

능동형 RFID 시스템에서 태그 수집 성능 향상을 위한 효율적인 태그 슬립 기법

종신회원 윤원주*, 정상화*^o, 준회원 박신준**

An Efficient Tag Sleep Method for Improving Tag Collection Performance in Active RFID Systems

Won-Ju Yoon*, Sang-Hwa Chung* *Lifelong Members*, Shin-Jun Park** *Associate Member*

요 약

본 논문에서는 능동형 RFID 시스템에서 태그 수집 성능을 향상시키기 위해 빈 시간 슬롯을 활용하는 효율적인 태그 슬립 기법을 제안한다. 제안하는 태그 슬립 기법에서 리더는 프레임 슬롯 알로하 기반의 태그 수집 과정 동안 캐리어 신호의 감지를 통해 빈 시간 슬롯의 발생을 검출하고 낭비되는 빈 시간 슬롯을 수집된 태그들에게 슬립 명령어를 전송하는데 활용하여서 결과적으로 태그 수집에 소요되는 시간을 감소시킨다. 본 논문에서는 시뮬레이션 실험을 통해 제안하는 태그 슬립 기법을 적용한 태그 수집의 성능을 일반적인 태그 수집의 성능과 비교하여 평가하였다. 시뮬레이션 결과는 제안하는 태그 슬립 기법을 적용한 태그 수집 방식이 128개와 256개의 고정 시간 슬롯을 가지는 프레임 슬롯 알로하 및 동적 프레임 슬롯 알로하 충돌방지 프로토콜들이 사용되었을 때, 각각 12.28%, 12.30%, 13.31%의 평균 태그 수집 시간을 감소시킴을 보였다.

Key Words : active RFID; tag collection; framed slotted aloha; empty time slot

ABSTRACT

In this paper, we propose an efficient tag sleep method utilizing empty time slots for improving the tag collection performance in active RFID systems. In the proposed tag sleep method, the reader detects the occurrence of empty time slots by carrier sensing and utilizes the wasted empty time slots to transmit sleep commands to the collected tags throughout the framed slotted aloha-based tag collection process, resulting in reducing the time required for tag collection. Via the simulation experiments, we evaluated the performance of the tag collection applied with the proposed tag sleep method, compared with that of the basic tag collection. The simulation results showed that the tag collection applied with the proposed tag sleep method could reduce the average tag collection time by 12.28%, 12.30%, and 13.31%, for the framed slotted aloha with the fixed 128 time slots and 256 time slots, and the dynamic framed slotted aloha anticollision protocols, respectively.

I. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification)는 라디오

주파수를 사용하여 물품에 부착된 전자 태그의 데이터를 인식하는 비접촉 자동 인식 기술이다. RFID 태그는 전원공급을 위한 배터리 장착 유무에 따라

※ 이 논문은 2008년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임 (지역거점연구단육성사업/차세대물류IT기술연구사업단)

* 부산대학교 컴퓨터공학과 임베디드네트워킹시스템 연구실(shchung@pusan.ac.kr)(^o: 교신저자)

** (주)케이피씨 유비쿼터스연구소

논문번호 : KICS2009-01-001, 접수일자 : 2009년 1월 2일, 최종논문접수일자 : 2009년 7월 4일

크게 능동형 RFID 태그와 수동형 RFID 태그로 구분된다. 이 중 능동형 RFID 태그는 자체적으로 배터리를 구비하여서 수동형 RFID 태그에 비해 인식 거리가 길고 금속 물체에 적용이 용이하며 태그에 센싱 기능 추가가 용이한 장점이 있으나, 태그 단가가 비싸며 주기적으로 배터리를 교체하거나 충전해야 되는 단점이 있다.

