

U-Healthcare 지원을 위한 맥박 정보 모니터링 시스템의 설계 및 구현

권기현*, 이형봉**

요약

U-Healthcare는 센서네트워크분야에서 가장 중요한 응용 분야중 하나이다. 응급상황에 대한 대처가 필요한 다양한 계층의 사람들에게 있어 매우 중요한 서비스가 될 수 있다. 본 논문에서는 자신의 맥정보를 베이스스테이션(Base Station)을 통해 응급상황에 대한 정보를 제공하고 동시에 원격지에 있는 보호자에게 제공하고, 의료진에게 전송하여 정확한 진단을 지원하는 시스템에 대해 설명한다. 이를 위해 맥진모듈로부터 취득된 맥진정보를 베이스스테이션 및 모니터링 시스템으로 Zigbee 및 TCP/IP를 통해 전송하며 이에 사용되는 패키지구조를 설계한다. 또한 모니터링 시스템에서는 전송되는 맥진정보를 데이터베이스에 저장하고 웹을 통해 서비스를 제공함으로써 가족을 포함하여 인가된 사람들로 하여금 맥의 상태를 모니터링하는 시스템을 설계하고 구현한다.

Design and Implementation of Pulse Monitoring System for U-Healthcare

Ki Hyeon Kwon*, Hyung Bong Lee**

Abstract

U-Healthcare is one of the major applications in ubiquitous sensor network. U-Healthcare has potential to become a critical service for the people who immediately require emergency ambulatory attention. This paper describes about the real time pulse monitoring and reporting system, consisting of two components: thus, the one is a reliable bio-sensor that continuously monitors the pulse information of the subject, and the other is the automatic transfer system that transmits pulse information to both his/her family and hospital care system through the Base Station. In the hospital, this bio-information can be used to treat the patient accordingly. I designed the pulse information monitored by a bio-sensor module that transfers the pulse information to both the Base Station and the central monitoring system through transmitting protocols such as Zigbee and TCP/IP, as well as designed the architecture of information packets for the corresponding protocols. Furthermore, the central monitoring system automatically parses the pulse information of the subject into the web database server, which can continuously provides the real time information and status of the subject via an internet browser to the clients who are family members of the subject and the authenticated medical care personnel as well.

Keywords : U-Healthcare, USN(Ubiquitous Sensor Network), Pulse Diagnostic Support

1. 서론

U-Healthcare란 유비쿼터스 컴퓨팅기술을 보

건의료에 접목한 것으로 “인체의 건강관련 정보를 시간과 공간의 제약 없이 수집, 처리, 전달, 관리할 수 있게 해줌으로써 제공되는 원격지 의료서비스”라고 정의할 수 있다. 웰빙과 건강정보에 대한 관심이 고조되면서, 좀 더 편리하고 양질의 의료서비스를 저렴한 비용으로 누리려는 기대감과 의료서비스 제공자 측면에서는 만성성인병 환자의 증가 및 인구 고령화 시대에 새로운 맞춤/고급의료 서비스에 대한 요구가 커지

※ 제일저자(First Author) : 권기현

접수일:2008년 11월 23일, 완료일:2008년 12월 24일

* 강원대학교 전자정보통신공학부

anyjava@empal.com

** 강릉대학교 컴퓨터공학과(교신저자)

고 있다. 이러한 의료서비스에 대한 새로운 요구와 IT분야의 신 시장에 대한 요구가 접목되어 U-Healthcare 서비스 개념이 도입되고 이를 구현하기 위한 기술개발이 활발하게 진행되고 있다[1][2][3][4].

제안하고자하는 U-Healthcare 시스템은 응급상황이 발생하기전의 개인에 대한 일상적인 검진과 기록을 할 수 있고 의심되는 증상이 발생했을 때 일차적으로 개인이 이를 확인할 수 있으며 동시에 의료진에게 전송하여 환자의 상태에 대한 모니터링 및 응급상황에 대한 대처를 할 수 있도록 지원하는 시스템이다.

U-Healthcare 실현을 위해서는 1)의료 서비스 제공자, 2) 수혜자, 3) 유무선 통신네트워크 그리고 4) 지능형 의료기기 네 가지 구성요소가 필요하다. 이 중에서도 유무선 통신네트워크와 지능형 의료기기가 핵심 요소라고 할 수 있다[1].

