

# 능동형 RFID 리더를 위한 효율적인 리더 프로토콜의 구현

정회원 문영식\*, 종신회원 정상화\*\*°

## Implementation of An Efficient Reader Protocol for Active RFID Readers

Young-Sik Moon\* *Regular Member*, Sang-Hwa Chung\*\*° *Lifelong Member*

### 요 약

리더 프로토콜은 RFID 리더와 호스트 사이의 명령 수행/응답 및 태그 정보 교환을 담당하는 인터페이스이며, 관련된 표준들로 EPCglobal Low Level Reader Protocol(LLRP) 1.0.1, EPCglobal Reader Protocol(RP) 1.1 그리고 ISO/IEC 15961,15962 등이 있다. 하지만 현재 리더 프로토콜 표준들은 수동형 RFID 시스템에 초점을 두고 있어 능동형 RFID 시스템에서는 효율적이지 못하다. 본 논문에서는 EPCglobal LLRP 1.0.1을 기본으로 EPCglobal RP 1.1의 smoothing/filtering 기능을 추가하여 능동형 RFID 시스템에 효율적인 리더 프로토콜을 구현하였다. 구현한 리더 프로토콜은 RF 트랜시버와 RFID 리더와 태그 간의 Air interface 파라미터를 직접 설정 할 수 있다. 그리고 filtering 기능을 이용 리더와 호스트 간의 데이터 전송량을 줄이고, smoothing 기능을 이용 태그 수집 시 태그 수집성능 향상을 기대할 수 있으며, ISO/IEC 15961,15962 표준에 따른 태그 메모리 데이터 변경 시 발생하는 비효율성을 제거 하였다. 또한, 하나의 리더와 45개의 태그를 사용하여 구현한 리더 프로토콜을 실제 능동형 RFID 시스템에 적용하여 성능을 평가 하였다.

**Key Words** : Active RFID, Reader Protocol, EPCglobal Reader Protocol, ISO/IEC 15961,15962

### ABSTRACT

A reader protocol is an interface between a host and RFID readers. There are several standards for reader protocol such as EPCglobal Low Level Reader Protocol (LLRP) 1.0.1, EPCglobal Reader Protocol (RP) 1.1, and ISO/IEC 15961/15962. Unfortunately, these standards focus on the passive RFID system, and so they are not appropriate for the active RFID system. In this paper, we implemented an efficient reader protocol for the active RFID system, which is based on EPCglobal LLRP 1.0.1, but smoothing/filtering functions of EPCglobal RP 1.1 are added. This protocol is designed to configure air interface parameters for active RFID readers and tags. It can reduce the amount of data transfer between the reader and host by filtering function, and can improve the performance of tag collection by smoothing function. In addition, it can remove inefficiency caused by tag memory data change according to the standards of ISO/IEC 15961/15962. In the real-world environment, we evaluated the performance of our implemented reader protocol using one RFID reader and 45 tags.

※ 본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업(B0009720) 지원으로 수행되었음.

\* 동아대학교 컨테이너화물 안전수송 기술개발 클러스터사업단(ICC사업단)(tambagu@dau.ac.kr)

\*\* 부산대학교 컴퓨터공학과 임베디드 네트워크 시스템 연구실(shchung@pusan.ac.kr)° :교신저자

논문번호 : KICS2009-02-074, 접수일자 : 2009년 2월 25일, 최종논문접수일자 : 2009년 07월 10일

## I. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification)는 라디오 주파수를 이용하여 물품에 부착된 전자 태그를 인식하는 비 접촉 자동 인식기술이다. 이 중 RFID 태그의 전원공급 유무에 따라 크게 능동형 RFID 태그와 수동형 RFID 태그로 구분된다. 능동형 RFID 태그는 자체적으로 배터리를 장착하고 전원을 공급받기 때문에 수동형 RFID 태그에 비해 인식거리가 길고, 금속 물체에 적용이 용의하여 금속 컨테이너를 대상으로 하는 항만 및 내륙 물류 수송 관리 시스템에 적용이 가능하다.

능동형 RFID 시스템을 항만 및 내륙 물류 수송 관리 시스템에 적용함으로써, 컨테이너 선적 및 하역 작업 자동화가 가능해지고 능동형 RFID 태그에 센싱 기능을 추가하여 컨테이너의 내륙 수송 중 컨테이너 화물의 이상여부를 파악 할 수 있으며, 이를 통해 효율적인 항만 및 내륙 컨테이너 물류 수송 처리가 가능하게 된다. 국내의 항만 수송 컨테이너의 관리에 433MHz 대역의 능동형 RFID 시스템이 이용되고 있지만 현재 국내에서는 433MHz 대역의 상업적 사용을 항만에 제한하고 있어 내륙 수송 물류관리 시스템에 적용하기 부적합 하며, 일부 동남아 국가 등에서는 사용이 불가능한 대역으로 법제화 되어 있다. 이러한 제약을 피하기 위한 대안으로 ISM Band인 2.45GHz 대역의 능동형 RFID 시스템을 찾을 수 있으며, 본 논문에서는 2.45GHz 주파수 대역을 사용하는 능동형 RFID 시스템을 대상으로 한다<sup>[1]</sup>.

