

# WiBro 기반의 광대역 공공안전재난통신기술 및 표준화 동향

김성경 | 김원익 | 김현재 | 장성철 | 이현 | 윤철식

한국전자통신연구원

## 요약

본 기고에서는 우리나라의 공공안전재난통신기술 시스템에 대한 소개와 국내외 표준 기술에 대한 분석 및 표준화 동향에 대한 내용을 다룬다. 또한, 기존의 협대역 공공안전재난통신 기술에 대한 한계점을 이해하고, WiBro기반의 광대역 공공안전재난통신시스템 개발의 필요성에 대해 알아본다.

과 복구를 위해 영상을 포함한 고속의 데이터 서비스에 대한 기대가 증가되고 있다. 이와 관련하여, 우리 나라를 포함한 여러 국제 표준단체에서는 기존의 협대역용 공공안전재난통신시스템의 한계점을 인식하고 새로운 광대역용 공공안전재난통신 시스템 개발을 유도하고 있다. 본 기고에서는 공공안전재난통신에 대한 표준기술들을 비교하고 국내외 표준화 동향을 살펴본 뒤, 광대역 기반의 공공안전재난통신 기술로서 중요하게 다뤄질 것으로 예상되는 기술 내용들을 제시하고자 한다.

## I. 서론

최근 증가하고 있는 재난 및 테러 등과 같은 국가재난상황에 미리 대비하기 위하여 국가의 공공안전, 재난구조 및 방재통신을 위한 체계적인 국가 통합망 기술개발 및 인프라 구축의 필요성이 국내외적으로 대두되고 있다. 우리나라의 경우 재난이나 비상상황 발생시 신속하고 일사불란한 구조 지원체계를 제공하기 위하여 2003년에 처음으로 유럽의 TETRA(Terrestrial Trunked Radio) 기술을 국가통합지휘 무선통신망 기술로 선정하며 있다[1]. 그런데, 최근 사회 문화의 발전과 더불어, 국가 공공안전에 대한 국민들의 기대 수준이 높아지고 있다. 특히, 재난 시 국가의 주도적인 역할이 요구되는 현대사회에서는 빠르고 정확한 재난 상황의 파악

## II. 표준기술 및 표준화 동향

### 2.1 공공안전재난 무선통신 표준기술

공공안전재난 무선통신기술은 전세계적으로 UHF, VHF, 아날로그 TRS(Trunked Radio System)를 거쳐 협대역 및 준 광대역 디지털 지상무선통신(Land Mobile Radio) 기술로 진화되어 왔다. 최근 공공안전재난 분야에서의 멀티미디어 서비스 수요가 증가함에 따라 향후 협대역 지상무선통신 기술들은 점차 광대역 공공안전재난 무선통신기술로 진화할 것으로 예상된다. 현재 공공안전재난용으로 활발히 사용되고 있는 디지털 지상무선통신 기술은 TETRA, iDEN, APCO-P25 등과 같은 주파수공용무선통신(TRS; Trunked Radio

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음.  
[10035156, WiBro 기반 차세대 국가통합망 무선접속기술 연구]

System)들이 있으며, 향후 광대역 공공안전재난 무선통신의 대안으로 떠오르는 기술로 WiBro와 3GPP LTE의 응용시스템이 있다. 특히, IEEE 802.16n (Greater Reliability Networks) TG(Task Group)에서는 WiBro 기술을 근간으로 한 광대역 공공안전재난통신 무선접속표준을 제정하기 위한 노력이 진행되고 있다. 또한, 국내에서는 기존 상용 WiBro 시스템에 비표준기반으로 PIT(Push-To-Talk)와 같은 그룹음성통신 기능을 추가하여 공공안전재난통신망으로 활용하는 방안도 고려되고 있다. 아래 <표 1>은 상기 언급한 공공안전재난 무선통신망에 대한 대안 기술들을 기술의 특징 및 성능에 따라 비교를 한 것이다.

▶ 협대역 및 준광대역 디지털 지상무선통신기술

협대역 및 준광대역 디지털 지상무선통신기술로는 주로 디지털 TRS 계열의 표준들이 사용되어 왔으며 이들은 공공안전재난 무선통신시스템으로서의 역할을 수행해 왔다. 유럽통신표준기구(ETSI; European Telecommunications Standards Institute)에서는 2000년부터 TETRA (TErestrial Trunked RAdio)라는 이름으로 공공안전재난 무선통신시스

템 표준 기술을 개발하였고, 이후 데이터 전송속도 향상 및 시스템 기능 향상을 위한 준광대역 무선접속 표준기술인 TETRA Release-2를 개발하여 2007년도에 완성하였다. TETRA는 아날로그 TRS에 비해 주파수 자원 사용효율성을 높였으며, 도청 방지 및 단말간 직접통신, 그룹통신 등 공공안전재난 서비스에 특화된 기능을 제공하고 있다. 특히 TETRA는 단말간 직접통화가 가능한 DMO(Direct Mode Operation) 기능을 지원하기 때문에 인프라가 파괴되거나 인프라에 접근할 수 없는 상황이 발생하였을 경우 신속한 자가 망 구성을 통해 긴급상황 대처가 가능하다는 장점이 있다.

TETRA가 ETSI 표준을 반영한 기술인 반면에 iDEN은 미국 모토로라사의 자체 기술로 개발한 비개방형 TRS 기술로서 두 방식은 무선접속방식 측면에서 상호 기술적 유사도가 높다. iDEN은 GSM(Global System for Mobile communications)에 기반을 두었기 때문에 평시에는 업무용으로 사용하고, 재난시에는 공공안전재난 지휘통제용으로 활용 가능한 장점이 있으나, 재난 대응성 측면에서 TETRA보다는 다소 떨어지는 단점이 있다. 또한, iDEN은 타 TRS 기술을 사용

하는 기관 또는 사용자간 정보공유 측면에서 한계성이 존재하며, 특정업체에 종속된 비개방형 표준인 점을 감안하였을 때 망 확정성 및 호환성 제공에 걸림돌이 될 것으로 예상된다. 미국 통신산업 협회(TIA; Telecommunications Industry Association)에서는 국가재난무선통신망용 디지털 무전기 제품 제조에 대한 표준(Project 25 (P25))을 개발하였으며, 공공안전통신 협의체인 APCO (Association of Public-Safety Communications Officials)에서 디지털 TRS 시스템 표준으로 APCO-P25 방식을 선정하였고, 2007년에 P25 Phase 2에 대한 규격을 결정하였다[2].

