

가상현실기반 건설공사의 레이어 객체 시뮬레이션 시스템 구축 연구

Development of Layer Object Simulation System for Construction Project based on Virtual Reality

강 인 석* · 지 상 복** · 김 슬 기*** · 문 진 석****

Kang, Leen-Seok · Ji, Sang-Bok · Kim, Seol-Gi · Moon, Jin-Seok

요 약

최근 시행되는 건설공사에서는 설계 및 시공과정에 소요되는 공사정보들을 점차 가상현실기반의 3D모델로 활용하는 사례들이 증대되고 있다. 본 논문에서는 개념 설계 단계에서 활용 가능한 가상현실기반의 레이어 객체 시뮬레이션 기능 방법론을 구성한 후, 완성된 시스템으로 구축하여 활용성을 검증하고 있다. 레이어 객체 시뮬레이션 시스템은 사용자가 지정한 임의의 공사 순서대로 구조물을 가상공간에서 사전 시공하여 실제 시공시의 문제점을 사전에 검토가 가능하도록 한다. 이러한 방법론은 3D객체 기반의 가상건설 시스템 구축시 주요 기능으로 적용되어 효율적 공사관리를 가능하게 할 수 있다.

키워드: 가상현실, 개념 설계 단계, 레이어 객체 시뮬레이션

1. 서 론

최근 시행되고 있는 토목공사는 규모와 공사비용면에서 점차 대형화되는 추세이며, 복잡한 공정의 증가를 보임에 따라 효율적인 공사 수행을 위한 기존의 건설공사관리시스템과는 차별화된 시스템의 필요성이 대두되고 있다. 기존의 건설공사관리시스템은 토목공사 공정 정보를 단순한 그래픽, 표 등의 수치적 데이터로 제공하였으나, 컴퓨터 그래픽 기술의 발전에 힘입어 방대한 양의 공사 정보를 직관적으로 이해 가능하도록 하는 가상현실기술이 도입되었다. 가상현실시스템(Virtual Reality System, VR시스템)은 3D모델의 탁월한 표현 효과를 주요 기능으로 하여 실제와 같은 이미지를 제공하며, 기존의 CAD시스템과 연동하여 효율적인 3D 도면의 생성을 가능하게 한다.

VR시스템은 건축분야와 플랜트 분야에서 적용하고 연구한 사례는 다수 있으나, 토목공사를 대상으로 개발되어 적

용된 사례는 거의 없다. 토목공사는 건축, 플랜트와 달리 수평적인 작업체계와 비반복적인 다양한 공정들의 조합으로 구성되어 있기 때문이다. 이러한 공정정보의 시각화와 효과적인 관리를 위해 VR시스템은 3D모델을 가상현실에서 단순히 시각화 하는 단계를 넘어 기존 시스템에서는 수행하지 못했던 설계단계, 시공단계, 유지관리단계에 특화된 시스템의 개발이 필요하다.

본 논문은 시공단계에서의 공정 정보 시각화가 아닌 토목공사의 개념설계단계에서 VR시스템의 레이어 객체 시뮬레이션 기능을 제안하고자 한다. 레이어 객체 시뮬레이션 기능은 VR시스템에서 구현된 토목공사에 대해 각 레이어별로 구조물을 시뮬레이션 하는 기능이다. 이를 통해 사용자가 부여한 공사 순서에 따라 시뮬레이션이 가능하다. 이러한 개념설계단계를 대상으로한 가상현실 기반의 건설 정보관리 시스템의 개발은 실제 시공시 발생 가능한 문제점을 가상공간에서 사전에 시도하여 고속철도, 초장대 교량 등의 토목 공사에서 시공성의 향상, 원가절감 등의 실현이 가능하다.

