

RFID와 BIM을 활용한 건설 자재 물류 및 진도관리 시뮬레이터 개발

An RFID and BIM based Simulator for Construction Material Logistics and Progress Management

윤수원*)
Yoon, Su-Won,

진상윤**
Chin, Sangyoon

요 약

건설 프로젝트의 효과적인 물류 및 진도관리를 위하여 다양한 연구 및 시도가 이루어지고 있다. 이 중 RFID+4D 기술은 철골, PC, 커튼월과 같은 공장 주문형 자재의 공급망 및 진도관리를 위해 개발된 기술로서 공기 및 비용 절감에 대한 효과가 있는 시스템으로 보고된 바 있다. 하지만 기존의 시스템은 그 효과에 비해 모델링 비용, 실시간 정보 반영의 난이, 시스템 운영을 위한 추가 인력 배치 등의 문제로 인해 시스템 확산이 미비한 상태에 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 기존 RFID+4D 프로세스의 문제를 해결하기 위한 체계 및 제안된 체계를 활용한 웹 기반의 실시간 4D 시뮬레이터를 개발하였다. 본 연구에서 개발된 체계 및 시스템은 기존 RFID+4D 프로세스 운영의 비용 및 정보 활용성을 향상시킴으로써 기술 확산에 기여할 것으로 기대되며, 특히 최근 이슈화되고 있는 BIM 정보와의 연계성을 통해 설계 단계에서 생성된 BIM을 시공 단계에서 활용하기 위한 방법으로 활용 가능할 것으로 판단된다.

키워드 : RFID, 4D, 4D 시뮬레이터, 물류관리, 진도관리, BIM 기반 시공 관리

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설 프로젝트가 대형화·복합화 됨에 따라 보다 효과적인 물류 및 진도관리가 요구되고 있으며, 이를 위한 다양한 연구 및 시도가 이루어지고 있다.

이러한 노력의 일환으로 효과적인 물류 및 진도관리를 위해 RFID(Radio-Frequency IDentification)를 활용한 다양한 연구(Jaselskis 1995, Jaselskis 2003, Song 2005 등)가 이루어져 왔다. 특히 Chin (2005)의 연구에서는 RFID와 4D 기술을 접목시켜 물류 및 진도와 관련된 실시간 모니터링뿐만 아니라 수집된 정보를 가시화함으로써 보다 효과적인 관리가 가능한 프로세스 및 체계를 제안하였다.

Chin (2005)의 제안 이후, 제안된 개념은 철골, 커튼월, PC 등으로 확장되었다. 국내의 경우 약 11개 현장을 대상으로 테스트

및 현장 적용이 시도 되어왔으며, 이러한 개념을 반영한 상용 시스템이 국내외에서 등장하고 있다.

하지만 기존에 개발된 프로세스는 RFID에서 수집된 정보를 관리하기 위한 웹시스템과 4D 정보를 생성·관리하는 BIM (Building Information Modeling) 모델러가 분절되어 있다. 이는 4D에서의 정보 반영 지연 문제, 정보 제공을 위한 3D 모델러 상에서 정보 생성 및 관리를 위한 추가 인력 필요 등의 문제를 발생시킨다.

따라서 본 연구에서는 이와 같은 시스템의 이중 구성으로 야기되는 정보 반영 지연 및 정보 업데이트를 위해 추가로 소요되는 인력 등의 문제를 해결하는 것에 주된 목적을 두고 있다.

이를 위하여 BIM 데이터의 재활용이 가능한 실시간 물류·진도관리 프로세스 및 체계를 제안한다. 또한 제안된 프로세스 및 체계를 적용한 웹 기반의 실시간 4D 시뮬레이터를 개발하고 이를 활용하여 본 연구에서 제안된 체계의 효과를 검증하고자 한다.

* 일반회원, (주)두올테크 건설기술연구소 팀장, 공학박사, yoonsuwon@doalltech.com

** 중신회원, 성균관대학교 건축공학과 교수, 공학박사 (교신저자), schin@skku.edu

1.2 연구의 범위 및 방법

RFID+4D 시스템의 구성은 현장의 데이터 수집을 위한 RFID 기술과 4D 기술 등을 접목한 시스템 영역으로 구분된다. 따라서 기존 RFID+4D 프로세스 개선을 위해서는 하드웨어(RFID의 인식 거리, 사용성 개선 등)와 소프트웨어(실시간 4D 관리, 협력업체 사용 유도 등)에 대한 종합적 검토가 필요하다. 하지만 본 연구에서는 이 중 소프트웨어 부분의 실시간 4D 관리에 대한 프로세스 개선 및 기존 BIM의 활용에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다.

또한 기존의 RFID+4D 프로세스가 다루고 있는 철골, PC, 커튼월 공사 중 철골 공사를 중심으로 기존의 BIM 데이터의 활용 및 실시간 관리를 위한 체계를 구축하고 이를 기반으로 한 시스템 개발을 수행하였으며, PC와 커튼 월 분야로 응용이 가능하도록 확장성을 고려한 연구를 수행하였다.

본 연구의 순서와 세부 방법은 다음과 같이 진행되었다.

첫째, 기존에 개발되어 활용되고 있는 RFID+4D 기술에 관한 기존 사례 및 문헌 고찰을 통해 기존 기술의 특성 및 개선 사항을 파악하였다.

둘째, 기술 조사 및 문헌 고찰을 통해 도출된 문제점을 중심으로 기존 기술의 연구자, 개발자 및 사용자를 대상으로 인터뷰 및 요구사항 분석을 통해 RFID+4D 프로세스의 개선 방향을 도출하였다.

셋째, 도출된 개선 방향을 바탕으로 기존 기술을 개선하기 위한 체계 및 프로세스를 제안하고 이를 반영한 시스템을 개발하였다.

