

RFID 시스템 기반 태그 매핑을 이용한 충돌방지 알고리즘

정회원 박 용 민*, 종신회원 박 주 희**, 정회원 오 영 환*

An Anti-collision Algorithm using Tag Mapping based on RFID System

Yong-min Park* *Regular Member*, Ju-hee Park** *Lifelong Member*, Young-hwan Oh* *Regular Member*

요 약

RFID(Radio Frequency IDentification) 기술은 RF 신호를 사용하여 물품에 부착된 전자태그를 비접촉식으로 식별하는 자동인식기술이다. RFID 시스템 구축에 있어 식별영역 내에 다수의 태그가 존재할 경우, 다중태그 식별(multi-tag identification)을 위한 충돌방지(anti-collision) 알고리즘이 필수적으로 요구된다. 태그 충돌방지와 관련된 기존 연구들은 각각 고유한 형태의 코드체계를 기반으로 하고 있으며 태그 식별성능에 대한 비교연구도 부족한 상태이다. 본 논문에서는 RFID 시스템 구축을 목표로 표준화가 진행되고 있는 96-비트 EPC(Electronic Product Code) 코드를 기반으로 기존 대표적인 충돌방지 알고리즘인 트리 기반 메모리리스(tree based memoryless) 충돌방지 알고리즘들과 슬롯 알로하 기반(sloted aloha based) 충돌방지 알고리즘들의 성능평가를 수행한다. 성능평가 결과 초당 평균 태그 식별개수에서 태그 매핑(Tag mapping) 알고리즘이 다른 알고리즘들보다 최소 4배 이상의 우수한 성능을 보여준다.

Key Words : RFID; Multi-tag identification; Anti-collision

ABSTRACT

RFID(Radio Frequency IDentification) is a technology that automatically identifies objects attached with electronic tags by using radio wave. For the implementation of an RFID system, an anti-collision algorithm is required to identify several tags within the RFID reader's range. Few researches report the performance trade-off among anti-collision algorithms in terms of the communications traffic between the reader and tags, the identification speed, and so on. In this paper, we analyze tree based memoryless algorithms that compose of almost every class of existing anti-collision algorithms. To compare the performance, we evaluated each class of anti-collision algorithms with respect to RFID system with 96-bit EPC(Electronic Product Code). The results show that the tag mapping algorithm outperforms current tree based algorithms by at least 4 times.

I. 서 론

최근 유비쿼터스 컴퓨팅을 실현하기 위한 핵심기술로서 RFID 기술이 주목 받고 있으며 RFID 기술

을 도입하기 위해 다각도로 연구가 진행 중에 있다. RFID는 접촉하지 않고 태그의 정보를 판독하거나 인식하는 무 접촉 객체인식기술이다[1-3]. 이러한 RFID 기술의 도입과 응용은 IT산업뿐만 아니라 물

* 광운대학교 전자통신공학과 통신망연구실(thinkp@kw.ac.kr), ** 삼육보건대학 의료정보시스템과(medisprof@syhc.ac.kr)
논문번호 : 08007-0204, 논문제출일자 : 2008년 2월 4일

류, 국방, 조달, 교통, 의료 등 전 산업분야에 걸쳐 큰 영향을 미칠 것으로 예상되고 있다[4-5]. 현재 RFID 시스템에서 사용되는 태그는 그 능력이 매우 제한적이어서 다른 태그들과 통신할 수 없고 단지 리더기와 통신할 수 있다. 리더는 무선채널을 통하여 각각의 태그들과 통신하는데, 모든 태그들은 리더가 보낸 신호를 동시에 듣게 된다. 리더로부터 요청 메시지를 받은 태그들은 동시에 리더로 자신의 식별코드를 전송하기 때문에 태그 충돌(Tag collision)이 발생한다. 이 때 리더에서는 동시에 응답한 여러개의 태그를 식별해야하는 문제가 발생하는데, 이를 해결하는 기술이 충돌방지(Anti-collision) 알고리즘이며, 이는 RFID 시스템에서 가장 핵심이 되는 기술이다[6-10]. 기존의 충돌방지 알고리즘들은 구현의 복잡성과 낮은 성능이 문제로 제기되고 있으며 지금까지 충돌 방지와 관련하여 진행된 대부분의 연구들은 각각 고유한 형태의 태그식별자 체계를 기반으로 진행되어 왔으며 태그식별 성능에 대한 비교연구도 부족한 상태이다. 본 논문에서는 96 비트 EPC(Electronic Product Code)코드를 기반으로 기존의 트리 기반(Tree based) 충돌방지 알고리즘과 비교 분석하여 제안한 알고리즘의 성능평가 결과를 제시한다. 제안하는 태그 매핑 알고리즘은 수신된 정보에서 비트단위로 충돌이 발생한 위치를 식별하여 리더에서 정의한 매핑 테이블을 이용함으로써 질의-응답 횟수와 전송비트 수를 감소시켜 성능향상을 얻을 수 있는 장점을 지니고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제II장에서는 관련연구로 RFID 시스템의 개념과 충돌방지 알고리즘에 대한 관련이론을 기술하고 제III장에서는 제안한 태그 매핑을 이용한 우선순위 충돌방지 알고리즘을 설명한다. 제IV장에서는 제안한 알고리즘의 성능 평가를 수행하고 결과에 따른 비교 및 고찰을 기술한다. 마지막으로 제V 장에서는 결론 및 고찰을 기술한다.

