

# 인식 슬롯 스캔 기반 능동형 RFID 태그 수집 알고리즘 개선

윤원주\*

## Improvement of an Identified Slot Scan-Based Active RFID Tag Collection Algorithm

Won-Ju Yoon\*

요약

본 논문에서는 이전 연구에서 능동형 RFID 시스템의 태그 수집 성능 향상을 위해 제안된 인식 슬롯 스캔 기반 태그 수집 알고리즘의 단점을 개선하는 수정된 태그 수집 알고리즘을 제안한다. 기 제안된 인식 슬롯 스캔 기반 태그 수집 알고리즘은 태그 수집 과정에서 모든 태그들로부터 정해진 크기의 데이터를 수집하는 상황에 최적화 되어 있기 때문에 태그들이 다양한 크기의 데이터를 가지는 환경에 적용할 경우 제대로 된 성능 향상을 가져오지 못한다. 본 논문에서 새롭게 제안하는 개선된 태그 수집 알고리즘은 먼저 인식 슬롯 스캔 단계에서 각 태그로부터 자신이 가진 데이터를 전송하는데 필요한 슬롯 크기 정보를 획득하고 이를 활용하여 태그 수집 단계를 수행함으로써, 기 제안된 알고리즘의 문제점을 해결하고 모든 환경에서 능동형 RFID 태그 수집의 성능을 효율적으로 향상시키도록 설계되었다. 성능 평가를 위해 수행한 시뮬레이션 결과는 제안하는 개선된 태그 수집 알고리즘이 태그들이 동일한 데이터 크기를 가지는 환경에서는 기 제안된 알고리즘과 거의 동일한 성능을 보이고, 태그들이 다양한 데이터 크기를 가지는 환경에서는 기 제안된 알고리즘과 달리 ISO/IEC 18000-7 표준의 태그 수집 성능을 크게 향상 시킴을 보여주었다.

**Key Words** : active RFID, tag collection, identified slot scan, tag data size, ISO/IEC 18000-7

### ABSTRACT

This paper proposes a modified tag collection algorithm that improves the drawback of the identified slot scan-based tag collection algorithm presented in a previous paper to improve the tag collection performance in active RFID systems. The previous identified slot scan-based tag collection algorithm is optimized in situations where all the tags store the fixed size of data, so it could not result in a good performance improvement with tags having the variable size of data. The improved tag collection algorithm proposed in this paper first collects the slot size information required for the data transmission from each tag via the identified slot scan phase, and then performs the tag collection phase using the information, which resolves the problem of the previous identified slot scan-based tag collection algorithm. The simulation results for performance evaluation showed that the proposed tag collection algorithm resulted in the almost same tag collection performance as the previous algorithm when all the tags have the same size of data and led a large improvement of the tag collection performance in ISO/IEC 18000-7 unlike the previous algorithm when each tag has a random size of data.

\* 주저자 : 한국항공우주연구원 나로호체계종합팀, wj.yoon@kari.re.kr, 중신회원  
논문번호 : KICS2013-01-001, 접수일자 : 2013년 1월 2일, 최종논문접수일자 : 2013년 3월 5일

## I. 서 론

유비쿼터스 시대를 맞이하여 최근 몇 년간 RFID (Radio Frequency Identification) 기술이 각광을 받고 있다. RFID는 물품에 부착된 전자 태그의 데이터를 리더가 라디오 주파수를 이용하여 읽어서 처리하는 비접촉 자동 인식 기술인데, 태그의 전원 공급 방식에 따라 크게 수동형 RFID 시스템과 능동형 RFID 시스템으로 분류된다. 수동형 RFID 시스템에서 태그는 자체적인 전원 공급 없이 리더로부터 수신한 전파를 이용하여 동작전원을 생성하는데, 이로 인해 인식거리가 수 m로 제한되지만 단가가 저렴하여 많은 응용분야에 적용되고 있으며 연구개발도 활발히 이루어지고 있다. 반면, 능동형 RFID 태그는 자체적인 배터리를 구비함으로써 인식거리가 길고 금속 물체에 적용이 용이하며 센싱 기능 추가가 용이한 장점이 있지만<sup>[1]</sup>, 태그 단가가 높은 문제로 인해 아직은 제한적인 분야에서만 적용이 되고 있으며 수동형 RFID에 비해 상대적으로 연구개발도 활발하지 못하다. 능동형 RFID 시스템은 넓은 지역에서 대량의 컨테이너를 관리하는 항만 물류 시스템 및 국방, 의료, 자동차 등의 응용분야에서 활용되고 있다.

RFID 시스템에서 리더는 자신의 RF 통신 범위 내에 존재하는 다수의 태그들로부터 데이터를 수집하여 처리하는데, 이를 태그 수집(tag collection)이라 한다. 태그 수집 과정에서 태그들이 동시적으로 응답을 전송하면 무선 채널에서 충돌이 발생하여 리더가 태그의 응답들을 정상적으로 수신하지 못하는 태그 충돌 문제가 발생한다. RFID 시스템에서는 이러한 태그 충돌 문제를 해결하여 리더가 더욱 빠르고 정확하게 태그들로부터 데이터를 수집할 수 있도록 충돌 방지 프로토콜이 사용된다.

