

# 가상건설기법에 의한 철도역사 시설물 시공시물레이션 기능 구축

## Simulation Function of Railway Station Project by Virtual Construction Technology

강인석<sup>†</sup> · 문진석\* · 권중희\*\*

Leen-Seok Kang · Jin-Seok Moon · Jung-Hee Kwon

**Abstract** Virtual construction methodology enables to construct project facility from design phase to construction phase in 3D virtual environment. It is a technique that can solve problems of construction in virtual construction process. This study suggests some methodologies of virtual construction and developed a system for a railway station in Honam express railway project based on suggested methodologies. This study developed layout review and layer simulation functions. Those functions can improve the effectiveness of 3D simulation and the virtual construction system can be used as a verification tool for construction process of various construction projects.

**Keywords** : Virtual construction technology, Virtual reality, Sequence diagram, Layer simulation

**요 지** 가상건설기법은 공사대상 시설물을 설계부터 시공까지 3차원 가상공간에서 시행하여, 가상건설과정에서 실제 공사의 문제점을 해결할 수 있는 기법이다. 본 연구에서는 철도역사 시설물을 가상건설기법으로 시공하는 방법론을 구축하였으며, 구축된 방법론에 근거하여 실제 시스템을 개발하여 호남고속철도의 역사 시공과정에 적용하여 실무 활용성을 검증하였다. 연구에서는 시퀀스 다이어그램을 이용한 방법론을 통해 레이아웃 리뷰, 레이어 시물레이션 기능을 구축하였다. 이러한 기능은 건설프로젝트 정보의 이해를 돕고 3D 시물레이션의 효과를 증진시킬 수 있다. 이러한 가상건설기법은 철도역사 시설물의 시공단계 검증 도구로서 공정관리 시각화와 시공 적정성 판단 등의 도구로 활용될 수 있다.

**주요어** : 가상건설기법, 가상현실, 시퀀스 다이어그램, 레이어 시물레이션

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 효율적인 건설관리를 위하여 4차원 공정관리시스템(4D CAD), 증강현실(Augmented Reality, AR), 가상현실(Virtual Reality, VR) 등의 컴퓨터 시물레이션(Computer Simulation)을 통한 다양한 가상건설(Virtual Construction, VC)기법이 개발되고 있다. 가상건설기법은 건설공사의 생산성 향상, 품질 향상, 원가절감 및 공기단축의 건설관리 도구로서 사용되고 있다.

가상건설기법을 통한 공사관리는 설계단계부터 시공단계까지의 공사과정 정보를 3D형태의 가상적 공간에서 시물레이션하여 공사과정의 문제점을 사전에 확인 가능하게한다. 이러한 과정을 통하여 가상건설기법은 실제 공사시 문제점을 최소화할 수 있는 도구로서 활용된다. 또한 가상건설기법을 통하여 실제 건설현장에서 발생 가능한 리스크(Risk)를 예측하며, 동시에 리스크에 대한 해결방안을 모색한다. 또한 물량산출의 기능을 개선하고 중첩되는 작업공간을 분석하며 효율적인 건설장비의 운용을 위하여 건설관리에 적용되고 있다.

이러한 가상건설기법은 공사프로젝트 정보의 시각화를 통하여 효율적인 공사관리를 가능하도록 하나, 공사 정보의 시각적인 측면만을 고려한 3차원 구현이 주요 기법으로 구성된다면 공사관리의 장점을 극대화 하지 못한다. 또한 기존의 가상건설시스템은 가상공간 내에서 사용자가 설계품의

<sup>†</sup> 책임저자 : 정희원, 경상대학교 토목공학과, 공학연구원, 교수  
E-mail : Lskang@gnu.kr  
TEL : (055)753-1713 FAX : (055)753-1713

\* 경상대학교 토목공학과, 석사과정  
\*\* 경상대학교 토목공학과, 공학석사

완성된 상태를 관찰하고 조망하는 형태를 지닌다. 가상건설 시스템의 활용성 증대를 위하여 공사관계자 및 시스템 사용자의 참여를 유도할 필요성이 있다. 이를 위하여 사용자의 의도에 따른 설계내용의 재구성 기능과 연계한 공사 프로젝트의 3차원 구현이 가능하도록 하며 이를 바탕으로 최적 설계 성과물의 검증을 구현하는 기능이 요구된다.

따라서 본 연구에서는 철도역사 시설물을 대상으로 하여 정형화된 가상건설기법의 형식에서 벗어나 공사프로젝트 참여자가 이용 가능한 레이아웃 리뷰 기능과 레이어 시물레이션 기능의 방법론을 구축하고, 방법론에 근거한 시스템을 개발한다. 이러한 기능은 건설프로젝트 정보의 이해를 돕고 3D 시물레이션의 효과를 증진시킬 뿐만 아니라, 철도역사 시설물의 시공단계 검증 도구로서 사용자 정의의 구조물 구현, 공정 시각화 대상의 공정분석, 시공 적정성 판단 등의 구성효과를 얻을 수 있다. 이를 위해 철도역사 시설물을 대상으로 3D 모델링 기법을 통한 그래픽 요소를 제공하며, 사용자가 시설물의 객체를 수정하고 임의로 지정한 시공 수준의 구현이 가능한 시공 시물레이션 기능을 제시한다.

본 논문에서는 관련 문헌 조사를 통하여 사용자의 시설물에 대한 이용성 증진을 위한 가상건설기법에 대한 고찰하였다. 또한 구조물의 객체를 통한 전체적인 시스템 구성도와 시스템의 각 기능에 대한 가상건설기법의 방법론을 객체지향 모델링 언어(Unified Modeling Language, UML) 기반의 시퀀스 다이어그램(Sequence Diagram)으로 제시하여 실제 시스템을 구현함으로써 방법론을 검증한다.

