

Gen2 리더 시스템의 개선된 충돌방지 유닛 설계

정희원 심재희*, 이용주*, 이용석*

Design of an Improved Anti-Collision Unit for an RFID Reader System Based on Gen2

Jae-Hee Sim*, Yong-Joo Lee*, Yong-Surk Lee* *Regular Members*

요약

본 연구에서는 UHF 대역의 18000-6 Type C Class 1 Generation 2(이하 Gen2) 표준의 충돌방지 알고리즘을 사용하여 개선된 충돌방지 알고리즘을 제안하고 이를 토대로 충돌방지 유닛을 설계하였다. Gen2 표준은 슬롯 알고리즘 계열에서 비교적 높은 성능을 가지는 증가형 방식을 채택하여 사용하고 있으며, 이를 위해 Q 알고리즘을 제시하고 있다. 하지만 슬롯 카운터 선택 파라미터 Q에 따른 가중치 C값과 초기 Q_{fp} 값, 태그 식별 종료 시점의 세 가지 조건에 대한 정확한 정의가 되어 있지 않아, 잘못된 값 선택으로 인한 성능의 저하가 우려된다. 따라서 본 연구에서는 기존 알고리즘의 정의되지 않은 부분을 고려하여 개선된 충돌방지 알고리즘을 제안한다. 최적의 C값과 초기 Q_{fp} 값을 적용하여 실험한 결과, 최대 식별 효율은 34.8%이었고, 식별 종료 시점 조건을 추가하였을 경우 34.7%였다. 개선된 Q 알고리즘을 이용한 충돌방지 유닛을 Verilog HDL을 사용하여 설계하였다. Synopsys 사의 Design Compiler를 이용하여 합성하였으며, TSMC 0.25 μ m 공정 표준 라이브러리를 이용하였다. 합성 결과 설계된 모듈의 게이트 수는 3,847개이며, 제안된 클럭인 19.2MHz에서의 동작을 충분히 만족하였다.

Key Words : RFID, Gen2, Q_{fp} , 가중치 C, 식별 종료 시점

ABSTRACT

In this paper, we propose an improved anti-collision algorithm. We have designed an anti-collision unit using this algorithm for the 18000-6 Type C Class 1 Generation 2 standard (Gen2). The Gen2 standard uses a Q-algorithm for incremental method on the Dynamic Slot-Aloha algorithm. It has basically enhanced performance over the Slot-Aloha algorithm. Unfortunately, there are several non-clarified parts: initial Q_{fp} value, weighted C, and the ending point of the algorithm. If an incorrect value is selected, it causes degradation in performance. Thus we propose an improved anti-collision algorithm by clearly defining the vague parts of the existing algorithm. Simulation results showed an improved performance of up to 34.8% using an optimized value of C and the initial Q_{fp} value. With the ending condition, performance is 34.7%. The anti-collision unit is designed using the Verilog HDL. The module was synthesized using Synopsys' Design Compiler and the TSMC 0.25 μ m standard cell library. The synthesized result yielded 3,847 gates, and was guaranteed under the proposed working frequency of 19.2MHz.

* 연세대학교 전기전자공학과 프로세서 연구실 (jhsim@dubiki.yonsei.ac.kr)

논문번호 : KIC2007-12-548, 접수일자 : 2007년 12월 7일, 최종논문접수일자 : 2009년 1월 21일

I. 서 론

RFID(Radio Frequency IDentification)란 IC칩과 무선통신을 이용하여 대용량의 정보를 이용, 처리하는 기술을 말한다. 사물에 태그를 부착하고 리더와의 통신을 통해 사물의 정보를 저장, 수집, 가공 및 추적하여 사용자가 정보를 활용할 수 있도록 한다. 현재 RFID 기술 수준은 고정된 개체 인식코드 획득 수준에 머물러 있지만, 향후 주변 환경 인지기능과 개체간 통신기능, 상황 인지능력 등이 부가되어 유비쿼터스 센서로서의 역할이 더욱 확대될 것으로 기대되고 있다. 이러한 RFID 기술의 적용과 사용범위의 확대를 위해서는 태그의 저가격과 저전력, 초소형화, 사용자의 보안 및 프라이버시 문제 등과 함께 다중 태그 식별 문제를 해결해야 한다¹⁾.

