

에이전트 기반의 해양공간정보시스템 모델링 연구

박종민*

*한국해양연구원 선임연구원

A Study on Spatial Modeling Framework for Marine GIS

Jongmin Park*

*Korea Ocean Research & Development Institute, Daejeon, Korea

요약 : 공간정보의 생산과 수요가 본격화되고 있으나 공간정보의 본질과 응용특성을 고려한 공간정보모델링체계에 대해서는 특성화된 연구가 충분히 수행되고 있지 않다. 특히, 기존의 모델링기법들은 대부분 정보의 표현과 분석기능을 대상으로 개발되었으므로 보다 고차원적인 의사결정지원과 자율적인 업무수행을 위한 이론적 모델의 개발에 대한 논의가 최근의 지식정보화환경에서 더욱 요구되고 있다. 본 논문에서는 공간정보시스템을 모델링하기 위한 여러 기반개념들과 모델링 유형에 대한 고찰을 통해, 기존 모델링 방법에 대한 문제점을 분석하여 효율적인 공간적 업무수행을 위한 요구사항을 도출한다. 또한, 도출된 공간정보모델링의 요구사항에 적합한 이론적인 접근방안으로서 에이전트 기반의 공간모델링 프레임워크를 제안하며, 이러한 프레임워크를 해양지리정보분야에 적용하기 위한 고려사항도 함께 제시한다.

핵심용어 : 해양GIS, 공간적 모델링, 에이전트, 다중에이전트시스템, 지능형공간정보시스템

Abstract : With a rapid growing of information networks and development achievements in mobile technology the spatial information is one of the most important resources for modern daily life. But the speed of spatial information technology trends are far from the real service demands as compared to the other relevant fields, and it would be natural that this unbalanced gap between the supply and demand of spatial information technology is being resulted from the absence of appropriate modeling concepts at some extents. In this paper there would be shown a new approaching model for the spatial information system based on agent concepts, which is able to perform some spatial tasks if properly implemented afterward. And to give reasonable background of the new modeling framework here also some known critics for the commonly used modeling approaches when they applied to spatial information modeling followed by several alternative requirements for a good spatial modeling framework. And also there would be some considerations for applying this approach to the marine geographic information communities.

Key words : MarineGIS, Spatial Modeling, Spatial Agent, Multi-Agent System, Intelligent Spatial Information System

1. 서론

현대사회에서 정보는 개인 및 단체를 막론하고 가장 필수적인 생존자원이며 상호작용의 목적과 수단으로 작용한다는 것은 주지의 사실이다. 특히, 정부기관이나 공공조직들에서 관리되는 정보들의 약 80% 정도는 공간적 위치와 직간접적으로 관련되어 있으므로 공간데이터의 중요성은 이제 더 이상 간과의 대상이 될 수 없다. 일반적으로 공간데이터는 지리적 위치를 나타내거나 참조를 제공하는 정보들을 담고 있는 데이터를 의미하며, 최근에는 시간적 개념을 확장하여 시공간적인 정보를 담고 있는 데이터를 통칭하기도 한다. 이러한 공간데이터의 중요성에도 불구하고 20세기 후반 까지 디지털컴퓨터기반 데이터베이스의 기술적 관심은 주로 비공간데이터에 집중되어 발전되어 왔으나, 최근 급속한 정보전산화 및 인터넷 등의 정보통신환경의 발달로 인해 점차 위치와 공간적 표현을 내용으로 하는 공간정보의 중요성이 확대되고 있다. 이러한 공간

정보를 획득, 가공, 표현, 분석 등의 처리를 수행하는 정보시스템인 공간정보시스템(spatial information systems)이 급속히 개발되고 있으며 특히, 지리적 측면의 공간정보를 체계적으로 수집 및 관리, 활용하기 위한 응용이론 및 기술로서 지리정보시스템(Geographic Information Systems : GIS) 이 다양한 산업 및 사회경제분야에서 적용되고 있다.

본 논문에서는 현대생활과 사회경제환경에서 중요성이 증대되고 있는 지리정보시스템을 지속적이며 통합적인 환경이 요구되는 공간적 업무(spatial tasking) 수행에 활용할 수 있도록 하기 위한 공간정보시스템 모델링 프레임워크를 제시한다. 이를 위해 우선, 공간적 모델 및 데이터모델링에 대한 일반적인 개념을 소개하고, 기존의 공간데이터 모델이 가진 한계점을 분석한다. 그리고 도출된 요구사항에 적합한 공간정보시스템 모델링방안으로서 에이전트(agent)개념에 기반한 공간정보시스템 모델링 방안을 제시한다. 또한, 제시한 방안을 해양지리정보에 적용하기 위한 고려사항을 간단히 언급한다.

* 대표저자 : 박종민(정회원), yjis@orgio.net, 042)868-7259

2. 공간적 모델링 및 관련 개념

2.1 공간적 모델의 개념

일반적으로 지리적 대상에 대한 공간데이터를 취득, 관리 및 처리하는 등의 일련의 정보활동과 관련한 분야를 지리정보시스템의 기능 또는 영역이라 할 수 있다. 물론, 공간데이터의 대상범위에 따라서 천문물리학이나 극미세공간분야 등으로 구별될 수 있으나, 인류의 보편적인 생활과 인지의 가시적 규모에 해당하는 공간데이터에 기반한 정보시스템을 통칭하여 지리정보시스템이라 할 수 있다. 본 논문에서는 공간정보 또는 공간데이터라는 용어를 지리정보와 함께 동일한 개념으로 사용하기로 한다.

