

# RFID기술을 활용한 건설현장의 노무관리시스템 프로토타입구축

## Development of Labor Management System Based on RFID Technology for Construction Field

한재구\*○ 권순욱\*\* 조문영\*\*\*

Han, Jae-Goo Kwon, Soon-Wook Cho, Moon-Young

### 요약

건설산업은 노동집약형 산업으로써 공사수행 중 많은 노무자를 필요로 하고 있고, 원가구성 측면에서도 순공사비의 30~40%를 차지하는 등 노무관리는 매우 중요한 관리요소이다. 따라서 본 연구에서는 건설현장의 효율적인 노무관리체계 개선을 위하여 RFID를 기반으로한 노무관리시스템의 프로토타입을 구축하고, 이를 실재 현장에 실험·적용해봄으로써 현장적용성 검토를 실시하였다.

키워드: RFID, 노무관리, 스마트미들웨어, 웹서비스

### 1. 서론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근의 건설공사는 대형화, 복잡화 되면서 시공시 많은 자재, 인원 및 장비 등의 증가로 보다 효율적인 관리를 필요로 하고 있다. 특히, 건설산업은 공사수행 중 많은 노무자를 필요로 하는 노동집약형 산업으로, 원가구성 측면에서도 노무비용 비중은 순공사비의 약 30~40%(하용은, 2002)를 차지하고 있어 매우 중요한 관리요소이다. 이러한 노무관리를 기준 현장에서는 협력업체별 당일 출역인원을 확인하는 출역점검표에 의존하고 있기 때문에 노무관련 정보의 파악 및 취합 과정에서 많은 시간과 인력이 필요한 실정이다. 또한 현장에서 수집된 노무관련 정보는 협력업체 및 현장관리자의 수작업에 의해 작성, 보고, 정리되어 지며, 그 과정에서 작성오류와 계획대비 실투입 인력에 차이가 발생하는 등 부정의 소지가 있는 것이 현실이다.

따라서 본 연구에서는 건설현장의 노무관리체계를 개선하기 위한 방법으로 최근 제조업 및 국방, 항공, 의료등 타 산업분야에 실험적으로 도입되어 이용되고 있는 무선인식

기술, 즉 RFID(Radio Frequency Identification)기술을 기반으로 노무관리시스템의 프로토타입을 개발하고, 현장적용성 검토를 위한 현장실험을 실시하고자 한다.

#### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 다음과 같은 방법으로 수행되었다.

첫째, 국내외 문헌고찰 및 관련 연구동향 조사, 현장방문 등을 통하여 RFID 기술동향과 현행 노무관리의 현황 등을 조사, 분석한다.

둘째, 상기의 조사 내용을 바탕으로 RFID기반 노무관리시스템 프로토타입 구축에 필요한 프로세스 모델링과 화면 설계를 실시한다.

셋째, 상기의 설계를 바탕으로 프로토타입 시스템을 구축하고 현장적용성 검토를 위한 현장실험을 실시한다.

### 2. RFID기반 노무관리시스템 프로토타입 개발을 위한 선행연구

#### 2.1 노무관리 현황조사

국내 노무관리 관련 연구동향 및 문헌고찰 등을 바탕으로 현장방문<sup>1)</sup>을 통하여 노무관리 실태를 조사한 결과 바코드, RFID 등의 기술을 일부 도입하여 현장 출퇴근시에 활

\* 일반회원, 한국건설기술연구원 연구원, 성균관대 박사과정,  
jghan@kict.re.kr

\*\* 일반회원, 성균관대학교 건축공학과 교수, 공학박사(교신저자),  
swkwon@skku.edu

\*\*\* 종신회원, 한국건설기술연구원 책임연구원, 공학박사, mycho@kict.re.kr

본 연구는 2005년 정보통신 선도기반기술개발사업(정통부)과 건설교통 기술평가원(전교부출연)에서 위탁시행한 2003년도 건설기술핵심연구개발사업(03산C04-01)에 의한 연구결과의 일부임.

1) 2005. 9~10 서울시내 소재 현장 2곳, 경기도 일산소재 현장 1곳과 대형건설회사 본사 1곳을 방문하여, 관련 담당자와 면담 조사를 실시하였다.

용하고 있는 현장도 있었다. 그러나 대부분의 현장에서는 당일 작업에 투입될 인력에 대한 출역인원 현황을 협력업체로부터 통보받고 이를 바탕으로 출역일보와 작업일보를 작성하는 방식에는 크게 차이가 없었다. 따라서 국내 건설업체의 노무관리 현황은 기존 선행연구들을 정리<sup>2)</sup>하였으며 그 내용은 다음과 같다.

건설현장에서의 노무관리는 직영공사의 노무관리와 외주 노무관리로 구분할 수 있다.

