creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[UCI]I804:24011-200000265239

2016년 2월

석사학위 논문

건축자재 재사용을 위한 RFID 관리시스템

조선대학교 대학원

전자공학과

김 태 윤

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

건축자재 재사용을 위한 RFID 관리시스템

RFID management system for the reuse of construction materials

2016년 2월 25일

조선대학교 대학원

전자공학과

김 태 윤

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

건축자재 재사용을 위한 RFID 관리시스템

지도교수 황 석 승

이 논문을 전자공학석사학위 신청 논문으로 제출함

2015년 10월

조선대학교 대학원

전자공학과

김 태 윤

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

김태윤의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 이 충 규 (인)

위 원 공주대학교 교수 박 봉 석 (인)

위 원 조선대학교 교수 황 석 승 (인)

2015년 11월

조선대학교 대학원

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

도 목 차 iii
표 목 차 v
ABSTRACT vi

제1장 서론 1
제1절 연구배경 1
제2절 연구목적 및 방법 2

제2장 건축자재 재사용을 위한 RFID 관리시스템 3
제1절 RFID를 활용한 건설자재 관리 선행연구 4
제2절 건축자재 관리를 위한 RFID시스템 5
1. 건설자재용 RFID 주파수 선정 5
2. 시스템 구조 6
3. 테스트 베드 제작 11
4. 테스트 21
제 3절 위치정보 획득 29
1. 위치추정 모델 29
2. 거리측정 실험 30
3. 성능평가 33

제3장 결론 38

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Reference 39

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

도 목 차

그림 2.1 시스템 구성도 ····· 7
그림 2.2 RFID 리더부 흐름도 ····· 8
그림 2.3 저장부 흐름도 ····· 9
그림 2.4 RFID 리더부 구조 ····· 9
그림 2.5 RFID 저장부 구조 ····· 10
그림 2.6 RFID 리더 모듈 ····· 11
그림 2.7 리더기 프로토콜 ····· 12
그림 2.8 MCU(Arduino MEGA 2560) ····· 13
그림 2.9 호스트 명령 ····· 14
그림 2.10 호스트 메시지 포맷 ····· 14
그림 2.11 리더기 응답 ····· 16
그림 2.12 응답 메시지 포맷 ····· 16
그림 2.13 RF통신모듈(Air-BonF400) ····· 18
그림 2.14 데이터베이스 프로그램(PLX-DAQ) ····· 18
그림 2.15 아두이노 코딩(송신) ····· 19
그림 2.16 아두이노 코딩(수신) ····· 20
그림 2.17 메탈 타입 RFID 태그 인식 ····· 21
그림 2.18 스티커 타입 RFID 태그 인식 ····· 21
그림 2.19 인식된 태그 ID 및 전송패킷 ····· 21
그림 2.20 금속자재에 대한 RFID 인식 실험 환경 ····· 22
그림 2.21 금속자재에 대한 메탈 타입 RFID 태그 인식 실험 ····· 22
그림 2.22 금속자재에 대한 메탈 타입 RFID 태그 인식 실험 결과 ····· 23
그림 2.23 개선된 RFID 리더부 ····· 25
그림 2.24 개선된 저장부 ····· 25
그림 2.25 테이터 터미널 프로그램 ····· 26
그림 2.26 데이터 로그 작성 ····· 27
그림 3.1 위치추정 알고리즘 개략도 ····· 29

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 3.2 거리측정 모듈(GMP-513) ····· 30
그림 3.3 모듈 ID 지정 ····· 31
그림 3.4 거리측정 실험 환경 ····· 32
그림 4.1 메인 모듈이(1, 6.3)에 위치하고 있을 때 ····· 33
그림 4.2 메인 모듈이(1, 2.5)에 위치하고 있을 때 ····· 34
그림 4.3 시뮬레이션 결과 ····· 35

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 목 차

표 2.1 RFID를 활용한 국내 자재관리 선행연구 ····· 4
표 2.2 RFID 주파수 특징 ····· 6
표 2.3 호스트 메시지 필드 ····· 15
표 2.4 응답 메시지 필드 ····· 17
표 2.5 태그 타입별 금속자재에서의 인식률 ····· 24
표 2.6 RFID 태그 ····· 28
표 2.7 GMP-513 프로토콜 ····· 30

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

RFID management system for the reuse of construction materials

Kim, TeaYun
Advisor : Prof. Hwang Suk-seung, Ph.D.
Dept. of Electronic Engineering
Graduate School of Chosun University

Using the radio wave, RFID(: Radio Frequency IDentification) wirelessly transmits the unique information saved in a tag attached on the specific object. The study and experiment of the conventional construction management system based on RFID only focus on for managing the used amount and location of the construction materials in the construction stage, but they do not consider the status management system for the recycling materials in the construction stage or the building deactivation. Also, 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.

In this thesis, 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. In addition, we propose the system with a function of estimating and saving the location information of the specific construction materials, based on the estimated distances between the sub distance measurement unit and reader. The localization algorithm employed in this thesis is based on traditional TOA(: Time of Arrival) trilateration technique.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제1장 서론

제1절 연구배경

RFID(: Radio Frequency Identification)는 라디오파를 이용하여 태그의 고유정보를 식별하는 자동식별 기술[1]로서 원격지에서 사물에 부여된 태그의 정보를 인식하여 관련 정보를 교환 할 수 있으며[2], IT산업[3][4], 건설[5][6][7], 교통[8], 의료[9][10], 유통[11][12], 물류[13][14], 공공기관[15] 등 산업전반에 사용되고 있다[16]. 특히 건축, 토목 분야에서 건설자재의 재고관리, 건축물 시공 시 건설자재의 투입량 조사 등의 자재관리를 위해 RFID를 다양하게 활용하고 있는 추세이다. 기존의 건축자재를 관리하는 방식은 자재창고 입구 혹은 건축물 입구에 RFID 리더기를 설치하여 자재의 입고, 출고 상태를 확인하거나 고유 번호가 부여된 지게차를 이용하여 지게차가 입차, 출차 할 때 카운트하는 방식, 혹은 자재 자체에 부착되어있는 라벨형식의 RFID 태그를 작업자가 리더기를 통해 인식하여 데이터베이스에 기록하는 방식 등이 있다[17][18][19]. 이는 건축물 시공 시 자재가 얼마나 투입되었는지, 자재창고에 재고가 얼마나 남았는지에 대한 양적인 데이터는 얻을 수 있지만, 건물의 재건축시 다시 사용할 수 있는 자재의 이력을 알 수 없다. 본 연구에서는 기존의 입, 출력 방식의 자재관리 시스템의 단점을 보안하기 위해 재건축 시 자재의 효율적인 재사용이 가능하도록 RFID를 사용한 자재관리 시스템을 제안한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제2절 연구목적 및 방법

본 연구에서는 기존의 입, 출력 방식의 자재관리 시스템의 문제점들을 해결하기 위한 RFID 자재 관리 시스템을 제안한다. 또한, 제안된 시스템은 자재의 효율적인 재사용을 위해 자재의 위치정보 인식 기능을 포함한다. 연구수행 방법은 다음과 같다.

1. RFID 기반 건축자재관리 시스템 구현

기존의 RFID를 이용한 자재관리 시스템은 건물이 신규로 지어지는 상황만을 위한 자재 관리 시스템이고, 건물의 신축과 해체 시 발생하는 자재의 상태 관리시스템은 전무한 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 일정거리에서 인식이 가능한 RFID 리더를 구현하여, 자재의 상태를 데이터베이스에 무선으로 전송하고 저장하는 효율적인 건설자재 관리 RFID 시스템을 제안한다.

2. 자재 위치정보 인식 시스템 구현

건축자재의 효율적인 재사용을 위해 자재의 위치정보를 제공하는 시스템은 활발히 개발되고 있지 않은 실정이다. 본 연구에서는 자재의 위치를 측정하고 저장할 수 있는 기능을 포함한 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 TOA(: Time-of-Arrival) 기술을 이용하여 측정된 거리 값을 기반으로 삼각변(Trilateration) 측량법을 사용하여 RFID 리더의 위치를 추정하여, 그 좌표를 자재의 위치로 결정한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제2장 건축자재 재사용을 위한 RFID 관리시스템

지구 온난화로 인해 온실가스 배출에 대한 규제가 강화 되고 있다[20]. 온실가스의 대표적인 성분은 CO_2로 전체 온실가스 비율의 88.8%를 차지하고 있다[21]. 온실가스 배출을 줄이기 위해 건설 분야에서는 건설폐기물의 최소화와 재사용[22]이 중요한 이슈가 되고 있다. 최근 건축물의 저탄소 장수명화가 진행됨에 따라 건물 신축 시 건설자재의 관리를 위해 RFID가 활발히 사용되고 있다. 이 밖에도 RFID는 사물의 정보를 수집, 가공하여 객체 간 정보교환, 측위[24][25], 원격관리[26], 출입관리, 위치추적, 유통물류분야, 자동차 분야 등 다양한 분야에서 활발히 사용되고 있다[27].

RFID를 사용하여 건축자재를 관리하는 시스템들이 개발되고 있지만, 기존의 RFID를 이용한 자재관리 시스템은 건물이 신규로 지어지는 상황만을 위한 자재 관리 시스템이고, 건물의 해체 시 발생하는 자재의 재사용 여부와 자재의 위치 및 상태 관리를 위한 시스템은 전무한 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 일정거리에서 인식이 가능한 RFID 리더를 구현하여, 자재에 부착되어 있는 RFID 태그를 인식하고 태그가 인식되면 거리측정을 통해 태그 근처에 위치하고 있는 RFID 리더의 좌표를 추정하고 추정된 리더의 위치와 태그정보를 데이터베이스에 무선으로 전송하고 저장하는 건설자재 재사용을 위한 RFID 관리시스템을 제안한다. 위치정보 제공을 위한 좌표 값은 TOA 기법을 이용하여 측정된 거리 값을 기반으로 삼각변 측량법[28]을 사용하여 계산 된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제1절 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 활용하여 자재의 위치추적과 관리를 수행한 결과 30% 능률 향상을 확인할 수 있었다[29]. 국내의 경우 커튼월, 마감자재, 철골, 콘크리트 등 주요 자재에 RFID를 활용한 연구 및 현장실험 사례가 있다[30][31][32]. 표 2.1은 RFID를 적용한 국내 자재관리 선행연구들을 요약해 놓은 것이다[33].

표 2.1 RFID를 활용한 국내 자재관리 선행연구

연구원	자재	연구내용
한재구 외 2인	마감자재	RFID를 이용한 마감자재 모니터링 시스템 개발
이민우 외 5인	철근	철근공사를 대상으로 RFID 적용을 위한 기초 실험
문성우 홍승문	콘크리트	RFID를 활용한 콘크리트 타설모델 제시
구도형 외 4인	콘크리트 벽돌 철근 모래	RFID 적용을 위한 공정 및 자재 특성 분석

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제2절 건축자재 관리를 위한 RFID시스템

기존의 건축 분야에서 RFID를 활용한 연구 및 현장실험은 대부분 건물 신축 시 자재의 위치와 양을 관리하는데 초점을 맞추었고, 건물의 해체 시 재사용 할 수 있는 자재의 상태관리에 대한 연구는 전무한 실정이다. 본 절에서는 건설자재용 RFID 시스템에 적합한 주파수를 선정하고, 건축물의 조립과 해체 시 건설자재에 부착되는 RFID ID 및 추가정보를 관리할 수 있는 건설자재용 RFID 시스템을 제안한다.