RFID 시스템은 하나의 리더에 많은 태그들이 응답하는 다중 접속 시스템의 형태로 이루어져 있다. 특히, RFID 시스템에서 현재 대부분을 차지하고 있는 수동형 RF 태그는 내부 전원을 탑재하고 있지 않아 그 능력이 제한적이다. 따라서 다른 태그들과의 통신이 불가능하기 때문에 태그들 간의 동시 응답이 이루어져 충돌이 발생하게 된다. 이러한 충돌은 RFID 기술을 대량의 물품을 실시간으로 식별해야 하는 대규모 전자 물류시스템과 같은 응용분야에 적용하기 위해서 반드시 해결을 해야 하는 문제이다. 따라서 본 논문에서는 다중 태그의 식별 문제를 해결하기 위한 방법인 충돌방지 알고리즘에 대해 알아보고 개선방안을 제시한다.

본 논문의 순서는 다음과 같다. II절에서는 현재 RFID 시스템에서 사용하고 있는 충돌방지 알고리즘과 Gen2의 충돌방지 알고리즘에 대해서 알아본다. III절에서는 제안하는 RFID 시스템의 충돌방지 알고리즘에 대한 설명과 IV절에서 시뮬레이션 결과 및 합성결과를 제시하고 마지막으로 V절에서 결론을 맺는다.

II. 기존의 충돌방지 알고리즘

2.1 기존 연구

현재 사용되고 있는 충돌 방지 알고리즘은 크게 이진 탐색 방식(Binary Search Algorithm)과 슬롯 알고리즘(Slotted ALOHA Algorithm)으로 나눌 수 있다²⁾. 특히, 슬롯 알고리즘은 태그가 리더의 질의에 응답할 수 있는 시간 간격을 슬롯(slot)으로 정의하여 이 간격 내에 태그의 고유 번호를 전송하

도록 함으로써 동시에 응답하는 태그의 개수를 줄인다. 슬롯 알고리즘을 기본 프레임 알고리즘, 동적 슬롯 알고리즘, 태그 수 추정 알고리즘으로 나눌 수 있다.

기본 프레임 알고리즘 알고리즘은 N개의 슬롯들로 이루어진 프레임의 크기가 고정되어 있는 알고리즘이다. 리더는 요청 메시지를 브로드캐스트(Broadcast)할 때, 태그들에게 프레임 크기와 슬롯 선택에 대한 정보를 제공한다. 이때 각 태그들은 요청메시지와 함께 전송된 정보를 이용하여 프레임 내에서 자신이 사용할 슬롯을 선택한다³⁾.

동적 슬롯 알고리즘 알고리즘은 충돌슬롯과 빈 슬롯의 수를 고려하여 프레임의 크기를 변화시키는 방식이다. 동적 슬롯 알고리즘은 그 구현방법에 따라 많은 변형 알고리즘이 존재하는데 대표적으로 증가 방식(incremental method) 알고리즘과 멈춤 방식(stopping method) 알고리즘이 있다. 증가 방식 알고리즘은 다른 슬롯 알고리즘에 비해 비교적 높은 성능을 가진다³⁾. 기준점을 정하고 이전에 인식된 동작들의 충돌 슬롯 개수와 빈 슬롯 개수를 누적하여 그 수가 기준점 이상일 경우에 프레임의 크기를 증가 또는 감소시키는 방식으로 프레임의 크기를 조절한다. 멈춤 방식 알고리즘은 큰 프레임을 이용하여 리드 사이클이 동작 하는 동안 태그 신호가 충돌 없이 인식되면 인식 과정을 멈추고 다시 시작하여 다음 태그를 읽는 방식이다.

태그 수 추정 알고리즘 알고리즘은 태그의 개수를 추정하여 프레임의 크기를 조절하는 방식이다. 전 리드 사이클을 통해 얻은 충돌 슬롯, 빈 슬롯, 인식된 슬롯의 수를 이용하여 태그의 개수를 추정하고 다음 리드 사이클의 프레임 크기를 변경시킨다. 현재 태그 추정에 대한 여러 가지 방법이 연구되고 있다.

