

RFID와 QR-코드를 활용한 건설현장 통합노무정보관리 효율화 체계 구축

Integrated Manpower Information Systems on Construction Site
- Using RFID and QR-Code -

최 윤 길*
Choi, Yun-gil

윤 수 원**
Yoon, Su-Won

진 상 윤***
Chin, Sangyoon

요 약

노동집약적 산업인 건설 산업에서 정확한 노무정보 수집과 관리는 매우 중요하다. 효율적인 노무정보 관리를 위한 방안으로 RFID를 활용한 연구 및 적용사례가 증가하고 있다. 하지만 RFID리더기의 경제적 부담, 동선방해 등의 이유로 현장출입 구라는 한정적인 장소에 설치함으로써 출역관리라는 극소정보에 국한되어 관리되고 있다. 출역관리 외의 노무정보 및 안전 정보는 현재 현장수첩에 수기 후 PC를 통한 웹 입력의 2중 작업이 이루어지고 있으며 이를 효율적으로 기록 및 관리하기 위한 방안이 필요하다. 이에 본 논문에서는 기존의 RFID출역관리 기반시스템에 스마트폰 어플리케이션으로 인식이 가능한 QR-코드를 부착하여 하나의 카드로 통합노무정보를 관리하는 프로토타입 어플리케이션을 개발하여 현장 적용테스트 및 기존 방식과 비교를 통하여 효과를 검증하고자 한다.

키워드 : 정보센서, 노무관리, 스마트폰, U-건설

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설 산업은 노동집약적인 산업이다. 노무비용은 원가 구성 측면에서 볼 때 전체 순 공사비의 약 30~40%를 차지할 정도의 큰 비중을 차지하고 있으며 (하용호 2002) 원가절감 측면에서 볼 때 필수적으로 관리되어야 할 관리 항목이다. 그러나 일반 제조업과는 달리 건설프로젝트는 다양한 사업주체가 참여하며, 공정별 인원의 다양성, 작업의 일회성 등이 빈번하게 이루어지는 특성 때문에 효율적인 노무관리의 어려움이 따른다(오세욱 2004).

이를 효율적으로 관리하기 위한 방안으로써 IT (Information Technology)기술을 건설현장에 적용하여 개개인의 노무 데이터를 정보화하여 건설정보체계로 관리하기위한 연구 및 적용이 활발히 진행되고 있으며 그 중요성도 대두되고 있다. 그 예로 PDA

와 Bar코드, 손 혈관 인식, 홍채 인식, RFID 등을 활용하여 노무정보 수집 및 활용에 이용되고 있으며, 이 중 RFID는 정보수집의 신속성, 정확성, 경제성 등의 이점으로 많은 현장에서 RFID 노무정보관리 시스템을 활용하고 있다(최철호 2004).

하지만 이는 개개인별로 관리 될 수 있는 노무정보가 안전관리항목과 노무관리항목의 관리되어야할 항목이 많음에도 불구하고 현장출역정보에 해당하는 출·퇴근 시간 정보 입력·전송이라는 극소적인 범위에서만 활용(장상혁 2007)되는 한계가 있다. 이는 시시각각 변화하는 현장에서 노무자 각각의 개인 정보를 입력 및 조회하기 위하여 요구되는 다수의 리더기를 설치하는 비용의 부담 및 동선방해, 유지관리의 어려움 등의 이유로 현장입구 게이트라는 한정적인 장소에 설치되는 이유라고 해석할 수 있다. 한편, 출역정보 외의 노무정보 즉, 노무자 신상정보, 안전교육 이행 여부 등 조회를 요하는 정보와 안전지적사항, 해당 노무자에 대한 참고사항 등 입력을 요하는 정보들은 현장수첩에

* 일반회원, 성균관대학교 u-City공학과 석사과정, cyk84@skku.edu

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

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

1) 성공적인 프로젝트 수행을 위해 건설프로젝트 생애주기 동안 발생하는 건설정보관리가 중요하다(진상윤 1998).

의존하여 실시간으로 관리 및 공유가 어려우며 수기 후 PC입력 등의 2중작업의 비효율적인 관리가 이루어지고 있다.

따라서 현재 RFID를 활용하여 정보관리가 되고 있는 단순출역관리 정보 외에 범위를 확대하여 노무자 개인에게 발생하는 노무, 안전에 관련된 추가 정보들을 통합관리 하여 2중 작업을 줄이고, 실시간으로 정보를 교환할 수 있는 방안이 필요하다.

이에 본 연구에서는 기존의 RFID 출역관리 시스템에 최근 스마트폰의 등장으로 이슈화 되고 있는 QR-코드 (Quick Response Code)를 활용하여 하나의 일체화된 카드기반의 노무 정보 수집 및 관리를 위한 노무·안전의 통합노무정보관리 시스템을 제안하고 웹 기반의 PMIS와의 연동을 통한 실시간 정보전송 및 조회를 위한 스마트폰 어플리케이션 프로토타입을 구축함으로써 정보 누락 방지, 실시간 정보이용, 2중 작업 최소화, 정보관리시간 최소화에 기여할 수 있는 건설현장 통합노무정보관리 방안을 제시하는 것에 연구의 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 범위는 웹기반 PMIS에서 관리되는 노무관리항목과 안전관리 항목의 데이터로 범위를 한정했으며 구현될 모바일 프로토타입 시스템은 iOS 기반 스마트폰 어플리케이션으로 제한했으며 연구의 방법은 아래와 같다.

첫째, 기존 문헌고찰과 기술고찰, 사례조사를 통해 기존의 RFID 기반 노무·안전관리연구의 한계성 및 본 연구와의 연계된 시사점을 도출하였고 QR-코드 기술관련 이론분석 및 연구동향고찰을 실시하였다.

둘째, 현장에서 노무자 및 안전을 관리하는 현장관리자와 인터뷰 및 세미나를 통해 기존의 노무정보 관리 프로세스 분석 및 문제점을 파악하였다.

셋째, 이를 통해 RFID와 QR-코드 기반 통합노무정보관리 어플리케이션을 적용한 현장노무정보관리 프로세스를 제안하였고

넷째, PMIS관련 연구고찰을 통해 현장에서 관리되는 노무정보 중 스마트폰의 특성에 맞게 관리 가능한 정보를 추출하였다.

다섯째, 제안된 프로세스와 관리정보를 바탕으로 시스템 설계, 기능도 도출, 모듈개발을 통해 노무정보통합관리시스템 프로토타입을 구축하였으며

여섯째, 파일럿 테스트를 실시하여 본 연구에서 제안하는 시스템을 Process Chart기법을 통해 본 연구에서 제안하는 To-Be모델에 대한 프로세스 단축 및 타임스터디를 통하여 효과를 검증하였다.

