

특집

소음지도

GPS 연동 소음계측 결과와 GIS 정보를 이용한 소음지도 작성 시스템

조대승*

(부산대학교 조선해양공학과)

1. 머리말

최근 정온한 생활 환경을 조성하기 위한 노력의 일환으로 소음지도(noise map)를 작성하여 해당 지역의 소음 현황과 소음 노출 인구 등의 평가 등에 활용하기 위한 연구가 국내외에서 활발히 수행되고 있다^(1,2).

소음지도는 일반적으로 해당 지역의 도로, 철도, 항공, 산업 및 레저 활동 등으로 인한 주요 소음원과 소음 전달에 미치는 지형·지물 및 환경 인자를 모델링하여 수치해석적 방법으로 제작되고 있다. 이와 같은 소음지도는 현재의 소음 환경은 물론 미래의 환경 변화를 고려한 소음 모니터링과 영향 평가가 가능하다는 장점을 가진다. 반면에 소음 유발원의 음향파워와 전달감쇠 평가에 필요한 모든 물리적 현상을 수치해석적 방법으로 고려하기 때문에 소음지도 작성 결과의 타당성과 정확도 확인을 위하여 대상 지역에 대한 소음도를 측정할 결과와의 비교·검토가 필요하다⁽³⁾. 아울러, 측정치를 이용한 소음지도 제작 방법이 유용성과 효율성을 확보할 수 있다면 기존 소음 환경에 대한 모니터링과 영향 평가 및 저감 대책 수립은 측정치 기반 소음지도를 활용하는 것이 정확도면에서 유리하다고 판단한다.

이 글에서는 실측치 기반 소음지도 작성의 유용성과 효율성을 도모하고자 저자가 개발한 GIS (geographic information system) 또는 CAD자료를 이용하여 대상 영역을 모델링하고, GPS(global positioning system) 연동 소음 측정치를 이용하여 소음지도를 작성할 수 있는 시스템

을 소개한다. 개발된 시스템은 소음측정기, GPS 수신기, 소음 및 GPS 측정자료의 효율적 관리를 위한 데이터베이스 프로그램, CAD 또는 GIS 파일을 이용한 대상 영역의 모델링 및 소음지도 작성을 위한 프로그램으로 구성되며, 상호간의 효율적 인터페이스로 최소한의 수작업으로 소음지도를 작성할 수 있다.

개발된 시스템은 불특정 다수 지점에서 계측한 소음 및 GPS 측정치를 이용하여 대상영역을 삼각형 요소로 분할한 후 선형 보간방법으로 각 요소 내부의 소음도를 평가한다. 또한, 소음측정기로 동시 계측 가능한 임의의 소음 평가 물리량을 총합 소음도는 물론 1-옥타브밴드 또는 1/3-옥타브밴드별로 표현 가능하다. 아울러, 작성된 소음지도는 소음 노출 인구 산정 등에 위해 ArcView⁽⁴⁾와 같은 지리정보 시스템에서 널리 활용되고 있는 SHP 파일 형태로 출력할 수 있다.

2. 측정치 기반 소음지도 제작 시스템

소음 및 GPS의 동시 계측 결과와 GIS 또는 CAD 파일을 이용한 소음지도 제작과 후처리 절차 개요를 그림 1에 나타내었다. 소음과 GPS를 측정하기 위한 계측 장비를 제외한 기능은 저자가 개발한 환경소음예측 프로그램인 ENPro⁽⁵⁾의 부분 모듈로 작성되었다. 각 구성 요소의 주요 기능은 다음과 같다.

