

무선인식 시스템에서 시간절차를 이용한 데이터 충돌 방지에 관한 연구

A Study on the Data Anti-collision using Time-domain Procedure on RFID(Radio Frequency Identification) System

강민수¹ 신석균¹ 이준호² 이동선¹ 유광균³ 박영수¹ 이기서⁴

Min-soo Kang, Suk-Keyun Shin, Jun-Ho Lee, Dong-Sun Lee, Kwang-Kiun Yoo, Young-Soo Park, Key-Seo Lee

Key Words : RFID system(무선인식 시스템), Antenna(안테나), Anti-collision(충돌방지)

Abstract

In this paper, the method is suggested to prevent data collision or damage on RFID(Radio Frequency Identification) system, in case a reader reading multi-tag simultaneously, using binary-search algorithm and Time-domain anti-collision procedure at reader and tag, respectively. The RFID system is designed that Reader enable to communicate with Tag on 13.56MHz bandwidth which is ISM(Industrial Science Medical) bandwidth, antennas of Tag part are designed using MCRF335 Chip. When RF communication is achieved between reader and tag, in case that data is transmitted to reader pass through multiple tags simultaneously, a study on the anti-collision method for the situation that the data collision occurs is performed.

1. 서론

무선인식(RFID:Radio Frequency Identification) 시스템은 산업 전반의 각 분야에서 널리 사용되고 있으며, 비접촉식으로 인식이 가능하여 인식 분야에 있어서 기존의 바코드, 마그네틱 등을 이용한 시스템에 비해 여러 가지 장점이 있으므로 다른 인식 시스템에 비하여 매우 진보적이라 할 수 있다. 이 시스템의 동작원리는 리더측에서 에너지 및 암호신호를 보냈을 때 리더의

인식 범위에 있는 모든 태그는 전원을 발생하여 리더로 데이터를 보낼 수 있는 작업을 해야 한다.[1][2] 그러나 태그에서 동시 다발적으로 데이터를 전송한다면 그에 따른 데이터 충돌이 예상된다.[3]

이러한 현상은 시간적인 여유, 정의된 인식 공간 내에서 수용할 수 있는 태그의 수량, 주파수 상의 문제 등에 기인하여 발생한다.

결국 무선인식 시스템에서 1개의 리더가 동작할 경우 1개 이상의 태그를 인식할 수 있다는 보장은 없다. 이는 태그가 리더로 데이터를 전송할 경우 동시다발적으로 인식한다는 것이 논리적으로만 가능할 뿐이다. 따라서 본 논문에서는 이러한 충돌 현상을 최소화하고 원활한 무선 데이터 통신을 할 수 있게 하기 위하여 시간상의 간격을 이용하여 해결함으로써 여러 개의 태그를 동시에 수신할 수 있게 알고리즘을 제안하였다.

1. 정희원, 광운대학교 제어계측공학과 박사과정
2. 비희원, Univ. of Virginia주립대 기계공학과 ROMAC. Postdoc. Fellow
3. 정희원, 한국철도대학 전기신호과 교수
4. 장희원, 광운대학교 정보제어공학과 정교수

2. 시스템 구성

무선인식(RFID:Radio Frequency Identification) 시스템은 무선주파수(Radio Frequency)를 이용하여 사람, 물류, 동물에 기 정의된 인식 데이터(ID:Identification)를 이용하여 위치나 정보를 관리하는 시스템이다.[4] 이 시스템은 크게 세 종류로 구성되어있다. 첫째는 인식되어야 할 대상에 부착될 태그, 둘째는 태그와 송수신 할 수 있는 리더, 셋째는 리더의 데이터를 처리하는 컨트롤러로 구성된다. 여기에 덧붙여 상위 메인 컴퓨터와 상호 통신할 수 있는 메인 컴퓨터를 포함 할 수 있다.

