
EPCglobal Class-1 Gen-2 RFID 시스템에서 고속 태그 식별을 위한 개선된 Q-알고리즘

임인택*

Enhanced Q-Algorithm for Fast Tag Identification in EPCglobal Class-1 Gen-2 RFID System

Intaek Lim*

요 약

EPCglobal Class-1 Gen-2 RFID 시스템의 Q-알고리즘에서는 슬롯-카운트 매개변수인 Q_p 값에 대한 초기 값이 정의되어 있지 않고, 슬롯-카운트의 크기를 증감시키기 위한 매개변수인 가중치 C 의 값이 정해져 있지 않다. 따라서 태그의 수가 적은 상태에서 초기 Q_p 값을 크게 하면 빈 슬롯이 많이 발생하고, 태그의 수가 많은 상태에서 초기 Q_p 값을 적게 하면 충돌이 많이 발생한다. 또한 적절하지 못한 가중치를 선택할 경우 빈 슬롯 또는 충돌 슬롯이 많이 발생할 수 있다. 이로 인하여 질의 라운드 동안 최적의 프레임 크기에 수렴하는 속도가 늦어지므로 성능이 저하되는 문제점이 있다. 본 논문에서는 태그 수를 추정하여 최적의 초기 Q_p 값을 할당하고 현재의 슬롯-카운트 크기에 따라 가중치를 결정하는 기법을 제안하고, 이에 대한 성능을 분석한다.

ABSTRACT

In Q-algorithm of EPCglobal Class-1 Gen-2 RFID system, the initial value of Q_p , which is the slot-count parameter, is not defined in the standard. And the values of weight C , which is the parameter for incrementing or decrementing the slot-count size, are not determined. Therefore, if the number of tags is small and we let the initial Q_p be large, the number of empty slot will be large. On the other hand, if we let the initial Q_p be small in spite of many tags, almost all the slots will be collided. Also, if the reader selects an inappropriate weight, there are a lot of empty or collided slots. As a result, the performance will be declined because the frame size does not converge to the optimal point quickly during the query round. In this paper, we propose a scheme to allocate the optimal initial Q_p through the tag number estimation and select the weight based on the slot-count size of current query round.

키워드

RFID, Q-알고리즘, 태그 수 추정, 가중치, 슬롯 카운트, 충돌방지 알고리즘

Key word

RFID, Q-algorithm, Tag number estimation, Weight, Slot-count, Anti-collision algorithm

* 종신회원 : 부산외국어대학교 임베디드IT학과
(교신저자, itlim@pufs.ac.kr)

접수일자 : 2011. 10. 26
심사완료일자 : 2011. 11. 08

I. 서 론

RFID 시스템에서 다중 태그를 식별하기 위한 충돌방지 알고리즘은 크게 확률적 알고리즘과 결정적 알고리즘으로 구분된다[1][2]. 확률적 알고리즘은 EPCglobal Class-1 Gen-2와 ISO/IEC 18000-6 Type C에서 표준으로 채택하고 있으며, 프레임 기반 슬롯 ALOHA (FSA : Framed Slot ALOHA) 알고리즘을 사용하고 있다 [3][4]. 결정적 알고리즘은 EPCglobal Class-0와 ISO/IEC 18000-6 Type B에서 표준으로 채택하고 있으며, 트리 검색 방식을 기반으로 하고 있다 [5].

EPCglobal Class-1 Gen-2 RFID 시스템에서는 다음 질의 라운드의 프레임 크기를 결정하기 위한 방법으로 Q-알고리즘을 제안하였다 [3]. Q-알고리즘에서는 응답 슬롯의 상태가 무응답이면 슬롯-카운트의 크기를 가중치 C만큼 감소시키고, 충돌이면 C만큼 증가시킨다. 하지만 슬롯-카운트의 크기를 증감시키기 위한 매개변수인 가중치 C의 값을 결정하기 위한 명확한 기준이 제시되지 않고 있다. 단지 표준안에서는 슬롯-카운트의 크기가 큰 경우에는 상대적으로 적은 가중치 C의 값을 사용하고, 슬롯-카운트의 크기가 작은 경우에는 큰 가중치 값을 사용하도록 제안한다. 이 경우, 리더의 식별영역 내에 있는 태그의 수에 따라 적절하지 못한 가중치를 선택할 경우 빈 슬롯이 많이 발생하거나 충돌 슬롯이 많이 발생할 수 있다 [6].

