

# NIC@E를 이용한 철도변 소음의 3차원 예측기법

## Prediction of 3D Outdoor Railway Noise by Using NIC@E

이규철\* , 김정태\*\*

Kyu-Chul Lee , Jeung-Tae Kim

---

### ABSTRACT

NIC@E is the software for prediction of various outdoor Noise. The program is based on the ray tracing technique which has been widely used in an environmental noise prediction and analysis. In this paper, we analyze the Railway noise on the various types of geometrical source conditions in 3D and develop the expression method of 3D Graphics for noise level.

---

### 1. 서 론

NIC@E는 다양한 종류의 옥외소음을 해석하기 위해 개발된 프로그램으로서, 소음전파를 예측하는 방법으로서 광음향 기법을 이용하였다. 광음향 기법은 소음의 예측 및 해석에 일반적으로 다양하게 적용되는 해석 기법이다. 점음원으로서 도로 및 철도, 건설공사장 등의 소음원을 모델링하였으며, 소음의 전달경로로서 지표 및 기후환경 등도 해석에 적용시켰다. 특히 지표의 경우 Snell의 이론을 적용하여 1차원 반사음을 고려하도록 하였으며, 유동저항값의 데이터베이스화를 이용하여 다양한 지표면의 종류로서 해석할 수 있도록 하였다.

또한 복잡한 지형고도를 스크롤 버튼을 이용하여 쉽게 입력하고, 입력된 지형을 3차원으로 그래픽 처리하여 쉽게 확인 할 수 있도록 하였으며, 해석된 결과는 소음단위인 dB값으로 메모리에 저장되며, 이 값을 색의 차이로 확인함으로써 해석과정을 마치게 된다.

이와 같은 연구내용을 실제 철도교통소음에 적용함으로써 개발한 알고리즘의 타당성과 편리성을 검토하고자 한다. 이를 위하여 철도교통소음으로서 100km/hr로 주행하는 새마을 열차와 고속전철차량이 300km/hr로 주행하는 경우를 예로 하여 각각의 해석결과를 비교, 평가하여 본다.

---

\* 정회원, 홍익대학교 대학원

\*\* 정회원, 홍익대학교 기계공학과

## 2. NIC@E의 소음도를 위한 그래픽 구현기법

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. 개발언어에서 기본적으로 제공하는 라이브러리를 이용하는 경우, 가장 일반적인 방법으로서 개발과정에 사용되는 언어의 그래픽지원 정도에 따라 각기 다른 수준의 그래픽기능을 구현할 수 있다. 본 연구에서 사용된 C++언어는 사용자에게는 고급의 언어이면서, 하드웨어의 기본적인 제어까지 가능한 즉, 저급언어의 성격까지 지니고 있으며, 현재 대부분의 프로그램개발에 사용되어지는 가장 일반적인 언어가 되었다. 프로그래머가 원하는 다양한 기능을 구현할 수 있으며, 시스템의 세부적인 측면까지 제어 할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 일단 실행파일로 생성이 되면 프로그램 상에서 바로 그래픽기능을 구현할 수 있게된다. 그러나 언어 자체가 너무나 많은 함수와 복잡한 문법으로 구성되어 있고, 아주 작은 부분까지 프로그래머가 직접 제어하여야 하므로 전문가가 아니면, 원하는 바를 쉽게 구현할 수 없는 단점을 가지고 있다. 후처리 프로그램을 이용할 경우 그래픽 전용 프로그램인 Sufer나 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 이용하는 경우는 Windows 전반에서 사용되는 ActiveX나 .OCX(Objective Component), DLL(Dynamic Linked Library), VBX(Visual Basic) 등을 이용하여 프로그래밍 하는 방법이다. 위와 같은 라이브러리를 Visual C++이나 Visual Basic, Delphi 등의 프로그램에서 link하면 많이 사용되는 컨트롤들과 Windows 기능들을 원하는 대로 쉽게 구현 할 수 있다. 이런 이유로 Windows 프로그램에서 사용되는 여러 종류의 기능들을 체계화하고 단순화한 다양한 라이브러리가 만들어져 있다. 그 중 ChartFX는 Windows 응용프로그램내에서 다양한 비즈니스 그래프를 구현하도록 고안된 상용 그래픽 라이브러리이다. 어떤 프로그램언어에서도 사용가능이 가능하며, 컨트롤박스를 지원하여 복잡한 코딩을 거치지 않아도 쉽게 원하는 기능을 구현하도록 되어 있다. 공학 및 과학분야에서 사용하는 다양한 종류의 그래프를 제공하며, 툴바 및 파렛바, 패턴바, 데이터 에디터 등을 지원한다. 이런 기능들은 프로그래머가 직접 생성하기에는 매우 복잡하고 많은 시간을 요하는 작업이다. 따라서 이미 만들어진 라이브러리를 프로그램에 연결하여 사용하는 것이 경제적이다. 또한 모든 그래픽기능을 본 프로그램의 실행코드안에 내재할 수 있으므로 후처리 프로그램의 도움 없이 바로 원하는 결과를 확인 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

