

해양 환경 변화에 따른 유전 알고리즘 기반의 대잠전 전술 생성에 관한 연구

박강문¹ · 신상복¹ · 김선재¹ · 황재룡^{1*}

Tactics Generation about Anti-submarine using Genetic Algorithm through Oceanography Environmental Change

Kang-moon Park¹ · Sang-bok Shin¹ · Seon-jae Kim¹ · Jaeryong Hwang^{1*}

¹Department of Computer Science, Korea Naval Academy

요 약

해상에서 잠수함을 마주하는 급박한 상황에서 올바르게 상황을 판단하는 것은 매우 중요하다. 지휘관의 잘못된 판단으로 한순간에 아군을 전멸로 몰고 갈 수 있기 때문이다. 이러한 위급한 상황에서 인간 지휘관을 대신하여 적합한 전술을 생성하고 효과도를 분석하기 위하여 기존에 지능 에이전트와 유전 알고리즘을 사용한 연구가 진행된 바 있다. 본 연구에서는 각 함정 및 잠수함에 추론엔진 기반의 에이전트를 적용하고, 각 에이전트에 유전 알고리즘 기반의 규칙을 적용하여 변화하는 상황에 적응하여 최적의 전술이 도출될 수 있도록 하였다. 그리고 간단한 시뮬레이션을 통해서 적 잠수함의 성능에 따른 아군의 위협도를 분석해보고 그에 따른 적합한 전술을 유전알고리즘을 사용하여 생성하였다. 또한 생성된 전술들에 대해서 평가해 보고 왜 그런 결과가 나오게 되었는지 분석하였다.

ABSTRACT

Making proper judgements in urgent situations facing a submarine at the sea is very critical. This is because the commander's misjudgements could drive the entire ally to destruction in a moment. In order to generate appropriate tactics on behalf of the human commander and to analyze the effectiveness in such emergency situations, studies using intelligent agents and genetic algorithms have been conducted. In this study, inference engine based intelligent agent is adopted to each warship and submarine to generate optimal tactics on the variable environment with genetic algorithms. And we analyze the risk of the alliance according to the performance of the enemy submarine through a simple simulation and generate appropriate tactics using the genetic algorithm. Also generated tactics are evaluated and the results are analyzed to figure out why such results are formed.

키워드 : 대잠전, 에이전트 기반 시뮬레이션, 유전 알고리즘, M&S

Key word : Anti-submarine tactics, Agent-based simulation, Genetic algorithm, M&S

Received 7 December 2017, Revised 15 December 2017, Accepted 31 January 2018

* Corresponding Author Jaeryong Hwang(E-mail:jhwang@navy.ac.kr, Tel:+82-55-572-5249)
Department of Computer Science, Korea Naval Academy

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2018.22.2.362>

pISSN:2234-4772

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

무인화의 시대를 맞아서 기존에는 모두 인간이 조작 하던 장비들이 점차적으로 무인 시스템으로 대체되고 있다. 군사무기체계 분야에서도 무인항공기 및 무인수상정 등 다양한 무기체계들이 개발 및 연구되고 있으며, 그 활용 분야도 단순 감시·정찰 임무에서 벗어나 폭발물 처리, 재난 구조, 보급품 지원 등으로 확대되었다. 또한 최근에는 무기를 장착하고 목표를 공격하는 화력지원으로 발전하고 있다.

무인 시스템의 자율화 기술은 사람의 간섭 없이 무인 시스템 자율적으로 판단하고 행동할 수 있도록 하는 기능이다. 이러한 무인 시스템의 요구사항에 맞추기 위하여 최근까지는 Human in the loop 형태의 인간이 개입 하던 반자율 시스템이 개발되어 왔지만, 인간이 항상 시스템을 모니터링 할 수는 없다는 한계점이 존재했다. 또한 인간 지휘관이 모든 상황에서 올바른 판단을 빠르게 내릴 수는 없다.

