
USN 센싱 시스템에 기초한 다중 생체신호 분석 시스템

노진수* · 송병호** · 배상현**

Multimodal Biological Signal Analysis System Based on USN Sensing System

Jin-soo Noh* · Byoung-Go Song** · Sang-Hyun Bae**

이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국한술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임.
기초과학 분야 : KRF-2007-357-D00187

요 약

본 논문에서는 피실험자의 체온, 맥박, 호흡수, 혈압을 수집할 수 있는 무선 센서를 이용하여 수집된 생체 신호를 분석하는 시스템을 제안하였으며, 생체 신호를 분석하기 위하여 전문가 시스템을 사용하여 역전파 신경망을 설계하였다. 제안된 시스템은 하드웨어 (UStar-2400 ISP, UStar-2400, Wireless sensors) 부분과 소프트웨어 부분 (Knowledge Base module, Inference Engine module, User Interface module)으로 구성되며 소프트웨어 부분은 HOST PC에 삽입된다. 그리고 시스템의 정확도를 개선하기 위하여 전방향 에러 정정 시스템(LDPC)을 구현하였다. 지식기반 모듈에서 100개의 데이터 집합을 사용하여 역전파 신경망을 훈련하였으며, 지식기반 모듈의 128개의 데이터 집합을 사용하여 실험한 결과 약 95%의 정확도를 가졌으며, 무선 센서를 사용하여 13명의 학생을 대상으로 실험한 결과 약 85%의 정확도를 획득하였다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed the biological signal (body heat, pulse, breathe rate, and blood pressure) analysis system using wireless sensor. In order to analyze, we designed a back-propagation neural network system using expert group system. The proposed system is consist of hardware part such as UStar-2400 ISP and Wireless sensor and software part such as Knowledge Base module, Inference Engine module and User Interface module which is inserted in Host PC. To improve the accuracy of the system, we implement a FEC (Forward Error Correction) block. For conducting simulation, we chose 100 data sets from Knowledge Base module to train the neural network. As a result, we obtained about 95% accuracy using 128 data sets from Knowledge Base module and acquired about 85% accuracy which experiments 13 students using wireless sensor.

키워드

Biological signal, wireless sensor, Ubiquitous, neural network

* 순천대학교(WCU)

** 조선대학교

I. 서론

최근 생명연장과 삶의 질의 향상에 대한 관심이 증대되고 있으며, 세계 인구의 고령화가 진행되고 있는 가운데 인간의 질병을 치료하는 측면보다 질병의 발생 가능성을 최소화하기 위한 건강관리가 생명연장 및 고령화 시대의 건강에 중요한 요소가 되고 있다[1]. 이에 따라 의료 서비스는 유비쿼터스 개념의 재택치료 헬스케어 폰과 같은 원격 의료서비스 개발을 진행 중이며, 무선 센서 네트워크 기술의 발달은 모바일 헬스케어 시스템 개발을 가속화하고 있다[2].

무선 센서 네트워크란 센서가 달려 있어 수집이 가능하고 수집된 정보를 가공할 수 있는 프로세서가 달려 있으며 이를 전송할 수 있는 무선 송수신기를 갖춘 소형장치, 즉, 센서 노드로 구성된 네트워크를 의미하며, 기존의 네트워크와 다르게 의사소통의 수단이 아니라 환경에 대한 정보를 수집하는 것을 그 목적으로 한다[3]. 현재 센서네트워크는 하드웨어와 소프트웨어 플랫폼의 개발과 응용분야의 발굴을 위하여 학계와 산업체에서 많은 연구가 이루어지고 있으며, 대표적인 센서 네트워크 연구 그룹으로는 센서노드용 하드웨어인 MICA[4]와 운영체제인 TinyOS[5]를 개발한 버클리 대학과 산업용 응용 시스템에 필요한 연구를 수행하는 Intel[6]을 들 수 있다. 또한 대표적인 U-Health인 MobileWARD는 전자환자기록(EPR, Electronic Patient Record)을 사용하여 각 병실의 환자 상태를 체크하여 저장하고, 수집된 데이터(혈압, 체온, 맥박)를 이용하여 환자 상태를 관리한다[7].

본 논문에서는 피실험자의 체온, 맥박, 호흡수, 수축기 및 이완기 혈압을 수집할 수 있는 무선 센서를 구현하였으며, 구현된 센서를 통하여 수집된 생체 신호를 전문가 시스템을 통하여 자동으로 분석하고 피드백 할 수 있는 시스템을 제안하였다. 설계된 무선 생체신호 센서를 동작시키기 위하여 UStar-2400[8]을 기본 플랫폼으로 사용하였다. UStar-2400은 ChipCon CC2420 RF 모듈을 사용하여 2.4GHz ZigBee 통신이 가능하며, 저 전력 프로세서인 Atmel Atmega128L 프로세서가 장착되어있다.

