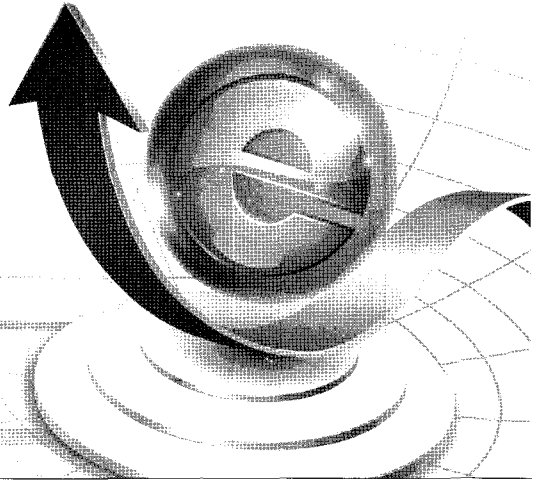


와이브로 기반의 공공안전재난통신 표준기술 동향

장성철 한국전자통신연구원

윤철식 한국전자통신연구원



1. 머리말

국민의 안전과 생명 보호를 위한 공공안전 및 재난 구조에서 경찰관 및 소방관 등의 특수임무 종사자간 효율적인 업무 진행과 국가 기관사이 업무 협력을 효율적으로 연계하기 위하여 범국가적인 통신 인프라의 구축이 국내에서 요구되어, 행정안전부 주도로 '재난안전 무선통신망 구축사업 계획'이 수립되어 추진 중이다[6][7]. 현대사회의 밀집된 생활공간에서 발생하는 재난·재해의 현장 정보를 빠르고 정확하게 공유하여 효율적으로 재난구조를 수행하기 위하여 영상전송을 포함한 고속데이터 전송이 요구된다[1][7]. 이런 요구사항을 반영하는 공공안전재난통신의 국제적인 표준기술을 와이브로(WiBro) 시스템을 중심으로 살펴본다.

공공안전재난통신의 대표적인 협대역 표준 기술은 유럽을 중심으로 120여 국가에서 사용하는 테트라(TETRA)기술과 미국을 중심으로 P25(Project 25)기술이다[5][9]. 다수 사용자 사이 그룹통화가 대표 서비스로 제공되고 반이중 통화방식으로 푸쉬투톡(Push To Talk, PTT)방식의 음성통화가 기본 서비스로 제공된다. 준광대역 통신방식의 데이터 전송을 위하여 384Kbps

속도까지 지원하는 테트라 R2 규격이 협대역 통신방식을 확장하는 방법으로 개발되었다.

한편, 일반인을 대상으로 단대단 연결 방식을 제공하는 이동통신기술은 광대역 통신기술을 사용하여 화상통화 및 고화질 영상 전송 서비스의 데이터를 고속으로 전송하도록 발전하였다. 와이브로 시스템 기술의 무선접속 국제규격을 작성하는 IEEE 표준 단체는 ITU-R이 요구한 IMT-Advanced 시스템의 최소요구 사항인 셀당 최대속도 300Mbps/20MHz을 제공하는 WirelessMAN-Advanced 시스템 무선접속규격을 개발했다. 이 광대역 통신 규격에 공공안전재난통신 기능을 추가하여 개정하는 국제적인 노력이 IEEE 802.16에서 진행 중이다[2][4].

본 고에서는 IEEE 802.16의 공공안전재난통신 관련 표준화 활동 동향과 무선접속 기술들의 개념을 최근 표준 활동을 중심으로 소개한다.

