

재난안전로봇 활용성 증진을 위한 실증적 교육·훈련 기법의 효용성 검증

김용철*, 강웅일*, 권용준** 주성진*, 최예진*

*호남대학교 소방행정학과 **Formosa M

e-mail:yckim@honam.ac.kr

Verification of the Effectiveness of Empirical Education and Training Techniques to Enhance the Utilization Disaster Safety Robots

Yong-Cheol Kim*, Ung-Il Kang*, Yong-Joon Kwon** Seong-Jin Joo* Ye-Jin Choi*

*Dept. of Fire Service Administration, Honam University

**Formosa M Inc.

요약

최근 도시·건축구조의 변화로 인해 화재를 포함한 재난·재해 발생 빈도 및 강도가 증가하고 있다. 또한, 대규모 화재 발생 시 복합형태 재난으로 확대되는 경우가 빈번하게 발생하여 막대한 인명 및 재산 피해를 유발하고 있다. 이러한 상황에서 화재로 인한 피해 최소화를 위해 신속·정확한 현장 상황에 대한 정보 수집 및 정보 수집을 바탕으로 한 대응 전략과 전술 수립은 무엇보다 중요한 과제로 떠오르고 있다.

이에 본 연구에서는 급변하는 대규모 화재현장에서 현장 대원들의 안전성을 확보함과 동시에 현장의 신속한 상황 파악 및 요구조사 탐색이 가능한 재난안전로봇을 개발하고 개발 로봇의 활용성 증진을 위한 실증적인 교육 및 훈련 기법을 제시한 후 교육·훈련의 성과를 정량적으로 분석하여 그 효용성 검증을 목적으로 한다.

교육 및 훈련은 재난안전로봇의 기본조종 및 공간탐색 훈련으로 구분하여 실시하고 각 훈련을 반복함에 따른 로봇 조종의 능숙함 정도를 평가하였다. 반복적인 로봇 조종 교육 및 훈련을 통해 임무 수행 시간 및 정확도는 개인차가 있음에도 불구하고 최대 88.2초(방탐색 훈련) 단축됨의 확인을 통해 교육·훈련 기법의 효용성을 검증하였다.

성과를 분석하여 그 효용성을 검증하는 것을 목적으로 한다.

구체적으로는 재난안전로봇을 활용할 4가지 재난(화재, 산불, 붕괴사고, 특수사고)을 선정하고 선정된 4가지 재난에 대해 활용 시나리오를 개발하고 개발한 시나리오는 현직 소방대원들의 자문의견 수렴을 통해 시나리오의 사실성 및 유효성을 검증한다. 또한, 재난안전로봇 활용을 위한 로봇 조종 교육·훈련 내용 및 방법(커리큘럼)을 제시하고 로봇 개발 연구진 및 대학생들을 대상으로 반복적인 로봇 조종 교육·훈련 실시에 따른 로봇 조종의 능숙도를 분석한다. 이러한 분석 결과를 바탕으로 제시한 교육·훈련 기법의 효용성을 검증한다.

1. 서론

최근 전 세계적으로 대규모 화재를 비롯한 재난·재해가 빈번하게 발생하고 있다. 특히 도시구조 및 건축물의 규모가 복잡화, 대형화 되고 있는 상황에서 도시부 건축물이나 도시기반시설의 화재 발생은 막대한 피해를 유발할 가능성이 매우 높다. 이러한 화재의 경우 대량의 유독가스로 인해 소방대원의 시야가 차단되어 화점 및 요구조사 탐색에 어려움이 발생한다. 또한, 위험 물질 등의 폭발로 화재 확산 및 붕괴 등과 같은 2차 피해 발생의 위험성이 커지는 특성이 존재하여 소방대원의 현장 대응에 한계가 발생한다.

이러한 화재현장의 특수성으로 고려하여 대규모 재난·재해 현장에서 사용 가능한 다양한 로봇을 개발하는 연구는 활발히 추진되고 있으나 대부분의 연구는 로봇을 개발하는 것이 목적으로 현장에서 개발한 로봇을 어떻게 활용·운용하여야 하는가에 관한 연구는 매우 적은 실정이다.

