

[Convergence Paper]

무각본소방훈련 평가시스템 개발에 관한 연구

김승일[†] · 임정원 · 김재경 · 김준우^{*}

한국소방안전협회, ^{*}(주)네비웍스

A Study on Evaluation System Development for Unexpected Scenarios Fire-Fighting Drill

Seung-II Kim[†] · Jeong-Won Lim · Jae-Kyeong Kim · Jun-Woo Kim^{*}

Korea Fire Safety Association, ^{*}Naviworks

(Received February 26, 2018; Revised April 3, 2018; Accepted April 4, 2018)

요 약

본 연구는 기존 소방훈련의 문제점을 극복하고, 화재대응능력을 향상시키기 위한 실효성 있는 소방훈련시스템을 구축하고자 수행되었다. 무각본 소방훈련 평가시스템은 계획된 시나리오 없이 훈련을 진행하면서 정량화된 훈련결과를 실시간으로 도출할 수 있어 현재의 훈련수준을 객관화시킬 수 있다는 장점이 있다. 이를 위해 IoT센서 기반의 훈련평가시스템을 구축하였으며 대상처 맞춤형 훈련이 가능하도록 구성하였다. 또한 현장훈련테스트를 통해 평가시스템의 적용성을 검토하여 정량화된 결과를 도출하였다. 이러한 평가시스템을 통해 소방훈련을 체계화, 정량화할 수 있으며 훈련자의 소방안전의식 제고 및 실질적 화재대응능력 향상에 기여할 것이라 판단된다.

ABSTRACT

This study aims to overcome the problems of existing fire fighting drills and build a practical and effective fire fighting drill system to enhance emergency response capabilities. The unexpected scenarios fire fighting drill is to conduct drills with no scenarios and draw conclusions with quantified outcomes in real time, which provides the object evaluation system. The unexpected scenarios fire fighting drill is based on the IoT sensor-based drill evaluation system to suit individual requirement of drilling spots. This study also includes drill field test conducted to examine the applicability of the evaluation system for quantified outcomes. It is considered that the evaluation system of this paper will contribute to systematization and quantification of fire fighting drill, raise trainees' safety consciousness, and ultimately increase the actual fire fighting response capabilities.

Keywords: IoT based evaluation, Unexpected scenarios fire drill, Emergency response capability, Drill field test, Safety consciousness

1. 서 론

화재로 인한 인명과 재산피해가 매년 꾸준히 증가하고 있는 가운데, 최근 제천의 복합건물과 밀양의 세종병원에 서 발생한 대형화재로 인해 많은 인명피해가 발생하였다. 이러한 대형화재사고 원인에는 여러 가지가 있겠지만 평상시 소방훈련의 경험부족으로 인한 미흡한 대응도 그중 하나이다.

행정안전부(2011)⁽¹⁾에 따르면, 현 소방훈련이 미리 계획된 훈련시나리오에 의한 예행연습의 수준, 훈련 지휘권자

의 역할 미흡, 훈련자들의 참여의식이 저조하여 전시성 행사로 전락한 상태라고 지적하였다. 이는 현 소방훈련이 지속적으로 점검, 보완하는 환류체계의 훈련으로 보기에는 매우 부족한 상태라고 할 수 있다.

이러한 문제점과 지적에도 불구하고, 여전히 기존의 보여주기식 소방훈련방식으로 진행되는 곳이 적지 않으며, 현재 특정지역 몇 곳에서 무각본소방훈련을 시행중에 있지만, 실제 화재상황 모사의 미흡, 훈련비용 및 인력, 준비시간에 따른 개선이 필요하다는 의견이 제기되고 있는 실정이다.

[†] Corresponding Author, E-Mail: soccey@kfsa.or.kr, TEL: +82-2-2671-8610, FAX: +82-2-2679-8102

© 2018 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

실제 화재발생 시 실전 대응능력이 현저히 미흡하다는 문제점(백승만)⁽²⁾을 극복하기 위한 ‘무각본소방훈련(Unexpected Scenarios Fire-Fighting Drill)’은 계획된 시나리오 없이 진행되며 메시지 등을 통한 화재상황 부여로 해당 상황에 맞는 행동을 유도함으로써 화재대응능력을 제고할 수 있는 훈련 방식이다.

이러한 무각본소방훈련은 예측할 수 없는 다양한 화재 상황에 대비할 수 있고 각본 없이 진행된다는 점에서 개개인 임무에 대한 ‘학습효과’를 기대할 수도 있다. 또한 장래의 훈련프로그램 개선에 도움이 되는 정보를 얻어내고, 훈련 평가결과를 바탕으로 훈련 진행자와 정척결정자로 하여금 차후 훈련베이스를 구축할 수 있도록 할 수 있다⁽³⁾.

