

센서태그를 지원하는 장거리 RFID 리더 시스템 개발

정희원 신 동 범*, 종신회원 김 대 영**

Development of Long-Range RFID Reader System supporting Sensor Tag

Dong-Beom Shin* *Regular Member*, Dae-Young Kim** *Lifelong Member*

요 약

ISO/IEC/WD 24753은 장거리 RFID 통신을 위하여 새로운 변·복조 방법과 센서 데이터 처리를 위한 응용 프로토콜을 정의하고 있다. 이 표준안에 따르면, 태그의 주파수 오프셋은 4%이다. 일반적인 무선통신 시스템에서 많이 사용되는 동기방식의 수신기는 성능이 우수한 것으로 알려져 있으나, 만약 주파수 오프셋이 크면 성능이 저하되는 문제가 있다. 본 논문에서는 장거리 센서태그 시스템의 주파수 오프셋 문제를 해결하기 위하여 비동기 방식의 수신기 구조를 설계하였다. 본 논문에서는 4% 주파수 오프셋을 갖는 수신 신호로부터 최적 주파수를 추정하기 위하여 9쌍의 상관기로 구성되는 주파수 추정 블록을 설계 하였으며, 수신 데이터로부터 페이로드의 시작 지점을 결정하기 위하여 별도로 구성된 이중 상관기를 이용하는 SFD(Start Frame delimiter) 검출 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서는 앞에서 제안한 방법들을 이용하여 장거리 RFID 리더를 구현하였으며, 유/무선 시험망을 통하여 그 성능을 평가하였다. 본 논문에서 구현한 장거리 RFID 리더는 인식거리 측면에서 기존의 방법을 사용하는 RFID 리더기보다 더 우수한 성능을 나타내었다.

Key Words : RFID, Sensor Tag, Non-Coherent, Frequency Offset, SFD

ABSTRACT

ISO/IEC/WD 24753 defines new modem specifications for a long-range RFID communications and application protocol for a sensor tag system. According to the standard, the frequency offset of the tag is 4%. In general wireless communications systems, it is known that a coherent receiver is superior to a non-coherent receiver. However, if the frequency offset is large, it is difficult to restore the original data accurately with a coherent receiver, and the performance of a coherent receiver is easily degraded. In this paper, a non-coherent receiver structure is adopted to solve the frequency offset problem of long-range RFID communications. We designed a frequency estimation block to find an optimal frequency from the received signal with 4% frequency offset and proposed a start frame delimiter (SFD) detection algorithm to determine the start position of the payload. The frequency estimation block finds the optimal frequency from the received signal using 9-correlators. And the SFD detection block searches the received signal to find the start position of the payload with dual correlator. We implemented a long-range RFID reader with the proposed methods and evaluated its performance in a wired/wireless test network. The implemented long-range RFID reader showed more superior performance than the commercial RFID reader in terms of recognition range.

※ 본 연구는 지식경제부 및 IITA의 IT원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2008-S-023-01, 개별물품 단위 응용을 위한 차세대 RFID 기술 개발]

* 한국전자통신연구원 (sdb@etri.re.kr)

** 충남대학교 전자전파통신공학과 (dykim@cnu.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-03-093, 접수일자 : 2009년 3월 4일, 최종논문접수일자 : 2009년 4월 15일

I. 서 론

RFID 기술은 자동인식(Automatic Identification Data Capture, AIDC) 기술의 하나로서 각 주파수 대역별 RF 신호를 이용하여 사물에 부착된 태그로부터 사물의 정보를 비접촉식으로 인식하는 기술이다^[1]. 최근에 RFID(Radio Frequency Identification) 태그에 외부 환경 정보를 습득할 수 있는 센서와 자체 전원 공급을 위한 박형 전지(film battery)가 추가된 센서태그(Sensor Tag)기술이 주목을 받고 있다. 장거리 반 수동형 센서태그 기술은 수동형 태그의 최대 문제점인 인식률을 개선하고 부착물체의 영향을 보완하여 인식거리를 향상시킬 수 있는 기술로서, ISO/IEC/WD 24753은 새로운 변·복조 규격과 센서 데이터 처리에 관련된 프로토콜을 규정하고 있다^[2].

