

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2013.13.6.29>

JIIBC 2013-6-4

이종 무전기의 통신접속지연차에 따른 음성통신성능 개선 연구

Heterogeneous Study of Voice Communication Delay According to Connection Delay Difference of Heterogeneous Radios

박진희*, 이순화**

Jin-Hee Park, Soon-Hwa Lee

요약 우리나라 재난관리 기관에서는 재난발생시 대응활동을 위해 이종의 재난통신 무전기를 사용하고 있다. 이러한 무전기들은 통신 방식에 따라 각기 다른 통신접속지연을 보이므로 이들 간에 원활한 음성통신을 위해서는 시간차에 따른 보정기술이 필요하다. 이에 본 논문에서는 아날로그와 디지털 그리고 직접 통신과 기지국 통신에 따른 각각의 통신지연에 따른 무전기간 음성 전송권 획득 및 음성데이터의 손실 문제를 해결하기 위한 방안을 제시하였다.

Abstract The heterogeneous emergency communication radios is used at disaster management agencies of Korea to response activity in the event of disaster. The compensation method by communication connection time difference is necessary to seamless voice communication because radios have different communication method and delay. In this paper, we suggested solution for voice transmission chance and data loss problem.

Key Words : Disaster Response Communication, Radio, Connection Delay Difference, Voice Inter-Communication Initiation

1. 서론

재난통신^{[1]-[3]}은 무선 채널과 통신 방식이 다양한 무전기를 사용하고 있다. 이 무전기들은 100MHz VHF (Very High Frequency)대역, 400MHz UHF (Ultra High Frequency) 대역, 그리고 800MHz 대역의 일부를 무선 통신 구간으로 사용하고 있으며, 아날로그 방식과 디지털 방식 및 무전기간 직접 통신 방식과 기지국 경유 통신 방식으로 각각 다양하다. 100MHz VHF 대역과 400MHz UHF 대역의 아날로그와 디지털 무전기[4]

는 기지국을 사용하지 않고 직접 통신으로 수행되고 TETRA (Terrestrial Trunked Radio)^{[4][5]}와 IDEN (Integrated Digital Enhanced Network)등의 TRS (Trunked Radio System)^{[5][6]} 통신은 직접 통신과 기지국 경유 통신 방식 모두 지원한다. TETRA는 사용하는 무선 주파수 채널을 4개의 슬롯으로 나누어 기지국을 통해 사용 채널을 할당 받아 음성을 전송한다. 무전기간 음성 통화를 위해서는 사용하는 무선 주파수, 통신 방식 및 통신 채널이 동일해야 가능하므로 재난통신에서 사용되고 있는 이종의 무전기간 음성 상호 통신을

*정회원, 전자부품연구원 IoT융합연구센터

**정회원, 안전행정부 재난안전통신망구축기획단

접수일자 2013년 11월 21일, 수정완료 2013년 12월 13일
게재확정일자 2013년 12월 13일

Received: 21 November, 2013 / Revised: 13 December, 2013

Accepted: 13 December, 2013

*Corresponding Author: pjhe@kети.re.kr

IoT Convergence Research Center, KETI, Korea

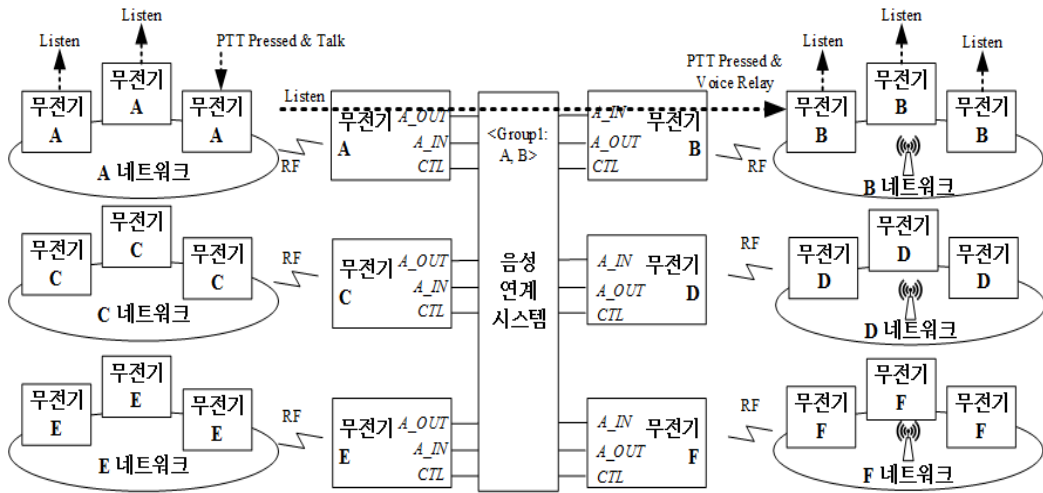


그림 1. 이종 무전기간 음성연계시스템
 Fig. 1. Voice Inter-Communication System between Heterogeneous Radios

