

13.56MHz/2.45GHz RFID를 활용한 학교 자산 관리 시스템 구현*

안 성 수** · 조 범 식*** · 김 기 윤****

Implementation of School Assets Management Utilizing the 13.56MHz/2.45GHz RFID

Ahn, Sung Soo · Joh, Beom Seok · Kim, Ki Yun

〈Abstract〉

We developed a RFID system to effective management and monitoring for school assert. In this paper, RFID system implemented a two way which are control to 13.56MHz for in/outbound order and 2.45GHz for positioning tracking and monitoring. We also make up the contents and database utilizing the labview tool in pc. In addition, the developed system can obtain simultaneously the information from several RFID reader at real time so that it is possible to track the position system, the path moving and the status of asserts in the school. Especially, 2.45GHz system has a function to prevent a assert theft. It is observed from the various and practical experiment that the proposed system is useful for assert management and monitoring.

Key Words : RFID, Labview, Tag, RTLS, Database

I. 서론

RFID(Radio Frequency IDentification)는 무선전파를 이용하여 사물을 인식하는 기술로 유비쿼터스 기술이 발전하면서 현재 많은 분야에서 활용되고 있다[1]. RFID를 이용한 응용서비스는 출입통제, 교통카드, 물류관리, 재고관리, 결제 서비스 등 산업 전반에 폭넓게 이용되고 있다. 최근에는 학교에도 정부의 많은 투자로 실습기자재, 방송장비, 전산장비 등이 늘어나면서 관리해야 할 자산 품목이 많아지고 있어 자산관리에 시간과 인력을 대량

투입해야 하는 실정이다. 현재 각 학교의 실습장비에 대한 자산관리는 바코드를 이용하여 육안으로 확인하거나 바코드 인식용 접촉식 단말기를 이용하여 불편하게 인식을 하고 있는 실정이다. 이러한 바코드 적용 인식 기술은 적외선을 이용한 인식방법으로 원격인식이 불가능하며 정확하게 바코드에 밀착시켜야 인식되는 비효율적인 방법이다. 본 논문에서는 학교 자산에 태그(Tag)를 부착하여 리더(Reader)를 이용해 원격으로 자동 인식하는 RFID 시스템을 구축하고자 한다[2-3]. 자산의 입출입시는 13.56MHz RFID를 사용하고, 자산의 위치 또는 도난 방지를 위해서 2.45GHz RFID를 적용하였다. 또한, RFID 시스템을 실제 설계 제작하여 대학에서의 자산관리 시스템 데모를 수행하였다. 본 기술 개발시 원하는 학교 물품이나 장비 등에 대한 위치 파악이 원격으로 가능하고 주

* 본 연구는 명지전문대학 2011년도 부설연구소 연구계획 공모
과제로 교비지원을 받아 연구되었음

** 명지전문대학 정보통신과 교수

*** 명지전문대학 컴퓨터정보과 교수

**** 명지전문대학 전기과 조교수

요 보안장비에 대한 도난방지까지도 가능하여 향후 여러 학교에 설치가능한 것으로 판단되어 그 실효성이 뛰어나다고 할 수 있다

II. 위치 추적 기술

위치 추적기술은 크게 Passive 태그 방식, Semi-Passive 태그 방식, Active 태그 방식 등의 3가지로 구분된다[4]. Passive 방식은 태그에 별도의 전원없이 RFID 리더로부터 태그동작을 위한 전원을 무선으로 공급받는 방식으로 태그생산 비용이 저렴해 초창기에 많이 사용했다. 이러한 방법은 사람이나 물품에 Passive 태그를 붙여 특정위치의 출입여부를 확인하는 단순 방법에서 기존의 네트워크 인프라와 결합하여 광범위한 지역을 대상으로 위치 추적을 할 수 있게 발전했다. 그러나 인식범위가 수 센티미터에서 수 미터 정도로 한계가 있어 위치 추적으로는 수정과 보완이 필요하다.