한편, 성공적인 훈련결과를 도출하기 위해서는 체계적인 훈련과정이 우선적으로 정립되어야 하는데, 이러한 측면에서 무각본소방훈련은 ‘환류체계(Feedback System)’ 훈련 방식을 따른다. 환류체계훈련방식은 각 단계의 훈련과정이 지속적으로 순환하는 것을 의미하며, 이는 미 국토안보부(United States Department of Homeland Security, DHS)에서 제시한 ‘국토안보 훈련 및 평가프로그램’(Homeland Security Exercise and Evaluation Program (HSEEP))⁽⁴⁾의 5단계 훈련과정(기획, 설계, 수행, 평가, 개선계획)에 기반 한다. 소방방재청(National Fire Agency) 또한 ‘재난대비훈련매뉴얼(2013)’을 통해 재난훈련의 기본원리를 ‘HSEEP’에 기반하고 있음을 제시하였다⁽⁵⁾.

이에 본 연구는 실효성있는 소방훈련을 위해 개발한 ‘무각본소방훈련 평가시스템’에 대해 소개하고, 그 중요성 및 효과에 대하여 고찰함으로써, 실질적 소방훈련을 통한 대응능력 향상에 기여하고자 한다. 이러한 측면에서 해당 연구개발은 향후 소방훈련의 가치 증대와 소방산업 진흥 및 활성화에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 본 론

2.1 IoT센서 기반 무각본소방훈련 평가시스템

현재 일부 시행하고 있는 무각본소방훈련은 자체적으로 구성된 정성적 평가항목에 의존하고 있지만, 이는 평가결과와 명확한 환류가 어려워 다음 훈련수준에 대한 목표 설정 및 동기부여에 대한 동력을 감소시킬 수 있다.

따라서 이러한 문제점을 보완하기 위해 주요 항목에 대한 평가를 객관화, 정량화한 IoT센서 기반 훈련평가시스템을 개발하게 되었다. 이는 화재 시 대응행동에 대한 정량적, 실시간 평가가 가능하며 이를 위한 주요 장비로 초기소화 평가에 활용될 3D 화염발생장치와 IoT센서 훈련용 소화기가 있으며 피난인원의 자동 측정 및 피난자세 등의 적절성을 정량화할 수 있는 모션 이미지 센서 등이 개발되었다. 또한 화재환경을 만들어주기 위해 필요한 연기발생기, 경보시간을 측정할 수 있는 훈련용 발신기, 평가관의 평가용 단말기 및 통제 컴퓨터 등이 개발되었으며, 주요 훈련평가

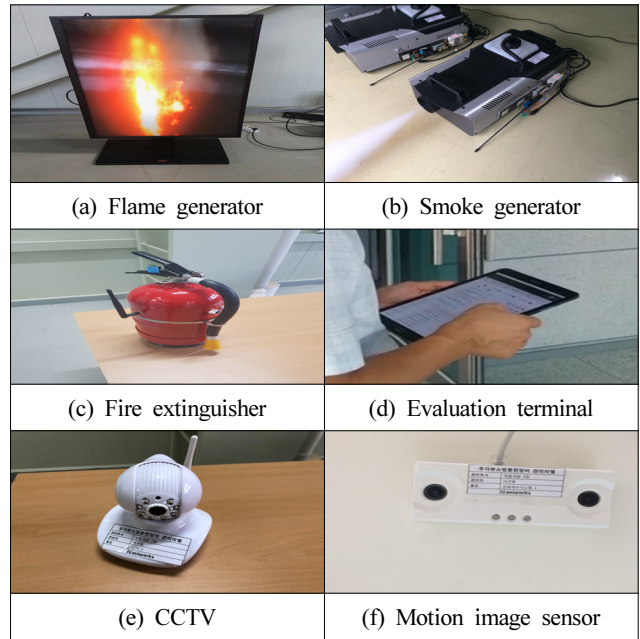


Figure 1. Unexpected scenarios fire fighting drill equipment.

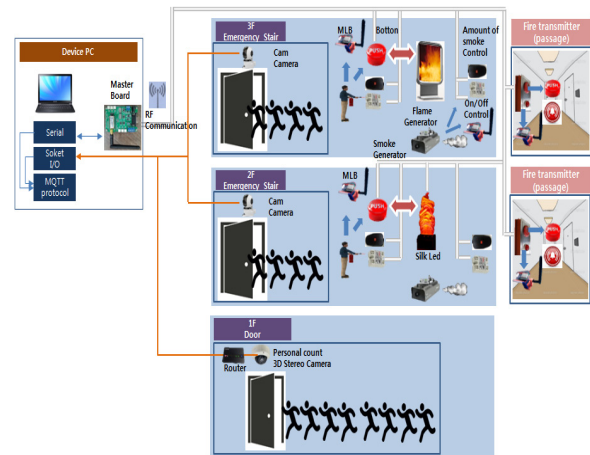


Figure 2. A Configuration of fire-fighting drill evaluation system based on IoT sensor.

장비는 Figure 1과 같다.

이는 무각본소방훈련만의 특징이자 기존 소방훈련과의 차별적 시스템이다. IoT센서 기반의 소방훈련평가 시스템은 스마트 IoT센서의 서버가 Radio Frequency (RF, 무선주파수)통신을 통해 주고받은 정보를 통제시스템으로 전달함으로써, 최종적으로 소화기, 발신기, 모션이미지센서 등 훈련장비의 설치상태와 정보가 통제모니터에 가시화된다.