장거리 반 수동형 센서태그 표준에서는 태그에서 전송하는 신호에 대하여 최대 $\pm 4\%$ 까지 주파수 오프셋(frequency offset)을 허용한다. 이러한 주파수 오프셋은 일반적인 무선 통신 시스템에서 허용하는 ppm 수준의 오차에 비해서는 매우 큰 값이며, 무선 통신 시스템에서 널리 쓰이는 동기 방법으로 쉽게 복원하기 어려운 신호이다. 최근에는 주파수 오프셋이 큰 경우에도 동기를 찾을 수 있는 방법이 많이 연구되고 있으며, 그 중의 한 방법이 이중 상관기를 이용하여 수신 데이터의 동기를 추출하는 방법이다^[3]. 일반적으로 동기 방식의 수신기는 위상 오프셋을 보상하여 데이터를 결정하기 때문에 비동기 방식보다 성능이 더 우수하나, 하드웨어 구성이 복잡해지는 단점이 있다. 또한 주파수 오프셋 증가하면 비동기 방식에 비하여 성능 열화가 심해지는 단점이 있다^[4]. 본 논문에서는 비동기 방식의 수신기 구조를 설계하였으며, 표준안에 정의된 4% 주파수 오프셋 문제를 해결하기 위하여 별도의 주파수 추정 블록과 수신 신호로부터 페이로드(payload)의 시작 시간을 찾기 위하여 SFD (Start Frame Delimiter)검출 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서는 상기에서 제안한 방법들을 이용하여 장거리 센서태그용 RFID 리더(Reader) 시스템을 구현하였으며, 실제 시험을 통하여 구현한 시스템이 기존의 Gen2 기반 시스템보다 인식거리 측면에서 성능이 우수함을 입증하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 II장에서는 장거리용 RFID 표준의 기술적인 개요를 설명하고, III장에서는 장거리 RFID 리더를 위한 비동기 방식의 수신기 구조를 제안하였으며, IV장에서는 주파수

추정 블록과 프레임 동기 방법을 기술하고, V장에서 제안한 방법들을 사용하여 구현한 장거리 RFID 리더기의 성능을 평가하였으며, VI장에서는 결론을 맺는다.

II. 장거리용 센서태그 표준안 분석

기존 UHF-RFID 태그에 센서 기능을 추가한 센서태그 시스템은 다양한 시장 영역에서 사용될 수 있을 것으로 인식되고 있다. 그러나 태그의 인식 거리 문제는 센서태그 시스템의 활성화에 걸림돌이 되고 있다. 최근에는 이러한 인식거리 문제를 해결하기 위하여 새로운 표준안이 제안되고 있으며, ISO/IEC/WD 24753을 기반으로 하는 장거리 반 수동형 센서태그 기술이 산업체에서 폭넓게 사용되고 있다. 장거리용 반 수동형 센서태그 표준안은 포워드 링크(forward link)에 대해서는 ASK with Manchester encoding 방법을 사용하고, 리버스 링크(reverse link)의 신호는 ASK with FSK sub-carrier 방식을 사용한다. 리버스 링크에서 태그는 데이터 "0"에 대해서는 128kHz 서브 캐리어 신호로 인코딩하고, 데이터 "1"에 대해서는 288kHz 서브 캐리어 신호로 인코딩한다. 그림 1에 장거리 센서태그용 표준의 리버스 링크 규격을 나타내었다.

그림 1에 나타난 바와 같이 장거리 센서태그 표준은 리버스 링크에 대하여 2kbps, 8kbps, 그리고 32kbps의 Data Rate을 정의하고 있으며, 태그에서 리더로 보내는 리버스 링크에서는 FSK sub-carrier를 사용하는 ASK 변조 방식을 사용하고 있다. 리버스 링크에서 데이터는 ASK 형태로 전송이 되며,

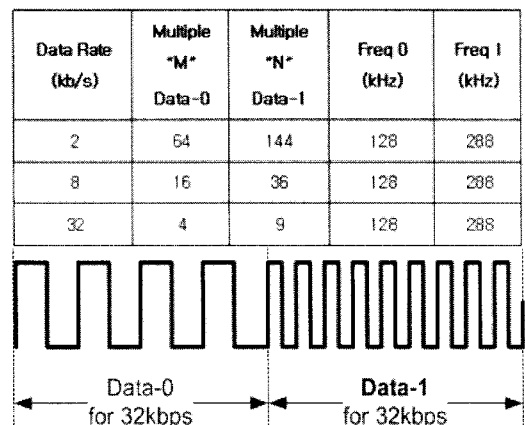


그림 1. 장거리 센서태그 리버스 링크 규격

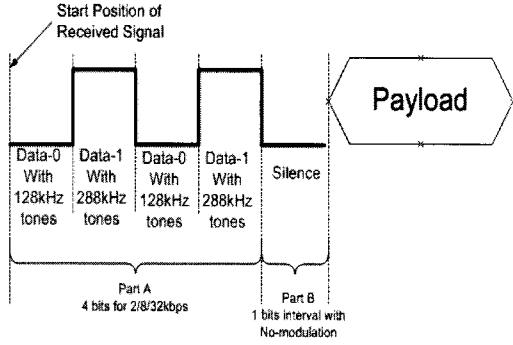


그림 2. 리버스 링크의 프리앰블 규격

일반적인 ASK처럼 data-0와 data-1의 전송 에너지가 다른 것이 아니라 각 데이터의 On/Off 주기가 다르다. 이 On/Off 주기를 보면, FSK 신호 전송과 유사하다. Data-0의 경우에는 1bit 주기 동안 에너지의 On/Off 주기가 128kHz이며, Data-1의 경우에는 1bit 주기 동안 에너지의 On/Off 주기가 288kHz이다.