2 연구 동향

기존의 가상현실에 관한 연구로 국내에서는 임준봉(2006)이 모바일 증강현실 기법을 건설관리에 적용하기 위해 위치추적모듈, 증강현실시각화모듈, 3D VRML객체와 건설일정에 따른 공사과정을 연계한 4D CAD모듈, 조망 분석 모

* 정회원, 경상대학교 토목공학과 교수, 공학박사, Lskang@gnu.ac.kr

** 정회원, (주)지오엔티 대표이사, geont@unitel.co.kr

*** 일반회원, 경상대학교 토목공학과 석사과정, tjfrlrl1@nate.com

**** 일반회원, 경상대학교 토목공학과 석사과정, amplfiel@hotmail.com

본 연구는 2006년도 건설교통부 첨단융합건설기술개발사업의 VR 기반 토목 시공 시뮬레이션 시스템 개발 연구과제 수행결과임

들 등을 건설 공정관리 시스템을 개발하였으며 실제 선 데이터를 통한 렌더링 방식으로 사실성을 증가시켰다. 김형은(2005)은 건축물의 건설프로세스에 대한 진척상황을 가상현실공간을 이용해 재현, 검토하는 가상건설현장 시스템을 이용하여 실제 공사현장 정보인 현장사진과 가상공간에서 VR 화상을 비교하여 공사 진척 시뮬레이션에 의한 공사 관리를 수행하는 시스템의 개발을 제안하였다.

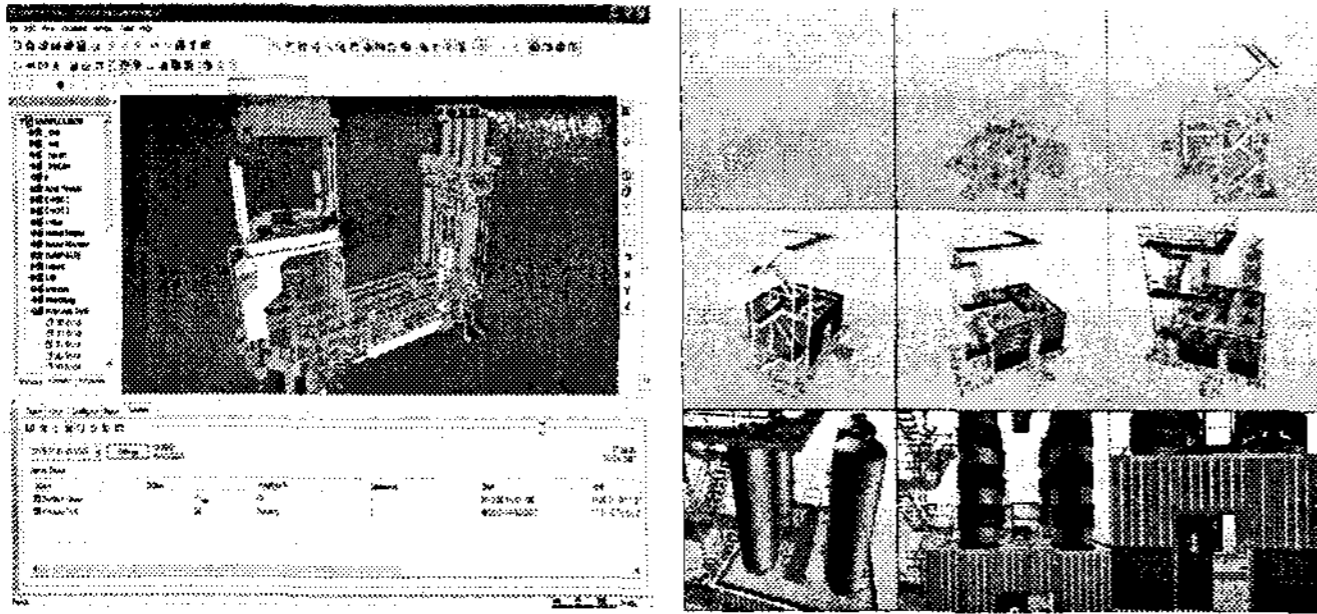


그림 1. Jetstream v5 Presenter & TimeLiner

Yuan-Fu LIAO(2007)은 Construction Director를 이용하여 기능적인 개발과 빌딩 사례의 적용을 제시하였다.

