

## 동적인 주파수 할당과 전파세기 조절을 이용한

### RFID 리더 충돌 방지 기법\*

1)조정환<sup>o</sup> 2)여상수 1)김성권

1)중앙대학교 컴퓨터공학부, 2)단국대학교 정보컴퓨터학부

jhcho@alg.cse.cau.ac.kr, ssyeo@dankook.ac.kr skkim@cau.ac.kr

## Reader Anti-Collision Scheme using Dynamic RF Assignments and Power Controls

1)Jung-Hwan Cho<sup>o</sup> 2)Sang-Soo Yeo 1)Sung Kwon Kim

1)School of Computer Science and Engineering, Chung-Ang University

2)School of Information and Computer Science, Dankook University

### 요 약

RFID(Radio Frequency Identification)은 RF주파수를 이용해서 사물이나 사람의 정보를 인식하는 자동인식 기술이다. 이 기술은 무선 주파수를 사용해서 대량의 사물을 동시에 인식 할 수 있다는 장점이 있지만, 무선 주파수를 사용하기 때문에, 프라이버시 문제와 주파수 충돌문제와 같은 부수적인 단점을 가지고 있다. 리더 충돌문제를 해결하기 위한 여러 가지 많은 연구들이 진행 되고 있지만, 현재까지 연구된 대부분은 고정적인 환경에서의 해결 방법들이다. 본 논문에서는 앞으로 다가올 모바일 사회에 대비해서, 밀집된 모바일 환경에서의 리더 충돌 방지 기법을 제안한다. 이 기법은 모바일 리더의 위치를 계산하고, 적절한 주파수를 할당하고 동적으로 RF의 세기를 조절함으로써 리더의 충돌을 방지 한다.

### 1. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification)는 주파수를 이용해서 사물이나 사람의 정보를 인식하는 자동 인식 기술이다. 기존의 바코드 기술과는 다르게 RFID는 비 접촉식인 주파수를 이용한다는 편리성 때문에 그 사용량이 날로 증가하고 있다. 그러나, 편리하다는 장점 외에 무선 주파수를 사용해서 통신을 하기 때문에, 프라이버시 보호문제[1], 주파수 충돌 문제와 같은 부수적인 단점들이 발생하게 된다. 그 중에서 주파수 충돌 문제는 동일한 주파수를 사용해서 다수의 리더들이 통신을 할 때, 리더들 사이에 전파 간섭으로 인해 태그를 제대로 인식하지 못하는 문제를 말한다. 충돌을 피해서 태그의 인식률을 높이는 것이 곧 RFID시스템의 효율을 증가 시킬 수 있는 방법이기 때문에, 리더 충돌 방지 문제는 매우 중요하다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 여러 가지 관련 연구들이 진행되고 있다. 현재까지 연구된 대부분의 리

더충돌 관련 연구들은 고정된 리더의 환경에서 해결책을 제시한다. 그러나, 앞으로 다가올 미래 사회에서는 모바일을 이용한 기술이 많이 발전하게 되고, 사용량이 늘어나게 될 것이기 때문에, 모바일 환경에서의 모바일리더 충돌 방지 기법이 요구 되고 있다. 본 논문에서는 밀집된 모바일 리더 환경에서 동적인 RF Control을 통한 향상된 리더 충돌 방지 기법을 제안한다.

### 2. 관련 연구

컬러웨이브(ColorWave)기법은 TDMA에 기반한 리더 충돌 방지 기법이다[2]. 여기서 각각의 리더는 랜덤으로 타임 슬롯을 선택을 한다. 타임 슬롯을 선택 했을 때, 다른 리더와 충돌이 생기게 되면, 충돌이 난 리더는 다른 타임 슬롯을 선택해서 다시 프로토콜을 수행 하게 된다.

