

무선인식 시스템의 완전 명령 코드 기법을 이용한 데이터 충돌 및 손실 방지에 관한 연구

정회원 강민수*, 신석균**, 이재호**, 박면규***, 이기서****

A Study on Prevention of Collision and Data Loss of the RFID System Using a Full-Length Instruction Code Method

Min-Soo Kang*, Seok-Kyun Shin**, Jae-Ho Lee**, Kyu-Myun Park***,
Key-Seo Lee**** *Regular Members*

요 약

단일 주파수를 사용하는 무선인식 시스템에서 일대 다수의 통신은 데이터 충돌로 인한 손실이 발생할 수 있기 때문에 반드시 데이터 충돌을 방지 해야만 한다. 기존의 데이터 충돌 방지 방법은 트리검색과 알로하기법을 사용하고 있으나, 인식영역을 통과하는 공간과 시간에 매우 의존적이어서 데이터 손실을 유발할 수 있는 단점이 있다. 그래서 완전 명령 코드 기법을 제안하였다. 완전 명령 코드 기법은 반이중 방식에 적합한 방법으로 태그가 인식 영역에 접근하는 시간을 고려하여 2개 이상의 태그가 리더로 데이터를 송신하지 않는 시간을 계산하여 충돌을 방지하였다.

본 논문에서는 13.56MHz대역의 무선인식 시스템을 제작하여 완전 명령 코드 기법을 적용하여 실험한 결과 완전 명령 코드 기법이 다른 기법에 비해 향상됨을 검증 하였으며, O-표기법에 의한 시간 복잡성으로 분석하여 O(n)의 결과를 얻을 수 있었다.

Key Words : RFID(Radio Frequency Identification), Anti-Collision,

ABSTRACT

Using single carrier frequency RFID system in one-to-multiple wireless communications, might be generated data loss because of data collisions. Conventional Anti-collision method prevent data loss from data collisions which are binary tree method and ALOHA. However, those two preventive measures also have week points which are strongly dependent on the time and space when passing through the recognition area.

This paper suggests the full-length instruction code method which fits in to half-duplex method, prevents data collision effectively by calculating the non-transmitting time of multiple tags considering approaching time to the recognition area. After full-length instruction code method test using 13.56MHz bandwidth RFID system shows that full-length instruction code method could make better result than any other methods. Moreover, the record shows O(n) result after analyzing O-notation of conventional time-domain procedure.

I. 서 론

현대산업의 발달로 자동 인식 분야는 적용분야가 광범위하게 확산되고 있다. 특히 무선인식 분야는

* 한양대학교 정보통신대학원겸임교수

** (주)마이크로트랙

*** (주)포스코 구내운송과 철도 신호 기술사

**** 광운대학교 정보제어공학과 정교수

논문번호 : 030454-1014, 접수번호 : 2003년 10월 14일

생체, 바코드, 마그네틱 등의 인식과 달리 비접촉식의 사용이 가능하여 일대 다수의 인식이 가능한 장점이 있다. 그러나 다수의 인식은 수신되는 데이터 간에 충돌을 발생시키고, 곧 바로 손실로 이어지기 때문에 반드시 충돌을 방지해야만 한다. 데이터 충돌 방지는 주파수 대역을 할당하여 다채널을 사용함으로써 데이터 충돌 방지가 가능하지만, 다채널을 할당하는 데는 한계가 있고, 시스템 설계가 복잡한 문제점이 있다. 그래서 단일 채널에서의 데이터 충돌 방지가 필요하다. 단일 채널에서 데이터 충돌을 방지할 목적으로 영국의 Peter와 Hawkes는 시간 영역 충돌 방지 방법에 이진 트리 검색 알고리즘을 적용하였다. 시간 영역 충돌 방지 방법은 인식 영역의 모든 태그 데이터를 무조건 충돌시킨 후 오류 데이터를 검색하여 검색된 데이터에 한해서 재수신하게 된다. 이 방법은 데이터 손실을 최소화할 수 있지만 충돌로 인한 재전송 시간이 더 필요하기 때문에 인식할 수 있는 태그의 수량이 소량이라는 점과 재전송이 모두 수행되기 전에 인식영역을 통과하는 상황이 발생할 수 있어서 시간과 인식영역에 의존적인 문제점이 있다. 그리고 스페인의 P.Hernandez가 제안한 충돌 방지 방법은 인식 영역에서 계속적인 충돌을 일으키는 태그만 찾아내어 데이터 전송을 하지 못하게 하는 방법으로 충돌을 방지한다. 그러나 여러 번에 걸쳐 충돌을 발생시키는 태그를 찾아내야 하기 때문에 특정 태그를 찾는 어려움과 대기 후 데이터를 전송하기 때문에 시간적 손실이 발생한다.

따라서 시간적 손실을 최소화하고 원천적으로 충돌을 방지하는 방법을 구현해야 한다. 그래서 리더의 인식 영역에 다수의 태그가 존재하더라도 데이터 비트의 전송 속도가 서로 상이하다는 점에 착안하여 모든 데이터 비트가 수신되어야만 다음 명령을 수행할 수 있는 완전 명령 코드 기법을 제안한다. 제안된 완전 명령 코드 기법은 충돌 방지로 데이터 손실을 방지하고 시간 손실의 최소화로 인식할 수 있는 태그의 수량을 증가시킬 수 있다.

