

유비쿼터스 물류 환경을 위한 능동형 RFID 시스템 개발

조현태^o, 최훈, 이웅현, 백운주

부산대학교 컴퓨터공학과

{marine^o, hara, woonga}@juno.cs.pusan.ac.kr, yunju@pusan.ac.kr

A Development of Active RFID System for Ubiquitous Logistics Environment

Hyuntae Cho^o, Hoon Choi, Woonghyun Lee, Yunju Baek

Dept. of Computer Science and Engineering, Pusan National University

요 약

유비쿼터스 물류 환경을 위한 능동형 RFID(Radio Frequency IDentification) 시스템 기술에 대한 필요성이 대두되고 있다. 특히 컨테이너 물류 환경에서 적합한 RFID 기술은 ISO/IEC 18000-7 표준으로 제정되었으나, 현재 이에 대한 연구 개발 사례보고가 드문 실정이다. 본 논문에서는 물류 상황에 적합한 능동형 RFID 시스템에 대한 아키텍처 설계 및 저전력 운용 등의 요소기술에 대한 연구 및 시스템 개발 내용을 다루었다. 기본적인 성능평가를 수행한 결과, 1000개의 명령어를 연속으로 요청했을 때 99%이상의 높은 인식률을 보였다. 또한 시스템의 핵심 요소인 저전력 기능을 구현한 결과 배터리는 최장 1년까지 이용 가능한 것으로 나타났다.

1. 서 론

유비쿼터스의 핵심은 임베디드 센서와 인식(ID) 시스템이 네트워크에 연결되어 상호 협력하는 스마트 기기로부터 출발한다. RFID 시스템은 물품 등 관리할 사물에 태그를 부착하고 전파를 이용하여 사물의 정보 및 주변 환경정보를 인식하여 각 사물의 정보를 수집, 저장, 가공 및 추적함으로써 사물에 대한 측위, 원격처리 및 정보교환 등 다양한 서비스를 제공한다. 이러한 기술은 기존의 바코드를 대체하여 상품관리를 네트워크화 및 지능화함으로써 유통 및 물품관리 뿐만 아니라 보안, 환경관리 등의 다양한 응용에 활용되어질 수 있다.[1, 2]

RFID 시스템은 전력공급 방식에 따라 수동형과 능동형으로 분류된다. 수동형 RFID는 필요한 전력을 리더로부터 받고, 이를 이용해 데이터 저장, 컴퓨팅 및 RF 전송에 활용한다. 반면 능동형 RFID는 배터리와 같은 내부 전력 공급원을 사용하여 연속적으로 전원을 공급받기 때문에 보다 먼 거리까지 통신이 가능하다.[3]

유비쿼터스 물류 환경을 위한 능동형 RFID 시스템 기술에 대한 연구는 차세대 물류 환경을 혁신하는데 있어서 필요한 핵심 기술요소의 하나이다. 특히 컨테이너 물류 환경에서 필수적인 능동형 태그 기술은 ISO/IEC 18000-7 표준문서에서 제시하고 있으나, 현재 이를 적용한 연구 개발이 국내에서는 미비한 실정이다. 따라서 물류 상황에 최적화된 능동형 RFID 시스템에 대한 아키텍처 설계 및 저전력 운용기술 등의 요소기술에 대한 최적화 연구가 필요하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 RFID 표준 및 관련연구를 언급한다. 3장에서는 433.92MHz에서 동작하는 능동형 RFID 시스템 개발에 대해서 기술하고, 4장에서는 시스템 응용을 설명한다. 5장에서 성능 평가를 하고,

마지막 6장에서는 결론 및 향후과제를 언급하는 것으로 끝을 맺는다.

2. 관련연구

2.1 RFID 주파수대역

RFID에서 사용하는 주파수는 크게 저주파(LF), 고주파(HF), 극초단파(UHF), 그리고 마이크로파로 나뉘어 진다. 저주파는 125kHz 및 134kHz를 사용하며, 인식거리는 60cm 이내이다. 동작방식은 수동형이며, 공정자동화, 출입통제, 및 동물관리 등에 적용된다. 고주파는 13.56 MHz 대역의 주파수를 사용하며 인식거리는 약 60cm 정도이다. 동작방식은 수동형이며, 수화물 관리, 대여물품 관리, 교통카드 및 출입통제 등에 활용된다. 극초단파는 433.92MHz 대역과 860~960MHz 대역으로 나뉘어 진다. 433.92MHz는 능동형으로 50~100m의 인식 거리를 가지고, 컨테이너 관리, 실시간 위치 추적 등의 응용에 활용된다. 860~960MHz의 동작방식은 능동형과 수동형 모두 가능하고, 수동형일 경우 인식거리가 3.5~10m이다. 공급망 관리, 자동통행료 징수 등에 이용된다. 마지막으로 마이크로파는 2.45GHz에서 동작하고, 환경에 대한 영향을 가장 많은 받는 영역이라 할 수 있다. 활용분야는 위조방지 등이 있다. 이들은 고주파로 갈수록 인식속도는 증가하지만, 환경에 민감하게 반응하는 특징이 있다.[4]

