

# ISO/IEC 18000-7 기반 능동형 RFID 시스템의 성능 개선을 위한 메시지 감소 기법

종신회원 윤원주\*, 정상화\*<sup>o</sup>, 준회원 강수영\*

## A Message Reduction Method for Performance Improvement of the ISO/IEC 18000-7 based Active RFID System

Won-Ju Yoon\*, Sang-Hwa Chung\*<sup>o</sup> *Lifelong Members*, Su-Young Kang\* *Associate Member*

### 요 약

본 논문에서는 ISO/IEC 18000-7 표준에서 정의하는 태그 수집 알고리즘의 수정을 통해 능동형 RFID 시스템에서의 태그 수집 성능을 향상시키기 위한 새로운 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 태그 수집 과정에서 태그의 응답 메시지 크기를 줄임으로써 시간 슬롯 크기를 줄이고 리더로부터의 명령어 메시지 전송 횟수를 감소시킨다. 이는 태그 수집 과정에서의 전체 메시지 전송량을 감소시킴으로써 태그 수집에 소요되는 시간과 태그의 배터리 소모를 감소시킨다. 본 논문에서는 시뮬레이션 실험을 통해 제안하는 방법을 적용한 태그 수집의 성능과 표준을 준수하는 일반적인 태그 수집의 성능을 비교하여 평가하였다. 시뮬레이션 결과는 제안하는 방법을 적용하였을 때 리더와 태그간의 메시지 전송량이 크게 감소함을 보였고, 리더가 태그에게 50바이트와 100바이트의 추가 데이터를 요청할 때 제안하는 방법이 각각 평균 19.99%와 16.03%의 태그 수집 시간 감소를 보였다.

**Key Words** : Active RFID, Message Reduction, Tag Collection, ISO/IEC 18000-7, Framed Slotted Aloha

### ABSTRACT

In this paper, we propose a novel method for improving the tag collection performance in active RFID systems by modifying the tag collection algorithm in the ISO/IEC 18000-7 standard. The proposed method enables to reduce the time slot size by reducing the response message size from the tag and to decrease the number of command messages from the reader throughout the tag collection process. This results in reducing the time required for tag collection and the battery consumption on tags by decreasing the total amount of messages. Via the simulation experiments, we evaluated the performance of the tag collection applied with the proposed method, compared with that of the basic tag collection complying with the standard. The simulation results showed that the proposed method could decrease the total amount of messages between the reader and tags dramatically and reduce the average tag collection time by 19.99% and 16.03% when the reader requested the additional data of 50 bytes and 100 bytes from the tags, 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

※ 본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업(B0009720) 지원으로 수행되었음

\* 부산대학교 컴퓨터공학과 임베디드네트워크시스템 연구실(shchung@pusan.ac.kr)<sup>o</sup> : 교신저자

논문번호 : KICS2009-10-510, 접수일자 : 2009년 10월 30일, 최종논문접수일자 : 2009년 12월 8일

크게 능동형 RFID 태그와 수동형 RFID 태그로 구분된다. 이 중 능동형 RFID 태그는 자체적으로 배터리를 구비하여서 수동형 RFID 태그에 비해 태그 단가가 비싸며 주기적으로 배터리를 교체하거나 충전해야 되는 단점이 있으나, 인식거리가 길고 금속 물체에 적용이 용이하며 태그에 센싱 기능 추가가 용이한 장점이 있다<sup>[1]</sup>. 그러므로 능동형 RFID 태그를 사용하는 능동형 RFID 시스템은 넓은 지역에서 대량의 금속 컨테이너들을 대상으로 하는 항만 물류 관리 시스템에 적합하다. 능동형 RFID 시스템을 기존의 항만 물류 시스템에 적용함으로써 컨테이너 선적 및 하역 자동화, 게이트 출입 모니터링 자동화 등이 가능해지고, 이를 통해 효율적인 항만 컨테이너 물류 처리가 가능하게 된다.

일반적으로 RFID 시스템에서 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 빠르고 효율적으로 다중 태그를 인식하기 위해서 다중 태그들이 동시에 자신의 응답을 전송할 때 발생할 수 있는 태그 충돌 문제를 해결해야 되는데, 이를 위해 충돌방지 프로토콜을 이용한다. 433MHz 주파수 대역에서의 무선 접속 규격을 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 정의한다<sup>[2]</sup>.

본 논문에서는 ISO/IEC 18000-7 표준에서 정의하는 태그 수집 알고리즘의 수정을 통해 능동형 RFID 시스템에서의 태그 수집 성능을 향상시키기 위한 새로운 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 프레임 슬롯 알로하 기반 태그 수집 과정에서 태그의 응답 전송 메시지 크기를 줄임으로써 태그 응답을 위해 사용되는 시간 슬롯 크기를 줄이고 리더로부터 태그에게 전송되는 명령어 횟수를 감소시킨다. 이는 태그 수집 과정에서의 리더와 태그간의 메시지 전송량을 감소시킴으로써 태그 수집에 소요되는 시간과 태그의 배터리 소모를 감소시킨다. 실험에서는 시뮬레이션을 통해 제안하는 방법을 적용한 태그 수집의 성능과 표준을 준수하는 일반적인 태그 수집의 성능을 비교하여 평가하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련

연구를 설명한다. 3장에서는 ISO/IEC 18000-7 표준에서 정의하는 태그 수집 알고리즘의 동작과정에 대해 설명하고, 4장에서는 표준의 태그 수집 알고리즘의 수정을 통해 태그 수집 성능을 향상시키기 위한 새로운 방법을 제안한다. 5장에서는 시뮬레이션을 통해 제안하는 방법을 적용한 태그 수집의 성능 향상을 분석한 실험 결과를 제시하고, 마지막으로 6장에서는 본 논문을 마무리 짓는다.