공간정보시스템(spatial information system)은 공간적 업무 수행을 위해 관련되는 대상공간에 대한 공간적 모델(spatial model)을 암시적 또는 명시적으로 설정하고 적합한 공간데이터모델(spatial data model)을 통해 정보시스템에 공간데이터와 서비스기능 등의 자원을 구현한다.

공간적 모델은 시공간상의 대상에 대한 모델을 의미하며 이는 단순한 데이터모델과는 구별되는 개념이다. 즉, 공간적 현상(spatial phenomenon)이나 개체(entities) 등을 시공간적 특성을 특정한 관점에서 표현한 것이 공간적 모델이며, 공간데이터모델은 공간정보(spatial information)를 담고 있거나 공간정보로서 해석될 수 있는 데이터에 대한 표현을 의미한다. 또한, 공간적 모델은 주로 대상이 되는 공간자체에 대한 개념적인 재구성을 위해 사용되며, 공간데이터모델은 대상공간의 특성을 정보시스템에서 구현하기 위한 방안으로 사용된다. 그러나 대개의 경우, 실제 공간정보시스템을 개발하기 위해서는 공간적 모델링의 과정에 포함하여 공간데이터모델링이 수행되므로, 본 논문에서는 기존 공간데이터모델의 특성분석을 통해 기능적이고 지속적인 공간적 업무수행에 적합한 공간적 모델의 특성을 파악한다.

일반적으로 공간적 모델은 형식화(formalization)의 정도에 따라 규모적 모델(scale model)과 개념적 모델(conceptual mode), 그리고 수리적 모델(mathematical model)로 구분할 수 있다[4]. 규모적 모델은 DTM(Digital Terrain Model)이나 수로시스템을 위한 네트워크 모델 등과 같은 실세계 물리적 지형지물(feature)의 표현모델이며, 개념적 모델은 관측대상에 대한 구성요소와 그들 간의 상관관계를 플로우차트(flow chart)나 정규언어(formal language) 등으로 표현한 모델이다. 그리고 수리적 모델은 모델링 대상을 수학적 구조로 재구성하여 개념적 모델을 논리적으로 구체화시킨 모델이며 대부분의 공간적 모델은 수리적 모델유형에 속한다. 한편, 도시 및 항만 계획, 환경시뮬레이션 등의 공간적 상호작용 유형의 표현이나 예측이 중요시되는 분야에서는 공간적 상호작용 모델(Spatial Interaction Model : SIM)이 주로 활용되고 있다. 공간적 상호작용 모델은 컴퓨터기술의 급속한 발전이 진행되기 이전에는 주로 수리물리분야에서 사용된 개념인 중력모델(gravity

model)이 광범위하게 사용되었으며 최근에는 정보시스템에 기반한 공간적 상호작용모델이 개발되고 있다[6]. 공간적 상호작용모델이 지리정보시스템과 결합되어 사용될 경우, 결합형태에 따라 지리정보시스템과 분리되어 느슨한 결합형태(loosely coupled)를 취하는 형태와 시스템에 내포되는 견고한 결합형태(tightly coupled)로 구분할 수 있으며, 대체로 느슨한 결합형태가 보다 유연하고 비용이 절감되는 장점이 있다.

2.2 데이터모델링 유형

데이터베이스분야에서 데이터모델링의 유형은 개체와 객체(object), 그리고 에이전트(agent)의 개념으로 구분할 수 있으며 이는 공간데이터베이스시스템 또는 공간정보시스템에서도 유사하게 적용할 수 있다. 관계형 모델(relational model)은 개체와 개체간의 관계를 테이블구조인 관계(relation)로 표현하여 비교적 단순한 구조의 시스템에서 정적인 데이터의 분석에 효과적이고 공간데이터의 위치정보와 지형지물의 속성정보를 별개의 구조로 다루며 CAD(computer Aided Design)시스템의 개발에 사용되었다. 1990년대 이후, 복잡하고 다양한 유형의 정보시스템 기능이 요구되었으며 이를 위해 모든 개념적인 정보단위와 관계를 속성과 기능을 가지는 추상화된 객체로 구성하는 객체지향 모델링 방법이 적용되었다. 객체지향모델(object-oriented model)에서는 다양한 데이터유형을 표현할 수 있으며 내포된 기능을 이용하여 능동적 표현(active representation)이 가능한 공간데이터베이스시스템을 모델링할 수 있었으나 단순한 공간적 분석과 의사결정지원을 보조하는 지리정보시스템의 한계를 확장하지는 못하였다. 한편, 최근의 단순정보화에서 지식화로의 전환과 웹의 급속한 확장, 그리고 유무선 이동성에 대한 기술의 발달은 공간정보시스템의 역할을 주어진 목적 달성이나 지속적인 목표를 자율적으로 수행하는 공간적 업무로 확대할 수 있는 저변을 제공하고 있으며, 이를 위한 가장 유용한 개념 중의 하나가 에이전트이다. 즉, 에이전트 개념을 공간정보시스템에 도입함으로써 객체지향 모델링의 단편적인 정보처리기능에서 지식집약적인 지능형시스템으로 향상시킬 수 있다. 객체모델은 목적달성을 위한 세부적 과정과 구조에 대한 외부적인 지침 또는 설계가 필요한 반면, 에이전트 모델은 달성해야 할 최종 목표만을 에이전트가 인식 가능한 수준으로 기술하면 시스템 내에서 자율적으로 수행방법 및 과정, 구조 등을 창발적(emergent)으로 생성하여 주어진 업무를 수행할 수 있다.

