분산형 수치지도의 설계와 구현

A Design and Implementation of Distributed Object-Oriented Digital Maps

황철수
서울대학교 국토문제연구소, 연수연구원 (cshwang@plaza.snu.ac.kr 02-880-6358)

1. 서론

1) 연구목적

최근 NSDI(National Spatial Data Infrastructure)의 구축은 수치공간자료를 네트워크 상의 접속결절망(Clearinghouse)을 통해 접근하려는 방향으로 진행되어 궁극적으로 지리 정보가 공공 정보(Public Accessible Information)로 발전하는 계기가 되고 있다. 또한 개방형 지리정보시스템(Open GIS)에서 핵심적으로 다루어지고 있는 상호운용성(Interoperability)에 관한 연구는 최근 지리정보과학 분야에서 정보의 분산화를 기본 방향으로 인식시키는데 중요한 역할을 하고 있다. 이러한 맥락에서 향후 수치공간자료와 공간분석기능의 가용성·접근성·상호운용성이 지리정보과학 연구에서 주요한 연구주제로 혹은 기본적 틀로 인식될 것으로 예측되며, 수치공간자료와 공간분석기능의 구체적 형식이라 할 수 있는 수치지도 역시 이러한 특성을 반영하는 방향으로 발전할 것으로 판단된다.

본 연구는 최근의 연구 동향으로 미루어 지리정보의 공유가 장차 지리공간자료 뿐 만 아니라 공간분석기능의 공유로 발전할 것이란 전제 아래 우리 나라의 수치지형도를 연구대상으로 선정하여 이를 분산환경에서 공유하기 위한 방법을 개발하는데 그 목적을 두었다. 그리고 실험적 원형 시스템(Pilot Testbed System)에서 공간분석기능의 한 유형으로서 지도 일반화 기능을 선정하여 공간분석기능의 분산화와 상호운용성을 실험하고 이를 통해 공간분석기능의 공유 가능성과 그 개발 방법을 검증하였다. 특히 일반의 접근이 가능하도록 지리자료와 분석기능의 공유 환경을 구성하고, 지리자료와 분석기능의 처리과정에 객체지향 접근을 통한 정보은폐(Information Hiding) 개념을 도입하여 사용자의 개입이 최소화되고 확장성이 내재되도록 실험적 시스템을 설계하였다. 본 연구에서 목표로 하는 지리정보의 공유는 단순히 파일 전송을 통한 물리적 파일의 공유 단계가 아니라 장차의 발전 모형으로 예측되는 자료와 기능의 분산화를 통한 프로세스 공유 단계에 초점을 맞춘 것이다. 이 연구를 통해 구현되는 실험적 시스템은 향후 본격적으로 연구가 진행될 공간정보 공유의 설계와 개발 과정에 구체적인 모형으로써 참고될 수 있을 것이다.

2) 연구내용과 방법

본 연구의 내용은 크게 지리공간자료와 공간분석기능을 공유하기 위한 기존의 기술을 검토하여 현재 가장 실용가능하고 효율적인 방안 또는 시스템을 도출하는 과정과 이 과정을 통해 도출된 대안에 따라 실험적 시스템을 완성하는 단계로 구분된다. 후자의 시스템 구현 단계는 이 연구의 핵심적 내용으로 다음의 세 부분-즉, 1) 연구자료인 수치지형도를 구성하고 있는 지도 사상을 자료변환과정을 통해 상호운용성이 내재된 공간객체(Interoperable Spatial Objects)로 재구성하는 부분, 2) 객체로 전송된 지도 사상에 적용하여 축척 변환을 유도할 일반화 규칙을 설정하고 이를 상호운용이 가능한 분산형 모듈로 개발하는 부분, 3) 클라이언트/서버 모델을 따르는 실험적 원형 시스템(Pilot Testbed System)인 분산형 수치지도 시스템을 구현하는 부분-으로 구성된다.

본 연구에서는 객체지향적 접근방법(Object-Oriented Approach)을 수용하여 수치지형도의 지도사상과 일반화 분석 기능을 객체로 구성하여 분산 환경에서 처리하도록 설계하였다. 따라서 공간객체(혹은 클래스)는 캡슐화(Encapsulation), 다형성(Polymorphism), 클래스 구조(Class Hierarchy), 상속(Inheritance) 등의 객체지향적 구조를 엄밀하게 따른다. 설계된 공간정보 객체를 실제로 분산처리가 가능하도록 구현하기 위한 개발 도구로 자바(Java)를 사용하였다. 자바는 네트워크로 연계된 이질적 분산 환경(Heterogeneous, Network-wide Distributed Environments)에서 프로세스를 처리할 수 있도록 설계되었기 때문에 어떠한 하드웨어와 소프트웨어 플랫폼에서도 실행 가능하다는 장점이 있다. 서버에서 자바 원시 코드(Java Source Code; .java files)로 작성된 공간정보 객체는 자바 컴파일러를 통해 바이트코드(Bytecodes; .class files)로 변환되고 이 바이트코드는 네트워크를 통해 전송된 후 클라이언트의 자바 가상머신을 통해 해석되고 수행된다.

