

도시소음 시각화를 위한 3차원 GIS 활용방안에 관한 연구

A Study on Use of 3D-GIS in the Urban Noise Visualization

류근원*, 김근한, 조용주, 전철민

Keunwon Ryu*, Geunhan Kim, Yongju Jo, Chulmin Jun

서울시립대학교 공간정보공학과

{ryuwin*, nani0809, anytime611, cmjun}@uos.ac.kr

요약

도시 소음이 미치는 경제적, 사회적 영향이 커짐에 따라 최근 도시소음에 대한 관심이 높아지고 있다. 그러나 기존의 2차원 소음지도를 통해서만 점점 복잡해지고 대규모화 되어 가는 건물의 각 공간에 대한 소음분석 및 시각화에 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 소음데이터의 3차원 시각화 및 공간별 소음분석을 위해 토폴로지가 부여된 3차원 GIS 데이터 모델을 제시하였다. 건물의 각 공간을 볼륨과 벽체들로 구성하고 공간간의 토폴로지를 부여하기 위해 DB에서 관계를 정의해주고 DB의 볼륨테이블과 벽체테이블에 저장된 소음데이터를 이용하여 3차원 소음분석 및 시각화가 가능하도록 하였다.

1. 서론

주거환경의 가치와 중요성에 대한 인식이 높아지고 주변 환경요인이 미치는 경제적, 사회적 영향이 커짐에 따라 여러 가지 환경적 문제가 제기되었다. 기존 도시에서 발생하는 환경문제 중 소음문제는 대도시에서의 주요한 문제 중의 하나로 관심이 높다. 통계자료(환경부, 2003)에 따르면 환경민원 중 약 70% 이상의 민원이 소음민원인 것으로 집계되었으며, 이는 소음으로 인한 문제가 향후 가장 민감한 문제가 될 것임을 예시하는 것이다. 이러한 점 때문에 소음문제는 최근 기성도시의 정비뿐 아니라 신도시 개발 시에도 중요하게 고려되고 있으며 도시계획과 설계분야에 소음지도의 활용이 증가하고 있는 추세이다.

그러나, 기존의 2D, 2.5D 소음지도는 평면 또는 지형의 소음분포만을 나타내고 있어 각각의 건물에 대한 소음영향평가나 시각화가 이루어지지 않고 있다. 최근의 3차원 소음지도 구축에 관한 연구(고준희, 2006)에서는 수치지도에서 추출한 지

형정보와 건물정보를 이용하여 지형 및 건물을 3차원으로 구현하고 예측된 소음데이터를 건물의 인구, 면적과 같은 GIS 속성데이터와 결합하여 각 건물에 미치는 소음크기 및 시각화가 가능한 3차원 소음지도를 구축하였다. 그러나 실험대상지역의 모든 건물을 GIS 층별 레이어를 이용하여 표현하고 있어 고층건물을 표현하기 어려우며 건물 외벽에 소음데이터를 표현하는 방법을 이용한 층별 시각화 머무르고 있어 건물의 각 공간에 대한 소음분석 및 시각화에는 한계를 갖고 있다.

본 연구에서는 토폴로지라는 GIS 고유의 자료구조를 3차원으로 확장함으로써 3차원 공간분석이 가능한 3차원 GIS 데이터 모델을 제안하고 이를 3차원 소음정보 시스템에 적용하고자 하였다.

3차원 공간모델을 볼륨과 볼륨을 둘러싼 벽체들로 구성하고 관계형 DB를 이용하여 이들의 관계를 정의함으로써 토폴로지를 갖는 3차원 공간모델을 구축하였다. 예측된 소음데이터를 DB의 외벽 테이블과 볼륨테이블에 저장하고 이를 이용한 3차원 소음분석과 시각화를 구현하였다.

2. 토폴로지 데이터 구조

2.1 2D 토폴로지

벡터 기반 객체들은 단순형태의 피쳐 및 위상구조를 갖는 피쳐를 이용하여 구축된다. 대부분의 상용 CAD 시스템은 단순한 피쳐들을 생성하는데 객체들 사이에 어떠한 관계도 없기 때문에 단순형태의 피쳐들은 서로 분리되고 겹쳐질 수 있으며 데이터베이스의 관계성이 부족한 단점이 있다(Zeiler 1999).

