

USN 기술을 활용한 지능형 건설물류관리 프로세스

An Automated and Intelligent Process for Construction Supply Chain Management Utilizing Ubiquitous Technologies

이 우 재* 이 남 수** 윤 수 원*** 진 상 윤**** 권 순 욱***** 김 예 상*****
Lee, Woo-Jae Lee, Nam-Su Yoon, Su-Won Chin, Sang-yoon Kwon, Soon-Wook Kim, Yea-Sang

요 약

건설공사에서 건설자재에 대한 물류관리는 성공적인 프로젝트 수행에 결정적 역할을 한다. 그러므로 효율적인 물류관리를 위해서는 공사 참여 주체들 간의 원활한 의사소통을 지원하고 계획된 공사 일정에 따라 공장에서 생산된 자재를 현장의 유동적인 요인에 맞추어 적시 적소에 공급하기 위한 체계 개발이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 USN 기술을 이용한 지능형 장비를 통해 건설 자재가 생산되어 공사 현장에 설치되기까지 발생하는 생산·위치·품질·물류·시공 정보를 자동으로 수집·관리하고, 모든 공사 참여자들이 수집된 정보를 실시간으로 공유할 수 있도록 지원하는 건설물류관리 자동화 프로세스를 제안하였다.

키워드: 키워드 : 물류관리, 프로세스 개선, 유비쿼터스 기술, 지능형 장비, 건설물류관리 자동화 프로세스

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

성공적인 물류관리를 위해서는 계획된 공사 일정에 따라 생산된 자재를 현장의 유동적인 요인에 맞추어 적시 적소에 공급하여야 한다. 이를 위해서는 현황 정보를 실시간으로 수집하고, 수집된 정보를 바탕으로 문제를 분석하여, 이에 대한 해결방안을 반영할 필요가 있다.

하지만 현재 건설물류에서 발생하는 정보는 수작업으로 수집·관리되기 때문에 현장의 유동적인 자재관리 현황을 관리하기에는 소요 시간이 많이 걸리고, 정보 누락 등의 문

제가 발생한다. 또한 자재 생산 공장과 건설 현장의 공사 참여자 간 원활하지 못한 의사소통이나 실시간적인 정보공유의 어려움 때문에 효과적인 자재 수급이 어려워 과도한 관리비용이 발생하고 적시적소에 자재가 공급되지 못하는 문제가 발생하고 있다.

이와 같은 문제점을 개선하기 위하여 현재 건설업에서는 바코드와 RFID를 활용한 물류관리가 시도되고 있다. 그러나 바코드의 경우 공사 전 단계가 아닌 공장생산과 같은 일부 단계에서만 한정적으로 적용되기 때문에 자재 흐름 전 단계에서 발생하는 정보수집이 불가능하다는 한계를 가지고 있으며, 바코드 손상에 의해 판독이 되지 못할 경우 자재 정보의 누락이 발생할 수 있다. 또한 RFID 기술의 경우 철판이나 커튼월 등 몇몇 자재의 물류관리에서 적용되고 있으나, 현재 RFID기술만을 단독으로 적용하여 물류관리를 수행하기에는 자재 흐름의 정보를 공사참여자들이 실시간으로 파악하고 공유하는데 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 위와 같은 문제점을 해결하기 위한 방안으로 USN기술을 이용한 지능형 장비를 통해 건설 자재가 생산되어 공사 현장에 설치되기까지 발생하는 생산, 품질, 물류, 시공 정보를 자동으로 수집·관리하고, 모든 공사 참여자들이 수집된 정보를 실시간으로 공유할 수 있도록 지원하는 건설물류관리 자동화 프로세스를 제안하고자 한다.

* 일반회원, 성균관대학교 건설환경시스템공학과, 석사과정, plum80@skku.edu
** 일반회원, 성균관대학교 건설환경시스템공학과, 석사과정, hisoo17@skku.edu
*** 일반회원, 성균관대학교 건설환경시스템공학과, 박사과정
**** 종신회원, 성균관대학교 건축공학과 부교수(교신저자), 공학박사, schin@skku.ac.kr
***** 종신회원, 성균관대학교 건축공학과 조교수, 공학박사,
***** 종신회원, 성균관대학교 건축학과 교수, 공학박사,
건설핵심기술 연구개발사업 차세대 지능형 건설물류관리 자동화 체계 개발과제('06~'09) 연구결과의 일부임.
과제번호 06건설핵심D16

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 지능형 건설물류관리 프로세스 구축을 위하여, 먼저 기반 연구로 현행 건설 산업의 물류관리의 특징을 분석하여 문제점을 파악하였다. 다음으로 이렇게 파악된 문제점을 해결하기 위한 방안으로써 USN 기술 현황을 조사하여 기존 물류관리를 개선하기 위해 적용 가능한 기술 및 기술을 활용한 지능형 건설 물류관리 장비의 설계안을 도출하였다. 끝으로 도출된 설계안을 바탕으로 지능형 건설 물류관리 프로세스를 제안하였다.

