

철도시설공사의 현장 공정관리를 위한 원격 영상 운영체제 개발

Development of Telepresence System for Schedule Management in Railway Construction Project

강인석[†] · 김현승* · 박진정** · 문현석*** · 신민호****

Leen-Seok Kang · Hyeon-Seung Kim · Jin-Jung Park · Hyoun-Seok Moon · Min-Ho Shin

Abstract In the construction phase, the existing schedule management system by 4D CAD has been difficult to check for a status and progress of construction product in real-time because it simulates only VR (virtual reality) object based on a planned schedule. This study suggests a construction schedule management system by telepresence technique that can visualize progress status in real-time by using 4D CAD system based on remote monitoring. The telepresence methodology and system were developed in the study and they were verified for a railway construction project. The developed system can examine the status and progress of construction because it can compare 4D simulation based on planned schedule with real-time site images through web-camera.

Keywords : Telepresence, 4D CAD, Schedule Management, Web-camera

요 지 4D CAD에 의한 건설공사 공정관리시스템은 가상건설기법의 그래픽에 의한 계획일정위주 공정관리에 중점을 두고 있으므로 실제 현장상황의 판단에 의한 진도관리가 어려운부분이 있다. 본 연구는 4D CAD기반의 공정관리에 현장 웹카메라를 갖춘 Telepresence 기법을 이용한 원격현장 실시간 진도관리 모니터링체계를 연동하는 공정관리시스템 개발을 시도하고 있다. 개발된 시스템은 철도시설공사에 적용하여 활용성을 검증하였으며, 4D CAD에 의한 계획공정현황과 웹카메라에 의한 실시간 실제현장 영상을 비교하여 시각적 진도관리를 가능하게 할 수 있다.

주 요 어 : Telepresence, 4D CAD, 공사진도관리, 웹카메라

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

가상환경 기반에서 사전 시뮬레이션이 가능한 4D CAD 및 VR(Virtual Reality) 시스템의 개발은 건설프로젝트의 공사기간 및 공사비 예산 산정뿐만 아니라 공정상의 불확실성과 간섭 오류검토까지 가능하게 한다. 기존의 공정관리시스템은 계획일정 중심의 가상환경을 기반으로 시뮬레이션(Simulation)을 수행함으로써 실제 현장의 실시간 시공 상태 및 진도확인이 사실상 곤란하다. 즉, 시공 현장에서

발생하는 문제 요소들을 신속히 공정관리시스템에 반영하여 공정계획을 수정하기 위해서는 현장의 정보와 기존의 전산화 도구를 실시간으로 통합할 수 있는 공정관리체계가 구성되어야 한다.

이를 위해 본 연구에서는 4D CAD 시스템과 Telepresence 기술을 연계한 원격 모니터링기반의 공정관리체계를 제시한다. 이는 계획일정으로 구현된 4D 시뮬레이션과 실제 공사현장의 영상정보를 비교함으로써 동일한 시점에서의 계획대비 실제 공사 진도 여부와 당초 설계 대비 실제 시설물의 시공 오류 파악을 가능하게 한다. 이에 본 연구는 문헌 조사를 통한 Telepresence의 기본적인 이론을 살펴본 후 철도시설공사의 현장공정관리 중심으로 적용 기능을 도출하여 시스템 구성 방법론을 제시한다. 또한 제시한 방법론을 근거로 시스템을 구축한 후 실제 사례 프로젝트를 통하여 개발된 시스템의 실무 적용성을 검증한다.

[†] 책임저자 : 정희원, 경상대학교 토목공학과, 공학연구원, 교수
E-mail : Lskang@gnu.kr

TEL : (055)753-1713 FAX : (055)753-1713

* 학생회원, 경상대학교 토목공학과, 석사과정- 교신저자

** 학생회원, 경상대학교 토목공학과, 석사과정

*** 정희원, 경상대학교 토목공학과, 공학박사, 선임연구원

**** 정희원, 한국철도기술연구원, 수석연구원

1.2 연구의 동향

4D CAD 시스템과 관련된 논문의 연구 동향은 선행연구 [1,2]에서 이미 다뤄진바 본 논문에서는 Telepresence 연구들을 바탕으로 분석하였다. 이선민[3]는 기존의 Cave-like 시스템과 같은 프로젝션 기반의 Telepresence 시스템에서의 단점을 해결하기 위해 웹 칼라 카메라를 이용한 미러링 기법을 제시하였다. 김보연[4]는 Telepresence에 필요한 기존 웹 카메라의 방향에 대한 제한성을 언급하면서 기존의 압축 형식의 전송 방법을 자제하고 원하는 클라이언트에게 일정한 파노라마 영상을 원하는 시점에서의 방향영상을 제공하도록 설계하여 영상정보를 전송하는 서버의 부담을 감소시키는 방법론을 제시하였다.

