

인식시간을 단축한 RFID 리더충돌회피 시스템 (Improving Recognition Time in the RFID Reader Collision Avoidance System)

김 유 호 * 장 영 수 ** 최 봉 석 *** 성 원 모 ****
(Youho Kim) (Youngsoo Jang) (Bongsuk Choi) (Wonmo Seong)

요 약 RFID 시스템이 그 규모가 커짐에 따라 리더 충돌에 따른 인식을 저하 문제가 대두되고 있다. 시분할 기법을 사용하면 충돌문제를 해결할 수 있지만, 전체 인식시간은 늘어가게 된다. 이 문제는 RFID를 이용한 실시간 재고관리를 위해 해결해야만 한다. 본 연구에서는 ARCM(Anti Reader Collision Manager)을 RFID 시스템에 두어 전체 인식시간을 개선하였다. ARCM은 효율적인 주파수 채널 사용으로 짧은 인식시간을 가지며 리더가 간섭을 회피해 태그를 인식할 수 있도록 RFID시스템을 관리한다. ARCM을 사용한 결과, 기존의 시스템보다 최대20%정도의 시간을 절약할 수 있었다.

키워드 : RFID리더 충돌, Colorwave, 태그 인식시간, 미들웨어

Abstract As the scale of RFID systems grows, decrease in recognition rate of collision between readers is becoming an issue. Time division technique may solve the problem, but this will cause total recognition time to increase. This issue must be solved for real-time inventory control. In this study, total recognition time was improved by placing ARCM in RFID systems. ARCM maintains short recognition time through efficient utilization of frequency channel and manages RFID systems to recognize the tag by avoiding interference. As the result of using ARCM, saving maximum 20% of time was possible.

Key words : RFID Reader Collision, Colorwave, Tag Recognition Time, Middleware

1. 서 론

유비쿼터스 컴퓨팅에 대한 관심이 높아짐에 따라 핵심적인 역할을 할 것으로 기대되는 RFID시스템에 대한 연구가 끊임없이 이어지고 있다. RFID는 주파수 대역과 태그의 특징에 따라 사용되는 분야가 세분화 되는데, 재

고 및 물류 관리 등에 사용될 것으로 기대하는 영역이 바로 UHF 대역의 수동형 RFID이다. RFID시스템은 그 특성상 리더가 일정지역에 다수 놓이게 되는 경우 서로 간 주파수 간섭이 생겨 인식률이 저하되는 현상이 발생된다. 이와 같은 현상을 리더 충돌 현상(Reader Collision Problem)이라고 한다[1]. 리더 충돌 현상은 크게 두 가지로 구분된다. 첫 번째로는 둘 이상의 리더가 같은 주파수 대역의 서로 간섭을 줄 수 있는 근접 채널을 선택함으로써 발생하는 ‘리더-리더 충돌’로 리더의 특성에 따라 비교적 원거리(~ 수 km)까지 영향을 줄 수 있다. 다른 하나는 배터리가 없는 수동형 태그가 어떤 리더에게 응답신호를 요구 받을 때에, 근거리의 다른 리더 간섭으로 실제 응답을 요구했던 리더의 응답에는 제대로 응답할 수 없는 ‘리더-태그 충돌’ 현상이다[2]. ‘리더-태그 충돌’의 경우에는 전파로 태그가 깨어날 수 있는 범위인 근거리(~ 수m)에서 발생한다. 따라서 RFID시스템이 적용되기 위해서는 리더의 특성으로 인한 두 가지 리더 충돌현상을 반드시 해결해야만 한다.

리더 충돌 문제는 두 가지 해결법으로 연구되고 있다. 리더의 충돌을 발생시키는 주파수가 서로 충돌 나지 않

* 정 회 원 : EMW안테나 연구소 주임연구원
daybreak001@ajou.ac.kr
** 비 회 원 : EMW안테나 연구소 선임연구원
bluekiss@emwantenna.com
*** 비 회 원 : EMW안테나 연구소 책임연구원
bschoi@emwantenna.com
**** 비 회 원 : EMW안테나 연구소 연구소장
wonmo@emwantenna.com
논문접수 : 2008년 5월 22일
심사완료 : 2008년 9월 11일