2. 건설 산업의 물류관리 현황

지능형 건설물류관리 시스템의 효과적인 개발을 위해 기존 건설물류관리의 특징 및 관련 연구의 동향을 분석하여 문제점을 파악하였다.

2.1 기존 건설물류관리의 특징

건설 산업에서 물류관리는 주문생산, 다수의 공급업체와 소수의 사용자, 프로젝트별로 상이한 공급체계 등으로 인해 일반 제조업과 상이한 특징과 문제점을 안고 있다.

1) 주문 생산체계

건설 산업은 발주자의 주문 및 요구에 의해 프로젝트가 시작·조정·운영되는 특성을 가지고 있다. 이로 인해 공급체계의 조직화, 표준화 및 정보축적의 어려움을 발생시켜 생산체계의 효율화, 최적화 및 장기수급 계획 수립에 장애요인으로 작용하고 있다.

2) 다수의 공급체계, 소수의 사용자

건설 산업은 다수의 부품공급업체, 협력업체 등으로부터 특정 현장으로 물류가 집중되는 특성을 가지고 있다. 최종 소비자 및 현장의 요구에 적극적으로 대응할 수 있는 물류관리 시스템 수립이 필요하지만 공사 현장의 조건에 따라 동일 유형 및 설계의 공사인 경우에도 작업 여건이 다르고 공사과정에 변화가 심하기 때문에 획일적인 물류 관리가 어려우며, 투입 자재의 종류가 복잡하고 건설 공사의 불확실성 때문에 발생하는 긴급조달 등의 문제에 대처하기 위하여 물류의 현황을 신속·정확하게 파악할 필요가 있다.

3) 임시와 분절된 공급체계

건설 산업은 물류 프로세스를 구성하는 공급체계가 제조업과는 달리 프로젝트마다 구성원이 변하며 상호 의존적이기는 하나 각기 다른 계약조건 및 수행 절차에 따라 책임과 권한이 자주 변경되는 특성을 가지고 있다. 이로 인해 건설 산업의 물류관리분야의 경우 진행 각 단계에서 정보의 누락 및 오류가 발생하고 있다.

2.2 건설 물류관리 프로세스 개선 관련 연구 현황

앞서 언급한 건설 물류관리의 특성으로 인해 표 1과 같이 건설 산업의 특성에 적합한 건설 물류 프로세스의 효율화를 위한 다양한 시도 및 접근이 이루어져 왔다. 하지만 기존 연구의 경우 다양하고 복잡한 건설 물류의 실시간 정보 수집의 자동화 도구 개발 및 이를 근간으로 하는 물류관리 시스템 개발에 관한 내용은 바코드, 또는 RFID 등 일부 기술의 적용을 제외하고는 없는 상태이다. 또한 다양한 자재별로 상이한 프로세스를 포괄적으로 다룰 수 있는 물류관리 시스템의 정형화에 대한 연구는 전무한 실정이다.