## II. 관련 연구

### 2.1 ISO/IEC 18000-7 표준<sup>[2]</sup>

ISO/IEC 18000은 RFID 시스템에서 리더와 태그 간의 상호 호환성을 보장하기 위한 무선 접속 규격을 정의하는 표준으로서 사용되는 주파수 대역에 따라 여러 개의 파트로 구성되어 있다. 그 중 파트 7은 능동형 RFID 시스템을 위한 표준으로서 433MHz 주파수 대역에서의 무선 접속 규격을 정의한다. ISO/IEC 18000-7은 능동형 RFID 리더와 태그 간의 통신을 위한 모듈레이션, 데이터 코딩, 데이터 전송률 등의 링크 파라미터들과 무선 통신 시에 사용되는 통신 프로토콜 등을 정의한다.

### 2.2 충돌방지 프로토콜

RFID 시스템에서 주로 사용되는 충돌방지 프로토콜(anti-collision protocol)은 크게 트리(tree) 기반 프로토콜과 알로하(aloha) 기반 프로토콜의 2가지로 분류될 수 있다<sup>[3]</sup>. 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 된다<sup>[4]</sup>. 그러므로 트리 기반 프로토콜은 수동형 RFID 시스템에 보다 적절하며, 능동형 RFID 시스템에서는 주로 알로하 기반 프로토콜이 사용된다. 대표적인 알로하 기반 프로토콜인 프레임 슬롯 알로하(framed slotted aloha) 프로토콜은 그 동작 방식 및 구현이 간단하고 성능이 좋기 때문에 RFID 시스템에서 가장 널리 사용되고 있다. ISO/IEC 18000-7 표준 또한 프레임 슬롯 알로하 충돌방지 프로토콜을 이용하는 태그 수집 알고리즘

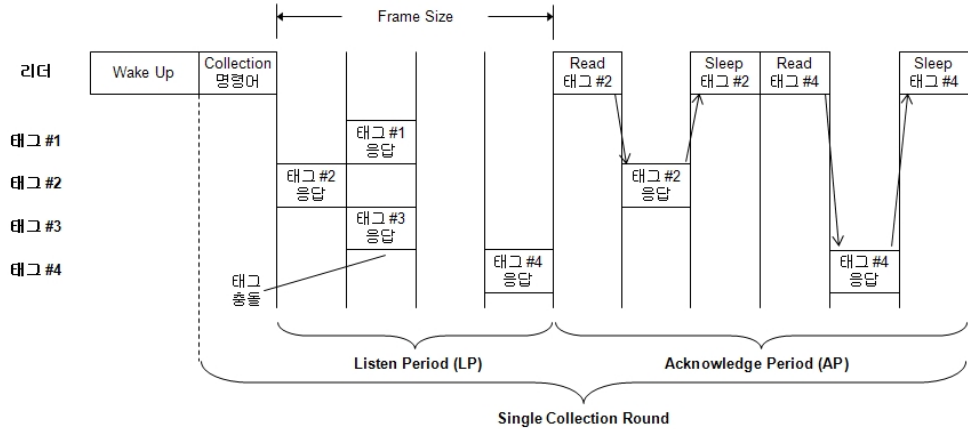


그림 1. ISO/IEC 18000-7 표준의 태그 수집 알고리즘 동작 과정 및 타이밍

을 정의한다.

프레임 슬롯 알로하 충돌방지 프로토콜을 이용한 태그 수집에서는 사용되는 프레임 크기(frame size)가 수집될 태그의 개수와 비슷할 때 최적의 성능을 가지는 것으로 연구되어졌다<sup>7,91</sup>. 그래서 대부분의 관련 연구들은 프레임 슬롯 알로하 기반 태그 수집의 성능을 향상시키기 위해 어떻게 수집될 태그의 개수를 정확히 추정하고 그에 따른 최적의 프레임 크기를 동적으로 적절히 선택할 것인가에 초점을 맞추었으며, 이들은 대부분 수동형 RFID 시스템을 대상으로 연구되었다<sup>5-101</sup>. 그러나 본 논문에서는 ISO/IEC 18000-7 표준을 준수하는 능동형 RFID 시스템을 대상으로 하고, 기존의 연구들과는 다른 관점에서 표준에 정의된 태그 수집 알고리즘의 개선을 통한 성능 향상을 다룬다.

