

시공간 지식탐사를 위한 3계층 프레임워크 (A 3-Layered Framework for Spatiotemporal Knowledge Discovery)

이 준 욱[†] 남 광 우^{**} 류 근 호^{***}
(Jun Wook Lee) (Kwang Woo Nam) (Keun Ho Ryu)

요 약 시공간 데이터관리를 위한 데이터베이스 기술이 발전함에 따라 방대한 시공간 데이터 집합으로부터 의미 있는 시공간 지식 탐사를 필요로 하는 시공간 응용 서비스가 증대되고 있다. 이 논문에서는 시공간 지식 탐사 기법 개발을 지원하기 위하여 시공간 3계층 지식탐사 프레임워크를 제안하였다. 프레임워크에서는 시공간 지식 탐사 문제 정의를 위한 기반 모델을 제시하여 시공간 지식에 대한 정의 및 관계를 표현할 수 있도록 하였다. 또한 시공간 지식 탐사 시스템의 구성요소 및 구현 모델을 제시하였다. 이 논문에서 제안한 시공간 지식 탐사를 위한 프레임워크는 앞으로 새로운 유형의 시공간 지식 탐사 기법 개발에 적용될 수 있는 특징을 포함하고 있다. 제안한 프레임워크는 시공간 이동 패턴과 같은 새로운 유형의 지식 탐사 기법 개발 지원에 있어 시공간 데이터 집합, 정보 및 지식에 대한 관계 규정과 각 요소에 대한 표현 모델을 제공함으로써 지식 탐사 문제를 형식화하고 단순화할 수 있다.

키워드 : 시공간 지식 탐사, 지식 탐사 프레임워크

Abstract As the development of database technology for managing spatiotemporal data, new types of spatiotemporal application services that need the spatiotemporal knowledge discovery from the large volume of spatiotemporal data are emerging. In this paper, a new 3-layered discovery framework for the development of spatiotemporal knowledge discovery techniques is proposed. The framework supports the foundation model in order not only to define spatiotemporal knowledge discovery problem but also to represent the definition of spatiotemporal knowledge and their relationships. Also the components of spatiotemporal knowledge discovery system and its implementation model are proposed. The discovery framework proposed in this paper satisfies the requirement of the development of new types of spatiotemporal knowledge discovery techniques. The proposed framework can support the representation model of each element and relationships between objects of the spatiotemporal data set, information and knowledge. Hence in designing of the new types of knowledge discovery such as spatiotemporal moving pattern, the proposed framework can not only formalize but also simplify the discovery problems.

Key words : Spatiotemporal knowledge discovery, knowledge discovery framework

1. 서 론

최근 들어 데이터베이스로부터의 지식 탐사는 실제 응용에서 발생하는 방대한 양의 데이터에 대한 중요한 분석 프로세스로 여겨짐에 따라 다양한 영역에서 그 중

요성이 증대되었다. 지식 탐사의 목적은 방대한 양의 구조화된 정보 집합으로부터 목시적이고 이전에 알려지지 않았으며 잠재적으로 유용한 규칙이나 특성을 추출하는 것이다[1,2].

사람, 자동차, 동물, 항공기, 태풍 등과 같이 시간에 따라 공간 특성이 빈번하게 변화하는 방대한 시공간 데이터를 관리하기 위한 데이터베이스 기술이 발전함에 따라 새로운 시공간 응용 서비스가 증대되고 있다[3-5]. 이러한 응용 서비스의 대표적인 예는 위치기반 서비스 [6], 텔레매틱스(telematics), 지능적 물류 관제 서비스, 긴급구난 및 방재 서비스 등이 있다. 이러한 시공간 응용 분야는 서비스 구현에 있어 공통적으로 시공간 패턴

· 이 논문은 2003년도 학술진흥재단(KRF-2003-002-D00280)의 연구비 지원으로 수행되었음

† 비 회 원 : 한국전자통신연구원 텔레매틱스 테스트베드연구팀 연구원
junux@etri.kr

** 비 회 원 : 한국전자통신연구원 LBS연구팀 연구원
kwnam@etri.kr

*** 종신회원 : 충북대학교 전기전자및컴퓨터공학부 교수
khryu@dblab.chungbuk.ac.kr

논문접수 : 2003년 4월 3일

심사완료 : 2004년 3월 2일

이나 규칙과 같은 지식에 기반하고 있다.

시공간 지식 탐사(spatiotemporal knowledge discovery)[7-10]는 시공간 객체들의 변화 이력인 시공간 데이터 집합으로부터 변화에 대한 시간(temporal) 규칙[11,12]이나 공간(spatial) 규칙뿐만 아니라 시공간(spatio-temporal) 규칙[13,14] 등과 같이 유용한 지식 탐사를 위한 새로운 연구 분야이다. 시공간 규칙은 시간 요소와 공간요소를 함께 포함하고 있어 기존의 기법에 의해 탐사되는 규칙에 비하여 복잡하며 특히 지식 탐사에 있어 이들 두 요소간의 종속적 관계등을 과학화하기 위해서는 이들 두 요소의 의미와 관계성이 함께 고려된 탐사 기법이 요구된다[7,15]. 하지만 지금까지 시간 및 공간에 대한 개념과 모델링에 대한 많은 연구가 진행되었음에도 불구하고 시공간 이동 패턴[16]과 같은 시공간 규칙 탐사 분야에 있어서는 시공간 현상의 표현, 다중수준의 배경지식 지원, 그리고 기존의 시공간 지식에 기반한 새로운 지식의 탐사등을 지원할 수 있는 체계적이고 종합적인 기반 프레임워크에 대한 연구가 부족하다.

Abraham은 기존의 공간 데이터 마이닝 연구와 시간 데이터 마이닝 연구를 포괄하여 시공간 데이터베이스로부터의 지식탐사를 위한 프레임워크를 제시하였다[7]. 시공간 지식 탐사를 위한 프레임워크는 체계적인 문제의 정의를 가능하게 하며 다양한 연산 및 위상관계를 이용하는 새로운 지식 탐사 기법 개발을 지원하고, 또한 지식 탐사 프로세스 지원 및 시공간 데이터와 지식에 한 모델링을 기반으로 하는 시공간 지식 탐사 시스템 개발 지원을 할 수 있어야 한다. 또한 시공간 지식 탐사 시스템을 형성하기 위한 구현 모델을 제시할 수 있어야 한다. 하지만 기존의 프레임워크[7]는 시공간 메타규칙 탐사를 위한 메타지식의 정의 및 프로세스에 대한 기술을 포함하고는 있지만 시공간 이동패턴과 같은 시공간 지식 탐사를 위해 시간, 공간 및 시공간 모델링 차원에서의 기반 모델(foundation model) 지원이 부족하다. 또한 시공간 지식 탐사를 위한 프로세스 모형을 제시하고 있지만 지식 탐사와 기법 개발 문제를 함께 지원하지 못하고 있다. 따라서 시공간 이동패턴이나 시공간 메타규칙과 같은 유형의 지식 탐사에는 적합하지 않다.

이 논문에서는 새로운 시공간 지식탐사 기법 개발에 적용할 수 있는 시공간 지식탐사 프레임워크를 제안한다. 제안하는 프레임워크를 구성하는 2가지 요소는 기반 모델(foundation model)로서의 3계층 시공간 지식 모델과, 구현모델로서의 시공간 지식탐사 모델이다. 기반모델은 Mannis가 제시한 2계층 구조의 시공간 개념 모델[17]를 확장하여 데이터, 정보, 지식 컴포넌트로 구성되는 개념적 3계층 시공간 지식모델이다. 시공간 지식탐사 모델은 지식모델을 기반으로 하여 시공간 지식과 시공

간 지식 탐사 문제, 그리고 시공간 지식탐사 시스템에 대한 구현모델 등을 포함한다. 제안된 프레임워크에 기반한 지식탐사 기법의 개발은 다양한 시공간 현상의 표현 및 배경지식 처리에 대한 기반을 제공하며 특히 과거 지식에 기반한 새로운 지식탐사와 같은 문제해결에 대한 접근을 용이하게 한다.

제안하는 프레임워크는 새로운 유형의 시공간 지식 탐사 문제에 대한 정의를 명확히 하고 기법 개발을 용이하게 할 수 있다. 시공간 이동 패턴 탐사 기법[16]은 기법의 개발에 있어 본 논문에서 제안한 프레임워크를 실질적으로 적용하였으며 MPMiner는 프레임워크 구현 모델의 주요 요소를 Legacy시스템을 이용하여 적용하고 있다. 특히 프레임워크의 구현모델은 다양한 지식탐사 시스템 개발에 있어 요구되는 구성요소를 일반성 있게 표현하고 있어 시스템 개발시 다양한 형태의 구현을 가능하게 한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 시공간 지식 탐사에 대해 기존 연구 검토를 통한 문제를 제기하고, 제3장에서는 시공간 지식탐사를 위한 프레임워크를 제시하고 제4장에서는 기반모델로서의 3계층 시공간 지식모델을 제시한다. 그리고 제5장에서는 시공간 지식 탐사 모델로써 시공간 지식, 시공간 지식탐사를 정의하고 구현모델을 제시한다. 제6장에서는 제안된 프레임워크의 적용 예를 통해 고찰하며 그 문제점을 제시한다. 마지막으로 제7장에서는 결론을 맺는다.

2. 문제 제기

지금까지의 시공간 규칙탐사 연구는 기존의 시간 또는 공간 마이닝 기법을 확장한 기법으로서 시공간 연관 규칙[15], 시공간 클러스터링[18,19] 등이 있고 새로운 유형의 시공간 규칙으로는 시공간 진화규칙[7], 시공간 패턴 그리고 시공간 이동 패턴[20] 등이 있다. 시공간 패턴탐사 기법은 QUEST[9], CONQUEST[21] 시스템 그리고 DSF_MINE[10]에서와 같이 지리 현상 분석에 적용되거나 Valdes-Perez[22]에서의 바이오 데이터 분석이나 Kollios[23]의 동작 마이닝과 같이 실제계 응용 영역에 매우 다양하게 적용되었다.

