

논문 2009-46IE-3-9

독거노인 활동 모니터링을 위한 보조 시스템의 설계 및 구현

(Design and Implementation of Wireless RFID Assistant System for Activity Monitoring of Elderly Living Alone)

정 경 권*, 이 용 구**, 김 용 중*

(Kyung Kwon Jung, Yong Gu Lee, and Yong-Joong Kim)

요 약

본 논문은 독거노인을 위한 보조 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 착용형 RFID 시스템과 게이트웨이 시스템, 서버 시스템으로 구성된다. 착용형 RFID 시스템은 장갑형태로 구성되며, 싱크노드와 RFID 리더기를 갖는 센서노드로 구성된다. 센서노드는 가구나 약병, 설탕, 소금 등의 다양한 일상생활 물체에 부착된 RFID 태그를 읽는다. 센서 노드는 무선 패킷을 싱크노드로 전송한다. 싱크노드는 수신된 패킷을 게이트웨이로 보내고, 게이트웨이는 수신된 패킷을 서버로 전달한다. 서버 시스템은 데이터베이스 서버와 웹 서버로 구성된다. 착용형 RFID 시스템에서 전달된 데이터는 데이터베이스에 저장되고, 사용자의 일상생활 활동정보를 표시한다. 처리된 데이터는 가족이나 수발제공자, 병원관계자 등 사용자의 일상생활 패턴을 원하는 사용자에게 제공될 수 있다.

Abstract

This paper describes an assistant system for elders who live alone. The developed system is composed of a wearable RFID system, a gateway system, and server system. The wearable RFID system is installed in glove. The wearable RFID system can be considered as a wireless sensor network which has a sink node and sensor node with a RFID reader. The sensor node can read RFID tags on the various objects used in daily living such as furniture, medicines, sugar and salt bottles, and etc. The sensor node transmits wireless packets to the sink node. The sink node sends the received packet immediately to a server system via a gateway system. The gateway provides users with audio-visual information of objects. The server system is composed of a database server and a web server. The data from each wearable RFID system is collected into a database, and then the data are processed to visualize the measurement of daily living activities of users. The processed data can be provided for someone who wants to know about user's daily living patterns in house such as family, caregivers, and medical crew.

Keywords : RFID, RFID glove, wireless sensor network, assistant system, elderly living alone

I. 서 론

우리나라는 2000년에 이미 고령화 사회에 진입했으며, 2019년에는 고령사회로 2026년에는 초고령 사회로 진입할 것으로 전망하고 있다. 특히 우리나라의 노령화

사회(ageing society)에서 노령 사회(aged society)로, 또 노령사회에서 초고령 사회로의 진입 시점이 가장 빠르게 진행했던 일본의 경우보다도 약 1.7배 빠른 노령화 속도로 전례를 찾아볼 수 없을 만큼 빠르게 진행되고 있다^[1~2]. 국내를 비롯한 선진국에서는 고령인구의 급증으로 인한 고령자 경제력의 인구비율 이상의 증가, 고령자 간호 등 유료서비스 이용인구 증가 등의 문제가 사회적인 초점으로 등장하게 되었다^[3]. 이러한 시대적 상황에서 홈 케어서비스(home care service)사업, 중간보호시설 및 1일 탁아소 사업, 유료의 양로 및 요양시설, 노인전용의 의료서비스산업, 노인식품, 노인의복 및

* 정회원, 한림대학교 전자공학과
(Department of Electronics Engineering, Hallym University)

** 정회원, 한림성심대학 방사선과
(Department of Radiological Technology, Hallym College)

접수일자: 2009년6월17일, 수정완료일: 2009년9월9일

노인용 생활용품의 제조·판매사업 등의 실버산업이 본격화되고 있고, 특히 독거노인을 대상으로 담당 복지사업, 방문 간호사 사업 등이 진행되고 있으며, 움직임 감지를 통한 활동 모니터링 등이 큰 호응을 얻고 있다 [3~4].

