

건설 장비 소음 예측 시스템의 구현

이정환*, 김주룡*, 서정민°

*° 건국대학교 컴퓨터공학과

e-mail : jmseo@kku.ac.kr

An Implementation of Construction Machine Noise Simulation System

Jung Hwan Lee*, Ju Ryong Kim*, Jeong Min Seo°

*° Dept. of Computer Engineering, Konkuk Univ.

● 요약 ●

일반적으로 공사현장에서 발생하는 건설소음은 주변 생활환경을 해치는 중요한 원인으로 대두되고 있으며, 최근에는 건설공사 주변에 거주하는 주민들로부터 많은 민원을 받고 있다. 따라서 최근에는 각종 공사 시 설계 및 시공단계에서부터 건설 소음에 대한 영향평가를 실시하여 규제기준치를 초과하면 방음벽 설치나 기타 방음 대책 등에 대한 적극적인 검토 및 보완을 요구하고 있다. 이러한 관점에서 본 연구는 건설 현장고 인접해 사업계획 승인단계에 있는 현장을 대상으로 음향시뮬레이션 프로그램을 이용하여 건설 소음도를 예측하였다. 이러한 연구는 향후 각종 건설 현장과 소음 영향평가, 방음대책 수립 시 중요한 자료를 제공할 시스템으로 예상된다.

I. 서론

건설업이 발달하고 대규모, 고층화됨에 따라 건설 공사 구역이 급증하고 있으며 이에 따라 현장에서 발생하는 건설소음이 현장 주변의 주거환경을 해치는 중요한 인자로 대두되고 있다. 또한 건설현장 소음은 일반적으로 그 인지도가 높아 현장주변에 거주하는 주민들로부터 많은 불만족 민원을 받고 있다. 따라서 우리나라의 소음 분쟁은 해가 갈수록 점점 심각해지고 있다. 이는 소음에 대한 고려가 전무하였기 때문일 것이다. 현재 소음에 대한 대책은 후처리식의 소극적 대처가 대부분이며 방음벽이 거의 유일한 대안으로 사용되고 있는 실정이다. 국내 사정은 이러한 반면에 현재 선진국에서는 정책 결정과정에서 소음영향까지 고려하려는 연구가 활발하다. 이를 위해서 사용하는 도구가 소음 시뮬레이션 소프트웨어이다. 하지만 국내에서 소음 시뮬레이션 소프트웨어라는 것은 아직 생소한 것 일 뿐 더러 이에 대한 연구가 몇몇 이루어지기는 하였으나 표준이나 기준조차 확립되어 있지 않은 상황이다. 이에 본 논문은 국내 현 상황에서 소음 시뮬레이션 소프트웨어를 제작하여 건설과정에서 발생할 수 있는 문제점이나 부족한 부분을 검토 할 수 있도록 하였다.

II. 관련 동향

소음 시뮬레이션 소프트웨어는 이론적으로 증명된 예측식이나 실험상의 결과로 얻은 경험식 및 지리정보시스템 (GIS,

Geographic Information System)을 사용하여 소음의 수치와 분포를 계산하여 계절적인 변화나 시간적인 변화에 관한 데이터를 분석하여 제시하여 주는 소프트웨어이다. 소음 시뮬레이션 소프트웨어는 소음도를 시각적으로 나타내어 주기 때문에 이를 판별하기 쉽고 지역적 분석이 이루어지므로 광역적 영향평가가 가능하다.[1]

소음 시뮬레이션 소프트웨어는 대상지역 내의 모든 소음원에 대한 영향을 고려하기 때문에 영향 평가 시 정확한 예측이 가능하며 총괄적이고 체계적인 대안의 수립이 가능하고 지리정보시스템 (GIS)과의 연계를 통하여 소음노출인구의 파악, 소음저감 대책이나 개발계획의 효율성까지도 판단할 수 있다. 이러한 소음 시뮬레이션 소프트웨어의 효용성에 의하여 최근 소음 시뮬레이션 소프트웨어에 관한 관심이 증대되고 있는 상황이며 유럽의 EU 가입국들은 인구가 25만을 넘는 도시의 소음지도를 2007년까지 의무적으로 제작하도록 하고 있다[2, 3].

