

고속인식이 가능한 무선인식 시스템에 관한 연구

A Study of RFID System Enable to High Speed Recognition

윤상문* 백선기* 김윤집* 박면규** 이기서***

Yun,Shang-Moon Baek,Sun-Ki Kim,Yun-Jib Park,Myeon-Gyu Lee,Kye-Seo

Abstract

In this paper, it has a proposal of the RFID(RFID : Radio Frequency Identification) system for high-speed recognition between the tag attached a mobile object moving high-speed and the static reader. It used 13.56MHz frequency at ISM band, and designed a reader in order to recognize a mobile object moving high-speed. It will be expected that RFID system enables a smooth railway signal control applying in railway system through the cyclic loop antenna.

1. 서론

무선인식(RFID : Radio Frequency Identification)시스템은 기존의 인식분야인 바코드 시스템이나 마그네틱 시스템과 같은 접촉식 시스템과는 달리 비접촉으로 인식함으로써 인식부 및 리더에 손상이 가지 않고 다량의 데이터를 저장할 수 있으며 비금속의 장애물이 존재하더라도 인식이 가능하다는 장점이 있다. 이러한 무선 인식 시스템은 이미 외국에서도 많이 사용되고 있고 우리나라도 산업 전 분야에 걸쳐 급속도로 발전하고 있다.

본 논문에서는 리더(Reader)안테나에서 에너지와 암호신호를 지속적으로 송신하고 태그(Tag)가 인식영역 내에 접근하면 태그 자신이 갖고 있는 인식데이터를 리더로 전송할 수 있게 설계하였다. 고속인식을 가능하게 하게 하고 일정 주파수 대역에서 전송되는 데이터의 전송율을 높이기 위해 ISM(Industrial, Science, Medical)밴드 대역인 13.56MHz대역을 사용하였다. 또한 안테나의 크기를 크게 해서 인식 될 수 있는 범위를 확장함으로써 고속으로 이동하는 태그를 인식할 수 있도록 하였다. 변조 방식은 진폭 천이 변조(ASK : Amplitude Shift Keying) 방식으로 데이터를 송수신하였다. 태그는 내부에 전원이 필요 없이 리더로부터 전원을 공급 받아 회로를 동작하는 패시브(Passive)타입의 태그를 사용하였다.

고속인식에 있어서 주파수는 데이터 전송속도에 비례한다. 하지만 여러 가지 국제 통신 조약(FCC)과 전과법에 의해 무분별하게 주파수 대역을 사용할 수 없으므로 ISM밴드 내의 주파수 대역(2.4GHz, 13.56MHz, 134.2MHz)중에 13.56MHz대역을 사용하였다. 데이터 전송율이 높은 2.4GHz대역은 인식

* 광운대학교 제어계측공학과 석사과정, 비회원

** (주)포스코 과장, 비회원

*** 광운대학교 제어계측공학과 정교수, 정회원

데이터의 전송이 빠르지만 주파수가 민감하여 13.56MHz대역을 채택하게 되었다.

