

아파트 단지의 수평 및 수직 환경 소음 예측

°김 정 태 , 유 혜 영 , 정 형 일 , 장 동 운

Prediction of Environmental Noise in Apartment Complex

Jeung-Tae Kim*, Hye-Young Yoo**, Hyung-Il Jeong***, Dong-Woon Jang***

Abstract

A software for prediction of apartment noise level has been improved. The program is based on the ray tracing technique which has been widely used in the environmental noise analysis and prediction. Especially for prediction of environmental noise in apartment complex, this program is advanced in the graphics routine by bilinear interpolation. In this paper, we analyze the railway noise distribution in apartment environment and develop a 3D graphics routine for illustrating the noise level.

1. 서 론

소음공해는 일상생활에서 가장 쉽게 접하는 오염으로 사람들에게 심리적, 정신적, 신체적 피로를 가중시켜, 요사이 중요한 사회문제로 대두되고 있다. 이러한 소음공해를 측정하고, 저감시키려는 연구가 계속되고 있으며 이와 함께 공해를 예측할 수 있는 방법도 개발되고 있다.

광음향 기법을 사용하여 소음전파를 예측하기 위해 개발된 NIC@E v2.0 프로그램은 예측 결과를 결과 그래프의 색 차이로 판단했었다. 그러나 그래프의 격자가 정밀하지 못하고 흑백문서에서 단계의 차이를 쉽게 구분하기 어려운 문제점이 있었다. NIC@E v3.0은 이러한 문제점을 개선하여 50×50이었던 그래프의 격자를 픽셀단위로 세분화하고 그 값을 Bilinear 보간법으로 결정하여 그래프의 정밀도를 높였고, 등고선 표시기능과 건물 표시기능 추가하여 그래프의 가독성을 향상시켰다. 또한 기존의 v2.0의 측정 높이 한계는 5m이어서 건물상의 소음을 예측하기 어려웠던 것을 50m로 확장하고 수평 그래프에서와 같이 결과를 픽셀 단위 정밀도를 갖춘 등고선 그래프로 확인할 수 있도록 했다.

본 논문에서는 소음 예측 프로그램인 NIC@E의 향상된 기능과 그 원리에 대해서 설명하고 이 프로그램으로 예측한 값을 아파트에서 실측한 철도 교통 소음과 비교하여 예측프로그램을 이용한 소음예측의 그 타당성과 편리성을 검토하고자 한다. 이를 위하여 100km/hr 로 주행하는 새마을호 열차의 경우를 예로 해석하여 결과를 비교, 평가하여 본다.

II. 기본 알고리즘 및 프로그램

1. 등고선 기능 확장 알고리즘 :

Bilinear Interpolation

NIC@E에서의 소음의 예측은 기본적으로 대상 지형을 50×50 격자로 나누고 각각의 지점으로부터 음의 전파를 직진성이 강한 음선(Ray)으로 가정하여 해석하는 광음향기법에 기초하고 있다. 소음원으로부터 나온 음선은 이 기법을 사용하여 격자의 각 포인트 별로 적용되어 소음도를 계산하도록 프로그램 되어있다. 이것은 실제 측정 상에서 그 오차가 무시될 수 있는 거리를 같은 값으로 보아, 프로그램의 계산 효율을 높이고 실행 속도를 향상시키기 위한 방법이었다. 그러나 연속적인 소음도의 변화를 파악하기 위해서는 보다 미려한 그래프가 필요하며, 이를 위하여 픽셀단위의 보다 정

* 홍익대학교 기계공학과
** 홍익대학교 컴퓨터공학과
*** 쌍용건설 연구소

밀한 소음도 값이 필요하게 되었다. 그러나 각 픽셀 단위로 소음도를 계산하는 것은 현재 프로그램 실행 속도를 48배 저하시키는 결과를 가져온다. 따라서 계산을 통하여 얻어지는 50×50격자의 값을 픽셀 단위로 보간하여 그 값을 추정하는 방법을 선택하여 프로그램의 계산속도를 합리적으로 유지하면서 그래프의 정밀도를 높일 수 있었다.

