

국방로봇의 운용개념 디자인을 위한 정량화과정 연구

김 율 희*, 김 진 오^o

Study on Quantifying the Operational Procedures for the Concept Design of Defense Robots

Yull-Hui Kim*, Jin-Oh Kim^o

요 약

본 연구는 국방로봇의 운용개념 디자인 시 획득기간을 단축하기 위해 COTS개념을 적용한 로봇작업 시나리오를 디자인하고, 정량화과정을 통해 인간과 로봇의 작업을 조정하는 방법을 제시하였다.

Key Words : Defense Robot, Requirement, COT S, Mediation, Commercial technology

ABSTRACT

The purpose of this study is to design robot operation scenarios by applying COTS concept to shorten the acquisition period in the concept design of operation of defense robots and mediated the man and robot task through quantification process.

I. 서 론

국방 분야에서 로봇과 같이 새로운 운용개념을 필요로 하는 체계를 도입하는 것은 민간에 비해 많은 과정과 시간이 필요하다. 체계를 운용하기까지 통상 10년 이상의 시간과 비용이 소요되며, 여기에 로봇 개발 시 발생하는 기술적·행정적 리스크가 더해지면 시간과 비용은 더욱 늘어난다. 그럼에도 국방 분야에 로봇이 필요한 가장 주된 이유는 로봇은 인간의 임무를 대신하여 전장에 투입할 수 있다는 것이다. 다른 무기체

계는 인간을 대신 할 수 없지만 로봇은 부상도, 죽어도 인간을 대신 할 수 있기 때문이다.

한편 인간을 대신하기 위해 국방로봇에 사용되어야 하는 기술들은 성장하고 있는 기술이 다수이다. 인간을 전장으로부터 자유롭게 하는 로봇기술을 성숙시키기 위해서는 국가적으로 많은 시간과 예산을 투자해야 한다. 하지만 로봇기술 개발과 성숙을 기억하기란 쉽지 않은 일이다. 그러므로 최고의 성능보다는 최적의 성능을 가진 국방로봇을 최대한 빨리 획득하여 운용하며 기술을 개선 발전시키는 것이 앞으로의 로봇 기술 연구기간을 단축할 수 있는 또 다른 방법이다.

즉 야전운용에서 오는 실패와 성공에 대한 다양한 경험에서 로봇기술의 유용성을 검증할 수 있게 된다.

따라서 국방로봇을 빠른 시일 내에 획득하려면, 상용화 기술을 무기체계 혹은 전력지원체계에 활용하는 COTS(Commercial-Off-The-Shelf)를 적용한 로봇작업에 대한 운용개념이 필요하다.^[1]

국방로봇의 운용개념 디자인은 국방로봇의 작업과 로봇이 수행해야 할 작업능력에 대한 시나리오를 구상하고, 이를 기반으로 로봇작업 능력 발휘에 필요한 기능을 식별한다. 이렇게 식별된 기능은 상용화된 기술의 활용가능성을 판단하고 이 기능들을 로봇의 3요소로 구분하게 되면, 로봇 작업을 정량화 할 수 있게 되며, 이를 기준으로 인간과 로봇간의 정량적인 작업 조정이 가능해 진다.

II. 국방로봇 운용개념 디자인의 정량화

2.1 국방로봇 운용개념 디자인 개요

국방로봇의 운용목적이 전장에서 인간을 대신하여 죽거나 다쳐야 하는 것이라면 로봇과 인간의 거리는 멀수록 바람직하다. 원거리에서 국방로봇이 임무를 수행하려면 로봇이 주어진 임무 모두를 수행해야 한다. 즉 기존에 인간이 수행했던 작업 모두를 로봇이 수행하는 것으로 작업을 구성해야 한다. 하지만 로봇은 인간의 신체구조와 다른 구조를 가지고 있으므로, 인간이 하던 기존의 작업을 로봇이 그대로 구현할 수는 없다. 로봇은 이펙터, 액츄에이터 등 다양한 장치를 장착할 수 있지만 기술적으로 아직까지 인간의 자유도를 모두 구사하지 못하기 때문에 인간의 동작을 그대

* 본 논문은 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(NRF-2017S1A5B8060156)

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

o Corresponding Author : (ORCID:0000-0001-7036-3155)KwangWoon University's Division of Robotics, jokim@kw.ac.kr, 정회원
논문번호 : 201806-C-097-LU, Received June 7, 2018; Revised June 21, 2018; Accepted June 25, 2018

로 구현하기 어렵다. 그러므로 인간이 하는 작업동작을 로봇이 그대로 모사하는 것은 비효율적이다.^[2]

그러므로 국방로봇의 운용개념을 디자인하기 위해서는 작업을 기준으로 디자인 하되, 이전의 인간이 하던 작업과는 다른 작업, 즉 새로운 작업과 프로세스로 시나리오를 구상하여야 한다.

