

가상현실 기반 발파소음 시뮬레이션 기술 개발

이동윤*, 서명배*, 박형진*

*한국건설기술연구원 미래스마트건설연구본부

e-mail:dongyounlee@kict.re.kr

smb@kict.re.kr

parkhyungjin@kict.re.kr

Development of a Virtual Reality-Based Blasting Noise and Vibration Simulator

Dongyoun Lee*, Myoung-Bae Seo**, Hyung-Jin Park*

*Dept. of Future & Smart Construction Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

요약

본 논문은 도심 지하 공사 중 굴착공사 시 발생하는 발파소음 및 진동을 사전에 예측가능하고 이를 실제와 유사한 시뮬레이션 기술을 통해 미리 체험할 수 있는 가상현실 기반 발파소음 및 진동 시뮬레이션 기술을 개발하는 것의 초기 연구로 발파소음 시뮬레이션 기술을 개발하는 것이다. 본 소음 시뮬레이션의 데이터는 발파현장 인근 주택지에서 직접 측정하고 주변 환경을 촬영한 것으로, 실제와 유사한 환경을 가상현실환경에 반영되도록 하였다. 소음 시뮬레이션 기술은 소음진동 추정식을 기반으로 데이터를 반영하였으며, 가상현실에 반영하기 위해 가상현실 내 변수 셋팅, HMD와 같은 가상현실 구현 장비 헤드세과 연동하는 기술을 개발하였다. 본 결과는 최종 목표 결과물인 가상현실 기반 발파소음 및 진동 시뮬레이션 시스템 개발에 기초자료로 활용될 것이다. 향후 최종 결과물은 도심 지하 공사 계획 시 활용가능할 것이며, 인근 주민 및 예비 민원인에게도 실감성 있는 자료로 제공되어 삶의 편의에 도움이 될 것으로 사료된다.

1. 서론

최근 서울 경기권 내 수도권광역 급행철도 공사가 계획되고, 일부 시공 중이다. 이와 같은 도심 지하 공사는 국민의 생활과 안전과 직결되어 있다. 도심 내 터널 굴착은 일반적으로 발파공법을 통해 이뤄지며, 소음, 진동, 침하 등 인근 거주자의 설득과 민원 제기 등이 다수 발생할 수 있으며, 해당 민원은 프로젝트의 전체 공기를 크게 좌우될 수 있는 중대한 리스크 요소가 될 수 있다.

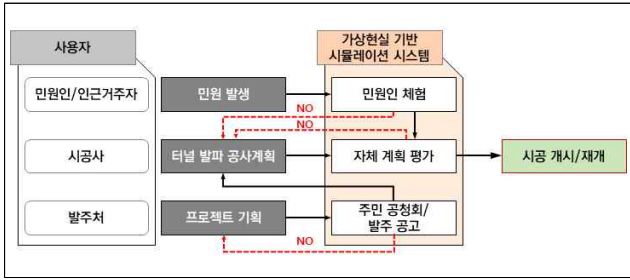
이와 같은 리스크 요소는 프로젝트 초기 단계에 사전 예측하여 대응하는 것이 중요하다. 특히 시뮬레이션 방법을 활용하여 대안을 마련하는 것이 필요하다. 이와 같은 문제를 인식하고 리스크를 최소화하기 위한 다양한 연구들이 수행되고 있다[1-3].

기존 지반 침하, 진동, 소음, 지하수 유출에 대한 시뮬레이션 방법론은 존재하나, 이들은 수치해석 등 전문가들이 판단할 수 있는 결과물로 나오기 때문에 인근의 거주자나 민원인 등이 쉽게 이해하기에는 한계가 있다. 따라서 인근 거주자 및

예비 민원인에게 쉽고 직관적으로 이해하고 판단할 수 있는 시뮬레이션 기법이 요구된다. 따라서 본 저자는 도심 터널 공사 시 안전 데이터를 가시화한 시뮬레이션 개발을 위해 가상현실을 사용하여 사용자 체험형 발파소음 및 진동 시뮬레이터를 개발을 하고자 하며, 본 연구에서는 사전연구인 가상현실 기반 발파소음 시뮬레이션 기술을 개발하고자 한다.

