건설분야에서의 RFID 시스템 활용사례 및 발전방향

A case study and future directions of Radio Frequence IDentification system in A/E/C industry

최 철 호*○
Choi, Cheolho

요 약

최근 물류 및 유통분야에서 혁명을 불러일으킬 것으로 예견되고 있는 RFID시스템이 국내의 건설산업 환경에도 큰 영향을 끼칠 것으로 예상되고 있다. 이미 4 ~ 5년 전부터 국내 대형프로젝트에 바코드시스템을 활용한 노무인력관리 및 주요자재의 물류관리에 활용된바 있으나 바코드시스템이 갖고 있는 한계성으로 인해 건설현장에 그다지 성공적으로 정착하지 못하였다. 이를 극복하기 위한 한 방법으로 RFID시스템을 건설현장에 적합하게 개발 및 시범적용 해보았으며 본 연구를 통해 건설현장에 RFID시스템을 어떻게 적용을 하였고 어떠한 성과를 거두었는지에 대해 조사해 보았고, 향후 이러한 RFID시스템을 통해 적용 및 발전 가능한 방향에 대해 제시해 보았다.

키워드: RFID, 노무인력관리, 물류관리(SCM), 진도관리(4D), 적시생산(JIT)

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 도시의 고밀도에 따른 공간의 효율적 이용 및 대규모 사무공간 확보 등을 위해 수행되는 도심지 대규모 건설공사의 추세에 맞추어 선진화된 관리기법을 적용할 필요성이 대두되고 있다.

도심지에서 주로 수행되는 대규모 건설공사의 특성상 주변 교통에 큰 영향을 받기 때문에 공정 지연 및 공백 없이 요구되는 품질로 공사를 수행하기 위해서는 실시간 건설자재 및 노무인력의 관리가 중요하다. 건축 현장 내에서도 자재의 운반, 저장, 제작 및 설치 등 작업이 세분화되고 복잡하여 작업 진행에 따른 변동사항이 수시로 발생하고 작업간 간섭으로 시공효율의 저하를 초래한다. 한정된 공간을 효율적으로 이용하고 현 진행상황에 적합한 건설 공정의 예측 및 계획을 수립하기 위해서는 자원의 추적 및 관리를 위한 시스템이 요구되며, 그 일환으로 바코드(barcode)를 이용한 관리기법이 적용되었으나, 인식범위와 저장용량 제한 등의 기술적인 한계로 현장 적용성에 문제가 드러났다.

이를 위한 개선방안으로 현재 타 분야에 적용되고 있는 무선인식(RFID Radio Frequency Identification) 기술을 건설 산업에 도입 및 적용하여 건설 자원의 효율적인 관리 수단을 제공할 필요가 있으며, 각각의 관리 도구를 공사관리시스템과의 연계 및 통합시키는 노력이 필요하였다.

현재 RFID 기술의 응용분야로는 운수, 유통, 의료, 학교, 시설 등 각종 관리 및 검수 도구로서 모든 산업에 활용되고 있다. 특히, 유통에서는 물류 즉, 팔레트(pallet), 케이스(case), 각각의 상품 아이템(item)에 RFID 기술을 적용하여 물류상의 데이터 수집이 정확해지고, 이에 따른 생산계획 수립, 물류창고 관리, 상품진열대 관리의 효율성 증대를 가져오고 있다. 국내에서도 본격적으로 저주파 RFID기술이 지하철이나 출입문 시스템, 도서관 등에 도입되면서 관련 기술 개발 및 논의가 활발해지고 있으며, 정보통신부는 최근 RFID 관련 산업을 육성하기 위해 곧 900㎒대역 신규 주파수 확보, 기술표준 제정, 연구지원, RFID센터 설립 및 산업협의회 구성 등에 나설 계획이다.

