

# 응용서비스를 위한 IEEE 802.16

Application Service Technology over IEEE 802.16

김은경 (Eunkyung Kim)     모바일분산통신연구팀 선임연구원  
윤철식 (Chulsik Yoon)     모바일분산통신연구팀 책임연구원  
임광재 (Kwangjae Lim)     모바일응용통신연구팀 팀장

\* 본 연구는 방송통신위원회의 차세대통신네트워크원천기술개발사업의 연구결과로 수행되었음  
[KCA-2011-10913-04001].

광대역 통신 기술은 일반 사용자를 대상으로 고속의 데이터 전송 및 고품질의 음성통화와 영상통화 등을 포함하는 멀티미디어 서비스 제공을 위해 발전 중이다. 나아가 국민의 안전과 생명보호를 위한 공공안전 및 재난구조(PPDR, Public Protection and Disaster Relief)를 위한 범국가적 통신망과 원격 감시, 측정, 보고 및 제어 등을 위한 스마트그리드(smart grid) 및 M2M(Machine-to-Machine) 통신을 위한 광대역 통신망 구축이 기대된다. 본고에서는 공공안전 및 재난구조 통신과 M2M 통신 응용을 지원하는 광대역 무선접속 표준화 동향과 기술 개념을 살펴보고자 한다.

## 차세대통신기술 특집

- I. 서론
- II. IEEE 802.16 서비스 응용표준
- III. IEEE 802.16 서비스 응용기술
- IV. 결론

## I. 서론

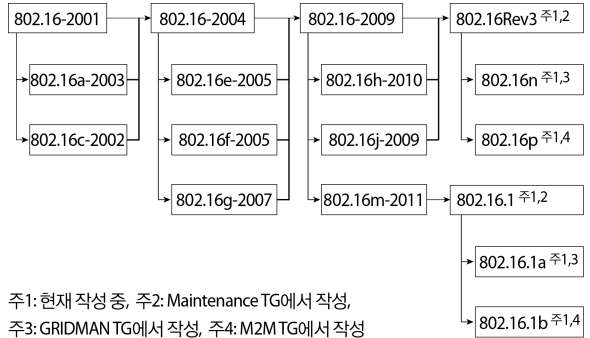
무선통신망은 고품질의 음성통화와 영상통화 제공에 더불어 현대사회의 밀집한 생활공간에서 정보의 정확한 공유와 영상데이터를 포함한 고속데이터 전송을 제공하도록 발전 중이다. 또한, 무선통신망은 일반 사용자 대상의 서비스에 국한되지 않고, 응용서비스 융합(convergence)을 통한 새로운 기술 패러다임의 변화에 적응적으로 발전 중이다. 무선통신망을 이용하는 대표적인 응용서비스는 국민의 안전과 생명 보호를 위한 공공안전 및 재난구조 통신과 효율적이고 안정된 항공관제 통신, 무선헤양 통신 및 군 통신 등이 있다. 또한, 무선통신망을 이용한 가정 내 계량기 및 유틸리티 업체 내 시스템 간 효율적인 실시간 통신을 포함하는 원격감시, 측정, 보고, 제어 및 관리 등의 응용서비스가 개발 중이다.

한편, 광대역 무선통신 기술은 고속 데이터 전송 및 고품질 음성통화와 영상통화 등을 포함하는 멀티미디어 서비스 제공을 위해 발전 중이다. 특히, 우리나라가 주도한 대표적인 광대역 통신 기술인 IEEE 802.16 WirelessMAN-Advanced 무선접속 표준기술은 2012년 1월 ITU-R에서 정식으로 차세대 이동통신 기술인 IMT-Advanced 기술로 승인받았다. 현재, IEEE 802.16 워킹그룹(WG)은 광대역 이동통신 표준기술 기반에서 공공안전 및 재난구조 통신 및 M2M 통신 지원을 위한 무선접속 기술 국제표준을 작성 중이다.

본고에서는 IEEE 802.16 워킹그룹 표준화 동향과 공공안전 및 재난구조와 M2M 서비스 지원을 위한 무선접속 표준기술을 중심으로 소개한다.

## II. IEEE 802.16 서비스 응용표준

(그림 1)은 IEEE 802.16 워킹그룹 표준규격이다. (그림 1)에 나타난 바와 같이, IEEE 802.16 워킹그룹 산하 태스크그룹(TG)에서는 PAR에 정의한 범위에 해당하는



(그림 1) IEEE 802.16 워킹그룹 표준규격

무선접속 표준규격을 작성한다. IEEE 802.16Rev3[1]와 IEEE 802.16.1[2] 표준규격은 Maintenance 태스크그룹에서 작성 중이다. IEEE 802.16Rev3는 IEEE 802.16-2009[3] 표준규격에 IEEE 802.16h-2010[4] 표준규격과 IEEE 802.16j-2009[5] 표준규격을 통합하는 규격이다. IEEE 802.16.1은 IEEE 802.16m-2011[6] 표준규격 내의 IEEE 802.16-2009 규격개정을 제외한 IMT-Advanced 기술만 포함하는 독립된 무선접속 표준규격이다.

