

## RFID를 이용한 일상생활 모니터링 시스템 개발

정경권\*, 박현식\*\*, 최우승\*\*\*

### Development of Daily Life Monitoring System using RFID

JKyung Kwon Jung\*, Hyun Sik Park\*\*, Woo-Seung Choi\*\*\*

#### 요 약

본 논문에서는 무선 센서 네트워크를 이용한 일상생활 모니터링 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 활동 모니터링을 위해 장갑 형태로 구성되며, RFID 리더기는 센서 네트워크 기반으로 데이터를 전송하며, RFID 태그는 13.56MHz에서 동작하고, 사각형의 작은 사이즈로 구성된다. 센서 노드는 가구나 약병, 주방용품 등의 다양한 일상생활 물체에 부착된 RFID 태그를 읽는다. 센서 노드는 무선 패킷을 싱크노드로 전송하고, 싱크노드는 수신된 패킷을 서버로 전달한다. RFID 시스템에서 전달된 데이터는 데이터베이스에 저장되고, 사용자의 일상생활 활동정보를 표시한다. 웹기반의 모니터링 시스템을 제공하고, RFID 태그의 회수를 하루단위로 막대 차트로 확인할 수 있다. 실험을 통해서 제안한 방식이 노약자의 행동이나 생활 습관 등을 감지하고 인식할 수 있음을 확인하였다.

#### Abstract

In this paper, we present a daily activity monitoring system by using a wireless sensor network. The proposed system is installed in glove for activity monitoring. The RFID reader, to send data by using sensor network platform and RFID tag are small size, the shape of quadrangle, and operate in the frequency of 13.56 MHz. The sensor node can read RFID tags on the various objects used in daily living such as furniture, medicines, and kitchenwares. The sensor node reads the data of RFID tags, it transmits wireless packets to the sink node. The sink node sends the received packet immediately to a server system. The data from each RFID system is collected into a database, and then the data are processed to visualize the measurement of daily living activities of users. We provide a web-based monitoring system, and can see the number of RFID tag readings per day as bar charts. The result of experiments demonstrates that the way we propose can help to check the situation of life for people who live alone.

▶ Keyword : RFID, 무선 센서 네트워크(Wireless sensor network), 일상생활 모니터링(Daily activity monitoring)

• 제1저자 : 정경권    교신저자 : 최우승

• 투고일 : 2009. 05. 15, 심사일 : 2009. 05. 20, 게재확정일 : 2009. 07. 18.

\* 한림대학교 전자공학과 전임강사    \*\*상지대학교 겸임교수    \*\*\*경원대학교 교양대학 교수

※ 이 연구는 2009년도 경원대학교 지원에 의한 결과임.

## I. 서론

RFID 기술은 라디오 주파수를 이용하여 사물의 정보를 원격으로 주고받을 수 있는 기술로서, 제2차 세계대전 당시 레이더에 대한 개념이 정의되면서, 아군과 적군 비행체를 구별하기 위한 프로그램으로 개발되기 시작하였다. 라디오 주파수의 특성으로 인식거리도 길고 동시에 여러 개의 태그를 인식할 수 있으며, 데이터의 변경이 자유롭다는 장점을 가지고 있다. 1960년대 후반부터는 위험물질에 대한 모니터링을 비롯하여 물류, 보안, 차량식별 등에 된다. 최근에 RFID 태그는 소형화·저가격화 되고 있으며, 사물인식 및 USN 환경에 적용되고 있다[1-4].

최근에 노령 인구 및 독거노인이 증가하면서 이들을 위한 복지 및 의료시설이 증가하고 있다. 이 중에서 사용자의 행동에 따라 사물에 부착된 태그를 읽어 사용자의 행동이나 상황을 분석할 수 있는 감성학습방식으로 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 노약자의 행동이나 생활 습관 등을 감지하고 인식하며, 분석과 판단을 할 수 있는 무선 RFID 장갑 시스템을 이용한 일상생활 모니터링 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 RFID 태그, 태그 정보를 읽을 수 있는 RFID 리더, 태그 정보를 무선으로 컴퓨터에 전달하는 무선 모듈로 구성된다. 제안한 시스템의 유용성을 확인하기 위하여 일상생활 모니터링에 적용하여 데이터를 획득하고, 상황 분석을 실험한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 관련연구를 설명하고, 3장에서는 제안하는 일상생활 모니터링 시스템에 대하여 구조 및 구성에 대해 자세히 설명하고, 4장에서는 개발된 모니터링 시스템의 성능과 실험 결과 등에 대해 기술하고, 마지막으로 5장에서 결론 및 향후 과제에 대해 논의한다.