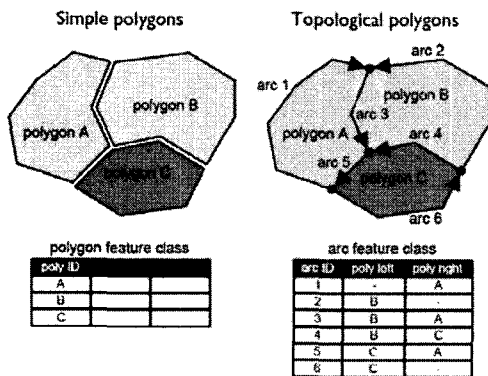


그림 1. 단순 폴리곤 및 토폴로지 구조의 폴리곤

한편, 위상구조를 갖는 피쳐들을 생성하는 것은 토폴로지라고 불리는 공간원리에 기반한다. 토폴로지는 지형요소들간의 인접성(adjacency)이나 연결성(connectivity)이 유지된 데이터 구조를 지칭하는 용어로서 GIS에서 지리적인 분석을 가능하게 해주는 핵심적인 요소라 할 수 있다.

토폴로지 관계를 가지는 데이터에서는 단순형태에서는 불가능한 공간간의 인접성이나 상호관계, 네트워크의 연결성의 파악이 가능하다. 또한 이에 근거한 공간질의 나 연산이 가능하다. 그림 1에서는 단순형태와 토폴로지로 구성된 폴리곤의 예를 보여준다. 단순 형태에서는 인접한 경계라 하더라도 폴리곤들은 서로 분리된 개체로 인식되며 폴리곤 간에는 상호관계를 알 수 없다. 반면 토폴로지가 부여된 폴리곤에서는 폴리곤들이 인접한 경계(arc)는 오

직 한번만 저장되며 경계와 좌우측 폴리곤과 같은 관계를 알 수 있다.

2.2 3D 토폴로지

현재 3D GIS가 3D모델과 혼용되고 있지만 3D 모델은 위상구조를 갖고 있지 않기 때문에 분석목적에 적용하기에는 한계를 갖고 있다. 3D GIS의 실현은 2D GIS에서 가능했었던 분석기능을 수행할 수 있는나에 달려있으며 이를 위한 3차원 토폴로지에 대한 고려가 요구되고 있다.

몇몇의 연구에서 3차원 토폴로지컬 모델을 제안하고 있는데 Losa(1999)의 연구에서는 3차원 공간질의를 위한 위상관계를 정리하고 DBMS에서 실행되는 3D 토폴로지컬 모델을 제안하고 있다. 그러나 수학적 해석에만 그치고 있다는 한계가 있다. Stoter(2005)의 연구에서는 3D 지적의 개념을 적용하여 객체들 사이의 위상관계를 유지하는 것에 초점을 맞추고 있다. 지적 DB에 객체들의 지오메트리와 3D 토폴로지 구조를 나타내는 정보를 포함시키고 있는데 이 토폴로지컬 구조를 이용하여 객체들의 3차원 공간질의가 가능하도록 하였다. 그림 2는 Stoter가 제안한 3D지적의 개념으로 DB에 저장된 볼륨 필지의 3차원 시각화를 나타낸 것이다. 두 개의 볼륨은 하나의 면을 공유함으로써 토폴로지를 갖는다.

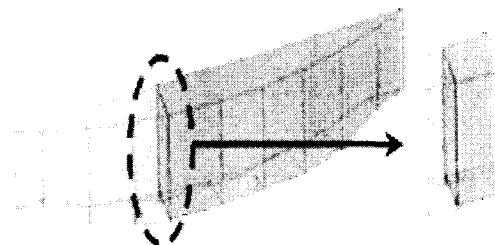


그림 2. 볼륨 필지의 3차원 시각화

본 연구에서는 Stoter가 제안한 3차원 토폴로지컬 데이터의 개념을 3차원 소용 분석 및 시각화를 위한 데이터 모델에 적용하고자 하였다.

3. 3차원 소음시각화를 위한 3D-GIS 데이터 모델링

본 연구에서는 건물의 공간별 3차원 소음분석 및 시각화를 위한 3D-GIS 데이터 모델을 제시하였다. 3D-GIS 데이터 모델은 3D 오브젝트 모델링과 속성데이터 모델링으로 나누어 볼 수 있으며 각 모델링 방법은 그림 3에서 요약된다.

