

RFID 시스템의 다중 인식 기술 현황

이수련 · 이채우

아주대학교

요 약

RFID 시스템에서는 리더가 다수의 태그를 읽는 다중접속방식(Multi-access Mode)을 이용하므로 태그 간 충돌이 발생한다. 또한 넓은 면적에서 다수의 리더가 태그를 읽을 때에는 리더간의 충돌도 발생한다. 이러한 충돌은 RFID 시스템의 효율에 큰 영향을 미치므로, 효과적인 충돌방지 알고리즘이 요구된다. 현재 RFID의 충돌방지 알고리즘은 RFID 시스템의 효율과 직결되기 때문에 공개를 꺼리고 있어 많은 자료를 구할 수는 없으나, 본고는 RFID 시스템의 다중인식 기술 및 태그의 충돌방지 알고리즘 그리고 리더의 충돌방지 알고리즘 중 널리 알려진 것을 소개한다.

I. 서 론

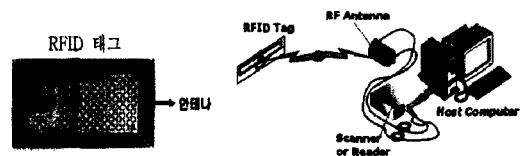
지금 우리 사회는 유비쿼터스 네트워크 시대로 진화하고 있다. 유비쿼터스란 사용자가 네트워크나 컴퓨터를 의식하지 않고 장소에 상관없이 자유롭게 네트워크에 접속할 수 있는 정보통신환경을 의미한다^[1]. 이러한 유비쿼터스 환경의 구현은 모든 사물들을 인식하는 것이 기반이 되어야 하며, 이를 위하여 사물 내에 사물의 식별을 위한 식별자가 포함되어야 한다. 이때 각 사물에 포함되는 식별자로 가장 촉망 받는 것이 RFID(Radio Frequency IDentification, 전파 식별)이다. RFID 기술이란 초소형 반도체에 식별정보를 넣고 무선주파수를 이용하여 사물을 판독, 추적, 관리하는 기술이다. RFID는 비접촉식이며 대용량의 데이터의 전송이 가능하다는 등의 장점을 가지

고 있으므로 물류, 유통, 전자 지불, 보안 등 사회 전반에 걸쳐 응용이 가능할 것으로 기대되고 있다^[2].

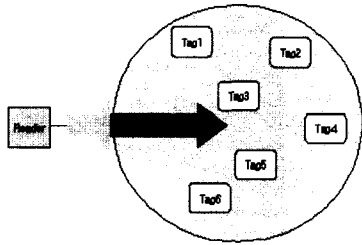
RFID 시스템은 [그림 1]에서 보는 바와 같이 리더(Reader)와 태그(Tag) 그리고 리더와 연결된 안테나(Antenna)로 구성된다^[3]. RFID 태그는 태그 내부에 독립된 전원이 존재하는지 여부에 따라 능동태그(Active Tag)와 수동태그로 나눈다. 능동태그는 독립된 전원을 가지고 있으므로 리더와의 인식거리를 늘리고, 리더의 전력 손실을 줄일 수 있다는 장점이 있으나, 수동태그에 비하여 고가이며 사용기간에 제한이 있다는 단점이 있다. 이에 비해 수동태그는 리더와의 인식거리가 짧지만, 반영구적으로 사용할 수 있으며 가격이 저렴하므로 RFID 시스템에서 널리 사용되고 있다^[2].

현재 개발중인 RFID 시스템은 주로 저가인 수동태그를 이용한다. 따라서, 태그가 동작하는데 필요한 모든 에너지는 리더에 의하여 공급되어진다. 따라서 리더는 자기 주변 지역에 강한 자기장을 발생시키고, 방출된 자기장의 일부분이 태그의 안테나에 유도성 전압을 발생, 정류된 후 태그를 위한 에너지로 공급된다. 수동 태그는 이 에너지를 이용하여 리더와 통신을 하게 된다^[4].

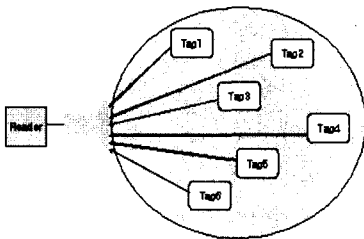
일반적으로 리더가 태그를 인식하는 과정은 [그림 2]와 같이 이루어진다^[5]. 리더는 모든 태그에게



[그림 1] RFID 시스템의 구성^[3]



(a) Broadcast mode



(b) Multi-access to a reader

[그림 2] 리더와 태그의 통신 모드

요청메시지를 브로드캐스트(Broadcast)한다. 요청 메시지를 받은 태그들은 리더에게 데이터를 전송하게 되는데, 이 경우 하나의 리더에 많은 태그들이 데이터를 전송하는 다중접속(Multi-Access)이 이루어진다. 다중 접속시 리더에 많은 태그들이 데이터를 전송하므로 필연적으로 데이터 충돌이 발생하며, 충돌 발생 데이터의 인식을 위해 재전송이 요구된다. 이러한 데이터 재 전송 과정은 결국 태그 인식 시간의 증가를 유발하여 RFID 시스템의 효율성을 떨어뜨린다. 다중접속과정에서 태그를 인식하는 기술을 다중 인식 기술이라고 하며, RFID 시스템의 효율성을 높이기 위해서는 태그 충돌을 최소화하는 다중 인식 기술이 요구된다^[5].