## II. 관련 연구

무선 센서 네트워크는 방대한 지역에 임의로 뿌려진 센서

노드에 의해 물리적 정보를 분석, 수집하기 위해 개발 되었다. 무선 센서 노드는 정보의 수집을 위한 다양한 센서, 수집된 정보의 처리를 위한 MPU와 수 KB 크기의 RAM, 무선 통신을 위한 RF 통신 모듈로 구성 된다. 무선 센서 노드는 독립된 전원으로 동작하는 기기로 한번 배치된 노드에 추가적인 전원 공급이 불가하기 때문에 전원 관리가 반드시 필요하다. 무선 센서 네트워크는 위의 특징을 지닌 다수의 센서 노드들이 multi-hop 통신 방식으로 광범위한 통신망의 형성하여 정보를 수집하게 된다. 초기 무선 센서네트워크는 군사적 목적을 갖고 개발이 진행되었고 인류가 접근하기 힘든 넓은 지역, 위험한 지역의 환경을 감시하고 생태를 조사하는데 이용되어 왔다. 이러한 무선 센서네트워크의 응용분야는 차세대 컴퓨팅의 패러다임인 유비쿼터스(Ubiquitous) 컴퓨팅 시대에 맞춰 인류의 생활에 보다 가까운 분야로 접근하고 있다. 환경감시와 동물의 생태 파악에 그쳤던 무선 센서네트워크의 응용분야는 재난지역의 인명구조, 지진-해일 등 자연현상에 대한 감시, 건물의 자동화, 인간 생태의 감시, ITS(Intelligent Traffic System)등 인류의 생활에 밀접한 분야로 발전하고 있다[7-8].

일상생활 모니터링은 신체의 움직임을 가속도 센서로 감지하여 동작에 따라 행동을 판단하고, 넘어짐과 같은 응급상황을 감지하는 연구가 진행되고 있다[9-10]. 또한 비디오 카메라를 이용하여 움직임을 분석하여 ADL(Activity of Daily Living)을 측정한다[11]. RFID를 이용하여 사용자의 행동에 따라 사물에 부착된 태그를 읽어 사용자의 행동이나 상황을 분석할 수 있는 감성학습방식으로 Intel Research Seattle group의 iGlove와 iBracelet가 개발되었다[5]. 최근에는 조도, 온도 센서로 구성된 무선 센서 네트워크를 이용하여 일상 행동 모형을 구축하는 연구가 진행되고 있다[12].

본 논문은 관련연구에서 제안한 휴대형 RFID 장치를 센서 네트워크 기반에서 구현하고, 그 결과를 웹상에서 확인할 수 있는 시스템을 제안한다

## III. 시스템 구성

[그림 1]과 같이 제안한 RFID를 이용한 일상생활 모니터링 시스템은 "RFID 장갑"과 "서버 시스템"으로 구성되어 있다. RFID 장갑은 소형 RFID 리더기를 부착한 무선 센서 네트워크 시스템이다. 서버 시스템은 무선 데이터를 저장하는 "데이터 시스템"과 저장된 자료를 가공하는 "모니터링 시스템"으로 구성되어 있다.

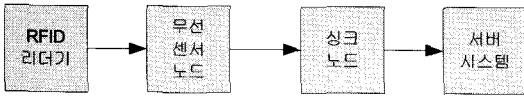


그림 1. RFID를 이용한 일상생활 모니터링 시스템  
Fig. 1. Daily activity monitoring system using RFID.