RFID 시스템을 위한 충돌 방지 프로토콜 중에서 프레임 슬롯 알고리즘(Framed Slotted ALOHA) 프로토콜은 동작 방식이 간단하고 좋은 성능을 내기 때문에 가장 널리 사용되는 충돌 방지 프로토콜 중의 하나이다. 능동형 RFID 시스템 관련 대표적인 국제 표준인 ISO/IEC 18000-7에서는 프레임 슬롯 알고리즘 기반 태그 수집 알고리즘을 정의한다<sup>[2]</sup>. 프레임 슬롯 알고리즘 프로토콜의 성능을 향상시키기 위해 많은 연구들이 수행되어 왔지만 이들은 대부분 수동형 RFID 시스템을 대상으로 연구되었으며, 능동형 RFID 시스템의 특성을 고려한 연구는 드물다<sup>[3-8]</sup>.

본 논문의 저자는 이전 연구에서 능동형 RFID 시스템에서의 프레임 슬롯 알고리즘 기반 태그 수집의 성

능을 향상시키기 위해 인식 슬롯 스캔 기반 태그 수집 알고리즘(Identified Slot Scan-based Tag Collection Algorithm, 이하 ISS-TCA)을 제안하였다<sup>[9]</sup>. 하지만 ISS-TCA는 태그 수집 과정에서 모든 태그들로부터 정해진 크기의 데이터를 수집하는 상황에서 최적의 성능을 내도록 설계되었기 때문에 태그들이 다양한 크기의 데이터를 저장하고 있는 환경에 적용할 경우 제대로 된 성능 향상을 가져오지 못하는 단점이 있다.

본 논문에서는 ISS-TCA의 단점을 보완하여 태그들이 다양한 크기의 데이터를 저장하고 있는 환경에서도 효율적으로 태그 수집의 성능을 향상시킬 수 있는 개선된 ISS-TCA를 제안한다. 제안하는 개선된 ISS-TCA에서는 1단계 인식 슬롯 스캔 과정에서 태그들이 자신이 가진 데이터를 리더에게 보내기 위해 필요한 슬롯의 크기를 계산해서 응답에 실어 보낸다. 리더는 1단계에서 태그 응답들로부터 획득한 슬롯 크기 정보를 활용하여 2단계 태그 수집 과정에서 기존 ISS-TCA와 달리 동적 슬롯 크기를 사용함으로써 각 태그들의 응답 데이터 크기와 무관하게 태그 수집의 성능을 효율적으로 향상시킬 수 있다. 본 논문에서는 시뮬레이션 실험을 통해서 제안하는 개선된 ISS-TCA를 표준 태그 수집 알고리즘 및 기존 ISS-TCA와 비교하여 태그 수집의 성능을 평가한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 ISS-TCA에 대해 간략히 설명하고, 3장에서는 제안하는 개선된 ISS-TCA에 대해 설명한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통해 평가한 태그 수집 성능 결과를 제시하며, 마지막으로 5장에서는 본 논문을 마무리 짓는다.

## II. 인식 슬롯 스캔 기반 태그 수집 알고리즘 (ISS-TCA)

서론에서 전술한 바와 같이 능동형 RFID 시스템을 위한 ISO/IEC 18000-7 표준에서는 프레임 슬롯 알고리즘 충돌방지 프로토콜을 이용한 태그 수집 알고리즘을 정의한다. 표준의 태그 수집 알고리즘에서 리더는 모든 태그들로부터 데이터를 수집할 때까지 수집 라운드를 반복하여 수행하고, 하나의 수집 라운드는 Listen Period(LP)와 Acknowledge Period(AP)로 나누어진다. LP는 프레임과 유사한 개념으로 태그들이 이 기간을 슬롯 단위로 나누고 그 중 임의의 슬롯을 선택하여 자신의 응답을 전송함으로써 다중 태그 응답 간 충돌 발생의 확률을 줄인다. LP 동안 단 하나의 태그만이 해당 슬롯을 선택한 인식 슬롯의 경우에만

