
무선인식 프로토콜의 EPC 클래스-1 충돌방지 알고리즘 개선

Improvement of EPC Class-1 Anticollision Algorithm for RFID Air-Interface Protocol

강봉수, 임정현, 김홍수, 양두영
제주대학교 통신공학과

Bong-Soo Kang(yagagi@unitel.co.kr), Jung-Hyun Lim(he2guy@cheju.ac.kr),
Heung-Soo Kim(sookh@cheju.ac.kr), Doo-Yeong Yang(yeongyd@cheju.ac.kr)

요약

본 논문은 무선인식 시스템에 사용되는 무선 환경 표준 프로토콜 중 UHF 대역 프로토콜인 EPC글로벌의 클래스-1 에어인터페이스를 분석하고, 프로토콜에서 규정된 충돌방지 알고리즘을 구현하였다. 또한 표준 프로토콜의 성능을 개선한 클래스-1의 1세대와 2세대 충돌방지 알고리즘을 제안하고, 그 성능들을 비교하였다.

개선된 알고리즘과 표준 알고리즘의 성능을 시뮬레이션을 통하여 비교한 결과, 개선된 1세대 클래스-1 알고리즘의 총 인식시간 감소율은 태그 수 100개 일 때 54.5%, 태그 수 1000개 일 때 63.4% 감소하였다. 그리고 개선된 2세대 클래스-1 알고리즘의 총 인식시간 감소율은 태그 수 100개 일 때 7.9%, 태그 수 1000개 일 때 11.7% 감소하였다. 태그 수가 증가함에 따라 개선된 알고리즘의 전체 인식시간이 규정된 알고리즘보다 점점 더 감소하였다. 따라서 본 논문에서 제안한 개선된 충돌방지 알고리즘은 무선인식 시스템의 태그 인식성능을 개선하는 방안으로 적용될 수 있다.

■ 중심어 : | UHF 대역 프로토콜 | 충돌방지 알고리즘 | 태그 인식 성능 |

Abstract

In this paper, Class-1 Air-interface protocols of EPCglobal applied to RFID system in UHF band are analyzed, and the standard anticollision algorithms are realized. Also, the improved anticollision algorithms of the Class-1 Generation-1 and Generation-2 protocol are proposed and the performances of anticollision algorithms are compared. As the results, reduction ratio of total tag recognition time of the improved Generation-1 algorithm is 54.5% for 100 tags and 63.4% for 1000 tags with respect to standard algorithm, respectively. And the reduction ratio of the improved Generation-2 algorithm is 7.9% for 100 tags and 11.7% for 1000 tags. Total recognition times of the improved algorithms are shorter than those of standard algorithms according to increasing the number of tag. Therefore, the improved anticollision algorithm proposed in this paper is the advanced method improving the performance of tag recognition in the RFID system.

■ keyword : | UHF Band Protocol | Anti-Collision Algorithm | Performance of Tag Recognition |

* 본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업 연구과제로 수행되었습니다.

접수번호 : #070314-003

심사완료일 : 2007년 03월 23일

접수일자 : 2007년 03월 14일

교신저자 : 양두영, e-mail : yeongyd@cheju.ac.kr

I. 서론

무선인식 시스템은 무선주파수를 이용하여 태그에 부착된 IC칩에 저장되어 있는 고유 정보를 비접촉식으로 판독하는 식별장치이다. 따라서 RFID는 기존의 바코드나 자기인식 장치의 단점을 보완하고 사용의 편리성을 향상시켜 줄 무선인식 시스템 구현에 있어 가장 핵심적인 기술이다. 이러한 무선인식 시스템은 태그, 리더, 미들웨어 및 응용 서비스 플랫폼으로 구성된다 [1][2].

무선인식 시스템에서 리더는 인식영역 내의 태그에 요청 메시지를 전송하고, 요청 메시지를 수신한 태그는 자신의 정보를 리더로 전송한다. 그러나 인식영역 내에 다수의 태그가 존재하여 동시에 요청 메시지에 대한 응답을 하게 되면 RF 통신채널 상에 충돌(collision)이 발생하게 되고, 결과적으로 리더는 태그의 정보를 정확하게 수신하지 못하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 충돌방지 알고리즘(anticollision algorithm)이 사용되며, 이는 다중접속 방식 시스템의 성능을 결정짓는 중요한 요소가 된다. 무선인식 시스템의 성능은 태그를 인식하는데 필요한 시간과 태그가 소모하는 전력으로 결정된다. 다중접속 방식을 갖는 무선인식 시스템에서 태그 데이터 간의 충돌은 인식시간과 소모 전력의 증가를 가져오는 직접적인 원인이 되므로 무선인식 시스템의 효율성을 높이기 위해서는 태그 충돌을 최소화 하는 다중접속 기술이 필요하다.

충돌방지 알고리즘은 크게 결정적 알고리즘(deterministic algorithm)과 확률적 알고리즘(probability algorithm)으로 구분된다. 결정적 알고리즘은 이진탐색(binary search)을 기반으로 태그의 ID를 식별하는 방법이고, 확률적 알고리즘은 알로하(ALOHA)를 기반으로 한다. 이러한 리더와 태그 간의 통신방식은 여러 프로토콜로 정의되어 있다. 무선인식에 관한 하드웨어 규정과 리더와 태그 간의 통신방식 등을 제정하는 표준은 ISO 18000, EPCglobal, U-센터 등 여러 단체에서 진행되고 있다. 이 중 EPCglobal은 산업계의 자발적인 RFID 규격 단체로서 사실상의 산업계의 표준화를 주도하고 있다. EPCglobal은 EAN과

UCC의 기존 이사회 회원을 중심으로 한 이사회(BOG)를 가장 상위 조직으로 하여 EPCglobal 대표직 및 아키텍처 검토 위원회를 가지고 있다[3].