최근 이러한 서비스에 추가적으로 일상생활을 점검할 수 있는 보조 서비스의 필요가 요구되고 있다. 이 중 사용자 행동에 따라 사물에 부착된 태그를 읽어 사용자의 행동이나 상황을 분석할 수 있는 감성학습 방식으로 Intel Research Seattle group의 iGlove와 iBracelet가 개발되었다. iGlove는 Mica2Dot 센서네트워크를 이용한 착용형 RFID 시스템으로 장갑형태이며, iBracelet은 팔찌형태로 개발되었다. 또한 기억력이나 두뇌학습을 위한 Tagaboo라는 게임이 제안되어 술래잡기 등의 놀이에 사용될 수 있는 착용형 RFID가 개발되었다 [5~6].

본 논문에서는 시력 저하와 기억력 감퇴로 발생하는 문제들에 대해서 일상생활을 모니터링하여 발생할 수 있는 문제를 방지할 수 있는 무선 RFID 장갑을 이용한 독거노인 보조 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 착용형 RFID 시스템과 게이트웨이, 서버 시스템으로 구성된다. 착용형 RFID 시스템은 무선 센서 네트워크와 RFID 리더기를 이용하여 RFID 태그가 부착된 물체의 정보를 읽어 게이트웨이에 전송하고, 게이트웨이는 RFID 태그 정보로부터 물체에 대한 정보를 영상과 음성으로 독거노인에게 알려준다. 서버는 게이트웨이로부터 전송받은 데이터를 데이터베이스에 저장하고, 인터넷을 통해 가족이나 복지사, 병원 관계자 등에 웹 페이지를 통해 제공한다. 제안한 시스템의 유용성을 확인하기 위하여 일상생활 모니터링에 적용하여 데이터를 획득하고, 상황 분석을 실험한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. I장의 서론에 이어 II장에서는 제안하는 시스템에 대하여 구조 및 구성에 대해 자세히 설명하고, III장에서는 개발된 시스템의 성능과 실험 결과 등에 대해 기술하고, 마지막으로 IV장에서 결론 및 향후 과제에 대해 논의한다.

II. 시스템 구성

그림 1과 같이 제안한 무선 RFID를 이용한 독거노인 보조 시스템은 “착용형 RFID 시스템”과 “게이트웨이”, “서버 시스템”으로 구성되어 있다. 착용형 RFID 시스템

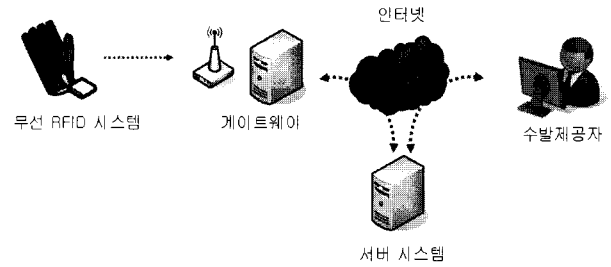


그림 1. 무선 RFID를 이용한 독거노인 보조 시스템
Fig. 1. Assistant System for Elderly Living Alone using Wireless RFID.

은 소형 RFID 리더기를 부착한 무선 센서 네트워크 시스템이다. 게이트웨이는 무선 RFID 데이터를 수신하여 영상과 음성으로 물체의 정보를 표시하고, 인터넷을 통해 서버 시스템으로 데이터를 전달한다. 서버 시스템은 센싱한 정보를 데이터베이스에 저장하고 저장된 정보를 가공하여 웹상에 제공한다.

1. 무선 RFID 장갑을 이용한 독거노인 보조 시스템

그림 2는 제안한 시스템의 사진으로 착용할 수 있는 소형의 무선 센서 노드와 RFID 리더기, 배터리로 구성된다. 무선 센서 노드는 TinyOS 그룹에서 공개한 Telosb platform에 기초한 상용 제품으로 MSP430과 CC2420을 사용하는 Umote로 구성하였고, 소프트웨어는 TinyOS v2.x 기반에서 nesC로 개발하였다 [7~9]. RFID 리더는 13.56MHz 대역에서 동작하고, ISO/IEC15693 방식을 지원한다 [10].