2. 관련 연구 동향 및 연구 고찰

2.1 RFID를 활용한 노무 및 안전관리 연구

RFID란 불필요한 시간 단축, 정보 파악의 신속성, 실시간 데이터 사용 등을 목적으로 건설 산업에서 오래전부터 사용되어오던 바코드와 같은 자동인식 기술(Auto-ID)의 한 분야로서 리더기 등 장비의 높은 가격의 부담과 적용하기 열악한 건설현장의 환경 탓으로 적용사례가 적었으나(윤수원 2007) 점차 건설노무정보를 효율적으로 수집 및 기록하기 위한 IT 기술로서 적용한 연구가 활발히 진행되었으며 연구 동향은 아래 [표 1] 과 같다.

표 1. RFID를 활용한 노무 및 안전분야 적용 연구 고찰

구분	연구동향	연구 내용	본 연구와의 연계성 및 차별성
노무정보관리	RFID 기술적 분석	RFID 노무관리를 위한 리더기 인식 성능향상을 위한 리더기 기술에 관한 연구 (김보현 2010)	RFID리더기의 하드웨어적인 접근
	RFID 노무관리 시스템 적용	RFID를 활용한 노무 출역관리시스템 프로토타입을 구축하여 현장태스트를 적용한 연구로서 현장 적용 가능성에 대한 연구 (한재구 2007, 박소현 2008, Ronie Navon 2002) RFID 출역관리 시스템의 인식도 및 만족도에 대한 설문조사를 통한 RFID시스템의 보완사항 제시 (박창욱 2008, 조현욱 2008)	- 기존의 바코드와 PDA를 활용한 방식보다 신속성, 정확성 등의 이점에 의한 RFID 적용 가능성 높임 - RFID를 활용하여 노무 정보 중 출퇴근 시간 관리에만 사용되고 있는 한계점
안전정보관리	안전의식 고취 중요성 연구	안전사고 예방 및 개선을 위한 근로자의 안전의식에 관한 연구 (이현철 2009, 이기한 2001, 안홍섭 1996)	사고가 발생하기 전의 작업자의 안전의식 고취 및 안전교육 이수 등의 정보관리가 필요함
	RFID 안전관리 적용방안	RFID/USN 기술을 시설물에 적용하여 건설재해를 줄일 수 있는 방안 제시 (이재현 2006, 최철호 2004), Weiwei Wu 2010, Ung-Kyun Lee 2009)	안전사고의 불안정한 상태 제어를 통한 방안명시, 행동 제어관점에서 관리되어야 할 필요성
		RFID를 활용하여 안전교육 이수사항 입력 (한재구 2007) PMIS와 RFID를 활용한 안전관리 기대효과 연구 (김남도 2010)	리더기 수의 부담 및 동선 방해 등의 요소 발생

RFID를 건설현장에 적용하기 위한 기술적 접근(김보현 2010), 프로토타입 구축에 의한 사용가능성 제시(한재구 2007, 박소현 2008) 및 적용방안(Ronie Navon 2002), 기술에 대한 관리자와 노무자들의 인식조사(박창욱 2008, 조현욱 2008) 등의 연구가 진행 되었으며 관리되는 정보의 한정성 즉, 출역정보 입력 및 조회 기능, 안전 상태를 조사하여 안전사고를 방지하는 기술(이재현 2006 최철호 2004 Weiwei Wu 2010 Ung-Kyun Lee 2009) 외 안전행동(이현철 2009 이기한 2001 안홍섭

1996)에 대한 안전의식 고취를 위한 정보의 중요성 등 노무자에 게서 관리되어야 하는 정보들에 대한 확대된 접근이 미흡한 것으로 나타났다. 또한 여러 공간에서 발생하는 노무정보를 입력(한재구 2007)하기에 리더기 수의 제한에 따라 활용도가 낮다는 것도 알 수 있다.

2.2 QR-코드를 활용한 연구

QR-코드(Quick Response Code)는 2차원 바코드 중 하나로써 1차원 바코드 보다 저장할 수 있는 용량이 크다는 장점이 있다. 최근 PDA와 전화 기능이 합쳐진 개념의 스마트폰이 등장하면서 스마트폰 자체 어플리케이션에 의해 코드인식이 가능한 점, 일반프린터로 출력이 가능하여 경제성이 우수한 점, 360도 회전 방향에 상관없이 인식이 가능한 점 등의 장점에 의해 마케팅, 광고, 유통, 물류 등 전 산업에서 RFID와 함께 널리 사용되는 정보센서이다.

구중억(2010)은 도서관에 RFID와 QR-코드를 통합적으로 도입하여 도서관에 출입하는 이용자는 RFID로 정보를 획득하고 도서정보 및 도서관 내의 편의시설 등의 정보를 QR-코드를 적용하여 도서관 내에서 모바일을 활용한 서비스 증진모델에 관한 연구를 진행하였으며 IT정책연구연구시리즈 10호(2008)는 RFID와 QR-코드의 각각 성격을 분석하여 각기 장점을 활용하여 적절한 산업분야에 적용의 중요성을 강조했다.

건설 산업에서도 최근 QR-코드를 적용한 연구가 진행되고 있으며 최윤길(2010)은 타 산업의 QR코드 적용사례를 벤치마킹하여 건설 산업에 적용 가능한 분야에 대한 제안을 했으며, RFID와 QR코드를 활용하여 적시 적소에 필요한 정보를 수집 및 관리하는 방안을 제안하였다. 이광표(2011)는 스마트폰과 QR-코드를 활용한 자재관리에 적용 가능성 및 시스템 아키텍처를 제안하는 등 건설 산업에서도 기존의 방안을 보완, 새로운 관리모델을 제시하는 연구가 진행되었다.

3. RFID와 QR-코드 기반 통합노무정보관리 프로세스

3.1 기존의 RFID 기반 노무출역관리 프로세스

RFID기반 노무출역관리와 안전관리 프로세스는 현장에서 필요한 정보를 요구 및 입력을 위해 건설현장과 건설현장사무실 두 공간을 오가며 정보의 교환이 이루어진다. 아래 [그림 1]과 [그림 2]는 기존의 업무를 분석하여 프로세스로 도식화 한 그림이다.

