

# 센서 네트워크 기반의 환자 모니터링 시스템 구현

장선아\*, 김창영\*\*, 양재균\*, 배재학\*  
\*울산대학교 컴퓨터·정보통신 공학부  
\*\*울산대학교병원  
e-mail:christina.jang@gmail.com

## Implementation of Patient Monitoring System Based on Sensor Network

Seon-Ah Jang\*, Chang-Young Kim\*\*, Jae-Gun Yang\*, Jae-Hak J. Bae\*  
\*School of Computer Engineering & Information Technology, University of Ulsan  
\*\*Ulsan University Hospital

### 요 약

본 논문에서는 센서 네트워크를 이용해서 환자 모니터링 시스템(PVMS : Patient Vital Sign Monitoring System)을 구현하였다. 최근 의료 서비스에 유비쿼터스 컴퓨팅 기술을 적용한 사례들이 늘고 있다. 기존 사례에서는 센서 전지 수명, 이동 통신비, 응급상황 대처 등 개선할 부분이 존재한다. 본 연구에서는 이런 점들을 해결하기 위해 환자의 체온 및 맥박 생체신호를 측정하기 위해 소형 센서를 사용하였다. 또한 생체신호 전달을 위해 초저전력 무선통신 노드를 사용하여 언제 어디서나 환자 모니터링이 가능하고 의료진에게 응급상황을 신속하게 전달할 수 있는 웹기반 시스템을 개발하였다. 본 연구의 결과는 병동환자뿐만 아니라 활력증후를 상시로 모니터링해야하는 원거리 환자를 위한 의료시스템 구축에도 활용될 수 있을 것이다.

### 1. 서론

모바일 디바이스와 각종 센서, 각종 회로에 관한 기술은 네트워크 기술과 융합하여 유비쿼터스 컴퓨팅을 가능하게 하였다. 이것은 사용자가 언제 어디서나 컴퓨터를 편리하게 사용하는 이용자 중심의 컴퓨팅 환경을 의미한다. 한편, 생활의 웰빙화와 사회의 노령화 현상은 건강, 문화, 레저 등 삶의 질에 관한 관심을 불러일으켰다. 이런 관심을 충족시키기 위해서는 유비쿼터스 컴퓨팅 기술을 이용한 U-헬스케어(U-Healthcare)[1, 2]에 대한 연구가 필요하다.

U-헬스케어에 관한 연구 사례로 대구광역시에서 웨어러블 컴퓨터 기반의 u-헬스 서비스 시스템을 구축하였으며, 한화 S&C와 충청남도농업기술원·농촌진흥청을 위한 원격 진료 시스템을 개발하여 서비스를 제공하고 있으며, KT-마산시는 U-헬스 서비스를 제공하고 있다. 또한 가천의과대학에서는 RFID를 이용한 건강검진 시스템을 구축하여 서비스하고 있다[3].

기존의 사례에서는 센서 전지의 수명이 짧아서 자주 교체해야 하고, 모바일을 통해 정보를 송·수신하기 때문에 이동 통신비가 많이 발생한다던가, 응급상황이 발생한 경우에 신속하게 대처하는데 곤란을 겪는 등의 개선해야 할 사항이 있었다. 또한, 건강정보를 개인이 조회하고 관리하는데 어려움이 있었다.

이에 본 논문에서는 소형 센서, 초저전력 무선통신 노드 등을 적용하고 응급상황 발생시 빠르게 대처할 수 있는 알림 모듈 등을 제작해서 기존 시스템의 문제점을 해결하고자 PVMS를 설계 및 구현하였다.

PVMS는 환자의 이동성을 제한하지 않고, 간호사의 간호 활동에 도움을 주며, 의사에게는 환자의 체온과 맥박 정보를 실시간으로 제공해 줌으로써 환자에게는 최적의 치료환경을 제공하고, 의료진에게는 진료환경 개선을 위한 새로운 모델이라 볼 수 있을 것이다.

