

GIS와 ITS 서비스를 위한 효율적인 다중 에이전트 시스템^o

노상겸*, 김신덕**

* 연세대학교 컴퓨터 과학과

** 연세대학교 컴퓨터 과학과

e-mail : {skroh, sdkim}@kurene.yonsei.ac.kr

An Efficient and Intelligent Multi-Agents System for GIS and ITS

Sang-Kyum Roh *, Shin-Dug Kim **

* Dept. of Computer Science, Yonsei University

** Dept. of Computer Science, Yonsei University

요 약

본 연구에서는 인터넷을 기반으로 하고 GIS(Geographical Information System)와 ITS(Intelligent Transportation System) 제어 응용을 고려한 컴퓨팅 플랫폼으로 EIMAS(Efficient and Intelligent Multi-Agent System)을 제안한다. GIS와 관련 활용 시스템들은 개방형 지리 정보 처리 상호 운용 개념이 확산되면서 물리적으로 분산된 환경을 가지치게 되었고 이러한 분산 환경에서 프로그램개발과 사용자의 요구에 서비스를 효과적으로 제공하기 위하여, GIS와 이와 연계한 GI(Geographical Information) 활용 시스템들의 각기 다른 구성 요소들을 통합하는 시스템이 요구된다. GIS와 GIS Application으로 ITS(Intelligent Transportation System) 위한 Java Mobile Agent와 Multiple Agent System인 EIMAS를 플랫폼으로 제안한다. 이 시스템은 GIS 시스템과 ITS 시스템에 제공되는 Agent가 활동하는 플레이스 위에서 에이전트가 목적과 워크에 적합한 효율적인 워크플로우를 생성하여 시간 효율적이고 지능적인 분산, 병렬처리를 수행하는 플랫폼을 설계한다.

1. 서론

기존 GIS의 구성 요소들이 물리적으로 한 시스템에 존재 하면서 그 기능을 수행하고 있었지만, 지리 정보의 복합 계층 구조 특성과 방대한 정보량을 지원하기 위하여 새로운 지리 정보 구조와 데이터 베이스를 지원하고 효율적인 컴퓨팅을 위한 GIS 시스템이 개발되고 있다. 이러한 개방형 GIS(Open Geodata Interoperability Specification) 개념이 널리 확산되면서, 기존에 GIS 시스템 구조에서 물리적으로 분산된 GIS 시스템들이 각기 다른 환경에서 다른 형태의 지리정보를 취급하고 그 정보를 서로 교환하는 구성으로 GIS 시스템 구성의 위상이 변해 오고 있다. 또한, 최근 기반 GIS의 지리정보를 제공받아 첨가, 가공, 실시

간 서비스를 구현하는 있는 다양한 GIS 응용 서비스로들 - 도로의 실시간 교통 정보를 입력 받아 GIS 지리 정보의 도로정보 위에 갱신하고 상황을 예측, 관리하는 ITS(Intelligent Transportation System), 기반 GIS 지리 정보 위에 도로, 가스 배관, 상, 하수도 등의 도시 기반시설물의 정보를 매핑하여 관리하는 UMS(Urban Management System) 등 - 이 연구되고 있다. 이러한 Application 들은 그 특성에 따라 실시간으로 정보를 가공, 생성, 제공하기 위해서 지리정보의 추출과 Application 역할이 수행되는 데에 따르는 지연 시간들을 충분히 고려해야 된다.

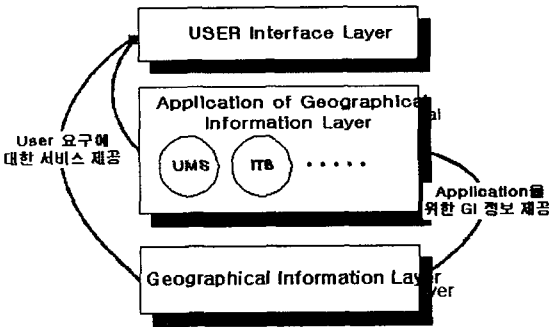
따라서 다양한 응용과 분산된 GIS 시스템 환경을 지원하면서 확장성과 효율성을 높이고, 인터넷을 기반

^o 본 논문은 (주) 지오스테크놀로지 지원에 의해 수행되었음

으로 GIS 와 그 응용분야의 서비스를 제공하는 데 있어서 필요한 다양한 요구사항을 만족하는 시스템 구성의 새로운 Paradigm 을 필요로 하고 있다.

