

ISO 18000-6 Type C RFID 시스템에서의 충돌방지 알고리즘 성능 개선

이영준, 권대근, 김형남
부산대학교 전자공학과
hnkim@pusan.ac.kr

Improvement of Anti-Collision Performance for the ISO 18000-6 Type C RFID system

Yeong-Jun Lee, Dae-Ken Kwon, Hyoung-Nam Kim

Department of Electronics Engineering, Pusan National University

요 약

본 논문에서는 900 MHz RFID 표준의 하나인 ISO 18000-6 Type C 프로토콜의 새로운 충돌방지 알고리즘을 제안한다. ISO 18000-6 Type C 에서 제시하는 기존 충돌방지 알고리즘은 사용되는 파라미터들의 모호함으로 인해 사용자에게 혼란을 줄 뿐만 아니라, 파라미터를 잘못 설정할 경우 그 성능이 저하되기도 한다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 본 논문에서는 Type C 의 특징을 이용하여 사용되는 파라미터들의 모호함을 제거하고 이를 통해 충돌방지 알고리즘의 성능을 개선한다. 인식해야할 전체 태그의 개수를 알 수 있는 경우, 제안한 충돌방지 알고리즘을 적용하면 기존의 충돌방지 알고리즘에 비해 약 37%의 단위 시간 당 태그 인식 개수 향상을 이룰 수 있다. 인식해야할 전체 태그의 개수를 모르는 일반적인 경우에는 태그의 개수 추정 알고리즘을 통해 태그의 개수를 추정하여 제안한 충돌방지 알고리즘을 적용하는데, 이 경우에도 약 18.5%의 단위 시간 당 태그 인식 개수 향상을 이룰 수 있다.

1. 서론

Radio frequency identification (RFID) 는 기존의 자동 인식 기술들 보다 뛰어난 자료 집적도, 편리성, 보안성, 인식 거리 및 속도 향상 등의 이점으로 인해 최근 급부상한 자동 인식 기술이다 [1]. RFID 시스템은 크게 상품의 정보를 저장하고 있는 태그와 태그에 저장된 상품의 정보를 읽는 리더로 구성되어 있으며, 900 MHz RFID 시스템의 리더와 태그간의 통신 규약은 ISO 18000-6에 의해 표준으로 제정되었다. ISO 18000-6은 세부적으로 Type A, B, C로 나누어져 있다 [2], [3]. 지난 몇 년 동안 900 MHz RFID 시장은 Type B 가 주도하였으나 현재 보다 강력한 기능을 가진 Type C 로 빠르게 대체되고 있다. RFID 시스템을 사용하여 물품의 정보를 읽을 때, 다수의 태그가 동시에 응답하여 태그의 정보를 읽지 못하는 태그 충돌이 발생하는데 이는 RFID 시스템의 성능을 크게 감소시키는 원인이 된다. 따라서 각각의 RFID 표준 프로토콜은 이러한 태그 충돌 문제를 해결하는 충돌방지 알고리즘을 포함하고 있다.

Type A와 C는 slotted ALOHA 프로토콜을 기반으로 한 충돌방지 알고

리즘을 채택하고, Type B는 B-tree 알고리즘을 기반으로 한 충돌방지 알고리즘을 채택하고 있다 [4]. Type A와 C 모두 slotted ALOHA 프로토콜을 기반으로 하지만 Type A는 자체적으로 주어진 태그 개수에 대해서 최적의 슬롯 개수를 결정할 수 없는 것에 반해, Type C는 자체적으로 슬롯의 상태에 따라 주어진 태그 개수에 대한 최적의 슬롯 개수를 결정해 나간다. 그러나 슬롯 개수를 결정하기 위해 사용되는 파라미터들이 명확하지 않아, 이들의 잘못된 결정으로 인한 충돌방지 알고리즘의 성능 저하가 발생할 가능성이 있다.

본 논문에서는 모호한 슬롯 개수 결정 파라미터들로 인한 성능 저하를 극복하기 위해, Type C 충돌방지 알고리즘의 기반이 되는 slotted ALOHA와는 다소 다른 Type C의 특징을 이용하여 주어진 태그 개수에 대한 최적의 슬롯 개수를 결정하는 새로운 충돌방지 알고리즘을 제안한다. 인식해야할 태그의 개수를 알 수 있는 경우, 제안한 알고리즘은 최상의 성능을 나타낸다. 하지만 일반적으로 인식해야할 태그의 개수를 알 수 없는 경우는 적용할 수 없으므로 태그의 개수를 추정하고 제안한 충돌방지 알고리즘을 적용하여 그 성능을 향상시킨다.