국내 RFID 시스템의 주파수 대역 문제와 함께 중요한 이슈 중 하나는 항만 및 내륙 물류 수송 관리 시스템에서 분산 설치된 다수의 리더들을 관리하고 리더에서 인식한 다량의 태그 정보를 수집하고 중복된 정보들을 제거하여 의미 있는 정보만을 상위 응용프로그램으로 전달하는 역할이 중요해지고 있다. 이 기능을 제공하는 것으로 RFID 미들웨어가 있다.[2] 그리고 RFID 리더와 호스트 간의 명령 수행/응답 및 태그 정보의 교환을 위해 리더 프로토콜이 사용된다.[3]

RFID 리더와 태그 사이의 Air protocol의 표준은 상당 부분 진행 되고 있지만 RFID 리더와 호스트 사이에 적용되는 리더 프로토콜의 표준화는 매우 더디게 진행 중이다. 관련 표준으로 RFID 산업 표준을 담당하는 EPCglobal에서 제안한 LLRP(Low Level Reader Protocol) 1.0.1 및 RP(Reader Protocol) 1.1과 국제 표준화 기구인 ISO/IEC에서

제안한 ISO/IEC 15961,15962 등의 표준이 있지만 이 들은 태그가 아무런 데이터 처리 능력이 없는 수동형 RFID 시스템에 중점을 두고 리더와 호스트 시스템 간의 전송 인터페이스 및 제한적인 리더 관리와 데이터 가공 기능만을 제공하는 등 능동형 RFID 시스템에 적합하지 않다.

따라서 본 논문에서는 EPCglobal에서 제안한 LLRP 1.0.1을 바탕으로 RP 1.1의 일부 데이터 가공 기능들을 추가하여 호스트 시스템이 리더의 RF transceiver와 리더 태그간의 통신에 사용되는 Air Protocol의 명령어 파라미터를 직접 설정하고 리더에서 수집한 다량의 데이터 중 호스트 시스템이 관심을 가지는 정보를 리더에서 가공함으로 RFID 미들웨어의 오버헤드를 줄일 수 있는 능동형 RFID 리더를 위한 효율적인 리더 프로토콜을 구현하고, 한 대의 리더와 호스트 그리고 다중 태그로 구성된 능동형 RFID 시스템에 적용하여 성능을 평가한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장 관련 연구에서 기존 리더 프로토콜들이 능동형 RFID 시스템에 적합하지 않은 이유를 밝힌다. 3장에서는 본 논문에서 구현하는 리더 프로토콜을 소개하고 리더 프로토콜의 처리 흐름과 리더 프로토콜의 구현 환경 및 구현 내용에 대해서 설명하고 4장에서 구현된 리더 프로토콜과 기존 ISO/IEC 15961,15962 표준의 태그 메모리에 데이터를 저장할 때의 효율성을 측정하여 비교해보고, smoothing/filtering 기능을 태그 수집 명령에 적용한 실험을 통해 구현한 리더 프로토콜의 성능을 평가한 후 마지막 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

본 장에서는 EPCglobal에서 제안하는 리더 프로토콜인 LLRP 1.0.1 및 RP 1.1과 국제표준화 기구인 ISO/IEC에서 제안하고 있는 ISO/IEC 15961, 15962 표준을 소개하고 소개한 리더 프로토콜들이 능동형 RFID 시스템에 적합하지 않은 이유를 밝힌다.

표 1은 EPCglobal에서 제안하는 LLRP 1.0.1과 RP 1.1의 표준들의 특징을 보여주고 있다. EPCglobal의 LLRP 1.0.1과 RP 1.1의 가장 큰 차이점은 호스트에서 리더 RF transceiver의 설정 지원 유무와 RFID 리더 상에서 수집한 태그의 필터링 지원 유무 등 수집한 태그의 정보 가공 지원 유무에 있다<sup>[4]</sup>.

EPCglobal의 RP 1.1은 RF transceiver단은 관여하지 않으면서(don't-care) 태그의 정보를 Bit-wise

표 1. EPCglobal Reader Protocol 표준 비교

구분	LLRP 1.0.1	RP 1.1
주 지원 Air Protocol	EPCglobal C1G2	모든 Air Protocol
주 대상 주파수	UHF(900MHz)	모든 주파수
태그 판별 정보	태그ID (EPC code)	태그ID
태그 필터링 방법	명시되어 있지 않음	Bit-wise(in/exclusive) Smoothing/Event Generation
인터페이스 형식	Binary Encoding (bit stream)	XML, Text(non-XML)
연결 설정	양방향에서 선택적 연결	호스트에서 리더에 연결
다중 안테나 지원	지원	지원
RF configuration 지원	지원	지원하지 않음
Air Interface Prot Configuration 지원	지원	지원하지 않음

연산을 통해 필터링 하는 기능과 수동형 RFID 시스템에서의 반복된 태그 수집에서 Smoothing/Event Generation을 지원하는 등 수집한 태그의 정보를 가공하는 데 중점을 두고 있다<sup>5)</sup>. 반면 EPCglobal LLRP 1.0.1은 역시 EPCglobal에서 제안하는 수동형 RFID 태그의 표준안인 EPCglobal Class1 Generation2 (C1G2) 표준을 중점으로 지원하면서 호스트에서 RFID 리더의 RF transceiver와 Air Protocol의 설정을 지원하는 등 RF transceiver단과 Air Protocol에 직접 접근하여 설정을 지원하는 것에 중점을 두고 표준이 재정되었다<sup>6),7)</sup>.