2. 공간자료 변환과 공간객체 개발

수치지형도를 구성하고 있는 지도사상들을 객체화하기 위해서 먼저 수치지형도의 자료모형의 특성을 기술하고 분석하였다. 즉, 스파게티 형식의 벡터자료로 분류할 수 있는 수치지형도는 지도사상의 분류체계가 명확하게 속성을 정의하거나 계층성을 확보하고 있지 못하고 있다. 그것은 현재 우리 나라 수치지형도의 자료모형이 기존의 아날로그 지도 제작 방식을 디지틀 환경으로 전환하면서 개발된 모형이기 때문이다. 실제 캐드 방식의 자료모형을 갖는 수치지형도는 단순히 그래픽 속성을 갖는 레이어를 통해 공간자료를 저장하는 형식을 취하고 있기 때문에, 하나의 지도사상이 여러 개의 구성단위로 구분되어 관리되고 공간벡터자료와 속성자료가 혼합된 특성을 갖는다. 이러한 특성을 갖는 수치지형도의 자료형식은 단순히 지도제작을 목적으로 한 출력기능에는 적합하지만 이를 공간분석에 적용하기에는 비효율적인 구조이다. 따라서 본 연구에서는 우선 그래픽 레이어로 구성된 원래의 수치지형도 사상을 자료변환 절차를 통해 공간자료와 속성자료가 구분된 자료모형으로 재구성하였다. 그 다음 중간단계로 변환된 공간벡터자료와 속성자료를 이용하여 수치지형도를 3 단계(지도→레이어객체클래스→공간객체클래스)의 계층적 모형으로 구분하여 수치지형도 객체로 구성하였다. 수치지형도 객체는 실제 지도사상의 유형을 중심으로 하천레이어, 도로레이어, 등고선레이어, 행정경계레이어 등으로 분류하였다. 이렇게 분류된 레이어를 객체로 구성하기 위해 우선 수치지형도의 공간원형클래스로 각각 점클래스(Point Class)와 선클래스(Line Class)를 구성한 다음 이를 이용하여 공통선레이어클래스(Line Layer Class)를 정의하고 이 클래스를 인스턴스로 받아 레이어객체를 구성하였다. 또한 각각의 레이어 객체에 대해 속성객체를 독립적으로 구성하여 향후 속성이 추가될 경우 확장이 편리하도록 설계하였다. 한편 이러한 수치지형도 레이어 객체는 일종의 유틸리티 클래스(그림 1, *DMapDrainBuild*)를 통해 일괄적 처리기법(Batch Processing)으로 개발된다.