Copyright©2008 한국정보과학회 : 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

도록 주파수를 분할하여 다수의 리더를 동작시키는 주파수 분할 다중 접속(FDMA: Frequency Division Multiple Access)기법과 리더 간 동작에 시차를 두어 간섭이 일어나지 않도록 회피하는 시분할 다중 접속(TDMA: time division multiple access) 방법이다[3]. 주파수 분할 다중 접속은 한 리더가 응답 신호를 위해 선택한 주파수 대역 내 채널에 간섭을 줄 수 있는 근접 채널에 다른 리더가 접근하지 못하게 하거나 접근할 확률을 줄이는 방법으로 '리더-리더 충돌'에 대한 회피가 가능하다. 그러나 '리더-태그 충돌'은 해결되지 않는다. 이것은 현재 리더가 해당 주파수 대역 내 어떤 채널을 사용하고 있더라도 태그는 이에 대해 응답할 수 있기 때문이다. 시분할 다중 접속의 경우에는 시간적인 차이를 두고 리더 사이의 경쟁적 시간 점유가 기본 원리이므로 앞서 살펴본 두 가지 충돌에 대한 원천적인 루트를 차단한다. 그러나, 다수의 리더가 사용될 경우 전체 재고 파악 시간이 오래 걸리는 문제로 실시간 재고관리를 어렵게 한다. 뿐만 아니라 RFID 시스템은 모든 리더가 고정형으로만 존재하는 것이 아니라 이동형과 혼재하여 구성되기 때문에 시분할 할 경우 그들의 순서를 어떻게 정해야 할 것인가에 대한 문제도 있다. 리더가 시분할 되는 영역에 대한 스케줄링이 잘못될 경우에 이동형 리더에 대한 간섭이 발생되기 때문이다. 대규모의 RFID 시스템이 구축되어 많은 수의 리더가 요구될 경우에는 전체 인식 시간은 리더 수에 비례하여 늘어나게 될 것이다.

앞서 살펴본 문제 해결을 위해 본 연구에서는 TDMA 방식을 사용하여 시스템에서 충돌을 회피하면서 인식 시간도 최소화 시스템을 제안하였다. 2장에서는 리더 충돌 회피를 위한 관련 연구와 문제되는 요소를 기술하였고, 3장에서는 본 연구에서 사용되는 리더 충돌을 방지하는 ARCM(Anti Reader Collision Manager)를 제안하고 ARCM의 동작과정과 역할을 서술하였다. 4장에서는 ARCM의 초기클러스터의 생성과 스케줄링에 대한 방법론을 서술하였으며, 5장은 성능 평가, 그리고 6장에서는 결론을 서술하였다.

2. 관련 연구

리더 충돌을 회피하거나 줄이는 방법으로는 국제 표준으로 두루 쓰이고 있는 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)와 LBT(Listen Before Talk)가 있다. FHSS는 리더가 호핑(Hopping: 주파수 충돌이 일어나지 않도록 인접 주파수를 제외한 다른 주파수를 선택)을 통해 현 주파수 대역 내 채널을 선택하는 기법으로 '리더-리더 충돌'의 확률을 낮출 수 있는 기법이다[4]. 그러나 대역폭이 좁고 채널이 적은 유럽 및 아시아 일부 지역서는 호핑을 하더라도 인접 주파수 채널 간 충돌이

둘이 날 확률이 비교적 크게 존재하므로 효과적 방법으로 볼 수 없다. 이러한 문제점에 대한 대안으로 LBT 기법이 사용되고 있다. LBT는 태그 인식을 시도하기 전에 현 주파수 대역 내 영향 가능성이 있는 채널이 사용되고 있는지 확인을 하고 사용 중이면 채널이 사용 가능 할 때까지 기다리거나 다른 채널을 선택하는 기법으로 유럽에서 표준으로 사용되고 있다[5]. 그러나, LBT는 CS채널(Carrier Sensing Channel)을 통해 간섭여부를 확인과 가용 채널이 없는 대기 상태의 시간적 비용이 소요된다. 현재 사용되는 기법들은 서로 다른 주파수 채널을 사용하여 인식률을 높이는 일종의 FDMA 방식으로 '리더-리더 충돌'은 해결할 수 있으나, '리더-태그 충돌'은 피할 수 없다. TDMA 방식은 리더간 동작하는 시간의 차이로 두 문제를 모두 해결할 수 있다. 대표적인 연구로는 그래프 착색(Graph Coloring)을 응용한 DCS(Distributed Colorwave Selection)와 VDCS(Variable-maximum Distributed Colorwave Selection) 알고리즘이다[6,7]. 두 알고리즘은 프레임이라는 총 인식시간을 Color라 불리는 타임 슬롯으로 나누어 각 리더가 경쟁적으로 접근하되 충돌이 발생하면 둘 중 하나는 다음 프레임에 비어있는 다른 타임 슬롯을 선택하도록 한다. DCS 기법의 경우, 타임 슬롯의 수가 정해져 있어 가변적으로 리더의 수가 변하는 환경에서는 리더의 수가 너무 적다면 타임 슬롯이 빈번히 비어 있어 시간적 낭비가 발생하며, 밀집 리더 환경에서는 잦은 충돌로 인해 인식을 저하가 발생할 수 있다. 프레임의 크기를 각 리더 별로 가변적으로 변경한 VDCS의 경우, 리더의 수가 많아지고 프레임의 길이가 길어짐에 따라 유휴 시간(Idle time) 발생 문제 및 잦은 프레임 변경이 발생한다. 또한, 전체 RFID 시스템을 모니터링 하지 않기 때문에 리더의 수가 많아질수록 충돌할 확률은 증가하게 된다. 따라서 VDCS의 문제점 보완을 위해 리더간에 동기화를 시도하거나 채널 모니터링으로 충돌 날 확률이 적은 타임 슬롯을 선택적으로 부여해 유휴시간을 줄이는 알고리즘이 제안되었다[8,9]. 성능 면에서 기존연구에 비해 개선된 것이 각 연구의 성능평가를 통해 입증되어 있으나, 구현을 위해 간섭 받는 리더 클러스터간의 동기화 문제를 해결해야 한다. 동기화 시도는 각 리더간 시간적 차이로 또 다른 유휴 시간을 발생시키며, 교착상태(Deadlock)가 발생하지 않도록 설계가 필요하다. 뿐만 아니라, VDCS와 같은 분산 알고리즘을 사용하는 기법에서 동기화 문제를 다루는 것은 용이한 구현과 유연한 확장이라는 장점을 해칠 수 있다[10]. 이 같은 문제의 해결을 위해 리더의 정보가 존재하는 미들웨어나 리더 매니저(Reader Manager)등의 리더를 관리하는 서버 개념을 통해 리더 충돌을 해결하는 기법이 있다[11-14].