마지막으로 현재 사용 중인 기존 시스템과 개선 방안을 적용하여 개발된 시스템간의 비교를 통해 개선 효과를 검증하였다.

2. 기존 물류 관리 및 RFID+4D 시스템 현황

2.1 건설 산업의 물류 관리 관련 연구 동향

건설 프로젝트의 성공적 수행을 위해서는 건설 시공에 소요되는 자원의 적시, 적가, 적품, 적량, 적소 조달이 중요하다. 하지만 기존의 건설 산업의 물류 관리는 실시간 정보 관리의 문제, 공장과 현장 간의 이해관계 상충, 정밀한 관리 체계의 부재 또는 시공 결과를 중심으로 한 공사 관리 체계 및 협력 업체 중심의 자재 조달 등으로 인하여 다양한 낭비 요소와 문제점이 발생하

1) 제안된 RFID+4D 시스템 개선을 위한 웹기반 실시간 4D 시뮬레이터에 대한 체계는 본 연구 진행과정에서 도출된 아이디어를 국내학술발표대회에 발표한 바 있으며, 본 논문은 도출된 아이디어를 바탕으로 BIM 정보의 재활용 개념을 포함한 체계 개선, 시스템 설계 및 개발, 그리고 개발된 시스템의 테스트 내용을 담고 있다.

고 있다.

이와 같은 낭비 요소 및 문제점을 해결하기 위하여 기존의 생산 및 재고 관리의 개념과 다른 방식의 접근이 이루어지고 있다. 이와 같은 시도는 생산과 직결된 부품 및 원자재의 조달과정과 판매처 유통 과정을 혁신함으로써 공급망 전체의 이득을 극대화하기 위한 JIT (Just-In-Time), Lean construction, CSCM (Construction Supply Chain Management) 등의 관리 기법 및 바코드, PDA, RFID 등과 같은 IT 기술의 접목과 함께 다양한 방식으로 이루어지고 있다.

또한 물류 프로세스 효율화 및 개선(안병주 1999, Pheng & Chuan 2001, Arbulu & Tommelein 2002, 임형철 2004 등), 물류 관리 정보 모델 제시(오명진 2002, Fihó & Menezes 2002 등), 물류 관리 시스템 개발(신봉수 2004, Esin Ergen 2007, Chin 2008, 윤수원 2008 등) 등 다양한 연구를 통해 물류 관리의 효율화를 지속적으로 추진하고 있다.

그리고 이러한 연구들은 과거 관리 기법 및 관리 체계의 변화를 통한 효율화의 추진에서 점차 Web, PDA, SMART Phone, 바코드, RFID 등과 같은 IT 기술과의 접목을 통한 정보화의 추세로 변화되고 있으며, 이를 통한 실시간 정보 관리 및 관리 자동화의 방향으로 발전하고 있다.

2.2 기존 RFID+4D 시스템 관련 연구 동향

본 연구에서 다루고 있는 RFID+4D 시스템은 건설 산업의 물류 관리와 관련된 시스템 중 레미콘(Jaselskis 1995), 파이프 스톱(Jaselskis 2003, Song 2005), PC, 노무자(Naven 2002) 등의 관리 위해 건설 산업에 적용이 모색되고 있는 RFID 기술과 BIM 기술의 일환인 4D 기술을 접목하여 주요 부재의 물류 상태 및 진도를 실시간으로 추적·관리하기 위한 기술이다.

초기 RFID와 4D 프로세스는 철골 공사를 대상으로 공장의 생산, 출하, 현장 입고, 야적 및 현장 설치에 이르는 공급망(Supply Chain)을 효과적으로 관리하기 위해 제안되었으며, 이후 <표 1>과 같이 다양한 연구 및 시도를 통해 확장되어 왔다.

표 1. RFID+4D 관련 연구 및 산업 동향

구분	주요 내용
Chin (2005)	· 레미콘, 철골, 커튼월 공사의 물류, 진도, 공정의 효과적 관리를 위하여, 4D CAD 및 RFID 기술을 이용한 실시간 관리 방안 제안
Chin (2008)	· 철골 공사를 대상으로 한 RFID+4D 시스템 구축 및 현장 테스트 결과 제시
윤수원 (2008)	· 커튼월 공사를 대상으로 한 RFID+4D 시스템 구축 체계 제안 및 현장 테스트를 통한 자원 평준화에 대한 영향도 검증
VELA System	· BIM Tool의 하나인 Tekla와 RFID를 연동한 철골 물류 관리 시스템 개발 및 상용화
D사 RFID+4D 물류 관리 시스템	· 기존 문헌 및 연구를 반영한 철골, PC, 커튼월에 대한 시스템 개발 및 상용화

〈표 1〉은 RFID+4D와 관련된 연구를 정리한 것으로, 현재 철골 공사뿐만 아니라 PC, 커튼월 공사뿐만 아니라 BIM/RFID까지 적용 영역을 확대되고 있음을 알 수 있다.

3. RFID+4D 프로세스 현황 및 개선 방안 도출

3.1 기존 RFID+4D 프로세스

RFID+4D 프로세스는 아래 〈그림 1〉에 나타난 철골 사례와 같이 철골, PC 및 커튼월 공사의 공장생산에서 현장 설치에 이르는 일련의 흐름을 모니터링하고, 프로세스의 각 단계별 물류 현황, 진도, 품질 관리 지원, 발주 및 송장 발행 등의 업무 자동화를 지원하도록 제안되었다.

