

# VRML기반 실시간 RFID+4D 진도관리 시스템 개발

## VRML based Realtime RFID+4D Progress Management System Development

**박재현\***  
Park, Jae-Hyun

**윤수원\*\***  
Yoon, Su-Won

**최철호\*\*\***  
Choi, Cheol-Ho

**진상윤\*\*\*\***  
Chin, Sang-Yoon

### Abstract

Today's construction is higher and more complex. So types and amounts of needed materials for construction project are increasing and those are occurred problems in construction site such as insufficient working space, confusion of materials handling order and working circulation.

Because of those problems, research of progress management system using RFID+4D has been studied, but it is impossible to manage progress and material statement in real-time. So this study analyzed problems of current research and suggested VRML based RFID+4D Progress Management System. This Study focused on system basic concept and interface is designed for system development. This research is still progressing, so it has to do more development and research. However, it could be expected construction management efficiency and automation of management tasks.

**키워드 :** VRML, RFID+4D, 진도관리, 진도관리 시스템

**Keywords :** VRML, RFID+4D, Progress Management, Progress Management System

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건설 프로젝트가 점차 고층화·복잡화됨에 따라 프로젝트 진행을 위한 자원의 종류와 양이 증가하였고 이는 작업 공간 부족, 작업 동선 및 자재 운반 순서의 혼란을 야기했다. 이로 인하여 원활한 공사 관리를 위한 물류의 흐름 및 진도 관리의 중요성이 증가하고 있다.

그러나 기존의 물류 및 진도관리 기술은 건설 자재 공장과 현장 간의 분절된 관리로 인하여 공기 지연, 공사비 증대와 같은 문제점을 발생시켰다. 특히 대형 프로젝트의 경우 사용되는 부재 투입 및 양이 적게는 수천 개에서 많게는 수십여 만개에 이를 수 있기 때문에 공장, 시공회사, 설치 협력업체 등의 관련 주체들 간의 유기적인 업무가 진행될 수 있도록 하는 물류 및 진도관리 시스템이 필요하다.

이러한 현실을 배경으로 기존에 RFID와 4D CAD를 이용한 물류 및 진도관리 기술이 연구되고 있으며, 이 기술은 기존의 물류

및 진도 관리 문제점을 해결하기 위한 매우 효과적인 기술로 볼 수 있다. 그러나 실시간으로 물류 및 진도관리가 이루어지지 않는 기존 기술은 아직 미흡하다고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 건설 프로젝트에 사용되는 부재의 효율적 진도관리를 위한 VRML 기반 실시간 RFID+4D 진도관리 시스템을 개발하고자 한다.

### 1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 VRML기반 실시간 RFID+4D 진도관리 시스템을 개발하기 위한 전반적인 시스템 개념 및 프로세스 설계에 중점을 두고 있다. 이를 위하여 먼저 기존에 진행된 선행 연구의 현황 및 문제점에 대하여 조사하였으며, 다음으로 시스템 개발을 위하여 시스템 요구사항 분석 및 개념 설계를 실시하였다. 마지막으로 앞서 이루어진 요구사항 분석 및 설계를 기반으로 실제 시스템을 개발하기 위한 시스템 인터페이스가 구축되었다.

## 2. 기존 선행 연구 고찰

### 2.1 기존 선행 연구 현황

본 연구진에 의하여 연구되고 있는 기존의 RFID와 4D를 이용한 연구는 다음 <표 1>과 같다. 기존 연구는 건설 프로젝트 진행

\* (주)두울테크 건설정보기술연구소

\*\* (주)두울테크 건설정보기술연구소 팀장, 공학박사

\*\*\* (주)두울테크 대표이사

\*\*\*\* 성균관대학교 건축공학과 교수, 공학박사

에 있어 다양한 주체들이 참여하고 복잡한 공정들로 인하여 공사 관리에 많은 시간과 인력이 투입되는 철골, PC 및 커튼월 공사를 대상으로 하고 있다.

