

# EPCglobal Gen 2 Q 알고리즘에서 C 모델에 따른 태그 인식 성능 평가

준회원 박종명\*, 종신회원 조성호\*

## EPCglobal Gen 2 Tag Identification Performance Analysis Modifying the C model in the Q Algorithm

Jongmyung Park\* Associate Member, Sung Ho Cho\* Lifelong Member

### 요 약

본 논문은 EPCglobal C1 Gen 2 표준에서 제안한 Q 알고리즘에서 사용되는 C값에 대한 다양한 모델을 제시하고 시뮬레이션을 통하여 그 성능을 비교, 평가한다. EPCglobal C1 Gen 2 표준에서는 다중 태그 인식을 위해서 slot-count (Q) Selection Algorithm을 제안하고 있지만, Q 알고리즘에서 태그의 충돌과 무응답의 상태에 따라서 Q값을 변화시키는 값인 C 값에 대한 정확한 정의가 내려져있지 않다. Q 알고리즘에서는 태그 충돌의 경우 C를 Q에 더하고 무응답인 경우에는 C를 감산하여 변화되는 Q값으로 태그들의 새로운 slot-count를 결정하기 때문에 다중 태그 인식 환경에 있어서 이 C값은 태그 인식 속도에 커다란 영향을 준다. 하지만 기존 연구들에서는 C값에 따른 태그 인식 속도 성능 평가나 비교 없이, Q 알고리즘을 변형하거나 새로운 방법을 제안하여 태그 인식 속도를 늘리기 위한 연구들이 존재한다. 본 연구에서는 EPCglobal C1 Gen 2 표준을 만족하는 C값의 다양한 모델을 제시하고 각각에 대해 다중 태그 인식 환경에 있어서 그 성능을 비교하고 평가한다. 본 연구의 결과물은 향후 EPCglobal C1 Gen 2 C 모델에 대한 연구나 태그 인식 성능 연구를 위한 하나의 지표로 쓰일 수 있다.

**Key Words** : RFID, EPCglobal Gen 2, Q algorithm, Tag Identification, Anti-collision

### ABSTRACT

This paper first proposes diverse C determining models in the Q algorithm which is proposed in the EPCglobal C1 Gen 2 standard and then compares and analyzes its performance. EPCglobal C1 Gen 2 standard proposes the slot-count (Q) selection algorithm for multiple tag identification environment, but there is no such definition for the C value which modifies the Q value depending on collision or no reply. During the tag anti-collision process, the Q algorithm adds C to the Q when there is a collision and reduces the Q by C when there is no reply. The modified Q value updates new slot-counts for tags which determines the tag identification speed, so the C value is an important factor. However, many researches only intend to increase the tag identification speed by proposing a new method or modifying the Q algorithm without any research about the C value. This paper suggests diverse C models which satisfies the EPCglobal C1 Gen 2 and analyzes their performance in the multi tag identification environment. The result of this paper can be used as an index for future researches on EPCglobal C1 Gen 2 C models and multiple tag identification performance.

※ 본 연구는 대학 IT 연구센터 육성지원사업의 연구결과로써 HY-SDR 연구센터의 연구비 지원으로 수행되었음.

\* 한양대학교 전자컴퓨터통신 공학부(jmp84@casp.hanyang.ac.kr, dragon@hanyang.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-10-528, 접수일자 : 2009년 10월 31일, 최종논문접수일자 : 2009년 12월 10일

## 1. 서 론

Radio Frequency Identification(RFID)는 최근 몇 년간 바코드를 대체할 수 있을 뿐만 아니라 유통 관리와 같은 분야에 있어서 신기술로써의 그 가능성과 가치를 인정받아 현재 많은 각광을 받고 있는 무선 통신 기술이다. RFID에 관한 연구는 약 100년 전부터 무선 전파를 이용한 간단한 통신을 근간으로 시작하고 발전하였다<sup>[1]</sup>. 현재는 교통 카드, 출입 통제, 수하물 관리 같은 많은 부분에서 실생활에 적용되어 사용되고 있으며, u-City의 교통 신호 조절이나 우편 의약품관리 부분부터 건설 분야에서까지 RFID의 이용을 위해서 많은 연구가 이루어지고 있다<sup>[2]-[4]</sup>.