2. GIS 와 Application 의 개념적 구성

GIS 와 그 응용분야 그리고 인터넷 서비스 워크의 개념적 관계는 GI(Graphical Information)을 생성하는 GI 층(GI Layer)과 GIS 에서 정보를 제공 받아서 응용 서비스의 특성에 따른 정보의 추가, 가공, 재구성 하는 AGI 층(Application of Geographical Information Layer), 그리고 GI 층과 AGI 층에서 생성된 정보를 사용자 인터페이스를 통하여 가시화 하는 세 계층으로 크게 구분할 수 있다[그림 1].

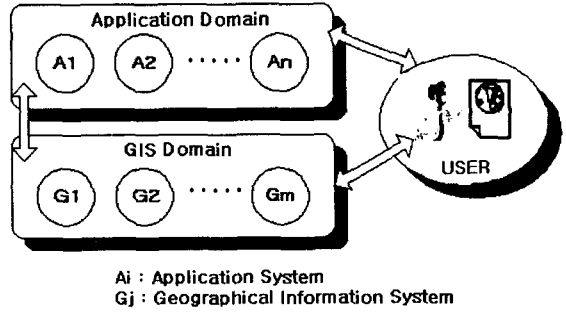


[그림 1] 워크의 위상

제안하는 시스템 구성은 GIS 정보를 제공하는 시스템들, GIS 정보를 바탕으로 응용 서비스를 제공하는 시스템들, 인터넷으로 연결된 사용자를 포함하여 구성된다. 시스템 구성은 워크의 위상을 고려하여 GIS 도메인과 Application 도메인으로 분류된다. 도메인에 속하는 각각의 시스템은 [그림 2]와 같이 워크의 특성에 따라 또는 시스템 구성의 특성에 따라 분산된 시스템의 연결로 구성 될 수 도 있다. 이러한 시스템 구성에서 이용자의 요구에 따라서 Application 도메인의 부분 또는 전체가 제공하는 서비스, 혹은 GIS 도메인의 부분 또는 전체가 제공하는 서비스, 혹은 GIS 도메인과 Application 도메인에서 지원하는 서비스를 필요로 하게 될 때, 필요한 서비스 시스템과 그 자원들을 탐색하는 시간과 응답시간, 그리고 서비스의 복잡도가 높을수록 늘어나는 통신 비용을 시스템 성능 향상의 중요 요소로 고려해야 한다.

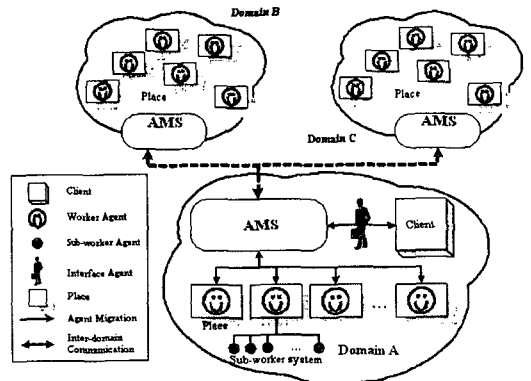
3. EIMAS(Efficient and Intelligent Multi-Agents System)

제안하는 EIMAS 는 Java-Multi-Agents 시스템의 확장성을 지원하면서 이용 가능한 자원 활용도를 높일 수 있는 다중 에이전트(Mobile multi-Agents) 시스템 프



[그림 2] 시스템의 구성

래임워크이다. EIMAS 의 가변적인 계층구조는 GIS 그룹과 Application 그룹에 확장성과 유연성을 부여고 이러한 구조적 특성은 자원 탐색 시간과 응답시간의 향상을 가져오고, 사용자 요구의 복잡도에 따르는 응용프로그램들의 병렬성 따라 런타임 수행환경을 구성하도록 함으로써 분산, 병렬 프로그램을 효율적으로 수행할 수 있다. 또한, 서비스의 복잡도를 에이전트의 프로그램의 자율성(Autonomy), 지능(Intelligence), 이동성(Mobility), 사교성(Social Ability)등의 특성을 이용하여 지원할 수 있다. 다중 에이전트 시스템(Multi-Agent System)은 GIS 시스템과 Application 시스템들의 플레 이스 위에서 가동되는 여러 개의 에이전트들 간의 협력 메커니즘을 제공하고, 이 협력을 위한 효과적인 통신 방법을 구성할 수 있다. Mobile-Agent 를 기반으로 하는 작업 수행 플로우 는 기존의 네트워크 프로그래밍에 비해 네트워크 부하를 줄인다는 장점을 갖는다.