## 1.2 연구의 동향

가상건설기법과 관련된 기존의 연구사례들은 작업공간의 간섭현상에 대한 연구, 공사장비의 효율적인 운용을 위한 가상기법의 제시 등 시공성 향상을 위한 연구가 다수이다. 본 논문에서는 사용자가 가상건설기법을 활용하기 위한 연구 사례 또는 실제 적용 사례에 대한 문헌을 바탕으로 동향을 분석하였다. Amir H. Behzadan(2006)[1] 건설현장에서 3차원 그래픽을 이용한 증강현실의 적용에 대하여 하드웨어인 HMD(Head Mounted Display)를 이용하면 사용자에게 가상현실에 대한 몰입감을 향상시킨다고 하였다. 전승호(2007)[2]는 BIM(Building Information Modeling)을 통해 기대할 수 있는 요소로서 참여자간의 의사소통 증진의 도구로서의 활용과 고위 관리자의 의사결정의 도구 및 홍보를 위한 자료로서의 활용 가치를 나타내었다. 또한 탁승원(2007)[3]은 건설프로젝트에서 정보화(Information Technology, IT)기술을 도입함으로써 건설 프로젝트의 정보 공유 및 수집과 축적을 효과적으로 관리하고 건설 프로젝트 참여 주체들간의 정보 공유 및 프로젝트 진행사항 파악

이 원활하게 이루어지고 있다고 하였다. 최 현(2005)[4]은 3차원 도로설계를 통한 다양한 가상현실 기법을 도입하여 인터넷상에서 설계, 시공과정에서의 문제점을 찾고 민원인과 사용자의 효율적인 의사결정을 도모하고자 하였다. 이현수(2004)[5]는 스마트 센서로 장착된 실물주택과 가상현실 기술을 이용하여, 주택을 시물레이션한 컴퓨터 모델을 통합하고 있는 디지털 주택을 제안하였다. 이러한 디지털 주택을 모니터링하고 제어하기 위해 필수적인요소를 사용자 인터페이스라고 결론짓고, 사용자 인터페이스가 어떻게 만들어졌느냐에 따라 주택 관리의 용이성을 결정짓는다고 하였다.

가상현실을 통하여 표현되는 주택뿐만 아니라, 가상건설 기법으로 표현되는 대부분의 건설공사는 최종적으로 사용자의 시설물에 대한 이용성을 최대한 증진하기 위하여 적용되는 기술이다. 이를 위하여 기존 연구들은 사용자와의 연계성을 중요시 하고 있으며, 이를 위한 적용방안으로 하드웨어를 이용한 가상현실기법을 제시하고 있다. 본 연구에서는 사용자의 가상건설기법 활용성을 증진시키기 위하여 시설물의 WBS(Work Breakdown Structure, 작업분류체계)와 3D 객체를 활용한 시공 시물레이션 기능을 제시한다. WBS를 통해 생성된 각 공정 부위 코드별 관리를 수행하여 3D 객체 정보와 연계함으로써 프로젝트에 대한 전반적인 이해를 돕는다.

## 2. 가상건설의 개념

가상건설의 개념은 가상현실이나 증강현실을 통하여 건설공사에서 발생하는 정보를 시각화하여 사용자에게 대상물의 정보를 제공하는 기술이다. 실제상황 또는 완성품을 경험하기 이전에 컴퓨터상에서 가상의 상황 또는 가상의 제품을 접할 수 있다면 실제 상황의 사전 문제점 파악이 가능해지며 발전된 제품의 형태로 개선이 가능하다. 이러한 이점을 구현하기 위해 3D 그래픽 기술을 활용하여 가상적 공간에서 현실과 비교하여 시각적 오류없이 3차원 동영상 이미지를 구현하는 기술을 가상현실기술이라 한다. 이는 컴퓨터 시물레이션으로 구성되어 시각, 청각 및 다른 감각을 통해 사용자에게 대상물의 정보를 제공하며 가상세계에 대한 몰입감을 증대시킨다.

가상건설에서는 가상공간에서 표현된 그래픽 구조물이 실제 시공과정에 어떠한 모습으로 주변 조건과 연동되고 작업이 진행되는지 연상하는 것이 곤란하다. 이러한 부분에서는 증강현실을 통해 그래픽 화면에 현실세계의 실제모습을 결합하여 가상현실로 표현이 어려운 현실적인 상황을 연동시켜 분석할 수 있다.

Fig. 1은 해상교량 건설공사시 상판을 주탑에 거치시키는

공정을 가상현실의 건설과 증강현실의 건설을 비교하여 표현한 그림이다. 가상현실에서는 표현된 모든 정보가 가상의 그래픽으로 표현되며 증강현실에서는 실제 구축한 구조물과 가상의 플로팅 크레인(Floating Crane)을 연계하여 건설장비의 이동에 대한 공사과정을 표현하고 있다. 가상건설기술은 컴퓨터 프로그램을 통하여 3차원 그래픽 정보를 표현하는 기술을 건설영역에 접목시켜 가상공간에서 시설물의 설계정보를 확인하고 설계정보에 근거하여 모의 시공까지 시행하는 체계이다. 이를 통하여 실제 시공시 문제점이나 설계대비 완성상태를 가상공간에서 사전에 파악함으로써 설계 오류를 파악한다. 가상건설기술의 궁극적인 목적은 건설 산업의 생산성과 품질을 향상시키는 것이며 설계/시공정보의 시각적 시물레이션으로 프로젝트의 이해도 향상 및 참여자 간의 공감대를 형성하는 것이다.