이러한 기법에서는 최소의 간섭 범위를 갖는 리더들을 한 타임슬롯 내에 최대한 많이 동작 시켜, 인식해야 할 태그를 최단 시간에 100% 인식할 수 있도록 동작시키는 알고리즘이 성능을 결정한다. 동작 주기 설정을 위한 하나의 해결책은 간섭거리 내에 같은 리더는 동작시키지 않는 방법이다. 이것에 기초해 한 타임슬롯 내에 최적화된 리더-클러스터링을 위해 리더 간의 간섭반경을 계산 및 변경하는 알고리즘이 있다[13,14]. 이러한 기법은 주변 간섭을 발생하는 장애물이 적거나 기타 전파저해요소가 적은 환경에서는 좋은 방법이 될 수 있다. 그러나, 큰 규모의 RFID시스템은 다양한 환경변수(물건의 위치, 주변 금속 물질 등)에 의해 전파환경이 바뀌기 때문에 물리적으로 최적의 반경을 찾는 것은 많은 시간이 소요되고 매번 바뀌는 환경에 따라 유지보수 작업을 필요로 한다. 또한 간섭반경의 변경을 위해 RF파워를 낮출 경우 태그 데이터가 리더에 되돌아갈 수 있는 파워 이하로 떨어질 수 있어 인식을 저하가 발생할 수 있다. HiQ 알고리즘(Hierarchical Q-Learning Algorithm)에서는 지능형 서버를 통해 환경문제를 고려하여 경험적 수치를 고려해 리더-클러스터링이 되도록 하였다[2]. 이 알고리즘은 물리적인 충돌 반경보다는 경험적으로 충돌이 난 수치를 확률적으로 적용하여 구현의 현실성을 높였다. 이상에서 살펴본 TDMA 방식의 충돌 해결 기법들은 리더의 밀집도가 높고, 시스템의 규모가 클 경우 전체 인식시간이 느려지는 문제를 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 동적 리더-클러스터링과 스케줄링에 대한 알고리즘을 제안하였고, 그 결과 전체 인식시간을 단축하였다.

3. ARCM(Anti Reader Collision Manager)

본 논문에서 고려하는 RFID 시스템에서는 모든 리더가 네트워크를 통해 통신하고 있으며, 인식된 원시 태그 데이터(Raw Tag Data)를 관리하는 미들웨어가 존재하는 구조이다. 리더 충돌은 본 논문에서 제안하는 ARCM이 관리하게 되고 미들웨어는 ARCM이 제공하는 인터페이스를 통해 원시 태그 데이터를 받게 된다. 이를 위해 ARCM은 인터페이스와 리더 충돌을 방지하는 알고리즘을 수행되는 부분으로 구성되어 있으며, 리더의 상태를 5단계로 나누어 관리한다. 스케줄링은 알고리즘에 의해 리더의 상태 변화에 따라 수행되며 그 결과로 각 리더가 반환하는 원시 태그 데이터는 임시 저장 공간에 모여 두었다가 미들웨어의 요청에 의해 반환된다.

3.1 시스템 구성도

그림 1은 제안하는 기법을 적용하기 위한 ARCM의 구성도이다. ARCM은 리더-리더 충돌 및 리더-태그 충돌 계산을 위해 각 리더의 위치 정보 및 간섭 정보를