태그는 액티브(Active) 타입과 패시브(Passive) 타입 두 종류로 분류가 되는데 먼저 액티브 타입은 송수신 거리가 긴 반면 전원을 내장해야 하므로 태그의 크기가 커지며 내부 전원을 교체해야 한다는 단점이 있다. 패시브 타입은 내부에 전원이 없이 리더로부터 에너지를 받아 저장하여 내부회로를 동작함으로써 태그의 초소형화가 가능하지만 송수신 거리는 상대적으로 짧아진다.

리더는 태그에 에너지를 공급하고 공급받은 전력을 이용하여 태그로부터 데이터를 송신할 수 있게 한다. 그리고 태그로부터 수신된 데이터를 처리할 수 있는 컨트롤러로 구성된다. 이러한 무선인식 시스템은 근거리 내에서 짧은 시간 안에 리더와 태그 상호간의 데이터를 정의된 주파수 대역 즉, 13.56MHz 대역 내에서 무선신호를 이용하여 데이터를 주고받는 일대 다수의 통신을 가능하게 하며, 이동체에 부착된 태그는 고정체에 장착된 리더에 인식 데이터를 전송하고 상위 시스템으로 인식 데이터를 전송한다. 그림 1은 무선인식 시스템의 블록도를 나타내고 있다. 리더에서는 항상 에너지와 암호신호를 발산하고 있다가 태그가 리더의 인식 영역에 들어오게 되면 리더의 에너지신호와 암호신호를 받아 태그가 가진 고유의 데이터를 주파수천이(FSK : Frequency Shift Keying)변조 방식으로 다시 리더에 인식데이터를 전송하게 된다.[5]

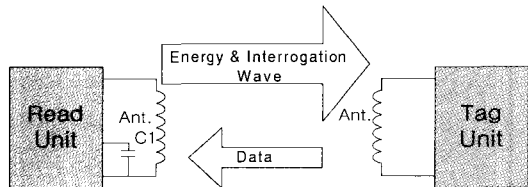


Fig. 1 Block-diagram of RFID system

2.1 리더 설계

리더(Reader)는 태그의 유무에 관계없이 암호신호와 에너지를 항상 발생하여 태그가 인식할 수 있는 적정 범위에 들어왔을 경우 송신과 수신을 할 수 있게 구성되어 있다. 그림 2는 리더의 내부 블록도로서, 그 내부에는 마이크로프로세서를 이용하여 제어하고 시리얼 통신을 위한 통신부, 무선 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 규정된 변조 방식으로 송신하기 위한 송신부(Transmitting section), 태그로부터 수신된 데이터를 증폭 및 복조하기 위한 수신부(Receiving section)로 구성되어있다.[6] 무선에너지를 가진 수동적인 태그를 활성화하고 그 태그로부터 정보를 얻어내기 위해 무선 전송, 수신 그리고 자료 해독 부분을 포함하고 있다. 게다가 리더는 메인 컴퓨터와 통신하기 위해 연속적으로 송 수신하게 된다. 무선주파수 전송부분은 무선주파수 캐리어 제네레이터(Generator), 안테나, 그리고 튜닝회로(Tuning circuit)를 포함하고 있다. 안테나와 튜닝 회로는 최선의 수행을 위해서 안테나에서 방사되는 자기장과 공진점을 잘 조율해야 할 것이다.[7][8] 수신된 신호에 대한 데이터 해독 부분, 시리얼 통신 부분, 나머지 컨트롤부분을 마이크로프로세서가 전담한다. 일반적으로 리더는 읽기 전용 장치인 반면 읽고 쓰기가 가능한 장치를 인터로게이터(Interrogator)라 불린다. 읽기 전용 리더와 달리 인터로게이터는 읽기와 쓰기 데이터에 대한 태그에 전달하기 위해서 명령 펄스(Command pulse)를 따로 두었다.