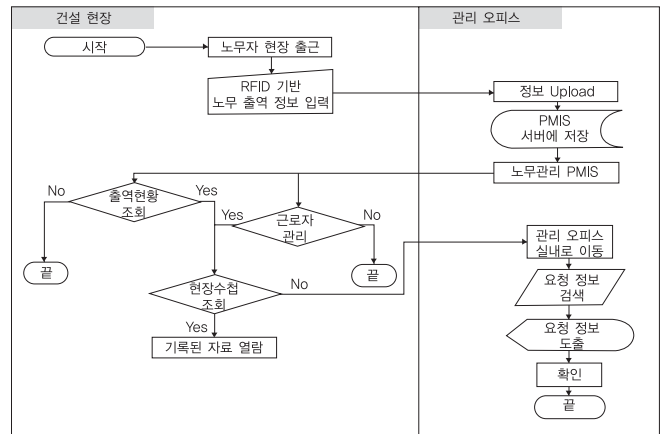


그림 1. 노무관리 As-Is 프로세스 분석

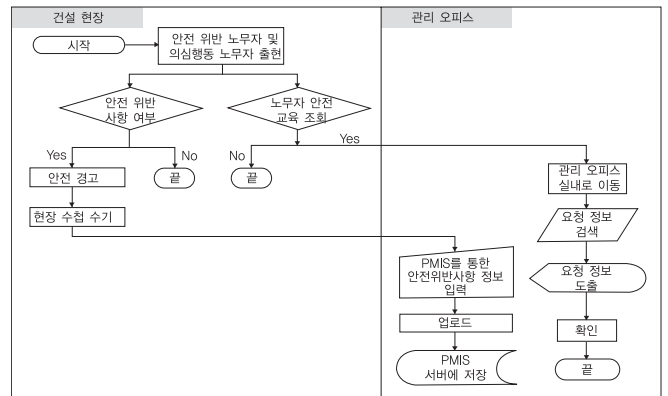


그림 2. 안전관리 As-Is 프로세스 분석

3.2 기존의 RFID 기반 노무출역관리 한계점

3.2.1 신속한 정보전달의 한계

기존의 RFID기반 노무출역정보를 수집함으로써 출역정보에 대한 정보는 PMIS에 전송되어 신속한 정보전달이 되었지만 그 외의 노무정보들에 대해서는 현장 작업일지 보고, 출역인원 보고 등에 의한 정보 취합의 어려움과 실시간 현장관리자들의 노무인원정보에 대한 정보 조회가 신속하게 이루어지지 못하고 있다.

3.2.2 정보 누락 및 정보 오류

안전지적사항 등 현장에서 기록해야하는 정보에 대해 관리자가 소지하고 있는 수첩에 수기하여 관리하거나 기억력에 의해 현장사무실에 와서 기록을 한다. 이는 많은 정보가 발생하는 건설현장에서 정보의 누락 가능성이 있으며 또한 자신의 주관에 의해 정보를 기록하는 등 정확한 정보입력의 오류가 생긴다.

3.3.2중 업무에 의한 관리자의 업무 부담

현장에서 일어난 현황에 대해 수첩에 기록한 정보들을 현장사무실에 들어와 PC를 사용하여 PMIS접속 후 기록 사항들을 입력하는 2중 업무가 매일 발생한다. 건설현장의 경우 타 중요한

공중의 세부입력, 명일 업무 계획 등 현장의 입력정보가 많은 관리자의 업무를 더욱 가중시킨다.

3.3 개선된 RFID와 QR-코드 기반 통합노무정보 관리프로세스 및 개념

앞서 언급한 한계점을 극복하기 위한 To-Be프로세스는 아래 [그림 3], [그림 4]와 같다.

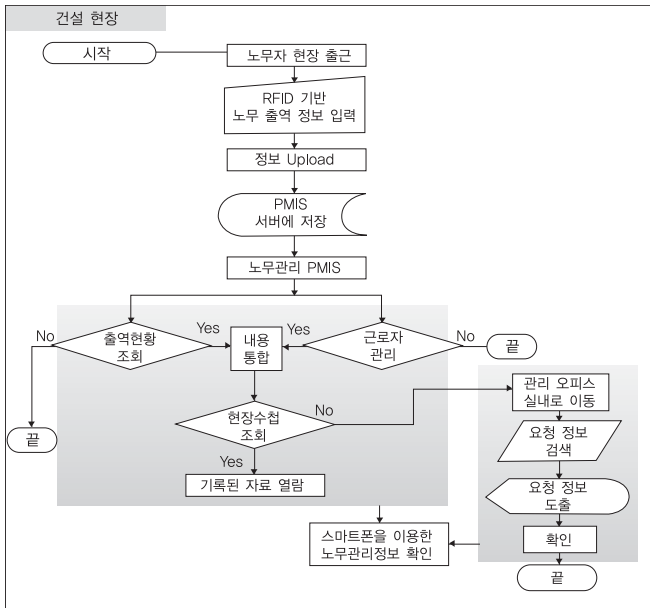


그림 3. 노무관리 To-Be 프로세스

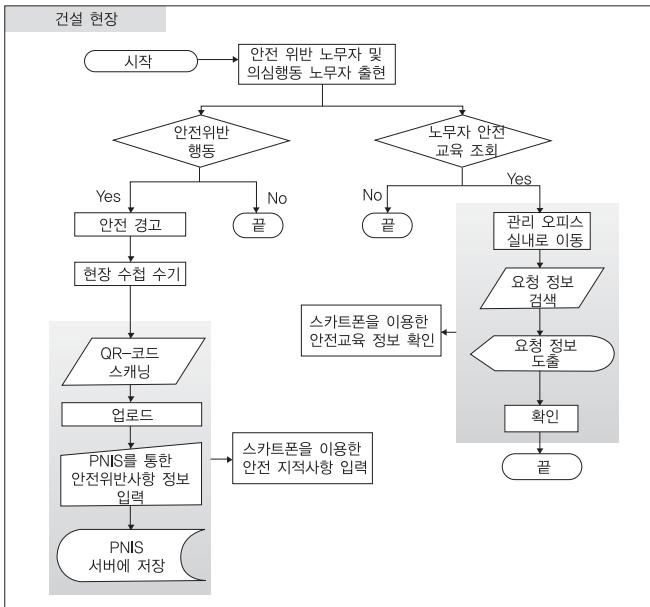


그림 4. 노무관리 To-Be 프로세스

기존의 현장과 현장사무실의 이원화 되었던 구분된 장소의 한계성을 극복하고 현장에서 실시간 자료의 공유 및 기록, 조회가

가능하도록 스마트폰을 활용한 현장중심의 프로세스로 정의하였다. 어렵게 명시한 부분이 스마트폰에 의해서 다루어질 정보의 입력 및 조회 프로세스이다.

기존에 출퇴근 정보관리를 위해 사용되었던 RFID Card에 QR-코드를 부착하여 하나의 카드로 관리하는 개념이다. 추가 장비의 부착으로 인한 작업자들의 소지함에 불편함 없이 사용 가능하다. 개선된 RFID + QR코드 통합노무정보관리는[그림 5]와 같이 총 4단계 발급, 조회, 전송, 관리 단계로 구분되며 각 단계별 세부 기능은 다음과 같다.

