2009 R

RFI
물
유

09TRPI-C053953-01

Land Transport and Maritim

R&D Report

RFID+4D 기반 철골, PC 및 커튼월 물류/진도 관리 시스템 상용화를 위한 장비 및 시스템 업그레이드

2011

한국

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 R&D 정책 · 인프라사업의 연구보고서입니다.

2009 R&D 정책 · 인프라사업 제 2차년도 최종보고서

09TRPI-C053953-01

RFID+4D 기반 철골, PC 및 커튼월 물류/진도 관리 시스템 상용화를 위한 장비 및 시스템 업그레이드

2011. 09. 02

주관연구기관 / (주) 두올테크
공동연구기관 / 성균관대학교 산학협력단
참 여 기 업 / (주)두올테크

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

이 보고서를 “RFID+4D 기반 철골, PC 및 커튼월 물류/진도 관리 시스템 상용화를 위한 장비 및 시스템 업그레이드에 관한 연구″의 2차년도 최종 보고서로 제출합니다.

2011. 09. 02.

주관연구기관명 : (주)두올테크
주관연구책임자 : 윤 수 원
연 구 원 : 우 정 엽
″ : 마 진 혁
″ : 남 주 현
″ : 윤 인 형
″ : 조 규 헌
″ : 김 도 우
″ : 이 준 형
″ : 박 재 현
″ : 서 정 석
″ : 송 국 근

협동연구기관명 : 성균관대학교 산학협력단
협동연구책임자 : 진 상 윤
연 구 원 : 최 윤 길
″ : 안 치 선
″ : 황 경 훈

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>09TRPI-C
053953-01</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2010.08.13-
2011.04.12</td><td>단 계 구 분</td><td>2/2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="4">R&D 정책 · 인프라사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">RFID+4D 기반 철골, PC 및 커튼월 물류/진도 관리 시스템
상용화를 위한 장비 및 시스템 업그레이드</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">윤수원</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총: 15명
내부: 11명
외부 : 4명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부:100,000천원
기업:70,000천원
계 :170,000천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총: 18명
내부: 14명
외부 : 4명</td><td>총연구비</td><td>정부:200,000천원
기업:140,000천원
계 :340,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명
및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">(주) 두올테크
성균관대학교산학협력단</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">(주) 두올테크</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="5">연구기관명 : 연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td>보고서면수</td><td>164</td></tr>
<tr><td colspan="6">본 연구는 지경부 NET 기술로 지정된 RFID+4D 기반 건설프로젝트의 철골, PC 및 커튼월 공사의 진도 관리 자동화 기술의 상용화를 위한 것으로, 시스템의 상용성을 높이기 위해 RFID tag 부착 장치, 900MHz 대역으로의 기술 적용을 위한 reader 모듈 개발, 그리고 실시간 4D 관리를 위한 web 기반 실시간 4D viewer 개발 및 사용자의 참여도 향상을 위한 시스템 업그레이드를 수행하였음.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">RFID+4D, 진도 관리, 공급사슬관리,
주문형 공장 생산 자재, 관리 자동화</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Progress Management, Supply Chain Management,
Prefabrication Material, Management Automation</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제 목

“ RFID+4D 기반 철골, PC 및 커튼월 물류/진도 관리 시스템 상용화를 위한 장비 및 시스템 업그레이드”

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구의 기존 기술인 RFID+4D 기반 건설프로젝트의 철골, PC 및 커튼월 공사의 진도 관리 자동화 기술은 지식경제부의 NET 지정 기술로 최근 점차 고층화되는 건축공사에서 요구되는 원가절감과 공기단축, 생산성 향상, 그리고 건설인력의 감소와 노령화 등의 문제가 대두되고 있는 현실에서 초고층 빌딩의 주공정(Critical path)상에 위치하고 매우 복잡한 주체와 공정으로 인해 공사 관리에 많은 시간과 인력이 투입되는 철골, PC 및 커튼월 공사를 대상으로 프로젝트의 Life-cycle에서 각 단계별 관리에 초점을 맞춤으로써 발생하는 오류, 잘못된 작업으로 인한 재작업, 비효율적인 정보관리로 인한 작업 중복・오류・누락 등의 문제를 해결하기 위한 관리 솔루션 제공을 목적으로 개발되었다.

하지만 기존 기술을 약 10여개 현장에 적용해 본 결과 RFID 인식 거리, 경제성, 실시간 관리 부재, 협력 업체 참여도 부족 등의 문제가 있어 상용화가 활성화 되지 못하고 있다.

따라서 본 연구는 지경부 NET 기술로 지정된 RFID+4D기반 철골, 커튼월, PC 물류 및 진도관리 기술을 상용화하기 위한 장비 및 시스템 업그레이드를 목표로 장비 개선을 위해 RFID Tag Housing 개발과 소프트웨어 업그레이드를 위해 VRML기반 Realtime RFID+4D 진도관리 시스템 개발 및 상용화를 목적으로 한다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구는 기존 기술의 상용화를 달성하기 위해, 크게 하드웨어 부분과 소프트웨어 부분에 대해 2개년도에 걸쳐 연구를 진행하였으며, 각 년도별로 수행된 연구 내용은 다음과 같다.

○ 1차년도

■ RFID Tag Housing 개선 방안 도출 및 제품 개발

- 철골 모듈용 RFID Tag Housing 방안 개선 및 제품 개발
- PC 모듈용 RFID Tag Housing 방안 개선 및 제품 개발
- 철골/PC용 900MHz 모바일 RFID 리더 장비 개선 및 시스템 업그레이드

■ VRML기반 Realtime RFID+4D 진도관리 시스템개발

- 웹 기반 4D viewer 개발
- 시공 현장 관리자의 엔지니어링 업무 지원을 위한 분석 기능 강화 방안도출

○ 2차년도

■ RFID Tag Housing 개선 방안 도출 및 제품 개발

- 철골/PC 모듈용 RFID Tag Housing Lab test 및 보완
- 커튼월 모듈용 RFID Tag Housing 방안 개선 및 제품 개발
- 개발 장비의 시범 현장 적용 및 기술적 타당성 검증
- 커튼월용 900MHz 모바일 RFID 리더 장비 개선 및 시스템 업그레이드

■ VRML기반 Realtime RFID+4D 진도관리 시스템개발

- 제품 공급가격의 경쟁력 향상을 위한 웹 기반 4D viewer test 및 보완
- 철골 업체의 참여 유도를 위한 공장 관리 모듈 추가
- PC 및 커튼월 업체의 참여 유도를 위한 PC 및 커튼월 업체의 공장 관리 (MRP) 시스템과의 연동 모듈 개발
- 시공 현장 관리자의 엔지니어링 업무 지원을 위한 분석 기능 강화
- 개발 시스템의 시범 현장 적용 및 기술적 타당성 검증
- 기존 BIM 및 PMIS와의 연계 및 차별화 방안 연구

■ 상용화 추진

- 상용화를 위한 제품 안정화
- 영업 전략 구축

Ⅳ. 연구개발 결과

본 연구는 당초 년차별 연구 내용을 준수하여 기존 보유 기술인 RFID+4D 기술의 업그레이드를 위해 하드웨어 측면과 소프트웨어 측면의 연구를 수행하였다.

먼저 하드웨어 측면에서는 철골 및 PC 부재를 대상으로 RFID 기술을 900MHz 대역으로 변경하기 위한 RFID tag 부착 장치 개발(특허 등록번호: 100967092), 900MHz Reader기 모듈 개발 및 현장 테스트를 통한 안정화에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다.

다음으로 소프트웨어 측면에서는 웹 기반의 실시간 4D viewer 개발을 중심으로 철골, PC, 커튼월 시스템을 개선하는 연구 및 이를 반영한 시스템 개발을 수행하였으며, 각 분야별 협력업체의 참여 활성화를 위한 정보 체계 및 시스템 개발과 현장 엔지니어의 업무 지원을 위한 분석 기능 강화에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다. 그리고 개발된 시스템의 타당성 검증을 위한 현장 테스트를 실시하고, 테스트 결과를 반영하였다.

본 연구를 통해 개발된 장치 및 소프트웨어는 기존 시스템의 문제점이었던 RFID 인식 거리 문제, 가격 문제 및 실시간 관리가 되지 못함으로써 발생된 문제점을 해결하기 위한 요소 기술로서 RFID+4D 시스템의 상업성을 현격하게 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

또한 현장 및 공장의 실무자 설문, 인터뷰 및 관리 문서를 통해 분석된 개선 사항을 반영한 시스템은 원활한 현업 적용이 가능하게 할 것으로 판단되며, 특히 실시간 웹뷰어 및 기존 BIM (Building Information Modeling)과의 연계 방법은 최근 이슈화되고 있는 BIM 기술을 시공단계에 적용하는데 유용한 기술로 활용될 것으로 기대된다.

Ⅴ. 연구개발 결과의 활용계획

본 연구의 결과물은 기존 RFID+4D 시스템의 실용화 및 제품화에 활용될 예정이며, 또한 건설 산업의 관련 연구 활성화 및 산업의 기술발전에 기여할 수 있다.

먼저, 실용화・제품화 측면에서는 연구의 성과물인 건설형 RFID Tag 부착장치, 리더기, 휴대용 단말기 등 모든 장비 및 웹 기반 실시간 4D viewer를 포함한 모든 시스템이 제품화될 예정이며, 국내뿐만 아니라 주관연구기관인 (주)두올테크가 보유하고 있는 미국 지사(DoalltechUS)를 통해 해외 진출을 모색할 예정이다.

다음으로 산업 및 관련 연구 측면에서는 연구를 통해 개발된 결과의 활용을 통해 철골, PC, 커튼월 등의 설계/생산/시공/유지관리 단계에 걸쳐 부재의 Life cycle 별 정보를 통합체계에서 효과적으로 관리함으로써 value chain 상에 연계된 모든 업체의 효율성을 높일 수 있는 통합관리시스템으로서 활용될 것이며, 나아가 본 연구에서 적용되고 있는 4D 기술과 RFID 기술은 건설공사에 필요로 되는 모든 자재와 부품 관리뿐만 아니라, BIM 기반의 건설 현장 관리에 적용 가능성이 크므로, 향후 이에 대한 추가 연구나 개발에 있어서 가이드라인 역할을 할 수 있을 것이다.

SUMMARY

Ⅰ. Title

"Equipment and System Upgrade for Commercialization of Steel, PC and Curtainwall's Logistics and Progress Management System based on RFID + 4D"

Ⅱ. Research background and objectives

Existing Construction(Steel, PC and Curtain wall) progress management automation technology based on RFID+4D is developed for providing a management solution that resolves the problems like errors, reworks, overlaps and omissions in construction site. However, after applying this technology on 10 sites, there are some problems detrimental as RFID cognition distance, economical infeasibility, trouble of real-time management, and lack of sub-contractors' participation. Therefore, the Objectives of this research, for upgrading existing system to commercialize, are developing RFID Tag Housing and developing and commercializing VRML based Real-time RFID+4D Progress management system.

Ⅲ. Research contents and scope

This research is running with Hardware part and Software part for 2 years, and each year's research contents are summarized as follows.

○ 1st year

■ Improving RFID Tag Housing and Developing products

- Improving RFID Tag Housing of Steel modules and Developing products
- Improving RFID Tag Housing of PC modules and Developing products
- Improving 900MHz mobile RFID Reader of Steel&PC and System Upgrade

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

- Web based 4D viewer development
- Reinforcement of analysis function for site engineers' duty

○ 2nd year

■ Improving RFID Tag Housing and Developing products

- RFID Tag Housing of Steel/PC modules Lab test and Supplementation
- Improving RFID Tag Housing of Curtain wall modules and Developing products
- Site Application of developed Equipments and verification
- Improving 900MHz Mobile RFID Reader of Curtain wall and System upgrade

■ VRML based realtime RFID+4D Progress Management System Development

- Web based 4D viewer test and Supplement for improving price competitiveness
- Factory Management module's addition for participation of Steel company
- Development of interlocking module with MRP system for PC/Curtainwall company's participation
- Reinforcement of analysis function for site engineers' duty
- Site Application of developed Systems and verification
- Studies on the linkage/differentiation of developed system and BIM & PMIS systems

■ Commercialization Promoting

- Upgrading products for commercialization
- Developing strategy for promoting commercialization

Ⅳ. The results of research

To upgrade existing RFID+4D technology, this research has run with Hardware part and Software part of existing RFID+4D system.

In hardware parts, we have taken the focus on RFID tag development to change RFID technology to 900MHz for Steel/PC/Curtain-wall elements and 900MHz reader's module development. In software parts, we have improved the whole system with developing web-based realtime 4D viewer, analysis module for engineer, web services for connecting the MRP and so forth. And we verified the developed system for its commercialization.

This research results could be provided solutions that resolves the problems like

short reading ranges, economics of RFID technologies. And they will promote the commercialization of RFID+4D systems. Additionally, they will be utilized as a method that BIM has been spreaded in construction phase.

Ⅴ. Future plans and application

This research results could be used in RFID+4D system's commercialization. Also, they could be contributed in construction R&D and technology advancement.

In commercializing, we will sell the developed systems including equipments such as RFID Tag sticking device, Reader, PDA, etc. in Korea construction market. Furthermore, we will seek for overseas expansion through DoalltechUS.

Additionally, this could be make a role as guideline to related research and development in the near future.

CONTENTS

Chapter 1. Instruction ····· 1

Paragraph 1. Research background and necessity ····· 1

1. Research background ····· 1

2. Research development of necessity ····· 5

Paragraph 2. Research objectives and scope ····· 6

1. Research objectives ····· 6

2. Research methods and flow ····· 10

Chapter 2. Domestics and overseas technology development status ····· 11

Paragraph 1. Construction supply chain management research and technology status ····· 11

Paragraph 2. RFID, 4D CAD technology analysis and trends ····· 14

1. Concepts of RFID technology and application status analysis ····· 14

2. Research trends of RFID technology of construction industry ····· 23

3. Concepts of 4D CAD technology of construction industry ····· 27

Paragraph 3. Domestics and overseas competition status ····· 30

Chapter 3. Research development performance contents and results ····· 32

Paragraph 1. Research performance contents and results ····· 32

1. Research performance summary ····· 32

2. outline of research results ····· 34

Paragraph 2. RFID Tag Housing improvement plan conclusion and prototype development ····· 35

1. Reference and technology status analysis for RFID Tag Housing improvement plan conclusion ····· 35

2. RFID Tag Housing improvement plan conclusion ····· 42

3. RFID Tag Housing prototype produce ····· 50

4. Lab Test of RFID Tag Housing prototype ····· 54
5. RFID Tag Housing prototype for commercialization ····· 62
6. RFID(900MHz) Reader module design and development ····· 67
Paragraph 3. Web based realtime 4D viewer development ····· 73
1. Requirement analysis and design for web based 4D viewer development ····· 73
2. Web based realtime 4D Viewer development and main function ····· 82
3. Performance verification of web based realtime 4D Viewer ····· 88
Paragraph 4. Reinforcement engineering analysis function ····· 89
1. Field survey for reinforcement engineering analysis function ····· 89
2. Reinforcement plan for work type engineering analysis function ····· 99
Paragraph 5. Upgrade RFID+4D web system ····· 101
1. Realtime web based 4D Viewer application and reinforcement engineering function flow web system upgrade ····· 101
2. Main function of upgrade RFID+4D system ····· 105
Paragraph 6. Subcontractor participation vitalize way ····· 119
1. Direction establishment for subcontractor participation vitalize way ··· 119
2. Factory management system development for attract participation of steel frame contractor ····· 120
3. Information sharing system suggestion for attract participation of PC and curtail wall ····· 123
Paragraph 7. Field test and validity verification ····· 127
1. Field test contents ····· 127
2. RFID equipment performance test at field ····· 128
3. System operation test ····· 139
Paragraph 8. Linked and differentiated from BIM and PMIS ····· 141
1. Linked and differentiated from BIM ····· 141
2. Linked plan to PMIS ····· 143

Chapter 4. Research development objectives achievement and contribution to related fields ····· 147

Paragraph 1. Research development objectives ····· 147

Paragraph 2. Contribution to research development ····· 148
1. Technical side ····· 148
2. Science and industries side ····· 148

Chapter 5. Plan for research development ····· 150
Paragraph 1. Expected effect of research results ····· 150
1. Technical side ····· 150
2. Society · Economical side ····· 150
Paragraph 2. Use plan of research results ····· 151

Chapter 6. Overseas science technology information from research development process ····· 152
Paragraph 1. RFID based logistics management and RFID+4D status 152
Paragraph 2. SOA (Service-Oriented Architecture) based information exchange system ····· 154

Chapter 7. References ····· 155

목 차

제 1 장 서 론 ····· 1

제 1 절 연구의 배경 및 필요성 ····· 1

1. 연구의 배경 ····· 1

2. 연구 개발의 필요성 ····· 5

제 2 절 연구의 목표 및 범위 ····· 6

1. 연구의 목표 ····· 6

2. 연구의 방법 및 흐름 ····· 10

제 2 장 국내외 기술개발 현황 ····· 11

제 1 절 건설물류관리 관련 국내외 연구 및 기술 현황 ····· 11

제 2 절 RFID, 4D CAD 기술 분석 및 동향 ····· 14

1. RFID 기술의 개념 및 기술에 대한 적용 현황 분석 ····· 14

2. 건설 산업에서의 RFID 기술 연구 동향 ····· 23

3. 4D CAD 기술의 개념 및 기술에 대한 적용 현황 분석 ····· 27

제 3 절 국내외 경쟁 현황 ····· 30

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과 ····· 32

제 1 절 연구 수행내용 및 결과의 개요 ····· 32

1. 연구 수행 내용 ····· 32

2. 연구 결과의 개요 ····· 34

제 2 절 RFID Tag Housing 개선 방안 도출 및 시작품 개발 ····· 35

1. RFID Tag Housing 개선 방향 도출을 위한 문헌 및 기술현황 분석 ····· 35

2. RFID Tag Housing 개선 방안 도출 ····· 42

3. RFID Tag Housing 시작품 제작 ····· 50

4. RFID Tag Housing 시작품의 Lab Test ····· 54

5. 상용화를 위한 RFID Tag Housing 시제품 ····· 62

6. RFID(900MHz) Reader 모듈 설계 및 개발 ····· 67

제 3 절 웹 기반 실시간 4D viewer 개발 ····· 73

1. 웹 기반 4D viewer 개발을 위한 요구사항 분석 및 설계 ····· 73

2. 웹 기반 실시간 4D Viewer 개발 및 주요 기능 ····· 82

3. 웹 기반 실시간 4D Viewer의 성능 검증 ····· 88
제 4 절 엔지니어링 분석 기능 강화 ····· 89
1. 엔지니어링 분석 기능 강화를 위한 현장 조사 ····· 89
2. 공종별 엔지니어링 분석 기능 강화 방안 ····· 99
제 5 절 RFID+4D 웹 시스템 개선 ····· 101
1. 실시간 웹 기반 4D Viewer 적용 및 엔지니어링 기능 강화에 따른 Web 시스템 개선 ····· 101
2. 개선된 RFID+4D 시스템의 주요 기능 ····· 105
제 6 절 협력업체 참여 활성화 방안 ····· 119
1. 협력업체 참여 활성화를 위한 방향 설정 ····· 119
2. 철골 업체의 참여 유도를 위한 공장 관리 시스템 개발 ····· 120
3. PC 및 커튼월 업체 참여 유도를 위한 정보 공유 체계 제안 ····· 123
제 7 절 현장 테스트 및 타당성 검증 ····· 127
1. 현장 테스트 개요 ····· 127
2. 현장에서의 RFID 장비의 성능 테스트 ····· 128
3. 시스템 운영 테스트 ····· 139
제 8 절 BIM 및 PMIS와의 연계 및 차별화 ····· 142
1. BIM과의 연계 및 차별성 ····· 142
2. PMIS 시스템과의 연계 방안 ····· 144
제 9 절 상용화 및 홍보 마케팅 전략 ····· 148
1. 수요예측 ····· 148
2. 제품 경쟁력 ····· 148
3. SWOT 분석 ····· 148
4. 상용화 및 홍보 마케팅 전략 ····· 150
5. 경제 편익성 분석 ····· 150

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 관련분야 기여도 ····· 152
제 1 절 연구개발 목표 달성도 ····· 152
제 2 절 연구개발의 대외 기여도 ····· 153
1. 기술적 측면 ····· 153
2. 학술 및 산업 측면 ····· 153

제 5 장 연구개발결과의 활용계획 ····· 155
제 1 절 연구 성과의 기대효과 ····· 155
1. 기술적 측면 ····· 155
2. 사회・경제적 측면 ····· 155
제 2 절 연구 성과의 활용방안 ····· 156

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외 과학 기술 정보 ····· 152
제 1 절 RFID기반 물류관리 및 RFID+4D 현황 ····· 157
제 2 절 SOA (Service-Oriented Architecture) 기반 정보 교환 체계 ·· 159

제 7 장 참고문헌 ····· 160

그림 목차

<그림 1-1> 건설 시공 단계에서의 Supply Chain 관리의 필요성 (커튼월 공사 예) ····· 1
<그림 1-2> 건설 산업에서의 RFID 기술 동향 ····· 2
<그림 1-3> 건설 산업에서의 4D CAD 기술 동향 ····· 2
<그림 1-4> RFID+4D 시스템의 개발 연혁 ····· 3
<그림 1-5> 보유 기술의 개요 ····· 4
<그림 1-6> 기존 기술의 문제점 및 해결 방안 ····· 4
<그림 1-7> 기술개발 목표 ····· 6
<그림 1-8> 기존 기술의 현황 문제점 (RFID 측면) ····· 7
<그림 1-9> 기존 기술의 현황 문제점 (소프트웨어 측면) ····· 8
<그림 1-10> 연도별 연구 진행 ····· 10
<그림 2-1> RFID 시스템 개념 (출처: Ubiquitous Technology Research Center) ····· 14
<그림 2-2> 건설 산업에서의 RFID 기술의 활용 사례 ····· 21
<그림 2-3> 4D CAD를 이용한 공정 관리 및 시공 시뮬레이션 ····· 27
<그림 3-1> 하드웨드 부분의 주요 연구 내용 ····· 32
<그림 3-2> 소프트웨어 부분의 연차별 주요 연구 내용 ····· 33
<그림 3-3> 업그레이드 이전 RFID+4D에 적용된 RFID Tag ····· 36
<그림 3-4> 기존 금속형 Tag 구조의 예 ····· 37
<그림 3-5> 현장 조사 ····· 39
<그림 3-6> Tag Housing(부착장치) 제작(안)-1 ····· 42
<그림 3-7> Tag Housing(부착장치) 제작(안)-2 ····· 43
<그림 3-8> Tag Housing(부착장치)의 특징 (충격에 대응 및 복원) ····· 43
<그림 3-9> 특허 출원 ····· 44
<그림 3-10> PC 부재를 위한 고리형 Tag Housing과 부착 방법 ····· 46
<그림 3-11> 커튼월 부재에서의 RFID 태그 부착 고려 위치 ····· 47
<그림 3-12> 초기 커튼월용 RFID Tag Housing 방안 ····· 47
<그림 3-13> 압착판 방식의 부착력 테스트 ····· 48
<그림 3-14> 스티커 타입의 부착력 테스트 ····· 48
<그림 3-15> Tag 부착 장치 시작품 제작을 위한 Mock-Up 1안 ····· 50
<그림 3-16> Tag 부착 장치 시작품 제작을 위한 Mock-Up 2안 ····· 51
<그림 3-17> 라벨 타입 Tag를 위한 부착 장치 구성 ····· 51

<그림 3-18> 라벨 타입 Tag를 위한 부착 장치 시작품 ····· 52
<그림 3-19> 카드 타입 Tag를 위한 부착 장치 시작품 (A, B 타입) ····· 52
<그림 3-20> 커튼월 모듈용 RFID Tag Housing 시제품 ····· 53
<그림 3-21> Tag 부착 장치 테스트를 위한 실험 도구 ····· 54
<그림 3-22> Tag 부착 장치의 인식 거리 테스트 모습 ····· 55
<그림 3-23> Tag 부착 가능 위치 ····· 56
<그림 3-24> PC 부재의 Lab Test 과정 ····· 57
<그림 3-25> PC 부재 Tag 부착 위치 ····· 58
<그림 3-26> 커튼월 부재의 Lab Test 과정 ····· 59
<그림 3-27> 커튼월 부재에의 Tag 부착 위치 ····· 60
<그림 3-28> 상용화를 위한 Housing 설계 ····· 62
<그림 3-29> 최종 제작된 시제품 ····· 64
<그림 3-30> 최종 시제품의 인식 성능 테스트 모습 ····· 64
<그림 3-31> 900MHz 대역의 RFID Reader의 구조 및 개발 영역 ····· 67
<그림 3-32> Reader(PDA) 모듈 개발을 위한 시스템 프로세스 정의 ····· 68
<그림 3-33> Reader(PDA) 모듈의 기능 정의 ····· 69
<그림 3-34> PC용 모바일 프로그램의 주요 GUI ····· 72
<그림 3-35> 커튼월 용 모바일 프로그램의 주요 GUI ····· 72
<그림 3-36> 기존 RFID+4D 시스템의 철골 프로세스 ····· 73
<그림 3-37> PC 공사에서의 적용 프로세스 ····· 73
<그림 3-38> 기존 시스템의 철골 프로세스 분석 및 보완 사항 도출 ····· 74
<그림 3-39> 기존 시스템의 PC 프로세스 분석 및 보완 사항 도출 ····· 75
<그림 3-40> 기존 RFID+4D 시스템 Architecture 및 개선 사항 ····· 76
<그림 3-41> 실시간 물류 및 진도관리를 위한 체계 및 프로세스 ····· 79
<그림 3-42> 사용자 인지 및 프로젝트별 변경 최소화를 위한
표준 ID 체계 ····· 80
<그림 3-43> 웹 기반 실시간 4D viewer의 기능도 ····· 81
<그림 3-44> RFID+4D 시스템과 웹 기반 실시간 4D Viewer의 관계 ····· 82
<그림 3-45> 개발된 웹 기반 실시간 viewer 및 기능 설명 (status 조회) · 83
<그림 3-46> 개발된 웹 기반 실시간 viewer 및 기능 설명 (시뮬레이션) ·· 83
<그림 3-47> 개발된 웹 기반 실시간 viewer를 이용한 계획 simulation ·· 84
<그림 3-48> 개발된 웹 기반 실시간 viewer를 이용한 실행 simulation ·· 85
<그림 3-49> 개발된 웹 기반 실시간 4D viewer를 활용한 커튼월
현황 조회 ····· 86

<그림 3-50> 상용 BIM 모델러(ArchiCAD)와 정보 추출 및 연계를 위해 개발된 Add-on ····· 87
<그림 3-51> RFID+4D 기반 물류/진도관리 시스템 업그레이드 방안 도출을 위한 인터뷰 샘플 (철골 공종의 예) ····· 89
<그림 3-52> 현장 방문 모습 ····· 90
<그림 3-53> K엔지니어링 철골자재 생산관리 현황 ····· 91
<그림 3-54> K엔지니어링社 Member Control Sheet ····· 92
<그림 3-55> K엔지니어링社 송장 ····· 93
<그림 3-56> PC 제작과정 ····· 94
<그림 3-57> 표면의 부재코드 ····· 95
<그림 3-58> H社의 생산관리 차트 ····· 95
<그림 3-59> H社의 송장 내용 ····· 96
<그림 3-60> 커튼월 업체의 자재 주문 및 생산 의뢰서 ····· 97
<그림 3-61> 커튼월 업체의 설치 현황 분석 사례 ····· 98
<그림 3-62> 개선된 RFID+4D 시스템의 프로세스 모델 ····· 101
<그림 3-63> 최종 개선된 RFID+4D 시스템의 기능도 ····· 102
<그림 3-64> 개선 RFID+4D 시스템의 정보 모델 (ERD) ····· 103
<그림 3-65> 개선된 RFID+4D 시스템 Architecture ····· 104
<그림 3-66> 개선된 RFID+4D 시스템의 로그인 화면 ····· 105
<그림 3-67> Status 관리 화면 (철골 관리) ····· 106
<그림 3-68> 송장 관리 및 송장 화면 (철골관리) ····· 106
<그림 3-69> 품질관리 화면 및 체크리스트 (철골관리) ····· 107
<그림 3-70> 진도현황 화면 (철골관리) ····· 107
<그림 3-71> 물류현황 화면 (철골관리) ····· 108
<그림 3-72> 진도분석보고 화면 (철골관리) ····· 108
<그림 3-73> PC 관리 모듈의 주요 GUI ····· 109
<그림 3-74> PC 관리 모듈의 주요 GUI ····· 110
<그림 3-75> 커튼월 관리 모듈의 주요 GUI ····· 111
<그림 3-76> PC 관리 모듈의 주요 GUI ····· 112
<그림 3-77> 물류코드관리의 협력업체 관리 ····· 113
<그림 3-78> 물류코드관리의 물류코드관리 ····· 114
<그림 3-79> 물류코드관리의 업체/공장관리 ····· 115
<그림 3-80> 물류코드관리의 차량관리 ····· 115
<그림 3-81> 물류코드관리의 체크리스트 관리 ····· 116

<그림 3-82> 시스템 관리의 주요 GUI ····· 117
<그림 3-83> COMMUNITY 기능의 주요 GUI ····· 118
<그림 3-84> 협력업체와의 정보 공유를 위한 시스템 연계 방향 ····· 119
<그림 3-85> 철골 공장 관리 시스템의 기능도 ····· 120
<그림 3-86> 생산관리 GUI (철골 공장 관리) ····· 121
<그림 3-87> 생산현황분석 GUI (철골 공장 관리) ····· 121
<그림 3-88> 생산성 분석 GUI (철골 공장 관리) ····· 122
<그림 3-89> 송장 발행 GUI (철골 공장 관리) ····· 122
<그림 3-90> RFID+4D 시스템과 공장 MRP 시스템간의 정보 공유 방법 ····· 124
<그림 3-91> 웹 서비스를 활용한 호출 결과 ····· 126
<그림 3-92> 현장 테스트 방법 및 개요 ····· 127
<그림 3-93> 철골 공장 및 현장 테스트를 위한 RFID tag 부착 위치 ····· 128
<그림 3-94> 철골 공장에서의 인식 테스트 모습 ····· 129
<그림 3-95> 철골 현장에서의 인식 테스트 모습 ····· 129
<그림 3-96> PC 공장 및 현장 테스트를 위한 RFID tag 부착 위치 ····· 131
<그림 3-97> 스티커 타입의 공장 테스트 모습 ····· 132
<그림 3-98> 스티커 타입의 현장 테스트 모습 ····· 132
<그림 3-99> 고리 타입의 공장 테스트 모습 ····· 133
<그림 3-100> 고리 타입의 현장 테스트 모습 ····· 133
<그림 3-101> 커튼월 공장 및 현장 테스트를 위한 RFID tag 부착 위치 136
<그림 3-102> 커튼월 공장에서의 테스트 모습 ····· 136
<그림 3-103> 커튼월 현장에서의 테스트 모습 ····· 137
<그림 3-104> 시스템 운영 가능성 및 개선 사항 테스트 모습 ····· 139
<그림 3-105> 시스템 테스트 화면 및 데이터 추출 ····· 140
<그림 3-106> BIM 데이터의 활용을 위한 주요 연구내용 ····· 142
<그림 3-107> D사 PMIS의 제공 기능 및 구조의 예 ····· 145
<그림 3-108> RFID+4D 물류관리와 PMIS의 작업 일보 연계 방안 (연계의 예) ····· 147
<그림 6-1> 건설 산업에서의 SOA 기반 시스템 아키텍처의 예 (Cheng 2010) ····· 159

표 목 차

<표 1-1> 기존 사례에서의 RFID+4D 시스템 적용 효과 ····· 3
<표 1-2> 년차별 연구목표 및 주요 수행 내용 ····· 9
<표 2-1> 건설물류관리 관련 연구 고찰 ····· 11
<표 2-2> 국내 RFID 응용서비스 사례
(한국정보사외진흥원 자료 재구성) ····· 16
<표 2-3> 국외 USN 응용서비스 사례
(한국정보사외진흥원 자료 재구성) ····· 18
<표 2-4> RFID 기술의 건설산업 적용사례 ····· 20
<표 2-5> 건설분야에서의 RFID 관련 연구 ····· 24
<표 2-6> 공종별 RFID 적용 사례 및 연구 분석 ····· 26
<표 2-7> 4D CAD 기술의 국내외 적용사례 분석 ····· 28
<표 2-8> 국내외 유사·경쟁기술과의 특징비교(정량적 비교) ····· 30
<표 3-1> RFID 기술의 특징 및 동향 ····· 35
<표 3-2> 주파수별 RFID 구분 및 특성 (자료: ETRI) ····· 36
<표 3-3> RFID 인식 성능 향상을 위한 연구 동향 (김용배 2008) ····· 38
<표 3-4> 현장 인터뷰 및 조사 결과 요약 ····· 40
<표 3-5> 각 분야별 RFID Tag 부착 장치 개발 방향 ····· 41
<표 3-6> RFID Tag 부착 장치의 특허 청구항 ····· 45
<표 3-7> 커튼월 모듈용 RFID Tag Housing 아이디어와 선정(안) ····· 49
<표 3-8> Tag 부착 장치의 인식 성능 테스트 결과 ····· 56
<표 3-9> PC 부재에서의 인식 성능 테스트 결과 ····· 58
<표 3-10> 커튼월 부재에서의 인식 성능 테스트 결과 ····· 61
<표 3-11> 상용 Tag Housing 제작을 위한 물성 테스트 ····· 63
<표 3-12> 최종 시제품의 인식 성능 테스트 결과 ····· 65
<표 3-13> 개발된 시스템의 주요 기능 및 GUI [철골용] ····· 70
<표 3-14> RFID+4D 시스템 개선 사항 ····· 77
<표 3-15> RFID+4D 시스템 개선 사항 ····· 78
<표 3-16> 웹기반 4D 시뮬레이터의 성능 및 효과 검토 결과 ····· 88
<표 3-17> 현장 및 공장 방문 개요 및 조사 내용 ····· 90
<표 3-18> 요구사항 및 개발 현황 ····· 100
<표 3-19> MRP 시스템의 공유 가능 정보 ····· 123
<표 3-20> MRP 시스템과 정보 공유를 위한 Web Service ····· 125

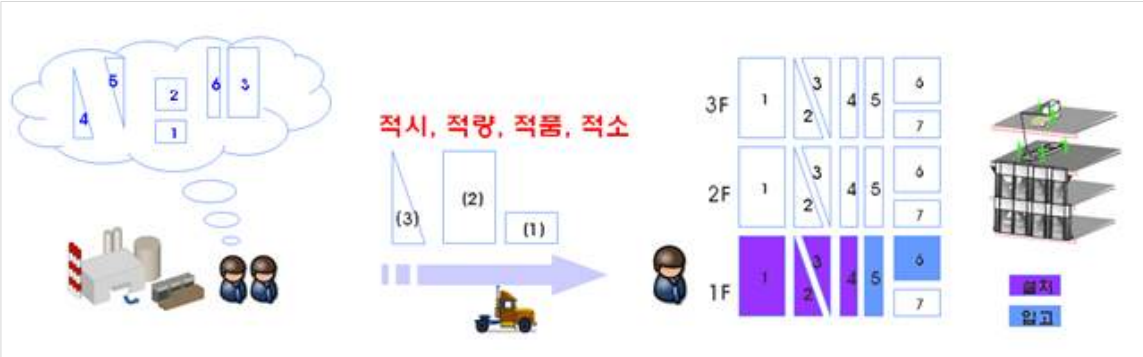
<표 3-20> MRP 시스템과 정보 공유를 위한 Web Service (계속) ····· 126
<표 3-21> 철골 공장 단계별 Test 결과치 ····· 130
<표 3-22> 철골 현장 단계별 Test 결과치 ····· 130
<표 3-23> PC 공장 단계별 Test 결과치 ····· 134
<표 3-24> PC 현장 단계별 Test 결과치 ····· 134
<표 3-25> 커튼월 공장 단계별 Test 결과치 ····· 137
<표 3-26> 커튼월 현장 단계별 Test 결과치 ····· 138
<표 3-27> 테스트 현장 개요 ····· 139
<표 3-28> 국내외 PMIS의 특징 및 동향 ····· 144
<표 3-29> PMIS의 주요 기능 ····· 146
<표 3-30> 본 기술의 향후 매출 추정 ····· 151
<표 4-1> 연구 개발 목표 대비 달성도 ····· 152
<표 4-2> 국내 학술발표 게재 목록 ····· 153
<표 4-3> 국내 학술지 게재 목록 ····· 154

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 배경 및 필요성

1. 연구의 배경

최근 건축 공사가 점차 고층화·복잡화됨에 따라 프로젝트 수행을 위해 필요한 자원의 종류와 양이 증가하고, 이러한 필요 자원의 증가로 인해 작업 공간 부족, 인력 이동과 자재 운반 순서의 혼란 등의 문제를 야기하고 있는 현실에서, 필요 자원을 적절히 할당하여 자원의 평준화가 이루어지도록 물류의 흐름 및 진도를 관리하는 것이 공사 원가의 감소, 자원 흐름의 원활화, 투입 장비의 효율성 개선, 작업자의 생산성 향상 등을 위해 필요하다.



<그림 1-1> 건설 시공 단계에서의 Supply Chain 관리의 필요성 (커튼월 공사 예)

하지만, 기존의 관리 기술은 건설 자재(특히, 공장 제작/주문형) 공장과 현장의 설치 공정 간의 분절된 관리로 인한 오제작, 운반지연 등으로 생산성 저하, 공기지연, 추가 비용 발생 등의 문제가 발생하고 있다.

특히, 대형 프로젝트의 경우 수천 개의 부재 type과 수만~수십만 여개의 주요 부재 및 부속 자재로 구성되는 매우 복잡한 구조를 이루고 있으므로 공장, 시공회사, 설치 협력업체 등간의 효과적인 물류 및 진도관리 방안이 필요함. 또한 수기에 의한 정보 수집 및 관리로 인한 데이터의 신뢰성 저하 및 정보 취합 지연으로 인한 공사 관리의 비효율화가 초래되고 있다.

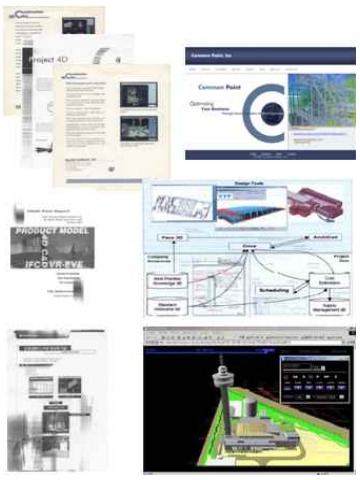
한편, 최근 IT 기술의 발전으로 인해, 건설 산업에서도 RFID, 모바일, 3D CAD, 4D CAD 등 다양한 기술의 적용이 모색되고 있으며, 일부 관리 분야에서는 이를 활용한 실용화가 추진되고 있는 추세에 있다.

이러한 노력의 일환으로 효과적인 물류 및 진도관리를 위해 <그림 1-2>와 같이 RFID(Radio-Frequency IDentification)를 활용한 다양한 시도 및 <그림 1-3>과 같이 4D CAD를 이용한 공사관리 효율화를 위한 시도가 이루어져 왔다.

구분	주요 동향
국내	-구조물 안전, 마감자재, 노무 관리 등을 중심으로 다수의 연구 진행 [건설환경에 적합한 RFID 장비 및 적용 방안 중심] -당사가 개발한 노무, 안전, 레미콘, 토사, 폐기물 등 상용화 ➔ 시장 확대 중
국외	-레미콘, 파이프 스풀, 장비 등을 대상으로 다수의 연구 수행, CII 등의 기관에서 RFID의 기술 적용의 효과 등 제시 -국내 보다 연구의 진행은 활발하나, 건설 산업에서의 실용화는 미진한 상태임

<그림 1-2> 건설산업에서의 RFID 기술 동향

구분	주요 동향
미국	Common Point사의 Project 4D, Bechtel Software 등 다양한 회사에서 3D CAD와 공정관리 프로그램을 연동한 시스템 개발 및 보급 노력
유럽	핀란드 VIT 등에서 4D CAD 관련 시스템 개발 및 현장 적용 시도
국내	대림 산업 (1999년, 특허번호 제0191405호) 등 다수의 연구, 특허 및 실용화 시도



<그림 1-3> 건설산업에서의 4D CAD 기술 동향

특히, 본 연구에서 다루고 있는 RFID+4D 기반 철골, PC, 커튼월 진도 및 물류관리 기술은 RFID와 4D 기술을 접목시켜 물류 및 진도와 관련된 실시간 모니터링뿐만 아니라 수집된 정보를 가시화함으로써 보다 효과적인 관리가 가능한 관리 방식을 제공하는 것으로써, <그림 1-4>와 같이 민간과 국가 R&D 프로젝트를 거쳐 개발된 바 있다.

<그림 1-4> RFID+4D 시스템의 개발 연혁

기존의 RFID+4D 시스템은 국내를 기준으로 약 11개 현장에서 적용된 바 있으며, 아래 <표 1-1>과 같이 프로젝트의 비용 및 공기 단축 효과뿐만 아니라 물류의 평준화를 통한 자재 집중, 자재의 지연, 잘못된 자재 반입, 입고량 증대로 인한 현장의 무질서, 양중 인력 및 장비의 효율성 저하, 돌괄 공사 발생 등의 문제점을 해결할 수 있다는 것이 기존 연구에서 제시된 바 있다.

<표 1-1> 기존 사례에서의 RFID+4D 시스템 적용 효과

구 분	요구 사항
원가 절감 및 공기 단축 (S 사 내부 보고서)	· 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 층단 공기 단축)
관리 및 야적 시간 단축 (Chin 2008)	· 기존 관리 방식 대비 약 17% 단축 · 야적 기간 약 43% 단축
자원 평준화 (윤수원 2008)	· 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

그러나 본 연구진에 의하여 연구되어 개발 기존 RFID, 4D 기술(그림 1-5 참조)은 우수한 기술임에도 불구하고, <그림 1-6>에 나타난 바와 같이 RFID 장비 사용 편의성 및 협력업체 참여 유도 부족 등 업계에 보급하는데 있어 많은 문제점을 가지고 있다. 또한 도입 초기에 많은 비용이 든다는 점도 업계 보급에 걸림돌이 되고 있다.

<그림 1-5> 보유 기술의 개요

<그림 1-6> 기존 기술의 문제점 및 해결 방안

2. 연구 개발의 필요성

앞서 제시된 기존 기술의 문제점을 해결하기 위해서는 본 연구진에 의해 개발되어 오고 있던 RFID, 4D기술의 업그레이드를 통한 보완이 필요하다. 다음은 본 연구 개발의 필요성을 기술적, 경제 · 산업적 측면에서 분석한 것이다.

가. 기술적 측면

RFID+4D 기반 건설프로젝트의 철골, PC 및 커튼월 공사의 진도 관리 자동화 기술은 RFID와 4D CAD를 이용하여, 철골, PC 및 커튼월 공사의 공장생산에서 현장 설치에 이르는 일련의 흐름을 모니터링하고, 해당 프로세스 필요한 물류 현황, 진도, 품질관리 지원 및 발주, 송장 발행 등의 업무 자동화를 지원하도록 구축되어져 있다.

즉, 현재 보유 기술은 RFID, 4D, 모바일 및 web 기술을 활용한 생산 관리 시스템으로 볼 수 있으며, 이러한 종류의 시스템의 활용성 극대화를 위해서는 기존 프로세스의 개선뿐만 아니라, 업무 담당자가 해당 시스템의 손쉽게 사용할 수 있도록 사용자 편의성을 극대화 할 필요가 있다.

또한 시스템과 관련된 다양한 주체들이 (공장 생산관리자, 품질검사자, 출하담당자, 입고처리자, 현장관리자 등) 해당 시스템을 활용하여 각각의 업무 효율성을 높일 수 있는 기능이 제공될 필요가 있다.

나. 경제 · 산업적 측면

본 연구를 제안한 연구진은 지식경제부의 NET 지정을 바탕으로 약 10 여개의 현장을 대상으로 본 기술의 상용화를 추진하였다. 결과적으로 공장의 품질관리자 및 현장의 관리자들로부터 본 보유기술 적용이 해당 산업계에서 관리능력 향상을 위해 필수적이라는 호응을 이끌어 낼 수 있었으나 공장관리 분야에서 활용이 어렵고, RFID Tag의 부착 등 해당 프로세스를 진행하는데 약간의 문제가 있으며, 기술적 한계로 인해 실시간 모니터링 지원 등에 보완이 필요하다는 의견을 받았다. 특히, 본 시스템의 운영을 위해 RFID 등의 기술을 운영하는 주체가 협력업체(자재 공급업체 및 현장 설치업체)인데 반해, 정보수집으로 인해 수해를 보는 주체는 시공업체로 시스템이 구성되어 있어, 시스템의 운영 시, 협력업체 담당자의 적극적 참여를 유도할 수 있는 방안 도출이 필요한 것으로 나타났다.

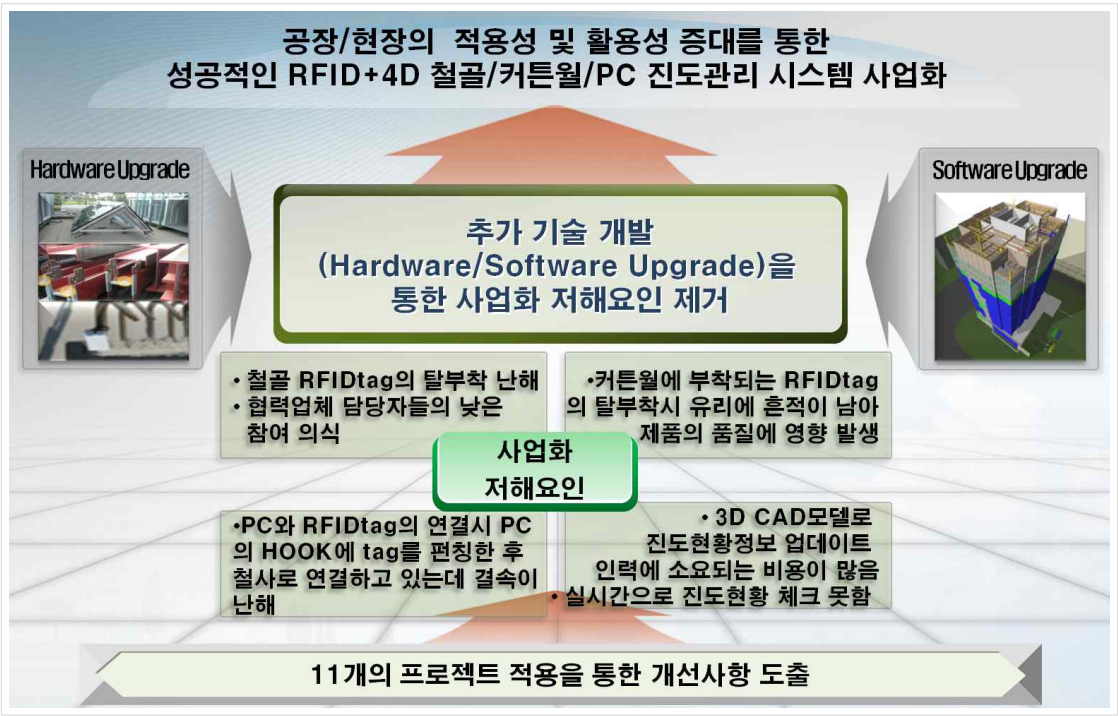
따라서 본 제안 기술의 상용화를 위해서는 앞서 제기된 문제를 보완하여, 사용자의 편의성을 증대하는 방식으로 추가 기술 개발이 필요할 것으로 판단되며, 추가적으로 본 기술을 적용한 제품의 단가를 낮출 수 있는 방안 도출을 통해 시장 접근성을 높일 필요가 있다. 이를 통하여 단순히 해당 산업계에 관련 기술을 보급하는 것 이외에도 RFID 시장의 확대 등 관련 시장의 확대를 이끌어내어 신규 시장 창출 등의 긍정적 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

제 2 절 연구의 목표 및 범위

1. 연구의 목표

가. 최종목표

본 과제에서 이루고자 하는 최종목표는 아래 <그림 1-4>에서 보는 것과 같이 기존에 본 연구진에 의하여 기 보유하고 있는 RFID+4D 물류 기술을 11개 현장 적용을 통하여 도출된 다양한 사업화를 저해하는 요인들의 해결을 통하여 공장/현장의 적용성 및 활용성 증대를 통한 성공적인 RFID+4D 철골/커튼월/PC 진도관리 시스템의 사업화를 이루는 것이다.



<그림 1-7> 기술개발 목표

이에 따라 본 과제는 RFID+4D 기반 철골, PC 및 커튼월 물류/진도 관리 시스템 상용화를 위한 장비 및 시스템 업그레이드를 목표로 아래와 같이 장비 개선을 위해 RFID Tag Housing 개발과 소프트웨어 업그레이드를 위해 VRML기반 Realtime RFID+4D 진도관리 시스템 개발로 세부 목표를 설정하였으며, 각 목표의 세부 내용은 다음과 같다.

(1) RFID Tag Housing 개발(제품개발)

(가) 연구 내용

- 철골, PC, 커튼월 현장의 요구사항 및 장비의 요구 스펙 분석
- 태그 보완을 위한 기술 조사 및 평가를 통한 최적 기술 선정
- 철골 모듈용 RFID Tag Housing 방안 개선 및 제품 개발
- PC 모듈용 RFID Tag Housing 방안 개선 및 제품 개발
- 커튼월 모듈용 RFID Tag Housing 방안 개선 및 제품 개발
- 모바일 RFID 리더 장비 개선 및 시스템 업그레이드
  (기존 125kHz 또는 13.5MHz 대역의 모바일리더 → 개선 900MHz 대역의 모바일 리더)

<그림 1-8> 기존 기술의 현황 문제점 (RFID 측면)

(나) 설정 근거

- 본 연구진은 11개의 프로젝트에 보유기술 적용을 통해 RFID Tag의 공장 및 현장 적용성(탈/부착의 편의성, 인식거리 확대 등)을 극대화하기 위한 다양한 연구와 노력을 수행한 경험을 바탕으로 900MHz 대역의 인식거리가 긴 기술 도입 및 철골, 커튼월, PC의 재료적 물성에 따라 요구되는 부착력 및 요구 강도에 대한 성능은 다르게 설계되고 개발되어야 한다는 결론을 도출하였음.

- 또한 경제성 등을 고려하여, 900MHz 대역의 Tag를 도입할 경우, 시장에서 제공되고 있는 금속용 Tag가 아닌 일반 Tag를 활용할 수 있는 방안 도출이 필요함.

(2) VRML기반 realtime RFID+4D 진도관리 시스템 개발(제품개발)

(가) 연구 내용

- 제품 공급 가격의 경쟁력 향상을 위한 웹 기반 4D viewer 개발
- 철골 업체의 참여 유도를 위한 공장 관리 모듈 추가
- PC 및 커튼월 업체의 참여 유도를 위한 PC 및 커튼월 업체의 공장 관리(MRP) 시스템과의 연동 모듈 개발
- 시공 현장 관리자의 엔지니어링 업무 지원을 위한 분석 기능 강화
- 태그의 탈/부착으로 인한 데이터 변경 사항 추적 기능 보완

<그림 1-9> 기존 기술의 현황 문제점 (소프트웨어 측면)

(나) 설정 근거

- 기존 기술의 현장 적용 결과, 기존에 개발된 프로세스는 RFID에서 수집된 정보를 관리하기 위한 웹시스템과 4D 정보를 생성·관리하는 BIM(Building Information Modeling) 모델러가 분절되어 있음. 이는 4D에서의 정보 반영 지연 문제, 정보 제공을 위한 3D 모델러 상에서 정보 생성 및 관리를 위한 추가 인력 필요 등의 문제를 발생시킴. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 시스템의 이중 구성으로 야기되는 정보 반영 지연 및 정보 업데이트를 위해 추가로 소요되는 인력 등의 문제를 해결하기 위한 방안 도출이 필요함.

- 또한 시스템의 효과적인 적용을 위해서, 자재의 생산 및 설치를 담당하는 협력업체의 적극적 협력이 요구되며, 이를 위해서는 철골과 같이 IT 인프라가 양호하지 않는 협력업체가 활용할 수 있는 공장용 시스템의 제공 또는 기존 공장관리를 위한 MRP 등과의 연동이 요구됨.

- 추가적으로, 시스템의 활용도 향상을 위한 다양한 분석 자료의 제공을 통한 사용자 편의성 향상이 요구됨

나. 년차별 연구목표

본 연구는 최종연구목표를 달성하기 위하여 2개년도로 구분되어 연구가 진행되었으며, 각 년차별 연구내용은 아래 <표 1-2>와 같다.

