

웹 기반 3D 전시 공간 시뮬레이션 시스템 구현

김주하¹, 김병현², 남현우³

^{1,2}인덕대학교 컴퓨터소프트웨어학과 학부생

³인덕대학교 컴퓨터소프트웨어학과 교수

khabh@naver.com, 202012067@office.induk.ac.kr, namhw@induk.ac.kr

Implementation of a Web-Based 3D Exhibition Simulation System

Juha Kim¹, Byunghyun Kim², Hyunwoo Nam³

^{1,2,3}Dept. of Computer Software, Induk University

요 약

본 연구에서는 2D 평면도 입력으로 3D 전시 공간을 자동 생성하고, 외곽·내부 벽을 분류하여 세그먼트 단위로 전시대와 작품을 배치할 수 있는 웹 기반 시스템을 개발하였다. 이를 통해 전문 지식이 없어도 다양한 배치 실험을 수행하고, 공간 활용 최적화와 관람 동선 검증 등 전시 기획 초기 단계에서 실무적 의사결정을 지원할 수 있다.

1. 서론

전시 산업에서는 관람 동선과 공간 활용도를 사전에 검증할 수 있는 3D 시뮬레이션의 필요성이 커지고 있다. 그러나 기존 CAD·3D 모델링 도구는 비전문가에게 접근이 어렵고, 2D 평면도만으로는 실제 전시 경험을 충분히 예측하기 어렵다. 또한 반복적인 설계 실험과 작품 배치 과정이 수작업에 의존해 효율성이 낮다.

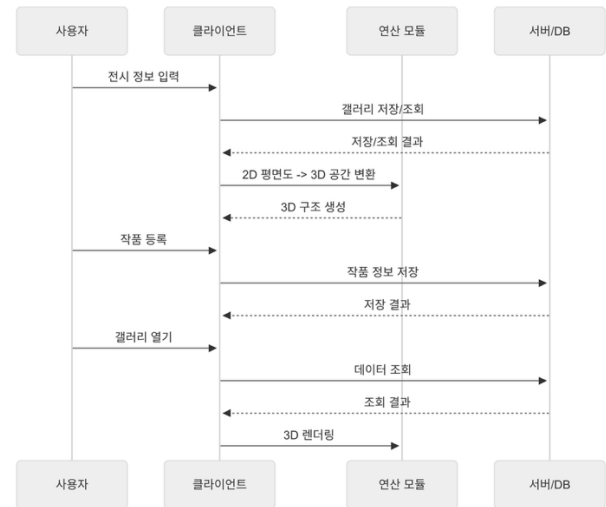
본 연구는 이러한 한계를 해결하기 위해, 2D 평면도 입력만으로 3D 전시 공간을 자동 생성하고 직관적인 배치 실험이 가능한 웹 기반 시스템을 구현하였다. 또한 구현된 시스템은 웹 기반으로 접근할 수 있도록 하였으며, 데모 페이지[1]를 통해 실제 작동을 시연할 수 있다.

2. 설계 및 구현

1) 시스템 개요

본 시스템은 웹 브라우저 기반으로 구축되며, 사용자는 회원 가입 및 로그인 후 전시회를 생성하거나 기존 프로젝트를 불러올 수 있다. 전시회 생성 시, 사용자가 입력한 전시회 메타데이터와 평면도 정보는 서버로 전달되어 데이터베이스에 저장된다. 서버는 이를 관리하고 필요 시 클라이언트에 전달한다.

그림 1은 클라이언트, 서버, 데이터베이스 간의 상호작용을 다이어그램으로 표현한 것으로 전시회 데이터 입력부터 3D 공간 생성, 전시대 배치 및 작품 저장까지의 전체 과정을 직관적으로 보여준다.



(그림 1) 시퀀스 다이어그램.

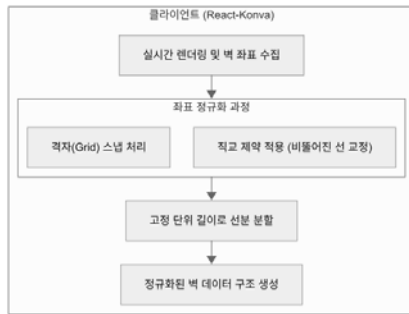
2) 평면도 입력 및 처리

사용자는 캔버스 기반의 인터페이스에서 벽(선분)을 직접 그려 전시 공간의 평면도를 입력할 수 있다. 본 시스템에서는 React 와 React-Konva 라이브러리[2]를 사용하여 HTML Canvas 위에 선분을 렌더링하고, 사용자의 마우스 이벤트를 통해 벽 데이터를 실시간으로 수집한다.

입력된 벽 좌표는 격자 기반(Grid-based) 스냅 처리를 거쳐 정규화 된다. 사용자는 자유롭게 마우스로 선을 그리지만, 시스템은 드로잉에 직교 제약을 적용하여 비뚤어진 벽 좌표를 가장 가까운 그리드 점으로 조정한다.

장면 내 벽은 고정 단위 길이로 분할된 선분 세그먼트로 변환된다. 예를 들어, 길이가 그리드 사이즈보

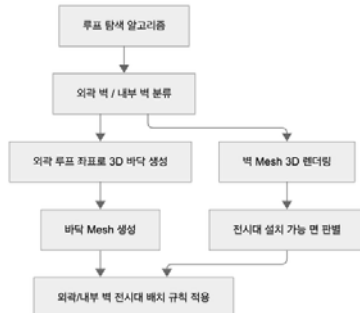
다 긴 벽은 여러 개의 세그먼트로 나누어 저장한다. 이 과정을 통해 균일한 벽 데이터 구조를 확보하며, 이후 3D 변환 후속 처리에 용이하도록 한다.