본 논문에서는 O-표기법에 의한 시간 복잡성 분석으로 완전 명령 코드 기법이 시간 영역 충돌 방지 방법에 비해 향상됨을 알 수 있었고, 13.56MHz 대역에서 송수신할 수 있는 무선인식 시스템을 제작하여 많은 수량의 태그가 안전하게 인식됨을 실험 시스템을 통하여 검증한다.

II. 데이터 충돌 및 방지 기법

데이터 충돌은 다수의 태그가 리더의 인식 영역으로 진입하여 데이터를 전송할 때 발생한다. 그러나 태그가 리더의 인식 영역에 존재한다고 해서 데이터 충돌이 발생하지는 않는다. 그래서 충돌이 발생할 경우와 그렇지 않은 경우를 파악 한 후 충돌을 방지해야 한다. 일반적인 충돌 방지 방은 공간영역, 주파수 영역 시간 영역, 그리고 결합을 거절하는 방법으로 구분할 수 있다. 공간 영역에서의 충돌 방지는 공간상의 제약과 태그의 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)방식이다. 먼저 주파수 분할 다중 접근 방식은 원하는 신호의 대역 폭 만큼 전체 대역폭을 분할 사용한다. 또한 인접 채널 간에 간섭을 방지하기 위해서는 보호 대역이 필요하고 데이터 송수신시 FDD(Freq. Division Duplex)가 필요하여 구현이 어렵고 약 3dB의 손실이 발생한다. 그리고 주파수 이용효율에 한계성으로 사용하는 태그의 수량이 적다. 두번째로 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 사용한다. 그러나 하드웨어가 복잡하다는 것이 단점으로 지적되고 있다. 그리고 시간 영역 방법은 리더와 태그에서 제어하는 방법을 사용하며 태그에 의한 방법은 비동기적이고 순차적으로 접근해야 하는 단점을 가지고 있다. 반면에 리더에 의한 방법은 동기적으로 동작하고 무작위로 접근 할 경우에 데이터 손실을 방지할 수 있다. 그러나 시간적인 여유가 있어야만 효과적이므로 실제로 이 방법에 대하여 보완하는 추세이다. 그리고 스페인의 Las Palmas de Gran Canaria 대학의 P.Hernandez는 한정된 시간 내에 계속적인 데이터 충돌이 발생하는 태그만을 제외하여 나머지 태그를 인식하는 프로토콜을 제안 하였다. 이 방법은 리더의 인식 영역 내에서 여러 개의 태그가 진입하더라도 충돌이 발생하지 않도록 하는 것이다. 그림 1은 동일한 주파수 대역에서 여러 개의 태그가 진입하

여 특정 태그가 지속적인 충돌로 다른 태그에 영향을 미칠 경우 이를 무시하고 다른 태그의 데이터를 수신하는 방법을 나타내었다.

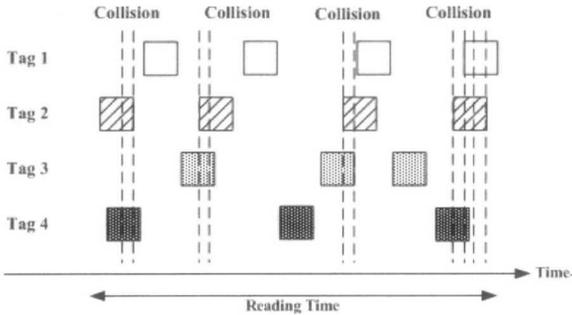


그림 1. 태그 2의 결함 거절
Fig. 1 False rejection of a tag 2

그림 1에서 다중의 태그가 리더의 인식 영역으로 진입했을 때 태그 2만 없다면 나머지 태그들은 데이터 충돌이 발생하지 않을 것이다. 그러나 태그 2의 존재로 나머지 태그와 충돌이 발생하게 된다. 따라서 태그 2의 존재를 무시하는 결함 거절(Fault rejection)을 하게 된다. 따라서 태그 2가 없으므로 나머지 태그는 충돌이 발생되지 않고 안전하게 리더로 데이터를 전송하게 된다. 이를 확률로 나타내었다. 충돌이 일어날 확률은 태그가 리더의 인식 영역의 한 시점에서 분석하였으며 모든 태그는 같은 거리에 있다고 가정한다. 따라서 N개의 태그가 인식하는 시간과 충돌이 일어날 태그 최소 2개의 데이터 전송이 독립적이라고 정의하면 충돌이 발생할 확률은 식 1과 같다.

$$P_c = 1 - [P(t > 2T_0)]^{N-1} = 1 - e^{-2\lambda T_0(N-1)}$$

(1) λ = 모든 트랜스폰더의 확률변수

T_0 = 데이터 전송시간

t = 트랜스폰더

충돌이 발생할 확률에서 임의의 태그들의 충돌 확률은 태그가 데이터(T_0)를 보내는 중이거나 태그가 데이터를 보내기 시작할 때 또 다른 태그(j)가 전송을 시작하면 충돌이 일어난다. 그래서 각각의 태그들을 $2T_0$ 의 충돌 영역을 갖는다고 정의한다. 따라서 동일한 시간에 계속적인 충돌을 발생시키는 임의의 태그의 결함 거절 P_{fr} 에 대하여 알아보면 식 2와 같다.