본 논문에서는 충돌방지 알고리즘의 성능을 개선하기 위하여 UHF 대역 프로토콜로 규정된 EPCglobal의 1세대와 2세대 클래스-1 알고리즘에 대한 리더와 태그 사이의 통신방식과 태그 인식과정을 분석한다. 그리고 각 프로토콜에서 규정된 충돌방지 알고리즘인 빈 슬롯, 슬롯 알로하 알고리즘의 성능을 C언어로 구현하여 확인한다. 그리고 분석된 결과를 바탕으로 리더와 태그 간의 송수신되는 명령어를 줄이거나 태그 응답 타이밍을 줄이는 방식을 사용하여 각 알고리즘의 성능을 개선하고 그 성능을 고찰한다.

II. EPC 클래스-1 충돌방지 알고리즘

1. 1세대 클래스-1 알고리즘

EPC 1세대 클래스-1(Class-1 Generation-1) 알고리즘에서 리더와 태그의 통신은 패킷 단위로 이루어진다 [4]. 리더에서 태그로 보내는 패킷은 완전한 명령어, 태그에서 리더로 보내는 패킷은 완전한 응답을 포함한다. 리더가 태그로 전송하는 명령어는 8개의 필드와 5개의 패리티비트 필드로 구성되고, 그 형식은 [PREAMBLE][CLKSYNC][SOF][CMD][P1][PTR][P2][LEN][P3][VALUE][P4][P5][EOF]이다.

[그림 1]은 EPC 1세대 클래스-1 태그의 알고리즘 흐름도이다.

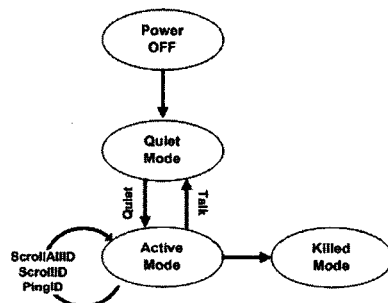


그림 1. EPC 1세대 클래스-1의 태그 알고리즘 흐름도

태그는 충분한 에너지를 받게 되면 PowerOFF State에서 Quiet State로 이동한다. Quiet State에 있는 태그들은 리더로부터 Talk 명령을 수신하고, Talk 명령 내의 [PTR]이 가리키는 위치의 [VALUE] 값과 일치하는 태그는 Active State로 이동한다. 반대로 Active State에서 Quiet 명령을 받게 되면 Quiet 명령 내의 [PTR]이 가리키는 위치의 [VALUE] 값과 일치하는 태그는 Quiet State로 이동한다. Active State의 태그는 PingID 명령을 사용하여 태그를 인식하고 PingID를 받은 태그들은 자신의 태그 ID 중 최상위 3bit와 일치하는 빈 슬롯을 할당 받는다. 태그를 인식한 후 ScrollID 명령을 사용하여 인식된 태그를 Quiet State로 이동시킨다. 만약, Active State에서 리더의 Kill 명령을 받은 태그가 있다면, 그 태그는 Killed State로 이동하고 Dead 상태가 된다.

1세대 클래스-1의 충돌방지 알고리즘은 이진트리에 기반을 둔다. 이진트리는 원래 1비트 단위로 트리를 확장하는 형태이지만, 1세대 클래스-1의 빈 슬롯(bin slot) 충돌방지 알고리즘은 3비트 단위로 확장하는 형태이다. 1세대 클래스-1에서 태그 인식은 리더가 'VALUE=0, LEN=0'을 포함하는 PingID 명령어를 인식 영역 내의 임의의 태그에 전송함으로써 시작된다. PingID 명령어를 전송한 후 리더는 Bin Modulation 작업을 하고 태그의 비트열이 Bin 값과 일치하는 태그가 각 Bin에서 응답을 한다. Bin을 검사한 후 각 Bin에서 충돌 여부를 판단하고 충돌이 일어나지 않으면, 리더는 Bin 값을 [VALUE]에 포함한 후 ScrollID 명령어를 태그에 보내게 된다. [VALUE]에 맞는 태그는 자신의 전체 ID를 ScrollID 명령어에 대한 응답으로 리더에 보내게 되고, 리더는 CRC체크를 하여 오류 없이 전송 되었다면 태그 식별 코드를 저장하고 과정을 처음으로 되돌린다. 만약, Bin에서 충돌이 일어나면 리더는 Bin 값을 [VALUE]에 저장한 후 다시 PingID 명령어를 리더 인식영역 내에 전송한다. 여기서, Bin 검사는 Bin의 처음 '000'부터 시작한다.

2. 2세대 클래스-1 알고리즘

EPC 2세대 클래스-1(Class-1 Generation-2)의 태그

인식은 슬롯 알로하(slotted aloha) 방식을 사용한다 [5-7]. [그림 2]는 EPC 2세대 클래스-1의 알고리즘 흐름도이다. 인식영역 내의 태그를 인식하기 위해서는 리더는 기본적으로 SELECT, INVENTORY 그리고, ACCESS의 세 동작과정을 이용한다. SELECT 과정에서는 INVENTORY 과정에 앞서, 통신할 특정 태그를 리더가 선택하는 과정, INVENTORY 과정은 슬롯을 발생시켜 하나 이상의 태그가 응답하게 하고 응답한 태그 중에서 하나의 태그 인식에 필요한 PC, EPC, CRC-16을 요청하는 과정, ACCESS 과정은 INVENTORY 과정을 성공적으로 마친 태그와 리더가 일-대-일 통신을 하는 과정이다. 먼저 리더는 Select 명령을 태그에 내리며 Select 명령을 받은 태그들은 자신이 속할 INVENTORY를 선택받고, 동작을 준비하게 된다. 다시 리더는 태그에 INVENTORY 명령들을 내려 보내 태그를 인식하게 되고 ACCESS 명령들을 통해 태그의 데이터를 읽기 또는 쓰기를 수행하게 된다.