국내 건설경기의 활성화 및 선진화를 위한 일환으로 건설공사관리체계의 선진화는 필수적인 요소이다. 또한, 미국과 같은 선진국의 관리체계를 답습하는 것만으로는 그 한계를 극복할 수가 없기 때문에 최적화되고 유연한 건설공사관리체계를 구축함으로써 국내 건설업의 체질을 개선하고 관리기술을 한 단계 끌어올릴 필요성이 있다. 따라서 현재 각 분야에서 연구가 활발히 진행되고 있는 RFID 기술을 이용한 관리기술을 개발하여 건설산업 전반에 확대해 나갈 필요가 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

* 일반회원, (주)두올테크 대표이사

주택 생산체제의 효율화 방안 연구[1]에 따르면. 40개이상으로 이루어진 세부공종간의 유기적 커뮤니케이션이 어려우며, 전속적 고용관계가 성립하지 않는 근로자에 대한 지속적 노무관리도 어렵다. 또한 생산과정에서 생성되는 각종 비용과 품질 등에 대한 정보가 분산 관리되고 사업이 종료되면 이러한 정보도 함께 소멸되는 경우가 많아, 생산과정의 지속적인 효율성 향상을 기대하기 어렵다. 그리고 주택공사의 2001년도 주택건설사업이 공사비 내역을 분석해보면 재료비가 전체아파트 공사비의 44.5%를 차지하여 가장 큰 비중을 차지하고 있고, 노무비가 37.1%를 차지하고 있다.

또한 아파트 건설 10대 소요자재 중 레미콘이 전체 자재 구성비의 27.6%, 철근이 18.9%로 그 다음을 차지하고 있다. 그중 레미콘은 최근 초고층화 되고 있는 주상복합공사의 콘크리트 고품질 확보를 위해 레미콘 발주에서부터 현장 타설에 이르기까지 레미콘차량의 대기시간을 최소화 할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 기존의 바코드 시스템을 크게 개선한 RFID 시스템이 건설공사의 노무인력관리 및 레미콘 물류관리에 어떻게 적용하였는지를 살펴보고, 이를 확대하여 주요 자재에 대한 물류관리 방안을 제시하고 3차원 CAD시스템을 활용한 진도관리에 적용할 수 있는 발전방향을 제시코자 한다.

2. RFID시스템의 필요성 및 적용사례

2.1 기존 방법에서의 문제점

1990년대 후반 보안관련 전자인식 시스템의 활발한 개발에 힘입어 현장의 노무인력관리업무 효율화를 위해 국내 대기업을 중심으로 지문인식 시스템, 홍채인식 시스템, 형상인식 시스템 등 다양한 시스템이 건설현장에 적용 및 운영되었다. 그러나 지문인식 시스템은 노무자의 20%정도가 지문이 인식되지 않을 정도로 건설노무자 지문의 마모 정도가 심하여 운영에 실패 하였고, 특정 형상을 인식하여 개체를 구분하는 형상 인식 시스템도 노무자의 손형상이 노무노동 강도 및 시간에 따라 다르게 나타나, 정밀도를 높이고 낮춤에 따라 오차 정도가 심해 현장적용에 성공적이 못하였다. 홍채인식이 개체를 구분하는데 있어서는 탁월한 성능을 발휘하였지만 홍채인식에 소요되는 시간 이 다소 필요하였고 장비가 비교적 고가인 관계로 역시 현장적용에 성공적이지 못하였다.

본격적으로 노무관리를 위해 전자인식 시스템이 활용된 것은 바코드 시스템이라 할 수 있다. 삼성물산 건설부문에서 도곡동 타워팰리스 프로젝트에 노무관리 및 레미콘 물류관리에 적용하여 큰 성공을 거두면서 삼성물산 건설부문 주택사업부 전체현장에 적용을 하기 시작하였고, 다른 건설사에서도 바코드 방식의 노무인원관리 시스템을 본격적으로 적용하기 시작하였다. 바코드 시스템은 운영 및 설치가 비교적 간단하여 많은 현장에서 채택하였으나 시간이 흐르면서 실내에서 운영하기에 적합한 바코드 시스템이 건설현장이라는 외부공간의 특수성으로 인해 많은 문제를 야기하였다.