또 다른 리더 프로토콜의 표준으로 국제표준기구인 ISO/IEC에서 제안한 리더 프로토콜의 표준으로 ISO/IEC 18000 표준을 따르는 Air Protocol을 지원하는 ISO/IEC 15961,15962 표준이 있다. ISO/IEC 15961(Data Protocol : Application Interface)은 호스트 시스템과 리더간의 인터페이스를 ISO/IEC 15962(Data Protocol : Data Encoding Rules and Logical Memory Functions)는 태그에 저장할 정보를 압축하고 포맷을 맞추는 것에 초점을 맞추는 표준으로 이 표준들도 수동형 RFID 시스템에 초점을 맞추고 태그에 데이터를 저장하기위해서 태그 데이

터 메모리맵 전체를 리더로 가져와 수정한 후 다시 태그에 저장하는 형태로 이 과정에서 하나의 ISO/IEC 15961 명령어를 처리하기 위해서는 여러 번의 Air Protocol 명령을 반복해서 실행해야 한다.[8][9] 이러한 반복적인 통신은 RF 통신상의 데이터 불안정성과 능동형 태그의 배터리 수명 문제와 연관되어 능동형 RFID 시스템에 적합하지 않다.

### III. 능동형 RFID 리더를 위한 효율적인 리더 프로토콜

앞서 설명한 리더 프로토콜들은 수동형 RFID 시스템에 초점을 맞추고 있으며 각 프로토콜들이 중점적으로 지원하는 기능들이 서로 다르다. 본 논문에서 구현한 리더 프로토콜은 8bit 형태의 스트림을 기본으로 하는 바이너리 인코딩을 수행한 바이너리 스트림 방식의 message를 리더와 호스트 사이의 데이터 전송에 사용하며 리더의 기능을 조희하고 리더의 RF transceiver 및 리더와 태그 사이의 Air Protocol을 직접 설정할 수 있는 기능을 지원 하는 EPCglobal LLRP 1.0.1을 기본으로 하여, 추가로 EPCglobal RP 1.0의 smoothing 기능을 능동형 RFID 리더의 태그 수집명령(Collection command)에 적용하여 태그의 인식률을 높이고 filtering 기능을 통해 리더에서 중복 응답하는 태그나 호스트에서 관심을 가지는 태그들을 리더 상에서 filtering하여 호스트로 전송함으로써 리더와 호스트간의 데이터 전송량을 줄이고 호스트의 오버헤드를 감소시키는 이점을 제공한다.

#### 3.1 구현한 리더 프로토콜의 처리 흐름

구현한 리더 프로토콜의 처리흐름은 그림 1과 같다. ① Get Reader Capabilities와 Get Reader Configuration message를 통해서 리더의 기본적인 정보 및 RF transceiver와 리더와 태그간의 Air protocol의 설정 정보를 얻어오고, ② 리더의 설정 정보를 확인 한 후 Set Reader Configuration message를 통해 호스트에서 리더에 UTC 및 RF transceiver와 호스트가 원하는 정보를 읽어 올 수 있도록 smoothing/filtering 파라미터 등을 설정한다. ③ Set Reader configuration message를 통해 설정된 리더에게 호스트가 TagID 수집, Tag 메모리 read/write 등 사용자가 원하는 명령을 리더에게 요청한다. ④ 리더가 자신의 인식범위 내에 있는 태그와 Air Protocol을 통해서 호스트가 원하는 정보를 얻어 온

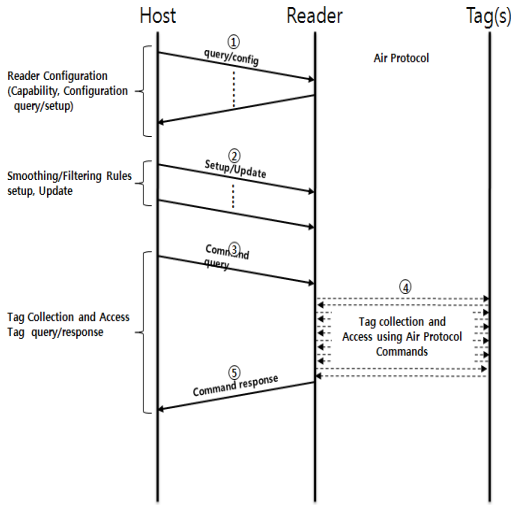


그림 1. 구현한 리더 프로토콜의 처리 흐름

다. ⑤ 리더는 태그에서 얻어온 정보를 호스트 명령의 Response message에 담아서 호스트로 돌려준다.