일반적으로 RFID 시스템은 공급망 관리(Supply Chain Management)를 위한 물품 재고 및 이력 정보의 효율적인 관리를 목적으로 산업분야에 주로 적용되는데, 그러한 환경에서 리더는 주기적으로 혹은 사용자가 원할 때 통신 범위 내의 모든 태그들로부터 정보를 빠르게 수집하여 제공할 수 있어야 한다. 리더가 다중 태그들을 동시에 인식하여 정보를 수집하는 작업을 태그 수집(tag collection)이라 하며, 이는 RFID 시스템에서 가장 중요한 이슈 중 하나이다. 태그 수집 과정에서 RFID 리더는 더욱 빠르게 다중 태그를 인식하기 위해서 다중 태그들이 동시에 자신의 응답을 전송할 때 발생할 수 있는 태그 충돌 문제를 해결해야 되는데, 이를 위해 충돌방지 프로토콜을 이용한다. RFID 시스템에서 주로 사용되는 충돌방지 프로토콜은 크게 트리(tree) 기반 프로토콜과 알로하(aloha) 기반 프로토콜의 2가지로 분류될 수 있다¹¹. 트리 기반 프로토콜에서는 리더의 질의(query)를 이용하여 태그들을 두 부분 집합으로 나누는데, 이러한 과정을 하나의 태그만이 남아서 충돌 없이 성공적으로 응답을 전송할 때까지 반복적으로(recursive) 수행한다. 이러한 트리 기반 프로토콜은 태그 수집의 수행 과정에서 많은 리더 질의와 태그 응답을 사용하기 때문에 리더와 태그에서 많은 전원 소모를 발생시키고, 이는 태그가 배터리를 기반으로 동작하는 능동형 RFID 시스템에서 매우 심각한 문제가 된다¹². 그러므로 트리 기반 프로토콜은 수동형 RFID 시스템에 보다 적절하며, 능동형 RFID 시스템에서는 주로 알로하 기반 프로토콜이 사용된다. 433MHz 주파수 대역에서의 능동형 에어 인터페이스(air interface)를 정의하는 대표적인 능동형 RFID 시스템 관련 표준인 ISO/IEC 18000-7에서는 프레임 슬롯 알로하 충돌방지 프로토콜(framed slotted aloha anticollision protocol)을 이용하는 태그 수집 알고리즘을 정의한다¹³.

프레임 슬롯 알로하 충돌방지 프로토콜을 이용한 태그 수집에서는 사용되는 프레임 크기(frame size)가 수집될 태그의 개수와 비슷할 때 최적의 성능을 가지는 것으로 연구되어졌다. 그래서 대부분의 관련

연구들은 프레임 슬롯 알로하 기반 태그 수집의 성능을 향상시키기 위해 어떻게 수집될 태그의 개수를 정확히 예측하고 그에 따른 최적의 프레임 크기를 동적으로 적절히 선택할 것인가에 초점을 맞추어서 연구되어 왔다^{4,9}. 그러나 능동형 RFID 시스템의 특성을 고려하여 태그 수집 성능을 향상시키기 위한 연구는 거의 없다¹⁰.

본 논문에서는 능동형 RFID 시스템에서 태그 수집 성능을 향상시키기 위해 빈 시간 슬롯을 활용하는 태그 슬립 기법을 제안한다. 제안하는 태그 슬립 기법에서 리더는 프레임 슬롯 알로하 기반의 태그 수집을 수행하는 동안 빈 시간 슬롯을 이미 수집된 태그들에게 슬립 명령어를 전송하는데 활용하여 낭비되는 빈 시간 슬롯 개수를 감소시키고 태그 수집의 성능을 향상시킨다. 실험에서는 시뮬레이션을 통해 제안하는 태그 슬립 기법을 적용한 태그 수집의 성능을 일반적인 태그 수집의 성능과 비교하여 평가하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 능동형 RFID 시스템에서의 일반적인 프레임 슬롯 알로하 기반 태그 수집의 동작과정 및 빈 시간 슬롯에 대해 설명하고, 3장에서는 제안하는 효율적인 태그 슬립 기법에 대해 설명한다. 4장에서는 제안하는 태그 슬립 기법을 적용한 태그 수집의 성능을 시뮬레이션을 통해 분석한 실험 결과를 제시하고, 마지막으로 5장에서는 본 논문을 마무리 짓는다.

II. 능동형 RFID 시스템에서의 태그 수집과 빈 시간 슬롯

서론에서 언급한 바와 같이 능동형 RFID 시스템에서는 태그 충돌 문제를 해결하기 위해 알로하 기반 충돌방지 프로토콜이 주로 이용된다. 그림 1은 능동형 RFID 시스템에서 프레임 슬롯 알로하 충돌방지 프로토콜을 이용한 일반적인 태그 수집의 동작 과정을 보여준다. 능동형 RFID 시스템에서는 리더가 태그 수집 과정을 수행하기 전에 전원 소모를 최소화하기 위해 슬립(sleep) 모드에 있는 태그들을 리더로부터의 명령어를 받을 수 있도록 준비(ready) 모드로 전환시키는 wake-up 과정이 필요하다. ISO/IEC 18000-7 표준에서는 wake-up 신호로써 31.25kHz sub-carrier tone을 최소 2.4초 이상 전송하는 것을 정의한다¹³. 그 후, 리더는 여러 번의 수집 라운드(collection round)를 통해 통신 범위 내의 모든 태그들로부터 태그-ID 및 데이터를 수집한다.