표 1. 기존 RFID+4D 연구 현황

일 자	연구 명
	연구 주요 내용
2004.10	커튼월 모듈 프로세스 분석
	- RFID 기술 현황 및 적용 모델 도출 - 커튼월 공사 프로세스 분석
2005.02	철골 모듈 프로세스 분석
	- 철골 공사 프로세스 분석 - RFID+4D 시스템 구축을 위한 요구사항 도출
2005.10	커튼월 모듈 Prototype 개발
	- RFID+4D Prototype 개발(13.56MHz 기술 도입)
	- D건설 P 프로젝트 시범 적용 - 개발 기술 한계 도출
2005.12	철골 모듈 Prototype 개발
	- RFID+4D 철골 관리 모듈 개발 - S건설 S 프로젝트 시범 적용
2006.03	PC 모듈 Prototype 개발
	- RFID+4D PC 관리 모듈 개발 - S건설 A 프로젝트 시범 적용
2006.10	커튼월 모듈 개발 완료
	- RFID+4D 커튼월 모듈 개발 - D건설 K 프로젝트 시범 적용
2007.05	RFID+4D 관리 시스템 정리
	- 실용화 추진 시도를 통한 보완 사항 도출
	- 시스템 보완 및 기능 개선 - 900MHz 기술 도입 시도

특히 프로젝트의 총 생애주기에서 각 단계별 관리에 초점을 맞춘으로써 각 단계에서 발생하는 오류, 시공 오류로 인한 재작업, 비효율적인 정보관리로 인한 작업 중복, 오류, 누락 등의 문제를 해결하는 데에 중점을 두고 있다.

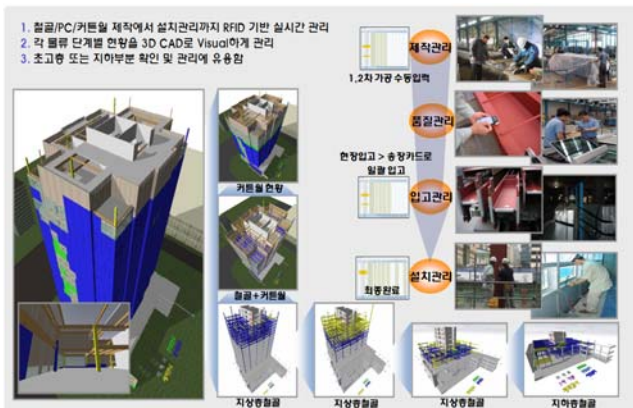


그림 1. 기존 RFID+4D 시스템

## 2.2 기존 선행 연구의 문제점

이와 같은 기존의 RFID와 4D를 이용한 건설프로젝트의 철골, PC 및 커튼월 공사의 진도 관리 자동화 기술은 RFID와 4D CAD를 이용하여 철골, PC 및 커튼월 공사의 공장생산에서부터 현장설치에 이르는 일련의 흐름을 웹을 이용하여 온라인상으로 모니터링하고, 해당 프로세스에 필요한 물류 현황, 진도, 품질 관리 지원 및 발주, 송장 발행 등의 업무 자동화를 지원하도록 구축되어 있다.

그러나 기존의 4D기반 진도관리 시스템에서는 시스템 운영을 위한 추가적인 인력 및 비용이 발생하며, 3D CAD 모델을 이용하여 진도현황이 모니터링 되는 환경이 기존의 시스템의 경우 해당 인력이 투입된 상태에서 1일 단위로 운영될 수밖에 없는 구조적 문제를 가지고 있었기 때문에 최종 의사결정까지의 시간이 길어져 시스템의 효율성문제가 발생되고 있었다.