### 2. PVMS 설계

일반적으로 연속적인 생명징후(Vital Sign)를 측정하는 것은 외래(통원치료)환자 보다는 입원환자를 대상으로 한다. 생명징후에는 맥박수, 혈압, 호흡수, 피부온도와 색깔 등이 있다. 본 논문에서는 가장 기본적인 피부온도 및 맥박을 측정하는 시스템을 설계하였다.

PVMS를 구현하기 위해 수립한 설계 목표 및 구조는 다음과 같다.

PVMS의 설계에서는 첫째, 개발 원가를 최소화 하고자 하였다. 둘째, 기존 종합병원의 체온 및 맥박 측정 방법의 장단점 분석을 바탕으로 하였으며, 셋째, 패킷의 송·수신을 위해 상용화된 모듈을 채택하였다. 넷째, 시스템 개발 및 이용을 용이하게 하기위해 웹기반 시스템을 구축하도록 하였다. 이렇게 하여 경제성, 효율성, 확장성 및 개발의 편의성을 강조하였다. 이와 같은 기본 원칙하에 다음과 같은 설계 목표를 수립하였다.

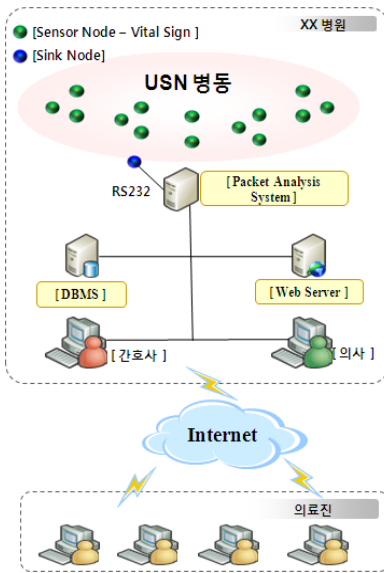
- ① 생체 측정기는 저가형 센서, 소형화, 모듈화 한다.
- ② 상용화된 모듈을 이용한다.
- ③ 이동성을 위하여 무선 통신 기능을 갖춘 장치를 이용한다.

- ④ 수집된 자료는 데이터베이스에 저장하고 웹 기반의 정보 관리 시스템을 구현한다.
- ⑤ 응급 상황 발생시 자동 감지 프로세스가 동작하여 SMS 전송 및 알람을 올린다.

전체 시스템 구조는 [그림 1]과 같다. 환자가 체온과 맥박 센서가 장착된 센서노드를 착용하고 있으면, 체온과 맥박이 주기적으로 측정되어 Knote의 무선모듈을 통해 싱크노드로 전송된다. 센서노드에서 정보를 수집하기 위한 프로그램은 nesC로 구현하였다.

싱크노드로 전송된 패킷은 Packet Analysis System을 통해 환자별 체온과 맥박 정보 등으로 파싱되어 DB에 저장된다. Packet Analysis System 구현 및 DB 연동은 JAVA 4.0을 이용하여 구현하였다.

DB에 저장된 체온과 맥박 정보는 맥박의 변화율 및 제한 범위를 기준으로 정보를 분석하여 응급 상황시 의료진에게 알리며, 환자의 상태를 실시간으로 모니터할 수 있다. 또한 다양한 환자정보와 처방정보를 기준으로 관리할 수 있다. 관리 프로그램 구현 및 DB 연동은 웹 서비스를 위해 PHP를 이용하여 개발하였다.

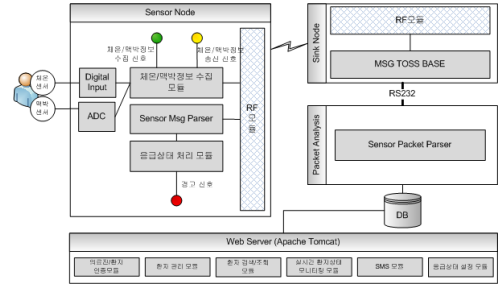


(그림 1) 전체 시스템 구조

### 3. PVMS 구현

[그림 2]는 전체 시스템 모듈 구성도이다. 체온/맥박 센서, 체온/맥박 정보를 수집하는 모듈과 응급상태 처리 모듈이 구현된 센서노드로 구성되어 있다. 또한, 체온/맥박 정보를 분석하기 위한 Sensor Packet Parser 모듈과 실시간 환자상태 모니터링 모듈, SMS 모듈 등이 구현된 관리 프로그램이다.