또한 Gen-2의 Q-알고리즘에서는 질의 라운드 동안 사용할 슬롯-카운트 매개변수인 Q_p 에 대한 초기 값이 정의되어 있지 않다. 만일 초기 Q_p 값이 아주 큰 경우에는 초기 질의 라운드 동안 빈 슬롯이 많이 발생할 수 있다. 반면 초기 Q_p 값이 아주 적은 경우에는 충돌이 많이 발생할 수 있다. 이로 인하여 질의 라운드 동안 최적의 프레임 크기에 수렴하는 속도가 늦어질 수 있으므로 식별 속도 및 효율이 저하되는 문제점이 발생한다. 따라서 본 논문에서는 질의 라운드를 시작하기 전에 태그의 수를 추정하여 이를 바탕으로 최적의 초기 슬롯-카운트 매개변수 값을 할당하고, 현재 질의 라운드의 슬롯-카운트 크기에 따라 가중치 C의 값을 결정하는 기법을 제안하고, 시뮬레이션을 통하여 이에 대한 성능을 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존의

EPCglobal Class-1 Gen-2의 Q-알고리즘을 기술하고, 기존 Q-알고리즘의 문제점을 분석하고, III장에서는 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 설명한다. IV장에서는 제안한 알고리즘의 시뮬레이션 결과를 기술하고, 마지막으로 V장에서는 결론을 맺는다.

II. Gen-2 Q-알고리즘

2.1. Q-알고리즘

Gen-2 RFID 시스템에서는 질의 라운드 동안 태그들이 응답한 슬롯의 상태에 따라 다음 질의 라운드의 슬롯-카운트를 선택하는 방법으로 Q-알고리즘을 제안하였다. Q-알고리즘은 질의 라운드를 2^Q 개의 슬롯인 프레임으로 구성하여 태그들로 하여금 2^Q 개의 슬롯 중에서 임의의 슬롯으로 응답하게 하여 태그의 충돌을 줄이는 것을 목표로 제시되었다.

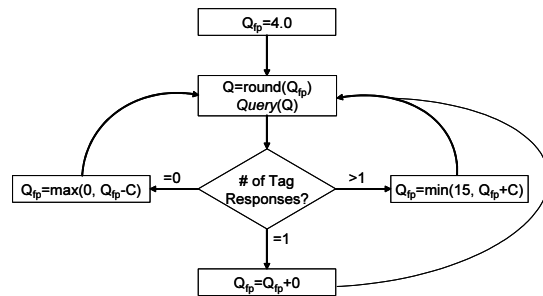


그림 1. Q-알고리즘
Fig. 1 Q-algorithm.

그림 1은 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 빼 값을 Q_p 로 한다. 새로운 질의 라운드가 시작될 때, 리더는 매 슬롯마다 갱신한 Q_p 를 반올림한 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.

2.2. Q-알고리즘의 문제점

Gen-2 표준안의 Q-알고리즘에서는 초기 Q_p 값에 대한 정의를 하지 않았다. 또한 Q-알고리즘에서는 슬롯-카운트의 크기를 증가 또는 감소시키기 위한 가중치 C의 값에 대한 최적의 값을 정의하지 않았다. 따라서 본 절에서는 초기 Q_p 값이 Gen-2 충돌방지 알고리즘의 성능에 미치는 영향과 식별영역 내에 있는 태그의 수에 따라 가중치의 값이 Gen-2 충돌방지 알고리즘의 성능에 미치는 영향을 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 시뮬레이션을 위한 매개변수의 값은 참고문헌 [7]과 같으며, 질의 명령은 다음과 같이 가정한다.

- 1) 응답 슬롯이 성공이면, QueryRep 명령을 전송
- 2) 응답 슬롯이 충돌 또는 무응답인 경우,
 - Q값이 변하면 QueryAdjust 명령을 전송
 - Q값이 변하지 않으면 QueryRep 명령을 전송

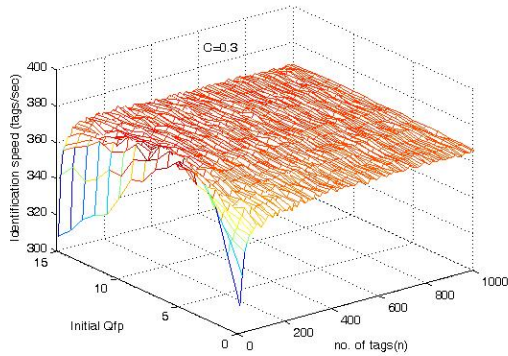


그림 2. 초기 Q_p 에 따른 식별 속도
Fig. 2 Identification speed according to initial Q_p .