종합건설업체의 경우, 외주 노무관리는 직접적으로 하지 않고 현장대리인만 파견, 관리한다. 따라서 종합건설업체의 현장관리자는 해당 전문건설업체로부터 보고되는 출역일보 및 작업일보를 받아 노무자 출역에 따른 상황과 작업현황만을 파악하여 종합건설업체의 체계에 맞는 양식으로 출역일보 및 작업일보를 재 작성하는 일이 대부분이다.

전문건설업체의 경우는 종합건설업체와는 달리 외주공사를 담당하는 팀이 자체적으로 노무관리를 하는 것이 아니라, 전문건설업체의 현장관리자가 적극적으로 노무관리를 실시하는 것이 일반적이다.

노무관리시 가장 중요하게 다루는 관리요소로는 크게 출역관리와 작업관리(업무지시, 작업시간관리), 경력관리, 주요장비관리, 노무비용관리인 것으로 분석되었다.

또한 노무관리와 관련하여 현장에서 작성되는 문서를 정리하면 다음과 같다.

- 출역관리 : 근로자명부, 출입증, 출역점검표, 출역집계표, 일일출역현황표, 출역일보
- 작업관리 : 장비투입현황표, 일/월간인원투입현황, 작업일보
- 안전관리 : 안전수칙서약서, 안전장구지급서
- 기타 : 근로자 노임지급명세서

상기의 문서중 가장 대표적인 문서로는 출역일보, 작업일보를 들 수 있다. 현장을 방문하여 조사한 결과 각 현장마다 나름대로의 작성양식이나 작성기준에는 약간의 차이가 있었으나 기본적인 노무 출력현황과 작업계획, 투입장비에 관한 내용은 공통적인 것으로 조사되었다. 또한 일일작업일보에는 출역현황에 관한 내용도 담고 있어서 출역일보를 작성하는 것과 중복, 작성하는 것으로 조사되었으며, 일부 현장에서는 이를 하나로 작성하는 곳도 있었다. 출역일보 및 작업일보 작성의 주요 항목을 정리하면 다음 <표1>과 같다.

표 1. 출역 및 작업일보의 주요작성 항목

구분	항목
출역일보	공구명, 업체명, 노무자성명, 직종, 출역확인, 작업내용, 노무단가, 노무비용
작업일보	공종, 물량정보, 금일 및 명일 작업내용, 작업량의 전일누계(공정진행률), 인원 및 장비투입현황, 특기사항

2) 관련 문헌고찰 결과 국내건설현장의 일반적인 노무관리현황에 관한 내용이 유사함에 따라, '하용은, IT기반의 건설노무관리시스템 개발에 관한 연구, 인하대학교, 석사학위논문, 2002'의 일부 내용을 중심으로 정리하였다.

## 2.2 건설산업의 RFID 응용사례

RFID 기술은 물류, 교통, 의료, 공항 등 다양한 분야에 응용된 사례는 많으나 아직 건설분야의 적용은 많지 않은 실정이다. 따라서 건설분야에 이러한 RFID 기술을 적용한 위한 국내외 연구사례들을 조사해 보았다.

미국의 경우 카네기 멜론 대학(Carnegie Mellon University)에서 RFID를 이용한 자재관리시스템을 제시하였다. 태그의 총비용은 \$178,000(7,120의 작업시간과 상응)이지만, 자재를 파악하기 위해 소요되는 실제 작업시간을 절반으로 단축시킬 수 있었다. 또한, 연간 자재 조달의 자연으로 발생되는 부가비용은 1개 제작업체를 기준으로 연간 \$60,000에 달하는 것으로 나타나 자재의 적시 조달로 나타나는 부가적인 비용 절감은 상당할 것으로 추정되고 있다(Burcu Akinci, 2003). 베텔(Bechtel)사의 Red Hills 건설공사를 대상으로 실시한 미건설산업연구원(CII)의 현장 실험에서 파이프 서포트(support) 및 행거(hanger) 자재의 위치 파악 및 추적 관리에 30%(159분/100행거)의 작업시간의 단축 효과가 있다고 제시하였다(CII, 2003).

국내 건설산업의 경우 커튼월, 천장재 등 마감자재와 철골, 철근, 레미콘 등 주요 자재를 대상으로 RFID 기술을 적용한 연구 및 현장 적용 사례가 있다. 또한 일부 건설업체의 경우 바코드 기술을 이용하여 제한적으로 노무 및 자재 관리에 활용하여 어느 정도 성과를 거둔 바 있으나, 바코드 기술이 지니는 데이터 인식 오류 및 인식 범위 한계 등으로 인하여 그 적용성에 문제점이 나타났다. 하지만, 바코드 기술과 같이 무선인식 기술이 가지는 장점을 적절하게 활용한다면 투자비용 대비 경제적 기대효과는 상당할 것으로 예상이 되며, 건설산업에 정보기술(IT)과 접목시킬 수 있다는 가능성을 시사하고 있다.