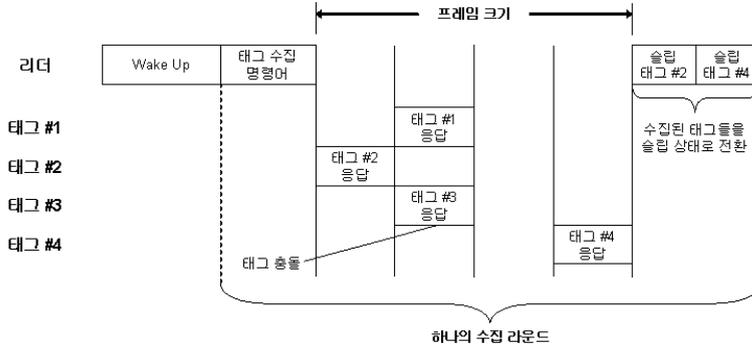


그림 1. 프레임 슬롯 알로카 충돌방지 프로토콜을 이용한 태그 수집

하나의 수집 라운드는 리더가 태그들에게 태그 수집 명령어를 보냄으로써 시작된다. 리더가 보내는 태그 수집 명령어에는 프레임 크기(frame size) 인자가 포함되어 있는데, 이는 태그들이 응답을 전송하는데 사용될 시간 슬롯의 개수를 지정한다. 태그 수집 명령어를 수신한 태그는 프레임 크기 값 내에서 임의로 하나의 시간 슬롯을 선택하여 자신의 응답을 전송한다. 이 때, 그림 1의 두 번째 시간 슬롯에서 보는 바와 같이 두 개 이상의 태그가 같은 시간 슬롯을 선택하여 응답을 전송하면 태그 충돌이 발생하게 되고, 충돌된 태그들은 계속되는 다음 수집 라운드에서 다시 수집된다. 프레임 크기만큼의 시간이 완료되면, 리더는 현재 수집 라운드에서 수집된 태그들을 대상으로 슬립 명령어를 전송하고 하나의 수집 라운드를 종료한다. 슬립 명령어를 받은 태그들은 전원 소모를 줄이기 위해 다시 슬립 모드로 전환하고 연속되는 수집 라운드에 더 이상 참여하지 않는다. 하나의 수집 라운드가 종료되면 리더는 즉시 새로운 태그 수집 명령어를 전송함으로써 다음 수집 라운드를 시작한다. 이러한 태그 수집 과정은 모든 태그들로부터 정보를 수집할 때까지 계속 반복된다.

그림 1에서 보는 바와 같이 태그 수집 과정에서의 시간 슬롯들은 3가지 종류로 분류되어진다. 첫 번째는 하나의 태그 응답을 정상적으로 수신한 인식 시간 슬롯(그림 1의 첫 번째와 네 번째 시간 슬롯), 두 번째는 두 개 이상의 태그가 응답을 동시에 전송한 충돌 시간 슬롯(그림 1의 두 번째 시간 슬롯), 세 번째는 어떤 태그도 응답을 전송하지 않는 빈 시간 슬롯(그림 1의 세 번째 시간 슬롯)이다. 이중, 빈 시간 슬롯은 아무런 동작 없이 시간이 소모되기 때문에 매우 낭비적이다. 그러나 프레임 슬롯 알로카 충돌방지 프로토콜은 확률적인(probabilistic)

방식에 기반하여 동작하기 때문에 태그 수집 과정 동안 항상 많은 빈 시간 슬롯을 발생시킨다.

