

논문 2008-45TC-1-5

Null Frame 기법을 이용한 Frame Slotted Aloha기반 리더 충돌 방지 기법

(Reader anti-collision method on frame slotted aloha using null frame)

이 성 준*, 임 유 석*, 황 재 호*, 김 재 명**

(Sung Jun Lee, You Seok Lim, Jae Ho Hwang, and Jae Moun Kim)

요 약

RFID의 발달과 사용 분야가 넓어짐에 따라 기존의 단일 리더 환경에서 다중 리더 환경이나, 밀집 리더 환경으로 변화되고 있다. 리더의 수가 많아짐에 따라 리더간의 신호에 의한 리더 간의 간섭 및 다수의 리더에 의한 태그의 간섭 등 리더 충돌이 빈번히 발생할 것이다. 리더간의 간섭 및 충돌을 방지하기 위한 알고리즘이 연구, 제안되고 있다. Gen2 Dense 모드, LBT 등의 알고리즘은 사용 채널을 분리하여 리더간의 충돌을 방지하거나 TDMA방식을 이용하여 리더들의 사용 시간을 분리하여 충돌을 피하는 방법 등을 제안 하였다. 본 논문에서는 Frame slotted Aloha방식에서 슬롯 당 충돌 확률을 계산하고, 그 결과를 이용하여 충돌을 방지하는 null frame 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션을 통하여 성능을 분석하였다. 기존의 방식과 비교 했을 때 시스템 전체의 리더 간 충돌 수, 프레임의 사용에서의 성능 향상을 볼 수 있었다.

Abstract

As RFID technology is developing and increasingly being used in many applications, the implementation is changing from single reader to multiple readers even dense readers. Since the number of readers is increasing, there are more collisions between readers and much interference between readers and tags. Therefore, to avoid interference or collision, many algorithms have being proposed, such as Gen2 dense mode, LBT(listen before talk), TDMA based method. In this paper, we propose a null frame algorithm, which calculates the collision probability in frame slotted aloha scheme and use this information to avoid the possible collisions. Comparing with conventional scheme, our proposed algorithm has some advantages in terms of reader collision number and required frame numbers.

Keywords : RFID, Reader Collision, Anti-Collision Algorithm, Frame Slotted Aloha.

I. 서 론

무선 전파 기술을 이용하여 사물에 전자 태그를 부착함으로써 사물의 정보 및 주변의 상황을 리더

(Reader)가 인지(Identification)할 수 있게 하는 기술인 RFID(무선인식)은 인터넷 이후 미래 IT시장을 선도할 기술 중 하나로 주목받고 있다. 또한, 전 세계적으로 관심도가 증가하며 유통·물류분야에서 기존의 바코드(Bar Code)를 대체할 수 있는 신기술로 떠오르고 있으며, 국방, 환경, 의료, 항공등 다양한 분야에 적용하려는 연구가 활발히 전개되고 있다. 태그에 극소형 칩과 안테나를 부착하여 무선을 통해 정보를 송·수신을 할 수 있는 RFID는 기존의 바코드 시스템과 달리 인식할 수 있는 위치에 영향을 받지 않으며, 보다 많은 정보를 저장 할 수 있다. 또한 바코드 시스템보다 장거리에서 빠른 시간 내에 다수의 태그의 정보를 송·수신할 수 있다는 장점을 가지고 있다.^[1]

* 학생회원, ** 평생회원, 인하대학교 정보통신대학원 (Graduate School of Information Technology and Telecommunication, Inha University)

※ 본 논문은 2006년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 국가지정연구실사업으로 수행된 연구임(No. M1060000194-06J0000-19410).

※ 본 연구는 2007년도 정부의 재원으로 인천정보산업진흥원의 지역특화 RFID 기반 항공물류용 OS임베디드 탑재 복합단말기 개발 사업의 연구 결과로 수행되었음.

접수일자: 2007년11월9일, 수정완료일: 2008년1월15일

RFID는 무선 기술을 이용함으로써 넓은 인식 거리, 편리한 인식 과정 등의 장점을 갖지만, 이중 무선통신의 간섭 및 인접한 리더들이 태그 인식 과정에서 서로에게 영향을 미쳐 발생하는 리더 간 충돌, 리더의 인식 영역 내에 다수의 태그가 존재할 경우 발생하는 태그 간 충돌 등 시스템 성능에 영향을 미치는 문제들이 발생한다.

태그 간의 충돌은 리더의 인식 영역 안에 다수의 태그가 존재할 경우 리더의 질의에 다수의 태그들이 동시에 응답하게 됨으로써 발생하는 충돌이다. 태그 충돌을 방지하기 위해 Slotted Aloha와 Binary tree 기반의 알고리즘이 제시되었다. 리더간의 충돌은 타 리더의 신호에 의한 간섭으로 발생하는 것으로, 특히 900MHz 대역의 수동형 RFID 시스템에서는 태그로부터 반사된 전력을 리더가 수신하게 되는데 이 과정에서 태그로부터 반사된 수신 전력은 리더가 송신하는 전력보다 상대적으로 미약하다. 따라서 리더의 인식 영역 안이나 근접한 거리에 다른 리더가 동작하고 있을 경우 간섭의 영향을 받게 된다. 리더 충돌은 다수 리더로 인한 태그의 간섭과 리더 간 리더의 간섭으로 나눌 수 있다.^[2] 리더 간의 간섭을 줄이기 위해서 EPCglobal Gen2에서는 리더의 송신대역과 태그의 응답대역을 분리하는 Dense 모드 규격을 제안하였고^[3], 유럽의 ETSI에서는 리더가 채널을 사용하기 전에 타 리더기의 사용 유무를 탐색하는 LBT(listen before transmit) 방식을 적용하여 리더 간의 간섭을 줄이는 방법을 제안하고 있다.^[4] 하지만 위의 두 방법은 리더 간 리더의 간섭은 해결할 수 있으나 다수의 리더에 의한 태그의 간섭은 두 개의 이상의 리더가 태그에 동시에 접속할 경우 발생하게 되는데 태그 자체의 전력이 없고 리더로부터 수신한 신호에 의해 응답하므로 두 리더가 다른 주파수를 사용하더라도 발생하게 된다. 이 간섭은 리더간의 인식거리를 조정하거나, 리더의 접속 시간을 할당하는 TDMA 기반의 DCS (Distributed Color Selection)과 Colorwave 으로 해결할 수 있다. TDMA 기반의 방식들은 리더 간의 동기를 맞추어야 하지만 실제 여러 기종의 리더가 혼재하는 환경에서 리더 간의 동기를 맞추기란 쉽지 않다. 또한 모바일 리더기가 존재하는 경우에는 리더의 동기를 맞추고 간섭의 해결하기란 더욱 쉽지 않다. 따라서 본 논문에서는 다수의 리더에 의한 태그의 간섭을 해결하기 위해 리더간의 동기가 필요하지 않은 충돌 방지 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션을 통하여 그 성능을 분석하려 한다.