효과적인 작업 프로세스란 현재의 상황에 맞추어 작업이 가장 적합하도록 선택된 또는 조정된 프로세스 시나리오로써 프로세스 고유의 목적을 달성할 수 있도록 단위 작업들이 식별되어야 하며, 단위 작업의 주체 등 선후관계가 프로세스 실행과 관련된 다양한 규칙이나 기준에 위배되지 않아야 한다.^[3]

한편 상황에 따라 주변이 급변하는 비정형화된 환경을 가지고 있는 국방 분야에서 로봇만으로 임무작업이 구성된다면 높은 기술수준이 뒷받침 되어야 하기 때문에 그에 따르는 개발기간과 비용은 기약하기 어렵다. 그러므로 빠른 시일 내에 국방로봇을 획득하려면 인간과 로봇이 협업하는 작업으로 디자인 되어야 한다. 즉, 제품에 사용되고 있는 검증된 상용화 기술을 사용하여 개발기간을 단축하고, 수준이 높아 기술개발까지 비용과 시간이 많이 소요 되는 작업은 기술개발 전까지 인간이 담당하는 디자인으로 작업을 구현한다.

2.2 COTS의 개념

COTS(Commercial-Off-The-Shelf)란 민간에 의해 개발된 상용제품을 통칭하기 위해 군에서 사용하는 약어로서, 군에서 개발하지 않고 바로 획득할 수 있는 기성품을 뜻한다.

1991년 미국 국방부는 COTS 사용에 대하여 최초로 제시하였으며, 1994년 미 국방부 장관인 William Perry가 국방 분야의 상용제품 적용을 언급한 이후 군에 적용되기 시작하였다. 1990년대는 PC 등이 보급되는 등 IT혁명이 일어난 시기로 미군은 통신 분야를 중심으로 민간의 상용기술 및 제품을 사용하기 시작하였다. 우리군 또한 국방통신 분야를 중심으로 상용화 기술 또는 상용화 제품을 사용하고 있으나 제도적인 측면에서의 적용은 미비한 편이다.^[4]

2.3 국방로봇 운용개념 디자인의 정량화 과정

국방로봇의 운용개념은 시나리오에 따라 다양한 작업으로 디자인 할 수 있다. 운용개념 시나리오를 비교하고 인간과 로봇의 작업을 조정하기 위해서는 정량화가 필요하며 다음 그림 1과 같은 과정으로 이루어진다.

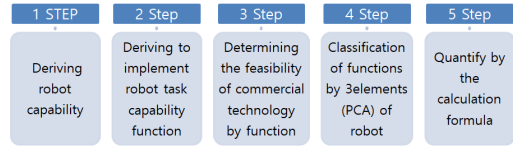


그림 1. 국방로봇 운용개념 디자인 정량화 과정
Fig. 1. Defense Robot quantify the process of operation concept design

국방로봇의 운용개념에 대해 작업을 기준으로 시나리오가 완성되었다면, 정량화를 위한 1단계에서는 각 작업별로 필요한 로봇의 능력을 도출해야 한다. 로봇의 능력은 단위작업에 국한되지 않으며, 여러 작업에 중복되어 필요할 수 도 있다. 2단계에서는 로봇의 능력들을 구현할 수 있는 기능들을 도출해야 한다. 3단계에서는 COTS의 개념을 적용하여 각 기능별 상용화 기술의 활용가능성에 대한 전문가 집단의 판단이 이루어진다.

4단계에서는 각 기능들은 다시 로봇의 3요소(PCA) 별로 구분하고 5단계에서 이를 정량화하게 된다.

본 연구에서는 국방로봇의 경로생성과 관련된 작업을 중심으로 다음과 같이 정량화 과정을 제시하였다.

2.3.1 1단계 : 국방로봇 작업능력 도출

로봇의 운용개념 시나리오 중 로봇의 새로운 작업에 해당되는 ‘경로생성(그림 2의 Robot New Task 1)’을 하나의 단위 작업으로 구성 하였다면, 로봇에게는 경로생성 작업을 수행하기 위해 위치정보를 송수신하여 위치를 식별하고, 이를 기반으로 목표지점으로 이동하기 위해 Control Tower등에서 루트가 파괴되거나, 적의 진입이 예상되어 작전상 루트를 폐쇄하는 등 이동 시 제한이 되는 주변 경로들의 상태정보를 받아 주어진 임무와 연계하여 최적의 경로를 생성하는 능력이 요구된다.

이를 수행하기 위해 로봇은 ‘위치식별 및 최적 경로생성 작업능력(그림 2의 Robot Capability 1)’이 필요하다.