2.1 소음측정기와 GPS 수신기

측정치 기반 소음지도 작성 시스템은 소음 및 위치 측

* E-mail : daecho@pusan.ac.kr / Tel : (051) 510-2482

정 결과를 수동으로 등록할 수 있기 때문에 원칙적으로 임의의 소음계측기와 GPS 수신기를 활용할 수 있다. 그러나, 소음 환경을 정밀하게 나타내기 위한 소음지도는 많은 지점에서의 소음계측 결과가 필요하다. 따라서, 보다 효율적으로 측정 자료를 수집·입력하기 위해서는 소음계측 자료의 저장과 자료통신 기능이 있는 장비가 선호된다. 아울러, 소음측정기가 GPS 측정기와 연동되어 소음 및 위치 정보의 동시 계측 및 자료 저장 기능이 있을 경우 측정치 기반 소음지도 제작의 편의성을 크게 향상시킬 수 있다.

이에 소음측정기로 상기 기능을 제공하는 Brüel & Kjaer 사의 Type 2260[®]을 선정하였다. 이 장비는 NMEA 0183 V.2.20 표준을 만족하는 GPS 수신기를 RS 232C 직렬 통신 포트(port)로 연결하면 소음 및 GPS 위치 정보의 동시 계측 및 저장이 가능하다. 또한, 최대 13 MB까지 확장 가능한 내장 및 외부 PCMCIA 디스크를 이용하여 사용자 정의 계측조건, 소음측정치, 측정시간 및 GPS 자료 등을 수백개 이상 저장할 수 있다. 한편, GPS 수신기는 Garmin사의 eTrex Venture[®]를 이용하였다.

2.2 소음 및 위치 측정자료의 데이터베이스 모듈

소음 및 위치 측정 결과는 소음지도 작성 뿐만 아니라 타 용도로도 활용될 수 있다. 이에 이글에서는 소음측정기에 저장된 소음 및 위치 측정 결과의 RS 232C 직렬 통신포트를 이용한 자동 등록 기능과 개별 파일 또는 수작업으로 자료 등록이 가능한 데이터베이스 프로그램을 개발하였다. 이때, 상기 소음측정기로 동시 측정 및 평가되는 L_{eq} , L_n , L_{peak} , L_{max} , L_{min} 등의 총합 및 1- 또는 1/3-옥타브밴드별 모든 소음 물리량을 일괄 등록하도록 하였다.

개발된 데이터베이스 모듈은 자료의 효율적 관리를 위하여 개별 측정자료를 디렉토리 트리(tree) 구조로 관리한다. 또한, 개별 측정 자료들은 소음 측정치와 GPS 위치 정보와 함께 소음계측 시간과 사용자 입력 문자 및 그림 정보를 통합 관리할 수 있도록 하였다. 아울러, 소음 측정 위치의 국부 좌표값을 사용자가 별도로 정의할 수 있도록 하여 GPS 측정이 곤란한 실내 공간에 대한 소음지도 작성도 가능하도록 하였다. 상기 데이터베이스 모듈의 실행화면은 그림 2에 예시하였다.