본 논문의 2장에서는 ISO 18000-6 Type C에서 제시하는 충돌방지 알고리즘에 대해서 분석하고, 3장에서는 Type C의 특징을 이용한 새로운 충돌방지 알고리즘과 알고리즘의 일반적인 적용을 위한 태그 개수 추정

이 논문은 교육인적자원부 지방연구중심대학육성사업 (차세대 물류 IT 기술연구사업단)의 지원에 의하여 연구되었음.

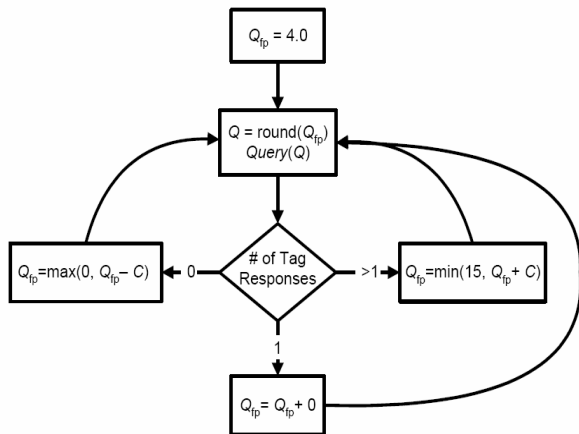


그림 1. Type C가 제시하는 충돌방지 알고리즘 - Q 알고리즘.

알고리즘을 제안한다. 또한, 4장에서는 시뮬레이션을 통해서 Type C에서 제시하는 기존의 충돌방지 알고리즘과 성능을 비교, 분석한다.

2. ISO 18000-6 Type C의 충돌방지 알고리즘

Type C가 제시하는 충돌방지 알고리즘은 slotted ALOHA 프로토콜을 기반으로 하는 Q 알고리즘이다. 그림 1은 ISO 18000-6 Type C에서 제시하는 Q 알고리즘을 나타낸 것이다 [3]. Q 알고리즘은 Q 파라미터를 이용하여 시간을 2^Q개의 슬롯이란 단위로 나누고 각각의 시간 슬롯에 태그들이 랜덤하게 응답하게 함으로써 태그의 충돌을 줄이는 방법이다. 따라서 Q에 따라 충돌방지 알고리즘의 성능이 결정된다. Q는 0에서 15까지의 정수로 이에 따라 생성될 수 있는 슬롯의 개수는 2^Q개에서 2¹⁵개이다. Q값은 Q_{fp}값에 따라 변하게 되는데 Q_{fp}는 유리수 값을 가지는 파라미터이며, Q 값은 정수 값을 가지는 파라미터이다.

Type C가 제시하는 Q 알고리즘은 Q_{fp}의 초기 값을 4로 두고 태그 인식과정을 시작한다. 리더의 질의(Query)에 대해 2^Q개의 슬롯에서 태그들이 랜덤하게 응답할 경우, 다음과 같은 3가지 경우가 발생한다. 첫째, 슬롯에 하나의 태그만이 응답하는 경우는 리더는 태그의 정보를 정확히 읽어 들이고, 현재의 Q_{fp}값을 그대로 유지한다. 둘째, 슬롯에 태그의 응답이 없는 경우는 리더가 아무런 정보도 읽지 못한 채 Q_{fp}값에서 가중치 C(0.1 < C < 0.5, 시뮬레이션에서는 0.33으로 가정하였다)를 뺀다. 마지막으로, 슬롯에 다수의 태그가 응답하는 경우가 발생하는데 이러한 현상을 ‘태그 충돌’이라 부른다. 리더는 해당 슬롯에 응답한 태그들의 정보를 구분하지 못하게 되므로 정보를 읽지 못하고 현재의 Q_{fp}값에 가중치 C를 더한다. 태그 인식과정이 진행됨에 따라 Q_{fp}값에 다수의 덧셈과 뺄셈 연산이 행해지고 반올림 시, Q값이 변화하면 진행 중인 태그 인식과정을 멈추고 변화된 새로운 Q값으로 새로운 태그 인식과정을 시작한다. 모든 태그가 인식될 때까지 위의 과정을 반복한다.