<표 1-2> 년차별 연구목표 및 주요 수행 내용

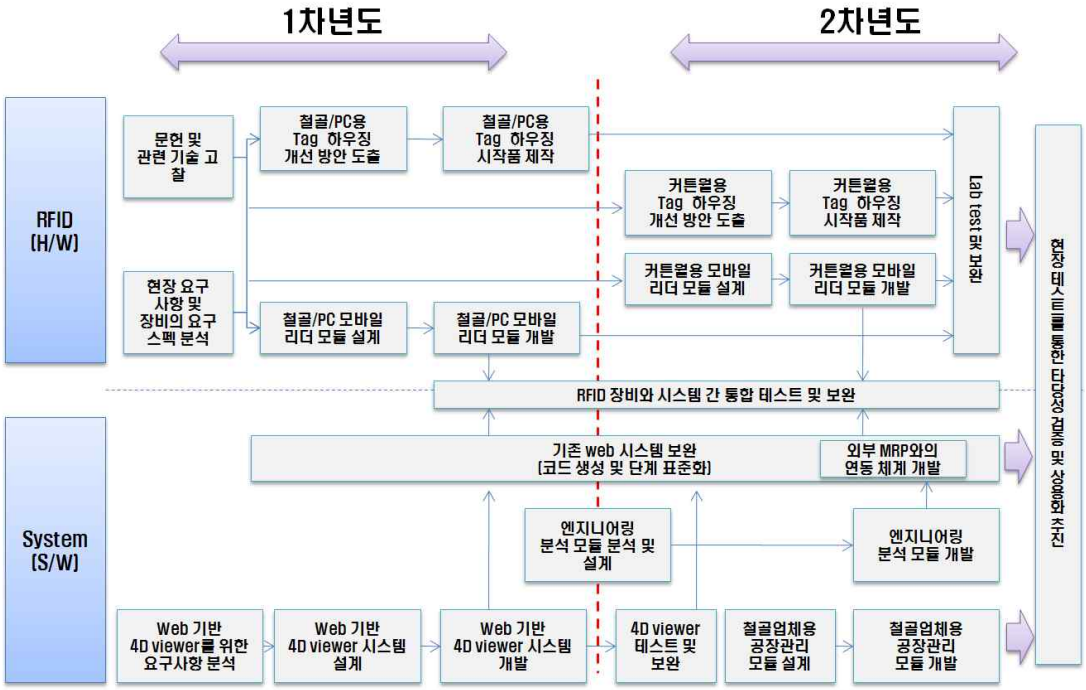
년차	연구 개발 목표	주요연구내용
1	■ RFID Tag Housing 개선 방안 도출 및 제품 개발 - 철골 모듈용 RFID Tag Housing 방안 개선 및 제품 개발 - PC 모듈용 RFID Tag Housing 방안 개선 및 제품 개발 - 철골/PC용 900MHz 모바일 RFID 리더 장비 개선 및 시스템 업그레이드	- RFID Tag Housing 개선 방향 도출을 위한 문헌 및 기술현황 분석 - 철골, PC 현장의 요구사항 및 장비의 요구 스펙 분석 - 태그 보완을 위한 기술 조사 및 평가를 통한 최적 기술 선정 - 철골 모듈용 RFID Tag Housing 개선 방안 도출 - 철골 모듈용 RFID Tag Housing 시작품 제작 - PC 모듈용 RFID Tag Housing 개선 방안 도출 - PC 모듈용 RFID Tag Housing 시작품 제작 - 철골/PC용 900MHz reader 모듈 설계 및 개발
	■ VRML기반 realtime RFID+4D 진도관리 시스템개발 - 시공 현장 관리자의 엔지니어링 업무 지원을 위한 분석 기능 강화 방안도출	- 웹 기반 4D viewer 개발을 위한 요구사항 분석 및 설계 - 웹 기반 4D viewer 개발 - 엔지니어링 분석 모듈 개발을 위한 요구사항 분석 및 설계
2	■ RFID Tag Housing 개선 방안 도출 및 제품 개발 - 철골/PC 모듈용 RFID Tag Housing Lab test 및 보완 - 커튼월 모듈용 RFID Tag Housing 방안 개선 및 제품 개발 (커튼월 업체 대상 요구사항 분석 및 파일럿 테스트 수행) - 개발 장비의 시범 현장 적용 및 기술적 타당성 검증 - 커튼월용 900MHz 모바일 RFID 리더 장비 개선 및 시스템 업그레이드	- 철골 모듈용 RFID Tag Housing Lab test 및 보완 - PC 모듈용 RFID Tag Housing Lab test 및 보완 - 커튼월 모듈용 RFID Tag Housing 개선 방안 도출 - 커튼월 모듈용 RFID Tag Housing 시작품 제작 - 커튼월 모듈용 RFID Tag Housing Lab test 및 보완 - 커튼월용 900MHz 모바일 RFID 리더 장비 개선 및 시스템 업그레이드 - 개발 장비의 시범 현장 적용 및 기술적 타당성 검증
	■ VRML기반 realtime RFID+4D 진도관리 시스템개발 - 제품 공급가격의 경쟁력 향상을 위한 웹 기반 4D viewer test 및 보완 - 철골 업체의 참여 유도를 위한 공장 관리 모듈 추가 - PC 및 커튼월 업체의 참여 유도를 위한 PC 및 커튼월 업체의 공장 관리(MRP) 시스템과의 연동 모듈 개발 - 시공 현장 관리자의 엔지니어링 업무 지원을 위한 분석 기능 강화 - 개발 시스템의 시범 현장 적용 및 기술적 타당성 검증 - 기존 BIM 및 PMIS와의 연계 및 차별화 방안 연구	- 철골업체용 공장관리 모듈 개발을 위한 요구사항 분석 및 설계 - 철골업체용 공장관리 모듈 개발 - 외부 MRP 시스템 연동 체계 개발 을 위한 요구사항 분석 및 설계 - 외부 MRP 시스템 연동 체계 개발 - 엔지니어링 분석 모듈 개발 - 태그의 탈/부착으로 인한 데이터 변경 사항 추적 기능 보완 - 개발 시스템의 시범 현장 적용 및 기술적 타당성 검증
	■ 상용화 추진 - 상용화를 위한 제품 안정화 - 영업 전략 구축	- 시스템 보완 및 제품화 - 영업 전략 도출 - 상용화 추진

2. 연구의 방법 및 흐름

본 연구는 아래 <그림 1-10>과 같이 2개 년도에 걸쳐, 크게 RFID Tag Housing을 개발하는 하드웨어 개선 부분과 VRML기반 realtime RFID+4D 진도관리 시스템을 개발하는 소프트웨어 개선으로 구분되어 진행되었다.

연구의 진행의 기존 기술의 개선 사항 도출을 위한 문헌 및 기술 고찰, 현장 요구사항 조사를 기반으로 1차년도는 철골 및 PC의 하우징 개선과 web 기반 4D viewer 개발에 초점을 맞추어 연구를 진행하였고, 2차년도는 커튼월 부분과 시스템의 사용성 증가를 위한 분석 모듈 및 타 시스템과의 연동에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다.

그리고 개발된 시스템 및 장비는 현장 테스트를 통해 타당성을 검토하였으며, 연구의 최종 목표인 상용화를 위해 국내 최고층 프로젝트인 J 프로젝트를 대상으로 적용을 실무자와 협의 중에 있다.



<그림 1-10> 연도별 연구 진행

제 2 장 국내외 기술개발 현황

본 과제의 선행 보유 기술인 RFID+4D 시스템의 효과적 개선을 위하여, 국내·외에서 연구되고 있는 건설물류관리에 관한 연구 동향을 분석 하였다. 또한 본 연구의 적용되는 RFID와 4D CAD 기술에 대한 국내외 적용 사례와 연구 동향 고찰을 수행하였으며, 이를 근간으로 RFID 장비 및 시스템의 개선 사항을 도출하였다. 본 연구에서 수행한 기존 연구 및 사례 고찰 결과의 주요 내용은 다음과 같다.

제 1 절 건설물류관리 관련 국내외 연구 및 기술 현황

일반적으로 건설자재의 생산에서 설치까지 물류 흐름의 각 단계에 걸쳐 발생하는 정보의 수집・관리는 수작업이나 종이문서기록에 의해 처리되기 때문에 정보의 누락과 함께 소요 시간이 많이 걸리는 문제가 발생하고 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 판매치 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 접목화 함께 다양한 방식으로 이루어지고 있다. <표 2-1>은 건설 물류 관리의 개선에 관한 기존 연구를 정리한 것으로, 기존의 연구가 물류 프로세스 효율화 및 개선, 물류관리 정보 모델 제안, 물류관리 시스템 개발, 양중 효율화, 그리고 물류 관리 효율화를 위한 관리 이론 적용 및 관리 방안 개선 등을 주제로 다양하게 이루어지고 있음을 보여 준다.

<표 2-1> 건설물류관리 관련 연구 고찰

구분	주요 연구	연구 목적	주요 연구 내용
물류 프로세스 효율화 및 개선	이현수 (2002)	정보 분석을 통한 자재관리 프로세스 재설계	-자재관리 업무와 프로세스를 조직과 연계하여 파악하고 업무에 따른 정보를 특성에 따라 분류 및 업무의 흐름을 파악함으로써 이를 바탕으로 업무 프로세스 제시
	안병주 (1999)	고층 건물 공사 현장 레이아웃 최적화	-고층빌딩공사 현장에서 생산성 향상을 위해 현장 레이아웃의 최적화를 수리모델로서 정의, 최적의 현장 레이아웃 계획 방법론 제시

<표 2-1> 건설 물류 관리 관련 연구 고찰(계속)

구분	주요 연구	연구 목적	주요 연구 내용
물류 프로세스 효율화 및 개선	임형철 (2004)	현장 공정 커뮤니케이션을 통한 공장생산자재의 공급 및 생산관리 방안에 관한 연구	- 커튼월 공사를 대상으로 협력업체와 공장, 시공단계의 각 참여주체간의 의사소통을 위해 설치, 자재 현황을 4D-VR등을 이용한 정보관리 방안 제시 - 시공단계를 중심으로 특정현장 분석, 일반화된 방안제시 필요/ Life Cycle 관점의 접근부재
물류 관리 정보모델 제시	오명진 (2002)	IFC기반의 건축현장 자재 구매 관리모델 개발	- IFC (Industry Foundation Class)기반 객체 통합모델링 방법을 활용한 한국형 통합 모델의 가능성 및 통합화의 새로운 안을 제시
	김태학 (2000)	도로공사에서 SOC 시설물의 조달을 위한 프로덕트 모델개발	- 도로공사 조달관리 분야에서 표준분류 체계에 따른 시설물의 수요분석을 통한 프로덕트 모델 개발
	김성아 (2002)	웹기반 건축자재 모델 개발	- CAD와 인터넷 기반 자동화 시스템 모델개발과 prototype 제안을 통해 조달 시스템의 성과 예측과 통합적인 방법으로의 자재조달 모델 제시
물류관리 시스템 개발	임형철 (2003)	건설공사의 적시생산 (Just-In-Time)을 위한 양중시스템 개발	- 커튼월 양중·조달 관리 시스템 구현 및 현장 적용을 통한 타당성 검토 및 기대효과 제시 - 자재의 물류 정보를 모니터링 하는데 초점을 맞춤/Life Cycle 관점의 접근부재
	신봉수 (2004)	건설공사 적시생산 (Just-In-Time)을 위한 조달시스템 개발	- 건설업에서의 JIT생산방식에 대한 정의 및 커튼월 자재의 양중정보 공유를 위한 요구사항 정의
양중 효율화	안병주 (2001)	고층건물공사 마감자재 양중계획의 타당성 검토	- 가상 프로젝트를 대상으로 마감자재 및 작업원의 양중 계획을 수립하고 타당성 검토 방법을 제안
	Arthur (1999)	타워 크레인의 양중 시간 예측을 위한 모델 개발	- precast concrete facades와 concrete skips의 양중 사례를 중심으로 타워 크레인의 양중 시간 예측 모델을 제안 및 검증
	이형수 (2004)	건설공사의 자재관리 효율화를 위한 조달 및 양중시스템 기반구축에 관한 연구	- 사례조사를 통해 건설자재의 조달 및 양중작업의 문제점을 분석하여, 공사참여자간의 의사소통 체계 구축 및 양중계획 업무흐름 개선방안 제시
물류 관리 효율화를 위한 관리 이론 적용 및 관리 방안 개선	Arbulu & Tommelein (2002)	건설 물류 체인의 value stream analysis	- Pipe support의 물류 체인을 대상으로 가치흐름 맵핑(VSM)을 통한 낭비의 개념 검토와 건설 SCM에 적용 방안 제안
	Filho & Menezes (2002)	린 생산 기반으로 한 Operational Parameter Measuring 시스템 제시	- 낭비 작업평가, 사이클 타임, 비용을 측정함으로써 프로세스의 재정립 및 문제를 해결하기 위한 정보 체계 및 시스템 제안
	Pheng & Chan (2001)	PC 부재의 JIT 개념 적용	- 프리캐스트 콘크리트의 Buffer Stock 없는 JIT관리를 위한 방안제시 및 JIT 관리를 위한 단계별 고려사항과 Flowchart 제시

<표 2-1> 건설물류관리 관련 연구 고찰(계속)

구분	주요 연구	연구 목적	주요 연구 내용
물류 관리 효율화를 위한 관리 이론 적용 및 관리 방안 개선	Tommelein & Weissenberger (1999)	철골 공사에 JIT 적용을 위한 Buffer의 위치에 관한 고찰	- 산업건설(플랜트)과 도심지 건설에서의 철골프로세스를 분석하고 JIT 개념을 이용한 도심지 공사의 생산성 향상 및 비용절감 방향을 제시
	Vrijhoef & Koskela (1999)	건설 산업에서의 SCM의 역할과 적용 방안 제안	- 건설 산업에서의 SCM 적용 유형 및 가능성 제시
	박상우 (2004)	커튼월 공사에 SCM 적용 방안 제시	- 커튼월 공사에서 참여주체의 정보공유 및 교류가 가능한 통합정보 시스템구축을 위하여 SCM 적용을 위한 추진 및 구축 방안 제시
	문우경 (2004)	커튼월의 공법 및 조달 유형에 따른 SCM 적용방안	- 커튼월 공사 전체 Life-cycle 관리에 대해 SCM 개념을 적용하기 위해 커튼월의 공법 및 조달유형에 따른 커튼월의 프로세스를 분석하고 SCM의 적용방안을 제시
야적장의 건설자재 위치확인	Esin Ergen (2007)	RFID+GPS를 활용한 야적장 건설자재위치추적 방안	- 야적장의 PC자재 위치확인을 위해 RFID+GPS를 활용방안을 제시하고, 건설환경의 요구분석을 통한 Prototype 시스템 모델 제안 및 테스트 검증

이러한 기존의 물류관리 시스템의 개선에 관한 연구들은 다양하고 복잡한 건설 물류의 실시간 정보 수집의 자동화 도구 개발 및 이를 근간으로 하는 물류 체계 개발에 관한 내용으로 바코드 또는 RFID 기술 등의 정보 기술 적용을 제안하고 있다.

하지만 기존 연구에서 제안하고 있는 건설 물류의 범위는 모든 단계의 관리보다는 공장 내부 물류 관리 또는 현장의 입고 관리 등의 일부 단계로 한정되어 있는 한계가 있거나, 일부 SCM 등의 도입을 통한 공장~현장간의 공급망 전체를 관리하기 위한 시도에서는 전체를 효과적으로 관리하기 위한 구체적 도구가 부재한 상태인 것으로 나타났다.

따라서 본 과제에서는 건설자재의 생산에서 현장으로의 출하, 입고를 비롯하여 설치 및 설치 이후의 진도관리에 이르기 까지 건설 물류 프로세스의 전 단계를 관리하기 위해 개발된 선행 연구결과를 유지하면서, 보다 효과적인 관리가 진행될 수 있도록 관리 시스템의 효과 향상에 초점을 맞추는 것이 필요하다는 결론을 도출하였다. 그리고 이를 효율적으로 개선하기 위하여, 기존 시스템의 적용 사례를 중심으로 문제점 분석 및 개선을 위한 연구를 수행하였다.

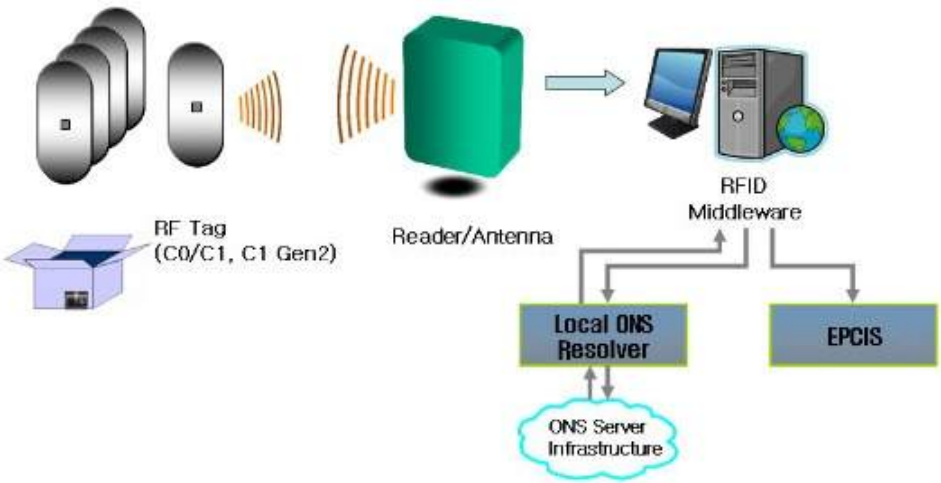
제 2 절 RFID, 4D CAD 기술 분석 및 동향

본 절에서는 RFID+4D 체계 및 시스템 개선 방안 도출을 위한 기초연구로써 RFID, 4D CAD의 기술 및 시스템 개념 및 구성을 분석하고, 국내외 RFID, 4D CAD 기술 적용 분야 및 응용서비스를 고찰하였다.

1. RFID 기술의 개념 및 기술에 대한 적용 현황 분석

가. RFID 기술의 개념 및 구성

RFID(Radio Frequency Identification)는 전파를 이용하여 사물에 부착된 Tag로부터 정보/ID 및 주변 환경정보를 수집하여 대상저장, 가공, 추적함으로써 대상물체를 인식하는 시스템으로 안테나가 포함된 Reader, 무선자원을 송/수신할 수 있는 안테나, 정보를 저장하고 프로토콜로 데이터를 교환하는 Tag, 미들웨어, 응용서비스 플랫폼 등으로 구성되어 유무선 통신망과 연동하는 기술이다. 다음 <그림 2-1>은 RFID 시스템 개념을 그림으로 표현한 것이다.



<그림 2-1> RFID 시스템 개념 (출처: Ubiquitous Technology Research Center)

나. RFID 기술의 적용 분야 및 현황 분석

본 단락에서는 RFID 기술에 관한 타산업의 활용 최신 사례와 시범 사업의 조사를 통해 국내외 기술 및 업무 환경의 차이를 고려하여 각각에 대해 적용 기술, 적용 방법 등에 대한 고찰을 실시하고, 이를 바탕으로 RFID를 활용한 건설물류관리나 RFID+4D 시스템 기능 개선을 위한 시사점을 도출하고자한다.

(1) 국내외 타산업 적용 사례 조사

국내외 각 산업분야에서는 정부기관 및 민간 기업이 공공, 의료, 물류 및 환경 분야에 이르기까지 RFID 기술 융합이 활성화 되고 있으며, 최근에는 문화, 기상, 재난/안전 등 다양한 산업분야에서도 응용서비스가 계획 및 구상되어지고 있다. 이는 RFID 기술과 같은 IT기술의 융합이 환경과 상황의 자동인지를 통해 인간 생활의 편리성과 안전성 및 각 산업분야의 생산성을 증진시키는 것이라 할 수 있다.

<표 2-2>에 나타난 바와 같이, 국내 산업 분야의 RFID 기술은 항공/항만, 식/의약품, 국방, 환경/문화, 유통/물류, 기상/해양, 기록물/조달, 재난/안전 등 다양한 분야에 적용되고 있음을 알 수 있었으며, 특히 RFID 기술의 경우 초기 저주파수 대역의 RFID(125/135kHz, 13.56MHz)의 수동형 기술에서 고주파/초고주파 대역(900MHz 대, 2.45GHz) 대역 및 능동형 RFID로 기술의 적용 범위가 확대되고, RFID 기술만을 활용한 사업 추진에서 USN 기술을 접목 또는 USN 기술을 활용한 시범 사례가 추진되고 있는 것으로 나타났다

그리고 <표 2-3>에 나타난 바와 같이 국외 산업 분야에서도 RFID기술과 함께 USN 기술을 활용하여 국방, 의료, 환경, 농림업, 해양, 방범 등의 다양한 분야에 광범위하게 적용되고 있는 것으로 나타났다.

이러한 RFID 기술 적용의 확대는 최근 IT산업의 급격한 발전과 더불어 범국가적인 u-Korea 구축을 위한 IT839 정책 추진으로 인하여 사물에 RFID 및 센싱기술을 활용하여 정보를 확인하고 주변상황정보를 감지하여 모든 사물이 정보화 및 네트워크화 되어가고 있는 것으로 해석될 수 있을 뿐만 아니라 한 범세계적으로 RFID를 포함한 USN기술을 핵심 성장 동력 산업으로서 인식하고 민간수요 유발 및 활성화를 유도하기 위한 국가적 전략에 의한 것으로 보인다.

<표 2-2> 국내 RFID 응용서비스 사례 (한국정보사외진흥원 자료 재구성)

분 야	사 업	내 용
항공/항만	항공수하물 이력추적	- 04년 항공수하물추적통제시스템 구축 (김포, 부산 등 5개 공항) - 07년 u-Airport 구현을 위한 항공수하물 RFID 인프라 구축(김포, 제주, 부산 등 11개 공항)
	항공화물 이력추적	- 05년 차세대 지식기반 항공화물 RFID선도 시범사업(인천공항 화물터미널) - 06년 항공화물 공통 RFID 인프라 구축 (삼성전자 반도체 창고, 고속도로 톨게이트 5개소, 대한항공·아시아나항공 화물터미널) - 08년 항공 수입화물 통관체제 구축(인천공항 화물터미널)
	항만 물류관리	- 04년 RFID 기반 항만물류효율화 사업(부산항 감만, 강천 터미널) - 06년 RFID 기반 항만물류 효율화 사업(부산항 10개, 경남 2개 컨테이너 터미널) - 07년 RTLS/USN기반 u-Port 구축 시범사업(부산항 신선대 컨테이너 터미널) - 08년 RTLS/USN기반 u-Port 구축사업
식/의약품	식품 이력추적	- 04년 수입쇠고기 추적 서비스(코스카, 농협무역으로 수입된 쇠고기) - 05년 대관령 한우 RFID 시스템 구축(강원도 대관령지역 축산농가) - 06년 식품안전정보관리 공통 시스템 구축사업(라면, 녹차 등 4개 제품) - 07년 안전안심 u-먹거리 구축사업(빵류, 케익류, 분유 등 10개 제품) - 08년 안전안심 u-먹거리 이력관리시스템(영·유아 제품)
	의약품 이력추적	- 06년 u-의약품 공유시스템 구축사업(항암제, 마약류 등 3개 의약품) - 07년 u-의약품 종합관리시스템 구축사업(항암제, 마약류 등 4개 제품)
	혈액 관리	- 온도센서 부착 RFID 및 습도센서를 이용하여 혈액·항암제 보관상태 실시간 모니터링 - 05년 혈액 및 항생제에 USN 적용(세브란스병원 혈액팩)
기상/해양	기상/해양 관측시스템	- 기온, 기압, 습도, 풍향, 강우량 등 기상정보 및 용존산소량, 온도 등의 해양 환경정보를 실시간 모니터링 - 05년 제주 연안 해양환경 정보수집 시스템(제주도 조천항 근해 지역) - 06년 기상/해양 관측시스템(제주도 성산 지역) - 07년 기상/해양 관측 시범망 구축 (제주도 전지역)

<표 2-2> 국내 RFID 응용서비스 사례 (한국정보사외진흥원 자료 재구성) <계속>

분 야	사 업	내 용
환경/문화	양식관리	- 06년 RFID/USN을 활용한 양식지능화시스템 개발(제주도 넙치양식장)
	농산물품질 모니터링	- 농작물 재배환경 관리를 위해 온도, 습도, 조도 센서를 이용하여 농작물 생장에 필요한 데이터 수집 및 재배환경 제어 - 05년 농산물 재배환경 모니터링 시스템 (경기도 안성 육종연구소)
국방	국방탄약 관리	- 04년 국방탄약관리 시스템 시범 구축 사업(해군함대, 탄약창 등 7개 부대) - 06년 RFID를 활용한 u-국방탄약관리시스템 확산사업(육/해/공군 탄약박스)
	군수물자 관리	- 05년 RFID 기술적용 신무기(F-15K) 자산관리 시스템 구축 (전투기 F-15K 부품) - 07년 RFID를 활용한 군수물자관리시스템 확산사업(23개 부대 대상, 약 100만점)
기록물/조달	국가물품 관리	- 04년 물품관리시스템 구축사업(조달청, 14개 지방청, 중앙보급창) - 07년 국가물품관리서비스 고도화사업(조달청, 대통령비서실 등 23개 기관)
	국가기록물 관리	- 07년 u-기록물관리 확산사업(국가기록원 36만점 기록물) - 07년 검찰청 기록관리 시스템(3개 지방검찰청의 125만건 수사기록물)
	출판 및 도서관관리	- 08년 출판물류 및 공공도서관 RFID시스템(5개 공공도서관)
유통/물류	수출입물류 관리	- 04년 RFID를 활용한 수출입 국가물류 인프라지원 사업(자동차 부품 9종) - 08년 물류거점 정보시스템 구축
	개성공단 통관 관리	- 05년 RFID 기술을 이용한 개성공단 통행 및 반출입 관리 시스템 구축 - 06년 RFID 기반기술을 이용한 개성공단 통행·통관 및 물류기반시스템 구축
	귀금속·보석 유통 관리	- 08년 귀금속·보석 유통정보관리시스템
	주류 유통 관리	- 08년 주류 유통정보 시스템(고급양주 임페리얼 21년산, 17년산)

<표 2-2> 국내 RFID 응용서비스 사례 (한국정보사외진흥원 자료 재구성) <계속>

분 야	사 업	내 용
재난/안전	재난재해 관리	- USN 기술을 울릉도 전 지역과 독도 접안시설에 적용, 해양 수위, 유속, 온도 등을 실시간으로 관리함으로써 재해를 조기 예보 - 07년 u-울릉도 독도 재난/재해 조기예보시스템 (울릉도, 독도)
	해양안전 관리	- 능동형 RFID와 GPS 기술을 활용한 선박 출·입항 자동화 및 선박 운항정보 실시간모니터링 시스템 구축을 통해 출입관리 및 안전관리 수행 - 07년 해양안전관리시스템(동해지역)
	무인안전 시스템	- 어린이 보호구역 안전 시스템 구축 - 주요청사 무인경비 시스템 구축
	U-119	- 바이오센서를 비롯한 전자태그(RFID)칩, CCTV 화소 분석기술, 네트워킹기술, 측위 기술 등을 이용해 고위험 지역 등을 실시간 모니터링
건강	U-Health	- 어린이 환우를 위한 RFID / USN 기반 Blue band sys

<표 2-3> 국외 USN 응용서비스 사례 (한국정보사외진흥원 자료 재구성)

국가	구 분	구 축 내 용 (활용사례)
미국	캘리포니아	- Redwood(삼나무)의 상태를 모니터링을 하고, 위성을 이용한 경우 나무의 윗부분의 상태만 관찰되었으나, 센서네트워크를 이용하여 나무 전체 부분을 모니터링
	미국방성	- 2004.7 RFID 도입정책 발표 - 2005.1 일정품목을 대상으로 케이스 및 팔렛트에 RFID 적용 - 2007.1 미국방부 취급 전 품목으로 RFID 적용확대
	메인주 앞바다	- 인텔은 대규모 센서노드를 바탕으로 메인 주 앞바다의 작은 섬에서 서식하고 있는 바다제비의 생태를 실시간 모니터링
	Geo-Fencing	- 공간경계 트리거로 일정 지역 이탈 방지 밀 출입을 감지 - GPS 애완견 추적 모델 상용화 (애완견 또는 고양이가 집에서 500미터를 벗어난 경우, SMS 경고 메시지를 전송)
	오리곤주 포도원	- 포도원에 센서 장비를 부착하여 여러 환경 요소들을 감시(온도, 습도 등)하여 적절한 서비스를 제공함으로써 양질의 와인 생산

<표 2-3> 국외 USN 응용서비스 사례 (한국정보사외진흥원 자료 재구성) (계속)

국가	구 분	구 축 내 용 (활용사례)
영국	영국 South Hampton 대학교	- 센서노드를 활용한 빙하 움직임 관찰 - 지구 온난화에 따른 빙하의 움직임을 관찰하기 위해 수년간 작동할 수 있는 소형 저전력 센서 노드 시스템을 개발하여 적용
	런던 Imperial College	- Ubimon(Ubiquitous healthcare monitoring)프로젝트는 허혈성 심장질환과 부정맥 실장질환을 가지고 있는 환자를 대상으로 모니터링 수행
스위스	스위스 로잔 공과 대학	- long-running 시스템을 통해, 실제 배치의 제약을 이해하기 위한 프로젝트로 빌딩자동화 어플리케이션의 상업화 및 WAN 제공
스웨덴	SICS	- WSN네트워크는 센서가 leaf node로 연결되어진 백본으로 구성 - 침입 모니터링 시스템은 인적이 드문 시간대의 빌딩내 움직임을 탐지하는 것으로, 움직임 탐지 등의 이벤트에 대해 보안 관련 중앙센터에 알람을 전송
일본	오사카부지역 주차장	- 자동차의 부품절도, 차량 적재물 대상 절도, 자동차 절도의 약 70%가 일어나는 주차장에 방범 카메라·방범 센서에 의해 주차장을 관리하는 USN 관련 응용서비스를 설치함
	홋카이도 농협그룹	- 생유를 착유하여 농약 및 항생물질의 잔류검사 외 유업 기업 등에 제공 - 농장단계에서 유온 등을 밝히는 생산이력 추적관리 시스템 확립
	파나소닉 건물	- 일본 파나소닉사는 자사 건물에 USN을 활용한 건물 자동관리서비스를 통해 온/습도, 빛 센서를 이용한 건물 내 환경을 모니터링

이처럼 RFID 기술과의 융합은 국내외 다양한 산업에 적용되어 생산성 증진, 품질 및 자산관리에 효과를 얻고 있으며, 이러한 기술의 적용 범위는 다양한 기술이 융합하여 많은 정보를 처리하고, 정보의 효과적인 관리를 필요로 하는 산업으로 점차 확대 될 것으로 보인다.

따라서 건설 산업 또한 타 산업들의 RFID 기술 융합의 확산과 같이, 다양한 분야에서 RFID 기술을 접목한 서비스가 확대될 것으로 보이며, 본 연구에서는 건설물류관리 및 공정관리의 생산성을 증진하기 위한 미래 기술 개발을 위해 타 산업에서 확산되고 있는 RFID 기술 동향을 반영하여 RFID+4D 시스템 개발 및 개선하고자 한다.

(2) 건설 산업 적용 사례 조사

건설 산업은 사전계획단계에서부터 유지·보수단계에 이르기까지 수많은 의사결정과 피드백 과정을 거치며, 이러한 과정에서 정보전달의 오류나 누락이 발생되거나 이로 인한 건설현장의 잘못된 관리 및 의사결정은 공기의 지연과 비용증가 및 건축물의 품질악화로 이어지게 된다.

이러한 문제점을 개선하기 위해 건설 산업에서도 타 산업분야에서와 같이 건설경영 및 현장관리의 효율성과 생산성을 높이기 위해 RFID 기술과 같은 IT융합 기술의 적용이 이루어지고 있다. 아래의 <표 2-4> 및 <그림 2-2>와 같이 건설 분야의 RFID 기술은 건설 산업의 시공단계 뿐만 아니라 인력/노무관리 및 사회 기반 시설 유지관리에 이르기까지 각각의 요구사항에 맞게 적용 및 활성화되고 있다.

조사된 내용을 살펴보면, 먼저 건설 분야의 시공단계에서는 자재/물류관리, 품질 및 노무관리 등 효율적인 관리를 휘한 적용이 주로 진행되고 있으며, 특히 자재/물류관리에서 RFID 기술 적용이 활발히 이루어지고 있는 것으로 나타났다.

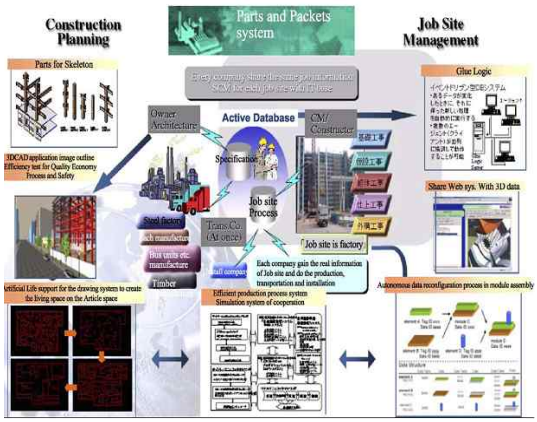
이는 건설자재 및 물류관리에서는 자재의 제작/생산, 운반, 현장 반입, 설치에 이르기까지 많은 프로세스를 지내고 있으며 대상자재 역시 철근, 콘크리트, 커튼월, 마감자재 등 다량의 품목이 있을 뿐 만 아니라 그 수량자체도 매우 많아 관리 자체가 굉장히 힘들기 때문이다.

<표 2-4> RFID 기술의 건설산업 적용사례

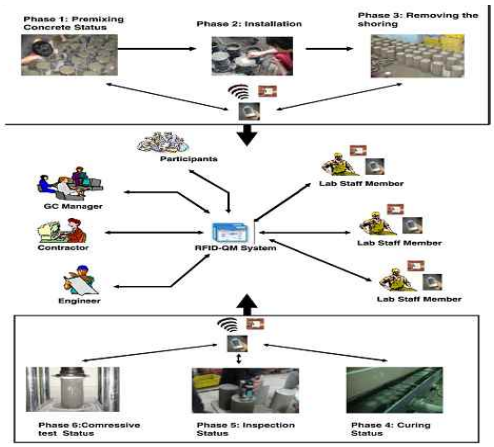
적용분야	세부 적용분야	추진과제(지역)
시공단계	자재관리 물류관리	벡텔(Bechtel)사의 Red Hills 건설공사 자재 위치 파악(미국)
		자재, 노무 분야 RFID 적용 (대림건설현장)
		U-frontier 시스템 - 삼성건설현장적용
		RFID 기술 적용에 따른 유닛타입 커튼월 공사
		RFID를 응용한 콘크리트 타설 모니터링 시스템의 적용방안
		RFID를 활용한 자재물류관리 자동화시스템 (미국)
	품질관리	빌드나우(BuildNow) 벽돌 품질 검사 (싱가포르)
		콘크리트 구조물 양생 이력 검사 USN 적용
	노무관리	RFID 기술을 활용한 건설현장의 노무관리시스템 prototype 구축
	안전관리	안전모의 RFID태그를 부착함으로써 인력위치 실시간 파악
유지관리	정보관리	무선 네트워크를 이용한 실시간 교량 상태예측
	재난예측	초고층 공동주택의 USN기반 피난시스템 도입을 위한 수직적 피난위계 설정에 관한 연구
	도로관리	일본의 건설산업 유지관리 교통분야 RFID

[벡텔의 파이프 스폴관리 (Jaselskis, 2003)]

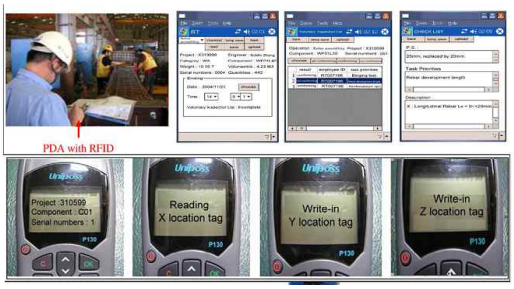
[파이프 입고관리 시스템(Song, 2006)]



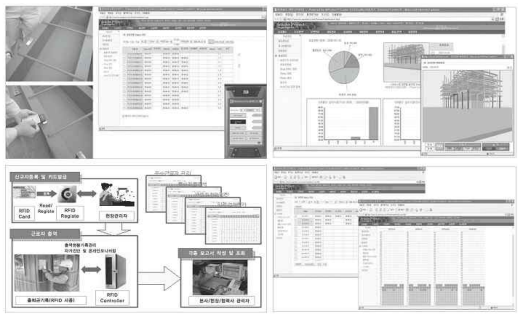
[RFID 기반 자재 이력추적 시스템(Yagi,2005)]



[RFID 기반 콘크리트 품질 관리(Wang, 2008)]



[RFID기반 PC관리 (Yin, 2009)]



[U-frontier 시스템 (삼성물산, 2006)]

[마감 자재관리 시범시스템 (한재구, 2006)]

[RFID 기반 노무관리 (한재구, 2006)]

<그림 2-2> 건설 산업에서의 RFID 기술의 활용 사례

몇 가지 예를 들어보자면, 생산단계에 있어 RFID 태그를 부착하여 현장 반입 시 물량을 파악하고 적정 위치에 운반되는 과정을 일괄적으로 RFID를 이용해 관리하는 것이다. 비슷한 경우로 커튼월(빌딩의 전면 유리) 시공에 있어서도 각각의 커튼월에 RFID 태그를 부착해 고층 빌딩의 공사에 적절한 위치에 적절한 크기의 커튼월을 배급하고 있다. 특히 고층빌딩 공사의 경우 크고 무거운 철근이나 커튼월과 같은 자재의 정확한 위치 파악은 프로젝트의 생산성 증대에 막대한 영향을 끼친다.

또한 미국의 Flour Construction 의 건설 자재 관리 시범 사업에 RFID를 적용한 사례의 경우 건설 자재인 스풀에 RFID 태그를 부착해 제조 공장에서부터 건설 현장까지 선적, 배송, 재고 관리 작업을 자동화하기 위한 시스템을 구축했다.

다음으로, 유지관리단계에서는 각 분야의 정보관리, 재난 및 사회 기반시설의 모니터링에 RFID 기술이 현재 활용되고 있으며, RFID 기술과 함께 무선 네트워크를 기반으로 센서 및 근거리 무선통신을 적용하여 데이터를 좀 더 효율적으로 관리하고 있다.
위와 같은 적용사례에서 알 수 있듯이 앞으로 건설 산업의 현장관리에서 다양한 자재 납품업자 및 시공자 등 각 공사참여자의 니즈(NEEDS)를 반영한 다양한 RFID 기술 개발이 활발히 이루어 질 것으로 보이며, 또한 그 수요는 급격하게 증가 할 것으로 짐작된다.

2. 건설 산업에서의 RFID 기술 연구 동향

건설 산업은 전통적인 건설 산업에 첨단 IT기술을 선택적으로 융합하여 노동집약적인 산업에서 기술집약적인 산업으로 전환하려고 하고 있으며. 이러한 건설 산업의 고부가가치화를 통해 국제경쟁력 확보를 위해서는 IT기술을 융합한 건설 엔지니어링 기술 확보에 심혈을 기울이는 실정이다.

특히, RFID 기술은 최근 정보관리 시스템의 도구로 중요한 기능을 가지며, 서비스 산업, 구매 및 유통・재고관리 산업분야, 제조 및 자재 유통뿐만 아니라 국방, 항공, 의료 및 보건 등의 다양한 분야에서 사람, 동물, 그리고 상품 등의 정보를 제공하기 위해 적용되고 있다.

그러나 건설 산업에서의 RFID 적용은 Tag와 Reader 등 장비의 높은 가격과 건설 산업이 가지는 특수성으로 인해 기술적용을 위한 현장 환경이 열악하여 타 산업에 비해 그 적용 및 연구 사례가 적은 실정이다. 하지만 건설 산업의 이와 같은 한계에도 불구하고 RFID 기술을 적용하기 위한 연구들이 전반적으로 활발하게 진행되고 있으며, 그 외에 USN 기술도 각각의 요구사항에 맞게 적용되고 활성화가 진행 중임을 알 수 있다.

또한 그 수요는 급격하게 증가 추세를 나타내고 있어 향후 점차 RFID 기술의 적용이 확대될 것임을 짐작할 수 있으며, 현장에서 발생하는 다양한 정보들에 대한 수집·관리 및 신뢰성 확보를 위해 바코드, RFID 기술을 통한 동시 인식, RFID Tag의 데이터 저장성 등을 활용한 적용 등에 관한 연구가 계속되고 있다.

따라서 본 연구의 목적인 기존 RFID+4D 시스템의 RFID 장비 성능 개선을 위해서는 RFID 원천 기술을 활용하면서, 건설 산업에 적합한 인식 성능 등을 확보하기 위한 방법이 필요한 것으로 판단되며, 이를 위해서 본 연구에서는 RFID 태그의 개발 보다는 기존의 RFID 태그를 효과적으로 사용할 수 있는 Housing 개발에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다.

다음 <표 2-5>는 건설 분야에서 이루어지고 있는 RFID 관련 연구를 주제별로 정리한 것이고, <표 2-6>은 공종별(자재별) RFID 적용에 관한 사례 및 연구를 정리한 것이다.

<표 2-5> 건설분야에서의 RFID 관련 연구

연구동향	주요 연구	연구 내용
RFID 적용 분야 제안	Jaselskis (1995)	- 레미콘 차량에 RFID를 부착해 물류 및 공정관리에 사용할 수 있다는 시나리오 제안 - 건설 산업에서의 RFID 기술 사용 가능성 제시
	Junichi Yagia (2005)	- RFID 기술 이론적 기술을 바탕으로 한 건설자재관리 시스템 모델 제안
	Suchart Nuntasunti (2004)	- RFID 기술을 이용한 실시간 자재, 장비, 인력의 위치 추적을 통해 정보 교환이 가능한 website 모델 제안
	Preface (2004)	- 건설 산업의 자동화를 위한 7가지 기술을 이론적 바탕으로 비교분석하여 RFID 기술 적용의 타당성 입증 및 적용 방안 제시
	김예상 (2003)	- 초고층 빌딩 커튼월을 대상으로 SCM 이론을 근간으로 커튼월의 Life-cycle 프로세스를 모델링하고 RFID 기술을 이용한 자동화 관리 시스템 개발
	진상윤 (2005)	- 커튼월 공사를 대상으로 RFID 기술 적용 전략 및 고려요소 제안
	권순욱 (2005)	- 천정 마감 자재 물류 관리를 위한 RFID 활용 방안 제시
	장문석 (2004)	- 커튼월 공사를 대상으로 RFID 기술 적용 방안 및 시나리오 제시
	이남수 (2006)	- RFID와 무선네트워크 기술을 이용한 자재위치파악 방안 제안
	구도형 (2006)	- RFID를 이용한 건설 물류관리 프로세스 타입 분석
	박창욱 (2007)	- 철골공사 프로세스 중 RFID 기술을 이용한 철골부재의 데이터 수집 현황 분석 및 건설현장의 자료 수집 자동화 방안 소개
	이재현 (2006)	- RFID/USN 기술을 안전관리 측면에 적용함으로써 활용방안 제시

<표 2-5> RFID를 활용한 연구(계속)

연구동향	주요 연구	연구 내용
RFID 적용 Pilot 테스트	Navon (2002)	- 골조 공사에서 노무자의 안전모에 Tag를 부착하여, 노무자 위치 정보를 바탕으로 노무자관리, 공정관리, 생산성을 파악
	Tomohiro Umetani (2003)	- RFID의 위치 정보를 3각 측량법을 이용하여 건설장비의 자동화에 이용
	Cawley (2003)	- 미국 FHWA Pilot 테스트를 통해 고속도로 공사 중 콘크리트의 온도 측정을 통한 양생 상태를 Active RFID를 이용하여 매 2초별로 측정, Active RFID의 적용 사례 제시
	J.Jaselskis (2003)	- Bechtel Red Hills Project와 Baytown Pilot 테스트를 통해 플랜트 프로젝트의 파이프 조달 및 시공에 RFID를 적용, 30%의 시간 단축이라는 실질적인 수치를 제시
	한재구 (2007)	- RFID를 기반으로 한 노무관리시스템의 prototype을 구축하고, 이를 실제 현장에 실험·적용해봄으로써 현장 적용성 검토를 실시
	Jongchul Song (2005)	- Active RFID Tag와 stationary reader를 적용하여 Tag, Reader, 이동 Truck의 수와 속도를 변화시키며 RFID 인식성능 측정 pilot 테스트
	문성우 (2006)	- 시공현장의 출입구 및 타설위치에 안테나를 배치하고 레미콘 차량에 RFID Tag를 부착하여 콘크리트 타설 정보를 수집하는 타설 모니터링 모델을 제시
	김용배 (2008)	- 커튼월의 주요 자재인 알루미늄과 유리를 대상으로 인식 성능 테스트를 통해 커튼월에 RFID 기술 적용시 인식성능 최적화를 위한 고려 요소를 제시
	이민우 (2006)	- 철근자재를 대상으로 RFID Tag와 안테나의 종류, 적정배치 및 개수의 실험을 통해 기존 RFID 기술의 적용가능성을 금속 자재까지 확대하고 실현 가능성을 제시.
	최상용 (2010)	- RFID/USN 기술을 활용한 공사현장내의 마감자재 물류관리 효율성 증진 방안

<표 2-6> 공종별 RFID 적용 사례 및 연구 분석

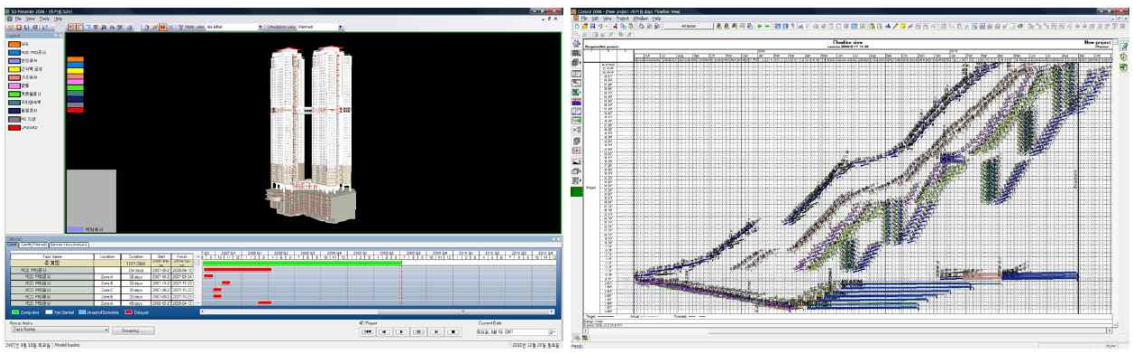
주요 연구		연구 내용
레미콘	Jaselskis (1995)	- 레미콘 차량에 RFID를 부착해 물류 및 공정관리에 사용할 수 있다는 시나리오 제안 - 건설 산업에서의 RFID 기술 사용 가능성 제시
	문성우 (2007)	- 시공현장의 출입구 및 타설위치에 안테나를 배치하고 레미콘 차량에 RFID Tag를 부착하여 콘크리트 타설 정보를 수집하는 타설 모니터링 모델을 제시
파이프 스풀	Jaselskis (2003)	- Bechtel Red Hills Project와 Baytown Pilot 테스트를 통해 플랜트 프로젝트의 파이프 조달 및 시공에 RFID를 적용, 30%의 시간 단축이라는 실질적인 수치를 제시
	Song (2005)	- Active RFID Tag와 stationary reader를 적용하여 Tag, Reader, 이동 Truck의 수와 속도를 변화시키며 RFID 인식성능 측정 pilot 테스트
마감 자재	한재구 (2006)	- 천정 마감 자재 물류 관리를 위한 RFID 활용 방안 제시
철근	이민우 (2006)	- 철근자재를 대상으로 RFID Tag와 안테나의 종류, 적정 배치 및 개수의 실험을 통해 기존 RFID 기술의 적용가능성을 금속 자재까지 확대하고 실현 가능성을 제시.
커튼월	김용배 (2008)	- 커튼월의 주요 자재인 알루미늄과 유리를 대상으로 인식성능 테스트를 통해 커튼월에 RFID 기술 적용시 인식성능 최적화를 위한 고려 요소를 제시
철골	박창욱 (2007)	- 철골공사 프로세스 중 RFID 기술을 이용한 철골부재의 데이터 수집 현황 분석 및 건설현장의 자료 수집 자동화 방안 소개
	Chin (2008)	- RFID와 4D 기술을 접목한 철골 물류 및 진도관리 시스템 개발 및 효과 검증
PC	Yin (2009)	- RFID와 모바일 장비를 이용한 PC 물류 및 품질 관리 시스템 개발 및 테스트
	Ergen (2007)	- RFID와 GPS를 이용한 PC 부재의 야적장 자동관리를 위한 장비 개발 및 효과 검증
양중	Cho (2011)	- RFID와 USN을 이용한 양중 관리 효율화를 위한 호이스 관리 장비 및 시스템 개발

3. 4D CAD 기술의 개념 및 기술에 대한 적용 현황 분석

가. 4D CAD 기술의 개념

4D CAD의 발전은 건설공사가 대형화 복합화 됨에 따라 3차원 객체를 기반으로 이루어지는 건축물의 전체 프로세스 정보를 공급·공유하며 프로젝트를 효율적으로 고나리하기 위해서는 2차원적인 접근만으로는 한계가 있었다. 이러한 문제점을 3D 모델의 시각화를 통해 극복하고자 하였으며, 더 나아가 기타 정보들과의 연계에 대한 연구들이 진행되었고 그중에서 공정을 더해 프로젝트의 효율성을 증진시키고자 한 것이 4D CAD이다.

4D CAD란 <그림 2-3>과 같이, 해당 시설물의 3차원 객체(3D Object)와 공정표(Schedule)를 연계하여 시설물이 시공되는 일정에 따라 가상공간에서 공사 활동과 연계된 해당 3D 객체의 완성상태를 연속적으로 시뮬레이션 하는 기술이다. 이로써 3D 객체와 일정의 개별적인 정보를 통합하여 4D 객체라는 새로운 정보를 생성하게 된다.
즉, 실제 공사 이전에 당해공사의 일정기간 경과 후의 완성상태를 3차원의 가상적 모습으로 사전에 구현할 수 있고, 같은 방식으로 일, 주, 달, 년 단위 등으로 시설물의 완성상태를 자유자재로 사전 검증할 수 있는 방법이다.



<그림 2-3> 4D CAD를 이용한 공정 관리 및 시공 시뮬레이션

4D CAD는 3D 모델과 공정을 연계하여 보여주고 있는데 이를 통해 이용자의 공정검토를 위한 시간적 효율성을 증대시킨다. 이때 공정정보는 상용 공정프로그램(MS Project, Primavera 등)과 같은 외부도구에 의해 생성된 파일을 도구 내에 Import하여 사용하며 상용 3D CAD 제품군의 도면정보와의 연계를 통해 공사 진행일별 진행 과정을 시각화하게 된다.

나. 4D CAD 기술의 적용 현황 분석

건설공사가 대형화되며 복잡해짐에 따라 건축물의 전체 프로세스 정보를 공유하며 프로젝트를 효율적으로 관리하기 위해서는 2차원적인 접근만으로는 어렵게 되었다. 이러한 문제점을 3D 모델링을 통해 극복하고자 하고 있으며 그중에서 공정 정보를 3D 모델과 연동시켜 프로젝트의 효율성을 증진시키고자 4D CAD기술이 발전하게 되었으며 이 기술을 도입하여 건설 산업의 생산성을 증진하려 노력하고 있다.

본 연구를 통해 조사된 4D CAD의 국내외 적용 사례는 <표 2-6>과 같다.

<표 2-7> 4D CAD 기술의 국내외 적용사례 분석

구분	적용 사례	적용 내용
국내	서초 삼성타운 프로젝트	- 본 연구과제에서 개선하고자하는 기존 RFID + 4D 시스템을 활용한 건설 물류 및 공정관리 수행 - 토사 반출, 레미콘, 철골, 커튼월에 4D CAD를 적용하여 공사 관리 효율성을 제고하였음.
	디큐프 시티 프로젝트	- 4D CAD 적용을 통한 시공/공정 계획의 타당성 검증, 주요 공종을 대상으로 한 RFID+4D CAD 및 기 구축된 4D CAD 모델을 활용한 진도관리 - 4D CAD를 활용한 공정계획 전문가의 부재로 Primavera 시스템을 활용한 기존 공정 계획을 검증 후 시공 시 4D 모델 활용
국외	McWhinney 프로젝트	- 스탠포드 대학에서 개발한 초기단계의 4D CAD 시스템을 이용하여 프로젝트의 공정관리에 활용함
	디즈니랜드 프로젝트	- 디즈니랜드의 롤러코스트 시공에 4D CAD를 도입하여 공정관리를 수행하였으며, 이 프로젝트에서 사용한 시스템은 P3의 공정표와 직접 연계하여 임의의 시간에 따른 완성 상태를 실시간으로 표현 함
	VTT 社	- 4D CAD시스템의 구현시 CAD 정보파일의 공유 및 호환성을 위해 IFC 객체모델기반으로 구성된 파일을 사용할 수 있는 일정 도면정보의 연계 도구 개발
	Hillsboro nuclear power plant 프로젝트	- 미국 오레콘주의 원자력 발전소의 건립을 위해 4D CAD를 적용하여 시공방법 검토, 부재간의 간섭체크에 활용 - 4D CAD 적용을 통한 공정의 시각화로 공사의 특성과 환경 조건에 맞는 공정의 대안을 적은 비용으로 검토하게 되어 공기 뿐만 아니라 비용 절감 효과가 있었다고 평가 되는 사례
	Tradeport Logistic Centre 프로젝트	- 4DSMM 프로그램을 이용하여 공정의 시각화, 장비의 순환 및 이동 관리, 크레인의 이용 관리, 공정에 따른 자재의 위치 관리에 등 수행

국내의 4D CAD 적용 사례는 국외에 비교하여 그 수도 적으며 적용 시기도 늦었다. 또한 국외의 경우 4D CAD를 이용하여 건축, 플랜트, 토목 공사 등 다양한 사례에 활용한 경험이 있는데 반하여 국내의 경우 고층 건축물에 대한 적용이 주를 이루고 있으며, 국외에서는 4D CAD 시스템을 개발하여 프로젝트에 활용하고 이를 상용화한 사례가 많이 있었지만 국내에서의 4D CAD 개발 및 상용화는 미비한 실정이다. 하지만 최근 BIM을 중심으로 한 대형 프로젝트 발주와 국내 건설 산업에서 BIM 적용의 필요성이 증대되고 있음에 따라 그 수요는 급격하게 증가할 것이며 프로젝트의 3D 모델링을 기반하여 4D CAD를 적용할 수 있는 가능성 및 기회가 확대될 것이다.

