

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2013.13.6.17>

JIIBC 2013-6-2

All-IP 기반의 이종 재난통신 무전기 음성 연동 방법 연구

Study on Voice Interconnection Method of Heterogeneous Radio based on All-IP

박진희*, 이순화**

Jin-Hee Park, Soon-Hwa Lee

요약 무전기간의 음성교신을 위해서는 동일한 무선 주파수와 통신 프로토콜을 사용해야 하나 재난관리기관에서는 용도와 목적 등 여러 가지 이유로 다양한 무전기를 사용하고 있다. 이에 이종의 무전기간의 음성을 연계하는 여러 가지 방안들이 연구되어 왔으나 단순한 아날로그 음성라인 연결 방식이나 디지털 기반의 부분 네트워크 연결 방식이었다. 이에 본 논문에서는 확장성과 표준 개방성을 위해 SIP/RTP를 이용하여 IP 네트워크를 통해 전송하는 무전기별 All-IP 기반의 음성패킷 전달 방안을 제시하고 이를 시제품으로 개발하여 검증하였다.

Abstract Heterogeneous radios are used in disaster management agencies for a variety of reasons though the radio must have the same radio frequency and protocol for voice communication. For this reason, the variety of heterogeneous radio voice connection methods have been studied but these are simple analog voice line cross connection or partial networked based on digitalization. In this paper, we suggest the method of voice packet transmission method based on All-IP per radio through IP network using SIP/RTP for scalability and openness and developed a prototype of the proposed method was verified.

Key Words : disaster response communication, Radio, Voice Interconnection, RTP, SIP

1. 서 론

재난관리기관들은 대응활동^{[1][2]}을 위해 무전기를 이용한 음성통신을 사용한다. 재난관리기관에서 사용하는 통신망에서 무선 주파수와 통신방식이 다른 이종의 무전기를 혼용하고 있다. 이러한 무전기들은 100MHz VHF 대역의 아날로그 및 디지털 무전기, 400MHz UHF 대역의 아날로그 및 디지털 무전기, 그리고 800MHz 대역의 TETRA^{[3][4]}와 IDEN 등의 TRS 무전기로 매우 다양하다. 이러한 이종의 무전기간 음성 상호통신이 불가

능하여 현장요원이 무전기로 음성 교신을 위해 여러 무전기를 소지하거나 이들 이종의 무전기간에 음성연결을 통해 상호교신을 가능하게 해주어야 한다. 이러한 이유로 다양한 방식을 통해 무전기간 음성 연결을 하는 방안이 연구되어 왔다. 이러한 방안 중 가장 간단한 방법은 무전기의 이어폰과 스피커 포트를 상호 교차하여 아날로그 음성을 연결하는 형태가 있으며, 연결해야 할 무전기의 개수가 늘어남에 따라 매트릭스 기반의 연결 형태와 네트워크 기반의 연결 시스템으로 점차 발전하여왔다. 이에 본 논문에서는 연결하는 무전기 접속부를 독립

*정회원, 전자부품연구원 IoT융합연구센터

**정회원, 안전행정부 재난안전통신망구축기획단

접수일자 2013년 11월 18일, 수정완료 2013년 12월 11일

게재확정일자 2013년 12월 13일

Received: 18 November, 2013 / Revised: 11 December, 2013

Accepted: 13 December, 2013

*Corresponding Author: pjhe@kети.re.kr

IoT Convergence Research Center, KETI, Korea

적인 모듈형태로 IP 네트워크로 연결하여 연결할 무전기의 수에 제한을 받지 않고 확장성을 지원할 수 있는 All-IP 기반의 이종 무전기 음성 연동 방법을 제안한다. 이미 무전기간 음성 연동 시스템 중 IP 네트워크와 연결하는 RoIP^{[5]-[8]}방식이 연구되었지만, 본 논문에서는 All-IP 기반의 RoIP 개념으로 확장하여 무전기마다 독립적인 IP 모듈화를 통해 특정 연결 장치에 제한을 받지 않으며 독립성과 확장성을 높였다. 이에 대한 검증은 시제품 개발과 시험을 통해 수행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 분석하고 3장에서 제안한 IP 기반의 음성연동 방안의 시스템 구조와 프로토콜을 기술한다. 4장에서는 제안한 시스템의 하드웨어 및 소프트웨어 시제품을 개발하여 시험을 통해 검증하며 마지막으로 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

무선 주파수 대역과 동작 방식이 각각 다른 이종의 무전기간 음성 통화를 위해서 구현할 수 있는 가장 간단한 시스템은 그림 1과 같이 무전기간에 음성 입력과 출력부를 반대로 교차하여 연결하여 음성 신호를 전달하는 형태이다. 이 시스템은 무전기를 1:1로 교차 연결하는 형태로 구현이 간단하다는 장점을 가지지만, 음성 연동 무전기 수가 제한된다.

