

상황인식에 기반한 유비쿼터스 헬스케어 모델

김정원*

Ubiquitous healthcare model based on context recognition

Jeongwon Kim*

요약

모바일컴퓨팅, 무선 센서네트워크, 센서 기술로 인하여 유비쿼터스 컴퓨팅 서비스가 현실화되고 있고 모든 사람들에게 의료서비스를 보다 편리하게 제공할 수 있게 될 것으로 기대된다. 이 u-Healthcare 서비스는 시간, 장소에 구애 받지 않고 의료서비스를 제공할 수 있으므로 인간의 삶의 질을 향상시킬 수 있다. 따라서 본 논문에서는 이 서비스를 구현하는 시스템으로 심장병 환자를 위한 헬스케어 서비스 프로토타입을 구현하였다. 시스템은 두 부분으로 구성된다. front-end는 체온, 혈압, 혈중산소농도, 심장의 파형 등 다양한 생체신호를 수집하고 back-end는 수집된 신호를 바탕으로 의료서비스를 제공한다. 단순히 생체 신호만을 의료진에게 전달하는 것은 모니터링 수준에 불과하여 유비쿼터스 헬스케어 서비스의 요구조건을 만족할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 인공지능 기술을 이용하여 현재의 상황을 인식하여 불필요한 신호를 제거하고, 개인의 특성에 최적화된 헬스케어 모델을 제시한다. 철저한 실험을 통하여 제안된 모델은 유비쿼터스 서비스의 요구조건을 만족하고 보다 향상된 서비스를 제공할 수 있음을 확인하였다.

Abstract

With mobile computing, wireless sensor network and sensor technologies, ubiquitous computing services are being realized and could satisfy the feasibility of ubiquitous healthcare to everyone. This u-Healthcare service can improve life quality of human since medical service can be provided to anyone, anytime, and anywhere. To confirm the vision of u-Healthcare service, we've implemented a healthcare system for heart disease patient which is composed of two components. Front-end collects various signals such as temperature, blood pressure, SpO₂, and electrocardiogram, etc. As a backend, medical information server accumulates sensing data and performs back-end processing. To simply transfer these sensing values to a medical team may be too trivial. So, we've designed a model based on context awareness for more improved medical service which is based on artificial neural network. Through rigid experiments, we could confirm that the proposed system can provide improved medical service.

▶ Keyword : 헬스케어(health care), 편재형(ubiquitous), 센서네트워크(sensor network), ART (adaptive resonance theory)

• 제1저자 : 김정원

• 투고일 : 2010. 05. 02, 심사일 : 2010. 06. 08, 게재확정일 : 2010. 08. 16.

* 신라대학교 컴퓨터정보공학부

I. 서론

네트워크, 애플리케이션, 플랫폼 등 다양한 요소기술의 진보로 유비쿼터스 컴퓨팅은 21세기 IT 산업 중 최고의 유망기술로 화두가 되고 있으며 이 기술의 현실화를 위해 각종 디바이스의 표준화 및 접근 용이성, 보안, 인공지능 등의 기술이 활발히 연구 및 개발되고 있다[1,2].

유비쿼터스 컴퓨팅 응용 중 헬스케어 서비스는 인간의 삶의 질을 향상시킬 수 있는데 질병 스크리닝 센서 등 요소기술의 개발이 활발하게 진행되고 있다. 현재 실용화된 서비스는 주로 체온, 당뇨, 맥박, 심전도, 혈중산소농도 등 기본적인 생체 신호에 기반하고 있으나 요소기술들이 개발되면 헬스 서비스의 기능이 확대될 것으로 보인다[3].

헬스케어 서비스의 환자 상태 모니터링은 다양한 요인에 의하여 상당한 양의 네트워크 트래픽을 생산할 수 있다. 이러한 요인에는 환자의 수, 생체신호의 종류, 모니터링 주기, 헬스케어정보의 종류가 있을 수 있다. 이러한 전체 트래픽은 메시지 전송의 허용 가능한 신뢰도, 종단간 지연에 영향을 미친다. 물론 이러한 트래픽을 압축하여 전송할 수도 있지만 중요한 신호의 압축과 해체에 따른 정보손실 또는 지연에 대한 위험성이 존재하므로 신중하게 고려되어야 할 것이다.