Figure 2는 이러한 훈련평가시스템에 대한 장치구성도로 발화장소 주변에 화염발생장치 및 연기발생기, IoT소화기를 배치하고 해당층 복도에는 IoT발신기 및 CCTV를, 피난층 출입구에는 모션이미지 센서를 설치하여 소화 및 경보, 피난에 대한 평가를 실시하게 된다.

Table 1. Unexpected Scenarios Fire Fighting Drill Procedure and Composition System

Drill Procedure	Composition System
1. Preparation of Drill	<ul style="list-style-type: none"> • Related Meeting • Drill Planning • Drill Equipment Installation
2. Conduction of Drill	<ul style="list-style-type: none"> • Operation and Control of Drill Equipment Through Smart IoT Sensor • Real-time Evaluation of Evaluators
3. Management of Drill Results	<ul style="list-style-type: none"> • Field Review Meeting • Report on Results of Training Evaluation

Table 2. Number of Fire Incidents by Major Fire Risk Factors (9 Years Average, 2007-2015)

Fire Risk Factors	Number of Fire Incidents
Short Circuit by Poor Contact	1,064
Short Circuit by Impaired Insulation	2,433
Overload/Over Current	1,165
Overheat, Overload	2,715
Cigarette Butt	6,548
Food Cooking	3,292
Playing with Fire	1,266
Welding, Cut, Polishing	1,314
Fire Embers, Sparks, Fire Source Neglect	2,553
Waste Incineration	2,772

2.2 운영절차

무각본소방훈련 평가시스템은 ‘HSEEP’의 환류체계 훈련방식을 적용한다는 것이 특징이다. Table 1은 단계별 절차로 다음과 같이 운영 할 수 있다.

첫째, 훈련준비단계에서는 훈련대상처의 훈련 목표설정 및 훈련을 통해 개선할 중점 사항 등을 대상물 관계자와 협의하고 훈련범위 및 훈련장소 선정, 현장 평가관의 역할 분담 및 배치 등에 대한 훈련을 기획한다.

둘째, 훈련실시단계는 스마트 Internet of Things (IoT, 사물인터넷)센서를 통한 훈련 장비를 가동함과 동시에 훈련이 시작된다. 이 단계에서는 평가관이 소지하고 있는 스마트기기를 통해 정해진 평가항목에 대해 평가하고 해당 데이터를 통제컴퓨터로 실시간 전송함으로써 훈련이 종료되었을 때 평가결과를 자동 산출하게 된다.

셋째, 훈련 후 단계에서는 종합평가결과에 대해 평가주

관 부서원 및 평가관, 평가대상 관계자의 참여하에 평가회의를 진행하고 훈련을 통해 나타난 문제점 및 개선점, 건의 사항 등을 논의한다. 또한 평가주관 부서 및 평가관은 다음 훈련 시 중점 평가분야 및 미흡사항, 개선대책 등을 기술하여 훈련에 관한 별도의 결과보고서를 작성한다.

2.3 화재위험예측프로그램

건축물 상황에 맞는 체계적인 발화위험장소 선정을 위해 화재위험 예측프로그램을 개발하였다. 화재통계분류기준이 변경된 시점인 2007년부터 최근 9년간의 화재통계를 기반으로 용도별, 발화위험요인에 대한 빈도분석을 실시하여 Table 2와 같이 주요 발화위험요인을 도출하여 적용하였다.

기본적으로 건축물 상황에 맞는 맞춤형 훈련을 진행하기 위해서 해당건물의 용도, 층수, 피난 계단 수, 재실자 수



Figure 3. Selection of hazardous area by prediction of fire risk program.

Table 3. Risk Score by Fire Risk Factors

Num	Fire Risk Factors	9 Years Average (2007-2015)		Above Average (Frequency)	Above Average (Strength)	Score
		Number of Fire (Frequency)	Casualty (Strength)			
1	Cigarette Butt	6,548	106	○	○	4
2	Food Cooking	3,292	137	○	○	4
3	Waste Incineration	2,772	50	○	×	2
4	Fire Embers, Sparks, Fire Source Neglect	2,553	110	○	○	4
5	Welding, Risk Works	1,314	76	×	○	3
6	Short Circuit by Impaired Insulation	2,433	64	○	○	4
7	Overload/Over Current	1,165	24	×	×	1
8	Short Circuit by Poor Contact	1,064	25	×	×	1
9	Short Circuit by Trekking	646	14	×	×	1
10	An Electric Leakage, Ground Fault	495	9	×	×	1
11	Short Circuit by Pressure Damage	674	28	×	×	1
12	Oil Handling	95	39	×	×	1
13	Gas Leakage	195	147	×	○	3
14	Autoignition Temperature	184	2	×	×	1
15	Overheat, Overload of Machine	2,715	48	○	×	2
average	-	1,743.00	58.60	-	-	-

등의 건축물 현황자료가 필요하며 Table 2의 통계자료는 화재위험예측 프로그램, 화재발생 시나리오 생성 및 맞춤형 훈련 평가항목 추출을 위한 기본 자료로 활용하게 된다. 그러나 실제로 훈련장소를 선정하기 위해서는 상기 위험예측프로그램을 참고하여 관계자 및 전문가 의견을 종합, 최종장소를 선정하게 된다.