인식해야할 태그의 수가 큰 경우에는 초기 Q값이 크고 C가 작을수록

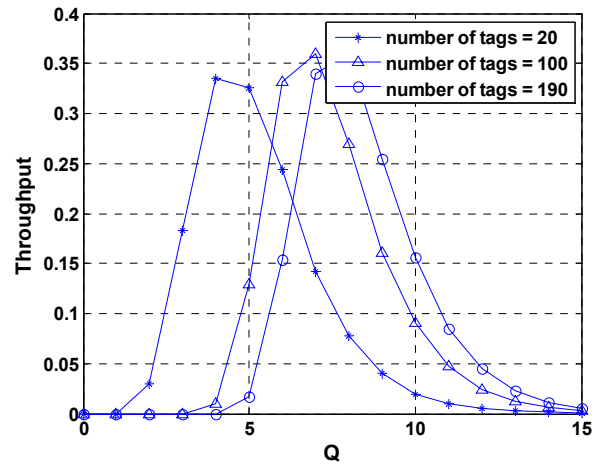


그림 2. Q값에 따른 각 태그의 효율 곡선.

성능이 좋고, 인식될 태그의 수가 작은 경우에는 초기 Q값이 작고 C가 클수록 성능이 좋다. 하지만 Type C에서 제시하는 Q값 결정 알고리즘에는 초기 Q값과 가중치 C에 대한 명확한 기준이 없다. 잘못된 초기 Q값과 C값의 선택은 오히려 충돌방지 알고리즘의 성능을 저하시킬 우려가 있다.

3. 제안하는 충돌방지 알고리즘

A. 인식해야할 태그 수를 아는 경우

2장에서 살펴 본 바와 같이, Type C는 slotted ALOHA 프로토콜을 기반으로 두고 있다. 그림 2는 20, 100, 190개 태그의 Q에 대한 slotted ALOHA의 효율 곡선을 보여주고 있다. Slotted ALOHA 효율 곡선은 각 슬롯의 길이가 모두 같다는 사실을 전제로 한다 [1]. 이는 태그의 응답이 있는 슬롯(인식 슬롯과 충돌 슬롯)이나 없는 슬롯(빈 슬롯)이 차지하는 시간이 모두 같다는 것을 의미한다. Slotted ALOHA 효율 곡선에는 주어진 태그의 개수에 대해서 최고의 효율(인식된 태그의 수 / 슬롯 개수)을 내는 Q값이 존재하는데 이를 Q_s라 정의한다. 인식해야할 태그의 개수를 알 수 있는 경우에는 주어진 태그의 개수에 대한 최고의 효율을 내는 Q_s를 결정할 수 있고, 이 Q_s를 이용하여 충돌방지 알고리즘의 성능을 최적화 할 수 있다.

그러나 실제 Type C 시스템에서는, 태그의 응답이 있는 슬롯이 차지하는 시간이 빈 슬롯이 차지하는 시간에 비해 상대적으로 길다. 이러한 사실을 이용하여 인위적으로 Q_s보다 큰 Q값을 이용하여 전체 슬롯 개수를 늘려 충돌 슬롯 개수는 줄이고 빈 슬롯 개수는 늘린다. 줄어든 충돌 슬롯 개수는 태그 인식시간을 많이 감소시키고, 늘어난 빈 슬롯 개수는 태그 인식시간을 조금 증가시킨다. 따라서 충돌 슬롯 수와 빈 슬롯 수의 비율을 조절하면 전체 태그 인식시간을 감소시킬 수 있다.

