

논문 2009-46TC-5-6

효율적인 RFID 시스템을 위한 Adaptive Group Separation 충돌방지 알고리즘

(Adaptive Group Separation Anti-Collision Algorithm for Efficient RFID System)

이 현 수*, 이 석 회*, 김 상 기**, 방 성 일***

(Hyun-soo Lee, Suk-hui Lee, Sang-Ki Kim, and Sung-il Bang)

요 약

본 논문에서는 효율적인 RFID 시스템을 위한 Adaptive Group Separation 알고리즘을 제안하였다. AGS 알고리즘은 최적의 초기 prefix size j 을 결정하고 개의 그룹으로 태그를 나눈다. 리더는 그룹을 차례로 하나씩 호출하여 태그 ID를 검색한다. 만약 충돌이 발생하면 리더는 충돌이 발생한 첫 번째 비트에 '0' 또는 '1'을 추가한다. 결과적으로, 태그를 인식하기 위한 전송비트와 인식 시간이 감소한다. 본 논문에서 제안한 AGS 충돌방지 알고리즘은 태그의 개수를 256개까지 변화시켜 가면서 반복횟수와 전송비트수를 기존의 충돌방지 알고리즘과 비교하였다. 본 논문에서 제안한 AGS 알고리즘은 모의실험 결과를 통한 성능평가에서 슬롯 이진 트리 알고리즘보다 반복횟수는 약 32.3% 개선되었으며, 전송비트수는 약 1/40배 감소하였다.

Abstract

In this paper, We propose Adaptive Group Separation algorithm for efficient RFID system. AGS algorithm determines the optimized initial prefix size j , and divides the group of . A reader requests the group and searches the tag ID. If a tag collision occurred, reader adds a one bit, '0' or '1' at first bit of collision point, As a result, we observe that transmitted data bits and the recognition time are decreased. The proposed algorithms have been verified by computer simulation. The performance of the proposed anti-collision algorithm is evaluated in terms of the number of repetitions and the amount of transmission bits according to the increase of the number of tags is 256. The AGS algorithm improve the number of repetitions by about 32.3% and reduce the amount of the transmission bits by about 1/40 than slotted binary tree algorithm.

Keywords: RFID, Anti-collision algorithm

1. 서 론

유비쿼터스 환경에서는 자율 컴퓨팅 기능을 갖는 기기 및 사물 등에 의하여 실시간 상황정보의 분석과 이

를 통한 다양한 서비스가 이루어질 전망이다. 이러한 유비쿼터스 환경은 모든 사물에 부착된 센서를 통해 정보를 습득하고 관리하는 네트워크, 즉 USN(Ubiquitous Sensor Network)을 통해 구현이 가능하다. USN에 대한 관심이 높아지면서 바코드나 스마트카드 같은 인식장치에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나 USN을 구현하기 위해서는 바코드나 스마트카드 같은 기존의 인식장치 보다 많은 기능을 갖고 전송과 전력효율이 우수한 인식장치가 필요하게 되었고, 그 최적의 대안이 RFID(Radio Frequency IDentification)이다.

RFID는 하나의 리더와 다수의 태그를 이용하여 사물

* 학생회원, ** 정회원, 단국대학교 전자전기공학과 (Dept. of Electronic and Eletrical Eng. Dankook University)

*** 평생회원, 단국대학교 전자전기공학부 (Dept. of Electronic and Eletrical Eng. Dankook University)

※ 본 논문은 2008학년도 단국대학교 교내전략연구사업 지원사업 연구비 지원으로 연구되었음.

접수일자: 2009년2월11일, 수정완료일: 2009년4월17일

의 정보 및 주변 상황 정보를 감지하는 자동 인식기술이다. 그러므로 시간이나 공간의 제약 없이 다양한 환경에 적용이 가능하다. RFID 태그는 내장되어 있는 칩에 태그의 식별 번호와 태그가 부착되는 물체의 정보를 저장하고, 고유의 ID정보를 리더기에 전송한다. 리더기는 외부의 데이터베이스로부터 태그 ID에 대한 정보를 얻어서 태그가 부착한 물체를 정확하게 식별한다. RFID는 많은 양의 데이터를 처리할 수 있고 비접촉 방식이므로 환경 적용 능력이 우수하며, 동시에 다수의 태그를 인식할 수 있으므로 적용 환경 내에서 많은 양의 물체를 관리할 수 있다^[1].

