

가상건설기반의 건설공사 일정 및 3D객체 연동시스템의 개선된 구축방안

Improved Link System of Schedule and 3D Object for VR-base Construction Project

권 중 희* · 문 현 석** · 박 서 영*** · 지 상 복**** · 강 인 석*****

Kwon, Jung-Hui · Moon, Hyoun-Seok · Park, Seo-Young · Gi, Sang-Bok · Kang, Leen-Seok

ABSTRACT

Virtual reality (VR) technology for construction project includes 3D CAD application and 4D CAD system for visualizing construction schedule data. 3D CAD application is more important in the design phase and 4D CAD system is effective tool in the construction phase. This study suggests a methodology to develop VR functions that can be used for project life cycle. The results of this study includes composition algorithms to make VR systems such as bird's eye view system, VR drawings system, VR telepresence system and VR risk management system. Those methodologies can be used for integrated VR system with nD CAD object.

Keywords: *Virtual Reality(VR), 4D CAD, Drawing system*

1. 서 론

1.1 개요

기존 건설공사 관리시스템들은 공사에 관한 다양한 정보들을 공사 관리자에게 수치적 정보와 2차원의 단순화된 정보제공에 그치고 있어 주요 의사결정 도구로서의 활용성이 저하되고 있다.

가상현실 시뮬레이션은 4D 시각화를 통해 시설물의 설계과정 검토나 설계시 발생된 오류를 시각적으로 검토할 수 있다. 또한 일정에 따른 시설물의 완성상태 구현은 가상공간을 통해 시각화가 가능하다. 가상현실 시뮬레이션은 설계작업의 효율성을 높일 수 있으며, 공사 진행시 일정과 연계된 시설물의 진도관리 상태를 4D로 구현할 수 있다.

본 연구는 토목공사에서 발생하는 공사정보를 시각적으로 관리하기 위해 가상현실기반 시뮬레이션 구성방법론을 개념설계, 실시설계, 시공 및 위험도 예측단계로 나누어 각 단계별로 특화된 VR(Virtual Reality)시스템을

* 경상대학교 토목공학과 석사과정 Email: mcgome@nate.com

** 경상대학교 토목공학과 박사과정 Email: civilcm@gnu.ac.kr

*** 경상대학교 토목공학과 선임연구원 Email: car2112@hanmail.net

**** (주)지오엔터 대표이사 Email: geont@unitel.co.kr

***** 경상대학교 토목공학과 교수 Email: Lskang@gnu.ac.kr

제시하고 있다. 제시된 단계별 시스템의 세부 기능을 도출하는 과정에서 필요로 하는 입력자료 및 성과물은 IDEF (Integrated Definition)로 구성하고 있다. 연구에서는 공사단계별로 도출된 가상현실 기반 설계조감도 시각화 시스템, VR연동 4D CAD 시스템 및 리스크관리 시스템의 활용방안을 제시하고 있다. 이러한 연구결과는 후속연구로서 개발되는 VR기반 건설공사 시뮬레이션 시스템의 주요 기능으로 활용될 예정이다.

1.2 연구동향

기존 연구에서는 지하공사의 간섭실태 및 그로 인한 문제점을 분석한 후 해결방안으로 4D CAD를 기반으로 하는 지하공사 간섭관리 방안을 제안하였으며(조훈희, 2001), 초고층 복합 건축프로젝트에서 발생할 수 있는 문제점을 3D CAD 공정 시뮬레이션을 통해 미리 검토 및 해결하여 초고층 공사의 생산성 향상을 위한 공사관리 시스템을 개발하였다(권오성, 2001). 이재철(2004)의 연구에서는 3D모델 정보를 바탕으로 4D모델을 생성해내고 이로부터 물량정보를 검색해내는 과정을 정형화 하였다. 또한 4D시스템의 효율적 정보관리를 위해 표준화된 공사정보분류체계(Work Breakdown Structure, WBS)를 공통정보로 이용한 공사정보관리 개선연구와 함께 리스크 인자별 중요도를 시각화하여 건설공사에서 발생하는 리스크 관리를 가능하게 하였다(강인석, 2004, 2006). 서종원(2006)의 연구에서는 프로세스 시뮬레이션을 통하여 획득된 수치결과를 그래픽시뮬레이션과 연계하는 방안을 제안하였다. 외국에서는 작업의 수순과 진행방향을 고려하여 건설 작업공간 확보에 대해 연구된 바가 있다(Nashwan Dawood. & Zaki Mallasi, 2006). 기존 연구들은 설계단계의 3D CAD 활용성과 4D CAD의 실무적용 사례 등에 중점을 두고 있다. 본 연구는 설계 및 시공단계에 가상현실 및 4D CAD가 연동된 통합 엔진 개발을 위한 구축방법론을 단계별로 제시하고 있다.

