증강현실(Augmented Reality)의 토목시설물 4D체계 활용을 위한 기초적 연구

Fundamental Study of 4D CAD Application by Using Augmented Reality for Civil Engineering Project

강 인 석* · 문 현 석**O · 김 현 수***
최 형 래**** · 김 창 학*****
Kang, Leen-Seok · Moon, Hyoun-Seok · Kim, Hyun-Soo
Choi, Hyung-Lae · Kim, Chang-Hak

요 약

본 연구는 증강현실 기술을 이용하여 토목시설물의 효율적인 현장 진도관리가 가능하도록 하는 AR-4D CAD의 구축 방법론을 제시하는 것이 목적이다. 이를 위해 증강현실의 4D CAD 적용성을 평가하고 AR-4D CAD시스템 구축을 위한 기술적 요구사항, 정보 흐름체계, 통합 인터페이스을 제시하였다. 이를 기반으로 실시간 진도관리의 시각화가 가능한 AR-4D CAD의 주요 기능을 분류하여 운용 시나리오를 제안하고 있다.

키워드: 증강현실, 4D CAD, 가상현실, 진도관리, 액티비티다이어그램

1. 서 론

건설현장에서 활용되는 도면정보 및 일정정보들은 개별적인 파일형태로 관리되고 있다. 이와 같이 분리된 프로젝트관리 정보를 통합하고 현실적 몰입감의 증대를 통한 정보를 효율적으로 제공받기 위해 4D CAD를 적용하고 있다. 최근의 4D CAD시스템들은 시공단계에 제한적으로 활용되고 있으며, 단순히 가상공간에서의 3D 객체를 제어하는 형태로 구현되고 있다. 그러나 일정별 공정관리가 가능한 완전한 형태의 4D개념보다는 가상공간 기반의 3D 객체 모델 중심의 관리체계를 갖고 있다. 또한 4D CAD시스템은 현실정보과 가상공간 정보를 철저히 분리하고 있어 가상 공간에서 제공되는 정보의 현실적 이질감을 극복할 수 없다. 따라서 가상과 현실을 적절히 오버랩핑하고 토목공사 프로젝트 현장의 실제 공정상황을 시각화된 형태로 반영하여 효율적인 프로젝트 관리가 가능하도록 하는 새로운 형태의 기술적 패러다임이 요구되고 있다.

건설 분야의 증강현실에 관한 국내 연구는 건축시설 중심의 제한적인 연구를 수행하고 있다. 임줌폰(2006)[1]은 프로젝트의 작업의 효율적인 도구로 활용되는 C-Navi 시스템을 통해 외부 건축공간을 증강현실기반으로 시뮬레이션할 수 있는 체계를 구축하였다. 박소영(2004)[2][3]은 건물정보를 직관적으로 파악하기 쉽도록 데이터베이스를 구축하고 증강현실기술을 이용하여 건물정보의 탐색 및 활용 가능성을 제안하고 있다. 그리고 건물 내 설비정보의 가시화를 위한 증강현실 응용연구[4]가 있다. 국외에서는 Feiner, S. et al(1995)[5]은 완공된 건축물의 구조 일부를 그래픽으로 재현하여 건축물의 내부 및 관련 정보를 증강현실을 통해 획득할 수 있는 체계를 구축하였다. 이와 같이 선행 연구들은 건물 혹은 외부 공간 대상의 시각화를 위하여 증강현실기술을 적용하였으며, 토목시설을 대상으로 하는 연구사례는 극히 미흡하다. 특히 4D개념을 도입한 동적인 AR 기술보다는 단편적인 3D객체 정보의 시각화 구현에 많은 비중을 차지하고 있다. 일부 연구에서는 토목구조물의 배치계획 선정을 위해 3D 모델과 증강현실 기술을 결합하는 시도[6][7]가 이루어지고 있다.

이를 위해 본 연구에서는 증강현실(AR; Augmented Reality)기술*과 4D개념을 연계하여 증강현실 기반의 토목시설물 4D 응용 및 운영체계를 구축하기 위한 기초적 연구를 수행한다. 본 연구는 토목시설물 중심의 AR기반 4D CAD 기반 구축과 현장관리자가 현장에서 직접 AR기반의 4D체계를 통한 효율적인 진도관리 및 사전 모의 예측이 가능하도록 응용 기반을 구축하는데 목적이 있다.

