

센서 데이터 처리를 지원하는 UHF RFID 리더 시스템의 설계 및 구현

정회원 신 동 범*, 이 형 섭*, 최 길 영*, 종신회원 김 대 영**

Design and Implementation of UHF RFID Reader System Supporting Sensor Data Processing

Dong-Beom Shin, Heyung-Sub Lee, Gil-Young Choi *Regular Members*,
Dae-Young Kim *Lifelong Member*

요 약

최근에 온도관리가 필수조건인 신선식품의 유통관리 분야에서 전지 지원 수동형 센서태그에 대한 요구가 크게 증대되고 있다. ISO/IEC18000-6REV1은 산업체에서 널리 사용되고 있는 EPCglobal Class1 Generation2 규격의 RFID 태그와 호환되는 전지 지원 수동형 센서태그를 지원하는 표준을 규정하고 있다. 본 논문에서는 전지 지원 수동형 센서태그를 지원하는 리더 모뎀을 FPGA로 설계하였으며, ISO/IEC18000-6REV1에서 정의하는 센서 데이터 처리기능을 개발하였다. 모뎀의 송신 블록은 표준에서 규정하는 성형필터(pulse shaping filter)를 지원하며, RF 출력 신호는 표준에서 권고하는 스펙트럼 마스크를 만족한다. 태그의 신호를 수신하는 모뎀의 수신 블록은 심벌 타이밍 동기화 널리 사용되는 Gardner TED(Timing Error Detection) 방법을 이용하였으며, 동기 방식으로 설계된 수신기는 FM0, Miller-2, Miller-4, 그리고 Miller-8 신호를 모두 수신할 수 있다. 본 논문에서는 표준화가 진행 중인 ISO/IEC18000-6REV1 규격을 만족하는 모뎀과 센서태그용 리더 시스템을 개발하여 센서태그 및 수동형 태그를 무선 환경에서 안정적으로 인식하였으며, 임베디드 리눅스 기반 플랫폼에서 센서 프로토콜을 구현하여 센서 데이터를 실시간으로 처리하였다.

Key Words : RFID, Sensor Tag, Activation, PIE, FM0

ABSTRACT

Precise temperature monitoring is the major preconditioning to supervise quality losses within the transport chain for fresh products. ISO/IEC18000-6REV1 defines new protocols supporting BAP(Battery Assisted Passive) RFID tag which is completely compatible with EPCglobal Class1 Generation2 specification. In this paper, we designed a modem supporting BAP RFID tag with FPGA(Field Programmable Gate Array) and implemented sensor data processing function defined in ISO/IEC18000-6REV1. The transmit block of the modem supports pulse shaping filter and the output signal of the implemented RFID reader is satisfied with the spectrum mask defined in the standard. The receive block of the modem uses Gardner TED to synchronize timing of symbol. In this paper, we designed a modem supporting ISO/IEC18000-6REV1 standard and developed a RFID reader standard. The developed RFID reader standard can recognize sensor tag and passive tag in the wireless environment and supports real-time processing of the sensor data in the embedded linux platform.

* 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, leehs@etri.re.kr, kychoi@etri.re.kr), ** 충남대학교 전자전파통신공학과 (dykim@cnu.ac.kr)
논문번호 : KICS2009-05-201, 접수일자 : 2009년 5월 14일, 최종논문접수일자 : 2009년 11월 26일

I. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification) 기술은 각 주파수 대역별 RF 신호를 이용하여 사물에 부착된 태그로부터 사물의 정보를 비접촉식으로 인식하는 기술로서, 물류/유통 분야의 자동화를 위한 핵심 기술로 인식되고 있다^[1]. 과거에는 RFID칩에 저장된 EPC(Electronic Product Code)값을 읽어서 사물을 식별하는 수동형(passive) 태그에 대한 개발이 대부분이었으나, 최근에는 RFID 태그에 외부 환경 정보를 습득할 수 있는 센서와 자체 전원 공급을 위한 박형 전지(film battery)가 추가된 RFID 센서태그(sensor tag)기술이 주목을 받고 있다. 특히 정밀한 온도 관리가 필수조건인 신선식품의 유통관리 분야에서는 RFID 센서태그 기술이 중요한 이슈로 대두되고 있다^[2].

