[Research Paper]

SCBA 면채용 다자간 동시 양방향 팀 통신모듈 개발

김시국 · 최수길* · 임우섭** · 한용택****†

호서대학교 소방방재학과 교수, *호서대학교 소방방재학과 대학원생,
한국소방산업기술원 연구소장, *대구의대학교 소방방재환경전공 교수

Development of Multipoint Simultaneous Full-duplex Team Communication Module for SCBA

Si-Kuk Kim · Su-Gil Choi* · Woo-Sub Lim** · Yong-Taek Han****†

Professor, Dept. of Fire and Disaster Protection Engineering, Hoseo Univ.,
*Graduate Student, Dept. of Fire and Disaster Protection Engineering, Hoseo Univ.,
**R&D Director, Korea Fire Institute,
***Professor, Dept. of Fire and Environmental Safety, Daegu Haany Univ.

(Received October 24, 2019; Revised November 29, 2019; Accepted December 2, 2019)

요 약

본 연구는 소방대원들이 화재현장에서 진압 및 구조 업무 활동 시 필수로 착용하고 있는 SCBA 시스템에 팀원 간 의사소통이 가능하도록 다자간 동시 양방향 통신이 적용된 SCBA 면채용 무선통신 모듈을 설계·제작하여 그 성능을 확인하였다. 본 시험 조건에서 팀 통신모듈 성능평가결과 가시거리(LOS)에서 500 m 이상 통신이 가능하며, 건축물 내부 수평 통신거리는 1:1로 최소 36 m에서 최대 51 m까지 측정되었다. 또한, Ad-hoc 기능을 구현하여, 3 hoc 자동중계로 통신거리가 128 m 까지 확대되었다. 건축물 내부 수직 통신거리는 오픈된 계단실의 경우 5층까지, 구획된 계단실의 경우 3층까지 통신되었고, 2 hoc 자동중계를 통해 5층까지 모든 통신이 가능하였다. 화재상황을 가정한 통신 성능실험결과 별도의 PTT 키 조작 없이도 소방무선통신 표준약어를 5명의 팀원이 정확히 인지하는 것을 확인할 수 있었다. 추가적으로 불꽃저항성 실험결과 950 ± 50 °C의 불꽃에 5 s간 노출 후 즉시 소화되어 내염성을 지닌 것을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

This study presents the design and manufacture of a self-contained breathing apparatus SCBA wireless communication module with a multipoint simultaneous full-duplex communication system to enable communication between team members wearing the SCBA system. It is necessary for fire-fighters to wear the SCBA system during extinguishing and rescue work at the fire site. Evaluation of the team communication module confirmed the feasibility of communication over more than 500 m in the test condition based on the line of sight. By implementing the Ad-hoc function, it was confirmed that the communication distance could be extended to 128 m by automatic routing up to 3 hoc. The vertical distance inside the building for successful communication was up to the 5th floor in the open staircase and up to the 3rd floor in the partitioned staircase. Furthermore, the performance testing of the communication module assuming a fire situation, confirmed that five team members correctly recognized the standard abbreviation of fire and wireless communication without a separate PTT key operation. In addition, the flame resistance was verified by exposing the module to a flame at 950 ± 50 °C for 5 s and then immediately extinguishing the flame.

Keywords : Firefighter, SCBA, Team communication, Full-duplex, Ad-hop

†Corresponding Author, E-Mail: ythan@dhu.ac.kr. TEL: +82-53-819-1424, FAX: +82-53-819-5738