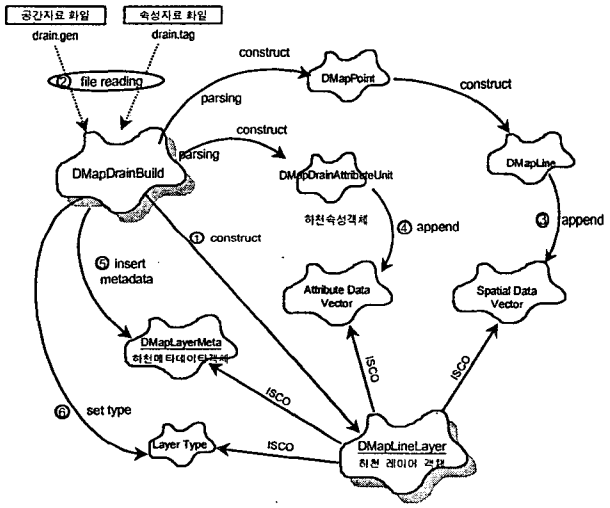

그림 1. 하천레이어 객체의 개발 과정

한편, 레이어 객체들로 구성된 도엽 단위의 수치지형도를 관리하기 위해 객체화 과정을 거친 각각의 레이어들을 객체 직렬화(Object Serialization)를 통해 물리적 파일 형태로 저장하였다. 이를 통해 공간자료와 속성자료를 그대로 유지시킴으로써 동일한 자료에 대해 원자료의 변환과 객체화 과정이 생략될 수 있다. 이러한 방식은 클라이언트로부터 다중 접속이 발생할 때 서버에서 수행해야 하는 프로세스를 감소시켜 그만큼 분산처리의 효율성을 향상시킨다. 또한 이와 같이 객체 직렬화를 통해 저장된 레이어 객체들을 해당 수치지형도의 도엽번호를 식별정보로 이용한 이른바 '레이어 객체 디렉토리' 아래에 구성함으로써 단순히 수치지형도를 하나의 파일구조로 관리하는 원시적 형태에서 DBMS와 같은 미들웨어를 통해 데이터베이스의 성격을 갖는 관리 모형으로 발전될 수 있다. 이러한 관리구조는 특정한 공간사상을 갱신하거나 편집할 때 해당 정보에 대해서만 질의가 가능하기 때문에 효율적이다(그림 2).

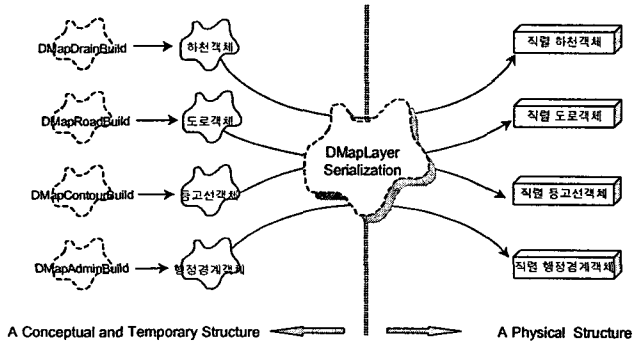

그림 2. 수치지형도 레이어 객체의 직렬화

3. 분산형 지도 일반화 모듈의 개발

지도 일반화 규칙은 수치지형도를 재구성한 레이어 객체를 대상으로 공간자료객체와 속성자료객체에 대해 'if-then' 방식으로 설계하였다. 일반화 과정은 크게 개념적 모형에서 조건의 구성요소 가운데 실재·범위·값과 같은 요인을 기준으로 공간사상을 선택적으로 제거하여 공간자료의 변환을 유도하는 과정과 수학적 모형에 따라 기하학적 단순화가 적용되는 과정으로 구분된다. 이와 같이 설정된 일반화 규칙은 분산형의 클래스모듈로 구성되어 서버에 저장되고, 사용자의 요구에 따라 클라이언트로 전송되어 레이어객체를 입력자료로 받아 적절하게 일반화 규칙을 적용한 다음 원래의 레이어객체를 변환시킨다.

이와 같이 개발된 일반화 클래스는 수치지형도의 레이어 객체에 따라 각기 다른 일반화 규칙을 적용할 수 있다. 이를 위해 일반화 클래스의 실제 메소드(Methods)는 사용자가 보낸 동일한 일반화 메시지(Message)에 대해 레이어 객체의 특성에 따라 적합한 메소드가 연계될 수 있도록 중복정의(Overload)하였다. 이렇게 중복정의에 의해 다형성(Polymorphism)을 갖는 일반화 클래스는 다양한 공간객체에 대해 공통적인 인터페이스를 제공하기 때문에 그만큼 사용자는 일반화 모듈에 접근하기 용이하다. 또한 일반화 클래스는 단계별로 필요한 처리과정을 프로세스의 처리 단위가 작은 유틸리티 클래스(Lightweght Component Class)를 이용하는 방식으로 설계되었기 때문에 향후 일반화 모듈을 확장하여 개발하기 편리한 구조를 갖는다. 그리고 일반화 클래스는 클라이언트에서 수행되는 다른 응용 시스템의 프로세스 제어(Control)에 영향을 미치지 않도록 쓰레드 기법(Threads of Control)으로 개발되었다. 따라서 하나의 공간연산이 종료되기 전에 다른 공간연산을 수행할 수 없는 지금까지의 개발 방식과 다르게 쓰레드 기법은 방대한 공간자료에 대해 공간연산을 시도할 때 운영체제에 관계없이 동시에 다양한 작업을 지원할 수 있기 때문에 시스템의 완성도를 향상시킬 수 있다(그림 3).