바코드 시스템에서 주로 발생하였던 문제로는,

- 인식기(유리)에 약간의 오염물질이 묻어도 인식이 어려움
- 인식의 범위가 좁고 일직선 상태에서 데이터 인식이 가능하여 출근시간에 노무자 대기시간이 길어짐
- 출입증 발행이 불편함
- 발행된 바코드의 재사용이 불가능
- 잦은 고장(물리적 또는 사용자의 오류)으로 A/S를 위해 불필요한 현장방문

등이 발생하였다. 그러나 시스템에 대한 A/S에도 불구하고 문제발생으로 인한 현장방문통계를 살펴보면 현장방문의 80%가 사용자의 운영미숙으로 인한 잘못(전원조작, 건설 장비에 의한 랜선 단선, 프로그램 운영미숙 등)으로 발생하여 바코드 시스템을 정상적으로 운영하기 위한 유지보수 비용이 과다하게 발생하여 적극적으로 확대하는 데에는 성공적이지 못 하였다.

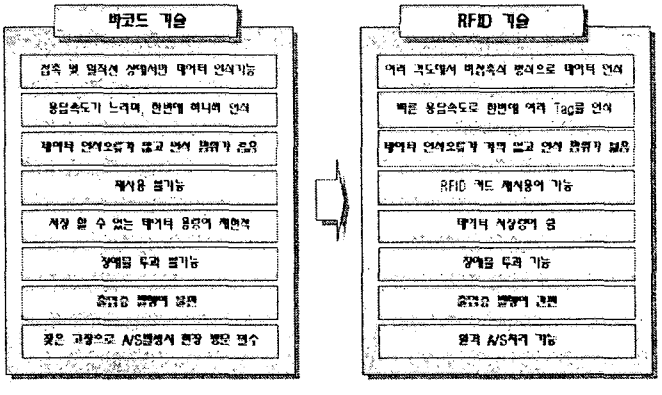


그림 1. 바코드 vs. RFID 기술 비교

2.3 RFID 시스템의 적용사례

2.3.1 국내외 적용효과사례

삼성건설에서 도곡동 타워팰리스 프로젝트에 바코드를 이용하여 노무 및 자재관리 시스템에서 얻은 직.간접 비용 효과는 약 41억원에 이르며, 공기도 1개월 정도 단축된 것으로 나타나고 있다. 즉 바코드 시스템보다 진보된 기술인 RFID시스템을 적용하여 관리할 경우 그 이상의 기대효과를 얻을 것으로 예상되었다.

항목	내 용	효과
직접	인건비절감-자재관리, 현장시공 관리 인력 콘크리트 타설 시간 단축 작업생산성 향상	약31억원
간접	공기단축(관조공사 1개월)으로 인한 장비비 절감	약10억원

Carnegie Mellon University에서 건축자재에 대한 RFID

1) 한국건설산업연구원, 2003.12, 주택 생산체계의 효율화 방안, 권오현

추적관리 시스템을 적용하여 생산성을 평가해 보았다. Tag의 총비용은 $178,000(7,120의 작업시간과 상응)이지만, 자재를 파악하기위해 소요되는 실제 작업시간을 절반으로 단축시킬 수 있었다. 즉, 5명(9,600시간)의 노무비용이 절감된 것으로 나타나고 있어 시스템 적용 비용을 상회하는 것으로 증명되었다.

또한, 연간자재 조달의 지연으로 발생되는 부가비용은 연간 $60,000(1개 제조업체 기준)으로 나타나고 있어 자재의 적시(JIT) 조달로 인한 추가 절감비용은 상당할 것으로 추정되었다.

Bechtel사와 Rohm&Haas사의 CII Pilot 프로젝트(2002년) 인 Red Hills 건설공사에서 파이프 서포트 및 행거의 위치파악 및 추적관리에 30%(100행거 당 159분)의 적업시간의 단축효과가 나타났다.

롬엔하스사가 RFID시스템을 적용한 결과 재고관리 및 재작업비용 절감과 자재의 추적 및 재고 관리의 개선을 가져온 것으로 나타났다.