1. 건설자재용 RFID 주파수 선정

RFID 시스템에서 RF 주파수로 저주파(LF : low frequency)는 125kHz, 고주파(HF : high frequency)는 13.56MHz, 극초단파(UHF : ultra high frequency)는 900MHz가 사용되고 있다[34][35]. 저주파 대역의 RFID는 인식거리가 짧은 반면 태그의 크기가 작고 가격이 저렴하며 외란과 재질의 간섭을 거의 받지 않아 동물관리, 자동차제어, 보건응용 등에 사용되고 있다. 고주파 대역의 RFID는 저주파 대역의 RFID의 단점을 보완했으며, 스마트카드, 물건추적, 도서관, 제품인증 등에 사용되고 있다. 극초단파 대역의 RFID는 인식거리가 3~5m로 다소 긴 편에 속하고 태그의 크기와 가격은 보통이지만 외란과 재질의 간섭을 받는다는 단점을 가지고 있으며, 판매와 물류 등에 사용되고 있다[36][37]. 각 주파수대역의 태그 크기, 가격, 읽기 속도, 범위, 외란 및 재질간섭의 6가지 특징은 표 2.2에 정리되어 있다[38].

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

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 2.2 RFID 주파수 특징

단위(Hz)

주파수 / 특징	125k	13.56M	900M
태그 크기	작음	다소 작음	보통
태그 가격	저렴	다소 저렴	보통
읽기 속도	느림	다소 느림	빠름
읽기 범위	1m 이하	1m 이하	3~5m
외란 간섭	적음	다소 적음	보통
재질 간섭	적음	다소 적음	보통

2. 시스템 구조

본 연구에서 제안된 건축자재 관리를 위한 RFID 시스템은 각종 자재에 삽입 혹은 부착되어 있는 RFID 태그의 정보를 일정 거리에서 인식하고 인식된 태그의 정보를 무선으로 전송하여 주 시스템에 장착되어 있는 데이터베이스에 저장한다. 태그는 콘크리트나 다양한 자재 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 연구에서 제안된 RFID 시스템은 극초단파 RFID 태그의 인식을 위한 극초단파 RFID 리더, 시스템 통합제어를 위한 MCU(Micro Control Unit)[39], 정보 전송을 위한 RF 장비 등으로 이루어진 RFID 리더부, 태그의 정보를 RF 통신으로 수신받기 위한 RF 장비, 정보제어를 위한 MCU, 태그의 정보를 저장할 수 있는 데이터베이스가 포함된 저장부로 구성되어 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

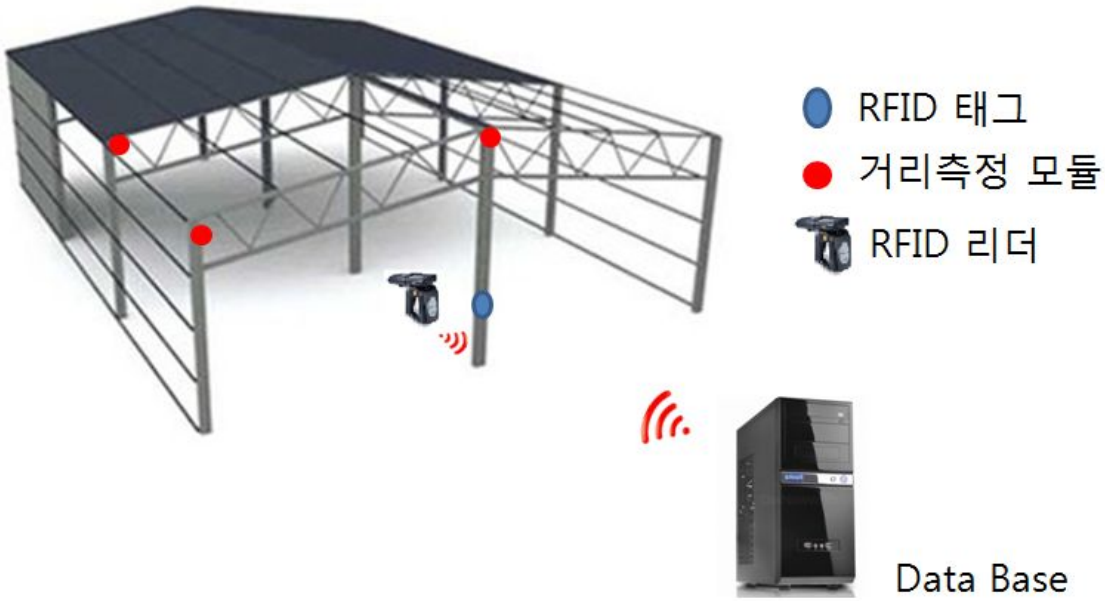


그림 2.1 시스템 구성도

그림 2.1은 제안된 시스템의 전체적인 구성도 이다. 본 시스템은 자재에 부착되어 있는 RIFD 태그 정보를 읽어드리고 비접촉식 RFID 리더의 위치를 계산함으로써 건축자재의 위치를 추정한다. 건축물이 완성된 후 휴대용 RFID 리더를 이용하여 자재에 부착되어 있는 태그 정보를 읽어드린다. 태그의 정보가 리더기를 통해 인식되면, 세 개의 거리측정 유닛을 사용하여 리더와 각 거리측정 유닛 사이의 거리를 측정하고 위치추정 알고리즘에 의해 리더의 위치를 추정하게 된다. 추정된 리더의 위치와 태그의 ID를 저장부로 전송하게 되고 저장부에서는 수신된 정보를 데이터베이스에 저장한다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

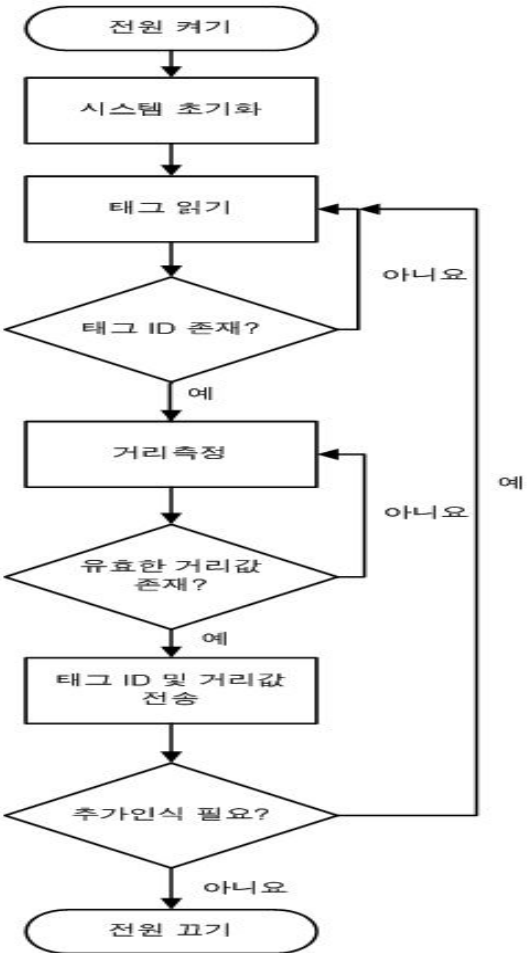


그림 2.2 RFID 리더부 흐름도

그림 2.2는 제안된 시스템의 RFID 리더부 흐름도를 나타낸다. 최초 전원 인가 시 시스템 초기화를 진행하고 초기화가 완료되면 RFID 태그를 인식하고 태그 존재 여부를 확인한다. 태그 존재가 확인되면 거리측정을 실시하고, 인식된 태그가 없을 시 태그를 인식 할 때까지 태그 인식을 반복한다. 거리측정값이 유효하다고 판정되면, 태그 ID와 측정된 거리 값을 전송한 후 추가인식이 필요 없을 경우 작업을 종료한다. 추가적인 인식이 필요할 경우 태그 인식단계로 돌아가 일련의 과정을 수행한다. 리더부의 RFID 리더로 건축자재에 부착 되어 있는 태그 정보를 인식하고, 인식이 완료되면 거리측정 모듈을 통해 거리를 측정한다. 측정된 거리를 기반으로 자재의 위치를 추정한 후, 태그정보와 위치정보를 무선통신 모듈을 통해 저장부로 전송한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

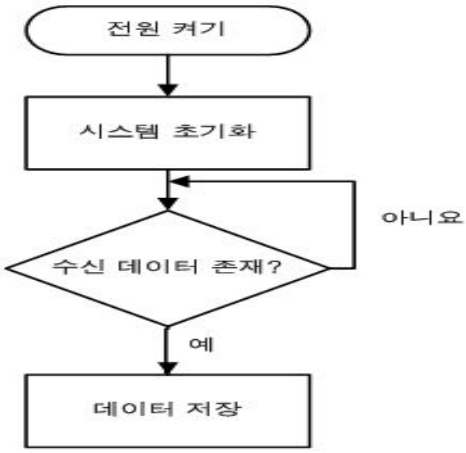


그림 2.3 저장부 흐름도

그림2.3은 제안된 시스템의 저장부 흐름도를 나타낸다. 전원이 인가되면 시스템을 초기화 한다. 초기화 완료 후 데이터의 존재여부를 확인하고 데이터가 존재할 경우 저장부는 전송된 데이터를 데이터베이스에 저장한다. 데이터가 존재하지 않는 경우 계속 데이터의 수신여부를 확인한다.