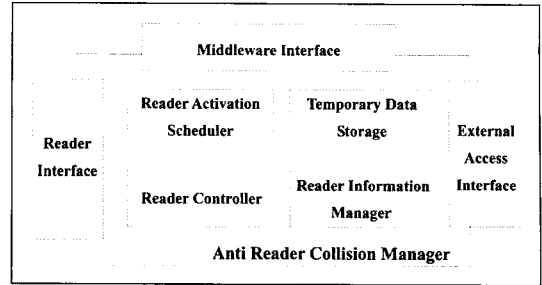


그림 1 ARCM의 구조

저장, 관리하기 위한 리더 정보 관리자(Reader Information Manager), 네트워크의 리더의 시작과 종료를 컨트롤 하는 리더 컨트롤러(Reader Controller), 리더-클러스터링 과정을 통해 시작 리더 클러스터를 생성하고 간섭 정보로부터 리더의 동작 순서를 결정하는 리더 활성화 스케줄러(Reader Activation Scheduler), 인식 작업 결과인 원시 태그 데이터를 미들웨어의 요청이 있을 때까지 저장하는 임시 저장소(Temporary Data Storage) 그리고 3가지 주요 통신 인터페이스(Communication Interface)로 나뉜다. 리더 정보 관리자는 외부 접근 인터페이스(External Access Interface)를 통해 리더 정보를 입력 받을 수 있으며, 위치 정보 전송이 가능한 리더의 경우에는 리더 인터페이스(Reader Interface)를 통해 리더의 아이디(Identification)와 위치 정보를 전송 받아 저장 및 관리한다. 미들웨어 인터페이스(Middleware Interface)에서는 미들웨어로부터 인식작업을 수행해야 할 리더의 집합을 전송 받고 원시 태그 데이터를 반환하는 수단으로 이용된다. 반환된 원시 태그 데이터는 임시저장소에 저장된다. 리더 활성화 스케줄러는 인식작업을 스케줄링 하기 위해 리더의 상태를 표 1과 같이 5단계로 분류한다. 초기 모든 리더들은 인식작업을 받을 수 없는 Ready 상태에 놓이게 되며, 시작 리더-클러스터 또는 다른 리더의 인식작업 종료로 리더-태그의 간섭을 받지 않는 리더들은 Runnable 상태에 놓이게 된다. 주파수 채널의 수가 넘지 않는 범위 내에서 Runnable 상태의 리더들은 인식작업을 시도하게 되고 이때 Run 상태가 된다. 인식작업이 완료가 되어 정제(Filtering)되지 않은 태그 리스트가 임시 저장소에 넘어가면 리더는 Complete 상태가 된다.

최종적으로 ARCM은 태그 리스트를 미들웨어에 전달하고, 인식작업이 완료된 리더로 인해 간섭에서 벗어난 리더의 집합을 Runnable 상태에 놓이게 된다. 인식작업이 완료된 리더는 다음 인식 라운드가 올 때까지 Finish 상태가 된다.

3.2 시작 리더-클러스터 생성

ARCM은 미들웨어로부터 동기/비동기적으로 원시 태

표 1 ARCM에 의해 관리되는 리더의 상태

상태	설명
Ready	간섭을 받는 리더의 동작으로 인식명령을 받을 수 없는 상태
Runnable	현재 인식 작업을 하고 있는 리더들에게 간섭을 받고 있지 않으나 가용 주파수 채널을 확보하지 못한 상태
Run	현재 가용 주파수 채널을 확보해 인식명령을 수행중인 상태
Complete	자신이 인식 명령 수행을 끝내서 태그리스트를 보낼 준비가 된 상태
Finish	현재 라운드에서 인식작업이 마무리 된 상태

그 데이터에 대한 요청을 받는다. 미들웨어 인터페이스를 통해 원시 태그 데이터에 대한 요청이 들어오면 리더 활성화 스케줄러의 인식작업을 위한 준비가 시작된다. 우선 미들웨어는 리더 아이디가 포함된 리더의 집합 R_s 를 ARCM에게 제공한다. 리더 아이디는 초기 시스템 구성 시 각 리더에 붙여진 고유 식별자로서 $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ 과 같이 붙여진다. ARCM의 리더 정보 관리자는 각 아이디에 해당하는 위치와 간섭 반경 데이터를 리더 활성화 스케줄러에게 넘겨준다. 이 데이터로 리더 활성화 스케줄러는 시작 리더-클러스터를 생성한다. 시작 리더-클러스터는 인식작업을 해야 하는 여러 리더들 중 가장 먼저 시작 명령을 받는 리더의 집합으로 그림 2와 같이 상호 리더 충돌이 일어나지 않게 구성된다. 따라서 K 번째 리더, R_k 가 간섭 반경 데이터를 바탕으로 이미 시작 리더-클러스터에 구성된 다른 리더와 간섭이 없고 가용 채널의 수가 남아 있다면 시작 리더-클러스터에 포함된다. 그림 3에서는 (a)라는 활성화 시켜야 하는 리더 집합을 이용하여 시작 리더-클러스터인 (b) 같이 적용한 예시이다. 각 리더를 둘러싸고 있는 원은 간섭 반경을 나타낸 것이다. 그림에 사용된 각 리더의 아이디는 ARCM이 원시 태그 데이터에 대한 요청 메시지를 받을 때 미들웨어로부터 함께 들어온 정보로 이 정보를 통해 리더 정보 관리자에게 위치 및 간섭정보를 받을 수 있다.