위해서는 음성 연계 시스템^{[6]-[8]}이 필요하다. 그러나 이 시스템은 무전기간의 음성을 상호 전달하는 역할을 수행하므로 접속하는 무전기의 통신방식을 변경할 수 없어 무전기 방식에 의존된다. 특히 기지국 경유 방식의 무전기는 직접 통신 무전기보다 통신개시를 위한 시간 지연이 더 길고, 아날로그 및 디지털 등의 무전기마다 PTT (Push To Talk)버튼을 누른 후의 통신개시시간도 각각 다르다. 이러한 문제는 단순히 무전기간에 음성 입력 및 출력부를 교차하여 음성신호를 연결 하는 방식에서는 전송하는 음성 손실 현상과 음성 전송권 점유 문제를 발생시킨다. 이에 본 논문에서는 이러한 문제를 분석하고 해결방안을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 무전기간 음성통신을 지원하는 음성 연계 시스템 개념을 설명하고, 3장에서는 통신접속지연차에 따른 문제점 분석과 이의 해결방안을 제시하며, 4장에서는 이를 적용한 시스템을 제안하고 마지막으로 결론을 맺는다.

II. 이종 무전기간 음성연계시스템

이종 무전기간 음성 통신을 위한 시스템은 그림 1에 도식화되어 있다. 무전기들은 각각 음성 통신 네트워크를 구성하여 그룹통신을 수행하고, 각각의 네트워크는 같은 무선 주파수, 채널, 그룹, 및 전송 방식이 같으며,

이러한 방식이 서로 다른 네트워크의 무전기간 음성을 전달하기 위해서는 음성 연계 시스템이 필요하다. 음성 연계 시스템은 무전기의 음성 입력 포트 (A_IN)과 음성 출력 포트 (A_OUT)를 통한 음성신호와 CTL 포트를 통한 음성신호개시감지신호 (COR 신호: Carrier Operated Relay 신호)와 음성전송개시신호 (PTT 신호)를 전송한다. 이로써 그림 1에서와 같이 A 네트워크의 무전기와 B 네트워크의 무전기간에 음성 전송이 이루어진다. 이때 A 네트워크는 아날로그 방식의 직접 통신을 수행하는 무전기로 구성되고 B 네트워크는 디지털 방식의 기지국 경유 통신을 수행하는 무전기로 구성될 수 있는데, A 네트워크에 속한 무전기가 PTT 버튼을 누르고 음성을 송신하면 A 네트워크에 속한 나머지 무전기들과 음성 연계 시스템을 통해 그룹 1로 묶여있는 무전기 B를 통하여 B 네트워크에 속한 무전기들에게 전송된다.

III. 통신접속지연차에 따른 음성연계통신 개선방안

그림 1과 같이 이종의 무전기간 음성 연계 시스템을 통하여 음성 정보를 전달할 때 무전기의 접속 지연 시간에 따른 음성 손실 문제와 음성 전송권 점유 문제가 발생한다. 이를 개선하기 위해 음성 연계 시스템에서

데이터 버퍼를 이용한 음성 손실 보정과 시간 버퍼를 이용한 음성 전송권 획득기법을 제안한다.

1. 음성 손실 문제

무전기는 통신 접속 방식에 따라 접속 지연 시간이 다르다. 특히 기지국 경유 방식을 이용하는 TETRA와 IDEN과 같은 TRS의 TMO(Trunked Mode Operation) 통신에서는 직접 통신모드로 동작하는 무전기보다 더 긴 지연 시간을 가진다. 이 때문에 음성 연계 시스템은 이러한 무전기간의 음성 신호를 연결할 때, 아날로그 음성 라인을 직접 연결할 경우 그림 2와 같이 Call Setup Time(t)만큼의 지연차로 인한 앞음절 손실 문제가 발생한다. 이러한 문제는 VHF/UHF 아날로그 무전기에서 TRS TMO 디지털 무전기로 음성을 전송할 때 발생한다. 이 때문에 VHF/UHF 직접 통신 모드로 동작하는 무전기로부터의 “3층으로 이동하라”라는 음성은 TRS TMO 방식으로 동작하는 무전기로 전달시 “층으로 이동하라”라는 앞음절 손실 문제가 발생하여 정확한 정보 전달이 어렵다.