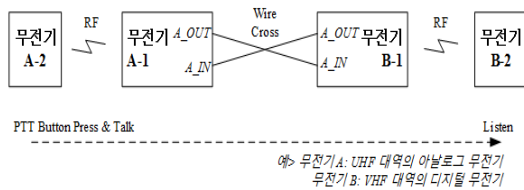


그림 1. 무전기 음성 라인 연결 시스템 구조
Fig. 1. Radio Voice Line Connected System Structure

그림 1의 시스템보다 진화된 형태는 그림 2와 같이 이종 무전기의 음성라인의 N:N 매트릭스 회로를 이용한 N개의 이종 무전기 연결 구조이다. 무전기 A-2의 음성 신호를 무전기 B에서 F까지 전달하기 위해 매트릭스 회로는 무전기 A-1의 A_OUT 포트를 무전기 B~F의 A_IN으로 연결한다. 이 구조는 다수개의 무전기를 연결할 수 있으며 동시에 멀티 음성 연결이 가능하지만 매트릭스의 물리적인 구조에 따라 연결할 수 있는 무전기의 수가 제한된다. 즉 그림 2와 같이 매트릭스가 6 x 6 구조라면 6대의 무전기 연결이 가능하다.

릭스의 물리적인 구조에 따라 연결할 수 있는 무전기의 수가 제한된다. 즉 그림 2와 같이 매트릭스가 6 x 6 구조라면 6대의 무전기 연결이 가능하다.

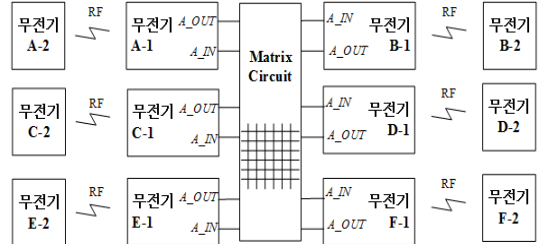


그림 2. 매트릭스 회로 기반 무전기 음성 라인 연결 구조
Fig. 2. Radio Voice Line Connected Structure based on Matrix Circuit

그림 3의 시스템은 그림 2의 시스템의 매트릭스 구조를 가지지만 외부 네트워크 포트를 지원하여 외부와 음성 연결이 가능한 진보된 형태이지만 매트릭스 구조에 제약을 받는 문제는 여전히 존재한다.

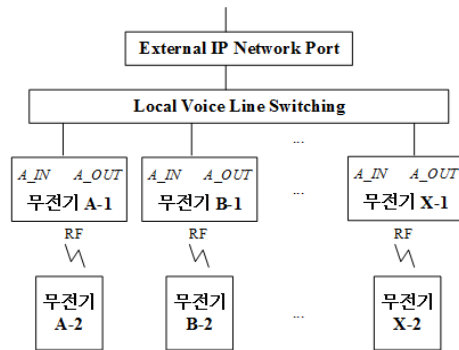


그림 3. 외부 네트워크 연결 기반 무전기 음성 라인 연결 시스템 구조
Fig. 3. Radio Voice Line Connected System Structure based on External Network

III. IP기반 이종 재난통신 무전기 음성 연동 방안

본 논문에서 제안한 All-IP 기반의 이종 무전기 음성 상호교신을 위한 시스템 구조는 그림 4와 같다. 이 구조는 그림 1, 2, 3의 시스템에서 진보된 형태로 각각의 무전기가 IP 모듈로 구성되어 연결된다. 이로써 내부 네트워크를 구성한다면 C 클래스일 경우 1개의 서버넷의 호