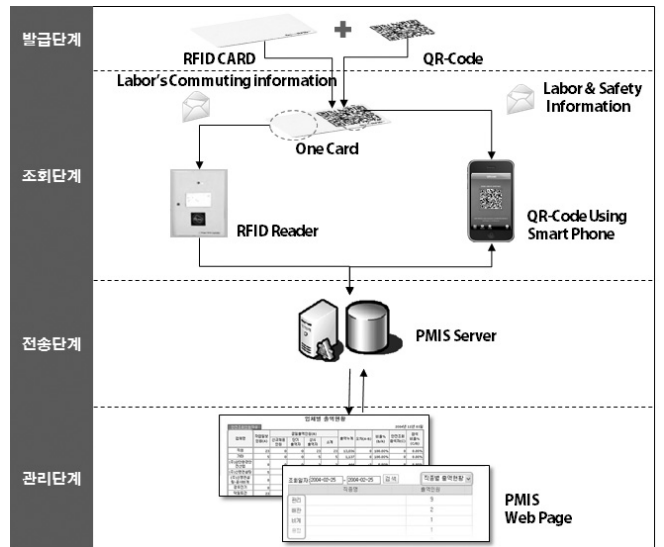


그림 5. 통합노무정보관리 개념

3.3.1 발급단계

기존의 PMIS상에서 RFID Card에 노무자의 신상정보를 입력하여 발급하는 체계에 RFID No.를 추가하여 QR-코드를 즉시 제작할 수 있는 시스템을 PMIS에 구현하였다. 이로써 등록 단계에서 중복작업을 최소화 하고 간단한 하나의 정보만을 입력함으로써 발급의 편의성을 도모하였다. 또한 QR-코드는 일반프린트에서 프린트가 가능하다는 경제적장점이 있다. 이를 접착이 가능한 Label지에 해당 QR-코드를 생성하여 RFID카드에 부착하여 발급한다.

3.3.2 조회단계

RFID는 RFID 리더기에 의해 조회가 가능하며 QR-코드는 스마트폰 어플리케이션을 통해 인식 후 전송이 가능하다. RFID는 리더기의 한정성에 의해 입구에서의 일회성 조회만 가능하지만 QR-코드는 관리자가 정보조회를 원할 경우 상시적으로 조회가 가능하다.

3.3.3 전송단계

RFID리더기와 스마트폰에 의해 조회 및 입력된 정보들은

PMIS Server로 정보가 취합되게 된다. 필요한 정보를 요구 및 등록을 가능하게 하는 데이터 창고의 역할을 한다.

3.3.4 관리단계

PMIS Server로부터 구현된 웹 PMIS는 취합된 정보들을 조회 및 입력이 가능하다. RFID 리더기와 스마트폰으로부터 전송 받은 정보들을 사용자 인터페이스를 통해 관리자가 정보를 관리할 수 있는 환경을 제공해주며 또한 스마트폰과 연계를 통해 실시간 자료 전송 및 공유가 가능하다.

4. 통합노무정보관리 어플리케이션 프로토타입 개발

4.1 스마트폰에서 관리 가능한 PMIS 노무정보 데이터 분석

PMIS는 웹기반 시스템으로써 자료저장 및 자료공유, 공사 진행 상황보고 등 공사의 전반적인 정보를 효율적으로 관리하기 위하여 사용되어진다. 정보의 누락방지, 본사와 현장간의 의사소통 등을 위해 수많은 데이터들이 PMIS에서 관리되고 있다. 각 PMIS별로 공사의 유형, 공사의 규모 등에 따라 관리하는 정보들은 약간의 차이가 있지만 전반적으로 PMIS에서 관리되는 정보들을 분류하기 위해 기존문헌고찰과 실제 현장에서 관리되는 기능을 통해 노무정보 수집과 관련된 정보데이터를 정리하면 아래 [표 2]와 같다.

표 2. PMIS에서 관리되는 노무정보 항목 도출
*PMIS 요구 기능 이기석 (2009) 표 재구성

구분	관리 항목	연구자
노무관리	출역 집계, 근로자 관리, 인원투입현황, 신원정보, 비상연락	문정호 2003, 유영남 2002, 남규현 2001, 류원희 2004
안전관리	안전교육 관리, 안전비용, 안전조직, 재해예방대책, 건설안전 기준 확보, 안전계획서 작성, 안전점검지적	

스마트폰은 일반 PC나 노트북과 달리 3.3~5인치 정도의 한정된 액정크기와 UI를 제공한다. 또한 확실한 목적을 가지고 해당 작업을 짧은 시간 안에 끝내는 작업, 즉 복잡하고 오랫동안 해야 하는 작업보다 단순한 입력을 통해 짧은 시간 동안 사용자가 실시간으로 요구하는 정보조회 및 입력을 가능케 하는 용도로 사용되어진다(김태한 2010). 앞서 언급했듯이 웹기반 PMIS의 모든 정보를 스마트폰에서 관리하는 것은 불가능하며 현장이라는 옥외공간의 성격 및 스마트폰의 기능에 맞는 노무정보들을 정의하여 스마트폰 성격에 맞게 관리되어야 한다. 웹 PMIS 노무정보와 스마트폰성격 및 현장 성격을 나열하여 스마트폰에서 관리

되어야 할 항목들의 우선순위도출을 위해 현장인터뷰를 실시하였다. 현재 시범적으로 스마트폰을 현장에 지급하여 App을 사용해본 경험이 있는 오산과 김포의 D산업 현장에서 5명의 직접적인 인력 및 안전관련 업무를 수행하고 있는 대리 및 기사급 관리자를 대상으로 인터뷰를 실시하여 스마트폰의 특성을 반영하여 관리되어야 할 항목들의 우선순위 도출 및 정보들을 정의하였다. 5명의 응답자 중 3명 이상의 응답항목은 √ 표시를, 2명 이하의 응답 항목에는 공란으로 표기하였으며 아래 [표 3]은 스마트폰의 최대 장점인 실시간을 요구하는 정보항목들을 토대로 조회업무와 입력업무를 분류하고 옥외 공간인 현장에서 필요로 하는 정보 빈도와 스마트폰을 활용하기 위한 특성을 반영하였다.

표 3. 스마트폰에서 관리되어야 할 노무정보 우선순위 도출

구분	스마트폰 특성 관리 항목	조회		입력		실시간	우선순위도출
		열람빈도	UI 편의성	수기빈도	단순입력가능		
노무관리	출역 집계	√	√			√	3
	근로자 관리		√			√	4
	인원 투입현황	√	√			√	3
	신원 정보		√			√	4
	비상연락	√	√			√	3
안전관리	안전교육	√			√	√	2
	안전비용						5
	안전조직						5
	재해예방 대책						5
	건설안전기준 확보						5
	안전계획서 작성						5
	안전점검지적	√		√	√	√	1

분석결과 크게 노무관리는 조회기능, 안전관리는 조회, 입력 기능 모두 필요한 것으로 나타났다. 또한 우선순위 도출 결과를 보면 현장에서 빈번히 일어나는 노무자의 안전위반 사항을 지적 후 입력하기 위한 안전점검지적 사항이 가장 우선순위로 개발되어야 할 항목으로 나타났으며 노무자의 안전교육 의무화 및 의식 고취를 위한 안전교육 조회 기능이 2순위, 출역집계, 인원투입현황, 비상연락망 기능은 3순위, 근로자 관리와 신원정보 조회 기능은 4순위로 나타났다. 이에 현장의 스마트폰에서 관리되어야 하는 노무정보를 1에서 4순위까지를 항목들로 정의하여 실제 프로토타입 시스템에서 관리되는 정보로 활용하였다.