그림 2는 Q-알고리즘의 가중치 C값을 0.3으로 한 경우, 초기 Q_p 값에 따른 식별 속도를 나타낸 것이다. 여기서 식별 속도는 1초당 식별되는 태그의 수를 의미한다. 그림에서 나타낸 바와 같이 태그의 수가 아주 적은 경우, 초기 Q_p 값이 아주 크거나 아주 적으면 식별 속도가 저하된다. 이는 초기 Q_p 값이 아주 큰 경우에는 빈 슬롯이 많이 발생하고, 초기 Q_p 값이 아주 적은 경우에는 충돌이 많이 발생하기 때문이다.

따라서 질의 라운드를 시작하기 전에 태그의 수를 추정하여 태그의 수에 따라 최적의 초기 Q_p 값을 할당하는 것이 바람직함을 알 수 있다.

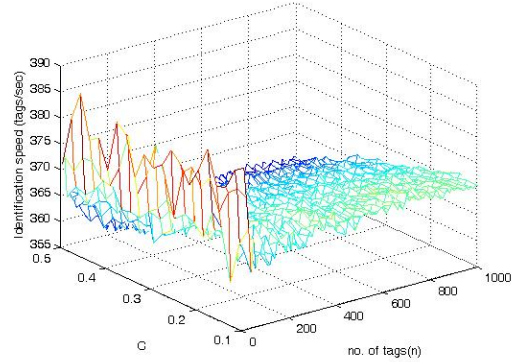


그림 3. 가중치 C의 값에 따른 식별 속도
Fig. 3 Identification speed according to weight C.

그림 3은 가중치 C의 값에 따라 Q-알고리즘의 식별 속도를 나타낸 것이다. 그림에서 나타낸 바와 같이 태그의 수가 아주 적은 경우, 식별 속도의 변동이 아주 심하게 나타난다. 또한 C의 값이 클수록 성능이 다소 저하된다. 이는 C의 값이 크거나 태그의 수가 적은 경우, 슬롯-카운트의 크기가 빈번하게 변하여 최적의 크기에 수렴하지 못하기 때문이다. 따라서 슬롯-카운트의 크기를 조절하기 위한 가중치는 현재 질의 라운드의 슬롯-카운트 크기에 따라 적절히 조절되어야 함을 알 수 있다.

III. 개선된 Q-알고리즘

3.1. 초기 Q_p 할당 기법

본 논문에서는 Gen-2 Q-알고리즘의 초기 슬롯-카운트 매개변수 값을 결정하기 위하여 태그 수 추정 기법을 적용한다. 태그 수는 태그 수 추정 과정 동안 태그들이 응답한 결과와 확률적 계산을 통하여 얻은 결과를 조합하여 추정한다.

태그의 수를 추정하기 위하여 태그 수 추정 과정의 프레임은 N개 슬롯으로 구성되어 있는 것으로 가정한다. 태그 수 추정 과정 동안 관측된 빈 슬롯의 수를 N_e 라 하고, 하나의 태그만 응답한 슬롯의 수를 N_s 라 하고, 충돌이 발생한 슬롯의 수를 N_c 라 하면, 충돌이 발생한 태그의 수(n_c)는 다음과 같다 [7].

