

유비쿼터스 홈 네트워크에서 RFID 시스템에 관한 연구

(A Study on the RFID system in the Ubiquitous Home Network)

김준주*, 박상우*, 이주현*, 김용환*, 고덕영*

(Jun Ju Kim*, Sang Uh Park*, Ju Hyun Lee*, Yong Hwan Kim *, Duck Young Ko*)

요 약

최근 유비쿼터스 컴퓨팅에 대한 연구와 관심이 증대됨에 따라, 실생활에서 홈 네트워크에서 컴퓨팅 환경을 적용시키기 위한 핵심기술로서 RFID(Radio Frequency Identification) 시스템이 주목 받고 있다. RFID 시스템은 무선 주파수를 이용한 자동인식기술로서 물리적 접촉 없이 태그가 부착된 개체의 정보를 읽거나 기록할 수 있는 시스템이다. 본 논문에서는 RFID 시스템의 태그의 분류, 동작, 구조 등에 관한 일반적인 내용과 900MHz 대의 전파 특성에 관한 연구를 기술하였다.

Abstract

Recently, Ubiquitous Computing is being actively researched and one of the main technology in ubiquitous computing environment is recognized as RFID system. The RFID system is automatic recognition technique using radio frequency that attached a tag to product read information and able to record without physical contact. In this paper, classification of tag, an operation, structure and etc of the RFID system and described on the 900MHz region radio antenna radiation characteristics.

Keyword : RFID system, Tag, Transponder, Antenna, Reader, Automatic recognition, Ubiquitous Computing

I. 서 론

유비쿼터스 컴퓨팅은 주체가 사람에서 사람과 사물을 포함한 모든 것으로 바뀌는 패러다임의 변화라고 할 수 있다.

유비쿼터스(Ubiquitous)라는 단어의 의미대로 언제 어디서나 존재하는, 즉 상호 네트워크로 연결·편재된 컴퓨터의 의미에서 본다면 단순히 컴퓨팅 환경의 확장 및 확대된 개념으로 볼 수 있다. 그러나 물리공간에 존재하는 모든 것에 컴퓨팅과 통신능력을 갖는 ‘유비쿼터스 칩’을 심고, 서로 네트워크로 연결해 전자공간과 융합되어진 ‘유비쿼터스 공간과 환경’을 창출한다.^[1]

유비쿼터스 컴퓨팅을 기반으로 일상생활의 사물들, 상품들, 기업의 생산, 물류, 판매, 고객관리 등의 비즈니스 프로세스를

구성하는 기기나 시스템들이 모두 지능화되고 네트워크로 연결됨으로써 매우 다양한 새로운 비즈니스를 창조하고 있다. 이러한 유비쿼터스 비즈니스는 단순한 상거래뿐만 아니라 일반적인 기업경영, 공급망 관리, 고객 관계관리, 자산관리, 현장인력관리, 지식관리, 유통관리, 안전관리 등 거의 모든 비즈니스 활동에 혁신적으로 적용될 수 있어 이와 관련된 기술과 상품이 미래 IT 시장을 주도하고 있다.^[2]

본 논문에서는 이 모든 유비쿼터스 홈 네트워크에서 RFID 시스템 컴퓨팅혁명의 핵심기술인 RFID(Radio Frequency Identification) 시스템을 분석하고 핵심부품인 태그의 분류와 회로 구성, 태그의 동작방법, Active 및 Passive RFID 태그의 기술을 논의 하고 RFID 전파특성에 대한 실험을 하였다.

II. 본 론

1. RFID 시스템의 구성도

RFID 시스템은 그림 1 과 같이 4 가지 부분으로 구성된다.^[3]

* 전주공업대학 디지털 전자정보과

** 전주공업대학 디지털 전자정보과 교수

이 연구물은 2005 년도 교육 인적 자원부 국고 지원사업 의해 연구 되었음.

