

論文 2001-38CI-6-1

속성 버전화에 기반한 시공간 지리-객체의 객체 지향 데이터 모델

(An Object Oriented Data Model of a Spatiotemporal Geographic-Object Based on Attribute Versioning)

李 洪 魯 *

(Hong Ro Lee)

요 약

시공간 데이터 모델은 공간과 시간 기능이 추가된 복합 객체를 기술하는 많은 응용 분야에서 이용될 수 있는 자료를 다룬다. 그러나 각 응용 분야를 위해 필요한 정보가 시공간 정보의 설계 단계에서 시간의 종류에 종속해서 지리정보가 다르게 표현될 수 있다. 이러한 다양한 필요성을 다루기 위해서는 지리정보를 시간 관점 하에서 기하학적 입장, 공간 관계 입장과 공간에 종속하는 속성의 입장으로 표현해야 한다. 이 논문에서는 지리정보시스템에 대한 객체들 사이의 관계와 속성에 대한 형식적 정의 문제를 제시하고 있다. 지리 자료는 지리-객체, 지리-필드로 분류되는데, 지리적 공간상에 존재하는 실제의 연속적이고, 이산적인 표현을 나타낸 것이다. 이 논문은 비지리-객체와 지리-객체 상에서 시간에 따른 속성의 변화와 관계-역할에 대해 연구하고자 한다. 따라서 이 연구결과는 지리-객체의 공간 클래스에 머문 기존 연구에 비지리-객체를 포함한 시공간 객체의 속성버전화 방법을 제안함으로써 시공간 객체 지향 클래스 설계상에서의 효율성에 기여한다.

Abstract

Nowadays, spatiotemporal data models deal with objects which can be potentially useful for wide range applications in order to describe complex objects with spatial and/or temporal facilities. However, the information needed by each application usually varies, specially in the geographic information which depends on the kind of time oriented views, as defined in the modeling phase of the spatiotemporal geographic data design. To be able to deal with such diverse needs, geographic information systems must offer features that manipulate geometric, space-dependent (i.e. thematic), and spatial relationship positions with multiple time oriented views. This paper addresses problems of the formal definition of relationships among spatiotemporal objects and their properties on geographic information systems. The geographical data are divided in two main classes : geo-objects and geo-fields, which describe discrete and continuous representations of the spatial reality. I study semantics and syntax about the temporal changes of attributes and the relationship roles on geo-objects and non-geo-objects. This result will contribute on the design of object oriented spatiotemporal data model which is distinguished from the recent geographic information system of the homogeneously anchored spatial objects

1. 서 론

시공간 정보는 공간상에서 변화하는 객체를 나타내거나 변화하는 객체들간의 관계를 표현하는데 사용되는 데이터로서 지리적인 위치와 공간 관계를 나타내는

* 正會員, 全北大學校 컴퓨터工學科

接受日字:2001年8月22日, 수정완료일:2001年10月16日

도형정보와 객체의 특징을 나타내는 속성정보, 그리고 도형정보와 속성정보의 자취를 기록하는 시간 속성으로 구성되어 있다. 이 도형정보는 지형지물(feature) 또는 대상물의 기하학적 입장의 위치에 관한 자료로서, 지도 또는 그림으로 표현되는 경우가 많다. 이는 한 공간상에 존재하는 지형지물이 한 지리영역에서 응용하고자 하는 주제에 따라 표현될 수 있다. 시공간 지리정보시스템은 공간 이력자료를 얻는 동시에 지리적 현상에서 발생하는 변화를 예측하는 의사결정에 도움을 주는 시스템이다. 이것은 특정한 주제(theme)를 강조하여 표현한 지도로서 계획분야를 비롯하여 시설물관리점검, 행정서비스운영 및 환경오염실태 등의 지리현상을 공간과 관련된 의사결정이 필요한 분야에서 다양하게 활용할 수 있다.

시공간 지리정보시스템에서 주제는 지형지물에서 발생하는 지리현상과 지형지물을 관리하거나 속성들을 문자나 숫자로 기술하는 비지리-객체(non-geo-objects)의 조합으로 되어 있다. 시공간 응용은 멀티미디어, VLSI 설계 및 인공지능-기반 시스템 등과 같은 표준화가 안된 자료들에 적합하다. 공간 자료의 상태 속성은 기하학적 입장의 속성과 공간 관계 입장 속성, 그리고 공간-종속 속성이며, 이 속성은 시간이 지남에 따라 변화한다. 이 시공간 응용의 종류는 다음과 같다.

(a) 첫째, 이동객체 시공간 응용 : 움직이는 지리객체를 응용하는 것으로 어느 시간 내에서 형태를 바꾸지 않으면서 위치를 이동하는 객체를 말하며, 예를 들어 도로망에서 달리는 자동차가 이에 해당한다.

(b) 둘째, 변화객체 시공간 응용 : 어느 시간 내에서 위치와 형태가 변화되는 객체를 말하며, 예를 들어 토지관리시스템에서 토지는 형태와 위치를 변화시키나 이동하지는 않는다.

(c) 셋째, 이동, 변화 병진객체 시공간 응용 : 환경 오염과 같은 경우로, 시간상에서 기하학적 형태와 공간 속성을 변화시키면서 움직이는 현상을 말한다. 예를 들어 폭풍은 형태와 공간 속성을 변화시키면서 이동을 한다. 이는 국토지도, 환경지도, 교통도로망지도, 기상도, 상하수도지도, 전선 및 통신선로도, 토지 및 식생 이용도 등에 적합하다.

(d) 넷째, 시공간 객체 관계 응용 : 지리객체들 사이의 기하학적 특성 중에서 위치 이동과 형태 변화에서의 위상관계와 측정관계에 대한 이력자료를 말하며, 예를

들어 위의 (a), (b)와 (c)에 속하는 지리객체의 위상과 측정관계에 의한 속성-영역을 유도하는 것에 적합하다.

위의 응용지리영역에서 발생하는 지리현상은 지형지물의 독립성과 동질성(homogeneous) 여부에 따라 각각 지리-객체(geo-object)와 지리-필드(geo-field)로 세분화될 수 있다²⁾. 그런데 지리-객체 관점에서 기하 속성, 공간-종속 속성, 그리고 공간 관계의 역할에 의한 속성을 고려하여 지리-객체의 속성과 지리-객체 사이의 관계성의 한계가 결정되며, 이 지리영역의 특성은 지리공간 데이터를 구체적으로 모델링할 것인가 아니면 간단하게 모델링할 것인가에 대해서 지대한 영향을 미친다. 여기에 시간에 따라 다양하게 변화하는 지리 객체의 속성이 다르게 표현될 수 있다. 또한 객체 지향 분야에서 시간지원 데이터베이스를 다룰 때 발생하는 문제점은 시간을 객체 자체에 연결할 것인지 아니면 시간을 속성과 연결시킬 것인지이다. 시공간 객체버전화는 시간에 따라 변화하는 객체 자체에 유효시간 및 거래시간에 대한 속성을 별도로 한번만 명시하여 표현한 것으로 설계의 간략성과 저장공간을 줄일 수 있다^{17, 21)}. 시공간 속성버전화는 시간에 따라 변화하는 객체의 각 속성마다 유효시간 및 거래시간에 대한 속성을 추가하여 표현한 것으로 설계가 복잡하고 저장공간을 많이 차지하나 여러 시공간 응용에 적합하다^{3, 5, 24, 25)}. 지리영역에서 객체들 사이의 유기적 관계와 속성에 시간을 추가함으로써 효율적으로 표현하는 시공간 지리-객체의 객체 지향 모델링을 연구하는 것이 필요하다. 이 시공간 지리-객체 모델에서는 지리 클래스의 속성과 관계를 시간의 변화에 따라 형식화하기 위한 방법을 명확하게 구분하기 위한 연구가 필요하다.

시공간 GIS(Geographic Information Systems)에서 시간에 따라 변화하는 대상물의 속성을 지리-객체의 속성-영역관계를 정의하는 관점에서 형식적 정의를 제공하는 시도는 부족한 실정이다. 이 논문은 비지리-객체의 공간-독립 속성과 비공간 관계의 역할에 의한 속성에 시간 개념을 추가한 속성버전화^{3, 17)}와 지리-객체의 기하 속성, 공간-종속 속성과 공간 관계의 역할에 의한 속성에 시간 개념을 추가한 속성버전화를 형식화하고, 그 속성과 관계의 정의역에 해당하는 자료형을 명확히 구분함으로써 시공간 지리-객체 클래스 정의어 구문을 설계하는 것을 제안하고자 한다.

지리 클래스 정의어 구문을 설계하기 위해서는 도형 정보 및 비도형정보를 위한 속성과 관계에 따라 발생

하는 다음과 같은 문제점을 해결해야 한다. 첫째, 도형 정보 및 비도형정보의 속성에 대한 자료형을 구분하여 규정해야 한다. 둘째, 비지리-객체, 지리-객체의 관계를 일반화(generalization), 집단화(aggregation), 결합화(association), 공간 관계(spatial relationship)와 사용자 정의 공간 관계(user defined spatial relationship)로 한정하여 속성버전화를 표현한다. 셋째, 속성의 영역에 해당하는 정의역을 관계의미의 역할에 따라 시간개념을 정확히 기술한다. 이 연구 결과로 시공간 지리-객체의 속성 및 관계를 속성버전화에 입각에서 형식화하여 기술함으로써 이를 위한 지리-객체 클래스 계층구조를 설계하는데 효율성에 기여할 수 있다. 이러한 여러 가지 문제점들을 해결하기 위해서는 시간 개념을 해당하는 속성에 명확하게 규정하는 방법을 기술하고, 영역에 해당하는 비지리-객체 클래스, 지리-객체 클래스, 시간 클래스를 정의해야 한다.

그래서 이 논문에서는 비공간 데이터 모델을 위한 문자 및 숫자 자료형의 속성에 시간 개념을 추가하고, 이를 기반으로 한 비공간 관계의 역할에 시간을 추가하여 속성버전화를 위한 클래스 스킴을 정의한다. 또한 시공간 데이터 모델에서 지리-객체를 위한 클래스가 기하학적 속성, 공간-중속속성이 시간에 따라 변화하는 특성을 기술하고 이 지리-객체 사이의 공간에 대한 역할을 속성화 했을 때 시간에 따라 변화하는 특성을 시공간 속성버전화로 규정한다. 이 논문에서는 비공간 클래스와 공간 클래스의 속성과 관계를 고려하여 합성된 시공간 속성버전화를 위한 클래스 정의어 구문을 설계하고자 한다. 그러나 지리-객체들의 관계들이 이 논문이 제시한 것만 있지 않을 것이다. 그러므로, 이 논문은 사용자 정의관계로 한정하여 표현하였다. 이 논문의 중점은 공간의 속성과 관계의 형식화 기틀을 마련하고자 한다. 그래서 클래스 계층구조를 설계할 때 속성 및 관계를 어느 클래스에 포함시켜야 할 것이며, 관계-역할이 얼마나 있는가의 기준을 위한 도형 및 기호를 설계하는데 시간을 절감할 수 있다.

