

DBMS를 위한 3차원 지적 모델링 : 구분지상권을 중심으로

Modeling 3D Cadaster for DBMS : focusing on Sectional Superficies

전 철 민*

Chul Min Jun

요 약 최근 몇 년 사이 3차원 지적에 대한 관심과 관련 연구가 증가하고 있다. 그러나 아직까지는 입체적인 토지 이용과 이를 둘러싼 다양한 권리문제에 대한 정확한 개념이 정립되지 못하고 있으며, 이는 3차원 지적의 적절한 구현과 운영방안의 부재에서도 그 이유를 찾아볼 수 있다. 2차원 지적보다도 더욱 방대한 데이터가 필요한 3차원 지적은 DBMS에 기반하여 구현되어야 하며 이를 위한 적절한 방법론과 프로세스가 필요하다. 본 연구에서는 DBMS를 위한 3차원 지적의 모델링 방법에 대해 제시한다. 먼저 3차원 공간상에서 존재하는 다양한 형태의 구분지상권에 대해 가시적으로 분석한다. 이를 이용하여 UML에 기반한 모델을 제시한 후 관계형 데이터베이스 시스템(RDBMS)을 이용해서 구현하기 위한 O-R Mapping 과정을 제시한다.

키워드 : 3차원 지적, O-R mapping, 3차원 모델링, 구분지상권, 공간데이터베이스

Abstract 3D cadaster problems are getting attention and studied increasingly. However, correct concepts have not been established for three dimensional land uses and different rights problems around them. This is primarily due to the lack of proper methods for implementation and operation of 3D cadaster. 3D cadaster requiring far more huge data than 2D should be built in DBMS and need appropriate methods and processes for this. This study propose a method to model 3D cadaster using DBMS. First, it analyse and visualize possible problems around divided superficies in 3D spaces. Based on this, it illustrates UML models and shows an O-R mapping process to implement them using a RDBMS.

Keywords : 3D cadaster, O-R mapping, 3D modeling, sectional superficies, spatial DBMS

1. 서 론

도시의 과밀이 증가되고 지가가 상승하면서 토지를 보다 입체적으로 이용하기 위한 필요가 증가되고 있으며 이를 반영하기 위한 3차원 지적에 대한 관심 또한 증가하고 있다. 3차원 지적에 있어서 주된 관심사는 입체적 토지이용에 따른 법적인 권리 문제라고 할 수 있으며, 주로 구분지상권 문제가 중심이 되고 있다. 입체적 토지 이용이 증가하면서 3차원 공간상에서 일부분을 이용하면서 발생할 수 있는 권리의 마찰문제를 해결할 수 있는 3차원 지적의 구현방안이 필요하다고 할 수 있다.

지금까지 이를 둘러싼 다양한 연구가 소개되고

있으나 주로 법적, 정책적 개념에 대한 연구들이 중심이 되고 있으며, 적절한 구현방안에 대한 제시는 미흡하다고 할 수 있다. 이는 2차원이 아닌 3차원 공간간의 관계라는 복잡성에 기인하기도 하지만, 이를 안정적으로 구현, 운영할 수 있는 적절한 기술적 방법론에 대한 연구가 미흡했던 점에서도 이유를 찾아볼 수 있다. 또한, 2차원 GIS와는 달리 3차원 문제는 세계적으로도 아직은 표준화, 안정화되어 있지 않고 최근 지속적으로 연구, 개발되고 있는 주제이기 때문에 3차원 지적에의 반영도 더딜 수밖에 없었던 것도 사실이다. 그럼에도 불구하고 3차원 지적은 현 지적시스템과 마찬가지로 전 국토를 대상으로 하기 때문에 방대한

[†]This work was supported by the 2011 Research Fund of the University of Seoul.

* Professor, Dept. of Geoinformatics, University of Seoul, cmjun@uos.ac.kr

예산의 소요가 예상되고, 한번 구축되면 변경하기 어려운 중요한 문제이므로 이에 대한 기술적인 논의가 필요하다고 할 수 있다.

2차원 지적보다도 훨씬 방대한 데이터가 예상되는 3차원 지적 역시 데이터베이스(DBMS)를 이용해서 구현되는 것이 바람직하다고 판단된다. 이는 DBMS 기술이 방대한 데이터를 구축, 운영하는데 현재까지는 가장 안정되어 있으면서 표준화된 기술이라 할 수 있으며, 공유, 속도, 중복성 배제, 신축성, 보안성 등 파일 구조가 제공하지 못하는 많은 이점을 제공하고 있기 때문이다. 또한 현재 2차원 지적을 위한 KLIS를 포함해서 다양한 정보시스템들이 대부분 DBMS, 특히 관계형 데이터베이스 시스템(RDBMS)으로 구축되어 있어서 이들 시스템들과 연계하여 구축비용을 최소화하기 위해서도 3차원 지적은 DBMS로 구축되는 것이 바람직하다.

DBMS가 보편화된 기술임에도 불구하고 3차원 지적은 이를 이용하여 구현하는 데에 몇 가지 문제가 존재한다. 우선, 3차원 객체를 DBMS에 저장하는 기술 자체가 아직은 안정적이라기보다는 초기적인 단계라 할 수 있다. 3차원 객체를 표현하고 가시화하는 기술은 주로 CAD와 같은 파일기반 시스템에서 발달되어 왔으며 DBMS를 이용한 기술은 몇 개의 상용 DBMS에서 기초적인 수준으로 제공하고 있다. 최근 CityGML에서 데이터 저장구조와 DBMS와의 호환포맷을 제시하고 있고, 몇 개의 연구에서는 DBMS에서 저장 가능한 데이터 타입과 간단한 몇 가지 기능들을 자체적으로 개발하여 발표한 바 있다. 그러나 이들 기술들은 주로 객체간의 관계가 아닌, 독립적인 3차원 객체의 표현과 저장을 중심으로 하고 있으며, 현존하는 상용 DBMS에서도 3차원 객체간에 발생하는 다양한 관계의 표현은 상당히 제한적이라고 할 수 있다.

