

철도 환경 소음의 3-D 표현: NIC@E

3D Expression of Outdoor Railway Noise : NIC@E

김준연* , 김정태**
Joon-Yeon Kim , Jeung-Tae Kim

ABSTRACT

NIC@E is 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. 서론

21세기로 도약하면서 국가 경제가 발전함에 따라 기존의 운송수단은 포화상태에 이르렀다. 정부는 철도교통의 포화상태를 해결하고 보완하기 위해 고속철도 등의 대책을 마련하였고 현재 진행 중이다. 기존의 철도보다 뛰어난 운송효과와 탁월한 기능을 가진 고속철도를 도입함에 따라 소음 진동 문제는 더욱 더 큰 비중을 가지고 되었다. 최근 교통 소음문제가 사람보다 축사의 동물들에게 더 큰 피해를 준다는 사실이 발표되며 개발단계에서 이루어지는 환경소음 평가의 세밀함이 요구되고 있는 추세이다. 이에 부합하고자 개발된 이 프로그램은 다양한 환경조건에 대한 주위의 소음도를 예측 및 해석하여 개발 계획 시에 주위 환경에 대한 피해의 최소화를 가능하게 하였다.

철도 교통의 경우 차량의 종류, 수량과 속도, 기후조건, 방음벽의 설치 등을 변화시켜 가며 각각의 경우에 대한 소음도를 예측할 수 있다. 결과로 나타나는 소음도는 수평단면 소음도와 수직단면에 대한 소음도를 나타냄으로써 소음의 피해를 3-D로 구별할 수 있다. 또한 뛰어난 사용자 사용 환경을 제공함으로써 단시간 내에 정확한 대책을 마련하는 데 무리가 없도록 설계되어 있다.

이와 같은 연구 내용을 실제 철도 교통에 교통에 적용함으로써 개발한 알고리즘과 DB의 타당성과 편리성을 검토하고자 한다. 이를 위해 새마을 열차와 고속철도 차량에 대한 해석 결과를 비교, 평가해 본다.

* 정회원, 홍익대학교 대학원

** 정회원, 홍익대학교 기계공학과

2. 소음도의 3차원 구현

프로그램에서 2차원 혹은 3차원 그래픽 차트의 기능을 활용하기 위해서는 기본적으로 내장되어 있는 라이브러리를 사용하는 방법, 외부지원 라이브러리를 사용하는 방법, 데이터를 저장해서 Excel, MATLAB, Surfer 등의 소프트웨어에서 로딩하는 방법 등이 있다. 이러한 구현방법들 중에서 소음도라는 데이터는 3차원 그래픽으로 구현했을 때 그 표현 방법이 사용자에게 이해를 돕기엔 오히려 2차원 구현방식 보다 난해해 진다. 3차원으로 구현된 지도상의 표면에 색깔별로 구현하는 방식 역시 평면도로 표시하자면 2차원으로 구현될 수 밖에 없다. 또한 각각의 언어에 따라 구현되는 그래픽 기능이 다른데 NIC@E는 사용자에게는 친숙한 고급언어이면서 하드웨어의 제어도 가능하게 하는 Visual C++ 을 사용하였다. C++언어는 프로그래머가 원하는 대로 다양한 기능을 구현할 수 있으며 일단 실행 파일이 생성되면 프로그램상에서 바로 그래픽 기능이 수행될 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 언어자체가 너무도 많은 함수와 문법으로 구성되어 있고 아주 작은 부분까지 세세히 제어하기에는 상당한 수준의 전문가가 아니면 원하는 대로 구현하기 힘든 단점을 가지고 있다. NIC@E는 이러한 Visual C++의 단점을 보완하기 위해 Excel의 차트 마법사나 MATLAB의 등고선 기능을 활용할 수 있는 데이터 파일을 생성시킨다. 숫자 형식의 데이터 파일로 누구든지 쉽게 그래프로 나타낼 수 있다. 즉, NIC@E가 가지고 있는 형식의 그래픽 라이브러리로 부족할 경우 데이터 파일을 가지고 자신이 원하는 형태의 결과를 생성해서 볼 수 있다.