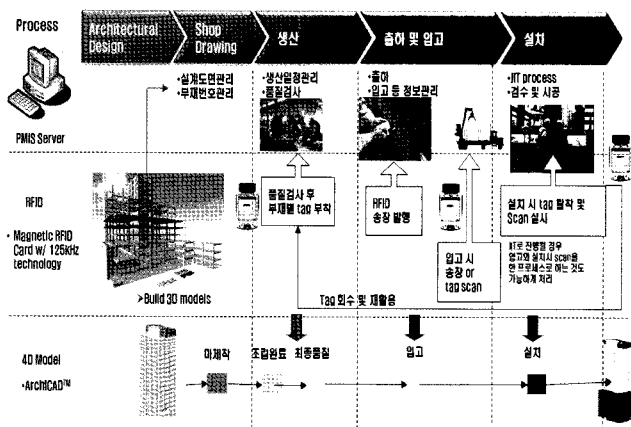


그림 1. 기존 RFID+4D 시스템의 프로세스 (철골) (Chin 2005)

RFID+4D 프로세스는 (i) 설계 도면과 Shop 드로잉을 바탕으로 상용 3D CAD 프로그램을 이용하여 3D 모델을 구축하고, (ii) 생성된 부재에 관리를 위한 ID 체계, 공정 계획 정보 및 물류 관리 단계별 속성을 부여한 다음, (iii) 모바일 기반 RFID 리더 장비를 활용하여 각 부재별 부착된 RFID tag를 인식하여 수집된 정보를 웹 시스템에서 조회·관리하는 순서로 이루어지도록 구성되어 있다.(그림 3참조)

2004년 국토 해양부의 R&D 과제의 일환으로 커튼월 공사의 이론 고찰 및 프로세스 분석을 시작으로 S사의 S 프로젝트에서 최초로 사용되기 시작한 RFID+4D 시스템은 다음 〈그림 2〉와 같이 민간과 국가 R&D 프로젝트를 거쳐 개발된 기술이다.

RFID+4D 시스템은 국내를 기준으로 약 11개 현장에서 적용된 바 있으며, 〈표 2〉와 같이 프로젝트의 비용 및 공기 단축의 효과뿐만 아니라 물류의 평준화를 통한 자재 집중, 자재의 지연, 잘못된 자재 반입, 입고량 증대로 인한 현장의 무질서, 양중 인

력 및 장비의 효율성 저하, 돌팔 공사 발생 등의 문제점을 해결할 수 있다는 것이 기존 연구에서 제시된 바 있다.



그림 2. RFID+4D 시스템의 개발 연혁

표 2. 기존 사례에서의 RFID+4D 시스템 적용 효과

구분	요구 사항
원가 절감 및 공기 단축 (S 사 내부 보고서)	<ul style="list-style-type: none"> 공사비의 약 0.5% 절감효과 (가설·야적장 임대 면적 절감, 자재 Loss 절감, 공기단축에 따른 장비비 절감, 인원관리 효율 향상, 공기 단축에 의한 간접비 절감 등) 약 90일 (철골, 커튼월 공사의 총단 공기 단축)
관리 및 야적 시간 단축 (Chin 2008)	<ul style="list-style-type: none"> 기존 관리 방식 대비 약 17% 단축 야적 기간 약 43% 단축
자원 평준화 (윤수원 2008)	<ul style="list-style-type: none"> 입고(약 30%) 및 설치(약 26%)의 비작업 작업일 감소 1일 최대 입고(약 7%) 및 설치량(약 16%) 감소 표준 편차 감소 → 자원 평준화에 기여

3.2 RFID+4D 프로세스 개선 방안 도출

기존의 RFID+4D 프로세스는 대형 건설 현장에서 철골, PC, 커튼월 공사와 같은 주문형 공장 생산 자재의 물류 관리 및 진도 관리에 있어 효과적인 관리 수단으로 활용 가능하다.

하지만 이러한 프로세스를 반영한 RFID+4D 시스템은 기대 효과에 비해, 국내외적으로 활용의 빈도가 높지 않은 상태에 있다. 이에 본 연구에서는 철골 공사를 대상으로 기존 RFID+4D 시스템의 프로세스를 조사하고, 해당 프로세스를 실무에서 적용한 실무자를 대상으로 시스템의 확산의 문제점에 대한 조사를 실시하였다.

〈그림 3〉은 철골 공사에서 RFID+4D 시스템을 적용한 프로세

스와 현장 조사에서 도출된 문제점을 도식화한 것이다.

위의 <그림 3>에서 나타난 바와 같이, 기존 RFID+4D 프로세스의 경우, 부재에 부착되는 RFID tag의 부착율 등의 문제뿐만 아니라, 현황을 모니터링 하는 4D 시스템의 정보 반영 지연에 대한 문제가 있는 것으로 조사되었다.