Table 1 데이터모델링 유형의 특징

구분 \ 관점	모델링유형	개념화단계	사용목적	핵심요소
Entity	Entity-Relation	Data		Attribute
Object	Object-Oriented	Information	What	Capacity
Agent	Agent-Oriented	Knowledge	How	Goal
Auto Agent		Wisdom	Why	Motivation

2.3 지리정보모델링 개요

일반적으로 지리정보를 모델링하기 위해서는 관심대상영역, 모델링 관점, 그리고 형식화를 위한 기법 등이 암시적으로나 명시적으로 지정되어야 한다. ISO(International Organization for Standardization) TC211(Technical Committee 211 - Geographic Information) 및 OGC(Open GIS Consortium) 등의 국제지리정보표준화단체에서는 지리정보를 모델링하기 위한 기본개념으로서 지형지물을 지리정보표현의 최소 구성단위로 간주한다[8]. 지형지물은 실세계에 존재하는 개체와 현상들이 모델링 주체에 의해 인식되는 단위로서 모델링 관점에 따라 다양한 형태의 지형지물유형을 도출할 수 있다. 또한, 이렇게 도출하여 목록화한 지형지물 카탈로그(feature catalogue)와 함께 특정 정보커뮤니티에서 공통된 관점으로 지리정보를 인식하고 정보를 공유하기 위해서는 응용스키마(application schema)라고 하는 개념적 스키마(conceptual schema)가 개발되어야 한다. 응용스키마는 다수의 공통된 커뮤니티에서 사용되는 응용시스템(applications)에서 요구되는 데이터들의 구조와 내용에 대한 개념적 스키마로 구성되며 주로 UML(Unified Modeling Language)와 같은 개념적 스키마 언어(Conceptual Schema Language : CSL)로 기술된다. 이렇게 규정된 지형지물 카탈로그와 응용스키마는 논리적 데이터구조와 인코딩(encoding)과정을 거쳐서 실제 데이터셋(dataset)으로 구축될 수 있다. 최근에는 웹을 통한 데이터 및 서비스공유, 표현 등의 표준으로 사용되고 있는 XML(eXtensible Markup Language)를 공간데이터의 인코딩 표준으로 많이 사용하고 있다.

3. 공간데이터모델링 이슈

3.1 공간정보표현을 위한 기존 공간데이터모델의 문제점

공간정보시스템은 다른 정보시스템의 변화과정과 마찬가지로 초기에는 주로 공간데이터의 획득과 저장, 관리 등의 기본적인 정보화 기능을 위주로 사용되었으며 점차, 주변장치 및 표현기술 등의 발달로 공간정보 표현과 분석을 위한 도구로 활용되었다. 이러한 표현기술 및 분석기법의 발전은 방대한 공간데이터를 해석하여 사용자의 업무에 필요한 의사결정단서로서 제공되면서 단순한 CAD시스템이나 FM(Facility Management), AM(Automated Mapping) 시스템과는 구별되는 지리정보시스템으로 발전하였다.

그러나 텍스트정보 표현을 위한 데이터모델에 기반한 공간정보표현의 한계는 업무자동화나 지능화를 위한 지속적이고 자율적인 공간적 업무수행(spatial tasking)역할에 대한 기대에는 아직 미치지 못하게 하고 있다. 따라서 지능화되고 자율적인 공간업무수행이 가능한 공간정보시스템을 개발하기 위해 우선, 기존의 텍스트정보기반의 공간데이터모델링 과정이 공간적 현상과 특성을 표현하기에 적합하지 않은 이유를 다음과 같이 분석한다.

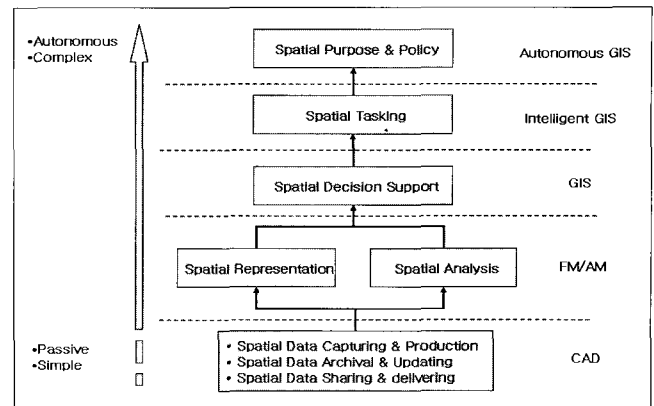


Fig. 1 공간정보시스템의 역할과 기능의 변화

첫째, 공간정보의 데이터표현구조는 디지털컴퓨터의 기본적 처리단위와 상이하다. 텍스트정보와 같은 일반 데이터는 내용 자체가 인간의 사고와 관찰을 문자라는 방식으로 표현한 산물로서 숫자를 포함한 문자체계는 현재 사용되는 대부분의 디지털컴퓨터에서도 유사한 기반구조로 처리되므로 데이터베이스화하는 과정이 매우 직관적이며 정보의 손실이나 왜곡이 적다. 그러나 공간정보는 인간이 인지하는 현상들과 개체들을 특정 척도를 기준으로 관측하여 데이터를 획득하게 되는데 이 과정에서 필연적으로 정보의 손실과 왜곡이 발생하게 된다.