### III. ISO/IEC 18000-7 표준의 태그 수집

앞서 설명한 바와 같이 ISO/IEC 18000-7 표준에 정의된 태그 수집 알고리즘은 태그 충돌 문제를 해결하기 위해 프레임 슬롯 알로하 충돌방지 프로토콜을 이용한다. 그림 1은 표준에서 정의하는 태그 수집 알고리즘의 동작 과정과 타이밍을 보여준다. 태그 수집 과정을 수행하기에 앞서 리더는 전원 소모를 최소화하기 위해 슬립(sleep) 모드에 있는 태그들을 리더로부터의 명령어를 받을 수 있도록 준비(ready) 모드로 전환시키기 위한 wake-up 과정을 수행한다. 그 이후에 리더는 여러 번의 수집 라운드(collection round)를 반복하여 RF 통신 범위 내의 모든 태그들로부터 태그-ID 및 데이터를 수집한다.

하나의 수집 라운드는 리더가 태그들에게 태그 수집 명령어를 브로드캐스팅 함으로써 시작되며, 이후 Listen Period(LP)와 Acknowledge Period(AP)로 구성된다. 리더가 전송하는 태그 수집 명령어에는 프레임 크기(frame size) 인자가 포함되어 있는데, 이는 그림 1에서 보는 바와 같이 LP 단계에서 태그들이 응답을 전송하는데 사용될 시간 슬롯(time slot)의 개수를 지정한다.1) 태그 수집 명령어를 수신한 태그는 임의 숫자(random number)를 생성하고 이를 이용하여서 여러 개의 시간 슬롯 중에 하나를 임의로 선택하여 자신의 응답을 전송한다. LP 단계의 시간 슬롯들은 다음과 같이 3가지 종류로 분류되어진다. 첫 번째는 리더가 하나의 태그 응답을 정상적으로 수신하는 인식 시간 슬롯(그림 1의 첫 번째와 네 번째 시간 슬롯), 두 번째는 두 개 이상의 태그가 응답을 동시에 전송하여 리더가 응답을 정상적으로 수신하지 못하는 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. 그림 1의 예에서 리더는 2개의 태그 응답을 정상적으로 수신하였고, 충돌된 태그들은 계속되는 다음 수집 라운드에서 다시 수집된다.

LP 단계가 완료된 이후, 리더는 LP 내에서 정상

1) ISO/IEC 18000-7 표준에서는 프레임 크기(frame size) 대신에 그와 유사한 윈도우 크기(window size)라는 개념을 사용한다. 윈도우 크기는 태그 응답 수신을 위한 전체 시간을 지정하는데, 이는 결국 여러 개의 시간 슬롯으로 이루어지기 때문에 프레임 크기 개념과 거의 동일하다. 본 논문에서는 기존 관련 연구에서의 태그 개수 추정 및 동적 프레임 크기 조절 방법을 적용하기 위해 윈도우 크기 대신에 프레임 크기를 사용하는 것을 정의한다.

적으로 응답을 수신한 태그들을 대상으로 태그-ID 외에 추가적인 데이터를 수집하는 AP 단계를 수행한다. 그림 1에서 보는 바와 같이 리더는 각각의 태그들에게 일대일(point-to-point)로 데이터 읽기(Read) 명령어를 전송하여 태그들로부터 데이터 응답을 수신하고, 데이터 수집이 완료된 태그에게는 슬립 명령어를 전송한다. 리더로부터 슬립 명령어를 수신한 태그는 리더가 자신이 전송한 데이터를 성공적으로 수집하였음을 확인하고, 전원 소모를 줄이기 위해 다시 슬립 모드로 전환하여 연속되는 수집 라운드에 더 이상 참여하지 않는다.

하나의 수집 라운드가 종료되면 리더는 즉시 새로운 태그 수집 명령어를 전송함으로써 다음 수집 라운드를 시작한다. 이 때, 리더는 앞선 수집 라운드에서 획득한 인식 시간 슬롯, 충돌 시간 슬롯, 빈 시간 슬롯의 개수 정보를 이용하여 다음 수집 라운드에서 사용될 최적의 프레임 크기를 결정하고 태그 수집 명령어에 포함시킨다. 이러한 태그 수집 과정은 연속적인 세 번의 수집 라운드 동안 더 이상 태그가 발견되지 않을 때까지 계속해서 진행된다.

#### IV. 제안하는 방법을 적용한 태그 수집

본 장에서는 3장에서 설명한 표준의 태그 수집 알고리즘의 수정을 통해 능동형 RFID 시스템에서 태그 수집 성능을 향상시키기 위한 새로운 방법을 2가지 제안한다.

#### 4.1 제안하는 방법 1

ISO/IEC 18000-7 표준의 태그 수집 과정에서 리더는 LP 단계에서 그림 2와 같은 포맷을 가진 태그 응답들을 수신한다. 표준에서는 태그-ID의 크기를 6바이트로 정의하고 있고, 이는 2바이트의 태그 제조사 ID(Tag Manufacturer ID)와 4바이트의 태그 일련번호(Tag Serial Number)로 구성된다. 리더는 LP 단계에서 성공적으로 수신한 태그 응답들로부터 태그-ID 정보를 획득하고, AP 단계에서 이를 이용하여 그림 3과 같은 포맷을 가진 일대일 명령어를 전송하여 추가적인 데이터를 요청하게 된다. 즉, 태그-ID는 AP 단계에서 특정 하나의 태그를 지칭하기 위한 목적으로 사용된다. 추가 데이터 읽기 명령어를 받은 태그는 그림 4와 같은 포맷을 가진 태그 데이터 응답을 전송한다. 그림 2와 4에서 보듯이 모든 태그 응답은 태그-ID 정보를 포함하고 있기 때문에 리더는 태그 수집 과정의 LP 단계와 AP 단계에서 총 두 번의 태그-ID 정보를 획득할 수 있다.