© 2019 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

1. 서 론

극한의 화재현장에서 소방대원들의 안전사고를 예방하기 위해 화재 진압 및 구조 활동 시 소방용 Self-contained breathing apparatus (SCBA) 및 무전기, 개인안전정보기(Personal alert safety system; PASS)등을 지급하는 소방공무원 보건안전관리 규정⁽¹⁾ 시행하고 있지만, 효율성의 문제들이 나타나고 있다. 화재 진압 및 구조 활동 시 착용하는 무거운 개인장비들은 체력적인 부담을 가중시키고 있고, 양손이 자유롭지 못한 현장 상황에서의 팀원들 간의 의사소통은 보급된 무전기가 있음에도 불구하고, 면체의 확성기를 이용한 근거리 의사소통이 주로 이루어지고 있다. 즉, 무전기 등의 통신장비를 이용한 팀원 간의 통신대화가 아닌 단순 확성기를 이용한 바로 옆 대원과의 근접 대화를 하고 있는 것을 의미한다. 화재현장에서 팀원들 간의 정확한 의사전달을 위해서는 일정거리 이상을 커버하는 무전기 등을 활용한 통신이 이루어져야 하나 화재 진압 및 구조 활동 시 소방복 및 SCBA를 착용한 상태에서 소방호스 및 들것, 장비 등을 양손으로 들고 있기 때문에 이어폰 등을 착용한 상태에서 기존 무전기의 버튼을 눌러 대화하는 방식이나, 공기 호흡기의 Push to talk (PTT) 키를 조작하여 면체를 통해 대화 방식의 경우 효율성의 저하가 발생하고 있다. 이로 인해 현재 명령을 전달하는 팀장을 제외한 팀원의 경우 대부분 무전기가 아닌 면체 확성기를 이용한 의사소통을 하고 있지만, 긴박한 현장 상황 및 소음 등으로 인해 확성기를 이용한 팀원 간의 정상적인 의사소통은 사실상 불가능할 것으로 판단된다^(2,3). 또한, 현재 소방대원들이 사용하고 있는 무전기는 단방향 방식으로 다자간 동시 대화가 어렵고, 화재현장과 같은 열악한 상황에서 통신 거리가 급격히 제한되고 더불어 별도의 중계기가 없으면 음영지역이 확대되는 문제가 나타고 있다. 화재현장은 한치 앞도 보이지 않는 암흑 및 백색소음, 화염과 연기 등으로 가득 차있기 때문에 대원들은 자신과의 사투를 벌이게 되고, 자신 및 팀원들을 제외한 외부와 단절되는 상황에 직면하게 된다. 이러한 상황에서 소방대원의 안전성을 확보하기 위해서 팀원 간의 의

사소통이 절대적으로 필요하며, 효율성 및 안정성이 확보된 팀 통신은 유일한 생명줄이 될 수 있다^(4,5). 즉, 긴박한 화재현장에서 무선통신의 효율성을 높이기 위해서는 SCBA 면체를 착용한 상태에서 별도의 키(버튼, PTT) 조작 없이도 팀원들 간 서로 자유롭게 동시 대화가 가능한 양방향 통신장치가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 화재현장에서 진압 및 구조 업무 활동 시 소방대원이 필수로 착용하고 있는 SCBA에 팀원 간 의사소통이 가능하도록 다자간 동시 양방향 통신이 적용된 SCBA 면체용 팀 통신 모듈을 설계·제작하여 그 성능을 확인하였다.

2. 팀 통신모듈 설계 및 제작

Figure 1은 팀 통신모듈 개발에 앞서 설계된 팀 통신모듈의 하드웨어 블록도를 나타낸 것으로 팀 통신부의 경우 팀원 간 다자간 양방향 통신(채널당 최대 6인), 정보 데이터 송·수신 기능을 구현하였고, 블루투스(BT) 통신부의 경우 음성 확대 및 무전기 BT 연동 기능을 구현하였다. 팀 통신부의 메인 제어블록은 소모전류가 적고 프로세싱(Processing) 효율이 최적인 AMR Cortex 계열 M4를 이용, 암호화는 AES (Advanced encryption standard) 알고리즘 및 Voice codex (G.729A), 통신 MAC 등 소프트웨어를 적용하였고, SUB 시스템부의 제어를 담당하도록 설계하였다. 팀 통신부의 무선블록은 기저대역(Baseband) 데이터를 모듈레이션(Modulation)하고 아날로그화해 Radio frequency (RF) 신호로 변환, RF 신호를 디지털화해 모듈레이션하고 Baseband 데이터로 변환되도록 하였고, RF 출력(Power amplifier; PA) 및 수신 신호(Low noise amplifier; LNA) 증폭 기능을 설계하였다. 팀 통신부의 오디오블록은 음성 아날로그 신호를 디지털로 변환하고 신호 증폭, 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하고 신호 증폭, MIC에서 들어오는 신호 및 스피커로 출력되는 신호의 잡음 제거 기능을 설계하였다. 팀 통신부의 전원블록은 사용의 효율성을 위해 별도의 전원을 추가 장착하지 않고 기존 S사의 Self-contained breathing apparatus (SCBA)에 부

(a) Team communication part

(b) BT communication part

Figure 1. Hardware block diagram.

