

# ZigBee-PSTN 기반의 독거노인 활동량 및 생체신호 모니터링 시스템 개발

최경선\*, 전중창\*

## Development of Mobility and Vitality Signal Monitoring System Based on ZigBee-PSTN Gateway for the Elderly

Kyung-Sun Choi\*, Joong-Chang Chun\*

**요약** 최근에 이르러 평균수명의 증가로 인한 독거 노인들이 점점 증가하고 있으며, 독거노인은 외부의 침입이나 갑작스런 건강상의 문제로 위험에 처해질 가능성이 매우 높다. 따라서 독거노인의 의료 복지에 대한 관심이 날로 증가하고 있다. 본 연구에서는 인터넷 기반시설이 취약한 환경에서도 독거노인의 의료 복지에 용이하게 적용할 수 있는 활동량 및 생체신호 모니터링 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 저 전력으로 동작하는 ZigBee 무선센서 네트워크와 PSTN(Public Switched Telephone Network) 전화망의 결합 시스템으로 구성되었으며, 일상생활 속에서 무구속적인 U-헬스케어 개념으로 활동량과 혈압 등의 생존 정보를 병원 및 보호자에게 전송할 수 있다. 또한 본 연구 결과는 미래의 독거노인 원격진료 시스템으로 확장하여 적용 될 수 있다.

**Abstract** Recently the number of the elderly who live alone are increasing more and more as the average life span is prolonged. The elderly are probably in danger at home without being helped due to external aggressions or sudden health problems. Accordingly, more and more interests are taken in medical welfare for the healthy life of the seniors. In this paper, we have developed a mobility and vitality signal monitoring system based on ZigBee-PSTN gateway for the elderly. This combination of ZigBee wireless sensor network and PSTN can be easily established even in the poor internet infrastructure as is usually common for the elderly, with the advantage of providing non-constrained monitoring feature. The research result can be extended to the future tele-medicine system.

**Key Words** : Bio-signal Monitoring, Blood Pressure, Mobility, Tele-medicine, U-Health

### 1. 서론

최근 노인인구의 비율이 증가함에 따라 집에서 혼자 생활을 하게 되는 독거노인들이 점점 많아지고 있다. 이런 독거노인들은 집안에서 다른 사람의 도움을 받지 못하는 상태에서 갑작스러운 건강이상이나 외부적인 요인에 의하여 위험한 상황에 처하는 경우가 있다. 이에 따라 독거노인들의 운택한 생활을 지원해주기 위한 의료복지와 모니터링에

대한 관심과 연구가 늘어나고 있다.[1],[2] 아울러 정보통신분야에서 날로 발전하고 있는 유비쿼터스 컴퓨팅 기술을 의료서비스에 접목한 유비쿼터스 헬스케어(U-헬스케어)에 관한 연구도 지속적으로 이루어지고 있다.[3] 현재 우리나라의 노인 복지서비스에 있어서 U-헬스케어가 부상하게 된 것은 세계 1위의 초고속인터넷 통신망의 바탕 위에 WiBro, RFID, USN, W-CDMA, 홈네트워크 등의 정보 서비스 활성화에 있다. 여기에 사회적으로 노

This work was supported by Gyeongnam National University of Science and Technology Grant 2014.

\* Corresponding Author : Gyeongnam National University of Science and Technology(jcchun@gntech.ac.kr)

Received January 11, 2016      Revised January 29, 2016      Accepted February 15, 2016

인인구의 증가로 인한 인구의 고령화, 가족구조의 변화, 근로여성의 증가, 급증하는 국민의료비, 질병 위주에서 건강증진 위주로의 보건의료 패러다임의 변화 등도 큰 역할을 하고 있다.[4]-[6]

