

재난안전로봇의 교육적 활용을 위한 시나리오 개발 및 그 활용의 효과분석

강웅일
호남대 소방행정학과

Development of Scenario for Utilization in Education of Disaster Response Robots and Effective Analysis of its Application

Ung Il Kang

Department of Fire Service Administration, Honam University

요약 본 연구에서는 화재, 붕괴, 특수사고, 산불 등의 4개의 재난·재해 중 화재현장에서 활용 가능한 재난안전로봇의 교육적 활용을 위한 시나리오를 개발하고 이 시나리오를 바탕으로 로봇 활용 교육에 따른 효과분석을 목표로 한다. 시나리오는 현직 소방대원을 대상으로 설문지 조사를 통해 방향성, 현실성 및 합리성 내용을 중심으로 시나리오를 개발하였다. 또한 재난안전로봇의 활용 교육 및 훈련의 효과를 확인하기 위해 로봇 개발연구진, 현직소방대원, 대학생들을 대상으로 반복적인 로봇 조종 훈련을 통하여 분석하였다. 로봇조종은 직접조정, 모니터조종, 시뮬레이터조종으로 구분하여 테스트를 5회 실시하여 하였다. 로봇조종 테스트분석결과 각 그룹별로 소요된 평균시간은 대학생이 28초로 가장 빨랐으며 연구개발팀(30초), 소방대원(38초) 순으로 나타났다. 개인별 분석결과를 보면 직접조정의 경우에는 소방대원이 (최대 35초), 모니터 조정에는 연구개발팀이 (최대 14초), 시뮬레이터 조종에서는 소방대원 (최대 22초)의 조종시간 단축의 효과를 나타냈다. 이는 재난·재해 현장에서 로봇을 보다 효과적으로 활용하기 위해서는 반복적인 로봇 조종 교육 및 훈련이 필요함을 입증했다.

Abstract In this study, we aim to develop a scenario for educational utilization of disaster response robots that can be used at fire sites and analyze the effectiveness of scenarios according to robot utilization education. Our scenarios were developed based on direction, reality, and rationality determined through the use of a questionnaire survey distributed to current firefighters. In addition, the educational utilization of disaster response robots and training effectiveness were analyzed through repetitive robot control training by a robot development team, current firefighters, and college students. Robot control was divided into direct control, monitor control, and simulation control, and tests were carried out five times. As a result of the analysis of the robot control test, the average time spent for each group was 28 seconds for college students, followed by development teams (30second) and incumbent firefighters (38second). According to the individual analysis results, firefighters (maximum 35second) in direct control, the development team (maximum 14second) in monitor control, and firefighters (maximum 22second) in simulation control showed the effect of shortening control time. These results show that robot control education and training is necessary for robots to be used more effectively at disaster sites.

Keywords : Disaster Response Robots, Scenario Development, Direct Control, Monitor Control, Simulation Control, Disaster site.

본 논문은 행안부 “재난안전 산업육성지원” 사업과제(20010079) 및 호남대학교 연구과제(2019)로 수행되었으며 연구비 지원에 감사드립니다.

*Corresponding Author : Ung Il Kang(Honam Univ.)

email: uikang@honam.ac.kr

Received January 7, 2021

Revised March 2, 2021

Accepted April 2, 2021

Published April 30, 2021

1. 서론

최근 전 세계적으로 대형 재난·재해가 빈번하게 발생하여 많은 피해가 발생하고 있다. 특히, 도시의 인구 및 인프라의 집중에 따른 도시구조의 변화, 건축기술의 발달로 인해 복잡, 거대화된 건축물이 다수 건설되고 있다. 그로 인해 거대하고 복잡화된 도시, 건축물에서 대규모 재난·재해가 발생한 경우 다수의 인명피해가 발생할 우려가 높아지고 있으며 이러한 피해를 최소화하기 위해서는 재난·재해 발생 초기의 대응이 무엇보다 중요하다. 그러나 대형 재난·재해가 발생한 경우 유독가스(화재) 발생 및 건축물 붕괴 등 다양한 위험 요소로 인해 소방대원의 현장 대응에 한계가 발생한다.