II. RFID에서 주파수 간섭과 충돌 분류

RFID의 통신 방식은 기존의 다른 통신 방식과는 달리 회선이 그림 1처럼 비대칭하다. 일반적인 통신 방식은 송신측과 수신측의 전파 전달거리가 같은데 반하여, RFID의 통신 방식은 태그는 리더로부터 받은 전력을 반사하여 통신함으로써 리더의 전파 전달거리가 태그의 전파 전달거리에 비해 훨씬 길다. 이것은 다수의 리더가 존재하는 환경에서 Gen 2에서 제안한 Dense 리더 스펙트럼 마스크를 이용하여 리더와 태그간의 간섭을 줄인다 하더라도 리더 간의 간섭이나 다수 리더에 의한 태그 간섭은 완벽히 피할 수 없다는 것을 의미한다.^[5]

그림 2와 같이 리더 R1의 인식 영역 내에 태그 T1이 있으며 동시에 R2의 간섭 영역 내에 R1이 있는 경

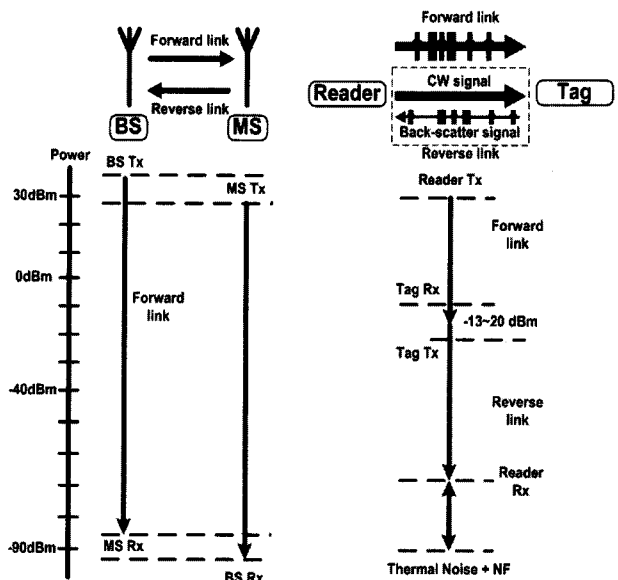


그림 1. RFID 채널의 회선 비대칭
Fig. 1. Link unbalance of RFID channel.

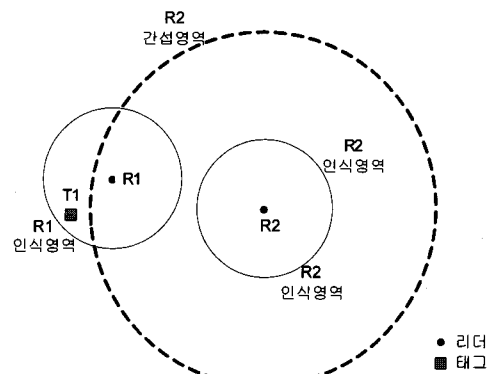


그림 2. 리더 간 간섭
Fig. 2. Reader to reader interference.

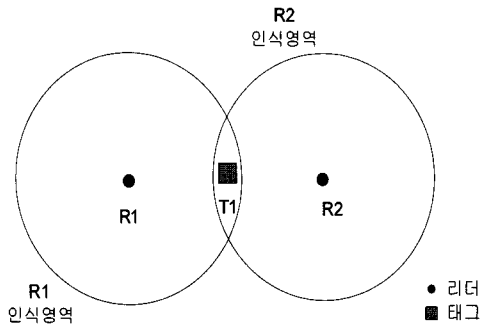


그림 3. 다중 리더에 의한 태그 간섭
Fig. 3. Reader to tag interference.

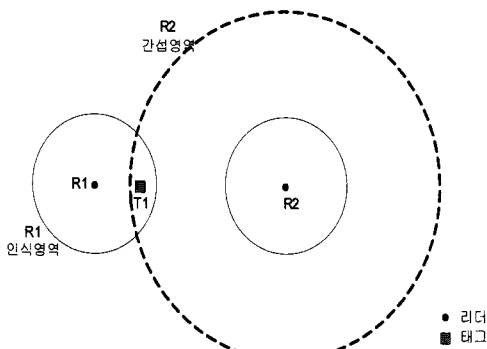


그림 4. 다중 리더에 의해 캐리어 센싱이 불가능한 태그 간섭
Fig. 4. Reader collision making carrier sensing ineffective.

우에는 T1 으로부터 반사된 신호에 R2의 신호가 간섭을 미치게 되어 R1이 T1의 정보를 읽지 못하게 된다.