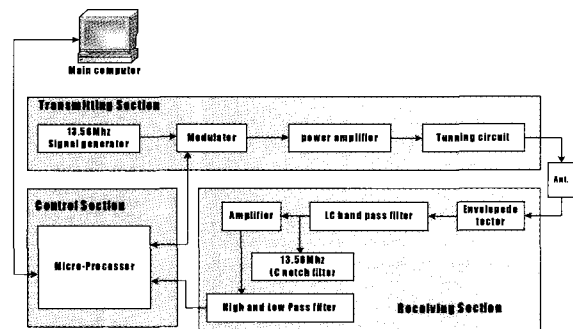


Fig. 2 Internal Block diagram of Reader

CPU에서는 메모리를 통하여 데이터를 저장하며 여러 태그들이 가지고 있는 인식데이터를 인식 할 수 있다.

리더와 안테나간의 거리를 최대화하기 위해서는 다음과 같은 조건들을 고려해야 한다.

- 1) 동작하는 주파수와 안테나코일의 특성.

- 2) 안테나의 Q값과 리더회로의 튜닝.
- 3) 안테나의 방향성.
- 4) 여자전류의 특성.
- 5) 리시버의 감도.
- 6) 변조와 복조의 최적화된 알고리즘.
- 7) 데이터 비트의 수와 검출 알고리즘.
- 8) 동작환경의 조건(전기적 노이즈)

(1-3)까지의 조건은 안테나의 형태와 이를 이용한 튜닝과 관계가 있으며, (4-5)는 리더의 기구학 적인 측면이며, (6)은 설계디바이스의 통신프로토콜을 결정하게 되며, (7)은 데이터를 검출하기 위해서 펌웨어에 의하여 프로그램 되어야 할 것이다.

이러한 조건들을 고려하여 리더측의 루프 안테나에서 수직으로 발생하는 자기장은

$$B = \frac{\mu_0 I N a^2}{2(a^2 + r^2)^{3/2}} \quad (1)$$

$$= \frac{\mu_0 I N a^2}{2r^3} \quad \text{for } r^2 \gg a^2$$

μ_0 = 자유공간상의 투자율, I = 루프안테나에 흐르는 전류, N = 코일의 감은 횟수, a = 루프의 반지름

r = 루프의 중앙에서부터의 수직을 나타낸다. 8개의 조건을 고려하여 수신된 인식 데이터들을 상위 시스템으로 데이터를 전송하기 위하여 MAX233 칩을 사용함으로써 시리얼 통신을 가능하게 했다.

2.2 안테나 설계

패시브 태그는 리더로부터 에너지 및 암호 신호를 받은 경우 필요한 시간만 동작하는 것이 일반적인 동작 방식이다. 이는 트랜스포머의 1차측에서 유도 전류가 발생하여 2차 측으로 전력을 전달하는 원리와 거의 유사하다. RFID 시스템에서 리더는 1차측의 코일로 간주하고 태그의 안테나가 2차측 코일로 간주되어 1차 코일에서 2차측으로 전압을 유도하게 된다. 여기서 유도되는 태그 안테나의 전압은

$$V = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (2)$$

N = 태그 코일 안테나에 감은 코일의 횟수.

ϕ = 태그 코일 안테나의 표면에 흐르는 자기장

식 2에서 발생하는 자기장을 계산하면

$$\phi = \int B \cdot dS \quad (3)$$

B = 자기장 (식 2에서 주어진 크기)

S = 태그 코일 안테나의 표면적

여기서 안테나 코일에 흐르는 자기장의 최대치는 태그 안테나와 리더안테나가 평행이 되었을 때 얻어질 수 있다. 아래 식은 식 (1), (2), (3)에 의하여 태그 안테나 코일 내에 유도되는 전압을 계산하였다.

