

# RFID와 무선네트워크 기술을 이용한 자재위치파악 방안

## An Application for Tracking the Location of Material using RFID and Wireless Network Technology

이 남 수\*○ 송 제 흥\*\* 윤 수 원\*\*\* 진 상 윤\*\*\*\* 권 순 욱\*\*\*\*\* 김 예 상\*\*\*\*\*  
Lee, Nam-Su Song, Jae-Hong Yoon, Su-Won Chin, Sang-Yoon Kwon, Soon-wook Kim, Yea-Sang

### 요 약

건설자재관리는 건설프로젝트를 수행하는데 있어 중요한 관리 요인 중 하나이며, 공정을 수행하는데 필요한 자재의 공급이 원활하지 못하면 공기지연, 공사비 증대, 작업 효율 저하 등의 문제점을 발생시킬 수 있다. 적시 적소에 자재를 투입하기 위하여 자재의 정확한 위치 파악이 필요하다. 위치 파악 기술로는 GPS, 적외선 통신 시스템(Active Badge), 영상 인식 시스템(EasyLiving) 등이 있으나 건설현장에 적용하기에는 기술적 한계가 있다. 따라서 자재의 정보 및 위치를 파악하기 위해서 현재 사회전반에 걸쳐 대두되고 있는 RFID기술과 무선 네트워크 기술을 이용한 자재 위치 파악의 기술적 가능성을 검토하고, 이 두 기술을 활용한 자재 위치 파악 방안을 제안한다.

키워드: 자재관리, 위치파악, RFID, 무선 네트워크 기술

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건축물이 대규모, 초고층화 되어감에 따라 취급되는 자재의 종류가 갈수록 다양해지고 있다. 건설 자재 관리는 건설 프로젝트를 원활히 수행하는데 중요한 관리 요인 중의 하나가 되었고, 계획된 공정에 맞춰 필요한 자재를 적시 적소에 투입하기 위해서 정확한 자재 위치 파악이 필요하게 되었다.

그러나 현재 공사 현장내의 자재 정보 및 위치를 파악하는 것은 전적으로 인력에 의존하기 때문에 많은 시간이 소요된다. 이는 작업에 필요한 자재의 수급을 방해하여 공기 지연, 작업 효율 저하, 공사비 증가 등의 문제점을 발생시키고 있다. 이와 같은 문제점을 줄이기 위해 자재의 정보 및 위치를 자동적으로 파악할 수 있는 기술들이 연구되고 있다. 미국 백텔사의 Red Hills 건설공사를 대상으로 미국 건설산업연구원(CII)이 실시한 현장 실험에서 RFID(Radio Frequency Identification)기술을 활용하여 자재의 위치파악 및 추적 관리시 30%의 작업시간 단축 효과가 있는 것으로 나타났다. 하지만 RFID기술만을 적용하기

에는 여러 자재의 정확한 위치파악이 어렵기 때문에 이를 보완하기 위한 기술이 필요하다.

위치파악 기술로는 GPS, 이동통신망 기반 시스템, 적외선 통신 시스템(Active Badge), 초음파 위치 인식시스템(Active Bat), 영상 인식 시스템(EasyLiving) 등이 있다. 이와 같은 기술은 전파의 음영지역에서 따라 위치 파악 시 제약이 따르고, 시스템을 구현하는데 여러 고가의 장비와 많은 소요 전력을 필요로 하기 때문에 건설현장에 적용하는데 한계점을 가지고 있으며 적용된 사례도 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 건설현장에서 자재의 정보 및 위치파악에 이용될 수 있는 자동화 방안으로써 현재 사회전반에 걸쳐 대두되고 있는 유비쿼터스 기술 중에 하나인 RFID와 무선 네트워크 기술을 활용하여 자재 위치 파악 가능성을 검토하고, 위치 파악 방안을 제안하는 것을 목적으로 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 RFID와 무선 네트워크 기술에 대해 알아보고 이 기술들을 이용한 자재위치 파악 방안에 대한 내용으로 건설 프로젝트에 투입되는 자재, 노무, 장비 등의 자원 중에서 공사원가에서 많은 비중을 차지하는 자재의 위치 파악을 대상으로 연구의 범위를 제한하였다.