지능형 의료기기가 처리하는 생체신호로는 ECG, EEG, 혈압, 혈당, 맥박, SpO_2 (혈중산소포화도) 등이 있는데 이 가운데 맥박은 편하게 취득할 수 있는 형태이면서도 중요한 많은 정보를 가지고 있다.

본 논문은 맥진 모듈을 활용하여 맥의 상태를 웹을 통해 모니터링하는 시스템에 관한 것으로 다음의 조건을 만족하도록 한다. 첫째, 응급상황이 발생하기전의 개인에 대한 일상적인 검진과 기록을 할 수 있어야 한다. 둘째, 의심되는 증상이 발생했을 때 일차적으로 개인이 이를 확인할 수 있으며, 셋째, 동시에 보호자 및 의료진에게 인터넷을 통해 전송하여 환자의 상태에 대한 모니터링 및 응급상황에 대한 대처를 할 수 있도록 지원하는 시스템이다.

U-Healthcare에 대한 연구로는 지능형 의료기기 개발에 관한 것, 당뇨병 관리 등 다양한 연구가 있었으나 SpO_2 및 맥박의 웨이브폼(waveform) 정보의 제공 및 분석에 대한 연구는 미미한 편이다[4][5].

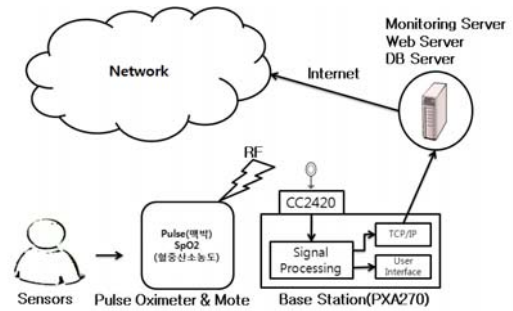
본 연구에서는 맥진 모듈에서 얻어지는 맥진 정보(맥박수, 맥박 웨이브폼, SpO_2 , Strength)를 활용하여 맥의 상태를 웹을 통해 실시간 모니터링하는 시스템을 개발하고자 한다. 이를 위해 2장에서는 맥박정보 모니터링 시스템, 3장에서는 맥파, SpO_2 및 데이터 감축(reduction) 방법에

대해서 기술하며, 4장에서 맥박 정보 모니터링 시스템 구현 사항에 대해 설명한다.

2. 맥박정보 모니터링 시스템

본 논문에서 제안하는 맥진 모듈을 활용하여 맥의 상태를 웹을 통해 모니터링하는 시스템의 구성도는 (그림 1)과 같다.

사용자의 손가락 끝에 부착된 센서 모듈에서는 맥박수, 맥박 웨이브폼, SpO_2 (saturation of oxygen in arterial blood flow), Strength(손가락 끝의 압력)의 생체정보를 취득하여 모트(mote)로 전달한다. 모트에서는 IEEE 801.15.4 MAC 레이어를 지원하며 생체정보를 베이스 스테이션(Base Station)의 CC2420 모듈로 Zigbee를 통해 실시간으로 전송한다. 베이스 스테이션에서는 생체정보를 실시간으로 확인할 수 있으며, 일차적인 진단을 통해 건강상태를 알 수 있도록 한다.



(그림 1) 맥박 정보 모니터링 시스템 구성도

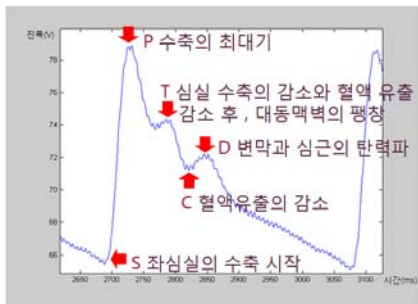
베이스스테이션은 자체적으로 네트워크 연결 및 라우팅을 알아내는 Ad-Hoc 방식을 사용하여 TCP/IP로 인터넷과 연동되며 모니터링서버와 함께 연계되어진다. 모니터링서버는 전송된 생체정보를 데이터베이스에 저장하며 맥박수, 맥박 웨이브폼, SpO_2 , Strength에 대한 수치 및 파형 정보 그리고 SpO_2 와 맥박수를 기초로 한 초기 단계의 진단 정보를 제공한다.