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

따라서 리더의 식별영역 내에 있는 태그의 수는 충돌이 발생한 태그의 수와 충돌이 발생하지 않은 태그의 수로 구성되므로, 태그의 수 추정 과정으로부터 얻은 태그의 수(n)는 다음과 같다.

$$n = n_c + N_s \quad (2)$$

한편 프레임을 기반으로 하는 슬롯 ALOHA 프로토콜에서 최대의 성능을 얻을 수 있는 프레임 크기는 태그의 수와 같다 [8]. 또한 Gen-2 RFID 시스템에서 하나의 질의 라운드 동안 프레임의 크기는 2의 거듭제곱으로 표현된다. 따라서 태그의 수 추정 과정으로부터 얻은 태그의 수에 적합한 초기 슬롯-카운트 매개변수의 값은 다음과 같이 표현된다.

$$Q_{fp} = \lfloor \log_2(n_c + N_s) \rfloor \quad (3)$$

3.2. 가중치 결정 기법

본 논문에서는 제안하는 가중치 C 의 값은 현재 질의 라운드의 슬롯-카운트 크기를 기반으로 하는 관계식으로 표현된다. 가중치 C 와 슬롯-카운트의 관계식을 유도하기 위하여 먼저 현재의 질의 라운드에서 충돌이 발생한 슬롯의 수를 N_c 개라 가정한다. FSA 알고리즘에서 N_c 개 슬롯에 충돌이 발생한 경우, 충돌에 참여한 태그의 수는 $2.4N_c$ 개이다 [7].

또한 그림 1에서 나타난 바와 같이 Gen-2 Q-알고리즘에서는 응답 슬롯에 충돌이 발생하면 슬롯-카운트의 값을 가중치 C 만큼 증가시킨다. 만일 N_c 개의 슬롯에 충돌이 발생한 경우, 충돌로 인하여 증가된 슬롯-카운트의 값은 다음과 같이 정의된다.

$$Q_{fp} = Q_{fp} + N_c C \quad (4)$$

FSA 알고리즘에서 최대의 성능을 얻기 위한 최적의 프레임 크기는 해석적 방법을 통한 성능 분석으로 얻을 수 있다. 해석적 방법을 통한 FSA 알고리즘에 대한 성능 분석의 결과, 최적의 프레임 크기는 리더의 식별영역 내

에 있는 태그의 수와 같다 [8]. 따라서 N_c 개의 슬롯에 충돌이 발생한 경우 현재 질의 라운드에서는 $2.4N_c$ 개의 태그가 충돌이 발생하였으므로, 충돌로 인하여 더 필요로 하는 슬롯의 수는 $2.4N_c$ 개이다. 이로 인하여 최적의 성능을 얻기 위하여 다음 질의 라운드에서 필요로 하는 슬롯의 수(N_1)는 다음과 같다.

$$N_1 = 2^{Q_{fp}} + 2.4N_c \quad (5)$$

한편 N_c 개 슬롯의 충돌로 인하여 증가된 슬롯-카운트 값에 의한 새로운 질의 라운드의 슬롯 수(N_2)는 다음과 같다.

$$N_2 = 2^{(Q_{fp} + N_c C)} \quad (6)$$

최적의 성능을 얻기 위하여 필요로 하는 슬롯의 수 (N_1)와 증가된 슬롯-카운트에 의한 새로운 질의 라운드의 슬롯 수(N_2)는 같아야 한다. 또한 Q-알고리즘에서는 충돌이 발생할 때마다 슬롯-카운트의 값이 증가되므로 N_c 는 1이 된다. 따라서 가중치 C 의 값은 다음과 같이 슬롯-카운트의 관계식으로 정의된다.

$$C = \log_2(2^{Q_{fp}} + 2.4) - Q_{fp} \quad (7)$$

그림 4는 질의 라운드를 시작하기 전에 태그 수 추정 기법을 통하여 초기 Q_{fp} 를 할당하고, 가중치 결정 기법을 적용한 개선된 Q-알고리즘을 나타낸 것이다. 그림에서 음영으로 나타낸 부분은 본 논문에서 제안한 기법이 적용된 부분을 나타낸 것이다.

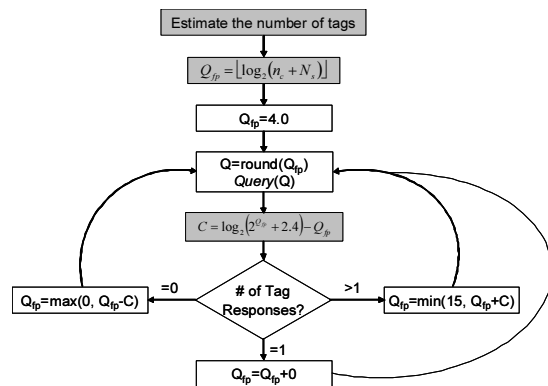


그림 4. 개선된 Q-알고리즘
Fig. 4 Enhanced Q-algorithm.