간섭 정보는 한 리더에 대한 간섭을 일으키는 리더 아이디의 집합으로 이루어져 있으며, 간섭을 일으키는

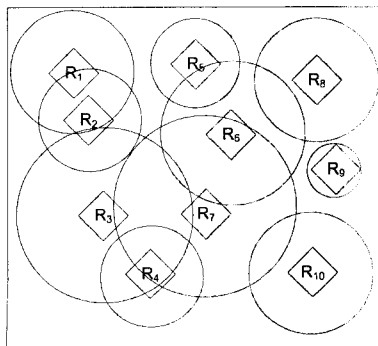
```

// processing a initial reader status by interference map
...
for (int i = 0; i < ReaderCount; i++)
    if ((Reader.Status == RUNABLE) && (Channel.Count < ReaderCount))
    {
        //join the start reader group
        ...
        Channel.Count++;
    }
    if(Channel.Count >= ReaderCount)
        break;
}
    
```

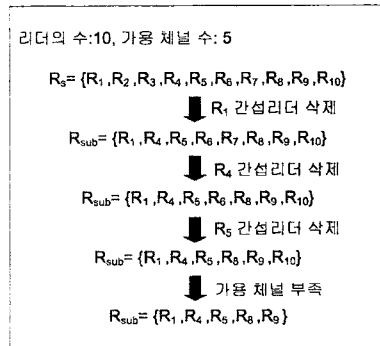
그림 2 시작 리더-클러스터 생성

리더는 간섭반경 내에 존재하는 리더로 정의한다. 따라서 그림 3의 (a)를 바탕으로 (b)와 같은 결과는 요청 리더 집합으로부터 간섭을 일으키는 리더의 집합을 연속적으로 차집합하여 결과를 얻을 수 있다. 순서는 리더 아이디의 번호에 의거한다. 따라서 그림 3의 (b)에서 R_1 이 간섭 리더들에 대해 차집합을 수행하고 채널을 부여 받게 되면, 다음으로 남아 있는 R_1 과 충돌을 일으키지 않는 리더들의 집합에서 가장 빠른 아이디인 R_4 가 선택된다. 같은 방법으로 R_4 와 충돌을 발생시키는 모든 리더가 제외되고 R_4 는 채널을 부여 받는다.

간섭을 일으키지 않는 채널이 비어 있지 않는 경우에는 채널을 할당 받은 리더들의 집합으로만 시작 리더-클러스터를 지정하며, 채널이 남아 있음에도 R_s 에 남아 있는 리더가 없는 경우에는 채널을 부여 받은 리더들로



(a)



(b)

그림 3 시작 리더 클러스터의 생성 과정

시작 리더-클러스터를 지정한다.

3.3 스케줄링

리더 활성화 스케줄러는 시작 리더-클러스터 내에 존재하는 각 리더 별 간섭 받는 리더에 대한 정보를 데이터 테이블로 관리한다. 데이터 테이블은 인식작업을 하고 있는 리더 아이디를 인덱스로 하여 한 리더의 인식작업이 끝나면 그 리더에 의해 간섭을 받는 리더들을 쉽게 파악할 수 있게 구성되어 있다. 이를 도식화하면 그림 3을 바탕으로 그림 4의 (a)와 (b)와 같이 나타낼 수 있으며, 각 화살표는 간섭을 일으키는 유무를 나타낸다. 색이 칠해진 부분은 시작 리더-클러스터를 가리킨다. 데이터 테이블을 통해 리더 활성화 스케줄러는 태그 인식작업 활성화가 가능한 시작 리더-클러스터부터 명령을 내린다. 명령 받은 리더는 인식작업 결과로 전송할 원시 태그 데이터가 완성되면 그 결과를 임시 저장소로 보내게 되고 리더 활성화 스케줄러에게 자신의 인식작업이 종료되었음을 알리게 된다. 각 리더는 그 종류와 태그의 수에 따라 전체 인식하는 시간이 달라지므로 시작 리더-클러스터는 동시에 인식작업 명령을 받았지만 각 응답하는 시점이 달라진다. 따라서 응답하는 리더 기준으로 간섭이 없고 인식 작업을 해야 하는 새로운 리더들의 집합을 결정한다.

그림 4의 (b)는 리더 1번과 9번과 같이 먼저 응답하는 리더가 발생한 경우이다. 리더 1번과 9번은 원시 태그 데이터를 보내고, 리더 활성화 스케줄러는 다음에 인식작업을 명령할 리더를 결정한다. 이러한 리더의 집합은 인식 작업을 종료한 리더가 간섭을 주었던 리더들로 일차적으로 선택되고 그 중에 인식작업이 진행 중인 리더의 간섭이 없는 리더들로 최종 선택된다.

그림 4의 (b)에서 1번 리더의 간섭으로부터 벗어나고

인식작업 중이지 않은 3번 리더의 간섭도 받지 않는 2번 리더가 새로운 인식작업 집합에 해당한다. 그런데 9번 리더의 종료로 간섭을 받지 않고 있던 10번 리더도 채널을 확보하게 되어 2번과 같이 시작하게 된다. 이상에서 살펴본 스케줄링에 대한 순서도는 그림 5와 같다.