이중 4D 부분의 실시간 데이터 미반영의 문제는 <그림 4>에

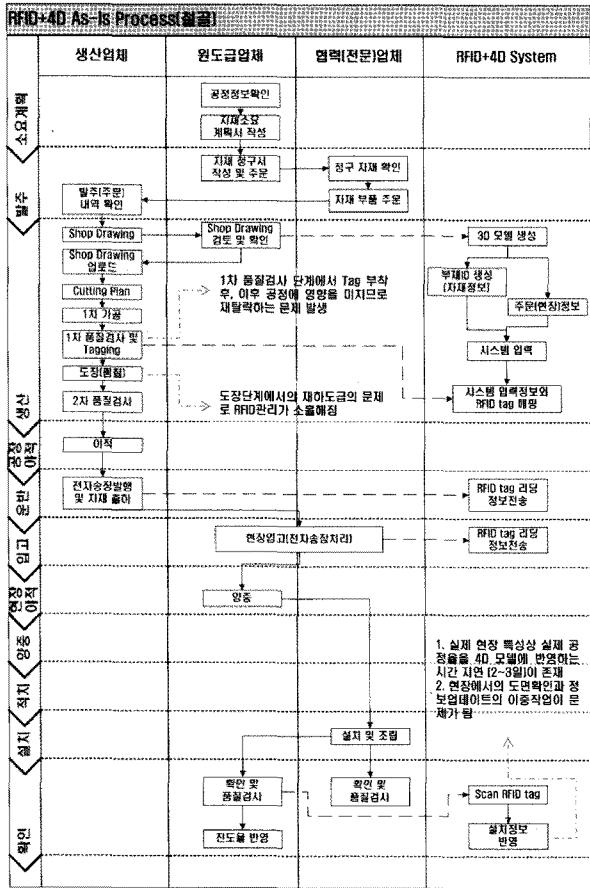


그림 3. 기존 시스템의 철골 프로세스 분석 및 보완 사항 도출

서 볼 수 있듯이 기존 시스템의 구조 및 운영 방식에서 기인하는 것이다. 즉, 초기 BIM 모델러를 통해 생성된 3D 데이터와 RFID 기술을 통해 수집된 데이터를 기반으로 물류 및 진도관리를 하는 웹 시스템이 분절되어 있고, 웹에서 조회되는 4D 시뮬레이션이 파일 단위로 1일 이상의 단위로 웹에 업데이트 되는 구조를 가짐으로써, 웹에서 나타나는 진도 정보와의 괴리가 발생하고 있다. 또한 정보의 업데이트를 위한 별도의 인원이 필요함으로써 운영비용이 상승하는 한계를 가지고 있다.

따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 시스템의 구조 및 기능 개선이 필요한 상태에 있다. <표 3>은 실시간 정보 관리를 위한 RFID+4D 프로세스 개선 사항을 정리한 것이다.

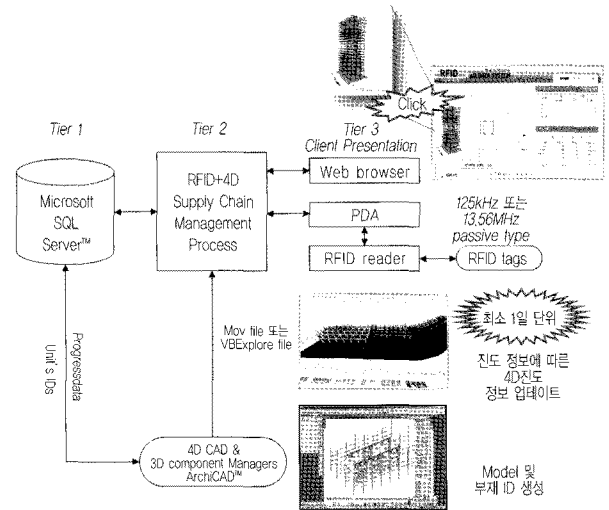


그림 4. 기존 RFID+4D 시스템 아키텍처 및 개선 사항

표 3. 4D 시뮬레이션 기능의 개선 사항

기능	요구 사항
실시간 4D viewer	· 실시간 진도 및 물류 정보가 검색될 수 있도록 웹 기반으로 변경
진도 정보 업데이트	· 기존 수작업 방식에서 DB와 연동한 자동화 프로세스로 변경
BIM 데이터의 재활용 및 용량 처리	· BIM 모델러에서 생성된 부재 ID, 위치, 자원 등에 대한 정보의 재활용 및 웹에서 대용량의 모델 정보를 확인할 수 있는 성능 확보
계획 및 실행 시공 시뮬레이션	· BIM 모델러에서 초기 또는 필요 시 지원되던 시공 계획 시뮬레이션 및 실제 수행된 데이터를 기반으로 한 시공 시뮬레이션을 웹에서 실시간으로 지원함으로써 활용도 향상 필요
자원 정보 조회 및 확인	· 부재의 자원과 관련된 사항을 실시간으로 확인할 수 있는 기능 필요

4. 실시간 관리를 위한 체계 및 시스템 개발

4.1 실시간 물류 및 진도관리 체계 제안

4.1.1 필요 속성 추출

<표 3>에서 제시된 요구사항을 반영하기 위해서는 먼저 BIM 모델러가 가지고 있는 각 부재별 형상 정보와 부재 자원 정보를 추출하고, 각 부재의 상태 정보에 따른 표현 속성, 시공 순서에 따른 시뮬레이션을 위한 Show/Hide 속성 등의 추가 정보체계가 필요하다.

본 연구에서는 기존의 BIM 툴이 가지고 있는 속성 정보를 분석하여, BIM 데이터 속성의 추출 가능 범위와 추가적으로 부여가 필요한 정보를 추출하였다.

다음 <표 4>는 기존 RFID+4D 시스템의 구현을 위해 필요했던 데이터를 설계 BIM 모델에서 추출 가능한 범위와 추가로 속성 부여가 필요한 범위로 구분하여 정리한 것이다.

표 4. 물류 및 진도관리를 위해 BIM 모델에서 추출 가능한 정보 분석

구분	추출 가능 정보
추출 가능속성	<ul style="list-style-type: none"> · 형상 정보 (길이, 높이, 부피 등) · 부재 구분 (기둥, 보, 거더 등) · 위치 (동, 층, zone 등) · 재질 (철강 등)- 비중을 통한 무게 등 추출 가능
별도 부여를 통한 추출 가능 속성	<ul style="list-style-type: none"> · 부재 타입 (ID 또는 Layer 등으로 부여 가능) · 시공 순서 (ID 등에 부여 가능)
viewer에서 추가 부여가 필요한 속성	<ul style="list-style-type: none"> · 물류 관리 단계 · 물류 관리 단계별 표현 속성 (색상 등)

〈표 4〉에서 보는 바와 같이, BIM 모델에서 일차적으로 부재의 구분 (기둥, 보, 거더 등), 위치 (동, 층, zone 등), 재질 (철강 등), 형상(길이, 높이, 부피 등)의 추출이 가능한 것으로 조사되었고, 추가적으로 BIM 모델의 생성 시, 부재의 ID 등을 통해 부재 타입 (형태가 동일한 부재 코드), 시공 순서 등의 정보를 생성할 수 있다.