이에 본 연구에서는 화재를 포함한 재난·재해현장에서 활용 가능한 로봇 개발 및 개발한 로봇을 효율적으로 활용하기 위한 교육·훈련 기법을 제시함과 동시에 교육·훈련 기법에 따른

2. 본론

2.1 재난안전로봇 및 활용 시나리오 개발

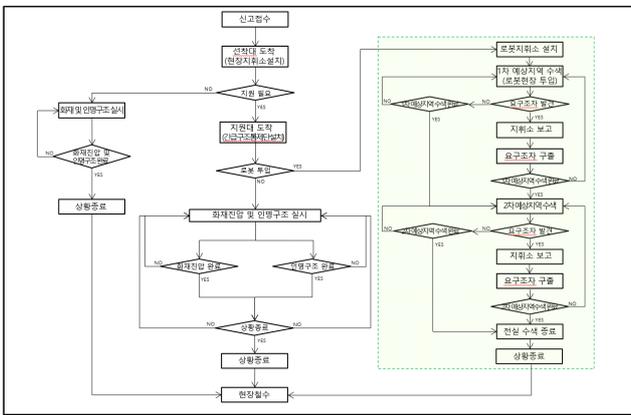
본 연구에서는 화재 및 재난 현장에서 현장 상황 파악 및 요구조사 탐색을 주요 목적으로 하는 4종류(지상로봇, 비행로봇, 뱀형로봇, 웨어러블로봇)의 재난안전로봇을 개발한다. 4종의 신규 개발 로봇은 기존의 장갑형로봇(방수·파괴 기능)과 화재 및 재난 현장에서 활용될 경우 시너지 효과를 발휘할 것으로 기대된다. 새로이 개발한 4가지 로봇은 그림1과 같다.



[그림 1] 새로이 개발한 4종의 재난안전로봇

개발한 재난안전로봇을 화재 및 재난 현장에서 활용하기 위한 시나리오를 개발하였다. 시나리오 개발은 현직 소방대원 100명을 대상으로 설문 조사를 실시하여 시나리오 개발 시의 유의점 및 시나리오 구성에 필요한 요소의 검토를 통해 시나리오의 사실성 및 합리성을 확보하였다. 현직 소방대원들의 의견을 반영하여 실제 화재현장에서 활용 가능한 재난안전로봇 활용 시나리오는 다음의 그림2와 같다.

화재 상황 시나리오는 119신고 접수부터 시작하여 소방대원의 현장도착, 재난안전로봇 투입 여부 판단, 로봇의 현장 투입 및 전실 탐색, 화점 및 요구조사 발견, 현장탐색 종료의 순으로 진행된다.(재난안전로봇 투입 시의 플로차트는 녹색으로 구분)



[그림 2] 재난안전로봇 활용 시나리오(화재)

2.2 재난안전로봇 활용 교육 및 훈련 실시

본 연구에서 개발하는 재난안전로봇을 실제 화재 및 재난 현장에서의 활용성을 높이기 위해 로봇 조종 교육 및 훈련 커리큘럼을 제안한 후 반복적인 교육 및 훈련 실시 결과를 분석하여 교육 및 훈련의 효과확인을 통해 효용성을 검증한다.

재난안전로봇 교육 및 훈련은 로봇 개발 연구진 및 대학생 15명을 대상으로 실시하였다. 15명의 교육 및 훈련 참여 진을 5명 3개 그룹(각 그룹당 여성 2명)으로 구분하여 각 그룹별 반복적인 로봇 조종 훈련에 따른 조종의 숙달됨을 측정하여 분석하였다. 로봇 조종 교육 및 훈련은 현직 소방대원들을 대상으로 실시하는 것이 바람직하나 현직 소방대원들을 4일간 교육·훈련에 참여시키는 것은 현실적으로 실현이 불가능해 연구진 및 대학생들을 대상으로 실시하였다.

재난안전로봇 교육 및 훈련은 크게 기초이론교육(20%) 및 실무역량교육(80%)으로 구분하였으며 기초이론 교육은 재난

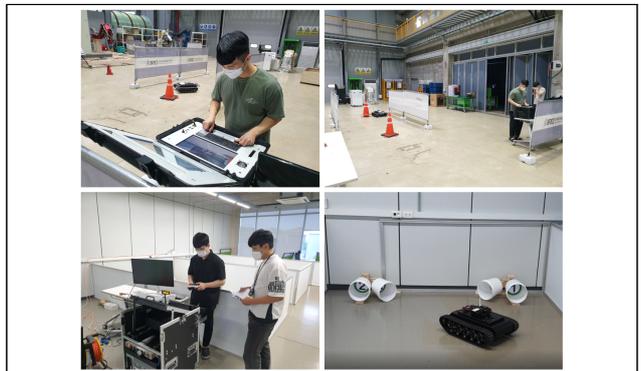
재해 특성이해, 재난안전 로봇 특징 및 구조 이해, 공간판단 능력으로 세분하였다. 실무역량교육은 로봇 조종(조작)능력 교육, 영상분석 능력교육, 위급상황 대처 능력교육으로 구분하여 실증적인 현장 활용성을 높이는 내용으로 구성하였다. 각 교육내용에 대한 세부 사항은 다음의 표 1과 같다.

