

에이전트 기반 지휘통제 모의방법론

이동준¹ · 홍윤기^{1*}

Agent Based Modeling & Simulation for Command and Control

Dong-Joon Lee · Yoon Gee Hong

ABSTRACT

This study suggests a method of command and control in modeling a combat situation. In particular, it presents the structure of an intelligent agent that may substitute for the current system of decision making in the military operation to lead a troop. Today the Korean military war game simulations emphasize on engagements, instead of command and control. This suggested principle will be a good foundation for the today and the future Korean warfare.

Key words : Agent, Modeling & Simulation, Command and control, Troop leading procedure(MDMP)

요 약

군의 전투 상황을 모의하는 전투 시뮬레이션 모델을 개발함에 있어서 현대전, 미래전의 핵심인 지휘통제분야에 대한 모의가 필요하다. 본 논문에서는 교전위주의 현재 위게임 모델을 개선하기위해 군의 의사결정과정인 부대지휘절차를 지능형 에이전트를 이용하는 모의방법론을 제시하였다. 계층별 지휘본부별 대리할 수 있는 다중 에이전트의 아키텍처를 설계하고 각각 에이전트의 기본적인 구조와 모의논리를 연구하였다. 본 연구는 지능형 에이전트의 적용대상을 군으로 확대하는 방법론이 될 것이고, 기본구조를 더욱 심화 발전시키면 불확실한 전장상황을 보다 정확하게 모의할 수 있는 기초가 될 것이다.

주요어 : 에이전트, 모델링 & 시뮬레이션, 지휘통제, 부대지휘절차(군 의사결정절차)

1. 서 론

현대전은 정보전(Information Warfare), 네트워크 중심전(Network Centric Warfare)으로 많은 전술정보체계가 도입되지만 이 체계가 전투에 미치는 전반적인 기여도 특히 “C4ISR(Command Control Communication Computer Intelligence Surveillance & Reconnaissance)의 효과는 어느 정도인가?”에 대한 해답을 찾는 데는 적지 않은 어려움이 있는 것이 사실이다.

현재 한국군이 활용하고 있는 위게임 모델은 약 00가지이며 간부들의 전술적 조치 훈련을 위한 훈련용 위게임

모델, 무기체계의 효과를 분석하거나 작전계획의 실효성을 분석하는 분석용 위게임 모델, 각종 무기체계를 생산하기위해 시제품을 설계하고 보강하는 시뮬레이션 모델 등 그 적용분야는 계속 확대되고 있다.

위게임 모델 적용분야가 다양하게 확대됨에 따라 모델의 개발방법, 모의방법도 발전되고 있으며, 특히 인공지능 분야의 발전과 함께 지능형 에이전트 기법에 의한 모의모델 개발이 미국, 영국, 호주 등에서 이루어지고 있다.

한국군 스스로 독자적인 작전계획을 수립하고 이의 타당성을 분석 및 검증할 수 있어야하고, 적정 군사력 건설을 위한 소요분석 등을 위해서도 심도 깊고 정확한 분석용 모델의 개발이 필수적이다. 최근 한국군이 자체 실정에 부합된 분석용 모델 개발과 종합적인 통합자료체계를 구축하고 있음은 바람직하다.

그러나 미국을 비롯한 선진국은 위게임 모델 개발을 할 수 있는 충분한 연구의 누적, 모델개발 경험과 자료를 확보하고 있는데 비해 한국은 선진국이상으로 정보기술

* 본 논문은 2006년도 한성대학교 연구비 지원으로 완성됨.
2007년 7월 24일 접수, 2007년 9월 5일 채택

¹⁾ LIG넥스원(주) 시스템연구소

²⁾ 한성대학교 산업시스템공학과

주 저 자 : 이동준

교신저자 : 홍윤기

E-mail: yhong@hansung.ac.kr

이 발전하였다고 하나 위와 같은 최적의 모델개발에 필요한 기초적인 연구와 저변을 갖고 있지 못하며 특히 군의 실정을 반영하는 연구가 너무 부족한 것이 사실이다.

2. 에이전트 기반 모의모델

대체로 개체별 행위에 대한 모형화(Modeling)를 시도할 때에 방정식 기반모델은 매우 부적합하다고 알려져 있다. 이는 각 개체의 기본적인 관계를 모형화해야 하거나 개체의 태도(attention)에 초점을 맞추어야 할 때에는 복잡하고 동적인 대상일 경우 더욱 모형화가 어려운 것이다. 그것은 방정식 기반의 모델은 관찰되는 사실(Observables)의 특성에 관심을 두고 측정 가능한 도구(Measure)를 이용하여 이를 정의하려고 하기 때문이다. 이에 반해 에이전트 기반 모의모델은 관점을 바꾸어 각 개체 자신의 행동영역(Active regions)에 기초하여 개체가 하는 일(Do things)을 정의하는 것이다.

2.1 에이전트 기반 모의모델

에이전트는 여러 학자들에 의해 개념이 정리되었으나 대표적으로 Russell과 Norvig의 정의를 정리한 것에 따르면 에이전트는 자신의 감각기관(Sensor)를 통해 환경(Environment)을 인지(percept)하여 작용기(Effector)를 통해 그 환경에 대해 반응(action)하는 시스템을 말한다.