## 3. 소음도의 입체적 표현 방법

### (1) 수평단면 소음도

수평단면 소음도의 경우, 대상지역을 가로, 세로 50개의 셀로 분할하고 광음향기법(Ray-tracing)을 응용하여 소음원에 의한 각 셀의 소음도를 해석하도록 하였다. 이 과정에서 소음원의 음향특성 및 지표면에 의한 반사효과, 방음벽의 유무 등 다양한 조건이 고려되며, 계산된 소음도는 5dB 간격의 색깔 차이로써 표현된다.

### (2) 수직단면 소음도

수직단면 소음도의 경우, 대상지역 내의 임의의 두 지점을 연결하는 직선경로를 구하고 이를 평면상으로 50개, 수직으로 5개(1m×5=5m)의 셀로 나누어 각 셀의 소음도를 수평단면 계산과 같이 광음향기법(Ray-tracing)을 이용하여 계산한다. 수평단면과 같이 다양한 환경조건을 고려하도록 되어 있어, 정확한 소음도를 산출한다.

#### 4. 철도교통소음의 해석 사례

##### (1) 사례 1 (새마을 열차 20량)

철도교통소음으로서 새마을 열차에 대한 소음을 해석하여 본다. 도표 1은 해석에 필요한 소음원 및 환경조건에 대한 각각의 변수를 정리한 것이다. 대상지형의 크기는 100m×100m의 정사각형 지형으로 하며, 지표면은 논이 있는 평야지역으로 한다. 그림 1은 철도교통소음원에 대한 정보입력창으로서 소음원의 종류, 차량의 속도, 주행간격 등을 입력한다. 철로의 위치는 대상지형의 중앙부분에서 상하로 놓이게 되며, 100km/hr로 주행한다. 등가소음도를 위한 1시간 당 주행횟수는 4대로 한다. 소음원의 정보입력 후, 지표면의 종류 및 고도, 환경정보 등을 입력하고, 그림 3과 4에서와 같이 각각의 소음원에 대한 수평단면 소음도 및 수직단면 소음도를 계산한다. 계산하고자 하는 소음원을 선택하고 계산 버튼을 클릭하면 옆의 진행바가 오른쪽으로 이동하면서 계산이 수행된다.

그림 5는 계산된 결과를 원하는 단위와 주파수 대역으로 선택하는 창으로서 사례 1의 경우 철도의 Leq(등가소음도)를 선택하고 소음원 번호란에서 '모든음원'을 주파수선택에서는 '전대역-A'를 선택한다.

