

스마트 냉장고를 위한 RFID 기반 물품 정보 자동 관리 시스템[☆]

RFID-based Automatic Entity Information Management System for Smart Refrigerator

이 주 동* 김 형 석** 김 태 현*** 서 효 중****
Ju-dong Lee Hyungsuk Kim Taehyoung Kim Hyo-Joong Suh

요 약

본 논문에서는 RF 신호를 사용하여 냉장고 내 물품에 부착된 전자태그를 비접촉 상태에서 인식하여 물품의 정보와 주변 환경정보를 자동 추출할 수 있는 RFID 기술을 활용한 물품 정보 관리 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템은 단순 인터넷 접속 기능만을 제공하는 기존 스마트 냉장고의 한계를 극복하기 위해, 냉장고 안에 보관된 식료품에 부착된 전자태그에서 정보를 읽어 자동으로 데이터베이스에 저장하고 이 데이터베이스를 토대로 사용자 친화적인 인터페이스를 통해 맥내 혹은 원격지에 위치한 사용자에게 각종 편의 정보를 제공하도록 구성되었다. 본 논문에서는 RFID 기반 스마트 냉장고의 개발시 요구사항을 분석하고, 이를 기반으로 효율적인 물품 인식을 위한 물품 위치 추적 방식과 태그 인식 거리를 고려하여 효율적인 RFID 안테나 이동 방식 제안, 프로토타입 냉장고 외형 제작, 태그에서 습득한 정보의 효율적 관리 및 검색을 위한 정보 관리 시스템 구현을 수행하였다. 마지막으로 제안한 시스템의 성능을 평가하기 위해 제안한 시스템 구성 하에서 RFID 리더가 한 번에 인식할 수 있는 태그의 개수, 저장된 식품의 전자 태그 접촉면과 태그의 각도에 따른 인식 여부, 제품 검색 시 RFID 리더기의 이동 속도에 따른 태그 인식 여부를 프로토타입 냉장고 상에서 실험하였다.

Abstract

In this paper, we implement an automatic entity information management system for smart refrigerator using RFID technology in which objects containing electronic tags are automatically identified using radio wave. Unlike current "smart" refrigerators, the system presented in this paper implements smart tag information acquisition mechanism and real-time information management system to provide various information on entities in refrigerators to local and remote users. As the first step, this paper analyzes the requirements for smart refrigerator system based on the RFID and suggests design considerations. Based on the analysis, we propose and implement an efficient tag location tracking method based on antenna transfer method and an intelligent tag information management system based on embedded database and web server. We also provide a wide range of experimental results on the number of tags identified at a time and the tag recognition ratio according to the RFID antenna transfer speed and the angle between tag reader and tags.

☞ keyword : RFID, 전자태그(Electronic tag), 스마트 냉장고 (Smart refrigerator)

1. 서 론

* 준 회원 : 가톨릭대학교 컴퓨터공학과 석사과정
2ju0416@catholic.ac.kr

** 준 회원 : 서울시립대학교 기계정보공학과 석사과정
astrocosmos@uos.ac.kr

*** 정 회원 : 서울시립대학교 기계정보공학과 조교수
thkim@uos.ac.kr

**** 정 회원 : 가톨릭대학교 컴퓨터공학과 조교수
hjsuh@catholic.ac.kr(교신저자)

[2007/10/23 투고 - 2007/11/8 심사 - 2008/01/17 심사완료]

RFID (Radio Frequency IDentification) 기술은 RF신호를 사용하여 물품에 부착된 전자 태그 (RFID tag)를 식별하는 비접촉식 기술로 물품 정보와 주변 환경을 자동 추출하는 특성을 가지고 있다 [1].

최근 전자 태그의 가격 하락과 식별 코드의 표

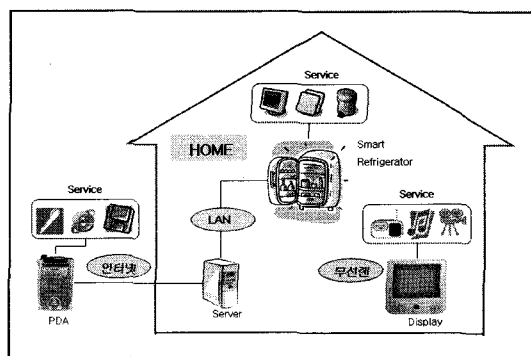
☆ 본 연구는 2007년도 가톨릭대학교 교비연구비의 지원으로 이루어졌음

준화에 힘입어 RFID 기술은 식료품, 축산물, 폐기물 관리, 환경관리, 물류, 유통, 보안 등의 다양한 분야에 적용되고 있으며, 특히 물류 유통 산업에 가장 많이 활용되고 있다. 일례로, 미국 국방성은 2004년부터 군수물자의 재고관리 효율성을 위하여 1차 상품을 제외한 모든 물품에 전자 태그 부착을 의무화하고 있으며 대형 유통업체인 월마트가 2005년부터 물품에 태그 부착을 의무화하였다 [2-5]. 그러나 현재 물품 관리를 위한 RFID 기술의 활용은 대규모 시스템에 대한 적용에 한정되어 있고, 가정이나 사무실 환경과 같은 소규모 환경에 대한 적용 사례가 드문 실정이다.

