

http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2013.13.6.23

JIIBC 2013-6-3

재난음성통신을 위한 Modular 3-Band RF 개발

Implementation of Modular 3-Band RF for Disaster Voice Communication

박진희*, 이순화**

Jin-Hee Park, Soon-Hwa Lee

요약 재난은 다양성과 대규모성 및 예측불가능성을 가지고 있어, 사전 예측이 매우 어렵기 때문에 재난 발생후 신속한 대응으로 재해를 줄이는 것이 매우 중요하다. 신속한 재난 대응을 위해서는 재난현장에서 현장요원들간의 상황 정보 공유와 업무 협조를 위한 재난통신은 매우 필수적인 기술이다. 우리나라는 100MHz의 VHF 대역, 400MHz의 UHF 대역, 800MHz 대역 일부의 무선 주파수를 재난통신 영역으로 정의하고 이러한 RF 대역을 사용하는 이종의 무전기를 혼용하고 있어서 하나의 무전기로 상호 통신이 어려워 현장요원들이 여러 대의 무전기를 소지해야 하는 문제점이 발생한다. 하나의 무전기로 이종의 무전기간에 상호교신을 하기 위해서는 음성통신 연계 기술이 매우 필요하다. 본 논문에서는 단일 안테나를 통해 다수의 이종 무전기간 상호 음성 통신이 가능하기 위한 모듈러 3-Band RF를 개발하였으며, 제안한 방식을 통해 장착하는 무전기 수에 대해 확장성을 확인하였다.

Abstract Because characteristics of diversity, large-scale and unpredictability of disaster are very difficult to make predict of disaster, rapid disaster response activity is important to reduce damage from disaster. Therefore emergency communication technology is essential to information sharing between field personnel in the field. Because the heterogeneous radios defined as some of 100MHz VHF, 400MHz UHF, and 800MHz emergency communication RF band are used in Korea, the field personnels need to have multiple radios. In order to use one radio per personnel, radio voice intercommunication is very necessary. We study on modular 3-Band RF to communicate between heterogeneous radios through single multi-band antenna and verify scalable of the number of equipped radios.

Key Words : 3-Band RF, disaster response communication, TETRA, Filter, Combiner/Splitter

1. 서론

우리나라 재난통신^{[1][4]}에 사용하고 있는 무전기는 100MHz VHF 대역, 400MHz UHF 대역, 800MHz TRS^[2]대역의 이종의 RF 대역을 사용하는 무전기와 아날로그 방식과 디지털 방식의 무전기로 나눌 수 있다.

재난 및 안전관리 기본법에 의하여 긴급구조기관과 긴급구조지원기관을 포함한 재난관련 기관은 1,500여개로 이중 무선통신망을 사용하고 있는 기관은 경찰, 산림, 소방, 철도 등 30여개 기관이며, 약 21만대의 무전기를 사용하고 있다.^[1] 국내 무선통신 세부현황^[1]은 표1과 같으며, 사용하고 있는 무선통신의 RF 주파수와 디지털과

*정회원, 전자부품연구원 IoT융합연구센터

**정회원, 안전행정부 재난안전통신망구축기획단

접수일자 2013년 11월 20일, 수정완료 2013년 12월 10일

게재확정일자 2013년 12월 13일

Received: 20 November, 2013 / Revised: 10 December, 2013

Accepted: 13 December, 2013

*Corresponding Author: pjhe@kети.re.kr

IoT Convergence Research Center, KETI, Korea

아날로그 형태 및 기지국 방식과 직접 통신방식 등 매우 다양하다. 하나의 재난관리 기관 안에서도 TRS와 VHF 및 UHF 무전기를 목적 및 용도에 따라 혼용하여 사용하고 있으며, 동일한 유형의 무전기를 사용하더라도 채널과 그룹을 달리 사용하기도 한다. 무전기는 같은 RF 채널, 통신 방식 및 그룹이 일치해야 음성 통신이 가능하며, 이들이 서로 다른 무전기간에 음성 통신^{[5][8]}을 위해서는 별도의 음성연계장치가 필요하다. 이에 본 논문에서는 우리나라 재난관리 기관에서 사용하고 있는 이종의 재난통신 무전기간 또는 다른 채널과 그룹을 사용하고 있는 동종의 무전기간에 음성 통신을 지원하기 위한 무전기 음성연계장치의 모듈형태의 3-Band RF 부를 제안하고 이의 시스템을 분석한다. 제안한 RF 모듈은 접속하는 무전기에 따라 RF 부를 재구성할 수 있도록 모듈형태로 설계가 되었으며, 단일 멀티밴드 안테나와 연결되어 재난현장에서 구축이 용이하도록 되어 있다.