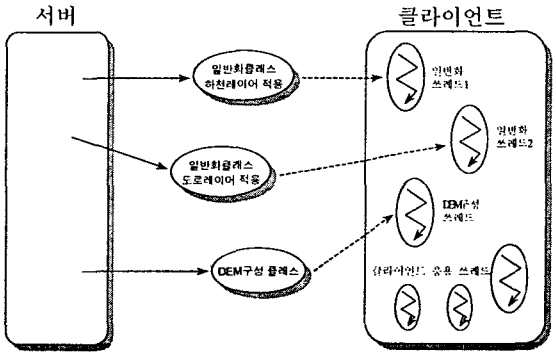

그림 3. 쓰레드를 적용한 일반화클래스의 프로세스 제어

4. 분산 객체지향 수치지도 구현

인터넷으로 상호 연계된 분산 네트워크 환경에서 WWW 인터페이스를 기초로 본 연구에서 실험적으로 구현한 분산형 수치지형도 시스템은 기본 구조가 미들웨어를 포함시키지 않은 두 단계(2 Tier)의 클라이언트/서버 방식으로 구성되었다. 먼저 본 연구에서 구현한 분산형 수치지형도 시스템은 1:5000 지형도 도엽을 공유의 단위로 설계되었기 때문에 사용자가 특정한 수치지형도를 검색하기 위해 사용자 인터페이스로 웹을 활용한 공간정보일람시스템(Spatial Browsing System)을 개발하였다. 즉, 공간정보일람시스템은 우리나라의 지도분할 방식과 도엽번호체계에 따라 참조 이미지를 행정구역을 기초로 개발한 다음 이를 이용하여 이미지 맵(Image Map) 방식으로 구현되었다. 특히 본 연구에서 개발한 이미지 맵 방식은 HTML과 CGI를 이용하지 않고 자바의 애플릿 방식으로 구현하여 서버에 프로세스를 가중시키지 않는다는 장점을 갖는다. 또한 이미지 맵 애플릿은 툴팁(Tool Tips) 형식으로 도엽명과 도엽번호와 같은 부가적 정보를 제공할 수 있는 방법을 제공하여 효과적으로 사용자가 원하는 수치지형도를 검색할 수 있으며, 툴팁에 포함되는 정보를 필요에 따라 변경할 수 있도록 설계하였다. 이와 같이 색인시스템을 통해 검색된 수치지형도는 레이어 객체 단위로 서버의 레이어 객체 디렉토리로부터 클라이언트로 전송된다. 이때 레이어 객체를 클라이언트에서 처리하기 위한 수치지형도 사용자 인터페이스 클래스가 애플릿 방식으로 동시에 전송되어 실제 사용자는 GUI를 통해 수치지형도 객체와 일반화 클래스를 조작할 수 있다.

위의 실험적 시스템은 전통적인 클라이언트/서버 방식과 다른 특성을 갖는다. 즉, 지금까지 대부분의 응용 시스템에서는 서버에 프로세스가 집중되고 클라이어트와 서버 사이의 네트워크 통신량이 과중하게 발생하여 시스템의 효율성을 저하시켰다. 본 연구에서는 실제 공간분석이나 자료처리에 관련된 프로세스를 서버에서 클라이언트로 전송하여 최대한 클라이언트의 자원을 최대한 활용하는 방법을 통해 이러한 단점을 극복하였

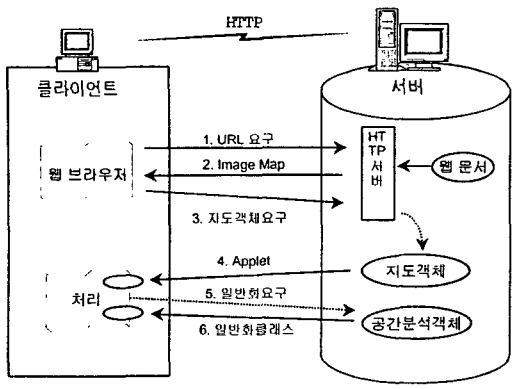

그림 4. 전체 시스템 개략 구성도

다. 또한 이러한 방식은 클라이언트와 서버간의 연결이 단지 클라이언트가 서버와 통신할 때만 유지되기 때문에 서버와 클라이언트 양자의 보안을 향상시킬 수 있다. 그것은 클라이언트와 서버 사이에 발생하는 상호 트랜잭션의 빈도가 낮을수록 분산처리시스템에 간섭 혹은 방해가 발생할 가능성이 낮기 때문이다. 한편, 클라이언트에 전송된 수치지형도 애플릿은 크게 사용자 인터페이스 모듈, 수치지형도 레이어 객체 모듈, 일반화 처리 모듈로 구성되는데, 특히 수치지형도 레이어 객체 모듈은 사용자 인터페이스 모듈의 하위 모듈 가운데 디스플레이 모듈과 '모형-관찰 패러다임'으로 연계되었다. 이렇게 모형-관찰 방식을 채택함으로써 수치지형도 레이어 객체에 발생하는 어떠한 조작이나 변화에 대해서도 사용자가 가시적으로 신속하게 확인할 수 있다.

