

RFID 시스템에서 개선된 충돌 추적 방식을 이용한 태그 인식 알고리즘

최승진^o 신재동 김성권
중앙대학교 컴퓨터공학부

sjchoi@alg.cse.cau.ac.kr, mulli2@alg.cse.cau.ac.kr, skkim@cau.ac.kr

Techology of Tag Identification Using Revised Collision Tracking Algorithm in RFID System

Seung-Jin Choi^o Jae-Dong Shin Sung-Kwon Kim
School of Computer Science and Engineering, Chung-Ang University

요 약

RFID(Radio Frequency IDentification) 기술은 RF 신호를 사용하여 물품에 부착된 전자 태그(tag)를 인식하는 자동인식 기술이다. 이런 RFID 기술의 확산을 위해서는 다수의 태그를 빠르게 읽는 다중접속 방식에서 태그 간 충돌 문제를 해결 하는 충돌방지(anti-collision) 알고리즘이 필수적으로 요구된다. 본 논문에서는 이 문제를 해결하기 위해 충돌 방지 알고리즘 중에서 트리 기반 메모리리스(tree based memoryless) 충돌방지 알고리즘 기반인 충돌 추적(collision tracking) 알고리즘을 개선한 RCT(Revised Collision Tracking) 방식을 제안한다. 그리고 기존의 충돌 추적 알고리즘과의 성능 비교를 통해 제안하는 방식의 성능을 증명한다.

1. 서 론

RFID(Radio Frequency IDentification) 기술은 유비쿼터스 환경 구현에 있어 핵심적인 기술로서 주목받고 있다. RFID는 RF 신호를 사용하여 물품에 부착된 전자 태그(tag)를 식별하는 비접촉식 자동인식 기술이다. 이 기술은 인터넷의 지속적인 성장과 전자태그의 저비용화, 식별코드의 표준화에 힘입어 다양한 산업분야에서 상용화가 가능한 기술로서 전망된다. 이러한 RFID 기술의 확산을 위해서는 데이터의 보안 및 프라이버시 문제, RFID 기술에 대한 표준화 지연, 다중 태그 식별 문제 등의 문제를 해결해야 한다. 이 중에서 다중 태그 식별 문제는 리더(reader)의 식별영역 내에 있는 다수의 태그가 리더가 보낸 질의에 대해 동시에 응답하게 됨으로서 리더에서 태그들 간의 충돌이 발생하는 것을 말한다. 이러한 충돌은 RFID 시스템의 인식률에 큰 영향을 미친다. 따라서 이러한 충돌 현상을 극복하여 다수의 태그를 고속으로 처리하기 위한 충돌 방지(anti-collision) 알고리즘이 필수적으로 요구된다. [1]

본 논문은 이러한 충돌 방지 알고리즘의 대표적인 기술인 충돌 추적(collision tracking) 알고리즘을 개선한 RCT(Revised Collision Tracking) 알고리즘을 제안한다. 기존의 충돌 추적 트리 방식에서 사용하던 첫 비트 충돌 추적(first collision tracking)이 아닌 RCT는 모든 비트 충돌 추적(complete collision tracking)방식을 사용한다. 그리고 충돌 비트들의 정보를 사용하여 리더에서 질의수를 줄이는 방법이다. 질의수를 줄임으로써 기존 방식의 속도를 개선한 알고리즘이다.

