

AR-Station : 도시설계를 위한 가상현실 협업 시스템¹⁾

임진목⁰ 김병철 이현정 원광연
한국과학기술원 전자전산학과 가상현실연구실
{annu⁰, ciel, hyem, wohn}@vr.kaist.ac.kr

AR-Station : A Virtual Reality Collaborative System for the Urban Planning

Jinmook Lim⁰, Byungcheol Kim, Hyunjeong Lee and Kwangyun Wohn
Virtual Reality Laboratory
Department of Electrical Engineering and Computer Science
Korea Advanced Institute of Science and Technology

요약

본 논문은 도시계획과정에서 도시설계안을 행정가, 설계자, 지주, 인근거주자 등에게 제시하고 이들의 요구사항을 실시간으로 반영할 수 있는 도시설계를 위한 가상현실 협업시스템인 AR-Station을 소개한다. 본 시스템은 다양한 참여자들 간의 원활한 의사소통과 협업을 위하여 가상 도시 모델을 시각화하기 위한 Hybrid Scene Graph와 직관적인 인터랙션을 제공하기 위한 탠저블 인터페이스를 사용한다. 참여자들의 작업공간은 시스템과 참여자들 사이의 상호작용이 효율적으로 이루어지도록 반영공간과 인터랙션공간으로 구분하여 설계하고 구현하였다.

1. 서론

도시설계에서는 설계안이 다차원적으로 평가된다. 또한 다양한 이해당사자들이 참여하기 때문에 설계안을 각각의 기준에 따라 평가하여 여러 대안(alternative)들을 제시한다. 따라서 도시설계 과정에서는 설계안을 평가 결과에 따라 변경하고 여러 대안을 적용시켜 이것을 다시 평가하는 것이 반복된다. 즉, 설계안에 대한 평가의 환류 작용이 빈번히 일어난다[1].

그러나 기존의 도시설계 과정에서는 주로 정적이고 분산된 자료들을 이용함으로써 빠른 환류 과정 지원에 한계가 있었다. 조감도나 설계 도면, 사진 등으로 제시된 설계안은 하나의 대상이 여러 개의 자료로 나뉘어서 제시되어 이를 종합적으로 고려하기가 힘들고, 평가에 따라 이를 즉시 바꾸는 것이 쉽지 않았다.

본 논문은 도시설계과정에서의 효율적 의견 교환의 장으로서 도시설계를 위한 가상현실 협업 시스템, AR(Architectural Reality)-Station을 소개한다. 본 시스템은 참여자들의 빠르고 정확한 의사소통을 위해 설계안을 탠저블 인터페이스(Tangible Interface)를 이용하여 실시간에 변경시키고 이를 3차원으로 시각화시킬 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 소개하고, 3장에서는 시스템의 전체적 구성과 각각의 구성 모듈을 상세히 기술하며, 4장에서 이의 실제 구현방법을 기술한 뒤, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

기존의 도시설계를 위한 가상현실 협업 시스템으로는 콜로라도 대학의 The Environment and Discovery Collaborator

(EDC)[2], 스위스연방기술대학의 BUILD-IT[3], 메사추세츠 공과대학 미디어랩의 증강도시설계 워크벤치[4], 일리노이 대학의 CALVIN[5]을 들 수 있다.

EDC는 협업 디자인 작업을 지원하는 시스템을 도시계획에 적용한 예로 터치 센시티브(touch sensitive)한 테이블 위에서 협업을 가능하게 하기 위한 물리적 객체 놓기, 선 그리기와 같은 쉬운 인터랙션이 제공되며, 건축 설계 결과를 웹으로 전송하여 거주자의 의견을 수렴한다. 그러나 설계 과정에서 다중 사용자간의 협업은 고려되지 않았으며, 설계된 도시의 모습이 실시간으로 제공되지 않는다.

BUILD-IT은 컴퓨터 비전 기술을 이용한 건축설계시스템이며, 작업 테이블 위의 나무토막들의 놓기/빼기와 같은 인터랙션을 인식하여 사용자들 간의 협업이 가능하게 한다. 그러나 도시 전체적인 모습을 표현하는 도시 가시화에 대해 고려되지 않았다.

증강 도시설계 워크벤치는 협업 도시계획에 증강현실 기술을 적용한 시스템으로 실제 물리적 모델에 가상 모델의 레이아웃을 중첩시켜 건축물의 그림자, 바람의 변화, 교통량 등의 정보 변화에 대한 시뮬레이션을 제공한다. 이는 고정된 물리적 건물 모델로 인하여 전체적인 구조의 변경이 불가능하며 도시설계가 완료된 시점에서의 협업에 적합하다.