이러한 기존의 시공간 패턴 탐사 기법들 대부분은 래스터 기반의 공간 모델에 시간 개념을 포함하여 데이터를 모델링하고 있다. CONQUEST시스템[9]에서의 마이닝 연산의 경우나 Valdes-Perez의 패턴 탐사[22], Tsoukatos의 패턴 탐사 기법[10] 역시 이러한 데이터 모델링에 기반하고 있다. 단순한 시공간 모델링으로는 시공간 현상에 대한 정확한 이해가 불가능하기 때문에 보다 정확한 지식 탐사를 위해서는 지식 탐사 프레임워크 차원에서 시공간 모델링을 포함하여야 한다.

Mennis와 Peuquet의 지식을 포함한 시공간 개념 모델인 Pyramid모델[17]은 시공간 객체의 구성 요소와 지식과의 관계를 두 계층으로 규정하여 제시하였지만 모델은 시공간 지식 탐사의 관점에서 볼 때 구현 모델로써는 부족하다. 그리고 Abraham[7]이 제시한 프레임워크는 시공간 메타규칙 탐사를 위한 메타지식의 정의 및 프로세스에 대한 기술을 포함하고 있지만 앞서 예시한 시공간 이동 패턴과 같은 시공간 지식 탐사를 위해 시간, 공간 및 시공간 모델링 차원에서의 기반 모델 지원이 없다. 시공간 이동 패턴 탐사의 기반이 될 수 있는 GIS시스템 및 시공간 데이터베이스 시스템들은 객체 및 현상에 대한 표현과 관리 그리고 검색을 위한 기능들을 지원하고 있는 반면 지식 탐사를 위한 지식 모델 및 이와 연계된 표현 모델에 대한 지원이 아직까지는 미흡하다. [24]의 시간데이터 마이닝 프레임워크나 Abraham [7]의 시공간 메타지식 탐사를 위한 프레임워크가 제시되었다. 하지만 프레임워크의 기반모델은 지식 탐사 문제정의를 위한 핵심으로 기존의 연구에서는 이에 대한 체계적인 접근이 부족하였다.

지금까지의 연구들의 문제를 종합해 볼 때 시공간 지식 탐사를 지원하는 프레임워크는 다음과 같은 특성을 제공하여야 한다. 첫째, 시공간 지식탐사를 위한 프레임워크는 기반모델을 지원할 수 있어야 한다. 둘째, 지식 탐사 프레임워크는 새로운 유형의 시공간 지식과 지식 탐사 문제를 명확히 정의하며 시공간 지식 탐사에 필요한 요소 등을 포함하여 탐사 프로세스를 명확히 제시하여야 한다. 마지막으로 시공간 지식탐사 프레임워크에 대한 구현 모델을 제시하여야 한다. 구현 모델은 기존의 응용환경을 통합적으로 고려함으로써 다양한 유형의 시공간 데이터로부터의 지식탐사 프로세스를 적용할 수 있게 하며 탐사된 지식을 활용할 수 있도록 하여야 한다.

3. 시공간 지식탐사 프레임워크

시공간 지식 탐사 프레임워크는 지식 탐사를 위한 틀로써 개념과 모델 그리고 도구들의 집합체를 말한다. 제안하는 프레임워크를 구성하는 2가지 요소는 그림 1과 같이 기반모델(foundation model)로써의 개념적 3계층 시공간 지식 모델과 구현 모델로써의 시공간 지식 탐사

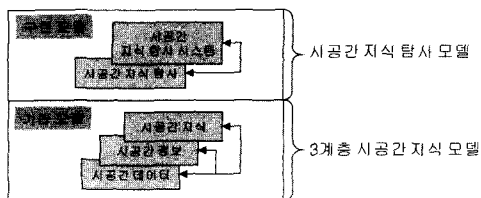


그림 1 시공간 지식 탐사 프레임워크

모델이다.

3.1 3계층 시공간 지식 모델

시공간 지식 탐사를 위한 기반 모델은 데이터 컴포넌트, 정보 컴포넌트 그리고 지식 컴포넌트로 구성된 개념적인 3계층 시공간 지식 모델이다. 제안하는 지식 모델은 각 컴포넌트의 개념과 의미, 역할, 그리고 각각에 대한 표현 모델을 포함한다. 기존의 추상적인 2계층 지식 모델과 달리 제안하는 지식모델은 정보 컴포넌트를 포함하며 데이터 컴포넌트에서 시공간 객체 및 객체 이력 표현을 위해 시간, 공간, 속성 범위(extent)의 표현 방법 등을 규정함으로써 시공간 지식 탐사의 대상인 시공간 데이터 집합을 명확히 정의한다. 정보 컴포넌트에서는 시공간 객체로부터의 대수적인 관계 연산 및 함수적 연산 그리고 시공간 객체들 간의 관계인 이진 서술(binary predicate)을 규정한다. 그리고 지식 컴포넌트에서는 지식의 표현을 규정한다.

3.2 시공간 지식탐사 모델

지식 탐사 모델은 시공간 지식에 대한 정의와 지식 탐사에 대하여 정의를 포함한다. 이를 위하여 시간 한정 및 공간 한정을 포함하는 시공간 지식 모델을 정의하며 시공간 지식의 변화 및 시공간 지식 탐사 문제를 정의한다. 또한 시공간 지식 탐사에 있어 기반 모델을 이용한 지식탐사 문제 분석을 위해 지식 탐사 프로필을 제시한다.

기반 모델을 통하여 지식 탐사 모델을 실제로 구현하기 위하여 5개의 레이어로 구분된 지식탐사 시스템 구현 모델을 제시한다. 제안하는 구현 모델은 데이터 및 정보 레이어(data & information layer), 시공간 마이닝 레이어(spatiotemporal mining layer), 지식 레이어(knowledge layer) 그리고 응용 레이어(application layer)로 구성된다.

4. 3계층 시공간 지식 모델

우선 시공간 이동 패턴과 같이 시공간 현상들에 대해 의미 있는 시공간 지식을 탐사하기 위해서 기반모델이 가져야 할 특성은 다음과 같다. 첫째, 시공간 현상들의 식별과 존재에 대하여 기술되어야 한다. 둘째, 시공간 객체들에 대한 일관된 특성과 변화되는 특성을 포함하여 시간, 공간 및 속성을 주요 구성 요소로 하여 현상에 대한 표현을 기술한다. 셋째, 시공간 현상들에 대한 다중 수준(multi level)의 배경지식을 표현할 수 있어야 한다. 넷째, 고수준의 시공간 지식에 대한 표현을 포함함으로써 지식을 기반으로 하는 새로운 지식 탐사를 가능케 하여야 한다. 다섯째, 기존의 관계형 및 객체-관계형 그리고 객체지향 데이터베이스 등의 시스템상 구현될 수 있어야 한다.

기반모델로서 제안하는 시공간 현상에 대한 개념적 표현을 위한 3계층 시공간 지식 모델은 Mannis가 제시한 기존의 시공간 개념 모델인 Pyramid모델을 확장한다. 모델에서는 정보의 가치사슬(value chain)과 시공간 지식에 대한 개념화(conceptualization) 과정을 기반으로 하여 시공간 데이터, 가공된 시공간 정보 그리고 탐사된 시공간 지식의 관계가 분리되어 3가지 연관된 컴포넌트로 구분하여 정의된다. 기존의 Mannis의 2계층 모델과 달리 시공간 정보에 대한 부분을 포함함으로써 실제 정보시스템상에서 수행되는 다양한 연산을 추상화 할 수 있다.

데이터 컴포넌트(data component)는 시공간 영역(spatiotemporal universe)상 존재하는 시공간 데이터에 대한 표현이다. 시공간 데이터는 다양한 속성을 갖고 시간과 공간 상에서 발생되고 측정된다. 그림 2에서 보는 바와 같이 데이터 컴포넌트 내에서는 모든 데이터는 공간, 시간 그리고 속성의 3가지 뷰를 갖는 시공간 객체(spatiotemporal object)로 정의된다.

정보 컴포넌트(information component)는 데이터 컴포넌트로부터 어떤 의미를 부여하기 위하여 개념적으로 일반화(generalization)하거나 변형(transformation)한 선택적이고 의미 있는 데이터를 말한다. 이러한 일반화 및 변형작업을 위해 각 객체의 시간, 공간 및 속성 차원에 적용할 수 있는 연산 집합을 정의하여야 한다.

지식 컴포넌트(knowledge component)는 그림 2에서의 유도 화살표가 의미하는 것처럼 시공간 객체 집합으로 직접적으로 유도하거나 시공간 정보나 이전의 시공간 지식을 통하여 간접적으로 유도된 지식으로 인간에게 어떤 의미 있는 지식 객체를 표현한다.

3계층 지식모델에서의 데이터 컴포넌트 및 정보 컴포넌트의 표현은 기존에 연구된 시간, 공간 또는 시공간

모델등을 기반으로 본 논문에서 재정의한다. 하지만 지식 컴포넌트에서 표현되는 시공간 지식, 지식의 변화등을 위해서는 새로운 정의가 요구된다.

4.1 데이터 컴포넌트

데이터 컴포넌트는 시공간 영역(spatiotemporal universe)상 존재하는 시공간 데이터에 대한 표현이다. 이를 위하여 시공간 영역, 시공간 객체, 시공간 객체의 변화로 인한 이력 객체등 많은 부분에 대한 포괄적이고 개념적으로 명확한 정의가 요구되며 각 객체의 구체적인 표현을 위한 정의가 요구된다.