스트 개수 (254개)가 연결이 가능하며 다중 네트워크를 구성한다면 연결할 무전기의 상당히 늘어난다. 또한 매트릭스 구조의 시스템과 달리 특정한 접속 시스템에 종속되지 않으며 IP 네트워크에 접속할 수 있는 환경이라면 독립된 무전기 IP 모듈의 추가를 통해 시스템을 구성할 수 있다. 그림 4와 같이 무전기 A-2가 PTT 버튼을 눌러 음성을 송신하면 무전기 A-1은 무전기 A-2로부터의 아날로그 음성 신호를 수신하여 IP Converter를 통하여 음성을 RTP 패킷화 한다. 무전기 A-1은 그룹에 속해 있는 무전기들에게 SIP 호 연결을 통해 RTP 음성 패킷을 전송한다. RTP 음성을 수신한 무전기는 이를 다시 아날로그로 변조하여 PTT 버튼을 눌러 RF를 통하여 무전기로 송신한다.

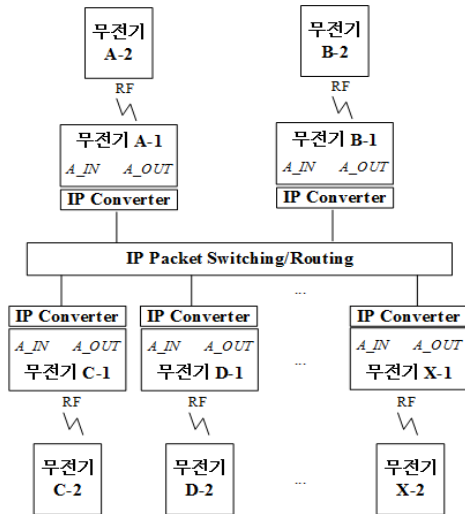


그림 4. All-IP 기반 라디오 음성 상호교신 개념도
Fig. 4. Radio Voice Intercommunication Concept Diagram based on All-IP

제안 시스템은 무전기의 아날로그 음성 신호를 IP 기반의 패킷 통신을 위한 변환기를 통한 상호교신을 위해서 호 처리를 위한 SIP와 음성 패킷의 실시간 통신을 위한 RTP 프로토콜을 사용한다.

그림 5에 프로토콜 시퀀스 차트를 도식화하였다. 현장에서 n개의 무전기와 로컬서버인 LVCS (Local Voice Call Server)가 있다면, 무전기의 음성 신호를 IP 패킷화 하는 모듈인 RVIPM (Radio Voice IP Module)이 LVCS에게 주소를 등록한다. LVCS는 지휘차량에 탑재되어 현장에 구축되지만 원격의 상황실에 위치할 수도 있다.

LVCS는 무전기들을 관리하고 그룹핑 하는 기능을 수행한다. 그림 5는 무전기 통신 모듈 1을 통해 무전기 음성을 2에서 n으로 전송하는 시나리오에 의한 프로토콜 시퀀스 차트이다. 무전기의 RVIPM들은 전원이 인가되어 부팅이 되면 LVCS에게 자신의 주소와 상태를 등록하며 그룹통신을 수행하기 위한 무전기들의 IP 주소를 얻어온다. 이를 Group Conf File에 저장하여 만약 송신 무전기가 PTT 버튼을 누름으로써 통화개시를 하면 RVIPM은 무전기 통신 모듈을 통해 COR 신호를 감지하면 같은 그룹에 속해있는 무전기의 IP 주소로 SIP 호를 설정한다. 호가 설정된 수신 RVIPM은 무전기 통신 모듈로 PTT 신호를 전송하여 신호개시를 위한 RF 채널을 점유한다. 그림에서 보는 바와 같이 무전기 통신 모듈 1이 송신 무전기로부터 수신한 아날로그 음성은 RVIPM을 통해 RTP 패킷 데이터로 변환하여 무전기 통신 모듈 2에서 n까지의 RVIPM들에게 전송한다. 이들은 각각 무전기 통신 모듈로 PTT 신호를 전송함으로써 무선 채널을 점유를 하고 무전기 통신 모듈 1의 RVIPM으로부터의 RTP 음성 패킷을 아날로그 음성으로 변환하여 무전기 통신 모듈을 통해 각각 전송한다. 무전기 통신 모듈 1의 RVIPM은 모듈 2에서 n의 RVIPM에게 SIP 호처리 는 각각 유니캐스트 방식으로 호 설정을 하고 RTP 음성 패킷은 멀티캐스트 방식으로 전송한다. 송신 무전기가 PTT 버튼 누름을 해제하여 음성 교신을 종료하면 SIP 호 종료를 통해 음성 채널을 닫는다.

