

재난안전통신망 단말기 재난현장 사용시 통신·음량 성능평가 개발 및 특성분석

염인수*, 김병규, 정정호

*국립소방연구원, 소방청, 방재시험연구원

*insu81@korea.kr

Development and Characterization of Communication and Audio Performance Evaluation for PS-LTE Devices in Disaster Field Operations

Yeom In Su*, Kim Byung Kyu, Jeong Jeong Ho

*National Fire Research Institute., National Fire Agency., Fire Insurers Laboratories of Korea.

요약

본 논문은 재난 현장에서 사용되고 있는 재난안전통신망 단말기의 현장 사용 시 발생하는 통신 특성을 실험적 연구를 통해 분석하였다. 그리고 화재 진압 등 소방 현장에서 물방울에 의해 발생하는 PS-LTE(Public safety-LTE) 통신음량에 대한 영향을 파악하였고, 이를 통해 소방 현장을 반영할 수 있는 성능 평가 방식을 개발하였다. 재난안전통신망 단말기의 UHF 대역에서 농연 및 건축물 자재에 따른 전파 투과 특성을 비교분석하였다. 사용된 연료와 건축물 자재에 따라 특성 차이가 발생하였으며, 전파 감쇄 특성을 보여주었다. 기초 실험을 통해 방수등급(IPx5)을 적용하여 물방울에 대한 통신시 음량 저하를 파악하고, 설문조사를 바탕으로 전국 시·도 소방공무원의 사용자 의견, 대응 매뉴얼 및 소방 현장에서 발생하는 주수 압력, 시간, 방향지시등의 과학적인 분석을 바탕으로 성능 평가 방식을 개발하여 효과적인 평가체계를 제시하고 이를 통해 소방 장비 기술개발 촉진과 대원 안전 확보를 마련하였다.

I. 서론

최근 이태원 사건 등 대형 재난 상황에서 대원 간 원활한 소통과 효율적인 대응을 위해 재난안전통신망이 구축되고 활용되었다. 이를 통해 여러 재난관련 기관들이 단일 통신망으로 신속하고 효율적으로 소통이 가능하고 재난 상황에서 활용도가 확대되고 있다. 그러나 소방 현장에 보급된 무전기의 경우, 화재, 집중호우, 화재 진압 등 재난 현장 사용 시 음량 감소, 통신 열화 등의 문제점들이 발생한다. 무전기를 통한 무선 통신은 화재 및 건물 붕괴 사고와 같은 재난 환경에서 소방관 및 구조 활동의 안전을 위해 매우 중요하다. 잘 알려진 바와 같이 화재나 건물 붕괴가 발생하면 이동 통신망 등 무선통신망이 붕괴하고 그 결과 소방관의 불행한 사고가 여전히 많이 발생한다. 이러한 재난 환경에서 통신 왜곡의 주요 원인은 건물 벽과 같은 장애물로 인한 전파 손실과 화재 환경에서 연기로 인한 전파 손실이다[1-2]. 또한 빗방울 또는 주수 활동 시 발생하는 통신 장애 요소에 의해 애로사항이 발생한다[3]. 특히 화재 진압 등 주수 상황 시 분무되는 물방울의 방향, 압력, 형태에 따라 스피커 및 마이크에 물이 침투되고 이에따라 통신 음질 불량이나 다수 발생하고 있고 현장 사용 시 어려움이 발생한다.

II. 본론

특수 설계된 무반향실(3m x 1m x 1m)에서 4가지 유형의 벽체(타일벽돌, 블록, 콘크리트, 붉은벽돌)에 해당하는 마이크로파 특성을 실험하였다. 그리고 컨테이너 공간에서 밀도가 동일한 4가지 유형의 농연에 따른 전파 감쇄 특성을 일정 크기의 컨테이너 공간(5.8m x 2.8m x 2.2m)에서 실험하였다. 연기 밀도를 동일하게 구성하기 위해 연기 밀도 측정 방식인 조도의 감소 특성을 활용하였다. 400MHz 대역의 무선 주파수에서 건축 자재의 두께와 종류에 따라 3dB 이상의 큰 감쇄를 보여주었다. 그리고 연료의 연소시 발생하는 농연에 따라 전파 감쇄는 크지 않지만, 우레탄, 플라스틱, 고무와 같은 연료는 목재에 비해 상대적으로 크게 감소하였다[4]. 주수 활

동등 물방울 발생에 따른 재난안전통신망 단말기의 통신 음량 저하를 파악하기 위해 기초 실험을 진행하였다. 현장 상황을 반영하기 위해 80dB[5]의 외부 소음을 반영하고 단말 내부의 저장된 표준 음원을 재생하여, 강한 빗방울 수준의 IPx 5 방수 등급에 적용 주수 전후 단말기별 음량을 비교 평가하였다. 주수 전후 음량이 크게 감소되고 털기 등 물리적인 제거 없이 실온상태에서 초기 음량으로 회복되지 못하였다.