또한 다수의 리더에 의해 태그에 간섭이 발생하는 문제가 있다. 그림 3과 같이 리더 R1의 인식 영역에 태그 T1, T2가 존재하고 또한 리더 R2의 인식영역에도 태그 T1이 위치하는 경우이다. 이와 같은 경우 태그 T1은 두 리더 R1, R2의 Query를 해독할 수 없어 T1의 정보를 읽을 수 없게 된다.

그림 4의 경우에는 리더 R1과 R2의 인식영역은 겹치지 않지만 리더 R2의 신호가 태그 T1에 수신되는 R1의 신호를 해독 못할 정도의 신호를 크기를 가지고 있어 간섭을 미치는 경우이다. 이 경우 두 리더는 캐리어 센싱을 통하여 충돌을 피할 수 없어 그림 3보다 열악한 상황이다.^[2]

III. 기존의 리더 충돌 방지 알고리즘

1. Gen2 Dense 모드

EPC Global에서 제안한 Dense 모드는 주파수 점유

스펙트럼을 규정하여 리더의 점유주파수 대역과 태그의 점유주파수 대역을 분리할 수 있도록 하는 것이다.^[3] 그림 2와 같은 상황일 경우 리더와 태그의 점유 주파수를 완벽히 분리함으로써 다 리더의 신호가 반사되는 태그 신호에 간섭을 미치는 것을 방지할 수 있다. 하지만 태그와 태그 사이, 리더와 리더 사이에서 발생할 수 있는 간섭은 해결할 수 없는 문제가 있다.

2. LBT(Listen Before Transmit)^[4]

LBT는 통신을 하기 전에 사용하고자 하는 채널을 탐색한 후 아무도 점유하고 있지 않은 빈 채널일 경우, 해당 채널을 통하여 정보를 전송하고, 만약 채널을 사용 중인 경우, 채널로 주파수를 변경하여 사용하는 방식이다. 탐색을 통하여 다른 리더의 사용 유무를 알 수 있으므로 그림 3과 같은 리더 간 간섭은 해결할 수 있다. 하지만 그림 4와 같은 리더들이 탐색 범위 밖에 위치하여 숨겨진 환경에서는 다중 리더에 의한 태그의 간섭을 해결할 수 없다. 이와 같은 Hidden terminal을 해결하기 위해 별도의 채널을 두어 리더 간에 통신을 가능하도록 한 Pulse 프로토콜 방식도 제안되었다.^[2] 하지만 Pulse 프로토콜은 리더 간 통신을 위한 별도의 채널을 사용함으로써 가용채널이 줄어들고 리더간의 신호를 구현하기 위한 별도의 하드웨어가 필요하다는 단점이 있다.

3. TDMA 기반 알고리즘 -

DCS(Distributed Color Selection) & Colorwave^[6]

DCS는 리더들은 동일한 크기의 프레임 내에서 하나의 슬롯을 선택하여 해당 슬롯 시간에 태그의 정보를 읽는다. 따라서 각 리더들은 시간을 구분하여 태그를 읽으므로 리더 간에 충돌을 피할 수 있다. 이 알고리즘을 사용하는 리더들은 충돌이 발생하면 자신의 다음 프레임에서 슬롯의 위치를 변경하고, 충돌이 발생하지 않으면 자신의 슬롯 위치를 유지한 상태로 태그의 정보를 읽는다. 충돌 유무에 따라 슬롯의 위치를 유지 또는 변경함으로써 다음 프레임에서 리더 충돌이 발생할 확률을 줄인다. DCS는 고정된 크기의 프레임을 사용하므로 구현이 간단하지만 환경의 변화에 따라 프레임의 크기를 조정할 수 없기 때문에 리더의 수가 변화하는 경우 비효율적이 된다는 단점이 있다. 이점을 보완하기 위해 Colorwave가 제안되었다. Colorwave를 사용하는 리더들은 자신이 경험한 충돌의 횟수에 따라 다음 프레임의 크기를 변경한다. 충돌이 많이 일어난 리더는 자신의

프레임의 크기를 증가시키고, 충돌이 적게 일어난 리더는 프레임의 크기를 줄이는 등 능동적으로 대처할 수 있으나, 리더간의 프레임 크기의 차이로 프레임 내 슬롯 주기가 변화하여, 프레임 내에서 충돌이 일어나지 않는 슬롯 위치를 가진 리더라도 프레임이 반복됨에 따라 충돌이 발생하는 문제점이 있다.^[7] 위에서 언급한 두 종류의 TDMA 기반 알고리즘은 RFID 리더들의 사용을 시간적으로 분리하여 리더간의 간섭을 피할 수 있다는 장점이 있으나, 자신의 충돌 정보를 다른 리더에게 알려야 하고 리더간의 동기를 맞추어야 한다는 문제점이 있다. 이 점은 일정 지역 내에 여러 기종의 리더가 존재하거나, 모바일 RFID가 존재하는 경우에는 간섭을 피하기 어렵다는 단점이 있다.^[5]

기존에 제안된 충돌방지 알고리즘은 리더간의 간섭과 다중리더에 의한 태그 간섭 중 어느 하나만을 방지할 수 있었고, 일부의 리더 충돌방지 알고리즘은 리더간의 동기화를 해야만 충돌방지 기법의 사용이 가능했다. 본 논문에서는 동기화가 필요 없는 리더 충돌방지 기법을 제안하고자 한다.

IV. 제안한 리더 충돌방지 알고리즘

기존에 리더 충돌방지 알고리즘은 리더 사이에 점유하는 채널을 다르게 하여 리더간의 간섭을 방지하거나, 리더가 사용하는 시간을 다르게 하여 리더 충돌을 방지하는 방법을 제안하고 있다. 일부 알고리즘은 리더간의 간섭은 방지할 수는 있으나, 다중 리더에 의한 태그 간섭을 방지하기 어렵고, 이를 위해 별도의 시스템을 추가해야 한다. 또는 리더간의 동기화가 전제되어야 한다. 하지만 실제 RFID 환경에서는 동기화가 쉽지 않고, 특히 RFID가 이동성을 가지는 모바일 RFID 환경에서는 더욱 쉽지 않다. 따라서 본 절에서는 비 동기화된 환경 하에서도 사용할 수 있는 리더 충돌방지 알고리즘을 제안한다.