그림 8은 위의 조건에 해당하는 수평단면 소음도를 2차원 contour로서 나타낸 창이다. 각 색깔에 해당되는 소음도는 창의 아래쪽에 범례로서 추가되어 있다. 창의 중앙부분에 소음도가 높게 나타나는 곳에 철도가 놓여져 있는 위치이며, 소음원으로부터 멀어질수록 거리에 따른 소음저감이 나타나는 것을 알 수 있다. 철로주변의 소음도는 85dBA 정도이며, 철로로부터 10m 떨어진 지역의 소음도는 76dBA 정도, 20m 떨어진 지역의 소음도는 70dBA 정도가 나타나는 것을 알 수 있다. 그림 9는 수직단면 소음도로서 그림 8의 직선부분에 해당되는 5m 높이까지의 수직단면 소음도를 나타낸다. 수평 및 수직단면 소음도에서 소음원으로부터 같은 거리에 있는 지점의 소음도가 서로 일치하게 나타나는 것을 알 수 있으며, 이를 이용하여 소음전파의 입체적인 해석이 가능하게 된다.

##### (2) 사례 2 (TGV 20량)

TGV 20량의 주행 시에 대한 재원은 도표 1과 같다. TGV 20량의 열차가 300km/hr로 주행하며, 1시간당 4대 운행할 때 100m×100m 지형내의 수평 및 수직단면의 등가소음도를 비교하여 보자. 그림 2는 위의 소음원 정보를 입력시키는 창을 보여준다. 대상지역의 중앙에 상하로 철로가 놓이게 되며 철로로부터 5m지점에는 높이 2m의 흡음형 방음벽이 놓이게 된다. 그림 6은 방음벽에 대한 정보를 입력한 창이며, 그림 7은 모델링한 지형 및 철로, 방음벽 등을 입체적으로 보여주는 창이다. 이 그림에서 연두색 수직단면부분이 그림 11에서 보여지는 수직단면의 소음도 분포 부분이다.

그림 10과 11은 각각 수평단면소음도와 수직단면소음도에 대한 결과 창이다. 중심부분의 철로에서는 약 87dBA 정도의 소음도가 나타나며, 철로의 오른쪽으로 5m 지점에 2m 높이의 방음벽에

의한 소음저감 효과가 나타남을 알 수 있다. 이는 그림 11의 수직단면소음도 결과 창에서 특히 잘 볼 수 있으며, 방음벽에 의한 소음저감 정도는 철로로부터 10m 지점이 약 14dB, 20m 지점이 12dB, 50m 지점이 9dB 수준이다. 이로서 거리가 멀어지면서 소음원으로부터 전파되는 음의 회절 정도가 작아지면서 저감효과가 줄어드는 것을 알 수 있다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 철도교통소음 및 도로교통소음, 건설공사장소음 등을 입체적으로 해석할 수 있는 예측기법을 개발하고 이를 2차원 및 3차원으로 구현하는 방안을 제시하였다. 해석적 방법으로 광음향기법(Ray-tracing)을 이용하였으며, 각종 소음원별 특징을 데이터베이스화하고, 기후 및 지형 지물, 지표면의 임피던스, 방음벽의 효과 등을 종합적으로 고려하는 툴을 개발하여 누구나 쉽고, 빠르게 소음도를 예측, 확인 할 수 있도록 하였다.

지형의 경우, 다양한 크기의 지형을 선택할 수 있도록 하였으며, 우리 나라에서 많이 볼 수 있는 지표의 종류를 고려하도록 하였다. 또한 대상지형을 가로, 세로 50개의 셀로 나누어 각 셀의 높이를 조절하여 지역내의 산맥이나 건물 등을 정확히 표현하도록 하였다.

또한 C++언어와 외부 그래픽 라이브러리를 이용하여 그래픽기능을 구현하였다. 3차원 입체지형도의 경우, 좌표축의 변화와 고도에 따른 색깔의 변화 등을 이용하였으며, 계산된 소음도는 2차원 평면상에 색깔의 변화로서 차이를 구분할 수 있도록 구현하였다. 따라서 프로그램이나 소음해석에 익숙지 않은 사람들도 쉽게 이용할 수 있다.