Parent 등^[11]은 시간 영역, 공간 영역과 시공간 영역을 도입하여 추상자료화하여 도식으로 사용하고, 이를 위한 시공간 복합 객체 구조를 정의하고, 공간 관계를 제약조건에 맞는 관계와 동적 관계로 고려하여 설계하였고, 이를 위한 GUI(Graphic User Interface)로 표기하였다. 그러나 시점, 시간간격과 시간주기에 대한 명확한 구분을 통한 세부적 거론은 하지 않았다. Pfoser 등^[12]

은 시공간 응용을 위한 요구조건을 객체, 속성과 관계를 공간 정의역, 시간 정의역과 시공간 정의역에 맞추어 설계하였고, 세부적으로 공간 객체에는 존재시간과 거래시간만 적용하고, 속성과 관계는 유효시간과 거래시간을 도입하고, 시공간 객체는 존재시간, 거래시간과 유효시간을 사용하여 시공간 객체를 개체-관계(E-R) 모델에 기준하여 개념적 모델을 설계하였다. 그러나 시간의 세부적 분석에 의한 연구는 하지 않았다. Tryfona 등^[14]은 시공간 응용환경을 위한 개념을 지리-객체와 지리-필드의 직교성을 이용하여 공간-중속 속성을 도입하였고, 시간 개념을 시점, 시간간격, 시간주기에 따라 기하학적 입장의 속성에 적용하여 시공간 객체로 규정하였다. 그러나, 공간 관계에 다양한 시간 개념을 연결하는 연구는 하지 않았다. Yuan^[19]은 시간 GIS와 시공간 모델을 의미영역, 시간 영역과 공간 영역으로 각각 구분하여 관리하고, 폭풍의 순간적 변화에 따른 이동 경로를 추적하는 문제만을 다루었다. 그러나 시간에 세부적으로 변할 때 발생하는 형식적 연구는 하지 않았다. Plewe^[13]는 지리공간에서 발생하는 현상을 공간적 입장, 시간 입장, 그리고 주제적 입장 속성으로 나누어 분석하였고, 이를 위한 시공간 객체와 공간 관계를 위한 개략적 개념화에 대해서 연구하였으나 구체적 형식화에 대해서는 연구하지 않았다. 그래서 본 논문은 기하 속성, 공간-중속 속성과 공간 관계에 시간개념이 추가된 속성버전화 클래스 계층구조를 설계하고자 한다. 이 논문은 공간 객체의 속성과 공간 관계의 역할에 따른 속성-영역관계를 분석하여 시공간 객체 지향 모델을 규정한다.

이 논문은 주제에 따른 지리영역을 비지리-객체와 지리-객체로 나누고, 시간에 따라 변화하는 지리현상을 기하 속성, 공간-중속 속성, 공간 관계-역할에 따라 분석하고자 한다. 이 세분화된 비지리-객체와 지리-객체의 구성 요소인 속성, 관계의미와 역할을 전제조건으로 하여 정리를 도입하여 입증하고자 한다. 또 이에 대응하는 공간 클래스 정의어 구문을 설계하고, 예를 들어 설명하고자 한다.

결국 다양한 응용 요구 조건을 제공하기 위한 풍부한 표현력을 지원하는 시공간 개념 모델이 필요하다. 이 모델은 객체, 관계, 속성과 집단화와 같은 모델의 요소에 대해서 공간과 시간 차원이 연관되어야 한다. 이러한 직교성을 초월해서, 공간 개념 모델을 위한 또 다른 중요한 특징은 다음을 포함하고 있다. 1) 기본 자료

형에 추가해서 총괄적인 공간 자료형 지원, 2) 지리-객체 사이의 공간 관계를 시간의 변화에 따라 명시적으로 표현할 능력, 3) 기하 속성, 공간-중속 속성, 그리고 공간 관계를 기존의 관계성^{9, 20, 20, 21, 22, 23, 24, 25}인 집단화, 결합화와 일반화가 포함된 공간 개념의 형식적 정의, 그리고 4) 시공간의 이산적이고 연속적인 입장에서의 상호작용 및 기술 할 수 있는 지리-객체의 형식적 정의를 제안하고자 한다. 이 논문은 Tryfona 등¹⁴이 시간 개념이 들어간 공간 객체, 시간 객체, 그리고 시공간 객체에 존재하는 기하 속성, 공간-중속 속성과 공간 관계를 E-R 모델에 기반하여 설계하였다. 그러나 관계-역할에 의한 시간 변화에 초점을 맞추어 연구하지는 않았다. 그래서 본 논문은 기하 속성, 공간-중속 속성에 대해서는 이 객체들의 속성이 시간에 따라 변화하는 속성버전화 클래스 계층구조를 설계하고자 한다. 그리고 이 논문에서는 시공간 객체의 속성과 공간 관계의 역할에 따른 속성-영역관계를 분석하여 시공간 객체 지향 모델로 규정하고자 한다. 그러나 이 논문은 공간 객체의 동적인 공간 연산자에 대해서는 거론하지 않았다.

이 논문의 구성에 대해서 제2장에서는 시공간 개요와 지리-객체의 구성 요소에 대해 규정하고, 제3장에서는 시공간 지리-객체 클래스 구문을 기술한다. 제4장에서는 시공간 객체 지향 모델에 대하여 비교 및 분석한다. 그리고 마지막으로 결론을 내리고 향후 연구에 대해 토의한다.

2. 속성버전화를 위한 객체 지향 데이터 모델

공간은 기하학적 요소와 비기하학적 요소들의 집합으로 이루어져 있다. 이 기하학적 요소들에 시간 개념을 추가한 객체 지향 모델을 이 절에서 다루고자 한다.

2.1 시공간 개요

가. 공간 개요

이 논문이 제시하고 있는 객체 지향 모델을 정의하기 위해서 클래스 기반 구조를 따르고자 한다¹¹. 여기서 객체는 클래스의 인스턴트이고, 이 인스턴트는 속성값의 집합인 상태와 객체에 적용할 수 있는 연산의 집합인 메소드에 의해 특징 지워진다. 하나의 객체 O는 다른 객체들 o_1, \dots, o_n 의 합성으로 구성된다. 그래서 이 객체 O는 복합객체라 하고, o_1, \dots, o_n 은 복합객체 O

의 성분객체라 한다. 만일 한 객체가 복합 객체가 아니라면 단순객체라 한다. 클래스들은 계층구조를 가지며, 한 클래스 계층구조에서 임의의 클래스 c의 조상을 클래스 c의 상위클래스라 한다.

이 논문은 지리 공간을 기존 클래스(비 지리 클래스)와 지리 클래스로 구분하여 객체 지향 지리 클래스를 설계하고자 한다¹². 이 지리 클래스는 지리적 필드와 지리 객체로 나누어지며, 기존의 클래스는 인스턴트가 비지리-객체의 클래스에 대응한다. 각 지리 클래스가 기하학적 입장에서 속성-공간 관계의 역할에 의한 속성-영역 관계, 비공간 속성과 비공간 관계에서의 역할에 의한 속성-영역 관계를 모두 가지고 있는 경우를 다루고자 한다.

나. 시간 개요

시간 표현 방법은 이산 시점(discrete time point), 시간간격(time interval), 그리고 시간주기(time period)로 나눌 수 있다^{7, 17}. 전 순서 이산 시점(total order discrete time point)들의 셀 수 있는 무한 집합과 연속적으로 증가하는 시점으로 시간이 표현된다. 또한 시간은 임의의 사건에 대하여 두 시점들 사이의 간격과 이력을 시간의 집합으로 표현할 수 있다. 시간지연 데이터베이스는 시간 속성과 그 자료의 이력 사항을 제공하기 위하여 기존의 데이터베이스 시스템의 확장을 필요로 한다. 유효 시간(valid time)은 현실세계에 존재하는 실체에 대한 논리적인 시간을 의미하며, 실체가 발생하였거나 실체가 소멸된 시간을 가리킨다¹³. 거래 시간(transaction time)은 현실 세계에 존재하는 실체가 데이터베이스 관리 시스템에 의해서 처리되어진 시간을 의미하며, 데이터베이스 관리 시스템이 실체를 처리할 때 시스템 클럭(system clock)에 의해서 결정되어 자동적으로 삽입된다^{7, 17}. 이원 시간(bitemporal)은 현실세계에 존재하는 실체에 대한 논리적인 시간을 의미하는 유효시간과 현실세계에 존재하는 실체가 데이터베이스 관리 시스템에 의해서 처리되어진 시간을 의미하는 거래 시간을 동시에 같이 표현하는 시간을 말한다¹⁵. 사용자 정의 시간(user defined time)은 객체의 생성시간과 소멸시간 등, 이력자료로 표현할 필요가 없는 시간을 의미한다¹⁷. 시간 단위(time granularity)인 년, 월, 일, 시간, 분이나 초 관점에서 고려하면, 시간의 단위가 날짜(년, 월, 일)일 때는 정박 시간(anchored time)을 의미하며, 이 시간을 시간주기라 한다. 시간의 단위가 시간(일, 시, 분, 초)일 때는 비정박 시간

(unanchored time)을 의미하며, 이 시간을 시간간격이라 한다^[8].

다. 시공간 개요

개체-관계(E-R) 모델을 확장하여 이용하는 시공간 응용의 개념적 설계는 객체의 위치, 공간-변화 속성, 공간 관계와 공간에 있는 지리정보의 여러 관점으로 이루어진다. 실세계에서 대부분의 객체는 객체를 공간과 연결시키는 역할을 하는 위치를 가진다. 객체의 기하학적 입장의 속성은 객체의 위치, 형태, 크기와 방향으로 구성된다^[14]. 형태는 0-차원, 1-차원, 2-차원으로 표현되며, 공간적 위치와 관련되어 있다.

공간-변화 속성은 간접적으로 공간의 위치에 놓여있는 객체의 특성이다. 공간-변화 속성의 값은 단지 위치에 종속하고, 객체 자체에는 독립적이다. 그와 같은 속성의 예는 온도, 침식정도 및 토질 등이 있다. 공간 관계는 객체의 위치에 대한 제약조건이다. 예를 들어, “도로가 어느 토지를 가로지르고 있다.”에서 “도로”와 “토지”는 공간 개체이고, “가로지르고 있다”는 공간 관계이다. 마지막으로, 공간에 놓여있는 객체를 표현하는 관점이다. 예를 들어, “토지”는 점(0-차원)으로 표현될 수 있고, 영역(2-차원)으로도 표현될 수 있다.

공간 개체 집합(spatial entity set), 개체의 공간 속성(spatial attributes of entities)과 공간 관계(spatial relationships)가 시간에 따라 변화하면, 이 변화된 값들은 기록될 수 있다. 이에 대한 전제 조건은 지리 개체(geographic entity)가 시공간에 의해 정의되어야 한다는 것이다.

2.2 속성버전화를 위한 시공간 객체 지향 데이터 모델 가. 비공간 객체

객체 지향 모델은 객체 식별자, 메소드, 클래스, 관계 의미의 역할에 대응하는 집단화와 결합화를 클래스 계층 구조로 기술한다^[9]. 공간 속성을 가지지 않은 공간 독립 객체의 속성은 기술속성 전체 집합 U_D 는 $\{A_1, \dots, A_n\}$ 으로써 이 속성들의 정의역에 대한 값의 집합에 대응하는 객체의 기본 데이터 타입은 정수형, 실수형, 문자열형 및 부울형 등이다. 이 비공간 속성의 정의역의 전체 집합은 U_D 는 $\{DOM_1, DOM_2, \dots, DOM_{nd}\}$ 이다. 여기서 각 DOM_i 는 비공간 기본 자료형에 대한 정의역이며, $DOM_i \neq \emptyset$ 이다. 그리고 $DOM = \cup_{i=1}^{nd} DOM_i$ 으로 기본 자료형에 대한 모든 정의역의 집합이다. 또한 비공간 추상화 자료형은 ADT(Abstract Data

Type)로 표기한다. 이 ADT는 앞으로 정의할 비지리 클래스 C_{SI} 를 말한다.

