

미래 자율무인체계를 위한 가상 전장 환경 시뮬레이터 성능 개선

이준표*, 김상희**, 박진양***

Performance Enhancement of Virtual War Field Simulator for Future Autonomous Unmanned System

Jun Pyo Lee *, Sang Hee Kim **, Jin-Yang Park ***

요약

현대 정보기술의 지속적인 발전은 무인화 및 자율화를 기반으로 한 모의 환경의 급격한 패러다임의 변화를 야기했으며 이로 인해 실 운용을 대비한 새로운 개념의 전장 환경 시뮬레이션 기술과 장치가 요구되고 있다. 그러나 무인체계 개발은 타 개발과는 차별적으로 다양하고 복잡한 기능을 고려해야함과 동시에 검증 과정이 어렵다는 특징을 가진다. 이를 위해 본 논문에서는 무인체계 개발을 위한 효과적인 시뮬레이터를 보이고 표적탐지/인지 성능 개선, 표적 위치오차 개선, 그리고 초기 표적 탐지시간 단축의 세 가지 정보융합 기술을 제안한다. 제안하는 탐지/인지 성능 개선 기술은 로봇의 감지기 영상을 이용하여 표적을 탐지한 후 인식하고 다수의 로봇 인식결과를 바탕으로 정보 융합하여 인식오차를 보정한다. 또한 표적 위치 정확도 개선은 다수 로봇을 활용하여 탐지한 표적의 위치를 보다 정확하게 산출하기 위한 방법이다. 그리고 초기 표적 탐지시간 단축 기법은 임의의 로봇이 표적을 탐지하는 과정에서 장애물에 의해 가려져 탐지가 불가능 할 경우가 생길 경우 이를 미리 판단하여 표적의 예상 궤적을 예측하고 해당 궤적 값인 위치값과 각도값을 타 로봇에게 전송하여 탐지를 지속적으로 수행할 수 있도록 하는 방법이다. 제안하는 방법을 통해 구현된 시뮬레이터의 활용을 통해 무인로봇의 주된 역할인 정보 융합 임무를 충실히 수행함을 확인한다.

▶ Keywords : 정보융합, 가상 시뮬레이터, 무인체계, 자율체계

Abstract

An unmanned ground vehicle(UGV) today plays a significant role in both civilian and military areas. Predominantly these systems are used to replace humans in hazardous situations. To take unmanned ground vehicles systems to the next level and increase their capabilities and the range of missions they are able to perform in the combat field, new technologies are needed in the area

•제1저자 : 이준표 •교신저자 : 박진양

•투고일 : 2013. 10. 7. 심사일 : 2013. 10. 15. 게재확정일 : 2013. 10. 17.

* LIG 넥스원 소프트웨어연구센터(S/W R&D Lab. LIGNex1)

** 국방과학연구소(Agency for Defense Development)

***인하공업전문대학 컴퓨터정보과 교수(Dept. of Computer Science, Inha Technical College)

of command and control. For this reason, we present war field simulator based on information fusion technology to efficiently control UGV. In this paper, we present the war field simulator which is made of critical components, that is, simulation controller, virtual image viewer, and remote control device to efficiently control UGV in the future combat fields. In our information fusion technology, improved methods of target detection, recognition, and location are proposed. In addition, time reduction method of target detection is also proposed. In the consequence of the operation test, we expect that our war field simulator based on information fusion technology plays an important role in the future military operation significantly.

▶ Keywords : Information fusion, Virtual simulator, Unmanned system, Autonomous system

I. 서 론

최근에는 실 전투에서의 효과적인 전투 수행 능력을 향상시키기 위한 노력으로 컴퓨터를 활용하여 전투 훈련을 수행하는 전장 환경 시뮬레이터[1-3]에 대한 연구가 지속되고 있다. 또한 실 운용이 가능한 시뮬레이터 장치 역시 다양한 전장 환경과 군 작전을 반영하여 개발되고 있다. 그러나 현대 정보기술의 지속적인 발전은 무인화 및 자율화를 기반으로 한 전투 환경의 급격한 패러다임의 변화를 야기했으며 이로 인해 실 전투를 대비한 새로운 개념의 전장 환경 시뮬레이션 기술과 장치가 요구되고 있다. 특히, 미래에 전개될 군사 분야에서는 무인로봇의 역할이 중심이 될 것으로 예상되고 있다[4-5]. 무인로봇을 활용하여 병력의 손실을 최소화하는 동시에 전장에서 다양한 정보수집 및 표적식별과 추적 및 지뢰제거 등의 주요 임무와 표적을 공격하여 파괴하는 역할을 수행하는 것이 가능하다. 이와 함께 병력의 접근이 어렵거나 위협이 예상되는 지역에 대한 전투 임무를 수행하는 동시에 영상 센서를 통해 취득된 영상을 타 전투체계에게 제공하여 최종적인 전투 수행 역량의 극대화를 이끌어내는 역할을 수행할 수 있다. 이와 같은 무인로봇의 효율적인 활용을 위해서는 다양한 전투 실전 경험이 무엇보다 중요하다. 본 논문은 미래 전투에서 핵심적인 역할을 수행하는 무인로봇을 활용하여 가상 전투 훈련을 가능하게 하는 전장 시뮬레이터를 활용한 시뮬레이션 기법과 그 장치를 제안한다. 제안하는 시뮬레이션 장치는 무인로봇과 전장을 3차원으로 모델링하여 훈련자에게 제공하는 시뮬레이션 통제기 및 전장 시연기와 가상로봇을 통제하고 타 체계와의 정보 공유를 수행하는 시뮬레이션 통제장치로 구성한다. 시뮬레이션 통제장치는 햅틱 장치를 이용하여 입력된

운용자의 가상 무인로봇의 주행 플랫폼 및 임무장비 제어신호를 전송하여 원격에서 가상의 무인로봇의 동작을 제어하기 위한 시스템이다. 또한 전장 환경 시뮬레이션 통제기는 각기 다른 전투 시나리오를 바탕으로 가상로봇의 역할과 전장 환경을 모의하는 역할을 수행한다.