표 1. 건설 물류 관리 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
	도주희 (1998)	건설통합관리를 위한 자원조달 측면에서의 건설 프로세스 규명	- 자재 조달 측면에서 건설 전반에 발생하는 정보의 활용성을 재고함으로써 통합관리의 방안을 제시
물류 관리 정보모델 제시	오명진 (2002)	IFC기반의 건축현장 자재 구매 관리모델 개발	- IFC (Industry Foundation Class)기반 객체 통합모델링 방법을 활용한 한국형 통합모델의 가능성 및 통합화의 새로운 안을 제시
	김성아 (2002)	웹기반 건축자재 모델 개발	- CAD와 인터넷 기반 자동화 시스템 모델개발과 프로토타입 제안을 통해 조달 시스템의 성과 예측과 통합적인 방법으로서의 자재조달 모델 제시
물류관리 시스템 개발	곽길종 (1998)	공업화 PC자재의 물류정보관리 시스템	- 공업화 건축의 대표적인 사례인 PC공법을 대상으로 한 물류정보관리 시스템 구축
	대성건설 (1997)	자동 반송시스템에 의한 반송합리화	- 화물적재에서 하역까지 인력에 의존하는 재래시스템의 개선을 위해 자동반송시스템 개발
물류 관리 효율화를 위한 관리 이론 적용 및 관리 방안 개선	Filho & Menezes (2002)	린 생산 기반으로 한 Operational Parameter Measuring System 제시	- 낭비 작업평가, 사이클 타임, 비용을 측정함으로써 프로세스의 재정립 및 문제를 해결하기 위한 정보 체계 및 시스템 제안
	Pheng & Chuan (2001)	PC 부재의 JIT 개념 적용	- 프리캐스트 콘크리트의 Buffer Stock 없는 JIT관리를 위한 방안제시 및 JIT관리를 위한 단계별 고려사항과 Flowchart 제시

3. USN 기술 현황

본 연구에서는 시공계획에 맞추어 자재가 공장에서 생산된 후부터 공사 현장에 설치되기까지 발생하는 다양한 자재 정보를 실시간으로 자동 수집·관리하기 위한 기술을 도출하기 위하여 최근 이슈화되고 있는 RFID 및 USN 기술을 대상으로 기술 현황 및 특성을 분석하였다.

분석된 RFID(Radio Frequency IDentification)와 USN(Ubiquitous Sensor Network)기술의 특성은 다음과 같다.

3.1 RFID(Radio Frequency IDentification)기술 특성

RFID(Radio Frequency Identification, 이하 RFID)란 자동인식기술(Automation Identification)의 한 분야로서 Micro Chip을 내장한 Tag에 저장되는 Data를 무선 주파수를 이용하여 리더와 송수신 하는 기술을 말한다. 최근 RFID 기술은 정보관리 시스템의 도구로 중요한 기능을 가지며, 산업 전반의 다양한 분야에서 적용되고 있다.

건설업에서도 현장에서 발생하는 다양한 정보들에 대한 수집·관리 및 신뢰성 확보를 위해 바코드, RFID의 동시 인식, Tag의 데이터의 저장성 등을 활용한 적용 연구가 계속 진행되고 있다. 하지만 RFID Tag 및 장비의 가격이 고가이며, 건설자재 특성상 간섭으로 인한 Tag의 인식률이 낮고, 부착의 어려움 등의 기술적 한계로 인해 철골, 커튼 월, PC 등의 Unit type의 주요 자재의 정보를 수집하는 단계에 머무르고 있다. 또한 RFID 기술만을 사용 시, 건설 프로젝트의 많은 단계에서 자재 인식과 인식확인에 많은 수작업이 요구되고 자재 흐름의 정보를 실시간으로 파악·공유하는데 한계가 있다.

따라서 보다 효과적인 자재 정보 관리를 위해서 무선 데이터 전송기술(USN)과 연동을 통해 건설 프로젝트 각 단계에서 수집된 자재 정보 및 자재의 위치 정보를 실시간·자동으로 관리하는 것이 필요하다.

3.2 USN(Ubiquitous Sensor Network)기술 특성

USN(Ubiquitous Sensor Network, 이하 USN)기술은 무선 데이터 통신 기술을 말하며 RFID 기술을 이용하여 수집된 정보를 무선으로 전송하는 기술이다. 건설 물류 흐름의 전 단계에서 수집된 정보들을 무선으로 실시간 송·수신하기 위해서는 많은 전력이 필요하며, USN장치 상호 통신을 위해서 광범위한 공사현장 내에 많은 수가 설치되어야 한다. 지능형 물류관리 프로세스의 각 단계에 이용되는 지능형 장비에 적용 가능한 무선 데이터 통신 기술로써 이와 같은 기술적 특성을 고려할 때 한번의 전원공급으로 장시간 구동이 가능한 저소비 전력형인 Bluetooth, UWB, 및 Zigbee 등이 도출되었다. 각각 기술들의 특성은 다음 표 2

와 같다.