2. 개념 설계

시뮬레이터 개발에 앞서 전체 시뮬레이션 시스템의 개념 설계가 필요하다. 개념 설계는 이동윤 외 1 (2021)의 연구를 기반으로 한다. 개념 설계는 그림 1과 같이 시스템의 예비 사용자별 활용 시나리오를 기반으로 하드웨어 및 소프트웨어 구성이 포함된다.

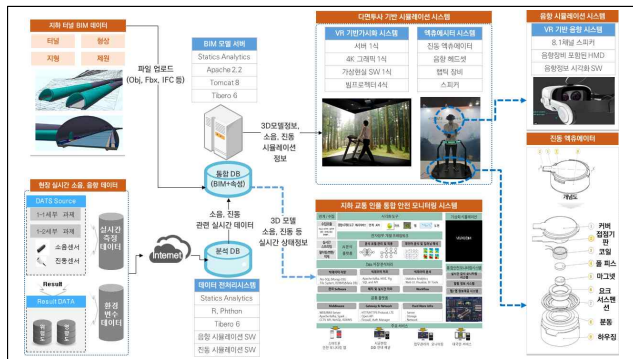


[그림 1] 시스템 예비 사용자 별 업무 프로세스 시나리오



[그림 3] 체험 현장 VR 모델링

본 개념 설계는 기존 시뮬레이션 방식과 달리 기존 설계된 BIM 데이터를 보관하고 있는 별도의 서버가 존재하고, 해당 서버는 BIM 설계가 변경되었을 경우 서버에 반영된 정보를 실시간으로 시뮬레이션 시스템에 연계할 수 있는 특징이 있다.



[그림 2] 개념 설계(아키텍처)

본 시뮬레이션은 발파소음과 진동을 대상으로 하기 때문에 하드웨어는 HMD(소음)와 진동 액츄에이터로 구성된다. HMD를 통해 발파의 소음과 진동을 체험하는 곳의 시각, 청각요소를 체험할 수 있다.

3. 발파소음 시뮬레이션 기술 개발

3.1 데이터 수집 및 개략 3D 모델 작성

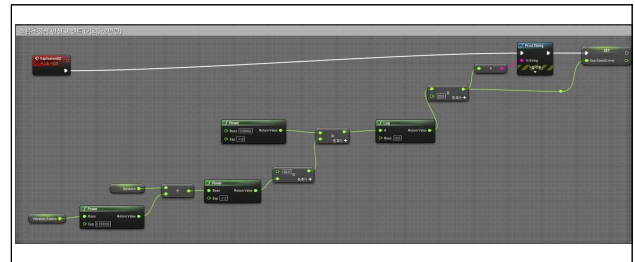
시뮬레이션 기술을 개발하기 앞서 가상현실에 관한 모델링 작업이 요구되기 때문에 체험 현장을 선정하였다. 그리고 해당 현장에서 발생하는 발파소음 및 진동 데이터를 수집하였다. 대상현장은 부산 만덕-센텀 도심도 공사구간 중 위치하는 주택가이다. 해당 현장을 방문하여 발파 소음 및 진동 측정기(HLS-01)를 설치하였으며, 해당 현장에서 360도 카메라 영상을 확보하여 모델링에 반영하였다.

3D 모델링은 3D CAD에서 모델링된 형상을 언리얼 엔진으로 Export 후 Material 지정 및 Mapping을 위한 UV 설정 작업을 진행하였다.

3.2 발파소음진동 추정식 기반 소음 시뮬레이션 기술

3.2.1 암반, 거리, 소음추정식 기반 음향테스트용 S/W 언리얼엔진의 프로그래밍 비주얼 스크립팅인 블루프린트를 이용하여 발파소음추정식에 기반한 음향 출력을 위한 프로그래밍을 개발하여 소음추정식의 변수인 거리 변수와 지발당 장약량 변수를 연산하여 그 값을 HMD 볼륨 값에 대입하여 사용한다.