2.2 Gen2 충돌방지 알고리즘 및 문제점

Gen2 표준은 기본적으로 동적 슬롯 알고리즘 알고리즘을 채택하고, 슬롯 카운터 선택 알고리즘을 이용하여 증가형 방식을 적용하고 있다. 슬롯 카운터 선택 알고리즘은 태그가 리더로부터 슬롯 카운터 파라미터인 Q 값을 전송받아 총 슬롯 개수인 2^Q 값 내에서 자신이 응답할 슬롯 값을 랜덤하게 선택하여 응답하는 방식이다. 슬롯 카운터 선택 알고리즘에서는 Q 값을 변경하기 위한 파라미터로 가중치 C와 Q의 실수 값인 Q_{fp} 가 사용된다. Q_{fp} 는 최소 0에서 최대 15사이의 값을 가질 수 있으며, 가중치

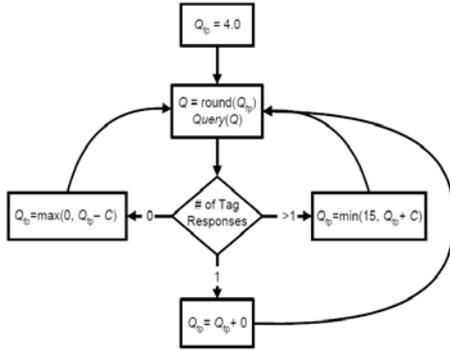


그림 1. Gen2 충돌방지 알고리즘

C는 0.1에서 0.5사이의 값을 갖는다. 태그 응답에 따라 기존의 Q_p 값에 가중치 C를 더하거나 빼는 것을 반복함으로써 Q값을 설정한다. Q 값이 변경되면 태그에 다시 전송하고 변경된 Q값을 받은 태그는 2^Q 범위 내에 새로운 랜덤 값을 생성하게 된다.^[4] 그림 1은 표준에서 제시하는 Q 알고리즘의 흐름도이다.

그러나 표준에서는 몇 가지 정의되지 않은 부분이 있어 알고리즘 구현 시에 어려움이 따른다. 먼저, Q에 따른 가중치 C값을 정의해두고 있지 않으며, 단지 Q값이 클 경우에는 상대적으로 작은 C를, Q값이 작을 경우에는 큰 C값을 선택하는 것을 제안한다. 충돌방지 알고리즘이 태그의 개수에 따른 적절하지 못한 C 값을 가지게 되는 경우 Q값의 변동이 잦아지게 되며, 또한 Q값이 변하게 되면 태그는 그 때마다 새로운 랜덤수를 생성하여야 한다. 그러므로 영역 내의 태그를 읽는 시간이 증가하게 되고 이에 따라 리더의 성능이 저하된다. 두 번째로, 초기 Q_p 값의 정의 또한 되어 있지 않으며, 단지 전체 알고리즘을 설명하기 위하여 실수 값 4.0을 한 예로서 설정하였다. 태그 수에 비해 너무 작거나 큰 초기 Q_p 값은 첫 리드 사이클에서 빈 슬롯의 낭비나 충돌 슬롯의 증가로 이루어져 성능의 변화가 예상되기 때문에 적절한 기준이 필요하다. 마지막으로, 리드 사이클을 어느 시점에 끝내야 적합할 것인지 대한 내용 즉, 영역 내의 모든 태그를 인식한 후의 적절한 종료 시점에 대한 내용이 제시되어 있지 않다. 수동 RFID 시스템은 현재 남아 있는 태그의 개수를 알 수 없기 때문에 식별 종료 시점에 대한 기준을 정의하기가 모호하고 표준에서도 그 부분에 대한 언급은 하지 않고 있다. 남아 있는 태그가 없을 경우에 충돌 방지 알고리즘을 실행한다면 슬롯

의 낭비를 초래하여 성능의 영향을 미칠 수 있으며, 또한 아직 인식되지 않은 태그가 남아있는 상태에서 태그 읽기를 중단한다면 정확한 태그의 정보를 얻지 못하게 되므로 실제 RFID 시스템을 사용하는 경우에는 큰 문제가 될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이 세 가지 문제점을 개선한 충돌방지 알고리즘을 제안한다.

