

워게임 시뮬레이션에서 온톨로지 기반의 경로탐색 모델링 및 시뮬레이션

마용범¹ · 김재권¹ · 이종식^{1*}

Modeling and Simulation of Ontology-based Path Finding in War-game Simulation

Yong Beom Ma · Jae Kwon Kim · Jong Sik Lee

ABSTRACT

War-game simulation models the situation of a battlefield and has been used for evaluating fighting power and analyzing the occupation of a troop. However, in war-game simulation environment, it is very complex to consider all factors which can be influenced in real battlefields. To solve the problem of the consideration, we propose an ontology-based path finding model. This model uses an ontology to conceptualize the situation data of a battlefield and represents the relations among the concepts. In addition, we extract new knowledge from the war-game ontology by defining some inference rules and share knowledge by the established rules. For the performance evaluation of the proposed model, we made a limitation on the simulation environment and measure the moving time of a troop, the fighting capability of a troop, and the necessary cost while a troop is moving. Experimental results show that this model provides many advantages in aspects of the moving time, a loss of fighting capability, and the necessary cost.

Key words : War game, ontology, optimal path finding, modeling and simulation

요약

워게임 시뮬레이션은 전장의 상황을 모델링하고 전력 평가나 임무 분석을 위해 사용되고 있다. 그러나 워게임 시뮬레이션에 실제 전장에서 받을 수 있는 영향을 모두 고려하는 것은 매우 복잡하다. 이를 해결하기 위해 우리는 온톨로지 기반의 경로 탐색 모델을 제안한다. 이 모델은 전장 상황 데이터를 개념화하고 그 관계를 표현할 수 있는 온톨로지를 사용한다. 또한, 몇 가지 추론 규칙을 정의하여 온톨로지로부터 새로운 지식을 만들거나 기존의 규칙을 통해 지식을 공유한다. 제안하는 모델의 성능 평가를 위해 우리는 제한된 시뮬레이션 환경을 구성하고 부대 이동 시간, 부대의 전투력, 부대 이동 간 소요 비용을 측정한다. 측정된 실험의 결과는 제안하는 모델이 이동 시간과 전투력 손실, 소요 비용 측면에서 이점을 제공한다는 것을 보여준다.

주요어 : 워게임, 온톨로지, 최적 경로, 모델링, 시뮬레이션

1. 서론

최근 국방 문제를 과학적이고 체계적으로 분석하고 해결하는 방안의 경우 모델링 및 시뮬레이션의 형태를 사용

하고 있다. 이러한 국방 모델링 및 시뮬레이션은 워게임 분야에서 전력 평가나 전쟁 임무 분석에 사용되어 왔다(최광표, 2002). 워게임 시뮬레이션에서는 무기체계 및 규모, 부대이동 등 다양한 정보를 활용하고 상황에 따라 공격, 방어, 기동능력을 분석하는 등 전장과 각 부대, 상황을 모델링한다(김충영, 2004; 최상영, 2008). 이러한 국방 모델링 및 시뮬레이션 모델은 수학적 모델, 물리적 모델, 과정적 모델로 분류된다. 수학적 모델은 대표적으로 전투력 손실 평가와 기동 평가 모델에 적용되고 있다(장상철, 2002).

기동 평가 모델은 워게임에서 공격 및 방어작전을 위

*본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다. (UD110006AD)
접수일(2012년 2월 10일), 심사일(1차 : 2012년 2월 29일),
게재 확정일(2012년 3월 2일)

¹⁾ 인하대학교 컴퓨터정보공학과

주 저자 : 마용범

교신저자 : 이종식

E-mail: myb112@hanmail.net

해 부대가 기동하는 행위가 서로 연관되어 이루어지는 작전 상황에 관해 분석하는 데 적합하다. 위게임 시뮬레이션에서 기동 부대가 전장에서 받을 수 있는 요소를 모두 고려하는 것은 매우 복잡하고 어렵다. 따라서 본 논문에서는 실제 전투에서 부대의 움직임에 영향을 주는 대표적인 요소들을 고려하여 부대 기동에 대한 최적의 경로를 생성하고 평가함으로써 부대 기동 평가에 활용한다. 또한, 적의 포격에 따른 아군 부대의 이동 중 전투력 손실 및 지형, 기후 등에 따라 발생할 수 있는 손실을 최소화하고 부대의 전투력 유지를 고려하기 위해 온톨로지(Gruber, 1993)를 이용한 최적경로 탐색 모델을 제안한다. 온톨로지는 도메인 내에 포함되는 데이터를 명백한 규정으로 명세화 하고 개념들 사이의 상관관계를 표현하고 이를 확장하여 추론 규칙을 사용함으로써 지식을 공유할 수 있다. 따라서, 온톨로지의 사용은 필요한 도메인 지식을 분석하고 표현하며 재사용을 가능하게 한다. 본 논문에서 제안하는 온톨로지 기반의 최적 경로 탐색 기법의 성능 평가를 위해 기존의 연구에서 제안한 경로 탐색 기법과 비교 실험을 하였다.

이 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장은 기존의 경로 탐색 기법에 대해 논의한다. 3장은 온톨로지 기반의 경로 탐색 기법에 대해 자세히 설명한다. 4장은 성능 평가 실험을 통해 제안하는 기법의 우수성을 증명한다. 마지막으로 결론은 5장에서 논한다.