3. 맥파, SpO₂ 및 데이터 감축

본 논문에서 사용하는 중요한 생체정보인 맥박과 SpO₂의 특징에 대해 설명하고 이들 특징을 통해 원격 모니터링 및 초기 진단이 어떻게 이루어질 수 있는지를 제시하고 Zigbee를 통해 전송되는 데이터의 감축 방법에 대해 설명한다.

3.1 심장수축에 따른 맥파의 의미

심장 수축과 이완에 따른 맥파의 의미는 (그림 2)와 같다. 좌심실의 수축시작(S), 수축의 최대기(P), 심실 수축의 감소와 혈액 유출 감소 후, 대동맥 벽의 팽창(T), 혈액 유출의 감소(C), 변막과 심근의 탄력파(D)와 같이 설명된다[6]. 맥파의 주요 지점에 대한 계측을 통해 맥파의 의미를 해석할 수 있으며 진단을 이끌어 낼 수 있다.



(그림 2) 맥파의 의미

3.2 SpO₂, 맥박 판단기준

<표 1> 성인의 PaO₂와 SaO₂간의 관계

구분	PaO ₂ (mmHg)	SaO ₂ (%)
정상치	97	97
허용범위	> 80	95
저산소혈증	< 80	< 95
가벼운편	60 - 79	90 - 94
보통	40 - 59	75 - 89
심한편	< 40	< 75

CO-oximeter로 측정된 SaO₂는 맥박산소계(Pulse-oximeter)계측기로 측정된 SpO₂보다 약간 높게 나타날 수 있지만 임상적으로 큰 문제가

되지는 않는다. SpO₂가 70~100%의 범위 내에서는 SaO₂와 비교할 때 ±2~3%의 차이가 있으나 임상적으로는 SaO₂와 거의 비슷한 개념으로 쓰이고 있다[7][8]. 표 1의 SaO₂를 SpO₂ 기준값으로 사용하여 초기단계의 진단을 할 수 있다. 성인의 정상 심박수는 분당 60~80회이면 정상으로 판단하며 50~100회 이면 허용 범위에 속한다. 표 2의 맥박수와 허용범위를 기준값으로 사용하여 초기단계의 진단을 할 수 있다.

<표 2> 성인의 정상 맥박

구분	맥박수
정상치	60 ~ 80
허용범위	50 ~ 100
심한편	50미만, 101이상

3.3 맥파 데이터 감축(reduction)

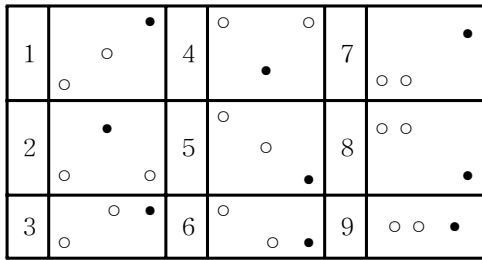
Pulse-oximeter로부터 취득된 데이터는 모트를 통해 무선으로 베이스스테이션에 전달되는데, 이때 모트와 베이스스테이션간의 데이터 송수신량에 대한 문제가 발생한다. 송수신 신뢰상의 문제로 인해 실제로 취득 가능한 데이터 보다 적은 데이터를 보내게 되는 문제가 있다. 또한 맥파의 분석을 위해서도 잡음을 제거할 필요가 있다.

이를 위해 맥파에 TP(turning point) 알고리즘[9]을 적용하여 전송되는 데이터양을 줄이고 양질의 맥파를 얻을 수 있다. TP 알고리즘은 간단한 방법이지만 매우 효과적인 방법으로 식 1을 기준으로 한다.

$$sign(x) = \begin{cases} 0 & x = 0 \\ +1 & x > 0 \\ -1 & x < 0 \end{cases} \quad (1)$$

(그림 3)의 (a)는 세 점(X0, X1, X2)이 구성할 수 있는 패턴 9가지를 나타내 것으로 각 패턴에서 의미를 가지는 값으로 판단되는 점을 흑점으로 표시한 것이다. 그리고 (그림 3)의 (b)는 (a)의 9가지 패턴에 대한 값의 변화를 A, B 식에 의하여 구한 것으로 계산결과 C의 값이 0이 되면 X1이 선택되고, 1이 되면 X2가 선택된

다.