【정의 1】 비지리 클래스 스킴 $C_{SI} = (A_{SI}, M_{SI})$

여기서 공간 독립 속성의 전체 집합은 $A_{SI} = \{A_{SI1}, A_{SI2}, \dots, A_{SI_{nd}}\}$ 이다. 이 속성은 정의역 DOM을 가지는 경우를 말한다. 객체 및 값을 변경하거나 생성하는 기능을 하는 메소드는 $M_{SI} = \langle mn, ms, mb \rangle$ 로 구성된다. 여기서 mn은 메소드 이름이고, ms는 $f(S \times P_1 \times \dots \times P_k) \rightarrow RT$ 로 표기되는 메소드 시그니처(signature)이다. S는 메소드 M_{SI} 이 정의되는 초기 입력 인자의 클래스이고, $P_i(i=1, \dots, k)$ 는 메소드 인자들이다. 또한 RT는 출력 자료 클래스이고, mb는 메소드 M_{SI} 의 구현과 의미를 규정하는 본체(body)이다. □

【정리 1】 비지리 객체는 공간성을 내포하고 있으나 공간 관계를 명시적으로 나타내지는 않는다.

증명 : 비지리 클래스 C_{SI} 는 공간성을 고려하여 지도나 지형도에 표현할 수 있으나, 속성이나 메소드가 숫자나 문자의 자료만 다루고 기하학적 형태를 표현하는 기하 자료형을 다루지 않기 때문에 객체 사이의 관계성에서 공간 관계를 가지지 않는다. □

나. 공간 객체

실세계에서 객체들은 공간상의 위치에 존재한다. 특정한 응용환경에서 임의의 공간상에 위치한 객체를 공간 객체라 한다. 예를 들어, 교통관리시스템에서 이동하는 “자동차”는 공간상의 위치를 가진다. 또한 토지관리시스템에서 “토지”도 공간상의 위치를 가진다. 공간 객체의 데이터 성분은 기하학적 입장과 공간상에 종속적으로 분포되어 있는 주체적 입장의 공간 변수로 나누어진다^[2]. 이 공간 속성의 정의역의 전체 집합은 U_{OD} 로 $\{ODOM_1, ODOM_2, \dots, ODOM_{od}\}$ 이다. 여기서 각 $ODOM_i$ 는 지리 객체 기본 자료형(point, line, region 등)에 대한 정의역이며, $DOM_i \neq \emptyset$ 이다. 그리고 $ODOM = \cup_{i=1}^{od} ODOM_i$ 으로 기본 자료형에 대한 모든 정의역의 집합이다. 또한 지리-객체 추상화 자료형은 GOADT로 표기한다. 이 추상자료형은 앞으로 정의할 지리 객체 클래스 C_{GO} 를 말한다. 이 지리-객체 클래스 C_{GO} 는 다음과 같이 정의된다.

【정의 2】 지리-객체 클래스 스킴 $C_{GO} = (A_{GO}, M_{GO})$

지리-객체 클래스 C_{GO} 에서 속성의 전체 집합은 $A_{GO} = \{A_{sd}, A_{gp}, A_{si}\}$ 이다. 여기서 A_{sd} 는 공간 종속 속성으로 지리-필드 클래스들과 지리-객체 클래스의 직교성을 이용한 것이다. 이 공간 종속 속성은 지리-객체가 지리-필드의 변수영역을 얼마나 공유하고 있는지를 표현한 것으로 $A_{sd}(FDOM) \rightarrow DOM_1 \times \dots \times DOM_n$ 으로 나타낸다^[6]. 기하학적 입장에서 지리객체의 특성을 나타내는 기하 속성(geometric attributes)은 $A_{gp} = \{GO_{shape}, GO_{location}, GO_{size}, GO_{orientation}\}$ 이다. 여기서 지리객체의 형태를 나타내는 속성 GO_{shape} 의 정의역은 $ODOM$ 이며, 지리객체의 위치를 나타내는 속성 $GO_{location}$ 의 정의역은 $(DOM, DOM)[coordinate system]$ 이다. 지리-객체의 크기를 나타내는 속성 GO_{size} 의 정의역은 $DOM[measurement unit]$ 이고, 지리객체의 방위를 나타내는 속성 $GO_{orientation}$ 의 정의역은 $DOM[radian]$ 이다. A_{si} 는 공간-독립 속성으로 정의역은 DOM 이다. 메소드에 대한 기술은 정의 1과 같다. □

지리-객체는 지구 표면의 어느 영역에서 독립적으로 존재하는 객체를 의미한다^[2]. 지리-객체는 공간상의 지구 표면에서 지리정보시스템의 자료를 만들기 위한 지리-객체를 규정하기에 앞서 응용하고자하는 지형과 지질의 지역 범위에 대한 지리 영역을 정의한 것이다. 지리객체는 공간상에서 식별이 가능하고, 분리 가능한 객체를 말하며, 객체 지향 공간 데이터 모델에서 공간 관계의 의미에 따라 속성-영역을 형성하기 위해서 역할 할당합수를 고려해야 한다.

다. 시간 객체

시간 객체는 시간에 따라 변하는 객체를 의미한다. 객체 지향 시간 모델에서 시간 기본 자료형은 이산 시점(time-point : T), 시간간격(time-interval : TI)과 시간 주기(time-period : TP) 등이 있다. 그래서 시간 자료형의 전체 집합은 $U_T = \{T, TI, TP\}$ 이다. 시간정의역은 $TDOM = \{T, TI, TP\}$ 으로 기본 자료형에 대한 모든 정의역의 집합이다.

기본 자료형에 대한 정의역의 전체 집합 U_D , 전체 정의역 DOM , 객체 식별자의 전체 집합 ID 이다. 시간 독립 속성의 전체 집합 $U_A = \{A_1, A_2, \dots, A_{nd}\}$ 이다. 그리고 시간 속성의 전체 집합은 $U_{TA} = \{VT, TT, UT\}$ 이며, 여기서 VT 는 유효시간의 속성이고, TT 는

거래시간의 속성이며, UT 는 사용자 정의시간이다. 속성버전화를 위한 객체 지향 모델의 개체 클래스 스킴과 관계 클래스 스킴의 정의는 다음과 같다.

【정의 3】 시간 클래스 스킴 $C_T = (A_T, M_T)$

시간 클래스 C_T 에서 속성의 전체 집합은 $A_T = \{A_{VT}, A_{TT}, A_{UT}\}$ 이다. 여기서 A_{VT} 는 유효시간을 위한 시간속성으로 $A_{VT}(U_{TA}) \rightarrow T \times TI \times TP$ 로 나타낸다. A_{TT} 는 거래시간을 위한 시간속성으로 $A_{TT}(U_{TA}) \rightarrow T \times TI \times TP$ 로 나타낸다. A_{UT} 는 사용자정의시간을 위한 시간속성으로 $A_{UT}(U_{TA}) \rightarrow T$ 로 나타낸다. 메소드에 대한 기술은 시간에 대한 행위를 구현하기 위한 것이다. □

라. 공간 객체의 속성버전화

시간지원 데이터베이스에서 시간의 결합방법은 시간을 객체 자체에 연결할 것인지 아니면 시간을 속성과 연결시킬 것인지이다. 시공간 객체버전화는 시간에 따라 변화하는 공간 객체 자체에 유효시간 및 거래시간에 대한 속성을 별도로 한번만 명시하여 표현함으로써 설계의 간략성과 저장공간을 줄일 수 있다^[17, 21]. 시공간 속성버전화는 시간에 따라 변화하는 공간 객체의 각 속성마다 유효시간 및 거래시간에 대한 속성을 추가하여 표현한 것으로 설계가 복잡하고 저장공간이 많이 차지하나 여러 시공간 응용에 적합하다^[3, 5, 24, 25]. 이 논문은 속성버전화만 다루고자 하고, 이 속성버전화에 대한 결합방법은 아래의 정의 4와 같이 규정할 수 있다.

【정의 4】 시공간 속성버전화(attribute versioning : A_{stv})는 비지리-객체, 지리-객체나 지리-필드의 속성과 속성-영역 관계에 시간을 결합하여 이력 사항을 나타내는 것으로^[3, 5, 24, 25] 비시간 값과 시간 값이 한 속성에 함께 표현된다.

$$a_{stv} = \langle a_{sit}, a_{stgo} \rangle$$

여기서 임의의 한 비공간 속성에 대한 버전은 $a_{sit} = \langle a_{sit}, bt \rangle$ 이고, 임의의 한 공간 속성에 대한 버전은 $a_{stgo} = \langle a^{GO}, bt \rangle$ 이다. 이원시간은 $bt = \langle A_{VT}, A_{TT} \rangle$ 이다. □

마. 시공간 객체

시공간 지리-객체는 지구 표면의 어느 영역에서 시간에 따라 변하면서 독립적으로 존재하는 객체를 의미한다. 객체 지향 시공간 모델에서 공간 기본 자료형은 점(point), 선(line), 다각형(polygon), 곡선(curve), 면(surface) 및 환(ring) 등이며, 시간 기본 자료형은 이산 시점(time-point : T), 시간간격(time-interval : TI)과 시간주기(time-period : TP) 등이고, 시공간 지리-객체에 대한 정의역은 공간 기본자료형과 시간 기본자료형의 조합이다. 시공간 지리-객체 자료형의 전체 집합은 $U_{STOD} = \{ODOM_1, ODOM_2, \dots, ODOM_{nd}\} \cup \{T, TI, TP\}$ 이고, 시공간 지리-객체의 기본 자료형에 대한 모든 정의역의 집합 $STODOM = \cup_{i=1}^{nd} ODOM_i \cup \{T, TI, TP\}$ 이다.

시공간상의 지구 표면에서 지리정보시스템의 이력 자료를 만들기 위해서는 지리-객체가 시간에 따라 변화하는 속성들을 규정해야 한다. 이 시공간 지리-객체는 공간상에서 식별이 가능하고, 분리 가능하며, 객체 지향 시공간 데이터 모델에서의 공간 관계 의미에 따라 속성-영역을 형성하기 위해서 역할할당함수를 고려해야 한다. 정의 4에 의해서 속성버전화에 기반한 시공간 지리-객체 클래스는 다음의 정의 5와 같이 정의할 수 있다.