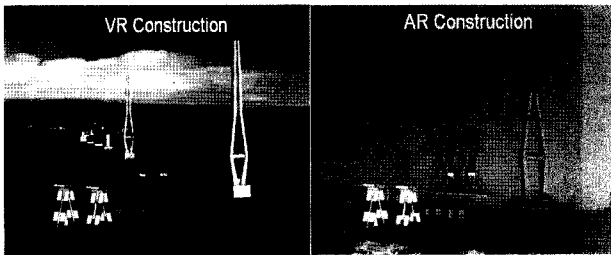


Fig. 1. VR Construction and AR Construction

### 3. 시퀀스 다이어그램에 의한 시물레이션 방법론 구성

본 장에서는 시공 시물레이션 시스템이 구현되는 전반적인 운용과정을 UML기반의 시퀀스 다이어그램으로 표현한다. 본 연구는 가상건설기법을 활용한 건설관리 시스템의 기능 중 사용자가 활용 가능한 시공 시물레이션 기능을 제시하는 것이 목적이다. 시퀀스 다이어그램은 사용자가 시스템을 활용하는 과정이 단계별로 표현 가능하며, 시공시물레이션 기능 구현 절차의 표현이 가능하므로 시퀀스 다이어그램을 이용한 방법론은 적절하다고 판단된다.

#### 3.1 시퀀스 다이어그램 구성

시퀀스 다이어그램의 목적은 객체간의 동적 상호작용을 시간적 개념을 중요시하여 모델링하는 것이다. 하나의 객체가 할 수 있는 일은 한정되어 있으며 객체가 서로 긴밀하게 일을 분담하여 처리함으로써 문제를 해결하는 방식이 전제되어 있는 체계이다. 또한 주어진 문제에 대하여 관련된 객체를 파악하고 문제 해결을 위하여 객체는 어떠한 작업을 수행하며 다른 객체와의 연관성을 정의해야한다. 시퀀스 다이어그램에서 수직방향은 시간의 흐름을 나타내고 있으며

수평 방향으로서는 메시지가 전송되는 흐름을 나타내어 2차원 형태를 보인다. Fig. 2에서 표현하는 메시지는 객체와 객체가 통신하는 수단이며 객체지향에서 필수적인 객체간 협력 작업이 가능하기 위해서는 객체들은 서로 메시지를 통해 상호작용한다. 이러한 메시지는 다양한 종류가 있으며 시퀀스 다이어그램의 구성요소를 표현하면 다음과 같다.

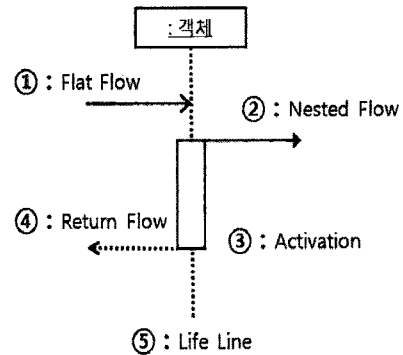


Fig. 2. Sequence Diagram Component [6]

- ① Flat Flow : 가장 일반적인 메시지 형태로, 객체에 메시지를 연결할 때 사용하며 오퍼레이션 완료를 기다리지 않음
- ② Nested Flow : 메시지의 결과가 돌려지게 될 때까지 다음 처리를 진행하지 않는 메시지
- ③ Activation : 객체가 활성화 되어 있는 기간을 의미하며, 객체가 외부 메시지를 받고, 다른 객체에 보낸 메시지에 대한 Return Flow를 기다리는 기간을 의미
- ④ Return Flow : 메시지를 처리한 결과를 의미하며, 꼭 필요한 경우에 표현
- ⑤ Life Line : 객체의 생존기간을 의미하며 객체에 붙은 수직방향의 선으로 표기. 처리가 끝나고 대기하는 시간은 일반적인 Life Line으로 표기

#### 3.2 철도시설물 WBS 구조

철도시설물의 구성요소는 매우 다양하며 사용자의 요구사항을 모두 수렴하기에는 한계가 있다. 따라서 레이어 시물레이션 기능을 활용하기 위해서는 시스템내에서 적절한 시설물의 범위 지정이 요구된다. 이를 위하여 Fig. 3과 같이 WBS를 통해 철도시설물에 대한 구성물을 철도레일, 주변경관, 철도역사시설물 시공공정 등으로 구성한다. 철도역사 시설물은 주요 시공공정으로 구분하여 주요 구성요소에 대한 범위를 역사진입구, 기초기둥, 강교, 상부슬라브 등으로 구분한다. 제시된 WBS을 통하여 사용자 임의의 시공공정 조합이 가능하며, 레이어 시물레이션 기능 수행시 철도역사 시설물 파악을 위해 최소한의 그룹으로 구분한 범위를 지정한다.

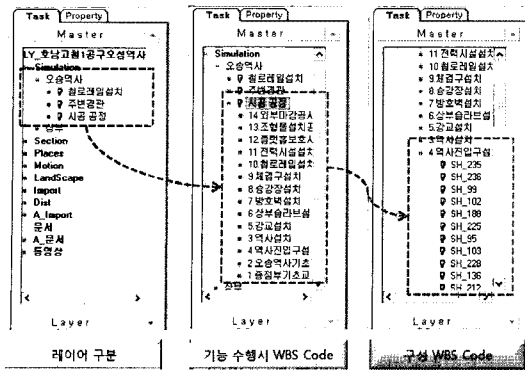


Fig. 3. 철도시설물 WBS 구조

구성 WBS Code의 역사진입구의 하위 그룹은 역사진입구를 구성하고 있는 각각의 3D 객체를 표현하며 해당 3D 객체의 코드 번호를 표현한다. 또한 WBS에서 3D 객체 선택을 통해 개별적인 표현이 가능하며, 레이아웃 리뷰 기능을 실행하기 위한 최소한의 구성단위이다.