Semi-Passive 방식은 Passive의 단점을 보완하기 위해 태그의 내부에 배터리를 장착하여 태그 동작을 위한 전원을 배터리로부터 공급받아 충분한 에너지를 갖는 RF 신호를 방출할 수 있으나 인식거리와 성능에 제한이 있고 박막형 배터리 사용으로 생산단가 상승 및 배터리 수명이 짧은 단점을 내포하고 있다.

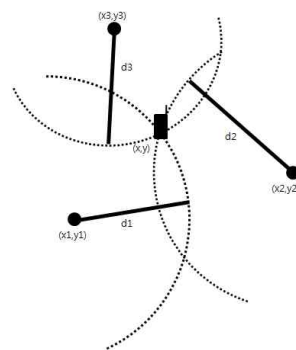
반면에 Active 방식은 Active 태그에서 송신하는 전파의 도달시간, 세기 등을 계산하여 이동체의 위치를 2차원, 3차원의 좌표값으로 추적할 수 있다. 이러한 방법은 구조물, 수분분포, 금속성분 등의 지역환경에 따라 전파의 방해와 간섭이 생길 수 있어 정확한 위치계산이 어려울 수 있으나 다양한 연구를 통해 기술적 한계를 극복하고 있다. 현재에는 실시간 위치추적 시스템이라고 할 수 있는 RTLS(Real Time Location System) 기술을 많이 사용하고 있다[5]. RTLS 기술은 Active 태그를 이용하며 정확한 위치 추적 및 이동경로가 필요한 고가의 자산이나 사람의 위치확인 및 이동경로를 추적할 수 있는 곳에 많이 사용된다. 이밖

에 위치 측정에서 많이 사용하는 GPS 방식이 있으나 GPS 신호가 잘 수신되는 곳에서는 좋은 성능을 유지하나 실내에서는 위치 추적이 어렵다는 단점이 있다.

상기와 같은 위치추적 기술의 장단점을 파악하여 본 논문에서 수행할 학교 자산의 위치 추적 방법은 2.45GHz를 사용하는 RTLS RFID 방식을 적용하였다.

RTLS 기술에 사용되는 계산방식으로는 RSSI(Received Signal Strength Indication)방식, TOF(Time of Flight) 방식, TDOF(Time Difference of Flight) 방식, RSSI-TDOF 하이브리드 방식, AOA(Angle of Arrival) 방식, TOA(Time of Arrival) 방식 등이 있다[6].

본 연구에서는 RSSI 방식을 적용하여 삼각 측량법에 근거한 위치 정보를 측정하였다. 삼각측량법은 간단한 기하학적인 방법으로 RTLS 시스템에서는 2차원 평면상에서 이동하는 개체의 실시간 위치를 추정하는데 가장 보편적으로 사용되는 방법이다. 2차원 평면상에서 이동하는 개체의 실시간 위치를 추정하기 위해서는 최소 3개 이상의 기준점이 필요하다. 이런 기준점을 AP1, AP2, AP3라고 하고, 그림 1에 보이는 것처럼 각 AP의 좌표를 (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , (x_3, y_3) 라고 하자. 이동하는 개체를 M으로 나타내고, 현재의 위치가 (x, y) 라고 하자. 또한, 이동 개체 M으로부터 세 개의 기준점까지의 거리를 d_1, d_2, d_3 라고 하자. 이동 개체 M으로부터 각 기준점 사이의 거리는 피타고라스 정리에 의해 간단히 계산될 수 있다. 즉,



<그림 1> 삼각측량법

$$d_1 = (x - x_1) + (y - y_1) \quad (1)$$

$$d_2 = (x - x_2) + (y - y_2) \quad (2)$$

$$d_3 = (x - x_3) + (y - y_3) \quad (3)$$

가 된다. 여기서, d_1, d_2, d_3 의 값은 다양한 방식에 의해 얻어질 수 있다. 예를 들어, 수신 신호의 세기(RSSI)와의 관계를 이용해서 구할 수도 있으며, 도착 시간(TOA) 혹은 도착 시간차(TDOA) 등을 이용해서도 구할 수 있다.