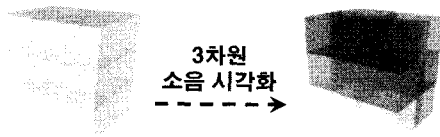
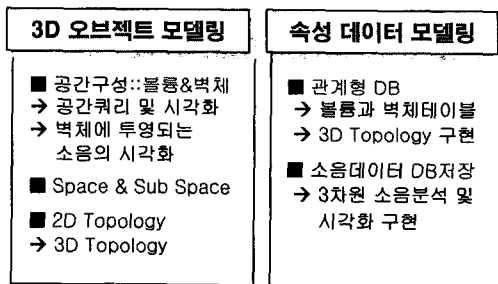


그림 3. 3차원 소음시각화를 위한 3D-GIS 데이터 모델링

3D 오브젝트 모델링

소음데이터는 건물 외벽에 투영되므로 외벽에 투영되는 소음데이터를 시각화 하기위해서 벽체들이 일정단위로 객체화 되어야 하며 공간별 질의 및 시각화를 위해서는 건물을 공간을 대표하는 볼륨의 집합으로 구성해야 한다. 이에 본 연구에서는 하나의 공간을 공간을 대표하는 볼륨과 볼륨을 둘러싸는 벽체들의 합으로 정의하고 볼륨과 벽체들의 관계를 DB를 통해 정의함으로써 2D 토폴로지의 개념을 3D 토폴로지로 확장하고자 하였다.

그림 4는 3D 오브젝트 모델링에 2D 토폴로지의 개념을 그대로 확장한 것을 나타내고 있다. 2D Topology에서 폴리곤 B가 체인 2,3을 이용하여 폴리곤 A,C와 관계를 형성하고 있는 것처럼 3D 모델에서는 공유하는 벽체들을 이용하여 볼륨간의 토폴로지를 구현할 수 있다.

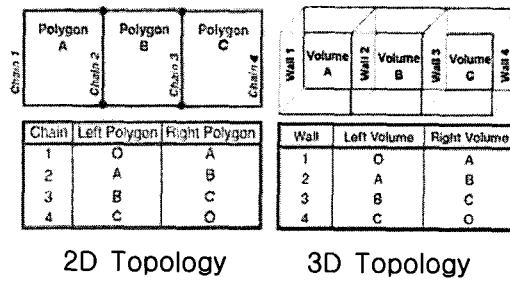


그림 4. 2D Topology의 확장

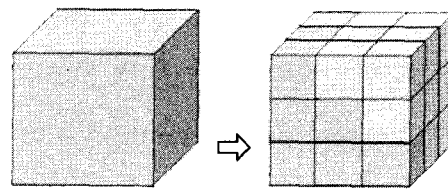


그림 5. Space & Sub Space

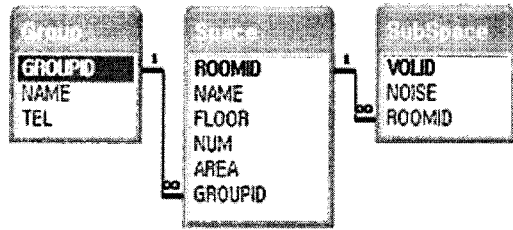
그림 5는 Space와 Sub Space의 개념을 나타내고 있다. 하나의 공간을 하나의 볼륨으로 나타낼 경우 강당이나 홀과 같이 상대적으로 규모가 큰 공간은 하나의 볼륨으로 전체공간을 나타내거나 하나의 소음값으로 전체공간의 소음을 대표하기에는 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 3D 오브젝트 모델링에 Space와 Sub Space의 개념을 적용하여 세밀하고 구체적인 분석 및 시각화를 구현하고자 하였다.