2.2 다중 에이전트 아키텍처

다중에이전트를 구성하는 에이전트의 분류는 대체로 3개의 수준으로 나누어짐을 볼 수 있다. 상위 에이전트(Global Agent)는 외부 환경으로부터 명령을 입력받는 것을 포함하여 내부 환경으로부터 정보를 전달받아 처리과정을 통해 내부의 하위 에이전트에게 명령을 주는 역할을 한다. 중간 에이전트(Local Agent)는 상위 에이전트와 내부의 환경으로부터 정보를 받아 하위 말단의 개별 에이전

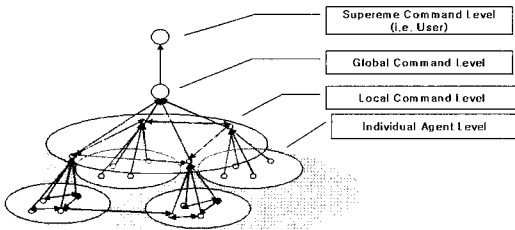


그림 1. 다중 에이전트 시스템 아키텍처(Multi-Agent Systems, Jacques Ferber, Addison-Wesley, 1999)

트에게 명령을 주고 하위 에이전트(Reactive Agent)는 내부 및 외부환경과 중간 에이전트로부터 정보를 전달받아 외부 환경에 영향을 주거나 직접 행동으로 반응하는 역할을 하는 것이다.

2.3 워게임 모델과 에이전트

해외에서 워게임 모델에 에이전트를 적용한 사례를 살펴보면 미국에서는 미 해군 분석 지원센터(CNA Cooperation Center for Naval Analyses)의 지원으로 미 해병 전투발전사령부가 최초 1단계로 ISSAC(Irreducible Semi-Autonomous Adaptive Combat)이라는 개념 증명을 위한 소규모 규칙(Micro-Rules)을 포함하는 조그만 모델(Toy-Model)로 출발하였다. 이후 점차 대규모 행위(Macro-Behavior)를 모의하게 되면서 1997년 EINSTEIN(Enhanced ISSAC Neural Simulation Toolkit)이라는 모델을 개발하였는데 이는 사용자가 쉽게 복잡한 전투행위를 실험할 수 있는 연구실 수준으로 2001년도에는 지휘통제 및 의사결정에 주안을 두고 발전시키게 되었다.

뉴질랜드에서는 국방기술원이 1999년부터 MANA(Map Aware Non-uniform Automata)를 호주 국방대학교에서는 CROCADILE(Conceptual Research Orient Combat Agent Distillation Implemented in the Littoral Environment), WISDOM(Warfare Intelligent System for Dynamic Optimization of Missions) 등을 개발하여 활용하고 있다.

워게임 모델에서의 에이전트는 다음과 같은 개념으로 적용할 수 있다.

첫째, 지휘통제 에이전트는 외부에서 입력하는 모수(parameter)에 의해 가장 일반적이어서 모험하지 않는 안정적인 대안을 선택하는 지휘부의 역할을 하게 한다. 지휘부의 능력에 따라 전투의 국면이 다르게 전개될 수 있겠지만, 상황에 대처하는 방안은 대체로 전문가들이 공감하는 최적의 대안을 선택하게 해야 할 것이다. 이때 이 대안은 향후 워게임 모델에서의 운용을 통해 더욱 많은 전문가들의 조언에 따라 합리적인 대안이 될 것이다.

둘째, 에이전트는 모의모델의 목적에 부합되도록 분야별로 구체적이거나 또는 개략적인 형태로 구성되어져야 할 것이다. 대체로 분석용 워게임 모델에 가장 많이 활용되어 지겠지만 작전계획/방책(CoA)을 분석할 경우와 군구조(Force Structure)를 검토할 경우, 어떤 무기체계를 도입할 것인가, 또는 단위 무기체계의 효과를 분석할 경우 단위 전력의 운용효과 등 다양한 형태의 분석이 이루어지므로 일률적인 에이전트를 적용하기는 어려울 것이다.

셋째, 훈련용 워게임 모델에도 적용할 수 있다. 그동안

대부대의 지휘부가 훈련할 때 예하부대의 역할을 해당 지휘부가 아닌 교육시킨 대리인이 대행하도록 하였으나 에이전트가 대부대 모델과 소부대 모델을 연계할 수도 있을 것이다.

3. 개념모델 설계

모델의 개념적 설계는 시뮬레이션의 기본적인 단계이며, 대체로 Stewart Robinson의 견해에 따랐다. 그는 모델의 개념적 설계는 모델화 상황 이해, 모델화 목표 설정, 입력 및 출력 설계, 구성 설계로 개념적 설계 틀을 설명하고 있다.

3.1 모델화 상황 이해

전쟁에 대비하기위해서 군은 두 가지를 준비해야하는데 하나는 부대의 유형 전투력을 향상시키기 위한 새로운 무기체계의 준비이고 또 하나는 이들 전투력을 효과적으로 운용할 전사 작전계획의 준비이다. 이런 미래준비를 위해 국방시뮬레이션 모델이 필요하다.

새로운 무기체계를 국내생산하거나 해외 도입하기위해서는 어떤 무기가 얼마나 효과가 있는지를 검증해서 필요한 무기체계의 요구성능을 판단해야하는 것이며, 작전계획을 수립하기위해서는 어떻게 부대를 운용해야 효과적인지를 시뮬레이션 해보아야하는 것이다.

이러한 무기체계의 효과분석이나 작전계획의 효과분석을 위해서는 앞에서의 훈련용 모델처럼 많은 인원을 분석에 참여시킬수 없으며 분석제대의 예하부대 지휘관 및 참모는 컴퓨터에 의해 자동적으로 모의되지 않으면 안될 것이다. 따라서 분석용 시뮬레이션 모델에서 지휘관 및 참모가 판단하고 결심하는 것을 대신할 수 있는 것이 필요하다.

3.2 모델화 목표설정

에이전트 기반의 시뮬레이션 모델의 핵심이 지휘관 및 참모가 판단하고 결심하는 것을 대신하는 것이라 할 때 이를 지휘통제 에이전트가 할 수 있을 것이다. 지휘통제 에이전트는 전장 환경(Environment)으로부터 부대지휘절차 적용시 고려요소들을 받아들여(Perception) 전술 상황을 평가하고, 계획을 수립하며 워게임 진행간 전술조치(Reasoning)를 결심한다. 작성된 명령을 반응 에이전트에 전달하면 환경에 대한 대응(Action)이 이루어진다.