II. 관련 연구

2.1 RFID 충돌방지 알고리즘

RFID 시스템에서 태그식별은 리더기가 물품에 부착된 태그에 질의하면 해당 태그는 그 질의에 대하여 자신의 식별자를 리더기로 전송하는 응답과정을 통하여 수행된다. 이때 리더기의 식별영역 내에 한 개의 태그만 존재할 경우 태그식별은 간단하게 처리될 수 있으나 다수개의 태그가 존재할 경우에

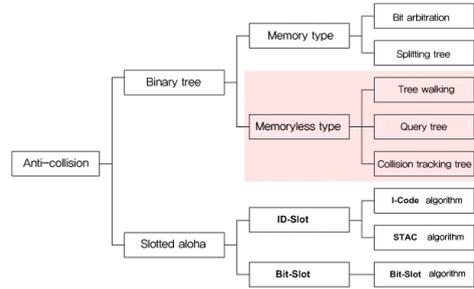


그림 1. 충돌방지 알고리즘
Figure 1. An anti-collision algorithm

는 여러 개의 태그가 동시에 리더기에 응답하게 되므로 리더기에서 태그들 간의 충돌이 발생하게 된다. 이러한 충돌은 리더기로 하여금 정확한 태그식별을 방해하는 원인이 되며, 특히 대량의 물품을 실시간으로 식별해야 하는 대규모 전자물류시스템 등에 적용하기 위해서는 다중태그 식별을 효과적으로 처리하기 위한 충돌방지(Anti-collision) 알고리즘이 필수적으로 요구된다.

현재 다양한 충돌방지 알고리즘들이 제시되고 있으며 그림 1와 같이 크게 트리기반 알고리즘과 슬롯 알고리즘 기반 알고리즘으로 구분된다. 슬롯 알고리즘 기반 알고리즘은 확률에 수학적인 기초를 두고 있기 때문에 확률적(probabilistic) 알고리즘이라고 불리며 태그식별 완전성에 있어서 그 제한점을 갖는다. 반면 트리기반 알고리즘은 식별과정 자체가 예측 가능하여 확률적 알고리즘과 구분하여 결정적(deterministic) 알고리즘이라고 부른다. 이는 다시 메모리형 알고리즘과 메모리스형 알고리즘으로 구분된다. 메모리형 알고리즘은 태그식별과정에서 태그의 식별상태를 관리해야하는 부담을 안고 있다는 제한점을 가지며 이는 저가격, 저전력 및 초소형화 문제를 해결하는 데 가장 큰 문제점이 되고 있다. 이와 반대로 메모리스형 알고리즘은 다중태그 식별문제를 개선하는 가장 적합한 알고리즘으로 평가 받고 있지만 성능이 저하되는 문제점을 갖고 있다. 본 논문에서는 메모리스형 알고리즘인 트리워킹 알고리즘, 쿼리트리 알고리즘, 충돌추적 트리 알고리즘을 고려하여 제안 하였다.

III. 제안한 태그 매핑 충돌방지 알고리즘

3.1 태그 설계

제안한 충돌방지 알고리즘을 구현하기 위하여 Philips에서 생산된 U·code EPC 1.19 태그를 사

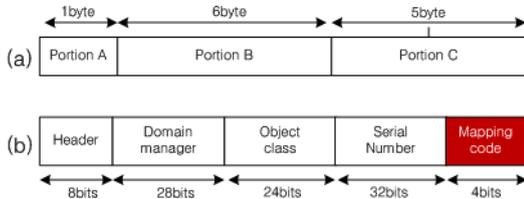


그림 2. 태그 설계
Figure 2. Design of Tag

용을 하였다. 일반적인 U·code EPC 1.19 태그 구조는 그림 2(a)와 같으며, 제안하는 태그 구성은 그림 2(b)와 같다. 그림 2(b)에서 제안하는 태그는 전체 96비트에서 고정된 영역인 Header(8비트)와 Domain Manager(28비트), Object Class(24비트), Serial Number(32비트)를 제외한 4비트에서 태그 매핑을 위한 Mapping code(4비트)를 추가하였다. Mapping code는 기존의 Serial Number(36비트)에서 4비트를 나누어 제안하였다.