2. 가상건설기반 건설공사시스템의 구성방안

본 장에서는 가상건설기반 건설공사시스템의 구성을 개념설계, 실시설계, 시공 및 위험도 예측단계로 나누어 각 단계별 주요 모델을 제시한다. 그림 1은 VR기반 건설공사 시뮬레이션에 활용 가능한 각 단계별 모델을 구성한 것이며 주요기능은 다음과 같다.

- 개념설계단계 조감도 시각화 모델 (VR Viewing Model) : 건설공사 기획단계에서 시설물들의 완성상태를 조감도(Bird's Eye-view)형상의 4D 시뮬레이션으로 구현한다. 본 모델의 기능은 건설공사 시설물 완성상태를 다양한 기능에 의해 시각적으로 확인할 수 있다. 또한 설계단계에서 개념적 4D 조감도로 활용될 수 있다.

- 실시설계단계 도면 분석 모델 (VR Drawing Model) : 이 모델은 건설공사 실시설계단계의 산출물인 2D 도면을 속성정보로 활용하여 3D 도면으로 시각화 하며 2D 설계작업 과정에서 발견되지 못하는 설계 오류를 분석한다. 또한 도면분석 과정을 통해 실제 건설공사 시설물의 작업공간 충돌 분석과 분할된 단면내의 각 객체(Object)들에 대한 간섭현상 분석이 가능하다.

- 시공단계 공정정보 시각화 모델 (VR Progress Model) : 이 모델은 건설공사 시공단계에서의 시설물과 공종의 시공절차를 시각화 하여 진행중인 공사의 현재상태를 동영상으로 보여줌과 동시에 실제계획에 따른 가상현실을 보여준다. 또한 가상현실에서의 일정정보와 연계되어 시간 경과에 따른 건설공사 시설물의 진도관리가능하다.

- 위험도 예측 모델 (VR Risk Management Model) : 이 모델은 건설공사 시공과정의 4D CAD에 리스크관리 기능을 연동하게 된다. 일정별 3D 완성상태 표현시 각 부위별 리스크정도(Risk Level)에 따라 3D 색상을 달리 표현함으로써 4D CAD와 리스크관리체계를 연동한다.