조사된 내용을 살펴보면 건설 분야에서 4D CAD의 이용은 그 기본 기능인 3D 객체를 통한 공정관리의 시각화와 효율화를 위해 주로 이용되었으며 이로 인해 공정의 이해도 증가와 사전 공사 예측 및 시뮬레이션을 통한 문제점 파악에 효과가 있는 것으로 분석되었다. 또한 프로젝트 기획 단계부터 BIM을 적용하여 3D 모델이 존재하는 경우 4D CAD의 적용은 더욱 효과적이었으며 공정관리 이외의 각 건설 단계별로 다른 기능을 수행하기에 효율적이었다.

본 연구에서 RFID+4D 물류관리 시스템에 적용된 4D CAD 기술은 기존에 건설 산업에서 적용되거나 테스트된 기술로서, 적용 시 건설 자재의 공정 및 물류관리를 위한 효율적인 방안이 될 것으로 판단된다.

하지만 기존 사례의 경우, 현장의 정보 수집 체계, 정보 공유를 위한 협업 환경 및 3D 형상 정보를 관리하는 시스템 등이 분리되는 경우가 많아, 정보 반영의 지연, 정보 제공을 위한 별도의 관리 인력의 소요 등의 문제가 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해, 최근 이슈화되고 있는 BIM (Building Information Modeling) 데이터의 재활용을 근간으로 한 웹 기반 4D viewer 개발을 진행하였다.

제 3 절 국내외 경쟁 현황

현재 국내 RFID/USN 산업은 성장 가능성이 최고조에 달해 있으며, 국가 성장 동력이자 미래 유망 산업으로서의 그 가치는 여전히 높은 것으로 평가되고 있다. 최근 한국 RFID/USN 협회가 실시한 “국내 RFID/USN 산업 실태조사” 에서도, RFID/USN 산업은 국내에서 아직 초기 단계이기는 하지만, 향후 고성장이 예상되는 유망 산업인 것으로 나타났으며, 2009년 국내 RFID/USN 업계는 9천억대의 시장을 목표로 하고 있는 것으로 조사되었다 (이승민, 2008).

<표 2-8> 국내외 유사·경쟁기술과의 특징비교(정량적 비교)

국내외 유사·경쟁기술과의 특징비교(정량적 비교)			
정량적 평가항목	적용기술	국내 유사 • 경쟁기술	선진국 유사 • 경쟁기술
인식성	철골, 커튼월 등 금속성 자재에서 인식 가능	해당 사항 없음	해당 사항 없음
부착성	철골, 커튼월, PC별 부착 방법 제공	해당 사항 없음	해당 사항 없음
재활용성	프로젝트 종료까지 반복 사용 가능 (10회 이상)	해당 사항 없음	해당 사항 없음
내구성	철골 Tag의 경우 500kg/m2이상의 내구성	해당 사항 없음	해당 사항 없음
부재 ID 생성 방식	프로젝트별 특성에 따라 부재 ID 생성 가능 (3D CAD & Web 모두 지원)	해당 사항 없음	해당 사항 없음
시뮬레이션 방식	계획 vs. 실행 시뮬레이션 모두 지원	해당 사항 없음	해당 사항 없음
시뮬레이션 결과 산출 방식	3D CAD 및 Web으로 결과물 산출	해당 사항 없음	해당 사항 없음
적용 프로세스	철골, 커튼월, PC 별 사용자의 요구에 따라 적용 프로세스 조정 가능	해당 사항 없음	해당 사항 없음
데이터 수집의 신속성	현장 여건에 따라 무선 환경 구축 가능 시, 실시간 제공	해당 사항 없음	해당 사항 없음
확장성	사용자의 요구에 따라 진도뿐만 아니라, 품질, 안전 등으로 확장 가능	해당 사항 없음	해당 사항 없음

한국전자거래진흥원 부설 RFID/USN 센터가 2008년 9월 25일부터 10월 31일까지 931개사를 대상으로, 조사한 결과, 2009년 국내 RFId 시장은 약 6,241억원 규모를 형성할 것으로 전망되고 있다. 이는 전년대비 약 49% 성장한 수치로서, RFID 공급기업의 연도별 RFID 매출액은 2007년 3,368.9억원이며, 2008년은 4,145억으로 추정된다.

특히 RFID 공급기업의 사업 분야는 SW 및 SI분야가 36.6%로 가장 많고, 다음으로 리더 분야 (24.4%), 태그 (11.7%), 유통 (5.2%), 안테나(4.2%), 칩(3.8%) 순으로 나타났으며, SW 및 SI 분야의 성장률은 3.2%로 지속적으로 증가하고 있다 (윤훈진, 2009). 따라서 본 연구를 통해 개발될 제품은 건설 산업에 RFID 및 4D 기술을 적용하는 기술로서 향후 발전 전망이 높을 것으로 판단된다.

한편, 건설 산업에서의 RFID 기술의 개발 동향은 앞 서 분석한 국내외 동향에서 나타나듯이 본 개발 기술과 같이 RFID와 4D 기술의 접목을 통한 물류 및 진도관리의 수준까지 미치지 못하고 있는 것으로 조사되고 있으며, 특히 건설 공사의 철골, PC, 커튼월 공사의 주문, 공장생산, 품질검사, 공장 출하, 운반, 현장입고 및 검수, 야적 및 설치에 이르는 공장~현장 간의 통합 관리 기술이라는 점과 이를 효과적으로 제공할 수 있는 체계 및 프로세스를 모두 포함하고 있다는 측면에 기존 타 기술과 차별화 된다고 판단된다.

추가적으로 앞의 <표 2-8>은 앞서 조사된 유사 기술과 본 기술의 특성을 비교한 것으로, 요소 기술적 측면이 아닌 해당 분야의 전체 관리 기능 제공 및 기술의 융/복합 측면에서의 차별성을 나타내고 있음을 보여주고 있다.

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

제 1 절 연구 수행내용 및 결과의 개요

1. 연구 수행 내용

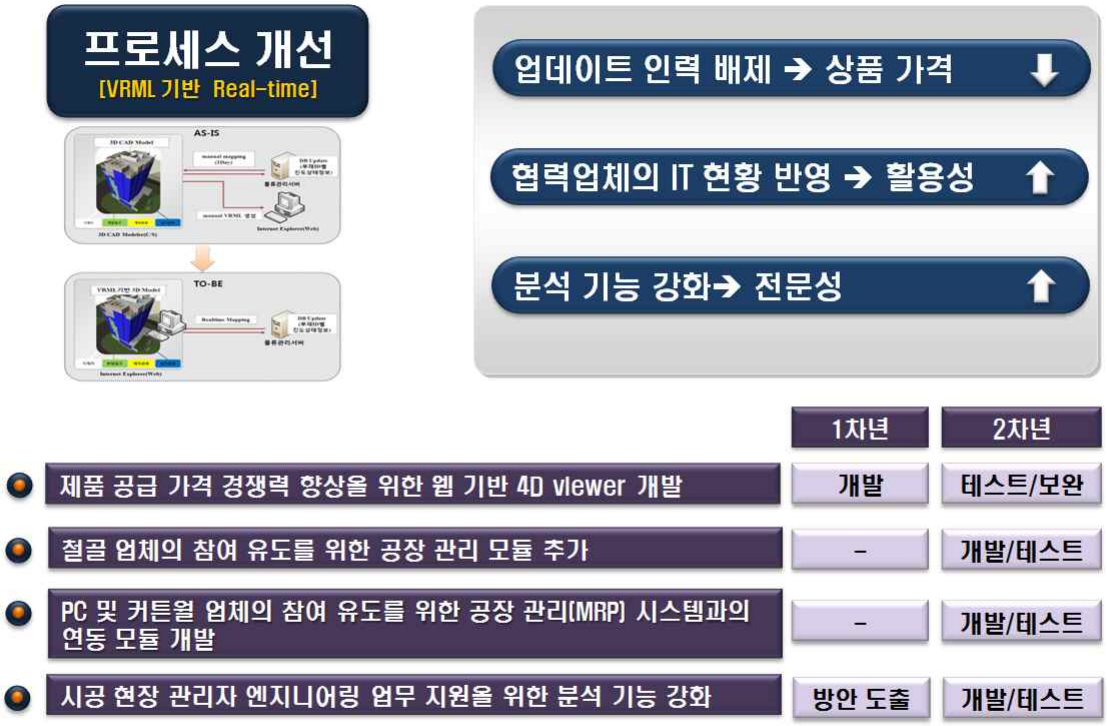
본 연구는 아래 <그림 3-1>과 <그림 3-2>와 같이 하드웨어와 소프트웨어 부분으로 구분되어 총 2 개 년도에 걸쳐 연구가 진행되었다.

먼저, 하드웨어 부분의 연구는 기존 기술이 채택하고 있던 125kHz 대역(철골) 또는 13.56MHz 대역(PC, 커튼월)을 900MHz 대역으로 개선하여, 기존 인식 거리인 1~5 cm를 1.5~2m 정도로 개선하는데 초점을 맞추어 연구가 이루어졌다. 그리고 철골 등의 금속 자재에 부착되는 금속용 태그의 가격 문제를 해결하기 위해, 경제성을 확보한 하우징 장치를 개발(특허 등록번호: 100967092)하고 해당 태그를 활용하기 위한 모바일 리더기의 시스템 업그레이드를 실시하였다. 또한 개발된 태그와 리더기를 활용한 성능 검증을 위해 lab 테스트와 현장 테스트를 실시하여, 업무 프로세스에 적합한 성능이 확보됨을 검증하였다.

<그림 3-1> 하드웨드 부분의 주요 연구 내용

다음으로, 프로세스 개선을 위한 소프트웨어 부분의 연구는 업데이트 인력 배제, 협력업체의 IT 현황 반영, 그리고 분석 기능 강화를 통하여 본 연구에서 업그레이드하고자 하는 RFID+4D 시스템이 보다 경제적이고 활용성 높게 제품화될 수 있도록 하는데 초점을 맞추어 연구를 진행하였다.

연구 결과, 웹 기반의 4D viewer의 경우, 기존에 필요했던 운영 인력 1명을 배제하고 시스템을 운영할 수 있다는 것이 검증되었고, 또한 실시간으로 해당 정보를 제시할 수 있어 보다 효과적인 물류 및 진도관리가 가능하게 되었다. 그리고 협력업체의 IT 현황 반영을 위해 IT 수준이 낙후된 철골 분야의 경우는 공장에서 활용 가능한 별도의 시스템을 설계 개발하였으며, PC와 커튼월 분야의 경우는 SOA(Service-Oriented Architecture) 기반의 정보 교환이 가능하도록 정보 공유가 필요한 정보에 대한 web service를 정의하여 제시하였다. 끝으로 시공 현장 관리자의 엔지니어링 업무 지원을 위한 분석 기능 강화는 현장 조사를 기반으로 수집된 문서를 기반으로 다양한 분석이 가능하도록 시스템에 반영하였다.



<그림 3-2> 소프트웨어 부분의 연차별 주요 연구 내용

추가 사항으로, 1차년도의 평가 시 요청되었던 기존 BIM 기술과의 연계 및 차별성에 대해서는 해당 부분을 반영하여, 기존 BIM 기술의 활용 방향에 대한 연구를 진행하였으며, 이 결과를 바탕으로 국내 학술지 논문을 제출하여 타당성을 검증 받았다.

2. 연구 결과의 개요

본 연구는 기 확보되었던 RFID+4D 기술의 하드웨어 및 소프트웨어의 업그레이드를 통한 상용화 추진을 위해, 각 분야별 경쟁력 강화 및 기술 노하우 축적에 맞추어 연구를 진행하였다.

이를 위해 기술에 대한 시장 지배력 강화를 위해 특허 1건을 출원 및 등록하였으며, 제품의 판매를 위한 제품화, 그리고 연구결과의 검증 및 홍보를 위한 논문 제출 및 홍보를 진행하였다.

본 연구를 통해 도출된 특허는 기존 기술 가치 평가에서 특허 등의 미확보로 인해 야기되었던 기술 가치 기간의 증가 효과뿐만 아니라, 인식거리를 확보한 저가의 태그를 안정적으로 제공할 수 있는 기술력 확보라는 측면에서 향후 해당 제품의 확산뿐만 아니라, 건설 산업의 각 분야에서 RFID 기술을 적용하는데 적용 가능할 것으로 판단된다.

또한 웹 기반의 4D viewer의 경우는 설계 단계에서 생성된 BIM 모델을 활용할 수 있는 프로세스 및 체계를 제안하고, 이를 반영한 시스템을 개발함으로써 본 연구의 당초 목표였던 운영 관리자의 배제 및 실시간 관리 실현을 달성했을 뿐만 아니라, 향후 BIM 기반 프로젝트에서 시공 단계에 BIM 모델을 공유하기 위한 방법을 제안하고 검증하였다는 측면에서 의의를 가진다고 판단된다.

끝으로 협력업체의 참여 유도를 위해 제안된 SOA 기반의 웹 서비스는 본 연구뿐만 아니라 다양한 건설 프로젝트에서 활용되고 있는 각 주체별 이종 시스템 간의 정보 공유를 위한 체계로 고려 가능할 것으로 판단되며, 이를 활성화하기 위해 건설 산업 전체에 대한 SOA 체계 등에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 보인다.

제 2 절 RFID Tag Housing 개선 방안 도출 및 시작품 개발

1. RFID Tag Housing 개선 방향 도출을 위한 문헌 및 기술현황 분석

가. 문헌 및 기술 현황 분석

본 연구에서는 기존 RFID+4D 물류 및 진도관리 시스템에 적용되고 있는 RFID 기술 개선을 위하여 RFID의 기술적 특징 및 동향과 성능향상에 관한 내용을 고찰하였다.

먼저 기술적 특징 및 동향을 살펴보면 아래 <표 3-1>과 같다.

<표 3-1> RFID 기술의 특징 및 동향

구분	기술의 특징 및 동향
원천 기술 현황	○ 국내의 대부분의 업체가 RFID 관련한 원천 기술을 보유하지 못한 상태에서 외국 업체로부터 제품 및 기술을 도입하여 관련 솔루션 개발 또는 제품 판매에 그치는 것으로 조사됨.
주파수 대역	○ 국내에서 활용 또는 판매되고 있는 Tag의 Type이 Passive Type 위주로 저주파의 경우 125kHz, 134kHz, 고주파 경우 13.56MHz, 극초단파의 경우 433.92MHz, 900MHz 대의 tag가 상용화됨.
기술 개발 시 고려 사항	○ RFID의 기술 선정을 위해 고려 되여야 할 요소는 Battery 내장 여부(Passive, Active, Semi-Passive), 주파수 대역, 인식 거리, 인식속도, Tag 데이터 저장 방식, Tag의 형태, Reader의 이동성, 다중 접속, 표준화 등에 대한 고려 필요.
표준화	○ 국내 RFID 기술의 경우, 표준화가 진행되어 각 주파수별로 표준 대역에서 표준 코드를 활용하고 있음.

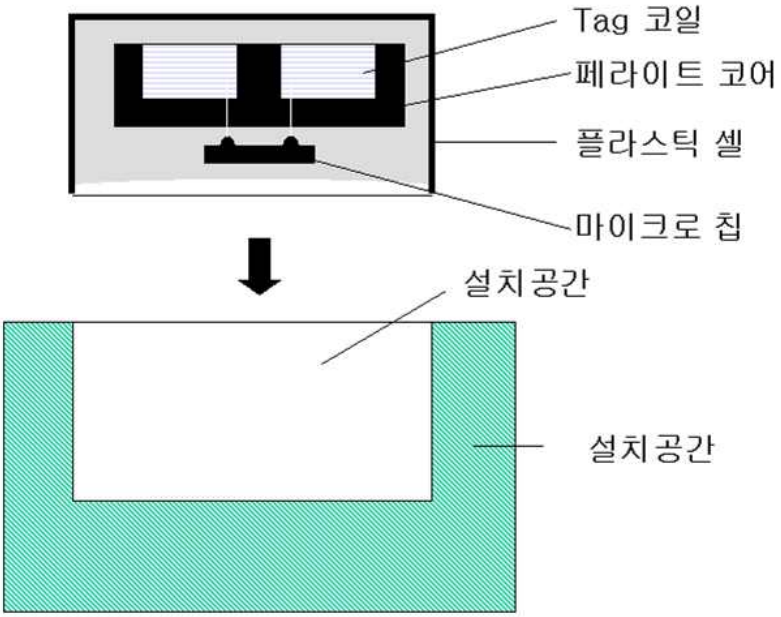
그리고 위 표에서 나타난 기술 개발 시 고려 사항 중, 본 연구의 초기 연구 목표인 RFID+4D 기술의 업그레이드를 위해서는 인식거리, 도입 비용, 금속에서의 인식 여부가 주요한 것으로 나타났다.

<표 3-2> 주파수별 RFID 구분 및 특성 (자료: ETRI)

주파수	저주파	고주파	극초단파		마이크로파
	125.134 KHz	13.56 MHz	433.92 MHz	860-960 MHz	2.45 GHz
인식거리	60Cm 미만	60Cm 까지	~50 ~ 100m	~3.5 ~ 10m	~1m이내
동작방식	수동형	수동형	능동형	능동/수동형	능동/수동형
인식속도	저속 ←----------→ 고속				
환경영향	강함 ←----------→ 민감				
태그크기	대형 ←----------→ 소형				

위의 표에서 나타난 바와 같이, RFID 기술은 주파수 대역에 따라 인식 거리의 차이가 나며, 당초 목표로 하고 있는 1m 이상의 인식 거리를 만족시키기 위해서는 <그림 3-3>에 나타난 바와 같이 기존에 활용하고 있는 125kHz와 13.56MHz 대역의 Tag를 900MHz 대역으로 변경해야하는 것으로 조사되었으며, 이는 당초 연구의 목적에 부합된다고 할 수 있다.

<그림 3-3> 업그레이드 이전 RFID+4D에 적용된 RFID Tag



<그림 3-4> 기존 금속형 Tag 구조의 예

또한 철골 등의 금속 표면에서의 인식을 위해서는 아래 그림과 같이, 기전력을 발생시킬 수 있는 공극과 금속 표면에서 발생되는 기전류의 흡수 및 반사를 차단할 수 있는 페라이트 등의 차단재 사용이 필요한 것으로 조사되었으며, 이러한 구조로 인하여 별도 처리가 필요함으로써 일반적인 Tag보다 고가로 판매되고 있어 경제성 측면에서 적용에 문제점이 있는 것으로 조사되었다.

추가적으로 RFID 기술의 인식 성능 향상에 관한 연구는 다음 <표 3-3>과 같으며, 표에 나타난 바와 같이,Tag의 성능 향상을 위해서는 Tag의 구부러짐, Tag의 하우징 방법, 금속에 대한 간섭, 방향성, 온도 등에 대한 고려가 필요한 것으로 조사되었다.

따라서 본 연구진은 당초 계획한 RFID Tag 부착 장치를 개발하는데 있어, Tag의 구부러짐을 방지할 수 있는 완충 장치, 하우징에 영향을 최소화하는 부착 방법, 그리고 금속에 대한 간섭을 최소화하기 위해 90도의 각도 유지가 가능한 장치를 설계하고 이에 대한 시작품 제작과 적용 가능성에 대한 테스트를 실시하였다.

<표 3-3> RFID 인식 성능 향상을 위한 연구 동향 (김용배 2008)

연구동향		주요 연구	연구 내용
RFID 성능향상 방안연구	Tag 구부러짐에 따른 영향도 분석	Xiang Zhou (2004)	Passive Tag dipole antenna의 구부러짐이 인식성능에 미치는 영향도 분석
		J.Siden (2001)	Passive Tag dipole antenna의 구부러짐이 인식성능에 미치는 영향도 분석
	Tag Housing Design 방법에 관한 연구	Rupert Howes (1999)	13.56MHz Tag의 효과적인 디자인을 tag housing 방안 제시
		Steve C.Q.Chen (2001)	13.56MHz RFID 인식성능 향상을 위한 tag디자인의 고려 사항 제시
	금속에 의한 간섭도 분석	Leena Ukkonen (2004)	920MHz 인식성능 향상을 위해 Tag Housing을 Two-layer substrate로 하고, 금속표면을 반사판으로 활용하는 방안 제시
		Leena Ukkonen (2004)	금속표면과 격리한 900/920MHz tag housing 금속을 반사판으로 활용한 인식성능 향상 방안 제시
	방향성에 따른 Tag의 인식성 분석	M.M.Kaleja (1999)	인식거리 뿐만이 아니라 Reader의 인식각도에 따라서 인식성능 차이가 발생한다는 실험
		Dirk Hahnel (2004)	Reader의 인식범위에서 인식각도와 방향에 따라 인식률 변화 실험
	온도에 따른 Tag의 인식성 분석	RFID Journal (July 2005)	13.56MHz Passive RFID Tag의 -196℃~125℃에서의 인식성능 변화 실험

나. 철골, PC, 커튼월 공장/현장의 요구사항 분석

RFID 기술과 관련된 요구사항 조사 및 장비의 요구 스펙 분석을 위하여, 본 연구에서는 <그림 3-5>의 예와 같이, 철골, PC, 커튼월 공장 및 현장의 방문을 통한 설문 및 인터뷰를 통해 실시하였다.

[철골 및 PC 현장의 예]

[커튼월 공장의 예]

<그림 3-5> 현장 조사

현장과 공장의 설문 및 인터뷰는 철골, PC, 커튼월 모두에 대해, 태그와 프로세스에 대한 조사로 구분하여 진행되었다.

<표 3-4>는 현장 조사 및 인터뷰 결과를 요약한 것이다.

<표 3-4>에서 나타난 바와 같이, 기존의 RFID+4D 기술에 적용된 RFID 기술의 경우, 고가의 태그 가격 및 인식 거리에 대한 불만 사항이 많은 것으로 나타나 초기 연구의 목표와 동일한 내용의 개선이 필요한 것으로 나타났다. 그리고 태그의 내구성 및 탈부착성 또한 고려가 되어야 함을 알 수 있었다.

다음으로, 기존 프로세스의 경우는 투자 대비 효과를 높일 수 있도록, 시스템의 도입 비용의 절감뿐만 아니라, 현장에서의 다양한 분석 및 관리의 용이성 확보가 필요한 것으로 나타났다. 또한 기술 확산을 위해서는 편의성뿐만 아니라 효과에 대한 명확한 제시 또한 필요한 것으로 조사되었다.

그리고 커튼월 공사의 경우 바코드 또는 수기로 관리되던 방식의 병행 또는 RFID 관리 단계와의 분리 등이 필요하다는 추가 요구사항도 조사되었다.

<표 3-4> 현장 인터뷰 및 조사 결과 요약

분 류			요 구 사 항	철 골	P C	커튼월
RFID	Tag 관련	비 용	저가형 Tag에 대한 필요	○	○	○
		탈·부착성	Tag 탈부착 용이성 향상	○	○	○
			Tag 탈착 시, 표면손상이 없도록 개발 필요	-	○	○
			부재수가 많아, 작은 부재를 큰 부재에 종속시켜 인식	○	-	-
		내구성	운반 또는 야적 시, 파손/손실을 없애는 방안 필요	○	○	○
			실외 야적을 고려하여 내구성	-	○	○
		회 수	부착한 상태로 매설/폐기하는 방식 필요	○	○	-
			회수의 용이성	○	○	○
		인식거리	최소 인식거리 향상 (1~2m)	○	○	○
	기술 관련	프로세스	부착 및 인식단계를 위한 등 프로세스 수정 및 개선	○	○	○
		편의성	업무의 편의성 향상	○	○	○
		기술필요성	신기술 도입의지 증대시킬 수 있는 방안 마련	○	○	○
		ROI	투자대비 이익 및 실용성 증대 및 검증 필요	○	○	○
			비용 부담의 분담	○	○	○

다. 태그 보완을 위한 기술 조사 및 평가를 통한 최적 기술 선정

따라서 앞서 조사된 기술 및 시장 조사 사항을 감안할 때, RFID의 인식 거리 확보를 위해서는 900MHz 대역의 기술 도입이 필요하며, 금속표면에서의 인식 성능 확보를 위해서는 금속용 Tag 활용을 고려할 수 있으나 인식 거리 및 경제성 확보 측면에서 기존 Tag를 활용할 수 있는 방안 도출이 필요한 것으로 조사되었다.

이러한 조사 결과는 당초 연구의 초기에 제시한 RFID Tag 부착 장치의 개발의 타당성을 보여주는 것으로 판단되며, 본 연구에서는 이러한 기술 및 시장 조사 결과를 바탕으로 RFID 부착 장치의 설계, 특허 출원 및 시작품 제작을 실시하였다.

다음 <표 3-5>는 기술 조사 및 평가를 통해 도출된 RFID Tag 부착 장치의 개발 방향을 정리한 것이다.

<표 3-5> 각 분야별 RFID Tag 부착 장치 개발 방향

구분	RFID Tag 부착 장치 개발 방향
철골	○ 금속 표면에서 RFID 전파의 기전력 확보를 위한 이격을 위해, 태그가 리더의 인식 방향과 수직이 되도록 유지하는 장치 고안 ○ 철골 표면의 원활한 부착을 위해 자석을 이용한 부착 방식 채택 ○ 카드 타입 또는 스티커 타입의 기존 RFID tag 활용 가능
PC	○ 기존 고리형 타입을 응용한 tag 하우징 방법 채택 ○ 철골을 위한 하우징 장치를 응용할 경우, 부착 방식을 스티커 형태로 변경하여야 함. 단, 이 경우 태그의 재활용에 문제가 있을 수 있음
커튼월	○ 커튼월의 바 또는 유리 표면 부착을 모두 고려 ○ 금속 바의 경우, 알루미늄 재질이 대부분으로 자석 방식 보다는 스티커 방식 또는 흡착판식의 부착 방법 고려 ○ 커튼월 바 또는 유리(금속 코팅 등)의 전파 방해 등을 고려하여, 철골과 같이 태그가 리더의 인식 방향과 수직이 되도록 유지하는 장치 지향

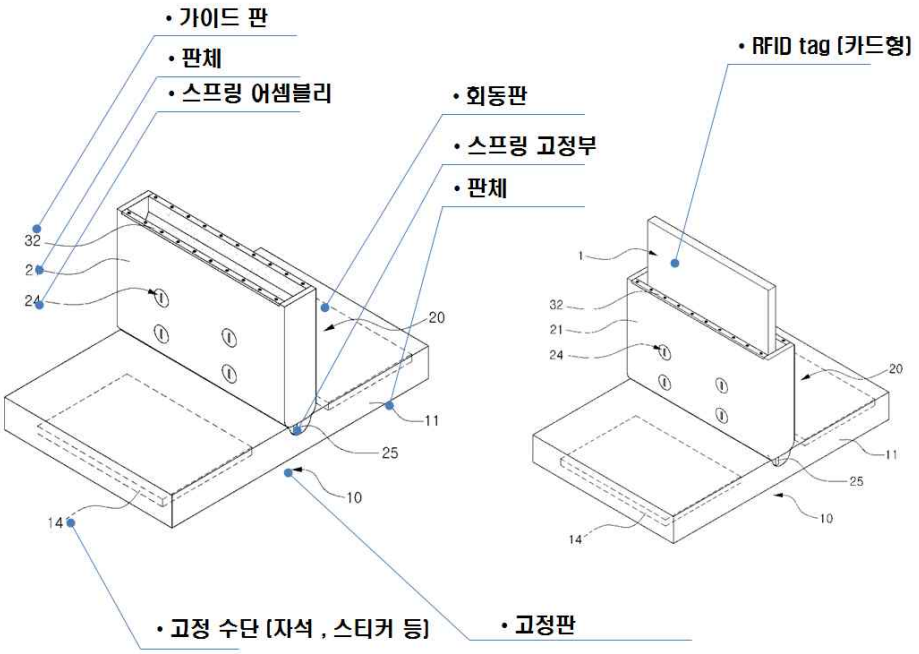
2. RFID Tag Housing 개선 방안 도출

가. 철골 및 PC 모듈용 Tag Housing 개선 방안 도출

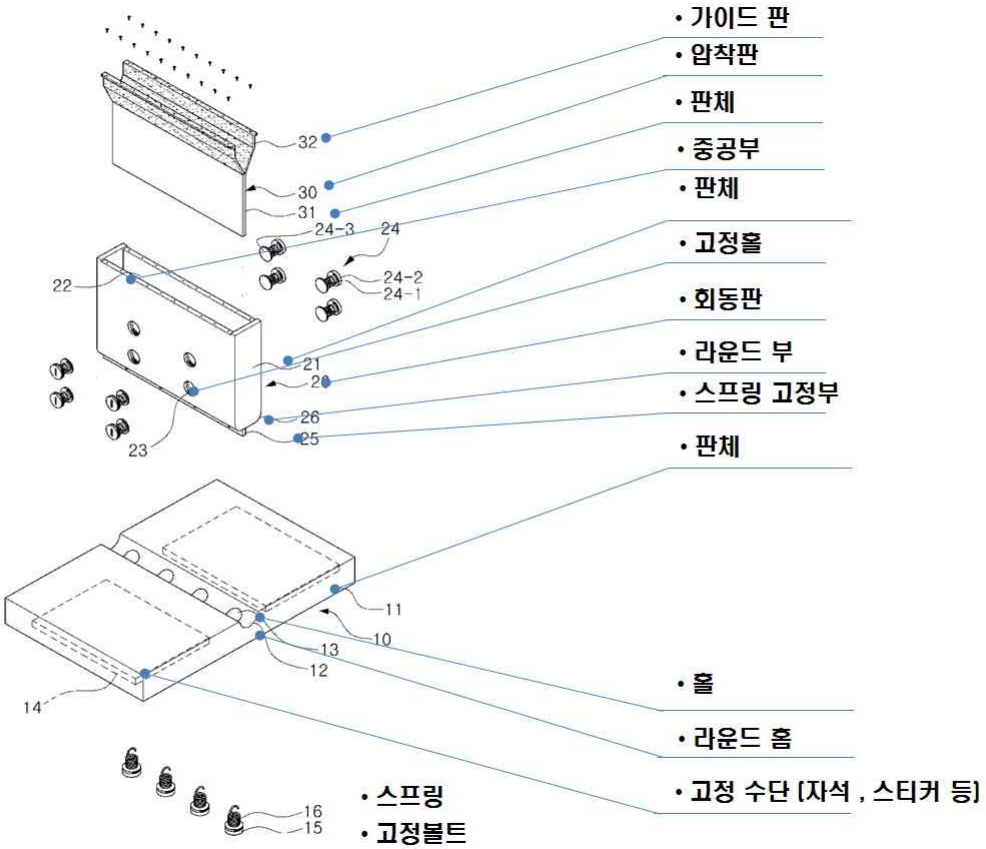
철골 및 PC 모듈용 RFID Tag Housing 개선 방안은 앞서 설명한 바와 같이, 기존의 900MHz 대역의 상용 RFID Tag를 효과적으로 활용하고, 금속인 철골뿐만 아니라, PC 부재에 효과적으로 적용하기 위하여 연구진 및 관련 전문 업체의 담당자와의 협의 통해 도출되었다.

이와 같은 개선 방안의 도출 순서는 먼저 아이디어에 대한 개념도 작성, 작성된 개념도에 대한 검토 및 수정, Mock-Up 개발을 위한 설계 및 Mock-Up 장치 제작, 그리고 개발된 Mock-Up 장치의 보완 사항 체크 및 설계 보완을 통한 시제품 제작의 순서로 진행되었다.

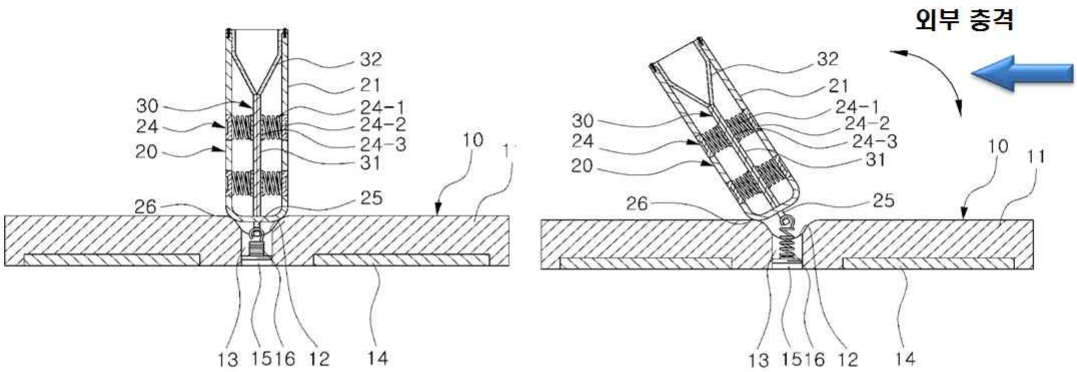
다음 <그림 3-6>~<그림 3-8>은 본 연구를 통해 도출된 RFID Tag 부착 장치의 구성을 나타낸 것이며, 그림에 나타난 바와 같이 기존의 비금속용 Tag의 인식을 위해 90도 각도의 유지, 충격에 따른 복원력 확보, 그리고 부착 성능 등을 고려하여 도출되었다.



<그림 3-6> Tag Housing(부착장치) 제작(안)-1

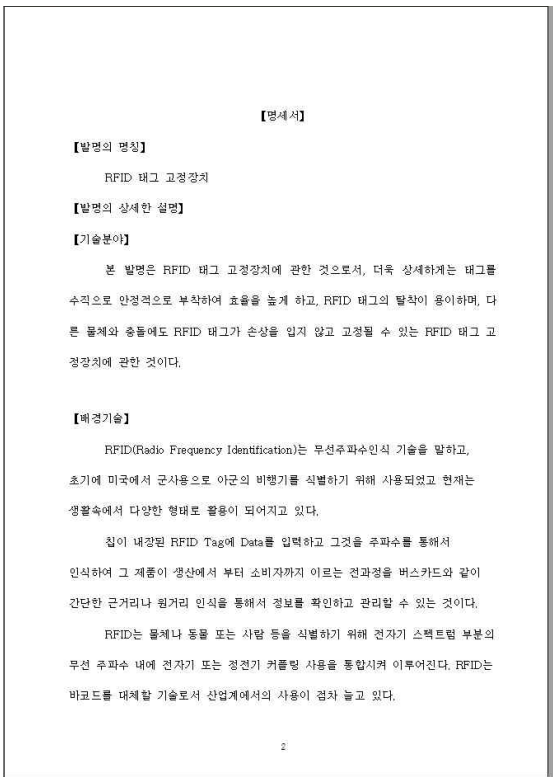


<그림 3-7> Tag Housing(부착장치) 제작(안)-2



<그림 3-8> Tag Housing(부착장치)의 특징 (충격에 대응 및 복원)

또한 아래 <그림 3-9>와 같이 도출된 개념을 바탕으로 개발 기술의 상용화 및 타 업체의 기술적 진입 장벽 확보를 위해 특허를 출원 및 등록(특허 등록번호: 100967092)을 하였다.



【명세서】

【발명의 명칭】

RFID 태그 고정장치

【발명의 상세한 설명】

【기술분야】

본 발명은 RFID 태그 고정장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 태그를 수직으로 안정적으로 부착하여 효율을 높게 하고, RFID 태그의 탈착이 용이하며, 다른 물체와 충돌에도 RFID 태그가 손상을 입지 않고 고정될 수 있는 RFID 태그 고정장치에 관한 것이다.

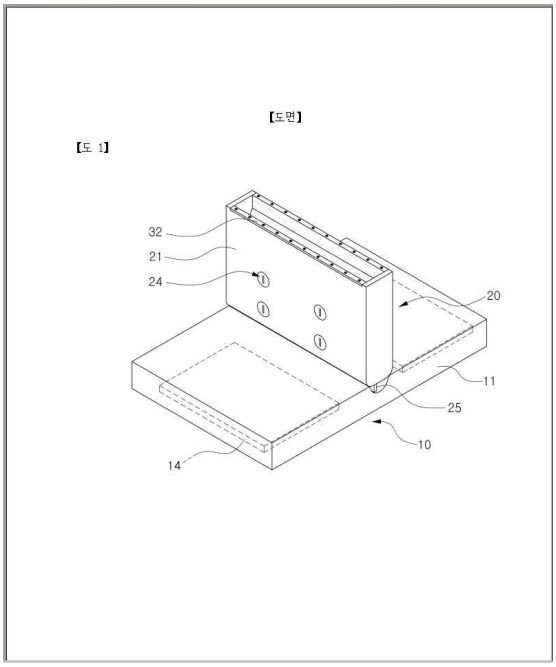
【배경기술】

RFID(Radio Frequency Identification)는 무선주파수인식 기술을 말하고, 초기에 미국에서 군사용으로 아군의 비행기를 식별하기 위해 사용되었고 현재는 생활속에서 다양한 형태로 활용이 되어지고 있다.

칩이 내장된 RFID Tag에 Data를 입력하고 그것을 주파수를 통해서 인식하여 그 제품이 생산에서 부터 소비자까지 이르는 전과정을 버스카드와 같이 간단한 근거리나 원거리 인식을 통해서 정보를 확인하고 관리할 수 있는 것이다.

RFID는 물체나 동물 또는 사람 등을 식별하기 위해 전자기 스펙트럼 부분의 무선 주파수 내에 전자기 또는 정전기 커플링 사용을 통합시켜 이루어진다. RFID는 바코드를 대체할 기술로서 산업계에서의 사용이 점차 늘고 있다.

2



【도면】

【도 1】

<그림 3-9> 특허 출원

<표 3-6>은 등록된 특허의 청구항에 대한 것으로, 본 연구에서 제시한 개념을 포괄하는 청구항을 가지고 있어, 기술 보호 및 상용화 추진에 문제가 없음을 보여주고 있다.

<표 3-6> RFID Tag 부착 장치의 특허 청구항

구분	주요 내용
1항 (대표 청구항)	○ RFID 태그를 고정하는 장치에 있어서, 저면에 고정수단이 구비된 고정판의 상면 중앙에 수직으로 회동판이 탄력적으로 회동수단에 의해 고정되고, 회동판에 상부가 개방된 중공부가 형성되어 RFID태그의 일부가 삽입되어 고정되며, RFID태그가 외부충격에 탄력적으로 회동하면서 수직을 유지하도록 고정되어 RFID태그가 제품에 수직되도록 고정되는 것을 특징으로 하는 RFID 태그 고정장치.
2항	○ 제 1 항에 있어서, 고정판의 판체 상면 중앙으로 고정홈이 형성되고, 회동수단은 회동판의 판체 하단에 탄성판이 일체로 삽입 고정되며, 탄성판은 **금속** 또는 **플라스틱 재질**로 형성되며, 탄성판의 하단은 고정판의 고정홈에 삽입되어 **접착제로 고정**되는 것을 특징으로 하는 RFID태그 고정장치.
3항	○ 제 1 항에 있어서, 회동수단은 **비닐판**의 상단이 회동판의 양측 외측면에 접착제로 고정되거나 열접착으로 고정되고, 비닐판의 하단이 고정판의 판체에 상단과 동일한 방법으로 고정되되 비닐판이 회동판을 향해 호형을 이루도록 고정되며, 비닐판에 의해 회동판의 하단이 고정판에서 이격되어 고정되는 것을 특징으로 하는 RFID태그 고정장치.
4항	○ 제 1 항에 있어서, 회동수단은 **고무판**의 하단이 고정대로 회동판의 양측에서 고정판의 상면에 고정되되 회동판의 하단과 인접한 곳에 고정되고, 고무판의 상단은 고정대로 회동판의 양쪽 외측면에 고정되되 회동판의 하단과 이격되어 고정되는 것을 특징으로 하는 RFID태그 고정장치.
5항	○ 제 1 항에 있어서, 고정판의 상면 중앙에 폭방향으로 라운드홈이 형성되고, 라운드홈에 다수개의 홀이 저면까지 관통되어 형성되되 내경에 나사산이 형성되며, 회동수단으로 스프링의 일단이 고정볼트에 고정되어 홀에 체결되어 고정되고, 스프링의 타단은 회동판의 하단에 형성된 스프링고정부에 고정되며, 회동판의 중공부에 탄력적으로 지지되는 **압착판** 한쌍이 고정되어 압착판 사이에 RFID 태그가 삽입되어 고정되고, 회동판의 양측면에 고정홀이 다수 형성되고, 고정홀에 스프링어셈블리가 고정되어 압착판을 탄력지지하게 구성된 것을 특징으로 하는 RFID 태그 고정장치.
6항	○ 제 5 항에 있어서, 압착판의 상단에 가이드판 하단이 고정되고, 가이드판의 상단은 회동판의 상단에 고정되며, 스프링어셈블리는 볼트부에 스프링의 일단이 고정되고, 스프링의 타단에 압축판이 고정되어 압착판에 밀착되어 탄력지지되도록 구성되며, 회동판의 하단에는 라운드부가 형성되는 것을 특징으로 하는 RFID 태그 고정장치.
7항	○ 제 1 항 또는 제 4 항에 있어서, 고정수단은 **접착제, 접착테이프, 자석, 고정클립** 중 하나 이상을 선택하여 형성하는 것을 특징으로 하는 RFID 태그 고정장치.

나. PC 모듈용 Tag Housing(고리형) 개선 방안 도출

고리형 PC 모듈용 Tag Housing은 앞 서 제시함 철골 및 PC 모듈용 RFID Tag Housing과는 달리, 기존의 13.56 MHz 대역에서 사용하던 방식인 카드형 RFID Tag의 상부에 고리를 부착하기 위한 구멍을 뚫고, 고리를 부착하는 형태를 유지하는 방식이다.

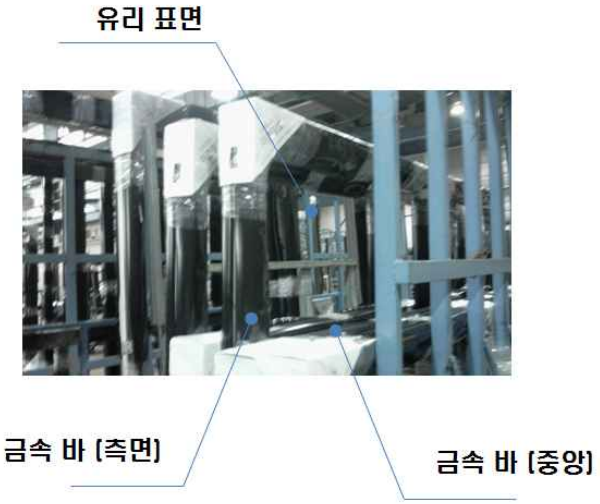
본 방식은 기존 RFID+4D 방식에서 채택하던 방식을 개선한 방식으로, 카드에 부착된 고리를 PC 양 끝부의 철근 부위 등에 연결을 원활하게 하기 위해 탄성을 가진 고리를 채택하였다.

<그림 3-10>은 PC 모듈용으로 활용하기 위해 개선된 고리형 Tag Housing 방법과 현장에서의 부착 위치를 나타낸 것이다.

<그림 3-10> PC 부재를 위한 고리형 Tag Housing과 부착 방법

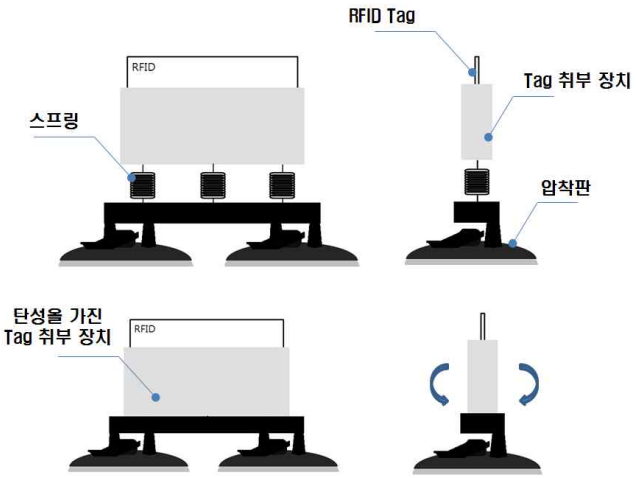
다. 커튼월 모듈용 Tag Housing 개선 방안 도출

커튼월 모듈용 RFID Tag Housing 개선 방안은 <표 3-5>에서 설명한 바와 같이, 900MHz의 상용 RFID Tag를 활용하고, <그림 3-11>과 같이 커튼월의 유리 부위 또는 알루미늄 금속 바(측면 또는 중압 부위)에 태그를 부착하는 것을 목표로 연구진 및 관련 전문 업체의 담당자와의 협의 통해 아이디어를 도출하였다.



<그림 3-11> 커튼월 부재에서의 RFID 태그 부착 고려 위치

본 연구에서 도출한 초기 아이디어는 <그림 3-12>과 같이, 압착판을 활용하여 태그를 고정 시키는 형태로 제안되었다.



<그림 3-12> 초기 커튼월용 RFID Tag Housing 방안

하지만 <그림 3-13>과 같은 압착판에 대한 부착력 테스트 결과, 태그의 탈락 등의 문제가 발생할 수 있는 것으로 조사되었다. 따라서 본 연구진은 일부 특수한 경우를 대상으로 압착판 방식을 사용하고, 일반적인 경우는 부착 방식을 스티커 방식으로 적용하는 것이 타당하다는 결론을 도출하였다.

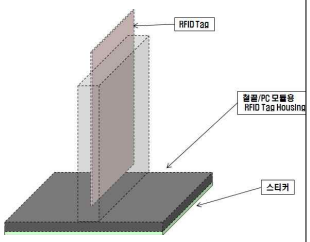
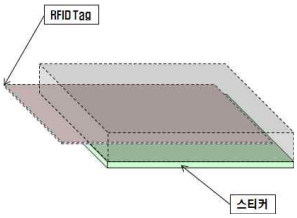
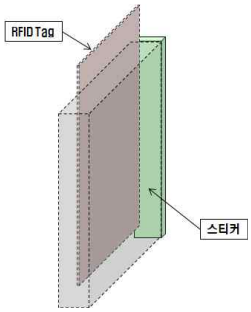
<그림 3-13> 압착판 방식의 부착력 테스트

아래 <그림 3-14>는 스티커 타입의 방식이 커튼월에 부착될 경우에 태그 탈락의 경우를 고려한 테스트 과정을 나타낸 것으로, 테스트 결과 일반 시중에서 사용되고 있는 양면 테이프와 강력 양면 테이프 모두가 접착력이 뛰어난 것으로 나타나 사용이 가능한 것으로 나타났다. 단, 태그의 부착 시 스티커의 자국 등이 나타나는 것에 대해서는 주의가 필요할 것이라는 현장 담당자의 의견이 있어, 이를 고려하여 부착 테이프를 선정하였다.

<그림 3-14> 스티커 타입의 부착력 테스트

다음 <표 3-7>은 스티커 타입으로 구성한 커튼월 모듈용 RFID Tag Housing 방식의 아이디어들과 선정(안)을 나타낸 것이다. 선정(안)은 철골 및 PC 모듈과 거의 유사한 형태를 가지며, 부착 방식에서 자석이 아닌 스티커를 활용한다는 차이점을 가진다.

<표 3-7> 커튼월 모듈용 RFID Tag Housing 아이디어와 선정(안)

구분	선정(안)	Alt 1	Alt 2
개념도			
장/단점	- 접착면이 넓어 접착력 우수 - 금속 바 등의 부착 시, 인식률 및 인식 거리 확보에 유리 - 접착 표면이 넓어질 경우 탈착이 어려운 문제 발생 (표면적 조정 필요)	- 접착면이 넓어 접착력 우수 - 금속 바 등의 부착 시, 인식률 저하 및 인식 거리 감소가 우려됨	- 접착면이 좁아 접착력의 문제 발생 - 금속 바 등의 부착 시, 인식률 및 인식 거리 확보에 유리

3. RFID Tag Housing 시작품 제작

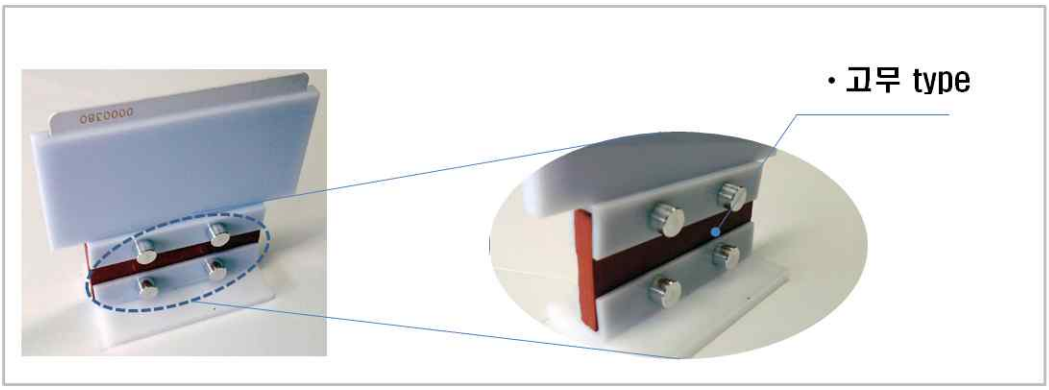
RFID Tag Housing의 시작품 제작은 앞 서 도출한 철골 및 PC 모듈용, PC 모듈용(고리형), 그리고 커튼월 모듈용에 대해 각각 수행되었다. 그리고 연구은 1차 년도에 철골 및 PC 모듈용 RFID Tag Housing에 대한 1차 시제품 제작과 테스트를 실시하였으며, 2차년도에서는 1차년도 테스트 결과를 반영한 철골 및 PC 모듈용 RFID Tag Housing 상용화를 위한 제품 개발과 PC 모듈형(고리형)과 커튼월 모듈형 RFID Tag의 시제품 제작 및 보완이 이루어졌다.

본 연구에서 진행된 RFID Tag Housing 시제품 제작의 상세 내용은 다음과 같다.

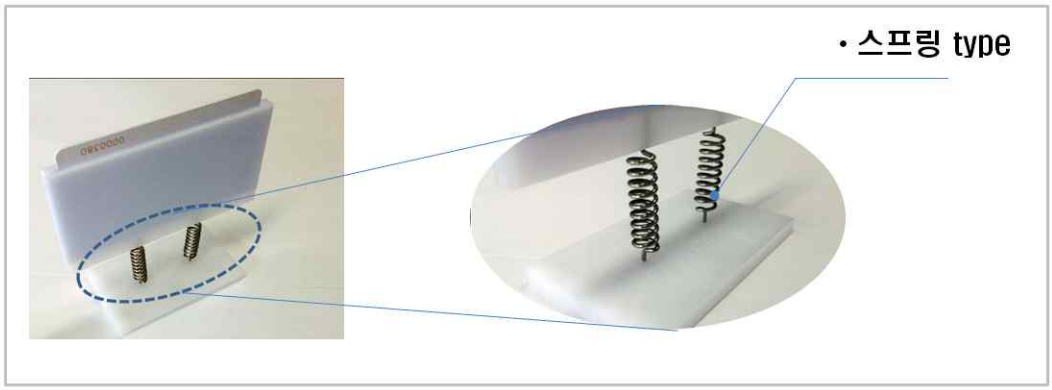
가. 철골 및 PC 모듈용 RFID Tag Housing 시제품

철골 및 PC 모듈용 RFID Tag 부착 장치 시작품 개발은 연구를 도출해 도출된 아이디어를 바탕으로 한 Mock-Up 제작, 1차 시작품 제작, 그리고 2차 시작품 제작 및 테스트의 순서로 이루어 졌으며, 아래 <그림 3-15>와 <그림 3-16>은 초기에 제작된 Mock-Up 제품을 나타낸 것이다.

초기 Mock-Up은 외부 충격에 따른 탄성 확보를 위해 고무 Type과 스프링 Type 각각에 대한 제작을 하였으며, 제작 결과 Tag의 부착력 및 부착의 용이성 확보, 그리고 금속체에서의 부착력 확보에 문제가 있는 것으로 나타나 이에 대한 문제점을 해결하는 방향으로 1차 시작품을 제작하였다.



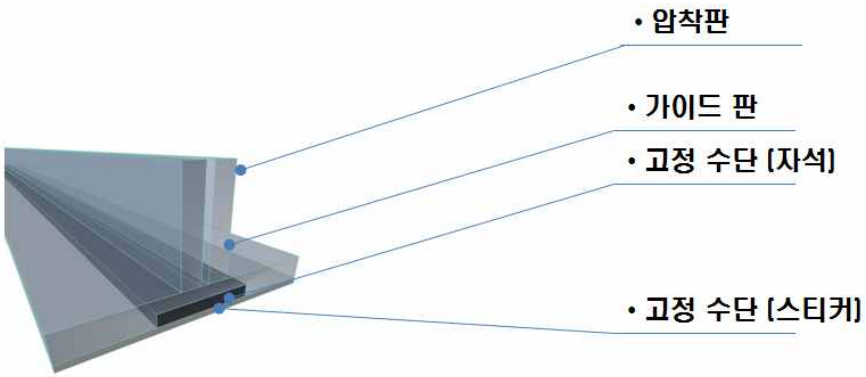
<그림 3-15> Tag 부착 장치 시작품 제작을 위한 Mock-Up 1안



<그림 3-16> Tag 부착 장치 시작품 제작을 위한 Mock-Up 2안

또한 초기 개념도에 포함되지는 않았으나, 시작품의 Mock-Up 과정에서 카드 타입 외에 라벨 타입의 Tag를 보다 저가로 적용하기 위한 방안이 고안되어 이에 대한 Mock-Up 제품을 제작하였다.