무선 센서 노드와 RFID는 UART 연결을 통해서 센서 노드의 스위치가 눌리거나 RFID 태그를 읽어오는 명령어를 전달한다. 센서 네트워크를 이용한 무선 RFID 시스템을 장갑에 부착한 사진은 그림 3과 같다.

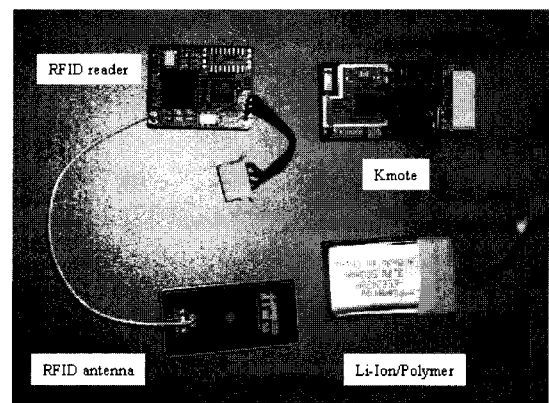


그림 2. 무선 센서 노드와 RFID 리더기
Fig. 2. Wireless sensor node and RFID reader.



그림 3. RFID 장갑
Fig. 3. RFID glove.

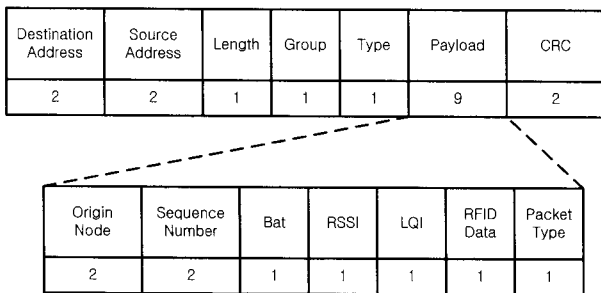


그림 4. 무선 패킷 구조
Fig. 4. Wireless packet structure.

손등에 제안한 시스템을 부착하고, RFID 태그 인식 실험을 통해서 손바닥에 RFID 리더기의 안테나를 부착하였다.

무선 센서 노드가 사용하는 데이터 패킷은 그림 4와 같은 구조를 갖는다.

그림 4의 각 필드 이름의 아래쪽 숫자는 byte 수를 나타낸다. 주요 정보는 payload 부분에 정의되어 있으며 간단히 정리하면 'Origin Node' 필드는 개별 센싱 노드의 ID를, 'Sequence number'는 각 센싱 모듈이 발송하는 패킷의 일련번호를, 'Bat' 필드는 MSP430 동작 전압을 측정된 결과 값을, 'RSSI' 필드는 received signal strength indicator로서 싱크 노드가 패킷을 수신 했을 때의 수신 강도를 의미하며, 'LQI' 필드는 link quality indicator 값이다. 'RFID Data' 필드는 RFID 태그 정보이고, 'PIR/RTC' 필드는 센서 종류와 진단 신호를 가진다. PIR/RTC 필드 내용은 표 1과 같다.

RFID 태그는 고유의 UID(Unique Identifier)를 가지고 있어서 분류하기 용이하나 본 논문에서는 RFID 태그의 메모리에 대상 물체별로 미리 저장한 데이터를 이용한다. 사용한 RFID 리더기는 4바이트 블록 단위로

표 1. PIR/RTC 필드
Table 1. PIR/RTC field.

| 값 | 의미 |
|------|----------------------------|
| 0x01 | PIR 센서 감지 전송 |
| 0x02 | 1시간 마다 센싱 모듈 상태 전송 |
| 0x03 | 1시간 마다 Sink 노드 상태 전송 |
| 0x04 | Power negotiation (현재 미사용) |
| 0x05 | 응급 호출 전송 |
| 0x06 | 출입문 열림 감지 전송 |
| 0x07 | RFID 데이터 전송 |