본 논문에서는 수신 신호 세기를 이용한 삼각측량법에 의한 위치 추정을 설명한다. 1절에서도 설명한 것처럼, 삼각 측량법의 원리는 그대로 적용되며 이동 개체로부터 세 개의 기준점 사이의 거리를 구하는 과정만이 추가로 설명될 것이다.

수신 신호 세기를 이용하는 경우 이동 개체로부터 기준점 사이의 거리는 Friis의 공식

$$L = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) [\text{dB}] \quad (4)$$

을 통해 구할 수 있다. 식(4)의 Friis의 공식은 자유 공간에서의 경로 손실을 구하는 것이며, 여기서 λ 는 전파의 파장을 나타내며 거리 d 와 동일한 단위를 사용한다. 식(4)를 두 지점 사이의 거리 d 에 대해 나타내면

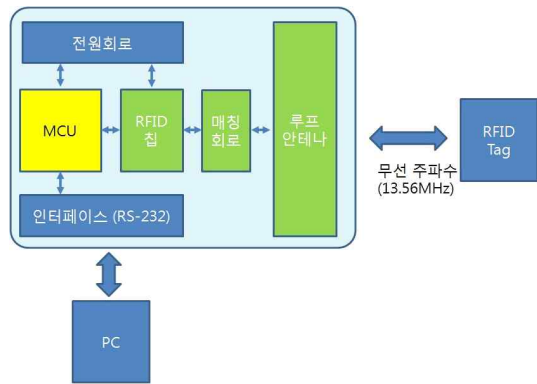
$$d = \frac{\lambda}{4\pi} 10^{\frac{L}{20}} = \frac{c}{4\pi f} 10^{\frac{L}{20}} \quad (5)$$

과 같이 된다. 여기서 c 는 전파 속도이며 f 는 주파수를 나타낸다.

(5)번 수식을 이용하여 세 개의 기준점에 대해서 거리를 구하고, 식(1)~식(3)에 대입하면 이동 개체의 현재 위치인 (x, y) 의 좌표 값을 구할 수 있게 된다. 3개의 기준점은 알고 있으므로 기준점에서 측정거리가 나오면 삼각함수를 이용하여 쉽게 현재 위치를 구할 수 있다.

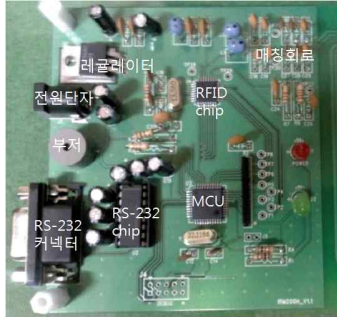
III. 시스템 구성

본 논문에서 구현한 RFID 시스템은 13.56MHz와 2.45GHz 주파수를 사용하였다. 13.56MHz는 주파수 인식거리가 수십 Cm로 물품 출고와 입고시 사용하는데 적합하며 2.45GHz는 주파수 인식거리가 수십 m가 되므로 물체의 위치나 이동 등의 상황과약에 적합하다. 특히 2.45GHz는 ISM(Industrial Science Medical) 대역으로 다른 주파수 대역과 달리 쉽게 사용할 수 있으며 안테나를 소형화 할 수 있는 장점이 있다.

