[Research Paper]

공기호흡기용 무선통신 시스템의 공간 특성에 따른 응답시간에 관한 연구

김민욱 · 이건호* · 박용환**†

(주)태산전자 기업부설연구소 선임연구원, *(주)태산전자 기업부설연구소 연구소장, **호서대학교 소방방재학과 교수

Response Time According to Spatial Characteristics of a Wireless Communication System for an Air Respirator

Min-Wook Kim · Gun-Ho Lee* · Yong-Hwan Park**†

Senior Researcher, Research Institute, TAE SAN ELECTRONICS Co., Ltd,

*Director Research Institute, TAE SAN ELECTRONICS Co., Ltd,

**Professor, Dept. of Fire and Disaster Protection, Hoseo University

(Received December 15, 2020; Revised December 28, 2020; Accepted December 28, 2020)

요 약

이미 선진국에서는 다양한 지역 특성 요인을 반영하여 세계적 규모의 훈련장을 설치하여 실무 위주의 교육 훈련을 시행하고, 종합적 국토안보 운용방안을 제시하고 있다. 국내의 중앙소방학교를 비롯한 각 지역 소방학교에서도 다양한 훈련장을 구비하여, 대원들이 교육 및 훈련을 받고 있지만, 대원들이 사용하는 공기호흡기의 정보를 기록, 저장하거나 호흡기의 잔량을 지휘소에서 여러 정보를 확인하며, 진행하는 경우는 전무한 실정이다. 본 연구에서는 공기호흡기 사용자 정보를 무선으로 수신기에 제공하는 공기호흡기 무선통신시스템을 개발하여 공간 특성에 따른 거리별 응답시간 측정실험을 진행하였다. 실험결과 실내 개방된 공간에서는 평균적으로 약 5.09 s 이내에 응답하였고, 샌드위치 패널 1장으로 막힌 공간에서는 약 5.19 s, 샌드위치 패널 2장으로 막힌 공간에서는 약 5.79 s로 샌드위치 패널이 100 mm 이상이 되는 경우 응답속도에 영향을 주는 것으로 분석되었다.

ABSTRACT

In developed countries, global-scale training centers are installed to reflect various regional factors, provide practical education and training, and present comprehensive homeland security management plans. Each local firefighting school, including the central firefighting school in Korea, has various training grounds where firefighters receive education and training. However, the recording and storing of information regarding the air respirator used by the crew during this training is not maintained, nor is information on the remaining air respiratory system at the command post checked. In this study, we developed a wireless communication system for respirators that provides user information and conducted an experiment to measure response time by distance according to spatial characteristics. As a result of the experiment, the response was approximately 5.09 s on average in open space, approximately 5.19 s in the location blocked by one sandwich panel, and approximately 5.79 s in the location blocked by two sandwich panels. Therefore, it was determined that the response speed was affected when the sandwich panel was 100 mm or more.

Keywords : Wireless communication system, Time response, Air respirator, Spatial characteristics, Training center

1. 서 론

현재의 국내·외의 소방 훈련시설들은 급격하게 변화하는 현대 사회에 적응하기 위하여 다양해지고 있다. Figure 1과 같이 영국 소방학교, 독일 프랑크푸르트 훈련센터, 일본 동경소방청 등 이미 선진국에서는 인구, 담당 면적, 건물,

대상물, 대응시간 등 다양한 지역 특성 요인을 반영하여 세계적 규모의 훈련장을 설치하여 실무 위주의 교육 훈련을 시행하고, 종합적 국토안보 운용방안을 제시하고 있다.

국내에선 ‘국가위기관리 기본지침⁽¹⁾ 및 ‘테러 위기관리 표준 매뉴얼⁽²⁾을 근거로 화재방테러 및 사고 발생 시 현장 대응팀인 중앙119구조단의 세부 출동절차 및 제반 조치사

† Corresponding Author, TEL: +82-41-540-5733, FAX: +82-41-540-5738, E-Mail: yhpark@hoseo.edu

© 2021 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

Figure 1. Fire training facilities in the UK (up-side) and germany (down-side).