RFID를 위한 표준은 ISO/IEC에서 명시하고 있다. 데이터 구문에 관련한 표준은 15961(태그 명령), 15962(데이터 구문), 그리고 19799(API)에서 정의하고 있다. 또한, 에어 인터페이스(air interface)에 대한 표준은 18000에서 명시하고 있다. 18000-1은 총괄적인 정보 및 특성, 18000-2는 135kHz 이하, 18000-3은 13.56MHz, 18000-4는 2.45GHz, 18000-6은 극초단파 영역인 860~960MHz, 마지막으로 18000-7은 433.92MHz를 위해 정의하고 있다.[1, 5]

* 본 연구는 교육부에서 주관하는 "차세대물류IT기술연구사업단"에 의해 지원 받은 연구임.

2.2 433.92MHz 능동형 RFID를 위한 표준

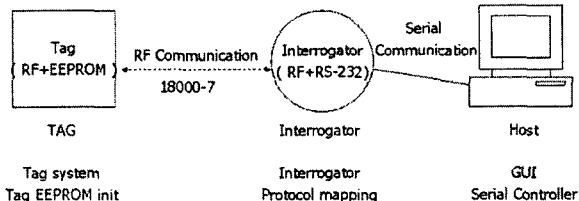
전술한 바와 같이 433.92MHz의 능동형 RFID에 대한 표준은 ISO/IEC 18000-7에서 정의하고 있다. 이 표준에서 정의하고 있는 물리계층에 대한 내용은 다음과 같다. 반송파 주파수는 433.92MHz를 사용하고 정확도는 ± 20 ppm이다. 변조 방식은 FSK(Frequency Shift Keying), 주파수 편차는 ± 50 kHz, 변조율은 27.7kHz이다. 그리고, 수면상태(sleep)에 있는 태그를 깨우기 위해 30kHz의 부반송파를 사용한다.

데이터 링크 계층의 요구사항은 크게 프리앰블(pre-ambble)과 데이터 부분으로 나뉘어 진다. 프리앰블은 60 μ s 길이의 20개 펄스와 마지막 싱크 펄스로 구성되어 있다. 싱크펄스는 통신의 방향을 결정하게 된다. 42 μ s high, 54 μ s low는 리더에서 리더로의 통신이고, 54 μ s high, 54 μ s low는 리더에서 태그의 방향을 나타낸다. 데이터는 8비트와 1개의 stop 비트로 이루어진다. 다음으로 에러 체크를 위해 CRC 2바이트가 있고, 마지막으로 패킷의 끝을 나타내는 부분이 뒤따른다.[5]

3. 능동형 RFID 시스템 개발

본 절에서는 전술한 ISO/IEC 18000-7 표준을 준수하면서 물류 환경을 위한 433.92MHz 능동형 RFID 시스템을 설계한다. 433.92MHz에서 동작하는 능동형 RFID 시스템은 크게 리더와 태그로 나뉘어 진다. 리더와 태그는 기본적으로 3V에서 동작하도록 설계하였다. 마이크로컨트롤러로 Atmel사의 Atmega128L[6]을 사용하며, 무선 통신을 위해서 극초단파 대역의 RF 칩을 사용하였다. 리더에서는 호스트와의 인터페이스를 위해 RS-232 드라이버를 장착하였고, 태그에서는 소형화를 위해 칩 안테나를 사용하였다. Atmega128L은 8MHz의 스피드로 동작하며, 53개의 I/O를 가지며, 128k바이트의 프로그램 메모리를 가지는 8비트 RISC 구조의 마이크로컨트롤러이다. RF 칩은 433, 868, 및 915MHz의 주파수에서 동작하며 FSK 변조방식을 사용한다. 데이터율은 최대 153.2 kbps까지 가능하며, 최대송신출력은 +15dBm이다.