4.1.1 시공간 객체와 영역

정의 1. 시공간 객체(Spatiotemporal object) O 는 시간(Time), 공간(Space), 속성(Attribute)의 3가지 차원(dimension)을 가지며 객체 식별을 위한 식별자(Oid; Object Identifier)를 포함하여 $O = \langle Oid, S, T, A \rangle$ 로 표현된다. 객체를 구성하는 3가지 차원은 값의 영역인 도메인 D 를 갖는다. 식별자의 도메인($D = Oid \subset I$)은 이산적인 1차원 공간이다. 공간 차원의 도메인($D = S \subset R^d$)은 지리 공간으로써 d 차원의 유클리드안(euclidean) 닫힌 공간으로 가정한다. 시간차원의 도메인($D = T \subset R$)은 1차원 공간으로써 사건 또는 현상이 발생한 유효시간이다. 속성 차원의 도메인($D = A = A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n, A_i \subset R$ or I or $\{a_k\}$)에 대하여 각 속성은 연속도메인 R 과 이산도메인 I 와 같은 정량적 도메인 또는 정성적($\{a_k\}$)인 도메인들로 전체 속성 도메인은 이러한 각 도메인의 멱집합이다. □

일반적인 지리공간 영역은 3차원을 말하지만 이 연구에서는 2차원 공간을 시간지식 탐사의 대상으로 규정하기 위하여 시공간 객체의 공간 차원 도메인을 2차원의 닫힌 공간으로 가정한다. 이 프레임워크에서는 Snodgras[25] 등이 제시한 시간 개념에 대하여 지식탐사 시 유효시간 또는 거래시간 중 하나만을 고려하기 위해 두 시간 개념 중 유효시간 만을 가정한다. 시간 차원 도메인은 구현에 있어 이산적인 정수 값들로 처리하지만 실제 특성에 맞게 연속적인 도메인으로 규정하였다.

정의 2. 시공간 객체 영역(Spatiotemporal object universe) U 는 시공간 객체가 존재하는 도메인으로 3개 도메인 S, T, A 의 카테이션 곱으로 표현된다.

$$U = S \times T \times A \quad \square$$

각 시공간 객체는 시공간 객체 영역 속에서 식별(identity)를 가지고 있어 서로를 유일하게 식별할 수 있다. 객체 식별자는 시공간 객체가 생성되어 소멸될 때까지 유지된다. 시공간 객체 식별자의 표현은 시공간 객체 영역의 표현과는 독립적인 것이다.

각 시공간 객체 인스턴스는 각 차원의 도메인 내에서의 범위(extent)을 갖는다. 따라서 각 도메인 내에서 한

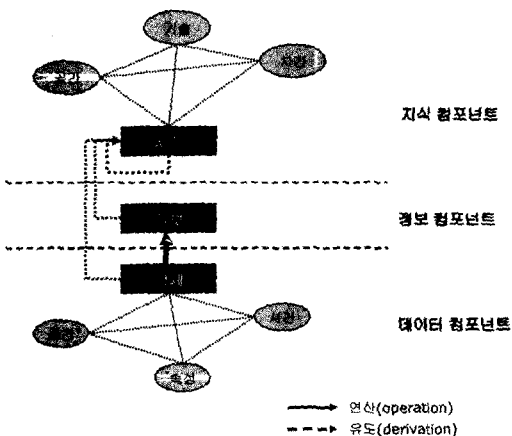


그림 2 확장된 3계층 개념적 시공간 지식 모델

계를 다음과 같은 기호로써 표시한다.

- 공간 범위(spatial extent) $E_S \in S$: 공간상에서의 한 시공간 객체의 위치와 모양 등 공간 객체의 외양(appearance)를 말한다. 예를 들면 이동객체의 2차원 상에서의 위치, 병원이나 학교 등의 위치, 국가 경계나 산림의 범위 등이 그 예이다.
- 시간 범위(temporal extent) $E_T \in T$: 시간라인 상에서의 한 시공간 객체의 위치(point), 간격(interval) 또는 기간(period)를 말한다. 예를 들면 차량의 이동 시점이나 태풍의 이동 간격 등을 들 수 있다.
- 속성 범위(attribute extent) $E_A \in A$: 한 시공간 객체의 모든 속성의 값을 말한다. 예를 들면 차량의 이동 속도나 방향 등이 그 예이다.

4.1.2 시공간 객체 집합과 시공간 객체 인스턴스

정의 3. 시공간 객체 인스턴스 O_i 는 시공간 객체 영역 U 에서의 한 범위(extent)로 각 차원에서의 범위 E_S, E_T, E_A 의 쌍으로 구성된다.

$$O_i = \langle \text{OID}_i, E_S, E_T, E_A \rangle \quad \square$$

정의 4. 시공간 객체 집합(Spatiotemporal object set) R 은 시공간 객체 영역 U 상에 존재하는 시공간 객체 S 의 인스턴스 O_i 들의 집합이다.

$$R = r(S) = \{O_i \mid O_i \in U\} \quad \square$$

4.1.3 시공간 객체 이력집합과 시공간 데이터 셋

앞서 정의한 시공간 객체는 시간과 공간상에서의 지리 객체나 현상 등의 정적인 상태에 대한 표현이다. 시공간 객체는 시간에 따라 공간적 또는 속성 값들의 변화를 통해 다른 시공간 객체들과 연계된다.

어떤 시점 T_i 에서의 유일한 시공간 객체 Oid_i 는 어떤 사건에 의해 변화되어 다음 시점 T_j 에서의 유일한 시공간 객체 Oid_j 로 존재한다. 시공간 영역상에서 이처럼 시공간 객체들이 사건에 의해 변화함에 따라 동일한 객체 식별자를 갖는 시공간 집합을 형성한다.

시공간 객체 버전(Spatiotemporal object version)은 시공간 객체 영역 U 에서 시점 T_p 에서의 유일한 시공간 객체 Oid_p 에 대하여 어떤 사건에 의해 변화되어 생성된 다음 시점에서의 시공간 객체를 말한다. 시공간 객체에 대한 버전들이 생성됨으로써 시공간 객체 식별자 Oid 를 통하여 시공간 객체 영역에서의 부분집합으로써의 버전 집합을 구성한다.

정의 5. 시공간 객체 버전 집합(Spatiotemporal object version set) V 는 시공간 객체 영역 U 상에서의 동일한 객체 식별자 Oid 를 갖는 버전 객체들의 집합으로 어떤 객체 식별자 Oid_i 에 대한 객체 버전 집합 $V(\text{Oid}_i)$ 는 다음과 같이 정의한다.

$$V(\text{Oid}_i) = \{O_j \mid O_j \in U, O_j[\text{Oid}] = \text{Oid}_i\} \subset U \quad \square$$

시공간 객체 버전 집합은 시공간 객체의 변화 이력

(history)을 표현하고 있다. 실 세계 지리 현상 변화의 표현은 이러한 버전 집합으로써 가능하다. 시공간 객체의 버전 집합은 공통적으로 동일한 객체 식별자를 중복적으로 포함하고 있으므로 개념적인 새로운 정의가 필요하다.

정의 6. 시공간 이력 객체(Spatiotemporal history object) H 는 어떤 버전 집합으로부터 객체 식별자 OID_i 를 통해 유도된 객체를 이다. 표현은 다음과 같다.

$$H = \langle \text{OID}_i, \{ \langle E_{S1}, E_{T1}, E_{A1} \rangle, \dots, \langle E_{Sn}, E_{Tn}, E_{An} \rangle \} \rangle \quad \square$$

정의 7. 시공간 데이터 집합(Spatiotemporal data set) DS 는 시공간 이력 객체 H_i 들의 집합이다.

$$DS = \{H_i \mid H_i[\text{Oid}] (H_j[\text{Oid}], \text{for } \forall i, j \ i \neq j) \} \quad \square$$

시공간 데이터 집합은 시공간 지식 탐사의 대상에 대한 표현으로 데이터 컴포넌트는 이러한 시공간 데이터 집합을 표현하고 관리하고 접근하게 한다.

4.1.4 시공간 객체의 공간 및 시간 범위 표현

(가) 공간 범위의 표현

공간객체가 공간 도메인 내에서의 위치나 모양과 관계하고 있는 것이 공간 범위이다. 공간에 위치하고 있는 객체의 범위를 모델링하는 관점은 크게 개체기반 모델(entity-based model)과 지형기반 모델(feature-based model)로 나누어 진다[26]. 앞서 정의된 바와 같이 이 논문에서는 시공간상에 범위를 갖는 객체는 식별자를 포함하며 따라서 공간 범위의 표현 모델은 개체기반 모델을 따른다. 따라서 개체 기반 모델에 의해 2차원 도메인상에서의 공간 범위의 유형은 점객체, 선객체, 면객체로 구분된다.

표 1은 2차원 공간 도메인 S 상에서의 공간 객체의 범위 E_S 의 유형과 표현 대상을 보여준다.

표 1 2차원 공간 도메인에서의 공간 범위 E_S 의 유형

E_S 의 유형	공간 차원	중요 표현 대상	공간 객체 타입
점객체(Point)	0차원	위치	Point
선객체(line)	1차원	네트워크, 연결성	Polyline
면객체(region)	2차원	영역, 범위	Polygons(region)

각 공간 범위를 시공간 데이터 집합에 표현하기 위해서는 가시적 표현 방법이 요구된다. 이러한 표현 방법은 표 2와 같이 일반적으로 3가지 유형으로 구분되어 적용된다.

이상에서 언급된 바를 종합하여 볼 때 시공간 지식탐사의 대상이 되는 시공간 객체들은 2차원 공간상에서 점객체, 선객체 그리고 면객체로써 구분되며 이들은 래스터 방식, 벡터방식 또는 제약을 기반으로 표현될 수 있다.