본 논문에서는 이러한 사회적 변화로 말미암아 홀로 생활하는 독거노인들의 복지 개선의 일환으로 독거노인 활동량 및 생체신호 모니터링 시스템을 개발하였으며, 기존의 무선 네트워크 기반 [3],[7]과는 다르게 ZigBee-PSTN 게이트웨이를 기반으로 함으로써 시스템 설치와 운용이 용이하도록 하였다. 모니터링 파라미터는 현관 출입현황, 실내 움직임, 가전기기의 사용 빈도, 그리고 혈압을 대상으로 하였다. 각각의 모니터링 센서 노드는 ZigBee/IEEE802.15.4 무선통신을 사용하여 측정값을 ZigBee-PSTN 게이트웨이로 전송하며, 수집된 데이터는 ZigBee-PSTN 게이트웨이를 거쳐서 DTMF (Dual Tone Multi Frequency) 방식의 일반 전화선로를 통하여 중앙 관리센터로 전송된다. 따라서 본 논문에서 개발된 활동량 및 생체신호 모니터링 시스템은, 무선 센서 네트워크와 PSTN(Public Switched Telephone Network) 유선망을 결합함으로써, 인터넷 기반시설이 취약한 환경에서도 용이하게 적용될 수 있으며, 일상생활 속에서 무구속적인 U-헬스케어룰 구현하고 있다.

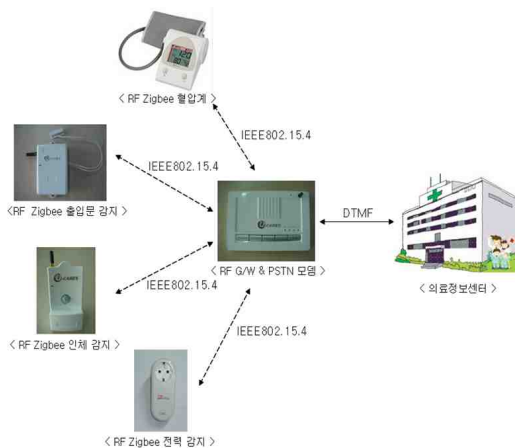


그림 1. 모니터링 시스템의 전체 구성도  
Fig. 1. Overall configuration of the proposed system

## 2. 서론시스템 설계 및 적용기술

### 2.1 시스템 설계

본 연구의 수행에 앞서, 장비가 설치 될 250명의 독거노인 가정 환경을 표본 조사한 결과, 외부와 정보를 교환할 수 있는 통신수단으로써 인터넷망이 설치된 가정은 단 3명으로 나머지 247명은 모두 전화망만이 설치된 것으로 조사되었다. 또한 노인들이 인체에 장비를 착용하게 하는 구속적인 시스템에 대하여 매우 부정적인 것으로 조사되었다. 따라서 본 논문에서는 이러한 독거노인의 주거 환경과 모니터링 상황에 대한 반응을 바탕으로 인체에 장비를 부착하지 않는 무구속적인 시스템으로서 설치가 용이한 시스템 설계를 목표로 하였다. 이런 설계 관점에 근거하여, 그림 1에 도시된 것과 같이, 가정 내에서 독거노인의 생사를 확인할 수 있는 활동량 및 생체정보의 수집 단계에서는 ZigBee/IEEE802.15.4 무선센서 네트워크를 적용하고[8], 수집된 데이터를 관리센터로 전송하는 단계에서는 PSTN 전화망을 이용하도록 하였다. 즉, 활동량 모니터링 정보와 혈압측정 정보를 독거노인의 가정에서 외부로 전송하기 위하여 별도의 통신수단을 설치하지 않고 독거노인의 가정에 이미 설치되어 있는 전화선을 이용하여 DTMF신호 방식으로 관리센터에 전송하였다.

### 2.2 적용 기술

#### 2.2.1 ZigBee 무선 기술

활동량 모니터링 센서 및 혈압계의 ZigBee 통신 노드에 적용된 RF 사양은 표 1과 같다.

