

UHF RFID를 이용한 위치정보 기반 건축자재 관리 시스템

김태윤* · 황석승**

Construction Materials Management System Based on Location Information Using UHF RFID

Tae-Yun Kim* · Suk-Seung Hwang**

요 약

RFID(Radio Frequency Identification)는 라디오파를 이용하여 사물에 부착된 태그에 저장되어 있는 고유정보를 무선으로 전송하는 기술이다. 건축 분야에서 RFID를 사용하여 자재의 투입량과 재고 관리를 위한 자재 관리 시스템의 구축사례가 증가 하고 있는 추세이다. 기존의 자재관리 시스템은 자재의 투입량과 재고 관리를 위해 자재에 RFID태그를 부착시키고 자재 투입 시 자재에 부착된 태그를 인식하는 기능만을 가진 시스템이 대부분이고, 자재의 재사용을 위해 자재의 위치정보를 RFID를 활용하여 자동으로 인식하고 관리할 수 있는 시스템 개발은 활발히 이루어지고 있지 않다. 본 논문에서는 건축자재의 효율적인 재사용을 위해 특정 서브와 리더기의 거리측정값을 기반으로 자재의 위치를 추정하여 메인 서버에 저장하는 기능을 가지는 RFID 시스템을 제안한다. 시스템의 구조는 RFID 리더부, 거리측정부, 통신부, 저장부로 구성된다.

ABSTRACT

Using the radio wave, RFID(Radio Frequency Identification) wirelessly transmits the unique information saved in a tag attached on the specific object. In the construction area, the trend in using RFID for managing the input and inventory of the construction materials is upward. General management systems for the construction materials have only a function of identifying the tag attached on the construction materials, but the management system with a function of identifying and managing the location information of the construction materials employing RFID, for reusing it, is not actively developed. For the efficient reuse of the construction materials, in this paper, we propose the RFID system with a function of estimating and saving the location information of the specific construction materials, based on the estimated distances between the particular subs and reader. The proposed system consists of RFID reader, distance estimate, communication, and memory units.

키워드

RFID System, Reader, Location Estimation, Construction Materials Management System
RFID 시스템, 리더기, 위치 추정, 건축 자재 관리 시스템

1. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification)[1]는 라디오파를 이용하여 사물에 부착된 태그에 저장되어 있는 고유정보를 무선으로 전송하는 기술로써 사물의 정보

를 수집, 가공하여 객체간 정보교환, 측위, 원격관리 등의 서비스를 가능하게 한다[2]. 최근 들어 RFID를 사용하여 건축자재를 관리하는 시스템들이 증가하고 있지만, 기존의 자재관리 시스템은 현장에서 자재의 투입량과 재고를 관리하기 위해 자재에 RFID 태그를

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

접수일자 : 2015. 08. 25

심사(수정)일자 : 2015. 09. 13

게재확정일자 : 2015. 09. 23

부착시키고 자재 투입 시 부착된 태그를 인식하여 관리하는 기능만을 가진 시스템이 대부분으로, RFID를 활용하여 재사용을 위한 자재의 상태와 위치정보를 제공하는 시스템은 활발히 개발되고 있지 않은 실정이다. 본 논문에서는 일정거리 인식이 가능한 RFID 리더모듈을 사용하여 자재의 위치를 측정하고 저장할 수 있는 RFID 기반의 건축자재 관리시스템을 제안하고 구현한다. 제안된 시스템은 측정된 거리값을 기반으로 TOA(Time-of-Arrival) 삼각변 측량법을 사용하여 건축자재의 위치를 추정한다. 또한, 자재의 상태 및 위치를 무선으로 전송받아 저장할 수 있는 저장부를 구현하여 효율적인 자재 재사용에 사용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 RFID를 이용한 기존의 건축 자재관리 시스템들에 대한 선행 연구를 제시하고 3장에서 자재의 위치를 추정하기 위한 위치추정 모델을 제시한다. 4장에서는 제안된 자재

관리를 위한 RFID 시스템에 대하여 설명하고, 5장에서 시뮬레이션을 통해 자재 위치추정 성능을 검증한다. 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