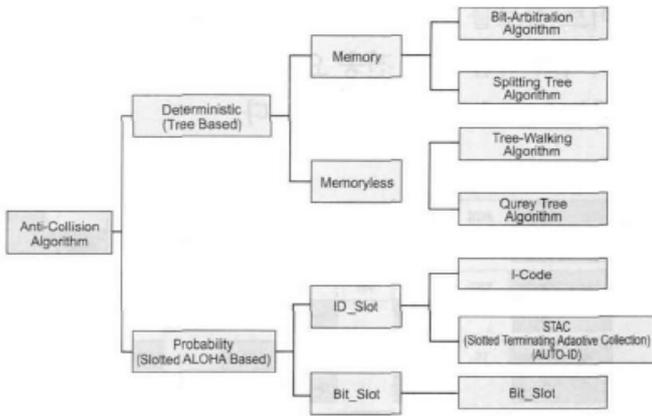
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 주요 다중 태그 인식 기술들을 분류하고 그 중 제안하는 RCT 알고리즘의 기존 방식인 충돌 추적 트리 알고리즘을 살펴본다. 3장에서는 제안하는 RCT 알고리즘을 소개한다. 4장에서는 제안한 알고리즘과 기존 충돌 추적 트리 그리고 Query tree 알고리즘을 예제를 통해 비교, 분석한다. 마지막으로 5장에서는 논문의 결론을 내렸다.

2. 관련 연구

2.1 RFID 태그 충돌 방지 알고리즘의 분류

현재의 태그 충돌 방지 알고리즘의 대표적인 기술 분류는 트리 기반의 결정적(tree based deterministic) 알고리즘과 알로하 기반의 확률적(aloha based probability) 알고리즘으로 나눌 수 있다.

트리 기반의 결정적 알고리즘은 여러 개의 태그가 자신의 식별자를 동시에 전송하는 경우, 식별자를 이용하여 이진트리를 구성하고 충돌이 발생하는 비트 위치를 이용하여 태그의 식별자를 인식하는 방식을 말한다. 이 방식은 모든 태그를 인식할 수 있지만 식별자의 비트수가 길어지거나 충돌이 많아지게 되면 이진트리의 깊이가 깊어지게 되어 속도가 느려지게 되는 단점이 있다. 하지만 일반적인 성능은 알로하 기반의 방식보다 빠르다. 이 방식은 다시 메모리리스 형 알고리즘과 메모리 형 알고리즘으로 나눌 수 있다. 메모리리스 형 알고리즘은 태그의 응답은 특정한 상태에 의존하지 않고 단지 리더로부터의 질의 값에 의해서만 결정된다. 이 방식은 태그 구



[그림 1] 충돌 방지 알고리즘의 분류

현이 간단하여 저비용, 저전력 문제를 해결할 수 있는 좋은 방식이 되고 있다. 충돌 추적 알고리즘과 쿼리 트리(Query Tree) 알고리즘[2]이 이 방식을 사용하고 있다. 메모리 형 알고리즘은 태그가 일정한 메모리를 가지고 있어서 태그 인식에 필요한 여러 가지 정보들을 가지고 있는 형태를 말한다. 이 방식은 각 상태마다 현재의 상태를 저장해야 하는 부담을 안고 있다. 이 방식을 사용한 알고리즘으로는 비트-중재 알고리즘[3]과 분할트리 알고리즘[4]이 있다.

알로하 기반의 확률적 알고리즘은 지정된 N개의 슬롯으로 구성된 프레임에 태그가 보낸 자신의 식별자를 리더가 임의의 슬롯에 적재하는 방식이다. 이 방식은 태그 식별의 완전성을 제공하지 못하며 충돌이 발생한 슬롯의 재전송으로 인해 태그 식별에 있어서 높은 성능을 기대하기 어렵다는 단점이 있다. 이 방식은 슬롯에 전송하는 태그의 정보에 따라 ID-슬롯 방식[5]과 bit-슬롯 방식[6]으로 구분된다. [그림 1]은 태그 충돌 방지 알고리즘을 각 분류 방식에 따라 구분해 놓은 것이다.

2.2 충돌 추적(collision tracking) 알고리즘

충돌 추적 알고리즘[1]은 최근에 제안된 태그 충돌방지 알고리즘으로 그 방식이 개량된 쿼리 트리(improved query tree)[7]와 동일하다.