5. 결론

이 논문은 지리공간자료와 공간분석기능을 포괄한 지리정보의 공유를 구현하기 위해 실험적 모형을 제안한 연구이다. 이를 통해 무엇보다 지금까지 지리공간자료에 한정되었던 지리정보 공유에 관한 연구를 공간분석기능까지 확장시킬 수 있는 방안이 제시되었다. 개념적 차원에서는 지도일반화를 통해 아직까지 추상적 논의에 머무르고 있는 개방형 GIS의 서비스 모형의 구체적 사례를 설계하고 구현하였다는데 의미를 갖는다. 따라서 이 연구는 이후 개방형 분산지향 GIS의 개발원형(Prototype)으로 혹은 컴포넌트 GIS의 모형으로 발전될 수 있다고 판단된다. 또한 기술적 측면에서는 분산 지향적 지리정보의 상호운용성을 설계·구현하는데 객체지향 개념이 효과적인 방법론으로 적용될 수 있음을 확인하였다. 즉, 특정한 지리공간자료와 공간분석기능이 객체 지향적 분석·설계·개발의 장점, 예컨대 재사용성, 확장성, 독립성 등을 갖는 조작 가능한 객체로 재구성되기 때문에, 분산 환경에서 사용자의 요구에 따라 편리하게 상호 결합(Coupling)될 수 있다. 다른 측면에서는 수치지형도객체와 일반화 분석모듈을 동시에 구성함으로써 수치지도가 이른바 '자급능력을 갖춘 공간자료(Self-sufficient Spatial Data)'의 모형으로 발전할 수 있는 가능성을 제시하고 있는데 이것은 이후 지도의 기본적 특성을 변경시킬 수 있는 중요한 개념 가운데 하나로 작용할 수 있다.

위와 같은 개념적 학술 성과와 함께 본 연구는 다음과 같은 구체적인 실용적 성과를 갖는다. 우선, 현재 국가적으로 추진되어 구축되고 있는 수치지형도를 효율적으로 활용하기 위한 모형으로서 갖는 의의이다. 그것은 웹을 기반으로 하는 분산형 수치지형도 시스템의 특성상 공공적 접근을 용이하게 보장함으로써 그만큼 효과적으로 수치지형도를 유통시킬 수 있기 때문이다. 다음으로, 본 연구에서 수치지형도를 웹을 통해 상호운용성을 갖는 분산객체로 구성하기 위해 현재의 스파게티형의 단순 수치지형도 모형을 자료의 손실없이 객체지향형의 자료모형으로 변환한 것은 이후 수치지형도의 자료모형을 향상시킬 때 하나의 참조모형으로써 검토될 수 있다. 또한, 레이어 단위로 구성된 수치지형도 관리 모형은 현재의 도엽단위 모형에 비해 관리단위가 세밀하기 때문에 그만큼 편집·갱신·관리가 편리하고 여러 가지 사용자의 요구에 유연하게 대처할 수 있는 환경을 제공한다.

참고문헌

Becker, L., Voigtmann, A., and Hinrichs, K.H., 1996, "Developing Applications with The Object-oriented GIS-kernel GOODAC," in Kraak, M.J. and Molenaar, M. (eds) *Advances in GIS Research II*, Talor & Francis: Lodon, pp. 227-244.

Booch, G. (2nd ed.), 1994, *Object-Oriented Design with Applications*, Benjamin/Cummings: Redwood City, California.

Buttenfield, B.P., 1995, "Object-Oriented Map Generalization: Modeling and Cartographic Considerations," in Müller J.C., Lagrange, J.P. and Weibel, R. (eds) *GIS and Generalization: Methodology and Practice*, Taylor & Francis: London, pp. 91-105.

Edsall, R. and Peuquet, D., 1997, "A Graphical User Interface for The Integration of Time into GIS," *in ACSM/ASPRS Annual Convention & Exposition Technical Papers*, Apr. 7-10, 1997, Seattle: Washinton, Vol. 2, pp. 182-189.

Gardels, K., 1996, "The Open GIS Approach to Distributed Geodata and Geoprocessing," *in the Proceedings of the Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling,* Jan. 21-25, 1996, Santa Fe, NM, USA.

Kösters, G., Pagel, B., and Six, H., 1997, "GIS-Application Development With GEOOOA," *International Journal of Geographical Information Science*, 11(4), pp. 307-335.

Open GIS Consortium, 1996, *The OpenGIS Abstact Specification: An Object Model for Interoperable Geoprocessing (Revision 1)*, Open GIS Consortium, Inc., OpenGIS Project Document Number 96-015R1, *http://www.opengis.org/techno/guide.htm.*