RFID 장갑은 무선 센서 노드와 RFID 리더기로 구성되며, 가구나 주방용품에 붙어있는 RFID 태그 정보를 읽어서 무선으로 서버 시스템에 전달한다. 서버 시스템에서는 수신된 데이터를 처리하고, 웹상에서 확인할 수 있는 기능을 수행한다.

### 3-1. 실내 위치 추적

[그림 2]는 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 Kmote로 구성하였고, 소프트웨어는 TinyOS v2.x 기반에서 nesC로 개발하였다[13-14]. RFID 리더는 13.56MHz 대역에서 동작하고, ISO/IEC15693 방식을 지원한다[15-16].

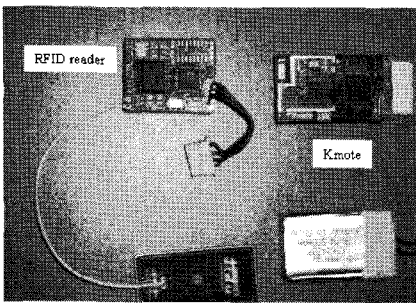


그림 2. 무선 센서 노드와 RFID 리더기  
Fig. 2. Wireless sensor node and RFID reader.

무선 센서 노드와 RFID는 UART 연결을 통해서 2초마다 RFID 태그를 읽어오는 명령어를 전달한다. 센서 네트워크를 이용한 무선 RFID 시스템을 장갑에 부착한 사진은 [그림 3]과 같다. 손등에 제안한 시스템을 부착하고, RFID 태그 인식 실험을 통해서 손바닥에 RFID 리더기의 안테나를 부착하였다.

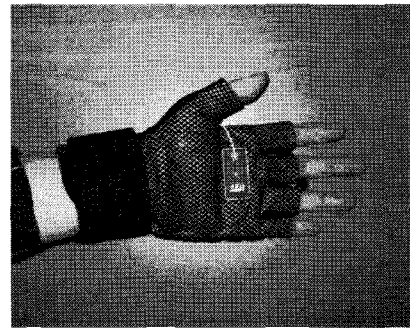
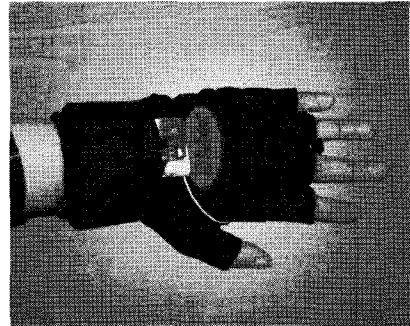


그림 3. RFID 장갑  
Fig. 3. RFID glove.

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

Sync Byte	Framer-Level Dispatch	Message Type Dispatch	Payload
1	1	1	20

Destination Address	Source Address	Length	Group	Type	Wireless Data
2	2	1	1	1	11

Origin	Sequence	RFID	BAT	RSSI
...	...	...	...	...

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

[그림 4]의 각 필드 이름의 아래쪽 숫자는 바이트 수를 나타낸다. 주요 정보는 payload 부분에 정의되어 있으며 간단히 정리하면 'Origin NODE' 필드는 센서 노드의 ID를, 'Sequence number'는 센서 노드가 발송하는 패킷의 일련번호를, 'RFID data'는 RFID 리더기가 읽어온 RFID 태그 정보이다. 'BAT' 필드는 MSP430 동작 전압을 측정된 결과 값을, 'RSSI' 필드는 received signal strength indicator로

서 패킷을 수신 했을 때의 수신 강도를, 'LQI' 필드는 link quality indicator 값을 가진다.

RFID 태그는 고유의 UID(Unique Identifier)를 가지고 있어서 분류하기 용이하나 본 논문에서는 RFID 태그의 메모리에 미리 저장한 데이터를 이용한다. 사용한 RFID 리더기는 4바이트 블록 단위로 읽어올 수 있기 때문에 첫 블록 4바이트를 사용하여 물체의 정보를 읽어온다. 대상 물체는 [표 1]과 같다. 상위데이터 3바이트는 0x000000으로 고정되며, 하위 데이터 1바이트는 4가지 대상을 나타낸다.

표 1. RFID 데이터  
Table 1. RFID data.

