
능동형 고속 RFID 태그 감지 및 충돌 예방 시스템 개발에 관한 연구

홍연찬* · 이태봉**

A Study on the Development of Active Fast RFID tag Detection and Collision Prevention System

Yeon Chan Hong* · Tae Bong Lee**

이 논문은 인천대학교 2012년도 자체연구비 지원에 의하여 연구되었음

요 약

본 논문은 RFID 시스템에서 새로운 태그 인식방법을 제안하여 태그 인식 시간을 줄이고 충돌을 예방하여 충돌 회피 과정을 단순화 하고자 하였다. 기존의 태그 인식은 리더기의 명령에 인식 거리 내에 있는 태그가 응답하여 인식되는 수동형인 반면 제안된 방법은 태그가 리더기 인식 거리 내 존재하는 경우 명령과 응답이라는 과정 없이 리더가 바로 태그를 인식 할 수 있는 능동형이다. 이와 더불어 기존 시스템에서는 리더와 태그 사이 명령과 응답 과정에서 발생하는 충돌을 통해 복수 태그의 존재가 인지된 반면 제안된 인식 방식은 인식 거리 내 복수의 태그가 있는 경우 이를 바로 인지 할 수 있다. 이러한 인지 능력은 충돌 회피과정을 단순화 하여 그 시간을 줄 일 수 있었다. 태그 인식 시간의 비교를 위해 기존 시스템의 태그 인식을 분석하였으며 태그의 능동적 인식과 복수 태그 인식을 위한 하드웨어를 구성하고 복수의 태그가 존재하는 경우 안테나 전압의 변화를 분석하였다.

ABSTRACT

This paper proposed a new transponder detection method to reduce tag recognition time and simplify anti-collision process in RFID systems. In conventional systems, a transponder in detectable area is passively recognized by responding to a reader command. In addition, if there are multiple tags in the area, a collision between tags occurs by responding at the same time to a command and anti-collision process begins. In the proposed method, tags are actively recognized without any command from a reader which results to reducing a tag recognition time and simplifying anti-collision process. To compare transponder recognition time, the process of transponder recognition in conventional systems is analysed. A circuit to detect transponder directly is developed and antenna voltage variation of a reader in the appearance of multiple transponders is analysed for the implementation of the proposed method.

키워드

트랜스폰더, 인식타임, 충돌 예방, 충돌 회피

Key word

transponder, recognition time, collision prevention, anti-collision

* 정회원 : 인천대학교 전자공학과

** 정회원 : 가천대학교 전자공학과(교신저자, tblee@gachon.ac.kr)

접수일자 : 2013. 01. 11

심사완료일자 : 2013. 01. 17

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.3.747>

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

무선인식 기술 즉, RFID(Radio Frequency Identification)란 Micro-chip을 내장한 Tag, Label, Card등에 저장된 Data를 무선 주파수를 이용하여 Reader기에서 자동 인식하는 기술을 말한다. 칩의 저장능력과 인식능력이 향상되면서 유비쿼터스 환경에서 필수적인 기술로 인식되고 있다. RFID는 기존의 바코드나 자기 인식 장치의 단점을 보완하고 사용의 편리성 향상으로 물류관리, 재고관리 등 소비가 비약적으로 증가되고 있는 차세대 핵심 기술로 주목 받고 있다.[1]

무선인식시스템은 시스템을 관리하는 호스트, 인식을 위하여 인식 대상체에 붙이는 태그, 그리고 태그를 인식하기 위한 무선 판독기로 나누어진다. 시스템 내에서의 통신은 주종방법에 따라 이루어지며 먼저 호스트에서 무선 판독기로 데이터를 요청하면 무선 판독기는 태그를 인식하고 태그로부터 데이터를 받아서 다시 호스트로 넘기는 방법을 취한다[2,3]. 이 때 무선 판독기 인식 거리 내에 트랜스 폰더가 존재하지 않으면 무선 판독기는 일정한 시간이 지난 후 다시 데이터 요청 신호를 보내게 된다. 이와 같은 시스템의 경우 태그가 무선 판독기가 데이터 요청 신호를 보낸 후 인식거리 내에 들어 오게 된다면 태그는 무선 판독기의 다음 데이터 요청 신호를 기다리게 되며 이는 인식시간의 증가로 이어지게 된다.