2. AR-4D CAD 요구 기술 및 필요성 분석

2.1 AR기반 4D체계 구축을 위한 요구 기술

증강현실 구현을 가능하게 하기 위해서는 다음과 같이 기본적인 장치 및 기술이 요구된다.

1) 디스플레이 장치 : 증강된 현실을 구현하기 위한 장치로서 HMD(Head Mounted displays)가 대표적이다. 이는

* 정회원, 경상대학교 토목공학과, 교수, Lskang@gnu.ac.kr
** 정회원, 경상대학교 토목공학과, 박사과정, civilcm@gnu.ac.kr
*** 정회원, 경상대학교 토목공학과, 공학석사, 98700399@hanmail.net
**** 정회원, 경상대학교 토목공학과, 박사과정, hyunglael@hanmail.net
***** 정회원, 진주산업대 토목공학과, 부교수, ch-kim@jinju.ac.kr

본 연구의 일부는 건설교통부 첨단융합건설기술개발사업(가상건설시스템 개발)의 연구비 지원에 의해 수행되었음. 과제번호: 06첨단융합E01

*AR(Augmented Reality)은 현실 환경을 기반으로 컴퓨터에서 생성한 가상의 객체정보를 부가함으로서 보다 향상된 몰입감을 제공하고 현실세계에 대한 사용자의 인식을 향상시키는 기술이다. 사용자가 눈으로 보는 현실세계와 부가정보(3D/4D 모델)를 갖는 가상세계를 합쳐 하나의 영상으로 보여주는 가상현실의 하나이다.

광학적 방식과 비디오 방식으로 구분된다.

2) 트랙킹(Tracking) : 회전각과 위치정보와 같은 물리량을 가지고 사용자와 가상 물체의 위치를 추적하는 기술이다. 실내에서의 추적은 추적센서를 부착하고 카메라를 통한 위치를 추적한다. 실외의 현장 환경에서는 GPS의 위치 즉 좌표값을 통해 추적한다.

3) 3차원 모델링 : 실제 환경의 화면에 중첩하는 가상적 구조물 정보로 3차원 형태로 제공된다.

4) 정합 : 가상의 객체를 실제화면에 정확하게 위치하도록 한다. 이는 기하학적, 광학적, 시간적 정합이 있다.

5) 보정(Calibration) : 정합 후, 카메라 위치, 방향, 초정 등의 파라미터를 산정하여 가상물체의 위치를 결정하는 것을 말한다. 이를 통해 정합에 의한 오차를 최소화한다.

2.3 AR기반 4D체계 구축 필요성

본 절은 기존 4D방식과 AR 기반에서의 4D구현에 따른 진도관리 방식체계 비교한다(그림 1).

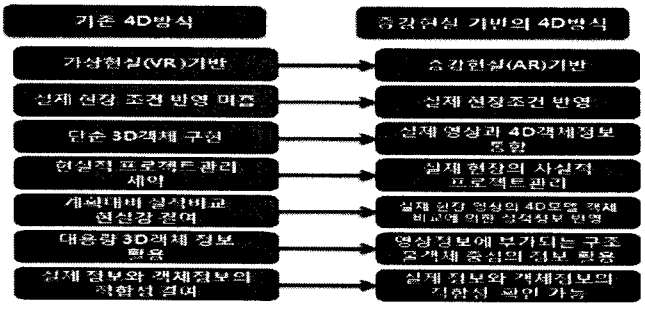

그림 1. 기존 4D방식대비 증강현실기반의 4D구현 방식 비교

기존 4D방식에서는 가상적 3D공간에 의한 가상적 환경을 통한 객체정보를 구현하므로 실제 현장 조건의 반영이 어렵다. 그리고 실제와 가상정보의 비교에 의한 진도관리 정보의 분석 정확성이 결여되므로 사실적 프로젝트 관리에 제약이 따른다. 그러나 AR기반의 4D 체계는 실제 현장의 상황을 직접 반영하는 장점을 갖는다. 또한 실제 영상과 4D객체 정보의 통합에 의해 실제 현장에서의 사실적 프로젝트관리가 가능하다. 현장의 영상정보에 의한 구조물의 4D객체를 구현함으로써 4D모델 간 비교를 통해 실시간 진도관리가 가능해진다. 이에 따라 계획대비 실적진도의 현장 확인이 가능하며, 실제정보와 객체정보의 적합성 확인이 가능하다. 또한 실시간 영상을 통해 시공성 분석 및 다양한 배치계획과 일정에 따른 4D시뮬레이션을 구현할 수 있다.