그림 2는 장거리 RFID 통신에서 정의하는 리버스 링크의 프리앰블 구조를 나타낸다. 프리앰블은 크게 Part A와 Part B 두 부분으로 나뉘지며, 프리앰블의 Part A는 그림 1에서 정의한 bit 전송 주기로 data-0, data-1, data-0, data-1에 해당하는 FSK sub-carrier 변조 신호를 전송한다. 이 신호를 이용하여 리더 수신부에서는 태그 송신 신호의 data rate를 추정한다. Part B는 어떠한 정보도 전송되지 않는 구간이며, 리더 수신부에서는 이 부분을 이용하여 페이로드의 시작 시점을 찾을 수 있다.

III. 장거리 RFID 리더기의 비동기 수신기 설계

그림 3에 본 논문에서 제안하는 장거리 RFID 리더기의 비동기 방식 수신기 구조를 나타내었다. 비동기 방식의 수신기를 설계하는데 있어서 가장 중요한 것은 수신 신호로부터 최적의 주파수를 추정하는 것과 수신 신호에서 페이로드의 시작 위치를 찾는 것이다. 그림 3의 비동기 방식의 수신기에서는 먼저 SFD 검출 블록에서 수신 신호로부터 페이로드의 시작 위치를 검출한다. 수신 신호로부터 페이로드의 시작 위치를 찾은 이후에 주파수 추정 블록에서 최적 주파수를 추정하고, 추정된 주파수를 사용하여 비동기 방식의 데이터 복조를 수행한다.

그림 4에 0% 주파수 오프셋을 갖는 신호에 대한 비동기 방식 수신기의 아이 패턴(eye pattern) 나타내었다. 그림 4에서 zero-crossing point가 1 bit

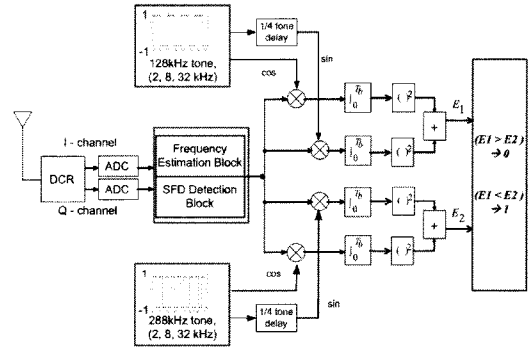


그림 3. 비동기 방식 수신기 세부 블록

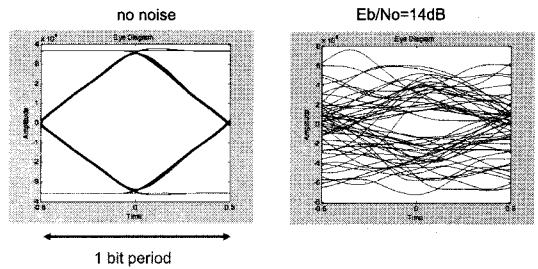


그림 4. 비동기 방식 수신기의 아이 패턴 (수신 신호의 주파수 오프셋이 0%인 경우)

period 구간에서 2개가 발생하며, 리더와 태그 사이의 주파수 오프셋이 4%까지 차이가 나더라도 timing recovery가 가능하다.

그림 5는 비동기 수신기 구조에서 최적 주파수 추정을 위한 주파수 추정 블록의 세부 구조를 나타낸다. 최적 주파수 추정 블록은 수신 신호로부터 -4% ~ +4%에 이르는 주파수 오프셋을 추정하기 위하여, 수신된 신호에 대하여 9쌍의 상관기를 사용한다. 주파수 추정기의 세부 동작 과정은 다음과 같다. 먼저, 수신 신호에 대하여 -4% ~ +4%의 주