연구의 진행은 먼저 문헌조사를 통해 현재 사용되고 있는 자재 위치 파악기술을 이론적으로 살펴보고, RFID와 무선 네트워크 기술의 특성 및 현재 적용되고 있는 분야를 살펴보았다. 이와 같은 기술을 통한 자재의 위치 파악 가능

\* 일반회원, 성균관대학교 건설환경시스템공학과 석사과정  
\*\* 학생회원, 성균관대학교 건축공학과 학부과정  
\*\*\* 일반회원, 성균관대학교 건설환경시스템공학과 박사과정  
\*\*\*\* 중신회원, 성균관대학교 건축공학과 부교수, 공학박사(교신저자), schin@skku.edu  
\*\*\*\*\* 중신회원, 성균관대학교 건축공학과 조교수, 공학박사  
\*\*\*\*\* 중신회원, 성균관대학교 건축학과 교수, 공학박사

성을 살펴보고 효과적인 자재관리를 위해 RFID와 무선 네트워크 기술을 이용한 자재 위치 파악 방안을 제안하였다.

## 2. 예비적 고찰

### 2.1 자재관리에서 자재 위치 파악의 중요성

건설 프로젝트에서 자재관리는 자재수급계획으로부터 시작하여 구매예산관리, 자재요구, 조달, 구매, 운반, 보관, 사용 및 사용자재의 품질, 성능에 대한 유지관리에 이르는 일련의 행위를 지시, 통제, 조정하는 관리 기능을 말한다.(권석훈, 2001)

자재관리는 프로젝트를 원활한 진행을 하는데 많은 영향을 미치는 요소로서 자재들이 적시에 공급되지 못할 경우 공정수행에 제약을 받게 되며 이로 인하여 공기지연, 공사비 증대, 작업 효율 저하 등의 문제점을 발생시킬 수 있다.(임형철, 2002) 따라서 자재를 적시 적소에 공급하기 위해서는 자재의 정확한 위치 파악이 중요하다. 건설 공사의 특성상 예상하지 못한 불확정 요소나 자연환경에 의한 불확실한 사태가 발생할 경우 자재의 긴급조달이 필요하고 점점 대형화되어가는 공사에서 다양한 종류의 소요자재들을 현장의 유동적인 요인에 맞추어 공급하기 위해서는 어느 곳에 어떤 자재가 있는지에 대한 현황 파악이 이루어져야 한다.

### 2.2 위치 파악 기술

위치인식시스템에는 커버 영역에 따라 매크로 위치인식시스템과 마이크로 위치인식시스템으로 분류할 수 있다. 첫째, 매크로 위치인식시스템은 가장 광범위한 위치인식 가능영역을 제공하며 GPS와 이동통신망 기반 위치인식시스템이 활용되고 있다. 둘째, 마이크로 위치인식시스템은 무선환경의 제한으로 매크로 위치인식시스템이 커버하지 못하는 실내나 지하 또는 건물 밀집지역 등에서 위치인식을 제공한다.

각 위치 인식 시스템의 특성을 요약하면 다음 표 1과 같다. 그러나 이와 같은 시스템은 건설현장에 적용하기에는 한계점을 가지고 있으며, 이동 Ad-hoc 네트워크(Mobile Ad-hoc Network: MANET) 및 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network: WSN)에 의한 Ad-hoc 위치인식시스템을 통하여 이와 같은 한계점을 해결 할 수 있을 것이다.

## 3. 자재위치 파악 방안을 위한 기술적 검토

### 3.1 RFID 기술특성 및 적용현황

RFID(Radio Frequency Identification, 이하 RFID)란 Micro Chip을 내장한 Card, Label, Tag 등에 저장되는 Data를 무선 주파수를 이용하여 리더기와 송수신 하는 기

표 1. 위치 파악 시스템

구분	위치 인식 시스템	인식기술 특성	건설 현장 적용의 한계점
매크로 위치인식 시스템	GPS	삼각측량의 원리를 사용하여 위성에서 발생시키는 부호신호의 시간차를 측정하여 위치 계산	위치인식을 위한 고가의 GPS 수신기 필요 음영지역에서 신호의 감쇄로 위치인식 어려움
	이동통신망 기반	이동통신에서의 위치인식은 이동 단말기 신호의 세기, 신호의 도달시간, 신호의 도달시간차, 신호의 입사각 등과 같은 파라미터를 이용하여 위치 계산	위치인식을 위한 어레이 안테나 및 타이밍 유닛 필요 GPS와 마찬가지로 음영지역에서 위치인식 어려움
마이크로 위치인식 시스템	Active Badge	적외선 센서를 설치하고 적외선 발신기에서 발신하는 적외선을 감지하여 위치 계산	햇빛에 의한 간섭(실외에서 사용 제한) 다수의 발신기 사용시 진파 충돌에 의한 인식률 저하
	Active Bat	사람 또는 사물에 초음파 발생기를 부착하고 수신기를 통해 위치를 계산하는 시스템	천정에 초음파 수신기를 설치해야 위치추적 가능
	RADAR	무선 LAN의 AP기기들에서 수신되는 RF 신호의 세기를 이용하거나 RF 신호의 진달 지연을 이용하여 위치 파악	위치추적을 위한 모든 장치가 무선 LAN을 지원해야 가능
	Easy Living	3차원 카메라를 이용하여 영상인식을 통한 위치 파악	위치추적을 위한 3개의 카메라 설치 필요