2.3.2 2단계 : 기능 도출

위와 같은 위치 식별 및 최적 경로생성의 작업능력을 구현하기 위해서는 ‘현재 위치를 확인 할 수 있는 기능(그림 2의 Function 1)’, ‘목표 지점으로 진입이 가능한 주변 경로들에 대한 정보 수신 기능(그림 2의 Function 2)’, ‘수신정보를 바탕으로 최적의 경로를 생성하는 기능(그림 2의 Function 3)’이 필요하다.

2.3.3 3단계 : 상용화 기술 활용 가능성 판단

로봇작업능력에 필요한 기능이 도출되었으면, 각 기능별 상용화 기술의 활용가능성 여부를 판단해야 한다. 예를 들어 위치확인 기능(그림 2의 Function 1)의 경우 GPS 기술이 상용화 되어 있다. GPS 기술은 재밍 방어가 가능한 군사용으로도 존재하며, 오차범위가 적거나 속도가 빠른 민간의 상용화 기술도 존재하기 때문에 상용화 기술을 활용하면 위치 확인기능과 관련된 기술개발 소요를 줄일 수 있다.

반면, 진입 가능한 경로정보를 수신하는 기능(그림 2의 Function 2)은 Control Tower에서 야전의 상황을 수집하여 생성한 정보를 로봇이 수신하는 것으로, 정보수신에 앞서 군의 전시 또는 평시의 경로정보 수집·가공 등과 관련된 기술개발이 선행되어야 한다.

또한 최적 경로생성기능(그림 2의 Function 3)과 관련하여 많은 기술들이 존재하나 상용화를 위해 성장하고 있는 기술이 다수이며, 설사 기술성숙도를 달성하였다 할지라도 야전의 환경에서는 운용이 되지 않을 가능성이 높다.

따라서 위치확인 기능(그림 2의 Function 1)은 상용화 기술이 존재하여 활용가능성이 있는 반면, 진입 가능한 경로정보를 수신하는 기능(그림 2의 Function 2)과 최적 경로생성기능(그림 2의 Function 3)은 상용화 기술이 진행 중이거나 존재하지 않으므로 활용 가능성이 없다.

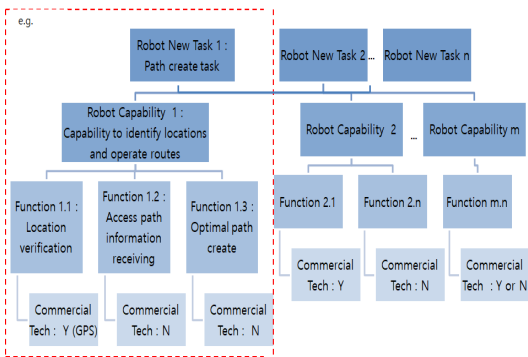


그림 2. 1~3단계 과정 간의 관계
Fig. 2. Relationship Between Steps 1 and 3

2.3.4 4단계 : 로봇 3요소(PCA)별 기능 분류

로봇의 3요소(PCA)는 Perception(탐지/센싱), Cognition(인지/판단), Action(이동/행동)을 뜻하는 것으로 카네기멜론대학교에서 정의하였다. 3요소는 각각의 기능이 독립적인 동시에 서로 연계성을 가지고 있으며, 보완적 역할이 되기도 한다.^[5]

위의 그림 2에서와 같이 3단계까지 로봇에 필요한 기능을 도출하고 각 기능별 상용화 기술 활용가능성을 판단하였다면, 기능들을 다음의 표 1과 같이 로봇의 3요소(PCA)에 따라 분류한다.

표 1. 로봇 3요소에 따른 기능 분류
Table. 1. Classification of functions by 3 elements(PCA) of robots

| Factor | Function | Commercial Tech |
|------------|----------------------------------------------------------|-----------------|
| Perception | Function 1.1 (e.g. Location verification) | Y |
| | ... | ... |
| | Function m.n | Y or N |
| Total | y | r ₁ |
| Cognition | Function 1.2 (e.g. Access path information receiving) | N |
| | Function 1.3 (e.g. Optimal path create) | N |
| | ... | ... |
| | Function m.n | Y or N |
| Total | x | r ₂ |
| Action | Function 2.1 | Y |
| | ... | ... |
| | Function m.n | Y or N |
| Total | z | r ₃ |

2.3.5 5단계 : 산출식에 따른 정량화

본 연구의 국방로봇 운용개념 디자인 시나리오는 국방로봇이 모든 작업을 수행한다는 전제 하에 작업을 구성하였다. 하지만 현재의 기술로는 국방로봇이 모든 작업을 수행하도록 구현하기 어려우며 인간이 일정부분 작업을 수행하여야 한다. 이를 위해서는 인간과 로봇간의 작업 조정(Mediation)이 이루어 져야 하며 조정의 판단기준으로 정량적 분석이 활용된다.

