

---

# 코디네이터 기반 RFID 리더 충돌 회피 프로토콜

양훈기\*

A Coordinator-based RFID Protocol to Avoid Reader Collision

Hoon-gee Yang\*

---

이 논문은 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학IT연구센터 지원사업(IITA-2009-C1090-0902-0038) 및 2009년도 광운대학교 교내연구비 지원을 받아 연구되었음

---

## 요 약

본 논문은 수동형 RFID 시스템에서 리더 충돌을 회피시킬 수 있는 코디네이터 기반 TDMA 프로토콜을 제시한다. 제시한 프로토콜에서는 코디네이터가 포아송 분포로 네트워크에 참여하는 리더에게 슬롯을 효율적으로 할당하고 관리하여 빈 슬롯 발생을 최소화하며 프레임 크기 제한을 통해서 네트워크에 참여하는 리더의 대기 시간을 줄일 수 있다. 제안된 프로토콜은 이동식 및 고정형 RFID 네트워크 형태로 구현이 가능하며 이를 위한 프레임 및 슬롯 구조를 제시한다. 모의실험을 통해서 제시한 프로토콜이 성공적으로 동작하며 특히 프레임 크기의 한계 값과 네트워크에 참여하는 리더의 통계적 분포가 총 슬롯 및 리더의 평균대기 시간에 결정적인 역할을 함을 보인다.

## ABSTRACT

This paper presents a coordinator-based TDMA reader protocol that can avoid the reader collision in a passive RFID system. In the proposed protocol, the coordinator can not only minimize the number of empty slots by efficiently allocating slots to readers incoming in Poisson distribution, but reduce latency time through the limited frame size. The proposed protocol can be implemented in either mobile or fixed mode through the slot structure to be described in the context. The simulation results show it works as suggested and the frame size limitation as well as the statistical distribution of incoming readers has a great impact on the overall slots and the average latency time.

## 키워드

코디네이터, RFID, 리더, 프로토콜, 충돌, 네트워크, 슬롯

## Key word

Coordinator, RFID, Reader, Protocol, Collision, Network, Slot

## I. 서론

RFID(Radio Frequency Identification)는 모든 사물에 전자태그를 부착하고 무선 통신 기술을 이용하여 사물의 정보 및 주변 상황정보를 감지하는 인식 기술로서 900MHz를 사용하는 수동형 RFID 시스템은 전파 특성이 우수해서 수 미터 떨어져 있는 다량의 태그를 읽는데 많이 활용된다.[1]

리더 충돌은 크게 리더 간 간섭(Reader to Reader Interference)과 다중 리더에 의한 태그 간섭(Multiple Reader to Tag Interference)으로 나뉜다. 주파수 planning을 이용하여 리더 간 간섭을 완화하는 Gen2 프로토콜 dense 모드가 제안되었다.[2] 또한 간섭 확률 개념을 이용해서 작업공간에서 리더 간 최소 이격 거리 및 리더 배치 알고리즘에 대한 연구가 발표되었다.[3] 유럽 ETSI에서는 LBT(listen before talk) 방식을 적용해서 리더 간 간섭을 완화시키는 리더 프로토콜을 제안하였다.[4][5]

하지만 제시된 방법들은 리더 간 간섭을 완화시키는 데 도움을 주지만 기본적으로 다중 리더에 의한 태그 간섭을 해결할 수는 없다. 다중 리더에 의한 태그 간섭을 완화시키기 위해서 DCS, Colorwave 방법 등 리더 간 동기를 맞추어 TDMA를 적용시키는 방법들이 발표되었다.[6]

DCS 방식은 프레임 크기가 모든 리더마다 동일해서 프레임 크기와 참여중인 리더 개수간의 차이가 클수록 성능이 떨어진다. 이를 개선한 Colorwave 방식은 태그에서 발생한 태그 충돌을 태그 도움 없이 리더가 감지할 수 있다는 가정에서 출발하지만 이것이 가능하게 되기에는 또 다른 복잡한 프로토콜이 추가되어야 할 것이다.[7]

Colorwave 등 태그에서의 충돌을 감지하기 위해서 또 다른 control 채널을 추가하여 리더 간 통신을 하도록 하는 pulse 프로토콜 방법이 최근 발표되었다.[8]

본 논문에서는 Colorwave 방식과 유사하게 TDMA 기반으로 동작하면서도 리더 충돌에 의해서 빈 슬롯이 발생하는 상황을 사전에 방지하여 throughput을 극대화할 수 있는 방법을 제안한다. 2절에서는 제안된 시스템을 운용할 수 있는 두 가지 구조에 기반해서 각 구조가 동작할 수 있는 프레임 구조를 제시하며 3절에서는 제안

시스템의 성능 검증을 위해서 다양한 조건에서의 시뮬레이션 결과를 보이며 4절에서 결론을 맺는다.