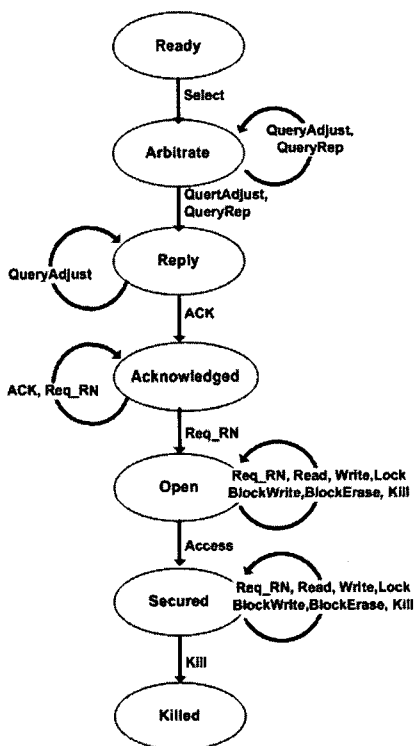


그림 2. EPC 2세대 클래스-1의 알고리즘 흐름도

INVENTORY 과정은 Query, QueryAdjust, QueryRep, ACK, 그리고 NAK 등의 명령어들로 구성된다. Query는 INVENTORY 프레임의 슬롯 개수를 초기화하고 태그가 프레임에 참여하게끔 한다. 프레임에 참여한 태그는 Query 명령어에 포함되어 있는 슬롯 파라미터 Q를 참조하여 랜덤 넘버(random number)를 선택하고 이를 슬롯 카운터(slot_counter)에 로드한다. 여기서 '0'을 선택한 태그들은 Reply 상태로 전환되고, 전환되는 즉시 리더로 응답 메시지를 전송한다. 그 밖의 '0'이 아닌 랜덤 넘버를 선택한 태그들은 Arbitrate 상태로 전환되고 QueryAdjust 또는 QueryRep 명령어를 기다린다. 하나의 슬롯에 대해 단일 태그가 응답으로 RN16(random number of 16-bit)을 리더로 전송했다면, 충돌이 발생하지 않는다. 이때 리더는 수신한 RN16을 포함하는 ACK 명령어를 태그로 전송한다. 이 과정을 통해 리더에 인식된 태그는 Acknowledge 상태로 전환되고, PC, EPC, 그리고 CRC-16을 리더에 전송한다. 리더는 QueryAdjust 또는 QueryRep 명령어를 전송하여 태그를 대기상태로 전환하고 태그 데이터를 메모리에 저장한다. 만약 일정시간동안 태그가 ACK 수신에 실패하거나 잘못된 ACK를 수신하면 태그는 다시 Arbitrate 상태로 전환되어 다음 프레임까지 대기하게 된다. 프레임을 초기화시키는 Query가 발생한 후에, 리더는 하나 이상의 QueryAdjust 또는 QueryRep 명령어를 전송한다. QueryAdjust 명령어는 이전 Query를 반복하고 Q 값을 증감시킨다. QueryRep 명령어는 Q와 같은 파라미터들을 변화시키지 않고 Query를 반복한다. 이때 새로운 태그를 프레임에 추가시키지는 않는다. 어떤 시점에서 리더는 새로운 Query 명령어를 전송하는데, 그로 인해 새로운 프레임이 시작된다. Arbitrate나 Reply 상태에 있던 태그는 처음으로 QueryAdjust 명령어를 수신하고 Q를 조정한다. 그래서 랜덤 넘버를 선택하고 랜덤 넘버는 그들의 슬롯 카운터로 로드된다. 여기서 Arbitrate 상태에 있는 태그들은 그들의 슬롯 카운터를 QueryRep 명령어를 수신할 때마다 감소시키고 슬롯 카운터가 [0000h]에 도달했을 때 Reply 상태로 전환되어 RN16을 리더에 전송한다. 이런 과정을 반복적으로 수행함으로써 태그를 인식할 수 있다.

III. 개선된 EPC 클래스-1 충돌방지 알고리즘

1. 개선된 1세대 클래스-1 알고리즘

본 논문에서는 기존의 1세대 클래스-1 충돌방지 알고리즘에서 스택 개념을 도입하고 PingID 명령어에 대한 태그의 응답이 8비트인 점을 착안하여, 충돌이 일어나지 않은 Bin을 우선 인식하고, 충돌이 일어난 Bin은 응답으로 수신된 8비트열들을 서로 비교하여 일치하는 비트열을 스택에 저장하는 방법이다. 하나의 태그를 완벽히 인식한 후, 다시 'VALUE=0, LEN=0'으로 하여 PingID 명령어를 보내는 방법이 아니라 우선 스택을 검사하여 저장된 데이터가 있으면 그 값을 [VALUE]와 [LEN]에 저장한 후 PingID 명령어를 보내고, 스택에 저장된 데이터가 없으면 다시 'VALUE=0, LEN=0'으로 하여 PingID 명령어를 보낸다.