속성 데이터 모델링

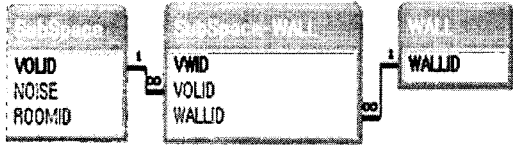
속성 데이터 모델은 관계형 데이터베이스를 이용하였다. 세부적인 질의처리를 위해 공간을 그룹화 하였으며 Space와 Sub Space의 관계를 정의하기 위해 일대다의 구조로 모델링 하였다.(그림 10-a)

볼륨을 구성하는 벽체가 두 개 이상이며 하나의 벽체를 공유하는 볼륨 또한 두 개 이상이므로 볼륨테이블, 벽체테이블, 이 둘을 연결하는 인터섹션 테이블을 구성하여 공간간의 관계를 정의함으로써 3D Topology를 구현하였다. (그림 10-b)

볼륨테이블과 벽체테이블에는 소음데이터가 저장되며 이를 이용하여 3차원 소음분석 및 시각화가 이루어진다.



a. Space & SubSpace



b. Volume & Wall

그림 6. 관계형 DB 모델링

4. 프로토타입 구현

본 연구는 기초단계로써 3차원 소음분석 및 시각화를 위한 3D-GIS 데이터 모델을 테스트 하기 위해 가상의 데이터를 구축하였다. 본 프로토타입에서의 3차원 모델은 건물의 구조를 단순화 하여 구축하였으며 DB는 공간명칭, 층수, 면적과 같은 건물별 속성데이터와 소음데이터를 저장하여 구축하였다.

본 시스템은 OLE/COM(Object Linking and Embedding/Component Object Model)을 채택하였으며 C#언어를 사용하여 구현하였다. 3D 모델에 속성값을 부여하기 위해 ADO(Microsoft Active Data Objects)와 OLE DB를 이용하여 관계형 데이터베이스인 Access에 접근하였다.

인접공간 질의

그림 7은 3차원 모델에 토폴로지가 부여되었음을 보여주는 예로써 하나의 공간을 선택한 후 인접공간을 쿼리(Query)한 결과를 나타내 주고 있다. 공간 선택 시 DB를 이용하여 벽체를 공유하는 모든 인접 공간을 쿼리할 수 있으며 공간의 ID값을 이용하여 DB에서 선택공간 및 인접공간에 대한 속성 값을 추출해 낼 수 있다.

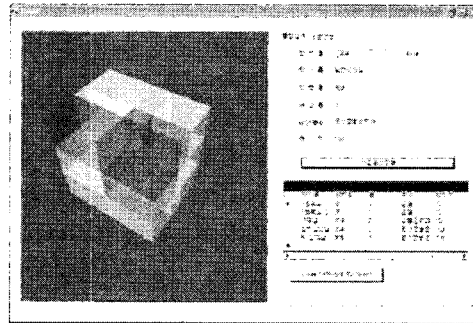
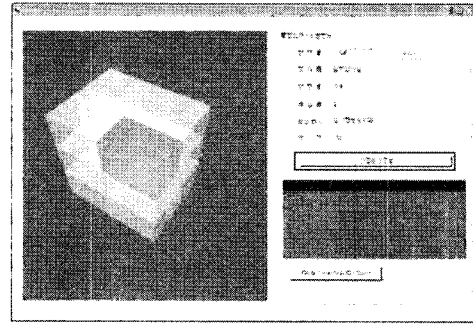
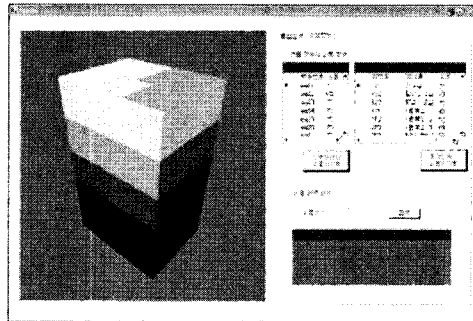
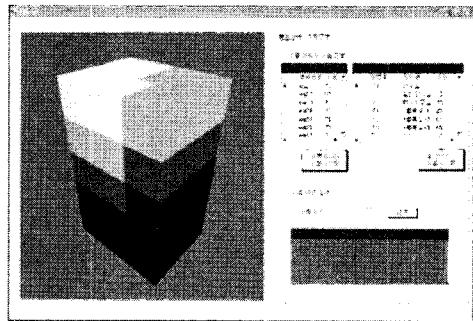