## 3. RFID기반 노무관리시스템 설계 및 구축

### 3.1 RFID기반 노무관리시스템 프로세스 모델링

#### (1) 업무기능 분해도

상기 노무관리 현황조사 및 분석을 고려하여 노무관리시스템 상의 업무 기능들을 다음 <그림 1>과 같이 정의하였다. 이러한 업무기능 분해는 노무자의 출퇴근 및 해당업무를 통해 시스템에 입력되는 정보들과 그것들을 통해 새로운 관리정보를 생성해 내는 기능을 중심으로 구축되었으며, 최상위 기능들은 시스템 관리를 위한 관리시스템, 업체관리시스템, 공사현장관리시스템, 노무관리시스템으로 구성하였다.

#### (2) 프로세스 플로우(PROCESS FLOW)

일반적으로 시스템 개발 시 선형 과제로서 현재 운용중인 AS-IS에 대한 모델과 새롭게 구축되어야 할 TO-BE 모델을 필요로 하는데 이는 시스템의 분석, 디자인, 개발 등 시스템 전 단계를 효과적으로 지원하기 위하여 필요하다. 따라서 본 연구에서는 시스템의 프로세스 모델을 구축하기 위하여 기능간 관계성과 특성, 정보의 흐름을 표현하기 위한 프로세스 플로우(process flow)를 정의 하였다. 이러한

프로세스 플로우(process flow)를 통하여 상기 업무기능 분해도에서 제시 된 주요 기능인 시스템관리, 업체관리, 공사현장관리, 노무관리 등의 기능간 정보의 흐름을 다음 <그림 2>와 같이 표현하였다.