본 시스템에서는 스타(Star) 토폴로지로 센서 네트워크를 구성하였으며, 코디네이터를 중심으로 단말장치들이 Peer-to-Peer 형태로 접속한다. Star 토폴로지의 경우 라우팅 불필요하고 코디네이터 중심이므로 초기 토폴로지 생성 시간이 적고 퍼포먼스가 뛰어나서 독거노인의 가정과 같은 소규모 네트워크에서의 데이터 수집에 적합하다.

표 1. RF ZigBee Node 사양  
Table 1. Specifications of RF ZigBee nodes

Hardware Spec	
CPU	ATmega128L 8MHz(Atmel)
RF	
Transceiver	CC2420(TI)
USART	1port
전압	3.3V
Software Spec	
Zigbee Z-STACK	CC-2420-IAR-1.4.0
통신 거리	
Indoor	약 30m
Outdoor	약 50m

2.2.2 PSTN DTMF 신호 방식

현재 가정에서 사용하고 있는 전자식 전화기의 다이얼 톤은 전화기로 교환기를 컨트롤하는 것으로 그림 2에서 보는 바와 같이 가로와 세로의 고주파군의 톤을 동시에 출력하는 16가지의 집합체로 되어 있다.

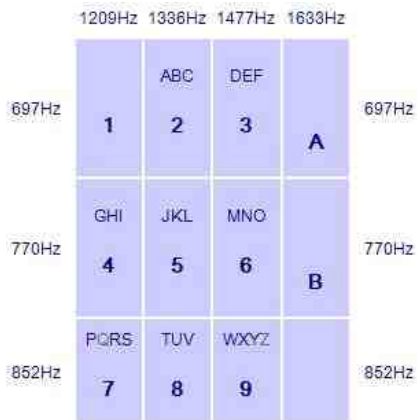


그림 2. DTMF 신호 전송 다이얼 주파수  
Fig. 2. Dial tone for DTMF signals

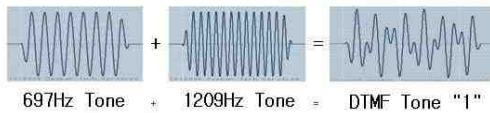


그림 3. DTMF 숫자 "1"의 파형

Fig. 3. DTMF signal formation for dial 1

예를 들어 숫자 "1"을 입력하였을 경우를 살펴 보면, 그림 3에서와 같이, 697Hz의 저주파 파형과

1209Hz의 고주파 파형이 동시에 전화기에서 교환기로 전달되게 되고 교환기는 이를 다시 숫자로 디코더하여 "1"으로 인식하게 된다. 이렇게 두 개의 주파수를 혼합 사용함으로써 신호 전송의 전송에러 확률이 매우 낮아진다.

3. 시스템 구성모듈 설계 사양

그림 1에 보인 모니터링 시스템의 주요 구성품은 독거노인들의 실내 활동량을 모니터링하기 위한 출입감지 모듈, 인체 움직임을 감지모듈, 가전기기의 사용 빈도를 나타내는 전기사용 감지 모듈과 생체 신호를 나타내는 혈압측정 모듈 등이다. 그리고 모니터링 데이터를 의료정보관리센터로 전송하기 위한 ZigBee-PSTN 게이트웨이 및 데이터 모듈이 뒷받침되어야 한다.

표 2. 출입문 감지 센서 사양  
Table 2. Specifications of door sensor

출입문 감지 센서 성능	
전원	DC 3.0V (AA size 2EA)
센서 감지	OPEN (2cm 이상)
간격	CLOSE (1cm 이내)
출력 레벨	0dBm
저전압	
감지 레벨	2.4V ±0.05V
소비 전류	SLEEP MODE (5uA)
	INTERRUPT MODE (27mA)

3.1 출입감지 모듈

독거노인 출입문에 설치하여 독거노인의 출입 현황을 모니터링하고, 아울러 출입문의 열림과 닫힘의 상태까지 모니터링하도록 하였다.