2 시스템의 구성

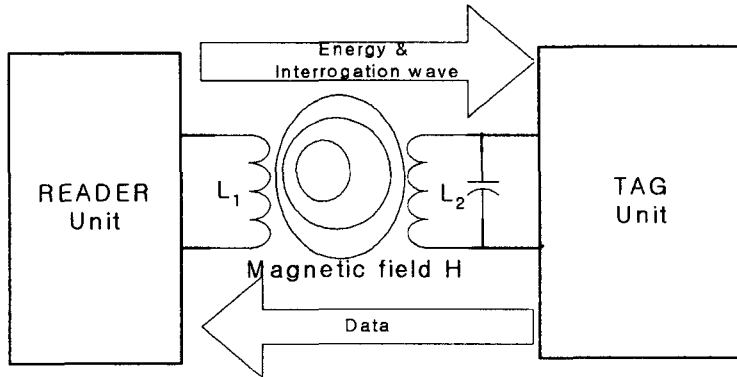


그림 1. RFID 시스템 블록도

무선인식 시스템의 주된 구성은 리더, 안테나 그리고 태그이다. 무선인식 송수신 시스템은 근거리 내에서 짧은 시간 안에 리더와 태그 상호간의 데이터를 정의된 주파수 대역 내에서 주고받는 일대일 또는 일대 다수의 통신이 가능한 시스템이다. 그림 1은 리더와 태그 사이의 송수신 되는 모습을 블록다이어그램으로 표현한 것으로 리더의 1차측 코일과 태그의 2차측 코일 사이의 트랜스포머(transformer)의 원리를 이용한 것이다. 리더에서 에너지와 암호신호를 송신하면 리더 코일에 자기장이 형성되어 태그의 안테나 코일과 커패시터는 리더의 전송 주파수에 동조된다. 태그가 리더의 안테나 영역에 접근하게 되면 자기장에 의해 에너지와 암호신호를 얻게 된다.

2.1 리더(Reader)

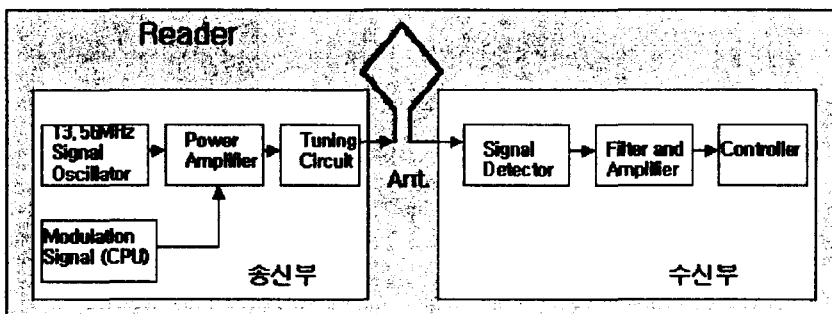


그림 2. 리더(Reader) 내부 블록도

리더의 구성은 송신부와 수신부로 되어있다. 전송 주파수는 13.56MHz이고, 태그로부터 수신되어진 데이터를 처리하게 된다. 그림 2는 리더의 내부 블록도로서, 13.56MHz의 신호발생기, 전력증폭기, 동조회로를 통해 리더의 안테나에서 항상 암호신호와 에너지를 발생하여 태그가 인식할 수 있는 범위에 들어왔을 경우 송신과 수신을 할 수 있게 구성되어진다. 안테나 코일 회로는 반드시 태그의 주파수와 동일하게 동조하여야 한다. 태그에서 보내온 데이터를 처리하는 수신부는 안테나 코일을 통해 검출기, 필터, 증폭기로 구성되어진다.

송신부는 리더로부터 태그로 암호신호 및 에너지를 전송한다. 수신부는 태그로부터 보내어지는 인식 데이터를 안테나를 통하여 신호를 받아 검파하고 필터를 통하여 잡음 및 노이즈를 제거하고 이 신호를 증폭하여 컨트롤러(Controller)로 전송한다.

2.2 태그(TAG)

태그의 종류에는 배터리가 내장되어 있는 능동(Active)형태의 태그와 리더로부터 에너지를 받아 동작하는 수동(Passive)형태의 태그가 있다. 본 논문에서는 마이크로칩사의 태그(MCRF355)를 사용하였다. 태그는 리더로부터 송신되는 에너지와 암호신호를 전송 받아서 태그 내부 회로를 동작하고, 태그의 인식데이터를 리더의 안테나로 송신하게 된다.

2.3 안테나(Antenna)

무선인식시스템에 있어서 안테나는 매우 중요한 사항이다. 통상 무선인식시스템에는 마이크로 스트립안테나와 루프안테나를 사용하는데, 마이크로 스트립안테나는 제작이 용이하나 가격이 비싸다는 단점이 있다. 루프안테나는 동선을 따라 정방형이나 삼각형, 원형 등으로 계산에 의해 적당히 감아 지향 특성이 좋고 방향 탐지에 적합하므로 리더와 태그간의 데이터 송수신에 매우 적합하다. 또 안테나의 크기를 비교적 크게 만들 수 있어 고속으로 이동하는 이동체가 큰 안테나를 통하여 인식시간과 인식율을 높이는데 도움이 된다.