【정의 5】 시공간 지리-객체 클래스 스킴 $C_{STGO} = (A_{STGO}, M_{STGO})$

시공간 지리-객체 클래스 C_{STGO} 에서 속성의 전체 집합은 $A_{STGO} = \{A_{STsd}, A_{STtp}, A_{STsi}\}$ 이다. 여기서 A_{STsd} 는 시공간 종속 속성으로 지리-필드 클래스들과 지리-객체 클래스의 직교성을 이용한 것이다. 이 시공간 종속 속성은 지리-객체가 지리-필드의 변수영역을 얼마나 공유하고 있는지를 표현한 것으로 $A_{STsd} (F_{DOM}) \rightarrow DOM_1 \times \dots \times DOM_n \times T \times TI \times TP$ 로 나타낸다^[6]. 기하학적 입장에서 시공간 지리-객체의 특성을 나타내는 기하 속성(geometric attributes)은 $A^{STtp} = \{STGO_{shape}, STGO_{location}, STGO_{size}, STGO_{orientation}\} \cup \{T, TI, TP\}$ 이다. 여기서 시공간 지리-객체의 형태를 나타내는 속성 $STGO_{shape}$ 의 정의역은 $\langle ODOM, TI|TI|TP \rangle$ 이며, 시공간 지리-객체의 위치를 나타내는 속성 $STGO_{location}$ 의 정의역은 $\langle (DOM, DOM)[coordinate system], TI|TI|TP \rangle$ 이며, 시공간 지리-객체의 크기를 나타내는 속성 $STGO_{size}$ 의 정의역은 $\langle DOM$

[measurement unit], $TI|TI|TP \rangle$ 이고, 시공간 지리-객체의 방위를 나타내는 속성 $STGO_{orientation}$ 의 정의역은 $\langle DOM[radian], TI|TI|TP \rangle$ 이다. A_{STsi} 은 시공간 독립 속성으로 정의역은 $\langle DOM, TI|TI|TP \rangle$ 이다. 메소드에 대한 기술은 정의1과 비슷하나 시간 개념이 추가된다. □

바. 시공간 지리-객체의 관계-역할

객체 지향 공간 데이터 모델에서는 공간 관계의 의미에 따라 속성-영역을 형성하기 위해서 역할할당함수를 고려해야 한다^[9, 20, 21, 22, 23, 24, 25]. 그런데 시간에 따라 변하는 지리-객체들 사이의 관계는 다음과 같은 전제조건하에 속성버전화를 위한 지리-객체를 규정해야 한다. 시공간 지리-객체의 관계-역할 할당 함수가 고려되어야 하고, 이를 수용한 시공간 지리-객체의 속성버전화를 위한 객체클래스, 관계 클래스, 역할, 제약 조건과 정의역이 규정되어야 하는 데 그것을 위한 스킴은 다음의 정의와 같이 규정할 수 있다.

【정의 6】 역할 할당함수가 고려된 시공간 지리-객체의 클래스 스킴(CR_{STGO})

$$CR_{STGO} = \langle C_{STGOE}, C_{STGOR}, \rho_{STGO}, O_{STGO} \rangle$$

시공간 지리-객체의 클래스에서 시공간 지리-객체 클래스의 유한 집합은 $C_{STGOE} = \{C_{STGOE1}, \dots, C_{STGOEi}, \dots, C_{STGOEn}\}$ 이며, C_{STGOEi} 는 개념적 모델에서 시공간 지리-객체에 대한 클래스이다. 시공간 지리-객체 사이의 관계를 나타내는 시공간 지리-객체 관계 클래스 유한 집합은 $C_{STGOR} = \{C_{STGOR1}, \dots, C_{STGORi}, \dots, C_{STGORn}\}$ 이고, C_{STGORi} 은 시공간 지리-객체와 시공간 지리-객체 사이의 관계에 대한 클래스이다. 시공간 지리-객체 관계에 의한 역할할당함수는 $\rho_{STGO} : C_{STGOR} \rightarrow (SE_{STGOi} \rightarrow role_{STGOi})$ 이다. 연속적인 변형(continuous deformation) 환경에서 변화하지 않는 기하학적 형태(geometric figures)의 속성(properties)을 위상(topology)이라 하고, 변화하는 속성은 측정(metrics)이라 하며^[11], 시공간 지리-객체 사이의 관계를 나타내고 있는 시공간 지리-객체 관계 클래스 C_{STGOR} 의 n-항 관계에서 SE_{STGOi} 는 공간 관계의 의미를 나타내며, 그 관계 의미 SE_{STGOi} 는 위상 특성에 의한 위상관계(SE^{STGOto}), 그리고 측정에 의한 방향관계(SE_{STGOdi})와 거리관계(SE_{STGOme})로 구분된다. 만일 위상관계, 방향관계와 측정 관계 이외의 공간 관계의 의미는 비지리

객체의 관계 의미인 공간 일반화(S_{STGOge}) 및 공간세분화(S_{STGOsd}), 공간집단화(S_{STGOag}), 그리고 공간결합화(S_{STGOas})로 구분하여 사용한다. 시공간 지리-객체들의 유한 집합 O_{STGO} 는 $\{O_{STGO1}, \dots, O_{STGOi}, \dots, O_{STGOm}\}$ 이다. □

세부적으로 속성버전화에 대한 역할 할당함수는 다음의 정의와 같이 규정할 수 있다.

【정의 7】 속성 버전화 역할 할당함수(AT)

$$AT : F \rightarrow \{(C_{RE} \cup C_W) \rightarrow O_{STGO}^x \times T \cup C_{SI}^x \cup \langle O_{STGO}, ATC \rangle^x \cup \langle C_{SI}, ATC \rangle^x \} \cup \langle C_{GO}, ATC \rangle^x$$

전체 속성 이름(F)는 $F = \{F_A, F_{TA}, uta\}$ 이고, F_A 는 전체 비시간 속성이름이다. 이원시간 속성이름 $F_{TA} = \{vta, tta\}$ 는 유효시간 속성이름(vta)과 거래시간 속성이름(tt)을 조합시킨 것이며, uta 는 사용자 정의시간 속성이름이다. F_A 에 대한 정의역 ND는 원자 객체의 정의역 DOM와 비시간 합성 클래스 C_{SI} 와 지리 객체 C_{GO} 의 조합이다. 즉 $ND = DOM^x \cup C_{SI}^x \cup C_{GO}^x$ 이다. 여기서 $DOM^x = DOM_1^x \times \dots \times DOM_i^x \times \dots \times DOM_m^x$ 이며, $CR_{STGO}^x = C_{SI1}^x \times \dots \times C_{SIi}^x \times \dots \times C_{SI_m}^x$ 이다. F_{TA} 에 대한 정의역들은 원자 객체에 대한 시간 속성에 대한 정의역들 $\langle DOM, ATC \rangle^x = \langle DOM_i, ATC \rangle^x \times \dots \times \langle DOM_i, ATC \rangle^x \times \dots \times \langle DOM_m, ATC \rangle^x$ 과 합성 객체에 대한 정의역들 $\langle C_{SI}, ATC \rangle^x = \langle C_{SI1}, ATC \rangle^x \times \dots \times \langle C_{SIi}, ATC \rangle^x \times \dots \times \langle C_{SI_m}, ATC \rangle^x$ 와 $\langle C_{GO}, ATC \rangle^x = \langle C_{GO1}, ATC \rangle^x \times \dots \times \langle C_{GOj}, ATC \rangle^x \times \dots \times \langle C_{GOm}, ATC \rangle^x$ 으로 나누어진다. 또한 사용자 정의시간 uta 의 값의 집합은 $DOM^x \times T$ 에서 T 이다. □

2.3 속성 버전화를 위한 시공간 지리-객체 모델

속성 버전화를 위한 지리-객체는 앞절 2.2의 시공간 데이터 모델의 정의에 기반하여 기하학적 입장의 속성, 주제적 입장의 공간-종속 속성, 공간 관계 입장의 위상 관계와 측정 관계에 대한 시간적 변화를 이 절에서 제안하고자 한다.

2.3.1 시공간 지리-객체의 기하학적 입장에서 특성 변화

공간 객체의 기하학적 입장(geometric position : P_{gp})의 속성은 형태, 크기, 방위와 위치로 구성되며^[6, 14], 이 기하학적 입장 P_{GO} 는 공간 객체(GO)로부터 공간의 기

하학적 형태(ODOM)나 속성 값(value : DOM)으로 가는 함수를 나타낸다.

- shape : Pshape(spatial-object:GO) → ODOM,
- size : Psize(spatial-object:GO) → DOM,
- orientation : Porientation(spatial-object:GO) → DOM,
- location : Plocation(spatial-object:GO) → DOM

앞 절 2.2의 (나)의 공간 객체와 2.2절의 (다)의 시간 객체는 공간과 시간 개념을 개별적으로 기술하였다. 이 절에서는 공간과 시간을 통합한 시공간 개념을 다루고자 한다. 시공간 지리-객체는 공간상에 있는 객체에 시점, 시간간격이나 시간주기를 도입한 것이다. 본 논문은 기하학적 속성만을 다루는 기하 객체를 대신해 공간 객체라 한다. 시간에 따라 변화하는 공간 객체는 상태 및 위치의 변화없이 고정적으로 존재하는 것이 아니라 상태를 변화시키거나 이동하는 객체를 의미한다. 그래서 세부적으로 공간 객체의 속성에 시간이 추가된 구성은 다음과 같이 구체적으로 서술할 수 있다.

spatial(geometric) object

```
{
shape : < GOshape : ODOM, vt : ti || [ti, tj] | [ {t1, t2, t3,
... ,tn} | {t1, t2}, ... ,{tn-1, tn} ] , tt : ti || [ti, tj] | [
{t1, t2, t3, ... ,tn} | {t1, t2}, ... ,{tn-1, tn} ] >
size : < GOsize : DOM, vt : ti || [ti, tj] | [ {t1, t2, t3, ... ,tn}
| {t1, t2}, ... ,{tn-1, tn} ] , tt : ti || [ti, tj] | [ {t1, t2,
t3, ... ,tn} | {t1, t2}, ... ,{tn-1, tn} ] >
orientation : < GOorientation : [W|S|N|E], vt : ti || [ti, tj] |
[[t1, t2, t3, ... ,tn] | {t1, t2}, ... ,{tn-1, tn} ] , tt : ti
|| [ti, tj] | [ {t1, t2, t3, ... ,tn} | {t1, t2}, ... ,{tn-1, tn} ] >
location : < GOlocation : (DOMx, DOMy), vt : ti || [ti, tj] |
[[t1, t2, t3, ... ,tn] | {t1, t2}, ... ,{tn-1, tn} ] , tt : ti
|| [ti, tj] | [ {t1, t2, t3, ... ,tn} | {t1, t2}, ... ,{tn-1, tn} ] >
```

위에서 기술한 공간 객체의 기하특성에 시간 개념이 추가된 시공간 객체는 다음과 같다.

위의 표 1에서 유효시간 속성(vt)과 거래시간 속성(tt)에 대한 시점, 시간간격과 시간주기가 포함된 합성 속성을 $\langle bt : ATC \rangle = \langle vt : t_i || [t_i, t_j] | [\{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\} | \{t_1, t_2\}, \dots, \{t_{n-1}, t_n\}] \rangle$

표 1. 지리-객체의 기하 속성에 대응하는 시간
Table 1. Times corresponding to geometric properties of geo-objects.

