

3차원 공간정보시스템 데이터의 효율적 전송을 위한 세밀도 모델

이현숙* · 문정욱** · 이기준***

Level of Detail Data Model for Efficient Data Transmission of 3-D GIS

Hyun-suk Lee* · Jung-wook Moon** · Ki-joune Li***

요 약

3차원 공간정보는 2차원에 비해 공간적 현실감이 뛰어나기 때문에 최근 경관분석, 도시계획 및 웹(Web)을 통한 지도 서비스 분야 등에서 이에 대한 관심이 증가하고 있다. 3차원 공간 정보는 기하학적 특성상 2차원 공간정보에 비해 데이터 양이 크다. 그러므로 데이터 전송과 시각화를 위한 보다 효율적인 방법이 필요하다. 시각화 분야에서 이미 많은 연구가 진척된 세밀도 개념은 이를 해결하기 위한 효과적인 방법이다.

본 연구에서는 국제 표준 공간 데이터 모델을 기반으로 데이터 전송에 있어서 효율적인 두 가지 세밀도 모델을 제시한다. 첫 번째는 객체 단위에 세밀도 단계를 부여하는 객체단위세밀도 모델이고, 두 번째는 객체를 이루는 구성요소에 세밀도 단계를 부여하는 요소선택세밀도 모델이다. 본 논문에서는 제시된 위 두 가지 세밀도 모델을 이용하여 데이터 전송의 효율성을 비교해 보았다.

주요어 : 3차원 공간정보시스템, 데이터 전송, 세밀도

ABSTRACT : 3D spatial data are of increasing interest in landscape analysis, urban planning and map services based on Web, because of its reality. But the amount of 3D spatial data are very large in comparison with 2D spatial data. Therefore it is necessary to have a efficient methods to transfer and visualize 3D spatial data. The concept of Level of Detail in Computer Graphics is effective. This paper briefly presents two LOD data models of data transmission based on the spatial data model of international standards. First, it is

*부산대학교 지형정보협동과정 석사과정

**부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정

***부산대학교 컴퓨터공학과 교수

separated LOD model that gives a LOD level to object. Second is Selective LOD model that gives a LOD level to object's element. We compared the efficiency of 3D data transmission based on two LOD model.

Keywords : 3D GIS, data transmission, level of detail

1. 서 론

평면적인 2차원 공간정보에 비해서 현실감이 높고 공간분석이 용이한 3차원 공간정보는 수많은 응용분야에서 보다 효과적인 사용 및 분석 결과를 제공하고 있다. 최근 이동통신사에서는 휴대폰 기반의 2차원 평면영상의 길 안내 서비스뿐만 아니라 교차로, 교량, 그리고 지하철도 등 주요 지점에 대한 실감나는 3차원 입체 영상을 통한 안내 서비스를 제공하고 있으며, 경관분석, 도시계획, 웹 기반 지도 서비스 분야에서도 그 필요성이 높아지고 있다.

이와 같은 다양한 분야에서의 3차원 공간정보 사용의 증대로 인하여 응용분야 간의 상호 운영성(interoperability)을 위한 데이터 모델 개발은 필수적인 쟁점으로 떠오르고 있다(Wenzhong SHI et al. 2003). 응용 분야별로 다양하게 개발된 여러 가지 시스템과 데이터 포맷 그리고 개념적 모델은 서로가 상호보완적으로 사용되는 것을 방해한다. 이러한 응용분야간의 상호 운용성 문제는 의미적, 구조적, 체계적인 단계에서의 공통적 모델과 구조를 제시하는 것으로 극복될 수 있다(T.H. Kolbe and G. Gröger, 2003). 이러한 이유로 국제 표준

에 기반한 3차원 공간 정보 구축 및 시스템 구축은 추후에 구축 될 데이터 및 시스템과 호환이 가능하게 하는 좋은 방법이다. 상호 호환성을 위한 국제 표준의 활용 이외에도 2차원 데이터에 비해 상대적으로 더욱 비대해진 3차원 공간정보를 효율적으로 처리하기 위한 방법 또한 3차원 공간정보를 활용하는 모든 응용 분야 및 시스템에 필수적인 요소라 할 수 있다.

컴퓨터 그래픽 분야에서는 대용량 3차원 데이터를 효율적으로 시각화하기 위해 이미 오래 전부터 많은 연구가 진행되어 왔다. 세밀도(Level of detail)는 이러한 방법들 중의 하나이며 1976년에 James Clark이 다양한 해상도에서 장면 내부의 객체를 표현하는 것의 이점을 기술하면서 제시되었고 이후 많은 연구가 진행 중이다(D. Luebke et al. 2002).

세밀도 개념은 가까운 객체는 자세히 표현하고 먼 객체는 세부레벨이 낮아져서 자세하지 않게 표현하는 것이다.

본 논문에서는 세밀도 개념을 이용하여 클라이언트-서버 구조의 3차원 공간정보 시스템에서 시점에 따른 객체의 변화와 이에 상응하는 정보의 전송에 있어서의 효율적인 방법을 제시하고자 한다. 다음 2장에서는 세밀도와 관련되어 기존에 연구되었던 논문들을 살펴본다. 3장에서는

기존의 관련 연구를 참고하여 효율적인 데이터 전송을 위한 두 가지 공간 데이터 세밀도 모델을 제시한다. 그리고 4장에서는 이 두 가지 공간 세밀도 모델의 데이터 전송에 있어서 효율성을 간단한 예제를 통해서 비교해본다.

2. 관련 연구

2.1 3차원 공간정보시스템에서의 세밀도 개념

3차원 GIS에 대한 관심과 필요성이 증대되면서 공간 데이터 모델과 세밀도를 적용하기 위한 방법론들이 1990년대 후반부터 본격적으로 등장하였다. 먼저 3차원 도시 모델에서의 세밀도 개념에 대하여 살펴보면(A. Köninger and S. Bartel, 1998)에서는 도시 디자인 관점에서 세밀도 매카니즘과 추상적 단계를 제시하였다. 세밀도 매카니즘은 첫째, 객체가 가까워지면 픽셀의 수가 증가하며 둘째, 같은 거리에서는 객체의 크기에 따라서 달리 보이며, 셋째, 시야각에 따라 덜 중요한 정보는 상세하지 않게, 넷째, 개별 객체에 있어서 구조, 클래스 그리고 세밀도 정보는 선택적으로 정의된다는 것을 설명한다. 여기서 제시하는 세밀도는 첫 번째 단계에서는 도시전체의 객체를 네모상자라는 추상적 단계로, 다음은 객체를 지붕과 현관을 가진 건물로 세분화하고 세 번째 단계에서 기하적 데이터로 저장 한다. 즉, 도시전체에서 도시 내부의 개별 건물로 상세한 정도를 변경시키는 것으로 세

밀도를 처리한다.