두 번째는 3차원 지적은 개별적인 객체의 표현뿐 아니라 이들 사이의 복잡한 관계를 포함하고 있는 만큼 이를 모델링하는 방법도 다양하게 존재할 수 있다는 점이다. 특히 객체를 모델링하는데 자주 사용되는 UML 표기법은 실세계를 보는 시각에 따라 다양한 변형이 가능하며, DBMS에 기반한 구현모델이 아닌, 개념적 모델이므로 DBMS와 연계하기 위해서는 별도의 과정이 필요하게 된다.

본 연구에서는 이러한 문제점들을 인식하여

DBMS를 위한 3차원 지적의 모델링 과정을 제시한다. 현재 3차원 관련 기술이 상용 DBMS에서는 아직 성숙된 기술이 아님에도 불구하고 DBMS 기반 기술을 전제할 논의가 필요한 이유는, 최근 연구, 개발의 추세로 보아 멀지 않은 미래에 DBMS 기술을 이용할 수 있을 것으로 판단되기 때문이다. 본 연구에서는 구분지상권을 포함한 다양한 권리문제를 분석하고 이에 기반하여 간단한 UML 모델을 먼저 제시한다. 이는 기존 연구들에서 주로 UML을 이용한 모델링을 수행해 왔기 때문이며 이들 모델들과 관련하여 DBMS기반의 모델과정을 보이기 위해서이다. 본 연구에서는 이러한 UML 모델과 DBMS 사이에 존재하는 불일치 문제와 이를 DBMS를 위한 객체-관계 다이어그램(ERD)으로 전환하기 위한 O-R Mapping (Object-Relational Mapping) 과정을 제시한다.

2. 관련 연구

국내에서 3차원 지적에 대한 연구는 주로 법적, 정책적인 관점이거나 3차원 측량기법의 측면에서 이루어져 왔다. 이들 연구는 다수의 문헌에서 소개되고 있으므로 본 연구에서는 다루지 않는다. 3차원 지적을 개념 정립이나 측량 이외에 데이터의 구축 문제를 중심으로 최초로 다룬 연구는 최근 몇 년 사이에 서울시에서 시행한 사업보고서[3, 5, 6]에서 찾아볼 수 있다. 이 연구에서는 지하철, 지하상가 건물간 연결통로, 송전선 등을 대상으로 하여 측량을 하고, 이들 시설물과 입체 필지간에 존재하는 관계를 UML을 사용하여 모델링하였다. 그러나 7대 지하시설물을 모두 예시하여 다루지는 않았으며, UML 모델에서 표현한 3차원 객체를 구성할 때 DBMS가 아닌 3DS 파일을 기반으로 구축하는 방법을 제시하였다.

3차원 모델에 대한 국외 연구는 주로 네덜란드, 독일 등의 유럽을 중심으로 이루어져 왔다. 이중 CityGML은 3차원 모델의 XML 기반의 저장 및 호환방법과 5단계의 LOD를 제시하고 있다[8]. 최근에는 CityGML 파일을 Oracle이나 Postgre SQL과 같은 관계형 DBMS에 저장하는 기법이 소개되기도 하였다[15]. 국내에서도 CityGML을 기반으로 한 3차원모델에 대한 연구가 수행되기도 했다[9, 14]. DBMS의 중요성을 인식하여 3차원 객체를 DBMS

에 저장하는 방법에 대한 연구는 주로 네덜란드를 중심으로 이루어져 왔다. Arens 등[1, 2]은 3D 데이터 타입을 DBMS에서 primitive data type으로 구성해서 저장하는 방법을 소개하였다. Khuan 등[10]은 PostgreSQL이 오픈 소스가 제공되는 시스템인 점을 이용하여 3D 데이터 타입과 함께 3D 객체들 간의 몇 가지 위상학적 연산(topological operation) 기능들을 프로그래밍하여 추가하는 기법을 제시하기도 하였다.

현재 Oracle이나 PostgreSQL과 같은 DBMS 시스템들은 공간 객체를 다룰 수 있도록 확장된 Oracle Spatial이나 PostGIS와 같은 모듈을 함께 제공하고 있다. 이들 시스템에서는 z 좌표를 이용하여 3차원 다면체를 저장할 수 있으나 3차원 객체간의 다양한 분석기능은 제공하지 않고 있다. 그러나 최근 연구 경향이나 상용 DBMS들의 발전 추세로 볼 때 가까운 미래에 3차원 기능들이 구현될 것으로 예측된다.

3. 구분지상권과 UML 모델

3.1 구분지상권의 입체적 범위문제

토지의 집약적 이용이 증가됨에 따라 지하철, 상가, 건물 연결통로, 송전선 등 지상, 지하 공간을 이용하는 경우가 증가되고 있으며 이는 토지 소유자와의 마찰로 이어지는 경우가 빈번하였다. 따라서 1984년 민법 289조에서는 최초로 구분지상권에 대해 명문화하여 구분지상권 설정범위를 평면적 범위와 입체적 범위로 구분하였다. 그러나 평면적 범위를 지적측량 없이 용지도면의 경계선과 수직으로 대응하는 지표면의 면적으로만 정하고, 입체적 범위는 시설물의 보호를 위하여 정한 상하 보호 층과 좌우 보호 폭까지로 정하고 있어서 입체적 범위에 대한 위치와 면적을 명확하게 나타내지 못하는 문제점이 있다. 민법 이외에도 도시철도법, 전기사업법, 서울시 업무지침 등의 법령이나 규칙에서 구분지상권에 대해 규정하고 있으나 이들 간에 일관된 원칙이 미흡하거나 공간적 범위에 대해서도 명확하지 않아 사유재산권 침해 관련 분쟁의 소지가 내재되어 있다. 이를 해결하기 위해서는 우선적으로 구분지상권의 입체적 범위에 대해 명확히 정립해야 하며, 또한 이를 안정적으로 가시화하고 등록할 수 있는 방안이 필요하다.