Construction Director의 주요기능은 애니메이션 진행의 3D 객체를 5가지 색으로 표현하며 구분된 색은 3D 객체의 건설 진도 상태를 나타냈다. 또한 Erection Director의 크레인 시뮬레이션 기능으로 충돌발견과 정확한 공간의 파악이 가능하게 하고, 이를 빌딩 사례에 적용해 각 건설 단계에서 잠재된 문제점을 예측하고 검증하였다. 기존의 VR시스템으로 NavisWorks사의 Jetstream v5는 건물, 플랜트의 3D디지털 디자인이 가능하다. Jetstream v5의 Presenter 기능은 간단한 작업으로 다양한 렌더링 기술을 이용하여 실제적인 시각화의 효과를 얻을 수 있으며, TimeLiner 기능은 프로젝트 스케줄로부터 계획대비 실제 공정 시간을 시각화하고 비교하여 건축 구조물을 대상으로 3D 모델과 공사 일정을 연계하여 시간 흐름에 따른 공정 수준의 시각화를 나타낸다.

기존 연구에서 가상현실을 기반으로 한 다양한 연구가 이루어지고 있으나 토목 공사를 대상으로 개념설계단계에서의 공정 정보 시각화 기능의 활용방안에 관한 연구가 미흡하다. 이에 따라 본 연구에서는 개념설계 단계에서의 VR시스템 기능 구축 방법론을 제시하고 철도시설공사를 시스템에 적용하여 사례를 통해 기능의 활용성을 검토한다.

3. 레이어 객체 시뮬레이션의 구성방법론

본 연구에서 제시하는 레이어 객체 시뮬

레이션 기능은 구조물의 구현과정을 사용자가 임의로 레이어 단위로 선택하여 일반적인 구현 순서에 상관없이 자유롭게 구현해 볼 수 있는 기능이다. 또한 해당공사에서 상세히 검토하고 싶은 주요 객체를 개별적으로 생성하여 시각적으로 검토해 볼 수 있다. 공사시설에 따라 작성된 프로젝트 WBS(Work Breakdown Structure, 작업분류체계)가 해당되는 상위 레벨의 3D 모델을 생성하여 사용자 임의대로 구현해 보고 주요 레이어별로 다양한 보기기능을 사용하여 시각적으로 조망해 보는 것이 가능하다. 본 연구에서는 레이어 객체 시뮬레이션 구성 방법론을 그림 2와 같이 개발하였으며, 단계별 내용은 다음과 같다.

첫 번째 단계에서는 발주처의 공사공고를 검토하고 현장 조사를 통해 얻어진 공사 정보를 면밀히 파악한다. 공사의 주요 시설물이나 공사현장의 수치적 정보, 교차조건, 장비의 사용가능 유무, 부재 및 장비의 운반 가능성 등의 정보가 해당된다.

