

시공간 추론 개념을 이용한 전장분석†

배종철*, 박성승*, 안윤애*, 류근호*, 주재우**

*충북대학교 컴퓨터학과

{jcbae, parkss, yeahn, khryu}@dbllab.chungbuk.ac.kr

jwjoo@sunam.kreonet.re.kr

Battlefield Analysis by Spatiotemporal Reasoning Concept

JongChul Bae, Sung Seung Park, Yun Ae Ahn, Keun Ho Ryu, Jae Woo Joo

Dept. of Computer Science, Chungbuk National University

Agency for Defense Development

요 약

시공간 추론에 관한 연구는 그 역사가 오래되었으며 지난 수 십년 동안 매우 많은 이론적인 연구 결과를 얻었다. 그러나, 이와 관련된 응용분야의 연구는 거의 진척되지 않았기 때문에 시공간 추론의 이론과 응용 사이의 간격을 좁히고 실제 활용 가능한 시스템 개발을 위해서는 관련 이론을 토대로 한 응용 시스템의 개발이 필요하게 되었다. 따라서, 이 논문에서는 그 동안 연구된 시공간 추론의 이론을 특정 응용 분야인 전장분석에 적용하여 전장분석 및 평가에 중요한 영향을 미치는 미상의 부대, 미확인 부대, 주타격 방향을 추론하고, 부대의 이동 위치 및 이동시간을 추정하는 시공간 추론 시스템을 설계 및 구현하였다.

I 서 론

전장분석 및 평가를 위해서는 대상이 되는 부대의 식별 및 이동 상황에 관한 정확한 정보가 필요하다. 하지만, 모든 정보를 완벽하게 수집하는 것은 현실적으로 불가능하다. 따라서, 이미 수집된 정보와 관련 지식을 활용하여 대상 부대들의 향후 이동 상황을 미리 예측하고 분석할 수 있는 시공간 추론 기능이 필요하게 되었다.

이 논문에서는 시공간 추론을 전장분석에 적용하여 부대의 이동 위치 및 이동시간 예측뿐만 아니라 소속 정보를 알지 못하는 미상의 부대를 식별하고, 관측되지 않은 미확인 부대를 추정하며, 향후 부대의 주타격 방향을 추론할 수 있는 시스템을 구현한다. 이를 위해 시공간 추론 시스템은 다음과 같은 구조 및 기능으로 구성된다.

사용자 인터페이스는 GUI 형태로 제공되며 사용자가 쉽게 원하는 질의를 선택하여 그 결과를 확인할 수 있도록 한다. 시공간 데이터베이스(Spatiotemporal Database)는 시공간 추론의 대상이 되는 이동 객체(Moving Object)의 시간 및 공간 정보를 저장하고 관리한다. 시공간 처리기는 시공간 데이터베이스에 저장된 이동 객체들을 이용한 시공간 연산을 수행한다. 추론 엔진은 시공간 데이터베이스, 시공간 처리기, 그리고 지식베이스를 이용하여 추론 질의를 처리한다. 지식베이스는 추론에 사용되는 도메인 지식을 규칙베이스 형태로 저장한다. GIS 도구는 시공간 데이터베이스를 구축하기 위한 도구로 사용되며 사용자 인터페이스의 기본 화면인 지도(Map) 정보를 관리한다.

II 관련 연구

이 장에서는 본 논문의 이해를 돕기 위해 시공간 추론과 관련하여 과거 연구된 내용들에 대해 설명한다.

먼저 시공간 데이터의 관리를 위해 시공간 데이터베이스의 구축 및 시공간 연산이 필요하다. 시공간 데이터베이스는 시간에 따라 변화하는 공간 객체들을 나타내며 [1], 시공간 데이터베이스 시스템은 현실 세계에 존재하는 다양한 공간 객체들을 효과적으로 처리할 뿐만 아니라 시간의 흐름에 따라 변화하는 공간 객체의 이력 또한 효율적으로 처리할 수 있다.

시간 추론(Temporal Reasoning)은 시간 데이터가 가지는 여러 가지 특징들에 대한 추론으로 시간 개념을 형식화하고 지식의 시간적인 측면을 표현하고 추론하는 것으로 시간 구조의 추론 및 불확실한 정보에 대한 추론이 있다. 시간 추론은 의학적 진단과 설명, 계획, 산업 공정 등에 대한 제어, 자연어 인식 등[2,6,7]에 응용이 가능하다.

공간 추론(Spatial Reasoning)은 공간 객체들 간의 관계성에 근거하여 여러 가지 공간 문제를 해결하기 위한 추론 기법으로 위상, 방향, 거리 관계 추론이 있다. 공간 추론은 상업 시설이나 산업 시설을 위한 부지 선택, 경로탐색, 경로 설정과 계획, 점포의 배치 계획과 할당, 지층의 기하학적인 면의 추론 등[2,4]에 응용 가능하다.