2. 관련 연구

위게임 시뮬레이션에서 부대가 맡은 임무를 수행하면서 목적지까지 이동하기 위해서는 전장 지역의 상황에 따른 최적의 이동 경로를 선택하는 작업이 필요하다. 이 장에서는 부대의 이동 경로 탐색과 생성을 위해 기존에 연구가 된 Dijkstra 알고리즘(Thomas 등, 2001)과 유전자 알고리즘(J. H. Holland, 1975)에 대해 소개한다.

Dijkstra 알고리즘 기반의 경로 탐색(TAN 등, 2006)은 이동하는 객체인 노드가 이동 가능한 모든 지점을 탐색함으로써 목적지까지 이동 가능한 모든 경로를 비교한다. 모든 이동 경로를 비교하여 출발지에서 목적지까지의 최단 거리나 최소 비용을 갖는 경로를 산출하고 이 경로를 최적의 경로로 평가한다. 그러나 Dijkstra 알고리즘은 이동 가능한 모든 경로를 탐색하기 때문에 최적의 경로를 찾을 수 있지만 이동 지역의 범위가 넓은 경우 최적의 경로를 찾기 위한 계산 시간이 오래 걸리는 단점이 있다.

Dijkstra 알고리즘이 갖는 계산 시간의 복잡도 문제를

해결하기 위해 유전자 알고리즘이 고려되고 있다. 유전자 알고리즘을 이용한 최적 경로 탐색 방법들(Sachith 등, 2005; Ismail 등, 2008; Ivan 등, 2009)은 초기 집단을 이동 경로로 생성하고 선택, 교차, 돌연변이를 반복하며 최적의 이동 경로를 선택하기 위해 적합도 함수를 사용한다. 기존의 유전자 알고리즘을 이용한 경로 탐색에 관한 연구들에서 적합도 함수는 이동 경로가 최적에 가까운지를 판단하는 기준으로 사용되었다. Ivan 등 (2009)은 이동 경로의 적합성을 평가하기 위해 목적지까지의 거리, 장애물 등을 고려하여 최적의 이동 경로를 탐색한다. Ismail 등 (2008)은 좌표를 이용한 거리를 계산하여 적합도를 평가하였고 Sachith 등 (2005)의 연구에서는 연결이 끊어진 경로를 제외한 실제 경로의 길이의 합이 적합도 평가에 사용되었다.

그러나 기존의 연구들은 단순히 최단 거리나 최소 비용만으로 경로의 적합성을 평가하기 때문에 위게임 시뮬레이션에서의 최적 경로 탐색 시 최적의 경로라고 볼 수 없다. 왜냐하면, 부대 이동 시 부대의 움직임에 영향을 줄 수 있는 지형, 기후, 임무의 특성, 적의 공격에 의한 전투력 손실 등이 전혀 고려되지 않았기 때문이다. 본 논문에서는 이러한 다양한 요소를 고려한 최적 경로 탐색을 위해 온톨로지를 사용하여 위게임 시뮬레이션 환경을 개념화하고 개념들 사이의 관계를 표현한다. 또한, 추론 규칙을 통해 일련의 지식들을 분석하고 재사용하여 최적 경로 탐색에 이용한다.

3. 온톨로지 기반의 최적 경로 탐색

앞서 말했듯이, 위게임 시뮬레이션에서 기동 부대가 전장에서 받을 수 있는 요소들은 매우 다양하기 때문에 전장에서 부대의 이동 경로를 평가하는 작업이 필요하다. 이러한 부대 기동 평가를 위해 적군의 포격에 따른 아군 부대의 공격 피해를 예상할 수 있으며, 이동 중인 전장 지역의 지형 및 날씨 정보를 활용하여 목적지까지 이동에 따른 소요 시간을 산출할 수 있다. 또한, 부대의 전략에 따라 이동하는 전장 지역이 달라질 수 있다. 이러한 다양한 요소를 고려하기 위해 전장 상황을 개념화하고 개념들 간의 관계를 온톨로지를 통해 표현하고 도메인에서 필요한 지식을 추출하기 위해 추론 규칙을 사용한다.

이 장에서 우리는 온톨로지 기반의 경로 탐색을 가능하게 하고 경로 탐색을 위한 온톨로지와 추론 규칙에 대해 자세히 설명한다.