[그림 3]은 개선된 EPC 1세대 클래스-1 알고리즘의 흐름도를 나타낸 것이다. 개선된 1세대 클래스-1 알고리즘에서 태그 인식은 리더가 'VALUE=0, LEN=0'을 포함하는 PingID 명령어를 인식영역 내의 임의의 태그에 전송함으로써 시작된다. PingID 명령어를 전송한 후 리더는 Bin Modulation 작업을 하고 태그는 자신의 비트열과 Bin이 일치하는 각 Bin에서 자신의 ID중 8비트를 응답으로 전송한다. 이때 리더는 각 Bin에서의 태그의 응답을 임시

메모리에 저장한다. 리더는 첫 Bin(000)부터 마지막 Bin(111)까지 순서대로 Bin 검사를 한다. 프로토콜에서는 앞의 Bin에서 태그의 응답이 있으면 그 이후의 Bin에 대해서는 처리를 하지 않는 반면, 개선된 알고리즘에서는 임시메모리를 사용하여 각 Bin에서의 응답을 저장했기 때문에 8개의 Bin에서의 태그 응답을 처리할 수 있다. 각 Bin에서 충돌 여부를 판단하고 충돌이 일어나지 않으면, 리더는 Bin 값을 [VALUE]에 포함한 후 ScrollID 명령어를 태그에 보내게 된다. [VALUE] 값과 자신의 비트열이 일치하는 태그는 자신의 전체 ID를 ScrollID 명령어에 대한 응답으로 리더에 보내게 되고, 리더는 CRC체크를 하여 오류 없이 전송 되었다면 태그 식별 코드를 저장한다. 충돌이 발생하면, 리더는 응답으로 들어온 8비트열들을 비교하고, 일치하는 비트열까지

스택에 저장한다. 그리고 난 후 다음 충돌이 없는 Bin에서의 태그를 먼저 인식한다. 8개의 Bin 검사가 끝난 후, 리더는 스택을 검사하고, 스택에 저장된 데이터가 있으면 그 데이터를 [VALUE]에 포함한 PingID 명령어를 전송한다. 만약 스택에 저장된 데이터가 없다면, 리더는 'VALUE=0, LEN=0'인 PingID 명령어를 전송한다.

2. 개선된 2세대 클래스-1 알고리즘

기존의 2세대 클래스-1 충돌방지 알고리즘에서는 태그의 수가 슬롯 수보다 많아 충돌이 많이 발생하거나,

태그의 수가 슬롯 수보다 적어 슬롯의 낭비가 있을 경우 리더는 Query_Adjust 명령어를 사용하여 Q 값을 1씩 증감하여 슬롯의 개수를 조절한다. 본 논문에서는 Q 값을 1씩 증감시키지 않고, 태그 수를 확률이론으로 추정하여 그에 맞는 Q 값을 사용한다. 그리고 개선된 알고리즘에서는 충돌이 발생한 슬롯의 시간이 응답이 없는 idle 슬롯의 시간보다 길기 때문에 충돌이 발생하는 슬롯을 줄이기 위하여 예측한 태그 값보다 가장 근접하면서 큰 Q 값을 사용하였다. 예를 들어 예측한 태그 수가 72일 경우 Q 값을 6과 7중에 7을 선택 하여 슬롯 개