## II. 본론

### 2.1 제안된 시스템

그림 1은 본 논문에서 제안하는 수동형 RFID 리더 환경이다. 각각의 리더는 주변의 태그 정보를 읽고 있으며 리더간 거리는 리더가 태그를 읽을 때 간섭을 일으킬 정도의 거리라 가정한다. 실제로 수동형 RFID 리더의 송신출력은 수백 미터까지 영향을 줄 수 있다. 리더들은 동일한 주파수를 사용하므로 두개 이상의 리더가 동일한 시간에 주변 태그에게 송신을 하면 리더 충돌이 일어난다. 본 논문에서 제안하는 시스템에서는 하나의 리더가 리더들의 채널 액세스를 컨트롤 하는 코디네이터 역할을 한다. 코디네이터 및 일반 리더들은 TDMA 기반으로 동작하므로 코디네이터 및 일반 리더는 시간 동기가 맞아야 하며 이 절차는 본 절의 '1) 프레임/슬롯 동기 절차' 부분에서 다시 설명한다.

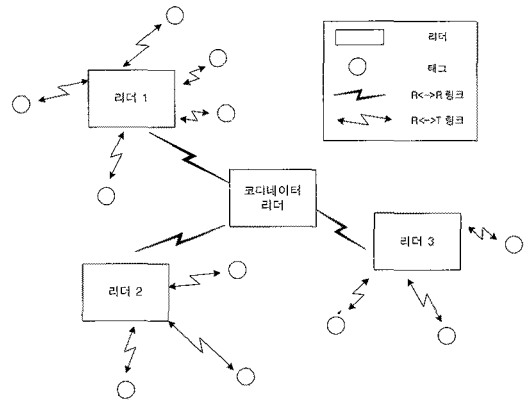


그림 1. 코디네이터 기반 RFID 환경  
Fig. 1 Coordinator Based RFID Environment

그림 2는 제안 시스템의 프레임 구조이다. 각각의 프레임은 슬롯으로 구성되어 있으며 각 슬롯이 각각의 리더에 1:1로 할당되어 두개 이상의 리더가 동시에 동작하는 일이 없도록 해야 한다. 그러므로 리더 충돌 회피를 위해서 하나의 슬롯은 리더가 태그를 읽는 리더-태그

(R<->T) 통신 구간 외에 코디네이터와 일반 리더 간에 신호를 주고받는 리더-리더 (R<->R) 통신 구간이 있어야 한다.

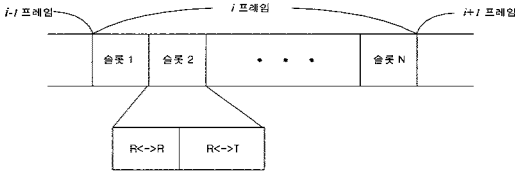


그림 2. 프레임 구조  
Fig. 2. Frame Structure

제안된 RFID 시스템을 구성하는 방법으로는 코디네이터가 코디네이터 역할을 하면서 태그를 읽는 자신의 일을 동시에 하다가 작업을 마치면 코디네이터 역할을 다른 리더에게 인계할 수 있는 이동식 코디네이터 형태와 작업 공간에 전용 코디네이터를 두어 리더 충돌 중재를 할 수 있는 고정형 코디네이터 형태로 구성할 수 있다.

### 2.2 이동식 시스템

코디네이터는 태그 읽기를 마치면 네트워크에 참여하고 있는 일반 리더 중 적당한 리더에게 코디네이터 역할을 인계하고 언제든지 탈퇴할 수 있어야 한다. 그러므로 코디네이터는 본 절에서 설명하는 몇 가지 동작을 위한 절차를 가지고 있어야 한다.