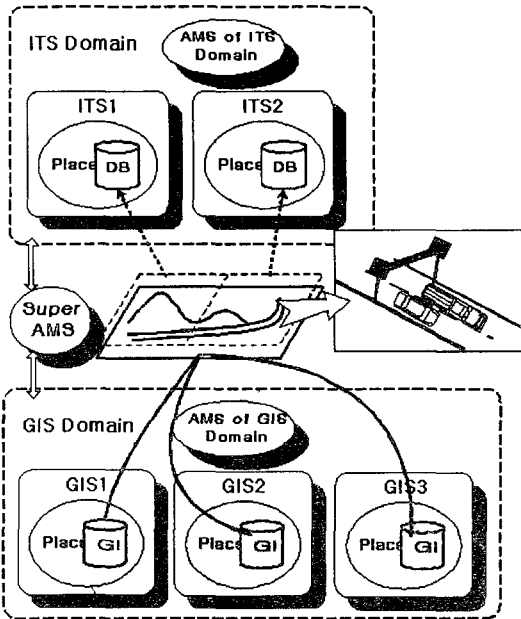


[그림 3] ED 모델

EIMAS 의 기본 구성요소는 각 도메인에 정적(static)으로 상주하는 AMS(Agent Management System)와 작업 수행 에이전트, 시스템 노드로 구분된다. 클라이언트가 사용자 인터페이스 에이전트를 통해 AMS 에게 작업을 의뢰하면 도메인 내의 시스템 노드의 정보를 보유하고 에이전트의 life-cycle 을 관리하는 AMS 는 수행 가능한 노드들을 그룹핑하고, 필요한 에이전트를

생성하여 시스템 노드들에 일을 할당한다. EIMAS의 가변 계층구조는 하나의 그룹핑된 도메인으로 구성되는 기본적인 SD(Single Domain) 모델과 여러 개의 도메인들이 일련의 작업을 수행하기 위하여 협력하는 확장된 ED(Extended Domain) 모델을 제공한다[그림 3].

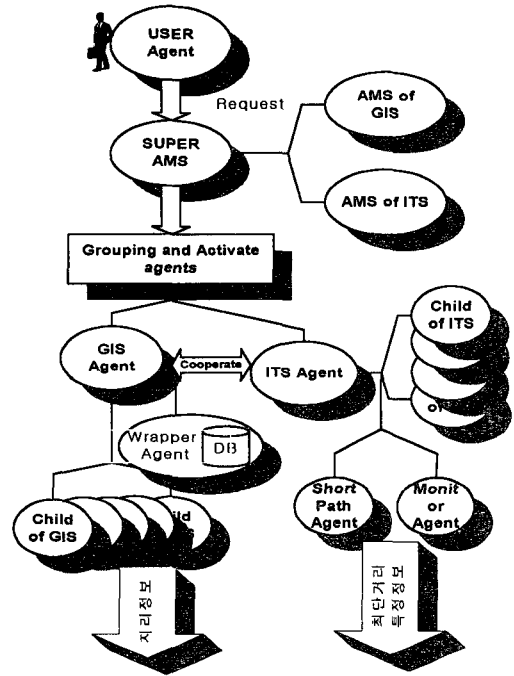
통합 플랫폼으로서 EIMAS 시스템의 수행 능력을 효율성을 수치적 모델링을 통해 평가 하기 위하여 가상의 GIS 시스템과 Application 으로 ITS 서비스를 구성한다. ITS는 실시간 도로 상황에 따른 최단 거리 계산 서비스를 제공한다. GIS 시스템 노드들과, ITS 노드들을 각각 하나의 도메인으로 그룹핑하여 도메인을 구성하고 이 도메인의 AMS에 각 노드들의 정보가 등록된다. UA(User Agent)가 요청하는 워크에 따라 AMS는 도메인 내에 각 노드들의 정보를 이용하여 가장 효과적인 수행을 위한 재그룹핑을 하고 워크를 할당한다.