IV. 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 시뮬레이션을 통하여 제안한 기법의 성능을 분석하였다. 시뮬레이션을 위한 매개변수는 참고문헌 [7]과 동일하게 가정하였다. 본 논문에서 제안한 기법의 성능 분석 결과는 Gen-2 알고리즘과 비교하여 나타내었다. Gen-2 알고리즘인 경우, 가중치 C는 0.3으로 가정하였으며, 초기 슬롯-카운트 매개변수의 값은 4.0을 가정하였다.

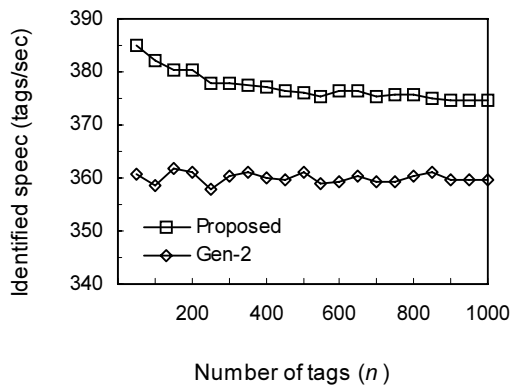


그림 5. 식별 속도 (태그의 수가 많은 경우)
Fig. 5 Identification speed (large number of tags).

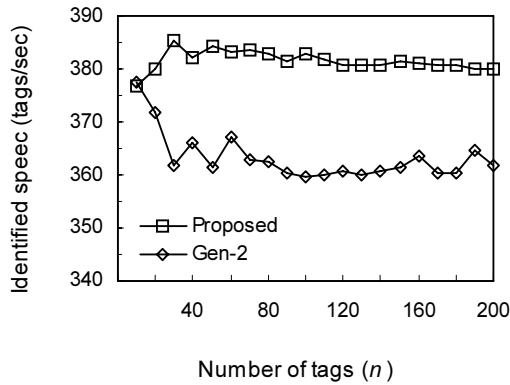


그림 6. 식별 속도 (태그의 수가 적은 경우)
Fig. 6 Identification speed (small number of tags).

그림 5와 6은 리더의 식별영역 내에 있는 태그의 수에 따른 식별 속도를 나타낸 것이다. 그림 5에서 나타낸 바와 같이 태그의 수가 많은 경우 제안한 기법과 Gen-2 알

고리즘은 각각 1초당 평균 377개와 360개의 태그를 식별할 수 있어서 제안한 기법의 식별 속도가 Gen-2 알고리즘에 비하여 약 4.7% 빠름을 알 수 있다. 반면 태그의 수가 적은 경우, 그림 6에서 나타낸 바와 같이 제안한 기법은 Gen-2 알고리즘에 비하여 약 5.2% 더 많은 태그를 식별할 수 있다.

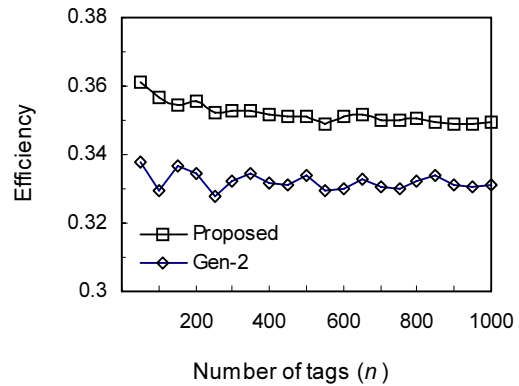


그림 7. 슬롯 효율 (태그의 수가 많은 경우)
Fig. 7 Slot efficiency (large number of tags).

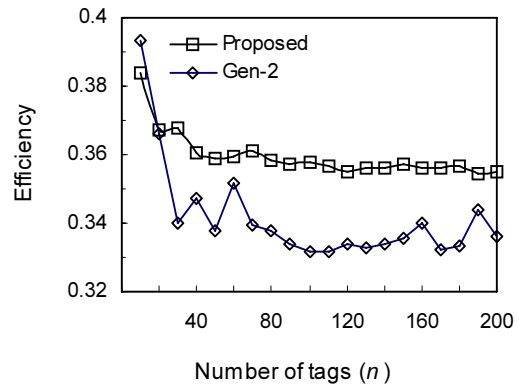


그림 8. 슬롯 효율 (태그의 수가 적은 경우)
Fig. 8 Slot efficiency (small number of tags).