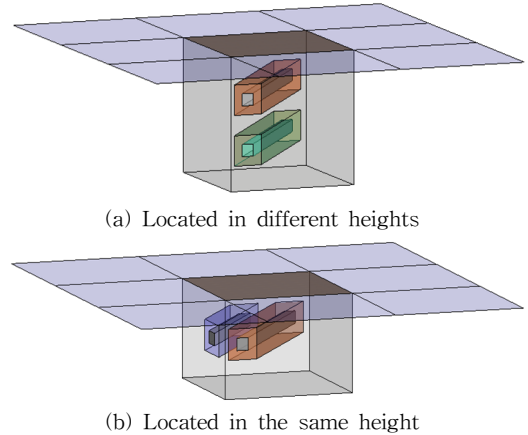
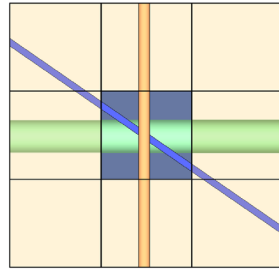


Figure 1. Illustrating different locations of facilities in 3D space

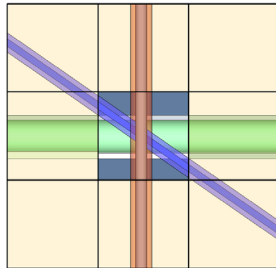
현행 구분지상권에 관한 등기처리요령 등기예규(2001 개정)를 보면 구분지상권은 토지의 입체적 공간의 이용에 따라 건물 및 그 밖의 공작물을 소유하기 위하여 “다른 사람이 소유한 토지의 지상이나 지하의 공간에 대하여 상하의 범위를 정해 그 공간을 사용하는 지상권의 한 가지”를 의미하고 있어 토지의 상부 또는 하부에 위치한 시설을 중심으로 “어떤 층”을 대상으로 함을 알 수 있다. 서울시 연구[4]에서도 보상 공간으로서 도시시설이 위치한 일부 층을 대상으로 정의하고 있다. 그러나 도시시설물들은 토지 상, 하부에 입체적으로 복잡하게 위치할 수 있다. 즉, 토지의 상하의 일부 층만이 아니라 동일한 층을 공유하면서도 위치할 수 있으므로 보다 엄밀한 해석이 필요하다.

Figure 1은 어떤 필지의 지하공간을 점유하고 있는 시설물들의 다양한 상황을 예시한다. 그림에서는 시설물들과 이들 주위의 어느 정도 이격거리를 둔 보호층을 보여주고 있다. Figure 1-(a)는 시설물들이 상하로 위치하고 있는 것을 보여주며, (b)는 서로 다른 시설물들이 비슷한 높이에 위치하고 있는 것을 보여준다. 이처럼 구분지상권 설정의 대상이 되는 공간은 필지 상부 또는 하부의 일부 층이 아니라 실제 시설물의 점유 위치에 따라 정확한 범위가 정해져야 함을 알 수 있다.

또한 도시시설물들은 여러 필지에 걸쳐서 설치될 가능성이 높다. Figure 2-(a)는 몇 개의 시설물들이

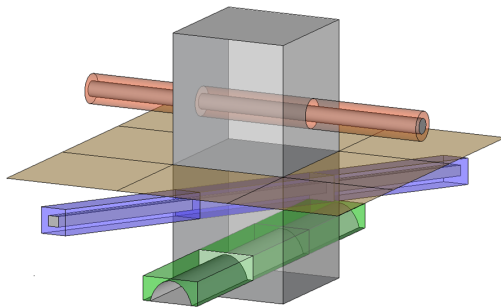


(a) Facilities only

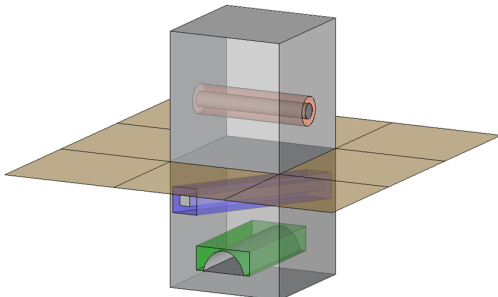


(b) Facilities with buffer spaces

Figure 2. Facilities laying across multiple parcels viewed from top



(a) Facilities in 3D view



(b) Facilities inside a parcel

Figure 3. Facilities viewed in 3D

여러 필지의 지상, 지하에 걸쳐 설치된 예를 보여주며, (b)는 이들 시설물들로부터 어느 정도 이격거리

를 함께 나타내고 있다. 서울시 조례에서도 시설물을 보호하기 위해 터널구조물, 개착구조물 등에 대해 서로 다른 이격거리를 정의하고 있다.

Figure 3-(a)는 Figure 2-(b)를 입체적으로 나타낸 그림이며, Figure 3-(b)는 특정 필지의 상하 공간만으로 한정된 시설물들의 부분을 나타낸다. 여기서 알 수 있는 것은, 시설물을 중심으로 한 구분지상권을 설정할 때, 시설물과 그 보호층에 대한 측량은 필지와 상관없이 연속적으로 이루어져야 한다는 것이고, 특정 필지에 관한 부분 역시 입체적으로 정의될 수 있어야 한다는 것이다. 이때, 필지내의 구분지상권 부분은 필지의 연직 상하의 필지기둥(각각 기둥)과 시설물 보호층들과의 교집합 부분이 됨을 알 수 있다.

또한 구분지상권은 보상문제가 수반된다. 해당 토지의 현재 가치뿐 아니라 토지내에서 개발이 예상되는 건물의 규모 등에 따라 토지의 입체적인 가치도 정해지게 된다. 서울시를 비롯한 지자체들에서는 20m~40m 등 토지의 용도에 따라 한계심도를 다르게 정의하고 있다. Figure 4는 시설물이 위치한 공간적 위치에 따라 구분지상권 설정에 따른 보상이 다르게 평가될 수 있음을 예시한다. 즉, Figure 3에서 얻은 교집합 부분의 입체적 위치와 체적은 다시 다른 높이나 깊이, 즉, 수직적 공간적 위치까지도 산출이 가능해야 함을 보여준다.