<표 1> 공공안전재난 무선통신 대안 기술 비교

구분	Digital TRS		4G 이동통신 응용시스템			
	TETRA	iDEN	LTE	WiBro		
				WiBro 셀룰러	WiBro 기반 신뢰성 강화 시스템	
기술 개요	관련국제 표준단체	ETSI	기업표준 (모토로라)	3GPP	IEEE 802.16e/m	IEEE 802.16n
	특징	개방형 TRS	비개방형 TRS	광대역 이동 통신망	IP기반 광대역 무선망	특수임무 기능 강화 IP기반 광대역 무선망
	상용 가능시기	현재 가능	현재 가능	> 5년	> 2년 (그룹음성통신 기능 적용)	> 3년 (국제표준규격 완성고려)
재난 통신특성	망 생존성	보통 (DMO 지원)	낮음	낮음 (기지국 파손시 서비스 사용 불가)	높음 (SON/DMO/Relay 지원)	높음 (SON/DMO/Relay 지원)
	무선자원 효율성	보통	보통	보통 (셀 설계기준에 따라 상이)	높음 (Group Call 지원)	높음 (Group Call 지원)
	서비스 가용성	보통 (ISI 구현 필요)		보통 (기지국 파손시 서비스 사용 불가)	높음	높음

### ▶ 광대역 지상무선통신 대안기술

WiMAX/WiBro와 3GPP LTE의 4세대 이동통신 기술은 기본적으로 ITU-R의 IMT-2000 요구사항을 반영하여 표준기술 규격을 개발하였으며, 상호 기술적 유사도가 매우 유사한 경쟁관계에 있는 기술들이라 할 수 있다. 공공안전재난통신 관점에서 보면 3GPP는 현재 재난관련 기능 개발이 부재한 반면, WiBro 기술의 경우 2010년부터 IEEE 802.16n(GRID MAN)을 통해 무선접속규격에 대한 표준화를 이미 시작하고 있는 단계이므로 3GPP LTE에 비해 표준화 진행 속도가 앞서고 있다. 국내에서는 WiBro 사업자들이 WiBro 시스템에 비표준기반으로 PTT(Push-To-Talk) 기능을 구현하여 국내 공군비행단 정비통제용 무선네트워크로 시범 적용한 사례가 있다. 반면 3GPP LTE 기술은 재난대응 측면보다는 통신사업자의 신규비즈니스 발굴에 용이한 구조로 표준이 진행되고 있기 때문에 공공안전재난통신이 요구하는 기능요건 반영이 어려운 측면도 있다.

## 2.2 국제 표준화 동향

### ▶ MESA

MESA(Mobility for Emergency and Safety Applications)는 공공안전 및 특수임무용 무선통신 수단을 효과적으로 상호 운용하기 위해 고도화된 통신 인프라 구축 및 단일화된 국제표준 탄생의 필요성이 대두됨에 따라 유럽의 ETSI와 미국의 TIA의 국제적 파트너십에 의해 2000년 5월에 창설되었다 [3]. MESA는 공공안전 및 재난복구를 위한 광대역 이동통신 기술규격 개발을 목표로 하고 있다. 이에 따라 MESA에서는 4세대 공공안전재난통신에 대한 표준을 제정하고자 실현 가능한 기술들을 검토해오고 있으며, 시스템 요구사항 문서를 만족시키기 위하여 현재 및 미래 통신기술들을 통합하는 구조로 연구를 수행하고 있다. 특히, 2~3세대의 협대역 및 준광대역 지상무선통신 표준기술뿐만 아니라 고속 데이터 전송을 보장할 수 있는 3GPP LTE 및 WiBro(IEEE 802.16e)와 같은 광대역 이동통신 표준을 수용하여 상호 운용할 것으로 예상된다.

MESA 표준화 회의는 매년 두 번씩 유럽과 북미 지역에서 번갈아 개최되고 있으며, 현재 18차 회의까지 진행되었다. MESA에서의 표준화 작업은 User에 의한 요구사항 명세서(Statement of Requirement, SoR) 및 시나리오 작성,

Regulator에 의한 주파수 할당, Industry에 의한 규격 작성, Partner에 의한 규격 표준화로 이루어 진다. 현재까지 User에 의한 SoR 및 System/Network Architecture 등의 작업이 완료되었으며, 지난 17차 회의를 기점으로 Technical System Specification 진행 전단계인 Functional Requirement에 대한 논의가 마무리되었다. 그러나 2008년 3월 이후로 유럽과 미국의 700MHz 광대역 PPDR(Public Safety & Disaster Relief) 주파수 정책 이슈로 인하여 MESA 표준 연구활동이 지연되고 있다. 현재까지 MESA에는 3GPP LTE 관련 업체들이 주를 이뤄 진행해오고 있으나, 향후 Technical System Specification 작업이 진행되는 시점부터는 WiMAX 관련 업체들도 같이 공조할 것으로 전망된다.

### ▶ ETSI

유럽통신표준기구(ETSI)에서는 협대역 지상무선통신시스템의 기능향상을 위하여 2007년 TETRA Release2 시스템에 대한 국제표준규격을 완성하였으며 음성 서비스의 품질을 개선하기 위한 연구를 수행 중에 있다. 또한 ETSI에서는 기존 협대역 공공안전재난통신망이 새로운 통신수단(NGN, VoIP)으로 대체될 것으로 전망하고 이에 대한 기술개발과 서비스 도입을 추진 중에 있다[1].

특히, ETSI TETRA Association에서는 현재 공공 안전 부문 및 사설 무선통신 사용자를 위한 혁신적인 디지털 어플리케이션을 지원할 수 있는 광대역 지상무선통신 플랫폼 연구를 수행 중에 있으며, 현재 광대역 지상무선통신의 무선 인터페이스에 대한 대상기술로는 4세대 이동통신기술 도입을 검토 중에 있다. 또한 ETSI에서는 차세대 광대역 지상무선통신망 개발에 대한 인식전환과 국제단일표준에 대한 공감대 형성에 따라 2000년부터 미국 TIA와 공동으로 MESA를 통해 연구개발 중에 있다.

### ▶ TIA

미국 TIA에서는 광대역 재난무선통신망의 연구/개발을 위하여 APCO, ITS(Institute of Telecommunication Science), NPSTC(National Public Safety Technical Council)등과 함께 4.940 GHz~4.990 GHz 대역에서의 광대역 PPDR 통신방식을 연구 중에 있으며, MESA를 통해 유럽 ETSI와의 단일 국제표준을 목표로 공공안전재난용의 차세대 광대역 지상무

선통신 연구를 수행하고 있다[1].