보간법에는 Nearest, Bilinear, Bicubic 등이 있다. Bicubic은 3승 계산의 번거로움이 있지만 가장 부드러운 값을 산출해 내며, 속도와 간편성 면에서는 Nearest방식이 가장 우수하다. 그러나 Nearest 보간법은 값의 부자연스러운 변화로 인하여 그래프에 적용했을 때 소음 영역의 경계를 계단 모양으로 만드는 결과를 발생시켰다. 이것은 실제 소음도의 분포 형태와는 상당히 차이가 있다. 따라서 효율과 정확성을 동시에 고려하여 Bilinear 보간법을 선택하게 되었다. 이 방법은 영상처리 시 가장 보편적으로 사용되는 보간 기법으로 Fig 1과 같이 생성되는 값은 가장 가까운 값들에 가중치를 곱한 값들의 합이다. 각 가중치들은 선형적으로 결정되며 보간되는 각각의 값들로부터 거리에 반비례한다.

2. 소음 분포도의 등고선 그래프 구현

프로그램에서 2차원이나 3차원의 그래픽기능을 추가하는 방법으로는 개발에 사용한 언어에서 기본적으로 제공하는 그래픽 라이브러리를 이용하는 방법과 생성된 데이터를 이용하여 후처리 프로그램의 지원을 받는 방법, 그리고 외부 그래픽 지원 라이브러리를 프로그램에 삽입하는 방법 등이 있다.

후처리 프로그램을 이용할 경우 그래픽 전용 프로그램인 Surfer나 또는 공학용 소프트웨어인 Matlab 등을 사용할 수 있으며, 해석 프로그램에서 이들 후처리 프로그램을 위한 별도의 데이터 파일을 생성하여야 하고, 또한 후처리 프로그램을 별도로 실행하여야 하는 번거로움이 있다.

외부 그래픽 지원 라이브러리를 사용할 경우에는 미리 개발되어있는 미려한 비지니스 그래픽 도표를 쉽게 사용할 수 있으며 프로그래머가 쉽게 만들어내기 어려운 패턴바, 데이터 에디터 등의 기능을 지원 받을 수 있다. 그러나 외부 라이브러리 중 가장 적합하다고 판단되었던 ChartFX의 경우에도

NIC@E의 소음도 그래프에서 요구되는 판독이 용이한 등고선 기능을 제공하지 못했다.

그래서 NIC@E v3.0에서는 Visual C++ 내에서 지원하는 GDI(Graphic Device Interface)를 사용하여 bilinear방식으로 산출한 픽셀단위의 값을 색으로 나타내는 그래프 생성 부분을 자체 개발하였다.

이것은 각 픽셀 단위로 계산되거나 보간된 값들을 5dBA 간격으로 색을 구분하여 화면에 표시해주는 방식으로 작성되는 그래프이며, 각 픽셀단위로 상하좌우의 소음도값과 해당 포인트의 값을 비교하여 5의 배수지점에 해당하는 픽셀들을 연결하여 등고선을 생성하였다. 이로써 NIC@E v3.0은 소음도 그래프가 갖춰야 할 등고선 기능과 함께 외부 지원 라이브러리는 할 수 없었던 건물 표시기능이나 고도 표시기능을 소음예측이라는 프로그램의 용도와 특성에 부합하도록 추가, 수정할 수 있는 자체적인 그래픽기능을 갖추게 되었으며, 외부 프로그램 구입에 따르는 비용도 절감하게 되었다.

3. 수직 소음도 측정 한계의 확장

NIC@E v2.0의 수직 소음도 산출 한계는 지면으로부터 5m까지였다. 그러나 실질적으로 소음 예측이 필요한 경우는 건물을 짓기 전, 해당 건물의 고도에서의 소음도가 실제로 유해한 수준인가를 예측하는 것이 필요하다. 이러한 필요성으로 인해 50×50×5 개의 포인트 각각을 기준으로 소음도를 예측했던 것을 50×50×50으로 확장하여 5m이던 높이 한계를 50m로 개선하여 이러한 목적에 부합하도록 했다. 또한 수직 소음도 그래프도 수평의 경우와 같은 정밀한 그래프를 지원하기 위하여 bilinear 보간법을 사용하여 픽셀 단위로 소음도값을 산출하였다. 수직 그래프 역시 등고선 기능을 추가하여 가독성을 높였으며 10m단위로 보조선을 표시하여 실제로 예측, 판단하고자 하는 높이를 쉽게 알 수 있도록 하였다.