RFID는 135kHz 이하의 저주파 대역부터 시작하여 13.56MHz, 433MHz, 900MHz를 포함한 2.4 GHz 대역까지 5 가지 대역에서 개발되고 있다<sup>[5]</sup>. 그 중 900MHz 대역 RFID 시스템의 PHY와 MAC 계층에 따른 표준은 EPCglobal에서 2005년부터 표준화 사업을 진행하여 2008년 말에 세 번째 표준인 EPCglobal Class-1 Generation-2 (EPCglobal C1 Gen 2) v.1.2.0 표준을 발표하였다<sup>[6]-[8]</sup>. UHF 대역 RFID는 수동형, 저가형 태그와 리더의 통신에 초점을 두고 있기 때문에 복잡하지 않고 간단한 방식을 이용하는 것이 효율적이다. 따라서 다중 태그를 인식하기 위한 연구들에서는 복잡하지 않은 알고리즘을 이용하여 효율적으로 다중 태그를 인식하기 위한 연구가 진행되고 있다<sup>[9]-[14]</sup>.

EPCglobal C1 Gen 2 표준에서는 다중 태그 인식을 위해 Dynamic Framed Slotted Aloha을 기반으로 Slot-count (Q) Selection Algorithm을 사용할 것을 권장하고 있다<sup>[8][11]</sup>. 여기서 사용되는 Q값은 태그의 slot-count를 결정하는 역할을 한다. 태그는 리더가 전송하는 Q값을 기반으로 slot-count를 생성하고 slot-count는 태그가 리더에게 응답하는 순서를 결정하기 때문에 Q값은 다중 태그를 인식하는 환경에서 태그의 충돌과 무응답 발생 횟수를 조절하는 역할을 하며 전체 태그 인식 속도에 커다란 영향을 미친다.

그림 1은 [8]의 Q 알고리즘을 기반으로 리더가 다중 태그를 인식하는 방법을 순서대로 보여준다. 리더는 Q 알고리즘을 기반으로 Q값이 변할 경우에는 QueryAdjust를 보내고, 그 외에는 QueryRep 명령어를 보낸다. 우선, 리더는 태그에게 초기 Q값을 4.0으로 설정하고<sup>[8]</sup>, 0부터 15사이의 slot-count를

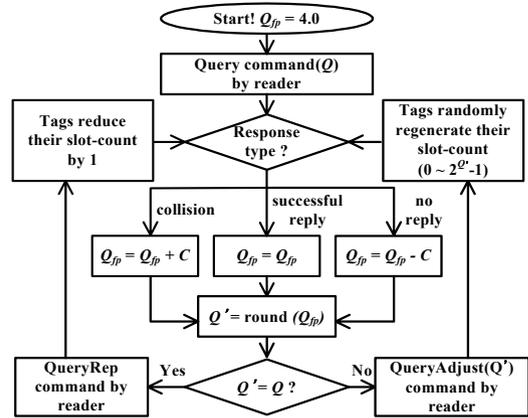


그림 1. 다중 태그 환경에서 리더가 태그를 인식하는 순서도

생성하게 한다. 태그는 리더의 명령에 따라서 자신의 slot-count를 조절하면서 응답 순서를 기다리게 된다. 그림 1에서 Q값을 조절하는 C값은 태그의 충돌과 무응답 상태에 따라서 Q값의 크기를 조절하는 역할을 한다<sup>[8]</sup>. 다중 태그 환경에서 Q값의 크기는 충돌과 무응답의 발생 숫자를 변화시키는 변수이며, 충돌과 무응답의 발생 횟수는 리더의 다중 태그 인식 속도를 좌우하는 요소이다. 그러므로 Q값의 크기를 결정하는 C값에 대한 연구는 다중 태그 인식 속도나 인식 연구에 있어 중요한 요소이자 연구 분야이다.

EPCglobal C1 Gen 2에서는 일반적으로 C값은 0.1과 0.5 사이의 값을 이용한다고 명시한다. 또한, slot-count 변수인 Q값을 찾기 위하여 Q 알고리즘에서는 Q값이 큰 경우에는 작은 C값을, 그리고 Q값이 작은 경우에는 큰 C값을 사용한다<sup>[8]</sup>.

기존의 태그 인식 성능 향상을 위한 연구는 크게 두 가지 방향으로 전개되고 있다. 하나는 [8]에서 제안된 Q 알고리즘을 사용하지 않고 Tree 방식이나 DJ, EDJ와 같은 새로운 방식을 이용한 방법과 [8]에서 제안하는 Q 알고리즘을 기반으로 태그의 충돌이 일어났을 경우와 무응답이 일어났을 경우에 따라서 각각 다른 C값을 이용하는 방법이다<sup>[11]-[14]</sup>. 실제로 C값에 의해서 태그 인식 성능은 달라진다. 하지만 기존 연구들에서는 고정된 C값을 사용하거나 Q 알고리즘에 대해서 구체적으로 언급하지 않고 성능 평가를 하기 때문에 정확한 태그 인식 성능 비교를 하는 것이 어렵다. 따라서 본 연구에서는 [8]에서 제안된 Q 알고리즘의 C값에 대한 다양한 모델을 제시하고 각각 C 모델에 따른 다중 태그 인식 성능을 시뮬레이션을 통하여 비교하고 평가한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는  $Q$  알고리즘에서 사용되는  $C$ 에 대한 다양한 모델을 제시한다. 3장에서는 성능 평가를 위해 사용되는 시뮬레이션 모델에 대해 소개하며, 4장에서는 설계된 시뮬레이션을 기반으로  $C$  모델들에 따른 다중 태그 인식 성능을 Matlab을 이용하여 평가한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