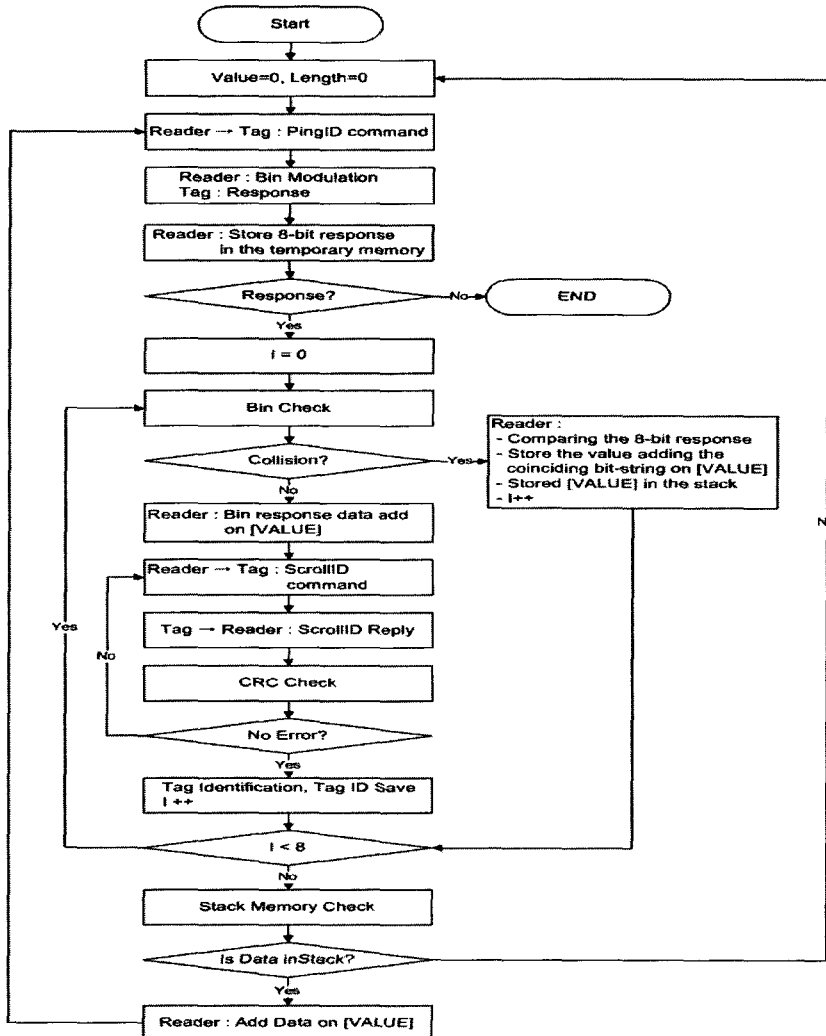


그림 3. 개선된 EPC 1세대 클래스-1 알고리즘의 흐름도

수를 128개로 하여 충돌을 최소화하는 방법을 사용하였다. [그림 4]는 개선된 2세대 클래스-1 알고리즘의 동작 과정과 본 논문에서 사용된 Q-선택 과정을 나타낸 그림이다. Query나 Query_Adjust 명령어에 대한 한 라운드가 종료된 후에 다음 라운드의 사이즈를 결정하게 된다. 이때 충돌이 발생한 슬롯 수를 세어 현재 남아 있는 태그 수를 예측 한다.

i 번째 라운드에서 프레임 사이즈가 $N(i)$, 태그의 개수가 $n(i)$, 충돌이 발생한 슬롯 수 C_{slot} , 성공한 슬롯 수 S_{slot} , 빈 슬롯 수는 E_{slot} 라고 한다. 충돌 슬롯이 발생할 확률, 성공 슬롯이 발생할 확률 그리고 빈

슬롯이 발생할 확률은 모두 이항분포를 따른다[8].

$$P_q(i) = \binom{n(i)}{q} \left(\frac{1}{N(i)}\right)^q \left(\frac{N(i)-1}{N(i)}\right)^{n(i)-q} \quad (1)$$

여기서, $q=0$ 는 태그의 응답이 없는 빈 슬롯의 확률, $q=1$ 는 성공적으로 전송될 확률, 나머지 ($q > 1$) 는 충돌이 발생할 확률이다. 현재 i 번째 라운드에서 예측된 태그 수는 성공한 슬롯 수와 충돌이 발생한 슬롯 수를 사용하여 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$n_{est} = (P_1(i) \times N(i)) + \left(\sum_{q=2}^N q P_q(i)\right) \times C_{slot} = S_{slot} + K \times C_{slot} \quad (2)$$

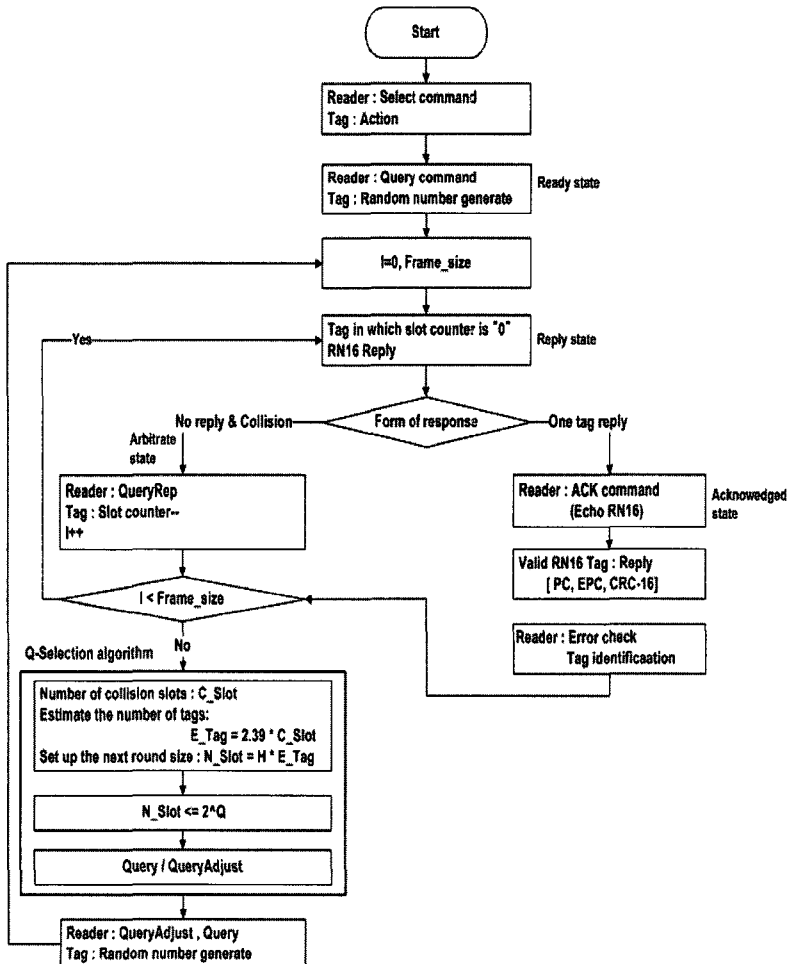


그림 4. 개선된 EPC 2세대 클래스-1 알고리즘의 흐름도

$$K = \lim_{N \rightarrow \infty} \sum_{q=2}^N q P_q(i) = 2.39 \quad (3)$$

따라서 다음 라운드에 참여하는 태그 수는 충돌이 발생한 태그이므로, 라운드 크기는 다음과 같다.

$$N(i+1) = H \times (K \times C_{slot}), \begin{cases} H=1 + \frac{1}{K}, \text{ Static frame} \\ H=1 - \frac{1}{K}, \text{ Dynamic frame} \end{cases} \quad (4)$$