(그림 2) 사용자 입력 평면도 정규화 과정.

3) 2D 평면도 기반 3D 전시 공간 생성

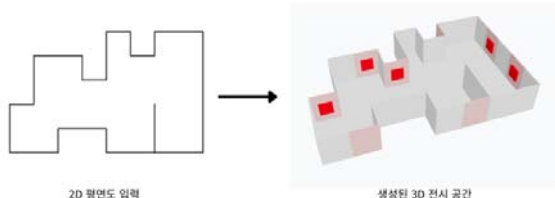
본 시스템은 사용자가 입력한 2D 평면도를 기반으로 3D 전시 공간을 자동으로 생성한다. 2D 평면도는 이전 단계에서 그리드 기반으로 정규화 된 벽 선분 집합으로 구성되며, 이를 통해 외곽 벽과 내부 벽을 구분하고, 바닥과 벽을 3D로 렌더링하며, 전시대 설치 가능 영역을 판별한다.



(그림 3) 평면도 입력 기반 전시 공간 생성 과정.

외곽 벽과 내부 벽은 루프 탐색 알고리즘과 면적 기반 평가를 통해 구분한다. 모든 벽 세그먼트의 연결 관계를 분석하여 폐쇄 루프를 탐색하고, 가장 큰 면적을 가진 루프를 외곽 루프로 판별한다. 외곽 루프에 포함되지 않은 벽을 내부 벽으로 분류한다.

분류된 외곽 루프 좌표를 활용하여 3D 바닥면을 생성한다. 외곽 벽의 좌표를 시계 방향으로 순서대로 연결한 THREE.Shape 객체로 정의한다. ShapeGeometry를 이용하여 바닥 Mesh를 생성하고, 외곽 벽으로 완전히 감싸진 영역만 채워지도록 구현하였다. 이를 위해 본 시스템에서는 three.js 라이브러리를 활용하였다.



(그림 4) 3D 전시 공간 생성 예시.

4) 벽면에 전시대 설치 및 작품 전시

각 벽은 양쪽 면 전시대 설치 여부를 벽 유형과 바닥 위치에 따라 다르게 처리한다. 전시 공간에서는 외곽 벽에 대해 내부 바닥 공간 쪽으로만 전시대를

배치할 수 있도록 설계하였다.

이를 위해 각 외곽 벽마다 isFrontFacingInside 플래그를 계산하여 설치 가능한 면을 판별하였다. 각 벽 세그먼트의 중앙점을 기준으로 벽 벡터의 수직 방향에 해당하는 법선 벡터를 계산하고, 중앙점에서 법선 방향으로 작은 오프셋 거리를 이동시킨 점이 바닥 폴리곤 내부에 포함되는지 확인하였다. 이동한 점이 폴리곤 내부에 존재하면 해당 벽 면이 내부 공간을 향하고 있다고 판단하고, 플래그 값을 true로 설정하였다. 이렇게 판별된 외곽 벽의 전시대는 내부 공간을 향하는 면에만 배치할 수 있으며, 내부 벽의 경우에는 양쪽 면 모두 전시대를 설치할 수 있도록 허용하였다.

이 방식은 벽의 방향과 관계 없이 바닥 공간 내부를 정확하게 감지할 수 있으며, 외곽 벽과 내부 벽의 전시대 배치 규칙을 자연스럽게 구분할 수 있다.

사용자는 3D 전시 공간에서 벽 세그먼트를 선택해 전시대를 배치하고 작품을 전시할 수 있다. 서버에서 불러온 데이터로 전시대에 이미지나 기본 형태를 표시하며, 클릭 시 작품 등록 페이지로 이동하고 모든 변경 사항은 서버와 동기화된다.



(그림 5) 데이터베이스 설계도.

3. 결론 및 기대효과

본 연구에서 구현한 웹 기반 3D 전시 공간 생성 시스템은 2D 평면도 입력만으로 외곽·내부 벽을 자동 분류하고, 바닥과 벽 Mesh를 생성하며, 세그먼트 단위로 작품을 직관적으로 배치할 수 있도록 지원한다.

이를 통해 설계자와 큐레이터는 전문 지식 없이도 다양한 배치 실험을 반복 수행할 수 있으며, 수작업에 의존하던 작품 배치 과정을 효율적으로 자동화할 수 있다. 향후 이 시스템은 전시 기획의 초기 설계 단계에서 공간 활용 최적화, 관람 동선 검증, 전시물 배치 시뮬레이션 등 실무적 의사결정을 지원하는 도구로 활용될 것으로 기대된다.

또한 본 시스템은 기본적인 자동 생성 및 배치 기능을 중심으로 구현되었으며, 향후에는 바닥·벽 재질 선택, 전시물 크기 기반 자동 배치, 출입구 및 제한 구역 설정 등 사용자 개입 기능을 확장할 예정이다.

참고문헌 및 관련 링크

- [1] Project Demo, <http://54.180.24.118/galleries/3d/create> (Accessed: 2025-10-16)
- [2] Konvajs Contributors, "React-Konva Docs", KonvaJS, <https://konvajs.org/docs/react/index.html> (Accessed: 2025-09-16)