

3차원 GIS를 활용한 도시소음 시각화에 관한 연구

A Study on Urban Noise Visualization using 3D-GIS

류근원* / Ryu, Keunwon 김근한** / Kim, Geunhan
김혜영*** / Kim, Hyeoung 전철민**** / Jun, Chulmin

요약

소음문제는 대도시 환경문제 중 주요한 문제 중의 하나로 관심이 높으며, 도시계획과 설계분야에 소음지도의 활용이 증가하고 있는 추세이다. 그러나, 기존의 2D 소음지도는 주로 평면적인 소음분포만을 나타내고 있어 최근 고층화, 대형화 되어가는 건물의 각 공간에 대한 미시적 소음분석 및 시각화에는 한계를 갖고 있다. 따라서 본 연구에서는 평면적이고 지역적인 소음분포의 표현에만 머무르고 있는 기존 소음지도의 한계점을 인지하고 소음의 수직적인 분포를 고려하여 공간단위의 소음분석 및 시각화를 위한 데이터모델을 제시하였다. GIS의 토폴로지 구조를 3차원으로 확장함으로써 3차원 공간분석 및 공간단위 시각화가 가능한 3차원 GIS 데이터모델을 제안하고 이를 3차원 소음정보시스템에 적용하고자 하였다. 간단한 3차원 소음정보시스템을 구축하여 3차원 공간질의, 시간대별 3차원 소음시각화, 방음벽의 높이에 따른 소음의 변화량을 시뮬레이션하고 각각의 경우 소음노출가구 및 인구를 정량적으로 산정함으로써 도시계획 및 설계분야에서의 활용가능성을 예시하였다.

Abstract

The noise problem is one of the major problems associated with large cities and is considered important factor not only in maintenance but also in development of cities. Accordingly, the noise map is being increasingly used in city planning and design. However, the existing two-dimensional noise maps only show regional, planar distribution of noise. This study presented a method to build a data model for analyzing and visualizing noise levels at fine scale considering the vertical distribution of noise in a building. By expanding the 2D topology concept used in conventional GIS to 3D, it suggested a 3D GIS data model that makes 3D spatial queries, analyses and visualization possible and applied the proposed approach to building a 3D noise information system. By building and testing the system, the study showed different functionalities including 3D spatial queries and 3D visualization of noise levels varying temporally or according as the height of sound-proof walls. In each case, the population exposed to noise was quantitatively computed to illustrate the potential in the areas of city planning and design.

■ 논문접수 : 2007.9.6 ■ 심사완료 : 2007.10.23

* 경기개발연구원 기획조정실 GIS팀 연구원(ryuwin@gri.re.kr)