Junius Ho가 제안한 HIQ(Hierarchical Structure of Q-Learning) 알고리즘은 지능적인 Q-learning 알고리즘을 수행하고, 그 알고리즘에서 얻어진 값들을 토대로 상위 레벨인 Q-server에서 하위 레벨로 주파수를 할당하는 방식을 사용한다[3].

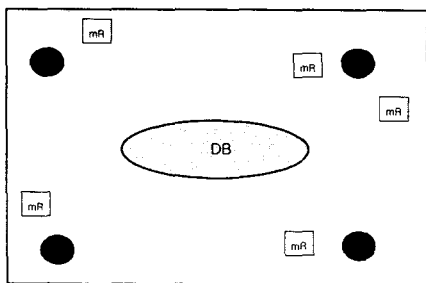
\*본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2005-000-10568-0) 지원으로 수행되었음

HIQ 알고리즘은 3단계로 시스템이 구성된다. 첫 번째는 글로벌지식을 가지고 있는 Q-server이고, 두 번째는 지역적 지식을 가지고 리더들을 관리하는 R-server, 그리고, 자신의 주파수와 타임 슬롯만을 알고 있는 리더들로 구성이 된다. 이 프로토콜은 상위레벨인 Q-server가 Q-learning 알고리즘을 수행해서 반환되는 값으로 cost를 계산해서 Q-table을 업데이트 하고, 적절한 주파수와 타임 슬롯을 반복적으로 리더에게 할당하는 방법을 사용한다. 이 외에도 여러 가지 정책적, 기술적인 방법으로 리더의 충돌을 방지하는 기법들이 있다[4,5]. RFID reader synchronization 방법은 리더의 적절한 배치를 통해서 리더 충돌을 방지하는 기법이다. 이 기법은 창고에서물건을 인식 할 때, 적절한 리더의 위치를 중앙통제 unit을 이용해서 찾고, 배치하는 방식을 사용하고, 센서를 이용해서 비어 있는 리더의 스위치를 차단하는 방식을 사용한다. 이러한 동작을 하기 위해서는 각 리더들과 중앙 통제 unit이 동기화(synchronization)되어 있어야 한다. 위와 같은 기법들은 고정된 리더 환경에서 충돌방지 기법을 제안한다. 그러나, 현대 사회에서 모바일 사용이 급격히 높아지고 있는 추세이기 때문에, 앞으로의 모바일 사회에서의 리더 충돌 방지 기법이 요구된다.

### 3. 제안 기법

제안하는 기법은 크게 두 단계로 나뉜다. 첫 번째는 초기 작업 단계로, 각 모바일 리더의 위치를 계산하고, 계산된 값으로 주파수를 할당하고, 동적으로 RF 세기를 조절 하는 단계이고, 두 번째 단계는 할당 받은 주파수를 가지고, 태그의 정보를 획득하는 단계이다.

#### 3.1 제안 기법의 시스템 구성 및 역할



[그림 1] 시스템 구성

[그림 1]은 제안 기법의 시스템 구성이다. 첫 번째로 데이터베이스는 새로운 모바일 리더에게 주파수를 할당하고, 모바일 리더의 넘버링을 통한 모바일 리더 토폴로지를 구성한다. 그리

고, 각 모바일 리더의 RF 세기를 동적으로 조절해서 모바일 리더에게 할당 한다. 두 번째로, 고정되어 있는 레퍼런스 리더들은 모바일 리더의 위치를 계산하고 데이터베이스로부터 받은 주파수와 RF 세기를 모바일 리더에게 할당하는 역할을 한다. 세 번째로, 모바일 리더는 태그의 물품정보를 파악하기 위해서 태그의 정보를 읽고 데이터베이스로부터 태그의 정보를 받는다.

#### 3.2 제안 프로토콜 가정 사항

-고정 레퍼런스 리더들은 서로의 위치를 알고 있다.