II. 기존 건축자재 관리 시스템

기존의 건축자재 관리 시스템은 현장에서 자재의 투입량과 재고파악의 목적의 관리시스템들이다. 해외의 경우 미국 카네기 멜론대학에서 RFID를 이용한 자재관리 시스템을 제시하였고, Bechtle사의 Red Hills 건설현장실험에서 RFID를 활용하여 자재의 위치추적과 관리를 수행한 결과 30% 능률 향상이 있었다[3]. 국내의 경우 커튼월, 마감자재, 철골, 콘크리트 등 주요 자재에 RFID를 활용한 연구 및 현장실험 사례가 있다[4-6]. 표 1은 RFID를 적용한 국내 자재관리 선행연구들을 요약해 놓은 것이다[7].

표 1. RFID를 적용한 국내 자재관리 선행연구
Table 1. Preceding study of domestic materials management based on RFID

Researcher	Materials	Contents of research
Han, Jea-Goo et al	Finishing Material	Tests of RFID for development of the finishing materials 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
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

III. 위치추정 모델

건축자재의 위치추정 알고리즘의 개략도는 그림 1과 같다. 리더로부터 세 개의 거리측정 모듈로 거리측

정 신호를 송신하고 거리측정값을 반환한다. 반환된 거리값을 반지름으로 갖는 원을 그려 세 원의 교차점을 건축자재의 위치(=리더의 위치)로 결정한다.

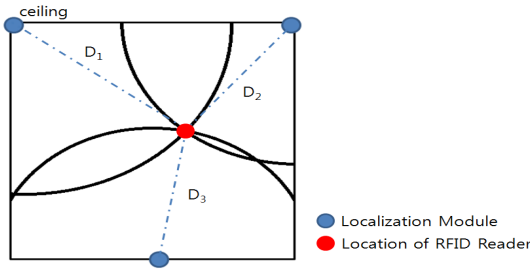


그림 1. 위치추정 개략도
Fig. 1 Localization schematic diagram

리더의 위치는 식(1)에 의해 추정 할 수 있다[8].

$$D_1^2 = \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2} \quad (1)$$

$$D_2^2 = \sqrt{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2}$$

$$D_3^2 = \sqrt{(x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2}$$

여기서 $D_n (n=1,2,3,\dots)$ 은 각각의 거리측정 모듈을 통해 측정되어진 거리값이고, $x_n, y_n (n=1,2,3,\dots)$ 은 각각의 거리측정 모듈의 좌표, x, y 는 리더의 위치이다.

IV. 건축자재 관리를 위한 RFID 시스템

기존의 RFID를 활용한 연구 및 현장실험은 대부분 현장에서의 자재 투입량과 재고 관리에 초점을 맞추었고, 자재의 재사용을 위한 관리 시스템은 전무한 실정이다. 본 장에서는 효율적인 자재의 재활용을 위한 건설자재의 상태 및 위치정보를 관리할 수 있는 건설자재용 RFID 시스템을 제안한다.

4.1 시스템 구조

본 논문에서 제안된 건축자재 위치정보 관리를 위한 RFID 시스템은 각종 부재에 삽입 혹은 부착되어 있는 태그의 정보를 인식하고 리더기와 세 개의 거리측정 모듈 사이의 거리를 측정하여 자재의 위치정보를 획득한다. 인식된 태그정보와 위치정보를 무선으로 전송하여 메인 PC에 연결되어 있는 저장부를 통하여 데이터베이스에 저장한다. 태그는 콘크리트나 다양한 부재 표면 또는 내부에 부착되므로 직접적인 접촉에 의한 태

그 정보 인식이 불가능하여 일정 거리에서의 인식이 필요하다. 따라서 일정거리에서 데이터 인식이 가능한 UHF(Ultra-High Frequency) RFID 태그를 사용한다.

제안된 RFID 시스템은 태그 인식을 위한 UHF RFID 리더, 시스템 통합제어를 위한 MCU(Micro Control Unit)[9], 자재의 위치추정을 위한 메인 거리 측정 장비, 정보 전송을 위한 RF 장비 등으로 이루어진 RFID 리더부와 거리측정을 위한 세 개의 서브 거리 측정 장비와 태그의 정보를 RF통신으로 수신받기 위한 RF장비, 정보제어를 위한 MCU, 태그의 정보를 저장할 수 있는 데이터베이스로 구성된 저장부로 구성되어 있다.