Gordon 외[5]는 Telepresence에 주요한 요소인 웹 카메라에 대해 기술하고 전송 조절 프로토콜(Transmission Control Protocol, TCP)과 인터넷 프로토콜(Internet Protocol, IP) 및 종합 정보 통신망(Integrated Services Digital Network, ISDN)기반의 무선 네트워크 등의 정보 데이터 전송 방안을 제시하였다. Mustafa 외[6]는 웹 기반에서의 프로젝트 공사 관리체계에 대한 이론체계를 제시하고 정해진 가상공간에서 전자문서, 사진, CAD Data 등의 공사정보를 모아놓고 해당 공간에 다수의 인원이 동시 접속할 수 있다는 기본적인 인식체계를 구축한 Tele-conferencing을 제시하였다. Anumbaa 외[7]는 건설사업 팀원들 사이의 상호 협력을 위한 최초의 Telepresence 시스템인 PIF(People and Information Finder)를 제시하고 'BT' Forum Contact Space and Forum Meeting Space'와 같은 가상회의 공간에서 사용자의 분신 아바타(Avatar)를 통해 정보 교환이 가능한 진보된 의사소통 방안을 제시하였다.

기존의 관련 연구들은 화상회의와 같은 원거리 사용자들 간의 의사소통의 도구로서 기능과 개선 방안을 제시하고 있을 뿐 건설 분야의 적용 및 활용 방안에 대한 문헌 사례는 미흡하였다. 따라서 본 연구에서는 대표적인 토목공사인 철도시설공사를 대상으로 건설 분야의 Telepresence 적용 방안에 대한 연구를 수행한다.

2. 4D CAD 시스템 개요

4D CAD 건설관리시스템은 프로젝트의 공사일정정보와 3차원 도면정보의 연계를 통해 공사 일정별 시설물의 완성 상태를 4차원 시뮬레이션으로 구현하는 기술이다. 이는 기존의 공정관리시스템체계 활용도 저하 요인으로 대두되어 온 수치적 정보와 2차원 개념의 단순한 그래픽으로 구성되어진 정보를 획기적으로 개선함으로써 차세대 공정관리시스템으로 각광 받고 있다. 4D CAD 주요 기능으로는 시각

적 시뮬레이션 기능과 진도관리 기능으로 구분할 수 있다.

첫 번째, 시각적 시뮬레이션 기능을 통해 사용자가 임의적으로 지정한 시점까지 프로젝트의 전체 또는 부분 공정의 진행 과정을 확인할 수 있다. 이를 통해 프로젝트 공정수순의 오류를 쉽게 파악할 수 있으며, 도출된 오류들은 4D CAD 자체 모듈을 통한 간단한 수정 작업으로 즉각적인 조치를 취할 수 있다.

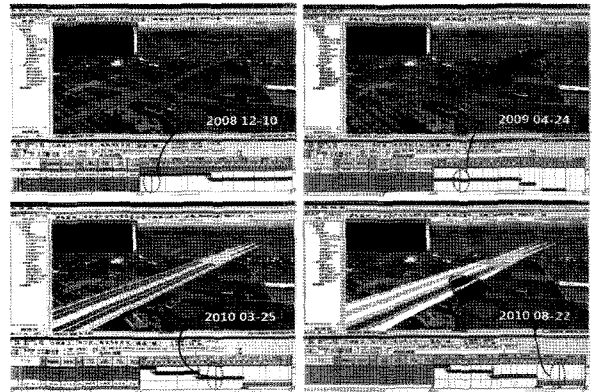


Fig. 1. 계획일정에 따른 공정 시뮬레이션(OO역사)

Fig. 1은 호남고속철도 OO역사 공사를 4D CAD 시스템에 적용하여 구현한 모습이다. 각각의 그림은 2008년 12월 10일 시점까지의 종점 부 기초교각설치 모습, 2009년 4월 24일 시점까지의 OO역사 기초 기둥설치 모습, 2010년 3월 25일 시점까지의 승강장 설치 모습, 2010년 8월 15일 외부 마감공사 모습을 나타내고 있다. 이는 일정별로 공정이 변화하는 모습을 보여줌으로써 사전에 공정수순 오류의 검토가 가능하다.

두 번째, 진도 관리 기능을 통해 계획대비 실제 공사 진도여부를 시각적으로 검토를 할 수 있다. 즉 4D CAD 시스템에 실제 공정 일정을 대입하면, 계획 일정에 대비한 실제 진도 상태에 따라 3D 객체별로 빨강(지연), 파랑(정상), 녹색(초과)등의 색상으로 표현되어 별도의 해석 절차 없이 시각적인 진도정보 파악이 가능하다.

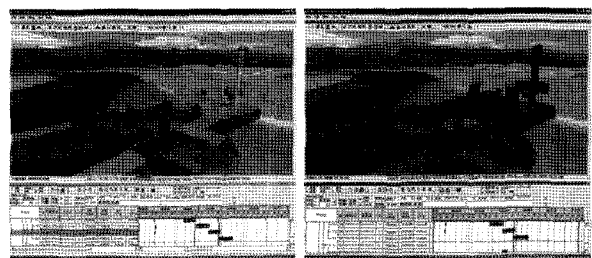


Fig. 2. 계획일정 및 계획대비 실제일정 진도관리 시뮬레이션

Fig. 2는 인천 청라 OO교를 4D CAD 시스템에 적용

하여 진도관리기능을 구현한 모습이다. 각각의 그림은 2009년 5월 28일 동일 시점까지의 계획공정에 따른 4D CAD 구현 모습과 실제 공정에 따른 4D CAD 구현 모습을 나타낸다. 구현된 진도관리기능을 통하여 파랑색으로 표현되고 있는 전반적인 공정이 진도에 맞게 진행되고 있으나 녹색으로 표현되는 주탑 공정은 계획에 비해 초과 진행 중이며, 빨강색으로 표현된 가교 및 가설 공사는 계획에 비해 지연 진행 중임을 시각적으로 파악할 수 있다.