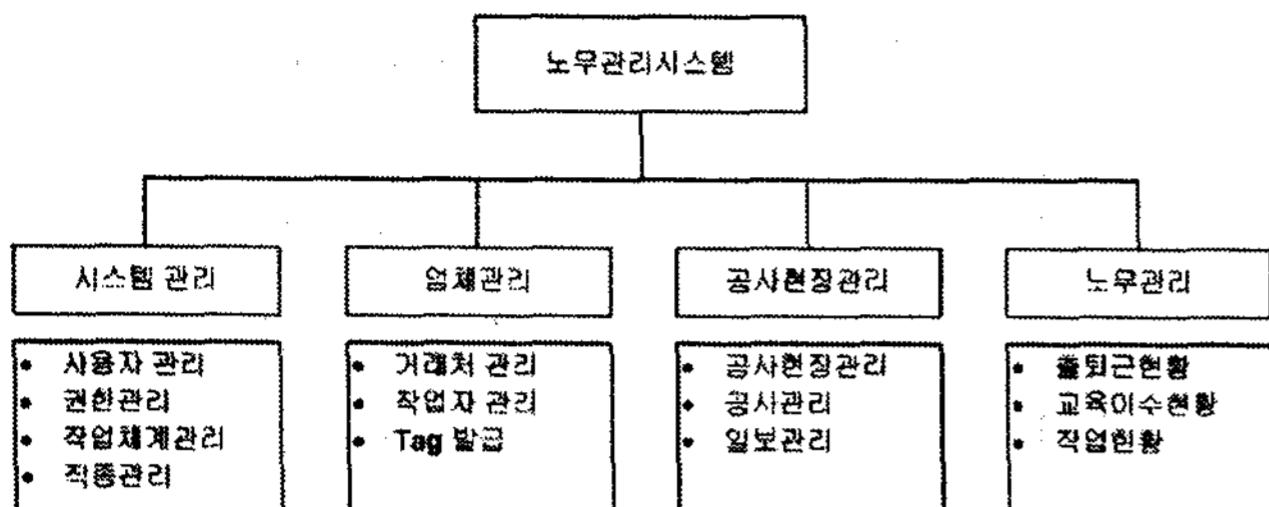


그림 1. RFID 기반 노무관리시스템 업무기능 분해

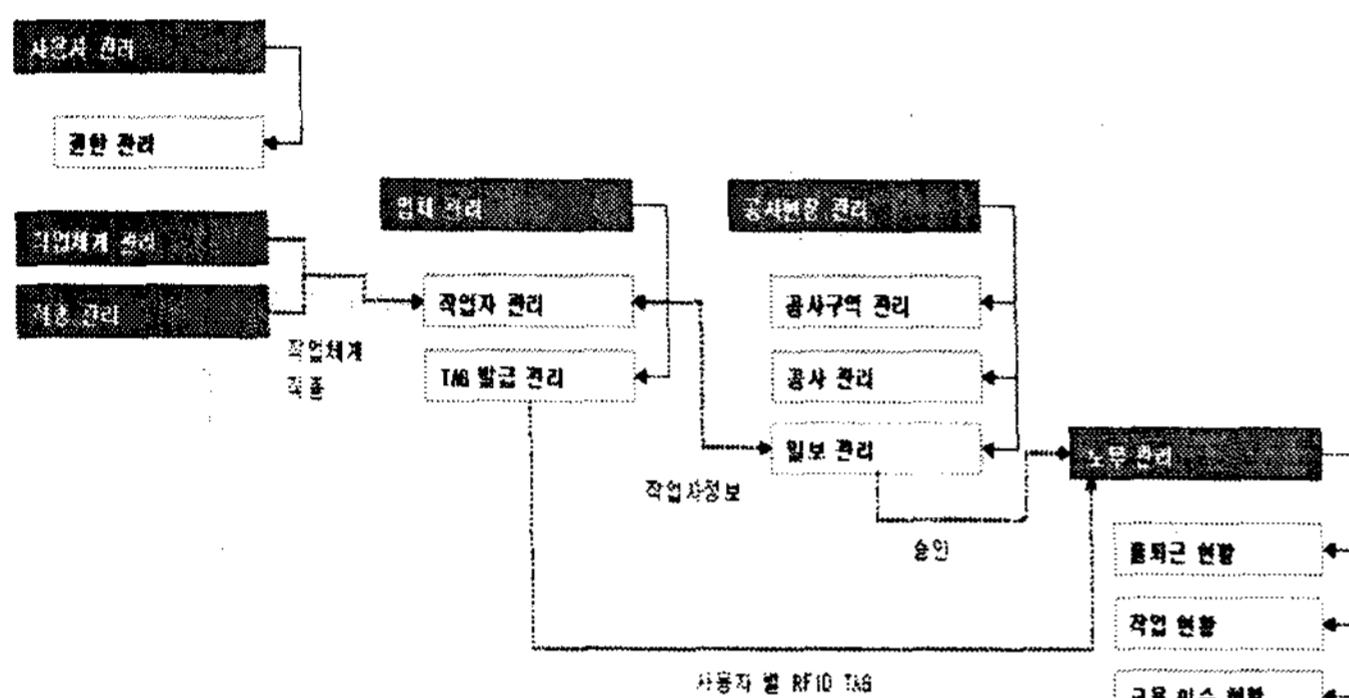


그림 2 프로세스 플로우

### (3) 시스템 데이터 모델(ER 다이어그램)

시스템 데이터 모델은 정보들의 활용이 무엇을 기준으로 연계되고 데이터베이스에서 어떠한 속성들을 중심으로 정보가 축적되는지를 표현하기 위해서 필요하다. 이러한 데이터 모델의 중요한 목적은 특정 환경이나 시스템 내에서 정보를 구분하고 문서화하기 위해서이다. 본 연구에서는 시스템 데이터 모델을 구축하기 위하여 Computer Associates 사의 ERwin 4.1을 활용하였으며 모델상에서 엔티티(시스템 상에서 물리적, 개념적 객체에 관하여 특정 조직에서 관리되는 정보를 표현하는 단위)간의 수적 관계에 따라 일대일, 일대다, 다대다의 관계로 나타나게 된다.(그림 4 참조)

### 3.2 시스템 구현(화면설계)

주요 화면구성은 크게 로그인화면, 시스템관리, 업체관리, 공사현장관리, 노무관리 나누어 기본 화면설계를 실시하였다. 이중 로그인화면을 제외한 주요화면에 대한 설계는 다음과 같다.

시스템 관리의 주요 구성은 사용자관리, 권한관리, 작업체계관리, 직종관리로 구성되어 있다. 사용자관리 및 거래처관리는 사용자 및 거래처에 대한 정보를 입력하고, 그에 따른 아이디 및 패스워드를 지정하게 된다.

업체관리의 주요 구성은 거래처관리, 작업자관리, 태그발급관리로 구성되어 있다. 거래처와 작업자에 관한 정보를 입력한 후 이들 정보를 기본으로 노무자 개인별 태그를 발

급할 수 있다.

공사현장관리의 주요구성은 현장에 대한 기본정보를 담은 현장관리와 현장을 공구별로 구분, 관리하는 공사구역관리 그리고 공사 일정에 따른 관련 노무인력 투입 현황을 관리하는 일일 작업일보 관리로 구성되어 있다.

노무관리의 주요 구성은 RFID에 의해 자동체크 되는 출퇴근현황과 교육이수현황, 그리고 작업자가 공사현장관리의 작업일보에 예정된 작업지역에서 현재 작업을 수행중인지 여부를 확인 할 수 있는 작업자 노무현황 및 작업현황으로 구성되어 있다.