3.3 시공 시물레이션 방법론 구성

본 절에서는 철도역사 시설물의 시공 시물레이션을 구축하기 위한 단계별 진행 과정을 시퀀스 다이어그램을 사용하여 나타내며 각 객체간의 진행 상태를 설명한다. 개발자는 시스템을 구성하기 위하여 공사 프로젝트의 데이터베이스를 구성하고 사용자의 요구 사항을 수립한다. 각종 공사

정보를 바탕으로 시스템은 구성되며 시스템내의 분석 모듈을 통하여 시공 시물레이션 기능을 제시하는 절차로 구성한다. Fig. 4는 이러한 시공시물레이션 구축을 위한 단계별 구성 절차를 나타내고 있으며 구성흐름에 따라 살펴보면 다음과 같다.

Fig. 4에서 첫 단계로 개발자는 데이터베이스를 구성하고 사용자의 요구사항을 파악한다. 설계 자료로부터 철도역사 시설물을 구성하는 기초, 기둥, 보, 바닥 등을 3D 모델화하여 데이터베이스화하고 공정 스케줄 정보를 파악한다. 철도역사 시설물의 시공공정정보를 철로레일, 전력시설, 조형물 설치 등의 레이어로 구분하여 WBS로 표현한다. WBS의 분류는 시공시물레이션 기능을 수행하기 위한 최소한의 그룹으로 이루어진다.

철도 시설물의 3D 객체 및 WBS의 데이터베이스 구축과 사용자의 요구사항을 수립이 완료되면 시스템이 시작준비가 완료된다. 사용자의 요구사항에 따른 해당 공사의 필요정보를 추출하고 시물레이션을 진행시키면 시스템내의 분석 모듈을 통하여 시공 시물레이션 기능이 실행된다. 만약 필요한 공사 정보가 부족하다면 다시 데이터베이스를 구축하는 단계로 이동한다.

앞서 구축된 스케줄 정보와 3D 모델 데이터베이스를 바탕으로 시설물별 표현과 수정이 가능하며 이를 통해 구조물에 대한 이해도를 높일 수 있다, 이러한 역할을 하는 레

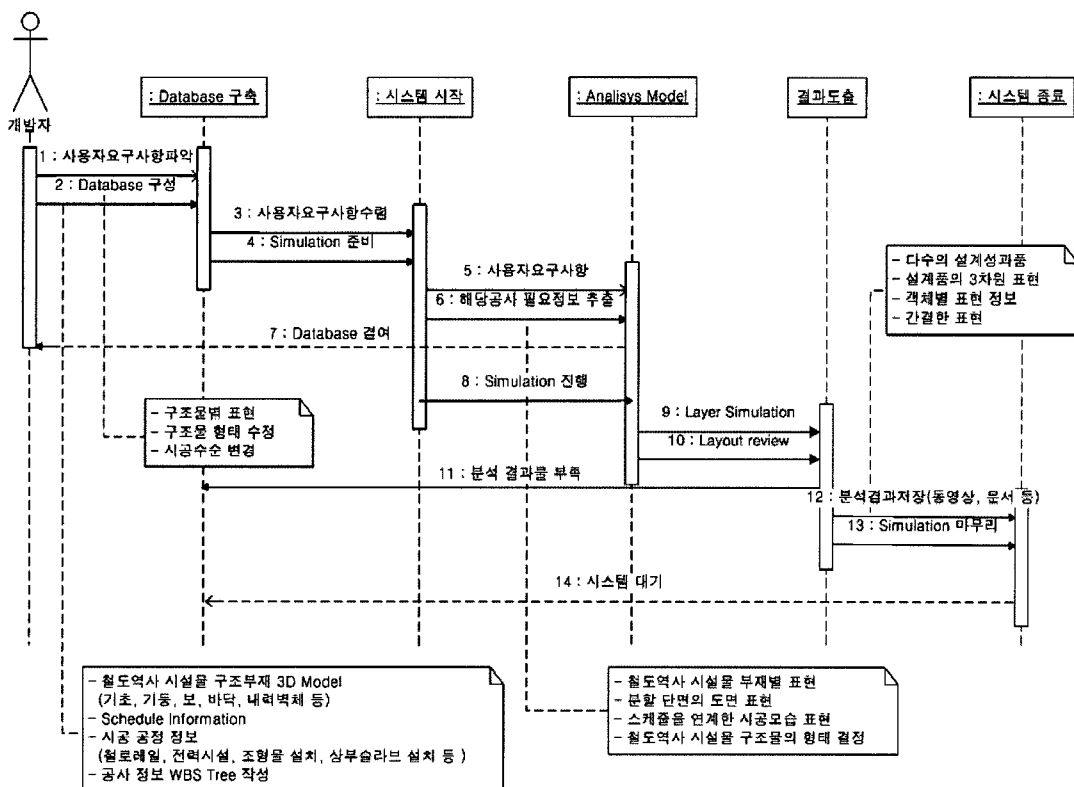


Fig. 4. 시공시물레이션 구축을 위한 단계별 구성 절차

이아웃 리뷰 기능은 사용자가 시설물 완성 시 시각적으로 파악하기 곤란한 기초 구조물이나 지하 매설물 등의 구조물의 파악이 가능하도록 한다. 또한 시공정보를 가공하여 사용자가 지정한 공사 수순에 따라 시공 상태가 구현되는 레이아웃 시뮬레이션 기능을 적용한다. 본 기능은 단순한 수치적 정보 제공이 아닌 공정 정보의 조합을 통한 시각화를 시도하여 프로젝트 전반에 대한 이해를 돕는다.