본 논문에서 제안하는 전장환경 시뮬레이터를 활용하여 표적탐지/인지 성능 개선, 표적 위치오차 개선, 그리고 초기 표적 탐지시간 단축의 세 가지 정보융합 기술을 제안하고 실험한다. 제안하는 장치를 통해 제공되는 다양하고 체계적인 전투 훈련을 바탕으로 실전에서의 효과적인 무인로봇의 작전 수행이 가능해질 것이다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 관련연구를 살펴보고 III장에서는 본 논문에서 제안하는 정보융합 시뮬레이터와 세 가지 정보융합 기법에 대해 설명한다. 또한 IV에서는 제안하는 정보융합 기법의 효율성을 검증하기 위해 실험을 수행하고 그 결과를 분석한다. 마지막으로 V장에서 본 논문의 결론과 전반적인 내용에 대한 요약울 기술한다.

II. 관련 연구

무인 로봇이 개발된 초기에는 전장지역에서 주로 정찰용으로 활용되었으나 최근에는 전자전, 화생방 탐지, 장애물 제거, 수송 전투 등 다양한 임무를 수행하고 있다. 세계 각국은 군용 로봇을 개발하는 데 박차를 가하고 있다. 미국은 2003년부터 미래전투시스템(FCS: Future Combat System) 계획을 시작했다. 미래전투시스템에 따르면 1개 여단은 병사가 직접 운전하는 차량과 무인항공기, 무인로봇, 무인지상센서 등으로 이루어진다. 최근 경향은 자율주행기술을 개발하는 쪽으로 흐르고 있다. 목적지를 정해 주면 스스로 장애물을 피해

길을 찾아 움직이는 기술이다. 이를 위해서는 자기 위치를 정확히 파악하는 항법시스템, 주변 환경을 파악하고 장애물을 찾아내는 장애물인식시스템, 수집한 정보를 바탕으로 가장 효율적인 경로를 결정하는 시스템 개발이 요구된다. 무인 로봇의 연구는 미국을 중심으로 군사무기로 사용하기 위해 이루어졌다. 또한 일본, 미국, 유럽 등 주요 선진국에서는 대기업, 연구기관 및 학계 등 정부 주도하에 무인 로봇의 연구개발이 활발히 진행되고 있으며, 사람이 접근하기 어려운 곳에 사용되는 방재용 무인 이동로봇, 위험감지 및 인명구조용에 사용되는 경찰 로봇, 위험물 제거를 위한 작업로봇, 화재진압을 위한 무인 주행 방수차 등 다양한 종류의 이동 로봇 플랫폼을 개발하여 현재 운용 중이다. 미국에서 연구 개발된 무인로봇으로 MAARS(Modular Advanced Armed Robotic System)[6]가 있다. 명령과 제어, 상황인식, 기동성, 이동성, 치사율 그리고 안전성 등 모든 면에서 기존 시스템보다 개선되었다. 이 무인 로봇에 장착된 매니퓰레이터 암(manipulator arm)을 활용하여 무기 모듈들을 쉽게 이동할 수 있고 재 장착할 수 있다. 영국 국방부는 국가 방위 기술 계획에 일환으로 몇 가지 새로운 기술을 선보였다. 그 중 하나가 SATURN(Sensing and Automotive Tactical Urban Reconnaissance Network)[7]이다. SATURN은 무인로봇과 무인항공기의 통합 형태로 전투지역의 정찰뿐만 아니라 위험 요소들을 찾을 수 있다. 영유지의 정찰을 위해 무인항공기와 무인로봇을 지상 및 항공에 배치시키는 것이 주된 목적이다. 무인항공기는 개방된 공간을 비행하며 적군을 찾아내는 역할을 수행하는 반면, 무인로봇은 빌딩 사이를 달리며 창문의 개폐 여부를 판단한 뒤, 숨어있는 적군을 다양한 센서를 이용해서 탐색해 낸다. 이러한 시스템은 목표물이 소총이나 로켓 추진식의 폭탄 등 피아식별을 위한 무기류를 지니고 있는지를 확인한 뒤 아군, 적군 여부를 판단하여 공격 여부를 결정한다.

우리나라의 경우 2025년까지 3단계에 걸쳐 군사용 로봇을 개발하는 계획이 발표되었다. 그 1단계로 네트워크 기반 다목적 견마형 로봇 개발 과제가 2012년까지 460억 원의 예산으로 개발되고 있다. 다목적 견마로봇은 국방부와 지식경제부의 부처 간 협력과제로 진행되고 있다. 로봇 주행제어기술 분야 및 로봇 시스템은 국방부가 담당하고 통신 및 원격통제 장치 분야는 지식경제부가 주도적으로 개발하고 있다. 2008년 9월에 이미 성공적인 기술 시범을 통해 중간 결과를 공개한 바 있어 앞으로 이를 바탕으로 다양하고 지속적인 기술 개발이 이루어질 것으로 예상된다. 개발된 다목적 견마로봇은 중형차 정도의 크기로 제작되었으며 암-휠 구동 메커니즘을

이용해 기존 형태의 이동 플랫폼에서는 불가능했던 바위, 돌 등의 험지 장애물을 자유롭게 넘어갈 수 있다. 특히 지도상에 표기된 다수의 경로점을 따라 주변 환경을 실시간으로 인식하고 자율 주행하는 기능을 가지며 필요 시 원격 주행도 가능하도록 설계되었다.

일본의 경우 대도시 대재난 경감 프로젝트를 통해 위험 지역에서 임무를 수행을 위해 개발된 다양한 무인로봇들이 개발되었다. 개발된 무인로봇들은 지진으로 인한 도시 건축물 붕괴 지역에서 가능한 빠른 시간 내에 생존자들을 탐사하고 지진 지역에 대한 다양한 정보 수집을 수행하기 위한 목적을 가지며, 이를 위해 붕괴 현장의 좁은 공간이나 건축물 잔해가 있는 험지에서도 부여된 임무 수행이 가능하기 위해 움직임이 자유롭도록 다양하고 독특한 형태를 가지는 로봇들이 개발되었다. 이를 위해 기존 차륜형이나 단순 궤도형이 접근하기 어려운 지형에 접근하기 위해서 다관절 뱀형(snake type) 로봇으로 뱀의 운동성을 생체 모방하여 개발하고 있다. 유연한 움직임을 만들어 내기 위해 몸체의 주변에 휠(wheel)과 패들(paddle)을 적용하였으며, 각각의 관절은 모터, CPU, 배터리를 가지고 각 관절이 뱀의 운동성을 모방하여 독립적으로 동작한다. 또한 여러 개의 관절을 개별적인 통제가 필요하기 때문에 기존의 궤도형이나 차륜형과는 다른 컨트롤 방법이 필요하므로 다양한 햅틱형 컨트롤러 개발이 병행되었다. 최근에는 다양한 환경에서의 로봇 시뮬레이터 개발이 시도되고 있으며 URC(Ubiquitous Robotic Companion)[8-9] 이라고 하는 새로운 개념의 네트워크 기반 로봇이 다양한 기능과 서비스를 제공하고 있다. 특히, URC를 통해 로봇의 센서와 제어를 컴퓨터에서 시뮬레이션 하면서 개발하는 것이 가능한 동시에 로봇 하드웨어로는 불가능한 개발 과정에서의 다양한 테스트를 수행이 가능한 것이 특징이다.