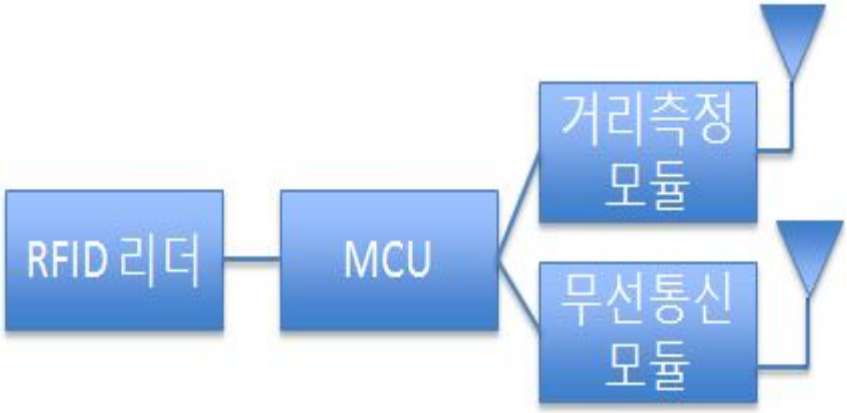


그림 2.4 RFID 리더부 구조

그림 2.4는 제안된 RFID 시스템의 리더부 구조이다. 리더부는 시스템의 전체적인 제어를 위한 MCU, 태그 정보를 읽기 위한 RFID 리더 모듈, 거리측정을 위한 거리측정 모듈, 데이터를 무선으로 전송하기 위한 RF 모듈로 구성된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

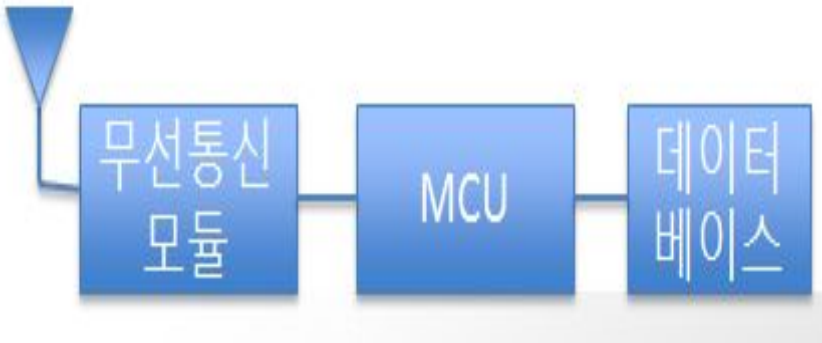


그림 2.5 저장부 구조

그림 2.5는 제안된 RFID 시스템의 저장부 구조이다. 저장부는 무선으로 데이터를 전송받기 위한 RF 통신모듈, 데이터 제어를 위한 MCU, 데이터를 수집하여 저장하기 위한 데이터베이스로 구성된다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 테스트 베드 제작

건축자재 관리를 위한 테스트 베드 제작을 위해 RFID 리더모듈, MCU, 무선통신모듈을 포함한 리더부와, 무선통신모듈, MCU, 데이터베이스를 포함하는 저장부를 구성하였다.

그림 2.6 RFID 리더 모듈

그림 2.6은 테스트 베드 제작에 사용한 900MHz 대역의 RF ENGINE사의 UMR-02 리더 모듈이다. MCU에서 태그 읽기 명령을 송신하면 리더기의 인식범위 내에 존재하는 태그의 정보를 인식한다. 인식된 태그가 존재하는 경우 응답코드 RC_DATA(0x01)을 전송하고 인식된 태그가 존재하지 않는 경우 응답코드 RC_NO_TAG(0xF2)를 전송한다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

호스트 명령

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
02	01	0B	01	0E	01	B1	00	00	FC	A5	03

리더기 응답

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
02	02	0E	01	0B	01	B1	00	0F	01	01	0C	41	43	30	30	30	30	30	39	3B	30	00	00	E7	3E	03

그림 2.7 리더기 프로토콜

그림 2.7은 리더기 프로토콜이다. 호스트 명령어에서 01은 패킷의 시작을 나타내고, 02는 패킷의 순서를 나타내며, 03과 04는 해당 명령어를 보내는 주체를 나타내는데, 호스트에서 송신하는 것이므로 0B 01이 된다. 05와 06은 해당 명령어를 수신하는 주체를 나타내고, 리더모듈이 수신하는 것이므로 0E 01이 된다. 07은 태그를 읽기위한 명령어이고, 08과 09는 데이터의 길이, 10과 11은 02~09까지의 CRC16을 나타낸다. 마지막으로 12는 패킷 종료를 나타낸다.

리더기 응답에서 01은 패킷의 시작을 02는 패킷의 순서를 나타내고, 호스트로부터의 응답으로 02를 응답한다. 03과 04는 해당 명령어를 송신하는 주체를 나타내는데, 리더기 에서 송신하는 것이므로 0E 01이 된다. 05와 06은 해당 명령어를 받는 주체를 나타내고, 호스트가 수신하는 것 이므로 0B 01이 된다. 07은 태그를 읽기위한 명령에 대한 응답이고, 08과 09는 데이터의 길이를 나태나고, 10은 데이터의 존재 유무를 타나낸다. 데이터가 존재하는 경우 01, 존재하지 않는 경우 F2로 응답한다. 11은 읽은 태그의 개수이고, 12는 태그 ID의 길이, 13~24는 태그 ID이며, 25와 26은 02~24까지의 CRC16을 나타내고, 27은 패킷의 종료를 나타낸다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

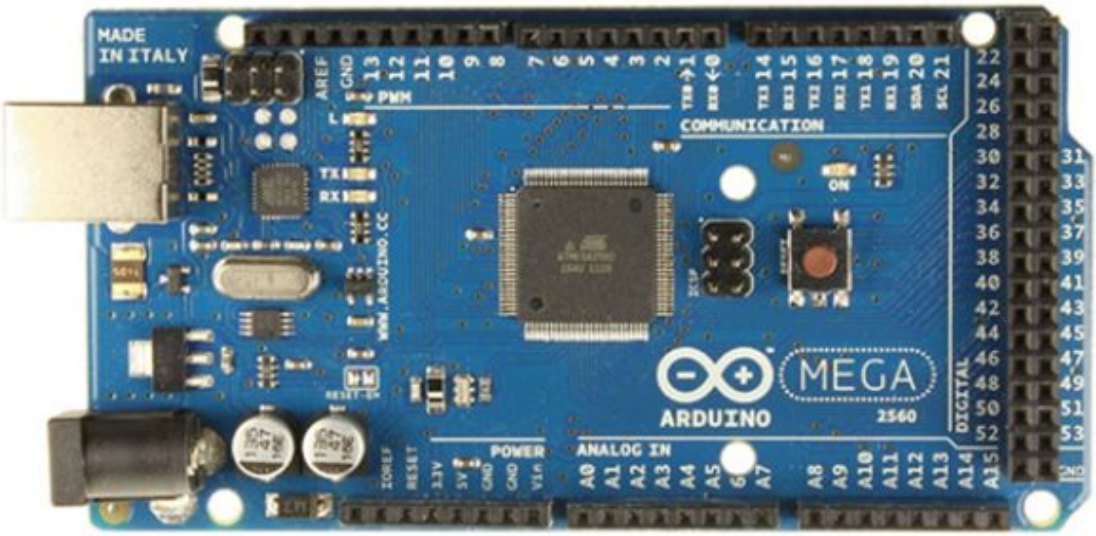


그림 2.8 MCU(Arduino MEGA 2560)

그림 2.8은 ATmaga2560 칩이 내장되어 있는 Arduino MEGA 2560의 외관이다. Arduino MEGA의 작동전압은 5V이고, 보드를 가동하기 위해 외부전원이 7-12V인가되면 안정적으로 작동하게 되며, 54개의 입출력 핀(15개의 PWM 출력 핀)과 16개의 아날로그 입력 핀을 가지고 있고, 핀당 최대 허용 전류는 40mA이다. 4개의 UARTs(하드웨어 시리얼)핀을 가지고 있으며, 3.3V와 5V의 내부출력 전압을 사용할 수 있으며, 3.3V 출력 시 최대 전류는 50mA이다. 플래시 메모리는 256KB를 사용 할 수 있으며, SRAM은 8KB, EEPROM은 4KB를 사용 할 수 있고, 16MHz 오실레이터 등으로 구성되어 있다. 다수의 시리얼제어가 필요한 경우 아두이노 우노 보다 효과적으로 사용 될 수 있고, 하드웨어 시리얼의 경우 300 baud 부터 115200 baud 까지 폭넓게 통신 속도를 제공하므로 115200 baud의 고속 통신이 필요한 경우 소프트웨어 시리얼 보다 안정적이다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

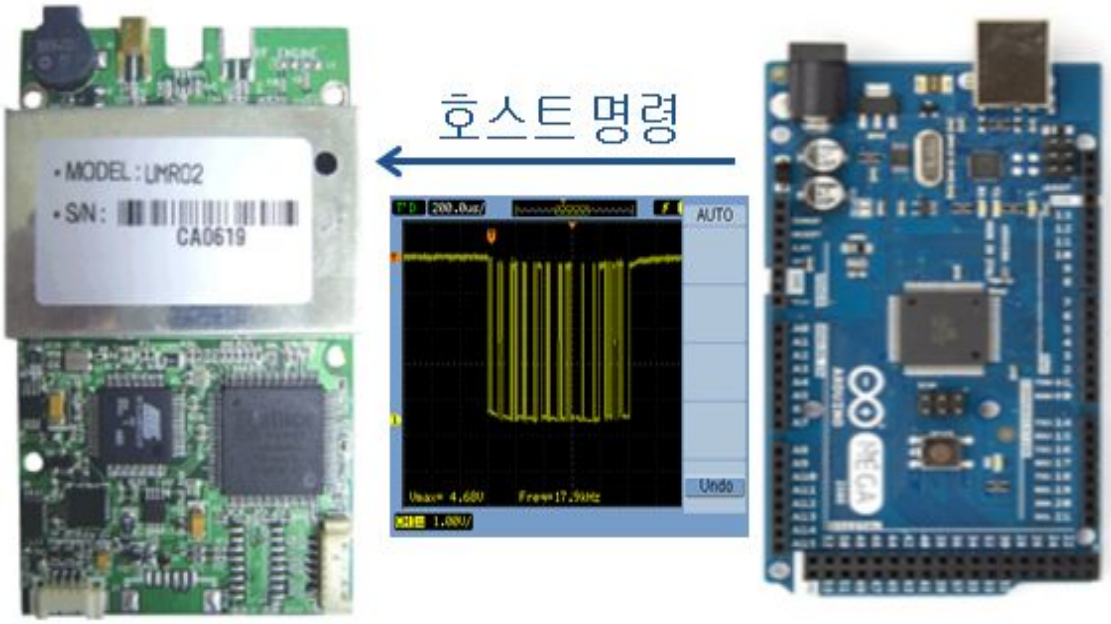


그림 2.9 호스트 명령

STX	Seq.No	Sender Index	Receiver Index	Command Code	Data Length	Request Data	CRC	ETX

그림 2.10 호스트 메시지 포맷

그림 2.9는 MCU로부터 RFID 리더 모듈로 태그 읽기 명령을 송신하는 그림이다. 메시지 포맷은 그림 2.10과 같고, STX는 메시지 시작, Seq.No는 일렬번호, Sender Index는 전송단말의 고유번호, Receiver Index는 수신단말의 고유번호, Command Code는 명령어 코드, Data Length는 전송데이터 길이, Request Data는 요구 데이터, CRC는 패킷에 대한 CRC값, ETX는 메시지 종료를 의미한다. 표 2.3은 호스트 메시지 필드를 정리한 것이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 2.3 호스트 메시지 필드

필드명	크기	설명	기본값
STX	1	메시지 시작	0x02
Seq.No	1	일렬번호	0x01~0xFF
Sender Index	2	전송단말 고유번호	0x0B 0x01
Receiver Index	2	수신단말 고유번호	0x0E 0x01
Command Code	1	명령어 코드	0xB1(태그읽기)
Data Length	2	전송 데이터 길이	패킷 길이
Request Data	가변	요구 데이터	가변
CRC	2	패킷에 대한 CRC값	X16 + X15 + X2 + 1
ETX	1	메시지 종료	0x03