본고에서는 RFID 시스템의 다중인식기술과 다중 인식과정에서 사용되는 충돌방지 알고리즘을 소개한다. 이하 제 2절에서는 일반적인 다중인식 기술을 소개하고 제 3절에서는 다중인식 기술에서 사용되는 태그 충돌방지 알고리즘에 대해 기술한다. 또한

제 4절에서는 리더 충돌 방지 알고리즘을 소개하고 제 5절에서 결론을 내린다.

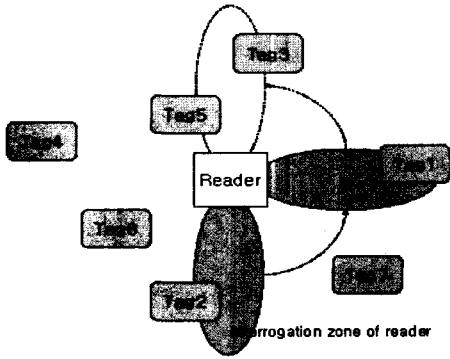
II. 다중 인식 기술

RFID 시스템에서의 다중 인식 기술이란 제한된 주파수 대역폭 자원을 잘 분배하고 기술적으로 보완하여 최대한 많은 태그들이 충돌 없이 리더와 통신을 하기 위한 기술로 정의 내릴 수 있다. 이러한 다중인식기술은 태그가 어떤 데이터 전송영역을 할당하여 사용하느냐에 따라 SDMA(Space Division Multiple Access), FDMA(Frequency Division Multiple Access), TDMA(Time Division Multiple Access) 등으로 나눌 수 있다^[5].

2-1 SDMA(Space Division Multiple Access)

SDMA란 각 태그에게 일정 물리적 공간(Space)을 할당하여 태그를 인식하는 방법이다. SDMA의 구현 방법에는 다음의 두 가지가 있다. 하나는 여러 개의 리더와 안테나를 열을 지어 설치하여 태그를 인식하는 방법으로, 이때 사용되는 안테나는 리더에 부착되어 있고 인식방향을 변경할 수 없다^[5]. 이 방식을 이용한 RFID 시스템은 실제 마라톤 경기에서 사용되고 있다. 마라톤 선수들의 경주 코스에 일정간격으로 리더와 안테나를 설치하고 선수들에게 태그를 부착하여, 마라톤 경기 중 선수의 위치를 확인한다. 이 방식은 구현은 간단하나 리더와 안테나를 많이 설치하여야 하므로 비용이 많이 드는 문제가 있다.

두 번째 방식은 안테나의 방향을 조정함으로써 직접적으로 각각의 태그를 인식하는 방법으로 Adaptive SDMA라고 불린다^[5]. Adaptive SDMA에서 리더는 이극안테나(dipole antenna)를 사용하며, 안테나의 인식각도를 정밀하게 조정하여 그 각도에 위치한 태그를 읽는다. Adaptive SDMA는 리더가 여러 개의 안테나를 사용할 경우 각 안테나의 위치 및 각



[그림 3] Adaptive SDMA의 동작개념

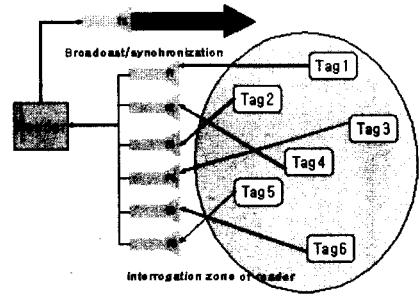
도가 충분히 떨어져 있다면 동일 주파수로 동시에 여러 개의 태그를 읽을 수 있다는 장점이 있다. [그림 3]에 Adaptive SDMA의 기본개념이 나타나 있다.

Adaptive SDMA에서 리더는 몇 개의 이극안테나(Dipole antenna)로 구성되므로 리더가 사용하는 주파수 대역이 대략 2.45 GHz로 제한되는 단점이 있다. 또한 안테나의 각도 조절이 정밀하여야 하므로 시스템 구성이 복잡하여 비용이 많이 드는 문제가 있다.

2-2 FDMA(Frequency Division Multiple Access)

FDMA란 각 태그들에게 별도의 주파수 채널을 할당하여 다수의 태그를 인식하는 방식으로, FDMA 기술은 현재 아날로그 휴대전화나 위성통신 등에서 널리 쓰이고 있다^[5]. 이 방식에서는 각 태그들이 자신의 고유한 주파수 채널을 이용하여 리더와 통신한다. 따라서 리더는 동시에 다수의 태그를 인식할 수 있다.

[그림 4]는 FDMA의 동작을 나타낸다. 리더가 자신의 고유한 주파수로 태그에게 요청 메시지를 브로드캐스트하면 태그들은 곧 자신의 고유한 주파수를 이용하여 응답한다. 이때 리더의 수신부는 각 태그의 주파수 채널을 수용할 수 있도록 설계되어야 한다.