프레임 슬롯 알로카 충돌방지 프로토콜에서 프레임 크기가 N 이고 태그 개수가 n 일 때, 빈 시간 슬롯 개수에 대한 기댓값은 식 (1)과 같이 표현된다^[9].

$$a_0^{N,n} = N \left(1 - \frac{1}{N}\right)^n \quad (1)$$

그림 2는 프레임 크기와 태그 개수가 변화할 때, 식 (1)에 따른 빈 시간 슬롯 개수의 기댓값을 그래프로 나타낸 것이다. 태그 수집을 수행하는 동안 리더는 수집할 태그 개수가 많다고 판단되면 태그 충돌을 줄이고 효율적으로 데이터를 수집하기 위해 프레임 크기를 태그 개수와 비슷하게 조절하여야 한다. 그러나 프레임 크기를 증가시키면, 그림 2에서 보는 바와 같이 빈 시간 슬롯의 개수도 같이 증가한다. 그러므로 낭비되는 빈 시간 슬롯의 개수를 줄일 수 있다면, 태그 수집 성능이 향상될 수 있을 것이다.

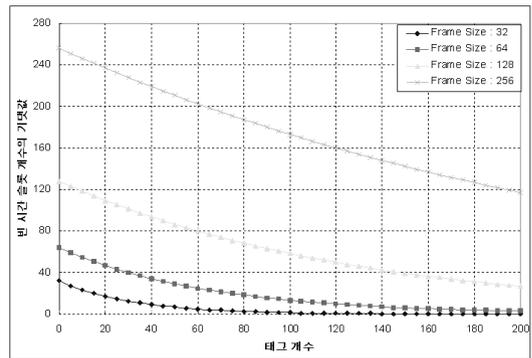


그림 2. 프레임 크기와 태그 개수의 변화에 따른 빈 시간 슬롯 개수의 기댓값

Ⅲ. 제안하는 빈 시간 슬롯을 이용한 효율적인 태그 슬립 기법

본 논문에서는 낭비되는 빈 시간 슬롯을 줄이고 태그 수집 성능을 향상시키기 위한 효율적인 태그 슬립 기법을 제안한다. 제안된 태그 슬립 기법에서 리더는 캐리어 신호 감지(carrier sensing)를 통해 빈 시간 슬롯의 발생을 검출해 내고, 그러한 빈 시간 슬롯을 수집 라운드 동안 수집된 태그들에게 슬립 명령어를 보내는데 활용한다. 그림 3은 하나의 수집 라운드 동안, 제안하는 태그 슬립 기법을 적용한 리더에서의 동작 알고리즘을 보여준다.

태그 수집 명령어를 전송한 이후에 리더는 프레임 시간 동안 각 시간 슬롯의 초기에 캐리어 신호를 감지한다. 만약 특정 시간 슬롯에서 캐리어 신호가 감지되지 않았다면, 그것은 현재 시간 슬롯에서 어떠한 태그도 응답을 전송하고 있지 않다고 판단될 수 있으며, 이는 현재 시간 슬롯이 빈 시간 슬롯임을 나타낸다. 이와 반대로 특정 시간 슬롯에서 캐리어 신호가 감지되었다면, 그것은 하나 혹은 그 이상의 태그들이 자신들의 응답을 전송하고 있다고 판단될 수 있다.

특정 시간 슬롯에서 캐리어 신호가 감지되고 태그 응답이 정상적일 경우 그것은 인식 시간 슬롯이며, 리더는 수신된 태그 응답을 처리하고 해당 태그의 ID를 슬립 큐(sleep queue)에 저장한다. 슬립 큐

에는 태그 수집 과정 동안 정상적으로 수집하였으나 아직 슬립 명령어를 전송하지 않은 태그들의 ID가 FIFO(First-In First-Out) 구조로 저장된다. 특정 시간 슬롯에서 캐리어 신호는 감지되었으나 태그 응답이 정상적이지 않은 경우는 충돌 시간 슬롯이며, 리더는 태그 충돌의 횟수를 증가시키고 이 값은 새로운 수집 라운드를 시작할 때 남은 태그 수를 추정하고 최적의 프레임 크기를 결정할 때 사용된다. 반면에 특정 시간 슬롯에서 캐리어 신호가 감지되지 않아서 빈 시간 슬롯으로 판단되면, 리더는 슬립 큐를 확인하고 큐가 비어있지 않다면 저장되어 있는 태그-ID를 꺼내어서 해당하는 태그에게 슬립 명령어를 전송한다.