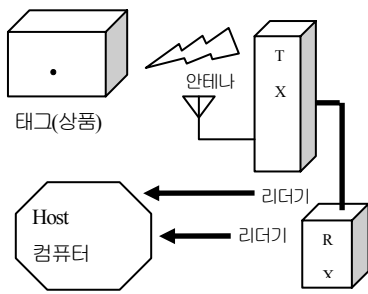


그림 1. RFID 시스템 구성도
Fig 1. RFID block diagram of system.

태그(Tag)라 불리는 고유 정보를 저장하는 트랜스폰더와 판독 및 해독기능을 하는 송수신기의 리더기 또는 판독기, 명령에 해당하는 신호를 보내는 호스트 컴퓨터와 서버, 데이터를 사람이 알 수 있는 값으로 변환하는 응용프로그램으로 구성된다.^[3]

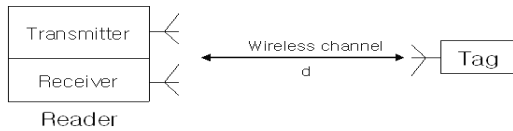


그림 2. RFID 단순한 모델
Fig 2. RFID simple model.

1) RFID 작동 순서

그림 2 에 리더와 태그 사이의 기본 상호동작을 나타내었다. PC 에서 리더의 제어해석기에 읽으라는 명령을 보내면 제어해석기는 명령에 해당하는 신호를 Transmitter 를 통하여 전기를 보내게 된다. 이때 전파는 안테나를 통해 태그까지 도달하게 되어 태그는 전파를 에너지원으로, 자체 Chip 에 저장되어 있는 데이터를 전파로 변환한다.^[4]

안테나는 태그가 발생시킨 전파를 감지하여 Receiver 로 전달하다. Receiver 는 전파를 데이터로 변환하여 제어해석기에 전달하게 된다.

Receiver 에 전달된 전파는 데이터를 사람이 알 수 있는 값으로 변환하여 PC 에 전달된다.

2. RFID Tag (Transponder)

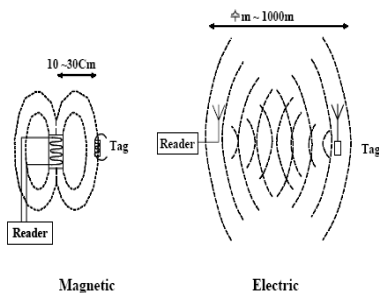


그림 3. RFID 시스템 결합방식
Fig 3. RFID system a coupling scheme.

태그는 그림 3 과 같이 RFID 시스템 단말기인 리더와의 에너지 결합방식에 따라 동작원리가 다르며, 자계(magnetic)결합방식은 현재 대부분의 저주파 RFID 에서 적용되는 원리로서 전원에너지 및 데이터전송이 코일루프안테나 전류에 의해 형성되는 자계에너지에 의해 전송된다.^[2]

구동전류에 의해 리더의 안테나에서 발생한 전력에너지는 자계장을 형성하며 자계장 영역에 위치한 태그는 자계장의 변화에 의한 전류가 유기되어 이로 인한 전압이 발생한다.^[5]

그림 3 의 전계(Electric) 결합방식은 RF 전파 방식으로서 전파통신, 레이더와 같이 전파전송 원리를 적용한 것이다.

이 경우에 태그에서 반사하는 신호는 리더의 반송파 주파수신호를 태그의 ID 데이터정보에 의해 변조하여 Backscatter 하게 되며 리더는 변조되어 수신된 신호를 복조하여 태그의 ID 정보를 해독한다..

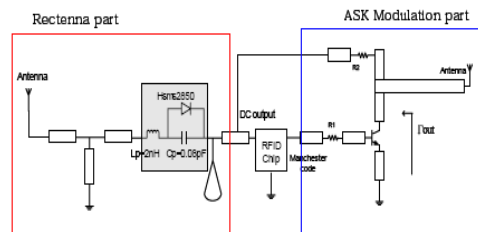


그림 4. 2.45GHz RF-ID 태그 구조
Fig 4. 2.45GHz RF-ID tag structure.