출입문 감지센서의 설계사양을 표 2에 보였으며, 이 센서는 독거노인의 출입문에 설치되므로 외부의 전력을 사용할 수 없기 때문에 AA 크기의 건전지 2개를 사용하였다. 출입이 감지되어 게이트웨이와 RF 송수신을 할 때에는 약 27mA, 출입이 감지되지 않는 휴면모드, 즉, sleep mode에서는 약 5uA의 소비전류를 사용하여 24~30개월의 수명을 가진다.

### 3.2 인체 움직임 감지 모듈

독거노인의 인체 감지는 아파트 현관의 절전형 조명에 사용되는 범용 PIR 센서(LHI878)를 사용하여 독거노인의 동작 변화를 감지하는 용도로 제작하였으며, 그 설계 사양은 표 3과 같다. LHI878은 Dual Element Type으로 인체의 온도 36.5°C에서 방사되는 적외선인 IR을 감지하며, 인체의 동작에 대하여 민감하게 반응한다. 이 인체감지 센서는 독거노인이 주로 생활하는 실내 공간에 설치하여 독거노인의 동작변화를 감지하였다. 인체 감지센서는 설치시에 배선 공사를 하지 않고 220V 플러그에 꽂아 용이하게 탈부착 할 수 있는 형태로 설치하였다.

표 3. 인체감지 센서 사양  
Table 3. Specifications of body sensor

인체 감지 센서 성능	
전원	AC220V/60Hz
센서 감지 거리	5m
센서 감지 각도	좌/우/상/하 45°
소비전력	120mW (RF통신시)

### 3.3 전기사용 감지 모듈

전기사용 감지 모듈은 가전기기의 소비전력을 감지하는 모듈로서 가전기기의 220V 플러그와 연결하여, 가전기기의 ON/OFF를 감지하도록 하였다. 전기사용 감지모듈의 설계사양은 표 4에 나타내었으며, IEC-62053(International Energy Metering Specification)의 기준을 만족하도록 하였다.

표 4. 전기 사용 감지 모듈의 설계사양  
Table 4. Specifications of electricity

전기 사용 감지 모듈	
정격 전압	AC220V/DC5V(DC3.3V)
개발 형태	Plug-Outlet / Home Socket 접속
계측 방법	IEC 62053 International Energy Metering Specification
Energy Meter IC	Active(real) power measurement for single-phase, residential energy-metering
소비 전류	약 1W

### 3.4 혈압 측정모듈

독거노인의 생체정보 중 하나인 혈압 데이터를 수집/모니터링 하기 위해서 가정용 혈압계(자원메디칼, uATTE-FT)를 사용하였다. 혈압계는 64개의 측정된 혈압 데이터를 저장 할 수 있으며, USART 인터페이스로써 ZigBee 노드와 연결되어 혈압이 측정 될 때 마다 혈압 정보를 게이트웨이 에 전송하게 된다.

### 3.5 ZigBee-PSTN 게이트웨이 및 데이터 모뎀

ZigBee-PSTN 게이트웨이의 코디네이터는 활동량 및 혈압계의 ZigBee 노드로부터 실시간으로 모니터링 정보를 전송받는다. 이렇게 전송받은 정보는 코디네이터에서 신호처리를 하여, 활동량 정보는 4시간 단위로, 혈압측정 정보는 실시간으로 DTMF 신호로써 PSTN 모뎀을 통하여 중앙관리센터로 전송하게 된다. PSTN 모뎀의 블록다이어그램을 그림 3에 보였다. 관리센터에서는 전송받은 정보를 DB에 저장하고 TCP/IP를 통해 관계자들로 하여금 인터넷으로 정보를 확인 할 수 있도록 한다. 또한 추가적인 응급상황 기능으로서 활동량을 모니터링 하는 3개의 센서에서 1시간동안 아무런 이벤트가 발생하지 않으면 실시간으로 관리센터에 비상상황이 일어났음을 알리게 한다.