4.2 시스템 아키텍처

위에서 분석한 관리항목을 토대로 노무와 안전관리에서 사용하기에 우선적으로 요구되는 시스템 선정 및 원활한 데이터 조

회, 입력을 위한 체계가 도출되었다. 이 결과를 토대로 실제 시스템을 개발하기 위한 시스템 설계를 진행하였으며 시스템 아키텍처는 아래 [그림 6]과 같다.

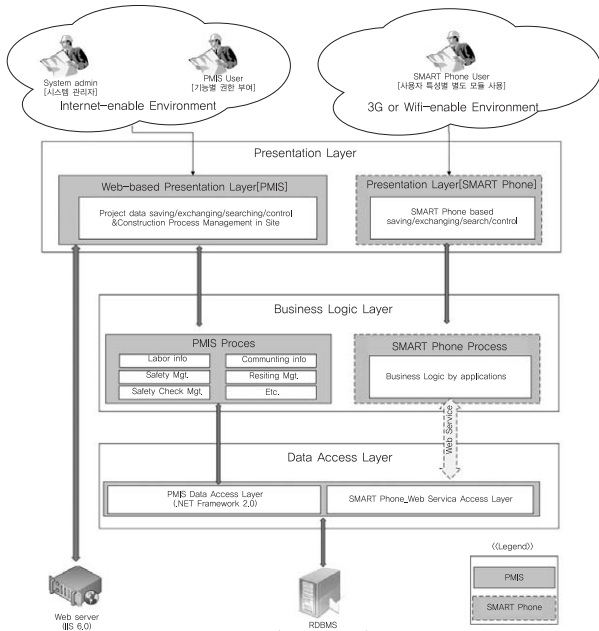


그림 6. 통합노무정보관리 구축을 위한 시스템 아키텍처

개발 시스템은 현장특성, 관리항목, 스마트폰의 특성을 반영한 처리 프로세스 및 화면을 포함하고 있으며, web service를 통해 기존 PMIS와 연동되는 구조로 설계되었다. 본 시스템에 사용되는 DB는 PMIS의 DB를 공유하게 되며, PMIS와 스마트폰의 데이터 교환은 web service(XML 형식)를 활용한 구조를 가지고 있다. 스마트폰 어플리케이션 개발은 iPhone Application의 개발환경으로 Mac OS X 10.6 version을 사용했으며 개발 toolkit으로 Xcode 3.2.3와 iPhone 전용 SDK인 iOS SDK 4.2를 사용하였다.

4.3 기능도 정의 및 시스템 기능별 사용자 인터페이스 (User Interface)

4.1을 통해 도출된 우선순위항목을 관리하기 위한 시스템 기능을 정의하였다. 조작의 번거로움으로 인한 입력 및 조회의 어려움을 줄이고 관리업무를 하기 위해 해당 정보에 접근하는 절차의 간소화를 목적으로 사용자의 편의성을 극대화 시켰다. 먼저 업무를 위해 PMIS접속을 위한 로그인 단계에서 한 번의 입력으로 해당 프로젝트와 연동이 가능하도록 자동 로그인 기능을 구현하였으며 단독 프로젝트가 아닌 당해 회사의 타 프로젝트 관리가 가능하도록 프로젝트 선택 기능도 정의 되었다. 또한 노무와 안전관리를 하기위한 접근 방법으로 각 모듈을 직접 사용

자가 조작을 통해 접근하는 방식과 QR-코드를 스캔하여 조작 없이 해당 정보에 접근하는 방식을 구현하여 기존의 관리방식과의 차별화를 두었다. QR-코드를 활용한 접근방식은 기존의 노무자를 조회하고 해당 노무자를 선택 후 정보를 입력 및 조회하는 과정에서 노무자 조회 및 선택의 절차를 생략하여 직접 해당 노무자 정보를 불러들여와 신속한 정보관리의 장점을 갖고 있다. 아래 [그림 7]은 시스템 기능도를 나타내며 어렵게 표시된 부분이 QR-코드를 스캔하여 관리할 수 있는 정보들을 나타내고 있다.

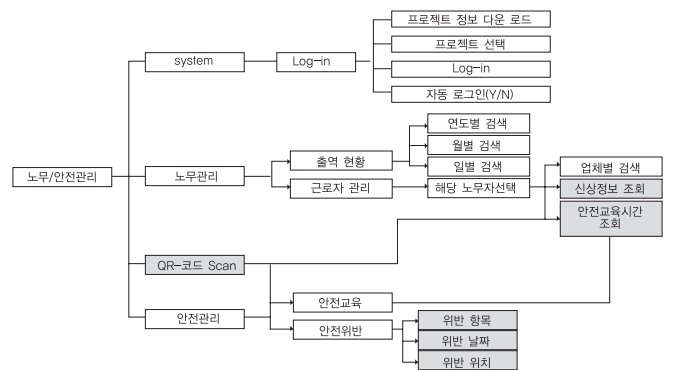


그림 7. 통합노무정보관리 시스템 기능도

제한된 화면크기와 입력문자의 한계를 고려, 사용자 조작의 용이성을 위한 시스템 UI를 설계하였으며 아래 [그림 8]은 본 연구에서 개발한 통합노무정보관리 어플리케이션의 실제시스템 중 주요한 관리부분의 UI를 보여주고 있다.



그림 8. 통합노무정보관리 시스템 UI 구성

한 화면에 담을 수 있는 정보의 한계와 이해도를 높이기 위한 방안으로 화면의 메뉴를 최소화 하여 앞서 분석된 기능도 정의에 의한 하이얼라키에 의해 설계하였으며 QR-코드를 관리메뉴

와 별도인 Quick Menu로 구분하여 노무자의 QR-코드를 필요할 때마다 조회하여 손쉽게 해당 정보로 접근이 가능하도록 구현했다. 또한 옥외 공간인 현장의 여건에서 장문의 텍스트 입력은 불가능하므로 피커를 이용해 작성시간 최소화 및 조작의 편의를 도모했다.