이와 같은 문제를 해결하고자 [4,5]에서는 태그가 판독기에 접근하는 경우 이를 인지 할 수 있는 방법을 제시하였고, 이를 이용하여 태그가 무선 판독기의 인식 거리 내에 접근할시 무선 판독기가 태그로 데이터 요청을 하도록 하였다. 이렇게 함으로써 종래의 방식에서 일어날 수 있는 무선 판독기의 요청 신호 이후 태그가 인식거리 내에 도달할 시 발생하는 불필요한 인식시간을 줄이도록 하였다.

한편, 무선 판독기의 인식 거리 내에 여러 개의 태그가 존재하는 경우 판독기의 요청에 태그가 동시에 응답하게 되면 태그와 태그 사이에 서로 전파를 간섭하는 현상이 발생하게 되며 이를 충돌 현상이라 한다. 충돌 발생 시 이에 대처하는 방법은 크게 두 가지가 있다. 하나는 충돌회피(anti-collision) 알고리즘 또는 프로토콜을 적용하여 태그 간 충돌이 일어나지 않도록 알고리즘 적으로

조종하는 것으로 크게 알고하 기반의 확률적 알고리즘과 이진 트리 기반의 결정적 알고리즘으로 나눌 수 있다. 확률적 알고리즘은 N개의 슬롯을 임의로 선택하여 식별자를 적재하는 방식이고 이진 트리 결정적 알고리즘은 이진트리를 구성한 후 트리의 노드를 순회하는 방식을 사용하는 알고리즘이다. 이러한 충돌회피 알고리즘을 사용하는 경우 인위적인 개입 없이 충돌문제를 해결할 수 있는 반면 모든 태그를 인식하여 데이터를 수신하기 까지 많은 시간이 걸리게 된다. 충돌을 처리하는 또 하나의 방법은 충돌회피 알고리즘을 사용하는 대신 충돌이 감지되면 하나의 태그 씩 순차적으로 접근 하도록 하는 것이다.

앞에서 살펴본 바와 같이 종래의 시스템에서 판독기는 명령 전송과 태그들의 동시 응답이라는 과정 속에 발생하는 태그 충돌을 통해 복수의 태그가 존재함을 인식할 수 있었다. 이러한 충돌 인식 과정은 전체적인 태그 인식시간 증가 요인 중 하나이다. 이러한 문제를 개선하기 위하여 본 논문에서는 충돌 인식 과정 없이 복수의 태그가 존재함을 인식할 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 제안된 방법을 적용하면 종래의 주종방법보다 구조적으로 태그 인식 속도를 빠르게 하여 전체 시스템 성능을 향상시킬 수 있다.

이를 위해 본 연구에서는 태그 수 증가와 거리에 따른 안테나에 유기되는 전압의 변화에 대하여 연구하였다. 구체적으로 하나의 태그에 의해 안테나에 유기되는 전압과 두 태그에 의한 안테나의 전압을 유도하여 그 차이를 알아 낼 수 있었으며 이러한 연구 결과를 이용하여 판독기 인식 거리 내 여러 개의 태그가 존재 해 충돌이 예상 될 경우 이를 감지해 사전에 태그 충돌을 예방할 수 있었다.

II. RFID 시스템의 태그 인식

그림 1에 나타나 있는 것과 같이 RFID의 시스템은 안테나가 포함된 Reader기, 무선 자원을 송수신 할 수 있는 안테나, 정보를 저장하고 프로토콜로 데이터를 교환하는 Tag 및 서버 등으로 구성된다. 각 부분의 기능을 보면 Reader기는 RFID Tag에 읽기와 쓰기가 가능하도록 하는 장치이고, 안테나는 정의된 주파수와 프로

도플러 Tag에 저장된 데이터를 교환하도록 구성되어 있으며, Tag는 데이터를 저장하는 RFID의 핵심 기능을 담당한다.