$$\begin{aligned} P_{fr} &= (1 - P_c) \sum_{i=0}^{\infty} P(> t_a - iT_0)(P_c)^{i-1} \\ &= (1 - P_c) \sum_{i=0}^{\infty} \left(\sum_{j=0}^{i-1} \frac{e^{-\lambda(t_a - iT_0 - jT_0)} \cdot [\lambda(t_a - jT_0)]^j}{j!} \right) (P_c)^{i-1} \end{aligned}$$

(2)

t_a = reading time

로 표현 할 수 있다. 그 결과 리더에서 데이터를 읽는 시간을 고려하면 데이터 충돌을 방지 할 수 있으며 태그가 인식 영역에 한정된 태그만 접근할 수 있게 인식 영역을 축소하게 되면 태그 간에 데이터 충돌을 방지 할 수 있다.

III. 완전 명령 코드 기법

완전 명령 코드 기법은 데이터 충돌이 발생하는 상황을 예측하고 그에 따른 상황을 대처하여 충돌을 방지함으로써 데이터 손실 방지가 가능하다. 그림 2는 리더의 인식 영역에 다수의 태그가 진입할 때 충돌 방지를 나타내었다.

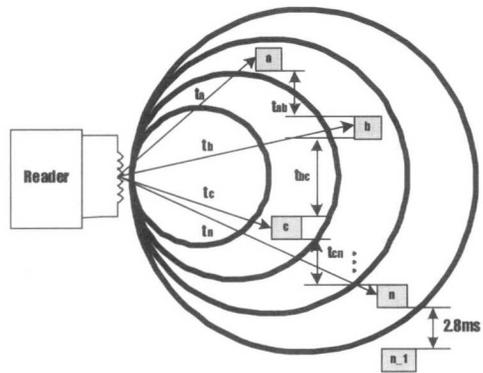


그림 2. 충돌방지 표현
Fig. 2 Representation of anti-collision

리더의 인식 영역에 n개의 태그가 진입했을 때 태그가 수신하는 명령코드를 모두 수신하는 데는 각각의 태그마다 시간적 차이가 발생할 것이다. 태그 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 태그로 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 태그라도 리더의 명령코드를 100% 받지 못한 다면 리더가 보내는 데이터의 형식을 갖출 수 없기 때문에 태그에서는 오류 데이터로 인식하여 재 전송을 기다리게 된다. 결국 태그는 명령 코드를 오류로 인식하여 자신의 데이터를 송신하지 않게 된다. 따라서 T1과 T2 사이에 1비트의 데이터라도 차이가 있다면 둘 중 먼저 데이터를 받은 태그에서 자신의 데이터를 송신하게 되고 T2는 대기 상태로 기다리게 된다. 이 방법은 반 이중방식의 데이터 전송 특성상 태그에서 리더로 데이터를 송신할 때 리더는 어떠한 데이터도 송신하지 않기 때문에 T1의 데이터는 성공적으로 전송될 수 있다. 이때 T1과 T2 사이에 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 태그들 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 태그의 모든 데이터의 송신 시간이며, n 은 접근하는 태그의 순번이라고 할 때 리더로 데이터를 송신하고 있는 태그 t_n 으로부터 가장 근접한 태그 t_{n+1} 의 시간 차이가 적어도 $14\mu s$ 이상은 차이가 나야 만이 데이터 충돌을 방지 할 수 있는 조건이다.

1. 데이터 형식

리더에서 태그로 데이터를 전송할 때 송수신하는 데이터 비트 수와 데이터의 형식은 완전 명령 코드 기법을 적용하는데 매우 중요한 역할을 한다. 왜냐하면 완전 명령 코드 기법은 수신되는 최소 1비트의 도착 시간을 이용하기 때문에 송수신하는 1비트의 시간적 의미가 매우 중요하다. 그림 3에 리더에서 태그로 전송하는 데이터의 형식과 태그에서 리더로 전송하는 데이터 형식을 나타내었다.

그림 3의 (a)에서는 태그에서 리더로 송신하는 데이터 형식을 나타내었다. 데이터 형식은 헤더, ID Data, 자신의 데이터 그리고 오류 비트를 검출하기 위한 체크 섬으로 이루어진다. 그리고 그림 3의