최적의 Q값을 결정하기 위해 인식률(인식된 태그의 수 / 인식해야할 전체 태그의 수)곡선을 사용한다. 그림 3은 20, 100, 190개 태그의 Q에

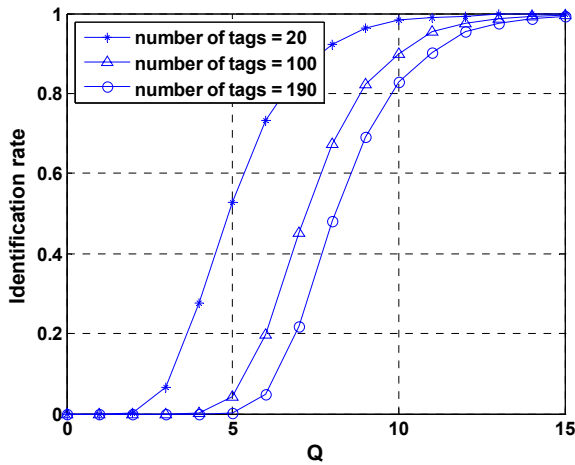


그림 3. Q값에 따른 각 태그의 인식률 곡선.

대한 인식률 곡선을 나타내고 있다. 인식률이 높아짐에 따라 전체 슬롯 개수는 증가하여 빈 슬롯이 증가하고 충돌 슬롯 개수는 감소한다. 인식률을 높이는 것이 충돌 슬롯 개수를 감소시키나, 지나치게 높은 인식률은 빈 슬롯을 기하급수적으로 늘려 오히려 인식시간을 증가시킨다. 시뮬레이션 결과, 주어진 태그의 개수에 대해 인식률이 0.55 보다 낮으면 0.55에 가장 가까운 값을 가지는 Q값을 선택하여 태그 인식과정을 수행하는 것이 최고의 성능을 보였다. 따라서 인식해야할 태그의 개수를 알 수 있는 경우 인식률 곡선을 이용해서 최적의 Q값을 결정할 수 있고, 기존의 충돌방지 알고리즘에 비해 태그 인식 성능을 크게 향상시킬 수 있다.

B. 인식해야할 태그 개수를 모르는 경우

일반적인 경우에는 인식해야할 태그의 개수를 알 수가 없으므로 A절에서 제안한 충돌방지 알고리즘을 적용할 수 없다. 그러므로 태그 개수 추정 알고리즘을 이용하여 모르는 태그의 개수를 추정하고 제안한 알고리즘을 적용한다. 태그 개수 추정 알고리즘은 그림 2의 slotted ALOHA 효율 곡선을 이용한다. 그림에서 알 수 있듯이, 개수 추정 시 Q_{est} 과 그 Q_{est} 에서의 효율을 알고 있다면 어느 태그 개수의 효율 곡선인지를 판별할 수 있다. 즉, 처음 결정한 $2^{Q_{est}}$ 개의 슬롯에 대해 태그 인식과정을 거치고 난 후의 인식된 태그 개수의 비(효율)를 Q_{est} 에서의 효율 곡선들과 비교해서 가장 차이가 적은 태그의 곡선을 태그 개수로 추정한다. 예를 들어, Q_{est} 를 10이라 가정하고 첫 번째 태그 인식 과정을 거쳐 0.15라는 효율을 얻었다고 한다면 이 값은 그림 2에서 태그 개수가 190인 효율 곡선의 값과 차이가 가장 작다. 따라서 태그의 개수를 190개로 추정한다.

그림 2와 3은 제안한 충돌방지 알고리즘과 태그 개수 추정 알고리즘을 설명하기 위해 20, 100, 190개 태그의 경우만을 나타내고 있다. 실제로는 각 그림에 대해서 250개의 태그 곡선들이 존재하고, 그 곡선들을 위의 두 알고리즘에 적용한다.

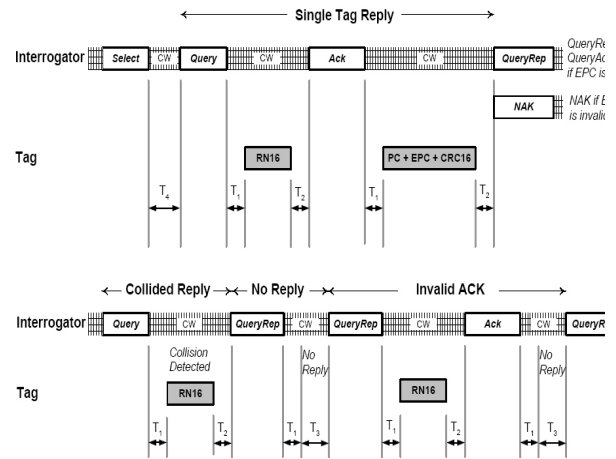


그림 4. Link timing.