4. 시뮬레이션

이번 장에서는 ARCM을 이용한 시스템에 대한 성능을 평가하기 위해 시뮬레이션을 수행하고 그 결과를 보였다. 시뮬레이션의 공간적 환경은 대형 매장을 기준으로 설정하였고, 가상 리더는 UHF 수동형 RFID 리더를 기준으로 설정하였다. 따라서 시뮬레이션을 위해 700m²의 장애물이 없는 공간을 가정하였으며, 리더의 주파수 대역은 910~914MHz, 리더-리더 충돌은 1km, 리더-태그 간섭 반경은 10m, 주파수 대역 내에 채널의 수는 15개로 가정하였다. 따라서 본 성능분석에서는 주어진 공간 내의 모든 리더들 사이에서는 리더-리더 충돌이 발생하며 비교적 근거리 영역에서는 리더-태그 충돌이 발생한다. 또한 실험을 위해 미들웨어에서는 전체 시스템에서 인식되는 태그를 인식되는 즉시 응답하도록 설계하였다. 먼저 ARCM을 이용한 시스템과 이를 이용하지 않고 리더-클러스터링만을 통한 시분할 다중 접속 시스템의 전체 태그 인식시간을 비교하였다.

그 결과 그림 6과 같은 데이터를 얻을 수 있었으며, 평균값의 차이를 쉽게 알기 위해 ARCM을 이용한 시스템의 결과값 기준으로 오름차순 정렬하였다. 리더의 수 (Rs)는 300개, 각 리더의 인식을 위한 시간은 300~1000, 1000~2000, 2000~3000(msec)의 세 구간으로 나누어 100회씩 실험하였다. 각 리더의 인식을 위한 시간은 인식해야 하는 태그 수가 많을 경우에는 인식시간도

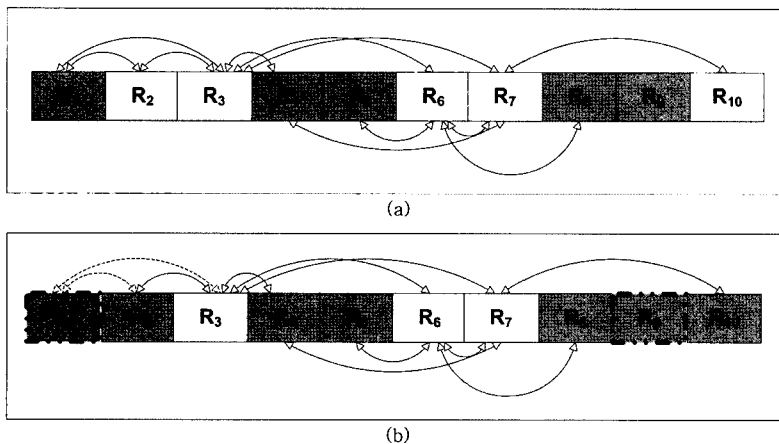


그림 4 그림 3의 스케줄링을 위한 데이터 테이블

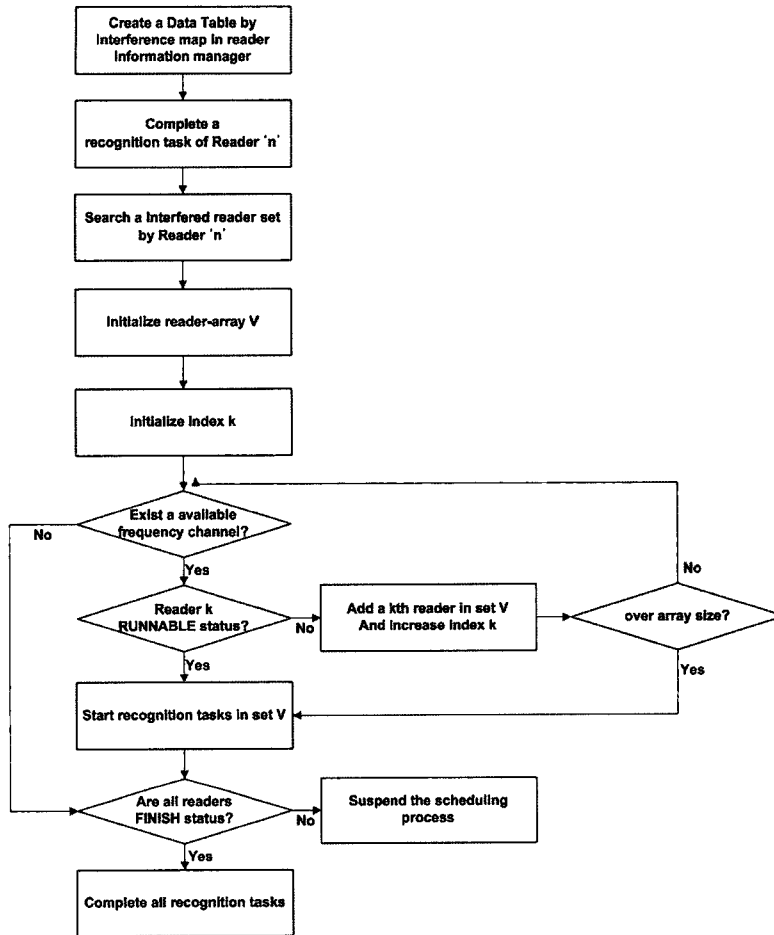


그림 5 ARCM의 스케줄링

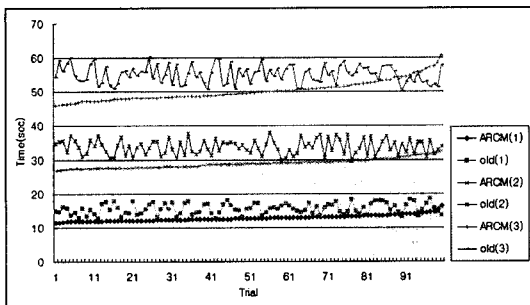


그림 6 ARCM의 유무에 따른 시스템의 인식시간 비교

커지기 때문에 이를 고려하여 최대 3000msec까지를 실험하였다. 태그 수의 분포는 일정하지 않기 때문에 시뮬레이션 프로그램에서 각 리더의 인식시간은 Gaussian 분포에 따라 랜덤 생성되었다. 리더들의 위치와 그들의 시간에 따라 시작 리더-클러스터와 스케줄링이 달라지