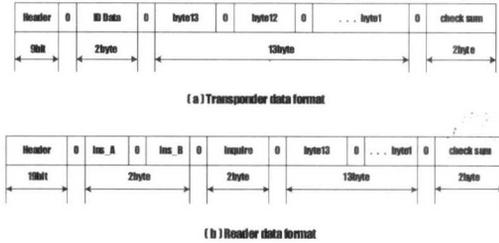


그림 3. 리더와 태그의 데이터 형식
Fig. 3 A data format of a reader and tag

(b)는 리더에서 태그로 송신하는 데이터 형식을 나타내었다. 리더의 데이터 형식은 데이터를 송신하는 형태가 태그와 비슷하지만 헤더의 10 비트가 증가되었으며, 명령 코드 2 바이트가 첨가되었다. 헤더 비트의 증가는 태그가 헤더를 받을 때 충전하는 시간을 포함하고 있다. 태그의 데이터 비트 수와 헤더의 증가된 비트 수 그리고 명령을 전달하는 명령 코드 16 비트가 첨가되었으며, 명령 코드 사이의 분리를 위한 "0"비트가 포함 된다. 명령 코드는 크게 5가지로 구분되는데 모든 태그 데이터의 송신, 특정 태그 데이터만 송신, 오류로 인한 특정 태그의 재송신 그리고 데이터 송신이 끝나면 또 다른 명령이 있기 전까지는 데이터 송신을 하지 말 것 등이 있다. 그래서 전체 데이터 비트 수는 188비트가 된다. 충돌 방지 부분에서는 리더에서 태그로 데이터를 송신할 때 시스템을 초기화한 후 반 이중 방식이나 전 이중 방식 또는 순차적인 방식에 의해 에너지 신호와 명령 코드를 송신하게 된다. 이 명령 코드의 내용은 태그 자신의 데이터를 리더로 모두 전송하고 난 후 100ms동안 데이터를 송신하지 말 것이며, 데이터 재 전송을 요구할 경우만 데이터를 전송하라는 내용을 함께 보내고, 요구사항이 없다면 태그는 인식 영역을 빠져 나가게 된다. 인식 영역에 태그의 존재여부를 판단하여, 태그가 없다면 계속해서 검색하게 되지만, 존재 한다면 데이터를 송신하게 된다. 그리고 송신된 데이터가 정확한 데이터인지 아닌지를 확인한다. 만약 정확하지 않은 데이터라면 다시 한번 데이터 전송을 요구하게 된다. 요구의 횟수는 2회로 제한한다. 2회를 요청하는 이유는 이동체의 이동 속도가 다를 경우에 리더의 데이터를 송신하지 못하면 최소 2.8ms 후에 데이터를 재수신

하여 리더로 재송신할 수도 있기 때문이다. 만약 2 회 이상을 리더에서 명령 신호를 전송했음에도 불구하고 계속적인 에러가 발생할 경우 데이터 간 충돌이 발생할지도 모른다. 그래서 데이터 충돌이 발생할 경우 충돌 비트를 분석하여 데이터 비트를 추정하고 정확한 값을 찾아내게 된다. 이러한 조건을 고려하여 표 1에 완전 명령 코드 기법을 의사(Pseudo) 코드로 나타내었다.

표 1. 완전 명령 코드 기법의 표현
Table 1 Representation of the Full-Length Instruction Code Method

```

The FICM(Full-Length Instruction Code Method)
Program
Input: The access of a tag;
Output: The result data of a tag;
// If time is more than 14us, it can prevent the
data collision.
{
(1) Initialization
// Initialize the collision, hardware and auxiliary.
(2) Send energy;
(3) While not at end of this document Do
(4) Make a tag activates
// A activated tag can receive and transfer the data.
(5) Transfer to a tag the instruction code;
// This transfer requests a response of the data in a tag.
(6) If a response in a tag then
// If  $t_{N+1} - t_n > 14\mu s$ , the data doesn't generate the collision.
analyze the responded data;
// If there is no response, go to step 7.
If no error in responded data then
Transfer and receive the data using the checked tag;
Exit;
Else error in a responded data;
Request to transmit the tag data
Count the number of collision of the tag data
If the number of collision  $>= 2$  then
analyze a cause for the data loss;
collect the information of a lose tag;
search for the error
analyze the data of false bit;
transfer and receive;
bit decision.
Exit;
Else next bit comparison;
Exit;
End
End
(7) Else no response in a tag then
While there is not aresponse of a tag Do
// A loop until there is a response in a tag.
Exit;
End
End
(8) End
(9) End
    
```

완전 명령 코드 기법을 이용하여 태그에서 데이터를 송신할 때 지연시간은 $14\mu s$ 이상의 지연시간이 요구된다. 왜냐하면 최소한 1비트 이상의 시간 차이가 발생되어야 안전한 데이터를 수신하기 때문이다. 이러한 조건을 만족하여 태그가 이동하는 가변속도, 즉 리더의 인식영역으로 통과하는데 소요되는 시간을 고려하여 인식 영역을 통과하는 시간 500ms동

안 충돌이 발생하지 않을 태그의 수량을 계산하였다.

$$b = \frac{M}{a} \quad (3)$$

M = 인식영역을 통과하는시간

a = 이동속도

b = 인식수량

$$k = M_{\text{totaltime}} - 14\mu s \times b_{\text{Max}} \quad (4)$$

k는 $14\mu s$ 의 시간 차이를 가지고 인식 영역을 통과하는 시간에 태그를 읽을 수 있는 수량이다.

$$b_{\text{stable}} = \frac{k}{a} \quad (5)$$

b_{stable} 은 주어진 시간내에 태그 간에 충돌 없이 데이터를 송수신 할 수 있는 태그의 수량을 나타낸 것이다. 그림 4에 태그 이동 속도와 인식 영역에 대한 인식 수량을 나타내었다.