III. 제안하는 충돌방지 알고리즘

3.1 가중치 C값 결정

본 연구에서는 표준에서 제시하는 Q와 C사이의 반비례 관계인 점을 이용하여 그래프 모델을 제시하고 이를 적용하여 최적의 성능을 보이는 C값을 찾으려 하였다. 좀 더 세부적이고 정확한 결과를 위해 실수값 Q_p 와 C를 사용하였으며 반비례 형태를 가지는 세 가지 그래프 모델을 이용하였다. 표준에서 규정한 Q_p 와 C의 최솟값과 최댓값인 (0, 0.5), (15, 0.1)을 기본 식에 대입하여 계수를 구하고 각 경우에 대한 성능을 분석하였다.

첫 번째 모델로 채택한 식은 기본 일차 선형 반비례식인 $y = ax + b$ 이며 결과 식은 식(1)과 같다.

$$C = -\frac{0.4}{15} Q_p + 0.5 \quad \text{식 1}$$

두 번째 모델로 채택한 식은 일차 비선형 반비례식 $y = \frac{b}{x+a}$ 이다. Q 값이 '0'인 경우에는 C가 무한대 값을 가지게 되므로 x에 상수 a를 더한 것을 분모로 하여 결과 식(2)을 구하였다^[5].

$$C = \frac{1.875}{Q_p + 3.75} \quad \text{식 2}$$

세 번째 모델로 채택한 식은 이차 방정식의 $y = ax^2 + b$ 을 이용하였으며, 두 점을 대입한 결과 식은 식(3)과 같다.

$$C = -\frac{0.4}{15^2} (Q_p)^2 + 0.5 \quad \text{식 3}$$

실험에서 초기 Q_p 는 표준에서 예로 제시한 4.0을 적용하였다. 태그의 개수는 총 100개부터 1000개 까지 100개씩 증가시키며 각 태그 개수 당 10회 반복하여 얻은 결과의 평균을 비교하였다. 랜덤함수를 통해 태그에 $2^Q - 1$ 범위 내의 슬롯을 선택하도록 하였으며, 슬롯 선택과 동시에 초기 flag 값을 '0'으로 설정하였다. flag값은 태그 리더의 응답에 충

들 없이 인식되었을 경우 그 값을 '1'로 바꾸어, 중복 된 태그가 읽히는 것을 방지 하는 기능을 한다. 따라서 리더는 자신의 슬롯 값과 flag 값이 '0'인 태그만을 인식하며, 충돌이 일어난 태그들은 다음 응답을 위해 자신의 슬롯 값을 0에서 2^Q-1 로 변경하여 인식될 때까지 감소를 반복한다. 시뮬레이션 시에는 태그의 개수를 알 수 있으므로 남은 태그 개수가 '0'일 때 시뮬레이션을 마치도록 함으로써 모든 태그가 응답하도록 하였다. 본 논문에서는 태그의 응답을 받아 충돌, 무응답, 성공 여부에 따라 Q 값을 변경하는 것 까지를 하나의 리드 사이클이라 정의하였으며, 총 태그 개수를 사이클 수로 나눈 값 즉, 식별 효율을 통해 충돌 방지 알고리즘의 기본 성능을 평가하였다⁷⁾.

3.2 초기 Q_{fp} 값 결정

본 연구에서는 초기 Q_{fp} 값을 지정하는 방식과 태그 수 추정 알고리즘을 사용하는 방식 두 가지로 각각 실험하였다. 태그 수 추정 방식에서는 $n' = 2.39 \times n_c$ (n' : 남은 태그 수, n_c : 충돌 슬롯 개수)[6]을 적용하여 태그 개수를 추정하며 추정된 태그 수를 통해 적절한 Q_{fp} 값을 설정한다. 초기 값 지정 방식은 0부터 15까지의 값을 각각 적용하여 최적의 Q_{fp} 값을 찾는다. 각각 100개부터 1000개까지의 태그를 인식하고 식별효율이 높은, Q_{fp} 를 최적의 값으로 결정하였다.