(a) System diagram

(b) Computer software component

Figure 2. System diagram and computer software component.

Table 1. Antenna Performance

Item	Feature	VSWR performance test
VSWR	1.12:1	
Frequency	UHF Band	
Communication Distance	More than 500 m Based on LOS	
Type	Dipole	

착된 PASS unit의 전원을 이용하여, 팀 통신부의 각 블록에 작동전압을 공급하도록 설계하였다. BT 통신부의 Sub CPU블록은 BT 통신블록 및 오디오블록의 기능을 제어하고, BT chip은 BT 4.0을 통한 센서정보의 공유 및 BT 2.1을 통한 무전기와 음성 통화가 되도록 설계하였다. BT 통신부의 오디오블록은 MIC 입력의 디지털화 및 잡음제거, 스피커 아날로그화 및 신호증폭을 통한 확성기 기능을 구현하였고, 전원블록은 PASS unit의 전원을 이용하여, BT 통신부의 각 블록에 작동전압을 공급하도록 설계하였다.

Figure 2는 팀 통신모듈의 시스템 구성도 및 소프트웨어 구성요소를 나타낸 것이다. 개발언어는 C, Assembler, 빌드 환경은 Atmel ARM GNU Toolchain, 개발 OS는 Microsoft Window 7, 개발 툴은 Atmel studio 6.2.1153버전을 사용하였다. 소프트웨어 주요기능으로는 중계방식은 All master sync 구조로 필수설계를 하였고, 음성처리기능은 전원 noise, 환경 noise 등을 Finite impulse response (FIR) 필터 최적 설계 및 구현, 최적 잡음제거 Parameter 계수 값을 통한

주변 잡음 제거 기능을 구현하여, 백색소음 등 화재현장에서 발생하는 주변잡음의 패턴을 인식하여 음성 신호만 통신망으로 송신할 수 있는 음성처리기술을 적용하였다. 보안기능은 대원들 간 음성통신 내용의 도·감청을 방지하기 위해 AES 256 알고리즘을 구현하여 메인칩에서 구동되도록 하였고, 오류정정기능은 전파오류가 빈번한 무선통신에서 전송성능 향상 및 데이터 내에 에러(Error)를 확인하기 위해 Forward error correction (FEC) 1/2 알고리즘 및 Cyclic redundancy checking (CRC) 16을 구현하여 통신품질 및 거리 성능을 개선하였다. 시스템제어기능은 각 블록별 동작상태를 제어하고, 최적의 전력소모 감소를 위한 전원제어 방법 및 잡 스케줄링 기능을 구현하였고, 자체점검기능은 I-BIT, P-BIT, PO-BIT 기능을 적용하여 자체진단을 통한 모듈 상태를 파악하도록 하였다.

Table 1은 설계된 팀 통신모듈의 안테나 성능을 나타낸 것이다. 정재파비(Voltage standing wave ratio; VSWR) 성능 측정결과 1.12:1로 반사가 거의 없는 최적의 값을 가지고

Figure 3. Team communication module.

있으며, 주파수는 극초단파(Ultra high frequency; UHF)대역인 약 900 MHz를 사용하며, 통신거리는 개활지 가시거리(Line-of-sight; LOS) 기준으로 500 m 이상 통신될 수 있도록 설계하였다.

Figure 3은 제작된 팀 통신모듈을 나타낸 것으로 기존 S사의 SCBA 면체를 이용하여, 동일한 콘셉트(Concept)로 내구성 및 방수(IPx7) 기능을 갖춘 기구부를 설계하여 시제품을 제작하였다. 제작된 팀 통신모듈의 주요 특징은 다음과 같다. 지방 소방대의 경우 한 팀당 팀원이 4~5인 정도인 점을 고려하여 1채널(최대 40채널 확장)당 6명이 동시에 공기호흡기의 PTT 키 조작 없이 양방향 음성 대화가 가능한 특징이 있다. 또한, 면체의 BT 통신부를 통해 기존의 소방용 무전기와 블루투스 페어링을 통해 소방용 무전기를 수신할 수 있다. 추가적으로 Figure 3(e)과 같이 Ad-hoc 네트워크(독립 단말끼리 외부의 도움 없이 자기들만으로 자율적인 임시적 망을 구성하는 것을 뜻함⁽⁶⁾)를 기반으로 구성하였고, 자동중계(3 hop) 기능을 제공하여 통신 음영지역을 최대한 해소하였다. 즉, 통신망을 제어하는 별도의 중계반 없이도 Figure 3(f)과 같이 3 hop 자동중계 기능을 제공하여 기존의 통신거리 대비 약 3배 정도 확대가능 하도록 구현하였다.