위의 동작과정을 설명하면, 태그 ID를 인식하는 INVENTORY 과정에 앞서 통신할 특정 태그를 선택하는 Select 명령어를 전송한다. 리더는 프레임의 슬롯 개수를 초기화하고, 태그가 프레임에 참여하게 하는 Query 명령어를 전송한다. 이 명령어를 수신한 태그는 자신의 상태를 Ready 상태로 전환하고, Query 명령어에 포함된 Q-파라미터를 사용하여 $(0 \sim 2^Q - 1)$ 범위에서 자신의 슬롯 넘버(RN16)를 선택하고 이를 슬롯 카운터로 로드한다. 여기서 '0'을 선택한 태그들은 Arbitrate 상태로 전환되고, 전환되는 즉시 리더로 자신의 RN16을 응답 메시지로 전송한다. 그 밖의 '0'이 아닌 랜덤 넘버를 선택한 태그들은 Arbitrate 상태로 전환되고 QueryAdjust 또는 QueryRep 명령어를 기다린다. 만약 그 응답유형이 하나의 태그만 응답하였다면, 리더는 수신한 RN16을 포함하는 ACK 명령어를 태그로 전송한다. ACK 명령어에 포함된 RN16과 자신의 RN16이 일치하는 태그는 Acknowledge 상태로 전환되고, [PC, EPC, CRC]를 응답으로 리더에 전송한다. 만약 그 응답유형이 충돌이거나 응답이 없다면, 리더는 QueryRep 명령어를 전송하고, 이 명령어를 수신한 태그는 자신의 슬롯 카운터 값을 1씩 감소하고, 다시 이 값이 '0'인 태그는 Reply 상태로 전환되어 자신의 RN16을 응답으로 전송한다. 이 과정을 프레임 사이즈만큼 반복하게 되고, 만약 하나의 프레임이 종료되면, 리더는 인식영역 내에 인식되지 않고 남아 있는 태그의 개수를 추정한다. 식 (2)와 식 (4)와 같이 충돌이 발생한 슬롯 수를 사용하여 태그의 개수를 추정하고, 충돌을 최소화하기 위하여 예측한 태그 값보다 가장 근접하면서 큰 Q 값을 설정한다. 재설정된 Q 값을 포함하는 QueryAdjust 명령어를

전송하여 위의 과정을 반복한다.

IV. 시뮬레이션 결과

[표 1]은 1세대 클래스-1 충돌방지 알고리즘에서 리더가 태그로 전송하는 총 명령어 수와 명령어 포맷에 포함되는 [VALUE] 필드의 길이를 나타낸 것이다.

태그 인식에 필요한 PingID, ScrollID, Quiet 명령어 수이다. 만약 PingID 명령어, ScrollID 명령어, Quiet 명령어를 N_P , N_S , N_Q 라 하고, 각 명령어 1개당 평균 [VALUE] 길이를 각각 VLP , VLS , VLQ 그리고 각 명령어 1개당 전송시간을 T_{PI} , T_{SI} , T_{QI} 이라하면, 태그의 총 인식시간 T_{total} 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} T_{PI} &= 1.25T_0 + 64\mu s + 51T_0 + [VLA]T_0 + 8T_0 + 64T_0 + 2.5T_0 \\ T_{SI} &= 1.25T_0 + 64\mu s + 51T_0 + [VLS]T_0 + 8T_0 + [tagbit]T_0 + 2.5T_0 \\ T_{QI} &= 1.25T_0 + 64\mu s + 51T_0 + [VLQ]T_0 + 8T_0 + 2.5T_0 \\ T_{Total} &= N_P T_{PI} + N_S T_{SI} + N_Q T_{QI} \end{aligned} \quad (5)$$

표 1. EPC 1세대 클래스-1 충돌방지 알고리즘의 총 명령어 수와 [VALUE] 필드의 길이

태그 수	1세대 클래스-1 표준			1세대 클래스-1 개선		
	Total command	VLP	VLS	Total command	VLP	VLS
10	37.0	1.41	5.10	24.8	3.50	6.90
50	223.0	2.52	7.38	121.2	6.08	9.06
100	482.8	3.07	8.48	242.4	6.94	10.03
200	1034.6	3.58	9.52	487.6	8.14	11.18
300	1611.0	3.87	10.11	729.4	8.83	11.77
400	2197.0	4.04	10.48	977.8	9.25	12.26
500	2807.6	4.21	10.85	1222.0	9.54	12.58
600	3424.0	4.27	11.12	1427.2	9.77	12.84
700	4011.0	4.51	11.40	1715.2	10.00	13.11
800	4676.0	4.54	11.54	1956.4	10.14	13.24
900	4322.4	4.64	11.73	2198.4	10.34	13.43
1000	5950.2	4.68	11.85	2437.2	10.45	13.52

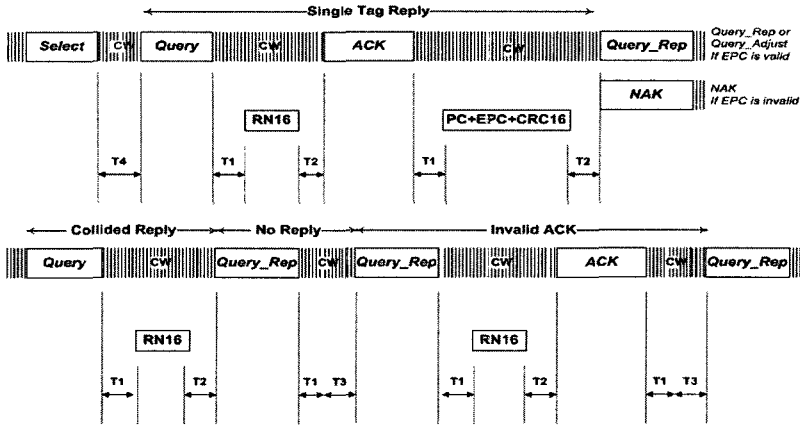


그림 5. EPC 2세대 클래스-1의 규정된 링크 타이밍

1세대 클래스-1 태그의 총 인식시간은 프로토콜에서 규정된 링크 타이밍을 적용하여 계산하였고, T_0 는 북미방식에서 규정된 $14.25 \mu s$ 을 기준으로 계산하였다.