일반적으로 슬립 명령어는 태그 응답에 비해 패킷 크기가 작기 때문에 슬립 명령어를 전송하기 위한 시간은 태그 응답을 수신하는 시간에 비해 상대적으로 적다. 또한 시간 슬롯의 크기는 태그 응답 수신을 위한 시간 이외에도 수신한 태그 응답의 데이터를 처리하고 다음 태그 응답의 수신을 준비하기 위한 슬롯 가드 시간(Slot Guard Time)을 포함한다. 그러므로 시간 슬롯 크기는 슬립 명령어 전송을 위한 시간에 비해 상대적으로 충분히 크기 때문에 슬립 명령어는 빈 시간 슬롯 내에서 다른 시간 슬롯의 태그 응답들과 간섭을 일으키지 않으면서 성공적으로 전송될 수 있다. ISO/IEC 18000-7 표준을 예로 들면, 태그가 응답으로써 추가적인 데이터

```

1: 태그 수집 명령어 전송
2: For i ← 1 to N do // N : 프레임 크기
3:   If (carrier sense = true) then
4:     If (tag response = valid) then // 인식 시간 슬롯
5:       태그 응답을 처리하고 해당 태그-ID를 슬립 큐에 넣음
6:     Else // 충돌 시간 슬롯
7:       태그 충돌 횟수를 증가시킴
8:     End If
9:   Else // 빈 시간 슬롯
10:    If (sleep queue ≠ empty) then
11:      슬립 큐에서 태그-ID를 꺼내어서 해당 태그에게 슬립 명령어 전송
12:    End If
13:  End If
14: End For
15: 슬립 큐에 남은 태그들에게 슬립 명령어 전송
    
```

그림 3. 제안하는 태그 슬립 기법을 적용한 리더의 동작 알고리즘

없이 태그-ID만을 전송하여 응답 패킷 크기가 최소 일 때의 최소 시간 슬롯 크기는 2ms의 슬롯 가드 시간을 포함하여 9ms이고, 슬립 명령어를 전송하기 위한 시간은 6.204ms이다. 이러한 경우, 리더가 시간 슬롯의 초기 약 2ms 이내에 캐리어 신호 감지를 통해 현재 시간 슬롯이 빈 시간 슬롯임을 판단하면 현재 시간 슬롯을 활용하여 다른 태그 응답들과 간섭 없이 성공적으로 슬립 명령어를 전송할 수 있다. 프레임 시간이 모두 완료되면, 리더는 슬립 큐에 남아있는 모든 태그들에게 슬립 명령어를 전송하여 현재 수집 라운드를 종료한다.

그림 4는 본 논문에서 제안하는 태그 슬립 기법을 적용한 태그 수집의 예를 보여준다. 리더는 태그 수집 명령어를 전송한 이후에 첫 번째 시간 슬롯에서 태그 2로부터의 응답을 성공적으로 수신하였고, 두 번째 시간 슬롯에서 태그 1과 3에 의해 발생한 태그 충돌을 감지하였다. 세 번째 시간 슬롯에서 리더는 현재 시간 슬롯이 빈 시간 슬롯임을 검출하고 이를 이용하여 첫 번째 시간 슬롯에서 응답을 수신한 태그 2에게 슬립 명령어를 전송한다. 리더는 계속해서 네 번째 시간 슬롯에서 태그 4로부터 응답을 수신하였고, 프레임 크기의 시간이 모두 완료된 이후에 태그 4에게 슬립 명령어를 전송하였다. 이 예에서 리더는 프레임 크기 시간 동안 2개의 태그 응답을 성공적으로 수신하였으나, 프레임 크기 시간 내에 빈 시간 슬롯을 활용하여 하나의 태그에게는 슬립 명령어를 전송하였기 때문에 그림 1과 달리 프레임 크기 시간이 완료된 이후에 하나의 태그에게만 슬립 명령어를 전송하였고, 이는 결국 전체 태그 수집 시간을 감소시키게 된다.

제안하는 태그 슬립 기법에서 주목할 특징은 태그 측에서의 수정이 필요하지 않다는 점이다. 그러므로 제안하는 태그 슬립 기법은 ISO/IEC 18000-7

표준을 준수하는 능동형 RFID 시스템과 같은 기존의 능동형 RFID 시스템에 쉽게 적용될 수 있다는 장점을 가진다.

