

# 무선인식시스템의 데이터 충돌 방지에 관한 연구

## A study on the Data Anti-Collision of RFID system.

강민수\*      신석균\*      백선기\*\*      박면규\*\*\*      곡철성\*\*\*\*      이기서\*\*\*\*\*

Khang Min-Soo, Shin Suk-Kwn, Baek Sun-Ki, Park Myeon-gyu, Kwaha Chil-Seoung Lee Key-Seo

### ABSTRACT

In this paper, it is proposed instruction code satisfied algorithm that is able to prevent data collision when transponder access in the area of recognition system that is operated to single channel. Differ from absolute collision is used to in the time domain procedure, instruction code satisfied algorithm, transmits data which don't generate collision and must satisfy instruction code. So, to prevent data collision, transponder is of great if it read the entire instruction code.

Consequently, it is applied to algorithm that made the system of wireless recognition 13.56 Mhz. As a result, for the time of one bit data transmission had 14 $\mu$ s difference, it is proved the prevention of data loss in experiment.

### 1. 서론

기존의 데이터 충돌을 방지하는 방법은 주파수영역(Frequency domain), 공간영역(Spatial domain), 시간영역(Time domain) 충돌방지 방법을 사용하고 있다.[1][5] 공간 영역을 이용한 방법은 공간의 제약과 안테나의 인식 방향등에 의해 특정분야에 사용되며, 주파수 영역은 주파수를 할당하여 여러 가지 채널을 생성하는데 송수신 시 인접 채널 간에 보호대역이 필요하며 시스템 설계가 어렵고 인식할 수 있는 트랜스폰더 수량이 한정적이다. 따라서 주파수나 공간에 제약을 받지 않는 시간 영역 절차를 이용한 방법에 대하여 연구되고 있다. 시간영역 방법은 리더에 의해 제어 되는 방법과 트랜스폰더에 의해 제어되는 방법이 있는데 Peter. Hwakes는 이진 트리 검색 알고리즘을 사용하여 오류데이터 비트를 찾는 방법을 제안 하였다. 이는 리더의 인식 영역에 존재하는 모든 트랜스폰더를 진입하는 트랜스폰더의 순서대로 그룹으로 나누어 무조건 충돌을 발생시켜 충돌된 트랜스폰더의 데이터를 재 전송하기 때문에 충돌을 방지하기 보다는 충돌을 발생시킴으로써 트랜스폰더를 인식 한다. 그 이유는 충돌로 인한 데이터의 오류 비트를 줄이기 위하여 전송되는 데이터를 정렬해야만 한다. 그래서 접근하는 트랜스폰더가 동시에 리더로 데이터를 전송해야만 오류비트의 개수를 최소화 시킬 수 있다. 그 결과 인식할 수 있는 트랜스폰더의 개수는 재 전송되는 데이터를 수신하는 시간이 배증되기 때문에 한정적이다.

다수의 트랜스폰더가 리더의 인식 영역으로 접근했을 때 주파수 영역에 의한 방법은 상호간의 주파수가 다르기 때문에 충돌이 발생하지 않지만 나머지 방법은 충돌 발생 여부를 판단해야 한다. 그래서 데이터 충돌이 발생하는 조건을 분석하였다. 데이터 충돌은 데이터 손실로 전이되기 때문에 반드시 데이터 충돌을 방지해야 한다. 데이터 충돌을 방지하기 위해서는 충돌이 발생하지 않을 조건이 필요하게 된다. 이 조건은 다수의 트랜스폰더가 리더의 영역에 진입할 때 데이터를 송신할 트랜스폰더와 주위의 트랜스폰더간에 접근 시

- \*      광운대학교 제어계측공학과 박사과정, 정회원
- \*\*     광운대학교 제어계측공학과 석사과정, 비회원
- \*\*\*    (주)포스코 과장, 비회원
- \*\*\*\*   재능대학 정보전자계열 교수, 비회원
- \*\*\*\*\* 광운대학교 제어계측공학과 정교수, 정회원

간이 최소  $14\mu s$  이상이면 충돌을 방지할 수 있다. 그렇다면 충돌이 발생할 경우는 트랜스폰더 진입시간이  $14\mu s$  이하인 경우가 되는데, 이 경우는 중첩의 경우이며, 실생활에서 발생하지 않을 특별한 경우가 되겠다. 결국 트랜스폰더간에  $14\mu s$  차이의 명령 코드 충돌 알고리즘을 제시하여 충돌을 방지함으로써 데이터손실을 방지할 수 있으며, 인식할 수 있는 트랜스폰더의 수량이 증가할 수 있게 실험 시스템을 제작하여 명령 코드 충돌 알고리즘을 적용하였다.[4]