한편, GRIDMAN 태스크그룹과 M2M 태스크그룹은 서비스 응용을 IEEE 802.16 시스템에서 지원하기 위해 결성된 태스크그룹이다. GRIDMAN 태스크그룹은 공공안전 및 재난구조를 위한 PPDR 응용서비스 제공을 위한 IEEE 802.16n와 IEEE 802.16.1a 규격을 작성 중이다. IEEE 802.16n은 IEEE 802.16Rev3와 호환을 보장하는 개정규격이며, IEEE 802.16.1a는 IEEE 802.16.1과의 호환을 보장하는 개정규격이다. M2M 태스크그룹은 M2M 응용서비스 제공을 위한 IEEE 802.16p, IEEE 802.16.1b 규격을 작성 중이다. IEEE 802.16n 및 IEEE 802.16.1a와 마찬가지로, IEEE 802.16p는 IEEE 802.16Rev3와 호환을 보장하는 개정규격이며, IEEE 802.16.1b는 IEEE 802.16.1과의 호환을 보장하는 개정규격이다. <표 1>은 GRIDMAN 태스크그룹과 M2M 태스크그룹의 표준화 일정이다. <표 1>에 나타난 바와 같이, IEEE 802.16n와 IEEE 802.16.1a는 2012년 2월 레터벨롯(LB)을 시작으로 2012년 7월 이후 스폰서벨롯

〈표 1〉 IEEE 802.16 서비스 응용 표준화 일정

	LB	SB	승인
IEEE 802.16n	2012년 2월	2012년 7월	2013년
IEEE 802.16.1a	2012년 2월	2012년 7월	2013년
IEEE 802.16p	2011년 10월	2012년 2월	2012년
IEEE 802.16.1b	2011년 10월	2012년 2월	2012년

(SB) 수행 후, 2013년 초 최종승인을 목표로 하고 있으며, IEEE 802.16p와 IEEE 802.16.1b는 2011년 10월 레터발췌를 시작으로 2012년 2월 이후 스폰서발췌 수행 후, 2012년 말 최종승인을 목표로 하고 있다.

## 1. IEEE 802.16 공공안전 및 재난구조 통신 표준화 동향

2010년 6월에 출범한 IEEE 802.16 GRIDMAN 태스크그룹은 IEEE 802.16 시스템에서 단말 간 직접 통신과 그룹 통신을 포함하는 통신망 신뢰성 보장 및 와해망에 대한 강건성을 통한 지속적인 서비스를 보장하기 위한 요구사항문서[7]를 작성하였다. 요구사항문서를 바탕으로 표준규격 초안(draft)[8],[9]을 작성 및 보완 중이다. 공공안전 및 재난구조 통신과 관련된 주요 요구사항은 다음을 포함하며, 기능별 기술논의는 다음 장에서 기술한다.

- 다수의 PPDR 응용 단말에게 향상된 멀티캐스트 기반의 PTT 서비스 보장
- 1홉, 2홉 링크 단말 간 직접 통신
- 단말 간 또는 단말과 기지국 간 단말의 중계
- 다중모드 단말의 기지국, 중계국 역할 대행
- 백홀링크 두절이나 불능 시, 기지국의 자가망 운용

## 2. IEEE 802.16 M2M 표준화 동향

2010년 10월에 출범한 IEEE 802.16 M2M 태스크그

룹은 IEEE 802.16 시스템에서 M2M 응용서비스 지원을 위한 요구사항문서[10]를 작성하였으며, 요구사항을 만족하는 무선접속규격을 개정 중이다. M2M 태스크그룹은 M2M 응용서비스의 요구사항을 만족하는 표준규격 초안[11],[12] 작성 및 보완 중이다. M2M 응용서비스를 위한 요구사항은 다음을 포함하며, 기능별 기술논의는 다음 장에서 기술한다.

- 좀 더 효율적인 전력절약 운용
- 통신망 부하를 최소화하는 적은 양의 데이터 전송
- 아주 많은 장치의 효율적인 개별/그룹별 제어
- 향상된 인증방식

## III. IEEE 802.16 서비스 응용기술

본 장에서는 IEEE 802.16 서비스응용 무선접속규격의 공공안전 및 재난구조 통신 기술과 M2M 통신 기술 지원방안을 중심으로 살펴본다.

### 1. IEEE 802.16 공공안전 및 재난구조 통신 기술

#### 가. 향상된 멀티캐스트 기반의 그룹 통신

공공안전 및 재난구조 통신을 위해서는 여러 사용자 단말에 동시에 같은 음성서비스 및 고화질의 영상 전송을 제공하여야 한다. 여러 사용자 단말에 동시에 같은 서비스 제공은 멀티캐스트 전송을 통해 효율적으로 제공할 수 있다. 〈표 2〉는 IEEE 802.16Rev3, IEEE 802.16.1, IEEE 802.16n 및 IEEE 802.16.1a에서 지원하는 멀티캐스트 운용 비교이다. 〈표 2〉에 나타난 바와 같이, IEEE 802.16Rev3나 IEEE 802.16.1 시스템은 멀티캐스트 기반 음성서비스와 단말의 이동성 지원에 제약이 따른다. 반면, IEEE 802.16n 및 IEEE 802.16.1a는 향상된 멀티캐스트 기반 그룹 통신 지원을 위해 멀티캐스트 그룹 존(multicast group zone)을 새로 도입하여, 멀