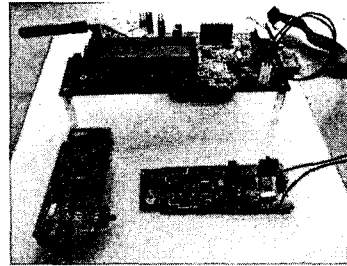
433.92MHz 능동형 RFID 시스템의 구조는 [그림 1]과 같으며, master/slave방식으로 동작한다. 즉, 리더가 먼저 질의를 보내야 태그가 응답할 수 있다. 리더는 RS-232 인터페이스를 통해 호스트로부터 명령을 받고, 마이크로컨트롤러에서 명령을 처리한 후 데이터를 전송한다. RF를 통하여 데이터를 전송할 때는 FSK 기법으로 변조하여 전송한다. 이때, RF를 제어하기 위해서 마이크로컨트롤러는 SPI(Serial Peripheral Interface)를 사용한다.



[그림 1] 능동형 RFID 시스템의 동작

데이터를 받은 태그는 복조를 수행한 다음 샘플링 과정을 거친 후, 데이터의 에러를 확인하기 위해 CRC를

체크한다. 데이터에 이상이 없으면, 태그는 올바른 데이터로 인식하고, 명령을 해석한다. 명령 해석 후 명령에 따라 올바른 데이터를 리더에게 응답하게 된다.

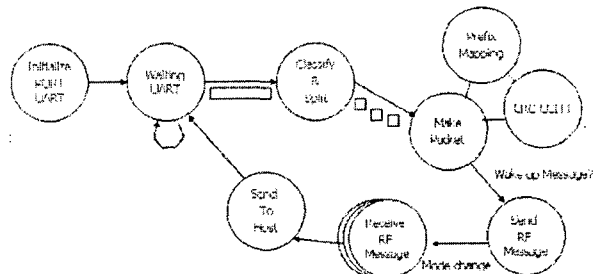


[그림 2] 433.92MHz 능동형 RFID 시스템

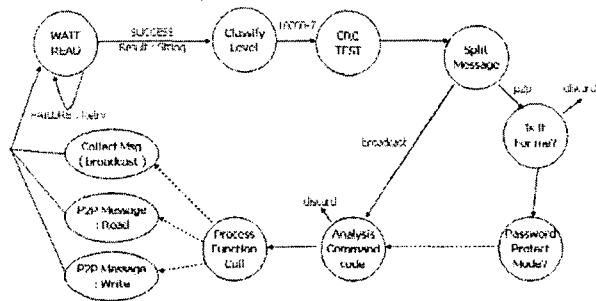
[그림 2]는 실제 구현한 능동형 RFID 시스템의 모습이다. 상위의 그림은 리더이며, 아래의 그림은 태그이다.

4. 시스템 응용

능동형 RFID 시스템의 동작은 크게 P2P와 브로드캐스트의 형태를 취하며, 태그의 ID는 EEPROM에 저장한다. 또한 RFID 시스템에서 취약한 보안문제를 해결하기 위하여 데이터를 쓰고, 읽기 위해서 패스워드 및 잠금 장치를 구현하였다. [그림 3]에서는 리더 및 태그 시스템의 흐름도를 묘사하고 있다.



(a) 리더 시스템 동작도



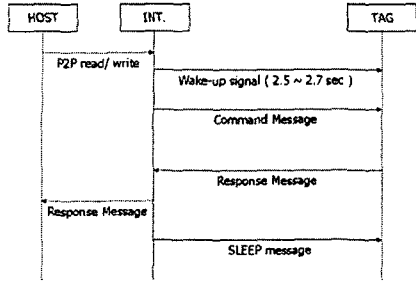
(b) 태그 시스템 동작도

[그림 3] 리더 및 태그 시스템 흐름도

4.1 P2P 메시지

P2P 메시지는 호스트에서 P2P 읽기/쓰기 명령을 내리면, 리더는 최소 2.5초 동안 wake-up 신호를 전송한다. wake-up 신호를 인지한 태그는 수면모드에서 깨어나 활성화 상태로 변경한다. 이때, 태그는 리더가 내린 명령어를 해석하여 그에 따른 응답을 수행한다. [그림 4]는

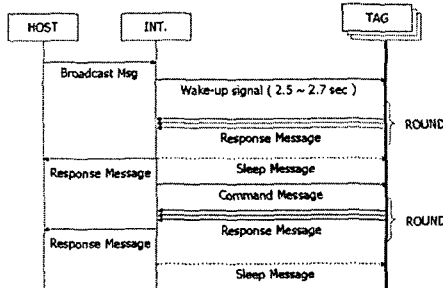
P2P 명령을 처리하는 순서를 나타내고 있다.