기존의 스마트 냉장고는 주방에서 인터넷을 활용하거나 화상 전화 등 단순히 컴퓨터 기술을 융합하는 정도만 사용되어 왔으며, 이를 극복하기 위해서는 상황 인식과 위치 인식을 가능하게 하는 임베디드 센서와 인식 시스템의 통합에 의한 지능형 컴퓨팅 및 통신 기능을 시스템에 구현하여야 한다 [6-7]. 먼저 기존 연구 [8]에서 제시한 미래형 스마트 냉장고의 서비스 시나리오를 살펴 보도록 한다. 미래형 스마트 냉장고는 RF 검출기와 내장형 컴퓨터, 외부 디스플레이를 장착하고 있어 냉장고 문을 열지 않은 상태에서 냉장고 안에 저장되어 있는 식품의 종류와 유통기한 등의 정보를 일목요연하게 정리, 제공할 수 있는 사용자 인터페이스를 제공한다. 또한, 스마트 기능을 탑재한 다른 사물 혹은 장치들과 필요한 정보를 직접 요청, 교환할 수도 있다. 예를 들면 스마트 냉장고는 유통기한이 지난 식품이 있으면 자동으로 사용자에게 이 내용을 알려 주고, 시스템 설정에 따라 저녁 찬거리가 부족하면 냉장고가 알아서 슈퍼마켓에 있는 서버에 자동 접속해서 필요한 물품을 요청할 수도 있다. 혹은 피자를 조리하기 위해 스마트 전자렌지를 사용자가 조작할 경우 전자렌지는 요리할 재료에 대한 요청 정보를 스마트 냉장고로 전송하고, 요청을 받은 냉장고는 요청을 분석한 후 필요한 냉동 재료를 미리 녹여 주는 등의 기능을 제공할 수 있다.

앞에서 언급한 것과 같은 서비스 시나리오를 제공하기 위해 본 논문에서 제시하는 RFID 기반 물품 정보 자동 관리 시스템은 RFID 태그가 부착된 식품이 들어오면 RFID 안테나를 이용하여 해당 식품의 정보를 자동 인식하고 이 정보를 사용자가 쉽게 사용할 수 있는 형태로 변환, 데이터베이스에 저장하도록 한다. 이렇게 생성, 저장된 정보를 토대로 스마트 냉장고는 맥내 혹은 외부에 있는 사용자에게 필요한 정보를 효율적으로 제공할 수 있다. 기본적으로 식품 정보는 냉장고 본체에 장착된 터치스크린을 통한 사용자 인터페이스에 의해 표시되며, 이 때 표시되는 정보의 내용은 식자재명, 유통기한, 원산지, 냉장고 내의 위치정보 등이 있다.

또한, 스마트 냉장고와 정보를 교환하는 홈 서버를 별도로 두어 냉장고 본체의 데이터베이스를 주기적으로 가져와 웹 서버에 저장하게 되며 외부에 있는 사용자도 인터넷 접속이 가능한 단말을 이용하여 냉장고 안의 상황을 실시간으로 검색할 수 있다. 이러한 기능으로 사용자는 외부에서도 냉장고 안의 식자재를 파악하여 필요한 식자재를 구입할 수 있으며 메모 기능 등을 통해 집안에 있는 다른 가족과의 간단한 의사소통도 가능하다. 또한, 홈 서버는 냉장고 안의 식자재를 이용한 다양한 요리 정보와 동영상 정보를 제공하기도 한다. 그림 1은 이와 같은 시스템의 전체 구성도를 보여 준다.



(그림 1) RFID 기반 스마트 냉장고 시스템 구성

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 RFID 스마트 냉장고 구현 시 고려해야 할 요구 사항을 분석, 제시한다. 3장에서는 프로토타입 스마트 냉장고를 하드웨어 부분을 설계과정에서 분석, 고려된 사항에 대해 설명한다. 4장에서는 RFID 기술을 이용해 획득한 데이터를 저장, 검색할 수 있는 데이터 관리 시스템의 소프트웨어 구조와 구현 내용에 대해 설명하고, 5장에서 구현된 스마트 냉장고 시스템의 성능평가를 수행한다. 마지막으로, 6장에서 본 연구의 결론과 향후 과제에 대해 기술한다.

2. 시스템 요구사항 분석

본 논문에서 제시한 스마트 냉장고 시스템의 구성을 설계하기 위해 먼저 시스템 특성을 고려한 요구사항을 분석하였다. 이미 기존 연구들 [9-12]에서 유비쿼터스 개념을 적용한 스마트 냉장고의 요구사항들을 제시하고 있으나 이들 요구사항은 서비스 시나리오에 따른 기능적 요구사항을 정리한 것이다. 반면에, 본 연구에서 제안한 RFID 기반 스마트 냉장고의 경우 전자 태그 인식의 정확성을 어떻게 보장하며, 이를 통해 취득한 정보를 어떤 식으로 효율적으로 관리하느냐에 초점을 맞추고 있다. 특히, 전자 태그의 경우 주변 환경 조건에 따라 인식률의 차이가 크므로 인식률을 높이는 방향으로 시스템을 설계하는 것이 핵심사항이 된다.

RFID에 사용되는 방식은 일반적으로 주파수 및 능동, 수동형 태그에 따라 분류할 수 있다. 다음의 표 1은 이러한 성질에 따라 유형화한 것이다[13].