그림 4 는 2.45 GHz RFID 태그 회로를 나타낸다. 수신용 슬롯루프 안테나에서 수신된 RF 신호는 전력검출회로에 의해 검파되어 태그를 대기모드에서 구동모드로 전환 시키게 되고 저장된 고유 ID 는 ASK 변조회로를 거쳐 송신용 안테나로 전송하는 구조이다.^[3]

쇼트키 다이오드가 제로 바이어스 상태인 경우에는 용량성 임피던스를 가지며, 태그는 리더로부터의 변조 반송파 수신 모드에서 L 형 임피던스 정합회로에 의해 임피던스 정합된다.

마이크로파 대역에서는 Backscatter 스위칭 소자로서 주로 PIN 다이오드와 FET(Field Effect Transistor)를 이용하는데 PIN 다이오드의 경우는 소모전류가 크고 고가이기 때문에 저가이고 저전력 소모를 위한 RFID 태그용으로는 FET 나 BJT 가 사용된다.

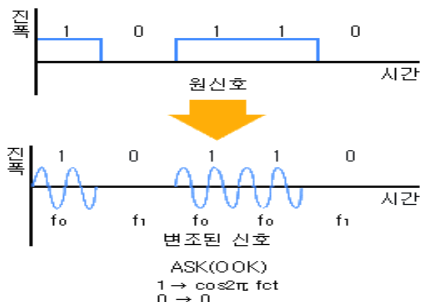


그림 5. ASK 변조
Fig 5. ASK modulation.

2.45 GHz에서 바이폴라 트랜지스터를 이용한 스위칭 회로를 사용하면 FET 보다 전송속도가 우수하고 ASK 변조방식에서 다이오드 방식보다 저전력을 소모한다.^[6]

Backscatter 회로의 임피던스를 변화시켜 진폭에 의한 ASK 디지털 변조신호를 발생시킬 수 있으며, 그림 5 는 ASK 변조를 나타냈다.^[7]

3. UHF RFID One chip

1) 구조

그림 6 은 UHF 및 2.45 GHz RFID One chip 의 내부구조이다.

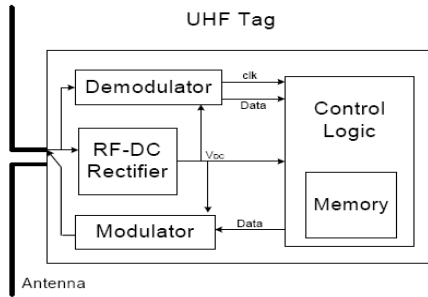


그림 6. UHF RFID 칩 구조

Fig 6. UHF RFID chip structure.

변조방식은 Backscatter 방식을 이용하며, IC 의 입력 임피던스가 변화함으로써 Backscatter 된 신호를 안테나를 이용해 변조한다. 태그 출력은 PSK, ASK Backscatter 된 신호에 따라 안테나 단 입력 용량값이 변화한다.

PSK 방식은 ASK 방식에 비하여 SNR 과 BER 이 더 좋기 때문에 고효율과 큰 변조신호 과워를 갖는다. 따라서 PSK 방식을 많이 사용하나 리더기의 회로가 복잡해지는 이유로 앞에서 언급한 것과 같이 조건에 따라 변조방식을 선택하여야 한다.^[8]

그림 7 은 선진국에서 Si CMOS 로 현재 생산중인 칩을 이용한 UHF 대역 및 2.45 GHz 대역 태그 제품을 나타낸다.



그림 7. 900MHz 및 2.45 GHz 태그

Fig 7. 900MHz and 2.45GHz tag.

2) 복조방식

리더에서 태그로 송신되는 Forward link 에서는 PWM(pulse width modulation) 방식을 사용한다. 펄스 폭은 수 μ s 정도로서 데이터 전송속도를 결정한다.