▶ IEEE 802.16 GRIDMAN SG (IEEE 802.16n TG)

IEEE 802.16 GRIDMAN(Greater Reliability Networks)은 WiBro 기반의 차세대 광대역 지상무선통신을 위해 보다 진보된 무선접속(Advanced Air Interface) 기술 표준규격 개발을 목적으로 하는 IEEE 802.16 WG (Working Group)의 연구그룹(Study Group)이다. IEEE 802.16 GRIDMAN SG는 기존 공공안전재난통신으로 주로 활용되는 디지털 지상무선통신의 공공안전재난서비스의 기능적 특성과 WiBro 광대역 이동통신시스템의 성능적 특성의 융합을 목표로 하고 있다. 특히, 기존 IEEE 802.16 규격의 광대역 특성에 접속성, 강건성, 적응성 등의 규격 개선을 통하여 공공안전재난 및 특수임무 영역에의 활용을 위한 규격 표준화가 진행될 것이다. 2008년 11월부터 시작된 IEEE 802.16 GRIDMAN SG는 현재까지 활용 모델(Usage Model)과 기본 요구사항들을 정리하였으며, 2010년 3월과 5월에 각각 EC(Executive Committee)와 SB(Standard Board)의 승인을 거쳐 7월부터 IEEE 802.16n TG(Task Group)으로 출범되어 공식적인 국제 표준이 진행될 것으로 예상된다. 다음 표2는 기존 공공안전재난용 지상무선통신 대안기술들(TETRA, 3G, WiMAX/WiBro)과 향후 출범이 예상되는 IEEE 802.16n (GRIDMAN)의 특성들을 비교한 것이다. IEEE 802.16n (GRIDMAN)은 기존 WiBro(IEEE 802.16)와의 호환성을 고려하여 다음과 같은 개발 요구사항을 제시하고 있다[4].

- IEEE 802.16 규격을 최소화: MAC 기능개선을 통하여 공공안전재난 무선통신의 요구사항을 만족하는 규격 개발
- Medium Backward Compatibility: IEEE 802.16을 기반으로 Advanced Application들을 적용하기 위한 기술 개선
- Legacy Support: 기존 WiBro 단말 지원 가능 (평시 국가 공공 서비스로 활용 가능)

IEEE 802.16n (GRIDMAN)에서 정의하고 있는 요구기능 사항은 다음과 같다.

- 그룹 음성 및 데이터 통신을 위한 효율적인 멀티캐스트 및 브로드캐스트 기능
- 통신 인프라 기능 마비시, 높은 네트워크 생존성 보장
- 공공안전재난관련 서비스 등 우선순위가 높은 서비스에 대한 QoS 지원

- 스마트 이동기지국 기능 제공
- 중요 정보 및 체계에 대한 높은 보안성 지원

<표 2> 공공안전재난 지상무선통신 대안기술 특성 비교

특징	TETRA	3G	WiMAX/IEEE 802.16	IEEE 802.16n (GRIDMAN)
주파수 영역	400 and 800 MHz	1.9 - 2.1 GHz	2.5, 3.5 and 5.8 GHz	Sub-1GHz
채널 가용성	Low	Medium	High	High
주파수 대역폭	Wide-band	Wide-band	Broadband	Broadband
전파범위	Long	Medium	Short	Long
공공안전재난 가용성	High	Low	Low	High
보안	High	Medium	Medium	High
그룹통신기능	Yes	No	No	Yes

2.3 국내 표준화 동향

▶ 광대역 공공안전재난통신 표준화 포럼 (PPDR Forum)

광대역 공공안전재난통신 표준화 관련 서비스 기술, 표준화 분석 및 개발 등을 추진하고 광대역 공공안전 재난통신 관련 사업의 활성화를 목적으로 2010년 3월에 한국전과진흥협회(RAPA) 주관으로 광대역 공공안전재난통신 표준화 포럼이 설립되었다. 본 포럼은 광대역 공공안전재난통신 표준화 관련하여 공공안전재난용 주파수 및 전파 정책, 표준 도입 방안, 산업활성화 등을 연구/지원할 것으로 예상된다 [5].

▶ TTA 재난통신 프로젝트 그룹 (PG316)

TTA에서는 2004년부터 공공안전재난용 국가통합지휘 무선통신기술 표준화를 위한 재난통신 프로젝트 그룹(PG316)을 구성하여 운영하고 있다. TTA PG316에서는 주로 한국형 디지털 TRS (TETRA) 표준화에 노력을 기울여 왔으며, 멀티미디어 재난구조 위성인프라 무선접속 표준화에 대한 연구도 수행 중에 있다. 또한 초고속 멀티미디어기반의 공공안전재난구조체(PPDR) 표준화 및 차세대/광대역 재난통신 기술 표준화에 대한 연구가 수행될 것으로 예상된다[6].

### III. 국내 공공재난안전통신망 구축 현황

국내 공공안전 재난통신망 구축 및 운용 사례를 살펴보면, 2002년까지는 공공안전 및 재난 관련 기관 대부분이 아날로그 UHF/VHF 방식의 무선통신망을 개별적으로 구축/운영 하여 왔으며, 이러한 아날로그 방식의 무선통신망은 관련기관간에 직접통화가 불가능하여 일원화된 국가통합지휘 기능을 발휘하지 못하는 문제점이 야기되었다.

2003년 이러한 문제점을 해결하기 위하여 긴급구조 및 재난관리 담당기관의 무선통신망을 TETRA 방식으로 통합하여 일원화하는 '통합지휘무선통신망 구축사업 기본계획'을 확정하고, 2005년부터 2006년까지 서울/경기지역 아날로그 경찰 무선망을 디지털 TRS로 변경하는 경기지방 경찰청 TRS 망 구축사업과 2005년 10월부터 2006년 7월까지 기존 무선통신망 연계 기능 검증 등을 위한 소방방재청 시범사업, 그리고 2006년 11월부터 2007년 12월까지 서울 경기 지역 44개 시·군·구 지역과 고속도로의 TETRA망을 보강하는 확장 1차 사업을 통하여 디지털 TRS 망을 구축하여 운영하고 있다.