** 서울시립대학교 대학원 공간정보공학과 석사과정(nani0809@uos.ac.kr)

*** 서울시립대학교 대학원 공간정보공학과 석사과정(mhw3n@uos.ac.kr)

**** 교신저자 서울시립대학교 공간정보공학과 부교수(cmjun@uos.ac.kr)

주요어 : 소음지도, 3차원 GIS, 3차원 토폴로지, 3차원 시각화

Keyword : Noise map, 3D GIS, 3D Topology, 3D Visualization

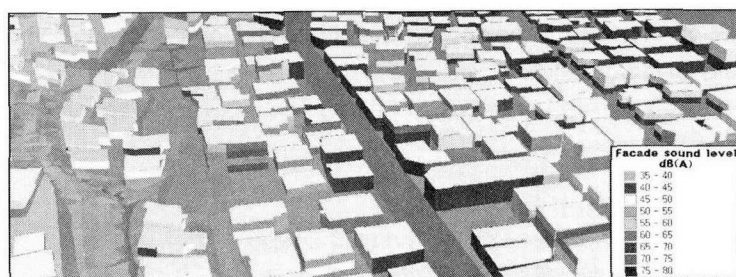
1. 서 론

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 높아지고 있으며, 최근 기성도시의 정비뿐 아니라 신도시 개발 시에도 중요하게 고려되고 있고, 이로 인해 도시계획과 설계분야에 소음지도의 활용이 증가하고 있는 추세이다 (환경부 2003, 장서일 2005). 그러나, 기존의 2D, 2.5D 소음지도는 평면 또는 지형의 소음분포만을 나타내고 있어 각각의 건물에 대한 소음영향평거나 시각화가 어렵다고 할 수 있다. 최근에 진행되고 있는 3차원 소음지도에 관한 연구에서 고준희(2006)는 GIS를 이용한 3차원 소음지도의 구축 방법을 제시하고 있는데 소음 예측치를 GIS 데이터와 조인하고 층별 레이어 속성에 저장된 소음값을 외벽에 표현함으로써 3차원 소음 지도를 구축하였다. 그러나 <그림 1>에 나타난 바와 같이 2차원 건물데이터에 높이값만을 주어 3차원으로 추출해내고 기존의 2차원 소음데이터를 벽면에 표시한 것으로 실제적으로 2.5D의 형태라 할 수 있으며, 건물 각 공간단위의 소음분석 및 시각화에는 적용이 어렵다는 한계를 갖고 있다.

본 연구에서는 평면적이고 지역적인 소음분포의 표현에만 머무르고 있는 기존의 소음지도의 한계점을 인지하고 소음의 수직적인 분포를 고려하여 공간단위의 시각화 및 분석을 위한 데이터 모델을 제시하고 이를 3차원 소음정보시스템에 적용해 보고자 하였다.

2. 연구 내용 및 방법

본 연구에서는 GIS의 토폴로지 구조를 3차원으로 확장함으로써 3차원으로 공간분석 및 공간단위의 시각화가 가능한 3차원 GIS 데이터모델을 제안하고 이를 3차원 소음정보시스템에 적용하고자 하였다. 3차원 공간모델을 구축하는데 있어 소음예측시스템으로부터 출력되는 소음의 예측치가 건물의 벽체에 투영되는 특성을 반영하고 건물의 각 공간이 갖고 있는 소음값을 표현하기 위해 공간은 볼륨과 볼륨을 둘러싼 벽체들로 구성하고 관계형 DB를 이용하여 이들의 관계를 정의함으로써 토폴로지를 갖는 3차원 공간모델을 구축하였다. 3차원 소음정보 시스템의 대상지로는 아파트 6개 동과 외곽도로, 내부진입도로 등으로 구성된 임의의 아파트 단지 일부분으로 선정하였다. 소음의 예측데이터를 얻기 위해 소음예측시스템(SoundPLAN)을 이용하였는데 소음예측을 위한 입력데이터는 시스템 대상



<그림 1> GIS를 활용한 3차원 소음지도 (고준희 2006)

지의 CAD 파일과 교통량, 속도, 방음벽 등의 속성 데이터를, 사용하였다. 예측시스템으로부터 출력된 소음데이터는 텍스트 파일이나 엑셀파일의 형태를 갖는데 각 예측소음값들이 갖고 있는 좌표값과 포인트 ID값을 이용하여 데이터베이스의 벽체데이터에 저장하여 3차원 소음정보시스템의 시각화 및 분석에 이용하였다.

3. 도시소음 시각화를 위한 3D-GIS 데이터 모델링

3.1 3차원 공간 모델링

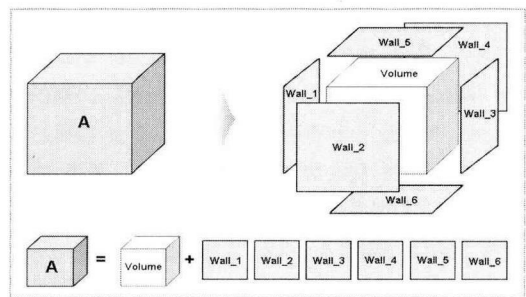
소음예측시스템으로부터 출력된 소음데이터는 건물의 외벽에 투영된다. 이렇게 외벽에 투영되는 소음데이터를 공간단위로 시각화하기 위해서는 건물 전체의 외벽을 구성하는 공간단위로 분할해야 한다. 또한 소음데이터의 외벽을 통한 시각화 뿐 아니라 두 개 이상의 외벽을 갖고 있는 공간에 대한 대표 소음값을 표현하고 소음수치에 따른 공간질의 및 시각화를 위해서는 건물을 공간을 대표하는 볼륨의 집합으로 구성해야 한다. 따라서 본 연구에서는 건물의 한 공간을 구성함에 있어 <그림 2>에 나타난 바와 같이 그 공간을 대표하는 볼륨과 볼륨을 둘러싸는 벽체들의 합으로 정의하였다.