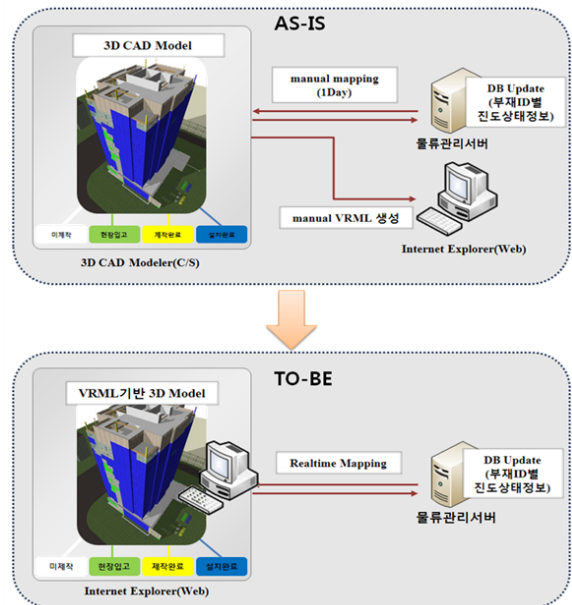


그림 2. 기존 선행 연구 문제점 및 개선 방향

따라서 기존의 4D기반 진도관리 시스템을 보완하기 위하여 기존의 4D CAD 기반 시스템과 웹 시스템의 기능 구분을 개선하여 계획단계에서의 정보 생성, 시뮬레이션 및 설계 변경에 따른 모델 변경은 4D CAD 시스템에서 처리하고, 계획 대비 실적의 분석이 실시간으로 가능한 웹기반 4D Viewer의 개발이 필요하다.

## 3. VRML기반 실시간 RFID+4D 진도관리 시스템 개발

### 3.1 시스템 요구사항 분석

기존 시스템을 개선한 VRML기반 실시간 RFID+4D 진도관리

시스템을 개발하기 위하여 시스템 요구사항을 조사하였다. 시스템 요구사항 조사는 기존 시스템을 적용 중인 시공 현장 관리자들을 통해 조사되었으며, 조사된 시스템 요구사항은 다음 <표 2>와 같다.

시스템 개발에 요구되는 기능을 분석해보면 크게 다섯 가지로 ArchiCAD Add On, VRML 구현, 3D Model 관리, 부재관리, 마지막으로 진도관리로 나눌 수 있다.

먼저 ArchiCAD Add On은 기존의 4D 시스템을 실시간으로 반영하기 위한 VRML기반으로 모델링 파일을 변환하기 위함이다.

ArchiCAD Add On을 이용하여 호환 파일로 변환된 3D 모델링 파일은 VRML로 구현되며, 이와 같은 VRML기반의 3D 모델링을 이용하여 실시간 진도관리 시스템이 이루어지도록 분석되었다. 이 과정에서 실시간 관리를 위하여 RFID와 연계된 부재관리가 함께 이루어지는데, 부재관리로는 부재 속성 관리와 물류 일자 관리가 이루어질 것을 요구하였다. 관리되는 부재 속성은 3D Model 객체와의 매칭을 위한 ID를 포함하여 부재종류, Type, 규

격, 중량, 길이, RFID Tag No. 등이며, 물류 일자 관리에 있어서는 각 부재의 제작일, 출하일, 이복일, 설치예정일, 설치일 등의 관리가 이루어져야 하는 것으로 분석되었다.

마지막으로 3D 모델링과 부재관리를 기반으로 진도관리가 진행되며, 진도관리로는 계획-실제 비교 시물레이션을 비롯한 시공 순서 시물레이션과 진도 별 부재 색상 분류 기능이 요구되었다.

### 3.2 시스템 개념 설계

앞서 3.1절에서 분석된 시스템 개발 요구사항을 토대로 다음 <그림 3>과 같은 시스템 기본 개념을 설계하였다.

설계된 시스템 기본 개념을 보면 앞서 요구사항으로 분석된 VRML 구현 기능은 웹 기반으로 구현된다. 먼저 ArchiCAD 기반으로 모델링된 3D 모델링 파일을 관련 호환 파일로 변환하며, 이를 웹에서 구현하게 된다. 구현된 VRML은 웹에서 실시간으로 열람가능하게 되며 이 때 웹 시스템 DB와 연동하여 부재 정보 등을 관리하며 시공 순서 시물레이션 등 진도관리를 가능하게 한다.