해석과정에서 사용자의 선택에 따라 수평단면 소음분포뿐만 아니라 임의의 수직단면 소음분포도 계산할 수 있도록 하였다. 철도교통소음의 경우 최대소음도와 등가소음도를 동시에 계산할 수 있도록 하였으며, 계산 후 옥타브밴드별 소음도와 Overall된 소음도를 모두 확인 할 수 있어 소음저감을 위한 대안 마련에 효과적이다. 철도교통소음의 예에서는 100km/hr로 주행하는 새마을열차의 등가소음도를 확인하였으며, TGV 20량의 열차가 시속 300km/hr로 주행하였을 경우 방음벽에 의한 효과 등을 검토하였다. 그 결과 방음벽에 의한 10~15dB 정도의 소음저감 효과를 확인 할 수 있다.

## 참고문헌

1. 이규철, "광음향 해석기법을 이용한 옥외소음전파특성 연구", 홍익대 일반대학원, 1999.
2. 김정태, "육상교통 소음 제어 기술 개발(I)", 홍익대 과학기술연구소, 1995.
3. E. J. Rathe, "Railway noise propagation", JSV, Vol. 51(3), pp 371~388, 1977.
4. 은희준, 김정태 등, "고속철도의 환경기준 및 진동기준에 관한 연구", 한국고속철도공단, 1995.
5. 1998년도 춘계학술대회논문집, "건설공사장, 도로교통 및 철도소음 예측 프로그램 : SONICS", 한국소음진동공학회, pp 747~752.
6. 1998년도 추계학술대회논문집, "SONICS를 이용한 철도변 소음예측", 한국철도학회, pp 353~360.
7. 1999년도 추계학술대회논문집, "환경소음예측 프로그램 SONICS의 3차원 구현방법에 관하여", 한국소음진동공학회, pp 580~585.
8. 노용덕 역, 1997, Computer Graphics, 대림
9. 1997, Chart FX Programmer's Guide, Softwar-FX

	사례 1	사례 2
열차의 종류	새마을 열차(20량)	TGV(20량)
주행 속도	100 km/hr	300 km/hr
시간당 주행횟수	4 대/hr	4 대/hr
대상 지역의 크기 및 종류	100m×100m, 지표면(흙)	100m×100m, 지표면(흙)
방음벽의 유무	없음	위치: 철로로부터 5m 거리 높이: 2m 종류: 흡음형 방음벽
기후조건	기온: 18℃ 습도: 50% 이하 풍속: 0~20m/s	기온: 18℃ 습도: 50% 이하 풍속: 0~20m/s

도표 1. 각 사례의 재원

철도 [1] 소음원  
X Y  
시작점 [50] [100]  
끝점 [50] [100]  
Accept  
차량 종류 [1. 새마을(20)]  
주행 속도 [100] (Km/hr)  
통과 대수 [4] (No/hr)  
예측기간 차량 길이  
[01 hr] [400 m]  
OK Cancel

그림 1. 철도교통소음원 정보입력창(새마을 20량)

철도 [1] 소음원  
X Y  
시작점 [50] [100]  
끝점 [50] [100]  
Accept  
차량 종류 [5. TGV(20)]  
주행 속도 [300] (Km/hr)  
통과 대수 [4] (No/hr)  
예측기간 차량 길이  
[01 hr] [400 m]  
OK Cancel

그림 2. 철도교통소음원 정보입력창(TGV 20량)