3. Telepresence 개요

3.1 Telepresence의 개념

Telepresence는 원격지의 영상을 웹카메라 등을 이용해서 소요 장소에 실시간으로 다중영상 등의 형태로 제공하는 기법으로, 현장교육, 의료, 비즈니스 등의 다양한 분야에 적용되고 있다. 특히 본사와 지사간의 화상회의 등은 이동에 소비되는 경비, 시간 등을 최소화 할 수 있기 때문에 많은 기업들이 도입하여 운영하고 있다. 건설공사에서 4D CAD 시스템과 Telepresence 기술의 연계 방안은 가상기반의 계획일정 시뮬레이션 정보만으로 이루어진 기존의 진도관리체계에 실제 현장 영상정보를 제공함으로써 실제 공사현장의 진도 상태와 설계 오류의 파악이 가능하게 된다. 이는 기존의 건설 공사에서 단순한 시각적 표현으로 한정되었던 4D CAD 시스템의 활용도를 대폭 증대시킬 수 있을 것으로 예상된다.

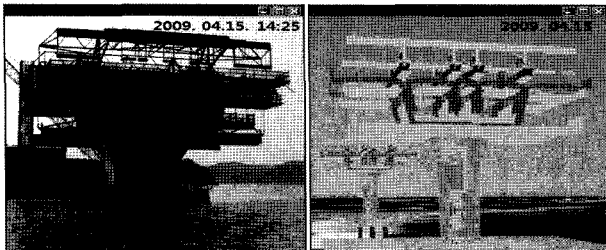


Fig. 3. 철도교량공사 현장의 Telepresence 적용 모습

Fig. 3은 철도시설공사의 철도교량을 대상으로 웹 기반 Telepresence를 적용한 모습을 나타내고 있다. 왼쪽 그림은 2009년 4월 15일 14시 25분에 철도 공사 현장에 설치된 웹 카메라를 통해 실시간으로 촬영되어지는 철도 교량의 현장 모습을 나타내고 있다. 오른쪽 그림은 4D CAD 시스템에 설계도면 정보와 계획 공정 스케줄 데이터를 입력하여 동일한 시점의 2009년 4월 15일까지 철도 교량의 공정 진행 상태를 구현한 화면이다. 두 화면의 비교를 통해 동일한 시점인 4월 15일 실제 공사 현장에서 진행되고 있는 거꾸

집 설치공사의 당초 계획 대비 진도 여부를 시각적으로 파악할 수 있다.

3.2 철도시설 공사 관리를 위한 Telepresence 적용

철도시설 공사는 타 공사와는 달리 철도 교량, 터널, 레일 공사 등 다양한 종류의 공사들을 포함하는 광범위한 공사 구역으로 이루어져 있으며, 이에 따른 다양한 공사공법들이 요구되는 것이 특징이다. 이러한 특징으로 철도시설 공사에서는 많은 현장 관리 인력뿐만 아니라 다양한 공법에 대처할 수 있는 전문 인력이 요구되지만 한정된 인력으로 인하여 충분한 인력 보유가 불가능하다. 따라서 광범위한 공사 현장과 다양한 공사 공법 등을 일괄적으로 통합하여 관리할 수 있는 통합 현장관리 시스템 체계가 요구된다. 이러한 시스템 체계는 4D CAD 시스템과 Telepresence 기술의 통합으로 가능해지며, 다음과 같은 Telepresence 도입 효과를 기대할 수 있다.

첫째, Telepresence 기반 현장 관리 체계는 인력의 접근이 어려운 지역의 효율적인 관리가 가능하다. 철도시설 공사의 특징상 인력 접근성이 떨어지는 현장에 시공해야 하는 경우가 많다. 그러나 이와 같은 공사 현장은 시공자의 접근도 어려울 뿐만 아니라 감독자 역시 방문이 어렵기 때문에 현장 관리의 사각지대가 된다. 그러나 Telepresence 기반 현장 관리 체계 도입으로 웹 카메라의 영상을 통해서 직접적인 접근 없이 공사 현장의 정보 수집이 가능해지므로 효율적인 관리가 가능해진다.

둘째, 다중 현장의 통합적인 관리가 가능하다. 다수의 현장으로 구성된 철도시설 공사의 경우 당초 계획한 목표일정에 맞게 공사를 진행하기 위해서는 각 현장에 대한 공사 진척상태의 정확한 검토가 필수적이다. 그러나 기존의 현장관리체계에서의 관리자는 1인이 수용할 수 있는 범위를 벗어난 과도한 업무 부과로 인하여 현장 방문을 통한 직접적인 검토가 불가능하다. 그러나 Telepresence 기반 현장 관리 체계에서는 각 현장에 설치된 웹 카메라와의 접속이 가능하여 다수의 현장 영상정보를 자유롭게 획득할 수 있다. 따라서 관리자는 공사현장 간 이동 없이 웹 카메라의 성능 및 배치 수에 따라 현장 영상 정보를 원하는 만큼 제공받을 수 있기 때문에 다중 현장 관리가 가능해진다.