2019년 4월 15일 발생한 프랑스 노트담대성당 화재의 경우 약 400명의 소방대원이 화재진압 활동에 투입되었으나 역사적인 건축물의 붕괴 우려로 인하여 헬기를 활용한 상공에서의 화재진압 작전을 실시하지 못하였다. 이처럼 건축물, 도시기반시설 등에 화재 등 재난·재해가 발생한 경우 2차 피해방지와 소방대원의 안전확보를 위해 신속한 화재진압 작전을 위한 새로운 방식의 도입이 요구된다. 실제로 노트담대성당 화재시에는 다수의 드론 및 방수로봇이 화재현장에서 활용되어 피해 최소화에 많은 기여를 하였다.

한국의 경우 재난·재해 현장에서 활용가능한 로봇 개발에 관한 연구는 적극적으로 추진되고 있으나 대부분의 연구는 로봇 개발에 집중되어 실제 화재 등 재난·재해 현장에서 개발한 로봇의 실질적 활용성 확보 방안에 대한 연구는 극히 적은 실정이다.

이에 본 연구에서는 화재 등 재난·재해 현장에서 활용가능한 재난안전로봇 및 로봇의 효율적인 활용을 위한 시나리오를 개발한다. 아울러 개발한 시나리오를 바탕으로 한 로봇 활용 교육에 따른 효과 검증을 목표로 한다.

구체적으로는 재난안전로봇을 활용할 4개의 재난·재해(화재, 붕괴, 특수사고, 산불) 중 화재를 대상으로 재난안전로봇 활용 시나리오를 개발한다. 시나리오는 현직 소방대원을 대상으로 설문조사를 통해 시나리오 개발 방향을 설정하고 개발된 시나리오의 사실성을 검증한다. 아울러, 재난안전로봇의 활용 교육 및 훈련의 효과를 확인하기 위해 로봇 개발 연구진, 현직 소방대원, 대학생들을 대상으로 로봇 조종 테스트를 실시하여 교육과 훈련의 반복을 통한 로봇 활용효과를 검증한다.

2. 선행연구 고찰 및 시나리오 개발

2.1 선행연구 고찰

재난·재해 현장에서 2차 피해예방 및 소방대원의 안전성 확보를 목적으로 재난·재해 현장에서 활용가능한 다양한 로봇들이 개발되고 있다. 그러나 로봇개발에 관한 연구의 경우 로봇 개발 및 로봇 조작에 필수적인 통신, 제어기능 및 성능 검증을 위한 시뮬레이터 개발에 관한 연구가 대부분으로 개발한 로봇의 활용성 검증에 관한 연구는 매우 희박한 실정이다.

신주성 외 1명(2019)은 복합재난 사고 대응을 위한 장갑형 로봇의 ROS(Robot Operating System)기반 통합제어시스템 개발에 관한 연구에서 재난·재해 현장에서 인명보호 및 방재작업을 지원할 장갑형 로봇의 차체, 방수포, 로봇팔, 이동플랫폼 등 모듈의 상호순차적인 작동성 확보를 위한 통합적인 관리, 통제 및 제어할 수 있는 통합제어시스템을 개발하여 원격지령을 통한 각 모듈의 구동을 검증하였다[1].

서진호 외 2명(2018)은 재난대응로봇 연구개발 주요 고려사항 및 국민안전로봇 프로젝트에 관한 연구에서 로봇의 현장 활용을 위하여 우선적으로 풀어야할 기술적인 문제들을 해결하기 위하여 어떠한 방향으로 접근해야 하는지에 대해 논하여 재난대응로봇의 현장활용의 어려움을 긴급성, 위험성, 재난환경의 이상성 등으로 구분하였다. 또한, 소방대원을 대상으로 한 설문조사를 실시하여 재난대응 로봇 개발시 고려사항을 도출하여 로봇개발의 방향성을 수립하였으며 국민안전로봇 프로젝트의 개발내용 및 정찰로봇, 장갑형로봇, 통합운영시스템 등의 주요 기능을 정의하였다. 아울러 이러한 로봇의 활용성을 극대화 하기 위해 농연가시화센서, 인명탐지센서의 주요기능 등에 대해서도 정의 하였다[2].

서진호(2017)는 복합재난환경 대응을 위한 안전로봇 기술개발 추진현황 및 미래방향에 관한 연구에서 일본 후쿠시마 원전사고를 계기로 재난상황에서 인간을 대신하거나 보조할 수 있는 유일한 수단이 로봇임을 강조하고 정부의 로봇기술 정책방향 검토 및 국내의 다양한 필드 로봇을 체계적이고 정량적으로 평가할 수 있는 방법 및 시설 개발을 주장하였다[3].