[그림 4] FDMA의 동작개념

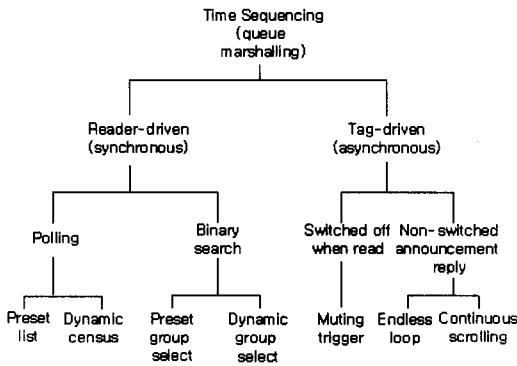
FDMA는 동시에 여러 태그를 인식할 수 있으며 충돌이 발생하지 않는다는 장점이 있다. 그러나 여러 주파수 채널을 이용하여야 하므로 넓은 가용주파수 대역이 확보되어야 하고, 이 주파수 채널을 모두 수용하는 리더가 구현되어야 하므로 비용이 많이 들고 시스템이 복잡해진다는 단점이 있다^[5].

2-3 TDMA(Time Division Multiple Access)

TDMA란 전송시간을 여러 개의 타임 슬롯(Time-Slot)으로 분할하여 각 슬롯을 하나의 태그에게 할당하는 방식이다. TDMA는 구현이 간단하여 RFID 시스템에서 널리 쓰이고 있다^[5].

[그림 5]는 RFID 시스템에서의 TDMA 방식을 분류하고 있다. TDMA 방식은 크게 태그 주도(Tag-driven) 방식과 리더 주도(Reader-driven) 방식으로 나눌 수 있다^[5]. 태그 주도 방식이란 태그가 보내야 할 데이터가 있다고 판단하는 경우 리더에게 데이터를 전송하는 방식이다. 태그 주도 방식은 태그가 임의로 데이터를 전송하므로 데이터 충돌이 발생하더라도 이를 제어하기가 어렵다는 문제가 있다.

리더 주도 방식이란 리더가 요청메시지를 보내는 경우에 태그가 리더에게 데이터를 전송하는 방식으로 리더가 중앙에서 태그의 데이터 전송을 관리한다. 이 방식은 데이터의 충돌 발생을 리더가 인식하여 이를 조정할 수 있으므로 RFID 시스템에서 널리



[그림 5] TDMA의 분류

쓰이고 있다.

TDMA 방식에서 태그의 효율적인 다중인식을 위해서는 태그 사이의 충돌을 방지하여야 한다. RFID 시스템에서 다중인식을 위한 TDMA 태그 충돌 방지 알고리즘은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 알로하(ALOHA) 계열의 리더 주도 TDMA 충돌 방지 방법
- 맨체스터 코딩을 이용한 이진탐색(Binary search) TDMA 충돌방지 방법

다음 제 3절에서는 알로하 계열의 충돌방지 알고리즘 및 이진 탐색 충돌방지 알고리즘의 에 대하여 자세히 살펴본다.

Ⅲ. 태그 충돌방지 알고리즘 (Tag Anti-collision Algorithm)

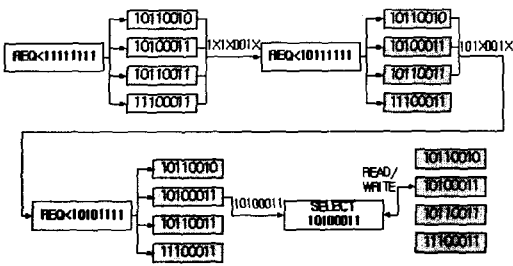
RFID 시스템에서 효율적인 다중 인식 기술을 위해서는 리더가 태그를 충돌 없이 인식하여야 하므로 태그 충돌방지 알고리즘이 요구된다. 현재 RFID 시스템에서는 이진 탐색 방식(Binary Search Algorithm)과 프레임 알로하 방식(Frame Slotted ALOHA Algorithm)이 태그 충돌방지 알고리즘으로 널리 쓰이고 있다.

3-1 이진 방식 충돌방지 알고리즘(Binary Search Anti-collision Algorithm)

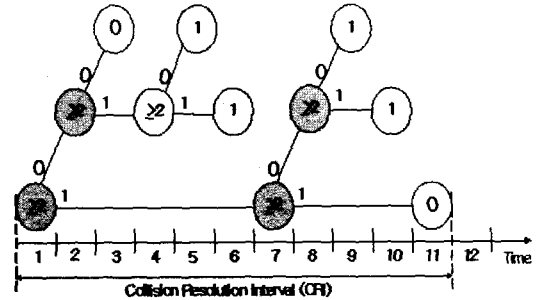
이진 탐색 방식이란 여러 개의 태그가 고유 번호를 동시에 전송하는 경우 충돌이 발생하는 비트 위치를 이용하여 태그의 고유 번호를 인식하는 것을 말한다^[5]. 즉, 충돌이 발생한 경우에 응답하는 태그의 수를 줄임으로써 태그 충돌을 방지한다. 이진 탐색 알고리즘에는 기본 이진 탐색 알고리즘(Basic Binary Search Algorithm), 슬롯 이진 탐색 알고리즘(Slotted Binary Search Algorithm), 비트별 이진 탐색 알고리즘(Bit-by-Bit Binary Search Algorithm) 등이 있다.