표 2. 시스템 요구사항

기능명	기능 설명 (요구사항)	세부 개선 사항	요구자
ArchiCAD Add On	호환 파일로 추출하는 기능	ArchiCAD로 모델링된 3D CAD 파일을 단순히 형상 정보만이 아닌 부재종류, Area, 동, 층(절), Zone, 부재타입, 설치 순서와 같은 속성 정보를 포함하여 호환 파일로 추출함.	시공 현장 관리자
		호환 파일 추출 시 위와 같은 속성 정보는 부재 ID 코드로 표현되며, 이는 각각의 객체 Layer 명으로 기록하며 호환 파일로 추출함.	
	웹 DB Structure로 변환하는 기능	호환 파일 추출 과정에서 포함되는 속성 정보(형상 정보 제외)를 기존 시스템 DB Structure에 맞추어 변환하여 전송함.	
VRML 구현	호환 파일을 읽어듦	ArchiCAD Add On을 통해서 추출된 호환 파일을 읽어드려 3D 형상 정보를 표현함. 부재 ID 코드 정보를 가지고 있으며, 이를 통해 웹 DB와의 연계가 가능해야 함.	시공 현장 관리자
	상태에 따라 형상 정보 변환하는 기능	웹 DB에서 실시간으로 전송하는 각 부재의 상태 정보에 따라 부재 색상을 변경하는 등 형상 정보를 실시간으로 변환해야 함. (예: 어떠한 부재 상태가 "0-기본" 에서 "1-진행" 으로 변경되면, "진행" 을 나타내는 색상으로 실시간으로 변경됨)	
3D Model 관리	VRML기반 3D Model 구현	호환 파일을 기반으로 제작된 VRML 형상 정보를 표현하고, 프로젝트 진행 과정에서 발생하는 설계 변경, 부재 종류 변경 등 외형적으로 나타나는 각종 변경 사항을 반영해야 함.	시공 현장 관리자
		형상 정보를 표현하는데 있어 단순히 형상 정보만은 표현하는 것이 아닌 모델링 파일 전체의 객체 정보를 모두 표현하지는 않더라도 부재종류, Area, 동, 층(절), Zone, 부재타입, 설치 순서와 같은 기초적인 정보는 형상 정보와 연계되어야 함.	
		이 때 표현되는 3D Model의 객체 리스트는 Tree View로 표현.	
	3D Model은 Web에서 실시간 열람이 가능해야 함.		
3D Model 객체 선택 기능	3D Model Viewer 상에서 객체 선택 시, 선택 부재 속성을 출력함.		
부재관리	부재 속성 관리	현장에 반입되는 해당 부재에 관하여 3D 모델과의 연계를 위한 속성 정보를 관리. 이 때 부재 반입 시에는 11자리의 코드로 이뤄지기 때문에 3D 모델이 가지고 있는 7자리 코드와 부재 고유 코드와의 연계 방안이 본 과정에서 고려되어야 함.	시공 현장 관리자
		DB에 관리되는 속성 정보 항목으로는 3D Model 객체와의 매칭을 위한 ID를 포함하여 부재종류, Type, 규격, 중량, 길이, RFID Tag No. 등이 필요.	
진도관리	물류 일자 관리	각 부재의 제작일, 출하일, 이복일, 설치예정일, 설치일 등의 물류 일자 관리	시공 현장 관리자
	시공 순서 시물레이션	3D Model 을 이용하여 Plan, Actual 시공 순서 시물레이션.	
		Plan과 Actual 시물레이션 비교를 통한 공사 진행 상황 표시.	
진도 별 색상 분류	각 부재 별 현재 상태에 따른 부재 상황을 3D Model Viewer에 각기 다른 색상으로 분류		

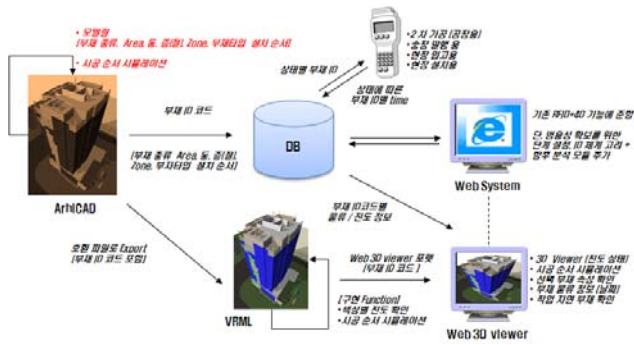


그림 3. 시스템 기본 개념

이와 같은 시스템 기본 개념에서 가장 중요한 것은 물류 및 진도관리 시에 부재를 구분하는 부재 ID 코드라 할 수 있다. 시스템 내부 부재 ID 코드 체계는 다음 <그림 4>와 같다.