이러한 문제를 해결하기 위한 방안은 그림 3과 같이 음성 연계 시스템에서 데이터 버퍼를 두어 음성 레코딩을 통한 손실을 보정하는 것이다. 즉 VHF/UHF 직접 통신 모드의 무전기로부터 수신한 음성을 바로 TRS TMO 무전기로 전송하는 것이 아니라 데이터 버퍼를 두어 레코딩한 음성 데이터를 TRS TMO 무전기가 기지국으로부터 무선 전송 채널을 획득하고 통신 개시 준비가 되었을 때 레코딩한 음성 정보를 전달한다.

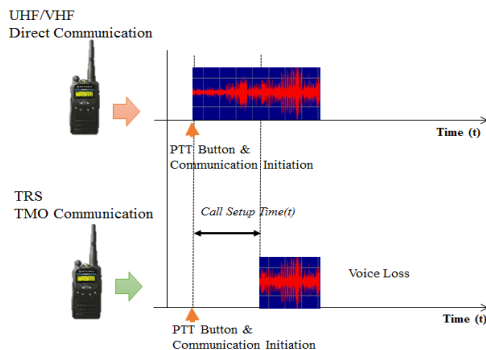


그림 2. 통신접속 지연차에 의한 음성 손실 문제
Fig. 2. Voice Loss by Communication Initiation Delay

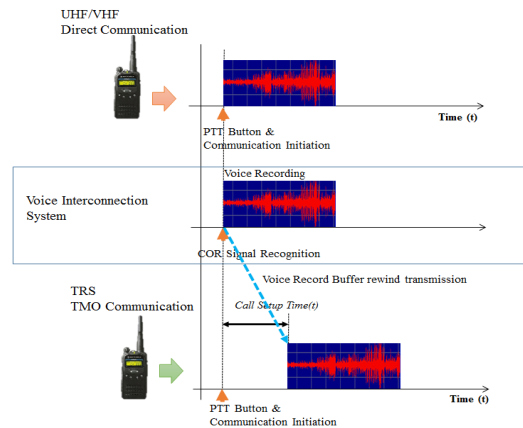


그림 3. 데이터 버퍼를 이용한 음성 손실 보정
Fig. 3. Voice Loss Compensation by Data Buffer

2. 음성 전송권 점유 문제

음성을 전송하기 위한 채널 획득 시간이 다른 이종의 무전기들은 다른 네트워크의 무전기로의 음성 전송권 획득에 상대적으로 유리하다.

그림 4와 같이 VHF/UHF 직접 통신 모드로 동작하는 무전기와 기지국 경유 방식으로 동작하는 TRS TMO 무전기의 통신 접속 시간차로 인해 동등한 음성 전송권을 획득하기 힘들다. 음성 연계 시스템은 무전기가 PTT 버튼을 누르고 음성을 송신할 경우, COR 신호를 통해 음성 전송을 위한 호 설정을 수행한다. 이때 두 무전기가 음성통신을 개시하고자 할 경우, 동시에 PTT 버튼을 누르더라도 무선 채널 획득 시간의 지연차로 인해 음성 연계 시스템에서는 각기 다른 시간에 COR 신호를 받는다. 즉 직접 통신 모드의 무전기로부터의 COR 신호를 받는 시간 (t1)이 기지국 경유 방식의 무전기로부터의 COR 신호를 받는 시간 (t2)보다 작으므로 직접 통신 모드의 무전기가 먼저 음성 전송권을 획득할 확률이 크다. 이로써 TRS TMO 무전기가 음성통신에 있어 불리한 음성 전송권을 가지게 되는 문제점을 발생시킨다. 이를 위해 음성 연계 시스템에서 시간 버퍼를 두어 같은 그룹으로 등록되어 있는 무전기들의 접속시간지연 정보를 통해 최대 지연시간과 자신의 지연 시간 차만큼 기다린 후 음성전송을 위한 호개시를 시작하는 방안을 제안한다.