III. 소음레벨 산정을 위한 모델링

ISO 9613-2에 의거한 옥외의 임의 수음점에서의 음압레벨 L_p 은 다음과 같이 산정된다.

$$L_p = L_w + D_c - A_{di} - A_{atm} - A_{gr} - A_{ba}$$

여기서, L_w 는 소음원의 음향출력레벨, D_c 는 소음원의 지향지수, A_{di} 는 기하학적 확산에 의한 감쇠, A_{atm} 는 공기의 흡음 감쇠, A_{gr} 은 지면 감쇠, A_{ba} 는 구조물에 의한 회절감쇠이다. 본

논문에서는 모든 잉여감쇠 효과를 ISO 9613에서 제시된 방법으로 산정한다. 또한, 잉여감쇠의 효율적 산정을 위하여 소음예측 영역내의 구조물은 물론, 지형을 편리하게 모델링할 수 있도록 한다. 지형에 의한 회절 감쇠 및 지면의 종류에 따른 감쇠 효과를 산정하기 위해서는 지형 및 지면을 모델링하여야 한다. 본 논문에서는 3차원 위치좌표를 갖는 점들을 마우스 또는 키보드로 입력하여 지형 정보를 모델링할 수 있다. 한편, ISO 9613-2에 의거하여 지면 감쇠 효과를 산정하기 위해서는 지면을 음향학적으로 딱딱한 지면과 부드러운 지면으로 구분하여 모델링하여야 한다. 이를 위하여 본 논문에서는 지형정보 모델링을 위해 입력된 점들의 평면 위치좌표와 Delaunay Triangulation 기법을 이용하여 지면을 삼각형 요소로 자동적으로 모델링 할 수 있다.

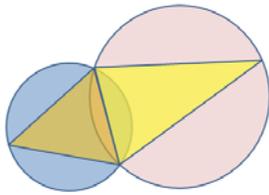


그림 1. 3개의 지형 정의 절점을 이용한 삼각형 지면 요소 생성

상기 방법은 그림 1에 보인 바와 같이 세 개의 점이 이루는 원의 내부에는 다른 점이 있을 수 없다는 기본 규칙을 이용하여 전체 영역을 삼각형 요소로 나누는 방법이다. 지면의 반사 및 감쇠 효과를 산정하기 위해서는 소음 전달 경로를 소음원 영역, 수음점 영역 및 중간 영역으로 구분하고, 각각의 영역에서 음향학적으로 부드러운 지면이 차지하는 비율 즉, 지면 계수(ground factor)를 산정하여야 한다.

ISO 9613-2에 제시된 회절 감쇠효과를 산정하기 위해서는 소음원과 경로상에 위치한 구조물 또는 지형의 3차원 좌표값을 이용하여 회절 경로를 구하여야 한다. 본 논문에서는 구조물의 단일 또는 이중 회절효과를 산정하기 위한 높이 및 측면 방향 회절 경로를 그림 2에 나타낸 바와 같이 구한다.

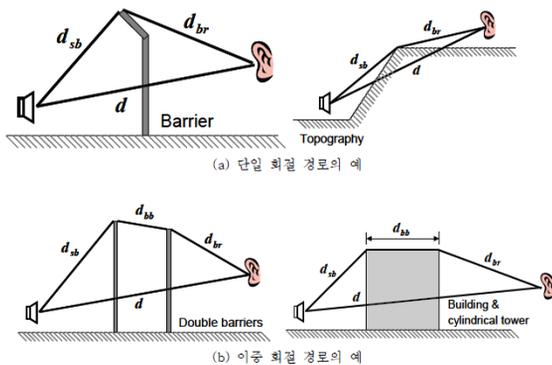


그림 2. 단일 및 이중 회절 경로 탐색의 예

이때, 방음벽과 방음벽, 건물과 방음벽 등이 서로 연결되어 있는 혼합 구조물의 경우에도 측면 회절 위치를 정확하게 산정할 수 있다. 한편, 소음원이 방음벽 등에 의해 완전히 둘러싸인 경우와 지형에 의한 회절 효과는 높이 방향으로만 고려한다.