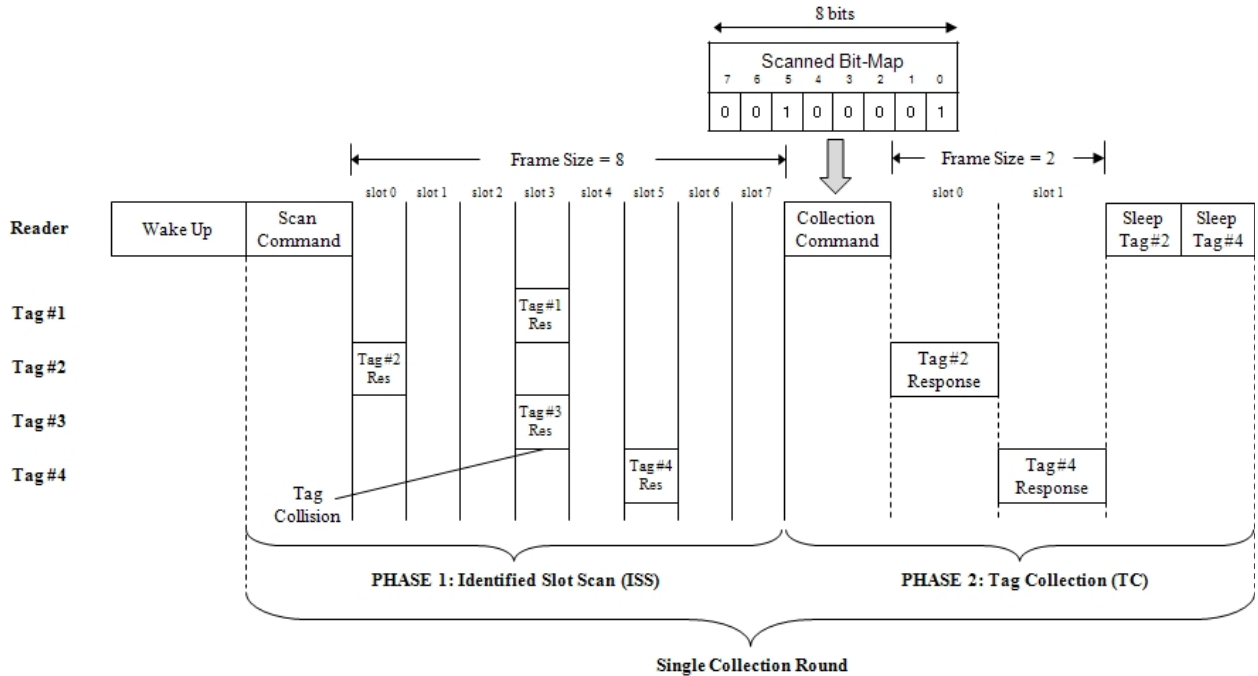


Fig. 1. Example of operation procedure of the ISS-TCA<sup>[9]</sup>

리더가 태그 응답을 정상적으로 수신하여 해당 태그의 ID 정보를 획득할 수 있으며, 2개 이상의 태그들이 응답을 전송하여 충돌이 발생한 충돌 슬롯과 아무 태그도 응답을 전송하지 않은 빈 슬롯은 태그 수집에 아무런 기여도 하지 못한다. 이후 리더는 AP에서 LP 내의 인식 슬롯을 통해 ID를 획득한 각 태그들로부터 일대일 명령어를 사용하여 추가적인 데이터를 수집한다. (상세한 동작 과정은 ISO/IEC 18000-7 표준 문서를 참조)

이와 같은 확률 방식 기반의 태그 수집 과정에서는 항상 충돌 슬롯과 빈 슬롯이 일정 확률로 다수 발생하고, 이는 태그 수집의 성능을 저하시키는 주원인이 된다. ISS-TCA는 ISO/IEC 18000-7 표준의 태그 수집 알고리즘을 개선함으로써 그러한 충돌 슬롯과 빈 슬롯에 의한 시간 낭비를 최소화하고 능동형 RFID 시스템에서의 태그 수집 성능을 향상시키기 위해 제안되었다. 그림 1은 ISS-TCA의 동작 과정의 예를 나타낸 그림이다.

ISS-TCA는 크게 2단계로 구성되어 있다. 먼저 1단계인 인식 슬롯 스캔 단계의 동작 과정은 표준 태그 수집 과정의 LP와 매우 유사한데, 차이점은 ISS-TCA의 1단계에서 태그들이 전송하는 응답 패킷에는 태그-ID를 포함한 유의미한 데이터 대신 리더가 프레임 내의 슬롯들을 인식 슬롯, 충돌 슬롯, 빈 슬롯으로 구분해 낼 수 있는 최소한의 데이터인 2바이트 임의숫

자(pseudorandom number)와 1바이트 CRC만이 포함 된다는 것이다. 2바이트 임의숫자는 다중 태그들 간의 응답을 서로 구분하기 위해 사용되고, 1바이트 CRC는 그것의 유효성을 검사함으로써 리더가 하나의 응답만이 전송된 인식 슬롯과 다중 응답이 동시에 전송된 충돌 슬롯을 구분할 수 있게 한다. 프레임 시간이 완료된 이후, 리더는 구분한 슬롯 정보를 바탕으로 스캔 비트맵(scanned bitmap)을 생성한다. 이 때 생성되는 스캔 비트맵은 프레임 내의 슬롯 수와 동일한 비트 수의 크기를 가지고 스캔 비트맵에서 각 비트는 각 슬롯들을 나타내며 인식 슬롯인 경우에는 '1' 값을 그렇지 않고 충돌 슬롯이거나 빈 슬롯인 경우에는 '0' 값을 가진다. 그림 1의 예에서 리더는 8개의 슬롯으로 이루어진 프레임 시간이 완료된 이후 그에 해당하는 8비트 크기의 스캔 비트맵을 생성하였고, 슬롯 0번과 5번이 인식슬롯이기 때문에 해당하는 스캔 비트맵의 0번과 5번 비트의 값을 '1'로 설정하였다.

1단계 인식 슬롯 스캔 과정이 완료되면, 리더는 수집 명령어를 브로드캐스팅 함으로써 태그들로부터 실질적으로 데이터를 수집하는 2단계인 태그 수집 단계를 시작한다. 이 때 리더가 전송하는 수집 명령어에는 앞서 생성된 스캔 비트맵이 포함되고, 2단계에서 태그 응답 수신을 위해 사용되는 프레임의 크기는 1단계에서 스캔된 인식 슬롯 개수와 동일하게 설정된다. 수집 명령어를 수신한 태그는 스캔 비트맵 데이터에서 앞

선 1단계에서 자신이 응답을 전송한 슬롯에 해당하는 비트의 값을 확인한다. 그 값이 '0'이라면 해당 슬롯은 다른 태그 응답과 충돌이 발생하였기 때문에 태그는 아무런 응답을 하지 않는다. 그렇지 않고 해당 비트 값이 '1'이라면 태그는 자신의 실제 데이터가 포함된 응답을 전송하는데, 이 때 전송을 위해 사용되는 슬롯의 순서는 스캔 비트맵에서 해당 비트 값이 몇 번째 '1' 값인지에 따라 결정된다. 그림 1의 예에서 태그 2는 스캔 비트맵에서 자신이 선택한 슬롯에 해당하는 비트 값이 첫 번째 '1'이기 때문에 첫 번째 슬롯 0번에서 응답을 전송하고, 이와 동일하게 태그 4는 해당 비트 값이 두 번째 '1' 값이므로 두 번째 슬롯 1번에서 응답을 전송한다.