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

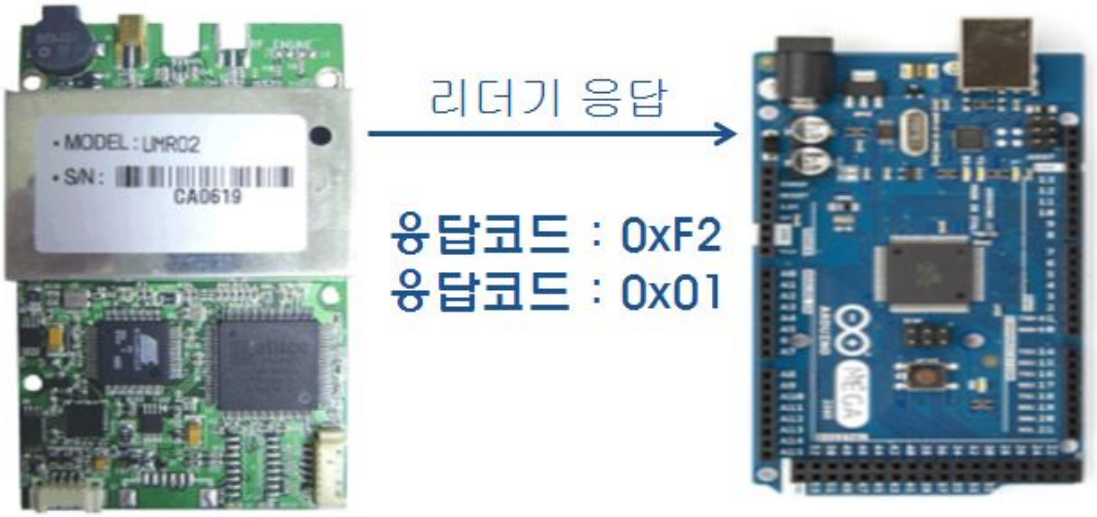


그림 2.11 리더기 응답

STX	Seq.No	Sender Index	Receiver Index	Command Code	Data Length	Res. Code	Reply Data	CRC	ETX

그림 2.12 응답 메시지 포맷

그림 2.11은 RFID 리더 모듈로부터 MCU로 태그 읽기 명령에 대한 응답을 보내는 것이다. 메시지 포맷은 그림 2.12와 같고, STX는 메시지 시작, Seq.No는 일렬번호, Sender Index는 전송단말의 고유번호, Receiver Index는 수신단말의 고유번호, Command Code는 명령어 코드, Data Length는 전송데이터 길이, Res.Code는 응답코드, Reply Data는 응답 데이터, CRC는 패킷에 대한 CRC 값, ETX는 메시지 종료를 의미한다. 표 2.4는 응답 메시지 필드를 정리한 것이다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 2.4 응답 메시지 필드

필드명	크기	설명	기본값
STX	1	메시지 시작	0x02
Seq.No	1	일렬번호	0x01~0xFF
Sender Index	2	전송단말 고유번호	0x0E 0x01
Receiver Index	2	수신단말 고유번호	0x0B 0x01
Command Code	1	명령어 코드	0xB1(태그읽기)
Data Length	2	전송 데이터 길이	패킷 길이
Res.Code	1	응답코드	0xF2(데이터 없음)
			0x01(데이터 있음)
Request Data	가변	요구 데이터	가변
CRC	2	패킷에 대한 CRC값	X16 + X15 + X2 + 1
ETX	1	메시지 종료	0x03

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 2.13 RF통신모듈(Air-BonF400)

그림 2.13은 제안된 시스템에 사용된 데이터 전송을 위한 ㈜칩센 사의 Air-Bon F400 RF 모듈이다. UART, IIC, SPI 인터페이스를 지원하고 저비용 무선데이터 전송에 적합하다.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
TAG_DATA															
TAG_DATA		2	2	E	1	B	1	B1	0	1	F2	75	9C	3	FFFFFFFF
TAG_DATA		2	2	E	1	B	1	B1	0	1	F2	75	9C	3	FFFFFFFF
TAG_DATA		2	2	E	1	B	1	B1	0	1	F2	75	9C	3	FFFFFFFF
TAG_DATA		2	2	E	1	B	1	B1	0	1	F2	75	9C	3	FFFFFFFF
TAG_DATA		2	2	E	1	B	1	B1	0	1	F2	75	9C	3	FFFFFFFF
TAG_DATA		2	2	E	1	B	1	B1	0	1	F2	75	9C	3	FFFFFFFF
TAG_DATA		2	2	E	1	B	1	B1	0	1	F2	75	9C	3	FFFFFFFF
TAG_DATA		2	2	E	1	B	1	B1	0	F	1	1	C	0	3
TAG_DATA		82	0	0	0	0	0	0	0	18	2	BC	AD	3	FFFFFFFF

그림 2.14 데이터베이스 프로그램(PLX-DAQ)

그림 2.14는 데이터베이스 제작을 위한 PLX-DAQ 엑셀 프로그램이다. MCU로부터 시리얼로 데이터를 전송받으면 전송된 데이터를 한 바이트씩 엑셀시트에 저장한다. 읽혀진 태그가 없는 경우 응답코드인 0xF2와 함께 노란음영의 응답 패킷 데이터를 전송하고, 읽혀진 태그가 존재하는 경우 응답코드 0x01과 함께 녹색 음영의 응답 패킷 데이터를 전송하게 된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

sketch_nov27a §

```
1 void setup(){
2 Serial3.begin(115200);// RFID reader to Mega
3 Serial2.begin(9600);// Mega to Airbon
4 }
5
6 void loop(){
7   byte reading[11]={0x02,0x01,0x0B,0x01,0x0E,0x01,0xB1,0x00,0x00,0x7C,0xB2,0x03}; // tag reading command
8   byte tag[27]// tag packet stroge
9 for(int i =0; i<27; i++){
10   Serial3.write(reading[i]);
11 }
12
13 //RFID receive packet store
14 if(Serial3.available()>0){
15   tag[0]= Serial3.read();  tag[1]= Serial3.read();  tag[2]= Serial3.read();  tag[3]= Serial3.read();  tag[4]= Serial3.read();  tag[5]= Serial3.read();
16   tag[6]= Serial3.read();  tag[7]= Serial3.read();  tag[8]= Serial3.read();  tag[9]= Serial3.read();  tag[10]= Serial3.read(); tag[11]= Serial3.read();
17   tag[12]= Serial3.read(); tag[13]= Serial3.read(); tag[14]= Serial3.read(); tag[15]= Serial3.read(); tag[16]= Serial3.read(); tag[17]= Serial3.read();
18   tag[18]= Serial3.read(); tag[19]= Serial3.read(); tag[20]= Serial3.read(); tag[21]= Serial3.read(); tag[22]= Serial3.read(); tag[23]= Serial3.read();
19   tag[24]= Serial3.read(); tag[25]= Serial3.read(); tag[26]= Serial3.read();}
20
21   //send Airbon
22   // teg read fail
23   if(tag[10]==0xF2){
24     Serial2.write(tag[0]); Serial2.write(tag[1]); Serial2.write(tag[2]); Serial2.write(tag[3]); Serial2.write(tag[4]);  Serial2.write(tag[0]);  Serial2.write(tag[5]);
25     Serial2.write(tag[6]); Serial2.write(tag[7]); Serial2.write(tag[8]); Serial2.write(tag[9]); Serial2.write(tag[10]); Serial2.write(tag[11]); Serial2.write(tag[12]);
26     delay(100);
27   }
28   // tag read succ
29   if(tag[10]==0x01){
30     Serial2.write(tag[0]);  Serial2.write(tag[1]);  Serial2.write(tag[2]);  Serial2.write(tag[3]);  Serial2.write(tag[4]);  Serial2.write(tag[0]);  Serial2.write(tag[5]);
31     Serial2.write(tag[6]);  Serial2.write(tag[7]);  Serial2.write(tag[8]);  Serial2.write(tag[9]);  Serial2.write(tag[10]); Serial2.write(tag[11]); Serial2.write(tag[12]);
32     Serial2.write(tag[13]); Serial2.write(tag[14]); Serial2.write(tag[15]); Serial2.write(tag[16]); Serial2.write(tag[17]); Serial2.write(tag[18]); Serial2.write(tag[19]);
33     Serial2.write(tag[20]); Serial2.write(tag[21]); Serial2.write(tag[22]); Serial2.write(tag[23]); Serial2.write(tag[24]); Serial2.write(tag[25]); Serial2.write(tag[26]);
34     delay(100);}
35 }
```

그림 2.15 아누이노 코딩(송신)

그림 2.15는 시스템의 제어를 위해 MCU인 아두이노를 코딩한 것이다. 시리얼 2번 포트는 AirBonF400과 연결되고 시리얼 3번 포트는 RFID 리더 모듈과 연결되어 Mega의 시리얼 포트를 사용하기 때문에 setup문에서 시리얼 2,3번 포트사용을 선언 하였다. loop문에서는 각 모듈별로 제어를 하기 위해 시리얼 3번 포트로 RFID 리더 모듈이 태그를 읽도록 읽기 패킷을 보내고, 인식된 정보를 시리얼 3번 포트로 불러와 할당된 저장 공간에 저장하게 된다. 할당된 저장 공간의 10번째 데이터가 0x01일 경우(태그가 인식된 경우) 태그 ID와 해당 응답 패킷을 송신하고 할당된 저장 공간의 10번째 데이터가 0xF2일 경우(태그가 인식되지 않은 경우) 해당 응답 패킷을 송신한다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

sketch_nov24b §

```
#include<SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial air(2,3);//RX, TX

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  air.begin(9600);
}

void loop(){
 byte tag[100];
 if(air.available()){
   delay(2000);
     Serial.println(air.read(), HEX);}
 }
```

그림 2.16 아두이노 코딩(수신)

그림 2.16은 수신데이터를 저장하기 위해 MCU인 아두이노를 코딩한 것이다. 수신부는 아두이노 우노를 사용하고, 우노는 시리얼 포트가 한 개 존재하므로 디지털 2,3번 핀을 소프트웨어 시리얼 포트로 선언하여 RF모듈과 연결하여 사용한다. 전송된 데이터는 바이트 단위로 저장이 되고, 저장된 데이터는 16진수로 출력되어진다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4. 테스트