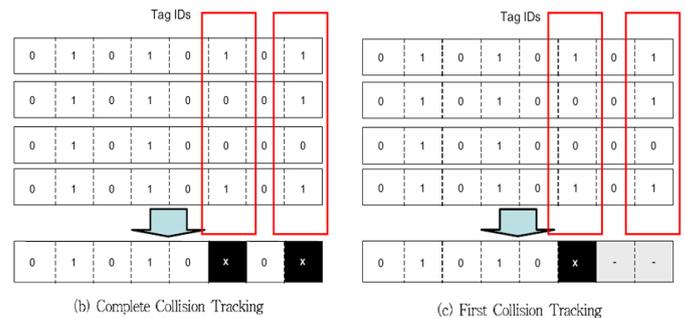
리더가 n-비트 길이의 프리픽스 P_n 를 인자로 리더 영역 내의 태그에게 질의를 하게 되면, 태그들은 수신한 프리픽스를 자신의 식별자와 비교를 한다. 비교 후 매칭이 이루어질 경우 그 태그의 식별자의 n+1 비트부터 마지막 비트까지 리더에게 순서대로 전송한다. 리더는 태그가 전송한 식별자 정보를 수신함과 동시에 수신된 비트의 충돌 발생 여부를 조사하게 된다. 만약 “0”과 “1”이 동시에 수신되어 리더에서 충돌이 발생하기 때문에 나머지 비트들의 송신을 중지하도록 태그로 식별자 중지 명령을 보낸다. 이 때 단순히 프리픽스에 “0”이나 “1”을 추가하여 다시 태그들에게 전송하는 쿼리 트리 알고리즘과는 달리 식별자 중지 명령을 받은 태그는 그 즉시 식별자 비트 전송을 중지하고 새로운 프리픽스 P_{n^*} 을 받을 준비를 한다. 리더는 충돌이 없이 정상적으로 수신된 비트들을 프리픽스 P_n 에 추가하여 새로운 프리픽스

P_{n^*} 을 생성하여 다시 태그에게 전송한다. 그리고 충돌 없이 “0”이나 “1”이 계속 수신되어 마지막 비트까지 정상적으로 수신을 마치게 되면 한 개의 태그가 식별되게 된다.

3. 개선된 충돌 추적 알고리즘

본 절에서는 충돌 추적 알고리즘에 기반을 둔 개선된 충돌 추적 알고리즘(RCT: Revised Collision Tracking algorithm)을 제안한다. 이 방식은 기존의 알고리즘과 마찬가지로 충돌이 발생한 비트의 위치를 정확히 추적한 후, 충돌 발생 이전의 비트 내용을 태그 식별에 사용하는 방식이다.

하지만 RCT 알고리즘은 기존의 알고리즘과 크게 2가지 차이점이 있다. 첫 번째로 충돌 비트 검출 방식이다. 두 번째로 태그의 난수 생성을 통해 식별 길이를 줄이는 것이다. 각 차이점에 대해 설명하고 제안하는 알고리즘이 실제로 어떤 방식으로 동작하는지에 대해서 알아보겠다.