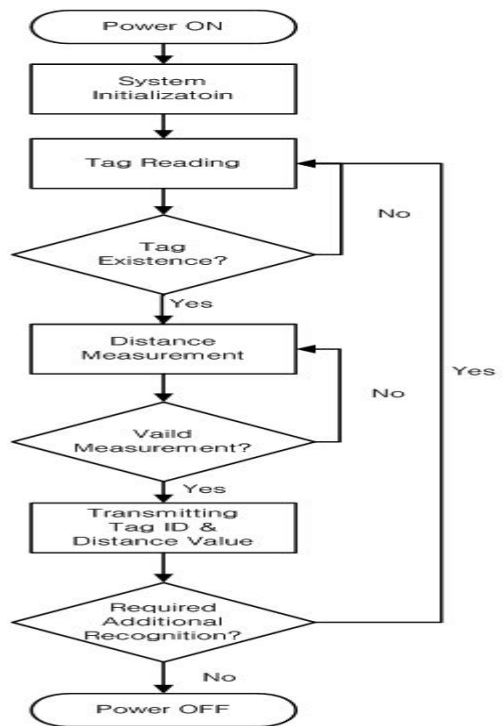


그림 2. 리더부 흐름도
Fig. 2 Flow-chart of reader unit

그림 2는 RFID 리더부의 흐름도를 나타내고, 그림3은 저장부의 흐름도를 나타낸다. 리더부의 RFID 리더로 건축자재에 부착 되어 있는 RFID 태그를 인식하고 태그정보가 인식이 되면 거리측정 모듈을 통해 거리를 측정한다. 측정된 거리를 기반으로 부재의 위치를 추

정한다. 태그정보와 위치정보를 무선통신 모듈을 통해 무선으로 저장부로 전송한다. 저장부는 전송된 각종 데이터를 데이터베이스에 저장한다. 그림 4와 5는 제안된 RFID 시스템의 리더부와 저장부의 구조이다.

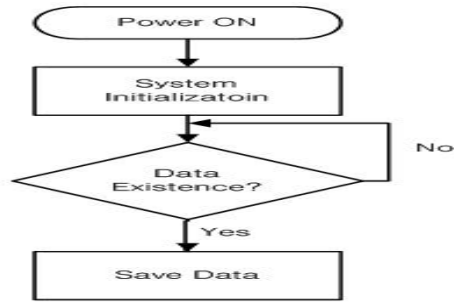


그림 3. 저장부 흐름도
Fig. 3 Flow-chart of memory unit

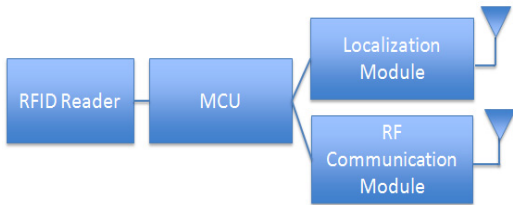


그림 4. 리더부 구조
Fig. 4 Structure of reader unit

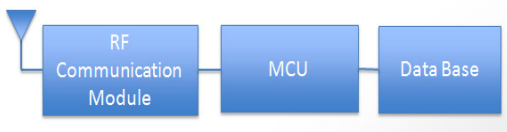


그림 5. 저장부 구조
Fig. 5 Structure of memory unit

4.2 시스템 구현

본 논문에서는 건축자재 관리를 위한 RFID 시스템을 구축하기 위해 RFID 리더모듈, MCU, 무선통신모듈, 거리측정모듈을 포함한 리더부를 구성하였고, 무선통신모듈, MCU, 데이터베이스를 포함하는 저장부를 구성하였다.

그림 6은 구현된 RFID 리더부 이고 그림 7은 구현된 저장부이다. 그림 8은 구현된 서브 거리측정부이다. 구현된 RFID 시스템 실험은 조선대학교 전자정보 공과대학 아날로그시스템설계 실험실에서 수행되었다. 그림 9는 거리측정 실험 환경이다. 실험실 선반위에 구현된 세 개의 서브 거리측정부를 설치하고 컴퓨터를 이용하여 거리측정 실험을 진행하였다.