첫 번째는 현재의 상황에서 여러 가지 상황을 고려할 때 예하부대를 어디로 배치할 것인가, 이동 시킬 것인가 하는 부대기동에 관한사항이다. 즉 현재의 상황과 미래의 상황을 고려할 때 현재 및 차후에 부대의 어느 위치가 적절한

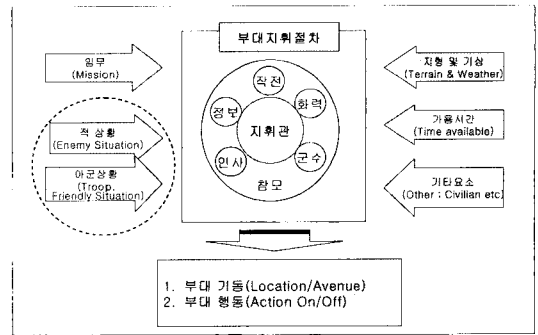


그림 2. 부대지휘절차 모델의 범위

가에 대한 끊임없는 판단이 요구되는 것이다.

두 번째는 교전할 것인가? 회피할 것인가? 정지할 것인가? 이동할 것인가? 하는 부대 행동에 대한 끊임없는 결심이 요구된다. 즉, 부대행동에 대한 결심은 어떠한 상황에서의 실행여부에 대한 결정을 말한다. 위의 부대기동에 대한 판단이 적절한 방책(CoA)를 구하는 것이라면 두 번째는 이의 실행여부를 결정하는 것과도 통한다고 할 수 있다.

3.3 입력 및 출력 설계

계획수립단계에서의 입력물은 5가지로 임무(Mission), 적 상황(Enemy situation), 아군상황(Troop, friendly situation), 지형 및 기상(Terrain & Weather), 시간(Time available)이며 그 외에도 민간요소 등 작전에 영향을 미치는 요소일 경우 입력대상물이 될 것이다.

그리고 산출물은 최선의 방책으로 부대 기동에 대한 최적대안이 만들어 진다. 이러한 부대기동에 대한 최적 방안은 작전실시간에도 계속 만들어지며 이때에도 위의 고려사항들이 평가되면서 대안을 만들어 간다. 계획을 수립하면서 구체화하는 단계에서 작전명령의 각종 세부적인 부록에서 교전여부/이동여부 등 부대행동에 대한 기준과 지침을 준비할 수 있다. 또한 작전실시간 부대행동에 대한 결정도 실시간 변화되는 위의 5가지 입력물에 대한 판단을 하게 되는 것이다.

3.4 모델구성 설계

모델의 범위는 지휘통제에 관한 부분이다. 전쟁양상을 구현하는 것이 전투시뮬레이션이라면 본 연구에서 구현하고자 하는 부분은 지휘통제절차 즉, 부대지휘절차를 통해 이루어지는 의사결정과정을 말한다. 특히 부대기동에 관한사항을 결정하는 과정으로 한정한다. 이는 부대지휘절차의 핵심부분이기 때문이다.

두 번째 한정하는 모델의 해상도는 전술제대급이다. 부대지휘절차는 모든 제대(중대이하 전투제대로부터 사단급이상 전술제대)에 적용하지만 사단급 적용을 표준으로 하고 이에 대한 상하급 부대의 제대별 적용은 관련 요소들을 충분히 고려하여 가감하거나 분야에 따라서는 구체화, 간략화가 가능할 것이다.

부대기능에 대한 사항은 구체적으로 방책발전과정이다. 방책발전과정이란 작전지역/위협분석, 상대적 전투력 분석, 방책수립, 방책분석/구체화, 방책비교, 최선의 방책 선정에 이르는 과정이다. 이 과정에서 컴퓨터에 의한 모의가 가능한 부분을 단순화하여 모델링하는 것이다.

지휘통제 에이전트는 다중 에이전트로서 환경으로부터 상황요인을 받아들여 내부의 다양한 에이전트에 의해 추론과정을 거쳐 다시 환경으로 반응을 내보낸다. 이때 지휘통제 에이전트는 내부적으로 중재자를 가지면서 각 에이전트들의 주고 받는 정보의 전달을 조정하고 통제하게 된다. 또한 공통의 지식베이스를 가지면서 에이전트가 공통적으로 인식해야하는 지식이나 개별적으로 인식해야하는 지식을 보유한다.

지휘통제 에이전트는 다른 다중에이전트와 같이 여러 가지 에이전트로 구성된다. 먼저 상위 에이전트는 외부(예: 사용자)와도 연결되고 내부로부터도 정보를 받는 에이전트이며, 내부 에이전트에게 명령을 보낸다.

중간 에이전트는 가장 일반적이고 다수의 에이전트가 될 것으로 예상되는데 상위 에이전트로부터 명령을 받아 하위 에이전트에게 명령을 내리며 상위 에이전트와 같이 계획수립(Planning)기능을 갖는다.

하위 에이전트는 내부 에이전트로부터 명령을 받아 환경으로 또는 외부로 반응된 결과정보를 전달하는 에이전트로 실제 행동하는 에이전트이다. 이러한 개념에서 지휘통제 에이전트의 세부적인 아키텍처는 그림 4와 같다.

4. 부대지휘절차

4.1 개요

부대지휘절차는 지휘관과 참모(지휘부)가 부대를 어떻게 운용하여야 이번 전투에서 승리할 수 있는지를 그동안의 경험과 현재까지의 수집된 정보를 바탕으로 하는 의사결정과정인 것이다. 그러나 지휘부가 결정해야 할 수많은 의사결정내용에 대해 모든 것을 적용하는 것은 아니며, 상급부대로부터 명령을 받아서 이를 면밀히 분석하여 해야 할 일을 알아보고 이를 달성하기위해 가장 좋은 부대 운용방법을 찾아내는 것이다.