능을 발휘하는 자동인식기술(Automation Identification)의 한 분야로서 기존의 바코드(bar code)나 자기 인식 장치의 결함을 제거하고 사용의 편리성, 생산방식의 변화, 소비자의 의식변화, 문화 및 기술의 진보에 따라 활용 범위가 비약적으로 증가되고 있는 차세대 핵심기술이다.

RFID는 최근 정보관리 시스템의 도구로 중요한 기능을 가지며, 서비스 산업, 구매 및 유통·재고관리 산업분야, 제조 및 자재 유통 등 다양한 분야에서 적용되고 있다. RFID 시스템은 칩, 태그, 리더, 미들웨어 및 응용서비스 플랫폼으로 구성되고 이동통신망과 연동되어 정보시스템에 통합 사용되고 있다.

건설업에서는 프로젝트 완수를 위해 현장에서 발생하는 정보에 대한 실시간적인 수집과 수집된 정보의 신뢰성 확

보가 필요하며, 이를 위한 방안으로 RFID 기술 적용에 대한 연구가 증가되는 추세이다. 건설업에서 위치파악을 위해 RFID를 활용한 기술 및 연구 동향을 살펴보면, 다음 표 2와 같다.

표 2. RFID 기술 적용에 관한 기존연구

연구 동향	주요 연구	연구내용	본 연구와의 연계성 및 차별성
국내	RFID 적용 방안 제시	장문석 (2004) 커튼월 공사를 대상으로 RFID 적용방안 및 시나리오 제시	커튼월 부재에 국한하여 RFID 적용
	RFID 적용 분야 제안	Suchart Nuntasunti (2004) RFID 기술을 이용한 실시간 자재, 장비, 인력의 위치 추적을 통해 정보 교환이 가능한 website 모델 제안	공사참여 주체들 간의 실시간 정보공유를 통한 효율성 향상 방안이라는 점에서 유사/본 연구에서는 구체적인 적용 방안을 제시
	국외	RFID 적용 pilot test	Navon (2002) 칼조 공사에서 노부자의 안전모에 tag를 부착하여, 노부자 위치정보를 바탕으로 노부자관리, 공정관리, 생산성을 파악
		Tomohiro Umetani (2003) RFID의 위치 정보를 3각 측량법을 이용하여 건설장비의 자동화에 이용	RFID가 가지는 금속, 장애물 등에 의한 한계를 극복하기 보다는 현 기술에서 적용 가능한 부분만 적용 대상으로 함
		Goodrum (2005) active RFID tag를 건설공구에 부착하여 공구 관리 및 활용도를 향상시키기 위한 인식성능 테스트	active type tag를 활용한 자재의 위치추적
국외	RFID 적용 모델 제안	Jaselskis (2003) Bechtel Red Hills Project와 Baytown pilot test 진행하는 과정에서 RFID 기술 선택 모델을 제시	단순한 기술적 선택으로 모델이 제시되었으나, 본 연구에서는 기술적, 산업적, 정보관리의 측면의 특성을 고려한 RFID 전략을 제시
		Jongchul Song (2006) GPS를 활용하여 자재의 위치 파악을 위한 모델	자재의 위치 파악을 위해 RFID 및 GPS 시스템을 활용

이와 같은 연구사례에서는 RFID를 이용하여 자재의 정보를 수집하는 단계에 머무르고 있는 실정이다. 따라서 데이터 전송기술(무선 네트워크 기술)과 연계한다면 자재의

정보를 실시간으로 서버에서 통합·관리 할 수 있으며 이로 인해 자재의 위치 파악이 가능 할 것이다.

### 3.2 무선 네트워크의 기술특성 분석

차세대 무선 네트워크의 기술 특성을 살펴보면 아래 표 3과 같다.