그러나 디지털 TRS로의 통합지휘무선통신망 구축사업은 2007년 감사원 및 기획예산처에서 경제성 분석 및 정책타당성 분석에 근거하여 정부에서 전면재검토를 결정함에 따라 서울, 경기지역과 5대 광역시 확장 1차 사업 이후 사업 보류 상태로 공공 재난 관련 기관 자체 무선 통신망 신설 및 증설이 중단된 상태이다.

이와 관련하여 2010년 2월 통합지휘무선통신망 구축사업 주관부서인 행정안전부와 국방부, 방송통신위원회, 경찰청, 소방방재청 등 관계 기관회의에서 재난안전통신망 구축 사업에 대한 방향을 재난기관간 합동 대응 절차와 방법에 대한 표준운영절차(SOP : Standard Operation Procedure)를 마련한 후 2011년 말에 재난안전통신망 기술표준을 확정하는 것으로 결정하였다.

이에 따라 통합지휘무선통신망 구축사업이 재확정되어 망 구축이 완료 되려면 빨라야 2013년이 되어야 할 것으로 보인다.

### IV. 주요 공공재난안전통신기술

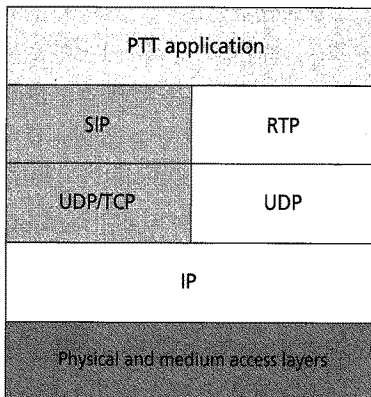
광대역 공공안전재난통신 통합망 시스템은 평시에는 군, 경찰, 소방서를 포함한 관공서 등에서 공공안전 및 행정 서비스 제공을 위한 업무 수행에 활용되고, 긴급재난 및 특수 임무 수행 상황에서는 통합화된 범 국가적 무선지휘체계 시스템을 제공할 수 있다. 통신을 위한 세부 기술 내용으로는 망 생존성 및 복구성 향상을 위한 동적 자가 망 구성 및 복구 기술, 동적 그룹통신 기술, 기지국 장애 또는 단절시의 직접통신(Direct Communication) 기술, 강화된 무선통신 보안 기술, 무선 QoS 보장 기술, 실시간 재난정보 수집 및 통제 기술, 고효율 정밀 측위기술, 이기종 망간 연동기술, Emergency 서비스 제공 기술, 셀 커리비지 및 이동성 중대 기술 등이 포함된다. 본 소절에서는 동적 그룹통신기술, 직접통신기술, 동적 자가 망 구성 기술, 긴급 호 제공 기술에 대해 살펴보고자 한다.

#### 4.1 동적 그룹통신기술 (Push-To-Talk)

PIT(Push-To-Talk) 서비스란 휴대 전화의 특정 버튼을 누르고 있는 동안 미리 등록해 놓은 그룹원들에게 음성을 전달할 수 있는 반이중식(half-duplex) 통신 서비스로 음성 신호를 패킷 통신을 이용하여 상대방의 단말기에 전달하는 VoIP(Voice over IP) 서비스의 일종이다. Open Mobile Alliance(OMA) 표준화 단체는 이동 통신 환경하에서 PTT over Cellular(PoC) 서비스를 제공하기 위한 규격 표준화 작업을 PoC Working Group(PoC WG)을 통해 2003년 중순부터 시작하였다. 일반적인 PTT 서비스는 일대일 혹은 일대다 음성 통신이지만 PTS(Push-to-Send)와 같은 데이터 통신도 가능하다. 전통적인 지상무선통신 네트워크에서의 PTT 사용자는 경찰관, 공공 안전 분야 관련자 등이었지만 오늘날 상업적인 PTT 서비스들은 주로 친구 혹은 가족들간 통신까지 확장되었다. 지상무선통신에 의해 제공되는 PTT서비스와 경쟁하는 상업적 PTT서비스는 근거리에서 서비스 받는 사용자들 사이에는 서비스 만족도가 높지만 먼 거리에 떨어져 있는 사용자에게 대한 서비스 만족도는 상대적으로 떨어지는 단점이 있다. PTT서비스의 만족도는 주로 호 연결 설정 지연과 음성 패킷 지연에 따라 달라질 수 있으며, PTT서비

스의 실시간 특성을 만족시키기 위해 호 설정 지연 문제는 광대역 공공안전재난통신망에서도 중요한 기술적 이슈이다. 일반적으로 PTT서비스는 수백ms에서 2초 이내에 연결 설정을 완료함으로써 사용자가 불편을 느끼지 않아야 한다. 이를 위해 호 예상 설정 경로 관리 및 경로에 따른 자원 예약 할당 방법 등 호 설정 지연을 줄이는 방법들을 고려하여 설계하여야 한다. 또한, 긴 sleep 주기는 배터리 수명을 연장시키는 장점이 있지만 PTT 서비스에서의 호 설정 지연 시간을 증가시키는 요인으로 작용할 수도 있다. 그러므로 시스템 설계시 배터리 수명 연장 방안과 함께 호 설정 지연 문제 해결 방안을 고려하여 설계하여야 하며 시스템 파라미터의 최적화가 필요하다. 부가적인 요구 사항으로서 경찰관과 공공안전 관련 서비스의 QoS를 보장하기 위한 우선순위 스케줄링, 즉 QoS 보장 기술은 특수 임무 혹은 재난 상황시 긴급 통신 서비스를 제공하기 위해 필요하다. 그리고 중요한 정보에 대해 도청/감청 방지를 위해 향상된 무선통신 보안 기술을 고려해야 한다.