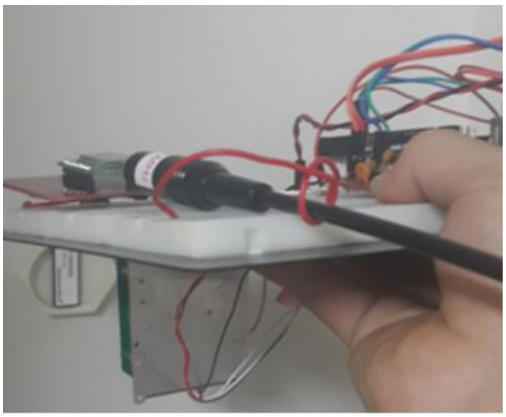


그림 2.17 메탈 타입 RFID 태그 인식

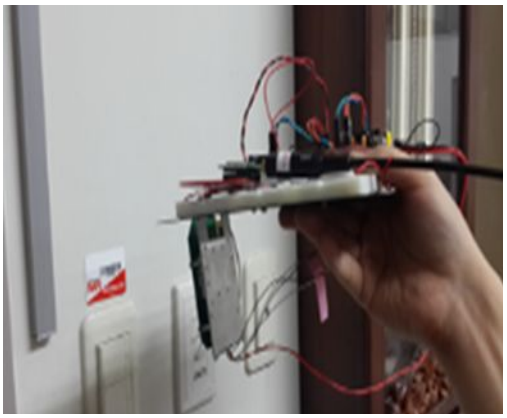


그림 2.18 스티커 타입 RFID 태그 인식

그림 2.17과 2.18는 제작된 테스트베드 RFID 리더부를 활용하여 실험실 기둥과 실험실 벽면에 부착되어 있는 메탈 타입 RFID 태그(좌)와 스티커 타입 RFID 태그(우)를 인식하는 과정을 보인 것이다.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
TAG_DATA															
TAG_DATA		2	2	E	1	B	1	B1	0	F	1	1	C	0	0
TAG_DATA		0	0	0	0	0	0	0	40	8	54	2D	11	3	FFFFFFFF
TAG_DATA		2	2	E	1	B	1	B1	0	F	1	1	C	0	0
TAG_DATA		0	0	8	0	22	16	57	2D	9	B5	F4	A	3	FFFFFFFF
TAG_DATA		2	2	E	1	B	1	B1	0	F	1	1	C	20	12
TAG_DATA		8	2	80	40	9	0	1	1	2	37	3	6A	3	FFFFFFFF

그림 2.19 인식된 태그 ID 및 전송패킷

그림 2.19는 리더부에서 인식된 RFID 태그의 ID 및 전송 패킷을 기록한 것이다. 콘크리트 안쪽이 아닌 바깥쪽에 RFID 태그를 부착함으로써 전파방해 없이 태그의 ID 및 전송패킷이 정상적으로 전송되었다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

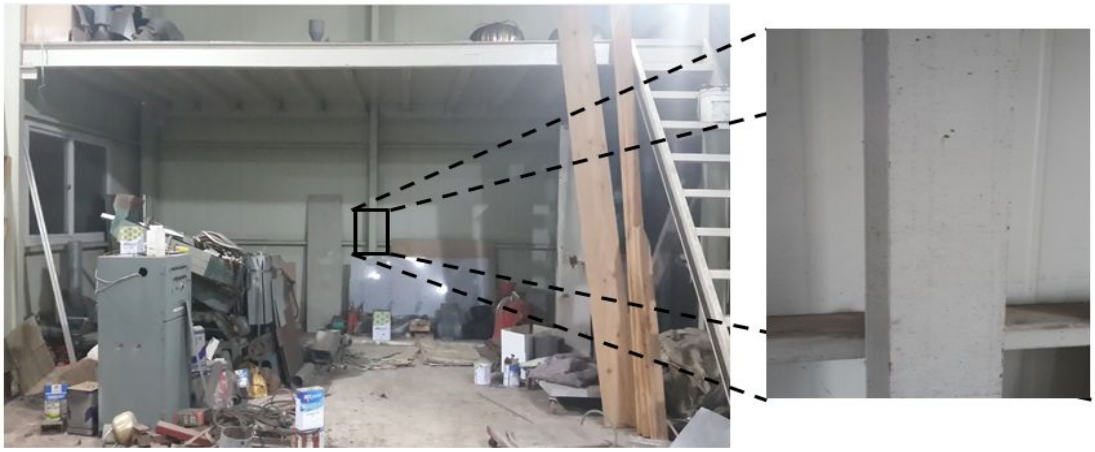


그림 2.20 금속자재에 대한 RFID 인식 실험환경

그림 2.20은 타입별 RFID 태그에 대한 금속자재에서의 인식을 위한 실험 환경이다. 조립식 창고의 H-beam 기둥에 RFID 태그를 부착시켜 인식실험을 진행하였다. 스티커 타입, 패드 타입, 메탈 타입 등 총 세 가지 타입의 RFID 태그를 대상으로 실험을 진행하였다.

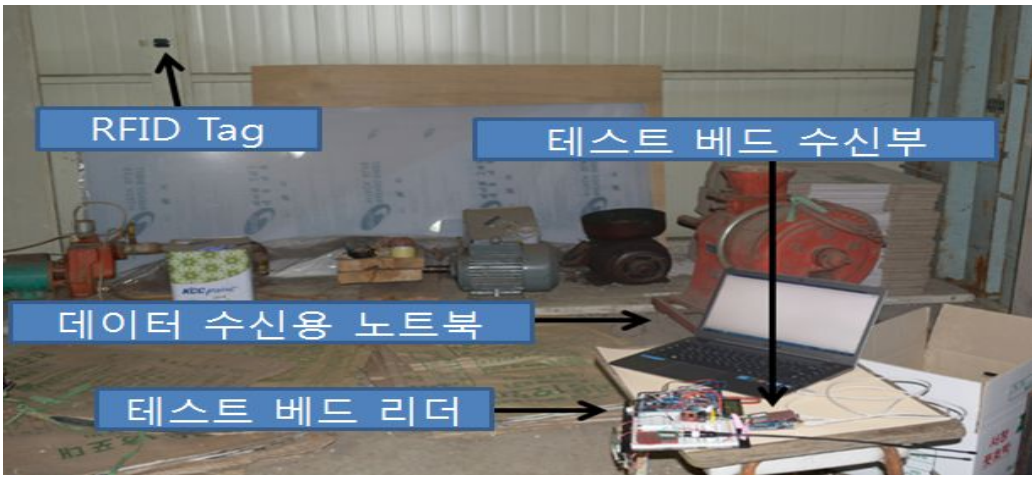


그림 2.21 금속자재에 대한 메탈 타입 RFID 태그 인식 실험

그림 2.21은 금속자재에 대한 메탈 타입 RFID 태그 인식 실험을 위한 실험 환경이다. H-beam 표면에 메탈 타입 RFID 태그를 부착시키고 테스트베드 RFID 리더를 사용하여 정상적으로 인식 되는지에 대한 실험을 진행하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 2.22 금속자재에 대한 메탈 타입 RFID 태그 인식 실험 결과

그림 2.22는 금속자재에 대한 메탈 타입 RFID 태그 인식실험 결과이다. 메탈 태그 ID는 038200000000182 이고 근거리 인식 시 정상적으로 태그의 ID가 전송됨을 확인하였다.

표 2.5는 태그 타입별 금속자재에서의 인식률을 기록한 것이다. 금속자재에 스티커 타입의 태그를 부착 하였을 경우는 태그가 제대로 인식 되지 않았는데, 이는 금속자제 표면에 스티커 타입의 태그를 직접적으로 부착시키는 경우 금속표면이 리더로부터 전송되어진 전파를 반사시켜 안테나의 성능이 저하되기 때문이다[40]. 패드 타입 RFID 태그의 경우 패드의 공간으로 인해 10%의 인식률을 보였고, 메탈 타입 RFID 태그의 경우 금속표면에서도 동작이 가능하도록 설계되어 95%이상의 인식률을 보였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 2.5 태그 타입별 금속자재에서의 인식률

실험에 사용된 태그	태그 ID	시도횟수 (회)	성공횟수 (회)	인식률 (%)	태그타입
	E2 0 68 6 0 0 0 0 0 0 0 0	100	0	0	스티커
	0 0 0 0 0 0 0 0 C0 0 20 48	100	0	0	스티커
	30 8 33 B2 DD D9 1 40 0 0 0 0	100	10	10	패드
	20 8 95 0 0 0 0 0 0 0 0 EE	100	95	95	메탈
	0 3 82 0 0 0 0 0 0 0 18 2	100	97	97	메탈

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

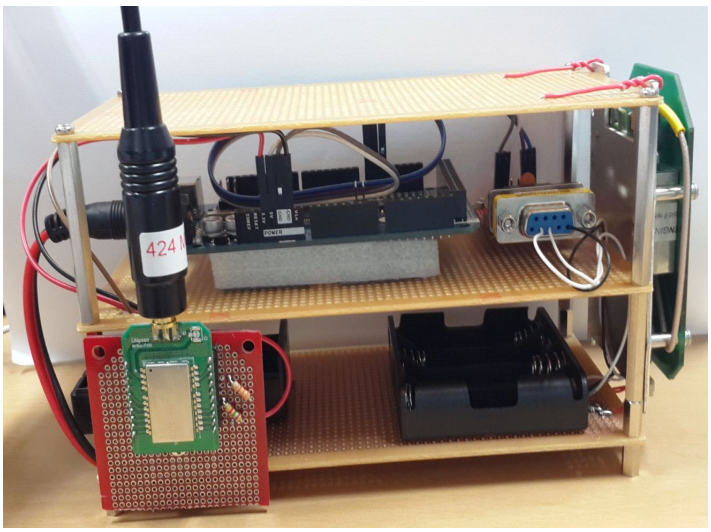


그림 2.23 개선된 RFID 리더부

그림 2.23은 개선된 RFID 리더부이다. 개선된 RFID 리더부는 테스트 베드 RIFD 리더부의 휴대성 문제를 해결하기위해 적층형태로 제작되었고, 극초단파 RFID 태그 인식을 위한 극초단파 RFID 리더, 시스템 통합제어를 위한 MCU, 무선정보 전송을 위한 RF 통신모듈로 구성된다.