개발 초기의 RFID 시스템은 10cm이내의 접촉식카드(13.56MHz)가 사용 되었으나, 최근에는 900MHz 및 2.4GHz 대역을 사용하는 비접촉식으로 3m이내의 거리에서 인식할 수 있다. UHF 대역의 RFID 표준화와 관련하여 ISO/IEC JTC1 SC31 WG4에서 ISO18000-6의 표준으로 Type-A 및 Type-B 규격이 확정되었으며, MIT Auto ID 센터를 중심으로 EPC(Electronic Product Code) 표준 Class 0과 Class 1 규격이 확정되었다. EPC Class 1 Generation 2(EPC Class 1 Gen 2)규격은 ISO의 Type-C 표준으로 채택되었으며, 현재 FDIS(Final Draft International Standard) 상태에 있다.

그러나 RFID는 리더기와 다수의 태그 간의 하나의 동일 무선채널을 이용하기 때문에, 동시에 전송되는 각각의 태그들의 신호가 서로 충돌을 일으키게 된다. RFID 리더가 인접한 거리에 위치한 태그 신호를 인식할 때 발생하는 간섭은 리더 충돌(reader collision)이다. 충돌이 발생하면 시스템의 성능을 저하시키므로 충돌을 방지하기 위한 충돌 방지방법이 요구된다^[2].

본 논문에서는 사용하는 태그의 개수에 따라 prefix size를 결정하고 prefix size에 따라 그룹을 세분화하여 태그를 검색하는 Adaptive Group Separation(AGS) 충돌방지 알고리즘을 제안하였다. 리더는 처음 사용하는 태그의 수에 따라 j 비트의 prefix size를 결정하고 2^j개의 그룹으로 태그를 세분화하여 그룹을 나눈다. 리더는 세분화된 그룹을 하나씩 호출한다. 이때 호출에 응답한 태그가 두 개 이상일 경우 리더는 충돌이 발생한 것으로 인식하고 태그인식 알고리즘을 사용하여 태그를 인식한다. AGS 알고리즘은 식별 그룹을 세분화하여 각 그룹의 호출에 응답 가능한 태그의 개수를 크게 줄임으로써 태그 식별을 위한 반복횟수를 감소시키고자 하였다.

II. RFID 충돌 방지 기법

2.1 기본 이진 검색 알고리즘

기본 이진 검색 알고리즘은 전송받은 태그 ID들 중 비트가 동일하지 않은 지점들은 하나씩 호출함으로써 태그를 인식하는 방식이다. 그림 1은 6개의 태그가 리더의 인식 영역에 존재할 경우, 기본 이진 검색 알고리즘을 이용하여 태그를 식별하는 과정이다.

그림 1에서 보는 바와 같이 리더는 가장 먼저 '≤11111'를 만족하는 태그를 요청한다. 즉, 검색 범위 내의 모든 태그를 호출한다. 응답한 태그 ID를 비트별로 비교하여 태그 ID의 n번째 비트가 '1'이면 '1', '0'이면 '0', '1'과 '0'이 모두 존재하면 충돌(x)로 표현한다. 인식 영역 내의 태그 ID의 모든 비트들이 서로 다르므로 'xxxxx'로 표현할 수 있다. 충돌지점을 확인한 후 충돌이 발생한 최상위 비트를 '0'으로 지정하고 나머지 충돌비트는 '1'로 지정하여 비교 값 '01111'을 생성하고, 비교 값 이하의 태그 ID(≤01111)를 호출한다. 이 때 응답한 태그는 3개이다. 그러면 다시 3개의 태그 ID 비트들을 비교하여 충돌지점을 확인하고, 위에서와 같이 비교 값을 생성하여 이하의 태그를 호출한다. 이와 같은 한 단계 과정으로 태그 ID '00010'을 검출하였고, 검출된 태그 ID는 비활성화 시키고 모든 태그 ID를 호출하여 같은 과정을 반복하면서 인식 영역 내의 모든 태그 ID를 검출한다.

인식 영역 내의 총 태그 수가 N개일 때, 하나의 태그를 인식하기 위한 반복횟수 L(N)은 식 (1)과 같다^[3].

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

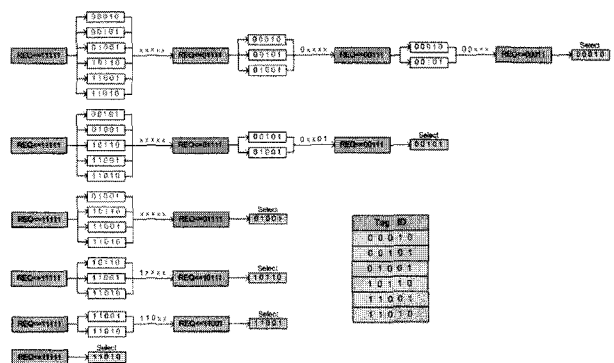


그림 1. 기본 이진 검색 알고리즘의 동작
Fig. 1. A block diagram of basic binary search algorithm.