3. 팀 통신모듈 성능평가

제작된 팀 통신모듈의 성능평가는 크게 공공기관(ETRI) 성능의뢰시험과 자체성능시험으로 진행하였다.

3.1 성능의뢰시험(LOS)

본 시험은 제작된 팀 통신모듈의 최대통신거리를 측정하기 위해 진행하였고, 시험기준은 ETRI 자체규격으로 통신모듈의 통신거리는 가시거리(LOS) 기준으로 500 m 이상 되도록 규정하고 있다. 시험조건은 별도의 전파방해요소가 없는 개활지에서 진행하고, 제작된 팀 통신모듈 면체를 착용한 상태에서 1~10까지 카운트(랜덤)한 음성을 상대방에서 각각 끊김없이 인지 가능한지를 기준으로 하며, 시험절차는 다음과 같다. ① 팀 통신모듈에 전원을 인가하여 정상 동작을 확인한다. 이때, 채널은 1로하고 각각의 ID는 1~6으로 서로 다르게 설정 ② 팀 통신모듈 간 가시거리 기준 500 m 지점에서 음성이 끊김없이 인지할 수 있는지 확인한다. 이때, 지도 앱을 이용하여 거리가 500 m 이상인지 확인한 후, ID 1번 팀 통신모듈을 기준 장소에 고정하고 ID 2~6번 팀 통신모듈을 교체하여 성능을 확인하는 절차로 진행하였다. Figure 4는 LOS 측정 방법 및 성적서를 나타낸 것이다. ID 1번 팀 통신모듈을 기준으로 ID 2~6번 팀

Figure 4. Measurement method and testing result (LOS).

Figure 5. Measurement experiment of horizontal communication distance.

통신모듈과 각각 송·수신 시험결과 552 m 떨어진 거리에서 1~10까지 카운트(랜덤)한 음성을 상대방에서 각각 끊김 없이 인지 가능한 걸 확인할 수 있다.

3.2 자체성능시험

3.2.1 건축물 내부 통신거리 측정실험

LOS 측정시험의 경우 전파방해요소가 없는 개활지에서 진행하였기 때문에 실제 소방대원들이 활동하는 건축물 내부의 현장에 적용하기에는 다소 무리가 있다. 이에 따라 건축물 내부에서의 팀 통신모듈의 성능을 확인하기 위해 H 대학의 공학관 건축물(5층 규모)에서 성능시험을 진행하였다. Figure 5는 팀 통신모듈의 수평 통신거리 측정실험을 나타낸 것으로 공학관 건축물내에서 가장 긴 보행거리 및 무선통신 환경 상 간섭 및 손실이 많을 것으로 예상되는 3층에서 진행하였다. 즉, 3층의 경우 중간층에 위치하여 다수의 통신사 wifi 중계기 및 상하층으로 연결되는 6개의 계단 등이 존재하고 있어 무선통신경로 상 전파 간섭 및 손실이 높을 것으로 생각된다. 측정방법은 ID 1과 ID 2로 설정한 팀 통신모듈 면체를 착용한 2인이 LOS와 유사하게 1~10까지 카운트(랜덤)한 음성이 상대방에서 각각 정확히 인지되는 최대 수평거리를 측정하였다. 즉, 1번 지점을 기준으로 최대 통신이 되는 지점을 2번으로 표기하고, 다

