Journal of Korea Robotics Society (2018) 13(3):151-156
https://doi.org/10.7746/jkros.2018.13.3.151 ISSN: 1975-6291 / eISSN: 2287-3961

로봇 운용성 시뮬레이터(ROSim)의 군사로봇 운용성 평가에 실험적 적용 연구

Experimental Application of Robot Operability Simulator (ROSim) to the Operability Assessment of Military Robots

최 상 영† · 박 우 성[1]
Sangyeong Choi†, Woosung Park[1]

Abstract: Military robots are expected to play an important role in the future battlefield, and will be actively engaged in dangerous, repetitive and difficult tasks. During the robots perform the tasks a human operator controls the robots in a supervisory way. The operator recognizes battlefield situations from remote robots through an interface of the operator control center, and controls them. In the meantime, operator workload, controller interface, robot automation level, and task complexity affect robot operability. In order to assess the robot operability, we have developed ROSim (Robot Operational Simulator) incorporating these operational factors. In this paper, we introduce the results of applying ROSim experimentally to the assessment of reconnaissance robot operability in a battle field. This experimental assessment shows three resulting measurements: operational control workload, operational control capability, mission success rate, and discuss its applicability to the defense robot research and development. It is expected that ROSim can contribute to the design of an operator control center and the design analysis of a human-robot team in the defense robot research and development.

Keywords: Human Operator, Workload, Robot Operability, Human Performance Model

1. 서 론

군사 로봇은 미래 전장에서 중요한 역할을 수행할 것으로 전망되며, 위험하고 반복되며 어려운 임무에 적극적으로 운용될 것이다.

로봇 운용성이란 '로봇이 인간-로봇 팀으로 운용될 때 운용자와 로봇 사이의 상호작용을 통해서 발휘되는 능력' 이다. 로봇이 자동화되더라고 인간요소를 완전히 배제할 수 없기 때문에 로봇 운용성에 대한 평가는 로봇 연구개발에 매우 중요한 부분을 차지한다. 일반적으로 국방 로봇이나 재난안전 로봇의 경우에 운용자는 임무지역의 정보를 현장 로봇으로부터 운용자 통제소 인터페이스를 통해 얻은 임무지역에 대한 상황을 인식하게 된다. 이 상황인식을 바탕으로 운용자는 그의 인지과정을 통해서 목표를 달성하기 위해서 방책을 수립하고 이를 수행함으로써 로봇을 운용제어 한다.

이러한 로봇 운용성에 영향을 미치는 요소들에는 운용자 작업부하, 통제소 인터페이스, 로봇 자동화, 그리고 과업 복잡성 등이 있다. 이들은 서로 간에 영향을 미친다. 예를 들어서 로봇 자동화 수준이 향상되면 운용자의 작업부하는 감소할 수 있다. 그러나 자동화 비용이 증가한다. 반대로 자동화 수준이 낮으면 운용자 작업부하가 증가하게 된다. 마찬가지로 통제소 인터페이스가 효율적으로 설계되면 운용자의 상황인식 능력이 제고되어 운용자의 운용제어 효과가 증가될 수 있다. 또한 임무 복잡성은 이들 모두에게 영향을 미친다. 그래서 로봇 운용성을 평가할 때, 가능한 모든 운용요소들을 총체적으로 고려해야 한다. 이를 위해서는 시뮬레이션 환경을 활용한다.

본 저자들은 국방 지상로봇의 운용성을 모의실험 할 수 있는 시뮬레이션 환경을 개발하였다. 이를 ROSim (Robot Operability

Received : Dec. 26. 2017; Revised : Apr. 11. 2018; Accepted : May. 15. 2018
※ This project was supported by a research program (The Specialized Research Center for Future Ground System Analysis) funded by the Agency of Defense Development of Korea and we appreciate it
1. Principal Researcher, The Specialized Research Center for Future Ground System Analysis, MyongJi University (zestgest@naver.com)
† Research Professor, Corresponding author: The Specialized Research Center for Future Ground System Analysis, MyongJi University, YongIn Si, Korea (metayoung@ gmail.com)

Copyright©KROS

Simulator)이라 부른다. ROSim은 인간-로봇 팀이 지상부대의 정찰 임무 및 교전 임무를 수행할 때 다양한 운용성 요소들의 상호작용이 반영된 로봇 임무 시뮬레이션 환경이다. 이는 운용자의 운용 통제소 사용자 인터페이스를 기준으로 시뮬레이터 형태로 구현되었다[1].