분석 모델을 통해 제시된 각 기능은 다음절의 방법론 개발을 통하여 자세하게 설명된다. 각 기능으로부터 제시된 결과물을 동영상 파일, 새로운 3D 모델, 문서 파일 등으로 저장하고 시스템을 마무리 한다.

### 3.4 시공 시뮬레이션 기능별 구성

Fig. 4에서 시공 시뮬레이션의 단계별 구성절차를 통하여 시스템의 전반적인 흐름을 파악하였다. 본 장에서는 시스템의 기능 구성을 위한 WBS의 구조와 레이아웃 리뷰 및 레이아웃 시뮬레이션 기능 방법론을 살펴본다.

#### 3.4.1 레이아웃 리뷰 구성

레이아웃 리뷰 기능은 철도 시설물의 각 부재들을 레이아웃별로 시뮬레이션 하는 기능이다. 철도역사 시설물은 한번 건설하면 이동이 불가능하며, 잘못 시공될 경우 주위환경을 파괴할 뿐만 아니라 관리하는데 막대한 비용이 소요된다. 레이아웃 리뷰 기능은 이러한 문제점의 사전 검토하기 위하여 사용자가 레이아웃의 크기, 높이, 폭 등의 매개변수의 수정을 가능하게 한다. 이를 통해 새롭게 구성된 구조물을 기존의 3D 모델화된 철도 시설물과 주변 환경과의 조화를 검토함으로써 가상현실 공간에서 최적의 시설물 형태와 배치를 사전에 구현한다. 가상건설기법으로 사용자는 객체에 대한 매개변수를 조절하고 가상현실상에서 구조물을 배치함으로써 공사에 대한 이해도 향상이 가능하며 시설물의 설계목적, 주변 환경과의 연계성 파악이 가능하다.

가상건설기법을 활용하여 레이아웃 리뷰 기능을 개발하기 위하여 Fig. 5와 같은 다이어그램을 제시하였다. 본 기능을 활용하는 사용자는 시스템 상의 레이아웃 리뷰 화면에서 정보를 파악하고 모듈과 객체 정보 사이의 관계를 통하여 기능이 정의되는 과정을 표현하였다.

사용자는 시스템 화면에서 제공하는 WBS와 화면상에 나타나는 3D모델로부터 수정하고자하는 객체를 선택한다. 레이아웃 리뷰 모듈은 객체를 확인하고 객체 정보 데이터베이스로부터 객체 정보를 파악하여 사용자에게 제공한다. 객체 정보는 높이, 폭, 넓이 등의 수치정보와 표면의 재질, 선택 객체의 공정정보, WBS 정보, 연결 객체의 시각화 정보 등으로 표현된다. 사용자는 선택된 객체의 수정을 요청하며

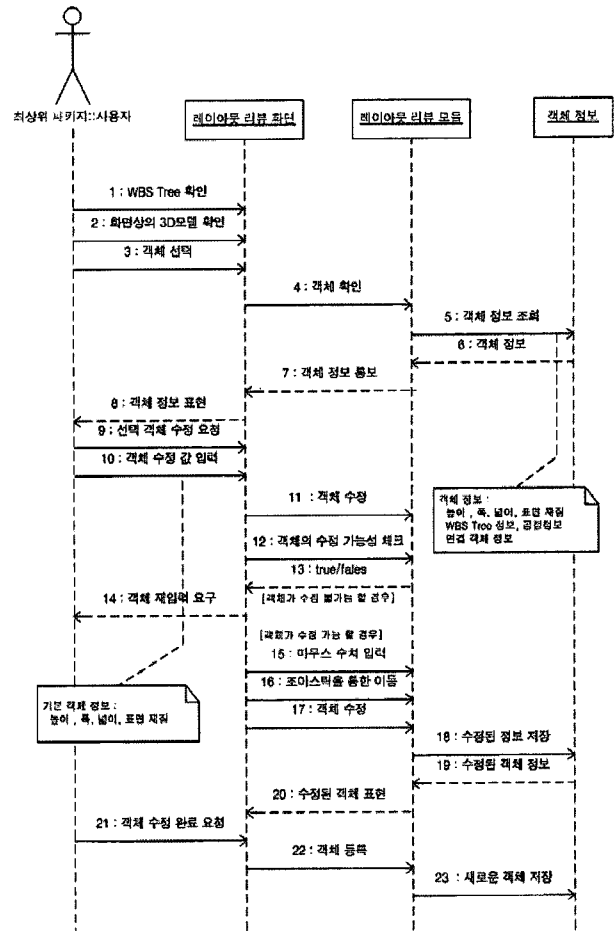


Fig. 5. 시퀀스 다이어그램을 통한 레이아웃 리뷰 기능 검증 구현 절차

객체의 정보에 대한 수정값을 입력한다.

객체의 수정이 불가능할 경우는 객체의 재입력을 요구하게 된다. 시스템은 수정한 객체의 정보를 저장한 후 시스템 화면으로 사용자에게 객체정보를 전달하고 사용자가 객체의 수정을 완료하였을 경우 수정된 새로운 정보를 가진 객체로 저장된다.

#### 3.4.2 레이아웃 시뮬레이션 구성

본 연구에서 제시하는 레이아웃 시뮬레이션 기능은 구조물의 구현과정을 사용자가 임의의 레이아웃 단위로 선택하여 일반적인 공사 진행 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 WBS를 통해 해당되는 상위 레벨의 3D 모델을 생성하여 사용자 임의대로 구현해 보며 주요 레이아웃별로 다양한 보기기능을 사용하여 시각적으로 조망해 보는 것이 가능하다.