$$V = - \frac{\mu_0 N_1 N_2 a^2 (\pi b^2)}{2(a^2 + r^2)^{3/2}} \frac{di}{dt} \quad (4)$$

$$= -M \frac{di}{dt}$$

V = 태그 안테나 코일내의 전압

N_1 = 리더 안테나 코일의 감은 횟수

N_2 = 태그 안테나 코일의 감은 횟수

a = 리더 코일의 반지름

b = 태그 코일의 반지름

r = 두 코일 사이의 거리

i = 리더 코일의 전류

M = 태그 안테나와 리더 안테나 사이의 상호 인덕턴스

$$M = - \frac{\mu_0 N_1 N_2 a^2 (\pi b^2)}{2(a^2 + r^2)^{3/2}} \quad (5)$$

위 식에서 계산한 결과는 AC전원이 발생되지만 태그가 동작하기 전에 DC 전원으로 변환되어 태그의 내부 회로를 구동하게 된다.

동작시의 소비전력이 카드가 가지고 있는 기능에 따라서 다르지만 태그 측에 통신기록의 일반적인 기억기능, 표시기능 등이 부가된 경우에는 수십 mA가 소비되는 경우도 있다. 이와 같은 조건을 만족함으로써 태

그의 안테나 코일에서 전원을 발생하여 패시브 태그를 실현할 수 있을 것이다. 그림 3은 태그의 내부를 블록도를 나타낸 것이다. 그림 3에서와 같이 태그 역시 리더부분과 유사하지만 에너지 발생 및 저장을 위한 전압 발생기(Power generator)가 추가되어 있다.

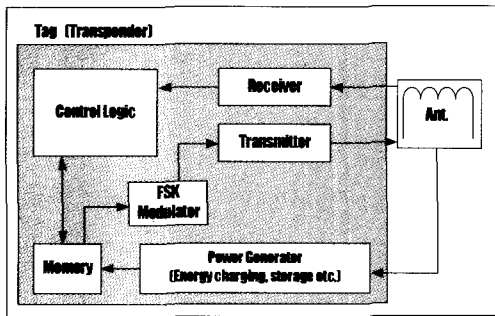


Fig. 3 Inner block-diagram of Tag

3. 충돌방지(Anti-collision)

RFID 시스템에서 하나의 리더와 하나의 태그로 시스템이 구성이 된다면 무선 송수신시 데이터간의 충돌은 발생하지 않는다. 그러나 태그에서 데이터들이 동시다발적으로 리더의 인식 영역으로 들어오면 실제적으로 데이터는 충돌 할 수밖에 없다. 따라서 데이터 충돌을 방지하기 위해서 일대 다수의 데이터 수신인 경우, 충돌 방지를 위한 방법을 크게 3종류로 나누는데 시간영역(Time domain) 충돌방지 절차, 공간영역(Spatial domain)충돌 방지 절차, 그리고 주파수영역(Frequency domain) 충돌방지 절차로 크게 나눌 수 있다. 먼저 시간영역 충돌 방지 기법은 각각의 태그에서 시간상의 지연을 통하여 데이터를 보내는 형태이고, 공간영역 충돌방지 기법은 리더에서 태그가 감지될 때까지 찾는 형태를 취하며, 이는 마치 어두운 방에서 썬치 라이트로 태그를 찾는 형태를 취하게 된다. 그리고 주파수 영역 충돌방지 기법은 공항과 같이 순차적으로 데이터가 입력되는 곳에 적합하며 태그와 리더간의 데이터를 암호화하여 데이터를 취하는 절차이다. 이러한 충돌 방지 방법 중 물류 관리에 적합한 시간영역 충돌방지 기법을 이용하였다.