ISS-TCA의 1단계에서는 최소한의 태그 응답 크기가 사용되기 때문에 그의 전송을 위한 슬롯의 크기도 표준 태그 수집의 LP에서 사용되는 것에 비해 매우 작다. 그렇기 때문에 1단계에서 발생하는 충돌 슬롯과 빈 슬롯에 의한 시간 낭비 역시 크게 줄어들게 된다. 또한, 표준 태그 수집 과정에서 리더가 AP에서 일대일 명령어를 사용하여 각 태그들로부터 개별적으로 데이터를 수집해야하는 것에 비해 ISS-TCA의 2단계에서는 리더가 하나의 수집 명령어만을 브로드캐스팅하여 1단계에서 인식 슬롯을 선택한 태그들만을 대상으로 선별적으로 데이터를 수집하기 때문에 많은 시간 절약을 가져올 수 있다. 이러한 특징으로 ISS-TCA는 표준 태그 수집 알고리즘에 비해 태그 수집 성능을 크게 향상시킬 수 있다. (더욱 상세한 설명은 관련 연구 [9]를 참조)

하지만 ISS-TCA는 2단계에서 태그들로부터 데이터를 수집할 때 동일한 크기의 슬롯들을 사용하기 때문에 태그들이 모두 정해진 데이터 크기의 데이터를 응답할 때는 큰 성능 향상을 가져올 수 있지만, 태그들이 저장하고 있는 데이터의 크기가 다양하다면 사용되는 슬롯의 크기는 가장 큰 데이터 응답에 맞춰서 설정되어야 한다. 이런 경우 작은 데이터를 가진 태그의 응답 전송 시에도 큰 슬롯이 사용됨에 따라 시간 낭비가 발생하게 되고 이는 태그 수집 성능의 하락을 가져오는 문제가 된다.

### III. 제안하는 개선된 ISS-TCA

본 장에서는 앞선 장에서 서술한 기존 ISS-TCA의 단점을 개선하여 태그들이 응답할 데이터 크기에 무관하게 효율적으로 능동형 RFID 시스템에서 태그 수집 성능을 향상시킬 수 있는 개선된 ISS-TCA를 제안

한다. 제안하는 개선된 ISS-TCA의 동작 알고리즘은 기본적으로 ISS-TCA와 유사하지만 각 단계에서 다음과 같은 차이점이 있다.

#### 3.1. 인식 슬롯 스캔 단계 (1단계)

ISS-TCA의 1단계에서 태그들은 자신들의 응답 전송을 위해 임의숫자를 생성하여 사용하는데 그 목적은 다음과 같은 두 가지이다.

- 1) 프레임 슬롯 알로하 프로토콜에 따라 프레임 내에서 자신이 응답을 전송할 슬롯을 임의로 선택하기 위해 사용됨
- 2) 태그들이 전송하는 응답 패킷들이 서로 구별될 수 있도록 하여 동일 슬롯에서 여러 태그들이 동시에 응답을 전송하였을 경우, 리더가 서로 다른 태그 응답 패킷으로 인해 태그 충돌이 발생한 것을 검출할 수 있도록 하기 위해 사용됨

일반적으로 리더가 최대 수백 개의 태그들을 대상으로 하는 능동형 RFID 시스템의 특성을 고려하여 ISS-TCA의 1단계에서는 2바이트 크기의 임의숫자를 생성해서 사용하고, 1단계에서의 응답 패킷은 2바이트 임의숫자와 1바이트 CRC로 이루어진다.

제안하는 개선된 ISS-TCA의 1단계에서는 태그가 2바이트의 임의숫자를 생성하여 프레임 내에서 임의로 응답 슬롯을 선택하는 것은 동일하지만, 태그가 전송하는 응답 패킷의 구조는 그림 2와 같이 조금 상이하다. 응답 패킷에 2바이트 임의숫자를 그대로 실어서 보내는 대신에 하위 7비트를 2단계에서 태그가 자신이 가진 데이터를 전송하기 위해 필요한 응답 슬롯 크기 정보로 대체하고, 마지막으로 CRC가 계산되어 더해진다. ISO/IEC 18000-7 표준에서 정의하는 태그 응답 패킷의 최대 크기는 255바이트로 이는 8비트로 표현된다. 또한 표준에 따르면 최대 255바이트의 태그 응답 전송을 위해 소요되는 시간은 약 84ms 정도가 되며, 이 크기 값은 7비트로 표현될 수 있다.