〈표 2〉 IEEE 802.16 멀티캐스트 운용비교

	802.16Rev3	802.16.1	802.16n	802.16.1a
주소체계	CID, Multicast CID	Multicast Group ID + FID	Multicast Group Zone + Multicast Group ID	Multicast Group Zone + Multicast Group ID + FID
자원할당	유니캐스트, 브로드캐스트	브로드캐스트	멀티캐스트	멀티캐스트
이동성	지원 안 함	지원 안 함	지원	지원
전력절약	지원 안 함	지원 안 함	지원	지원
암호화	지원	지원 안 함	지원	지원
음성지원 방법	유니캐스트	유니캐스트	유니캐스트, 멀티캐스트	유니캐스트, 멀티캐스트

티캐스트 특성을 반영한 멀티캐스트 특화 주소체계, 자원할당, 이동성 지원, 전력절약 및 공공안전 및 재난구조 통신에서 특히 강조되는 보안 지원을 위한 암호화를 제공한다.

멀티캐스트 그룹 존은 멀티캐스트 그룹 존 식별자(multicast group zone ID)에 의해 구별되는 서비스 영역으로 하나의 멀티캐스트 그룹 존에서 동일 그룹에 속한 사용자 단말은 동일 멀티캐스트 그룹(multicast group)에 속한다. 동일 그룹이 속하는 멀티캐스트 그룹은 멀티캐스트 그룹 존 내에서 유일한 식별자인 멀티캐스트 그룹 식별자(multicast group ID)로 구별되며, 멀티캐스트 그룹 존 내에서 변경 없이 사용된다. IEEE 802.16.1a는 IEEE 802.16.1 시스템과의 호환을 위해 추가로 멀티캐스트 그룹 내 서비스는 흐름 식별자(FID)를 통해 구별한다. 멀티캐스트 그룹 식별자 및 흐름 식별자 등의 서비스 흐름(service flow) 관련 정보는 사용자 단말이 서비스 흐름 설정 절차(DSA) 중 기지국이 단말에 부여한다. 멀티캐스트 그룹 존 내에서 이동 단말은 초기 데이터 생성 시 부여받은 흐름 식별자를 포함하는 흐름 관련 파라미터 갱신이 필요 없다. 그러나 단말이 멀티캐스트 그룹 존을 유행하는 경우, 연결상태

(connected state) 단말은 핸드오버(handover)를 유포 상태(idle state) 단말은 위치정보업데이트(location update)를 수행 중 서비스 흐름 관련 파라미터를 갱신한다.

동일한 서비스를 제공하는 멀티캐스트 그룹 내에서 하향링크 자원할당을 위해 멀티캐스트 특화 하향링크 채널(multicast DL-MAP)을 이용한다. 하향링크 채널은 멀티캐스트 전송 위치 및 특성을 정의한다. PTT 서비스에서 주로 이용되는 음성데이터는 간헐적으로 일정한 주기로 발생한다. 따라서 음성데이터 서비스의 특성을 반영하며, 단말 이동성과 전력절약 향상을 위해 멀티캐스트 특화 하향링크 채널에 할당주기(allocation period)와 할당타이머(lifetime)를 포함한다. 할당 주기는 할당되는 데이터 일정한 주기를 가리키며, 할당타이머는 할당 주기를 포함하는 데이터 전송특성이 지속해서 유지되는 시간을 가리킨다. 즉, 할당타이머가 만료되면, 하향링크 채널의 정보를 계속 유지하거나 변경 또는 해지할 수 있다. 추가로, 멀티캐스트 IEEE 802.16.1a에서 사용하는 하향링크 채널에 멀티캐스트 그룹 식별자를 통해 CRC masking을 수행하여, 하향링크 채널의 부하를 감소한다.

멀티캐스트 지시 주기(multicast indication cycle)를 통해 전력절약 운용모드 단말에게 지속적인 서비스 제공 및 하향링크 채널에 포함되는 할당 주기를 참조하여 데이터가 전송되는 시점에만 데이터 수신을 통해 단말기 사용 시간을 증가할 수 있다. 멀티캐스트 지시 주기는 멀티캐스트 지시 가능구간(multicast available interval)과 멀티캐스트 지시 불가구간(multicast unavailable interval)으로 구성된다. 멀티캐스트 지시 주기는 여러 프레임에 걸쳐서 반복되며, 첫 번째 프레임은 멀티캐스트 지시 가능구간으로, 나머지 프레임은 멀티캐스트 지시 불가구간으로 부여된다. 멀티캐스트 지시 가능구간에 기지국은 멀티캐스트 데이터 전송유무를 지시하여, 단말에게 전력절약 운용모드를 유지하면서 멀티캐스트 서비스 수신이 가능하게 한다.