상위데이터	하위데이터
0x00 00 00	00: 냉장고 왼쪽 문
	01: 냉장고 오른쪽 문
	02: 냉장고 냉동실 문
	10: 찬장1 위쪽 문
	11: 찬장1 아래쪽 문
	20: 찬장2 위쪽 문
	21: 찬장2 아래쪽 문
	30: 찬장3 위쪽 문
31: 찬장3 아래쪽 문	

### 3-2. 서버 시스템

서버 시스템은 무선 데이터를 저장하는 "데이터 시스템"과 저장된 자료를 가공하는 "모니터링 시스템"으로 구성된다. 데이터 시스템은 싱크기능을 하는 무선 센서 노드가 USB로 보내온 데이터를 저장한다.

[그림 5]는 데이터 시스템 프로그램으로 수신된 데이터를 화면에 보여주며, 데이터를 분석하여 대상 정보를 표시한다.

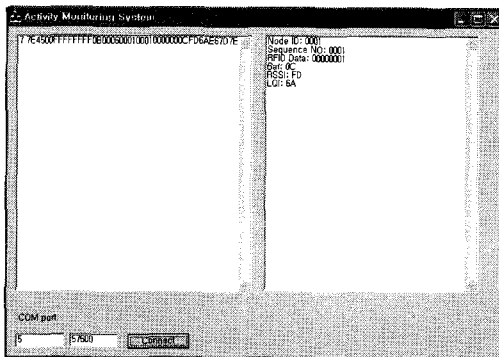


그림 5. 데이터 시스템  
Fig. 5. Data system.

저장된 데이터는 모니터링 시스템에서 읽어와 웹상에서 확

인 할 수 있도록 구성된다. 현재 데이터는 텍스트 형식으로 저장되고, 모니터링 시스템은 아파치 웹 서버 상에서 PHP로 저장된 정보를 읽어와 날짜별로 홈페이지에 표시한다. [그림 6]은 웹을 통해 결과를 확인할 수 있는 홈페이지이다.

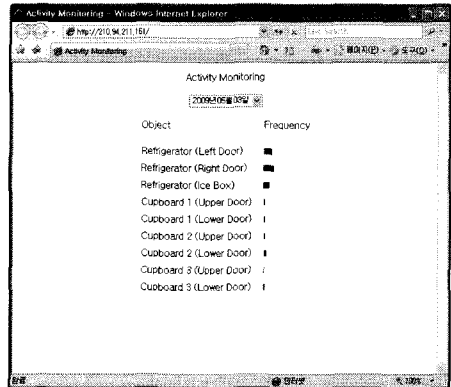


그림 6. 홈페이지  
Fig. 6. Homepage.

## IV. 실험 및 검토

### 4-1. 무선 RFID 시스템 성능 평가

크기가 정해진 상용 제품의 RFID 리더를 사용하기 때문에 RFID 리더를 부착하는 위치를 정하는 것을 고려해야 한다. RFID 리더를 손등과 손바닥에 부착하는 경우를 실험하였으며, 손등과 손바닥에 붙였을 경우의 인식률을 비교한 결과는 [그림 7]과 같다. 그림 6의 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.

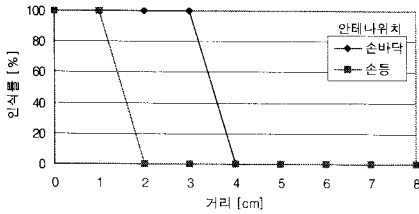


그림 7. RFID 태그와 리더 거리에 따른 인식률  
Fig. 7. Recognition rate vs. distance between reader and tag.

센싱 모듈과 수신 모듈의 RSSI를 측정하여 통신 거리를 확인하였다. 센싱 모듈과 수신 모듈 사이의 거리를 1m씩 증가하면서 센싱 모듈이 데이터를 전송할 때 RSSI를 측정하였다. RSSI는 CC2420의 RSSI\_VAL 레지스터 값을 읽어서 저장하는 부분으로 이동노드가 태그가 신호를 보내면 고정노드가 패킷을 수신했을 때의 RSSI를 측정하여 저장한다. 센싱 모듈의 RF 출력은 1dBm(1mW)으로 하였으며, 실내 환경에서 거리에 따른 RSSI 결과는 [그림 8]과 같이 약 30m이내에서 데이터가 수신이 가능하였다. 이를 바탕으로 집안에서 충분히 무선으로 데이터를 수신할 수 있음을 확인하였다.