본 논문에서는 원형루프 안테나를 사용하여 시스템에 적용하였다. 루프 안테나는 코일을 감은 권수, 코일의 직경, 루프안테나의 직경 등을 조절하여 인식거리를 조정하였다. 안테나에 대해서는 코일의 길이를 조절하고 커패시턴스를 조절하여 안테나를 튜닝 하였다.

2.4 리더 안테나 설계

루프 안테나는 태그의 경우 소형화가 가능하고, 인식거리는 리더 측 안테나의 크기 및 코일의 감은 회수를 기반으로 결정된다. 안테나 코일에 대해서는 유도 계수의 계산 및 측정, 안테나를 튜닝 하였다. 루프안테나에 발생하는 자기장은 도체 내부를 흐르는 전류의 상태를 나타내는 비오사바르트(Biot Savart Law)법칙에 의하여 도체주위에 발생한다. 그림 3은 일정 길이의 원형도체(Wire) 주위의 자기장 B_{ϕ} 를 나타내었다.

$$B_{\varphi} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) \quad [\text{Weber}/m^2] \quad (1)$$

I = 전류

r = 도선 중심으로부터의 거리

μ_0 = 투자율($4\pi \times 10^{-7}$ (Henry/meter))

이 경우, 무한히 긴 원형도체에 대해 $\alpha_1 = -180^\circ$, $\alpha_2 = 0^\circ$ 일 때 이상적인 각도를 가지게 되므로 식 (1)은 다음과 같이 쓰일 수 있다.

$$B_{\varphi} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad [\text{Weber}/m^2] \quad (2)$$

그림 3과 같이, 원형 루프 안테나에 의해서 만들어진 자기장은 다음과 같이 자계 \mathbf{B} 를 그림 4에 의해서 구할 수 있다.

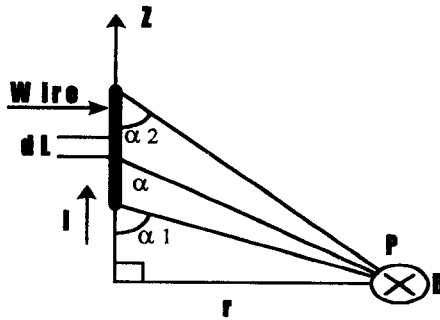


그림 3. 직선 도체에서 전류 I 에 의한 자기장의 계산

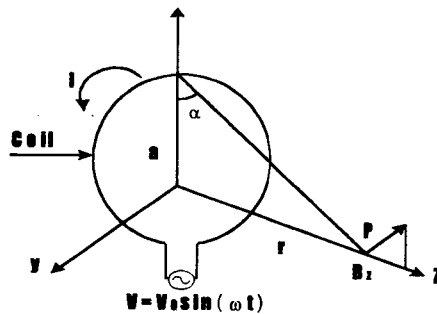


그림 4. 루프안테나의 전류 I 에 의한 자기장의 계산

$$B = \frac{\mu_0 I N a^2}{2(a^2 + r^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 I N a^2}{2} \left(\frac{1}{r^3} \right) \quad [\text{단, } r^2 \gg a^2] \quad (3)$$

a = 루프 반지름
N = 코일의 감은 횟수

식 (3)은 자기장의 세기(Magnetic field strength)가 $1/r^3$ 만큼 감소함을 나타내며, 종종 리더의 인식 범위를 위해서 권선수(ampere-turn)에 대한 요구사항을 계산하기 위해 이용된다. 여기서 리더 코일 감은 횟수와 전류의 관계를 식 (3)의 NI에 대하여 살펴보면 다음과 같다.

$$(NI)_{\text{rms}} = \frac{2B_z(a^2 + r^2)^{3/2}}{\mu_0 a^2} \quad (4)$$

$K = \frac{2B_z}{\mu_0}$ 라고 가정하면 식 (4)에서 리더 안테나 코일의 최적 직경을 알아보면 다음과 같다.

$$NI = K \frac{(a^2 + r^2)^{3/2}}{a^2} \quad (5)$$

식 (5)에서 안테나 코일의 직경 a에 대해 미분 하면,

$$\begin{aligned} \frac{dNI}{da} &= K \frac{3/2(a^2 + r^2)^{1/2}(2a^3) - 2a(a^2 + r^2)^{3/2}}{a^4} \\ &= K \frac{(a^2 - 2r^2)(a^2 + r^2)^{1/2}}{a^3} \end{aligned} \quad (6)$$

식 (6)이 된다.