제안하는 알고리즘은 EPC global에서 제안한 GEN2를 기본으로 한다. 다중 리더로 인한 충돌을 방지하기 위해 dense 모드를 바탕으로 한 FHSS 방식을 사용한다. 또한 다중 태그 충돌 회피 기법은 Frame slotted Aloha 방식을 제안한다. FHSS 방식은 리더간의 점유 채널을 호핑하여 리더들이 같은 채널을 공유하는 문제를 확률적으로 줄일 수 있다. 또한 GEN2 dense를 사용하므로 리더와 태그의 통신 채널을 분리함으로써 타 리더 신호의 간섭을 피할 수 있다. 하지만 다중 리더에 의한

태그간섭을 피할 수 없다. 다중 리더에 의한 태그 간섭을 방지하기 위해 리더의 신호를 시간적으로 분리하여야 한다. 제안한 알고리즘에서는 리더의 신호를 시간적으로 분리하기 위해서 프레임 슬롯 알로하 방식에 발생한 리더 충돌 정보를 반영하여 재요청시 사용할 프레임을 선택한다. 리더들은 영역 안에 다수의 태그의 정보를 확인하기 위해 프레임 슬롯 알로하 태그 충돌방지 알고리즘을 사용한다. 각각 리더의 인식영역 안에 태그들은 전송할 슬롯을 선택하여 자신의 정보를 전송한다. 그림과 같이 다수의 리더가 존재 하는 환경에서 리더 사이에 존재하는 태그는 두 리더의 신호에 의해 태그가 리더의 명령을 해독하지 못하는 경우가 발생한다. 그림 5와 같이 3개의 리더가 존재하고 리더 당 다수의 태그가 존재하는 다중 리더 환경이 있다. 리더 사이의 거리는 인식영역이 중첩될 정도로 근접한다. 그리고 리더의 인식영역 안에는 4개의 태그가 존재하고 있으며, Tag3, Tag5, Tag9와 같이 두 개 이상의 리더 인식영역 안에 위치하는 태그가 있다. 두 개 이상의 리더 인식영역 안에 존재하는 태그는 다중 리더로부터 간섭을 받게 된다. 태그가 인식 영역 내에 랜덤하게 분포할 때, 인접 리더에 의해 간섭을 받아 충돌이 발생할 확률은 인접 리더로부터 간섭이 미치는 영역의 면적과 관계가 있다. 전체 면적 S_t 이고, 인접 리더로부터 간섭을 받는 부분의 면적이 S_i 라 하면 인접 리더에 의해 충돌이 발생할 확률은 $P_c = S_i/S_t$ 가 될 것이다.

그림 5와 같이 리더의 충돌이 발생할 확률이 있는 상황에서 만약 리더 간 Query 명령이 전송 간격이 짧다면 그림 6과 같이 일부 태그에 충돌이 발생한다. 리더의 요청 명령에 대해 태그가 응답하는 동안 다른 리더의 요청 명령

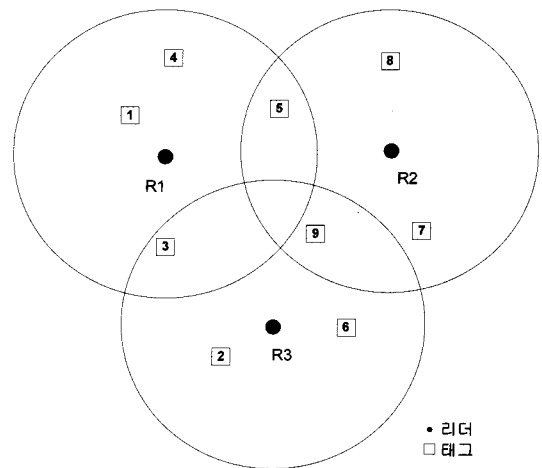


그림 5. 다중 리더 환경
Fig. 5. Multi reader environment.

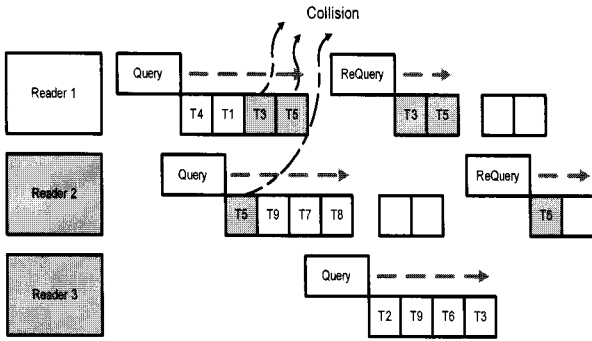


그림 6. Null frame 알고리즘의 동작과정
Fig. 6. The operation of null frame algorithm.

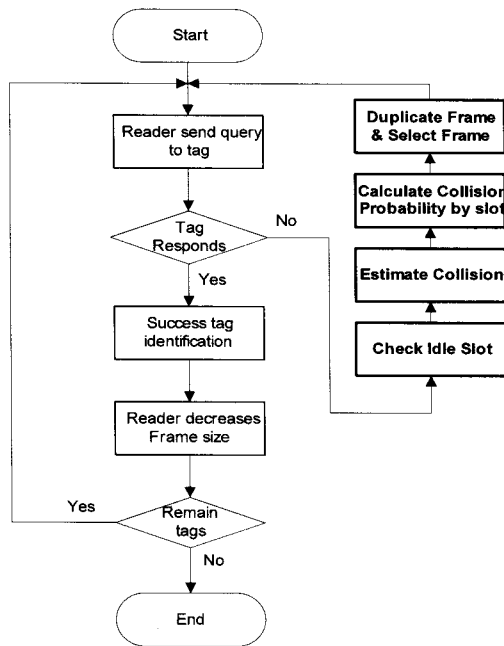


그림 7. Null Frame 알고리즘의 흐름도
Fig. 7. Null frame algorithm flow chart.