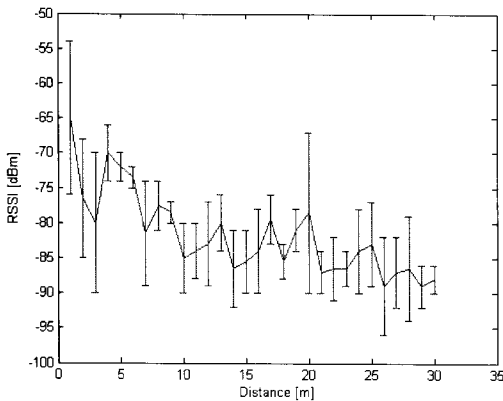


그림 8. 거리에 따른 수신 강도  
Fig. 8. RSSI vs. distance between sensor node and sink node.

배터리를 사용하기 때문에 제안하는 무선 RFID 장갑의 수명이 시스템의 중요한 지표로 작용한다. 전류 소모량을 측정하기 위하여 [그림 9]와 같은 실험 장치를 구성하였다. 전원 장치는 Agilent 66309B Mobile communication DC

source를 이용하여 3.7V 정전압을 공급하고, USB용 HPPIB 카드 82357A를 이용하여 PC와 연결한다. 전원 제어용 전용 소프트웨어인 Agilent의 Device Characterization Software로 무선 RFID 장갑이 사용하는 전류값을 측정한다.

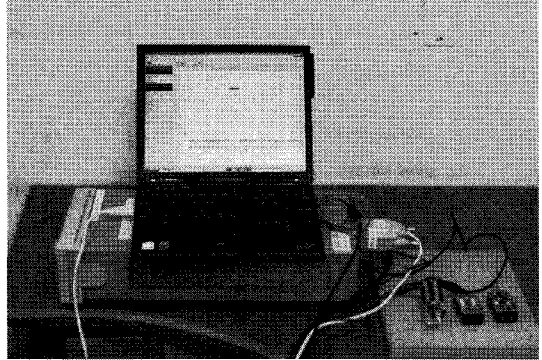


그림 9. 측정 장치  
Fig. 9. Measurement set-up.

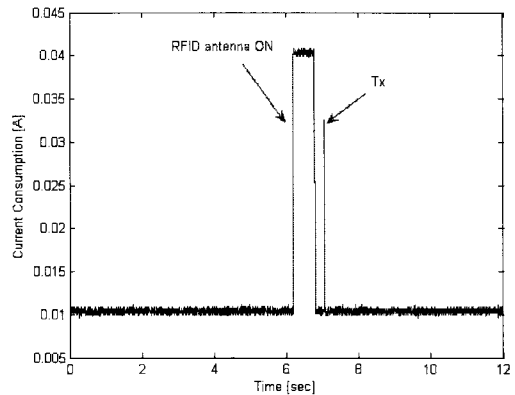


그림 10. 전류 소모량  
Fig. 10. Current consumption.

위의 실험으로부터 [표 2]와 같이 동작 구간에 대한 전류 소모량을 측정하였다.

표 2. 전류 소모량  
Table 2. Current consumption

동작	전류 (mA)	시간 (sec)
$I_{standby}$	10.321	-
$I_{RFID}$	40.846	1
$I_{TX}$	32.430	0.005

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

$$W = VIt \text{ (J)} \dots\dots\dots(1)$$

2초마다 RFID 태그를 읽어서 무선으로 전송하기 때문에, 1시간 동안 1800번 동작한다. 1시간 동안의 에너지 소모량은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$W_{Total} = (1800 \cdot I_{RFID} \cdot 1\text{sec} + 1800 \cdot I_{TX} \cdot 0.005\text{sec} + I_{standby} \cdot (3600\text{sec} - 1800 \cdot (1 + 0.005\text{sec})) \cdot 3.7V) \dots\dots\dots(2)$$

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.