표 1. 국내 무선통신 세부 현황

Table 1. Domestic RF communication usage

통신망	분류	주파수대역 (MHz)
T R S	Smartnet(A)	국방부(해군) 368.5~399.5
	T-3040(A)	국방부(공군) 451.675~460.175
	Smartnet(A)	서울소방본부 Rx:371~376 Tx:389~394
	EDACS(A)	경찰청(서울,인천) Rx:806~811 Tx:851~856
	TETRA(D)	경찰청(부산,대전,대구,광주) Rx:806~811 Tx:851~856
	ASTRO(A&D)	한국고속철도 건설공단 Rx:806~811 Tx:851~856
	iDEN(D)	행안부(지자체) Rx:806~811 Tx:851~856
	EDACS(A)	한국전력공사 Rx:806~811 Tx:851~856
	HARMONI(D)	인천국제공항공사 Rx:806~811 Tx:851~856
	iDEN(D)	한국도로공사 Rx:811~821 Tx:856~866
VHF	안행부(지자체)	142~222
	경찰관련	139~150
	소방관련	160~169
	철도관련	146~172
	응급의료 관련	146.14
UHF	안행부(지자체)	430~470
	소방관련	444~450
	철도관련	443
	항공관련	451,456,465
	응급의료 관련	458,463
	전기안전관련	448

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 무전기간 음성통신을 지원하는 음성연계장치와 3-Band RF부의 시스템 개념을 설명하고, 3장에서는 확장형이 가능한 모듈러 3-Band RF부 설계 방안을 제안하며, 4장에서는 이의 구현결과를 설명한다. 5장에서는 구현물의 성능평가를 수행하며 마지막으로 결론을 맺는다.

II. 이종 무전기 음성연계장치

RF 밴드와 통신방식이 다른 이종의 무전기간의 상호 음성통신이 가능하기 위해서는 음성연계장치가 필요하다. 그림 1에서 본 논문에서 제안하는 이종 무전기 음성연계장치 구조도를 도식화하였다. 이종 무전기 모듈은 음성연계장치에 장착되어 음성 상호 접속 처리부를 통해 각각의 RF 대역에 해당하는 안테나를 통해 무선으로 음성을 전송한다. 기존의 단순한 무전기 음성신호 패치 장비에서는 별도의 RF부가 없이, 무전기 자체의 안테나를 사용하였다. 이와 같이 기존의 방법으로는 n개의 무전기 모듈이 있다면 n개의 안테나를 연결해야 하지만, 제안하는 3-Band RF부를 통해 필요한 최대 안테나의 수를 3개로 줄일 수 있는 효과가 있다. 표 1과 같이 우리나라 재난통신에서 사용하는 무전기는 크게 3가지 RF 밴드를 사용하므로 제안한 이종 무전기 음성연계장치에 장착될 RF부는 3-Band RF부로 설계하였으며, 이에 대한 내용은 3장에 기술하며, 확장성을 위해 RF부의 구성요소를 모듈형태로 설계하였다. 이를 위해 이종 무전기 음성연계장치에 장착할 무전기의 RF 밴드에 따라 RF부의 구성요소를 배치하여 쉽게 재구성할 수 있다.