[그림 4] EIMAS 실험 시스템 구성

구체적인 시스템 구성을 위하여 GIS와 ITS 시스템을 다음과 같이 구성한다. 한 지역의 지리 정보를 가지고 있는 GIS 그룹은 GIS1, GIS2, GIS3로 구성되고 이들은 지역의 지형, 건물, 도로, 도시 기반 시설의 정보를 가지고 있으며 에이전트가 활동하는 플랫폼을 제공하는 시스템들이다. 이 지역의 지역 1의 실시간 도로 상황 정보를 가지는 ITS1과 지역 2의 실시간 도로 상황 정보를 가지는 ITS2가 ITS 도메인을 이루고 있다. GIS1과 ITS1은 각 도메인의 AMS로서 정적으로 상주하는 AMS Agent가 있으며 도메인 노드 시스템들에 관한 정보를 보유하고 있다[그림 4]. 플랫폼은 ITS 서비스를 위한 에이전트들의 구동에 필요한 클래스 형태의 정보를 가지고 자바 가상 머신 위에서

에이전트가 생성, 동작, 소멸하기까지의 일련의 과정이 이루어지는 에이전트 활동 공간을 구성한다. 가정된 시스템 설계의 위상에서 에이전트의 워크 플로우 는 다음과 같다. 사용자 요청에 따라 SAMS(Super AMS)는 각 도메인의 AMS의 노드들의 자원 정보에 따라 해당 자원이 있는 노드들을 다시 그룹핑하고 워크를 할당한다. 워크를 위하여 생성된 에이전트들은 해당 자원이 있는 시스템으로 이동하여 컴퓨테이션을 수행한다. 수행된 결과는 SAMS가 수집하여 사용자에게 전달한다[그림 5].



[그림 5] 에이전트 워크 플로우

기본적인 Mobile, Multi-Agent 클래스에 GIS와 최단 거리 측정 ITS 서비스를 위한 에이전트 클래스를 구성은 다음과 같다.

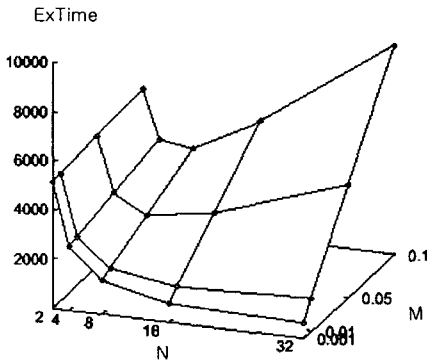
- GIS 도메인
 - GIS agent - 최단 거리 측정 위치 참조에 따라 가시화 되어야 하는 지리 정보를 찾아 구성한다.
 - Wrapper Agent - 참조 되어야 하는 지리 정보 객체에 대한 Query를 번역하여 각기 다른 GIS 시스템 상에서 Local Query language를 이용할 수 있다.
- ITS 그룹
 - ITS agent - 사용자 에이전트의 요청으로 생성되어 최단 거리 측정에 필요한 에이전트를 가동시키고 결과 인자를 넘겨준다.
 - Monitoring agent - 최단 거리 측정 위치를

전달 받아 지역 도로 망에 위치한 센서들로부터 입력을 모니터 한다.

- Short path agent - 실제 지리상 최단거리와 도로 상황이 가중된 최단거리 알고리즘을 적용, 계산한다.

추가된 에이전트 클래스는 기본적인 Mobile Multi-Agent 클래스를 상속 받아 구성되어 해당 도메인 내에서 자율적으로 차일드 에이전트(Child agent)를 생성할 수 있고 AMS의 로드 밸런스에 따라 워크 노드로 이동해 할당된 자원을 활용하여 계산을 수행한다.

실험은 90,000x90,000 픽셀을 가지는 추상화 된 지리정보로 가정하였다. EIMAS의 ED 모델에서 분산, 병렬처리를 수행하는 다중 에이전트의 성능평가는 수치 모델의 실험을 통하여 전체 수행시간에 영향을 미치는 주요 요소들의 분석에 따르면 도메인과 워커 에이전트의 수, 그리고 이들 간에 상호 통신 비용이 최적화를 위하여 고려되어야 할 주요 요소로 분석되었다[7], 이 분석 모델을 기반으로 가정된 지리정보에 질의 크기(M)가 전체 맵의 0.1%, 1%, 5%, 10%이고 ITS의 Child 에이전트의 개수(N)가 2, 4, 8, 16, 32 이고 지역을 N 등분한 영역의 워크를 할당할 때, SAMS가 결과를 수거하는 데까지 걸리는 수행시간(ExTime)은 다음 [그림 6]과 같다. 이 때, 참조 지리정보에 따른 참여 시스템을 그룹핑하여 관련 없는 시스템의 자원 탐색시간을 줄였으며 DB는 추상화된 수치로 대표된 지리정보의 검색과 추출시간은 상대적으로 일정하다고 가정하였다.