셋째, 복잡한 보고 체계를 줄일 수 있고 현장 이동 간 소비되는 경비 및 업무 공백을 최소화 할 수 있다. Telepresence 기반 현장 관리 체계 도입함으로써 관리자, 설계자, 시공자, 도급자등의 건설 실무자들이 직접 네트워크를 통한 실시간 진도 관리가 가능하므로 불필요한 보고가 생략된다.

넷째, 설치된 웹 카메라를 공사완료 후 감시용 카메라로 계속 사용함으로써 유지관리 도구로 사용할 수 있다.

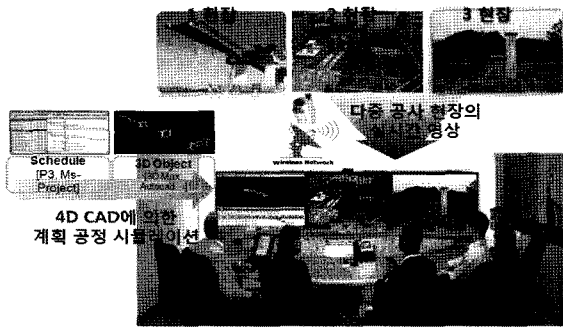


Fig. 4. 철도시설공사의 Telepresence 적용

Fig. 4는 철도 교량 슬래브 설치, 기초파기 공사, 교각 공사 구간 등 다양한 철도시설공사 현장에 Telepresence를 적용한 모습을 나타내고 있다. 이는 건설 실무자들에게 다양한 공사 현장의 영상 정보와 그에 상응하는 계획 공정 시뮬레이션 정보의 직접적인 제공으로 효과적인 의사결정이 가능하다.

4. 철도시설 공사관리용 Telepresence 기능 구성

4.1 실시간 진도관리 시각화 구현 방법론

본 연구에서는 철도시설공사 관리를 위해 Fig. 5와 같은 절차에 의하여 시스템의 주요 기능 및 기능별 활용성을 제시하며, IDEF0(Integrated Definition For Function Modeling) 모델링 기법을 활용하여 시스템 구현 방법론을 구성한다.

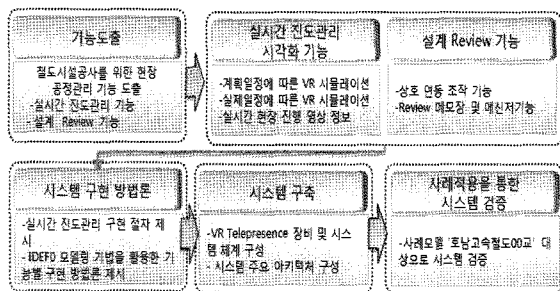


Fig. 5. VR Telepresence 기능 구성 알고리즘

또한 제시된 방법론에 의해 구축된 시스템은 사례모델을 대상으로 현장 공정관리를 수행함으로써 실무 적용성을 평가할 수 있다.

진도관리 시각화기능은 철도시설 시공 단계에서 시공 현장 관리 효율성을 높이기 위한 원격 모니터링 현장 관리 기능으로 웹 카메라와 4D CAD 시스템을 통합한 실시간 진도관리 시각화 구현 방법론을 제안한다.

우선 현장 영상 화질 여부에 따라 시공 현장 정보의 정확

성이 달라짐으로 웹 카메라 설치 유의사항 검토가 선행 되어야한다. 특히 웹 카메라는 공사 현장의 환경과 장비의 성능에 따라 촬영 범위에 제한을 받으므로 공사정보 및 공사 지형 정보의 사전검토 통해 진도관리의 중요도에 따른 주요 공정을 우선적으로 선정하여 웹 카메라 설치 위치를 파악한다. 웹 카메라의 설치가 완료 되면 네트워크 연결망을 통해 인터넷 웹상에서 시공현장의 영상을 확인할 수 있다.

Fig. 6은 실시간 진도 관리 기능 구현 절차를 나타내고 있다. 우선 4D CAD 시스템에서 공사 프로젝트의 공정일정정보와 3D 객체 레이어 정보를 입력하여 계획 일정애 따른 시공수순 시뮬레이션을 구현한다. 또한 4D CAD 시스템의 스케줄모듈을 통한 프로젝트 시작 시점과 종료 시점을 지정하여 현재시점까지 계획일정에 따른 VR 시뮬레이션을 구현한다. 이때 웹 카메라의 연동을 통해 실시간으로 촬영되는 현장의 영상정보를 VR 시뮬레이션과 함께 한 디스플레이 장치에 나타낸다. 디스플레이 장치에 나타난 두 화면을 통해 계획 일정애 따른 실제 시공 현장 작업 진행 여부가 시각적으로 파악 되어 실시간으로 공사 진도를 검토가 가능해진다. 또한 실제 공사의 진행 일정정보를 4D CAD에 입력하면, 진도검증 단계를 거쳐 계획일정에 따른 실제 공사 진도 정도를 4D CAD 시뮬레이션 상에서 색상별로 구현된다. 이를 통해 전체 공사의 진도뿐만 아니라 구조물의 공정별, 부위별 공사 진도여부를 쉽고 빠르게 시각적으로 파악 할 수 있다.