## 2. 기존의 데이터 충돌 방지

무선인식 시스템에서 데이터 충돌은 동일한 주파수영역에서 여러 개의 트랜스폰더가 리더로 데이터를 송신할 때 발생한다. 이는 리더의 영역으로 다수의 트랜스폰더가 진입했을 경우와 데이터를 전송했을 경우로 구분된다. 왜냐하면 다수의 트랜스폰더가 리더의 영역으로 접근했다고 해서 충돌이 발생하지는 않기 때문이다. 그림 1은 기존에 사용되고 있는 충돌 방지 방법의 종류를 나타내었다.[2]

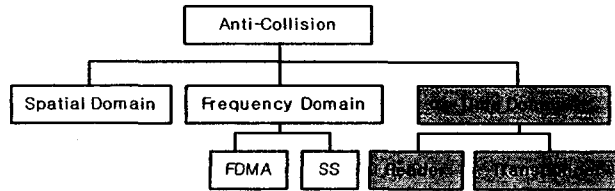


그림 1. 충돌 방지 방법의 분류

충돌을 방지하기 위한 방법은 크게 3가지로 구분한다. 이들 중 공간 영역에서의 충돌방지는 공간상의 제약과 트랜스폰더의 데이터를 모두 내장하고 있어야 한다. 그리고 주파수 영역 충돌방지 방법은 일반 이동통신에서 사용하고 있는 방법과 유사한 형태를 가진다. 이 방법은 크게 2가지로 구분할 수 있는데, 주파수 분할 다중 접근(Frequency Divide Multiple Access)방식과 확산 스펙트럼(Spread Spectrum)방식 이용한 방법이다. 먼저 주파수 분할 다중 접근 방식은 원하는 신호의 대역폭만큼 전체 대역폭을 분할하여 사용하며 인접 채널 간에 간섭을 방지하기 위해서 보호 대역 필요하고 데이터 송수신시 FDD(Freq. Division Duplex)가 필요하며, 구현이 어렵고 약 3dB의 손실 발생한다. 그리고 주파수 이용효율에 한계성으로 사용하는 트랜스폰더의 수량이 적다. 두 번째로 확산 스펙트럼 방식은 코드 분할 다중 접근(Code Divide Multiple Access)방식과 같은 원리로 독립적인 코드화가 가능하고 여러 가지 방법을 동원하여 대역폭을 넓히거나 중심 주파수를 이동하여 사용하지만, 하드웨어가 복잡하다는 것이 단점으로 지적되고 있다. 그리고 시간 영역 방법은 리더와 트랜스폰더에서 제어하는 방법을 사용하며 트랜스폰더에 의한 방법은 비동기적이고 순차적으로 접근해야 하는 단점을 가지고 있는 반면 리더에 의한 방법은 동기적으로 동작하고 무작위로 접근할 경우에도 데이터 손실을 방지할 수 있다. 일반적으로 적용되는 데이터 충돌 방지 방법 중 주파수대역의 변화 없이 단일 채널로 데이터 충돌을 방지하는 방법은 시간영역에 의한 방법을 사용하고 있다. 시간영역에 의한 방법은 트랜스폰더에 의해 제어되는 방법과 리더에 의해 제어되는 방법으로 나눌 수 있다. 트랜스폰더에서 제어하는 방법은 데이터 전송이 순차적으로 전송되어야 하고 비동기적이어서 리더에 의해 제어되는 방법보다 비효율적이다. 리더에 의해 제어되는 방법은 Peter. Hawkes는 이진 트리 검색 알고리즘을 제안하였다. 이 방법은 충돌을 예상하고도 충돌을 회피하지는 않는다. 즉, 리더의 인식 영역으로 접근하는 트랜스폰더를 특정 시간을 고려하여 접근된 순서대로 그룹화하여, 인위적으로 충돌을 발생 시킨다. 왜냐하면 서로 다른 시간에 데이터를 전송하면 전송되는 데이터의 오류 확률이 높기 때문에 동시에 데이터를 전송받아야 하기 때문이다. 그림 2는 에러 비트 위치 검색을 나타내었다.