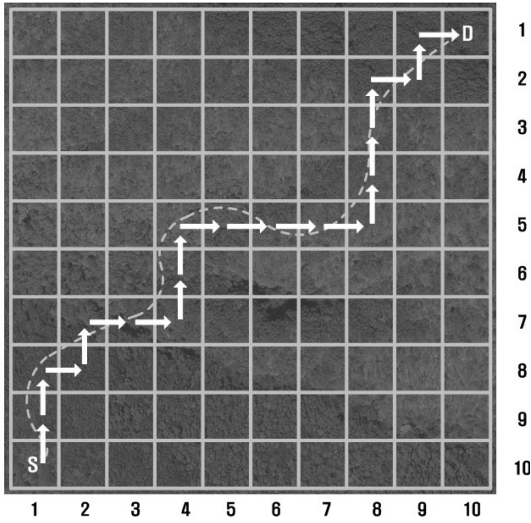


그림 1. 전장 지역에서 부대의 이동 경로 모델링

3.1 전장 지역 및 이동 경로 모델링

우리는 전장 지역을 모델링하고 부대가 이동하는 경로를 모델링하기 위해 그림 1과 같이 전장 지역을 일정한 크기로 분할하고 분할된 각 지역 별로 좌표를 설정한다. 동일한 크기로 분할된 각 지역은 부대의 움직임에 영향을 주는 요소들이 서로 다른 독립적인 지역이 된다. 각각의 부대는 출발지(S)로부터 도착지(D)까지 근접한 다른 지역으로 이동함으로써 경로를 생성한다. 생성된 경로들은 이동 경로에 따라 다양하게 구성되며 좌표를 기준으로 이동 경로를 확인할 수 있다. 우리는 그림 1에서 실제 부대의 이동 경로를 점선으로 표현하고 이를 좌표를 통해 시뮬레이션에 적합하도록 모델링하였다. 모델링 후의 이동 경로는 굵은 화살표로 표현된다.

3.2 온톨로지 기반의 최적 경로 탐색 모델

3.2.1 온톨로지 기반의 최적 경로 탐색 모델의 구조

우리는 그림 2와 같이 온톨로지 기반의 최적 경로 탐색 모델을 제안한다. 그림 2에서 보여지는 것처럼, 온톨로지 기반의 최적 경로 탐색 모델은 5개의 모듈로 이루어진다.

- 상황 모니터(Situation Monitor) 모듈

상황 모니터 모듈은 전장으로부터 전달 받은 데이터를 온톨로지(Ontology)에 추가시키고 경로 탐색의 주체가 되는 부대(Troop)로부터 최적 경로 탐색에 대한 요청을 받아서 처리하는 역할을 담당한다. 최적 경로 탐색을 위해 상황 모니터는 추론 엔진(Inference Engine) 모듈에게

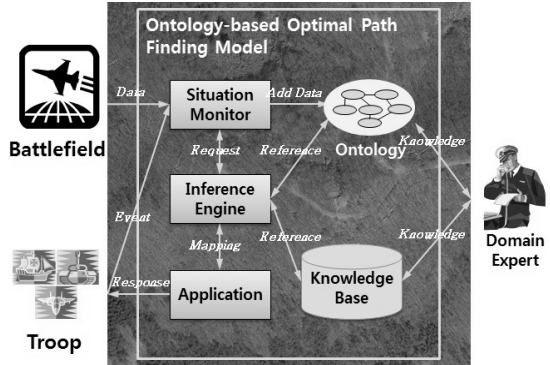


그림 2. 온톨로지 기반의 최적 경로 탐색 모델

작업을 요청한다. 또한, 작업이 요청될 때 상황 모니터는 전장으로부터 받은 실시간 데이터를 온톨로지에 추가시킴으로써 전장의 여러 가지 상황을 고려한 최적 경로 탐색이 가능하게 한다. 온톨로지에 전장 데이터를 추가하기 위해 전장으로부터 전송 받은 모든 데이터는 온톨로지 웹 언어인 OWL(Ontology Web Language) (W3C, 2004)로 변환되어 온톨로지에 입력된다.

- 추론 엔진(Inference Engine) 모듈

추론 엔진 모듈은 최적 경로 탐색을 위해 중요한 역할을 수행한다. 상황 모니터로부터 작업을 요청 받고 요청된 작업을 처리하여 응용(Application) 모듈과 맵핑시킨다. 작업이 요청되면 추론 엔진 모듈은 온톨로지와 미리 축적되어 데이터베이스화 된 기반 지식을 사상(Mapping)시킨다. 전장 상황과 부대 정보는 온톨로지를 통해 개념으로 표현될 수 있고 이러한 개념 간 관계가 표현될 수 있다. 추론 엔진 모듈에서 온톨로지의 클래스들, 제약 조건들, 속성들을 자세하게 표현하기 위해 우리는 OWL을 사용한다. OWL은 특정 도메인과 관련된 개념들을 표현하고 개념들을 계층적으로 표현하기에 적합하며 본 논문에서 OWL을 통해 표현된 온톨로지는 3.2장에서 자세히 설명하도록 한다. 추론 엔진 모듈을 통해 우리는 최적 경로 탐색을 위해 미리 정의된 규칙을 사용할 수 있으며, 새로운 지식을 얻기 위해 새로운 규칙을 사용할 수 있다. 추론을 통해 얻어진 지식들은 기반 지식에 전달되어 저장된다. 추론된 결과는 부대의 이동 경로를 포함하며 응용 모듈에 전송된다.

- 응용(Application) 모듈

응용 모듈은 추론 엔진으로부터 현재의 전장 상황에

따라 추론된 최적의 경로를 부대의 특성(or 각 응용 마다 요구하는 데이터 형식)에 맞게 연관(Mapping)시키는 기능을 한다.

• 온톨로지(Ontology)

온톨로지는 상황 모니터로부터 전장의 상황과 연관된 새로운 데이터들을 추가하거나 기존의 데이터를 갱신하며, 이러한 데이터들을 개념화 하고 개념들 간 관계를 표현하는 기능을 한다. 온톨로지는 추론 엔진을 통해 참조되어 규칙과 결합된 후 지식을 찾아내는 데 사용된다.