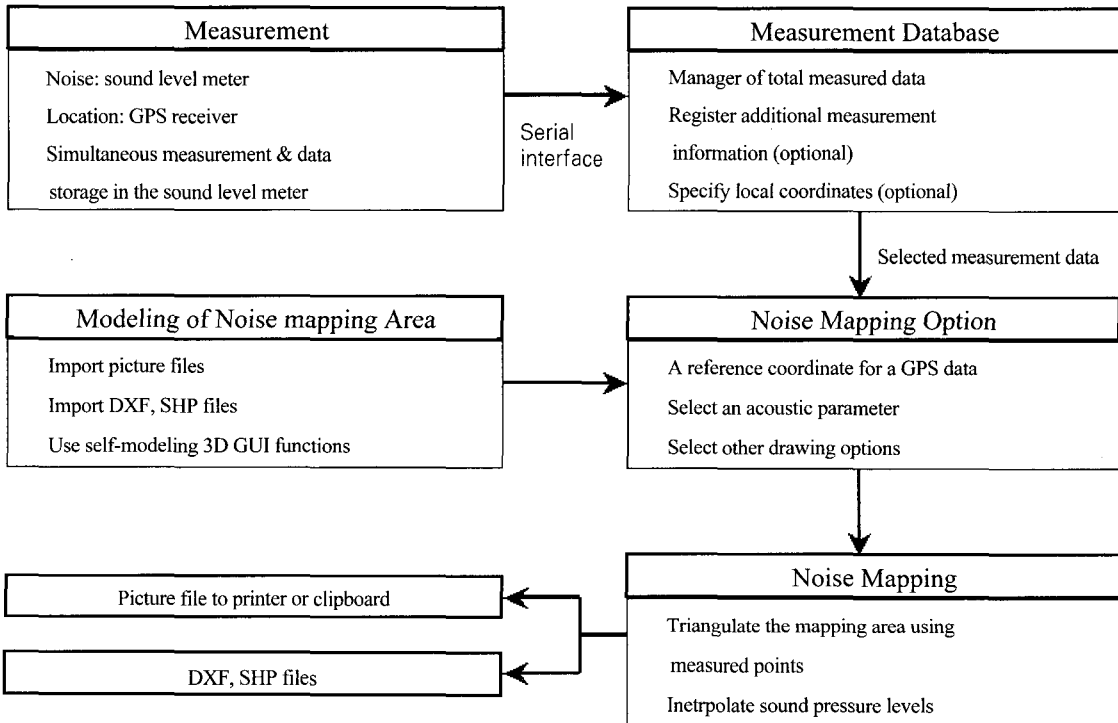


그림 1 소음 및 GPS 측정치를 이용한 소음지도 작성 절차

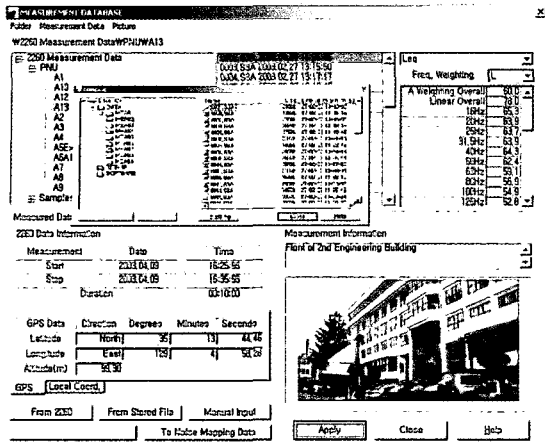


그림 2 소음 및 GPS 측정치 관리를 위한 데이터베이스 모듈

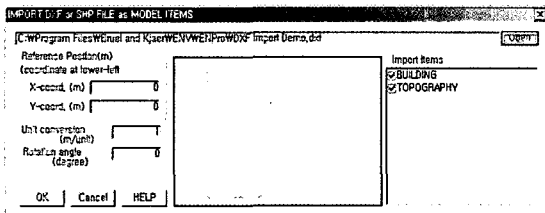


그림 3 DXF, SHP 형식 자료의 소음지도 모델화 대화상자

2.3 소음지도 작성 영역의 모델링 모듈

소음지도는 소음도는 물론 대상 지역의 지형과 건물, 도로와 같은 시설물에 대한 정보를 적정하게 표현할 수 있어야 한다. 이와 같은 대상 지역의 모델링은 저자가 개발한 ENPro를 이용하여 다음과 같은 3가지 방법으로 수행할 수 있도록 하였다.

- (1) 대상지역 그림 또는 DXF, SHP 파일을 이용하여 배경화면으로 표현
- (2) DXF 또는 SHP 파일을 이용하여 소음 시뮬레이션이 가능한 모델로 표현
- (3) 자체 모델링 기능을 이용하여 소음 시뮬레이션이 가능한 모델로 표현

상기 DXF 파일과 SHP 파일을 이용한 배경 화면 표현 또는 소음 예측용 모델 작업을 위한 대화상자는 그림 3에 나타내었다.