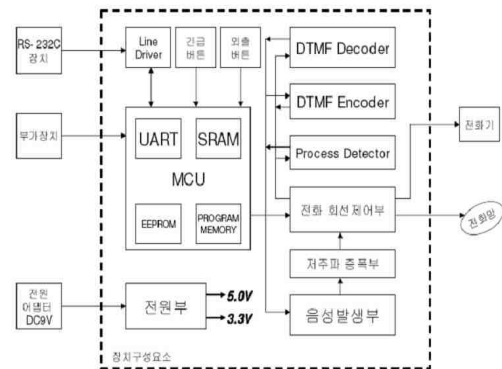


그림 3. PSTN 모뎀 블록다이어그램  
Fig. 3. Block diagram of PSTN modem

### 4. 시스템 제작 결과

관리센터에서 관리하는 독거노인의 정보는, 그림 4에 보인 바와 같이, 담당 간호사, 담당 사회복지사 등이 홈페이지를 통해 확인 할 수 있다.

예를 들어 강길동(가명)노인의 정보를 보면 연락처와 주소는 물론 설치 된 제품들의 목록까지도 확인이 가능하다. 강길동 노인은 활동량 모니터링 센서, 혈압기, 혈당기 등의 큰 분류로 세 가지의 장비를 설치한 것으로 나타난다.



그림 4. 홈페이지의 등록 대상자 정보 화면  
Fig. 4. Information page of enrolled people

활동량 모니터링 화면을 그림 5에 보였으며, 측정 시간별로, 출입 감지 센서의 감지 횟수, 출입문의 최종상태, 배터리 상태, 장비상태와, 활동량 감지 센서의 감지 횟수, 장비상태, 그리고 전기 사용량 감지모듈의 감지 횟수, 최종가전기기의 상태, 장비상태 등을 확인 할 수 있다. 확인 목록 중 장비상태는 센서나 모듈에 부착되어 있는 Zigbee 노드와 게이트웨이의 코디네이터 사이의 통신 연결 상태를 의미하는 것이다.

측정일시	날짜번호	순서	출입감지			활동감지		전기사용감지			
			감지수	최종 문상태	배터리 상태	장비 상태	감지수	장비 상태	감지수	최종 전기 상태	
2007-12-25 13:48:31	12	1	1	닫힘	충만	정상	365	정상	1	ON	정상
2007-12-25 14:48:28	12	0	4	닫힘	충만	정상	60	정상	1	OFF	정상
2007-12-25 10:48:23	11	6	2	닫힘	충만	정상	47	정상	1	OFF	정상
2007-12-25 06:48:19	11	5	0	닫힘	충만	정상	0	정상	0	OFF	정상
2007-12-25 02:48:17	11	4	0	닫힘	충만	정상	4	정상	0	OFF	정상
2007-12-24 22:48:13	11	3	0	닫힘	충만	정상	88	정상	0	OFF	정상
2007-12-24 13:48:09	11	2	1	닫힘	충만	정상	49	정상	1	ON	정상
2007-12-24 14:48:04	11	1	7	닫힘	충만	정상	135	정상	1	OFF	정상
2007-12-24 10:47:59	11	0	3	닫힘	충만	정상	15	정상	0	OFF	정상
2007-12-24 06:47:53	10	6	0	닫힘	충만	정상	0	정상	0	OFF	정상

그림 5. 활동량 모니터링 화면  
Fig. 5. Screen shot of mobility monitoring

그림 6은 생체정보 화면을 나타내고 있으며, 측정 시간대별 최고 및 최저혈압 확인이 가능하다. 혈압이 표준치를 벗어날 경우 붉은 색으로 표시하여 건강이상을 표시하도록 한다.