3-1-1 기본 이진 탐색 알고리즘(Basic Binary Search Algorithm)

기본 이진 탐색 알고리즘에서 리더는 인식 가능한 영역에 있는 모든 태그의 고유번호를 받아서 충돌이 일어나는 비트의 위치를 파악한다. 태그의 고유번호란 태그를 인식하기 위하여 사용되는 식별자로서 각 태그마다 고유한 값을 가진다. 그 중 가장 상위의 충돌 비트에서 임의로 하나의 값을 선정하여 그 값의 이상 또는 이하의 고유번호를 가진 태그들만 응답하도록 한다. 예를 들면, [그림 6]에서는 두 번째 REQUEST에서 검색범위를 “<1011111”로 두어 응답하는 태그의 수를 줄이고 있다. “REQUEST < 1011111”란 태그들 중 1011111 이하의 고유번호를 가진 태그들만 응답하라는 명령이다. 기본 이진탐색 알고리즘은 하나의 태그만 남을 때까지 이런 과정을 순차적으로 반복 수행하여, 하나의 태그만 남으면 그 정보를 읽어 들인다. 이러한 이진 탐색의 방식은 태그를 찾기 위한 반복과정을 거치게 되는데, 태그 수를 N , 태그 인식 반복회수는 $L(N)$ 이라고 하면, 반복회수 $L(N)$ 은 다음 식 (1)로 표현할 수 있다^[5].



[그림 6] 8비트 고유번호를 가진 태그의 이진탐색 절차



[그림 7] 슬롯 이진 트리 알고리즘의 동작과정

$$L(N) = \frac{\log(N)}{\log(2)} + 1 \quad (1)$$

3-1-2 슬롯 이진 트리 알고리즘(Slotted Binary Tree Algorithm)

슬롯 이진 트리 알고리즘은 태그들을 그룹으로 나누어 응답하게 하여 충돌을 방지하는 알고리즘이다^[6]. 리더가 태그에게 요청 메시지를 보내면 태그는 임의로 '0'과 '1'의 두 개의 그룹을 선택하고 리더는 그 중 '0'을 선택한 그룹의 태그들부터 읽는다. '0'을 선택한 그룹의 태그들을 다 읽으면 리더는 다시 '1'을 선택한 그룹의 태그를 읽는다. 이때 각 그룹 내의 태그 충돌이 발생하면 다시 2개의 그룹으로 분기되고 어느 한 그룹을 선택하여 태그 인식과정을 반복하게 된다. 슬롯 이진 트리 알고리즘에서 p 를 '0' 또는 '1'인 그룹을 선택할 확률, n 을 태그 수, n 개의 태그를 인식하기 위하여 필요로 하는 총 반복회수 IBEST는 식 (2)와 같다.

$$I_{BEST} = 1 + \sum_{k=2}^n \binom{n}{k} \frac{2(k-1)(-1)^k}{[1-p^k - (1-p)^k]} \quad n \geq 2 \quad (2)$$

[그림 7]은 슬롯 이진 트리 알고리즘의 동작과정을 보여준다. 첫 번째 슬롯에서 리더의 명령에 2개 이상의 태그들이 응답하여 충돌이 발생하였다. 두 번째 슬롯에서 리더는 임의로 '0'인 그룹을 선택한 태그들만 응답하도록 명령한다. 두 번째 슬롯에서

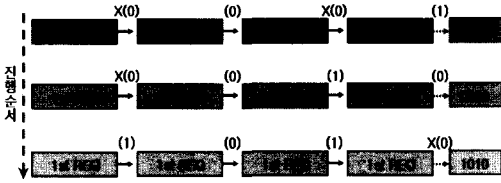
재충돌을 감지한 리더는 또다시 '0'인 그룹이 응답하도록 요청한다. 세 번째 슬롯에서는 어느 태그도 응답하지 않아 리더는 두 번째 슬롯에서 '1'인 그룹을 선택한 태그들이 응답하도록 요청함으로써 다섯 번째 슬롯에서 처음으로 태그를 인식하고 있다.

3-1-3 비트별 이진 트리 알고리즘(Bit-by-Bit Binary Tree Algorithm)

비트별 이진 트리 알고리즘이란 리더의 요청 메시지에 따라 태그가 자신의 고유 번호를 한 비트씩 전송하는 방식이다^[7]. 태그들이 보내는 비트 사이에 충돌이 발생하지 않으면 리더는 태그로부터 받은 비트를 메모리에 저장한 후 다음 비트를 요청하게 된다. 그러나 충돌이 발생하면 리더는 0 또는 1 중에서 하나를 선택하여 이에 해당되는 태그들만 다시 응답하도록 하고 다음 비트를 요청하게 된다. 이런 과정을 태그의 고유번호 길이만큼 반복함으로써 하나의 태그를 인식하게 된다. 만일 n 개의 태그가 존재하고 각 태그의 고유번호가 j 비트라면 모든 태그를 인식하기 위해 필요한 반복회수는 식 (3)과 같다.

$$I_{BBT} = n \times j \quad (3)$$

[그림 8]은 비트별 이진 트리 알고리즘의 동작과정을 나타낸다. X(0)에서 X는 충돌이 발생하였음을, (0)은 다음 번 비트에 해당하는 값의 요청을 의미한다.