항이 마련되어 있으며, 중앙소방학교를 비롯한 각 지역 소방학교에서도 종합 훈련탑, 공장화재, 일반 건축물화재, 특수화재, 위험물 화재 훈련장 등 다양한 훈련장을 구비하여, 대원들이 교육 및 훈련을 받고 있지만, 대원들이 사용하는 공기호흡기의 정보를 기록, 저장하거나 호흡기의 잔량을 지휘소에서 여러 정보를 확인하며, 진행하는 경우는 전무한 실정이다.

본 연구에서는 보다 효과적인 훈련을 위하여 공기호흡기를 착용하고 훈련에 임하는 훈련대원 공기호흡기의 잔여압력, 분당 공기소모량, 주변 온도, 배터리 잔량을 무선으로 수신기에 정보를 제공하는 공기호흡기 무선통신시스템을 개발하였으며, 개발품의 공간 특성에 따른 거리별 응답시간 특성을 실험을 통하여 규명하였다.

2. 공기호흡기 무선통신 시스템의 용도 및 구성

2.1 용도

훈련상황에서 실시간으로 변화하는 훈련대원의 기초정보와 공기호흡기의 잔량 및 분당 사용량을 무선통신을 통하여 수신기를 통하여 확인할 수 있고 훈련대원의 상태와 훈련정보를 저장 및 확인하는 용도이다.

Figure 2. Composition of the wireless communication system.

2.2 구성

공기호흡기 무선통신 시스템은 Figure 2와 같이 수신기, 무선중계기, 무선송신기, 공기호흡기로 크게 4가지로 구성되어 있다.

공기호흡기에서 측정되는 주변 온도, 배터리 잔량, 용기압력의 정보를 송신장치를 통하여 무선중계기로 1차로 전달하고, 중계기가 수신한 데이터를 수신기로 2차 전달하여 최종적으로 수신기의 프로그램을 통하여 공기 소모량과 분당 공기 소모량으로 자동으로 계산하여 화면에 표기한다.

3. 무선통신장치

3.1 무선송신기

Figure 3은 무선송신기의 실제 모습이고 전원부, 조작부, 통신부로 나누어진다. MPLABX 프로그램을 이용하여 프로그래밍을 진행하였으며, 전원부는 공기호흡기 배터리로부터 전원을 공급받아 내부에 전달하여주는 역할을 하고, 조작부는 공기호흡기의 정보를 받아 무선신호로 전환하여 통신부로 전달하여 최종적으로 통신부는 내부에 들어온 정보들을 무선중계기로 보내주는 역할로 447 mhz의 주파수를 사용하여 정보를 전달하고 있다^(3,4). 공기호흡기 등지계의 뒷면 배터리 윗부분에 빈 공간에 들어갈 수 있는 사이즈이고, 무게는 49 g이며, 무선송신기와 안테나는 사용자에게 불편함이 없도록 설계되었다. 실제 일반인 13명을 상대로 블라인드 테스트를 진행한 결과 모두 무선송신기가 장착이 된 공기호흡기와 일반 공기호흡기를 구분하지 못할 만큼 무게와 착용성에는 차이가 없었다.

3.2 무선중계기

무선중계기는 Figure 4와 같이 전원부, 통신부, 조작부, 표시부로 나누어진다. MPLABX 프로그램을 이용하여 프로그래밍을 진행하였으며, 전원부는 DC 24 V로 전원을 인가하여 내부에 공급하여주는 역할을 하고, 통신부는 무선송신기로부터 수신한 정보들을 조작부로 전달하는 역할을 한다.

Figure 3. Prototype of wireless transmitters up-side) & before left) and after right) installation.

Figure 4. Prototype of wireless repeater.

조작부는 전달받은 데이터를 조합하여 최종적으로 수신기로 전달하는 역할을 하며, 표시부는 해당 중계기의 위치 및 명칭을 구분할 수 있도록 번호로 표시하는 역할을 한다⁽⁵⁻⁸⁾.

4. 공간 특성에 따른 거리별 응답시간 측정실험

본 실험은 가변성이 뛰어난 재료를 선정하고, 훈련센터의 적용성을 고려하여 자체적으로 기준을 개발하여 진행되었다. 실험방법은 각 200 bar로 충전된 공기호흡기의 압력을 수동으로 일정 감압시킨 뒤 변화된 값이 수신기에 표시되기까지의 시간을 총 10회씩 측정하고 기록하였다⁽⁹⁻¹¹⁾.