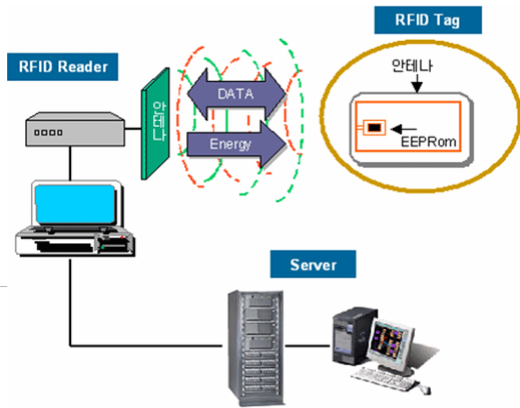


그림 1. RFID 시스템 구성도
Fig. 1 RFID System

RFID는 비접촉식으로 여러 개의 Tag를 동시에 인식할 수 있고, 먼 거리에서 이동 중에도 인식이 가능하고 장애물의 투과 기능도 가지기 때문에 교통분야에 적용이 가능하며 반영구적인 사용이 가능한 장점이 있다. 또한 Tag에 대용량의 데이터를 반복적으로 저장할 수 있으며, 데이터 인식속도도 타 매체에 비해 빠른 장점이 있다.

태그는 무선 판독기의 요청에 대한 응답만을 할 수 있다. 이와 같은 관계는 태그에서의 자발적인 데이터 요청이 있을 수 없다는 것을 의미하며 무선 판독기에서는 태그의 데이터를 전송 받기 위해서 먼저 데이터에 대한 요청을 하여야 함을 의미한다. 주종의 관계에 의하여 무선 판독기에서는 데이터 요청을 위한 명령을 보낸 후 태그로부터 데이터를 대기하게 되며, 만일 무선 판독기의 데이터 요청 시 태그가 무선 판독기의 태그 인식 범위를 벗어나게 되면 무선 판독기는 태그가 부재중임에도 불구하고 데이터를 대기하게 되어 시간적인 손해를 가지게 된다.

그림 2와 같이 각각의 상태는 다음 상태로 전이되기 위해 무선 판독기로부터 명령을 대기하게 되며, 반대로 무선 판독기의 경우 태그의 응답을 받기 위해 계속적으로 명령을 전송하게 된다.

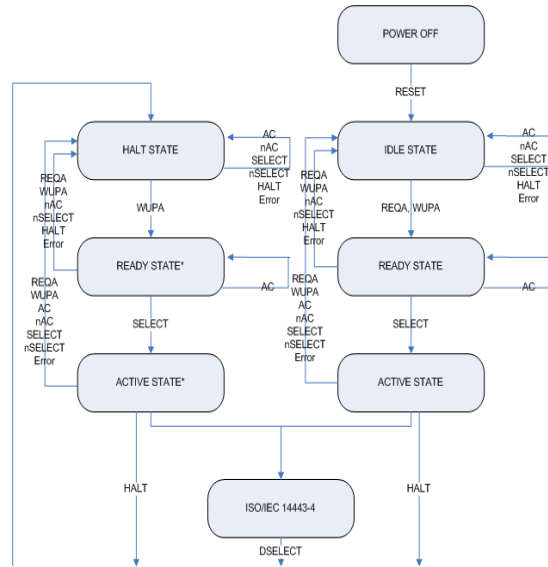


그림 2. PICC 형태의 상태도
Fig. 2 State diagram of PICC

Idle state에서 변수 $wate_time$ 를 감소시키면서 태그의 응답을 확인한다. 태그가 REQA 명령을 보낸 이후 $wait_time$ 감소 중에 접근하였다면 무선 판독기는 $wait_time$ 이 '0'이 되어 다시 REQA 명령을 태그로 보내어야만 데이터를 수신 받을 수 있게 된다. 이는 남은 $wait_time$ 만큼의 인식 시간 증가를 가지게 됨을 의미하며 무선 판독기의 대기 시간의 범위를 나타내면 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$t_{Tag\text{의 응답시간}} \leq t_{\text{인식시간}} < t_{Tag\text{의 응답시간}} + t_{\text{(최대 wait_time)}} \quad (1)$$