3.2 3D Topology 구성

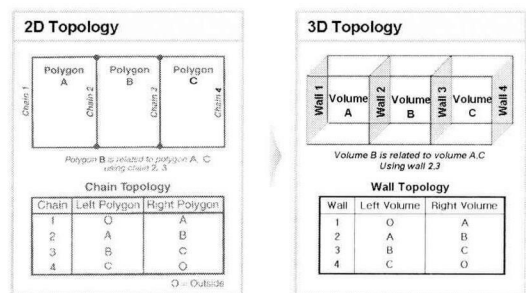
본 연구에서 제안하고 있는 소음시각화를 위한 3차원 오브젝트 모델은 공간을 볼륨과 볼륨을 감싸는 벽체들의 합으로 구성하는데 이때 볼륨과 벽체들의 관계를 정의함으로써 벽체와 공간, 공간과 공간 사이에 토폴로지를 부여 하였다. <그림 3>과 같

이 2차원 토폴로지의 체인과 폴리곤을 3차원의 벽체와 볼륨에 대응시켜 3차원 토폴로지를 구성하였다. 2차원 토폴로지에서는 폴리곤 B가 체인 2, 3을 이용하여 폴리곤 A, C와 관계를 형성하고 있다면 구성된 3차원 토폴로지에서는 볼륨 B가 벽체 2, 3을 이용하여 볼륨 A, C와 인접되어 있다는 것을 알 수 있다.

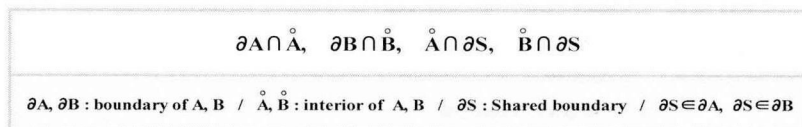
제안된 3차원 토폴로지 구성 방법은 일부 연구(Losa, 1999)에서의 3D 토폴로지 표현방법을 적용하여 <그림 4>와 같이 나타낼 수 있는데 A와 B의 내부공간을 대표하는 볼륨과 각 볼륨을 둘러싸는 벽체들과의 인터섹션 그리고 A와 B가 공유하고 있는 벽면과의 인터섹션을 통해 3차원 토폴로지를 구성하게 된다.