## II. C 모델

본 장에서는 EPCglobal C1 Gen 2 표준에서 제안하는  $Q$  알고리즘의  $C$ 값에 대한 모델들을 제시한다. EPCglobal C1 Gen 2에서는  $Q$ 값이 커지면  $C$ 값을 줄이고  $Q$ 값이 작아지면  $C$ 값을 늘리는 방법을 제안한다<sup>[8]</sup>. 하지만 본 장에서는 우선 기존 연구에서 태그 인식 성능 비교를 위해 사용되었던 일정한  $C$ 값을 사용하는 정적  $C$  모델을 제시한다. 그리고 이후에는 [8]에서 제안하는  $C$ 값의 조건을 만족하는 선형, log, 지수 모델을 추가적으로 제시한다.

### 2.1 정적 C 모델

정적  $C$  모델은  $Q$ 값에 상관없이  $C$ 값이 항상 일정한 값을 갖는 모델이다. 시뮬레이션을 통한 태그 인식 성능 비교를 위하여 본 연구에서는 0.1에서부터 0.5까지 0.05 단위의 9가지 모델을 제시한다. 정적  $C$  모델은 식 (1)과 같은 형태로 표현된다.

$$C = a \tag{1}$$

식 (1)에서  $a$ 는 상수로 정적  $C$  모델의 태그 인식 성능 비교를 위해서 0.1에서 0.5 사이의  $C$ 값을 결정한다.

### 2.2 선형 C 모델

선형  $C$  모델은  $Q$ 값의 크기에 따라서  $C$ 값이 선형적으로 증가하는 모델이다. 본 연구에서는 성능 비교를 위하여 0.1 단위로  $C$ 값의 최대값과 기울기를 변화하며 총 10가지 모델을 사용한다. 선형  $C$  모델은 수식 (2)와 같이 표현 가능하며 10가지 선형 모델들은 그림 2와 같은 직선을 그린다. 그림 2, 그림 3, 그림 4에서 빨간색 선들은  $C$ 값의 최대와 최소값의 차이를 0.1 만큼 갖는 선들을 나타내며, 파란색, 검은색, 초록색 선들은 각각  $C$ 값의 차이를 0.2, 0.3, 0.4만큼 갖는 선들을 나타낸다.