둘째, 공간정보를 모델링 할 때에는 대상에 대한 추상화 과정을 반영하기 어렵다. 텍스트정보는 인간의 사고나 관찰을 통해 생성된 내용을 문자의 형태로 추상화한 데이터들이므로 데이터베이스에 저장되고 복원되어도 추상화의 정도에는 변화가 없다. 그러나 공간정보는 특정목적이나 관찰자의 의도에 따라 불가피하게 일정수준의 추상화를 해야 관측된 값을 얻을 수 있으며, 이러한 추상화를 위해 다양한 모델들이 제시되고 있으나 고정된 외형적인 구조를 표현하는데 중점을 두고 있으며 연속적인 변화의 과정이나 추상화과정에 대한 정보를 제공해 주지는 못한다.

셋째, 관측된 공간정보로부터 인간이 인지하는 실세계 공간현상을 표현하기 어렵다. 텍스트정보는 대부분 특정한 과정을 거치지 않아도 데이터베이스로부터 원래의 내용을 복원하는 것이 가능하나 공간정보는 어떤 관점으로 관측되어 데이터베이스에 저장된 데이터를 관측되기 이전의 공간정보로 복원하는 것이 현재로서는 불가능하다. 즉, 무수히 많은 추상화의 관점에 따라 획득된 정보이며 또한, 연속적인 현상을 이산적인 값으로 변환하였으므로 실세계 현상 그대로 표현하는 것은 불가능하다. 다만, 특정 관점에서 관측되어 정보화된 시점에서 원래의 개념적인 모델로는 역변환 가능한 모델링 방법에서는 표현 가능할 수 있다.

넷째, 공간적 현상을 정보화하는 수준은 무한히 많고 관측데이터의 양이 매우 방대하다. 입체적이고 동적이며 연속적인 표현이 문자의 형태로 변환되어 저장되므로 보다 실체에 가까운 표현과 분석을 위해서는 관측데이터의 양이 무한히 많아질 수 있으며 이러한 현상을 다루기에는 기존의 모델만으로는 적

합하지 않다.

다섯째, 공간정보의 주체적인 면과 인간 활동과의 연속적인 상호작용을 표현하기 어렵다. 기존의 모델은 대부분 인간을 주체로 한 정적이거나 동적인 특성을 추출하여 관계를 규정하는 방식이었으나 공간정보를 표현하기 위해서는 공간적 개체와 현상을 객체뿐 만 아니라 주체로서 추상화할 수 있어야 한다. 물론, 객체지향적 모델링에서는 인간적 활동과 모든 공간적 실체를 객체로 표현하여 상호작용하는 기법을 제공하지만 실세계의 공간과 공간현상은 항상 객체로 인식할 수 있는 대상은 아니며 무엇보다 객체의 구분과 역할을 고정적으로 규정하기 어렵다는 것이다. 따라서, 기존의 방식에서는 공간정보를 점진적으로 변화하는 대상으로 모델링하기 어려우며 또한, 인간주체와 공간객체와의 통합적인 연계기법이 제공되지 않는다.

3.2 효율적인 공간데이터모델을 위한 기준

이상에서 나열한 기존의 공간데이터모델이 공간정보표현을 위해 적합하지 않은 사항들 중 첫 번째는 현재 보편화된 정보시스템의 기본적인 특성이므로 여기서는 이 사항을 제외한 보완방안을 제시한다.

첫째, 효율적인 공간데이터모델은 모델링과정과 관점에 대한 정보도 모델링 결과에 포함될 수 있어야 한다. 즉, 공간정보는 다양한 모델링에 의해 추상화되므로 모델링 과정에 대한 정보가 없으면 그 모델을 기반으로 하는 데이터베이스 또는 정보시스템은 어떤 추상화과정을 통해 모델화 되었는지를 알 수 없게 되어 공간정보의 활용성과 표현이 제한될 수밖에 없을 것이다.

둘째, 효율적인 공간데이터모델은 공간을 데이터로서가 아닌 시스템적인 유기체로 인식할 수 있는 기능을 제공하여야 한다. 인간은 나름대로의 제한된 시공간에서 활동하지만 단순히 배경으로서의 공간에서 인간주체들만 가득한 외로운 공간을 인식하지는 않는다. 그러므로 주체와 객체의 관점이동이 자유롭고 연속적이며 상호작용이 가능한 모델이 제시되어야 할 것이다.

셋째, 효율적인 공간데이터모델은 다양한 공간적 구조와 현상을 재구성할 수 있어야 한다.

넷째, 효율적인 공간데이터모델은 초기의 데이터를 기반으로 해상도와 복잡도의 점진적인 확장에 대해 공간정보를 유연하면서도 연속적으로 표현할 수 있어야 한다.