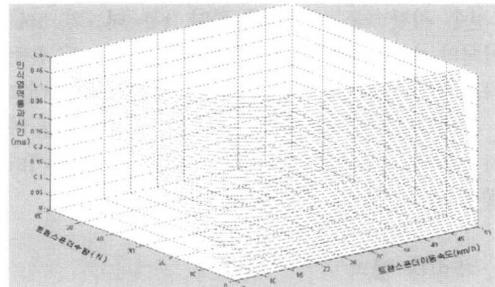


그림 4. 태그의 이동속도와 인식영역을 통과하는 시간에 대한 태그의 수량

Fig. 4 Recognition number about time that is passing through the recognition area, moving speed

그림 4는 주어진 시간에 안전하게 태그를 읽을 수 있는 태그의 수량을 나타내었다. 그 결과

개수 \propto 인식시간, 개수 $\propto \frac{1}{\text{속도}}$ 의 관계로 태그를 안전하게 읽을 수 있는 수량은 태그의 이동속도에 반비례하고, 인식 영역을 통과하는 인식 시간에 대해서는 비례하는 관계를 알 수 있었다.

IV. 완전 명령 코드 기법 분석 및 비교

무선인식 시스템에 적용되는 충돌 방지 기법은 여러 가지가 있지만 대표적인 방법이 주파수 영역 충돌 방지방법, 시간 영역 충돌 방지 방법, 인식 영역 내에서 계속적인 충돌을 일으키는 태그만을 찾아내어 충돌을 방지하는 충돌 방지 프로토콜 그리고 완전 명령 코드 기법에 대해서 분석한다. 그리고 분석한 결과를 토대로 여러 가지 충돌 방지 기법들을 비교하고자한다.

1. 데이터 충돌 방지 방법 분석

알고리즘이나 새로운 기법을 분석할 때 성능을 이해하는 것은 매우 중요한 일이다. 주어진 알고리즘이나 기법의 성능을 평가하는 데는 여러 가지 기준이 있지만 대체로 가장 많이 평가하는 부분은 수행 속도이다. 물론 많은 양의 기억장소를 사용하는 경우라면 요구되는 기억장소의 양에도 관심을 둘 수 있다. 경우가 어찌되었든 알고리즘의 성능을 평가하는 성형화 된 방법이 필요하다. 그래서 O-표기법(Notation)의 복잡도(Complexity)를 이용하여 분석하였다.복잡도는 수행하는 자료의 함수로 표기된다. 즉 자료의 크기가 n일 때 함수 f(n)으로 표현한다. 함수의 증가율은 임의의입력에 대해 얼마나 효율적인가를 나타내며 O-표기법으로 증가율을 반영한다. 증가율에 대한 함수 f(n)을 볼 때 상수는 무의미해지므로 무시할 수 있다. 그래서 상수는 무시하고 알고리즘 실행 시 발생하는 모든 자료에 대하여 최고 차의 항 만으로 알고리즘의 복잡도를 분석한다. O-표기법을 이용하여 시간 복잡도(Time complexity)를 분석해보면, 완전 명령 코드 기법은 하나의 일을 수행할 때 태그가 충돌이 발생하지 않는 경우에 하나의 데이터를 수신 받는 작업을 하기 때문에 O(1) 으로 표현할 수 있다. 그러나 오류비트가 발생할 경우 오류가 발생한 사건에 대해서 충돌로 인한 오류인지 주위환경에 대한 오류인지를 판단해야 하고 오류발생 시점부터 순회를 하게 된다. 이때의 O-표기법은 O(n)으로 표현할 수 있다. 자료 집합을 반으로 나누거나 나누어진 자료를 순회하는 일은 없다. 단지 작업은 충돌의 유무를 판단하며 충돌이 발생한 상황에 대해서만 순회를 하기 때문에 시간 복잡성은 최고 차 항인 O(n) 으로 표시할 수 있다. O(n)의 결과로 "자료 집합의 순회" 정도의 시간 복잡성을 가진다. 주파수 영역 충돌 방지 방법의 경우는 충돌이 발생하지 않기 때문에 항목을 가져오는 일만을 하게 된다. 그래서 주파수 영역 충돌 방지 방법은 O(1)의 복잡도를 가지게 된다. 이는 어

떤 자료에 대해서 자료를 나누어 찾는 일이 없으며, 순회하는 일도 없기 때문에 복잡성이 제일 낮은 O(1)의 형태를 취하게 된다. 시간 영역 충돌 방지 방법은 무조건 충돌을 발생시킨다. 충돌이 발생되면 충돌이 발생한 비트를 검색한 후 오류 비트를 재전송 받는 형태를 취한다. 이 방법은 자료 집합을 반복해서 둘로 나누고 나누어진 반을 순회하는 이진 알고리즘을 사용하기 때문에 O(n log n)의 시간 복잡도를 가지게 된다. 끝으로 충돌 방지 프로토콜에 의한 충돌 방지 방법이다. 이 방법은 리더의 인식 영역 안에서 계속적인 충돌을 발생시키는 특정 태그를 찾아서 그 태그만 데이터 전송을 못하도록 한다. 그리고 인식 영역 내에 있는 다른 태그가 수신이 다 끝나면 비로소 데이터를 송신하게 된다. 그래서 임의의 태그가 계속적인 충돌이 확실히 들어날 때까지 기다린다. 이 방법은 태그가 충돌이 발생하지 않을 경우에는 O(1)의 형태를 취하게 되지만 충돌이 발생한 태그를 계속적인 순회로 찾아야 한다. 그래서 자료를 순회하는 일을 함으로써 복잡도는 O(n)의 형태를 취한다.