서갑호 외 3명(2017)은 재난대응로봇 검증용 시뮬레이터 개발 연구에서 개별 임무가 부여된 다수의 로봇들이 협업을 하는 재난구조 대응시스템을 개발에 필요한 시뮬레이터의 역할을 정의하고 하드웨어 검증과 반복적

인 임무수행이라는 목표를 달성하기 위한 시뮬레이터의 개발방향에 대해 논하였다. 구체적으로 시뮬레이터는 시스템통합 관점에서 정의하여 개발 종료시점이 상이한 로봇의 경우 로봇과 함께 시뮬레이터를 개발하여 로봇을 테스트하기 위한 재난환경을 가상환경으로 구현, 통신프로토콜 및 원격조작기를 동일하게 구성하여 실제 로봇으로 대치가 되더라도 동일한 조작기에 의해서 조정이 가능하도록 개발함을 제시하였다[4].

곽지현(2015)은 특수재난지역 경찰로봇 시제품의 성능평가연구에서 특수재난현장에서 활용 가능한 원격조종형 경찰로봇 개발내용을 살펴보고 내열시험과 구동시험, 화재진압성능 시험을 통해 실용성을 검증하였다. 대상 로봇은 소형정찰로봇, 출입문 파쇄 등 경찰활동 지원을 위한 중형정찰지원로봇, 화재진압 및 재실자 구조를 위한 소방관탐승형로봇(대형) 등 3종을 대상으로 시제품을 개발하여 내열성능평가(캐터필러, 전자장비 모듈상자 등), 구동성능평가(주행시험, 장애물 통과시험 등), 화재진압성능평가(방수성능 및 화점조준성능, 화재진압성능)를 실시하여 경찰로봇의 운용성능을 확인하였다[5].

카와바타 켄토(2014)는 와이어를 이용한 구동력을 전달하는 조종형이동 로봇의 개발에 관한 연구를 통해 지진 발생시의 요구조사 탐색 등이 가능한 무선조종 로봇을 개발하였다. 이는 기존의 로봇의 전력수급에 대한 문제를 와이어를 통해 해결할 수 있는 방법을 제시하여 그 활용성을 검증 하였다[6].

이상과 같이 로봇의 재난·재해 현장에서 사용을 목적으로 한 국내·외 선행연구는 로봇의 개발 방향 및 성능검증에 중점을 둔 연구가 대부분이다. 방재선진국인 일본의 경우도 재난 현장에서 사용이 가능한 다양한 로봇을 개발 중에 있으나 실질적인 활용 방안에 대한 연구는 극히 적은 실정이다.

이에 본 연구에서는 재난·재해 현장에서 활용가능한 로봇의 개발 뿐만아니라 개발 로봇의 실질적인 활용성 확보를 위한 시나리오 개발 및 로봇 조종자들의 교육·훈련을 통한 활용 능력의 향상 효과를 검증한다는 점에서 기존 연구와 대비된다 할 수 있다.

2.2 재난안전로봇 및 활용 시나리오 개발

본 연구에서는 산업통상자원부에서 추진한 ‘국민안전로봇 프로젝트’를 통해 개발 중인 4가지의 로봇을 대상으로 활용 시나리오를 개발한다. 국민안전로봇은 화재 등 재난·재해 현장 상황 파악 및 요구조사 발견을 주요 목적으로 하고 있는 지상형로봇, 비행형로봇을 개발하고 있

다. 또한, 건축물 붕괴현장 등에서 활용 가능한 뱀형 로봇 및 소방대원의 움직임을 보조할 착용형 로봇을 개발한다. 국민안전로봇 프로젝트를 통해 개발되는 4가지의 로봇은 이미 개발이 완료된 장갑형로봇(방수형 로봇) 및 특수형 로봇(붕괴현장 장애물 제거 로봇)과의 시너지효과를 기대할 수 있다. 국민안전로봇 프로젝트를 통해 개발되는 4가지의 로봇은 Fig. 1에서 보여주고 있다.