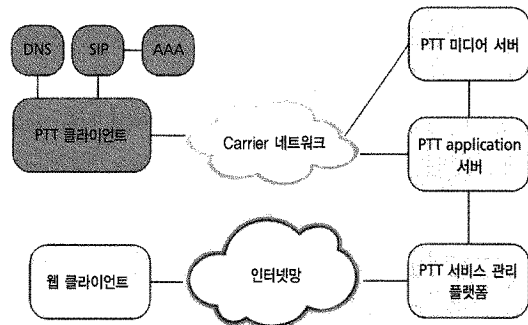
패킷 통신은 편재성(ubiquity), 확장성(scalability), 상호용성(interoperability)의 특성 때문에 IP 프로토콜에 기반한다. 특히 VoIP는 유무선 네트워크에서 음성 신호를 패킷화하여 전송하는 기술이며 상용 무선통신 고객에게 PTT서비스를 제공하기 위한 수단으로서 사용된다. 그림1은 PTT application이 VoIP 상위에서 구현되는 경우 프로토콜 스택 구조를 나타낸 것이다. IETF RFC 3261에서 개발된 SIP(Session Initiation Protocol)는 IP telephony와 같은 멀티



(그림 1) VoIP를 이용하여 PTT 서비스를 하는 경우 프로토콜 스택 구조 [8]

미디어 세션을 설정하고 관리하기 위해 사용되는 응용 제어 프로토콜이다. SIP 에 의해 제공되는 서비스들은 일반적으로 무선 이동 통신에서 필요한 개인 이동성 관리와 단말 기본기능 협상, 호 설정 제어 및 인증에 관련된 것들이다. IETF RFC 1889에서 개발된 RTP(Real-Time Protocol)는 오디오와 비디오 페이로드에 대한 실시간 전송 기능을 제공하며 암호화 및 시간 재구성, 콘텐츠 식별 기능을 갖는다.

(그림 2)는 일반적인 IP 네트워크 기반 PTT 시스템의 구조도를 나타낸 것이다. PTT 시스템은 핸드폰 혹은 PDA에서 동작하는 PTT 클라이언트와 PTT 서버(application 서버, 미디어 서버, 서비스 관리 플랫폼)로 구성된다. PTT 클라이언트는 RTP 패킷 변환과 호 설정 및 해제, PTT서버로부터의 그룹 리스트 획득 등의 기능을 수행한다. PTT application 서버는 호 설정, 클라이언트를 위한 그룹 리스트 정보 관리, 정보 교환을 위한 SIP와의 인터페이스 기능을 수행한다. PTT 미디어 서버는 다른 그룹 멤버들에게 다양한 음성 포맷으로 변환하여 전송하는 기능을 수행한다.



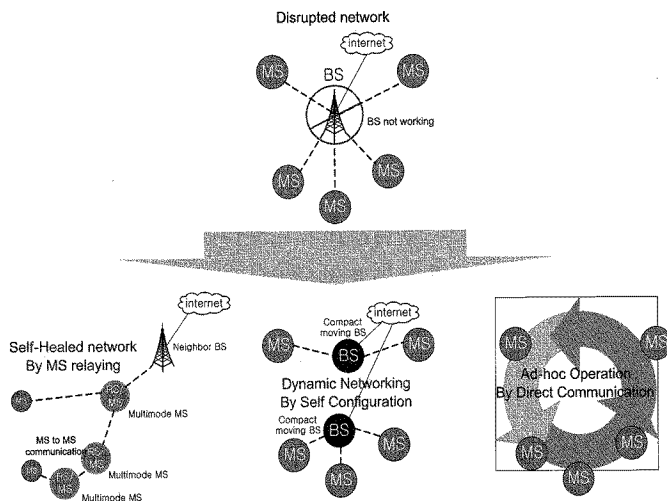
(그림 2) 일반적인 PTT 시스템 구조도[2]

공공 안전망을 위한 통신 기능을 제공할 목적으로 퀄컴에 의해 개발된 VoIP기반 PTT 시스템은 일대일 및 일대다 PTT 연결을 제공하고 무선 IP 네트워크상에서 동작하도록 설계되었다. 하지만 PTT 사용자간 호 설정 및 데이터 세션 설정의 지연 증가 문제로 인해 5-10초까지의 전체 설정 지연 시간을 갖는 문제점이 있어 이를 해결하기 위해 데이터 연결이 설정될 때까지 그룹 통신 사용자가 음성 정보를 버퍼링하는 방식으로 지연 문제를 최소화 하려고 하였으나 사용자 수 및 위치에 따른 지연 문제를 완벽히 해결하지는 못하였

다[10]. 현재 우리나라에서도 기존 디지털 TRS 기술을 대체할 목적으로 일부 업체에서 WiBro 기반 PTT 시스템을 개발하고 있다. 그러나, 현재 개발 시스템에서는 각 그룹 통신원들에게 음성 패킷을 전달하는 방식으로 유/무선에서 unicast 방식을 사용하고 있으며 모든 사용자의 연결설정이 완료된 후 PTT서버에서 동일 데이터를 복사해서 전달하는 방식을 사용한다. 그러나, 사용지수 증가에 따른 부하 증가를 해결하기 위해서는 PTT 서비스에 최적화 된 멀티 채널 관리 및 스케줄링 기능이 요구된다.

### 4.2 망 복구 및 생존성 향상 기술

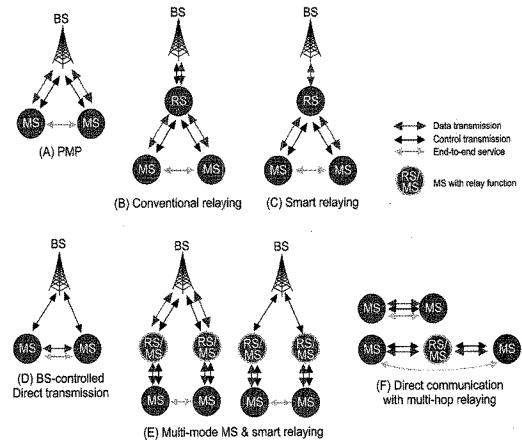
재난 지역의 임시 망 구성 또는 망 복구를 위하여 이동기 지국 기술, 멀티홉 릴레이 기술, 단말간 직접 통신 기술, 다중 모드 단말 기술, 그리고 동적자가 망 구성 기술 등이 요구된다. (그림 3)은 공공안전재난통신망에서 자가 망 복구 시나리오의 예를 나타낸 것이다. 기지국이 더 이상 운용 가능하지 않을 경우 통신망이 밀집된 지역에서는 단말들의 중계기능을 통하여 인접 기지국에 연결설정을 시도할 수 있다. 또한, 광범위한 지역에 재난복구가 요구되는 경우 소형 이동 기지국들을 적절히 배치시켜 임시 망을 구성할 수 있다. 이러한 방법들과 연계하여 기지국에 대한 접근이 용이하지 않거나 음영 지역에서는 재난 복구를 위해 단말 간 ad-hoc 네트워크를 구성하여 단말 간 통신 기능을 제공해 줄 필요가 있다.