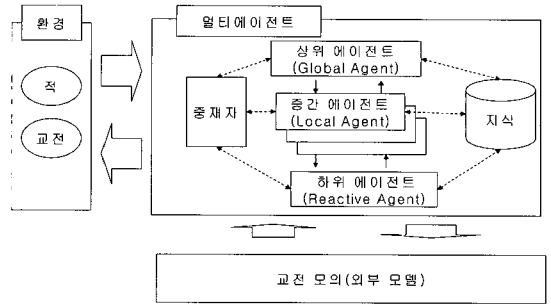


그림 3. 지휘통제 에이전트 아키텍처

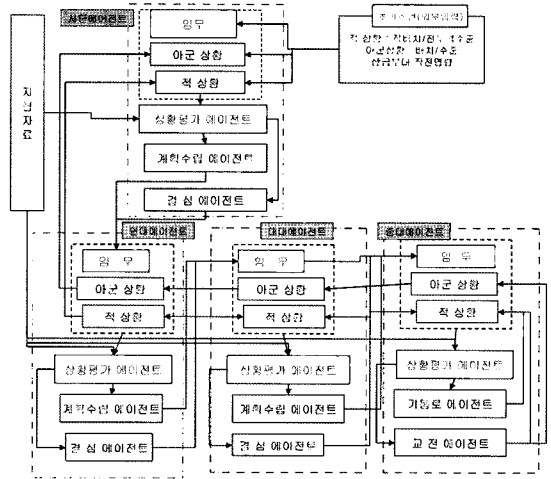


그림 4. 지휘통제 에이전트 세부 아키텍처

부대지휘절차는 계획수립, 명령하달, 작전준비 및 실시간 모두 적용되나, 부대운용과 관련된 지휘부의 역할은 계획수립단계에서 정밀하게 검토하여 부대 운용안을 만들어가는 경우와 작전실시간 현장에서 신속하게 상황판단을 하는 경우는 특히 가용정보의 질(質)과 의사결정과정에 필요한 시간의 가용성에서 뚜렷한 차이가 있어 구분하여 접근할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 위의 2가지 방법을 계획수립단계의 의사결정과정, 작전실시간단계에서의 의사결정과정으로 나누어 연구한다.

계획수립단계와 작전실시간단계의 의사결정과정을 비교하면 다음 표 1과 같다.

모의하고자하는 부대지휘절차의 범위를 다음과 같이 정의하였다.

첫째, 사단급을 분석 제대로 하여 사단명령을 최초 시나리오로 입력한다. 사단명령에서 도출되는 것들은 연대급 부대의 운용을 위해 필요한 입력자료의 관점에서 도출한

표 1. 계획수립단계와 작전실시단계 의사결정비교

구분	계획수립	작전실시
진행단계	상황평가-작전구상-방책발전-계획완성	상황판단-결심-대응
적용시기	전투개시 전	전투개시 후
가용정보 활용	수집된 정보의 처리시간 충분하여 잘못된 정보를 구분하거나, 심층 분석이 가능	계속적으로 변화되는 현장 정보를 짧은 시간내에 평가해야하므로 조치해야할 상황과 직접 관련된 정보위주 활용
가용시간	비교적 충분하여 여러 가지 관점에서 대안을 비교 가능	적절한 결심시기를 놓치면 상황의 전개 양상이 급변하므로 적시성이 요구됨

다. 금번 연구의 목적과도 일치되지만 절차적용을 정형화하고 모델링하여 체계를 구축하면 다루는 내용은 앞으로 많은 연구와 토의로 발전할 수 있을 것이다.

둘째, 지휘통제 에이전트를 적용하는 제대를 연대/대대로 한다. 향후 확장을 위해서 2단계 하급제대까지 영향을 미치는 요소들을 도출하는 것이며, 현재 한국군의 전술교리가 사단급은 육군대학에서 연대/대대급은 보병학교에서 충분히 발전되고 있어 이를 활용하기 좋으며, 중대급 이하에도 부대지휘절차를 적용하지만 중대는 참모부가 없이 중대장의 판단에 의존하므로 에이전트의 특성도 다르다고 할 수 있기 때문이다.

셋째, 전반적인 절차위주로 접근하지만 절차를 적용하면서 세부내용은 전술교리를 대상으로 모의해야 하므로 전술교리의 적용이 불가피하다. 따라서 전술교리를 적용하여 방책을 만들어 내는 것은 지휘관과 참모의 다양한 창조성에 발판을 두고 있지만 이러한 능력은 사람마다 다른 특성이 많으므로 지휘통제 에이전트는 가장 일반적인 대안을 선정하는 규칙을 채택하여 구체화한다. 이 분야는 이후 활용이 확장되면 충분한 발전이 기대된다.

넷째, 분석용 위게임 모델에서 지휘통제 에이전트의 운용이 몇 가지로 정형화되는 것이 다양한 상황을 검토하는 전시상황에서 문제가 있다고 보는 견해가 있을 수 있다. 그러나 현재의 그 어떤 위게임 모델에서도 지휘부의 상황 조치를 다양하게 바꾸면서 실험하기는 곤란하다. 그것은 분석의 목적에 따라서 지휘부의 다양한 조치가 필요없기 때문이다.

4.2 계획수립단계

상황판단 과정은 상황평가 에이전트로 방책수립 및 선

정에 영향을 주는 요소를 도출한다. 작전구상 과정과 방책발전 과정 중 적 위협분석, 작전지역분석 등은 상황평가 에이전트가 수행하고 방책수립과정은 방책수립 에이전트의 역할로 한다. 방책을 분석하고 비교하는 과정은 방책선정 에이전트가 수행하며, 계획완성 과정은 명령작성 에이전트의 기능으로 정의한다.