(표 1) RFID 주파수 분류

주파수	135kHz 이하	13.56 MHz	433MHz	860~960 MHz	2.45GHz
인식거리	60cm 이하	60cm 이내	100m 이하	10m 이하	1m 이내
태그유형	수동	수동	능동	능동 수동	능동 수동

이와 같은 분류로 볼 때, 본 논문에서 구현할 시스템에 적합한 것은 저가의 소비재에 사용되며, 저렴한 수동 태그 형태가 적합하므로 13.56MHz 또는 2.4GHz 대역을 적용할 수 있다. 본 논문에서는 이 중에서 냉장고라는 제한적인 소규모 환경에서 사용되어야 하므로, 인식거리와 비용을 감안하여 반경 60 cm 이내로 13.56 MHz 주파수 대역을 사용하는 수동형 태그를 선택하였다. 수동형 태그는 능동형 태그와 달리 자체 전원이 없고 인식 거리가 짧은 대신에 비교적 저가이며 어떠한 형태로도 제작이 가능하다. 따라서, 별도 전원을 구성하거나 원거리를 커버하지 않아도 되는 소규모 환경에는 수동형 태그가 적합하다고 할 수 있다.

이와 같은 전제 조건을 토대로 태그 인식을 향상과 지능형 물품 정보 관리 제공을 위한 스마트 냉장고 시스템 설계 사양을 정리해 보면 다음과 같다.

스마트 냉장고는 저장하고 있는 물품의 위치에 상관없이 자동인식을 수행할 수 있어야 한다. 따라서, 물품의 위치에 무관한 인식 기능을 냉장고 환경 내에서 수행할 수 있는 효율적인 태그 위치 추적 방식이 필요하다.

태그 위치 추적 방식에는 고정식 안테나 방식과 이동식 안테나 방식이 있는데, 이동식 안테나 방식을 사용할 경우 냉장고 내의 태그 수와 안테나 이동 속도에 따른 인식률의 차이가 있을 수 있으므로 적절한 태그 추적 속도에 대한 고려가 있어야 한다.

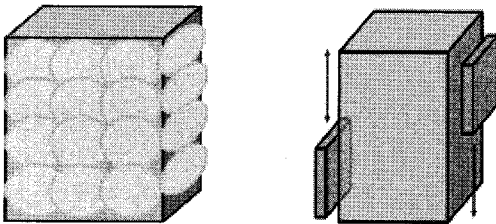
태그의 부착 각도에 따른 인식률의 차이가 크므로 스마트 냉장고 환경에 알맞은 태그 부착 방식에 대한 고려가 있어야 한다.

RFID를 통해 취득한 물품 정보를 지능적으로 이용할 수 있도록 실시간으로 정보를 저장, 제공할 수 있는 통신 소프트웨어 구현이 필요하다.

3. 스마트 냉장고 하드웨어 설계

3.1 RFID 기반 위치 추적 방식

이미 RF 기술 기반의 위치 추적 방식 [14]이 제시된 바 있으나, RFID 기술은 물품을 비접촉 방식으로 읽어 들이는 목적으로 개발되었으므로 좁은 지역에서 RFID를 이용해 위치 추적을 수행하기는 상당히 어렵다. 본 논문에서는 그림 2와 같이 현 냉장고 시스템에 맞는 두 가지의 해결 방법을 모색하였다.



(a) 셀 방식 (b) 안테나 이동 방식
(그림 2) 물품 위치 추적 방식

그림 2 (a)의 셀 방식은 냉장고 내부에 소형 RFID 안테나를 다수 설치하여 근접거리에 있는 태그를 감지하여 각각 셀의 고유 위치를 통해 음식물의 위치를 판별해 내는 방식이다. 이 방식은 위치 추적을 빠르게 할 수 있고 각각의 안테나의 위치의 따른 삼각 측량이 가능해 정확한 위치의 판별이 가능하다는 장점이 있으나, 적어도 2개 이상의 셀에 RFID 리더기를 장착해야 하므로 안테나 설치비용 등 제조원가가 상승하고 셀 간의 전파 간섭을 조절해야 한다는 문제점이 있다. 이에 비해 그림 2 (b)의 안테나 이동 방식은 리더기를 레일에 부착 후 냉장고의 각 면을 탐색하여 식재료의 위치를 파악할 수 있다. 냉장고의 문이 닫히면 일정 시간 후 자동으로 탐색하여 위치정보를 저장한다. 안테나 이동 방식은 적은 비용과 RFID의 빠른 인식 속도를 이용하여 사용자가 위치파악을 원할 때 즉시 정보를 제공할 수 있는 장점

이 있는 반면 안테나의 이동에 따른 부가적인 모터와 이를 제어해야 하는 컨트롤러가 있어야 한다는 단점이 있다.

본 논문에서는 제조원가를 고려하여 그림 3과 같이 안테나 이동 방식으로 시스템을 설계하기로 하고, 정확한 위치 정보의 파악은 안테나 모터 조정 방식을 효율적으로 설계하여 극복하고자 한다.



(그림 3) 이동식 RFID 안테나 구성

3.2 이동식 안테나 모터 제어 방식

본 연구에서는 RFID 안테나의 이동을 위해 냉장고 상단에 도르래를 설치하고 지지선을 이용해 모터와 연결한 후 모터 회전에 의해 RFID 안테나의 위치를 이동시키는 방식을 고안하였다. DC 모터를 이용할 경우 가격은 저렴하나 정확한 위치로 안테나를 이동시킬 수 없으며 시스템의 동작시간에 따라 점점 더 오차가 커지기 때문에 주기적으로 보정을 해 주어야 하는 문제점을 가지고 있다. SERVO 모터를 이용할 경우 전용 컨트롤러에 의한 정확한 위치의 제어가 가능하고, 컨트롤러의 다양한 기능을 손쉽게 사용가능하다는 장점이 있지만, 가격이 비싸다는 단점이 있다.