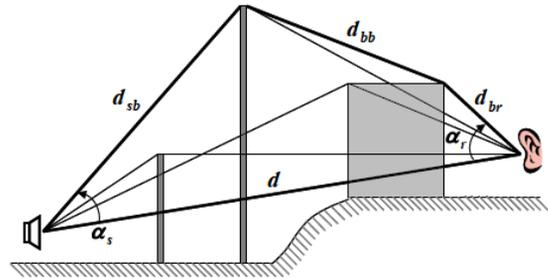


그림 3. 다중 회절 경로 상에서의 유효 회절 경로 탐색의 예

소음원과 경로상에 다수의 구조물 또는 지형에 의해 3번 이상의 다중회절 효과가 있는 경우에는 그림 3에 나타난 바와 같이 소음원 중심, 소음점 및 회절점으로 구성되는 삼각형들 중에서 소음원 및 수음점에서의 내각의 크기가 가장 큰 차음구조물을 선택하여 이중회절 효과를 적용하여 계산한다.

한편, 이중 측면 회절의 경우 회절 위치가 소음원과 경로를 기준으로 서로 반대 방향에 위치한 경우에는 회절에 의한 소음 전달 효과가 미미하다고 판단하여 무시한다[4, 5, 10].

4. 구현 및 실험

본 논문에서 구현한 시스템은 개발도구로 MS사의 C#으로 구현하였으며, 운영체제는 Windows 계열(Windows NT, 2000, XP)을, 데이터베이스는 건설 현장에서 모바일 기계를 사용하는 특성상 MS사의 Access를 사용하였고 인터넷에 연결 시 자동 Update 기능을 사용하여 최신 자료를 실시간으로 Download 할 수 있도록 하였다.

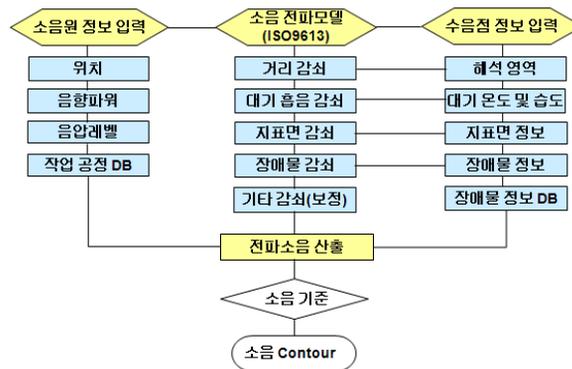


그림 4. 시스템 흐름도

그림 4는 전체 시스템의 구성모듈을 보여주고 있다. 시스템은 크게 정보입력 부분과 소음 전파모델 적용 부분, 수음점 정보입력 부분으로 구성된다.

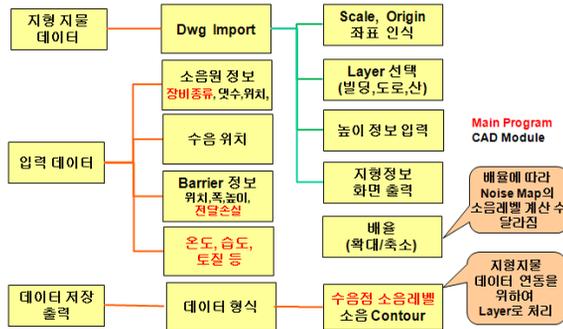


그림 5. S/W 입출력 고려사항

그림 5는 본 시스템에서 고려하는 세부적 입출력 사항으로 기존의 지형자료와 입/출력되는 자료들을 중심으로 최대한의 정확성을 제시하기 위해 노력하였다.

