

무선인식 시스템에서의 알로하 기법과 슬롯-알로하 기법의 데이터 처리량에 관한 연구

A Study on the Data Throughput of ALOHA and Slotted-ALOHA Method in an RFID System

윤상문* 이기서**
Yun, Shang-Moon Lee, Key-Seo

ABSTRACT

This paper proposed to compare and analyze the data throughput of ALOHA and Slotted-ALOHA method which were used to the communication of satellites in an early stage and apply to the data throughput of a transponder in an RFID system. The ALOHA method is the operation priority to a transponder but the Slotted ALOHA method is the operation priority to an reader in an RFID system. Because ALOHA method transmits the data to an reader as a authority of a transponder at random time when generating collisions, therefore, it seems reasonable to conclude that ALOHA method is inefficient for the data throughput and the efficiency of collision interval than Slotted-ALOHA method that synchronizes and controls the transponder in an reader.

1. 서론

산업화 초기에 차량, 철도, 물류관리 등 제 인식분야에서 물체에 대한 인식은 사람의 인지 능력에 의해서 이루어졌으나 수작업으로 인한 여러 가지 오류나 착오로 인해 비효율적인 문제점이 많이 발생하였다. 이후 물류관리의 효율성을 크게 제고할 수 있는 바코드가 등장하였으나 바코드도 산업발달의 속도를 수용하기에는 여러 방면으로 문제점이 야기 되었다. 이에 선진 외국에서는 이 인식 시스템을 무선으로 개발하여 철도 및 물류관리, 버스카드, 보안시스템 등 다방면에 응용하여 운용하는 추세이다. 즉, 특정 물체에 고유ID를 주어 그 데이터를 무선 주파수를 통해 리더로 읽고 쓰는 것이다. 이것이 무선인식(RFID : Radio Frequency Identification) 시스템이다.

이 무선인식 시스템은 근거리 비접촉 인식 시스템으로써 리더(reader)와 인식물체가 접촉하지 않아도 되는 장점이 있고 무선주파수를 이용하기 때문에 인식 속도가 빠르며 인식물체의 인식 면이 외부로 노출되어 있지 않아 큰 충격이 아니면 반영구적으로 사용할 수 있는 장점이 있다. 이러한 이유로 인식 시스템은 급속도로 발전하여 초소형, 초경량의 인식 시스템을 개발하였으나 다량의 트랜스폰더(transponder)를 인식하는 다인식(Multiple Objects Identification) 분야는 데이터 충돌(Data Collision)로 인한 여러 가지 문제점이 있는 상황이다. 이에 본 논문에서는 초기 위성통신에서 사용하는 알로하 기법(Aloha Method)과 슬롯-알로하 기법(Slot-Aloha Method)을 이용하여 다량의 트랜스폰더 인식시 각각의 트랜스폰더와 리더 사이의 데이터 처리량이 어떻게 변하는지 매트랩(MatLab)을 이용해 시뮬레이션 하여 비교 분석 하였다.

* 광운대학교대학원, 석사과정, 비회원

** 광운대학교대학원, 정교수, 정회원

2. 무선인식 시스템

무선인식 시스템은 크게 리더와 트랜스폰더, 안테나로 구분할 수 있다. 수동형 RFID System의 경우 리더가 자계H를 발산하여 인식영역을 만들고 트랜스폰더가 이 영역에 접근하면 이 자계의 힘으로 트랜스폰더가 구동하게 된다. 이는 코일과 코일 사이의 유도 전압으로 인해 트랜스폰더가 구동될 수 있는 전류원을 만드는 것이다. 그림 1.은 무선인식 시스템의 전체 블록도이다.