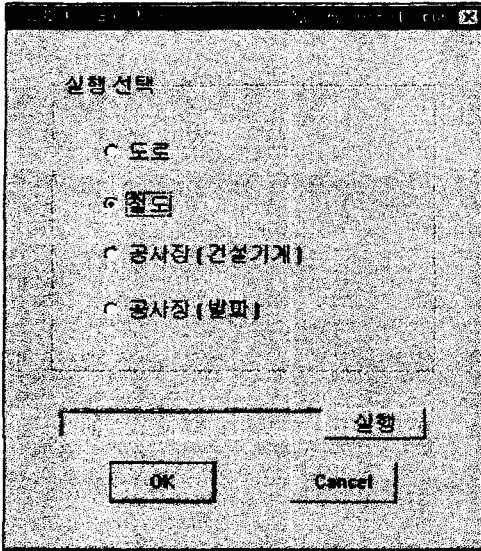


그림 3. 수평단면 소음도 계산창

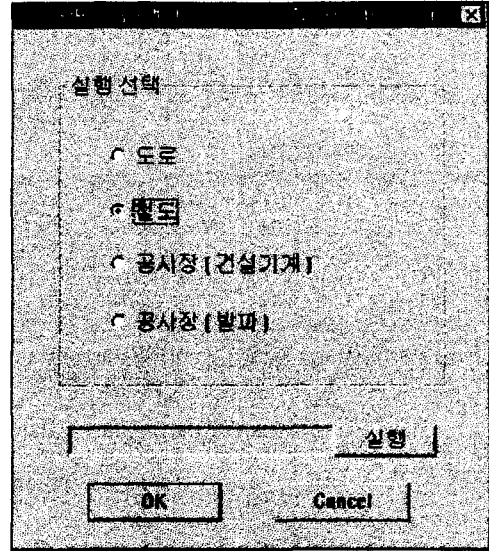


그림 4. 수직단면 소음도 계산창

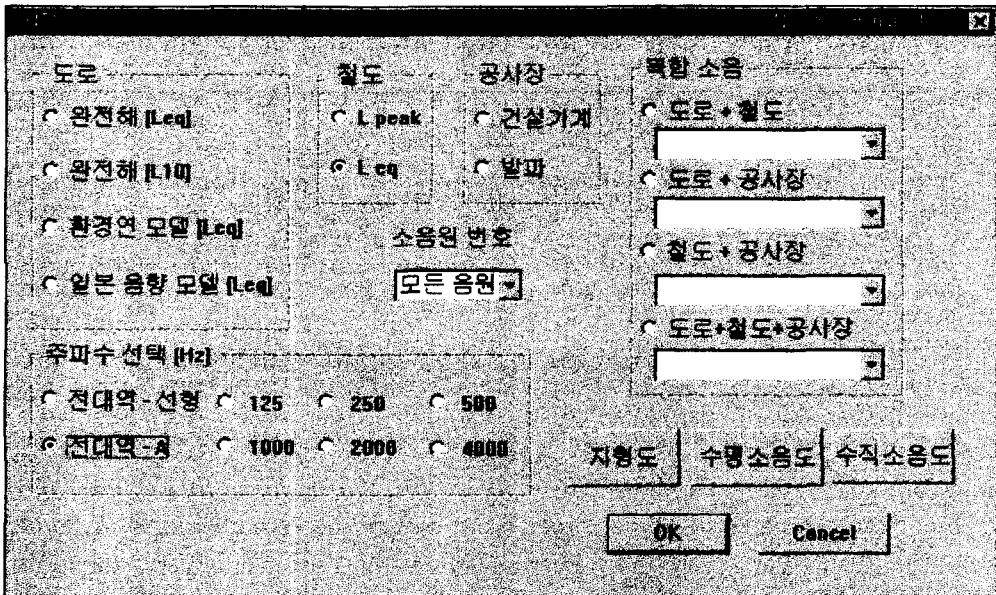


그림 5. 계산결과 선택 확인창

방음벽 번호   콘크리트       흡음형

투명형       반사형

높이 [m]

1     2     3     4     5

시작점

X:      Y:      Z:

끝점

X:      Y:      Z:

