

RFID 시스템에서 태그 인식을 위한 동적 Round Size 알고리즘

이승혁*, 변영기*, 이한권*, 백현옥*, 박일용**, 박병수***, 조태경*

*상명대학교 대학원 컴퓨터정보통신공학과

**(주)LG전자

***상명대학교 컴퓨터시스템공학과

e-mail:@bestcorea78@hanmail.net

Dynamic Round Size Algorithm for Tag Identification of RFID Systems

Seung-Hyuk Lee*, Young-Ki Byun*, Han-Kwon Lee*, Hyun-Ok Baek*,

Il-Yong Park**, Byoung-Soo Park***, Tae-Kyung Cho*

*Dept of Computer Information Communications, Sangmyung University

**LG Electronics Inc.

***Dept of Computer System, Sangmyung University

요 약

본 논문에서는 모든 태그들을 동시에 인식하는데 걸리는 시간을 줄이면서 전력의 소모를 줄일 수 있는 라운드 크기를 동적으로 할당하는 알고리즘을 제시하였다. 또한 시뮬레이션을 통해 제안한 알고리즘이 태그 수를 미리 알지 못하는 상황에서 아주 유용하게 사용될 수 있음을 확인하였다.

1. 서론

RFID 시스템에서 하나의 리더가 여러 개의 태그들을 동시에 인식하기 위한 기술은 여러 응용 분야에 있어서 상당히 중요한 이슈가 되고 있다. 하지만 이러한 기기들이 전력 소모로 인해 마비되면, 해당 기기가 제공해야 하는 네트워크상의 정보 및 타 기기와의 상호 교류를 통해 제공되어야 할 정보 등이 손실되며 이는 전체 네트워크의 성능 저하를 초래하게 된다. 이와 같은 시스템이 구축되기 위해서는 모든 태그를 빠짐없이 인식하는 것도 중요하지만 인식 시간을 단축시키는 것이 선행되어야 한다.

본 논문은 ISO/IEC 18000-6 표준안에서 슬롯 방식 알고리즘 충돌 방지 알고리즘인 Type A를 사용한다. 그리고 제안하는 알고리즘을 통해 고정 라운드 크기를 할당할 때 낭비되는 슬롯을 줄이고, 태그들의 인식 시간을 단축하는 새로운 방식을 제안한다. 제안하는 알고리즘을 사용할 경우의 최적의 초기 라

운드 크기는 시뮬레이션을 통하여 결정하였다. 제안하는 방법을 사용하여 인식해야 될 태그의 수를 미리 알지 못하는 경우에도 뛰어난 인식 성능을 나타내는 RFID 시스템을 구축할 수 있다.

2. 제안하는 알고리즘

2.1 알고리즘 흐름

제안하는 방식은 6개의 과정으로 이루어진 추정 알고리즘이다. 과정 1은 이상적인 시스템에 이상적인 입력값을 넣는 과정이고, 기준이 되는 출력값을 임의로 가정하는 것이 과정 2이다. 과정 3은 실제 시스템에 이상적인 입력값을 넣는 과정이고, 이 입력에 의한 실제적인 출력값을 얻는 것이 과정 4이다. 과정 5는 구해진 실제적인 출력값과 2단계에서 가정한 기준이 되는 출력값을 비교하여 실제적인 출력값을 보정하는 과정이다. 과정 6에서는 보정된 출력값을 이용해 추정 태그수를 구할 수 있다. 제안하

는 알고리즘의 흐름은 그림 1과 같다.

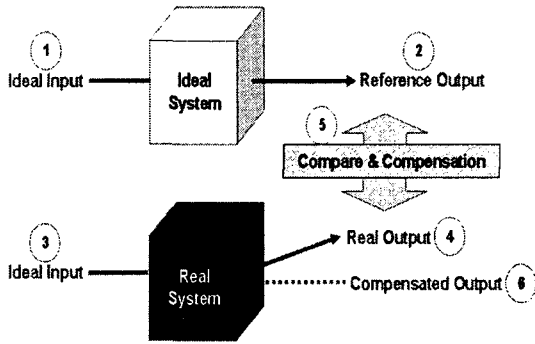


그림 1. 알고리즘 흐름도

이상적인 시스템에 이상적인 입력값을 넣는 과정 1은 슬롯 방식 알로하 충돌 방지 알고리즘에서 작업 처리량이 최대가 되는 상황을 생각해 보면 쉽게 이해할 수 있다. 과정 2는 이상적인 시스템 상황에서 슬롯당 평균 충돌 태그 개수인 m 을 기준값으로 정하는 것이다. 이 논문에서는 m 을 2로 가정하였으나 과정 5에서 보정해 주기 때문에 2이상의 어떤 값으로 설정하여도 무관하다.