ISO/IEC18000-6REV1은 산업체에서 널리 사용되고 있는 EPCglobal Class1 Generation2 (EPCglobal C1G2) 규격의 RFID 태그와 호환되면서, 전지 지원 수동형 센서태그를 지원하는 프로토콜을 규정하고 있다^[3]. 본 논문에서는 전지 지원 수동형 센서태그를 지원하는 리더 모뎀을 FPGA(Field Programmable Gate Array)로 개발하였으며, ISO/IEC18000-6REV1에서 정의하는 센서 데이터 처리기능을 구현하였다. FPGA로 구현된 모뎀은 ARM9 기반의 고성능 프로세서 모듈의 AHB (Advanced High performance Bus)를 통하여 정합되며, 프로세서 모듈의 설정에 따라 그 기능을 수행한다. 본 논문에서 개발한 모뎀의 송신 블록은 표준에서 규정하는 성형필터를 구현하였으며, 성형필터를 거친 리더의 송신 신호는 표준에서 정의하는 스펙트럼 마스크를 만족한다. 리더 모뎀의 수신 블록은 태그에서 송신한 신호의 data rate과 심벌 타이밍을 추정하기 위하여, 심벌 타이밍 동기화에 널리 사용되는 Gardner TED(Timing Error Detector)를 사용하였다. 본 논문에서는 RFID 리더 시스템과 ISO/IEC18000-6REV1에서 정의하는 센서 데이터 처리 기능을 개발하였으며, 개발한 리더 시스템은 호스트 컴퓨터와 연동하여 실시간으로 센서 데이터의 상태를 전신하는 기능을 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 II장에서는 ISO/IEC18000-6REV1 표준 규격을 준수하는 리더 모뎀의 송신부 설계를 설명하고, III장에서는 리더 모뎀의 수신부 설계를 설명하고, IV장에서는 개발한 RFID 리더 시스템을 이용한 센서 데이터 처리 기능에 대하여 기술하고, V장에서는 결론을 맺는다.

II. 리더 모뎀의 송신부 설계

전지 지원 수동형 RFID 태그는 리더로부터 전력을 공급받아 동작하는 기존의 수동형 RFID 태그와는 달리, 태그의 자체 배터리를 사용하여 동작한다. 이와 같이 태그 자체의 전원을 이용하여 동작하는 RFID 태그를 전지 지원 수동형(Battery Assisted Passive: BAP) 태그라고 한다. 일반적으로 전지 지원 수동형 태그는 자체 전지를 이용하여 태그의 디지털 블록과 센서를 구동하기 때문에, 기존 수동형 태그에 비하여 수신 감도가 높고 센서를 이용하여 주변 환경을 모니터링 할 수 있다는 장점을 제공한다. ISO/IEC18000-6REV1에서는 전지의 수명 때문에 항상 전지를 사용하지 않고, 리더로부터 활성화 명령어를 정상적으로 수신한 경우에 전지를 이용하도록 정의하고 있다. 개발한 리더 모뎀의 송신부는 크게 활성화 명령어를 생성하는 블록과, 일반 RFID 명령어를 생성하는 블록으로 나누어진다.

2.1 전지 지원 수동형 태그 활성화 명령어

전지 지원 수동형 태그에 대한 표준안에 의하면 태그는 자체적으로 전지 지원 수동형 모드로 수행할 수는 없으며, 리더로부터 태그의 동작모드를 변환하는 활성화 명령어(activation command)를 수신하여 전지 지원 수동형 모드로 동작하게 된다. 그림 1은 ISO/IEC18000-6REV1 표준에서 정의하는 전지 지원 수동형 태그를 위한 활성화 명령어의 프리앰블과 활성화 코드의 구조를 보여준다. 프리앰블은 125µsec에 해당하는 T_{ari}값을 갖는 2개의 data-0와 2개의 data-1으로 구성된다.