3.3 태그 식별 종료 시점 결정

본 연구에서는 Q_{fp} 값을 이용하여 식별 종료 시점을 정의 하였다. 증가방식 슬롯 알고리즘은 태그의 개수가 줄어들에 따라 Q의 값도 감소하게 되고 태그의 개수가 '0'이 되면 빈 슬롯 응답이 지속적으로 이어지기 때문에 Q_{fp} 값은 점점 감소하게 되어 결국 '0'이하의 값을 가지게 된다. 따라서 본 논문에서는 Q_{fp} 값이 0이하로 감소하는 지점을 식별 종료시점으로 정의하였다.

IV. 시뮬레이션 결과

4.1 Q 값에 따른 최적의 가중치 C 결정

3-1절에서 제안한 식 (1),(2),(3)의 시뮬레이션 결과는 그림 2와 같다. 2번째 비선형 반비례 모델을 적용하였을 때 가장 식별 효율이 높았고, 따라서 Q_{fp} 값이 클 경우에는 기울기가 크며, Q_{fp} 값이 작

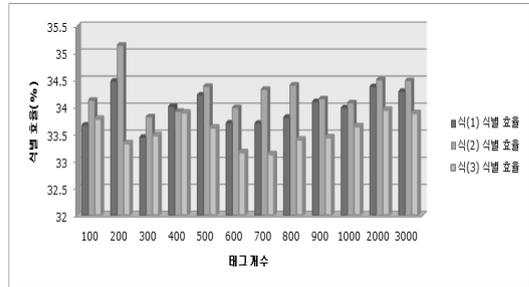


그림 2. 식 1,2,3을 적용하여 측정된 식별효율

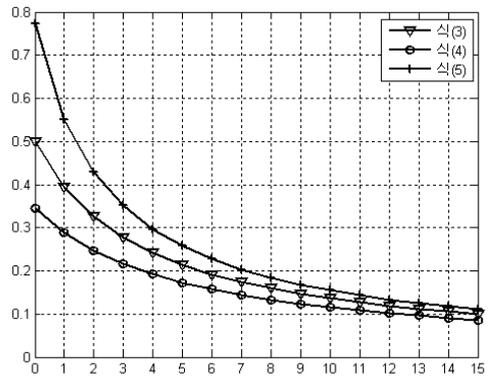


그림 3. 식(3), 식(4), 식(5)의 그래프 형태

을 경우에는 작은 기울기를 가지는 그래프 형태가 태그 인식 효율이 높다는 결과를 얻을 수 있다. 최적의 결과를 얻기 위해 식(3)을 토대로 Q_{fp} 값에 따른 기울기를 달리하여 측정하였다. 적용한 모델은 식(4)와 식(5)이며, 그림 3을 통해 그래프 형태를 확인할 수 있다.

$$C = \frac{1.93}{Q_{fp} + 2.5} \quad (\text{식 4})$$

$$C = \frac{1.73}{Q_{fp} + 5.0} \quad (\text{식 5})$$

식(3)과 식(4) 식(5)에 대한 시뮬레이션 결과는 그림 4에 나타나있다. 결과를 보면 식 4는 태그의 개수가 300개 미만인 경우에 가장 적은 리드 사이클 개수를 가지며 식 (5)는 태그의 개수가 300개 이상인 경우에 리드 사이클의 개수가 적어 각각 다른 경우에서 높은 효율을 가진다. 식(5)의 그래프 기울기는 Q_{fp} 값이 작은 경우에 가장 가파르며 식(4)는 완만한 형태를 가진다. 따라서 태그의 개수가 300개 미만인 경우에는 작은 기울기의 비선형 반비례 그래프를 적용하고 태그의 개수가 300개 이상인 경우에는 식 (5)와

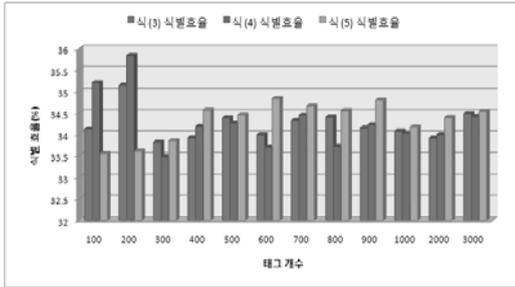


그림 4. 식 3,4,5을 적용하여 측정된 식별 효율

같은 급격한 기울기를 가지는 그래프를 적용하여 총 리더 사이클 수를 줄일 수 있다.