• 기반 지식(Knowledge Base)

기반 지식은 최적 경로 탐색을 위해 필요한 전장 상황에 따른 부대의 이동 경로와 관련된 지식들을 포함한다. 기반 지식은 다양한 규칙들로 이루어지며, 데이터베이스에 저장된 사실과 연결되어 추론 엔진의 결과 추론을 위해 참조된다.

모델 내부의 모듈 외에 온톨로지 기반의 최적 경로 탐색을 위해 위게임 시뮬레이션 외부에서 전장 상황, 부대 정보, 도메인 전문가가 구성 요소 혹은 구성원으로 참여한다.

위게임 시뮬레이션의 구성 요소 중 하나인 전장(Battlefield)은 적과 아군의 위치 데이터를 포함한 날씨, 지형, 포격에 의한 피해 지역 등 해당 전쟁 지역의 상황 데이터들을 수집한다. 수집된 데이터들을 온톨로지 기반의 최적 경로 탐색 모델 내부의 상황 모니터 모듈에게 전달한다. 전장으로부터 수집되는 데이터들은 일반적으로 실시간 데이터 수집을 하고 상황 모니터에게 실시간 전송을 기본으로 한다. 실시간 전송에 따른 메시지 전송 부하가 발생할 수 있지만 이 논문의 초점에서 벗어나므로 향후 연구를 통해 해결하도록 한다. 부대(Troop)는 위게임 시뮬레이션에서 이동의 주체가 되는 구성 요소로서 현재 지점에서부터 목적지까지 이동하기 위한 최적의 경로를 찾기 위해 상황 모니터에게 이벤트(Event) 형태로 작업을 요청한다. 요청된 작업에 대한 응답(Response)은 온톨로지 기반의 최적 경로 탐색 모델 내부의 응용 모듈로부터 받는다. 도메인 전문가(Domain Expert)는 위게임 분류와 관련된 지식이 풍부하며 관련된 사실과 규칙을 다루고 이를 통한 지식을 축적하고 업데이트 하는 역할을 한다. 도메인 전문가가 가진 지식을 표현하는 것은 복잡한 일이므로 온톨로지를 통해 개념과 개념들 간의 관계를 표현하고 이를 통해 얻어진 지식을 기반 지식에 저장한다.

3.2.2 위게임 온톨로지 구성

이 논문에서는 위게임 시뮬레이션 상에서 경로 탐색을 위한 위게임 온톨로지를 정의하고 전장 상황에 따른 추론을 하는 것에 초점을 둔다. 앞서서도 언급했듯이 위게임 시뮬레이션에서 전장 내 부대의 움직임에 영향을 줄 수 있는 수많은 요소들을 모두 고려하는 것은 매우 복잡하고 어려운 일이다. 따라서, 그러한 요소들을 클래스화 하고 클래스 간의 관계를 정의함으로써 다양한 쿼리에 따른 추론이 필요하다. 서론에서 언급했듯이, 온톨로지는 추후 확장이 가능하며, 현재 구성한 온톨로지는 위게임 상의 주요 클래스와 속성들로 이루어진다. 위게임 온톨로지는 그림 3과 같이 위게임 시뮬레이션 상의 개념들과 그들 사이의 관계를 반영한다. 우리는 위게임 온톨로지와 클래스 및 인스턴스를 생성 및 편집하기 위해 통합된 환경을 제공하는 Protege (Hogler 등, 2004)를 사용한다.

최상위 레벨에서 우리는 위게임 오브젝트를 정의하고 위게임 상에 포함되는 다른 클래스들과 연관된 몇 개의 핵심 클래스를 정의한다. 또한, 위게임 온톨로지에서는 클래스들뿐만 아니라 클래스들 간의 관계도 표현한다. 앞서 말했듯이 부대는 상황 모니터에게 이벤트 형태로 작업을 요청할 수 있다. Troop 클래스는 requestJob 이라는 제약 조건(constraint)을 통해 객체 속성(object property)이 정의되며, 이것은 두 클래스 간 관계를 표현한다. 또한, 아군 부대는 적군으로부터 공격을 받을 수 있고 지원군으로부터 지원을 받을 수 있다. 이러한 관계를 표현하기 위해 OurTroop 클래스는 Enemy 클래스와 attackedBy 라는 제약 조건에 의해 객체 속성이 정의되고 supportedBy 라는 제약 조건에 의해 Reinforcement 클래스와 객체 속성이 정의된다. 부대가 이동을 하면 어떤 지점을 지나게 되는데 이것은 Troop 클래스가 갖는 pathThrough 객체 속

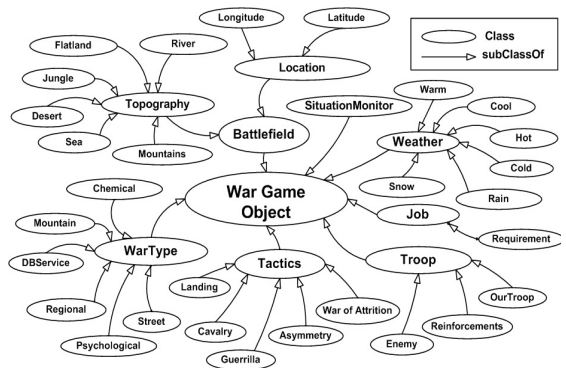


그림 3. 위게임 온톨로지

표 1. 주요 클래스들의 객체 속성들

클래스명	제약 조건	연관 클래스명
Troop	pathThrough	Location
	hasTactics	Tactics
	participatesIn	WarType
	hasPath	Path
	hasTarget	Enemy
OurTroop	attackedBy	Enemy
	supportedBy	Reinforcement
Location	isTopographyOf	Topography
	isWeatherOf	Weather
Path	includesLocation	Location

성을 통해 Location 클래스와 관계를 맺는 것으로서 표현될 수 있다. 본 논문에서 주요 클래스들이 갖는 제약 조건을 통해 표 1과 같이 객체 속성들을 정의한다.