따라서 헬스케어 서비스는 다음과 같은 요구조건을 만족해야 할 것이다. 개인에 최적화되고 자동적으로 상황정보를 이용하고 제공할 수 있어야 한다. 또한 상황 인식에 기반하여 인간내부 뿐만 아니라 외부환경 정보가 모두 포함된 의학적 판단을 제공해야 한다. 사용자의 요구조건과 네트워크 트래픽을 감안한 적응형 서비스를 제공해야 한다. 또한 종단간의 신뢰도를 향상시키기 위해 센서장비, 네트워크, 의학장비 등을 포함한 통합적인 시스템이 구축되어야 한다. 환자의 실시간 데이터뿐만 아니라 데이터베이스에 저장된 데이터가 포함된 상황인식 모델이 제시되어야 된다.

한편 기존의 연구들은 생체정보나 환경정보를 서버로 전송하여 사용자의 상태를 모니터링하고 의료진이 이상신호를 발견시 의학적 조치를 취하는 시스템이 주류를 이루고 있다. 그러나 보다 향상된 서비스를 제공하기 위해서는 사용자의 상황을 보다 정확하게 인식하여 대처할 수 있는 상황 인식 기술이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 기 구현된 헬스케어시스템상에서 인공지능망 알고리즘을 적용하여 사용자의 상황을 보다 정확하게 인식하여 개선된 서비스를 제공할 수 있는 모델을 제안한다. 상황인식에 대한 연구는 과거부터 있어왔고 현재까지도 연구 개발되고 있다. 그러나 실생활에 완벽하게 구현된

시스템은 현재까지 없는 실정이다. 대부분의 연구결과는 실험실, 학교, 병원, 스마트룸 등의 공간에 제한적이다.

본 연구에서는 기존의 연구[4]들을 기반으로 가정에서 심장병 환자를 위한 헬스케어를 서비스할 수 있는 프로토타입 시스템을 구현하였다. 구현된 프로토타입은 크게 두 가지 구성요소로 이루어지는데 인체의 헬스 정보를 센싱하여 센서네트워크를 통하여 게이트웨이로 전송하고, 센서네트워크에서 전송된 정보를 유무선으로 연결된 서버로 전송하는 front-end, 전송된 인체의 의료 정보를 모니터링, 관리 및 저장하여 긴급상황 발생시 의료진에게 통보하는 의료정보서버의 back-end로 구성된다.

논문에서는 인공지능망인 ART-1 알고리즘을 적용하였는데 입력된 값들을 기반으로 개인화된 패턴을 데이터베이스에 저장하고 새로운 입력 패턴이 들어올 때 마다 현재의 상황을 인식하여 의료진에 전달한다. 일상적인 패턴은 의료진에게 전달할 필요가 없고 이상상황이 발생한 패턴만 의료진에게 전달하여 네트워크 트래픽을 감소시킬 수 있고 개인에 최적화된 의료 서비스를 제공할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구와 관련된 연구를 소개하고, 3장에서는 구현된 시스템을 설명한다. 4장에서는 상황인식 모델을 제시하고 5장에서는 실험 결과를 설명하며 마지막으로 결론을 맺는다.

II. 관련연구

유비쿼터스 헬스케어를 위한 기술에는 생체센서, 센서 네트워크, 미들웨어, 인공지능 등 다양한 요소 기술이 필요한데 본 장에서는 논문과 관련된 연구를 소개한다.

헬스케어 모니터링 장비는 신체 부착형 또는 휴대형이 있을 수 있는데 이것은 사용의 난이도, 휴대성, 그리고 환자의 상태에 의한다. 장비는 반드시 자동으로 동작하여야 하고 문제가 발생할 경우는 즉각 경고 신호를 전송해야 한다. 헬스케어 모니터링에 관련된 다수의 연구들이 있다. [5]에서는 적외선 및 RF를 이용한 위치 뱃지를 사용하였고, [6]에서는 웨어러블 장치를 통한 장기 모니터링 시스템을 구축하였는데 ECG 측정을 위해 의류내장형 송수신기를 통하여 심장의 파형을 무선으로 전송하는 시스템이다. [7]에서는 ECG 모니터링을 위한 무선 원격 시스템을 개발하였고, [8,9]에서는 혈중 산소 농도 측정을 위한 반지형 센서를 개발하였다. [10]에서는 ECG를 측정하기 위한 블루투스 기반 시스템을 개발하였다. [11]에서는 GSM네트워크상에서 정보의 손실은 최소화하고 실시간으로 ECG데이터를 전송하는 시스템에 대한 연구

를 수행하였다.