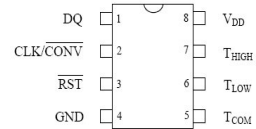
여기서는 위에서 설명한 모듈들에 대해 구현한 결과를 설명한다.



(그림 2) 전체 시스템 모듈 구성도

#### 3.1 체온/맥박 측정 센서

[그림 3]은 체온 측정을 위해 사용한 DS1620 칩이다. DS1620칩은 칩 내부에 서미스터(Thermistor)를 가지고 있으며, 외부에서 3-wire serial interface를 통해 실제 온도를 바로 읽어낼 수 있다. [그림 4]는 DS1620 칩 PIN 배열이며, 사용하는 PIN인 DQ는 Data Input/Output, CLK는 Clock Input, /RST는 Reset Input 이다[4].



(그림 3) DS1620칩 (그림 4) DS1620칩 PIN 배열

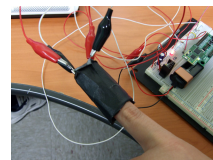
[그림 5]와 [그림 6]은 맥박 측정을 위해 사용한 센서이며, 이 센서들은 아날로그로 값을 출력하여 디지털 값으로 변경해 주어야 한다. 맥박 측정 방법은 손가락에 빛을 투사하여 투과되는 빛의 세기를 감지하는 방식을 채택하였다. [그림 6]은 손가락에 빛을 투사하는 발광부이며, [그림 5]는 수광부로 투과된 빛의 세기를 감지한다[5]. 빛의 세기는 손가락의 두께, 센서의 위치, 발광의 정도, 혈액의 투명도 등에 의존한다. [그림 7]은 센서를 이용해 만든 맥박 센서이다.



(그림 5) CDS Photo CELL (N5AC-30508)



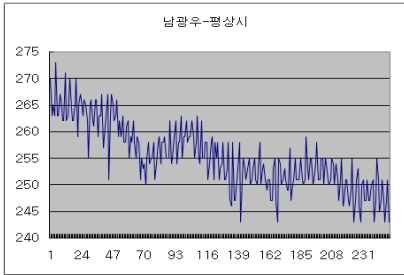
(그림 6) 라운드 타입 고효율 LED(IWL-R5R30F)



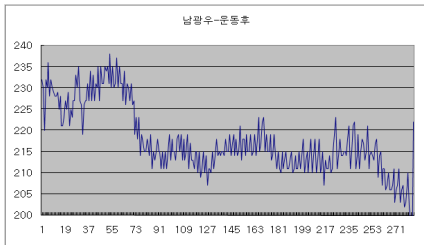
(그림 7) 완성된 맥박 센서

3.2 맥박 측정 실험

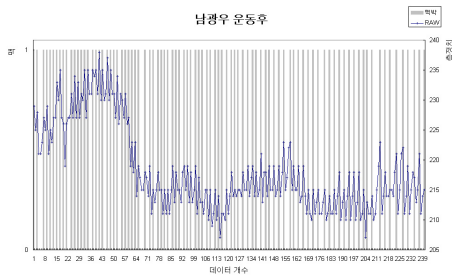
[그림 8]은 운동 전에, [그림 9]는 운동 후에 맥박센서를 이용해서 측정한 결과이다. 운동을 하면 인체에 산소를 공급하기 위해 심장 활동이 빨라지는데, 그에 따라 맥박도 빨라진다. 두 그래프를 비교하면 운동 후의 파형의 간격이 더 좁아지는 것을 확인할 수 있다. 맥박은 각각의 파형에서 최고점에 해당하는 값을 적산하였다. [그림 8]에서 X축이 증가함에 따라서 측정값이 전체적으로 내려가거나 [그림 9]에서 앞부분 측정값이 상대적으로 큰 것은 손가락의 움직임이나 센서의 흔들림 등 외부 요인에 의한 것으로 보이며 맥박의 측정과는 무관하다. [그림 10]은 측정치와 맥박을 함께 표현한 것으로 격은선 그래프는 센서 측정값이고 막대 그래프는 맥박의 측정값을 나타낸다.