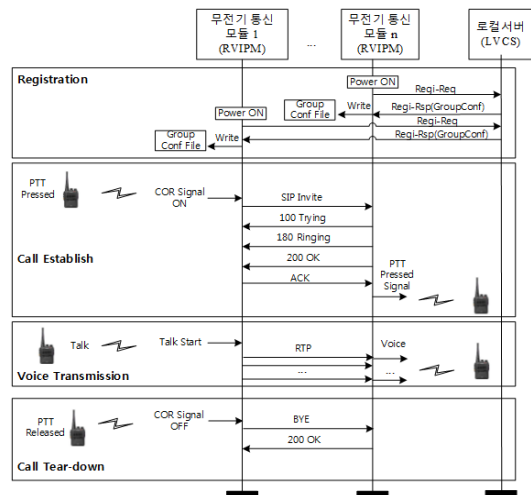


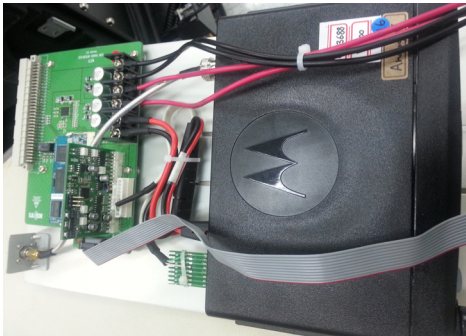
그림 5. 프로토콜 시퀀스 차트
Fig. 5. Protocol Sequence Chart

IV. 시제품 및 실험

본 논문에서 구현한 음성신호 패킷화 모듈 시제품은 그림 6과 같이 휴대형과 차량용 무전기와 연결된다. 개발환경은 ARM 임베디드 리눅스 2.6 기반에 libosip, libeXosip, ortp, alsa 라이브러리를 사용하여 SIP/RTP 기반의 소프트웨어 모듈을 개발하였다.



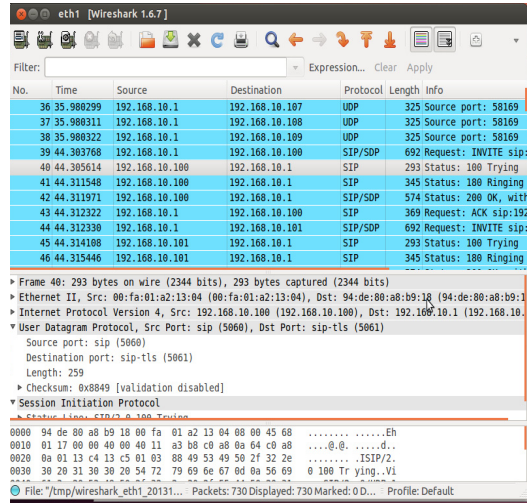
(a) 휴대형 무전기 연결



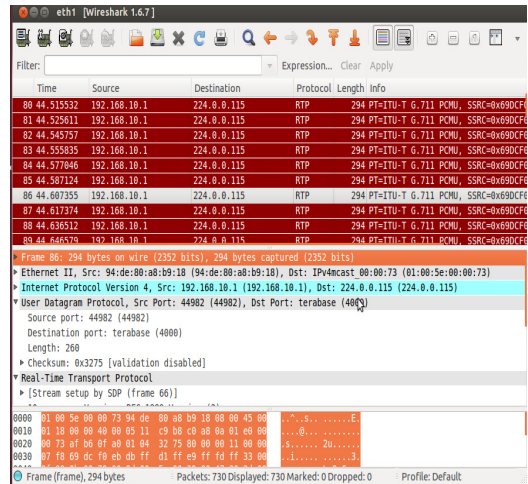
(b) 차량용 무전기 연결

그림 6. 무전기와 시제품 연결
Fig. 6. Connection Radio and Prototype

시제품의 동작을 확인하기 위하여 그림 7과 같이 Wireshark을 통해 패킷을 캡처하였다. SIP 호 설정관련 패킷 (a)과 RTP 음성 패킷 (b)을 도시하였다. 실험을 위해 하나의 무전기 통신 모듈의 RVIPM이 그룹에 속해 있는 5개의 무전기 통신 모듈의 RVIPM으로 음성을 전송하는 그룹통신 시나리오를 기반으로 시험 확인하였다.