작업내용	기존방식 (분)	RFID방식 (분)	총 절감시간 (분,%)
행거 100개 하역	107	107	0, 0%
행거 100개 검사	365	242	123, 34%
자재관리 시스템 입력	56	20	36, 64%
178,000	528	369	159, 30%

2.3.2 출역인원관리

건설현장의 여건에 적합하게 제작된 RFID 카드, 리더기/등록기, 제어기를 활용하여 그림2 와 같이 시스템을 구성하였다. 특히 온라인 제어기는 사용자의 부주의로 인해 발생하는 각종 A/S관련 사항을 온라인으로 시스템을 제어할 수 있도록 구성하여 불필요한 현장방문을 최소화 하도록 하였다. RFID로 구성된 노무인력관리 시스템은

- 현장에 투입된 공종별 노무인력을 실시간으로 관리
- 협력업체 외주관리업무의 효율화 및 상호 신뢰성 구축
- 직종의 다양화, 전문화에 따른 효율적인 인원관리 및 체계적인 노무 생산성 관리
- 각종 통계자료로의 활용 및 분석 (현장 정보화의 기초자료: 생산성 분석)
- 일용직 근로자의 고용보험관련법 적용으로 인한 노무관리업무의 전산화
- 우수전무 기능공을 체계적으로 관리하고 문제근로자를 현장 간 또는 회사 간 공유
- 국내외 전문기술 인력의 효과적인 관리 및 현황 파악
- 현장출입자의 효율적인 통제관리

등을 관리할 수 있도록 구성하였다..

현장에 RFID시스템에 의한 노무출력인원관리 시스템을 운영해본 결과 출력인원에 대한 많은 문제점이 노출되었다. 시스템의 정확성으로 인하여 출력한 노무인력이 정확히 파악되면서 작업일보상의 보고인원과 실 출력인원에 많은 차이가 나타났다. A현장의 경우 콘크리트작업에 작업일보상(외주계약상)에는 출력인원이 70명으로 보고 되고 있으나 실제로는 40명도 채 출력하고 있지 않음이 파악된 것이다. 공사감독자도 어느 정도의 차이는 있으리라 생각하였었지만, 이 정도까지 차이가 나리라고는 상상치 못하였었다. 이 경우 두 가지가 고려될 수 있다. 워낙 40명이면 될 수 있을 공정에 70명으로 계약을 잘 못하였거나 또는 70명이 투입되어야 할 공정에 40명밖에 투입을 안 하였기 때문에 나중에 공기에 문제가 발생할 수 있다는 것이다.

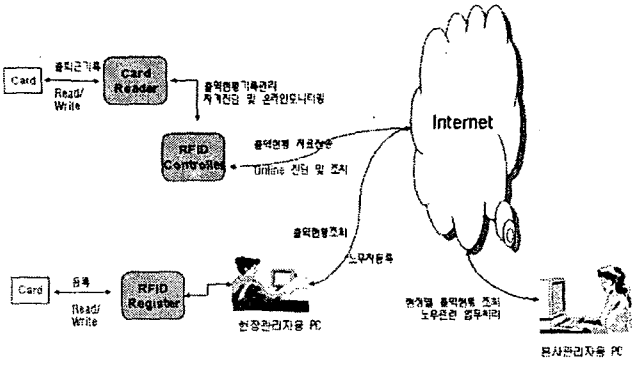


그림 2. RFID에 의한 노무관리 시스템 구성도

2001년 건설산업연구원[2]에서 조사한 자료에 의하면 콘크리트 타설작업시 국내에서의 인력투입이 미국에 비해 4.3배 더 투입된다고 조사된바 있다. 이러한 건설생산성에 대한 조사가 어느 정도 차이를 인정하더라도 크게 잘못 산출되고 있음을 알 수 있다. 현재로서는 각 공종별 공사종류별로 전문인력이 어느 정도 투입되고 있는지에 대한 정확한 자료가 만들어 질 수 없는 환경이고, 각 건설사 나아가서는 국가적으로 정확한 건설생산성을 파악하고, 실질임금이 지급될 수 있도록 하는 것만이 국가 경쟁력을 한 단계 높일 수 있을 것으로 판단되었다.

2.3.3 노무 안전관리

최근 들어 건설현장의 안전관리가 프로젝트진행에 가장 중요한 요소 중 하나로 자리 잡고 있다. IMF이후 건설현장의 관리직도 많은 부분에서 이동이 많아지고 더러는 계약직화 하면서 본사의 안전관리 운영지침이 효과적으로 현장에 전달되지 못하고, 노무인력 또한 외국인 근로자가 늘어나면서 이들에 대한 안전관리업무를 체계화할 필요성이 대두되었다. 이를 위한 효과적인 방법으로 안전관리업무의 전산화가 고려되었다.