2. IEEE 802.16 공공안전재난통신 표준화 동향

IEEE 802.16 그리드만(Greater Reliability in Distrupted MAN, GRIDMAN, 이하 그리드만) 태스크

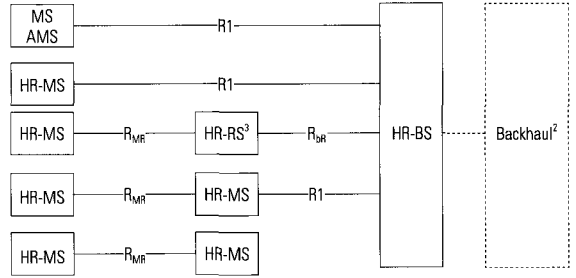
그룹(Task Group, TG)에서 IEEE Std 802.16 규격의 통신망 신뢰성을 향상시키기 위해 무선접속규격의 개정이 진행 중이다. 2010년 6월에 그리드만 태스크 그룹이 출범하였고, 공공안전재난통신의 요구사항인 단말기간 직접통신 기능의 추가와 통신망 신뢰성을 향상시키기 위한 시스템 요구사항 문서가 2010년 11월에 작성되었다. 이 요구사항들을 충족하는 기술들이 제안되어 2011년 3월부터 개정 워킹 문서(Amendment Working Document, AWD)가 작성되고 있다. 향후 일정은 2012년 1월까지 개정 워킹 문서를 기준 규격(Baseline Document)으로 승인하고, 레터 발롯(Letter Ballot, LB)과 스폰서 발롯(Sponsor Ballot, SB) 절차를 거쳐 표준규격으로 승인하는 절차가 2013년 초까지 완료되는 것이다.

IEEE 802.16 그리드만 시스템 요구사항 중에 공공안전재난통신 관련된 대표적 요구사항은 다음과 같고, 기능별 기술적인 논의는 다음 절에서 기술한다.

- 단말기 그룹의 사용자들에게 PTT 서비스를 제공하는 멀티캐스트 전송 기능
- 단일 링크 및 두 홉 링크 구성의 단말기 사이 직접 통신 기능
- 단말기 및 기지국의 다중 모드 동작 기능
- 백본망에 연결이 없는 기지국이 독자적으로 운용하는 독립망 운용 기능

그리드만 무선접속규격에서 제시하는 망 참조 모델은 [그림 1]과 같이 표현된다. 단말기(HR-MS)와 기지국(HR-BS) 사이 인터페이스는 기존 IEEE 802.16 규격의 정의개념과 동일하게 R1으로 정의하고, 단말기 사이 직접통신 인터페이스는 RMM으로 정의한다. 중계기(HR-RS)와 기지국의 인터페이스인 RBR과 중계기와 단말기의 인터페이스인 RMR이 정의된다.

그리드만 시스템 요구사항을 반영하여 무선접속 프로



[그림 1] IEEE 802.16 GRIDMAN 망 참조 모델

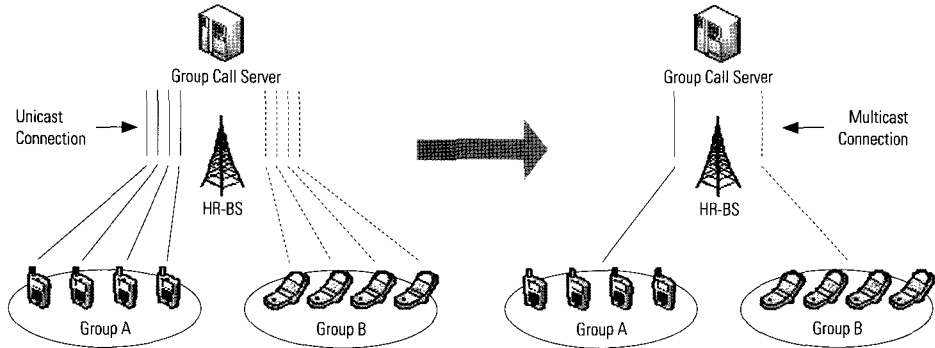
토콜 구조에서 무선자원 제어 및 관리(Radio Resource Control and Management, RRCM)에 ① 직접통신 관리 ② 독립망 관리 ③ 다중 모드 관리 ④ 포워딩 관리 ⑤ 개선된 멀티캐스트 관리 ⑥ 우선순위 접속 관리 ⑦ 경로 탐색 및 관리의 기능블록들이 추가된다.