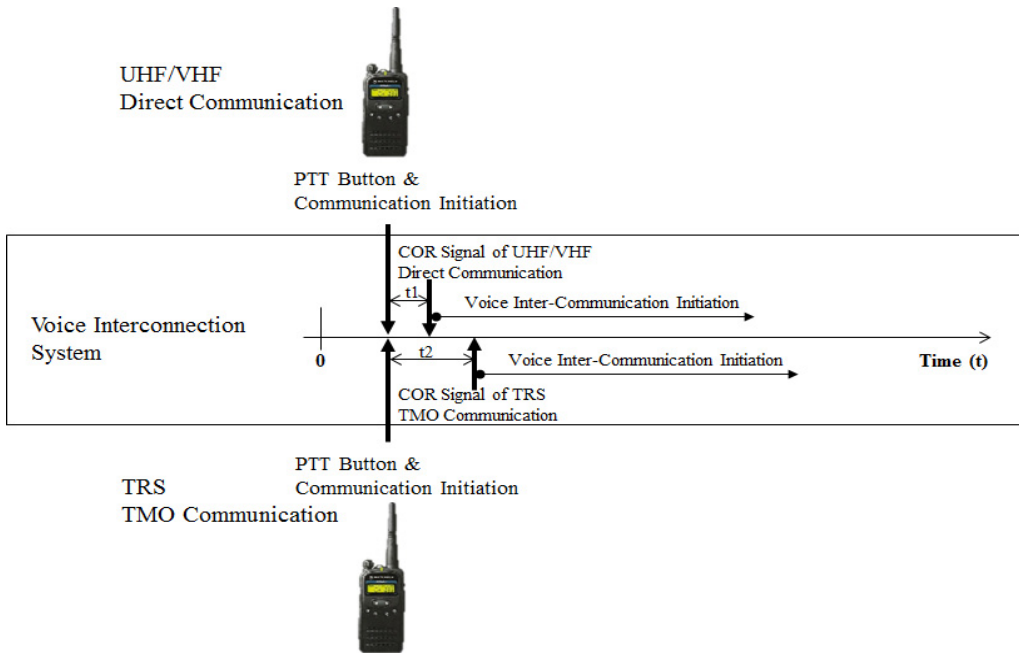


그림 4. 시간 버퍼를 이용한 음성 전송
Fig. 4. Voice Transmission by Time Buffer

3. 음성 연계 시스템에서 무전기별 접속지연 및 지연차 측정 방법

무전기의 통신접속지연차에 따른 음성손실 문제와 음성 전송권 점유 문제를 해결하기 위해서 우선적으로 음성 연계 시스템에서 무전기별 접속지연시간을 측정해야 한다.

무전기의 접속지연시간 (CTD : Connection Time Delay)은 다음과 같다.

t_0 = time of PTT button pressed at radio

t_1 = time of COR signal received at voice interconnection system from radio

$$CTD_{radio1} = t_1 - t_0$$

$$GCTD = \{CTD_{radio1}, CTD_{radio2}, \dots, CTD_{radioN}\}$$

$$TB_{radioi} = \text{Max}(CTD_{radioN}) - CTD_{radioi} \quad (1)$$

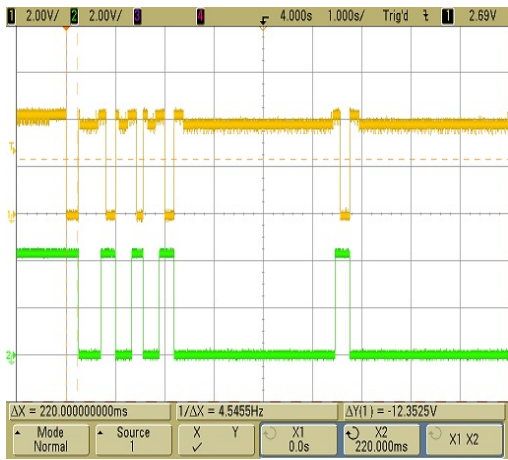
t_0 는 무전기에서 통화개시를 위한 PTT 버튼을 누른 시간이고, t_1 은 음성 연계 시스템이 송신 무전기로부터 음성개시신호를 수신하여 COR 신호를 발생하는 시간이다. 무전기의 접속지연시간 (CTD)는 $t_1 - t_0$ 의 값이며 GCTD (Group CTD)는 같은 그룹에 속해있는 무전

기들의 CTD들의 집합이다. 따라서 무전기가 음성 연계 시스템을 통해 음성을 전송하기 위해서는 GCTD 중에 최대 CTD값과 자신의 CTD 값의 차이 값인 시간 버퍼 (Time Buffer)만큼 기다린 후에 음성 전송을 위한 호 설정을 시작한다.