표 2 공간 범위 E_S 의 표현 방식

표현 방식	특징	장점	단점
래스터기반 (raster-based)	공간 분할에 기반 공간 범위의 근사 표현	많은 응용에서 공통적으로 사용	표현을 위한 저장공간 및 정확도 분석이 제한적
벡터기반 (vector-based)	공간 객체를 점 또는 선 기반으로 근사 표현	적은 기억공간과 표현의 단순성	객체들 간의 위상관계 및 무결성 검증이 복잡
제약기반 (constraint-based)	일련의 제약식들로 표현	적은 기억공간과 표현력	표현 및 계산의 복잡성

표 3 2차원 S에서 공간 범위 E_S 의 표현의 예

표현대상	E_S 의 유형	표현방식	표현 예
교차로	점객체	벡터	$E_s = \langle C_x, C_y \rangle$ C_x, C_y 는 좌표시스템 내의 좌표값
차량	점객체	래스터	$E_s = \langle L_x, L_y \rangle$ L_x, L_y 는 픽셀의 X,Y축 좌표값
도로	선객체	벡터	$E_s = \langle P_1, P_2, \dots, P_n \rangle$ P_i 는 좌표로써 $P_i = \langle C_{ix}, C_{iy} \rangle$ 이며 polyline을 구성
통신선	선객체	래스터	$E_s = \langle G_1, G_2, \dots, G_n \rangle$ G_i 는 픽셀로써 $G_i = \langle L_{ix}, L_{iy} \rangle$ 이며 인접한 픽셀들의 집합으로 구성
태풍	면객체	벡터	$E_s = \langle S_1, S_2, \dots, S_n \rangle$ S_i 는 polygon으로 $S = \langle P_1, \dots, P_n \rangle$ 이며 닫힌 polyline들로 구성
도시	면객체	래스터	$E_s = \langle G_1, G_2, \dots, G_n \rangle$ G_i 는 픽셀로써 $G_i = \langle L_{ix}, L_{iy} \rangle$ 이며 인접한 픽셀들의 집합으로 구성

표 4 시간 도메인 T에서 객체의 시간 범위 E_T 의 유형

E_T 의 유형	중요 표현 대상	예	시간 데이터 타입
시점	발생날짜, 측정시간	"2002년 10월 10일", "1002"	Date, Time, Datetime
시간 구간	유효범위, 존재기간	2002-1-1 ~ 2002-6-31	Interval
시간 간격	지속시간	"1달", "48시간"	Period

표 5 시간 도메인 T에서 시간 범위 E_T 의 표현의 예

표현 대상	E_S 의 유형	시간의미	표현 예
차량의 위치 측정 시간	시점	거래시간	$E_T = T_P, T_P \in I$ T_P 는 시간라인 상의 한 인스턴스
폭풍의 발생과 소멸	시간 구간	유효시간	$E_s = [T_s, T_e]$, T_s, T_e 는 시작 시점과 끝 시점
시스템 접속 시간	시간 간격	거래시간	$E_T = T_i, T_i \in I, T_i$ 는 시간 정량값

표 3은 2차원 공간도메인 S에서 여러 유형의 표현대상의 공간 객체 범위 E_S 를 표현 방식에 따라 표현되는 예를 보여준다. 실제 시스템의 구현 방식의 차이에 따라 표현 방식은 다양하게 나타날 수 있다.

(나) 시간 범위의 표현

정의 1에서 시공간 객체의 시간 도메인 T는 1차원의 선형적인 공간으로 정의하였다. 시공간 객체는 시간 도메인에서의 시간 범위(extent) E_T 를 갖는다. 시간 도메인은 연속적인 공간이지만 실제 컴퓨터 상의 구현 모델은 시간 도메인을 더 이상 나눌 수 없는 시간단위로써 최소 입자인 크로논의 집합으로 규정하였다[27]. 연속적인 시간은 표현이 어렵고 측정의 불확실성 때문에 대부분의 시간 표현은 이산 모델을 따른다. 시간에 대한 개념

은 유효시간과 거래시간으로 구분된다[25]. 제안하는 개념적 지식 모델에서는 시간 개념은 유효시간 또는 거래시간을 구분하지는 않는다. 하지만 실질적으로 지식은 유효시간에 기반하여 탐사되는 경우가 일반적이다. 시간 범위는 표 4와 같이 시점(time point), 시간 구간(time period), 시간간격(time interval)의 세 가지 표현 유형을 갖는다[33].

표 4는 선형적인 1차원 도메인 T 상에서의 시간범위 E_T 의 유형과 표현 대상을 보여준다. 각 시간 범위의 시간 데이터 타입은 TSQL2에서 정의된 데이터 타입을 말한다[33].

표 5는 1차원 선형 시간 도메인 T에서 여러 유형의 시간 표현대상의 시간 범위 E_T 를 표현 방식에 따라 표

현되는 예를 보여준다. 실제 시스템에 따라 시간의 이산적 표현은 다양하게 나타날 수 있다.

4.2 정보 컴포넌트

정보 컴포넌트는 데이터 컴포넌트상의 시공간 데이터 집합 DS로부터 의미있는 데이터 생성을 위하여 선택(selection), 가공(process) 그리고 변형(transformation)을 통하여 얻어진다. 일반적으로 관계 데이터베이스 모델은 이러한 목적을 수행하기 위하여 관계 대수에 기초한 연산자를 정의하고 있다. 시간 데이터베이스, 공간 데이터베이스 그리고 시공간 데이터베이스 역시 데이터 모델 수준에서 연산 등을 정의함으로써 질의형성 및 처리를 가능케 한다.

정보 컴포넌트는 여러 가지 시간, 공간, 시공간적 메타포어들을 통하여 시공간 데이터에 대한 의미 있는 해석을 가능케 한다. 이러한 메타포어를 연산집합(operation set)이라고 정의한다. 시공간 데이터 집합은 규정된 연산집합 내의 연산들의 일련의 복합을 통하여 데이터를 해석한다. 이 절에서는 이러한 시공간 데이터 집합 해석을 위해 요구되는 다양한 연산들을 규정하고 그 연산 집합을 정의한다.

정의 8. 시공간 데이터 집합 DS(Data Set)에 대하여 시공간 관계 대수들의 집합을 SA(set of algebra)라고 하며 시공간 선택선(δ^{ST}), 프로젝션(π^{ST}), 조인 대수 연산($\triangleright \triangleleft^{ST}$) 및 합집합(\cup^{ST}), 교집합(\cap^{ST}), 차집합($-^{ST}$)을 포함한다.

$$SA = \{\delta^{ST}, \pi^{ST}, \triangleright \triangleleft^{ST}, \cup^{ST}, \cap^{ST}, -^{ST}\} \quad \square$$

일반 관계 대수와 마찬가지로 이러한 SA상의 대수들의 연속적 대수 연산의 적용을 통해 시공간 질의를 형성한다.

시간, 공간 및 시공간 이진 서술(predicates)들은 일반적으로 다음과 같은 형식으로 정의될 수 있다.

$$P: X \times Y \rightarrow bool$$

시간 범위를 포함한 시공간 객체들 간에는 이항 연산으로써 시간 위상 관계(temporal topological relationships)이 존재한다. Allen[28]에서 정의된 시간 구간들 간의 13가지 연산자를 기반으로 시간 위상 관계 집합은 다음과 같이 정의한다.

정의 9. 임의의 시공간 객체 O_i, O_j 와 시간 위상 관계 $P_T = \{before, equals, meets, overlaps, during\}$ 에 대하여 시공간 객체간의 시간 위상관계 연산자 R 집합을 SP_T 라 하고 다음과 같이 정의한다.

$$SP_T = \{R(O_i, O_j) \mid R \in P, O_i, O_j \in DS\} \quad \square$$

앞서 기술된 시공간 객체의 시간 범위 E_T 의 표현형식에 따라 정의 9에서 규정된 위상관계에 대한 표현이 다르지만 시간 범위 표현 유형을 시간 구간으로 가정하였을 경우에 다음과 같은 위상 연산들의 정의가 가능하다.

표 6 두 시공간 객체 O_i, O_j 시간 범위 E_T 간의 시간 위상 정의의 예

연산자	이진 술어 표현	표현 정의
<i>before</i>	<i>before</i> (O_i, O_j)	$O_i[E_T].T_E < O_j[E_T].T_S$
<i>meets</i>	<i>meets</i> (O_i, O_j)	$O_i[E_T].T_E = O_j[E_T].T_S$
<i>overlaps</i>	<i>overlaps</i> (O_i, O_j)	$(O_i[E_T].T_S < O_j[E_T].T_S) \wedge (O_i[E_T].T_E > O_j[E_T].T_S)$

시간 범위와 마찬가지로 공간 범위를 포함한 시공간 객체들 간에는 이항 연산으로써 공간 위상 관계(temporal topological relationships)가 존재한다.

정의 10. 데이터집합 DS로부터 임의의 시공간 객체 O_i, O_j 와 공간 위상 관계 P_S 에 대하여 시공간 객체간의 시간 위상관계 연산자 R 집합을 SP_S 라 하고 다음과 같이 정의한다.

$$SP_S = \{R(O_i, O_j) \mid R \in P_S, O_i, O_j \in DS\} \quad \square$$

공간 위상관계에 대한 정의는 매우 다양하게 제시되고 있다. Egenhofer는 2차원 공간상의 두 객체가 갖는 경계, 외부, 내부의 대응되는 겹침에 대한 9가지 교차가능성을 통하여 공간 객체들 간의 위상관계 모델인 9-IM모델을 제시하였는데[29,30]이 모델을 기반으로 하면 $P_S = \{disjoint, meet, overlap, equal, inside, contains, covers, coveredBy\}$ 와 같이 규정할 수 있다.

4.3 지식 컴포넌트

지식 컴포넌트는 시공간 객체집합으로부터 직접적으로 유도되거나 시공간 정보 혹은 이전의 지식으로부터 간접적으로 유도된 의미 있는 지식객체들을 표현한다. 배경지식 형태는 규칙(rule), 트리(tree) 그리고 패턴(pattern)과 같이 Sarabjot[31]가 제시한 세가지 구조를 기반으로 한다. 지식의 분류는 크게 기술 지식, 시간 지식, 공간 지식, 시공간 지식 및 도메인 지식의 5가지로 구분하였다. 기술 지식(descriptive knowledge)은 연관 규칙, 특성화 규칙 및 분류 규칙 등과 같이 시공간 객체들을 속성에 대한 연관성이나 일반적 특성 및 분류 모델 등을 기술하고 있다. 시간지식(temporal knowledge)은 시간 차원을 포함하고 있는 데이터에 대한 의미 있는 지식으로써 시공간 객체의 시간 차원에 대한 지식탐사를 통해 획득된 것이다. 공간 지식(spatial knowledge)은 공간적 연관성 및 공간 클러스터링 등으로 공간 요소를 포함하고 있는 시공간 데이터 셋으로부터 탐사된다. 시공간 지식(spatiotemporal knowledge)은 시간과 공간 차원을 함께 지식 탐사에 고려함으로써 획득되는 지식들로 시공간 술어 등이 지식 표현을 위해 사용될 수 있다. 마지막으로 도메인 지식(domain knowledge)은 지식 탐사 문제 영역 내에서의 일반화 관계가 존재하는 대상체들 간의 시간 개념 계층, 공간 개념계층, 그리고 일반 속성에 대한 개념 계층으로 사용자 정의 지식이다.