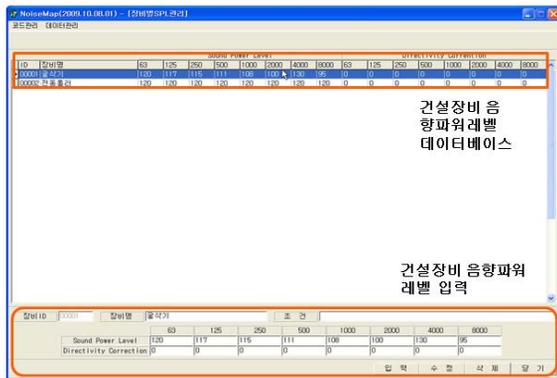


그림 6. 건설장비의 음향파워레벨 데이터베이스 관리 화면

세부적 메뉴는 우선 코드 관리메뉴로 건설 장비별 음향파워레벨을 관리하며, 데이터 관리의 전파소음 예측 noise map 및 response 계산을, 신규 데이터 메뉴는 새로운 프로젝트의 생성을 하며, 기존 데이터는 기존 프로젝트로부터 신규 프로젝트를 생성한다. 또한 Contour는 생성한 프로젝트에 대한 2-D noise map을 contour로 작성하고, Response(기준)는 생성한 프로젝트로부터 특정 위치에서의 noise response를 계산한다. 그리고 Response(계산)메뉴는 프로젝트를 생성하지 않고 noise response만 계산하고 마지막으로 CAD 모듈은 지형지물 정보 입출력 및 소음레벨 Contour Display를 실행한다.

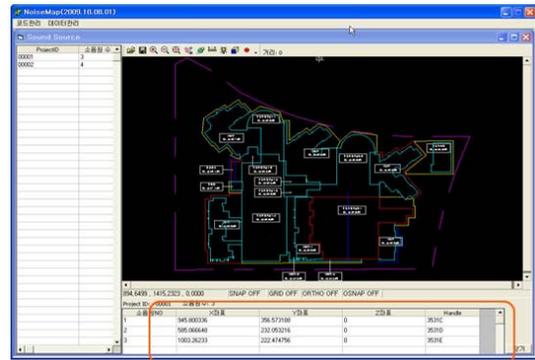


그림 7. 소음원 설정

그림 7은 소음원 설정화면으로 프로젝트 설정에서 관리된 CAD 파일을 조회 후 소음원의 위치 CAD 도면상에 클릭하여 저장한다.

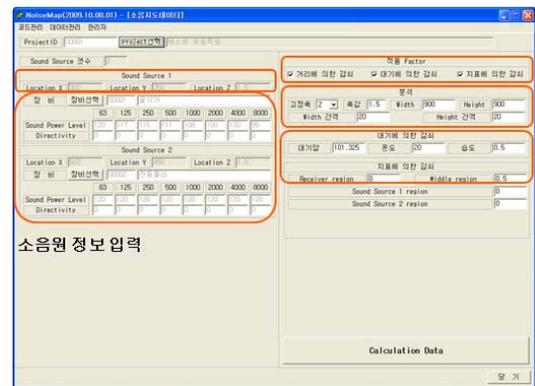


그림 8. 소음레벨 예측조건 조회 및 입력

그림 8은 소음레벨 예측조건 조회 및 입력화면으로 프로젝트 설정, 장비의 개수 및 위치 조회, 장비 선택에 의한 장비별 음향 데이터베이스 조회 및 선택, 감쇠형태, 분석조건, 대기감쇠, 지표 감쇠 입력, Contour Data 계산 등을 수행한다.