본 논문에서 제안하는 시스템에 적용된 모터 제어 방식에서는 DC 모터를 사용할 경우 안테나를 끌어 올릴 때는 거의 동일한 위치에 멈추지만 안테나가 내려올 때 오차가 발생하는 점을 고려하여 안테나가 내려오면 스위치를 통해 모터를 정지시키고 이 신호를 GPIO (General Purpose I/O) 신호로 전달하여 모터 제어 변수 값을 초기화한

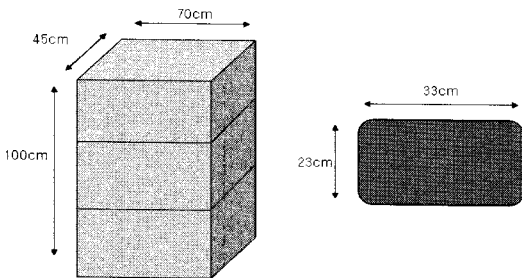
후 다음 동작으로 이어지도록 하였다. 이러한 방법으로 DC 모터의 단점인 주기적인 보정을 해결하였다.

3.3 태그 거리 인식 측정을 통한 냉장고 외형 규격 결정

본 연구에 적합한 특성을 가지고 있는, 일회용이며 소모성 물품의 추적에 적합한 13.56Mhz 수동형 전자태그는 이론상 최대 60cm까지의 인식 거리를 제시하지만, 본 구현에서 사용한 개발 장비의 한계로 인하여 EPC 방식에서는 38cm까지 인식이 가능하였다[15]. 또한 적용한 프로토콜에 따른 인식거리 차이도 발생하여 표 2와 같은 Air-Interface 프로토콜에 따른 RFID 태그 인식거리를 나타냈다. 따라서 양 측면에 RFID 리더기를 설치하여 태그를 읽어낼 수 있도록 하였으며, 수직 배열로 고려하여 볼 때, RFID 리더기의 전파는 도넛 형을 그리며 발생하므로 RFID 리더기의 이동과 함께 반복적으로 태그판독을 수행하여 식품에 대한 저장위치를 확정하였다. 본 논문에서는 위 사항을 고려하여 그림 4와 같이 70cm×45cm×100cm(가로×세로×높이) 크기로 스마트 냉장고 외형을 설계하였다.

(표 2) Air-Interfaces protocol에 따른 인식거리

	I CODE 1	ISO15693	EPC
인식거리	23cm	33cm	38cm



(그림 4) 스마트 냉장고 외형 규격과 RFID 리더기 규격

4. 스마트 냉장고 소프트웨어 설계

4.1 태그 정보 수집 및 저장 모듈 설계

4.1.1 RFID 제어 모듈

RFID 제어 모듈은 스마트 냉장고와 RFID 리더기를 연결하고 태그 정보를 읽어서 데이터베이스 내에 저장하는 기능을 한다. RFID 제어 모듈이 제공하는 주요 기능은 다음과 같다.

- main_control

모터 제어 모듈과 연동되어 RFID 리더기에 관련된 함수들을 호출하며 전체적인 리더기의 이동과 작동 등을 제어한다.

- ERxxx_Open

매개변수로 주어진 외부 포트와 리더기를 연결하며, 리더기 연산에 필요한 핸들을 할당한다. 리더기 연결에 실패 할 경우 에러 메시지를 출력한다.

- ERxxx_Crc16

리더기와 호스트 간의 프로토콜 배열을 CRC16으로 바꾸어 반환한다. 변환된 배열은 다른 함수를 통하여 리더기로 전달된다.

- ERxxx_SendRecv

리더기에게 태그 탐색을 명령하는 패킷을 전송하며 리더기의 탐색 결과를 지정된 배열에 저장한다. 이때 리더기로 전달되는 프레임과 탐색 후 호스트로 전달되는 프레임은 각각 표 3, 표 4와 같다.

(표 3) REQUEST-FRAME (HOST → READER)

	0	1	2	3 ~ n-3	n-2	n-1
Length	COM Addr.	Command Code	Protocol Data	LSB CRC16	MSB CRC16	

(표 4) RESPONSE-FRAME (READER → HOST)

	1	2	3	4 ~ n-3
READER Addr.	Command Code	Status Code	Response Data	

※ 0, n-2, n-1은 REQUEST-FRAME과 동일

4.1.2 데이터베이스 관리 모듈

데이터베이스 모듈은 리더기로부터 읽어 들인 태그의 정보를 파일형 데이터베이스에 저장하고 데이터를 질의를 통하여 가공하여 사용자 인터페이스로 보내는 기능을 한다. 데이터베이스구성은 단일 파일에 데이터베이스를 저장하며 데이터 검색 질의 기능을 지원하는 SQLite 데이터베이스 엔진 [16]을 사용하였다. 표 5~8은 데이터베이스 모듈에 사용되는 데이터베이스 스키마를 보여준다.