Figure 3은 화재위험장소를 선정하기 위한 예측 프로그램으로 건축물 용도별 발화위험요인에 따른 훈련장소를 선정하는데 결정수(Decision Tree)방식을 응용하였다. 결정수 방식은 분류 또는 예측을 목적으로 사용되는 의사결정방식으로 발화위험요인에 영향을 미칠 수 있는 환경적 요소(발화요인 취급여부, 주변 가연물 존재여부, 관리 가능여부 등)와 관련하여 관계자 의견을 통해 위험도에 따른 점수를 부여하는 방식으로 발화위험장소를 예측하게 된다.

Table 3은 발화위험요인별 위험도 배점을 나타낸 것으로 화재통계에 따른 발화위험요인별 화재건수(빈도)와 인명피해(강도)를 각각 평균하여 평균 이상 여부에 따라 배점을 차등화 하였다. 즉, 화재건수 및 인명피해 모두 평균이상이면 4점, 인명피해만 평균이상이면 3점, 화재건수만 평균이상이면 2점, 모두 평균미만이면 1점을 부여하는 방식이다.

한편 훈련은 화재발생 시나리오(메시지)를 통해 시작할 수 있는데 상기 위험예측프로그램에 의한 발화위험요인에 따른 위험장소 선정과 연동하여 기본적인 시나리오를 생성할 수 있다. 또한 여러 개의 위험장소 및 발화위험요인을 순위별로 보여줌으로써 관계자 및 전문가의 의견을 고려하여 화재발생 시나리오를 최종 선택할 수 있다. 이러한 화재

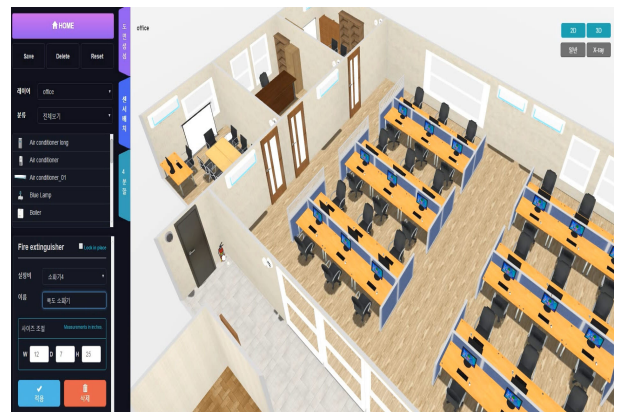


Figure 4. Scenario editor.

발생시나리오를 임의의 재실자에게 전달하거나 노출시킴으로써 훈련을 시작할 수 있다.

2.4 시나리오 에디터

화재위험예측 프로그램에 의해 선정된 장소를 기반으로 하여 실제 건물 내 훈련장비 설치 및 화재 상황을 통제하기 위해 Figure 4와 같은 3D도면 제작 시스템을 개발하였다. 이는 도면작성에 관한 전문적 지식이 없는 사람도 해당 건축물의 도면을 3D로 그릴 수 있게 만든 프로그램이다.

시나리오 에디터를 제작하는 주요 목적은 소방훈련 시 위험공간을 예측하고, 공간 내에서 훈련 시나리오를 제작하기 위함인데, 소방훈련에 사용할 훈련 장비를 시나리오

Table 4. Example of Evaluation Items

Category	Evaluation Items	Evaluation
Fire Detection Report / Notification	Did Occupants Quickly Recognize the Fire Origin?	Quantitative
	Was the Fire Alarm Quickly Activated?	Quantitative
	Did the Fire Founder Call 119 Quickly?	Quantitative
	Was Public Announcement made on Fire Situation?	Qualitative
Emergency Contact / Support Request	Was emergency communication made immediately?	Qualitative
	Was Support Request to Other Agencies made Promptly and Correctly?	Qualitative
Command and Control System	Was the Accidents Situation Properly Recorded?	Qualitative
	Were the Personnel of Access Control Properly Placed?	Qualitative
Initial Response / First Aid	Was Fire Extinguisher Operated Quickly?	Quantitative
	Did the User of Fire Extinguisher Squeeze Lever After Pulling Safety Pin?	Quantitative
	Did the Operation of Electric or Gas Facilities Immediately Shut Off?	Qualitative
	Was Chest Compression on Patient Properly Performed?	Quantitative
Evacuation / Firefighting Measure	Did Occupants Evacuate in a Calm and Orderly Manner?	Qualitative
	Did Occupants Take Measures to Contain Spread of Fire?	Qualitative
	Did the Last Occupant Evacuate Quickly?	Quantitative
	Did All Occupants in the Building Evacuate?	Quantitative
Restoration	Was the Fire Area Properly Detected for Any Hidden Fire and Reignition?	Qualitative
	Was the Emergency Restoration on Facilities Properly Made?	Qualitative