Fig. 1. Four National Safety Robots in Development

국민안전로봇 프로젝트를 통해 개발하는 4가지의 로봇을 화재 및 재난·재해 현장에서 활용 가능한 시나리오를 개발한다. 시나리오는 총 4가지(화재, 붕괴, 특수사고, 산불)로 구분되며 본 연구에서는 화재를 중심으로 개발한 시나리오에 대해 기술한다. 시나리오 개발은 현직 소방대원 100명을 대상으로 설문조사를 실시하여 시나리오 개발 시의 유의점 및 시나리오 구성에 필요한 요소 등에 대한 의견을 수렴하여 시나리오의 방향성을 설정하였다.

Fig. 2에서는 시나리오에서 중요성과 개발에 필요한 요소에 대한 설문조사 결과를 분석하였다. 시나리오 개발 시의 중요성으로는 개발 시나리오의 사실성(57%), 합리성(29%), 논리성(11%), 독창성(3%) 순서로 의견이 많았다. 시나리오 개발에 필요한 요소로는 로봇 활용목적 중심의 시나리오 일 것(56%), 로봇 활용방법 중심일 것(18%), 현장 대응 절차 중심일 것(14%), 로봇 조종자 중심일 것(12%) 등의 의견이 높게 나타났다.

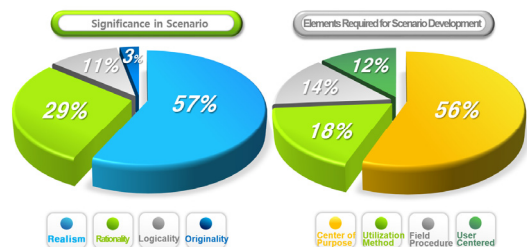


Fig. 2. Analysis of Survey Results

활용 시나리오 개발을 위한 소방대원 설문조사 결과를 바탕으로 실제 화재 현장에서 활용 가능한 시나리오의

방향성 및 주요 내용을 중심으로 시나리오를 개발하였다.

시나리오 개발을 위한 상황설정은 고양버스터미널 화재를 참고로 하여 고양시 버스터미널 1층 식당가 화재로 인해 연기 및 화염이 확산되는 상황을 사고 상황으로 가정하였다. 식당가 화재로 인해 1층 대합실, 매표소, 화장실 이용객 등 다수의 요구조자가 발생하였고, 화재사실 전파가 늦은 2층 이용객의 피난개시 행동이 늦어지는 상황 속에서 유독가스가 급속도로 확산 되는 상황을 설정하였다.

일반적으로 버스터미널의 경우 그 규모(면적)와 이용객이 많은 점, 화재시 다량의 유독가스가 발생하는 점 등으로 인해 소방대원의 화점 및 요구조자탐색에 상당한 어려움이 예상된다. 이는 화재진압 및 요구조자 탐색에 투입되는 소방대원 초차도 유독가스로 인한 시야 차단 및 복잡한 구조로 인해 현장에서 방향을 상실할 위험성이 발생하기 때문이다. 이러한 상황에서 신속하게 화점 및 요구조자 탐색·구조를 위해서는 소방대원을 대신하여 로봇을 투입하는 것이 소방대원의 안전성 확보 및 화재진압 등에 효율적일 것으로 판단된다.

재난안전로봇 활용을 위한 시나리오는 선착대 도착 후 판단에 따라 로봇 활용 여부를 결정하고 로봇을 투입하여 신속하게 요구조자의 탐색 및 구조를 실시하는 시나리오를 구성하였다. 개발 시나리오는 Fig. 3과 같다.

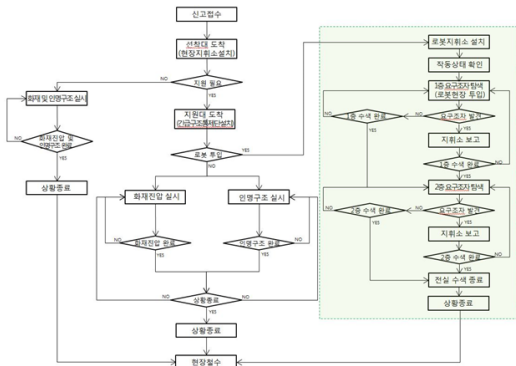


Fig. 3. Robot Utilization Scenario Flowchart

개발한 시나리오에 대한 사실성 및 현장 적합성 검증을 위해 다수의 현직 소방대원(119특수구조대원) 및 관련 전문가 의견을 수렴하여 개발된 시나리오에 대해 4가지의 개선사항을 도출하였다. 첫째, 개발 시나리오 중 작동상태 점검을 삭제할 것. 둘째, 요구조자 구출 절차를 추가할 것. 셋째, 중·대규모 화재시 화재진압 및 인명구조를 동시에 실시하니 화재진압 및 인명구조로 구분되어있는