본 논문에서는 ROSim을 로봇의 운용성 평가에 실험적으로 적용하여, 그 유효성을 보고 나아가서 향후 국방로봇 연구개발에서 인간-로봇 팀을 설계분석 할 때, 그 적용 가치를 찾고자 하는 데에 있다. 논문 목적상 실험적 적용을 위해서 로봇이 정찰임무를 수행할 때로 제한하고, 정찰 임무지역은 10 km×10 Km으로 한정하였다. 정찰 임무를 수행하기 위해서 인간-로봇 팀이 구성되고, 로봇은 특정한 자동화 수준으로 유지하며, 운용자 1인이 한 대의 로봇으로부터 최대 3대의 로봇을 운용하는 상황을 고려하였다. 본 논문에서는 이러한 상황 시나리오를 바탕으로 ROSim 시뮬레이션 환경에서 모의실험하여 운용제어 작업부하, 운용제어 수행역량, 운용과업 수행효과를 분석하였다. 운용제어 작업부하 측정지표로는 ISA (Instantaneous Self Assessment of workload)를 사용하였고[2], 운용제어 수행역량을 측정하기 위해서 Fan-Out 지표를 사용하였다[3,4]. 한편 운용과업 수행효과 지표로는 정찰목표지역 정찰 완료비율을 사용하였다.

이후 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 관련 논문을 고찰하고, 제3장에서는 지상 로봇의 운용성 시뮬레이션 모의환경(ROSim)을 소개한다. 제4장에서는 ROSim을 활용하여 인간-로봇 팀이 정찰임무를 수행할 때 운용제어 작업부하, 운용제어 수행역량, 그리고 운용과업 수행효과를 분석하기 위한 실험적 시나리오에 대해서 설명하고, 실험결과를 설명하고 토의한다. 제5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 이론 및 기존 연구 고찰

2.1 운용성 모의실험 환경

대표적인 운용성 시뮬레이션 환경으로 RESCHU (Research Environment for Supervisory Control of Heterogeneous Unmanned Vehicles)가 있다. RESCHU는 운용자가 항공무인 시스템을 운용 제어하는 온라인 실험용 연구 테스트 베드를 제공한다[5]. 미국 해군대학원 MOVES에서는 RESCHU를 확장하여 무인 정찰기 감시제어를 모의실험 할 수 있는 테블릿 PC기반의 시뮬레이터인 SAWSI (Semi-Autonomous Wingman Supervisory Control Interface)를 개발하여 F-18 시뮬레이터에 장착하여 새로운 인터페이스가 편대비행 성능에 미치는 영향을 분석하였다[6]. 또한 RESCHU-SA (Swarm Attack) 버전으로 발전시켜 군집비행에서 사용될 인터페이스를 실험분석 하였다[7]. 여기서 운용자는 군집비행 임무를 감독만하고 개입할 수 없는 완전 자동모드, 운용자가 비행편대를 재배치 할 수 있는 인터렉티브 모드, 그리고 운용자의 수동 배치 모드 등 세 가지 모드를 사용하였다. 또한 Zephyr사의 Bioharness와도 연동시켜 운용자의 심박수, 자세 등 생체 신호를 임무 수행과 동시에 실시간으로 모니터링 할 수 있는 기능을 제공하였다.