하지만 무선 판독기의 안테나에 비교기를 부착하여 무선 판독기에 인가되는 전압을 검사함으로써 REQA 명령의 반복을 실행하지 않고 검색된 전압을 이용하여 태그의 접근을 알고 REQA 명령을 송신하게 된다. 이와 같은 비교기를 이용한 무선 판독기의 대기시간의 범위를 나타내면 (2)와 같이 표현될 수 있다.

$$t_{Tag\text{의 응답시간}} = t_{Tag\text{의 응답시간}} + t_{Tag\text{ 감지를 위한 시간}} \quad (2)$$

t_{Tag} 감지를 위한 시간 은 실제 간단히 비교기를 통하여 일정한 전압과 비교하는 시간과 비교기의 출력을 입력으로 받아서 처리하는 시간이 된다. 이는 wait_time에 의해 대기하는 시간보다 매우 작다. 따라서 태그를 더 빠르게 활성화할 수 있다는 것을 알 수 있다.

다음은 충돌회피에 대해 살펴보기로 한다. 그림3은 다중 접속 시 나타나는 REQUEST 명령을 나타낸다. 그림3에 나타나 있는 것과 같이 REQUEST 명령에 응답하여 태그들이 리더로 보낸 서로 다른 일련 번호들이 충돌이 난 경우, 다음 반복 구간에서 미리 선택된 주소 범위를 제한함으로써 최종 적으로 하나의 태그가 응답하는 결과를 나타낸다. 리더가 REQUEST 명령(<10111111)을 보낸 후에 이 조건을 만족하는 모든 트랜스ponder들은 리더로 자신의 일련번호를 전송함으로써 응답한다. 여기서는 태그 1,2,3,이 해당 된다. 이로부터 두 번째 반복의 검색 범위에서 최소 한 두 개의 태그가 있다는 결론을 내릴 수 있고 세 번째 반복 구간에서 검색 범위를 더 줄일 수 있다[6].

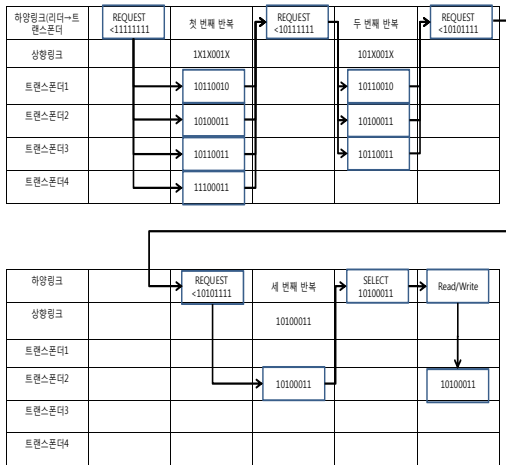


그림 3. REQUEST 명령
Fig. 3 REQUEST command

살펴본 바와 같이 복수의 태그가 있는 경우 충돌회피 알고리즘을 통해 모든 태그를 인식하기까지는 구조적으로 많은 시간이 걸린다.

III. 태그 감지 및 충돌 예방

본 장에서는 비교기를 이용한 무선 판독기에서 검사되는 안테나의 전압이 태그의 개수와 거리에 따라 변화되는 특성을 살피고 이를 이용하여 태그의 충돌을 예방하고자 한다.