실험의 구성은 Figure 5와 같으며, 개방공간에서는 최대 10 m까지 1 m 단위로 응답시간을 각 10회씩 측정하였고, 장애물의 유무에 따른 변화를 알아보기 위하여 실내 공간 구성이 용이한 50 mm 두께의 샌드위치 패널 1장과 2장을 중심으로 1:1 비율로 이동시키면서 응답속도를 각각 10회씩 측정하였으며, 실험결과와 신뢰성 향상을 위하여 최대

Figure 5. Experiment configuration of response time test.

값과 최소값을 제외하고 평균을 산출하였다.

5. 실험결과

5.1 실내 개방공간

Table 1은 실내 개방공간에서 1 m 단위로 최대 10 m까지 측정실험을 진행한 결과이고, 최대값과 최소값은 X표기를 하였다. 10 m까지 응답시간은 평균적으로 5.09초 이내에 응답하는 것으로 나타났으며, 거리가 멀어질수록 미세하게나마 응답시간이 조금 길어졌고, 1 m와 10 m의 평균 응답시간 차이는 0.95 s (21.02% 증가)로 나타나 거리에 따라 미세하게 영향을 받는 것을 확인하였다.

5.2 실내 막힌 공간(샌드위치 패널 1장)

Table 2는 공간 중앙 10 m 지점에 두께 50 mm 샌드위치 패널 1장으로 막힌 실내 공간에서 송신부와 수신부간 거리가 패널을 중심으로 대칭하도록 2 m 단위로 최대 20 m까지 측정실험을 진행한 결과이고, 최대값과 최소값은 X표기를 하였다. 20 m까지 응답시간은 평균적으로 5.19 s 이내에

Table 1. Response Time Measurements (In Door, Open Space), Unit : s

		Distance [m]									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Number of Tests	1	3.77	5.67	4.48	7.41	4.57	6.59	5.24	5.47	5.34	3.89
	2	4.27	5.17	6.67	3.39	5.18	6.19	4.11	6.17	4.47	4.37
	3	2.26	5.68	5.48	4.16	3.99	4.28	6.38	5.73	4.61	5.10
	4	7.82	5.79	4.82	7.62	4.48	5.48	5.28	5.41	5.27	4.95
	5	5.92	5.47	4.15	2.77	5.67	4.17	4.57	5.65	5.64	2.79
	6	5.08	3.69	5.61	6.37	6.27	5.17	4.21	4.53	4.57	6.61
	7	6.21	4.48	4.94	4.49	5.18	5.36	4.13	6.43	5.61	5.18
	8	4.21	6.22	5.16	4.83	4.88	4.58	5.26	4.57	4.41	6.37
	9	6.17	5.18	4.57	5.24	3.26	3.76	6.34	3.71	4.16	4.44
	10	4.05	6.29	4.82	5.06	5.18	4.25	4.11	2.94	5.43	4.97
	Avg.	4.52	5.07	4.76	5.13	4.90	5.05	5.13	5.47	5.44	5.47

Table 2. Response Time Measurements (In Door, Space Blocked By One Sandwich Panel), Unit : s

		Distance [m]									
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Number of Tests	1	4.15	5.76	5.64	5.61	2.73	5.63	6.43	3.25	5.64	5.09
	2	2.48	4.22	5.31	4.47	6.87	4.57	4.6	6.18	5.18	5.19
	3	6.18	3.72	5.19	6.31	5.66	6.11	5.17	2.87	5.11	6.88
	4	5.67	6.66	4.88	5.94	4.42	4.59	5.55	6.94	4.67	3.99
	5	5.31	5.68	5.78	4.66	3.65	5.61	4.98	6.71	4.99	5.27
	6	5.95	3.77	4.26	4.24	4.95	4.87	5.34	4.64	5.34	4.63
	7	4.99	5.26	5.63	5.62	5.17	5.21	5.77	5.67	4.58	3.25
	8	5.63	4.49	6.22	5.34	4.86	5.39	4.68	4.15	4.17	5.19
	9	5.18	4.89	4.86	5.51	4.78	4.17	3.76	4.66	5.69	5.81
	10	5.66	4.71	5.21	5.16	3.97	5.36	5.15	5.24	5.88	5.36
	Avg.	4.84	4.53	5.06	5.15	5.08	5.30	5.36	5.39	5.58	5.61