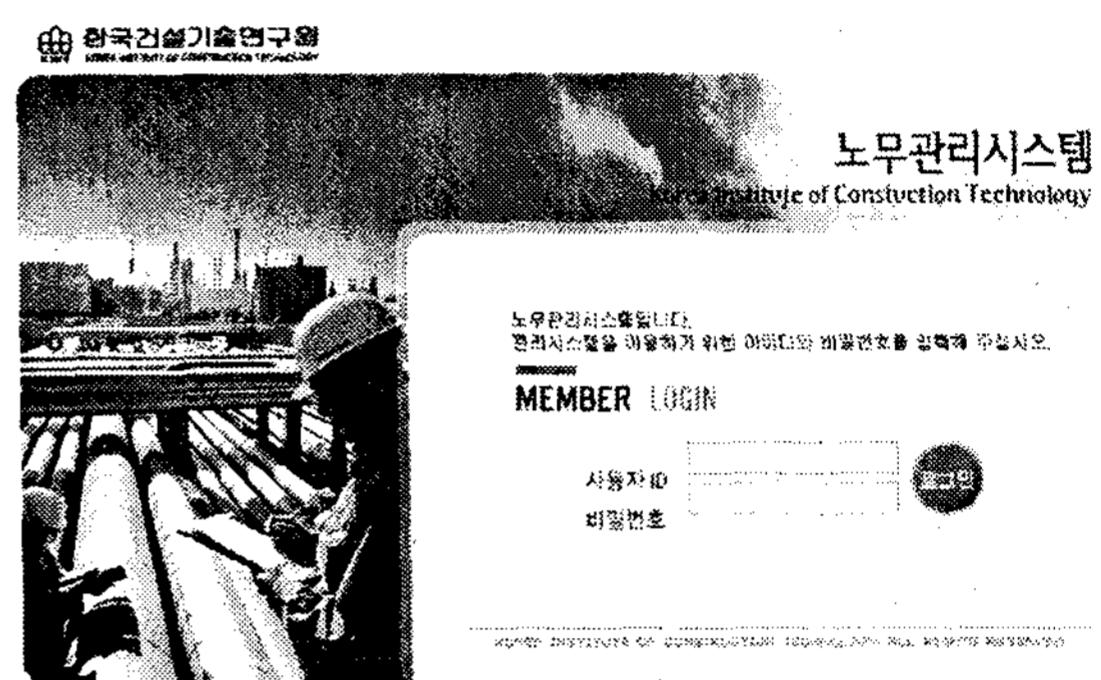


그림 3. 화면설계(메인화면)

### 3.3. 시스템 구축 및 구현환경

상기의 설계를 바탕으로 RFID기반 노무관리시스템을 구축하였으며 구축된 시스템의 개발환경은 다음과 같다.

### ① OS (Operating System)

OS에는 Linux 기반의 Enterprise Redhat 3을 적용하였으며, Linux 기반의 플랫폼은 이식성, 확장성, 여타 OS에 비한 다양한 기능지원이 탁월하다.

## ② WAS (Web Application Server)

WAS로는 Tomcat 5.0을 적용하였다. Tomcat은 비 상업적 용도로 사용할 수 있는 Shareware로서, 연구개발 목적에 사용 적합한 솔루션이다.

③ DBMS (Database Management System)

DBMS에는 Oracle 9i를 사용하였다. Oracle 9i는 전세계 Relational DBMS 시장에서 최고의 시장 점유율을 가지고 있으며, 다양한 통계를 위한 기능을 제공한다. 또한 시스템의 안전성, 확장성, 운영 편의성, 관리성 측면에서 여타 솔루션에 비해 월등한 기능과 품질을 제공한다.

#### ④ 토크 프로토콜

② XML 기반 프로토콜  
XML 기반의 SOAP 통신, Web Service 개념을 도입하였다. XML은 다양한 Data 표현이 가능하며, SOAP 기반의 분산 환경 처리는 실제 Enterprise 영역에서 가장 많이 쓰이는 기술이다. SOAP 프로토콜 기반의 XML 메시지 처리를 통하여, 실시간 대용량 Data에 대한 분산 환경 구현이 용이 하도록 개발 되었다.