3. NIC@E의 3차원 표현 방법

NIC@E의 소음 데이터에 대한 3차원 표현기법은 3차원을 나타내는 2차원 그래픽이다. 물론 지형도의 경우 3차원이 이해하기 쉽기 때문에 3차원 지형도를 도입하였으나, 소음도의 경우 3차원의 좌표계에 또 다시 소음 데이터를 구현하면 오히려 사용자로 하여금 데이터를 이해하는데 더 복잡해지기 때문에 사용자가 원하는 부분만을 계산하여 단면도로 나타낼 수 있게 하였다.

· 수평단면 소음도

수평단면 소음도의 경우, 사용자가 선택한 지형을 가로, 세로 50개의 셀로 분할하여 광음향 해석기법을 응용하여 계산된 데이터 값을 색으로 표현하였다. 물론 소음원의 특징과 지표면에 대한 반사효과, 방음벽의 유무 및 성질 등의 조건은 고려되어 있다. 색으로 나타낸 소음도는 5dB 간격으로 표시된다. 생성된 데이터 파일(ahspl.dat)은 100*100 크기를 가지는 행렬로 NIC@E가 위치한 폴더에 저장된다.

· 수직단면 소음도

수직단면 소음도는 사용자가 수평단면에서 두 점을 지정하여 주면 두 점을 연결하는 직선상의 수직단면의 소음도를 나타내게 되어있다. 직선의 좌표가 가로축 고도에 따른 좌표가 세로축으로 나타내어지며 가로로는 50개 세로로는 5개의 셀로 표현한다. 수평단면과 마찬가지로 주변의 여러 환경 조건을 고려하여 계산되어진다. 생성된 데이터 파일(ahspl.dat)은 수평단면 데이터파일(ahspl.dat)과 같은 100*100 크기의 행렬로 이루어진다.

4. 철도교통의 해석 사례

NIC@E는 새마을호, 무궁화호, 통일호 등 국내에서 운행되고 있는 열차의 소음 특성에 관한 DB를 내장하고 있을 뿐만 아니라, 앞으로 국내에서 달리게 될 TGV 등의 고속철도 차량과 Eurostar, Thally 등의 소음특성에 관한 DB도 내장되어 있다.

① 새마을 열차의 해석

현재 국내에서 가장 빠른 열차인 새마을 열차에 대해 해석하고자 한다. 새마을 열차 소음해석에 관한 제원은 도표 1 과 같다. 구현하고자 하는 지형은 가로·세로 크기 100M의 지형이다. 그림 1에서는 지형 선택 창에서 지형의 크기를 선택하고 그림 2 와 같이 지형 및 기후 정보 창에서 비 경작중인 논밭 지역을 선택한다. 그림 3은 철로의 위치 좌표계를 입력하고 주고 등가소음도를 위한 한 시간당 열차 운행량은 3대로 설정한 장면이다. 소음원인 철로의 위치는 왼쪽에 위치하여 한 방향으로 세밀한 분포를 알 수 있게 하였다. 실행 창에서 수평단면과 수직단면에 대한 소음도를 계산하면 그림 4에서 보이는 결과 창에서 각 소음원에 대한 여러 가지 경우로 나누어 볼 수 있다. 도로, 철도, 건설공사장 소음으로 분류한 뒤 이 세 개의 항목에 대해 각각의 소음원에 대해 주파수 별로 볼 수 있는 기능이 있다. 이 사례에서는 1개의 철도 소음원만이 입력되었으므로 모든 음원으로 설정했고 등가 소음도를 채택하고 전주파수 대역에 대한 결과를 채택하였다. 수평단면 소음도를 선택하면 그림 5 와 같이 수평단면에 대한 소음도가 나온다. 마찬가지로 수직단면 소음도를 클릭하면 그림 6 이 나타난다. 그림 7, 8 은 각각 후처리기용으로 생성된 ahspl.dat 파일과 avspl.dat 파일을 MATLAB의 등고선 기능을 사용해서 그래픽 처리한 것이다. 그림 7에서는 철도가 있는 왼쪽 부분의 소음도가 높게 나타나는 것을 알 수 있다. contour는 5dB 간격으로 그려져 있다. 철도에서 20m이상 떨어지면 65dBA 이하임을 알 수 있다. 그림 8은 수직단면에 대한 등고선으로서 가로 축을 따라 거리가 멀어질수록 고도가 높아질수록 소음도가 떨어지는 것을 알 수 있다.