응답하는 것으로 나타났고, 거리가 멀어질수록 조금씩이나마 응답시간이 길어졌으며, 2 m와 20 m의 평균 응답시간 차이는 0.77 s (15.91% 증가)로 나타났다. 실내 개방공간과 유사하게 거리에 따라 미세하게 영향을 받는 것을 확인하였다.

5.3 실내 막힌 공간(샌드위치 패널 2장)

Table 3은 공간 중앙 10 m 지점에 두께 50 mm 샌드위치 패널 2장으로 막힌 공간에서 송신부와 수신부간 거리가 패널을 중심으로 대칭하도록 2 m 단위로 최대 20 m까지 진행한 결과이고, 최대값과 최소값은 X표기를 하였다. 20 m까지 응답시간은 평균적으로 5.79 s 이내에 응답하는 것으로 나타났고, 거리가 멀어질수록 미세하게 응답시간이 길어졌으며, 2 m와 20 m의 평균 응답시간 차이는 1.65 s (32.42% 증가)로 나타났다. 앞선 두 실험에 비하여 응답시간의 차이가 커져 100 mm 이상의 샌드위치 패널이 존재할 경우 응답속도에 영향을 주는 것을 확인하였다.

Table 3. Response Time Measurements (In Door, Space Blocked By Two Sandwich Panel), Unit : s

		Distance [m]									
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Number of Tests	1	4.57	6.48	5.64	6.54	5.67	6.27	5.88	5.31	6.35	5.31
	2	6.69	6.22	5.18	6.62	5.47	6.71	5.34	6.27	6.19	6.64
	3	6.77	5.67	5.11	5.18	5.62	5.51	6.18	6.94	5.61	4.82
	4	5.48	5.36	5.71	5.37	7.34	5.37	7.26	4.22	6.55	7.02
	5	5.61	5.91	7.13	7.29	6.18	4.61	6.81	5.17	7.26	7.19
	6	7.66	4.67	5.68	6.64	5.43	7.26	5.34	5.63	6.61	5.84
	7	4.67	7.00	5.89	5.94	7.22	5.60	5.67	7.19	5.22	6.93
	8	5.11	5.64	6.37	4.81	5.73	5.37	5.17	4.67	5.31	5.77
	9	5.34	6.67	4.94	4.93	5.61	5.82	4.81	5.22	5.61	6.39
	10	5.18	5.16	7.02	5.14	4.91	5.71	5.37	7.61	4.87	6.75
	Avg.	5.09	5.46	5.51	5.60	5.77	5.82	5.56	6.04	6.27	6.74

Figure 6. Graphs of response time experimental results.

5.4 실험 결과 비교

Figure 6은 위 세 가지 실험의 결과를 하나의 그래프에 나타낸 것이다.

실선으로 표현된 개방공간에서의 실험결과는 그래프 상단의 표기된 거리에서의 평균 통신시간이고, 점선으로 표현된 샌드위치 패널로 막힌 공간에서의 실험결과는 그래프 하단의 표기된 거리에서의 평균 통신시간을 나타낸 것이다.

개방공간과 샌드위치 패널 1장을 막힌 공간의 실험에서는 미세하게 증가하였지만, 최소값과 최대값의 차이가 각각 0.95 s, 0.77 s로 1 s 이하로 나타났다. 샌드위치 패널 2장으로 막힌 공간에서도 미세하게 증가하는 추세를 보였고, 최소값과 최대값의 차이가 1.65 s로 앞선 1장일 때의 결과에 비하여 조금 더 큰 폭으로 증가하였으며 개방공간과 샌드위치 패널 1장으로 막힌 공간에서의 실험보다 전체적인 응답속도가 느려지는 것으로 나타났다.