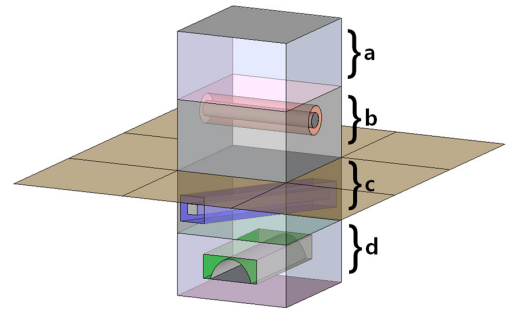


Figure 4. Facilities located in different heights

3.2 UML 모델

앞에서는 도시시설물들이 토지의 상부, 하부에서 복잡하게 위치할 수 있음과 이들을 중심으로 구분지상권의 설정 공간이나 보상 공간들이 어떻게 입체적으로 산출되어야 하는가를 그림을 통해 예시하

였다. 이들 공간들은 정확히 정의되고 저장, 가시화 되어야만 그 공간에 대해 정확히 관리가 가능하며 그 가치 및 보상에 대한 평가도 가능해진다. 이들 공간을 저장, 관리하기 위해서는 이들 물적 객체들과 이들 간에 존재하는 복잡한 관계에 대해 데이터 모델링이 선행되어야 한다. 국내에서는 서울시 연구 [3, 5, 6]에서 최초로 3차원 지적에 대한 종합적인 모델링이 이루어졌다.

Figure 5는 지하공간에 대한 UML 다이어그램을 보여준다. 여기에서 보면, 입체지적이 다루어질 공간으로 필지와 입체권리공간을 정의하고 있다. 입체권리공간은 시설물, 즉, 입체물적객체로부터 산출됨을 나타내고 있고, 이는 특정 필지에 대해 정의되어야 하므로 위와 같이 단방향 연관관계로 나타내었음을 알 수 있다. 즉, 필지나 물적객체 편에서는 입체권리공간의 존재를 알 수 없을 때 이와 같이 표현된다. 이 연구에서는 입체권리공간을 다시 지상권, 구분지상권, 임차권으로 나누고, 구분지상권은 연속적인 지하시설물들에 걸쳐 구성될 수 있는 “통합입체구분지상권”으로 이루어지도록 구성하였다. 또한 입체물적객체를 상속하는 지하 시설물들을 각 요소별로 세밀하게 모델링하였다.

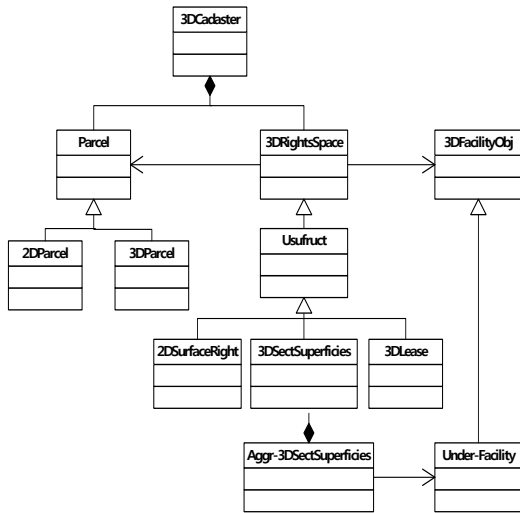


Figure 5. UML diagram for underground facilities (adapted from [6])

그러나 본 연구에서는 관계형 DBMS에 기반한 구현을 전제로 하여 3차원 필지의 모델링 과정을

예시하는데 초점을 맞추고 있으므로 시설물의 종류에 따라 세부적인 요소들까지 모두 모델링하지는 않으며, 몇 가지 중요한 요소들을 중심으로 UML 모델을 제시한다.

본 연구에서는 3차원 지적에서 가장 중심이 되는 구분지상권에 대해서만 다루도록 하겠다. 또한 터널, 지하철, 배관, 송전선 등과 같이 입체적으로 위치하는 다양한 종류의 시설물들과 세부 요소들을 각각 모델링하는 대신 상위 클래스인 ‘입체물적객체’만을 다루도록 하겠다. 구분지상권은 이러한 시설물로부터 생성, 또는 측량되는 공간으로 보아 Figure 6과 같이 연관관계로 두었다. 하나의 연속된 물적객체로부터 하나의 연속된 구분지상권공간이 도출된다고 보아 이들의 관계는 1:1 관계로 하였다. 그러나 ‘통합입체구분지상권’을 별도로 두는 대신 입체필지와 구분지상권공간으로부터 도출되는 공간으로 보았다. 앞 절에서 그림을 통해 알아본 바와 같이 입체필지와 구분지상권공간은 다대다의 관계를 가지고 있으며 필지별로는 이들이 인터섹션된 공간이므로 여기에서는 ‘필지구분지상권공간’을 두 공간으로부터 도출되는 연관클래스로 구성하였다. 평면필지와 입체필지는 필지를 이루는 부분으로 보는 대신 필지를 추상클래스로 하여 이를 상속하는 구조로 하였다. 입체필지는 실물로 존재하는 것이 아닌, 평면필지로부터 도출되는 구조로 보았다. 또한 해당 필지의 구분지상권공간으로부터 보상공간이 산출된다고 보았다.

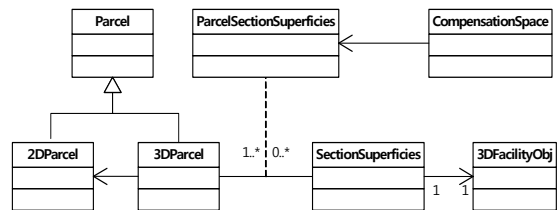


Figure 6. Suggested UML diagram focusing around sectional superficies

Figure 7과 같이 입체필지를 지상부분과 지하부분으로 구분하고, 입체물적객체도 지상시설물과 지하시설물로 구분할 수도 있으나 본 연구에서는 이들을 따로 두지 않았다. 이는 입체필지는 z값을 갖는 공간이므로 속성값을 가지고 있기만 해도 충분하다고 보았으며, 같은 이유로 입체물적객체도 지하

부분과 지상부분을 따로 명시하지 않았다. 또한 입체시설물은 지상과 지하에 걸쳐서 설치될 수도 있기 때문이다.