2.2 동적 이진 검색 알고리즘

기본 이진 검색 알고리즘은 태그가 리더에게 모든 ID bit를 전송하기 때문에 ID 길이가 길어지면 하나의 태그를 인식하기 위해 전송되는 데이터 량이 증가한다. 이는 하나의 태그를 처리하는 시간을 증가시키고, 태그의 에너지 소모량도 증가시킨다. 이러한 기본 이진 알고리즘의 문제점을 보완하기 위하여 동적 이진 검색 알고리즘이 제안되었다.

동적 이진 검색 알고리즘 기본적인 태그 ID 검출 방식은 기본 이진 검색 알고리즘과 동일하나 리더가 호출 명령 외에 VB(Valid Bit)를 추가하여 전송한다. VB는 충돌이 발생한 비트의 위치를 나타낸다. 인식영역 내의 태그를 동적 이진 검색 알고리즘으로 식별하는 과정은 그림 2와 같다.

그림 2에서 보는 바와 같이 동적 이진 검색 알고리즘은 기본 이진 검색 알고리즘과 같이 모든 비트를 요청하여 충돌지점을 확인한다. 그 후 충돌이 발생한 최상위 비트의 위치 '0'을 VB에 저장하고 태그 ID를 요청한다. 태그는 VB의 값에 따라 해당 위치의 비트가 '0'인 태그만 응답한다. VB를 이용하여 리더와 태그 모두가 충돌 발생 위치를 알게 되었으므로 태그는 VB의 비트를 제외하고 나머지 비트만 응답한다. 이와 같은 과정을 반복하여 인식 영역 내의 모든 태그 ID를 검출한다.

동적 이진 검색 알고리즘에서 하나의 태그를 검출하기 위한 반복횟수는 기본 이진 검색 알고리즘과 동일하나 데이터의 전송량은 감소하므로 효율성이 높다^[4].

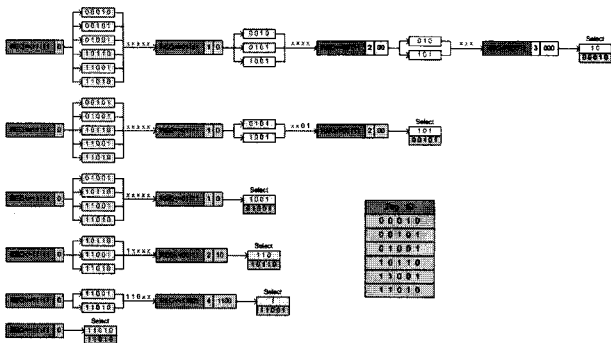


그림 2. 동적 이진 검색 알고리즘의 동작
Fig. 2. A block diagram of dynamic binary search algorithm.

2.3 슬롯 이진 트리 알고리즘

슬롯 이진 트리 알고리즘은 인식 영역 내의 태그 ID의 상위 비트부터 '0'과 '1' 그룹으로 나누어 요청하면서 태그 ID를 검출하는 방식이다. 태그 ID를 검색하기 위

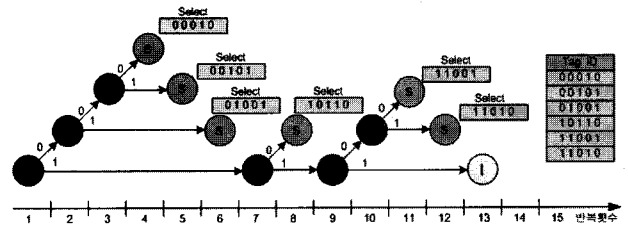


그림 3. 슬롯 이진 트리 알고리즘의 동작
Fig. 3. A block diagram of slotted binary tree algorithm.

해 최상위 비트가 '0'인 그룹의 태그들을 호출한다. 호출에 응답한 태그는 활성화 시키고 응답하지 않은 태그는 비활성화 시킨다. 응답한 태그가 여러 개일 경우, 응답한 태그들 중 최상위 다음 비트가 '0'인 그룹의 태그들을 호출한다. 이와 같은 방법을 반복하여 하나의 태그를 검출하면 리더는 인식된 태그가 전 단계에서 분기된 슬롯에서 다른 그룹을 선택하여 요청 메시지를 보내 위의 인식과정을 반복하게 된다. 인식영역 내의 태그를 슬롯 이진 트리 알고리즘으로 검출하는 과정은 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는 바와 같이 최상위 비트를 기준으로 '0'과 '1' 그룹으로 나누어 검색을 하게 된다. '0'의 그룹을 선택하게 되면 '1'의 그룹 태그들은 비활성 상태로 대기하게 된다. 그룹을 선택하고 나면 최상위 비트가 '0'인 그룹에 해당하는 태그 ID의 두 번째 비트를 호출한다. 하나의 태그가 응답하면 마지막 하위 비트까지 차례로 호출하여 하나의 태그 ID를 인식한다. 그러나 두 번째 비트 호출에 대해 두 개 이상의 태그가 응답한 경우, 다시 '0'과 '1' 그룹으로 구분하여 '0' 그룹을 호출하고, '1' 그룹은 비활성화 시킨다. 이와 같은 방식을 반복하여 하나의 태그(00010)가 검출되면 바로 전단계의 분기된 슬롯(두 번째 슬롯)에서 비활성 상태의 그룹을 활성화 시켜 태그를 검출하게 된다. 이와 같은 방법으로 모든 태그를 검출 할 수 있다. 슬롯 이진 트리 알고리즘에서 '0' 또는 '1'인 그룹을 선택할 확률을 p, 태그 수가 n일 때, n개의 태그를 인식하기 위하여 필요로 하는 총 반복횟수는 식 (2)와 같다^[5].