이와 유사하게(T.H. Kolbe and G. Gröger, 2003)에서는 도시모델의 표현과 다양한 축척에서 생성된 객체들의 통합을 위하여 세 가지 경우(case)의 세밀도를 제시한다. 우선 건물과 같은 하나의 객체는 각각의 세밀도 단계에서 하나의 표현만을 가지고 있다는 것과 도시의 객체들을 표현하기 위해서 도시-거리-건물로 계층화하여 전체가 유기적으로 연관되어 있는 전체 계층(total hierarchical aggregation)형성이나 도시-거리, 거리-건물 등 부분적으로 연관되어 있는 부분적 계층(partial hierarchical aggregation)형성이라는 세 가지 경우이다.

이들 논문에서는 세밀도를 도시모델 관점에서 도시와 도시내부 건물 등이 전체-부분(part-whole)또는 세밀도 집합(LOD aggregation)을 이루는 것으로 설명하지만 각 세밀도 단계간의 구조적 의존성에 대해서는 구체적 언급을 하지 않으며 단순히 피쳐 통합 모델을 설명하기 위한 기초적 개념으로서만 제시한다.

웹 기반 3차원 GIS에서의 세밀도 통합을 제시하는(V. Coors, S. Flick, 1998)에서는 시각화를 위한 렌더링 시간과 네트워크의 대역폭(bandwidth)을 고려한 3차원 공간정보의 효율적 전송을 위한 세밀도를 제시한다. JAVA와 VRML(virtual reality modeling language)를 이용하여 프로토타입을 구현하였으나 세밀도를 이용한 구체적 효율성에 대한 언급은 빠져있다. 그리고 이 논문에서는 3차원 도시 모델의 방대한 데이터양을 처리할 수 있는 면 단순화 알고리즘(polygonal surface simplification algorithms)을 이용하여 단순한 기하객체에서부터 텍

스처 정보를 이용하여 더욱 상세하게 객체의 단계를 표현하는 세밀도를 사용한다. 그러나 이와 같은 방법의 적용은 위치 좌표와 같은 객체정보의 정확도가 중요한 GIS에서는 적절하지 않다.

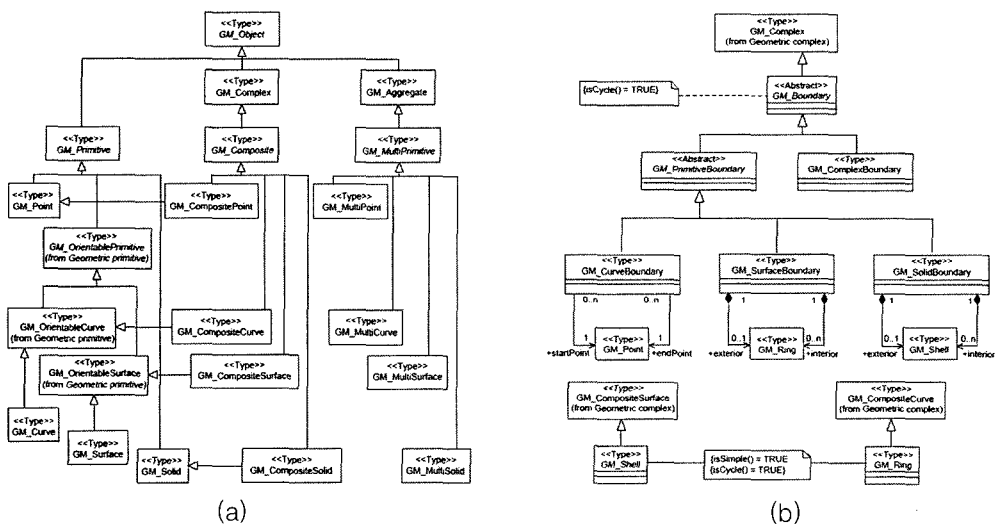
3차원 공간데이터에 대한 대부분의 연구들에서 세밀도는 도시 전체의 정경을 세분화 하는 시각화 측면을 강조하지만 객체들을 다양하게 묘사하지 못하며, 효율적 데이터 전송을 위하여 세밀도라는 개념을 사용하지만 구체적인 효율성을 제시하지 않는다.

따라서 본 연구에서는 세밀도를 이용하여 하나의 지형지물을 기하 요소(geometry element)에서부터 단계별로 표현하여 다양하게 묘사할 수 있으며 대용량인 3차원 데이터를 효율적으로 처리하기 위한 데이터 모델을 제시한다.

2.2 국제표준 공간데이터 모델

본 논문에서는 응용분야간의 상호 호환성을 고려하여 국제 표준에 기반한 세밀도 모델로 제시한다. 세밀도 데이터 모델에 들어가기 전에 우선 국제표준인 ISO 19107¹⁾ 공간스키마(spatial schema)에 대해서 살펴본다. ISO 19107은 점(point), 선(curve), 면(surface), 입체(solid)로 0,1,2,3차원 공간정보를 표현하지만 3차원 공간정보의 필수적인 요소인 세밀도에 대한 모델을 제공하지 않는다. 본 연구에서는 위의 기본적인 객체를 이용하여 세밀도 모델을 표현하므로 이에 대해서 아래의 그림 기본 기하 클래스와 경계 클래스를 바탕으로 간략히 살펴본다.