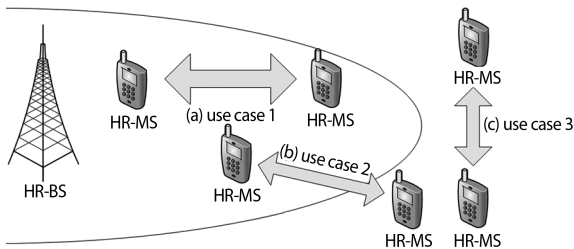
일반적으로 인터넷 상위 응용계층에서 사용하는 보안

과는 달리, 무선신호 특성에 대항하는 무선접속에 보안이 요구된다. 따라서, 멀티캐스트 그룹 사용자 단말 간 공유하는 키 및 암호키 분배절차가 정의되며, AES 암호화를 통해 무선전송구간의 멀티캐스트 보안을 제공한다. 멀티캐스트 그룹 내에서 공유되는 암호키 및 암호 방법은 멀티캐스트 그룹 존 내에서 유효 하며 멀티캐스트 그룹 준별로 관리된다.

추가로, 유니캐스트 기반 그룹 통신과 멀티캐스트 기반 그룹 통신 사이의 적절한 변경 및 변경 지연 감소가 필요하다. 또한, 피드백에 따른 자원활용과 피드백 없는 자원활용이 향상된 그룹 통신을 위해 요구된다.

#### 나. 단말 간 직접 통신

공공안전 및 재난구조 통신에서는 단말 간 직접 혹은 다른 단말기를 통한 데이터 송수신이 요구된다. 단말 간 직접 통신 운용은 기지국 운용과 독립적이며, 직접 통신에 참여하는 단말 간 동기를 맞추어, 공유하는 자원을 사용한다. (그림 2)는 IEEE 802.16 공공안전 및 재난구조 통신에서 직접 통신 사용 예이다. 사용 예 1(그림 2a)은 기지국 신호가 미치는 영역 내에 있는 두 단말기가 직접 통신을 수행하는 경우이며, 기지국 신호를 기준으로 단말 상호 간 동기화한다. 사용 예 2(그림 2b)는 기지국 신호가 미치는 영역 내외에 각각 있는 단말이 직접 통신을 수행하는 경우이며, 기지국 신호를 수신한 단말이 영역 밖에 있는 단말에 전파하여, 단말 상호 간 동기화한다. 사용 예 3(그림 2c)은 기지국 신호가 미치지 않는 영역에 위치한 두 단말기가 직접 통신을 수행하는 경우이며, 직접 통신 참여 단말 중 특정 단

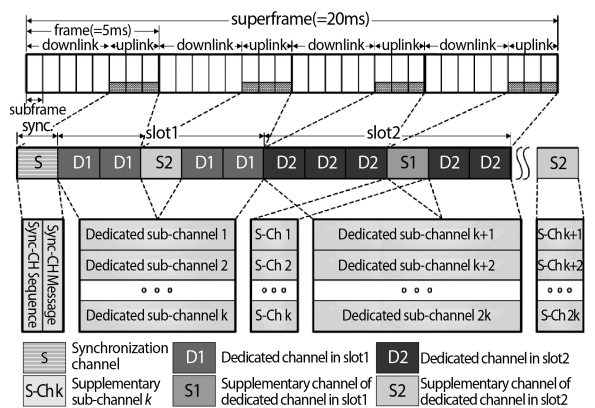


(그림 2) 직접통신 사용 예(Use case)

말이 기준시각을 전송하여 단말상호가 동기화한다.

단말 간 직접 통신을 수행하는 자원은 기지국이 사용하지 않는 자원으로 기지국 신호의 여부에 상관없이 구성된다. (그림 3)은 8개의 서브프레임이 5개의 하향링크 서브프레임과 3개의 상향링크 서브프레임으로 구성된 IEEE 802.16.1 시스템 프레임 내의 상향링크 자원 중 일부 PRU가 직접 통신용으로 할당된 프레임 및 프레임 내의 채널구조이다. (그림 3)에 나타난 바와 같이, IEEE 802.16.1 시스템 프레임은 일반적으로 8개의 서브프레임(subframe)이 하나의 프레임(frame, 5ms)을 구성하고 4개의 프레임이 하나의 슈퍼프레임(super-frame, 20ms)을 구성한다.

직접 통신프레임은 슈퍼프레임 단위로 반복되며, 동기채널(synchronization channel)과 2개의 슬롯(slot)으로 구성된다. 2개의 슬롯은 각각 전용채널(dedicated channel)과 보조채널(supplementary channel)로 구성된다. 동기채널은 직접 통신프레임 내의 첫 번째 서브프레임에 해당하는 PRU로 단말 간 상호동기화를 위해 사용된다. 동기채널은 동기시각을 전송하는 동기채널 프리앰블 부분(synchronization channel preamble part)과 동기시각 추가 정보를 전송하는 동기채널 메시지 부분(synchronization channel message part)으로 나뉜다. 직접 통신에 참여하는 단말은 동기채널을 공유하고, 동기 부분을 경쟁방식으로 획득하여 신호를 전송하는 분