(a) SIP Call Setup Packet



(b) RTP Voice Packet

그림 7. 패킷 캡처
Fig. 7. Packet Capture

성능을 시험하기 위해 그림 8과 같이 음성 패킷 전달 지연을 오실로스코프를 통하여 측정하였다. 1개의 송신 RVIPM에서 1개의 수신 RVIPM으로의 전송 지연을 측정하였으며 노란색과 녹색 파형은 송신 무전기로부터 음성을 수신한 무전기 통신 모듈 1의 RVIPM으로부터의 파형으로 노란색은 COR 신호생성파형이고 녹색은 전송하는 음성 파형이다. 보라색과 붉은색 파형은 무전기 통신 모듈 1의 RVIPM으로부터 수신한 무전기 통신 모듈 2의 RVIPM으로부터의 파형으로 보라색 파형은 PTT 신호 생성 파형이고 붉은색 파형은 전송하는 음성

과형이다. 음성패킷은 송신하는 무전기에서 PTT버튼을 누르고 “하나, 둘, 셋”이라는 음성을 전송한 결과이다. 무전기 통신 모듈 1의 RVIPM에서 무전기 통신 모듈 2의 RVIPM까지의 전송 지연은 612ms로 나타났으며 이는 로컬 이더넷 허브를 통해서 전송한 결과이다.

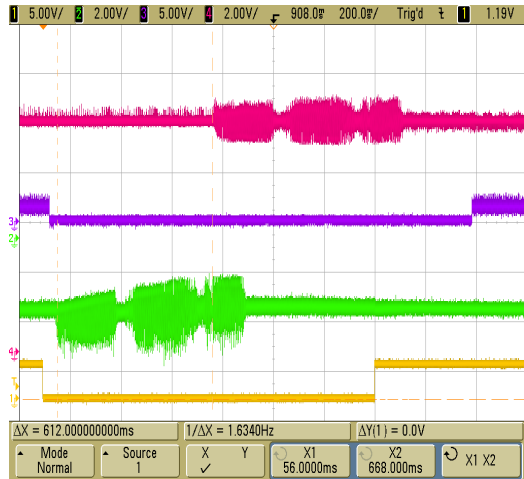


그림 8. 음성패킷 전달 지연 시험
Fig. 8. Voice Packet Transmission Delay Test

V. 결론

재난관리기관들은 대응활동을 위해 이종의 무전기를 이용한 음성통신을 사용한다. 이러한 이종의 무전기간 음성 상호통신이 불가능하여 이들 이종의 무전기간 음성연결을 통해 상호교신을 가능하게 해주어야 한다. 이에 본 논문에서는 연결하는 무전기 접속부를 독립적인 모듈형태로 IP 네트워크로 연결하여 연결할 무전기의 수에 제한을 받지 않고 확장성을 지원할 수 있는 All-IP 기반의 이종 무전기 음성 연동 방법을 제안하였으며 시제품 개발과 시험을 통해 성능을 검증하였다.

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] H. Aiache, R. Knopp, K. Koufos, H. Salovuori, and P. Simon, "Increasing public safety communications interoperability: the chorist broadband and wideband rapidly deployable systems", Communications Workshops, 2009. ICC Workshops 2009. IEEE International Conference on. IEEE, pp. 1-6, June 2009.
- [3] ETSI, ETS, "300 392-12-22: Terrestrial Trunked Radio (TETRA)", Voice plus Data 500. Part 12.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] F. Persson, "Voice over IP realized for the 3GPP long term evolution." Vehicular Technology Conference, 2007. VTC-2007 Fall. 2007 IEEE. pp. 1436-1440, Sep. 2007.
- [8] S. Tabsombat, et al. "Radio over IP prototyping: A communication system for emergency response." Service Systems and Service Management (ICSSSM), 2010 7th International Conference on. IEEE, pp. 1-5, Jun. 2010.

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

저자 소개

박 진 희(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>

이 순 화(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>