상황 인식 측면에 관한 연구로는 사용자에 부착된 웨어러블 센서들의 가속도와 각속도에 기반하여 앉기, 서기, 걷기 등의 상황을 추론하는 방법을 제안하였다[12]. MIT의 house_n 프로젝트는 가정에서 발생하는 상황을 인식하기 위하여 특정 모델로서 노인들의 일상생활이나 기구 사용 등을 인식하는 모델을 제안하였다[13]. [14]의 AwareHome 프로젝트에서는 가정에서 발생하는 다양한 활동을 모니터링하여 상황을 인식하는 것으로서 마이크로폰들을 배열하고 소리를 녹음하여 상황을 인식하는 방법을 제안하였다. [15]에서는 병원 근로자들에게 발생하는 다양한 상황을 RFID 태그를 통하여 인식하는 것으로 추론 규칙을 생성하고 사용자는 이 규칙을 설정하고 경험에 의해 업데이트하는 모델을 제안하였는데 일반 사용자들이 추론 규칙을 다루는 데에는 다소 한계가 있어 보인다.

[16]에서는 병원 근로자들의 활동을 모니터링하기 위해 실제 환경에서 PDA를 통하여 다양한 정보들을 센싱하고 백 프로퍼게이션 신경망으로 상황을 인식한다. 이 기법은 병원 근로자의 일상 활동을 인식하는 것으로 본 논문은 각 가정에서 특정 질병을 가진 환자들의 상황을 인식하고 즉각 대처하는 점에서 차이점을 보인다.

III. 유비쿼터스 헬스케어 시스템의 구조

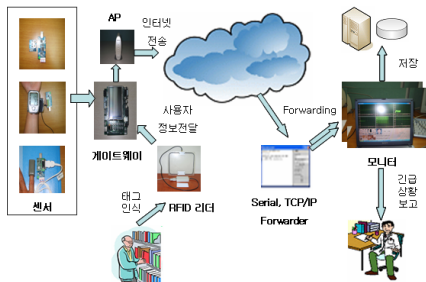


그림 1. u-Healthcare 프로토타입
Fig. 1. u-Healthcare prototype

구현된 시스템은 각종 센서들을 지그비기반의 센서네트워크로 구축하고 유무선으로 정보를 서버로 전송하는 시스템이다. 논문에서 센서네트워크를 구축한 이유는 유비쿼터스 환경에서 센서들의 네트워크 구축이 주류를 차지하고 있기 때문이다. 그림 1은 구현된 시스템의 구조로서 사용자 몸에 센서 모듈을 장착하고 있어 언제든지 자신의 상태가 모니터링되어 서버로 전송된다. 센서들의 정보는 베이스노드가 취합하고 게이트웨이를 통하여 의료정보처리 서버로 전송된다. 이 서버에서

는 수집된 데이터를 기반으로 서비스 사용자의 상태를 인식하고 긴급 상황시 의료진에게 관련 내용을 전송한다.

시스템은 크게 front-end, back-end의 두 부분으로 나눌 수 있다. front-end에서 센서들은 지그비를 이용하여 무선 센서네트워크를 구성하고 센서네트워크용 베이스 노드는 센서 네트워크를 통하여 수집된 데이터를 게이트웨이로 전송한다. 이 게이트웨이는 가정에서 사용자가 휴대하거나 설치된 단말기로 본 연구에서는 임베디드 리눅스가 탑재된 모바일 단말기가 사용되었다. back-end에서는 의료정보처리 서버를 구축하여 수집된 데이터를 기반으로 환자의 상태를 모니터링한다. 신경망의 학습 기법에 의해 상황을 인식하여 서비스 제공자나 의료진이 보다 효율적으로 서비스를 제공할 수 있게 한다. 다음은 구현된 시스템의 세부 모듈들에 대한 설명이다.