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

식(3)으로 수명을 계산하면 약 19.5시간 연속 사용이 가능하다.

#### 4.2 적용 테스트

제안한 시스템을 실제 환경에서 일상생활 모니터링 실험을 수행하였다.

본 논문에서는 냉장고 등의 주방가구에 RFID 태그를 부착하여 주방가구를 사용하는 빈도를 분석할 수 있게 구성하였다. [그림 11]과 같은 주택에서 2009년 5월 3일 오전 9시~오후 9시까지 실험을 한 결과 시간대 별로 각 주방가구를 사용하는 정도를 얻었다. 그림 12에서 대상이 주방가구이기 때문에 점심과 저녁 시간대에 사용회수가 많음을 볼 수 있다.

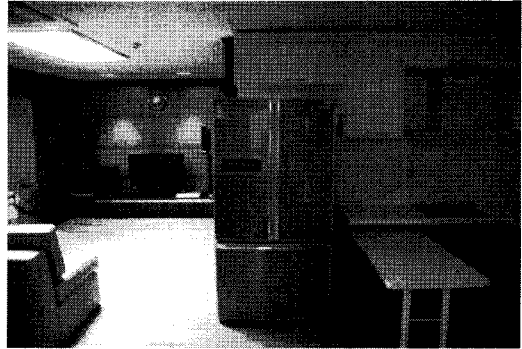


그림 11. 실험 테스트 베드  
Fig. 11. Experimental test-bed.

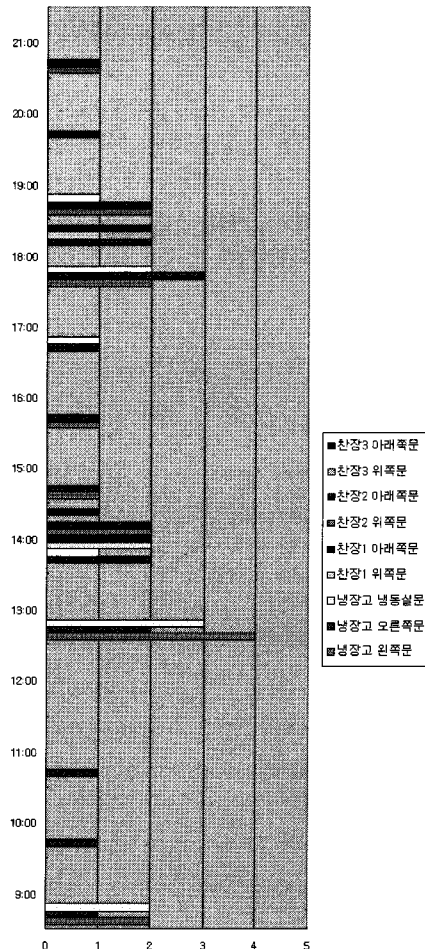


그림 12. 모니터링 결과  
Fig. 12. Monitoring results

일상 생활 활동(ADL)은 사람의 기능적인 상태를 기술하는 방식으로, 노인이나 정신질환자, 만성질환자 등의 일상생활 능력에 대해서 접근하는 방법으로 사용되고 있다[17]. 기초적인 일상 활동(Basic ADL)이나 도구적인 일상 활동(Instruments ADL)에 음식준비, 치우기 등의 동작을 확인하는 부분에서 제안한 시스템을 적용하면 설문이 아닌 실제 활동에 대한 측정된 데이터를 분석함으로써 보다 정확한 활동 능력을 측정하는 데에 적용할 수 있을 것이다.

## V. 결 론

본 논문에서는 무선 RFID 장갑 시스템을 이용한 일상생활 모니터링 시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템은 RFID 태그, 태그 정보를 읽을 수 있는 RFID 리더, 태그 정보를 무선으로 컴퓨터에 전달하는 무선 모듈, 서버 시스템으로 구성된다. 휴대형으로 RFID 리더기와 무선 센서 노드의 전류 소모량을 측정하여 19.5시간을 사용할 수 있고, 통신 거리가 집안을 커버할 수 있음을 확인하였다. 주방가구에 RFID 태그를 부착하여 사용 빈도를 측정하였고, 웹상에서 원격으로 확인이 가능하였다. 이것은 노약자의 행동이나 생활 습관 등을 감지하고 인식하며, 분석과 판단을 할 수 있는 기능을 제공할 수 있다.

