

# 에이전트 기반 지리정보시스템 구조 설계

박경모

가톨릭대학교 컴퓨터전자공학부

kpark@eos.cuk.ac.kr

## Architecture Design for an Agent-based GIS

Kyeongmo Park

Computer Science and Electronic Engineering School, The Catholic University of Korea

### 요 약

본 논문에서는 에이전트 기반 지리정보시스템(Geographic Information System) 구조 설계 개념에 대해 기술한다. 본 구조의 본체론 관련 GIS 분야 에이전트들 사이에 정보 교환에 필요한 세 가지 구성요소가 있는데 첫째는, 벡터, 래스터, 이미지를 포함하는 데이터이며 둘째로, 이름, 입력, 출력 및 요구 파라미터를 포함하는 알고리즘 명세이고 셋째로, 질의 및 결과 정보가 그 마지막이다. 에이전트 통신 언어(Agent Communication Language)는 에이전트들 간의 통신의 기반으로 제공된 본체론을 사용한다. 본체론과 ACL은 분산 다중-에이전트 GIS 시스템의 에이전트 통신에 있어 중심적 역할을 하고 eXtensible Markup Language(XML)를 이용한 Resource Description Framework(RDF)로 인코딩되며 공동작업과 재사용을 지원할 수 있다.

### 1. 서 론

지리정보시스템(Geographic Information System)은 지도 제작, 자원관리, 부동산, 정보수집 등의 분야에서 사용되어 왔다. 지리정보시스템을 이용하여 벡터, 래스터, 이미지 데이터를 처리할 수 있고 데이터로부터 특정한 영역에 대한 의미 있는 정보를 얻어낼 수 있다. GIS 시스템은 다음과 같은 질문들에 답을 주는 의사결정 과정에 이용될 수 있다. 서울과 부산 사이에 최적인 경로는 어떤 것인가? 올해 국내 도별 쌀 수확 예상량은 얼마인가? 등 이러한 질문에 답하기 위해서는 많은 다른 데이터 타입 즉, 도로와 토지 분류를 나타내는 벡터 지형(vector features), 3차원 해발 고지 데이터를 표시하는 래스터 그리드(raster grids), 우주 항공 원격 탐사 플랫폼에서 다양한 해상도(resolution)로 잡아 저장한 이미지 데이터 등 여러 형태의 데이터에 대한 분석이 필요하다. 즉 데이터 표현 방법, 포맷/형식, 배율조절(scale), 공간 해상도 등에 있어 변화를 주면서 캡처할 수 있다.

데이터 분석하는데 다양한 알고리즘들이 이용된다. 여러 가지의 데이터 타입과 알고리즘들이 출현함에 따라 시스템, 알고리즘, 데이터 상호운영성의 문제를 안고 있다[1]. 이 문제 해결에 많은 노력을 기울여 왔는데[2,3] 일반적으로 두 가지 방법이 나와 있다. 첫째로 GIS 사용자들로 하여금 데이터 상호운영성을 증대시키기 위한 표준적인 데이터 포맷에 대한 일치를 추구하는 데이터 표준화 방안이다 둘째는 알고리즘 인터페이스 표준화 방안으로 시스템 상호운영성을 늘리기 위해 GIS 개발자들의 표준 알고리즘 인터페이스에 대한 합의가 필요하다.

기존의 두 가지 방안에는 부족한 점이 있으며 최신 정보기술에 비추어 뒤져 있다. 다양한 포맷으로 사용할 수 있는 유일한 유산 데이터가 너무 많이 있으며 GIS 사용자 그룹은 정체되지 않고 끊임없이 나오는 새로운 데이터 포맷을 사용하고 있다. 또한 CORBA, COM, SQL [1]등의 표준 알고리즘 인터페이스 기술 발전을 해왔다. 3개의 기준들이 존재하지만 각각의 기반 기술에 부합하는 인터페이스만으로는 표준화 공정을 침해할 수 있다.