2.4 측정치를 이용한 소음지도 작성 모듈

침측정치를 이용한 소음지도 작성 모듈은 그림 4에

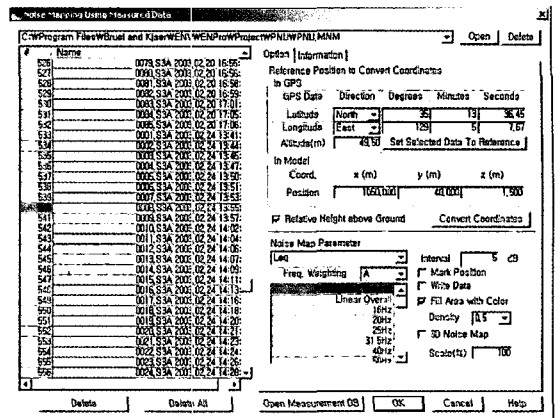


그림 4 소음지도 작도를 위해 선정된 소음 및 GPS 측정치 전시 예

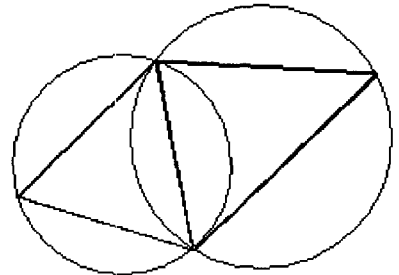


그림 5 불규칙하게 측정된 소음 및 GPS 자료로 소음지도를 작성하기 위한 삼각형 분할방법

나타내었다. 이 모듈은 소음지도 작성을 위한 소음 및 위치 정보를 측정자료 데이터베이스에 등록된 자료 중에서 선택적으로 지정할 수 있다. 이때, 대상 지역의 방위각과 함께 기준 GPS 좌표와 이에 해당하는 국부 좌표값을 입력하면 GPS로 측정된 위도(latitude) 및 경도(longitude) 좌표값을 UTM (universal transverse mercator) 방법⁶⁾을 이용하여 대상 영역의 국부 좌표값으로 변환한다. 또한, 작도 대상 소음 평가 물리량과 2차원 또는 3차원 등의 가시화 방법을 지정하면 대상지역배경 또는 모델상에 소음지도를 나타낸다.

한편, 임의 위치에서의 측정자료를 이용한 소음지도 생성은 Delaunay Triangulation 기법⁶⁾을 적용하였다. 즉, 측정 지점의 평면 위치 좌표를 이용하여 그림 5에 보인 바와 같이 세 개의 점이 이루는 원의 내부에는 다른 점이 있을 수 없다는 규칙을 이용하여 전체 영역을 삼각형 요소로 나눈 후 각 삼각형을 구성하는 3개의 위치상

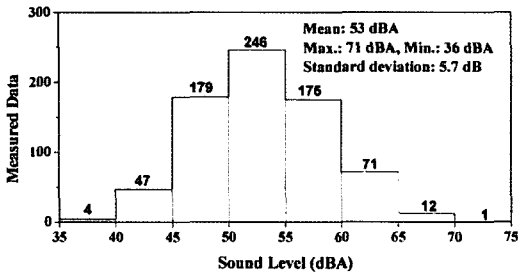


그림 6 소음측정치의 통계치

에서 계측된 소음도를 선형 보간하여 해당 삼각형 요소 내부의 소음도를 산정하였다.

상기와 같이 작성된 소음지도에서 일부 영역에 대한 소음도 표시가 불필요하거나 영역 크기 대비 계측자료 수가 적어 불합리하게 소음도가 나타나는 부분은 해당 영역을 마우스로 클릭하면 삭제되도록 하였다. 또한, 작성된 소음지도는 프린터와 clipboard는 물론 DXF와 SHP 파일 형식으로 출력할 수 있도록 하여 ArcView 등의 GIS 프로그램으로 소음노출 인구 산정 등의 후처리 작업이 가능하도록 하였다.