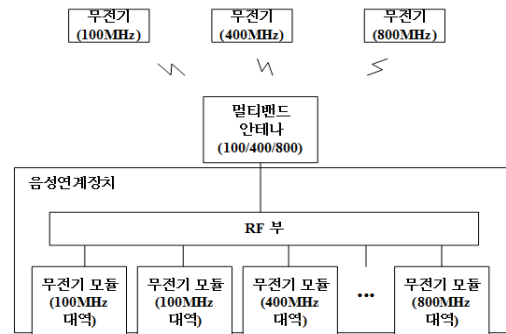


그림 1. 이종 무전기 음성연계장치 구조도

Fig. 1. Heterogeneous radio voice interconnect device structure

III. Modular 3-Band RF 개발

1. 3-Band RF 모듈 구조

본 논문에서 제안한 RF 모듈 구조는 그림 2에서와 같이 VHF 대역, UHF 대역, TRS 대역으로 3개의 모듈로 구성된다. 각 RF 부는 밴드 필터부, 2-Way Splitter/Combiner 부, 역류 방지를 위한 Limiter 부로 구성된다. 필터부는 BPF (Band Pass Filter)를 사용하여 타 RF 밴드의 신호를 제거하여 해당 RF 밴드의 신호를 추출한다. 2Way Splitter/Combiner 부를 통해 2개 이상의 무전기를 연결하며, 2개 이상의 무전기가 Splitter/Combiner로 연결될 경우 인접 채널 무전기로부터의 RF 출력이 인입되어 무전기에 Damage를 방지하기 위한 Limiter 부가 설계되어 있다.

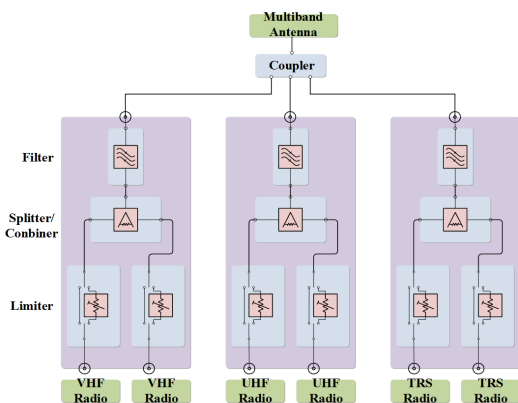


그림 2. 3-Band RF 모듈 구조
Fig. 2. 3-Band RF module structure

2. 확장형 모듈 구조

본 절에서는 이중 무전기 음성연계장치에 장착되는 무전기의 개수를 확장할 수 있도록 제안한 3-Band RF 부의 모듈러 구조를 기술한다. 무전기의 수가 늘어남에 따라 Splitter/Combiner 연결을 통해 확장이 가능하다. 장착되는 동일 RF 대역을 사용하는 무전기의 수를 n 이라하면, 필요한 Filter (F) 부는 1, Limiter (L) 부는 n , Splitter/Combiner (C) 부는 $n-1$ 이 된다. 이때 Filter는 약 1dB Loss, Splitter/Combiner는 약 3dB Loss, Limiter는 약 1dB Loss가 발생하므로 출력의 세기가 저하되는 문제점은 안고 있다. 만약 그림 3에서 동일 RF 대역의 무전기 4개를 연결한다면, 총 7dB Loss가 발생한다. 무전기가 40dBm 출력을 가지고 있을 때, 출력은 33dBm으

로 감소한다.

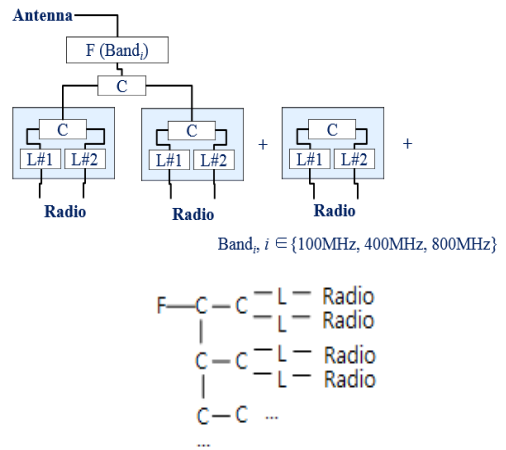


그림 3. 확장형 모듈 구조
Fig. 3. Extensible modular structure

3. 시제품

본 논문에서 구현한 3-Band RF 부는 그림 4-5와 같다. 그림 4는 왼쪽부터 100MHz 대역의 RF 모듈, 400MHz 대역의 RF 모듈, 그리고 800MHz 대역의 RF 모듈을 나타내며, 그림 5는 RF 구성 모듈을 노이즈 차폐와 방열을 위해 알루미늄 캔으로 패키징을 한 19" 1u 사이즈의 RF부를 나타낸다.