6. 결 론

본 연구에서는 훈련용으로 개발된 공기호흡기 무선통신 시스템의 거리별 응답속도 측정실험을 수행하고 그 특성을 분석하였다.

1) 공기호흡기의 정보를 무선송신기와 중계기를 MPLABX 프로그램을 이용하여 개발하고, C#을 이용하여 수신기 화면을 구성하여, 공기호흡기에서 측정되는 주변 온도, 배터리 잔량, 용기압력의 정보와 공기호흡기 사용자 정보를 수신기 화면에 표시하는 시스템의 시제품을 개발하였다.

2) 실내 개발된 공간에서 1 m 단위로 최대 10 m까지 응답속도를 측정한 결과 평균적으로 약 5.09 s 이내에 응답하는 것을 확인하였다.

3) 샌드위치 패널 1장으로 막힌 공간에서 2 m 단위로 최대 20 m까지 응답속도를 측정한 결과 평균적으로 약 5.19 초로 응답속도가 약간 증가하는 것을 확인하였고, 샌드위치 패널 2장으로 막힌 공간에서는 평균적으로 약 5.79 s로 더욱 증가하는 것을 확인하였다.

4) 샌드위치 패널 1장으로 막힌 공간에서는 거리에 따른 응답속도가 15.91% 정도 증가하였으며, 샌드위치 패널 2장으로 막힌 공간에서는 응답속도가 32.42% 정도 더 큰 폭으로 증가하였고, 전체적인 응답속도도 1초 이상 느리게 나타났다.

이상으로 샌드위치 패널을 이용한 벽체가 100 mm 이상이 되는 경우 응답속도에 큰 영향을 주는 것으로 분석되었으며, 벽체로 인한 응답속도 증가 현상에 대한 추가적인 보완과 기능추가로 국내 소방훈련 시스템과 사고현장 대응 기술발전에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 정부(경찰청, 과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 환경부, 소방청)의 재원으로 한국연구재단-국민위해인자에 대응한 기체분자식별·분석기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(2017M3D9A1075453).

References

1. National Security Council, "Basic Guidelines for National Crisis Management" (2017).

2. National Security Council, "Standard Manual for Terrorist Crisis Management" (2017).
3. S. B. Oh, S. K. Kim, S. W. Jee, C. H. Lee, H. G. Kim and S. H. Sakong, "A Study on the Response Characteristics of Fire Frequency 447 MHz and 2.4 GHz", Proceedings of 2011 Spring Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 31-34 (2011).
4. S. H. Sakong, "Study on the Response Characteristics of Wireless Fire Detector", Hoseo University Doctoral Thesis (2009).
5. B. C. Choi, H. C. Kwon, J. H. Son and H. W. Nam, "Robust Obstacle Detection and Avoidance Algorithm for Infrastructure-Based Vehicle Communication Under Signal Interference", The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences '16-05, Vol. 41, No. 5, pp. 574-580 (2016).
6. S. M. Heo and S. J. Yoo, "Multi-channel MAC Protocol Based on V2I/V2V Collaboration in VANET", J. KICS, Vol. 40, No. 1, pp. 1-12 (2015).
7. X. Ma, J. Zhang, X. Yin and K. S. Trivedi, "Design and Analysis of a Robust Broadcast Scheme for VANET Safety-related Services", IEEE Trans. Veh. Technol., Vol. 61, No. 1, pp. 46-61 (2012).
8. S. H. Shin, H. B. Kang, N. J. Gwak, H. I. Kim and S. B. Cho, "Image and Vision System for Intelligent Vehicle Safety", Hongneung Science (2012).
9. S. H. Sakong, S. K. Kim, C. H. Lee and H. G. Kim, "A Study on the Response Characteristics of the Wireless Fire Detector Depending on the Wall Types", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 25, No. 4, pp. 82-88 (2011).
10. H. G. Kim, S. H. Sakong, S. K. Kim and C. H. Lee, "A Study on the Response Characteristics of the Wireless Fire Detector Depending on the Wall Types", Proceedings of 2011 Fall Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 249-250 (2009).
11. IEEE 802.15.4-2006, "Part 15.4 : Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)", pp. 31-49 (2006).