Table 5. Evaluation Method of Major Quantitative Evaluation Category

Category	Evaluation Method	Note
Fire Detection Report / Notification	<ul style="list-style-type: none"> • Fire Point Detection Time • Transmitter Press Time 	<ul style="list-style-type: none"> • Installing Flame and Smoke Generator • Attach Sensor to All Transmitter
Initial Response / First Aid	<ul style="list-style-type: none"> • Extinguisher Lever Operation Time and Hose Angle • Fire Suppression Time • Check for Survival of Anne 	<ul style="list-style-type: none"> • Useing Fire Extinguisher with IoT Sensor • Time of Flame Disappearance • Attaching IoT Sensor to Anne
Evacuation	<ul style="list-style-type: none"> • Final Evacuation Time • Posture of Keeping Low 	<ul style="list-style-type: none"> • Installing Image Motion Sensor on Exit to Evacuate

에디터 상 3D도면에 배치하여 위치 및 상태를 확인하고 컨트롤러(Controller)를 통해 장비를 자동 제어할 수 있도록 하며, 이러한 제작 과정을 거쳐 완성된 최종 시뮬레이션은 소방훈련 시 통제자로 하여금 전반적인 훈련과정을 실시간으로 체크 가능하도록 한다.

2.5 훈련평가 항목

훈련평가의 목적은 훈련과정에서 발생하는 문제점이나 실수 등을 발견하여 개선하고 절차, 설비 등의 필요성을 도출하여 충족시킴으로써 훈련의 효율성을 강화하기 위한 것이다⁽⁶⁾. 훈련평가는 사실상 훈련계획에서부터 시작되어 사후조치 등 훈련이 종료될 때까지를 범위로 본다. 훈련평가 항목은 평가자가 현장에서 직관적으로 판단할 수 있도록 구성하여야 하며 최대한 객관화할 수 있도록 하여야 한다.

이를 위해 화재발견/신고/전파(20항목), 비상연락/지원요

청(11항목), 지휘 및 상황통제(41항목), 초동조치/의료구호(55항목),피난/방호조치(64항목), 사후복구(9항목) 등 6개 분야 200개 평가항목을 개발하였고, 이 중 객관화가 필요할 것이라 판단되는 재실자의 화재발견, 신고 및 전파, 초기소화 및 피난 등 15개 항목을 정량화하였으며 부득이 정량적으로 평가할 수 없는 부분에 대해서는 현장에서 평가할 수 있도록 정성적 평가항목⁽⁷⁻¹⁰⁾을 개발하였으며, 주요 훈련평가항목은 Table 4에 나타내었다. 또한 대상처에 따라 재실자의 특성 및 인원, 훈련수준 등이 다를 수 있으므로 훈련 기획 시 이를 고려하여 대상처에 맞는 평가항목을 선별할 수 있도록 하였다.

2.5.1 정량적 평가항목

주요 정량적 항목의 평가방법을 Table 5에 제시하고 있다. 화재발견/신고/전파, 초동조치/의료구호, 피난분야에 대

Table 6. Evaluation Method of Major Qualitative Evaluation Category

No.	Category	Contents
1	Fire detection Report / Notification	<ul style="list-style-type: none"> • Behavioral Competency of fire Detectors and Reporters • Accuracy and Rapidity of Emergency Notification
2	Emergency Contact / Support Request	<ul style="list-style-type: none"> • Emergency Communication System and the Efficiency • Support Request System to Other Agencies
3	Command and Control System	<ul style="list-style-type: none"> • Command and Control Competency of Emergency Response Committee and Commanders • Media Response Competency
4	Initial Response / First Aid	<ul style="list-style-type: none"> • Initial Fire Extinguishing Competency • Competency to Respond to Casualty
5	Evacuation / Fire Fighting Measure	<ul style="list-style-type: none"> • Competency to Guide Evacuation • Competency to Control Incident Site
6	Restoration	<ul style="list-style-type: none"> • Competency to Control and Restore Emergency Situation

해서 평가가 이루어지며 기본적으로 IoT센서를 부착하여 발신기누름시간, 화재진압시간, 피난완료시간 및 피난자세 등을 측정하게 된다.