표 3. 무선 네트워킹 기술 특성 비교

	무선 LAN	Bluetooth	ZigBee	UWB
주파수 대역	2.4/5Ghz	2.4GHz	868/915MHz 2.4GHz	3.1~10.6GHz
최대전송 속도	11~54Mbps	1Mbps	250Kbps	480Mbps
최대전송 거리	100m	10m	10~75m	20m
소비 전력	800 ~ 1,600mW	50/80mW	1/75mW	~200mW
망 구성	P2P, Star	P2P, Star Ad-hoc	P2P, Star, Mesh	P2P, Mesh
관련 표준화 기관 /단체	IEEE 802.11 WiFi Alliance	IEEE 802.15.1 Bluetooth SIG	IEEE 802.15.4 ZigBee Alliance	IEEE 802.15.3a WiMedia Alliance

무선 LAN은 현재 무선 네트워크의 주류를 형성하고 있으며 무선 네트워크 시스템에 가장 적합하여 널리 사용되고 있다. 임시네트워크 구축 필요 시 효율적으로 설치가 가능하고 유선 연결이 어려운 곳의 Cabling문제없이 단말 이동 및 배치가 자유롭다는 장점이 있다. 그러나 무선 LAN의 경우 타 기술에 비해 소비전력이 크다는 단점이 있다.

블루투스 모듈은 2003년 5,000만개 이상이 출하되어 무선 LAN 다음으로 현재 가장 널리 대중화된 단거리 무선 통신 기술로 여겨지고 있지만, 낮은 데이터 전송률과 최대 동시 접속 기기의 수가 8개로 제한되며 최대 전송거리가 10m 이내라는 단점이 있다.

UWB는 MBOA(Multi-Band OFDM Alliance) 진영이 제안한 MB-OFDM 규격과 Motorola (XtremeSpectrum) 진영이 제안한 DS-CDMA 규격이 서로 합의점을 찾지 못하고 대립하고 있는 상황으로 인해 상용화되는데 문제점이 있다.

ZigBee는 가정, 사무실 등의 무선 네트워크에서 10~20m 내외의 근거리 통신시장과 최근 주목받고 있는 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 기술로써 단거리 무선통신의 새로운 국제 표준으로 부상하고 있다. 전송 데이터양은 적지만 하나의 배터리로 수개월에서 수년간 지속될 수 있는 장점을 가지고 저속 무선 데이터통신을 위한 경제적인 솔루션을 제공할 것이다.

ZigBee는 그림 1에서 보는 것과 같이 3가지 네트워크 계층을 가진다. Star 토폴로지에서는 ZigBee Coordinator라는 단일 디바이스에 의해 제어된다. Mesh 토폴로지에서 네트워크는 ZigBee 라우터를 이용해 수만개의 제품을 네트워크화 할 수 있다는 장점이 있으며, Zigbee 신호가 시작된 액세스 포인트와 Zigbee 상호간 데이터 통신 경로를 모니터링 하여 위치파악이 가능하다.