<그림 2> 3D-GIS 데이터 모델의 공간구성



<그림 3> 2D Topology & 3D Topology



<그림 4> 3D Topology 구성

4. 데이터 구축

4.1 3차원 공간 모델 구축

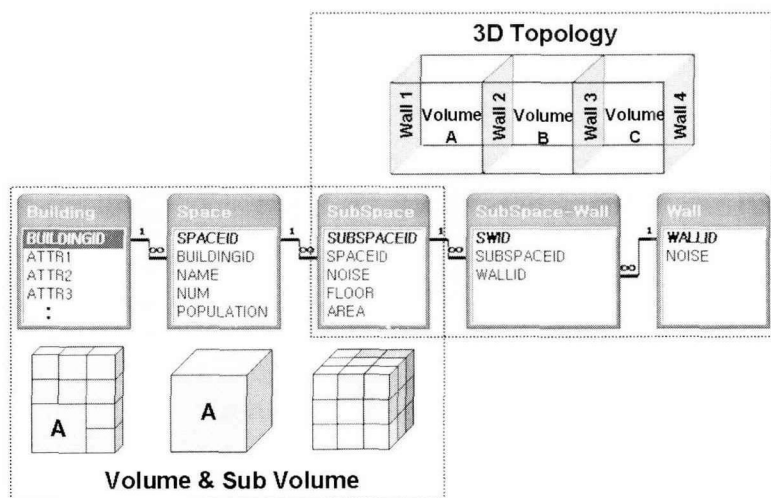
시스템 적용을 위한 3차원 공간모델은 임의의 아파트 단지를 대상으로 하였다. 아파트 단지 내 건물은 15층의 고층 아파트 6개동으로 구성하였으며 도로는 단지 외부의 외곽도로와 단지 내 진입도로로 구성하였다. 우선 CAD 도면으로 아파트 단지의 평면을 구성하였는데 이는 소음예측시스템에 입력 데이터로서 이용된다. 아파트 단지의 평면구성에 있어 실제와 유사한 데이터를 구축하기 위해 도로와 아파트의 거리, 아파트와 아파트의 간격 등을 실제 아파트 도면을 참고로 하여 구축하였다. 또한 3차원 오브젝트 모델링은 기 구축된 CAD 도면을 이용하였다. 아파트 모델은 한 층에 네 가구로 구성된 15층의 홀형(계단형)으로 가정하였는데 아파트의 한 세대를 소음 시각화의 단위공간으로 가정하고 하나의 가구를 직육면체의 볼륨과 그것을 감싸는 6개의 벽체들로 단순화 시켜 구성하였다. 또한 방음벽의 높이에 따른 소음데이터의 변화량을 나타내기 위해 높이가 다른 두 개의 방음벽도 각각의 3차원 모델로 구축하여 전체적인 아파트 단지의 구성에 있어 실제의 아파트 단지구조를 반영하고자 하였다.

4.2 데이터베이스 구축

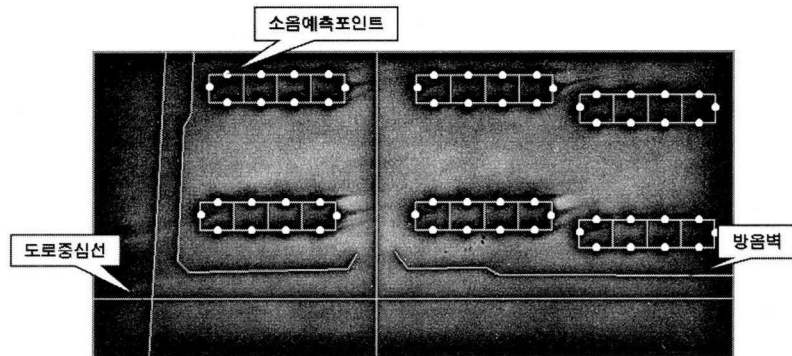
본 연구에서는 질의처리 능력이 없는 3차원 공간 모델에 속성값을 부여하고 소음데이터 시각화의 단위로 구성된 볼륨과 벽체들의 관계를 정의함으로써 공간간의 토폴로지를 부여하기 위해 관계형 데이터베이스를 이용하였다. 데이터베이스는 <그림 5>와 같이 빌딩테이블, 볼륨테이블, 벽체테이블, 볼륨과 벽체의 인터섹션 테이블 등 다섯 개의 테이블로 구성하였다. 빌딩테이블은 아파트 동의 속성 데이터를 저장하는데 아파트명, 동명, 총 세대수, 높이, 3차원 객체의 ID의 필드를 가지고 있다. 볼륨 테이블은 아파트의 세대를 나타내는 것으로 아파트 한 세대의 속성인 호수, 아파트명, 동명, 층수, 평수, 면적, 3차원 객체의 ID, 소음값의 필드를 갖는다. 벽체 테이블은 외벽과 내벽을 모두 포함하며 아파트의 세대를 둘러싸는 벽체에 대한 속성을 나타내며 소음값의 필드를 갖는다.

