
태그 수 추정 기법을 적용한 EPCglobal Class-1 Gen-2 충돌방지 알고리즘

임인택*

EPCglobal Class-1 Gen-2 Anti-collision Algorithm with Tag Number Estimation Scheme

Intaek Lim*

요 약

EPCglobal Class-1 Gen-2 충돌방지 기법에서는 Q-알고리즘을 통하여 질의 라운드의 프레임 크기를 결정한다. Q-알고리즘은 리더의 식별영역 내에 있는 태그의 수를 추정하지 않고 슬롯의 상태만을 이용하여 질의 라운드의 프레임 크기를 계산하므로 알고리즘에 비하여 리더의 알고리즘이 단순한 장점이 있다. 반면, 실제 태그의 수를 반영한 최적화된 프레임 크기를 할당할 수 없는 단점이 있다. 또한, 기존의 Q-알고리즘에서는 프레임 크기를 조절하기 위한 매개변수인 C값이 정해져 있지 않다. 따라서 본 논문에서는 매 질의 라운드마다 태그의 수를 추정하여 Q-알고리즘의 매개변수 C값을 결정하는 기법을 제안하고, 이에 대한 성능분석을 한다.

ABSTRACT

In the anti-collision scheme proposed by EPCglobal Class-1 Gen-2 standard, the frame size for a query round is determined by Q-algorithm. In the Q-algorithm, the reader calculates a frame size without estimating the number of tags in its identification range. It uses only the slot status. Therefore, Q-algorithm has advantage that the reader's algorithm is simpler than other algorithms. However, it cannot allocate an optimized frame size because it does not consider the number of tags. Also, the conventional Q-algorithm does not define an optimized parameter value C for adjusting the frame size. In this paper, we propose a modified Q-algorithm and evaluate the performance with computer simulations. The proposed Q-algorithm estimates the number of tags at every query round, and determines the parameter value C based on the estimated number of tags.

키워드

RFID, 태그 수 추정, 충돌방지 알고리즘, EPCglobal Class-1 Gen-2, Q-알고리즘

Key word

RFID, Tag number estimation, Anti-collision algorithm, EPCglobal Class-1 Gen-2, Q-Algorithm

I. 서 론

리더의 식별영역 내에 있는 모든 태그들이 동시에 리더의 질의에 응답하기 때문에 리더에서 충돌이 발생하게 된다. 이러한 충돌 현상은 리더로 하여금 정확한 태그 식별을 방해하는 원인이 된다. 특히, 대량의 물품을 실시간으로 식별해야 하는 대규모 전자 물류시스템과 같은 응용에 적용하기 위해서는 다중 태그 식별 문제를 해결할 수 있는 충돌방지 알고리즘이 필수적으로 요구된다[1].

EPCglobal Class-1 Gen-2와 ISO/IEC 18000-6 Type C에서는 충돌방지 알고리즘으로 ALOHA 방식을 기반으로 하는 확률적 알고리즘을 채택하고 있다[2][3]. 일반적으로 ALOHA 기반인 경우, 충돌 방지를 위한 특별한 기능이 없는 순수 ALOHA 방식과 순수 ALOHA 방식에 슬롯과 프레임의 개념을 추가한 FSA (Framed Slot ALOHA) 방식의 충돌 방지 알고리즘으로 구분되는데, 이 중에서 FSA 알고리즘이 가장 널리 사용되는 방식이다[4]. FSA 알고리즘의 효율을 향상시키기 위한 많은 연구가 진행되고 있는데, 이 중에서 DFSA (Dynamic FSA) 알고리즘은 리더의 식별영역 내에 있는 태그의 수를 기반으로 프레임의 크기를 가변적으로 변화시키는 방식이다. DFSA 알고리즘은 리더의 식별영역 내에 있는 태그의 수를 추정하는 방법과 추정된 태그 수를 기반으로 다음 프레임의 크기를 결정하는 방법으로 구성된다[5].

한편, EPCglobal Class-1 Gen-2 표준안에서는 Q-알고리즘을 제안하였다. 제안된 Q-알고리즘은 태그의 수를 추정하는 기법을 적용하지 않고 다음 질의 라운드의 프레임 크기를 할당하기 때문에 다른 DFSA 알고리즘에 비하여 리더의 알고리즘이 비교적 단순한 장점이 있다.