하지만 기존의 RFID+4D 시스템에서 부재의 관리 단계별 속성을 표현하기 위한 색 속성 부여는 특정 BIM 툴의 Add-on으로 개발된 기능으로 일반적인 BIM 툴에서는 추출이 힘든 정보로 웹 viewer 개발 시, 별도 속성 부여가 필요한 것으로 조사되었다.

4.1.2 프로세스 및 체계 개선 방안 제안

기존 BIM에서 추출된 정보를 기반으로 RFID 및 웹 시스템에서 수집·관리되는 실시간 정보를 활용하기 위해서는 수천~수만에 이르는 부재의 형상 및 관련 정보를 나타내기 위한 IT 기술이 요구된다.

하지만 RFID+4D 시스템 등이 요구되는 대형 프로젝트의 경우, 기존의 BIM 모델에서 export되는 정보는 현재까지 용량 등의 문제로 웹에서 활용이 어려운 상태에 있다.

따라서 본 연구에서는 〈그림 5〉와 같이, 부재 ID를 중심으로 부재의 자원 정보와 형상 정보를 이원화한 시스템 체계 및 이를 활용한 프로세스를 제안하였다.

본 연구에서 제안된 체계는 BIM 데이터에서 추출 가능한 정보를 웹 서버에 부재 ID와 함께 저장하고, 동시에 부재 ID별 형상 정보를 웹 게임 등에서 활용되고 있는 VR 엔진 등을 활용하여 처리하여 대용량 형상 정보를 실시간으로 관리할 수 있다는 특징을 가지고 있다.

그리고 앞서 BIM 데이터에서 추출이 어려운 관리 단계 및 관리 단계별 구분 속성의 경우, 해당 프로젝트의 참여자가 웹을 통해 등록한 관리 단계별로 VR 엔진에서 속성 부여를 통해 활용할 수 있도록 구성되었다.

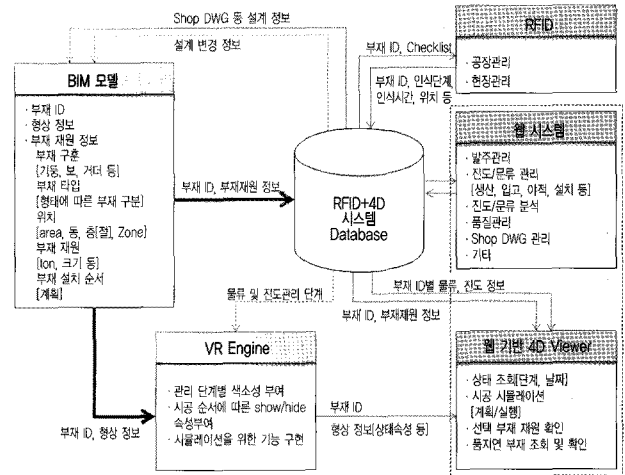


그림 5. 실시간 물류 및 진도관리를 위한 체계 및 프로세스

4.2 웹 기반 실시간 4D 시뮬레이터 개발

〈그림 5〉에서 제시된 실시간 물류 및 진도관리를 위한 체계 및 프로세스를 바탕으로 본 연구에서는 기존의 RFID+4D 시스템을 개선한 시스템을 개발하였다.

개선된 시스템은 〈그림 6〉의 시스템 아키텍처와 같이, 실시간 4D 시뮬레이터를 활용하여, 그림 3에서 표기된 정보 반영의 지연 문제를 개선하는 구조를 가지고 있으며, BIM 모델러로는 ArchiCAD와 VR 상용 Engine으로는 Virtools라는 상용 솔루션을 활용하였다.

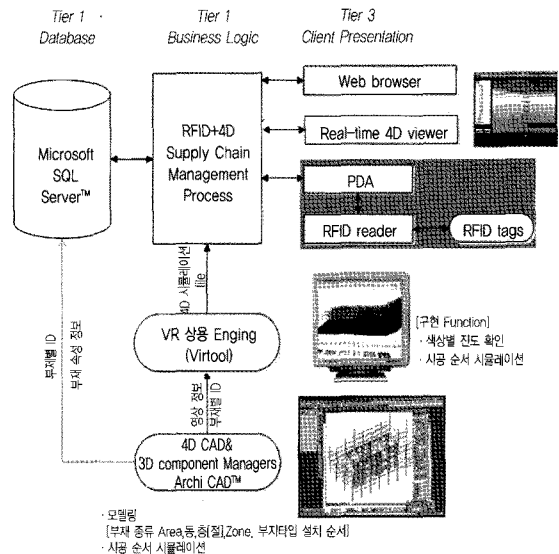


그림 6. 개선된 프로세스 및 체계를 반영한 시스템 아키텍처

〈그림 7〉은 본 연구를 통해 개발된 4D 시뮬레이터의 기능 구성을 도식화한 것으로, VR 엔진을 통해 재구성된 4D 모델의 조

회, 위치별 조회 기능, 그리고 선택된 부재의 자원 및 상태 정보의 조회 기능을 제공하도록 구성되었다.

또한 기존 프로세스의 경우, BIM 모델러에서 가능하던 계획 시뮬레이션과 실적 데이터를 반영한 시공 현황 시뮬레이션을 개발된 웹 기반 4D 시뮬레이터에서 가능하도록 하여 시스템 환경에 관계없이 계획 대비 실행을 검토할 수 있도록 기능을 구성하였다.