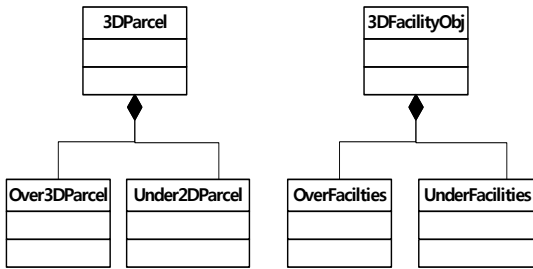


Figure 7. Composition classes for 3D parcels and 3D facilities

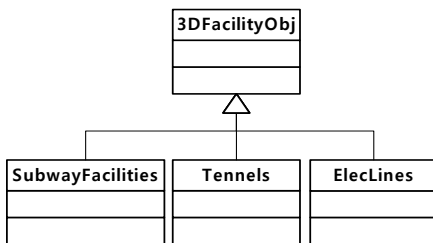


Figure 8. Inheriting classes of 3D facilities

다양한 종류의 입체 시설물들은 Figure 8과 같이 입체물적객체를 상속하여 구성된다. 이들 각 시설물들은 여러 개의 요소들로 구성될 수 있다. 예를 들어, 송전선은 전선부분과 송전탑부분으로 구성될 수 있다. 본 연구에서는 이들 각각을 다루는 것은 포함하지 않았다.

4. DBMS를 위한 ER 모델링

4.1 객체-관계 불일치(O-R Impedance Mismatch)

일반적으로 소프트웨어 공학에서는 데이터 중심의 설계, 기능 중심의 설계, 그리고 이들을 통합한 객체 지향적 설계 방법이 있다.

- 데이터 중심 설계(Data-oriented design): 정보 공학(Information Engineering)적 설계로 알려져 있으며 데이터의 요구사항이 시스템의 디자인을 결정한다.
- 기능 중심 설계(Function-oriented design): 구조적 분석(Structural analysis)으로 알려져 있으며 기능에 대한 요구사항에 따라 시스템을

하위 단계로 분해하여 절차적인 위계로 나눈다.

- 객체 지향적 설계(Object-oriented design): 데이터 중심과 기능 중심 디자인을 통합한 설계 방법이다. 시스템을 객체(object)로 나누며, 각 객체는 데이터와 기능을 가진다. 시스템은 서로 연관된 객체들로 이루어지며 객체들은 각각 독립된 데이터와 기능을 가진다.

데이터 모델링은 데이터와 데이터 간의 관계에 중점을 둔, 데이터 중심 패러다임에 기초를 두고 있지만 최근에는 데이터 모델링만을 할 때에도 UML 클래스 다이어그램을 이용한 객체 지향적 설계 표현을 이용하는 경우가 증가하고 있다. 관계형 데이터베이스를 이용한 구현을 위한 데이터 모델은 데이터 중심의 설계 방법이라고 할 수 있으며, 객체 지향적 설계 방법과는 다른 설계 방법에 근거한다. 관계 데이터 모델은 엔티티(Entity), 즉, 데이터 셋(data set)에 적용하여 그들간의 관계를 구성하는데 초점을 두고 있다. 이 둘간의 설계 방법론 및 표현의 차이에 의해 객체-관계 불일치(Object-Relational Impedance Mismatch)가 일어날 수 밖에 없으며, 이들은 다음과 같은 이유로 발생한다 [12].

- 설계 목적의 차이: 관계형 모델은 데이터와 데이터간의 관계를 표현하기 위한 모델이며, 객체 지향적 모델은 데이터 뿐 아니라 시스템의 전체적인 기능을 설계하기 위한 모델이다.
- 엔티티와 객체의 차이: 관계형 모델의 엔티티와 객체 지향 모델의 객체의 가장 큰 차이점은, 엔티티는 행위(behavior, function)를 포함하지 않는다는 것이다.
- 논리적 모델에서의 차이: 논리적 모델에서 관계형 DBMS를 위한 객체-관계 다이어그램(ERD)과 UML의 클래스 다이어그램의 표현방식이 서로 다르다. ERD에서는 데이터 테이블과 외래키를 이용한 관계로 표현되나 UML에서는 데이터와 기능적 교류 모두를 이용한 표현을 이용한다.
- 물리적 모델에서의 차이: 물리적 모델에서도 UML에서 사용하는 데이터형식과 RDBMS에서 사용하는 데이터형식이 서로 다르다. 예를 들어, Java에서는 string이나 int형식으로 표현되나, Oracle에서는 varchar와 smallint와 같은 형식으로 표현된다.

객체 지향적 설계(OOD)의 장점은, 표현력이 풍부하며, 잘 설계되었을 때, 객체의 재사용성과 재결합성 등 소프트웨어 디자인의 융통성을 높일 수 있다는 데 있다. 그러나 현재 가장 널리 사용되고 있는 데이터베이스는 관계형 DBMS이며, 입체 지적의 구현도 RDBMS를 이용하는 것이 바람직하다. 이는 기존에 국내에 RDBMS 기반으로 구축된 관련 시스템들과의 통합적인 이용을 위해서도 그렇다고 할 수 있다.

3차원 지적의 데이터 모델을 UML을 이용한 표현을 이용하고, 이를 관계형 데이터베이스로 구현한다면 이 둘의 불일치 문제를 해소하는 단계가 필요하게 된다. 객체-관계 매핑(Object-Relational Mapping)은 UML 기반의 객체지향적 설계 방법을 관계형 DBMS를 위한 설계 방법으로 전환하는 과정을 의미한다. RDBMS를 이용한 구현을 할 때는 엔티티 간의 관계를 나타내는 ERD(Entity-Relationship Diagram)가 논리적 설계 방법으로 가장 많이 사용되고 있다. 따라서 UML 클래스 다이어그램으로 논리적 설계를 했다면 이를 ERD로 변환시키는 O-R Mapping(ORM) 과정이 필요하게 된다. ORM은 논리적, 물리적 설계에서 모두 이루어져야 하나, 본 연구에서의 3차원 지적의 설계 단계는 물리적 설계를 포함하지 않고 논리적 단계에서만 다루게 된다.