(그림 3) 자가 망 복구 시나리오의 예

### ▶ 단말간 직접 통신 (Direct communication) 기술

단말 간 통신 기술은 단말간 무선 링크 설정을 통하여 기지국을 거치지 않고 직접 단말간 데이터를 전달하는 방식을 의미하는 것으로, 통신 영역을 확대하기 위해 다중 홉 릴레이 기능이 포함되는 것이 일반적이다. 단말 간 통신은 기지국 중심의 연결 설정 및 자원 관리가 이루어지는 인프라 기반의 직접 통신 방안과 기지국의 개입 없이 인접 단말들과 무선 링크 구성 정보 및 무선 자원을 공유하는 분산 기반의 직접 통신 방안으로 구분할 수 있다.



(그림 4) 단말간 통신 형태

(그림 4)는 단말간 데이터 전달을 위해 가능한 여러 가지 전송 형태를 나타낸 것이다. 녹색 점선으로 표시된 화살표가 end-to-end 단말을 의미하는 경우, 기지국 및 중계기의 제어 여부에 따라서 데이터의 전달 경로가 달라진다. (A)와 (B)는 기존 무선 셀룰러 망에서 볼 수 있는 데이터 흐름으로 기지국을 통해서 데이터가 전달되는 경우를 나타낸 것이다. (C)의 경우는 RS(Relay Station)의 통신 반경 내에 통신하는 두 단말이 존재할 경우 RS가 BS로 데이터를 forwarding하지 않고 바로 MS에게 데이터를 전달하는 방식을 나타낸 것이다. 이때, RS 및 MS의 송신에 관련된 자원 할당은 BS에서 이루어지고, 제어 메시지는 RS를 통해 중계될 수 있다. 현재 IEEE 802.16n (GRIDMAN)에

서는 smart relaying (혹은 local forwarding)이라는 용어를 사용하여 이러한 기능을 갖는 RS를 고려하고 있다[11]. 또한, IEEE802.11e에서는 DLP(Direct Link Protocol)를 이용하여 기지국 제어 하에 단말간 direct link를 설정하여 데이터를 전송하는 방식을 지원하고 있는데, (D)는 이러한 방식의 단말간 직접 통신 방식을 나타낸 것이다[12]. (E)는 (D)의 확장된 형태로써, 단말이 다른 단말의 패킷을 중계하는 기능을 갖는 경우에 중단 단말간 데이터 전달 방법을 나타낸 것이다. 이때, 데이터 전달은 기지국을 통해 발생할 수도 있고, 중계 단말에서 중단 단말로 직접 전달될 수 있다. (F)는 기지국의 어떠한 개입 없이 단말간 ad hoc망을 구성하여 단말간 통신을 수행하는 경우를 나타낸 것이다. 공공안전재난통신망에서 단말간 직접 통신(Direct Communication)은 (D)~(F)에 해당하는 것이며, 주요 기술 이슈는 무선 자원 공유 및 할당 기능, 동적 네트워크 구성 및 다중 홉 릴레이 기능, 전력 절약 기능, 향상된 인증 및 암호화 기능, 단말간 직접 통신 모드에서 그룹 통신 기능 등이 있다.

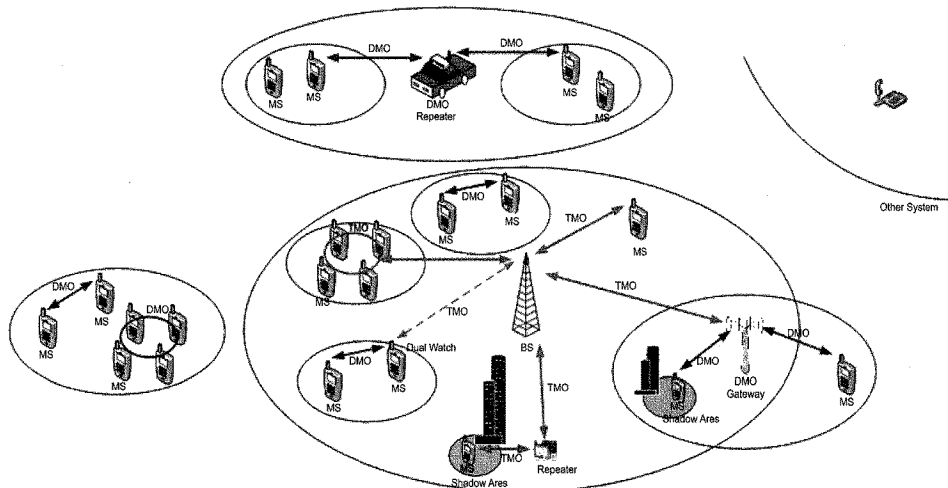
TETRA시스템에서는 단말의 직접 통신 기능을 DMO(Direct Mode Operation)이라는 용어로 정의하고 있고, DMO에서는 동작의 기능에 따라 Back-to-back, DM repeater, DM gateway, dual watch의 4가지 모드를 정의하고 있다[13]. Back-to-back모드는 단말간 직접 통신을 수행하는 기본 모드이며, DMO repeater는 DMO단말의 커버리지

를 증대시키기 위해 DMO단말 간의 데이터를 중계하는 기능을 정의한 것이다. DMO gateway는 DMO단말들과 기지국을 연결하는 기능으로 DMO 단말들뿐만 아니라 기지국과의 통신을 유지하여 데이터를 중계하는 기능을 담당한다. Dual watch는 단말간 직접 통신에 참여하면서 동시에 기지국의 신호를 주기적으로 스캔하는 모드이다. (그림 5)는 TETRA에서의 이러한 DMO 서비스 예를 나타낸 것이다.

### ▶ 동적 자기구성 기술

동적 자기구성기술은 통신장치가 통신기능을 활성화하고 변화되는 상황에 적용하여 통신을 효율적으로 지속하는 기술로 해석된다. 셀룰러 이동통신 방식에서 기지국은 주도적으로 무선자원을 제어하고 단말기는 종속적으로 운영되므로 동적 자기구성기술로 분류되는 기능은 기지국 기능이다. 또한 Direct mode방식 통신에서 동적 자기구성기술은 통신장치들 사이 통신경로를 적응적으로 구성하는 기술이다.