다섯째, 효율적인 공간데이터모델은 추상화와 구체화의 과정에서 정보의 손실이 최소화되어야 하며, 이를 위해 공간데이터모델과정에서 최소한의 추상화와 구체화가 적용되어야 한다.

3.3 효율적인 공간정보 표현을 위한 방안

이상의 요구사항을 충족시킬 수 있는 접근 방안의 하나는 다중에이전트(multi-agent) 기반의 능동적 주체시스템으로 공간현상을 모델링하는 것이다. 그러나 현재의 에이전트개념과

기술은 주로 복잡계에서의 창발적 지능의 발현과정을 밝히거나 비결정적(non-deterministic)인 문제해결을 위한 계산적(computational) 차원의 변환을 위해 사용되고 있으며, 동적인 구조와 연속적인 현상을 에이전트로 구별하는(identify) 개념과 공간적 표현을 자발적으로 생성하는 개념에 대해서는 명확히 정립되어 있지 않다. 한편, 또 다른 대안으로는 진화연산(evolutionary computation)이나 군지능(collective intelligence)의 모델에서 진화와 창발의 대상을 공간적 표현으로 확장한 모델도 가능할 것이다. 즉, 공간적 기본요소를 모델의 특징에 맞게끔 가장 적합한 형태로 발전시키고 다양한 수준에서의 추상화과정을 거치게 함으로서 점진적이고 다양한 공간현상을 표현할 수 있는 기능을 제공할 수 있을 것이다.

4. 에이전트기반의 공간정보시스템 모델링

4.1 공간에이전트의 정의 및 구조

최근 들어 에이전트의 개념이 컴퓨터과학 분야에 활발히 적용되고 있는데, 이는 대부분 인지과학(cognitive science)과 분산처리(distributed processing)기술의 비약적인 발달로 인해 그 유용성이 입증되고 웹(World Wide Web)의 확산으로 인한 분산서비스기술의 폭발적인 수요증가에 기인한 결과일 것이다. 공간적 분석(spatial analysis)과 관련된 많은 문제들은 비선형적인 문제공간을 다루어야 하며 또한, 전역적인 현상의 해석이 지역적인 요인에 의해 민감하게 영향을 받는 복잡한 분산모델을 요구한다. 이러한 이유로 공간적 분석을 기본기능으로 하는 지리정보시스템의 다양한 성능향상을 위해 1990년대 이후 분산지능 또는 에이전트 개념을 적용하는 연구가 수행되어 왔다. 그러나 대부분의 연구에서 에이전트개념은 특정한 공간분석기능을 구현하거나 성능향상을 위한 보조수단으로 간주되고 있다. 본 논문에서는 공간정보시스템 또는 공간적 모델을 개발하는 과정 전체에서 에이전트의 개념이 적용될 수 있는 모델링 프레임워크를 제시한다.

에이전트의 개념이 매우 보편적으로 사용되고 있는 것과는 대조적으로 아직 에이전트의 명확한 정의나 표준적인 명제는 개발되어 있지 않다. 그러나 지금까지 일반적으로 사용되는 에이전트의 공통적인 개념과 구조를 도출하여 일반적인 모델링과정에 적용하는 것은 그다지 혼란스러운 작업은 아니며 또한, 모델링의 과정에서 필연적으로 요구되는 추상화를 통해 에이전트의 핵심적이고 보편적인 개념을 바탕으로 구체화될 수 있다. 본 논문에서는 에이전트의 개념을 소프트웨어 에이전트로 한정하고, 특정한 목적(goal)을 가지고 환경 및 다른 에이전트와 상호작용하는 컴퓨터프로그램을 의미하며, 개체, 객체 등의 개념과 연속적인 관계에서 다음과 같이 파악한다.

첫째, 개체는 모델링 주체에 의해 인지 가능한 대상으로서 개체유형은 개체들의 공통된 속성들을 정의함으로 규정될 수 있다.

둘째, 객체는 주위 환경 및 다른 객체와의 의사소통과 특정 기능을 수행할 수 있는 개체로서 객체유형은 객체들의 공통된

속성과 추상화된 기능을 정의함으로써 규정할 수 있다.

셋째, 에이전트는 어떤 목적을 가지며 그 목적을 달성하기 위해 환경 및 다른 개체들과 상호작용 할 수 있는 객체로서 규정할 수 있다.

일반적으로 에이전트는 속성(attributes)과 상태(states), 그리고 주위환경 및 다른 에이전트를 인식하기 위한 인식기(perception), 에이전트의 외부적 반응인 행위(actions), 그리고 목표(goal)로서 구성된다. 한편, 외부적 환경이나 다른 상위 에이전트로부터 목적을 할당받는 대신, 특정 동기(motivation)를 가지고 이에 필요한 목적을 자율적으로 생성하고 생성된 목적을 달성하기 위해 활동하는 에이전트를 자율적 에이전트(autonomous agent)라 한다. 또한, 내부적 메모리(memory)와 처리기(processor)가 있어서 의미적 해석이나 복잡한 처리가 가능하고 에이전트 상호간의 복잡한 메시지 교환이 가능한 인지적 에이전트(cognitive agent)와 외부자극에 대해 직접적으로 반응하는 단순한 개체형태의 반응적 에이전트(reactive agent)로 구분할 수 있다. 에이전트는 물리적인 시공간상의 자율적인 개체를 모방한 개념이므로 기본적으로 공간적인 특성과 많이 연관되어 있다. 특히, 공간적인 정보를 인지하고 공간적인 표현을 참조하여 공간적 업무를 수행할 수 있는 에이전트를 공간 에이전트(spatial agent)로 구분한다. 공간 에이전트는 자신의 목적달성을 위해 자율적인 지역적 상호작용을 수행해 나갈 수 있으며, 각 에이전트는 개별적인 존재공간과 활동영역을 확보할 수 있는 단순한 형태의 공간정보시스템으로 인식될 수 있다. 본 논문에서는 지리정보기반의 공간 에이전트를 대상으로 하므로 공간 에이전트를 기본적인 에이전트의 구조에 더하여 공간 스키마를 인식하고 동일한 공간적 환경에서 상호작용하기 위한 기하(geometry), 토폴로지(topology), 지형지물(feature), 시공간참조체계(spatio-temporal reference system) 등의 지리정보시스템의 기초적인 요소들을 속성이나 상태 또는 행위 등의 구조에서 표현하고 참조하는 에이전트로 정의한다.