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

2.4 비트별 이진 트리 알고리즘

비트별 이진 트리 알고리즘은 리더의 요청 메시지에 따라 태그가 자신의 ID를 한 비트씩 전송하는 방식이다. 태그들이 보내는 비트 사이에 충돌이 발생하지 않

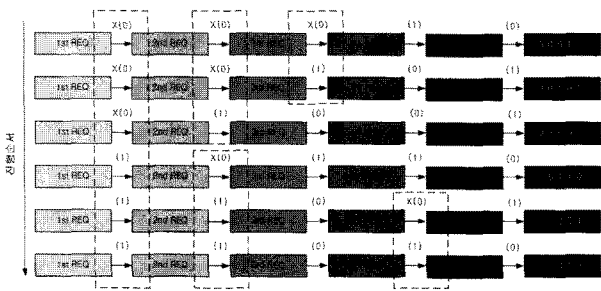


그림 4. 비트별 이진 트리 알고리즘의 동작
Fig. 4. A block diagram of bit by bit binary tree algorithm.

으면 리더는 태그로부터 받은 비트를 메모리에 저장한 후 다음 비트를 요청하게 된다. 그러나 충돌이 발생하면 리더는 0 또는 1 중에서 하나를 선택하여 이에 해당하는 과정을 태그의 일련번호 길이만큼 반복함으로써 하나의 태그를 인식하게 된다. 그림 4는 비트별 이진 트리 알고리즘을 이용하여 태그를 인식하는 과정이다.

그림 4에서 보는 바와 같이 리더기의 요청에 의해서 모든 태그는 자신의 첫 번째 bit를 전송하게 된다. 이 경우에는 첫 번째 비트에서 충돌이 발생하였으므로 리더는 '0'의 값을 가지는 태그만을 임의로 선택하여 메모리에 저장하고 '1'의 값을 가지는 태그는 일시적으로 비활성화 시킨다. 활성화된 나머지 태그 ID 중에서 다음 두 번째 비트를 호출하게 되면, 활성화된 태그 ID '00010', '00101', '01001'은 두 번째 비트에서 충돌이 발생하게 된다. 위에서와 같은 방법으로 '0'을 메모리에 저장하고 '0' 값을 가지는 태그만 호출한다. 태그 ID가 검색되면 검색된 태그는 비활성화 시키고 이전에 비활성화된 태그를 활성화시켜서 과정을 반복하면 모든 태그 ID를 인식할 수 있다.

태그 ID가 j 비트인 n개 태그를 인식하기 위한 반복 횟수는 식(3)과 같다^[6].

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

III. Adaptive Group Separation 알고리즘 설계

3.1 기존 알고리즘의 문제점

기존의 이진 검색 알고리즘에서 태그는 모든 ID 비트를 리더기에 전송한다. 태그 충돌이 일어난 시점으로부터 다음 비트를 검색하는 것이 아니라 처음부터 다시 모든 비트를 검색하게 된다. 따라서 태그 ID의 충돌이 일어난 비트수가 S이고 태그의 ID 비트 수가 n일 때,

태그 ID의 길이가 보내고자 하는 ID의 길이보다 S^{n-1} 만큼 더 길어지게 된다. 그러므로 태그 ID의 길이가 길어지면 하나의 태그를 인식하기 위해 전송해야 하는 데이터량이 증가할 뿐만 아니라 태그의 처리 시간 증가로 인해 에너지 소모량을 증가시킨다.

슬롯 이진 트리 충돌방지 알고리즘과 비트별 이진 트리 충돌방지 알고리즘은 임의의 '0'과 '1'의 그룹을 나누어 반복적으로 태그를 구별함으로써 불필요한 검색과정을 거친다. 태그를 호출하는 반복횟수의 증가는 태그의 정보전송 횟수를 증가시킴으로써 제한된 에너지를 사용하여야 하는 태그의 성능을 저하시키는 원인이 된다. 또한 태그에서 전송되는 정보비트의 증가는 리더의 정보처리능력에 큰 부담을 준다. 이는 결국 고가의 리더 연산장치를 요구하게 됨으로써 RFID 전체 시스템의 비용을 증대시키게 된다.