본 연구에서는 레이아웃 객체 시뮬레이션 기능 방법론을 Fig. 6과 같이 구성하였다. Fig. 6은 시퀀스 다이어그램을

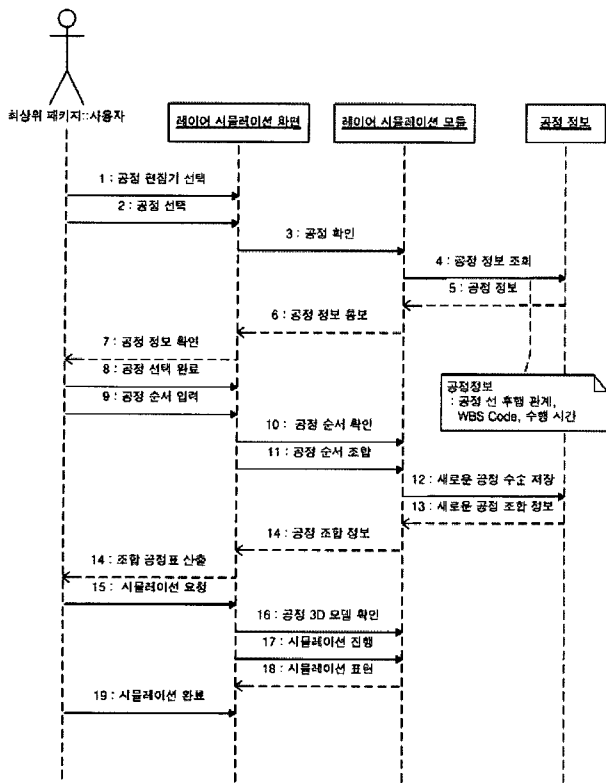


Fig. 6. 시퀀스 다이어그램을 통한 레이어 시뮬레이션 기능 검증구현 절차

이용하여 레이어 시뮬레이션의 검증구현 절차를 나타낸 그림이다. 레이어 시뮬레이션 화면, 레이어 시뮬레이션 모듈 및 공정정보 체계에서 사용자가 본 기능을 활용하기 위한 메시지 전달 과정을 표현한다. 첫 단계로서 레이어 시뮬레이션 기능 화면에 나타난 공정 편집기를 통해 공정을 선택

한다. 시스템은 선택된 공정의 기본 정보를 파악하여 사용자에게 통보한다. 사용자는 선택한 공정의 공사 순서를 입력하고 시스템은 순서 확인과 조합을 통해 새로운 공정 수순을 생성 및 저장한다. 시뮬레이션은 3D 모델과 스케줄이 연계되어 진행되므로 레이어별 공사 수행시간이 필요하다. 또한 3D 모델 형태로 시뮬레이션을 수행할 뿐만 아니라 WBS에서 수행되는 레이어를 표현함으로써 시뮬레이션 되는 레이어의 선후 관계 파악이 가능하다. 사용자는 조합된 공정순서를 파악하여 시뮬레이션을 요청하게 되며 레이어 시뮬레이션 모듈은 각 공정의 3D 모델을 확인하고 사용자가 지정한 순서에 따라 시뮬레이션을 수행한다.

#### 4. 시공 시뮬레이션 기능 구현

본 연구에서 제시된 기능을 구성하기 위한 실제 사례 데이터모델로 고속철도 오송역사 시설물을 적용하였다. 철도 역사 시설물은 사용자의 편의성과 열차의 안전성을 고려한 기능적 측면뿐만 아니라 외관 형태의 미적 기능을 중요시 여기고 있다. 철도 역사시설물 공사 과정에서 시공 완료된 구조물의 형태를 파악하고 사용자가 원하는 형태의 구조물을 생성하여 철도 시설물이 실제 건설되기 전에 가상공간에서 사전에 모의함으로써 기존의 어떠한 체험 효과보다 유용할 것으로 판단된다.

##### 4.1 레이아웃 리뷰 구현

본 절은 구성방법론으로 제시된 레이아웃 리뷰 기능은 선

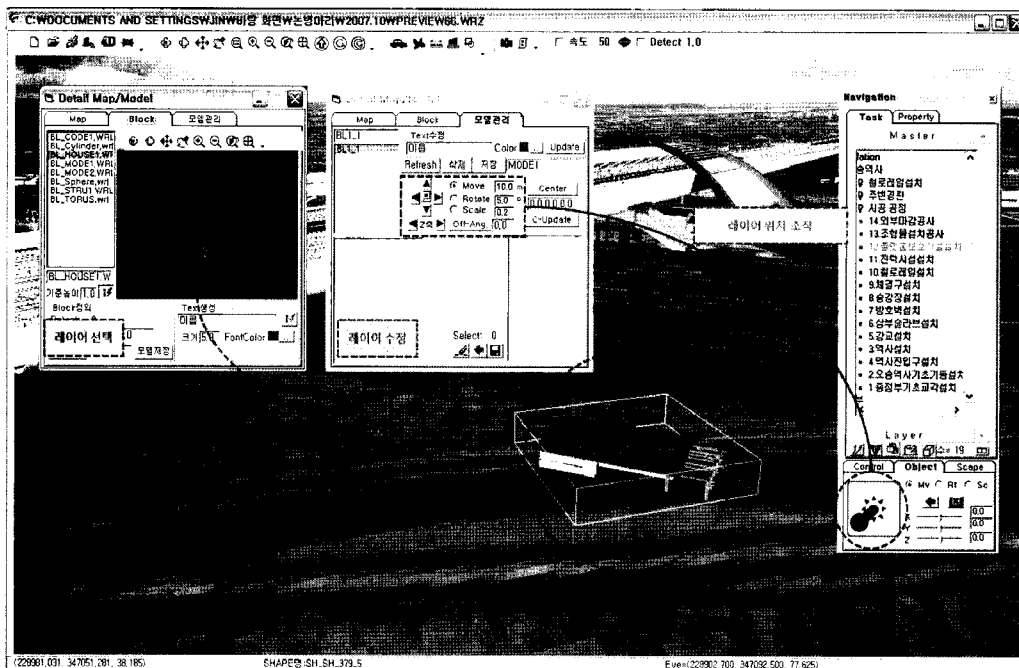


Fig. 7. WBS를 통한 레이어 매개변수 입력

택한 레이어의 수정을 X, Y, Z 축의 방향으로 마우스를 통해 이동버튼을 조작함으로써 수정하는 구성 화면과 조이스틱을 통해 수정하는 구성화면을 표현한다.