4.2 객체-관계 매핑(Object-Relational Mapping)

RDBMS를 위한 데이터모델 표기법도 상당히 다양한 방법이 존재한다. 그러나 본 연구에서는 이들에 대한 소개는 생략하며, UML과 ERD간의 매핑과정에 대해 설명한다. 최근에는 ORM 과정을 돕는 소프트웨어도 출시되고 있으나, 일반적으로는 다음과 같은 매핑규칙이 적용된다고 할 수 있다 [11].

4.2.1 퍼시스턴트 클래스 분리

- 클래스들에서 데이터베이스에 테이블로 저장될 수 있는 퍼시스턴트(persistent) 클래스들을 분리한다. 퍼시스턴트 클래스는 데이터베이스에 저장될 필요가 있는 데이터를 포함한 클래스들을 의미한다. 비즈니스 클래스들은 대부분 퍼시스턴트 클래스들이다.

4.2.2 UML클래스를 관계 테이블로 전환

- 모든 UML 퍼시스턴트 클래스들은 테이블로 전

환한다.

- 모든 클래스 어트리뷰트들은 테이블의 속성이 된다.
- 일반화(generalization) 관계의 상위 클래스나 암시적 아이덴티티(identity) 클래스들을 제외한 콘크리트(concrete) 클래스들은 관계 테이블에서 기본 키를 갖는다.

4.2.3 UML 연관(association)을 엔티티 관계로 전환

- 연관(association) 관계들(composition 포함)은 기본키-외래키로 참조무결성을 부여한다.
- 모든 연관 클래스(associative classes)는 교차 테이블(intersection table)로 전환한다.
- 집합(aggregation, 또는 group-member) 관계에서 모든 멤버쪽 테이블들은 상위 그룹 테이블에 대한 외래키를 가진다.
- 모든 다대다의 연관은 교차테이블을 생성하여 참조무결성을 부여한다.

4.2.4 UML 상속관계를 서브타입(subtype) 관계로 전환

- 상속관계(generalization or inheritance)에서는 rolled-up categories, rolled-down categories, or expansive categories를 물리적인 구현을 고려하여 정한다.
- 모든 역할명 관계는 독립적인 리스트타입의 테이블로 전환될 수 있다.

Table 1은 이러한 매핑규칙을 적용하여 UML을 ERD로 변환하는 예를 보여준다. 본 연구에서는 다양한 ERD 표기법 중 Information Engineering 표기법([7] 참고)에 근거한 방법을 사용하였다.

4.3 3차원 지적의 ORM

3차원 지적의 UML 모델을 RDBMS로 전환을 위한 ORM 과정에 대해 제시하기 위해서는 3차원 객체에 대한 몇 가지 가정이 필요하다. OGC (Open Geospatial Consortium)는 3차원 객체를 GML_Solid로 정의하고 몇 가지 function에 대해 정의하고 있으나[13] 이는 추상적인 사양이며 구현에 대해 제시하지는 않는다. 현재 상용 DBMS들에서 아직까지는 원시 데이터타입(primitive data type)으로서 3차원 데이터타입을 제공하고 있지 않기 때문이다. 현

Table 1. Mapping between UML and ERD

	Mapping rules	UML classes	ERD entities
General Classes	Persistent classes are converted to entities, Class attributes to entity attributes		
Association Classes	Association classes between classes are converted to intersection entities		
Association (One to One)	One to one relationships are converted to one to one in entities. Foreign keys are determined based on directions.		
Association (One to Many)	Generally navigability is to "many" side in classes. "Many" side in ERD has foreign key for referential integrity.		
Association (Many to Many)	Many to many association in classes become many to many in entities including an intersection entity.		
Composition	Converted to one to one relationship between entities. Since the existence of sub-classes are dependent of the whole class, the identifying relationship is used in ERD.		
Aggregation	This is group-member relationship meaning the existence of members is not dependent of the group. Since members generally belong to more than one group, it becomes many to many in ERD. Also non-identifying one to one is possible according to business rules.		
Generalization, Or Inheritance	Inheritance is converted to the category (or supertype-subtype) relationship. If the supertype can be zero or more than one of the subtypes, inclusive relationship is used in ERD. If the supertype must be one of the subtypes, then the exclusive is used.		

재 공간 DBMS로 많이 사용되고 있는 Oracle Spatial이나 PostGIS 등에서는 다면체 자체가 데이터타입으로 구현되어 있지는 않으나 z값을 포함한 포인트들의 배열을 이용하여 폴리곤을 구성하고 이를 이용해서 다면체를 저장하는 방법을 제공하고 있다. 이들에서는 모두 3D Primitive로서의 단일 컬럼으로 이루어진 데이터타입을 제공하지 않으며, SDO_GEOMETRY나 AddGeometryColumn과 같은 방법으로 폴리곤들의 배열형태로 정의하여 3D 데이터를 저장하고 있다.

본 연구에서는 RDBMS의 테이블에서 하나의 데이터타입으로서 3차원 타입을 가정한다. 관련 연구에서 알아본 바와 같이 3차원 데이터타입을 구현한 연구들도 진행되고 있고, 본 연구가 진행되는 현재 시점에서 PostGIS에서는 다면체 데이터타입의 정의가 향상된 버전을 출시하고 있기도 하다. 따라서 멀리 않은 시점에 다면체를 위한 데이터 저장과 기능들이 RDBMS 내에서 구현될 것으로 예측할 수 있다. 또한 새로운 3D 데이터 타입이 당장 가용하지 않더라도 배열 형태의 컬럼 또는 이의 연관 테이블로 이루어진 현재의 저장 방식을 DBMS 테이블에서는 다른 속성들과 함께 있는 3D geometry 컬럼으로 일반화 할 수 있다. 본 연구에서는 이들의 구체적인 저장을 위해 각 테이블과 이들의 부속 테이블들을 모두 표현하는 대신 각 객체간의 관계에 중점을 두며, 이들이 3D 지오메트리를 포함하고 있다는 것만을 명시한다. 따라서 3D의 기하학적 형태를 갖는 객체에서 이의 지오메트리를 하나의 [GEOM]이라는 데이터타입으로 표현된다고 가정하였다 (Figure 9). 만약 3DMax나 CAD 기반의 파일저장 방식을 사용한다면, [GEOM] 대신에 해당 파일을 참조하는 pointer가 들어가야 할 것이다.