5. 시공간 지식 탐사 모델

5.1 시공간 지식

앞서 정의한 시공간 지식을 표현하기 위해서는 시간 차원에 대한 시간 한정(temporal qualification)을 표현할 수 있는 방법이 필요하다. [32]는 Chen이 제시한 시간 패턴식을 포함하여 시간지식에서의 시간 표현식에 대하여 잘 정의하고 있다. 따라서 본 논문에서는 시간한정에 관한 표현을 위하여 [32]에서 제시한 시간 표현식을 기반으로 시공간 지식을 정의한다. 시간 표현식은 켈린더 표현식, 켈린더 시간관계 및 연속 기간 및 주기 표현식을 말한다. 각 표현집합에 대하여 켈린더 표현집합을 CIS, 켈린더 시간관계 집합을 CRS, 연속시간 구간 집합을 TIS, 주기 표현식 집합을 PTS로 표현한다. 제안된 시간 표현식을 이용하여 시공간 지식의 시간 한정자를 명확히 정의할 필요가 있다. 시간 한정 T^Q 는 $TimeExp = \{CIS, CRS, TIS, PTS\}$ 에 대하여 $T^Q \in TimeExp$ 이다. 이러한 시간 한정 T^Q 의 예는 다음과 같다.

- Weeks.Days.Hours[19:21] for Years(2002).Months[9:11] : '2002년 9월에서 11월의 매주 매일 19시에서 21시'
- for [Years(2002).Months(6), Years(2002).Month(9)]: '2002년6월에서 9월 동안'

또한 시공간 지식의 공간차원에 대한 공간 한정(spatial qualification)을 표현할 수 있는 방법이 필요하다. 지식의 공간한정은 지식이 표현하는 규칙의 공간상에서의 적용 영역(extent)으로써 $S^Q = E_S$ 이다. 즉 공간차원에서의 범위 E_S 이다. □

시공간 지식 프리미티브(Spatiotemporal knowledge primitive) R^P 는 규칙 기술(Description)과 함께 시간 한정, 공간 한정 3가지 차원(dimension)을 가지는 더 이상 구분될 수 없는 단위 지식을 말한다. 시간한정과 공간한정은 시공간 지식 프리미티브가 가져야 할 시간 의미와 공간영역을 말한다. 이러한 시공간 지식 프리미티브는 기존의 규칙기술에 시간한정 및 공간한정을 포함함으로써 확장할 수 있기 때문에 지식에 대하여 시공간 지식 프리미티브 R^P 는 $R^P = \langle Rule, T^Q, S^Q \rangle$ 로 표현된다.

일반적인 기술지식과 시간지식 그리고 공간 지식은 정의된 시공간 지식 프리미티브 개념을 기반으로 새롭게 정의할 수 있다. 즉 시간지식은 모든 공간 범위를 가정하기 때문에 공간 한정을 포함하지 않으며 공간지식은 시간 한정자를 현재(NOW)로 가정하기 때문에 포함하지 않는다. 시공간 지식 프리미티브 조합을 통하여 시공간 지식객체의 정의가 가능하다.

정의 11. 시공간 지식 R 은 지식 객체를 유일하게 식

별하는 식별자 Rid 를 포함하여 시공간 지식 프리미티브 r_i 의 조합으로써 다음과 같이 정의한다.

$$R = \langle Rid, r_i^+ \rangle, \text{ 여기서 } r_i \in R^P \quad \square$$

앞서 정의한 시공간 지식 객체는 새로운 데이터들이 추가됨에 따라 지식의 유효성이 감소하기 때문에 일정 시간 후에 지식 탐사가 새롭게 수행된다. 지식 컴포넌트 상의 지식 중에는 시간에 따라 새로운 지식으로 변화하는 유형의 지식들이 존재한다. 이를 위하여 이러한 지식들은 시간 요소를 포함하여야 한다. 시간에 따라 탐사된 지식 객체들에 대한 집합과 명확한 정의가 필요하다.

정의 12. 시공간 지식 집합 RS 는 탐사된 지식 R_i 의 집합으로써 다음과 같이 표현한다. $RS = \{R_i \mid R_i \in R\}$ 이다. □

정의 13. 시공간 지식 스냅샷 집합 RS^t 는 이산적인 선형 시간 도메인 T 상에서의 특정 시점 t 에서 탐사된 지식의 집합 RS 으로써 다음과 같이 표현한다. $RS^t = \langle RSid, RS, t \rangle$ 이다. 여기서 t 는 탐사시간을 의미하는 시점으로 $t \in T$ 이다. □

시간에 변화에 따라 변화된 시공간 데이터가 추가됨에 따라 새로운 시공간 지식 스냅샷 집합을 형성한다.

정의 14. 시공간 지식 집합 이력 RSH 는 이산적인 선형 시간 도메인 T 상에서의 특정 시점 t_i 에서 탐사된 시공간 지식 스냅샷 집합 RS_{t_i} 들의 집합으로써 다음과 같이 표현한다. □

$$RSH = \{RS_{t_i} \mid t_i \in T\}$$

5.2 시공간 지식탐사

시공간 지식 탐사는 주어진 시공간 데이터 집합으로부터의 시간지식 집합을 추출하는 것으로 다음과 같이 정의한다.

정의 15. 시공간 지식탐사는 정의된 시공간 데이터 집합 DS 로부터 사용자에게 의해 제시되는 배경지식을 이용하여 제시된 임계치를 만족하는 모든 시공간 지식 $R = \langle Rid, r_i^+ \rangle$ 의 집합 RS 를 형성하는 문제이다. □

임계치는 지식의 유형에 따라 다양하게 제공된다. 예를 들어 시공간 연관규칙탐사의 경우 지지도 및 신뢰도와 같은 기존의 임계치 등이 요구되며 시공간 이동 패턴 탐사의 경우 패턴 크기, 시간 윈도우 크기, 거리 및 간격 등에 관한 것들이 요구된다.

5.2.1 시공간 지식탐사 프로세스 모델

대부분의 지식 탐사 모델은 [1]의 KDD모델에 기반하고 있다. 시공간 지식탐사를 프로세스 단위로 하여 모델링함으로써 실제응용에서 시공간 지식 탐사를 위한 목적을 설정하고 시공간 지식의 유형을 정의하며 시공간 지식 탐사를 위한 기법 개발 및 탐사 수행의 모든 단계에 대한 식별과 전과정의 흐름과 관계를 단계적으로 명확하게 한다. 이를 통하여 시공간 지식 탐사 시스템 개

발을 용이하게 한다.

제안하는 시공간 지식 탐사 모델은 크게 시공간 지식 탐사 기법 개발과 시공간 지식 탐사의 두 가지 흐름으로 구성된다. 시공간 지식 탐사 기법 개발을 위한 주요 프로세스는 탐사 목적(Discover Goal) 설정, 데이터 탐사(Data discovery), 탐사 프로필 정의 그리고 시공간 지식 탐사 개발이다. 그리고 시공간 지식 탐사는 크게 태스크 형성, 탐사 데이터 형성, 시공간 데이터 마이닝, 가시화 및 지식 해석, 평가의 5단계로 구성된다. 시공간 지식탐사의 핵심인 시공간 데이터 마이닝 단계에서 탐사 태스크에서 필요한 마이닝 연산을 통하여 대상이 되는 탐사 데이터를 기반으로 사용자 임계치를 고려하여 후보지식들을 생성한다. 이러한 데이터 마이닝 과정에는 탐사 대상 데이터뿐만 아니라 이전의 지식베이스상의 지식들이 사용되기도 하며 배경지식은 탐사 영역을 제한하거나 의미 있는 일반화 및 규칙 생성을 위하여 사용된다. 지식 탐사 과정은 항상 사용자의 개입이 요구되며 각 프로세스 간의 흐름은 탐사 피드백에 따라 태스크 형성과정부터 대화적으로 수행할 수 있다.

5.2.2 시공간 지식 탐사 프로필

제시한 기반 모델을 이용하여 시공간 지식탐사를 위한 도메인 데이터 분석의 결과를 기술하고 있는 것이 시공간 지식 탐사 프로필이다. 이러한 탐사 프로필은 지식 탐사 문제 형성 및 개발 과정에 있어 매우 중요한 의의를 갖는다. 프로필의 형식은 개념 모델에서의 세 컴포넌트와 그에 대한 명세 항목을 구분하였고 그에 대한 세부 내용을 명세할 수 있도록 한다.

5.3 시공간 지식탐사 시스템 구현 모델

3계층 시공간 지식 모델에 기반한 시공간 지식 탐사 시스템은 그림 2과 같이 그 기능에 따라 5개의 레이어로 구분한다. 데이터 레이어와 정보 레이어(data layer & information layer)는 3계층 개념 모델에서의 데이터 컴포넌트 및 정보 컴포넌트에 해당한다. 다음으로 시공간 마이닝 레이어(spatiotemporal mining layer)는 시공간 지식을 탐사하기 위한 연산 등으로 구성된다. 지식 레이어(knowledge layer)는 3계층 개념 모델에서의 지식 컴포넌트에 해당하며 시공간 지식을 저장/관리하며 또한 배경 지식을 표현하고 관리한다. 마지막으로 응용 레이어(application layer)는 시공간 지식 탐사 시스템을 기반으로 하는 시공간 지식 응용을 위한 인터페이스를 제공한다.

5.3.1 시스템 아키텍처

이 논문에서 시공간 지식탐사 시스템 구현을 위한 모델로써 그림 3에서는 5개의 시공간 지식탐사를 위한 구성요소들을 표현하고 이들 요소간의 상호 연관관계 등을 묘사하였다.

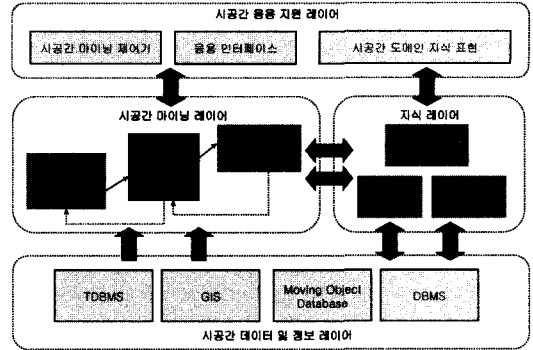


그림 3 시공간 지식탐사 시스템 구현 모델

하부의 시공간 데이터 레이어와 시공간 정보 레이어는 이질적인 다양한 데이터셋에 대한 추상적 표현을 통해 상위의 시공간 마이닝 레이어에게 접근성을 제공한다. 따라서 이 레이어는 상위 계층으로부터의 접근과 하위의 구체적인 물리적 시스템 접근간의 맵핑을 내부적으로 처리하여야 한다.