펄스 폭이 작으면 태그에 공급되는 전력이 충분하나 미국, 유럽 등 국가별로 대역폭 규정에 따라 제한되기 때문에

펄스폭을 길게 한다. 태그에서는 그림 8 와 같이 Envelop detector 와 Pulse width demodulator 를 사용한다.^[4]

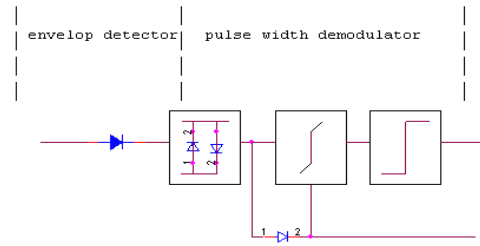


그림 8. UHF RFID 칩 의 복조기 구조

Fig 8. UHF RFID chip demodulator structure.

Envelop detector 는 Silicon 소자에서 Schottky 다이오드의 DC 변환 효율이 낮아 전압 Multiplier 회로구조를 채택하게 되며 요구되는 충분한 칩 구동 DC 전압을 생성하기 위해 여러 단의 다이오드회로 구현이 필요하다.

인버티된 출력 신호는 System clock 으로 사용되며 이 신호는 각 펄스를 측정하는 Integrator 를 Reset 한다. 간단한 Discriminator 는 펄스 길이를 측정하여 입력신호를 복조한다.^[9]

4. Reader

RFID Reader 는 Passive Tag 에 RF 에너지를 공급하여 활성화하게 하고 Tag 로 부터 정보를 받아들이는 역할을 한다. 이러한 기능을 위해서, Reader 는 RF 신호의 발신, 수신과 데이터 디코딩을 하는 부분을 포함하고 있으며 그 외에 호스트 컴퓨터와의 직렬 통신(RS-232), USB, Ethernet 등의 통신을 수행한다.

안테나 동조회로와 안테나가 최상의 성능을 발휘하기 위해서 적절하게 동조를 맞출 수 있도록 설계되어야 한다.^[10]

Reader 가 단지 읽는 기능만 되는 반면에 Interrogator 는 데이터를 읽고 쓰는 동작을 위해 Tag 와 통신을 할 때 명령이 내장된 펄스를 사용한다.

5. Antenna

안테나는 무선주파수를 이용하여 Tag 또는 Card 에 데이터를 읽고, 쓰기 위해 사용하는 장치이다. 어떤 시스템에서는 안테나와 컨트롤러가 분리되어 사용되고, 또 다른 시스템에서는 하나의 Reader 또는 Reader/Writer 속에 안테나와 컨트롤러가 내장되어 있는 경우도 있다.

RFID 칩을 제조함에 있어서 IC 칩 내에 임피던스 정합용의 코일이나 용량의 큰 콘덴서를 내재하는 것은 어렵다.

다이폴 안테나는 그 목적주파수의 반파장보다 길게 하면 유도적이고 짧게 하면 캐패시티브의 안테나 리액턴스 성분을 보인다. 이 특성을 이용해 안테나와 IC 칩의 입력 임피던스를 정합시킨다.^[6]

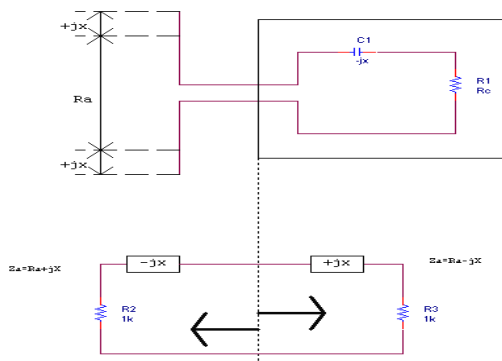


그림 9. 안테나와 IC 칩 접속
Fig. 9. Antenna and IC chip connection.

이 안테나는 그림 9에 나타나듯이 그 전장을 길게 하는 것으로부터 $+jX$ 성분을 안테나 측으로 만들어 나올 수 있기 때문에 이 특성을 이용해 IC 칩내의 리액턴스 성분을 상쇄하도록 안테나를 설계한다.

6. Read range

Read/Write range는 Reader와 Tag 사이의 통신 가능한 거리를 말한다. 구체적으로 말하면, Read Range는 Tag로부터 데이터를 읽어올 수 있는 최대거리를 말하며 Write Range는 Interrogator가 Tag에 데이터를 써넣을 수 있는 최대의 거리이다.