$$C = aQ + b \tag{2}$$

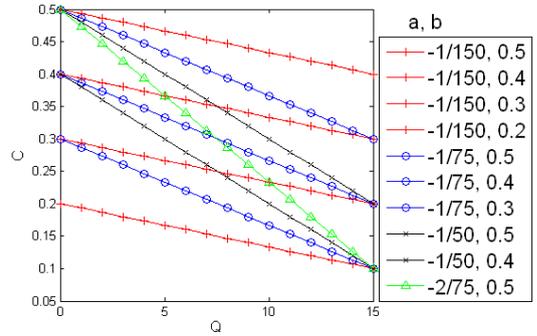


그림 2. 수식  $C = aQ + b$ 에서  $a$ 값과  $b$ 값의 변화에 따른 선형  $C$  모델

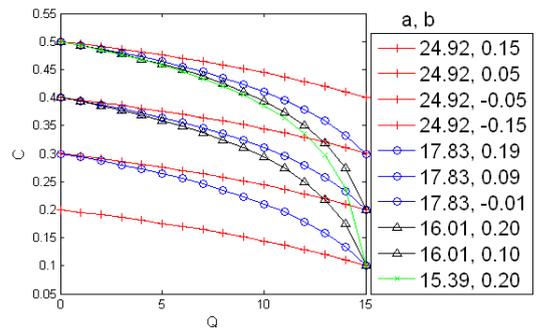


그림 3. 수식  $C = \log_4(-Q + a) + b$ 에서  $a$ 값과  $b$ 값의 변화에 따른 log  $C$  모델

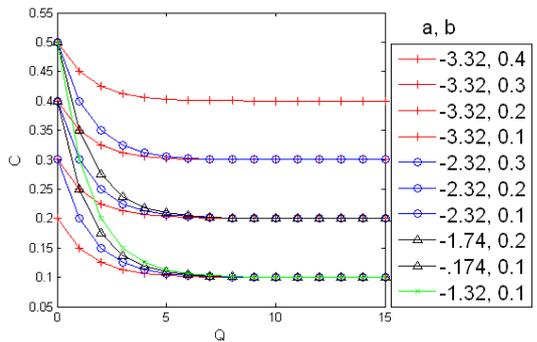


그림 4. 수식  $C = A^{-Q} + a + b$ 에서  $a$ 값과  $b$ 값의 변화에 따른 지수  $C$  모델

수식 (2)에서  $a$ 는 선형  $C$  모델의 기울기 변수이며,  $b$ 는 선형  $C$  모델에서  $Q$ 가 0값을 갖는 순간에 갖는 최대의  $C$ 값을 나타낸다.

### 2.3 log C 모델

log  $C$  모델은  $Q$ 값이 증가함에 따라서  $C$ 값이 log 스케일로 감소하는 모델이다. 본 논문에서는  $C$ 값의 최대값과 최소값을 변화시키면서 총 10가지 모델을

제시한다. 그림 3은 log C 모델에서 Q가 변화함에 따라서 C가 변화하는 10가지 모델을 보여주며, 수식 (3)은 log C 모델의 형태를 나타낸다.

$$C = \log_A(-Q+a) + b \quad (3)$$

수식 (3)에서 A는 log C 모델의 밑을 변화시키는 변수이며, Q값이 커짐에 따라 log C 모델에서 C값은 변화량이 보다 작다가 Q값이 증가하면서 급격하게 C가 감소하는 변화 추이를 갖게 된다. 10000 미만의 A값을 사용하면 log C 모델은 선형 C 모델과 유사한 형태를 가지기 때문에 본 연구에서는 A값으로 10000을 사용한다.

### 2.4 지수 C 모델

지수 C 모델은 Q값이 커지면 C값이 지수 형태로 감소하는 모델이다. 지수 C 모델은 수식 (4)와 같은 기본적인 형태로 표현이 가능하며, 그림 4는 10가지 지수 C 모델이 그리는 동선을 나타낸다.

$$C = A^{-Q+a} + b \quad (4)$$

수식 (4)에서 지수 C 모델을 설계하기 위하여 사용된 A값은 2이다. A값이 2를 초과하면 지수 C 모델은 시작점에서 급격한 기울기를 갖고 매우 빠르게 최소값에 수렴한다. 또한, A값이 1에 가까워질수록 선형 C 모델과 값에 있어서 차이가 나지 않기 때문에 본 연구에서는 A값으로 2를 사용한다.

### 2.5 C 모델의 변수값

본 장에서는 위에서 언급한 총 39가지 모델의 정확한 변수들을 표로 나타낸다. 표 1과 표 2는 선형, log, 지수 C 모델에서 C값의 최대값과 최소값에 따

표 1. 선형 C 모델

선형 C 모델	C의 최대값	C의 최소값	a	b
	0.5	0.4	-1/150	0.5
	0.5	0.3	-1/75	0.5
	0.5	0.2	-1/50	0.5
	0.5	0.1	-2/75	0.5
	0.4	0.3	-1/150	0.4
	0.4	0.2	-1/75	0.4
	0.4	0.1	-1/50	0.4
	0.3	0.2	-1/150	0.3
	0.3	0.1	-1/75	0.3
0.2	0.1	-1/150	0.2	

표 2. log, 지수 C 모델

log C 모델	C의 최대값	C의 최소값	a	b
	0.5	0.4	24.9212	0.1509
	0.5	0.3	17.825	0.1872
	0.5	0.2	16.0102	0.1989
	0.5	0.1	15.3865	0.2032
	0.4	0.3	24.9212	0.0509
	0.4	0.2	17.825	0.0872
	0.4	0.1	16.0102	0.0989
	0.3	0.2	24.9212	-0.0491
	0.3	0.1	17.825	-0.0128
0.2	0.1	24.9212	-0.1491	
지수 C 모델	C의 최대값	C의 최소값	a	b
	0.5	0.4	-3.3219	0.4
	0.5	0.3	-2.3219	0.3
	0.5	0.2	-1.737	0.2
	0.5	0.1	-1.3219	0.1
	0.4	0.3	-3.3219	0.3
	0.4	0.2	-2.3219	0.2
	0.4	0.1	-1.737	0.1
	0.3	0.2	-3.3219	0.2
	0.3	0.1	-2.3219	0.1
0.2	0.1	-3.3219	0.1	

른 a, b값을 나타낸다.