4.3 작전실시단계

작전이 개시되면 상황변화와 전장의 불확실성으로 인해 아군의 의지대로 작전수행이 곤란할 것이므로 지휘관은 변화하는 상황을 판단하여 적시 적절한 결심을 하고 기민한 대응을 실시하는 일련의 과정을 통해 전장의 주도권을 획득하여 임무를 달성해야한다. 발생하는 상황을 적시에 조치하면서 새로운 상황을 다시 조치하고 현재 조치중인 상황은 점검하고 하면서 작전중에는 다양한 상황조치가 동시에 발생하고 조치되어야 한다.

상황조치는 상황판단-결심-대응의 단계가 순환되면서 이루어지는데, 계획수립단계의 검토사항들에 대한 연장선상에서 검토하게 된다. 방책을 수립하고 분석/비교하는 과정에서 검토하였던 적 상황을 비롯한 전장에 대한 가정이 추가적인 첩보수집, 전장상황의 변화 등에 따라 어떻게 새로운 조치를 해야 하는지를 계속 판단해야 하는 것이다.

4.4 소부대 부대지휘절차

중대 에이전트는 말단의 행동 에이전트로 모의하고자 한다. 중대의 기동계획은 중대장 스스로 수립하지만 대대 명령은 구체화되어 하달되었고, 중대장은 대대의 명령에 따라 기동하고 임무의 성격에 따라 조우하는 적이나 장애물에 대해 대처하며 수시로 기동로를 변경해야할 것이다. 따라서 중대 에이전트는 현장에서 직접 만나는 지형, 적 상황에 적절한 기동로를 계속 탐색하고, 필요한 대응조치를 하도록 하는 것이다.

중대장이 공격간 결심해야할 가장 중요한 사항은 어디로 기동할 것인가이다. 기동로를 구상하면서 중대장은 상황평가요소(METT+T)를 바탕으로 지속적인 판단을 한다. 적 격멸을 우선으로 임무를 부여받았다면 기동간 조우하는 모든 적은 적멸해야하고 지형목표의 선점으로 상급부대의 기동로 확보를 임무로 부여받았다면 신속히 부대를 기동시켜 목표를 확보해야할 것이다.

행동 에이전트는 자체적으로 위치와 교전여부를 판단해야하는 단위무기체계들도 대상이 된다.

5. 모의논리

지휘통제 에이전트란 부대지휘절차를 시뮬레이션하기 위해 에이전트 기반으로 모델화하는 과정에서의 모든 에이전트를 통칭하는 개념적 용어이다. 지휘통제 에이전트는 개념적인 에이전트로 세부적으로 분류하면 다음과 같다.

5.1 지휘통제 에이전트 분류

에이전트가 운용되는 수준(Level)에 따라 상 하위 개념으로 상위 에이전트(Global, Level n, General Commander 등), 중간 에이전트(Local, Level 1-..., Team Leader / GroupLeader 등), 하위 에이전트(Reactive, Level 0, Individual Agent 등)로 구분한다면, 사용자가 직접 명령을 입력하여 관리하는 에이전트가 상위 에이전트로 여기서는 사단 에이전트이며, 중간 에이전트는 연대, 대대 에이전트이다. 하위 에이전트는 중대 에이전트이며, 이는 말단의 전투수단 운용단위별로 전차는 소대 에이전트, 대전차화기는 반 에이전트, 박격포 중대 에이전트, 야포 중대 에이전트 등으로 정의할 수 있다.

에이전트가 수행하는 역할에 따라 사단으로부터 대대급의 참모가 편성되어 지휘소를 구성하는 제대의 에이전트는 작전계획을 수립하는 계획수립 에이전트와 전투간 전술조치를 하는 결심 에이전트로 구분하였고, 실제 행동 반응을 하는 전투수단으로서의 중대 에이전트와 기타 에이전트 들은 행동 에이전트라 정의한다.

이들 계획수립 에이전트, 결심 에이전트, 행동 에이전트는 다중 에이전트로서 다시 서브 에이전트(Sub-Agent)로 구성되는데 부대지휘절차의 모델화 과정에서 가장 핵심적인 추론이 요구되는 분야별로 나누어 모의하도록 하였다.

부대지휘절차의 용어를 그대로 사용하여 상황판단 에이전트, 방책수립 에이전트, 방책선정 에이전트, 명령작성 에이전트를 계획수립의 서브 에이전트로, 전투 실시간 결심 에이전트는 상황평가, 결심, 대응 에이전트로 하였다.

행동 에이전트는 모의하는 대상에 따라 구성해야하는 에이전트는 차이가 있다. 중대는 기동로의 선정과 이동여부, 교전여부를 추론하는 에이전트가 필요하고 에이전트들도 서브 에이전트가 필요하지만 기능에 따라 다른 에이전트로 구성 할 수 있다.

계획수립의 상황판단, 결심 및 행동 에이전트의 상황평가 에이전트는 수행해야하는 역할이 다소 차이점이 있을 수 있으나 에이전트 들이 자신의 추론의 근거를 전장 상황평가한 결과를 기반으로 하고 항시 최신화된 평가결과를 유지해야 하므로 이들 3개의 에이전트에 공통적으로 포함

되고 있다. 따라서 용어를 통일하여 상황평가 에이전트로 하여 서브 에이전트에서 분리하여 외부 에이전트로 각 에이전트와의 정보교환을 통해 상황평가 결과를 제공하도록 하였다.

에이전트의 구성을 다음과 같이 정의하였다.

Agent = (Name, Attributes, Method)

특성은 개체의 속성을 말하는 것으로 개체의 특징을 나타내는 개체의 포함요소, 하위요소라고도 할 수 있는데 이들은 기능을 수행하는 주체가 된다.

기능은 개체의 행위를 말하는 것으로 개체가 수행하는 모든 일이고, 일을 할 수 있는 능력이다. 따라서 에이전트를 정의하고자 하면 에이전트에게 요구하는 임무가 여기서의 기능이다.

에이전트를 전술제대에 따른 구분을 적용하여 정의하면 다음과 같다.