속성 기하 속성	값	시 점	시간 간격	시간주기	
				시점	시간간격
형태	ODOM	t_i	$[t_i, t_j]$	$(t_1, t_2, t_3, \dots, t_n)$	$\{(t_1, t_2), \dots, [t_{n-1}, t_n]\}$
크기	DOM[도량형단위]	t_i	$[t_i, t_j]$	$(t_1, t_2, t_3, \dots, t_n)$	$\{(t_1, t_2), \dots, [t_{n-1}, t_n]\}$
위치	DOM×DOM[좌표단위]	t_i	$[t_i, t_j]$	$(t_1, t_2, t_3, \dots, t_n)$	$\{(t_1, t_2), \dots, [t_{n-1}, t_n]\}$
방향	DOM[radian]	t_i	$[t_i, t_j]$	$(t_1, t_2, t_3, \dots, t_n)$	$\{(t_1, t_2), \dots, [t_{n-1}, t_n]\}$

, t_n) | $\{(t_1, t_2), \dots, [t_{n-1}, t_n]\}$, $tt : t_i [t_i, t_j] | [(t_1, t_2, t_3, \dots, t_n) | \{(t_1, t_2), \dots, [t_{n-1}, t_n]\}]$ 라 하면 속성버전화를 위한 시공간 객체는 spatiotemporal object = $\langle t\text{-shape} : \langle \text{shape} : \text{ODOM}, \text{bt} : \text{ATC} \rangle, t\text{-location} : \langle \text{location} : (\text{DOM}, \text{DOM})[\text{좌표단위}], \text{bt} : \text{ATC} \rangle, t\text{-size} : \langle \text{size} : \text{DOM}[\text{도량형단위}], \text{bt} : \text{ATC} \rangle, t\text{-orientation} : \langle \text{orientation} : \text{DOM}[\text{radian}], \text{bt} : \text{ATC} \rangle \rangle$ 로 표현할 수 있다.

가. 시점에서 공간 객체

(a) 연속적으로 움직이는 어느 시점의 공간 객체는 형태와 크기를 변화하지 않고 위치와 방향만 이동하는 객체를 말한다.

어느 한 시점에 있는 공간 객체를 기록한다는 것은 결국에 공간 객체의 스냅샷(snapshot)을 다루는 것이다. 예를 들어, 교통망관리시스템에서 움직이는 자동차의 자취를 기록한다는 것은 공간상의 시점들 $t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n$ 에 있는 각 위치를 기록하는 것이다. 공간상의 움직이는 객체(moving vehicle : mv)는 형태를 변화하지 않고 단지 선형적인 시간 축을 따라 이동하는 객체를 말한다. 그래서 이 움직이는 자동차를 시간 축을 따라 기술하면 시점마다 움직이는 객체를 의미한다^[16].

(b) 이산적으로 변화하는 어느 시점의 공간 객체는 형태와 크기를 변화하고 위치와 방향은 이동하지 않는 객체를 말한다.

같은 방법으로 공간 객체 “토지(LP)”는 시간이 지남에 따라 그 형태(shape : SP)를 분리시키거나 확장시키면 변형되는데, 이 변형된 공간 객체 “토지”의 순간 순간의 형태들을 스냅샷들이라 한다. 그러나 이 공간 객체는 위치를 이동하지는 않는다^[14]. 그래서 공간 객체 LP의 변형된 시간상의 형태들을 각각 $\text{shape}_1, \text{shape}_2, \text{shape}_3, \dots, \text{shape}_n$ 이라 하면, 이 형태변화의 각각의 상태를 스냅샷이라 한다.

나. 시간간격에서 공간 객체

공간상에서 시간간격에 따라 공간 객체를 기록하는 것은 그 기간 동안에 공간 객체가 진화(evolution)되는 자취를 기록하는 것을 의미한다. 즉, 시간상에서 공간 객체가 변화되는 자취를 기록하는 것이다. 이것은 공간 객체 GO가 시간간격에 따라 $GO = \{ \langle GO_1, [t_1, t_2] \rangle, \langle GO_2, [t_2, t_3] \rangle \dots \langle GO_n, [t_i, t_{i+1}] \rangle \dots, \langle GO_{n-1}, [t_{n-1}, t_n] \rangle \}$ 으로 변화하는 것이다. 이 시간간격에 존재하는 객체를 버전이라 한다. 변화의 유형에 따라 시공간 개념이 다음의 두 가지로 나누어진다.

a) 공간 객체의 연속적 이동

공간 객체의 변화가 연속적이라면, 이 공간 객체의 움직임의 자취를 기록하는 것이다. 예를 들어 연속적으로 위치를 변화시키는 자동차는 이동하는 공간 객체이다. 예를 들어 공간 객체인 자동차(C)가 $[t_i, t_j]$ 의 시간간격 동안에 위치를 이동하는 경우이다.

b) 공간 객체의 이산적 변화

공간 객체의 변화가 이산적이라면, 이 공간 객체의 이산적 변화에 대한 자취를 기록하는 것이다. 예를 들어 [1995, 1997] 동안에 공간 객체 토지의 변화를 기록한다는 것은 어느 시간간격을 두고 그 형태가 이산적으로 변형됨을 의미한다. 그래서 공간 객체의 이산적 형태의 변화는 어느 시간간격(t_i, t_j) 동안에 어떠한 형태의 상태(shape_i)를 유지하고 있다가, 다음의 시간간격 [t_{j+1}, t_{j+2}] 동안에 형태를 변형시킨 상태(shape_{j+1})를 유지한 자취를 기록하는 것이다. 그러나 이 공간 객체는 이산적인 시간간격으로 변화할지라도 그 위치는 이동시키지는 않는다. 예를 들어 토지관리시스템에서 어느 한 토지 소유주가 토지를 소유하고 있는 경우라 하자. 이 토지 소유주가 그 토지를 거래하면서 그 토지의 면적이 확장되기도 하고, 일부가 분할되어 축소되기는 하지만 그 위치는 변화한다고는 볼 수 없다. 그리고 그 토지는 어느 한 순간에 형태를 변화하는 것이 아니라 거래하기 전까지는 그 형태를 계속해서 유지하며, 계속해서 유지되는 시간을 시간간격이라 한다. 그래서 이 공간 객체의 변화는 사고 팔 때의 시점을 기준으로 하여 이산적으로 그 토지의 형태를 나타낸 것이다.

다. 시간주기에서 공간 객체

주기에 의한 공간 객체의 변화는 주기 내에서 순간적 시점마다 사건이 반복적으로 발생하는 경우와 주기 내에서 시간간격의 상태가 반복적으로 나타나는 경우

로 세부적으로 다음과 같이 나누어 규정할 수 있다.

a) 주기 내에서 시점의 반복적 발생에 의한 공간 객체의 변화

만일 같은 시간주기에 있는 공간 객체를 시간주기 내에 있는 각 시점에 따라 공간 객체의 특성을 기록한다면, 이것은 공간 객체의 시간 변화에 따른 버전(version)을 관리하는 것이다. 그래서 이 공간 객체의 버전들은 고유의 식별자를 각각 가지며, 공간 객체의 스냅샷들이 된다.

a.1) 각 시점에 따른 공간 객체의 연속적 이동

공간상에서 공간 객체는 시간주기($TP = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$) 내에 있는 각 시점($t_i, 1 \leq i \leq n$)마다 공간 객체가 연속적으로 변화한다면, 변화된 버전들의 자취를 기록하는 것을 의미한다. 즉, 한 시간주기 내에서 각 순간 시점마다 변화되는 버전들의 자취를 기록하는 것이다. 여기서 공간 객체의 주기는 $TP = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$ 이다. 본 논문은 공간 객체의 기하학적 형태를 이전이나 이후의 것에 무관하게 한 시간주기 내에서 공간 객체가 변화함을 알 수 있다. 예를 들어, 주기[2001.8.1, 2001.8.10] 내에 각 시점에서 지리 객체 "River"의 수위가 연속적으로 변화한다면, 각 순간 순간의 강물 수위가 상이한 기하학적 특성이 버전이 된다.

a.2) 각 시점에 따른 공간 객체의 이산적 이동

공간상에서 공간 객체는 시간주기($TP = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$) 내에 있는 각 시점($t_i, 1 \leq i \leq n$)마다 공간 객체가 변화하고, 변화된 버전들의 자취를 기록하는 것을 의미한다. 즉, 한 시간주기 내에서 각 순간 시점마다 변화되는 버전들의 자취를 기록하는 것이다. 여기서 공간 객체의 주기는 $TP = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$ 이다. 본 논문은 공간 객체의 기하학적 형태를 이전이나 이후의 것에 무관하게 한 시간주기 내에서 공간 객체가 변화함을 알 수 있다. 예를 들어, 주기[1990, 1998] 내에 있는 시점에서 공간 객체 토지의 형태가 변화하면, 각 순간 순간의 토지의 상이한 형태가 버전이 된다. 그러나 그 토지의 소유권이 바뀔 때마다 새로운 식별자를 가지게 되고, 결국에는 새로운 공간 객체로 변하게 된다.

b) 주기 내에서 시간간격의 반복적 발생에 의한 공간 객체의 변화

유사한 방법으로 같은 시간주기 내에 있는 시간주기마다 객체의 형태들을 기록한다면, 객체의 특성에 종속해서 변화(즉 토지의 변형이나 달리는 자동차의 위치의 변화)하는 버전들의 자취를 기록하는 것이다. 이에 대

한 설명은 다음과 같다.

(b.1) 각 시간간격에 따른 공간 객체의 연속적 이동
공간상에서 공간 객체는 시간주기($TP = \{[t_1, t_2), \dots, [t_{n-1}, t_n)\}$) 내에 있는 각 시간간격($[t_i, t_{i+1}), 1 \leq i \leq n$)마다 공간 객체가 연속적으로 변화한다면, 변화된 버전들의 자취를 기록하는 것을 의미한다. 즉, 한 시간주기 내에서 각 시간간격마다 변화되는 버전들의 자취를 기록하는 것이다. 여기서 공간 객체의 주기는 $TP = \{[t_1, t_2), \dots, [t_{n-1}, t_n)\}$ 이다. 주기 [2001. 7. 1, 2001. 7. 2] 내에 있는 시간간격에서 배수갑문을 통과하는 수량(부피)이 시간간격마다 변화하면, 각 시간간격의 상이한 물의 수위가 버전이 된다.

(b.2) 각 시간간격에 따른 공간 객체의 이산적 변화
공간상에서 공간 객체는 시간주기($TP = \{[t_1, t_2), \dots, [t_{n-1}, t_n)\}$) 내에 있는 각 시간간격($[t_i, t_{i+1}), 1 \leq i \leq n$)마다 공간 객체가 이산적으로 변화한다면, 변화된 버전들의 자취를 기록하는 것을 의미한다. 즉, 한 시간주기 내에서 각 순간 시점마다 변화되는 버전들의 자취를 기록하는 것이다. 여기서 공간 객체의 주기는 $TP = \{[t_1, t_2), \dots, [t_{n-1}, t_n)\}$ 이다. 예를 들어 [2001.1.1, 2001.1.2] 내에 있는 시간간격에서 공간 객체의 기하학적 속성이 변화한다면, 각 시간간격의 기하학적 속성이 버전이 된다.

2.3.2 시공간 지리-객체의 주제적 입장에서 특성 변화 속성은 공간상의 위치에 독립성 여부에 따라 비공간 속성과 공간 속성으로 구분된다. 비공간 속성은 공간상의 위치에 독립적이며, 위치에 무관하게 객체를 기술하는 것이다. 공간속성은 공간상의 위치에 종속적이며, 공간적 특성을 기술하는 속성이다.