두 번째 단계에서 설계자는 현장조사를 토대로 얻어진 공사 정보를 바탕으로 토목시설물을 중심으로 한 프로젝트

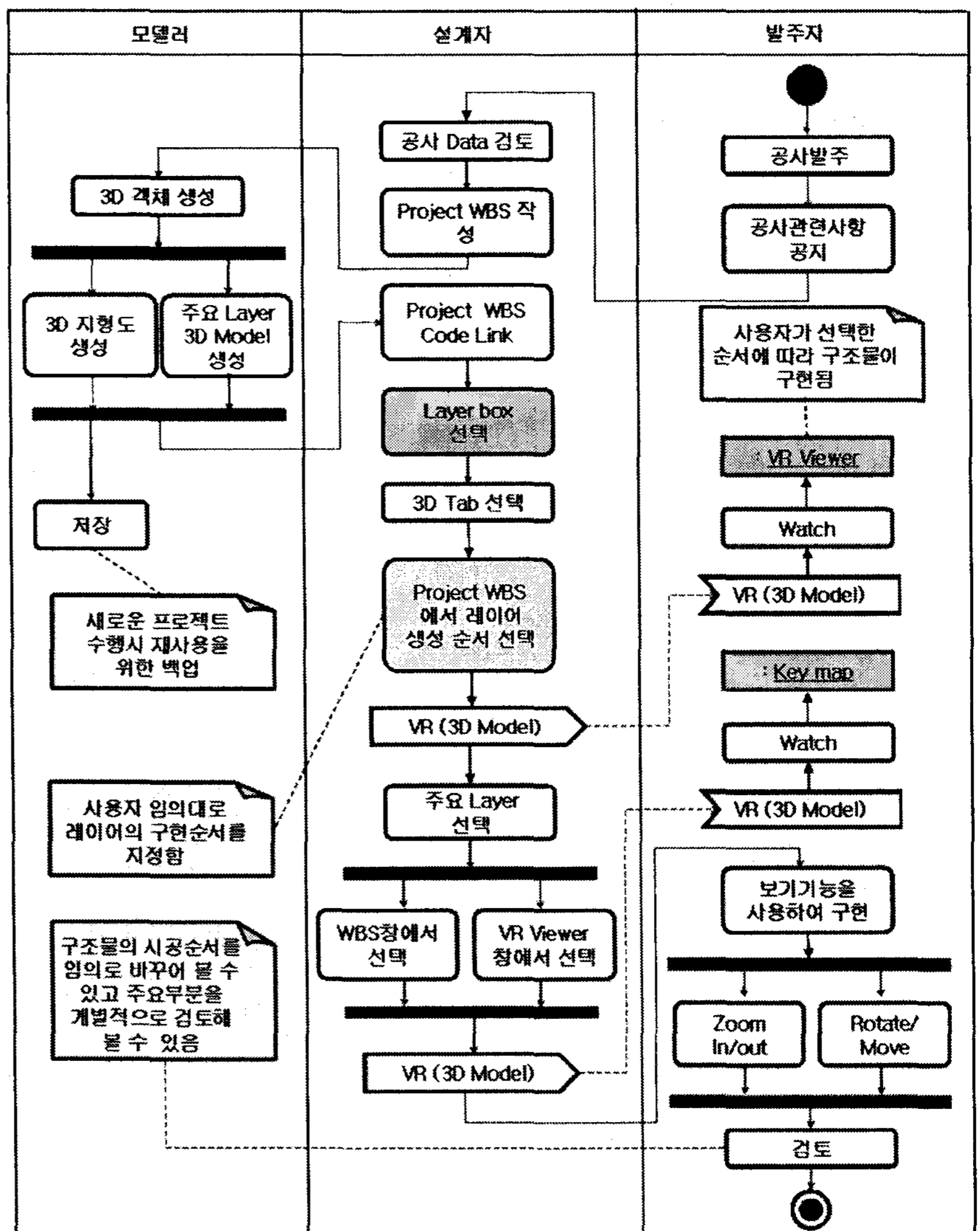


그림 2. 레이어 객체 시뮬레이션 구성 방법론

WBS를 작성한다. 개념설계단계이므로 작성된 WBS는 시설물의 상위레벨에 해당하는 시설 또는 부위가 해당된다. 설계자는 작성된 WBS의 3D 모델 작성을 의뢰한다.

세 번째 단계에서 모델러는 설계자로부터 의뢰받은 프로젝트 WBS 상위레벨에 해당하는 객체에 대한 3D 모델을 새로 디자인하거나 기존의 모델을 이용하여 생성한다. 또한 공사구역의 수치적 정보를 바탕으로 3D 지형도를 생성한다. 3D 레이어 모델은 시설물의 2D 도면 정보를 기반으로 한다. 또한 3D 모델은 기 작성된 프로젝트 WBS에 연계되어 코드가 부여되고 각 3D 모델에 대한 정보를 지니게 되며 데이터베이스로 구축하여 사용한다. 본 기능에서 사용하기 위하여 생성된 해당 객체에 대한 3D 모델은 백업을 통하여 유사 프로젝트나 4D CAD에서 사용할 수 있다.