태그는 LP 단계에서 응답 전송 시, 임의 숫자를 생성하고 그것을 식 1과 같이 현재 LP 단계에서의 프레임 크기(=시간 슬롯 개수)와 모듈러 연산(%)을 통해 자신이 응답할 시간 슬롯을 임의로 선택한다.

$$\text{Time Slot} = \text{Random Number} \% \text{Frame Size} \quad (1)$$

LP 단계에서 리더는 각 시간 슬롯에서 단 하나의 태그만이 응답을 전송하였을 때에 성공적으로

Protocol ID	Tag Status	Packet Length	Interrogator ID	Tag Mfg ID	Tag Serial Number	Command Code	CRC
0x40	2 bytes	1 byte	2 bytes	2 bytes	4 bytes	1 byte	2 bytes

태그-ID (6 bytes)

그림 2. 표준에서 정의하는 LP 단계의 태그 응답 포맷

Protocol ID	Packet Options	Packet Length	Tag Mfg ID	Tag Serial Number	Interrogator ID	Command Code	Command Arguments	CRC
0x40	1 byte	1 byte	2 bytes	4 bytes	2 bytes	1 byte	N bytes	2 bytes

태그-ID (6 bytes)

그림 3. 표준에서 정의하는 일대일 명령어 포맷

Protocol ID	Tag Status	Packet Length	Interrogator ID	Tag Mfg ID	Tag Serial Number	Command Code	Data	CRC
0x40	2 bytes	1 byte	2 bytes	2 bytes	4 bytes	1 byte	N bytes	2 bytes

태그-ID (6 bytes)

그림 4. 표준에서 정의하는 AP 단계의 태그 데이터 응답 포맷

태그 응답을 수신할 수 있다. 다시 말해서 리더가 특정 시간 슬롯에서 태그 응답을 성공적으로 수신하였다면, 그 시간 슬롯을 선택한 태그는 다른 태그들이 선택하지 않은 유일한 시간 슬롯을 선택하였다는 것이고, 이는 식 1에 따르면 그 태그가 다른 태그와는 구별되는 유일한 임의 숫자를 생성하였다는 것을 나타낸다. 그렇기 때문에 이때의 임의 숫자는 현재 수집 라운드에서 태그-ID와 유사하게 하나의 특정 태그만을 지칭할 수 있게 된다.

앞서 설명한 특징들에 기반하여 본 논문에서는 다음과 같은 방법을 제안한다. 제안된 방법에서 태그는 LP 단계에서 응답을 전송할 때, 그림 5와 같이 자신의 6바이트 태그-ID 대신에 슬롯을 임의로 선택하기 위해 생성한 2바이트의 임의 숫자인 RN을 포함시켜서 전송한다. 리더는 LP 단계에서 성공적으로 수신한 태그 응답에서 획득한 RN을 이용하여 AP 단계에서 추가적인 데이터를 요청하기 위해 태그-ID 대신에 RN을 포함시킨 그림 6과 같은 데이터 읽기 명령어를 전송하고, 이는 앞서 설명한 바와 같이 특정 하나의 태그를 지칭할 수 있게 된다. 리더 명령어를 수신한 태그는 명령어의 RN 값이 자신이 가진 RN 값과 동일하다면 리더가 자신에게 데이터를 요청하였다는 것을 인지하여 그림 7과 같이 자신의 데이터 응답에 RN과 자신의 태그-ID 정보를 같이 포함시켜 전송한다. 이러한 태그 데이터 응답을 수신한 리더는 AP 단계에서 추가적인 데이터뿐만 아니라 LP 단계에서 획득하지 못한 실제 태그-ID 정보도 같이 획득할 수 있게 된다.

제안하는 방법을 적용하면 LP 단계에서의 태그

응답 크기가 15바이트에서 11바이트로 줄어들게 되고, 이는 응답 전송을 위한 시간 슬롯 크기를 줄여준다. ISO/IEC 18000-7 표준에서 15바이트의 태그 응답을 전송하기 위한 시간 슬롯 크기는 9ms인데 반해, 11바이트의 태그 응답을 전송하기 위한 시간 슬롯 크기는 7ms가 된다. LP 단계에서는 모두 동일한 시간 슬롯 크기가 사용되기 때문에 시간 슬롯 크기가 줄어들게 되면 전체 LP가 줄어들고, 이는 태그 수집에 소요되는 전체 시간을 크게 줄여줄 수 있게 된다. 또한, AP 단계에서 리더가 태그들에게 데이터 읽기 명령어를 전송할 때 6바이트의 태그-ID 대신에 2바이트의 RN을 사용하기 때문에 데이터 읽기 명령어 전송 시간 역시 줄어든다.