본 논문에서 우리는 클래스들이 갖는 객체 속성들 뿐만 아니라 각각의 클래스가 상위 클래스로부터 상속 받거나 자신의 클래스에서 생성된 데이터 속성(data property)들을 정의한다. 위게임에서 부대는 고유한 ID를 가지게 되고 각 부대마다 단위가 다를 수 있다. 또한, 서로 현재의 위치나 이동 속도, 현재까지의 이동 거리, 이동 시간, 전략, 임무나 공격 목표 등이 다를 수 있다. 이러한 각각의 부대들이 가질 수 있는 속성들을 표현하기 위해 ID는 정수형 데이터로, 부대의 단위(Unit)는 문자형 데이터로 표현한다. 다른 속성들도 특정 형태의 데이터로 표현된다. 임의의 클래스가 갖는 데이터 속성들은 자신의 하위 클래스에 상속되어 하위 클래스는 상위 클래스가 갖는 데이터 속성을 모두 상속 받는다. 예를 들어, Troop 클래스가 갖는 ID, Unit 등의 데이터 속성들은 하위 클래스인 OurTroop, Reinforcement, Enemy 클래스에서도 사용될 수 있다. 표 2는 주요 클래스들의 데이터 속성들을 보여준다.

앞에서 언급했듯이 부대가 이동할 때 임무나 공격 목표 등 부대가 갖는 속성들이 다르다. 본 논문에서는 위게임 시뮬레이션 상에서 부대가 임무를 부여 받고 부대가 갖는 전략에 따라 최적의 경로를 찾기 위해 몇 가지 규칙을 설정한다. 각 부대는 전략에 따라 이동에 적합한 경로가 다르고 이동 경로를 찾기 위해 전략에 따라 적합한 위치를 지나는 경로를 탐색한다. 최종적으로 전투에 참여 가능한 이동 부대가 자신에게 맞는 경로를 찾기 위해 현재 상황에서 이동에 가장 적합한 경로를 지나는 부대를

표 2. 주요 클래스들의 데이터 속성들

클래스명	속성명	데이터 타입
Troop	ID	Integer
	Unit	String
	currentLatitude	Float
	currentLongitude	Float
	currentAltitude	String
	attackType	String
	weapon	String
	occupation	String
	occDeadline	Float
	currentVelocity	Float
	movingDistance	Float
	movingTime	Float
	figthingCapability	Float
	damage	Float

Location	ID	Integer
	topography	String
	latitude	Float
	longitude	Float
	altitude	Float
	potentialDamage	Float

찾아 후보군 부대로 지정한다. 예를 들어 규칙 1에서 임의의 부대(Troop)가 적(Enemy)을 목표로 설정(hasTarget)하고 해당 부대의 전투 능력(fightingCapability)이 0.9보다 크고 임무 수행 한계 기간(oppDeadline)이 요청된 임무 기간(qDeadline)보다 작거나 같다면 해당 부대는 전투 가능한 부대(AvailableTroop)라고 한다. 규칙 3에서 임의의 경로(Path)가 임의의 위치를 포함(includeLocation)하고 있고 해당 위치가 기병의 이동에 적합한 위치(Cavalry OptimalLocation)라면 해당 경로는 기병이 이동하기에 적합한 경로(CavalryOptimalPath)라고 한다. 규칙 6에서 임의의 부대(Troop)가 입력된 값에 적합한 경로(qOptimalPath)를 지나면(hasPath) 해당 경로는 입력된 값에 적합한 경로를 지나는 부대 후보(Candidate Troop)라고 한다. 표 3은 위게임 상에서 적합한 경로를 찾기 위해 미리 정의한 몇 가지 추론 규칙의 예를 보여준다.

표 3. 위게임 온톨로지를 위한 추론 규칙

번호	도메인 규칙
1	Troop(?x) ∧ hasTarget(?x, ?y) ∧ Enemy(?y) ∧ ID(?z) ∧ fightingCapability(?x, ?a) ∧ [?a ≥ 0.9] ∧ occDeadline(?x, ?b) ∧ [?b ≤ qDeadline] → AvailableTroop(?x, ?z)
2	Location(?x) ∧ potentialDamage(?x, ?a) ∧ [?a ≤ minPD] ∧ altitude(?x, ?b) ∧ [?b ≤ qAltitude] ∧ isWeatherOf(?x, ?y) ∧ GoodWeather(?y) ∧ latitude(?z) ∧ longitude(?w) → CavalryOptimalLocation(?x, ?z, ?w)
3	Path(?x) ∧ includeLocation(?x, ?y) ∧ CavalryOptimalLocation(?y) ∧ ID(?z) → CavalryOptimalPath(?x, ?z)
4	Troop(?x) ∧ hasTactics(?x, ?y) ∧ Tactics(?y) ∧ tacticType(?a) ∧ [?a=Cavalry] → hasPath(?x, CavalryOptimalPath)
5	Troop(?x) ∧ hasTactics(?x, ?y) ∧ Tactics(?y) ∧ tacticType(?a) ∧ [?a=Landing] → hasPath(?x, LandingOptimalPath)
6	Troop(?x) ∧ hasTactics(?x, ?y) ∧ Tactics(?y) ∧ tacticType(?a) ∧ [?a=Guerrilla] → hasPath(?x, GuerrillaOptimalPath)
7	AvailableTroop(?x) ∧ hasPath(?x, ?a) ∧ [?a=qOptimalPath] → CandidateTroop(?x)
...	...

