

국방로봇의 특성을 고려한 정량적 소요제기 방법 연구

김 율 희*, 김 진 오°, 최 용 훈*

Study on the Quantitative Requirements Raising Method
Considering the Characteristics of the Defense Robot

Yull-Hui Kim*, Jin-Oh Kim°, Yong-Hoon Choi*

요 약

사용자의 요구사항과 환경에 따라 로봇의 기능과 그에 따른 표출 성능은 달라 질 수밖에 없다. 가변적인 환경에서 운용되는 국방로봇의 경우 주변 환경에 민감하게 반응할 수밖에 없으며, 환경에 따라 오작동하거나 성능 발휘가 제대로 되지 않을 수도 있다. 또한 동일한 임무에 대해서도 운용제대별 운용자 요구사항이 다르다면, 국방로봇의 기능과 성능은 달라질 수 있다. 이러한 특성을 고려하지 않고 국방로봇을 개발한다면 목표한 성능이 제대로 발휘되지 않을 것이다. 그러나 관련 규정에서는 운용제대별 운용자의 요구사항과 운용환경을 국방로봇 소요의 핵심요인으로 간주하고 있지 않다. 따라서 서로 다른 환경에서도 국방로봇이 유사한 성능을 발휘하여 동일한 임무를 성공적으로 수행하기 위해서는 로봇디자인의 절차가 필요하다. 국방로봇 디자인은 로봇화를 통해 로봇과 인간의 능력을 명확히 구분하고, 각 운용제대별로 운용관계자의 요구와 운용환경을 고려하여 운용제대에 최적화된 로봇을 획득할 수 있도록 기능과 성능을 디자인하는 것이며, 국방로봇의 소요 부분에 속하게 된다. 그러므로 본 연구는 국방로봇의 운용제대별 운용자의 요구기능 수준과 환경 수준을 정량적으로 접근할 수 있는 소요제기 방법을 제시하고자 한다.

Key Words : Defense Robot, Requirement, Autonomous driving, Operator, Operating environment

ABSTRACT

Depending on the user's requirements and environment, the robot's function and presentation capabilities cannot be different. In the case of the defense robot operating in a variable environment, it must respond sensitively to the surrounding environment, and it may malfunction or not perform properly depending on the environment. Also, if the operator requirements for the same task are different, the function and performance of the defense robot may vary. Without taking into consideration these characteristics, the target performance would not properly be fulfilled. Consequently, it is necessary to have robotic design procedures for the defense robot to perform similar functions in different environments and perform the same tasks successfully. The design of the defense robot distinguishes the capabilities of robots and human beings through robotization, and designs the functions and performance to acquire the robots optimized for the operation team considering the requirements of the operating personnel and the operating environment for each operation team. It belongs to the required part of the defense robot. Therefore, this study suggests how to provide the necessary level of capability and level of environment for operators of the defense robot by quantitative approach

※ 2016년도 광운대학교 교내학술연구비의 지원을 받아 수행되었음.

• First Author : (ORCID:0000-0002-8367-0450)Institute of Defense Acquisition Program, Ph. D program, KwangWoon University, yuls@kw.ac.kr, 학생회원

° Corresponding Author : (ORCID:0000-0001-7036-3155)KwangWoon University's Division of Robotics, jokim@kw.ac.kr, 정회원

* (ORCID:0000-0002-1460-0520)KwangWoon University's Division of Robotics, yhchoi@kw.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2018-01-026, Received January 23, 2018; Revised February 5, 2018; Accepted February 5, 2018

I. 서론

국방로봇은 향후 전쟁에서 아군의 위험성을 감소시키며, 전투효과를 극대화하는 역할을 수행할 것이다. 국방 신진국들은 첨단 과학기술을 바탕으로 국방로봇 구현에 집중하고 있다. 특히 병력손실의 최소화와 군의 능력을 배가하려는 등의 목적으로 국방로봇 구현을 추진하고 있다. 이렇듯 로봇은 전장에서 빅뱅을 일으킬 수 있는 최고의 무기체계이며, 미래전장에서 중심이 될 것이다.

미래전장을 대비하기 위해 로봇의 획득이 절실함에도 불구하고 우리 군의 국방로봇 소요제기는 원활하지 않다. 이는 미국과 한국의 국방로봇 예산규모를 통해 유추해 볼 수 있다.

미국의 경우 2014년 국방예산의 0.6% 가량을 국방로봇 예산으로 책정하여 미래전장에 대비하고 있다.^[1] 반면 우리 군의 국방로봇 관련 예산은 2017년 국방예산의 0.05%에 불과하다. 2017년 국방예산은 약 40조이며, 방위력개선사업으로 편성된 예산은 약 12조원이었다. 이중 국방로봇 전력화 사업으로 책정된 예산은 중고도 무인항공기 7억 원, 무인경전투 차량 5억 원, 폭발물 제거 로봇 10억 원으로 약 22억 원이라 감안해 볼 때, 국방로봇의 사업 예산은 방위력개선사업 예산의 0.18%에 불과하다는 것을 알 수 있다. 또한 2018년 국방예산에서 전력사업으로 편성된 국방로봇 사업은 특수작전용 UAV와 무인기뢰처리기-Ⅱ 2건에 불과하며 무인수색차량, 개인전투체계 등 국방로봇과 관련된 다수의 요구들이 수년째 국방 R&D에 머무르고 있다.^[2]

이는 관련기관이 로봇에 대한 수요에 어려움을 겪고 있음을 보여주고 있는 것이다.

로봇은 환경에 따라 성능이 다르게 구현된다. 동일 기능을 가진 로봇의 구현 성능은 운용하는 환경에 따라 많은 편차가 있다. 도로가 발달해 있는 도시지역에서 운행하는 자율주행무인차량의 성능과 도로가 발달하지 않은 산악지역에서 운용하는 자율주행무인차량의 성능은 다르게 나타날 수밖에 없다.

민간의 로봇은 운영목적에 따라 정형화된 환경에서 로봇을 사용할 수 있도록 디자인하고 개발 할 수 있기 때문에 유사한 성능을 표출할 수 있다. 반면 국방로봇의 경우는 동일한 운영목적 혹은 임무에도 예측 불가능한 가변적 환경에서 운용해야하기 때문에 기능에 따른 성능이 다르게 표출될 수 있다. 또한 도시지역과 산악지역의 다른 환경에서 동일한 임무를 수행하는 병사들의 작업 구성·형태·과정 등이 달라지듯이 국방로봇도 환경에 따라 운용자의 작업과 로봇의 작업이 달라

질 수밖에 없다. 즉 같은 임무를 수행하는 국방로봇이라도 운용자의 작업에 따라 기능과 성능이 달라질 수 있다.

국방로봇이 임무 수행 시 유사한 성능을 표출하기 위해서는 각기 다른 운용자들의 요구사항과 운용환경을 고려해야 한다. 따라서 소요제기 단계에서부터 국방로봇에 대한 운용제대별 운용자들의 요구사항과 운용환경에 대한 정량화된 적시가 필요하다.

본고는 이러한 취지에서 국방로봇에 대한 운용제대별 운용자들의 요구 기능수준과 운용환경 수준을 정량화한 국방로봇 소요제기 방법을 제시하였다. 이를 통해 소요군은 정량화된 요구사항을 제시할 수 있으며, 정량화 자료는 소요결정, 시험평가 등을 위한 판단의 근거 자료로 활용이 가능하다.

II. 로봇 디자인 시 고려요소

2.1 로봇화

로봇의 운용 목적에 맞추어 인간의 작업을 인간과 로봇이 협업하여 작업하는 형태로 전환하는 것을 로봇화라고 한다.