기 때문에 ARCM을 이용한 총 인식시간은 리더-클러스터링 기법에 비례적으로 달라지진 않는 것으로 나타났다. 그러나 총 300회의 실험 중에 94%가 ARCM을 사용한 시스템이 짧은 인식시간을 보였다. 또한 잘못된 스케줄링으로 순번이 늦은 리더들 가운데 서로 근접한 리더가 많아 시간이 오히려 총 인식시간이 늦어지는 경우가 6% 발생하였다. 평균적으로 인식시간이 얼마나 향상되었는가를 알아보기 위해 그림 6의 결과들을 평균을 내어 비교하면 표 2와 같이 비교해 본 결과 평균인식시간이 비교적 크게 향상된 것을 볼 수 있었다. 또한 리더들이 비교적 짧은 평균인식시간을 가질수록 보다 좋은 성능을 나타내었다. 300~1000msec에서는 평균인식시간이 약 14.43% 개선되었다.

이 점에 착안하여 본 연구에서는 가장 효율적으로 ARCM이 쓰일 수 있는 조건을 분석해 보았다. 20개부터 500개까지 10개 단위로 리더의 수를 증가시켜가며,

표 2 ARCM과 리더-클러스터링 기법의 평균 인식시간 비교 (단위: msec)

	Reader-Clustering	ARCM
300~1000(msec)	15526	12849
1000~2000(msec)	33745	28875
2000~3000(msec)	55126	50296

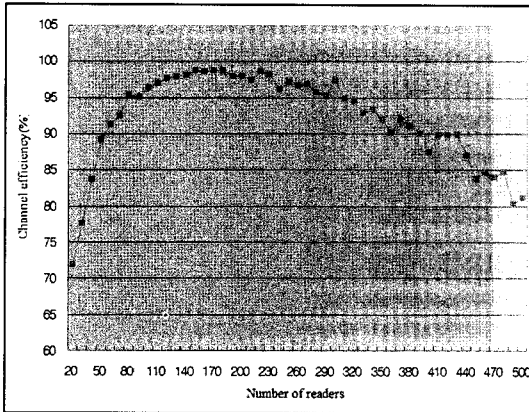


그림 7 리더의 수에 따른 채널 사용률

각 100회씩 시뮬레이션을 통해 성능분석을 수행하였다. 상대적인 인식시간의 비교를 위해 채널 사용률에 대해서 다음과 같은 식을 정의하였으며, 총 인식시간 대비 주파수 대역 내에 채널의 사용 비율을 말한다.

$$\frac{RT(\text{Recognition Time})_{ARCM}}{\sum \text{Each Reader RT} / \text{Total Channel}} (\%)$$

같은 시간에 평균적으로 많은 채널을 사용하고 있다는 것은 인식시간을 그만큼 단축시킬 수 있음을 의미한다. 실험 결과 그림 7과 같은 결과를 얻었으며 리더의 수가 80개 이상 300개 이하에서 95%이상의 채널 사용률을 나타냈다. 리더의 수가 20~50개까지는 좋지 않은 채널 사용률을 나타내는데, 이는 리더의 수가 적으면 비례 시작 리더-클러스터 형성 및 스케줄링의 비용이 크기 때문이다. 또한, 300개 초과에 대해서 점점 채널 사용률이 떨어지는 것을 볼 수 있는데, 이것은 리더의 수가 너무 많아져 간섭을 일으키는 리더의 수도 비례적으로 증가해 스케줄링 시간을 증가시키기 때문이다.

5. 결론

RFID시스템이 보편화되기 위해서는 리더 충돌 문제를 해결해야만 한다. 시분할 다중 접속을 이용한 RFID 시스템은 충돌을 회피하여 높은 인식률을 가질 수 있는 시스템이지만 전체 인식시간이 길어지는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구는 시분할 다중 접속의 RFID 시스템 기반에 인식시간을 짧게 지닐 수 있는 ARCM을 제

안하였고, 그 구동원리와 시뮬레이션을 통해 개선된 결과를 얻었다. 따라서 ARCM을 이용한 전체 인식시간의 개선은 물류창고나 전자선반등의 RFID시스템에 전체 재고파악시간 단축을 위해 적용할 수 있을 것으로 예상된다. 한편 리더-리더 충돌과 리더-태그 충돌의 유발할 수 있는 최소 거리를 환경 변수에 따라 정형화 하는 문제는 계속 연구되어야 할 것으로 본다. 또한, 출입관리와 같이 수 초 내 인식시간을 필요로 하는 시스템과의 효율적인 연동도 연구되어야 한다. 따라서, 향후에 환경 변수에 대한 수치가 고려되고 출입관리 시스템 등과 연동된다면 현재의 시스템은 적용범위가 더욱 확대될 것으로 기대된다.