[그림 1]에서 볼 수 있듯이 점은 0차원 기하학 객체로 좌표를 가지나 경계(bound-



[그림 1] ISO 19107-spatial schema : (a) Geometry Package, (b) Boundary Class

1) 지리정보시스템(GIS) 및 관련기술의 표준을 검토하는 국제 표준화 기구(ISO)의 기술위원회인 ISO/TC211에 제안된 공간스키마

ary)는 없으며, 공간객체의 기본을 이루는 구성요소이다. 1차원 기하학 객체인 선은 curve segment로 이루어져 있으며 선의 경계는 시작점과 끝점으로 표현한다. 면은 2차원 기하객체로서 연속적인 평면을 표현하며 경계는 닫힌 선으로 나타낸다. 입체는 경계가 있는 3차원 기하 기본요소로서 3차원 공간 영역의 연결된 모양을 표현하며, 3개의 인자(x, y, z)를 갖는 직접 위치의 집합으로서 국소적으로 완전하게 실현될 수 있는 3차원 기하 기본요소이다. 입체의 경계는 입체의 범위를 포함한다. 3장에서 제시하는 세밀도 모델에서는 위의 점, 선, 면, 입체를 공간객체를 이루는 기본요소로 정의하고 이 요소들에 각각의 단계를 부여함으로써 네비게이션과 같은 3차원 GIS 어플리케이션에서 객체의 변화를 효과적으로 표현하며 데이터 전송에 있어서의 효율성을 보장하는 세밀도 모델을 제시한다.

3. 3차원 공간정보시스템 데이터를 위한 세밀도 모델

본 연구에서는 3차원 데이터의 효율적 전송을 위한 두 가지 세밀도 모델을 제시하고자 한다. 첫 번째는 객체단위 세밀도 모델이고 두 번째는 요소선택 세밀도 모델이다. 이 두 가지 모델을 설명하기에 앞서 3차원 공간정보시스템에서 세밀도의 의미에 대해서 먼저 살펴본다.

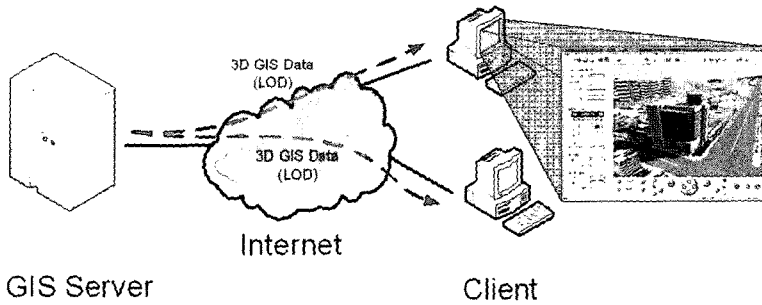
3.1 3차원 공간정보시스템과 세밀도 개념

실제로 우리가 생활하는 공간은 3차원이며, 이 공간에서 객체는 입체감과 원근감을 가진다. 3차원 공간정보시스템에서 3차원 객체를 표현하고자 할 때, 객체의 입체감과 보는 시점(view point)에 따라서 객체의 멀고 가까움을 표현하는 원근감을 표현할 필요가 있다. 즉, 가까운 객체는 높은 단계(Level)의 세밀도를 가지는 공간객체로 멀리 있는 객체는 낮은 단계의 세밀도를 가진 공간객체로 나타냄으로써 원근 세밀도(perspective LOD)를 표현한다.

원근감외에 3차원 GIS에서의 화면은 사용자의 시점에 따라 장면(scene)이 구성되고 변경된다. 즉 시점이 변경되면 구성되는 장면의 변화를 위하여 객체의 서로 다른 정보가 전송되어야 하는데, 본 논문에서는 이를 점진 세밀도(progressive LOD)라 정의한다.

객체의 입체감과 원근감 표현과 더불어 시점을 기준으로 시시각각 변하는 3차원 장면 구성을 위해서는 사용되는 객체들이 각각의 단계별로 정보를 가지고 전송될 수 있어야 한다. 이러한 원근 세밀도와 점진 세밀도를 바탕으로 서버-클라이언트 환경의 3차원 GIS를 위한 데이터의 효율적 전송을 살펴본다.

[그림 2]와 같은 네트워크로 상호 연결되는 클라이언트-서버 구조에서 모든 객체에 대한 정보는 서버에 있으며 클라이언트는 객체를 시각화하는 인터페이스를 가지고 있다. 공간객체를 시각화하기 위해서 클라이언트는 공간객체에 대한 정보



[그림 2] 3D data transmission in client-server environment

(예-속성과 세밀도 정보)를 서버에게 요청하고 서버는 요청된 정보를 클라이언트에게 전송하게 된다. 처음 정보를 전송 받은 후 다른 정보가 필요할 경우 클라이언트는 자신의 세밀도 데이터 보유현황과 현재 요구사항을 서버에게 전송하고 서버는 클라이언트에게서 받은 정보를 바탕으로 전체 데이터에서 추가 정보를 추출하여 클라이언트에게 전송하게 된다.

그러나 클라이언트-서버 구조에서 한번에 모든 단계의 데이터를 전송 받아서 3차원 공간정보를 시각화 한다면 대용량의 3차원 데이터 전송과정에서 과부하가 발생할 수 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서 제시한 점진 세밀도를 이용한 데이터 전송이 필요하다. 이러한 지속적 전송이 전송시간이나 전송량 그리고 객체의 변하는 정도를 보여주는 시각화에 있어서 효율적이다.

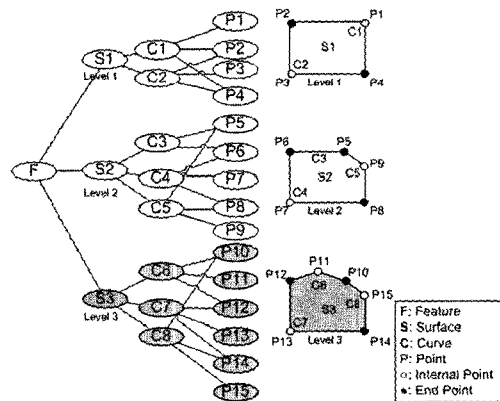
3.2 3차원 공간객체를 위한 세밀도 데이터 모델

본 연구에서는 보다 효율적인 3차원 데이터의 전송을 위하여 객체단위 세밀도 모델과 요소선택 세밀도 모델을 제시한

다. 이 장에서는 위의 두 가지 모델의 특징과 비교를 통해서 이 논문에서 제시하고자 하는 데이터 전송의 효율성에 대해서 설명한다.

1) 객체단위 세밀도 모델

객체단위 세밀도 모델은 하나의 지형지물을 표현하기 위해 세 가지 레벨의 세밀도(LOD)를 가지고 있으며, 각 레벨별로 하나의 공간객체(spatial object)를 할당한다. 이때 각 레벨별로 할당된 각각의 공간객체들은 구조적으로 서로 독립적이다. 아래 [그림 3]은 객체단위 세밀도 모델 객체 다이어그램(object diagram)이다.