군사 분야에서도 다양한 형태의 무기체계 시험 및 검증에 위해 시뮬레이터가 활용되었다. 특히 고도의 정밀도가 요구되는 공중방어시스템에 있어 시간적, 공간적 제한을 극복하고 개발과정에서의 시행착오를 줄이는 동시에 미사일의 요격 성능 평가를 수행하기 위한 시뮬레이터[10]가 개발되었다. 그림 1과 2는 개발된 시뮬레이터를 보인다. 3차원 시각화 기능을 강화하여 개발된 다양한 상황과 모델들을 직관적으로 확인하는 것이 가능하다.

최근에 연구에서 사전에 작성된 시나리오를 바탕으로 제공되는 시뮬레이션에서 네트워크를 통한 정보 공유 및 정보 융합에 의한 전투 효과[11]가 측정되었다. 그림 3과 4는 네트워크 형태로 이어지는 전투 상황의 실전적 묘사를 위해 병력의 배치와 무기 특성에 따라 이루어지는 교전이 이루어지는

화면[12]과 함대합전을 바탕으로 이루어지는 전투효과 측정 을 위한 시뮬레이션 화면을 보인다. 특히 함대합전 전투효과 측정 시뮬레이션에서 제공되는 적군과 아군간의 함대합전에 서 아군은 네트워크를 통한 실시간 정보 공유 및 정보 융합을 할 수 있는 반면 적군의 경우 단순 정보 공유 기능만을 제공 하는 것으로 하였다. 수행된 실험을 통해 다소 전력이 열세일 경우에도 손실 없이 전투를 승리로 이끄는 것을 확인하였다.

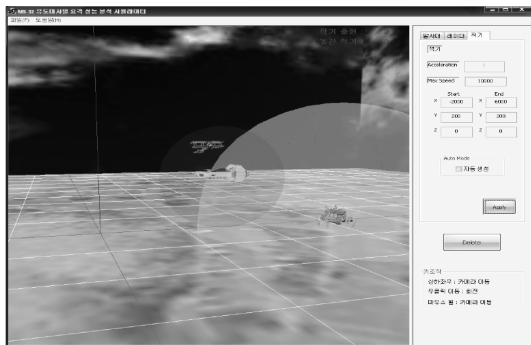


그림 1. 3차원 카메라 뷰 시뮬레이션
Fig. 1. 3D camera view simulation

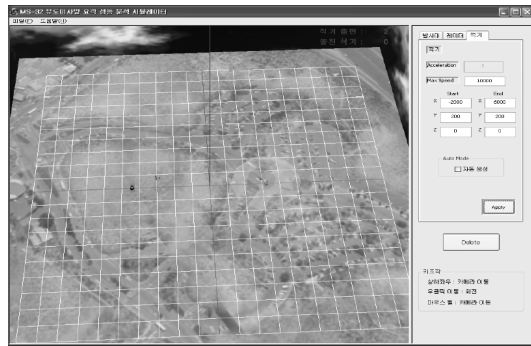


그림 2. 레이더 정보를 활용한 시뮬레이션
Fig. 2. Simulation using radar information



그림 3. 전투네트워크 모의 화면
Fig. 3. Simulation interface of combat network

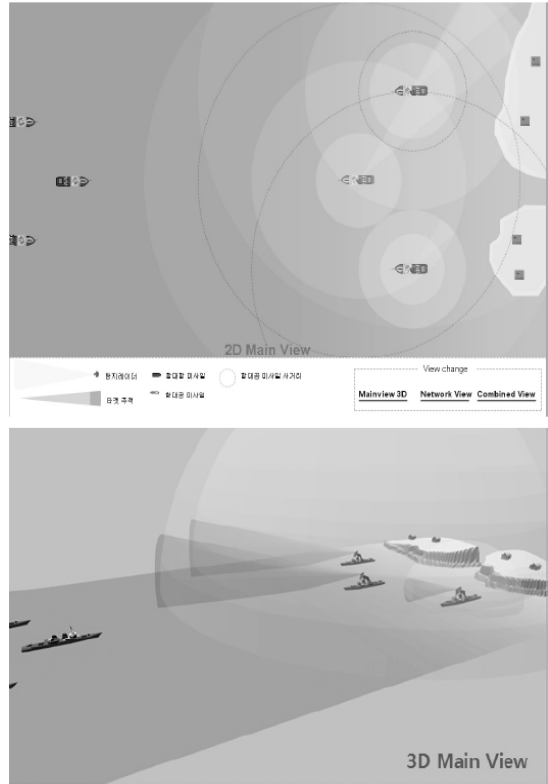


그림 4. 사전 시나리오를 기반 함대합 전투효과 측정화면
Fig. 4. Measurement interface of ship-to-ship combat effect based on predefined scenario

III. 본 론

본 논문은 가상의 무인로봇을 활용한 실 전투를 대비하기 위한 전장 환경 시뮬레이션 기술과 장치를 제안한다. 제안하는 시뮬레이션 장치는 로봇과 전장을 모델링하여 훈련자에게 제공하는 전장환경 시뮬레이션 통제기와 전장시연기 그리고 가상로봇을 통제하고 타 체제와의 정보 공유를 수행하는 시뮬레이션 통제장치로 구성되어 진다. 훈련자는 각각 전장시연기와 통제장치에 위치하여 훈련을 수행한다.