표 2. 무선 네트워크 기술 특성 비교

	Bluetooth	ZigBee	UWB
주파수 대역	2.4GHz	868/915MHz 2.4GHz	3.1~10.6GHz
최대전송 속도	1Mbps	250Kbps	480Mbps
최대전송 거리	10m	10~75m	20m
소비 전력	50/80mW	1/75mW	~200mW
망 구성	P2P, Star Ad-hoc	P2P, Star, Mesh	P2P, Mesh
관련 표준화 기관 / 단체	IEEE 802.15.1 Bluetooth SIG	IEEE 802.15.4 ZigBee Alliance	IEEE 802.15.3a WiMedia Alliance

4. 지능형 건설물류관리 프로세스

본 연구에서는 앞서 언급한 기존 건설물류관리의 문제점 해결 및 효율적인 물류관리를 수행하기 위한 방안으로써 지능형 건설물류관리 프로세스를 제안하였다. 제안한 프로세스의 범위는 공장에서 자재가 생산되어 현장에 설치되는 단계까지이며, 단계별 수행 업무와 해당 단계에서 적용되는 지능형 장비 및 장비의 기능을 도출하였다.

4.1 건설물류관리 프로세스 체계 및 프로세스 개념

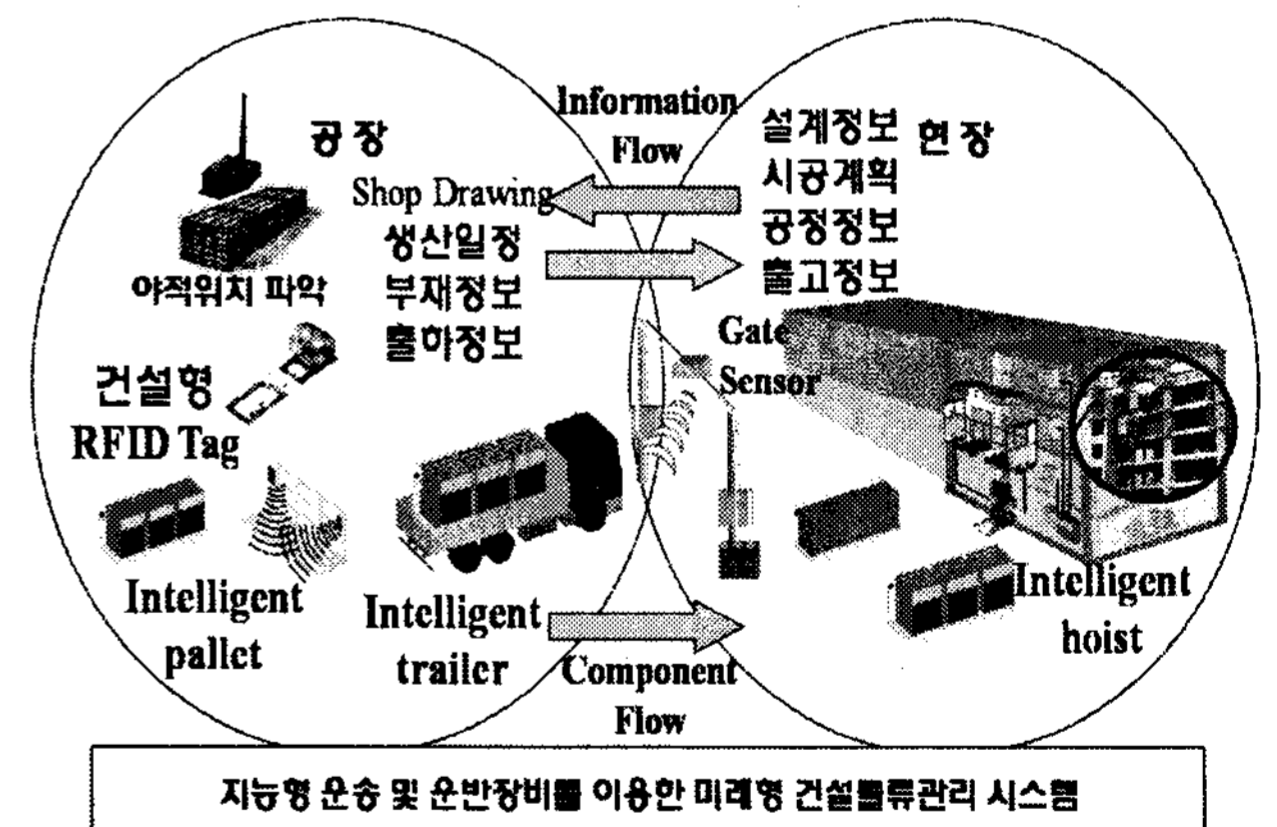
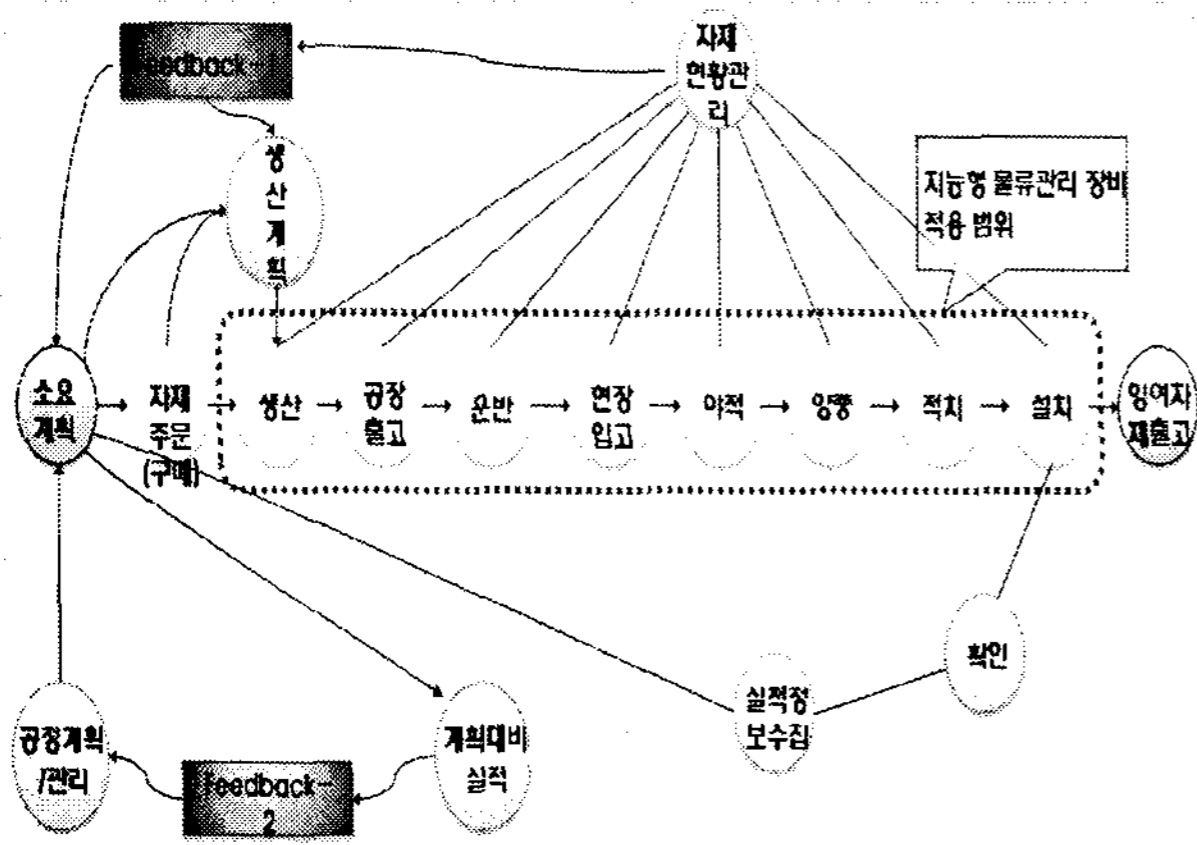