1단계 태그 응답 패킷에 2단계에서 전송할 응답 패킷의 크기 정보를 실어서 보내는 것이 아니라 그 응답 패킷을 전송하는데 필요한 슬롯 크기를 실어서 보내는 것은 다음과 같은 이유 때문이다. 만약 태그가 1단계 응답에 패킷 크기 정보를 실어 보낸다면 이를 수신하는 리더는 모든 태그들의 패킷 크기 정보를 다시 2단계 태그 수집에서 사용하기 위한 슬롯 크기로 모두

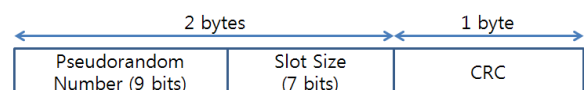


Fig. 2. Response packet format in the 1st phase

변환을 해야 하는데, 이는 태그 수가 증가할수록 리더에 큰 계산 부하와 함께 시간 지연을 발생시킬 수 있다. 따라서 1단계 태그 응답 패킷에는 슬롯 크기 정보를 포함시키는 것이 더욱 합리적이다.

상기에서 설명한 방법으로 개선된 ISS-TCA에서는 1단계에서의 태그 응답 크기를 증가시키지 않으면서 태그들이 리더에게 2단계에서 필요한 슬롯 크기 정보를 알려줄 수 있게 된다.

### 3.2. 태그 수집 단계 (2단계)

ISS-TCA에서는 1단계 인식 슬롯 스캔 과정을 통해 프레임 내의 슬롯 중에서 인식 슬롯만을 구분하여 그 정보를 담은 스캔 비트맵을 생성하고, 리더는 이를 2단계에서 태그 수집 명령어에 실어서 브로드캐스팅하여 인식 슬롯을 선택한 태그들로부터 추가적인 데이터를 수집한다.

제안하는 개선된 ISS-TCA에서는 2단계의 태그 수집 명령어에 스캔 비트맵과 함께 인식 슬롯들을 선택한 태그들이 2단계에서 응답 전송을 위해 사용할 슬롯 크기 정보를 배열의 형태로 실어서 브로드캐스팅한다. 슬롯 크기 배열을 구성하는 각 항목은 1단계에서 인식 슬롯을 선택한 태그의 순서대로 태그들이 보낸 7비트 슬롯 크기 정보들로 구성되며, 각 7비트 슬롯 크기 정보는 해당 태그가 2단계에서 자신의 데이터 응답을 리더에게 전송하는데 소요되는 시간 정보를 나타낸다. 리더가 전송하는 태그 수집 명령어 패킷은 바이트 단위가 되어야 하므로, 슬롯 크기 배열의 전체 크기를 바이트 단위로 맞추기 위해 여분의 비트들은 '0' 값으로 채워진다.

그림 3은 ISS-TCA 동작 과정의 예를 보여주는 그림 1의 경우에 2단계에서 리더가 전송하는 태그 수집 명령어에 포함되는 스캔 비트맵과 슬롯 크기 배열의 예를 보여준다. 스캔 비트맵은 기존 ISS-TCA와 동일하며, 그 뒤에 1단계에서 인식 슬롯을 선택한 태그 2번과 4번이 2단계에서 데이터 응답을 전송하기 위해 필요한 슬롯 크기 정보가 순서대로 추가되었다. 가장 마지막에는 바이트 단위로 만들기 위해 2비트의 '0' 값이 채워졌다.

상기와 같은 정보를 포함한 태그 수집 명령어를 수신한 각 태그는 스캔 비트맵을 통해 1단계에서 자신이 선택한 슬롯이 인식 슬롯인지를 검사하고, 만약 해당



Fig. 3. Scanned bitmap and slot size array in the 2nd phase

비트 값이 '1'이라서 인식 슬롯이었음을 인지하면 태그 수집 명령어에 포함된 슬롯 크기 배열을 이용해서 자신이 응답을 전송할 슬롯의 시작 타이밍을 계산한다. 태그는 스캔 비트맵 내에서 자신이 선택한 인식 슬롯이 몇 번째 인식 슬롯인지를 계산하고, 슬롯 크기 배열의 처음 항목부터 자신이 선택한 인식 슬롯 전까지의 슬롯 크기 값들을 모두 합함으로써 자신이 데이터 응답 전송을 위해 대기해야 할 시간을 계산할 수 있다.

이러한 방식으로 개선된 ISS-TCA에서는 기존 ISS-TCA와 달리 2단계에서 동일한 슬롯 크기를 사용하는 것이 아니라 태그가 전송하고자 하는 데이터 크기에 따라 동적인 슬롯 크기를 사용할 수 있게 되며, 이로 인해 개선된 ISS-TCA는 태그들이 가지는 데이터 크기에 무관하게 효율적으로 태그 수집의 성능을 향상시킬 수 있다. 개선된 ISS-TCA의 2단계에서 리더가 전송하는 수집 명령어에는 슬롯 크기 배열이 추가적으로 포함되기 때문에 기존 ISS-TCA에 비해 리더의 수집 명령어 전송을 위한 시간이 증가되지만, 이는 개선된 ISS-TCA로 인해 감소되는 전체 태그 수집 시간에 비해 매우 작기 때문에 무시될 수 있으며 다음 장의 시뮬레이션 결과를 통해 확인할 수 있다.

## IV. 시뮬레이션을 통한 태그 수집 성능 평가

본 논문에서는 제안하는 개선된 ISS-TCA의 성능 평가를 위해 시뮬레이션을 수행하였으며, 능동형 RFID 태그 수집의 성능을 표준 태그 수집 알고리즘 및 기존 ISS-TCA와 비교 분석하였다. 시뮬레이션 설정은 ISO/IEC 18000-7 표준의 파라미터를 참조하였다. 태그 수를 10개 단위로 최대 300개까지 변화시키며, 각 경우마다 10,000회의 반복적인 시뮬레이션 수행을 통해 평균값을 도출하였다.