3.1 ECG(electrocardiogram) 센서 노드

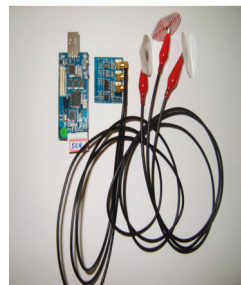


그림 2. ECG 센서 노드
Fig. 2. ECG sensor node

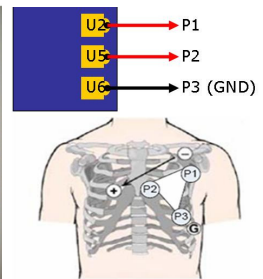


그림 3. 프로브 부착위치
Fig. 3. ECG sensor probe

본 연구에서는 버클리대학에서 배포한 센서 노드용 운영체제인 TinyOS 및 telos 플랫폼[17,18]에 기반한 센서 노드를 사용하였다. telos 플랫폼은 TIMSP430 마이크로컨트롤러와 Chipcon2420 RF가 탑재된 센서노드 플랫폼으로 저전력, 지그비(IEEE 802.15.4)기반의 표준을 지원한다. 설치된 운영체제는 TinyOS 2.x 버전이며 NesC에 의하여 응용프로그램이 개발되었다. 다양한 센서 모듈이 개발되었지만 그 중 하나인 심전도 센서노드의 구현에 대하여 아래에서 소개한다.

그림 2의 심전도 센서노드는 시리얼 통신으로 심전도 데이터를 수집하여 베이스노드로 전송하는 역할을 담당한다. 이 노드에는 Atmega 128L 8bit MCU가 장착되어 있고 RF는 Chipcon CC2420 2.4GHz 가 장착되어 지그비 통신 링크를 제공한다.

일반적으로 ECG는 심장의 전기적 활동을 기록하는 것으로 박동이 될 때마다 전기 충격이 심장을 통하여 지나가게 된다. 이 충격이 심장 근육을 수축시킨 다음 혈액을 심장에서

펌프 운동으로 내보내게 된다. 이것으로 전기 충격이 정상인지, 느린지, 빠른지 또는 불규칙한지 판단할 수 있고 심장이 너무 큰지 또는 과도하게 일을 하는지 그리고 심장발작으로 심장 근육에 손상이 있는지 등을 판단하게 된다. ECG 파형은 좌, 우 심방의 순차적 활동을 보여주는 P파, 좌우 심실의 전기적 자극을 보여주는 QRS 파, 그리고 S 파형 다음에 나타나는 T파가 있는데 P1은 좌심방, P2 우심방쪽, 그리고 P3 는 GND 용으로 부착된다. 그림 3은 심전도 센서의 부착 위치를 나타낸다.

그림 4는 ECG 센서 노드가 동작하는 이벤트 그래프이다. 그림에서 보듯이 Hyper_ECGM 컴포넌트는 타이머, LED, ADC, UART2, GenericComm, 그리고 ECGC 컴포넌트와 연결되어 있다. 타이머는 소리 값을 주기적으로 샘플링하기 위하여 연결하며, LED 센서 노드에 부착된 LED 점멸로 데이터 통신 상태 및 디버깅 목적으로 연결하였다. 또한 ADC는 아날로그로 획득한 측정값을 디지털로 변환하기 위하여 연결하였으며 GenericComm 은 RF 또는 시리얼로 센싱된 데이터 값을 센서노드 또는 베이스 노드로 전송하기 위하여 연결하였다. ECGC 컴포넌트의 경우는 측정값을 직접 센싱하는 센서노드의 값을 ADC에 전달하기 위하여 Hyper_ECGM 컴포넌트에 연결되었다.

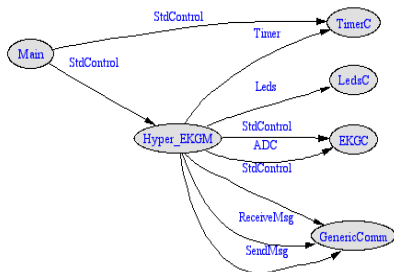


그림 4. ECG 센서의 이벤트 다이어그램
Fig. 4. Event diagram of ECG sensor

3.2 베이스노드

본 연구에서 베이스 노드는 센서 노드에서 발생한 데이터를 수집하여 게이트웨이로 전달하는 역할을 수행한다. 센서 노드와 베이스 노드는 지그비로 통신을 수행하며 베이스노드는 시리얼로 연결되어 데이터를 송수신한다.