본 논문에서는 제안된 생체신호 분석 시스템의 성능 평가를 위해 전문가 지식기반 데이터베이스[9]와의 연동을 통하여 의료 정보 지식베이스를 구성하였으며, 사용자를 진료하는 패턴과 진단 시 이용되는 데이터의 유형에 따른 진단의 다양성 등을 학습시키기 위해 신경망

의 역전파 알고리즘(Backpropagation)을 사용하였다. 또한 생체 신호를 수집하는 센서의 외부 잡음에 대한 강인성을 증가시키기 위해 LDPC[10] 모듈을 설계하여 센서에 삽입하였다.

II. 제안된 알고리즘과 회로 구현

본론은 필요에 따라 3-4 개의 장으로 편집할 수 있습니다. 본 논문에서는 UStar-2400 ISP와 본 논문에서 설계된 생체신호 센서 모듈을 사용하여 생체신호를 분석할 수 있는 시스템을 제안하였다. 그림 1은 제안된 시스템의 전체 블록도 이다.

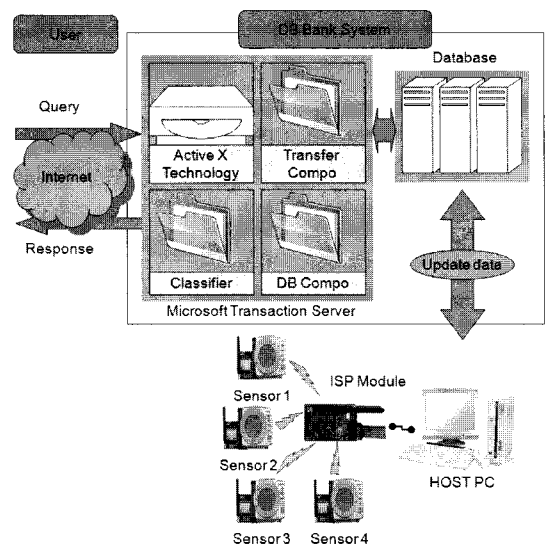


그림 1. 전체 블록도
Fig. 1 Total block diagram

구현된 시스템은 센서 착용자의 체온, 맥박, 호흡수, 혈압을 실시간으로 측정하여 데이터베이스에 저장시킴과 동시에 신경망을 통해 피 실험자의 상태를 정의 후 데이터를 전송시켜 준다.

2.1 하드웨어 시스템 설계

제안된 시스템의 데이터 전송 하드웨어는 그림 2와 같이 크게 세 부분으로 구성된다: 센서의 RF 무선 아날로그신호와 디지털 신호의 인터페이스를 담당하는 센

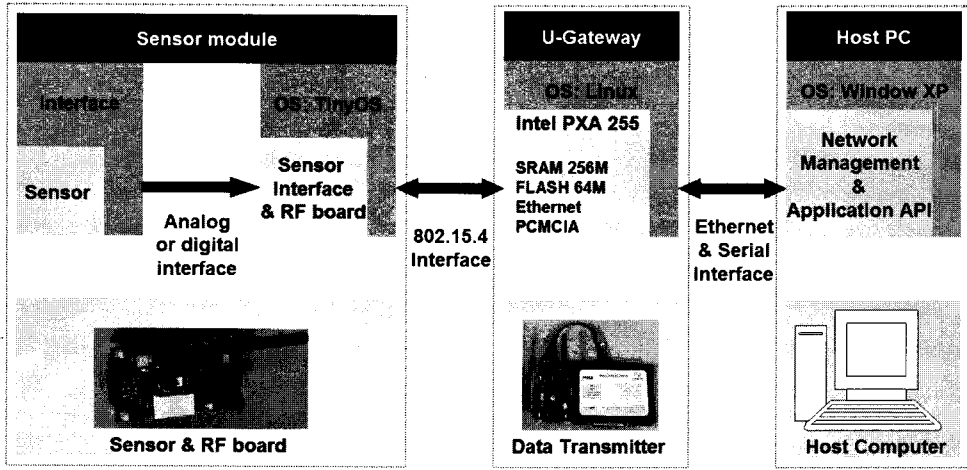


그림 2. 제안된 데이터 전송 하드웨어 시스템
 Fig. 2 The block diagram of the proposed data transmission hardware system

서 모듈, 센서와 호스트 컴퓨터 사이의 데이터 교환을 책임지는 U-Gateway 모듈, 그리고 데이터를 처리하는 Host PC로 나누어진다.