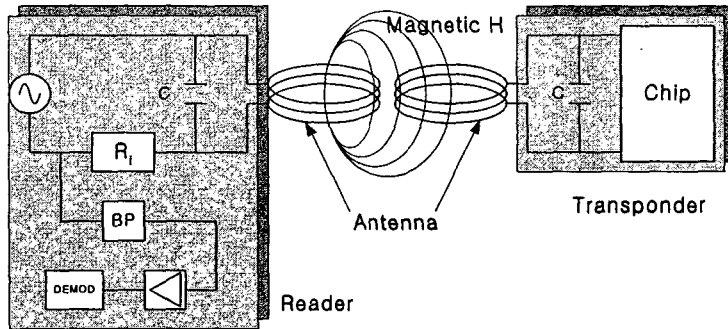
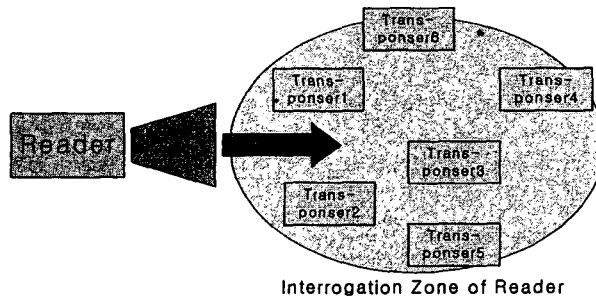


그림 1. 무선인식 시스템 블록도

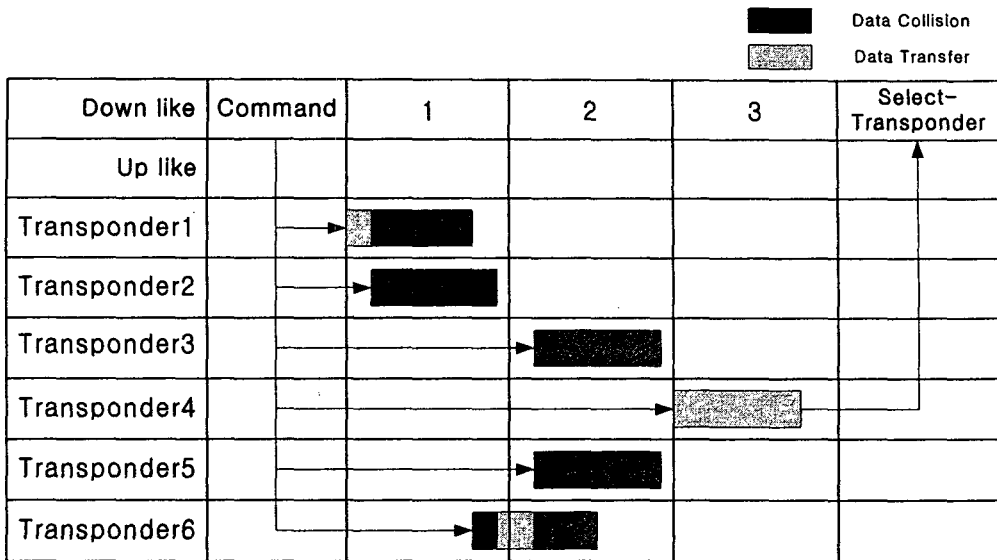
3. 데이터 충돌

리더의 인식영역 내에 단일 트랜스폰더의 접근은 데이터 전송에 큰 문제가 없다. 그러나 다수의 트랜스폰더가 접근하게 되면 인식영역 내의 트랜스폰더들은 일제히 리더로 각자의 데이터를 전송할 것이다. 다행히 단일 트랜스폰더의 데이터 전송에 필요한 시간만큼 충분한 시간 간격으로 트랜스폰더들이 접근한다면 데이터 전송이 문제가 없으나 다수의 트랜스폰더가 그 시간 간격을 무시하고 무작위로 접근한다면 리더로 전송되어지는 트랜스폰더의 데이터 간에 충돌이 발생할 것이다.

그림 2.의 (a)를 보면 리더의 인식 영역에 다수의 트랜스폰더가 접근하여 리더로부터 일제히 Command 명령을 받은 트랜스폰더들은 그림 2. (b)와 같이 데이터 간에 충돌이 생기게 된다. 그림 2. (b)에서는 트랜스폰더4만 정상적인 동작을 하고 나머지 트랜스폰더는 데이터 간에 충돌이 발생한 블록도이다.