[그림 8] Basic bit-by-bit 이진 트리 알고리즘의 동작과정

<표 1> 이진 충돌방지 알고리즘의 장단점

	기본이진탐색	슬롯이진트리	비트별 이진트리
장점	· 구현 간단	· 그룹화 이용 · 응답 태그 수 줄임	· 1비트씩 전송 · 짧은 시간 지연
단점	· 많은 반복 회수 · 큰 시간 지연 발생	· 많은 반복회수 · 큰 시간 지연 발생	· 많은 반복회수 · 리더와 태그의 동기화 필요

다. 비트별 이진 트리 알고리즘은 비트 단위로 인식하기 때문에 태그의 인식 번호가 4 bit인 태그를 인식하기 위해 4번의 요청이 필요하다.

이진 충돌방지 알고리즘의 <표 1>과 같다.

3-2 프레임 알로하 충돌방지 알고리즘(Framed Slotted ALOHA Algorithm)

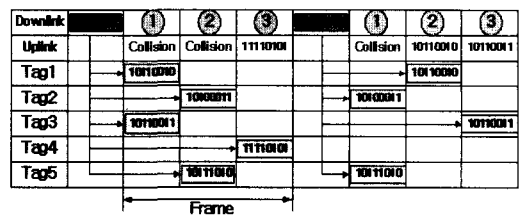
슬롯방식 알로하(Slotted ALOHA) 알고리즘이란 태그가 응답하는 시간을 고정된 몇 개의 슬롯으로 나누고 태그들이 각자 선택한 슬롯에 고유 번호를 전송하는 방식이다. 이 방식에서 리더는 태그가 자신의 고유번호를 리더에 전송하는 시간간격으로 정의되는 슬롯(Slot) 내에 고유 번호가 충돌없이 완벽하게 전송될 때만 태그를 인식한다. 현재 사용 중인 RFID 시스템은 슬롯 방식의 알로하 계열의 하나인 프레임 알로하 방식을 사용한다. 프레임(Frame)이란 리더가 명령을 전송하고 다음 명령 전송까지의 시간을 의미한다. 하나의 프레임은 여러 개의 슬롯으로

구성되므로 프레임의 크기는 슬롯의 수에 따라 변경된다. 본 절에서는 현재 RFID 시스템의 충돌 방지 알고리즘으로 적용 가능한 기본 프레임 알로하 알고리즘과 RFID 시스템의 특성을 고려한 몇 가지 지능적인 프레임 알로하 알고리즘을 소개한다.

3-2-1 기본 프레임 알로하 알고리즘(BFSA, Basic Framed Slotted ALOHA Algorithm)

BFSA 알고리즘은 리더와 태그 사이의 통신에 사용되는 프레임의 크기가 고정되어 있는 알고리즘이다. BFSA 알고리즘에서 리더는 요청 메시지를 브로드캐스트(Broadcasting)할 때, 태그들에게 프레임 크기와 슬롯 선택에 대한 정보를 제공한다. 이때 각 태그들은 요청메시지와 함께 전송된 정보를 이용하여 프레임 내에서 자신이 사용한 슬롯을 선택한다^[5].

[그림 9]는 BFSA 알고리즘의 동작과정을 나타내고 있다. 리더의 명령과 다음 명령 사이의 간격으로 1회의 태그 인식 과정을 리드 사이클(Read Cycle)이라고 하며 첫 번째 리드 사이클에서 태그 1과 태그 3은 슬롯 1번, 태그 2와 태그 5는 슬롯 2에 자신의 고유번호를 전송함으로써 태그 충돌이 발생하였다. 그 결과 태그 1, 2, 3, 5는 인식되지 않았으므로 리더의 두 번째 요청 메시지에 다시 랜덤하게 슬롯을 선택하여 응답하였다. 이때 각 리드 사이클에서 사용된 프레임의 크기는 슬롯 3개로 동일하게 유지된다. 이때 첫 번째 리드 사이클에서 인식된 태그 4는 리더와의 통신을 통해서 이후의 요청 메시지에 대해



[그림 9] BFSA 알고리즘의 동작과정

응답하지 않도록 설정된다.

BFSA 알고리즘은 프레임의 크기가 고정되어 있다. 따라서 태그수가 많은 경우, 각 슬롯마다 할당되는 태그가 많아 다수의 충돌이 발생하므로 리드 사이클(Read cycle)이 여러 번 반복되더라도 하나의 태그도 인식하지 못할 수 있다. 또한 태그수가 적은 경우에는 불필요한 슬롯의 낭비가 발생한다.

3-2-2 동적 프레임 알로하 알고리즘(DFSA, Dynamic Framed Slotted ALOHA Algorithm)

DFSA 알고리즘이란 데이터의 충돌 등을 고려하여 프레임의 크기를 변화시키는 방식이다. 따라서 고정된 프레임 크기를 사용하는 BFSA 알고리즘에서 나타나는 슬롯 낭비의 문제를 해결할 수 있다. DFSA 알고리즘은 그 구현방법에 따라서 많은 변형 알고리즘이 존재한다. 본 절에서는 그 중 증가 방식(Increase) 알고리즘과 멈춤방식(Break) 알고리즘에 대하여 소개한다.