현장안전관리업무를 보다 효율적으로 처리하고, 전반적인 안전관련 업무를 체계적으로 관리함으로써 현장의 안전사고를 현저히 줄이고 관리업무 생산성을 높일 수 있다. 시스템 구성은 그림 3과 같으며, RFID로 구성된 현장 안전관리 시스템은

2) 선진국과 비교한 국내 건설산업 생산성, 건설산업연구원, 조선일보 2001.3.3

- 협력업체에 대한 안전관리 및 안전교육활동을 강화하여 안전사고를 줄이고,
- 재직인원의 안전관리 규정 이행을 관리(안전위반사항, 안전교육기록 및 문제근로자를 관리)하고,
- 신규인원의 안전교육관리 및 각종 안전 교육인원을 실시간으로 관리하고,
- Mobile장비(PDA등)를 활용하여 안전관리 업무 효율을 높이고,
- 안전관리업무의 시스템화로 안전의식을 고취시킬 수 있도록 구성하였다.

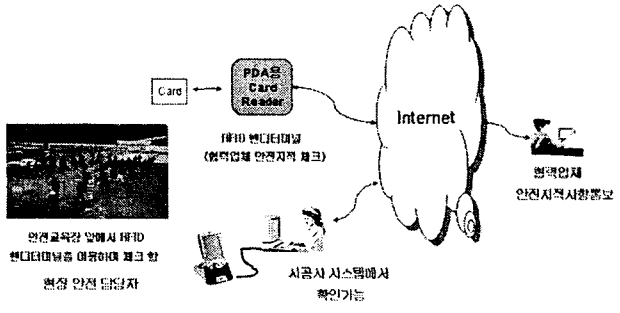


그림 3. RFID에 의한 안전관리 시스템 구성도

실제로 RFID시스템 및 웹카메라에 의한 안전감시관리활동을 하는 현장에서의 안전사고 발생건수가 그렇지 아니한 현장에 비해 안전사고율이 현저하게 줄어들고 있다고 하나 아직은 통계적으로 정확한 비교수치가 조사된 바는 없다. 앞으로 이는 조사해볼만한 과제라 할 수 있다.

2.3.4 레미콘 물류관리

대형 및 도심지 공사에서 공사의 공기를 줄이기 위해서는 건설자원의 관리를 어떻게 효과적으로 관리할 것인가가 공사의 성패를 좌우하고 있다. 실제로 주요자재에 대한 효과적인 자재관리가 공사공정의 Critical Path로 인식되고 있다.

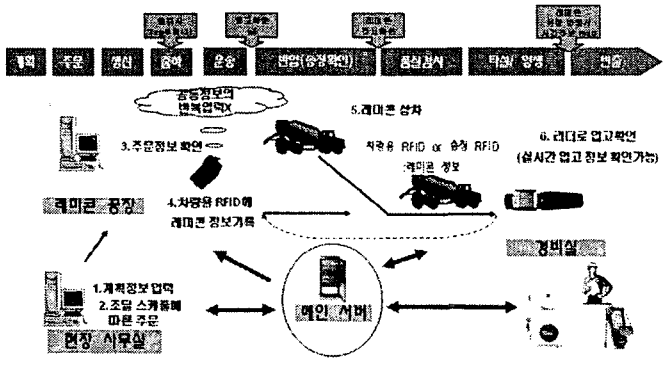


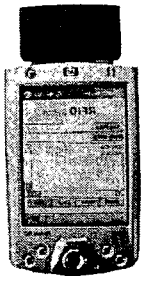
그림 4. RFID에 의한 레미콘물류관리 시스템 구성도

특히 레미콘의 경우 콘크리트 고품질 확보를 위해 레미콘 발주에서부터 현장 타설에 이르기까지 레미콘 차량의 대기시간을 최소화하여 공기를 단축하고 고품질을 확보함으로써 대형, 도심지공사를 수행하는데 있어 공사공정의 Critical Path로 인식되는 조달관리를 현장에서 보다 적극적으로 하기 위함이고 시스템 구성도는 다음 그림4와 같다.

특히 레미콘의 주문에서 현장 타설에 이르기까지 콘크리트의 품질에 지대한 영향을 끼치는 운반시간관리가 절대적으로 필요한 도심지 초대형 프로젝트에서는 필수적으로 나타났다.