네 번째 단계에서 설계자는 Layer box 선택하고 Layer box에서 3D 탭을 선택하면 VR Viewer 화면상에 구현되어 있는 구조물의 상위레벨 WBS가 생성되며 사용자의 레이어 선택이 가능하다.

다섯 번째 단계에서 객체를 생성하는 순서를 지정한다. 생성된 프로젝트 WBS에서 구현해 보고 싶은 부위를 사용자 임의대로 하나씩 선택하면 VR Viewer화면을 통해 선택한 순서대로 공정 정보의 구현 과정, 즉 구조물이 시공되는 과정을 가상현실을 통하여 구현한다.

여섯 번째 단계에서는 프로젝트 WBS에서 개별적으로 검토하고자 하는 레이어를 선택해서 키 맵을 통해 구현한다. 또한 VR Viewer 화면상에서 해당 레이어를 직접 선택하여 구현하는 것이 가능하다. 각 레이어에 해당하는 3D 모델은 기 작성된 프로젝트 WBS에 따라 부여된 코드를 가지고 있으므로 해당 부위를 선택하면 키 맵에서 자동으로 해당 3D 모델이 생성된다.

일곱 번째 단계에서 Key map Tool을 사용하여 다양하게 토목 시설물을 조망하는 것이 가능하다. 선택한 객체가 키 맵 상에 생성되면 해당 레이어를 확대 기능을 이용하여

자세히 관찰할 수 있고, 축소기능을 이용하여 전체 모습을 조망 할 수 있으며, 회전기능과 이동기능을 통하여 구조물을 다양한 관점에서 자유롭게 움직여 가면서 검토할 수 있다.

본 기능을 사용하여 VR시스템의 사용자는 원하는 순서대로 구조물을 편리하게 구현해 볼 수 있으며, 다양한 보기 기능을 통하여 개별적인 레이어를 조망함으로써 개념설계 단계에서 각 구조물에 대한 시각적인 검토가 가능하다.

4. 레이어 객체 시뮬레이션 시스템 적용

구성방법론을 통해 구축된 가상현실기반 레이어 객체 시뮬레이션 기능을 철도시설물 공사 적용사례를 통해 기능의 활용성을 나타낸다. 철도시설공사 중 고속철도건설의 경우, 기본설계 단계부터 3D설계가 적용되고 있다. 고속철도 공정 정보가 사용자에게 3D 입체 영상으로 전달될 때 정보를 가공하는 시간을 줄이고, 설계단계의 설계오류를 시공단계 이전에 미리 파악할 수 있고, 간섭(인터페이스)의 시각화 검증이 가능하다.

그림 3은 철도역사를 포함하는 철도시설공사 구간의 VR Viewer구현 화면이다. 수치적 지형 정보를 바탕으로 생성된 공사 구역의 3D 지형도 상에 철도공사의 레이어별 시뮬레이션이 이루어지고 있다. 그림 왼쪽에 있는 WBS창에서 역사구간의 세부항목에 있는 숫자는 사용자가 지정한 시뮬레이션이 되는 수순을 나타낸다. WBS는 공사의 상위레벨인 열차나 궤도 등의 하중을 지지하는 상판, 주구 또는 주형 등에 의해 통로를 형성하며 상부구조를 직접 지지하는 상부와 상부구조를 지지하는 교각, 교대 등의 하부 등으로 이루어진다. 그림 3의 WBS창에서 역사공사의 부위별로 1.하부 → 2.상부 → 3.상부2 → 4.기둥 → 5.천정 → 6.방음벽 → 8.구조물 수순으로 시뮬레이션 된다. 그림에는 이러한 시뮬레이션 모양이 최초의 역사부지모양 → 1.하부 →