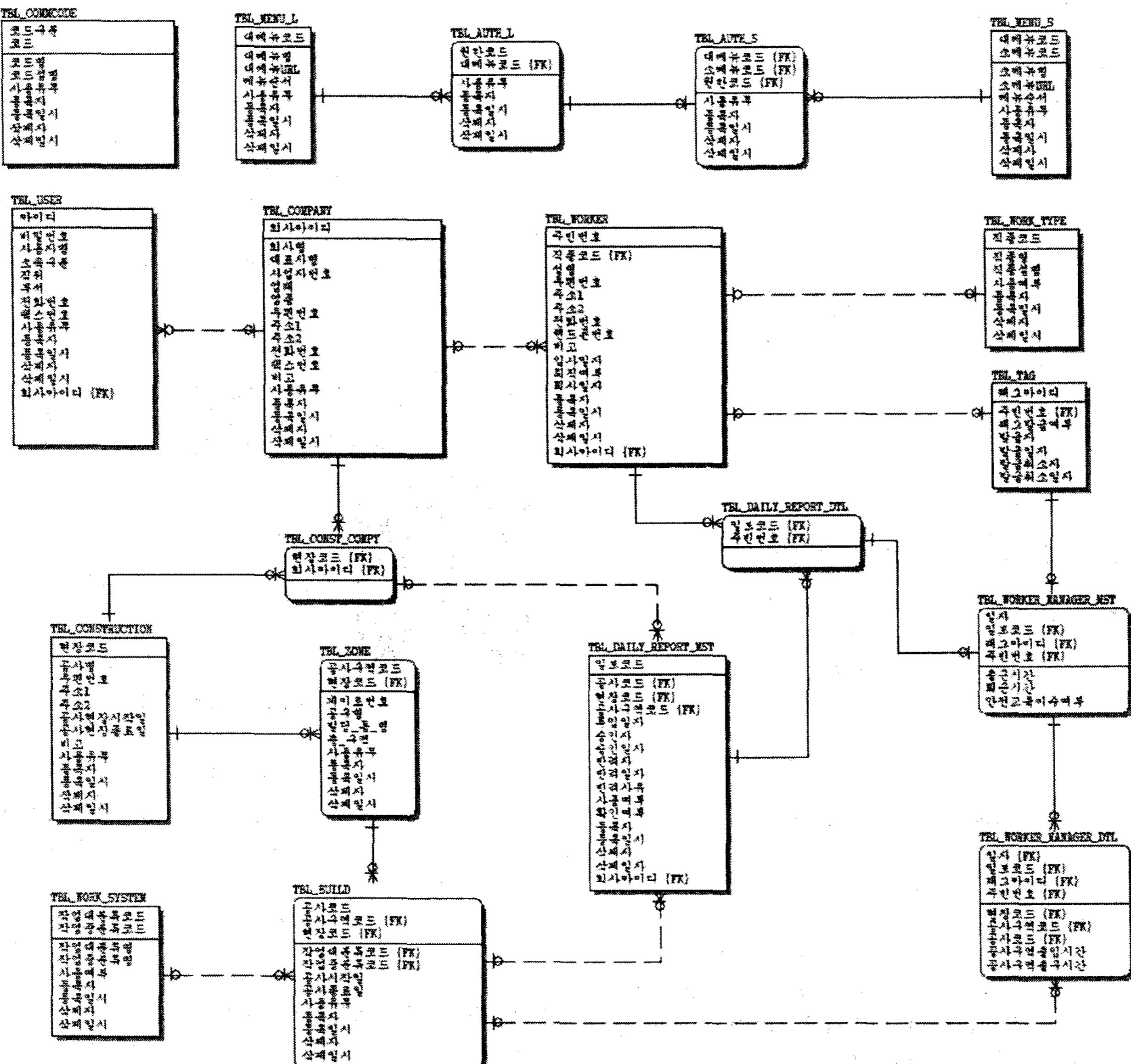


그림 4. RFID 기반 노무관리시스템의 데이터 모델

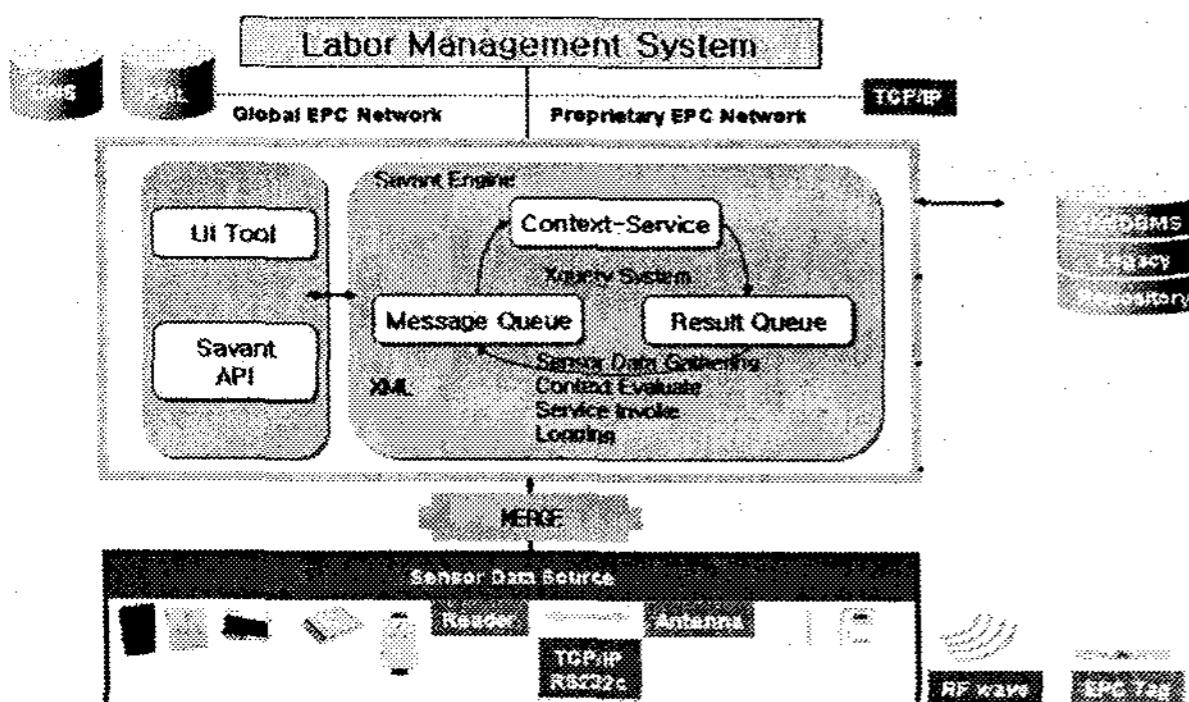


그림 5. 시스템 구현환경

#### 4. 현장적용성 실험

RFID 기반 노무관리시스템을 구축한 후 경기도 부천시

소재의 ○○기업 아파트 건설현장에서 시범적용 실험을 실시하였다. 실험의 주요 개요는 다음 <그림 6>과 같다. 총 10인의 작업자를 대상으로 출근 및 퇴근, 안전교육, 작업장 내 이동현황(2층 타일공사, 3층 천장공사, 4층 전기공사) 등에 대한 모니터링 실험을 10회 반복 실시하였다.

주요 실험시나리오는 다음과 같다.

출근시 입구에서 출근하는 작업자의 Tag가 인식되면 사용자정보를 특정 클라이언트 PC에서 출력한다. 출근한 작업자는 입구를 지나 안전교육장에서 안전교육 이수 후 해당 작업장으로 이동한다. 이때 안전교육장에서 작업자 Tag가 인식되면 안전교육 이수자로 DB에 실시간 저장된다. 