IV. 시뮬레이션 실험 및 성능 평가

본 논문에서는 시뮬레이션 실험을 통해 제안하는 태그 슬립 기법이 적용된 태그 수집의 성능과 일반적인 태그 수집의 성능을 비교 평가하기 위해서, C 언어를 사용하여 리더와 다중 태그로 구성된 능동형 RFID 시스템 시뮬레이션 모델을 개발하였다. 시뮬레이션 실험에서는 128개의 고정 슬롯을 가지는 프레임 슬롯 알로하(FSA128)와 256개의 고정 슬롯을 가지는 프레임 슬롯 알로하(FSA256) 및 동적 프레임 슬롯 알로하(DFSA)의 3가지 충돌방지 프로토콜이 사용되었다. 동적 프레임 슬롯 알로하 충돌방지 프로토콜이 사용될 때, 남은 태그 수를 추정하여 최적의 프레임 크기를 결정시키기 위한 방법으로는 [8]에서 제안한 방법을 적용하였다. 표 1은 시뮬레이션 실험에서 사용된 시간 파라미터의 설정 값을 보여준다. 이 값들은 ISO/IEC 18000-7 표준을 따라서 설정하였으며, 시간 슬롯 크기는 태그가 추가적인 데이터 없이 태그-ID만을 전송한다고 가정하여서 최소일 때의 값이다. 실험에서는 태그 개수

표 1. 시뮬레이션 설정 값

Time Parameter	Value
태그 수집 명령어 전송 시간	5.232 ms
시간 슬롯 크기	9 ms
슬립 명령어 전송 시간	6.204 ms

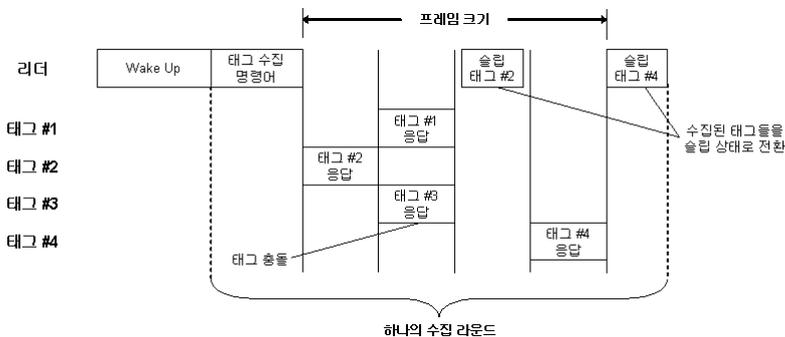


그림 4. 제안하는 태그 슬립 기법을 적용한 태그 수집

를 0개에서 500개까지 10개 단위로 변화시키면서 각 실험 경우마다 10,000번의 시뮬레이션을 수행하여 평균값을 계산하였다. 그림 5,6,7은 시뮬레이션 실험 결과를 보여준다.

먼저 그림 5에서는 태그 수집 과정에서 태그가 응답을 전송하거나 리더가 슬립 명령어를 전송하는데 사용되지 않은 빈 시간 슬롯의 총 개수를 보여준다. 그림 5에서 보는 것과 같이 일반적인 태그 수집(xxx_Basic)에서는 태그 개수가 증가함에 따라 태그 수집 과정에서 발생하는 빈 시간 슬롯의 총 개수가 같이 증가함을 볼 수 있다. 이에 반해, 제안하는 태그 슬립 기법을 적용한 태그 수집(xxx_Proposed)에서는 태그 개수가 특정 값을 넘어선 이후로는 빈 시간 슬롯의 총 개수가 매우 조금씩만 증가한다. 이는 리더가 태그 수집 과정에서 발생하는 빈 시간 슬롯을 이미 수집된 태그들에게 슬립 명령어를 전송하는 데 활용하기 때문이다.

그림 6은 태그 수집 과정에서 소요된 총 시간 슬롯 대비 태그 수집 과정에서 발생한 빈 시간 슬롯의 비율을 나타낸 그래프이다. 제안된 슬립 기법을 적용한 태그 수집(xxx_Proposed)의 경우, 일반적인 태그 수집(xxx_Basic)에 비해 발생하는 빈 시간 슬롯의 개수가 줄어들기 때문에 전체적인 빈 시간 슬롯 비율이 크게 감소하였음을 확인할 수 있다.