(표 5) 리더기에서 읽어온 태그 정보(ref)

테이블명	크기	저장 정보
f_id	varchar(20)	식자재 명 코드 (Primary Key)
date	varchar(20)	유통기한 (YY/MM/DD)
origin	varchar(20)	원산지 명 코드
locate	varchar(20)	냉장고 내 위치 정보
id	varchar(30)	태그 고유 ID

(표 6) 재료의 이름에 대한 정보(stuff)

테이블명	크기	저장 정보
f_id	varchar(20)	식자재 명 코드 (Primary Key)
name	varchar(20)	식자재 이름 명시

(표 7) 재료의 원산지명에 대한 정보(nation)

테이블명	크기	저장 정보
f_id	varchar(20)	식자재 명 코드 (Primary Key)
name	varchar(20)	원산지 이름 명시

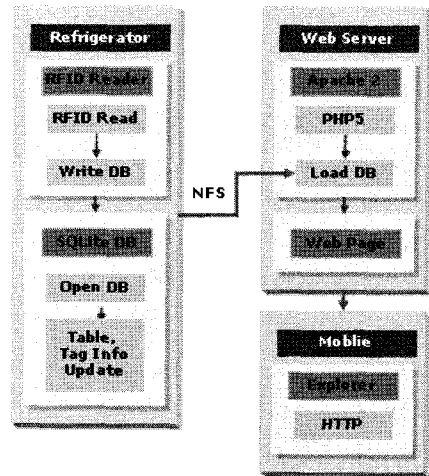
(표 8) 요리 구성 재료와 동영상 정보 저장(cook)

테이블명	크기	저장 정보
name	char(40)	요리 명
main1~main5	char(40)	주재료 1~5
sub	varchar(500)	보조재료
movie	varchar(20)	동영상 정보

4.2 웹 서버 연동 모듈 설계

각종 식자재 정보가 RFID 냉장고 검색을 통해서 데이터베이스에 저장되면 웹서버는 냉장고 본체의 데이터베이스를 주기적으로 가져와 웹서비스를 하게 되며 외부에 있는 사용자에게 인터넷을 통해 냉장고 안의 상황을 실시간으로 알려줄 수 있도록 설계한다. 부가적으로 냉장고 안의 식자재를 이용한 다양한 요리정보와 동영상 정보를 제공한다.

이와 같은 서비스 제공을 위해 본 연구에서는 그림 5와 같이 Apache2 웹서버와 PHP5를 연동하여 웹서버를 구축하였다. 냉장고에서 생성된 데이터베이스는 NFS(Network File System)를 통해 주기적으로 웹서버로 복사되어 최신정보로 유지된다. PHP와 SQLite의 API를 이용하여 현재 냉장고 내부의 식자재와 유통기한 임박 여부를 판단하여 모바일 기기에 HTTP를 통해 전송한다.



(그림 5) 웹 서버와 모바일 터미널 시스템 구성도

5. 스마트 냉장고 구현 및 성능평가

5.1 개발 환경

RFID 기반의 스마트 냉장고 구현 환경은 표 9

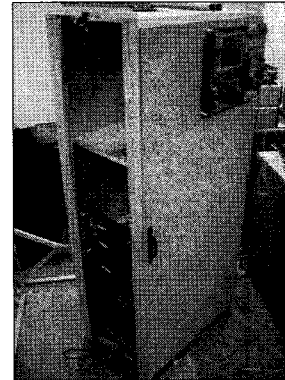
과 같다.

(표 9) RFID 기반 스마트 냉장고 시스템 구현 환경

RFID 리더	
제어 주파수	13.56MHz
감지 거리	약 40cm
작동 온도	-25℃ ~ 60℃
사용 태그	EPC HF Class 1
통신	RS232C
기타	ANTI - COLLISION

모바일 터미널	
CPU	Intel XScale PXA-255(400MHz)

소프트웨어 개발환경	
개발언어	C++, C, QT, Embedded Visual C++
운영체제	Refrigerator : Embedded Linux 2.4.28
	Web Server : Red Hat Linux 9.0
	Portable Viewer: Windows CE 5.0
데이터베이스	SQLite
컴파일러	gcc 3.2.2, arm-linux-gcc 2.95.3 Windows CE with Platform Builder

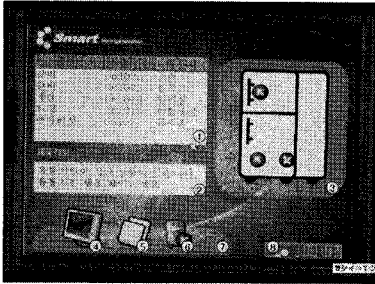


(그림 6) 시험 제작한 스마트냉장고 외형

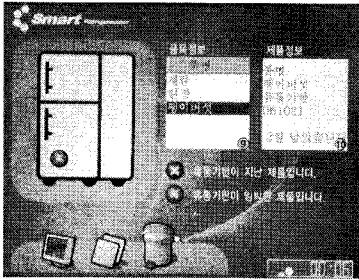
5.2 구현 내용

본 논문에서 구현한 스마트 냉장고는 그림 6과 같이 크기는 70cm×45cm×100cm(가로×세로×높이)이며 3단으로 제작되었다. 그리고 RFID 리더의 장착을 원활하게 하기 위하여 목재를 이용하여 외양을 제작하였다. RFID의 인식에 있어서 인식률은 리더와 태그 사이에 존재하는 물질에 따라 인식률의 변화가 일어날 수 있다. 일반적으로 냉장고의 내면에 사용되는 FRP 또는 플라스틱과 유사한 재질에 대해서는 RFID의 인식율에 미치는 영향이 미미하며[17], 인식률에 대하여 가장 민감한 물질로써 RFID적용 주파수에 대해 저하를 일으킬 수 있는 전자파 차폐 도료 또는 금속 물질의 적용은 충분히 피할 수 있을 것이다.