시뮬레이션 통제기는 시뮬레이션을 진행하기 위한 설정 기능과 시나리오를 생성하고 이를 전장시연기 및 시뮬레이션 통제장치에게 전송하여 전장의 기본 환경을 제공하는 역할을 수행한다. 실 전장 환경과 유사한 형태의 3차원 영상을 제공하는 전장시연기는 전방, 후방, 임무 카메라 영상을 생성하기 위한 각각의 실시간 영상 저작 장치로 구성된다. 전장 시연기를 통해 생성된 영상은 네트워크를 통해 통제장치의 전시기를 통해 훈련자에게 해당 영상이 제공되며 이를 기반으로 다양한

전장 환경에서의 무인 로봇 활용 임무 수행 훈련을 수행한다. 시뮬레이션 통제기는 2D 및 3D 디지털 지도를 기반으로 가상 로봇 및 적 객체의 현재 위치 및 움직임 정보를 표현한다. 이를 기반으로 훈련자가 주어진 전장 환경에서 상황에 따른 반응과 대응 상황을 훈련 제공자가 인식하도록 하는 기능을 수행한다. 넓은 지역에서 수행되는 다양한 작전을 관찰하기 위해 원하는 지역으로의 원활한 이동을 위해 시뮬레이션 통제기에서는 미니맵을 제공한다. 이를 통해 신속하게 원하는 지역으로 이동하거나 전체적인 아군 로봇 및 적 개체들의 움직임을 파악하는 것이 가능하다.

시뮬레이션 통제장치는 햅틱(haptic) 장치를 이용하여 입력된 운용자의 로봇 플랫폼 및 임무장비 제어신호를 전송하여 원격에서 무인로봇의 동작을 제어하기 위한 시스템이다. 통제장치는 디지털 지도를 기반으로 무인로봇의 위치를 전시하는 동시에 특정 위치로의 자율 이동 명령을 내리게 하는 인터페이스이다. 또한 무인로봇의 다수 카메라를 통해 입력된 영상을 전시하며 실시간으로 네트워크의 상태를 고려하여 필요시 영상의 전시를 중단하거나 영상의 품질을 조절함으로써 무인로봇에서 통제장치로 전송되는 데이터 량을 최적화한다. 특히, 실 운용 환경에서는 무인로봇과 통제장치 간에 안정적인 통신 환경 제공이 요구된다. 이를 위해 무인로봇의 실시간 이동 간에 디지털 지도에서 가시선 분석을 수행함으로써 통신 가능지역 식별 및 중계기를 통한 통신 중계 가능 영역 식별을 수행한다. 통신 가시선 분석은 디지털 지형고도자료(DTED; Digital Terrain Elevation Data)를 기반으로 작성된 디지털 지도에서 식 (1)을 활용하여 프레넬 영역(fresnel zone)을 계산한다.

$$r = 17.31 \times \sqrt{N(d_1 \times d_2) / (f \times d)} \dots \dots (1)$$

여기서, r 은 프레넬 영역의 반지름 길이이며 d_1 과 d_2 는 특정 장애물과 지정된 지점 간의 길이이다. 또한 f 와 d 는 각각 사용 주파수(MHz)와 가시선 영역 분석을 수행하고자 지정된 두 지점 간의 거리이다.

전장 시연기에서는 전장 환경 및 사전에 생성되어 제공된 시나리오를 기반으로 다양한 공격 및 방어 형태를 수행하는 적 객체를 활용한다. 이를 통해 훈련자는 자신의 로봇을 어떻게 활용하고 타 전투 체계와 유기적으로 정보를 공유하는 기법을 습득한다. 여기서 훈련자의 임무 수행을 위해 방향 파악을 위한 방위각 정보와 주행모드, 임무모드, 충돌경보 등의 정보를 제공한다. 이와 같은 전장 환경 시뮬레이터를 활용하여 본 논문에서는 표적탐지/인지 성능 개선, 표적 위치정확도

개선, 그리고 초기 표적 탐지시간 단축의 세 가지 정보융합 기술을 제안한다.

제안하는 탐지/인지 성능 개선 기술은 로봇의 감지기 영상을 이용하여 표적을 탐지한 후 탐지된 표적을 인식하고 다수의 로봇 인식결과를 바탕으로 정보 융합하여 인식오차를 보정한다. 이를 위해 전장시뮬레이터의 시뮬레이션 통제기의 디지털 지도 위에 가상 로봇 3대와 가상의 표적 3대를 배치한다. 이때 탐지 및 인지 표적은 정지 상태인 것으로 가정한다.

또한 다양한 센서 속성값을 반영하기 위해 센서의 속성값인 화각범위, 최대 상향각 및 하향각, 거리 오차율 등 가상로봇 임무장비의 다양한 설정사항을 임의로 변화시킬 수 있도록 하였다. 특히 거리 및 방위각에 따라 탐지 및 인지 오차를 발생시켜 실제와 유사한 환경에서 실험이 진행될 수 있도록 하였으며 발생하는 오차는 가우시안 분포를 따른다고 가정한다. 그림 5는 센서의 속성을 입력하는 설정 창을 보인다. 센서 정보 설정 창에서의 설정값은 다음과 같다. 임무장비 설정에서 화각 범위는 카메라의 시야각을 의미하며 해당 범위 내에서 탐지 및 인지가 수행된다. 또한 최대 상향각 및 최소 하향각 값을 활용하여 해당 각의 값 내에 있는 표적만을 탐지한다. 고배율 값은 기본 배율에서의 증가율을 나타내며 만일 기본 배율에서의 탐지 최대거리값이 1000m로 설정 되었을 경우 고배율 보정값을 50%로 설정한다면 1500m 까지 탐지 최대거리가 증가하게 된다. 입력된 탐지최소/최대거리 구간에서 거리당 탐지 감소율을 나타내게 되며 만일 탐지최소/최대거리 구간이 500m와 1000m로 설정되고 거리당 탐지감소율이 100m 당 3%라면 해당 구간을 각 100로 나누고 각 구간마다 3%의 탐지 감소율을 적용한다. 방위각 오차율을 0.001로 입력했을 경우 설정된 화각 범위에서 ± 0.001 의 값을 활용하여 오차를 설정하였다.