CALVIN은 CAVE를 이용한 건축 설계를 위한 협업 시스템으로 음성인식과 HUD(Head-Up Display) 개념을 도입한 InYerFace를 통하여 인터랙션을 제공하고 있다. 그러나 세션의 진행 중에는 다른 사용자의 참여가 금지되고 제한적인 음성인식이 이루어지고 있으며, 실제 설계 작업이나 환경이 고려되지 않았다.

본 논문에서 제안하는 AR-Station은 은 탠저블 인터페이스를 사용하여 구역 및 도로 설정, 건물 배치 및 조정 등과 같은 도시설계 단계의 여러 작업들을 여러 사용자가 협동적으로 진행할 수 있도록 설계되었고, 3차원 도시 모델을 효율적으로 처리할 수 있는 새로운 자료구조를 사용하여 도시 가시화를 효과적으로 할 수 있도록 설계되었다.

1) 본 연구는 한국과학기술원 가상현실연구센터와 한국전산원 초고속 선도망(KOREN) 및 APII-Testbed 활용 연구협력과제로부터 지원 받았음.

3. 협업시스템의 설계

3.1 시스템 개요

본 시스템은 크게 도시 모델의 효율적 가시화를 위한 도시 가시화 모듈과 다중 사용자들 간의 협업이 가능케 하기 위한 물리적 인터랙션 모듈로 구성된다. 도시 가시화 모듈은 한국과학기술원 가상현실연구실의 가상현실 커널인 KittenX[6]를 기반으로 하는 Archi-CAT[7]으로 구성되고, 물리적 인터랙션 모듈은 인식기와 증강현실영상 생성기로 구성된다.

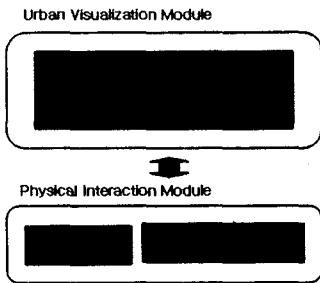


그림 1 소프트웨어 구성도

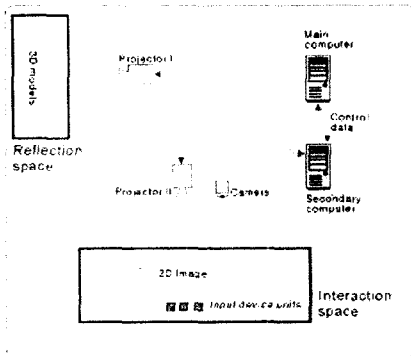


그림 2 하드웨어 구성 다이어그램

하드웨어 구성은 그림2와 같다. 사용자와 시스템간의 물리적 상호작용이 가능하고 실시간으로 피드백이 제공되는 인터랙션 공간과 그 결과로 변화되는 도시의 가상 모습을 제공하는 반영 공간으로 구성된다.

3.2 도시 가시화 모듈

도시는 도로, 건물 등 다양한 요소들로 구성되어 있다. 이 요소들은 단순한 3차원 기하학적 속성뿐만이 아니라 서로가 서로에게 영향을 미치는 도시 의미적 속성도 가지고 있다[8]. 따라서 가상 도시는 이러한 의미적 규칙에 의거하여 생성되고 관리될 수 있어야 한다.

그러나 도시 요소들은 종류가 매우 많고 그 상관관계 또한 복잡하여 도시 규칙 모델을 세우기 어려우므로 이들을 단순화/추상화 시키는 것이 필요하다. 따라서 도시 요소들을 크게 도로, 구역, 건물로 정하고, 이들의 상관관계를 아크-노드(Arc-Node), 폴리곤-아크(Polygon-Arc), 좌우(Left-Right) 토폴로지로 표현한다. 이 토폴로지는 미국 지리정보시스템 표준 형식인 DLG(Digital Line Graph)에서 차용하였다[9].

결국 가상 도시를 가시화하기 위해서는 3차원 기하학적 속

성과 도시 의미적 속성을 동시에 처리해야 한다. 그러나 이 두 가지 속성은 서로 다른 특성을 가지기 때문에 하나의 자료구조로서 표현하고 관리할 수 없다. 이를 해결하기 위해 도시 가시화 모듈에서는 Hybrid Scene Graph(HSG)를 사용한다.

HSG는 3차원 기하학적 속성을 빠르게 처리할 수 있도록 고안된 기존의 계층적 트리[10]에 복잡한 토폴로지들을 표현할 수 있는 관계형 테이블[11]을 융합한 것이다. 관계형 테이블은 열(column)로는 각 데이터의 속성 자료가, 행(row)으로는 각각의 데이터들이 나열되고, 각 행은 해당 테이블 내에서 고유한 번호를 가지므로써 다른 데이터가 이 번호로써 해당 데이터를 참조할 수 있는 자료 구조를 말한다. 이러한 구조는 데이터들의 복잡한 상호참조를 표현할 수 있어서 도시 요소들의 토폴로지, 즉 서로의 관련성을 효과적으로 처리할 수 있다.