(a) 리더의 인식영역에 다수의 트랜스폰더



(b) 데이터 충돌

그림 2. 리더의 인식 영역에 다수의 트랜스폰더가 접근하여 충돌 발생

4. 알로하 기법

다중 통신의 가장 단순한 형태로 알로하를 꼽을 수 있다. 알로하는 1970년대 하와이에서 데이터 전송을 위한 무선 네트워크를 개발하던 중 그 이름에서 유래됐다. 알로하 시스템의 기본적인 개념은 매우 간단하다. 사용자들이 데이터를 보내고 싶을 때 보내도록 하는 것이다. 물론, 그렇게 하면 데이터 간에 충돌이 발생 할 수 있을 것이다. 그러나 방송의 피드백 능력으로 인하여 사용자는 채널을 보고 자신이 보낸 데이터의 손상 여부를 항상 확인 할 수 있고, 다른 사용자 또한 그렇게 하여 자신의 데이터의 손상 유무를 확인 할 수 있다. 데이터의 손상을 확인한 사용자는 임의의 시간 후 다시 데이터를 재 전송하게 된다. 여기서 재 전송하는 시간은 반드시 임의적이어야 한다. 그렇지 않으면 데이터의 전송시 또다시 데이터가 충돌하게 될 가능성이 높아진다. 즉 알로하 기법은 트랜스폰더 운영의 확률론적 시간영역 다중 접근(TDMA : Time Domain Multiple Access) 기법 이다.

4.1 알로하 기법의 매트랩을 이용한 분석

문제의 해결에 앞서 먼저 몇 가지 가정이 필요하다. 첫째로, 본 논문에서는 트랜스폰더가 오직 읽기 모드로만 동작한다고 생각한다. 둘째, 트랜스폰더는 아주 적은 데이터양(고유ID)을 전송한다. 이 데이터들은 어느 한 주기에 리더로 보내어지며, 여기서 데이터 전송 시간은 반복 시간의 어느 한 부분을 나타낸다. 그러므로 데이터 전송에 있어서 상대적으로 데이터가 전송되지 않는 시간이 길다. 더욱이 개개의 트랜스폰더에 있어서 반복해서 데이터를 재전송하는 시간이 약간씩 다르다. 그러므로 2개 이상의 트랜스폰더들이 데이터 패킷을 충돌하지 않고 전송할 수 있는 어떤 확률이 생긴다.

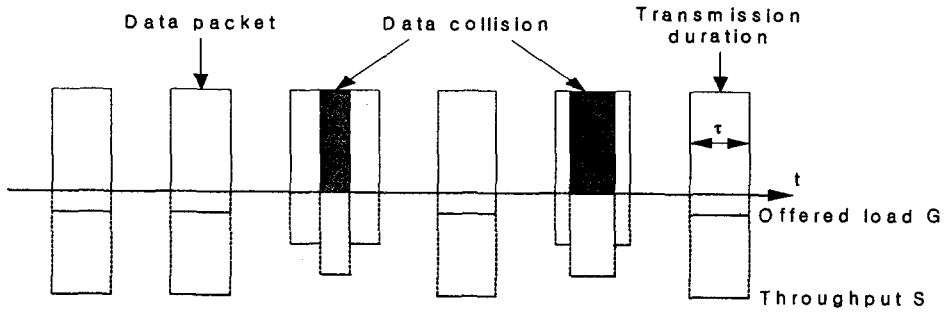


그림 3. Offered load G와 데이터 처리량 S

그림 3은 알로하 시스템에서 데이터 전송의 시간 순서를 나타낸 것이다. 여기서 offered load G는 시간 t_0 에 어떤 한 점에서 동시에 데이터를 전송하는 트랜스폰더들의 숫자에 대응한다. 평균 offered load G는 관찰주기 T에서의 평균이고, 한 데이터 패킷의 전송시간 τ 로부터 계산할 수 있다.

$$G = \sum_{n=1}^N \frac{\tau_n}{T} \cdot r_n \quad (1)$$

식(1)에서 n은 트랜스폰더의 수이고, r은 트랜스폰더에 의해 전송되는 데이터 패킷의 숫자이다.