② 고속철도(TGV) 소음에 대한 방음벽의 효과 해석

고속철도 차량인 TGV의 주행 시 소음해석에 대한 환경 설정은 도표 2 와 같다. 표2 와 같은 데이터를 지형정보와 환경 정보, 소음원 입력 창에서 입력한 후 실행시켰을 때 그림 9는 설정된 환경에 대한 지형을 입체적으로 보여주고 있고, 소음도를 나타낸 결과는 그림 10, 11 에 각각 수평단면 소음도와 수직단면 소음도를 NIC@E의 후처리기 파일로 본 것이다.

TGV가 주행하는 철도에 방음벽을 세울 때 어떠한 효과가 나타나는 지에 대해 해석해 본다. 그림 12는 방음벽에 대한 정보입력창이다. 높이 2m 의 흡음형 방음벽을 철도로부터 5m 떨어진 곳에 세우고 주행조건은 방음벽이 있을 때와 같은 조건으로 설정했다. 그림 13, 14는 NIC@E의 후처리 파일인 ahspl.dat 와 avspl.dat 파일을 MATLAB의 등고선 기능으로 나타낸 것이다. 방음벽을 지나며 소음이 10dB 이상 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 철로변에서 50m 이상 떨어진 곳은 방음벽 설치시 60dBA 이하를 유지하는 것을 알 수 있다. 수직단면의 소음 역시 15m이상 떨어지면 방음벽보다 높은 고도에서도 저감 효과를 볼 수 있음을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 철도교통 소음을 입체적으로 해석하고 3차원으로 구현할 수 있는 방안을 제시하였다. 해석 기법으로는 광음향 해석기법(Ray-tracing)을 사용하였고 소음원과 환경에 대한 특징을 DB화 하였다. 현재 국내에서 해석용으로 사용되고 있는 프로그램들과 달리 NIC@E는 우리 나라의 환경에 맞는 논과 발, 그리고 숲 등의 Database화 하였기 때문에 우리의 현실에 좀 더 맞는 DB를 가지고 있다. 또한 지표면의 임피던스와 지형지물, 방음벽 효과 등을 고려할 수 있게 하였다.

뛰어난 사용자 위주 환경을 구현하여 현장에서 비전문가라도 쉽고 빠르게 소음도를 예측, 확인할 수 있게 하였다.

철도교통의 경우 최대소음도와 등가소음도를 동시에 확인할 수 있으며, 각 옥타브 대역별 소음도와 Overall된 소음도를 동시에 확인할 수 있다. 또한 소음관련 환경법규에 따라 공해 지역과 비 공해 지역으로 분류할 수 있게하여 실무자들이 사용하는 데 있어 편의를 제공하였다. 특히 수직단면에 대해 사용자가 원하는 지점을 볼 수 있게 함으로써 주변 구조물의 높이에 따라 방음벽의 높이와 형태를 결정하는데 큰 도움이 되게 하였다. 사례에서는 TGV 10량의 열차가 주행시의 소음도와 높이 2m 방음벽을 설치하였을 때의 소음도를 비교 분석하였다. 그 결과로 방음벽에 의해 10dB이상의 효과를 볼 수 있음을 알 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. 은희준, 김정태 등, "고속철도의 환경기준 및 진동기준에 관한 연구", 고속철도공단, 1995
4. 1999년도 춘계학술대회 논문집, "환경소음예측 프로그램 SONICS의 3차원 구현", 한국소음진동공학회, pp 580~583
5. 1998년도 추계학술대회논문집, "SONICS를 이용한 철도변 소음예측", 한국철도학회, pp 353~360
6. 1998년도 춘계학술대회 논문집, "건설공사장, 도로교통 및 철도소음 예측 프로그램: SONICS", 한국소음진동공학회, pp 747~752
7. E. J. Rathe, "Railway noise propagation", JSV, Vol. 51(3), pp 371~388
8. D. M. Etter, "Engineering Problem Solving with MATLAB.", 1993.