### 3.2 구현 환경

본 논문에서 리더 프로토콜을 구현 하고 성능을 평가하기 위해서 부산대학교 임베디드 네트워크 시스템연구실에서 개발한 2.4GHz 능동형 RFID 리더를 사용하였다. 그림 2는 구현에 이용한 능동형 RFID 리더의 구조를 나타내고 있다. 임베디드 O/S를 탑재하여 다양한 사용자 응용프로그램 지원이 가능하며, 리더의 전체 동작을 제어하면서 데이터 처리 및 TCP/IP 통신을 이용 호스트 시스템과 연동을 지원하기 위한 메인 프로세서와 RF transceiver의 제어 및 통신 프로토콜 처리를 위한 전용 프로세서인 RF 프로세서로 이루어진 두 개의 프로세서 기반 시스템 구조를 가진다. 본 논문에서 제시하는 Reader Protocol은 메인 프로세서 위에서 구현되어 리더와 호스트 사이에서 TCP/IP를 통한 인터페이스를 이용 데이터를 주고 받는다.

RFID 리더의 메인 프로세서로 ARM920T 코어 기반의 32비트 RISC 마이크로프로세서, RF 프로세서로 ARM7TDMI 코어 기반의 32비트 RISC 마이크로프로세서, 2.4GHz RF 트랜시버, 각종 메모리 등을 탑재하였다.

### 3.3 리더 프로토콜 구현

그림 3은 본 논문에서 구현한 리더 프로토콜을 적용한 리더 소프트웨어의 구조도 있다. Command/Response Unit 모듈은 리더의 중심 모듈로써 리더의

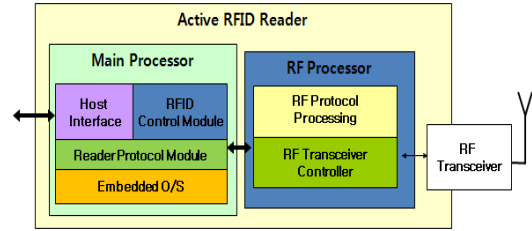


그림 2. 능동형 RFID 리더의 시스템 구조도

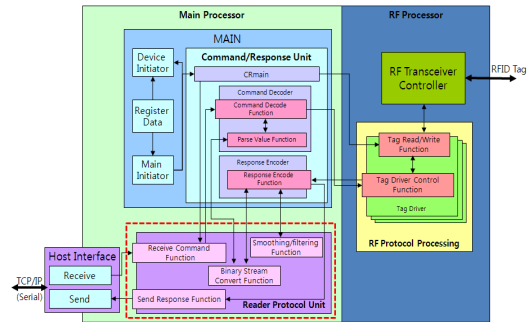


그림 3. 구현한 리더 프로토콜의 소프트웨어 구조도

전체 동작을 제어 하는 역할을 한다. 리더 프로토콜 모듈로부터 명령을 받아 Tag Driver 모듈을 통해 태그와의 통신 작업을 수행하고 그 결과를 리더 프로토콜 모듈로 반환하는 기능을 수행한다. Command Decode는 리더 프로토콜 모듈로부터 받은 8bit 바이너리 스트림 형태의 파라미터들을 세부 값으로 파싱하며 이 과정에서 8bit 바이너리 스트림이 구현한 리더 프로토콜의 파라미터들과 부합하는지 체크하여 Error 처리를 한다. 파싱이 끝난 후에는 RF Protocol Processing 모듈의 Tag Driver Function을 호출하여 파싱된 값을 파라미터로 넘겨준다. Response Encoder는 Tag Driver Function으로부터 파라미터로 받은 각 값들을 본 논문에서 구현한 리더 프로토콜의 8bit 바이너리 스트림 형태로 인코딩하고 Reader Protocol 모듈로 전송한다.

## IV. 실험 및 분석

### 4.1 실험 환경 구성

본 논문의 실험에는 하나의 2.4GHz 능동형 RFID 리더와 총 45개의 2.4GHz 능동형 RFID 태그가 사용되었으며, 실험 환경에서 45개의 태그는 리더와 일정 거리를 두고 1m × 1m의 공간에 분산적으로 배치하였다. 호스트 시스템으로는 windowsXP O/S가 설치된 데스크톱을 이용하였으며, 리더는 UART 인

터페이스를 통해서 모니터링 하고, 호스트 시스템과 리더는 TCP/IP의 소켓 통신을 통해서 호스트 시스템으로부터 명령을 전달받고 결과를 반환하였다.