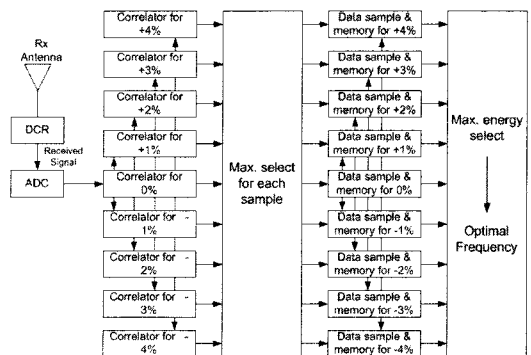


그림 5. 주파수 추정 블록의 세부 구조

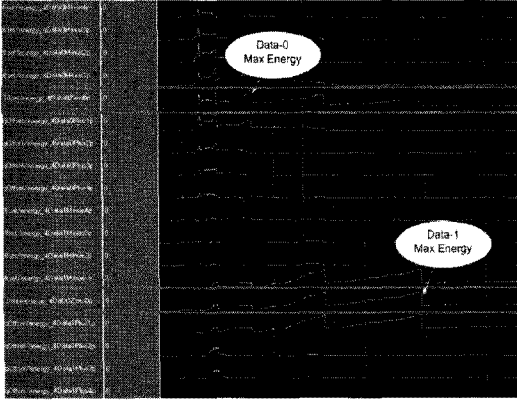


그림 6. 주파수 추정기 시뮬레이션 결과(수신 신호의 주파수 오프셋이 0%인 경우)

파수 오프셋을 갖는 data-0 FSK 신호와 data-1 FSK 신호의 상관에너지를 계산한다. 그리고 가장 큰 에너지를 갖는 상관기에 해당하는 누적 메모리를 증가시킨다. 이어지는 데이터 수신에서는 1 bit 수신 종료 때마다 최대 에너지를 갖는 주파수 오프셋을 기준으로 bit period를 보정하고, 추정된 주파수 오프셋을 기준으로 비동기 복조기에 사용하는 기준 신호를 만든다.

그림 6에 9쌍의 상관기를 사용하는 주파수 추정기에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 그림 6에서 리더 수신 신호는 0%의 주파수 오프셋을 갖는 경우이며, 시뮬레이션 결과 0%에 해당하는 상관기의 에너지가 가장 큰 것을 알 수 있다.

IV. 이중 상관기를 이용한 SFD 검출 블록 설계

본 논문에서는 수신 신호의 SFD를 검출하기 위하여 이중 상관기를 이용하는 방법을 제안하였다. SFD 검출 블록에서는 그림 2의 4bit에 해당하는 프리앰블 신호를 비동기 방식으로 찾는다. 프리앰블 검출에서 문제가 되는 것은 프리앰블이 수신되었다는 것을 판단하는 시점이며, 본 논문에서 아무런 정보도 전송되지 않는 수신신호의 silence 구간을 이용하여 프리앰블을 검출하는 방법을 제안한다. 본 논문에서는 리버스 링크 신호의 이러한 특징을 이용하여 아래와 같은 이중 상관기를 정의한다. E1 상관기는 수신 신호와 4bit에 해당하는 FSK 신호 프리앰블에 대하여 quadrature correlation 형태의 에너지를 계산하며, 식(1)과 같이 표현된다. E2 상관기는 수신 신호에 대하여 각각의 bit에 해당하는 에너지를 계산하고, 이를 4bit에 걸쳐서 합치는 형

태이며, 식 (2)와 같이 표현된다.

$$Energy1 = \left(\sum_{k=0}^{N-1} ref_1(k)rx_1(k+i) \right)^2 + \left(\sum_{k=0}^{N-1} ref_2(k)rx_2(k+i) \right)^2 \quad (1)$$

$$Energy2 = \left(\sum_{k=0}^{N-1} ref_1(k)rx_1(k+i) \right)^2 + \left(\sum_{k=0}^{N-1} ref_2(k)rx_2(k+i) \right)^2 + \left(\sum_{k=0}^{N-1} ref_1(N+k)rx_1(N+k+i) \right)^2 + \left(\sum_{k=0}^{N-1} ref_2(N+k)rx_2(N+k+i) \right)^2 + \left(\sum_{k=0}^{N-1} ref_1(2N+k)rx_1(2N+k+i) \right)^2 + \left(\sum_{k=0}^{N-1} ref_2(2N+k)rx_2(2N+k+i) \right)^2 + \left(\sum_{k=0}^{N-1} ref_1(3N+k)rx_1(3N+k+i) \right)^2 + \left(\sum_{k=0}^{N-1} ref_2(3N+k)rx_2(3N+k+i) \right)^2 \quad (2)$$

식(1)로 표현되는 E1 에너지는 전체 프리앰블에 대하여 적분을 하기 때문에 수신 신호와 기준 신호가 정확히 일치하는 순간에 매우 큰 값을 가지며, 프리앰블이 정확하게 일치하는 순간을 찾는 데 유용하다. 식 (2)로 표현되는 E2 에너지는 적분구간이 짧기 때문에 오류에 덜 민감하고 노이즈에 강인한 특징을 갖기 때문에, 수신 신호의 silence 구간을 찾는 데 유용하다.