3. IEEE 802.16 공공안전재난통신 기술

3.1 개선된 멀티캐스트 전송 기술

공공안전재난통신의 주요한 요구사항인 다수 사용자 그룹 통화기능을 셀룰러 이동통신망에서 제공하는 규격을 OMA(Open Mobile Alliance) 표준화 기구의 PoC(PIT Over Cellular) 워킹그룹에서 개발하고 있다. VoIP기술이 적용된 음성 패킷데이터를 PTT 방식으로 전송한다. 이를 지원하는 무선전송으로 단말기별로 연결을 제공하는 유니캐스트(Unicast) 전송방식(PoC V2.0)과 다수 단말기에 공통연결을 제공하는 멀티캐스트(Multicast) 전송방식(PoC V2.1)을 사용한다[13].

그리드만 시스템은 그룹 통화를 효율적으로 제공하기 위하여 개선된 멀티캐스트 기능을 효율적으로 제공하는 기술을 사용한다. [그림 2]는 멀티캐스트 전송을 사용하여 그룹호 서버에서 전송되는 데이터를 그룹의 사용자들에게 효율적으로 전송하는 예제를 나타낸다. 멀티캐스트 연결을 설정하는 과정은 단말기 개별로 수행되나, 음성 패킷의 전송은 기지국이 한번 전송하고, 이를 다수 개 단말기가 수신하는 방식으로 수행된다.



[그림 2] 그룹호를 지원하는 유니캐스트 전송(왼쪽) 및 멀티캐스트 전송(오른쪽)

멀티캐스트 그룹을 식별하기 위해 멀티캐스트 영역(Multicast Zone) 내 멀티캐스트 그룹 식별자(Multicast Group ID)를 정의하고, 이를 멀티캐스트 그룹에 할당한다. 멀티캐스트 영역은 멀티캐스트 그룹 식별자가 변경없이 사용되는 연속된 지역이다. 이 멀티캐스트 영역은 지역에 하나가 할당되고, 공공안전재난통신에서 사용하는 지역망의 영역에 해당한다. 멀티캐스트 사용자가 멀티캐스트 영역에 위치하면 서비스가 멀티캐스트 전송으로 제공되는 특징이 있다. 멀티캐스트 그룹의 사용자들에게 서비스 흐름(Service Flow)이 동일하게 할당되어 동일한 서비스가 제공된다. 서비스 흐름의 설정절차(Dynamic Service Addition)는 사용자별로 수행된다.

멀티캐스트 전송은 기지국이 할당된 자원 정보를 다수 사용자에게 전달하고, 이 사용자들이 개별적으로 할당자원의 패킷을 수신한다. 할당된 자원 정보는 '멀티캐스트 하향 할당 A-MAP IE'에서 저장되어 사용자들에게 전달된다. 이를 위하여 멀티캐스트 그룹 식별자가 포함된 CRC Mask 기법을 사용한다.

단말기 사용시간을 증가시키기 위하여 단말기는 휴식 모드(Idle Mode)에서 멀티캐스트 연결을 사용하여 멀티캐스트 패킷을 수신한다. 단말기가 멀티캐스트 전송 구간동안 수신동작을 허용하고, 패킷 수신구간 이외에는 단말기 소모 전력을 최소화하는 기능을 지원한다. 휴식 모드에서 멀티캐스트 패킷을 효율적으로 수신하기 위하여 멀티캐스트 그룹별 트래픽 알림자들을 특정 구간에서 전송한다. 휴식모드의 단말기는 트래픽 알림자가 없

는 경우에 다음 구간까지 소모 전력을 최소화한다.