표 2. RFID 데이터
Table 2. RFID data.

| RFID Data | 물체 |
|-----------|-----|
| 0x01 | 감기약 |
| 0x02 | 기침약 |
| 0x03 | 영양제 |
| 0x04 | 관절약 |
| 0x05 | 혈압약 |
| 0x06 | 소화제 |
| 0x07 | 심장약 |
| 0x08 | 소금 |
| 0x09 | 설탕 |
| 0x0A | 물통 |

읽어올 수 있고, 첫 블록의 첫번째 바이트를 사용하여 물체의 정보를 읽어온다. 현재 사용하는 데이터는 10개로 표 2와 같으며, 그림 4의 'RFID data' 필드에 저장된다.

2. 게이트웨이 시스템

게이트웨이는 그림 5와 같다. 게이트웨이의 역할은 싱크 모듈에 수신되는 RFID 태그 데이터를 서버 시스템에 전달하는 것과 시스템의 중앙 제어 장치로 동작하는 것이다. 개발된 게이트웨이는 단일 보드 컴퓨터 (EPIA-M1000, VIA co., 800MHz C3 프로세서, 512MB 메인 메모리, 2GB Compact Flash memory)로 구현하였고, Windows XP 운영체제로 동작한다. 게이트웨이는 USB 포트에 연결된 싱크 모듈을 통해 입력되는 패킷을 읽어 해석하고 이것에 현재 시간 정보 및 사용자 ID 정보를 더해 중앙의 서버에 저장한다. 또한 게이트웨이는 네트워크와 연결 여부를 실시간으로 확인할 수 있도록 매 30분마다 자신의 현재 ip address를 서버에

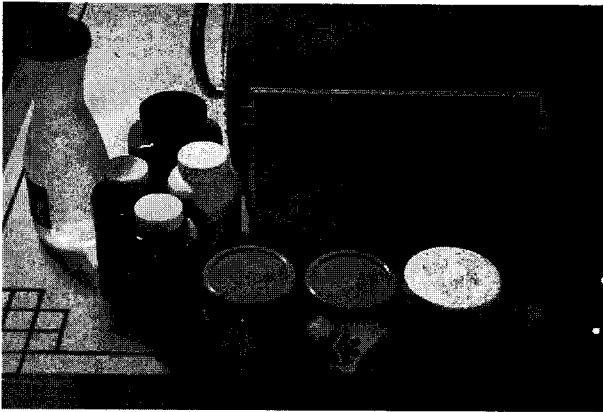


그림 5. 게이트웨이
Fig. 5. Gateway.

기록하는 기능을 가진다. 이 정보를 이용하는 진단 시스템은 게이트웨이의 네트워크 연결 여부를 실시간으로 파악할 수 있다.

또한 RFID 데이터를 해석하여 물체가 약 종류인 경우는 이름과 사용방법을 스피커를 통해 음성으로 설명하고, LCD 모니터를 통해서 영상을 표시한다.

3. 원격 서버 시스템

서버 시스템은 그림 6과 같이 개별 게이트웨이가 발송하는 데이터를 저장하는 데이터베이스 시스템과 이 데이터를 가공하여 수발 제공자에 따라 적절한 정보를 보여주는 웹 기반 모니터링 시스템으로 구성된다.