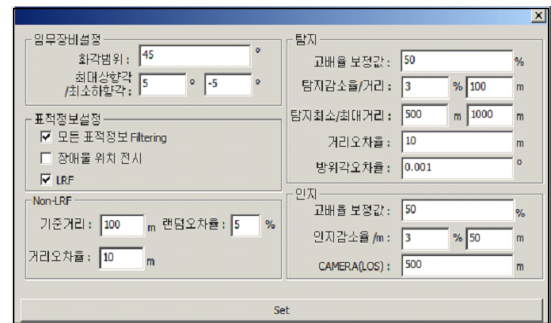


그림 5. 임무장비 센서 정보 설정 창
Fig. 5. Sensor information panel

각 로봇은 서로 다른 위치에서 표적을 탐지한다고 가정한다. 이때 로봇과 표적 간의 거리와 센서 탐지 능력에 따라 특정 표적의 탐지에 성공하거나 또는 실패할 수 있다. 본 논문에서는 표적 탐지 성공과 실패에 표적 최대 탐지 거리값(MDVT: Maximum Detection Value of Target)을 계산하였다. 최대 표적 탐지 거리 값은 저배율 일 경우 입력된 최대거리를 그대로 이용하나 고배율 일 경우 식 (2)에 의해 해당 값이 계산된다.

$$MDVT = det_{max} + (det_{max} \times (cvhm \times 0.01)) \dots (2)$$

여기서, det_{max} (maximum detectable distance)와 $cvhm$ (corrected value of high magnification)는 각각 센서에 설정한 탐지 최대 거리와 고배율 보정값을 나타낸다.

만일 로봇과 표적 간 실제 거리 값이 최대 탐지 거리값 보다 클 경우에는 센서의 능력 한계치를 벗어난 것으로 판단하여 탐지 실패로 간주한다. 이와 같은 탐지 가능 또는 불가능 여부를 로봇과 표적 간의 거리가 증가함에 따라 점차 감소하게 된다. 이를 위해 식 (3)을 통해 거리에 따른 표적 탐지율(TDR: Target Detection Ratio)의 변화를 나타내었으며 해당 값은 가우시안 분포를 따른다고 가정한다.

$$TDR = ((100 - det_{min}) / sdvd) \times drd \dots (3)$$

여기서, det_{min} (minimum detectable distance)와 $sdvd$ (standard decreasing value of detection)는 각각 탐지최소거리와 탐지감소를 기준 거리를 나타내며 drd (decreasing ratio of detection)는 탐지 감소율이다.

시뮬레이션 통제장치에서는 전장시뮬레이터에서 배치시킨 로봇 3대의 운용권 설정한다. 통제장치 주메뉴인 "융합처리"에서 부메뉴 "탐지/인지"를 선택한 후 전체탐지(전체 자동탐지) 또는 각 로봇에 자동탐지를 눌러 자동탐지모드를 인가한다. 이 때 각 로봇이 탐지한 표적이 그림 6의 표적 정보융합창에 도시된다.



그림 6. 표적 탐지 결과
Fig. 6. Result of target detection



그림 7. 표적 인지 결과
Fig. 7. Result of target recognition

각 로봇이 탐지한 표적의 단일 인지결과를 확인하기 위해 해당 표적 인지 결과 셀을 선택하고 각 로봇이 탐지한 표적의 단일 인지결과 중 가장 높은 확률의 결과가 전시되는지 확인한다. 로봇은 서로 다른 위치에서 표적을 탐지한다. 따라서 각 로봇이 탐지한 동일 표적을 식별해 주어야 한다. 이를 위해 본 정보융합 기술개발에서는 동일 표적을 판별하는 표적판단 기능을 제공하였다. 해당 버튼을 눌러 각 로봇이 탐지한 표적들이 동일 표적인지 판단하고 각 로봇이 탐지한 표적들 중에 중복된 동일 표적일 경우에는 해당 표적의 번호가 알파벳순으로 변경되어 전시한다. 그림 7은 표적 인지 결과 화면을 보인다.

본 논문에서는 동일표적 판단을 임의의 로봇들이 탐지한 표적의 위치가 미리 설정된 위치 안에 있는 것으로 판단된 경우 동일 표적으로 판단하도록 한다. 실험을 통해 100m로 해당 값을 설정하였다. 로봇과 표적의 거리가 임무장비 센서 정보 설정 창에 입력된 CAMERA(LOS) 설정 값보다 큰 경우 해당 차이를 계산하고, 인지감소율/m에 설정된 값에 따라 인지감소율을 계산한다. 그리고 표적타입 간 유사도에 대한 가중치를 정의하여 인지율을 계산한다. 본 기술에서 미리 설정

된 잔여 확률에 대한 각 가중치는 표 1과 같다.

표 1. 표적에 따른 가중치 테이블
Table 1. Weight table according to the target

실효적	전차 가중치	장갑차 가중치	트럭 가중치
전차	-	0.7	0.3
장갑차	0.7	-	0.3
트럭	0.5	0.5	-

다수 로봇을 통한 최종적인 인지 융합 결과를 도출하기 위해 표적목록에 나온 인지융합 결과 셀을 클릭하여 최종 인지 융합결과를 전시한다. 실제 도시되는 최종 인지 결과는 각 로봇이 인지 결과를 산출 평균한 값이다.

표적 위치 정확도 개선은 다수 로봇을 활용하여 탐지한 표적의 위치를 보다 정확하게 산출하는 방법이다. 본 논문에서는 표적 위치 정확도 개선을 수행하기 위해서 사전에 동일 표적 파악을 포함하는 표적 탐지가 수행된 것을 가정한다. 이를 위해 표적 정보융합 창에서 위치 융합을 선택하고 로봇들이 탐지한 표적간의 위치 융합을 수행한다. 수행 결과 표적 위치가 도시되는 것을 확인하며 이때 전시/미전시 항목이 도시된다. 또한 미전시 버튼을 선택하면 지도상에 위치 융합 결과를 도시한다.