참고 문헌

[1] D. W. Engels, S.E. Sarma, "The Reader Collision Problem," Proceedings of IEEE International Conference, Systems, Man and Cybernetics, vol. 3, pp. 6-11, Oct. 2002.

[2] J. K. Ho, "Solving the reader collision problem with a hierarchical Q-learning algorithm," Master's thesis, Massachusetts Institute of Technology, Feb. 2003.

[3] Yoshinori Tanaka and Iwao Sasase, "Interference Avoidance Algorithms for Passive RFID Systems Using Contention-Based Transmit Abortion," in IEICE TRANSACTIONS on Communications vol. E90-B, no.11, pp. 3170-3180, Nov. 2007.

[4] EPCglobal, "EPC Radio-Frequency Identity Protocols Generation 2 UHF RFID Tag(Class 1): Protocol for Communications at 860MHz - 960MHz," Working Draft Version 1.0.4, Feb. 2004.

[5] European Telecommunications Standards Institute, "Electromagnetic compatibility and Radiospectrum Matters (ERM); Short-Range Device (SRD) intended for operation in the 862MHz to 870 MHz band; System Reference Document for Radio Frequency Identification (RFID) equipment," ETSI TR 101 445 vol. 1.1.1, April 2002.

[6] J. Waldrop, D. W. Engels, and S. E. Sarma, "Colorwave: a MAC for RFID reader networks," Proceedings of IEEE Wireless Communications and Networking Conference, vol. 3, pp. 1701-1704, Mar. 2003.

[7] J. Waldrop, D. W. Engels, and S. E. Sarma, "Colorwave: An Anticollision Algorithm for the Reader Collision Problem," Proceedings of IEEE International Conference on Communications, vol. 2, pp. 1206-1210, Aug. 2003.

[8] S. R. Lee, C. W. Lee, "An Enhanced Colorwave Reader Anti-collision Algorithm in RFID System," Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea TC, vol. 43, no.2, pp. 27-38, Feb. 2006.

- [9] S. R. Lee, C. W. Lee, "RFID Reader Anti-collision Algorithm using the Channel Monitoring Mechanism," Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea TC, vol. 43, no.8, pp.35-26, Aug. 2006.
- [10] J. Dollimore, T. Kindberg, G. Coulouris, "Distributed Systems: Concepts and Design," Addison Wesley, 4 edition, May, 2005.
- [11] C. Floerkemeier and M. Lampe, "RFID middleware design - addressing application requirements and RFID constraints," Proceedings of the 2005 joint conference on Smart objects and ambient intelligence: innovative context-aware services: usages and technologies, pp. 219-224, Dec. 2005.
- [12] K.S. Leong, M.L. Ng, A.R. Grasso, and P.H. Cole, "Synchronization of RFID readers for dense RFID reader environments," Proceedings of IEEE International Symposium on Applications and the Internet Workshop, pp. 48-51, Jan. 2006.
- [13] J. H. Kim, W. J. Lee, J. U. Yu, J. H. Myung, E. K. Kim, C. H. Lee, "Effect of Localized Optimal Clustering for Reader Anti-Collision in RFID Networks: Fairness Aspects to the Readers," Proceedings of IEEE Conference on Computer Communications and Networks, pp. 497-502, Oct. 2005.
- [14] Jung-Hwan Cho, Sang-Soo Yeo, Sung Kwon Kim, "Reader Anti-Collision Scheme using Dynamic RF Assignments and Power Controls," Proceedings of Korea Information Science Society Conference, vol.33, no.2 (D), pp.30-33, Oct. 2006.



최 봉 석

1992년 2월 성균관 대학교 전자공학과(공학사). 1996년 6월 Stevens Institute of Technology, 전자공학과(공학석사) 1996년~2001년 삼성전자 선임연구원. 현재 (주)EMW 안테나 책임연구원. 관심분야는 이동통신, RFID



성 원 모

1995년 2월 단국대학교 전자공학과(공학사). 1997년 2월 단국대학교 전자공학과(공학석사). 2007년 2월 단국대학교 전자공학과(공학박사). 1998년 6월~현재 (주)EMW 안테나 연구소장. 관심분야는 안테나 설계 및 해석, RFID



김 유 호

2005년 2월 아주대학교 정보 및 컴퓨터공학부(공학사). 2007년 2월 아주대학교 정보통신전문대학원 정보통신공학(공학석사). 2007년 2월~현재 (주)EMW 안테나 연구소 주임연구원. 관심분야는 시스템 성능분석, Autonomic Computing, RFID



장 영 수

2000년 2월 단국대학교 전자공학과(공학사). 2002년~2004년 (주)벨웨이브. 2004년~2006년 (주)팬택. 2007년 1월~현재 (주)EMW 안테나 선임연구원. 관심분야는 임베디드 미들웨어, RFID