4.2 초기 Q_{fp} 값 결정

본 논문에서는 초기 Q_{fp} 값을 결정하기 위하여 두 가지 방법의 실험을 하였으며, 초기 Q_{fp} 값을 0부터 15까지 지정하여 실험한 경우가 식별 효율이 더 높음을 확인할 수 있다. 태그 수 추정의 경우에는 충돌 슬롯의 개수를 측정하는 초기 태그 인식 부분에서 고정된 슬롯 알고리즘이 사용되고, 이에 따라 태그의 수가 적을 경우에는 빈 슬롯이 증가하며, 태그의 수가 많은 경우에는 충돌 슬롯이 증가하지만 한 프레임이 종료 될 때까지 슬롯의 변화가 없으므로 초기 프레임의 성능 저하가 전체 성능의 저하로 이어지게 된다.

초기 값 지정 방식의 경우 실험 결과 그림 5에서 볼 수 있듯이 초기 Q_{fp} 값이 7.0과 11.0 사이의 값을 가질 경우 식별 효율이 다소 증가함을 알 수 있었다. 이는 Q 알고리즘에서 예로 제시한 4.0보다 큰 값이며, 초기 Q_{fp} 값이 커 프레임 크기가 커지면 리더 사이클에서의 충돌이 감소하고 슬롯 개수의 변경 없이 인식 되는 태그의 수가 증가하게 되어 총 리더 사이클 수가 줄어드는 결과로 이어지는 것이다. 따라서 초기 Q_{fp} 값을 7.0과 11.0 사이의 값

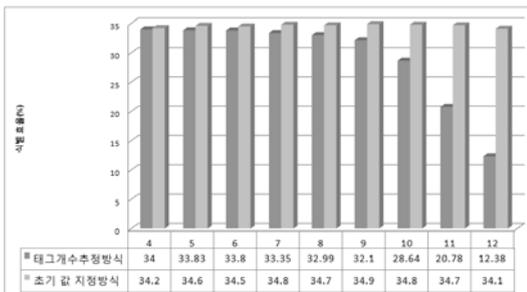


그림 5. 초기 Q_{fp} 값 시뮬레이션 식별 효율 결과

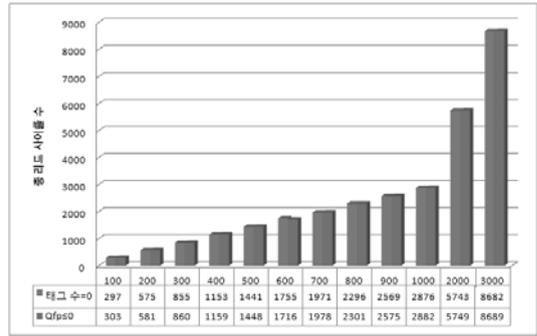


그림 6. 식별 종료시점을 적용한 리더 사이클 수

으로 적용하면 성능을 다소 향상 시킬 수 있으며, 태그 개수가 많은 경우에는 좀 더 높은 성능 향상을 얻을 수 있다.

4.3 식별 종료시점 결정

본 연구에서 제안한 알고리즘을 이용하면 Q_{fp} 값이 작을수록 큰 가중치를 가지게 되므로 빈 슬롯의 증가로 인한 슬롯 낭비는 크지 않다. 그림 6은 식 (5)의 가중치를 이용하여 태그의 개수가 '0'일 경우 즉, 모든 태그의 인식이 끝났을 경우와 $Q_{fp} \leq 0$ 이었을 경우의 조건으로 구한 총 리더 사이클의 개수를 나타낸다. 실험 결과 두 경우의 총 리더 사이클 개수 차이가 약 6개로 작은 차이를 보이며, 식별 효율의 차이도 0.1%로 빈 슬롯으로 인한 성능 저하가 크지 않음을 확인할 수 있다. 따라서 이러한 조건을 적용하면 복잡한 식의 계산 없이 영역 내의 모든 태그를 식별할 수 있다.