그림 1. 차세대 지능형 물류관리 자동화 체계의 비전

그림 1은 4.2절의 단계별 업무 프로세스를 개념적으로 나타낸 것으로 본 연구를 통해 개발될 차세대 지능형 건설물류관리 체계의 비전을 보여주고 있다. 또한 그림 1에 나타난 장비는 4.2절과 같다.

그림 1에서 나타난 건설물류관리 체계를 포괄적으로 표현하면 그림 2와 같이 일련의 프로세스로 정의 할 수 있다.

각각의 프로세스는 자재의 생산에서 설치까지 실제 물류의 흐름으로 현장 및 자재의 특성에 따라 일부분 또는 전체를 대상으로 관리가 이루어진다.



4.2 단계별 업무 프로세스 및 필요 장비

지능형 물류관리 프로세스의 흐름은 다음 그림 3과 같이 11단계로 구성되며 각 단계에서 수행되는 업무 및 필요한 지능형 장비는 다음과 같다.

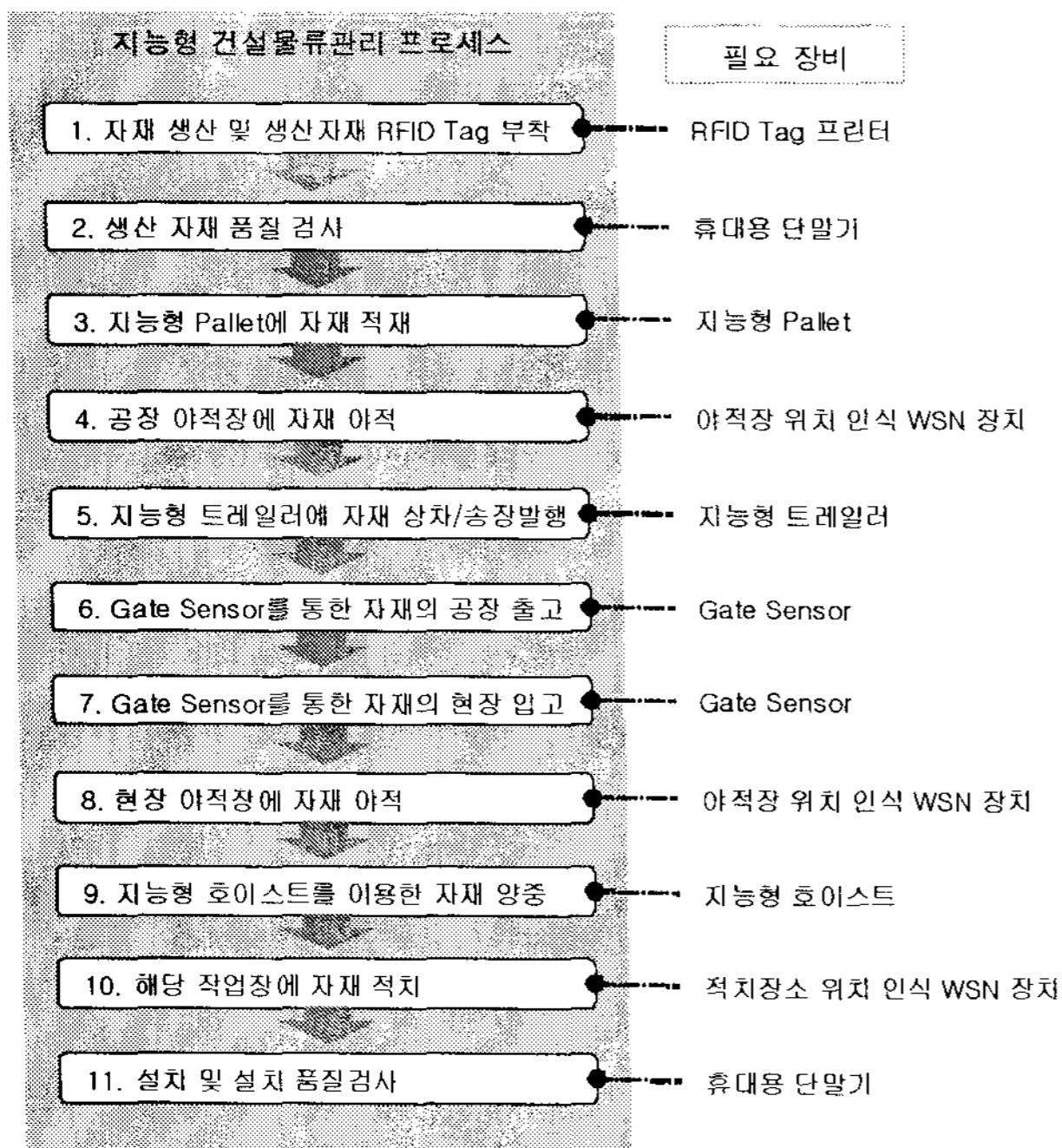


그림 3. 지능형 물류관리의 단계별 업무 프로세스 및 필요 장비

1) 자재생산 및 생산자재 RFID Tag 부착 단계

본 연구가 제안한 차세대 지능형 건설 물류관리 프로세스의 첫 단계로써, RFID Tag 프린터를 활용하여 자재의 특성에 맞게 특화된 RFID Tag를 생산하여 자재의 관리 단위별로 부착하는 업무를 의미한다.

2) 생산 자재 품질 검사 단계

생산된 자재에 부착된 RFID Tag를 휴대용 단말기를 이용하여 각 자재별 품질 검사를 실시하고, 해당 자재의 품질

검사 정보를 관리 시스템에 등록하는 단계를 의미한다.