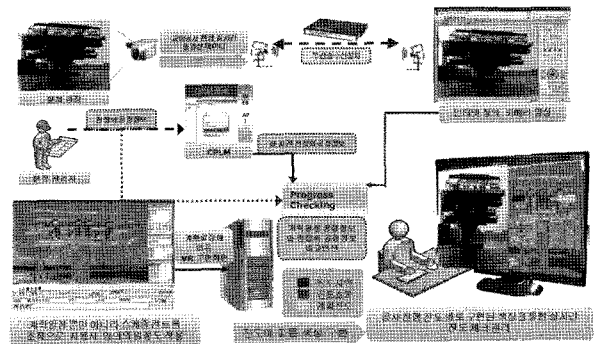


Fig. 6. 실시간 진도관리 시각화 기능 구현 절차

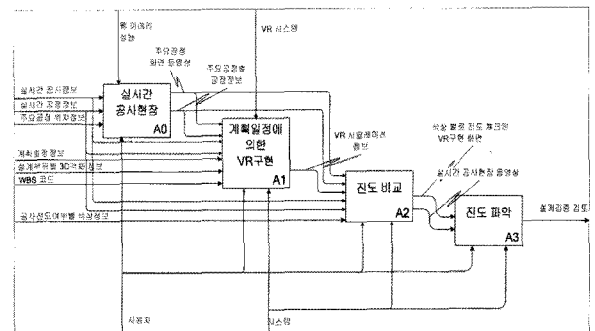


Fig. 7. 실시간 진도관리 시각화 기능 방법론(IDEF0)

Fig. 7은 진도관리 기능 방법론을 IDEF0 모델링 방법으로 제시한 것으로 VR시스템을 통해 '계획일정에 의한 VR 구현' 활동(A1, Activity)에 필요한 입력 자료는 계획일정정보, 설계부위별 3D객체 정보, WBS코드의 입력 자료가 요구되며, 이를 통해 산출된 VR시뮬레이션 정보가 '진도 비교' 활동(A2, Activity)의 입력 자료로 구성됨을 나타내고 있다. 이는 향후 현장공정관리 시스템 구축시 기초자료로 활용될 수 있다.

4.2 시공간단계에서의 설계 Review기능 구현 절차

설계 Review 기능은 상호연동 기능과 설계 Review 메모장 & 메신저 기능으로 구성되어 있다.

첫 번째 기능은 현장 원격 관리 체계의 'VR Telepresence System'의 조작 기능을 효율적으로 구성하여 신속하고 편리한 진도관리 분석을 위한 기능이다. 이를 위해 방대한 토목 현장에서 4D CAD 시스템의 시뮬레이션과 동일한 현장 위치를 효율적으로 추적하기 위한 Telepresence 기반 상호연동 구현 방법을 제안한다. Fig. 8, 9은 Telepresence 기반 상호연동 구현 절차와 IDEF0 모델 기법으로 제시한 구현 방법론을 나타내고 있으며, Locking이라는 새로운 조작키를 구성하였다. 이는 2단계를 걸쳐 상호연동기능이 구현이 된다.

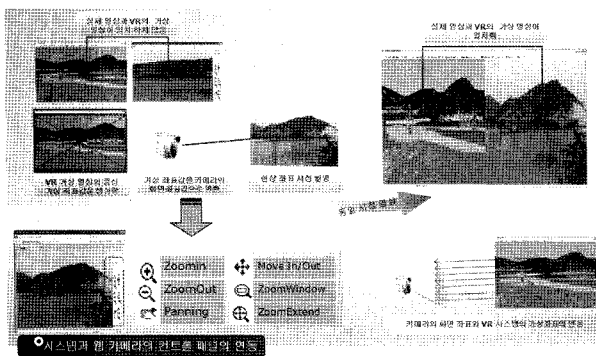


Fig. 8. 설계 Review 연동 기능 구현 절차

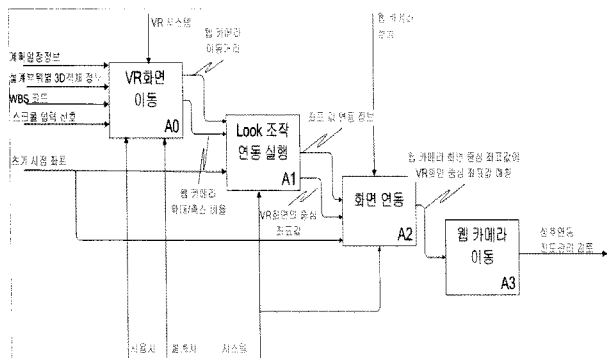


Fig. 9. 설계 Review 연동 기능 방법론(IDEF)

1단계, Locking 기능을 활성화 시키는 시점에서 4D CAD 시뮬레이션 구현 화면의 중심 좌표값이 생성된다. 생성된 시뮬레이션 화면의 중심 좌표값은 웹 카메라의 화면 중심 좌표 값으로 변환 후 웹 카메라에 제공된다. 변환된 중심 좌표 값은 웹 카메라의 렌즈 초점 값으로 매칭 되어 4D CAD 시뮬레이션 중심 좌표와 웹 카메라의 화면 중심이 상호 연동된다.