물론 제안하는 방법이 적용되었을 때, 그림 7의 데이터 응답은 표준에서 정의하는 그림 4와 같은 데이터 응답에 비해 RN 필드의 추가로 2바이트가 더 증가하였고, 그로 인해 AP 단계에서 태그 데이터 응답 패킷의 전송 시간이 약간 증가될 수 있다. 하지만, 이러한 전송 시간의 증가는 앞서 설명한 시간 감소량에 비해 미비하기 때문에 제안하는 방법 적용 시에 전체적으로는 태그 수집에 소요되는 시간이 감소하게 되며 이는 5장에서 시뮬레이션을 실행을 통해 평가될 것이다.

#### 4.2 제안하는 방법 2

리더는 AP 단계에서 태그들로부터 추가적인 데이터를 수집하기 위해 그림 1과 같이 각 태그들에게 데이터 읽기 명령어를 전송하고, 성공적으로 데이터 응답을 수신한 이후, 태그를 재우기 위해 슬롯

Protocol ID	Tag Status	Packet Length	Interrogator ID	Random Number (RN)	Command Code	CRC
0x40	2 bytes	1 byte	2 bytes	2 bytes	1 byte	2 bytes

그림 5. 제안하는 방법 1에서 정의하는 LP 단계의 태그 응답 포맷

Protocol ID	Packet Options	Packet Length	Random Number (RN)	Interrogator ID	Command Code	Command Arguments	CRC
0x40	1 byte	1 byte	2 bytes	2 bytes	1 byte	N bytes	2 bytes

그림 6. 제안하는 방법 1에서 정의하는 일대일 명령어 포맷

Protocol ID	Tag Status	Packet Length	Interrogator ID	Random Number (RN)	Tag Mfg ID	Tag Serial Number	Command Code	Data	CRC
0x40	2 bytes	1 byte	2 bytes	2 bytes	2 bytes	4 bytes	1 byte	N bytes	2 bytes

태그-ID (6 bytes)

그림 7. 제안하는 방법 1에서 정의하는 AP 단계의 태그 데이터 응답 포맷

명령어를 전송한다. 하지만 이러한 과정은 다음과 같은 제안하는 방법을 적용함으로써 리더로부터 슬립 명령어 전송이 제거될 수 있다. 아래의 설명에서는 앞선 4.1에서 제안한 방법 1이 적용되었음을 가정한다.

그림 8은 제안하는 방법 2가 적용된 태그 수집 과정에서 태그가 리더로부터 명령어를 수신하였을 때의 동작 알고리즘을 보여준다. 제안하는 방법에서 태그는 내부적으로 수집 플래그(*Collected\_Flag*)를 가지고 있고, 이 값은 '거짓(False)'로 초기화된다. 태그는 LP 단계에서 리더로부터 받은 태그 수집 명령어에 대해 제안하는 방법 1을 적용하여 응답을 전송한 이후(그림 8의 2-7줄), AP 단계에서 리더로부터 데이터 읽기 명령어를 받으면 명령어에 포함되어 있는 *RN* 값을 자신의 *RN* 값과 비교한다(그림 8의 8-9줄). *RN* 값이 일치한다면 태그는 리더가 자신에게 추가 데이터를 요청한다는 사실을 인지하여 자신의 데이터 응답을 리더에게 전송하고, 수집 플래그를 '참(True)'으로 설정한다(그림 8의 9-11 줄). 만약 *RN* 값이 일치하지 않는다면 태그는 수집 플래그 값을 체크하는데, 이 때 수집 플래그의 값이 '참'으로 설정되어 있다면 이는 대상 태그가 이미 리더에게 데이터 응답을 전송하였음을 의미하기 때문에 태그는 슬립 명령어를 수신한 것과 동일하게 슬립 모드로 전환하고 수집 플래그를 '거짓'으로 설정한다(그림 8의 12-15줄). 또한, 태그가 수집 명령어를 받았을 때 수집 플래그가 '참'으로 설정되어 있다면, 대상 태그가 앞선 수집 라운드에서 이미 수집 완료되었음을 나타내기 때문에 태그는 슬립 명령어를 수신한 것과 동일하게 동작한다(그림 8의 2-5줄). 제안하는 방법 2는 능동형 RFID 시스템에

```

1: 리더 명령어 수신
2: If (명령어 = Collection) then // LP 단계
3:   If (Collected_Flag = True) then
4:     슬립 모드로 전환
5:     Collected_Flag ← False
6:   End If
7:   임의의 시간 슬롯을 선택하여 응답 전송
8: Else If (명령어 = Read) then // AP 단계
9:   If (RN 일치) then
10:    데이터 응답 전송
11:    Collected_Flag ← True
12:   Else If (Collected_Flag = True) then
13:     슬립 모드로 전환
14:     Collected_Flag ← False
15:   End If
16: End If
    
```

그림 8. 제안하는 방법 2를 적용한 태그 수집 과정에서 태그의 동작 알고리즘

서 리더가 전송하는 명령어를 무선 통신의 특성 상 모든 태그가 수신할 수 있기 때문에 적용 가능한 것이며, 이러한 방법을 사용함으로써 태그는 리더로부터 명시적인 슬립 명령어를 수신하지 않더라도 자신이 슬립 모드로 전환해야할 시기를 정확히 알 수가 있고 리더는 태그들에게 별도의 슬립 명령어를 전송할 필요가 없게 된다.