#### 1) 프레임 / 슬롯 동기 절차

본 논문에서 제안된 시스템은 이동식이건 고정형이건 동기 시스템이므로 코디네이터가 동기 신호를 보내야 한다. 그림 3 (a)는 코디네이터의 슬롯 구조이다. 코디네이터는 네트워크에 참여하는 리더들의 슬롯 동기를 위해 슬롯의 시작점에 특정한 비트 패턴을 가진 Slot\_Sync(슬롯 동기 신호)와 Curr\_Slot\_Num(현재 슬롯 번호)를 주기적으로 전송해 주어야 한다.

Curr\_Slot\_Num은 한 프레임 내에서 지금 진행 중인 슬롯의 일련번호로 1부터 시작하여 계속 증가해서 프레임이 끝나면 다시 1로 돌아가는 것을 반복한다. 프레임의 크기는 현재 네트워크에 참여하고 있는 리더의 수 및 리더가 탈퇴하여 비게 된 빈 슬롯수의 합이다. Curr\_

Slot\_Num 값을 보면 프레임의 시작점을 알 수 있으나 슬롯 동기의 정확도 및 타이밍을 위해 프레임 동기를 추가 하여도 좋다.

- ▼ : 코디네이터에서 일반리더 방향
- ▲ : 일반리더에서 코디네이터 방향

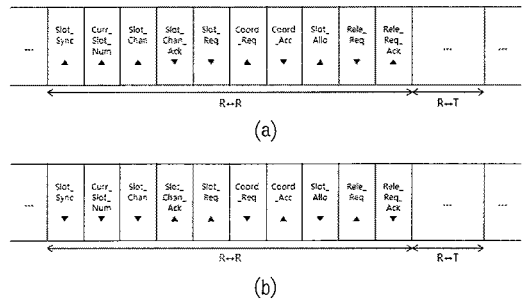


그림 3. 이동식 시스템 슬롯 구조  
(a) 코디네이터의 슬롯 구조  
(b) 일반 리더의 슬롯 구조

Fig. 3. Slot structure of distributed system.  
(a) Coordinator slot structure  
(b) Slot structure of general readers

#### 2) 슬롯 요청 / 할당 절차

네트워크에 참여하기를 원하는 리더들은 Slot\_Sync를 감지하여 동기를 맞춘 후에 슬롯 요청 구간에서 Slot\_Req(슬롯 요청)을 코디네이터에게 보낸다. 슬롯 요청을 하는 리더는 자신의 ID 정보를 포함시켜서 Slot\_Allo(슬롯 할당) 신호를 받을 때 자신의 요청에 대한 응답인지 판별 할 수 있어야 한다. 슬롯 요청을 한 리더는 Slot\_Allo를 받을 때 까지 기다려야 하며 코디네이터는 슬롯 요청을 받은 후 Slot\_Allo 구간에서 슬롯 요청한 리더에게 할당 정보를 알려주어야 한다.

슬롯 요청부터 슬롯 할당까지 받는 데 걸리는 시간은 코디네이터의 처리 시간에 좌우되며 슬롯을 할당받은 리더는 다음 프레임부터 네트워크에 참여하게 된다. 만약 한 개 이상의 리더가 동일시간에 Slot\_Req 신호를 보내는 경우는 충돌이 일어나서 주어진 시간 내에 Slot\_Allo를 받지 못하게 되며 이 경우는 랜덤한 슬롯 시간이 지난 후에 Slot\_Req 구간에 재요청해야 한다.

만약 네트워크에 참여하는 리더의 수가 많으면 참여 중인 리더가 자신의 슬롯에서 채널 액세스를 하고 난 후 다음 슬롯이 돌아올 때까지 기다리는 시간이 길어질 수

있으므로 프레임 크기에 제한을 둘 수 있다. 즉 프레임 크기를 초과한 경우, 새로이 참여를 희망하는 리더가 있을 때는 코디네이터는 Slot\_Allo 대신 프레임 내 슬롯이 다 채워졌으므로 나중에 다시 시도하라는 Slot\_Full을 준다.

일반 리더가 태그 읽는 과정을 마치면 네트워크에서 탈퇴하기 위해 코디네이터에게 Rele\_Req(탈퇴요청)를 보내 탈퇴를 통보한다. 일반 리더가 Rele\_Req를 보내면 코디네이터에게서 Rele\_Req\_Ack(탈퇴요청 인지)를 받게 되면 탈퇴를 할 수 있게 된다.