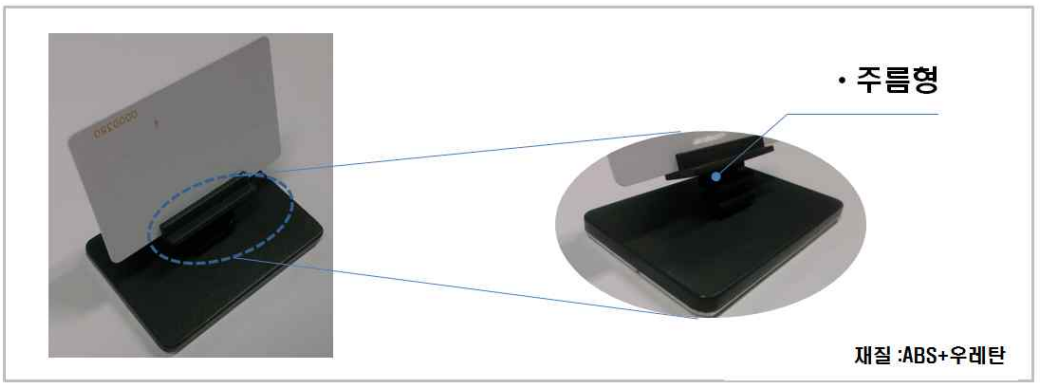
다음 <그림 3-17>은 라벨 타입 Tag를 적용하기 위해 제작된 Tag 부착 장치이다. 그림에 나타난 바와 같이 고안된 부착 장치는 라벨 Tag 자체의 탄성을 이용한 복원력을 활용하고 있다. 하지만 <그림 3-18>과 같이 제작된 Mock-Up 품의 경우 부착면이 좁은 단점이 발견되어 이를 시작품 제작에 반영하였으며, 성능에 대한 검토 결과 재활용 측면에서는 떨어지나 1회성으로 활용하기에는 가격이나 성능측면에서 효과적인 것으로 나타났다.

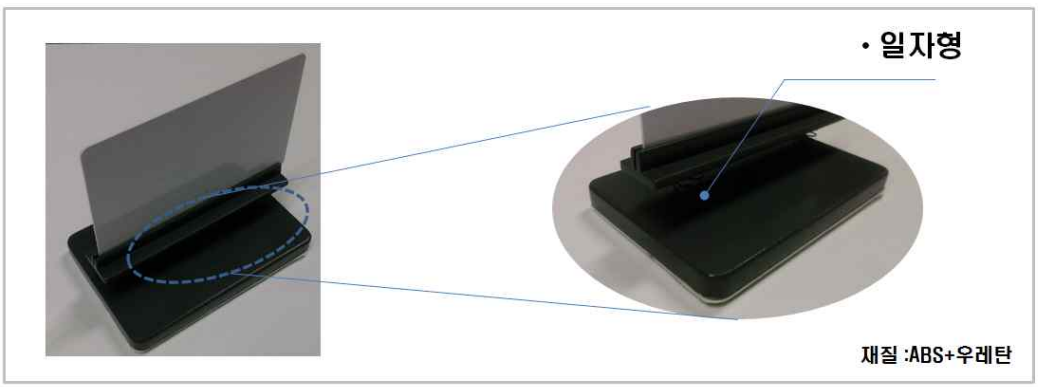


<그림 3-17> 라벨 타입 Tag를 위한 부착 장치 구성

<그림 3-18> 라벨 타입 Tag를 위한 부착 장치 시작품

다음 <그림 3-19>는 앞서 설명한 시작품 Mock-Up의 개선 사항을 반영한 시작품으로, Tag의 결합 및 관리 부재에 대한 부착력을 향상하여 제작하였다.





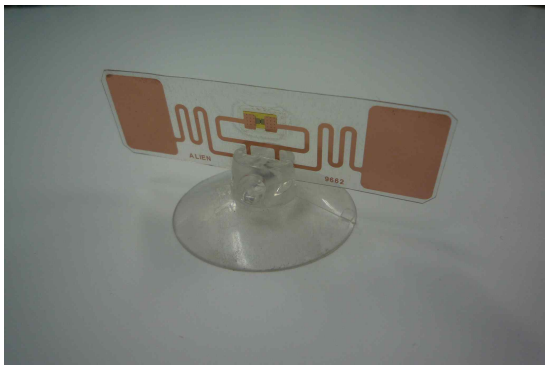
<그림 3-19> 카드 타입 Tag를 위한 부착 장치 시작품 (A, B 타입)

나. 커튼월 모듈용 RFID Tag Housing 시제품

커튼월 모듈용 RFID Tag Housing의 시제품은 압착판 방식(그림 3-12 참조)과 스티커 타입 방식의 2가지로 진행되었다.

연구의 진행은 1차년도에 진행된 철골 및 PC 모듈용 RFID Tag Housing 시제품의 응용과 별도의 압착판 방식에 대한 Mock-up 및 1차 시제품을 제작하고, 이에 대한 Lab 테스트를 실시하여 초기 요구사항의 반영 여부에 대한 검증을 실시하는 순서로 연구를 진행하였다. 그리고 Lab 테스트 결과를 바탕으로 실제 현장에서 사용될 시제품을 개발하였다. 상용화를 위한 시제품은 현장의 환경을 반영하여 내구성 등을 강화했다는 점이 차별화되며, 이에 대한 상세 내용은 본 보고서의 제 3절에 상세 내용을 설명하였다.

<그림 3-20>은 본 연구에서 제작한 커튼월용 시제품을 나타낸 것이다.



[압착판 방식]

[스티커 부착 방식]

<그림 3-20> 커튼월 모듈용 RFID Tag Housing 시제품

4. RFID Tag Housing 시작품의 Lab Test

가. RFID Tag Housing 시제품의 Lab Test 환경

본 연구에서는 앞서 설명된 철골 및 PC용, PC용 (고리형), 커튼월 용의 RFID Tag Housing 제품이 요구 성능을 만족하는 지를 파악하기 위해, Lab Test를 실시하였다.

Lab Test는 일정 환경에서 인식 성능이 얼마나 나오는 지를 파악하기 위해 실내에서 진행되었으며, 성능 테스트는 부재의 부착 전의 인식 거리와 각 부재별 부착 후의 인식 성능의 파악의 순서로 진행되었다. 그리고 인식 각도에 따른 인식 성능의 변화를 파악하기 위해 0°, 30°, 60°, 90°로 나누어 테스트를 진행하였으며, 테스트 시 부착 위치는 현업의 실무자 의견과 Tag의 부착 편의성을 고려하여 2~4 개소 정도로 구분하여 테스트를 실시하였다.

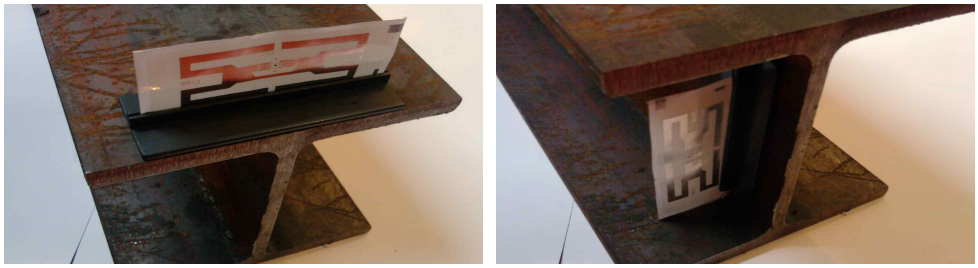
<그림 3-21>은 테스트에서 활용된 실험도구를 나타낸 것으로, RFID 리더기와 리더기의 정확한 위치 파악을 위한 추, 인식 거리를 측정하기 위한 줄자, 그리고 인식 각도 파악을 위한 각도판이 활용되었다.

<그림 3-21> Tag 부착 장치 테스트를 위한 실험 도구

나. 철골 및 PC 부재의 Lab Test 및 결과

철골 및 PC 부재의 Lab Test는 철골 및 PC 모듈용 RFID Tag Housing을 활용하여 본 연구의 순서에 따라 1차년도에 진행되었다. 아래 <그림 3-22>는 철골과 PC 부재를 대상으로 테스트를 진행하는 과정을 나타낸 것이다. 그리고 <그림 3-23>은 테스트 시, 철골 부재에 부착한 위치를 나타낸 것이다.

<그림 3-22> Tag 부착 장치의 인식 거리 테스트 모습



<그림 3-23> Tag 부착 가능 위치

테스트 결과, <표 3-8>에 나타난 바와 같이 개발된 RFID Tag 부착 장치는 기존의 RFID Tag 부착 방법을 적용 시 금속에서 인식이 되지 못하던 것을 약 1.7~0.4 m로 확보하고, 큰 외부의 충격에도 부착 성능을 유지하는 것으로 나타났다.

그리고 아래 <표 3-8>에 나타난 바와 같이, RFID Tag의 타입에 따라 인식 성능이 차이가 나는 것으로 조사되어, 최적 Tag 조사를 위한 추가 연구가 필요한 것으로 나타났으며, 현재 테스트 한 상태에서는 라벨 타입의 인식 성능이 더 우수한 것으로 나타나 1회성으로 사용할 경우 경제성을 고려할 때 라벨 타입의 부착 장치가 더욱 효과적일 것으로 나타났다.

<표 3-8> Tag 부착 장치의 인식 성능 테스트 결과

(단위 : m)

구분			A type	B type	라벨 타입
방향	인식 각도	부재	부재 부착 전 : 1.85	부재 부착 전 : 1.8	부재 부착 전 : 2.7
수평	90	철골	1.7	1.7	1.5
		PC	0.8	0.7	2.3
	60	철골	0.75	0.8	1.5
		PC	1.1	1.0	2.3
	30	철골	0.5	0.5	1.4
		PC	0.9	0.9	2.2
	0	철골	0.45	0.4	0.7
		PC	0.8	0.8	2.2
수직	0	철골	1.7	1.7	1.5
		PC	0.8	0.7	2.3
	30	철골	0.7	0.6	1.5
		PC	0.3	0.3	1.2
	60	철골	0.5	0.5	1
		PC	0.3	0.3	0.5
	90	철골	0.7	0.6	1
		PC	0.2	0.25	0.6

다. PC 부재의 Lab Test 및 결과

PC 부재의 Lab Test는 1차년도에 진행된 테스트가 벽체를 대상으로 함으로써 정확한 인식 성능 테스트가 어려웠다는 점과 PC에서 활용될 수 있는 Tag의 모든 종류를 반영하지 못하였다는 점을 반영하여, PC 시험체와 다양한 Tag (철골 및 PC 모듈용, 고리형, 스티커 형)를 적용하여 테스트를 진행하였다.

다음 <그림 3-24>는 테스트 과정을 도식화한 것이고, <그림 3-25>는 Tag의 부착위치를 나타낸 것이다.

<그림 3-24> PC 부재의 Lab Test 과정

<그림 3-25> PC 부재 Tag 부착 위치

<표 3-9>는 테스트 결과를 나타낸 것이다. <표 3-9>에서 나타난 바와 같이, 개발된 RFID Tag 부착 장치는 기존의 13.56MHz 적용 시, 약 5cm 내외의 인식 거리를 최대 2.4 m로 확보하고, 큰 외부의 충격에도 부착 성능을 유지하는 것으로 나타났다.

그리고, RFID Tag의 타입에 따라 최대 0.85m의 인식 성능 차이가 나는 것으로 조사되었다.

<표 3-9> PC 부재에서의 인식 성능 테스트 결과

(단위 : m)

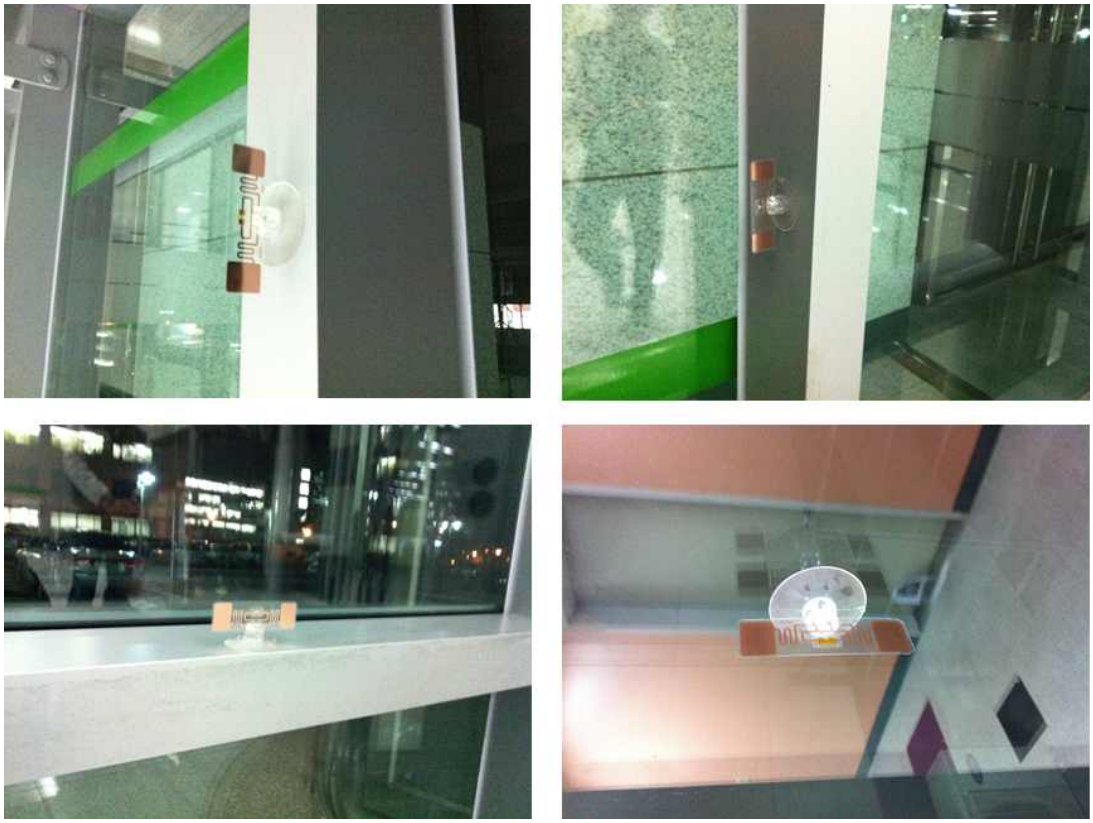
구분			고리 type	스티커 타입
방향	인식 각도	부재	부재 부착 전 : 3.5	부재 부착 전 : 3.8
수평	90	PC	1.65	2.5
	60	PC	1.48	1.98
	30	PC	1.35	2.02
	0	PC	1.13	1.89
수직	0	PC	1.95	2.4
	30	PC	1.96	2.29
	60	PC	1.92	1.9
	90	PC	1.78	1.81

라. 커튼월 부재의 Lab Test 및 결과

커튼월 부재의 Lab Test는 2차년도에 연구된 압착판 식 커튼월용 시제품, 스티커 타입의 시제품, 그리고 일반 스티커 타입의 Tag를 대상으로 커튼월 부재에서 부착 가능한 위치 4 곳(김용배 2007)에 각각의 Tag를 부착하여 테스트를 진행하였다.

다음 <그림 3-26>는 테스트 과정을 도식화한 것이고, <그림 3-27>는 커튼월에서의 Tag의 부착위치를 나타낸 것이다.

<그림 3-26> 커튼월 부재의 Lab Test 과정



<그림 3-27> 커튼월 부재에의 Tag 부착 위치

<표 3-10>은 커튼월 부재를 대상으로 실시한 Lab 테스트의 결과를 나타낸 것이다. <표 3-10>에서 나타난 바와 같이, 2차년도에 개발된 RFID Tag 부착 장치는 최대 3.9 m로 확보하고, 현업에서 적용 가능한 부착 성능을 유지하는 것으로 나타났다.

그리고 RFID Tag의 타입에 따라 최대 2.65m의 인식 성능 차이가 나는 것으로 조사되었다.

<표 3-10> 커튼월 부재에서의 인식 성능 테스트 결과

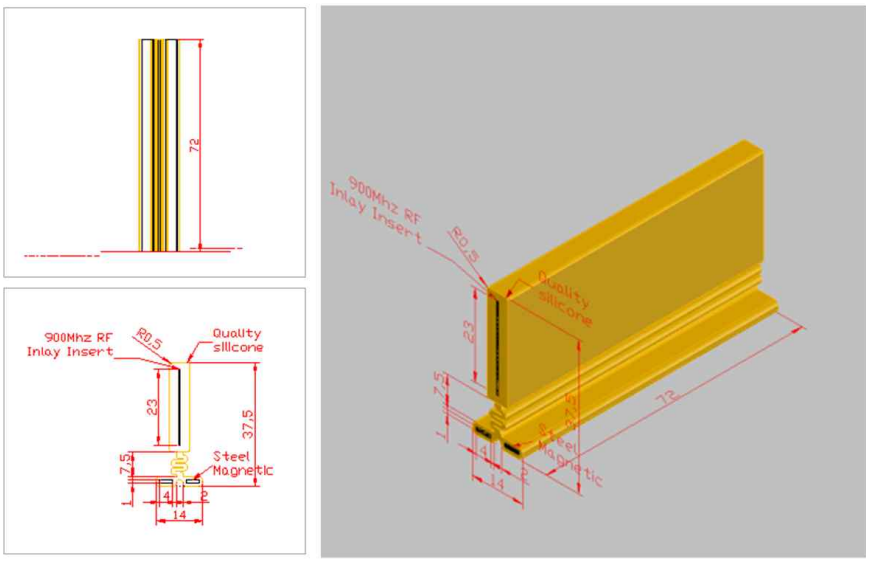
(단위 : m)

구분			스티커 타입	압착형 타입
부재 위치	수평 각도	부재	부재 부착 전 : 3.3	부재 부착 전 : 4
외부 금속바 정면	90	커튼월	3.7	3.4
	60	커튼월	3.6	2.25
	30	커튼월	3.4	2.27
	0	커튼월	3.33	0.7
외부 금속바 측면	90	커튼월	2.66	2.12
	60	커튼월	3.06	2.26
	30	커튼월	2.57	2.26
	0	커튼월	2.48	1.05
유리 표면	90	커튼월	3.38	2.22
	60	커튼월	2.7	2.35
	30	커튼월	2.05	1.97
	0	커튼월	1.5	1.88
수평 금속바	90	커튼월	3.9	1.52
	60	커튼월	2.43	1.43
	30	커튼월	2.21	1.5
	0	커튼월	1.67	1.2

5. 상용화를 위한 RFID Tag Housing 시제품

상용화를 위한 RFID Tag Housing 시제품 개발은 1차년도와 2차년도 초반에 진행된 초기 철골 및 PC 모듈용 RFID Tag Housing 및 이를 응용한 커튼월 모듈용 제품을 실제 현장에서 상용화하기 위해 진행되었다.

상용화 제품의 제작은 당초 개발된 시제품의 내구성과 직각 상태로의 회복력, 그리고 RFID Tag의 탈락 문제 등 현장에서 발생 가능한 문제를 원활하게 해결하는데 초점이 맞추어 진행되었으며, 인식 거리 또한 기존의 시제품의 성능 이상을 확보하는데 초점을 맞추어 연구를 진행하였다.



<그림 3-28> 상용화를 위한 Housing 설계

<그림 3-28>은 상용화를 위한 Tag Housing의 설계(안)을 나타낸 것으로, 무독성, 난연성, 내한성, 내열성, 복원성, 신축성, 내후성을 고려한 실리콘 재질의 적용과 복원력을 고려한 적절한 수직 높이 확보, 그리고 사용 중 Tag의 탈착방지와 부착 표면이 평활하지 못할 때에도 부착이 용이하게 하기 위해 부착 면을 2개의 판으로 구분했다는 특징을 가지고 있다.

그리고 본 연구에서 개발된 제품을 상용화하여 판매할 경우, 일반 카드형 또는 스티커 형의 Tag를 별도로 구매하여, 사용자가 Tag Housing에 삽입하는 것은 매우 번잡하고 불합리하다는 현장 실무자의 의견에 따라, 제작 시 Tag를 삽입하여 제품화하는 것을 고려한 제품 개발을 실시하였다.

그리고 개발 과정에서 <그림 3-29>의 설계(안)을 실물로 구현하기 위해서, 가장 중요한 부분이 Housing의 재질이라는 전문가의 의견을 반영하여, 아래 <표 3-11>과 같이 실리콘 재질을 다양한 조건으로 테스트하고, 테스트 결과에서 최적으로 나타난 배합 조합(4차)을 활용한 상용 제품을 제작하였다.

<표 3-11> 상용 Tag Housing 제작을 위한 물성 테스트

구분	배합 첨가물	물성 테스트 결과
1 차	- 실리콘 폴리머 89%, 경화제 9.5%, 실리카 1.3%, 대전방지제(폴리에스테르)0.7%, 니트릴 부타디엔 0.3%	- 실리콘 경도: 38 - 신장율 : 300% - 인장강도 : 4.5mpa(667psi와 유사), - 인열강도 : -60~+250 - 경화제 CA5560 사용 시 경화시간: 48시간 - 점도: 보통
2 차	- 실리콘 폴리머88%, 경화제 10%, 실리카 0.5%, 대전방지제(카본블랙) 0.7%	- 실리콘 경도: 25 - 신장율 : 550% - 인장강도: 600psi - 인열강도: 150ppi - 초급속 경화제 사용(10:1) 시 경화시간: 2시간 - 점도: 낮음
3 차	- 실리콘 폴리머 87%, 경화제 10% 실리카 1.5%, 대전방지제(폴리에스테르)0.7%, EPDM (Ethylene propylene Ter-polymers)0.8%	- 실리콘 경도: 45 - 신장율 : 200% - 인장강도 : 2.2mpa - 인열강도 : -60~+250 - 점도: 보통
4차 (선정 재질)	- 실리콘 폴리머 88%, 경화제 10%, 실리카 1.5%, 대전방지제(카본블랙), CSM (Chlo-rosulphonated polyethylene) 0.5%	- 실리콘 경도: 35 - 신장율 : 300% - 인장강도 : 5.0mpa - 인열강도 : -60~+250 - 점도: 보통

<그림 3-29>는 <표 3-11>에서 나타난 재질 테스트를 통해 선정된 실리콘 재질을 반영한 최종 시제품을 나타낸 것이다.

철골용 자석 타입

PC, 커튼월용 스티커 타입

<그림 3-29> 최종 제작된 시제품

그리고 개발된 최종 시제품은 <그림 3-30>의 테스트 과정을 거쳐 초기 시제품에서 나타낸 인식 성능을 나타내는 지에 대한 검증을 실시하였다.

철골용 자석 타입

PC, 커튼월용 스티커 타입

<그림 3-30> 최종 시제품의 인식 성능 테스트 모습

<표 3-12>는 철골, PC, 커튼월 부재에 대해 최종 시제품을 적용한 테스트 결과를 나타낸 것이다. 테스트 결과 초기 시작품에 대비 약 290%의 인식률이 나타나는 것으로 조사되었으며, 초기 시제품 보다 내구성 및 부착성이 탁월한 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 향후 본 연구의 결과물이 상용화될 때 기본 자료로 활용될 예정이며, 다양한 분야에 해당 Tag Housing이 활용될 수 있다는 사실을 보여 준다.

끝으로, 본 연구에서 제작한 고리형 PC 모듈용과 압착판식 커튼월 모듈용의 경우, 현장 및 적용 환경에 따라 상용화가 가능한 부분으로, 본 연구에서는 현장 테스트 시, 이를 포함한 테스트를 진행하였다.

<표 3-12> 최종 시제품의 인식 성능 테스트 결과

(단위 : m)

구분			최종 시제품		1차 시제품		인식률 차이 (%)
부재	부착 위치	인식 각도					
철골	웨브	90	2.3		1.7		35%
		60	2.1		0.8		163%
		30	1.95		0.5		290%
		0	1.89		0.4		373%
	플랜지	90	2.3		1.7		35%
		60	2		0.75		167%
		30	1.92		0.5		284%
		0	1.88		0.45		318%
PC			L자 타입	고리형 타입	L자 타입	고리형 타입	인식률 차이 (%)
	수평	90	2.02	1.65	1.1	-	84%
		60	1.98	1.48	0.9	-	120%
		30	2.5	1.35	0.7	-	257%
		0	1.89	1.13	0.45	-	320%
	수직	90	2.4	1.97	0.8	-	200%
		60	2.29	1.96	0.3	-	663%
		30	1.9	1.92	0.3	-	533%
		0	1.81	1.78	0.2	-	805%
커튼월			L자 타입	압착형 타입	L자 타입	압착형 타입	인식률 차이 (%)
	외부 금속바 정면	90	2.9	4.3	-	-	-
		60	2.4	4.3	-	-	-
		30	2.2	4.1	-	-	-
		0	2	4	-	-	-
	외부 금속바 측면	90	3.5	4.2	-	-	-
		60	2.5	3.7	-	-	-
		30	2.1	3.3	-	-	-
		0	1.9	3.1	-	-	-
	유리	90	3.3	4	-	-	-

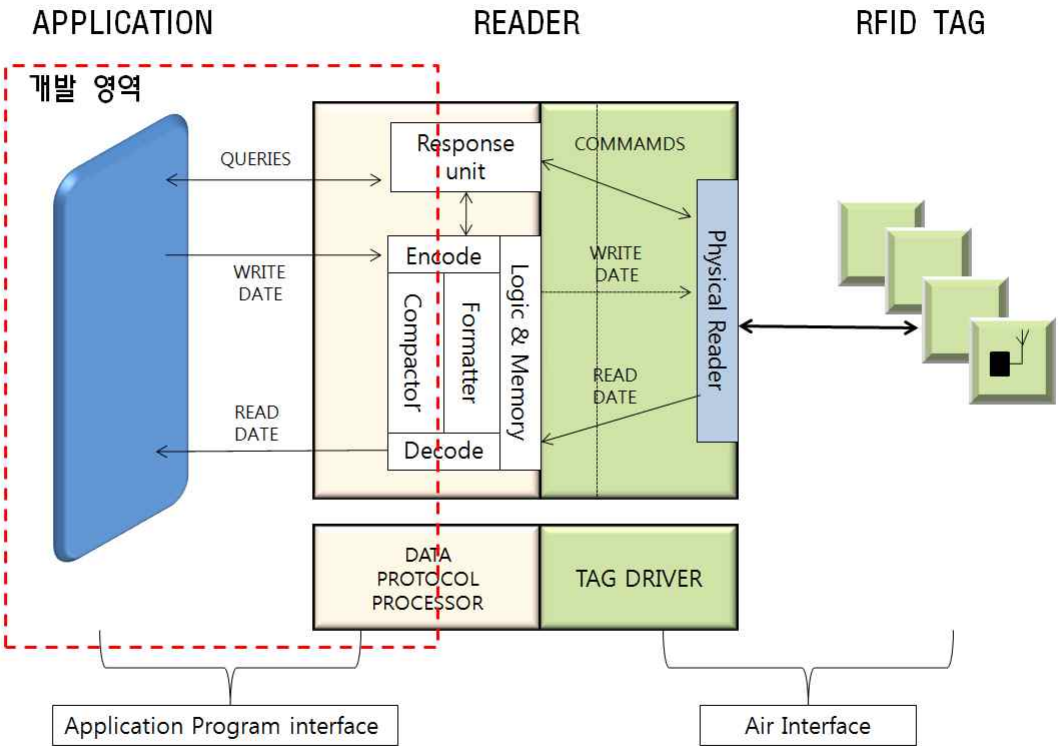
	표면	60	3.1	3.8	-	-	-
		30	2	3.6	-	-	-
		0	1.6	3.45	-	-	-
	수평 금속바	90	1.7	2.5	-	-	-
		60	1	2	-	-	-
		30	0.8	1.5	-	-	-
		0	0.7	1	-	-	-

6. RFID(900MHz) Reader 모듈 설계 및 개발

가. RFID Reader 모듈 설계

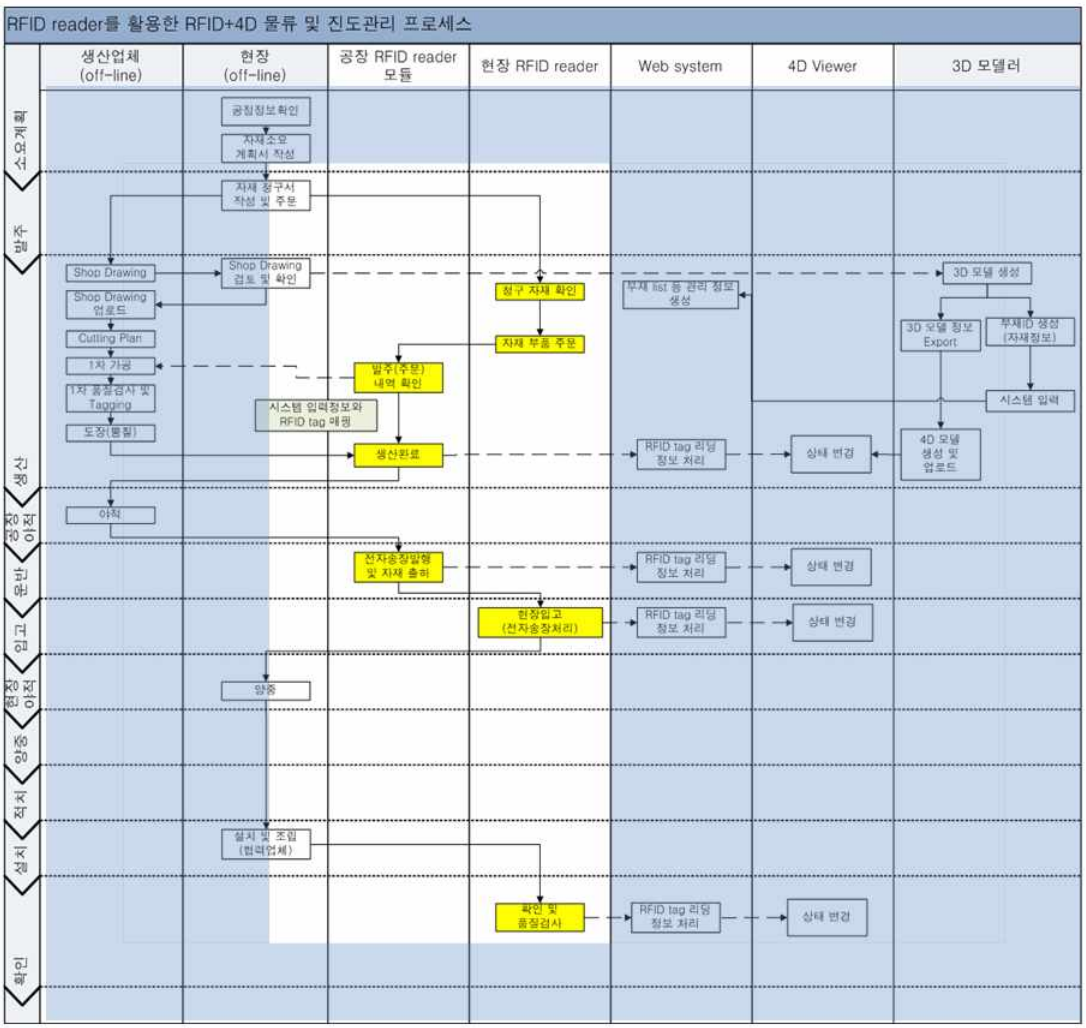
900MHz Reader 모듈의 개발은 앞서 분석한 요구사항을 바탕으로 기존의 125kHz (철골), 13.56MHz(PC, 커튼월)의 기술로 개발된 RFID Reader를 900MHz 대역으로 업그레이드하고, 보완된 Web System과의 원활한 연동을 위해 수행되었다.

개발의 영역은 아래 <그림 3-31>에 나타난 API(Application Program Interface) 부분을 중심으로, 기존 API를 900MHz 대역에 맞게 변경하고, 시스템의 기능을 수정하는 형태로 진행하였다.



<그림 3-31> 900MHz 대역의 RFID Reader의 구조 및 개발 영역

시스템 기능 수정은 기존 시스템의 기능 보완 및 웹 기반 실시간 4D viewer 등의 개발로 변경된 시스템 구조를 반영하여 아래 <그림 3-32>와 같이, RFID Reader가 수행할 업무 프로세스를 도출하고, 이를 기반으로 개발될 시스템의 기능을 도출하는 순서로 진행되었다. (단, 청구 자재 확인, 자재 부품 주문, 발주 내역 확인 프로세스는 Web 시스템을 주로 활용하게 디자인하였음.)



<그림 3-32> Reader(PDA) 모듈 개발을 위한 시스템 프로세스 정의

아래 <그림 3-33>은 철골, PC, 커튼월 자재의 프로세스 분석을 통해 도출된 공통 기능을 정리한 것이다.

<그림 3-33> Reader(PDA) 모듈의 기능 정의

또한 시스템의 Database 모델은 Web System의 Database 모델과 동일한 형태로 개발하여, 웹 시스템과 연동이 원활하게 되도록 설계하였다. (정보 모델에 관한 상세 사항은 Web System 개선 사항에 언급하였음.)

나. 철골, PC, 커튼월 용 RFID Reader 모듈 개발 및 주요 기능 설명

개발된 시스템은 앞서 설명한 시스템 설계 내용을 반영하여, 먼저 900MHz 대역의 Reader 지원을 위한 API 영역을 개발하고, 각 기능별 업그레이드를 하는 순서로 진행되었으며, 개발된 시스템의 테스트는 RFID Tag 부착 장치의 성능 테스트, 보완된 웹 시스템 테스트 및 웹 기반 실시간 Viewer 테스트와 연동하여 종합적으로 이루어졌다.

다음 <표 3-13>은 철골 프로세스 용으로 개발된 시스템의 주요 기능 설명 및 GUI를 정리한 것이고, <그림 3-34>와 <그림 3-35>는 PC와 커튼월 프로세스용으로 개발된 모바일 프로그램의 대표 화면을 나타낸 것이다.

그리고 각 모듈은 시스템 사용자가 결정한 관리 단계에 따라 유연하게 단계가 변화하도록 개발되어 다양한 현장에 시스템을 적용하더라도 보다 편리하게 시스템을 적용할 수 있다는 특징을 가지고 있다.

<표 3-13> 개발된 시스템의 주요 기능 및 GUI [철골용]

기능명	GUI	설명
조회 (공장/현장)		- 검색조건정의 및 부재정보검색, 부재 ID-RFID No.-단계 표시, 부재선택 및 단계이동, 정보초기화
발주 및 발주 확인 (현장/공장)		- 부재 ID 검색을 통한 부재 발주(주로 web에서 이루어짐) 및 발주된 자재에 대한 확인

<표 3-13> 개발된 시스템의 주요 기능 및 GUI [철골용] (계속)

기능명	GUI	설명
생산 완료		- 생산된 부재의 품질 검사 및 RFID tag 맵핑
출하		- 생산된 자재의 출하를 위한 차량 조회 및 출하(전자 송장) 처리
입고		- 입고된 자재 확인 및 송장 처리
현장 설치		- 현장 설치된 부재 검사 및 확인

조회 화면 입고 화면 설치 화면

<그림 3-34> PC용 모바일 프로그램의 주요 GUI

조회 화면 발주 화면 자료 수신

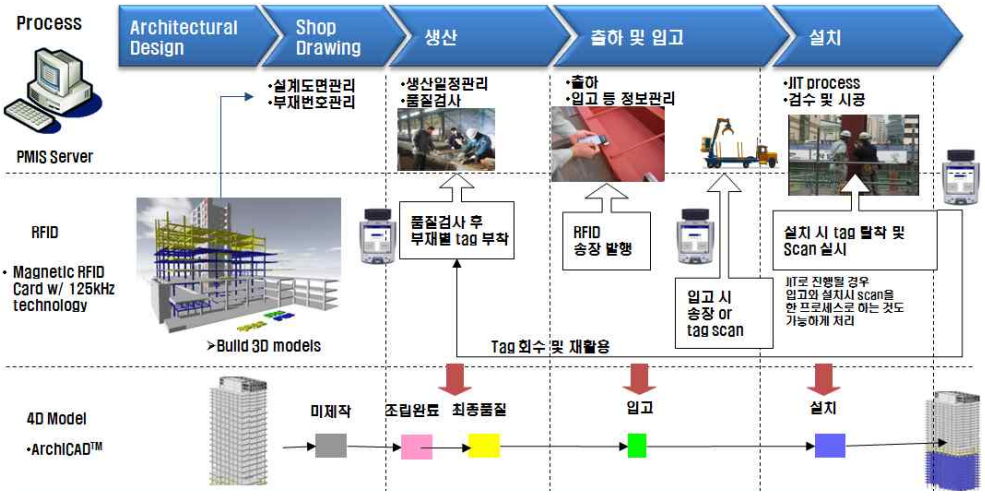
<그림 3-35> 커튼월 용 모바일 프로그램의 주요 GUI

제 3 절 웹 기반 실시간 4D viewer 개발

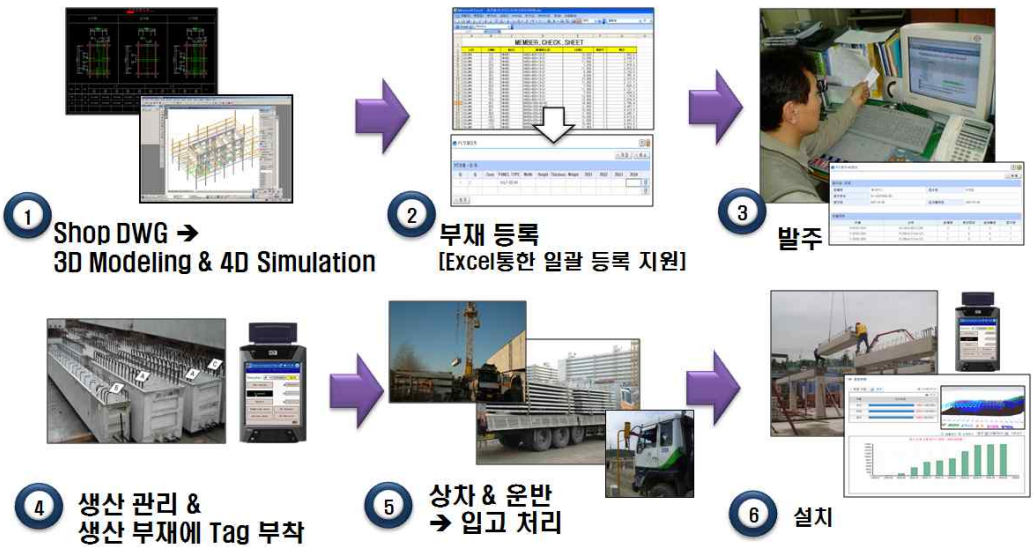
1. 웹 기반 4D viewer 개발을 위한 요구사항 분석 및 설계

가. 기존 보유 기술 분석

본 연구의 이전에 보유하고 있던 RFID+4D 시스템은 아래 그림에 나타난 철골, PC 공종의 프로세스와 같이 각 공종의 물류 및 진도 관리를 위한 각 프로세스 관리를 위해, RFID 기술과 4D CAD 기술을 연동하는 것이다.

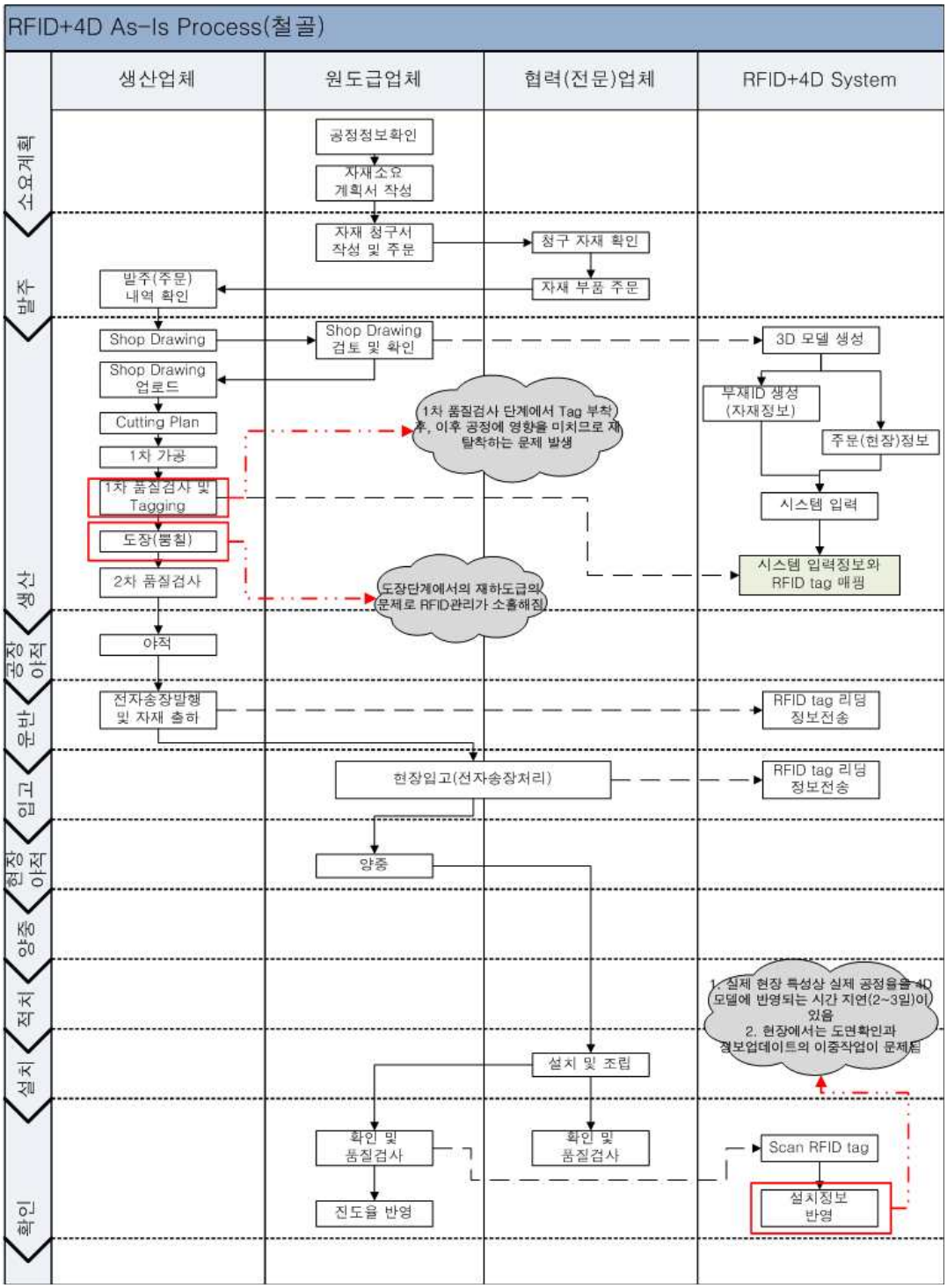


<그림 3-36> 기존 RFID+4D 시스템의 철골 프로세스

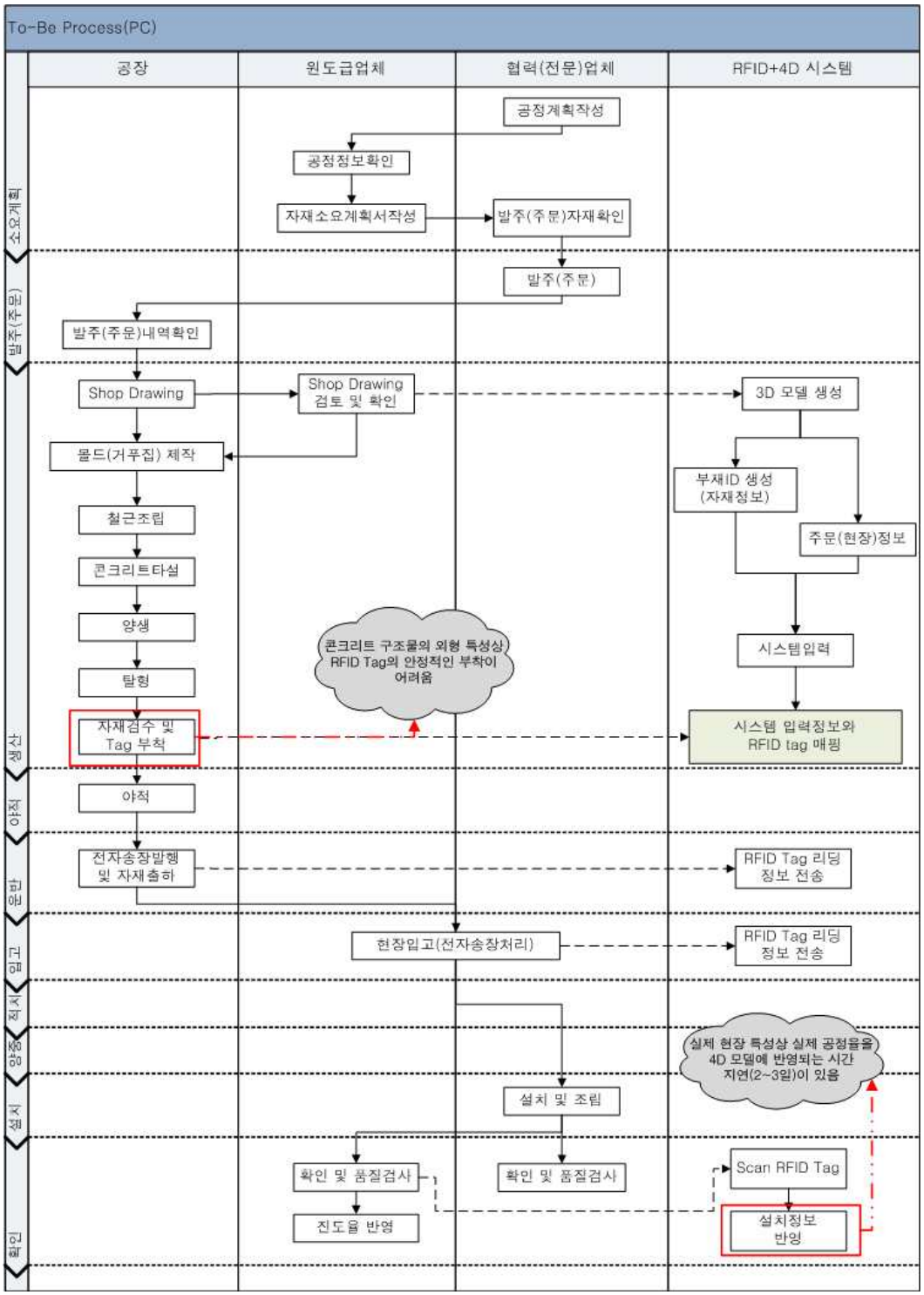


<그림 3-37> PC 공사에서의 적용 프로세스

기존 시스템이 지원하는 프로세스는 아래 <그림 3-38>, <그림 3-39>와 같이 기존의 생산업체, 원도급업체, 협력(전문)업체의 프로세스를 지원하고 있으나, RFID 장비의 적용 문제뿐만 아니라, 4D 부분에 있어 당초 시스템의 개념인 실시간(Realtime) 관리가 되고 있지 못한 문제가 있다.

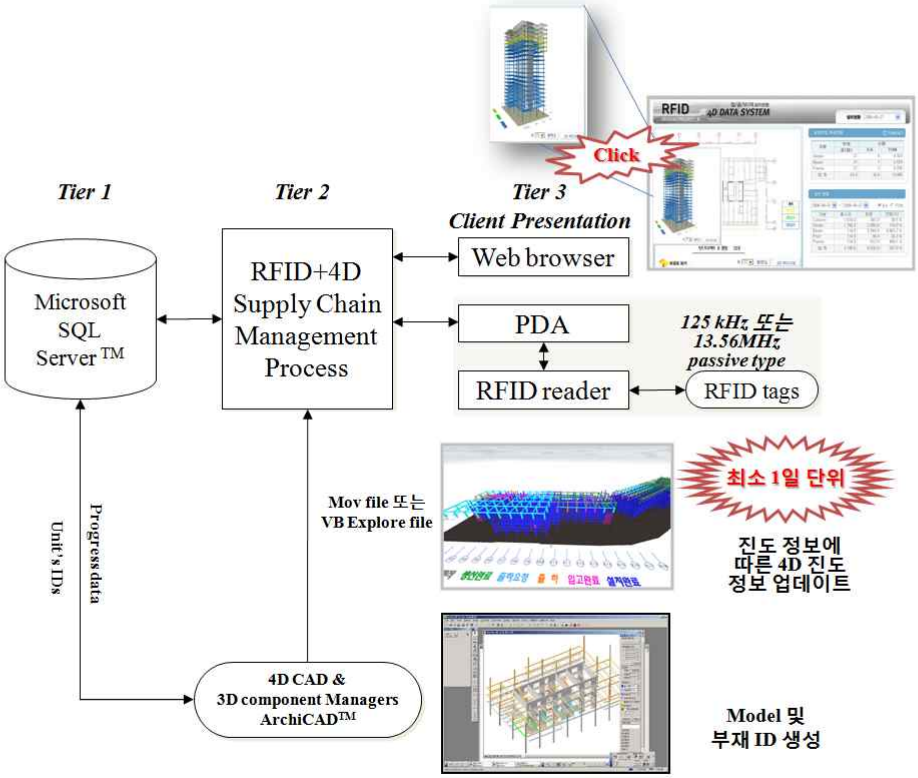


<그림 3-38> 기존 시스템의 철골 프로세스 분석 및 보완 사항 도출



<그림 3-39> 기존 시스템의 PC 프로세스 분석 및 보완 사항 도출

이중 4D 부분의 실시간 데이터 미반영의 문제는 아래 <그림 3-40>에서 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 진도 관리를 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.



<그림 3-40> 기존 RFID+4D 시스템 Architecture 및 개선 사항

또한 기존 시스템의 경우 각 프로젝트별 부재 ID 체계가 상이하고, 위치 정보, 관리 단계 등 관리를 위해 필요한 속성이 프로젝트별 사용자의 요구 사항에 따라 변화됨으로써, 다수의 customizing이 발생하고 프로그램 및 서비스 공급 단가가 상승하는 문제점이 있었다.

따라서 기존의 이러한 문제를 해결하기 위해서는 시스템의 구조 및 기능 개선이 필요한 상태에 있다. 다음 <표 3-14>는 현장 및 공장의 실무자를 대상으로 설문 및 인터뷰를 통해 도출된 실시간 정보 관리를 위한 RFID+4D 프로세스 개선 사항을 정리한 것이다.

<표 3-14> RFID+4D 시스템 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, 재원 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
재원 정보 조회 및 확인	· 부재의 재원과 관련된 사항을 실시간으로 확인할 수 있는 기능 필요

나. 웹 기반 실시간 4D viewer 개발을 위한 시스템 설계

<표 3-14>에서 제시된 요구사항을 반영하기 위해서는 먼저 BIM 모델러가 가지고 있는 각 부재별 형상 정보와 부재 재원 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 3-15>는 기존 RFID+4D 시스템의 구현을 위해 필요했던 데이터를 설계 BIM 모델에서 추출 가능한 범위와 추가로 속성 부여가 필요한 범위로 구분하여 정리한 것이다.

<표 3-15> RFID+4D 시스템 개선 사항

기능	요구 사항
추출 가능 속성	· 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	· 부재 타입 (ID 또는 Layer 등으로 부여 가능) · 시공 순서 (ID 등에 부여 가능)
viewer에서 추가 부여가 필요한 속성	· 물류 관리 단계 · 물류 관리 단계별 표현 속성 (색상 등)

<표 3-15>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.

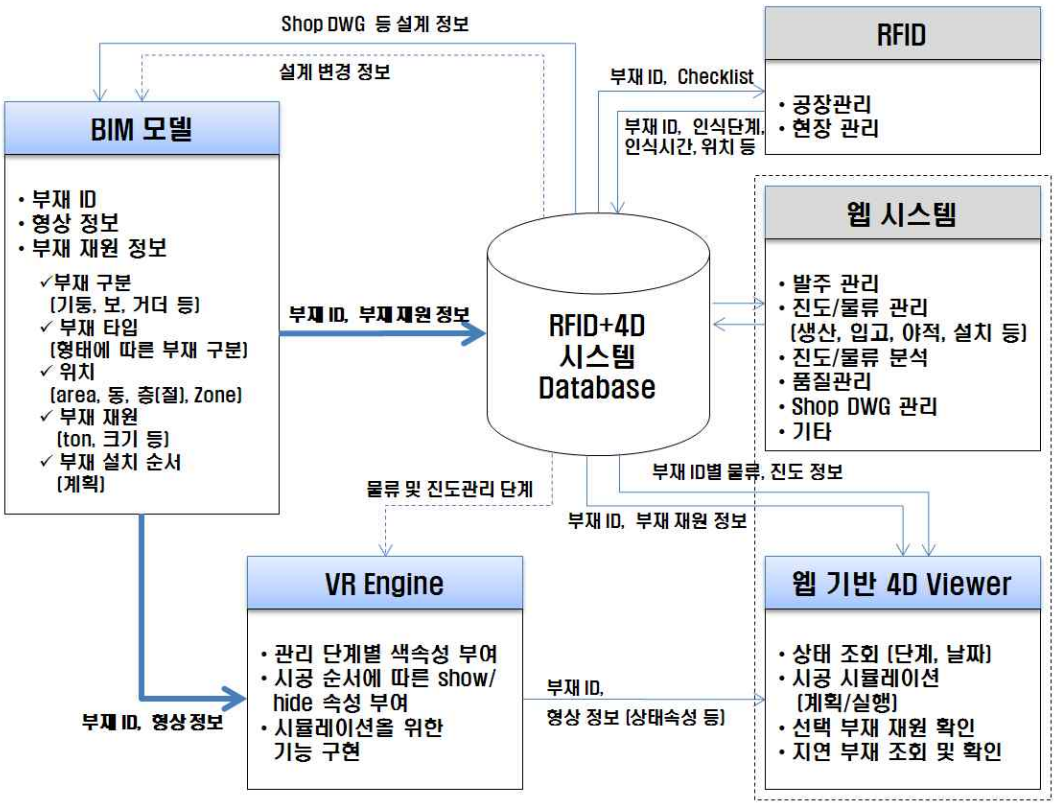
하지만 기존의 RFID+4D 시스템에서 부재의 관리 단계별 속성을 표현하기 위한 색 속성 부여는 특정 BIM 툴의 Add-on으로 개발된 기능으로 일반적인 BIM 툴에서는 추출이 힘든 정보로 웹 viewer 개발 시, 별도 속성 부여가 필요한 것으로 조사되었다.