이때 $a^2 - 2r^2 = 0$ 일 때 최소 값을 가지게 된다. 식 (6)의 결과는 리더 범위에 대한 안테나코일의 최적 직경 사이의 관계이다.

$$a = \sqrt{2}r \quad (7)$$

a = 코일의 반경
r = 리더(Read) 범위

식 (7)은 코일의 최적 직경 "a"가 요구하는 리더 범위 "r"을 나타낸다.

3. 실험결과 및 고찰

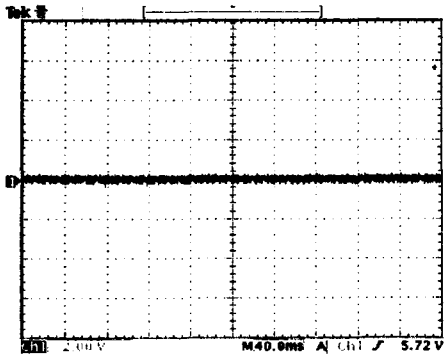
본 연구에서는 그림 5와 같이 무선인식시스템을 실제로 제작하여 리더와 태그 간에 인식 데이터 전송이 어떻게 이루어지는지 확인하였다. 그림 6에서 원형의 코일이 안테나이고 안테나 안의 정사각형 부분이 태그이다.



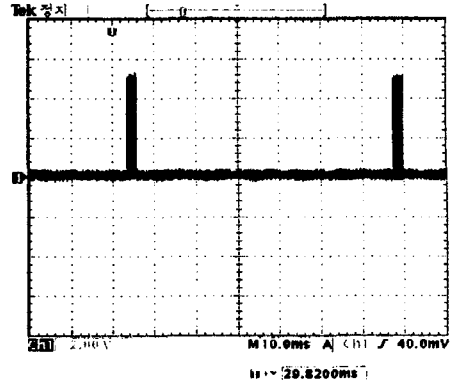
그림 5. RFID 시스템의 리더와 태그

리더 안테나의 크기를 조절하여 고속으로 이동하는 이동체를 인식할 수 있는 시간을 크게 하면 고속인식이 가능할 것이다. 작은 안테나보다 큰 안테나의 인식 영역이 크므로 인식 영역 내에서 이동체가 이동하는 시간이 상대적으로 길어진다. 따라서 태그가 작은 안테나 영역을 순간적으로 지나 갈 때 여러 가지 요인으로 인식을 못할 수도 있겠지만 큰 인식영역을 가진 안테나를 사용하면 그만큼 태그가 리더 안테나 인식 영역에 오래 머물러 있으므로 정확한 인식이 가능할 것이다. 출력되는 파형은 오실로스코프(400MHz)를 사용하였다. 리더와 태그 간의 13.56MHz대역에서 인식 데이터를 송수신하는 파형을 그림 6에 나타내었다.

그림 6은 측정결과를 나타낸 것인데, 그림 (a)는 리더 안테나에 태그가 인식되지 않은 상태의 그림이다. 이는 리더에서는 계속해서 암호신호와 에너지를 발산하고 있고 리더가 태그를 인식하는 영역 내에 태그가 없을 때의 그림이다. 그림 (b)는 태그가 리더의 인식영역에 들어 왔을 때의 태그로부터 리더로 보내져오는 인식 데이터의 파형이다. 리더와 태그 간의 인식거리는 약 10cm가 넘었으며 안테나의 직경, 코일의 반지름을 조정하여 인식거리를 늘리거나 줄일 수 있을 것이다.