DFSA의 증가 방식 알고리즘은 전 리드 사이클에서 얻어진 충돌된 슬롯의 수가 기준점 이상일 경우 프레임의 크기를 증가시키는 방법이다^[5]. 이 방법에서는 태그의 수가 적은 경우에는 초기의 작은 프레임으로 태그를 인식하지만 태그가 많아져 충돌이 많이 발생하면 프레임의 크기를 증가시킨다. 또한 리드 사이클의 반복수행 결과 읽어야 하는 태그가 적어져 빈 슬롯의 수가 많아지면 프레임의 크기를 줄인다.

DFSA의 멈춤 방식 알고리즘은 큰 프레임을 이용하여, 하나의 태그가 충돌 없이 인식되면 리드 사이클을 멈추고 다시 리드 사이클을 시작하는 방법이다^[6]. 이 경우 프레임 내에 고유 번호가 인식되는 슬롯의 위치가 어디인가에 따라서 매회 프레임에서 사용되는 슬롯의 수가 변한다.

DFSA 알고리즘은 현재 상황을 고려하여 프레임의 크기를 조절한다는 장점이 있다. 그러나 태그수

가 최대 프레임의 크기보다 많을 경우, 프레임의 크기를 조정하는 것만으로는 충돌을 줄일 수 없다는 단점이 있다.

3-2-3 태그 수 추정 알로하 알고리즘(AFSA, Advanced Framed Slotted ALOHA Algorithm)

AFSA 알고리즘은 기존의 BFSA 알고리즘을 개선한 방식중 하나로 리더의 인식범위 내의 태그 수를 추정하여 최적의 프레임 크기를 정해 태그를 읽는 충돌 방지 알고리즘이다. 태그 수 추정 방식은 리더가 리드 사이클을 수행한 후 얻어진 태그의 충돌 여부에 따른 슬롯의 상태를 이용하여 태그의 수를 추정하고 다음 리드 사이클에 사용될 프레임의 크기를 정한다^{[10],[11]}.

태그 수의 추정은 전 단계의 리드 사이클에서 얻어진 태그를 읽은 슬롯의 수(c_1), 충돌이 발생한 슬롯의 수(c_b), 빈 슬롯의 수(c_k)와 리드 사이클에서 사용되었던 프레임 크기(N)를 이용하여 식 (1)으로 계산된다. 태그의 수는 Binomial distribution을 이용한 슬롯 상태의 평균 기댓값과 실측된 슬롯 상태의 오차를 최소로 하는 값으로 정해진다^{[10],[11]}.

$$\epsilon_{wa}(N, c_0, c_1, c_k) = \min \left[\begin{matrix} a_0^{N,n} \\ a_1^{N,n} \\ a_{22}^{N,n} \end{matrix} \right] - \begin{matrix} c_0 \\ c_1 \\ c_k \end{matrix} \quad (4)$$

식 (4)에서 $a_0^{N,n}$ 는 프레임 크기 N 을 이용하여 데이터 읽는 과정을 거쳤을 때 나올 수 있는 빈 슬롯의 기댓값이며, $a_1^{N,n}$ 와 $a_{22}^{N,n}$ 은 각각 태그의 시리얼 넘버가 인식된 슬롯의 수 및 충돌 난 슬롯의 수의 기댓값을 의미한다. 식 (4)의 $\epsilon_{wa}(N, c_0, c_1, c_k)$ 은 사용한 프레임에서의 슬롯 상태의 기댓값과 실제 측정된 값과의 차이가 최소가 되는 태그 수 n 을 의미한다.

AFSA 알고리즘은 태그 수를 추정하여 프레임의 크기를 결정한다. 따라서 다른 프레임 알로하 알고

〈표 2〉 프레임 알로하 충돌방지 알고리즘의 장단점

	BFSA	DFSA	AFSA
장점	· 구현 간단	· 태그 수에 능동적 대처	· 태그 수에 능동적 대처
단점	· 태그 수 변화에 비 능동적 대처	· 증가방식 - 프레임 크기 변경에 태그수의 간접적 반영 · 멈춤방식 - 태그수가 적은 경우 슬롯낭비 발생	· 구현이 복잡

리즘과 비교하여 효율적으로 태그를 인식할 수 있다. 다만 AFSA 알고리즘도 DFSA 알고리즘에서와 마찬가지로 추정되는 태그수가 최대 프레임의 크기보다 클 경우, 프레임의 크기를 조정하는 것만으로는 충돌을 줄일 수 없다. 프레임 알로하 충돌방지 알고리즘의 장단점을 정리하면 〈표 2〉와 같다.

IV. 리더 충돌 방지 알고리즘 (Reader Anti-collision Algorithm)

리더 충돌이란 처리 공간이 같은 리더들이 동시에 태그와 통신을 할 경우 발생하는 충돌현상이다^{[12],[13]}. 리더 충돌이 발생하면 하나의 태그가 여러 개의 리더에 의해 여러 번 인식될 수 있으며, 리더들이 보내는 전파 사이의 간섭현상으로 리더 사이에 존재하는 태그가 인식되지 않을 수 있다. 이러한 현상은 리더가 인식하는 정보의 신뢰성을 떨어뜨리게 된다. 따라서 리더 충돌방지 알고리즘 역시 RFID 시스템의 다중인식의 한 요소가 된다.