로봇디자인이란 사용자 요구에 따른 기존 인간의 작업을 로봇이 수행 할 수 있도록 로봇에 맞는 작업으로 변경하고 이 작업에 대한 로봇의 기능적인 기술구현을 매칭하여 개발 제작하는 일련의 과정을 말한다. 로봇화는 로봇디자인 과정 중에 가장 먼저 이루어진다.

로봇디자인 시 로봇의 작업은 로봇 기술로 구현 가능한 작업범위 내에서 이루어지도록 디자인해야 한다. 즉 인간이 하는 작업 동작을 로봇이 그대로 흉내 내는 것은 기술적 구현 뿐 아니라 생산성 측면에서도 비효율적이다. 로봇은 이펙터, 액츄에이터 등 다양한 장치를 장착할 수 있으나, 기술적으로 인간의 자유도를 모두 구사하지 못하기 때문에 인간의 동작을 그대로 구현하기 어렵다.

또한 로봇은 인간과 다른 운동성·지능·센서를 가지고 있기 때문에 로봇의 동작으로 작업을 수행하면 인간보다 생산성이 높아질 수 있지만, 인간의 동작을 그대로 모방하면 인간보다 높은 생산성은 가져올 수 없다. 즉 로봇으로 구현하고 싶은 작업은 로봇이 수행 가능한 작업으로 변경되어야 주어진 임무를 효율적으로 수행할 수 있다.

이처럼 로봇화는 인간의 작업을 로봇과 조화롭게 디자인하여 인간과 로봇이 협업하는 새로운 작업 형태로 전환하는 것이며, 로봇화는 다음의 사항을 고려하여 수행해야 된다.

첫 번째, 목적을 명확히 파악하는 것이다. 로봇화 이전과 이후의 전반적인 변화가 생산성, 효율성, 환경 등에 미치는 영향을 고려해야 한다.

국방로봇의 경우 운용하기 이전과 이후에 아군의 생존성, 탐지능력 등의 지표에 미치는 영향을 고려하여 운용목적을 명확히 해야 한다.

두 번째, 인간과 로봇의 역할 분담에 의한 협업 관계로 디자인 하는 것이다. 인간에게 적합한 작업과 로봇에게 적합한 작업으로 각각의 역할을 구성하는 디자인이 필요하다. 인간의 작업 중 4D(Difficult, Danger, Dirty, Dull) 상황에서 느끼는 고통점(Pain point)^[3]을 야기시키는 요구사항을 찾아 인간이 최대한 4D작업에서 벗어날 수 있도록, 로봇과 인간을 협업 배치하는 관계로 디자인 하는 것이다.

엄홍섭(2015)의 연구에 따르면 전장에 국방로봇 만을 배치하였을 때에 비해 병사와 국방로봇을 협업 배치했을 때 가장 큰 전투효과를 발휘하였다.

세 번째, 로봇화 후 사회에 필요한 제도 및 법의 준비이다. 로봇과의 협업으로 인해 변화된 사회에 인간과 함께 공존할 수 있도록 적절한 법과 제도를 준비하여야 한다. 국방로봇 또한 기존 체제 내에 투입되어 운용될 수 있게 하는 운용, 관리, 유지보수의 문제 등등 로봇화 이후에 발생할 수 있는 문제들을 해결할 적절한 법적, 제도적 장치가 필요하다.

네 번째, 요구사항의 달성도를 검증하는 측정방법을 포함해야 한다. 로봇을 실 사용현장에 배치했을 때 로봇화가 잘 이루어졌는지에 대한 검토가 필요하다. 이를 위해 로봇개발 시 로봇화에 따른 요구사항들을 측정할 수 있도록 최대한 정량화 하는 것이 필요하다. 왜냐하면 로봇에 대한 요구사항은 대부분 로봇을 경험해보지 못한 채 제기되기 때문이다.

로봇이 실 사용현장에서 오작동을 일으키거나 성능을 충분히 발휘하지 못했을 경우 요구사항의 달성도를 측정하는 방법이 없다면, 요구사항이 적절하였는지 기술적 한계에서 발생한 것인지 파악하지 못하게 되고 예산과 시간을 낭비한 결과를 초래하게 된다.

국방로봇처럼 가변적인 상황에서 운용되는 경우 전력화 이후에도 요구사항에 따라 실제 환경에서 기능과 성능이 최대한 발휘되는지 이에 대한 검증이 필요하며, 검증을 위해 요구사항을 정량화 하는 것이 우선 이루어져야 한다.

이처럼 로봇화에 대한 이해 없이 로봇 개발을 시작한다면 개발 자체가 애매모호하거나 목적에 대한 방향성도 쉽게 상실한다. 따라서 개발의 끝을 알 수 없으며, 개발이 끝났다고 하더라도 끝난 것이 아닌 결과를 초

래 하게 된다.^[4]

2.2 요구사항

로봇개발에 있어서 필요성과 요구는 매우 중요하다. 로봇개발에 있어 필요성과 요구를 구체적으로 고려하지 않았던 대부분의 개발은 활용성 측면에서 실패를 하였다.

1999년 출시되어 7년 만인 2006년에 단종된 소니의 애완로봇건인 아이보(AIBO)가 대표적인 예라 할 수 있다. 그 당시 아이보는 간단한 대화를 주고받는 기초적인 로봇으로, 초기에는 로봇에 대한 호기심으로 인해 몇 십분 만에 매진될 정도였으나 이후 로봇의 기술발전 속도에 미치지 못하는 부진한 기능 업데이트와 부실한 A/S로 인해 사람들에게 로봇과 거리가 먼 특별한 장난감 정도로 인식되면서 그 가치를 상실하였다.

아이보는 서비스 로봇 개발 초기, 모호한 필요성과 그에 따른 요구에 맞춰 개발을 추진하였기 때문에 로봇의 기능이 소비자를 만족시키지 못하였다. 초기 아이보는 기술적인 측면에서 앞서 있었음에도 불구하고, 요구를 제대로 파악하지 못한 채 기능을 구현하여 결국 활용성 측면에서 실패를 야기하고 말았다.

로봇을 사용하는 인간이 로봇에게 어떤 도움을 받을 수 있는지, 로봇과 로봇 외에 다른 대안 중에 어떤 이유로 로봇이 최적의 솔루션인지 등에 대한 구체적인 필요성을 고려하지 않으면 로봇개발에 필요한 사용자 의 요구사항을 정의하기 어렵다.

로봇의 필요성은 이슈 해결의 수단으로써 로봇을 요구하는 사회적 요구에 의해 제기되며, 사회적 요구의 유형은 크게 3가지로 나누어 볼 수 있다.

첫째는 국가나 정부기관이 선도하여 만들어내는 선도-사회적 요구이다. 미 국방부 산하의 방위고등연구계획국(DARPA) 주관의 ‘Darpa Robotics Challenge’와 같이 정부기관이 주도적으로 원전사고 투입, 군사용 무인차량 활용 등 국가적 사회이슈를 해결하기 위한 수단으로 로봇의 필요성을 제기하는 것 등이 대표적인 예이다.

둘째는 수요자가 강하게 바라는 현재-사회적 요구이다. 생산성, 효율성 향상 등 수요자의 이슈 해결을 위한 수단으로써 로봇의 필요성을 제기하는 것으로 산업 현장에 사용되는 제조용 로봇 등이 대표적인 예이다.