## III. 시뮬레이션 모델

본 장에서는 위에서 언급한 정적, 선형, log, 그리고 지수 C 모델의 다중 태그 인식 성능 평가를 위한 시뮬레이션 모델을 제시한다. 그림 5는 다중 태그 인식 성능 평가를 위한 시뮬레이션 모델의 전체 흐름도를 나타낸다. 제시한 시뮬레이션 모델은 [8]에서 제시된 다중 태그 인식 환경에 따른 Q 알고리즘을 기반으로 하여, Q값의 변화에 따라서 QueryRep과 QueryAdjust 명령어를 리더가 송신하는 모델을 사용한다.

우선 리더는 다중 태그 환경에서 처음에 태그들에게 Query 명령어를 던져 0과 15사이의 임의의 값을 갖는 태그 slot-count를 생성하게 한다. 만약 0의 값을 생성한 태그가 있다면, 그 태그는 리더에게 16-bit의 랜덤한 비트 스트림인 RN16으로 응답을 하게 된다.

그 다음 리더는 응답하는 태그의 숫자에 따라서 정상 응답과 비정상 응답인지를 판단하고 정상 응답이 온 경우에는 리더는 ACK 명령어를 태그에게 송신하고 하나의 태그는 EPC를 리더에게 응답하면서 인식된다. 하지만 태그로부터 정상 응답이 오지

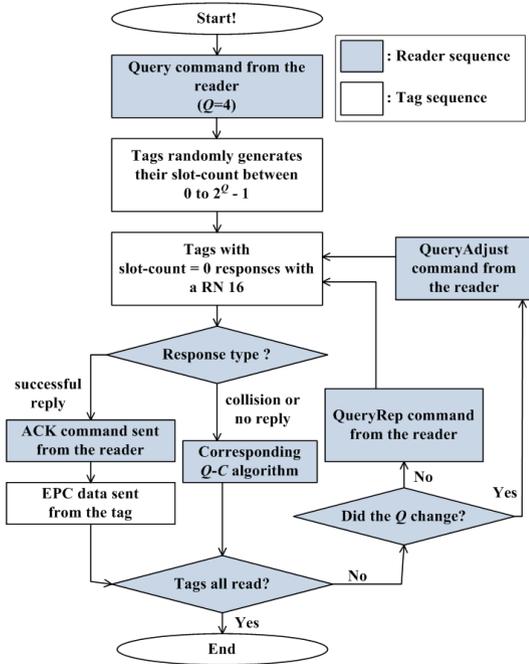


그림 5. 다중 태그 인식 성능 평가를 위한 시뮬레이션 모델의 흐름도

않은 경우에는 리더는 비정상 응답으로 상황을 판단하고 리더에서 사용하는 C 모델인 Q-C 알고리즘을 이용하여 새로운 C값을 계산한다. 리더가 모든 태그를 인식하였다면, 본 시뮬레이션은 종료되며, 만약 남아있는 태그가 존재한다면 Q값의 변화 유무를 확인한다. Q값이 변화한 경우에는 QueryAdjust 명령어를, Q값이 변하지 않은 경우에는 QueryRep 명령어를 태그에 송신하고 태그의 응답을 기다린다.

리더가 태그를 모두 인식하면 리더는 발생한 충돌, 무응답 그리고 정상 응답의 숫자를 계산하여 다중 태그 인식에 걸린 총 시간을 계산하고 그 시간을 태그의 숫자로 나누어 초당 평균 태그 인식 속도를 계산한다. 태그 인식에 걸린 총 시간은 [11]에서 사용한 수식을 이용하였으며, 태그와 리더의 전송 속도를 모두 고려하였다.

#### IV. C 모델에 따른 성능 평가

본 장에서는 위에서 제시한 시뮬레이션 모델을 이용하여 정적, 선형, log, 그리고 지수 C 모델의 결과값을 보여주며, 각 모델에 따른 성능 평가를 한다.

##### 4.1 정적 C 모델

표 3은 9가지 정적 C 모델을 사용한 다중 태그

표 3. 정적 C 모델의 초당 태그 인식 속도

태그 숫자	1 ~10	10 ~100	100 ~1000	1 ~1000	
a	0.1	157.05	152.76	153.77	154.51
	0.15	161.00	156.94	156.69	158.18
	0.2	162.62	159.72	158.28	160.10
	0.25	164.58	161.01	159.10	161.42
	0.3	164.69	161.55	159.96	161.98
	0.35	165.57	162.12	160.24	162.50
	0.4	165.38	162.33	160.46	162.66
	0.45	164.26	162.29	160.54	162.30
	0.5	165.53	162.77	160.72	162.88

환경에서 초당 태그 인식 속도를 태그 개수에 따른 평균값을 소수점 둘째 자리까지 나타낸다.