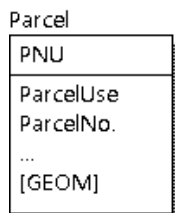


Figure 9. [GEOM] data type assumed for representing geometry of persistent classes

4.3.1 퍼시스턴트 클래스의 분리

- 먼저 어떤 클래스가 DBMS에서 저장 가능한 릴레이션(테이블)로 전환할 수 있는지, 어떤 클래스가 지오메트리를 포함하는지 구분이 필요하다. Figure 7에서 ‘필지’는 하위의 평면필지와 입체필지를 구성하기 위한 상위의 추상클래스이다.
- 실제 물리적 모델 단계에서는 Roll-Down하여 상위의 필지 객체를 제거하고 평면필지와 입체필지만을 남겨둘 수도 있다. 나머지 클래스들은 실제 지오메트리를 포함하는 퍼시스턴트 클래스라고 할 수 있다.

4.3.2 관계과약

- 평면필지와 입체필지는 필지를 구성하는 서브타입 엔티티이며 서로 배타적(OR) 관계이다.
- 입체필지는 평면필지의 연직 상하에 구성되는 다각기둥 전체, 또는 이의 일부이다. 필지별 구분지상권은 특정 지상, 지하의 특정 부분과 관련하여 보상공간의 평가가 달라질 수 있으므로 경우에 따라서는 다각기둥 상의 여러 부분을 가질 수 있다. 따라서 평면필지와 입체필지는 일대다의 관계를 가진다.
- 개별 입체물적객체는 각각 하나의 구분지상권공간을 가질 수 있다. 입체물적객체 없이는 구분지상권공간이 형성될 수 없기 때문에 이를 약한 객체로 보았다.
- 개별 입체물적객체로부터 산출된 구분지상권공간과 입체필지는 다대다의 관계를 가진다. 필지상하로 0개 이상의 시설물이 존재할 수 있고, 시설물은 1개 이상의 필지에 걸쳐서 존재할 수 있기 때문이다.
- 보상공간은 필지별구분지상권공간으로부터 도출된다. 필지별구분지상권공간과 일치할 수도 있고 송전선과 같은 경우에는 구분지상권공간이 필지에 투영된 2차원 영역이 될 수도 있다. 이를 ERD로 표현하면 Figure 10과 같다.

4.3.3 저장 객체와 유도 객체의 정의문제

- Figure 10에서는 입체필지를 퍼시스턴트 클래스로 보아 이를 엔티티로 표현하고 있다. 그러나 이를 DBMS에 반드시 저장해야 할 필요는 없다. 입체필지가 단순히 평면필지로부터 유도될 수도 있기 때문이다. 마찬가지로 필지별 구

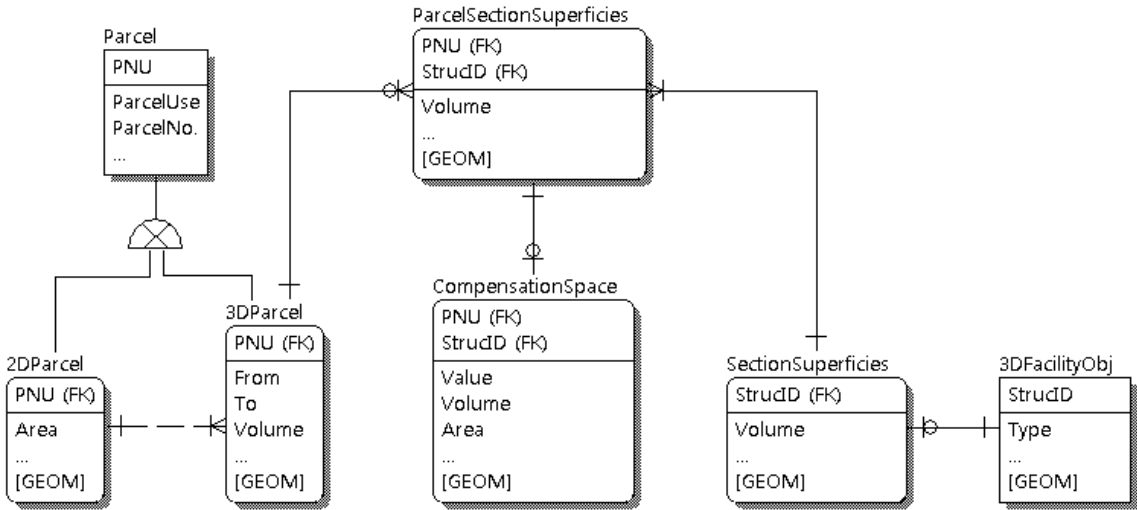


Figure 10. ERD of the 3D cadastre converted from the UML in Figure 6

분지상권 공간도 측량하여 저장해야 할 공간이 아니라 입체필지와 구분지상권공간으로부터 산출해 낼 수 있는 공간이다. 보상공간 역시 필지별 구분지상권공간으로부터 연산이 가능하다. 입체물적객체가 정확하게 측량되어 존재하고, 구분지상권공간이 이들로부터 특정 이격거리를 두어 산출될 수 있다면 구분지상권공간도 단순히 연산될 수 있는 객체가 된다.