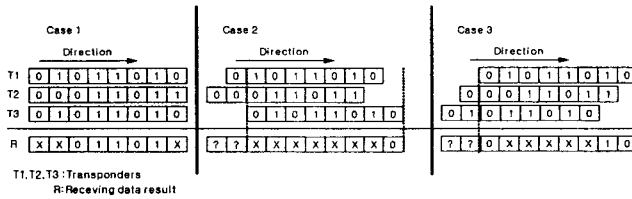


그림 2. 에러비트 위치 검색

그림 2에서는 에러비트 위치를 검색하기 위하여 기존에 사용되고 있는 맨체스터 코딩의 예를 나타내었다. "case1"은 3개의 트랜스폰더가 동시에 데이터를 전송했을 때 3개의 비트에서 오류가 발생했다. 그러나 "case2, case3"에서는 서로 다른 시간에 데이터를 전송하기 때문에 정상적인 데이터 비트보다 더 많은 데이터를 에러로 인식하게 된다. 따라서 송신하는 데이터가 서로 다른 시간에 데이터를 전송한다면 에러비트를 검색하는 시간이 더욱 더 증가 할 것이다. 또한 3개의 비트가 오류로 판명 났기 때문에 이진 트리 검색 알고리즘을 선택하여 재송신을 할 경우 최소 3번을 송수신 해야 함으로 그만큼 시간적 손실이 발생하게 된다. 따라서 다수의 트랜스폰더가 리더의 인식 영역 내에 있을 경우 데이터 충돌의 조건을 파악해야 하여 데이터 충돌을 방지하는 것이 시간적인 손실을 방지하고 그에 따른 트랜스폰더의 인식 수량도 증가하게 될 것이다. 결국 충돌 방지가 아니라 정확한 에러비트의 위치를 검색하기 위하여 인위적으로 충돌을 발생시켜 데이터 손실을 방지하는 방법이라고 할 수 있다.

### 3. 명령 코드 충돌 알고리즘

데이터 충돌은 트랜스폰더 상호간의 간섭을 유발시켜 리더가 두개 이상의 트랜스폰더를 읽지 못하거나 오류 데이터를 전송하여 잘못된 정보를 전달하는 등 데이터의 손실을 초래하게 된다. 시간 영역에서의 충돌방지 방법은 무조건 데이터 충돌을 발생 시킨 후 수신된 데이터의 오류 비트를 분석하여 해당되는 트랜스폰더를 검색하여 재 전송 받음으로써 데이터 손실을 방지할 수 있다. 그러나 재 전송해야 하기 때문에 시간적으로 비효율적이며, 심지어 재 전송의 과정을 처리하기 전에 리더의 인식 영역을 통과 한다면 오히려 데이터 손실을 유발할 수 있다. 따라서 다수의 트랜스폰더가 리더의 인식 영역으로 진입했을 경우 도플러 효과에 의해 명령 코드가 트랜스폰더로 도착하는 시간의 차이가 발생하게 되고 만약, 리더의 영역에 다수의 트랜스폰더가 존재 하더라도 명령코드를 모두 받은 트랜스폰더만 응답하기 때문에 데이터 충돌을 미연에 방지 할 수 있게 하였다. 그림 3은 리더의 인식 영역에 다수의 트랜스폰더가 진입할 때 충돌 방지를 나타내었다.