DivAgent = (Div, DivAtt, DivMet)

RegAgent = (Reg, RegAtt, RegMet)

BatAgent = (Bat, BatAtt, BatMet)

ComAgent = (Comp, ComAtt, ComMet)

5.2 상황평가 에이전트

지휘통제 에이전트는 현 상황 변화요소를 접수하면 평가한 현 상황을 기준에 예상하거나 알고 있는 상황에 유사성을 확인하고 지식을 변경 또는 추가하여 방책을 수립하고 의사결정을 하는 것이다.

여기서 외부 환경과 내부 각 에이전트의 변화하는 상황은 모두 상황평가 에이전트에 의해 평가되고 상황평가 에이전트는 항상 최신의 상황을 유지하고 있어야 한다.

SAAgent = (SitAware, SAAtt, SAMet)

SAAtt = (Cdr, Staff1, Staff2, SitMap)

; 지휘관, 정보반, 작전반, 상황도

SAMet = (Misson, Enemy, TerWeath, Troop, Time)

; 임무분석, 적 상황 판단, 지형 및 기상 판단, 가용부대 판단, 가용시간판단

여기서 상황도(SituationMap)는 실시간으로 변화하는 상황평가결과를 유지하는 지식베이스로 상황평가함수로도 볼 수 있다. 지휘관/참모가 평가한 상황평가결과에 시간에 따른 다차원의 함수이기 때문이다.

SituationMap = SitMap(Misson, Enemy, TerWeath, Troop, Time)

$SitMap_t = \sum SitMap_{t-1} +$

$SA_t(\sum SitMap_{t-1}, KB_t, SitRep_t)$

- SitMap_t ; 시간 t에서의 상황평가 결과(상태)
- SitMap_{t-1} ; 시간 t-1까지의 상황평가 결과(상태)
- SA_t ; 시간 t에서의 상황평가(행동)
- KB_t ; 시간 t에서의 지식 베이스
- SitRep_t ; 시간 t에 접수된 상황 보고서

5.3 계획수립 에이전트

PlanAgent = (Planning, PlanAtt, PlanMet)

방책수립 에이전트의 구성은 지휘통제 에이전트의 기본 형태에 따라 부대지휘절차 모델화에서 간략히 요약한대로 다음과 같이 정의한다.

CDAgent = (CoADevelop, CDAtt, CDMet)

방책선정 과정은 방책분석과 비교과정을 거쳐야한다. 방책분석 및 비교에서 전술적으로는 방책별로 작전을 진행하는 것을 염두로 판단하면서 장단점을 검토하고 보완하는 과정이다. 따라서 방책선정 에이전트는 앞에서 수립한 수개의 방책을 비교하여 선정하는 과정을 수행해야 한다.

5.4 결심 에이전트

DCAgent = (DECIS, DCAtt, DCMet)

작전실시단계에서의 지휘통제 에이전트는 최초 계획 수립 간 기준이 되었던 입력요소를 계속적인 예비부대의 보고를 받아 최신화(Update)하면서 새로운 대응개념의 필요성을 점검하여 조치하는 것이다. 준비하고 있는 유형의 전제조건이 변화되어 다른 유형의 조건과 유사한지를 1단계 작전간 계속 검토하고 필요시 중간에 계획을 변경시켜야 한다.

5.5 행동 에이전트

ActAgent = (Sensor, Reasoning, Action)

행동 에이전트는 워게임 모델의 가장 말단 에이전트이다. 입력요소가 들어오기 전 상태는 항상 자신의 최신의 상황으로 유지하고 있는 상급부대 명령과 이에 따라 자신이 선정한 기동로, 지형자료, 자신의 전투력 상태, 적상황이며, 행동이 개시되면 위의 4가지 요소가 최신내용으로 입력된다.

입력요소가 현재 유지하는 자료와 다르게 입력됨에 따라 행동 에이전트는 자신의 4가지 상황을 최신화(Update)하면서 기동로를 재선정하며, 이동계속여부를 결정한다. 또한 적상황이 변하여 사정거리에 들어오면 교전여부를 결정한다. 행동 에이전트는 항상 최신화된 기동로로 이동한다. 최신화된 자료는 항상 유지된다.

행동 에이전트는 앞에서 논의한 에이전트와 다소 성격을 달리한다. 상황평가, 계획수립, 결심 에이전트 등은 내부

에이전트들 간의 통신을 통해 정보를 주고 받으며 추론 방법에 의거 복합적으로 상호작용을 하였다. 이에 반해 행동 에이전트는 스스로 비교적 단순한 스스로의 행동에 대한 규칙(Rule)을 가지고 추론한다. 환경과 직접 접촉하여 정보를 받으면 즉시 반응하는 것이다.

6. 모의실험

본 연구에서 3가지의 다중에이전트(Multi-Agent)로 제시한 계획수립 에이전트와 결심 에이전트, 그리고 행동 에이전트에 공통으로 영향을 미치는 서브 에이전트인 상황평가 에이전트를 포함하여 계획수립단계에서 명령작성으로 나아가는 과정을 간단히 모의하였다. 또한 다른 2가지 에이전트와 다소 성격을 달리하는 행동 에이전트를 구현하고자 하였다.

계획수립 에이전트는 상황평가 에이전트로부터 상황평가 요소인 METT+T요소에 대한 사단 공격작전 계획 수립시 고려하는 요소를 입력자료로 받고 출력은 기동계획과 전투대형으로 하였다.

행동 에이전트는 출발점과 목표지점을 부여하면 이동과정에서 나타난 적 및 장애물, 지형의 요소를 고려하여 최적의 기동로를 탐색하여 이동한다.

실험의 입력 및 출력요소는 다음 표 2와 같다.

6.1 상황평가-계획수립 에이전트

모의 실험의 목적은 계획수립 에이전트가 상황평가 에이전트로부터 입력을 받아 명령작성 에이전트로서의 기능수행 가능성에 두었다. 계획수립을 하는 상황은 육군의 학교기관에서 교재로 사용하고 있는 상황을 대상으로 기동계획 유형을 검토하여 이를 상황에 따라 종합적으로 조건이 일치하는 유형을 기동계획으로 정하는 것이 적절한 것으로 보았다.