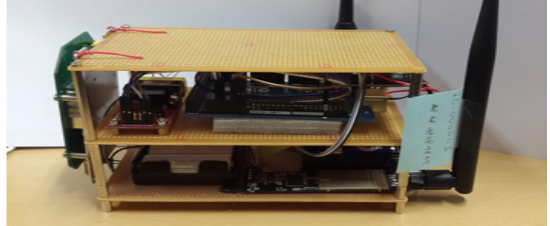


그림 6. 구현된 리더부
Fig. 6 Implemented reader unit

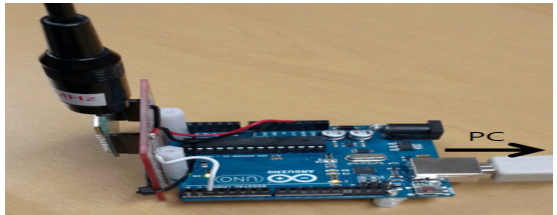


그림 7. 구현된 저장부
Fig. 7 Implemented memory unit

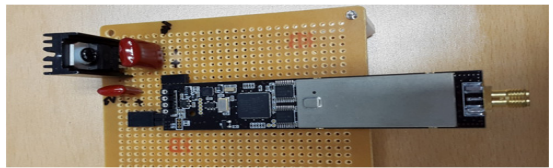


그림 8. 구현된 서브 거리측정부
Fig. 8 Implemented sub distance measurement unit

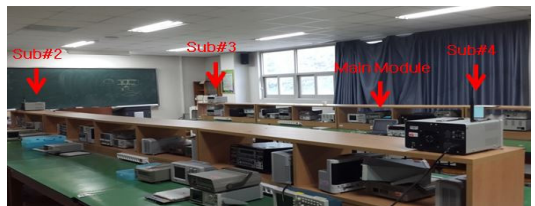


그림 9. 거리측정 실험환경
Fig. 9 Experiment environment for estimating distance

V. 성능평가

본 장에서는 측정된 거리 데이터를 기반으로 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 가상자재의 위치를 확인한다. 7.2m X 3.5m의 2차원 공간에서 메인 모듈과 각 서브모듈 사이의 거리를 측정하고 측정된 거리값을 기준으로 시뮬레이션을 진행하였다. 각 모듈에서 측정된 거리값을 반지름으로 하는 세 원의 교차점들의 평균값을 리더의 위치(=건축자재의 위치)로 결정한다. 그림 10은 메인모듈이 (1, 2.5)에 위치하고 있을 때 각 모듈 간 측정결과이고 그림 11은 메인모듈이(1, 6.3)에 위치 할 때의 거리측정 결과이며, 그림 12는 측정된 거리를 바탕으로 시뮬레이션 한 결과이다. 좌측이 메인모듈이 (1, 2.5)에 위치하는 경우의 시뮬레이션 결과이고 우측이 메인모듈이 (1, 6.3)에 위치하는 경우의 시뮬레이션 결과이다.

NTRGID=000002S1#0003.37	NTRGID=000003S1#0002.40	NTRGID=000004S1#0005.12
0003.68	0002.72	0005.60
0003.51	0002.45	0005.20
0003.39	0002.69	0005.04
0004.55	0002.86	0005.47
0003.83	0002.63	0004.93
0004.32	0002.49	0005.14
0004.17	0002.75	0005.18
0003.69	0002.99	0005.20
0003.50	0002.26	0005.47
PHY NO ACK	0002.41	0005.45
0003.68	0002.65	0004.96
0003.28	0002.23	0005.00
0003.76	0002.77	0005.24
0003.58	0002.51	0005.46
0003.39	0002.85	0005.32
0003.54	0002.75	0005.23
0003.42	0002.32	0004.81
0003.59	0002.92	0005.38
0003.08	0002.88	0005.01
0003.72	0002.73	0005.73
0003.70	0002.65	0005.50
0003.59	0002.50	0005.31
0003.48	0002.53	0005.23
0003.60	0002.75	0005.42
0003.08	0002.72	0005.45
0003.48	0002.73	0005.18
0004.05	0002.65	0005.01
0003.21	0002.87	0005.43
0003.12	0002.94	0005.16
0003.19	0002.53	0005.10
0003.12	0002.53	0005.18