3) 지능형 Pallet에 자재 적재

지능형 장비 중의 하나인 지능형 Pallet에 품질검사가 완료된 자재를 적재하는 단계를 의미한다. 지능형 Pallet은 기존의 자재 운반에 활용되는 Pallet에 USN 관련 기술을 결합한 지능화된 물류관리 장비의 하나로, 자재에 부착된 RFID Tag 인식을 통한 자재의 인지, USN 장치를 이용한 물류관리 서버와의 상호 통신을 통해 정보를 송·수신 할 수 있는 기능을 가진다.

4) 공장 야적장에 자재 야적 단계

공장 야적장에 자재를 야적하고 야적위치를 관리하는 업무를 의미한다. 이 단계에서는 USN기술을 이용한 야적장 위치인식 USN장치와 지능형 Pallet과의 상호 통신을 통해 송신된 정보를 물류관리 서버에서 수집·처리하여 자재가 어디에 있는지 위치를 파악할 수 있다.

5) 지능형 트레일러에 자재상차/전자 송장 발행 단계

야적 또는 품질검사 완료된 자재(지능형 pallet에 적재 또는 적재 되지 않은 자재 모두)를 지능형 트레일러에 상차하고 상차된 자재에 대한 전자 송장을 발행하는 업무를 의미한다. 지능형 트레일러의 구성은 차량에 적재된 자재의 정보를 저장·디스플레이·관리할 수 있도록 디자인된 트레일러용 kit와 차량의 입·출고 시 어떤 차량이 Gate를 통과했는지를 인식하기 위한 차량 식별용 Tag로 구성된다.

6) Gate Sensor를 통한 자재 공장 출고 단계

지능형 트레일러에 자재를 상차한 후, 공장에서 자재가 출하되는 업무를 관리하기 위한 단계이다. Gate Sensor의 구성은 USN 장치, RFID 리더, 카메라, Gate 컨트롤러, 무선 통신장비, 경광등, 메모리, 디스플레이 장치, 차단기 및 전광판으로 이루어진다. 지능형 트레일러가 Gate에 진입 시, USN 장치를 이용하여 지능형 Trailer와 Gate Sensor가 상호 통신하여 자재 및 출고 관련 정보를 송·수신하고, 수신된 정보를 바탕으로 무선 통신 장비를 통해 물류관리 서버와 연동하여 Gate Sensor의 차량통제용 게이트 및 전광판을 원격으로 통제함으로써 차량의 출고 관리를 효율화하기 위해 디자인된 장비이다.

7) Gate Sensor를 통한 자재 현장 입고 단계

지능형 트레일러에 의해 공장에서 운반된 자재를 현장에 입고하는 업무를 관리하기 위한 단계로써 장비의 구성 및 기능은 앞 단계와 동일하다. 단 본 장비는 공사 현장에 적용되어 효율적인 자재 입고 관리에 활용된다.

8) 현장 야적장에 자재 야적 단계

현장 야적장에서 자재의 야적 관리를 위한 단계로서 앞서 설명한 4번째 단계인 공장의 야적관리와 동일한 관리 프로세스와 장비가 사용된다.

9) 지능형 호이스트를 이용한 자재 양중 단계

현장으로 입고되거나 야적된 자재를 지능형 호이스트를 통해 자재가 사용되는 해당층으로 수직 이동시키는 일련의 업무를 의미한다. 이 단계에 사용되는 지능형 호이스트는 앞서 제안한 지능형 Pallet 또는 RFID Tag를 부착한 자재의 양중관리를 위한 장비로, RFID 리더와 호이스트 탑재용 단말기를 통해 호이스트에 탑재된 자재를 인식하고 Sensor 모듈과 물류관리 서버의 상호 통신을 통해 자재가 적치되거나 설치될 해당층 정보를 전송받고 그 정보를 저장·처리하여 자동으로 해당층으로 이동하는 기능을 가진다.

10) 해당 작업장에 자재 적치 단계

지능형 호이스트를 통해 운반된 자재가 설치되기 전에 계획된 적치 장소에 적치되는 단계로서 앞서 설명한 공장 및 현장의 야적관리와 동일한 작업 프로세스, 장비 및 장비의 기능을 가진다.