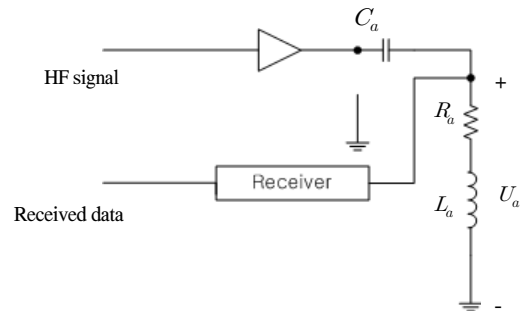


그림 4. L_a 와 R_a 를 갖는 리더 안테나 등가 회로도
Fig. 4 Equivalent circuit for the antenna with L_a and R_a

그림 4는 인덕턴스 L_a 과 도선 저항 R_a 의 안테나를 갖는 무선 판독기의 등가 회로이다. 회로로부터 감지기 안테나에 흐르는 전류 i_a 는 공급전압 U_0 로부터 다음과 같이 결정된다.

$$i_a = \left(\frac{1}{\frac{1}{j\omega C_1} + R_a + j\omega L_a} \right) U_0 \equiv \frac{1}{Z_0} U_0 \quad (3)$$

태그가 감지기의 감지영역 바깥에 있을 때, 공진 주파수에서 C_1 과 L_a 의 임피던스는 서로 상쇄되므로 $Z_0 = R_a$ 이 되어 안테나 전압 U_a 는 다음과 같이 결정된다.

$$U_a = (R_a + j\omega L_a) + i_a = \left(1 + j \frac{\omega L_a}{R_a} \right) U_0 \quad (4)$$

이 안테나에 두 개의 태그가 접근해 있는 경우 등가 회로도에는 그림 5와 같다.

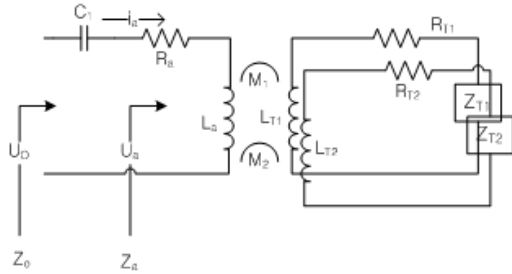


그림 5. 리더 근처에서의 두 개의 태그의 등가 회로도

Fig. 5 Equivalent circuit of the Reader and two tags in the vicinity of the Reader

한편 두 개의 태그가 무선 판독기에 접근하여 각 장치들이 교류 자기장에 의해 결합될 경우 무선 판독기의 안테나와 두 개의 태그의 회로적 등가 관계는 그림 5와 같다. 그림 5의 각 회로에서 전압과 전류의 관계는 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$U_a = \left(\frac{1}{j\omega L_a} + R_a + j\omega L_a \right) i_a - j\omega M_1 i_{t1} - j\omega M_2 i_{t2} \quad (5)$$

$$= \left(Z_1 + \frac{\omega^2 M_1^2}{R_{t1} + j\omega L_{t1} + Z_{T1}} + \frac{\omega^2 M_2^2}{R_{t2} + j\omega L_{t2} + Z_{T2}} \right) i_a$$

$$\begin{cases} j\omega M_1 i_a = (R_{t1} + j\omega L_{t1} + Z_{T1}) i_{t1} \\ j\omega M_2 i_a = (R_{t2} + j\omega L_{t2} + Z_{T1}) i_{t2} \end{cases}$$

여기서 만약 $R_{t1} = R_{t2}$, $L_{t1} = L_{t2}$, $Z_{T1} = Z_{T2}$ 이고, $M_1 = M_2$ 이면 안테나 전류 i_a 는 다음과 같이 표현된다.

$$i_a = \frac{Z_2}{Z_1 Z_2 + 2\omega^2 M_1^2} U_0 \quad (6)$$

(6)에서 볼 수 있듯이, 안테나 전류 i_a 는 태그의 개수와 상호인덕턴스 M_1 에 따라 변화 하는 것을 알 수 있다. 또한 무선 판독기 안테나의 임피던스 Z_a 는 다음과 같이 결정된다.