- 그러나 시설물들의 타 시스템에 존재할 가능성이 있고 이에 대한 정확성이 담보되어 있지 않은 상황에서는 시설물들에 대해 측량이 필요하고, 구분지상권 공간도 단순히 이격거리와 같이 일관된 원칙이 적용되기 어려운 상황에서는 이 또한 측량하여 저장해야 할 것이다. 필지별 구분지상권 공간도 필요시 마다 연산하여 가시화하고 출력하는 것이 효과적이 못하고 정확하게 등기하여 관리하기 위해서는 저장 객체로 놔두는 것이 합당하다. 필요시 연산을 하던 저장 객체로 관리하던 입체필지, 필지구분지상권공간, 보상공간 등을 처리하기 위한 어플리케이션의 개발은 수반되어야 할 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 DBMS를 이용하여 3차원 지적을 구축하는데 필수적인 데이터모델링 과정을 다루었

다. 보편적으로 사용하는 UML 기반의 표기법은 연구자에 따라 다양하게 표현될 수 있으며 실세계가 복잡할수록 더욱 그러한 현상이 발생한다. RDBMS를 위한 모델은 ERD가 주로 사용되며 이들 두가지 모델 사이에 불일치가 발생한다. 본 연구에서는 UML을 ERD로 변형하기 위한 O-R Mapping 과정을 제시하였다.

아직까지는 3D 데이터 타입들과 기능들이 상용 DBMS에서 완벽하게 구현되고 있지는 않으나 멀지 않은 미래에 제공될 것으로 판단된다. 따라서 최근 지적재조사와 더불어 3차원 지적 문제가 대두되고 있는 시점에서 본 연구에서 제시한 바와 같이 구현 문제를 구체적으로 다루는 연구가 필요하다고 할 수 있다.

KLIS와 같이 여러 유사 시스템들이 중복해서 개발되고 통합되는 과정에서 본 바와 같이 3차원 지적 문제는 구축 초기 단계부터 신중하게 접근하는 것이 필요하다. 파일기반으로 개발하는 것 보다는 항상성, 안정성, 성능 등이 보장되어 있는 DBMS 기반의 개발이 전제되어야 할 것으로 판단된다. 본 연구는 DBMS 기반 구현의 중요성을 인식하여 이를 이용한 개발 과정에 수반되는 기본적인 사항들을 제시하였으며, 향후에 연계하여 다루어야 할 사항들은 다음과 같다.

본 연구에서는 상용 DBMS에서 3차원 데이터 타입의 저장과 함께 이들 객체들간의 위상학적 연산 기능들이 가능하다는 것을 전제로 하였다. 특히, 2

차원 필지로부터 3차원 필지의 유도, 구분지상권 공간과 3차원 필지간의 관계 연산, 이들로부터 보상공간과 같은 다양한 평가의 대상이 되는 공간의 산출 등은 향후에 상용 DBMS에서 구현되는 기능을 이용할 수 있을 것으로 판단되나 이들에 대한 구체적인 연구가 필요하다. 또한 이들 공간 객체들을 지적의 영역에서 직접 구축, 저장할 것인지, DBMS나 애플리케이션의 기능만으로 충족될 것인지를 여부에 따라 설계원칙과 예산 등에 큰 영향을 줄 것으로 판단되어 추후 심도 있는 연구가 필요하다. 입체물적객체는 배관과 같이 단순한 선형일 수도 있으나 여러 가지 요소가 조합된 형태일 수 있다. 지하 시설물은 상가, 지하철공간, 계단 등 매우 복잡한 형태가 될 수 있다. 본 연구에서는 이들 시설물에 대해서는 자세히 다루지 않았다. 또한 구분지상권의 대상이 되는 공간을 구성할 때 기존의 시설물로부터 구성한다면, 복잡한 시설물들에 대해 적절한 LOD를 적용할 필요가 있기 때문에 이에 대한 연구도 필요하다. 또한 입체지적 시스템 내에서 구축할 대상과 기존 타 시스템을 이용할 대상들에 대해 정립할 필요가 있으며, 이를 위해서 중복 구축을 최소화 할 수 있는 시스템간 연계방안에 대해서도 연구가 필요하다.

References

- [1] Arens, C. A. 2003, Modelling 3D spatial objects in a geo-DBMS using a 3D primitives. Msc thesis, TU Delft, The Netherlands. p. 76.
- [2] Arens, C. A; Stoter, J. E; van Oosterom, P.J.M. 2005, Modelling 3D spatial objects in a geo-DBMS using a 3D primitive. In *Computers & Geosciences*, 31(2): 165-177.
- [3] City of Seoul, 2009, A report on 3D cadaster framework establishment.
- [4] City of Seoul, 2010, A study on management of urban facilities with mixed uses trends.
- [5] City of Seoul, 2011a, A report on 3D cadaster 2nd phase framework establishment.
- [6] City of Seoul, 2011b, A report on 3D cadaster test-bed establishment.
- [7] Data Modeling 101 (<http://www.agiledata.org/essays/dataModeling101.html>)
- [8] Gröger, G; Kolbe, T. H; Czerwinski, A; Nagel, C. 2008, OpenGIS City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, Version 1.0.0, OGC Doc. No. 08-007r1, Open Geospatial Consortium.
- [9] Hwang, J. R; Kang, T. W; Hong, C. H. 2012, A Study on the correlation analysis between IFC and CityGML for efficient utilization of construction data and GIS data, *Journal of Korea Spatial Information Society*, 20(5): 49-56.
- [10] Khuan, C. T; Abdul-Rahman, A; Zlatanova, S. 2008, New 3D data type and topological operations for geo-DBMS. In Coors, Rumor, Fendel & Zlatanova (Eds.), *Urban and regional data management: UDMS annual 2007* (pp. 211-222), Taylor & Francis, London, UK.
- [11] Mapping Objects to Relational Databases (<http://www.agiledata.org/essays/mappingObjects.html>)
- [12] Object relational impedance mismatch (http://en.wikipedia.org/wiki/Object-relational_impedance_mismatch)
- [13] OGC, 1999, OpenGIS simple feature specification for SQL (<http://www.opengis.org>)
- [14] Park, I; Lee, J. 2009, Modeling spatial data in a geo-DBMS using 3D Primitives, *Journal of Korea Spatial Information System Society*, 11(3): 50-54.
- [15] Stadler, A; Nagel, C; König, G; Kolbe, T. H. 2009, Making interoperability persistent: A 3D geo database based on CityGML. In *Proceedings the 3rd International Workshop on 3D Geo-Information 2009*, Seoul, Korea.

논문접수 : 2013.03.10

수정일 : 2013.04.21

심사완료 : 2013.04.25