제안하는 위치 융합 방법의 첫 번째는 표적을 탐지한 각도 및 LRF(Laser Range Finder)를 활용하여 측정된 거리를 이용하여 표적의 좌표를 계산하는 것이다. 우선 각 로봇은 표적 위치를 측정한다. 이를 위해 로봇과 표적 간의 거리 값이 요구되며 이를 위해 센서 정보 입력창의 거리 오차율을 활용한다. 만일 측정된 거리값이 500m 라면 해당 값에 ±10m 인 490~510m 사이에서의 임의의 값 오차가 발생한다. 각 로봇 별로 거리가 측정되면 적의 위치에 오차를 도시하기 위해 그 범위를 계산한다. 이를 위해 표적을 탐지한 거리와 표적을 탐지한 각도의 최대오차를 이용하여 오차범위의 반지름을 계산한다. 여기서 최대 오차의 최적값은 사전에 수행한 실험을 통해 계산되었으며 0.5°로 그 값을 설정하였다. 표적 위치 오차 반지름 Y는 식 (4)에 의해 계산된다. 표적의 거리가 멀어 질수록 반지름이 커지며 이에 따라 오차율도 증가함을 확인할 수 있다. 마지막으로, 로봇들이 측정된 값들을 융합하여 최종 결과를 도출한다. 이를 위해 각 로봇이 산출한 위치 값의 평균값을 계산한다.

$$Y = \tan 0.5 \times X \dots\dots\dots(4)$$

여기서, Y는 표적위치 오차 반지름이며 X는 로봇과 표적

거리를 나타낸다.

위치 융합의 두 번째로 만일, LRF의 사용 불가로 인해 표적 위치 검출이 불가능할 경우 각 로봇의 좌표와 표적을 탐지한 각도를 이용하여 표적의 위치를 계산한다. 식 (5)와 (6)은 표적의 위치를 계산하는 식을 보인다.

$$x_3 = (y_1 - y_2 + \frac{x_2}{\tan \theta_2} - \frac{x_1}{\tan \theta_1}) / (\frac{1}{\tan \theta_2} - \frac{1}{\tan \theta_1}) \dots(5)$$

$$y_3 = y_1 + \frac{y_1 - y_2 + \frac{x_2}{\tan \theta_2} - \frac{x_1}{\tan \theta_1}}{\frac{1}{\tan \theta_2} - \frac{1}{\tan \theta_1}} - x_1 \dots(6)$$

여기서, (x₃, y₃)는 표적의 좌표값이며 (x₁, y₁)과 (x₂, y₂)는 로봇 1과 2의 좌표이다. 또한 θ₁과 θ₂는 로봇과 표적의 카메라 지향각을 나타낸다.

각 로봇이 탐지한 표적의 각도에서 ±0.5° 각을 가지는 직선들이 교차하는 4개의 점점을 구한 후 구해진 4개의 점점을 연결하는 선을 그려 사각형을 도출하고 이 사각형을 표적 좌표의 예상 범위로 지정한다. 표적정보융합 창에서 실표적 요청을 누르면 전장시뮬레이터가 전송한 실제 표적을 적색 삼각형으로 도시한다. 이때 실 표적 차이버튼을 선택하여 실표적과 위치 융합된 표적의 차이를 확인한다. 그림 8은 실제 위치와 융합 처리하여 계산된 위치 값과의 차이값을 보인다.

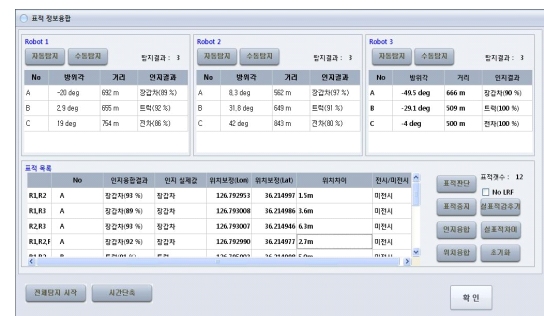


그림 8. 실 위치값과 융합 결과 추정 값 계산
Fig. 8. Calculation of real and estimated location

초기 표적 탐지시간 단축 기법은 임의의 로봇이 표적을 탐지하는 과정에서 장애물에 의해 가려져 탐지가 불가능 할 경

우가 생길 경우 이를 미리 판단하는 기능을 수행한다. 또한 표적의 예상 궤적을 예측하고 해당 궤적 값인 위치값과 각도 값을 타 로봇에게 전송하여 탐지를 지속적으로 수행할 수 있도록 한다. 이를 수행하기 위해 그림 9에서의 정보 융합 창에서 시간단축 버튼을 누른다. 이때 임의의 로봇이 표적을 지속적으로 추적하게 되고 해당 장애물 지대 진입 전에 표적 탐지 불능 경고창을 도시한다.

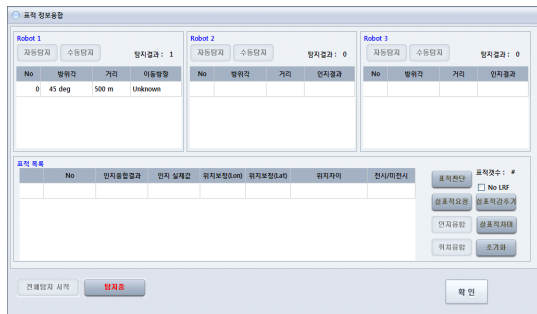


그림 9. 표적 탐지시간 단축 기능 수행
Fig. 9. Time reduction of target detection

장애물에 의해 가려진 표적을 탐지할 수 있는 로봇들에 대해 최적의 감시장치 지향각을 분석하여 해당 로봇에 감시장치 지향각을 전송한다. 이때 해당로봇의 FOV(Field Of View)가 변경되며 표적이 장애물지대 진입 후 예상경로가 전 시되며 이를 통해 로봇 간의 정보 교환을 통해 탐지가 지속 가능함을 확인한다. 또한 표적이 장애물 지대를 빠져나올 때 표적탐지 가능 로봇으로 선택된 로봇이 표적을 탐지하게 되며 이후에 해당 표적을 지속적으로 추적하게 된다.