III. 아파트에서의 천도 환경 소음의 예측 사례

1. 소음도의 입체적 표현 방법

수평단면 소음도의 경우, 대상지역을 가로, 세로 50개의 격자로 분할하고 광음향기법(Ray-tracing)

을 응용하여 소음원에 의한 각 격자의 포인트위치에서의 소음도를 해석하도록 하였다. 이 과정에서 소음원의 음향특성 및 지표면에 의한 반사효과, 방음벽의 유무 등 다양한 조건이 고려된다. 계산된 소음도는 각 격자마다 8×6개의 포인트에 bilinear interpolation 방식으로 산출되어 5dBA 간격의 색깔 차이로서 표현된다. 건물정보나 등고선은 해당 버튼을 눌러서 그래프 사용 용도에 맞게 선택적으로 표시하도록 했다.

수직단면 소음도의 경우, 대상지역 내의 임의의 두 지점을 연결하는 직선경로를 구하고 이를 평면상으로 50개, 수직으로 50개(1m×50=50m)의 격자로 나누어 각 격자의 소음도를 수평단면 계산과 같이 광음향기법(Ray-tracing)을 이용하여 계산한다. 수평단면과 같이 다양한 환경조건을 고려하도록 되어 있으며 계산된 소음도는 각 격자마다 8×8개의 포인트에 bilinear interpolation으로 산출되어 5dBA간격의 색깔로 표시된다. 수직단면의 등고선과 고도 보조선 역시 버튼을 눌러 선택적으로 표시하도록 되어있다.

2. 아파트 단지의 열차 소음

철도교통소음으로서 새마을 열차에 대한 소음을 해석하여 본다. Table. 1은 해석에 필요한 소음원 및 환경조건에 대한 각각의 변수를 정리한 것이다. 프로그램을 실행시키면 메인 메뉴창 Fig. 2가 나타난다. 우선 메인 메뉴에서 지형 선택 버튼을 누른 후, 대상지형의 크기를 선택한다.

대상지형의 크기는 100m×100m의 정사각형 지형으로 하며, 지표면은 흙으로 된 평야지역으로 한다. Fig. 3는 철도교통 소음원에 대한 정보 입력창으로서 소음원의 종류, 차량의 속도, 주행간격 등을 입력한다. 철로의 위치는 대상지형의 상단부분에서 가로로 놓이게 되며, 100km/hr로 주행한다. 등가소음도를 위한 1시간 당 주행횟수는 1대로 한다. 소음원의 정보입력 후, 지표면의 종류 및 고도, 환경정보 등을 입력하고, 수직, 수평에 대하여 계산하고자 하는 소음원을 선택한 후 계산 버튼을 클릭하면 계산이 수행된다.

계산된 결과 선택(Fig. 4)시 철도의 Lpeak(등가 소음도)를 선택하고 소음원 번호란에서 '모든음원'을 주파수선택에서는 '전대역-A'를 선택한다.

Fig. 5는 위의 조건에 해당하는 수평단면 소음도

를 2차원 등고선으로 나타낸 창이다. 각 색깔에 해당되는 소음도는 창의 아래쪽에 범례로서 추가되어 있다. 위쪽의 소음도가 높게 나타나는 곳이 철도가 놓여져 있는 위치이며, 소음원으로부터 멀어질수록 거리에 따른 소음저감이 나타나는 것을 알 수 있다. 또한 Fig. 6은 등고선 버튼을, Fig. 7는 건물 표시 버튼을 누른 모습이다. 철로 주변의 소음도는 90dBA 정도이지만 건물 뒤쪽은 50dBA가량의 비교적 소음이 적은 영역이 삼각형 모양으로 나타나는 것을 볼 수 있다. 또한 철로 주변이 모두 붉은 색으로 나타나지만 등고선을 표시해 보았을 때 이 영역 내에도 5dBA이상 차이가 나고 있음을 알 수 있다. Fig. 8은 수직단면 소음도로서 Fig. 5의 직선부분에 해당되는 50m 높이 까지의 수직단면 소음도를 나타낸다. 또한 Fig. 9와 10은 높이 표시 버튼과 등고선 버튼을 누른 모습이다. 수평 및 수직단면 소음도에서 소음원으로부터 같은 거리에 있는 지점의 소음도가 서로 일치하게 나타나는 것을 알 수 있다. 영역의 모양이 수직에 가깝게 나타난 것은 음원으로부터 거리가 멀어질수록 소음 영역이 커지기 때문인데 이것은 철로로부터 20m 떨어진 곳의 수직소음 분포도인 Fig. 11이 반원 형태로 나타난 것을 통하여 알 수 있다. 또한 수직 분포도에서 볼 때 50m의 소음도가 75-80dBA로 예측되었는데 이것은 남양주 쌍용아파트 50m 높이 발코니에서 실측한 수치인 79-81dBA와 근소한 차이를 보이는 값이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 NIC@E의 향상된 등고선 그래프와 수직 단면 소음도 계산 기능을 통하여 아파트의 소음도를 입체적으로 해석할 수 있는 예측기법을 설명하였다. 해석적 방법으로 광음향기법(Ray-tracing)을, 확장 방법으로는 bilinear 보간법을 이용하였으며 각종 소음원 별 특징을 데이터베이스화하고, 기후 및 지형지물, 지표면의 임피던스, 방음벽의 효과 등을 종합적으로 고려하는 틀을 개발하여 누구나 쉽고, 빠르게 실측값과 가까운 소음도를 예측, 확인 할 수 있도록 하였다. 수직 소음도의 경우 50×50의 지표면 격자에 같은 계산 방법을 적용하는 50m의 높이격자를 추가하고 수평에서와 같이 bilinear 보간법을 적용하여 보다 실제 예측 환경에 적합한 정밀하고 유용한 예측이 가능