에 수록된 지식을 기초로 하여 피 실험자의 상태를 결정하는 부분이다. 본 논문에서는 전향 추론기법과 후향 추론기법의 혼합형 추론기법을 사용하였다.

2.2 소프트웨어 시스템 설계

소프트웨어의 전체적인 시스템 구조는 그림 3에서 보는 바와 같이 지식베이스(knowledge base), 추론 엔진(inference engine), 그리고 사용자 인터페이스(user interface) 모듈로 분류할 수 있다.

2.3 전문가 시스템 구성

지식베이스 모듈은 조선대학교병원의 전문가의 도움을 받아 2개의 카테고리로 구성하였다. 표 1은 맥박, 비만도, 혈당에 대한 판단근거를 나타내며, 표 2는 혈압에 대한 판단 근거를 나타낸다.

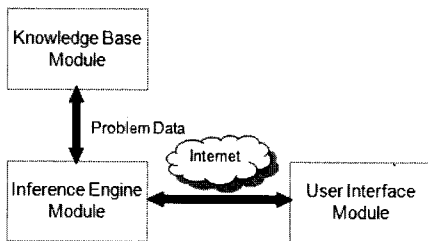


그림 3. S/W 시스템 구성도
 Fig. 3 The block diagram of the S/W system

지식베이스 모듈은 피 실험자의 상태를 결정하는 것을 지원하는 부분으로 전문가 시스템에서 사용되는 특별한 주제에 대한 지식의 데이터베이스로서 피 실험자의 상태를 결정하는데 필요한 데이터와 데이터의 사용 규칙으로 구성되어 있다. 추론엔진 모듈은 지식베이스

표 1. 데이터의 판단 근거
 Table. 1 A Basis of Data decision

| 생체 신호 정보 | 측정 수치 | 판단 결과 |
|------------------|---------|--------|
| 맥박(회수/1분) | 600~100 | 정상 |
| | <=60 | 빈맥 |
| | >=100 | 서맥 |
| 비만도(BMI) | 20미만 | 저체중 |
| | 20~24 | 정상 |
| | 25~29 | 과체중 |
| | 30이상 | 비만 |
| 혈당_공복 (mg/dl) | 80~110 | 정상 |
| | 110~125 | 내당능 장애 |
| | >125 | 당뇨 |
| 혈당_식후2시간 (mg/dl) | 80~140 | 정상 |
| | 140~180 | 내당능 장애 |
| | >180 | 당뇨 |

표 2. 혈압의 분류
Table. 2 Classification of Blood Pressure

| 혈압 상태 | 수축기혈압 (mmHg) | 이완기혈압 (mmHg) | |
|-------|--------------|--------------|---------|
| 저혈압 | <=100 | >=60 | |
| 정상혈압 | <=129 | >=84 | |
| 고혈압각진 | 130~139 | 85~89 | |
| 고혈압 | 1단계 | 140~159 | 90~99 |
| | 2단계 | 160~179 | 100~109 |
| | 3단계 | >180 | >=110 |

2.4 추론엔진 구성

사용자를 진료하는 패턴과 진단 시 이용되는 데이터의 유형에 따른 진단의 다양성 등을 시스템이 학습하기 위하여 본 논문에서는 역전과 알고리즘을 사용하였다. 본 논문에서 사용된 역전과 알고리즘은 4개의 입력단(맥박수, 호흡수, 수축기 혈압, 이완기 혈압)과 표 3과 같은 네 개의 출력단으로 구성되어 있다.

지식베이스 모듈로부터 받은 228개의 데이터 중 추론엔진을 학습시키기 위하여 표준화된 100개의 데이터를 사용하였으며 나머지 128개의 데이터는 추론엔진의 평가에 이용하였다.

표 3. 피 실험자의 생체 신호별 상태
Table. 3 The condition of subject according to bio-signal

| 출력단 | 건강 상태 | 맥박수 | 호흡수 | 수축기 혈압 | 이완기 혈압 |
|-----|-------|---------|-------|---------|--------|
| | | 횟수/1분 | 횟수/1분 | mmHg | mmHg |
| D1 | 양호 | 60~90 | 12~20 | 100~130 | 60~80 |
| D2 | 이상 | 91~140 | 21~29 | 131~149 | 80~90 |
| D3 | 심각 | 141~180 | 30~34 | 150~180 | 90~100 |
| D4 | 응급 상황 | >180 | >34 | =>200 | >100 |

III. 실험 결과

UStar-2400 ISP를 통하여 수집된 데이터는 JAVA로 구현된 오실로스코프 상에서 확인 가능하며 본 논문에서는 4개의 무선 센서를 배치하여 피 실험자들의 상태를 인식하는 실험을 진행하였다. 수집된 데이터는 HOST

PC로 전송이 되며 JAVA로 구현된 LDPC 디코더 블록을 통과한 후 오실로스코프 상에서 각각의 채널을 통해 들어오는 데이터를 확인 할 수 있으며, 최종적으로 JAVA 프로그램 상에서 피 실험자의 상태를 결정한다.