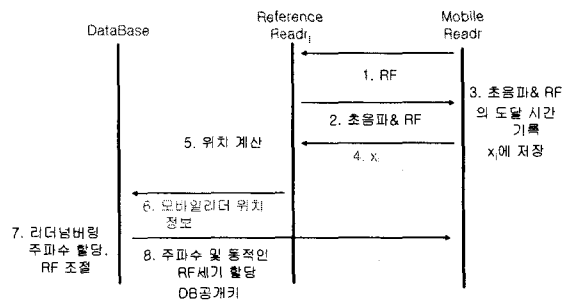
-5개의 주파수를 사용 할 수 있다.

-레퍼런스 리더는 RF파와 초음파를 사용해서 모바일 리더의 위치를 계산 할 수 있다.

-고정 레퍼런스 리더와 데이터베이스는 유선으로 연결된다.

-레퍼런스리더와 데이터베이스, 레퍼런스리더와 모바일 리더간의 통신은 모바일리더와 태그에 사용되는 주파수와는 다른 주파수 대역을 사용해서 통신을 한다.

#### 3.3 제안 프로토콜



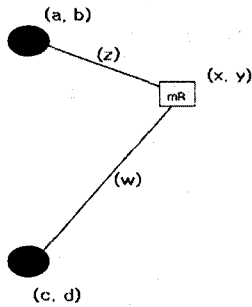
[그림 2] 주파수 할당 단계

##### 3.3.1 주파수 할당 단계

[그림 2]는 제안 기법에서 주파수 할당 프로토콜이다. 첫 번째 주파수 할당 단계에서는 먼저 모바일 리더가 들어오게 되면 모바일리더는 자신의 존재를 알리기 위해 RF신호를 broadcasting한다. 그러면, 레퍼런스 리더들은 모바일 리더의 신호를 감지하고 초음파와 RF파를 모바일 리더에게 보낸다. 모바일리더는 초음파와 RF파를 받고 각각이 도달한 시간을 기록해서  $x_i$ 에 저장한다. 여기서  $x_i = (\text{초음파도달시간}, \text{RF도달시간})$ 이다. 모바일 리더는  $x_i$ 를 생성하고, 레퍼런스 리더에게  $x_i$ 를 보낸다. 그 후에, 레퍼런스 리더는  $x_i$ 를 가지고 모바일리더의 위치를 계산한다. 그리고, 모바일 리더의 위치 정보를 데이터베이스로 보낸다. 데이터베이스는 모바일 리더의 위치정보를 받으면, 각 리더의 넘버링 작업을 수행하고, 주파수를 할당을 하고, 같

은 주파수를 사용하는 리더들이 있으면, RF세기를 계산해서, 동적으로 적절한 RF세기를 할당한다. 또, 다음 단계에서 설명하게 될 태그 정보의 암호화를 위해서 데이터베이스의 공개키도 함께 보낸다.

3.3.3.1 모바일 리더 위치 계산



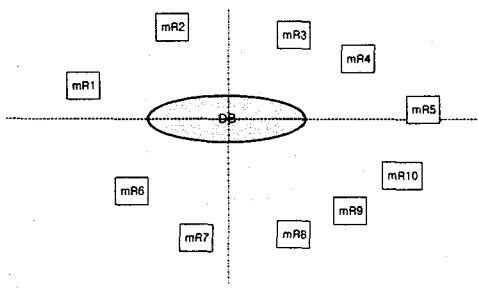
[그림 3] 모바일 리더 위치

고정된 두 레퍼런스의 점을 가지고 모바일 리더의 다른 한 점을 계산할 수 있다. [그림 3]은 모바일 리더의 위치를 나타낸다. z와 w의 값은 RF파와 초음파의 도달시간 차이를 이용해서 구할 수 있는 상수 값이다. (a, b)는 레퍼런스 리더 1의 좌표 값이고, (c, d)는 레퍼런스 리더 2의 좌표 값이다. 이 공식을 통해서 두 개의 점을 구할 수 있는데, 두 점 중에서 모바일 리더의 정확한 위치를 구분하는 것은 초음파를 통해서 정확한 위치와 방향을 인식할 수 있다. 다음 수식 (1), (2)는 모바일 리더의 위치를 구하는 연립 방정식이다.