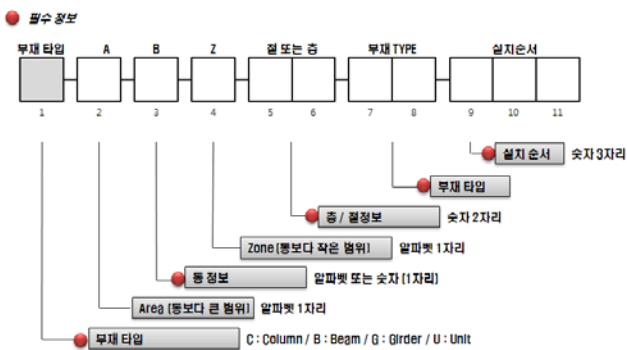


그림 4. 부재 ID 코드 분류 체계

부재 ID 코드는 부재타입, Area, 동 정보, Zone, 층/절 정보, 부재 타입, 설치 순서로 이루어져있다. 이 중 부재타입, 동 정보, 층/절 정보, 부재 타입, 설치 순서 정보는 필수 정보로 꼭 입력되어야 한다.

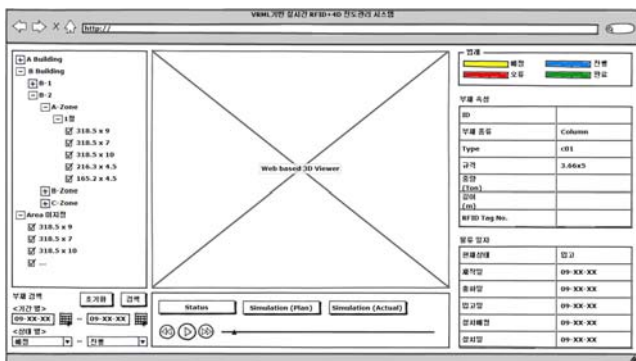


그림 5. 시스템 인터페이스

### 3.3 시스템 인터페이스 구축

앞서 설계된 시스템 개념을 토대로 실제 시스템 개발을 위한 인터페이스를 구축하였다. 구축된 인터페이스는 위의 <그림 5>와

같으며, 인터페이스 구축에는 Balsamiq사의 Mockups 프로그램이 이용되었다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 기존에 진행되고 있던 RFID+4D기반의 물류 및 진도관리 시스템을 개선하기 위한 VRML기반의 RFID+4D 진도관리 시스템에 대하여 연구하였다. 이를 위하여 기존 연구의 현황 및 문제점을 살펴보고, 개선 방향을 수립하였다. 수립된 개선 방향과 현재 적용 중인 현장의 담당 관리자를 통해 조사된 시스템 요구사항을 토대로 시스템 기본 개념을 설계하였으며, 이와 더불어 실제 개발을 위한 시스템 인터페이스를 구축하였다.

본 연구는 아직 완료되지 않은 현재 진행 중인 것으로 추후 보완 및 연구가 이루어질 예정이다. 그러나 추후 이를 이용한 공사 관리의 효율화 및 건설 산업에서의 RFID 기술 적용을 통한 관리 업무 자동화가 기대된다.

## 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.

## 참 고 문 헌

1. Sangyoon Chin, Suwon Yoon, Cheolho Choi, and Changyon Cho, RFID+4D CAD for Progress Management of Structural Steel Works in High-Rise Buildings, Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, Vol.22 No.2, pp.74~89, 2008
2. Sangyoon Chin, Suwon Yoon, Yea-Sang Kim, and Soonwook Kwan, A Project Progress Measurement and Management System, ISARC, 2004
3. Sangyoon Chin, Suwon Yoon, Yea-Sang Kim, Jeongwon Ryu, Cheolho Choi, and Chang-Yon Cho, Realtime 4D CAD + RFID for Project Progress Management, Construction Research Congress, 2005
4. Suwon Yoon, Sangyoon Chin, Yea-Sang Kim, and Soon-Wook Kwon, An Application Model of RFID Technology on Progress Measurement and Management of Construction Works, ISARC, 2006