하지만 다음 프레임의 크기를 조절하기 위한 매개변수 C의 값이 정해져 있지 않고, 이는 알고리즘 설계자의 몫으로 남아있다. 또한 태그의 수를 추정하지 않고 단순한 충돌 여부만을 가지고 다음 프레임의 크기를 조절하므로 실제 리더의 식별영역 내에 있는 태그의 수를 반영한 프레임의 크기를 할당할 수 없는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 Q-알고리즘의 성능을 향상시키기 위하여 리더의 식별영역 내에 있는 태그의 수를 추정하여 Q-알고리즘의 매개변수 C 값을 결정하는 기법을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 EPCglobal Class-1 Gen-2의 충돌방지 알고리즘을 기술하고, III장에서는 태그 수를 추정하는 기법과 이를 적용한 Q-알고리즘을 제안한다. IV장에서는 시뮬레이션을 통하여 제안한 기법의 성능을 분석하고, 마지막으로 V장에서는 결론을 맺는다.

II. Gen-2 알고리즘

EPCglobal에서는 960MHz 대역에서 동작하는 Class-1 Gen-2 UHF 대역의 RFID 시스템을 표준으로 제안하였다. EPCglobal Class-1 Gen-2 RFID 시스템에서 리더의 식별영역 내에 있는 다중 태그를 식별하기 위한 충돌방지 알고리즘으로는 FSA 알고리즘을 사용한다.

Gen-2 충돌방지 알고리즘에서 태그를 식별하기 위한 질의 라운드는 Query 명령으로부터 시작되며, 질의 라운드 동안 매 슬롯에 대한 식별은 QueryRep 명령으로 시작된다. 리더의 Query 또는 QueryRep 명령에 대한 응답으로 태그가 전송한 RN16의 성공적인 수신은 오직 하나의 태그만 응답한 경우이다. 반면, 응답이 없거나 여러 개의 태그들이 동시에 응답하여 충돌이 발생한 경우에는 실패로 간주된다.

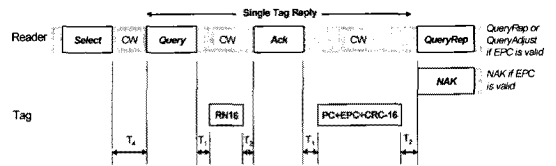


그림 1. 하나의 태그만 응답한 경우
Fig. 1. In the case of single tag reply.

그림 1은 하나의 태그만 응답한 경우의 예를 나타낸 것이고, 그림 2는 충돌이 발생했거나 응답이 없는 경우의 예를 나타낸 것이다. 그림에서 나타낸 바와 같이 리더로부터의 Query 또는 QueryRep 명령에 오직 하나의 태그만 RN16으로 응답하면 충돌 없이 성공한 경우로서, 이 경우 리더는 ACK 명령을 전송하고, 태그는 자신의 <PC, EPC, CRC-16>으로 응답한다.

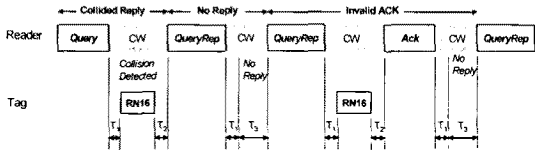


그림 2. 충돌 또는 응답이 없는 경우
Fig. 2. In the case of collision or no reply.