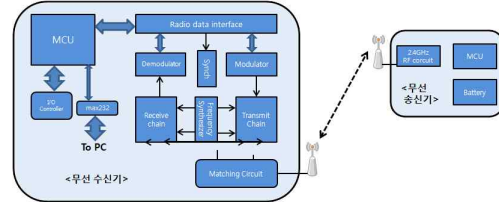


<그림 2> 13.56MHz RFID 시스템 구성도

그림 2는 13.56MHz RFID 시스템 구성도를 보여주고 있다. 본 시스템은 학내 자산의 입출고를 확인할 수 있는 용도로 사용하며 그림 2에서 보는 바와 같이 리더, 태그, PC로 구성되어 있다. 13.56MHz 리더에는 루프형태의 안테나가 부착되어 있고, 매칭회로, RFID 칩 등이 있으며, 디지털 연산처리를 위해 MCU(Multiple Control Unit)가 부착되어 있다. 이러한 리더는 RFID 태그가 가까이 접근하면 태그로 전파를 전송하고 그에 따라 태그는 수동으로 전원이 구동되어 정보를 리더로 전송하게 된다. 이러한 태그 정보는 PC로 전송되어 가공, 처리하게 된다. 그림 3은 그림 2를 토대로 실제 제작된 13.56MHz 리더기를 보여주고 있다.



<그림 3> 13.56MHz 리더 제작 사진



<그림 4> 2.45GHz 능동형 RF 시스템의 블록 다이어그램



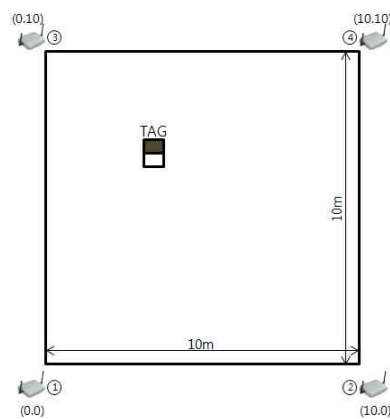
<그림 5> 2.45GHz 리더 제작 사진

그림 4는 2.45GHz RFID 시스템 구성도를 보여주고 있다. 본 시스템은 학내 자산의 위치와 불법이동을 감지하기 위해 설계되었다. 2.45GHz 대역은 ISM(Industrial Science Medical) 대역으로 이 대역은 다른 주파수 대역과 달리 쉽게 사용할 수 있고 주파수 특성상 안테나를 소형으로 할 수 있다. 그림 4에서 보는 바와 같이 하드웨어 구성은 무선 수신기와 송신기로 구분된다. 수신기는 무선 주파수를 수신하기 위한 안테나, 매칭회로, 캐리어와 명령어 변복조를 위한 변조기(modulator)와 복조기(demodulator), 그리고 주파수 합성기(frequency synthesizer) 등으로 구성되어 있다. 또한, 모든 디지털 신호를 처리할 수 있는 MCU와 I/O 인터페이스로 구성되어 있다. 송신기는 수신기와 비해 그 내부가 간단하게 구성되어 있다. 안테나, 매칭회로, 그리고 무선신호를 송신하는 RF 송신부와 MCU로 구성되어 있으며 송신기는 Active 태그로 배터리가 내장되어 자산에 부착되어 이동될 수 있도록 한다. 그림 5는 그림 4를 토대로 실제 제작된 2.45GHz 리더기를 보여주고 있다.

같이 물품의 위치 측정을 위해 4대의 리더기를 4개 코너에 설치하고 태그에서 전송한 데이터 값인 RSSI 값을 측정하여 위치 추적을 수행하였다. 가로 10m, 세로 10m 거리의 폐쇄된 공간에서 움직이는 태그의 위치를 삼각 측량법을 이용해 측정하였다. 임의의 좌표값 9개를 선정하여 각 좌표값 당 10회를 측정해 평균치를 기록하였다.

IV. 측정 결과 및 구현 내용

본 장에서는 삼각측량법을 이용한 태그(물품) 이동 위치의 정확도를 측정하였고, 컴퓨터에서의 학교 자산시스템 구현 내용을 설명하고자 한다. 그림 6에서 보는 바와