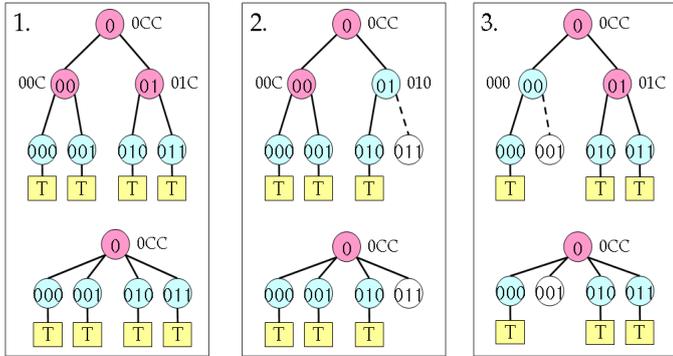
[그림 2] 충돌 비트 검출 방식

우선 첫 번째 차이점인 충돌 비트 검출 방식에 대해서 알아보겠다. 이 방식은 모든 비트 충돌 추적(complete collision tracking)과 첫 비트 충돌 추적(first collision tracking)으로 나눌 수 있는데 각각의 원리는 [그림 2]와 같다. 기존의 충돌 추적 알고리즘에서 사용하는 첫 비트 충돌 추적은 리더에서 보낸 프리픽스와 태그의 식별자와의 비교 시, 충돌 비트가 검출되면 그 뒤의 비트들은 비교되지 않고 그 즉시 비교를 멈추는 방식이다. RCT 알고리즘에서는 모든 비트 충돌 추적을 사용함으로써 프리픽스와 태그에서 생성한 난수를 끝까지 비교해서 충돌 난 비트들의 정보를 사용하여 리더에서 질의 수를 줄인다. 만약 충돌 난 비트가 1개 이면 2개의 태그를 바로 인식하고 메모리에 저장함으로써 질의 수를 줄인다. 예를 들어 4bit에서 “000C”와 같이 마지막 비트에서 충돌이 났을 때 “0000”과 “0001” 모두 질의를 던지지 않고 바로 2개의 태그를 인식하여 질의 수를 줄인다. 또한 충돌 난 비트가 2개 일 때 3개 이상의 태그가 존재하므로, 충돌 난 가망성이 큰 2개를 건너뛰어 질의 수를 감소시킨다. 이렇게 했을 시에 무응답 1개는 증가할 수 있다.

[그림 3]처럼 3가지 경우로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째의 경우 RCT를 사용하면 “00C”와 “01C”를 질의하지 않고 바로 태그들을 인식하므로

$$RCT \text{ 질의수} = CT \text{ 질의수} - 2$$

가 된다. 두 번째와 세 번째의 경우는 첫 번째 경우와 마찬가지로이다. “00C”와 “01C”에 대해 질의하지 않고 바로 태그들을 인식하지만 2번의 “011”과 3번의 “001”은



[그림 3] 충돌 비트 2개일 때 태그를 인식하는 경우

태그가 없으므로 무응답 한번이 추가된다. 그래서

$$RCT \text{ 질의수} = (CT \text{ 질의수} - 2) + 1$$

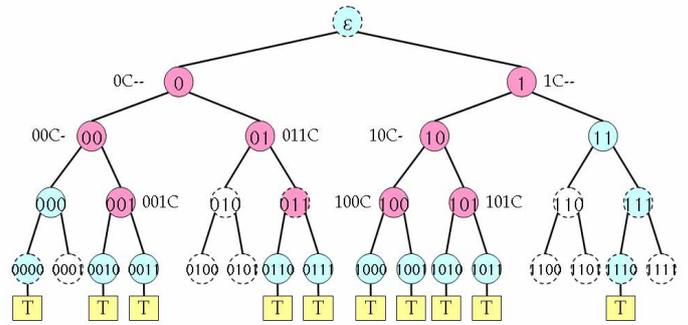
이 된다. 그리고 만약 충돌 비트가 [그림 3]처럼 연결되어 있지 않아도 상관 없이 “0C0C” → {“0000”, “0100”, “0001”, “0101”}과 같이 점프해서 태그를 인식할 수 있다.

충돌 난 비트들의 정보사용으로 질의 수 감소 효과를 볼 수 있다. 그리고 이 효과는 태그 인식 속도에도 큰 영향을 주게 된다. [그림 4]와 [그림 5]는 비트 길이가 4일 때 각각의 동작 과정을 보여주고 있다. RCT 알고리즘이 기존의 CT 알고리즘 보다 총 질의 횟수가 적은 것을 확인할 수 있다.