$$Z_a = Z_0 - \frac{1}{j\omega C_1} = R_1 + j\omega L_1 + \frac{2\omega^2 M_1^2}{Z_2} \quad (7)$$

(6)과 (7)로부터 자기장 결합상태에서 안테나에 인가되는 전압 U_a 는 다음과 같이 결정된다.

$$U_a = \left(\frac{(R_a + j\omega L_1) Z_2 + 2\omega^2 M_1^2}{Z_1 Z_2 + 2\omega^2 M_1^2} \right) U_0 \quad (8)$$

한편, 두 태그의 상호 인덕턴스가 $M_1 \neq M_2$ 일 때, i_a 와 Z_a 는 다음과 같이 변화하게 된다.

$$i_a = \left(\frac{1}{Z_1 + \frac{\omega^2 M_1^2}{Z_2} + \frac{\omega^2 M_2^2}{Z_2}} \right) U_0 \quad (9)$$

$$= \left(\frac{Z_2}{Z_1 Z_2 + \omega^2 M_1^2 + \omega^2 M_2^2} \right) U_0$$

$$Z_a = Z_1 + \frac{\omega^2 M_1^2 + \omega^2 M_2^2}{Z_2} \quad (10)$$

따라서 안테나에 인가되는 전압 U_a 는 다음과 같이 결정된다.

$$U_a = \left(\frac{(R_a + j\omega L_a) Z_2 + \omega^2 M_1^2 + \omega^2 M_2^2}{Z_1 Z_2 + \omega^2 M_1^2 + \omega^2 M_2^2} \right) U_0 \quad (11)$$

(11)에서 볼 수 있듯이 안테나에 인가되는 전압 U_a 는 태그의 개수와 각 태그와 무선 판독기간의 상호 인덕턴스에 따라 변하게 된다. 상호 인덕턴스를 결정하는 일반적인 식은 다음과 같다.

$$M_i^2 = k_i^2 L_a L_{ti} \quad (12)$$

여기서 i 는 i 번째 태그를 나타내고, k_i 는 무선 판독기의 안테나와 태그의 결합계 수를 나타내며, 두 사이의 거리 x 에 따른 관계식은 다음과 같다.

$$k(x) \approx \frac{r_{Tr} \cdot r_{re}^2}{\sqrt{r_{Tr} \cdot r_{re}} \cdot (\sqrt{x^2 + r_{re}^2})^3} \quad (13)$$

여기서 r_{Tr} 과 r_{re} 는 태그와 무선 판독기 안테나 코일의 반경을 의미한다.

식 (13)을 통해 알 수 있듯이, 결합 계수는 항상 한계치 $0 \leq k_i \leq 1$ 사이에 존재하며, $k_i = 0$ 일 때는 먼 거리 또는 자기장에 의한 완전 비 결합을 의미하고 $k_i = 1$ 일 때는 완전 결합으로 두 코일들이 동일한 자기선 속에 영향을 받음을 의미한다. 즉, 태그의 접근에 대하여 결합계수 k_i 의 값이 변화하게 되며 무선 판독기의 안테나에 인가되는 전압의 변화로 나타난다. 또한 태그의 개수의 변화 역시 무선 판독기의 안테나에 인가되는 전압의 변화로 나타난다.

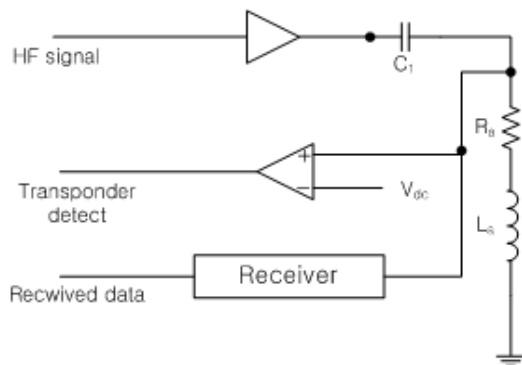


그림 6. 비교기를 갖는 리더의 등가회로도
Fig. 6 Equivalent circuit of the Reader with omparator

무선 판독기의 안테나에 비교기를 부착하여 무선 판독기에 인가되는 전압을 검사함으로써 REQA 명령의 반복을 실행하지 않고 검색된 전압을 이용하여 태그의 접근을 알고 REQA 명령을 송신하게 된다.