그림 6. 방음벽 정보 입력창

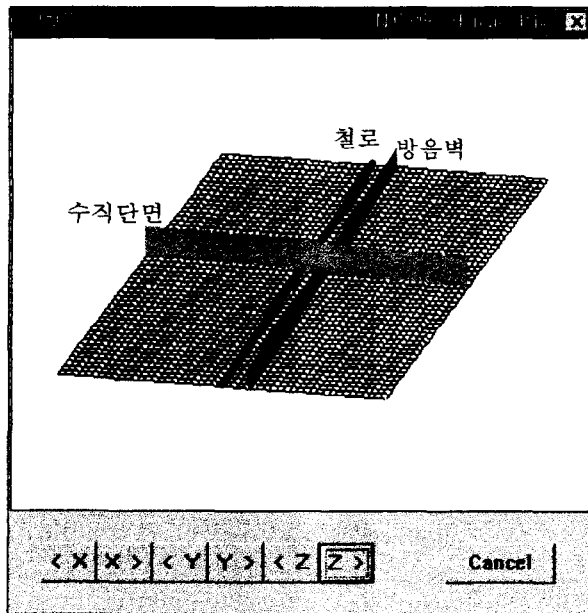


그림 7. 철도교통 3차원 입체 지형도

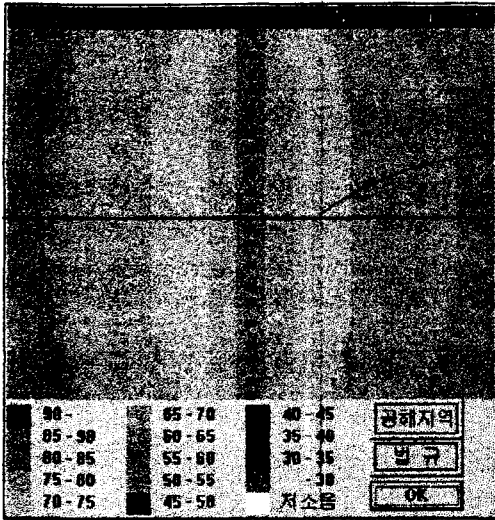


그림 8. 새마을 20량 수평단면 소음도  
(Leq, OverAll, dBA)

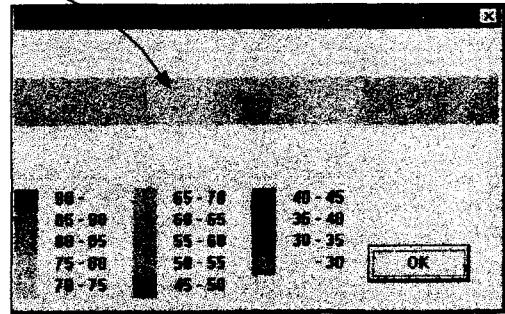


그림 9. 새마을 20량 수직단면 소음도  
(Leq, OverAll, dBA)

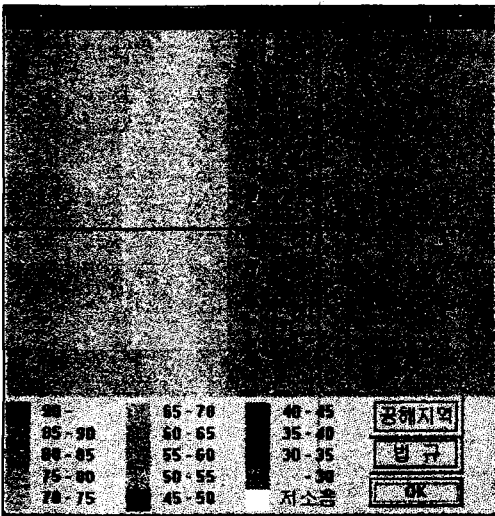


그림 10. TGV 20량 수평단면 소음도  
(Leq, OverAll, dBA)

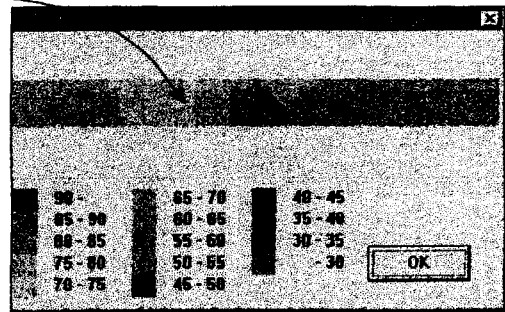


그림 11. TGV 20량 수직단면 소음도  
(Leq, OverAll, dBA)