절차를 통합할 것. 넷째, 로봇 현장 투입 위치를 수정하여 요구조자 발생 의심지역을 대상으로 우선적으로 투입할 것 등의 의견이 제시되었다. 제시된 의견 반영을 통해 사실성과 현장 적합성이 검증된 시나리오를 최종 시나리오로 선정하였다. 개선의견(붉은색 박스 부분)이 반영된 시나리오 및 전문가 자문의견 수렴 모습은 Fig. 4 및 Fig. 5와 같다.

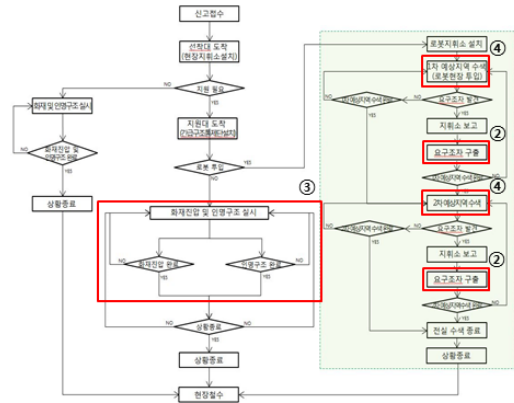


Fig. 4. Improvement of Robot Utilization Scenario Flowchart



Fig. 5. Expert Advisory Council

3. 로봇 조종 테스트 및 결과 분석

3.1 로봇 조종 테스트의 구성

본 연구에서는 개발한 시나리오를 바탕으로 재난안전로봇 조종의 교육 및 훈련 효과 검증을 위해 로봇 개발연구진, 현직 소방대원(119특수구조대원), 대학생을 대상으로 개인별 반복 조종 교육 및 테스트를 실시 하였다. 조종 테스트에 활용한 로봇은 국민안전로봇 프로젝트를 통해 개발하는 4가지의 로봇 중 지상정찰 로봇을 대상으로 실시하였다.

다만, 최근의 코로나19사태로 인해 다수의 테스트 참석자 모집에는 한계가 있어 코로나19 확산으로부터 안전

성을 확보할 수 있는 최소 인원으로 한정하여 연구개발진 12명, 대학생 13명, 현직 소방대원 5명을 테스트 대상(총 30명)으로 선정하였다.

로봇 조종테스트는 직선 15m의 거리에 3개의 장애물을 설치하여 장애물을 8자형으로 회피하면서 15m의 거리를 왕복하는 시간을 측정하였다(1인당 5회 실시). 이때, 조종자는 로봇을 보면서 조종하는 경우(직접 조종)와 로봇으로부터 전송되는 영상만을 보며 조종하는 경우(모니터 조종)로 구분하였다.

또한, 교육용으로 개발한 시뮬레이터를 활용하여 실제 화염 및 연기상황을 재현한 상태(조종자의 시야차단)에서의 로봇이 보내오는 영상만을 보며 조종(시뮬레이터 조종)하는 경우에 대해서도 테스트를 실시하였다. 로봇 조종 테스트의 모습은 Fig. 6 와 Fig. 7과 같다.

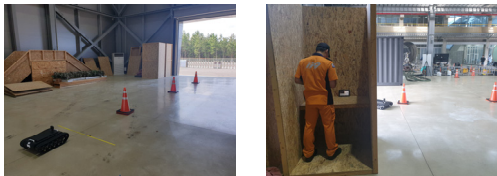


Fig. 6. Robot Control Test



Fig. 7. Robot Control Test Using of Simulator

3.2 로봇 조종 테스트의 결과 분석

화재 및 재난·재해 현장에서의 로봇 활용성 증대 및 로봇 조종훈련을 통한 교육효과 분석을 위해 실시한 테스트 결과를 직접조종의 경우, 모니터 조종의 경우, 시뮬레이터 조종의 경우로 구분하여 반복 교육 및 훈련을 통해 코스 완주 시간 및 요구조자 탐색 시간의 변화를 분석하였다.