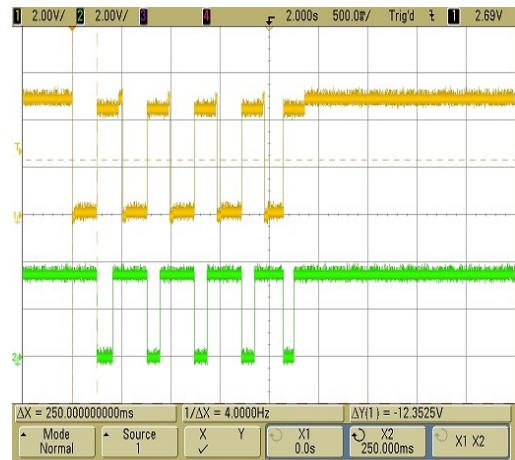
t_0 를 감지하기 위해 무전기로부터 PTT 신호를 추출하거나 VOX 방식의 무전기에서 음성신호를 인식하여 Pseudo-PTT 신호를 추출한다. t_1 을 감지하기 위해 무전기 통신 모듈에서 디지털 COR 신호를 추출하거나 VOX 방식의 무전기에서 음성신호 및 Pseudo-COR 신호를 추출한다.

IV. 구현 및 실험

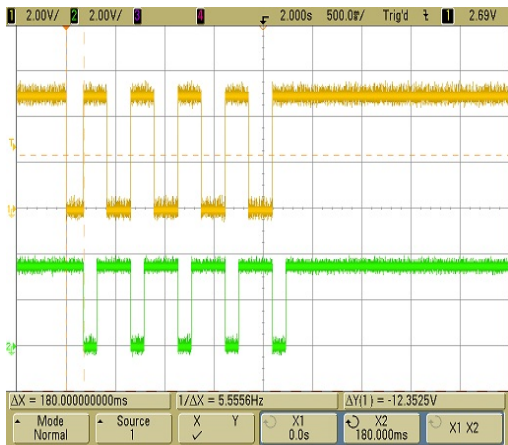
본 장에서는 무전기별 접속 지연 시간을 측정하기 위한 기능 구현을 설명하고 실험을 통해 살펴본다. 그림 5에서는 무전기의 접속지연시간을 오실로스코프를 통해 측정할 결과이다. 그림의 위의 파형은 무전기에서 PTT 버튼을 눌렀을때의 신호이고, 아래 파형은 COR 신호를 받았을 때의 신호이다. 즉, CTD_{radio} 의 값은 그림의 ΔX 로 나타내고 있다.



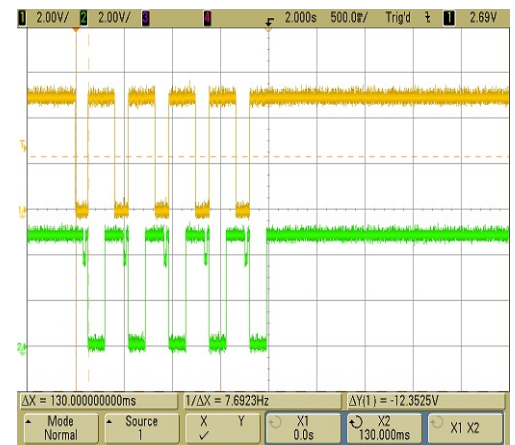
(a) TETRA



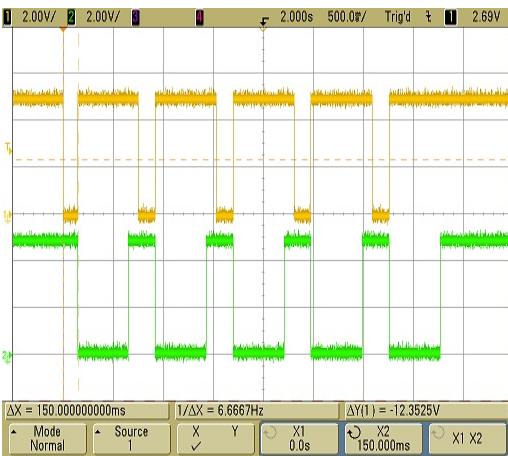
(d) VHF analog



(b) UHF analog



(e) VHF digital



(c) UHF digital

그림 5. 무전기별 접속 지연
Fig. 5. Connection delays of radios

그림 6은 GUI 소프트웨어로 구현하여 버튼을 누름으로써 CTD_{radio} 의 값을 산출하며, 5번의 측정 시도를 통한 평균값을 산출하였다. 그림의 Delay 버튼을 누르면 이와 같은 기능을 수행한다.