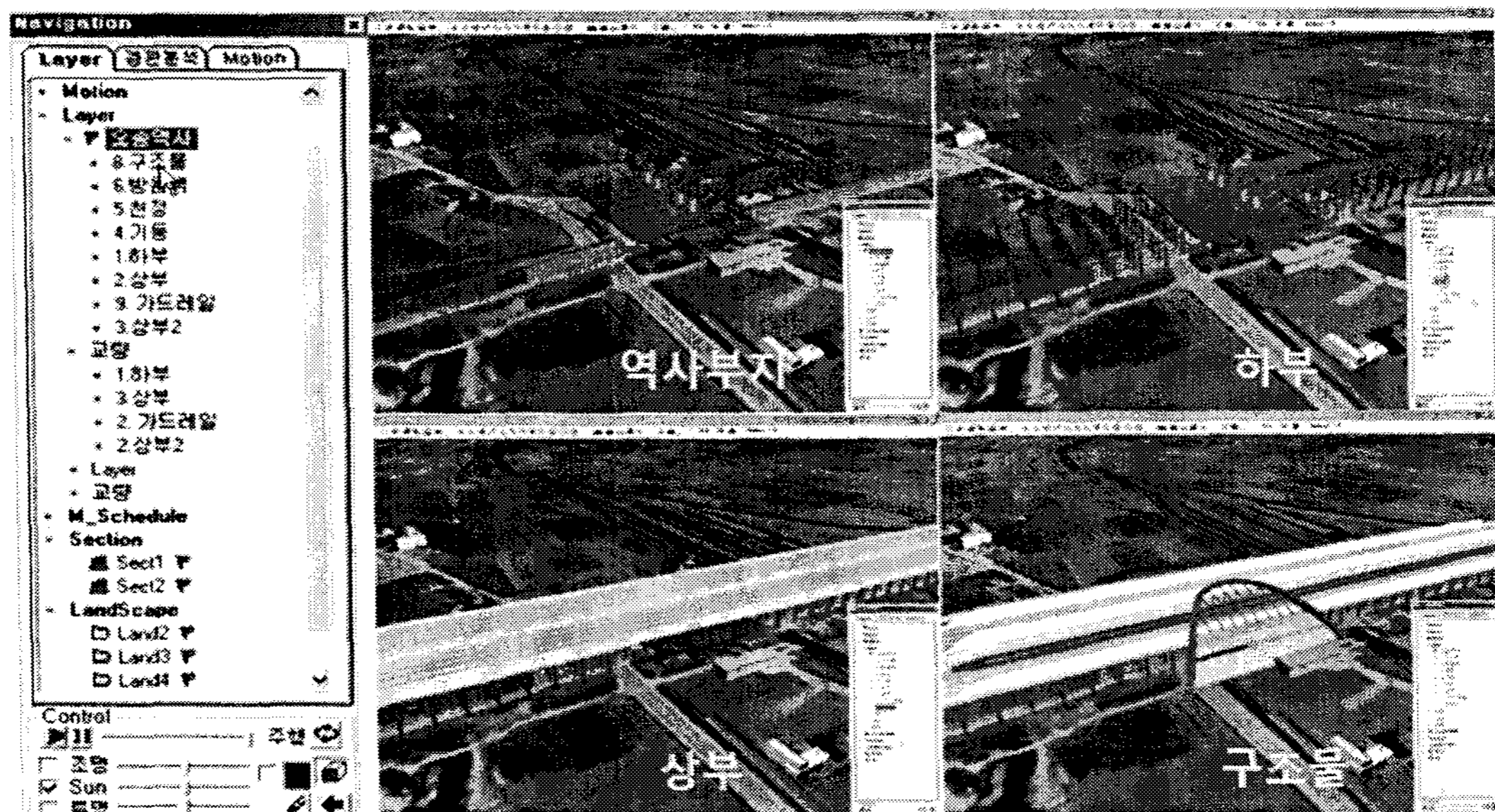


그림 3. 철도시설공사 가상현실 적용사례

2.상부 → 8.구조물의 4가지 화면으로 순서대로 표현되어 있다.