그림 4는 한 프레임 내에서 슬롯 요청/할당/탈퇴 과정에 대한 타이밍도이다. 1, 2, 3은 Slot\_Req을 보낸 3개의 리더이고 여기에 대해 ①, ②, ③은 각각의 리더에게 코디네이터가 Slot\_Allo을 보낸 것을 나타낸다.

i번째 프레임 구간에서 3개의 리더가 Slot\_Req을 하였고 이에 대해 코디네이터는 ①, ②, ③ 순간에 Slot\_Allo을 하였다. 슬롯 할당을 받은 리더는 i+1번째 프레임부터 할당 받은 슬롯을 사용하여 태그를 읽는다. 리더3은 i+1번째 프레임에서 Slot\_Allo을 받게 되므로 i+2번째 프레임부터 새롭게 할당 받은 슬롯을 사용해서 태그를 읽는다. 그림 4에서는 i번째 프레임에서 a, b 두 개의 리더가 Rele\_Req 신호를 보냈다. 탈퇴 요청에 대해서 각각 ④, ⑤순간에 코디네이터 리더는 Rele\_Req\_Ack를 보내주어 탈퇴를 인지하게 된다. 그림 4에서처럼 ③순간이 리더1이 슬롯 요청 순간보다 먼저 발생했다면 코디네이터는 리더a가 사용했던 슬롯이 비어 있는 것을 알고 있으므로 리더1의 요청 시 리더a가 사용했던 슬롯을 할당 할 수 있다.

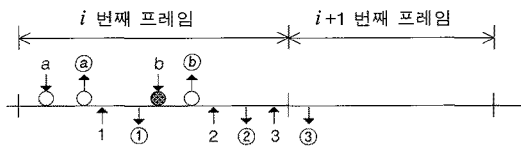


그림 4. 슬롯 요청 할당 예  
Fig. 4. A scenario of slot request / allocation

마찬가지로 리더2에게는 리더b가 사용했던 슬롯을 할당 할 수 있다. 리더3의 경우 더 이상 빈 슬롯이 프레임 내에 있지 않다면 i번째 프레임의 마지막 슬롯 번호 보다 하나 큰 슬롯 번호를 할당한다. 그림 5는 슬롯 요청/할당

절차를 설명하는 순서도이다.

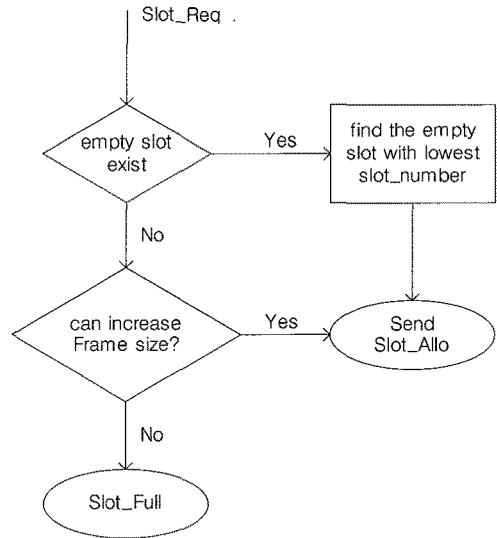


그림 5. 슬롯 요청 / 할당 순서도  
Fig. 5. Flowchart of slot request / allocation

### 3) 프레임 축소 절차

코디네이터는 현재 프레임 내에서 탈퇴된 빈 슬롯 번호 뿐만 아니라 빈 슬롯 개수를 계속 업데이트 하고 있으며 빈 슬롯 개수가 많아지면 Throughput 및 채널 효율이 떨어지므로 빈 슬롯 개수에 대한 최대 허용 값,  $N_{max}$ 를 두어 빈 슬롯 개수가 한계 값을 넘으면 코디네이터는 빈 슬롯 개수를 줄이는 명령을 실행하도록 한다. 다음은 코디네이터와 프레임 내에서 가장 오른쪽의 슬롯을 사용하는 리더, 즉 슬롯 번호가 가장 큰 슬롯을 사용하는 리더(그림 6에서 편의상 리더 A라 명명했음)간의 통신에 의해 프레임 크기를 줄이는 절차다.