3. AR기반의 4D CAD 연동 응용기반 구축 방법

3.1 요구사항 분석

AR은 실제 영상에 부가되는 토목 구조물의 3D객체 생성 및 모델 정합을 통해 구현할 수 있다. 특히 AR 기반에서 4D정보를 구현하기 위해서는 지형정보의 획득과 일정정보와의 연동체계가 무엇보다 중요하다. 이러한 일정정보와 3D객체는 WBS코드를 중심으로 관리되며, 인식마커나 좌표값을 통해 4D정보를 실시간으로 호출하여 시뮬레이션 할 수 있다. 또한 구축된 4D정보와 영상정보의 정합을 위한 기술이 요구된다. 4D정보는 일정이 연계되므로 실적정보를 입력하고 기존 계획 일정과 실시간으로 입력된 실적정보의 시각적 비교를 통한 진도관리 정보의 구현이 요구된다.

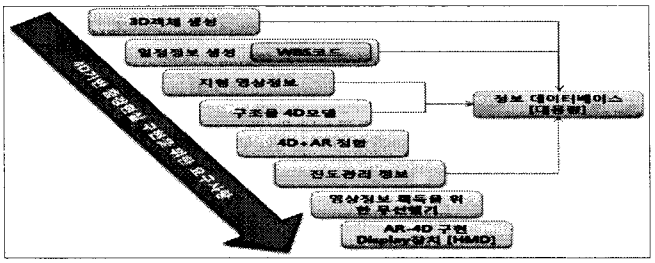

그림 2. 4D기반 증강현실 구현을 위한 요구사항

3.2 AR기반 4D체계 구현 프로세스 구축

증강현실 기반의 4D체계 구축을 위한 프로세스를 구현하기 위해 그림 3과 같이 Activity Diagram을 제시한다.

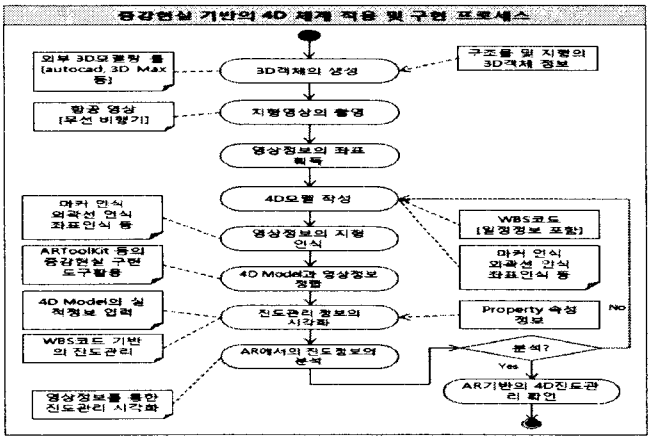

그림 3. 증강현실 기반 4D적용 프로세스

우선 3D모델링 도구를 이용하여 토목 구조물의 3D객체를 생성한다. 생성된 객체정보를 지형영상에 부가 위해 항공영상을 통해 좌표정보를 포함한 지형정보를 획득하여 기생성된 3D정보의 좌표값과 매칭과정을 수행한다. 그리고 일정정보를 포함하는 WBS코드와 3D모델의 액티비티 간 연계를 통해 4D모델을 생성하게 된다. 현장에서는 HMD 및 휴대기기를 이용하여 영상정보를 구현하고 DB에 저장된 구조물의 3D객체를 호출하여 지형의 영상정보와 정합과정을 수행한다. 정합된 4D모델은 실적 물량 정보의 입력을 통해 실제 영상 내에서 진도관리 정보를 시각화한다.

3.3 모듈 간 정보흐름 분석

AR 기반의 4D체계에서 모듈 간 정보흐름체계 구현을 위해 Sequence Diagram을 그림 4와 같이 구성하였다. 증강현실 기반의 4D체계에서 활용되는 정보들은 대용량 데이터베이스 즉 구조물의 3D객체 및 일정정보를 포함한 4D모델 정보를 포함한다. 데이터베이스로부터 각 활용정보에 WBS코드를 제공하고 모든 증강현실 기반의 4D모델은 WBS코드를 기반으로 관리된다. 또한 영상정보에 부가되는 객체정보는 WBS코드, Schedule, 3D 모델 정보 외에도 실시간으로 무선 항공기에 의해 획득된 좌표정보를 포함하고

있어 실제 HMD를 통한 영상정합 과정의 정보로 활용된다.