(a) 가능한 세 점의 패턴과 선택 지점

Pattern	A	B	C	선택지점
1	+1	+1	1	X2
2	+1	-1	0	X1
3	+1	0	1	X2
4	-1	+1	0	X1
5	-1	-1	1	X2
6	-1	0	1	X2
7	0	+1	1	X2
8	0	-1	1	X2
9	0	0	1	X2

(b) 선택지점을 구하기 위한 연산,

$$A: s_1 = \text{sign}(X_1 - X_0),$$

$$B: s_2 = \text{sign}(X_2 - X_1),$$

$$C: \text{NOT}(s_1) \text{ OR } (s_1 + s_2)$$

(그림 3) TP(turning point) 알고리즘

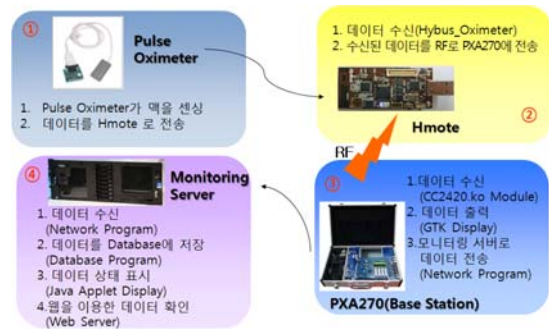
4. 맥박정보 모니터링 시스템 구현

2절의 맥박정보 모니터링 시스템, 3절의 맥파, SpO2 및 TP 알고리즘을 사용하여 구현한 시스템의 처리흐름, 무선 센서네트워크와 패킷 구조에 대해 설명한다.

4.1 처리흐름

맥박 정보 모니터링 시스템의 처리흐름은 첫째, Pulse-oximeter에서 취득한 SpO₂와 맥박수, 맥박 웨이브폼을 모트(mote)로 전송한다. 둘째, 수신된 데이터를 RF로 PXA270 베이스스테이션에 전송한다. 셋째, 베이스스테이션에서는 CC2420을 통해 데이터를 수신하며 GTK를 사용하여 파형과 초기 단계의 진단을 출력한 다음 TCP/IP를 통해 모니터링 서버와 연동하게 된다

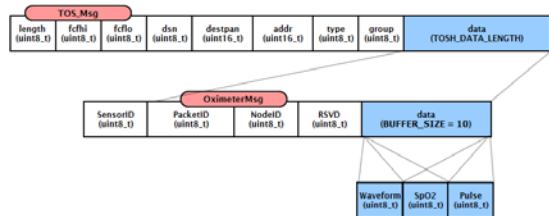
(그림 4).



(그림 4) 처리흐름

4.2 센서 데이터 전달 패킷 구조

센서에서 취득된 데이터는 Zigbee를 통해 통신하게 되므로 (그림 5)와 같이 Zigbee의 표준 패킷 구조인 TOS_Msg 패킷 구조를 따르며 맥박수, 맥박 웨이브폼 등의 센싱 데이터를 패킷의 data영역에 실어서 전송하게 된다. TP 알고리즘을 바탕으로 웨이브폼의 각 샘플링 데이터를 웨이브폼, SpO₂, 맥박수 각각을 10개씩 누적하여 전송하도록 패킷 구조를 설계한 것이다. 즉, 각 생체신호는 3회에 걸쳐서 전송되어진다. 데이터를 10번 누적하여 사용 한 것은 여러 번 실험하여 구한 최대치이며, 웨이브폼의 높이 값이 1바이트로 충분히 표현가능하기에 int8_t로 하였다.