제안하는 방법에서 표적의 예상 경로는 최소자승법(least square method)을 활용하였다. 이와 함께 표적의 좌표를 이용하여 속도를 계산하였으며 표적의 예상 경로와 속도를 이용하여 표적의 시간 별 예상 경로를 예측하였다. 즉, 표적의 위치 값이 시간에 따라 지속적으로 추정되면 이 값을 활용하여 최적의 직선의 방정식을 산출하는 것이다. 여기서 위치 값은 지도상의 좌표 값으로 하여 계산하였다. 추정된 위치 값에 대해 구하고자 하는 근사식을 $f(x) = ax + b$ 라고 가정한다. 오차의 제곱합은 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$E(a, b) = \sum(y_i - (ax_i + b))^2 \dots\dots\dots (7)$$

표적 탐지 가능한 로봇의 탐색은 표적의 예상 진행 방향의 연장선과 다른 로봇들의 탐지 가능 각도 연장선과의 접점을

계산한 후 접점 중 표적을 제일 빨리 탐지할 수 있는 접점의 로봇을 선택하였다.

IV. 실험

본 논문에서는 표적탐지/인지 성능 개선, 표적 위치정확도 개선, 그리고 초기 표적 탐지시간 단축의 세 가지 정보융합 기술에 대해 제안하고 성능을 시험하였다. 그림 10은 제안하는 전장환경 모의 시뮬레이터 구성을 보인다. 또한 본 기술을 검증하는데 소요되는 전장환경 시뮬레이터 하드웨어 및 소프트웨어 항목은 표2와 3과 같다.

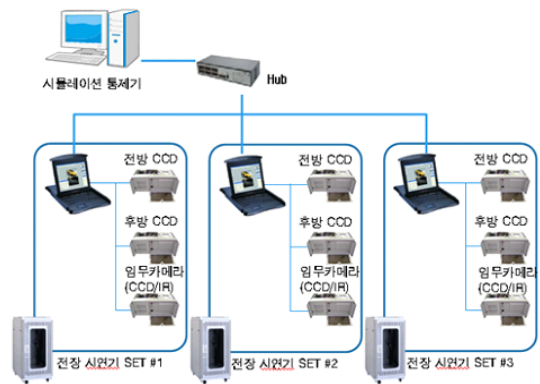


그림 10. 제안하는 전장 환경 시뮬레이터
Fig. 10. The proposed war field simulator

표 2. 전장환경 시뮬레이터 하드웨어 환경
Table 2. Hardware configuration of war field simulator

순번	품명	규격	수량
1	시뮬레이션 통제기	OS : Windows7 RAM : 4GB HDD : 500G VGA : GTX480	1
2	전장 시연기	OS : Windows7 RAM : 2GB HDD : 500G VGA : GTX460	1
3	시뮬레이션 통제장치	OS : Windows7 RAM : 4GB HDD : 500G VGA : Geforce 9800GT	3

표 3. 전장환경 시뮬레이터 소프트웨어 항목
Table 3. Software configuration of war field simulator

순번	품명	용도	수량
1	시뮬레이션 통제기용 SW	가상전장정보 설정 로봇모의 표적모의 가상전장환경 시뮬레이션 제어	1
2	전장 시연기 SW	로봇 가상영상 생성 로봇 움직임 모의	3
3	시뮬레이션 통제장치 SW	로봇 위치 및 임무장비 통제 로봇 가상영상 전시 로봇 움직임 전시 로봇 상태 전시	1

제안하는 탐지 및 인지 정보 융합을 위해 로봇의 감지기 영상을 이용하여 표적을 탐지한 후 탐지된 표적을 인식하고 다수의 로봇 인식결과를 바탕으로 정보 융합하여 인식오차를 보정한다. 이를 위해 가상 로봇 3대와 표적 3대를 디지털 지도 위에 배치하였다. 그림 11은 정보융합을 위한 로봇의 배치와 제안하는 방법을 활용하여 수행된 각 로봇 별 탐지/인지 결과이다.



그림 11. 3차원 디지털지도 기반 로봇 배치 및 탐지/인지결과
Fig 11. Robot Deployment and detection/recognition result based on 3D digital map

본 논문에서 제안하는 방법을 활용하여 수행된 표적 위치 정확도의 수행은 표 4의 함수로 처리되었으며 그 결과는 표 5와 같다. 이를 통해 각 로봇의 측정 과정에서 발생된 표적 거리 오차를 효과적으로 줄임으로써 실제 표적의 위치를 확인하는 것이 가능하다. 또한 그림 12는 각 로봇을 활용하여 표적 위치를 계산하기 위해 거리를 측정하는 것을 보인다.

표 4. 표적 위치 정확도 수행 함수
Table 4. Processing function of target location

```
int m_calc_TargetLocation()
{
    double a = y1 - y2 + (x2 / tan((double)x_d2)) -
              (x1 / tan((double)x_d1));
    double b = (1.0 / tan((double)x_d2)) -
              (1.0 / tan((double)x_d1));
    // 표적의 최종 좌표 x, y
    double x = a / b;
    double y = y1 + ((x - x1) / tan((double)x_d1));
    return 1;
}
```

표 5. 표적 위치 계산 결과
Table 5. Estimated result of target location

	로봇 1	로봇 2
좌표	X : 330076 / Y : 3869487	X : 330917 / Y : 3869489
표적 탐지각도	45 도	315 도
최종 표적 좌표 = (332770.07, 38711150.24)		

탐지시간 단축을 위한 시나리오는 로봇이 표적을 추적하는 것으로 부터 시작한다. 표적이 지형가시선 분석을 통해 장애물 지대 진입이 예상되면 탐지불능 예상 경고창을 도시하였다. 이때 표적을 탐지할 수 있는 로봇들에 대하여 최적의 감시장치 지향각을 분석한 후 해당로봇에 감시장치 지향각을 전송하여 해당로봇의 FOV를 변경한다. 이 후 표적이 장애물지대 진입 후 예상경로가 전시되는지 확인하고 표적이 장애물지대를 빠져나올 때 표적탐지 가능 로봇으로 분석한 로봇이 표적을 탐지하고 지속적으로 추적한다. 그림 13은 탐지시간 단축 시나리오를 시뮬레이션 하는 것을 보인다.