시 2번 지점을 기준으로 최대 통신되는 지점을 3으로 표기하는 방식으로 복도 끝까지 진행하였다. 측정결과 본 건축물 환경 하에서 최대 수평 통신거리는 Figure 5(a)와 같이 가장 긴 직선 구간이 존재하는 4번과 5번 구간에서 최대 51 m까지 음성이 정확히 인지되었고, 코너 및 2개소 계단이 존재하는 5번과 6번 구간에서 최대 36 m로 가장 짧은 통신 구간으로 측정되었다. Figure 5(b)는 추가적으로 3 hop 자동중계 기능에 대해 실험한 것으로 Figure 5(a) 측정구간 상 통신 연결 거리가 가장 짧은 1, 2, 3, 4번 지점에 각각 ID 1~4까지 착용자를 위치한 후 3 hop 기능에 대해 측정해 본 결과 ID 1에서 ID 2까지 총 128 m 거리에 통신이 연결되어 ID 1 및 ID 2의 팀 통신모듈을 통해 1~10까지 카운트(랜덤)한 음성이 상대방에게 각각 끊김 없이 인지 가능한 걸 확인할 수 있다. 이는 일반적인 건축물상 보행거리 100 m 이상 되는 건축물의 수가 적은 점을 고려하면 현장 활동에 큰 지장 없이 수평 공간 전체를 커버할 수 있을 것으로 생각된다.

Figure 6은 팀 통신모듈의 수직 통신거리 측정실험을 나타낸 것으로 오픈된 계단실과 구획된 계단실에 대해 실험을 진행하였다. 측정방법은 공학관 건축물 각각의 1층 계단 입구에 ID 1번 팀 통신모듈 착용자가 위치하고, ID 2번 팀 통신모듈 착용자가 각 층의 계단에 위치하면서, LOS 측정과 유사한 방법으로 1~10까지 카운트(랜덤)한 음성이

Figure 6. Measurement experiment of vertical communication distance.

Figure 7. Communication performance experiment assuming fire situation.

상대편에서 각각 정확히 인지되는지 확인하였다. 측정결과 Figure 6(a)의 오픈된 계단실의 경우 1층부터 5층까지 음성이 정확히 인지되지만, Figure 6(b)의 구획된 계단실의 경우 1층에서 3층까지만 1:1 통신이 가능한 것으로 나타났다. 추가적으로 Ad-hop 자동중계 기능에 대해서 실험한 결과 1층(ID 1)과 3층(ID 3), 5층(ID 2)에 각각 위치했을 때, ID 1(1층)에서 ID 2(5층)까지 팀 통신모듈의 2 hop 자동중계를 통해 1~10까지 카운트(랜덤)한 음성이상대방에게 각각 끊김없이 인지 가능한 걸 확인할 수 있었다. 이에 따라 본 조건과 동일한 구획된 계단실의 경우 3 hop이 연결될 수 있는 계

단 높이를 고려하면 7층까지 팀 통신이 가능할 것으로 생각된다.

3.2.2 화재상황을 가정한 통신 성능실험

Figure 7은 화재 시 발생하는 화염 및 백색소음 등에 의한 팀 통신모듈의 전파간섭 영향을 확인하기 위해 화재상황을 가정한 통신 성능실험을 진행한 것이다. 실험은 한국소방산업기술원의 실화재 시험장에서 소방복 및 개발된 팀 통신모듈을 내장한 SCBA 시스템을 착용한 후 진행하였다. Figure 7(a)와 같이 최대한 안전을 확보한 상태에서 화염에

Table 2. Abbreviation Order and Respondents

No. ID	Abbreviation	Respondents	No. ID	Abbreviation	Respondents	No. ID	Abbreviation	Respondents
1	GGot	ID 2, 3, 4, 5	2	Cloud	ID 1, 3, 4, 5	4	Sachil	ID 1, 2, 3, 5
1	Sasa	ID 2, 3, 4, 5	2	Gamyang	ID 1, 3, 4, 5	4	Ein	ID 1, 2, 3, 5
1	House	ID 2, 3, 4, 5	2	Four, Six	ID 1, 3, 4, 5	4	Bibal	ID 1, 2, 3, 5
1	Inattention	ID 2, 3, 4, 5	2	Jae-song	ID 1, 3, 4, 5	4	Gamyang	ID 1, 2, 3, 5
1	One, nine	ID 2, 3, 4, 5	2	So-in	ID 1, 3, 4, 5	4	Sobul	ID 1, 2, 3, 5
1	Nine, one	ID 2, 3, 4, 5	3	Sapal	ID 1, 2, 4, 5	5	Chojin	ID 1, 2, 3, 4
1	Nonferrous	ID 2, 3, 4, 5	3	Jaepi	ID 1, 2, 4, 5	5	Sinja	ID 1, 2, 3, 4
1	Nine, two	ID 2, 3, 4, 5	3	Daebul	ID 1, 2, 4, 5	5	Jungbul	ID 1, 2, 3, 4
1	Two, nine	ID 2, 3, 4, 5	3	Gupja	ID 1, 2, 4, 5	5	Bigi	ID 1, 2, 3, 4
1	Inpi	ID 2, 3, 4, 5	3	Yunwoo	ID 1, 2, 4, 5	5	Wanjin	ID 1, 2, 3, 4

Figure 8. Flame resistance test and result.