4. 실험 및 결과

온톨로지 기반의 최적 경로 탐색 모델의 성능을 평가하기 위해 우리는 DEVJAVA (Ziegler, B. P. 등, 2001) 모델링&시뮬레이션 환경 하에서 온톨로지 기반의 경로 탐색 모델을 시뮬레이션 하였다. 위게임 시뮬레이션에서 복잡한 환경을 간소화시키기 위해 우리는 부대의 이동에 영향을 미칠 수 있는 매개변수들을 표 4와 같이 각각 5개의 형태로 가정하였고 매개변수들의 값은 0부터 1사이의 값을 갖는다. 속도 가중치는 부대가 이동하는 지역의 장애물 등에 의한 속도 변화를 나타내며, 공격 피해는 적군의 포격 등에 의해 발생하는 아군 부대의 피해를 나타낸다. 고도는 해당 지역의 고도를 나타내고 기후는 해당 지역의 기후를 나타낸다. 이러한 매개변수들은 모두 부대의 이동에 영향을 미치게 되고 이동 속도를 변화시키는 요인이 된다. 실험에서 부대의 이동 속도는 0부터 1까지로 설정하고 전장 지역을 매트릭스 형태로 표현하고 크기는 가

표 4. 부대 이동에 영향을 미치는 매개변수들과 값

형태	속도 가중치	공격 피해	고도	기후	부대 규모
A	1.0	0.4	1.0	1.0	1.0
B	0.9	0.3	0.7	0.9	0.8
C	0.8	0.2	0.5	0.8	0.6
D	0.7	0.1	0.2	0.7	0.4
E	0.6	0.0	0.0	0.6	0.2

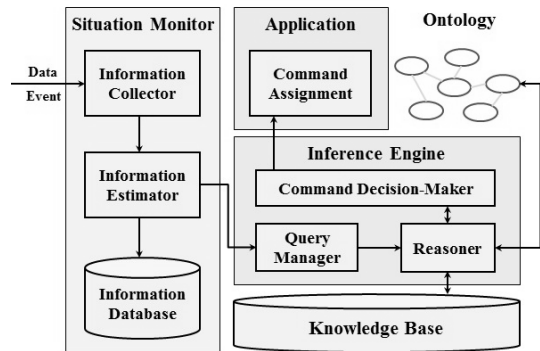


그림 4. 기동 모의 훈련 모델

로와 세로 모두 10으로 설정하였다. 매개변수들은 10×10 지도상에서 각 구간 별로 각각 랜덤하게 설정하였다. 또한, 실험의 복잡성을 줄이기 위해 부대의 이동 방향은 2개 방향(북쪽, 동쪽)으로 제한하였다.

그림 4는 부대의 기동 훈련을 위한 모의훈련을 모델링한 것이다. 지휘통제 과정의 경우 지휘결심 단계에서 결심에 필요한 데이터를 이용하고 상황에 따른 지휘 결심이 결정된다(고 원, 2004). 기동 계획을 수립하는 과정에서 이미 획득된 정보를 바탕으로 알고리즘을 적용하여 부대 이동 경로를 생성한다. 본 논문에서는 성능 평가를 위해 Dijkstra 알고리즘을 기반으로 부대 이동 경로를 생성하는 모델 (Dijkstra-based Path Finding) (TAN 등, 2006) 과 유전자 알고리즘을 기반으로 부대 이동 경로를 생성하는 모델 (GA-based Path Finding) (Ivan 등, 2009, Sachith 등, 2005)을 제안하는 온톨로지를 기반으로 부대 이동 경로를 생성하는 모델 (Ontology-based Path Finding)과 비교한다.