그림 12. 표적 위치 계산을 위한 거리측정
Fig 12. Distance measurement for target location



그림 13. 표적 예상 경로 전시
Fig 13. Interface of estimated target trace

V. 결론

전장에서 무인로봇은 기존 역할이 더욱 확대되어 최전방 철책선 경계를 서거나 지뢰를 탐지하고 제거하는 임무만을 수행하는 데 머물지 않고 전투 상황에 적극적으로 투입되고 있다. 또한 무인로봇이 자율적으로 판단하고 행동하는 자율화 정도가 비약적으로 발전하고 있다. 이를 위해 정보기술의 지속적인 발전을 기반으로 다양한 실 전투 대비 훈련 시뮬레이터가 개발되고 있다. 특히 미래전에서 핵심 역할을 수행할 것으로 예상되는 무인로봇을 활용한 전투 훈련이 요구되고 있으며 이에 따라 실 전투를 대비한 새로운 개념의 전장 환경 시뮬레이션 기술과 장치가 요구되고 있다. 본 논문에서 제안하는 시뮬레이션 장치는 무인로봇과 전장을 3차원으로 모델링하여 훈련자에게 제공하는 전장 환경 시뮬레이션 통제기와 가상로봇을 통제하고 타 체계와의 정보 공유를 수행하는 시뮬레이션 통제장치로 구성된다. 또한 정보융합 기술을 위해 표적 탐지/인지 성능 개선, 표적 위치오차 개선, 그리고 초기 표적 탐지시간 단축 기술을 제안한다. 본 기술의 검증을 위해 통제장치와 전장시뮬레이터 등으로 구성된 시스템을 개발하였다. 제안하는 탐지/인지 성능 개선 기술은 로봇의 감지기 영상을 이용하여 표적을 탐지한 후 탐지된 표적을 인식하고 다수의 로봇 인식결과를 바탕으로 정보 융합하여 인식오차를 보정한다. 또한 표적 위치 정확도 개선은 다수 로봇을 활용하여 탐지한 표적의 위치를 보다 정확하게 산출하기 위한 방법이다. 그리고 초기 표적 탐지시간 단축 기법은 임의의 로봇이 표적을 탐지하는 과정에서 장애물에 의해 가려져 탐지가 불가능할 경우가 생길 경우 이를 미리 판단한다. 또한 표적의 예상 궤적을 예측하고 해당 궤적 값인 위치값과 각도값을 타 로봇

에게 전송하여 탐지를 지속적으로 수행할 수 있도록 하는 방법이다. 개발된 세 가지 방법의 효율성을 검증하기 위해 다양한 임무 시나리오를 기반으로 실험이 수행되었으며 제안하고자 하는 성능을 충분히 수행하고 있음을 확인하였다. 이후에 실제 무인 로봇이 구현될 경우 제안하는 방법을 통해 감시 정찰을 위한 정보 융합 임무를 충실히 수행할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] Kamnik, R., Ambroz, M., Kuzelicki, J., Prebil, I., and Munih, M., "Robot environment for combat vehicle driving simulation," Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation (ICRA), pp. 4136-4141, May 2012.
- [2] Pena, L., Ossowski, S., Pena, J. M., and Lucas, S. M., "Learning and evolving combat game controllers," Proc. of IEEE Int. Conf. on Computational Intelligence and Games (CIG), pp. 195-202, Sept. 2012.
- [3] Fusano, A., Sato, H., and Namatame, A., "Multi-Agent Based Combat Simulation from OODA and Network Perspective," Proc. of IEEE Int. Conf. on Computer Modelling and Simulation (UKSim), pp. 249-254, April 2011.
- [4] Heung Seok Jeon and Sam H. Noh, "Efficient Coverage Algorithm based on Grouping for Autonomous Intelligent Robots," Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 13, No. 2, pp. 243-250, March 2008.
- [5] Jin-Gu Kang and Jang-Myung Lee, "A Study on Object Tracking for Autonomous Mobile Robot using Vision Information," Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 13, No. 2, pp. 235-242, March 2008.
- [6] <http://www.qinetiq-na.com/products-maars.htm>
- [7] <http://www.militaryphotos.net/forums/archive/inde ex. php/t-152456.html>
- [8] Sang-Yep Nam, Hyo-Young Lee, Suk-Joong Kim, Yi-Chul Kang, and Keun-Eun Kim, "A Study On design & implementation of the intelligent robot simulator which is connected to an URC system,"

- Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, pp. 11-18 Vol. 15, No. 4, Dec. 2007.
- [9] Yongseon Moon, Nak Yong Ko, Dong Jin Seo, Youngchul Bae, and Gwang Jin Kim, "Ubiquitous robotic companion systems implemented with standard tools for integration," Proc. of Int. Conf. on Control, Automation and Systems, pp. 834-838, Oct. 2008.
- [10] Ki Hwan Kim and Yoon Ho Seo, "Development of Simulator for Analyzing Intercept Performance of Surface-to-air Missile," Journal of the Korea Society for Simulation, pp. 63-71, Vol. 19, No. 1, March 2010.
- [11] Hyun Joon Min and Yoon Gee Hon, "A Simulation Study of Stochastic Combat Network," Journal of the Korea Society for Simulation, pp. 63-71, Vol. 19, No. 1, March 2010.
- [12] Seyoun Park, Hayong Shin, Taesik Lee, and Bongwan Choi, "Design of the Agent-based Network -Centric Warfare Modeling System," Journal of the Korea Society for Simulation, pp. 271-280, Vol. 19, No. 4, Dec. 2010.

저 자 소 개



이 준 표

2009: 한양대학교
컴퓨터공학과 공학박사
2001~2003: 파인드테크(주) 연구원
2003~2009: 한양대학교
공학기술연구소 연구원
2009~현재: LIG넥스원(주)
소프트웨어 연구센터
선임연구원
관심분야: 영상처리, 멀티미디어시스템
Email : junpyolee@lignex1.com



김 상 희

1981~1985: 서강대학교
전산학과 공학사
1985~1987: 서강대학교
전산학과 공학석사
1997~2004: 한국과학기술원
전산학과 공학박사
현 재: 국방과학연구소 책임연구원
/사업책임자
관심분야: 다중센서 영상처리,
3차원 모델링 및
실시간 렌더링, 컴퓨터비전
Email : falcon@add.re.kr



박 진 양

1982: 단국대학교 전자공학과 학사.
1984: 단국대학교
전자공학과 공학석사.
1997: 단국대학교
전자공학과 공학박사.
현 재: 인하공업전문대학
컴퓨터정보과 교수
관심분야: 컴퓨터시스템,
디지털시스템, 지능형로봇,
모바일플랫폼
Email: jinyang@inhac.ac.kr