그림 7. 인접공간 쿼리(Query)



a. 소음의 외벽 시각화



b. 공간별 소음 시각화

그림 8. 소음데이터의 시각화

소음데이터의 시각화

소음데이터는 건물의 외벽에 투영되는 특성을 갖고 있어 본 연구에서는 건물의 외벽을 내부공간의 단위로 분할하고 외벽 DB에 저장된 소음데이터를 이용하여 3차

원으로 시각화 하였다.(그림 8-a)

본 시스템에서 적용한 3D 모델에서 하나의 공간을 구성하는 벽체의 수는 6개이며 2개 이상의 외벽을 포함하고 있는 공간도 존재한다. 이때 건물의 각 공간을 나타내는 볼륨에 공간이 갖는 소음의 대표값을 표현하기 위해서는 공간을 구성하는 벽체들이 갖고 있는 소음 데이터를 이용해야 한다. 본 연구에서는 벽체들에 투영된 소음데이터 중에서 가장 큰 값을 대표값으로 가정하고 볼륨테이블에 저장하였다. 그림 8-b는 공간별 대표값으로 저장된 소음데이터를 이용한 3차원 시각화를 나타내고 있다.

소음노출 가구 및 인구 산정

DB의 볼륨테이블에 저장되어 있는 소음데이터를 이용하면 일정소음 이상에 노출된 소음노출 가구를 산정할 수 있으며 이를 3차원으로 시각화 할 수 있다. 그림 9는 생활규제소음(65dB)이상인 공간을 쿼리(Query)한 결과를 나타내고 있으며 이때 DB에 저장된 가구당 인구수, 면적 등의 속성값을 이용하여 소음노출 가구수 및 인구수를 정량적으로 산정할 수 있다.

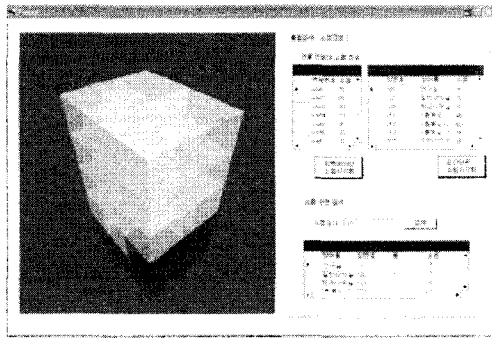


그림 9. 소음노출 가구 검색

6. 결론

본 연구에서는 토폴로지 자료구조를 3차원으로 확장함으로써 3차원 공간분석 및 시각화가 가능한 3차원 GIS 데이터 모델을 제시하고 이를 3차원 소음정보시스템에 적용하고자 하였다. 3차원 공간모델

을 볼륨과 볼륨을 둘러싼 벽체들로 구성하고 관계형 DB를 이용하여 이들의 관계를 정의함으로써 토폴로지를 갖는 3차원 공간모델을 구성하였다. DB의 외벽테이블과 볼륨테이블에 저장된 소음데이터를 이용하여 소음노출인구 산정과 같은 소음분석 및 소음데이터의 3차원 시각화를 구현하였다.

본 연구는 3차원 소음정보 시스템 구축을 위한 기초연구로써 현재 실제 고층아파트 단지를 대상으로 적용하는 단계를 진행 중에 있으며 좀 더 다양한 분석기능과 알고리즘을 적용하면 도시계획 및 설계분야에서 활용 가능한 3차원 소음정보 시스템 구축이 가능할 것으로 기대하고 있다.

참고문헌

1. 고준희, 이기정, 안장호, 장서일(2006), "GIS와 3차원 소음지도를 이용한 소음 폭로인구 산정방법에 관한 연구", 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집
2. 고준희(2006), "청주시의 소음지도 제작에 관한 연구", 대한환경공학회
3. 허윤경, 이성호(2002), "일조분석을 위한 3차원 GIS 활용방안에 관한 연구", 부산대학교 도시문제 연구소
4. 환경부(2003), "환경통계연감", 환경부, p 564
5. Stoter(2005), "3D Cadastre in an International Context-Legal, Organizational, and Technological Aspects"
6. Losa(1999), "3D Topological modeling and visualization for 3D GIS", Computers&Graphics 23
7. ESRI(2001), Dictionary of GIS Terminology, The ESRI Press.
8. Zeiler(1999), Modeling Our World, ESRI Press.