표 3에서 a는 수식 (1)에서 사용된 변수이며, 항상 태그 인식 속도의 최대값은 빨간색 기울임으로 표시한다. 고정된 C값인 a가 증가할수록 태그 인식 속도가 향상 된다는 것을 표 3에서 볼 수 있다. 물론 태그 숫자가 1개에서 10개 사이인 경우에는 a값을 0.35로 선택하였을 때, 태그 인식 속도가 최대였지만, 전체적으로 0.4에서 0.5 사이의 값을 사용하는 것이 다중 태그 인식 환경에서 태그 인식 속도를 극대화 되었다.

또한, 표 3에서 태그 숫자가 증가할수록 태그 인식 속도가 조금씩 줄어드는 것을 확인 할 수 있다. 정적 C 모델의 모든 경우에서 태그 숫자가 1과 10 사이에 있을 때에는 태그 인식 속도가 최대가 되었으며, 태그 숫자가 100개에서 1000개 사이가 되었을 경우에는 초당 태그 인식 개수가 4.8만큼 줄어들었다.

##### 4.2 선형 C 모델

표 4는 선형 C 모델을 사용하였을 때, C값의 최대값과 최소값의 범위에 따른 초당 태그 인식 속도를 보여준다.

선형 C 모델은 정적 C 모델과는 다르게 가장 높은 태그 인식 속도를 갖는 모델이 분산되어있다. 태그의 개수가 가장 적은 경우에는 C값이 0.4에서 0.3 사이에서 존재할 때 성능이 가장 좋았으며, 10개에서 100개의 태그가 있을 경우에는 C값이 0.5와 0.2 사이에 존재할 때 인식 속도가 가장 빨랐다. 또한, 태그가 가장 많은 100개에서 1000개 사이에 분포하는 경우에는 C값의 최대값이 0.5, 최소값이 0.4로 설정하였을 경우에 그 성능이 최대가 되었다. 태그 숫자가 가장 적었을 경우에 최대값을 나타내었던 0.4와 0.3을 C값의 최대와 최소값으로 갖는 모

표 4. 선형 C 모델의 초당 태그 인식 속도

태그숫자		1	10	100	1
C의 최대값	C의 최소값	~10	~100	~1000	~1000
0.5	0.4	165.21	162.42	160.64	162.72
0.5	0.3	164.64	161.88	159.86	162.00
0.5	0.2	165.36	162.58	160.16	162.58
0.5	0.1	165.84	162.16	159.70	162.47
0.4	0.3	166.59	162.26	160.21	162.93
0.4	0.2	165.24	161.96	159.78	162.23
0.4	0.1	165.55	161.41	159.10	162.00
0.3	0.2	164.33	161.07	158.99	161.34
0.3	0.1	163.67	160.67	158.03	160.70
0.2	0.1	162.89	158.04	156.49	159.15

모델이 전체적으로 가장 좋은 성능을 나타내었다.

선형 C 모델에서도 마찬가지로 태그의 숫자가 늘어남에 따라 인식 속도가 느려지는 것을 확인할 수 있었으며, 전체적으로 0.3 이상의 높은 C값을 갖는 경우에 태그 인식 속도가 향상 되었다.

### 4.3 log C 모델

표 5는 log C 모델의 C값의 최대값과 최소값에 따른 초당 태그 인식 속도를 나타내었으며, 마찬가지로 최대값은 빨간색 기울임으로 표시되었다.

log C 모델도 전체적으로 큰 C값이 분포하는 C 모델에서 빠른 태그 인식 속도를 나타내었다. 태그의 숫자가 가장 적은 1개에서 10개 사이의 분포를 갖는 환경에서는 정적 C 모델, 선형 C 모델과 같이 C값이 0.4와 0.3 사이의 값을 갖는 경우에 있어 가장 빠른 성능이 나타났다. 또한, 태그가 10개에서 100개까지 존재하는 환경에서도 선형 C 모델과 흡

표 5. log C 모델의 초당 태그 인식 속도

태그숫자		1	10	100	1
C의 최대값	C의 최소값	~10	~100	~1000	~1000
0.5	0.4	165.29	162.41	160.60	162.68
0.5	0.3	165.23	162.61	160.57	162.69
0.5	0.2	164.94	162.46	160.52	162.61
0.5	0.1	165.18	162.97	160.50	162.83
0.4	0.3	166.29	162.17	160.34	162.81
0.4	0.2	165.41	162.46	160.24	162.65
0.4	0.1	165.60	162.58	160.00	162.63
0.3	0.2	164.15	161.08	159.36	161.51
0.3	0.1	164.66	161.51	158.94	161.54
0.2	0.1	162.73	158.33	156.97	159.29

사하게 최대값은 0.5로 갖고, 최소값은 0.1의 작은 값을 갖는 경우에 최대 인식 속도를 나타냈다. 그리고 태그의 개수가 100개에서 1000개까지 있는 경우에는 가장 높은 C값들이 분포하는 0.5와 0.4 사이의 C값을 갖는 모델이 최대 성능을 나타냈다.