시공간 마이닝 레이어는 데이터 추출 및 변환 등의 전처리 작업 및 시공간 마이닝 연산자를 위한 규칙의 탐사 등을 수행함을 보여준다. 따라서 이 레이어는 상부의 시공간 응용 레이어로부터의 접근성을 제공하여야 한다. 시공간 마이닝 레이어는 또한 지식 레이어와 상호작용이 요구된다. 그림에서와 같이 규칙의 평가 및 관리와 같은 기능이 지식 레이어를 기반으로 하여 마이닝 레이어에 포함될 수 있다.

지식 레이어는 상부의 시공간 응용 레이어와 시공간 마이닝 레이어에 관계한다. 지식 레이어는 규칙 유형에 따라 규칙을 표현하고 접근하는 기능과 지식의 유효성을 유지하는 기능 그리고 지식을 요구되는 형태로 변환하여 제공하는 기능 등을 포함한다. 지식 레이어는 하부의 데이터 및 정보 레이어를 통해 기존의 Legacy 시스템 상에 통합적으로 또는 독립적으로 구성되거나 아니면 독자적인 시스템의 형태로 구성할 수 있다.

시공간 지식탐사 시스템의 최상부인 응용 레이어는 다양한 응용 서비스를 위한 기능들의 집합체로써 하부의 시공간 마이닝 레이어와 지식 레이어와 관계하고 있다. 응용 레이어는 특히 마이닝 레이어와 관련하여 지식탐사 과정을 제어할 수 있는 기능을 포함한다. 특히 응용 레이어는 지식 레이어를 통해 응용 영역에서의 배경 지식을 표현할 수 있는 기능을 제공하여야 한다. 또한 응용 프로그램개발을 위한 인터페이스를 제공한다.

6. 적용 및 평가

6.1 시공간 지식탐사 프레임워크의 적용

6.1.1 시공간 이동 패턴 탐사 기법의 구현

다음은 제안된 프레임워크가 지식탐사에 어떻게 적용될 수 있는지를 기술한다. 이를 위하여 제안된 프레임워크에 기반한 시공간 이동패턴 탐사 기법 MPMine의 예를 들어 설명한다. 시공간 이동 패턴에 대한 좀더 자세한 기술은 [16]을 참고하기 바란다.

• 탐사 도메인 분석

새로운 탐사 기법을 개발하기 위하여, 프레임워크는 탐사 도메인 분석 단계를 제시하였다. 이는 탐사의 목적과 대상을 명확히 규정하는 것으로 시공간 이동 패턴에 있어 탐사 도메인은 빈번하게 이동하는 이동객체의 위치정보를 저장하고 이용하는 응용환경이다. 또한 탐사의 목적은 위치기반 서비스 및 추천 시스템을 지원하기 위하여 이러한 이동객체의 빈번한 이동 패턴을 탐사하는 것이다.

• 이동패턴 탐사 프로파일

제안된 프레임워크는 지식탐사 프로파일이라는 개념을 제공한다. 지식탐사 프로파일은 도메인 분석을 통한 결과물로서 이동객체 데이터셋의 표현과 지식탐사에 대한 요구사항이 기술된다.

• 시공간 이동객체 데이터셋의 표현

프레임워크의 기반 모델에서 제시하고 있는 개념과 정의등을 이용함으로써 탐사 대상 데이터 셋을 표현하는 단계이다. 따라서 이동객체 및 이동객체 데이터 셋이 데이터 컴포넌트로 표현되고 프로파일을 이용하여 시간영역과 공간영역이 역시 정의된다.

• 시공간 이동 패턴 탐사 기법

데이터 셋의 표현과 탐사 프로파일을 기반으로하여 새로운 기법 개발에 필요한 연산 및 사전 지식을 정의할 필요가 있다. 기반모델에서 제시하는 정보 컴포넌트에 해당하는 것이 실제 지식탐사 기법에 사용될 연산들의 정의를 말한다. 시공간 이동패턴 탐사 기법의 경우에 정보 컴포넌트를 구성하는 것은 공간 위상관계 연산과 관계 대수 등이다. 이들 정보 컴포넌트를 기반으로 패턴 탐사 알고리즘이 설계된다. 그림 4는 시공간 이동 패턴 탐사 기법 MPMine 알고리즘을 예시하고 있다. MPMine은 이동 패턴 탐사를 위해 정보 컴포넌트로서 관계 대수와 Contain() 연산을 정의하고 있다. 또한 지식 컴포넌트는 탐사 기법에서 요구되는 사전 지식의 정의에 사용된다. MPMine의 경우 지식 컴포넌트는 이동 지역들 간의 공간적인 개념 계층을 형성할 것을 요구한다. 그림 4에서와 같이 MPMine 기법은 이동 데이터 일반화 및 요약, 이동 시퀀스 추출, 이동 패턴 탐사의 3 단계로 구성된다.

6.1.2 시공간 지식 탐사 시스템 MPMiner 구현

시공간 이동패턴 탐사 시스템으로 개발된 MPMiner

```

Algorithm: MPMine()
Input: MD: 이동객체 데이터 셋
      TP: 시간 한정
      MAP: 공간 배경지식(도로써의 맵)
      SCH: 공간 개념 계층
      gen_threshold: 공간 일반화 수준
      min_dist: 최소 거리 임계치
      max_span: 최대 시퀀스 영역 임계치
      max_gap: 최대 시간 간격 임계치
      min_sup: 최소지지도
Output: MPRuleSet: 시공간 이동패턴 집합

Method:
RS ( GetMiningRelevantData(MD,TP); // 연관 데이터셋 추출
RS ( Sortby(RS,moaid,vb); // 데이터 정렬
// 이동 시퀀스 추출
MS ( MovingSequenceExtract(RS, MAP, SCH, gen_threshold, min_dist, max_gap);
// 빈번 이동 패턴 탐사
FMP ( FrequentMovingPatternMine(MS, max_span, max_gap, min_sup);
// 이동 패턴 규칙 생성
MPRuleSet ( GenerateRules(FMP, TP);
return MPRuleSet;
    
```

그림 4 MPMine 알고리즘

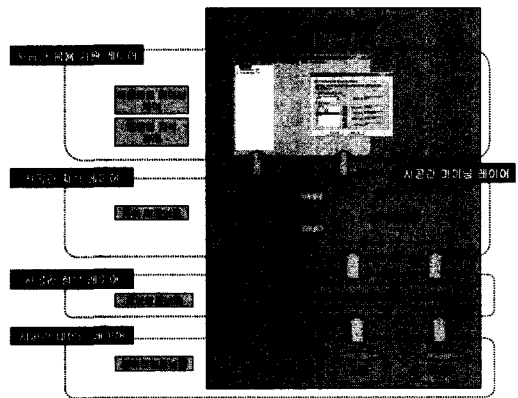


그림 5 프레임워크를 적용한 지식탐사 시스템 MPMiner

[16]는 기반 탐사 알고리즘을 개발하는데 있어 본 논문에서 프레임워크를 이용하였으며 하면 특히 기반 모델에서 제안된 정의 등을 기반으로 시공간 이동패턴 탐사를 위한 시공간 이동의 모델링, 시공간 이동 시퀀스 그리고 시공간 지식에 이르는 일련의 과정을 정의함으로써 하나의 새로운 지식탐사 기법을 제시하였다. 이 논문에서는 제안된 프레임워크가 실제 시공간 지식 탐사 시스템 개발에 어떻게 적용될 수 있는지를 예시하기 위하여 제안한 프레임워크를 기반으로 시공간 이동패턴 탐사를 위해 반밀결합(semi-tightly coupled)구조로 구현된 시공간 이동패턴 탐사 시스템 MPMiner에 대하여 간략히 기술한다.

MPMiner시스템은 앞 절의 구현모델에서 제시하였듯이 모델의 5개 레이어는 프레임워크의 3계층 지식 모델을 반영하고 있다. 시스템 구현은 프레임워크의 구현과 마이닝 연산 및 UI구현 등으로 구분된다. 프레임워크의 구현은 지식모델에서의 3가지 컴포넌트의 구현을 말한다. 그림 5는 MPMiner 시스템이 본 논문에서 제안한 프레임워크의 아키텍처와의 연관 관계를 도식화하여 보

여준다. 데이터 컴포넌트는 Oracle8i를 기반으로 하여 릴레이션들의 집합으로써 구현되었다. 그림 5에서와 같이 이동객체 집합 MD나 배경지도 데이터인 MAP이 이에 해당한다. 정보 컴포넌트으로써 중요한 관계 대수 연산들은 Oracle 8i에 대한 SQL로 연산으로 표현되며 공간 연산 및 시간 연산 등은 PL/SQL을 통해 DBMS 상에 사용자 정의 내장함수로 구현되었다. 시간표현식 처리를 위한 TimeExp()나 ContainInRegion()와 같은 함수 역시 정보컴포넌트의 주요 구성요소가 된다. 지식 컴포넌트는 탐사된 지식의 표현과 배경지식의 표현에 있어 역시 Oracle 8i상에 릴레이션으로 정규화하여 표현된다. 공간 개념 계층의 표현 구조인 HG-Tree는 다수의 릴레이션으로 정규화하여 구현되었다. 그림 5에서 배경지식인 SCH가 이에 해당하며 SCGeneralize()가 공간일반화연산을 수행하는 마이닝을 위한 주요요소이다. 또한 시공간 이동 패턴 지식 역시 릴레이션인 MP로 구현된다. 시공간 응용 지원레이어으로써의 MPMiner UI는 마이닝제어 및 배경지식 관리와 같은 지원을 수행한다.