2. 데이터 충돌 방지 기법 비교

완전 명령 코드 기법과 충돌 방지 방법을 O-표기법을 이용하여 시간 복잡도를 분석하였다. 분석한 결과를 토대로 완전 명령 코드 기법과 여러 가지 충돌 방지 방법을 비교하였다. 표 2에 각 충돌 방지 방법에 대한 복잡도를 나타내었다.

표 2 각 충돌 방지방법의 시간 복잡도
Table 2. A time complexity of each anti-collision procedure

충돌방지 기법	시간 복잡도
완전 명령 코드	O(n)
시간 영역 충돌 방지	O(n log n)
충돌 방지 프로토콜	O(n)

표 2에 표현된 복잡도에서 주파수 영역 충돌 방지 방법은 완전 명령 코드 기법보다 복잡도가 낮다. 그러나 복잡도는 복잡한 정도가 주파수 영역 충돌 방지 방법이 완전 명령 코드 기법보다 낮게 나타났지만, 다 채널이란 점에서 완전 명령 코드 기법과 방법이 다르다고 할 수 있다. 그래서 시간 복잡도 이외에 다른 분석 방법을 이용하여 비교하는 것이 바람직할 것이다. 충돌 방지 프로토콜은 완전 명령 코드 기법과 동일한 단일 채널에서 시간 복잡도를 분석하였으며, 시간 복잡도는 동등한 것으로 비교되

었다. 그러나 시간 영역 충돌 방지 방법은 복잡도가 완전 명령 코드 기법과 비교해 볼 때 좀 더 복잡한 것으로 비교 되었다. 결과적으로 완전 명령 코드 기법을 사용하여 복잡도만으로 분석해볼 때 최소한 충돌 방지 프로토콜과는 시간 복잡도가 동등하였고, 시간 영역 충돌 방지 방법 보다는 향상되었음을 알 수 있다.

V. 실험 결과 및 고찰

무선인식 시스템에서 리더와 태그간에 데이터 통신을 할 때 데이터 충돌을 방지하기 위하여 리더의 명령 코드를 전부 수신하는 시간을 고려하여 데이터 충돌을 방지 하였다. 충돌 방지는 14 μ s 시간 차이가 있을 경우 가능하다. 14 μ s의 시간은 1비트의 데이터 전송 시간이기 때문에 태그에서 수신한 데이터가 1비트라도 수신하지 못하면 데이터 형식을 갖추지 못하므로 태그는 명령을 수행 하지 못한다. 따라서 인식 영역에 태그가 존재하더라도 동시에 데이터를 수신하는 형태가 아니므로 데이터 충돌 방지가 가능한 완전 명령 코드 기법을 제안하였다. 제안된 완전 명령 코드 기법을 증명하기 위하여 실험 시스템을 제작 하였다. 표 3에 실험 시스템에 대한 사양을 나타내었다.

표 3. 무선인식 시스템의 사양
Table 3 A specification of the RFID system

번호	항 목	내 용
1	주파수 대역	13.56MHz
2	변조방식	ASK, FSK(송수신시 변화)
3	인식거리	200~250mm
4	송수신 방식	반 이중방식
5	태그 타입	수동형
6	메인시스템 통신	RS-232
7	안테나	루프안테나

데이터 손실을 방지하기 위하여 다수의 태그가 리더의 인식 영역으로 접근했을 때 리더로 송신하는 데이터간에 충돌 방지는 14 μ s의 차이를 이용하여 데이터 충돌을 방지할 수 있었다. 충돌이 발생할 경우를 대비하여 수신되는 데이터 비트의 도착 시간차에 의해 데이터 손실을 방지하였다. 그림 5는 3개의 태그가 리더의 인식 영역에 진입하여 충돌이 발생할 수 있게 설정하였다.

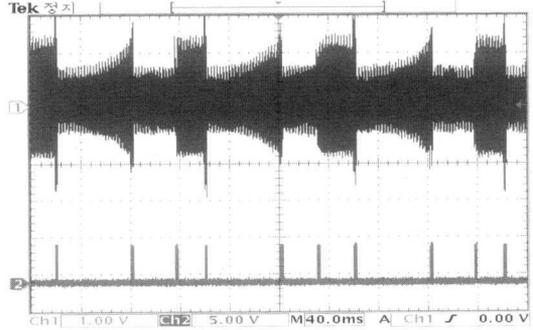


그림 5. 인식 영역으로 다수의 태그가 접근 한 경우
Fig. 5 A case of multiple tags approach in a reader's recognition area