Fig. 7은 데이터베이스로 구축된 구조물 레이어를 선택하여 지도상에 거치시키는 모습을 표현한 구성화면이다. 구조물의 지도상에 거치하기 위한 기능은 크게 조이스틱을 통한 이동과 이동 버튼을 통한 이동을 나누어진다. 우선 조이스틱 기능을 통하여 개략적인 레이어의 위치를 선택한 후 미세한 위치조정은 이동버튼의 기능으로 이루어진다. 레이어를 원하는 위치에 거치시키고 사용자가 원하는 형태로 모델관리 창을 통해 레이어를 수정한다. 레이어의 이동, 회전, 크기 조절 등을 선택하고 X, Y, Z 축으로 제시된 조정 버튼을 마우스 조작을 통하여 가로, 세로, 높이 형식 등에 대한 크기를 수정하는 형태를 나타낸다. 이동거리의 단위와 회전의 각도 및 스케일 변화비를 사용자가 지정가능하게 하였다. X, Y, Z 축으로의 이동 조작의 기준은 기존 지도의 방위표에 따라 결정되나 off-angle 기능을 통해 사용자가 객체의 이동경로를 지정한 방향으로 객체를 수정 가능하게 하여 기능의 활용성을 증대시켰다.

#### 4.2 레이어 시물레이션 구현

철도시설공사 중 고속철도건설의 경우, 기본설계 단계부터 3D 설계가 일부 적용되고 있다. 3D 설계의 활용하여 부득이한 설계 변경을 실시할 경우 기존의 2D 설계보다 정보를 가공하는 시간을 감축할 수 있는 장점이 있다. 또한 3D 설계를 바탕으로 3D객체 정보와 스케줄 정보를 연동하여 시설물 완성함으로써 공정 정보의 시각적 모니터링이 가능하다.

Fig. 8은 시공 수순 변경을 위한 공정 편집기를 이용한

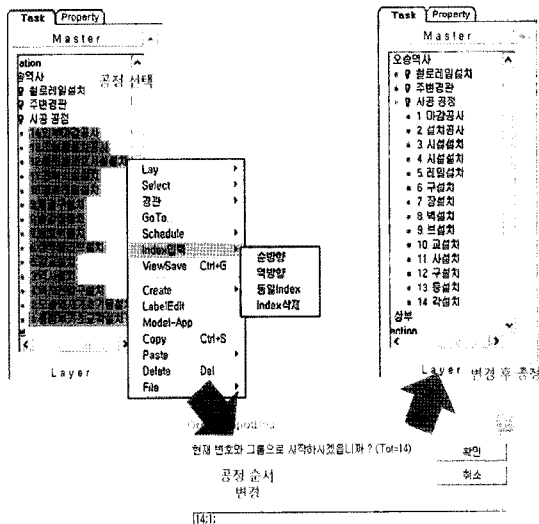


Fig. 8. 공정 편집기를 이용한 공정편집 사례

편집 사례로 시트에 선정된 순서에 따라 공사 과정을 시물레이션 한다. 공정선택창에서는 공정의 이름이 나타나며 시공 순서를 수정하고자 하는 공정을 선택한 후 Index입력을 통하여 공정의 순서를 결정한다. 순방향을 선택하였을 경우 최초 적용된 공정 순서인 위에서 아래방향을 공정 순서가 정해지며 역방향은 아래에서 윗방향을 정해진다. 공정 순서 변경 단계에서는 선택한 공정의 순서인 번호를 지정한 후, 변경된 공정을 살펴보면 처음과는 상반된 순서를 가진 공정을 살펴볼 수 있다. 공정 편집을 통하여 세부적인 공정의 수순의 조합이 가능하며 이로써 사용자는 가상건설기법을 통해 실제 구조물의 시공되는 모습을 정해진 공정 스케줄이 아닌 사용자의 임의 순서대로 가상공간에서 시공되는 수순을 변화시키면서 시설물의 완성 상태를 모니터링이 가능하다.

Fig. 9는 철도역사를 포함하는 철도시설공사 구간의 가상시물레이션 화면이다. 수치적 지형 정보를 바탕으로 생성된 공사 구역의 3D 지형도 상에 철도공사의 레이어별 시물레이션이 이루어지고 있다. Fig. 9의 좌측에 있는 WBS창에서 역사구간내의 세부항목에 있는 숫자는 사용자가 지정한 시물레이션이 되는 수순을 나타내며 숫자가 없는 세부항목은 시물레이션 되지 않는다.

Fig. 9의 WBS창에서 역사공사의 부위별로 숫자로 지정된 수순으로 시물레이션 된다. 그림에는 이러한 시물레이션 구현 형태가 최초의 1. 외부마감공사, 조형물 설치공사 → 2. 플랫폼보호시설설치 → 3. 상부슬라브설치 → 4. 역사설치, 역사진입구설치, 오송역사기초기둥설치 화면으로 순서대로 표현되어 있다. 1번과 4번 공정의 경우는 다수의 공정을 하나의 공정으로 취급하여 다수의 공종이 동시에 시공되는 형태를 표현하고 있다.