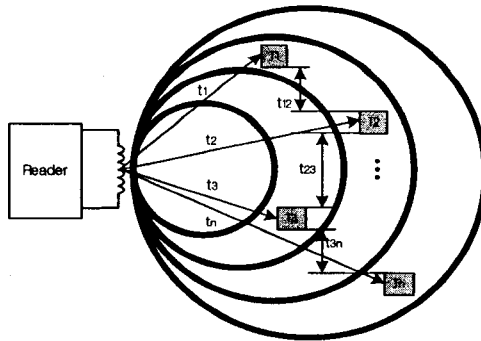


그림 3. 트랜스폰더 충돌방지 표현

리더의 인식 영역에  $n$ 개의 트랜스폰더가 진입 했을 때 각각의 리더로부터 트랜스폰더가 수신하는 명령코드를 모두 수신 하는 데는 각각의 트랜스폰더 마다 시간적 차이가 발생할 것이다. 그림 5에서 트랜스폰더 T1과 T2 사이에 송신한 데이터 비트 모두가 도착하는 시간의 차이는  $t_2 - t_1$  만큼 발생한다. T1과 T2사이의 데이터 도착 시간 차이를  $t_{12}$  라고 하면 T1과 T2 사이에는 트랜스폰더로 모든 명령 코드가 도착하는데 걸리는 시간  $t_{12}$  가 발생하게 된다. T1과 T2사이의 도착 시간이 틀리다는 것은 리더의 명령코드 전체를 T1이 받았을 때 T2가 전부 받지 못 할 수도 있다는 말이 된다. 어떤 트랜스폰더라도 리더의 명령코드를 100% 받지 못한 다면 리더가 보내는 데이터의 형식을 갖출 수 없기 때문에 트랜스폰더에서는 오류 데이터로 인식하여 재 전송을 기다리게 된다. 결국 트랜스폰더는 명령 코드를 오류로 인식하여 자신의 데이터를 송신을 하지 않게 된다. 따라서 T1과 T2사이에 1비트의 데이터라도 차이가 있다면 둘 중 먼저 데이터를 받은 트랜스폰더에서 자신의 데이터를 송신하게 되고 T2는 대기 상태로 기다리게 된다. 이 방법은 반 이중방식의 데이터 전송 특성상 트랜스폰더에서 리더로 데이터를 송신할 때 리더는 어떠한 데이터도 송신하지 않기 때문에 T1의 데이터는 성공적으로 전송될 수 있다. 이때 T1과 T2사이에 데이터 도달 시간인  $t_{12}$  는 최소한  $14\mu s$  이상 이어야 한다. 왜냐하면 1비트의 데이터 전송속도가  $14\mu s$  이기 때문에 시간 내에 리더의 명령코드를 수신 받지 않는다면 트랜스폰더들 간에 데이터 충돌을 방지 할 수 있으며, T2는 현재 자신의 상황에서 에너지만 충전할 뿐 아무런 작용도 하지 않게 된다. 여기서 데이터 충돌을 방지하기 위해서 " $t_{n+1} - t_n > 1$ 비트 데이터 전송 시간"을 만족해야 한다.  $t_n$ 는 트랜스폰더의 모든 데이터의 송신 시간이며,  $n$ 은 접근하는 트랜스폰더의 순번이라고 할 때 리더로 데이터를 송신하고 있는 트랜스폰더  $t_n$  으로부터 가장 근접한 트랜스폰더  $t_{n+1}$  의 시간 차이가 적어도  $14\mu s$  이상은 차이가 나야 만이 데이터 충돌을 방지 할 수 있는 조건이다. 이러한 조건을 고려하여 명령 코드 충돌 알고리즘 그림 4에 플로우 차트로 나타내었다.