표 4는 구현된 시스템을 테스트하기 위해 사용된 지식베이스 모듈의 128개의 데이터 중 일부를 보여주고 있으며, 전문가의 판단 결과도 포함되어 있다. 전문가의 판단 결과는 1부터 4까지 총 4단계로 구분이 되며, 양호, 이상, 심각, 응급상황으로 구분이 된다.

센서로부터 입력되는 데이터를 이용해 피 실험자의 상태를 결정하기 위해 본 논문에서는 4개의 입력 데이터를 이용하여 4단계 역전과 신경망 회로를 다음과 같이 구성하였다.

학습 데이터 개수: N=100
 i번째 학습 데이터 집합: I_i
 I_{i1} : 맥박 I_{i2} : 호흡수
 I_{i3} : 수축기혈압 I_{i4} : 이완기혈압

- 입력층의 노드 수는 4이다.
- 출력층은 위험정도이므로 4개의 노드를 갖는다.
- 반복된 실험 은닉층은 2개를 갖는다.
- 입력 데이터에서 최대값과 최소값을 구하여 표준화 한다.

구성된 신경망 회로를 이용하여 학습데이터 집합 수에 따른 정확도를 비교하였으며, 그림 4는 그 결과를 보여준다.

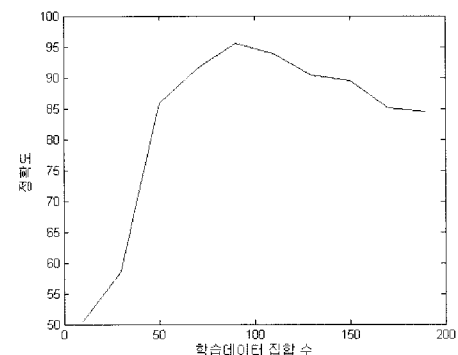


그림 4. 학습데이터 집합에 따른 정확도
Fig. 4 Precision according to the learning data set

표 4. 지식베이스 모듈의 데이터 베이스
Table. 4 Data Base of Knowledge Base Module

| 성별 | 나이 | 체온 | 맥박 | 호흡수 | 수축기혈압 | 이완기혈압 | 의사판단결과 |
|----|----|------|-----|-----|-------|-------|--------|
| 남 | 35 | 37.6 | 92 | 22 | 111 | 68 | 2(이상) |
| 남 | 45 | 34.1 | 56 | 12 | 113 | 74 | 1(양호) |
| 남 | 54 | 36.0 | 64 | 24 | 160 | 100 | 3(심각) |
| 여 | 65 | 36.0 | 80 | 15 | 140 | 90 | 2(이상) |
| 여 | 78 | 36.6 | 90 | 27 | 140 | 80 | 4(응급) |
| 여 | 72 | 36.0 | 100 | 18 | 160 | 80 | 3(심각) |

표 5. 제안된 시스템의 판단결과
Table. 5 Decision result of the proposed system

| 성별 | 나이 | 맥박 | 호흡수 | 수축기혈압 | 이완기혈압 | 의사판단 결과 | 시스템판단 결과 |
|----|----|----|-----|-------|-------|---------|----------|
| 남 | 64 | 90 | 20 | 170 | 110 | 4(응급) | 2(이상) |
| 남 | 47 | 76 | 20 | 120 | 80 | 1(양호) | 2(이상) |
| 여 | 49 | 52 | 20 | 170 | 90 | 3(심각) | 4(응급) |
| 남 | 31 | 72 | 20 | 120 | 80 | 1(양호) | 2(이상) |
| 남 | 35 | 92 | 22 | 111 | 68 | 2(이상) | 1(양호) |
| 여 | 31 | 92 | 20 | 120 | 80 | 2(이상) | 1(양호) |