5. 통합노무관리 어플리케이션 프로토타입 현장 테스트 및 효과 검증

5.1 테스트 개요 및 시나리오

개발된 통합노무정보관리 어플리케이션을 현장에 직접 적용하여 기존관리 방식과 비교를 통한 프로세스 단축효과와 작업 시간감소 효과를 검증하기 위해 현장테스트를 진행하였다. 테스트 장소는 경기도 김포에 위치한 D산업의 아파트 공사 현장이며 현재 골조공사가 진행 중이다. 본 테스트 현장은 관리자 한 명당 담당 공중에 해당하는 협력업체를 평균 2개 업체를 관리하고 있었으며 관리자 1명의 하루관리프로세스를 테스트 주제로 하여 아침 출역인원 체크를 시작으로 현장순회, 일과 후 일일 업무 보고서 작성까지의 하루 전체일과 중 노무정보관리에 해당하는 정보에 대해 As-Is분석과 본 연구에서 제시한 To-Be모델을 적용하여 효과를 검증했다. [그림 9, 10, 11]은 본 테스트의 카드 발급, 노무관리, 안전관리 단계의 시나리오 및 실제 스마트폰과 웹 PMIS의 UI를 나타낸 그림이다.

기존의 PMIS를 통한 RFID 신규근로자 등록 절차에 RFID No.를 활용해 QR-코드를 생성할 수 있다. Label지에 QR-코드를 프린트 한 후 RFID카드에 접촉시켜 관리자는 노무자에게 RFID+QR-코드 카드를 지급하게 된다.



그림 10. 출역현황 관리 단계 (노무관리)

웹 PMIS로 전송된 출역 정보는 스마트폰과 실시간 출역정보를 공유하게 된다. 공사일보, 각 업체 노무자의 단기, 상시 여부 및 인원 수, 소계 등을 조회할 수 있다. 이에 관리자는 자신이 관리하는 해당 업체의 정확한 출역인원을 확인할 수 있으며 기성지급과도 연계된 인원관리에서 투명성을 제고시킨다.



그림 9. RFID+QR-코드 노무자 발급단계



그림 11-1. 안전지적 단계 (안전관리)

또한 신상정보 확인 기능을 통해 현장에서 요구되는 정보들을 공유함으로써 신규근로자 관리, 관리대상 근로자 등을 파악할 수 있다. 관리자는 현장 순회 도중 안전모를 쓰지 않고 작업을 하는 노무자를 발견하게 되고 안전보호구 미착용, 안전그네 미체결 등 노무자가 안전위반 행동사항을 구두 경고에서 그치지 않고 카드 제시를 요구하여 위반 노무자의 QR-코드를 스마트폰으로 인식한다. 1번 화면은 실제 개발된 어플리케이션을 통하여 QR-코드를 인식하는 장면이며 2번 화면을 통해 위반빈도가 높은 항목들을 피커항목으로 정의하여 손쉽게 입력 할 수 있다. 날짜, 유형, 특이사항 등의 정보를 입력하면 실시간으로 웹 PMIS로 전송된다.

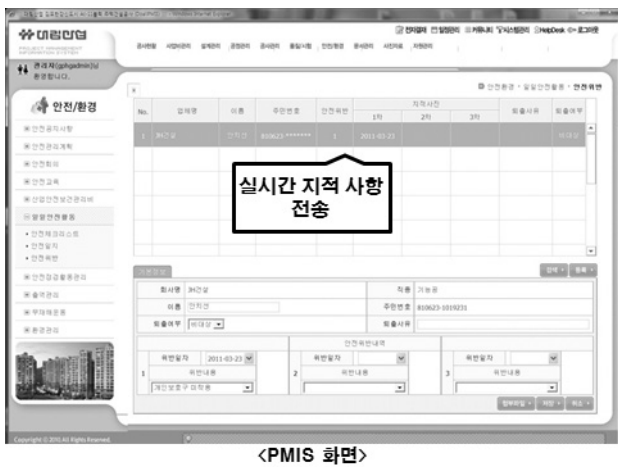


그림 11-2. 안전지적 단계 (안전관리)

위 그림은 스마트폰으로부터 실시간으로 전송된 웹 PMIS화면을 보여준다. 실시간 전송으로 인하여 기존의 구두 경고에 그치거나 현장수첩에 메모 후 PC를 통해 웹에 올렸던 2중 작업의 절차를 간소화 할 수 있다.

5.2 통합노무관리 시스템의 안전/노무관리 업무 효율성 분석

본 연구에서 개발한 프로토타입 어플리케이션을 현장 테스트를 통하여 효과분석을 실시하였으며 크게 첫째, 기존 프로세스 대비 프로세스 절차의 간소화를 Process Chart기법을 통해 개선프로세스를 분석하였으며 둘째, 개선된 프로세스를 기반으로 타임 스테디를 통한 업무처리시간 단축효과를 분석하였다.

5.2.1 업무 개선프로세스 분석

본 연구에서 제안한 RFID와 QR-코드를 활용한 통합노무정보관리 프로세스의 단축효과를 분석하기 위하여 건설현장에서 노무정보를 직접 관리하는 기사 혹은 대리 급 관리자의 시점에서 업무흐름을 시간, 비용, 노력 등을 절감할 수 있는 기회를 분

석하는 Process Chart방법론을 활용하여 기존 수기위주의 노무정보관리 프로세스와 RFID기반 노무정보관리, RFID+QR-코드 기반 노무정보관리를 비교 분석하였다. 아래 그림 [그림 12]는 Process Chart로 도식화한 것이다.