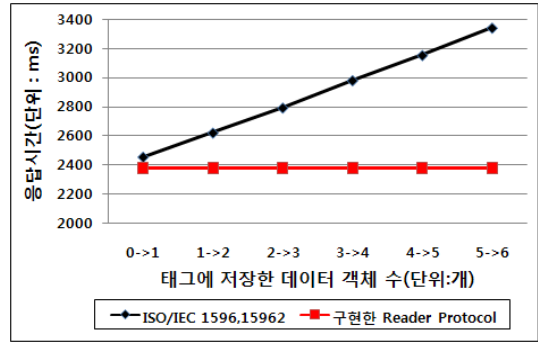
논문에서 구현한 리더 프로토콜의 성능 평가를 위해 실험은 크게 세 가지로 나누어 진행하였다. 먼저 첫 번째로 기존의 2.4GHz RFID 리더의 리더 프로토콜로 사용했던 ISO/IEC 15961, 15962와 본 논문에서 구현한 리더 프로토콜을 이용 태그에 데이터를 저장하는데 있어서의 성능 차이를 비교해 보고 두 번째로 RFID의 가장 중요한 기능 중 하나인 태그 collection 실험을 구현한 리더 프로토콜의 smoothing/filtering 기능을 적용하기 전에 수행 태그 수집률을 측정해보고, 논문에서 구현한 리더 프로토콜의 smoothing 기능을 적용하여 태그의 수집률을 측정 적용하기 전 수집률과 비교해본다. 그리고 마지막으로 논문에서 구현한 리더 프로토콜의 filtering 기능을 적용하였을 경우와 적용하기 전의 리더와 호스트 간의 데이터 전송량을 분석 해본다.

4.2 ISO/IEC 15961, 15962와 구현한 리더 프로토콜의 태그 데이터 저장 성능 비교

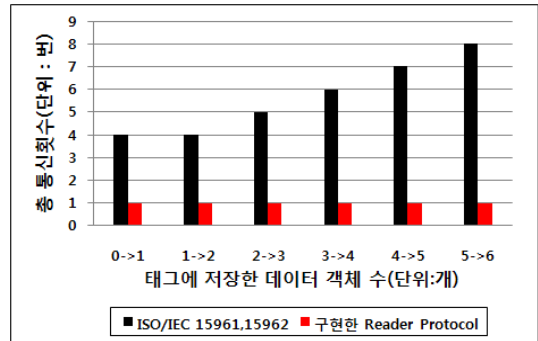
첫 번째 실험으로 기존의 2.4GHz 능동형 RFID 시스템에서 사용하고 있는 ISO/IEC 15961,15962 표준과 본 논문에서 구현한 리더 프로토콜을 대상으로 능동형 RFID 시스템의 기본 기능 중에 하나인 태그 데이터 저장 기능의 성능 차이를 비교하였다. ISO/IEC 15961, 15962 표준은 수동형 RFID에 초점을 맞추고 있기 때문에 태그에서는 아무런 데이터 프로세싱을 하지 못하는 것으로 간주하고 데이터를 추가하고자 할 때에는 태그의 데이터 메모리 맵을 리더로 먼저 읽어와 리더에서 저장하고자 하는 데이터를 추가한 후 다시 태그에 메모리 맵을 저장하는 흐름으로 명령어가 수행된다.[10]

실험은 ISO/IEC 15961 명령어인 ‘Add Single Object’ 명령과 구현한 리더 프로토콜의 ‘Write Tag Memory’ 명령어를 이용 하나의 태그에 6개의 동일한 데이터 객체를 순차적으로 저장하면서 사용자가 커맨드를 입력하고 리더로부터 응답을 받을 때까지의 응답시간과 데이터 객체를 저장하기 위해 리더와 태그 Air protocol 명령어가 몇번 수행하였는가를 측정하였다. 그림 4(a)(b)는 이 실험 결과를 보여 준다.

그림 4(a)에서 보는 바와 같이 ISO/IEC 15961의 ‘Add Single Object’ 명령의 경우 데이터 객체가 증가할수록 명령어 처리 응답시간이 늘어나는 것을



(a) 명령어 처리 응답시간



(b) 리더 태그 간 Air Protocol 통신 횟수 비교

그림 4. 태그 데이터 저장 성능 비교

볼 수 있는데 이는 데이터 객체를 저장함에 있어 태그의 데이터 메모리 맵을 받아온 후 저장하고자 하는 데이터 객체를 태그 데이터 메모리에 저장하고 이를 다시 태그에 저장하는 방식으로 명령어가 처리되기 때문이다. 그에 반해 구현한 Reader Protocol은 호스트가 지정하는 특정 번지에 데이터를 바로 저장하기 때문에 데이터의 객체가 증가하더라도 일정한 명령어 처리 응답시간을 보이고 있다.

그리고 그림 4(b)에서 보는 바와 같이 데이터 객체를 저장 할 때 수행되는 Air Protocol의 통신 횟수를 보면 ‘Add Single Object’의 경우 데이터 객체가 증가할수록 Air Protocol의 통신 횟수가 증가하는 것을 볼 수 있는데 이는 데이터 객체를 저장함에 있어 태그의 데이터 메모리 맵을 읽어 드리는 과정에서 태그에 데이터가 많을수록 데이터를 얻어 오는 과정과 리더에서 데이터를 추가한 후 다시 태그의 메모리 맵에 쓰는 과정에서 Air Protocol의 명령횟수가 많아지기 때문이다.