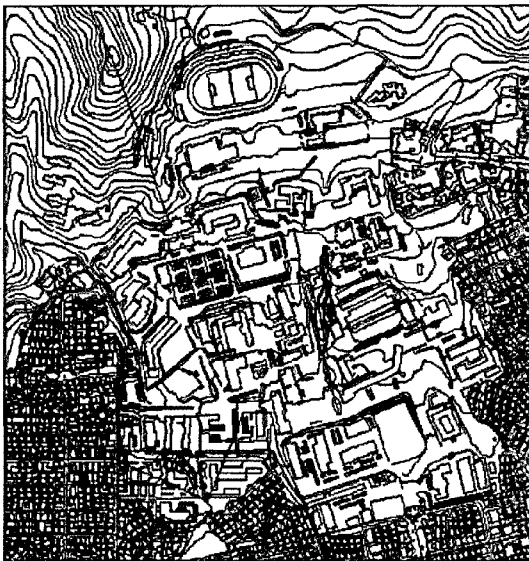
3. 적용 예

이 연구에서 개발한 소음 및 GPS 측정 정보와 CAD 또는 GIS 지리정보를 이용한 소음지도 작성 시스템의 타당성과 유용성을 확인하고자 약 650,000 m²의 면적을 갖는 부산대학교 캠퍼스에 대한 소음지도를 작성하였다. 이때, 소음은 총 735개소에서 지면으로부터 높이 1.5 m 위치의 1분간 1/3-옥타브밴드별 시간 등가 소음도를 GPS 위치와 함께 측정하였다. 소음측정은 동계 방학 기간에 해당하는 2003년 2월 7일부터 2월 28일까지 주중 오후에 수행되었다. 상기 735개소에서 측정된 총합 소음도의 통계 분포는 그림 6에 나타내었다.

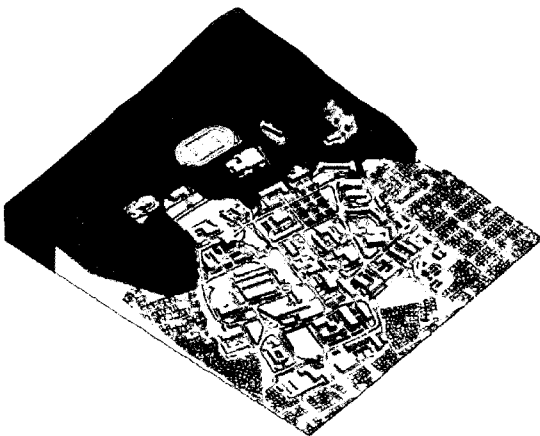
한편, 소음지도 작성 대상 영역은 2차원 지리 정보 DXF 파일을 ENPro 모델 요소로 변환하여 나타내었다. 이때, 건물의 높이 정보는 해당 건물의 설계도면으로부터 추출하였다. 상기와 같은 방법으로 대상 영역을 3차원으로 표현한 결과는 그림 7에 2차원 CAD 지리정보와 함께 나타내었다.

측정자료를 이용하여 A-가중치 총합 소음도로 나타낸 상기 캠퍼스의 소음지도는 그림 8에 나타내었다. 이때, 소음지도 작성 과정에서 117개소의 위치는 수작업으로 수정하였다. 이는 GPS 측정기로 계측한 위치 정보가 2차원 지리정보와 비교하여 수 m 내외의 오차를 나타내었기 때문이다.

그림 8의 소음지도로부터 65 dBA를 초과하는 소음은 캠퍼스 내부 도로, 테니스 코트 등의 체육시설 주변 및 건물에 의한 반사 효과가 있는 곳에서 발생하고 있음을 직관적으로 확인할 수 있다. 따라서, 상기 소음지도는 보다 정온한 캠퍼스 환경 조성을 위한 소음 환경