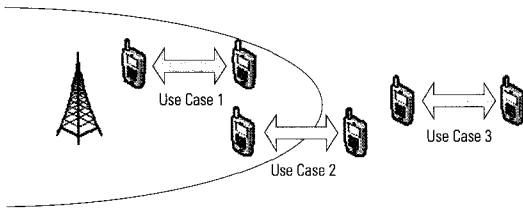
공공안전재난통신은 국가기관이 사용하므로 멀티캐스트 전송에서 서비스의 보안의 중요성이 강조된다. 일반적으로 인터넷 상위 응용계층에서 적용되는 보안과는 달리 무선신호가 공개된 특성에 대항하는 무선접속에서 보안이 요구된다. 개선된 멀티캐스트 전송 기능에서 멀티캐스트 암호화 키 구조 및 암호화 키 분배절차에 대하여 정의하고, AES 방식의 암호화를 사용하여 무선전송구간에서 보안을 제공한다. 암호화 키 및 암호 방법은 멀티캐스트 영역의 기지국 사이 변경되지 않고 연속적으로 사용한다.

3.2 단말기 직접통신 기술

단말기 직접통신은 특정지역에서 인접한 단말기사이 통신을 제공하고, 이는 기지국의 운용과 독립적이다. 이 직접통신은 기지국과 단말기사이의 인프라통신이 사용하는 주파수를 공유하여 사용한다. 인프라통신에 참여하는 기지국 및 단말기와 직접통신에 참여하는 단말기들이 시간영역 및 주파수영역에서 분할하여 자원을 사용한다. 따라서 직접통신이 인프라통신용 광대역 무선특성을 공유하므로 전파처리를 위한 하드웨어를 변경이 없으나, 인프라통신의 송신 신호가 직접통신의 간섭으로 영향을 미친다.

단말기 직접통신을 사용하는 경우는 [그림 3]과 같이 세 가지로 구성된다. 사용 경우(Use Case) 1은 기지국 신호가 전파되는 범위 내에 단말기들이 위치하고,

이 단말기들이 기지국 신호를 수신하여 프레임 동기를 획득한다. 사용 경우 2는 기지국 신호 범위의 내외에 단말기들이 위치하고, 이 범위 내에 위치한 단말기가 수신한 기지국 신호의 동기시각을 이 범위 밖에 위치한 단말기에게 전파한다. 직접통신에 참여하는 단말기가 기지국이 전송하는 프레임 시각에 동기화되므로 기지국신호가 직접통신에 미치는 영향이 감소된다. 사용 경우 3은 단말기가 기지국 신호 범위밖에 위치하고, 특정 단말기가 기준시각을 전송하고 이 시각에 단말기들이 동기를 맞춘다.