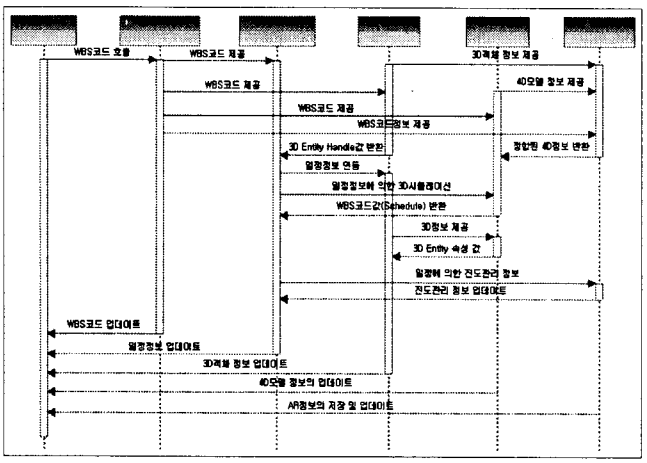

그림 4. 증강현실 기반 4D구현 체계의 정보 흐름

3.4 시스템 구축 통합 모델

AR기술과 4D모델의 통합을 위해 기존 AR기술을 적용한 기능과 3D객체 생성 및 일정을 통합한 4D모델의 연계 및 통합 인터페이스 모델을 구축한다(그림 5).

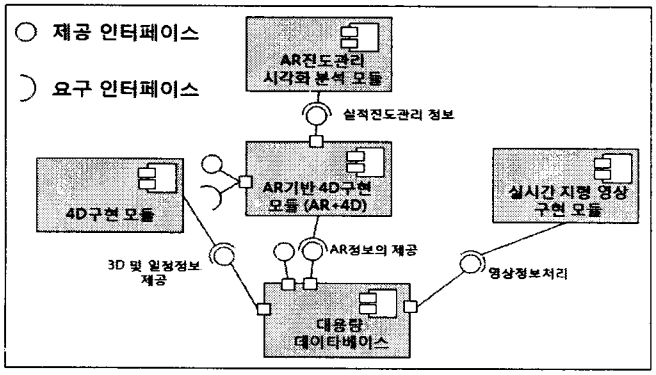

그림 5. 증강현실 기반 4D체계 구축 통합 인터페이스

모든 기능적 모듈에서 제공받는 정보들은 정보구현에 필요한 코드 및 일정정보가 저장된 데이터베이스와 토목 구조물의 3D객체 정보를 제공하는 대용량 데이터베이스를 통해 이루어진다. 4D구현 모듈은 최적의 4D모델을 생성한다. 실시간 지형 영상정보의 구현모듈은 현장의 HMD를 통한 영상정보를 획득하고 획득된 지형정보의 인식을 통한 AR기반의 4D 모델 정합과정을 구성한다. AR기반 4D구현 모듈에서는 4D 모델이 실시간의 HMD 영상을 통해 보여진다. 이러한 과정를 통해 증강현실 기반의 4D연동체계를 구축하게 된다. 구현되는 정보들은 별도의 컴퓨터로부터 제공받거나 수정사항이 발생할 경우 즉각적인 변경을 통해 진도정보의 관리가 용이해진다.

4. AR-4D CAD의 기능 모듈 및 운용 시나리오 구성

4.1 AR-4D CAD의 주요 기능 모듈 구성

증강현실 기반 4D시스템 구축을 위해 그림 6과 같은 기능적 모듈을 구성한다.