그림 5는 실험을 위하여 3개의 태그를 리더의 인식영역에 두었다. 그 결과 태그의 송신 데이터는 충돌이 발생되었다. 이렇게 발생된 충돌은 데이터 손실을 유발하게 되므로 손실을 방지할 수 있게 처리됨을 보이고 있다. 데이터 충돌을 방지하기 위하여 접근하는 태그가 리더의 데이터를 전부 수신하는 시간을 고려하여 데이터 충돌을 방지하였다. 충돌 방지는 14 μ s 시간차이가 있다면 가능하다. 14 μ s의 시간은 1비트의 데이터 전송 속도이기 때문에 태그에서 수신한 데이터가 1비트라도 수신하지 못한다면 데이터 형식을 갖추지 못하기 때문에 명령을 수행 하지 못한다. 따라서 동일한 인식 영역에 태그가 존재하더라도 동시에 접근한 형태가 아니므로 데이터 충돌 방지가 가능하였다. 그림 7은 최소 14 μ s만큼 차이를 가진 2개의 태그가 리더의 인식영역을 통과할 때의 파형을 오실로스코프로 측정하였다. 실험 방법은 3개의 태그를 거의 동시에 리더의 인식영역으로 여러 번 접근 한 결과, 첫번째 태그와 두 번째 태그는 시간차이가 많이 발생 하였지만 두 번째 태그와 세 번째 태그의 경우 2.8ms간격으로 데이터를 수신하는 것을 알 수 있었으며, 태그가 데이터를 전송하는 시간은 2.2ms 라는 것을 실험을 통하여 측정할 수 있었다. 최소 14 μ s만큼 차이를 가진 3개의 태그가 리더의 인식영역을 통과할 때 파형을 오실로스코프로 측정하였다. 3개의 태그를 거의 동시에 리더의 인식영역으로 여러 차례 접근 하였다. 첫번째 태그와 두번째 태그는 시간차이가 많이 발생했으나 두 번째 태그와 세 번째 태그의 경우 2.8ms 간격으로 데이터를 수신하는 것을 알 수 있었으며, 태그가 데이터를 전송하는 시간은 2.2ms 라는 것을 실험을 통하여 오실로 스코프를 이용한 측정 결과를 그림 6에 나타내었다.

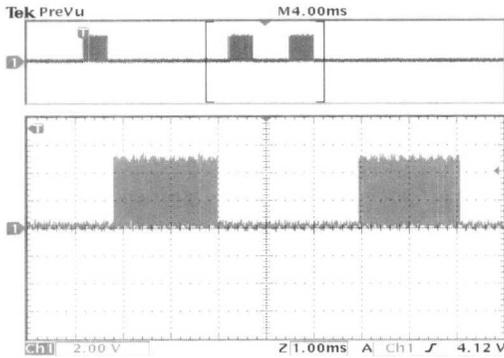


그림 6. 태그 3개의 충돌방지 파형
Fig. 6 An anti-collision waveform of 3 Tags

그림 7은 태그가 리더의 인식 영역으로 들어왔을 때 리더의 안테나로부터 에너지 신호와 명령 신호를 받아들여 태그 자체의 회로 동작 및 정의된 데이터를 리더로 송신하는 완벽한 진폭천이변조 방식 파형을 나타내었다.

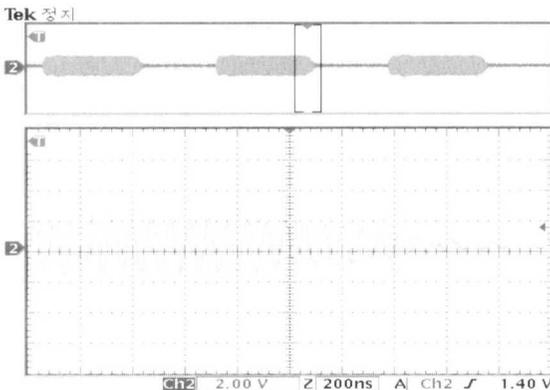


그림 7. 태그에서 발생한 파형
Fig. 7 An occurred waveform from a tag

무조건 충돌을 발생 시키는 기존의 방법을 사용한다면 검색할 수 있는 태그의 최대 개수의 수량은 현저히 줄어들 것이다. 예를 들어 10km/h의 속도를 가진 이동체가 28cm의 인식 영역을 통과하는 시간이 약 100.8ms가 소요되므로 인식영역에서 안전하게 인식할 수 있는 태그의 수량은 16개가 가능하다. 결국 28cm의 인식 영역을 가진 태그의 이동속도가 10km/h 일 경우 16개의 태그만 통과 할 수 있게 기준 값을 정의 한 후 무선인식 시스템을 동작 한다면 데이터 충돌은 발생하지 않을 것이다. 만약 태그가 동시에 데이터를 전송하게 된다면 2회의 요청 신호와 지연시간을 고려해야만 할 것이다. 따라서 2

회의 요청시간 2.8ms 에 2회에 지연시간을 정의해야 한다. 그러나 본 실험에서는 접근하는 태그가 14

표 3.데이터 충돌 방지 방법의 비교
Table 3 A comparison of anti-collision procedure

구 분	주파수 영역 방법	공간 영역 방법	시간 영역 방법	완전명령 코드
주파수 대역	13.56MHz 이상	독립적	독립적	독립적
시스템 설계	복잡함	간단함	간단함	간단함
인식 영역 채널	독립적 다 채널	작을수록 유리	의존적 단일 채널	의존적 단일 채널
인식수량	(주파수영역에 의존적)	(제어기처리 속도에 의존적)	(인식영역에 의존적)	다량
충돌방지	주파수 대역 분할	기존의 ID를 저장하여 특정 ID 만 검색	인위적 충돌 발생	명령 코드 충돌

μs 이상의 시간을 정확히 확보할 수 있는 상황은 재현 되지 않았으므로 이론적으로는 충돌이 발생하지 않을 조건에 입각하여 인식할 수 있는 태그의 수량을 2회로 재 할당하고, 지연시간은 8회에 한해서 14 μs 를 손실시간으로 계산한다면 약 7개의 태그를 안전하게 읽을 수 있다. 표 3은 기존의 데이터 충돌 방지 방법과 완전 명령 코드 기법을 비교하였다.