[그림 3] Separated LOD data model

[그림 3]에서 지형지물F는 세 가지 레벨(Level1-3)의 세밀도(LOD)를 가지고 있다. F의 구성요소인 S1, S2와 S3는 각각 1레벨, 2레벨 그리고 3레벨을 표현하는 2차원 공간객체인 면으로서, 선과 점으로 구성된다. 이 모델은 각 레벨별 공간객체들이 하위 구성요소들을 서로 공유하지 않는 독립적인 구조로 나타난다. 이러한 공간객체들 사이의 독립성은 세밀도 모델을 이해하기 쉽게 하며, 그 구성요소간의 관계를 표현할 필요가 없으므로 3차원 공간정보의 구축을 용이하게 한다. 또한 기존의 모든 공간 데이터 모델에 세밀도를 적용할 수 있게 해준다. 다시 말해서, 각 세밀도 레벨들의 데이터들이 데이터 제작자들로부터 아무런 제약조건 없이 간단하게 구축될 수 있다는 것을 의미한다. 또한 객체단위 세밀도 모델은 그림에서 볼 수 있듯이 기본적인 아이디어가 간단하기 때문에 이해하기가 용이하며 국제표준인 ISO 19107등 기존의 공간표준 모델에 쉽게 적용될 수 있다는 장점이 있다. 그러나 이러한 구조적 독립성은 다음과 같은 문제점을 야기시킨다. 건물과 같은 공간객체는 해당하는 세밀도 레벨이 높아질수록 모양과 구조가 더욱 복잡해진다. 각 레벨별로 모양(shape)을 비교해 볼 때 서로 다른 세밀도 레벨에서 같은 모양의 구성요소가 중복되어 나타날 수 있다. 예를 들면, [그림 3]에서 1레벨의 P2에 대하여 2레벨 P6과 3레벨 P12가, P3에 대하여 P7과 P13이, P4는 P8과 P14가 중복되며, C2는 C4와 C7이, C5는 C8과 중복이라는 것을 확인할 수 있다. 이런 중복이라는 특성을 데이터 전송의 관점에서 살펴보면

다음과 같다.

클라이언트-서버 환경에서 객체단위 세밀도 모델은 클라이언트는 서버에게 1레벨의 데이터를 요구하면 서버는 이에 상응한 1레벨의 데이터인 S1을 전송하고, 클라이언트가 다시 3레벨을 요구하면 3레벨의 S3를 전송한다. 이때 1레벨의 전송 데이터인 S1의 세부구성요소 C2와 3레벨 S3의 C7이 동일한 요소라는 것을 감안한다면 클라이언트에게 동일한 기하정보가 두 번 전송된다. 즉, 클라이언트-서버 구조에서 객체단위 세밀도 모델은 공간객체의 하위구성요소인 면, 점, 선의 중복과 관련된 문제를 해결하지 못한다. 클라이언트가 다른 세밀도 레벨의 데이터를 요구할 경우, 추가 전송하고자 요소들의 기하학적 특성이 이전에 전송한 것과 같다는 것이 이 모델에는 표현되어 있지 않기 때문에 서버가 추가 데이터를 전송하는 과정에서의 데이터 중복을 막을 수 없다. 이러한 객체 단위 세밀도 모델에서 단계별로 전송되는 총 데이터 양(TotalAmountofData)을 살펴보면

$$Total\ Amount\ of\ Data = \sum_{i=1}^l n(L_i) \quad \text{식(1)}$$

위의 식(1)과 같이 설명된다. 식(1)에서 i 는 세밀도 단계를 나타내며 $n(L_i)$ 은 각 i 단계별로 전송되는 레벨별 데이터양을 말한다. 식(1)에서 전송되는 데이터양은 각 단계별로 전송되는 데이터양을 모두 합하여 전송됨으로써, 만약 각 단계별로 중복되는 데이터가 존재하는 경우에는 데이터의 양은 증가할 수밖에 없다.

2) 요소선택 세밀도 모델

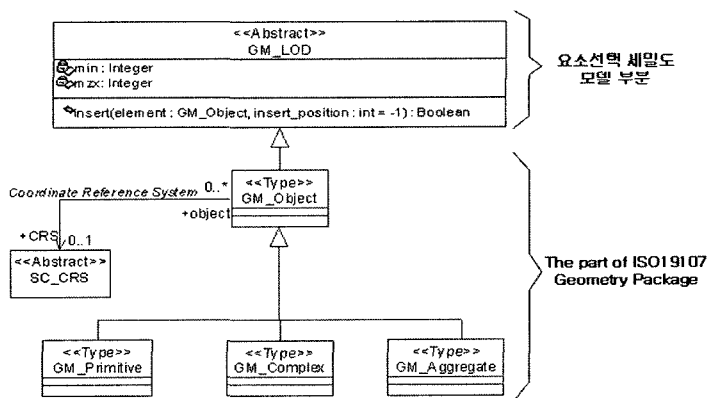
3차원 객체를 위한 개념적 모델은 많이 제시되어 있으나 공간 무결성(integrity)을 유지해야 하고 기하객체의 중복저장을 피해야 하는 조건을 충족시키기 위해서는 기하-위상적 모델을 선호한다(T.H. Kolbe and G. Gröger, 2003). 따라서 본 연구에서는 공간 무결성과 기하객체의 중복저장을 피하기 위해서 국제 표준으로 제시된 ISO 19107의 기하모델을 기반으로 하여 데이터 전송에 효율적인 요소선택 세밀도 모델을 제시한다.

본 논문에서 제시하는 요소선택 세밀도 모델은 서로 다른 세밀도 레벨사이의 동일한 좌표와 모양의 요소들을 공유할 뿐 아니라 유사한 모양의 요소들도 함께 공유하여 데이터의 중복을 더욱 줄일 수 있다.

