song, and R. Phung, 'Emergency Group Call Over eMBMS,' in Proc. 16th International Conference