RFID 리더기는 두 대를 양쪽으로 안테나 이동 방식으로 적용하고 이를 제어할 수 있는 DC모터를 사용하며, 이로 인해 발생될 수 있는 문제점들은 소프트웨어로 해결함으로써 제조원가를 낮출 수 있도록 하였다. RFID 냉장고는 RFID 태그, RFID 리더기, 모터 드라이브, 임베디드 보드로 구성된다. 이렇게 구성된 냉장고는 GPIO를 통해 모터를 구동하여 양 측면의 RFID 리더기 위치를 교대로 이동시켜 식품정보 검색을 수행한다. RFID 안테나를 통해 읽어 들인 정보는 UART를 통해 메인 컨트롤러 보드에 데이터베이스화하여 저장된다. 이렇게 저장된 정보를 이용하여 식자재의 위치 및 세부정보를 모니터링할 수 있는 사용자 인터페이스를 제공할 수 있도록 구현하였다. 본 시스템에서는 그림 7과 그림 8에서 보듯이 기존의 기능 중심의 UI와는 달리 사용자 중심의 UI를 Qt 라이브러리 [18]를 사용하여 구현하고 이를 통해 냉장고 내의 각종 정보를 사용자에게 친숙하고 깔끔하게 구성하여 보여줌으로써 사용자로 하여금 쉽고 편하게 모든 기능을 사용할 수 있도록 하였다. 그림 7과 8에서 볼 수 있듯이 식자재 정보 표시(●)와 식자재 세부정보 표시(●)는 이상있는 식자재가 발견되었을 경우 자동으로 그에 대한 경고 메시지를 출력해 준다. 또한 식자재를 선택했을 경우 식자재의 상세정보를 표시해



(그림 7) 스마트 냉장고 식품 정보 출력 화면(1/2)



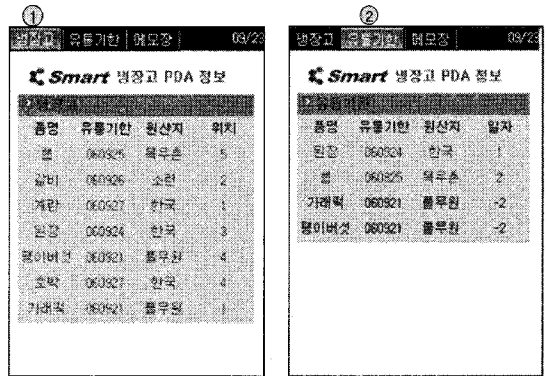
(그림 8) 스마트 냉장고 식품 정보 출력 화면(2/2)

준다. 식자재 위치정보 표시(③)는 이상 있는 식자재가 발견되었을 경우 자동으로 식자재의 위치를 표시해 준다. 그리고 이상이 있는 식자재 리스트(④), 이상 있는 식자재의 상세 정보(⑤)를 보여 줌으로써 유통기한이 다가온 식료품을 냉장고 표면 LCD 화면으로 출력하여 식료품의 부패를 미연에 방지하고, 식료품의 위치정보를 냉장고를 열지 않고 확인함으로써 불필요한 에너지 소비를 줄일 수 있는 기능을 가지고 있다. 기타 기능으로 메모장(⑥) 기능, 알람 시계 기능(⑦) 등이 구현되어 있다.

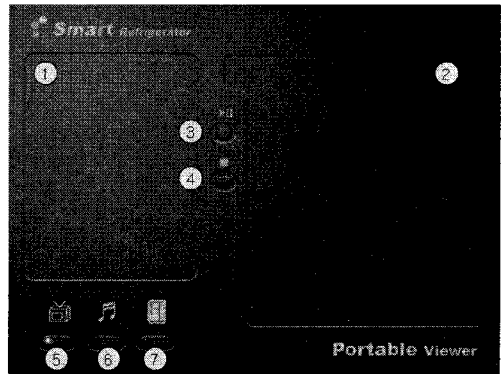
5.3 웹 서버를 통한 정보 검색

모바일 기기는 무선 인터넷을 이용하여 냉장고의 데이터베이스에 접근할 수 있다. 예를 들어 무선 인터넷 접속이 가능한 PDA를 이용하여 냉장고에 있는 물품, 유통기한이 임박한 물품들을 읽어 들인 후 그것을 통하여 필요한 물품들을 살 수 있다. 또한, 스마트 냉장고가 냉장고의 데이터

에서 추출된 요리목록을 가지고 그에 맞는 동영상을 출력해 주므로 준비한 식자재를 이용한 요리를 하는 데 도움을 받을 수 있다. 그림 9는 냉장고 안에 탑재된 웹 서버로부터 모바일 터미널이 전송받은 정보의 내용을 보여 준다.



(그림 9) 서버에서 정보를 받아 온 모바일 터미널 화면



(그림 10) 조리 동영상 뷰어

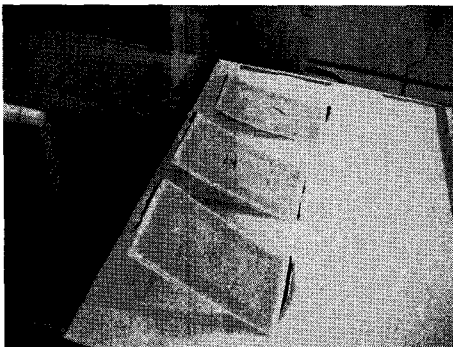
그림 10과 같이 사용자는 핸드폰 등의 모바일 단말기로 필요시 언제 어디서든 냉장고 저장 내용 표시(①), 유통기한 임박 식자재 표시(②)에 관한 정보를 볼 수 있기 때문에 효율적인 식자재 관리가 가능하다. 또한, 냉장고 내의 식자재들을 파악하여 인터넷과 연동, 사용자에게 조리방법을 알려주는 동영상을 제공하고 기타 뮤직 비디오 같은 부가 기능들을 제공함으로써 가정에서의 쾌적하고 편리한 환경을 구성할 수 있게 하였다.