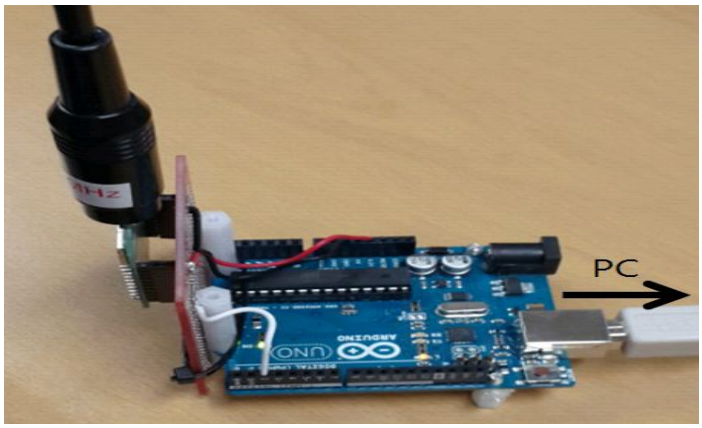


그림 2.24 개선된 저장부

그림 2.24은 개선된 저장부이다. 개선된 저장부는 MCU와 RF 통신 모듈로 구성되어 있고, 데이터베이스 작성을 위해 PC와 유선으로 연결된다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

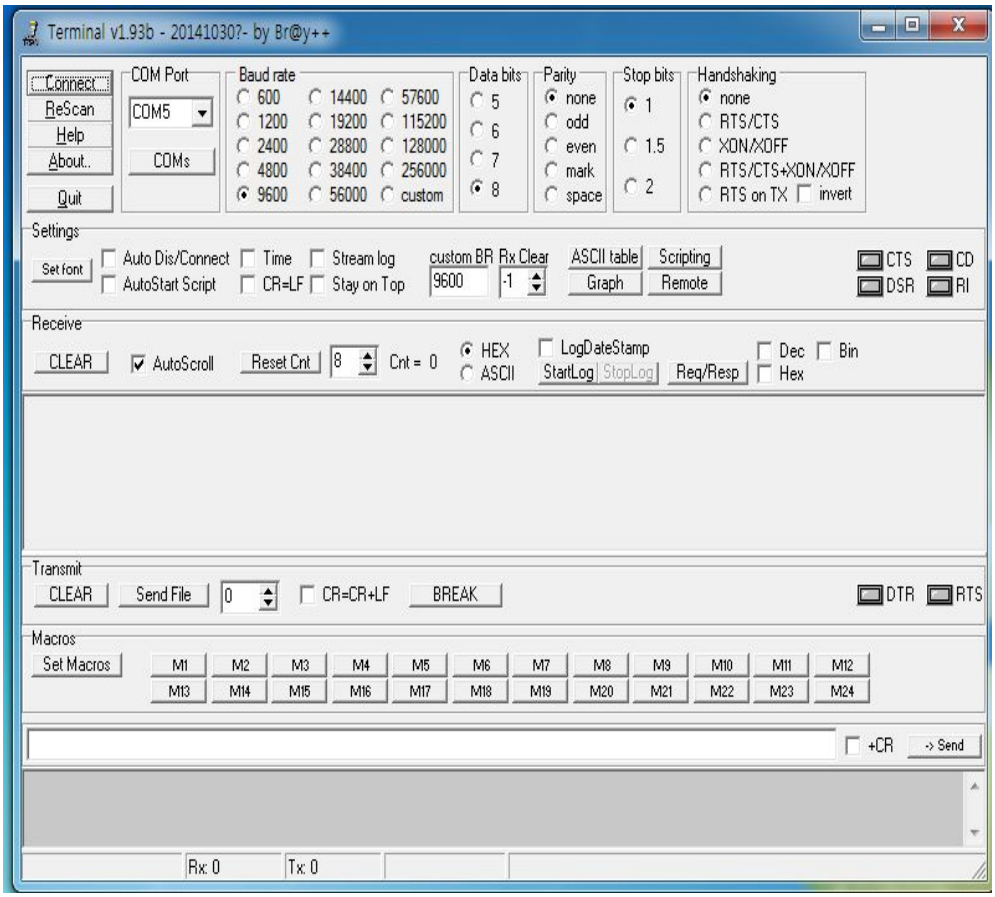


그림 2.25 데이터 터미널 프로그램

그림 2.25는 기존의 데이터베이스 작성 프로그램인 PLX-DAQ에 비해 데이터베이스 작성의 편의성 향상을 목적으로 하는 데이터 로그 작성을 위한 터미널 프로그램이다. 기본적으로 제공되는 통신 속도를 지원하며, 통신 속도 설정 후 연결하고자 하는 포트 번호를 선택하여 연결하면 수신 창에 수신된 데이터가 기록되게 된다. 데이터 로그를 작성하기 위해 스타트로그 버튼을 누르면 시리얼통신으로 전송되는 데이터 값이 Text 형식의 파일로 16자리 단위로 기록된다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

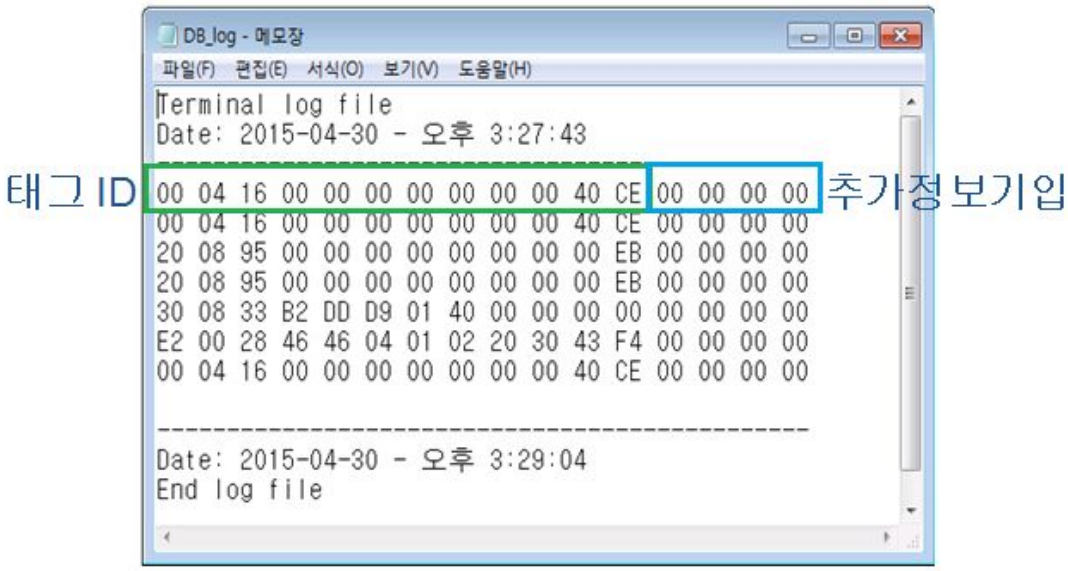


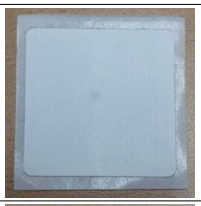
그림 2.26 데이터 로그 작성

그림 2.26은 개선된 RFID 리더부로 각각의 부착된 태그들을 인식하고, 인식된 태그의 ID를 데이터베이스 로그에 기록 한 것이다. 12자리의 태그 ID와 부가정보 입력이 가능한 4자리의 데이터들이 Text파일 형식으로 저장되었다. 개선된 RFID 시스템에 대한 실험은 조선대학교 전자정보공과대학 적응신호처리 실험실에서 수행되었다. 실험실 기둥과 벽면에 RFID 태그를 부착시키고 구현된 RFID 리더기로 태그 정보를 정상적으로 인식하고 저장하는 실험을 수행하였다. 표 2.3은 실험에 사용된 각각의 태그와 태그 ID 및 태그의 타입을 정리한 것이다. 스티커 타입, 패드 타입, 두 종의 메탈 타입 등 총 네 종류의 태그가 사용되었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 2.6 RFID 태그

태그	ID	태그타입
	E2 0 28 46 46 4 1 2 20 30 43 F4	스티커
	30 8 33 B2 DD D9 1 40 0 0 0 0	패드
	20 8 95 0 0 0 0 0 0 0 0 EB	메탈
	0 4 16 0 0 0 0 0 0 0 40 CE	메탈

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제3절 위치정보 획득

1. 위치추정 모델

건축자재에 대한 위치추정 알고리즘의 개략도는 그림 3.1과 같다. 리더로부터 세 개의 거리측정 모듈로 거리측정 신호를 송신하고 거리측정값을 반환한다. 반환된 거리값을 반지름으로 갖는 원을 그려 세 원의 교차점을 건축자재의 위치(=리더의 위치)로 결정한다.

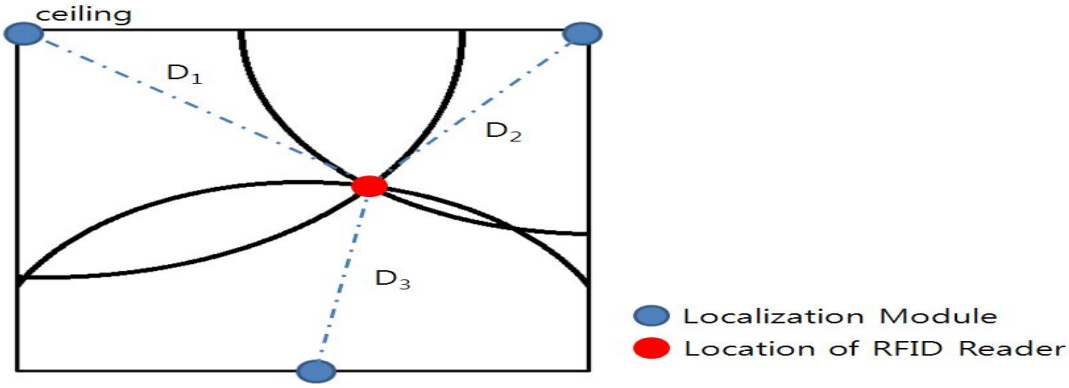


그림 3.1 위치추정 알고리즘 개략도

리더의 위치는 다음 식을 이용해 추정 할 수 있다[41][42].

$$D_1{}^2 = (x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2$$
$$D_2{}^2 = (x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2$$
$$D_3{}^2 = (x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2$$

여기서 $D_n(n=1,2,3)$은 각각의 거리측정 모듈을 통해 측정된 거리 값이고, $x_n, y_n(n=1,2,3)$은 각각의 거리측정 모듈의 좌표, x,y는 리더의 위치이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 거리측정 실험

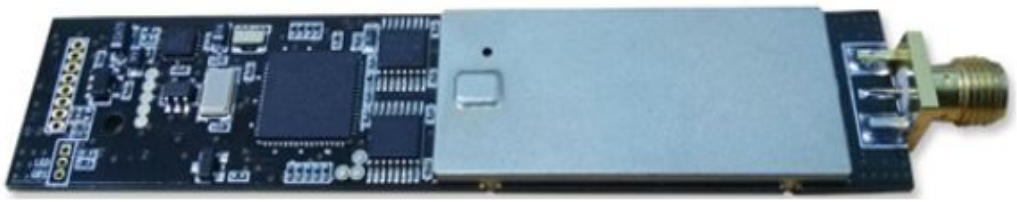


그림 3.2 거리측정 모듈(GMP-513)

그림 3.2는 거리측정에 사용된 GMP-513 거리측정 모듈이다. 2.4GHz RF 칩을 사용하며, 1m 이내의 오차율을 가지는 안정적인 거리측정이 가능하다. 또한, 시리얼 통신이 가능하여 외부 디바이스와의 확장성이 용이하다.