동적 자기구성기술은 기지국이 무선 및 유선환경을 초기화하는 단계와 주변환경에 적응적으로 통신환경을 최적화하는 단계로 구성된다[14][16]. 기지국 초기화 단계는 기지국과 접속망 사이 유선연결을 활성화하기 위하여 유선접속 장치에 주소를 할당하고 운용에 요구되는 초기값을 설정하는 것으로 시작된다. 이후 기지국과 접속망은 초기화된 통신경로를 통하여 유선접속을 구성한다. 구성된 접속들을 통



(그림 5) TETRA DMO 서비스의 예



하여 기지국은 인접기지국과 신호메시지를 교환하고 핸드 오버를 위한 인접셀 구성정보를 획득한다. 해당 기지국은 무선환경의 측정값과 인접 기지국들과 교환한 운용값을 활용하여 기지국의 무선운용 변수들을 결정하고 무선을 활성화하여 셀을 구성한다. 무선운용 변수에는 운용대역 및 OFDMA 운용 파라미터들이 포함되고, 특히 무선환경을 고려하여 선택되는 무선운용 중심주파수와 셀 구별자(CellID)가 포함된다. 초기운용에서 기지국이 설정하여 운용하는 전력은 타 기지국에 직접적으로 영향을 미치지 때문에 무선셀은 점진적으로 전력을 변화시켜 무선환경을 점진적으로 변화시키는 방법으로 초기화되어야 한다. 기지국 최적화 단계에서 무선환경에서 측정된 측정값과 인접기지국과 교환된 운용값에 근거하여 무선통신기능의 성능을 최대화한다. 측정값에는 기지국 및 단말에서 측정된 신호 크기, 단말기 위치 및 이동량, 인접기지국의 부하 및 간섭량 등이 포함될 수 있다. 최적화의 목표는 서비스되는 셀 영역 및 용량 관리, 부하관리, 핸드오버 변수 설정, 간섭관리 및 제어, QoS 제어 등이다.

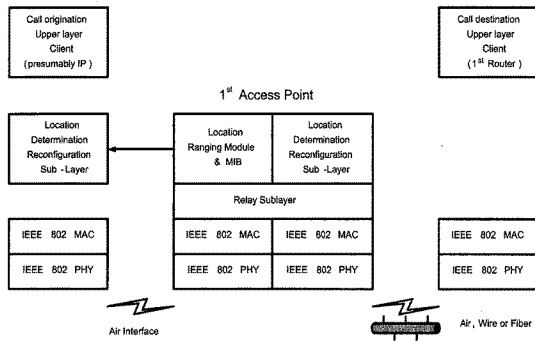
재난환경에서 강조되어야 할 동적 자기구성기술은 기지국을 초기화하는 것이다. 재난시에는 무선환경이 교란된 상태에서 임시로 기지국이 설치되어 무선환경을 구성하여 단말기들에게 통신서비스를 제공해야 한다. 임시 복구된 환경에서는, 백본망에 접속없이 독립적으로 구성되어 운용되는 단절 시나리오와 백본망에 접속되어 망을 구성하여 운용되는 망구성 시나리오를 고려 할 수 있다. 단절 시나리오는 임시로 복구된 독립적인 망을 한개 이상의 기지국으로 구성하여 일부지역에 통신을 지원하는 특징을 갖고, 재난 초기상황 및 백본망에 접속할수 없는 상황에서 운용될 수 있다. 망구성시나리오는 1) 고속 전송률로 접속되는 유선 링크, 2) 무선 접속을 활용한 무선 링크, 3) 인공위성 통신망을 활용하여 위성 링크등을 구성하여 백본망에 접속하는 것이다. 재난시 임시 운용되는 기지국이 이동하는 차량에 탑재되어 이동하는 시나리오도 포함되므로 이동 기지국에서 요구되는 자기구성기술도 고려되어야 한다. 이때, 단말기 위치가 고정되어 있더라도 기지국의 이동으로 인해 무선 환경이 변경되고 인접셀에 미치는 간섭 또한 시간적으로 변경되는 특징을 갖는다.

### 4.3 긴급호 기술

공공안전재난통신 시스템에서는 응급서 구호를 요청하는 사용자가 긴급호를 설정하고, 구호에 요구되는 정보를 긴급호에서 획득하여 활용하는 것이 요구된다. 미국에서는 긴급호 관련 요구사항으로 사용자 발신 위치 정보 식별과 응답 전화 정보 전달 지원을 강제하고 있고, 가입자에 대한 인증 기능과 미인증 단말의 지원방안과 긴급호에 대한 접속능력 보장을 권고하고 있다[17].

유선전화는 가입된 사용자가 고정된 위치에 있는 이유로 사용자 발신위치 정보획득에 어려움이 없었다. 그러나 무선 전화가 도입되고 인터넷을 활용한 VoIP 전화가 확산됨에 따라 무선 및 인터넷의 특성으로 인하여 사용자의 발신위치가 식별되지 않는 문제가 발생되었다. 그래서, IETF에서는 VoIP를 통한 긴급호 서비스를 제공하기 위해 ECRIT (Emergency Context Resolution with Internet Technologies) 그룹을 생성하고 발신위치 식별등 긴급호 요구사항에 대한 현실적인 해결책을 IP계층이상에서 탐색하고 있다.

자유로운 이동성을 보장하는 무선환경에서 사용자 위치를 파악하는 발신 위치 식별기능이 요구되고 있다. 3GPP에서는 Circuit Switch (CS)인프라 및 Packet Switch (PS) 도메인에서 제공되던 긴급호서비스를 인터넷과 무선이동통신 환경을 통합해주는 IP Multimedia Subsystem (IMS)에 도입하고 있다. 긴급호 서비스를 위하여 망 구성요소 및 긴급호 절차를 명시적으로 추가하여 규격화 하며, 발신 위치를 식별하는 방법과 위치값을 전송하는 방법을 포함한다. IEEE 802에서는 긴급호 서비스를 제공하기 위하여 ECRIT(Executive Committee Study Group)을 형성하여 IEEE 802 차원에서 해결책을 탐색하고 있으며, IP 상위계층을 담당하는 ECRIT에서 PHY/MAC에 요구하는 해결책들을 제공한다[17]. 802망에서는 1) 망 또는 홉별로 위치를 식별기능을 제공하고, 2) 긴급호 우선순위를 설정하고, 3) 단말기 발신 위치정보를 운용제어 정보형식으로 식별하여 응답호 정보로 활용하고, 4) 인증되지 않는 사용자에게 서비스를 제공하는 기능들을 긴급호 서비스 제공기능으로 고려한다. 또한 (그림 6)과 같이, 기능 구성요소들의 관계를 긴급호 구조에서 포함하고 있고, IEEE 802 MAC계층 위에 위치 결정 재구성 부계층 (Location Determination Reconfiguration Sublayer)에 위치 레인지 모듈 (Location Ranging Module & MIB) 부계층이 추가되었다.