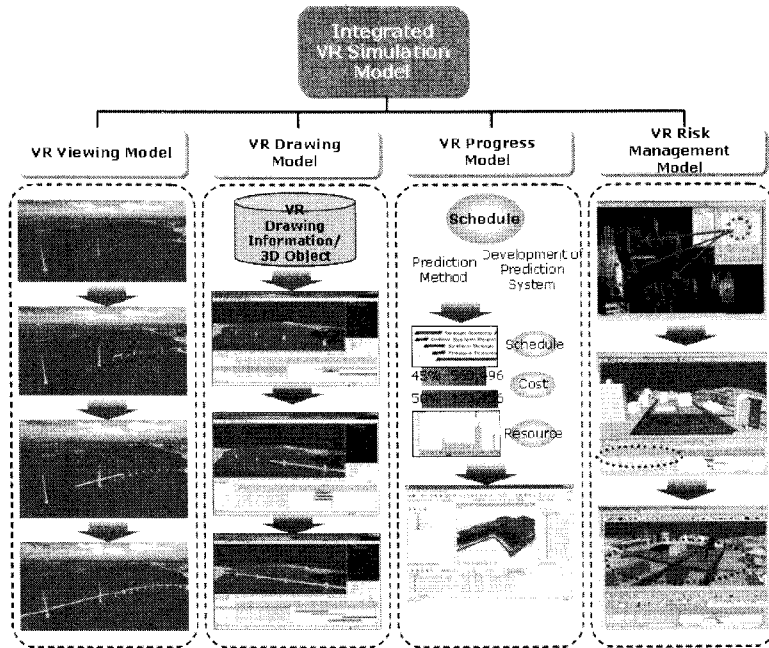


그림 1 VR기반 건설공사 시물레이션 모델

3. 가상건설공사 시스템의 모델별 세부기능 도출 시나리오

3.1. 개념설계단계 조감도 시각화 모델의 세부기능 도출 시나리오

앞 장에서 구성된 단계별 모델들을 구축하는 과정에 필요한 입력/성과물 정보 및 도출된 세부기능을 IDEF형식의 시나리오로 작성하였다. 그림 2에서는 개념설계단계 조감도 활용기능을 도출하여 시스템 기능을 구성한다. 그리고 이러한 기능구성 통해 설계정보를 구성하고 조감도 상세모듈을 만들어 조감도 시각화 시스템을 완성한다. 입력정보로 구조물도면, 일정정보, 지리정보, 시설물 정보, WBS, 대안설계정보 등이 있다. 세부기능으로는 개념설계단계의 검증에 필요한 Layer별로 공정을 볼 수 있는 Layer 시물레이션, 년차별 시공 시물레이션, 구조물 형식/규모 검토, 시설물의 위치를 바꾸어 보는 Layer 시물레이션, 대안설계 비교, 2D 정면/측면/평면 조망기능을 포함하고 있다.

3.2. 실시설계단계 도면분석 모델의 세부기능 도출 시나리오

그림 3에서는 실시설계단계에서 설계도면과 VR을 연동하여 활용할 수 있는 기능을 도출하여 시스템을 구축한다. 또한 토목시설물 공정 시각화 방법론을 구축하고 앞서 구축한 시스템에 통합하여 VR Drawings System을 완성한다. 구조물 정보, 가시설물 정보, 진도정보, 현재작업물량정보, GIS 정보, 지형정보 등이 입력자료로 필

요하다. 세부기능은 VR 단면을 분할하여 구조물 단면 검토할 수 있는 기능, VR 도면 검토, 가시설물에 대한 검증, 실시간 공정변동 예측, 토공작업 시뮬레이션, 수평 작업력 4D 시뮬레이션 기능을 포함하고 있다.

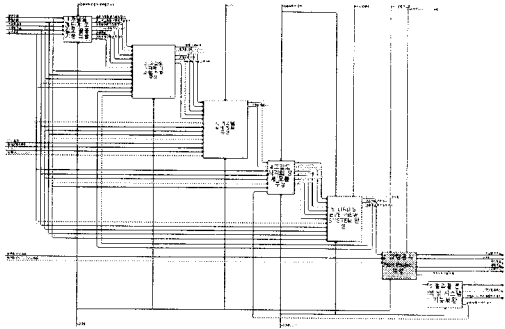


그림 2 개념설계단계 시스템 구축 시나리오

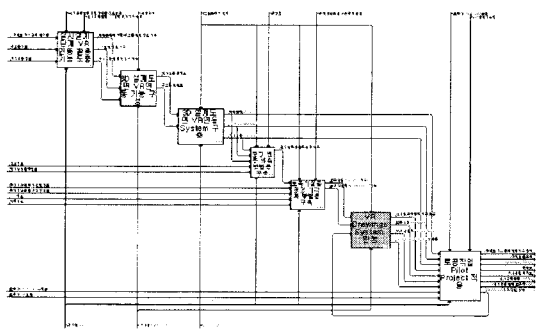


그림 3 실시설계단계 시스템 구축 시나리오

3.3. 시공단계 공정정보 시각화 모델의 세부기능 도출 시나리오

그림 4에서는 시공단계 공정 시각화 모델의 추가적인 실시간 진도판리의 핵심기능을 도출하여 VR 진도관리 시스템을 구축한다. 또한 HMDS (Head-Mounted Display System)를 활용한 VR System 연동 방법론과 부위별 진도관리 시뮬레이션 체계를 구축하고 앞서 구축한 시스템에 통합하여 VR Telepresence System을 완성한다. 계획상의 현재 4D Object, 실제공사 진행 동영상 화면, 시각화 자료, 일정정보, 구조물정보 등의 정보가 입력된다. 세부기능으로는 시간별/공간별 진도관리 시각화, 실시간 진도관리 검증, 현장정보 시각화, HMDS, 부위별 진도관리 시뮬레이션, 구조물별 진도관리 시뮬레이션 기능을 포함하고 있다.