작업장으로 이동한 작업자는 호이스트를 이용하여 해당 작업층으로 이동한다. 이때 호이스트내의 작업자 Tag를 인식하여 탑승자에 관한 정보를 파악하고 호이스트가 층에 멈추어 작업자가 내리면 층인식 Tag에 의해 호이스트가 정지한 층을 인식하고 해당 작업자는 인식된 층의 공사로 이동

한 것으로 판단하여 실시간 DB에 저장된다. 그리고 작업중 계단에 설치되어 있는 안테나에서 작업자 Tag가 인식되면 인식된 층의 공사현장으로 작업자이동 여부를 판단, 실시간 DB에 저장된다. 해당 작업을 마치고 작업자가 출구를 통하여 퇴근할 때 출구에 있는 안테나로부터 작업자의 Tag 정보를 인식 받아 해당 사용자의 출구 기록이 DB에 실시간 저장된다.

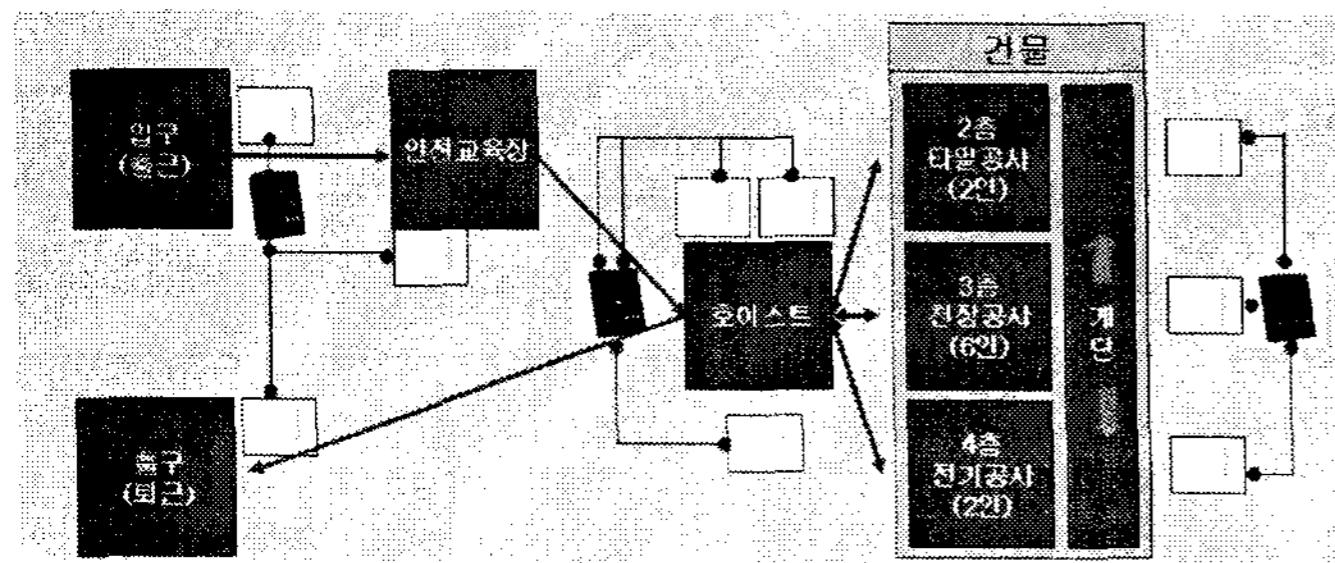


그림 6. 현장 시범적용 실험 시나리오



그림 7. 실험현황

반복된 실험결과 호이스트에서의 이동현황 및 각 층별 이동현황에 대한 인식률은 모두 100%로 나타났다. 실험결과에 따른 출퇴근현황 리포트는 다음과 <그림 8>과 같다.