4.1 부대 이동 시간

첫 번째 실험은 이동 거리에 따른 부대의 이동 시간을 측정하였다. 부대의 이동 시간은 위게임에서 출발 지점부

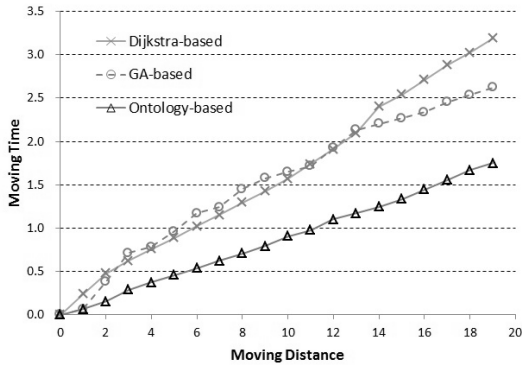


그림 5. 이동 거리에 따른 부대의 이동 시간

터 목표 지점까지 이동하는 데 걸리는 시간으로 표현할 수 있다. 우리는 10×10 전장 지도의 출발 지점부터 목표 지점까지 구간 별로 이동 시간을 측정한다. 그림 5에서 나타나듯이, 온톨로지 기반의 경로 탐색 모델이 다른 두 모델보다 전체적으로 이동 시간이 조금씩 증가하는 것을 알 수 있다. 거리가 2인 지점부터 13인 지점까지 Dijkstra 알고리즘 기반의 경로 탐색이 유전자 알고리즘 기반의 경로 탐색보다 이동 시간이 더 짧은 것은 유전자 알고리즘 기반의 경로 탐색이 적군으로부터 받는 공격 피해까지 고려하기 때문에 이동 시간 면에서는 최적이지 아닌 경로를 선택했음을 알 수 있다. 또한, Dijkstra 알고리즘 기반의 경로 탐색 모델과 유전자 알고리즘 기반의 경로 탐색 모델은 속도 가중치나 공격 피해 등을 고려한 최적의 경로를 찾기 때문에 고도나 기후, 부대 규모 등의 영향에 따라 온톨로지 기반의 경로 탐색 모델보다 이동 속도가 감소될 수 있다.

4.2 부대 전투력

전장 지역에서 이동 중인 부대는 적의 포격으로부터 자유로울 수는 없다. 부대가 이동 시 적군의 포격으로 인해 전투력 손실이 덜 발생하는 지역으로 이동하는 것은 위게임 시뮬레이션에서 매우 중요한 요소이다. 본 논문에서는 위게임 시뮬레이션 상에서 전장 지역을 이동하는 동안 이동 거리에 따른 부대의 전투력 손실을 측정하였다. 그림 6에서 나타나듯이 Dijkstra 알고리즘 기반의 경로 탐색 모델은 단지 속도 가중치를 고려하여 경로를 찾기 때문에 적군의 공격으로 인한 피해 정도가 높은 지역을 지나는 경우가 발생한다. 그로 인해 전투력 손실이 여러 번 발생하여 목표 지점에 도달했을 때 가장 전투력 손실이 많은 것을 알 수 있다. 또한, 온톨로지 기반의 경로 탐색

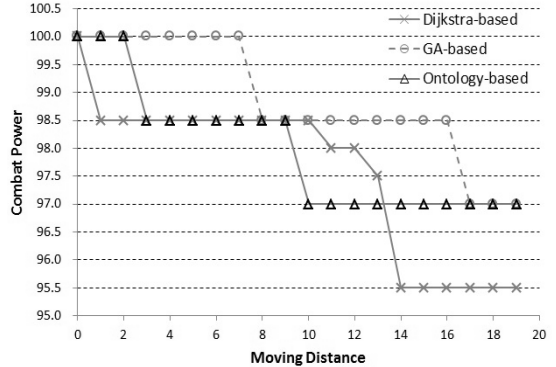


그림 6. 이동 거리에 따른 부대의 전투력

모델은 다양한 요소를 고려하기 때문에 유전자 알고리즘 기반의 경로 탐색 모델과 비교했을 때 전투력 손실은 다소 발생하더라도 전체적으로 평가했을 때 더 나은 경로를 선택하게 된다.

4.3 부대 이동 간 소요 비용

우리는 부대가 전장 지역을 이동함에 따라 발생할 수 있는 소요 비용을 측정하였다. 소요 비용은 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 하나는 부대가 이동하는 데 드는 부대 이동 비용이고 다른 하나는 부대가 전투력 손실을 입음으로써 발생하는 부대 복구 비용이다. 부대 이동 비용은 각 부대가 이동하는 데 드는 시간과 비례하고 부대 복구 비용은 각 부대의 전투력 손실에 비례한다. 또한, 부대의 규모에 따라 비용은 서로 다르기 때문에 우리는 식 (1)과 같이 부대 이동 간 소요 비용을 산출하였다. NC 는 부대 이동 간 소요 비용을 나타내고, T_m 은 이동 시간, α_t 는 부대 이동에 따른 비용의 가중치, D_l 은 적의 공격으로 인해 발생한 피해 정도, β_d 는 부대 복구에 따른 비용의 가중치, γ_s 는 부대 규모에 따른 가중치를 나타낸다. 우리는 이동에 따른 비용이 복구에 따른 비용보다 적다고 가정하고 α_t 와 β_d 를 각각 0.5, 1.0으로 설정하고 실험하였다. 또한, 부대 규모에 따른 영향을 배제하기 위해 γ_s 는 가장 큰 규모의 부대로 가정하고 1.0으로 설정하고 실험하였다.

$$NC = (T_m \alpha_t + D_l \beta_d) \times \gamma_s \quad (1)$$

그림 7에서 나타나듯이, 온톨로지 기반의 경로 탐색 모델은 이동 거리가 3인 지점과 10인 지점에서 다소 큰 폭으로 증가하였지만 전체적으로 소요 비용이 다른 두 모델