2단계에서는 4D CAD 시스템과 웹 카메라의 컨트롤 조작키의 화면 상하좌우 이동거리, 확대/축소 비율과 같은 조작정보가 상호 연동되어 각각의 화면을 조작할 시 동시적으로 두 시점 이동이 가능하다.

두 번째 기능은 4D CAD 시뮬레이션 구현 화면과 공사 현장의 실시간 영상을 시각적으로 비교/분석한 후 검토된 보안 및 수정사항을 4D 모델과 현장 영상에 직접 기입이 가능한 설계 Review 메모장 & 메신저 기능이다. 이는 기존의 수직적인 보고체계를 웹 기반의 메신저(Messenger) 및 이메일(Email)로 대체함으로써 보고체계를 간소화 할 수 있음 뿐만 아니라 수정사항에 대한 즉각적인 조치가 가능하므로 효율적인 의사결정 체계를 구성할 수 있다. 또한 보완수정 사항의 작성 시 캡처 사진과 같은 시각적인 정보를 제공함으로써 대상물의 정확한 위치 지정이 가능하다.



Fig. 10. 설계 Review 메모장 & 메신저 기능 구현 절차

Fig. 10은 설계 Review기능 절차이다. 실시간 진도관리 중 발견된 보안 수정 사항을 직접 구현된 영상에 기입하기 위해서는 윈도우 시스템에 내장 되어 있는 그림판, 메모장과 같은 기능을 4D CAD 시스템에 적용함으로써 가능하다. 즉, Review 기능을 활성화하면 해당 영상화면이 캡처되고, 캡처된 영상화면은 Fig. 10과 같은 웹상 필기도구들을 사용하여 수정사항을 작성할 수 있다. 이는 원격리에 있는 현장관리자와 직접적인 의사전달이 가능하여 수정 및 보완된 사항을 신속히 공사현장에 적용할 수 있도록 한다.

5. 철도시설 공사를 위한 Telepresence 시스템 구축

본 연구에서 개발한 시스템을 ‘VR Telepresence System’이라 하며, 구축된 시스템의 실무 적용성 검증을 위해 철도 시설 공사인 호남고속철도 OO교를 사례모델로 선정하였다.

5.1 VR Telepresence System의 구현 장비 및 아키텍처 구성

본 연구에서 사용하는 4D CAD 시스템 체계는 Visual Basic 6.0 언어를 사용 했으며, 3D모델의 구성을 위해 VRML을 활용하였다. 그리고 Telepresence 시스템 구현 엔진은 Parallel Graphics Cortona 6.0이며, 기능적 이벤트 알고리즘 구축을 위해 Javascript를 적용하고 있다. 현장 영상 획득을 위한 웹 카메라는 Icantek사의 icanview240시리즈로 모니터링, 녹화, 제어 기능을 탑재하고 있다.

또한 웹 카메라 설치 현장까지의 네트워크 연결망의 미설치를 감안하여 3Km까지 직접전송이 가능한 5.8Ghz 무선 송신용 안테나 ‘RNT-518’와 2.4Ghz-5.8Ghz Dual Band 무선 브릿지 ‘AG-3621’ 등으로 구성된 무선 송수신기를 사용하였다.

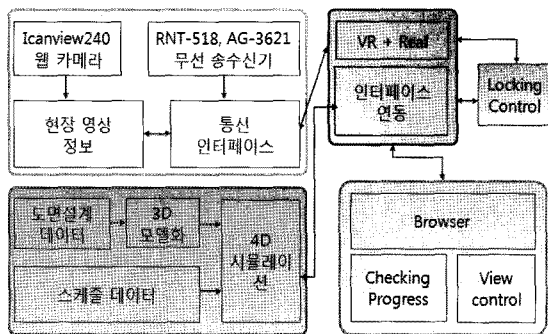


Fig. 11. VR Telepresence System의 주요 아키텍처

Fig. 11은 ‘VR Telepresence System’의 주요 아키텍처를 구성한 것이다. 시스템 아키텍처는 일정별 시뮬레이션 구현을 위한 4D CAD 시뮬레이션 생성 모듈과 현장 영상 정보 획득을 위한 Telepresence 모듈로 구성되었으며, 이들은 시스템 인터페이스를 통해 통합되어 브라우저(Browser)로 구현되도록 한다.

5.2 철도시설을 사례 프로젝트를 통한 검증

5.2.1 사례 프로젝트의 모델 생성

Fig. 12은 ‘VR Telepresence System’ 시스템 검증을 위한 사례 프로젝트의 4D 모델 생성 및 시뮬레이션 구현 과정을 나타낸 것이다.

먼저 4D 모델 생성을 위해서 사례 프로젝트인 OO교의 작업 분류체계 정보와 스케줄데이터, 도면데이터를 4D CAD 시스템에 내장된 WBS 코드 생성 모듈 및 3D 모델 생성 모듈에 입력하여 4D 모델을 생성한다. 생성된 4D 모델은 시스템의 입력창을 통해 계획 일정에 따른 4D 시뮬레이션으로 구현된다. 구현된 4D 시뮬레이션은 시스템의 시점제어기능과 스케줄 모듈을 통한 구현 위치 및 임의 시점지정이 가능하여 사용자가 지정한 위치와 시점에서 프로젝트의 계획 일정에 따른 공정을 확인 할 수 있다. 또한 실제 공정 데이터를 스케줄 모듈에 입력함으로써 실제 진도에 따라 4D 시뮬레이션 구현이 가능하다. 이를 통해 계획대비 실제 공정 진행 상태를 시각적으로 파악 할 수 있다.