IV. 모의실험

태그의 거리에 따른 상호 인덕턴스 변화와 그에 따른 무선 판독기의 안테나에 인가되는 전압의 변화를 실험하였다.

거리에 따른 상호 인덕턴스의 변화와 이에 따른 무선 판독기의 안테나에 인가되는 전압을 알아보기 위해 상호 인덕턴스의 일반식에 사용되는 결합계수 k_i 의 변화를 주었으며, 태그의 개수는 2개로 하였다.

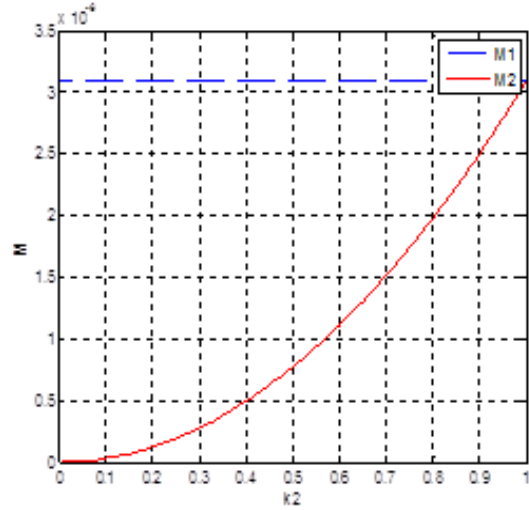


그림 7. $k_1 = 1, 0.1 \leq k_2 \leq 1$ 에서의 M_1, M_2
Fig. 7 M_1, M_2 for $k_1 = 1, 0.1 \leq k_2 \leq 1$

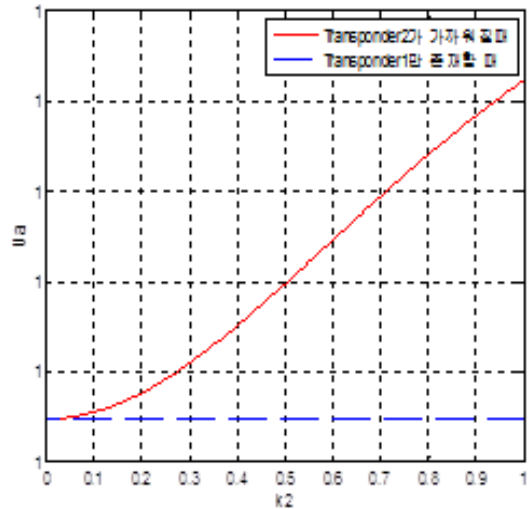


그림 8. 고정된 M_1 과 M_2 변화에 따른 U_a
Fig. 8 U_a for fixed M_1 and changing M_2

그림 7은 $k_1 = 1$ 로 고정된 M_1 과 결합 계수 k_2 의 변화에 따른 M_2 의 변화를 나타낸다. k_2 가 증가 할수록 태그와 무선 판독기 사이의 거리가 가까워짐을 의미하며, 거리가 가까워질수록 M_2 가 커지는 것을 확인 할 수 있다.