그림 9는 소음 레벨 Contour를 조회한 화면으로 같은 위치에서 소음의 크기가 63Hz일 경우와 2000Hz일 경우의 결과를 보여주고 있다.

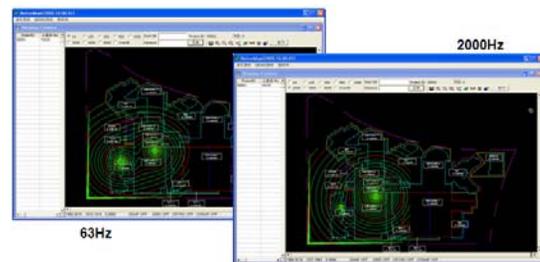


그림 9. 소음레벨 Contour 조회

V. 결론

소음 시뮬레이션 소프트웨어는 소음도를 시각적으로 표현하여 주는 시스템으로써 이러한 장점으로 인하여 기존의 수식에 의존한 예측보다 광역적이고 다목적의 해석이 가능하다. 시뮬레이션 소프트웨어 제작에 있어서 가장 필요한 것은 필요한 자료습득의 용이성과 그 자료의 정확성이라고 하겠다. 대상지역의 크기가 커질수록 요구되는 자료의 수는 기하급수적으로 늘어나게 되고 이러한 자료들은 개인이나 소수의 노력으로 얻어내는 것은 매우 어려운 일이다. 또한 데이터베이스화된 건설장비의 자료간의 오차로 상반된 결과를 가져올 수도 있다. 시뮬레이션 소프트웨어 활용의 활성화를 위해서 표준안 즉, 제작지침들의 마련이 시급하다고 할 수 있다. 지침들이 마련되지 못하면 서로 다른 제작 방식과 적용기준에 의하여 제작되는 시뮬레이션 소프트웨어 간에 서로 다른 결과를 보일 수밖에 없기 때문이다. 시뮬레이션 소프트웨어는 소음 문제에 있어서 더 나은 해결책을 제시해 줄 수 있는 하나의 방법이라고 생각한다. 시스템을 활용하면 정숙을 요구하는 시설주변의 소음관리나 소음분쟁지점의 원인 파악, 건설계획이나 도시계획에 따른 참고자료로서의 활용 등 좀 더 종합적이고 정책적인 소음문제의 접근이 가능해 질 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] 박인선, 박상규, “정온한 도시환경을 위한 소음 지도 개발 및 응용연구”, 춘계학술대회논문집, 한국소음진동공학회, pp.1182-1186, 2003.

- [2] Birmingham Environmental & Consumer Services Department / DETR, “A Report on the Production of Noise Maps of the City of Birmingham”, Birmingham, 2000.
- [3] Seungil, Lee, “Umweltveragliche rarmliche Stadtentwicklung fur Kwangju in Sud Korea”, Promotionsschrift, Dortmund, 1998.
- [4] 김재수, “소음진동학(개정 2판)”, 세진사, 2008.8
- [5] 김재수, “건축환경공학(개정 3판)”, 서우, 2008.8
- [6] 원광대학교 건축음향연구실, “익산 배산지구 4BL 도로 교통 소음 영향평가보고서”, 2009.7
- [7] 이한진, “도심지 소음규제지역에서 발생하는 교통소음의 특성에 관한 연구”, 원광대학교 석사학위논문, 2000.5
- [8] 최희권 외 3인, “도로교통소음의 층별 음압레벨분포 특성에 관한 연구”, 한국음향학회 학술발표대회 20권 2호, pp.265-270, 2001.11
- [9] 이한진 외 3인, “도로교통 소음 규제지역에서 창호종류에 따른 실내의 소음레벨의 변화에 관한 연구”, 대한건축학회 춘계 학술발표논문집 제20권, 1호, pp.501-504, 2000.4
- [10] Paul. N. Chere Misinoff and Peter. P. Chere Misinoff, “Industrial Noise Control Handbook”, Ann Arbor Science, 1981.