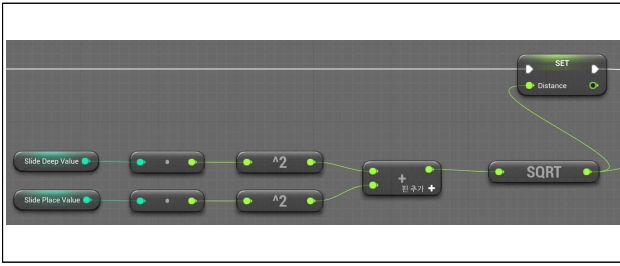
음향의 공간화를 위하여 출력되는 음향에 방향성, 감쇠를 언리얼 엔진에서 설정하여 발파 위치에 따른 방향성과 감쇠효과를 구현하였다.



[그림 4] 발파소음진동 추정식 연산 블루프린트 프로그래밍

3.2.2 가상현실 내 변수 셋팅을 통한 소음 측정 시뮬레이션 기능개발

다양한 발파 소음을 출력하기 위해 UI를 통해 발파 진동 설정을 진행하고 설정된 UI의 값을 변수로 다양한 소음 출력을 HMD 헤드폰에서 확인 할 수 있다. 본 기능에서는 체험자가 UI에 설정한 거리, 깊이 값을 변수로 하여 거리와 깊이의 벡터 합에 따라 HMD 헤드폰에 출력되는 볼륨 값을 조절하였다.



[그림 5] UI의 거리, 깊이 값의 벡터 합 연산 블루프린트 구성안

3.2.3 HMD & VR 장비와 헤드셋 소음시뮬레이션 H/W 연동기술 개발

언리얼엔진으로 개발된 콘텐츠와 HTC사의 VIVE PRO VR 장비를 연동하기 위하여 게임플랫폼인 Steam에서 제작된 SteamVR을 이용하여 연동하였다.



[그림 6] 외부 인터랙션 장비 연동

4. 결론

본 연구는 도심 지하 발파공사시 발생하는 소음, 진동 등의 안전 데이터를 가시화한 시뮬레이션 기술을 개발하기 위한 기초 연구로써 소음 시뮬레이션 기술을 개발하는 것이다. 본 연구의 결과는 BIM과 가상현실을 기반으로 3D 모델링이 하였으며, 현장에서 직접 측정한 데이터를 소음진동 추정식에 근간으로 시뮬레이션을 구축하였기에 사용자의 체감상 현실과 유사하다 할 수 있다. 다만, 해당 결과물의 검증은 실시하지 못하였으며, 진동 시뮬레이터의 개발 및 연동이 되지 않았다. 이후 데이터 기반 진동 시뮬레이터 개발 후 본 기술과 연동하고, 다양한 현장의 데이터를 수집 및 반영하여 검증하는 연구를 지속할 것이다. 향후 최종적으로 가상현실 기반 사용자 체험형 발파소음 및 진동 시뮬레이션 기술이 개발된다면 도심 지하 공사 프로젝트 계획단계에서 민원의 리스크를 해소가능할 것이며, 인근 거주자의 불안감도 줄여줄 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] Lee, J.S., Ahn, S.K. and Sagong M. “Attenuation of blast vibration in tunneling using a pre-cut discontinuity.” Tunnelling and Underground Space Technology, 52, pp. 30-37, 2016.
- [2] Park, D.H. and Jeon, S.K. “Reduction of blast-induced vibration in the direction of tunneling using an air-deck at the bottom of a basthoe.” International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 47, pp. 752-761, 2010.
- [3] Ryu, C.h., Sunwoo, C., Shin, H.S., Chung, S.G and Choi, B.H. “Blast Design of Hilly Rock Excavation Adjacent to Structures and Facilities.” Journal of Korean Society for Rock Mechanics, 4, pp. 38-46, 1994.
- [4] 이동윤, 서명배, “가상현실 기반 발파소음 및 진동 예측 시뮬레이션 기술 개념설계”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, pp. 137-138, 11월, 2021년

감사의 글

본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음 (과제번호: 20UUTI-B157786-03)