Read Range는 Reader와 Tag 안테나의 전자기적 결합 특성, Reader의 RF 출력전력 수준, Carrier Frequency band, 기기의 전력소비량을 나타낸다.^[11]

III. RFID 전파 특성 실험

1. RFID 전파 실험장치

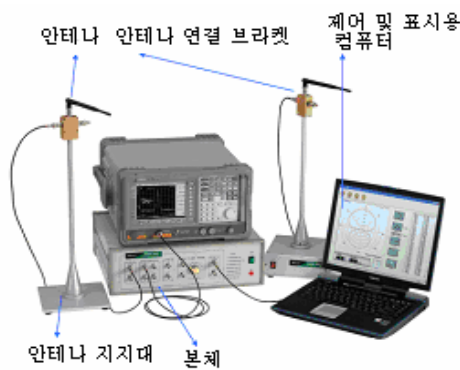


그림 10. 전파 실험장치
Fig. 10. Electromagnetic wave experimental equipment

그림 10은 전파특성을 파악하고 분석하기 위한 실험장치이다. 실험장치를 통하여 다양한 형태의 안테나에 대한 기본적인

특성을 측정하였으며 다중경로(Multi path)에 의한 전파레벨의 변화현상인 페이딩 특성을 실험하였다.

또한 914MHz, 2.45GHz 대의 위상지연실험, 감쇄실험, 시간지연실험을 비롯하여 정재파 특성실험과 도플러 주파수실험, 전파모델을 컴퓨터와 결합시켜 분석하였다.



그림 11. 안테나 실험장치의 본체 구성
Fig. 11. Body structure of the antenna experimental equipment

2. 실험장치 규격

표 1. 실험장치의 규격

Table 1. Specification of the experiment equipment.

항목	규격
RF 고주파부	
사용주파수	914[MHz], 2.45[GHz]
주파수발진 방식	PLL
IF(중간주파수)	21.7[MHz]
제어부	
제어방식	Micro-controller
안테나 각도제어	360°, 400 step
	0.9°/step
각도제어 범위	0~360°

표 1은 실험장치의 규격을 설명한 것이다. 크게 RF 고주파부와 제어부로 나뉘서 표기하였다.

고주파부는 914MHz, 2.45GHz의 주파수를 사용하며 주파수발진 방식은 PLL 방식이다. 제어부에서는 마이크로 컨트롤러를 통한 안테나 제어를 한다.

3. 안테나의 특성



그림 12. 슬리브 다이폴 안테나
Fig. 12. Sleeve Dipole Antenna.

2.45GHz 대의 주파수에서는 Patch antenna, Chip antenna, Yagi antenna, Dipole antenna 를 사용하며 914MHz 에서는 Loop antenna, Dipole antenna, Dipole antenna 를 사용한다.

본 실험에서는 슬리브 다이폴 안테나를 사용하여 914MHz 대의 전파를 측정하였다.⁽⁶⁾

이 안테나는 단파, 초단파, 극초단파 대에서 주로 사용하는 안테나로 전파의 지향성은 무지향성이며 이득은 $\frac{1}{4}\lambda$ 일 때는

0dB 이나 $\frac{5}{8}\lambda$ 일 때는 이득이 4~5dB 정도 향상된다.

실험 과정은 안테나의 위치를 약 1m 정도에 서로 마주보도록 설치한다. 이 안테나의 전류는 z 축을 따라 흐르며 전류분포 $I(z)$ 는 다음 식으로 주어진다.

$$I(z) = I_0 \sin \left[k \left(\frac{\lambda}{4} - |z| \right) \right] \quad (1)$$

식 (1)서 급전점인 $z=0$ 에서 $I(z)=I_0$ 가 되고, 끝점인 $z = \pm\lambda/4$ 에서 $I(z)=0$ 가 된다. 식(1) 전류에 의한 복사 전장 $E(\theta)$ 은 다음 식으로 주어진다.