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 3-41>과 같이, 부재 ID를 중심으로 부재의 재원 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.

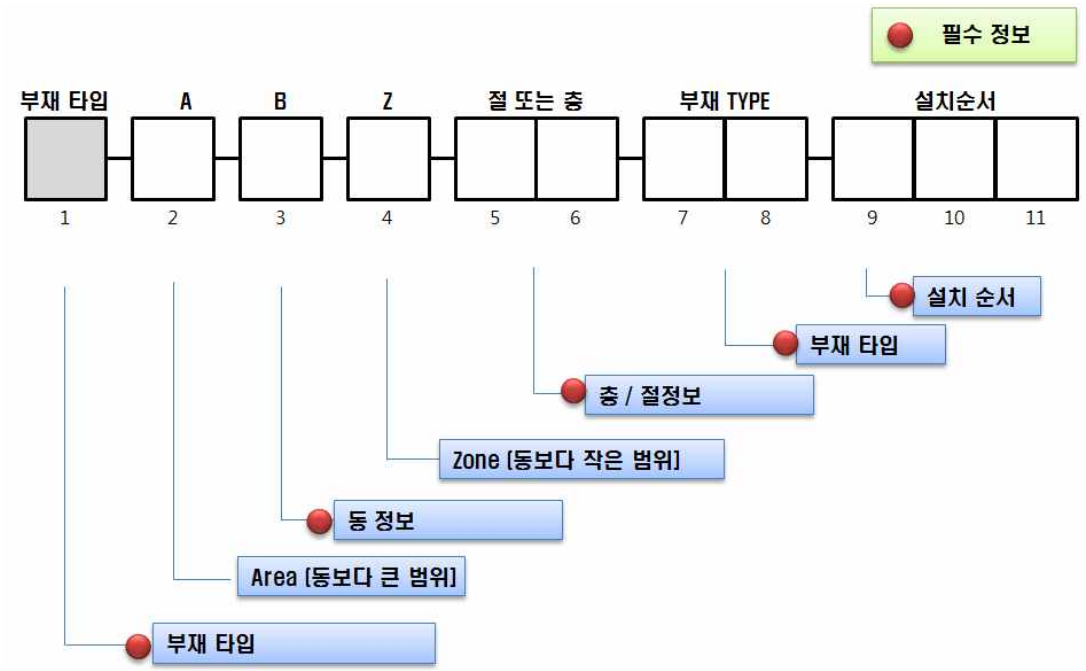
그리고 앞서 BIM 데이터에서 추출이 어려운 관리 단계 및 관리 단계별 구분 속성의 경우, 해당 프로젝트의 참여자가 웹을 통해 등록한 관리 단계별로 VR 엔진에서 속성 부여를 통해 활용할 수 있도록 구성되었다.



<그림 3-41> 실시간 물류 및 진도관리를 위한 체계 및 프로세스

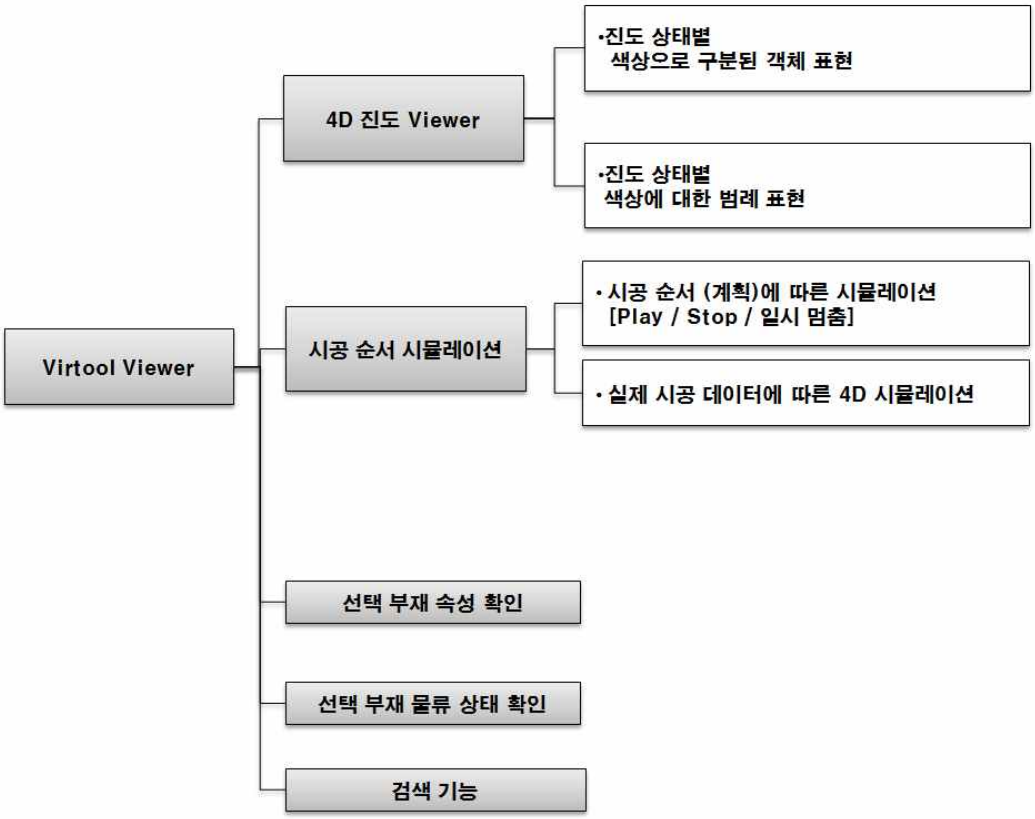
또한 다음 <그림 3-42>에 나타난 바와 같이 모델에서 생성된 부재 ID를 실제 사용자가 쉽게 인식하고, 프로젝트의 특성별로 상이하게 구획되는 위치 정보 등을 고려하여, 표준 ID 체계를 개발하였다.

개발된 표준 ID 체계는 기 수행된 프로젝트 및 현장 담당자의 인터뷰를 통해 도출된 것으로, 부재 Type, 위치 정보, 설치 순서의 조합으로 이루어져 있으며, 이는 3D 모델러에서 생성된 위치 속성을 기반으로 웹 시스템 DB의 조합으로 이루어질 수 있도록 하였다.



<그림 3-42> 사용자 인지 및 프로젝트별 변경 최소화를 위한 표준 ID 체계

다음 <그림 3-43>은 현장의 요구 사항과 도출된 프로세스 모델을 기반으로 설계한 시스템 기능도로 기존의 단순한 물류 및 진도 현황 검토뿐만 아니라 위치별/상태별/기간별 검색, 시공 계획에 따른 4D 시뮬레이션, 실제 시공 현황 데이터에 따른 4D 시뮬레이션 및 부재에 대한 상세 정보 검색이 가능하도록 기능을 정의하였다.



<그림 3-43> 웹 기반 실시간 4D viewer의 기능도

2. 웹 기반 실시간 4D Viewer 개발 및 주요 기능

본 연구를 통해 개발된 실시간 4D 시뮬레이터는 앞서 제기된 정보 반영의 지연 문제를 개선하는 구조를 가지고 있으며, BIM 모델러로는 ArchiCAD와 VR 상용 Engine으로는 Virtools라는 상용 솔루션을 활용하여 개발되었다.

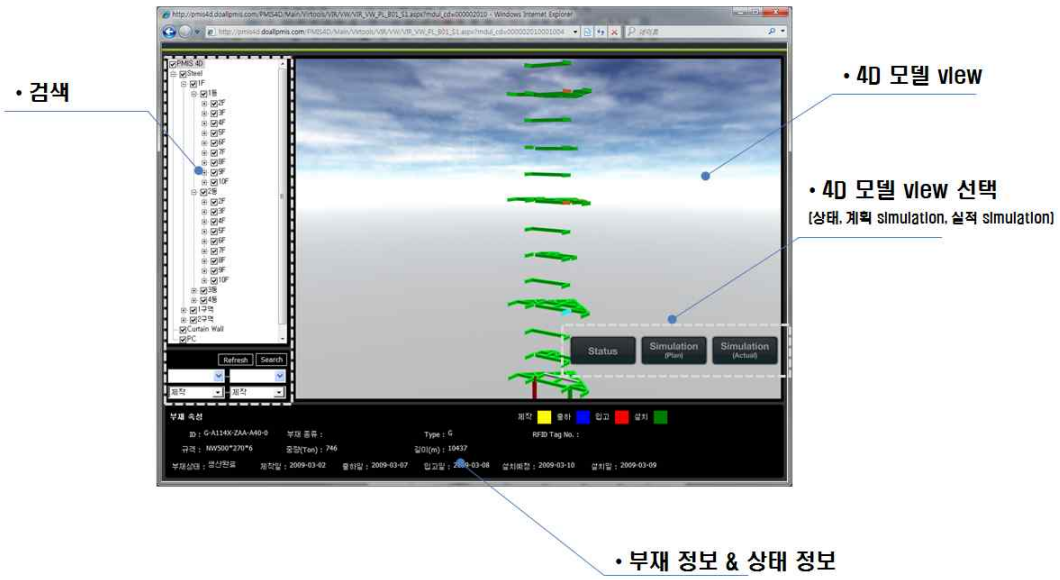
<그림 3-44>는 개발된 4D viewer가 RFID+4D 물류 및 진도관리 시스템에서 차지하고 있는 위치를 도식화한 것이다.

<그림 3-44> RFID+4D 시스템과 웹 기반 실시간 4D Viewer의 관계

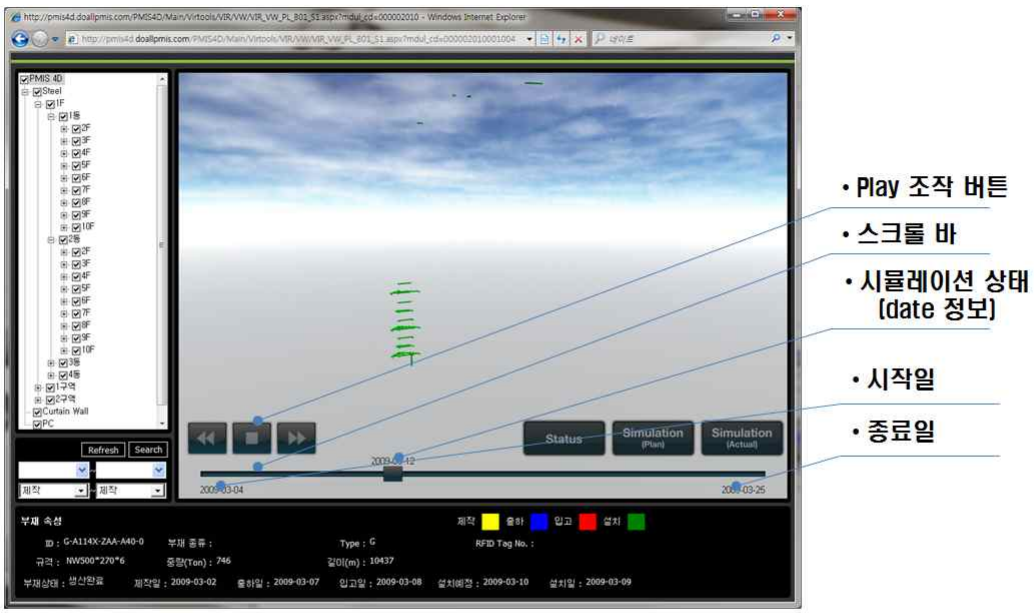
다음은 개발된 웹 기반 실시간 4D Viewer의 각 기능별 주요 내용을 정리한 것이다.

가. 웹 기반 실시간 4D viewer의 주요 기능

웹 기반 실시간 4D viewer는 아래 <그림 3-45> 및 <그림 3-46>과 같이 상용 VR 엔진을 통해 생성한 file 및 기능을 지원하는 상용 viewer와 .Net 기반의 웹 기술을 접목한 형태로 개발되었다.

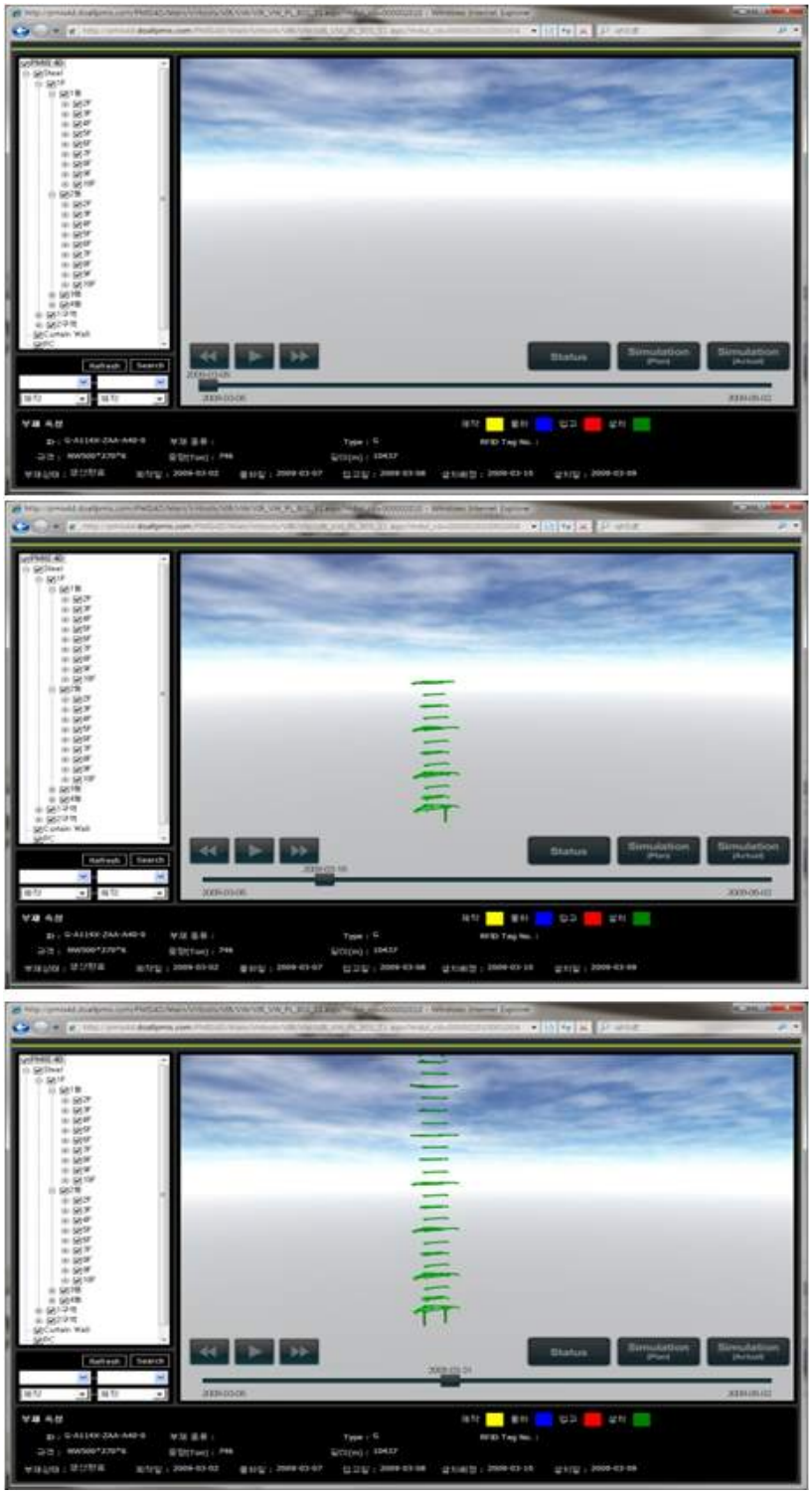


<그림 3-45> 개발된 웹 기반 실시간 viewer 및 기능 설명 (status 조회)

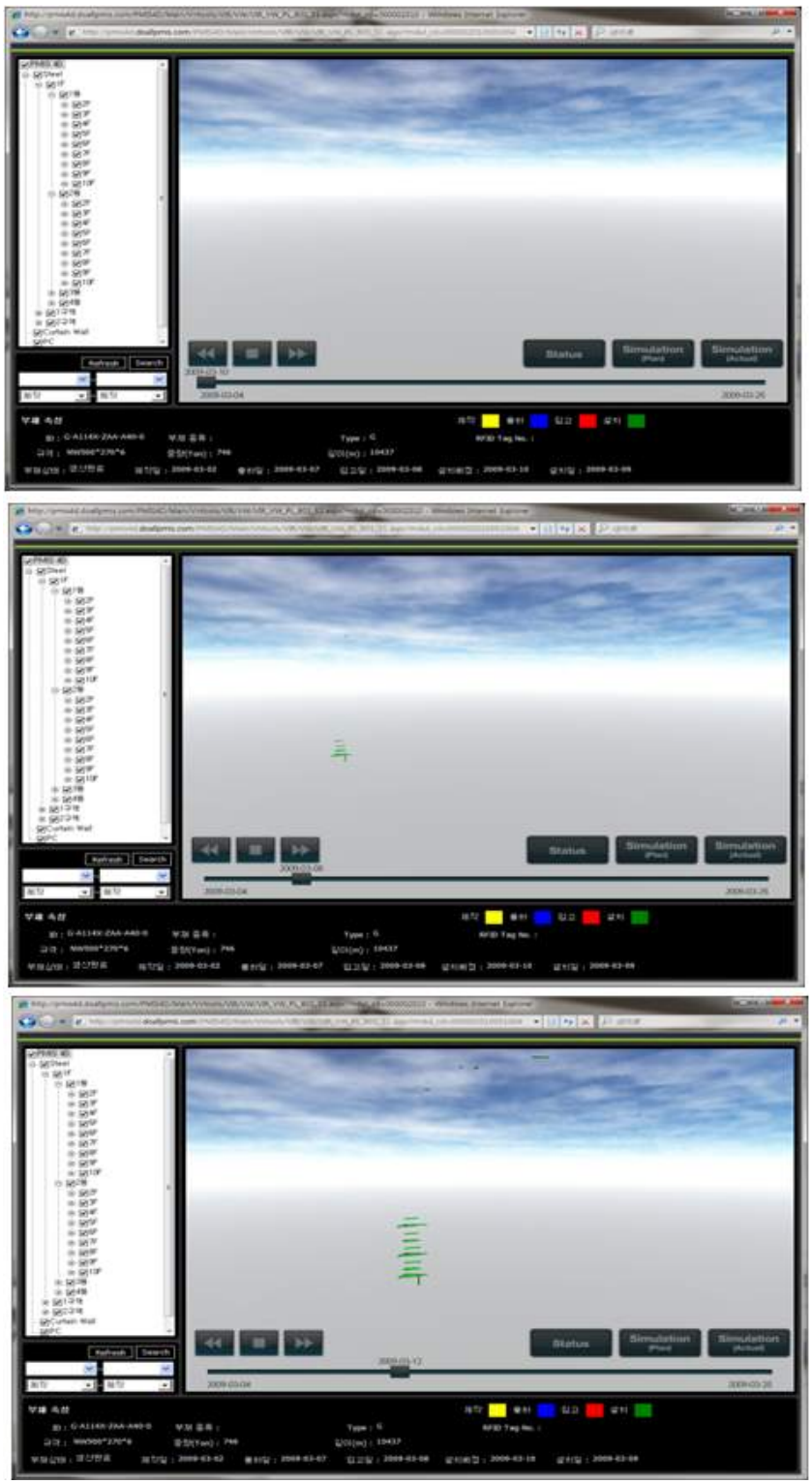


<그림 3-46> 개발된 웹 기반 실시간 viewer 및 기능 설명 (시뮬레이션)

그리고 개발된 viewer는 앞서 기능 설명에서 언급한 바와 같이, 계획 및 실행 시뮬레이션이 가능하도록 개발되었으며, <그림 3-47>과 <그림 3-48>은 계획 및 실행 시뮬레이션 화면이다.

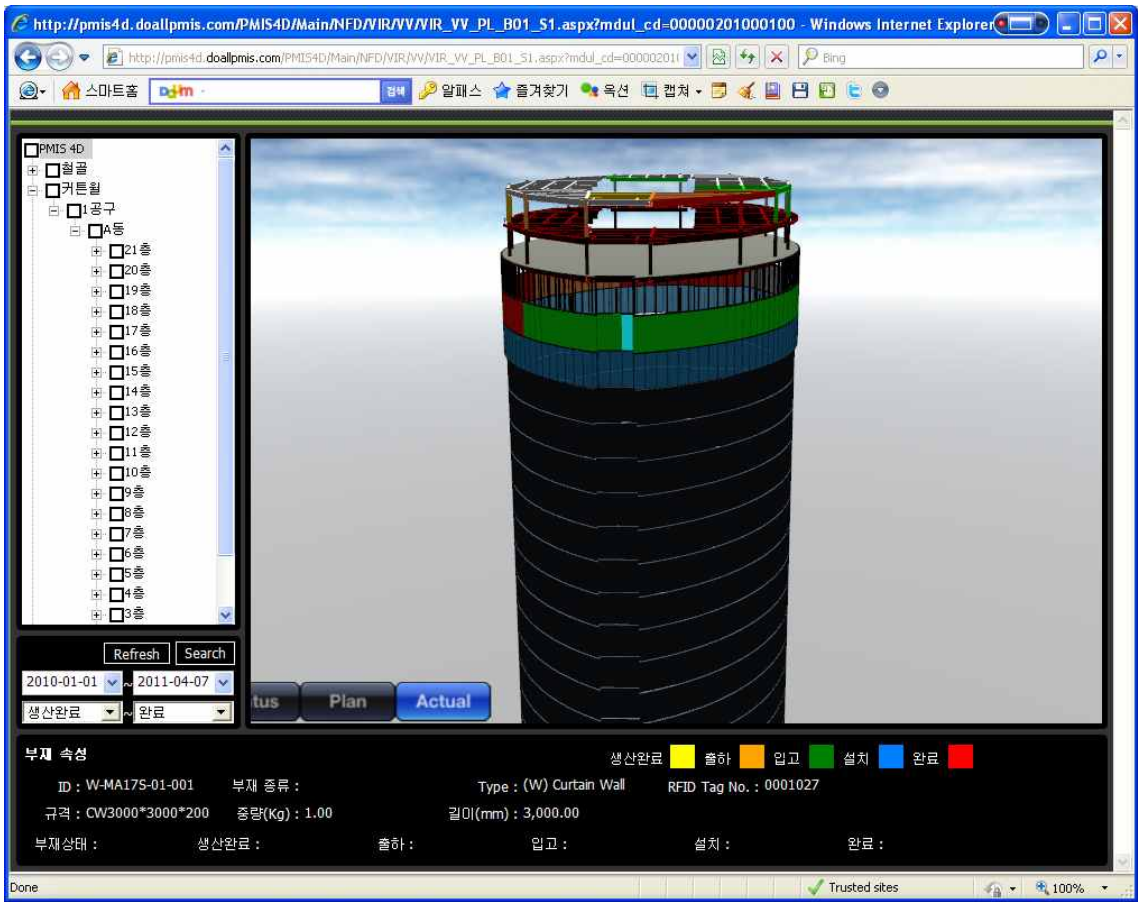


<그림 3-47> 개발된 웹 기반 실시간 viewer를 이용한 계획 simulation



<그림 3-48> 개발된 웹 기반 실시간 viewer를 이용한 실행 simulation

또한 개발된 웹 기반 실시간 4D viewer는 철골뿐만 아니라, PC 및 커튼월 공사에 적용 가능도록 개발되었으며, <그림 3-49>는 좌측의 검색 창에서 커튼월 부재를 선택하였을 때 검색되는 화면을 나타낸 것이다.

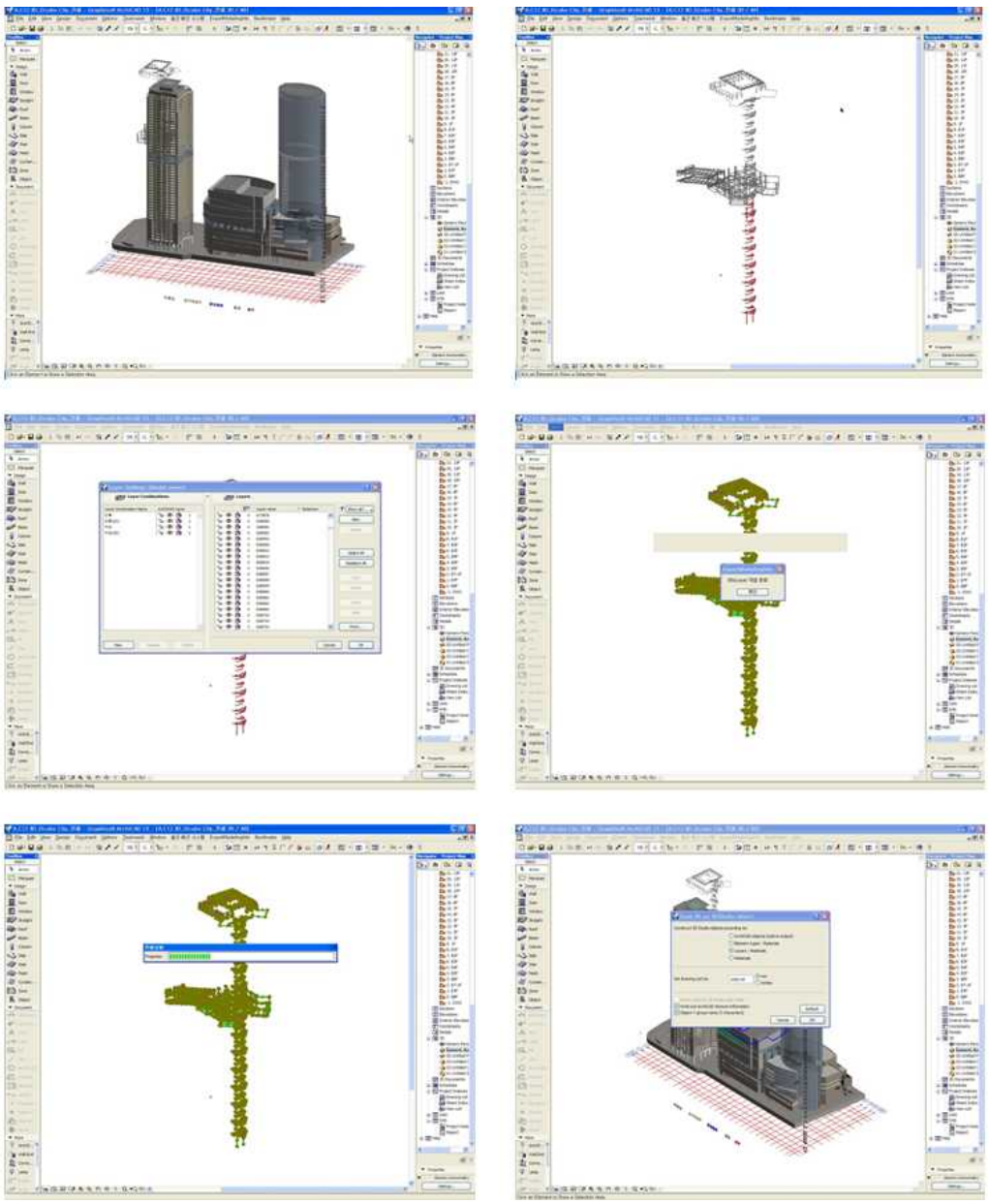


<그림 3-49> 개발된 웹 기반 실시간 4D viewer를 활용한 커튼월 현황 조회

나. BIM 모델에서의 웹 기반 실시간 4D viewer의 주요 기능

추가적으로 본 연구에서는 상용 BIM 데이터에서 웹 서버의 DB로 부재 ID 및 재원 정보를 연계하기 위하여 <그림 3-50>과 같이 정보 추출 및 연계 시스템을 상용 BIM 모델러의 Add-on 시스템으로 개발하였다.

개발된 기존 BIM 모델러의 Add-on 시스템은 <표 3-15>에서 제시한 속성을 바탕으로 구현되었다.



<그림 3-50> 상용 BIM 모델러(ArchiCAD)와 정보 추출 및 연계를 위해 개발된 Add-on

3. 웹 기반 실시간 4D Viewer의 성능 검증

개발된 웹 기반 실시간 4D Viewer의 성능 검증은 4D 정보 조회 기능을 중심으로 필요조건 검토 및 조작 시간을 측정하여 비교하는 방식으로 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 3-16>은 테스트 결과를 정리한 것이다.

<표 3-16> 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 ArhiCAD 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 툴에서 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

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 나타났다[2].

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.

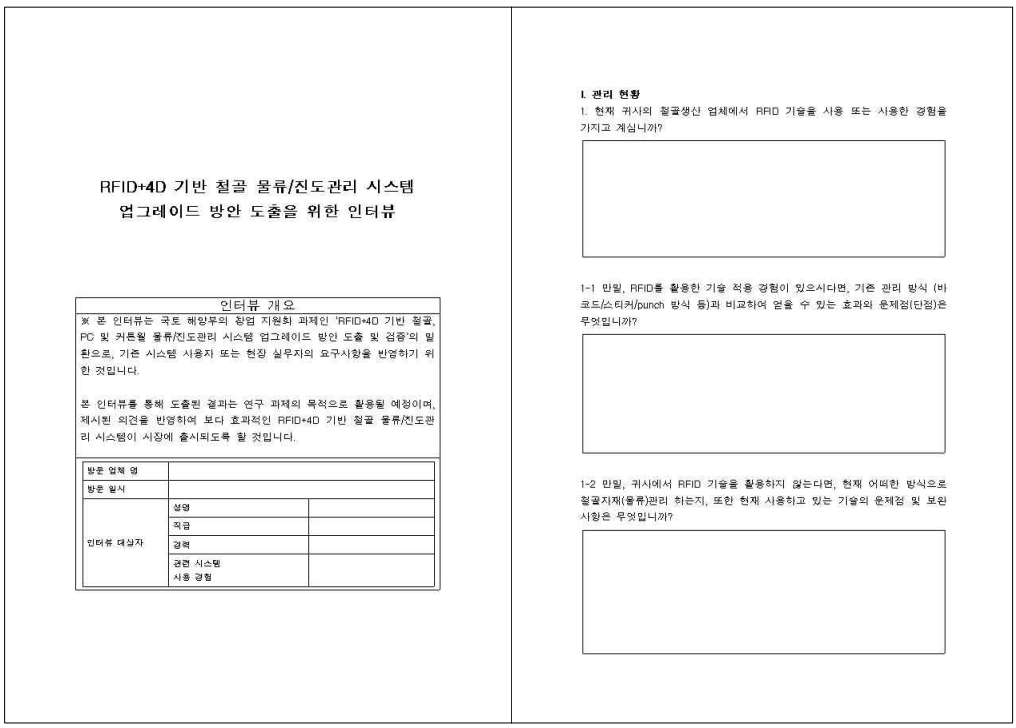
제 4 절 엔지니어링 분석 기능 강화

1. 엔지니어링 분석 기능 강화를 위한 현장 조사

RFID+4D 물류 및 진도관리 시스템의 엔지니어링 분석 기능 강화를 위한 현장 조사는 1차년도에 개발된 시스템을 대상으로, 시스템의 운영으로 수집되는 데이터를 현장의 관리자가 보다 효과적으로 파악하고 활용하기 위해 수행되었다. 현장조사는 현장 인터뷰 및 현장에서 사용되는 문서의 분석의 방법으로 진행되었다. 다음은 본 연구에서 진행된 현장 조사에 대한 사항을 기술한 것이다.

가. 협력업체 요구 사항 조사

엔지니어링 분석 모듈의 업그레이드를 위한 요구사항을 도출하기 위하여 <그림 3-51>과 같이 문헌 조사와 기 적용된 11개 프로젝트 적용을 바탕으로 인터뷰 계획을 작성하였다. 인터뷰 항목은 <그림 3-47>과 같으며, 요구 사항 조사를 위한 현장 방문은 철골, PC, 커튼월 업체별 대표 업체 2 곳을 방문하여 인터뷰 및 자료 수집을 수행하였다.



RFID+4D 기반 철골 물류/진도관리 시스템
업그레이드 방안 도출을 위한 인터뷰

인터뷰 개요		
※ 본 인터뷰는 국토 해양부의 창업 지원화 과제인 'RFID+4D 기반 철골, PC 및 커튼월 물류/진도관리 시스템 업그레이드 방안 도출 및 검증'의 일환으로, 기존 시스템 사용자 또는 현장 실무자의 요구사항을 반영하기 위한 것입니다. 본 인터뷰를 통해 도출된 결과는 연구 과제의 목적으로 활용될 예정이며, 제시된 의견을 반영하여 보다 효과적인 RFID+4D 기반 철골 물류/진도관리 시스템이 시장에 출시되도록 할 것입니다.		
방문 업체 명		
방문 일시		
인터뷰 대상자	성명	
	직급	
	경력	
	관련 시스템 사용 경험	

I. 관리 현황

1. 현재 귀사의 철골생산 업체에서 RFID 기술을 사용 또는 사용한 경험을 가지고 계십니까?

1-1 만일, RFID를 활용한 기술 적용 경험이 있으시다면, 기존 관리 방식 (바코드/스티커/punch 방식 등)과 비교하여 얻을 수 있는 효과와 문제점(단점)은 무엇입니까?

1-2 만일, 귀사에서 RFID 기술을 활용하지 않는다면, 현재 어떠한 방식으로 철골자재(물류)관리 하는지, 또한 현재 사용하고 있는 기술의 문제점 및 보완 사항은 무엇입니까?

<그림 3-51> RFID+4D 기반 물류/진도관리 시스템
업그레이드 방안 도출을 위한 인터뷰 샘플 (철골 공종의 예)

<그림 3-52> 현장 방문 모습

다음 <표 3-17>은 현장 및 공장의 방문 개요 및 조사 내용을 정리한 것이다.

<표 3-17> 현장 및 공장 방문 개요 및 조사 내용

분류	업체명	일자	대상	현장조사 및 전문가 면담 사항
철골	K철골 전문업체	2010. 03.23	현장관리자 2인	· 관리현황, 부재관리 방법 및 문제점 파악 · 철골 부재 생산 및 관리 문제점 파악 · 현 RFID+4D 시스템의 사용시 문제점 파악 · RFID+4D 시스템 개선을 위한 철골 전문업체 요구사항 조사 · 엔지니어링 모듈 개발을 위한 정보항목 파악
	Y 철골 전문업체	2010. 03.24	현장관리자 1인	· 철골업체의 자재 생산, 물류관리 방법 파악 · 철골 업체의 부재관리 정보화 수준 조사 · 현 RFID+4D 시스템의 사용 문제점 및 개선 요구사항 파악 · 공장관리 모듈 개발을 위한 요구사항 파악 · 엔지니어링 모듈 개발을 위한 정보항목 파악
PC	H PC 전문업체	2010. 04.14	생산관리자 1인 및 현장관리자 1인	· PC업체의 자재 생산 프로세스 및 관리방법 조사 · PC부재 업체의 물류관리 기술 수준 및 정보화 수준 조사 · PC부재의 RFID+4D 적용을 위한 프로세스 개선 방안에 대한 조사 · 엔지니어링 모듈 개발을 위한 정보항목 파악
	S PC 전문업체	2010. 05.07	생산관리자 1인	· PC업체의 생산 및 관리현황에 대한 문제점 파악 · PC 업체의 물류관리 기술 수준 및 정보화 수준 조사 · 공장관리 모듈개발을 위한 요구조건 파악 · PC부재의 RFID+4D 적용을 위한 프로세스 개선 방안에 대한 조사 · 엔지니어링 모듈 개발을 위한 정보항목 파악
커튼월	C 알루미늄	2010. 12. 15	생산 관리자 1인 및 현장 관리자 1인	· 커튼월업체의 자재 생산 프로세스 및 관리방법 조사 · 커튼월의 RFID+4D 적용을 위한 프로세스 개선 방안에 대한 조사 · 엔지니어링 모듈 개발을 위한 정보항목 파악
	L 창호	2010. 12. 17	생산 관리자 1인 및 현장 관리자 1인	· 커튼월의 물류관리 방법 (바코드) 및 프로세스 조사 · 기존 RFID+4D 시스템 적용 시, 개선 사항 조사 · 엔지니어링 모듈 개발을 위한 정보 항목 파악

나. 엔지니어링 분석 모듈 및 기타 업그레이드 사항 도출

본 연구에서는 앞서 분석된 요구 사항과 현장에서 수집된 문서를 기반으로 엔지니어링 분석 모듈 및 기타 개선 사항을 도출하였으며, 철골, PC, 커튼월 공종별 개선 사항은 다음과 같다.

(1) 철골 공종의 개선 사항

다음은 철골 공종의 공장 및 현장에서 조사된 내용을 정리한 것이다.

- [현황 1] : 다음 <그림 3-53>의 '공정 진행 현황'관리를 위해 사용되는 Excel Sheet에서 나타난 바와 같이, 생산 공정관리는 해당 Zone의 Item으로 구분하여 1차 가공, 2차제작, 도장, 출하의 공정단계로 관리되고 있으며, 제작 자재의 개수가 아닌 해당 자재의 중량단위 및 진행율(%)로 관리되고 있음.

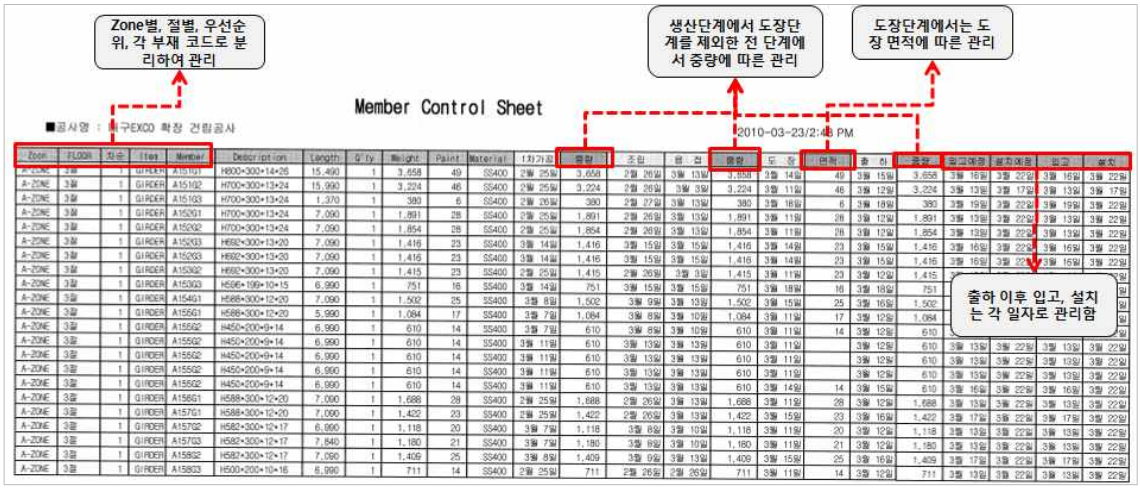
→ [현황 1의 개선 사항] : 현재 시스템에서 관리되고 있는 부재별 중량을 바탕으로 자재 중량에 대한 분석 방안의 보강 및 중량별 비율에 대한 분석 기능(누적, 조건별 비교 등) 보완 필요. [철골 관리의 진도현황 기능 개선]

<그림 3-53> K엔지니어링 철골자재 생산관리 현황

- [현황 2] : <그림 3-54>에 나타난 MCS시트(Member Control Sheet)에서처럼, 현장의 부재 관리는 Zone단위의 통합적인 관리를 하는 '공정 진행 현황'과는 달리

공정이 이루어지는 절의 각 단위 부재로 관리되고 있으며, '공정 진행 현황'과 연계되어 생산공정(1차가공, 조립, 용접, 도장, 출하)이 이루어지는 일자로 관리되고 있음.

→ [현황 2의 개선 사항] : 공장의 담당자와 현장의 담당자의 서로 상이한 관리 포인트에 대한 반영을 통해 시스템 활용도 향상 필요. [철골 협력업체의 생산관리 시스템 개발에 반영]



<그림 3-54> K엔지니어링社 Member Control Sheet

- [현황 3] : 송장의 경우, 아래 그림과 같이 도착지 및 발송지의 정보와 인수자・발송인 정보가 기입되어 있으며, 자재의 운송의 대부분이 용역회사를 통해 이루어지는 만큼 해당 용역회사, 차량정보, 운전자의 정보가 중요한 것으로 나타났음. 또한 하나의 차량을 통해 배송되는 물류의 각 품명 및 부재명, 규격, 길이, 수량, 중량이 기입되어 관리되고 있음. 이에 해당 문서는 현재 상태에서 실제 업무에서 활용되고 있기 때문에 시스템에 반영할 필요 있음.

→ [현황 3의 개선 사항] : 철골 공장 또는 현장에서 활용되고 있는 송장의 양식을 시스템에 반영 [철골 관리의 송장 기능에 반영함]

송 장

공사명 : 대구 엑스코 확장 건립공사　　송장 NO : 대구엑스코-100322-183

NO.	품 명	부 재 명	규 격	길 이	수 량	중 량(KG)	비 고
1	GIRDER	A166G1	H588*300*12*20	15,990	1	2,636	A ZONE 3절
2	GIRDER	A167G1	H588*300*12*20	15,990	1	2,633	A ZONE 3절
3	GIRDER	A179G1	H400*200*8*13	6,990	1	537	A ZONE 3절
4	COLUMN	A070AC2	H250*250*9*14	2,402	1	235	STAIR COLUMN
5	COLUMN	A070AC2	H250*250*9*14	2,402	1	235	STAIR COLUMN
6	COLUMN	WC822C1	H200*200*8*12	4,780	1	603	Y5열(FRAME)
7	COLUMN	WC823C1	H200*200*8*12	5,159	1	601	Y5열(FRAME)
8	COLUMN	WC824C1	H200*200*8*12	5,538	1	597	Y5열(FRAME)
9	COLUMN	WC825C1	H200*200*8*12	5,917	1	593	Y5열(FRAME)
10			— BLANK —				
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
소 계					9	8,670	

구조제의 종류에 따른 부재의 종류별 구분

부재는 같으나 길이에 따른 부재의 종류를 구분

현장에서 주문한 수량과 자재 중량 해당자재 설치 위치를 구분

착 지	대구 EXCO 확장 건립공사	발 송 지	공장
착지연락처	0 (053-381-8918)	발 송 자	대리
인 수 자	박현우 대리	출 발 시 간	2010. 03. 22. 18시
도 착 시 간	2010 . 03. 23. 07시	기타사항	대구광역시 북구 산격2동 1678번지 대구 EXCO 현장
운송회사명	삼화운수		
차 종	추레라		
차 량 번 호	7:		
기사연락처	01		
운 전 자	권 해 강		

배송지, 인수자와 운전자의 인적사항 표현

GEQP-06-11(0)

<그림 3-55> K엔지니어링社 송장

(2) PC 공종의 개선 사항

다음은 PC 공종의 공장 및 현장에서 조사된 내용을 정리한 것이다.

- [현황 1] : PC 공장의 공정은 다음 <그림 3-56>과 같이 몰드 제작, 철근 조립, 콘크리트 타설 및 양생, 그리고 탈형 과정을 거치는 형태로 진행되며, 전체 프로세스 및 관리 포인트는 철골 공사와 유사하나 중량 단위 보다는 매수와 ㎥를 병행하여 사용하고 있음.

→ [현황 1의 개선 사항] : 부피에 대한 분석 방안의 보강 및 부피에 대한 분석 기능 (누적, 조건별 비교 등) 보완 필요.

<그림 3-56> PC 제작과정

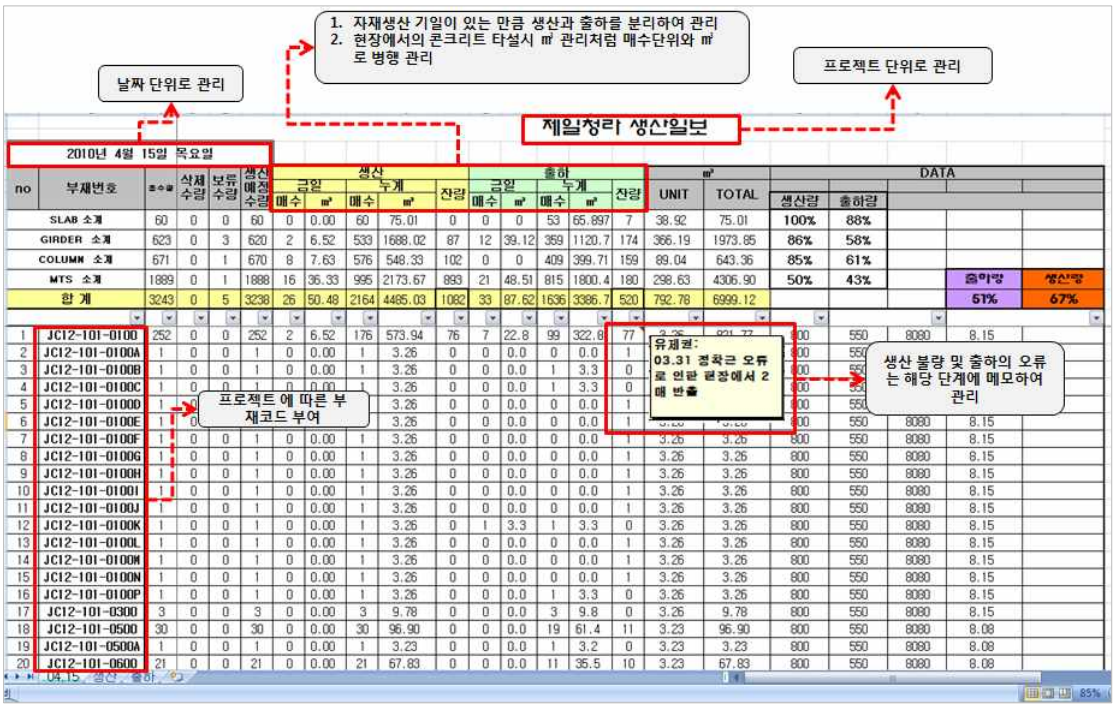
- [현황 2] : PC는 현장에서의 설치공정은 현장내의 별도 업체가 시공함으로 인해 공장에서는 출고까지만 관리하고 있으며, 공장의 관리는 <그림 3-57>와 같이 몰드제작 단계에서 양각되진 부재 표면의 코드에 따라 관리됨. 따라서 생산 완료 단계 이후의 관리 방식 필요.

→ [현황 2의 개선 사항] : 공장과 현장간의 관리 체계에 대한 기능 강화 필요.

<그림 3-57> 표면의 부재코드

- [현황 3] : 아래 <그림 3-58>은 공장에서 관리되고 있는 물류 관리 정보로 다양한 검색 조건(날짜별, 공구별, 층별 등에 따른 누적 치 등)에 의한 통계분석 지원이 필요한 것으로 조사되었음.

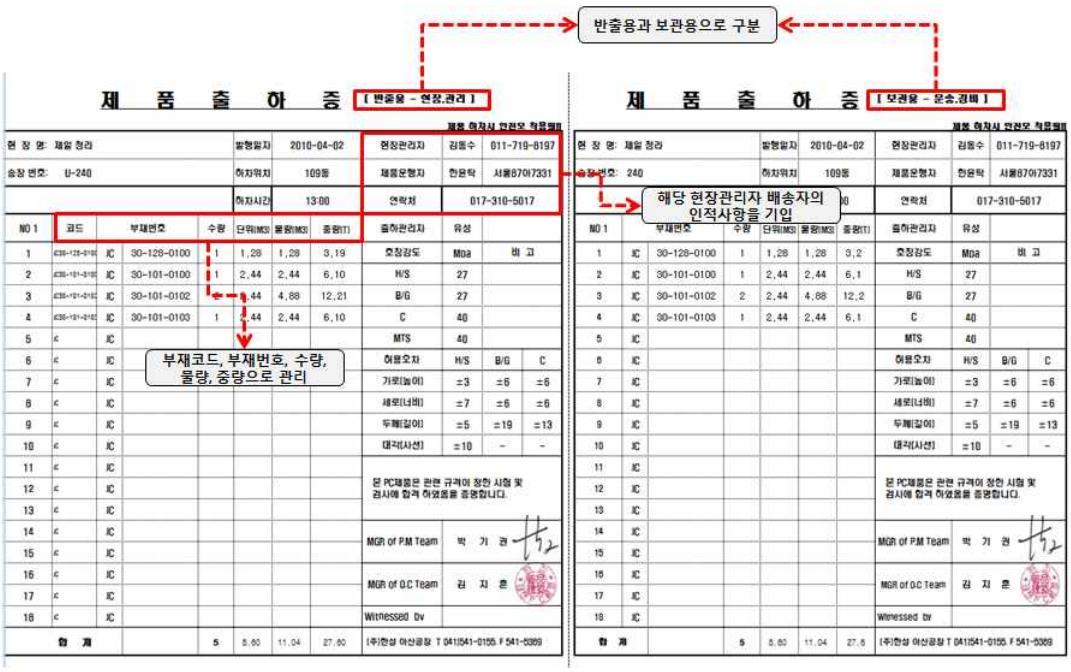
→ [현황 3의 개선 사항] : 시스템에 실무에서 적용하고 있는 검색 조건 반영.



<그림 3-58> H社의 생산관리 차트

- [현황 4] : <그림 3-59>은 PC 공종 송장의 예로, 철골 공사와 같이 해당 문서는 현재 상태에서 실제 업무에서 활용되고 있기 때문에 시스템에 반영할 필요 있음.

→ [현황 4의 개선 사항] : PC 공장 또는 현장에서 활용되고 있는 송장의 양식을 시스템에 반영 [철골 관리의 송장 기능에 반영함]



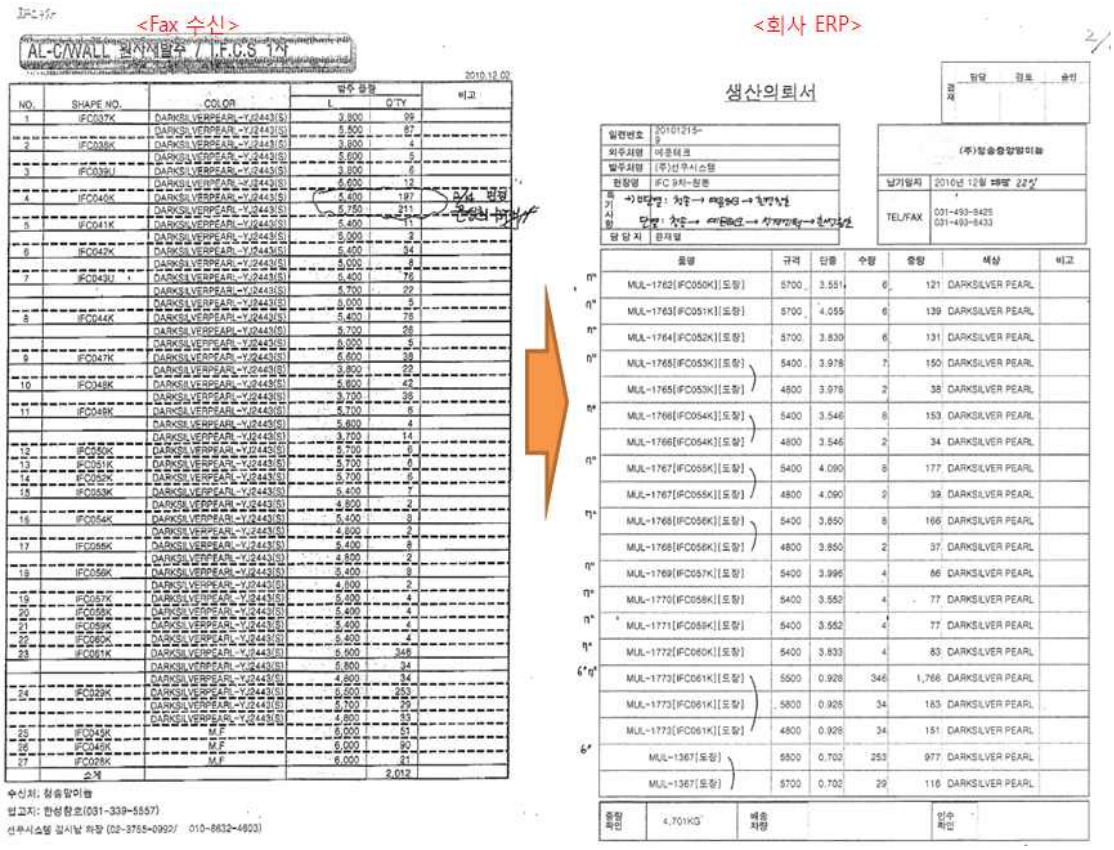
<그림 3-59> H社의 송장 내용

(3) 커튼월 공종의 개선 사항

커튼월 공종의 공장 및 현장에서 조사된 내용은 다음과 같다.