각 그룹별 5회 평균 시간을 살펴보면 직접조종의 경우 대학생이 28초로 가장 빨랐으며 연구개발진 30초, 소방대원 38초의 순을 기록하였다. 대학생의 경우 다양한 IT 기기의 활용 및 게임에 익숙함이 로봇조종을 위한 반복적인 교육에 가장 빠르게 적응한 것으로 판단된다. 소방대원의 경우 가장 늦은 38초를 기록하였으며 이는 상대

적으로 대학생, 연구개발진에 비해 기계조작에 익숙하지 못한 것이 원인으로 판단된다.

모니터 조종의 경우 직접조종을 통해 약간의 로봇 조종에 대한 익숙함이 결과로 나타났으나 그로 인한 시간 단축은 최대 2초로 미미하게 나타났다. 모니터 조종 역시 대학생이 27초로 가장 빨랐으며 연구개발진 29초, 소방대원 36초의 순으로 나타났다.

시뮬레이터 조종의 경우 대학생이 30초, 연구개발진이 33초, 소방대원 39초의 순으로 나타났다. 시뮬레이터의 경우 연기 모사를 통해 시야 차단의 영향으로 직접조종, 모니터 조종에 비해 최대 4초의 시간이 더 소요되었다. 각각의 테스트 결과를 정리하면 Fig. 8과 같다.

또한, Fig. 9에서 연구개발진, 대학생, 소방대원 각각의 로봇 반복 조종에 대한 교육효과를 개인별로 살펴보면 직접조종의 경우, 소방대원이 최대 35초로 가장 큰 효과가 나타났으며 연구개발진, 대학생은 각각 2초로 동일하게 나타났다. 이는 소방대원이 반복적으로 로봇을 조종함으로써 로봇 조종의 기능에 익숙해짐을 나타낸 결과로 판단되며 반복적인 교육을 추가적으로 실시한다면 로봇 조종에 대한 교육효과는 더욱 크게 나타날 것으로 판단된다.

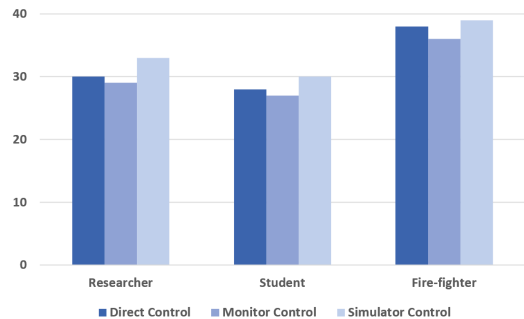


Fig. 8. Robot Control Test Result 1

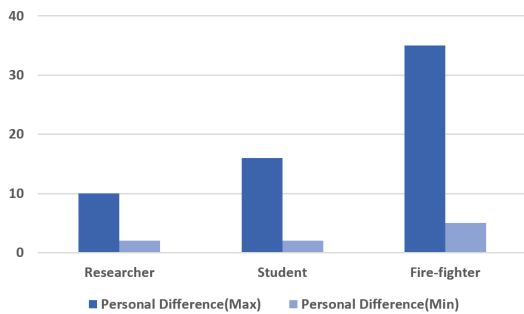


Fig. 9. Robot Control Test Result 2

Fig. 10은 참가자들의 모니터 조종에 대한 반복적인 교육·훈련의 결과를 보여준다. 각 참가자별로 차이가 가장 크게 나타난 것은 연구개발진으로 최대 14초의 학습효과가 나타났다. 연구개발진 다음으로 소방대원이 12초의 학습효과가 나타났으며 대학생의 경우 가장 작은 7초의 효과가 나타났다. 연구개발진의 경우 평상시 직접조종의 경우가 많아 모니터 조종의 반복 교육 효과가 직접조종에 비해 4초 향상되는 결과를 나타내었다.

Fig. 11에서는 시뮬레이터 조종의 경우로 소방대원이 개인별 학습효과의 차이가 가장 큰 22초를 기록하였다. 소방대원 다음으로 연구개발진 12초, 대학생 10초의 개선 효과를 나타냈다.