그림 3은 EPCglobal Class-1 Gen-2의 Q-알고리즘을 나타낸 것이다. 그림에서 나타낸 바와 같이 질의 라운드의 매 슬롯마다 슬롯의 상태에 따라 Query 명령의 인자인 Q값의 실수 값인 Q_p 값을 갱신한다. 만일 슬롯에 충돌이 발생하면 이전의 Q_p 에 C를 더하고, 빈 슬롯이면 이전의 Q_p 에 C를 뺀 값을 Q_p 로 한다. 새로운 질의 라운드가 시작될 때, 리더는 매 슬롯마다 갱신한 Q_p 를 반환된 값을 Q값으로 하여 Query 명령을 전송한다. 여기서 C는 Q_p 에 더하거나 빼는 값으로써, $0.1 < C < 0.5$ 범위의 값을 가진다. 일반적으로 Q값이 큰 경우에는 C값을 작게 하고, Q값이 작은 경우에는 C값을 크게 하는 것으로 제안하고 있다. 하지만 프레임 기반 슬롯 ALOHA 방식을 사용하는 Gen-2 충돌방지 알고리즘의 성능은 리더의 식별영역 내에 있는 태그의 수와 프레임 크기에 많은 영향을 받는다. 따라서 질의 라운드에 참여한 태그의 수에 따라 최적의 C값을 선택하는 것이 바람직한 것으로 보인다.

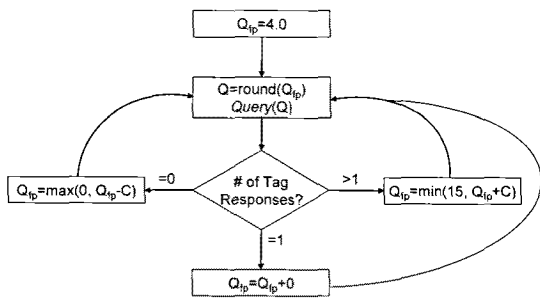


그림 3. Q-알고리즘
Fig. 3. Q-algorithm.

Gen-2 알고리즘의 성능이 Q-알고리즘의 매개변수 C 값에 따라 어떻게 변화하는지를 분석하기 위하여 시뮬레이션을 통하여 얻은 결과를 그림 4에 나타내었다. C=0.5인 경우, 태그의 수가 많을수록 다른 경우에 비해

여 빨리 식별할 수 있으며, C=0.2, 0.3, 0.4인 경우, 태그의 수가 각각 200, 300, 350개 이상이면 식별시간이 급격히 증가한다. 또한 태그의 수가 400개 이상에서는 C를 0.2부터 0.4까지의 어떠한 값으로 하더라도 거의 비슷한 식별시간을 갖는다. 표 1은 그림 4의 결과로부터 식별영역 내에 있는 태그의 수에 따라 최적의 식별시간을 얻기 위한 C값을 나타낸 것이다. 표에서 나타낸 바와 같이 Gen-2 충돌방지 기법이 최적의 성능을 얻기 위해서는 식별영역 내에 있는 태그의 수에 따라 적절한 C값을 선택할 필요가 있다.

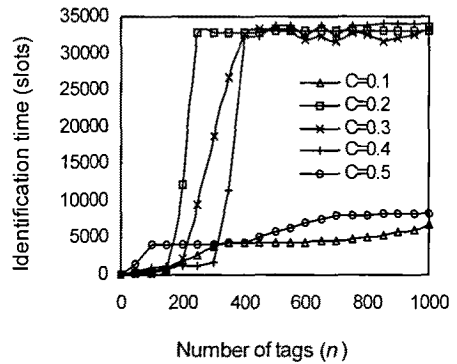


그림 4. C값에 따른 식별시간
Fig. 4. Identification time according to C value.

표 1. 태그 수별 최적의 C값
Table 1. Optimal C value for various n.

태그의 수 (n)	C
$n \leq 120$	0.1
$121 \leq n \leq 180$	0.2
$181 \leq n \leq 310$	0.4
$311 \leq n \leq \infty$	0.1

III. 태그 수 추정 기법

본 논문에서는 하나의 질의 라운드 동안 태그들이 응답한 결과와 확률적 계산을 통하여 얻은 결과를 조합하여 태그 수를 추정한다. 태그의 수를 추정하기 위하여 한 질의 라운드의 프레임은 N개 슬롯으로 구성되어 있고, 리더의 식별영역 내에는 n개의 태그가 있는 것으로 가

정한다. 질의 라운드 동안 관측된 빈 슬롯의 수를 N_e 라 하고, 성공한 슬롯의 수를 N_s 라 한다. 만일 관측을 통하여 얻은 N_e 와 N_s 가 확률적 계산을 통하여 구한 빈 슬롯의 평균 개수와 성공한 슬롯의 평균 개수와 같다면 N_e 와 N_s 는 각각 다음과 같다.