$$\begin{aligned} E(\theta) &= jw\mu \sin\theta \frac{e^{-jkr}}{4\pi r} \int_{-\lambda/4}^{\lambda/4} I(z) e^{jkz \cos\theta} dz \\ &= jw\mu \frac{2I_0}{k} \frac{e^{-jkr}}{4\pi r} \frac{\cos[(\pi/2)\cos\theta]}{\sin\theta} \\ &= jw\mu \frac{2I_0}{k} \frac{e^{-jkr}}{4\pi r} F(\theta) \end{aligned} \quad (2)$$

식 (2)로부터 장 패턴 $F(\theta)$ 은

$$F(\theta) = \frac{E_\theta(\theta)}{E_{MAX}} = \frac{\cos[(\pi/2)\cos\theta]}{\sin\theta} \quad (3)$$

와 같고 전력패턴 $P(\theta)$ 은 식 4 와 같다.

$$p(\theta) = |F(\theta)|^2 = \left(\frac{\cos[(\pi/2)\cos\theta]}{\sin\theta} \right)^2 \quad (4)$$

식 (4)를 이용하여 그런 복사 패턴이다.^[1]

5.스펙트럼 분석 파형

그림 13 은 스펙트럼 분석기를 이용하여 914MHz 주파수를 측정한 결과이다.

914MHz 와 2.45GHz 의 PLL Data Line 을 공유한다. 시스템의 초기에는 항상 914MHz PLL Data 를 내보내고, 2.45GHz 는 선택 시에만 본체에서 신호를 내보낸다. 이때 914MHz 와 2.45GHz

두 신호의 동작은 사용 IC 의 전원으로 제어되므로, 두 OSC 가 동시에 동작하는 경우는 없다.

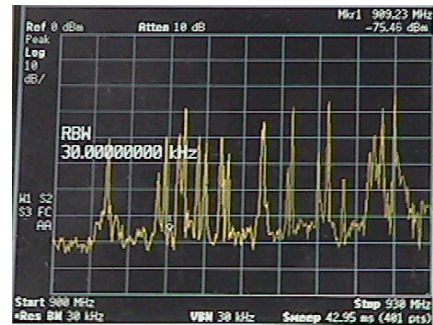


그림 13. 스펙트럼 분석 파형

Fig 13. Spectrum analysis wave.

6. 정재파 특성 실험결과

그림 15 의 정재파 특성 측정실험에서는 진행되는 신호와 반사되어 돌아오는 신호를 임의의 회로로 구현하여, 실제 반사되는 신호가 아닌, Phase Shifter 를 사용하여 가상의 신호를 발생 시킴으로써, 이 두 신호를 합성하여 정재파를 얻게 되도록 설계하였다

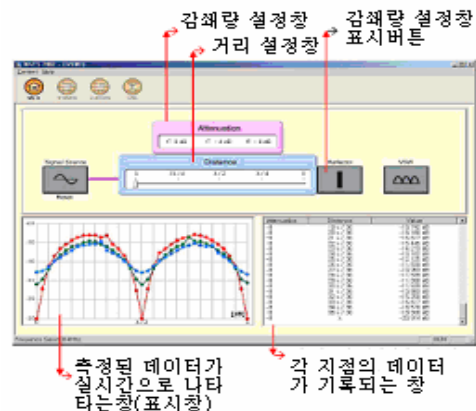


그림 14. 정재파비 측정 실험

Fig 14. Experiment of the Voltage Standing Wave Ratio.

입사파의 크기(4.5dBm)를 E_0 , 반사파의 크기를 E_r 로 정의한다.

$$\text{Return Loss } \{RL\} = E_0 - E_r$$

$$\text{반사계수 } \rho = 10^{\frac{-RL(dB)}{20}} \quad (5)$$

반사계수를 구하면 정재파비(VSWR)를 구할 수 있다. 정재파비란 반사계수를 다르게 표현한 값으로써, 반사에 의해 생성되는 정재파(Standing wave)의 높이를 의미한다. 정재파란, 어떤 파동이 진행하다가 다른 매질을 만나서 반사되어 나온 파동과 합쳐지면서 생기는 고정된 파형을 의미한다. 감쇄를 주어 위 실험을 반복하여 VSWR 을 구하였다.