[그림 6] 수행 실험 결과

M=0.01 일 때 수행시간은 위 표에서와 같이 N=8 일 때 가장 낮지만, N이 더 증가함에 따라서 에이전트들 사이에 통신비용이 증가하므로 더 이상의 성능 개선이 없다. 수행시간 평가에 있어서 수치 분석을 위한 단일 구조의 지리 정보를 가정하였으므로 다양한 실제 Spatial 지리객체의 특성이 반영되지 않았다. 그러나 EIMAS의 효율적인 워크 플로우 생성과 그룹핑 미커니즘의 구현에 필요한 주요 요소들을 가변 계층 구조에 적용할 수 있도록 모델링 하였다.

4. 향후 연구 계획 및 결론

구현된 EIMAS를 개선하고 평가하기 위한 향후 연구는 다음과 같다.

- 응용 모델과 알고리즘의 개발
실시간 최단 거리 측정 수행을 위해 기존 실거리 최단 경로 결정 알고리즘에 시간에 따라 변하는 도로 정보가 가중된 최단 거리 측정 알고리즘을 적용하였고 ITS, UMS 등의 다양한 GIS 활용을 연동하는 응용 모델과 응용 에이전트 기술을 개발한다.

- 에이전트 클래스 개발
EIMAS에서 에이전트 사이에 효과적인 협력 메커니즘을 개발하고 그 통신 방법을 선정하며, 통신을 위한 ACL(Agent Communication Language)를 개발한다.

- 다양한 시스템 구성의 성능 연구
ITS와 GIS 시스템 구성의 변화에 따른 서비스 지원 성능을 비교, 분석하여 EIMAS 플랫폼 상에서 주어진 워크를 수행하는데 시스템 구성이 미치는 영향을 연구한다.

EIMAS는 Java Mobile Agent와 Multiple Agent System으로 GIS와 ITS 그룹에 확장성과 유연성을 부여하고 응용 프로그램의 수행을 위한 에이전트 사회를 구성하여 GIS와 ITS 제어 응용을 효율적으로 수행해 내는 플랫폼으로 구성할 수 있다.

참고문헌

- [1] Anand R, Tripathi, Neeran M, Karnik, Manish K, Vora, Tanvir Ahmed, Ram D, Singh, "Mobile Agent Programming in Ajanta", <http://www.cs.umn.edu/Ajanta>.
- [2] FIPA, "Agent Management," FIPA '98 version 1.0, <http://www.fipa.org/spect/fipa98.html>, Sep. 1996.
- [3] 강신봉, 최윤철, "지리객체의 계층구조화에 기반한 지리정보시스템의 설계 및 구현," Journal of KISS(C) : Computing Practices v. 3, 1, pp.1-14, Feb., 1997.
- [4] 이기원, 이종훈, 양영규, "웹기반 가상 지리정보시스템의 시설물 관리 응용," 한국정보처리학회 '99 추계 학술발표논문집, v. 6, n.1, pp.105-108, 1999.
- [5] 이춘근, 김기완, 김정원, 정기동, "병렬 디스크 시스템에서 GIS, 데이터 배치기법," 한국정보처리학회 '99 추계 학술발표논문집, 04, v. 6, n. 1, pp.131-134, 1999.
- [5] D. B. Lange and D. T. Chang, IBM Aglets Workbench : Programming Mobile Agents in Java, A White Paper, IBM White paper, <http://www.trl.ibm.com.jp/aglets/whitepaper.html>, Sep. 1996.
- [6] J. MA and J. Liu, "AADCS : Multi-agent system framework on the Web," Asia Pacific Web conference '98, pp.141-150, 1998.
- [7] Sang-Koum Roh, Nam-Hee Kim Shin-Dug Kim, "An Internet Computing Platform based on Multiple Agent Systems," Las Vegas, PDPTA'2000, pp.108-111, June, 2000.