그림 7은 최종적으로 태그 수집에 요구된 평균 시간을 비교한 실험 결과를 보여준다. 앞선 실험 결과에서 보였듯이 제안된 태그 슬립 기법이 적용된 태그 수집(xxx_Proposed)에서는 리더가 빈 시간 슬롯을 이미 수집된 태그들에게 슬립 명령어를 전송하는데 활용함으로써 프레임 크기 시간 이후에 전송해야 할 태그 슬립 명령어 개수가 크게 감소되고,

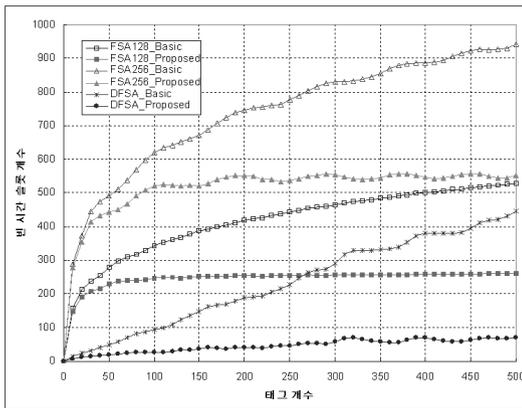


그림 5. 태그 수집 과정에서 발생하는 빈 시간 슬롯의 총 개수

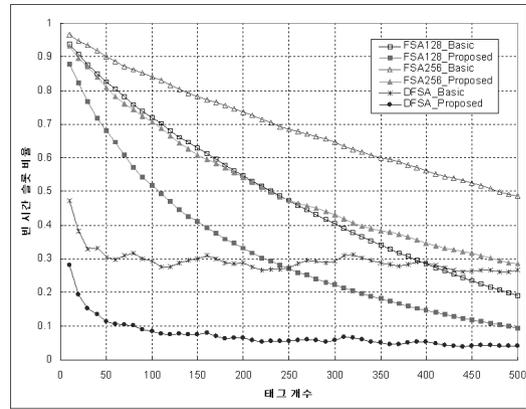


그림 6. 태그 수집 과정에서 총 시간 슬롯 대비 빈 시간 슬롯의 비율

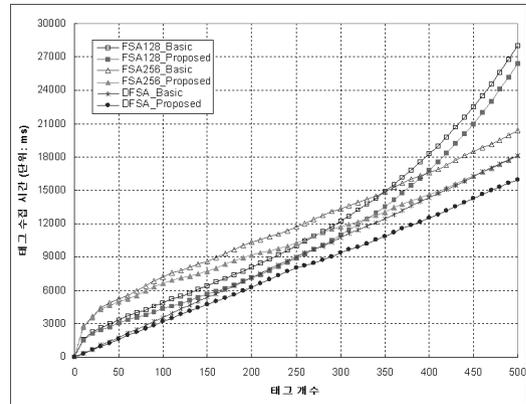


그림 7. 태그 수집 시간 비교

이는 그림 7에서 보는 바와 같이 일반적인 태그 수집(xxx_Basic)에 비해 전체 태그 수집 시간을 감소시키는 결과를 가져왔다. 실험 결과에서 FSA128, FSA256, DFSA의 3가지 충돌방지 프로토콜이 사용되었을 때, 제안된 태그 슬립 기법은 일반적인 태그 수집 방식에 비해 각각 최대 12.28%, 12.30%, 13.31%의 태그 수집 시간을 감소시켰음을 확인할 수 있었다.

그림 7의 실험 결과에서 FSA128과 FSA256의 경우, 태그 개수가 증가함에 따라 일반적인 태그 수집에서는 태그 개수가 350개일 때, 제안된 태그 슬립 기법이 적용된 태그 수집에서는 태그 개수가 340개일 때 태그 수집 시간 그래프가 교차하는 지점이 발생한다. 이는 태그 개수가 적을 때는 빈 시간 슬롯이 많이 발생하는 FSA256에 비해 FSA128을 이용할 때의 태그 수집 시간이 더 낮지만, 태그

개수가 크게 증가하면 FSA128의 경우 프레임 내의 시간 슬롯 개수가 태그 개수에 비해 상대적으로 적어서 태그 충돌이 많이 발생함으로써 FSA256에 비해 태그 수집 시간이 급격히 증가하기 때문이다. 반면, DFSA는 태그 개수 추정을 통해 프레임 크기를 적절히 조절함으로써 빈 시간 슬롯과 태그 충돌의 발생을 감소시켜 고정된 시간 슬롯을 이용하는 FSA128, FSA256에 비해 낮은 태그 수집 시간을 보인다.