노출된 상황을 연출하기 위해 중앙에 목재 2단위와 각 코너에 유류 1단위 총 5개의 화원을 동시에 점화시키고, 화재 현장에서 발생하는 백색소음을 만들기 위해 스피커를 이용한 백색소음 앱(Application)을 재생시켰고, 이때 음압은 화재 시 경중 음압레벨인 최소 90 dB 이상으로 유지하였다. 통신 성능측정을 위한 단어의 선정은 소방정보통신 운영관리 규정을 참조하여 재난현장 표준작전절차(SOP)에 의한 소방무선통신 표준약어로 진행^(7,8)하였고, 실험진행의 효율성을 위해 소방무선통신 표준약어 표를 ID 1~5까지 배포한 후 각자 인지한 단어를 순서대로 표기하는 방식으로 진행하였다. 먼저, ID 1을 팀장으로 하여 팀장이 소방무선통신 표준약어 60개 중 랜덤방식으로 10개의 약어를 중복되지 않도록 말하면, ID 2~5의 팀원이 인지한 약어를 순서대로 1차 표기하였다. 그 후 다자간 양방향 통신의 성능을 확인하기 위하여, ID 2~5의 팀원이 팀장이 말한 소방무선통신 표준약어를 제외한 그 외 약어들을 자신의 위치에서 각자 중복되지 않도록 랜덤방식으로 각각 5개씩 말하면, 인지한 약어를 순서대로 각자 표기는 방식으로 진행하였다. 이때 약어는 단어 당 2번씩 불러주었고, 별도의 공기호흡기 PTT 키 조작 없이 즉석으로 말하는 방식으로 성능을 하였다.

Table 2는 소방무선통신 표준약어 중 30개를 랜덤으로 부른 순서 및 응답자를 나타낸 것으로 별도의 공기호흡기 PTT 키 조작 없이도 개발된 팀 통신모듈의 다자간 양방향 즉석 연결 기술을 통해 ID 1 팀장이 말한 10개의 약어 및 ID 2~5의 팀원이 각각 말한 20개의 약어를 포함하여, 총 30개의 약어를 5개의 팀 통신모듈을 통해 동시에 100% 정확하게 인식하는 것을 확인할 수 있었다.

3.2.3 불꽃저항성 시험

추가적으로 팀 통신모듈 면체의 화염에 대한 저항성능을 확인하기 위해 공기호흡기의 형식승인 및 제품검사의 기술기준⁽⁹⁾에 의거한 불꽃저항성 시험을 실시하였다. Figure 8은 불꽃저항성 성능시험의 사진을 나타낸 것이다. 실험방법은 불꽃저항성 시험 규정에 의해 제작된 팀 통신모듈 면체를 금속제 머리모형에 장착하고 Figure 8(a)과 같이 불꽃저항성 시험장치를 이용하여 버너로부터 250 mm 떨어진 상태로 설치하고 불꽃온도 950 ± 50 °C에 5초간 노출시키는 경우 안면부가 연소되는지 여부를 확인하였다. Figure 8(b)은 불꽃저항성 시험 후 팀 통신모듈 면체의 결과사진을 나타낸 것이다. 950 ± 50 °C의 불꽃에 5초간 노출시킨 후 화염

을 제거하였을 때, 팀 통신모듈의 면체에서 지속적인 연소 없이 즉시 소화되었다. 즉, 눈에 띄는 잔염시간이 없었고, 외관 관찰결과 화염에 직접적인 노출에 의한 그을림 및 부분적으로 약간의 용융 흔적만 관찰되었을 뿐 전체적인 외관은 원형 그대로를 보존하고 있었다. 실험 후 팀통신 기능의 성능확인결과 성능에 아무런 영향이 없었다. 이와 같은 결과는 기존 면체에 사용되는 재질과 동등 이상의 재질 (Poly-carbonate 90% + Glass-fiber 10%)로 팀 통신모듈의 기구부를 제작하였기 때문에 내염성을 지닌 것을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