도표 1. 새마을 열차 해석 재원

열차의 종류	새마을 열차(10량)
주행속도	100 km/hr
시간 당 주행횟수	3대/hr
지형의 크기 및 종류	100m×100m (논·밭 비 경작지)
기후조건	기온: 18℃ 습도: 50% 이하 풍속: 0~20m/s

도표 2. TGV 해석의 재원

열차의 종류	TGV(10량)	TGV(10량)
주행속도	300 km/hr	300 km/hr
시간 당 주행횟수	3대	3대
지형의 크기 및 종류	100m×100m (논·밭 비 경작지)	100m×100m (논·밭 비 경작지)
방음벽	없음	높이: 2m, 철로로부터 거리: 5m 흡음형 방음벽
기후 조건	기온: 18℃ 습도: 50% 이하 풍속: 0~20m/s	기온: 18℃ 습도: 50% 이하 풍속: 0~20m/s

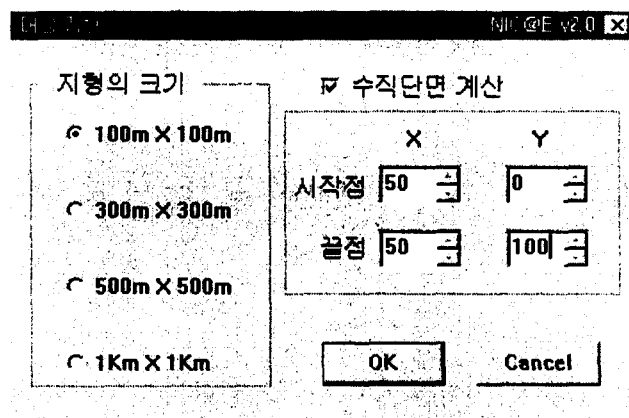


그림 1. 지형선택 창

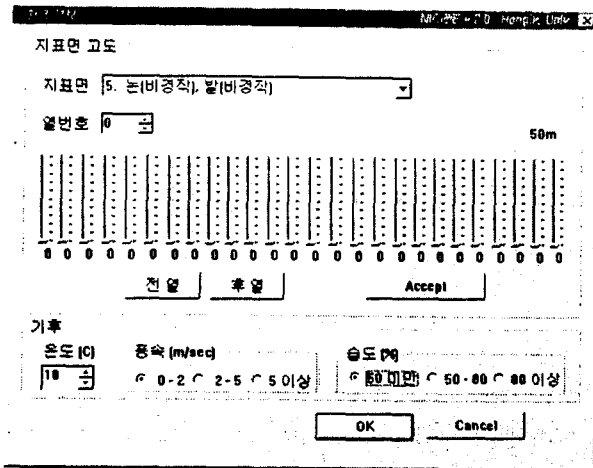