그림 10. 메인모듈 위치(1, 2.5)
Fig. 10 Main module position (1, 2.5)

NTRGID=000002S1#0005.77	NTRGID=000003S1#0005.70	NTRGID=000004S1#0001.65
0006.10	0005.88	0001.61
0005.73	0005.66	0001.77
0006.44	0005.74	0001.34
0005.78	0005.97	0001.54
0006.23	0006.02	0001.61
0006.10	0005.82	0001.53
0006.50	0005.85	0001.21
0006.01	0006.21	0001.20
0005.43	0007.14	0001.53
0006.05	0006.50	0001.59
0006.10	0005.88	0001.34
0005.84	0005.98	0001.45
0006.17	0005.96	0001.52
0006.14	0006.14	0001.24
0005.96	0005.83	0001.48
0006.08	0005.82	0001.38
0006.00	0006.02	0001.23
0005.84	0005.73	0001.54
0006.15	0005.96	0001.54
0006.11	0005.84	0001.54
0005.78	0005.75	0001.38
0005.84	0005.79	0001.56
0005.91	0006.38	0001.70
0005.96	0005.88	0001.22
0005.69	0006.06	0001.60
0005.84	0005.85	0001.49
0005.71	0005.68	0001.39
0005.79	0005.90	0001.34
0005.84	0006.05	0001.38
0006.00	0005.83	0001.39
0006.24	0005.70	0001.71
0006.03	0005.80	0001.31

그림 11. 메인모듈 위치(1, 6.3)
Fig. 11 Main module position (1, 6.3)

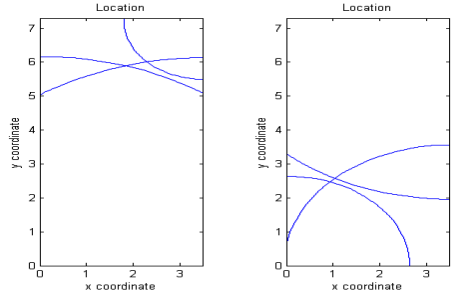


그림 12. 시뮬레이션 결과
Fig. 12 Simulation result

VI. 결론

건설현장에서 RFID를 활용하여 건축자재에 부착된 태그의 ID만을 인식하는 기존 건축자재 관리 시스템과는 다르게, 본 논문에서는 자재의 재사용을 위해 건설자재의 위치를 RFID 리더를 이용하여 추정하는 기능이 추가된 시스템을 제안하고 거리측정값을 기반으로 가상자재의 위치를 추정하였다. 측정결과 2m 이내의 비교적 짧은 거리 측정 시 다소 큰 오차가 발생하였는데, 그 원인은 안테나의 방향 및 주변 구조물의 간섭에 의해 세계의 원이 정확하게 한 점에서 만나지 않아 발생한 것으로 파악된다. 본 논문에서는 측정된 거리 데이터를 컴퓨터에 전송하여 필요한 계산을 수행하였다. 본 논문에서 제안된 RFID 자재관리 시스템은 다양한 건축자재의 재사용에 효율적으로 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 현재, 구현된 RFID 리더부의 MCU만을 이용하여 자재의 위치를 추정하는 연구를 진행 중이다. 또한, 오차를 줄일 수 있는 보다 개선된 TOA 삼각변 측량법을 이용한 RFID 자재관리 시스템을 개발 중에 있다.

감사의 글

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

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(No. 2011-0024811).

본 논문은 2015년도 한국전자통신학회 봄철 종합 학술대회 우수논문의 확장본입니다.

References

- [1] 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.
- [2] S. Joung and D. Kim, "Case Study for RFID Applications from Business Model Perspective," *J. of Information Technology Application & Management*, vol. 20, no. 1, 2013, pp. 197-216.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] K. Yoon, "Improved Localization Algorithm for Ultrasonic Satellite System," *J. of the Korea Institute of Electronics Communications Sciences*, vol. 6, no. 5, 2011, pp. 775-781.
- [9] Y. Han and D. Kim, "Sensitivity illumination system using biological signal," *J. of the Korea Institute of Electronics Communications Sciences*, vol. 9, no. 4, 2014, pp. 499-507.

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