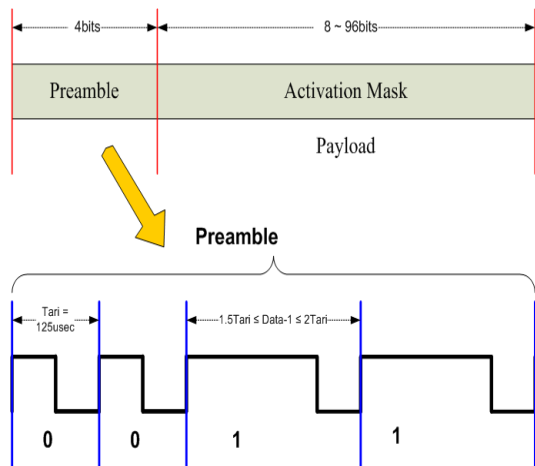


그림 1. ISO/IEC18000-6REV1 활성화 코드 파형

2.2 리더 명령어 생성 기능 및 성형 필터

수동형 RFID 태그는 디지털 로직의 동작을 위한 전원과 무선 전송을 위한 반송파를 직접 생성하지 않고, 리더의 신호를 이용하여 데이터를 복조한다. 수동형 태그는 정확도가 높은 기준 클럭 발생기와 리더 신호를 복조하기 위한 복잡한 로직을 사용하지 않고, 전송 시간이 각각 다른 data-0와 data-1의 수신되는 시간을 측정해서 데이터를 복조한다. 이러한 태그의 동작을 지원하기 위하여 사용하는 코딩 방법이 PIE(Pulse Interval Encoding)방법이며, 그림 2에 PIE에서 사용하는 data-0와 data-1에 대한 신호 규격을 나타내었다.

ISO/IEC18000-6REV1에서는 인접채널에 영향을 주지 않도록 스펙트럼 마스크를 규정하고 있으며, 이러한 주파수 간섭을 최소화하기 위하여 성형필터를 정의하고 있다^[4]. 본 논문에서는 표준에서 정의하는 성형필터를 구현하였으며, 그림 3은 PIE 방식으로 코딩된 신호의 DAC 출력 파형을 오실로스코프로 측정한 결과이다.

그림 4는 개발한 리더 시스템의 RF출력 신호를 스펙트럼 분석기로 측정한 결과이다. 그림 4의 a)는 ISO/IEC18000-6REV1 표준에서 정의하는 다중 리더 환경에서의 스펙트럼 마스크를 나타낸다. 그림 4의 b)는 성형 필터를 사용하지 않았을 경우에 RF출력 신호를 스펙트럼 분석기로 측정한 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 성형 필터를 사용하지 않으면 표준에서 정의하는 스펙트럼 마스크를 만족하지 못하며, 다중 리더 환경에서 인접리더의 통신에 영향을 준다. 그림 4의 c)는 성형 필터를 사용했을 경우에 RF출력 신호를 스펙트럼 분석기로 측정한 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 성형 필터를 사용했을 경우에는 표준에서 정의하는 스펙트럼 마스크를 만

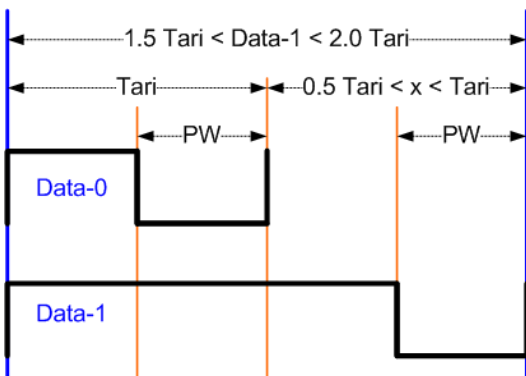


그림 2. PIE 신호 규격

족하는 것을 알 수 있다.