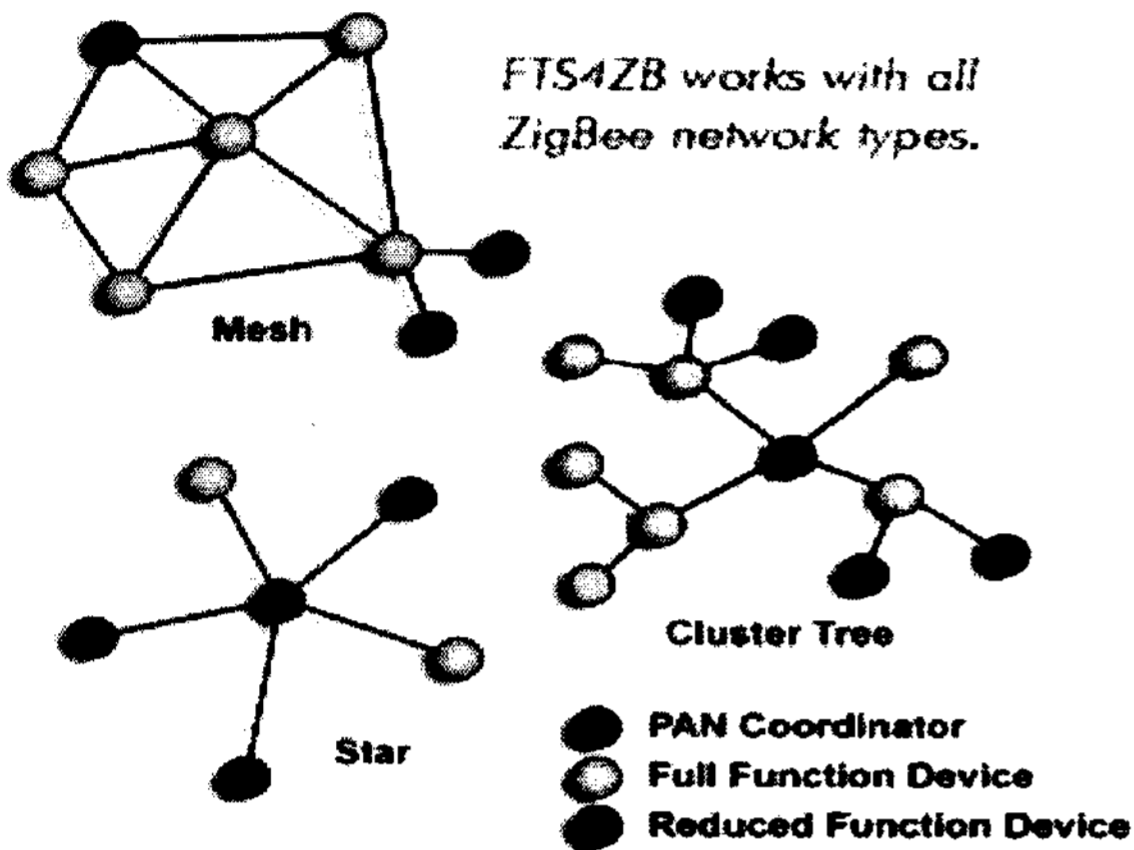


그림 1. Zigbee Network Type(<http://www.fte.com/zigb02.asp>)

#### 4. RFID 와 네트워크 기술을 활용한 자재 위치 파악 방안

##### 4.1 자재위치 파악방안

공장에서 건설 현장에 반입되는 자재에는 제조, 조달, 야적, 설치 등의 전 과정에 대한 정보를 가진 RFID Tag가 부착되어 있다.

1) 그림2와 같이 야적장내 무선 LAN을 장착한 RFID 고정형 Reader는 네방향으로 설치되어 인식범위에 따라 각각의 Zone(A~Q Zone)을 형성한다. B, D, F, H, I, J, L, N, P Zone은 고정형 Reader의 인식범위가 중첩되는 부분을 뜻하며 모든 Reader에는 고유ID가 할당된다.

A부터 Q Zone중의 어느 한 Zone안에 Tag가 부착된 자재가 들어오면 Reader는 자동으로 Tag ID를 읽어 자재 정보를 받아들인다. 그리고 Reader안에 설치된 무선 LAN을 통해 자재ID와 그 Zone을 형성하는 Reader의 고유ID를 서버에 설치된 무선LAN으로 송신한다. 서버의 무선LAN을 통하여 수신된 자재ID와 Reader 고유ID를 통해 공사관계자는 어느 위치(Zone)에 어떤 자재가 적재되었는지 실시간으로 파악할 수 있다. 예를 들어 서버에 설치된 무선LAN이 자재ID와 Reader4.5의 고유 ID를 받았다면 자재ID에 들어있는 정보를 통해 어떤 자재인지 알 수 있으며 이 자재가 I Zone안에 적재되었다는 것을 자동적으로 스크린 상에서 확인할 수 있다.

2) 각 층의 작업장 내에는 그림3과 같이 위치인식ZigBee가 설치되어 있다. 각각의 ZigBee는 네트워크화 되어있기 때문에 상호 정보를 주고받을 수 있으며 인식범위에 따라 Zone(A~G Zone)을 형성하고 있다. D, E, F, G Zone은 인식범위가 겹쳐지는 부분을 말한다.

Tag가 부착된 자재는 야적장으로부터 작업장 내로 운반되어 위치인식 ZigBee에 의해 형성된 Zone에 위치하게 된다. 작업자는 ZigBee가 내장된 모바일 Reader로 Tag를 읽는다. Tag로부터 인식된 자재ID는 모바일 Reader에 내장된 ZigBee에 의해 위치 인식 ZigBee로 전송된다. 위치 인식 ZigBee는 모바일 Reader의 ZigBee로부터 받은 자재 ID를 자신의 고유 ID와 함께 상호 네트워크화 되어있는 다른 위치 인식 ZigBee를 통해 통신용 ZigBee로 보낸다. 통