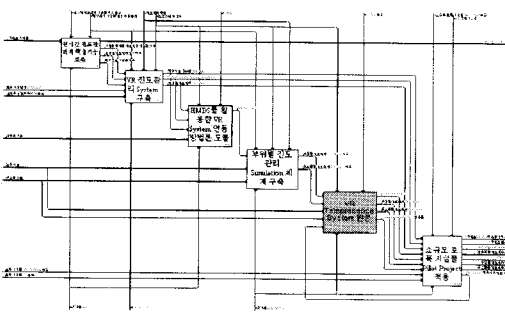


그림 4 시공단계 시스템 구축 시나리오

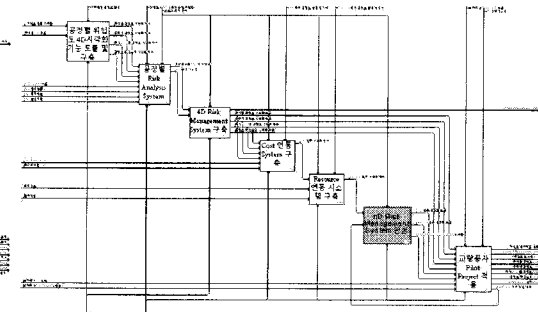


그림 5 위험도 예측 시스템 구축 시나리오

3.4. 위험도 예측 모델의 세부기능 도출 시나리오

그림 5에서는 위험도 4D 시각화 기능을 도출하고 공정별 Risk 분석 시스템을 구성하여 4D Management System을 구축한다. 여기에 Cost/Resource를 연동하여 최종적으로 nD Risk Management System을 완성한다. 이 과정에서 액티비티 리스크 정보, 리스크 발생확률, 리스크 발생강도, 리스크 분석기법, 비용/물량정보 등이 입력된다. 그리고 세부기능으로는 공정별 위험도 시각화, 주공정 위험도 시각화, 공사 Zone별 위험도 시각화, 위험도 우선순위 시각화, Cost/Resource 연동 시각화 기능을 포함하고 있다.

4. 가상건설기반 건설공사 시스템의 모델별 활용

본 장에서는 3장에서 보여준 각 단계별 시나리오에서 도출된 모델을 일부 구현하였다. 개념설계단계에서 VR 조감도 시각화 모델 활용은 그림 6의 사례와 같이 전체 건설공사의 향후 완료상태를 손쉽게 확인 가능하며, 설계단계의 2D/3D 도면정보에 대한 사전 검증기능으로 적용이 가능하다. 또한 이 모델은 설계단계에서의 설계오류 분석 및 여러 가지 대안을 적용해 볼 수 있는 시각화 정보로 활용될 전망이다.

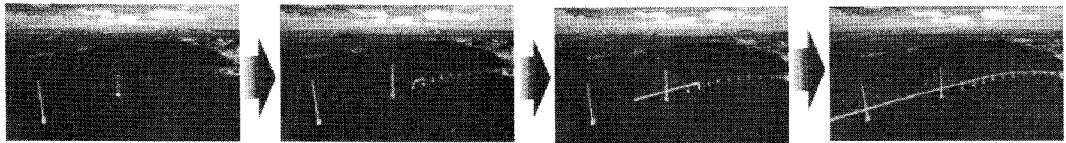


그림 6 개념설계단계 조감도 시각화 모델 활용예

그림 7은 실시설계단계에서 구현된 3D 도면의 설계오류, 도면내의 세부 작성 도면을 검토하고 관리하는 예이다. 여기서는 각 해당 객체 또는 레이어에서의 이력정보와 세부 속성정보 등을 검토한다. 이 모델에서는 그림 7의 전용 뷰어를 통해 시설물의 횡·종단 도면의 확인이 가능하며 도면내의 각 객체간의 간섭현상과 충돌현상을 검토하여 3D 도면으로 변환시킨다. 또한 이 도면분석 모델을 통해 향후 시공단계에서 발생하는 설계오류 및 시공성 검토를 설계단계에서 예측하고 설계오류를 검증할 수 있다.

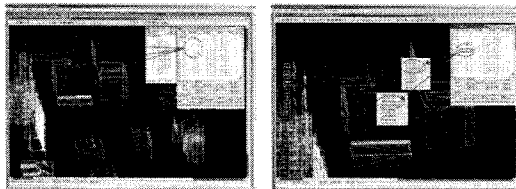


그림 7 실시설계단계 도면분석 모델 활용 예

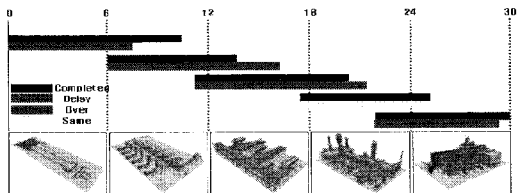
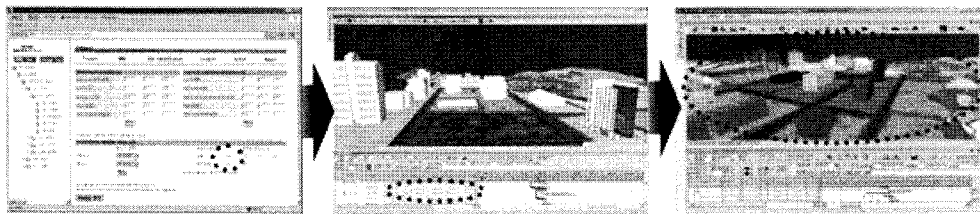