4.3. 소음예측시스템을 이용한 소음데이터의 취득과 저장

본 연구에서는 도시소음의 3차원 시각화를 위해 소음예측시스템으로부터 출력된 소음데이터를 데이



<그림 5> 데이터베이스 모델링



〈그림 6〉 SoundPLAN 입력 데이터(예측포인트)

터베이스에 저장하고 이를 이용하고자 하였다. 본 연구에서는 소음도 예측 프로그램으로 미국과 캐나다 연합 기업인 SoundPLAN사의 SoundPLAN을 이용하였다. SoundPLAN에서는 소음예측치를 취득하고자 할 때 예측하려는 포인트를 지정해 주어야 하는데 〈그림 6〉의 배치 평면에서 보는 바와 같이 입력 데이터를 구축할 때 소음값을 취득하고자 하는 곳에 절점(소음예측포인트)을 만들게 되면 각각의 절점에 대응하는 소음값을 취득할 수 있게 된다. 따라서 건물의 종류와 형태에 상관없이 소음예측포인트를 포함한 배치평면, 층수, 층고 등의 데이터를 SoundPLAN에 입력하게 되면 모든 절점에 대응하는 소음예측치가 점 데이터로 취득된다.

소음값을 예측하기 위해서는 차량대수, 차량속도, 노면종류, 노면경사, 장애물의 영향, 지표흡음, 기상 영향 등의 자료가 필요하다. 본 연구에서는 소음예측시스템의 소음예측인자로서 아파트 단지 평면 CAD 파일을 이용하여 도로와 아파트의 위치 및 형태에 대한 정보를 입력하였으며 차량대수, 차량속도, 장애물 영향 등의 속성값도 입력하였다. 차량대수와 차량속도는 시간대별로 구분하여 다르게 입력하였다. 장애물 영향 인자로는 방음벽을 적용하였는데 방음벽의 높이에 따른 소음 값의 변화량을 예측하기 위해 방음벽이 없을 경우, 방음벽이 4m 일 경우, 8m일 경우 등 세 가지로 구분하여 입력하였다. 소음예측을 위한 입력데이터는 〈그림 7〉과 같이 요약된다. 본 연구에서는 소음예측 포인트를

아파트의 가구단위로 분할된 외벽의 중앙부분으로 입력하였는데 취득된 소음데이터는 〈그림 8〉과 같이 엑셀파일 형태로 출력되었으며 ID값을 이용하여 조인함으로써 데이터베이스의 벽체테이블에 소음데이터를 저장하였다.

벽체테이블에 저장된 소음데이터를 이용하면 3차원 소음의 시각화가 가능하지만 소음노출가구 산정과 같은 공간별 소음분석을 위해서는 공간이 갖는 대표 소음 값이 필요하게 된다. 그러나 〈그림 9〉와 같이 두개 이상의 외벽을 갖는 공간이 존재할 수 있고 하나의 공간을 둘러싸는 각각의 외벽은 서로 다른 소음 값을 포함할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 하나의 공간이 다른 소음 값을 갖는 여러 개의 외벽으로 구성된다면 그 중에서 큰 값을 대푯값으로 가정하고 DB의 볼륨테이블에 저장하였다.

APT 6개동	15층 오픈(개단실형)
도로	외부도로, APT진입도로

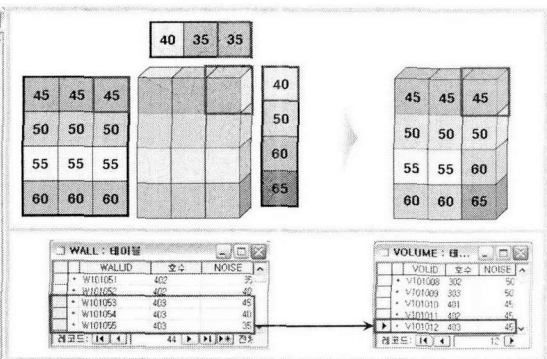
구분	구분명	외부도로	진입도로
주식	교통량	6000 대 / hr	1000 대 / hr
	속도	50 km / hr	40 km / hr
주건	교통량	3000 대 / hr	400 대 / hr
	속도	70 km / hr	40km / hr
상여	교통량	5000 대 / hr	100 대 / hr
	속도	80 km / hr	40km / hr