이 도달하게 되면 태그는 어느 리더에도 응답하지 않는 충돌이 발생하게 된다. 충돌이 발생한 태그가 선택할 슬롯은 빈 슬롯으로 남게 된다. 따라서 각각의 리더에는 다중 리더의 간섭으로 인한 충돌이 발생한 태그 수만큼 빈 슬롯이 생기게 된다.

널프레임 알고리즘은 그림 7과 같은 단계로 수행된다. 첫 번째는 충돌을 판단하고 슬롯 위치에 따른 충돌 확률을 계산하는 과정이다. 다중 리더로 인해 태그 간섭이 발생한다면 리더 입장에서는 빈 슬롯이 발생하게 된다. 여기서 리더는 빈 슬롯의 수만큼의 충돌이 발생했다고 추측한다. 그리고 빈 슬롯이 발생한 위치와 그 빈도를 수를 계산하여 슬롯별 충돌 확률을 계산한다. 리더의 총 프레임 크기 N 과 빈 슬롯의 수 N_b 로 일 때, 한 리더에서 리더 충돌이 발생한 확률은

$$P = \binom{N}{N_b} P_c^{N_b} (1 - P_c)^{(N - N_b)} \quad (1)$$

이 될 것이다. 이것을 프레임 안에 슬롯 중 충돌이 발생했다고 추측되는 빈 슬롯의 충돌값으로 정한다. 그리고 전체 프레임을 앞쪽 프레임과 뒤쪽 프레임으로 나누어 해당 슬롯이 가진 충돌값을 더하여 프레임내의 충돌 확률을 정한다. 그 값은 식 (2) 과 같다. N_{c1} 은 1번째부터 $N/2$ 번째 슬롯 중, 빈 슬롯의 수이고 N_{c2} $N/2+1$ 번째부터 N 번째 슬롯 안에 빈 슬롯의 수이다. 다음 단계에서 계산된 충돌 확률을 가지고 재요청시 태그의 정보를 받을 프레임을 결정한다. 같은 크기의 프레임을 두 개로 만들고 다음 단계에서 널프레임과 가용 프레임을 정한다.

$$P_{1/2frame} = \sum_{N_{c1}} P \quad (2)$$

$$P_{2/2frame} = \sum_{N_{c2}} P$$

그리고 앞서 계산된 프레임내의 충돌값 $P_{1/2frame}$ 과 $P_{2/2frame}$ 을 비교하여 다음 재요청시 사용할 프레임을 정한다. 만약 $P_{1/2frame}$ 이 $P_{2/2frame}$ 보다 크다면 준비된 두 프레임 중 1번째 프레임은 널프레임으로 두고, 2번째 프레임을 선택하여 전송한다. 반대로 $P_{1/2frame}$ 이 $P_{2/2frame}$ 보다 작다면 준비된 두 프레임 중 앞선 1번째 프레임을 선택하여 전송하고 2번째 프레임을 널프레임으로 둔다. 이와 같이 매 프레임마다 충돌값을 계산하고 다음 재요청시 사용할 프레임을 선택하게 된다. 선택된 프레임은 명령을 주어 직접적인 태그의 정보를 받지만, 선택이 되지 않은 널프레임은 아무 명령 없이 그 크기만큼의 간격을 유지하는데 사용한다. 앞선 프레임에서 발생한 슬롯의 위치에 따른 충돌의 확률을 가지고 사용할 프레임을 정하므로 인접 리더와 충돌이 발생할 확률을 줄일 수 있다. 그림 6에서 보는 것과 같이 리더 1처럼 먼저 Query 명령을 전송한 리더는 다른 리더의 Query 신호로부터 간섭 받을 확률이 적은 프레임의 앞 쪽이 충돌 확률이 낮게 된다. 반면 리더 2와 같은 경우에는 반대로 뒤 쪽이 충돌 확률이 낮다. 따라서 다음 프레임에서 리더 1은 전방 프레임을 이용하고 리더 2는 후방 프레임을 이용하여 서로 리더 간에 신호가 간섭 없이 통신할 수 있다.

새로운 프레임이 수행할 때마다 프레임별 리더의 충돌 확률은 변화하게 된다. 각 프레임 별 변화한 리더 충돌 확률을 $P_{f1}, P_{f2}, P_{f3}, \dots, P_{fn}$, 각 프레임 별 프레임 크기를 N_1, N_2, \dots, N_n 이라고 하면, 시스템 전체의 충돌 확률은 식 (3)과 같이 표현할 수 있다.

$$C = \sum_{i=2}^{N_{reader}} N_1 P_{f1i} + \sum_{i=2}^{N_{reader}} N_2 P_{f2i} + \dots + \sum_{i=2}^{N_{reader}} N_n P_{fni} \quad (3)$$

V. 컴퓨터 모의실험 및 결과 분석

앞 장에서 설명한 널프레임 기법을 이용한 프레임 슬롯 알로하 기반 리더 충돌방지 알고리즘의 성능을 알아보기 위하여 다음과 같이 다중 리더 환경을 가정하였다. 리더 및 태그는 그림 8과 같이 분포한다. 모의실험에 사용된 시스템 파라미터들은 표 1과 같다. 이 실험에서는 리더간의 충돌에 대한 알고리즘의 성능을 알아보는 것이 중점이기 때문에 태그 간의 충돌은 고려하지 않는다. 따라서 리더 충돌을 만들기 위하여 리더의 Query 명령은 랜덤하게 전송을 시작하지만, 전송 간격이 짧게 하여 충돌이 일어날 수 있도록 가정하였다.

실험은 리더의 수를 2~64개까지 변화시켜 리더 간의

표 1. 모의실험 파라미터
Table 1. Parameter of simulation.