$$z = \sqrt{of(x-a)^2+(y-b)^2} \quad (1)$$

$$w = \sqrt{of(x-c)^2+(y-d)^2} \quad (2)$$

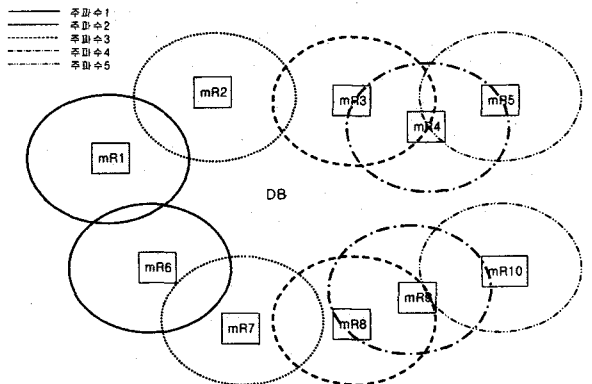
3.3.3.2 리더 넘버링



[그림 4] 리더 넘버링

[그림 4]는 모바일 리더 넘버링 작업이다. 여기서는 10개의 모바일 리더가 있다고 가정한다. 각 모바일 리더의 위치를 계산할 수 있기 때문에, 데이터베이스는 글로벌 지식을 토대로 리더 넘버링 작업을 수행한다. 방향과 위치에 따라서 작업 공간을 나누고 거리에 따라서 순차적으로 넘버링을 한다.

3.3.3.3 주파수 할당



[그림 5] 주파수 할당

리더 넘버링이 완료되면 데이터베이스는 5개의 주파수를 모바일 리더에게 할당한다. 5개의 주파수를 모바일 리더 1-5에게 할당을 하고, 6-10순으로 주파수를 각각 할당한다. 여기서 모바일 리더 (1,6), (2,7)가 각각 같은 주파수를 사용하게 된다. 다음 [그림 5]는 10개의 모바일 리더에게 주파수를 할당했을 경우의 그림이다.

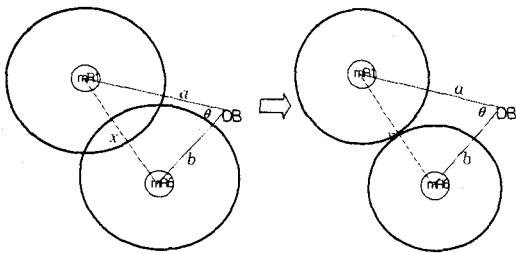
3.3.3.4 동적 RF Power Control

모바일 리더 1과 모바일 리더 6이 충돌이 났기 때문에 두 리더 사이의 중간 지점까지 RF range를 조정한다. 두 모바일 리더 사이의 거리가 RF range보다 클 경우에는 계산을 하지 않는다. 수식 (3)은 RF range를 결정하는 공식이다.

$$x = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab * \cos \theta} \quad (3)$$

중간점을 찾는 방법은 데이터베이스에서 각 모바일 리더의 거리, 즉 두변과 그 두 변 사이의 끼인 각을 가지고 모바일 리더 사이의 거리를 구하고, 그 값의 절반 크기로 RF range를 설정한다. [그림 6]은 동적인 RF power control 이다. [그림 6]에서 (a, b), (c, d)는 알고 있는 값이고,  $\theta$  값도 이미 알고 있는 값이다. 이 값들을 토대로 x를 구하고 x의 1/2 범위로 RF power를 조절 한다. 모바일 리더가 3개 이상 충돌이 날 경우에

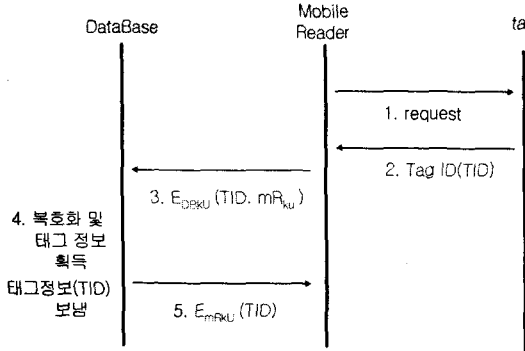
는 각각의 경우를 다 계산하고 최소 값을 갖는  $x$ 의 절반 값을 취해서 RF range를 설정 하도록 한다.