$$N_e = N \left(1 - \frac{1}{N}\right)^n \quad (1)$$

$$N_s = n \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{n-1} \quad (2)$$

식 (1)과 식 (2)를 이용하여 이전 라운드에서 질의에 참여한 태그의 수를 구하면 다음과 같다.

$$n = (N-1) \frac{N_s}{N_e} \quad (3)$$

다음 질의 라운드에 참여할 태그의 수는 이전 라운드에서 충돌이 발생한 태그의 수(nc)와 같다. 따라서 이는 식 (3)에서 성공한 슬롯의 수를 뺀 것과 같다.

$$n_c = (N - N_e - 1) \frac{N_s}{N_e} \quad (4)$$

리더는 이전 라운드에서 성공한 슬롯의 수와 빈 슬롯의 수를 관측할 수 있으므로 식 (4)로부터 남은 태그의 수를 추정할 수 있다. 그러나 식 (4)에서 나타낸 바와 같이 성공한 슬롯의 수도 또는 빈 슬롯의 수가 없는 경우에는 위의 식을 사용할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 이를 보완하기 위하여 확률적 계산을 기반으로 한 방법을 추가한다.

충돌인 슬롯 당 평균 태그의 수를 α 라 정의하면, 이는 다음과 같다.

$$\alpha = \frac{\sum_{r=2}^n rN \binom{n}{r} \left(\frac{1}{N}\right)^r \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{n-r}}{N - N \left(1 - \frac{1}{N}\right)^n - n \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{n-1}} \quad (5)$$

그림 5는 충돌이 발생한 슬롯 당 평균 태그의 수를 프레임 크기가 태그의 수와 같을 경우($N=n$ 경우)와 참고 문헌 [6]의 FSA 알고리즘 분석 결과로부터 얻은 최적의 성능을 얻기 위한 프레임 크기인 경우($N=Optimal$ 경우)

를 비교한 것이다. FSA 알고리즘에서는 프레임의 크기가 태그의 수와 동일할 때 시스템 효율이 최대가 되고 태그 식별 지연 시간이 최소가 된다. 그림에서 나타낸 바와 같이 최적의 성능을 얻는 프레임 크기인 경우($N=Optimal$ 경우)와 프레임 크기가 태그의 수와 동일할 경우($N=n$ 경우) 모두 충돌 슬롯 당 태그의 수는 거의 비슷하고, 이 경우 충돌이 발생한 각각의 슬롯으로 평균 2.4개의 태그가 응답한다. 따라서 관측을 통하여 얻은 충돌이 발생한 슬롯의 수를 Nc 라 하면, 남은 태그의 수(nc)는 다음과 같다.

$$n_c = 2.4N_c \quad (6)$$

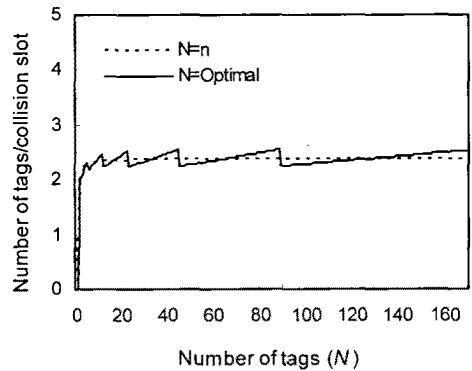


그림 5. 충돌 슬롯 당 태그의 수
Fig. 5. Number of tags per collision slot.

관측을 통하여 얻은 결과 식 (4)와 확률적 계산을 통하여 얻은 결과 식 (6)을 조합하여 본 논문에서는 다음과 같은 방법으로 태그 수를 추정한다.

$$n_c = \begin{cases} (N - N_e - 1) \frac{N_s}{N_e} & , \text{ if } N_e \neq N_s \neq 0 \\ 2.4N_c & , \text{ otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

그림 6은 프레임 크기를 128로 한 경우, 태그의 수에 따라 제안한 태그 수 추정 기법으로 추정된 태그의 수를 실제 태그의 수와 비교한 것이다. 제안한 기법으로 태그의 수를 추정한 경우, 태그의 수가 많은 경우에는 추정 오차가 다소 증가하지만, 태그의 수가 약 310개 미만에서는 태그 수 추정 오차가 거의 발생하지 않음을 알 수

있다.

