

RFID 기반의 건축자재 관리 시스템

김태윤* · 황석승**

Construction Materials Managing System Based on RFID

Tae-yun Kim* · Suk-seung Hwang**

요 약

지구 온난화로 인해 온실가스 배출에 대한 규제가 강화되고 있는데, 온실가스의 주된 성분은 이산화탄소(CO_2)이다. 건축 분야에서 CO_2 발생량을 줄이기 위해서 저탄소 장수명화가 진행되고 있고 건축자재에 RFID(Radio Frequency Identification)를 사용하여 자재관리 시스템을 구축하는 사례가 증가하고 있다. 기존의 RFID를 활용한 건축자재 관리 시스템은 건물의 신축단계에서 건설자재가 어디에 얼마만큼 사용되는지에 대한 연구와 실험이 대부분 이었고, 건물의 신축과 해체 시 재활용할 수 있는 자재에 대한 상태관리 시스템은 개발된 사례가 없다. 본 논문에서는 건물의 신축 혹은 해체 시 건설자재의 상태를 효과적으로 관리할 수 있는 RFID 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 900MHz 대역의 RFID를 사용하며 건축 자재 표면 또는 내부에 RFID 태그를 부착한다. 시스템의 구조는 RFID 리더부, 통신부, 저장부로 구성된다.

ABSTRACT

Due to the global warming, the restriction for emitting the green-house gas is strengthened and a main ingredient of the green-house gas is carbon dioxide (CO_2). In order to reduce the amount of CO_2 , the low-carbon and long-life of the construction and the construction materials management system based on the radio frequency identification (RFID) technique have been actively studied in the construction field. The conventional construction management system based on RFID only focuses on the study and experiment for managing the used amount and location of the construction materials in the construction stage, but it does not consider the study for the status management system for the recycling materials in the construction stage or the building deactivation. In this paper, we propose the effective RFID system for managing the status of the construction materials during the construction stage or the building deactivation. Employing RFID with the frequency of 900MHz, the proposed system consists of the reader unit, communication unit, and memory unit, and its tags are attached in the surface or inside of the construction materials.

키워드

RFID, UHF RFID, Construction Materials, Construction Materials Management System
RFID, UHF RFID, 건축 자재, 건축 자재 관리 시스템

1. 서 론

지구 온난화로 인해 온실가스 배출에 대한 규제가

강화 되고 있다. 온실가스의 대표적인 성분은 CO_2 로 전체 온실가스 비율의 88.8%를 차지하고 있다[1]. 온실가스 배출을 줄이기 위해 건설 분야에서는 건설

* 조선대학교 전자공학과 (skriekd12@chosun.kr) ** 교신저자 : 조선대학교 전자공학과 (hwangss@chosun.ac.kr)

접수일자 : 2015. 07. 09

심사(수정)일자 : 2015. 08. 13

게재확정일자 : 2015. 08. 23

폐기물의 최소화와 재사용이 중요한 이슈가 되고 있다. 최근 건축물의 저탄소 장수명화가 진행됨에 따라 건물 신축 시 건설자재의 관리를 위해 RFID (Radio Frequency Identification)가 활발히 사용되고 있다. RFID는 주파수를 이용하여 무선으로 정보를 전달하는 기술[2]로서, 출입관리, 위치추적, 유통물류분야, 자동차 분야 등 다양한 분야에서 활발히 사용되고 있다[3].

기존의 RFID를 이용한 자재관리 시스템은 건물이 신규로 지어지는 상황을 위한 자재 관리 시스템이고,

건물의 신축과 해체 시 발생하는 자재의 상태 관리 시스템은 전무한 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 일정거리에서 인식이 가능한 RFID 리더를 구현하여, 부재의 상태를 데이터베이스에 무선으로 전송하고 저장하는 효율적인 건설자재 관리 RFID 시스템을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 RFID를 이용한 자재관리 선행연구를 소개하고 3장에서 건설 자재관리를 위한 RFID 시스템을 소개하며 구현된 결과를 보인다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

표 1. RFID를 적용한 국내 자재관리 선행연구

Table. 1 Previous domestic research for construction materials employing RFID

Researcher	Materials	Contents
Han, Jea-Goo et al	Finishing Material	RFID test for development of the finishing material monitoring system in construction project
Lee, Min-Woo et al	Re-bar	A basic study on the application possibility of the RFID system in re-bar work
Moon, Sung-Woo Hong, Seung-Moon	Concrete	Application of RFID technologies for a concrete pure monitoring system
Kang, Hun-Goo	Curtain Wall	Efficiency analysis for RFID-based curtain wall of unit type construction
Koo, Do-Hyung et al	Concrete Re-bar Brick Sand	An analysis on the characteristics of work items for RFID technology application possibility valuation