[그림 4]는 위와 같은 기하객체의 중복저장을 회피하기 위한 기하 모델로서 ISO 19107의 기하패키지(Geometry Package)에 GM_LOD클래스를 추가하여 요소선택 세

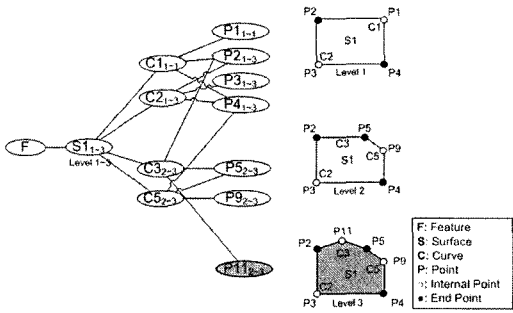
밀도 모델을 만든 클래스 다이어그램(class diagram)이다. GM_Object는 ISO 19107에서 기하객체 및 그 구성요소들을 표현하기 위한 가장 기본적인 개념 클래스이다. 본 연구에서는 ISO19107의 상속 관계에서 최상위 개념 클래스인 GM_Object에 GM_LOD 클래스를 상속함으로써 세밀도를 표현하기 위한 방법을 제시한다. 이로써 ISO 19107에서 표현하는 모든 기하 객체와 그 구성요소들은 GM_LOD의 멤버(member)를 가지게 된다.

클래스 GM_LOD는 세밀도 레이블(LOD label)을 표현하기 위하여 minLevel과 maxLevel 속성을 가진다. 이것은 이 요소가 어떤 세밀도 레벨에 쓰여 질 수 있는지를 나타내는 것으로서 구성요소의 유효한 세밀도 레벨의 범위(range)를 나타낸다. 즉, minLevel과 maxLevel의 값이 각각 2와 4이면 이 기하요소는 2, 3, 4레벨에서 구조적으로 상위 요소를 표현하기 위해 선택된 것을 의미한다. insert() 연산자는 구성요소 삽입동작(element insert operation)을 표현한 것이다. 예를 들면 레벨1에서 레벨2로 변



[그림 4] Class diagram of selective LOD data model

할 때 이미 존재하는 구성요소 외에 새로운 요소가 삽입이 되어야 한다면, 추가 요소는 1단계에 존재하는 어떤 구성요소의 주변에 위치할 것이냐는 삽입위치가 중요하다. 이를 위하여 insert_position 인자가 필요하다. 새로운 데이터는 GM_Object에 기반 해야 하고, 이 데이터의 삽입순서는 이전에 존재하는 요소 앞에 위치하게 된다. 이러한 클래스 다이어그램을 바탕으로 다음의 요소선택 세밀도에 대한 개념을 [그림 5]의 다이어그램을 통해서 자세히 살펴본다.



[그림 5] Selective LOD data model

[그림 5]에서 지형지물F는 면인 S1로 이루어지며 S1은 세부구성요소로 C1, C2, C3, C5를 가지고 있다. 각 구성요소들은 위의 클래스 다이어그램에 제시된 바와 같이 속성으로서 레벨을 표시할 수 있는 세밀도 레이블로 표현된다.

[그림 3]의 객체단위 세밀도 모델의 S1, S2와 S3은 [그림 6]의 요소선택 세밀도 모델에서는 S1로 대체된다. S1, S2, S3는 각각 $S_{1,1}=\{C_{1,1}, C_{2,1}\}$, $S_{2,2}=\{C_{2,2}, C_{3,2}, C_{5,2}\}$, $S_{3,3}=\{C_{2,3}, C_{3,3}, C_{6,3}\}$ 로 표현되며, 이들은 [그림 5]의 요소선택 세밀도 모

델에서는 하나의 요소인 $S_{1,3}=\{C_{1,1}, C_{2,1}, C_{3,2}, C_{5,2}\}$ 로 대체되어 표현될 수 있다. 이러한 객체의 변화가 구성요소의 삽입과 삭제에 의해서 발생하는 요소선택 세밀도 모델은 연속 세밀도라는 개념에 잘 부합할 수 있는 모델이다.

클라이언트-서버 구조의 데이터 전송 관점에서 요소선택 세밀도 모델을 살펴보면 다음과 같다. 클라이언트가 서버에게 [그림 5]의 두 번째 레벨의 데이터를 요구할 시 점진적 세밀도를 위해 서버는 $S_{1,3}=\{C_{2,3}, C_{3,2}, C_{5,2}\}$ 를 클라이언트에게 보낸다. 이후 클라이언트가 3번째 세밀도 레벨의 데이터를 요구하면 클라이언트가 가져야 할 데이터 $S_{1,3}$ 은 $\{C_{2,3}, C_{3,2}, C_{5,2}\}$ 으로 구성된다. 즉 요소삽입동작을 이용하여 $S_{1,3}$ 에 C5의 P11,3을 삽입한다.

이와 같은 요소선택 세밀도 모델은 위 그림에서와 같이 중복을 허용하지 않는 구조이다. 데이터의 중복을 감소 시켜서 전송량을 줄이는 동시에 점진적 세밀도를 실현하는 중요한 특징이다. 그리고 레이블과 요소삽입이라는 간단한 아이디어이지만 국제 표준 공간정보 모델에 기반하여 기존의 모델에 쉽게 적용 될 수 있는 장점이 있다.

반면에 어떤 구성요소에 다음 레벨의 요소를 추가할 것인가에 대한 문제가 발생한다. 즉 데이터 제작자의 주관적 판단에 영향을 받는다. 이와 같은 문제는 데이터 제작을 자동화 할 경우 변경되는 데이터의 속성을 미리 명시하여 자동적으로 변환될 수 있는 규칙을 만든다면 이는 자연스럽게 해결 될 수 있다.

요소선택 세밀도 모델은 서로 다른 세

밀도 레벨 간에 유사한 모양의 구성요소들이 많이 있을수록 더 좋은 성능을 발휘하게 된다. 이것은 데이터 제작자의 능력에 따라 그 성능이 달라질 수 있음을 의미하는 동시에 규칙을 만들 수 있는 장점일 수도 있기 때문에 심각한 단점이 되지는 않는다.

이와 같이 중복을 최소화하는 위의 세밀도 모델의 총 데이터 전송량은 다음과 같다.

Total Amount of Data

$$= n(L1 \cup L2 \cup L3) + n(\text{Operation}) \quad \text{식 (2)}$$

요소선택 세밀도 모델에서 전송되는 총 데이터 양을 위한 식(2)는 각 단계별(L1, L2, L3)로 전송되는 데이터 양과 함께 연산자의 수를 합한 것으로서 1단계→2단계→3단계 또는 2단계→1단계→3단계 등으로 전송이 될 때, 각 단계별로 중복이 되는 데이터의 수를 제외하고, 단계별로 필요한 연산자의 수를 더한다. 기하요소의 세밀도 단계 구분과 요소 부가 등의 오퍼레이션 사용을 통해서 모델의 중복성을 최소화 하며 전송되는 데이터의 양을 줄일 수 있다.