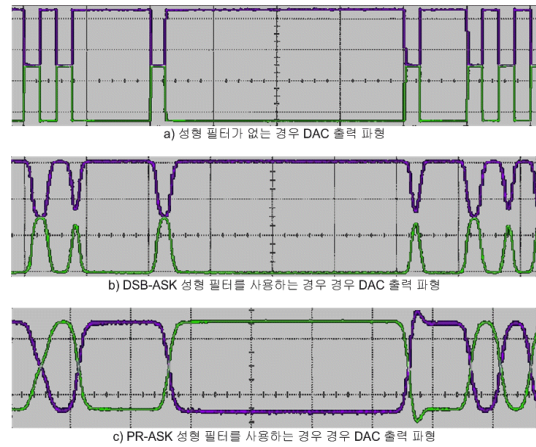


그림 3. ISO/IEC18000-6REV1 모뎀의 DAC 출력 파형



그림 4. ISO/IEC18000-6REV1 리더 시스템의 RF 출력

III. 동기 방식 수신기 설계

수동형 RFID 태그는 디지털 로직의 동작을 위한 전원과 무선 전송을 위한 반송파를 직접 생성하지 않고, 리더에서 전송되는 CW(Continuous Wave) 신호를 이용하는 후방산란(back-scattering) 방법을 이용하여 데이터를 전송한다. 또한 정밀한 자체 클럭을 이용하지 않으므로, 태그 전송 신호의 주파수 오프셋은 일반 통신 신호에 비하여 매우 크다. ISO/IEC18000-6REV1에서는 태그 전송 신호의 주파수 오프셋을 최대 $\pm 22\%$ 까지 정의하고 있으며, 이러한 수준의 오차는 일반적인 무선 통신 시스템에서 허용하는 ppm 수준의 오류에 비해서는 매우 큰 값이다. 본 논문에서는 이와 같이 주파수 오프셋이 큰 신호를 수신하기 위하여 태그 신호의 data rate과 심벌 타이밍을 추정하는 기능을 개발하였다.

본 논문의 리더 수신기에서는 심벌 타이밍 동기 에 널리 사용되는 Gardner TED를 활용하여 심벌 타이밍을 추정한다. Gardner TED는 표본화 위상 $t = nT$ 에서 $\pm 1/4T$ 떨어진 위상의 표본 값을 제공하여, 그 두 값의 차이를 타이밍 함수로 사용한다. 타이밍 위상이 정확하면 제공한 값이 표본화 위치를 중심으로 대칭이 되기 때문에, 정확한 타이밍 위상에서는 두 값의 차이가 영점을 지나게 된다. 타이밍 위상이 정확하지 않은 경우는 한쪽의 제공 값은 증가하고 다른 쪽의 값은 감소하므로, 두 값의 차이를 이용하여 타이밍 오차의 크기를 추정할 수 있다⁵⁾. 그림 5는 Gardner TED를 이용하는 동기방식의 수신기 구조를 나타낸다. 리더 수신 안테나를 통하여 수신한 신호는 DCR(Direct Conversion Receiver) 블록을 통하여 기저대역(baseband) 신호로 변환되며, A/D 변환기를 거쳐 모뎀으로 입력된다. 디지털 신호로 변환되어 모뎀으로 입력된 신호는 Decimator 블록을 거쳐 프리앰블 검출부(Preamble Detection Block: PDB)와 타이밍 에러 검출부(Timing Error Detection Block: TEDB)로 입력된다. 타이밍 에러 검출부에서는 식(1)로 표현되는 Gardner TED 알고리즘을 사용하여 오차를 추정하며, 추정된 타이밍 오차는 주기 추적 블록(Period Tracking Block: PTB)과 샘플 위치 추적 블록(Sample Position Tracking Block: SPTB)에 입력된다.

$$u_r(r) = y_I(r-1/2)[y_I(r) - y_I(r-1)] + y_Q(r-1/2)[y_Q(r) - y_Q(r-1)] \quad (1)$$

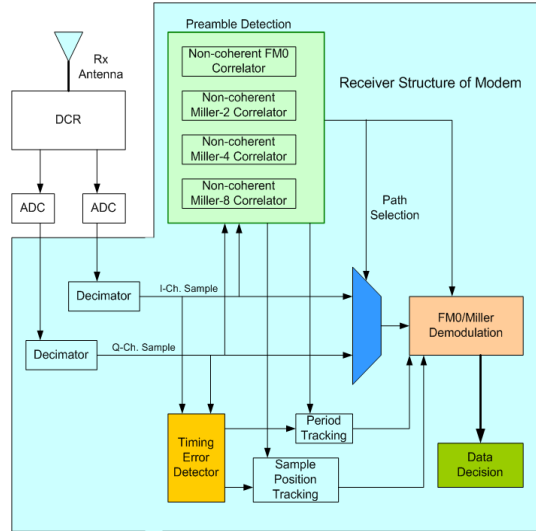


그림 5. 동기 방식의 모뎀 수신기 상세 블록

본 논문에서는 리더 수신 신호의 오류를 보정하기 위하여 Gardner TED의 오차 정보를 이용한 주기 추적 블록을 구현하였다. 식(2)는 주기 추적 블록의 세부 동작을 나타내는 수식이다. 구현한 주기 추적 블록은 TED 블록의 결과 값이 미리 지정한 임계치 이상으로 연속하여 같은 부호를 가지면, 그 결과를 수신 data rate에 반영하는 구조이다.