시뮬레이션은 다음과 같은 2가지 시나리오에 대해 각각 수행하였다.

- 시나리오 1 (S1)  
: 태그들이 동일한 크기의 데이터를 가짐
- 시나리오 2 (S2)  
: 태그들이 다양한 크기의 데이터를 가짐

### 4.1. 시뮬레이션 1 - 동일한 크기의 데이터

먼저 태그들이 데이터의 내용은 서로 다르지만 모두 동일하게 150바이트 크기의 데이터를 가지는 시나리오를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 성능 평가 결과가 그림 4~6에서 보여진다.



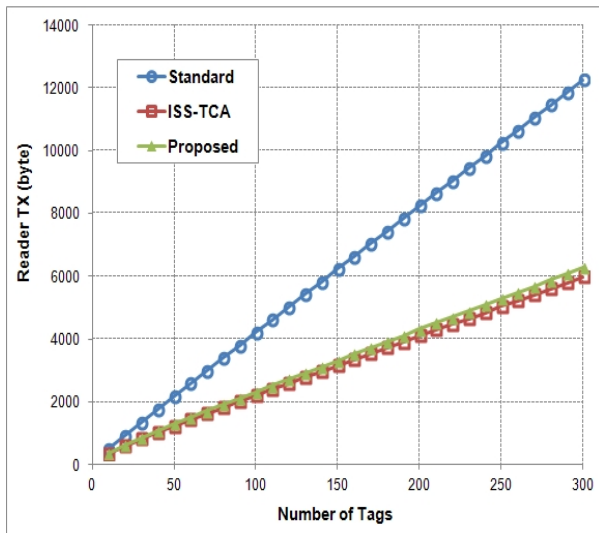


Fig. 4. Number of bytes from the reader in S1

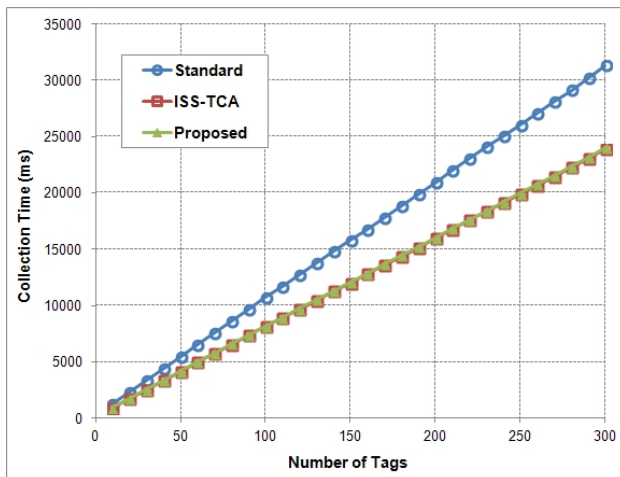


Fig. 5. Collection time in S1

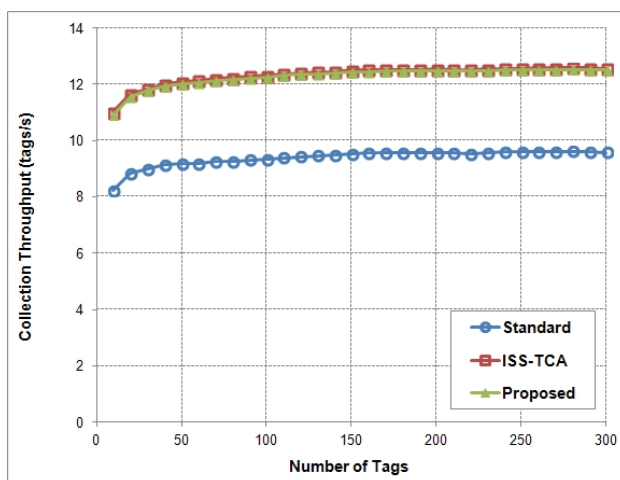


Fig. 6. Collection throughput in S1

그림 4는 태그 수집의 전체 과정 동안 리더가 태그들에게 전송한 명령어 바이트 수를 보여주는 그래프이다. 표준 태그 수집 알고리즘은 태그 수집 과정의 AP에서 태그들에게 추가적인 데이터를 수집하기 위해 일대일 명령어를 이용하기 때문에 명령어 전송량이 많은 반면, ISS-TCA와 개선된 ISS-TCA는 2단계 태그 수집 과정에서 브로드캐스팅 명령어를 이용하여 태그들로부터 추가 데이터를 수집하므로 리더가 전송하는 전체 명령어 전송량을 절반 가까이 감소시킨다. 이러한 명령어 전송량의 차이는 그림 5에서 나타나는 전체 태그 수집 시간에 큰 영향을 미친다. 개선된 ISS-TCA는 기존 ISS-TCA에 비해 리더 명령어 전송량이 평균적으로 5.3% 정도 증가하였는데, 이는 2단계 태그 수집 단계에서 전송하는 리더 명령어에 그림 3과 같이 태그들의 응답 전송을 위해 사용될 슬롯 크기의 정보 배열이 추가적으로 포함되기 때문이다.