연구에서 제시한 레이아웃 리뷰 기능은 기획단계의 공사 정보가 부족한 상태에서 시설물의 위치를 개략적으로 이동시키면서 현장 조건에 적합한 최적 위치를 설정하는 등의

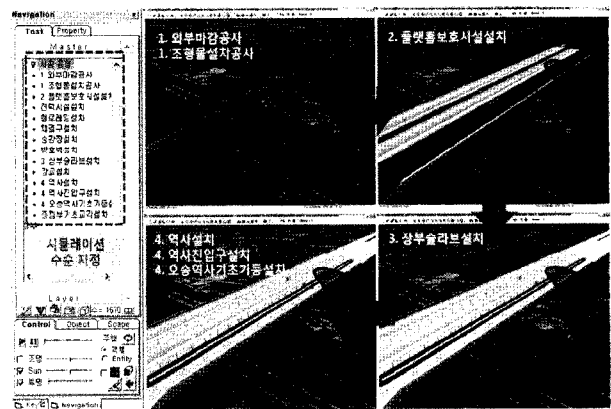


Fig. 9. 철도 시설물의 레이어 시물레이션 적용 사례

기능으로 활용성을 갖추고 있다. 또한 레이어 시뮬레이션 기능은 시공순정보를 임의적으로 수정함으로써 구조물에 대한 적정성을 판단하는 의사결정도구로서의 활용이 가능하다. 예로서, 해상구간에서 다수의 교각을 포함한 교량을 가설할 때, 공정표 수순대로라면 육지에서 가까운 교각부터 순차적으로 시공되는 시뮬레이션을 구현할 수 있다. 그러나 레이어 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 확보 및 양측 교각위치의 적정성 등을 미리 시각적으로 파악가능하다.

## 5. 결론

본 연구에서는 가상건설기법을 이용하여 철도역사 시설물의 3D 객체를 시뮬레이션하는 기능을 레이아웃 리뷰 와 레이어 시뮬레이션으로 구분하여 구현하였으며 연구의 결과는 다음과 같다.

1. 객체지향모델링언어 기반 시퀀스 다이어그램을 활용하여 가상건설 시뮬레이션 기능의 방법론을 개발하였으며, 사용자가 기능을 활용하기 위한 단계를 제시한 후 기능의 필요성과 활용성에 대하여 제시하였으므로 향후 가상건설기법의 개발 방법론으로써 활용이 가능하다.

2. 시공시뮬레이션 기능으로 레이아웃 리뷰기능에 대한 구축방안과 구성화면을 제시하였다. 본 기능을 통해 최적의 철도역사 구조물 형태와 배치를 사전에 구현함으로써 구조물에 대한 이해를 높이고 주위 환경과의 연계성 파악이 가능하다.

3. 레이어 시뮬레이션 기능을 통하여 철도 역사 시설물 구현과정을 사용자가 임의로 레이어 단위로 선택하여 일반적인 공사 진행 순서에 상관없이 자유롭게 구현 가능하도록 하였다. 본 기능을 통하여 구조물의 공정에 대한 3D 모델의 상세한 표현과 시공 적정성을 사전에 시각적으로 판단 가능하다. 또한 이러한 기능들의 활용성 검토를 위하여 실제 철도역사 설계정보에 적용 및 검증하였다.

현재 가상건설기법을 활용한 건설프로젝트 관리 기법은 점차 증가하고 있으며, 이러한 도구에 의해 공사의 수치적

정보를 시각화하는 것은 공사현장에서 점차 필수적 기능이 되고 있다. 본 연구에서는 이를 위하여 가상건설기법을 활용한 철도역사 시설물 시공시뮬레이션 기능을 제시하였으나 본 기능의 활용을 위해 타 프로젝트에 대한 상세한 WBS 구성과 간편한 방법으로 제시되는 3D 객체 구성법에 대한 연구가 선행되어야 한다. 향후 연구에서는 사용자가 가상건설기법을 활용하여 공사 프로젝트의 3D객체 정보를 관리하기 위한 3D객체 라이브러리와 파라미터 기반 모델링 구축 방법론 개발이 필요하다. 또한 3차원 공정 시각화를 통한 공정관리의 극대화를 위하여 가격정보, 공정별 위험도 등의 연동 방안이 요구된다.

## 감사의 글

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 건설기술 혁신사업(과제번호 : 06첨단융합E01)의 지원으로 이루어진 것으로, 본 연구를 가능케 한 건설교통부 및 한국건설기술평가원에 감사드립니다.

## 참고 문헌

1. Amir H. Behzadan et. al. (2006). "Animation of Construction Activities in Outdoor Augmented Reality.", Proceedings of the Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering, American Society of Civil Engineers, Reston, VA..
2. 전승호 외 2명(2007). "BIM의 건설 사업 관리 시스템 적용을 위한 상관관계 분석에 관한 연구", 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제27권 제1호, 대한건축학회, pp.757-760.
3. 탁승원 외 1명(2007). "건설공사 현장에서의 PMIS와 3D Simulation 적용에 관한 연구", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 한국건설관학회, pp.967-970.
4. 최현(2005). "VGIS를 이용한 도로 시뮬레이션의 인터넷 제공", 대한토목학회 논문집, 제25권 제6D호, 대한토목학회, pp.889-890.
5. 이현수(2004). "가상현실을 이용한 디지털 주택의 상호작용 사용자 인터페이스 환경에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 20권 10호, 대한건축학회, pp.11-21.
6. 김현남, 생각하며 배우는 UML 2.0, 영진닷컴.

접수일(2008년 1월 13일), 수정일(2008년 7월 22일),  
계재확정일(2008년 8월 12일)