현재 원격 서버는 '한림 지킴이 독거노인 관리 시스템'의 서버에 구성되어 있으며, '한림 지킴이 독거노인

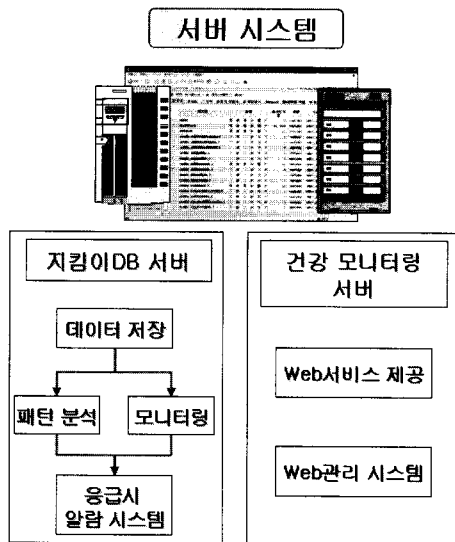


그림 6. 서버 시스템
Fig. 6. Server system.

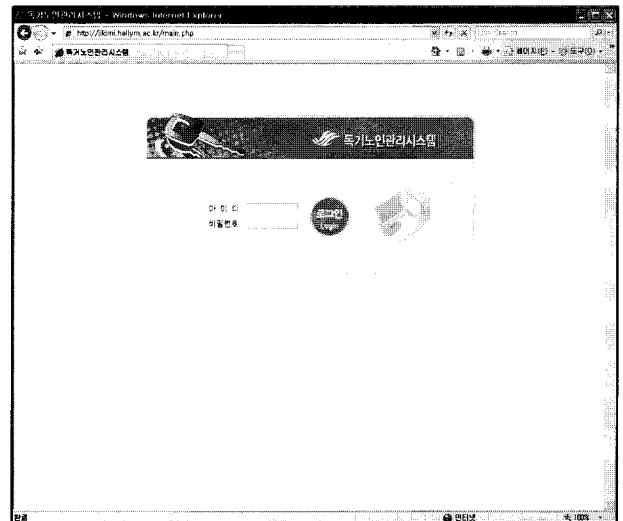


그림 7. 한림 지킴이 홈페이지
Fig. 7. Hallym Jikimi homepage.

관리 시스템'은 PIR 센서를 이용하여 움직임 감지를 통해 독거노인의 활동을 모니터링하는 시스템이다^[4].

데이터베이스 시스템은 MySQL v5.0.24a DBMS를 선택하여 사용하였고 일반 PC 플랫폼(하드웨어: Pentium 4 3GHZ, 운영체제: 우분투 (v4.1.1) 리눅스)에서 동작한다. 전체 DB 시스템은 3개의 테이블을 가지며 모두 23개의 필드를 가진다. 3개의 테이블은 센싱 데이터를 저장하는 'senseddata3', 각 센싱 모듈에 대한 정보를 가지는 'network', 그리고 게이트웨이의 네트워크 상태 확인을 위한 ip address 데이터를 저장하는 'ipaddress'라는 이름을 가진다. 10개의 필드를 가지는 'senseddata3' 테이블은 RFID 데이터를 저장하며 이 정보를 이용하여 사용자의 일상 활동 패턴을 찾을 수 있다. 이와 함께 'network' 테이블은 각 가정의 네트워크에 대한 일반적 정보를 8개의 필드를 이용하여 저장한다. 마지막으로 'ipaddress' 테이블은 5개의 필드를 가지며 각 가정의 게이트웨이가 매 30분마다 발송하는 자신의 ipaddress와 현재 시각 정보를 저장한다.

이와 같이 저장된 정보들은 적절히 가공된 후 HTTP protocol을 통해 독거노인들의 다양한 수발 제공자들에게 제공된다. 개발된 원격 모니터링 시스템은 Apache (v2.0.55) 프로그램과 PHP5 script language를 이용하여 구현되었다. 그림 7은 운영 중인 홈페이지이다^[11].