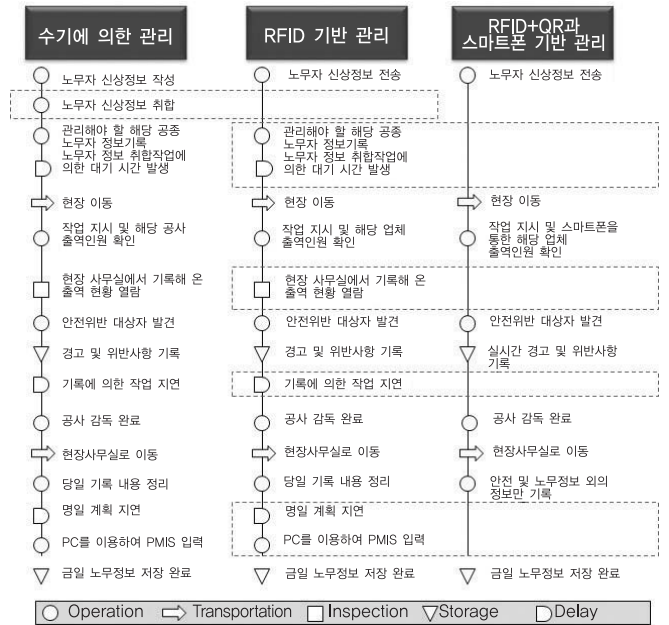


그림 12. Process Chart 기법을 적용한 기대효과 분석

기존의 수기에 의존하여 관리되던 당일 노무자 출역정보를 RFID에 의해 PMIS로 실시간 전송됨에 따라 취합 및 작성의 업무가 생략되는 효과를 보고 있었다. 하지만 출역정보 외의 업무 프로세스는 동일하게 진행되고 있는 것을 알 수 있다. RFID+QR-코드와 스마트폰기반 노무정보관리는 기존의 RFID만 활용했던 노무정보관리에 비해 시간의 단축, 노력의 감소 등의 효과를 기대할 수 있다. 첫째, 당일 출역정보를 PMIS를 통해 확인 후 관리자 수첩에 수기하는 작업노력이 생략된다. 스마트폰을 통하여 PMIS와 연동을 통한 정보 조회가 가능하기 때문이다. 둘째, 노무자들의 인적사항, 안전사항 관리를 위해 현장으로 이동 후에도 해당 공종의 작업자 인원 조회, 신상조회 등을 기록해 온 수첩에 의존하지 않고 관리자가 정보를 알고 싶을 때마다 실시간으로 스마트폰으로 조회 할 수 있다. 셋째, 안전 위반 노무자 발견 시 기존의 경고수준에서 그치지 않고 각 노무자가 소지하고 있는 QR-코드를 통해 위반사항을 입력하므로 안전의식 고취와 수기의 과정이 생략되므로 2중 작업 최소화할 이룰 수 있다. 넷째, 현장에 돌아와 당일 안전 지적사항, 노무특이사항 등 PC에 의해 PMIS로 입력하는 추가 작업을 생략함으로써 시간과 노력의 절약으로 명일 공사계획 시 불필요하게 소요되는 낭비시간을 줄일 수 있다.

5.2.2 업무 처리시간 분석 효과 검증

통합노무정보 관리프로세스는 총 4단계 절차 발급, 조회, 전송, 관리단계로 정의되며 노무자 한 명에 해당하는 정보조회 및 입력을 기준으로 각 단계별 업무를 완수하는데 소요되는 시간을 분석하여 기존 프로세스와의 비교를 실시하였다. 테스트 결과 값은 아래 [표 4]와 같다.

발급단계의 경우 신규근로자의 안전교육과 함께 진행되는 RFID카드 지급을 위한 PMIS접속 및 신상정보 등록 등의 업무 시간은 동일하게 진행되며 QR-코드 활용을 위한 생성 및 프린트 후 부착까지의 시간이 추가되어 기존의 프로세스 대비 40초의 초과 시간이 발생하는 것으로 나타났다. RFID+QR코드 카드를 지급 후 RFID에 의해 입력된 노무자의 출역 정보를 PMIS에서 조회할 수 있으며 기존의 현장 금일 출역인원 및 담당업체 출역인원 상황을 확인하기 위해 각 항목들을 조회하고 필요 시 수첩에 기록하는 업무에 135초를 소요하고 있었으나 To-Be모델에서는 추가업무를 생략할 수 있으며 현장 이동 후 현장 순회 시 필요할 때마다 필요한 업체정보는 25초, 노무정보는 20초를 단축시킨다. 스마트폰으로 실시간 조회를 가능케 하여 기존 프로세스 대비 조회단계에서 총 180초의 시간을 절약할 수 있다. 노무자의 안전위반 사항을 지적하기 위해 노무자 주위지시 후 현장수첩에 지적사항을 기록하는 기존의 방식대비 QR-코드 인식 후 스마트폰을 통한 실시간 지적정보를 입력함으로써 14초의 시간이 단축된다. 현장에서 수집된 정보를 현장사무실로 이동하여 입력을 위한 자료 찾기, 정리 등에 60초 정도 소요되며 PMIS접속 후 입력까지 30초의 시간이 추가 소요된다. 하지만 개선된 프로세스는 자료의 정리 및 입력의 절차를 생략하여 종전의 현장에서 전송한 정보들을 PMIS상에서 정보의 유무확인 및 수정을 필요 시 정보수정 절차만 거치면 되므로 85초의 시간절약효과를 볼 수 있었다.

발급단계에서 기존 프로세스 대비 QR-코드를 추가 생성함으로써 출력 및 부착에 의해 발생하는 추가시간 40초가 발생하여 지연되지만 조회, 전송, 관리 단계에서 279초를 절감함으로써 최종 239초를 절감한다. 이는 기존대비 20.6%의 시간단축효과를 나타낸다. 특히 관리단계에서 가장 높은 70.8%의 시간단축 효과가 있었으며 이는 PMIS에 별도의 정보 정리 및 입력의 과정이 생략되어 프로세스 단축 및 업무시간단축의 효과를 보여주는 것이다.

6. 결론

본 연구는 건설현장의 노무자측면에서 관리될 수 있는 노무 및 안전에 관한 정보들을 통합적으로 관리하기 위한 방안으로 기존의 출역관리 위주로 사용되던 RFID에 QR-코드를 활용하여 스마트폰을 소지한 관리자라면 현장과 현장사무실의 장소에 구애받지 않고 실시간 정보의 입력 및 전송을 가능케 함으로써 관리 및 감독할 수 있는 프로세스 제안, 프로토타입 시스템을 개발 및 현장테스트를 통해 기존대비 프로세스의 단축 및 작업시간 단축의 효과를 검증하였다.

통합노무정보관리 프로세스를 4단계, 발급-조회-전송-관리 단계로 정의하였으며 각 단계별로 효과를 검증한 결과 발급단계에서 QR-코드를 생성할 때 생기는 추가시간이 발생하지만 전체적인 업무시간을 분석하면 기존대비 20.6%의 업무단축효과를 검증하였으며 특히 관리단계에서 70%의 높은 효과가 있다.

이러한 결과는 RFID+QR코드 기반 스마트폰을 활용한 새로운 관리방법의 도입이 단순히 정보 수집 및 기록의 자동화에만 영향을 미치는 것이 아니라 협업에 활용할 경우 보다 정확하고 낭비되는 시간 없이 노무정보를 관리하게 됨을 보여준다.

따라서 본 연구에서 제안한 통합노무정보관리 프로세스의 적용은 건설 현장에서 발생하는 노무정보에 관련된 많은 정보를 관리하는데 있어 정보의 2중작업 최소화 및 정보관리의 용이성, 정보의 누락방지 등의 효과가 있다고 볼 수 있다.

끝으로, 본 연구에서 개발된 프로토타입 시스템을 현장에 적용하여 시스템의 구현, 프로세스 단축, 시간단축효과를 검증했지만 현장의 스마트폰 보급률의 저조함과 관리자의 사용미숙으로 인한 시스템 사용성 및 만족도조사 검증에 한계가 있다. 향후 관리자 교육 및 시스템 보급을 통해 현장 적용성 검토의 추가연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 지식경제 기술혁신사업(A1350-1002-0086)의 연구결과로 수행되었음.

이 논문은 국토해양부의 u-City 석박사 과정 지원사업으로 지원되었습니다.