파라미터 항목	Value
가용 채널	25 Ch.
리더 수	2~64 readers
리더 당 태그 수	16 tags
리더 당 간섭 리더 수	≤ 8 readers
슬롯 수	16(FSA), ≤16(DFSA)
data rate	160 kbps
태그 충돌방지 기법	FSA, DFSA

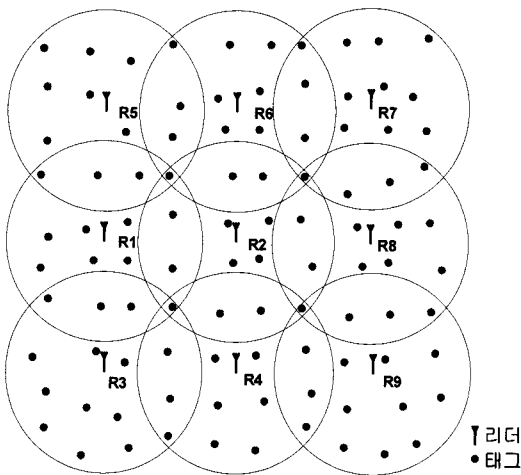


그림 8. 가정한 멀티 리더 환경
Fig. 8. Assumed multi reader environment.

충돌이 증가할 때 제안한 알고리즘의 성능을 확인해 보았다. 리더간의 전체 충돌 횟수, 사용한 최대 프레임 크기 및 전체 그에 따른 시스템의 효율성, 그리고 시스템 동작 시간 등을 가지고 제안한 널프레임 기법을 이용한 프레임 슬롯 알로하 기반 리더 충돌방지 알고리즘의 성능을 분석한다.

프레임 슬롯 알로하 방식을 사용하는 시스템과 제안한 알고리즘을 사용한 시스템의 성능을 비교하여 보았다. 그림 9는 리더의 수 증가에 따른 충돌의 변화를 나타내고 있다.

기존의 Gen2의 Dense 모드에 프레임 슬롯 알로하 방식만을 사용하는 것은 다중 리더에 의한 태그의 간섭을 해결할 수 없다. 따라서 리더 수가 증가할수록 리더 간에 간섭의 영향도 증가하여 충돌도 많아지는 것을 볼 수 있다. 하지만 널프레임 알고리즘을 사용했을 경우 리더간의 사용 프레임 패턴의 변화를 주어 리더의 신호가 충돌할 확률을 낮추게 된다. 따라서 다중 리더에 의한 태그의 간섭도 피할 수 있게 된다. 그림 9에서 보면 리더의 수가 증가할수록 널프레임 알고리즘을 사용한 것이 충돌을 줄이는 것을 볼 수 있다. 리더가 64개 있을 때, 널프레임 알고리즘을 사용했을 경우 1,460번의 충돌로, 사용하지 않았을 경우 약 30,000번보다 월등한 성능 향상을 보이는 것을 알 수 있다.

그림 10은 다중 리더 환경 하에서 리더의 수에 따른 사용 프레임 수를 나타낸 그림이다. 기존의 프레임 슬롯만 사용한 경우에는 다수의 리더에 의한 태그의 충돌은 피할 수 없다. 따라서 리더에 의한 충돌이 반복되어 무한히 프레임을 사용하여도 리더가 태그의 정보를 인식할 수 없다. 시뮬레이션에서는 리더의 재요청을 제한

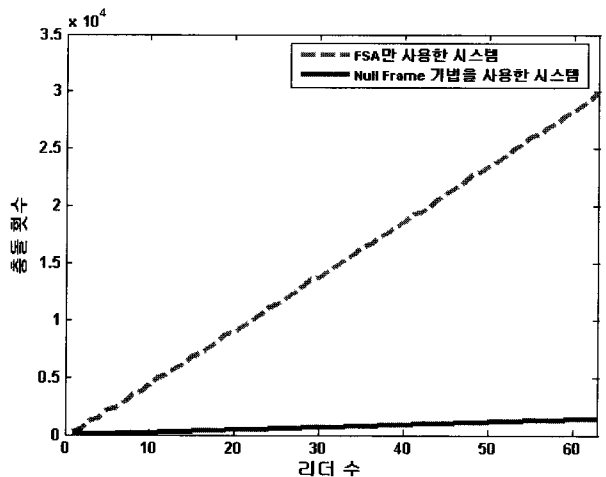


그림 9. FSA 방식에서 충돌
Fig. 9. Collision in frame slotted aloha.

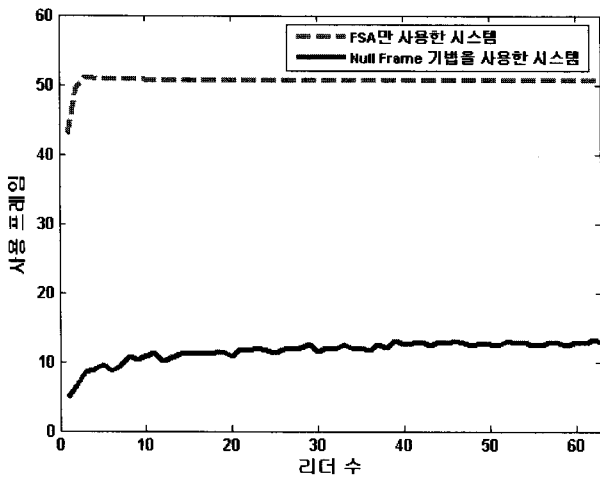


그림 10. FSA 방식에서 프레임 사용
Fig. 10. Frame usage in frame slotted aloha.