이상과 같이 로봇 조종에 대한 반복 교육 및 훈련을 통해 연구개발진, 대학생, 소방대원 모두 개인차가 발생함에도 불구하고 최대 35초의 로봇 조종 시간의 단축효과가 발생함을 확인하였다. 35초의 시간은 긴박한 재난·재해 현장에서 요구조자의 생사를 결정할 수 있는 매우 중요한 시간이라 판단되며 본 연구 결과를 바탕으로 지속적인 재난안전로봇의 활용성 확보를 위한 교육·훈련의 효과를 검증해 나간다면 신속한 요구조자 구출 및 소방대원의 안전성 확보에 많은 기여를 할 것이라 판단된다.

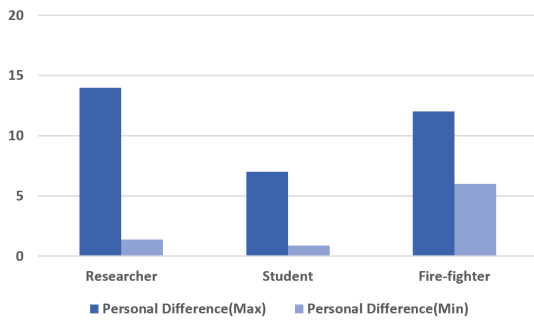


Fig. 10. Robot Control Test Result 3

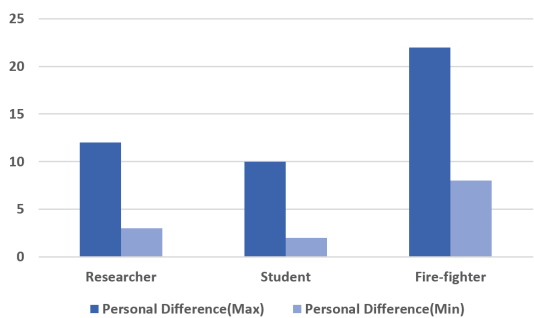


Fig. 11. Robot Control Test Result 4

4. 결론

본 연구는 최근 빈번하게 발생하고 있는 대형 재난·재해 현장에서 소방대원의 안전성 확보 및 재난·재해 현장의 상황 파악, 요구조자의 신속한 탐색 등 재난안전로봇의 활용성 증대를 위한 로봇활용 시나리오를 개발하고 로봇 조종테스트를 실시하여 로봇 조종 교육 및 훈련에 따른 효과를 검증하였다.

구체적으로는 화재, 붕괴, 특수사고, 산불의 재난·재해 중 우선적으로 화재를 대상으로 한 시나리오를 개발하여 현직 소방대원 및 관련 분야 전문가 자문회의를 거쳐 개발 시나리오의 사실성 및 현장 적합성을 검증하였다. 이를 통해 개발 시나리오에는 로봇활용 시 요구조자 구출 과정이 추가되었으며, 중·대규모 화재시 화재 진압 및 인명구조가 동시에 실시되는 절차 통합이 이루어 졌다. 또한, 로봇 현장 투입 위치 수정을 통해 요구조자가 존재할 가능성이 높은 지역을 대상으로 로봇을 투입하는 과정으로 변경하는 등 시나리오의 사실성과 현장 적합성을 확보한 시나리오를 개발하였다.

또한, 개발된 시나리오를 바탕으로 재난안전로봇 조종 교육 및 훈련에 따른 효과 검증을 위해 연구 개발진, 대학생, 현직 소방공무원을 대상으로 조종 테스트를 실시하여 그 결과를 분석하였다. 조종 테스트는 직접 조종, 모니터 조종, 시뮬레이터 조종으로 구분하여 각 개인별 5회씩 실시하였으며 코스 완주시간 및 요구조자 탐색 시간 변화를 근거로 교육·훈련의 효과를 분석하였다.

로봇조종 테스트 분석결과 각 그룹별 로봇 조종에 소요된 평균 시간의 경우 대학생이 28초로 가장 빨랐으며 연구개발진(30초), 소방대원(38초)의 순으로 나타났다. 대학생의 경우 다양한 IT기기의 활용 및 게임에 익숙함이 로봇조종을 위한 반복적인 교육에 가장 빠르게 적응한 것으로 판단된다.

또한, 개인별 반복 조종 훈련을 통한 교육·훈련 효과의 경우 각각의 상황별 개인차가 발생하였으나 직접조종의 경우 최대 35초(소방대원), 모니터 조종의 경우 최대 14초(연구개발진), 시뮬레이터 조종의 경우 최대 22초(소방대원)의 조종시간 단축의 효과가 확인되었다. 이는 재난·재해 현장에서 로봇을 보다 효과적으로 활용하기 위해서는 반복적인 로봇 조종 교육 및 훈련의 효과가 있음이 증명된 결과라 할 수 있으며 이러한 점에서 본 연구는 의의를 가지고 있다고 판단된다.