그림 7은 버퍼를 두어 음성을 레코딩 한 후 보정하여 전송하는 신호파형을 나타낸다.

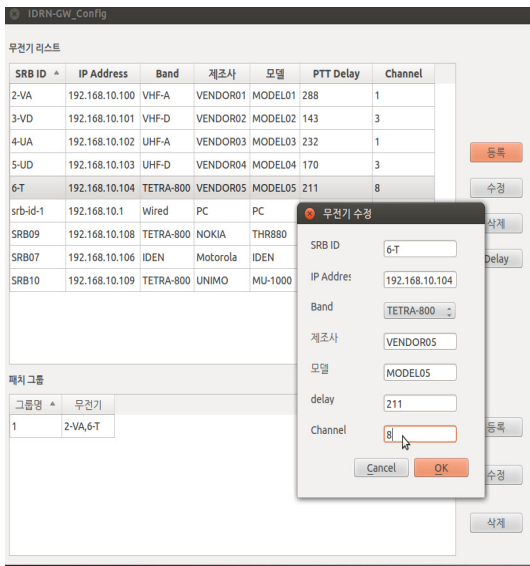


그림 6. 무전기별 접속 지연 설정 소프트웨어
 Fig. 6. Connection delay configuration software of radios

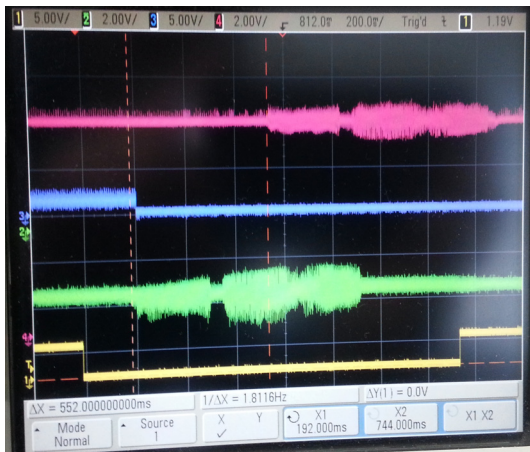


그림 7. 음성 레코딩 후 전송
 Fig. 7. Transmission after voice recoding

V. 결론

본 논문에서는 재난통신에 사용되는 무전기는 통신 방식이 달라 각기 다른 통신 접속 시간에 따른 지연 문제로 인해 발생하는 음성 손실 문제와 음성 전송권 점유 문제를 해결하기 위한 방안을 제시하였다. 음성 손실 문제는 데이터 버퍼를 두어 음성 데이터를 레코딩하여 무전기가 통신개시준비가 되었을 때, 이를 전송한다.

이 방법은 무전기 통신개시준비 시간 지연만큼의 음성 전송지연을 발생하지만 재난현장에서 정확한 음성 정보 전달이 매우 중요하며, TRS TMO 통신개시준비 시간이 대략 1초 미만인 경우를 생각하면 이 정도의 지연은 감내할만 하다. 음성 전송권 점유 문제는 시간 버퍼를 두어 같은 그룹으로 등록되어 있는 무전기들의 접속 시간지연 정보를 통해 최대 지연시간과 자신의 지연시간 차만큼 기다린 후 음성전송을 위한 호개시를 시작하는 방안으로 최대 지연을 갖는 무전기에게도 점유권을 부여할 확률이 증가하였다.

References

- [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. 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, June 2002.
- [3] B. S. Manoj and A. H. Baker, "Communication challenges in emergency response", Communications of the ACM, Vol. 50, No. 3, pp. 51-53, March 2007.
- [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] ETSI, ETS, "300 392-12-22: Terrestrial Trunked Radio (TETRA)", Voice plus Data 500. Part 12.
- [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", Communications 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>