그래서 공간상에 종속적으로 분포되어 있는 주제적 입장의 특성을 기술하는 공간 속성 값은 공간 객체 자체가 아니라 참조된 위치에 존재하는 값이다. 이 공간 속성은 어느 한 주제를 수치나 문자 값값으로 나타낼 것이다. 그래서 주제에 따른 공간-종속 속성(Asd)은 공간 객체를 나타내는 기하 속성의 정의역(GO)으로부터 수치나 문자 값들을 나타내는 속성 값인 치역($DOM_1 \times DOM_2 \times \dots \times DOM_k$)으로의 함수이다. 이 공간-종속 속성에 대한 함수적 표현은 다음과 같다.

$$Asd(GO) \rightarrow DOM_1 \times \dots \times DOM_i \times \dots \times DOM_k$$
$$[<nominal>|<ordinal>|<interval>|<ratio>]$$

여기서 $DOM_i(1 \leq i \leq k)$ 는 수치나 문자의 값들에 대한

치역들이다. 이 A_{sd} 는 기하학적 형태(점, 선, 면 및 조합)에 수치나 문자를 연결시키는 것과 같다. 또한 [$\langle \text{nominal} \rangle \langle \text{ordinal} \rangle \langle \text{interval} \rangle \langle \text{ratio} \rangle$]는 공간에 균일하게 분포된 주제에 따른 수치나 문자 값들을 기하 형태와 연결할 때 측정 척도(measurement scale)에 따라 각각 명명, 순차, 간격과 비율로 표현하는 것을 의미한다. 이러한 시간에 따라 변하는 시공간 종속 속성은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$t-A^{sd}(\text{GO}) \rightarrow \langle A_{sd} : \text{DOM}_1 \times \dots \times \text{DOM}_k \text{ bt} : \text{ATC} \rangle [\langle \text{nominal} \rangle \langle \text{ordinal} \rangle \langle \text{interval} \rangle \langle \text{ratio} \rangle]$$

그래서 시점, 시간간격과 시간주기에 따라 변화하는 공간-종속 속성은 아래의 표 2와 같이 표현할 수 있다.

표 2. 지리-객체의 공간 속성에 대응하는 시간
Table 2. Times corresponding to spatial properties of geo-objects.

종속 속성	값의 정의역	시점	시간 간격	시간주기	
				시점	시간간격
$t_{A_{sd}}$	$\text{DOM}_1 \times \dots \times \text{DOM}_k$ [$\langle \text{nominal} \rangle$ $\langle \text{ordinal} \rangle \langle \text{interval} \rangle \langle \text{ratio} \rangle$]	t_i	$[t_i, t_j]$	$\{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$	$\{[t_1, t_2], \dots, [t_{n-1}, t_n]\}$

2.3.3 속성 버전화를 위한 시공간 지리객체의 공간 관계 변화

시공간 관계-역할에 의한 속성-영역 관계는 위상적 관계, 방향관계, 측정관계와 사용자 정의 관계에 따라 다음의 표 3과 같이 간략히 표현할 수 있다.

표 3. 지리-객체의 공간 관계의 속성에 대응하는 시간
Table 3. Times corresponding to properties of spatial relationships of geo-objects.

공간 관계	속성	값	시점	시간 간격	시간주기	
					시점	시간간격
위상 ($t_{\text{topo-roles}}$)		OADT	t_i	$[t_i, t_j]$	$\{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$	$\{[t_1, t_2], \dots, [t_{n-1}, t_n]\}$
방향 ($t_{\text{dire-roles}}$)		OADT	t_i	$[t_i, t_j]$	$\{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$	$\{[t_1, t_2], \dots, [t_{n-1}, t_n]\}$
측정 ($t_{\text{met-roles}}$)		OADT	t_i	$[t_i, t_j]$	$\{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$	$\{[t_1, t_2], \dots, [t_{n-1}, t_n]\}$
사용자정의 ($t_{\text{user-role-name}}$)		OADT	t_i	$[t_i, t_j]$	$\{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$	$\{[t_1, t_2], \dots, [t_{n-1}, t_n]\}$

그래서 관계성이 고려된 시공간 지리-객체 클래스 스킴은 다음과 같이 정의할 수 있다.

【정의 8】 관계성이 고려된 시공간 지리-객체 클래스

$$\text{계층 스킴 } CH_{STGO} = \langle \text{OID}, A_{STGO}, R_{STGO}, R^{STGO} \rangle$$

■ 식별자들의 집합 : $\text{OID} \subseteq \text{ID}$ 이다.

■ 시공간 속성들의 집합 : $A_{STGO} = \{A_{\text{sisSTGO}}, A_{\text{sdSTGO}}, \dots, A_{\text{msSTGO}}\}$ 이다.

■ 시공간 지리-객체 관계성 : $R_{STGO} = \{\text{topological relationship} : R_{STGOto}, \text{metric relationship} : R_{STGOme}, \text{directional relationship} : R_{STGOdi}, \text{user defined relationship} : R_{STGOud}\}$

i) 위상관계성(R_{STGOto}) : 시간에 따라 변하는 시공간 지리-객체(STGO)들 사이의 위상관계를 나타낸 것으로 다음과 같은 속성-영역을 위한 역할들을 가진다.

$$t_{\text{topo-roles}} : \langle \text{topo-role} : \text{GOADT}, \text{bt} : \text{ATC} \rangle$$

- $t_{\text{disjoint}}(\text{STGO}) \rightarrow \langle \text{STGO}_{\text{disjoint}} : \text{GOADT}, \text{bt} : \text{ATC} \rangle$
- $t_{\text{cross}}(\text{STGO}) \rightarrow \langle \text{STGO}_{\text{cross}} : \text{GOADT}, \text{bt} : \text{ATC} \rangle$
- $t_{\text{intersect}}(\text{STGO}) \rightarrow \langle \text{STGO}_{\text{intersect}} : \text{GOADT}, \text{bt} : \text{ATC} \rangle$
- $t_{\text{inside}}(\text{STGO}) \rightarrow \langle \text{STGO}_{\text{inside}} : \text{GOADT}, \text{bt} : \text{ATC} \rangle$
- $t_{\text{equal}}(\text{STGO}) \rightarrow \langle \text{STGO}_{\text{equal}} : \text{GOADT}, \text{bt} : \text{ATC} \rangle$

ii) 측정관계성(R_{STGOme}) : 측정관계는 시공간 지리-객체들 사이의 거리 관계를 나타낸 것으로 다음과 같은 역할을 가진다.

$$t_{\text{met-roles}} : \langle \text{dire-role} : \text{GOADT}, \text{bt} : \text{ATC} \rangle$$

- $t_{\text{distance}}(\text{STGO}) \rightarrow \langle \text{STGO}_{\text{distance}} : \text{GOADT}, \text{bt} : \text{ATC} \rangle$
- $t_{\text{perimeter}}(\text{STGO}) \rightarrow \langle \text{STGO}_{\text{perimeter}} : \text{GOADT}, \text{bt} : \text{ATC} \rangle$

iii) 방향관계성(R_{STGOdi}) : 방향 관계는 시공간 지리-객체들 사이의 방향단체를 나타낸 것으로 다음과 같은 역할을 가진다.

$$t_{\text{dire-roles}} : \langle \text{dire-role} : \text{GOADT}, \text{bt} : \text{ATC} \rangle$$

- $t_{\text{north}}(\text{STGO}) \rightarrow \langle \text{STGO}_{\text{north}} : \text{GOADT}, \text{bt} : \text{ATC} \rangle$
- $t_{\text{south}}(\text{STGO}) \rightarrow \langle \text{STGO}_{\text{south}} : \text{GOADT}, \text{bt} : \text{ATC} \rangle$
- $t_{\text{east}}(\text{STGO}) \rightarrow \langle \text{STGO}_{\text{east}} : \text{GOADT}, \text{bt} : \text{ATC} \rangle$
- $t_{\text{west}}(\text{STGO}) \rightarrow \langle \text{STGO}_{\text{west}} : \text{GOADT}, \text{bt} : \text{ATC} \rangle$
- $t_{\text{up}}(\text{STGO}) \rightarrow \langle \text{STGO}_{\text{up}} : \text{GOADT}, \text{bt} : \text{ATC} \rangle$
- $t_{\text{down}}(\text{STGO}) \rightarrow \langle \text{STGO}_{\text{down}} : \text{GOADT}, \text{bt} : \text{ATC} \rangle$
- $t_{\text{left}}(\text{STGO}) \rightarrow \langle \text{STGO}_{\text{left}} : \text{GOADT}, \text{bt} : \text{ATC} \rangle$
- $t_{\text{right}}(\text{STGO}) \rightarrow \langle \text{STGO}_{\text{right}} : \text{GOADT}, \text{bt} : \text{ATC} \rangle$

iv) 사용자정의관계성(R_{STGOud}) : 사용자 정의 관계성

은 시공간 지리-객체들 사이의 관계로 앞에서 기술한 위상, 측정과 방향의 관계성 이외의 것들을 의미한다. 그래서 비공간 관계성인 일반화, 결합화와 집단화의 관계를 그대로 사용한다.

$t_user_role_name : \langle t_user_role_name : GOADT \rangle, bt : ATC \rangle$

- $t_asso_role_name_1(STGO) \rightarrow$
 $\langle STGO_{t_asso_role_name_1} : GOADT, bt : ATC \rangle$
 \vdots
- $t_asso_role_name_m(STGO) \rightarrow$
 $\langle STGO_{t_asso_role_name_m} : GOADT, bt : ATC \rangle$
- $t_aggre_role_name_1(STGO) \rightarrow$
 $\langle STGO_{t_aggre_role_name_1} : GOADT, bt : ATC \rangle$
 \vdots
- $t_aggre_role_name_n(STGO) \rightarrow$
 $\langle STGO_{t_aggre_role_name_n} : GOADT, bt : ATC \rangle$

■ 시공간-독립 객체 관계성(R_{STNGO}): 시공간 지리-객체와 비지리-추상화 클래스(ADT)의 관계를 나타낸 것이다. 이 관계성은 집단화와 결합화를 가진다. 이에 대한 역할에 의한 속성-영역관계는 다음의 표 4와 같다.

표 4. 시공간-독립 객체의 공간 관계의 속성에 대응하는 시간

Table 4. Times corresponding to properties of spatial relationships of spatio-temporal independent objects.

속성 공간 종속	값	시 점	시간 간격	시간주기	
				시점	시간간격
$t_user_role_name$	ADT	t_i	$[t_i, t_j]$	$\{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$	$\{(t_1, t_2), \dots, (t_{n-1}, t_n)\}$

그래서 시공간 비지리-객체 관계성은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$t_user_role_name : \langle t_user_role_name : ADT, bt : ATC \rangle$

- $asso_role_name_1(STGO) \rightarrow$
 $\langle STGO_{asso_role_name_1} : ADT, bt : ATC \rangle$
 \vdots
- $asso_role_name_m(STGO) \rightarrow$

$\langle STGO_{asso_role_name_m} : ADT, bt : ATC \rangle$

- $aggre_role_name_1(STGO) \rightarrow$
 $\langle STGO_{aggre_role_name_1} : ADT, bt : ATC \rangle$
 \vdots
- $aggre_role_name_n(STGO) \rightarrow$
 $\langle STGO_{aggre_role_name_n} : ADT, bt : ATC \rangle \square$

위의 정의 6, 정의 7과 정의 8에 의한 속성과 관계-역할에 대해서 구체적으로 설명하여 보자. 예를 들어, 속성입장에서 “전라북도 도청건물”이라는 지리-객체의 기하 속성인 형태에 대한 공간 자료형은 점이나 면으로 나타낼 수 있다. 또한 관계-역할 입장에서 “만경강”이라는 지리-객체와 “김제군 성덕면”이라는 지리-객체가 위상 관계를 형성할 때, 만경강이 김제군 성덕면을 기하학적 위치에 따라 횡단(cross)하기도 하고, 인접(adjacent)하기도 하며, 인접하지 않을 수(disjoint))도 있다. 지리객체 “대합조개”가 다른 지리 객체 “꽃게”와 인접관계를 계속 유지하면서 시간에 따라 위치를 이동하는 공간값을 구하는 경우가 시간에 따라 변하는 위상 관계 예이다.