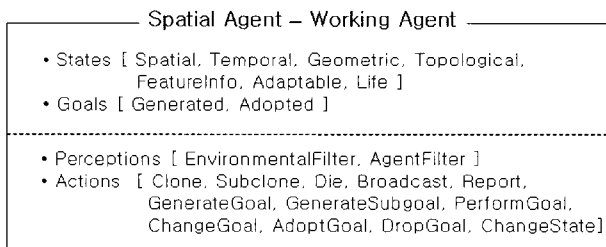


Fig. 2 공간 에이전트 구조

4.2 다중 공간에이전트시스템 프레임워크 구조

시공간적으로 분산된 환경을 대상으로 공간적 현상이나 분석을 수행하는 공간적 업무는 종종 분산문제(distributed problems)로 간주될 수 있으며 이러한 문제해결을 위해서는 주로 다수의 에이전트로 전체적인 목적을 달성하는 다중에이전트시스템(multi-agent system)이 사용된다. 본 논문에서는

공간 에이전트로 구성되는 다중에이전트시스템에 대한 개념적 구조를 다중공간에이전트시스템 프레임워크(Multi Spatial Agent system framework : MUSA framework)라고 정의한다. MUSA 프레임워크는 공간적 업무 또는 지속적인 공간적 목표를 달성하기 위한 에이전트 기반의 공간정보시스템 모델링 구조로서 주어진 공간적 업무(spatial task) 또는 목표(goal)를 에이전트가 인식가능한 하위 목표(sub goal)로 표현하여 공간 스키마를 해석하고 지역적인 상호작용을 통해 전역적인 목적을 달성하는 비절차적(non-procedural)인 모델링 체계이다. 그러므로, MUSA 프레임워크에 기반한 시스템은 세부적이고 명시적인 과정이나 구조, 방법 등을 규정하지 않고 주어진 목표를 시스템이 인식할 수 있는 하위 목표로 기술하면 내부적인 에이전트의 상호작용에 의해 상위목적이 달성될 수 있어야 한다. 따라서, MUSA 프레임워크는 기본적인 정보시스템기능과 공간적 모델링의 일반적인 기능을 지원하는 프레임워크에이전트(framework agents)부분에서는 인지적 에이전트로 구성하며, 실제적인 공간 데이터모델과 연계하여 공간적 작업을 수행하는 작업에이전트(working agents)는 반응적 에이전트 유형으로 구성한다. 또한, 프레임워크 에이전트에는 기본적인 정보시스템의 역할수행을 위한 시스템 에이전트(system agents)와 공간정보모델링의 전역적 작업을 위한 하이퍼 에이전트(hyper agents)로 구성한다. 하이퍼 에이전트에는 공간스키마를 해석하고 접근하게 하는 스키마 에이전트(schema agent), 전역적 또는 지역적인 공간표현을 위한 시각화 에이전트(visualization agent), 통계적 정보나 메타정보의 처리를 위한 메타에이전트(meta-info agent) 등이 있다. 시스템 에이전트(system agent)로는 에이전트간의 인식 가능한 어휘와 관계를 관리하는 온톨로지 에이전트(ontology agent), 주어진 업무를 하위 목표로 구성하고 관리하는 태스크 에이전트(task agent), 그리고 사용자 및 다른 에이전트시스템간의 입출력을 관리하기 위한 인터페이스 에이전트(interface agent) 등이 있다.

하이퍼 에이전트와 시스템 에이전트는 모두 전역적인 인식범위를 가지므로 에이전트의 지역적 창발성을 위반하는 것으로 보일수도 있으나, 일반적인 작업에이전트가 작용하는 공간과는 다른 차원의 활동공간에서의 지역적 상호작용에 기초하므로 에이전트의 기본적인 특성을 유지하고 있다고 할 수 있다. 다만, 하이퍼 에이전트와 같은 전역적 에이전트는 작업에이전트와 공통된 공간적 문맥을 공유하지 못하므로 차원적 관계를 극복하기 위해 브로드캐스팅(broadcasting) 행위를 통한 전역적 매세징기법을 사용한다. 이러한 이질적 환경을 단순화하기 위해서는 모든 공간데이터 및 관련자원을 에이전트로 구현하여야 하나, 대부분의 공간적 업무에 이용 가능한 공간데이터는 벡터 및 래스트 형태의 데이터 구조로서 구축되어 있다. 따라서, MUSA 프레임워크는 기존의 공간데이터 모델과 느슨한 형태의 결합을 지원하기 위해 매핑 에이전트(mapping agent)를 제공한다.