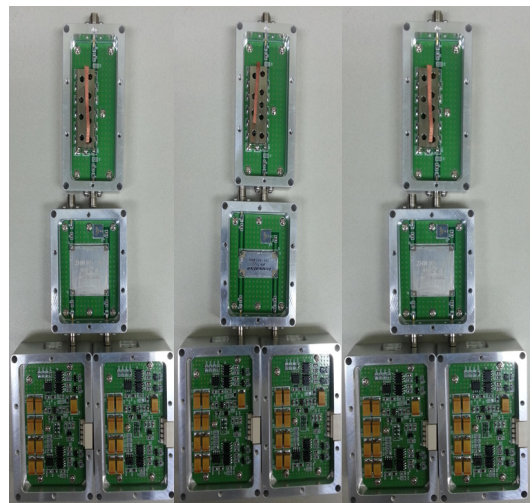


그림 4. 구현한 modular 3-Band RF 유닛 (100/400/800MHz)
Fig. 4. Implemented modular 3-Band RF units (100/400/800MHz)

표 1에 의해 본 논문에서는 100MHz 대역의 RF 필터는 138MHz ~ 174MHz, 400MHz 대역의 RF 필터는 335MHz ~ 470MHz, 그리고 800MHz 대역의 RF 필터는 806MHz ~ 856MHz를 구현하였다.

그림 4-5에서 보는 바와 같이 RF부를 구성하는 Filter, Splitter/Combiner, 그리고 Limiter를 각각 구성하고 이를 알루미늄 캔으로 패키징 모듈로 구성하여 Splitter/Combiner와 Limiter를 추가하거나 재배치하여 RF부를 수정하거나 확장이 가능하도록 하였다.



그림 5. 구현한 modular 3-Band RF 부 (100/400/800MHz)
Fig. 5. Implemented modular 3-Band RF part (100/400/800MHz)

IV. 실험 및 결과

본 논문에서 구현한 3-Band RF부의 성능을 시험하기 위하여 그림 6과 같이 시험환경을 구축하여 성능을 검증하였다.

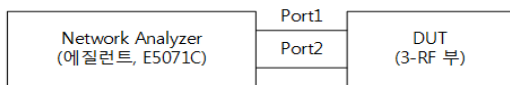


그림 6. 시험 환경
Fig. 6. Test environment

그림 7은 3-Band RF부의 각 밴드별 S11 (Port1→Port1), S21 (Port1→Port2), S12 (Port2→Port1), S22 (Port2→Port2)의 특성 시험 결과를 나타낸다. 그림 7의 a는 138MHz ~ 174MHz의 TX (a-1)와 RX (a-2)시 S 파라미터를 나타낸다. 이를 통해 Loss (S21, S12)와

VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)(S11, S22)를 알 수 있다.

그림 7의 a-1과 a-2에서 보는 바와 같이 138MHz ~ 174MHz 대역에서는 Loss가 최대 -5.9dB였다. VSWR가 최대 1.44를 나타냈다. b-1과 b-2에서 보는 바와 같이 335MHz ~ 470MHz 대역에서는 Loss가 최대 -6.7dB였다. VSWR가 최대 1.27를 나타냈다. c-1과 c-2에서 보는 바와 같이 806MHz ~ 856MHz 대역에서는 Loss가 최대 -6.94dB였다. VSWR가 최대 1.46를 나타냈다.

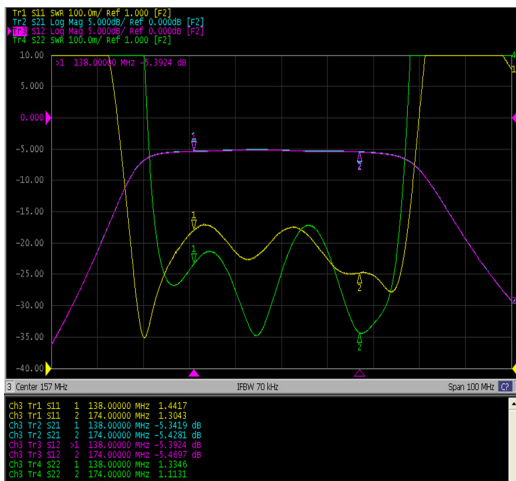
Loss는 최대 -7dB를 넘지 않았고, VSWR은 1.5를 넘지 않아 개발한 RF부가 양호한 결과를 나타냈다.