이 관계형 테이블은 복잡한 상호참조를 표현할 수 있으나 그로 인하여 데이터의 삽입/수정/삭제 시에 좀더 세심한 처리가 필요하다. 즉, 하나의 데이터는 다른 데이터와 토폴로지 상에서 연결되어 있으므로 이러한 토폴로지를 유지하도록 데이터를 처리해야 한다. HSG는 이를 위해 다단계 갱신 기법을 사용한다. 다단계 갱신 기법은 하나의 데이터를 처리하기 위해 우선 토폴로지 상에서 관련된 모든 데이터들을 검사하여 재계산되어야 할 데이터들을 정리하고 그 후에 이것들을 토폴로지의 순서에 따라 차례로 다시 계산하여 데이터를 갱신하는 방법이다.

3.3 물리적 인터랙션 모듈

본 모듈은 아파트, 학교, 고층건물 등의 도시구성요소를 생성하고 조작하는 기능들과 3차원 가상도시를 컨트롤하는 기능을 수행한다. 이를 쉽고 직관적이며 통일성 있는 방법으로 수행하기 위해 탠저블 인터페이스와 증강현실을 이용한 2차원 인터랙션 방법을 사용한다[12].

탠저블 인터페이스의 직관성을 활용하여 도시구성요소들과 3차원 가상도시를 제어하기 위한 카메라, 네비게이션 등의 기능들이 표현되도록 각각의 탠저블 인터페이스를 디자인 하였다 [그림 3]. 가상도시의 수직으로 내려다 본 모습을 인터랙션 공간에 투영하여 탠저블 인터페이스와 중첩되는 증강현실공간을 구성하였다. 이렇게 형성된 증강현실 영상은 인터랙션 공간과 반영공간을 연결시키는 역할을 하고 인터랙션에 대한 피드백 정보와 다음 인터랙션을 위한 제어 정보를 제공한다. 또한 이 영상은 2차원 인터랙션이 가능케 한다. 2차원 인터랙션은 도시 설계 과정에서 많이 다루어지는 도시구성요소의 배치작업이 쉽게 이루어지도록 한다.



그림 3 탠저블 인터페이스들

인터랙션 공간에서 탠저블 인터페이스의 사용은 반영 공간의 3차원 가상도시의 모습을 변화시키고, 이에 대한 피드백 정보나 컨트롤 정보가 증강현실영상을 통해 인터랙션 공간에 다시 반영된다. 예로, 도시구성 요소의 생성은 원하는 구성 요소에 해당하는 탠저블 인터페이스를 직관적으로 선택하여 인터랙션 공간에 추가하면 그 요소에 대한 3차원 모델이 가상도시에 생성되고 인터랙션 공간에 새로운 증강현실영상이 추가된다. 그림 4는 두개의 아파트 객체를 생성한 후의 모습으로 반영공간

에 아파트 모습을 가시화하고 있으며, 인터랙션 공간에 피드백 정보로 탠저블 인터페이스 위에 객체에 해당되는 영상을 중첩시키고 있다. 그림 5는 그림 4에서 아파트의 위치를 변경시키고 새로운 객체인 학교건물을 생성한 후의 모습이다.

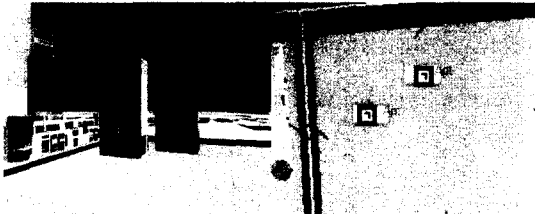


그림 4 반영공간과 인터랙션공간의 연결 관계



그림 5 건물의 위치변경과 새로운 객체 생성 예

4. 구현

도시 가시화 모듈은 세 가지 토폴로지를 바탕으로 스케치 인터페이스[13]를 통하여 도로와 건물의 생성/삭제/변경 기능을 구현하였고 이를 자유롭게 내비게이션 하거나 두 지점을 도로를 따라 내비게이션 할 수 있는 기능을 구현하였다. 두 지점을 잇는 도로의 경로는 Dijkstra's Shortest Path Algorithm을 사용하여 찾고, 이의 가중치는 도로의 길이에 비례하고 폭에 반비례하도록 설정하였다. 시선 처리는 도로의 직선구간에서는 진행방향을 바라보게 하고 두 직선이 만나는 점에서는 두 방향을 선택적으로 보간하여 시선의 방향으로 삼았다[7].