그림 5는 베이스노드로 MCU는 Atmel사의 Atmega128L이고 RF는 Chipcon의 CC2420을 사용하였다. 그리고 다운로드 및 시리얼로 디버깅할 수 있도록 다운로드 포트가 설정되어 있으며 이 포트는 게이트웨이와 연결되어 있다. 베이스

노드는 전원공급부, RF, MCU보드, 그리고 게이트웨이와 연결을 위한 시리얼 인터페이스 부분으로 구성된다. 전원은 AAA 배터리(750mAh*2) 또는 게이트웨이에서 공급받을 수 있다. RF부는 Chipcon CC2420, 16MHz crystal로 연결되어 있으며 2.4GHz 안테나와 부착시킬 수 있는 SMA 커넥터로 구성되어 있다.

3.3 게이트웨이

베이스노드로부터 발생한 데이터는 유무선의 서버로 전송하기 위해 임베디드 리눅스가 탑재된 모바일 단말기를 그림 6과 같이 개발하였다. 단말기의 주요 사양은 다음과 같다. CPU로는 인텔 PXA270 Bulverde로서 520MHz의 클럭스피드를 가지고 있어 이미지, 동영상 등 단말기에 디스플레이할 수 있을 정도의 충분한 성능을 가지고 있다. 플래시 메모리의 용량은 64MB인데 부트로더, 커널, 루트파일시스템 그리고 사용자 정의형 파일 시스템을 포함하기 충분한 공간이며 메인메모리는 128MB의 용량을 가지고 있다. LCD는 일반적인 PDA의 크기이며, 통신 인터페이스로는 이더넷이 2포트, PCMCIA 인터페이스가 있다. 또한 시리얼, 블루투스 인터페이스가 있어 다양한 응용 개발이 가능하다.

3.4 의료 정보 서버



그림 5. 헬스케어 모니터
Fig. 7. Health care monitor

그림 7은 의료 정보 서버의 모니터로서 사용자의 다양한 환경을 모니터링하는 응용프로그램이다. 이 프로그램은 서비스 제공자 또는 사용자가 직접 접속하여 현재의 상태를 모니터링할 수 있다. 프로그램은 자바 언어로 개발되었으며 서버의 데이터 베이스와 연동하여 각종 정보를 양방향으로 입출력이 가능하며 의료진에게 연결되어 각종 정보를 전달할 수 있다. 구현된 헬스케어 서버는 PC서버, 윈도우 2003, 그리고 MS SQL을 설치하여 데이터베이스 서버를 구축하였다.

그림 7에서의 그래프는 온도, 습도, 조도, 소리, 맥박, 혈압, ECG 등 센서 노드가 측정한 데이터를 실시간으로 보여

준다. 이 그래프에 표시된 내용은 자동적으로 서버의 데이터 베이스에 저장되어 진다.

집안의 내부 구조는 헬스케어 서비스 사업자 등이 헬스케어 대상자의 집 구조를 파악하여 다양한 홈 네트워크 서비스를 제공하고 긴급 상황 발생시 현재의 환자 위치를 파악할 수 있으며, 또한 서비스 사업자가 센서 노드 설치 위치를 파악하는데 이용될 수 있다. 헬스케어 대상자 신상 정보창에는 사진, 성명, 주소지, 전화번호 등의 정보가 보여진다. 이것은 헬스케어 대상자가 지니고 있는 RFID 태그를 집안에 설치된 리더기가 인식하여 서버에서 자동적으로 인식하여 신상 정보 창에 디스플레이된다. 그래프 기능창은 센서 그래프 창에 표시되는 방식을 조절할 수 있는데 줌, 센싱값의 파일 저장, 기온 값 로딩, 데이터값을 hex 값으로 표시, 스크롤 기능 등이 제공된다.

IV. 인공신경망에 기반한 상황 인식 모델

의료진에게 생체신호만을 단순히 전송하는 것은 모니터링 서비스 수준으로 제한적이다. 따라서 본 연구에서는 인공신경망 알고리즘의 하나인 ART-1을 이용하여 환자의 상황에 적합한 의료서비스를 제공하는 모델을 제안한다.