그림 7은 SFD 검출 알고리즘의 순서도를 나타낸다. E2 에너지가 E2_Th_Max보다 크면 수신 신호가 존재한다는 것을 의미하며, 이 조건을 만족하면 프리앰블의 피크 위치를 찾기 시작한다. 제안하는 알고리즘은 E1 에너지가 미리 설정한 E1_Th_Max

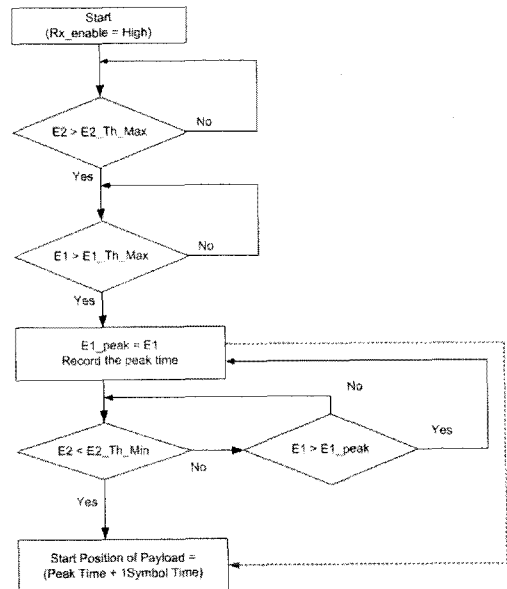


그림 7. SFD 검출 알고리즘의 순서도

보다 크면 프리앰블의 피크로 인식하고, 이때의 에너지 값을 $E1_peak$ 에 기록한다. 그러나 무선 환경에서 수신 신호에 대한 정확한 $E1_Th_Max$ 값을 알 수 없다. 그러므로 수신 신호의 Silence 구간이 나타날 때까지 E1 에너지를 계속 계산한다. 그리고 E1 에너지가 $E1_peak$ 보다 크면, $E1_peak$ 를 이때의 E1 에너지 값으로 계속 갱신한다. 이러한 $E1_peak$ 갱신 과정은 E2 에너지가 $E2_Th_Min$ 보다 작을 때까지 계속한다. 기준 신호와 수신 신호의 상관에너지는 프리앰블 신호가 정확히 일치했을 때 최대가 되고, 수신 신호의 Silence 구간에 이르면 에너지가 급격하게 떨어지게 된다. 제안하는 SFD 검출 알고리즘은 이러한 개념을 이용하며, 프리앰블의 피크가 발생한 시점에 한 심벌의 시간을 더하여 페이로드의 시작 시점을 찾아낸다.

V. 구현한 장거리 RFID 리더기의 성능 분석

본 논문에서는 앞에서 제안한 방법들을 이용하여 장거리 센서태그 리더 모델을 FPGA(Field Programmable Gate Array)로 구현하였으며, 구현한 시스템의 형상 및 세부 블록은 그림 8과 같다. 구현한 시스템의 하드웨어적인 기능은 주로 모델에서 담당하며, 프로토콜 관련 기능은 소프트웨어로 처리한다. 소프트웨어 기능은 임베디드 리눅스 플랫폼에서 운용되며, 실시간으로 운용되는 EPCglobal Class1 Gen2 프로토콜의 처리는 인터럽트 서비스 루틴에서

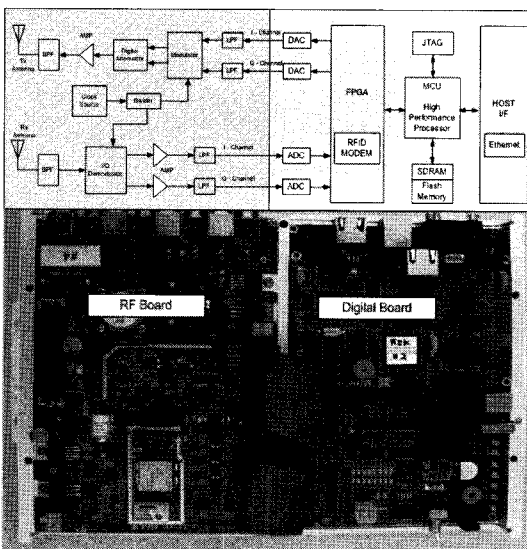


그림 8. 장거리 센서태그 리더의 형상 및 세부 블록도

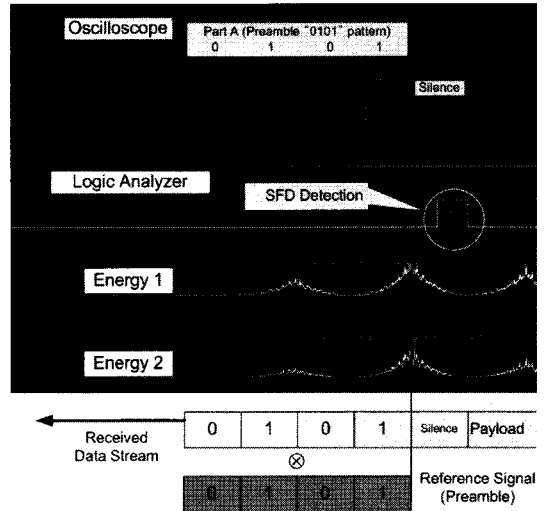


그림 9. 장거리 센서태그 리더의 SFD 검출 가능

이루어진다.