II. RFID를 활용한 건설자재 관리 선행연구

RFID 기술이 여러 분야에서 다양하게 활용되고 있으며, 건축분야에도 RFID 기술을 적용한 사례가 증가하고 있다. 해외의 경우 미국 카네기 멜론대학에서 RFID를 이용한 자재관리 시스템을 제시하였고, Bechtle사의 Red Hills 건설현장 실험에서 RFID를 활

용하여 자재의 위치추적과 관리를 수행한 결과 30% 능률 향상을 확인할 수 있었다[4]. 국내의 경우 커튼 월, 마감자재, 철골, 콘크리트 등 주요 자재에 RFID를 활용한 연구 및 현장실험 사례가 있다[5-7]. 표 1은 RFID를 적용한 국내 자재관리 선행연구들을 요약해 놓은 것이다[8].

표 2. RFID 주파수 특징
Table. 2 Feature of RFID frequency

	unit(Hz)		
Frequency Feature	125K	13.56M	900M
Tag size	small	a little small	normal
Tag price	cheap	a little cheap	normal
Reading speed	slow	a little slow	fast
Reading range	under 1m	under 1m	3~5m
Disturbance interference	low	a little low	normal
Material interference	low	a little low	normal

III. 건축자재 관리를 위한 RFID 시스템

기존의 건축 분야에서 RFID를 활용한 연구 및 현장 실험은 대부분 건물 신축 시 부재의 위치와 양을 관리하는데 초점을 맞추었고, 건물의 해체 시 재사용할 수 있는 부재의 상태관리에 대한 연구는 전무한 실정이다. 본 장에서는 건설자재용 RFID에 적합한 주파수를 선정하고, 건축물의 조립과 해체 시 건설자재의 효율적인 재활용을 위해 건설자재의 상태 및 위치 정보를 관리할 수 있는 건설자재용 RFID 시스템을 제안한다.

3.1 건설자재용 RFID 주파수 선정

RFID 시스템에서 RF주파수는 저주파(LF : low frequency)로 125kHz, 고주파(HF : high frequency)는 13.56MHz, 극초단파(UHF : ultra high frequency)로는 900MHz가 사용되고 있다. 각 주파수대역의 특징은 표 2에 정리되어 있다[9]. 저주파 대역의 RFID는 인식거리가 짧은 반면 태그의 크기가 작고 가격이 저렴하며 외란과 재질의 간섭을 거의 받지 않아 동물추적, 자동차제어, 보건 응용 등에 사용되고 있다. 고주파 대역의 RFID는 저주파 대역의 RFID의 단점을 보완했으며, 스마트카드, 물건추적, 도서관, 제품인증 등

에 사용되고 있다. 극초단파 대역의 RFID는 인식거리가 3~5m로 다소 긴 편에 속하고 태그의 크기와 가격이 보통이며 외란과 재질의 간섭을 받는다는 단점을 가지고 있으며, 판매와 물류 등에 사용되고 있다[10].

본 논문에서는 건축 환경의 특성상 재질의 영향을 적게 받는 RFID가 필요 하지만, 많은 데이터를 처리하는 작업 특성상 빠른 읽기 속도와 장거리 인식이 가능한 UHF 대역의 RFID를 사용한다.

3.2 시스템 구조

본 논문에서 제안된 건축자재 관리를 위한 RFID 시스템은 각종 부재에 삽입 혹은 부착되어 있는 RFID 태그의 정보를 일정 거리에서 인식하고 인식된 태그의 정보를 무선으로 전송하여 주 시스템에 장착되어 있는 데이터베이스에 저장한다. 태그는 콘크리트나 다양한 부재 표면 또는 내부에 부착되므로 직접적인 접촉에 의한 태그 정보 인식이 불가능하여 일정 거리에서의 인식이 필요하다. 따라서 일정거리에서 데이터 인식이 가능한 UHF 대역인 900MHz RFID 태그를 사용한다.