2.2. 태그 개수 추정

한 라운드가 끝난 뒤 리더는 충돌이 발생한 슬롯의 수, 충돌이 발생하지 않고 제대로 태그가 인식된 슬롯의 수, 비어 있는 슬롯의 수를 구할 수 있다[1]. 충돌이 발생한 슬롯의 수를 m , 충돌이 발생하지 않고 태그가 인식된 슬롯의 수를 r , 비어 있는 슬롯의 수를 s 라고 하자. 이 때 라운드 크기 n 을 구성하는 식은 식 (1)과 같다.

$$n = m + r + s \quad (1)$$

충돌이 발생한 슬롯의 평균 충돌 태그 개수를 \bar{m} 이라 하고, 추정되는 전체 태그의 수를 T 이라고 하자. 추정되는 전체 태그 개수 T 은 식 (2)와 같이 표현할 수 있다[1].

$$T = n \cdot \bar{m} \quad (2)$$

한 라운드가 끝난 뒤 구해진 \bar{m} 는 과정 3에서 이상적인 입력값을 넣을 시스템에 해당되며, 이상적인 입력값은 과정 1과 마찬가지로 태그의 개수가 라운드

크기와 일치할 때를 나타내는 조건인 $\bar{m} = 2$ 이 사용된다. \bar{m} 를 식 (2)에 대입하여 과정 4의 결과인 실제적인 m 을 구할 수 있다.

과정 5에서는 과정 4에서 구해진 m 이 과정 2에서 가정한 기준값($=2$)에서 벗어나는 정도에 따라 적절하게 보정하는 방법이 필요하다. 보정 방법은 아래 비례식을 사용하였다.

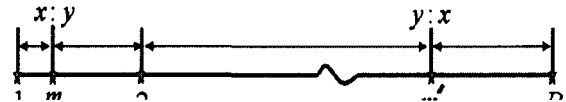


그림 2. 보정 비례식

과정 4에서 구해진 실제 m 은 충돌이 발생한 슬롯의 평균 태그 개수를 의미하므로 $1 \leq m \leq R$ 의 값을 가진다. 만약 기준 $m(=2)$ 보다 실제 m 이 작다면 보정된 m' 은 비례식에 의해 기준 $m(=2)$ 보다 큰 값을 가지게 된다.

위 비례식에 의해 보정된 m' 인 m' 을 구하면 아래와 같다.

$$m' = \frac{2 \cdot m}{m} = 2 \quad (3)$$

이렇게 구해진 m' 과 n 을 식 (2)에 대입하면 추정 태그 개수 T 을 구할 수 있다. 추정 태그 개수로부터 인식된 태그의 수를 뺀 것이 추정 잔여 태그 개수이다. 만약 과정 4에서 구해진 m 이 2라면 보정 비례식에 의해서 구해진 m' 도 2가 되며, 추정 태그 개수는 이전 라운드 크기와 동일하게 된다.

2.3 Next Round Size 결정

이어지는 과정은 구해진 추정 잔여 태그 개수로부터 다음 라운드 크기를 결정하는 것이다. 표준안에는 라운드 크기를 표현하는데 3bit만을 사용하므로 라운드 크기로 1, 8, 16, 32, 64, 128, 256, RFU만을 표현할 수 있다. 따라서 각 라운드 크기의 중간값에 해당하는 범위로 나누어 다음 라운드 크기를 결정하였다. 표 1에서 추정 태그 개수로부터 결정되는 다음 라운드 크기를 나타내었다.

표 1. 추정 태그 개수에 따른 다음 라운드 크기

추정 태그 수	다음 라운드 크기
0 ~ 11	8
12 ~ 23	16
24 ~ 47	32
48 ~ 95	64
96 ~ 191	128
192 ~	256

3. 시뮬레이션

시뮬레이터는 OPNET Modeler[4]를 사용하였고 ISO/IEC 18000-6 표준안에 근거하여 각종 시뮬레이션 파라미터를 설정하였다. 제안하는 알고리즘의 성능을 평가하기 위해서 고정적인 라운드 크기를 사용한 경우와 제안하는 알고리즘을 사용한 경우에 대하여 태그 수를 변화시켰을 때 모든 태그들을 인식하는데 걸리는 시간을 측정하였다. 제안하는 알고리즘을 사용하는 경우 초기 라운드 크기는 64로 할당하였다. 시뮬레이션 결과, 그림 3과 같이 모든 태그 수에 대해서 고정 라운드 크기를 사용하는 경우에 비해 제안하는 알고리즘이 좋은 성능을 보이는 것을 알 수 있다.