3.1 시간영역 충돌방지 절차

시간 영역 충돌방지 절차는 시간 간격에 의해 처리

된다. 태그는 리더가 인식할 수 있는 영역으로 들어왔을 때 데이터 전송 시 충돌을 막기 위해 비동기적으로 동작한다. 왜냐하면 리더는 반복적인 동작으로 데이터를 인식하기 때문에 태그에서는 정의된 인식 데이터를 비동기적으로 처리할 수밖에 없다. 이때 발생하는 데이터 전송 시간은 각각의 태그들이 리더에 데이터를 전송하는 시간으로 결정된다. 이러한 이유로 데이터 전송간의 잠시 멈춤 시간이 상대적으로 길어지게 된다. 게다가 각각의 태그들마다 데이터 전송에 따른 반복시간이 길어지게 된다. 그렇기 때문에, 한 그룹의 태그들은 각기 다른 시간에 그들이 인식한 데이터를 리더에 보내게 될 것이고, 이로 인해 데이터 충돌이 발생되지 않게 된다. 이때 태그들의 데이터 전송에 대한 구별은 임의의 한 태그에 있어서 데이터가 성공적으로 리더에 전송이 완료되고 난 후 리더에 스위치 개방(switch-off)과 스위치가 닫힘 상태(switch-on)로서 구별 가능하다. 이렇게 동작하는 형태와 그에 따른 최적의 공진 주파수를 그림 4에 나타내었다.

3.2 이진 검색 알고리즘

리더 측에서 데이터 전송에 따른 충돌방지 절차는 다시 세부적으로 선출방식 절차(polling procedures)와 특정 시리얼 넘버를 이용한 방법을 기반으로 하는

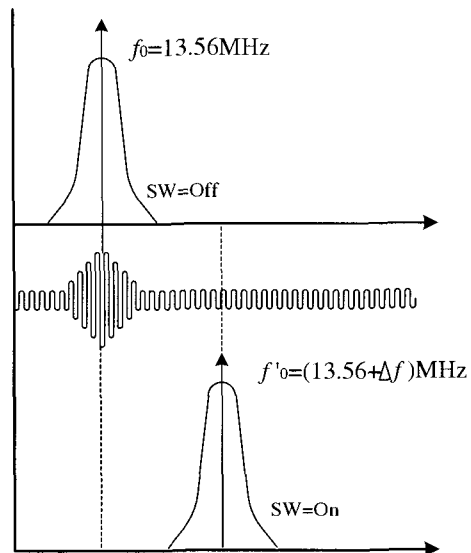


Fig. 4 Switch on/off mode and resonant frequency

이진수 검색(binary search)방법으로 분류된다.

우선 폴링(Polling) 절차는 사용되어진 모든 태그가 인식한 시리얼 넘버의 리스트를 구비하고 있어야 한다. 모든 시리얼 넘버들은 정확한 시리얼 숫자를 가진 태그가 반응 할 때까지 요청되어진다. 리더는 정의된 시리얼 넘버를 가진 하나의 태그가 응답할 때까지, 모든 시리얼 넘버들을 교대로 요청을 한다. 그러나 이때, 발생 가능한 많은 태그들에 의해 폴링 절차는 매우 느려질 것이고, 그렇기 때문에 산업분야에서 잘 알려진 몇몇 태그가 사용되는 적용분야에만 적당하다. 그에 반해 이진수 검색절차는 시간적으로나 데이터 전송속도 때문에 사용이 용이하다. 이진수 검색 절차에서 볼 때, 태그는 리더로부터 요청명령(Request command)을 받고 태그는 고유한 시리얼 넘버를 이용한 데이터를 전송하여 고의적으로 데이터 충돌발생을 일으키는 그룹으로부터 선택되어진다. 이러한 절차가 성공적으로 이루어진다면, 리더는 적절한 신호코딩 시스템을 이용한 데이터 충돌의 정확한 비트 위치를 결정할 수 있다. 더 나아가, 리더에서 태그로 요청 명령이 전송 될 때 지정된 주소에 전송된 태그의 부류를 미리 선택할 수 있어야 한다. 단지 하나의 태그가 반응 할 때까지 선택된 숫자의 부류를 감소시키는 각 시간에 대해서 이 요청명령은 반복되어진다. 따라서 리더에서는 동시에 전송되는 모든 태그들의 데이터를 충돌 없이 수신 가능하다.