(그림 3) 직접통신 프레임 및 채널구조

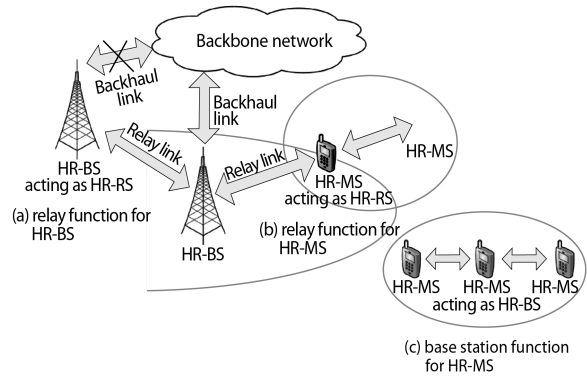
산방식 동기화를 수행한다. 한편, 각 슬롯은 트래픽을 전송하는 전용채널과 전송응답, 레인징, 채널상태 보고 등의 보조기능을 수행하는 보조채널로 구성된다. 슈퍼 프레임 내의 두 번째 프레임의 첫 번째 서브프레임은 슬롯2 보조채널로, 네 번째 프레임의 첫 번째 서브프레임은 슬롯1 보조채널로 할당된다. 동기채널과 보조채널을 제외한 나머지 서브프레임 중 첫 번째 두 프레임의 서브프레임은 슬롯1 전용채널, 나머지 두 프레임의 서브프레임은 슬롯2 전용채널로 할당된다. 추가로, 슬롯 내의 전용채널은 여러 전용 서브채널(dedicated sub-channel)로, 보조채널은 전용 서브채널과 같은 수의 보조 서브채널(supplementary sub-channel)로 나뉜다.

슬롯1의 전용 서브채널은 슬롯2의 보조 서브채널과 일대일 대응이고, 슬롯2의 전용서브채널은 슬롯1의 보조 서브채널과 일대일 대응관계이다. 동기채널을 사용하여 동기를 획득한 단말은 전용채널 및 보조채널에 전송되는 신호의 세기를 측정한다. 측정한 채널별 전송신호 세기가 특정 값 이하인 가용채널을 전용채널로 선택하여 신호를 전송한다. 신호를 수신한 단말은 신호가 전송된 전용채널을 점유하여, 연속적으로 데이터 전송에 사용한다. 데이터 패킷을 수신한 단말은 보조채널에서 응답신호를 전송하여, 송신 단말에게 데이터 전송의 성공 여부를 통보한다. 일정 시간 전용채널이 사용되지 않으면, 해당 전용채널은 가용채널로 변경된다.

추가로, 기지국 전송통신과 단말 간 통신으로 발생하는 간섭제어 및 단말 상호 간 효율적인 동기화, 직접 통신 자원활용의 극대화 및 기지국이나 상위 응용계층 도 움 없이 수행되는 인증절차 등이 향상된 단말 간 직접 통신 운용을 위해 요구된다.

#### 다. 기지국 및 단말의 다중모드 운용

기지국 백홀링크 두절이나 기지국 부재는 통신망 외해를 가져온다. 외해한 통신망의 강건성과 하부단말의 지속적인 서비스 제공은 기지국이나 단말의 다중모드 운용을 통해 가능하다. (그림 4)는 외해한 통신망에서



(그림 4) 다중모드 운용

다중모드 운용이다. 통신망 외해 원인에 따라 기지국이 백홀링크가 끊기면, (그림 4a)와 같이 기지국은 이웃 기지국과 중계링크를 설정하여 중계기 역할 수행(HR-BS acting as HR-RS)을 통해 서비스를 지속하거나 자가망(standalone network)을 구성한다. 그리고 음영지역 서비스를 위해 중계기 역할 수행이 가능한 단말은 (그림 4b)와 같이 상위기지국과 중계링크를 설정하여 중계기 역할 수행(HR-MS acting as HR-RS)을 통해 음영 지역 단말을 서비스한다. 한편 기지국 부재 시 기지국 역할 수행이 가능한 단말 중 특정단말이 (그림 4c)와 같이 기지국 역할수행(HR-MS acting as HR-BS)을 통해 자가망을 구성한다.

백홀링크가 끊긴 기지국이나 중계역할 수행을 위해 다중모드 운용이 가능한 단말은 백홀링크가 유효한 기지국과 다음의 과정을 통해 중계링크를 설정한다.

- 하향링크 탐색 및 동기화
- 상/하향링크 시스템 정보 수신 및 망 등록
- 중계운용을 위한 PHY/MAC 파라미터 수신 및 초기 중계링크 설정

백홀링크 통신이 가능한 기지국과 중계링크 설정이 불가능한 경우에는 자가망 운용으로 단말 간 로컬연결(local connectivity)을 제공한다. 특히, 기지국으로 운용 가능한 단말이 자가망을 운용 시, 동시에 두 단말 이상

이 기지국으로 운용하는 경우 간섭이 발생할 수 있다. 이러한 간섭을 줄이기 위해 자기망 운용을 시도하는 단말은 특정 시간 동안 기지국 신호를 수신하지 않는 경우, 기지국 운용을 위한 신호를 전송한다. 만약, 기지국 신호 전송 후 타 단말로부터 신호가 수신되면, 랜덤 백오프(random backoff)를 수행 후 기지국 신호 재전송으로 간섭을 회피한다.