현재 소방현장에서 무전기를 사용할 때 빗방울이나 화재진압 등 주수 활동시 음량저하가 지속적으로 발생하고 있으나, 이를 정량적으로 평가할 수 있는 성능평가 방식이 전무하다. 이에 따라 본 연구에서는 주수 전후의 통신음량의 성능평가 체계를 구축하였다. 평가기준 개발을 위해 표준 현장음원, 주수 방식을 개발하고 음성명료도를 바탕으로 하는 현장을 반영한 성능평가 체계를 구성하였다. 연구에 앞서 소방현장의 주요 소음원과 주수시 발생하는 분무 특성을 파악하기 위해 소방 공무원 500명을 대상으로 설문조사를 시행하였으며, 이를 통해 표준 현장음원을 개발하였다. 그림1 에서와 같이 소방 훈련 상황시 사이렌 소리와 현장 진압장비를 측정하여 평가 기준에 활용될 음원을 추출하고 표준 음원을 개발하였다. 현장 소음 측정 결과 87dBA 이상으로 나타났다.



그림 1. 소방 훈련 상황 소음 측정

다음으로 소방 현장의 주수 방식을 도출하기 위해 무전기를 착용한 실제 사람 크기의 마네킹을 활용하여 주수 실험을 수행하였다. 다양한 각도의 주수 방향(수직, 수평), 주수량, 압력, 시간 그리고 벽에 부딪혀 돌아오는 물방울 등 다양한 요소를 반영하여 실험하였고 현장 대응 매뉴얼을 반영하여 주수시 발생하는 주수 압력 및 시간 등의 요소들을 도출하였다. 사용된 주수량은 $17.7\text{L}/\text{m}^2$ 이고 3분간 노출되어 성능을 측정하였다. 마지막으로 명확한 말소리를 평가하는 지표는 여러 가지로 표준화되어 있으나 본 논문에서는 주변 소음과 울림을 동시에 반영할 수 있는 STI(Speech Transmission Index)[6]. 와 같은 음성명료도 측정 방법을 바탕으로 단계별로 측정가능한 성능평가를 개발하였다.

III. 결론

본 논문에서는 재난안전통신망 단말기의 소방현장의 기능을 확대하고 현장대원의 안전 확보를 위해 재난현장에서의 통신 특성을 분석하였고 현장을 반영할 수 있는 성능평가 방식을 개발 하였다. 농연 및 건축물 재료에 따른 전파 투과 특성을 분석하여 현장사용의 통신 문제를 실험적으로 분석하였고, 주수 상황에서 발생하는 통신 음량 저하 문제를 확인하고 현장을 반영한 평가체계를 구축하였다. 소방장비의 통신 기능을 강화하고 표준화를 통한 장비 기술개발 활성화에 기여할 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the Technology and Development to Support Firefighting Activities (2760000025) founded by the National Fire Agency of Korea.

참 고 문 헌

- [1] Cho SS, Hong IP. Transmission characteristics measurement of building materials. Proc Korean Inst Commun Sci Conf, 2007:816-817.
- [2] Baum T, Lachlan T, Kamran G. A complex dielectric mixing law model for forest fire ash particulates, IEEE Geosci Remote Sens Lett, 2012;9:832-835.
- [3] C. Moroder, J. Schmid, T. Bauer, Microwave instrument for simultaneous wet antenna attenuation and precipitation measurement, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 58 (2020) 2563 - 2575.
- [4] Yeom, I., & Kim, T. D. (2025). Microwave attenuation of two-way radio according to building material and smoke in disaster environments. Science Progress, 108(1), 00368504251318835.
- [5] 이임규, 강태선, 함승헌, 김정인, 양영숙, & 윤충식. (2011). 소방 공무원의 시간활동 양상과 직무에 따른 소음 노출 특성. 한국환경보건학회지, 37(2).
- [6] IEC 60286-16:2020 Sound system equipment - Part 16: Objective rating of speech 36 intelligibility by speech transmission index.