셋째는 수요자에게 필요하지만 필요성을 인지하지 못하고 있는 것을 전문가 등이 내재되어 있던 이슈를 해결하는 수단으로써 로봇의 필요성을 제기하는 잠재-사회적 요구로, 로봇청소기 등이 이에 해당된다.

로봇에 대한 요구가 구체화되면 어떤 요소에 의해

로봇을 어떻게 구현할 것이며, 인간과 어떻게 역할을 나눌 것인가를 연구하는 로봇디자인 단계가 필요하며, 로봇디자인은 로봇 개발에서 가장 많은 시간과 비용 등의 노력이 요구되는 단계이다.

국방로봇은 합동참모본부 주관의 선도-사회적 요구와 소요군 등의 현재-사회적 요구에 의해 필요성이 제기되고 결정되는 형태이며, 군이 작업, 환경 등의 원인으로 인해 로봇을 필요로 한다면, 바로 그 원인이 국방로봇에 대한 요구사항이 된다.

그러나 국방로봇과 임무를 협업하는 개별 운용자들의 필요와 요구에 대해 충분히 검토하지 않고 소요를 결정했다면 국방로봇 운용 시 생각만큼의 기대효과를 얻기 힘들 수 있다. 이를 위해서는 군은 사용자인 운용제대별 병사부터 지휘관까지 실제 국방로봇을 사용하는 각각의 운용자의 범위를 명확하게 정의하고 이들의 요구사항을 문서화하여 정확히 파악한 후 이를 정량적으로 제시해야 한다.

2.3 환경

기존의 산업용 로봇은 인간과 격리된 환경에서 운용되었으나 최근에는 로봇의 운용환경을 인간과 협업하는 환경으로 확장해 가고 있다. 다양한 종류의 로봇이 사람과 근접한 공간에서 상호 작용하며 운용되는 환경에서 성능은 중요할 수밖에 없다. 이동 도우미 로봇의 경우에도 가정, 교실, 사무실, 빌딩 주변, 대공간, 소공간, 실내/실외 등 운용 환경에 따라 고려해야 할 성능의 요소가 매우 다양하다.^[5]

환경은 로봇의 성능 발휘부터 개발의 성공여부까지 판가름하는 가장 중요한 요인 중 하나이다. 즉 동일한 플랫폼의 로봇일 지라 하더라도 환경에 따라 판이한 성능을 표출 할 수 있기 때문이다.

무인자율자동차 도로주행시험 시 캘리포니아의 고속도로를 운행한 구글의 차량과 피츠버그 도심을 운행한 우버의 차량에 대한 도로주행결과는 매우 상이하게 나타났다. 비교적 돌발 상황이 발생할 확률이 적은 고속도로를 운행한 구글의 차량은 평균 8,000km 마다 운용자가 1회 개입한 반면, 신호등, 보행자 등 돌발 상황이 자주 일어나는 도심을 운행한 우버의 차량은 1.29km 마다 운용자가 1회 개입하였다.^[6]

포장도로라는 공통적인 지형임에도 불구하고 도로 주변의 환경에 따라 로봇의 표출성능은 달라진 것이다.

소방관을 위해 도입한 무인방수 소방로봇과 화재정찰 로봇은 33억 원의 예산을 투입하여 개발하였지만 7년이 넘도록 사용회수가 3회에 불과하거나 실제 화재 현장에 투입되지 못했다. 3차레의 기능 개선에도 불구

하고 거의 사용되지 않고 있다.

실제 재난상황이 닥치자 장애물, 낙하물 충격, 통신, 연기 등의 가변적인 환경요인에 의해 오작동을 했다는 것이다. 이는 로봇 개발에 있어 가변적인 실제 재난환경에 대한 상세한 고려 없이 장애물에 대한 주행능력 향상 등 기술개발에만 치우쳤기 때문이다.

또한 미 국방부는 분대지원 임무수행을 위한 무인자율차량인 SMSS(Squad Mission Support System)의 영국 수출을 위해 영국 내 도시 지역과 평원에서 시험평가를 실시하였다. SMSS는 이 평가에서 적합에 가까운 결과를 도출 하였다. 그러나 미국의 포트배닝과 아프가니스탄에서 실시했던 시험평가에서는 다른 성능결과가 나타났다. 이후 달라진 성능에 대한 보완이 필요해졌음은 물론 차기평가를 기약하기도 어려웠으며 수출도 불명확해졌다. 이는 기동성 등 무인자율차량의 기본적인 기능이 평야 및 도시지역과 달리 산림이 많은 지역에서 동일한 성능을 표출하지 못했기 때문이다.

이처럼 환경에 따라 로봇이 표출하는 성능의 편차가 커진다는 점을 고려해 볼 때, 국방로봇 소요제기 시 운용환경은 로봇의 운용 성능표출에 영향을 미치는 매우 중요한 요인 중 하나이다. 운용제대별 환경이라는 변수를 구체적으로 고려하지 않고 국방로봇의 소요를 결정한다면 획득단계에서 작전운용성능을 달성하기 위해 개발기간을 늘리거나 비용을 증가 시키는 등의 리스크가 발생할 것이다.

III. 무기체계 소요 프로세스

3.1 현 소요 프로세스

방위력개선사업은 복잡한 단계 속에 여러 기관이 얽혀 있으며, 무기체계의 소요부터 획득까지 수년에서 수십 년까지의 시간과 비용을 필요로 한다. 이중 소요는 무기체계의 필요를 제시하는 단계로 예산집행을 수반하지 않지만 예산집행을 위한 작전운용성능, 소요량, 전력화시기 등 비용, 시간 등 무기체계의 획득을 결정할 수 있는 상위개념의 계획을 담는 단계이다. 소요단계의 주요 문서인 소요제기서와 전력소요서(안)에는 소요결정을 위한 여러 요소들의 윤곽이 담겨 있다.

과거 소요는 분석과 정량화에 근거한 요구보다는 각 군별 예산 나눠주기, 적 전력수 대비 단순비교 등 일부 주관적 판단에 좌우되었었다. 이러한 문제를 인식하고 소요에 대한 타당성 검증을 통한 정량적인 소요를 결정하기 위해 2014년부터 미국을 비롯한 국방 선진국에서 실시하고 있는 능력 위주 소요의 개념을 도입하여 능력기반 소요기획을 실시하고 있다.

국방부는 광의의 개념에서 소요란 “승인된 군사목표, 임무 또는 책임을 완수할 수 있는 능력을 갖출 수 있도록 하기 위해서 적절한 자원배분을 합법화하는 확실한 필요성이라 할 수 있다.”고 정의하고 있으며, 통상적으로는 “특정시기 또는 특정기간에 있어 인원, 장비, 보급, 자원, 시설 또는 근무지원이 특정량 만큼 필요하다는 것을 표시하는 계획을 말한다.”는 의미로 사용되고 있다.

즉, 소요란 군사 전략에 따라 전장에서 승리하기 위한 수단으로써 필요한 무기체계와 전력화지원요소에 대한 요구라 할 수 있다. 따라서 이러한 소요를 표현하기 위해 해당 무기체계의 필요성, 운용개념, 이를 구현하기 위한 요구성능, 전력화시기와 수량, 지원요소 등을 명확하게 기술한 계획서가 필요하다.