A 리더는 코디네이터로부터 Curr\_Slot\_Num(현재 슬롯번호) 및 자기의 사용슬롯 번호를 비교하면서 자신이 프레임의 마지막 슬롯을 사용하는 것을 확인한 후 코디네이터로부터 슬롯변경요청(Slot\_Change)을 대기한다. 빈 슬롯 개수가  $N_{max}$ 를 초과한 경우 코디네이터는 Slot\_Change을 전체 리더에게 보낸다. 이때 A리더는 Slot\_Change\_Ack로 응답하며 여기에 대해 코디네이터는 A 리더에게 이동할 슬롯번호(Chan\_Slot\_Num)를 보낸다. 이에 대해 A 리더는 Chan\_Slot\_Ack를 보내고 새로운 프

프레임이 시작할 때 *Chan\_Slot\_Num*에서 지시한 슬롯을 사용해서 태그를 읽는다.

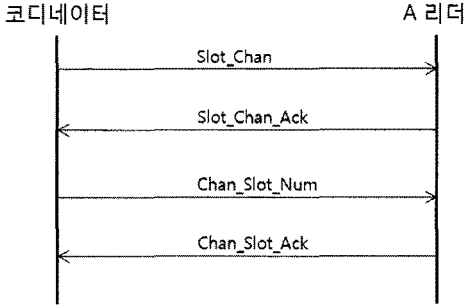


그림 6. 프레임 크기 축소절차  
Fig. 6. Procedure to decrease frame size

*Chan\_Slot\_Num*는 가능한 한 작은 슬롯번호를 택해서 빈 슬롯들이 프레임 오른쪽으로 모이게 한다. 새로운 프레임이 시작할 때는 사용 중인 슬롯 중 프레임 가장 오른쪽에 있는 슬롯 즉 가장 큰 슬롯번호를 갖는 슬롯 오른쪽에 있는 빈 슬롯들은 삭제되어 프레임 크기가 축소되므로 채널 낭비를 줄인다.

프레임 축소는 매 프레임 마다 반복해서  $N_{min}$  이하까지 빈 슬롯 개수가 줄어들면 중단한다.

#### 4) 코디네이터 변경

이동식 시스템에서는 코디네이터도 일반 리더처럼 자기에게 주어진 일을 마치면 네트워크에서 자유롭게 탈퇴할 수 있어야 한다. 이를 위해서 코디네이터는 일반 리더들 가운데 코디네이터 역할을 하기에 최적의 일반 리더 후보리스트를 가지고 있어야 한다. 코디네이터가 변경된 경우에도 새로운 코디네이터가 후보 리스트를 가질 수 있도록 후보리스트는 최소 2개 이상이 되도록 해야 하며 다음과 같은 알고리즘을 통해서 후보군을 선정한다. 즉 코디네이터가 네트워크에 참여하고자 하는 리더의 슬롯 요청을 받을 때 참여 리더의 부하 정보, 즉 일을 마치는데 필요한 슬롯 개수 정보를 받게 하여 가장 부하가 큰 리더를 코디네이터 후보군으로 선정한다. 이렇게 하는 이유는 부하가 큰 리더가 일반적으로 네트워크에 더 머무를 것이기 때문이다. 또한 매 프레임이 지날 때 마다 후보 리더도 태그 정보를 읽을 것이므로 부하량을 프레임 끝날 때 마다 하나씩 줄여야 하며 새로 슬롯

요청을 한 리더가 있는 경우 새로 참여하는 리더의 부하와 후보군 리더의 부하를 비교해서 더 큰 부하를 갖는 리더를 후보군으로 업데이트 시켜야 한다.