그림 2. 환경 정보 입력창

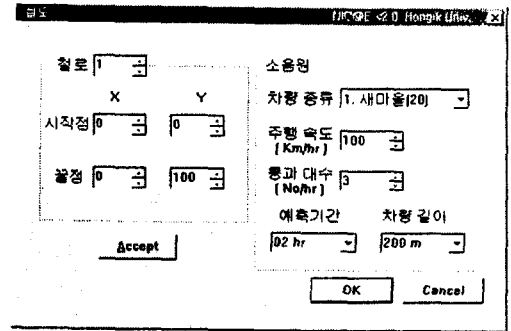


그림 3. 철도 소음원 입력창

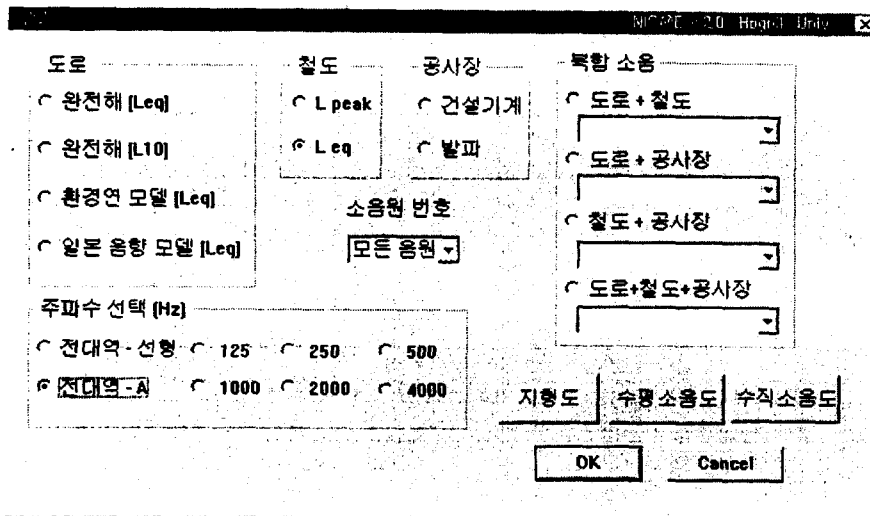


그림 4. 계산 결과 선택 확인 창

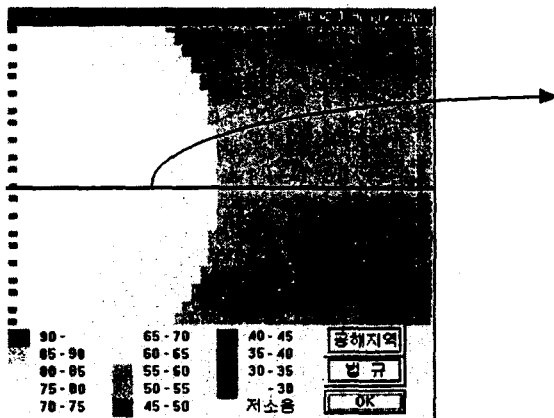


그림 5. 새마을 열차의 수평단면 소음도 (Leq, OverAll, dBA)

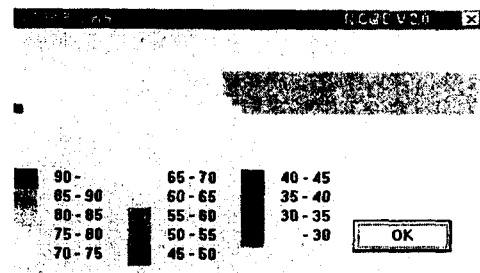


그림 6. 새마을 열차의 수직단면 소음도 (Leq, OverAll, dBA)

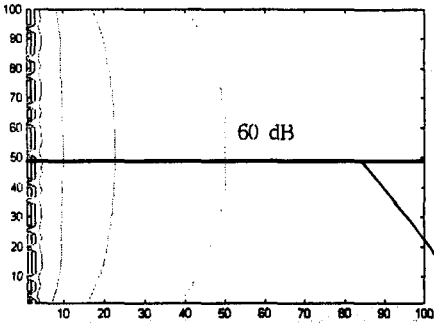


그림 7. 새마을 열차의 수평 소음도
등고선(Leq, OverAll, dBA)



그림 8. 새마을 열차의 수직소음도
등고선(Leq, OverAll, dBA)