그림 8 시공단계 공정정보 시각화 모델 활용예

설계단계 도면분석 모델 및 시공정보(일정, 비용, 자원, 3D/4D 정보)와 연계된 공정정보 시각화 모델은 그림 8과 같이 건설공사의 계획대비 일정간의 실시간 진도관리 기능을 수행한다.



(a) 리스크 위험도 분석

(b) 일정정보와의 연계

(c) 리스크 결정 및 시각화

그림 9 위험도 시각화 예측 모델 활용예

위험도 예측 시각화 모델의 활용 예는 그림 9의 a-b-c와 같은 절차를 통해 위험도 예측 모델을 구성한다. 그림 9의 활용 예는 해당 건설공사에서 발생 가능한 리스크를 공정정보와 연계한 색상정보로 표현한다. 색상별 리스크 위험도는 기존 정성적 리스크 분석의 결과값을 4D기반으로 시각화 한다. 또한 이 모델에서는 건설공사 3D 객체내의 리스크, 비용과 자원이 연계된 다차원 (nD) 리스크 위험도를 분석하고 예측할 수 있을 것으로 예상된다.

5. 결 론

이전의 건설공사 시뮬레이션 시스템은 공사 진도정보, 비용정보 및 자원정보 등을 VR기반으로 시각화하기 위해 각각의 분리된 시뮬레이션 도구를 제공하고 있다. 이러한 시스템들은 2차원 정보 및 3차원 정보의 단순 그래픽 정보를 표현하고 있다. 하지만 최근 건설공사 시뮬레이션 동향은 건설공사의 첨단 정보화 기술의 개발과 향상된 VR 시뮬레이션 기능 등의 개발 연구가 활발하게 진행되고 있는 경향이다. 따라서 본 연구는 이러한 연구 동향에 맞춰 특화되고 차별화된 VR기반 시뮬레이션 기능 구축방안을 제시하고 있다. 본 연구에서 시스템 구축방안으로 크게 개념설계단계의 VR 조감도 시각화 모델, 실시설계단계의 도면분석 모델, 시공단계의 공정정보 시각화 모델과 위험도 예측 모델을 제시하였다. 또한 시스템을 구축하는데 필요한 단계별 도출기능들의 입출력 정보 체계와 가상 활용방안을 제시하였으므로 실제 시스템 개발을 위한 기본정보로 적용이 가능할 것이다.

감사의 글

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2006년도 건설기술기반구축사업 (과제번호 : 06첨단융합-E01)의 지원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

- 강인석 (2006) 공통정보운용 방식에 의한 4D CAD시스템의 공사정보관리 개선방안 연구, 대한토목학회 논문집, 24(5), pp.759~765.
- 강인석 (2006) 4D객체 활용에 의한 건설공사 리스크 인자별 중요도 시각화 기법연구, 한국건설관리학회 논문집, pp.571~573.
- 권오성 (2001) 초고층 복합시설물의 4D CAD 모델링 사례연구, 한국건설관리학회 논문집, pp.187~192.
- 서종원 (2006) 프로세스 시뮬레이션을 연계한 건설공정 시각화, 한국건설관리학회 논문집, 7(1), pp.73~79.
- 이재철 (2004) 4D 시뮬레이션 및 일정별 물량정보검색을 위한 3D 모델 정보 활용, 한국건설관리학회 논문집, 5(4), pp.107~114.
- 조훈희 (2001) 4차원 CAD 기반의 지하공사 간섭관리 시스템 개발 연구, 대한건축학회 논문집, 17(9), pp.225~232.
- Naruo Kano. (2006) Construction Management Tools Usings 3D-CAD, Virtual Reality, RFID, And Photography Technologies, *ISARC2006*, pp.430~435.
- Nashwan Dawood. & Zaki Mallasi. (2006) Construction Workspace Planning: Assignment and Analysis Utilizing 4D Visualization Technologies, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, pp.498~513