그림 9는 제안하는 방법 2를 적용한 태그 수집의 동작 과정 예를 보여준다. 태그 2는 AP 단계에서 리더의 데이터 읽기 명령어에 대해(그림 9의 ①) 데이터 응답을 전송한 이후(그림 9의 ②), 리더가 태그 4에게 전송하는 데이터 읽기 명령어를 수신하였

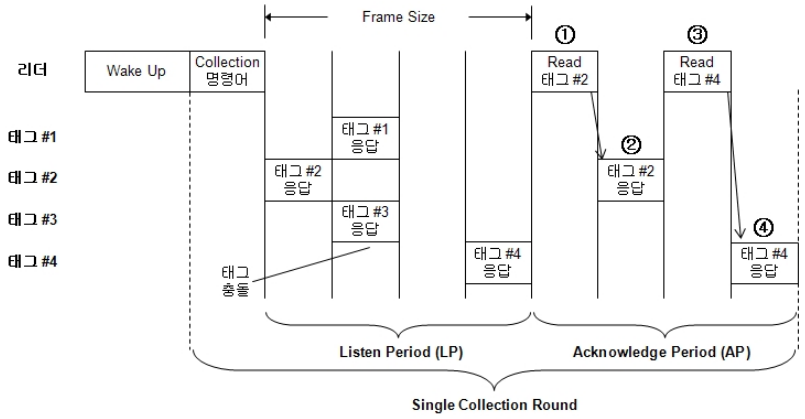


그림 9. 제안하는 방법 2를 적용한 태그 수집의 동작 과정



을 때(그림 9의 ③), 리더에 의한 자신의 데이터 수집이 완료되었음을 인지하고 스스로 슬립 모드로 전환한다. 태그 4의 경우에는 AP 단계에서 데이터 응답을 전송한 이후(그림 9의 ④), 다음 수집 라운드에서 리더가 전송한 새로운 태그 수집 명령어를 수신하였을 때, 자신의 데이터 수집이 완료되었음을 인지하고 슬립 모드로 전환한다. 그림 9의 동작 과정을 그림 1과 비교해 보았을 때, AP 단계에서 리더가 각 태그에게 슬립 명령어를 전송하는 과정이 사라졌기 때문에 리더로부터 전송되는 메시지 양이 감소되고 태그 수집 과정의 각 수집 라운드에서 소요되는 시간이 감소됨을 확인할 수 있다.

### V. 시뮬레이션 실험 및 성능 평가

본 논문에서는 시뮬레이션 실험을 통해 제안하는 방법 1과 2가 동시에 적용된 태그 수집의 성능과 표준의 일반적인 태그 수집의 성능을 비교 평가하기 위해서 C 언어를 사용하여 리더와 다중 태그로 구성된 능동형 RFID 시스템 시뮬레이션 모델을 개발하였다. 태그 수집 과정에서 하나의 수집 라운드가 완료된 이후 남은 태그 수를 추정하여 다음 수집 라운드를 위한 최적의 프레임 크기를 동적으로 결정하기 위한 방법으로는 관련 연구 [10]에서 제안한 방법을 적용하였다. 시뮬레이션에서는 AP 단계에서 리더가 태그들에게 50바이트의 추가적인 데이터를 요청하는 시나리오 1과 100바이트를 요청하는 시나리오 2의 2가지 실험 시나리오를 사용하였다. 표 1은 시뮬레이션 실험에서 사용된 파라미터의 설정 값을 보여주며, 이 값들은 ISO/IEC 18000-7 표준을 따라서 설정하였다.

표 1. 시뮬레이션 설정 값

	표준의 태그 수집	제안하는 태그 수집
Collection 명령어 전송 시간	5.232 ms	5.232 ms
LP에서 응답 시간 슬롯 크기	9 ms	7 ms
Read 명령어 전송 시간	6.852 ms	5.556 ms
AP에서 응답 시간 슬롯 크기 (50바이트 데이터 포함)	22.716 ms	23.364 ms
AP에서 응답 시간 슬롯 크기 (100바이트 데이터 포함)	38.916 ms	39.564 ms
Sleep 명령어 전송 시간	6.204 ms	-

실험에서는 태그 개수를 10개에서 500개까지 10개 단위로 변화시키면서 각 실험 경우마다 10,000번의 시뮬레이션을 수행하여 평균값을 계산하였다. 그림 10~그림 13은 시뮬레이션 실험 결과를 보여준다.