$$period(n+1) = period(n) + k \cdot \frac{\sum_{j=n-(N-1)}^n e(j)}{N} \quad (2)$$

샘플 위치 추적 블록에서는 TED 블록의 오차 정보를 이용하여 다음 샘플의 위치를 추적하며, 다음 샘플의 위치는 식(3)과 같이 결정된다.

$$Pos(n+1) = Pos(n) + One_Period + k \cdot e(n) \quad (3)$$

식(2)와 식(3)에서 k는 검출된 오차정보에 대한 가중치이며, 프리앰블 검출 전에는 Coarse Tracking을 위하여 큰 값을 사용하고 프리앰블 검출 후에는 Fine Tracking을 위하여 작은 값을 사용한다. 프리앰블 검출 블록에서는 수신 신호에서 프리앰블을 검출하기 위하여 수신 신호와 기준 신호와의 상관 에너지를 이용한다. 리더 수신 신호의 종류 및 파형과 FM0 신호의 프리앰블 구조를 그림 6과 그림 7에 나타내었다. 프리앰블 검출 블록에서는 리더의

수신 신호와 그림 7에 나타낸 FM0 프리앰블 신호와의 상관에너지를 계산하여 프리앰블을 검출하고, 수신신호에서 페이로드(payload) 시작 위치를 계산한다.

$$Energy = \sum_{n=0}^{M-1} r(N+n) \cdot ref_sample(n) \quad (4)$$

수신 신호의 상관 에너지를 계산하는 과정은 식(4)와 같으며, 식(4)에서 $r(n)$ 은 수신 신호의 샘플 값, N 은 샘플 인덱스, M 은 상관기를 위한 샘플의 개수를 나타낸다. 그림 8의 모의실험 결과는 FM0 신호에 대한 프리앰블 검출 블록의 동작과 앞에서 제안한 방법을 이용한 수신 신호의 복조 과정을 나타낸다. 그림으로부터 구현한 프리앰블 검출 블록이 FM0 신호의 프리앰블 수신에 종료되는 시점에서 정확하게 프리앰블을 검출하는 것을 알 수 있다.

본 논문에서 설계한 모델은 그림 5에 구현된 각 블록의 정보를 이용하여 동기 방식의 복조를 수행한다. 구현한 모델에서는 수신 신호에 대하여 data-0에 대한 기준 신호와 data-1에 대한 기준 신호의 상관 에너지를 계산하고, 그 결과를 각각 누적한다.