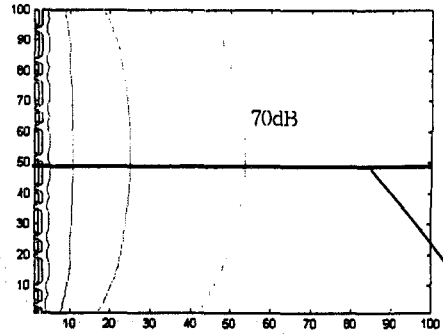


그림 13. TGV의 수평소음도
등고선(Leq, OverAll, dBA)

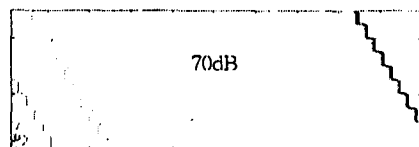


그림 11. TGV 수직 소음도
등고선(Leq, OverAll, dBA)

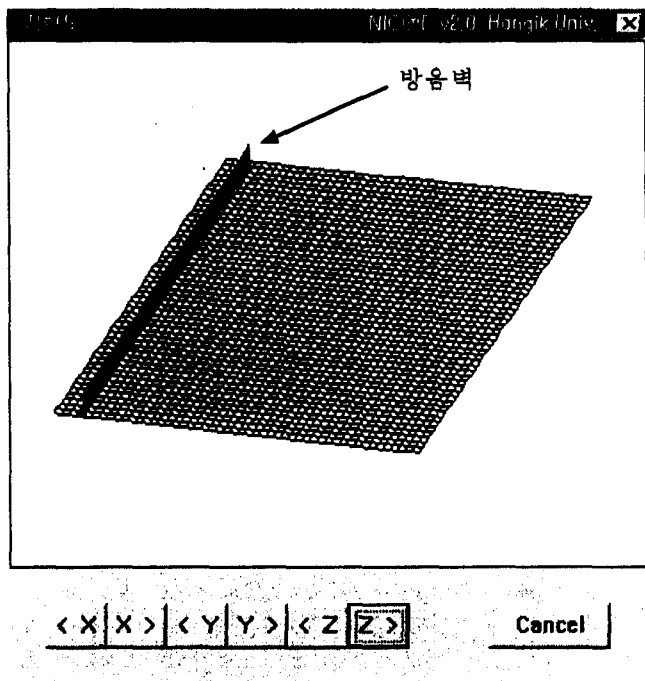


그림 9. 방음벽이 설치된 3차원 지형도

AEC&E v.2.0 Forgr Univ

방음벽 번호 | 앞 방음벽 | 후 방음벽

종류

콘크리트 흙음형

투명형 반사형

높이 [m]

1 2 3 4 5

시작점

X: Y: Z:

끝점

X: Y: Z:

Accept OK Cancel

그림 12. 방음벽 정보 입력창

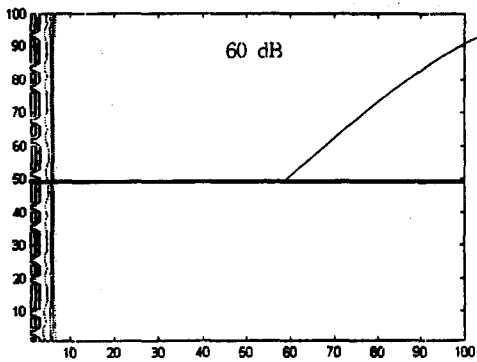


그림 13. TGV(방음벽) 수평소음도
등고선(Leq, OverAll, dBA)

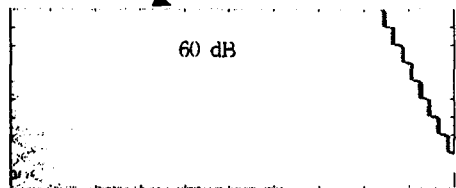


그림 14. TGV(방음벽) 수직소음도
등고선(Leq, OverAll, dBA)