5.4 성능 평가 및 분석

RFID 기반의 스마트 냉장고 시스템에서 가장 중요한 기능은 저장된 식품의 전자 태그를 얼마나 정확하게 인식하여 보여줄 수 있는지가 핵심이다. 따라서 리더기와 태그의 거리를 20cm 로 한 상태에서 전자 태그 접촉면과 태그의 각도에 따른 인식 여부, RFID 리더기가 한 번에 인식할 수 있는 태그의 개수, 제품 검색 시 RFID 이동속도에 따른 태그 인식여부를 평가하였다.

5.4.1 태그 각도에 따른 인식 테스트

식품이 냉장고에 저장되어질 때 모든 식품의 태그가 RFID 리더기와 수평관계를 가질 수는 없으며 임의의 형태로 배열된다. 따라서 우선 접촉면과 태그의 각도를 변화시키면서 인식 여부를 측정하였다. 각 태그 타입별로 500회의 인식을 반복하여 성공한 인식의 비율을 측정하였다.



(그림 11) 태그 인식각도에 따른 실험 환경 화면

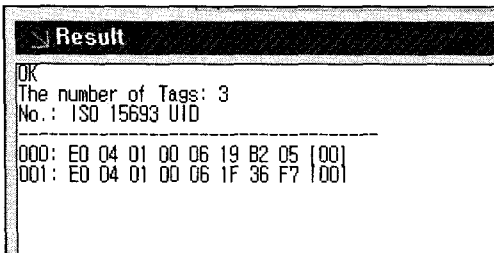
(표 10) 리더와 태그의 각도에 따른 인식율

태그 타입	각도			
	0°	30°	60°	90°
I CODE 1	100%	100%	93%	10%
ISO15693	100%	100%	95%	11%
EPC	100%	100%	98%	20%

그림 11과 12는 관련 실험 환경으로, 표 10은 접촉면과 태그의 각도에 따른 인식여부를 보여주고 있다. 실험 결과는 태그와 리더기가 수평일수록 인식률이 높다는 점을 보여 준다. 본 실험의 냉장고 구현에 있어서, 보기와 같이 인식이 원활하지 않은 형태로 배치되는 유형의 물품이 발생할 수 있으므로, 이와 같은 인식불가 사례를 해결하기 위하여 RFID 리더기의 위치를 이동시키면서 반복적인 TAG 인식을 수행하도록 구현하여 인식을 저하를 방지하였다.

5.4.2 안테나 이동속도에 따른 태그인식

냉장고에는 각 칸마다 많은 수의 식료품이 보관되므로 각 칸마다 한 번에 최대 인식할 수 있는 태그의 개수도 중요하다. 그리고 본 논문에서 제안하는 전자 태그 위치 추적 방식은 안테나 이동방식이므로 안테나가 이동하는 속도에 따라 태그의 인식개수가 달라질 수 있다. 우선, 실험에 사용한 리더기에서 태그의 종류에 따라 인식할 수 있는 최대 태그의 개수는 I CODE1, ISO15693, EPC에 따라 각각 최대 15개, 23개, 그리고 26개 까지 태그 인식을 동시에 시킬 수 있었다. 또한 RFID 리더기를 모터의 구동으로 이동시키며 인식을 100회 반복하여 수행하였을 때, 표 11과 같은 결과를 얻었다.



(그림 12) 각도를 달리한 태그 인식 테스트 화면

(표 11) 안테나 이동속도에 따른 평균 인식태그 개수

태그 타입	속도 (cm/s)						
	10	15	20	23	25	30	40
I CODE 1	15	15	15	14.8	10.2	5.3	0.1
ISO15693	23	23	23	21.7	19.5	10.4	1.2
EPC	26	26	26	26	22.5	15.2	3.1

이와 같은 결과에 따라서, 본 시스템에서 RFID 리더기의 속도를 20cm/s로 설정하였고, 양 측면의 RFID 리더기가 교대로 이동하며 반복적으로 태그를 인식하도록 하였다. 상기와 같은 인식 결과와 2장에서 제시한 요구 조건을 바탕으로 현재 구현된 스마트 냉장고 프로토타입 상에서 구현한 결과는 다음 표 12와 같다.

(표 12) 스마트 냉장고 프로토타입의 RFID 구성

항목	내용
태그 방식	수동형 (저비용)
위치추적 방식	안테나 이동 방식(DC모터)
태그 인식유형	연속 반복 수행
Air 프로토콜	EPC
안테나 이동속도	20 cm/s

6. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 단순 인터넷 접속 기능과 가정 내 가진 기기간 연동 기능만을 제공하는 기존의 스마트 냉장고의 한계를 극복하기 위해, RFID 기반의 물품 정보 관리 및 서비스 시스템을 추가한 스마트 냉장고 시스템을 제안하였다. 본 연구에서는 기존 연구에서 시나리오 수준으로 검토되던 스마트 물품 관리 기능을 저비용으로 구현하기 위해 현 냉장고 시스템 구조에서 태그 인식률을 높이기 위한 요구 조건 분석과 구체적 구현 조건을 제시하기 위한 실험도 부가적으로 수행하였다. 또한, 사용자 편의성을 고려하여 웹 서버에 기반한 지능형 실시간 정보 저장, 검색 기능과 사용자 친화적인 인터페이스를 제공하여 사용자가택내, 택외에서 인터넷 접속 가능한 단말을 이용해 실시간으로 냉장고 내의 물품 사항을 일목요연하고 쉽게 검색할 수 있도록 하였다.