3.2 Adaptive Group Separation 알고리즘

본 논문에서 제안한 Adaptive Group Separation 알고리즘은 태그의 수에 따라 적당한 prefix size를 결정하여 태그의 그룹을 세분화함으로써 호출횟수 및 전송 데이터량을 줄이고자 하였다. 제안된 알고리즘의 동작 과정은 그림 5와 같다.

그림 5에서 보는 바와 같이 리더는 초기에 태그의 개수에 따라 j비트의 prefix size를 결정하고 2^j 개의 그룹으로 태그를 세분화한다. 리더는 차례로 한 그룹씩 호출하여 응답한 태그를 검색한다. 충돌이 발생하면 리더는 충돌이 발생하지 않은 태그 ID를 저장하고 충돌이 발생한 최상위 비트를 '0'과 '1'을 추가하여 두 개의 새로운 질의를 생성하여 태그를 호출한다. 리더는 모든 태그를 검색할 때까지 다음과정을 반복한다.

태그 ID 비트가 k비트인 태그 N개를 사용하는 경우,

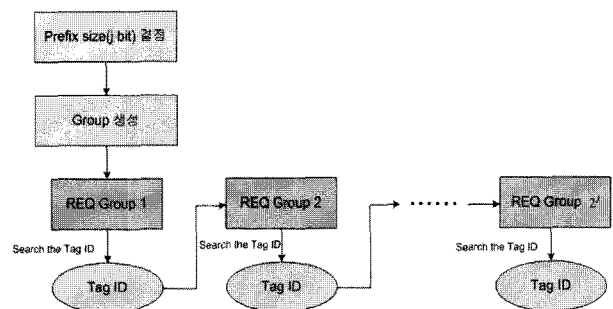


그림 5. Adaptive Group Separation 알고리즘의 동작
Fig. 5. A block diagram of Adaptive Group Separation algorithm.

검색을 위한 평균 반복횟수 $R(N)$ 과 전송 비트수 $B(N)$ 은 각각 식(4)와 식(5)와 같다.

$$R(N) = \frac{\log_2 N}{\log_2 N + 1} \times 2N \quad (4)$$

$$B(N) = (k-j)\log N \times 2^j \times \frac{25}{k} \quad (5)$$

리더는 사용하는 태그의 수에 따라 초기 prefix size 결정한다. 리더의 인식 영역 내의 태그 수를 n , 초기 prefix size를 j 라고 하면 그룹수 G 는 2^j 이다. 이때 하나의 그룹에 k 개의 태그들이 응답할 확률 p_k 는 식(6)과 같다.

$$p_k = \binom{n}{k} \left(\frac{1}{G}\right)^k \left(1 - \frac{1}{G}\right)^{n-k} \quad (6)$$

k 개의 태그를 갖는 하나의 그룹에서 태그를 인식하는 평균 반복횟수를 t_k 라고 한다면 전체 반복횟수는 식(7)과 같다.

$$W = G \sum_{k=0}^n p_k t_k \quad (7)$$

N 은 정수이므로 $q=1/N$ 로 변환하여 식(6)을 식(7)에 대입하면 식(8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$W(q) = \frac{1}{q} \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} q^k (1-q)^{n-k} t_k \quad (8)$$

q 에 관해서 $W(q)$ 를 미분하면 식(9)와 같다.

$$\frac{\partial W}{\partial q} = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} (k-1+q-nq) q^{k-2} \times (1-q)^{n-k-1} t_k \quad (9)$$

식(9)에서 $\partial W/\partial q=0$ 이 되는 W 의 최소값 q^* 를 구할 수 있다. q^* 는 실수이기 때문에 초기 prefix size는 $l^+ = \log_2(1/q^*)$ 또는 $l^- = \log_2(1/q^*)$ 일 것이다. 그러므로 최적의 prefix size는 식(10)과 같다.

$$l^* = \arg \min\{W(l^+), W(l^-)\} \quad (10)$$

그림 6은 Adaptive Group Separation 알고리즘을 이용하여 6개의 태그를 인식하는 과정이다.