(그림 6) IEEE 802 긴급호 지원 구조

IEEE 802.11WG과 IEEE 802.16WG에서 긴급호를 위한 구체적인 기능과 절차들이 논의되고 있다. IEEE 802.11u TG에서는 지역긴급번호를 도입, 긴급호를 위한 신호절차, 신속한 대역 요구절차를 정의하여 긴급호를 지원하고 있고, 긴급상황을 긴급하게 전파하기 위한 긴급 알림 (Emergency Alters)기능이 도입하였다. IEEE 802.11v TG에서는 위치 정보를 제공하여 각 터미널과 AP별로 공간적인 위치정보와 부여된 주소 등을 제공하는 규격을 권고한다. IEEE 802.16WG에서 제공하는 규격에서는 긴급호의 설정시간을 단축하기 위하여 빠른 호설정 절차를 도입하였고, 통화중에는 긴급호를 위한 전송경로를 예약하고 해당 트래픽에 우선순위를 부여하는 방법이 정의되었고, GSP 및 망을 활용한 단말기 위치정보를 활용하는 LBS(Location Based Service)를 지원한다.

## V. 결 론

국내외에서 기존 협대역 및 준광대역 지상무선통신을 광대역화하고자 하는 노력이 진행되고 있다. 광대역 공공안전 재난통신 시스템은 사회 공공안전 서비스에 활용될 뿐만 아니라 공공기관의 평시 서비스(예를 들어, m-Government)를 위해 활용될 수 있다. 또한, 강화된 생존성 및 복구 기능은 군 전술통신망에서 적용가능하며 육해상 수송통신의 관제용 및 비행장 등에서의 항공 관제용 시스템 등 그 범위가 다양하다. 앞서 살펴본 바와 같이, IEEE 802.16n은 기존의 공




공안전재난 서비스 요구사항을 만족할 뿐만 아니라 고속의 영상 및 데이터 통신이 가능한 WiBro기반의 광대역 공공안전 재난통신 시스템 개발을 목표로 하고 있으며, 다른 국제 표준단체에 비해 표준화 진행 속도가 빠를 것으로 예상된다. 따라서, 국가 기술 경쟁력과 국제 표준 선도를 위해 WiBro 기반의 광대역 공공안전 재난통신 기술 개발에 주력할 필요가 있다.




## 참 고 문 헌

- [1] 정보통신정책연구원, “재난안전 무선통신망 정책방향 수립을 위한 연구”, 2009. 12
- [2] 김진영 저, “재난통신 시스템”, 도서출판 인터비전, 2008
- [3] 전덕중, 김상완, 이준경, “비상통신 표준화 관련 메사 프로젝트”, 전자통신동향분석 제19권 제6호, 2004. 12
- [4] www.wirelessman.org/sg/gridman
- [5] 김사혁, “재난안전 무선통신망 구축을 위한 정책방안”, 광대역공공안전재난통신표준화포럼, 2009. 03
- [6] 한국정보통신기술협회(ITA), “정보통신 중점기술 표준화로드맵”, 2009
- [7] 감사원보고서, “통합지휘무선 통신망 구축 실태”, 2008. 02
- [8] Luiz A. DaSilva, “The Resurgence of Push-to-Talk Technologies”, IEEE Communications Magazine, January 2006
- [9] “Deploying a Next-Generation Push-to-Talk Service across Today’s Wireless Networks”, HP white paper.
- [10] “QChat™ - The Complete Push-to-Talk Solution for CDMA Operators”, QUALCOMM Inc., white paper, June 2003
- [11] IEEE802.16gman, IEEE802.16gman-10/0019r1: NRR Draft Report,” March 2009.
- [12] IEEE Std 802.11e-2005, “Part 11: Wireless LAN Medium Access Control and Physical Layer specifications, Amendment 8: Medium Access Control Quality of

- Service Enhancements.” November 2005.
- [13] ETSI EN 300 396-2, “Terrestrial Trunked Radio; Technical requirements for Direct Mode Operation; Part 2: Radio aspects.” July 2007.
- [14] 3GPP, “Self-Configuration of eNodeBs.”
- [15] 3GPP, “SON Self-Optimization & Self-Healing OAM

- Requirements.”
- [16] IEEE 802.16, “IEEE P82.16m/D4: Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems - Advanced Air Interface.”
- [17] IEEE 802 ES-ECSG, “802 EMERGENCY SERVICES TUTORIAL.”

약 령	
	1999년 고려대학교 전자공학과 공학사 2001년 고려대학교 전파공학과 공학석사 2001년 ~ 현재 ETRI 무선접속시스템연구부 선임연구원 관심분야: 이동통신 MAC 프로토콜, 멀티홉 릴레이, 무선자원 스케줄링
<b>김 성 경</b>	
	1999년 이주대학교 정보및컴퓨터공학부 공학사 2001년 포항공과대학교 정보통신대학원 공학석사 2001년 ~ 현재 ETRI 무선시스템연구부 선임연구원 관심분야: 이동통신시스템, IP 이동성, 핸드오버, 와이브로시스템, 국가통합무선망 무선접속기술
<b>김 원 익</b>	
	1998년 인하대학교 전자공학과 공학사 2000년 광주과학기술원 정보통신공학과 공학석사 2000년 ~ 현재 ETRI 무선시스템연구부 선임연구원 관심분야: 802.16 MAC 프로토콜, Mesh 네트워크 기술, DSP 구현
<b>김 현 재</b>	

약 령	
	1992년 경북대학교 전자공학과 공학사 1994년 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학석사 1999년 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학박사 1999년 ~ 현재 ETRI 책임연구원 관심분야: 이동통신 무선접속 프로토콜
<b>장 성 철</b>	
	1986년 연세대학교 물리학과 이학사 2000년 충북대학교 정보통신공학과 공학석사 1994년 ~ 현재 ETRI 무선시스템연구부 책임연구원 관심분야: 802.16 MAC 프로토콜, Mesh 네트워크 기술
<b>이 현</b>	
	1988년 서울대학교 물리교육과 학사 1990년 포항공과대학교 대학원 물리학과 석사 2000년 서강대학교 전자공학과 박사과정 수료 1993년 ~ 현재 ETRI 무선접속기술연구팀장, 책임연구원 관심분야: 이동통신 무선접속 프로토콜, 이동통신 표준화
<b>윤 철 식</b>	