4.3 능동형 RFID 리더의 기본 태그 수집 성능

두 번째 실험으로 앞서 설명한 실험환경에서

collection 명령을 사용하여 기본적인 태그 수집 성능을 측정하였다. collection 명령으로는 ISO/IEC 18000-7에서 정의하는 태그 수집명령어를 바탕으로 하였으며,[11] 충돌 회피 기법으로 Slotted ALOHA 기법을 사용하였다. 그리고 RFID 리더가 태그의 응답을 기다리는 윈도우 크기는 ISO/IEC 18000-7의 기본 값인 57.3ms를 고정하여 사용하였으며, 태그는 반응할 slot 크기로 4ms를 사용하여 윈도우 크기 안에서 랜덤하게 한번 응답하도록 하여 한번의 collection 명령으로 최대 11개의 태그가 응답할 수 있도록 하였다.

구현된 능동형 RFID 시스템에서 리더의 태그 수집 능력을 평가하기 위해 45개의 태그를 10부터 45개 까지 5개 단위로 변경하면서 각각 200번의 Collection 명령을 반복 수행하였다. 수집된 200개의 실험결과에서 리더에서의 태그 인식률과 평균 태그 수집시간을 계산하였다. 그림 5(a)(b)는 이 실험의 결과를 보여준다.

그림 5(a)에서 보는 바와 같이 리더가 45개의 태그를 모두 수집하기 위해 평균 3424ms가 소요되었으며, 수집될 태그의 개수가 증가함에 따라 평균 태

그 수집 시간은 선형적으로 증가하였다.

그림 5(b)에서 보는 바와 같이 태그의 개수가 증가함에 따라 평균 태그 수집률이 감소하는 것을 볼 수 있는데, 이는 태그의 개수가 늘어나더라도 응답할 수 있는 윈도우의 크기가 고정되어 있기 때문에 랜덤하게 반응하는 태그들 중 동시에 응답하는 태그의 수가 늘어나 태그 사이의 응답 RF 전파 간섭이 원인이라고 할 수 있다. 그림 5(b)를 통해 볼 때 구현된 능동형 RFID 시스템에서 리더가 다중 태그를 대상으로 97%의 확률로 성공적으로 태그 수집을 수행한 것을 보여 준다.

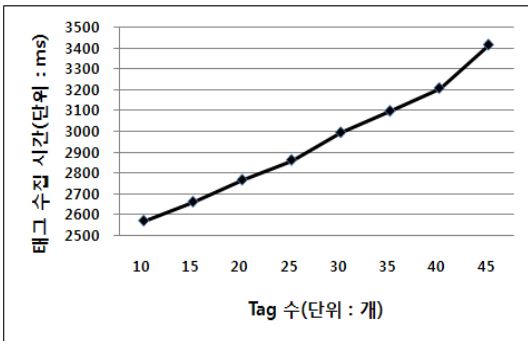
#### 4.4 기본 태그 수집과 구현한 리더 프로토콜의 smoothing 기능을 적용한 태그 수집간 성능 비교

본 논문에서는 리더의 태그 수집 성능 향상을 위해 능동형 RFID 시스템을 위한 효율적인 리더 프로토콜을 LLRP 1.0.1을 기본으로 RP 1.0의 일부 기능을 수정하여 구현하였다. 이 절에서는 기본 태그 수집 결과와 구현한 리더 프로토콜의 smoothing 기능의 반복 횟수를 2회 3회로 늘려서 태그 수집률을 측정하고 성능을 비교 분석하였다.

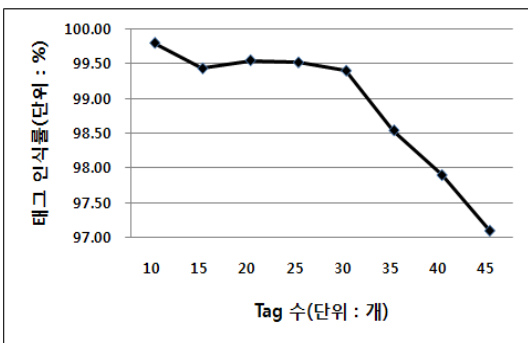
실험은 smoothing 기능을 적용하여 collection 명령을 수행할 때 최초 한번 태그를 슬립상태에서 wake-up시키고 반복해서 collection 명령을 수행하여 태그의 개수는 10개부터 5개 단위로 45개까지 변경하면서 200번 반복 수행하였다. 수집된 200개의 실험결과에서 리더에서 태그의 인식률과 평균 태그 수집시간과 태그들의 중복 응답률을 계산하였다. 그림 6(a)(b)와 표 2는 이 실험 결과를 보여준다.

그림 6(a)에서 보는 바와 같이 smoothing 기능을 사용하더라도 기본 태그 수집 결과와 평균 태그 수집시간과 크게 차이를 보이지 않고 태그의 개수가 늘어남에 있어 선형적으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 본 논문에서 구현한 smoothing 기능이 기본 태그 수집과 비교해서 큰 오버헤드를 갖지 않는다고 할 수 있다.