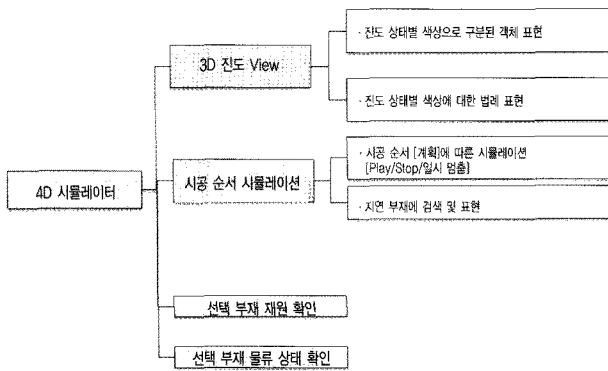


그림 7. 웹기반 4D 시뮬레이터의 기능 구성

<그림 8>은 개발된 웹 기반 4D 시뮬레이터의 메인 화면을 나타낸 것이고, <그림 9>는 기존 RFID+4D 시스템을 기반의 RFID와 웹 시스템과 연계한 시공 시뮬레이션 모습을 도식화 한 것이다.

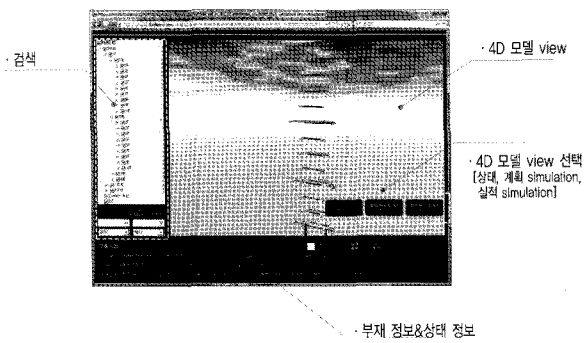


그림 8. 개발된 web 기반 실시간 시뮬레이터(status 조회)

추가적으로 본 연구에서는 상용 BIM 데이터에서 웹 서버의 DB로 부재 ID 및 자원 정보를 연계하기 위하여 <그림 10>과 같이 정보 추출 및 연계 시스템을 상용 BIM 모델러의 Add-on 시스템으로 개발하였다.

개발된 기존 BIM 모델러의 Add-on 시스템은 <표 3>에서 제시한 속성을 바탕으로 구현되었으며, 연구에서 개발된 시스템의 경우는 <그림 6>의 시스템 아키텍처에서 언급한 바와 같이 ArchiCAD를 기반으로 개발되었다.

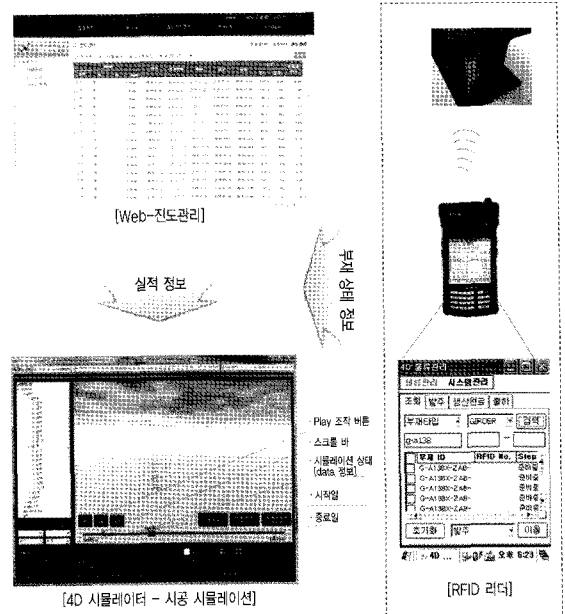


그림 9. 기존 RFID+4D 시스템과 연계한 시공 시뮬레이션

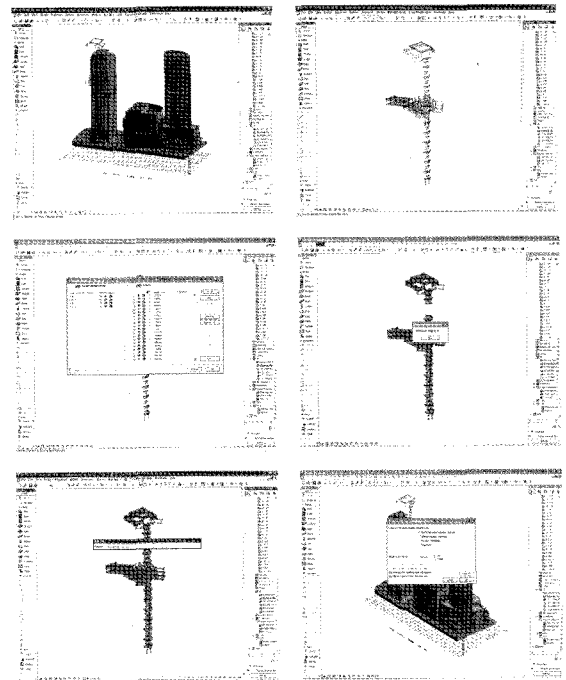


그림 10. 상용 BIM 모델러와 정보 추출 및 연계를 위해 개발된 Add-on

5. 성능 검증 및 활용 방안

제안된 프로세스 및 체계의 효과 검증은 다음 <그림 11>에 나타난 개선 프로세스와 <그림 3>에서 제시된 프로세스 중, 웹기반 실시간 4D 시뮬레이터가 적용되는 4D 정보 조회 기능을 중심으로 필요조건 검토 및 조작 시간을 측정하여 비교하는 방식

으로 실시되었다.

테스트를 위한 BIM 모델은 RFID+4D 시스템을 적용한 바 있는 도시지 대형복합 프로젝트인 D 프로젝트의 주거동의 약 1,100개 정도의 철골 부재를 대상하였으며, 성능 및 관리 시간 측정은 각각 10회 걸쳐 수행하고 이에 대한 평균값을 비교하였다.