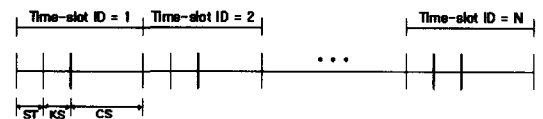
리더 충돌은 다음 두 가지 원인에 의해서 발생한다. 하나는 물리적으로 근접한 리더가 동시에 동일 주파수를 사용하는 경우 발생하는 주파수 간섭(Frequency interference)이다. 다른 하나는 태그 간섭

(Tag interference)으로 물리적으로 근접한 리더가 동시에 동일한 태그와 통신을 시도하는 경우에 발생한다. 태그 충돌은 리더가 데이터 전송을 제어함으로써 데이터 충돌 방지가 가능하지만, 리더는 중앙에서 리더 충돌을 조정하는 장치가 존재하지 않는다. 따라서 리더 사이의 통신을 통하여 데이터 충돌을 해결해야 한다.

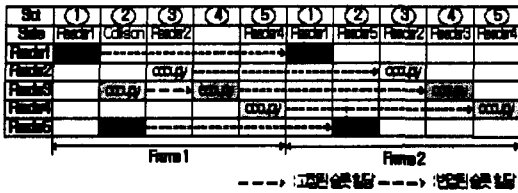
리더 충돌을 해결하기 위한 가장 기본적인 방법은 TDMA 방식의 slotted ALOHA 알고리즘을 이용하는 것이다^{[12],[13]}. 기본 리더 충돌 방지 알고리즘은 MIT의 Auto ID 센터에 의해 제안되었으며, 고정된 프레임 내에서 리더에게 슬롯을 할당하여 그 슬롯에서는 그 리더만이 태그와 통신하는 방법이다. 이때 그 슬롯에서 리더 충돌이 발생하지 않는다면 리더들은 반복적으로 프레임 내에서 동일한 위치의 슬롯을 이용한다. 그러나 충돌이 발생하면 리더는 다시 랜덤하게 슬롯을 선택한다.

〈그림 10〉은 기본 리더 충돌 방지 알고리즘에서 사용하는 슬롯 구조를 나타내고 있다. 각 슬롯은 각 리더들이 동기를 맞추는 구간(ST, Sync Tolerance), 리더가 슬롯을 이용할 수 있는지 확인하는 구간(KS, Kick Slot), 리더와 태그가 통신하는데 사용하는 구간(CS, Communication Slot)으로 구성된다.

〈그림 11〉은 리더 충돌방지 알고리즘의 동작과정을 나타내고 있다. 첫 번째 프레임에서 충돌이 발생하지 않은 리더 1, 2, 4는 다음 프레임에서도 동일한 슬롯을 이용하고 있다. 그러나 첫 번째 프레임에서 슬롯 2를 선택하여 충돌이 발생한 리더 3과 리더 5는 다음 프레임에서 다시 랜덤하게 슬롯을 선택함으로써



〈그림 10〉 리더 충돌방지 알고리즘의 슬롯(Time-slot) 구조



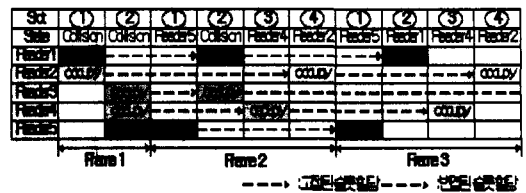
[그림 11] 기본 리더 충돌 방지 알고리즘의 동작과정

써 충돌을 방지하고 있음을 보여준다.

이 방식의 단점은 프레임의 크기가 고정되어 있다는 점이다. 따라서 리더의 수가 프레임의 슬롯수보다 같거나 작다면 모든 리더는 자신만의 슬롯을 부여받아 충돌없이 전송할 수 있지만 리더의 수가 프레임 크기보다 많아지면 충돌이 발생하여 어느 리더는 태그와 통신을 할 수 없는 문제가 발생한다. 이 경우 리더가 사용하는 프레임 크기를 변화시킨다면 이러한 단점을 해결할 수 있다^{[12],[13]}. 이러한 동적 리더 충돌 방지 알고리즘에서 리더들은 계속적으로 리더 충돌 여부를 감시하여 일정 크기 이상 충돌이 발생하면 자신의 프레임 크기를 증가시키고 프레임 중 빈 슬롯의 수가 많아지면 프레임의 크기를 줄인다.

[그림 12]에 동적 리더 충돌방지 알고리즘의 동작 과정이 나타나 있다. 슬롯 2개로 구성된 프레임 1에서 모두 충돌이 발생하였으므로 프레임 2에서 슬롯의 수를 증가시킨다. 이 경우 프레임 2에서도 충돌이 발생하고 있다. 그러나 일정 크기 이상의 충돌이 있어야만 슬롯의 수를 증가시킬 수 있으므로 그 값을 얻기 전까지는 동일한 슬롯을 이용한다.