그림 6(b)에서 보는 바와 같이 smoothing기능의 반복횟수를 2회, 3회로 설정하여collection 명령을 수행함에 있어서 태그 수집률이 100%에 가깝게 증가하는 것을 볼 수 있는데, 이는 태그의 개수가 늘어나 태그들 중 동시에 응답하는 태그의 수가 많아짐에 따라 태그 간 응답 RF 전파 간섭이 생기더라도 반복해서 collection 명령을 수행함으로 간섭에 의해 태그의 응답을 수신하지 못했던 리더가 태그

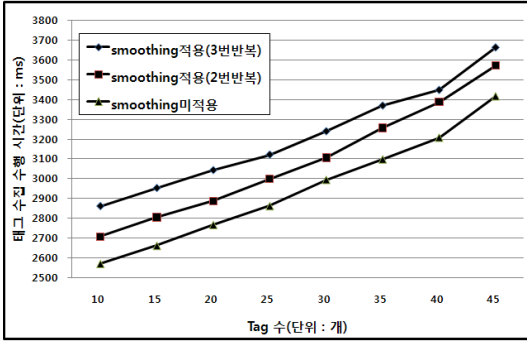


(a) 태그 수집 수행 시간

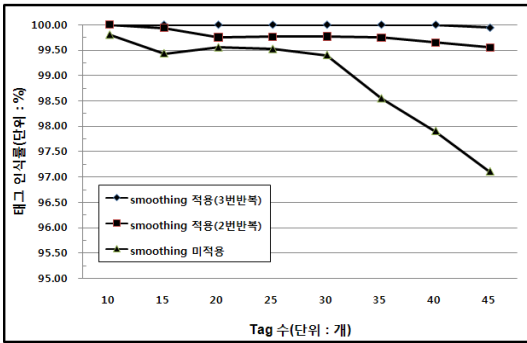


(b) 태그 수집 성능

그림 5. 능동형 RFID 리더의 기본 태그 수집 성능



(a) Smoothing 기능을 적용한 태그 수집 수행 시간



(b) Smoothing 기능을 적용한 태그 수집 성능 비교

그림 6. Smoothing 기능을 적용한 태그 수집 성능 및 수행 시간 비교

표 2. Collection 실험 시 태그 중복 응답률 및 호스트와 리더 간 데이터 감소 비율

Tag 수 (개)	수집한 평균 Tag(개)	Tag 중복 응답률(%)	데이터 감소 비율(%)
10	10.84	8.60	4.67
15	16.79	11.93	7.78
20	22.76	13.80	9.86
25	28.98	15.92	12.06
30	35.50	18.33	14.47
35	41.66	19.03	15.49
40	48.36	20.95	17.46
45	54.67	21.60	18.25

의 응답을 수신했기 때문이다. 만약 더 많은 태그들을 상대로 태그의 인식률을 높이기 위해서는 smoothing 반복 횟수를 증가시키면 더욱 큰 태그 수집 성능 향상을 기대할 수 있을 것이다.

그리고 표 2에서 보는 바와 같이 collection 명령

을 수행함에 있어 태그들의 개수가 많아짐에 따라 태그들의 중복 응답률이 증가함을 실험적으로 알 수 있다. 이는 태그들이 많아짐에 따라 발생하는 전파의 간섭으로 리더의 collection 명령에 응답한 태그들이 리더가 보낸 sleep 명령을 제대로 수신하지 못하고 다음 collection 라운드에 다시 리더로 자신의 TagID를 전송하였기 때문이다. 이때, 중복되어 수집된 태그 정보들은 기존의 리더 프로토콜에서는 아무런 여과 없이 호스트 시스템으로 전송함으로써 호스트 시스템의 오버헤드로 남았다 하지만 본 논문에서 구현한 리더 프로토콜은 리더 자체에서 중복 수신된 TagID를 filtering 하기 때문에 그만큼 호스트 시스템의 오버헤드를 줄일 수 있고 리더와 호스트 간 전송되는 데이터의 양도 줄일 수 있다.

#### 4.5 기본 태그 수집과 구현한 리더 프로토콜의 filtering 기능을 적용한 호스트와 리더 간 데이터 전송량 비교

이 절에서는 기존의 리더 프로토콜과 구현한 리더 프로토콜의 filtering 기법을 이용하여 호스트 시스템과 리더 사이에서의 데이터 전송량 감소 정도를 측정해본다.