그림 7과 8은 태그의 수가 많은 경우와 적은 경우, 각각 슬롯 효율을 나타낸 것이다. 여기서 슬롯 효율은 하나의 슬롯을 통하여 성공적으로 식별되는 태그의 수로 정의된다. 태그의 수가 많으면 제안한 기법과 Gen-2 알고리즘의 경우, 슬롯 효율은 각각 35.2%와 33%로써, 제안한 기법의 효율이 우수하게 나타난다. 반면, 그림 8에서

나타낸 바와 같이 태그의 수가 적은 경우에는 본 논문에서 제안한 기법과 Gen-2 알고리즘의 경우 효율은 각각 36%와 34%를 나타낸다. 또한 태그의 수가 적은 경우, 제안한 기법은 Gen-2 알고리즘에 비하여 비교적 안정적인 식별 효율을 얻는다.

V. 결 론

본 논문에서는 EPCglobal Class-1 Gen-2 RFID 시스템의 Q-알고리즘에 태그의 수를 추정하는 과정을 추가하고, 가중치 C 의 값을 결정하기 위한 기법을 제안하였다. 제안한 기법에서는 질의 라운드를 시작하기 전에 태그의 수를 추정하여 최대의 성능을 얻을 수 있는 초기 Q_p 값을 할당한다. 또한 슬롯-카운트 증감을 위한 가중치는 현재 질의 라운드의 슬롯-카운트에 대한 관계식으로 표현되며, 리더는 매 응답 슬롯마다 가중치 C 값을 결정한다.

시뮬레이션을 통한 성능 분석의 결과, 초기 Q_p 값이 아주 크거나 아주 적게 고정된 경우, 태그의 수가 적으면 식별 속도 및 슬롯 효율의 변동이 매우 심하게 나타났다. 또한 고정된 가중치의 값을 사용할 경우 태그의 수가 아주 적으면 식별 속도 및 효율의 변동이 아주 심하게 나타났다. 그러나 본 논문에서 제안한 방법과 같이 태그 수 추정을 통한 Q_p 값을 할당할 경우, 매 질의 라운드마다 최적의 프레임 크기를 할당하므로 태그의 수가 적은 경우에도 비교적 안정적인 성능을 얻을 수 있었다. 또한 가중치와 슬롯-카운트의 관계를 제안한 관계식으로 할 경우, 가중치 C 의 값은 현재 질의 라운드의 슬롯-카운트 크기에 따라 결정되므로 태그의 수가 적은 경우에도 비교적 안정적인 성능을 얻을 수 있었다.

참고문헌

- [1] 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.
- [2] H. Vogt, "Efficient Object Identification with Passive RFID Tags," *First International Conf. on Pervasive Computing*, LNCS, vol.2414, pp.99-113, Springer-Verlag, 2002.
- [3] EPCglobal, "EPC Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocols for Communication at 860 MHz-960MHz, Ver.1.2.0," *EPCGlobal Inc.*, Oct. 2008.
- [4] ISO/IEC, "Information Technology - Radio Frequency Identification for Item Management - Part 6: Parameters for Air Interface Communication at 860-960 MHz, 18000-6," *ISO/IEC*, 2006.
- [5] Auto-ID Center, "860MHz-930MHz Class 0 Radio Frequency Identification Tag Protocol Specification Candidate Recommendation, Version 1.0.0," June 2003.
- [6] C. Wang, M. Daheshmand, and K. Sohraby, "Optimization of Tag Reading performance in Generation-2 RFID Protocol," *Computer Commun.*, vol.32, Issue 11, pp.1346-1352, July 2009.
- [7] I. Lim, "Performance Evaluation of Q-Algorithm with Tag Number Estimation Scheme," *International Journal of MICS*, vol.8, no.1, pp.45-50, Feb. 2010.
- [8] 임인택, "RFID 시스템에서 고속 태그 식별을 위한 최적의 프레임 크기 할당 기법," *한국해양정보통신학회 논문지*, 제12권 제9호, pp.1569-1574, 2008.9.

저자소개

임인택(Intaek Lim)

한국정보통신학회 논문지
제13권 제12호 참조