표 1. Link timing parameters.

Parameter	Minimum	Typical	Maximum
T_1	$\text{MAX}(\text{RTcal}, 10 T_{pri}) \times (1-FT) - 2\mu\text{s}$	$\text{MAX}(\text{RTcal}, 10 T_{pri})$	$\text{MAX}(\text{RTcal}, 10 T_{pri}) \times (1+FT) + 2\mu\text{s}$
T_2	$3.0 T_{pri}$		$20.0 T_{pri}$
T_3	$0.0 T_{pri}$		
T_4	2.0RTcal		

Q_{est} 값이 커질수록 추정 알고리즘의 정확도가 올라가지만 Q_{est} 값이 지나치게 커지면 슬롯의 개수가 기하급수적으로 늘어나 전체 태그 인식 시간이 증가한다. 다시 말하면, 추정 알고리즘의 정확도와 충돌방지 알고리즘의 성능 사이에는 Trade-off가 존재한다. 따라서 최적의 충돌방지 성능과 추정 정확도를 가지도록 Q_{est} 값을 결정해야 한다. 실제 RFID 시스템 사용 시, 250개 이상의 물품을 단번에 인식해야할 경우는 없다고 가정하고 시뮬레이션을 통해 250개 이하의 태그에서는 Q_{est} 값으로 9가 가장 적합함을 알 수 있었다.

4. 시뮬레이션 결과

제안한 알고리즘의 성능을 분석하기 위하여 시뮬레이션 환경을 다음과 같이 설정하였다. 태그의 충돌방지 알고리즘의 성능에 영향을 미치지 않는 frequency hopping은 무시하였다. R→T (Reader to Tag) 전송에서는 1 T_{ari} (Reference time interval for a data-0 in reader-to-tag signalling)을 12.5 μs 로 하나의 bit가 차지하는 시간을 1.5 T_{ari} 로 가정하였다. T→R (Tag to Reader) 전송에서의 Link Frequency는 160 kHz로 두었다. 리더가 태그의 존재를 인식하는 Ack 명령을 보내면 태그는 PC (16 bits), EPC(96 bits), CRC-16(16 bits)을 전송한다. 그림 4는 Type C의 Link timing이고 표 1은 Link timing

parameter이다.

시뮬레이션 결과는 다음과 같다. 그림 5는 인식해야할 태그의 개수

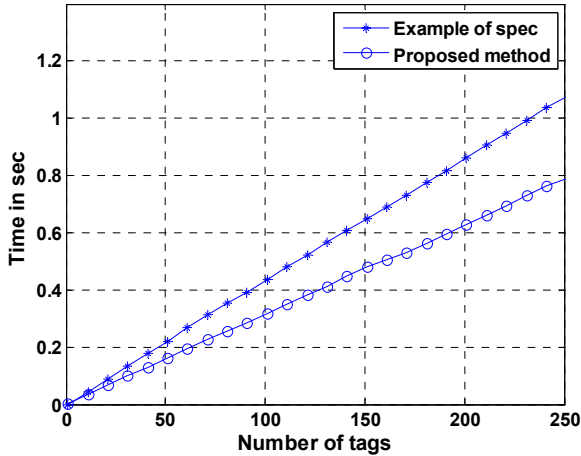


그림 5. 제안한 방법의 태그 인식 시간.

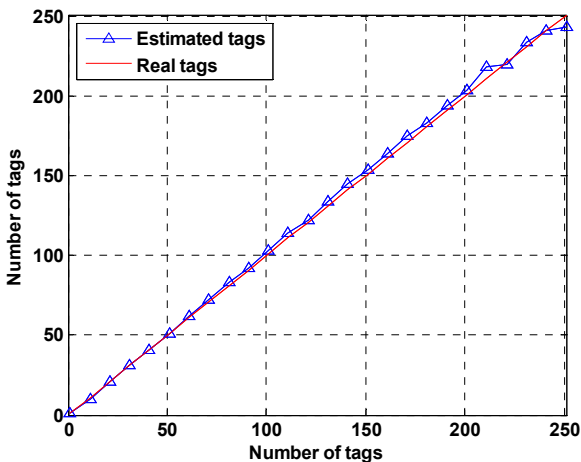


그림 6. 추정 알고리즘의 태그 개수 추정 결과.