게 되었다.

참 고 문 헌

- (1) 김정태, “철도 환경 3D 예측 기법”, 홍익대학교, 2000
- (2) 은희준, 김정태 등, “고속철도의 환경기준 및 진동기준에 관한 연구”, 한국고속철도공단, 1995.
- (3) 1999년도 추계학술대회논문집, “환경소음예측 프로그램 SONICS의 3차원 구현방법에 관하여”, 한국소음진동공학회, pp 580~585.
- (4) 김정태, 박지현 등, “건설 공사장, 도로교통 및 철도 소음 예측 프로그램: SOINCS”, 소음진동 공학회 춘계 학술 발표 대회, 1998. 5
- (5) 노용덕 역, 1997, Computer Graphics, 대림
- (6) <http://visioin.ee.pusan.ac.kr/Course> 의 ImageProcessing
- (7) <http://www.kaist.ac.kr>의 Rational Bilinear Surface

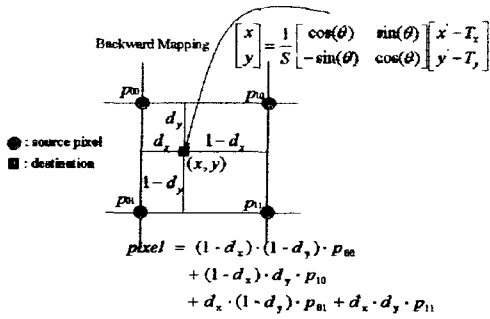


Fig. 1 Bilinear Interpolation

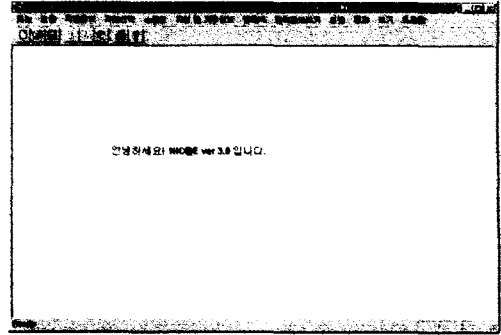


Fig. 2 NIC@E v3.0의 초기화면

열차의 종류	새마을 열차(200m)
주행 속도	100 km/hr
시간당 주행횟수	1대/hr
대상 지역의 크기 및 종류	100 × 100m, 지표면(흙)
방음벽의 유무	없음
기후조건	기온 : 15℃ 습도 : 80% 이하 풍속 : 0~20m/s