MPMiner는 이동 객체의 이동 패턴을 탐사하는 시공간 지식탐사 연산으로 MPMine()연산을 포함하는 탐사 시스템으로 범용 DBMS를 기반으로 한 반 밀결합(semi-tightly coupled) 구조로써 구현되었다. 반 밀결합구조에 기반한 구현구조는 DBMS와 프로시저 확장을 기반으로 함으로써 DB상의 데이터에 대한 빠른 처리가 장점으로 MPMine()연산의 경우에는 공간 일반화 연산을 이 방식으로 처리하고 있다. 이동 시퀀스 추출 시 위치 일반화 과정을 DBMS의 저장 함수 개념을 이용하여 하는데 이때 수행 성능은 위치 일반화를 위한 개념 계층의 단계 수에 따라 DBMS내부의 조인 연산 수의 증가와 밀접한 관계를 갖는다[16]. 하지만 제안한 5레이어의 구현모델은 밀결합구조나 다른 독립형 마이닝 시스템 구조[24]로도 구현될 수 있다. 예를 들어 밀결합 구조의 경우는 개발된 시스템에 마이닝 연산 및 정보 컴포넌트에 대한 연산등을 시스템 수준의 내장함수로 확장 구현함으로써 시공간 데이터, 정보 및 지식 레이어가 통합할 수 있다. 따라서 시공간 데이터관리 및 처리가 용이해지며 시공간 지식이 통합됨으로써 다양한 기능적 서비스를 가능케 한다. 하지만 이 경우에는 응용지원을 위한 SQL과 같은 질의어 확장 및 API수준의 지원이 요구된다. 제안된 프레임워크는 또한 독립형 구조로 구현될 수 있다. 이때는 데이터 컴포넌트와 지식 컴포넌트 처리를 위한 저장/관리 측면에서의 구현 등에 부담을 가지고 있지만 데이터 전송부하가 없고 빠른 수행성능을 보이는 장점이 있다.

6.2 고찰

6.2.1 시공간 지식 탐사 프레임워크에 대한 고찰

시공간 지식 탐사 프레임워크 평가를 위한 항목은 표 7에서와 같이 지식 탐사를 위한 시공간 현상의 표현력, 현상들에 대한 다중 수준의 배경지식 지원, 시공간 지식을 기반으로 하는 지식탐사 지원 그리고 Legacy 시스템 상에서의 구현 등 총 4가지로 구분하였다.

표 7에서는 제안한 프레임워크의 특징과 문제점을 도출하였고 기존의 연구들과 프레임워크의 내용을 비교하였다. 정리된 바와 같이 제안된 프레임워크는 시공간 현상 표현을 위해 객체 수준의 사건기반 모델을 적용하였으며 데이터, 정보 및 지식의 계층적 분리와 연관성을 분명히 하였다. 하지만 데이터들간의 제약조건 및 무결성에 관하여 아직까지 모델상에 반영되지 못한 문제점을 안고 있다. 배경지식의 지원과 관련해서는 시간, 공간 및 시공간 다중 지식을 지원하고 있으며 또한 사용자 배경 지식을 정의할 수 있는 반면 지식에 대한 표현 모델 및 지식 관련 연산자에 대한 정의가 포함되지 못하였다. 시공간 지식을 기반으로 하는 시공간 지식탐사 지원과 관련하여 정보와 지식의 통합적인 지식 탐사를 지원하는 특징을 가지고 있지만 지식관리 및 변화에 대해 부족한 단점이 있다.

마지막으로 기존 시스템 상에서의 구현과 관련해서 정보시스템들의 연산 추상화가 가능하지만 다양한 기존의 정보시스템에 대하여 연산 추상화는 제한적일 수 있다는 단점을 가지고 있다. 향후에 시공간 프레임워크는 이러한 문제점을 고려하여 확장될 필요가 있다.

6.2.2 프레임워크 기반의 시공간 지식탐사 기법 및 시스템 구현에 대한 고찰

시공간 지식탐사 기법[16]의 개발에 있어 시공간 객체 및 그 변화에 대한 형식적인 정의가 필요하다. 기존의 패턴 탐사 기법들은 패턴 탐사 문제정의를 위한 시공간 객체의 정의에 있어 비공간 속성 만을 갖는 데이터 집합에 대한 정의나 이미지 데이터 집합에 대한 정의만을 제시하고 있다. 제안된 프레임워크의 기반모델은 시공간 이동패턴 탐사 기법의 문제정의에서와 같이 이러한 형식적인 정의에 필요한 개념과 정의들을 포함하고 있다. 방대한 시공간 데이터 집합으로부터 지식탐사에 적합한 관련데이터 집합을 생성하기 위해서는 다양한 시간, 공간 연산등이 탐사 기법에 적용되어야 한다. 이동 시퀀스 집합을 생성의 경우에는 효율적인 요약과 생성을 위한 시간 패턴식 처리 및 공간 관계 연산 등이 그 예에 해당한다. 기존의 기법들은 이러한 시간, 공간 연산의 측면을 데이터 컴포넌트의 일부로 취급하고 있다. 이러한 연산 부분을 정보컴포넌트으로써 정의함으로써 다양한 연산의 추상화가 가능하고 이에 따라 구현에 있어 융통성을 제공하는 이점이 있다. 마지막으로 시공간 데이터로부터의 일반화된 지식 추출을 위해서는 다양한 배경지

표 7 시공간 지식 탐사 프레임워크의 평가

항목	특징	문제점	기존 연구 비교
지식탐사를 위한 시공간 현상의 표현력	<ul style="list-style-type: none"> - 객체 식별과 시간 기반 모델 적용 - 데이터, 정보, 지식의 계층적 분리 및 연관성을 언급 - 시간 패턴 탐사를 위한 현상의 표현에 적합 - 벡터 및 래스터 기반 데이터 표현을 지원 	<ul style="list-style-type: none"> - 속성 지향 변화에 대한 표현이 포함 되지 못함 - 데이터들간의 제약조건 및 무결성 원칙에 대한 모델상의 표현이 부재 	<ul style="list-style-type: none"> - 래스터기반 표현 모델중심 [9,10,22] - 계층적 지식모델 기반 마이닝 연구 미흡 - [17]의 연구는 지식탐사 구현모델로써 부족
현상들에 대한 다중 수준의 배경지식 지원	<ul style="list-style-type: none"> - 시간, 공간, 시공간 다중 지식 지원 - 사용자 배경지식의 정의 제공 	<ul style="list-style-type: none"> - 지식 표현 모델 및 연산 및 제약사항 정의 미흡 	<ul style="list-style-type: none"> - 시공간 배경지식에 대한 구체적인 연구 미흡 - 주로 래스터기반 표현모델에 시간 확장한 마이닝 연구[9,10,22]
시공간 지식을 기반으로 하는 지식탐사 지원	<ul style="list-style-type: none"> - 시공간 지식 변화 문제 언급 - 정보와 지식이 통합된 탐사 지원 	<ul style="list-style-type: none"> - 시공간 지식의 시간적 변화모델 미흡 - 지식관리 	<ul style="list-style-type: none"> - [7]은 메타규칙탐사 지원, 기반 모델 지원은 부족 - 시공간 지식 변화모델 지원못함
Legacy 시스템상에서의 구현	<ul style="list-style-type: none"> - 정보 시스템들의 연산 추상화 	<ul style="list-style-type: none"> - 제한적인 연산추상화만 허용 	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 구현 모델 지원 미흡

식 등이 적용되어야 한다. 이동 패턴은 공간 개념 지식의 적용을 통한 일반화된 개념 수준으로의 이동 시퀀스를 생성한다. 이러한 기존의 접근법들은 이러한 배경지식에 대한 적용을 매우 추상적으로 접근하고 있다. 프레임워크는 이러한 배경지식과 탐사된 지식을 통합하여 지식 컴포넌트로서 규정함으로써 지식과 데이터가 통합된 시스템의 한 모형을 제시하고 있다.

5장에서 언급한 시스템 구현 모델은 실제로 다양한 구조로 구현이 될 수 있다. 이 이러한 구현 구조는 독립형 구조, 소결합형 구조, 반 밀결합형 구조 그리고 밀결합형 구조의 4가지 유형으로 구분된다[24]. 이러한 구현 유형은 새로운 것은 아니지만 각 구현 방식에 따른 시스템이 갖는 특징 및 장점 등이 응용 분야에 다르게 나타난다. 현재의 기존 시스템을 기반으로 하는 시공간 지식 탐사 시스템 구현이 현실적으로 많은 이점을 가지고 있다. 예를 들어 반 밀결합형 방식으로 구현된 시공간 이동 패턴 탐사 시스템 MPMiner을 통해 이 논문에서는 제안하는 프레임워크는 구현에 대한 요구사항을 만족할 수 있음을 보였다.

시공간 지식탐사 시스템 구현을 위한 프레임워크는 그 구성요소가 다양한 응용영역에서의 시스템상에 매핑되어 구현될 수 있는 융통성있고 일반적인 구조이다. 특히 비즈니스 인텔리전스 시스템, CRM 및 LBS와 같은 서비스 영역에서는 새로운 유형 또는 기존의 다양한 마이닝 컴포넌트를 중심으로하여 프레임워크의 데이터, 정보 및 지식 컴포넌트를 구성 시스템을 기반으로 다양하게 구현할 수 있을 것이다.

7. 결론

현재의 이동객체를 기반으로 하는 다양한 시공간 응용환경에서의 서비스 지원 시스템 개발을 위하여 중요한 문제 중의 하나는 방대한 이동객체의 위치 이동 데이터로부터의 의미있는 지식인 시공간 이동 패턴을 탐사하는 것이다. 이러한 지식 유형을 탐사하기 위해서는 시간과 공간 특성, 다양한 시공간 관계 및 연산자 등을 활용해야 한다. 기존의 시공간 패턴 탐사 기법들의 접근법은 시공간 지식 탐사를 위한 시간, 공간 및 시공간 모델링 차원에서의 기반 모델 지원을 고려하지 않고 있다. 시공간 이동 패턴과 같은 새로운 유형의 지식 탐사를 위해서 시공간 데이터 집합, 정보 및 지식에 대한 관계 규정과 각 요소에 대한 표현 모델을 제공할 수 있는 프레임워크를 정의함으로써 지식 탐사 문제를 형식화하고 단순화 할 수 있다

이 논문에서는 새로운 시공간 지식탐사 기법 개발에 적용할 수 있는 시공간 지식탐사 프레임워크를 제안하였다. 제안하는 프레임워크를 구성하는 2가지 요소는 기반모델(foundation model)로써의 3계층 시공간 지식 모델과, 구현모델로써의 시공간 지식탐사 모델이다. 프레임워크에서는 시공간 지식 탐사 문제 정의를 위한 기반 모델로 지식에 대한 3계층 개념 모델과 표현 모델을 제시하였으며 시공간 데이터 집합과 시공간 지식에 대한 정의 및 관계를 표현할 수 있도록 하였다. 그리고 프레임워크를 통하여 시공간 지식에 대한 정의와 지식 탐사에 대하여 정의를 명확히 하였다. 또한 프레임워크를 기반으로 하여 시공간 지식 탐사 시스템을 구성하는 구성요소 및 구현 모델을 제시하였다. 마지막으로 프레임워크에 기반한 시공간 지식 탐사 기법 개발 및 시스템 개발에의 적용예를 보이고 이에 대하여 평가하였다.