그림 8은 그림 7에서 나타난 M_1 과 M_2 을 갖는 태그의 접근에 따른 무선 판독기의 안테나에 인가되는 전압 U_a 을 나타낸다. 상호 인덕턴스 M_1 을 갖는 태그는 완전 결합으로 $k_1 = 1$ 이다. 따라서 이 태그 하나만 존재 할 때에는 무선 판독기의 안테나에 인가되는 전압 U_a 는 변화가 없다. 반면에 M_1 의 상호 인덕턴스를 갖는 태그가 무선 판독기에 근접해 있고, M_2 을 갖는 태그가 비교적 먼 거리에서 무선 판독기로 점차 접근하여 결합 계수가 $0.1 \leq k_2 \leq 1$ 로 변화함에 따라 무선 판독기의 안테나에 인가되는 전압 U_a 는 점차 증가한다. 따라서 무선 판독기에 부착되어 있는 비교기로 점차 증가되는 U_a 를 검사함으로써 또 다른 태그의 접근 또는 존재 여부를 알 수 있었다.

이를 이용하면 판독기가 주변에 존재하는 태그가 단수 인지 복수 인지 판단 할 수 있으며 복수의 태그가 존재하는 경우 이를 알려 태그의 충돌을 예방 할 수 있다. 이러한 사전 태그 충돌 예방은 기존 시스템의 충돌 후 충돌 인식이라는 문제점을 해소하여 시스템 전체적으로 태그 인식 시간의 감소로 이어진다.

V. 결 론

RFID 시스템은 매우 다양한 분야에서 사용되며 요구되고 있다. 현재 RFID는 단순한 데이터 식별에 응용되고 있으나 앞으로 많은 데이터 식별을 처리해야 한다. 그러나 현재 RFID시스템의 태그와 무선 판독기의 다중 접속과 그에 따른 충돌로 문제점이 나타나고 있다.

본 연구는 다중 접속과정의 충돌에 관하여 보다 효과적인 인식을 위해 무선 판독기의 인식범위에 위치하여있고 또 다른 태그가 무선 판독기로 접근 하는 경우 무선 판독기와 태그의 상호 인덕턴스의 수식을 유도하여 모의실험을 하였다. 또한 두 태그의 감지영역에서 거리에 따른 전압 U_a 의 수식을 유도하는 모의실험을 하였다.

이 연구로 복수의 태그가 판독기의 인식 거리 내 접근하는 경우 전압의 변화를 통해 이를 인식 할 수 있음을 알 수 있었다. 이를 태그 인식 시스템에 적용하면 종래 시스템에서 복수 태그의 인식 과정에 수반되던 충돌인식 과정을 생략할 수 있어 전체 인식 시간을 줄일 수 있

어 다양한 RFID시스템의 기술 발전을 도모 할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 김상태, "RFID 기술개요 및 국내외 동향 분석," 전자부품연구원 전자정보센터 Aug. 2003.
- [2] 장동원, 조평동, "RFID 기술기준 도입을 위한 기술 분석," 전자통신동향분석, dec. 2003
- [3] 이근호, 김대희, "RFID 기술 및 산업동향," 주간 전자정보, Nov., 2003.
- [4] 신재호, 홍연찬, "고속 RFID Reader 시스템 개발," 제어 로봇 시스템 학회, May. 2007
- [5] T. B. Lee, Y. C. Hong and Y. H. Kim, "Design of active RFID reader for fast recognition time," IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Montreal, Canada, July 9-13, 2006.
- [6] Klaus Finkenzeller, *RFID Handbook*, John Wiley and Sons, 2003, pp 61-215

저자소개



홍연찬(Yeon Chan Hong)

1983년 2월 서울대학교 전자공학과 공학사

1985년 2월 동 대학원 석사

1989년 2월 동 대학원 박사

1987년 4월~1990년 2월 금성정보통신(주) 연구소 선임연구원.

1990년 3월~1992년 2월 순천향대학교 전자공학과전임강사.

1992년 3월~현재 인천대학교 전자공학과 교수

※관심분야: GMDH, RFID, 신경망, 제어 시스템 설계



이태봉(Tae Bong Lee)

1986년 2월 홍익대학교 전자공학과
공학사

1989년 2월 동 대학원 석사

1994년 2월 동 대학원 박사

1995년 3월~현재 가천대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야: 강인제어, 인공지능제어, GMDH, RFID