먼저 사단 공격작전의 유형을 검토하여 기동계획의 사례로 11가지의 일반적 유형을 분류하고 지휘통제 에이전트가 구분해야할 변수를 상황변수로 도출하였다.

계획수립 에이전트의 모의 실험을 하기위해 본 연구에서 제시한 입력 변수 중에서 11가지 유형에 영향을 미치는

표 2. 실험의 입력 및 출력 요소

구분	계획수립 에이전트	행동 에이전트
입력(input)	임무, 적 상황, 지형	임무(목표), 최상위치
출력(output)	11가지 기동계획 유형	목표에 이르는 기동로

않는 요소는 제외하는 방법으로 단순화하여 변수를 조정하여 적용하였다. 입력변수는 임무, 적상황, 아군상황, 지형 및 기상이며, 출력은 부대기동/부대할당으로 11가지 기동 계획 유형과 이에 따른 전투편성이다.

6.2 행동 에이전트

행동에이전트의 실행가능성을 실험하는 것으로 간단한 몇가지 상황을 모의하였다. 전투지역은 50×50의 셀로하고 각 셀은 지형을 모의하는 값을 가지며 에이전트를 이동시키면서 이동로 분석을 통해 검증하고자 하였다.

상급부대 사항 중 임무는 “목표”로 직접 입력하고, 적 상황은 지형자료와 함께 제공하고, 아군 최초 위치는 외부에서 입력하여 실험상황을 변경하는 것으로 하였다.

행동 에이전트는 기동로 선정 에이전트가 선정시 고려사항으로 최초 기동로를 선정하고, 이동을 개시한다. 이후 장애물과 적을 만나면 우회로를 결정한다. 장애물 및 적과 조우시에는 교전여부를 결정해야하나 새로운 기동로 선정실험만으로 실행가능성을 검증하는 시뮬레이션 목적상 항상 우회하도록 하였다. 최초위치를 다르게 하는 경우로 실험

환경을 바꾸어 실험하였다.

6.3 실험 결과

본 실험으로 행동 에이전트가 가진 규칙에 따라 경로를 찾아서 목표에 도달하는 지를 검증하기 위하여 두 가지 가설을 수립하였다. 주 관점은 에이전트가 선정하는 경로가 과연 계획한대로 장애물을 회피하는가? 회피한다면 회피하지 않는 경우보다 충분한 전투력을 보존하는가하는 것이다.

- 가설 1. 행동 에이전트가 선정하는 경로는 최단거리 직선 경로보다 적이나 적 장애물을 회피하여 기동하는 경로이다.
- 가설 2. 행동 에이전트가 선정하는 경로는 최단거리 경로보다 전투력을 보존하여 목표에 도착하는 경로이다.

6.3.1 가설 1에 대한 검증

귀무가설 : 행동 에이전트 선정 경로는 최단거리 직선 경로보다 위험지역(적과 장애물)을 회피하지 못한다.

대립가설 : 행동 에이전트 선정 경로는 최단거리 직선 경로보다 위험지역을 회피한다.

이 실험은 에이전트에 의해 수행되는 50개의 선정경로와 직선 최단거리를 비교하는데 이에 근접하거나 통과한 위험지역의 평균을 비교하여 선정경로의 타당성을 검증하였다.

전체 경로 수는 50개이며 두개의 표본 평균 비교로 유의수준 5%로 검정을 한 결과 귀무가설을 기각하여 에이전트는 위험지역을 회피하여 경로를 선정함을 알 수 있다.

Paired T-Test and CI

	N	Mean	StDev	SE Mean
Difference	50	6.02600	5.40468	0.76434
95% lower bound for mean difference : 4.74455				
T-Test of mean difference = 0(vs > 0):				
T-Value = 7.88 P-Value = 0.000				

6.3.2 가설 2에 대한 검증

귀무가설 : 행동 에이전트가 선정하는 경로는 최단거리 경로보다 전투력을 소모하여 목표에 도착하는 경로이다.

대립가설 : 행동 에이전트가 선정하는 경로는 최단거리 경로보다 전투력을 보존하여 목표에 도착하는 경로이다.

이 실험은 에이전트가 이동하는 지형극복에 전투력이

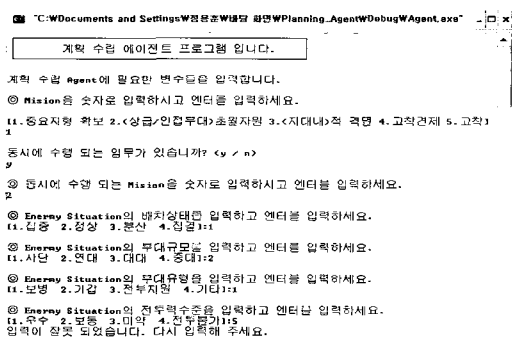


그림 5. 입력 화면

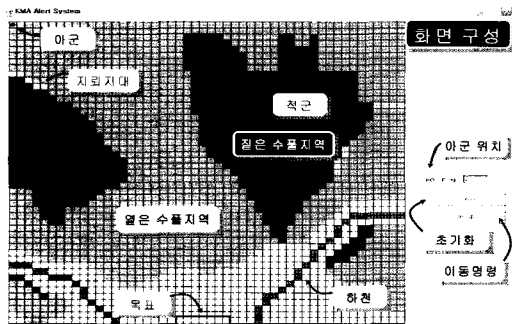


그림 6. 행동 에이전트 화면 구성

소모된다는 가정과 위험지역에서는 적과의 근접으로 더욱 전투력이 소모된다고 가정하여 각 지형특성별로 부여된 가중치에 의해 목표도착시의 잔존전투력의 평균을 비교하였다.