본 논문에서는 에이전트 기반 GIS 시스템을 위한 본체론적 방안을 제시한다. 이 방법은 데이터와 알고리즘을 데이터 포맷이나 프로그래밍 언어와는 무관한 기술적인 구성 요소들로 분해하는 것이다. 본체론을 개발하는데 완전 상태의 GIS 여러 부분들 가운데 3가지 핵심 구성 요소들(데이터, 알고리즘, 질의 및 결과)에 초점을 둔다. 본체론을 기술하는데 데이터와 알고리즘들이 유산 시스템에 이미 개발되어 있다는 가정을 두고 우리는 상호운영성 문제 해결을 위해 노력한다. 본체론은 eXtensible Markup Language(XML)로써 인코딩된 Resource Description Framework(RDF)로 표현된다. 또한 본체론은 사용자 정의 질의를 처리하는 에이전트 기반 GIS에서 이용되며 에이전트 통신 언어의 기초로서 쓸 수 있다.

RDF와 XML은 웹 상에서 정보를 공유하기 위한 W3C 추천사항이다. RDF은 자원, 속성, 진술법(statements)으로 지식 객체들에 대한 캡처를 허용한다. 그 다음에 이러한 객체들간의 관계를 형성할 수 있다. Staab 그룹[5]의 최근 연구에서는 본체론을 모델링하는데 RDF의 유용성을 보여주었다. 본 논문에서 제시할 본체론을 인코딩하는 방법으로 이 견본을 선택하였다.

## 2. 본체론 구성요소

GIS에 대한 본체론은 기본적으로 3가지 구성 요소들(데이터, 알고리즘, 질의 및 결과 정보)로 구성된다. 많이 사용되는 3가지 핵심 구성 요소를 정의함으로써 이질적인 시스템들 사이의 상호운용성을 주고 적재 안된 태스크의 수를 에이전트 형태로 자동화된 프로세스들로 증가시킬 수 있는 잠재력을 올려준다. GIS 본체론을 만들기 위해 필요한 정보는 어떤 형태로 존재하는데 많은 정보들이 기계가 읽을 수 있는 형태로 있다. 그러나 기존에 개발해 놓은 포맷들이 여러 다른 조직 단체들이 개발했기 때문에 이질적이다. 다음절에서 각 요소에 대하여 논의하고 어떻게 에이전트 GIS 시스템에 사용되는지를 논한다.

### 2.1 데이터

이미지 지리공간 컴퓨팅 관련 단체 학회에서는 이미지와 지리공간 데이터 개념을 적절하게 기술하는데 필요한 많은 데이터 명세서들을 개발해왔다. 예로, National Imagery Transmission Format(NITF) 형식의 이미지는 데이터 자체를 속속들이 기술하는 메타 데이터 정보를 포함한다. 마찬가지로 Vector Product Format(VPF) 또는 Spatial Data Transfer Standard(SDTS) 같은 지리공간 형식에도 메타 정보를 가지고 있다. 언급한 표준규범에서는 이미지 지리공간 데이터 개념들을 기술하고 있지만 그러한 규범들에서 부족한 점은 개념들 간의 관계 설명이 거의 없다는 것이다. 이러한 데이터 명세서들을 가지고 필요한 관계 설정을 마련하여 이미지와 지리공간 데이터에 대한 본체를 만드는데 사용된다. 기본적으로 모든 데이터 타입은 공통적인 특징을 공유한다. 이러한 특징에는 다음과 같은 것을 포함한다. 데이터 세트의 이름(Name), 데이터 세트의 타입(Type) (예: 벡터, 래스터 이미지), 데이터를 표현하는 공간 배율조절(Scale) 또는 해상도(Resolution), 데이터의 지리공간 위치(Location) (예: 포인트, 다각형, 직사각형 표현), 데이터의 포맷(Format), 데이터에 대한 지도투사(Map Projection), 지도투사 파라미터(Map Projection Parameters), 데이터 수집 날짜 등이다. 추가로 데이터 세트에는 만든 사람, 연락처, 다른 메타 데이터 관련 정보가 들어간다.

지리정보의 인코딩, 전송, 저장에 대한 표준규범으로 Geography Markup Language(GML)가 최근 제안되었다. GML은 지리공간 데이터에 관한 본체론의 출발점으로 쓸모 있다. 명세서에서 XML으로 된 지리공간 데이터의 구조와 의미를 정의한다. 비슷하게 NITF 형식도 이

미지 정보의 인코딩, 전송, 저장에 대한 표준규범이다. 이런 표준규범들을 구현한 다음 이것을 에이전트 기반 시스템에 사용하기 적합하도록 약간 변경한다. NITF 형식은 일정한 필드를 갖는 포맷인데 다른 마크업 언어들과 유사한 태그(tag) 개념을 이용한다. NITF 규범의 RDF 구현을 개발한다.