그림 5는 최종적으로 태그 수집에 소요된 평균 시간을 비교해서 보여준다. 기존 ISS-TCA와 제안하는 개선된 ISS-TCA는 모두 표준 태그 수집 알고리즘에 비해 크게 태그 수집 성능을 향상시켰음을 확인할 수 있다. 하지만, ISS-TCA와 개선된 ISS-TCA 둘 간의 비교에서 개선된 ISS-TCA는 기존 ISS-TCA에 비해 태그 수집에 소요된 평균 시간이 0.5% 정도 증가하였음을 확인할 수 있었는데, 이는 앞선 그림 4에서 본 것과 같이 리더가 전송하는 명령어 전송량이 증가함에 따라 전체 소요 시간이 함께 증가하였기 때문이다. 태그들이 모두 동일한 크기의 데이터를 가지는 상황에서는 2단계 태그 수집에서 태그 응답 전송을 위해 사용되는 슬롯 크기가 모두 동일하기 때문에 태그 수집 명령어에 응답 슬롯 크기 정보를 포함시킬 필요가 없지만, 개선된 ISS-TCA에서는 프로토콜에 따라 무의미한 응답 슬롯 크기 정보 배열이 추가되고 이것이 소요 시간을 증가시키는 요소가 된 것이다. 하지만 증가된 태그 수집 시간이 무시할 수 있을 만큼 적기 때문에 태그들이 동일한 데이터 크기를 가지는 환경에서 개선된 ISS-TCA는 기존 ISS-TCA와 유사한 태그 수집 성능을 보인다고 평가될 수 있다. 시뮬레이션에서 개선된 ISS-TCA는 표준 태그 수집 알고리즘에 비해 태그 수집 시간을 평균 23.5% 감소시켰다.

마지막 그림 6은 초당 태그 수집 개수를 나타내는 태그 수집율을 보여준다. 태그 수집 시간 결과와 유사하게 개선된 ISS-TCA는 표준 태그 수집 알고리즘에 비해 태그 수집율을 평균 30.8% 향상시켰지만, 기존 ISS-TCA에 비해서는 0.5% 감소되었다.

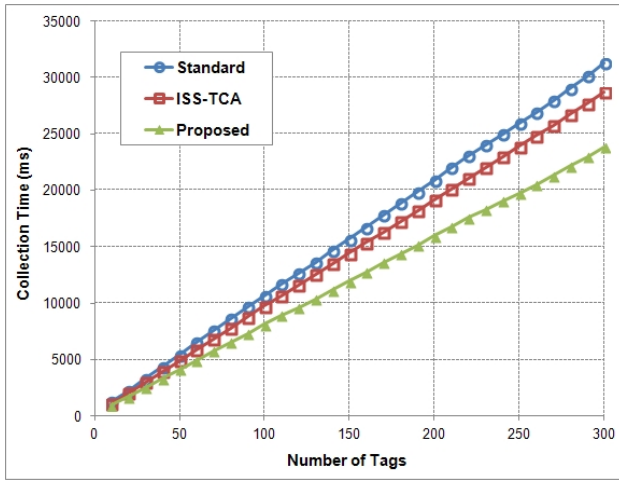


Fig. 7. Collection time in S2

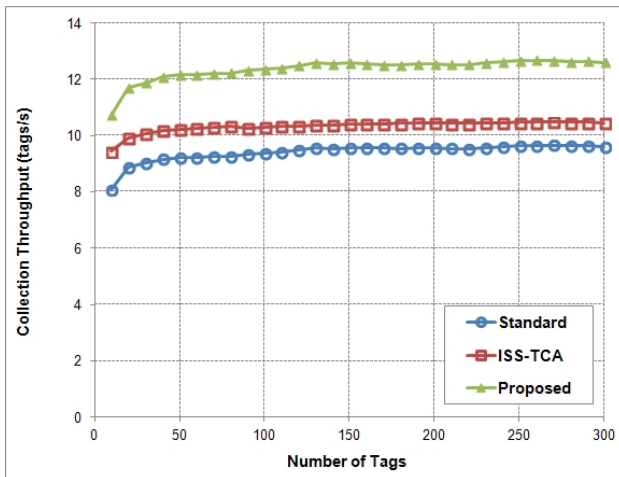


Fig. 8. Collection throughput in S2

#### 4.2. 시뮬레이션 2 - 다양한 크기의 데이터

다음으로 각 태그들이 다양한 크기의 데이터를 가지는 경우의 태그 수집 성능을 평가하였다. 시뮬레이션에서 사용된 300개 태그들의 응답 데이터 크기는 100바이트에서 200바이트 사이에서 임의로 미리 생성하였고, 이렇게 미리 생성된 태그 응답 데이터 세트의 평균은 149.85바이트로 앞선 시나리오에서 사용된 태그 응답 데이터 크기와 유사하였으며 표준편차는 29.47이었다.

시나리오 2의 시뮬레이션 결과에서 리더가 전송하는 명령어 전송량은 앞선 시뮬레이션 결과인 그림 4와 거의 유사한 결과를 보인 반면, 그림 7의 태그 수집 시간과 그림 8의 태그 수집율에서는 다른 결과를 보였다.