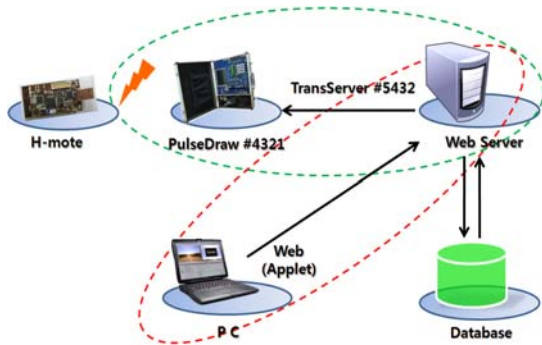
(그림 5) 패킷 구조

4.3 무선 및 네트워크 연동

SpO₂와 맥박수, 맥박 웨이브폼 등의 센서를 탑재한 모트(mote)는 Zigbee를 사용하여 베이스스테이션(Base Station)과 통신하게 된다.

베이스스테이션에서는 맥파와 취득된 데이터를 사용하여 차트 및 초기 단계의 진단을 출력하는 동시에 모니터링 서버사이에는 신뢰성 있

는 연결을 위해 스레드(thread)기반의 동시성 제어 네트워크 연동을 한다(PulseDraw). 이를 통해 베이스 스테이션이 다운되었을 경우 모니터링 서버를 재부팅하지 않고서도 센서와 베이스 스테이션이 준비 되는 즉시, 모니터링이 가능하도록 작성하였다(그림 6)



(그림 6) 무선 및 네트워크 연동

모니터링 서버에서는 PulseDraw와 클라이언트로 연결하는 동시에 수신한 패킷을 웹서버에 제공하기 위해 서버의 기능을 수행한다(TransServer). 모니터링을 위해 웹서버에 구현된 JAVA 애플릿은 TransServer와 연동하여 패킷정보를 얻으며 차트 및 초기 단계의 진단을 출력하고 데이터베이스에 패킷을 저장한다.

4.4 모니터링 서버 데이터베이스 연동

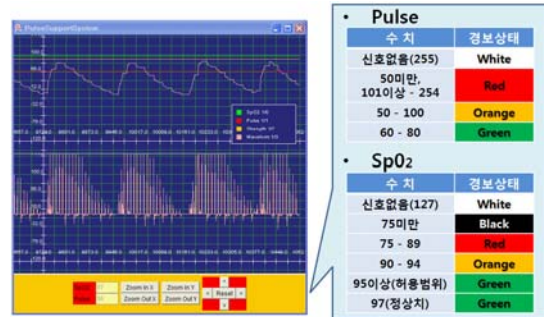
모니터링 서버에 전달된 패킷은 임상 데이터의 데이터베이스화를 위해 데이터베이스에 저장한다. 이때 되는 테이블은 표3과 같으며 데이터 전달 횟수를 줄이고 맥박의 정보를 최대화하기 위해 Data1 ~ Data10에 10번 취득된 데이터를 모아서 전달받게 된다.

<표 3> 패킷 저장 테이블

Field Name	Type
SourceMoteID	int
Channel	int
LastSampleNumber	int
Data1 ~ Data10	int
TimeStamp	datetime

4.5 모니터링 화면

(그림 7)은 맥진 모듈을 활용하여 맥의 상태를 웹을 통해 모니터링하는 화면을 표시한 것이다.



(그림 7) 모니터링 화면과 진단 색상

화면의 상단에는 SpO_2 와 맥박수, 맥박 웨이브폼이 (그림 3)의 TP 알고리즘을 적용하여 표시되며 하단에는 맥박 웨이브폼의 시간에 따른 맥박의 변화를 판단하기 위해 시간으로 1차 미분한 결과이다. TP알고리즘을 사용하기 전에는 300ms로 샘플링하여 한 펄스의 최대값을 전송하는 수준에서 그쳤으나, TP알고리즘을 사용한 후에는 30ms까지 샘플링가능 하였으며 웨이브폼 데이터를 전송 가능하게 되었다. TP알고리즘은 bio데이터를 처리하는데 사용되는 기본적인면서도 효과적인 알고리즘이며 웨이브폼 분석에서 중요한 지점으로 사용되는 (그림 2)의 S, P, T, C, D 부분이 잘 출력되는 것으로 보아 이후의 분석과정에서 의미를 가질 것으로 보인다. 화면 하단에는 SpO_2 와 맥박수에 따라 표1, 2에 의거하여 건강상태를 진단하여 색으로 표시하였다. 정상은 green, 허용범위는 orange, 위험은 red, 매우 위험은 black, 신호 없음은 white로 표시한다.