2.2 로봇 자동화 수준

로봇 자동화 수준은 로봇의 운용성에 큰 영향을 미치며, 운용성 시뮬레이션 환경 구성 시에 모의되어야 할 중요한 요소이다. Galster[8]은 로봇 자동화 수준을 8가지(no automation, manual augmented, manual augmented and limited, co-operative, automatic pre-select, automatic select, autonomous manned operation, and autonomous unmanned operation)로 구분하였다. Parasuraman[9]은 자동화 관련 영역을 4가지 분야로 구분하였다. 정보획득, 정보분석, 의사결정 및 방책선택, 그리고 방책구현이다. Galster과 Parasuraman의 연구는 국방 로봇의 자동화 수준정의를 위한 참조모델을 제공하고 있다. 본 연구에서 대상으로 하고 있는 로봇의 자동화 수준은 국방과학연구소에서 정의한 지상무인차량 자동화수준 모델을 사용하였다[10]. 여기서 자동화 수준을 9단계 레벨로 구분한다. 레벨1은 운용자가 로봇을 가시선(line of sight)상에서 원격제어하는 수준이고, 레벨2는 비가시선(non-line of sight)상에서 원격제어하는 수준이다. 레벨3은 로봇이 장애물을 스스로 회피할 수 있는 수준이다. 각 지역경로에서는 직선으로 주행하는데 장애물이 있으면 회피하고 다시 직선으로 주행한다, 그러나 이동물체 출현 시에는 회피하지 못한다. 레벨4에서는 로봇이 각 지역경로에서 장애물뿐만 아니라 이동물체도 식별하여 회피가 가능하고, 또한 주행영역과 차선인식이 가능하며, 각 지역경로 구간에서는 자율주행과 동일하다. 그러나 최초 경로계획 시에 설정한 중간 경로점은 변하지 않는다. 레벨5에서는 레벨4에 더하여 로봇이 이동물체를 식별했을 때 지역경로를 스스로 재설정하여 주행할 수 있는 수준이다. 레벨6~7에서는 시점과 종점이 주어지면 로봇이 스스로 경로를 계획하여 주행할 수 있다. 이를 위해서 속도맵, 위협맵, 통신맵을 사용한다. 레벨8에서는 로봇이 자율주행뿐만 아니라 임무자동화까지 가능하며, 레벨9에서는 협업통제까지 가능한 수준이다.

2.3 운용성 평가지표

운용성 평가지표는 크게 운용제어 작업부하 지표, 운용제어 수행역량 지표, 운용과업 수행효과 지표로 구분된다.

운용제어 작업부하는 로봇을 운용제어 하는 동안에 운용자가 감당해야 하는 작업부하이다. 이를 측정할 수 있는 지표에는 객관적 지표와 주관적 지표로 구분된다. 객관적 지표는 주로 생체신호관련 지표로써 심장박동, 시선지표, 뇌파지표 등이 있으며, 주관적 지표에는 ISA[2], NASA-TLX[11,12], VACP[13] 등이 있다.

운용제어 수행역량은 로봇이 자동화됨에 따라 운용자가 여러 대의 로봇을 동시에 운용할 수 있는 역량이다. 운용제어 수행역량을 측정할 수 있는 대표적인 지표로써 Fan-Out이 있다[3,4]. Fan-Out는 '한 명의 운용자가 동시 운용 가능한 로봇의 수'를 의미하고 임무형태와 로봇의 자동화 수준에 따라 최대 운용제어 가능한 로봇 대수를 분석하는 데에 사용된다.

운용과업 수행효과 지표는 로봇에게 부여된 임무달성 정도를 나타내는 지표이다. 이 지표는 로봇 운용자의 궁극적인 관심사항이기도 하다. 예를 들어서 정찰임무 혹은 교전임무를 수행한다면, 임무 성공률, 임무 수행시간 등이 된다.

2.4 기존 연구와 본 연구의 차별성 및 기여

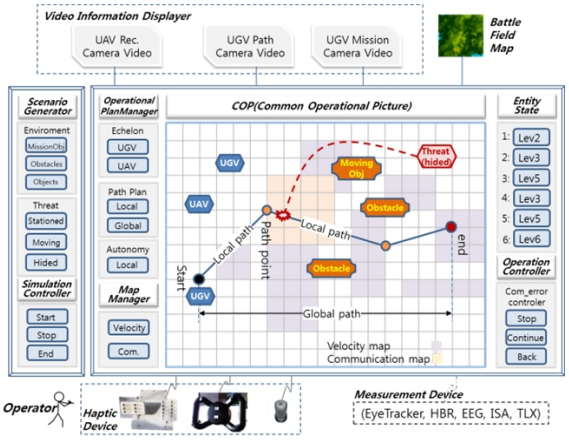
기존 운용성 관련 연구에서는 대부분 UAV (Unmanned Aerial Vehicle)를 대상으로 하고 있는데, 본 연구는 UGV (Unmanned Ground Vehicle)를 대상으로 하고, 본 연구에서 적용할 ROSim은 UGV 운용성을 분석할 수 있는 시뮬레이션 환경을 제공한다. 실험간에 심장박동신호, 뇌파신호, 시선추적 그리고 ISA (Instantaneous Self Assessment), TLX (Task Load Index)를 측정한다. 또한 기존의 대부분의 연구에서는 운용성 지표를 운용제어 작업부하와 운용제어 역량에 제한되어 있는데, 본 연구에서는 운용과업 수행효과 지표까지를 고려함으로써 로봇 연구개발에서 로봇 팀의 임무요구분석, 설계분석 등으로 그 적용범위를 확대할 수 있다.