두 번째 차이점은 태그의 난수 생성을 통해 식별 길이를 줄이는 것이다. 만약 실제 태그의 식별자 길이가 정해놓은 일정 길이보다 작으면 그것과 프리픽스와 비교를 하게 된다. 그리고 태그의 식별자 길이가 정해놓은 일정 길이보다 길게 되면 각 태그에서 실제의 태그 식별자 길이보다 짧은 난수를 생성한다. 만약 태그 식별자 비트를 많이 쓰이고 있는 96-비트일 때 위의 첫 번째 차이점으로 얻어지는 긍정적인 효과는 없게 된다. 왜냐하면 비트 수가 늘어나게 되면 충돌 비트 수가 1개나 2개는 많이 없고 더 많은 비트에서 충돌이 발생하기 때문이다. 따라서 RCT 알고리즘과 기존의 CT 알고리즘 성능이 차이가 없어지게 된다. 그래서 본 논문에서는 각 태그에서 난수 생성기를 통해 96-비트보다 1/2⁵배 작은 16-비트의 난수를 생성하여 그 난수와 리더에서 보낸 프리픽스를 비교하여 태그 인식을 한다. 난수의 길이는 태그의 길이보다 작게 임의로 정할 수 있다. 결국 식별 비트 길이를 줄이면 충돌 비트 수도 줄어들게 되므로 위의 첫 번째 차이점으로 기존 방식에 비해 질의 수 감소 효과를 얻을 수 있다.

그런데 난수를 이용하게 되면 그에 따른 문제점이 발

생하게 된다. 만약 서로 다른 태그가 같은 난수를 가지고 있거나, 리더 영역 내에 있는 전체 태그의 개수를 나타낼 수 있는 비트 길이보다 난수 비트 길이가 짧게 되면 서로 다른 태그가 같은 난수를 가지고 있을 수 있게 된다. 이처럼 같은 난수를 가지게 되면 [그림 5]의 트리의 리프 노드에서 또한 충돌이 발생하게 되는데 이 문

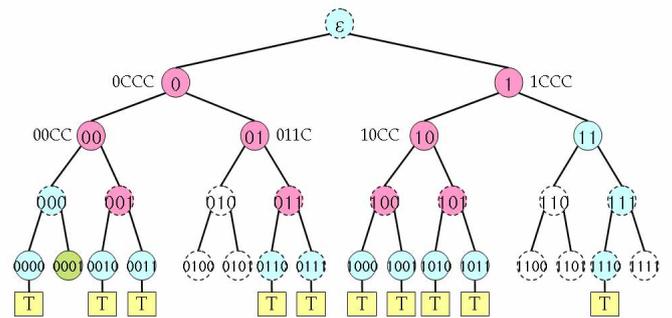


총 질의 횟수: 18

C0:C1:Ck=0:10:8

○ 질의 함 ● 인식
○ 질의 안 함 ● 충돌

[그림 4] 충돌 추적 알고리즘의 동작 과정



총 질의 횟수: 14

C0:C1:Ck=1:8:5

○ 질의 함 ● 인식 ● 무응답
○ 질의 안 함 ● 충돌

[그림 5] 개선된 충돌 추적 알고리즘의 동작 과정

제는 리프 노드에서 충돌이 발생한 각 태그들의 실제 식별자를 가지고 CT 알고리즘을 사용하여 해결할 수 있다.

4. 성능 분석

RCT 알고리즘의 성능 평가를 위해서 하나의 예제에 대해 기존의 충돌 추적 알고리즘과 Query tree, 그리고 본 논문에서 제안하는 RCT 알고리즘을 각각 적용 하였다. 이 때 각 알고리즘에 대하여 총 질의 횟수, 무응답 횟수, 태그 인식 횟수, 충돌 횟수를 각각 비교하였다. 예제의 상황은 위의 [그림 4]와 [그림 5]와 유사하다. 각 태그의 식별자 길이는 태그의 개수에 따라 각각 4-비트와 6-비트이다. 이 경우 실제 태그 식별자의 길이가 짧기 때문에 난수를 생성하지 않았다. 그리고 리더의 영역 내에 있는 태그는 총 10개와 50개에 대하여 실험하였다.