### 4.4 지수 C 모델

표 6은 지수 C 모델의 초당 태그 인식 속도를 C값의 최대와 최소에 따라서 나타내었으며, 가장 큰 값을 빨간색 기울임으로 표시하고 소수점 둘째 자리까지 나타내었다.

지수 C 모델도 정적, 선형, log C 모델과 같이 높은 C값을 갖는 모델들이 좋은 성능을 보인다. 지수 C 모델에서는 최대 C값이 0.5이고, 최소 C값이 0.4인 모델에서 항상 가장 좋은 성능을 나타낸다. 이는 지수 C 모델은 빠르게 최소값으로 수렴하기 때문에 유일하게 다른 최소값에 비해서 가장 높은 0.4에 수렴하고 최대값도 0.5로 높은 모델이기 때문이다.

표 6. 지수 C 모델의 초당 태그 인식 속도

태그숫자		1	10	100	1
C의 최대값	C의 최소값	~10	~100	~1000	~1000
0.5	0.4	165.83	162.47	160.41	162.83
0.5	0.3	164.93	161.37	159.76	161.88
0.5	0.2	163.31	160.10	158.32	160.46
0.5	0.1	160.34	154.10	154.01	156.15
0.4	0.3	165.26	161.57	159.82	162.16
0.4	0.2	162.78	159.72	158.28	160.16
0.4	0.1	157.75	154.29	153.98	155.20
0.3	0.2	162.69	159.79	158.11	160.06
0.3	0.1	158.93	153.23	153.84	155.37
0.2	0.1	157.66	153.14	153.83	154.79

### 4.5 전체 성능 평가

그림 6은 정적, 선형, log, 그리고 지수 C 모델이 다중 태그 인식 환경에서 갖는 초당 최대 평균 태그 인식 속도를 그림으로 나타낸다. 가로축은 태그 개수를 나타내며, 세로축은 초당 평균 태그 인식 속도를 나타낸다. 각 모델이 그리는 선은 하나의 모델에서 추출한 결과값이 아닌 4가지 큰 분류의 모델에서 가장 높은 값을 추출한 값이다.

태그의 개수가 10개보다 적은 다중 태그 인식 환경에서는 선형 C 모델이 가장 좋은 태그 인식 성능을 보였으며, 태그의 개수가 10개에서 100개 사이

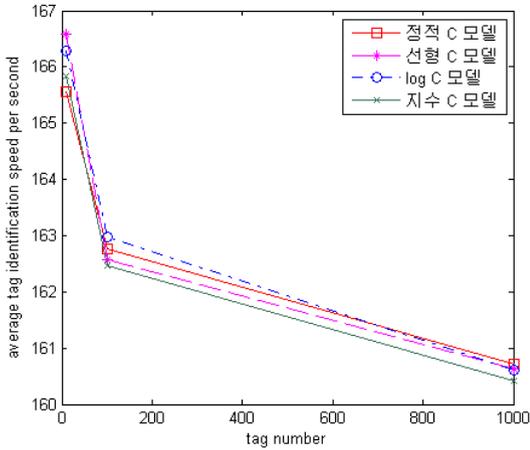


그림 6. 정적, 선형, log, 지수 C 모델에 따른 초당 평균 태그 인식 속도

에 있을 때에는 log C 모델이 가장 좋은 태그 인식 성능을 보였다. 또한, 태그의 개수가 100개에서 1000개 사이로 가장 많은 경우에는 정적 C 모델이 초당 가장 많은 태그를 인식하였다.

태그의 개수가 1개에서 1000개 미만인 태그 인식 환경에서는 선형 C 모델이 평균 초당 162.93개의 태그를 인식하며 다른 모델들에 비해서 높은 성능을 보였다. 그리고 선형 C 모델은 log나 지수 C 모델에 비해서 간단하게 C값을 계산할 수 있기 때문에 실제로 리더에서 쉽게 구현이 가능하다는 장점이 있다.

### V. 결 론

본 연구는 EPCglobal C1 Gen 2 표준에서 제안한 Q 알고리즘에서 사용되는 C값에 대한 정적, 선형, log, 그리고 지수 모델을 제시하고 시뮬레이션을 통하여 그 성능을 비교, 평가하였다. 기존 연구들에서는 C값에 따른 태그 인식 속도 성능 평가나 비교 연구가 없기 때문에 본 연구에서는 EPCglobal C1 Gen 2 표준을 만족하며 C값을 Q값의 크기에 따라서 결정하는 다양한 모델을 제시하고 각각의 모델에 대하여 다중 태그 인식 환경에 있어서 그 성능을 비교하고 평가하였다.