III. 실험

크기가 정해진 상용 제품의 RFID 리더를 사용하기

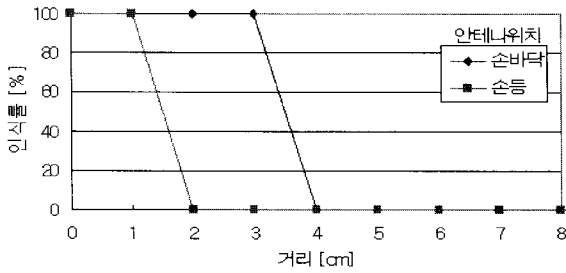


그림 8. RFID 태그와 리더 거리에 따른 인식률
Fig. 8. Recognition rate vs. distance between reader and tag.

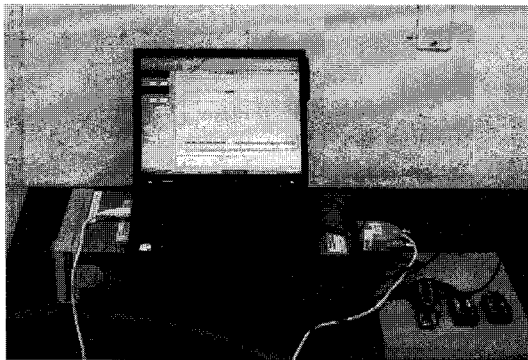


그림 9. 전류 측정
Fig. 9. Current measurement.

때문에 RFID 리더를 부착하는 위치를 정하는 것을 고려해야 한다. RFID 리더를 손등과 손바닥에 부착하는 경우를 실험하였으며, 손등과 손바닥에 붙였을 경우의 인식률을 비교한 결과는 그림 8과 같다. 그림 8의 결과로부터 손등에 붙였을 경우에도 손바닥에서 1cm까지 떨어진 RFID 태그가 인식되었기 때문에, 손의 움직임이나 동작에 지장을 주지 않게 RFID 리더는 손등에 부착하였다. 향후 안테나를 유연성이 있는 재질의 PCB로 별도로 제작하여 동작에 지장을 주지 않는 위치에 부착하는 것이 필요하다.

배터리를 사용하기 때문에 제한하는 무선 RFID 장갑의 수명이 시스템의 중요한 지표로 작용한다. 전류 소모량을 측정하기 위하여 그림 9와 같은 실험 장치를 구성하였다. 전원 장치는 Agilent 66309B Mobile communication DC source를 이용하여 3.7V 정전압을 공급하고, USB용 GPIB 카드 82357A를 이용하여 PC와 연결한다. 전원 제어용 전용 소프트웨어인 Agilent의 Device Characterization Software로 무선 RFID 장갑이 사용하는 전류값을 측정한다.

그림 10은 RFID 장갑이 1번 동작하는 전류 사용 결

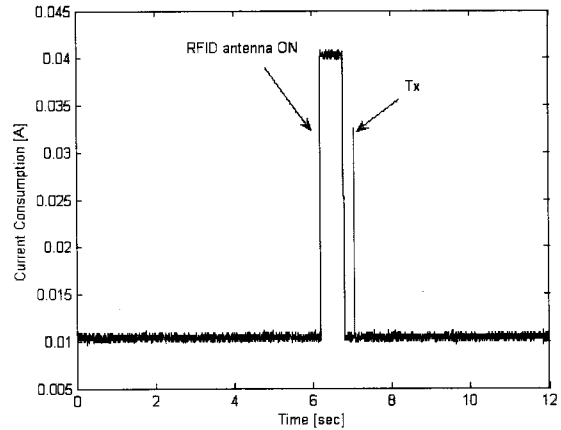


그림 10. 전류 소모량
Fig. 10. Current consumption.

표 3. 전류 소모량
Table 3. Current consumption.

| 동작 | 전류 [mA] | 시간 [sec] |
|---------------|---------|----------|
| $I_{standby}$ | 10.321 | - |
| I_{RFID} | 40.846 | 1 |
| I_{TX} | 32.430 | 0.005 |

과로, 대기 중($I_{standby}$), RFID 동작(I_{RFID}), 무선 전송(I_{TX}) 구간으로 구분된다.

위의 실험으로부터 표 3과 같이 동작 구간에 대한 전류 소모량을 측정하였다.