먼저 그림 10은 태그 수집에 요구된 평균 시간을 비교한 실험 결과를 보여준다. 그림에서 보는 것과 같이 제안하는 방법이 적용된 태그 수집(Proposed)은 표준의 태그 수집(Standard)에 비해 많은 시간 감소를 보임을 확인할 수 있고, 수집될 태그 개수가 증가함에 따라 제안하는 방법에 의한 태그 수집 시간 감소량도 커지는 것을 확인할 수 있다. 시나리오 1(50바이트)과 시나리오 2(100바이트)에서 리더가 태그에게 요청하는 추가 데이터 크기의 차이는 AP 단계에서의 태그 데이터 응답 크기에만 영향을 주기 때문에 제안하는 방법에 의한 시간 감소에는 영향을 미치지 않는다. 그러므로 그림 10에서 시나리오 1과 2의 두 경우 모두 제안하는 방법에 의한 시간 감소량은 동일하며, 최대 500개의 태그 대상 시에 약 6384ms의 시간 감소를 보였다. 제안하는 방법의 적용에 의한 평균 시간 감소량은 시나리오 1과 2에서 각각 19.99%와 16.03%였는데, 요청 데이터 크기의 증가에 따라 평균 시간 감소량이 줄어드는 것처럼 보이는 것은 앞서 설명한 바와 같이 제안하는 방법에 의한 시간 감소량은 요청 데이터 크기와 무관하게 동일하나 AP 단계에서의 태그 응답 전송 시간이 증가하는 것으로 인해 전체 태그 수집 시간이 증가하기 때문이다.

그림 11은 초당 태그 인식 개수를 나타내는 인식 처리율을 비교한 실험 결과이다. 제안하는 방법을 적용하였을 때 인식 처리율이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 실험 결과는 제안하는 방법 적용 시에

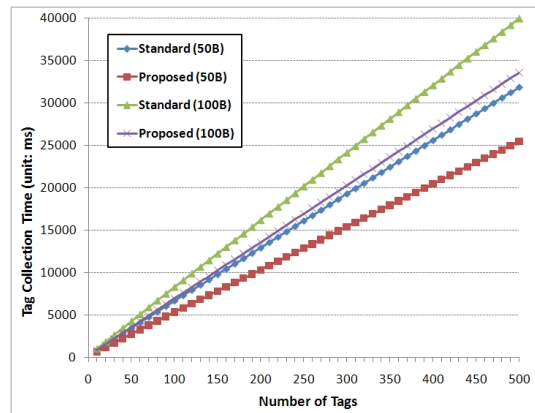


그림 10. 태그 수집에 소요된 시간

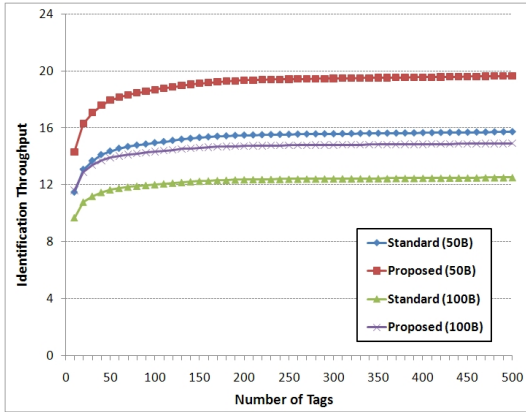


그림 11. 인식 처리율

시나리오 1과 시나리오 2에서 인식 처리율이 평균적으로 각각 24.98%와 19.09%가 증가됨을 보였다.

그림 12는 태그 수집 과정에서 리더가 전송한 명령어 메시지의 총합을 바이트 단위로 나타낸 것이다. 리더가 전송하는 메시지 양은 AP 단계에서 요청하는 데이터 크기와 무관하기 때문에 시나리오 1과 2의 실험 결과 값이 거의 유사하여 그래프가 겹치게 나타났다. 시뮬레이션 결과는 제안하는 방법이 적용된 태그 수집에서의 리더 명령어 메시지 전송량이 표준의 태그 수집에 비해 평균 54.1%가 감소되었음을 보여주었으며, 이는 리더가 전송하는 전체 명령어 메시지 전송량이 절반 이하로 크게 줄어드는 것을 의미한다.

그림 13은 그림 12와 반대로 태그 수집 과정에서 태그가 리더에게 전송한 응답 메시지의 총합을 바이트 단위로 나타낸 것으로써, 그래프의 값들은 태그 수집 과정에서 모든 수집 대상 태그가 전송한 응답 메시지의 총합을 수집 대상 태그 개수로 나누어서 구한 각 태그당 평균 응답 메시지 전송량을 보여준다. 그림 13의 시뮬레이션 실험 결과에서는 제안하는 방법의 적용 시에 시나리오 1과 2에서 각각 평균 11.79%와 9.26%의 응답 메시지 전송량 감소를 확인할 수 있다.

그림 12와 그림 13에서 보여주는 제안하는 방법에 의한 리더와 태그의 메시지 전송량 감소는 태그 수집에 소요되는 전체 시간을 줄여주는 결과를 가져올 뿐만 아니라 능동형 RFID 시스템에서 가장 중요한 이슈 중 하나인 태그 배터리 소모를 줄여준다. 능동형 RFID 태그에서 가장 전원 소비가 큰 작업은 리더로부터의 명령어를 수신하고 자신의 응답을 송신하는 무선 통신 작업이다. 그러므로 그림 12