참고문헌

- 구중억 (2010). “국내 도서관에서 바코드와 RFID를 이용한 모바일 서비스 증진에 관한 연구.” 한국문헌정보학회지, Vol.44, 한국문헌정보학회, pp. 309~331.
- 김남도 (2010). “PMIS에서 RFID를 활용한 안전관리 기대효과에 관한 연구.” 부경대학교 석사학위논문.
- 김보현 (2010). “효율적인 노무관리를 위한 RFID 리더기에 관한 연구.” 목포대학교 석사학위논문.
- 김태한 (2010). “스마트폰 시대의 사용자 환경.” 정보과학회지, 제28권 제5호, 한국정보과학회, pp. 27~31.
- 박소현, 송정화, 오건수 (2008). “RFID를 적용한 건설정보관리 기준체계방안 기초 연구.” 인포디자인이슈 통권 제13호, 한국인포디자인학회, pp. 53~62.
- 박창욱, 윤석현 (2008). “RFID를 이용한 인력관리의 문제점과 해결방안.” 대한건축학회지회연합회 학술발표대회논문집, n.2008 v.01, 대한건축학회, pp. 459~464.
- 서진현, 최상용, 신태홍, 김태학, 김예상 (2009). “Process Chart기법을 활용한 모바일 기술과 유비쿼터스 기술의 건설 CALS 적용 성과측정 방안.” 대한건축학회 2009년도 학술발표대회 논문집 구조계 제29권 제1호, 대한건축학회, pp. 693~696.
- 안홍섭 (2005). “건설공사 안전관리체계 개선 방안.” 대한건축학회지, 제21권 제9호 통권 제203호, 대한건축학회, pp. 137~144.
- 오세욱, 김영석, 이준복, 김한수 (2004). “PDA 및 바코드 기술을 이용한 건설 노무정보의 수집 및 활용.” 한국건설관리학회지, 제5권 제5호 통권 제21호, 한국건설관리학회, pp. 65~75.
- 오정연 (2008). “일본의 M-QR코드 활용현황 및 시사점.” IT정책시리즈 제10호, 한국정보사회진흥원 정책개발팀
- 윤수원 (2007). “RFID 기반 커튼월 공사 물류 및 진도 통합 관리 시스템.” 성균관대학교 박사학위논문.
- 이기석, 송영웅, 최윤기 (2009). “CM 업무를 지원하기 위한 PMIS 기능 도출.” 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 한국건설관리학회, pp. 146~150.
- 이기한, 김용수 (2001). “건설현장 안전관리체계에 관한 관리자 및 근로자의 인식조사에 관한 연구.” 대한건축학회 학술발표대회 논문집(구조계), 제21권 제1호, 대한건축학회, pp. 441~444.
- 이재현, 박광호, 윤석현, 백준홍 (2006). “RFID/USN 기술을 이용한 건설재해 저감방안에 관한 연구.” 대한건축학회 2006년도 학술발표대회 논문집(구조계), 제26권 제1호, 대한건축학회, pp. 605~608.
- 이현철, 여상구, 고성석 (2009). “건설근로자 안전의식 분석을 통한 안전관리 개선에 관한 연구.” 한국건축시공학회지, 제9권 제3호, 한국건축시공학회, pp. 51~58.
- 장상혁, 송낙현, 이찬식 (2007). “RFID 기술의 국내적용 실태.” 한국건설관리학회 2007년도 정기학술발표대회 논문집 2007, 한국건설관리학회, pp. 819~823.
- 조현욱, 박종현, 이찬식 (2005). “RFID기술에 대한 인식도 및 문제점분석.” 전국 대학생 학술발표대회 논문집, 한국건설관리학회, pp. 19~22.
- 진상운 (1998). “건설정보의 공통적 요소를 이용한 통합 건설관리 기반모델 구축.” 대한건축학회 논문집(구조계), 제14권 10호, 대한건축학회, pp. 95~104.
- 최윤길, 황경훈, 이문규, 김성아, 윤수원, 진상운 (2010). “효율적인 건설현장 정보수집 및 기록을 위한 정보센서 적용 방안.” 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 한국건설관리학회, pp. 105~106.
- 최철호 (2004). “건설분야에서의 RFID 시스템 활용사례 및 발전 방향.” 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 제5회, 한국건설관리학회, pp. 145~152.
- 하용호 (2002). “IT기반의 건설노무관리시스템 개발에 관한 연구.” 인하대학교 석사학위논문.
- 한재구, 권순욱, 조문영 (2007). “RFID기술을 활용한 건설현장의 노무관리시스템 프로토타입구축.” 한국건설관리학회 2007년도 정기학술발표대회 논문집, 한국건설관리학회, pp. 853~858.
- Sarah Bowdena, Alex Dorra, Tony Thorpeb, Chimay Anumba (2006). “Mobile ICT support for construction process improvement.” Automation in Construction, Volume 15 Issue 5, pp. 664~676.
- Kwang-Pyo Lee, Hyun-Soo Lee, Moonseo Park (2011). “CONSTRUCTION MATERIAL MANAGEMENT USING SMART MOBILE COMPUTING.” 국제건설관리학술대회, Program & Proceedings, v.4, 한국건설관리학회, pp. 229~236.
- Murat Ali Bayir, Murat Demirbas, Ahmet Cosar (2010). “AWeb-Based Personalized Mobility Service for Smartphone Applications.” The Computer Journal
- Ronie Navona, Eytan Goldschmidt (2002). “Monitoring labor inputs: automated-data-collection model and

- enabling technologies.” *Automation in Construction*, Volume 12, Issue 2, pp. 185~199.
- Ung-Kyun Leea, Joo-Heon Kima, Hunhee Cho, Kyung-In Kang (2009). “Development of a mobile safety monitoring system for construction sites.” *Automation in Construction*, Volume 18, Issue 3, pp. 258~264.
- Weiwei Wua, Huanjia Yang, David A.S. Chew, Shuang-hua Yang, Alistair G.F. Gibbd, Qiming Lia (2010). “Towards an autonomous real-time tracking system of near-miss accidents on construction sites.” *Automation in Construction*, Volume 19, Issue 2, pp. 134~141.

논문제출일: 2011.04.15

논문심사일: 2011.04.22

심사완료일: 2011.05.25

Abstract

It is very important to collect and manage labor information in the construction industry that is labor-intensive. Although research and cases that utilize RFID are increasing for more effective labor management, labor management is limited to the checking-in and -out information management at the entrance of a construction site due to high expense of an RFID reader. Labor and safety information is still managed based on the redundant process that is hand-written in a book and re-input of information by using a personnel-computer. Therefore, the objective of this paper is to develop more effective and efficient process for labor information record and management. This paper presents a prototype application that supports integrated labor information management by incorporating QR-code into RFID-based labor management system and verifies the application through a pilot test and comparison with the existing labor management system.

Keywords : *Information sensor, Labor management, smart phone, U-Construction*