표 6. 무선 센서를 사용한 실험 결과
Table. 6 Experiment result using wireless sensors

| 성별 | 나이 | 맥박 | 호흡수 | 수축기혈압 | 이완기혈압 | 의사판단결과 | 시스템판단결과 |
|----|----|-----|-----|-------|-------|--------|---------|
| 남 | 25 | 88 | 20 | 100 | 70 | 1(양호) | 1(양호) |
| 여 | 23 | 74 | 21 | 130 | 80 | 1(양호) | 2(이상) |
| 남 | 20 | 88 | 20 | 100 | 60 | 1(양호) | 1(양호) |
| 여 | 22 | 72 | 20 | 130 | 80 | 1(양호) | 2(이상) |
| 여 | 22 | 80 | 20 | 100 | 60 | 1(양호) | 1(양호) |
| 남 | 20 | 110 | 28 | 110 | 80 | 2(이상) | 2(이상) |

결과적으로 학습데이터 집합 수가 100정도 일 때 가장 정확도가 높음을 확인 할 수 있었다.

표 5는 총 128개의 평가 데이터 중 전문가의 진단 결과와 제안된 시스템의 진단결과가 서로 상이한 경우를 보여주고 있다.

표 5에서와 같이 오차 범위가 1인 경우가 6개 발견되

었으며, 그 중 오차 범위가 2 이상인 경우는 1개가 발견되었다. 실험결과 제안된 시스템은 약 95%정도의 정확도를 가짐을 확인 할 수 있었다. 제안된 무선 센서를 이용하여 20대 남녀대학생 13명을 대상으로 실험을 진행하였다. 표 6은 그 중 6명의 실험결과를 나타내며, 약 85%의 정확도를 나타낸다.

IV. 결 론

유비쿼터스 환경에서 휴먼 인터페이스 기술 중 하나인 생체신호 인식 기술의 필요성이 증가하고 있다. 이에 따라 본 논문에서는 무선 생체신호 인식 센서를 이용하여 피 실험자의 건강 상태를 검사 할 수 있는 시스템을 설계하였다. 하드웨어는 휴인스에서 제공하는UStar-2400 ISP 모듈과 본 논문에서 설계한 무선 생체신호 인식 센서로 구성되어 있다. 본 논문에서 구현된 시스템은 228개의 데이터 집합으로 구성된 지식베이스 모듈에서 100개의 데이터 집합을 사용하여 역전파 신경망 회로를 구현하였으며, 지식베이스 모듈을 사용한 실험에서는 약 95%의 정확도를 나타내었으며, 설계된 무선 생체신호 인식 센서를 사용하여 13명의 학생을 대상으로 실험한 결과 약 85%의 정확도를 가짐을 확인하였다.

참고문헌

- [1] Dan Rasmus, Bill Crouse, M.D., ““Future of Information Work Healthcare 2015,”” Microsoft Crop., White Paper, May 2005.
- [2] 송병호, “전문가 시스템의 위험분석을 이용한 U-Health 시스템 설계 및 구현,” 박사학위 논문, 조선대학교, 2008.
- [3] Paramvir Bahl and Venkata Padmanabhan, “RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system,” Proc. of IEEE INFOCOM, vol. 2, p.p. 775-784. March 2000.
- [4] MICA2, <http://www.xcross.com>
- [5] TinyOS, <http://webs.cs.berkeley.edu>.
- [6] Intel, <http://www.intel.com/research/exploratory/wireless-sensors.htm#sensornetwork>.
- [7] Jesper Kjeldskov and Mikeal B. Skov., “Supporting Work Activities in Healthcare by Mobile Electronic Patient Records,” APCHI 2004, Vol. 3101, pp. 191-200, 2004.
- [8] Ustart-2400, <http://www.huins.com>
- [9] 조선대학교병원, <http://hosp.chosun.ac.kr>.
- [10] R.G. Gallager, “Low-density parity-check codes,” IRE Trans. Inform. Theory, vol. IT-8, pp. 21-28, Jan. 1962.

저자소개



노진수(Jin-Soo Noh)

2002년, 2004년 조선대학교
전자공학과공학사 및 석사
2007년 조선대학교 전자공학과
공학박사

2008년 UNSW post-doc

2009년~현재 순천대학교 WCU연구교수

※관심분야: UWB, 센서네트워크, 인쇄전자



송병호(Byoung-Ho Song)

2000년 조선대학교 일반대학원
전산통계학과 이학석사
2008년 조선대학교 일반대학원
전산통계학과 이학박사

※관심분야: 영상처리, 인공지능



배상현(Sang-Hyun Bae)

1988년 동경 독립대학교 대학원
공학박사

1988년 ~ 현재 조선대학교
컴퓨터통계학과 교수
공학박사

※관심분야: 인공지능, 멀티미디어, 영상처리