RFID 리더 시스템의 제어 소프트웨어는 인터넷 인터페이스로 연결되어 있는 호스트 컴퓨터의 GUI 프로그램과 상호 연동 되어 하위 모델 제어 모듈들을 제어한다. 제어 프로토콜에는 호스트 컴퓨터와의 통신을 위한 통신 프로토콜 기능, 모델 하드웨어를 제어하는 기능, 그리고 Gen2 프로토콜 기반으로 운용되는 센서 데이터 처리 프로토콜 기능이 있다.

그림 9는 본 논문에서 제안한 SFD 검출 알고리즘의 실제 동작하는 상황을 오실로스코프와 로직분석기로 측정된 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 구현한 SFD 검출 블록이 정확하게 페이로드의 시작 시점을 찾는 것을 알 수 있다.

그림 10은 구현한 장거리 센서태그 리더 시스템의 송수신 신호를 측정된 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 구현한 시스템이 장거리 센서태그 시스템의 하드웨어적인 규격과 EPCglobal Gen2 프로토콜을 동시에 만족하는 것을 알 수 있다.

그림 10에 나타낸 인터럽트의 생성 조건은 식 (3)과 같이 표시된다.

$$Int = (Tx_OK \& Rx_OK \& Time_out) \quad (3)$$

Tx_OK 인터럽트는 Select 명령어와 같이 태그로부터 데이터를 수신하지 않는 경우에 사용하며, Rx_OK 인터럽트는 태그로부터 응답을 받을 때 사용한다. Time_out 인터럽트는 리더가 태그에 명령어를 전송하고, 미리 지정된 시간 안에 태그의 응답이 없을 때 발생한다. 상기의 인터럽트 조건들은 임

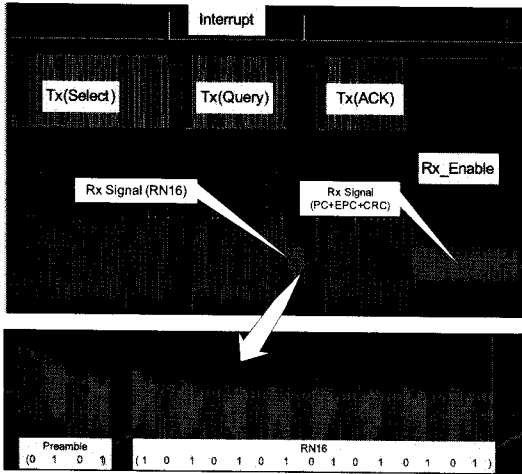


그림 10. 장거리 센서태그 시스템의 Gen2 프로토콜 통신

베디드 리눅스 시스템에서 그림 11과 같은 EPCglobal Class1 Gen2 프로토콜을 쉽게 구현할 수 있도록 해준다⁵⁾.

그림 11은 ISO/IEC18000-6REV1 표준에 정의된 센서 인벤토리의 절차를 나타낸다. 센서 인벤토리는 일반적인 수동형 태그에 적용하는 EPCglobal Gen2 프로토콜과 센서 데이터 처리를 위한 프로토콜로 구분된다. 먼저 인벤토리 절차를 거친 태그는 Acknowledged 상태에 있게 되며, 이후에 리더는 Req_RN 명령어와 센서 명령어를 보내서 태그로부터 센서 데이터를 얻을 수 있다. ISO/IEC18000-6REV1 표준에서는 8개의 센서 명령어를 정의하고 있으며, 그림 11은 8개의 센서 명령어 중에서 ReadSensorValue 명령어를