【정리 2】 지리-객체 입장에서 지리-객체와 지리-필드 사이의 관계성은 $A_{sd}(F_{DOM}) \rightarrow DOM_1 \times \dots \times DOM_n$ 의 공간-종속 속성 함수를 포함한다.

증명: 공간-종속 속성은 지리객체와 지리-필드 사이의 관계를 역할 함수를 도입하여 표현한 것이다. 이 공간 종속 속성은 지리-객체가 지리-필드의 값들을 얼마나 공유하고 있는지를 나타내는 공간 관계를 내포하고 있기 때문에 공간 관계이다. \square

【정리 3】 지리-객체 사이에 공간 관계를 유지하는 객체 중에서 위상관계와 측정관계가 구별되어야만 속성-영역 관계를 형성한다.

증명: 위상적 관계를 계속 유지하는 시공간 객체는 데이터베이스에 이력적으로 저장할 수 있고, 측정관계를 유지하는 시공간 객체도 데이터 베이스에 이력적으로 저장할 수 있다. 이와 같이 데이터베이스에 저장되어 있는 위상관계와 측정 관계는 속성-영역 관계를 형성할 수 있다. 그러나 데이터베이스에 저장되지 않는 위상 자료와 측정 자료는 연산을 이용하여 검색이 가능하다. \square

3. 속성버전화를 위한 시공간 지리-클래스 구분

이 절에서는 제 2절에서 규정한 지리-객체와 지리-필드의 속성과 관계를 이용하여 대응하는 클래스 정의어 구문을 설계하고자 한다.

3.1 시공간 지리-클래스 정의어 구분

시공간 지리-객체의 클래스 정의어 구문은 이전의 제 2.3절의 지리-객체에 대한 정의, 정리를 이용하여 다음과 같이 규정할 수 있다.

class spatiotemporal geo-object class_namef

IS-A: superclassnamesl (generalization inheritance)
att-name _i : <STGO _{att-name_i} :DOM, bt: ATC>
att-name _n : <STGO _{att-name_n} :DOM, bt: ATC> (space-independent-attributes)
asso-role-name _i : <STGO _{asso-role-name_i} :ADT, bt: ATC>
asso-role-name _n : <STGO _{asso-role-name_n} :ADT, bt: ATC> aggre-role-name _i : <STGO _{asso-role-name_i} :ADT, bt: ATC>
aggre-role-name _n : <STGO _{asso-role-name_n} :ADT, bt: ATC> (space-independent-relationships)
sd-attrib-name _i (FMODE): <STGO _{sd-attrib-name_i} :DOM ₁ ×...×DOM _n , bt: ATC>
sd-attrib-name _n (FMODE): <STGO _{sd-attrib-name_n} :DOM ₁ ×...×DOM _n , bt: ATC> (space-depending-attributes)
shape: <STGO _{shape} :ODOM, bt: ATC> location: <STGO _{location} :<DOM, DOM> [coordinate-spec], bt: ATC> size: <STGO _{size} :DOM [measurement unit], bt: ATC> orientation: <STGO _{orientation} :DOM [radian], bt: ATC> (geometric properties)
1) temporal topological relationships t_disjoint: <STGO _{t_disjoint} :GOADT, bt: ATC> t_cross: <STGO _{t_cross} :GOADT, bt: ATC> t_adjacent: <STGO _{t_adjacent} :GOADT, bt: ATC> t_intersect: <STGO _{t_intersect} :GOADT, bt: ATC> t_inside: <STGO _{t_inside} :GOADT, bt: ATC> t_equal: <STGO _{t_equal} :GOADT, bt: ATC>
2) temporal metric relationships t_distance: <STGO _{t_distance} :GOADT, bt: ATC> t_perimeter: <STGO _{t_perimeter} :GOADT, bt: ATC>
3) temporal direction relationships t_north: <STGO _{t_north} :GOADT, bt: ATC> t_south: <STGO _{t_south} :GOADT, bt: ATC> t_east: <STGO _{t_east} :GOADT, bt: ATC> t_west: <STGO _{t_west} :GOADT, bt: ATC> t_up: <STGO _{t_up} :GOADT, bt: ATC> t_down: <STGO _{t_down} :GOADT, bt: ATC> t_left: <STGO _{t_left} :GOADT, bt: ATC> t_right: <STGO _{t_right} :GOADT, bt: ATC>
4) temporal user defined relationship asso-role-name _i : <STGO _{asso-role-name_i} :ADT, bt: ATC>
asso-role-name _n : <STGO _{asso-role-name_n} :ADT, bt: ATC> aggre-role-name _i : <STGO _{asso-role-name_i} :ADT, bt: ATC>
aggre-role-name _n : <STGO _{asso-role-name_n} :ADT, bt: ATC> (spatial relationships)

3.2 속성버전화를 위한 시공간 지리-클래스 응용 예
【시나리오】 “전라북도 새만금개발지역”이라는 지리영역 GR의 세부 지역(GR_i, 1 ≤ i ≤ n)에서 지리-객체는 항만도로, 환경강과 동진강 수로, 신도시건축물, 항만시설물 등이 지리-객체이다. 연속적으로 균일하게 분포되어서 나타내는 갯벌의 토질(silt soil type), 담수호의 수질 환경 오염도, 간척지의 염도, 기압, 기온, 습도 및 해양 농도 등은 지리-필드이다. 또한 이 지역을 개발하는 국토관리청 직원, 노무자, 지역주민 및 환경운동가 등은 비지리-객체이다. 또한 환경강 수질오염 실태, 갯벌의 생태계 및 서해안 연안 적조현상 등이 주제에 해당한다. 2001년 1월 1일부터 8월 31일까지 새만금 간척지에 서식하고 있는 대합이 수온에 따라 변화하는 기하학적 입장의 특성, 그 서식지 갯벌의 토질, 습도와 염도를 위한 지도를 제작한다.

【예 1】 위 시나리오에서 정한 기간 동안 어패류 관리자와 변화하는 대합조개와 꽃게라는 지리-객체가 있다.

위 예제 1에 의한 속성 버전화를 위한 시공간 지리-클래스는 다음 그림 1과 같다.

class spatiotemporal geo-object 대합

```
{t-location : <location : (real, real)[위경도], bt : ATC>;
t-shape : <shape : point, bt : ATC>;
t-size : , <size : real[mm], bt : ATC>;
t-orientation : <orientation : real[radian], bt : ATC>;
t-soil type : <soil type : char[nominal], bt : ATC>;
t-temperature : <temperature : int[interval], bt : ATC>;
t-humidity : <humidity : int[interval], bt : ATC>;
t-salinity : <salinity : int[interval], bt : ATC>;
t-disjoint : <disjoint : 꽃게, bt : ATC>;
t-managed : <managed : Person, bt : ATC>;>;}
```

class spatiotemporal geo-object 꽃게

```
{t-location : <location : (real, real)[위경도], bt : ATC>;
t-shape : <shape : point, bt : ATC>;
t-size : , <size : real[mm], bt : ATC>;
t-orientation : <orientation : real[radian], bt : ATC>;
t-soil type : <soil type : char[nominal], bt : ATC>;
t-temperature : <temperature : int[interval], bt : ATC>;}
```

t-humidity : <humidity : int[interval], bt : ATC>;
 t-salinity : <salinity : int[interval], bt : ATC>;
 t-disjoint : <disjoint : 대합, bt : ATC>;
 t-managed : <managed : Manager, bt : ATC>; >; }

```
class nongeogeo-object Manager
{
name : interger ;
t-address : <address : string, bt : ATC>; }

```

그림 1. 속성버전화에 기반한 시공간 지리-객체 클래스 스키마

Fig. 1. Spatio temporal geo-object class schema based on attribute versioning.

위 시나리오에 대한 “새만금지구”를 설계한 그림 1의 시공간 지리-객체 클래스는 Rational ROSE98^[26]를 이용하여 UML 모델로 설계하면 아래의 그림 2와 그림 3과 같이 표현할 수 있다. 아래의 그림 2에서 이원시간

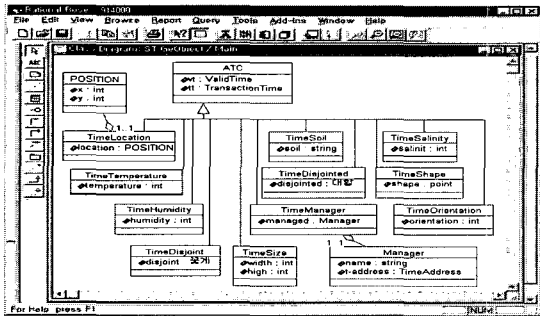


그림 2. 이원시간과 시공간 속성을 나타내는 클래스 스키마

Fig. 2. Class schema representing bitemporal time and spatio temporal attributes.

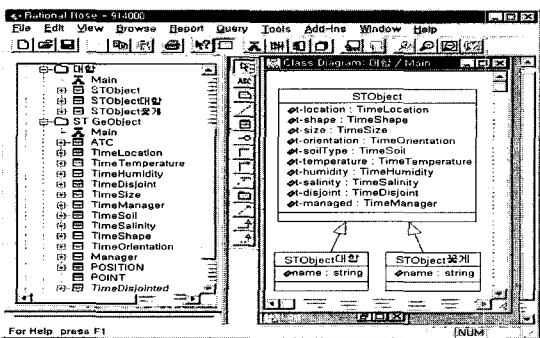


그림 3. 속성버전화에 기반한 대합과 꽃게 지리-객체 UML 모델

Fig. 3. UML model of geo-objects of a clam and a blue crab based on attribute versioning.

을 위한 클래스는 ATC이고, 이 ATC의 유효시간과 거래시간은 각각 vt와 tt이다. 이 시간 속성들을 이용한 시공간 대합 클래스와 꽃게 클래스는 다음의 그림 3과 같이 표현할 수 있다.

4. 비교 및 검토

이 논문은 객체를 비지리-객체와 지리-객체로 구분하여 사용하고, 지리-필드는 지리객체의 공간-종속 속성으로 사용한다. 비지리-객체는 공간적인 특성을 배제한 객체를 말하는데 기존의 문자-기반 관계 데이터 모델이 가장 일반적인 표현방식이다. 지리-객체는 공간적인 특성, 즉 기하 속성, 공간-종속속성, 그리고 공간-관계에 의한 속성을 가지는 것을 말한다. 시간 객체는 비지리-객체에 시간 개념을 추가한 것을 말하며, 세부적으로 비지리-객체 자체에 시간개념을 추가한 객체버전 객체와 비지리-객체의 각 속성에 시간개념을 추가한 속성버전 객체로 나누어진다. 시공간 객체는 지리-객체에 시간 개념을 추가한 것을 말한다. 세부적으로 지리-객체 자체에 시간개념을 추가한 객체버전 시공간 객체와 지리-객체의 속성에 시간개념을 추가한 속성버전 시공간 객체로 나누어진다. 본 논문은 속성버전 시공간 객체만을 다루었다.