향후 과제로는 프로토타입 수준이 아닌 실제 시판 중인 냉장고 크기와 재질, 온습도 환경을 기준으로 한 효율적인 태그 검색 기법 및 태그 인식률에 대한 실험이 있다.

참고 문헌

- [1] F. Klaus, "RFID HANDBOOK", John Wiley & Sons, 2003.
- [2] R. Want, K. Fishikin, A. Gujar, and B. Harrison, 'Bridging Physical and Virtual Worlds with Electronic Tags', Proceedings of ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.370-377, 1999.
- [3] R. Want, D. M. Russel, 'Ubiquitous Electronic Tagging', Distributed Systems Online, Vol. 1, No. 2, 2000
- [4] 장병준, RFID/USN 기술개발 동향 및 발전전망, 한국인터넷정보학회지 제 5권 제 3호, pp. 77-83, 2004.
- [5] 최성규, RFID 산업동향 및 전망, TTA저널, 제 95호, pp.48-54, 2004.
- [6] F. Mattern, 'The Vision and Foundation of Ubiquitous Computing', Upgrade, Vol. 2, No. 5, pp.2-6, 2001.
- [7] K. Romer, T. Schoch, 'Infrastructure Concepts for Tag-Based Ubiquitous Computing Applications', Proceedings of Workshop on Concepts and Models for Ubiquitous Computing, 2002.
- [8] 한국산업기술재단, 스마트 홈, 2004.
- [9] S. Park, S. Won, J. Lee, S. Kim, 'Smart Home - digitally engineered domestic life', Personal and Ubiquitous Computing, Vol. 7, No. 3-4, pp. 189-196, 2004.
- [10] T. Oh-ishi, T. Iwata, S. Tokumoto, and N. Shimamoto, 'Network services using service-composition technology', Proceedings of 11th International Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium, pp.339-344, 2004.
- [11] N. A. Streitz, C. Rocker, T. Prante, D. van Alphen, R. Stenzel, and C. Magerkurth,

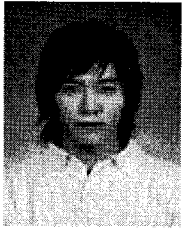
- 'Designing smart artifacts for smart environments', *IEEE Computer*, Vol. 38, Issue 3, pp.41-49, 2005.
- [12] S. Helal, W. Mann, H. B-Zahadani, J. King, Y. Kaddoura, and E. Jansen, 'The Gator Tech Smart House: a programmable pervasive space', *IEEE Computer*, Vol. 38, Issue 3, pp.50-60, 2005.
- [13] 표철식, 채종석, RFID 기술 및 표준화 동향, TTA 저널 제 95호, pp.37-47, 2004.
- [14] P. Bahl, V. N. Padmanabhan, 'RADAR: An in-building RF-based User Location and tracking system', *IEEE INFOCON*, Vol. 2, pp.775-784, 2000.
- [15] ER200 development kit, <http://www.eco.co.kr>.
- [16] SQLite, <http://www.sqlite.org>.
- [17] L. Ukkonen, L. Sydanheimo, D. W. Engels, M. Kivikoski, 'Performance comparison of folded microstrip patch-type tag antenna in the UHF RFID bands within 865-928 MHz using EPC Gen 1 and Gen 2 standards', *International Journal of Radio Frequency Identification Technology And Applications*, Vol. 1, No. 7, pp 187-207, 2007
- [18] QT, <http://www.trolltech.com>

● 저 자 소개 ●



이 주 동(Ju-dong Lee)

2006년 가톨릭대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
2006~현재 가톨릭대학교 대학원 컴퓨터공학과 (석사과정)
관심분야 : 컴퓨터 구조, 임베디드 시스템
E-mail : 2ju0416@catholic.ac.kr



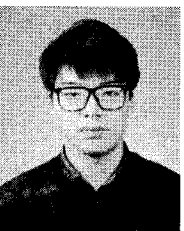
김 형 석(Hyungsuk Kim)

2007년 서울시립대학교 기계정보공학과 (공학사)
2007년~현재 서울시립대학교 기계정보공학과 석사과정
관심분야 : 임베디드 시스템, 근거리 무선 통신
E-mail : astrocosmos@uos.ac.kr



김 태 현(Taehyun Kim)

1994년 서울대학교 컴퓨터공학과(공학사)
1996년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
2001년 서울대학교 대학원 전기컴퓨터공학부(공학박사)
2005~현재 서울시립대학교 기계정보공학과 조교수
관심분야 : 임베디드 시스템, 실시간 시스템, 근거리 무선 통신
E-mail : thkim@uos.ac.kr



서 호 중(Hyo-Joong Suh)

1991년 서울대학교 학사
1994년 서울대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
2000년 서울대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
2003년 - 현재 가톨릭대학교 컴퓨터정보공학부 조교수
관심분야 : 컴퓨터구조, 컴퓨터시스템, 임베디드시스템
e-mail: hjsuh@catholic.ac.kr