소요는 개념발전, 소요제기, 소요결정의 3단계에 걸쳐 이루어진다. 개념발전 단계에서는 국방정책 및 군사 전략으로부터 합동개념을 도출하고, 각 군의 비전, 미래작전능력을 식별하여 개념을 창출하고 있다. 소요제기 단계에서는 개념발전에서 도출된 개념을 각 군에서 소요로써 개발 및 검증하고 이를 구체화한 소요제기서를 합참에 제출한다. 소요결정 단계에서는 합참은 소요제기서를 기반으로 중·장기 전력소요서(안)를 작성한다. 중·장기 전력소요서(안)에는 소요 제기된 능력을 전력으로 구체화한 전력명, 필요성, 편성 및 운용개념, 전력화 시기 및 소요량, 작전운용성능, 전력화지원요소, 부대기획 등이 포함된다. 이중 장기 전력소요서(안)에는 작전운용능력에 대해서, 중기 전력소요서(안)에서는 작전운용성능을 명시하도록 되어있다. 전력소요서(안)이 작성되면, 합동성에 입각하여 심의·의결을 거쳐 전력소요로 결정한다.

3.2 국방로봇 소요의 문제점

국방전력발전훈련에 따르면 소요군은 소요제기서에서 미래의 전장환경, 무기체계 발전추세 등을 고려한 필요성, 운영개념, 작전운용에 요구되는 능력 등을 문서화하여 합참에 소요를 제기할 수 있도록 규정하고 있다.

소요 시 작전운용성능에 영향을 미치는 요소 중 하나로 운용환경을 고려하지 않은 요구 성능을 김홍빈(2015) 등의 관련 연구에서 꾸준히 제기하고 있다. 그러나 현재 소요제기서에서 무기체계의 운용환경을 주요 항목으로 비중 있게 다루고 있지 않다.^[7]

앞서 논지처럼 로봇디자인에 있어 로봇화, 요구사항, 환경은 기능과 성능 등을 좌우하는 중요한 요소이다. 따라서 국방로봇 역시 로봇화를 통해 로봇의 작업과 실제 로봇을 사용하는 병사부터 지휘관까지 포함하

는 운용자의 작업으로 나누고 역할을 분담하여야 한다.

특히 환경과 요구사항은 소요제기를 위한 핵심요인이 되어야 한다. 국방로봇이 운용되는 지역의 구체적이고 상세한 환경요건과 국방로봇과 임무를 협업하는 병사, 지원하는 부사관, 지휘하는 지휘관 등 국방로봇 운용 관계자들의 요구사항에 대해서도 구체적이고 세밀하게 파악하여 이를 문서화 하여야 한다.

운용환경과 운용관계자의 요구사항에 관련된 요인이 소요제기서를 비롯하여 장기 전력소요서, 중기 전력소요서 등에 규정화되어 있지 않으므로 작성자 또는 작성기관에 따라 중요도와 작성 범위 등을 자의적으로 판단할 수 있는 여지가 있다. 때문에 국방로봇 소요에 한해서는 운용환경과 운용관계자의 요구사항이 항목으로써 규정화가 되는 것이 필요하다.

IV. 국방로봇의 소요제기 방법

4.1 국방로봇의 정의

국방로봇은 군사용 차량, 함정 및 함선, 군사용 항공기 등 탈것의 종류에 사람이 탑승하지 않은 상태에서 운용되는 지능형 무인기(Unmanned Vehicle)와 군사적 용도의 지능형 로봇(Robot)을 포괄하는 개념이라 할 수 있다.

또한 국방로봇은 다른 무기체계와 달리 운용목적에 임무 수행을 포함한다. 미 의회는 2003년 보고서에서 이라크전(2003), 아프간전(2001), 코소보전(1999)에서 운용한 군사용 무인항공기의 장점을 보고하면서 무인항공기가 파일럿의 임무 중 위험하거나 어렵거나 지루한 임무를 일부 수행하게 되었음을 언급하고 있으며, 앞으로 군사용 무인항공기의 임무수행 범위가 감시정찰에서 교전 등의 다수 임무 수행으로 확장되어야 함을 제시하였다.^[8]

기존의 무기체계의 운용목적은 운용자의 임무수행을 위한 도구로 사용되기 위함이나, 국방로봇은 기존의 운용자가 수행하던 임무나 새로운 임무를 일부 혹은 전부를 수행하는 체계인 것이다. 즉 군과 협업하여 임무를 수행하는 주체로 활용하기 위함이 주요 운용목적 중 하나이다. 따라서 임무수행은 기존 무기체계에 비해 국방로봇에게 있어 비중 있게 다루어져야 할 개념 중 하나이다.

위에 제시된 국방로봇의 정의에 임무를 새로이 추가하여 “군사적 운용을 목적으로 임무를 일부 또는 전부를 부여받아 운용되는 지능형 무인기 또는 로봇”^[9]이라고 국방로봇을 정의하였으며, 이 정의는 본 연구로 한정하였다.

4.2 국방로봇의 소요제기

국방로봇을 운용하는 목적 중 하나는 군의 임무를 위임받는데 있다. 그러나 국방로봇이 임무를 위임 받는다는 것은 병력(兵力)으로써 임무를 위임받아 수행한다는 의미는 아니다. 국방로봇은 군이 수행하기 어렵거나 지루하거나, 더럽고, 위험한 임무의 작업을 일부 또는 전부를 군과 협력하여 수행한다는 것이다.

한편 운용환경이 변화되어 무기체계 운용에 문제가 생기게 되면, 운용자는 오감, 판단 능력 등 인간의 능력을 이용하여 작업의 형태를 유연하게 변화시키면서 야기되는 문제를 극복한다. 때문에 지형, 날씨 등 운용환경이 다른 곳에서도 무기체계는 유사한 성능을 발휘할 수 있다. 반면 로봇의 기술은 인간의 오감, 판단 능력 등을 구현할 수 있는 수준에 아직 도달하지 못했기 때문에, 로봇 사용자 인간의 개입은 반드시 필요하다.

그러므로 국방로봇의 기능과 성능을 결정하는 주요 기준은 운용자가 작업 시 어느 정도 개입 하고 로봇에게 결정권한을 어느 정도 위임해 주느냐를 중심으로 해야 한다 .

한편 로봇기술의 엄청난 발전 속에도 불구하고 로봇을 국방 분야에 활용하기에는 아직도 많은 부분 기술의 발전이 필요하다.

또한 국방 분야에서 무인항공기와 드론을 제외한 로봇을 체계로써 사용해 본 경험이 극히 드물기 때문에 새로운 분야에 로봇을 운용할 경우 어떤 능력이 필요하며, 그 능력을 발휘시키기 위해서 어떠한 기능이 필요한지, 그 기능을 구현하려면 어떤 로봇기술이 적합한지 군사전문가, 기술전문가도 기능과 기술을 파악하는 것에는 한계가 있다. 때문에 국방로봇에게 운용자가 위임할 수 있는 작업의 범위를 한정하고, 기술과 작업을 고려하여 인간과 로봇의 작업을 절충할 수 있는 로봇 디자인이 필요한 것이다.

또한 대다수의 사람들은 로봇이 인간을 대신해서 인간처럼 작업해 줄 것이라는 로봇기술에 대한 높은 기대치를 가지고 있기 때문에, 로봇이 구현 가능한 기술을 최대한 발휘했음에도 불구하고, 사용 시 많은 실망감을 느끼거나 제대로 작동하지 못하는 실패한 제품이라고 간주하기도 한다.

그러므로 성공적인 로봇 개발을 위해서는 로봇을 위해 사용되는 신기술을 개발하기 보다는, 로봇을 사용하는 사람들의 요구를 분석하여 이를 충족할 수 있는 기술들을 로봇에 적합하게 조합하는 것이 더 중요하다. 가정용 로봇청소기가 대표적인 예로써 지속적인 기술 조합을 통해 진화해 가고 있다.