4. 실험 결과

본 연구에서는 13.56MHz 대역에서 하나의 리더와 여러 개의 태그들이 동시 다발적으로 무선통신을 가능하게 하기 위하여 리더의 송수신부, 제어부, 시리얼 통신부, 안테나를 제작하고 MCRF355칩을 이용하여 태그를 구현하였으며 2개 이상의 태그가 리더의 영역으로 접근 한 경우 리더와 다수의 태그 사이에 데이터 충돌을 방지하기 위하여 시간영역에 의한 이진검색 방식을 이용하여 실험하였다. 리더의 안테나에서 발생하는 전력은 약 112mW로 측정되었으며, 무선인식 시스템에서 리더와 태그간의 무선 통신되는 상황을 오실로스코프를 이용하여 전압 레벨은 2, 시간 간격은 400ns로 파형을 측정하였다. 리더에서 태그로 에너지 및 암호신호를 송신할 때에는 진폭변이 변조 방식으로 발생하게 된다. 그림 5는 리더의 안테나에서 수신되는 파형을

필터를 거치고 OP-AMP 에서 증폭한 후의 값을 측정한 것이다.

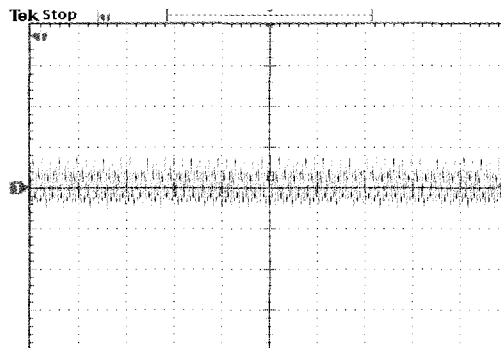


Fig. 5 Wave occurred to Reader

태그가 리더의 인식 영역으로 들어오지 않은 경우이며 항상 에너지 신호와 암호신호 발생을 나타내고 있다. 그림 6은 하나의 태그가 리더의 인식 영역으로 들어오면서 리더의 안테나를 통하여 발생되는 에너지로 태그내부의 전원을 발생함으로써 회로를 동작시키고 태그내의 데이터를 리더의 안테나를 통하여 수신되고 있음을 나타내고 있다.

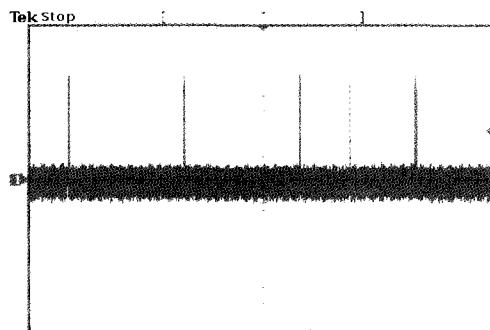


Fig. 6 Wave in case of one Tag approaches into boundary of Reader

그림 7은 하나 이상의 태그가 리더의 인식 영역으로 들어오면서 충돌방지 가능하게 인식되는 파형을 나타내었다.