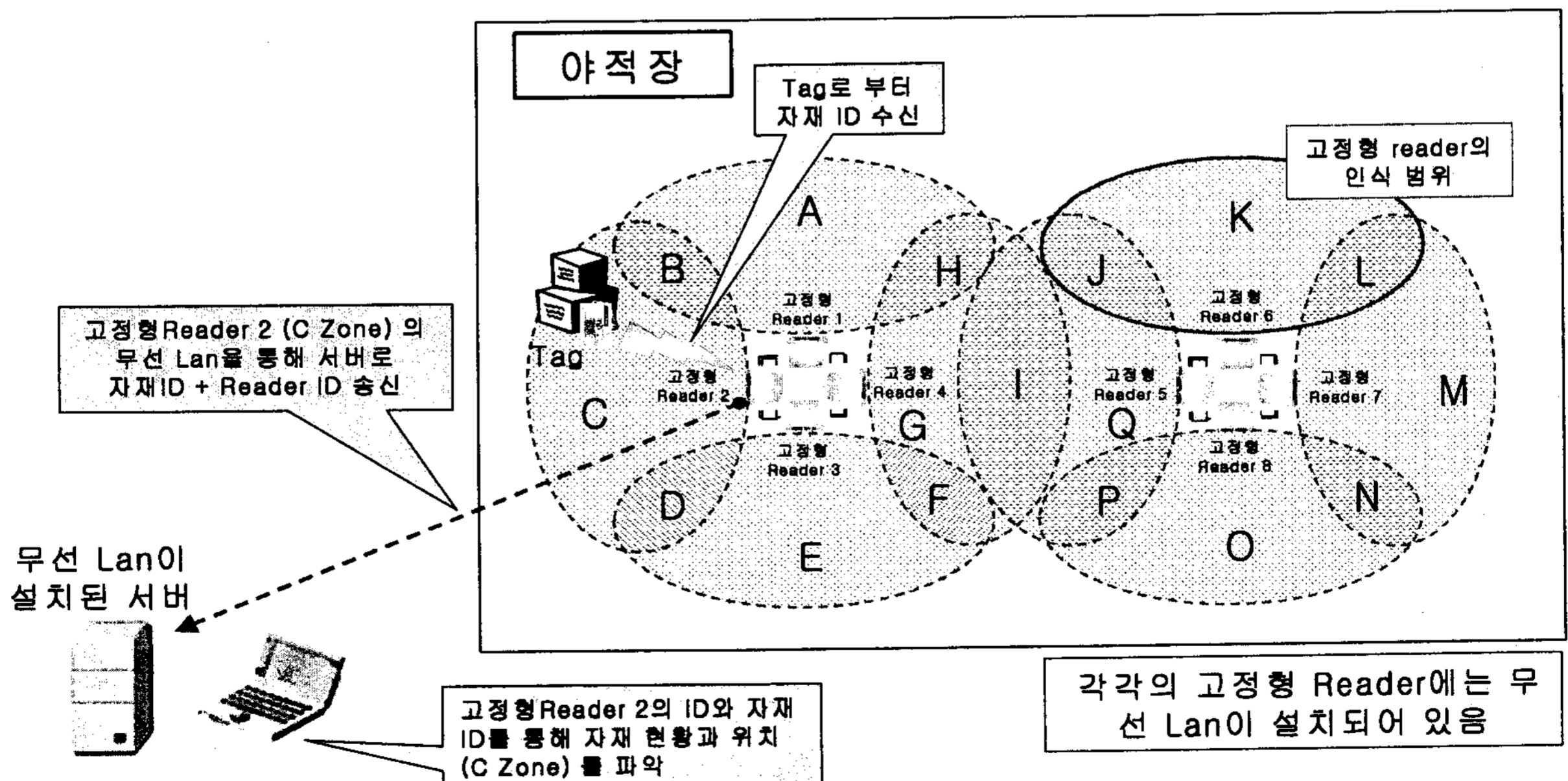


그림 2. RFID와 무선LAN을 이용한 자재위치파악 방안

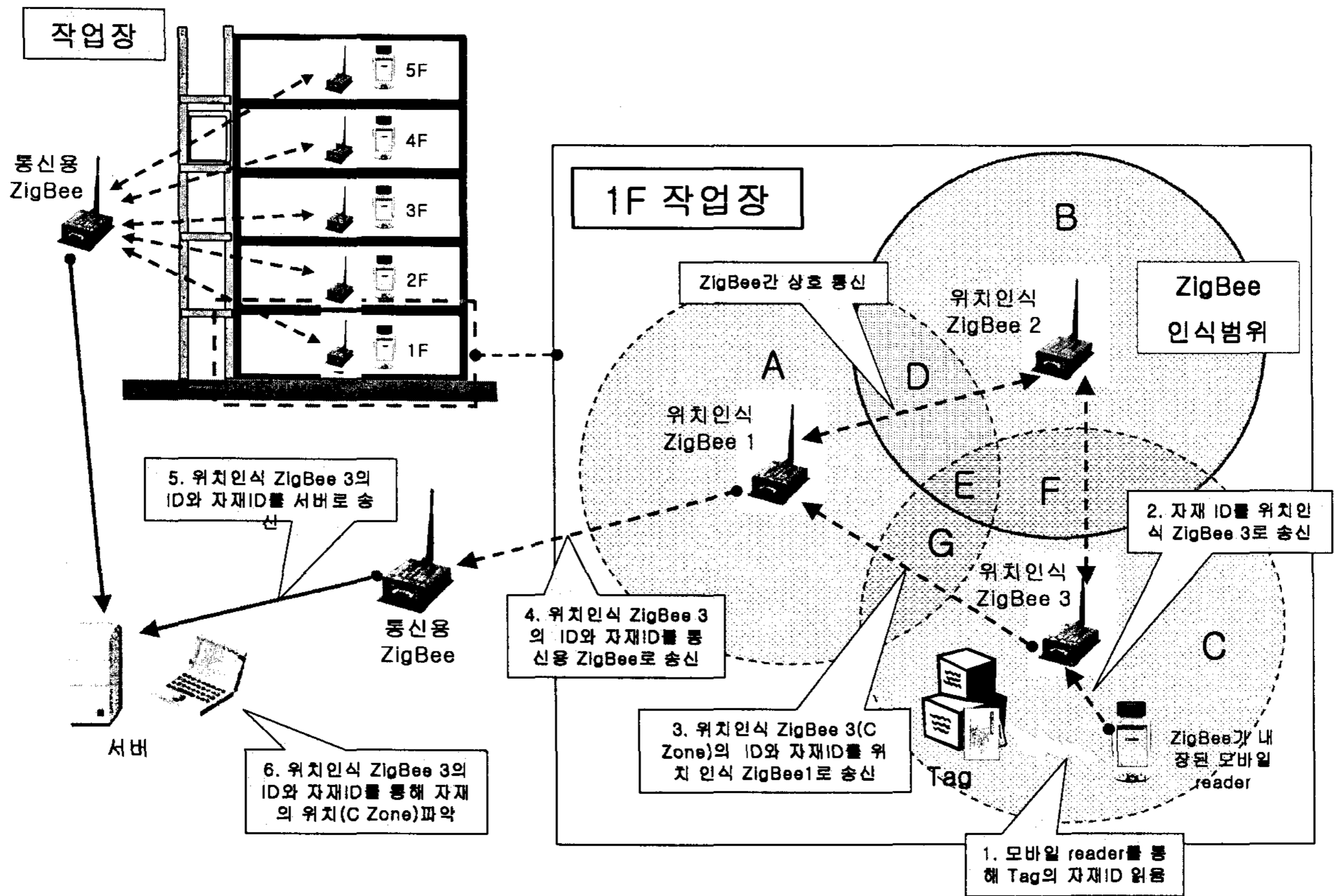


그림 3. RFID와 ZigBee를 이용한 자재위치파악 방안

신용 ZigBee로 수신된 자재 ID와 ZigBee 고유 ID는 다시 서버와 연결된 ZigBee를 통해 서버로 보내지고 공사관계자는 자재ID와 ZigBee ID를 스크린 상으로 확인하여 어떤 자재가 어느 Zone 안에 위치하고 있는지 알게 된다.

예를 들어 어떤 자재가 ZigBee1과 ZigBee2의 인식범위 안에 놓인다면 모바일 Reader에 의해 읽혀진 이 자재의 ID는 모바일Reader에 내장된 ZigBee에 의해 위치인식 ZigBee1, 2로 보내진다. 위치인식 ZigBee1로 송신된 자재 ID는 ZigBee1의 고유 ID와 함께 통신용 ZigBee로 보내지고 이 정보들은 다시 서버에 설치된 ZigBee에 의해 수신된다. 위치인식 ZigBee2로도 보내진 자재ID는 ZigBee2의 고유 ID와 함께 네트워크화 되어있는 위치인식 ZigBee1과 통신용 ZigBee를 통하여 서버에 설치된 ZigBee로 전송된다.