본 논문에서 제안된 RFID 시스템은 UHF RFID 태그의 인식을 위한 UHF RFID 리더, 시스템 통합제어를 위한 MCU(Micro Control Unit)[11], 정보 전송을

위한 RF 장비 등으로 이루어진 RFID 리더부와 태그의 정보를 RF통신으로 수신받기 위한 RF장비, 정보 제어를 위한 MCU, 태그의 정보를 저장할 수 있는 데이터베이스가 포함된 저장부로 구성되어 있다. 그림 1은 RFID 시스템의 전체적인 흐름도를 나타내고, 그림 2와 3은 제안된 RFID 시스템의 리더부와 저장부의 구조를 나타낸다.

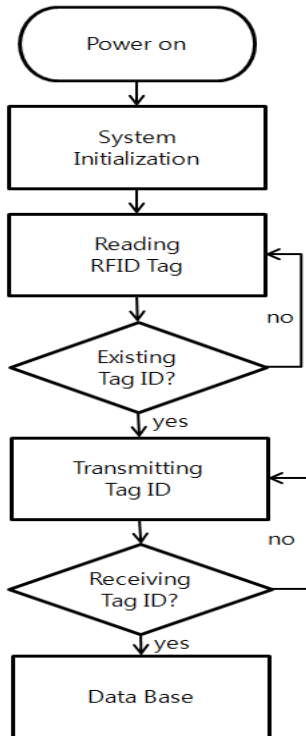


그림 1. RFID 시스템 흐름도
Fig. 1 Flow-chart of RFID system

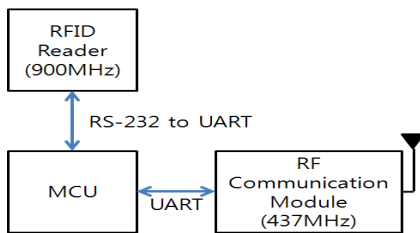


그림 2. RFID 리더부 구조
Fig. 2 The structure of RFID reader part

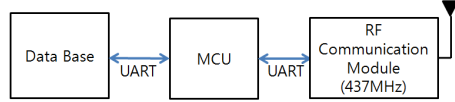


그림 3. 저장부 구조
Fig. 3 Structure of memory unit



그림 4. RFID 리더 모듈
Fig. 4 RFID Reader Module



그림 5. MCU (Arduino MEGA 2560)
Fig. 5 MCU (Arduino MEGA 2560)



그림 6. RF 통신 모듈
Fig. 6 RF communication module

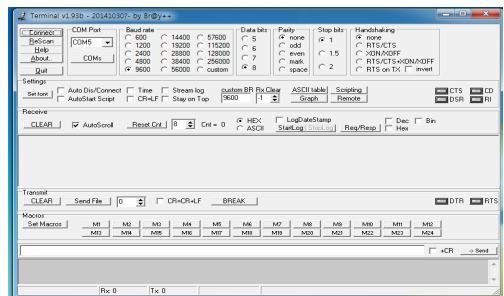


그림 7. 데이터로그 터미널
Fig. 7 Datalog terminal

그림 4는 본 논문에서 사용한 900MHz 대역의 RF ENGINE사의 UMR-02 리더 모듈이다. MCU에서 리더 명령을 보내면 리더기의 인식범위 내에 존재하는 태그의 정보를 인식한다. 태그 신호가 존재하면 태그 인식 명령을 MCU로 전송한다. 인식 범위 내에 태그 신호가 존재하지 않으면, 에러 커맨드를 전송한다. 그림 5은 ATmega2560 칩이 내장되어 있는 Arduino MEGA 2560의 외관이다. Arduino MEGA는 54개의 입출력 핀(15개의 PWM 출력 핀)과 16개의 아날로그 입력 핀, 4개의 UARTs(하드웨어 시리얼)핀 16MHz 오실레이터 등으로 구성되어 있다. 그림 6은 제안된 시스템에 사용된 데이터 전송을 위한 (주)칩센 사의 Air-Bon F400 RF모듈이다. UART, IIC, SPI 인터페이스를 지원하고 저비용 무선데이터 전송에 적합하다. 그림 7은 데이터 로그 작성을 위한 터미널 프로그램이다. 기본적으로 제공되는 통신속도를 지원하며 시리얼통신으로 전송되는 데이터 값을 Text 형식의 파일로 16자리 단위로 기록된다.