향후 대상 물건을 확대하고, 지속적인 데이터 수집을 통해 일상생활 정보를 획득하여 다양한 정보를 제공할 수 있게 구성한다. 또한 시스템의 소형화를 위해 설계 및 저전력 구현을 연구한다.

## 참고문헌

- [1] R. Weinstein, "RFID: a technical overview and its application to the enterprise," *IT Professional*, Vol. 7, No. 3, pp. 27-33, May-June 2005.
- [2] J. Landt, "The history of RFID," *IEEE Potentials*, Vol. 24, No. 4, pp. 8-11, Oct.-Nov. 2005.
- [3] 한중수, "유비쿼터스 기술", 세화, 1-57쪽, 2005년.
- [4] 여준호, "최신 RFID 기술", 홍릉과학출판사, 1-83쪽, 2008년.
- [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. Konkell, 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, Sep. 2005.
- [7] Akyildiz, I.F., Weilian Su, Sankarasubramaniam, Y., Cayirci, E., "A survey on sensor networks," *IEEE Communications Magazine*, Vol. 40, No. 8, pp. 102-114, Aug. 2002.
- [8] Tubaishat M., Madria S., "Sensor networks: an overview," *IEEE Potentials*, Vol. 22, No. 2, pp. 20-23, Apr-May 2003.
- [9] Ge Wu, Shuwan Xue, "Portable Preimpact Fall Detector With Inertial Sensors," *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, Vol. 16, No. 2, pp. 178-183, April 2008.
- [10] H.J. Luinge, P.H. Veltink, "Inclination measurement of human movement using a 3-D accelerometer with autocalibration," *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, Vol. 12, No. 1, pp. 112 - 121, March 2004.
- [11] Zhongna Zhou, Xi Chen, Yu-Chia Chung, Zhihai He, T.X. Han, J.M. Keller, "Activity Analysis, Summarization, and Visualization for Indoor Human Activity Monitoring," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 18, No. 11, pp. 1489-1498, Nov. 2008.
- [12] 조승호, "무선센서 네트워크를 통한 실내 거주자의 일상 생활 행동 모형 정립 연구", 한국컴퓨터정보학회논문지, 제 14권, 제 2호, 129-138쪽, 2009년 2월.
- [13] INtech homepage, <http://www.tinyosmall.co.kr>
- [14] TinyOS homepage, <http://www.tinyos.net>
- [15] Philip Levis, David Gay, "TinyOS Programming", Cambridge University Press, pp. 21-125, 2009.
- [16] Firmssys homepage, <http://www.firmssys.com>

[17] S. Katz, "Assessing self-maintenance: activities of daily living, mobility, and instrumental activities of daily living," Journal of the American Geriatrics Society, Vol. 31, No. 12, pp. 721-727, Dec. 1983.



**최우승**

1977년 2월 동국대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1981년 2월 동국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1994년 2월 동국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)  
 1998년~2000년 한국컴퓨터정보학회 학회장  
 2000년~현재 한국컴퓨터정보학회 고문  
 2008년 현재 경원대학교 교양대학 교수  
 관심분야 : 신경회로망, 패턴인식

**저자소개**



**정경권**

1998년 2월 동국대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 2000년 2월 동국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 2003년 8월 동국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)  
 2005년 3월~2008년 2월 동국대학교 밀리미터파신기술연구센터 연구원  
 2008년 3월~현재한림대학교 전자공학과 전임강사  
 관심분야 : 센서 네트워크, 임베디드 시스템, 인공지능



**박현식**

1997년 2월 한국방송통신대학교 전자계과졸업(학사)  
 1999년 8월 숭실대학교 중소기업대학원 중소기업기술지도 졸업(석사)  
 2003년 8월 강원대학교 대학원 산업공학과 재학(박사수료)  
 2001년 3월~현재 상지대학교 겸임교수  
 관심분야 : 최적화, 유비쿼터스, EAP