물론 위치인식 ZigBee2에 수신된 자재ID는 ZigBee2의 고유 ID와 함께 위치인식 ZigBee3과 통신용 ZigBee를 통해 서버의 ZigBee로 전송될 수 있다. 이런 경로를 거쳐 서버에서 받은 자재ID와 위치인식 ZigBee 고유 ID를 통해 공사관계자는 무슨 자재가 어떤 작업수행을 위해서 D Zone에 적치되었다는 것을 확인할 수 있다.

### 5. 결론 및 향후 연구 과제

건설 프로젝트를 수행하는데 필요한 수많은 자재의 위치를 인력만으로 파악하는 것은 오랜 시간과 인력이 요구되

며 이는 계획된 공정 안에서 적시 적소에 원활한 자재의 공급을 방해하는 요소가 될 수 있고 작업의 지연을 초래하여 공기의 연장이나 공사비의 증가를 초래할 수 있다.

이런 문제점들로 인해 자동으로 실시간 자재 위치 파악의 필요성이 대두되어 여러 연구들이 진행되었지만 현재 공사현장에서의 적용은 미비한 수준에 머물러 있다. 따라서 본 연구에서는 RFID와 무선 네트워크 기술을 이용하여 자재의 위치를 자동으로 파악함으로써 실시간으로 자재의 현황을 알 수 있는 방안을 제안하였다.

RFID와 무선 네트워크를 통하여 자동으로 자재의 위치 정보를 주고받음으로써 공사 관계자는 원하는 자재가 어디에 적재되었는지 실시간으로 알 수 있으며 필요한 작업에 즉시 물량을 투입할 수 있기 때문에 더 효율적인 공사 진행을 기대할 수 있다.

본 연구는 RFID와 무선 네트워크 기술 중 무선 LAN과 ZigBee기술의 적용 방안을 이론적, 기술적으로 제시하였기 때문에 향후에는 이 연구를 기초로 하여 실제 건설현장에서 적용할 수 있는 시나리오 제안과 현장 테스트를 통한 적용 가능성을 검증할 필요가 있다.

### 참고문헌

1. 권석훈 (2001), "건설경영실무", 기문당
2. 권순욱 (2004), "자재 공급 사슬 관리 및 유지 보수 혁신

- 의 핵심 미래 기술 - RFID", The Construction Business Journal
3. 김용관 (2004), "홈네트워크: 차세대 홈 네트워킹 기술로 주목 받는 무선 홈 네트워킹 기술", IITA 기술정책정보단
  4. 김재호 (2003), "유비쿼터스 위치기반 서비스 및 위치인식시스템 연구 동향", IITA 기술정책정보단
  5. 임형철·송영석 (2002), "건설현장 자원 조달과 양중의 적시 생산 기법(Just in Tim)도입 방안", 대림기술 정보, 여름호, pp.55~67
  6. 장문석·윤수원·진상윤·김예상(2004) "RFID를 이용한 커튼월 프로세스 관리 방안", 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집(구조계), 제 24권 제 1호, pp.487~490
  7. 조대진 (2005), "RFID 이론과 응용", 홍릉과학출판사
  8. 한중수, 배성수, 김경목 (2005), "Ubiquitous 유비쿼터스 기술 (RFID와 홈네트워킹)", 도서출판 세화
  9. Edward J. Jaselskis, A.M.ASCE and Tarek El-Misalami (2003), "Implementing Radio Frequency Identification in the Construction Process" Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 129, Issue 6, pp.680~688
  10. <<http://www.fte.com/zigb02.asp>>(2006.09.04)
  11. Jongchul Song, Carl T. Haas and Carlos H. Caldas(2006), "Tracking the Location of Materials on Construction Job Sites", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Volume 132, Issue 9, pp.911~918
  12. Suchart Nuntasunt (2004), "The Effects of Visual-Based Information Logistics in Construction."

---

### Abstract

The management of construction materials is one of the important administration factor to perform construction projects. If it is not flexible to supply necessary materials to a workplace at a proper time, some problems such as a construction cost increase, an operation delay, a lowering of work efficiency and etc. could occur during the progress of work. Therefore, tracking the precise location of materials is important and necessary to input materials in the accurate place. Although Location sensing techniques comprise GPS, Active Badge, EasyLing and so forth, there are technical limitations to apply these techniques on construction site.

Accordingly, in this paper, we propose the technically feasible method to automatically locate materials on site using recent RFID and wireless network technologies.

**Keywords :** Construction material, Tracking, Location, RFID, Wireless Network

---