아래의 [표 1] 실험 결과에서 보면 query tree 알고리즘이 가장 성능이 낮게 나왔고 그 다음으로 기존 방식인 collision tracking 알고리즘이 많은 차이는 없지만 좋은 성능을 보여주었다. 그리고 제안하는 RCT 알고리즘이 3개의 방식 중 가장 좋은 성능을 보임을 알 수 있다.

[표 1] 성능 실험 결과

Tag 개수		10개	50개
Query tree	총 질의 횟수 $C_0+C_1+C_k$	19	82
	무응답 횟수 C_0	0	0
	충돌 횟수 C_k	9	42
	응답 횟수 C_1	10	40
Collision tracking	총 질의 횟수 $C_0+C_1+C_k$	18	78
	무응답 횟수 C_0	0	0
	충돌 횟수 C_k	8	38
	응답 횟수 C_1	10	40
Revised Collision tracking	총 질의 횟수 $C_0+C_1+C_k$	14	64
	무응답 횟수 C_0	1	4
	충돌 횟수 C_k	5	26
	응답 횟수 C_1	8	32

5. 결 론

RFID 시스템이 발전하기 위해서는 리더의 인식범위 내에 있는 태그들을 최소한의 충돌로 빠르게 인식할 수 있는 다중 태그 식별 문제를 해결해야 한다. 본 논문에서는 트리 기반의 충돌 감지 알고리즘인 충돌 추적 알고리즘의 성능을 개선한 개선된 충돌 추적(RCT: Revised Collision Tracking) 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 complete collision tracking과 태그에서 생성한 난수와 프리픽스와의 비교를 사용하였다. 이는 기존의 트리 기반의 방식인 Query tree와 Collision tracking 알고리즘과 비교했을 시 태그 감지 과정에서 질의수가 줄어들게 되어 보다 좋은 성능을 보여주게 되었다.

본 논문에서 제안한 RCT 알고리즘은 다른 알고리즘과 성능비교 단순화를 위해 태그의 실제 비트 길이를 매우 작게 설정하였다. 그리고 태그의 개수 또한 적은 수를 가지고 실험하였다. 하지만 태그 식별자의 길이가 길어 지더라도 태그에서 생성한 짧은 길이의 난수와 비교가 이루어지게 된다. 따라서 위의 단순한 실험과 크게 차이가 없이 다른 방식에 비해 나은 성능을 보여줄 것이라 기대한다.

참 고 문 헌

[1] 권성호, 홍원기, 이용두, 김희철, “RFID 시스템에서의 트리 기반 메모리리스 충돌방지 알고리즘에 관한 연구”, 정보처리학회논문지 C, 제11-C권, 제6호, 2004.12.
 [2] Ching Law, Kayi Lee and Kai-Yeung Siu, “Efficient Memoryless Protocol for Tag Identification”, In Proceeding of the 4th International

Workshop on Discrete Algorithms and Methods for mobile Computing and Communications, ACM, pages 75-84, August, 2000.
 [3] Jacomet M, Eharsam A, Gehrig U, “Contactless Identification Device with anti-collision algorithm.”, IEEE Computer Society, CSCC 99, Conference on Circuits, Systems, computers and Communications, Athens, pages 4-8, July, 1999.
 [4] Hush, Don R and Wood, Cliff, “Analysis of Tree Algorithms for RFID Arbitration.”, In IEEE international Symposium on Information Theory, pages 107-108, IEEE, 1998.
 [5] Vogt. H, “Efficient object Identification with Passive RFiD Tags.”, In International Conference on Pervasive Computing, LNCS, 2002.
 [6] Changsoon Kim, Kyunglang Park, Hiecheol Kim, Shindug Kim. “Efficient Stochastic Anti-collision Algorithm using bit-Slot Mechnism.”, PDP 2004, July, 2004.
 [7] Feng Zhou, Dawei Jin, Chenling Huang and Hao Min. “White Paper: optimize the power Consumption of Passive Electronic tags for Anti-collision Schemes.”, Auto-ID center Fudan Univ., October, 2003.