3. RFID 시스템의 발전전망

3.1 철골 및 주요자재 물류관리



RFID시스템의 특성상 전자자기장이 형성되는 철골부재의 물류관리에는 다소 어려움이 따른다. 그러나 옆의 그림과 같이 이동용(handheld)타입의 RFID리더기 개발 및 철골에 부착하여 운영할 수 있는 Tag의 개발로 철골의 상하차 및 설치시 작업자가 진행과정을 수시로 체크 및 관리할 수 있어 주문 및 설치에 이르기까지의 물류 및 진도관리가 가능하다. 이를 단계적으로 분석해 보면 다음과 같다.

- 자재 견적 및 요구단계: 자재관리의 속성을 고려한 Tag정보 입력 사항 파악 및 시스템 설계
- 자재계약 및 출하단계: 시스템 상에서 자재 계약문서 작성 및 송장처리 등 문서관리 체계 마련
- 자재반입단계: 적정 주파수, 자재종류 및 크기를 고려해서 리더기 설계(리더기의 유형 및 Tag형태 결정)
- 자재검사 및 수령단계: 자재관리 담당자가 Tag 정보 스캔(Handheld 리더기)
- 자재 소운반 단계: 야적 위치에서 양중장비로 이동시, 야적장에서 반출된 자재 Tag정보 스캔, 재고관리를 위한 시스템 설계
- 자재적치 및 관리단계: 재고관리를 위한 적절한 리더 유니트 및 주파수 결정 및 다양한 자재중에서 판독을 요하는 자재 스캔방법 결정
- 자재 양중(목적층) 및 설치단계: 목적층에 리더기 설치 여부 및 형태 등의 결정

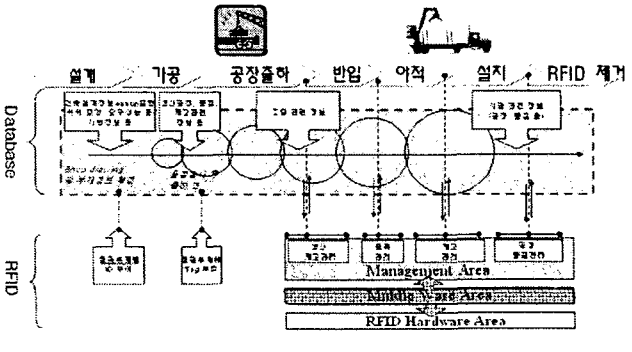


그림 5. 철골 및 주요자재물류관리 시스템 구성도

3.2 4D-RFID기반의 진도관리

건설공사관리에서 공사일정 계획은 다분히 수작업에 의하고 있으며, 품과 시간이 소요되는 작업들이다. 대다수의 건설현장에서 일정계획의 전산화를 위해 소프트웨어들을 사용하고 있으나, 설계변경시의 반복입력 작업과 2차원적인 그래픽에 의해 단순히 공정표를 제시하는데 그치고 있다. 이러한 점은 공정관리의 전산화에 장해요인이 되고 있으며, 기존 시스템들이 계획대비 실행공정표의 해석을 위해서는 사용자로 하여금 상당한 전문지식을 요하고 있는 점 또한 활용성을 저해하는 요인이 되고 있다.