시공간 추론(Spatiotemporal Reasoning)은 시간의 흐름에 따라 변화하는 시공간 데이터에 대해 여러 가지 추론 기능을 수행하는 것이다. 시간 데이터와 공간 데이터에 관계된 지식을 유도하여 추론을 수행하며, 나누어져 있는 시간 연산과 공간 연산을 하나로 통합한 시공간 연산을 사용한다. 시공간 추론을 이용한 응용분야는 시공간 데이터베이스의 응용분야 및 전문가 시스템의 응용분야[2]에 모두 관련이 있다.

† 이 연구는 1999년 국방과학연구소와 지오스텍스널리지로부터 연구비를 지원받아 수행되었음

III 전장분석 시공간 추론 시스템

1. 시스템 구조

전장분석을 위한 시공간 추론 시스템은 시공간 데이터베이스, 시공간 연산 처리기, 추론 엔진, 지식베이스 등으로 구성된다.

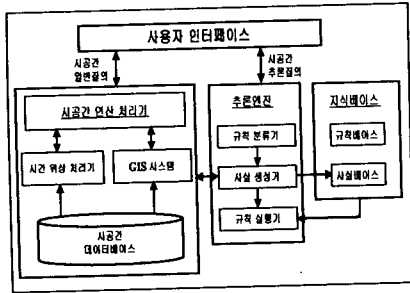


그림 1. 시스템 구조

그림 1은 전체 시스템의 구조를 나타낸다. 전장분석을 위한 시공간 데이터베이스(Spatiotemporal Databases)는 초기 부대 정보 테이블, 이동 정보 테이블, 미상의 부대 정보 테이블로 구성된다. 시공간 연산 처리기(Spatiotemporal Operator Processor)는 시공간 데이터베이스에 저장된 객체의 시간 및 공간 속성을 이용하여 시공간 연산 및 검색을 수행한다. 추론 엔진은 추론 질의를 수행하는 부분으로 항상 지식베이스와 함께 동작한다. 추론 엔진은 규칙 분류기, 사실 정보 생성기, 규칙 실행기로 구성된다. 지식베이스(Knowledge Base)는 규칙베이스와 시공간 사실베이스로 구성된다. 먼저, 규칙베이스(Rule Base)는 추론에 사용되는 도메인 지식들을 저장한다. 시공간 사실베이스(Spatiotemporal Fact Base)는 규칙 처리에 필요한 시공간 사실들을 저장한다. GIS 시스템은 시공간 데이터베이스에 활용되며 이 논문에서는 Geowin[8]이라는 공간 관리 시스템을 사용한다.

2. 데이터베이스 구조

전장분석을 위한 시공간 데이터베이스(Spatiotemporal Databases)는 초기 부대 정보 테이블, 이동 정보 테이블, 미상의 부대 정보 테이블로 구성된다. 다음의 표 1은 초기 부대정보 테이블의 예이다.

표 1. 초기 부대정보 테이블

| 부대번호 | 부대명 | 부대종류 | 부대번호 | 부대명 | 부대종류 | 부대번호 | 부대명 | 부대종류 |
|------|------|-----------|------|----------|----------|------|-----|------|
| 1 | 4913 | 00-기계중부대 | 1 | 20000501 | 20000502 | 549 | 9 | 0 |
| 2 | 4919 | 14-1000부대 | 2 | 20000501 | 20000502 | 182 | 26 | 10 |
| 3 | 4923 | 19-부대 | 2 | 20000501 | 20000502 | 166 | 48 | 10 |
| 4 | 4937 | 10-부대 | 2 | 20000501 | 20000502 | 152 | 73 | 10 |
| 5 | 4931 | 10-부대 | 2 | 20000501 | 20000502 | 233 | 46 | 10 |
| 6 | 4976 | 12-부대 | 3 | 20000501 | 20000502 | 241 | 69 | 10 |
| 7 | 4983 | 11-부대 | 3 | 20000501 | 20000502 | 204 | 76 | 10 |
| 8 | 4982 | 44-2000부대 | 3 | 20000501 | 20000502 | 304 | 52 | 40 |
| 9 | 4988 | 45-2000부대 | 3 | 20000501 | 20000502 | 330 | 51 | 40 |
| 10 | 5041 | 32-부대 | 2 | 20000501 | 20000502 | 324 | 66 | 30 |
| 11 | 5000 | 47-부대 | 2 | 20000501 | 20000502 | 396 | 41 | 40 |
| 12 | 5035 | 24-1000부대 | 2 | 20000501 | 20000502 | 511 | 13 | 30 |
| 13 | 5057 | 25-부대 | 2 | 20000501 | 20000502 | 518 | 44 | 20 |
| 14 | 5061 | 23-부대 | 2 | 20000501 | 20000502 | 318 | 35 | 30 |
| 15 | 5079 | 20-부대 | 3 | 20000501 | 20000502 | 306 | 75 | 20 |
| 16 | 5107 | 22-부대 | 3 | 20000501 | 20000502 | 373 | 69 | 20 |
| 17 | 5093 | 21-부대 | 3 | 20000501 | 20000502 | 355 | 65 | 30 |
| 18 | 4994 | 44-1000부대 | 2 | 20000501 | 20000502 | 363 | 49 | 40 |
| 19 | 5027 | 31-부대 | 3 | 20000501 | 20000502 | 355 | 61 | 30 |
| 20 | 5013 | 30-부대 | 3 | 20000501 | 20000502 | 336 | 52 | 30 |