이러한 한계점을 극복하기 위하여 지능 에이전트를 활용하여 전술 판단을 내리도록 하는 연구들이 진행된 바 있다[1,2]. 하지만 기존의 연구들은 주어진 상황에 대해서 최적의 전술을 찾아내는데 그치고 있다. 특히 대잠전과 같은 군의 전투 상황은 적군과 아군의 무기체계의 능력과 같은 고정된 평가요소 뿐만 아니라 수온, 해류, 및 바다 상태 등과 같은 유동적인 환경요인들에 의해 영향을 받기 때문에 같은 임무라고 할지라도 변화하는 환경 조건에서의 실시간 전술 생성이 필요하다.

본 연구의 목적은 변화하는 해양 환경에서 유전 알고리즘을 사용하여 전술 생성의 가능성을 알아보는 것이다. 본 논문에서는 여러 조건에 따른 더 적합한 전술을 찾기 위해서 주변 환경을 변화시켜가며 전술생성 시뮬레이션을 수행하였다. 그리고 유전알고리즘을 적용한 전술생성 시뮬레이션 결과 환경 변화에 따라 상이한 전술을 얻을 수 있었다.

II. 관련 연구

2.1. 전술 자동 생성에 관한 연구

현대 전장 환경과 같이 복잡하고 가변적인 군 임무 상황에서 최적의 전술을 찾아내는 일은 매우 어렵다.

실제 유사 환경 하에서 모의 전투 등을 수행하기에는 인적·물적 자원이 많이 필요할 뿐만 아니라 시뮬레이션을 통하여 해당 전술의 효과도를 분석하더라도 해당 전술이 최적이라고 확신할 수 없기 때문이다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 컴퓨터를 활용한 자동화된 의사결정 시스템을 도입하여 군 임무 환경 및 전술상황을 모델링하고 이를 바탕으로 전술을 자동으로 생성하도록 하는 연구가 이미 수차례 수행된 바 있다[3,4,5].

대표적으로 함정간의 전투에서 유전 알고리즘을 활용한 전술 자동 생성 연구가 있다[3]. 해당 연구에서는 1:1 및 다대다 함정 교전 시뮬레이션에 유전 알고리즘을 적용하여 각기 다른 형태의 전술들을 생성하는데 성공하였다. 기만 전술, 유인 전술, 포위 전술 등 다양한 전술이 생성되었으며 유전 알고리즘을 사용한 전술 생성의 타당성을 검증하였다. 하지만 같은 수의 수상함간의 전투에서만 전술생성 실험을 진행하였고, 고정된 특정 환경에서의 전술 생성만 수행하고 분석하였다는 한계점을 가진다.

2.2. 대잠전 시뮬레이션 연구

대잠전은 수상함이 잠수함을 상대로 하는 작전을 의미한다. 대잠작전에서 함정 전투에 영향을 주는 요소는 매우 다양하다. 적 및 우군 플랫폼의 능력 뿐만 아니라 작전 해역의 해저지형, 지질, 염분, 수온 등과 같은 다양한 해양환경 요인들로 인하여 많은 영향을 받기 때문에 이를 정확하게 모델링 하는 것은 매우 어려운 일이다.

대잠전을 모델링하고 시뮬레이션하기 위한 연구는 계속해서 시도되어왔다. 잠수함 시뮬레이션을 위해서 초기 단계의 연구로 수중운동체의 모델링 및 시뮬레이션을 위한 연구가 진행된 바 있다[6]. 이 연구에서는 수중운동체를 모델링하기 위하여 Zeigler가 제안한 DEVS (Discreet Event Specification) 모델링 형식론[7,8]을 도입하였다. DEVS 형식론의 도입으로 수중운동체의 세부 모델들을 모델링한 후 시뮬레이션을 통하여 결과를 분석하였다.

DEVS 모델링 형식론을 도입하여 수중운동체 교전 시뮬레이션을 위한 공간모델 개발 연구[9]와 잠수함과 수상함의 교전 상황을 시뮬레이션한 연구[4] 또한 수행된 바 있다. 해당 연구들에선 잠수함 및 수상함을 모델링한 후 시뮬레이션이 수행될 수 있는 환경을 개발하였

다. 그리고 개발된 환경에서 특정 시나리오를 중심으로 시뮬레이션을 수행하여 효과도를 분석할 수 있었다. 하지만 위 연구들에서는 단순히 시뮬레이션 환경만을 제시하거나 특정 상황에서의 전술적 결과만을 분석한 데 그치고 있다.