중계링크가 설정된 기지국이나 단말은 상위기지국의 요청이나 배터리 잔량 등의 이유로 중계링크를 유지할 수 없는 경우, 중계링크를 해지한다. 백홀링크 외에도 중계링크를 설정/유지하는 기지국은 백홀링크가 복구되면 설정된 중계링크를 해지하고, 백홀링크를 이용하여 하부단말을 지속해서 서비스한다. 추가로, 다중모드 단말이 기지국이나 중계링크를 설정한 경우, 다른 다중모드 운용 가능 단말에 기지국이나 중계기 역할을 인수/인계할 수 있다.

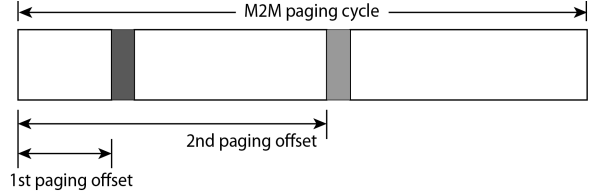
다중모드 단말은 기지국이나 중계기 역할수행 중에 단말의 본래 기능을 유지한다. 즉, 이웃 기지국 탐색이나 이동성 때문에 핸드오버 등을 수행한다.

추가로, 통신망 외해를 최소화 및 강건성 향상을 위한 외해대처 및 기지국 및 중계기 역할 수행 단말의 최적 선택, 역할 인수/인계의 최적화 및 단말의 이동성에 따른 이동 기지국 및 이동 중계기 운용 방법 등의 다중모드 운용이 요구된다.

## 2. IEEE 802.16 M2M 통신 기술

### 가. 향상된 전력절약

M2M 단말은 일반단말과 달리 상대적으로 긴 사용시간과 긴 주기로 통신망과 데이터를 교환이 요구된다. 따라서 IEEE 802.16 M2M 통신은 페이징 주기(paging cycle)를 10분 또는 1시간에서 최대 1일까지 연장할 수 있다. (그림 5)는 유휴상태 M2M 단말의 M2M 페이징 주기와 페이징 오프셋(paging offset)이다. 상대적으로 긴 페이징 주기는 페이징 방송(paging advertisement) 메시지 수신 실패를 가져온다. 수신 실패를 감소하기 위



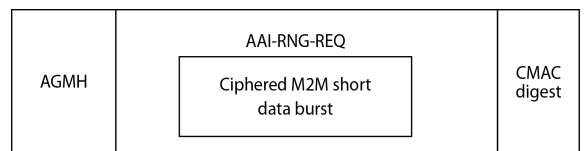
(그림 5) M2M 페이징 주기

해, M2M 페이징 주기 내에 주 페이징 오프셋(1st paging offset)에 추가로 부 페이징 오프셋(2nd paging offset)을 설정한다. M2M 단말은 설정된 2개의 페이징 오프셋 중 주 페이징 오프셋의 페이징 방송메시지를 우선 수신한다. 만약, M2M 단말이 페이징 방송메시지를 성공적으로 수신하지 못하면, 부 페이징 오프셋에 전송되는 페이징 방송메시지 수신한다.

### 나. 적은 양의 데이터 전송

IEEE 802.16.1에서는 상위계층 엔티티(entity)로 전송되는 적은 양의 데이터 전송은 L2 전송(AAI-L2-XFER)메시지를 통해 전송된다. 그러나 유휴상태 단말은 L2 전송메시지 송수신은 통신망 재진입 절차가 필요하다. 따라서 통신망 진입절차로 말미암은 전송지연을 줄이기 위해, 유휴상태 단말은 통신망 재진입 절차 과정을 생략하고 위치정보 업데이트 과정 중 적은 양의 데이터 전송을 제공한다. 즉, 단말이 전송할 때에는 적은 양의 데이터는 위치정보 업데이트 과정에서 전송하는 레인징 요청(AAI-RNG-REQ)메시지에 포함되어 전송한다. 반대로, 기지국이 전송할 때에는 페이징 방송메시지에 위치정보 업데이트 요청 후, 적은 양의 데이터를 레인징 응답(AAI-RNG-RSP)메시지에 포함되어 전송한다.

한편, 전송하고자 하는 적은 양의 데이터 전송에 압



(그림 6) 암호화된 적은 양의 데이터(short data burst)

호화가 요구되는 경우에는, M2M 단말은 (그림 6)과 같이, AES 암호화를 통해 레인징 요청메시지에 포함하여 적은 양의 데이터를 전송한다.

### 다. 다수 단말 제어

M2M 통신에서는 상대적으로 많은 M2M 단말의 효율적인 제어가 요구된다. 이를 위해, IEEE 802.16 M2M 통신에서는 한정된 단말 식별자(STID)를 여러 M2M 단말이 공유, 접근 클래스(access class) 단위의 분산된 통신망 접근, 대표(delegate) 단말 선택을 통한 차별화된 통신망 접근 및 멀티캐스트를 이용한 동시에 다수의 M2M 단말을 관리 및 제어한다.