표 1은 실제 저장된 초기 부대정보 데이터로 부대의 위치 좌표, 관측 날짜, 명칭, 소속 연대, 타입이 포함된다.

3. 추론 엔진

그림 2는 추론 엔진의 처리 과정을 나타낸 것으로 다음과 같은 순서로 동작한다.

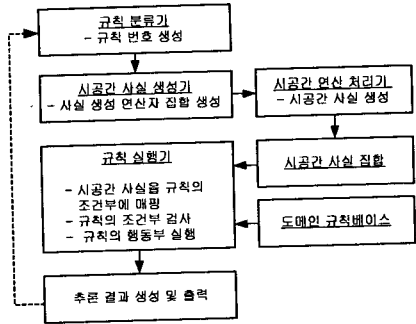


그림 2. 추론 엔진의 동작과정

- 규칙 분류** : 입력된 추론 질의에 해당되는 규칙 메타정보를 생성한다
- 사실 정보 생성** : 규칙 처리에 필요한 사실 정보 집합을 생성하기 위해 사실 생성 연산자 집합을 추출한다.
- 시공간 연산** : 시공간 처리기를 통해 사실 생성 연산자를 수행하여 사실 집합을 생성한다.
- 사실베이스 생성** : 사실 집합을 사실베이스에 저장한다.
- 규칙 검사 및 처리**
 - 규칙의 조건부에 시공간 사실 집합을 순서대로 매핑
 - 규칙 조건부를 검사
 - 규칙 조건부의 검사 결과에 따른 규칙 행동부를 수행
- 추론결과 생성** : 규칙 행동부의 수행 결과에 의해 추론 결과를 생성한다.

4. 구현

(1) 환경 및 범위

전장분석 시공간 추론 시스템의 개발환경은 표 2와 같고, 구현 범위는 표 3과 같다.

표 2. 구현 환경

| 분류 | 도구 |
|----------|----------------|
| 운영체제 | Windows NT 4.0 |
| 프로그래밍 언어 | Java 1.2.2 |
| 데이터베이스 | Oracle 7 |
| 공간 관리시스템 | Geowin |

표 3에서는 사용자가 수행 가능한 추론 질의를 기능별로 구분하였다.

표 3. 구현 범위

| 기능 분류 | 기능별 종류 |
|---------|---|
| 추론 질의 | <ul style="list-style-type: none"> 미상의 부대 추론 미확인 부대 추론 주타격 방향 추론 (이동중, 집결배치) 부대의 이동위치 추론 부대의 이동시간 추론 |
| 시공간 질의 | <ul style="list-style-type: none"> 부대 이동경로 추적 일별 부대정보 조회 근접 객체 검색 |
| 시공간 연산자 | <ul style="list-style-type: none"> nearest : 근접 객체 검색 trajectory : 이동경로 추적 attime : 일별 부대정보 검색 |

IV 실험

1. 적용 시나리오

구현된 시스템의 전체적인 기능 및 수행과정을 보이기 위해 다음과 같은 가상 시나리오를 적용하여 실험하였다. 먼저, 초기 부대 정보(Initial Unit Data) 생성은 가상의 1사단을 대상으로 하며 정보 저장 단위는 대대를 기준으로 한다. 1사단에는 20개의 대대가 존재하며, 초기 부대 정보 관측일은 2000년 5월 1일로 가정한다. 이동정보(Moving Information) 생성은 대대별 10일간의 이동정보를 발생시킨다. 전체 이동정보는 200회이고, 이 중 정확한 이동정보는 80%(160회), 부정확한 이동정보는 20%(40회)이다. 이동정보 관측은 2000년 5월 2일부터 2000년 5월 11일까지 수행됨을 가정한다.

2. 추론 질의 및 결과

1) 미상의 부대 추론

"2000년 5월 9일부터 5월 10일까지 미상의 부대를 추론하시오."