3. 군사로봇 운용성 시뮬레이션 환경

3.1 구성

지상 군사 무인로봇의 운용성 시뮬레이션을 위한 시뮬레이션 환경이 본 저자들에 의해 개발되었다. 이를 ROSim (Robot Operability Simulator)이라고 부른다[1]. ROSim은 인간-로봇 팀이 지상부대의 정찰 임무를 수행할 때 운용자, 운용통제소 인터페이스, 로봇, 임무 복잡성 등 다양한 운용성 요소들이 반영된 로봇 임무 시뮬레이션 환경이다. ROSim은 [Fig. 1]에서 보는 바와 같이 로봇 운용통제소 시뮬레이터와 기타 요소로 구성되어 있다.

로봇 운용통제소 시뮬레이터는 운용계획 관리자(Operational Plan Manager), 공통작전상황도(COP, Common Operational Picture), 개체상태 표시기(Entity State Displayer), 운용 제어기(Operation Controller), 영상정보모의기(Video Information Displayer), 그리고 햅틱장치(Haptic Device)로 구성된다.



[Fig. 1] ROSim Configuration

운용계획 관리자는 인간-로봇 팀이 임무를 수행하기 위하여 로봇을 배치하고, 로봇의 자동화 수준을 설정하며 경로계획을 모의하는 기능을 제공한다. 공통작전상황도는 로봇을 운용제어 하는 동안에 로봇으로부터 수신되는 전장상황정보를 바탕으로 전술상황을 전시하고, 로봇 임무수행과정을 모의 전시해 보인다. 개체상태 표시기는 운용되는 로봇에 대한 정보를 전시한다. 운용제어 모의기는 통신장애가 발생 시에 운용자의 대응조치사항을 모의해 준다. 영상정보 모의기는 UAV정찰 카메라 영상, UGV주행 카메라 영상, 그리고 UGV임무수행 카메라 영상을 모의하는 기능을 제공한다. 여기서 UAV는 공중에서 임무지역의 정보를 제공하고, UGV는 이 정보를 바탕으로 정찰임무를 수행한다. 그리고 햅틱장치는 로봇 자동화 수준이 레벨 2의 경우에 직접 비가시선 운용제어 하는 상황이 발생할 때, 주행제어 및 임무수행을 위한 통제제어 디바이스를 제공한다.

한편, 기타 요소에는 시나리오 생성기(Scenario Generator) 전장맵(Battlefield Map), 모의제어기(Simulation Controller), 실험측정 장치(Measurement Device)가 있다.

시나리오 생성기는 운용성 모의실험을 위해서 시나리오 환경, 임무목표, 장애물, 이동물체를 정의하고 또한 위협형태를 정의한다. 전장맵은 전장을 나타낸다. 여기서 실험하고자 하는 대상지역을 클립핑하여 공통작전상황도에 랜드링하는 기능을 지원한다. 이는 디지털지형고도 자료를 바탕으로 고도정보를 가지고 있다. 모의제어기는 운용성 모의실험의 시작, 정지, 종료를 제어한다. 실험측정 장치는 실험이 진행되는 동안에 실험 데이터를 측정하기 위한 장치이다. 여기에는 객관적 지표를 측정할 수 있는 심장박동측정 장치와 뇌파측정 장치가

연동되어 있다. 그리고 주관적 지표 측정장치로 ISA와 TLX 지표 측정치를 산정하기 위한 관련 데이터를 수집할 수 있는 장치와 연동되어 있다.