4. 세밀도 모델 비교

3장에서 설명한 두 가지 세밀도 모델은 3차원 공간 및 2차원 공간에서도 적용될 수 있으므로 다음 그림과 같은 3단계의 세밀도를 표현하는 예제를 통해서 각 단계별로 전송되는 데이터의 총 개수와 평균적으로 전송되는 양을 비교해 보았다.

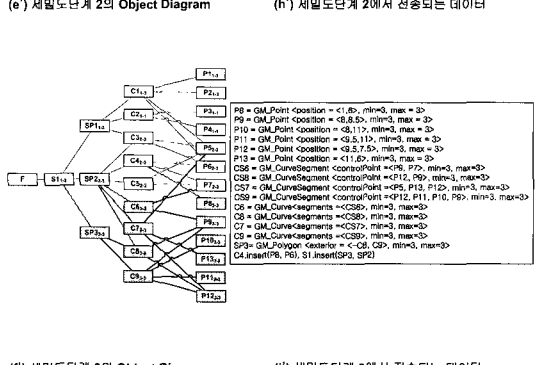
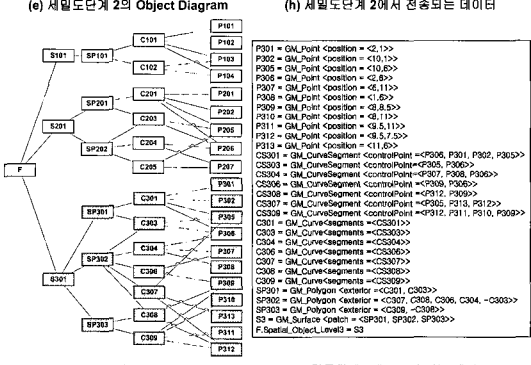
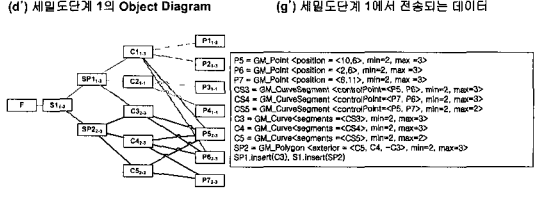
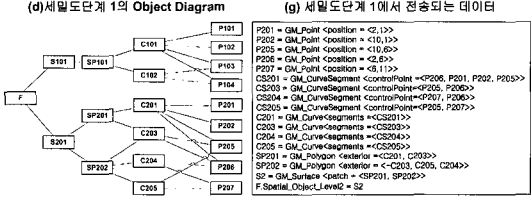
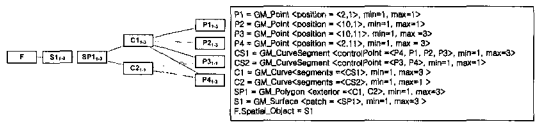
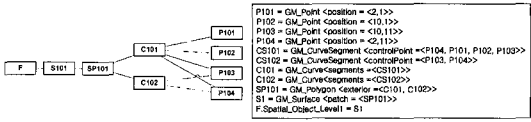
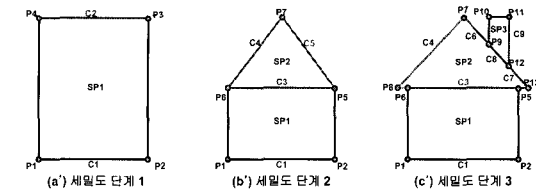
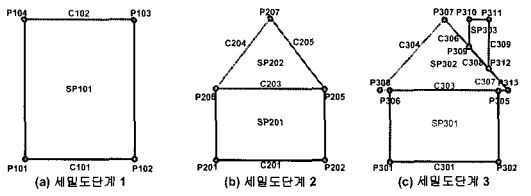
4.1 2차원 예제

아래 [그림 6]에서는 2차원 공간 객체에 두 가지 세밀도 모델을 적용하여 데이터 전송을 비교한다. 아래 [그림 6]-(A) 객체단위 세밀도의 상단 (a), (b), (c)는 단계별로 2차원 공간 데이터의 형태가 변하는 것을 형상화 한 것이며, 아래 (d), (e), (f)는 객체 다이어그램으로 나타내었으며 (g), (h), (i)는 전송되어야 하는 데이터를 국제 표준에 기반 하여 작성하였다.

클라이언트가 위 객체를 화면에 1→2→3의 순서로 가시화한다고 가정한다. 우선 세밀도 단계1을 위해서는 점(P101, P102, P103, P104)와 선(C101, C102), 그리고 면(SP101)을 클라이언트에게 전송해야 한다. 다음으로 세밀도 단계2를 가시화한다면 이전에 전송 받은 단계1의 정보는 그대로 저장되고 이외에 2단계에 추가로 필요한 정보가 다시 전송되어야 한다. 즉, 이미 저장된 세밀도 단계1의 데이터 이외에 2단계에서 추가적으로 점(P201, P202, P205, P206, P207), 선(C201, C202, C205, C206, C207), 면(SP201, SP202)이 전송되고 저장된다. 세밀도 단계3도 이와 같은 과정을 거친다. [그림 6]-(A)의 (a), (b), (c)에서 P101, P201, P301과 P102, P102, P302가 동일한 점을, C101, C201, C301이 동일한 선을 SP201과 SP301도 동일하지만 레이블만이 다른 중복이 발생하였다. 이와 같이 객체단위 세밀도 모델은 단계별로 객체를 개별적으로 생성할 시 공통의 요소를 고려하지 않는 것을 볼 수 있다.

단계별로 개별적으로, 공통의 요소를 고려하지 않고 객체를 생성하는 객체단위 세

3차원 공간정보시스템 데이터의 효율적 전송을 위한 세밀도 모델



(A) 객체단위 세밀도 예제

(B) 요소선택 세밀도 예제

[그림 6] Object diagram and geometry of 2 kinds of LOD data model

밀도 모델은 하위단계와 상위단계의 기하 요소들이 중복 생성되고 전송된다. 그러므로 총 데이터 전송이나 평균적인 전송량에 있어서 효율성이 감소하는 것을 볼 수 있다. 객체단위 세밀도 모델의 중복되는 데이터로 인한 데이터 전송의 비효율성을 감소하기 위한 방법으로 요소선택 세밀도 모델을 제안하였다.