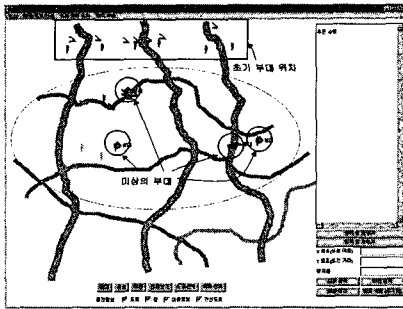


그림 3. 미상의 부대 추론 예

질의 수행 결과는 그림 3과 같다. 그림에서 실선 사각형 내부는 부대들의 초기 위치 정보를 나타내며, 점선 원의 내부는 주어진 기간동안 부대들의 위치 정보를 나타낸다. 그리고, 점선 원 안의 작은 실선 원은 미상의 부대로 추론된 부대의 위치정보 및 부대 명칭을 나타낸다.

2) 주타격 방향 추론

"2000년 5월 11일부터 5월 12일까지 주타격 방향을 추론하라. (가중치 : 기계화 부대 10%, 전방 연대 30%, 후방 연대 60%)."

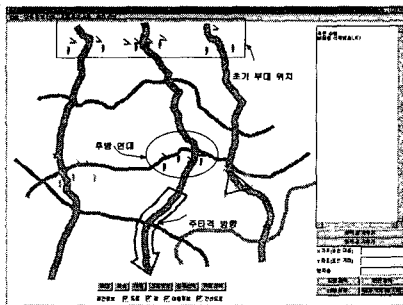


그림 4. 주타격 방향 추론 예

그림 4는 서로 다른 가중치를 부여한 경우의 주타격 방향 추론 결과이다. 주타격 방향의 추론은 기계화 부대의 위치, 후방 연대의 위치, 전방 연대의 구성 형태의 세 가지 요소가 추론에 영향을 미친다. 시스템은 사용자가 부여한 가중치 항목을 토대로 주타격 방향을 추론한다. 화살표로 표시된 부분은 가중치가 60%로 가장 많이 부여된 후방 연대의 위치정보를 이용하여 주타격 방향을 추론한 결과이다.

V 결론

이 논문에서는 시공간 추론을 전장분석에 적용하여 미상의 부대, 미확인 부대, 주타격 방향을 추론하고 부대의 이동 위치, 이동 시간을 예측하는 전장분석 시공간 추론 시스템을 구현하였다. 그리고, 가상 시나리오를 이용한 구현 시스템의 실험을 통해 전장분석과 유사한 응용분야인 항법 시스템, 워 게임 모델, 근접 전투 시뮬레이션의 시스템 개발에 유용하게 사용될 수 있음을 확인하였다. 앞으로는 시공간 추론에 적용되는 이동 객체의 불확실성 처리 방법을 실제 시스템의 추론 과정에 적용하여 추론 결과의 정확성을 높이는 연구가 진행되어야 할 것이다.

VI 참고문헌

- [1] Martin Erwig, Ralf Hartmut Güting, Markus Schneider and Michalis Vazirgiannis, "Spatio-Temporal Data Types : An Approach to Modeling and Querying Moving Object in Databases", CHOROCHRONOS Technical Report CH-97-08, December 1997.
- [2] S.Dutta, "Topological Constraints : A Representational Framework For Approximate Spatial And Temporal Reasoning", Second International Symposium on Large Spatial Databases, SSD'91, 1991.
- [3] M.Erwig, R.H.Güting, M.Schneider, and M.Vazirgiannis, "Spatio-Temporal Data Types : An Approach to Modeling and Querying Moving Object in Databases", CHOROCHRONOS project, Dec., 1997.
- [4] M.Grigni, D.Papadias, and C.Papadimitriou, "Topological Inference", Proceedings of the International Joint Conference of Artificial Intelligence(IJCAI), AAAIPress, Montreal, Canada, 1995.
- [5] R.H.Güting, M.H.Böhlen, M.Erwig, C.S. Jensen, N.A.Lorentzos, M.Schneider, and M.Vazirgiannis, "A Foundation for Representing and Querying Moving Objects", Technical Report, CHOROCHRONOS project, Sep., 1998.
- [6] A.Montanari and B.Pernici, "Chapter 21: Temporal Reasoning", Temporal Databases, Benjamin Cummings Publisher, pp.534-562, 1993.
- [7] L.Vila, "A Survey on Temporal Reasoning in Artificial Intelligence", AI communication, Vol.7, Num.1, Mar., 1994.
- [8] K.Ryu, "A Research on Temporal and Spatial Reasoning and Uncertainty Processing", Final Report, Spatiotemporal Reasoning Project, Chungbuk National University, July, 2000.
- [8] "Geowin System", Geostechnology, "http://www.geowin.net"