그림 6에서 보는 바와 같이 6개의 태그를 이용하는 경우 prefix size는 2비트 이므로 총 4개의 그룹으로 태

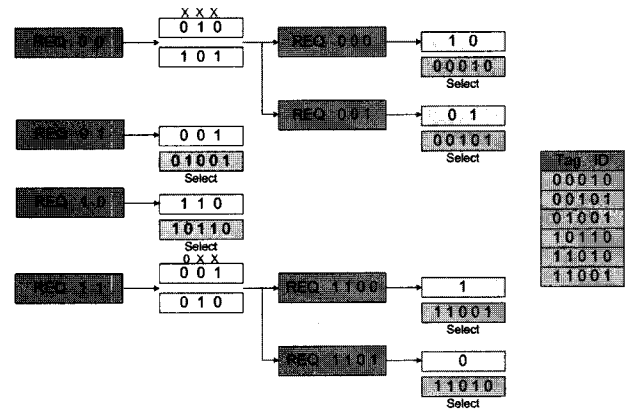


그림 6. Adaptive Group Separation 알고리즘을 이용한 태그 인식과정

Fig. 6. A block diagram of Adaptive Group Separation algorithm.

그를 나눌 수 있다. 리더는 태그 ID 상위 비트가 00인 그룹을 호출한다. 여기서는 두 개의 태그가 응답을 하고 3번째, 4번째, 5번째 비트에서 충돌이 발생한다. 충돌이 발생하면 리더는 충돌이 발생한 최상위 비트를 '0', '1'로 변환하여 새로운 질의를 생성하고 다시 태그를 호출한다. 우선 태그 ID 상위비트가 000인 태그를 호출하면 하나의 태그가 리더의 질의를 제외한 10을 전송하면서 응답을 하고 리더는 00010의 ID를 갖는 태그를 인식하게 된다. 리더는 인식된 태그의 데이터를 저장하고 비활성화 시킨다. 다시 태그 ID 상위비트가 001인 태그를 호출하고 다른 하나의 태그를 인식하게 된다. 00인 그룹의 모든 태그를 인식하면 리더는 상위 비트가 01인 그룹을 호출한다. 이때 응답한 태그가 하나이기 때문에 응답한 태그의 데이터를 저장하고 다음 그룹을 호출한다. 이와 같은 방법으로 리더는 인식영역내의 모든 태그를 인식할 때까지 반복한다.

IV. Adaptive Group Separation 알고리즘 성능 평가

RFID 시스템에서의 성능을 좌우하는 요소는 태그의 탐색 시간과 태그를 인식하기 위한 데이터 처리량, 태그 탐색의 정확도이다. 태그를 인식하기 위한 태그의 탐색시간은 태그를 인식하기 위한 반복횟수에 비례하고, 반복횟수는 인식 영역 내의 모든 태그를 인식하기까지의 태그 ID 호출횟수를 의미한다. 또한 태그를 인식하기 위한 반복횟수는 리더가 처리해야하는 데이터량과 비례한다. 즉, 우수한 RFID 시스템은 적은 태그 탐

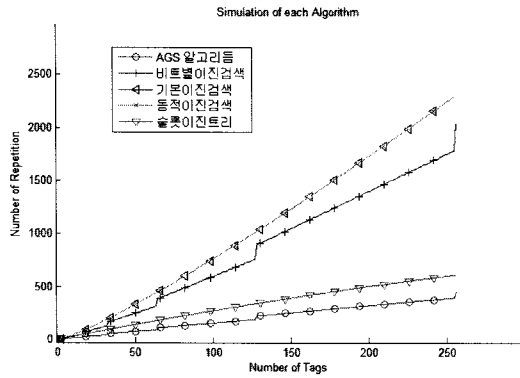


그림 7. 태그 수에 따른 반복횟수
Fig. 7. The number of repetition with respect to the number of tags.

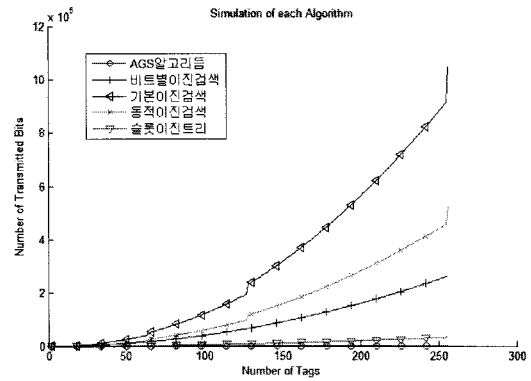


그림 8. 태그 수에 따른 총 전송 데이터량 비교
Fig. 8. Total transmitted data with respect to the number of tags.

표 1. 알고리즘에 따른 태그별 반복횟수
Table 1. The number of repetitions.

	2tag	4tag	8tag	16tag	32tag
AGS 알고리즘	4	5	12	26	56
기본 이진검색	4	12	32	80	192
동적 이진검색	4	12	32	80	192
비트별 이진트리	2	8	24	64	160
슬롯 이진트리	5	11	23	46	92

색횟수와 데이터량으로 정확하게 태그를 찾을 수 있어야 한다.