(그림 8) 정상시 맥박 측정 장치를 이용해 수집한 데이터



(그림 9) 운동후 맥박 측정 장치를 이용해 수집한 데이터



(그림 10) 운동후 맥박 카운트 그래프

[표 1]은 2회분의 맥박 측정 결과이다. 맥박센서를 이용해서 측정된 값과 진맥을 이용해서 측정된 값의 오차가 큰 경우도 있으나 대부분 근소한 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 또한 이 결과는 [표 2]에서 확인할 수 있듯이 맥

박의 수치가 정상 범위[6]에 속해있었다.

<표 1> 맥박센서와 진맥을 이용한 맥박 데이터 (측정시간 : 1분)

이름 (성별)	환경	테스트 횟수	맥박센서 (개수)	진맥 (개수)	오차
남광우 (남)	정상시	1	66	64	2
		2	60	66	-6
장선아 (여)	정상시	1	66	67	-1
		2	67	66	1
강지은 (여)	정상시	1	76	65	11
		2	64	69	-5
남광우 (남)	운동후	1	91	92	-1
		2	87	87	0

<표 2> 맥박의 정상 범위

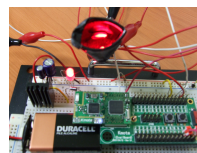
구분	정상시 맥박	운동후 맥박
성인	남 50 ~ 80회/분	정상시 맥박의 1.5배
	여 60 ~ 100회/분	
아동	80 ~ 130회/분	
영아	80 ~ 160회/분	

3.3 체온/맥박 측정 센서노드

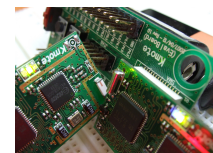
본 논문에서 싱크노드는 센서 네트워크에서 이용하는 초저전력 무선통신 노드인 Kmote를 사용하였고, 센서노드는 외부센서를 연결하여 측정할 수 있는 Kmote 센서 보드(Kmote-S3)를 사용하였다.

Kmote는 TelosbB 플랫폼을 기반한 모델로 TI사의 MSP430F1611 마이크로컨트롤러와 고성능, 소형의 2.4GHz IEEE 802.15.4 무선 RF 칩이 탑재되어 있다[7]. TinyOS 2.0과 1.0 운영체제[8]를 지원하여 TinyOS 1.1.15 버전에서 nesC를 이용하여 체온/맥박 정보 수집 모듈과 응급상태 처리 모듈을 개발하였다.

[그림 11]은 개발된 맥박센서 및 센서노드 사진이다. 맥박센서에서 측정된 아날로그 측정값을 디지털로 변환하기 위해서 센서노드의 ADC PIN에 연결하였다. 센서노드는 맥박 정보를 250msec 단위로 2byte를 측정하며, 2.5초 단위로 1개의 패킷을 생성하여 내장된 RF 모듈을 이용해서 싱크노드로 전송한다. [그림 12]는 패킷을 전송하는 센서노드로 정보를 측정할 때는 센서노드의 파란색 LED를 Toggle시켰으며 싱크노드로 패킷을 전송할 때는 노란색 LED를 Toggle시켜 데이터 통신 상태를 확인할 수 있도록 하였다.



(그림 11) 맥박센서 및 센서노드



(그림 12) 측정정보를 전송 중인 센서노드

싱크노드로 전송되는 패킷에는 센서노드에서 측정된 데이터, 패킷의 처음과 끝을 알리는 Sync byte, 전송되는 패킷의 길이, 측정되는 정보의 종류, 모트 ID(환자 구분) 등의 데이터가 추가된다.