(a) 2차원 지리자료



(b) 소음지도 모델

그림 7 지리자료로부터 생성된 부산대학교 소음지도 작도모델

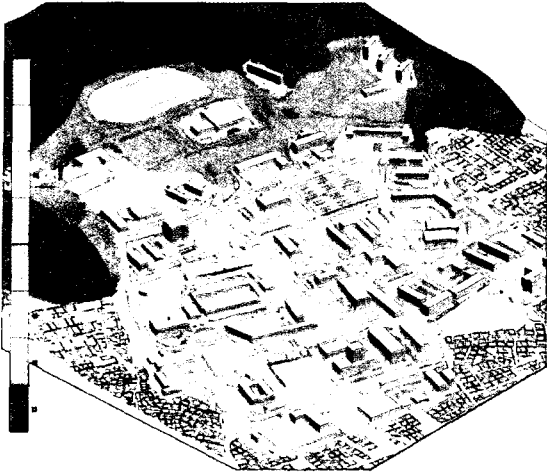


그림 8 부산대학교 캠퍼스의 소음지도, L_{Aeq}

개선 대책 수립에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대한다.


소음 및 GPS 위치 측정 정보를 이용한 소음지도 작성은 현재의 소음 환경 평가는 물론 기존 과도한 소음 문제의 규명과 해결에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대한다. 또한, 기존 측정자료에 실측 자료를 추가하면 보다 정밀한 소음지도를 작성할 수 있을뿐만 아니라 소음 발생 및 전달 환경 변화시 신규 계측 자료의 등록으로 소음지도를 손쉽게 갱신할 수 있다. 한편, 상기 대학 캠퍼스에 대한 소음지도 작성 사례로부터 수작업의 최소화보다 편리한 실측치 기반 소음지도 작성을 위해서는 고정밀 GPS 수신기를 이용하여 위치 측정 오차를 최소화할 필요가 있다고 판단한다.

4. 맺음말

이 글에서는 CAD 또는 GIS 파일 형식의 지리정보와 소음 및 GPS 측정 자료의 효율적 연동으로 측정치 기반 소음지도를 용이하게 작성할 수 있도록 개발한 시스템과 이를 이용하여 부산대학교 캠퍼스를 대상으로 실측치 기반 소음지도를 작성한 결과를 소개하였다.

개발된 시스템은 소음 측정기로 동시 계측 가능한 임의의 소음 물리량에 대한 소음지도 작성이 가능하며, 이의 정도는 측정 자료의 정확도와 개수에 비례한다. 또

한, 기존 측정 자료에 신규 계측 자료의 추가 또는 변경만으로 소음지도를 갱신할 수 있다. 아울러, 소음지도 작성 결과는 DXF 또는 SHP 파일 형식으로 출력하면 지리정보시스템을 이용한 소음 노출 인구 산정 등에 활용할 수 있다.

이에 개발한 측정치 기반 소음지도 작성 시스템은 수치해석 기반 소음지도의 타당성 확인은 물론 소음 환경의 직접적 모니터링과 평가 및 과도한 소음 문제의 규명과 해결에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 사료한다. 

참고문헌

- (1) European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise, 2003, "Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure", WG -AEN.
- (2) 박인선, 박상규, 2005, "Over-ride Value 소음지도를 이용한 소음노출인구 산정방법 연구", 한국소음진동공학회논문집, 제15권 제7호, pp. 859-864.
- (3) Berglund B, Lindvall T, and Schwela D.H., 2002, "Guidelines for Community Noise", WHO.
- (4) Razavi A.H., 2002, "ArcView GIS Developer's Guide Programming with Avenue", OnWord Press.
- (5) Cho D.-S., 2002, "ENPro User Manual - Noise Prediction and Design Software, Version 3.0", Createch Co.
- (6) Anonymous, 1996, "Modular Precision Sound Analyzer Type 2260; Basic Sound Analysis Software BZ7210", Product Data sheet, Brüel & Kjær.
- (7) Anonymous, 2001, "eTrex Venture Personal Navigator-Owner's Manual and Reference Guide", Garmin Co.
- (8) Ferguson M.H., Kalisek R., and Tucker L., 1997, GPS Land Navigation; A Complete Guidebook for Backcountry Users of the NAVSTAR Satellite System, Glassford Publishing.
- (9) Laszlo, M. J., 1996, Computational Geometry and Computer Graphics in C++, Prentice-Hall.