도로와 구역은 OpenGL의 선과 다각형 그리기를 사용하여 시각화 하였다. 건물 모델은 3D Studio Max 등의 상용 3차원 모델링 소프트웨어를 통해 미리 제작하고 이것을 범용 3차원 파일형식인 VRML(Virtual Reality Markup Language)로 저장한 뒤, 이 파일들을 데이터베이스화해 두고 필요한 건물 종류에 따라 시스템으로 읽어 들이도록 구현하였다.

인터랙션 모듈의 구성은 인식부분, 증강현실영상부분으로 나뉜다. 인식부분은 ARToolKit[14]을 기본으로 시스템의 기능에 맞게 변형하여 사용하였으며, 인식된 정보는 도시 가시화 모듈과 증강현실영상부분으로 전송된다. 증강현실영상부분은 전달 받은 인식정보와 OpenGL을 사용하여 피드백 정보를 인터랙션 공간에 표현하도록 구현하였다.

5. 결론

본 논문은 도시설계에서의 가상현실 협업 시스템을 제안함으로써 탠저블 인터페이스와 가상현실 기술을 이용한 새로운 도시설계 협업도구를 제공하였다는데 의의가 있다. 또한 본 시스템은 도시 가시화의 효율을 높이기 위하여 3차원 기하학적 속성과 도시 의미적 속성을 동시에 처리할 수 있는 Hybrid

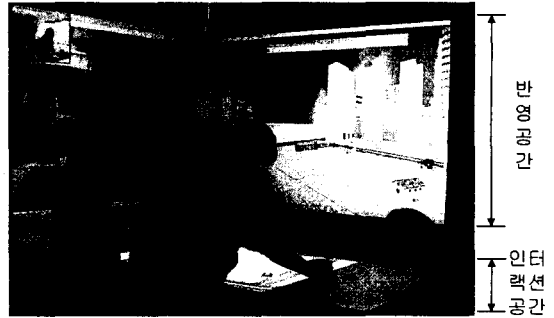


그림 6 구현된 AR-Station의 모습

Scene Graph을 사용하고, 쉽고 직관적인 인터랙션 제동을 위하여 탠저블 인터페이스와 증강현실영상을 사용한다.

그러나 탠저블 인터페이스의 활용이 제한적이기 때문에 좀더 효과적인 인터랙션 방법에 대한 연구가 필요하고, 실제 도시설계가 정확한 실측값에 기반하여 진행되기 때문에 실제 척도가 적용된 도시 모델의 생성 방법에 대한 연구가 더 필요하다.

6. 참고문헌

- [1] 대한국토도시계획학회, "도시설계," 서울: 보성각, 2001.
- [2] Ernesto Arias, et al., "Transcending the Individual Human Mind : Creating Shared Understanding through Collaborative Design," In ACM Trans. on Computer-Human Interaction, vol.7, no.1, pp.84-113, 2000.
- [3] Morten Fjeld, et al., "Physical and Virtual Tools: Activity Theory Applied to the Design of Groupware," In the Computer Supported Cooperative Work, vol.11, pp.153-180, 2002.
- [4] Eran Ben-Joseph, et al., "Urban Simulation and the Luminous Planning Table : Bridge the Gap between the Digital and the Tangible," In Journal of Planning Education and Research, vol.21, pp.195-202, 2001.
- [5] J. Leigh, et al. "Multi-perspective collaborative design in persistent networked virtual environments," In the Proceedings of IEEE Virtual Reality Annual International Symposium '96, pp.253-260, 1996.
- [6] <http://vr.kaist.ac.kr/KittenX/>
- [7] 김병철, "도시설계를 위한 시각 시뮬레이션", 석사학위논문, 한국과학기술원, 2004.
- [8] 황기원, "도시와 건축," 서울: 대한건축사협회, 1994.
- [9] <http://geog.tamu.edu/~liu/courses/g390/note5.pdf>
- [10] K. Baumann, et al., "A Hybrid, Hierarchical Data Structure for Real-Time Terrain Visualization," In the IEEE Proceedings of Computer Graphics Int'l '99, pp.85-92, 1999.
- [11] <http://pasture.ecn.purdue.edu/~caagis/tgis/course/gistrc.html>
- [12] 이현정, "협업 도시설계 시스템을 위한 탠저블 인터랙션 디자인," 석사학위논문, 한국과학기술원, 2004.
- [13] Robert C. Zeleznik, et al., "SKETCH: an interface for sketching 3D scenes," In the Proceedings of ACM SIGGRAPH1996, pp. 163-170, 1996.
- [14] http://www.hitl.washington.edu/research/shared_space/download/