그림 7은 태그 수 추정 기법을 적용한 Q-알고리즘을 나타내었다. 태그 식별을 위한 초기 질의 라운드에서는 임의의 C값을 선택하여 기존의 Q-알고리즘으로 동작한다. 반면 리더는 매 질의 라운드마다 충돌이 발생한 슬롯의 수, 빈 슬롯의 수, 및 성공한 슬롯의 수를 수집한다. 수집한 슬롯의 정보를 이용하여 하나의 질의 라운드가 종료되면 식 (7)을 이용하여 남은 태그의 수를 추정하고, 추정된 태그의 수를 기반으로 표 1에서 나타낸 최적의 C 값을 선택하여 다음 질의 라운드를 시작한다.

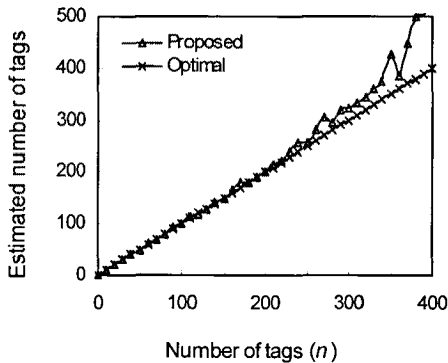


그림 6. 추정된 태그 수 비교(N=128)
Fig. 6. Comparison for the estimated number of tags.

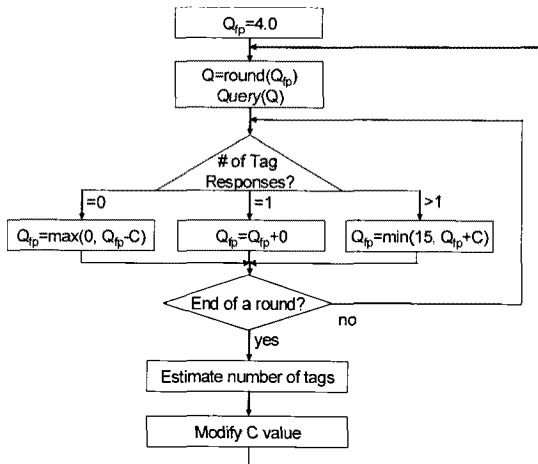


그림 7. 수정한 Q-알고리즘
Fig. 7. Modified Q-algorithm.

IV. 성능 분석

본 논문에서는 시뮬레이션을 통하여 Gen-2 충돌방지 알고리즘에서 태그 수 추정 기법을 적용한 Q-알고리즘의 성능을 분석하였다. 그림 8은 Q-알고리즘에서 얻을 수 있는 최적의 식별시간을 나타낸 것이다. Q-알고리즘에서 최적의 식별시간을 얻기 위한 매개변수 C의 값은 표 1에서 얻은 결과를 이용하였다.

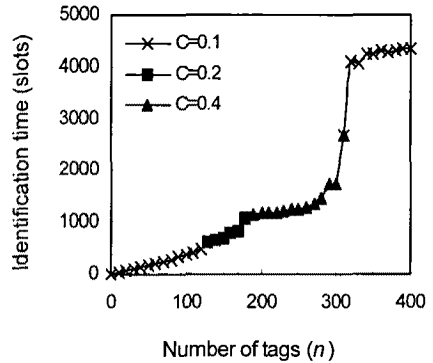


그림 8. 최적의 식별시간
Fig. 8. Optimal identification time.

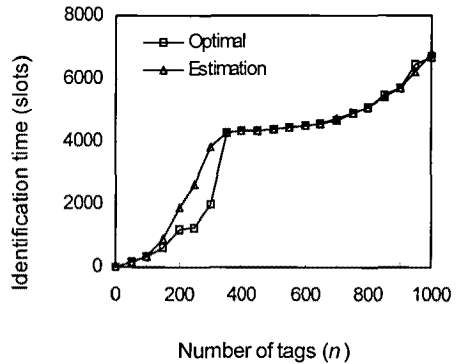


그림 9. 태그 수 추정과 최적의 식별시간 비교
Fig. 9. Comparison between estimation and optimal.