III. 시뮬레이션 모델링

3.1. DEVS 형식론 기반 시뮬레이션 모델링

3.1.1. 실험틀 모델

DEVS 형식론 기반의 시산사건 시뮬레이션 모델링을 위해서 먼저 실험틀 모델인 EF(Experimental Frame) 모델을 구성하였다. EF 모델은 대상 모델의 입력을 생성하고 입출력을 분석하는 역할을 수행한다[10]. 따라서 본 연구의 시뮬레이션에서도 EF 모델을 통하여 모델의 입력값을 생성하고 결과를 분석하는데 사용할 EF 모델의 구성은 그림 1에서 확인할 수 있다.

그림 2에는 Generator 모델의 상태전이도이다. Generator 모델은 시작 신호, 탐지 값 같은 시뮬레이션에서 필요한 입력값을 생성해준다. 그렇게 생성된 입력값은 EF 모델 밖으로 나가게 되고 시뮬레이션 상에서 실제로 작동하게 될 모델들에 전달된다. 그림 3은 Transducer 모델의 상태전이도이다. Transducer 모델은 시뮬레이션 수행 도중 출력된 값들을 받아서 분석하는 역할을 한다.

3.1.2. 함정 에이전트 모델

전투함 에이전트 모델은 그림 2와 같이 센싱 모델, 의사결정 모델, 액션 모델로 구성된다. 센싱 모델은 EF의 Generator 모델로부터 주변 환경 정보를 입력을 받아서 퍼지화 처리한 후 의사결정 모델로 보내준다. 의사결정 모델은 해당 시뮬레이션에서 함정이 어떻게 움직이고 반응할 것인가에 대한 전술 정보를 포함하고 있다. 유전 알고리즘을 통해서 이 의사결정 모델이 포함하고 있는 규칙이 변하게 된다. 센싱 모델이 처리해서 보내준 정보들을 기반으로 가지고 있는 규칙을 통해 현재 상황을 판단한 후에 액션 모델에 수행할 역할을 명령의 형태로 전달한다. 액션 모델은 의사결정 모델로부터 받은 명령을 수행하여 그 결과를 EF의 Transducer 모델로 전달해준다.

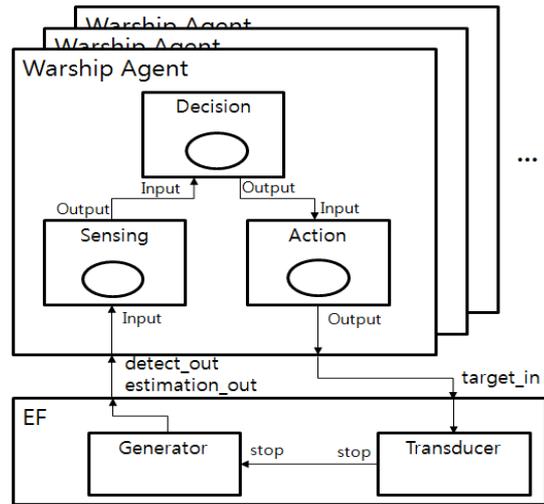


Fig. 1 Model structure

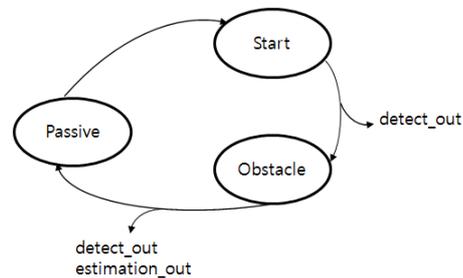


Fig. 2 State transition diagram of generator

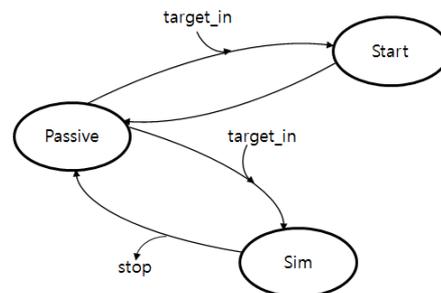


Fig. 3 State transition diagram of transducer

3.2. 시뮬레이션 시나리오

시뮬레이션을 수행할 시나리오는 기존의 대전 시뮬레이션 연구[4,5]에서 사용한 시나리오를 참고하여 그림 4와 같이 구성하였다. 기존의 시나리오에서 공격능력이 없는 HVU(High Value Unit) 대신 수상함을 추가하였고, 해저 임의의 위치에 허위 표적이 생성되도록