4.4 충돌 방지 알고리즘의 성능 비교

기존 알고리즘의 슬롯 효율과 제안한 알고리즘의 식별 효율의 성능비교가 그림 7에 나타나있다. 기존 알고리즘의 평균 식별 효율은 가중치 C와 초기 Q_{fp} 값을 변화시켜가며 얻은 데이터들의 평균 리더 사

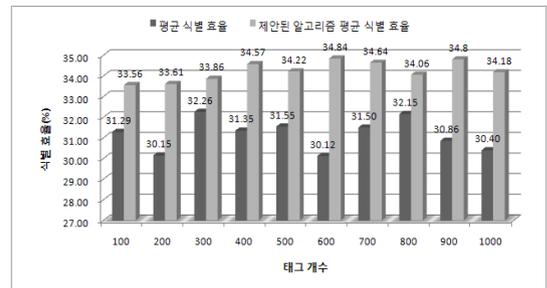


그림 7. 기존 알고리즘과 제안된 알고리즘의 성능 비교

V. 결 론

본 연구에서는 Gen2표준에서 제시하는 슬롯 알고리즘을 개선하여 충돌방지 알고리즘에서 Q에 따른 가중치 C와 초기 Q_{fp} 값 그리고 태그 식별 종료 시점에 대한 정의가 명확하게 되어 있지 않은 점을 보완하여 개선된 Q 알고리즘을 제안하였다. 실험 결과 최악의 조건의 경우 식별 효율이 최대 27%까지 감소하는 경우가 생김을 확인할 수 있었고 개선된 충돌방지 알고리즘을 적용하여 평균 식별 효율이 34.2%로 증가함으로써 성능의 증가를 확인할 수 있었다.

현재 연구되는 충돌방지 알고리즘 대부분인 태그 수 추정 방식은 복잡한 과정을 거치게 되므로 하드웨어 설계 시 면적의 증가로 이어지며 리더의 단가가 증가하는 결과를 초래하게 된다. 또한 하나의 프레임이 끝난 후의 결과를 토대로 태그의 개수를 추정하기 때문에 지정된 프레임의 수행 동안에는 슬롯의 수를 변경시킬 수 없어 자칫 추정 태그 개수가 정확하지 않은 경우에 더 많은 충돌을 야기시키거나, 빈 슬롯의 개수를 증가시키는 결과를 가져온다. 또한 식별 종료 시점에 대한 과정 역시 복잡한 과정을 거치며 이러한 충돌 방지 알고리즘의 복잡성 때문에 MCU(Micro Controller Unit)로 충돌방지 알고리즘을 처리할 경우에는 데이터 처리량이 태그 응답 속도를 따라갈 수 없는 경우가 생길 수 있다.

따라서 본 연구에서 제시한 알고리즘은 실질적인 하드웨어 설계를 위한 방안으로 하드웨어로 복잡도를 줄이고 리더의 성능을 개선시킬 수 있다. 그 동안의 충돌방지 알고리즘이 단순히 수식적인 성능의 증가를 내세웠던 것과 달리 실질적인 하드웨어 설계를 위한 알고리즘을 제시함으로써 앞으로의 RFID 시스템의 성능에 많은 도움이 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김정근, 이계경, “UHF 대역 RFID 시스템의 충돌방지 기술 동향”, *한국통신학회지* 제 23권 제 12호
- [2] 이수련, 이채우, “RFID 시스템의 다중 인식 기술 현황”, *한국전자과학회지* 제 15권 제 2호 2004년
- [3] Tao C, Li J, “Analysis and Simulation of RFID Anti-collision Algorithms”, *ICACT* 2007
- [4] ISO/ISE 18000-6C : Parameter for air interface communications at 860MHz to 960MHz, 2005.
- [5] Yong-joo Lee, SH Kim, JH Sim and YS Lee,