IEEE 802.16.1 시스템에서는 하나의 기지국 내에 단말별로 유일한 단말 식별자를 할당한다. 그러나, 아주 많은 M2M 단말 제어를 위해 다수 M2M 단말에 동일한 단말 식별자를 할당할 수 있다. M2M 단말이 기지국의 등록과정 중 부여받은 단말 식별자 유효기간(STID valid periodicity)과 단말 식별자 유효오프셋(STID valid offset)을 이용한 다음 식을 통해 기지국과 상향링크 통신이 가능한 프레임이 결정된다.

$$[\text{프레임번호}] \% [\text{단말식별자 유효기간}] = [\text{단말식별자 유효오프셋}]$$

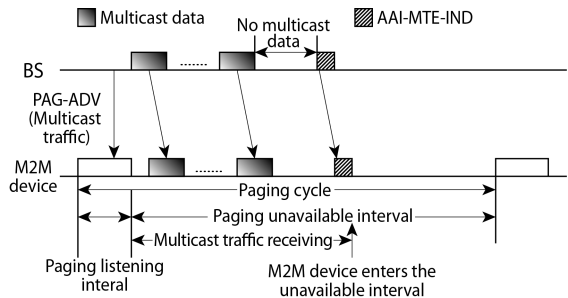
다수의 M2M 단말의 통신망 동시접근은 통신망 부하를 가져온다. 따라서 IEEE 802.16 M2M 통신에서는 접근 클래스로 나누어 다수의 M2M 단말 접속을 제어한다. <표 3>은 M2M 통신에서 정의하는 4개의 M2M 통신망 접근 클래스로, 통신망 부하 절감을 위해 클래스별로 통신망 접근을 관리한다. 또 다른 통신망 부하

<표 3> M2M통신망 접근 클래스

Field	Condition
Access class (i)	$0 \leq R \leq 3$
Access class (i+1)	$4 \leq R \leq 7$
Access class (i+2)	$8 \leq R \leq 11$
Access class (i+3)	$12 \leq R \leq 16$

절감을 위해, M2M 단말 중 특정 M2M 단말을 대표 M2M 단말로 선정하여, 대표 M2M 단말만 유희동작 중 통신망 접근을 허용한다. 추가로, 효율적인 M2M 단말의 접근클래스 분류 및 최적 대표 M2M 단말 선정방법이 요구된다.

다수 M2M 단말의 동시 제어는 멀티캐스트를 통해 가능하다. 공공안전 및 재난구조 통신에서 지원하는 멀티캐스트 서비스와 유사하게 멀티캐스트 그룹 존의 멀티캐스트 특화 주소체계 기반으로 서비스할 수 있다. 즉, 멀티캐스트 그룹 존은 멀티캐스트 그룹 식별자로 식별되며, 멀티캐스트 그룹 존 내에는 멀티캐스트 그룹 식별자를 통해 멀티캐스트 그룹을 식별한다. 그러나 M2M 통신에서는 하나의 M2M 단말이 동시에 2개 이상의 멀티캐스트 그룹 존에 등록하여 서비스 받을 수 있다. M2M 단말은 서비스 중인 2개 이상의 멀티캐스트 그룹 존을 효율적으로 관리하기 위해 멀티캐스트 그룹 존 식별자를 정렬하여 차례로 그룹 존 인덱스(group zone index)로 매핑한다. 따라서 M2M 단말이 멀티캐스트 그룹 존을 월경하거나 멀티캐스트 그룹 존 내에서 멀티캐스트 그룹 존 식별자 변경 시 M2M 단말은 멀티캐스트 그룹 존 식별자와 해당 그룹 존 인덱스도 갱신한다. M2M 단말은 일반단말과는 달리 상대적으로 더 긴 사용 시간과 적은 양의 데이터 전송이 요구된다. 따라서, M2M 단말은 일반적으로 유희상태이며, 유희상태를 유지하면서 M2M 단말에 멀티캐스트 서비스를 제공한다. (그림 7)은 M2M 단말의 유희상태를 유지하면서 멀티캐스트 서비스 제공방법이다. 페이징 방송메시



(그림 7) M2M 통신 멀티캐스트 전력절약



지에 멀티캐스트 데이터 전송의 시점(MTST)을 포함하여 M2M 단말 그룹에 전송하고, M2M 단말은 멀티캐스트 전송종료 지시(AAI-MTE-IND)메시지 수신 전까지 멀티캐스트 전송을 기대한다. 멀티캐스트 전송종료 지시메시지를 성공적으로 수신하면, M2M 단말은 이전 페이징 주기에 맞추어 유희모드 동작을 재개한다.

한편, 공공안전 및 재난구조 통신을 위한 표준과 유사한 무선접속보안을 멀티캐스트 그룹 내 M2M 단말에 제공한다. 무선접속 보안을 위해 멀티캐스트 그룹 M2M 단말 간 공유하는 키 및 암호키 분배절차에 따라, AES 암호화를 통해 무선전송구간의 멀티캐스트 보안을 제공한다. 멀티캐스트 그룹 내에서 공유되는 암호키 및 암호 방법은 멀티캐스트 그룹 존 내에서 유효하며 멀티캐스트 그룹 존별로 관리된다.