3.3 시스템 구현

본 논문에서는 건축자재 관리를 위한 RFID 시스템을 구축하기 위해 RFID 리더모듈, MCU, 무선통신모듈, 위치추정모듈을 포함한 리더부를 구성하였고, 무선통신모듈, MCU, 데이터베이스를 포함하는 저장부를 구성하였다. 그림 8은 구현된 RFID 리더부 이고 그림 9는 구현된 저장부이다. 구현된 RFID 시스템 실험은 조선대학교 전자정보공과대학 적응신호처리 실험실에서 수행되었다. 실험실 기둥과 벽면에 RFID 태그를 부착시키고 구현된 RFID 리더기로 태그 정보를 정상적으로 인식하고 저장하는 지에 대한 실험을 수행하였다. 그림 10은 구현된 RFID 리더부로 부착된 각각의 태그들을 인식하고, 인식된 태그의 ID를 데이터베이스 로그에 기록 한 것이다. 12자리의 태그 ID와 부가정보 입력이 가능한 4자리의 데이터들이 Text파일 형식으로 저장되었다. 표3은 실험에 사용된 각각의 태그와 태그 ID 및 태그의 타입을 정리한 것이다.

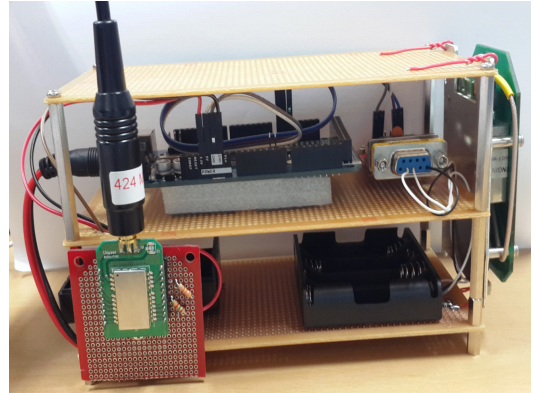


그림 8. 구현된 RFID 리더부
Fig. 8 Implemented RFID reader unit

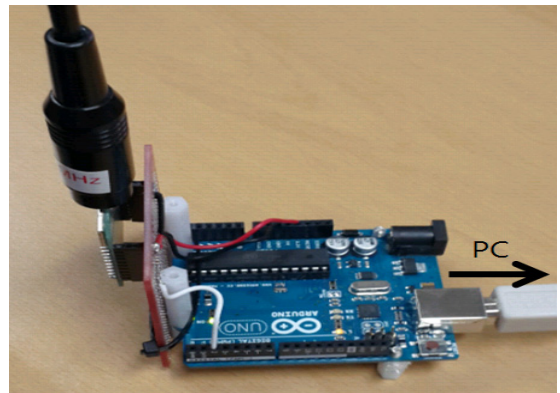


그림 9. 구현된 저장부
Fig. 9 Implemented memory unit

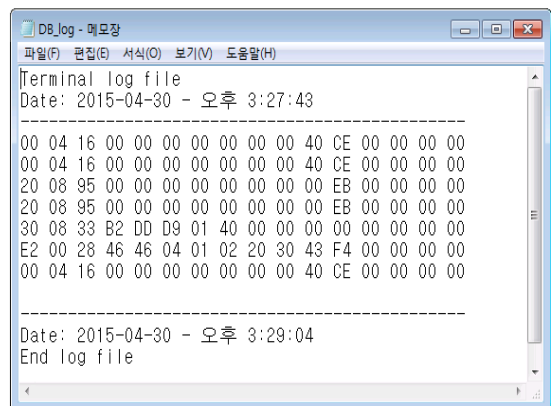






그림 10. 데이터베이스 로그
Fig. 10 Database Log

표 3. RFID 태그
Table. 3 RFID tag

Tag	ID	Type
	E2 0 28 46 46 4 1 2 20 30 43 F4	Sticker
	30 8 33 B2 DD D9 1 40 0 0 0 0	Pad
	20 8 95 0 0 0 0 0 0 0 0 EB	Metal
	0 4 16 0 0 0 0 0 0 0 40 CE	Metal

IV. 결 론

신축 건물의 건축자재 태그 아이디와 같은 기본적인 정보만 인식하는 기존의 RFID를 이용한 건축자재 관리 시스템과는 다르게, 본 논문에서는 건물의 신축과 해체 시 자재의 재사용을 효율적으로 관리하는데 적합한 RFID 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 RFID 정보를 인식하고, 자재의 상태에 대한 다량의 정보를 리더기에서 주 컴퓨터에 장착되어 있는 데이터베이스로 전송하여 저장할 수 있어 건축자재 재사용에 적합하도록 설계되어 있다. 이 시스템은 태그 정보 인식과 데이터 전송을 위한 RFID 리더부와 데이터 수신 및 데이터 저장을 위한 데이터베이스를 포함하는 저장부로 구성되어 있다. 제안된 시스템의 데이터베이스는 Text 형식 파일의 데이터 로그이다. 자재의 이력을 추적하기 위해서는 Text 형식 파일의 데이터 로그를 검색해야 하는 문제가 있다. 추후에는 자동으로 인터넷 데이터베이스에 자재에 이식되어 있는 태그 ID와 상태를 업로드 하는 연구가 진행될 것이다. 본 논문에서 제안된 RFID 시스템을 활용함으로써, 건물의 해체 및 조립 시 건설자재의 보다 효율적인 재사용 관리가 이루어 질 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구 사업지원을 받아 수행된 것임(No. 2014-044260). 이 논문은 2014학년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