표 2.7 GMP-513 프로토콜

동작	외부(NT)	리턴(RT)
통신확인	#	Command Error
초기화(리셋)	NTREST#	SYSTEM RESET
ID확인	NTSRID?	RTSRID=000000
ID셋팅	NTSRID=000000#	RTSRID=000000
거리측정(측정실패)	NTRGID=000000S!#	PHY NO ACK
거리측정(측정성공)	NTRGID=000000S!#	측정 값(실수)

표 2.7은 GMP-513 거리측정 모듈에서 사용되는 프로토콜이다. 버퍼 초기화 및 통신 연결확인을 위해 #을 입력하게 되면 Command Error가 전송된다. 시스템을 초기화(리셋)하게 되면 SYSTEM RESET과 함께 모듈의 초기상태가 전송된다. 거리측정 시 장애물 등으로 인해 RF 링크가 연결되지 않으면 PHY NO ACK가 전송되고, RF 링크가 연결된 경우 모듈 간 거리측정값이 실수로 측정되어 전송된다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 3.3 모듈 ID 지정

그림 3.3은 거리측정 모듈에 각각의 고유 ID를 지정한 것이다. ID지정 프로토콜인 NTSRID=000000#을 사용하여 1번 모듈은 NTSRID=000001#, 2번 모듈은 NTSRID=000002#, 3번 모듈은 NTSRID=000003#, 4번 모듈은 NTSRID=000004#로 각각의 ID를 지정하였고, ID 01번으로 지정된 모듈이 RFID 리더에 탑재 되는 메인 거리측정 모듈이 되고, 02, 03, 04번으로 지정된 모듈은 서브 거리 측정 부로써 메인 거리측정 모듈로부터 거리측정 명령이 수신되면 거리측정을 수행하게 된다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 3.4 거리측정 실험 환경

거리측정 실험은 조선대학교 전자정보공과대학 전자공학과 아날로그시스템설계 실험실에서 수행되었다. 그림 3.4는 거리측정 실험 환경이다. 실험실 선반위에 구현된 세 개의 서브 거리측정모듈을 설치하고, 컴퓨터를 이용하여 거리측정 실험을 진행하였다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제4절 성능평가

본 장에서는 측정된 거리 데이터를 기반으로 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 가상자재에 대한 위치추정 성능을 평가한다. 7.2m X 3.5m의 2차원 공간에서 메인 모듈과 각 서브 모듈 사이의 거리를 측정하고, 측정된 거리 값을 기준으로 시뮬레이션을 진행하였다. 또한, 이론적으로 구해진 위치 값과 측정된 거리 값을 기반으로 계산된 위치 값의 오차를 비교한다. 성능 평가를 위해 각 거리측정 모듈과의 거리측정은 36회 수행되었고, 리더의 위치는 측정된 거리 값의 평균을 기준으로 삼각변 측량법을 사용하여 추정한다.

NTRGID=000002S!#0005.77	NTRGID=000003S!#0005.70	NTRGID=000004S!#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	
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	0005.92	0001.38
0006.00	0006.02	0001.23
0005.84	0005.73	0001.34
0006.15	0005.96	0001.54
0006.11	0005.84	0001.34
0005.78	0005.75	0001.38
0005.94	0005.79	0001.56
0005.91	0006.38	0001.70
0005.96	0005.88	0001.22
0005.69	0006.06	0001.60
0005.94	0005.85	0001.49
0005.71	0005.69	0001.39
0005.79	0005.90	0001.34
0005.94	0006.05	0001.38
0006.00	0005.83	0001.39
0006.24	0005.70	0001.71
0006.03	0005.80	0001.31

그림 4.1 메인모듈: (1, 6.3)

그림 4.1은 메인모듈이 (1, 6.3)에 위치하고 있는 경우의 각 모듈 간 측정결과이다. 서브 2번 모듈과 거리측정 결과의 평균값은 6.13m, 서브 3번 모듈과 거리측정 결과의 평균값은 6.08m, 서브 4번 모듈과 거리측정 결과의 평균값은 1.53m이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

NTRGID=000002S!#0003.37	NTRGID=000003S!#0002.40	NTRGID=000004S!#0005.12
0003.68	0002.72	0005.60
0003.51	0002.48	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	0002.78	0005.19
0003.69	0002.99	0005.20
0003.50	0002.26	0005.47

PHY NO ACK	0002.41	0005.45
0003.68	0002.66	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	0002.76	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	0002.66	0005.50
0003.50	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
0003.31	0002.87	0005.43
0003.12	0002.94	0005.16
0003.19	0002.53	0005.10
0003.10	0002.53	0005.18

그림 4.2 메인모듈: (1, 2.5)

그림 4.2는 메인모듈이 (1, 2.5)에 위치하는 경우의 거리측정 결과이다. 서브 2번 모듈과 거리측정 결과의 평균값은 3.46m, 서브 3번 모듈과 거리측정 결과의 평균값은 2.65m, 서브 4번 모듈과 거리측정 결과의 평균값은 5.08m이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

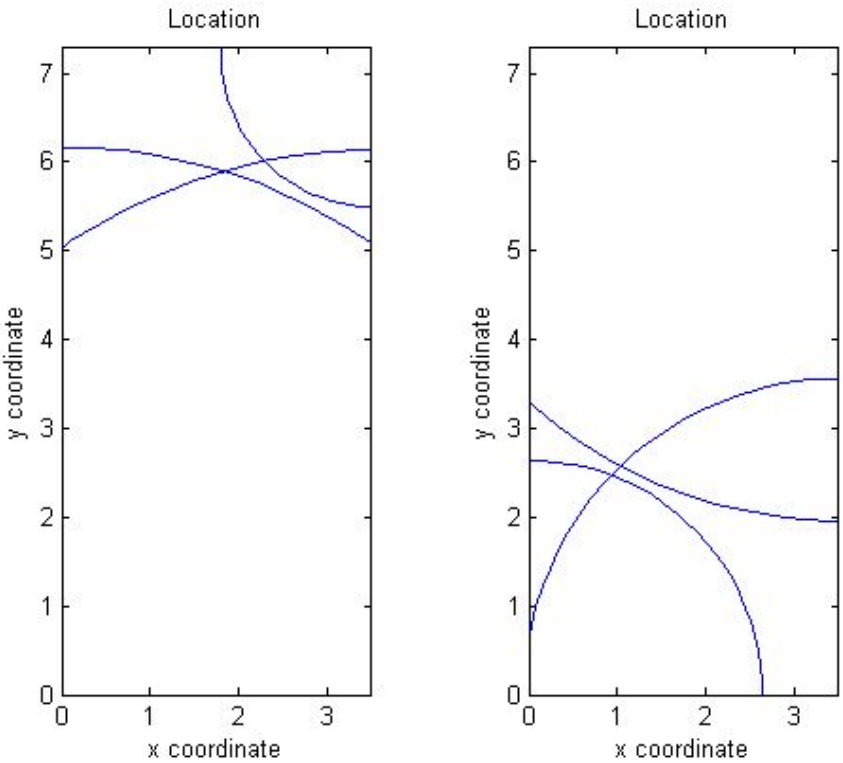


그림 4.3 시뮬레이션 결과

그림 4.3은 측정된 거리를 바탕으로 측정 평균치를 이용하여 시뮬레이션 한 결과이다. 좌측 그림은 메인모듈이 (1, 6.3)에 위치하는 경우의 시뮬레이션 결과이고 우측 그림은 메인모듈이 (1, 2.5)에 위치하는 경우의 시뮬레이션 결과이다. 삼각변 측량법에 의하면 3개의 원이 정확히 한 점 혹은 3개의 원이 만나는 3개의 점이 생겨야 하지만 RF 거리측정의 특성상 거리 측정 장소의 장애물이나 안테나의 방향 및 주변의 간섭 등으로 인하여 시뮬레이션 결과 3개의 원이 한 점에서 만나지 않는 것을 확인 하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

이론적인 위치 값과 측정된 거리 값을 기반으로 추정된 위치와의 비교분석을 진행하였다. 측정된 거리 값과 서브 거리측정 모듈의 좌표 값을 위치추정 알고리즘에 적용하여 다음의 과정을 통해 리더의 위치를 추정할 수 있다.

$$D_1{}^2 = (x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2$$
$$D_2{}^2 = (x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2$$
$$D_3{}^2 = (x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2$$

위 식의 각 항을 전개해서 정리하게 되면 다음과 같다.

$$D_1{}^2 = x_1{}^2 - 2xx_1 + x^2 + y_1{}^2 - 2yy_1 + y^2$$
$$D_2{}^2 = x_2{}^2 - 2xx_2 + x^2 + y_2{}^2 - 2yy_2 + y^2$$
$$D_3{}^2 = x_3{}^2 - 2xx_3 + x^2 + y_3{}^2 - 2yy_3 + y^2$$

1항과 2항, 2항과 3항을 연립하여 정리한 결과는 다음과 같다.

$$2x(x_2 - x_1) + 2y(y_2 - y_1) = D_1{}^2 - D_2{}^2 - x_1{}^2 + x_2{}^2 - y_1{}^2 + y_2{}^2$$
$$2x(x_3 - x_2) + 2y(y_3 - y_2) = D_2{}^2 - D_3{}^2 - x_2{}^2 + x_3{}^2 - y_2{}^2 + y_3{}^2$$

여기서 $(x_2 - x_1)$을 α_1으로 $(y_2 - y_1)$은 β_1으로 $D_1{}^2 - D_2{}^2 - x_1{}^2 + x_2{}^2 - y_1{}^2 + y_2{}^2$는 γ_1으로 $(x_3 - x_2)$을 α_2로 $(y_3 - y_2)$은 β_2로 $D_2{}^2 - D_3{}^2 - x_2{}^2 + x_3{}^2 - y_2{}^2 + y_3{}^2$는 γ_2로 놓고 정리하면

$$2\alpha_1 x + 2\beta_1 y = \gamma_1$$
$$2\alpha_2 x + 2\beta_2 y = \gamma_2$$

을 얻을 수 있고, 1항을 x에 대하여 정리하면 아래 식으로 나타낼 수 있다.

$$x = \frac{\gamma_1 - 2y\beta_1}{2\alpha_1}$$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

이를 2항에 대입하여 y에 대하여 정리하면 다음과 같다.

$$y = \frac{\gamma_2 - \frac{\alpha_2}{\alpha_1}\gamma_1}{2\left(\beta_2 - \frac{\alpha_2\beta_1}{\alpha_1}\right)}$$

위의 정리로부터 리더의 위치인 (x,y)의 좌표 값을 구할 수 있다.

거리측정을 위한 메인 모듈의 실제 좌표 값은 (1, 6.3)과 (1, 2.5)였고, 위치추정 알고리즘으로부터 구해진 측정된 거리 값을 기반으로 구해진 좌표 값은 (1.66, 6.05)와 (1.04, 2.64)였다. 메인 모듈의 실제 좌표 값이 (1, 6.3)인 경우 추정된 좌표 값은 (1.66, 6.05)으로 x좌표 0.66m y좌표 0.25m의 오차를 보였고, 메인 모듈의 실제 좌표 값이 (1, 2.5)인 경우 추정된 좌표 값은 (1.04, 2.64)으로 x좌표 0.04m y좌표 0.14m의 오차를 보였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제3장 결론

본 연구에서는 기존의 RFID를 활용한 건축자재 관리 시스템에 자재의 효율적인 재사용을 위하여 자재의 위치정보까지 포함하는 건축자재 관리 시스템을 제안하였다.

1. 건물의 신축과 해체 시 자재 관리에 적합한 RFID 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 RFID 정보를 인식하고, 자재의 상태에 대한 다량의 정보를 리더기에서 주 컴퓨터에 장착되어 있는 데이터베이스로 전송하여 저장할 수 있도록 설계되어 있다.