제안한 Adaptive Group Separation 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 리더의 인식 영역내의 모든 태그를 인식할 때까지의 태그 호출 횟수와 태그가 리더에 전송한 총 비트수를 태그의 개수를 변화시키면서 모의 실험하였다. 본 논문에서는 사용하는 태그 ID 길이를 8비트로 설정하였으며, 인식 영역 내의 태그 개수를 1개부터 256개까지 증가시키면서 실험을 하였다. 여기서 모든 태그와 리더기의 거리는 일정하고, 송수신 전력도 일정하며, 각각의 알고리즘은 인식 영역 내의 모든 태그를 인식할 수 있다고 가정하였다. 그림 7은 태그 수에 따른 반복횟수를 나타낸다.

그림 7에서 보는 바와 같이 태그를 식별하기 위한 반복횟수의 성능은 기존의 제안된 충돌방지 알고리즘보다 본 논문에서 제안한 Adaptive Group Separation 알고리즘이 우수하였다. 모의실험 결과를 태그의 개수에 따라 정량적으로 정리하면 표 1과 같다.

기존의 충돌기법 중에서 기본 이진 검색 알고리즘이 반복횟수가 가장 크고, 슬롯 이진 트리 알고리즘이 가장 작았다. 비교하여 보면 제안한 Adaptive Group

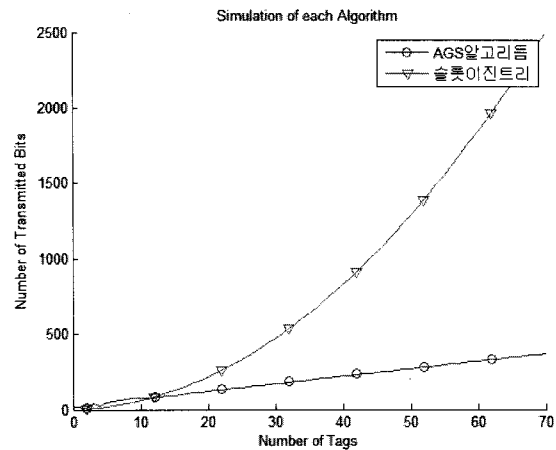


그림 9. 슬롯 이진 트리 알고리즘과 Adaptive Group Separation 알고리즘의 전송 데이터량 비교
Fig. 9. Total transmitted data with respect to the number of tags.

Separation 알고리즘의 반복횟수가 기본 이진 검색 알고리즘보다 최대 78.3%개선되었고, 슬롯 이진 트리 알고리즘 보다 최대 32.3%개선되었다.

기존의 충돌 방지 기법과 제안한 기법의 태그 수에 따른 총 전송 데이터량은 그림 8과 같고, 이를 자세히 표현하면 그림 9와 같다.

총 전송 데이터량에 대한 모의실험 결과를 태그의 개수에 따라 정량적으로 정리하면 표 2와 같다.

모의실험 결과에서와 같이 태그를 인식하기 위한 총 전송 데이터량은 제안한 Adaptive Group Separation 알고리즘이 기본 이진 검색 알고리즘보다 최대 1/250배 감소하였으면 기존 알고리즘 중에서 전송 데이터량이 가장 적은 슬롯 이진 트리 알고리즘 보다는 최대 1/40배 감소하였다. 본 논문에서 제안한 Adaptive Group Separation 알고리즘이 기존의 충돌방지 기법들보다 반

표 2. 알고리즘에 따른 태그별 총 전송비트수
Table 2. Total transmitted data.

	2tag	4tag	8tag	16tag	32tag
AGS 알고리즘	12	24	89	143	151
기본 이진검색	4	30	258	2176	10560
동적 이진검색	2	15	129	1088	5280
비트별 이진트리	3	20	108	1092	4229
슬롯 이진트리	4	12	32	161	534

복횡수는 크게 감소하였으며, 총 전송 데이터량은 대부분의 기법들보다는 감소하였으나 일부 알고리즘보다는 조금 크게 나타났다. 이 두 가지를 성능을 종합하여 보면 본 논문에서 제안한 Adaptive Group Separation 알고리즘이 작은 데이터를 전송하면서 반복횡수를 크게 감소시켰으므로 태그 처리 시간 및 에너지 효율이 우수한 것으로 판단할 수 있다.

V. 결 론

RFID 시스템은 인식영역 내에 존재하는 다수의 태그 위치나 다양한 정보들을 무선 주파수를 이용하여 비접촉 방식으로 인식되며, 다수의 태그를 구분하기 위하여 각 태그는 고유 식별자인 ID를 갖는다. 리더가 다수의 태그를 인식하는 과정에서 각 태그의 전달 데이터들간에 충돌이 발생하게 되면 태그의 정확한 인식이 불가능하고 인식시간도 지연될 뿐만 아니라 에너지 소모도 증가하게 된다.