소모한 에너지 W 는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있으며, 동작 전압 V 는 3.7V이다.

$$W = VI t \quad [J] \tag{1}$$

1시간 동안 N 번 RFID 태그를 읽어서 무선으로 전송한다면, 1시간 동안의 에너지 소모량은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$W_{Total} = (N \cdot I_{RFID} \cdot 1sec + 1 \cdot I_{TX} \cdot 0.005sec + I_{standby} \cdot (3600sec - (N \cdot 1sec + 0.005sec))) \cdot 3.7V \tag{2}$$

여기서 I_{RFID} 는 RFID 태그를 읽었을 경우의 전류 소모량이고, I_{TX} 는 무선 전송할 때 전류 소모량이고, $I_{standby}$ 는 대기 상태일 때의 전류소모량이다.

3.7V 500mAh 리튬-폴리머 배터리를 사용하므로, 전체 전류 용량을 이용하여 다음과 같이 수명을 계산할 수 있다.

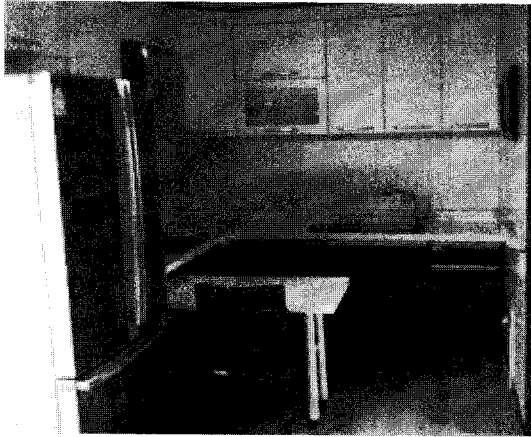


그림 11. 실험 테스트 베드
Fig. 11. Experimental test-bed.

$$Life\ Time = (3.7V \cdot 500mAh) / W_{Total} \quad (3)$$

1시간 동안 10번 RFID 태그를 읽어온다면, 3.7V 500mAh 리튬-폴리머 배터리로 약 48시간 연속 사용이 가능하다. 스위치를 눌러서 물체를 인식하는 동작을 2초마다 자동으로 RFID 태그를 읽어오게 구성하면 1시간에 1800번 RFID 태그를 검색하게 된다. 이 때의 수명은 약 19.5시간 사용이 가능하다.

제안한 시스템을 그림 11과 같은 테스트 베드에서 실험을 진행하였다. 표 2와 같이 가정 상비약, 소금, 설탕 등에 RFID 태그를 부착하여 진행하였고, MySQL에 저장된 데이터를 통해서 약을 복용했는지 등의 정보를 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 급속한 노령화 및 핵가족화에 의해 매우 빠른 증가가 예상되는 독거노인의 효과적이고 효율적인 수발 서비스를 가능하게 하는 독거노인 보조 시스템의 개발 및 이의 적용 결과를 기술하였다. 제안하는 독거노인 보조 시스템은 RFID 태그, 태그 정보를 읽을 수 있는 RFID 리더, 태그 정보를 무선으로 컴퓨터에 전달하는 무선 모듈로 구성된 무선 RFID 장갑과 가정에 설치되는 게이트웨이, 원격 서버 시스템으로 구성된다. 대상 물체에 RFID 태그를 부착하고, 무선 RFID 장갑으로 태그 정보를 읽어서 게이트웨이로 전송하면 게이트웨이는 음성과 영상으로 물체의 사용법 등의 정보를 제공한다. 독거노인이 복용하는 상비약, 시력 저하로 구분이 어려운 물건 소금, 설탕 등에 활용하였다.