국방로봇의 경우에도 핵심기술 등의 연구개발을 염

두에 두고 국방로봇을 획득한다면 핵심기술 개발의 성공 여부는 물론 기술 개발의 완성도 알 수 없으며, 다음 개발을 위한 지속적인 예산을 투입해야 할 것이다. 따라서 국방로봇의 경우 단시간 내에 운용이 가능할 수 있도록 진화적 개발 방법에 따라 획득이 되어야 하며, 소요 단계에서부터 기 개발되어 있는 기술을 대상으로 소요 결정이 이루어져야 한다. 즉 기술성숙도(TRL : Technology Readiness Level)단계가 적어도 시제품의 성능 시연을 바로 할 수 있는 수준의 상용화 이전 또는 상용화된 기술을 대상으로 국방로봇을 개발해야 한다.

무기체계의 소요단계는 가장 많은 기관이 직간접적으로 연관되어 있으며 전력으로써 무기체계에 대한 필요성과 요구사항이 가장 많이 제시된다. 국방로봇이 각각의 운용환경에서 유사한 임무수행 결과를 도출하려면 수행하는 작업과 능력이 다를 수도 있으며, 능력별 기능에 따른 성능의 발휘 정도도 다를 수 있다. 국방로봇의 경우 소요단계에서 로봇화를 통해 최대한 여러 가지 영향요인을 정량화하고 이를 수치로 제시 할 수 있는 작업이 이루어져야 한다.

이를 위해서는 첫째, 로봇을 실제 운용하는 병사, 부사관, 지휘관등 운용관계자의 작업과 로봇의 작업을 디자인 하는 로봇화 단계가 선행되어야 한다. 둘째, 요구사항을 구체적으로 파악하고 이를 기능으로 나타내야 하며 로봇이 운용되는 환경수준에 따라 구체화하고 정량화 하는 단계가 이루어져야 한다. 국방로봇의 정량화 자료를 근거로 국방로봇의 능력을 수치화하게 되면 운용체대별 필요능력의 차이를 확인 할 수 있게 된다. 셋째 국방로봇의 성능을 충족 할 수 있는 기술적인 매칭이 이루어져야 한다.

본 연구는 국방로봇의 정량적인 소요제기를 위한 것으로 위의 단계 중 정량화 단계에서의 소요제기 방법에 대해서 제시하였다.

소요제기 기능 중 운용체대별로 운용관계자의 적정 요구기준에 따른 요구사항과 운용환경 기준에 대한 정량화한 방법을 제시함과 동시에 정량화 단계에 대한 이해를 돕기 위해 국방로봇 중 무인지상차량과 기상청 실측 데이터를 활용하여 점수화 하고 이를 예시 하였다. 또한 각각의 요구기준을 비교할 수 있도록 수식으로 나타내었다.

4.3 정량화 단계

4.3.1 국방로봇 운용관계자의 요구사항

민간에서는 로봇 전문가들이 관찰, 경험, 인터뷰 등

의 방법을 통하여 로봇에 대한 요구사항을 기능적 기술적 구현으로 변경하고 이를 정량적으로 제시한다. 하지만 국방 분야는 민간인인 로봇 전문가가 관찰, 면접 등 대면의 방법으로 군 부대 내에서 로봇 소요에 개입하여 사용자의 요구사항을 파악하는 것은 쉽지 않다. 따라서 비대면 방식인 문항평가의 방법을 활용하면 민간 로봇전문가를 소요에 간접적으로 참여시킬 수 있다.

국방로봇 운용관계자들의 요구를 반영하기 위해서는, 소요군에서 제기한 기능수준에 대해 운용제대별 관계자들이 해당 부대에 필요한 적정 기능수준을 평가하고 이에 대해 요구사항을 제기 할 수 있도록 해야 한다. 소요 결정기관은 소요제기 기능에 대한 문항을 작성하고 배점을 두어서 운용제대별로 요구 기능의 적정 수준에 대한 점수평가를 받아 이를 기준으로 소요제기 기능의 수준을 가늠하고 이를 정량화 할 수 있게 된다.

하지만 로봇에 대한 요구기능이 너무 전문적이거나 기술적으로 표현된다면 실제 운용자가 이를 평가하기 어렵게 된다. 따라서 로봇에 대한 전문적인 지식 없이도 운용관계자의 요구를 평가 할 수 있도록 문항 작성의 기준을 로봇의 구성요소로 구분하여 나누었다.

로봇 구성요소는 3개의 외부적 요소와 5개의 내부적 요소로 이루어져 있으며, 로봇 기술은 로봇의 구성요소와 유기적으로 결합될 때 만족스런 작업성과를 발휘하게 된다.

로봇의 외부 3요소란 모션, 인간, 환경을 말한다. 모션은 조작(Manipulability)과 이동(Mobility)을 포함한다. 조작은 대상물을 A에서 B로 옮기는 것이고, 이동은 자신이 A로부터 B로 움직이는 것이며 모션의 결과로 나타나는 성과를 작업이라고 한다. 국방로봇이 경우 인간과 함께 임무를 수행하기 위해서는 이동 기능은 물론 조작 기능도 구비되어야 한다. 따라서 모션은 조작과 이동의 두 가지 기능요소로 나누었다.

인간은 로봇을 운용하는 주체로서 전문가 또는 비전문가로 구분된다.

환경은 로봇이 작업을 수행하기 위한 주변 요소로서, 운용자 등이 로봇을 운용하기 위해 조성하는 구조화된 환경과 통제 불가능한 비구조화된 환경이 있다. 그러나 국방에서의 환경 요소는 로봇의 다른 구성요소와 달리 평가 항목이 아닌 날씨, 지형 등의 비정형화된 통제 불가능한 경우로 측정할 수치를 기반으로 하는 측정 항목이다. 따라서 운용관계자가 평가하는 문항으로 포함하는 것이 적합하지 않아 별도의 측정항목으로써 정량화를 하였다.

로봇의 내부 5요소는 인터페이스, 메커니즘, 컨트롤, 센싱, 에너지로 나누어 볼 수 있다.

인터페이스는 로봇이 인간과 상호 작용을 할 수 있도록 하는 물리적·가상적 매개체로 입력장치와 출력장치가 있으며, 컴퓨터의 입·출력장치와 유사하다.

컨트롤은 사람의 뇌에 해당되는 로봇의 핵심 요소로서 인터페이스, 그리고 에너지를 모두 관리하고 운영한다. 하위 시스템으로 모터의 제어, 센서 정보의 수집이 해당되고, 상위 시스템으로는 로봇 시스템의 전반적인 제어를 포함하고 있다. 컨트롤의 목표는 인지된 환경을 제대로 인식시키고, 인간의 인식과 판단을 로봇의 인식과 판단으로 전환시키며 사람이 원하는 힘과 운동을 메커니즘에 나타나는 힘과 운동과 일치시키는 것이다.

메커니즘은 모터의 운동에너지를 받아서 원하는 운동과 힘을 만들어 내는 역할을 한다. 로봇을 구성하는 액추에이터에는 여러 개의 모터가 사용되는데, 이들은 기계적 요소 즉 기어를 포함하는 감속기, 풀리와 벨트, 링크 기구 등에 의해 기구학적 및 동력학적으로 연결되어 있다. 여러 개의 모터 회전이 결과적으로 로봇의 끝부분이 도달할 수 있는 포인터의 합이 되는 하나의 공간을 구성하게 된다.

센싱은 로봇 내장 센싱과 외부 센싱으로 구분되며 환경 인식을 위한 센서, 로봇의 운동을 위한 센서, 작업관련 센서 등의 다양한 센서가 필요하다.