표 2. 시험결과
Table 2. Test result

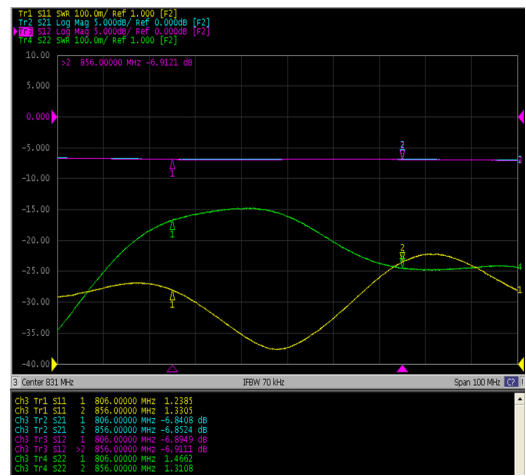
138~174MHz	TX	S11:1.2969	S21:-5.8359dB
	RX	S11:1.4417	S21:-5.4281dB
335~470MHz	TX	S11:1.2727	S21:-6.6652dB
	RX	S11:1.2422	S21:-6.5067dB
806~856MHz	TX	S11:1.3305	S21:-6.8524dB
	RX	S11:1.2350	S21:-6.8886dB



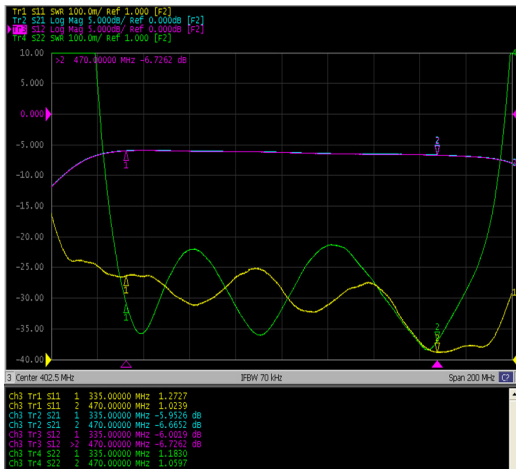
(a-1) 138MHz ~ 174MHz (TX)



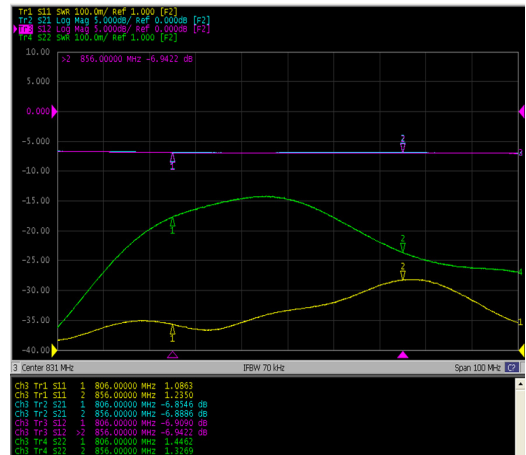
(a-2) 138MHz ~ 174MHz (RX)



(c-1) 806MHz ~ 856MHz (TX)



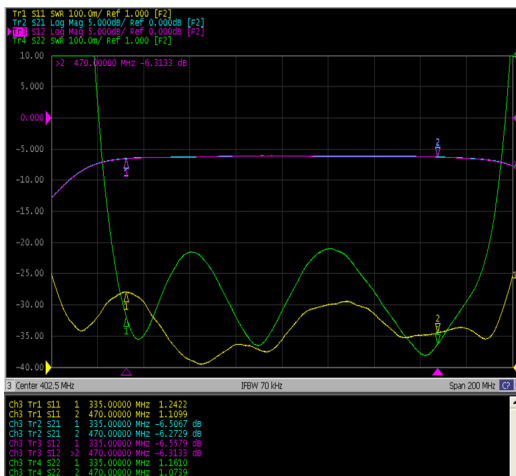
(b-1) 335MHz ~ 470MHz (TX)



(c-2) 806MHz ~ 856MHz (RX)

그림 7. 3-Band RF부의 밴드별 S11, S21, S12, S22 특성 시험결과

Fig. 7. S11, S21, S12, S22 characteristic test result for 3-Band RF



(b-2) 335MHz ~ 470MHz (RX)