References

- [1] G. Cha, B. Son, and W. Hong, "A study on CO₂ Emissions of Construction Wastes by Types from Demolition Phase of Buildings to Final Disposal Phase of Construction Wastes Generated from Urban Renaissance Project Area," *J. of the Architectural Institute of Korea*, vol. 26, no. 7, 2010, pp. 311-320.
- [2] M. Shin and J. Lee, "A Study on the Efficient RFID Tag Identification considering Performance Information of Individual Nodes in a Grid Environment," *J. of the Korea Institute of Electronics Communications Sciences*, vol. 6, no. 5, 2011, pp. 797-802.
- [3] J. Shin and S. Hwang, "Design of RFID Packaging for Construction Materials," *J. of the Korea Institute of Electronics Communications Sciences*, vol. 8, no. 6, 2013, pp. 923-931.
- [4] J. Han, S. Kwon, and M. Cho, "Development of Material Management System and Field Tests Using RFID Technology on High-Rise Building Construction," *J. of the Architectural Institute of Korea*, vol. 22, no. 10, 2006, pp. 121-128.
- [5] M. Jang, S. Yoon, S. Chin, and Y. Kim "Implementing Radio Frequency Identification in the Curtain Wall Process Management," *Conf. of the Architectural Institute of Korea*, Seoul, Korea, Apr. 2004, pp. 491-494.
- [6] C. Park, O. Kwon, and S. Yun, "New SNR Estimation Algorithm using Preamble and Performance Analysis," *Conf. of the Korea Institute of Building Construction*, Seoul, Korea, Apr. 2007, pp. 93-96.
- [7] S. Park, J. Lee, J. Song, and K. Oh, "RFID Technology Application in Construction Material Management Process," *Conf. of the Architectural Institute of Korea*, Gwangju,

Korea, Oct. 2008, pp. 593-596.

- [8] J. Lee, J. Song, and K. Oh, "A Study on Developing a Context - Aware Scenario for the RFID Application of the Information Management on the Construction Materials," *J. of the Architectural Institute of Korea*, vol. 25, no. 3, 2009, pp. 111-118.
- [9] S. Kwon, "Application examples to the construction site with the technology trends of RFID technology," *Conf. of the Korea Institute of Building Construction*, Seoul, Korea, Dec. 2004, pp. 50-56.
- [10] P. Li, Y. Zhang, Y. Shin, and H. Shin, "A Study on RFID technology and application of China," *J. of the Korea Institute of Electronics Communications Sciences*, vol. 6, no. 2, 2011, pp. 330-336
- [11] J. Ko, E. Jeon, B. Cho, and S. Hong "Photovoltaic System for the efficient management and performance analysis of MCU implementation," *Conf. of the Korea Institute of Electronics Communications Sciences*, Busan, Korea, June 2011, pp. 409-411.

저자 소개



김태윤(Tae-yun Kim)

2014년 2월 조선대학교 메카트로닉스공학과 졸업

2014년 3월 조선대학교 대학원 전자공학과 석사과정

※ 관심분야 : RFID, 이동로봇 플랫폼, 로봇 위치추정, Simultaneous Localization And Mapping



황석승(Suk-Seung Hwang)

1997년 2월 광운대학교 제어계측공학과 졸업

2001년 6월 University of California, Santa Barbara, Electrical & Computer Engineering Department 대학원 졸업 (공학석사)

2006년 University of California, Santa Barbara, Electrical & Computer Engineering Department 대학원 졸업 (공학박사)

2006. 5~2008. 3 삼성전자 통신연구소 책임연구원

2008. 3~2014. 1 조선대학교 메카트로닉스공학과 교수

2014. 2 ~ 현재 조선대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 적응신호처리, 위치추정, 채널추정, 이동로봇용 위치추정, 간섭제거, RFID