일반적으로 다중 태그 인식 속도 비교를 위하여 사용되는 정적 C 모델은 태그의 개수가 1000개 이상인 환경에서만 가장 높은 성능을 나타내며, 태그의 개수가 100개 미만인 환경에서는 선형이나 log, 지수 C 모델이 가장 높은 성능을 나타내었다. 또한,

모든 C 모델에서 C값의 분포가 0.3이상의 높은 값을 갖는 C 모델들이 더욱 빠른 태그 인식 속도를 나타내는 공통점을 보였다. 본 연구에서 이루어진 결과물은 향후 C 모델에 대한 연구나 다중 태그 인식 성능 연구에 하나의 지표로 이용될 수 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] J. Landt, "The History of RFID," *IEEE Potentials*, Vol.24, No.4, pp.8-11, Oct.-Nov. 2005.
- [2] 서강도, 조진호, "An Approach for Traffic Signal Control using RFID in the u-City," *전자공학회논문지*, 45(2), February 2008.
- [3] 최준석, 김태영, "의약품관리 부문 RFID기술 적용," *한국통신학회논문지*, 33(10), pp.365-371, October 2008.
- [4] 배기선, 이성복, "건설분야에서의 RFID/USN의 활용현황," *구조계 대한건축학회 2007년도 학술 발표대회 논문집*, 구조계 27(1), pp.423-426, October 2007.
- [5] V. Chawla, D. S. Ha, "An Overview of Passive RFID," *IEEE Communications Magazine*, vol. 45, pp.11-17, September 2007.
- [6] EPCglobal Specification for RFID Air Interface, "EPCTM Radio-Frequency Identity Protocol for Communications at 860MHz-960MHz," ver. 1.0.9, January 2005. [<http://www.epcglobalinc.org>]
- [7] EPCglobal Specification for RFID Air Interface, "EPCTM Radio-Frequency Identity Protocol for Communications at 860MHz-960MHz," ver. 1.1.0, October 2007. [<http://www.epcglobalinc.org>]
- [8] EPCglobal Specification for RFID Air Interface, "EPCTM Radio-Frequency Identity Protocol for Communications at 860MHz-960MHz," ver. 1.2.0, October 2008. [<http://www.epcglobalinc.org>]
- [9] A. Razaq, et al., "Second-Generation RFID," *IEEE Security & Privacy*, vol. 6, pp.21-27, July-Aug. 2008.
- [10] S. Lee, S. Joo and C. Lee, "An Enhanced Dynamic Framed Slotted ALOHA Algorithm for RFID Tag Identification," in *Proce. of the*

*2nd Annu. Int. Conf. on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services (MobiQuitous '05)*, pp.166-172, July 2005.

- [11] J. Park and S. H. Cho, "Modified Slot-count (Q) Selection Algorithm for Higher Tag Identification Speed in Class-1 Gen 2 RFID Protocol," *The 1st Int. Conf. on Next Generation Wireless Systems*, Melbourne, October 2009.
- [12] K. Yen, N. W. Lo and E. Winata, "An Efficient Tree-based Tag Identification Protocol for RFID Systems," *22nd Int. Conf. on Advanced Information Networking and Applications*, pp.966-970, March 2008.
- [13] J. Wang, D. Wang, Y. Zhao and T. Korhonen, "Fast Anti-collision Algorithms in RFID Systems," *Int. Conf. on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies*, pp.75-80, November 2007.
- [14] M. Daneshmand, C. Wang and K. Sohraby, "A New Slot-count Selection Algorithm for RFID Protocol," *2nd Int. Conf. on Communications and Networking*, pp.926-930, August 2007.

**박 증 명 (Jongmyung Park)**

준회원



2008년 2월 한양대학교 미디어 통신공학과 졸업  
 2008년 3월~현재 한양대학교 전자컴퓨터통신 공학과 석사 과정  
 <관심분야> RFID, 무선통신 시스템 설계, 통신신호처리

**조 성 호 (Sung Ho Cho)**

종신회원



1978년 2월 한양대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1984년 12월 Univ. of Iowa 전자컴퓨터학과(공학석사)  
 1989년 8월 Univ. of Utah 전자컴퓨터공학과(공학박사)  
 1989년 8월~1992년 8월 한국 전자통신연구원 선임연구원  
 1992년 9월~현재 한양대학교 제 2공과대학 전자통신공학부 교수  
 <관심분야> RFID/USN, 임베디드 무선통신 시스템 설계, 통신신호처리