표 2. EPC 2세대 클래스-1의 규정된 링크 타이밍

	Minimum	Typical	Maximum
T_1	MFT- $2\mu s$	$MAX(RT_{cal}, 10 T_{pri})$	MFT+ $2\mu s$
T_2	$3.0 T_{pri}$		$20.0 T_{pri}$
T_3	$0.0 T_{pri}$		
T_4	$2.0 T_{pri}$		

* MFT = $MAX(RT_{cal}, 10 T_{pri}) \times (1 - FT)$

리더에서 태그로 전송하는 신호는 첫 번째 단계 transaction gap $1.25 T_0$, 두 번째 단계 CW RF신호는 $64 \mu s$, 세 번째 단계 data modulation 부분, 네 번째 단계 TAG Setup $8 T_0$, 마지막 단계인 태그 응답 전송 부분은 $6 T_0$, 다음 transaction gap과의 인터벌 $2.5 T_0$ 이다. 세 번째 단계인 data modulation 부분은 리더 명령어 포맷에서 [VALUE] 길이를 제외한 51비트에 [표 1]에 주어진 VLP , VLS 을 더하여 계산하였다. [표 1]의 결과를 살펴보면 태그 수가 증가함에 따라 개선된 1세대 클래스-1 알고리즘은 기존 알고리즘 보다 태그 인식을 위한 총 명령어 수가 2배 이상 감소한다.

[그림 5]와 [표 2]는 2세대 클래스-1 충돌방지 알고리즘의 태그 인식시간 계산을 위한 각 명령어와 태그 응답에 대한 타이밍을 규정한 것이다. 이 링크 타이밍을

적용하여 2세대 클래스-1 알고리즘의 태그 인식시간을 계산하였다. 2세대 클래스-1 프로토콜에서 가능한 슬롯 수($2^Q, 1 \leq Q \leq 15$)가 정해져 있기 때문에 예측한 태그 수와 정확하게 동일한 슬롯 수를 다음 라운드에 사용할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 기존의 2세대 클래스-1에서 태그 수를 추정하여 다음 라운드의 슬롯 크기를 할당할 때 효율적인 태그 인식방법을 분석하고, 개선된 알고리즘을 통하여 Q 확장방법에 따른 태그 인식시간을 계산하였다. [표 2]에 정의된 RT_{cal} 은 태그와 리더의 교정(calibration)시간이고, T_{pri} 는 링크 펄스 반복시간, FT는 주파수 허용오차를 나타낸다.

[그림 6]은 [표 2]에 주어진 링크 타이밍을 토대로 태그 인식시간을 계산한 결과를 나타낸 것이다.

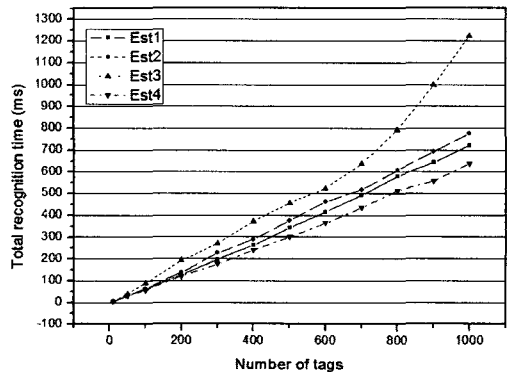


그림 6. EPC 2세대 클래스-1 충돌방지 알고리즘의 Q-확장방법에 따른 총 태그 인식시간

Est 1은 표준 프로토콜에서 규정된 방식으로 태그 수가 슬롯 수보다 많이 발생한 경우 Q의 변환을 1씩 증감하는 방식이다. Est 2는 예측한 태그 수와 가장 가까운 값으로 슬롯 수를 변환하는 방법이고, Est 3은 작은 값으로, Est 4는 본 논문에서 제안하는 방식으로 예측한 태그 수보다 가장 근접하면서 큰 값으로 변환하는 방법이다. 개선된 Est 4 방식은 표준의 Est 1 알고리즘보다 태그 인식시간이 태그 수 100개 일 때 7.9%, 태그 수가 1000개 일 때 11.7% 감소하였다.

[그림 7]과 [표 3]은 EPC 클래스-1 프로토콜의 각 알고리즘 별 총 태그 인식시간을 나타낸 것이다.