- Header (8bits) : 헤더는 EPC 코드의 전체길이, 식별 코드 형식 및 필터 값을 정의한다.
- EPC Manager (28bits) : EAN 바코드의 업체 코드에 해당하며 각국 EAN 회원기관이 할당한다.
- Object Class (24bits) : 바코드의 상품 품목 코드에 해당하며 사용 업체가 할당한다.
- Serial Number(32bits) : 동일한 상품에 부여되는 고유한 식별 번호로서 사용업체가 할당한다.
- Mapping code (4bits) : 충돌이 발생하였을 때 리더에서 정의한 테이블과 Mapping code를 비교하여 일치하는 태그를 읽어 들어 충돌을 방지하는 코드

3.2 태그 매핑을 이용한 충돌방지 알고리즘

기존의 충돌방지 알고리즘들의 단점은 하나의 태그가 식별 될 때 까지 리더에서 태그의 모든 식별자 비트를 요구하는 것과 태그로부터 수신되는 비트를 1비트씩 비교하면서 충돌여부를 검증하는 것이었다. 이것은 식별영역내의 태그의 수가 많아질수록 충돌이 발생하는 빈도가 높아질 것이고, 이에 따라 리더와 태그에서 전송되는 질의/응답의 횟수가 늘어나게 된다. 또한 기존의 알고리즘은 단순히 태그의 '0' 과 '1'의 비트만을 인식하는 것으로 태그 자체에 의미를 부여하여 인식하는 것이 불가능하다. 반면에 제안한 충돌 방지 알고리즘은 태그의 정보들로부터 충돌지점을 찾아 질의/응답 횟수를 획기적

Mapping code	
0000	1000
0001	1001
0010	1010
0011	1011
0100	1100
0101	1101
0110	1110
0111	1111

0 X 1 X (수신된 비트)



그림 3. 태그 매핑 알고리즘
Figure 3. Tag mapping algorithm

으로 줄일 수 있는 알고리즘이며, 또한 태그 자체에 그룹을 부여하여 충돌이 발생하면 리더에서 정의한 테이블을 참조하여 태그를 읽어 들이는 새로운 알고리즘이다. 예를 들어 리더의 질의에 의한 태그의 응답이 수신되는 과정에서 그림 3와 같이 '0X1X'라고 가정하면 '0' 과 '1'은 충돌 없이 리더가 인식된 비트이며, X는 충돌이 발생한 비트이다. 이러한 수신된 비트를 가지고 리더에서는 미리 정의한 테이블을 기준으로 제안한 매핑 코드를 비교 하게 된다. 비교 과정에서 충돌이 발생하지 않은 비트는 인식된 비트로 정합시키고 충돌이 발생한 비트는 '0' 과 '1' 두 개의 비트로 정합하여 0010, 0011, 0110, 0111의 비트를 선택하여 태그에게 질의를 하게 된다. 여기서 충돌이 발생하지 않은 비트는 반드시 인식된 비트만 존재 하고, 충돌이 발생한 비트는 2개 이상의 비트가 존재한다는 것을 의미한다. 그러므로 전체 비트를 순차적으로 질의/응답 하는 것이 아니라, 충돌이 발생한 비트만을 변화시켜 질의/응답을 하므로, 질의/응답의 횟수는 획기적으로 줄일 수 있다.

충돌방지를 위하여 태그에 4비트의 매핑 코드를 적용하였으며, 모든 질의응답에 대한 요구 또한 4비트로 정의하였다. 이것은 리더의 질의에 대한 태그의 응답 과정에서 충돌이 발생할 경우 리더에서 미리 정의된 비트를 태그에 순차적으로 질의하게 되며 인식한다. 전체적으로 태그 수의 증가에 따른 인식 속도를 실험을 통해 볼 때 4비트로 구성된 매핑 코드가 우수 하다고 볼 수 있었다.