- [현황 1] : 커튼월 공종의 경우, <그림 3-60>와 같이 Fax 형태의 주문이 가장 많아, 회사의 ERP 시스템에서 이중 처리 등의 문제 발생 (Fax 90%, 기타 전산 주문 및 e-Mail)

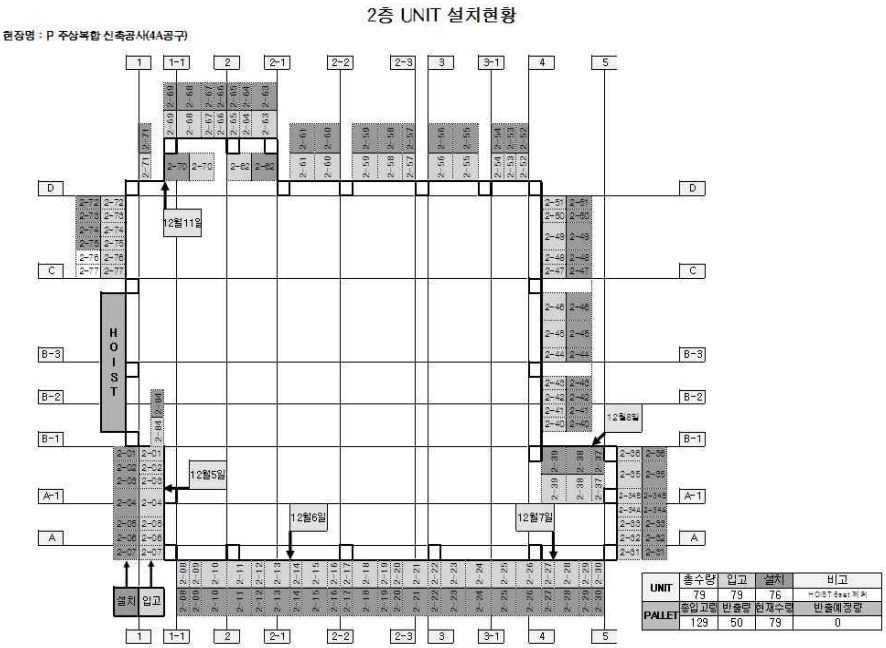
→ [현황 1의 개선 사항] : 현장의 주문 프로세스 개선 및 커튼월 업체 ERP와의 연계를 위한 체계 제공



<그림 3-60> 커튼월 업체의 자재 주문 및 생산 의뢰서

- [현황 2] : <그림 3-61>과 같이, 커튼월의 입고 및 설치 현황의 분석의 경우, 입면도 또는 평면도에 해당 내용을 기입하여 관리함. 따라서 4D view의 경우, 입면도 형태의 분석이 가능하도록 개발 필요.

→ [현황 2의 개선 사항] : 4D viewer 개발 시, 입면 형태로 쉽게 조회 가능하도록 기능 구현 및 진도 현황 분석 시, 건물의 사면에 따른 설치량 분석 기능 추가



<그림 3-61> 커튼월 업체의 설치 현황 분석 사례

2. 공종별 엔지니어링 분석 기능 강화 방안

본 연구의 1~2차년도 현장 조사를 통해 도출된 엔지니어링 분석 모듈 및 기타 철골, PC, 커튼월 업체의 RFID+4D 시스템 문제점 및 개선사항을 정리하면 다음과 같다.

- 시스템 작업의 중복을 피하기 위해 공장과 현장의 시스템의 연동이 가능해야하며, 현재 보유한 시스템상의 정보를 기본적으로 포함되어야 함. (연구 목표와 부합.)

- 설치단계에서 3D모델이 실시간 반영되도록 하는 기능 및 기술 필요하며, 모델상에 부재 중량 및 부재번호, 중량 자동계산 등의 기능이 추가되어야함. (1차년도 프로토 타입 개발에 반영, 2차년도 테스트 및 보완 수행.)

- 누락된 부재를 찾기 쉽도록 viewer의 개선이 필요하며 변경된 정보 및 상황을 실시간으로 반영할 수 있도록 해야 함. (1차년도 프로토 타입 개발에 반영, 2차년도 테스트 및 보완 수행.)

- 자재의 공장 출고 및 현장 입고 시, RFID을 활용한 송장 처리 기능 요구됨. (2차년도 시스템 개발에 반영.)

- 자재 주문 및 확인 프로세스 정립 (2차년도 시스템 개발에 반영)

- 공장에서 재고율을 실시간 파악하여 생산단계에서 반영되는 시스템 필요하며, 공장과 현장의 시스템을 연동하여 생산에서 설치까지의 전 과정관리 및 재고관리 요구. (해당 부분 반영을 통한 엔지니어링 분석 모듈 추가- 진도 분석 보고서 기능 추가.)

- 입면 형태의 진도 조회 기능 추가 (진도 현황 분석 및 4D viewer에 해당 내용 반영)

본 연구에서는 이러한 요구사항을 바탕으로 엔지니어링 분석 기능 강화 및 기존 시스템의 개선을 수행하였다.

다음 <표 3-18>은 분석된 요구사항을 정리한 것이다. 그리고 분석 기능의 경우는 기존의 Status 관리 이외에 각 공종별 특성을 반영한 진도현황 분석 기능, 각종 그래프 형태의 물류 현황, 그리고 각 시점별 진도 현황을 바탕으로 엔지니어가 리포트를 작성

할 수 있는 진도 분석 보고서를 기능에 추가하였다. (개선 사항을 반영한 시스템 개발 내용은 다음 절에 상세히 설명하였다.)

<표 3-18> 요구사항 및 개발 현황

분류	요 구 사 항	철골	PC	커튼월	현황
시인성 · 응답성	실시간 모니터링	○	○	○	완료
	모델 상에 누락된 부재를 쉽게 확인	○	○	○	완료
	설치단계에서 3D모델이 실시간 반영하는 기능 추가	○	○	○	완료
작업 능률	생산, 운반 시 자재확인을 위한 인력, 수기입력 또한 공장, 현장에서 운반업체의 확인의 작업 반복 줄임	○	○	○	완료
	공장 시스템과의 유사한 포맷이나 정보의 연동기능 필요	○	○	○	완료
	주문, 생산, 시공의 전 단계를 총괄 관리 필요	○	○	○	완료
물량 산출	부재중량 및 부재넘버, 중량 자동계산 등의 기능	○	○	-	완료
재고 관리	생산에서 설치단계까지의 전 단계 재고관리 필요	○	○	○	완료
	공장에서 재고율을 파악하여 생산단계에 반영	○	○	○	완료
송장 관리	입·출고시, RFID인식 및 전자송장 필요	○	○	○	완료
분석 기능	다양한 분석 조건에 따른 진도 현황 분석 기능 필요	○	○	○	완료
	전체 진도 및 월별 진도율에 대한 그래프 자동 생성	○	○	○	완료

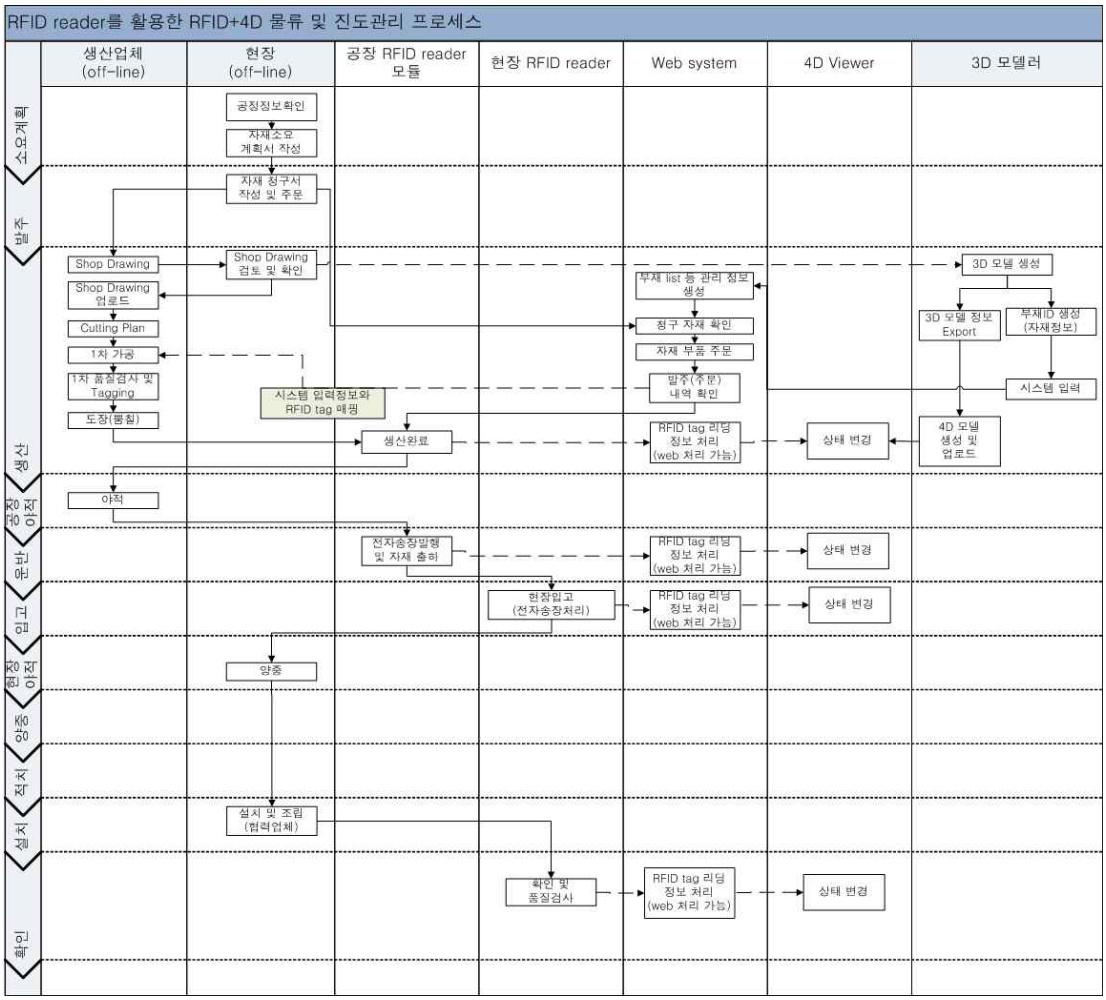
제 5 절 RFID+4D 웹 시스템 개선

1. 실시간 웹 기반 4D Viewer 적용 및 엔지니어링 기능 강화에 따른 Web 시스템 개선

가. Web 시스템 개선을 위한 시스템 설계

Web 시스템의 개선은 실시간 웹 기반 4D viewer의 개발 및 개발 과정에서 도출된 표준 부재 ID (<그림 3-42> 참조), 현장별 특성에 따른 시스템 customizing 최소화를 위한 코드 관리, 엔지니어링 분석 기능 강화 등을 위해 수행되었다.

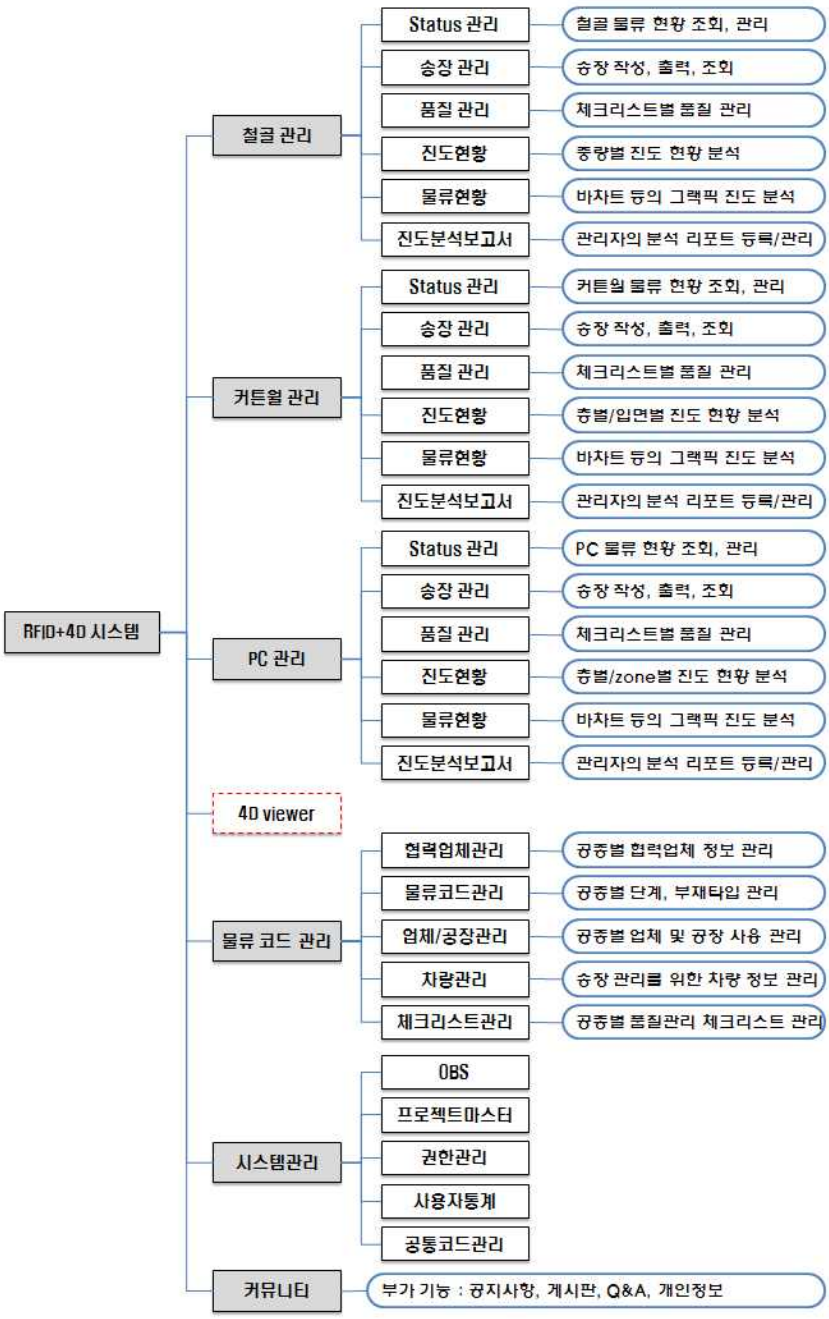
Web 시스템의 개선을 위하여 본 연구에서는 기존 시스템의 프로세스를 재분석하여 <그림 3-62>와 같이 시스템 프로세스를 도출하였다.



<그림 3-62> 개선된 RFID+4D 시스템의 프로세스 모델

도출된 프로세스 모델은 당초 상용 3D 모델러, RFID 리더 및 Web 기반 물류 및 진도 관리 시스템으로 구성된 구조에서 Web 기반 실시간 4D viewer를 포함하는 형태로 앞서 설명한 RFID Reader 모듈과 4D viewer와의 연동을 고려하여 설계하였다.

또한 제안된 프로세스 모델을 기반으로 시스템 개선을 위한 기능을 다음 <그림 3-63>와 같이 도출하였다.

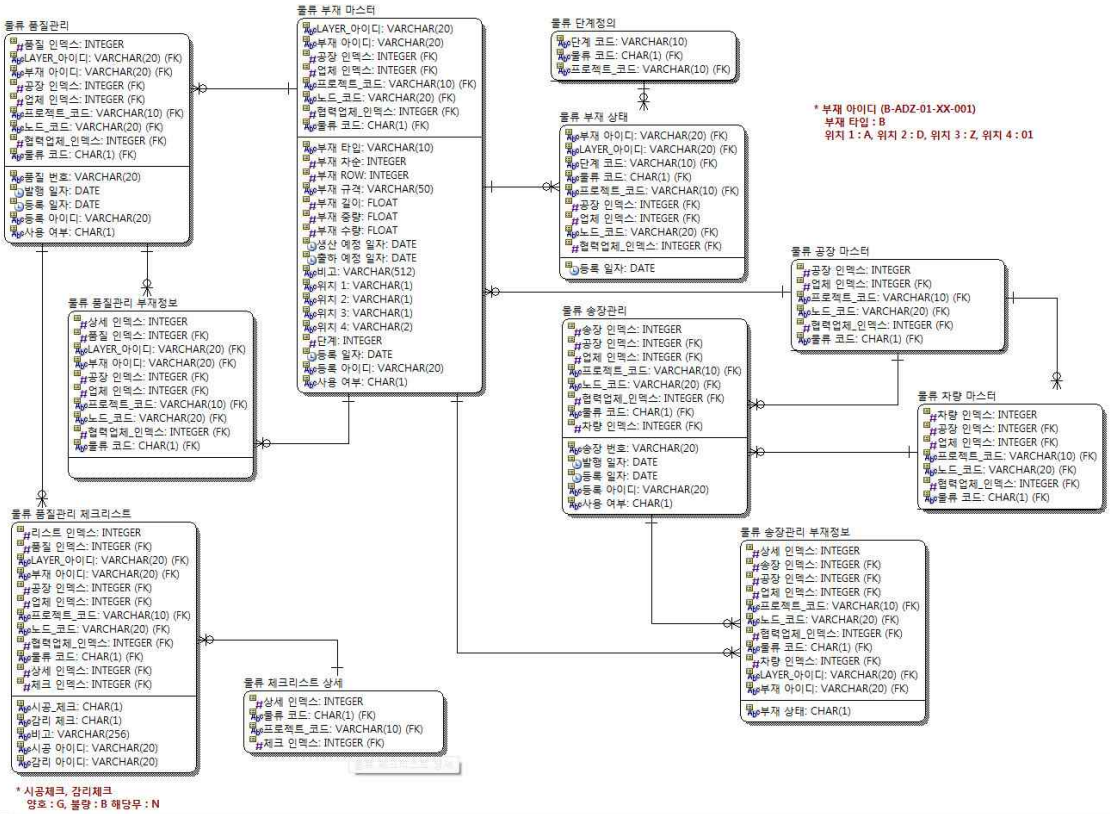


<그림 3-63> 최종 개선된 RFID+4D 시스템의 기능도

Web 시스템 개발을 위한 정보 모델은 아래 <그림 3-64>과 같이, 물류 부재 정보를 중심으로, 품질, 품질 체크리스트, 물류 단계, 부재 상태, 송장 정보 등이 연계된 구조를 가지고 있다.

그리고 물류 코드 관리에서 물류 단계 정의 및 물류 부재의 속성 정보를 정의하는데 따라 부재 ID 및 관리 단계를 유연성 있게 변경할 수 있는 구조를 가짐으로써, 과거 새로운 프로젝트를 위한 시스템 오픈 시, 매번 커스터마이징을 했던 문제를 해결할 수 있도록 정보 모델을 개선하였다.

또한 품질 정보 관리 부분에서는 품질 관리 체크리스트 테이블을 디자인하여, 각 사별, 공종별로 상이한 품질 체크리스트를 직접 생성/수정 관리할 수 있게 함으로써, 단순한 물류 및 진도를 넘어선 공사 관리가 가능하도록 정보 모델을 개선하였으며, 이는 향후 시스템의 현장 적용성 향상 측면에서 기여할 수 있을 것이다.

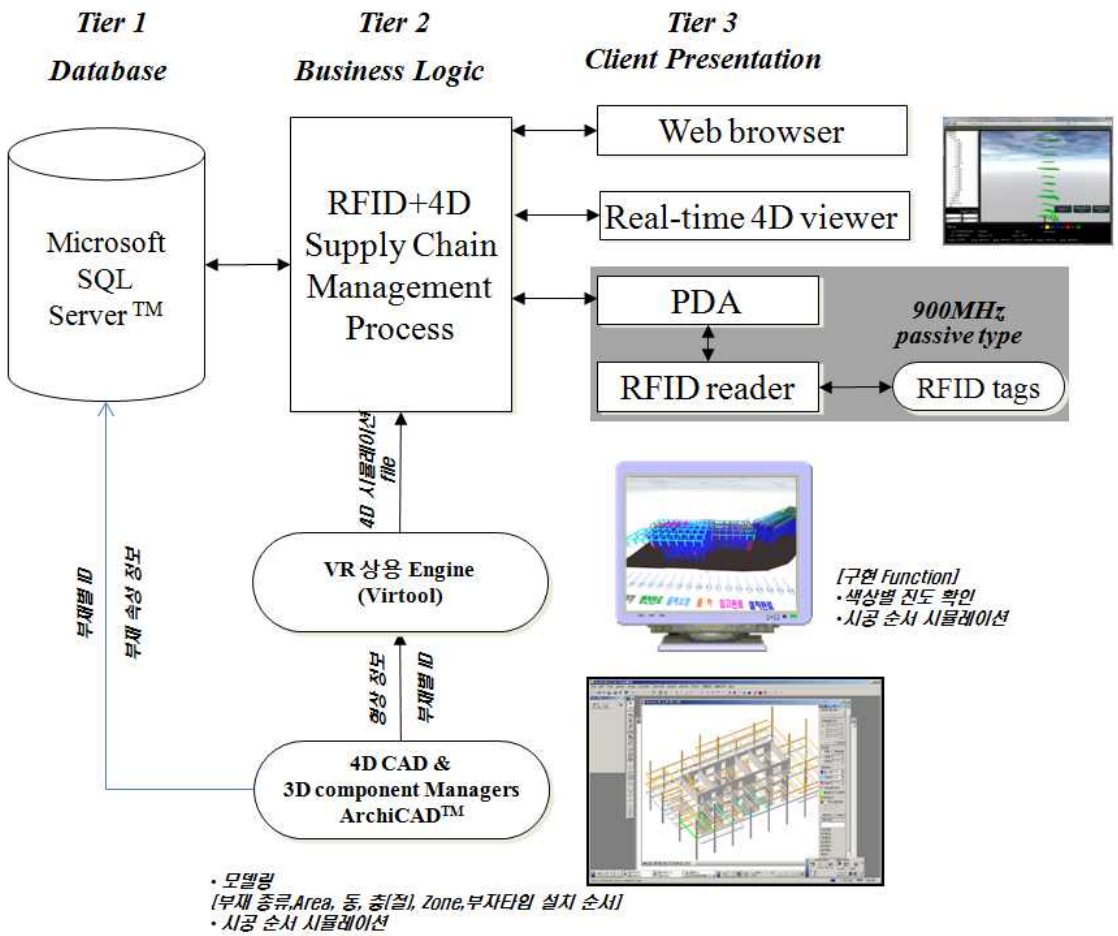


<그림 3-64> 개선 RFID+4D 시스템의 정보 모델 (ERD)

나. Web 시스템 개선을 위한 시스템 개발

시스템 개발은 앞서 설명한 설계 내용 기반으로 아래의 개선된 RFID+4D 시스템의 Architecture와 같이, 웹기반 실시간 Viewer를 활용한 정보 반영의 지연 및 시뮬레이션 기능 제공, 엔지니어링 분석 기능 강화, 현장별 커스터마이징 용이성 제공, 900MHz 대역의 RFID 기술 적용 등을 포함한 형태로 개발되었다.

그리고 시스템의 4D 기술 적용을 위해 BIM 모델로는 ArchiCAD와 VR 상용 Engine으로는 Virtools라는 상용 솔루션을 활용하였다.



<그림 3-65> 개선된 RFID+4D 시스템 Architecture

또한 개선된 웹 시스템은 일반적인 웹 시스템이 채용하고 있는 3 tier 구조로 구성되어져 있으며, IIS 6.0, .Net Framework 및 C# 언어를 활용하여 개발되었다. 그리고 Database는 상용 RDM인 MS사의 SQL 2003 Server를 활용하였다.

2. 개선된 RFID+4D 시스템의 주요 기능

<그림 3-66>은 개발된 웹 시스템의 로그인 화면을 나타낸 것이고, 개선된 웹 시스템의 주요 기능은 다음과 같다.

<그림 3-66> 개선된 RFID+4D 시스템의 로그인 화면

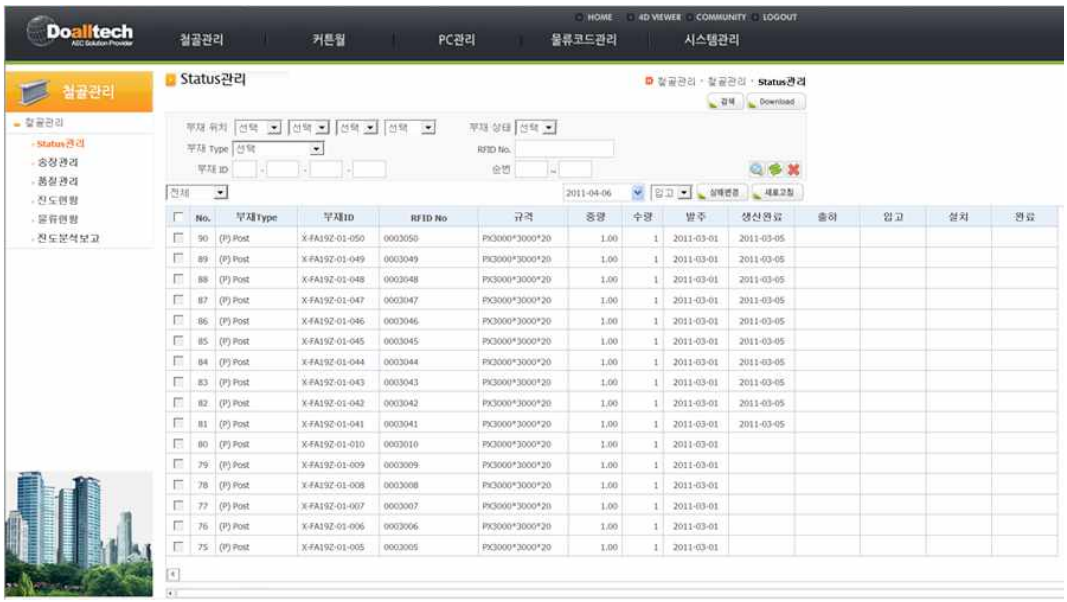
가. 철골관리

철골 관리는 <그림 3-63>의 기능도에 나타난 바와 같이, RFID와 연동하여 물류 및 진도 현황 정보를 관리하는 Status 관리, 송장 발행 및 조회를 지원하는 송장관리, 각 단계별 체크리스트 기반의 품질 관리, 철골의 중량을 중심으로 한 현황 분석을 제공하는 진도현황, 그래픽 분석 정보를 제공하는 물류현황, 그리고 관리자에 의해 분석된 진도 정보를 관리하는 진도분석 보고서의 기능으로 구성되어져 있다.

다음은 각 세부 기능별 특징과 주요 GUI를 나타낸 것이다.

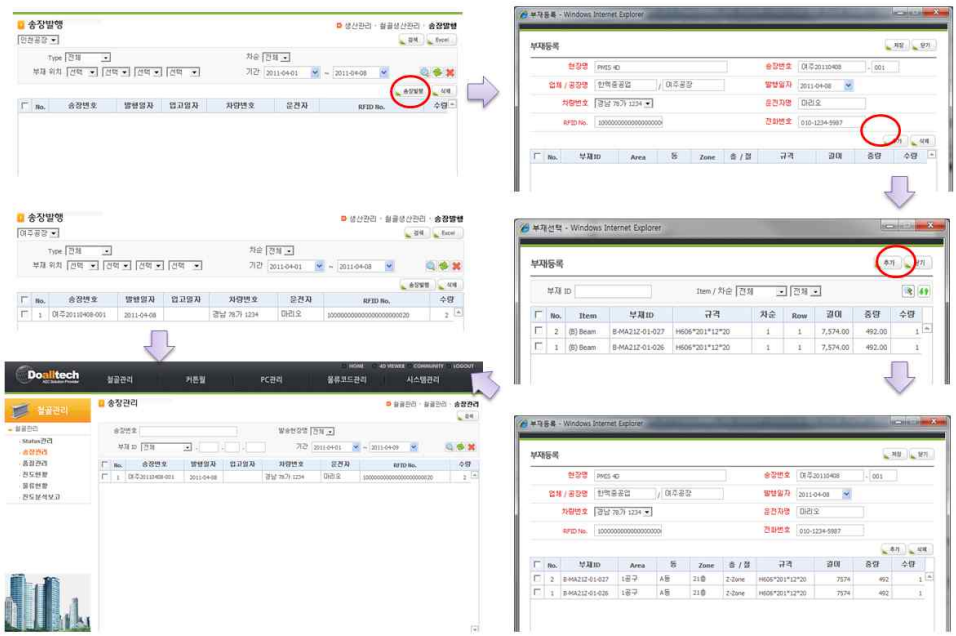
○ Status 관리: 공장 또는 현장에서 RFID 기술을 통해 수집된 철골자재의 상태정보를 확인하는 기능으로, 자재정보 및 발주, 생산, 출고, 입고, 설치에 대한 정보 확인 및 부재의 속성, 상태 등에 따른 검색 기능 제공을 통한 다양한 검토가 가능하도록 개발되어져 있다. 또한 RFID 장비의 오류, 태그의 탈락 등 시스템 운영의 예외 프로세스가 발생될 경우, 이를 처리하기 위한 정보 수정 기능을 포함한다.

추가적으로 상단의 부재 관리 단계는 물류 코드 관리에서 유연하게 정의가 가능하며, 다음 절에서 설명하고 있는 철골 공장 관리 시스템과 연동하여, 정보를 공유할 수 있는 구조를 가지고 있다.



<그림 3-67> Status 관리 화면 (철골 관리)

○ 송장 관리: 송장 관리는 철골과 관련된 전자 송장을 발행하는 기능으로, 송장 발행, 출력이 가능하고, 현장의 여건에 따라 송장 RFID를 적용할 수 있도록 개발되어졌다.



<그림 3-68> 송장 관리 및 송장 화면 (철골관리)

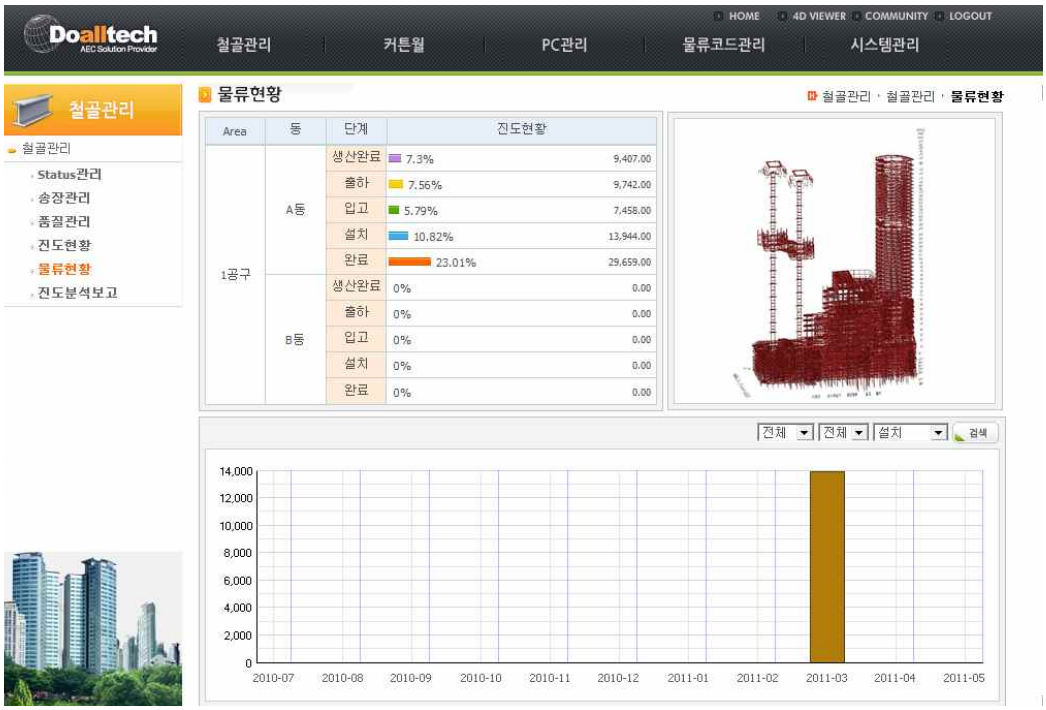
○ 품질 관리: 품질 관리는 철골에 대한 품질관리를 체크리스트 기반으로 관리할 수 있도록 개발되었다.

<그림 3-69> 품질관리 화면 및 체크리스트 (철골관리)

○ 진도현황: 진도 현황은 엔지니어링 분석 모듈 향상을 위해 수행한 현장 조사에서 도출된 내용을 기반으로, 부재 위치, 부재 type, 조회 일자별로 각 위치에 따른 설계량, 생산완료량, 출하량, 입고량, 설치량에 대한 현황 조회와 계획 대비 실행을 비교하기 위한 누적 계획량, 완료량 및 공정율 분석이 가능하도록 개발되었다. 그리고 조회된 정보는 현장 엔지니어가 가장 많이 사용하고 있는 Excel 파일로 다운로드 받게 할 수 있도록 개발되어, 정보 활용이 용이하도록 하였다.

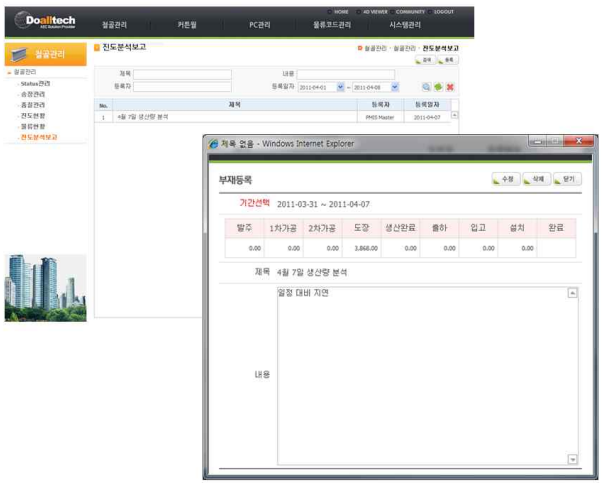
<그림 3-70> 진도현황 화면 (철골관리)

○ 물류현황: 물류현황은 철골의 물류 및 진도현황을 바차트 또는 히스토그램 차트의 형태로 손쉽게 파악할 수 있도록 개발된 기능으로, 전체 현황의 파악 또는 보고에 활용할 수 있도록 개발되었다.



<그림 3-71> 물류현황 화면 (철골관리)

○ 진도분석보고: 진도분석 보고 기능은 관리자가 철골의 물류 또는 진도에 관한 현환을 일정 기간별로 조회하여, 조치 사항 등을 기입하여 공유할 수 있게 개발된 기능이다.

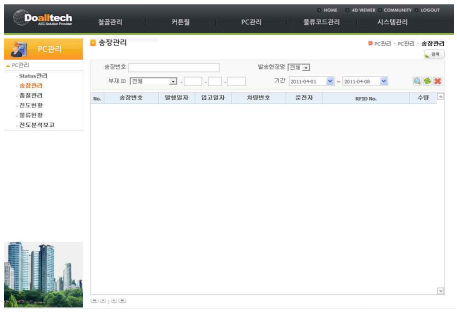


<그림 3-72> 진도분석보고 화면 (철골관리)

나. PC관리

PC 관리는 <그림 3-73>와 같이 철골 관리의 기능과 유사한 기능 구조를 가지고 개발되었다. 특이 사항으로는 진도현황 기능에서 분석이 PC의 특성을 반영하고 있다는 것이다.

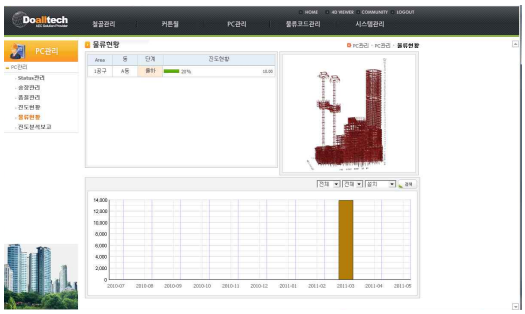
[Status 관리]



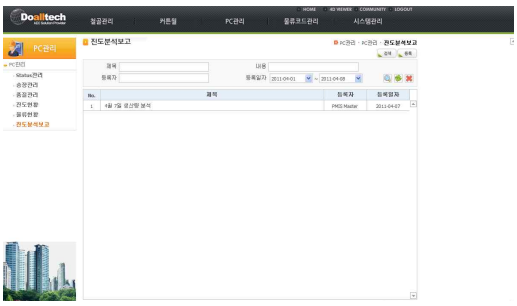
[송장 관리]

[품질 관리]

[진도 현황]



[물류현황]



[진도분석 보고]

<그림 3-73> PC 관리 모듈의 주요 GUI

○ 진도현황: PC 관리의 진도 현황은 철골관리와 같이, 엔지니어링 분석 모듈 향상을 위해 수행한 현장 조사에서 도출된 내용인 단계별 중량 확인에 대한 요구사항을 반영하기 위해 개발되었다. 개발된 기능은 부재 위치, 부재 type, 조회 일자별로 각 위치에 따른 설계량, 생산완료량, 출하량, 입고량, 설치량에 대한 현황 조회

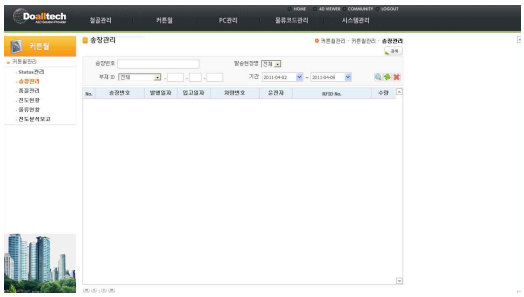
와 계획 대비 실행을 비교하기 위한 누적 계획량, 완료량 및 공정율 분석이 가능하도록 개발되었다. 그리고 조회된 정보는 현장 엔지니어가 가장 많이 사용하고 있는 Excel 파일로 다운로드 받게 할 수 있도록 개발되어, 정보 활용이 용이하도록 하였다.

<그림 3-74> PC 관리 모듈의 주요 GUI

다. 커튼월 관리

커튼월 관리 또한 기존의 커튼월 관리 시스템을 기반으로, PC와 철골 관리의 기능과 유사하게 개발되었으며, <그림 3-75>은 개발된 기능의 주요 화면을 정리한 것이다. 그리고 PC와 같이 진도 현황 기능은 철골 및 PC 관리의 기능과 달리, 현장의 요구 사항에서 요청되었던 입면별 진도 확인이 가능하고, 해당 단계별 분석이 가능하도록 시스템을 개발하였다.

[Status 관리]

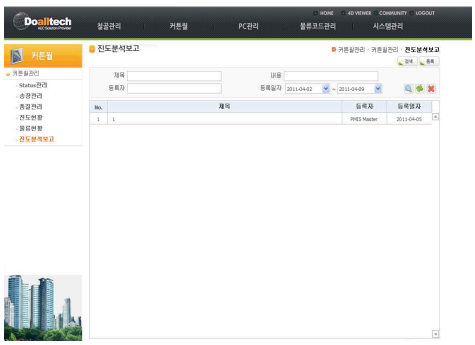


[송장 관리]

[품질 관리]

[진도 현황]

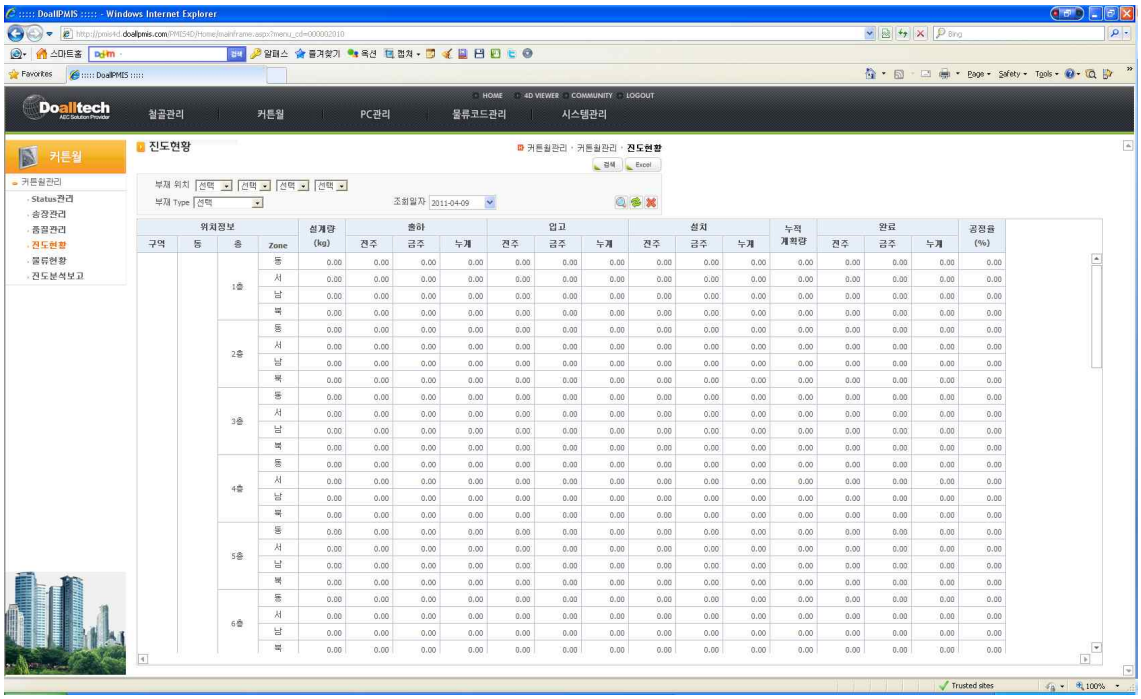
[물류현황]



[진도분석 보고]

<그림 3-75> 커튼월 관리 모듈의 주요 GUI

○ 진도현황: 커튼월 관리의 진도 현황은 엔지니어링 분석 모듈 향상을 위해 수행한 현장 조사에서 도출된 내용인 입면별 설치현황 파악을 반영하여 개발되었다. 개발된 기능은 설치 위치에 따른 설계량, 출하량, 입고량, 설치량에 대한 전주, 금주, 누계량 분석 및 계획 대비 실행을 비교할 수 있도록 시스템을 구현하였다. 그리고 조회된 정보는 현장 엔지니어가 가장 많이 사용하고 있는 Excel 파일로 다운로드 받게 할 수 있도록 개발되어, 정보 활용이 용이하도록 하였다.



<그림 3-76> PC 관리 모듈의 주요 GUI

라. 공통 기능

본 연구에서 개선된 RFID+4D 시스템은 각 현장별로 커스터마이징되던 부분을 최소화하기 위해, 철골, PC, 커튼월 관리를 위해 정의되어야 할 협력업체, 물류 코드, 업체/공장 관리, 차량관리, 체크리스 관리 등의 물류 관리에 필요한 코드를 현장 상황에 따라 유연하게 반영할 수 있도록 개발되었다. 그리고 사용자의 등록/권한 관리 등을 위한 시스템 관리와 게시판 등의 부가 기능을 community 기능으로 구현하였다.

다음은 본 시스템의 공통 기능인 물류 코드 관리, 시스템 관리, community 기능을 정리한 것이다.

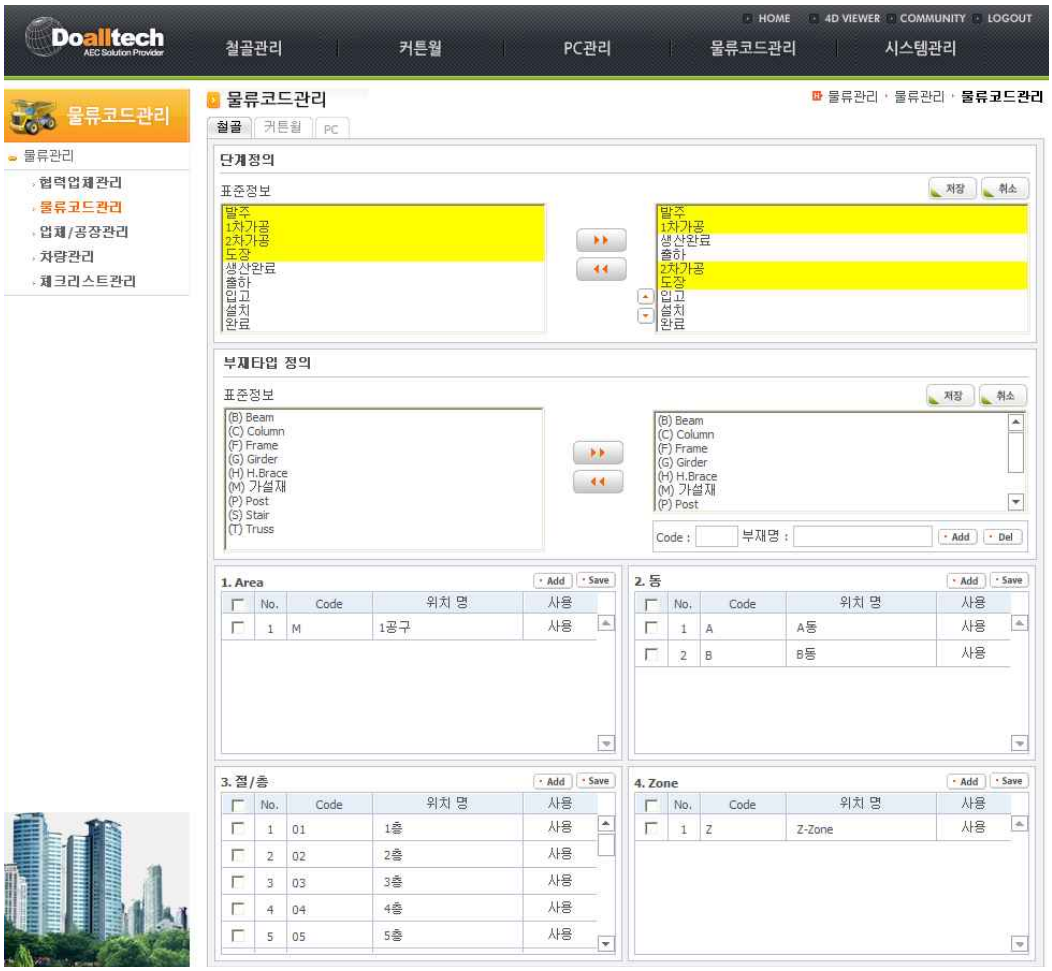
(1) 물류 코드 관리

물류 코드 관리는 앞 서 설명한 철골, PC, 커튼월 관리 미리 정의되어야 하는 공통 코드 및 관리 양식 등을 세팅하는 기능으로 다음과 같은 기능으로 개발되었다.

○ 협력업체관리: 협력업체 관리는 철골, PC, 커튼월 공사의 수행을 담당하는 협력업체의 정보를 등록 관리할 수 있도록 개발되었으며, 이는 송장 발행 등의 기본 정보로 활용되도록 개발되었다.

<그림 3-77> 물류코드관리의 협력업체 관리

○ 물류코드관리: 물류코드관리는 철골, PC, 커튼월 공사를 수행함에 있어, 현장별로 변경이 일어나는 관리 단계, 부재 코드 정보를 세팅할 수 있도록 개발된 기능으로, 이를 통해 타 프로젝트에 시스템 적용 시 커스터마이징을 최소화할 수 있다.



<그림 3-78> 물류코드관리의 물류코드관리

○ 업체공장관리: 업체/공장관리는 등록된 철골, PC, 커튼월 업체별 관리자를 등록/관리하기 위해 개발된 기능이다. 그리고 동일 업체에서 하나 이상의 공장을 운영하는 경우를 반영하여, 업체별 공장 관리 및 해당 프로젝트에서 공장의 사용 여부를 관리할 수 있도록 시스템을 개발하였다.

<그림 3-79> 물류코드관리의 업체/공장관리

○ 차량관리: 차량관리는 철골, PC, 커튼월 공사에 활용되는 운반 차량을 관리하기 위한 기능이이다. 해당 기능은 회사, 공장별로 차량의 종류, 차량번호, 자차 또는 용차 구분, 연락처, 운전자 명 등을 관리할 수 있게 개발되었으며, 특히 송장 RFID tag 처리를 위해 RFIN NO.를 관리할 수 있도록 개발되었다. 본 기능을 통해 등록된 정보는 송장 관리에서 해당 차량 선택 시 다른 정보를 자동으로 등록하는데 활용된다.

<그림 3-80> 물류코드관리의 차량관리

○ 체크리스트관리: 체크리스트 관리는 철골, PC, 커튼월 관리의 품질관리에 활용되는 체크리스트의 항목을 관리하기 위한 기능으로, <그림 3-81>과 같이 개발되었다.

<그림 3-81> 물류코드관리의 체크리스트 관리

(2) 시스템 관리

시스템 관리는 본 시스템의 사용자 조직 및 사용자 관리, 프로젝트 마스터 관리, 권한 관리, 사용자의 접속 통계 처리, 시스템에 활용할 공통 코드 관리를 위한 기능으로, <그림 3-82>와 같이 개발되었다.

[OBS 등록 관리]

[OBS 중 사용자 관리]

[프로젝트 마스터]

[권한 관리]

[사용자 통계]

[공통코드관리]

<그림 3-82> 시스템 관리의 주요 GUI

(3) COMMUNITY

커뮤니티 기능은 프로젝트와 관련된 공지사항, 게시판, Q&A 기능 및 사용자 자신의 개인 정보를 관리하기 위한 기능으로, <그림 3-83>와 같이 개발되었다.

[공지사항]

[개인정보]

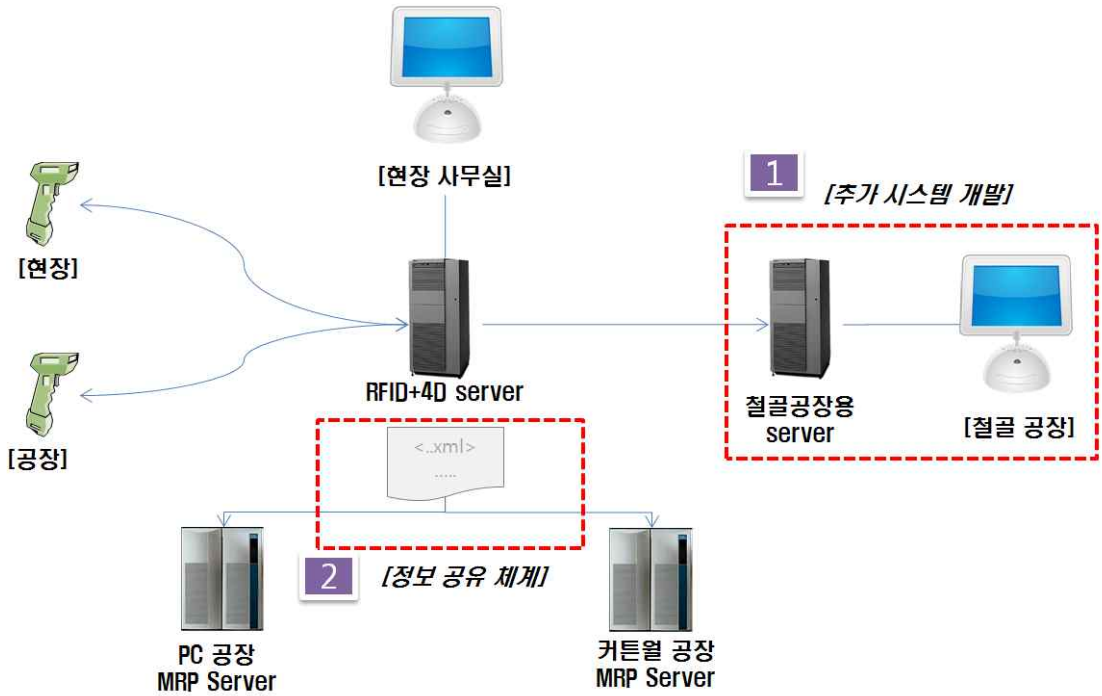
<그림 3-83> COMMUNITY 기능의 주요 GUI

제 6 절 협력업체 참여 활성화 방안

1. 협력업체 참여 활성화를 위한 방향 설정

본 연구에서 협력업체 참여 활성활 방안은 철골 공사와 같이, 공장 내부의 관리 시스템의 부재로 인한 RFID+4D 시스템 적용의 부정적 시각과 PC 및 커튼월 공사와 같이 공장의 MRP 운영으로 인한 시스템의 이중 사용 문제를 해결하기 위해 수행되었다.

따라서 본 연구에서는 아래 <그림 3-84>과 같이, 철골 공사의 경우 기존의 RFID+4D 시스템과의 연동이 가능한 공장 관리용 시스템의 제공을 통한 협력업체의 활용성 제고와 MRP 시스템과의 연동을 통한 정보 관리의 이중화 문제를 해결하는데 초점을 맞추어 연구를 진행하였다.



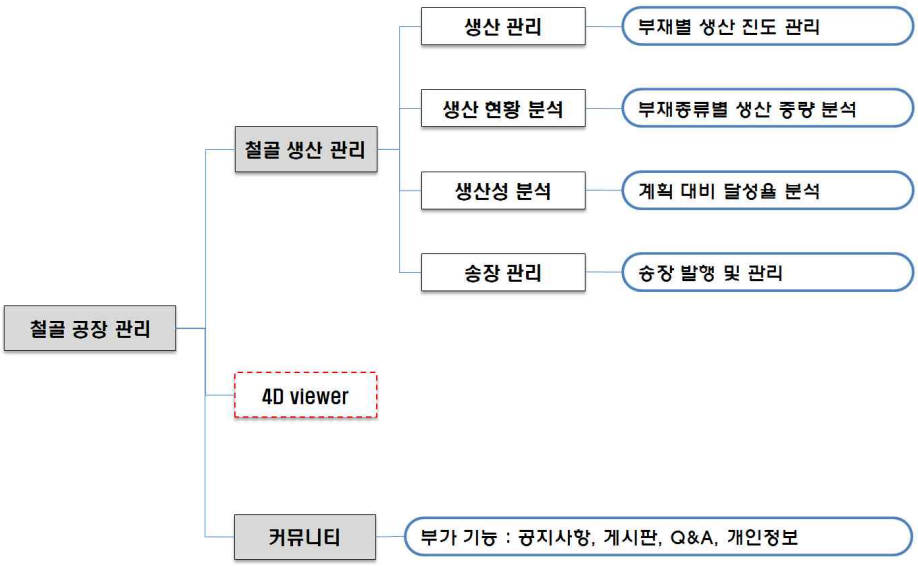
<그림 3-84> 협력업체와의 정보 공유를 위한 시스템 연계 방향

2. 철골 업체의 참여 유도를 위한 공장 관리 시스템 개발

철골 업체의 참여 유도를 공장 관리 시스템 개발은 일부 철골 업체의 경우, 공장의 생산 및 물류 관리를 위한 시스템 관리의 부재로 인한 RFID+4D 시스템과 같은 관리 시스템에 대한 거부감 감소와 단순히 현장의 관리자 위주로 진행되는 물류 관리를 공장에서도 활용 가능하도록 하기 위한 목적으로 추진되었다.