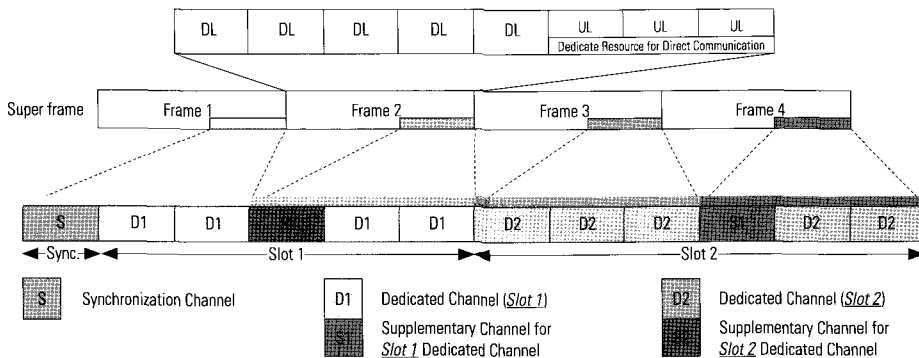


[그림 3] 직접통신을 사용하는 3가지 경우

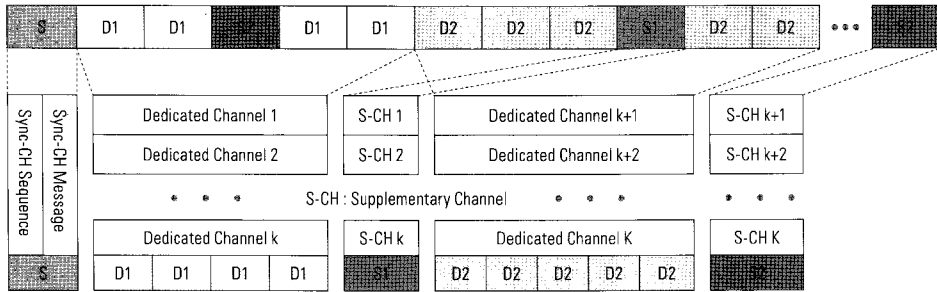
직접통신에 참여하는 단말기가 사용하는 시간 및 주파수 영역의 자원은 기지국이 사용하지 않고, 이 자원은 기지국의 유무에 상관없이 동일하게 구성된다. [그림 4]는 5:3 TDD 인프라통신의 상향 자원 중 일부 자원이 직접통신용으로 할당되고 이 자원에서 직접통신 프레임의 구성을 나타낸다. 슈퍼프레임 단위로 4개 상향 자원으로 직접통신 프레임이 구성된다. 직접통신 프레임은 동기부분과 두 개의 슬롯부분으로 구성된다. 동

기부분은 동기시각을 전송하는 프리앰블 부분과 동기시각관련 정보를 전송하는 메시지 부분으로 형성된 동기채널(Synchronization Channel)이 위치한다. 다수 개 단말기가 동기채널을 공유하고, 동기부분을 경쟁방식으로 획득한 단말기가 신호를 전송하는 분산방식 동기방안을 사용한다. 각 슬롯은 트래픽을 전송하는 전용채널(Dedicated Channel)의 자원과 전송응답 등의 보조기능을 수행하는 보조채널(Supplementary Channel)의 자원으로 구성된다. 슬롯 1의 전용채널은 슬롯 2의 보조채널과 일대일 대응관계이고, 슬롯 2의 전용채널은 슬롯 1의 보조채널과 일대일 대응관계인 특징이 있다.

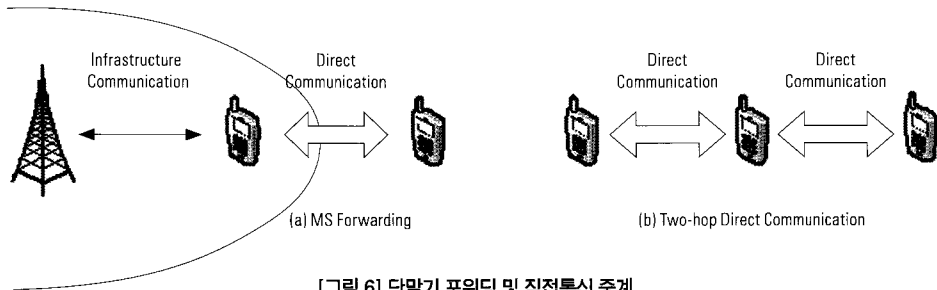
직접통신은 동기채널, 전용채널, 보조채널을 사용한다. [그림 5]는 채널별 구성을 나타내며, 각 슬롯별로 다수 개 전용채널의 구성을 나타낸다. 보조채널은 전용채널의 개수와 동일하게 구성되고, 전용채널과 일대일 대응관계를 갖는다. 동기채널을 사용하여 동기를 획득한 단말기는 전용채널 및 보조채널의 신호크기를 측정한다. 측정된 채널별 신호크기가 일정 값 이하인 전용채널이 가용채널이고, 단말기는 가용 채널 중 하나를 선택하여 신호를 전송한다. 신호에 대한 응답을 수신한 전용채널은 단말기가 점유하여 연속적으로 데이터 패킷을 전송하는 방식으로 사용한다. 데이터 패킷을 수신한 단말기는 보조채널에서 응답신호를 전송하여 송신