ART-1 알고리즘이 경계변수값에 따른 인식률의 저하가 문제로 지적되고 있으나 자율적으로 패턴을 분류할 수 있는 네트워크 구조이고 고속의 학습이 가능하며 지역최소화의 문제가 발생하지 않는다. 특히 ART-1은 자동조정학습시스템에 널리 사용되므로 헬스케어분야에 있어서 개인마다 다양한 컨텍스트를 빠른 시간 내에 자동 조정할 수 있는 알고리즘으로 적절할 것으로 판단되므로 본 연구에서 알고리즘의 적용 가능성을 실험하고자 한다. 한편, ART-1은 경쟁학습 패러다임을 이용하는데 그 기준은 winner-take-all 방식이다. 가장 큰 값을 가진 노드가 해당 계층의 승자로 되어 하나의 패턴을 구축하는 것이다. 본 논문에서는 James A. Freeman, David M. Skapura[19]의 알고리즘을 이용하여 상황인식 모델을 개발하였다. 표 1은 알고리즘에서 사용한 기호들이다.

표 1. 알고리즘에 사용한 기호
Table 1. symbols in algorithm

symbol	Description
wij	Weight on the connection from the ith neuron in the F1 layer to the jth neuron in the F2 layer
vji	Weight on the connection from the jth neuron in the F2 layer to the ith neuron in the F1 layer

ai	Activation of ith neuron in the F1 layer
bj	Activation of jth neuron in the F2 layer
xi	Output of ith neuron in the F1 layer
yj	Output of jth neuron in the F2 layer
zi	Input to ith neuron in F1 layer from F2 layer
δ	Vigilance parameter, positive and no greater than 1
m	Number of neurons in the F1 layer
n	Number of neurons in the F2 layer
I	Input vector
Si	Sum of the components of the input vector
Sx	Sum of the outputs of neurons in the F1 layer
A,C,D	Parameters with positive values or zero
L	Parameters with value greater than 1
B	Parameter with value less than D+1 but at least as large as either D or 1
r	Index of winner of competition in the F2 layer

환자의 현재 상황은 여러 가지의 상황 변수에 의존적이고 입력변수는 다양한 숫자, 문자열로 표현될 수 있다. 예를 들면 온도의 경우 숫자 값으로 부호화되고 장소의 경우 장소를 표현하는 번호로 부호화되며 사용자의 특정 질환을 감시하는 경우 해당 센서가 생산한 값을 디지털값으로 부호화한다. 이들의 다양한 상황 변수를 기반으로 상황을 결정하는 것은 단순한 문제가 아니다. 본 연구에서는 이진값으로 부호화하고 ECG의 경우는 변화율로 P, Q, QRS파의 값을 표현하여 ART-1 네트워크의 입력변수로 사용하였다.

아래에서 구현된 ART-1 알고리즘의 주요 처리 과정을 7개의 단계로 설명한다.

- ① 초기화
 $w_{ij} = 0$
 $v_{ji} = 1/(1+n)$
- ② F1 계층 계산:
 $A_i = I_j / (1 + A(L_i + B)) + C$
 $X_i = 1$ if $a_i > 0$, 0 if $a_i \leq 0$
- ③ F2 계층 계산:
 $B_j = \sum w_{ij} x_i$
 $Y_j = 1$ if jth neuron is max in the F2 layer
 0 if jth neuron is not winner in the F2 layer
- ④ 승자 뉴런 선택
 $Z_i = \sum v_{ji} y_j$, summation being on j from 1 to n

$$A_i = I_j / (1 + D_{zi} - B) / (1 + A(I_i + D_{zi}) + C)$$

$$X_i = 1 \text{ if } a_i > 0, 0 \text{ if } a_i < 0$$

⑤ 유사도 검사

If $(S_x/S_i) < \delta$, set $y_j = 0$ for all j

⑥ 승자 뉴런의 가중치 반영

$V_{ir} = (L / (S_x + L - 1))$ if $x_i = 1$, 0 if $x_i = 0$

$W_{ri} = 1$ if $x_i = 1$, 0 if $x_i = 0$

w_{ij} should be positive and less than $L / (m - 1 + L)$

v_{ji} should be greater than $(B - 1) / D$

$a_i = -B / (1 + C)$

⑦ F2의 모든 뉴런에 대하여 재계산 수행(2단계로 다시 진행)