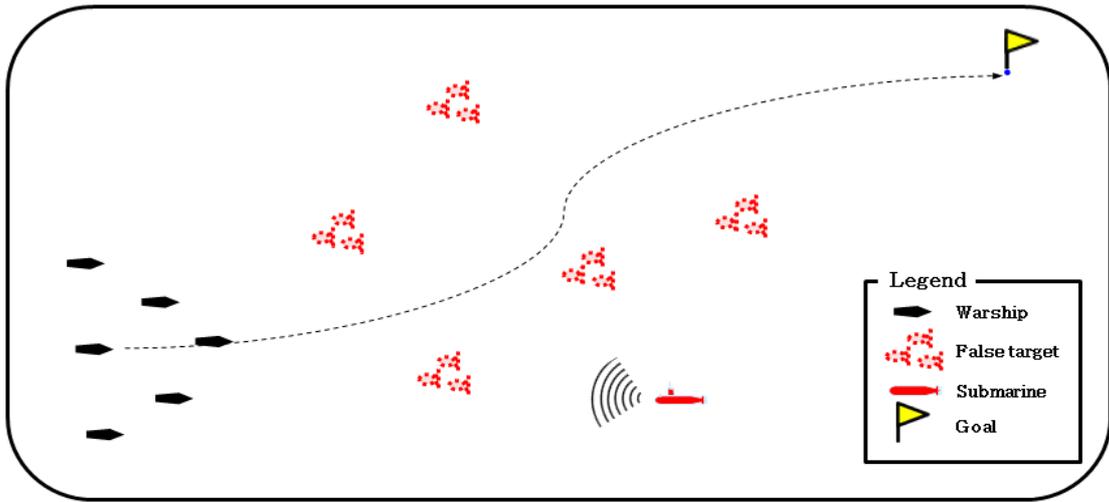


Fig. 4 Simulation scenario

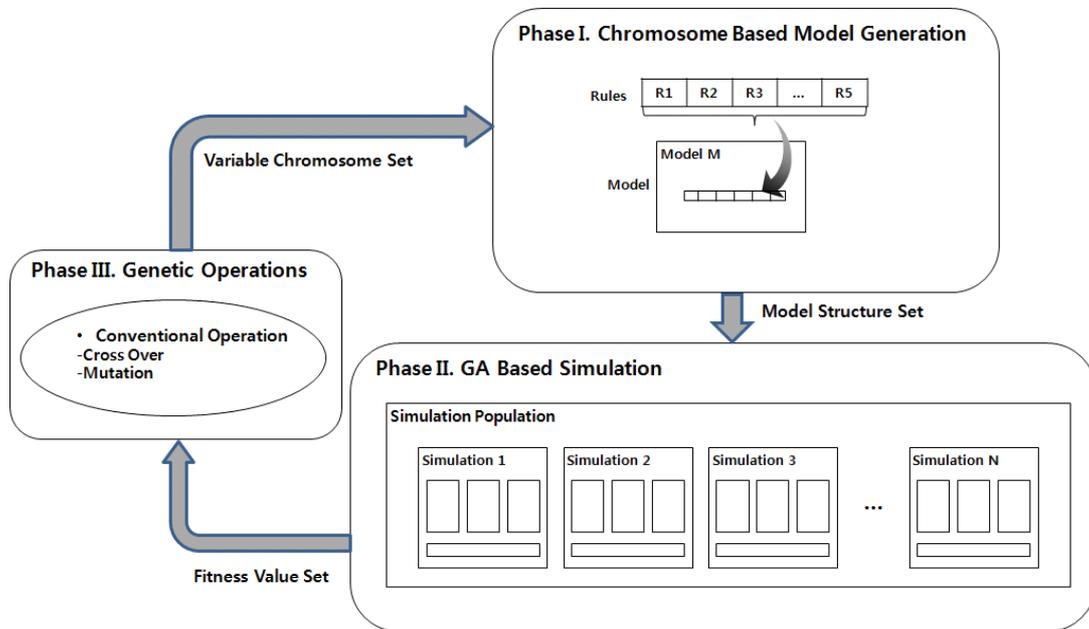


Fig. 5 Applying of genetic algorithm

하였다. 허위 표적은 어군, 암초나 수괴와 같이 센서 상에 적 잠수함으로 오인될 수 있는 물체를 통틀어서 나타낸다.

수중 대잠전 시뮬레이션을 수행하기 위해서는 실제 대잠전 전투수행 절차에 대한 고찰이 선행되어야 한다. 수상함에는 레이더, 소나 등의 탐색장비와 함께 어뢰, 기만기 등의 공격 무기체계가 탑재되어 있다. 이를 활

용하여 전술 상황에서 적 잠수함을 공격할 것인지 회피할 것인지를 판단하게 된다. 이러한 의사결정 절차는 잠수함 탐색/탐지, 평가, 의사결정(공격 및 회피기동), 행동의 총 4단계로 구분할 수 있다.

어군 함정들은 초기 위치에서 목표를 향해서 일정 속도로 이동한다. 이동하는 도중 센서에 표적이 탐지되면 그것이 허위 표적인지 적 잠수함인지 식별하기 위한 프

로세스에 들어가게 되고, 식별된 표적이 허위 표적이거나 잠수함일 경우에 어떤 행동을 취할지 결정하게 된다. 이러한 과정을 거쳐서 아군 함정들이 목표지점에 도달하게 되면 임무 성공, 그러지 못하면 임무 실패가 된다.

위 시나리오를 기반으로 허위 표적의 수를 변화시키며 아군 전투함의 의사결정 모델이 포함하고 있는 전술의 규칙들을 유전 알고리즘을 통해서 진화시키고 최종적으로 발생하는 결과를 분석하였다.