여기서 offered load G로부터 한 채널당 처리량 S를 구할 수 있는 식(2)를 얻을 수 있다. 처리량 S는 데이터가 전송 되는 기간동안 1이고 다른 모든 경우는 0이다. 왜냐하면 데이터가 전송되지 않았거나 충돌 때문에 데이터가 전송 되어지지 않아도 데이터는 손실이기 때문이다.

$$S = G \cdot e^{-2G} \quad (2)$$

표 1. 알로하 기법 매트랩 소스

```
clear all
close all
% Theoretical result
g=[1:450]/100;
s=g.*exp(-2*g);
figure(1)
plot(g,s)
title('ALOHA and Slotted-ALOHA ')
xlabel('Offered Lode G')
ylabel('Throughput')
```

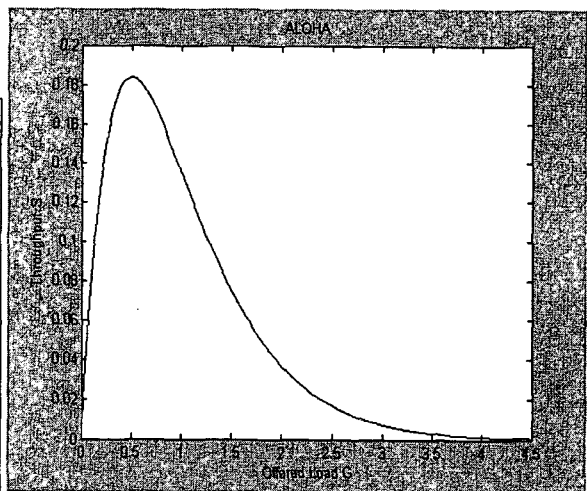


그림 4. 알로하 기법의 데이터 처리량

그림 4.는 표 1.의 매트랩 소스 파일을 시뮬레이션 한 결과이다. 그림 4.에서 보듯이 알로하 기법은 G=0.5에서 18.4%의 최대값을 갖는다. 이는 약 80%의 비효율성을 의미하게 된다.

4.2 슬롯-알로하 기법의 매트랩을 이용한 분석

슬롯-알로하 기법은 알로하 기법과 달리 트랜스폰더들이 어떤 정의된 곳에서 데이터를 전송할지 모르므로 이것을 방지하기 위해 모든 트랜스폰더의 동기화는 반드시 리더에 의해 제어 되어야 한다. 그러므로 이는 리더 운영의 확률론적 시간영역 다중 접근 기법에 속한다.

알로하 기법에서 리더로 전송되어지는 데이터 패킷의 크기가 같다고 가정하고 즉, 리더로 전송되어지는 패킷의 크기가 같다면, 만약 2개의 트랜스폰더들이 시간 간격 $T \leq 2\tau$ 안에 리더에게 데이터 전송을 원한다면 알로하 기법에서는 충돌이 발생할 것이다. 그러나 슬롯-알로하에서는 데이터 패킷들을 동기화하여 일정 시간 간격 후에 데이터를 전송하기 때문에 충돌 간격은 $T = \tau$ 로 감소한다. 그러므로 식(3)과 같이 알로하 기법보다 슬롯-알로하 기법의 충돌 간격이 줄어드는 것을 알 수 있다.

$$S = G \cdot e^{-G} \quad (3)$$

표 2. 슬롯-알로하 기법 매트랩 소스

```
clear all
close all
% Theoretical result
g=[1:450]/100;
s=g.*exp(-g);
figure(2)
plot(g,s)
title('Slotted-ALOHA')
xlabel('Offered Load G')
ylabel('Throughput S')
```