검정결과 유의수준 5%에서 귀무가설을 기각하여 전투력이 보존된다고 보았다.

Paired T-Test and CI

	N	Mean	StDev	SE Mean
Difference	50	16.5660	13.6387	1.9288
95% lower bound for mean difference : 13.3323				
T-Test of mean difference = 0(vs > 0):				
T-Value = 8.59		P-Value = 0.000		

6.3.3 거리 비교결과

위의 두 가지 가설의 검정에서는 그 효과를 검정하는데 주안을 두었으나 참고적으로 단순히 선정경로와 직선거리만 비교한 결과는 거리자체로는 두 표본 집단의 차이가 없다는 결과를 볼 수 있었다.

이 실험은 두 경로가 선정되는 거리를 비교한 것으로 우회 회피한 경로가 더 소요된다고 할 수 있는데 본 실험이 지형의 구체적인 모의가 수반되지 못하고 셀간의 단순이동으로 모의한 결과이므로 유의한 의미는 있다고 할 수 없으나 차후 연구를 위하여 참고로 제시한다.

Paired T-Test and CI

	N	Mean	StDev	SE Mean
Difference	50	3.05000	0.15152	0.02143
95% lower bound for mean difference : 3.01407				
T-Test of mean difference = 0(vs > 0):				
T-Value = 142.33		P-Value = 0.000		

위의 실험은 동일한 지형 조건과 동일한 목표에 대하여 이루어졌다. 지형조건을 변화시키는 가운데 에이전트의 경로선정 변화와 목표를 변경시키는 가운데 경로선정의 변화를 실험한다면 더욱 의미있는 결과를 얻을 수 있을 것이다. 예측할 수 있는 것은 50개의 출발지점은 각각의 위치가 독립이므로 지형의 변화와 목표의 변화까지도 실험이 가능했다고 볼 수 있는데 향후에 그 결과까지 제시하고자 한다.

7. 결 론

본 연구는 한국군의 현실과 발전된 미국 및 유럽 선진

국과 비교하여 진단하고, 모델개발을 위한 지휘통제분야의 모의논리 방법론을 제시하였다. 특히 미군 모델의 영향으로 거의 교전분야 위주로 발전하고 있는 한국군의 현실에서 현대전, 미래전에 필요한 지휘통제분야 중 군의 의사결정과정인 부대지휘절차를 모의하는 지능형 에이전트의 모의논리에 대한 방법론을 제시한 것이다.

이 연구는 지휘통제분야 뿐만 아니라 미래전의 다양한 양상도 본 개념 틀에 적용하여 발전시킬 수 있을 것으로 본다.

부대지휘절차는 상황을 평가하여 가장 적절한 대안을 찾는 과정으로 지휘관 및 참모가 조직적이고 유기적으로 그 역할을 수행함으로써 신속하게 고려사항의 누락없이 최선의 대안을 구하는 것이다. 이러한 부대지휘절차의 모델화 이후 이를 시뮬레이션 할 수 있는 모의논리를 개발하는 것은 한국군 독자적인 분석용 위게임 모델의 개발의 기초가 될 것이다.

또한 위게임 모델로서 개발된 부대지휘절차 시뮬레이션 모델은 현행 지휘통제체계인 C4I체계와 연계시에는 지휘통제절차의 속도를 가시적으로 단축시키면서 의사결정의 질을 향상시킬 것이다.

참 고 문 헌

1. Robert Kewley & Larry Larimer (2003), "An Agent-Based Modeling Approach to Quantifying the Value of Battlefield Information", PHALANX, (June), pp. 10-20.
2. H. Van Dyke Parunak, "Agent Based Modeling vs. Equation-Based Modeling", Proceedings of Multi-agent systems and Agent-Based Simulation (MABS'98), LNAI 1534, 1998, pp. 10-25.
3. Stewart Robinson (2004), Simulation The Practice of Model Development and Use, New Jersey : Wiley, pp. 77-94.
4. Wiebe van der Hoek, "Logical Foundation of Agent-Based Computing", Multi-Agent Systems and Applications, 9th ECCAI Advance Course, ACAI 2001, New York; Springer.
5. Jörg P. Müller, The Design of Intelligent Agents ; A Layered Approach, New York : Springer (1996).
6. Jean-Dany Vally, "A Conceptual "Role-Centered" Model for Design of Multi-Agent Systems" Multi-agent Platform, Vol 1599, New York, Springer-verlag (1999).
7. Ang Yang, "Network Centric Multi-Agent Systems : A Novel Architecture", ALAR Technical Report Series, Australia, The Artificial Life and Adaptive Robotics Laboratory : 2005.

8. 이동준 (1992), 「C3I 시스템 구축을 위한 이용자 요구분석 모형」, 경북대학교, pp. 50-58.
9. 이동준 (2005), 「위게임 모델을 활용한 전술교육 발전방안」, 『군사평론 374호』, 육군 대학, pp. 115-135.
10. 이동준 (2005), 「첨단 기술 조기 전력화 방안」, 『국방과 기술 제 312호』, pp. 64-73.
11. 한국 합참의 M&S Road Map, The 5th ROK-US DM&S Workshop, 2004. 3.16~17.



이동준 (djleed@lignex1.com)

1981년 육군사관학교 통계운영 이학사
1992년 경북대학교 경영정보론 석사
2007년 한성대학교 산업공학 박사
2005년 육군 대령 예편
2006년~현재 LIG넥스원(주) 시스템연구소 수석연구원

관심분야 : 지휘통제, 모델링 & 시뮬레이션



홍윤기 (yhong@hansung.ac.kr)

1980년 고려대학교 산업공학과 학사
1985년 USC OR 석사
1989년 USC 산업시스템공학 박사
1989년~1991년 캘리포니아 주립대(노스리지)교수
1991년~현재 한성대학교 산업시스템공학과 교수

관심분야 : 모델링 & 시뮬레이션, Combat Analysis