[그림 4] 직접통신 자원 및 직접통신 프레임 구성



[그림 5] 직접통신 프레임 내 채널 구성



[그림 6] 단말기 포워딩 및 직접통신 중계

단말기에게 성공적인 수신을 알린다. 송신단말기가 점유한 전용채널에 패킷을 전송하지 않으면, 이 전용채널이 해제되고 이후 다른 단말기가 전용채널을 경쟁방식으로 사용한다. 전용채널은 데이터 전송기능에 동기 데이터 전송 기능 및 오류 데이터 재전송 기능이 추가된다. 보조채널은 수신응답기능에 무선채널상태보고(CQI Report)와 주기적 동기신호 전송 등의 기능이 추가된다.

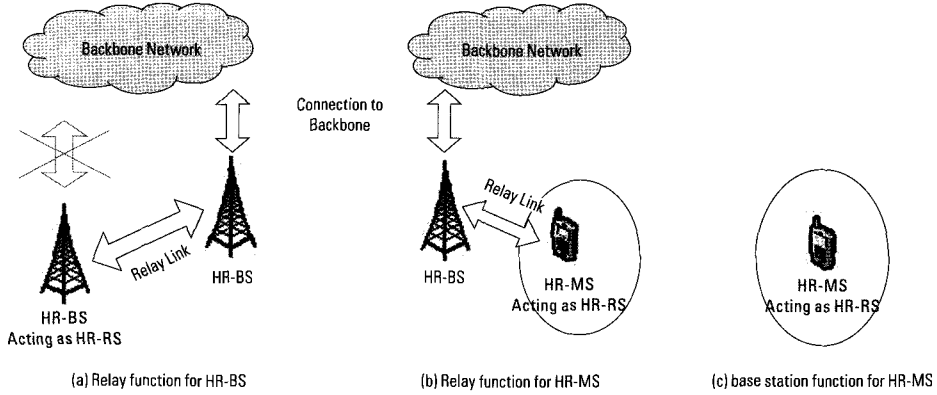
직접통신의 사용자 구성은 사용자 2명이 참여하는 일대일 통신방식 구성과 사용자 2명 이상이 참여하는 일대다 통신방식 구성으로 나뉜다. [그림 3]에 나타난 사용자 구성은 유니캐스트 전송방식을 사용하는 일대일 통신방식의 구성이다. 인접한 다수 사용자의 그룹통화는 일대다 통신방식의 멀티캐스트 전송방식을 사용한다. 멀티캐스트 전송방식 직접통신은 송신단말기가 데이터를 한번 전송하고 다수 단말기가 이 데이터를 수신하는 전송방식이다.

단말기가 인프라통신 인터페이스로 기지국과 통신하고 직접통신 인터페이스로 타 단말기로 통신하여 데이터를 중계하는 기능이 단말기 포워딩 기능이고, [그림 6] (a)는 단말기 포워딩 기능의 기지국 및 단말기 구성을 나타낸다. 단말기 포워딩 기능은 기지국 서비스 영역밖에 위치한 단말기가 기지국과 데이터를 교환하는 목적이다. [그림 6] (b)에서 직접통신의 2개 링크에서 데이터를 전송하는 직접통신 단말기들의 구성을 나타낸다. 중간단말기는 2개 직접통신 인터페이스를 가지고, 2개 인터페이스에서 패킷을 중계한다.

림 6] (a)는 단말기 포워딩 기능의 기지국 및 단말기 구성을 나타낸다. 단말기 포워딩 기능은 기지국 서비스 영역밖에 위치한 단말기가 기지국과 데이터를 교환하는 목적이다. [그림 6] (b)에서 직접통신의 2개 링크에서 데이터를 전송하는 직접통신 단말기들의 구성을 나타낸다. 중간단말기는 2개 직접통신 인터페이스를 가지고, 2개 인터페이스에서 패킷을 중계한다.