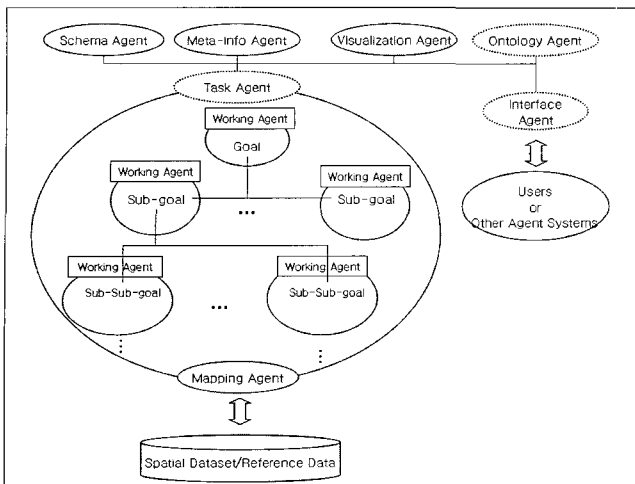


Fig. 3 다중공간에이전트시스템 프레임워크 구조

4.3 다중공간에이전트시스템 기반의 지리정보 모델링 단계

MUSA 프레임워크는 개념적으로 세 개의 공간으로 구성된다. 즉, 전역적 접근이나 사용자와의 상호작용을 지원하며 공간적 업무의 최상위 표현과 분석을 제공하는 프레임워크 에이전트공간과 작업에이전트가 인지하고 활동하는 작업에이전트 공간, 그리고 실제적인 공간데이터자원의 모델링에 의한 응용데이터공간으로 구성된다. 이러한 공간들은 각각 개별적으로 모델링할 수 있으나 작업에이전트 공간은 프레임워크 에이전트를 모델링함으로써 모델링 될 수 있다.

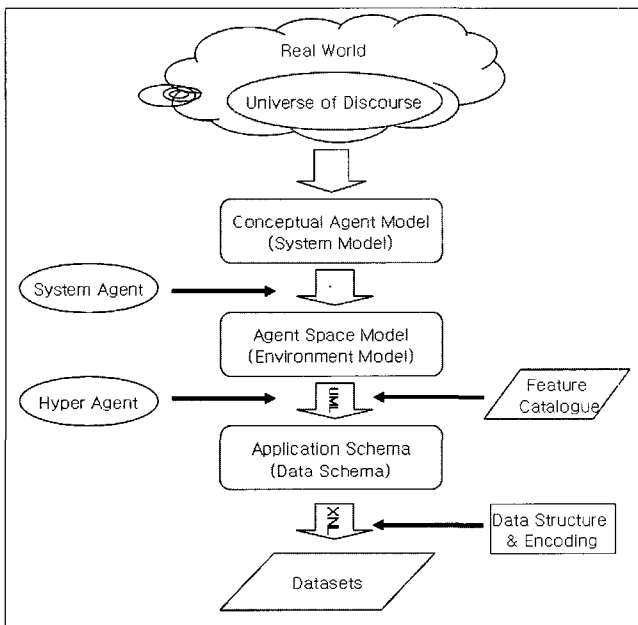


Fig. 4 에이전트기반 지리정보 모델링 개념

지리정보를 MUSA 프레임워크기반의 공간정보시스템에서 활용하기 위한 모델링 과정은 우선, 수행하고자하는 공간적 업무와 관련된 대상공간의 특성에서 도출된 지형지물의 유형 및 공간적 업무의 기능을 온톨로지정보를 구성하고 이를 기반

으로 온톨로지 에이전트를 구성한다. 그리고 구성된 온톨로지와 공간정보시스템의 사용자 기능정의를 분석하여 인터페이스 에이전트를 구성한다. 또한, 온톨로지정보 및 시스템의 기능적 범위와 특성 등을 참조하여 태스크 에이전트를 구성하여 시스템 에이전트에 대한 모델링을 수행한다. 시스템 에이전트에 대한 모델링과정은 하이퍼 에이전트 모델링에 의해 연결수행된다. 이 과정에서는 온톨로지정보와 공간스키마를 참조하여 스키마 에이전트를 구성하며 사용자 상호작용 및 에이전트 공간에 대한 전역적 가시화를 위한 가시화 에이전트를 구성한다. 가시화 에이전트를 모델링하기 위해서는 작업에이전트 공간에 대한 모델링을 수행하여야 하며 작업에이전트의 상태, 행위 등의 속성에 대한 정의를 수행한다. 또한, 공간적 업무 수행에 필요한 공간데이터를 작업에이전트와 연계하기 위한 매핑 에이전트를 구성한다. 매핑 에이전트 모델링은 주로 지형지물카탈로그를 기반으로 작업에이전트의 상태에 따라 구성되며 공간데이터는 여러 작업에이전트에 매핑되거나 계층적으로 매핑될 수 있다.