다음 <표 4>는 테스트 결과를 정리한 것이다. 테스트 결과 <표 4>에서 나타난 바와 같이 개발된 시스템의 적용은 시스템 구성에 대한 제약 사항 저감, 관리 단계의 단축 및 추가 관리자 배제, 그리고 정보 업데이트 및 관리 시간의 단축효과가 있는 것으로 나타났다²⁾.

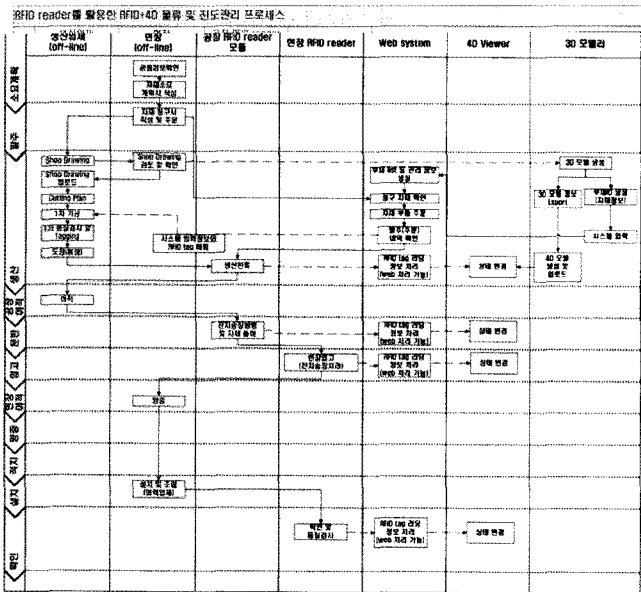


그림 11. 개선된 RFID+4D 시스템의 프로세스 모델

그리고 이러한 테스트 결과를 고려할 때, 본 연구에서 제안된 체계 및 시스템은 본 연구에서 다루고 있는 철골공사뿐만 아니라, 기존의 RFID+4D 시스템에서 다루고 있는 PC 및 커튼월 공사로의 확장이 가능할 것으로 판단된다.

추가적으로 본 연구에서 제안된 체계 및 시스템은 정보의 용량으로 인해 초기 파일 업로드 시, 기존 웹 시스템과 달리 시간이 많이 걸리는 한계(약 3분)를 가지고 있다.

그러나 현재 국내의 BIM 기반 프로젝트의 수행에 있어 도입이 모색되고 있는 BIM+PMIS 등의 기능 구현 등으로 확장되어 전체 공사의 진도 및 협업 등으로 확장 가능할 것으로 기대된다.

표 5. 웹기반 4D 시뮬레이터의 성능 및 효과 검토 결과

구분	기존 RFID+4D	웹 기반 4D 시뮬레이터 적용
초기 모델링 검토를 위한 정보 검색 시간	· 4D 검토용 파일 다운로드(약 30초) · 검토용 파일 오픈 (약 2분)	· 4D 시뮬레이터 클릭 시, 초기 파일 업로드 (약 3분)
시공 시뮬레이션	[조건] · D사가 제공하는 ArchiCAD add-on 구동 시, 가능	[조건] · 웹 시뮬레이터에서 항상 가능
	[시간] · 시뮬레이션 버튼 클릭 시, 바로 작동	[시간] · 시뮬레이션 버튼 클릭 시, 바로 작동
RFID 또는 웹에서 입력된 데이터의 반영	[조건] · 별도의 관리자가 BIM 틀에서 해당 DB를 연결하여, 정보를 업데이트하고, 해당 내용을 반영한 4D 검토용 파일 생성 및 업로드	[조건] · 시뮬레이터에서 해당 내용 반영을 위한 refresh 필요
	[시간] · 주기 (1일 이상) · DB 연결 및 업데이트 (약 5분) · 4D 검토용 파일 생성 (약 10분) · 검토용 파일 업로드 (약 2분)	[시간] · 정보 업데이트를 위한 refresh 시, 10~20초 소요

6. 결론

본 연구는 건설 프로젝트의 효과적인 물류 및 진도관리를 위해 기존에 개발되어 활용되고 있는 RFID+4D 기술의 성능 향상 및 사용성 확대를 위하여, 실시간 4D 정보 확인 및 관리를 위한 체계 및 프로세스를 제안하고, 이를 반영한 웹기반 실시간 4D 시뮬레이터 개발 및 제안된 체계 및 프로세스의 효과 검증을 실시하였다.

본 연구를 통해 제안된 체계 및 프로세스는 최근 건설 산업에서 이슈화되고 있는 BIM 모델을 활용하여, 보다 손쉽게 4D 모델을 구성하기 위한 방안을 담고 있다. 또한 이러한 체계 및 프로세스 적용을 통하여, 기존의 RFID+4D 시스템이 가지고 있는 모델링 비용, 실시간 정보 반영의 난이, 시스템 운영을 위한 추가 인력 배치의 문제가 해결 가능함을 알 수 있었다.

그리고 본 연구에서 제안된 체계 및 프로세스는 기존 RFID+4D 시스템의 프로세스 개선뿐만 아니라, 설계 단계의 BIM 모델을 시공 단계에서 활용하기 위해 고려되어야 할 대용량 파일의 처리, 설계 정보와 시공 단계의 관리 정보의 상이, 협업을 위한 실시간 정보 공유 등의 문제를 해결하기 위한 방안의 일환으로 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서 제안된 물류 및 진도관리를 위한 BIM 데이터의 추출 및 연계의 예는 철골 등의 물류 및 진도관리를 위한 것이다. 향후 타공종 및 관리 영역으로의 확대를 위해서는 해당 정보의 추출 및 연계에 관한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

끝으로 본 연구는 기존의 RFID+4D 프로세스 중, 4D 정보의

2) <표 4>에 나타난 테스트 시간은 3D 정보 등의 조회에 관한 내용으로 컴퓨터 사양에 따라 다소 상이한 결과를 나타낼 수 있으며, 본 연구에서는 테스트를 위하여 워크스테이션급 노트북을 활용하였음.