3.3 멀티모드 기술

통신망을 구성하는 통신장치의 기능을 망 상황 변화에 따라 변경하여 통신을 효율적으로 지속하는 기술이다. 이 기술은 기지국이 중계기 기능을 수행하는 기술, 단말기가 중계기 기능을 수행하는 기술, 단말기가 기지국 기능을 수행하는 기술로 구성된다. [그림 7] (a)와 같이 기지국이 백본 연결을 손실하여 망에 접속하지 못하는 기지국은 중계기 기능을 수행하여 인접 기지국으로 중계링크를 설정하고 단말기들에게 지속적으로 서비스를 제공한다. (b)와 같이 기지국의 음영지역에서 서비스 영역을 확장하여 제공하기 위하여 단말기가 중계기 기능을 수행하여 음영지역에 서비스를 제공하는 구



[그림 4] 기지국 및 단말기의 멀티모드 기술

성을 나타낸다. (c)와 같이 단말기가 기지국 기능을 수행하여 일정 영역에서 통신서비스를 제공한다.

단말기가 중계기 기능을 수행하기 위해 기지국에 등록된 단말기에게 중계기 및 중계기 링크 설정절차가 수행된다. 기지국이 중계기 기능을 수행하기 위하여 기지국을 인접 기지국에 중계기로 등록하는 절차는 다음과 같이 수행한다.

- 인접 기지국 신호 탐색 및 프레임 시카에 동기 획득
- 망 등록 절차 수행
- 중계기 및 중계기 링크 설정 절차 수행

4. 맺음말

본 고에서는 IEEE 802.16 광대역 통신 시스템에 공공안전재난통신 기능을 추가하는 표준화 동향과 표준 기술들을 살펴보았다. 국내에서 재난안전통신망의 통신방식 기술검증 결과에서 와이브로 기술이 적합한 것으로 판정받았고, 향후 국내 재난안전통신망의 통신방식을 결정하고 시스템을 구축하는 절차가 예상된다. 국내 재난통신 시스템에 표준화된 광대역 재난통신 기술을 적용하고, 본 기고에서 살펴본 표준기술들을 재난안전통신망 구축에 적용하여 망 생존성 및 망 복구기능을 향상시킬 필요가 있다.

[참고문헌]

- [1] 김원익, '재난안전무선통신망 구축 현황 및 전망, 전자통신동향분석 제26권 제3호, 2011년 6월.
- [2] 김성경, 'WiBro 기반의 광대역 공공안전재난통신기술 및 표준화 동향,' 한국통신학회지 27권6호, 2010년 6월.
- [3] 김기영, '차세대 이동통신(3GPP LTE) 재난 통신 기술 및 표준,' TTA Journal No.131, 2010년 9월.
- [4] 손중제, 'WiMAX 기반 재난통신 기술 및 표준 현황,' TTA Journal No.131, 2010년9월.
- [5] 홍영삼, '해의 재난통신망 구축 현황과 재난통신 기술 및 표준 동향,' TTA Journal No.131, 2010년 9월.
- [6] 정안석, '국가통합지휘무선통신망 구축 현황 및 계획,' TTA Journal No.131, 2010년 9월.
- [7] 행정안전부, '재난안전무선통신망 주요 요구기능 공고(행정안전부 공고 제2011-76호),' 2011년 3월 4일.
- [8] 김사혁, '재난안전지휘무선망 구축 방안 연구: TETRA, WiBro, iDEN 을 중심으로,' 방송통신정책, 제22권 8호 통권484호, 2010년 5월 1일.
- [9] 이순화, '해의 재난안전무선통신망 구축 및 운영 동향,' 주간기술동향 1520호, 2011년11월 4일.
- [10] 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, 6 May, 2011.
- [11] IEEE 802.16 WG, 'IEEE 802.16n-10/0048r3, 802.16n System Requirements Documnet including SARM annex,' 2011년 7월.
- [12] IEEE 802.16 TGn, 'IEEE 802.16n-11/0025, P802.16.1a Draft AWD,' 2011년 10월.
- [13] OMA PTT WG, 'OMA Push to talk Over Cellular V2.1,' August 2, 2011.