[그림 6] 동적인 RF power control

### 3.3.2 태그 정보 획득 단계

[그림 7]은 태그 정보 획득 단계 프로토콜이다. 주파수 할당 단계가 끝나게 되면, 모바일리더는 할당받은 주파수와 RF세기를 가지고 태그와 통신을 하게 된다.



[그림 7] 태그 정보 획득 단계

이 단계에서는 레퍼런스 리더는 사용하지 않는다. TID는 태그의 ID를 의미하고, mRku는 모바일 리더의 공개키, DBku는 데이터베이스의 공개키를 의미한다. 그리고, E는 공개키 암호화이다. 모바일리더는 태그에게 request를 보내고, 태그는 자신의 ID를 모바일 리더에게 보낸다. 모바일 리더는 태그로부터 받은 ID를 자신의 공개키와 함께, 이전 단계에서 받은 데이터베이스 공개키로 암호화 한다. 이 단계를 수행하는 하는 것은 모바일리더 자신이 보낸 태그 정보에 대해서만 응답을 받을 수 있도록 하기 위함이다. 데이터베이스는 모바일 리더로부터 받은 정보를 복호화 하고 태그 ID를 검색한 후 태그의 정보를 모바일 리더의 공개키로 암호화 하고 이 정보를 모바일 리더에게 돌려준다. 모바일 리더는 자신의 복호화키로 정보를 복호화 하고 태그의 정보를 얻게 된다.

## 4. 결론 및 향후 연구과제

여러 개의 리더가 동시에 존재하는 RFID 시스템에서는 리더 충돌 방지 기법을 이용함으로써 시스템의 효율성을 높일 수 있다. 기존의 리더 충돌 방지 기법들은 고정된 리더 환경에서 충돌을 방지하는 것을 목표로 하였다. 하지만, 앞으로의 사회는 모바일 리더의 사용이 증가할 것이다. 따라서, 동적인 모바일 리더 환경에서의 리더 충돌 기법 연구가 필요하다. 본 논문에서는 밀집된 모바일 리더 환경에서 동적인 주파수 할당과 전파세기 조절을 이용하는 기법을 제안하였다. 향후에는 모바일 리더 환경에서 태그의 인식률을 높이고, 데이터베이스에서의 계산 효율성을 높이는 방법에 대해서 연구를 진행할 것이다.

## 5. 참고문헌

- [1] Heiko Knospe and Hartmut Pobl, "RFID Security" Information Security Technical Report, pp. 39-50, November-December 2004.
- [2] 임상순, 한규호, 김윤국, 안순신, "RFID 리더 충돌 중재를 위한 적응형 리더 네트워크", 한국컴퓨터종합학술대회 2005 논문집, Vol.32, No.1(A), pp. 523-525, 2005년 7월.
- [3] Junius K. Ho, "Solving the Reader Collision Problem with a Hierarchical Q-learning Algorithm", Submitted to the Department of Electrical Engineering and Computer Science in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering and Computer Science at the Massachusetts Institute of Technology, February, 2003
- [4] K. S. Leong, M. L. Ng, P. H. Cole, "The reader collision problem in RFID systems," IEEE 2005 International Symposium on MAPE, Beijing, China, 8-12 Aug. 2005.
- [5] K. S. Leong, M. L. Ng, P. H. Cole, "Positioning Analysis of Multiple Antennas in a Dense RFID Reader Environment," paper submitted for publication.