실시간 관리에 초점을 맞추어 기존 시스템의 성능향상을 위한 체계를 제안하였다. 그러나 <그림 3>에서 나타난 바와 같이 본 연구에서 제시하고 있는 RFID를 활용한 공급망(Supply Chain System) 관리를 위해서는 공장(supplier) 및 협력업체의 IT 기술에 대한 인식 전환 및 적극적 협업에 대한 방안 마련과 RFID 기술의 인식 성능 및 인식 거리 향상 등이 필요하다. 앞으로 이에 대한 추가 연구를 통해 보다 효과적인 현장 적용 및 기술 확산 방안이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 건설교통 R&D정책 인프라사업 (과제 번호 : 09TRPI-C053953-01)의 지원으로 이루어진 것으로, 본 연구를 가능하게 한 국토해양부 및 한국건설교통기술평가원에 감사드립니다.

참고문헌

- 신봉수 · 김창덕 (2004). “건설공사의 적시생산(Just-In-Time)을 위한 양중시스템 개발.” 한국건설관리학회 논문집, 제 5권 제 6호, 한국건설관리학회, pp. 235~244.
- 안병주 · 김재준 · 김경래 · 김선규 (1999). “고층 건물 공사 현장 레이아웃의 최적화에 관한 연구.” 대한건축학회 논문집(구조계), 제 15권 제12호, 대한건축학회, pp. 107~119.
- 오명진 · 황영삼 (2002). “IFC기반 건축현장 자재구매관리 모델 개발 가능성에 관한 연구.” 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, 제22권 제2호, 대한건축학회, pp.887~890.
- 임형철 · 송성진 (2004). “현장 공정 커뮤니케이션을 통한 공장생 산자재의 공급 및 생산관리 방안에 관한 연구.” 대한건축학회 논문집(구조계), 제 20권 제4호, 대한건축학회, pp. 143~152.
- 윤수원 (2008). “RFID 기반 커튼월 공사 물류 및 진도 통합 관리 시스템.” 성균관대학교 박사학위 논문.
- Arbulu, J. R. and Tommelein, D. I. (2002). “Value Stream Analysis of Construction Supply Chains.” Proceedings of IGLC-10, Gramado, Brazil.
- Chin, S. · Yoon, S. W. · Kim, Y. S. · Ryu J. · Choi, C. and Cho, C. Y. (2005). “Real time 4D CAD+RFID for Project Progress Management.” Proceedings of construction Research Congress, San Diego, California, U. S. A. pp. 33~43.
- Chin, S. · Yoon, S. W. · Choi, C. and Cho, C. (2008). “RFID + 4D CAD for Progress Management of Structural Steel Works in High-Rise Buildings.” Journal of Computing in Civil Engineering, 22(2), ASCE, pp. 74~89.
- Esin E. · Burcu, A. · Bill, E. and Jeff, K. (2007). “Tracking Components and Maintenance History within a Facility Utilizing Radio Frequency Identification Technology.” Journal of Computing in Civil Engineering, 21(1), ASECE, pp. 11~20.
- Fiho, A. and Menezes, E. (2002). “Development of an Operational Parameter Measuring System.” Proceedings of IGLS-10, Gramado, Brazil.
- Jaselskis, E. J. · Anderson, M. R. · Jahren, C. T. · Rodriguez, Y. and Njos, S. (1995). “Radio-Frequency Identification Application in construction Industry.” Journal of Construction Engineering and Management, 121(2), ASCE, pp. 189~196.
- Jaselskis, E. J. and El-Misalami, T. (2003). “Implementing Radio Frequency Identification in Construction Process.” Journal of Construction Engineering and Management, 129(6), ASCE, pp. 680~688.
- Naven, R. and Goldschmidt, E. (2002). “Monitoring Labor Inputs: Automated-Data-Collection Model and Enabling Technologies.”, Automation in Construction, 12(2), pp. 185~199.
- Pheng, S. P. and Chuan, C. J. (2001). “Just-In-Time Management of Precast Concrete Components.” Journal of Construction Engineering and Management, 127(6), ASCE, pp. 494~501.
- Song, J. · Haas, C. T. Caldas, C. · Ergen, E. and Akinci, B.(2005). “Automating the task of tracking the delivery and receipt of fabricated pipe spool in industry projects.” Automation in construction, 15(2), pp. 166~177
- Vela systems (2007). http://www.cif.org/noms/2008/09_-_Real-Time_BIM-RFID_Project_Management.pdf (2011. 02. 15)

논문제출일: 2011.03.16
 논문심사일: 2011.03.18
 심사완료일: 2011.03.25

Abstract

There have been research and developments for effective and efficient logistics and progress management in a construction project. Among them, RFID+4D has been developed for the supply chain management of long-lead item materials such as steel component, precast concrete component and curtain wall by integrating RFID with 4D CAD. And the feasibility of RFID+4D has been verified and validated and the benefits in terms of time and cost were shown in several case studies. However, the previous development of RFID+4D has not been adapted widely because of additional modeling cost, non-real time data update, additional labor for data update, and so forth. Therefore, this research has proposed a framework and process for solving these problems. And the web based real-time simulation system has been developed and verified based on the proposed framework. The proposed framework and process can improve the existing RFID+4D system in a construction project by saving its operation cost and utilizing project information more efficiently and effectively. Also it is expected that the proposed framework could be applied to a method transferring design BIM data to construction BIM data.

Keywords : *Radio Frequency Identification, 4D, 4D Simulator, Logistics, Progress Management, BIM based Construction Management*