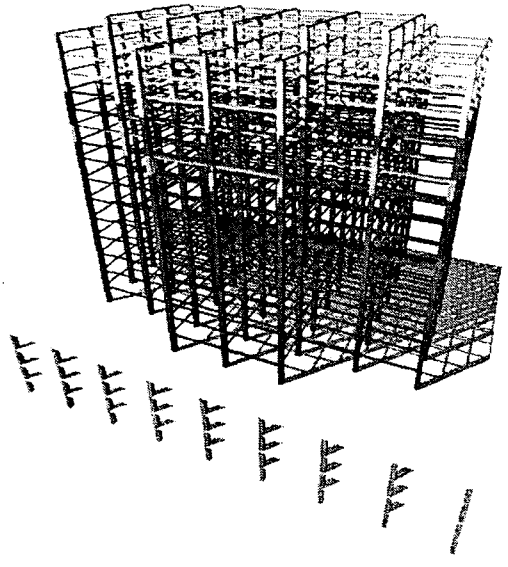


그림 6. 철골구조물의 4D-CAD 관리 사례

또한 공정표는 궁극적으로 설계자의 설계도면에 근거하여 작성되나 설계자의 설계의도 및 공사시설물내의 주요 부위별 완성상태에 대한 검증은 기존 시스템에서 불가능한 부분이다. 이러한 기존의 공정표 및 진도관리의 한계를 극복하기 위해여 기존의 3D-CAD모델에 일정(Time)을 연계한 4D기술의 개발 및 적용에 국내외적으로 많은 시도가 있었으나 시스템운영(실적관리 및 re-scheduling)에 필요한 인력의 추가 투입에 대한 부담 등으로 대규모 프로젝트의 시범 적용 외에는 이렇다할 성과를 거두지 못하고 있다. 그러나 RFID에의한 물류관리가 현장에 적극 도입되면, 그간 다분히 수작업에 의존하던 공사 실적 및 진도관리가 RFID에 의한 조달관리 시스템과 연동함으로써 진도관리를 위한 반복입력 작업을 최소화하여 업무의 효율은 물론 주요공정을 실시간으로 관리하여 현장의 위기극복 능력을 증대시킬 수 있다.

4. 결론

향후 몇 년간 물류 및 유통분야에 급성장 할 것으로 예상되는 RFID 시스템의 활용이 노무인력관리뿐 아니라 도심지 공사에서의 JIT 조달관리로 협소한 야적장 문제를 해결하고, 짧은 시간에 주요자재를 적기에 투입하기 위하여 자재반입시간의 분산이 필요하고, 주요자재에 대한 생산일정을 현장에서 적극적으로 관리하여 공기를 단축하는 등 도심지 공사를 수행하는데 있어 공사공정의 Critical Path로 인식되는 조달관리를 현장에서 더욱 적극적으로 하기위해 국내 건설분야에서도 널리 활용될 것으로 예상된다. 특히 국내에서도 RFID시스템의 국가적 보급촉진과 국제표준의 확산을 통한 유통물류산업의 경쟁력강화를 위해 유통물류분야의 핵심 국제표준으로서 국제적으로 가장 중요하게 인식하고 있는 860-930MHz UHF 대역 주파수를 국가표준으로 신속히 제정 및 확산 시킨다는 방침이어서 이를 활용한 국내 건설 물류 및 생산성향상에 관한 활발한 연구가 건설정보화에 크게 기여할 것으로 예견된다.

참고문헌

1. 권영빈, "RFID 국제 표준화 동향", 2004 RFID 국제심포지엄, 한국RFID협회
2. 김외곤, 이동렬, "디지털정보화를 통한 현장자원 및 정보관리 기술에 관한 연구(PRIMA시스템)", 한국건설관리학회 논문집, 제2권제1호, 2001.3
3. 프리마시스템, "인터넷을 이용한 현장 자원 및 정보관리 기술" 삼성물산 건설부문, 2000.12
4. 이현수, 송상훈, 김우영, "정보 분석을 통한 자재관리 프로세스 재설계", 대한건축학회논문집 구조계 18권11호(통권169호), 2002.11
5. 신봉수,김창덕,서상욱,임형철,최윤기, "건설공사의 적시생산(Just-In-Time)을 위한 양중시스템 개발", 한국건설관리학회 논문집, 제4권 제4호, 2003.12
6. 권오현, "주택 생산체계의 효율화 방안", 한국건설산업연구원, 2003.12
7. Martin Fischer and Calvin Kam, "PM 4D final report", CIFE technical report number 143, 2002.10, CIFE, Stanford University

Abstract

Barcode system has been used for many years in labors controling & ready mixed concrete supplement in A/E/C industry. However, it was not quite successful because of its limitations in the field. The use of RFID system is getting important in the real world. RFID system substituted for barcode system in labor controling & ready mixed concrete supplement and it showed its potentialities in other major materials supply logistics and its possibilities in progress management of 4D system. This research shows RFID system's case study and its future directions in A/E/C industry.

Keywords : RFID, JIT, SCM, 4D, Real-time tracking, wireless data transfer.