[표 1] 재난안전로봇 교육 및 훈련 주요 내용

구분	주요 내용	
기초이론교육 (20%)	재난·재해 특성이해	발생원인 및 피해특성 등
	로봇 특징 및 구조 이해	로봇 기본 구조 및 원리, 기본적인 정비 및 수리 능력교육
	공간판단능력 교육	재난·재해 현장 상황 판단 능력교육 등
실무역량교육 (80%)	로봇조종 (조작)능력 교육	상·하·좌·우 및 전진·후진 등 기본움직임 교육, 장애물 통과 및 우회 기술 교육 등
	영상분석 능력교육	영상 판독 능력교육 등
	위급상황 대처 교육	로봇 통제 불능 및 기능 정지 시 대처 방법 등 교육

재난안전로봇의 현장 활용성을 검증하기 위해 로봇 조종(조작)에 필수적인 조종(조작)능력 교육은 8자 주행 훈련, 방탐색 훈련으로 구분하여 실시하였다. 방탐색 훈련의 경우 농연 상태의 유무에 따라 로봇 조종의 난이도를 조정하여 실제 화재현장과 같은 상황을 구현하였다.

8자 주행 훈련은 세이프티콘 2개를 폭(2m) × 길이(12m) 직선 공간에 설치하여 세이프티콘(교통콘)을 건드리지 않고 왕복하여 돌아오는 훈련으로 구성하였다. 훈련 시 로봇 조종자는 로봇에서 전송하는 영상만을 보고 8자 주행을 완료하는 훈련으로 구성하였다. 방탐색 훈련의 경우 지정된 공간에 설치된 표식(각 방당 4개)을 각각 탐색하여 표식 이미지를 촬영 후 처음 출발지로 돌아오는 훈련으로 각 실의 모든 표식의 탐색 및 이미지 촬영의 정확도를 바탕으로 로봇 조종의 능숙함 정도를 측정하였다. 각 훈련 내용에 대한 실제 훈련 모습은 다음의 그림 3과 같다.

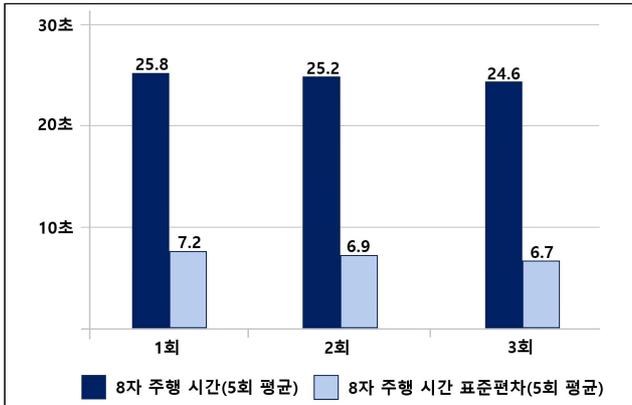


[그림 3] 재난안전로봇 조종 훈련(8자 주행(상) 및 방탐색(하))

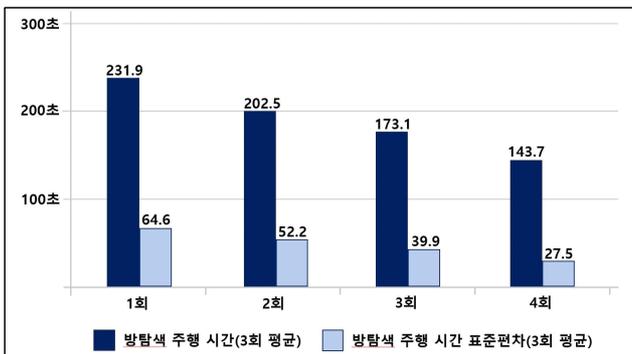
2.3 재난안전로봇 교육 및 훈련 결과 분석

재난안전로봇의 현장 활용성을 높이기 위해서는 화재를 포함한 재난·재해현장에서 재난안전로봇을 신속·정확하게 운용하는 것이 매우 중요하다. 이러한 로봇의 운용은 로봇 조종(조작)자의 로봇 컨트롤 능력은 무엇보다 중요하며 이를 위해

서는 반복적인 교육·훈련을 통해 능숙도를 향상시켜야 한다. 본 연구에서는 로봇 연구개발진 및 대학생을 대상으로 로봇 조종의 기초가 되는 8자 주행 훈련(1명당 5번씩 3회(총 15회)) 및 요구조사·화점 탐색을 위한 방탐색 훈련(1명당 3회씩 4회(총 12회))을 실시하여 그 결과를 분석함으로써 재난안전로봇 교육 및 훈련의 효용성을 검증하였다. 8자 주행 훈련 및 방탐색 훈련의 결과는 다음의 그림 4, 그림 5와 같다.