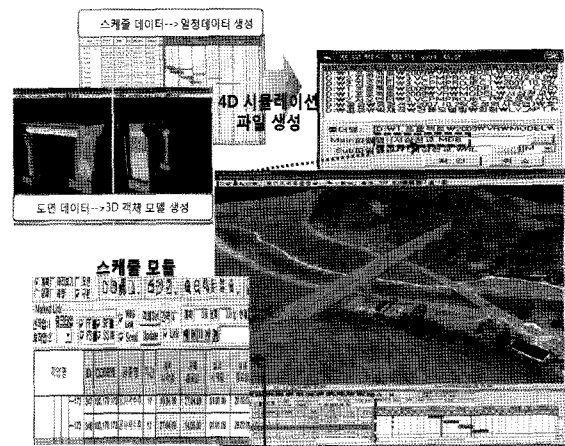


Fig. 12. 사례 프로젝트의 4D 모델 생성 및 시뮬레이션 구현

5.2.2 프로젝트 원격 현장 공정관리 실행

Fig.13은 이전 단계에서 구현한 계획일정에 따른 시뮬레이션과 실제 건설 현장 공사 진행 상황을 시각적으로 비교/분석하기 위한 Telepresence 구현 과정을 나타낸다.

우선 시스템 상단에 위치한 카메라 모양의 아이콘을 통해 Telepresence 기능을 활성화하면, 2개의 영상이 동시에 구성될 수 있도록 분할된 ‘VR Telepresence System’ 화면 모듈이 생성된다. Fig. 13과 같이 생성된 화면 모듈의 왼쪽 화면은 계획 일정에 따른 OO교의 4D 시뮬레이션을 현재 시점까지 구현한 영상이며, 오른쪽 화면은 OO교 공사 현장에 설치된 웹 카메라로부터 실시간으로 획득하는 영상 정보를 나타낸다. 이를 통해 현재 시점까지 계획공정에 대비한 실제 건설공사 현장의 공정 진행 상황을 시각적으로 확인할 수 있다. 그리고 본 시스템에서는 보다 효율적인 두 영상의 상호비교를 위하여 Fig. 13의 하단과 같이 두 영상을 제어할 수 있는 Telepresence 컨트롤 패널을 구성하였다.

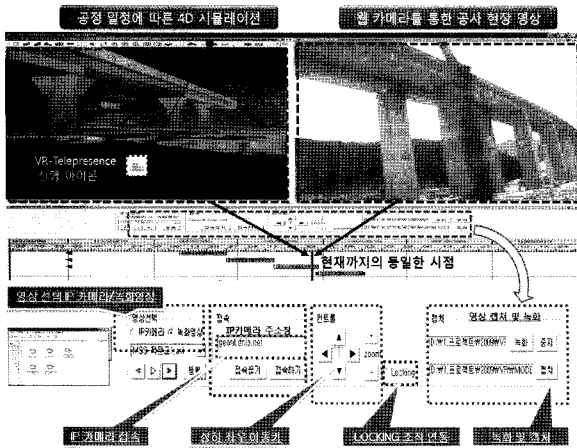


Fig. 13. Telepresence 구현 화면 및 컨트롤 모듈

Fig. 13과 같이 VR Telepresence의 컨트롤 패널의 주요 기능은 IP 기반의 다중 웹 카메라 연동 및 접속 기능, 현장 영상의 녹화 및 실시간 캡처 기능, 실제 영상 정보와 VR 정보를 연동하는 Locking 조작 기능으로 구성되어 있다. 다중 웹 카메라 연동 및 접속 기능은 현장의 공정 관리가 가능하게 구성 한 것으로 웹 카메라 서버 주소 입력을 통해 해당 공사 현장을 실시간으로 제공 받을 수 있다. 또한 현장 영상의 녹화 및 실시간 캡처 기능은 실시간으로 촬영되어지는 원격 공사 현장의 영상을 취득 및 기록할 수 있도록 구성 한 것으로 중요한 공정에 대한 철저한 재검토가 가능하다. Locking 기능은 두 영상정보의 상호연동 기능으로서 4D 시뮬레이션과 공사 현장 영상이 동일한 Viewpoint로 각도 조정이나 확대/축소 등의 화면제어가 가능 하도록 구성 한 것이다. 이를 통해 철도시설공사의 광범위한 공사 현장 속의 일부공정과 동일한 4D 시뮬레이션의 시점이 자동으로 연동되어 신속한 진도관리가 가능하다.

Fig. 14는 컨트롤 패널 기능을 적용한 시스템 구현 화면을 나타낸 것이다. Fig. 14 상단의 모습은 Locking기능이 적용된 구현 화면으로 전체 경간을 4D 시뮬레이션 구현 영상과 실제 현장의 영상으로 나타내고 있으며 회전(Rotate), 축소 확대(Zoom, Goto)기능을 사용하여 화면의 시점을 전체 경간에서 교량의 교각과 거더(Girder)쪽으로 이동하여 나타낸 것이다. Fig. 14 하단의 모습은 시스템의 녹화 및 캡처기능에 의해 저장된 영상파일을 재생하여 이전 공사의 재검토 과정을 나타낸 것이다.