4.4 해양지리정보분야 적용을 위한 고려사항

해양지리정보는 일반적인 육상의 지리정보와 다른 몇 가지 특징이 있다. 즉, 다양한 데이터유형, 대용량의 데이터셋, 동적이며 시변적인 데이터, 그리고 3차원 이상의 다차원적인 공간적 표현 등이 정적이며 평면적인 육상지리정보와 구별되는 주요한 특징이다. 해양은 육상에 비해 상대적으로 접근이 용이하지 않으므로 대부분의 해양관련 업무와 활동은 공간정보를 기반으로 하여 진행된다. 또한, 광범위한 정보공간에 비해 참여되는 인적자원이 매우 적으나 해양환경 및 경제, 문화, 행정 등의 업무 및 서비스 수요는 점차 복잡하고 다양해지고 있다. 따라서 이러한 수요에 대처하기 위해서는 해양공간정보에 기반한 업무와 서비스를 첨단화하고 지능화하는 방안이 필요하다. 본 논문에서 제시한 에이전트 기반의 공간정보시스템모델링 프레임워크는 기 구축되었거나 현재 생산중인 해양지리정보를 활용하여 항만통항관리, 연안모니터링, 물류체계최적화, 위성영상을 이용한 적조예측 및 통제, 해양경계구역관리, 신항만 및 통항로 개발 시뮬레이션, 수산자원분포예측 및 할당 등의 다양한 해양의 공간적 업무를 자율화하고 범용정보와 연계할 수 있는 서비스를 개발하는데 적용될 수 있을 것이다. 이를 위해서는 다음과 같은 해양지리정보에 대한 표준화 및 기술의 개발이 요구된다.

첫째, 해양지리정보에 대한 지형지물유형의 정의 및 카탈로그의 표준화가 요구된다.

둘째, 해양분야의 공간적 업무 또는 해양지리정보서비스에 대한 표준화된 온톨로지의 구성이 필요하다.

셋째, 해양공간에이전트시스템간의 상호연동을 위한 에이전트 인터페이스구조 및 절차 표준화가 수행되어야 한다.

넷째, 해양지리정보 공통응용스키마의 개발 및 XML기반의 인코딩 기술개발이 요구된다.

다섯째, 에이전트개념 표현을 위한 UML 및 GML

(Geographic Markup Language)의 확장 및 표준화가 요구된다.

여섯째, 분산된 환경에서의 하이퍼 에이전트 간 및 작업에 이진트 간의 브로드캐스팅 호환을 위한 프로토콜(protocol) 및 메세징(messaging) 기법의 개발 및 표준화가 수행되어야 한다.

일곱째, AIS(Automatic Identification System), VTS(Vessel Traffic Services), ECDIS(Electronic Chart Display & Information System) 등의 항해 및 관제시스템과의 자율적 연동을 위한 메세징기법 개발 및 표준화가 요구된다.

5. 결 론

본 논문에서는 공간정보를 효율적으로 관리하고 처리, 분석하기 위해 필요한 모델링의 기법에 대해 분석하였다. 기존의 공간데이터모델은 대부분 범용적인 정보에 대한 모델링 방법에 기반하고 있으며 공간적 특성을 반영할 수 있는 기능에 대해서는 그리 효과적이지 않다. 이러한 기존의 모델링 기법에 대해 몇 가지 공간정보표현에 있어서의 문제점을 살펴보았으며, 이러한 문제점에 대한 대안으로 에이전트기반의 모델링 프레임워크를 제시하였다. 에이전트 개념은 단편적이고 단순한 분석위주의 기존의 공간정보시스템의 기능을 지속적이며 자율적인 공간적 업무를 수행할 수 있는 공간지능시스템(spatial intelligent systems)을 개발하기 위한 기반을 제공할 수 있으며, 광범위하게 보급된 인터넷 등의 정보망을 공유함으로써 범용적인 에이전트기술과 연계된 통합적인 서비스를 제공할 수 있는 중요한 이론적 수단이 될 수 있을 것이다. 따라서 제시된 모델링 프레임워크를 기 구축된 해양공간데이터를 대상으로 하는 다양한 공간적 업무수행에 적용함으로써 단편적인 지리정보시스템의 기능을 확장하여 보다 지능화된 해양지리정보시스템을 개발할 수 있을 것이다.

후 기

본 연구는 한국해양연구원의 기본연구사업인 “해양개발을 위한 설계엔지니어링 기술고도화 III“과제의 일환으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] 김창완, 객체지향모델링과 구현, 도서출판 대림, 1998
- [2] 김현곤, 오브젝트지향 정보시스템 설계입문, 동일출판사, 1998
- [3] 이희연, 지리정보학, 법문사, 2003
- [4] Michael Wegener, Spatial Models and GIS, GISDATA 7 series, Taylor & Francis Group, 2000
- [5] Nicolas Chrisman, Exploring Geographic Information Systems 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc, 2002
- [6] Michael N.Demers, Fundamentals of Geogrphic Innformation Systems 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc, 2000
- [7] Kurt Buehler, OpenGIS Reference Model ver.0.1.2, Open GIS Consortium Inc., 2003
- [8] Technical Committee 211, 19101:2002 Geographic Information - Reference Model, International Organization for Standardization, 2002
- [9] Alxander Maedche, Ontology Learning for the Semantic Web, Kluwer Academic Publishers,, 2002

원고접수일 : 2004년 6월 23일

원고채택일 : 2004년 12월 17일