V. 결론

우리나라에서 재난대응기관에서 사용하고 있는 무전기는 100MHz, 400MHz, 800MHz등 이종의 주파수를 사용하고 있다. 이들 간에 음성 상호 통신하기 위해서는 음성연계장치가 필요하며, 이 장치에 이종의 무전기를 장착하여 사용하기 위해서는 무전기 개수의 안테나가 필요하다. 다수개의 안테나가 협소한 공간의 음성연계 장치에 부착되기에는 상호간섭 문제와 설치/이용의 불

편함에 대한 문제가 발생한다. 이를 위해서 본 논문에서는 3-Band RF부를 설계하고 지원하는 장착하는 무전기의 개수를 제한하지 않고 장착할 수 있도록 확장 가능한 모듈형 3-Band RF부를 설계하고 이를 구현하여 검증하였다. 구현한 RF부는 필터부, Splitter/Combiner부, Limiter부로 구성되며 이들은 각각 알루미늄 캔으로 모듈화되고 케이블로 연결되므로 케이블로 인한 Loss가 추가되나 대략 -7dB 보다 낮은 Loss값을 나타낸 것으로 확인되었다. 향후 과제로는 무전기의 수가 늘어남에 따라 발생하는 Loss를 더욱 줄일 수 있는 방안으로 2-Way Splitter/Combiner 대신에 Cavity Coupler를 사용하여 성능을 향상시킬 수 있는 방안을 연구할 계획이다.

Reference

- [1] H. J. Kang, "Next Generation Disaster Integrated Wireless Communication for Public Protection Disaster Management", Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol 9, No. 10, pp.187-195, Oct. 2011.
- [2] S. H. Bae and K. H. Choi, "Path Loss Characteristics of TETRA-based KTX Train Radio Propagation", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 14, Issue.. 6, pp.2985-2991, 2013.
- [3] S. F. Midkiff and C. W. Bostian, "Rapidly-deployable broadband wireless networks for disaster and emergency response", The 1st IEEE Workshop on Disaster Recovery Networks, DIREN, Jun. 2002.
- [4] B. S. Manoj and A. H. Baker, "Communication challenges in emergency response", Communications of the ACM, Vol. 50, No. 3, pp. 51-53, Mar. 2007.
- [5] Y. W. Lee, "TRS System Technology and Trend", Information and Communications Magazine of the KICS, Vol 23, No. 2, pp. 91-101, Feb. 2006.
- [6] H. Aiache, R. Knopp, K. Koufos, H. Salovuori, and P. Simon, "Increasing public safety communications interoperability: the chorist broadband and wideband rapidly deployable systems", Communi-cations Workshops, 2009. ICC Workshops 2009. IEEE International Conference on. IEEE, pp. 1-6, June 2009.
- [7] J. C. Kim, et al., "Implementation of multi-function TETRA Gateway." Condition Monitoring and Diagnosis, 2008. CMD 2008. International Conference on. pp.834-837, IEEE, Apr. 2008.
- [8] B. Dolanc, and M. Judez, "Professional Mobile system-TETRA over IP and IP over TETRA", EUROCON 2003. Computer as a Tool. The IEEE Region 8. Vol. 1, pp. 173-177, Sep. 2003.

※ 본 연구는 안전행정부 및 국립재난안전연구원의 재난관리 표준체계 구축사업의 일환으로 수행하였음.
[재난현장의 상호 무선통신 표준 연동기술 개발(1315000507)]

저자 소개

박진희(정회원)



- 1999년 2월 : 동국대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 2001년 2월 : KAIST ICC 정보공학과(공학석사)
- 2008년 2월 : 성균관대학교 전기전자 컴퓨터공학과(공학박사수료)
- 2001년 1월 ~ 현재 : 전자부품연구원 책임연구원

<관심분야 : IoT, 센서네트워크, 재난통신, 방재IT 등>

이순화(정회원)



- 2001년 2월 : 서울과학기술대학교 매체공학과(공학사)
- 2003년 2월 : 홍익대학교 전자공학과(공학석사)
- 2009년 2월 : 홍익대학교 전자공학과(공학박사)
- 2006년 ~ 2009년 : 소방방재청
- 2009년 ~ 현재 : 안전행정부 재난안전통신망구축기획단

<관심분야 : 재난통신, 이동통신, 센서네트워크 등>