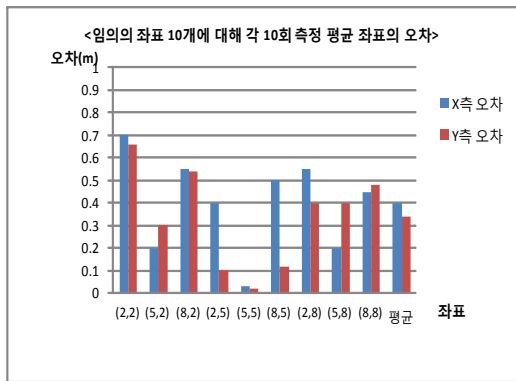


<그림 6> 태그 위치 추적을 위한 실습 구성도

표 1, 그림 7에서 보는 바와 같이 각 좌표값의 오차는 0.02~0.70m 범위에 있으며 전과 측정이 용이한 중앙값 (5, 5) 좌표는 오차가 2, 3Cm 정도 밖에 되지 않으며 좌, 우 모서리로 갈수록 전과 측정의 정확도가 떨어져 70Cm 까지 오차가 벌어지게 된다. 즉, (x,y) 좌표 편차 (variation)는 중앙에서 0.22밖에 되지 않았으나 제일 하단부인 (2, 2)에서 1.17의 편차가 발생되었다.

<표 1> 태그 측정 위치값 및 오차율

좌표 (단위 m)	10회 평균 측정위치		오차값		편차 (variation)
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	
(2,2)	1.30	2.66	0.70	0.66	1.17
(5,2)	5.20	1.70	0.20	0.30	0.71
(8,2)	7.45	2.54	0.55	0.54	1.04
(2,5)	2.40	5.10	0.40	0.10	0.71
(5,5)	5.03	4.98	0.03	0.02	0.22
(8,5)	7.50	5.12	0.50	0.12	0.79
(2,8)	2.55	7.60	0.55	0.40	0.97
(5,8)	5.20	8.40	0.20	0.40	0.77
(8,8)	8.45	7.52	0.45	0.48	0.96
평균	5.01	5.07	0.40	0.34	0.86



<그림 7> x, y 위치오차에 대한 막대 그래프

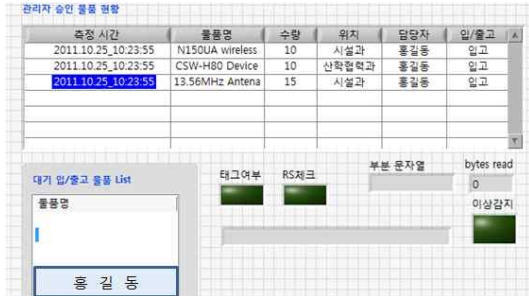
본 논문에서의 데이터베이스는 MySQL을 사용하였으며 랩뷰(Labview)라는 프로그램 툴을 활용하여 콘텐츠를

구성하였다. 그림 8에서 보는 바와 같이 데이터베이스는 사용자(user), 물품(good), 기록(history) 등으로 구분하여 구현하였다. 사용자는 태그번호, 사용자명, 태그시간, 성별 등이 기록되며, 물품에 대한 관리는 그림 8에서 보는 바와 같이 물품에 대한 태그 ID, 물품명, 입출입 날짜, 입출입 현황, 물품 위치 등의 데이터가 저장되어 있다. 또한, 기록관리에는 모든 물품명에 대한 입출고 현황이 기록되게 된다.

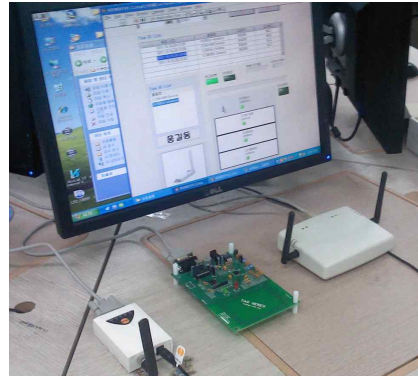
<그림 8> 데이터베이스 구현 형태

그림 9, 10, 11은 물품에 대한 태그 현황 및 관리상황을 보여주고 있다. 물품 관리는 크게 3단계로 나누어 수행되는데 첫단계로 그림 9에서 보는 바와 같이 물품에 부착된 태그를 인식하여 물품의 정식 입출고가 되기 위한 대기 단계이다. 본 단계는 관리자의 승인을 득하지 않은 상황이므로 화면 좌측 하단의 <대기 입/출고 List>에 있게 되어 물품 정식 입출고라고 할 수 없다. 두 번째 단계로 그림 10에서 보는 바와 같이 관리자가 승인하게 되면 화면 상단의 <관리자 승인물품 현황> 리스트에 기록된다.