다음의 그림 3과 같이 Perception의 기능, Cognition의 기능, Action의 기능으로 분류하고, 각 요소별 기능의 합을 차례로 y, x, z이라고 할 때, 이중 상용화 기술의 활용 가능성이 있는 기능 값을 각각 r₁, r₂, r₃이라고 하면, 여기서 r₁, r₂, r₃의 면적에 해당하는 값은 국방로봇이 새로운 개발 없이 상용화된 기술을 기준으로 수행할 최소한의 작업의 양과 같다.

전체 면적에서 국방로봇의 작업 면적을 제외한 나머지 면적은 인간이 수행할 작업 영역이 된다.

앞서 언급하였듯이 로봇이 모든 작업을 수행하는 것을 전제로 운용개념을 디자인하였기 때문에 상용화 기술을 활용하지 못하는 로봇작업에 대한 운용개념 디자인에 대한 조정은 다음과 같이 이루어져야 한다.

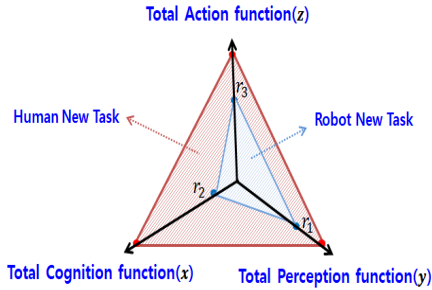


그림 3. 국방로봇 운용개념 디자인을 위한 정량화
Fig. 3. Quantification for design mediations of defense robot operation concept

로봇의 작업인 ‘경로생성 작업’은 진입 가능한 경로정보를 수신하는 기능(그림 2의 Function 2)에 대해 활용 가능한 상용화 기술이 존재 하지 않으므로, 인간이 전시 또는 평시의 경로정보를 수집 가공하여 로봇에게 전송하는 작업으로 조정이 된다.

또한 최적 경로생성기능(그림 2의 Function 3)은 기술을 개발 할 때까지 인간이 대체하게 된다. 민간의 기술을 국방로봇에 맞도록 개선하거나 혹은 새롭게 국방로봇에 맞는 기술을 개발 하여 기술이 활용 가능해 질 때 까지 인간이 경로정보를 기반으로 최적의 경로를 도출하고 이를 로봇에게 전송하는 작업으로 조정된다.

따라서 인간은 ‘경로정보 수집 및 최적경로 전송 작업’이 새로이 생기게 되고 로봇은 ‘정보수신 후 경로생성 작업’으로 변경되면서 작업의 영역 내에서 인간의 작업과 로봇의 작업간의 조정이 이루어진다.

이러한 작업 조정 이후 로봇의 작업능력과 기능도출 등이 새롭게 이루어지며 정량화 과정을 순환 반복(iteration)함으로써 여러 가지 유형의 운용개념 시나리오가 도출된다.

여러 가지 시나리오가 도출됨에 따라 기술 개발 추이, 획득 기간 등 상황에 가장 적합한 작업 프로세스로 구성된 운용개념 시나리오에 따라 국방로봇을 개발 할 수 있다.

III. 결 론

본 연구는 COTS의 개념을 적용하여 국방로봇 운용개념 디자인을 정량화함으로써 기존의 시나리오 차원에서 제기되었던 운용개념 디자인을 정량화 하였다.

또한 정량화를 기반으로 인간과 로봇의 작업의 영역을 조정함으로써 상황에 적합한 국방로봇 운용개념 디자인을 도출 할 수 있다.

또한 상용화 기술을 바탕으로 국방로봇의 운용개념을 디자인함으로써 국방로봇의 획득기간과 예산을 단축 할 수 있다.

References

- [1] T.-H. Lee and J.-C. Lee, “On the method of applying COTS through restriction analysis in weapon systems development,” *J. Korea Academia-Ind. Cooperation Soc.*, vol. 14, no. 4, pp. 1896-1902, Apr. 2013.
- [2] Y.-H. Kim, J.-O. Kim, and Y.-H. Choi, “Study on the quantitative requirements raising method considering the characteristics of the defense robot,” *J. KICS*, vol. 43, no. 02, p. 288 Feb. 2018.
- [3] H.-Y. Jang, “Study for work process standardization due to digital design environment change,” *J. Korea Design Knowledge & Industry*, vol. 14, p. 25, Jun. 2010.
- [4] H.-K. Kang, “A case study on applying commercial off the shelf(COTS) into the military radio and activation plan,” A Master’s thesis, Kwangwoon University Graduate School, pp. 6-46, 2012.
- [5] 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. 25-27, 2016.