기존의 ISO/IEC 18000-6 Type-B의 충돌 방지 기법으로 제안한 기본 이진 검색 알고리즘 방식, 동적 이진 검색 알고리즘 방식, 슬롯 이진 검색 알고리즘 방식과 비트별 이진 검색 알고리즘 방식들의 동작 방법과 장, 단점을 고찰하고, 문제점을 분석하였다. 고찰 결과를 바탕으로 태그를 인식하기 위한 반복횡수와 전송하는 총 데이터량을 감소하여 처리시간 및 에너지 소모량을 줄일 수 있는 Adaptive Group Separation 충돌 방지 알고리즘을 제안하였다.

Adaptive Group Separation 충돌방지 알고리즘은 리더가 검색과정을 수행하기 전에 사용하는 태그의 수에 따라 초기 prefix size를 결정하고 결정된 j비트의 prefix size에 따라 2^j 개의 그룹으로 태그를 세분화 한다. 리더는 세분화된 그룹을 차례로 호출하고 응답한 태그를 검색하여 저장한다. 하나의 큰 그룹의 태그들을

세분화하여 리더가 하나의 그룹을 호출할 때 응답한 태그수를 줄임으로써 반복횡수 및 전송 데이터량을 감소시켰다.

제안한 기법의 성능을 평가하기 위해 태그의 개수에 따른 반복횡수와 그 때의 총 전송비트 수를 모의 실험하였다. 성능평가 결과, 제안한 Adaptive Group Separation 알고리즘이 기존의 알고리즘보다 반복 횡수는 최대 78.3%, 최소 32.3% 감소시켰으며, 총 전송 데이터 수는 최대 1/250배, 1/40배 감소시켰다. 즉, 제안한 Adaptive Group Separation 알고리즘은 태그의 탐색시간을 크게 단축시켰고, 탐색을 위한 데이터 전송량도 감소시켰다. 본 논문에서 제안한 충돌방지 기법을 실제 RFID 시스템에 적용할 경우 무선 데이터의 전송의 신뢰성 향상과 태그 인식 시간의 단축 및 에너지 소모량을 줄일 수 있으므로 시스템의 성능향상에 크게 기여할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] L. Liu, Z. Xie, J. Xi and S. Lai, "An improved anti-collision algorithm in RFID system," *2005 2nd Inter Conf on Mobile Technology, Applications and Systems*, pp. 1-5, Nov. 15-17, 2005.
- [2] K. Finkenzer, "RFID handbook: fundamentals and applications in contactless smart cards and identification," 2nd ed. New York: Wiley, 2003.
- [3] 최호승, 김재효, "RFID 시스템에서의 태그 인식 알고리즘 성능 분석", *대한전자공학회, 제42권 TC 제 5호*, pp.47-54, May. 2005
- [4] ISO/IEC JTC 1/SC 32/WG 4, "Information Technology automatic identification and data capture techniques-Radio frequency identification for item management - Part 6 : Parameter for air interference communications at 860MHz to 960 MHz," *ISO/IEC FDIS 18000-6*, November 2003.
- [5] 노경현, "RFID 시스템의 태그간 충돌방지를 위한 binary 알고리즘의 성능 분석", *경희대학교*, 2005
- [6] C. Kim, K. Park, H. Kim and S. Kim, "An efficient stochastic anticollision algorithm using bit-slot mechanism," *Proc. Inter Conf on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications(PDPTA)*, pp 652-656, June 2004.

저 자 소 개



이 현 수(학생회원)
 2006년 서원대학교 정보통신 공학과 학사 졸업.
 2008년 단국대학교 전자공학과 석사 졸업.
 <주관심분야 : 디지털 이동통신, RFID>



이 석 희(학생회원)
 2004년 단국대학교 전자공학과 학사 졸업.
 2006년 단국대학교 전자공학과 석사 졸업.
 2008년 단국대학교 전자컴퓨터공학과 박사과정 수료.
 <주관심분야 : RF Amplifier, 디지털 이동통신, Digital Pre-distorter, UWB, RFID>



김 상 기(정회원)
 1995년 호서대학교 전자공학과 학사 졸업.
 2001년 단국대학교 산업대학원 전자통신공학과 석사 졸업.
 2005년 단국대학교 대학원 전자컴퓨터공학과 박사과정 수료.
 <주관심분야 : RF Amplifier, 디지털 이동통신, RFID>



방 성 일(평생회원)
 1984년 단국대학교 전자공학과 학사 졸업.
 1986년 단국대학교 전자공학과 석사 졸업.
 1992년 단국대학교 전자공학과 박사 졸업.
 1997년~2001년 (주)엘씨텍 연구소장
 1997년~현재 단국대학교 전자전기공학부 교수
 <주관심분야 : RF Amp, UWB, OFDM, 디지털 이동통신, RFID >