제안된 프레임워크는 다양한 시공간 현상의 표현 및 배경지식 처리에 대한 기반을 제공함으로써 새로운 지식탐사와 같은 문제에 대한 접근을 용이하게 한다. 특히, 새로운 유형의 시공간 지식 탐사 문제에 대한 정의를 명확히 하고 시공간 이동객체 패턴 탐사와 같이 기존의 접근 방법과 달리 시간과 공간 의미가 함께 고려된 유용한 시공간 규칙의 개발에 적용될 수 있다. 프레임워크의 구현모델은 다양한 지식탐사 시스템 개발에 있어 요구되는 구성요소를 포함하고 있어 개발시 다양한 형태의 구현을 가능하게 하는 이점을 제공한다. 프레임워크는 향후 지식탐사 및 지식관리가 통합된 정보시스템의 모델을 제시하고 있다. 하지만 평가에서 언급한 바와 같이 프레임워크에서 평가된 문제점 개선을 위한 향후 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] U. M. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, P. Smyth, and R. Uthurusamy, *Advanced in Knowledge Discovery and Data Mining*, AAAI Press/MIT Press, 1996.

[2] G. Piatetsky-Shapiro and W.J. Frawley, *Knowledge Discovery in Databases*, AAAI Press/MIT Press, Menlo Park, 1991.

[3] 류근호, 이준욱, 이용준, "eCRM을 위한 시간 데이터 마이닝 기술", 한국 정보과학회 데이터베이스연구회지, 제17권, 제1호, 2001년 3월.

[4] 류근호, 안윤애, 이준욱, 이용준, "이동객체 데이터베이스 위치기반 서비스의 적용", 한국 정보과학회 데이터베이스 연구회지, 제17권, 제3호, 2001년 9월.

[5] 안윤애, 류근호, "이동객체의 불확실한 과거 및 미래의 위치추정", 정보과학회 논문지, 제29권, 제6호, pp. 441-452, 2002.

[6] 안병익, "LBS기술동향과 전망-LBS 구조 및 구성", 한국지리정보, 10월호, pp. 52-56, 2001년 10월.

[7] T. Abraham, *Knowledge Discovery in Spatio-Temporal Databases*, School of Computer and Information Science, University of South Australia, Ph. D dissertation, 1999.

[8] T. Bittner, "Rough sets in patio-temporal data mining," In Proc. of the 1st International Workshop on Temporal, Sptial, and Spatio-Temporal Data Mining(TSDM2000), 2000.

[9] E. Mesrobian, R.R. Muntz, J.R. Santos, E.C. Shek, C.R. Mechoso, J.D. Farrara, and P. Stolorz, "Extracting Spatio-Temporal Patterns from Geoscience Datasets," *IEEE Workshop on Visualization and Machine Vision*, Seattle, WA, June, 1994.

[10] I. Tsoukatos and D. Gunopulos, "Efficient Mining of Spatiotemporal Patterns," In Proc. of the 7th Int. Symp. on Spatial and Temporal Databases (SSTD), 2001.

[11] X. Chen and I. Petrounias, "A framework for temporal data mining," In Proc. of the 9th International Conference on Database and Expert Systems Applications, 1998.

[12] J.F. Roddick and M. Spiliopoulou, "Temporal data mining: survey and issues," *Research Report ACRC-99-007*, University of South Australia, 1999.

[13] K. Koperski and J. Han, "Discovering of Spatial Association Rules in Geographic Information Databases," In Proc. of the 4th International Symposium on Large Spatial Databases, 1995.

[14] K. Koperski, J. Han, and J. Adhikary, "Mining knowledge in geographical data," to appear in *Communications of the ACM*, 1998.

[15] J.F. Roddick and B.G. Lees, "Paradigms for Spatial and Spatio-Temporal Data Mining," *Geographic Data Mining and Knowledge Discovery*. Taylor and Francis. *Research Monographs in Geographic Information Systems*. Miller, H. and Han, J., Eds, 2001.

[16] 이준욱, 남광우, "이동객체 위치 일반화를 이용한 시공간 이동패턴 탐사", 정보처리학회 논문지, 제10-D권, 제7호, 2003년 12월.

[17] J. Mennis, and D.J. Pequet, "A Conceptual Framework for Incorporating Cognitive Principles into Geographical Database presentation," *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 14, No. 6, pp. 501-520, 2000.

[18] R.T. Ng and J. Han, "Efficient and Effective Clustering Method for Spatial Data Mining," In Proc. of International Conference of Very Large Data Bases, pp. 144-155, 1994.

[19] R.T. Ng, "Spatial Data Mining: Discovering Knowledge of Clusters from Maps," In Proc. of ACM SIGMOD Workshop on Research Issues on Data Mining and Knowledge Discovery, 1996.

[20] Jeong J.D., Paek O.H., Lee J.W., and Ryu K.H., "Temporal Pattern Mining of Moving Object for Location-Based Service," In Proc. of International Conference on Database and Expert Systems Applications (Dexa2002), (LNCS2453), 2002.

[21] E. Mesrobian, R.R. Muntz, E.C. Shek, J.R. Santos, J. Yi, K. Ng, S.Y. Chien, C.R. Mechoso, J.D. Farrara, P. Stolorz, and H. Nakamura, "Exploratory Data Mining and Analysis Using Conquest," *IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers, Visualization, and Signal Processing*, May, 1995.

[22] R.E. Valdes-Perez, "Systematic Detection of Subtle Spatio-Temporal Patterns in Time-Lapse Imaging. I. Mitosis," *Bioimaging*. Vol. 4, No. 4, pp. 232-242, 1998.

[23] G. Kollios, S. Sclaroff, and M. Betke, "Motion Mining: Discovering Spatio-Temporal Patterns in Databases of Human Motion," Workshop on Research Issues in Data Mining and Knowledge Discovery, DMKD 2001, Santa Barbara, CA, May, 2001.

[24] 이준욱, 이용준, 류근호, "시간데이터마이닝 프레임워크", 정보처리학회 논문지, 제9-D권, 제3호, 2002년 6월.

[25] R. Snodgrass, "The Temporal Query Language TQuel," ACM TODS, Vol.12, No.2, June, 1987.

[26] P. Rigaux, M. Scholl and A. Voisard, Spatial Databases with Application to GIS, Morgan Kaufmann Publishers, 2002.

[27] C.S. Jensen, "A Consensus Glossary of Temporal Database Concepts," ACM SIGMOD Record, Vol. 23, No. 1, 1994.

[28] J.F. Allen, "Maintaining Knowledge about Temporal Intervals," Comm. Of the ACM, Vol. 26, No. 11, Nov., 1983.

[29] Egenhofer, M. J, "Categorizing Binary Topological Relations Between Regions, Lines and Points in Geographic Databases." Technical Report, Department of Surveying Engineering, University of Maine, Maine, Germany, 1990.

[30] Egenhofer, M., "Reasoning about binary topological relations," In Proceedings of the 2nd Symposium on Large Spatial Databases(SSD91), Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science, vol. 525, 1991.

[31] S.A. Sarabjot, D.A. Bell, and J.G. Hughes, "The role of domain knowledge in data mining," In Proc. of the Int. Conf. on Information and Knowledge Management, pp. 37-43, 1995.

[32] 이용준, 서성보, 류근호, 김혜규, "시간간격을 고려한 시간관계 규칙 탐사 기법", 한국정보과학회 논문지, 제 28권, 제3호, pp.301-314, 2001.

[33] C.S. Jensen, R.T. Snodgrass, and M.D. Soo, "The TSQL2 Data Model," The TSQL2 Temporal Query Language, pp. 157-240, Kluwer Academic Publishers, 1995.



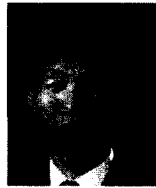
이 준 욱

1997년 충북대학교 컴퓨터과학과 졸업
 1999년 충북대학교 대학원 전자계산학과 (이학석사). 2003년 충북대학교 대학원 전자계산학과(이학박사). 2003년~2004년 한국전자통신연구원 LBS 연구팀 PostDoc 연구원. 2004년~현재 한국전자통신연구원 텔레매틱스 테스트베드연구팀 선임연구원. 관심분야는 시간 데이터베이스, 시공간 데이터베이스, 시간 데이터 마이닝, 시공간 데이터 마이닝, 위치기반 서비스, 텔레매틱스



남 광 우

1995년 충북대학교 전자계산학과 졸업
 1997년 충북대학교 대학원 전자계산학과 (이학석사). 2001년 충북대학교 대학원 전자계산학과(이학박사). 2001년~현재 한국전자통신연구원 LBS연구팀 선임연구원. 관심분야는 시간 데이터베이스, 위치 기반서비스, 시공간 데이터베이스, Temporal GIS, 텔레매틱스, 이동통신 측위시스템



류 근 호

1976년 숭실대 전산과 졸업. 1980년 연세대학교 공학대학원 전산전공(공학석사) 1983년 연세대 대학원 전산전공(공학박사). 1976년~1986년 육군군수지원사전산실(ROTC장교), 한국전자통신연구소(연구원), 한국방송통신대 전산학과(조교수) 근무. 1989년~1991년 Univ. of Arizona 연구원(TempIS Project). 1986년~현재 충북대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 교수. 관심분야는 시간 데이터베이스, 시공간 데이터베이스, Temporal GIS, 객체 및 지식베이스 시스템, 지식기반 정보검색시스템, 데이터 마이닝, 데이터베이스 보안 및 Bio-Informatics