[그림 4] P2P 메시지

4.2 브로드캐스트 메시지

브로드캐스트 메시지는 리더의 RF 전송범위내의 모든 태그들로부터 데이터 및 이력을 수집하고자 할 때 사용하는 메시지이다. 메시지의 처리순서는 [그림 5]와 같다.



[그림 5] 브로드캐스트 메시지

리더가 둘 이상의 태그들로부터 데이터를 동시에 받게 되면 충돌이 발생하여, 올바른 정보를 전달받을 수 없다. 이 점을 해결하기 위해 slotted ALOHA 충돌방지방법을 적용하였다.

5. 성능평가

성능평가는 크게 태그의 전력소비와 태그의 인식률로 나뉘어 진다. 전력소비는 마이크로컨트롤러와 RF로 두 부분으로 나뉘어 지며, 시스템에서 구현되어진 여러 모드에 따른 소비량을 측정한다. 그리고 물류 환경에서 상품의 정보를 빠뜨리지 않고 인식하는 것이 가장 중요하기 때문이 인식률에 대한 성능평가는 필수적이다.

5.1 전력소비

에너지 소모를 줄이기 위한 마이크로컨트롤러의 상태는 활성화 상태와 수면 상태 두 가지가 존재한다. 각각에 대한 전력 소비는 [표 1]과 같다.

[표 1] 마이크로컨트롤러의 에너지 소비율

State	Condition	Typ.	Max.	Unit
Active	All		5.5	mA
Sleep	WDT	<15	25	μA

RF에 대한 전력소비는 크게 송신, 수신, 수면의 세 상태로 나뉘어 지며, 각각의 상태를 변화시키기 전과 초기 상태를 위한 대기(standby) 상태가 있다. 각각의 상태에 대한 소비 전력은 [표 2]와 같다.

[표 2] RF에 대한 에너지 소비율

State	Condition	Typ.	Max.	Unit
Tx	5dBm	33	40	mA
Rx		14	17	mA
Standby	Osc. on	0.85	1.10	mA
Sleep		0.2	1	μA

Toshiba 2025(360mAh)를 사용하여 1일 2회의 데이터 전송을 수행한다고 가정하였을 경우, 최장 1.5개월 동안 사용할 수 있다. 또한, AA(2500mAh) 배터리를 사용하였을 경우, 최대 1년까지 이용가능하다.

5.2 인식률

능동형 RFID 시스템에서 태그의 인식률을 측정하기 위한 가정은 다음과 같다. 메시지간의 시간 간격은 하나의 메시지를 보내고 다음 메시지를 보내기까지의 시간이다. 메시지의 길이는 프리앰블을 제외하고 50바이트이다. 보내는 메시지 수는 1000개로 설정하였다. 실험은 메시지 전송시간 간격을 각각 51.125μsec, 101.125 μsec, 1msec, 10msec, 그리고 30msec로 나누어 평가하였다. 실험결과와 [표 3]에서 보는 바와 같이 99%이상의 성능을 보였다.

[표 3] 메시지 인식률

메시지 간의 시간 간격	보낸 메시지 수	받은 메시지 수	실패	확률 (%)
30.0 msec	1000	1000	0	100
10.0 msec	1000	1000	0	100
1.0 msec	1000	998	2	99.8
101.125 μsec	1000	994	6	99.4
51.125 μsec	1000	997	3	99.7

6. 결 론

지금까지 433.92MHz에서 동작하는 능동형 RFID 시스템을 개발하였다. 능동형 RFID 시스템은 고 인식률과 저 전력을 바탕으로 설계되었다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 토대로 항만물류와 같은 다양한 응용에 활용할 수 있으며, 배터리와 같은 제한된 전력으로 지속적이고 효율적인 시스템을 구현할 수 있도록 해준다.

향후 보다 효율적이고 안정적인 능동형 RFID 플랫폼을 제공하기 위하여 저전력 향상, 유연성, 보안 그리고 다양한 응용 개발 등으로 물류 시스템의 전반적인 성능 향상 방안이 연구되어야 할 것이다.

7. 참고문헌

[1] 표철식, 채종석, "RFID 기술 및 표준화 동향", TTA 저널, 제95호, 2004.
 [2] Michael, K., McCathie, L., "The Pros and Cons of RFID in Supply Chain Management," ICMB, July 2005.
 [3] Ni, L.M., Yunhao Liu, Yiu Cho Lau, Patil, A.P., "LANDMARC: indoor location sensing using active RFID," Pervasive Computing and Communications, March 2003.
 [4] Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook: fundamentals and applications in contactless smart cards and identification," 2003.
 [5] ISO/IEC, 18000-7 International Standard, 2004.
 [6] Atmel, Atmega128(L) datasheet, 2005.