(a)태그가 리더의 인식영역에 없을 때



(b)태그가 리더의 인식영역에 있을 때

그림 6. 실험 결과

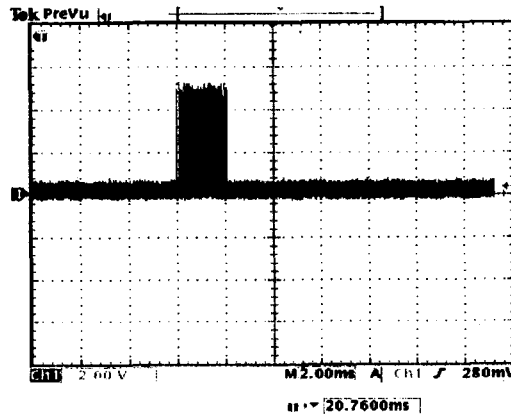


그림 7. 데이터 전송속도 2ms

그림 7은 리더와 태그가 송수신할 때의 인식데이터를 오실로스코프로 출력한 것이다. Tiv/Div 이 2ms로 되어 있으므로 한번의 송수신에 걸리는 시간이 2ms임을 알 수 있다. 표 1은 태그의 이동 속도(열차속도)에 따른 리더의 인식 여부를 표로 나타낸 것이다. 루프 안테나의 직경이 20cm일 경우 인식할 수 있는 최대 속도는 350km/h까지 이동체를 인식할 수 있지만 그 이상의 속도가 되면 인식 데이터를 송수신하지 못한다. 표 1은 20cm 안테나로 인식할 수 있는 최대 속도에 대해 나타 내고 있다.

표 1. 20cm의 리더 안테나로 태그를 인식할 수 있는 최대 속도

	열 차 속도	인 식 시 간 (초) 안테나 직경 (20cm일 경우)	비고
1	50km/h	0.144	(인식가능)
2	100km/h	0.0072	(인식가능)
3	200km/h	0.0036	(인식가능)
4	300km/h	0.0024	(인식가능)
5	350km/h	0.00205	(인식가능)
6	400km/h	0.0018	(인식불능)

4. 결론

본 논문에서는 고속으로 인식하는 무선인식 시스템을 제안하였다. 주파수를 높이거나 데이터의 전송 속도를 올리는 것은 여러 가지 제약이 있으므로 안테나의 크기를 크게 하여 고속으로 이동하는 태그의 인식 범위를 넓게 하여 인식율을 크게 하였다. 작은 안테나보다는 큰 안테나의 인식 영역이 넓으므로 보다 정확한 인식이 가능할 것이다. 안테나는 루프 안테나를 사용하였고 안테나 튜닝을 위해서 안테나 코일의 길이와 콘덴서 값을 조정하였다. 태그의 경우 크기에 제한을 받지 않는다면 안테나를 이득이 큰 안테나로 바꾸어 인식거리를 넓힐 수 있겠으나, 대부분은 소형화를 하고 있는 추세이고, 패시브타입의 태그에서는 원거리의 인식은 더욱 힘들 것이라고 생각된다.

이 고속 무선 인식시스템을 이용하여 철도에 적용한다면 고속인식으로 인한 각종 물류 관리 및 차량관리 차원에서 시간을 절약 할 수 있으므로 많은 비용이 절감 될 수 있을 것이라고 사료된다.

참고문헌

1. K.Finkenzeller, RFID Handbook, John Wiley & Sons, LTD, 1999.
2. microID™ 13.56MHz RFID System Design Guide, Chandler: Microchip Technology Inc.1999
3. THEORY AND PROBLEMS OF ELECTROMAGNETICST 2/ed(1993), Joseph A, dminister, Mc Graw Hill
4. Chen,S.C.O and Thomas, V, "OPTIMIZATION OF INDUCTIVE RFID TECHNOLOGY", Electronics and the Environment, 2001. Proceedings of the 2001 IEEE International Symposium on, 2001
5. Sau-Mou Wu, Jeng-Rern Yang, Tzen-Yi Liu, "An ASIC for transponder for radio frequency identification system", ASIC conference and Exhibit, 1996. Proceedings., Ninth Annual IEEE International, 1996
6. 강민수, 이동선, 이기서, 134.2kHz 대역의 RFID 루프안테나 설계에 관한 연구, 한국철도학회지 2001. 9