IV. 성능 평가

4.1 실험 환경

태그에 대한 성능평가는 태그의 각 필드를 읽어 들일 때 에러 발생 율을 파라미터로 사용하였으며, 실험조건은 표 1과 같다. 테스트 조건에서 안테나의 개수를 바꿔가며 실험을 하고 인식거리를 1m, 2m,

표. 1 실험 조건
Table 1. Test condition

장 비	실험 조건
RFID reader	900MHz RFID KIS900W-4CH
RFID antenna	no.1, no2
주파수 전파 시간	400ms, 200ms, 100ms, 50ms
주파수 인식 거리	1m, 2m, 3m
태그	500개
통신연결 인터페이스	Serial COM1
Baud Rate	38,400

3m로 증가시키면서 측정 하였다. 주파수 전송 속도는 400ms, 200ms, 100ms, 50ms로 바뀌어가며 태그의 인식률을 측정 하였으며, 태그 개수는 환경조건에 따라 10개부터 순차적으로 증가시켜 500개까지 측정 하였다.

4.2 성능 평가

태그 매핑을 위하여 태그에 4비트의 매핑 코드 필드를 적용하였으며, 모든 질의응답에 대한 요구 또한 4비트로 정의하였다. 그림 4는 리더의 식별영역에서 매핑 코드 비트수를 증가시켰을 때 충돌을 고려한 태그의 인식 시간을 비트별로 나타내었다. 여기서 2비트와 10비트로 구성된 매핑 코드는 각각 4비트와 5비트에 비해 비트 수가 많기 때문에 태그의 인식 속도가 차이가 난다. 4비트와 5비트로 구성된 매핑 코드는 2비트와 10비트로 구성된 매핑 코드에 비해 차이를 나타내지만 두 매핑 코드는 그림과 같이 많은 차이를 나타내고 있지 않다. 이것은 적용되는 환경에 따라 성능은 조금씩 달라 질 수 있다고 하겠다. 하지만 일반적으로 4비트로 구성된 매핑 코드 알고리즘이 하나의 게이트를 통과하는 객체를 고려하여 최대 16개가 가장 적합하다.

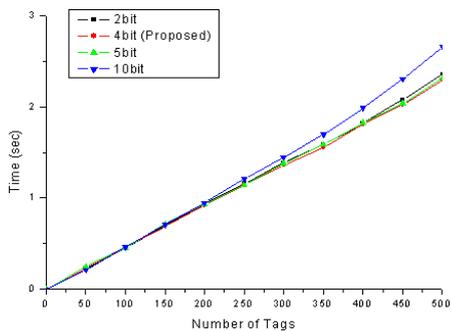


그림 4. 비트 크기에 따른 태그 인식 시간 비교
Figure 4. Comparison of tag recognition time as change bit

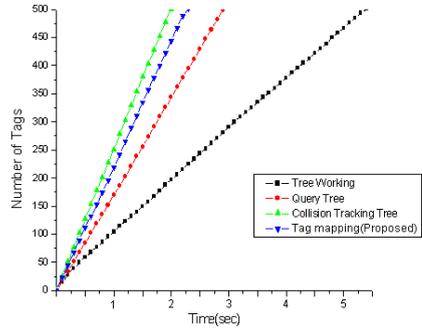


그림 5. 알고리즘 별 태그 인식 시간 비교
Figure 5. Comparison of tag recognition time

트리 기반 충돌방지 알고리즘을 적용시킬 때 태그 인식 시간은 충돌방지 알고리즘의 성능을 비교할 수 있는 궁극적인 척도로서 영역내의 태그들을 식별하기 위해 필요한 리더기와 태그들 간의 통신량에 의하여 계산된다. 제안한 충돌방지 알고리즘의 성능 평가를 위해 기존의 트리워킹 알고리즘과 쿼리 트리 알고리즘, 충돌 추적 트리 알고리즘과 비교 분석하였다. 태그 인식 시간은 영역내의 태그식별을 위한 리더기와 태그들 간의 통신 시간으로 모든 태그가 인식되는 시점을 태그 인식 시간으로 정의한다. 단, 반복해서 읽혀지는 태그도 전체 태그 인식 시간에 포함하며, 주파수 전파 시간은 400ms, 200ms, 100ms, 50ms 단계로 측정을 하였다. 그 결과 그림 5는 식별영역 내 태그 개수 증가에 따른 각 알고리즘들의 태그 인식 시간을 나타낸다. 실험을 통해 제안한 충돌방지 알고리즘은 충돌추적 알고리즘에 비해 우수하지 못하지만 트리워킹, 쿼리 트리 알고리즘 보다 우수한 성능을 보였다.