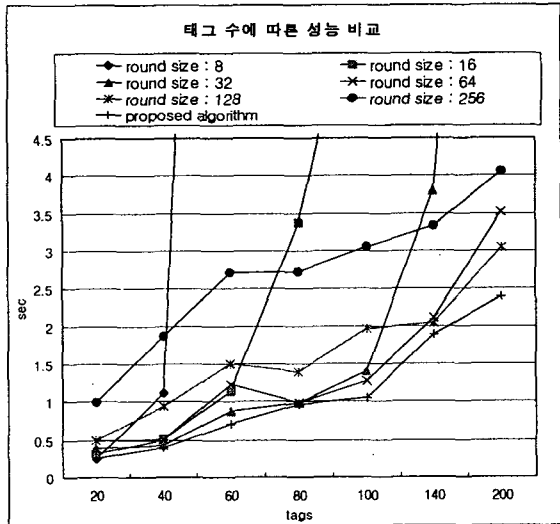


그림 3. 고정 라운드 크기와 제안한 방식의 성능 비교

고정 라운드 크기를 사용할 경우 특정 태그 개수에 대해 제안한 알고리즘과 비슷한 성능을 보이는 경우도 있다. 예를 들어 40개의 태그 수에 대해 고정 라운드 크기로 32를 사용한 경우에는 제안한 알

고리즘과 비슷한 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 일반적으로 태그의 수가 적을 때는 작은 고정 라운드 크기가 좋은 성능을 나타내고 태그의 수가 많을 때는 큰 고정 라운드 크기가 좋은 성능을 나타낸다.

그러나 어떠한 고정 라운드 크기를 사용하여도 태그 수의 변화에 대해 지속적으로 좋은 성능을 보이지는 못함을 알 수 있다. 특히 작은 고정 라운드 크기를 사용하는 경우 태그 수가 많아질수록 기하급수적으로 인식시간이 늘어나게 되는 결과를 보였다. 제안하는 알고리즘을 사용할 경우 초기 라운드 크기를 결정하기 위하여 고려해야 할 사항으로 크게 두 가지를 들 수 있다. 첫째, 인식해야 될 태그의 수를 모르는 상황에서 처음부터 큰 초기 라운드 크기를 할당한다면 적은 수의 태그를 인식하는 경우에 시간 낭비를 초래할 수 있다. 둘째, 많은 태그들을 인식해야 할 경우 작은 초기 라운드 크기의 충돌 정보만으로는 태그의 개수를 정확히 추정할 수 없고, 라운드 크기를 늘려가는 과정에서 시간이 필요하다. RFID 애플리케이션에 따라 이전에 인식했던 태그 개수에 대한 정보를 얻을 수 있다면, 이전 정보들의 평균값을 취하여 초기 라운드 크기를 설정할 수 있을 것이다. 그러나 그런 정보를 얻을 수 없다면 모든 라운드 크기 값들의 중앙값이라고 할 수 있는 32 또는 64로 초기 라운드 크기를 설정해야 최적의 성능을 보일 수 있다. 그림 4는 각각의 태그 개수에 대해 초기 라운드 크기를 변화시켰을 때 제안한 알고리즘의 성능을 나타낸 그림이다.

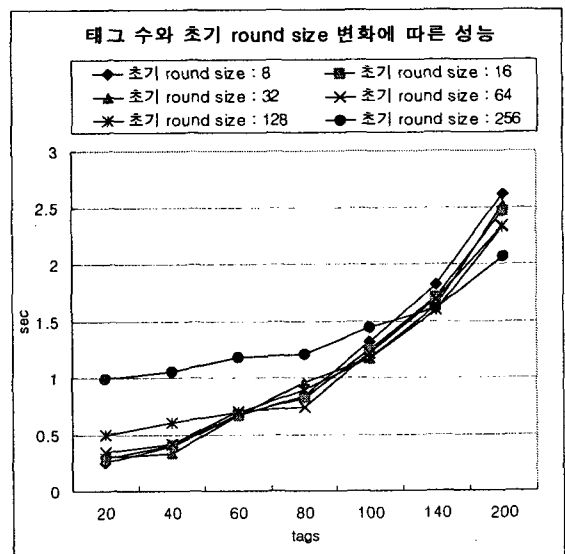


그림 4. 태그 수와 초기 라운드 크기 변화에 따른 성능

그림 4에서 알 수 있듯이, 너무 큰 초기 라운드 크기나 너무 작은 초기 라운드 크기를 사용할 경우에는 태그 수에 따른 성능의 변화가 심하다. 표 2는 20개~200개의 태그들에 대해 초기 라운드 크기별 인식 시간의 평균값을 구한 결과이다.