V. 결 론

본 논문에서는 능동형 RFID 시스템에서 태그 수집 성능을 향상시키기 위해 빈 시간 슬롯을 활용하는 효율적인 태그 슬립 기법을 제안하였다. 제안하는 태그 슬립 기법에서 리더는 태그 수집 과정 동안 캐리어 신호의 감지를 통해 빈 시간 슬롯의 발생을 검출해 내고, 이를 이미 수집된 태그들에게 슬립 명령어를 전송하는데 활용함으로써 태그 수집에 필요한 소요 시간을 감소시킨다. 본 논문에서는 시뮬레이션 실험을 통해서 제안된 태그 슬립 기법이 빈 시간 슬롯의 개수를 줄이고 태그 수집 시간을 감소시켜 태그 수집 성능을 향상시킴을 확인하였다. 실험 결과는 제안된 태그 슬립 기법이 적용되고 FSA128, FSA256, DFSA의 3가지 충돌방지 프로토콜이 사용되었을 때, 일반적인 태그 수집 방식에 비해 각각 최대 12.28%, 12.30%, 13.31%의 태그 수집 시간이 감소되었음을 보여주었다. 본 연구의 향후 과제로는 제안된 효율적인 태그 슬립 기법을 실제 능동형 RFID 시스템에 적용하여 실제 환경에서 실험 및 성능 평가를 수행하는 것이다.

참 고 문 헌

[1] Jihoon Myung, Wonjun Lee, Jaideep Srivastava, Timothy K. Shih, "Tag-Splitting: Adaptive Collision Arbitration Protocols for RFID Tag Identification", *IEEE Transaction on Parallel and Distributed Systems*, 18(6), pp. 763-775, Jun. 2007.

[2] V. Namboodiri, L. Gao, "Energy-Aware Tag Anti-Collision Protocols for RFID Systems", in *Proc. IEEE PerCom 2007*, pp. 23-36, Mar. 2007.

[3] ISO/IEC 18000-7, "Information technology -

Radio frequency identification for item management - Part 7: Parameters for active air interface communications at 433 MHz", 2008.

[4] H. Vogt, "Efficient Object Identification with Passive RFID Tags", in *Proc. Pervasive 2002*, pp. 98-113, Aug. 2002.

[5] H. Vogt, "Multiple Object Identification with Passive RFID Tags", in *Proc. IEEE SMC 2002*, Oct. 2002.

[6] 이수련, 주성돈, 이채우, "RFID 시스템에서 개선된 프레임 알고리즘을 이용한 고속 태그 인식 알고리즘", *전자공학학회논문지*, 41TC(9), Sep. 2004.

[7] Jia Zhai, Gi-Nam Wang, "An Anti-collision Algorithm Using Two-Functioned Estimation for RFID Tags", in *Proc. ICCSA 2005*, pp. 702-711, May 2005.

[8] 차재룡, 김재현, "RFID 시스템에서의 태그 수를 추정하는 ALOHA 방식 Anti-collision 알고리즘", *한국통신학회논문지*, 30(9A), Sep. 2005.

[9] 이지봉, 김완진, 김형남, "ALOHA 방식 RFID 시스템에서의 태그 개수 추정 방법", *한국통신학회 논문지*, 32(7), Jun. 2007.

[10] Won-Ju Yoon, Sang-Hwa Chung, Seong-Joon Lee, "Implementation and performance evaluation of an active RFID system for fast tag collection", *Computer Communications*, 31(17), Nov. 2008.

윤원주 (Won-Ju Yoon)

중신회원



2002년 2월 부산대학교 컴퓨터 공학과 학사
2004년 2월 부산대학교 컴퓨터 공학과 석사
2004년 3월~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정
<관심분야> 능동형 RFID 시스템, 무선랜 메쉬 네트워크, 클러스터 시스템

박신준 (Shin-Jun Park)

준회원



2007년 2월 동의대학교 컴퓨터 공학과 학사
2009년 2월 부산대학교 컴퓨터 공학과 석사
2009년 3월~현재 (주)케이피씨 유비쿼터스연구소 주임연구원
<관심분야> 능동형 RFID 시스템, 컨테이너 보안 장치

정상화 (Sang-Hwa Chung)

중신회원



1985년 2월 서울대학교 전기공학 학과 학사
1988년 5월 Iowa State Univ. 컴퓨터공학과 석사
1993년 8월 Univ. of Southern California 컴퓨터공학과 박사

1993년~1994년 Univ. of Central Florida 컴퓨터공학과 조교수

1994년~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 교수, 컴퓨터및정보통신연구소 연구원

2002년~2003년 Oregon State Univ. 컴퓨터공학과 초빙교수

<관심분야> 클러스터 시스템, TOE, RDMA, RFID, 무선랜 메쉬 네트워크