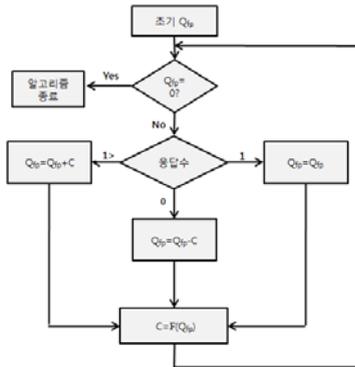


그림 8. 개선된 충돌방지 알고리즘

이클을 태그의 개수로 나누어 구하였다. 제안한 알고리즘의 식 (5)를 이용한 가중치 C 값을 적용하였으며, 초기 Q_{fp} 를 9.0으로 하여 최적의 성능을 얻었다. 태그의 개수는 100개부터 1000개 까지 100개씩 증가하며 실험하였고 각 각 총 10번을 반복하여 평균값을 구하였다. 실험 결과 기존 알고리즘의 효율과 제안한 알고리즘의 효율간의 큰 차이는 없다. 이는 증가 방식 알고리즘의 성능이 다른 알고리즘에 비해서 비교적 높고 평균 값 또한 슬롯 알고리즘의 최대치인 36.8%에 근접하기 때문이다. 하지만 제안된 알고리즘은 기존 알고리즘에서 언급되어 있지 않아 자칫 성능을 저하시킬 수 있는 요인을 명확히 함으로써 본래의 증가형 동적 슬롯 알고리즘의 성능을 유지하고 기존 알고리즘을 개선함으로써 평균 31.2%의 식별 효율을 34.2%로 향상시켜 좀 더 최대치에 접근하는 결과를 얻었다. 본 연구에서 제안한 알고리즘의 완성도는 그림 8에 제시되어 있다.

4.5 합성결과

본 연구에서 설계된 충돌방지 유닛은 Synopsys™의 Design Compiler 을 이용하여 TSMC 0.25um 공정의 표준 셀 라이브러리를 이용하여 합성하였다. 합성 결과는 표 1와 같으며 설계된 유닛은 클럭 19.2MHz에서 충분히 동작 가능함을 알 수 있다.

표 1. 합성 결과

합성조건	합성결과
라이브러리	0.25um 표준 셀 라이브러리
equivalent gates (2-input NAND gate)	3847.08
타이밍 정보(ps)	1627.24

“A New RFID Active Tag Anti-collision Algorithm Fully Compatible With an ISOIEC_CD 18000-6C Generation 2 Standard”, *The 22nd ITC-CSCC*, Vol.2, July, 2007.

- [6] Leian Liu, Shengli Lai, “ALOHA-based Anti-collision Algorithm Used in RFID System”, *SAINTW'06* 2006.
- [7] 권성호, 모희숙, 최길영, 표철식, 채종석, “Gen2 기반 RFID 시스템에서의 충돌방지 알고리즘에 관한 연구”, *한국통신학회논문지* 06-6 Vol.31 No.6B, 2006.

심 재 희(Jae-Hee Sim)

정회원



2006년 2월 경희대학교 전기전
자공학과 학사
2006년 3월~현재 연세대학교
전기전자공학과 석사과정
<관심분야> ASIC, RFID

이 용 주(Young-Joo Lee)

정회원



1999년 8월 연세대학교 전자
공학과 학사
2001년 8월 연세대학교 전기
전자공학과 석사
2001년 9월~현재 연세대학교
전기전자공학과 박사과정
<관심분야> ASIC, RFID 마이

크로프로세서

이 용 석(Yong-Surk Lee)

정회원



1973년 2월 연세대학교 전기공
학과 학사
1977년 2월 Univ. of Michigan,
Ann Arbor 석사
1981년 2월 Univ. of Michigan,
Ann Arbor 박사
1993년~현재 연세대학교 전기
전자공학과 교수

<관심분야> 마이크로프로세서, 네트워크 프로세서,
ASIC, SoC