에너지는 이동성이 있는 로봇에게는 충전배터리를 통한 에너지 보급이 필요하다. 따라서 배터리는 급속충전이 가능하고, 장시간 작동이 가능한 고효율, 고용량이어야 한다. 이를 표현하면 다음의 그림과 같다.^[10]

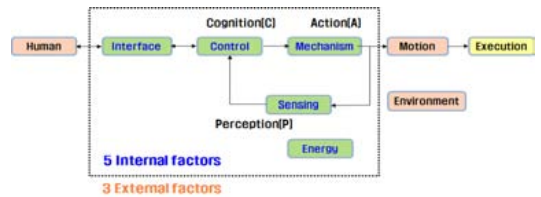


그림 1. 로봇의 구성요소
Fig. 1. Core factors of robot

소요결정기관은 국방로봇에 필요한 기능을 정량화 하기 위해 로봇의 구성요소에 따라 문항으로 구성하고 각 운용제대별로 평가를 받아야 한다. 각 제대별 운용 관계자들은 문항평가를 통해 적정 요구기능의 수준을 산출된 점수로 나타낼 수 있다. 문항평가 점수, 방식 등은 추후 국방로봇에 요구되는 적정 기능의 중요도에 따라 적용될 수 있다.

다음의 표는 로봇의 구성요소에 따른 무인지상차량의 소요제기 기능과 그에 따른 문항의 예시이다.

표 1. 무인지상차량의 운용제대별 적정 요구기능 수준 평가문항(예시)
 Table 1. The evaluation of the required level of the required level of operation of the unmanned ground vehicle (example)

Core factors of robot	Require-ment-as-sisted function	Evaluation Form	Persons in charge of operation of unit A		Persons in charge of operation of unit B	
			Proper Require-ments scores	Requirements	Proper Require-ments scores	Requirements
Motion	Mobi- lity	Speed Go to maximum speed 50 km/h without operator intervention can do it? 40km/h under 50km/h 60km/h over ←5Points 10Points 15Points→	10 Points	-	10 Points	-
		Spin Is it possible to rotate the surveillance equipment once every 3 seconds during the monitoring mission? 4Sec over 3Sec 2Sec under ←5Points 10Points 15Points→				
Human	Access re- striction	Can I assign display access rights differently depending on the operator? All Person 50% 10% ←5Points 10Points 15Points→	10 Points	-	10 Points	-
		Identific- ation Is it possible to identify human beings within 2 km when approaching objects? 1km over 2km 3km under ←5Points 10Points 15Points→				
Interface	Mission Control	Can it be stopped within 5 seconds after receiving an operator's command? 7Sec over 5Sec 3Sec under ←5Points 10Points 15Points→	5 Points	Operator judgment time is required when driving a pedestrian, vehicle, etc, accident occurs	15 Points	Sudden obstructions may be detected around off-road.
		Security Can I interrupt my mission for 3 minutes or longer and change to security mode within 60 seconds? 90Sec over 60Sec 30Sec under ←5Points 10Points 15Points→				
Control	Control algo- rithm	Can it be safely stopped if it recognizes a stopping obstacle and collision avoidance movement is not possible before 10Sec of collision? 15Sec over 10Sec 5Sec under ←5Points 10Points 15Points→	10 Points	-	10 Points	-
Mechanism	Brake	Is it possible to brak within a distance of 20m during maximum speed movement without operator intervention? 30m 20m 10m ←5Points 10Points 15Points→	10Points	-	10 Points	-
Sensing	Vision system	Can I judge the light of a traffic light at 60m distance in green or red? 40m 60m 80m ←5Points 10Points 15Points→	10 Points	-	0 Points	Unclosed road, no signal light around
Energy	Charge	Is it possible to operate for up to 8 hours when charging once? 6hours 8hours 10hours ←5Points 10Points 15Points→	10 Points	-	10 Points	-
Total			100 Points		90 Points	

국방로봇의 소요와 관련된 구체적인 기능 및 성능 관련된 사항은 군사기밀로 다루고 있기 때문에, 민간인의 연구에서 국방로봇 소요의 기능과 성능을 사실 그대로 다루는 데에는 한계가 있다. 그러므로 본 연구에서는 국방과학연구소에서 개발한 전마로봇 관련 공개 자료와 경전투로봇 관련 연구 자료를 기반으로 경험자의 자문을 받아 국방로봇에 소요제기 기능의 기준과 배점을 정하고 그에 대한 예시 문항을 구성하였다.^[11]

무인지상차량에 소요 제기된 요구기능에 대한 운용제대별 운용관계자의 적정 요구기준을 점수로 구성하였으며, 그에 따른 요구사항도 세부적으로 기재하도록 예시하였다.

각 구성요소에 따른 소요 제기 기능의 기준을 10점으로 설정하고 기준보다 높은 요구에는 높은 점수인 15점을 배점하고, 기준보다 낮은 요구에는 낮은 점수인 5점을 배점하였다.

만약에 소요 제기된 기능의 기준이 되는 점수가 10점이라면, 10점보다 높은 점수를 요구하는 것은 기준보다 높은 수준의 기능구현이 적정하다고 요구하는 것이며, 10점 보다 낮은 점수를 요구하는 것은 기준보다 낮은 수준의 기능이 적정하다고 요구하는 것이다.

그러면 운용관계자들은 소요 제기된 기능의 기준을 그대로 따르거나, 보다 높거나 또는 낮은 기준을 제기하거나, 소요 제기된 기능이 실제 환경에 적합하지 않아 해당 기능이 적절하지 않다고 평가하는 경우로 나뉠 것이다.

다음의 표에서 부대 A는 정비된 도로가 있는 평지 지역에 위치해 있으며, 부대 B는 비포장도로가 있는 산악지역에 위치하였음을 가정하였다. A부대와 B부대는 각각의 상황에 맞춰 적정한 요구사항을 제시할 것이며 다음 표와 같은 경우로 나뉠 수 있다.

모선의 조작력에 해당하는 회전기능은 A부대의 경우 부대 주변의 많은 시설물들로 인해 감시 장비가 소요제기 기준인 3초보다 빠르게 회전하는 것이 필요할 것이며 10점 보다 높은 수준의 기능에 해당하는 15점으로 평가할 것이다.

인터페이스의 입무통제 기능에 해당되는 급정지 시간의 경우, A부대는 포장도로 주변의 보행자와 다른 차량으로 인한 돌발 상황 발생 시 운용자가 명령을 내린 이후에라도 명령을 수정할 판단시간이 필요하기 때문에 로봇이 급정지 하는 시간이 5초보다 길어야 할 것이며, 소요제기 기능의 기준 점수인 10점 보다 낮은 5점으로 평가할 것이다. 반면 B부대의 경우 비포장도로 주변의 예상치 못한 장애물(바위, 나무줄기 등 굴러 떨어진 낙하물, 도로 위 구멍, 동물 출현 등)등으로 인

해 순간적인 급정지가 필요하므로 소요 제기된 급정지 시간인 5초 보다 더 빠른 시간 내에 로봇이 반응해야 하므로 소요제기 기능의 기준 점수인 10점 보다 높은 15점으로 평가할 것이다.

인터페이스의 보안 기능에 해당되는 보안모드 변경의 경우 B부대는 산악 지역에 위치하고 있어 통신의 연결이 원활하지 않아 통신 불능 현상이 종종 발생하므로 보안 모드로 변경되기까지 대기하는 시간을 늘려 로봇이 보안모드로 빈번하게 변경되지 않도록 소요제기 기능의 기준 점수 보다 높은 15점을 요구할 것이다.