높이	4 m
	8 m

〈그림 7〉 소음예측시스템 입력 데이터

No.	X	Y	Z	Floor	Name	Level
1	95460.36	-36167	2.4	1	1번 건물	48.8
2	95460.36	-36167	5.4	2	1번 건물	49.8
3	95460.36	-36167	8.4	3	1번 건물	51
4	95460.36	-36167	11.4	4	1번 건물	52.6
5	95460.36	-36167	14.4	5	1번 건물	55.2
6	95460.36	-36167	17.4	6	1번 건물	59
7	95460.36	-36167	20.4	7	1번 건물	63
8	95460.36	-36167	23.4	8	1번 건물	64.7
9	95460.36	-36167	26.4	9	1번 건물	64.4
10	95460.36	-36167	29.4	10	1번 건물	64
11	95460.36	-36167	32.4	11	1번 건물	63.7
12	95460.36	-36167	35.4	12	1번 건물	63.3
13	95460.36	-36167	38.4	13	1번 건물	63
14	95460.36	-36167	41.4	14	1번 건물	62.6
15	95460.36	-36167	44.4	15	1번 건물	62.3

〈그림 8〉 출력된 소음 데이터



〈그림 9〉 볼륨테이블에 저장되는 대표 소음값

5. 시스템 적용

본 연구에서는 3차원 건물 모델 데이터에 속성값을 저장하고 추출하는데 개인용 관계형 데이터베이스인 MicroSoft Access를 이용하였다. 3차원 건물은 CAD와 그래픽 도구를 이용하여 모델링 하였다. 또한 화면상에 3차원 모델의 원하는 부분을 원하는 위치에 표현하고 소음값의 크기에 따른 다양한 색의 표현을 위해 3차원 모델의 시뮬레이션 도구가 필요한데, 본 연구에서는 이를 위해 EON Studio를 이용하였다. EON Studio는 상용 소프트웨어들과 호환성이 양호하고 고화질의 실시간 렌더링 기능을 갖고 있으며 대용량의 3차원 정보를 처리하는데 유리하다. 전체적인 시스템 연계는 C# 프로그래밍을 이용한 인터페이스 내에서 이루어지도록 하였다.

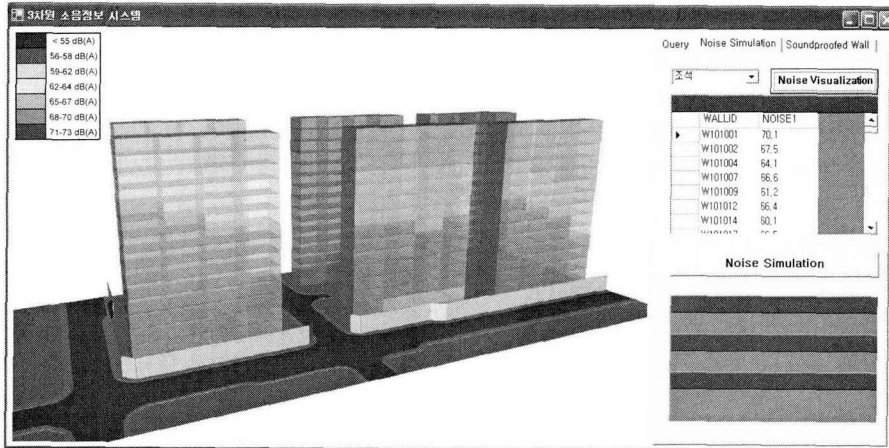
구현된 3차원 소음정보 시스템은 속성값 입력을 통한 공간쿼리 및 인접공간쿼리 기능, 시간의 변화에 따른 소음데이터의 3차원 시뮬레이션 기능, 방음벽의 높이에 따라 변화하는 소음노출가구 및 인구를 정량적으로 산정하고 이를 3차원으로 시각화하는 기능을 포함하고 있다. 해당 동과 호수 등의 속성값 입력을 통해 공간 및 인접공간을 쿼리할 수 있으며 속성창에서 쿼리된 공간이 갖는 명칭, 면적, 가구원, 소음값 등의 속성데이터를 확인할 수 있다. 그리고 입력되는 소음데이터의 크기에 따라 공간을 쿼리할 수 있다.