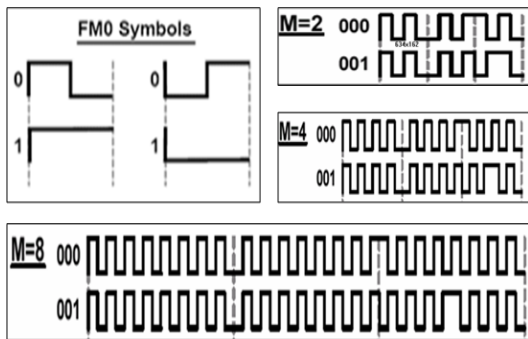


그림 6. 리더 수신 신호의 종류 및 과정

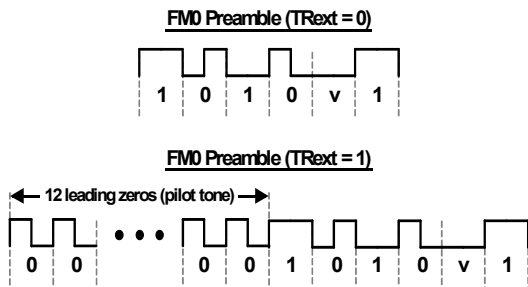


그림 7. FM0 신호의 프리앰블 구조

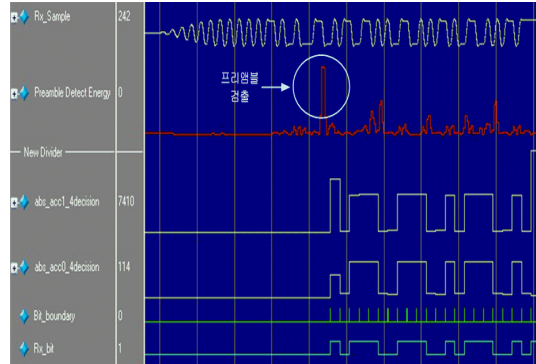


그림 8. FM0 신호의 프리앰블 검출 및 수신 신호 복조

그리고 한 심벌에 대한 수신에 종료되는 심벌 인터벌(symbol interval) 신호가 발생할 때마다, 누적된 상관 에너지의 크기를 비교하여 큰 결과에 해당하는 데이터를 결정한다.

그림 9는 FPGA로 구현한 TED 블록의 기능을 로직 분석기(logic analyzer)로 측정된 자료이다. 그림에서 FPGA의 내부 로직 처리시간으로 인하여 수신 데이터의 1bit 시간 후에 최종 결정된 데이터가 나타난다. 그림 9의 a)는 TED기능을 사용하지 않는 경우이며, 앞부분은 데이터를 잘 결정하지만 뒤에 가서는 “1”이라는 수신 데이터를 심벌 인터벌 오류가 누적되어 “0”으로 잘못 결정하게 된다. 그림 9의 b)는 TED기능을 사용하는 경우이며, 수신 신호의 bit 경계면에서 심벌 인터벌이 정확하게 나타난다. 그러므로 긴 데이터를 수신할 경우에도 심벌 인터벌 오류가 누적되지 않으며, 데이터를 정확하게 결정할 수 있다.

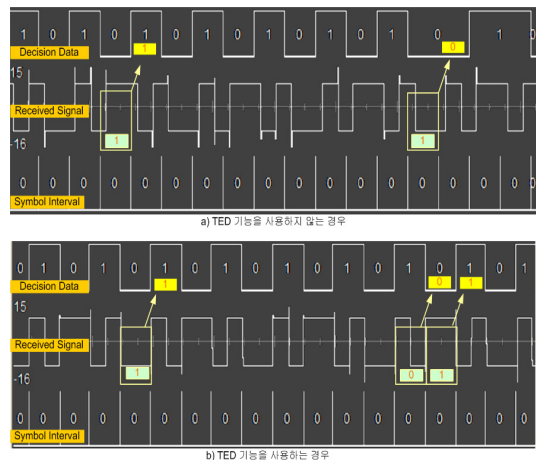


그림 9. TED 블록의 기능

IV. ISO/IEC18000-6REV1 기반 센서 데이터 처리 기능

4.1 EPCglobal C1G2 프로토콜 개발

본 논문에서는 앞장에서 기술한 방법들을 이용하여 센서태그를 지원하는 리더 모뎀을 FPGA로 구현하였으며, EPCglobal C1G2 프로토콜 처리 기능을 임베디드 리눅스 기반 프로세서 모듈에서 개발하였다. ARM9 920T MPU를 이용하여 구현한 임베디드 프로세서 모듈은 32bit AHB를 통하여 모뎀과의 통신을 수행한다. 본 논문에서는 표준 프로토콜을 임베디드 시스템에서 실시간으로 처리하기 위하여, 하드웨어 인터럽트 신호를 기준으로 EPCglobal C1G2 프로토콜의 타이밍 조건을 만족시켰다. 하드웨어 인터럽트 생성 조건은 식(5)와 같이 표시된다.

$$Int = (Tx_OK \& Rx_OK \& Time_out) \quad (5)$$

식 (5)에서 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. 프로세서 모듈은 태그에 명령어를 전송하기 전에 리더가 태그 신호를 수신하는 대기 시간을 모뎀에 설정하여, 이 시간 안에 데이터가 수신되지 않으면 하드웨어 적으로 인터럽트 신호를 발생시켜 이어지는 프로토콜을 수행할 수 있도록 한다.

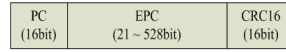
4.2 센서 데이터 처리 기능 개발

본 논문에서 개발한 RFID 리더 시스템은 ISO/IEC18000-6REV1에서 정의하는 심플 센서 (simple sensor) 데이터 처리 기능과 8개의 센서 액세스 명령어(sensor access command) 처리 기능을 제공한다. 표준에서 정의하는 센서 데이터 처리와 관련된 리더 ACK 명령어에 대한 센서태그의 응답 메시지 구조는 그림 10과 같다.