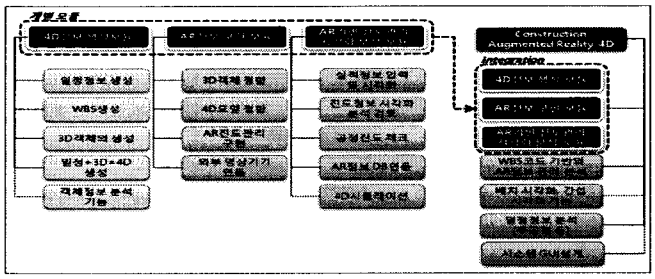

그림 6. AR기반 4D CAD 시스템의 기능적 모듈 구성

AR-4D CAD에는 3가지 개별 모듈 및 분석 모듈로 구성된다. 4D정보 생성모듈에서는 일정정보 생성, WBS생성, 3D객체 생성기능이 구성되고 일정과 3D정보를 연계하기 위한 4D모델 작성 기능이 포함된다. 또한 작성과정에 발생되는 객체 오류를 검토하고 분석하여 최적의 정보로 제공하기 위해 객체 정보 분석 기능이 포함된다. AR정보 구현 모듈에서는 영상정보와 3D객체의 정합과 4D모델의 정합 기능이 구현된다. 또한 AR진도관리 구현기능과 외부 영상기기 연동 기능이 포함된다. 이와 같이 AR기반의 4D시뮬레이션 통합 모듈은 현장의 실시간 진도관리 구현을 위해 활용된다. 또한 진도에 따른 시각화 분석 검토 기능, 공정 진도 체크 기능과 분석된 진도관리 정보의 DB연동 및 4D 시뮬레이션 기능이 실제 영상을 통해 실시간으로 구현된다.

4.2 AR-4D CAD 시스템의 운용 시나리오 구성

향후 구축되는 증강현실 기반 4D연동 시스템을 통해 예상되는 정보 구현 및 업무 활용체계 시나리오를 구성한다.

1) 시나리오 1 (현장 실시간 진도관리)

현장관리자는 일정한 시점에 현장 진도관리 상태를 확인하기 위해 카메라가 장착된 HMD역할을 하는 안전모를 쓰고 무선 PDA를 휴대한 후 현장에 간다. 우선 현재 시점의 교량 구조물(교각)의 진도상태를 파악하기 위해 시선을 해당 교각쪽으로 향하게 되면 헬멧에 부착된 카메라를 통해 현장의 영상을 취득하고 사전에 획득된 현장의 지형 좌표정보를 기반으로 무선 PDA를 통한 교각의 3D 및 4D객체 정보를 안전모의 디스플레이창을 통해 구현한다. 계획일정에 따른 진도정보를 우선적으로 PDA를 통해 호출하고 현재 시공된 교각과 호출된 계획일정의 4D객체 정보 매칭을 통해 현재 상태의 진도상황을 확인할 수 있다. 그리고 실적정보를 PDA를 통해 입력하게 되면 계획대비 진도상태를 계산하여 진도율을 영상인식을 통해 구현한다(그림 7).

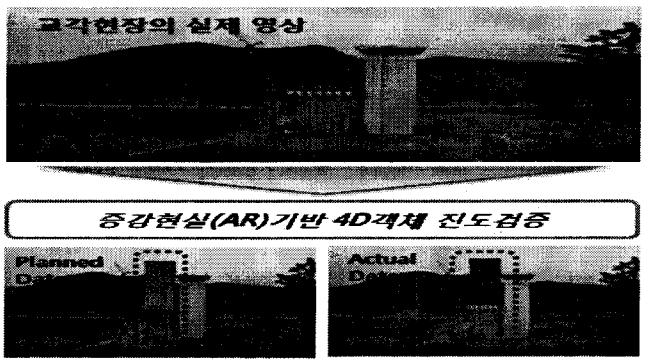

그림 7. AR기반 교각의 진도 검증 시나리오

2) 시나리오 2 (시공성 분석)

기존에 설계된 구조물의 시공성을 분석하기 위해 관리자는 현장 탐방을 통해 정보를 분석할 수 있으며, 현장에 가지 않고도 사무실 내에서 컴퓨터 화면을 통한 시공성 분석 대상의 3D객체를 마커 및 좌표를 통해 구현한다. 마커 인식을 통해 해당 마커와 매칭하는 객체의 정보를 인식시킨다. 이는 사무실 내의 캠을 통해 마커를 위치시키면 카메라는 마커의 표식 정보를 인식하여 화면에 해당 구조물의 객체를 구현한다. 관리자는 마커와 매칭된 시공성 분석 대상의 구조물 3D객체를 확인할 수 있으며, 객체의 세부단계까지 확인하기 위해서는 마커의 컨트롤을 통해 객체의 간섭부위나 설계 오류 부위를 시각적으로 확인할 수 있다. 이는 기존 가상환경 기반에서도 일부 가능하나 실제 환경과의 정합성을 통해 가상적 이질감을 극복할 수 있다.