Table 1. 사례의 재원

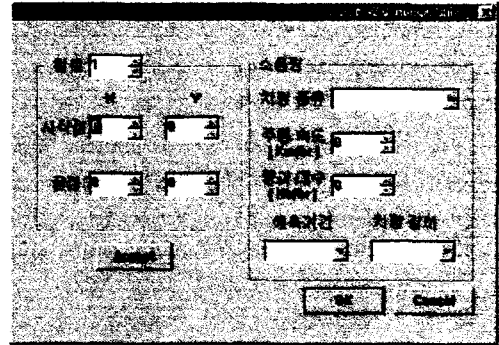


Fig. 3 철도 교통소음원 정보 입력창

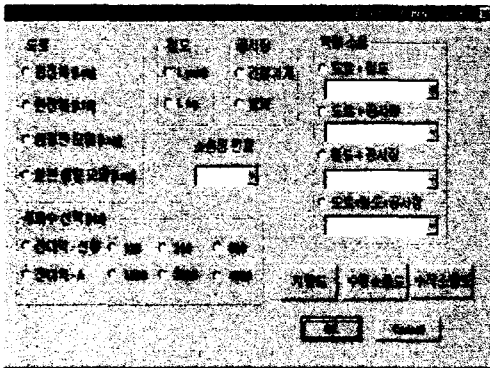


Fig. 4 계산 결과 입력창

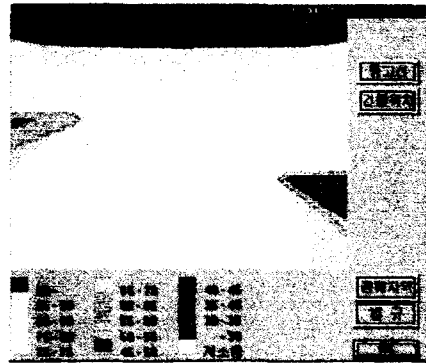


Fig. 5 수평소음도 그래프

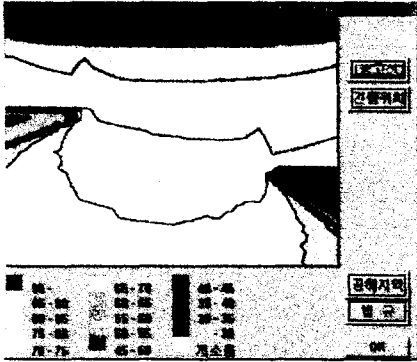


Fig. 6 등고선 버튼을 누른 경우

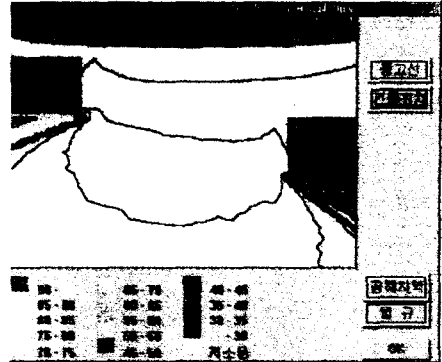


Fig. 7 건물 위치 버튼을 누른 경우

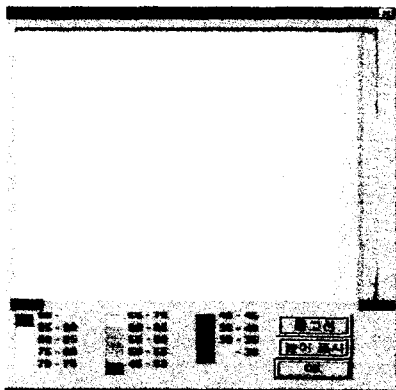


Fig. 8 수직 단면 그래프

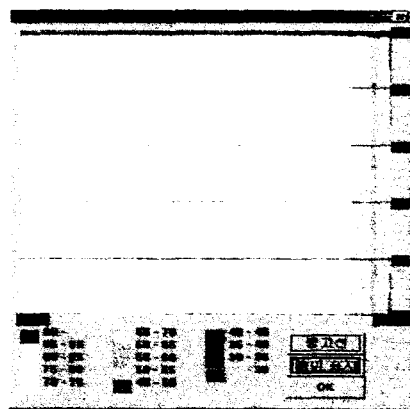


Fig. 9 높이 표시 버튼을 누른 경우

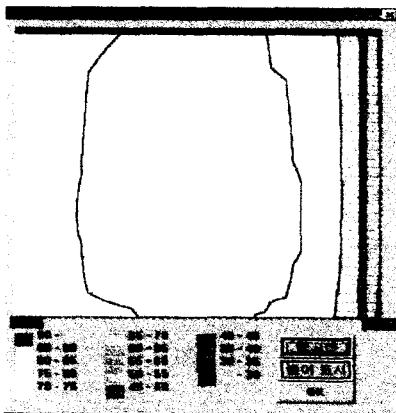


Fig. 10 등고선 버튼을 누른 경우

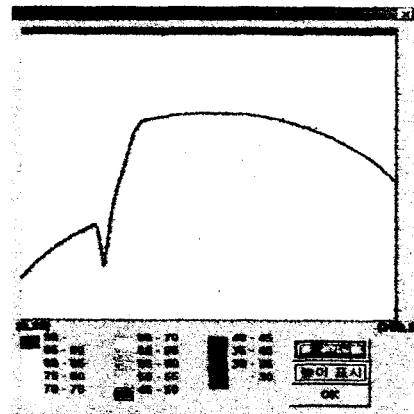


Fig. 11 철도로부터 20m떨어진 지점의 수직 소음도