다만, 본 연구는 실제 화재현장에서 발생하는 다양한 상황들(로봇 이동에 제약이 발생하는 다수의 장애물 및

고온에 의한 로봇 작동 상태의 안전성 확보 등)을 재현하지 못한 상황에서의 테스트를 실시한 점이 한계라 할 수 있다. 향후의 연구에서는 실화재 상황을 구현할 수 있는 테스트베드의 구축 및 활용을 통한 테스트가 필요할 것으로 판단된다.

아울러, 실화재 현장 구현 시 로봇을 활용할 근거가 되는 시나리오를 보다 상세하게 구분할 필요가 있다. 로봇의 현장 도착에서부터 전개, 로봇 투입 및 활용 전략의 수립, 재난·재해 현장에서의 통신의 확보방법, 로봇 활용 중 문제 발생 상황 등 보다 세밀한 시나리오를 개발을 통해 사실성이 강화된 시나리오를 개발할 필요가 있다.

또한, 테스트 참가자 수가 적어 통계학적으로 의미 있는 교육·훈련의 효과 분석까지는 도달하지 못하였다. 코로나19 사태에서 보다 많은 테스트 참가자를 모집하는 것에 한계가 있으나 지속적인 테스트를 추진하여 통계학적으로 의미있는 표본수 확보를 통한 분석이 수반되어야 보다 정확한 교육의 효과를 검증할 수 있을것으로 생각된다.

이에 향후 연구에서는 실제 화재 상황을 구현(다양한 장애물 설치 등)한 보다 세밀한 재난·재해 현장의 구성을 통해 테스트 환경 및 시나리오의 사실성을 확보할 필요가 있으며 로봇 조종 교육 및 훈련 효과 분석의 정확성을 높이는 차원에서 보다 더 많은 인원을 교육 훈련에 참석시켜 그 결과를 분석할 필요가 있다. 아울러, 로봇 조종의 수준을 평가할 수 있는 평가 기준을 마련하여 교육 훈련의 효과를 검증한다면 로봇 조종의 교육·훈련 효과 분석에 대한 신뢰성은 더욱 높아질 것이다.

References

- [1] J. S. Shin, M. L. Kim, "Development of ROS-based Intergrated Control System on Armored Robot for Accident Response in Composite Disaster Site", *Institute of Control, Robotics and Systems 2019 Conference*, pp.9-10, 2019.
- [2] J. H. Shu, S. S. Oh, J. H. Ham, "Major Considerations for Research and Development of Disaster Response Robots and Project for National Safety Robots", *Korea Robotics Society Review*, Vol. 15, No. 1, pp.26-38, 2018.
- [3] J. H. Shu, "Current Status and Future Direction of Development of Disaster Response Robots Technology for Complex Disaster Enviornment", *Korean Society for Precision Engineering 2017 Conference*, pp.6-6, 2017.
- [4] K. H. Seo, J. W. Park, J. W. Lee, J. H. Suh, "Development of Simulator for Disaster Response Robots", *Korean Society for Precision Engineering*

2017 Conference, pp.836-837, 2017.

- [5] J. H. Kwark, "Performance Evaluation of Search Robot Prototype for Special Disaster Areas", *Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 29, No. 6, pp 109-118, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2015.29.6.109>
- [6] K. Kawabata, R. Hayashi, Y. Yu, T. Kinugasa, H. Amano, "Development of Remote Control Mobil Robot for transmitting the Driving Force by Wires", *The Japan Society of Mechanical Engnieers Academic Conference*, 2014.
DOI: https://doi.org/10.1299/jsmermd.2014.2A2-B07_1

강 응 일(Ung Il Kang)

[정회원]



- 1991년 2월 : 전남대학교 공과대학 화학공학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 전남대학교 대학원 화학공학과 (공학석사)
- 2001년 2월 : 전남대학교 대학원 화학공학과 (공학박사)
- 2014년 2월 ~ 현재 : 셀텍(벤처기업) 대표
- 2015년 3월 ~ 현재 : 호남대학교 소방행정학과 교수

<관심분야>

신재생에너지, 연료전지, 재난안전, 소방방재