### 2.2 알고리즘

기본적으로 이미지-지리공간 프로세싱 알고리즘은 다음과 같이 구성된다. 이름, 파라미터, 입력 데이터 타입, 그리고 출력 데이터 타입. 여기서 이름은 반드시 필요하지만 파라미터는 선택사항이다. 추가적으로 서비스 생성자, 서비스에 대한 문서화와 같은 다른 기술 정보가 있을 수 있다. 어떤 이미지 지리공간 프로세싱 알고리즘은 다음과 같이 분해되어 나뉘질 수 있다. 1)서비스의 이름(Name), 2)서비스에서 필요한 파라미터(Parameters), 3)서비스에 의한 입력수(Number of Inputs), 4)입력의 데이터 타입(Data Type), 5)서비스에 의한 출력수(Number of Outputs), 6)서비스에 의해 생성된 출력의 데이터 타입(Data Type) 등 여섯 가지이다.

상기한 개념에 기초하여 이미지-지리공간 프로세싱 알고리즘에 대한 본체론이 만들어진다. 이미지 프로세싱 서비스 설명서는 Java Advanced Imaging (JAI) API에 기반을, 지리공간 프로세싱 설명서는 OpenMap API에 기반을 둔다. 두 개의 설명 디스크립터를 이용하여 개별 프로세싱 구성 요소들을 확인한다. 본체론 확장이 가능한데 본체의 구성 요소를 서술함으로써 어떤 새로운 알고리즘을 부가할 수도 있다. 예를 들어, 어떻게 하면 Convolve 서비스를 위해 본체에 표현하는지를 아래에 보여준다. 여기서는 RDF 표현방법을 이용했다.

```
<rdf:RDF xml:lang="en"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/TR/1999/PR-rdf-schema-19990303#"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc"
  xmlns:axa="http://eos.cuk.ac.kr/ontology/axa-services.rfs">
  <axa:Service>
    <axa:name>Convolve</axa:name>
    <axa:creator>Sun Microsystems</axa:creator>
    <axa:parameter>
      <axa:parameterType>Kernel</axa:parameterType>
    </axa:parameter>
    <axa:inputDataType>Image</axa:inputDataType>
    <axa:numInputs>1</axa:numInputs>
    <axa:numOutputs>1</axa:numOutputs>
  </axa:Service>
</rdf:RDF>
```

### 2.3 ACL 기반 본체론

일반적으로 Agent Communication Language(ACL)에 서는 에이전트들의 내부 활동에 관한 세부적인 사항은 감추면서 에이전트들간 서로 작용하여 영향을 미친다[4]. 이로 인하여 에이전트들을 공동으로 이용하면 개별적인 에이전트가 할 수 없는 문제에 달라붙을 수 있다. 에이전트로부터 구현 세부사항을 숨기는 본체론을 기술했는데 에이전트들은 이런 본체를 이용하여 자기 자신을 기술할 수 있고 다른 에이전트들은 앞서 나온 에이전트들의 기능을 번역하여 이용할 수 있다. 본 연구에서는 ACL의 핵심 부분으로 I-XML으로 기술되는 본체를 이용한다. ACL (I-XML)의 구성 요소들을 다음과 같다.

질의(Query) 섹션에는 대답을 구하는 질문을 쓴다. 질의는 키워드와 위치로 분해되며 프로세싱 체인의 첫 번째 단계이다. 기선 표현(Baseline Representation)에는 질의에 대한 지리적 위치 정보를 포함시킨다. 예를 들어, 관심 있는 지역의 경계선상 안의 직사각형이나 나라, 도시의 장소 이름이 포함된다. 계산 스텝(Computational Steps)에는 주어진 질의에 대답하기 위해 필요한 절차 방법을 표현한다. 여기서 주의할 사항은 계산 스텝이란 필요한 처리 조치들을 나타내고 앞으로 해야 할 순서를 표시하지 않는다는 것이다. 결과로서 생기는 정보를 측정하기 위해 필요한 스텝들을 리스트 작성한 것이다. 이 리스트는 병렬 처리의 장점을 얻기 위한 최적화를 고려하지 않았다.