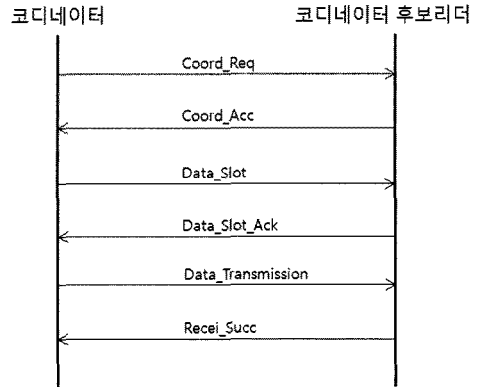


그림 7. 코디네이터 변경 절차  
Fig. 7. Procedure to switch coordinators

코디네이터 리더가 탈퇴를 하고자 할 때는 *Coord\_Req*(코디네이터 요청)을 최상위 후보 리더에게 보내며 최상위 후보 리더는 *Coord\_Ack*(코디네이터 수락)을 보내어 코디네이터 수락을 한다. 코디네이터는 역할을 수락한 코디네이터 후보 리더에게 코디네이터가 가지고 있어야 할 정보를 전달해야 한다. 이 정보에는 프레임내의 슬롯 개수, 빈 슬롯 번호, 코디네이터 후보 정보 등이다. 이 정보들은  $R \leftrightarrow R$  구간의 슬롯을 통해서 보내기에는 정보량이 크므로  $R \leftrightarrow T$  구간을 활용할 수 있다. 이에 대한 절차를 도식화하면 그림 7과 같다.

*Data\_Slot*은 코디네이터 정보를 전달할 슬롯번호를 전송하는 단계로서 *Coord\_Req*를 전송하는 채널을 통해서 전송한다. 마찬가지로 후보 코디네이터는 *Coord\_Ack*를 전송하는 채널을 통해서 *Data\_Slot\_Ack*를 전송하여 슬롯번호에 대해 인지했음을 알린다. *Data\_Trans*은 *Data\_Slot*에서 전달한 슬롯의  $R \leftrightarrow T$  구간에서 정보를 전송하는 단계이고 *Recei\_Succ*은 정보오류 검사 후 성공적으로 수신한 것을 알리는 단계이다. *Recei\_Succ*은 *Coord\_Ack*를 보내는 채널을 이용한다. 이 일련의 과정을 마치면 새로운 프레임 시작부터는 새로운 코디네이터가 코디네이터 역할을 수행한다.

### 2.3 고정형 코디네이터 리더 시스템

작업 공간이 늘고 고정되어 있거나 코디네이터 리더의 잦은 교체가 효율을 떨어뜨린다면 고정된 위치에 전용 코디네이터를 두도록 할 수 있다. 전용 코디네이터는 태그를 읽지는 않고 주변 리더들의 네트워크 참여 및 탈퇴만 조정해주므로 전용 코디네이터 리더 시스템에서의 슬롯 구조는 그림 8과 같이 구성 된다. 코디네이터 리더의 교체가 되지 않기 때문에 기존의 슬롯 구조에서 *Coord\_Reg*, *Coord\_Acc* 등 코디네이터 임무 인계와 관련된 부분만 빼고는 그림 3과 동일하다.

### III. 실험 및 검증

II 절에서 제시한 리더 프로토콜의 성능 검증을 위해서 시뮬레이션을 수행하였다. 총 500개의 리더가 1~5개의 슬롯이 필요한 일의 양을 가지고 있으며 포아송 분포로 네트워크에 참여 요청한다고 가정하였다. 그러므로 슬롯요청을 하는 인접한 리더들 사이의 시간을 나타내는 랜덤변수  $X$ 는 exponential 분포를 가진다.

- ▼ : 코디네이터에서 일반리더 방향
- ▲ : 일반리더에서 코디네이터 방향

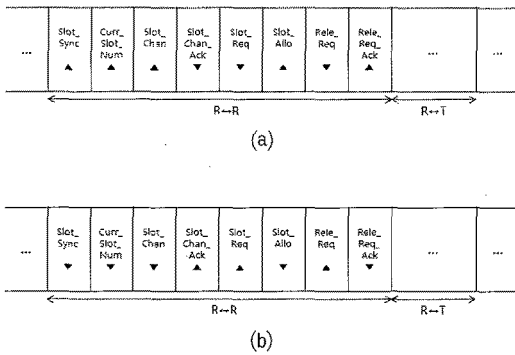


그림 8. 고정형 시스템 슬롯구조  
 (a) 코디네이터의 슬롯 구조  
 (b) 일반 리더의 슬롯 구조  
 Fig. 8. Slot structure of fixed system  
 (a) Coordinator slot structure  
 (b) Slot structure of general readers