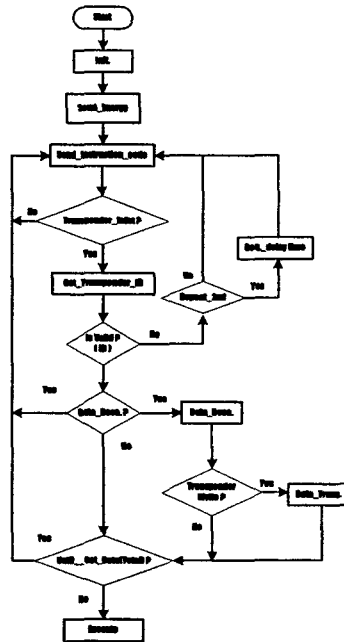


그림 4. 명령 코드 충돌 알고리즘의 플로우 차트

리더에서 트랜스폰더로 데이터를 송신 할 때 시스템을 초기화 한 후 반 이중 방식에 의해 에너지 신호와 데이터를 송신하게 된다. 이 데이터의 내용은 트랜스폰더 자신의 데이터를 리더로 모두 전송하고 난 후 100ms동안 데이터를 송신하지 말 것이며, 데이터 재 전송을 요구할 때 만 데이터를 전송하라는 내용을 함께 전송하고, 요구사항이 없다면 트랜스폰더는 인식 영역을 빠져 나가게 된다. 계속해서 리더의 인식 영역에 트랜스폰더의 존재 여부를 판단하여, 트랜스폰더가 없다면 계속해서 검색하게 되지만, 존재 한다면 데이터를 송신 하게 된다. 그리고 송신된 데이터가 정확한 데이터 인지 아닌지를 확인한다. 만약, 정확하지 않은 데이터라면 다시 한번 데이터 전송을 요구하게 된다. 요구의 횟수는 2회로 제한 한다. 2회를 요청 하는 이유는 이동체의 이동 속도가 다를 경우에 리더의 데이터를 송신 못하면 최소 2.8ms 후 에 데이터를 재 수신 하여 리더로 재송신 할 수도 있기 때문이다. 만약 2회 이상을 리더에서 명령 신호를 전송했음에도 불구하고 계속적인 에러가 발생할 경우 기존의 이동 통신에서 사용하고 있는 시분할 다중 접근 방식(TDMA)과 유사하게 트랜스폰더에게 지연시간을 요구할 수 있게 설계하였다. 지연시간은 14μs 이상의 지연시간이 요구된다. 왜냐하면 최소한 1비트 이상의 시간 차이가 발생 되어야 하기 때문이다. 그래서 지연시간에 의한 데이터 충돌을 회피할 수 있다. 이러한 조건을 만족하여 트랜스폰더가 이동하는 가변속도, 리더의 인식영역으로 통과하는데 소요되는 시간을 고려하여 인식 영역을 통과하는 시간 500ms동안 충돌이 발생하지 않을 트랜스폰더의 수량을 계산하였다.[3]

$$b = \frac{M}{a} \tag{1}$$

M = 인식영역을 통과하는 시간  
a = 이동속도  
b = 인식수량

$$k = M_{\text{totaltime}} - 14\mu s \times b_{\text{MAX}} \tag{2}$$

k는 14μs 의 시간 차이를 가지고 인식 영역을 통과하는 시간에 트랜스폰더를 읽을 수 있는 수량이다.

$$b_{\text{stable}} = \frac{k}{a} \tag{3}$$

b<sub>stable</sub> 은 주어진 시간 내에 트랜스폰더 간에 충돌 없이 데이터를 송수신 할 수 있는 트랜스폰더의 수량을 나타내었다.

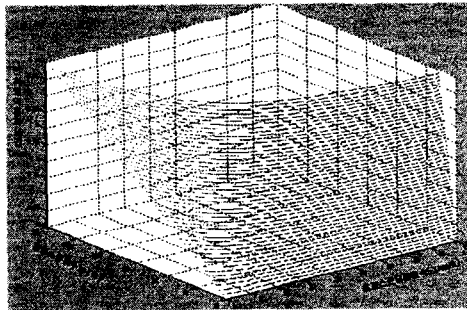


그림 5. 트랜스폰더의 이동속도와 인식영역을 통과하는 시간에 대한 트랜스폰더의 수량

그림 5는 주어진 시간에 안전하게 트랜스폰더를 읽을 수 있는 트랜스폰더의 수량을 나타내었다. 그 결과 개수 ∝  $\frac{1}{\text{속도}}$ , 개수 ∝ 인식시간 의 관계로 트랜스폰더를 안전하게 읽을 수 있는 수량은 트랜스폰더의 이동속

도에 반비례하고, 인식 영역을 통과하는 인식 시간에 대해서는 비례하는 관계를 알 수 있었다.

#### 4. 실험 결과 및 고찰

무선인식 시스템에서 리더와 트랜스폰더간에 데이터 통신을 할 때 데이터 충돌을 방지하기 위하여 리더의 명령 코드를 전부 수신하는 시간을 고려하여 데이터 충돌을 방지 하였다. 충돌 방지는  $14\mu s$  시간 차이가 있을 경우 가능하다.  $14\mu s$  의 시간은 1비트의 데이터 전송 시간이기 때문에 트랜스폰더에서 수신한 데이터가 1비트라도 수신하지 못하던 데이터 형식을 갖추지 못하므로 트랜스폰더는 명령을 수행 하지 못한다. 따라서 인식 영역에 트랜스폰더가 존재하더라도 동시에 데이터를 수신하는 형태가 아니므로 데이터 충돌 방지가 가능한 명령 코드 충돌 알고리즘을 제안하였다. 제작된 실험 시스템은 메인 컴퓨터와 시리얼통신을 할 수 있으며, 13.56MHz대역에서 직경이 28cm인 루프안테나를 제작하여 수직으로 최대100mm 까지 인식 할 수 있었다. 제작된 무선인식 시스템에 명령 코드 충돌 알고리즘을 적용한 결과를 그림 6에 나타내었다. 그림 6은 최소  $14\mu s$  만큼 차이를 가진 3개의 트랜스폰더가 리더의 인식 영역을 통과할 때 파형을 오실로스코프로 측정 하였다. 3개의 트랜스폰더를 거의 동시에 리더의 인식영역으로 여러 차례 접근 하였다. 첫번째 트랜스폰더와 두번째 트랜스폰더는 시간차이가 많이 발생했으나 두 번째 트랜스폰더와 세 번째 트랜스폰더의 경우 2.8ms 간격으로 데이터를 수신하는 것을 알 수 있었으며, 트랜스폰더가 데이터를 전송하는 시간은 2.2ms 라는 것을 실험을 통하여 측정 결과를 구할 수 있었다.