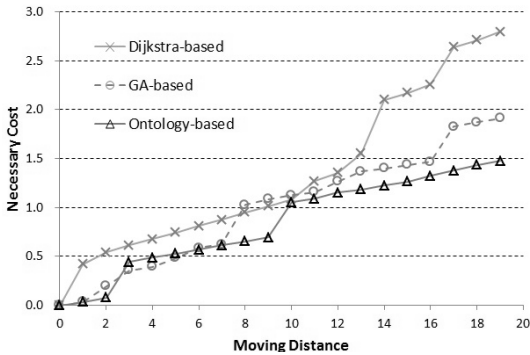


그림 7. 부대의 이동 간 소요 비용

보다 적게 드는 것을 알 수 있다. 해당 지점에서의 증가는 부대의 전투력 손실이 발생하는 지점이며 이 지점에서는 부대 복구 비용이 더 필요하다는 것을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 위게임 시뮬레이션에서 온톨로지 기반의 최적 경로를 탐색하기 위한 모델링 및 시뮬레이션 방법이 제안되었다. 실제 전투에서 부대의 움직임에 영향을 줄 수 있는 요소는 매우 다양하다. 또한, 이러한 요소들을 고려하여 기동 부대의 최적의 경로를 생성하고 평가하는 것은 군에서 실시하는 모의 훈련에서 부대의 전투력 유지와 기동력 향상을 위해 필요하다. 온톨로지 기반의 최적 경로 탐색은 부대가 이동하는 전장의 데이터를 개념화 하고 그들 간의 관계를 표현한다. 또한, 필요한 지식을 추출하기 위해 추론 규칙을 사용한다. 성능 평가를 위해 우리는 DEVS 모델링 및 시뮬레이션 환경 하에서 온톨로지 기반의 최적 경로 탐색 모델을 시뮬레이션 하였다. 실험에서 온톨로지 기반의 최적 경로 탐색 모델이 기존의 Dijkstra나 유전자 알고리즘 기반의 최적 경로 탐색 모델보다 우수한 성능을 보인다는 것을 증명하였다. 향후 연구에서는 전장 상황 데이터를 실시간으로 전송하는 데 따른 메시지 전송 부하를 해결하기 위한 기법들을 연구할 계획이다.

참 고 문 헌

1. 고 원, 김진우 (2004), “C4ISR 효과 모의분석의 기반개념 고찰”, 국방정책연구원, 일반논문, 제64호, pp. 147-170.
2. 김충영 (2004), 군사 OR 이론과 응용, 도서출판 두남, pp. 104-113, 979-1005.
3. 장상철 (2002), “한국군 M&S 발전 방안”, 국방정책연구원, 특집논문, 제52권, pp. 11-15.
4. 최광표 (2002), 국방 모델링 및 시뮬레이션을 활용한 육군 교육훈련 과학화 방책, 2002 육군전투발전, 한국전략문제연구소, pp. 525-564.
5. 최상영 (2008), 국방 모델링 및 시뮬레이션 기술 발전과 향후전망, 대한전자공학회지, 제35권, 제10호, pp. 53-62.
6. Gruber, T. R. (1993), “A Translation Approach to Portable Ontology Specifications”, Knowledge Acquisition, Vol. 5, No. 2, pp. 199-220.
7. Hogler, K., Ray, W. F., Natalya, F. N., and Mark, A. M. (2004), “The Protege OWL Plugin: An Open Development Environment for Semantic Web Applications”, Proc. of the International Semantic Web Conference, Hiroshima, pp. 229-243.
8. Ismail, A. T., Alaa, S., and Mohammed, A. W. (2008), “A Mobile Robot Path Planning Using Genetic Algorithm in Static Environment”, Journal of Computer Science, Vol. 4, No. 4, pp. 341-344.
9. Ivan, K., Nguyen, X. H., and KyungMu, L. (2009), “A genetic algorithm with local map for path planning in dynamic environments”, Proc. of the 11th Annual conference on Genetic and evolutionary computation, Quebec, pp. 1859-1860.
10. OWL Web Ontology Language Reference, W3C Recommendation, <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>
11. Sachith, A., Baladasan, G., and Saluka, K.(2005), “A Genetic Algorithm Approach to Solve the Shortest Path Problem for Road Maps”, Proc. of the International Conference on Information and Automation, Colombo, pp. 272-275.
12. Ziegler, B.P., Sarjoughian, H. S., Park, S. W., Lee, J. S., Cho, Y. K., Nutaro, J., J. (2001), “DEVS modeling and Simulation: a new layer of middleware”, Proc. of the 3rd Annual International Workshop on Active Middleware Services, IEEE Press, New York, pp. 22-31.



마 용 범 (myb112@hanmail.net)

2005 인하대학교 컴퓨터공학부 학사
2007 인하대학교 컴퓨터정보공학과 석사
2007~현재 인하대학교 컴퓨터정보공학과 박사과정

관심분야 : 모델링&시뮬레이션, 온톨로지, 분산 컴퓨팅



김 재 권 (jaekwonkorea@naver.com)

2011 가천의과대학교 정보처리과 학사
2011~현재 인하대학교 컴퓨터정보공학과 석사과정

관심분야 : 인공지능, 온톨로지, 모델링&시뮬레이션



이 종 식 (jslee@inha.ac.kr)

1993 인하대학교 전자공학과 학사
1995 인하대학교 전자공학과 석사
2001 애리조나대 전기·컴퓨터공학과 박사
2001~2002 캘리포니아 주립대학교 전기·컴퓨터공학과 전임강사
2002~2003 클리블랜드 주립대학교 전기·컴퓨터공학과 조교수
2003~현재 인하대학교 컴퓨터정보공학부 교수

관심분야 : 시스템 모델링&시뮬레이션, 분산 컴퓨팅