센싱 구성요소 중 비전시스템 기능은 포장도로 주변 A부대는 신호등 구분을 위해 필요한 반면 비포장도로 주변 B부대는 신호등 구분을 위한 비전시스템의 기능이 필요하지 않아 0점으로 평가 할 것이다.

현 무기체계 경우라면 동일한 사양의 플랫폼을 다량으로 제작하여 생산하기 때문에 운용제대별로 기능과 성능을 달리한 무기체계를 개발 할 수 없다.

하지만 국방로봇의 경우 기능과 성능을 달리 할 수 있으므로 요구에 따라 달리 제작 할 수 있다. 국방로봇은 운용제대의 능력과 별개로 최첨단의 체계를 획득하는 것이 아닌 운용제대별로 최대한 능력을 발휘할 수 있도록 맞춤형 체계를 획득하는 것이다.

4.3.2 운용환경 기준

로봇은 같은 기능이라 할지라도 운용환경에 따라 다른 성능으로 표출될 수 있다. 유인차량의 경우 평지지역과 산악지역에서 표출되는 성능에 큰 차이가 없다. 그러나 평지지역에서 운용되는 무인지상차량과 산악지역에서 운용되는 무인지상차량은 운용환경에 따라 기능의 구현 수준에 따라 성능이 판이하게 표출될 수 있다. 운용제대가 위치해 있는 지역마다 환경이 다르기 때문에 국방로봇이 적정한 성능을 발휘하여 주어진 임무를 완수하기 위해서는 환경수준에 따른 성능 고려가 필요하다.^[12]

국방로봇 운용 시 영향을 미칠 수 있는 환경 요인은 다양하다. 기상이나 기후, 지형이나 지리적인 요인은 물론 자갈, 모래, 진흙 등의 토양의 종류, 결빙, 적설, 건조의 지면상태 등 자연으로 인한 환경요인부터 계단, 경사로, 도로 등 인공 설치물로 인한 환경요인까지 국방로봇의 운용 장소나 운용범위에 따라 여러 가지 환경요인을 구체적으로 고려해야 한다.

본 연구에서는 국방로봇에 영향을 미치는 환경요인 중 무인지상차량에 영향을 주는 기후요인을 예시로 환경수준의 정량화 과정을 제시하였다.

기후요인을 구성하는 요소는 기온 · 일사량 · 일조

시간 · 강수량 · 습도 · 증발량 · 운량 · 바람 · 기압 등이 있으며, 이 중 국방로봇의 이동성에 영향을 미칠 수 있는 요소 중 하나는 강수량이다. 연중 비가 많이 오거나 많은 양의 비가 한꺼번에 내리는 지역의 경우 주변 지형지물이 비로 인해 변하기 때문에 로봇 이동 시에 오류가 발생할 가능성이 높아 훈련 및 작전에 차질을 빚을 수 있다.

강수량은 비, 눈, 안개, 우박 등이 대기로부터 땅에 떨어지는 양을 뜻하고, 강우량은 순수하게 비만 내린 것을 측정한 양으로 단위는 mm를 사용한다.^[13]

기상청에서 제공하는 기상자료개방포털을 활용하여 강수량에 영향을 미치는 여러 요소 중 비의 양과 횟수를 측정한 연간 강수량과 1시간당 30mm이상 비가 내린 강수일수 데이터를 기준으로 하였다.

2007년부터 2016년까지 지난 10년간 전국 102개 관측지점의 887개 측정데이터를 기준으로 연간 강수량을 점수화 하였고, 2008년부터 2017년까지 지난 10년간 전국 97개 관측지점의 5780개의 측정데이터를 기준으로 1시간당 30mm이상 강수일수는 점수화 하였다.

다음 제시하는 표는 기상청에서 제공하는 실측 데이터를 활용하여 작성한 예시이나, 연구자가 본 연구의 이해를 돕기 위해 작성한 것이므로 활용 시 기상과 관련된 전문적인 검토가 추가되어야 한다.

연간 강수량의 경우 측정데이터의 연 평균 강수량은 1,305mm이며, 최고 강수량은 2,700mm, 최저 강수량은 37mm이다. 하지만 최고 강수량과 최저 강수량은 연 평균 강수량과 많은 편차를 보이고 있으며 이는 홍수, 가뭄에서 비롯된 것으로 측정데이터를 분석하여 상관관계에서 벗어난 데이터는 산정에서 제외하였다.

그리고 측정데이터를 강수량이 적은 순으로 나열하여 상위 1%에 해당하는 강수량인 600mm이하를 100점으로, 하위 99%에 해당하는 2580mm 이상을 1점으로 하여, 1점당 20mm를 배점하였다.

또한 시간당 강수일수의 경우 10년간 폭우 일수를 기준으로 하였다. 1시간당 30mm이상 강수일수가 0일인 경우 100점으로, 1시간당 30mm이상 강수일수가 10일 이상인 경우를 1점으로 하였고, 1일당 10점씩 구간을 배점하였다.

기상청 측정데이터 관측지점에 부대 A와 부대 B가 위치한다고 가정한다면, 정비된 도로가 위치한 평지지역에 있는 부대 A의 10년간 연간 평균 강수량이 941.4mm이고 1시간당 30mm이상 강수일수는 1일이다. 비포장도로가 위치한 산악지역 부대 B의 10년간 연간 평균 강수량이 1,556mm이고 1시간당 30mm이상 강수일수는 6일이다.

표 2. 기후환경- 강수량(예시)
Table 2. Climate Environment-Precipitation (Example)

Annual precipitation	Points		Precipitation days over 30mm per hour	Points	
2580mm over	1		10days over	0	
:	:		:		
1540~1559mm	53	Unit B	6days	60	Unit B
:	:		:		
940mm~959mm	83	Unit A	1day	90	Unit A
:	:		:		
600mm under	100		0day	100	

부대 A의 환경수준 점수는 연간 강수량 83점, 1시간당 30mm이상 강수일수 90점이며, 부대 B의 환경수준 점수는 연간 강수량 53점, 1시간당 30mm이상 강수일수 60점이다.

소요 제기된 기능을 기준으로 동일하게 제작된 무인 지상차량을 각각의 부대에서 같은 임무를 수행하게 된다고 가정한다면, A와 B부대의 국방로봇은 다른 표출 성능을 나타낼 것이다.

비교적 운용관계자의 적정 요구기준 점수와 운용환경 점수가 높은 A부대의 경우 소요 제기된 기능의 기준과 부대에서 요구한 기능이 가까우며 환경적인 영향이 적으므로 가장 유사한 성능이 나타날 것이다.

반면 B부대의 경우 필요 이상의 기능이 탑재되어 있으며 운용환경 점수도 낮기 때문에 돌발적인 운용환경에 처할 가능성이 높으며 이에 성능이 제대로 발휘되지 못하여 오작동으로 오인 할 수도 있을 것이다. 때문에 B부대는 국방로봇 운용에 제한을 많이 받을 수 있으며, 로봇과 군의 임무 협업이라는 목적을 달성하기 어렵게 된다.

4.4 산출수식

본 논문에서는 요구사항과 환경을 모두 고려한 운용제대별의 요구수준을 도출하기 위해 다음과 같은 수식으로 나타 내었다.

각 운용제대별 적정요구기능의 수준과 환경수준이 국방로봇 운용에 미치는 영향이 다를 수 있으므로, 가중치를 고려해야 하며 향후에 국방로봇에 대한 수요가 원활히 이루어지면 각 운용제대별 활용될 국방로봇에 적합한 가중치 산출이 가능하므로 본 연구에서는 가중치에 대한 수식만을 다음과 같이 제시 하였다.