3.2 활용 절차

ROSim을 사용하여 운용성 모의실험을 하기 위해서는 먼저, 전장맵에서 관심 임무지역을 설정하여 공통작전상황도에 이를 전시한다. 공통작전상황도에서 시나리오 생성기를 사용하여 실험 시나리오를 생성한다. 이를 위해서 전장환경 메뉴에서 임무목표(정찰 지역, 표적 등), 고정 장애물, 이동물체 객체를 드래그 앤 드롭 하여 상황맵 모의기에 위치시킨다. 임무수행 간에 발생할 수 있는 위협(고정체, 이동체, 은익체 객체)도 마찬가지로 공통작전상황도에 드래그 앤 드롭하여 설정한다. 또한 속도맵, 통신맵을 설정하여 임무지역에서 주행속도와 통신여부를 모의하는 데에 활용한다.

이이서 운용계획 관리자를 사용하여 로봇(UGV, UAV) 객체를 드래그 앤드 롭하여 공통작전상황도에 위치시킨다. 그리고 공통작전상황도에 위치한 로봇을 활성화하여 자동화 수준을 설정하고 경로를 계획한다. 경로계획은 자동화수준 메뉴를 사용하여 레벨1로부터 레벨9까지를 선택하고, 이어서 경로계획 메뉴를 사용하여 경로를 계획한다.

시나리오와 경로계획이 완료되면 모의제어기 시작버튼을 클릭하여 모의실험을 시작한다. 모의실험이 진행되는 동안에 로봇의 자동화 수준에 따라 자율적으로 주행할 수도 있지만 필요 시에 관심 로봇을 선택하여 제어권을 넘겨받아 햅틱장치를 사용하여 비가시선 제어(레벨2)로 운용제어 할 수도 있다. 또한 운용제어 사이에 통신장애가 발생할 경우에는 통신장애 조치의 주행정지, 지속주행, 기점복귀 버튼을 선택하여 통신장애에 대한 조치를 모의할 수 있다.

4. 실험적 적용 시나리오 및 결과

4.1 실험 시나리오

ROSim의 실험적 적용을 위해서 로봇의 임무를 정찰임무 수행에 한정하고, 정찰지역은 10 km×10 Km 로 설정하였다. 정찰 목표지점 개수는 최대 20개이고, 그 지역에 고정 장애물은 30개가 랜덤으로 배치된다. 이동 장애물은 10개가 있다. 한 명의 운용자가 최대 3대의 로봇을 운용하면서 정찰지역에서 정찰임무를 수행한다.

운용자는 최초에 출발점에서 로봇을 일정한 간격으로 배치한다. 그리고 각 로봇의 자동화 수준은 레벨3으로 하고, 운용제어 동안에 필요 시에 운용자의 판단에 따라 레벨2로 조정하여 직접 햅틱장비를 사용하여 운용제어 할 수 있다. 기동경로는 시점은 최초 출발점으로 하고 종점은 정찰 목표지점으로 설정한다. 그리고 중간 경로점은 고정 장애물을 고려하여 운용자가 설정한다. 실험이 시작되면 로봇은 기동경로를 따라 24 km/h, 혹은 32 km/h 속도로 주행하면서 임무를 수행한다.

4.2 실험 변수

실험독립변수에는 차량성능속도, 로봇 대수로 설정하였다. 차량성능속도는 24 km/h, 32 km/h 2가지 경우로 설정하였다. 로봇의 수는 1대에서 3대까지 하였다.

종속변수로는 운용제어 작업부하, 운용제어 수행역량, 운용과업 수행효과로 하였다. 운용제어 작업부하의 측정지표로는 ISA를 사용하였다. ISA의 레벨 구분은 다음과 같다. 레벨1: 할 일이 없음. 레벨2: 작업을 완료하기 위한 시간이 많음. 시간이 천천히 감. 레벨3: 제어하기 위한 시간이 충분함. 모든 작업을 제어하고 있음. 레벨4: 중요하지 않은 작업을 뒤로 미룸, 현재 상태가 지속되면 제어하기 힘듦, 시간이 빠르게 흐름. 레벨5: 작업을 완료하지 못함. 제어에 과부하가 옴, 제어하는 느낌이 들지 않음. ISA 레벨은 실험 동안에 10초간 주기적으로 운용자가 ISA장치를 사용하여 터치 입력하도록 하였다.