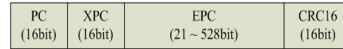
그림 10의 a)는 PC와 XPC 워드에 대한 세부 구조를 나타내며, PC 워드의 X bit값이 “1”이면 XPC 워드가 존재한다는 것을 나타낸다. XPC 워드에서 SS bit는 심플 센서 기능을, FS bit는 풀 센서(full sensor) 기능을, B bit는 전지 지원 기능을 나타낸다. 그림 10의 b)는 PC워드의 X bit 값이 “0”인 경



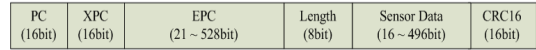
a) Structure of PC & XPC



b) Tag Replay to a successful ACK command (X bit = 0, SS bit = 0)



c) Tag Replay to a successful ACK command (X bit = 1, SS bit = 0)



d) Tag Replay to a successful ACK command (X bit = 1, SS bit = 1)

그림 10. ACK 명령어에 대한 태그의 응답 메시지 구조

우의 ACK 명령어에 대한 태그의 응답 메시지 구조이며, ACK 명령어에 대한 일반 수동형 태그의 응답 메시지와 동일하다. 그림 10의 c)는 PC워드의 X bit 값이 “1”이고, SS bit값이 “0”인 경우의 ACK 명령어에 대한 태그의 응답 메시지 구조이다. 그림 10의 d)는 PC워드의 X bit 값이 “1”이고, SS bit값이 “1”인 경우의 ACK 명령어에 대한 태그의 응답 메시지 구조이며, 센서데이터의 길이와 센서 데이터 값을 포함한다. 그림 11은 심플 센서 및 센서 액세스 명령어 처리 기능을 나타내며, 리더와 태그의 통신하는 신호를 오실로스코프로 측정한 파형이다.

그림 12는 ISO/IEC18000-6REV1 표준에 정의된 센서 액세스 명령어를 이용하여, 다중 센서 데이터를 처리하는 절차를 나타낸다. 센서 인벤토리는 일반적인 수동형 태그에 적용하는 EPCglobal C1G2 프로토콜과 센서 액세스 명령어에 의한 센서 데이터 처리를 위한 프로토콜로 구분된다. 먼저 인벤토리 절차를 거친 태그는 Acknowledged 상태에 있게

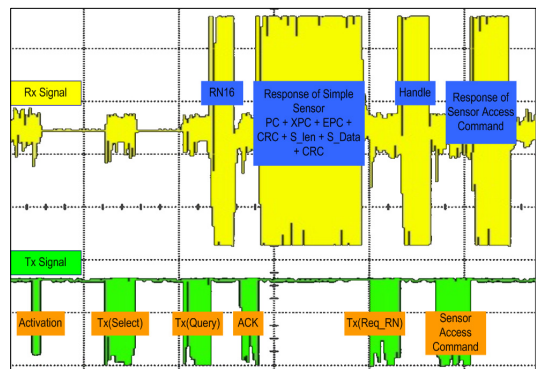


그림 11. 심플 센서 및 센서 액세스 명령어 처리 기능

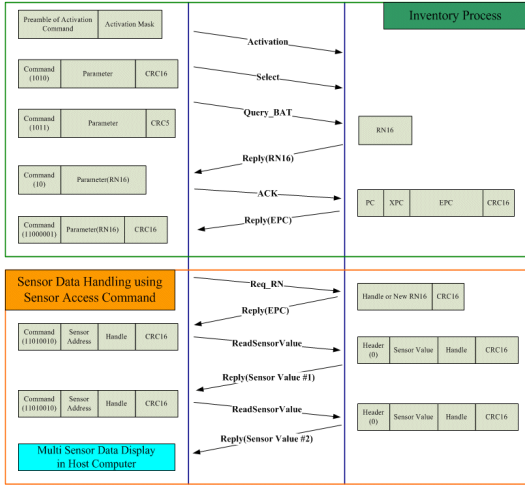


그림 12. 다중 센서 데이터 처리 프로토콜

되며, 이후에 리더는 Req_RN 명령어와 센서 액세스 명령어를 보내서 태그로부터 센서 데이터를 얻을 수 있다. 그림 12는 ReadSensorValue 명령어를 이용하여 센서 데이터를 읽어오는 프로토콜을 나타내고 있다.