5. 결론

본 논문은 맥진 모듈을 활용하여 맥의 상태를 웹을 통해 모니터링하는 U-Healthcare 시스템에 관한 것으로 응급상황이 발생하기전의 개인에 대한 일상적인 검진과 기록, 의심되는 증상이 발

생했을 때 일차적으로 개인이 이를 확인, 동시에 보호자 및 의료진에게 센서네트워크 및 인터넷을 통해 전송하여 환자의 상태에 대한 모니터링 및 응급상황에 대한 대처를 지원하는데 목적이 있다.

이를 위해 맥박정보 모니터링 시스템을 설계하고 맥파 및 SpO_2 그리고 TP 알고리즘에 의한 맥파 데이터 감축(reduction)에 대해 정리하였으며, 센서의 전달 패킷 구조를 정의하고 Pulse-oximeter, 모트, 베이스스테이션, 데이터베이스 그리고 모니터링 서버와의 연결을 통해 취득된 맥파와 SpO_2 가 웹을 통해 서비스되도록 하였다. 본 연구는 생체 센서로부터 취득된 데이터를 센서네트워크를 경유하여 웹으로 서비스하는 응용 분야에서 의미를 가진다. 향후 연구로는 취득된 생체 데이터에 대한 보다 지능적인 진단 기법이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 김희찬, 강재민, "유-헬스케어의 기술현황과 전망", 정보과학회지, vol.26, No.1, pp.38-45, 2008.
- [2] 장인훈, 심귀보, "센서네트워크 응용을 위한 반지형 맥박 센서와 모니터링 시스템", 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, vol.17, No.5, pp.619-625, 2007.
- [3] 장문석 외 6, "서비스 통합 시스템에서 지그비를 이용한 유비쿼터스 헬스케어 시스템의 설계 및 구현", 전자공학회 논문지 TC편, vol.43, No.11, pp.1277-1285, 2008.
- [4] 신광식 외 2, "무선센서네트워크 기반의 모바일 유비쿼터스 헬스케어시스템", 한국해양정보통신학회 논문지, vol.10, No.11, pp.2107-2112, 2006.
- [5] 이영순, 이말레, "RFID를 이용한 당뇨병 환자 헬스케어 서비스 시스템 설계", 한국정보과학회 가을 학술발표논문집, vol.33, No.2(A), pp.43-47, 2006.
- [6] 유태우, "음양맥진과보사", 음양맥진출판사, 1994.
- [7] 김동수, "호흡관리의 실제", 서울 군자출판사, 1995.
- [8] Morgan GE, Mikhail MS. "Clinical anesthesiology. 2nd ed.", Stamford. Appleton & Lange. 1966.
- [9] Mueller, W. C. "Arrhythmia detection program for an ambulatory ECG monitor.", Biomed. Sci. Instrument., 1978.
- [10] Schrenker, R. A., "Software engineering for future

healthcare and clinical systems", Computer Vol. 39, pp.26-32, 2006.

- [11] Dan Rasmus, Bill Crouse, M.D., "Future of Information Work Healthcare 2015", Mucrosoft Corp., White Paper, May 2005.

권 기 현



1995년: 강원대학교 대학원 컴퓨터 과학과 졸업(이학석사)
2000년: 강원대학교 대학원 컴퓨터 과학과 졸업(이학박사)

1996년~2002년 : 동원대학 인터넷정보과 교수
2002년~현재 : 강원대학교 전자정보통신공학부 교수
관심분야 : 미들웨어, 임베디드소프트웨어, 무선센서 네트워크, U-Healthcare

이 형 봉



1986년: 서울대학교 전자계산학과 (이학석사)
2002년: 강원대학교 대학원 컴퓨터 과학과 졸업(이학박사)

1986년~1994년 : LG 전자, 컴퓨터 R&D 연구소
1999년~2004년 : 호남대학교 소프트웨어공학과 교수
2004년~현재 : 강릉대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야 : 운영체제, 임베디드 센서 네트워크, 정보 시스템 보안, 프로그래밍 언어