한편, 운용제어 수행역량의 측정지표로 확장된 Fan-Out을 사용하였다. 확장된 Fan-Out지표는 기본 Fan-Out지표 개념[3,4]에서 본 연구의 실험특성을 고려하여 다음과 같이 수정 확장하여 사용하였다.

$$\frac{NT}{WT(WTSA+WTQ+WTIS)+RT+IT}+1$$

확장된 Fan-Out지표를 사용한 이유는 본 실험에서는 운용자가 로봇을 운용하면서 정찰임무를 수행하는 시나리오를 대상으로 하고 있기 때문이다. 정찰임무 시나리오에서 운용자가 운용제어 과업을 수행하는 동안에 여러 대의 로봇을 대상으로 상황인식, 다른 로봇으로 과업전환 혹은 대기하는 과정이 포함되기 때문이다.

확장된 Fan-Out지표에서, NT (Neglect Time)은 운용자가 운용제어와 관련해서 관심을 가지지 않아도 되는 시간이다. WT (Wait Time)은 운용제어의 필요성이 인식되어 상황을 판단하고 방책을 수립한 후에 운용제어하기 직전까지의 시간이다. 여기에는 WTSA (Situation Awareness Wait Time), WTQ (Wait Time in the Queue), WTIS (Interaction Switch Wait Time)를 포함한다. 그리고 RT (Reaction Time)은 WT이 지난 시간 이후부터 직접 운용제어 시작하기까지의 반응시간이다. IT (Interaction Time)은 운용제어를 통해서 로봇과 상호작용하는 시간이다.

운용과업 수행효과지표로는 정찰 성공률을 사용하였다. 정찰 성공률 지표는 총 정찰목표지점 중에서 정찰을 완료한 비율로 계산하였다.

4.3 실험 결과

실험 시나리오를 바탕으로 ROSim을 사용하여 로봇 운용성 모의실험을 3분으로 제한하고 실험자는 1명으로 하여 이를 10회 반복하였다. [Fig. 2]는 모의실험 장면을 보여주고 있다.

모의실험결과를 각 실험종속변수 즉, 운용제어 작업부하, 운용제어 수행역량, 운용과업 수행효과별로 설명하면 다음과 같다.

4.3.1 운용제어 작업부하

[Fig. 3]은 운용제어 작업부하 지표인 ISA 측정결과를 보여주고 있다. 이는 운용자 1명이 로봇을 1대로부터 3대까지 운용제어를 했을 때, 로봇 속도가 24 km/h(경우1), 32 km/h(경우2)인 경우에 ISA 측정치 평균을 나타낸다. 여기서 보면, 1대를 운용제어 할 경우에는 레벨3(제어하기 위한 시간이 충분함. 모든 작업을 제어하고 있음)에 약간 못 미치지만, 2대를 운용제어하는 경우에는 레벨3에서 레벨4(중요하지 않은 작업을 뒤로 미룸, 현재 상태가 지속되면 제어하기 어려움, 시간이 빠르게 흐름) 사이에 있음을 알 수 있다. 그런데 3대를 운용할 경우에는 레벨4를 초과함을 알 수 있다. 이 실험 조건에서 정찰임무를 수행하는 데에는 1명이 로봇 한 대를 운용할 경우에는 다소 여유가 있고 2대까지는 가능하겠지만 3대는 무리인 것으로 해석될 수 있다.

4.3.2 운용제어 수행역량

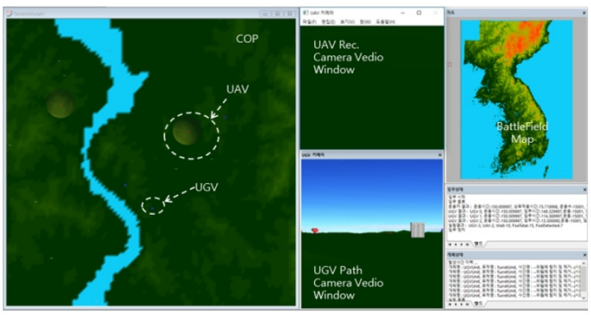
[Fig. 4]는 운용제어 수행역량 지표인 Fan-Out 측정결과를 보여주고 있다. 로봇의 속도가 24 km/h의 경우(경우1)에 운용자 1명이 로봇을 1대, 2대, 3대 증가시키면서 운용제어 할 때, 측정된 Fan-Out이 8.43. 7.75, 5.6로 측정되었고, 로봇의 속도가 32 km/h의 경우(경우2)에는 각각 5.90, 4.43, 3.20으로 측정되었다.