2. 자재의 효율적인 재사용을 위해 건설자재의 위치정보를 얻기 위한 위치추정 모듈을 포함하는 RFID 자제관리 시스템을 제안하였고, 거리측정값을 기반으로 가상자재의 위치를 추정하는 시뮬레이션을 실시하였다. 측정된 거리 데이터를 컴퓨터에 전송하여 필요한 계산을 수행하였다. 시뮬레이션 결과 2m 이내의 비교적 짧은 거리측정 시 다소 큰 오차가 발생하였는데, 그 원인은 안테나의 방향 및 주변 구조물의 간섭에 의해 세 개의 원이 정확하게 한 점에서 만나지 않아 발생한 것으로 판단된다.

제안된 시스템이 건설현장에 활용될 경우 자재 재사용 시 자재의 사용이력 및 위치정보를 쉽게 파악할 수 있어 건축자재의 재사용에 매우 효과적일 것으로 판단된다.

추후, 측정 오차를 줄일 수 있는 개선된 거리측정 기술개발이 필요하며, 거리측정 모듈과 MCU와의 연동 문제 해결을 위한 기술을 개발하여야 할 것이다. 또한, 다중 태그 인식에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Reference

[1] Kubo, “The Research of IoT Based on RFID Technology“, 2014 7th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, pp. 832-835, Oct. 2014.

[2] Want, R., “An introduction to RFID technology“, Pervasive Computing, IEEE, pp. 25-33, Jan. 2006.

[3] 오세원, “모바일 RFID 기술 표준화 활동 및 전략“, 한국통신학회, 한국통신학회 논문지 제36권 제12호 pp. 1698-2107, Dec. 2011.

[4] 서지훈, 최진탁, 박세승, “RFID 기반의 스마트 오토모빌 이력관리 시스템”, 한국정보기술학회, 한국정보기술학회 논문지 제10권 11호, pp. 97-104, Nov. 2012.

[5] 이재현, 박광호, 윤석헌, 백준홍, “RFID/USN 기술을 이용한 건설재해 저감방안에 관한 연구”, 대한건축학회, 대한건축학회 학술대회발표논문집 - 구조계 제26권 제1호, pp. 605-608, Oct. 2006.

[6] 한재구, 권순욱, 조문영, “RFID 기술을 활용한 자재관리 시범시스템 구축 및 현장실험”, 대한건축학회, 대한건축학회 논문집 - 구조계 제22권 제10호, pp. 121-128, Oct. 2006.

[7] 안성훈, 김지훈, 박성규, “스마트폰과 RFID 조합을 통한 건설자재관리 인식 조사”, 대한건축학회, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 - 구조계 제31권 제2호, pp 393-394, Oct. 2011.

[8] 조병완, 이윤성, 김헌, 이동윤, “RFID를 이용한 지능형 교량 유지관리 시스템 개발에 관한 연구”, 대한토목학회, 대한토목학회 논문집 제33권 제5호 pp. 2107-2124, Sept. 2013.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[9] 이강대, 이영호, 강운구, 정경용, “병원내 신속 대응을 위한 RFID 기반의 의약품 물류 시스템”, 한국콘텐츠학회, 한국콘텐츠학회 논문지 제8권 제10호, pp. 1-10, Oct. 2008.

[10] 민대기, “외래병원 환경에서 UHF 수동형 RFID 기술을 활용한 태그 추적 시스템 개발”, 한국전자거래학회, 한국전자거래 학회지 제16권 제3호, pp. 113-127, Aug. 2011.

[11] 남세현, 정유정, “UHF RFID 태그와 GPS를 사용한 위치기반 수목관리용 RFID 시스템 구현”, 한국통신학회, 한국통신학회 논문지 제37권 제10호, pp. 909-914, Oct. 2012.

[12] 권순량, 문광곤, “RFID 기술을 적용한 지능형 유통매장 관리시스템 설계 및 구현”, 한국통신학회, 한국통신학회 논문지 제36권 제12호, pp. 1659-1669, Dec. 2011.

[13] 이상진, 김진규, “RFID 기술을 활용한 수출입물류시스템의 구축방안”, 한국무역학회, 한국무역학회지 제31권 제5호, pp. 285-304, Nov. 2006.

[14] 안태우, 정석찬, 서영석, 이동영, “물류산업에 RFID 적용의 유효성 분석 : 보세운송시스템을 중심으로”, 한국정보기술학회, 한국정보기술학회 논문지 제9권 제4호, pp 155-166, Apr. 2011.

[15] 윤소희, 전한종, “RFID 도입에 의한 공공도서관의 열람공간의 변화에 대한 연구” 대한건축학회, 대한건축학회 학술대회 논문집 - 계획계 제24권 제2호, pp. 287-290, Oct. 2004.

[16] 정종수, 이선규, “RFID 응용기술의 도입요인에 대한 중요도 분석”, 한국정보기술학회, 한국정보기술학회 논문지 제11권 제4호, pp. 149-157, Apr. 2013.

[17] 최상용, 신태홍, 진상윤, 김예상, 권순욱, “RFID/USN 기반의 지능형 Por표 장비를 활용한 건설자재관리 프로세스 구축”, 대한건축학회, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 - 구조계 제29권 제1호, pp. 669-673, Oct. 2009.

[18] 박종혁, 이승혁, 한정수, “RFID를 이용한 자재관리시스템의 인터페이스 설계”, 한국콘텐츠학회, 한국콘텐츠학회 종합학술대회 논문집 제4권 제1호, pp. 148-151, May.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2006.

[19] 강만석, “[특집-전력산업 미래기술] 전자태그(RFID)를 이용한 자재관리시스템 구축”, 대한전기협회, 전기저널 통권 제378호, pp. 10-14, Jun. 2008.

[20] 김태오, “기후면화 대응체계의 변화 : 온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률에 관하여”, 서울대학교 공익산업법센터, 경제규제와 법 제5권 제1호, pp. 238-241, May. 2012.

[21] 차기욱, 손병훈, 홍원화, “도시재생사업지구에서 배출된 건설폐기물의 해체단계에서 최종 처리단계까지 종류별 CO_2 발생량에 관한 연구”, 대한건축학회, 대한건축학회 논문집 - 계획계 제26권 제7호 pp. 311-320, Jul. 2010.

[22] 김영준, 정명희, “건설폐기물의 재활용 활성화 방안에 관한 연구”, 유기성자원학회, 유기물자원화 제20권 제2호, pp. 27-35. Jun. 2012.

[24] Ni, L.M., Yunhao Liu, Yiu Cho Lau, Patil, A.P., “LANDMARC: indoor location sensing using active RFID“, 2003 Proceedings of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, pp. 407-415, Mar. 2003.

[25] Hahnel, D., Burgard, W., Fox, D., Fishkin, K., Philipose, M., “Mapping and localization with RFID technology“, 2004 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 1015-1020, Apr. 2004.

[26] 정석인, 김대식, “RFID응용 사례연구 : 비즈니스 모델 관점”, 한국데이터베이스학회, Journal of information Technology Applications & Management 제20권 제1호, pp. 197-216, Mar. 2013.

[27] 신재희, 황석승, “건축자재용 RFID 패키징 설계”, 한국전자통신학회, 한국전자통신학회 논문지 제8권 제6호, pp. 923-931, Jun. 2013.

[28] Hui Liu, Darabi, H., Banerjee, P., Jing Liu, “Survey of Wireless Indoor Positioning

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Techniques and Systems”, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, pp. 1067 - 1080, Nov. 2007.

[29] 한재구, 권순욱, 조문영, “RFID 기술을 활용한 자재관리 시범시스템 구축 및 현장실험”, 대한건축학회, 대한건축학회 논문집 - 구조계 제22권 제10호, pp. 121-128, Oct. 2006.

[30] 장문석, 윤수원, 진상윤, 김예상, “RFID를 이용한 커튼월 프로세스 관리방안”, 대한건축학회, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 - 구조계 제24권 제1호, pp. 491-494, Apr. 2004.

[31] 박창욱, 권오철, 윤석헌, “RFID 기술을 이용한 철골공사 자재관리 사례분석 및 개선방안제시”, 한국건축시공학회, 한국건축시공학회 학술발표대회 논문집 제7권 제1호, pp. 93-96, Apr. 2007.

[32] 박소현, 이주현. 송정화, 오건수, “건설자재관리 프로세스의 RFID 기술 적용 연구”, 대한건축학회, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 - 구조계 제28권 제1호, pp. 593-596, Oct. 2008.

[33] 이주현, 송정화, 오건수, “건설자재 정보관리의 RFID 기술적용을 위한 시나로이 개발에 관한 연구”, 대한건축학회, 대한건축학회 논문집 - 구조계 제25권 제3호, pp. 111-118, Mar. 2009.

[34] Nyoman Adhiarna, Jae-Jeung Rho, “Standardization and Global Adoption of Radio Frequency Identification (RFID): Strategic Issues for Developing Countries“, 2009 Fourth International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology, pp. 1461-1468, Nov. 2009.

[35] L.Kovavisaruch, P. Suntharasaj, “Converging Technology in Society: Opportunity for Radio Frequency Identification (RFID) in Thailand’s Transportation System“, 2007 PICMET, pp. 300-304, Aug. 2007.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[36] Hongwei Wang, Wiaohu Wang, Qijun Li, "Study on RFID Communication Frequency Band Applied in Grains' Circulations", 2010 International Conference on E-Product E-Service and E-Entertainment, pp. 1-6, Nov. 2010.

[37] 이붕, 장우, 신윤호, 신현식, "A Study on RFID technology and application of China", 한국전자통신학회, 한국전자통신학회 논문지 제6권 제2호, pp. 330-336, Apr. 2011.

[38] 권순욱, "RFID(Radio Frequency IDentification-전파식별)기술의 기술동향 및 건설현장에의 적용사례", 한국건축시공학회, 한국건축시공학회지 제4권 제4호, pp. 50-56, Dec. 2004.

[39] 교재홍, 전은만, 조병록, 홍석훈, "태양광 발전 시스템에 효율적 관리를 위한 MCU구현 및 성능분석", 한국전자통신학회, 한국전자통신학회 논문지 제5권 제1호, pp. 409-411, Jun. 2011.

[40] 박종렬, 윤기방, 엄기환 "금속 표면 실장용 RFID 태그를 이용한 변압기 자재 관리 시스템 설계", 대한전자공학회, 전자공학회 논문지 IE 제48권 제 4호, pp 7-12, Dec. 2011

[41] 윤강섭, "초음파위성시스템을 위한 개산된 위치추정 알고리즘", 한국전자통신학회, 한국전자통신학회 논문지 제6권 제5호, pp. 775-581, Oct. 2011.

[42] Patwari, N., Ash, J.N., Kyperountas, S., Hero, A.O., Moses, R.L., Correal, N.S., "Locating the nodes: cooperative localization in wireless sensor networks", Signal Processing Magazine, IEEE, pp. 54-69, Jul. 2005.

Collection @ chosun