3) 시나리오 3 (구조물 배치계획 및 대안설계안 검토)

관리자는 현장에서 카메라가 부착된 안전모를 구조물을 배치하고자 하는 지형의 위치에 이동하면 카메라는 지형정보를 인식하여 기존에 등록된 현재 지형의 위치값에 의해 매칭하는 구조물 3D 객체를 안전모의 디스플레이 화면에 구현한다. PDA를 통해 다양한 형식의 구조물 형태를 변경해 가며 실제 지형에서의 주위환경에 적합한 최적의 구조물 형식을 선정하는데 활용한다. 또한 다양한 위치에 구조물 객체를 호출함으로써 최적의 배치계획 정보를 제공한다.

5. 결 론

본 연구에서는 증강현실 기술을 통해 토목구조물의 4D CAD 구현을 위한 기초적 구현 방법론 및 다양한 활용 체계를 제안하고 있다. 즉 4D개념을 도입한 연동체계를 제안함으로써 토목구조물을 대상으로 하는 증강현실 기반의 4D 최적 연동체계의 적용성을 평가하였다. 또한 기존의 4D CAD기반의 정보관리 방식과 AR기반의 정보관리 방식을 비교함으로써 AR-4D CAD의 구축을 제안하고 있다. 이는 가상적 공간에 의한 정보관리 방식을 실제 현장의 실시간 영상정보 기반의 통합 정보관리 방식을 제안함으로써 사실적이고 실시간적인 현장 프로젝트관리를 가능하게 하는 개선된 효과를 제안하고 있다. 향후 AR-4D CAD를 구축하기 위한 방법론으로서 개발 및 운용 프로세스, 정보흐름 체계, 통합 모델을 구성하기 위하여 Activity Diagram을 적용하였다. 이를 통해 정보의 구성 체계 및 시스템의 정보 모듈간 연계체계의 정보 흐름 구조를 파악할 수 있으며, 확장된 AR기반 4D연동체계의 가능성을 확인할 수 있다. 이를 통해 시스템에서 정보의 정합 및 이에 따른 진도관리 정보의 AR기반 시각화 시스템의 기능적 모듈을 구성하고 있다. 따라서 AR-4D CAD시스템을 토목구조물에 적용할 경우 다양한 형태의 시나리오를 구성하여 향후 개발 시스템의 활용성을 평가할 수 있었다.

이러한 토목 시설대상의 증강현실을 활용한 4D체계의 기반 구축은 실제 공간의 환경과 가상의 시설별 3D/4D 모델이 부가되어 공사 현장의 공정 변동 상황을 실시간으로 반영할 수 있으며, 이를 예측할 수 있는 기반이 마련된다. 또한 효율적인 프로젝트 의사결정을 위해 정보간 상호 작용할 수 있는 시각화된 형태의 차세대 공정관리 도구 및 협업 환경을 제공할 수 있다

참고문헌

1) 임중폰, 한수연, 최진원, "모바일 증강 현실 기술을 이용한 건설관리 시스템", 대한건축학회논문집 구조계, 22권 2호, 2006. 02, pp.139~145

2) 박소영, 최진원, "건물정보 통합 데이터베이스와 증강현실 기술을 이용한 건물정보 탐색에 관한 연구", 대한건축학회 추계학술발표논문집, 24권 2호, 2004, pp. 1151~1154

3) 박소영, 최진원, "건축분야에서의 증강현실기법 응용에 관한 연구", HCI2004 학술발표대회, 2004

4) Park. S. Y, Choi. J. W, "Retrieving and Browising Information of Building Equipment Using Augmented Reality Techniques", CAADRIA2004, Seoul, Korea, 2004

5) Feiner, S. Webster, A., et al., "Architectural anatomy", In Presence, 4(3), 1995

6) G.Senthil Kumaran et al., "Impact of Augmented Reality in Civil Engineering", Advanced Materials Research, vols. 18-19, 2007, pp .63~68

7) Jje Shen and Haowu Liu, "New visualization method for civil engineering calibration-free augmented reality based on vision", Can. J. Civ. Eng. 28, 2001, pp. 868~870

Abstract

This study aims to suggest a methodology for developing the AR-4D CAD system which can improve construction progress control process by using augmented reality(AR) technology for civil engineering project. This study reviews practical application of AR process in 4D CAD system and suggests the detailed requirements, information flow system and integrated interface function for developing AR-4D CAD system. Through these methods, this research classifies main functions of AR-4D CAD system that can visualize construction progress control data, and suggests an operation scenarios of the system.

Keywords : Augmented Reality, 4D CAD, Virtual Reality, Progress Control, Activity Diagram