여기서 보면, 운용자 1명이 운용하는 로봇의 수가 1대로부터 3대로 증가할수록, 또한 로봇 속도가 24 km/h(경우1)에서 32 km/h(경우2)로 증가할 때, Fan-Out이 감소됨을 알 수 있다.

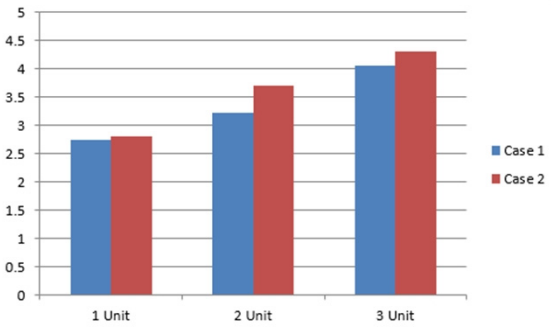
4.3.3 임무수행 성공률

[Fig. 5]는 임무수행 성공률 지표인 정찰 성공률을 보여주고 있다. 총 정찰목표지역은 30곳이다. 여기서 보면, 운용자 1명이 운용하는 로봇의 수가 1대로부터 3대로 증가할수록, 또한 로봇 속도가 24 km/h(경우1)에서32 km/h(경우2)로 증가할 때, 정찰 성공률은 증가함을 알 수 있다. 이는 빠른 속도로 많은 로봇을 운용하면 정찰 성공률이 증가한다는 것이다.

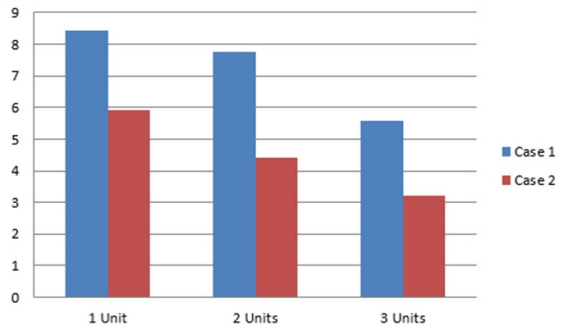
위 결과를 바탕으로 실험적 시나리오에서 운용자를 1명으로 운용할 때, 운용제어 부하를 고려하면 2대 정도가 바람직하고, 그 성공률은 60~70% 범위가 됨을 알 수 있다. 이는 연구목적상 실험적 시나리오를 사용하여 얻은 결과이다. 보다 현실적



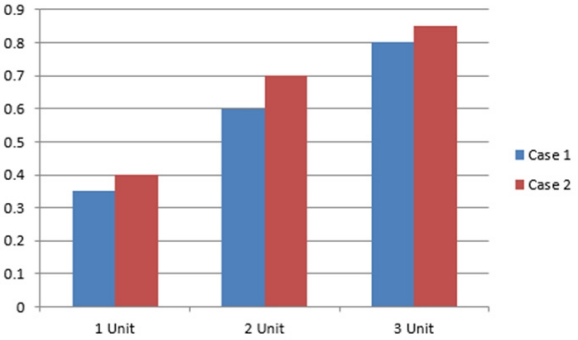
[Fig. 2] A Snapshot of ROSim Execution



[Fig. 3] Operational Control Workload



[Fig. 4] Operational Control Capacity



[Fig. 5] Mission Success Probability

인 군의 전술적 시나리오와 데이터, 그리고 임무 복잡성을 반영하여 분석한다면 유용한 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 저자들이 개발한 시뮬레이션 환경인 ROSim에 대해서 설명하고, 이를 사용하여 인간-로봇 팀의 정찰임무 수행을 모의실험하여 로봇의 운용성을 평가하는 실험적 사례를 보였다. 본 연구에서 현실적으로 군사적 보안의 한계로 비교적 간단한 정찰임무 시나리오에 제한을 두었지만, 실험적 적용을 통해서 그 유효성을 확인할 수 있었다. 향후 구체적인 전술 시나리오와 성능 데이터를 사용하면 보다 현실적인 결과를 얻을 수 있을 것이다. 또한 ROSim은 향후 국방로봇 연구개발에서 운용자 통제 센터 설계, 인간-로봇 팀의 설계분석에 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

향후, ROSim과 유사한 국내외 로봇 운용성 분석모델을 활용하여 ROSim과 그 적용결과에 대한 유효성을 확인해 나갈 것이다.