출퇴근현황					
공사명	업자	소속회사	대상	출근시간	퇴근시간
기업아파트건설	20051216	한국전문건설업체	총길동	04:00:00	04:00:00
기업아파트건설	20051216	고려전문건설업체	이동국	04:00:00	04:00:00
기업아파트건설	20051216	고려전문건설업체	차도관	04:00:00	04:00:00
기업아파트건설	20051216	한국전문건설업체	차원현	04:00:00	04:00:00
기업아파트건설	20051216	한국전문건설업체	강경관	04:00:00	04:00:00
기업아파트건설	20051216	한국전문건설업체	윤봉길	04:00:00	04:00:00

그림 8. 출퇴근 현황

아울러 안전교육을 이수하지 않은 자의 작업층 진입 및 해당 작업층 작업자가 아닌 자가 진입할 때 감독관 및 해당 작업자에게 SMS 문자 서비스를 이용 정보를 제공토록 하는 실험도 성공적으로 수행되었다.(그림 9, 10 참조)

• 공사현장관리	• 노무관리	김소장님 로그인 하셨습니다.
----------	--------	-----------------

#### 교육이수현황

자 [ ] 소속회사 [ ] 공사명 [ ] 경력 [ ]

공사명	업자	소속회사	대상	교육여부
기업아파트건설	20051216	한국전문건설업체	총길동	N
기업아파트건설	20051216	고려전문건설업체	이동국	Y
기업아파트건설	20051216	고려전문건설업체	차도관	Y
기업아파트건설	20051216	한국전문건설업체	차원현	Y
기업아파트건설	20051216	한국전문건설업체	강경관	Y
기업아파트건설	20051216	한국전문건설업체	윤봉길	Y

그림 9. 안전교육 이수현황

• 공사현장관리	• 노무관리	김소장님 로그인 하셨습니다.
----------	--------	-----------------

#### 작업자현황

공사명 [ ] 경력 [ ]

공사구역	공사명	점검작업자	발정상작업자	경계
2층	타일공사	2	0	2
3층	천장공사	5	1	6
4층	전기공사	1	1	2

[이전] [다음]

그림 10. 층별 작업자현황

## 5. 결론

본 연구는 건설현장에서 RFID 기술을 이용하여 효율적으로 노무자의 출퇴근관리 및 안전교육관리, 작업현장내 작업자의 위치를 모니터링을 할 수 있는 시스템을 개발하는 것이다.

이를 위하여 본 연구에서는 RFID기반 노무관리시스템 구축을 위한 업무기능분해, 프로세스 플로우, 시스템 데이터모델, 화면설계 등을 실시하였다.

또한, 구축된 시스템을 건설현장에 시험 적용해본 결과 출퇴근 시간기록, 안전교육이수여부 관리, 해당 작업장 내의 작업자 이동현황에 대한 모니터링이 성공적으로 이루어졌다. 또한 안전교육을 이수하지 않은 작업자가 작업현장 진입시 감독관 및 해당 작업자에게 SMS 문자서비스를 이용, 정보를 제공함으로써 실시간 작업자를 관리 할 수 있는 사례를 보여주었다.

향후 프로토타입 수준으로 개발된 현재의 시스템을 보완하여 보다 안정적인 시스템으로 개선할 계획이며, 아울러 현재 개발중인 자재관리시스템과의 통합 및 기존 시공관리 시스템과 연계할 수 있도록 인터페이스에 관한 개선도 할 계획이다.

## 참고문헌

1. 하용은, IT기반의 건설노무관리시스템 개발에 관한 연구, 인하대학교, 석사학위논문, 2002
2. 한재구 외, RFID기술을 활용한 자재관리시범 시스템 구축 및 현장실험, 대한건축학회논문집 22권10호, 2006. 10
3. Burcu Akinci, et al., "Utilizing Radio Frequency on Precast Concrete Components-Supplier's Perspective", Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA. 2003
4. CII, "Radio Frequency Identification Tagging". RFID Tagging Research Team-Research Summary 151-1, March 2003

---

### Abstract

Construction industry is traditionally labor intensive. And construction site is also in densely populated environment. So accurate labor monitoring is one of important issues for site management. Labor cost shares large amount of part in total construction cost. Therefore, it is a major element in site management and control. In this article, we explained development of prototype system for labor monitoring based on RFID technology and results of field tests using the system. According to the results, the system is able to expected to improve effectiveness of Labor management in construction site

---

**Keywords :** RFID, Labot Monitoring, Smart Middleware, Web-Service

---