동적 리더 충돌 방지 알고리즘을 사용하면 기존의 네트워크 내에 새로운 RFID 시스템이 설치되거나 이동성을 갖는 리더가 존재해도 리더 네트워크가 일정한 throughput을 유지할 수 있다. 그러나 동적 리더 충돌방지 알고리즘 등은 충돌 발생시 랜덤하게 슬롯을 재 할당하므로 모든 리더들이 자신의 슬롯을 선택하기 위해서는 어느 정도의 시간이 요구된다. 따라서 이 시간을 줄이는 연구가 필요하다.



[그림 12] 동적 리더 충돌방지 알고리즘의 동작과정

V. 결 론

본고에서는 RFID 시스템의 구성과 다중인식 기술 그리고 태그 및 리더 충돌방지 알고리즘에 대하여 살펴보았다. 현재 RFID 시스템에서 가장 널리 사용되는 다중인식기술은 TDMA 방식이며, TDMA의 태그 충돌 방지 알고리즘으로 이진 방식과 프레임 알로하 방식이 가장 많이 사용되고 있다. 또한 리더 충돌의 경우 리더 사이의 통신을 이용하여 충돌 방지를 하는데 특히 TDMA 방식의 알로하 알고리즘을 이용하고 있다.

RFID 시스템은 유비쿼터스 사회 형성의 필수적인 구성요소이며, 사회전반에 걸쳐 응용이 가능한 기초기술이다. 이러한 RFID 시스템이 사회 전반에 널리 보급되기 위해서는 저가의 태그 보급과 함께 태그를 정확하고 빠르게 인식하는 다중인식 기술의 개발이 요구된다. 현재 다중 인식 기술 개발 단계는 다중인식 기술의 초기 단계로써 다중 인식 기술 중 태그 충돌방지 알고리즘의 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 RFID 기술이 발전됨에 따라 리더 네트워크 상에서 리더 사이의 충돌을 방지하는 알고리즘이 필요하다. 따라서 리더 충돌방지 알고리즘에 대한 지속적인 연구를 통하여 원천기술을 획득하고자 하는 노력이 요구된다.

우리나라는 통신 분야에 대한 장기적인 투자의 결과 전국적인 무선 통신 인프라를 갖추고 있다. 이러한 통신 시스템의 인프라 및 기술을 바탕으로 시스템 및 다중 인식 프로토콜과 구현 모델의 개발 등

RFID 시스템 분야에 계속적인 연구를 진행한다면 가까운 시일 내에 RFID의 실질적인 실용화가 가능하리라 예상된다.

참 고 문 헌

[1] <http://www.etnews.co.kr>
 [2] 김상태, "RFID 기술개요 및 국내의 동향분석", 전자부품연구원 전자정보처리센터, 2003년 8월.
 [3] 김재윤, 민병석, "유비쿼터스 컴퓨팅: 비즈니스 모델과 전망", 삼성경제연구소, 2003년 12월.
 [4] 이근호, "무선인식(RFID)기술", TTA저널(89호), pp. 124-129, 2003년 10월.
 [5] Klaus Finkenzeller, *RFID handbook - Second Edition*, John Wiley & Sons, pp. 195-219, 2003.
 [6] R. Raphael, S. Moshe, *Multiple Access Protocols*, Springer-Verlag, 1990.
 [7] Auto-ID Center, *Draft Protocol Specification for a Class 0 Radio Frequency Identification Tag*, 2003.

[8] <http://www.autoidcenter.org>
 [9] Harald Vogt, "Efficient object identification with passive RFID tags", *Pervasive2002*, pp. 98-113, 2002.
 [10] Harald Vogt, "Multiple object identification with passive RFID tags", *2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 3, pp. 6-9, Oct. 2002.
 [11] Walter A Shewhart, Samuel S Wilks, *An Introduction to Probability Theory and Its Application - Second Edition*, Wiley publications, 1960.
 [12] James Waldrop, Daniel W. Engles and Sanjay E. Sarma, "Colorwave : A MAC for RFID reader networks", *WCNC'03*, vol. 3, pp. 16-20, Mar. 2003.
 [13] James Waldrop, Daniel W. Engles and Sanjay E. Sarma, "Colorwave : An anticollision algorithm for the reader collision problem", *ICC'03*, vol. 2, pp. 11-15, May 2003.

≡ 필자소개 ≡

이 수 련

2004년 2월: 아주대학교 전자공학과 (공학사)
 2004년 3월~현재: 아주대학교 전자공학과 석사과정
 [주 관심분야] 유비쿼터스 네트워킹, Internet QoS, RFID 시스템

이 채 우

1985년: 서울대학교 제어계측 (공학사)
 1988년: 한국과학기술원 전자공학과 (공학사)
 1995년: University of Iowa (공학박사)
 1985년 1월~1985년 12월: (주)금성통신 연구원
 1988년 9월~1999년 3월: 한국통신 선임 연구원
 1999년 3월~2001년 9월: Lucent Technologies Korea 이사
 2001년 9월~2002년 2월: 한양대학교 겸임교수
 2002년 3월~현재: 아주대학교 전자공학과 조교수
 [주 관심분야] 광대역 통신망, Ubiquitous networking, Traffic Engineering