따라서 정량적 평가항목의 기준은 주로 훈련자 행동의 신속성 및 적절성을 파악하기 위함임을 알 수 있다. 재실자의 화재발견, 발신기에 의한 화재전파, 소화기 레버 누르는 시간, 전체 건물에서의 피난 등은 행동에 대한 신속성을 평가하는 부분이다. 이에 영향을 미칠 수 있는 요소로는 피난 계단으로부터 가장 먼 발화층 실내공간의 대각선 거리 및 가장 먼 실내에서 피난계단이나 화점까지의 거리 등을 고려할 수 있으며, 이러한 요소와 인간의 표준 보행속도(1.33 m/s)등을 통하여 계산된 시간을 신속성의 기준으로 삼았다. 신속한 화재발견 및 전파, 신고는 초기대응 및 조기피난의 전제조건이므로 이 항목에 대한 정량적 평가는 그런 의미에서 중요하다 할 수 있다. 특히, 피난행동의 신속성에 영향을 미치는 요소로는 상기 요소와 더불어 건축물 층수 및 재실자 수, 피난계단 수를 고려할 수 있으며, 피난과정 중 병목현상에 의한 피난지체등을 예상할 수 있으므로 계단에서의 피난 흐름율은 John (1971)이 제시한 49명/min.m⁽¹¹⁾을 참고하여 우리나라 건축법 상 최소 계단 폭인 1.2 m를 적용한 0.98 명/s으로 기준하였다.

신속성에 대한 정량적 평가와 더불어 초기소화 행동의 적절성에 대한 평가로 소화기 호스 올림각도 및 화재진압 성공 여부 등을 정량화하였다. 또한 심정지 환자를 가정할 적절한 가슴압박법을 정량 평가할 수 있도록 IoT 센서를 부착한 마네킨(anne)을 통해 최소 30번의 횡수와 약 5 cm 깊이의 가슴압박을 평가기준으로 설정하였다⁽¹²⁾. 피난분야로는 이미지 모션 센서(Image Motion Sensor)를 통해 피난 인원의 자동 측정 및 피난 자세의 적절성을 평가할 수 있도록 하였다.

한편 이성룡 등은 「주택가연물의 연소 특성에 관한 연구」⁽¹³⁾에서 침대 및 소파의 연소특성을 실험한 결과 침대는 점화 후 약 50초 후에 급격한 온도 상승을 보였으며, 소파는 약 140초 후에 같은 현상을 보여 가연물의 종류에 따라 연소

특성이 다를 것을 나타내고 있으며, 동경소방청에서 운영하고 있는 「예측활동 제한 시간을 활용한 자위소방훈련 실시 기준」⁽¹⁴⁾에 의해 천장이 난연재료인지 여부 및 건축물의 용도 등에 따라 화재성장파라미터가 삽입된 특정 식에 의해 계산하는 방식으로 소화기 및 소화전 방사시간을 예측할 수 있다고 보고하고 있다.

따라서 다양한 화재상황에서 정확한 정량평가 기준을 제시할 수 없기에 본 연구에서의 정량적 평가기준은 화재 시 골든타임 내 초동대응이 이루어져야 한다는 기본적 개념에서 도출하였다. 이는 여러 전문가 의견을 수렴한 결과로 대상처 훈련특성을 감안하여 이러한 기준을 조정할 수 있도록 구성하였다.

정량적 평가항목에 대한 배점은 중요성을 고려하여 5점 척도로 점수를 차등화 하였으며 이렇게 설정된 평가기준과 실제 현장에서 측정된 데이터와의 비교를 통해 신속성에 대한 평가는 상(5), 중(3), 하(1)로, 적절성 및 피난분야에 대한 평가는 성공(5), 실패(0) 또는 기준이내(5), 기준초과(0)로 배점하였다.

2.5.2 정성적 평가항목

정성적 평가는 정량적 평가를 현실적으로 실시할 수 없는 부분에 대해 평가관이 현장에서 직접 평가를 하게 된다. Table 6은 이러한 정성적 평가항목에 관해 총 6개 분야로 구분하였다.

평가관의 관점에서 화재발견/신고/전파분야는 화재발견자 및 신고자의 행동역량과 화재상황전파의 신속성 및 정확성을 파악하고, 비상연락/지원요청분야는 비상연락체계의 구축 및 효율성과 외부기관으로의 지원요청체계를 평가한다. 지휘 및 상황통제 분야에서는 비상대책위원회 및 현장지휘자의 지휘통제 역량과 언론에 대한 대응역량, 초동조치/의료구호 분야는 초기소화 역량과 사상자 발생 시 대응역량을 평가한다. 피난/방호조치 분야에서는 피난유도자 및 요구조자 대응역량과 사고 현장 통제역량을, 사후복구 분야에서는 응급복구 및 피해상황 관리역량을 주로 평가한

다. 따라서 정성적 평가항목의 구성은 주로 훈련자의 대응 행동에 관한 신속성, 명확성, 정확성, 적절성과 체계 및 내용의 적절성, 절차의 합리성 등으로 요약할 수 있다.

이러한 평가방법에 따라 정성적 평가항목의 배점을 상(3), 중(2), 하(1)의 3점 척도로 두었으며, 여기에서 “상”은 평가항목을 완전히 이행한 경우, “중”은 개선이 필요한 경우, “하”는 평가항목을 이행하지 않은 경우로 구분하여 평가관이 직관적으로 판단하여 체크할 수 있도록 단순화 하였다. 또한 상황에 따라 해당되지 않는 평가항목이 있을 수 있으므로 “해당사항없음(N/A)”에 체크한 항목은 종합평가 총점에서 제외될 수 있도록 구성하였다.