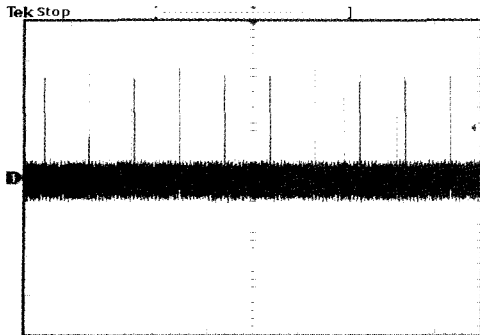


Fig. 7 Wave in case one and more Tag approach into boundary of Reader

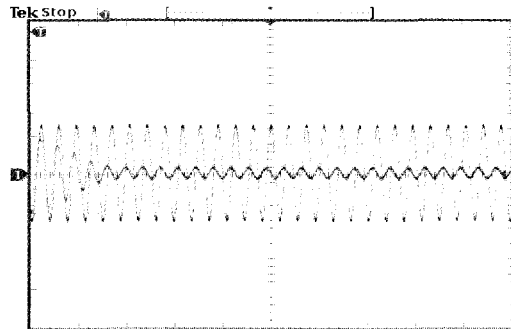


Fig. 9 Wave occurred to Tag

그림 8은 리더의 인식 영역 안에 들어온 태그의 인식 데이터를 그림 6의 하나의 막대로 표현된 부분을 확대한 파형이다.

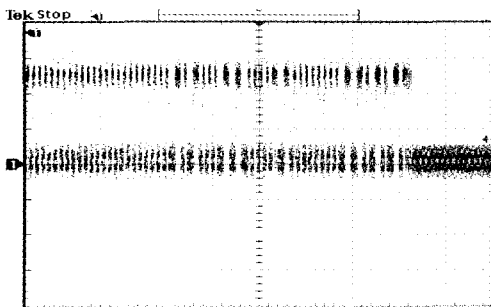


Fig. 8 Wave zoomed in the data received from Tag

그림 9는 태그가 리더의 인식 영역으로 들어왔을 때 리더의 안테나로부터 에너지 신호와 암호신호를 받아 들여 태그 자체의 회로 동작 및 정의된 데이터를 리더로 송신하고 있는 파형을 나타내었다.

5. 결 론

본 연구에서는 근거리 전용 통신(Dedicated short range communication)을 위한 무선인식 시스템의 리더 컨트롤러와 태그의 루프 안테나를 설계 제작하였다. 리더 측 컨트롤러는 13.56MHz 대역에서 에너지 신호와 암호신호를 주기적으로 발생하여 태그와 통신할 수 있게 하고, L과 C값을 고려한 Q값을 최대화하여 안테나를 설계, 제작하였다. 또한 일대다수의 통신으로 데이터간에 충돌이 일어날 경우를 대비하여 시공간에 의한 방법으로 이진검색 알고리즘을 적용하였다.

이렇게 구성된 시스템은 리더와 태그간에 인식거리가 약 20cm 정도였으며 2개 이상의 태그를 동시에 리더의 인식 영역으로 근접하였을 때 인식됨을 모의 실험 장치를 통하여 입증하였다. 그러나 선진 외국의 경우에 인식거리를 넓이는 데 그 목적을 두고 있어 인식거리를 확장하는 것이 연구과제일 것이다. 이러한 시스템은 보안 시스템, 스포츠 기록장치 등에 적용 가능하며, 대규모의 철도물류 및 차량관리, 일반 물류관리 등에 적용으로 신속한 물류분류로 물류비 절감형 인식 시스템으로 전환 및 발전 방안을 모색하는 것이 시급한 과제라 하겠다.

감사의 글

이 연구는 2001년도 광운대학교 연구년 지원에 의하여 이루어졌음

참 고 문 헌

1. Marcel, Hansruedi, Benedickter and Wener Baechtold, 1999, "Circuit Polarized Aperture Coupled Patch Antennas for an RFID System in the 2.4Hz ISM Band.", IEEE
2. Sau-Mou, Jeng-Rern, Yang,Tzen-Yi Liu, "A Transponder Wireless Identification Systems." ,1996 IEEE
3. Microchip Technology Manual, 2001.
4. J.D Gerdeman, 1995, "Radio Frequency Identification Application 2000" RTC Inc.
5. Louse E.Frenzel, 1998, "Principle Electronic Communication system", McGraw Hill.
6. Bahzad razavi, 1998"RF micro Electronics"Prentice-hall.
7. David K. Cheng, "Fundamentals of Engineering Electro magnetics", 1994, Addison-Wesley.
8. Constantine A.Balanis,"Antenna Theory-Analysis and Design"John Wiley &Sons,2nd edition,1997