### 3.4 환자 Vital Sign 모니터링 시스템

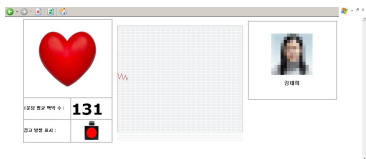
[그림 13]은 의료진이 웹을 통해서 환자를 실시간으로 모니터링할 수 있는 화면으로 현재 체온/맥박 센서노드를 착용한 환자의 상태를 실시간으로 파악할 수 있다. 또한, 특정 환자에 대한 현재 맥박정보를 모니터링할 수 있는데 그것이 [그림 14]이다. 선택된 환자의 맥박 수 및 맥박의 추이를 그래프로 보여주는 화면이다. 만약 응급상태의 환자가 발생할 경우에는 의료진에게 [그림 15]와 같은 문자 메시지를 발송한다.

실시간 모니터링으로 인한 시스템의 부하를 줄이기 위해 AJAX (Asynchronous Javascript + XML) 기술을 사용하였다.

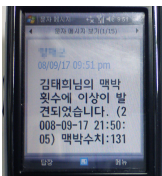


NO	이름	병동번호	상태	맥박정보
1	김태희	201	●	(상세보기)
2	이민서	201	●	(상세보기)
3	김소희	202	●	(상세보기)
4	정민서	202	●	(상세보기)
5	박정우	203	●	(상세보기)

(그림 13) 전체 환자 실시간 맥박 모니터링 화면



(그림 14) 특정 환자 맥박 모니터링 화면



(그림 15) 응급상황 문자 메시지 전송

으로 환자를 관리할 수 있다. 또한 응급상황이 발생할 때 도 조금 더 빠르게 대처할 수 있을 것이다. C/S(Client/Server) 환경에서 의료진은 진료를 위해서 환자와 PC를 오가야만 했다. 하지만 PVMS는 현장 진료와 처방이 가능 하여 의사 및 간호사의 근무환경 개선과 진료 효율을 증대시킬 수 있다.

본 연구의 결과는 병동환자뿐만 아니라 활력증후를 상시로 모니터링해야하는 원거리 환자를 위한 의료시스템 구축에도 활용될 수 있으리라고 기대한다.

### 감사의 글

본 연구는 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 육성지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITA-2008-(C1090-0801-0039)).

### 참고문헌

- [1] 강은영, 김영희, 김응모, “멀티에이전트를 이용한 실시간 원격처리 헬스케어 시스템”, 한국정보과학회 가을 학술발표논문집 Vol. 33, No. 2(B), 2006.
- [2] 고은정, 이형직, 이천우, “유비쿼터스 환경에서 생체정보 인식 모바일 웨어러블 시스템 기반의 U-헬스케어 서비스”, 한국컴퓨터종합학술대회 논문집 Vol. 34, No.1(D), 2007
- [3] 황보정숙, 장선아, 양재균, 배재학, “센서 네트워크 기반의 헬스센터 회원 맥박 모니터링 시스템 구현”, 한국공학·예술학회 학술발표대회논문집 제6권, 제1호, 2008
- [4] Maxim Integrated Products, Inc., “DS1620-datasheet”, <http://www.maxim-ic.com>
- [5] 전자부품쇼핑몰, <http://www.eleparts.co.kr>
- [6] 김창영, “모바일 체온 모니터링 시스템에 관한 연구”, 울산대학교 정보통신대학원, 2004.
- [7] 아이엔테크, “knote-datasheet”, <http://www.tinyosmall.co.kr>
- [8] <http://www.tinyOS.net>
- [9] 대한간호협회 임상간호사회, “임상간호 실무지침서”, 1996
- [10] 김창영, 배재학, “경제적인 모바일 체온 모니터링 시스템의 개발”, 한국정보과학회 제31회 추계학술발표대회 논문집, Vol 31, No. 01, 2004

## 4. 결론

본 논문에서 USN을 이용하여 체온/맥박 정보를 수집하여 무선으로 전송하고 저장된 체온/맥박 정보를 모니터링 해주는 PVMS를 설계하고 구현하였다.

간호사는 환자가 입원과 동시에 모든 생명징후를 일정 시간 마다 체크하며 기록한다[9]. 생명징후를 체크하는 것은 가장 중요한 간호 활동이기는 하나 너무 많은 시간을 소비하게 한다[10]. PVMS를 활용할 경우 의료진은 병실에 모든 환자를 언제, 어디서나 모니터링할 수 있어 효과적