제안한 시스템은 각 RFID 태그 정보로부터 음성출력이 가능하기 때문에 사용방법이나 주의사항 등의 정보를 제공할 수 있다. 또한 측정 대상의 RFID 태그 정보와 데이터베이스에 시간 정보가 같이 저장되기 때문에 이것을 이용하여 정해진 시간에 약을 복용하였는지를 원격지(병원, 가족 등)에서 확인할 수 있다. 조미료의 경우는 하루 사용 빈도를 확인 가능하여 염분이나 설탕 섭취의 관리가 필요한 고혈압, 당뇨 등의 만성질환자 건강 모니터링 도구로도 활용할 수 있다.

향후 대상 물건을 확대하고, 지속적인 데이터 수집을 통해 일상생활 정보를 획득할 수 있는 시스템을 개발하고, 무선 RFID 장치의 소형화를 위해 설계 및 저전력 구현을 연구한다.

참 고 문 헌

- [1] 이인수, 실버산업의 전망과 과제, 대왕사, 2006.
- [2] 지경용 외, 유비쿼터스 시대의 보건 의료, 진한엠엔비, 2005.
- [3] 김숙용, 이의훈, 실버산업의 이해, 형성출판사, 2007.
- [4] 이선우, 김용중, 이기섭, 김병정, “한림 지킴이: 독거노인 일상 활동 원격 모니터링 시스템,” 한국정보과학회, 한국정보과학회 논문지 15권 4호, pp.244-254, 2009년 4월
- [5] Kenneth P. Fishkin, Matthai Philipose, Adam Rea, “Hands-On RFID: Wireless Wearables for Detecting Use of Objects,” Proceedings of Ninth IEEE International Symposium on Wearable Computers, pp. 38-41, Oct. 2005.
- [6] M. Konkel, V. Leung, B. Ullmer, and C. Hu, “Tagaboo: A Collaborative Children’s Game Based upon Wearable RFID Technology,” Personal and Ubiquitous Computing, Vol. 8, no. 5, pp. 382-384, 2005.
- [7] INtech, <http://www.tinyosmall.co.kr>
- [8] TinyOS, <http://www.tinyos.net>
- [9] Philip Levis, David Gay, TinyOS Programming, Cambridge University Press, 2009.
- [10] Firmsys, <http://www.firmsys.com>
- [11] 한림 지킴이 홈페이지, <http://jikimi.hallym.ac.kr>

저 자 소 개



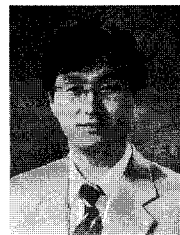
정 경 권(정회원)

1998년 2월 동국대학교
전자공학과 학사 졸업.
2000년 2월 동국대학교
전자공학과 석사 졸업.
2003년 8월 동국대학교
전자공학과 박사 졸업.

2007년 3월~2008년 2월 동국대학교 밀리미터파
신기술연구센터 연구교수.

2008년 3월~현재 한림대학교 전자공학과
전임강사.

<주관심분야 : 임베디드 시스템, 신경회로망, 센서
네트워크 응용>



이 용 구(정회원)

1987년 2월 동국대학교
전기공학과 학사 졸업.
1993년 2월 동국대학교
전기공학과 석사 졸업.
1997년 2월 동국대학교
전자공학과 박사 졸업.

1998년 3월~2005년 2월 한림성심대학
전자정보통신과 전임강사, 조교수, 부교수.

2005년 3월~2007년 2월 한림성심대학
의용정보과 부교수.

2007년 3월~2009년 현재 한림성심대학
방사선과 부교수.

<주관심분야 : 퍼지논리시스템, 신경회로망, 패턴
인식, 의학영상>



김 용 중(정회원)-교신저자

1996년 2월 인하대학교
전자공학과 학사 졸업.
1998년 2월 인하대학교
전자공학과 석사 졸업.
2005년 8월 인하대학교
전자공학과 박사 졸업.

2006년 4월~현재 한림대학교 전자공학과
전임강사

<주관심분야 : 무선통신 시스템, 통신 프로토콜,
네트워크 프로그래밍, 센서 네트워크 응용>