표 2. 초기 라운드 크기별 평균적인 인식 시간

초기 라운드 크기	8	16	32	64	128	256
평균 인식시간 (sec)	1.12 9	1.08 7	1.08 0	1.06 3	1.11 2	1.36 5

표 2에 따르면 20개~200개의 태그들을 인식할 때는 초기 라운드 크기를 32나 64로 설정하는 것이 가장 좋다는 것을 확인할 수 있다. 앞에서 제시한 두 가지 이유와 실험 결과에 근거하여 본 논문에서는 제안하는 알고리즘에 대한 초기 라운드 크기를 64로 설정하였다.

표 3은 태그의 개수가 100개일 때 제안하는 알고리즘이 어떻게 동작하는지를 알 수 있는 표이다. 각 라운드마다 변화하는 라운드 크기, — 의 값을 나타내었다.

표 3. Round 분석 : 100 tags

Round	1	2	3	4	5	6	7	합
라운드 크기	64	128	64	16	16	8	8	304
	15	66	41	2	11	5	3	143
	20	48	14	10	2	1	5	100
	29	14	9	4	3	2	0	61
attempts	100	80	32	18	8	6	5	249

표 3에서 보는 것과 같이 초기 라운드 크기는 64로 설정되었으며 매 라운드가 끝난 뒤 얻어진 — 의 값에 의해 제안하는 알고리즘이 동적으로 다음 라운드 크기를 결정해 나가는 모습을 볼 수 있다. 제안한 알고리즘을 사용해서 모든 태그들을 인식하는 데는 304개의 슬롯이 사용되었고 작업 처리량으로 환산하면 $S = 100 / 304 = 0.329$ 이다. 슬롯 방식 알고리즘의 최고 작업 처리량은 $G=1$, 즉, 슬롯당 전송 시도 횟수가 1일 때 $S=0.368$ 로 나타나는 것과 비교하면 그에 약간 못 미치는 성능을 나타냄을 알 수 있다 [6]. 그 이유는 라운드 크기의 제약 때문이다. 표 3에서 알 수 있는 것과 같이 슬롯당 전송 시도 횟수가 $249/304=0.819$ 로 1보다 작다. 이는 라운드 크기가 표준안에 의해 고정되어 있어 최적의 라운드 사이즈를

할당할 수 없어 불필요한 슬롯을 낭비하게 되기 때문이다.

4. 결론

본 논문에서는 태그 개수 추정 알고리즘을 통해 동적으로 라운드 크기를 할당하는 새로운 알고리즘을 제시하였다. 시뮬레이션 결과 제안하는 알고리즘은 고정 라운드 크기를 사용하는 경우와 비교하여 태그 수에 상관없이 보다 빠른 인식 시간을 보였다. 반면에 고정 라운드 크기를 사용하는 경우에는 지속적으로 좋은 성능을 나타내지 못하고 성능의 편차가 심했다. 또한 실험을 통해 제안하는 알고리즘을 사용하는 경우에 가장 적절한 초기 라운드 크기를 결정할 수 있었고, 이동성을 지닌 리더 및 기기들의 전력 소모를 줄이면서, 좀 더 빠른 인식률을 보이는 결과를 얻을 수 있었다.

참고문헌

- [1]Harald Vogt, "Efficient Object Identification with Passive RFID Tags," *International Conference on Pervasive Computing*, LNCS 2414, August, 2002.
- [2]W. Engels, Sanjay E. Sarma, "The Reader Collision Problem," *International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 135, pp. 18-27, October, 2002.
- [3]김영길, 류기열, 신영균, 조위덕, "Multi-modal RFID Platform 기술," *The Journal of the Korean Institute of Communication Sciences*, vol. 21, no. 6, pp. 745-768, June, 2004.
- [4]OPNET Technologies Inc., <http://www.opnet.com>
- [5]K. Finkenzeller, *RFID Handbook : Radio- Frequency Identification Fundamentals and Applications*, Jonh Wiley & Sons, 2000.
- [6]Andrew S. Tanenbaum, *Computer Network*, Prentice-Hall, 2003.