3.3. 유전 알고리즘의 적용

유전 알고리즘은 진화적 방법을 따르는 탐색 알고리즘으로써, 초기 인구를 바탕으로, 유전 연산자를 이용하여 후손을 교배하고 생산하는 과정을 거치면서 이전 세대보다 더 나은 결과를 탐색해 나가는 알고리즘이다 [11].

유전 연산자는 교차(Cross-over)와 변이(Mutation)가 있다. 교차를 통해서 부모 개체의 염색체를 서로 섞게 되고, 변이를 통해서 기존에 없었던 형질을 만들어낸다.

하나의 규칙은 'if - then' 형식으로 구성되는데, 그림 5에서와 같이 Phase 1에서 규칙들의 조합으로 모델을 만들어낸다. 그 후에 Phase 2에서 모델들을 조합하여 시뮬레이션을 만들고 해당 시뮬레이션을 수행한다. 그리고 그 시뮬레이션 결과를 바탕으로 Phase 3에서 다음 세대에서 살아남을 개체와 교배할 개체를 결정하여 다음 세대의 모델들을 구성한다. 이 과정을 반복하여서 최종 결과를 도출하게 된다.

초기 인구는 50으로, 임의의 규칙 10개를 가진 상태로 생성된다. 그리고 각 개체들의 전술에 대한 시뮬레이션을 수행하여 임무 성공률을 적합도 값으로 지정하여 다음 세대에 자손을 남길 상위 10%의 개체를 선택하였다. 그리고 선택된 자손들끼리 교배를 하는 과정에서 교차와 돌연변이 연산을 통해서 규칙의 조건이나 행동이 변하게 된다.