#### IV. 결론

본고에서는 차세대 이동통신시스템으로 승인받은 IEEE 802.16 WirelessMAN-Advanced 기반 무선접속 표준화 동향과 표준기술을 공공안전 및 재난구조를 위한 PPDR 응용과 M2M 응용서비스 지원을 중심으로 살펴해보았다. 우리나라가 우위를 확보한 차세대 이동통신 시스템 기반기술 못지않게 기반기술 활성화를 위한 응용서비스 발굴이 요구된다. 또한, 발굴한 응용서비스 제공을 위한 지속적인 표준화가 우위 확보와 개발 주도권을 확고히 할 수 있을 것이다.

#### 용어해설

**PPDR(Public Protection and Disaster Relief)** 공공안전과 재난구조에 사용되는 통신으로, ITU-R에서 정의하는 PP는 법과 질서 유지, 개인 생명 및 재산 보호와 긴급한 상황을 책임지는 기관에서 사용하는 전파 통신을 DR은 사고나 자연재해 또는 인간 활동으로 심각한 사회적 붕괴나 많은 사람의 생명, 건강, 재산, 환경에 큰 위협이 발생 시 이를 책임지는 기관에서 사용하는 통신을 의미함.

**PTT(Push-To-Talk)** 워키토키(walkie-talkie)로도 알려졌으며, 일종의 무전기 서비스로 버튼 하나만 누르면 한 사람이 말하고 여러 사람이 동시에 들을 수 있는 서비스

#### 약어 정리

AES	Advanced Encryption Standard
DSA	Dynamic Service Addition
GRIDMAN	Greater Reliability In Disrupted Metropolitan Area Networks
IMT	International Mobile Telecommunications
ITU-R	International Telecommunication Union Radiocommunication Sector
LB	Letter Ballot
M2M	Machine-to-Machine
MTE	Multicast Transmission End
MTST	Multicast Transmission Start Time
PAR	Project Authorization Request
PPC	Project Planning Committee
PPDR	Public Protection and Disaster Relief
PRU	Physical Resource Unit
PTT	Push-To-Talk
SB	Sponsor Ballot
STID	Station Identifier
TG	Task Group
WG	Work Group

#### 참고문헌

- [1] IEEE P802.16Rev3/D3 (Revision of IEEE Std 802.16-2009), "IEEE Draft Standard for Local and metropolitan area networks, Part 16: Air Interface for Broadband Wireless Access Systems," Nov. 2011.
- [2] IEEE P802.16.1/D3, "IEEE Draft for WirelessMAN-Advanced Air Interface for Broadband Wireless Access Systems," Nov. 2011.
- [3] IEEE Std. 802.16-2009 (Revision of IEEE Std

#### 용어해설

**AES(Advanced Encryption Standard)** MAC PDU 암호에 사용되는 표준기술로 NIST Special Publication 800-38C, 800-38A와 FIPS 197의 규격에 의해 암호화를 수행함.

**IMT-Advanced** ITU-R에서 요구한 셀당 최대속도 300Mbps/20MHz를 제공하는 차세대 이동통신시스템으로, ITU에 의해 2012년 1월 18일 LTE-Advanced와 IEEE 802.16 WirelessMAN-Advanced가 정식 승인됨.

- 802.16-2004), "IEEE Standard for Local metropolitan area networks; Part 16: Air Interface for Broadband Wireless Access Systems," May 2009.
- [3] IEEE Std. 802.16h-2010, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks; Part 16: Air Interface for Broadband Wireless Access systems; Amendment 2: Improved Coexistence Mechanisms for License-Exempt Operation," July 2010.
- [4] IEEE Std. 802.16j-2009, IEEE Standard for Local and metropolitan area networks; Part 16: Air Interface for Broadband Wireless Access systems; Amendment 1: Multiple Relay Specification, IEEE New York, June 2009.
- [5] IEEE Std. 802.16m-2011, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks; Part 16: Air Interface for Broadband Wireless Access systems; Amendment 3: Advanced Air Interface," May 2011.
- [6] IEEE 802.16-12-0132-00-Gdoc, "GRIDMAN System Requirements Document including SARM annex," Jan, 2012.
- [7] IEEE P802.16n/D1, "Air Interface for Broadband Wireless Access Systems - Draft Amendment: Higher Reliability Networks," Feb. 2012.
- [8] IEEE P802.16.1a/D1, "WirelessMAN-Advanced Air Interface for Broadband Wireless Access Systems - Draft Amendment: Higher Reliability Networks," Feb. 2012.
- [9] IEEE 802.16p-10/0004r3, "IEEE 802.16p Machine to Machine (M2M) System Requirement Document (SRD)," Sept. 2011.
- [10] IEEE P802.16p/D3, "DRAFT Amendment to IEEE Standard for Air Interface for Broadband Wireless Access Systems - Enhancements to Support Machine-to-Machine Applications," Jan. 2012.
- [12] IEEE P802.16.1b/D2, "DRAFT Amendment to IEEE Standard for WirelessMAN-Advanced Air Interface for Broadband Wireless Access Systems - Enhancements to Support Machine-to-Machine Applications," Jan. 2012.