<그림 9> 물품입출고시의 화면



<그림 10> 관리자 승인시의 입출고시의 화면



<그림 12> RFID를 이용한 자산관리 시스템



<그림 11> 물품 출고시의 정상여부 표시화면

V. 결론

본 논문은 학교 자산에 태그(Tag)를 부착하여 리더(Reader)를 이용해 원격으로 자동 인식하는 RFID 시스템을 구축하였다. 자산에 대한 입출고는 13.56MHz 주파수를 활용하였고, 자산관리 및 도난방지는 2.45GHz 주파수를 활용하여 구현하였다. 삼각측량법을 통한 자산위치 추적은 다양한 실험결과 7%이내의 오차를 나타내어 정확한 위치추적이 되었으며, 랩부 톨을 이용하여 자산 입출고 내역을 정확한 절차에 따라 구현하였다. 실제 자산관리를 위한 RFID 시스템을 구현하여 실험한 결과 여러 학교로의 자산관리에 적합할 것으로 확인되었다.

참고문헌

- [1] 최종명, “모바일 RFID를 이용한 유비쿼터스 홈 시스템 설계,” 디지털산업정보학회 학술대회, 2006년 5월, pp. 65-74.
- [2] 서동민의 5명, “RFID 기반의 웹 통합자산관리 시스템 설계 및 구현,” 한국콘텐츠학회논문지, Vol. 8, No. 10, 2008년 9월, pp. 27-36.
- [3] 박민식, 전태현, “RFID를 활용한 학교자산관리시스

- 템," 전기설비학회, 23권 9호, 2009년 9월, pp. 75-82.
- [4] Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook," WILEY, 2002.
- [5] 김진영, 정용섭, 강준희, "실시간 위치추적을 위한 2.45GHz 능동형 고주파 시스템에 관한 연구," 한국지형공간정보학회, 16권 3호, 2009년 9월, pp. 43-449.
- [6] A. Catovic and Z. Sahinoglu, "Hybrid TOA/RSS and TDOA/RSS Location," Mitsubishi Electric, TR2004-096, Dec. 2004.



김기윤
Kim, Ki Yun

2008~현재
명지전문대학 전기과 조교수

2001~2008
삼성탈레스 책임연구원

2006~2007
미국 UCLA Post-doctor

2002
성균관대학교 전기전자컴퓨터공학과 박사

1999
성균관대학교 전기전자컴퓨터공학과 석사

1997
성균관대학교 전자공학과 학사

관심분야 : 통신신호처리, 이동통신, 군통신, 의용 통신시스템 등

E-mail : kkim@mjc.ac.kr

논문접수일 : 2011년 11월 21일
수정일 : 2011년 12월 03일
게재확정일 : 2011년 12월 07일

■ 저자소개 ■



안성수
Ahn, Sung Soo

2002년 3월~현재
명지전문대학 정보통신과 교수

2001년 8월
한양대학교 전자통신공학과 (공학박사)

1990년~2007년 9월
국방과학연구소 연구원

1990년 2월
한양대학교 전산공학과 (공학석사)

1987년 2월
한양대학교 전자공학과 (공학사)

관심분야 : DSP를 이용한 신호처리, 적응 알고리즘, 스마트 안테나, 이동통신

E-mail : ssan@mjc.ac.kr



조범석
Joh, Beom Seok

2002년~현재
명지전문대학 컴퓨터정보과 교수

2001년
명지대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학박사)

1988년
명지대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)

1986년
명지대학교 공과대학 컴퓨터공학과 (공학사)

관심분야 : 멀티미디어 검색기법/데이터베이스, Ubiquitous Computing, Cloud Computing

E-mail : jbseok@mjc.ac.kr