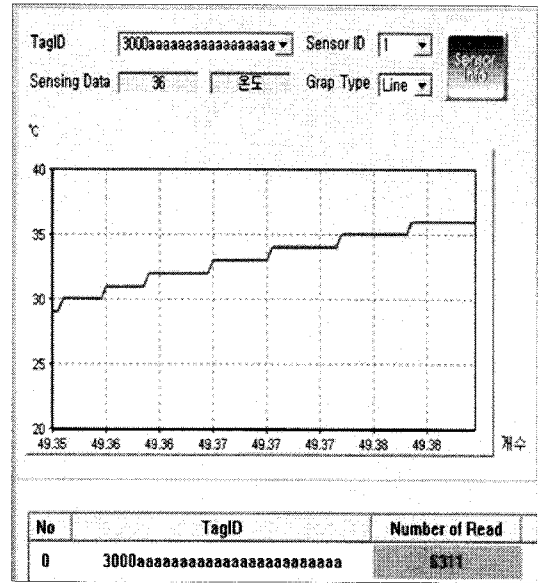


그림 12. 호스트 컴퓨터의 센서 데이터 처리

이용하는 프로토콜을 나타내고 있다⁶⁾. 그림 11의 센서 데이터 처리 프로토콜에 따라서 리더는 태그로부터 센서 데이터를 얻게 되고, 호스트 컴퓨터와의 이더넷 인터페이스를 통하여 센서 데이터를 호스트 컴퓨터에 전송한다. 그림 12는 온도 센서가 내장된 태그로부터 획득한 온도 정보를 리더에 연결된 호스트 컴퓨터에서 실시간으로 처리하는 그림이다.

본 논문에서는 구현한 장거리 센서태그 리더 시스템의 성능을 측정하기 위하여, 구현한 시스템과 기존 Gen2 기반 상용 리더 시스템을 동일한 환경에서 성능을 시험하였다. 무선공간에서의 성능 비교는 주변 환경에 따라서 변화가 심하므로, 성능 시험은 2개의 감쇄기(Attenuator)와 서클레이터(Circulator)를 이용하는 유선 시험장에서 수행하였다. 유선 시험장의 구성은 그림 13과 같으며, 본 논문에서는 유선 인터페이스를 제공하는 전지 지원 수동형(Battery Assisted Passive, BAP) 센서태그를 사용하였다. 시험에 사용한 전지 지원 수동형 센서태그는 고성능 MCU를 사용하여 구현하였으며, 장거리 통신 규격과 EPCglobal Gen2 규격을 동시에 만족한다.

표 1은 장거리 센서태그 시스템 성능 시험에 사용한 파라미터를 나타내며, 유선망에서의 성능 시험 결과는 그림 14와 같다. 본 논문에서는 장거리 센서태그 리더 하드웨어 플랫폼에 EPCglobal Gen2 표준도 동시에 구현하였으며, 구현한 Gen2 기반 시스템은 기존 상용 리더 시스템과 비슷한 성능을 나타내었다. 그림 14에서 알 수 있듯이 본 논문에서

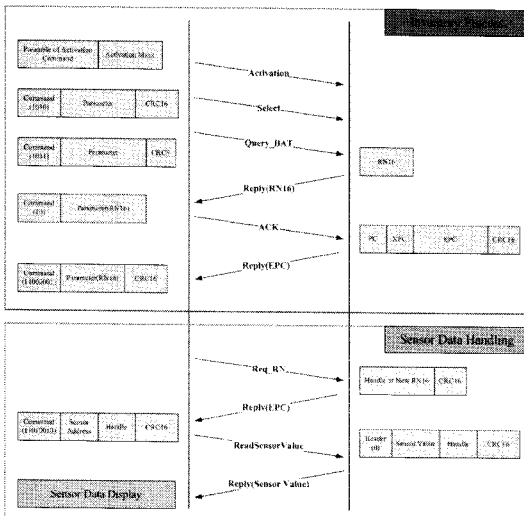


그림 11. 센서 데이터 처리 프로토콜

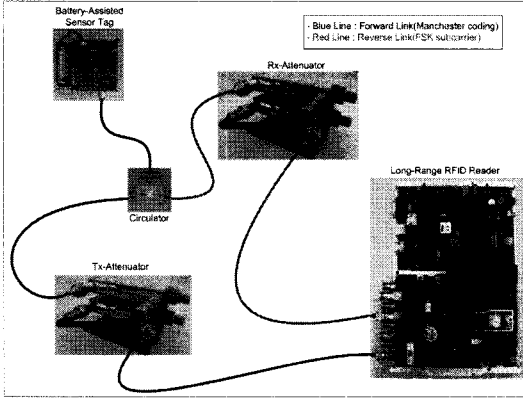


그림 13. 장거리 센서태그 시스템을 위한 유선 시험 환경

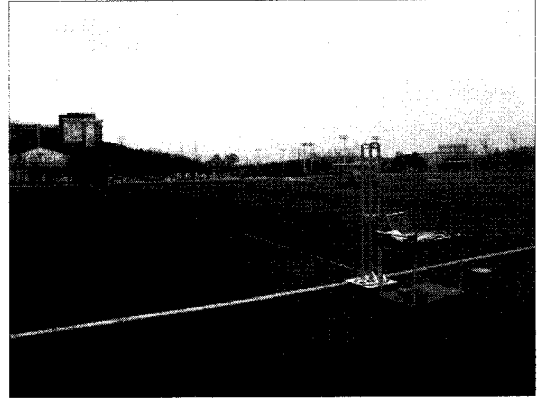


그림 15. 장거리 센서태그 시스템의 무선 인식거리 시험

를 사용하였으며, 일반 수동형 태그의 인식 거리가 최대 10m 정도인데 비하여, 개발한 장거리 센서태그 리더 시스템은 30m 이상의 거리에서도 태그를 인식할 수 있었다.