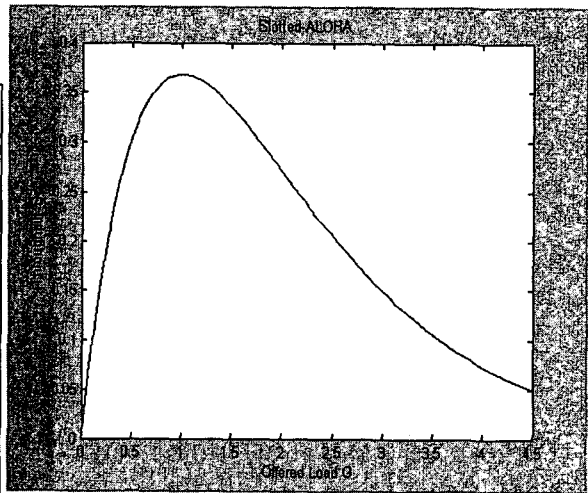


그림 5. 슬롯-알로하 기법의 데이터 처리량

그림 5.는 표 2.의 매트랩 소스 파일을 시뮬레이션 한 결과이다. 그림 5.에서 보듯이 슬롯-알로하 기법은 G=1에서 36.8%의 최대값을 갖는다. 그림 5.의 알로하 기법은 약 80%의 비효율성을 가지는 반면에 그림 6.의 슬롯-알로하 기법은 약 60%로 효율성 면에서 매우 우수한 것을 알 수 있다.

4.3 알로하 기법과 슬롯-알로하 기법의 데이터 처리량 비교

그림 7.은 표 3.의 매트랩 소스를 시뮬레이션 한 결과이다. 그림 7.에서 보는 것과 같이 알로하 기법은 슬롯-알로하 기법에 비해 데이터 처리량에서 효율성이 뒤진다.

표 3. 알로하 기법과 슬롯-알로하 기법 매트랩 소스

```
clear all
close all
% Theoretical result
g1=[1:450]/100;
s1=g1.*exp(-2*g1);
s2=g1.*exp(-g1);
figure(1)
plot(g1,s1)
hold on
plot(g1,s2,'r')
hold off
title(' ALOHA and Slotted-ALOHA ')
xlabel(' Offered Load G')
ylabel('Throughput S')
legend(' Aloha','Slotted-ALOHA')
```

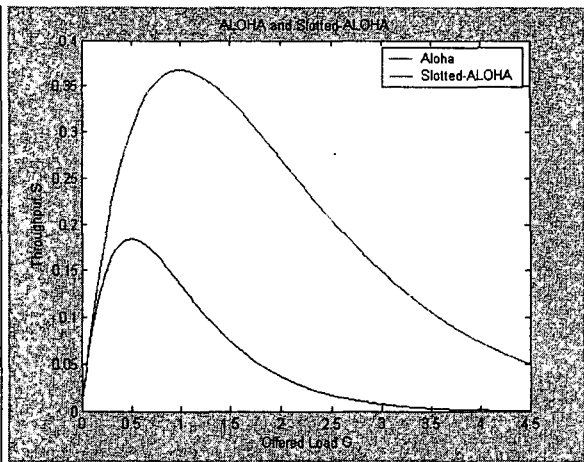


그림 6. 알로하 기법과 슬롯-알로하 기법의 데이터 처리량 비교

5. 결론

지금까지 알로하 기법과 슬롯-알로하 기법을 매트랩을 이용하여 각각의 데이터 처리량을 비교 분석하였다. 일반적으로 다중 통신에 있어 널리 활용되고 있는 알로하 기법은 무선인식 시스템에서도 데이터의 충돌방지의 이유로 활용되는 추세인데 표 3의 매트랩 소스를 시뮬레이션한 그림 6.을 보면 알로하 기법보다 슬롯-알로하 기법의 데이터 처리량이 매우 우수하다는 것을 알 수 있다. 이는 앞으로 알로하 기법보다는 슬롯-알로하 기법으로 데이터의 충돌을 방지하는 방향을 제시해주는 결과이다. 이러한 슬롯-알로하 기법을 이용한 무선인식 시스템을 열차 인식 분야나 철도 물류 관리 분야에 적용하여 보다 향상된 인식 시스템을 구축하는 것이 앞으로의 방향이 될 것이다. 또, 시뮬레이션 결과를 토대로 열차 인식이나 철도 물류 관리에 적용하여 시스템을 개발하는 것을 차후 과제로 하겠다.

참고문헌

1. RFID HANDBOOK(1999), WILEY, 미국
2. Computer Networks(1976), Prentice Hall, 미국
3. 무선 전송 제어 시스템(2001), 국제 테크노 정보 연구소
4. Matlab(1998), The Math Works Inc, 미국
5. Multiple Object Identification with Passive RFID Tags(2002), IEEE Harald Vogt, 스위스