IV. 시뮬레이션 결과 및 분석

해양환경의 변화에 따른 유전 알고리즘 적용 결과 발생된 전술을 비교·분석하기 위하여 허위표적의 개수가 0개인 시뮬레이션과 1개부터 5개까지 변하는 상태의 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션을 수행하며 유

전 알고리즘을 통해 아군 전투함의 의사결정 모델을 10 세대에 걸쳐 진화시킨 결과, 허위 표적 수에 따른 임무 성공률은 그림 6과 같다. 허위 표적의 개수가 0개 또는 1개인 경우에는 높은 0.3 이상의 높은 성공률의 전술로 진화하는 모습을 보였다. 하지만 허위 표적의 개수가 2개 이상이 되면 점차 최종 진화 형태의 임무 성공률이 감소하는 모습을 보인다. 그리고 허위 표적이 4개 이상이 되면 임무 성공률이 거의 유사하거나 더 감소하는 형태를 나타낸다.

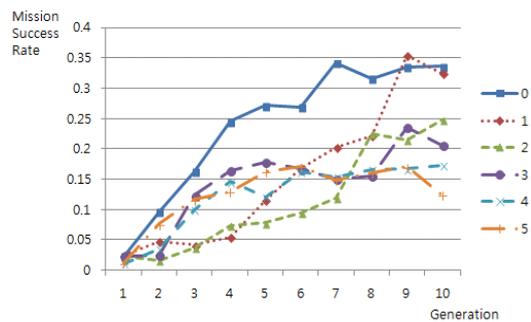


Fig. 6 Simulation result

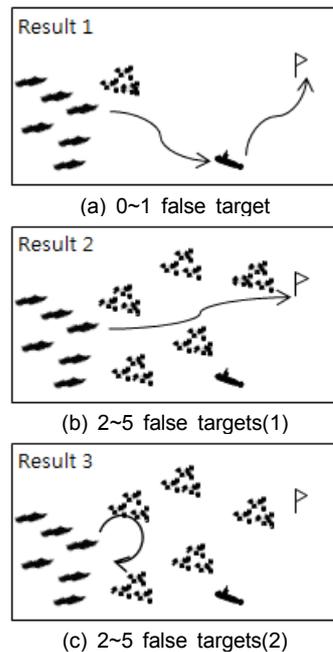


Fig. 7 Generated Tactics

허위표적의 개수가 0 또는 1개인 시뮬레이션의 최종 진화된 전술의 모습을 분석해보면 그림 7.(a)와 같이 주변을 적극적으로 탐지한다. 그리고 탐지된 표적 중에 적 잠수함이 있다면 일단 공격을 시도하고 적 잠수함이 격침되는 것을 최우선 목표로 삼는 모습을 보인다.

하지만 허위 표적이 2~5개인 경우에는 그림 7.(b)와 같이 주변에 대한 탐지를 포기하고 목표를 향해서 이동하는 것을 최우선 목표로 삼는 형태의 전술이 많이 등장한다. 이는 허위표적 식별을 하는 데 걸리는 시간 동안 적 잠수함에게 격침당할 확률이 높기 때문인 것으로 분석된다.

그리고 간혹 그림 7.(c)와 같이 임무 자체를 포기하고 초기 위치에서 이동하지 않는 형태의 전술도 등장한다. 이는 허위 표적의 개수가 적을 때는 탐지에 시간을 많이 뺏기지 않아서 적 잠수함과 전투를 벌여도 승리할 확률이 높지만, 허위 표적의 개수가 많을 때는 탐지하는데 너무 많은 시간을 뺏겨서 전투를 벌일 경우 패배할 확률이 높아지기 때문인 것으로 분석된다.

V. 결 론

본 연구에서는 대잠전 시뮬레이션에 유전 알고리즘을 적용하고 수중 환경의 복잡도를 변화시킬 경우에 아군 수상함의 대잠전 전술이 어떻게 변화할 수 있는지 확인하였다. 그 결과 환경의 복잡도가 낮은 경우에는 허위표적의 탐지나 식별과 같은 일에 시간과 비용을 소모하지 않아도 되기에 적 잠수함과의 교전을 벌이고 격퇴한 후에 임무를 수행하는 것이 더 유리하지만, 환경의 복잡도가 높은 경우에는 교전 자체를 회피하거나 임무를 아예 수행하지 않는 것이 더 유리할 수도 있다는 결과를 얻을 수 있었다.