본 시스템에서는 시간대를 조석, 주간, 심야 시간대로 나누고 각 시간대별 소음예측인자를 다르게 가정하고 이를 소음예측시스템에 입력하여 각 시간대별로 출력된 소음데이터를 시뮬레이션 하는 기능을 구현하였다(〈그림 10〉). 시간의 변화에 따른 소음데이터의 시뮬레이션 기능은 데이터베이스의 벽체 테이블에 저장된 소음데이터를 이용하는데 이는 같은 공간이라도 외부와 접하는 외벽이 두 개 이상인 경우 서로 다른 크기의 소음데이터를 가질 수가 있으며 이 때 보다 상세한 표현을 하기 위함이다. 3차원 뷰어에서의 소음데이터의 3차원 시뮬레이션과 동시에 속성뷰어에서는 각각의 벽체와 벽체가 갖는 소음데이터의 크기가 출력된다.

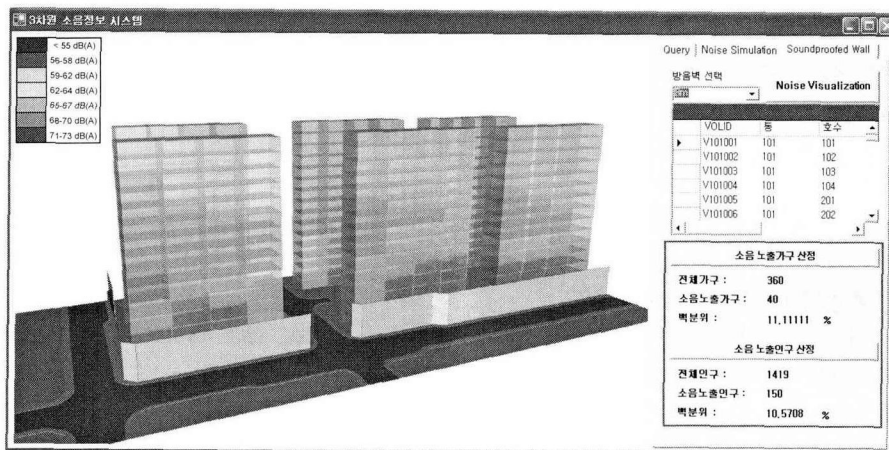
본 시스템에서는 방음벽이 없는 경우와 방음벽의 높이가 4m, 8m일 경우에 아파트의 각 세대가 갖는 소음데이터를 3차원으로 시각화 할 수 있으며 데이터베이스에 저장되어 있는 소음데이터를 이용하면 일정소음 이상에 노출된 소음노출 가구를 산정할 수 있다. 또한 데이터베이스에 저장된 가구당 인구수, 면적 등의 속성 데이터를 이용하여 소음노출 인구수를 정량적으로 산정할 수 있다(〈그림 11〉).

6. 결론

기존의 2차원 소음지도는 평면적인 소음분포만을 나타내고 있으며 최근의 3차원 소음지도에 관한



〈그림 10〉 시간의 변화에 따른 3차원 소음 시뮬레이션



〈그림 11〉 3차원 공간별 소음시각화(8m의 방음벽)

연구에서는 기존의 2차원 소음지도에 높이값만을 주어 표현한 것으로 실제적으로는 2.5D에 머무르고 있어 최근 고층화되고 대형화 되어 가는 건물의 각 공간에 대한 소음분석 및 시각화에는 한계를 갖고 있다. 본 연구에서는 이러한 2D 및 2.5D 소음 지도의 한계점을 인식하고 소음의 수직적인 분포를 고려하여 공간단위의 시각화 및 분석을 위한 데이터모델을 제시하였다. 토폴로지라는 GIS 고유의 자료구조를 3차원으로 확장함으로써 3차원 공간분석 및 공간단위 시각화가 가능한 3차원 GIS 데이터

모델을 제안하였고 이를 시스템에 적용하여 3차원 공간쿼리 및 시간의 변화에 따른 소음의 변화량을 시각화하고 방음벽의 높이에 따라 변화하는 소음노출가구수 및 인구수를 정량적으로 산정하고 소음 변화량을 시뮬레이션함으로써 도시계획 및 설계분야에서의 활용가능성을 예시하였다.