[그림 6-(B)]는 요소선택 세밀도를 적용한 예제이다. [그림 6-(B)]의 상단 (a), (b),

(c)에서는 앞의 객체단위 세밀도 모델과는 달리, P1, P2, C1, C3와 같은 공통되는 기하요소에 대해서는 같은 이름을 가지는 것을 볼 수 있는데, 요소선택 모델에서는 단계별로 공통적으로 사용 되는 요소에 대해서는 단 한번만 표현함으로써 저장이나 전송에 있어서 효율성을 높이고자 한다. 그리고 (a)의 SP1과 (b), (c)의 SP1은 이름은 동일하나 모양은 같지 않은 것을 볼 수 있다. 요소선택 모델에서는 유사한 기하요

소에 대해서는 단계 구분 표시(minLevel, maxLevel)와 삽입 연산자를 통한 변경이 가능하도록 만듦으로서 데이터의 수를 감소시킨다. 요소선택 세밀도 모델의 객체 표현 또한 앞의 객체단위 세밀도 모델의 예제에서 설명한 것과 유사하게 진행된다. 1→2→3단계로 가시화하기 위해서, 처음 전송되는 데이터는 1단계에서 필요한 정보만으로써 점(P1, P2, P3, P4), 선(C1, C2), 면(SP1)이다. 이를 저장한 후에, 2단계 데이터가 필요하다면 추가적인 정보인 점(P5, P6, P7), 선(C3, C4, C5), 면(SP2)과 1단계의 SP1과 2단계의 SP가 달라지는 것을 삽입 연산자를 통해서 명시하고 전송한다.

요소선택 세밀도의 특징은 추가적으로 필요한 정보만을 전송하고 공통되는 데이터는 한번만 저장이 된다. 예제를 살펴보면, 세밀도 단계1의 P1, P2가 세밀도 단계 2와 3에서도 동일하게 사용된다. 또한 그림A에서 B로 변할 때, P3, P4가 사라지고 P5, P6이 생성된다. 그리고 세밀도 단계2의 C4는 세밀도 단계3의 C4와 동일하지는 않지만 같은 이름을 가지고 있다. 이것은 요소선택 세밀도에서는 기하학적으로 유사한 데이터에 대해서 새로운 이름을 매핑 시키지 않고 이미 있던 데이터에 필요한 기하요소만을 삽입 연산자를 통해서 부가한다. 그러므로 C4를 삭제하고 새로운 커브를 생성시키는 것보다는 단계3의 C4를 충족시키기 위한 점 P8만 삽입 연산자를 통해서 만든다.

이를 통해서 중복이나 데이터의 양이 증가하는 것을 막는다. 즉, 새로운 정보가 매핑 되면, 매핑 된 새 정보가 다음 상위 단계에서도 사용되며, 이때 단계구분(min-

Level 또는 maxLevel)이라는 속성을 통해서 어느 단계까지 사용될 것인지를 알 수 있게 한다.

이와 같은 단계구분 속성과 삽입연산자의 사용과 공통 요소의 중복 생성을 허용하지 않는 요소선택 세밀도 모델은 객체단위 세밀도 모델보다 총 데이터와 평균적인 데이터 전송에 있어서 더 효율적일 수 있다는 것을 유추할 수 있다. 이는 다음의 실제 전송량을 비교한 표를 통해서 다시 살펴본다.

4.2 데이터 전송량 비교

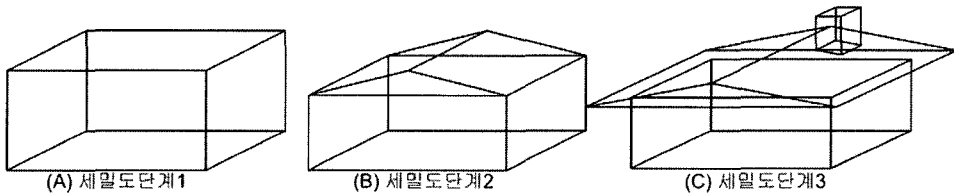
위의 예제를 바탕으로 아래 [그림 7]의 3차원 개체 예제를 통하여 단계별로 전송되는 데이터양을 비교한다. 먼저 3단계의 세밀도를 가진 객체단위 세밀도와 요소선택 세밀도 표에서 좌측의 항목은 시점에 따라 객체의 보이는 정도가 다르다는 가정을 바탕으로 세밀도 단계1→2→3, 세밀도 단계1→3→2 등은 시점에 따라서 객체의 변하는 정도와 시점에 따른 클라이언트의 요청하는 순서를 나타낸 것이다. 즉 1→3→2는 먼저 단계1의 데이터가 전송되고 그 후 2단계의 데이터가 추가적으로 전송되고 마지막 단계3에는 앞의 두 단계가 저장되고 추가적으로 필요한 3단계가 전송이 되는 것을 말한다. 그리고 표의 Pt, Cv, SP, S, Op는 각각 전송되는 점, 선, 면, 그리고 연산자를 말한다.

<표 1> 상단의 단계는 단계별로 요청되는 데이터가 전송되는 개수로서, 앞의 식(1)과 식(2)로 계산된 것을 바탕으로 전송되는 데이터의 총 수와 평균을 비교해 보

면, <표 1>의 객체단위 세밀도 모델을 적용한 3차원 예제에서 전송되는 총 데이터의 수는 115개이며, 평균적으로 38.3개가 전송이 된다. 그리고 요소선택 세밀도 모델을 적용한 같은 예제에서 전송되는 총 데이터의 수는 62~66개이며, 평균 약 22개의 데이터가 전송이 된다. 이때, 전송되는 데이터의 수가 달라지는 것은 단계별로 데이터가 전송될 때의 연산자의 수가 달라지기 때문이다.