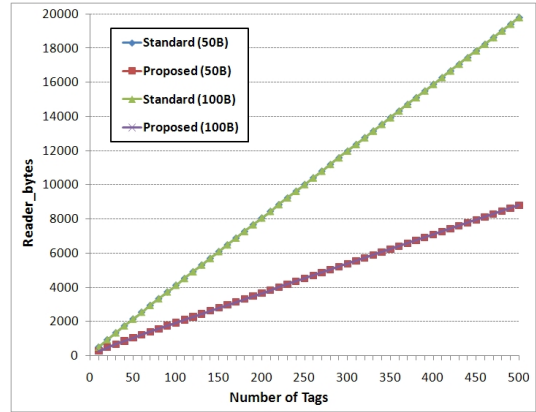


그림 12. 리더에서 전송한 명령어 메시지 전송량 합계

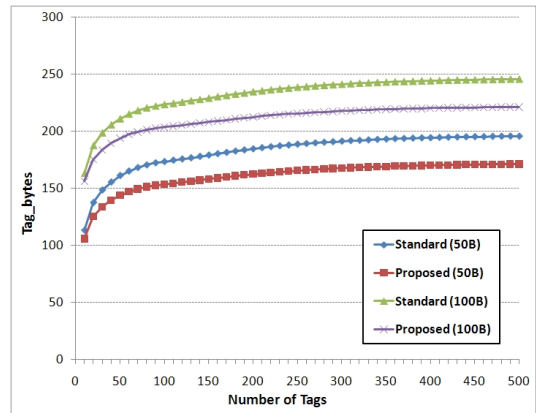


그림 13. 태그가 전송한 응답 메시지 전송량 합계

와 그림 13에서의 결과와 같이 제안하는 방법을 적용함으로써 태그가 송수신하는 메시지 양이 크게 줄어드는 것은 다시 말해 태그의 배터리 소모를 크게 줄여줄 수 있다는 것이 되고, 이는 능동형 RFID 시스템에서 매우 중요한 성능 향상 평가 기준이 될 수 있다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 ISO/IEC 18000-7 표준을 준수하는 능동형 RFID 시스템에서 태그 수집 알고리즘의 수정을 통해 성능을 향상시키기 위한 새로운 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 프레임 슬롯 알고리즘 기반 태그 수집 과정에서 사용되는 태그의 응답 메시지 크기를 줄임으로써 시간 슬롯 크기를 줄이고 리더가 태그에게 전송하는 명령어 메시지의 횟수를 감소시킨다. 이는 결과적으로 태그 수집 과정



에서 리더와 태그간의 메시지 전송량을 감소시킴으로써 태그 수집에 소요되는 시간과 태그의 배터리 소모를 감소시켜준다.

본 논문에서는 시뮬레이션 실험을 통해서 제안된 방법이 메시지 전송량을 감소시킴으로써 태그 수집 성능을 향상시키는 것을 확인하였다. 시뮬레이션에서는 리더가 태그에게 50바이트의 추가 데이터를 요청하는 시나리오 1과 100바이트의 추가 데이터를 요청하는 시나리오 2를 사용하였다. 시뮬레이션 결과는 제안하는 방법을 적용한 태그 수집이 시나리오 1과 2에서 각각 평균 19.99%와 16.03%의 태그 수집 시간 감소를 보였고, 평균 24.98%와 19.09%의 인식 처리율 증가를 보였다. 또한, 리더로부터의 명령어 메시지 전송량을 평균 54.1% 감소시켰고, 태그가 전송하는 응답 메시지의 양을 시나리오 1과 2에서 각각 평균 11.79%와 9.26% 감소시켰음을 확인하였으며, 이는 능동형 RFID 태그에서 배터리 소모가 가장 큰 무선 통신 작업을 줄여줌으로써 태그의 배터리 소모를 크게 줄여줄 수 있음을 기대할 수 있다.

본 연구의 향후 과제로는 제안된 방법을 실제 능동형 RFID 시스템에 적용하여 실제 환경에서 실험 및 성능 평가를 수행하는 것이다.

### 참 고 문 헌

[1] K. Michael, L. McCathie, "The Pros and Cons of RFID in Supply Chain Management", in *Proc. ICMB 2005*, pp.623-629, Jul. 2005.

[2] ISO/IEC 18000-7, "Information technology - Radio frequency identification for item management - Part 7: Parameters for active air interface communications at 433 MHz", Jan. 2008.

[3] J. Myung, W. Lee, J. Srivastava, T.K. Shih, "Tag-Splitting: Adaptive Collision Arbitration Protocols for RFID Tag Identification", *IEEE Trans. Par. Dist. Sys.*, 18(6), pp.763-775, Jun. 2007.

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

[5] H. Vogt, "Efficient Object Identification with Passive RFID Tags", in *Proc. Pervasive 2002*,

pp.98-113, Aug. 2002.

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

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

[8] J. Zhai, G.-N. Wang, "An Anti-collision Algorithm Using Two-Functioned Estimation for RFID Tags", in *Proc. ICCSA 2005*, pp.702-711, May 2005.

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

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

**윤 원 주 (Won-Ju Yoon)**  
 한국통신학회논문지 제34권 제7호 참조  
 현재 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정

중신회원

**정 상 화 (Sang-Hwa Chung)**  
 한국통신학회논문지 제34권 제7호 참조  
 현재 부산대학교 컴퓨터공학과 교수

중신회원

**강 수 영 (Su-Young Kang)**  
 2008년 2월 부산대학교 정보컴퓨터공학부 학사  
 2008년 3월~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 석사과정  
 <관심분야> 능동형 RFID 시스템, 컨테이너 보안 장치