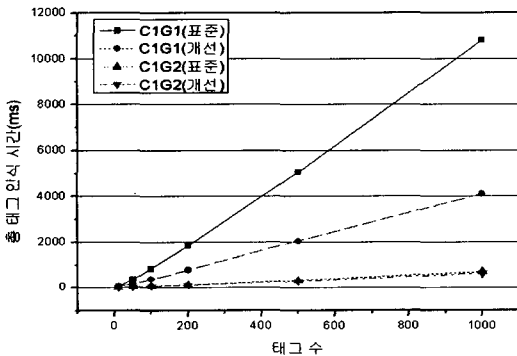


그림 7. EPC 클래스-1 충돌방지 알고리즘의 총 태그 인식 시간

표 3. 각 알고리즘의 총 태그 인식시간(ms)

태그 수	C1G1(표준)	C1G1(개선)	C1G2(표준)	C1G2(개선)
10	61.9	39.5	5.5	5.6
50	386.4	195.8	28.8	31.4
100	848.3	394.9	91.7	56.8
200	1839.1	803.4	129.4	121.3
500	5057.7	2038.8	342.2	301.4
1000	10817.2	4096.5	722.2	637.5

시뮬레이션 결과 개선된 Class 1 알고리즘은 표준 알고리즘보다 태그 인식시간이 태그 수 100개 일 때 54.5%, 태그 수 1000개 일 때 63.4% 감소하였다. 개선된 Class 1 Gen 2 알고리즘은 표준 알고리즘보다 태그 인식시간이 태그 수 100개 일 때 7.9%, 태그 수 1000개 일

때 11.7% 감소하였다. 2세대 클래스-1 보다 1세대 클래스-1 충돌방지 알고리즘의 인식시간이 큰 이유는 1세대 클래스-1 알고리즘은 리더와 태그 간에 패킷 단위로 통신을 하기 때문이다.

V. 결론

본 논문은 무선인식 시스템에 사용되는 무선인식 표준 중 UHF 대역 프로토콜인 EPCglobal의 1세대 클래스-1, 2세대 클래스-1 프로토콜의 에어인터페이스를 분석하고 각 프로토콜에서 규정된 충돌방지 알고리즘을 구현하였다. 그리고 각 프로토콜에서 규정하는 충돌방지 알고리즘의 성능을 개선한 알고리즘을 제안하고, C언어로 구현하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행함으로써 성능이 개선됨을 확인하였다.

개선된 1세대 클래스-1 알고리즘은 태그 수 100개 일 때 54.5%, 태그 수 1000개 일 때 63.4% 감소하였다. 개선된 2세대 클래스-1 알고리즘은 태그 수 100개 일 때 7.9%, 태그 수 1000개 일 때 11.7% 감소하였다. 개선된 충돌방지 알고리즘은 표준 알고리즘보다 태그 인식 성능이 상당히 개선됨을 알 수 있다. 따라서 개선된 충돌방지 알고리즘은 RFID 시스템과 유비쿼터스 센서 네트워크 등에 사용되는 무선인식 시스템의 성능 개선 방안으로 적용될 수 있다.

참고 문헌

- [1] K. Finkenzeller, *RFID Handbook*, Wiley & Sons, 2003.
- [2] 황태욱, 김영수, 박경환, "900MHz 대역 RFID 시스템의 무선인터페이스 표준화 동향", 한국전자과학회지 전자과학기술, 제16권, 제3호, pp.3-15, 2005.
- [3] <http://www.epcglobalinc.org/>
- [4] Auto-ID Center Massachusetts of Technology, Technical Report, "860~930MHz Class-1 Radio

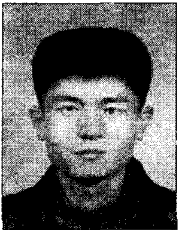
Frequency Identification Tag Radio Frequency & Logical Communication Interface Specification Candidate Recommendation, Version 1.0.1," 2002.

- [5] EPCglobal, "EPC™ Radio-frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860MHz ~ 960MHz Version 1.0.9," 2004.
- [6] 권성호, 모희숙, 최길영, 표철식, 채중석, "Gen 2기 반 RFID 시스템에서의 충돌방지 알고리즘에 관한 연구", 한국통신학회논문지, 제31권, 제6B호, pp.561-571, 2006.
- [7] Y. Kawakita and J. Mitsugi, "Anti-collision Performance of Gen 2 Air Protocol in Random Error Communication Link," Applications and the Internet Workshops, 2006.
- [8] B. Zhen and M. Kobayashi, "Framed ALOHA for Multiple RFID Objects Identification," IEICE Trans. Communication, Vol.E88-B, pp.991-999, 2005.

저자 소개

강 봉 수(Bong-Soo Kang)

정회원

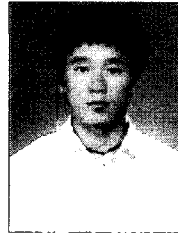


- 1996년 2월 : 명지대학교 전자공학과(공학사)
- 2002년 2월 : 제주대학교 통신공학과(공학석사)
- 2004년 2월 : 제주대학교 통신공학과(공학박사수료)

<관심분야> : 안테나 및 전파전파, 전자파 수치해석, 안테나 설계

임 정 현(Jung-Hyun Lim)

준회원



- 2005년 8월 : 제주대학교 통신공학과(공학사)
 - 2006년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 통신공학과(공학석사과정)
- <관심분야> : RF 회로 및 RFID, 안테나

김 흥 수(Heung-Soo Kim)

정회원



- 1980년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학석사)
- 1990년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학박사)
- 1987년 ~ 현재 : 제주대학교 통신컴퓨터공학부 통신공학전공 교수

<관심분야> : 마이크로파 능동회로, 안테나, RF회로 설계 기법

양 두 영(Doo-Yeong Yang)

정회원



- 1984년 2월 : 제주대학교 통신공학과(공학사)
- 1989년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학석사)
- 1992년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학박사)
- 1992년 ~ 현재 : 제주대학교 통신컴퓨터공학부 통신공학전공 교수

<관심분야> : RF회로 및 RFID, 이동통신, 위성통신