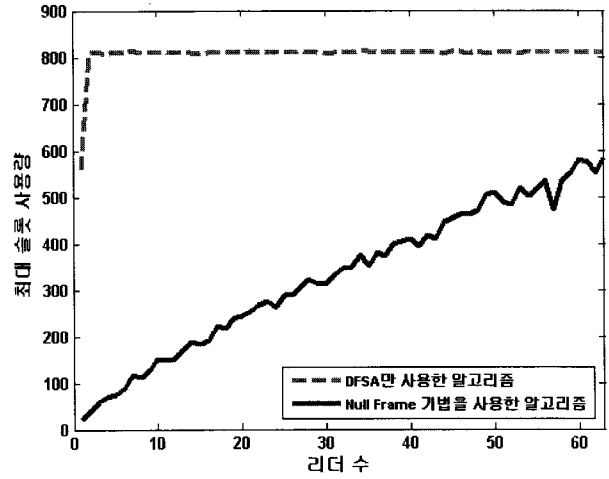


그림 12. DFSA 방식에서 최대 사용 프레임크기
Fig. 12. Maximum frame size in dynamic frame slotted aloha.

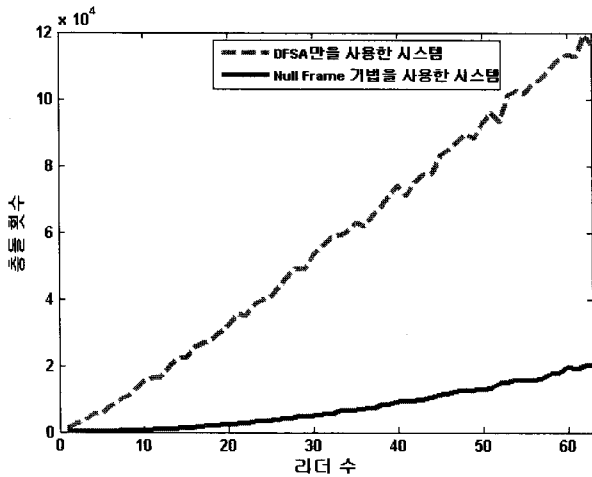


그림 11. DFSA 방식에서 충돌 횟수
Fig. 11. Collision in dynamic frame slotted aloha.

하여 프레임 사용량이 50이 넘지 않도록 하여 무한히 커지는 것을 방지 하였다. 널프레임 알고리즘을 사용한 경우는 리더의 수가 증가할수록 충돌이 증가하여 프레임의 사용이 증가되지만 리더간의 충돌을 회피할 수 있기 때문에 일정한 프레임을 사용 후, 모든 인식을 마치는 것을 볼 수 있다. 제안한 가정환경에서 한 리더 당 간섭을 주는 리더가 8개로 제한되었기 때문에, 리더가 9개 이상일 경우부터 프레임의 사용량이 11프레임으로 수렴되는 것을 볼 수 있다.

그림 11은 동적 프레임 슬롯알로하 기법에 널프레임 알고리즘을 적용 하였을 경우에 충돌횟수를 비교한 그래프이다. 리더의 수가 많아질수록 널프레임 알고리즘을 이용한 시스템이 동적 프레임 슬롯 알로하만을 사용한 시스템보다 성능이 향상 되는 것을 볼 수 있다. 이는 다중 리더 환경에서 리더는 다중리더에 의한 간섭에 의해 생긴 빈 슬롯을 가지고 프레임의 크기를 줄임으로써

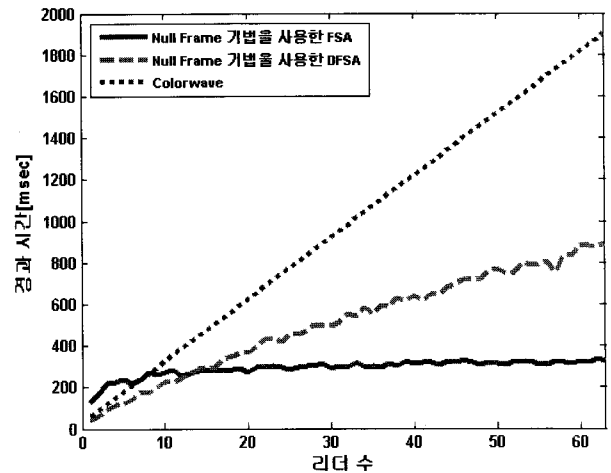


그림 13. 알고리즘 별 시스템 경과 시간
Fig. 13. System operating time by algorithm.

리더들이 Query신호가 겹치는 상황이 많아지게 되어 리더들의 신호에 의한 간섭이 더욱 잦아져서 충돌 증가하게 되어, 무한히 반복되는 상황이 만들어 지기 때문이다. 이러한 경우 널프레임 알고리즘이 리더 간 신호가 겹치지 않게 만들어줘서 충돌이 반복되는 것을 방지하여 상대적으로 충돌이 적은 것을 볼 수 있다.

그림 12에서는 동적 프레임 슬롯알로하 방식만 사용한 시스템과 널프레임 기법을 사용한 시스템에서 사용된 슬롯의 수, 즉 사용된 프레임들의 프레임크기의 합을 비교하였다. 동적 프레임 슬롯 방식만 사용한 경우에는 리더의 간섭을 피하지 못해 프레임이 무한하게 사용되는 것에 반해, 제안한 알고리즘은 리더가 증가할수록 프레임을 많이 사용하기는 하지만 상대적으로 적은 수의 프레임을 사용하여 모든 태그의 정보를 얻는 것을 볼 수 있다.