일자	혈압	
	최고	최저
07/11/23 10:35	130	86
07/11/23 07:23	182	97

그림 6. 생체정보(혈압) 측정 화면  
Fig. 6. Screen shot of vitality measurement

### 5. 결론

본 논문에서는 ZigBee-PSTN 기반의 독거노인 활동량 및 생체신호 모니터링 시스템을 개발하였다. 실내 활동량 모니터링은 현관 출입현황, 실내 움직임, 가전기기의 사용 빈도를 다루었으며, 생체정보 모니터링은 혈압을 취급 하였다. 모니터링 센서로 부터의 데이터 수집에는 스타결선의 ZigBee 네트워크를 사용하고, 측정값을 중앙관리센터로 전송하는 단계에서는 PSTN 전화선로를 사용하였다. 본 연구에서 개발된 시스템은, 무선 센서 네트워크와 PSTN 유선망을 결합함으로써, 인터넷 기반 시설이 취약한 환경에서도 용이하게 적용될 수 있으며, 독거노인들이 일상생활 속에서 무구속적인 모니터링이 가능하도록 개발되었다.

이 시스템은 독거노인들의 불의의 사고나 건강이상을 실시간으로 모니터링 함으로써 육체적, 정신적 부담을 감소시키고, 고령화 사회에서 큰 문제점으로 부각되고 있는 노인 복지를 위한 독거노인 원격진료 시스템으로 확장하여 적용 될 수 있다.

## REFERENCES

[1]Seok-Hee Lee, et al., "A Study on Distributed Gateway for The Bio-signal Management in U-Healthcare," Journal of The Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 49-IE, No. 2, pp. 96-102, June 2012.

[2]Jung-Hoon Kim, "Manchester Coding of Compressed Binary Clusters for Reducing IoT Healthcare Device's Digital Data Transfer Time," Journal of The Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, Vol. 8, No. 6, pp. 460-469, 2015.

[3]Hong-Jin Park, "Implementation of the Living Alone Elderly People Protection System Using Ubiquitous Sensor Networks," Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, Vol. 15, No. 2, pp. 41-48, 2010.

[4]Seung-Chul Shin, et al., "Realization of an e-Health System to Perceive Emergency Situations," Proceedings of Korea Information Science Society, Vol. 31(1B), pp. 322-324, 2004.

[5]Seong Ho Choi, Yun Seop Yu, "Ubiquitous Sensor Network System for Monitoring the Bio-information and the Emergency of the Elderly at Silver Town," Proceedings of The Korean Institute of Electrical Engineers, pp. 227-228, Oct. 2008.

[6]Jinho Yoo, "The IoT Implementation Technology for e-Health Device Connection,"

Journal of The Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, Vol. 8, No. 5, pp. 394-399, 2015.

[7]Hee-Jeong Lee, et al., "Implementation of u-Care System Based on Multi-Sensor in u-Home Environment," Korean Society for Internet Information, Vol. 12, No. 2, pp. 135-147, 2011.

[8]ZigBee Alliance, "ZigBee Specification v1.0", 2005.

---

## 저자약력

---

### 최 경 선(Kyung Sun Choi)

[정회원]



- 1988년 2월: 영남대학교 전기공학과 (공학사)
- 1990년 2월: 경북대학교 공대 전기공학과 (공학석사)
- 1998년 2월: 영남대학교 전기공학과 (공학박사)
- 1990년 3월~1998년 12월: 한국전기연구원 선임연구원
- 2002년 10월~현재: 경남테크노파크 책임연구원

<관심분야> 발전기제어계 모델링 및 안정도해석, 최적제어, 분산형 전원계통, 원격진료 및 스마트홈 시스템

### 전 중 창(Joong-Chang Chun)

[중심회원]



- 1983년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1991년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학석사)
- 1995년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학박사)
- 2003년 2월 ~ 현재 : 경남과학기술대학교 전자공학과 교수

<관심분야> 안테나 및 마이크로파 공학, 레이더, 센서 네트워크