표 3의 비교와 같이 명령 코드 충돌 알고리즘을 적용한 것과 시간영역에 의한 방법을 비교 한 결과 인식 수량과 충돌 방지 방법에 있어서 완전 명령 코드 기법을 채택한 방법이 향상되어 있음을 보여 주고 있다.

VI. 결론

단일 주파수를 이용한 데이터 충돌 방지 방법은 일반적으로 시간 영역 절차가 사용되고 있으며, 리더의 인식 영역에 존재하는 모든 태그의 송신 데이터를 무조건 충돌시킨다. 리더는 충돌된 데이터만큼 재전송 받기 때문에 그만큼의 시간적 손실이 발생하여 인식할 수 있는 태그의 개수는 시간 손실만큼 줄어들게 된다. 그러나 리더의 인식 영역에 다수의 태그가 존재 한다고 해서 충돌이 발생하는 것은 아니기 때문에 리더의 인식 영역으로 접근한 태그의 시간 차이를 이용하여 충돌을 방지하고, 오류 비트가 발생했을 경우 오류가 발생한 태그의 데이터 비트만을 분석하여 데이터 비트를 결정함으로써 데이터 충돌을 방지하고 그로 인한 손실이 방지되는 완

전 명령 코드 기법을 제안하였다. 제안된 완전 명령 코드 기법을 증명하기 위하여 13.56MHz 대역의 무선인식 실험 시스템을 제작하였다. 실험 시스템은 리더의 인식 영역에 다수의 태그가 접근 할 때 인식 영역에 진입한 태그와 그렇지 않은 태그를 구분 하였으며, 태그의 접근시간 차이가 14 μ s 이상 일 때 안전하게 태그의 데이터를 수신할 수 있는 최대 개수가 약 17개임을 알 수 있었다. 그래서 시간 영역 충돌 방지 방법과 비교한 결과 시간 복잡도가 향상됨을 알 수 있었으며, 원천적인 충돌 방지로 시간적 손실을 최소화하여 인식할 수 있는 태그의 수량이 증가했음을 실험을 통하여 입증하였다.

본 논문에서 제안한 완전 명령 코드 기법은 철도 물류 관리 또는 대규모의 물류관리 시스템에 적용함으로써 물류비 절감형 인식 시스템으로 전환 발전시킬 수 있으며, 여러 개의 태그가 접근하는 스포츠 기록 장치, 가축관리 등에 적용가능 하다. 향후에는 지능적인 저가격대의 태그를 개발하고, 리더는 데이터의 오류를 정정하거나 복구할 수 있는 미래 지향적인 시스템 개발의 연구를 지속적으로 해 나가야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [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 tag 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.
- [7] 강민수, 이동선, 이기서, "명령 코드 충돌 알고리즘을 이용한 무선인식 시스템의 데이터 충돌 방지에 관한 연구", 한국통신학회논문집 제28권 제 6B호, pp. 544~552, 2003
- [8] Kyle Loudon, "Algorithms with C O'REILLY, 1999.

강 민 수(Min-Soo Kang)

정회원



1993년 2월 : 광운대학교 제어
계측공학과 졸업
1995년 8월 : 광운대학교 제어
계측공학과 석사
2003년 2월 : 광운대학교 제어
계측공학과 박사
현재 : 한양대학교

정보통신대학원 겸임교수

<관심분야> RFID, RF통신

박 면 규(Kyu-Myun Park)



1989년 2월 : 동국대학교 전기
공학과 졸업
2002년 2월 : (주) 포스코 근무
2004년 2월 : 광운대학교 제어
계측공학과 석사
현재 : (주) 포스코 근무

2004년 6월 :철도 신호 기술사

<관심분야> RFID, RF통신, 철도신호 시스템

신 석 균(Seok-Kyun Shin)



1996년 2월 : 광운대학교 제어
계측공학과 졸업
1999년 2월 : 광운대학교 제어
계측공학과 석사
2002년 6월 : 광운대학교 제어
계측공학과 박사수료
현재 : 마이크로트랙

RF사업부 팀장

<관심분야> 결합허용 시스템, RF통신

이 기 서(Key-Seo Lee)

정회원

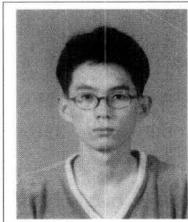


1977년 2월 : 연세대학교
전기공학과 졸업
1979년 2월 : 연세대학교
전기공학과 석사
1986년 2월 : 연세대학교
전기공학과 박사
현재 : 광운대학교

정보제어공학과 교수

<관심분야> RFID, 결합허용시스템, 철도신호 시스템

이 재 호(Jae-Ho Lee)



1996년 2월 : 전자계산학독학사
1999년 2월 : 광운대학교 제어
계측공학과 석사
2002년 2월 : 광운대학교 제어
계측공학과 박사수료
현재 : 마이크로트랙

소프트웨어 팀장

<관심분야> 객체지향기법, RFID