VI. 결 론

본 논문에서는 장거리 센서태그 표준에서 정의하는 하드웨어적인 규격과 EPCglobal의 Gen2 프로토콜 규격을 동시에 만족하는 장거리 RFID 리더 시스템을 개발하였다. 본 논문에서는 장거리 센서태그 표준에서 정의하는 4% 주파수 오프셋에 의한 문제를 해결하기 위하여 주파수 추정 블록을 설계하였으며, 수신 신호로부터 페이로드의 시작 위치를 찾는 SFD 검출 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 통하여 제안한 방법들의 기능을 검증하였으며, 제안한 방법들을 이용하는 장거리 RFID 리더 시스템을 구현하여 성능의 우수성을 입증하였다. 구현한 시스템은 유선망과 무선망에서 시험을 하였으며, 인식거리 측면에서 기존 Gen2 규격을 따르는 일반적인 제품보다 우수한 성능을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] Klaus Finkenzeller, RFID Handbook - Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification. 2nd Edition, Wiley, 2003.
- [2] ISO/IEC/WD 24753, "Information Technology - Automatic Identification and Data Capture Techniques - Radio Frequency Identification (RFID) for Item Management - Air Interface

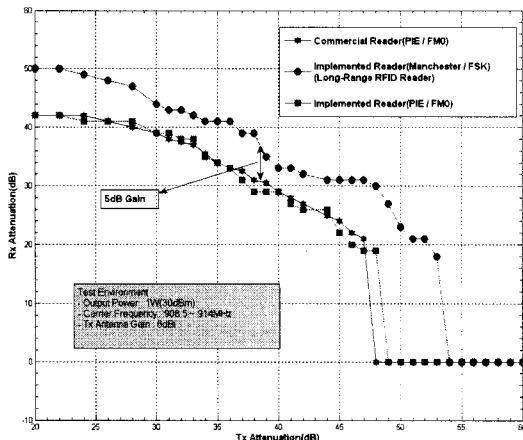


그림 14. 장거리 센서태그 리더 시스템의 성능 분석

개발한 장거리 센서태그 시스템은 기존 EPCglobal Gen2 기반 상용 리더 시스템에 비하여 약 5dB의 인식거리 개선 효과를 보였다.

그림 15는 개발한 장거리 센서태그 시스템의 무선 인식거리 시험 화면이며, 주변에 장애물이 없는 오픈된 공간인 운동장에서 시험을 실시하였다. 운동장에서 실시한 무선 인식거리 시험에서는 장거리 센서태그 규격을 만족하는 Intellex의 상용 태그

표 1. 장거리 센서태그 시스템 시험을 위한 파라미터

	Parameters	Values in Test
Transmit Block	Output power	1W (30 dBm)
	Carrier frequency	908.5~914 MHz
	Tx data rate	8kbps
Receive Block	Carrier frequency	908.5~914 MHz
	Rx data rate	32kbps

Commands for Battery Assist and Sensor Functionality,"Feb., 2006.

- [3] Z. Y. Choi, "Frame Synchronization in the Presence of Frequency Offset", IEEE Trans. Commun., vol. COM-50, pp.1062-1065, July. 2002
- [4] B. Sklar, Digital Communications, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1988.
- [5] EPC global Inc., "EPC Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860MHz - 960MHz Version 1.2.0," Oct., 8.
- [6] ISO/IEC 18000-6 Rev1, "Information Technology - Radio Frequency Identification - Part 6: Parameters for Air Interface Communications at 860MHz to 960MHz," Feb., 2007.

신 동 범 (Dong-Beom Shin)

정회원



1991년 2월 충남대학교 전자공학
교육학과(공학사)

1993년 2월 충남대학교 전자공
학과(공학석사)

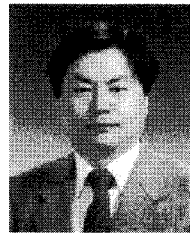
1993년~2000년 국방과학연구소

2000년~현재 한국전자통신연구
원 선임연구원

<관심분야> RFID System, RTLS System, Network System

김 대 영 (Dae-Young Kim)

종신회원



1975년 2월 서울대학교 전자공
학과 (공학사)

1977년 2월 한국과학기술원 전
기전공학과 (공학석사)

1983년 2월 한국과학기술원 전
기전자공학과 (공학박사)

1983년~현재 충남대학교 교수

<관심분야> Advanced Communication Protocol, Advanced Internet protocol, 무선인터넷