2.5.3 평가결과

항목에 따른 자동 평가와 평가관의 정성적 평가결과가 통제컴퓨터로 실시간 전송되어 최종 평가점수가 도출된다. 평가점수는 평가분야별 가중치, 해당분야 평가항목별 최고 배점 합계 및 해당분야 평가항목 획득점수로 구성되고 여기에서 평가분야별 가중치는 분야별 전체 점수를 100점으로 하였을 때 그 분야가 차지하는 중요도 점수로 훈련 목적에 맞게 배점할 수 있으며 다음과 같이 계산된다.

$$\text{Evaluation Score} = \sum (w \times a/s)$$

- w : 평가분야별 가중치
- a : 해당분야 평가항목 획득점수
- s : 해당분야 평가항목별 최고배점 합계

이러한 최종 평가점수는 대상자의 훈련수준으로 표현할 수 있으며 이를 점수에 따라 A~E등급으로 분류하여 수준에 따른 총평 및 개선점 등을 제시할 수 있다. 이는 훈련수준의 분류를 명확히 하여 다음 훈련수준의 목표를 설정하기 위함이다.

3. 현장적용실험

본 연구에서 소개한 훈련장비 및 평가시스템의 적용성을 검토하기 위해 충남 예산소방서의 장소협조를 얻어 총 30명의 훈련자를 대상으로 현장 테스트를 실시하였다. 예산소방서는 본관 건물과 보조건물의 형태로 구분되며, 훈련여건을 감안하여 보조건물을 훈련대상 건물로 하고 훈련대상의 수준을 일반인으로 가정하여 진행하였다.

3.1 발화위험장소 선정 및 장비설치

특정 발화 장소를 선정하기 위해 건물의 용도, 층수 등을 입력하여 위험예측프로그램에 의한 훈련장소로 2층 강의실이 선정되었고, 훈련테스트의 현장상황을 고려하여 Figure 5와 같이 해당 장소에 훈련 장비를 설치하였다.

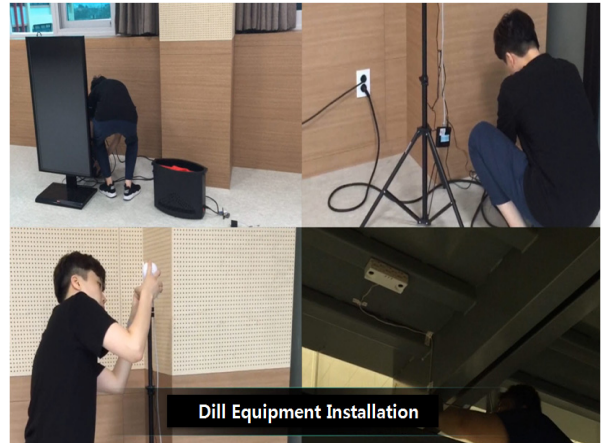


Figure 5. Installation of dill equipment.

3.2 훈련실시

건축물 용도 및 재실자의 훈련수준, 재실자 수 등을 고려한 맞춤형 훈련평가항목을 선정한 결과 평가항목은 총 36개로 정성적 항목 29개, 정량적 항목 7개이며, 화재발견/전파/신고분야 6개, 초동조치/의료구호 14개, 피난/방호조치 16개로 구분되었다. 또한 훈련의 목적 및 중요도를 감안한 가중치는 화재발견/전파/신고분야 30점, 초동조치/의료구호 분야 35점, 피난/방호조치분야 35점으로 배점하였다.

먼저, 건물 내의 재실자에게 훈련시작을 암시할 수 있도록 연기 발생기를 가동하였고, 이를 인지한 최초 화재 발견자에 의한 화재사실 전파는 IoT발신기 작동을 통해 이루어졌다. 또한 발화 장소로 선정된 2층 강의실 내 화염발생장치가 작동되었고, 이에 대한 초동진화는 소화기에 부착된 IoT센서를 통하여 소화기 사용의 적절성과 신속한 화재진압이 이루어졌는지 측정하였다. 건물 내 재실자의 피난상황은 출입구에 설치한 이미지 모션 센서를 통해 재실자의 피난여부를 측정하도록 하였다. 이때 평가관은 평가단말기를 통해 훈련자 행동에 대한 신속성, 정확성 등 정성적 항목을 평가하며, 정량적, 정성적 항목에 대한 실시간 평가결과를 통제장치를 통해 수집하여 확인할 수 있다.