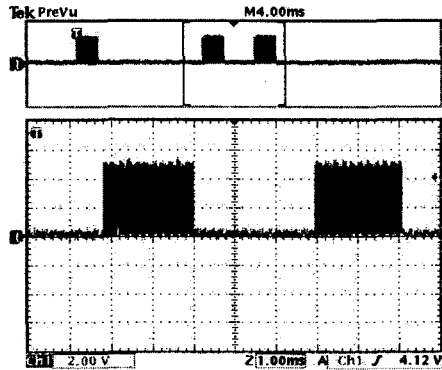


그림 6. 트랜스폰더 3개의 충돌방지 파형

#### 5. 결론

본 논문에서 제안한 명령 코드 충돌 알고리즘은 트랜스폰더에서 데이터를 송신할 때 최초의 비트 전송 시작 시간이 동일하기 때문에 데이터 전송 시작 시점을 맞추는 필요가 없으므로 무조건 데이터 충돌을 발생시킬 필요가 없다. 그래서 모든 트랜스폰더의 응답 시 손실시간을 최소화 할 수 있었다. 또한 손실 시간을 최소화함으로써 리더의 인식 영역에 다수의 트랜스폰더가 접근할 경우 트랜스폰더가 리더의 인식 영역으로 접근한 시간 차이를 이용하여 데이터 손실을 방지하는 명령 코드 충돌 알고리즘을 제안하였다. 제안된 명령 코드 충돌 알고리즘은 동일한 주파수 대역에서 주파수의 변화 없이 단일 채널 상에서 데이터 충돌을 방지할 수 있으므로 주파수 영역에 의한 방법보다 설계가 간편하고, 시간 영역에 의한 방법에 비해 인식 시간이 감소되면서 인식 할 수 있는 트랜스폰더의 수량이 증가하였다. 이렇게 구현된 무선 인식 시스템은 대규모의 물류관리 등에 적용함으로써 물류비 절감형 인식 시스템으로 전환 발전시킬 수 있으며, 또한 동시에 트랜스폰더가 접근하는 스포츠 기록 장치, 가속관리 등에 적용하여 인식 데이터를 정확히 처리할 수 있을 것이다. 그

리고 각각의 주파수 대역마다 데이터 충돌을 원천적으로 방지할 수 있는 연구와 에러 정정을 이용한 손실 방지 알고리즘에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료 된다.

#### 참고문헌

1. P. Hernandez, J.D. Sandoval, F. Puente, F. Perez, "Mathematical model for a multiread anticollision protocol", IEEE Pacific Rim Conference, Communications, Computers and signal Processing, PACRIM, Vol.2, pp.647~650, 2001.
2. Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook-Radio Frequency Identification Fundamentals and applications", John wiley & son, LTD., 1999.
3. 강민수, 이동선, 이기서, "134.2kHz 대역의 RFID 루프안테나 설계에 관한 연구", 한국철도학회논문집, 제4권, 3호, ISSN 1229-1102, pp.102~109, 2001.
4. 강민수, 신석균, 이준호, 이 동선, 유광균, 박영수, 이기서, "무선인식 시스템 에서 시간절차를 이용한 데이터 충돌 방지에 관한 연구", 한국철도학회논문집, 제4권,4호,ISSN1229-1102 pp.155~161, 2001.
5. P. Hawkes, "Anti-collision and Transponder Selection Methods for Grouped 'Vicinity' Card and RFID Tags", IEE Colloquium. RFID Technology (Ref. No. 1999/123), pp.7/1~7/31, 1999.
6. W.Rankl, W.Effing, "Smart card handbook" 2ed, John wiley&sons,2001.