시스템 개발은 기 개발된 RFID+4D 시스템을 응용하여, 철골관리 기능에 공장에서 관리되는 정보 및 단계를 추가하고, 생산과 관련된 진행 현황 관리, 생산 현황 분석, 생산성 분석 및 송장 발행이 가능하도록 개발하였다.

다음 <그림 3-85>은 철골 공장 관리 시스템의 기능을 나타낸 것이다.



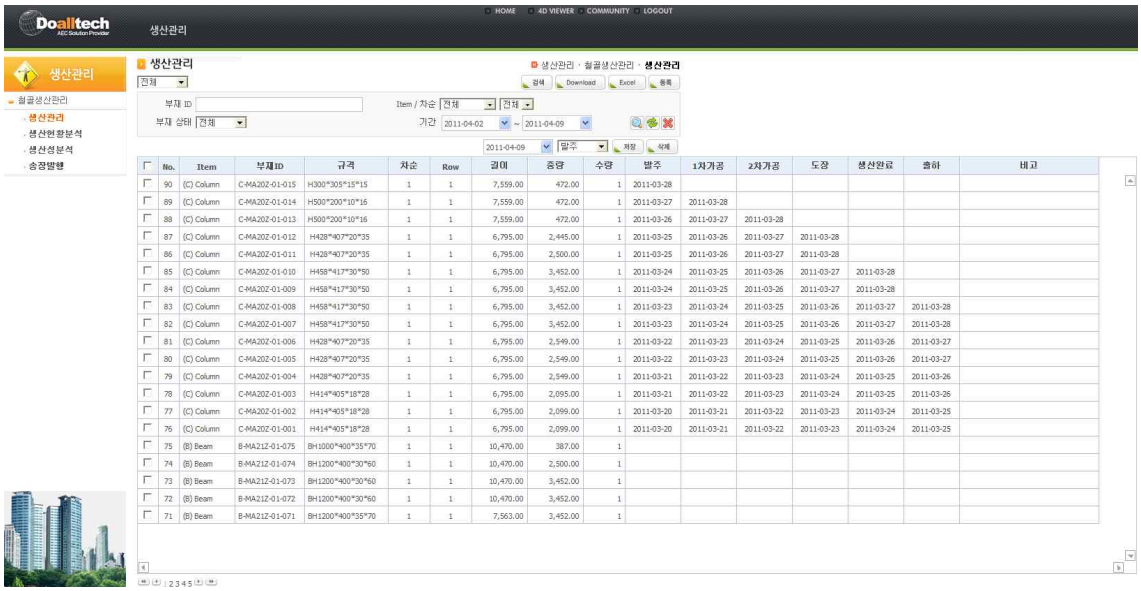
<그림 3-85> 철골 공장 관리 시스템의 기능도

그리고 개발된 시스템은 부재 정보와 발주, 생산완료, 출하와 같이 RFID+4D 시스템과 동일한 관리 단계의 정보는 공유하게 개발되어졌으며, 현장의 관리 단계인 1차 가공, 2차 가공 및 도장 단계는 웹에서 관리되도록 개발되어졌다.

다음은 개발된 시스템 중, 철골 생산관리의 주요 기능을 설명한 것이다.

○ 생산관리: 철골 공장의 생산 과정을 관리할 수 있도록 개발된 기능이다. RFID+4D 시스템과 연동하여 부재 정보, 주문 정보를 웹에서 확인할 수 있으며,

각 부재별 1차 가공, 2차 가공 및 도장 정보를 웹에서 등록 관리할 수 있다. 그리고 공장의 생산 완료 후, RFID+4D 시스템의 프로세스인 Tag 부착과 생산 완료 정보 및 출하 정보 등록을 수행하면 본 시스템에서도 해당 정보를 공유할 수 있도록 시스템이 개발되어졌다.



<그림 3-86> 생산관리 GUI (철골 공장 관리)

○ 생산현황분석: 생산현황 분석은 생산관리에서 등록된 생산 정보를 기반으로 부재의 종류별로 각 단계의 진행형황을 중량별로 관리할 수 있도록 개발되어졌다.

구분	총 수량 (EA)	총 중량 (kg)	발주		1차가공		2차가공		도장		생산완료		출하	
			EA	kg	EA	kg	EA	kg	EA	kg	EA	kg	EA	kg
(B) Beam	75	94,762.00	66	70,420.00	59	63,213.00	41	52,018.00	40	49,923.00	30	42,462.00	28	41,750.00
(C) Column	15	34,109.00	15	34,109.00	14	33,637.00	13	33,165.00	12	32,693.00	10	27,748.00	8	20,844.00
(F) Frame	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(G) Girder	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(H) H.Brace	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(M) 가설재	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(P) Post	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(S) Stair	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(T) Truss	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(V) V.Brace	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
총계	90	128,871.00	81	104,529.00	73	96,850.00	54	85,183.00	52	82,616.00	40	70,210.00	36	62,594.00

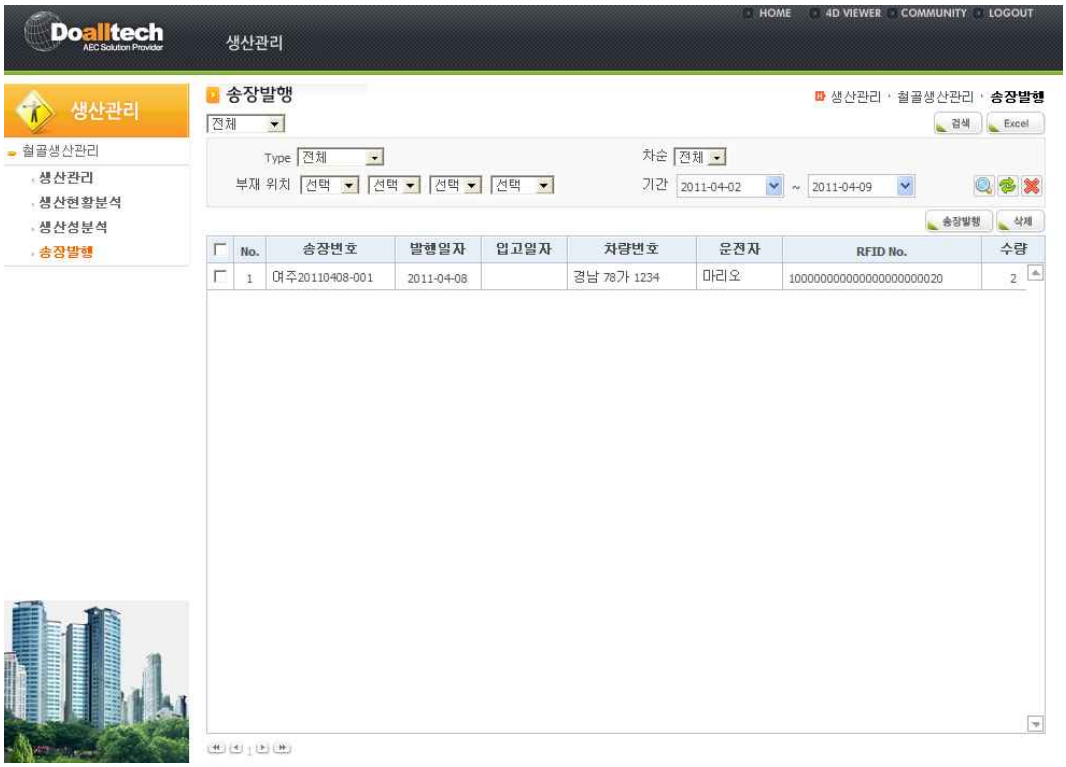
<그림 3-87> 생산현황분석 GUI (철골 공장 관리)

○ 생산성분석: 생산성 분석은 생산관리에서 등록된 생산 정보를 기반으로 생산, 출하에 대한 금일, 누계 및 잔량을 중량별으로 분석하고, 설치 예정량과 계획 대비 달성율을 분석할 수 있도록 개발되었다.

구분	총 수량 (EA)	총 중량 (kg)	생산 예정수량 (EA)	생산 금일 EA	생산 금일 kg	생산 누계 EA	생산 누계 kg	생산 잔량 EA	생산 잔량 kg	출하 금일 EA	출하 금일 kg	출하 누계 EA	출하 누계 kg	출하 잔량 EA	출하 잔량 kg	설치 예정량 EA	설치 예정량 kg	계획대비 달성율 EA	계획대비 달성율 kg
(B) Beam	75	94,762.00	75	0	0.00	30	42,462.00	45	52,300.00	0	0.00	0	0.00	75	94,762.00	40	50,532.00	0.00	0.00
(C) Column	15	34,109.00	15	0	0.00	10	27,748.00	5	6,361.00	0	0.00	0	0.00	15	34,109.00	15	34,109.00	0.00	0.00
(F) Frame	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
(G) Girder	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
(H) H.Brace	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
(M) 가설재	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
(P) Post	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
(S) Stair	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
(T) Truss	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
(V) V.Brace	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
총계	90	128,871.00	90	0	0.00	40	70,210.00	50	58,661.00	0	0.00	0	0.00	90	128,871.00	55	84,641.00	0.00	0.00

<그림 3-88> 생산성 분석 GUI (철골 공장 관리)

○ 송장발행: 송장 발행은 RFID+4D 시스템의 송장관리와 연동하는 기능으로, 공장의 송장 발행을 지원하기 위해서 개발되었다. 송장 발행의 상세 프로세스는 <그림 3-68>과 동일하다.



<그림 3-89> 송장 발행 GUI (철골 공장 관리)

3. PC 및 커튼월 업체 참여 유도를 위한 정보 공유 체계 제안

PC 및 커튼월 업체의 참여 유도를 위한 정보 공유 체계 제안은 기존 공장에서 활용되고 있는 이종의 MRP 시스템과의 연동을 통해 정보의 이중 관리를 최소화하기 위하여 수행되었다. (철골 공장 중 MRP 구축 기업 포함)

연구의 수행은 공장의 MRP의 구조를 분석한 다음, 정보의 보안 체계 및 실현 가능성을 고려한 방식을 도출하여 향후 시스템 운영 시, 해당 업체들과의 정보 연계가 가능한 정보 공유 체계를 제공하는 순서로 이루어졌다.

<표 3-19>는 기존 공장의 MRP 정보 중, 본 연구에서 개발된 RFID+4D 시스템과 연계가 가능한 정보를 추출한 것이다.

<표 3-19> MRP 시스템의 공유 가능 정보

분류	공유 가능 정보
부재 정보	- 부재 ID - 규격 - 중량 등의 재원 정보
설치 관련 정보	- 부재의 설치 위치 정보
생산 관련 정보	- 생산 수량 - 생산 일자
송장 정보	- 차량 정보 - 부재 출하 관련 정보 - 현장 정보
현장 정보	- 입고 수량 / 일자 - 설치 수량 / 일자

<표 3-19>에서 나타난 바와 같이, 기존의 MRP 시스템의 경우 많은 부분 RFID+4D 시스템과의 연계가 가능한 것으로 조사되었다. 하지만 기존의 MRP 시스템의 경우는 공장 중심의 생산 진도 관리에 초점이 맞추어져 있고, 현장 또는 시공사에 해당 정보를 실시간으로 제공하는데 어려움이 있는 것으로 나타났다. 또한 공장의 담당자의 경우 회사의 정보 보안 문제 등으로 인해 MRP의 정보를 외부로 연계하는 것은 문제가 있는 것으로 조사되었다.

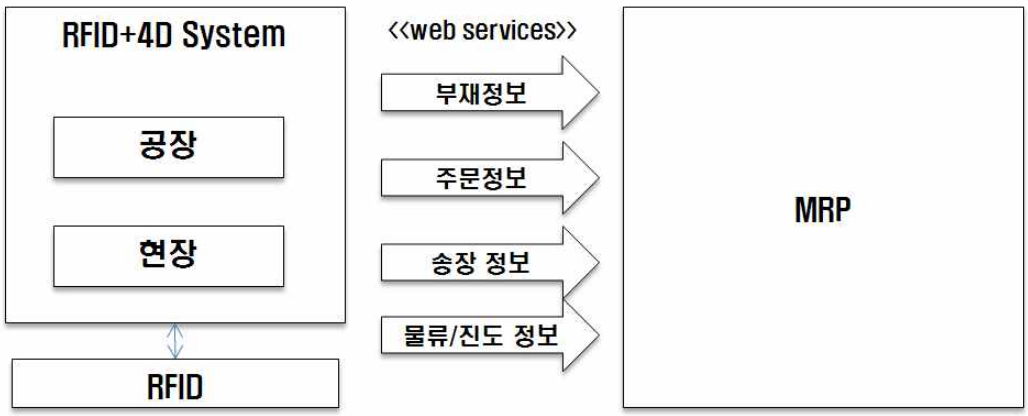
따라서 본 연구진은 최근 IT 분야에서 정보 공유 등을 위해 제안되고 있는 SOA (Service-Oriented Architecture)에서 제안하고 있는 웹 서비스 방식을 채택하여,

RFID+4D에서 관리되는 정보를 해당 공장의 MRP에서 활용할 수 있도록 하는 정보 체계를 수립하였다.

본 연구에서 채택하고 있는 웹 서비스 방식은 정보 교환에서 일반적으로 사용되고 있는 XML(Extensible Markup Language)를 이용하여, 네트워크 상에서 서로 다른 종류의 컴퓨터들 간에 상호작용을 하기 위한 소프트웨어 시스템을 말한다. 웹 서비스는 서비스 지향적 분산 컴퓨팅 기술의 일한으로 모든 메시징에 XML이 사용되어 상호운용성이 높다는 특징을 가지고 있다. 이러한 연결은 기존의 분산 컴퓨팅 기술인 CORBA, DCOM, RMI과 했을 때, 느슨한 연결 (loose coupling), 바이너리 인코딩이 아닌 XML 유니코드 부호화 사용, 객체 지향이 아닌 메시지 지향이라는 특성을 가지고 있다. 단, 기술의 표준화에 대한 문제가 있어, 최근 주목받고 있는 서비스 지향 아키텍처(SOA)와 같은 전체 맵이 적용되지 않을 경우, 해당 부분에 대한 웹 서비스를 공개하여 직접 연결해야 한다.

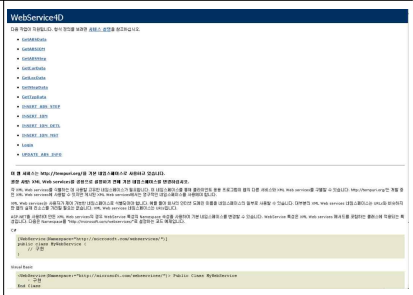
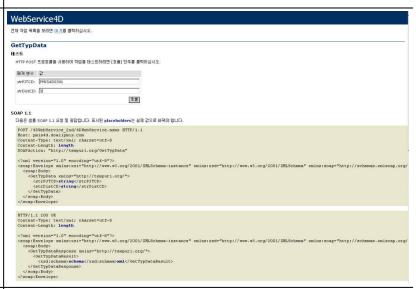
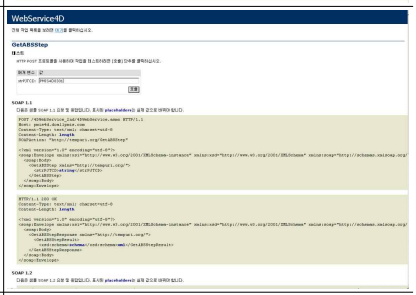
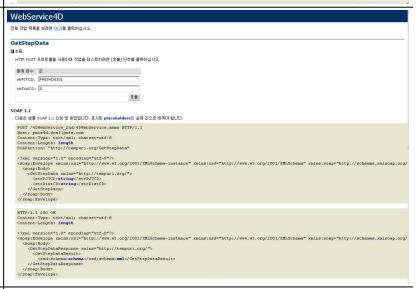
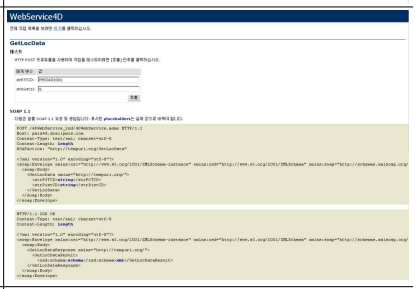
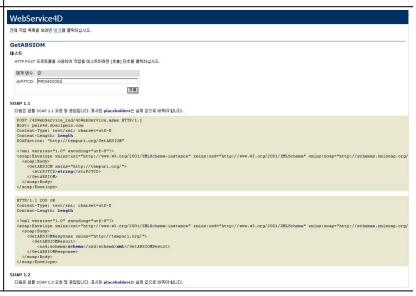
따라서 본 연구에서는 이러한 개념을 채용하여, RFID+4D 시스템과 공장의 MRP 시스템과의 연계를 위한 웹 서비스를 종류를 정의하고 해당 웹 서비스를 개발 공개함으로써 향후 RFID+4D 시스템을 채택하여 사용하는 프로젝트에서 활용할 수 있도록 연구를 진행하였다.

<그림 3-90>는 본 연구에서 MRP와의 연동을 위한 정보 체계의 개념을 정리한 것이고, <표 3-20>은 정의한 웹 서비스를 정리한 것이다.

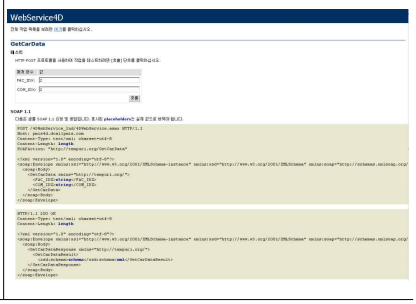


<그림 3-90> RFID+4D 시스템과 공장 MRP 시스템간의 정보 공유 방법

<표 3-20> MRP 시스템과 정보 공유를 위한 Web Service

Web service 명	설명	Web service
메인 웹 서비스	- 본 연구에서 제안한 웹 서비스의 정의 및 구조 제공 ○ GetABSData, GetABSIOM, GetABSStep, GetCarData, GetStepData, GetTypeData, INSER ABS STEP, INSERT IOM, INSERT IOM DETL, INSERT IOM MST, Login, UPDATE ABS INFO	
부재별타입정보 호출 (GetTypeData)	- 부재별 타입 정보를 호출하기 위한 서비스	
부재단계정보 호출 (GetABSStep)	- 부재별 관리 단계 정보 호출을 위한 서비스	
물류 단계정보 호출 (GetStepData)	- 부재별 물류 현호아 정보 호출을 위한 서비스	
위치정보 호출 (GetLocData)	- 부재의 위치와 관련된 정보 호출을 위한 서비스	
송장 정보 호출 (GetABSIOM)	- 송장과 관련된 정보 호출을 위한 서비스	

<표 3-20> MRP 시스템과 정보 공유를 위한 Web Service (계속)

Web service 명	설명	Web service
차량정보호출 (GetCarData)	- 물류 차량 정보를 호출하기 위한 서비스	

그리고 다음 <그림 3-91>은 웹 서비스를 통해 호출된 결과를 정리한 것이다.

<그림 3-91> 웹 서비스를 활용한 호출 결과

제 7 절 현장 테스트 및 타당성 검증

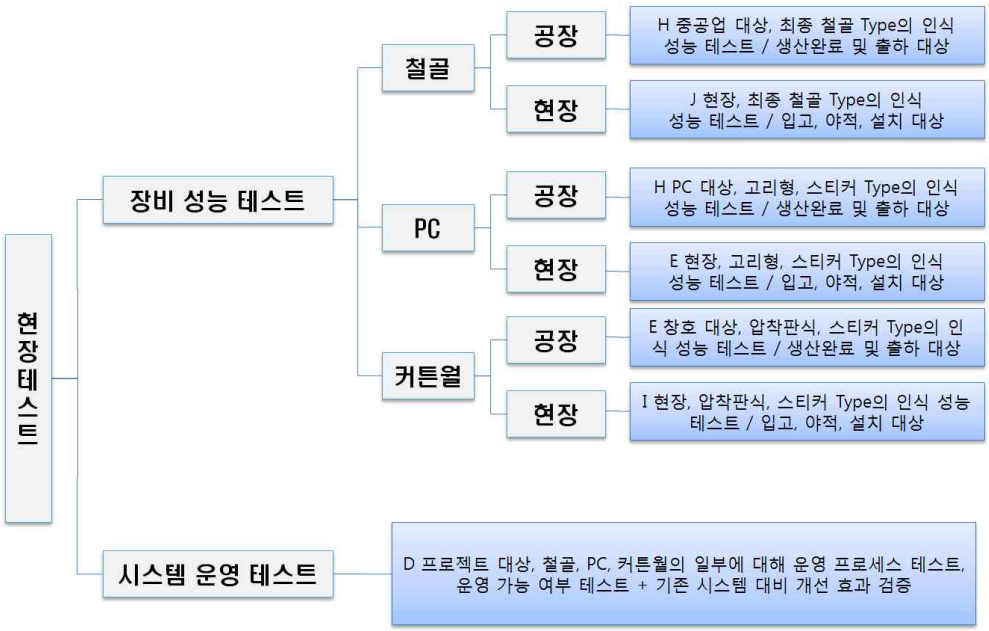
1. 현장 테스트 개요

본 연구의 현장 테스트는 개발된 RFID Tag Housing의 장비 성능 테스트와 개선된 시스템의 운영 가능성 평가를 위해 실시되었다.

먼저 장비의 성능 테스트는 철골, PC, 커튼월의 공종의 공장과 현장을 대상으로, RFID Tag가 부착되는 생산완료, 출하, 입고, 야적, 설치 등의 단계를 대상으로 개발된 RFID Tag Housing과 리더가 Lab test에서 보여준 성능을 보이는 지에 대한 테스트를 실시하였다.

그리고 시스템 운영 가능성 평가를 위한 테스트는 공장과 현장에서 개발된 시스템의 운영 시 문제가 없는 지에 대한 사항을 체크하기 위해 실시되었다.

다음 <그림 3-92>는 본 연구에서 진행된 현장 테스트의 개요를 도식화 한 것이다.



<그림 3-92> 현장 테스트 방법 및 개요

2. 현장에서의 RFID 장비의 성능 테스트

현장에서의 RFID 장비의 성능 테스트는 Lab test에서 선정된 최종 RFID Tag Housing과 인식 장비를 활용하여, 철골, PC, 커튼월 공종별 각 공장, 현장 환경에서의 인식 성능을 검증하기 위해 실시하였다. 다음은 본 연구에서 진행한 테스트에 대한 사항을 정리한 것이다.

가. 철골 공장 / 현장

철골 공장 및 현장 테스트는 앞 서 설명한 바와 같이, H 중공업의 공장과 J 프로젝트의 현장을 대상으로, 실제 수행 중인 철골 부재의 각 단계별 인식 성능을 검증하였다.

<그림 3-93>는 인식 성능 테스트를 위해, 철골 부재에 RFID tag를 부착한 모습이다.

<그림 3-93> 철골 공장 및 현장 테스트를 위한 RFID tag 부착 위치

그리고 공장 및 현장의 테스트 단계는 먼저, 철골 공장의 경우는 생산 완료되어 야적 상태 환경과 상차되어 출하되는 상태를 대상으로 테스트를 실시하였고, 현장의 경우는 입고, 야적, 설치 상태를 대상으로 테스트를 실시하였다.

<그림 3-94>는 철골 공장에서의 인식 테스트 과정을 나타낸 것이다.

<그림 3-94> 철골 공장에서의 인식 테스트 모습

<그림 3-95>는 철골 현장에서의 인식 테스트 과정을 나타낸 것이다.

<그림 3-95> 철골 현장에서의 인식 테스트 모습

다음 <표 3-21>은 철골 공장에서의 단계별 인식 성능 테스트 결과를 나타낸 것이고, <표 3-22>는 현장에서의 단계별 인식 성능 테스트 결과를 정리한 것이다.

<표 3-21> 철골 공장 단계별 Test 결과치

부착 위치	수평각	Lab test	생산완료	출하
웹	90	1.7	2.3	2
	60	1.5	2.1	1.95
	30	1.35	1.95	1.8
	0	1.18	1.89	1.75
플렌지	90	1.7	2.3	2.05
	60	1.55	2	1.92
	30	1.4	1.92	1.78
	0	1.1	1.88	1.78

<표 3-22> 철골 현장 단계별 Test 결과치

부착 위치	수평각	Lab test	입고	야적	설치
웹	90	1.7	2.2	2.2	2
	60	1.5	2.1	2.05	1.9
	30	1.35	1.9	2	1.8
	0	1.18	1.75	1.8	1.7
플렌지	90	1.7	2.3	2.24	2.1
	60	1.55	2.1	2.1	1.95
	30	1.4	1.9	1.95	1.8
	0	1.1	1.8	1.8	1.75

테스트 결과표에 나타난 바와 같이, 본 연구를 통해 개발된 철골용 RFID Tag Housing은 약 1.1~2.24m 정도의 인식 거리를 나타내는 것으로 조사되었고, 부착 위치의 경우에는 웹이나 플렌지에 상관없이 일정한 인식 거리를 나타내는 것으로 조사되었다.

그리고 가장 이상적인 상태인 수평각 90°인 상태를 기준으로 볼 때, 2차년도에 개선된 RFID Housing Tag가 1차년도에 수행된 1차 프로토 타입 Tag Housing 보다 약 0.5m 인식 거리가 더 나오고, 약 2m 이상의 인식 거리를 확보함으로써 현장의 운영에 문제가 없는 것으로 나타났다.

끝으로, 본 연구진은 이러한 결과를 바탕으로, 본 연구 이전의 기술이었던 125kHz 대역의 철골용 RFID tag 적용 시의 인식 거리였던 1~3cm에 비해 상당히 긴 인식 거리를 확보함으로써, 기 수행된 프로젝트에서 제기되었던 RFID 적용으로 인한 안전성 문제 해결과 사용자 편의성 향상이 달성되었다는 결론을 도출하였다.

나. PC 공장 / 현장

PC 공장 및 현장 테스트는 H PC 공장과 E 프로젝트의 현장을 대상으로 실시되었으며, 철골과 같이 공장 (생산완료, 출하)과 현장(입고, 야적, 설치)의 각 프로세스 단계에 맞추어 고리형 타입과 스티커형 타입에 대한 인식 성능 테스트를 실시하였다.

<그림 3-96>은 인식 성능 테스트를 위해, PC 부재에 스티커형과 고리형의 RFID tag를 부착한 모습이다.

<그림 3-96> PC 공장 및 현장 테스트를 위한 RFID tag 부착 위치

<그림 3-97>와 <그림 3-98>는 스티커 타입을 PC 공장과 현장에 적용하여, 인식 테스트를 진행한 과정을 나타낸 것이다. 그리고 <그림 3-99>과 <그림 3-100>는 고리 타입의 RFID Tag를 PC 공장과 현장에 적용한 과정을 나타낸 것이다.

<그림 3-97> 스티커 타입의 공장 테스트 모습

<그림 3-98> 스티커 타입의 현장 테스트 모습

생산 완료 단계		
출하 단계		

<그림 3-99> 고리 타입의 공장 테스트 모습

입고 단계		
야적 단계		
설치 단계		

<그림 3-100> 고리 타입의 현장 테스트 모습

다음 <표 3-23>은 PC 공장에서의 단계별 인식 성능 테스트 결과를 나타낸 것이고, <표 3-24>는 현장에서의 단계별 인식 성능 테스트 결과를 정리한 것이다.

<표 3-23> PC 공장 단계별 Test 결과치

방향	각	Lab test		생산완료		출하	
		고리	스티커	고리타입	스티커 타입	고리타입	스티커 타입
수평	90	1.65	2.02	1.28	1.94	1.35	1.85
	60	1.48	1.98	1.03	1.85	1.17	1.78
	30	1.35	2.5	0.86	1.82	1.02	1.88
	0	1.13	1.89	0.67	1.45	0.88	1.62
수직	90	1.95	2.4	1.8	2.25	1.65	2.32
	60	1.96	2.29	1.64	2.1	1.66	2.2
	30	1.92	1.9	1.67	1.88	1.72	1.85
	0	1.78	1.81	1.32	1.72	1.44	1.79

<표 3-24> PC 현장 단계별 Test 결과치

방향	각	Lab test		입고		야적		설치	
		고리	스티커	고리 타입	스티커 타입	고리 타입	스티커 타입	고리 타입	스티커 타입
수평	90	1.65	2.02	1.33	1.85	1.32	1.86	1.39	1.87
	60	1.48	1.98	1.12	1.74	1.13	1.72	1.17	1.76
	30	1.35	2	1.02	1.82	1	1.8	1.05	1.88
	0	1.13	1.89	0.82	1.65	0.84	1.66	0.92	1.65
수직	90	1.95	2.4	1.6	2.3	1.58	2.28	1.71	2.32
	60	1.96	2.29	1.69	2.22	1.7	2.2	1.69	2.24
	30	1.92	1.9	1.65	1.84	1.66	1.82	1.73	1.89
	0	1.78	1.81	1.41	1.76	1.43	1.74	1.48	1.8

테스트 결과, 본 연구를 통해 개발된 PC용 고리 타입과 스티커 타입의 RFID Tag Housing은 약 0.8~2.24m 정도의 인식 거리를 나타내는 것으로 조사되었다. 그리고 고리형 타입보다는 스티커 타입이 평균 56 cm 정도 인식 거리가 더 나오는 것으로 나타났다. 하지만 부착성과 재활용성을 고려할 때는 고리형이 더 나은 것으로 나타나, 현장의 여건에 따라 인식 거리가 적게 요구될 때는 고리형을 사용하고, 작업 환경 때문

에 긴 인식 거리를 요구할 경우는 스티커 타입을 적용하는 것이 나은 것으로 결론을 도출하였다.

가장 이상적인 상태인 수평각 90°인 상태를 기준으로, 공장 및 현장 테스트 결과가 Lab test 보다 인식이 적게 나오는 걸로 결과가 도출되었다. 이러한 인식 거리 단축의 원인은 테스트 시의 습도와 기존 Lab test(단순 콘크리트 구조물 대상)와는 달리 공장 및 현장의 테스트 시에 철근이 삽입된 PC 구조체에 적용을 함으로써 전파의 산란이 일어났기 때문으로 추정된다.

그리고 이러한 결과(고리 타입은 약 1.2m, 스티커 타입은 약 1.8m)는 과거 13.5MHz 대역의 기술을 적용했을 때의 인식 거리인 약 5cm 내에서 볼 때 상당히 긴 인식 거리를 확보했다고 할 수 있다. 따라서 본 연구진은 이러한 결과를 바탕으로 PC 공사의 관리에 각 타입의 RFID 태그를 선별적으로 적용할 계획이다.

다. 커튼월 공장 / 현장

커튼월 공장 및 현장 테스트는 E 창호의 공장과 I 프로젝트의 현장을 대상으로 실시하였다. 그리고 공장의 적용 단계는 철골 및 PC와 동일 단계로 진행하였나, 현장의 적용 단계는 현장의 안전 문제로 인해 입고 단계는 생략하였다.

<그림 3-101>은 인식 성능 테스트를 위해, 커튼월 부재에 스티커형과 고리형의 RFID tag를 부착한 모습으로, 각 프로세스 단계에 맞추어 압착식 타입과 스티커형 타입에 대한 인식 성능 테스트를 실시하였다. 단, Lab test 시 부착 위치였던 유리표면은 현장 운반 시, 보양지 등의 문제로 인해 테스트 위치에서 배제하였다.

<그림 3-101> 커튼월 공장 및 현장 테스트를 위한 RFID tag 부착 위치

<그림 3-102>는 커튼월 공장에서의 인식 성능 테스트 모습을 나타낸 것이고, <그림 3-103>는 현장에서의 인식 성능 테스트 모습을 도식화한 것이다.

<그림 3-102> 커튼월 공장에서의 테스트 모습

<그림 3-103> 커튼월 현장에서의 테스트 모습

다음 <표 3-25>는 커튼월 공장에서의 단계별 인식 성능 테스트 결과를 나타낸 것이고, <표 3-26>은 현장에서의 단계별 인식 성능 테스트 결과를 정리한 것이다.

<표 3-25> 커튼월 공장 단계별 Test 결과치

부착 위치	수평	Lab test		생산완료		출하	
		스티커	압착	스티커타입	압착타입	스티커타입	압착타입
금속바 정면	90	3.33	3.4	3.5	5	3.3	4.8
	60	3.6	2.27	3.42	5.2	3.1	4.6
	30	3.4	2.25	3.4	5	3.1	4.5
	0	1.7	0.7	3.36	4.73	3	4.6
금속바 측면	90	3.06	2.12	3.5	4.02	3.2	3.7
	60	2.66	2.26	3.4	3.22	3.1	3.1
	30	2.57	2.26	3.35	3.13	2.5	3.1
	0	2.48	1.05	3.3	3.08	2	3
수평 금속바	90	3.9	1.52	2.8	3.2	2.2	3
	60	2.43	1.43	2	2.2	1.8	2.1
	30	2.21	1.5	1.7	1.41	1.5	1.2
	0	1.67	1.2	0.7	0.9	0.6	0.8

<표 3-26> 커튼월 현장 단계별 Test 결과치

부착 위치	수평	Lab test		야적		설치	
		스티커	압착	스티커 타입	압착 타입	스티커 타입	압착 타입
금속바 정면	90	3.33	3.4	3.2	4	3	4
	60	3.4	2.27	2.7	4	2.5	3.8
	30	3.6	2.25	1.8	3.7	1.8	3.6
	0	1.7	0.7	2	2.7	1.9	2.6
금속바 측면	90	3.06	2.26	3.8	5	3.6	5.2
	60	2.66	2.26	2.2	4.4	2.1	4.6
	30	2.57	1.12	2	3.3	1.8	3.5
	0	2.48	1.05	0.7	3.2	0.7	3.3
수평금속바	90	3.9	1.52	1.2	2.2	1.1	2.2
	60	2.43	1.43	0.6	2.4	0.6	2.3
	30	2.21	1.5	0.45	1.9	0.5	2
	0	1.67	1.2	0.3	1.2	0.3	1.3

테스트 결과, 본 연구를 통해 개발된 스티커 타입과 압착판 식 RFID Tag Housing은 태그와 리더의 각도가 수평인 90°를 기준으로 약 0.7~4.6m 정도의 인식 거리를 나타내는 것으로 조사되었다. 하지만 커튼월 공장에서의 데이터는 커튼월 및 주변 벽 등에 의해 전파의 반사와 증폭으로 인해 인식 거리가 일반 환경보다 비정상적으로 많이 나온 것으로 판단되며, 현장 야적에서 나타난 1.2~4m로 인식율을 고려하는 것이 적절하다.

따라서 본 연구에서 개발된 RFID Tag Housing은 커튼월의 금속바에서 기존 13.56Mhz 대역의 5cm 내외의 인식 거리로 인한 운영의 문제점을 해결할 수 있는 것으로 나타났다. 그리고 인식 부착 측면에서는 스티커 형이 유리하나, 인식 거리 측면에서는 압착판 식이 유리한 것으로 나타났다.

3. 시스템 운영 테스트

시스템의 운영 및 개선 효과 테스트는 개선된 시스템이 현장에서 적용 가능한 지를 파악하고, 업그레이드 된 시스템이 어떤 효과가 있는 지를 테스트하기 위해 실시되었다.

테스트 현장은 대형/도심지 현장인 D 프로젝트를 대상으로 철골, PC, 커튼월에 대해 시나리오 기반의 테스트를 진행하였다.

<표 3-27> 테스트 현장 개요

구분	내용
현장명	D 프로젝트 신축공사
대지 위치	서울특별시 ○○구 ○○○동
대지 면적	25,651m^2
건축 규모	A동 51층, B동 42층
테스트 기간	2011년 3월 21일 (월) ~ 2011년 3월 25일 (금)

<그림 3-104>은 진행된 테스트의 진행 과정을 도식화한 것이다.

<그림 3-104> 시스템 운영 가능성 및 개선 사항 테스트 모습

<그림 3-105> 시스템 테스트 화면 및 데이터 추출

본 시스템의 운영 테스트 결과, 기존 11개 현장의 테스트와 같이 현업의 프로세스 적용에는 문제가 없는 것으로 결과가 나타났으며, 인식 성능 및 거리에 대한 만족도가 큰 것으로 결과가 나타났다. 그리고 web 기반 실시간 4D viewer의 경우, 과거 1일 단위의 업데이트로 인해 해당 내용을 검색하는데 문제가 있었으나, 개선된 시스템은 현재 정보를 그대로 반영함으로써 활용이 용이하다는 평을 받았다. (웹 기반 실시간 4D viewer의 상세 테스트 결과는 <표 3-16>에 상세히 표현하였다.)

하지만 4D 모델의 용량으로 인해 refresh 시, 약 2~3분 정도의 시간이 소요되는 부분에 대해서는 개선이 필요한 것으로 나타났다.

그리고 기존 시스템과 같이 문서 작성 및 정보 입력에 대한 시간이 감소함으로써 관리의 효율을 높일 수 있었으며(기존 프로젝트와 유사), 철골 및 PC의 경우 중량으로 해당 내용을 파악할 수 있게됨으로써 현장의 분석 자료를 만드는데 도움이 된다는 평가를 받았다. 또한 과거 Sync를 통한 데이터 업데이트 방식을 CDMA 방식으로 교체함으로써, 정보의 관리가 용이해 졌다는 결과를 도출하였다.

추가적으로, 본 연구의 현장 테스트 시, 실무자의 향후 보완 사항으로 제시된 사항으로는 RFID reader 및 정보 수집용으로 개발된 모바일 기기에서 스마트 폰과 같이, 해당 정보를 원활하게 검토·확인할 수 있는 기능이 추가되었으면 하는 의견과 가능하다면 스마튼 폰 또는 iPad와 같은 타블릿 기기와 리더를 결합하는 것이 현장에서 활용도가 높을 수 있다는 의견도 받을 수 있었다.

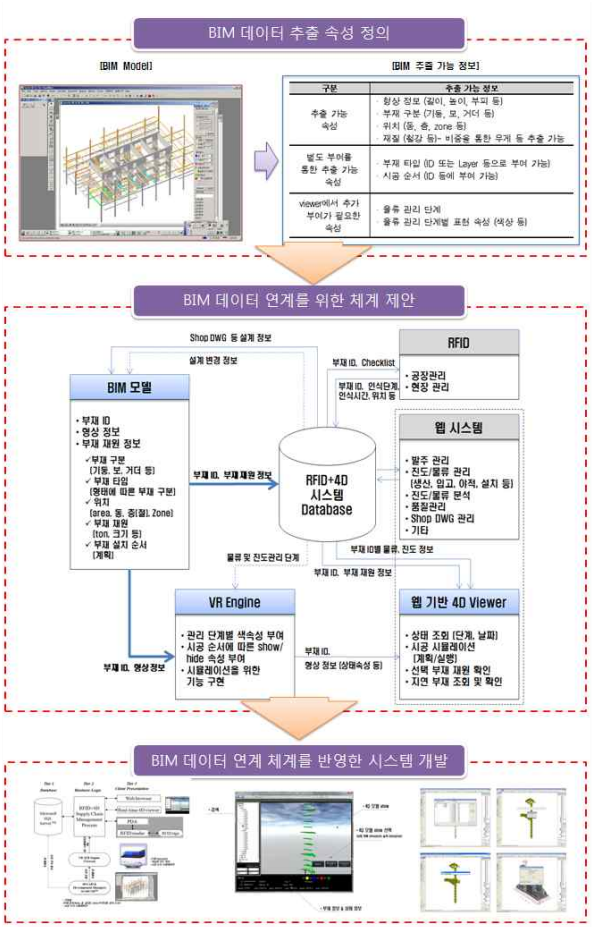
제 8 절 BIM 및 PMIS와의 연계 및 차별화

본 절은 연구의 1차년도 중간 평가에서 지적된 관련 시스템과의 연계 및 활용 방안 도출을 위해 추가적으로 진행된 사항으로, 진행된 내용은 다음과 같다.

1. BIM과의 연계 및 차별성

본 보고서 3절에서 설명한 바와 같이, 본 연구에서는 BIM 데이터와의 연계를 위하여 설계 단계 또는 시공 계획 단계에서 생성된 BIM 데이터를 활용한 4D 시뮬레이션 및 물류/진도관리 체계를 제안하고 이를 반영한 시스템을 개발하였다.

본 연구에서 수행한 BIM 데이터의 연계를 위한 연구 내용을 요약하면 다음 <그림 3-106>과 같다.



<그림 3-106> BIM 데이터의 활용을 위한 주요 연구내용

본 연구에서 제안한 BIM 데이터의 연계 방식은 현장에서 웹 기반 협업을 위해 요구되는 실시간 4D 진도 관리를 구현하기 위해, BIM 데이터의 형상 정보와 속성 정보를 분리하여, 각 부재의 ID로 연계하는 구조를 가지고 있다. 이러한 시도는 앞 서 설명한 웹기반 실시간 4D viewer의 성능 평가 결과에서 나타나듯이, BIM 데이터 전체를 활용하는 방식 보다 정보 조작의 성능 측면에서 유리하다고 할 수 있다. 그리고 이러한 방식은 최근 BIM 분야에서 논의되고 있는 IDM(Information Delivery Manual)에서 채택하고 있는 해당 업무에 최적화된 추출 정보의 활용이라는 측면과 동일한 흐름을 취한다고 판단된다.

그리고 본 연구와 BIM 분야의 차별화는 기존의 BIM 관련 연구들이 주로 설계 및 엔지니어링 분야의 BIM 기술 향상, 정보 공유, 정보 활용 측면에 초점을 맞추고 있는 반면 본 기술은 시공 단계에서 BIM 데이터를 응용하고 있다는 측면에서 차별화된다고 할 수 있으며, 일부 해외 학술지에서는 본 연구의 선행 연구 내용을 BIM 기술의 일환으로 분류하고 있기도 한 상태에 있다.

끝으로 본 연구의 결과는 최근 공공 턴키 프로젝트를 중심으로 BIM 적용이 모색되고 있는 현재의 건설 시장 환경에서 시공 단계의 BIM 데이터 활용의 방식으로 채택이 활성화 될 것으로 기대되며, 이러한 기술 채택을 통하여 주요 공종의 효과적인 공사 관리 지원 및 시공 단계의 BIM 기술 확산에 기여할 것으로 판단된다.

2. PMIS 시스템과의 연계 방안

PMIS는 “건설 프로젝트 생애주기의 모든 단계에서의 다양한 건설 관리업무의 처리 및 의사소통을 위한 것으로서, 시공사의 현장 및 본사 조직에서 주로 사용하는 정보의 수집・처리・저장・배포 등의 기능을 수행하는 개별 정보 시스템들의 집합체(이현수 2005)”로 아래 <표 3-28> 에 나타난 바와 같이 국내·외적으로 PMIS를 적용하는 프로젝트의 생애주기 단계, 프로젝트의 관리 업무, 프로젝트의 참여 주체에 따라 다양한 형태로 도입되어 활용되고 있다.

<표 3-28> 국내외 PMIS의 특징 및 동향

구분		사례 명	특징 및 동향	비고
국내	민간 건설사	H사	▪ 자사 맞춤형 PMIS 개발 (2007) ▪ 업무 연속성 확보를 위해 그룹웨어와 연동한 데이터 공유 / 조회 가능 ▪ 기존 자체 개발 PMIS의 한계인 폐쇄적 구조를 개선하여, 프로젝트의 다양한 주체와의 정보 공유가 가능 ▪ PMIS 활용 극대화를 위해, 사용자의 접속 정도 관리 ▪ 기능의 경우, ASP 등의 기존 PMIS와 크게 다르지 않음	민간/ 자체/ 분사 업체 개발·운영
		S 건설	▪ ASP 기반의 PMIS에서 전사 표준의 Template가 되는 PMIS를 구축하고, 각 프로젝트 특성별로 커스터마이징을 하는 형태로 운영 ▪ RFID, USN 기술 도입 등을 통해 u-현장 관리 추진 ▪ 노우, 자재 등을 중심으로 전사 확산화 중 ▪ 사내에서 활용되고 있는 엔지니어링 프로그램과 연동을 통한 업무 효율성 증대 추진 [PMIS의 경우, 결과 및 현황 모니터링에 초점을 맞춤]	민간/ 자체/ 기존 ASP 업체 개발·운영
		D 건설	▪ 기존 ASP기반 PMIS를 본사에 적합한 형태로 개선하여, 건축사업부 및 주택 사업부를 대상으로 전사적 적용 ▪ RFID, USN 기술 도입 등을 통해 u-현장 관리 추진	민간/ ASP/ 기존 ASP 업체 개발·운영
		G 건설	▪ 맞춤형 포탈 정보를 통해, 자사 프로젝트 관리 및 프로젝트 관련 주체들과의 협업 ▪ Lean Construction 등을 반영한 공사 진도 및 관리 개념 포함 ▪ 진도와 기성을 연계한 기능 제공	민간/ 자체/ 그룹사 개발·운영
		P 건설	▪ 2차례의 PI(Process Innovation)을 통해 기능 고도화 추진 ▪ 현재 일부 현장에서 CPM 시범 적용	민간/ 자체
		D 산업	▪ 전사적 PMIS 적용, 최근 업무 간소화와 지식 공유 차원에서 효과 검증을 통해 전사적 확산 시도 ▪ 현재 현장 단위별로 적용 여부 선택	민간/ 자체/ 그룹사 또는 외주업체 개발·운영
	공기업	한국토지공사	▪ 단위 시설물 분류체계를 바탕으로 신규 발주 단지조성 공사에 PMIS 적용(04년 이후)	공공/ 자체/ 외주
		한국도로공사	▪ 표준작업 분류체계 기반의 공사관리, 공사비관리, 공정관리, 의사결정 지원 등의 기능 제공	공공/ 자체/ 외주
		한국수자원공사	▪ 발주자형 PMIS ▪ 웹상에서 입찰, 주문, 계약 및 발주, 공정, 프로젝트 시공 관리 및 준공 관리 기능 제공	공공 / 자체 / 외주
		대한주택공사	▪ 전공종 대상으로 PMIS 적용 (06년 이후) ▪ 시방서 총칙, 지침서 명기화 의무화	공공 / 자체 / 외주
	CM/ 감리	대형 설계사무소	▪ CM 또는 감리형 PMIS 구축 ▪ 본사 및 현장 관리 모듈로 구분 (S/H/K/I 종합건축사사무소 등) ▪ 일부 회사의 경우, 프로젝트 특성에 따라 별도 시스템 구축 (H 사 등)	민간/자체 또는 SI/ 외주
	PMIS 솔루션 업체	D사	▪ ASP 기반의 시공사, CM 형 PMIS 제공 ▪ 프로젝트 현황, 공사, 공정, 비용, 품질, 안전, 도면관리, 문서관리, Community, Correspondency 등 범용 PMIS 기능 제공 ▪ RFID 기반 노우, 자재, 장비 관리 기능 제공 ▪ 웹카메라, 전광판, PDA, 3D, 4D, 5D 등 IT 기술을 접목한 PMIS 제공	자체 솔루션
		SA사	▪ SI 또는 ASP 기반 발주자, 시공사, CM형 PMIS 제공 (발주자형 다수) ▪ 범용 PMIS 기능 제공 ▪ 자체 공정관리 Tool 보유, 공정관리 서비스 제공 ▪ RFID, 웹카메라, 전광판 등과 연동 기능 제공	자체 솔루션
		N사	▪ SI 또는 ASP 기반 발주자, 시공사, CM형 PMIS 제공 (발주자형 다수) ▪ 범용 PMIS 기능 제공 ▪ RFID, 웹카메라, 전광판 등과 연동 기능 제공	자체 솔루션
		S사	▪ EDMS 위주의 솔루션 제공 ▪ 플랜트 분야의 PMIS 제공	자체 솔루션

<표 3-28> 국내외 PMIS의 특징 및 동향 (계속)

구분		사례 명	특징 및 동향	비고
해외	미국계	Tuner PMIS	▪ 공정관리/비용관리/EV관리 등 8개 기능 제공	민간
		Bechtel Project Works	▪ 네트워크 정보교환/ 3차원 CAD 연계	민간
		Jacob Engineering Group Inc.	▪ 프로젝트 관리/ 워크플로우 관리/ 도면관리/보안관리/ 온라인 회의 등 기능 제공	민간
	유럽계	Dillingham Building Co.	▪ 상용 공정관리 Tool과 연계된 3차원 CAD 모델링 기능 제공 ▪ 4D 기능 제공 (CPM 스케줄 연계)	민간
		HBG	▪ 지식기반시스템 ▪ 설계/시공 계획시스템 구현 ▪ 3차원 CAD 연계 기능 제공	민간
	일본계	건설성 지방건설국 정보시스템 (C/S)	▪ 사이트 모니터링 시스템으로 현장자료 관리 및 기록관리 기능 제공 ▪ 웹 기반 제한적 문서관리 기능 제공	공공
	PMIS 솔루션 업체	Merdian(미국)	▪ Meridian Prolog, Project Talk 등의 제품 제공 ▪ ASP 또는 솔루션 제공, 프로젝트별 일부 커스터마이징 제공 ▪ 문서관리, 협업(MOM, RFI, Submital 등), 현장관리 (작업 상세, 작업일보, 현장 보고서, Punch List 등) 등의 기능 제공	자체 솔루션
		Bentley (미국)	▪ Bentley Project wise라는 제품으로 PMIS 제공 ▪ 3D (BIM) 기반 도면 관리 기능 제공	자체 솔루션
		Primavera (미국)	▪ Contract Manager, P3와 연동 기능 제공 ▪ 계약관리, 문서관리, 현장관리, 안전관리, 문제점관리, 비용관리 등의 기능 제공	자체 솔루션
		Autodesk (미국)	▪ Buzzsaw라는 제품으로 PMIS 제공 ▪ 포트폴리오 관리 및 협업 지원 ▪ 문서, 도면관리 중심의 기능 제공	자체 솔루션
		Project.net (미국)	▪ Project Net, 미국, 이탈리아 등지에서 활용 ▪ Open source 제공을 통한 커스트마이징 지원 ▪ 프로젝트 포트폴리오, workflow 관리, 프로젝트 현황 정보, scheduling, 프로젝트 관련 토의 추적 관리, 문서 관리 등 제공	자체 솔루션
		Deltek (미국)	▪ Delteck Cobra(원가 및 EVM 관리), Delteck MPM (Program 기반 EVM 관리), Delteck wInsight (프로젝트 위험도 관리), Deltek Open Plan (다중 프로젝트 분석, CP 계획 및 자원 관리 등)	자체 솔루션

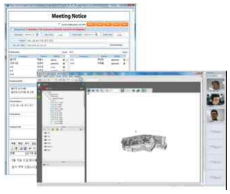
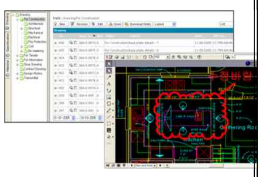
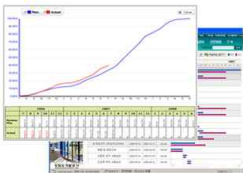
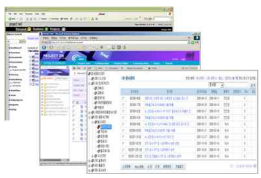
이러한 PMIS는 사용 주체, 사용 단계, 방식에 따라 상이한 구조와 방식을 채택하고 있다. 따라서 본 연구에서는 개발된 RFID+4D 시스템과의 연계 방안 고찰을 위해, 국내의 시공 현장에서 가장 범용적으로 사용되고 있는 D사의 사례를 분석하였다. (본 연구의 주관 기관에서 ASP 기반으로 서비스하고 있는 제품으로 현재 약 700여 현장에 적용된 바 있음)

<그림 3-107>과 <표 3-29>는 D사의 PMIS의 기능 및 구조를 정리한 것으로, 본 연구 이전의 기존 기술이 서비스 항목으로 포함되어 있음을 알 수 있었다.