사 사

본 연구는 한국 국방과학연구소의 지상체계분석특화연구실 과제의 지원을 받았으며, 이에 감사드립니다.

References

[1] W. S. Park, S. Y. Choi, and M. J. Lee, and J. H. Yang "Design of Simulation Framework for M&S of UGV Operability," *Winter Conference of Society for Computational Design and Engineering Conference*, Seoul, Korea, pp. 742-744, 2017.

[2] C. S. Jordan, "Experimental study of the effects of an instantaneous self-assessment workload recorder on task performance," *Defense Research Agency*, Portsmouth, USA, Report DRA/TM (CAD5), 1992.

[3] M. L. Cummings and P. J. Mitchell, "Predicting Controller Capacity in Supervisory Control of Multiple UAVs," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, vol. 38, no. 2, pp. 451-460, Mar., 2008.

[4] L. A. Breslow, D. Gartenberg, J. M. McCurry, and J. G. Trafton, "Dynamic Operator Overload: A Model for Predicting Workload During Supervisory Control," *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, vol. 44, no. 1, pp. 30-40, Feb., 2014.

[5] C. E. Nehme, "Modeling human supervisory control in heterogeneous unmanned vehicle systems," *MIT Department of Aeronautics and Astronautics*, Cambridge, USA. 2009.

[6] E. L, McMullen, B. S. Grass, J. H. Yang, Q. Kennedy, and J. Sullivan, "Effects of UAV supervisory control on F-18 formation flight performance in a simulator environment," *AIAA Modeling and Simulation Technologies (MST) Conference Guidance, Navigation, and Control and Co-located Conferences, (AIAA 2013-4972)*, Boston, MA, 2013.

[7] J. H. Yang, M. Kapolka, and T. H. Chung, "Autonomy balancing in a manned-unmanned teaming (MUT) swarm attack," *Robot Intelligence Technology and Applications 2012*, Gwangju, Korea, pp. 561-569, 2012.

[8] S. Galster, M. Barnes, K. Cosenzo, S. Galster, E. Hollnagel, C. Miller, R. Parasuraman, J. Reising, R. Taylor, and L. van Breda, "Human Automation Integration," *Uninhabited Military Vehicles (UMVs): Human Factors Issues in Augmenting the Force*, RTO-TR-HFM-078, 2007, ch. 7, pp. 1-11.

[9] R. Parasuraman, T. B. Sheridan, and C. D. Wickens, "A model for types and levels of human interaction with automation," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans, vol. 30, no. 3, pp. 286-297, May, 2000.

[10] Y.-H. Kim, Y.-H. Choi, and J.-O, Kim, "How to Derive the Autonomous Driving Function Level of Unmanned Ground Vehicles," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 42, no.01, pp. 205-213, Jan., 2017.

[11] S. G. Hart, " NASA Task Load Index (TLX) V1. 0 Users Manual," *NASA Ames Research Center*, Moffett Field, CA, USA, 20000021488, Jan., 1986.

[12] S. G. Hart and L. E. Staveland, "Development of NASA-TLX," *Advances in Psychology*, vol. 52, pp. 139-183, 1988.

[13] J. H. McCrasken and T. B. Aldrich, "Analysis of selected LHX mission functions: Implications for operator workload and system automation goals," Technical Note ASI479-024-84. Fort Rucker, AL: Army Research Institute Aviation Research and Development Activity, *US Army Research Institute*, USA, Jun., 1984.

최 상 영

1982 육군사관학교
1989 (영)크랜필드 공대 체계과학(박사)
1989~2014 국방대학교 국방과학 교수
2014~현재 명지대학교 국방공학센터 연구교수, 한성대학교 국방과학대학원 겸임교수
관심분야: Defense Modeling and Simulation, System Engineering, Human-Robot Interaction

박 우 성

2010 명지대학교
2013 명지대학교 기계공학과(석사)
2013~2016 서울대학교 제어계측신기술연구소 연구원
2016~현재 명지대학교 국방공학센터 연구원
관심분야: Robotics, Modeling and Simulation, Human-Robot Interaction