이와 같은 본 사례 모델의 분석 결과는 전 공사 현장을 계획일정 시뮬레이션과 실제 영상의 시각적인 검토로 최소한의 시간과 인력으로 통합적인 진도관리가 가능함을 나타낸다. 따라서 광범위한 공사 현장이 대다수인 철도시설공사에 적용할 때 공사 관리뿐만 아니라 인력관리 측면에서도 효과를 가질 수 있으므로 향후 철도시설공사에 4D

기반의 Telepresence 시스템 구축이 활용성을 가질 것으로 사료된다.

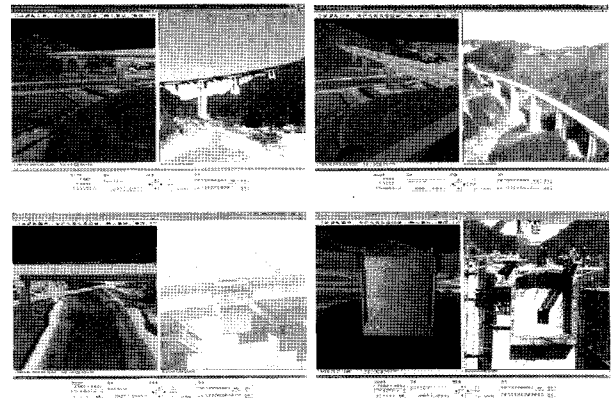


Fig. 14. Telepresence기능 적용 화면

6. 결론

본 연구에서는 철도시설공사의 현장 공정관리를 중심으로 기능을 도출하고, 개선 방법론을 제시하였다. 또한 이에 근거하여 현장 공정 관리를 위한 원격 영상운영 체계인 'VR Telepresence System'을 구축 하였다. 모니터링 기반의 현장 원격공정관리 시스템 개발의 결론은 다음과 같다.

1. Telepresence 기술을 통합한 실시간 진도관리 시각화 구현 방법론은 계획일정에 따른 시뮬레이션 구현뿐만 아니라 계획대비 실제일정에 따른 시뮬레이션 구현 및 계획대비 실제 공사 현장의 공정 진행 상황의 시각적 비교가 가능하도록 하였다. 이는 한 달/일주일 단위로 작성되는 업무 진행 서류를 통해 수행되고 있는 기존 비효율적인 진도관리를 실시간 단위의 진도관리로 수행 할 수 있게 하였다.
2. 기존의 현장 관리 체계에서는 광범위한 관리 현장 범위와 수직적인 보고 단계로 인한 건설 구성원들 간의 의사소통이 취약 부분이었으나, 웹 기반의 정보전달 방안을 제시하여 의사결정 단계 및 소요시간을 최소화 하였다. 따라서 시공현장에서 발생하는 오류에 대한 대책을 실시간으로 마련할 수 있게 하였다.
3. 본 연구에서는 제시한 방법론을 토대로 하여 시스템을 구축 하였으며, 철도시설공사의 호남고속철도 OO교를 사례 모델로 선정하여 시스템 내에 구현함으로써 실무 적용성을 검증하였다. 이를 통해 본 연구에서는 광범위한 공사 현장의 통합적 관리가 가능하여 철도시설공사와 같은 대규모 토목공사 등에 높은 활용성을 가질 것으로 파악되었다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 건설기술혁신사업(과제 번호: 06첨단융합E01)의 지원으로 이루어진 것으로, 본 연구를 가능케 한 한국건설교통기술평가원에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 강인석 (2006), "건설공사 4D시스템의 일정 및 진도관리기능 개발 사례," 대한건축학회 논문집, 제 22권, pp. 141-148.
2. 강인석 (2007), "건설시설물 공정정보 시각화를 위한 4D CAD시스템의 개발 및 적용사례 분석," 한국철도학회논문집, 제 10권 pp. 373-380.
3. 이선민 (2004), "가상협업 환경에서의 텔레프레즌스 제공을 위한

사용자 미러링," 한국컴퓨터그래픽스학회 논문집, pp. 1-7.

4. 김보연 (2003), "파노라마 비디오 스트리밍을 위한 효율적인 데이터 전송," 한국정보과학회 영남지부 제 11회 학술 발표논문집, pp. 182-187.
5. M. Gordon (1999), "Hybrid virtual reality and telepresence utilising mobile phone technology," The Industrial Robot, Vol. 26, No. 3, pp. 60-70.
6. A. Mustafa (2003), "An emerging paradigm in construction," Automation in Construction, Vol. 12, pp. 349-364.
7. C. J. Anumbaa (2000), "Telepresence in concurrent lifecycle design and construction," Artificial Intelligence in Engineering, Vol. 14, Issue 3, pp. 221-232.
8. R. Navon (1997), "Programming construction robots using virtual reality techniques," Automation in Construction, Vol. 5, pp. 393-406.

접수일(2009년 9월 8일), 수정일(2009년 11월 17일),
게재확정일(2010년 2월 8일)