첫째, 적정요구기능 a_1 을 수식(1)과 같이 계산한다.

$$a_1 = \mathbf{x}^T \mathbf{w}_1 = \sum_{i=1}^n x_i w_{1i}. \quad (1)$$

\mathbf{x} 와 \mathbf{w}_1 은 로봇의 구성요소에 따른 소요 제기된 기능수준 벡터와 소요 제기된 기능수준 가중치 벡터이다. 벡터 \mathbf{x} 와 \mathbf{w}_1 을 각각 수식 (2)와 (3)으로 나타내었다.

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$\mathbf{w}_1 = \begin{bmatrix} w_{11} \\ w_{12} \\ \vdots \\ w_{1n} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

여기서 x_1, x_2 는 각각 모션 요소 중에 이동에 해당되는 속도 기능, 모션 요소 중 조작에 해당되는 회전 기능이며, 요구 기능수준의 개수는 n 개다. 또한, w_{11}, w_{12} 는 각각 x_1, x_2 의 가중치이다.

둘째, 환경수준 a_2 는 수식 (4)와 같이 도출한다.

$$a_2 = \mathbf{y}^T \mathbf{w}_2 = \sum_{i=1}^n y_i w_{2i}. \quad (4)$$

여기서, 벡터 \mathbf{y} 와 \mathbf{w}_2 는 각각 환경수준 벡터와 환경수준 가중치 벡터이다. 벡터 \mathbf{y} 와 \mathbf{w}_2 를 각각 수식 (5)와 (6)으로 나타내었다.

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \quad (5)$$

$$\mathbf{w}_2 = \begin{bmatrix} w_{21} \\ w_{22} \\ \vdots \\ w_{2n} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

여기서, y_1, y_2 는 각각 연간 강수량, 시간당 30mm 이상 강수일수이며, 모든 환경수준의 개수는 n 개다. 또한, w_{21}, w_{22} , 는 각각 y_1, y_2 ,의 가중치이다.

셋째, 적정요구기능 수준과 환경 수준을 모두 고려

한 것은 a 로 수식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$a = \mathbf{a}^T \mathbf{w}_3 = \sum_{i=1}^2 a_i w_{3i}. \quad (7)$$

여기서, 벡터 \mathbf{a} 와 \mathbf{w}_3 은 각각 수식 (8)과 (9)로 표현하며, 벡터 \mathbf{a} 의 엘리먼트 a_1, a_2 는 각각 앞서 도출한 적정 요구기능수준과 환경수준이다.

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}, \quad (8)$$

$$\mathbf{w}_3 = \begin{bmatrix} w_{31} \\ w_{32} \end{bmatrix}. \quad (9)$$

수식 (9)의 w_{31}, w_{32} 는 각각 a_1, a_2 의 가중치이다.

V. 결 론

국방로봇의 임무는 기능을 통해 프로세싱되며 기능이 어떤 성능을 발휘되느냐에 따라 성공적인 임무 수행이 판가름 지어진다. 국방로봇의 소요 제기된 기능 수준에 대해 운용제대별로 다양한 요구사항이 있을 수 있으며, 이러한 요구는 국방로봇의 기능과 성능을 결정하는 중요한 요인이 된다.

본 연구는 운용제대별 운용관계자의 요구사항과 운용환경을 정량적으로 제시하기 위해 국방로봇의 소요제기 된 기능을 기준으로 하여 문항으로 나타내고 이에 대해 각각 운용제대별 운용관계자의 평가를 통해 실제 운용자들의 요구사항을 확인할 수 있는 방법과 가변적인 국방의 환경요인을 각 운용제대별로 점수화하고 각각을 정량비교를 할 수 있도록 수식으로 제시하였다.

국방로봇 소요 시 운용제대별 운용관계자의 요구사항을 정확히 파악하고 운용환경을 정량화 한다면, 향후 국방로봇의 기능과 성능을 최대한 발휘할 수 있는 운용제대별 맞춤형 로봇체계의 획득 기반이 될 것이다.

References

[1] D. J. Shin and Y. W. Park, "Advanced military capability building : Unmanned weapon system construction and operation strategy," *National*

Security research series, vol.2 no. 2, pp. 5-37, Mar. 2014.

[2] Ministry of National Defense, *2017 Defense budget*, Retrieved Oct. 3, 2017 from www.mnd.go.kr

[3] Ben Reason, *Service Design for Businesses*, Cho-a press, pp. 8-9, 2017.

[4] Jin-Oh Kim, *Social demand' raises the robot industry(2015)*, Retrieved Nov. 14, 2017 from <http://www.dt.co.kr>

[5] Y. S. Joung, K. H. Lee, and B. S. Seo, "Service robot safety and performance evaluation technology," *Inf. & Commun. Mag.*, vol. 33, no. 8, p. 8, Jul. 2016.

[6] J. Bhuiyan, *Uber's autonomous cars drove 20,354 miles and had to be taken over at every mile, according to documents*, Retrieved Jan, 29, 2018 from <https://www.recode.net>

[7] H.-B. Kim, "A study on the factors analysis in the requirement planning system for military strategy," *National strategy*, vol. 21 no. 4, pp. 213-214, 2015.

[8] E. Bone and C. Bolkcom, "Unmanned Aerial Vehicles: Background and Issues for Congress" *Report for Congress*. pp. 1-3, 2013.

[9] Yong-Hoon Choi, "Advanced military capability building : Unmanned weapon system construction and operation strategy," *National Security research series*, vol.2, no.2, pp. 249-252, Mar. 2014.

[10] H. S. Eom, "A design methodology of Infantry platoon using combat robots based on the combat effectiveness," Ph. D. Dissertation, Kwangwoon University Graduate School, pp. 28-31, 2016.

[11] S. G. Jang, "A study on the design methodology of future combat unit organization by the CPS model in the fourth industrial revolution" Ph. D. Dissertation, Kwangwoon University Graduate School, pp. 83-88, 2017.

[12] Y.-H. Kim, Y.-H. Choi, and J.-O. Kim, "How to derive the autonomous driving function level of unmanned ground vehicles" *J-KICS*, vol. 42 no. 1, pp. 205-213, 2017.

[13] H. S. Taek, "Integrated verification system for rainfall performance test" in *Proc. KICS Int. Conf. Commun.*, p. 17, 2017.

김 율 희 (Yull-Hui Kim)



2011년 3월 : 방위사업청 주무관
 2014년 2월 : 광운대학교 대학원 방위사업학과 공학석사
 2012년 3월 : 광운대학교 방위사업연구소 연구원
 2014년 8월 : 광운대학교 대학원 방위사업학과 박사과정 수료
 <관심분야> 국방로봇, 방위사업

김 진 오 (Jin-Oh Kim)



1985년 2월 : 서울대학교 대학원 기계공학 학사 및 석사
 1992년 8월 : Carnegie Mellon Univ. 로보틱스 박사
 1993년 12월 : 일본 SECOM 로봇그룹 연구원
 1998년 9월 : 삼성전자 로봇사업부장
 1999년 3월 : 광운대학교 로봇학부 교수
 <관심분야> 로봇공학, 국방로봇, 로봇설계

최 용 훈 (Yong-Hoon Choi)



1997년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 학사 및 석사
 2001년 2월 : 연세대학교 전기전자 공학 박사
 2002년 3월 : (미)메릴랜드 주립대 Postdoctoral Research Associate
 2005년 8월 : LG 정보통신사업부 책임연구원
 2005년 9월~현재 : 광운대학교 로봇학부 교수
 <관심분야> 통신네트워크, 국방로봇