한편, EPCglobal Class-1 Gen-2에서는 태그 수를 추정하는 기법을 적용하지 않기 때문에 최적의 C값을 결정하기 어려운 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 III장에서 나타낸 태그 수를 추정하는 기법을 통하여 매 질의 라운드마다 식별영역 내에 있는 태그의 수를 추정한다.

Q-알고리즘에 태그 수 추정 기법을 적용할 경우, 추정된 태그의 수에 따라 최적의 식별시간을 갖는 C값을 표 1에서 선택하여 매 질의 라운드의 Q-알고리즘에 적용한다. 그림 9는 태그 수 추정 기법을 적용한 경우의 식별시간과 최적의 식별시간을 비교한 것이다. 그림에서 나타낸 바와 같이 매 질의 라운드마다 태그의 수를 추정하여 최적의 C값을 Q-알고리즘에 적용하면 최적의 식별시간을 나타낼 수 있다.

V. 결 론

EPCglobal에서 제안한 Q-알고리즘은 매 슬롯마다 슬롯의 상태 정보를 이용하여 질의 라운드의 슬롯 수를 결정하는 알고리즘으로, 비교적 단순한 장점이 있다. 그러나 기존의 Q-알고리즘은 리더의 식별영역 내에 있는 태그의 수를 추정하지 않고 단순히 슬롯의 충돌 여부만으로 다음 라운드의 프레임 크기를 조절하므로, 실제 리더의 식별영역 내에 있는 태그의 수를 반영한 프레임 크기를 할당할 수 없는 단점이 있다. 또한 기존의 Q-알고리즘에서는 프레임의 크기를 조절하기 위한 매개변수인 C값이 정해져 있지 않았다. 따라서 본 논문에서는 매 질의 라운드마다 태그의 수를 추정하여 다음 질의 라운드의 프레임 크기를 결정하는 Q-알고리즘의 매개변수 C값을 결정하는 기법을 제안하고, 이에 대한 성능을 분석하였다. 제안한 기법의 성능 분석의 결과, 태그의 수를 추정하여 최적의 성능을 얻을 수 있는 매개변수 C값을 사용하여 프레임의 크기를 조절하므로 최적의 성능을 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

[1] M. A. Bonucelli, F. Lonetti, and F. Martelli, "Instant Collision Resolution for Tag Identification in RFID Networks," *Ad Hoc Networks*, vol.5, pp.1220-1232, 2007.

[2] EPCglobal, "EPC Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocols for Communication at 860 MHz-960MHz, Ver.1.1.0," *EPCGlobal Inc.*, Dec. 2005.

[3] ISO/IEC, "Information Technology - Radio Frequency Identification for Item Management - Part 6: Parameters for Air Interface Communication at 860-960 MHz, 19000-6," *ISO/IEC*, 2006.

[4] W. Chen, and G. Lin, "An Efficient Anti-Collision Method for Tag Identification in a RFID System," *IEICE Trans Commun.*, vol.E89-B, no.12, pp.3386-3392, Dec. 2006.

[5] H. Vogt, "Efficient Object Identification with Passive RFID Tags," *First International Conf. on Pervasive Computing, LNCS*, vol.2414, pp.99-113, Springer-Verlag, 2002.

[6] 임인택, 최진오, "RFID 시스템에서 고속 태그 식별을 위한 동적 FSA 알고리즘," *한국해양정보통신학회 논문지*, 10권 5호, pp.806-811, 2006.5.

저자소개



임인택(Intaek Lim)

1984년 2월 울산대학교
전자계산학과(공학사)
1986년 2월 서울대학교
계산통계학과(이학석사)

1998년 2월 울산대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
1986년 1월~1993년 2월 : 삼성전자(주) 특수연구소
선임연구원
1993년 3월~1998년 2월 : 동부산대학 전자계산과
조교수
1998년 3월~현재 : 부산외국어대학교 임베디드IT학과
교수

※ 관심분야: RFID/USN, MAC 프로토콜