실험에는 45개의 태그 중 호스트가 관심이 있는 태그의 manufactureID가 동일한 태그들의 개수를 1) 10개, 2) 20개, 3) 30개의 태그로 각각 가정하고 5.2절에서 수행한 smoothing 반복 횟수를 3회 시행한 실험방법과 동일 한 방법으로 태그를 수집하여 관심 있는 태그 manufactureID를 filtering하는 실험을 각각 200번 반복 수행하였다. 수집된 각각 200개의 실험결과에서 호스트 시스템과 리더 간 데이터 전송량을 측정하였다. 이 실험 결과와 태그의 수집 시간과 태그 수집률은 5.2절의 그림 5에서 smoothing 반복 횟수 3회를 시행한 결과와 같은 인식률과 평

표 3. filtering 적용 시 호스트와 리더 간 데이터 전송량비교

관심 있는 Tag 수(개)	10	20	30
수집한 평균 Tag 수(개)	53.45	53.98	53.33
호스트와 리더 간 데이터 전송량 filtering 적용 전(bytes)	245.80	247.92	245.32
호스트와 리더 간 데이터 전송량 filtering 적용 후(bytes)	72	92	112
filtering 적용 후 데이터 감소량(bytes)	173.8	155.92	133.32

균 태그 수집 시간이 소요되었고, 표 3은 기존 리더 프로토콜과 본 논문에서 구현한 리더 프로토콜의 호스트와 리더 간 데이터 전송량의 감소 정도를 측정한 것이다. 이는 기존의 리더 프로토콜과 달리 호스트가 관심을 가지는 태그들만을 리더에서 filtering 하여 호스트에게 전송함으로써 그만큼 호스트 시스템의 오버헤드를 줄일 수 있고 호스트와 리더 간의 데이터 전송량도 줄일 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 기존의 리더와 미들웨어 또는 호스트 시스템 사이의 인터페이스 역할을 수행하는 리더 프로토콜들이 수동형 RFID 시스템에 초점을 맞추고 표준화가 진행되는 것을 지적하였다. 그리고 기존 수동형 RFID 시스템에 초점을 맞춘 EPCglobal Low Level Reader Protocol 1.0.1을 바탕으로 EPCglobal Reader Protocol 1.0의 일부 기능을 통합하여 능동형 RFID 시스템을 위한 효율적인 리더 프로토콜을 구현하였다. 이를 통해 ISO/IEC 15961, 15962 표준을 따를 때 발생하던 태그 데이터 read/write 시 발생하던 오버헤드를 줄일 수 있었고, 리더의 RF transceiver와 리더와 태그간의 Air protocol의 파라미터들을 직접 설정하고 관리할 수 있었다. 동시에 smoothing/filtering 기능을 통해 리더의 태그 인식률을 높이고 리더에서 중복 응답한 태그들의 데이터 중 호스트 시스템에서 관심을 가지는 태그들을 미리 리더에 설정하여 리더에서 호스트 시스템이 관심을 가지지 않는 태그들의 데이터를 사전 filtering함으로써 호스트와 리더 간의 전송 데이터의 양을 줄여 주는 이득을 보여 주었다.

## 참 고 문 헌

- [1] 한국전파진흥협회, “대한민국 주파수 분배표”, 한국전파진흥협회, 전파진흥, 제15권 제4호, pp. 66-84, 2005년 7월
- [2] 황성일, 이상완, “RFID Middleware 기술 동향 및 도입 지침”, 한국산업경영시스템학회, 추계학술대회 논문집, 2006년 10월
- [3] 황재각, 정태수, 김영일, 이용준, “RFID 미들웨어 기술 동향 및 응용”, 전자통신동향분석, 제20권, 제3호, 2005년 6월
- [4] Christian Floerkemeier and Sanjay Sarma, “An Overview of RFID System Interfaces and

Reader Protocols”, 2008 IEEE International Conference on RFID The Venetian, Las Vegas, Nevada USA

- [5] EPCglobal Inc., EPCglobal Reader Protocol Standard, Version 1.1 Ratified Standard, Jun. 2006.
- [6] EPCglobal Inc., EPC Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860MHz - 960MHz Version 1.0.9, Jan. 2005.
- [7] EPCglobal Inc., EPCglobal Low Level Reader Protocol(LLRP), 1.0.1 Ratified Standard with Approved Fixed Errata, Aug. 2006.
- [8] ISO/IEC 15961, Information technology - Radio frequency identification(RFID) for item management - Data protocol : application interface, Oct. 2004.
- [9] ISO/IEC 15962, Information technology - Radio frequency identification(RFID) for item management - Data protocol : data encoding rules and logical memory functions, Oct. 2004.
- [10] 장석영, 정상화, 김현필, “캐싱을 통한 능동형 RFID 태그 메모리 맵의 효율적 운영에 관한 연구”, 제26회 한국정보처리학회 추계학술발표대회, 논문집 제13권 제2호, 2006.
- [11] ISO/IEC 18000-7, Information technology - Radio frequency identification for item management - Part 7 : Parameters for active air interface communications at 433MHz, Aug. 2004.

문 영 식 (Young-Sik Moon)

정회원



2007년 2월 부산대학교 정보컴퓨터공학과 학사  
 2009년 2월 부산대학교 컴퓨터공학과 석사  
 2009년 3월~현재 동아대학교 ICC사업단 주임연구원  
 <관심분야> 능동형 RFID 시스템, 임베디드 시스템, 컨테이너 보안장치(CSD)

정 상 화 (Sang-Hwa Chung)

중신회원

한국통신학회논문지 제34권 제7호 참조  
 현재 부산대학교 컴퓨터공학과 교수