<그림 3-107> D사 PMIS의 제공 기능 및 구조의 예

<표 3-29> PMIS의 주요 기능

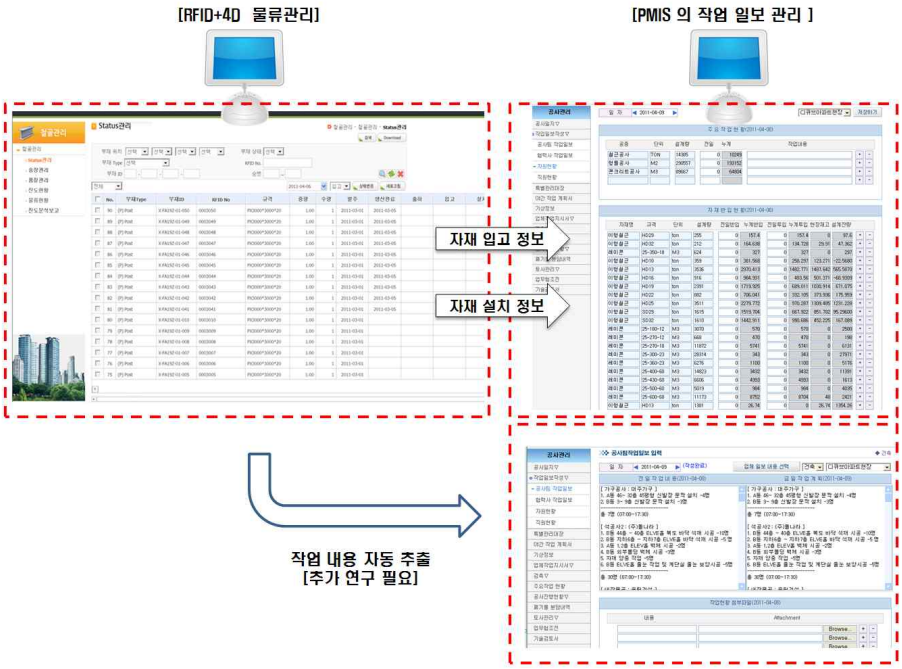
(출처 : http://www.doalltech.com, http://www.hiconst.com, http://www.project.net, http://www.sangah.com, www.welcom.com)

기능	특징 및 동향	주요 이미지	기능	특징 및 동향	주요 이미지
사업관리	-Project의 기본 자료를 관리하는 부분으로 각종 개요자료 및 조감도 등 사업수행에 필요한 기본자료 조회 및 관리 기능 제공 -발주자, 본사 등에 해당 프로젝트의 개요를 설명하기 위한 브리핑룸(현장 사진, 동영상, 현장 영상 등 포함) 제공 -3D 공정 시뮬레이션 등의 연계 기능 등이 최근 접목되고 있음		협업관리 (Correspondence)	-프로젝트 참여자들 간의 원활한 정보 공유 및 프로세스 진행을 위한 기능으로, 공문서 수발신(Letter), RFI(Request for Information), Change order, MOM (Minute of Meeting) 등 관리 등의 기능 제공 -일부 화상회의 등을 활용하기도 함	
설계관리	-Project 수행과정에서 발생하는 각종 도면을 Indexing 하여 Revision을 관리하며, 최종 준공도면 작업 시 이를 반영. 도면의 관리 (제출/승인 관리 등)를 중심으로 한 기능 제공 -2D 위주의 도면 viewer 및 검토 기능 제공 / 일부 3D Viewer의 도입이 모색되고 있음		공사비 관리	-관리 Project 의 총괄 사업금액과 그 구성현황(직접공사비, 제 간접비 등)을 관리, 각종 계약현황 및 해당 계약의 내역서를 계약대비 실적금액, 잔여 금액으로 구분하여 관리하며, 계약내역의 차수별 기성관련 정보관리 기능 제공.	
공정관리	-Project의 공정 관리 기준, 기준별 공정현황을 관리하며, 공사 진행 과정을 관련 정보와 함께 등록하여 관리 -Primavera Planner 등 scheduler와의 연동 기능 일부 제공 -발주처의 승인이 필요한 각종 제출물 작성 시 이를 등록 관리하여 후속적인 진행상황을 관리하는 기능 제공.		공사(시공) 관리	-협력업체/ 시공사 간 공사일보 작성을 통해 작업물량, 출역인원, 주요 자재 등의 집계 자동화 -공종별/업체별 작성 및 자동 취합을 통한 관리 효율화 - CM일보, 작업일보, 기상정보, 공사 진행현황, 공사회의록, 작업 지시서, 협력업체 관리 등의 기능 제공	
품질/안전/환경관리	-품질 / 안전 / 환경에 대한 교육 및 점검 실시내용을 등록하며, 각종 안전장비 및 제반 비용에 대해 예산수립 및 집행결과를 관리하는 기능 제공.		문서관리	-Project 수행과정에서 주고받은 각종 문서의 수·발신 사항을 등록 관리/ 각종 회의록을 등록 관리/ 각종 기자재 및 관련 장비에 대하여 사용설명서 및 유지보수 설명서 등 공사 관련 문서를 등록 관리 기능 제공.	

PMIS와 연동된 하드웨어 기술

RFID 기반 노무/자재관리	- AutoID 기술의 일환인 RFID(비접촉식 인식 기술)를 이용한 노무, 안전 자재 관리 기능 제공 - 해외 프로젝트의 경우, 노무자 임금 결재 자료와 연동하여 활용하기도 함		Web Camera	- 현장 전경 및 작업 현황 모니터링 (줌 및 카메라 원격 조작 가능) - 사진 캡처 기능 제공 - 최근 특정 위치를 지정하여, 일정 시간 간격으로 캡처 사진을 저장 관리하는 기능 제공 (진도, 현장 전경 자동 관리 등에 활용 가능)	
RFID + 4D	- RFID와 4D CAD 기술을 연동하여, 철골, PC, 커튼월 등 공장 주문형 자재의 물류 및 진도관리 기능 제공 - 공장~현장에 이르는 Supply Chain 관리를 통한 관리 효율화 도모		기타	- 현장의 정보 수집 및 관리 효율화를 위해 다수의 IT 기술이 접목되고 있는 추세 - 전광판 (현장 현황/안전관리 등) - 풍속계 (안전관리 등) - GPS(주요 장비 등의 위치 추적 등) - PDA/UMPC/Tablet PC 등 모바일 장비 (품질관리 등)	

이러한 사례를 기반으로 볼 때, 본 연구에서 개발된 RFID+4D 시스템은 시공 단계의 PMIS의 물류 관리 기능으로 활용 가능함을 알 수 있다. 하지만 기존의 기능의 경우 다른 PMIS와의 독립적 구조를 가짐으로써, 정보 이중 입력 등의 우려가 있는 것으로 조사되어 향후 보다 효과적인 시스템 운영을 위해서는 <그림 3-107>와 같이 시공업체와의 협의를 통해 작업 일보의 자재 소요량 등의 입력을 일부 자동화하는 등의 기능 개선이 필요할 것으로 판단되며, 향후 RFID 등으로 수집된 정보를 작업 일보의 작업 내용 등으로 자동 입력하는 방안 등에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.



<그림 3-108> RFID+4D 물류관리와 PMIS의 작업 일보 연계 방안 (연계의 예)

제 9 절 상용화 및 홍보 마케팅 전략

본 절은 연구를 통해 개발된 제품의 상용화 및 홍보 마케팅 전략 수립을 위하여 진행된 사항으로, 진행된 내용은 다음과 같다.

1. 수요예측

본 연구를 통해 개발된 기술인 건설형 RFID Tag 관련 기술에 대한 수요가 기술개발 초기인 점을 감안할 때 기대치만큼 매년 크게 증가하지는 않고 있다. 무엇보다 제한요인인 RFID 관련 장비 및 Tag의 가격 또한 시장 확대에도 불구하고 크게 낮아지고 있지 않는 실정이다. 그러나 건설 프로젝트의 자원관리 자동화 기술에 대한 잠재적 수요가 대기업은 물론 중소기업에게도 확대될 것으로 예상되며, 이에 따라 건설 관련 프로젝트에 RFID를 적용한 본 기술에 대한 수요 증가가 기대된다.

구체적으로 RFID와 4D를 기반으로 하고 있는 철골, PC 물류 및 진도 관리 시스템의 최종 사용자는 종합건설업체(시공회사)로 예상되며, 2010년 기준 11,956개의 종합건설업체가 평균수주액 86.3 억원으로 건설 프로젝트를 수행하였다. 특히 본 기술이 우선적으로 적용 가능한 50억원 이상의 건설 프로젝트 수주 건수는 지난 2009년 기준 약 3,000 여건으로 매년 꾸준히 증가하고 있다. 또한 1,000여 종에 이르는 건설 자재 대부분에 대한 평가대상 기술 확대 적용을 고려할 경우 향후 수요 전망은 밝은 편이라 할 수 있다.

즉, 본 기술의 개발을 통해 관련 시장에서의 경쟁우위를 선점할 수 있으며, 잠재적 경쟁사들의 신기술 개발 이전까지 수요 전망이 밝다고 할 수 있다.

2. 제품 경쟁력

본 기술은 기존의 바코드 또는 RFID 중심의 정보수집자동화 기술과 4D 기술을 접목한 기술로써, RFID 또는 4D 기술만을 적용한 기존기술과는 차별성이 있다. 또한 건설공사의 철골, PC, 커튼월 공사의 주문, 공장생산, 품질검사, 공장 출하, 운반, 현장입고 및 검수, 야적 및 설치에 이르는 공장~현장 간의 통합관리에 관한 기술이며, 이를 효과적으로 제공할 수 있는 체계 및 프로세스를 모두 포함하고 있다는 측면에서 기존의 기술과 차별화된다. 이와 같은 본 기술을 실제 건설 프로젝트에 시범 적용한 결과, 전체 공사비의 0.5% 절감, 공기 단축 90일의 효과가 있는 것으로 분석되었으며, 이는 건설 산업 경쟁력 향상에 크게이바지하는 수준으로 판단된다.

또한 4D CAD 기술을 RFID 기술과 연계하여 주요 자재의 시공에 접목함으로써, 시공 계획관리 뿐만 아니라 자동화된 시공 실적관리를 가능하게 하였으며 이를 효과적으로 관리하기 위한 프로세스를 제공하고 있다.

본 기술은 전 세계적으로 건설산업에 처음 도입되는 기술로써 관련 기술에 대한 원천기술의 확보가 가능할 것으로 예상된다. 국내 건설산업은 물론 해외 건설 산업에까지 시장 확대가 가능할 것으로 예상되고, 유비쿼터스 건설장비 개발분야가 새롭게 창출될 수 있을 것으로 기대되는 바, 향후 더 다양한 건설자재 및 부재에 적용될 수 있을 것이다. 따라서 본 기술이 가지는 기술적, 경제적 제품 경쟁력은 매우 양호한 수준으로 사료된다.

3. SWOT 분석

본 연구를 통해 개발된 기술의 기술현황, 국내외 시장동향, 국내 인프라 수준, 기술개발수준, 국제 경쟁력 등을 종합하여 SWOT 분석을 실시하였다.

<그림 3-109> 상용화 및 홍보 마케팅 전략 수립을 위한 SWOT 분석

본 기술의 강점으로는 다년간의 관련 연구를 수행한 연구진과 기술 개발을 위해 필요한 핵심 요소 기술을 가진 기업과의 연계를 통한 최적 연구진 구성되었고, 세계 최초로 국내 연구진에 의해 개발된 시스템으로 국내/외 시장 점유가 가능하다는 점이 있다. 또한 개발된 기술의 상용화 추진 시도 등에서 제기된 문제 해결을 통해 상용화 가능성 증대되었으며, 산업 경쟁력 향상 및 새로운 산업 창출 등 경제, 산업적 측면에서 영향도가 높다는 점이 있다. 마지막으로 건설산업과 IT 분야에서 관련 기업과의

협업으로 해당 기술을 산업에 바로 적용할 있는 체계라는 점이 강점으로 꼽힌다.

반면에 신시장 창출에 대한 불확실성, 기존 사용자(약 10여개 현장)들의 불편 사항에 대한 부정적 인식, 이종기기간 호환성 확보를 위한 표준화 미흡은 본 기술의 약점으로 분석되었다.

이와 같은 내용을 종합하였을 때 본 기술은 건설산업과 타산업과의 정보화 수준 평준화 및 미래 인프라 구축이 요구되는 현 시점에서 정부 정책에 부합하는 기술로서 국가 경쟁력의 저해 요인인 물류 비용의 문제(건설분야)를 해결할 수 있는 핵심 기술로 활용 가능하다는 점에서 기회 요인으로 판단된다. 특히 해외(미국 FIATECH) 수상 등으로 인해 시장에서의 기술 우호적 분위기라는 점에서 본 기술의 가능성을 뒷받침한다고 할 수 있다.

그러나 변화를 두려워하는 건설산업의 전반적인 분위기에서 최근의 경기 불황으로 인한 국내/외 건설 기업들이 신규 시스템 도입 기피한다는 점들이 위협요인으로 분석된다.

4. 상용화 및 홍보 마케팅 전략

본 기술이 앞서 실시된 SWOT 분석에 따라 다음과 같은 생산 및 판매 계획을 수립하였다.

본 기술을 개발한 (주)두올테크는 2011년 12월까지 평가대상 기술의 보완 및 테스트를 완료할 계획이다. 기술 보완 및 테스트 완료 후, 기술 마케팅을 위하여 건설관련 전문학회인 한국건설관리학회, 대한건설협회 등을 비롯한 각종 관련 학회에 논문발표 및 정기적인 세미나를 개최할 것이며, 홍보효과를 높이기 위해 건설경제, 국토일보 등 관련 건설전문잡지에 광고를 낼 예정이다.

본 기술 관련 영업망 구축을 위해 기존 거래처인 삼성물산 등 대기업 건축 현장을 중심으로 한 우선 판로를 확보하고, 이를 기반으로 하여 대기업연계 중소 건설 시공 업체에 단가 인하 및 기능, 서비스의 확대로 판로를 확장시킬 예정이다.

이와 별개로 토목, 플랜트 사업을 영위하는 대기업 및 중소기업 환경에 적합한 물품 및 자재 관리 시스템을 개발하여 매출처의 다각화를 꾀할 예정이다.

그러나 기술력 및 영업력, 전방산업의 시장 규모의 확대 등의 기회요인으로 시장 진입과 생산 판매는 가능할 것으로 보이나, 장기적인 경쟁력을 확보하기 위해서는 지속적인 연구개발과 영업 활동이 요구된다.

5. 경제 편익성 분석

이와 같은 전략을 통해 본 기술은 다음과 같은 매출이 가능할 것으로 예상된다. 먼저 다음 표는 기술보증기금 기술 평가서를 기반으로 한 추정 매출액을 정리한 것이다.

<표 3-30> 본 기술의 향후 매출 추정

구분	2009년 (기술개발 전)	2010년	2011년	2012년	2013년
시장규모	약 365억	약 412억	약 467억	약 528억	약 600억
점유율(가정)	-	1%	4%	8%	10%
추정매출액	1억 내외	약 4억원	약 19억	약 42억	약 60억

본 기술의 시장규모는 2009년 365억을 기준으로 매년 성장하여 2013년에는 약 600억에 가까운 시장이 형성될 것으로 예상되었다. 이러한 시장 확대와 함께 본 기술을 이용하여 10% 내외의 점유율을 확보함으로써 연간 매출액 약 60억을 달성할 계획이다.

본 기술의 수명을 10년으로, 실질 할인율을 13.1%로 가정하였을 때 순현재가치 NPV(Net Present Value)는 20억 2천 3백만원으로 연구개발비 3억 4천만원 대비 약 600%의 수익을 기록하는 것으로 예측된다. 이는 정부출연금 2억원을 기준으로 하였을 때는 약 1,000%에 달한다.

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 관련분야 기여도

제 1 절 연구개발 목표 달성도

본 연구의 주요 개발 목표별 달성도는 다음 표와 같다.

<표 4-1> 연구 개발 목표 대비 달성도

년차	연구 목표	달성도 (%)	내 용
1	RFID Tag Housing 개발 (제품개발)	100%	- 철골 모듈용 RFID Tag Housing 개선 방안 연구 - 철골 모듈용 RFID Tag Housing 제품 개발 - PC 모듈용 RFID Tag Housing 개선 방안 연구 - PC 모듈용 RFID Tag Housing 제품 개발 - 철골/PC용 900MHz 모바일 RFID 리더 장비 개선 방안 도출 - 철골/ PC용 900MHz 모바일 RFID 리더 장비 개선 및 시스템 업그레이드
	Realtime RFID+4D 진도관리 시스템 개발	100%	- 웹 기반 4D viewer 개발을 위한 요구사항 분석 및 설계 - 웹 기반 4D viewer 설계 및 개발 - 시공 현장 관리자의 엔지니어링 업무 지원을 위한 분석 기능 개발을 위한 요구사항 분석 및 설계 - 시공 현장 관리자의 엔지니어링 업무 지원을 위한 분석 기능 강화 방안도출
2	RFID Tag Housing 개발 (제품개발)	100%	- 철골/PC 모듈용 RFID Tag Housing Lab test 및 보완 - 커튼월 모듈용 RFID Tag Housing 개선 방안 도출 (커튼월 업체 대상 요구사항 분석 및 파일럿 테스트 수행) - 커튼월 모듈용 RFID Tag Housing 시작품 제작 - 커튼월 모듈용 RFID Tag Housing Lab test 및 보완 - 커튼월용 900MHz reader 모듈 설계 및 개발 - 개발 장비의 시범 현장 적용 및 기술적 타당성 검증
	Realtime RFID+4D 진도관리 시스템 개발	100%	- 철골 업체의 참여 유도를 위한 공장 관리 모듈 추가 - PC 및 커튼월 업체의 참여 유도를 위한 PC 및 커튼월 업체의 공장 관리(MRP) 시스템과의 연동 체계 개발 - 시공 현장 관리자의 엔지니어링 업무 지원을 위한 분석 기능 강화 - 개발 시스템의 시범 현장 적용 및 기술적 타당성 검증 - 기존 BIM 및 PMIS와의 연계 및 차별화 방안 연구
	상용화 추진	100 %	- 시스템 보완 및 제품화 - 영업 전략 도출 - 상용화 추진

제 2 절 연구개발의 대외 기여도

본 연구의 대외 기여도는 다음과 같다.

1. 기술적 측면

본 연구는 RFID+4D 기반 건설프로젝트의 철골, PC 및 커튼월 공사의 진도 관리 자동화 기술을 통한 철골, PC, 커튼월 공사관리의 효율화 및 건설산업에서의 RFID 기술 적용을 통한 관리 업무의 자동화 측면에서의 적용 기술을 향상 시켰다는데 의의가 있다.

그리고 본 연구를 통해 도출된 RFID Tag Housing 방법(특허 등록번호: 100967092)은 건설 환경에서 인식거리를 확보한 저가의 태그를 안정적으로 제공할 수 있는 기술력 확보라는 측면에서 향후 해당 제품의 확산뿐만 아니라, 건설 산업의 각 분야에서 RFID 기술을 적용하는데 적용 가능할 것으로 판단된다.

또한 웹 기반의 실시간 4D viewer의 경우는 설계 단계에서 생성된 BIM 모델을 활용할 수 있는 프로세스 및 체계를 제안하고, 이를 반영한 시스템을 개발함으로써 본 연구의 당초 목표였던 운영 관리자의 배제 및 실시간 관리 실현을 달성했을 뿐만 아니라, 향후 BIM 기반 프로젝트에서 시공 단계에 BIM 모델을 공유하기 위한 방법을 제안하고 검증하였다는 측면에서 의의를 가진다고 판단된다.

2. 학술 및 산업 측면

끝으로, 학술 측면에서는 <표 4-2>, <표 4-3>과 같이 연구의 과정에서 도출된 연구성과를 국내 학술대회 및 학술지에 발표하여, 연구를 통해 획득된 정보를 공유함으로써 향후 관련 연구 및 기술개발의 활성화에 기여할 것으로 기대된다.

<표 4-2> 국내 학술발표 게재 목록

연번	국내학술지명	논문명	게재년, 월
1	한국건축시공학회	VRML기반 실시간 RFID + 4D 진도관리 시스템 개발	2010. 05

<표 4-3> 국내 학술지 게재 목록

연번	국내학술지명	논문명	게재년, 월
1	한국건설관리학회 논문집	RFID와 BIM을 활용한 건설 자재 물류 및 진도관리 시뮬레이터 개발	게재가
2	한국건설관리학회 논문집	RFID 기반 물류 관리의 적용 효과 분석 - 커튼월 공사를 중심으로 -	심사중

그리고 본 연구에서는 연구 진행에서 도출된 연구 성과를 토대로 현업의 실무자들을 대상으로 산학연 강좌를 개최하여, 관련 기술 및 기술의 필요성을 홍보하고 업계의 관심을 고무시키는 역할을 수행하였다. 이러한 홍보 및 기술 전파는 향후 건설 산업의 관리 자동화 및 정보화 향상에 기여할 것으로 판단된다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 연구 성과의 기대효과

본 연구의 기대효과는 다음과 같다.

1. 기술적 측면

본 연구는 건설프로젝트의 철골, PC 및 커튼월 공사의 물류 및 진도 관리 자동화 관리를 위한 RFID+4D 기술의 업그레이드를 통해 효과적인 공사관리가 가능한 기술을 제공했다는 측면에서 의의를 가진다. 또한 건설산업에서의 RFID 기술 및 4D를 포함한 시공단계에서의 BIM 활용을 위한 방안을 제시했다는 측면에서 현장의 정보화 향상 등에 대한 효과가 기대된다.

다음은 본 연구를 통한 기술적 측면에서의 구체적 기대효과를 기술한 것이다.

- 생산/설치 업체와 원도급 업체 간을 포함한 관련 업체 간 효과적인 정보공유
- 정확한 부재정보관리로 인한 자재손실 최소화
- 철골/PC/커튼월 생산 및 시공의 품질 향상
- 과다한 보고서 작성업무 부담 경감
- RFID 기술의 건설산업에 대한 타당성 검증
- RFID 기술적용의 방향제시
- 신 개념의 물류/진도/품질 관리프로세스 개발
- 시공 단계의 BIM 기술 도입 활성화
- 관리 효율화를 통한 자원 평준화 및 리스크 감소

2. 사회・경제적 측면

본 연구에서 개발될 RFID+4D 기반 건설프로젝트의 철골, PC 및 커튼월 공사의 진도 관리 자동화는 새로운 관리개념으로서 SCM을 도입하고 첨단정보기술인 RFID 기술을 실용화시킴으로서 경제 및 산업적 측면에서 아래와 같은 기대효과가 예상된다.

- RFID 기반의 새로운 관리 시스템 개발로 인한 시장 및 고용 창출
- RFID 기술의 활성화 기여 및 응용 신시장 개발

- 철골/PC/커튼월을 포함한 공사관리 선진화
- 관리 자동화를 통한 생산성 향상
- 업무효율화 및 자재손실 최소화로 인한 직/간접비 절감
- 건설형 RFID Tag Housing 개발을 통한 RFID 기술 적용 확대와 이로 인한 건설 IT 시장 활성화
- 설계 단계의 BIM 정보의 활용 방안 제시를 통한 BIM 기술 도입 및 확산에 기여

제 2 절 연구 성과의 활용방안

○ 실용화·상용화 방안 : 본 연구의 성과물인 건설형 RFID Tag Housing, 휴대용 단말기 등 모든 장비 및 웹기반 실시간 4D viewer 등의 시스템은 제품화되어 국내 시장에 우선적으로 상용화될 예정이며, 주관연구기관인 (주)두올테크가 보유하고 있는 미국 지사 (DoalltechUS)를 통해 해외 진출을 모색할 것이다.

○ 상용화 추진 및 활성화 방안 : 최근 국내의 초고층 빌딩을 대상으로, 상용화를 위한 논의가 진행 중에 있으며(현재 해당 발주처의 마스터플랜에 포함됨), 이러한 상용화가 성공적으로 진행될 경우, 국가적 랜드마크 성격을 가진 프로젝트의 공사 관리 효율화에 기여할 뿐만 아니라, 타 프로젝트로의 기술 확산이 보다 신속하게 이루어질 것으로 기대된다.

○ 원천기술 확보 및 신시장 창출 : 건설 자재 등의 관리에 있어 문제가 제기되던 인식 거리 등의 문제를 보다 경제적으로 해결하기 위한 장치 개발을 통해, 건설 산업에서 RFID 기술의 확산을 위한 원천 기술을 확보하였으며, 이를 근간으로 향후 해당 분야의 기술 노하우를 축적·적용이 가능해 졌다. 이를 기반으로 본 연구의 성과물은 건설 분야 이외의 다양한 분야로 확산되어 신시장 창출이 될 수 있을 것으로 기대된다.

○ 시스템 활용 및 향후 연구 : 본 연구의 결과물은 궁극적으로 철골, PC, 커튼월 등의 설계/생산/시공/유지관리 단계에 걸쳐 부재의 Life-Cycle 별 정보를 통합체계에서 효과적으로 관리함으로써 Value Chain 상에 연계된 모든 업체의 효율성을 높일 수 있는 통합관리시스템으로서 활용될 것이며 나아가, 본 연구에서 적용되고 있는 SCM 기법과 RFID 기술은 건설공사에 필요로 되는 모든 자재와 부품에 적용 가능성이 크므로, 향후 이에 대한 추가 연구나 개발에 있어서 가이드라인 역할을 할 수 있을 것이다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외 과학 기술 정보

본 연구의 해외 과학 기술 정보는 1~2차년도에 걸쳐 본 연구와 관련된 문헌 고찰을 통해 수집된 사항을 정리한 것으로, 1차년도에 진행된 RFID 기반 물류 관리 및 RFID+4D 현황과 2차년도에 진행된 SOA 기반의 건설 정보 공유 체계에 대해 기술하였다.

제 1 절 RFID기반 물류관리 및 RFID+4D 현황

건설에서 자재 발주 및 수급 등과 같은 물류 관리 부문은 관련 프로세스를 최적화시키기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다. SCM(Supply Chain Management)은 건설 프로젝트에서 물류 관리를 위한 기술로 적합하다고 할 수 있다. 건설에서의 최적화된 SCM기술 도입을 위해서 RFID(Radio Frequency IDentification) 기술이 연계되었으며, 이에 대한 관련 연구는 다음과 같은 연구 문헌을 통해 찾아볼 수 있다.

먼저 RFID 기술을 물류 관리에 적용 가능한지에 대해 고찰되었다(Wood and Alvarez 2005, Song et al 2006). 이 연구에서는 건축 자재들의 발주, 입고 등과 같은 일련의 과정에 있어 RFID Tag을 이용하여 가능한지에 대하여 연구하였으며, 연구 결과 RFID 기술이 비단 시공 단계에서 뿐만이 아니라 건축 프로젝트의 총 생애주기를 아우르는 전 단계에서 적용 가능함을 입증하였다. 이 연구의 결과를 토대로 각 국가 실정에 맞는, 또한 적용하는 건축물 특성에 맞는 프로세스 및 인식 관련 기술의 개선이 시도되었다.

이에 대한 후속 연구로는 RFID 기술 적용을 통해 개선된 건설 프로젝트에서의 효율성 및 생산성 관련 연구를 볼 수 있다(Tzeng and Chiang 2008). RFID Tag 기술을 실제 인테리어 자재에 적용하여 적용해본 본 연구에서는 Tag 제거에 소요되는 추가 시간 및 RFID의 짧은 인식 거리 등과 같은 해당 기술의 기술적 한계 등과 같은 보완해야 될 점을 제시하는 동시에 해결책으로서 최적화된 운영 전략 또한 제시하였다.

이와 유사한 연구로는 콘크리트 부재에 RFID를 적용한 연구를 들 수 있다(Wang 2008). 이 연구는 RFID 기반의 품질 관리 시스템에 관련된 연구로 물류관리와는 직접적으로 연관이 있지는 않다. 그러나 RFID기술과 모바일 기기인 PDA를 접목하여 웹 기반의 품질 관리가 이루어지게 했다는 점에서는 괄목할만한 성과라고 할 수 있다.

이러한 RFID를 통한 부재 인식을 실시간으로 반영하기 위한 연구는 웹기반 시스템 뿐 만이 아닌 GPS를 접목한 시스템으로까지 발전하였다(Song et al. 2007). 이 연구에서는 RFID Tag과 GPS의 융합을 통한 건축 자재 추적 시스템을 제안하고 있다. 하지

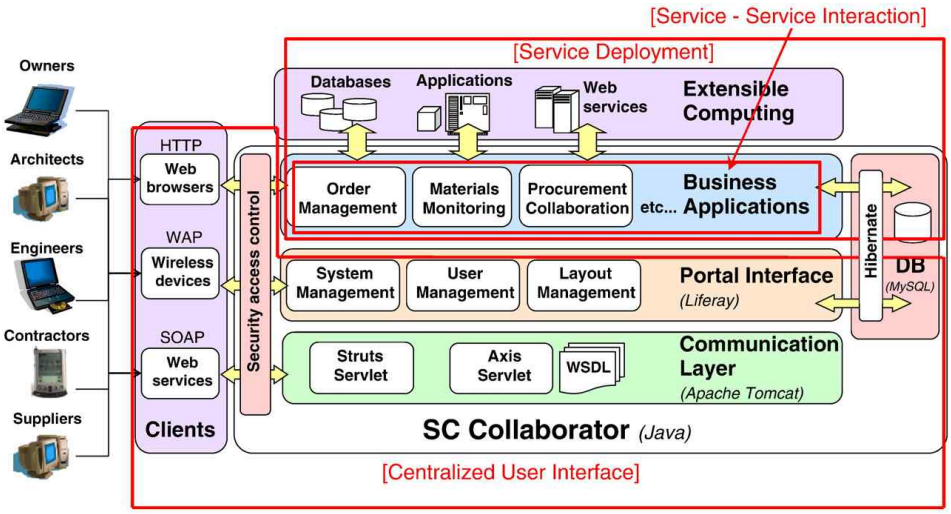
만 본 연구 역시 RFID 인식 거리가 짧다는 한계점을 가지고 있었다.

앞서 언급한 것과 같이 RFID를 이용한 물류관리 관련 연구는 활발히 이루어지고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 본 연구와 같이 RFID와 4D CAD 모델을 이용한 물류관리 연구는 이루어지지 않고 있다. 실제로 본 연구진에 의하여 이루어진 연구(Chin et al. 2008)을 제외하면 유사 연구를 찾을 수 없었으며, 해외 건설 시공 관련 기술 서적에서도 본 연구진에 의하여 이루어진 연구를 유일한 연구로 판단하고 있었다(Underwood and Isikdag 2010).

제 2 절 SOA (Service-Oriented Architecture) 기반 정보 교환 체계

SOA 기반의 정보 교환 체계는 본 연구의 PC 및 커튼월 업체의 MRP 시스템과 연구에서 개발된 RFID+4D 시스템과의 정보 교환 체계 구성을 위해 해외 문헌을 조사하면서 조사된 사항이다.

SOA는 1996년 가트너 사에서 제안된 개념으로 해당 기술은 새로운 시스템과 Legacy 시스템과의 연계 등을 위해 IT 분야에서는 다양한 적용이 모색되고 있던 기술이다. 하지만 건설 분야에서는 적용의 사례가 드문 형태로 보고되어왔었으나, 최근 건설 분야의 SCM 분야를 대상으로 SOA 개념을 적용하여 정보 교환의 효과를 검증한 연구(Cheng 2010) 와 WSN 기반 물류 관리 장비와 기존 Legacy 시스템과의 연계를 제안한 연구 (Shin 2011) 등이 발표되고 있는 것으로 조사되었다.



<그림 6-1> 건설 산업에서의 SOA 기반 시스템 아키텍처의 예 (Cheng 2010)

이러한 추세는 타 산업의 IT 분야 보다 폐쇄성을 가지고 있는 건설 IT 분야에서도 SOA와 같은 정보 호환성 유지를 위한 체계의 적용이 모색되고 있다는 사실을 보여준다고 할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 추세를 반영하여 SOA에서 채택하고 있는 Web service를 기반으로 협력업체와의 정보 교환 방식을 제안하였으며, 이러한 방향의 확대 및 정보 교환의 효율성 제고를 위해 건설 정보 분야 전체를 포괄할 수 있는 SOA 체계 등의 연구가 필요할 것으로 판단된다.

제 7 장 참고문헌

1. 강범조 (2000), "건설산업에서의 e-Management적용에 관한 연구", 성균관대학교 건축학과 석사학위논문
2. 강현구, 하영서, 임철우, 김창덕, 유정호 (2008). “RFID 기술 적용에 따른 유닛타입 커튼월 공사의 효율성 분석.” 한국건설관리학회 논문집, 제 9권 제 3호, 한국건설관리학회, pp. 206~213
3. 구도형, 윤수원, 진상윤 (2009). “RFID 기반의 건설 물류 및 진도관리 통합체계를 위한 공종별 적용 전략 의사결정모델.” 한국건설관리학회 논문집, 제 10권 제 13호, 한국건설관리학회, pp. 3~15
4. 김예상 외 (2006), "초고층 빌딩 Curtain Wall의 SCM 기반 Automated Life-Cycle Management System 구축", 건설교통부, 한국건설교통기술평가원
5. 김문한외 공저 (1999), "건설경영공학", 技文堂
6. 김성식 (2002), "건설업의 진화 방향", LG주간경제, 산업정보 11월
7. 김용배 (2006), "커튼월 물류관리를 위한 RFID 최적 적용방안 도출", 성균관대학교, 석사학위논문
8. 김창덕 (2000), "건설생산시스템의 새지평", 건축 3월호, 대한건축학회
9. 김창덕 (2000), "린 건설", 건설관리 9월호, 한국 건설관리학회
10. 김창덕(2000), "A New Construction Production Paradigm", 광운대학교 건설관리연구실
11. 김창덕, 이상혁 (2006). "VSM기법을 활용한 커튼월 공사의 설계 프로세스 개선", 한국건설관리학회, 한국건설관리학회 논문집, v.7 n.5
12. 김창완, 허영기, 권순욱 (2004). "Material Management Using Radio-Frequency Identification (RFID) in the Construction Industry", v.5 n.1
13. 남규현, 유붕열 (2001). "건설사업관리 도입에 따른 프로젝트관리정보시스템 구축에 관한 연구", 대한건축학회, 대한건축학회 논문집(구조계), v.17 n.2
14. 마이클포터 (2001), "마이클포터의 경쟁론", 세종연구원, pp147~151
15. 문성우, 홍승문 (2007). “RFID를 응용한 콘크리트 타설 모니터링 시스템의 적용방안.” 한국건설관리학회 논문집, 제 8권 제 3호, 한국건설관리학회, pp. 142~149
16. 문정문외 2인 (2002), "건설공정의 낭비제거를 통한 생산성 향상방안", 건설관리학회논문집
17. 문정호 외 (2003), "건설산업의 PMIS 개발 현황과 발전방안", 한국건설산업연구원
18. 박기찬 (2000), "Digital@ 경영혁신", 명경사, 2000
19. 박상혁 (2003). "건설산업에서의 공급사슬관리(SCM) 적용에 관한 연구", 성균관

대학교, 석사학위논문
20. 박연우, "차세대 경영혁신기법 SCM", 한수협출판부
21. 박창욱, 권오철, 윤석헌 (2007), “RFID 기술을 이용한 철골공사 자재관리 사례 분석 및 개선 방안 제시.” 한국건축시공학회 학술.기술논문발표대회 논문집, 제 7권 1호, 한국건축시공학회, pp. 93~96
22. 배재성(2000), "건설업계 e-Business 도입 확산", LG경제연구소, LG주간경제
23. 백순근 (2004). "학위논문 작성을 위한 교육연구 및 통계분석", 교육과학사
24. 변지석 (2003), "ERP를 통한 경영혁신", 라이트북닷컴
25. 송상훈. 김우영, 이현수 (2003). "건설현장 공사관리 프로세스 개선방안", 대한건축학회, 대한건축학회논문집, v.19 n.2
26. 神奴圭康, 도근우, "BPR에 의한 業務革新", 한국산업훈련연구소, 1995
27. 신봉수, 김창덕 (2004). “건설공사의 적시생산(Just-In-Time)을 위한 양중시스템 개발." 한국건설관리학회 논문집, 제 5권 제 6호, 한국건설관리학회, pp. 235~244.
28. 신철 (2002), "알기쉬운 ERP plus", ㈜ 미래와 경영
29. 안병주, 김재준, 김경래, 김선규 (1999). “고층 건물 공사 현장 레이아웃의 최적화에 관한 연구.” 대한건축학회 논문집(구조계), 제 15권 제12호, 대한건축학회, pp. 107~119.
30. 안병주, 양종엽, 백종건, 김재준 (2003), "커튼월공사의 적시생산(JIT)관리를 위한 양중조달 시스템 개발에 관한 연구", 대한건축학회, 대한건축학회 논문집(구조계), v.19 n.8
31. 양종엽, 안병주, 백종건, 김재준 (2002), "커튼월 공사의 적시생산 관리를 위한 양중 조달 시스템 개발 방향에 관한 연구", 한국건설관리학회, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집 : 제3회
32. 오명진, 황영삼 (2002). “IFC기반 건축현장 자재구매관리 모델 개발 가능성에 관한 연구.” 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, 제22권 제2호, 대한건축학회, pp887~890.
33. 오상준 (2001), "건축공사에서의 변이관리에 관한 연구", 경원대학교, 석사학위논문
34. 이형수, 윤유상, 서상욱 (2004), "건설공사의 자재관리 효율화를 위한 조달 및 양중시스템 기반구축에 관한 연구", 한국건설관리학회, 한국건설관리학회 논문집, v.5 n.1
35. 임형철, 송성진 (2004), "현장 공정 커뮤니케이션을 통한 공장생산자재의 공급 및 생산관리 방안에 관한 연구", 대한건축학회, 대한건축학회 논문집(구조계), v.20 n.4
36. 유승화 (2005), "유비쿼터스 사회의 RFID", 전자신문사

37. 윤수원 (2008). “RFID 기반 커튼월 공사 물류 및 진도 통합 관리 시스템.” 성균관대학교 박사학위 논문.
38. 이영해 (2002), "e-비즈니스 시대의 SCM(공급사슬경영) 이론과 실제", 도서출판 문영각
39. 이준홍 (2001), " 건설산업의 웹 기반 공급사슬경영시스템구축", 인하대학교, 석사논문
40. 이형수 외 3인 (2003), "천정마감재를 겸한 슬래브 거푸집 공법의 효용성 향상 방안", 대한건축학회 학술발표대회 논문집
41. 이호창(2000), "SCM의 성공적 구현을 위한 주요 성공요인 분석에 관한 연구: 국내 중공업 산업을 중심으로", 석사학위논문, 연세대 경영대학원
42. 일본 유통SCM 연구회・이노우에 하루키외 3인 (2002), "Supply Chain 실행시스템", ㈜물류신문
43. 장명훈, 차희성 (2005), "자원투입 및 사용 시점 조정을 통한 자원평준화 방법", 대한건축학회, 대한건축학회 논문집(구조계), v.21 n.7
44. 정순오 (2004), "건설 프로젝트 Life Cycle Process의 효율성 평가", 성균관대학교, 박사학위논문
45. 정순오, 윤수원, 진상윤, 김예상 (2005), "커튼월 Life Cycle Process의 효율성 향상을 위한 비효율 요인 및 중요도 도출", 한국건설관리학회, 한국건설관리학회 논문집, v.6 n.4
46. 조대영 (2000), "국내 건설업의 바코드 활용에 대한 연구", 성균관대학교 건축학과 석사학위논문
47. ㈜하나정보기술 [http://hanait.co.kr/sub2/02_02_02.html]
48. 최윤기 외 (2004), "대형건설프로젝트의 프로세스 및 데이터 모델링을 통한 온라인 방식의 건설프로젝트 관리체계 개발", 건설교통부, 한국건설교통기술평가원
49. 하사이찌마사기 ・ 니시므라가스미 ・ 요시마소다로 (2002), "써프라이체인매니지먼트", 크라운출판사
50. 하사이찌마사기 외 2인(2002), "써플라이체인메니지먼트", 크라운출판사
51. 하원규, 김동환, 최남희 (2003), "유비쿼터스 IT 혁명과 제3공간", 전자신문사
52. 한국건설산업연구원 (1996), "건설관리 및 경영", 보성각
53. 한국 RFID 협회 (2004), "RFID/USN 국내외 적용세미나 사례", 한국 RFID 협회
54. 한국 건설 CALS협회, [http://www.cals.or.kr/Data/PG_F_Cals_View.asp?code=3]
55. 한동철 (2002), "공급사슬관리 SCM", ㈜시그마인사이트컴
56. 홍석보・송병선・김창원・이내풍 (1999), "전략적 경영혁신 기법", 학문사
57. Arbulu, J. R. and Tommelein, D. I. (2002), "Value Stream Analysis of

Construction Supply Chains." Proceedings of IGLC-10, Gramado, Brazil.
58. Akintola Akintoye, George Mcintosh, and Eamon Fitzgerald (2000), "A survey of supply chain collaboration and management in the UK construction industry", European Journal of Purchasing & Supply Management
59. Alfredo Serpell and Luis Fernando Alarcon (1998), "Construction process improvement methodology for construction projects", International Journal of Project Management, Vol. 16. No. 4
60. ANN M. BREWER · KENNETH J. BUTTON · DAVID A. HENSHER (2001), "HANDBOOK OF LOGISTICS AND SUPPLY-CHAIN MANAGEMENT", The Institute of Logistics and Transport, ELSEVIER SCIENCE Ltd
61. B. H. W. Hadikusumo, Sataporn Petchpong, and Chotchai Charoenngam (2005), "Construction material procurement using Internet-based agent system", Automation in Construction, 685
62. Bell, L.C., and McCullouch, B.G. (1998), "Bar code applications in construction" ASCE, Journal of Construction Engineering and Management, 114(2)
63. Bharatendu Srivastava (2004), "Radio frequency ID technoloy : The next revolution in SCM", Business Horizons 47/6 Nov.-Dec 2004, pp.60-68
64. Bryan Cawley (2003), "Temperature Monitoring and Logging", US Department of Transportation Federal Highway Administration, Presentation material at 2003 ADCIC, Las Vegas
65. CHARLES C. POIRIER & MICHAEL J. BAUER, 남호기 & 인천대 동북아 e-물류연구센터 (2002), "e-SCM", ㈜시그마인사이트컴
66. Cheng, J. C., Law, K. H., Bjornsson, H., and Sriram, R.(2010) " A Service oriented framework for construction supply integration." Automation in Construction, 19(2010), pp. 245~260.
67. Chen-Nen Huang (2003), "Time study on Two-Echelon Supply Chain for Steel Framing Construction: Field Investigation and Networking Model Simulation", Doctor of Philosophy, University of Wisconsin-Madison
68. Chin S., Yoon S.W., Kim Y.S., Kim C.D., Choi Y.K., and Chun J.Y. (2004), "An Analysis of the Life-Cycle Curtain Process through Supply Chain Management", Proceedings of International Group of Lean Construction, Copenhagen, Denmark, September.
69. Chin, S., Yoon, S.W., Choi, C., Kwon S.W., Kim, Y.S., and Kim C.S. (2007), "Lessons-Learned from RFID Applications in the Korean Construction Industry", ASCE, Proceedings of Construction Research Congress, Bahama,

UK.
70. 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", ASCE, Proceedings of Construction Research Congress, San Diego.
71. Choi, C. (2004), "A case study and future directions of Radio Frequency Identification system in A/E/C industry", Proceedings of the 5th KICEM Annual Conference, Korea Institute of Construction Engineering and Management(KICEM), Vol.5,pp.140-144, Seoul,Korea.
72. Christopher, M. (1992), "Logistics and Supply Chain Management: Strategies for reducing costs and improving services", Pitman, London.
73. Construction Industry Institute (CII) Research Team 151. (2000), "Radio Frequency Identification Tagging: Applications for the Construction Industry", CII Research Report.
74. Construction Industry Institute (CII) Research Team 151 (2003), "RFID Applications for Owners and Contractors", Presentation material at 2003 ADCIC, Las Vegas US.
75. Dirk Hahnel, Wolfram Burgard, Dieter Fox, Ken Fishkin, and Matthai Philipose (2004), "Mapping and Localization with RFID Technology", http://www.informatick.uni-freiburg/~haehnel/papers
76. Douglas M. Lambert · James R. Stock · Lisa M. Ellram (2002), "Fundamentals of Logistics Management", 한올출판사
77. Edward J. Jaselskis, Mary Rose Anderson, Charles T. Jahren, Yvan Rodriguez, and Steven Njos (1995), "Radio-Frequency Identification Application in Construction Industry", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 121(2)
78. Edward J. Jaselskis and Tarrek EI-Misalami (2003), "Implementing Radio Frequency Identification in the Construction Process", ASEC, Journal of Constructrion Engineering and Management, 129(6)
79. Electronic Communications Committee(ECC) within the European Conference of Postal and telecommunications administrations(CEPT) Report7 (2002), "COMPATIBILITY BETWEEN INDUCTIVE LF RFID SYSTEMS AND RADION COMMUNICATION SYSTEMS IN THE FREQUENCY RANGE 135-148.5kHz", Beaune
80. 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.

81. Ergen, E., Akinci, B. and Sacks, R. (2007). "Tracking and locating components in a precast storage yard utilizing radio frequency identification technology and GPS." Automation in construction, 16(3),pp. 354-367
82. EPCglobal (2006), EPCglobal Incorporation, <http://www.epcglobalinc.org/> (July 29, 2005).
83. Evren Sahin, Yves Dallery, and Stan Gershwin (2002), "Performance Evaluation of a Traceability System-An Application to the Radio Frequency Identification Technology", IEEE SMC TAIR2
84. Finkenzeller, K. (2002), "RFID-Handbuch", Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, Munich/FRG.
85. George Stukhart (1995), "Construction materials management", Marcel Dekker, Inc.
86. Gibson, G. E., and Bel, L. C. (1990), "Electronic Data Interchange in Construction", ASCE, Journal of Construction Engineering and Management, 116(4)
87. Goodrum, P. M., McLaren, M. A., and Durfee, A. (2005), "The application of active radio frequency identification technology for tool tracking on construction job sites", Automation in Construction, Articleinpress, ElsevierB.V.,UK.
88. Graphisoft (2005), "The world's First 5D Construction Management solution.", Graphisoft R&D Software Development Rt., <http://www.graphisoft.com /products/construction/products_and_services/index.html#estimator> (July 29, 2005).
89. Hyounseung Jang (2002), "Construction Material Logistics: Project Manager Level of Satisfaction and Facilities Layout Planning", Doctor of Philosophy, University of Wisconsin at Madison
90. Jeremy F. Shapiro (2001), "Modeling the supply chain", DUXBURY
91. J.-F. Zurcher (2005), "A Dual-Port Dual-Frequency Coaxial Dual-Helical Antenna with High Decoupling", Microwave and Optical Technology Letters Vol.46, No.1
92. Jaselskis, E. J., Anderson, M. R., Jahren, C. T., Rodriguez, Y., Njos, S. (1995), "Radio-Frequency Identification Application in the Construction Industry", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE,121(2), pp.189-196.
93. Jaselskis, E. J. and El-Misalami,T. (2003), "Implementing Radio Frequency

Identification in the Construction Process", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE,129(6), pp.680-688.

94. Jonathan Collins (2005), "Labs Use Tags for Cold Storage", RFID Journal
95. Jongchul Song, Carl T. Hass, Carlos Caldas, Esin Ergen, and Burcu Akinci (2005), "Automating the task of tracking the delivery and receipt of fabricated pipe spools in industrial projects", Automation in Construction
96. Jose Lusi Perdomo-Rivera (2004), "A Framework for a Decision Support Model for Supply Chain Management in the Construction Industry", Doctor of Philosophy, University of Virginia Polytechnic Institute and State, Virginea.
97. Joseph Geunes · Panos M. Pardalos · H. Edwin Romeijn (2002), "Supply Chain Management: Models, Applications, and Research Directions", Kluwer Axademic Publishers
98. J. Siden, P. Jonsson, T. Olsson, and G. Wang (2001). "Performance Degradation of RFID System due to the Distortion in RFID Tag Antenna", 2001 11th International Conference "Microwave & Telecommunication Technology" (CriMiCo'2001) 10-14 September, Sevastopol, Crimea, Ukraine. IEEE Catalog No. 01EX487
99. Junichi Yagi, Eiji Arai, and Tqatsuo Arai (2005), "Parts and Packets unification radio frequency identification application for construction", Automation in Construction 14, pp477-490
100. Koo, B., and Fischer, M. (2000), "Feasibility Study of 4D CAD in Commercial Construction", Journal of Construction Engineering and Management, 126(4), pp.251-260.
101. Lambert, D.M., Cooper, M.C. and Pagh, J. D. (1998), "Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunitites", The International Journal of Logistics Management, 9(2).
102. Leena Ukkonen, Daniel Engels, Lauri Sydanheimo, and Markku Kivikoski (2004), "Planar Wire-Type Inverted-F RFID Tag Antenna Mountable on Metallic Objects", IEEE, pp.101-104
103. Leena Ukkonen, Lauri Sydanheimo, and Markku Kivikoski (2004), "Patch Antenna with EBG Ground Plane and Two-Layer Substrate for Passive RFID of Metallic Objects", IEEE, pp.93-96
104. Lindfors (1999), "Value Chain Management in Construction", IGLC-7
105. Mike Schneider (2003), "Radion Frequency Identification(RFID) technology and its Applications in the Commercial Construction Industry", University of Kentucky Civil Engineering Department Master's of Science in Civil

Engineering Examination
106. Min-Yuan Cheng, Jiann-Chyun Chen (2002), "Integrating barcode and GIS for monitoring construction progress", Automation in Construction, Elsevier Science B.V.
107. M.M. Kaleja, A.J. Herb, R.H. Rasshofer, G. Friedsm, and E.M. Biebl (1999), "Imaging RFID System at 24GHz for Object Localization", IEEE, pp.1497-1500
108. Navon, R., and Goldschmidt, E. (2002), "Monitoring labor input: automated-data-collection model and enabling technology", Automation in Construction,12(2002),pp.185-199.
109. Paul M. Goodrum, Matt McLaren, and Adam Durfee (2004), "The Use Smart Chip Technology in The Electrical Contracting Industry: A Report to the Electrical Contracting Foundation", University of Kentucky Department of Civil Engineering
110. Paul M. Goodrum, Matt A. McLaren, and Adam Durfee (2005), "The application of active radio frequency identification technology for tool tracking on construction job sites", Automation in Construction
111. Peter Harrop (2005), "THE RFID KNOWLEDGE BASE- Sample Case Studies", ID TechEx
112. Pradip De, Kalyan Basu, and Sajal K. Das (2004), "An Ubiquitous Architectural Framework and Protocol for Object Tracking using RFID Tags", IEEE, Proceedings of the first Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Service (Mobiquitous '04)
113. Raj Bridgelall (2003), "Enabling Mobile Commerce Through Pervasive Communications with Ubiquitous RF Tags", IEEE, pp.2041-2046
114. Robert B. Handfield · Ernest L. Nichols,Jr. (1999), "Introduction to Supply Chain Management", Prentice-Hall,Inc.
115. Ronie Navon, and Eytan Goldschmidt (2002), "Monitoring labor inputs: automated-data-collection model and enabling technologies", Automation in Construction 12, pp. 185-199
116. Ruben Vrijhoef · Lauri Koskela (1999), "ROLES OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN CONSTRUCTION", Proceedings IGLC-7
117. Ruben Vrijhoef, Lauri Koskela (2000), "The four roles of supply chain management in construction", European Journal of Purchasing & Supply Management 6
118. Rupert Howes, Andy Williams, and Mick Evans (1999), "A READ/WRITE RFID Tag FOR LOW COST APPLICATIONS", The Institution of Electrical

Engineers
119. Shin, T. H., Chin, S., Yoon S. W., and Kwon, S. W. (2011), "A service-oriented integrated information framework for RFID/WSN-based intelligent construction supply chain management." Automation in Construction, Avaiable online 8 January 2011.
120. Song, J., Hass, C. T., Caldas, C., Ergen, E., Akinci, B. (2005), "Automating the task of tracking the delivery and receipt of fabricated pipe spools in industrial projects", Automation in Construction,Articleinpress,ElsevierB.V.,UK.
121. Steve C. Q. Chen, and Valerie Thomas (2001), "OPTIMIZATION OF INDUCTIVE RFID TECHNOLOGY", IEEE
122. Stukhart, G. and Bell, L.C. (1987), "Costs and Benefits of Materials Management Systems", ASCE, Journal of Construction Engineering and Management, 113 (2)
123. Stukhart, G., and Nomani, A. (1992), "Bar Code System Standardization", SourceCocument SD-70. University of Texas at Austin, Austin, TX: Construction Industry Institute
124. Suchart Nuntasunti, and Leonhard E.Bernold (2004), "BEYOND WEBCOM: A SITE-WEB-SITE FOR BUILDING CONSTRUCTION", Building Publications, SCIRUS, Oct.
125. Todd M. Ruff, P.E, and Drew Hession-Kunz (2004), "Application of Radio Frequency Identification Systems to Collision Avoidance in Metal/Nonmetal Mines", IEEE Vol. 37, pp.2190-2195
126. Tanyer, A. M. and Aouad, G. (2005), "Moving beyond the fourth dimension with an IFC-based single project database", Automation in Construction, 14,pp.15-32, ElsevierB.V.,UK.
127. Tommelein and Li (1999), "Just-In-Time Concrete Delivery: Mapping Alternatives For Vertical Supply Chain Integration", IGLC-7
128. Tommelein (1998), "Pull-driven Scheduling for Pipe-Spool Installation : Simulation of Lean Construction Technique.", ASCE, J. Construction Engineering and Management
129. Vela systems (2007), http://www.cif.org/noms/2008/09_-_Real-Time_BIM-RFID_Project_Management.pdf (2011. 02. 15)
130. Vrijhoef and Koskela (1999), "Roles of Supply Chain Management in Construction.", IGLC-7
131. Wikipedia (2005), "RFID", Wikipedia The Free Encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/RFID> (July 29, 2005).

132. Xiang Zhou, and Gang Wang (2004), "Study on the influence of curving of Tag antennas on performance of RFID system", IEEE, pp.54-57
133. Yagi, J., Arai, E. and Arai, T. (2005), " Parts and packets unification radio frequency identification (RFID) application for construction." Automation in construction, 14(4),pp. 477-490
134. Yin, S. Y.L., Tserng, H. P., Wang, S. C. and Tsai, S. C. (2009), "Developing a precast production management system using RFID technology." Automation in construction, 18(5),pp. 677-691
135. Yoon, S.W., Chin, S., Choi, Y.G, and Choi, C. (2005), "An RFID-Based Supply Chain Management System for Curtain Walls", CITC-III, Advancing Engineering, Management and Technology, 15-17, September 2005, Athens
136. Yoon, S.W., Chin, S., Kim, Y. S., and Kwon, S.W. (2006), "An Application Model of RFID Technology on Progress Measurement and Management of Construction", Proceedings of International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Tokyo, Janpan, September.
137. Z. Aziz, C.J. Anumba, D. Ruikar, P. Carrillo, and D. Bouchlaghem (2006), "Intelligent wireless web services for construction－A review of the enabling technologies", Automation in Construction 15, pp 113~123

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 R&D 정책 · 인프라사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 R&D 정책 · 인프라사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

■ 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031) 381-6311
(주) 두 올 테 크 TEL 070) 7018-5900
성균관대학교 산학협력단 TEL 031) 290-7578

R&D 정책 · 인프라사업
09TRPI-C053953-01

■ 발행일 / 2011. 09. 01.
■ 발행처 / (주)두올테크
서울시 마포구 상암동 1580 DMC첨단산업빌딩 705호
TEL : 02-555-9779
■ 인쇄처 / Elim Design & Print 02-6393-5570