3.3 훈련결과 및 고찰

총 36개의 평가항목 중 화재발견/신고/전파분야 항목에 대한 평가점수는 19.5점이었다. 이 중 발신기 작동시간에 대한 정량평가는 중(3)의 점수를 획득하였는데 훈련시작 후 발신기 작동시간에 대한 최상의 기준시간보다 늦은 시간이라는 것을 알 수 있다. 또한 초동조치/의료구호분야의 평가점수는 32.3점으로 빠른 소화를 위한 소화기 레버 작동시간 역시 중(3)의 점수로 평가되었고 이를 제외한 소화기의 적절한 사용에 대한 정량 평가항목은 상(5)으로 평가되었다. 피난/방호조치분야는 31.5점으로 평가되었는데 모션 이미지 센서에 의한 재실자의 대피여부는 상(5)으로 평가되어 대피율 100%를 나타내었다. 그러나 빠른 화재전파

및 초기소화의 평가에 있어서는 훈련의 수준을 향상시킬 필요가 있다는 분석이 가능하다.

결론적으로 각 분야별 점수 합계인 83.3점이 최종 점수로 평가되었으며, 훈련점수에 따른 훈련수준으로 분류하면 B등급에 해당하는 것으로 훈련상황은 대체로 양호하지만 상대적으로 미흡한 부분에 대해서는 수준 향상을 위한 지속적 관심이 필요한 수준이라 판단된다.

실제 해당 훈련에 참여한 훈련자 또한 기존 각본에 의한 소방훈련에 비해 실질적인 대응능력 확보에 도움을 줄 수 있고, 특히 정량화된 훈련수준 결과에 의해 훈련평가의 신뢰도가 상승할 수 있었다는 의견을 제시하였다.

이러한 훈련결과에 대한 정량화는 현재의 훈련수준을 쉽게 가늠할 수 있는 장점이 있으며, 다음 훈련의 목표를 상위 등급의 수준으로 결정할 수 있도록 유도하는 효과도 있다. 이러한 평가기준이 환경적 요소에 융통성 있게 적용되기 위해서는 많은 테스트를 통한 데이터가 축적되어야 가능할 것이라 사료된다.

4. 결 론

본 연구는 기존 소방훈련이 각본에 의한 형식적 훈련 및 체계적인 훈련 평가시스템의 부재로 인한 문제점을 개선하기 위해 다음과 같이 무각본소방훈련 평가시스템을 개발하였다.

1) 무각본소방훈련은 계획된 시나리오 없이 실제 화재현장과 같은 상황에서 개개인의 대응역량을 강화시킨다는 목적으로 개념을 정립하고, 훈련 진행절차를 ‘훈련 전 단계’, ‘훈련실시단계’, ‘훈련결과관리단계’로 구성하였다.

2) 화재통계를 분석하여 화재발생 위험성과 상관관계가 있는 건축물 용도에 따른 발화위험요인을 도출하였고, 이를 무각본소방훈련의 화재위험예측 프로그램에 적용하였다.

3) 개발된 평가항목은 6개 분야 총 200개 항목이며, 훈련대상에 따라 맞춤형 평가항목을 추출, 정량적, 정성적으로 평가할 수 있도록 구성하였다.

4) 훈련장비 및 평가시스템의 적용성을 검토하기 위한 현장테스트를 실시하였고, 정량화된 결과를 도출하였다.

5) 이러한 평가시스템을 통해 소방훈련을 체계화, 정량화할 수 있으며 훈련자의 소방안전의식 제고 및 화재대응능력을 실질적으로 향상시킬 수 있다는데 그 의의를 둘 수 있다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부 국민안전증진기술개발사업(10058037)의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

1. Ministry of Public Administration and Security, “A Study on Systematic Training Plan for Large-scale Complex Disasters” (2011).
2. S. M. Baek, “Fire Suppression Training Technique Research”, Fire Industry Information System, 6th Awarded Best Paper, pp. 1-17 (2011).
3. National Fire Agency, “Study on Development of Evaluation Indicator for National Disaster Response Comprehensive Training” (2016).
4. United States Department of Homeland Security, “Homeland Security Exercise and Evaluation Program (HSEEP)”, Volume I: HSEEP Overview and Exercise Program Management (2013).
5. National Fire Agency, “Disaster Preparedness Training Manual (I)” (2013).
6. National Fire Agency, “Study on Development of Evaluation Indicator for National Disaster Response Comprehensive Training” (2016).
7. Public Safety and Security, Central Fire Department, “Emergency Rescue Drill and Evaluation Manual” (2015).
8. D. H. Kim, “A Study on the Evaluation Index Development of Based on the Run Simulation Training for Strengthening U-City Disaster Response Capabilities”, Doctoral Thesis, Hansei National University (2014).
9. ST. Jodeph Health System, “Fire Drill Evaluation Form” (2016).
10. Tyoko National Fire Agency, “The Orgarnization of Self-response Fire Fighting Team and the Ability of Activity” (2012).
11. J. F. John, “Pedestraian Planning and Design”, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Olanners (1971).
12. Korean Association of Cardiopulmonary Resuscitation (KACPR), “2015 Korean Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care” (2015)
13. S. R. Lee and K. H. Youk, “A Study on Fire Behavior of Combustibles in a Residential Building”, Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 23, No. 4, pp. 25-31 (2009).
14. Tyoko National Fire Agency, “Criteria for Fire Fighting Training Using Time Limit for Prediction Activity” (2012).