표 5. 공간개념과 시간개념의 조합으로 발생하는 표현

Table 5. The representation by combinin spatial concepts with temporal concepts.

객체 외 속성	시공간 객체			시공간속성			
	이동 객체	변화 객체	이동-변화 병진객체	기하 속성	공간-종속 속성	공간-관계 속성	
시간							
시점 (ti)	snapshot	snapshot	snapshot	snapshot	snapshot	deformation	overlap deformation
시간간격	motion	change	version	motion change	phenomenon change	deformation	overlap deformation
주기	주기발생시점	motion snapshot	change snapshot	version snapshot	snapshot mutation event	snapshot	deformation overlap deformation
	주기발생시간간격	overlap	deformation	overlap deformation	motion change version	phenomenon	deformation overlap deformation

또한 응용하고자 하는 지리적 및 비지리적 요소의 속성 및 관계에 시간이 추가된 시공간 클래스 정의어 구문에 적용하였다. 이 시공간지리객체에서 공간 개념

과 시간개념을 조합시킨 지리현상에서 발생하는 표현을 다음 표 5와 같이 기술할 수 있다.

또한 이 논문은 이 시공간적 객체 지향 공간 데이터 모델링 방법의 가장 중요한 요소인 속성 버전 시공간 객체와 관련된 기존의 연구들을 모델별로 공간관계-역할의 지원여부를 비교하여 보면 다음의 표 6과 같다.

표 6. 모델별 기하 속성과 공간 관계-역할 지원 여부 비교

Table 6. Comparison of models if geometric properties and spatial relationship roles support or not.

속성 모델	기하 속성			공간-중속 속성			공간-관계 속성		
	시점	간격	주기	시점	간격	주기	시점	간격	주기
Parent[11]	△	△	△	△	△	△	△	△	△
Pfoser[12]	○	○	○	○	○	○	△	△	△
Tryfona[14]	○	○	○	○	○	○	△	△	△
Yuan[19]	△	△	△	△	△	△	△	△	△
Plewe[13]	△	△	△	△	△	△	×	×	×
제한방법	○	○	○	○	○	○	○	○	○

(범례 : ○ : 지원, △ : 미구분, × : 미지원)

Parent 등^[11]은 시간 영역, 공간 영역과 시공간 영역을 추상자료화 하여 도식으로 사용하고, 이를 위한 시공간 복합객체구조를 정의하고, 공간 관계를 제약조건에 맞도록 동적 관계를 고려하여 설계하였고, 이를 GUI로 표기하였다. 그러나 시점, 시간간격과 시간주기에 대한 명확한 구분을 통한 세부적 거론은 하지 않았다. Pfoser 등^[12]은 시공간 응용을 위한 요구조건들, 즉 객체, 속성과 관계를 공간 정의역, 시간 정의역과 시공간 정의역에 맞추어 설계하였고, 세부적으로 공간 객체에는 존재시간과 거래시간을 적용하고, 속성과 관계에는 유효시간과 거래시간을 도입하고, 시공간 객체에는 존재시간, 거래시간과 유효시간을 적용하여 시공간 객체를 E-R 모델에 근거한 개념적 모델을 설계하였다. 그러나 시간의 세부적 분석은 없다. Tryfona 등^[14]은 시공간 응용환경을 위한 개념을 지리-객체와 지리-필드의 직교성을 이용하여 공간-중속속성을 도입하였고, 시간 개념을 시점, 시간간격, 시간주기에 따라 기하학적 입장의 속성에 적용하여 시공간 객체를 규정하였다. 그러나, 공간 관계에 다양한 시간 개념을 연결하는 연구는 하지 않았다. Yuan^[19]은 시간 지리정보시스템과 시공간 모델을 의미영역, 시간 영역과 공간영역으로 각각

구분하여 관리하고, 폭풍의 순간적 변화에 따른 이동 경로를 추적하는 문제를 다루었다. 그러나 시간이 세부적으로 변할 때 발생하는 형식화 모델 연구는 하지 않았다. Plewe^[13]는 지리공간에서 발생하는 현상을 공간적 입장, 시간적 입장, 그리고 주제적 입장(속성)으로 나누어 분석하였고, 이를 위한 시공간 객체와 공간 관계를 위한 개략적 개념화에 대해서 연구하였으나 구체적인 형식화에 대해서는 연구하지 않았다. 따라서 이 논문은 기하 속성, 공간-중속 속성과 공간 관계에 시간개념이 추가된 속성버전화 클래스계층구조를 설계하였다. 그리고 이 논문은 공간 객체의 속성과 공간 관계-역할에 따른 속성-영역 관계를 시간에 따라 분석하여 논리적 속성버전화에 기반한 시공간 지리-객체의 객체 지향 모델을 규정한다.

5. 결 론

이 논문의 목적은 주제에 따른 지리영역을 공간-독립 객체와 공간-중속 객체로 나누고, 여기에 시간 개념을 추가하여 시공간 지리-객체 모델을 설계하는 것이다. 이를 위해 공간-독립 객체, 공간 객체, 시간 객체와 시공간 지리-객체에 존재하는 시간 속성, 기하 속성과 관계-역할에 따른 의미 속성을 정의 1에서 정의 8까지, 그리고 정리 1에서 정리3을 통하여 입증하였다.

또한, 이에 대응하는 속성버전화를 위한 시공간 지리-객체 클래스 정의어 구분을 설계하였고 이를 새만금 국토개발지구 지리정보시스템 응용을 위해 UML 기반 그래픽 사용자 인터페이스를 구현하였다. 향후 시공간 지리-객체의 사용자 정의 관계에 대하여 시공간 합성 클래스를 플랫폼 독립적인 응용 프로그램 단계에서 구현하는 연구가 필요하다.

결론적으로, 이 논문은 시공간의 속성과 관계 형식화를 일반 객체 지향 모델링을 통해 시공간 합성클래스로 형식화하고, 시공간 합성 클래스의 상태 변화에 의한 속성-영역 관계를 공간 객체에 기반하여 형식적으로 규정함으로써 시공간 객체 지향 클래스를 설계하는데 기여하였다.

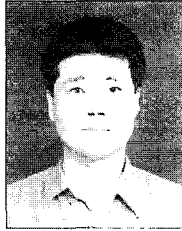
참 고 문 헌

[1] Beeri, C., "Formal Models for Object-Oriented Databases," In : Pro. 1st. int'l Conf. on DOOD,

- pp. 370~389, 1989.
- [2] Camara, G. "Models, languages and Architectures for geographical Information Systems," Ph. D. theses, INPE in Brazil, 1995.
- [3] Elmasri, R., Kouramajian, V. and Fernando, S., "Temporal Database Modeling : An Object Oriented Approach," In international Conference on Information and Knowledge Management, pp.574~585. November 1993.
- [4] Filfo, J. L., and Lochpe, C., "Specifying Analysis Patterns for Geographic Databases on the Basis of a Conceptual Framework," ACM GIS, pp. 7~13, 1999. 11.
- [5] Gadia, S., and Yeung, C., "A generalized model for a temporal relational database," In ACM SIGMOD Conference, 1988.
- [6] Hadzilacos, T., and Tryfona, N., "Executing the Entity-Relationship Modes to Capture Spatial Semantics," SIGMOD RECORD(Sept), 1997.
- [7] Jensen, C., "Towards the realization of transaction time database system," Ph.D Dissertation, University of Maryland, 1990.
- [8] Kakoudakis, I., "The TAU Temporal Object Model," MPhil Thesis, UMIST, Manchester, UK, 1996.
- [9] Lee, H. R., "A Logical Optimization of Queries in Object Oriented Database System," Ph.D. theses, the Chonbuk National University at Chonbuk in Korea, 1994.
- [10] Mark, D. M., 1999. Spatial Representation : A Cognitive View. In Maguire, D. J., Goodchild, M. F., Rhind, D. W., and Longley, P. (editors) Geographical Information Systems : Principles and Applications, Second edition, vol.1, pp. 81~89.
- [11] Parent, C., Spaccapietra, S. and Zimany, E., "Saptiotemporal Conceptaul Models : Data structures + Space + Time," 7th ACM GIS, pp. 26~33, 1999. 11.
- [12] Pfofer, D. and Tryfona, N., "Requirements, Definitions and Notations for Spatiotemporal Application Environments," 6th ACM GIS, pp. 124~130, 1999.
- [13] Plewe, B., "A Unified Framework for Modeling Common Conceptual Models of Space, Time, and Theme," Department of Geography, Brigham Young University, 1998.
- [14] Tryfona, N., and Jensen, C., "A Componet-based Conseptual Model for Spatiotemporal Design," CHOROCHRONOS, TR-98-10, 1998.
- [15] Rose, E. and Segev, A., "TOODM-A temporal object-oriented data model with temporal constraints," Proc. Int'l Cong. Entity Relationship Approach, Oct. 1991.
- [16] Schneider, M., Forlizza, L., Guting, R. H., and Nardelli, M., "A Data Model and Structures for moving Objects Databases," In ACM SIGMOD Conference, 2000, pp.319~330.
- [17] Snodgrass, R., "The temporal query language TQUEL," In ACM TODS Vol. 12, No. 2, 1987.
- [18] Tuzhilin, A. and Cliford, J., "A temporal relational algebra as a basis for temporal relational completeness," In International Conference on VLDB, pp.13~23, 1990.
- [19] Yuan, M, 1995, "Representation of wildfire in Geographic Information Systems," Ph.D. theses, Department of Geography, State University of New York at Buffalo, 1994.
- [20] 이홍로, "지리 관계-역할을 이용한 객체 지향 공간 데이터 모델링," 한국인터넷정보학회 논문지, 제1권, 1호, 2000, 11., pp.47~62
- [21] 이홍로, "객체버전화를 중심으로 시간지원 객체 모델의 시간지원 객체 지향 모델로 변환," 한국인터넷정보학회 논문지, 제2권, 2호, 2001. 6., pp.71~94
- [22] 이홍로, 김삼남, 류근호, "개체-관계성 모델을 역할에 따른 객체 지향 데이터베이스 모델로 변환," 한국정보처리학회 논문지, 제4권 6호, 1997
- [23] 이홍로, 김삼남, 류근호, "관계 의미에 따른 개체-관계 데이터모델의 객체 지향 데이터 모델로의 변환," 한국정보과학회 논문지(B), 제24권, 9호, 1997
- [24] 이홍로, 김삼남, 류근호, "속성버전화에 기반한 시간지원 객체 지향 모델의 형식화," 한국데이터베

- 이스학회 논문지, 제4권, 1호, 1997
- [25] 이홍로, 김삼남, 류근호, “속성버전화를 통한 개체-관계 모델의 시간지원 객체 지향 데이터 모델로의 변환,” 한국정보과학회 논문지(B), 제25권, 6호, 1998
- [26] Rational Rose 98, <http://www.rational.com/products/rose/index.jsp>.

저 자 소 개



李 洪 魯(正會員)

1984년 : 전북대학교 전기공학과 졸업(공학사). 1986년 : 전북대학교 대학원 전자계산기 전공(공학석사).

1994년 : 전북대학교 대학원 전산응용공학 전공(공학박사). 1994년~현재 : 전북대학교 시간강사. <관심분야>

객체지향시스템, 객체지향모델링, GIS, 시공간데이터모델링