향후 본 시스템이 도시계획 및 설계분야에 적용된다면 주요소음 발생원 파악이 용이하여 소음저감 대책에 이용될 수 있을 것이며 도로와 건물의 형태 및 방음벽의 종류와 높이에 따라 변화하는 소음데

이터의 시뮬레이션을 통해 도로계획 및 단지계획에 활용할 수 있을 것으로 보인다. 또한

본 연구에서 제시한 토폴로지가 반영된 3차원 공간모델링은 소음관련 응용 뿐 아니라 등기나 지적의 전산화와 관련된 분야에서 속성데이터를 효과적으로 관리하고 공간을 분할, 검색, 가시화하는데 이용될 수 있을 것이다. 그 밖에 속성 데이터를 기반으로 3차원적인 검색이 필요한 응용 분야들, 즉, 건물 안내시스템이나 관리시스템, 그리고 최근에 주목을 받고 있는 실내 센서를 기반으로 한 각종 실내 유비쿼터스 시스템에도 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 서울시의 지능형 도시사업단(Smart Ubiquitous city consortium)의 연구지원에 의하여 연구되었으며, 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 환경부, “환경통계연감”, 환경부, 2003
2. 장서일, “도시계획에서 소음지도 활용방안”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, 2005 pp.905-910.
3. 고준희, 이기정, 안장호, 장서일, “GIS와 3차원 소음지도를 이용한 소음 폭로인구 산정방법에 관한 연구”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집, 2006, pp.438-442.
4. 고준희, “청주시의 소음지도 제작에 관한 연구”, 대한환경공학회, 2006, pp.697-704.
5. Losa, A., Cervelle, B., “3D Topological modeling and visualization for 3D GIS”, Computers&Graphics, Vol. 23, 1999, pp.469-478.

6. 허윤경, 이성호, “일조분석을 위한 3차원 GIS 활용방안에 관한 연구”, 부산대학교 도시문제 연구소, 13권, 2002, pp.1-11.

7. ESRI, Dictionary of GIS Terminology, The ESRI Press, 2001 Zeiler, Modeling Our World, ESRI Press, 1999

류근원

2005년 순천향대학교 행정학과(행정학사)
2005.6 정보통신교육원 GIS실무전문가과정 수료
2007년 서울시립대학교 대학원 공간정보공학과(공학석사)
2007.6~현재 경기개발연구원 기획조정실 GIS팀 연구원
관심분야 : 시스템 통합, 3D-GIS, 공간DB

김근한

2007년 서울시립대학교 공간정보공학과(공학사)
2007년~현재 서울시립대학교 대학원 공간정보공학과 석사과정
관심분야 : 공간 프로그래밍, GIS, 공간DB

김혜영

2006년 서울시립대학교 공간정보공학과(공학사)
2007년~현재 서울시립대학교 대학원 공간정보공학과 석사과정
관심분야 : 데이터베이스, 실시간 데이터베이스 시스템, GIS, 데이터베이스 시스템의 보안

전철민

1988년 서울대학교 도시공학과(공학사)
1990년 서울대학교 대학원 도시공학과(공학석사)
1992년 서울대학교 대학원 도시공학과(박사과정수료)
1993.9~1994.5 Texas A&M 대학교 연구조교
1994.7~1995.8 Texas A&M 대학 TTI 연구원
1997년 Texas A&M University Urban and Regional Science(공학박사)
1997.12~1999.1 North Carolina Research Triangle Institute GIS 전문요원
1999년~현재 서울시립대학교 공간정보공학과 부교수
관심분야 : 시스템통합/LIS, 시스템분석, 공간DB, 3D-GIS