11) 설치 및 설치 자재 품질 검사 단계

본 연구에서 제안한 차세대 지능형 물류관리 프로세스의 마지막 단계로 휴대용단말기를 통해 관리 자재가 해당 공종에서 최종 사용되어졌는지 유무를 확인하고 품질 정보를 관리하는 업무가 실행된다. 그리고 본 단계에서 수집되어지는 설치 정보는 자재의 관리뿐만 아니라 진도관리 등에도 활용되어질 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 기존 건설물류관리에서 발생하는 문제점 개선 및 효율적인 물류관리를 수행하기 위한 방안으로써 USN 기술을 이용한 지능형 건설물류관리 프로세스를 제안하였다.

본 연구에서 제안한 지능형 건설 물류관리 프로세스를 통한 기대효과는 다음과 같다.

USN 기술을 활용한 지능형 물류관리 장비를 적용함으로써 건설 프로젝트 전 단계에서 발생하는 정보를 공사참여자들이 실시간으로 공유할 수 있어 건설공사를 수행하는데 필요한 신속한 의사결정 및 원활한 의사소통이 이루어져 효과적인 건설 프로젝트 운영이 가능해질 것으로 사료된다. 또한 건설 물류관리의 생산성을 향상시킴으로써 물류의 lead time 단축, 야적 공간 감소, 자재 손실 및 분실로 인한 추가 비용 절감, 적시 적소에 자재 수급 달성으로 건설 생산성 향상 및 공기단축 효과를 얻을 것으로 사료된다.

향후 연구에서는 지능형 물류관리 프로세스에 이용되는 장비에 대한 lab test를 실시하여 적용 가능성을 검증할 것이다.

참고문헌

1. 박창욱, 권오철, 윤석현, 「RFID 기술을 이용한 철골공사 자재관리 사례분석 및 개선방안제시」, 한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집, 2007
2. 한재구, 권순욱, 조문영, 「RFID 기술을 활용한 자재관리

시범시스템 구축 및 현장실험」, 대한건축학회 논문집(구조계), 2006

3. 이남수, 송재홍, 윤수원, 진상윤, 권순욱, 김예상, 「RFID와 무선네트워크 기술을 이용한 자재위치파악 방안」, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2006
4. 이우식, 남상관, 「유비쿼터스 환경의 시설물 모니터링 시스템 구현을 위한 모듈 설계」 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2006
5. 신봉수, 김창덕, 「건설공사의 적시생산(Just-In-Time)을 위한 양중시스템 개발」, 한국건설관리학회 논문집, 2003
6. 감상중, 신규철, 김재준, 「건축현장 마감자재 조달 프로세스 영향요소 분석에 관한 연구-도심지 초고층 공사를 대상으로」, 대한건축학회논문집(구조계), 2003
7. 이현수, 이종국, 한재영, 「복합건설 프로젝트의 협력설계의사결정모델」, 대한건축학회 논문집 구조계, 대한건축학회, 2002
8. 오명진, 황영삼, 「IFC기반 건축현장 자재구매관리모델 개발 가능성에 관한 연구」, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, 2002
9. Alessandro Brun · Maria Caridi, 「Value and risk assessment of supply chain management」, Int. J. Production Economics 99, 2006
10. Jonathan Collins, 「Labs Use Tags for Cold Storage」, RFID Journal, 2005
11. Sangyoon Chin, Suwon Yoon, Yea-Sang Kim, Cheoh o Choi, Do-Bum Lee, 「Supply Chain Management System for Curtain Wall Using RFID Technology」, ICCEM 2005
12. Edward J. Jaselskis, 「Implementing Radio Frequency Identification in the Construction Process」, ASCE 2003
13. Low Sui Pheng, Choong Joo Chuan, 「Just-in-Time Management of Precast Concrete Components」, ASCE, 2001
14. Construction Industry Institute, 「Radio Frequency Identification Tagging; Applications for the Construction Industry」, Research Report 2000

Abstract

The construction Supply Chain Management(SCM) plays a critical role to proceed construction projects successfully. It is necessary to develop a system to support better communication among various actors and to supply construction materials in the right place on time with unstable situations on site according to the planned construction schedule for effective Supply Chain Management.

Therefore, the objective of this study is to propose an automated and intelligent process that can be used to utilize ubiquitous technologies in construction supply chain management. This process consists of various equipments that can collect, store, calculate and communicate data among themselves.

This study deals with a conceptual idea in order to improve process and equipment in the supply chain management process.

Keywords : Supply Chain Management, Process Re-engineering, Intelligent Equipment, Ubiquitous Technology