상단 좌측에 있는 WBS창의 부위별 항목에 나타난 번호는 시공수순을 나타내는 것으로 사용자가 선택하는 순서대로 임의로 시공 수순의 변경이 가능해진다. 이로써 사용자는 가상현실기반에서 실제 구조물의 시공되는 모습을 정해진 공정 스케줄이 아닌 사용자의 임의 순서대로 가상공간에서 시공되는 수순을 변화시키면서 시설물의 완성 상태를 모니터링 할 수 있다. 또한 키 맵의 확대 기능 통해 사용자가 선택한 3D 객체를 상세히 파악할 수 있고, 축소 기능으로 역사의 전체적인 조감도를 볼 수 있다.

예로서, 해상구간에서 다수의 교각을 포함한 교량을 가설할 때, 공정표 수순대로라면 육지에서 가까운 교각부터 순차적으로 시공되는 시뮬레이션을 볼 수 있다. 그러나 레이어 객체 시뮬레이션 기능을 이용하여 수심이 가장 깊고 선박 통행로가 되는 구간의 양측 교각을 가상공간에서 우선적으로 시공해 볼 수 있다. 이러한 가상공간의 임의 수순에 의한 가설결과로서 선박통행로의 적정성과 양측 교각위치의 적정성 등을 개념설계단계에서 미리 시각적으로 파악해 볼 수 있다.

이외에도 본 연구를 통해 구축된 VR시스템은 그림에 표현된 철도시설 VR화면에서는 주요 지점간 거리 측정과 시점별 조감기능 등의 다양한 VR기반 기능들이 구성되어 있으므로, 실제공간의 작업 상황을 가정하여 시공상의 문제점을 사전에 시각적으로 파악할 수 있다.

5. 결론

본 논문은 토목 시설물을 대상으로 개념설계단계에서 VR시스템의 사용자가 부여한 공사 순서에 따라 시뮬레이션이 가능한 레이어 객체 시뮬레이션 기능을 제시하였다. 방법론을 바탕으로 구축된 레이어 객체 시뮬레이션 기능을 철도시설공사를 적용하여 사례를 검토하였다. 철도시설물에서 사용자가 임의로 레이어 단위로 선택하여 일반적인 구현 순서에 상관없이 자유롭게 구현하였다. 본 기능의 사례 적용을 통해 단순한 수치적 정보 제공이 아닌 공정 정보의 실제적인 시각화를 통한 설계단계 시 시공단계의 검증체계로서 역할 및 의사결정의 도구로의 활용 가능성을 나타냈다. 가상현실을 이용한 시각화는 설계부위를 입체적으로 관

찰하여 설계의도를 파악하는데 용이하고, 설계 작업의 효율성을 높일 수 있다. 또한 시설물의 개략적인 완성상태를 표현하여 실제 사용 이전에 사용상의 문제점을 파악할 수 있다.

참고문헌

1. Yuan-Fu LIAO 외7, "Development and application 4D construction simulation tools", The 4th Civil Engineering Conference in the Asian Region(4th CECAR), 2007, pp. 127
2. NavisWorks사 www.navisworks.com
3. 김형은, "현장사진과 VR화상의 비교에 의한 공사관리", 대한건축학회 논문집(구조계), 제21권, 제3호, 2005, pp.137-144
4. 임준폰 외2, "모바일 증강현실 기술을 이용한 건설관리 시스템", 대한건축학회 논문집(구조계), 제22권, 제.2호, 2006, pp. 139
5. 건설교통기술연구개발사업, VR기반 토목 시공 시뮬레이션 시스템 개발 연구개발 계획서, 2007

Abstract

The construction information used in the design and construction phases are being gradually changed by 3D objects based on virtual reality (VR). This study developed an algorithm and computerized system to visualize layer object simulation that can be used in the pre-design phase. Layer object simulation enables designer to review expecting problems, which can reappear in real construction site, by building construction structures in a VR system. This function can be used as an important tool of virtual construction system.

Keywords : VR, Pre-design phase, Layer object simulation