본 논문은 SCBA 면체용 다자간 동시 양방향 팀 통신모듈 개발에 관한 연구로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 개발된 팀 통신모듈의 경우 공기호흡기의 PTT키 조작 없이도 면체에 내장된 팀 통신모듈을 이용하여 다자간 양방향 음성 대화가 가능하고, Ad-hoc 기반으로 3 hop 자동중계 기능으로 통신 음영지역의 최소화 및 통신거리 확대가 가능하도록 제작하였다.

2) 팀 통신모듈 성능평가 결과 가시거리(LOS) 기준으로 552 m 떨어진 거리에서 음성통신이 가능하였다. 또한, 본 조건의 건축물 내부 통신거리 측정실험결과 수평 통신거리는 1:1 통신에서 최소 36 m에서 최대 51 m까지 음성이 정확히 인지되었고, 3 hop 자동중계 기능을 통해 128 m까지 통신거리가 확대되는 것을 확인할 수 있었다. 수직 통신거리는 오픈된 계단실의 경우 본 건축물의 최대 층고인 5층까지 통신이 가능하였고, 구획된 계단실의 경우 3층까지만 통신이 되었지만, 2 hop 자동중계 기능을 통해 5층까지 통신이 되는 것을 확인하였다. 화재상황을 가정한 통신 성능 실험의 경우 화염 및 백색소음이 존재하는 상황에서도 소방무선통신 표준약어를 5명의 대원이 정확하게 인지하는 것으로 나타났다. 추가적으로 팀 통신모듈 면체의 불꽃저항성 시험결과 950 ± 50 °C의 불꽃에 5초간 노출시킨 후 화염제거시 연소되지 않고 즉시 소화되어 내염성을 지니고 있는 것을 확인하였다.

상기 결과는 본 연구 조건에서 측정된 결과로써 실제 화재현장 및 건축물의 공간적인 특성에 따라 다르게 나타날 수 있기 때문에 소방대원들의 실제 착용을 통한 검증 및 다양한 공간에서의 추가적인 성능 연구가 지속적으로 필요할 것으로 생각된다. 향후 검증 완료 후 개발된 SCBA 면체용 다자간 동시 양방향 팀 통신모듈이 소방현장에 활용된

다면, 소방대원의 안전성을 확보하는 동시에 팀원 간의 효율적인 대화가 가능하기 때문에 적극적인 소방활동이 가능할 것으로 생각된다.

후 기

본 연구는 2017년도 중소벤처기업부의 ‘중소기업 기술개발사업’ 지원을 받아 수행된 연구임(S2542436)

References

1. National Fire Agency 119 Anweisung (No. 2), “Health and Safety Management Regulations for Firefighter” (2017).
2. M. G. Son, S. K. Kim, S. G. Choi and C. H. Lee, “Survey Research on Technical Data of Integrated SCBA system with Communication Module”, Proceedings of 2018 Spring Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 267-268 (2018).
3. S. G. Choi, Y. J. Nam, B. H. Hyun and S. K. Kim, “Study on Communication Environment Characteristics for Communication Test Evaluation of Firefighter Helmet”, Proceedings of 2019 Spring Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 233-234 (2019).
4. E. S. Son, T. S. Park, J. N. Kim and M. O. Yoon, “A Study for the Management of the Wireless Communication for Safety of Firefighter in Fire Scene”, Fire Science and Engineering, Vol. 27, No. 1, pp. 60-65 (2013).
5. D. H. Kim and C. I. Kim, “The Evaluation of UWB Wireless Communication Position Determination Function in an Enclosed Space for Fire Fighting”, Fire Science and Engineering, Vol. 31, No. 5, pp. 117-122 (2017).
6. http://www.ktword.co.kr/word/abbr_view.php?m_temp1=2833
7. National Fire Agency 119 Published Rulings (No. 28), “Information and Communication Operation Management Regulations for Firefighter” (2019).
8. National Fire Agency 119, “Disaster Site Standard Operating Procedures (SOP)” (2011).
9. National Fire Agency 119 Notice (No. 2019-14), “Technical Standards for Formal Approval and Product Inspection of Self-contained Breathing Apparatus” (2017).