그림 13은 모든 태그의 정보가 전송되어 시스템이 경과 시간의 변화를 알고리즘 별로 나타낸 것이다. 널프레임 기법을 사용한 프레임 슬롯 알고리즘 기반 시스템들이 colorwave를 사용한 시스템보다 시스템 완료 시간이 짧은 것을 볼 수 있다. 그림에서 보면 리더가 15개 미만일 경우에는 동적 프레임 슬롯알로하 방식이 좋으나 리더의 수가 그 이상일 경우에는 프레임 슬롯알로하 방식이 더 짧은 시간을 갖는 것을 볼 수 있다. 이것은 모의실험 가정에서 한 개의 리더에 간섭을 미치는 리더가 8개로 되어 있기 때문에 프레임 슬롯알로하 방식에서는 리더가 9개 이후에 충돌 빈도가 줄어들기 때문이다. 반면 동적 프레임 슬롯 알고리즘 방식은 태그 충돌의 빈도에 따라 프레임의 크기를 변경하여 태그 충돌에는 효율적이지만, 제안한 알고리즘을 사용한 동적 프레임 슬롯방식을 리더 충돌이 발생하는 환경에 적용할 경우, 리더 당 프레임의 크기가 줄어드는 대신, 리더 간 충돌을 회피하도록 사용한 널프레임의 크기도 줄어들어 리더 간 충돌을 회피할 확률도 줄게 된다. 따라서 리더의 수가 많아질수록 인접 리더와 충돌뿐만 아니라 인접리더가 그 주변으로부터 받는 충돌까지도 영향이 미치게 되므로 프레임 슬롯 알고리즘 방식보다 충돌 확률이 크게 된다. 그리고 널프레임 기법을 사용한 시스템이 같은 환경에서 동일한 태그의 수와 동일한 리더의 수를 가지고 colorwave 알고리즘을 적용했을 경우보다 시스템 완료 시간이 빠른 것을 알 수 있다. colorwave는 리더가 랜덤하게 자신의 정보를 보낼 슬롯을 선택하고 순차적으로 데이터의 전송을 한다. 이 경우 리더가 랜덤하게 슬롯을 선택하는 과정에서 충돌이 발생하지 않는다고 가정하더라도 리더가 통신하는 동안 다른 리더는 전송을 하지 않고 기다려야 하므로, 리더 수 만큼의 슬롯과 그에 따른 시간이 필요하다. 하지만 널프레임 알고리즘은 리더 간의 동기를 고려하지 않으므로 같은 시간에 리더의 사용이 가능하며, 단지 리더간의 간섭에 의해 태그가 응답하지 않는 경우에만 널프레임 알고리즘을 통하여 리더의 전송 시간을 피하므로 시스템 전체의 시간을 줄일 수 있다.

VI. 결 론

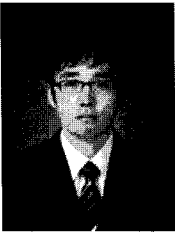
본 논문에서는 프레임 안에서 발생한 빈 슬롯을 가지고 리더 간의 충돌을 예측하고, 그에 따른 충돌 분포를 계산하여 다음 명령에서 가용프레임과 널프레임을 결정하여 리더 간에 충돌을 회피하는 널프레임 기법을 이용한 프레임 슬롯 알고리즘 기반 시스템을 제안하여 현재

채널 상황에서 사용가능하며 리더 간에 동기를 고려하지 않는 알고리즘을 제안하였다. 다중 리더가 존재하여 다중 리더에 의한 태그의 간섭이 발생하는 환경에서 널프레임 기법을 사용하였을 때, 다중 리더에 의한 태그의 간섭을 줄일 수 있었고 리더간의 동기를 고려하지 않고 리더 충돌을 회피할 수 있었다. 또한 시스템 동작 시간적인 측면에서 기존의 리더 충돌방지 알고리즘인 colorwave보다 좋은 성능을 볼 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook second edition," Wiley, 2003.
- [2] Shailesh M. Birari and Sridhar Lyer, "Mitigating the reader collision problem in FID networks with mobile readers," 7th malaysia international conference on communication, pp463-468 Nov. 2005.
- [3] 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.
- [4] European Telecommunications Standard Institute, "Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Frequency-agile Generic Short Range Devices using Listen-Before-Transmit(LBT)," ETSI TR 102-313 v1.1.1, July 2004.
- [5] 장병준, 오하령, 성영락, 박준석, "UHF RFID Air Interface 기술동향," 한국통신학회지 제24권 제8호, 14-22쪽, 2007년 8월.
- [6] J.Waldrop, D.W.Engles, S.E.Sarma, "Colorwave: An anticollision algorithm for the reader collision problem," 2003 IEEE International Conference on Communications, May 2003.
- [7] 이수련, 이채우, "RFID 시스템에서의 Enhanced Colorwave 리더 충돌 방지 알고리즘," 전자공학회 논문지 제43권 TC편 제2호, 2006년 2월.

저 자 소 개



이 성 준(학생회원)
 2006년 인하대학교 전자전기
 공학부 학사 졸업.
 2006년~현재 인하대학교 정보
 통신대학원 석사 과정.
 <주관심분야 : RFID/USN, 무선
 인지기술, 이동통신>



임 유 석(학생회원)
 2004년 인하대학교 전자전기
 공학부 학사 졸업.
 2007년~현재 인하대학교 정보
 통신대학원 석사 과정.
 <주관심분야 : RFID/USN, 무선
 인지기술, 이동통신>



황 재 호(학생회원)
 2006년 인하대학교 전자전기
 공학부 학사 졸업.
 2006년~현재 인하대학교 정보
 통신대학원 석사 과정.
 <주관심분야 : UWB, 무선인지기
 술, 통신공학>



김 재 명(평생회원)
 1974년 한양대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1981년 미국 남가주대학교(USC)
 전기공학과 석사 졸업.
 1987년 연세대학교 전자공학과
 박사 졸업.

1974년 3월~1979년 6월 한국과학기술연구소,
 한국통신기술연구소 근무.

1982년 9월~2003년 3월 한국전자통신연구원 위
 성통신연구단장, 무선방송연구소 소장역
 임.

2003년 4월~현재 인하대학교 정보통신대학원 교
 수, 통신위성우주산업연구회 회장 외 정부
 다수기업에 기술자문으로 활동중.

<주관심분야 : 광대역 무선전송, 이동통신 및 위
 성통신, 무선인지기술 및 UWB>