[그림 4] 재난안전로봇 8자 주행 훈련 결과



[그림 5] 재난안전로봇 방탐색 훈련 결과

8자 주행 훈련은 로봇 조종의 기본이 되는 훈련으로 각 그룹별 3회 평균 소요 시간을 비교한 결과 훈련이 반복됨에 따라 개인차는 발생하였음에도 불구하고 전체적으로 1.2초(1회 25.8초, 3회 24.6초) 단축되는 결과를 나타내었다. 훈련참가자별 8자 주행 훈련에 소요되는 평균시간의 표준편차는 0.5초 단축되는 결과를 나타냈다. 가장 기본이 되는 교육·훈련으로 반복훈련에 따른 전체적인 시간 단축은 크지 않았으나 훈련참석자 개인별로 분석하면 주행 시간은 최대 9.91초(1회 27.73초, 3회 17.82초) 표준편차는 최대 4.97초(1회 5.66초, 3회 0.69초) 단축되는 결과를 나타내었다.

방탐색 훈련은 8자 주행 훈련보다 반복적인 교육·훈련의 성과가 명확하게 나타났다. 반복되는 훈련에 따라 개인차이가 있음에도 불구하고 전체적인 평균 방탐색 주행 시간은 최대 88.2초(1회 231.9초, 4회 143.7초) 단축되는 결과를 나타내었다. 또한, 방탐색 완료 시간의 단축뿐만 아니라 교육·훈련을 반복함에 따른 회차별 방탐색 주행 시간의 표준편차 역시 평

균 최대 37.1초(1회 64.6초, 4회 27.5초) 단축되어 훈련을 반복할수록 방탐색을 안정적으로 수행할 수 있다는 것이 증명되었다. 방탐색 훈련의 경우 전체적인 평균시간이 확실하게 단축되는 효과가 검증되었으나 개인별로 보면 평균시간보다 큰 차이가 발생하여 방탐색 주행 시간의 경우 최대 123.9초(1회 282.8초, 4회 158.9초) 단축되었으며 방탐색 주행 시간의 표준편차는 최대 88.1초(1회 93.3초, 4회 5.2초) 단축되는 효과를 나타내었다.

3. 결론

본 연구에서는 최근 전 세계적으로 대규모 화재를 비롯한 재난·재해가 빈번하게 발생하고 있는 상황에서 소방대원들의 안전을 확보함과 동시에 신속·정확하게 화재 및 재난·재해 상황을 파악하기 위해 재난안전로봇을 개발하였다. 또한, 개발한 재난안전로봇의 현장 활용성으로 높이기 위해 로봇 조종(조작)훈련 시나리오 및 커리큘럼을 개발하여 로봇 개발진 및 대학생들을 대상으로 8자 주행 훈련 및 방탐색 훈련을 실시하여 반복적인 교육과 훈련이 로봇 활용에 미치는 정도를 정량적으로 분석하였고 이를 통해 본 연구에서 제시한 로봇 활용 교육·훈련 내용 및 방법의 효용성 검증하였다.

로봇 조종 교육·훈련 참가자의 개인적인 차이가 있음에도 불구하고 반복적인 8자 주행 시간의 경우 최대 1.2초(3회 훈련 평균 단축 시간) 주행 시간이 단축되는 효과가 발생하였으며 방탐색 훈련의 경우 최대 88.2초(4회 훈련 평균 단축 시간) 탐색 시간이 단축되었다. 또한, 훈련별 평균 주행 시간의 표준편차를 비교·분석하면 8자 주행 훈련의 경우 0.5초로 그 차이는 크지 않았으나 방탐색 훈련의 경우 최대 37.1초의 시간이 단축되어 훈련이 반복함에 따라 안정적으로 방탐색이 가능함을 증명하였다. 이를 통해 재난안전로봇의 활용성 증진을 위한 교육·훈련 기법의 효용성을 검증하였으며 향후 현직 소방대원들의 대상으로 그 효용성을 한층 더 검증해 나갈 것이다.

본 연구는 행정안전부의 재원을 지원받아 수행된 연구임(No. 20010079)

참고문헌

- [1] 강웅일, “재난안전로봇의 교육적 활용을 위한 시나리오 개발 및 그 활용의 효과분석”, 한국산학기술학회논문지, 제 22권 4호, pp. 160-166, 4월, 2021년.
- [2] Yong-Cheol Kim, Ung-Il Kang, Yong-Joon Kwon, Seong-Jin Joo, Bo-Gyeong Kuk, “Development of Scenario for Utilization in Realistic Training of Disaster response Robots and Effective Analysis of its Application”, Architectural Institute of Japan Annual Symposium, pp. 141-142, September, 2021.