그림 6은 매핑 코드 태그 인식 시간을 나타낸다.

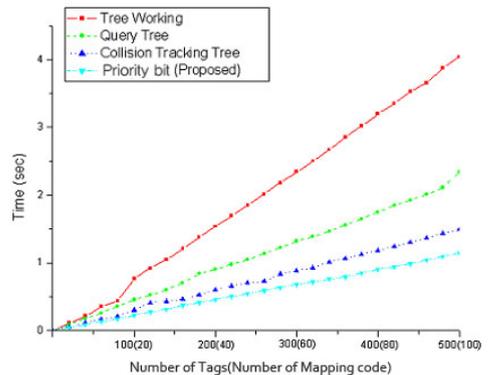


그림 6. 매핑코드 인식 시간 비교
Figure 6. Comparison of tag(mapping code) recognition time

태그 매핑을 이용한 충돌방지 알고리즘은 기존의 알고리즘에 비해 태그를 읽어 들일 때 우수한 성능을 보였으며, 알고리즘 특성상 매핑 코드 비트를 먼저 검색하여 필요한 태그부터 식별하기 때문에 리더에서 정의된 태그를 먼저 식별하는 경우 기존 알고리즘보다 현저한 성능 향상을 보였다.

V. 결론 및 고찰

본 논문에서는 96비트 EPC(Electronic Product Code)코드를 기반으로 기존의 트리 기반(Tree based) 충돌방지 알고리즘과 비교 분석하여 제안한 알고리즘의 성능평가 결과를 제시하였다. 기존 충돌방지 알고리즘은 태그 식별자 비트길이가 증가할수록 질의-응답 횟수와 전송비트 수가 과도하게 늘어나면서 성능이 저하되고 태그 식별자 정보 전체를 전송함에도 불구하고 충돌 감지 기법을 사용하기 때문에 높은 성능을 기대하기 어렵다. 이에 반해 제안하는 태그 매핑 알고리즘은 수신된 정보에서 비트단위로 충돌이 발생한 위치를 식별하여 리더에서 정의한 매핑 테이블을 이용함으로써 질의-응답 횟수와 전송비트 수를 감소시켜 성능향상을 얻을 수 있는 장점을 지니고 있다. 성능평가 결과 제안하는 태그 매핑 알고리즘이 질의-응답 횟수나 전송비트 수 측면에서 우수하고, 인식속도가 최대 4배 이상 리더에서 정의한 태그를 먼저 인식하는 우수한 성능을 나타내었다. 향후 과제로는 다양한 RFID 시스템에서 태그와 리더기의 신호전달 체계 및 하드웨어 구현 기법에 대한 연구를 진행할 계획이다.

참 고 문 헌

[1] 유승화, 유비쿼터스 사회의 RFID, 전자신문사, 2005
 [2] Keizo watanabe, 유비쿼터스 RFID, 성안당, 2005.
 [3] Klaus Finkenzeller, RFID handbook, John Wiley & Sons Ltd, pp.61-110, 2003.
 [4] R. Want, "Enabling ubiquitous sensing with RFID", Computer IEEE, pp.84-86, 2004.

[5] 김창수, 강세식, "Design and Implementation of RFID Application System for Hospital Information System", Journal of Korean Society of Medical Informatics, pp.399-407, 2005.
 [6] Huawei Huang, Dongfeng Zhao, "Performance of binary tree collision resolution algorithm of random access channels," International Conference on Communication Technology(ICCT'98), 1998.
 [7] Boris Tsybakov, "Survey of USSR contributions to random multiple-access communications," IEEE Transactions on Information Theory, pp.1431-1465, 1985
 [8] Hush, Don R. and Wood, Cliff, "Analysis of tree algorithms for RFID arbitration," In IEEE International Symposium on Information Theory, 1998.
 [9] Jacomet M, Ehram A, Gehrig U. "Contactless identification device with anti-collision algorithm," IEEE Computer Society, pp.4-8, 1999.
 [10] 권성호, "저비용 RFID 시스템에서의 충돌방지 알고리즘에 대한 성능평가", 한국통신학회논문지, pp.17-26, 2005.

박 용 민 (Yong-min Park) 정회원
 한국통신학회논문지 제32권 제12호 참조

박 주 희 (Ju-hee Park) 종신회원
 한국통신학회논문지 제29권 제12A호 참조

오 영 환 (Young-hwan Oh) 정회원
 한국통신학회논문지 제32권 제12호 참조