를 알고 있는 경우에 제안한 충돌방지 알고리즘을 적용한 전체 태그 인식시간을 나타낸다. Type C에서 제시한 기존 충돌방지 알고리즘에 비해 단위 시간 당 약 37% 많은 개수의 태그를 인식한다. 그림 6은 태그 개수 추정 알고리즘의 결과를 나타낸다. 최대 250개 이하의 태그에서는 Q_{est} 값을 9로 설정하면 태그의 개수를 정확하게 추정한다. 그림 7은 인식해야할 태그의 개수를 모르는 일반적인 경우, 태그 개수 추정 알고리즘을 이용하여 태그 개수를 추정하고 제안한 알고리즘을 적용한 전체 태그 인식시간을 나타낸다. 100개 이하의 태그에서는 태그 개수 추정 알고리즘으로 인해 태그 인식시간이 기존 충돌방지 알고리즘보다 길지만, 100개 이상의 태그에서는 태그 인식시간이 기존 충돌방지 알고리즘에 비해 짧다. 전체적으로 기존 충돌방지 알고리즘에 비해 단위 시간 당 약 18.5% 많은 개수의 태그를 인식한다.

5. 결론

물류 유통 산업분야에서 RFID 시스템을 사용하는 경우 인식해야 할

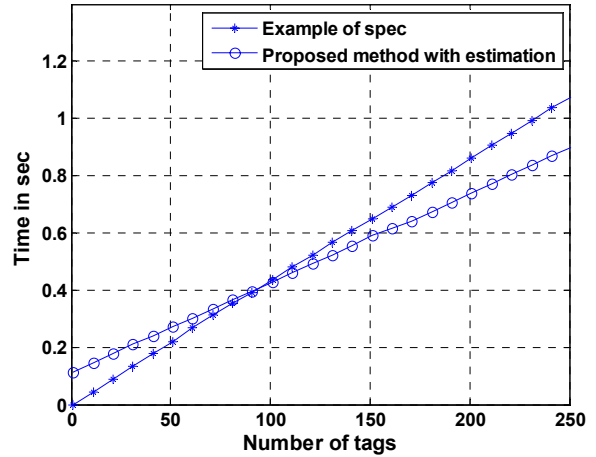


그림 7. 태그 개수 추정 알고리즘을 사용한 제안한 충돌방지 방법의 태그 인식 시간.

물품의 총 수량을 알 수 있는 경우가 종종 생긴다. 이러한 경우 제안한 충돌방지 알고리즘을 사용하면 Type C에서 제시하는 기존의 충돌방지 알고리즘에 비해 단위 시간 당, 태그 인식 개수를 37% 향상시킬 수 있다. 일반적으로 물품의 총 수량을 알 수 없는 경우, 태그 개수 추정 알고리즘을 통해 태그의 개수를 추정하여 제안한 충돌방지 알고리즘을 적용하면 단위 시간 당 태그 인식 개수를 18.5% 향상시킬 수 있다.

ISO 18000-6 Type C RFID 시스템의 전체 성능 향상을 위한 충돌방지 알고리즘은 그 중요성에도 불구하고, 국내에서 이에 대한 분석이나 성능 향상 연구는 미미하다. 이는 Type C가 이미 정형화된 충돌방지 알고리즘을 포함하고 있기 때문이기도 하다. 그러나 본 논문에서 보았듯이 충돌방지 알고리즘 성능을 개선할 여지는 여전히 남아있다. 본 논문을 계기로 ISO 18000-6 Type C의 충돌방지 알고리즘에 대한 분석 및 연구가 활성화될 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] Klaus Finkenzeller, RFID Handbook, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1997.
- [2] "Information technology automatic identification and data capture techniques -radio frequency identification for item management air interface -part 6: parameters for air interface communications at 860-960MHz," ISO/IEC FDIS 18000-6, Nov. 2003
- [3] "Radio-frequency identification for item management - part 6C: parameters for air interface communications at 860MHz to 960MHz," ISO/IEC_CD 18000-6C, January 2005.
- [4] "Part 1: Understanding the EPC Gen 2 protocol" , RFID Journal Special Report, Mar. 28, 2005