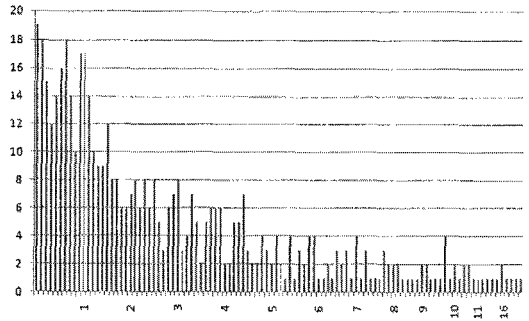


그림 9  $X$ 의 뜻수 분포표  
 Fig. 9. Frequency Distribution of  $X$

$X$ 의 평균을 슬롯 간격의 2배, 3배, 4배로 변화시키면서 제안된 이동식 프로토콜에 대해 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 9는  $X$ 의 평균이 2일 때, 즉  $\bar{X}=2$ 에서의  $X$ 의 분포를 나타낸다. 여기서 가로축은  $X$ 의 뜻수이고 세로축은 빈도로서 예를 들어 (슬롯간격) \* 3 간격으로 슬롯 요청한 리더는 500개 중 8개가 있음을 나타낸다.

그림 10은 리더의 진입 순서에 따라 리더별로 슬롯 할당을 받기까지의 대기 시간을 나타낸다. 가로축은 네트워크에 진입하여 슬롯을 요청하는 리더의 순서이고 세로축은 해당 리더가 슬롯을 요청하고 할당받기까지 걸린 대기 시간으로서 중반에 진입하는 리더들의 대기 시간이 상대적으로 크다는 것을 나타낸다.

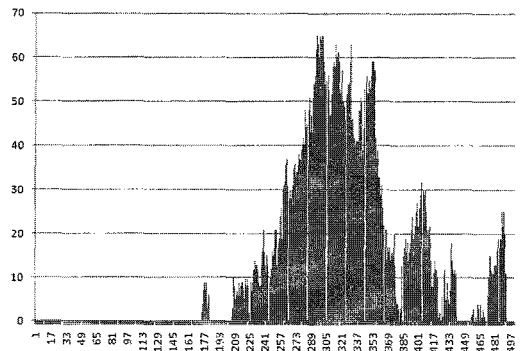


그림 10 리더별 대기 시간  
 Fig. 10 Latency time for each reader

표 1. 프레임 크기 제한 : 10  
Table 1. Framesize limitation by 10

빈 슬롯	총 슬롯	슬롯효율	시간대기
8	1591	99.50	10.73
0	1622	100.00	61.14
8	1651	99.52	136.59
4	1533	99.74	36.34
8	1626	99.51	73.95
1	1544	99.94	34.70
5	1562	99.68	30.16
5	1687	99.70	48.74
5	1537	99.67	23.11
3	1659	99.82	59.79
4.7	1601.2	99.71	51.53

표 1, 표 2는 프레임크기 임계값을 10, 20개로 각각 정하고  $\bar{X} = 3$ 인 경우에 대해서 이동식 프로토콜을 적용시킨 예이다. 프레임 크기가 10으로 제한되어 있을 때 리더 평균대기 시간이 52였고 총 슬롯은 1601 개 필요했다.

즉 500개의 리더가 네트워크에서 슬롯요청을 하여도 평균적으로 52 \* (슬롯시간) 정도 기다려서 슬롯을 배정 받았고 500개의 리더가 일을 모두 마치는데 1601개의 슬롯 시간이 필요했다.

표 2. 프레임 크기 제한 : 20  
Table 2. Framesize limitation by 20

빈 슬롯	총 슬롯	슬롯효율	시간대기
50	1667	97.00	1.77
29	1542	98.12	9.26
29	1556	98.14	17.30
45	1507	97.02	3.80
43	1606	97.32	8.69
21	1572	98.66	39.41
28	1580	98.23	1.65
30	1667	98.20	4.75
15	1596	99.06	29.87
31	1648	98.12	16.13
32.1	1594.1	97.99	13.26

표 3. 프레임 크기 제한 : 20 ( $\bar{X} = 4$ )  
Table 3. Framesize limitation by 20 ( $\bar{X} = 4$ )

빈 슬롯	총 슬롯	슬롯효율	시간대기
14	2033	99.31	1
15	1942	99.23	1
8	1913	99.58	1
12	1962	99.39	1
9	2062	99.56	1
5	2211	99.77	1
23	2018	98.86	1
4	2102	99.81	1
9	2083	99.57	1
13	1926	99.33	1
11.2	2025.2	99.44	1

프레임 크기를 20으로 늘이면 대기시간은 13 \* (슬롯 시간)으로 줄어든다. 이때 500개 리더가 일을 마치는데 필요한 총 슬롯은 1594개로 프레임크기 10인 경우와 거의 유사했으나 대기시간 면에서는 상대적으로 훨씬 적게 걸렸다.