추후에는 환경 요소뿐만이 아니라 적 잠수함과 아군 수상함의 스펙을 변화시켜가며 실험을 수행할 예정이다. 또한 수상함과 잠수함 외에 추가적인 플랫폼을 추가한 실험도 수행하여 비교분석할 예정이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was partially funded by the Ocean Scholastic Research project at R.O.K Naval Academy.

REFERENCES

- [1] S. H. Shin, K. M. Park, E. B. Lee, S. D. Chi, and S. J. Han, "Agent-based SAF Modeling Tool for DEVS M&S", *Journal of the Korea Society for Simulation*, vol. 22, no. 4, pp. 49-55, Dec. 2013.
- [2] C. H. Jung, H. E. Ryu, Y. J. You and S. D. Chi., "Many-to-Many Warship Combat Tactics Generation Methodology Using the Evolutionary Simulation", *Journal of the Korea Society for Simulation*, vol. 20, no. 3, pp. 79-88, Sep. 2011.
- [3] Y. J. You, S. D. Chi and J. I. Kim, "Simulation-Based Tactics Generation for Warship Combat Using the Genetic Algorithm", *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, vol. 94, no. 12, pp. 2533-2536, Dec. 2011.
- [4] K. M. Park, E. B. Lee, S. H. Shin and S. D. Chi, "Modeling and Simulation for Anti-submarine HVU Escort Mission", *Journal of the Korea Society for Simulation*, vol. 23, no. 4, pp. 75-83, Dec. 2014.
- [5] K. M. Park, S. H. Shin, and S. D. Chi. "The Genetic Algorithm using Variable Chromosome with Chromosome Attachment for decision making model", *Journal of the Korea Society for Simulation*, vol. 26, no. 4, pp. 1-9, Sep. 2017.
- [6] D. Y. Cho, M. J. Son, G. Y. Lee, T. W. Kim, J. G. Park, "A Study on the Tactic Manager for the Modeling & Simulation of the Underwater Vehicles." *Korea CAD/CAM Society Conference*, pp. 392-400, 2007.
- [7] B. P. Zeigler, "Object-oriented simulation with hierarchical, modular models: intelligent agents and endomorphic systems.", San Diego, *Academic press*, 2014.
- [8] B. K. Choi and D. H. Kang, "Modeling and simulation of discrete event systems", New Jersey, *John Wiley & Sons*, 2013.
- [9] S. Ha, N Ku, K. Y. Lee and M. I. Roh, "Development of battle space model based on combined discrete event and discrete time simulation model architecture for underwater warfare simulation.", *Journal of the Korea Society for Simulation*, vol. 22, no. 2, pp. 11-19, Jun. 2013.
- [10] H. G. Hwang, H. K. Kim, and J. S. Lee, "An agent based modeling and simulation for survivability analysis of combat syste.", *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 16, no. 12, pp. 2581-2588, Sep. 2012.
- [11] D. E. Golberg, "Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning", New York, *Addison-Wesley*, 1989.



박강문(Kang-Moon Park)

2011년 한국항공대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
2013년 한국항공대학교 컴퓨터공학과 졸업(석사)
2016년 한국항공대학교 컴퓨터공학과 수료(박사)
2016년~현재 해군사관학교 컴퓨터학과 조교수
※ 관심분야: 인공지능, M&S



신상복(Sang-bok Shin)

2006년 해군사관학교 졸업(학사)
2013년 한국과학기술원 전산학과 졸업(석사)
2017년~현재 해군사관학교 컴퓨터학과 조교수
※ 관심분야: 소프트웨어공학, 국방소프트웨어



김선재(Seon-Jae Kim)

2012년 (미)텍사스 주립대학교 (학사)
2015년 (미)컴벌리아 대학교(석사)
2015년~현재 해군사관학교 컴퓨터학과 조교수
※ 관심분야: MEMS, NEMS, Nano devices



황재룡(Jaeryong Hwang)

2002년 해군사관학교 졸업(학사)
2006년 서울대학교 전기·컴퓨터 공학부 졸업(석사)
2011년 서울대학교 전기·컴퓨터 공학부 졸업(박사)
2011년~현재 해군사관학교 컴퓨터학과 조교수
※ 관심분야: 네트워크, 모바일 컴퓨팅, 보안