[그림 8]의 그래프를 통해서, 중복을 허용하지 않는 요소선택 세밀도 모델이 객

체단위 세밀도 모델보다 약 42%의 효율성 증가를 볼 수 있다. 이것은 객체단위 세밀도에서는 각 단계별로 중복된 정보를 전송하지만 요소선택 세밀도에서는 공통되는 객체에 대해서는 단 한 번의 전송만을 허용하고, 기하학적으로 유사한 요소들에 대해서는 연산자를 통해서 데이터의 정보만을 변경 할 뿐, 새로 생성하거나 삭제하지 않기 때문에 데이터의 수가 늘어나지 않기 때문이다. 또한 단계별로 기하정보가 변경되면, 변경되는 것만 연산자를 통해서 수정되기 때문에 총 전송되는 데이터

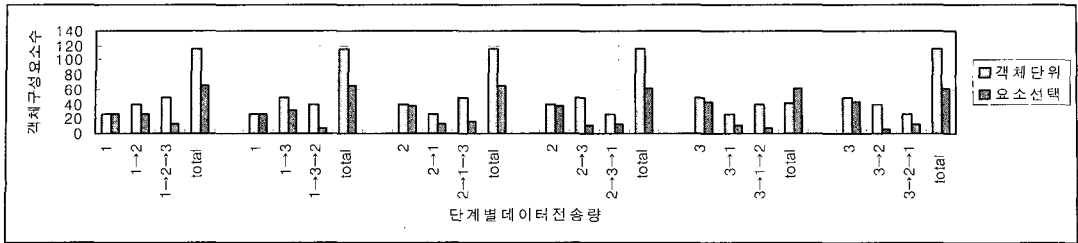


[그림 7] Example of 3D spatial objects

<표 1> The number of 3D data transmission

항목	순서	객체단위 세밀도 모델					요소선택 세밀도 모델					순서	객체단위 세밀도 모델					요소선택 세밀도 모델					
		단계(step)			합계	평균	단계(step)			합계	평균		단계(step)			합계	평균						
		1	2	3			1	2	3				1	2	3								
Pt	1 ↓	8	12	14	34	-	8	6	6	20	-	1	↓	8	14	12	34	-	8	10	2	20	-
Cv		12	17	23	52	-	12	9	3	24	-	2	↓	12	23	17	52	-	12	11	1	24	-
SP		6	9	11	26	-	6	4	0	10	-	3	↓	6	11	9	26	-	6	4	0	10	-
S	2 ↓	1	1	1	3	-	1	0	0	1	-	1	↓	1	1	1	3	-	1	0	0	1	-
Op		-	-	-	-	-	0	7	4	11	-	2	↓	-	-	-	0	-	0	7	4	11	-
계		27	39	49	115	38.3	27	26	13	66	22	3	↓	27	49	39	115	38.3	27	32	7	66	22
Pt	2 ↓	12	8	14	34	-	10	4	6	20	-	1	↓	12	14	8	34	-	10	6	4	20	-
Cv		17	12	23	52	-	17	4	3	24	-	2	↓	17	23	12	52	-	17	3	4	24	-
SP		9	6	11	26	-	9	1	0	10	-	3	↓	9	11	6	26	-	9	0	1	10	-
S	1 ↓	1	1	1	3	-	1	0	0	1	-	1	↓	1	1	1	3	-	1	0	0	1	-
Op		-	-	-	0	-	0	4	7	11	-	2	↓	-	-	-	0	-	0	3	4	7	-
계		39	27	49	115	38.3	37	13	16	66	22	3	↓	39	49	27	115	38.3	37	12	13	62	20.7
Pt	3 ↓	14	8	12	34	-	14	4	2	20	-	1	↓	14	12	8	34	-	14	2	4	20	-
Cv		23	12	17	52	-	19	4	1	24	-	2	↓	23	17	12	52	-	19	1	4	24	-
SP		11	6	9	26	-	9	1	0	10	-	3	↓	11	9	6	26	-	9	0	1	10	-
S	1 ↓	1	1	1	3	-	1	0	0	1	-	1	↓	1	1	1	3	-	1	0	0	1	-
Op		-	-	-	0	-	0	3	4	7	-	2	↓	-	-	-	0	-	0	3	4	7	-
계		49	27	39	115	38.3	43	12	7	62	20.7	3	↓	49	39	27	115	38.3	43	6	13	62	20.7

(Pt: Point, Cv: Curve, SP: Surface patch, S: Surface, Op: Operation)



[그림 8] Comparison of 3D data transmission

의 양과 평균에 있어서 효율적이라는 것을 살펴볼 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 3차원 공간정보의 효율적 전송과 다른 시스템과의 호환성을 위하여 국제 표준인 공간스키마에 기반한 객체단위 세밀도 모델과 요소선택 세밀도 모델을 제시한다. 제시된 두 모델을 기반으로 하여 데이터 전송에 있어서의 효율성을 측정하였다. 두 모델을 비교한 결과 중복을 허용하지 않는 요소선택 세밀도 모델이 총 데이터 전송과 평균 데이터 전송에 있어서 효율성을 보여준다.

데이터 전송에 있어서의 효율성 측면 외에 자연스러운 세밀도 변화와 단계별로 이질감을 최소화하기 위해 연속 세밀도라는 개념이 실행되는지에 대한 보완 연구와 GML로 통합하는 연구가 필요하다.

또한 3차원 객체의 세밀도 레벨을 자동 제작하는 알고리즘의 개발에 대한 연구는 제약조건(constraint)과 룰을 만드는 단순화 알고리즘이 필요하므로 향후 연구에서 다루어야 한다.

참고문헌

A. Köninger, S. Bartel, 1998, 3D GIS for urban propose, *Geoinformatica* 2:1, pp79-103

D. Luebke, M. Reddy, J. D. Cohen, A. Varshney, 2002, Level of details for 3D graphics, Morgan Kaufmann

International Organization for Standardization(ISO), 2003, Geographic information -Spatial schema

J.H. Clark, 1976, Hierarchical geometric models for visible surface algorithms, in *Proceedings SIGGRAPH 76*

T.H. Kolbe, G. Gröger, 2003, Towards unified 3D city models, in *Proceedings of ISPRS commission IV*

Qing Ahu, Fengchun Li, Yeting Zhang, 2003, Unified representation of 3D city models, in *Proceedings of ISPRS Workshop on Service and Application of Spatial Data Infrastructure, XXXVI(4/W6), Oct.14-16*

V. Coors, S. Flick, 1998, "Integrating levels of detail in a web based 3D GIS" in *Proceeding 6thACM Symp.on Geographic Information Systems(ACM GIS98)*

Wenzhong SHI, Bisheng YANG, Qingquan LI, 2003, An object oriented data model for complex objects in three-dimensional geographical information systems, in *international journal of Geographical Information Science, Vol.17, no.5, pp411-430*