표 3은 프레임 크기가 20이고  $\bar{X} = 4$ 인 경우의 시뮬레이션 결과이다. 리더 평균대기는 1로서 슬롯 요청 후 다음 슬롯에서 Slot\_Allo를 받았다.

표 2의 경우와 비교하였을 때 리더의 평균대기는 13에서 1로 크게 줄었지만 전체 소요 슬롯이 2025개로 크게 늘어났다. 본문에서 제안한 고정형의 경우는 코디네이터 변경 과정동안 다른 리더가 계속 자기의 일을 진행시키므로 총 슬롯 및 대기 시간은 이동식의 경우와 동일하였다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 수동형 RFID 리더들로 구성된 리더 네트워크 환경에서 리더 간 충돌을 회피 할 수 있는 리더 프로토콜을 제안하였다. 제시된 알고리즘은 코디네이터에 의한 리더들의 동기를 통해서 리더충돌을 회피하는 것으로 특히 빈 슬롯의 개수가 임계값을 넘은 경우 슬롯변경을 통해서 빈 슬롯을 줄이며 또한 슬롯 관리에 의해서 슬롯 할당을 효율적으로 해서 빈 슬롯 개수를 최소화

화 하였다. 제시된 방법이 동작하기 위한 프레임 구조 및 동작 시퀀스를 제시했으며, 시뮬레이션을 통해서 슬롯 요청하는 리더의 통계적 분포가 X의 평균이 3과 4일 때 전체 슬롯이 각각 1594개, 2025개 소요되고 프레임 크기의 제한이 10개, 20개일 때 리더들의 슬롯 할당 시까지의 대기 시간이 52 \* (슬롯시간), 13 \* (슬롯시간) 정도 걸린다는 결과를 얻어 슬롯 요청하는 리더의 통계적 분포 및 프레임 크기의 제한이 네트워크에 참여하는 리더들의 슬롯 할당 시까지의 대기시간 및 전체 소요 슬롯에 영향을 끼침을 보였다.

### 참고문헌

[1] Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook 2nd Edition," Wiley, 2003

[2] EPC Global, "EPC Radio-Frequency identity Protocols class-1 generation-2 UHF RFID protocols for communications at 860MHz~960MHz version 1.0.9," EPC global, 2005

[3] 김영환, 어필선, 양훈기, 박승근, 강봉순, 김영수, 육종관, "몬테카를로(Monte-Carlo) 방법을 적용한 수동형 900MHz 대역의 RFID 간섭 분석," 전자공학회 논문지, 제 43 권 TC 편 제 1 호, January 2006.

[4] ETSI TR 102-313 v1.1.1, "Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Frequency-agile Generic Short Range Devices using Listen-Before- Transmit (LBT)" July 2007.

[5] CEPT Administrations, "Compatibility of planned SRD applications with currently existing Radio-communication applications in the frequency band 863-870MHz (ERC report 37)," ERC within the CEPT, Feb 2004.

[6] J. Waldrop, D. W. Engles, S. E. Sarma, "Colorwave : An Anticollision Algorithm for the Reader Collision Problem," 2003 IEEE International Conf. on Communications, May 2003.

[7] 이수련, 이채우, "RFID 시스템에서의 Enhanced Colorwave 리더 충돌 방지 알고리즘," 전자공학회 논문지, 제 43 권 TC 편 제 2 호, Feb 2006.

[8] Shailesh M.Birari, "Mitigating the Reader Collision Problem in RFID Networks with Mobile Readers," M.S. Dissertation in Indian Institute of Technology Bombay, 2005.

### 저자소개

양훈기(Hoon-gee Yang)



1985년 연세대학교 전자공학과 (공학사)

1987년 미국 SUNY at Buffalo 전기 및 컴퓨터공학과(공학석사)

1992년 미국 SUNY at Buffalo 전기 및 컴퓨터공학과 (공학박사)

1993년 ~ 현재 광운대학교 전파공학과 교수

※ 관심분야 : UWB and wireless communication