프로세싱 전략(Processing Strategy)을 이용하면 계산 스텝을 개량하여 병렬 처리 그래프로 나타낼 수 있다. 이 그래프는 태스크 완수에 필요한 시간을 최소화하기 위한 일련의 스텝들을 보여준다. 프로세싱 전략은 이미지-지리공간 시스템과 같은 시간에 민감한 시스템의 중요한 특징이다. 결과(Result) 태그는 질의 응답에 도움이 되는 서비스의 출력을 나타낸다. 질의가 실행되면서 결과는 에이전트로부터 반송되기 때문에 결과 태그는 지리공간적 특성, 이미지 소스에 대한 참조, 처리하는데 유용한 문헌 등을 포함하는 정보와 함께 업데이트 된다.

### 4. 정보검색 본체론

잘 정의된 본체론을 이용하면 클라이언트와 에이전트로 하여금 네트워크 상의 사용 가능한 에이전트들과 데이터 타입들을 검색할 수 있는 메커니즘을 만들 수 있다. 질의에 대한 적절한 에이전트를 맞추기 위한 기준으로 Salton[6]의 벡터 모델 정보검색 알고리즘을 이용한다. 에이전트는 프로세싱 하는데 도움되는 다른 에이전트들을 찾는데 정보검색 알고리즘을 차례로 이용한다.

주어진 알고리즘은 다음과 같이 움직인다.

$$\text{sim}(a_n, q) = \frac{A_n \cdot Q}{|A_n| \cdot |Q|}$$

질의  $q$ 에 대한 에이전트  $n$ 의 유사도(similarity)를 표현한다.  $A$ 는 에이전트 서술 벡터를 나타내고  $Q$ 는 질의  $q$ 에 관한 용어 벡터를 나타낸다. 주어진 수식에서 어떤 특정한 질의  $q$ 에 대한 에이전트  $a_n$ 의 이용 가능성에 대한 유사도는 벡터  $A$ 와 벡터  $Q$  사이의 각도에 코사인을 취해 계산될 수 있다는 것을 보여준다. 에이전트 서술 저장소에 있는 사용 가능한 용어들은 에이전트가 네트워크에 들어가거나 나올 때 매번 업데이트 된다. 이러한 용어들을 사용함으로써 각 에이전트는 주어진 사용자 질의에 대한 연관성을 계산할 수 있는 능력을 갖고 에이전트를 검색하는데 도움을 받을 수 있다.

### 5. 결론

에이전트 기반 지리정보시스템의 구조 설계를 위한 본체론과 에이전트 통신 언어에 대하여 설명했다. 산업계 표준 규범을 이용하여 개발할 수 있으며 규범들 사이의 관계는 RDF를 이용하여 만들어진다. 본체와 ACL은 자바 기반의 에이전트 기능을 갖는 Jini와 XML로 인코딩되는 RDF로 구현된다. 구현과 상관없는 의미체계를 사용하여 클라이언트 및 에이전트가 다른 에이전트들을 검색할 수 있는 방식으로 구축되며 공동작업과 재사용을 지원한다.

### 참고문헌

- [1] OGC, *The OpenGIS Consortium Specifications*, <http://www.opengis.org>
- [2] Y. Bishr, "Overcoming the semantics and other barriers to GIS interoperability," *International Journal of Geographic Information System*, Vol. 12, No. 4, 1998.
- [3] P. Vittorini and P. DiFelice, "A Java RMI-based application supporting interoperability in a GIS context," *Technology of Object-Oriented Languages and Systems, TOOLS 31*, pp. 428-439, February 1999.
- [4] Y. Labrou, T. Finin, and Y. Peng, "Agent communication languages: the current landscape," *Intelligent Systems*, Vol. 14, No. 2, pp. 45-52, March-April 1999.
- [5] S. Staab, et al., "An extensible approach for modeling ontologies in RDFs," *Proc. of the ECDL-2000 Workshop Semantic Web: Models, Architectures and Management*, September 2000.
- [6] G. Salton, *The SMART Retrieval System (Chapter 4) of Introduction to Modern IR*, Prentice-Hall, 1983.