그림 7은 시나리오 2에서 태그 수집에 소요된 시간을 비교해서 보여준다. 기존 ISS-TCA가 표준 태그 수

집 알고리즘에 비해 8.9% 정도로 비교적 적은 태그 수집 시간의 감소를 보인 반면, 제안하는 개선된 ISS-TCA는 표준 알고리즘에 비해 24.0%의 큰 태그 수집 시간 감소를 보였으며 이는 시나리오 1의 태그 수집 시간 감소 비율과 유사하다. 이러한 결과는 기존 ISS-TCA에서는 2단계 태그 수집에서 동일한 응답 슬롯 크기가 사용되어야 하기 때문에 가장 큰 태그 데이터 크기인 200바이트에 맞춰진 고정 응답 슬롯 크기가 비효율적으로 사용되었지만, 개선된 ISS-TCA에서는 리더가 1단계에서 획득한 슬롯 크기 정보를 활용하여 2단계 태그 수집 과정에서 동적 응답 슬롯 크기를 사용하였기 때문이다. 그림 8의 태그 수집율 그래프에서도 표준 태그 수집 알고리즘과 비교하여 기존 ISS-TCA가 9.8%의 수집율 향상을 보인 반면, 개선된 ISS-TCA는 31.6%의 큰 수집율 향상을 보임을 확인할 수 있었다.

이러한 시뮬레이션 결과를 바탕으로 제안하는 개선된 ISS-TCA는 기존의 ISS-TCA의 단점을 보완함으로써 태그들이 모두 동일한 데이터 크기를 가지는 환경에서는 기존 ISS-TCA와 거의 동일한 태그 수집 성능을 보이고, 태그들이 다양한 응답 데이터 크기를 가지는 환경에서도 기존의 ISS-TCA와 달리 동일한 데이터 크기를 가지는 환경에서와 유사하게 태그 수집 성능을 크게 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

## V. 결론

본 논문에서는 능동형 RFID 시스템에서 태그 수집 성능을 향상시키기 위해 기 제안된 ISS-TCA가 모든 태그들이 동일한 데이터 크기를 가진 환경에서 최적으로 동작하도록 설계된 단점을 보완하기 위해서 개선된 ISS-TCA를 제안하였다. 제안하는 개선된 ISS-TCA는 1단계 인식 슬롯 스캔 과정에서 태그들로부터 자신들이 2단계에서 응답 데이터를 전송하기 위해 필요한 응답 슬롯 크기 정보를 포함한 응답을 수신하고, 이 정보를 2단계 태그 수집 과정에 활용함으로써 동적 응답 슬롯 크기를 사용할 수 있게 하였다.

본 논문에서는 제안하는 개선된 ISS-TCA의 태그 수집 성능을 평가하기 위해 시뮬레이션을 통해 표준 태그 수집 알고리즘 및 기존의 ISS-TCA와 비교 분석하였다. 시뮬레이션 결과는 개선된 ISS-TCA가 기존 ISS-TCA의 단점을 보완함으로써 태그들이 동일한 데이터 크기를 가지는 환경에서는 기 제안된 알고리즘과 거의 동일한 성능을 보이고, 태그들이

다양한 데이터 크기를 가지는 환경에서는 기 제안된 알고리즘과 달리 ISO/IEC 18000-7 표준의 태그 수집 성능을 크게 향상시킴을 보여주었다.

2012.

### References

[1] R. Want, "An introduction to RFID technology," *IEEE Pervasive Computing*, vol. 5, no. 1, pp. 25-33, Jan.-Mar. 2006.

[2] ISO/IEC, *Information technology - Radio frequency identification for item management - Part 7: parameters for activ air interface communications at 433 MHz*, ISO/IEC 18000-7:2009, July 2009.

[3] H. Vogt, "Efficient object identification with passive RFID tags," in *Proc. Int. Conf. Pervasive Computing*, pp. 98-113, Zurich, Switzerland, Aug. 2002.

[4] S. R. Lee, S. D. Joo, and C. W. Lee, "High-speed technology of tag identification using advanced framed slotted ALOHA in an RFID system," *J. IEEK*, vol. 41-TC, no. 9, pp. 29-37, Sep. 2004.

[5] J.-R. Cha and J.-H. Kim, "ALOHA-type anti-collision algorithms using tag estimation method in RFID system," *J. KICS*, vol. 30, no. 9A, pp. 814-821, Sep. 2005.

[6] C. W. Lee, H. Cho, and S. W. Kim, "An adaptive RFID anti-collision algorithm based on dynamic framed ALOHA," *IEICE Trans. Commun.*, vol. E91-B, no. 2, pp. 641-645, Feb. 2008.

[7] W. Su, N. V. Alchazidis, and T. T. Ha, "Multiple RFID tags access algorithm," *IEEE Trans. Mobile Comput.*, vol. 9, no. 2, pp. 174-187, Feb. 2010.

[8] H. Wu and Y. Zeng, "Efficient framed slotted ALOHA protocol for RFID tag anticollision," *IEEE Trans. Autom. Sci. Eng.*, vol. 8, no. 3, pp. 581-588, July 2011.

[9] W.-J. Yoon and S.-H. Chung, "ISS-TCA: an identified slot scan-based tag collection algorithm for performance improvement in active RFID systems," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 59, no. 3, pp. 1662-1672, Mar.

윤원주 (Won-Ju Yoon)



2002년 2월 부산대학교 전자  
컴퓨터공학부 학사

2004년 2월 부산대학교 컴퓨  
터공학과 석사

2010년 2월 부산대학교 컴퓨  
터공학과 박사

2010년 4월~현재 한국항공우  
주연구원 선임연구원

<관심분야> 임베디드 시스템, 능동형 RFID 시스템,  
유무선 네트워크 시스템, 자동화 제어 시스템