IV. 고찰

유비쿼터스 홈 네트워크에서 RFID 시스템은 컴퓨팅 환경을 구현하기 위해 핵심적인 주목 받고 있으며, 여러 국 내의 연구소와 기업들에서 RFID 시스템에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. RFID 시스템은 사용자들에게 생활의 편리함 뿐만 아니라 물류비용 절감등과 같은 경제적인 측면에서도 크게 기여할 것으로 기대된다.

본 논문도 이러한 시장추세를 따라 RFID 시스템의 원리와 구조에 대하여 연구 하였으며 UHF 대역의 전파특성을 실험 측정하여 RFID의 시제품을 구현하고자 하였다.

V. 결론

본 논문에서는 유비쿼터스 홈 네트워크에서 RFID 시스템 컴퓨팅 혁명의 기원이 되는 RFID 시스템의 원리와 구조에 대하여 연구하고 전송방식은 전파 실험장치를 이용하여 각각의 방법으로 데이터 전송방식을 실험해 보았다.

태그는 RFID 시스템에서 통제장치인 Reader 의 요청에 의하여 물체, 동물, 사람 등의 식별, 인식 정보를 송신하는 소자이다. 태그는 자체정보를 무선 송신하기 위한 에너지로서 리더 또는 리더의 반송파 RF 에너지를 활용하는 Passive 형태는 리더의 RF 출력, 안테나 이득, 태그 전력소모 등에 의해서 인식거리가 결정되었다.

본 논문에서는 태그에서 발생하는 900MHz 대의 전파를 다이폴 안테나를 사용하여 실험하였다. Active 형 태그에서는 리더의 Wake-Up 신호에 의해 전원 구동스위치 회로가 On 상태가 된다. 태그의 변조방식은 RFID 표준에 따른 모드, Type, 태그의 Class, 사용 용도에 따라 PSK, FSK, ASK 방식이 사용되며 각 환경과 시스템 구성을 고려하여 가장 유리한 변조방식을 채택하여 분석하였다.

감사의 글

이 논문은 반도체설계교육센터(IDEC)의 장비 지원에 의해서 제작되었습니다.

참고문헌

[1] 정광욱, 김재영, “이동통신 전파와 안테나 실습”, 구미출판사, pp 41 - 45, 2004.
 [2] 고덕영, “정보통신응용실험”, 전주공업대학, pp 269-290, 2004.
 [3] Klaus Finkenzeller, “RFID HANDBOOK Second Edition” 영일출판사, pp 61 - 110, 2002.

[4] 양형규, 안영화 “유비쿼터스 환경에 적합한 RFID 인증 프로토콜에 관한 연구”, 전자공학회논문지 2005.
 [5] 이근호, “RFID 기술과 시스템”, 한국정보산업연합회, 2004.
 [6] 고덕영, “통신 시스템”, 도서출판 신화 전산기획, pp. 435 - 469, 2003.
 [7] W. S. Chan, W. S. Wong, "5.8 GHz Active Transponder for Electronic Road Pricing", Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings, pp. 694-697, 1995.
 [8] K.V.S.Rao, "An Overview of Back Scattered RFID system", IEEE, 1999.
 [9] K. Konno, H. Wada, K. Matsukawa, "A 2.45 GHz Wireless IC Card System for Automatic Gates", 1993 IEEE MTT-S Inter. Microwave Symp., Digest, pp.797-800, 1993.
 [10] R. Tuttle, "A Low-Power Spread Spectrum CMOS RFIC for Radio Identification Applications", RF Expo West, pp. 216-222, March, 1994.
 [11] J. Eagleson, "RF/ID: Spectrum, Application, &Techniques" Proc. of Fourth Wireless Symposium", Feb., pp. 310-327, 1996.

Websites

(1) <http://rfidkit.co.kr>
 (2) <http://www.rfidh.com>
 (3) <http://www.3alogics.com>
 (4) <http://www.eic.re.kr>
 (5) <http://www.ubiu.com>
 (6) <http://rfidjournal.com>