그림 12의 다중 센서 데이터 처리 프로토콜에 의하여 리더에서 획득한 태그의 센서 데이터를 호스트 컴퓨터에서 실시간으로 처리하는 화면을 그림 13에 나타내었다. 그림 13에서 왼쪽의 그래프는 온도 센서의 값을 나타내며, 오른쪽의 그래프는 조도 센서의 값을 나타낸다. 개발한 센서태그 시스템은 전지 지원 수동형 RFID 태그에 내장된 다중센서 데이터를 실시간으로 처리할 수 있으며, 물품의 유통과정에서 태그 메모리에 기록된 환경 정보의 디스플레이도 가능하여 주변 환경에 민감한 신선 식품의 유통분야에 폭넓게 사용될 수 있다.



그림 13. 호스트 컴퓨터의 다중 센서 데이터 처리 기능

V. 결론

본 논문에서는 EPCglobal C1G2 규격과 호환되며 ISO/IEC18000-6REV1에서 정의하는 센서 데이터 처리 기능을 지원하는 RFID 리더 시스템을 개발하였다. 개발한 리더 모뎀의 송신 블록은 표준에서 정의하는 활성화 명령어 송신 기능을 제공하며, PIE 방법으로 코딩된 송신 신호에 대하여 성형필터를 적용하여 표준에서 권고하는 스펙트럼 마스크를 만족하도록 하였다. 태그의 신호를 수신하는 모뎀의 수신 블록은 Gardner TED 방법을 이용하여 심벌 타이밍 정보를 생성하고, 동기 방식의 복조를 수행한다. 개발한 리더 시스템은 임베디드 리눅스 기반 플랫폼에서 운용되며, 수동형 태그 및 전지 지원 수동형 센서태그를 무선 환경에서 안정적으로 인식할 수 있었다. 본 논문에서 개발한 RFID 리더 시스템은 하나의 태그에 부착된 다중 센서 데이터도 처리할 수 있으며, 앞으로 센서태그와 더불어 신선 식품의 냉장 유통 관리 분야뿐만 아니라 다양한 분야에 폭넓게 사용될 수 있으리라 생각된다.

참고 문헌

- [1] Klaus Finkenzeller, RFID Handbook-Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification. 2nd Edition, Wiley, 2003.
- [2] R Jedermann, W Lang, "Semi-passive RFID and betond: step towards automated quality tracing in the food chain," Int. J. Radio Frequency identification Technology and Applications , Vol.1, No.3, 2007.
- [3] ISO/IEC 18000-6 Rev1, "Information Technology - Radio Frequency Identification - Part 6: Parameters for Air Interface Communications at 860MHz to 960MHz," Feb., 2007
- [4] 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., 2008
- [5] F. M. Gardner, "A BPSK/QPSK Timing-Error Detector for Sampled Receivers," IEEE Trans. On Comm., Vol.40, No.10, Nov. 1992.

신 등 범 (Dong-Beom Shin)

정회원



1991년 2월 충남대학교 전자공
학교육학과(공학사)
1993년 2월 충남대학교 전자공
학교(공학석사)
1993년~2000년 국방과학연구소
2000년~현재 한국전자통신연구
원 선임연구원

<관심분야> RFID System, RTLS System, Network
System

이 형 섭 (Heyung-Sub Lee)

정회원



1985년 2월 충남대학교 전자공
학교(공학사)
1994년 8월 충남대학교 전자공
학교(공학석사)
2002년 8월 충남대학교 전자공
학교(공학박사)
1991년~현재 한국전자통신연구
원 책임연구원/팀장

<관심분야> RFID System, RTLS System, Network
System

최 길 영 (Gil-Young Choi)

정회원

1987년 2월 경북대학교 전자전기공학과 (공학석사)
1987년~현재 한국전자통신연구 원 책임연구원/팀장
<관심분야> RFID System, USN System

김 대 영 (Dae-Young Kim)

종신회원



1975년 2월 서울대학교 전자공
학교(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