알고리즘은 C++로 구현이 되었고 표2의 학습패턴을 통하여 네트워크가 학습되었다. 네트워크의 입력변수는 {time, location, temperature, activity, ECG}로 구성된다. 감시 대상자가 현재 어느 방에서 무엇을 하고 있으며 이때 ECG의 값을 {P,Q,QRS}의 쌍으로 표현한다. P파가 약하거나 나타나지 않을 경우는 심장으로 혈액흐름에 이상이 있음을 나타내고 QRS값에 비하여 Q파의 값이 높으면 심장마비의 가능성이 높음을 나타낸다. 따라서 입력되는 ECG의 값은 샘플값을 그대로 나타내는 것이 아니라 상대적인 값으로 표현한다.

표 2. 학습 패턴의 예
Table 2. An sample examples

Time	Location	Temp	Activity	ECG (P,Q,QRS)	Context
03:30	bed room	19.5	sleeping	{1,1,1}	NA
08:00	living room	21	watching TV	{1,1,2}	A
19:00	living room	23	exercise	{0,1,1}	W
21:00	rest room	25	washing	{1,5,1}	E
:	:	:	:	:	:

또한 제안모델에서 ART-1 네트워크는 4가지 종류의 출력(context)값을 생성하는데 NA(no activity)는 활동이 없는 상황, A(activity)는 TV를 보는 등의 일상적인 활동상황, W(warning)는 약간의 문제를 보이지만 위급하지 않은 상황, 그리고 E(emergent)는 심장마비의 가능성이 있는 위급 상황으로 분류하였다.

표2의 예를 보면 03:30분에서 사용자는 수면상태로 ECG 값의 변화는 정상이므로 NA, 08:00에서 사용자는 거실에서 TV를 보는 상태로 QRS의 값이 상승하였지만 일상적인 활동으로 A, 19:00에서 사용자가 거실에 약간의 운동에 의하여 P파의 값이 약간 미약하여 체크가 필요한 W, 그리고 21:00

에는 화장실에서 QRS의 값에 비해 Q의 값이 갑자기 상승하여 E의 상황을 나타낸다.

V. 실험 결과 및 분석

제안된 상황인식 모델의 성능을 측정하기 위하여 다음의 실험환경을 가정한다. 감시대상자가 가정에서 일생활을 할 때 발생할 수 있는 다양한 상황을 인식하기 위하여 실험 공간에 각종 센서를 배치하여 센서 네트워크를 구축하고 주기적인 샘플링 작업을 통하여 상황을 인식하여 의료진에게 메시지를 전송한다. 실험에서는 심장병 환자를 대상으로 실제 실험이 곤란하여 임의적으로 상황을 설정하여 실험을 진행하였다.

실험에서는 500개의 학습 패턴을 네트워크에 입력하였고 300개 정도의 실제 데이터로 정확도를 측정하였다. 실험에서는 413회의 반복 후 네트워크는 안정화되었다. ART-1 알고리즘이 경계변수에 따른 인식률이 저하되므로 적절한 값의 선택이 요구되는데 본 실험에서는 표 3과 같이 0.8, 0.9, 0.95의 경계변수에 따른 네트워크 안정을 실험한 결과 0.8이하의 경우 학습이 불가능하고 0.9 부근의 값이 최적인 것으로 나타났다. 즉 경계변수가 낮으면 유사 패턴도 같은 패턴으로 분류하는 경우가 많으며 경계변수가 높으면 네트워크 안정화에 많은 시간이 걸리며 생성된 클러스터의 수가 증가하는 문제점이 발생한다.

표 3. 경계변수값에 따른 학습 결과
Table 3. Learning results by vigilance parameters

vigilance parameter	clusters
0.8	10
0.90	13
0.95	15

표 4는 경계변수 값에 따른 상황 인식 결과를 보여주는 데 행 성분은 실제 데이터를 의미하고 열 성분은 패턴 인식 알고리즘에 의해 예측된 컨텍스트를 나타낸다. 대각성분은 실제 행위와 예측된 행위가 일치하는 것을 의미하고 나머지는 잘못 예측된 경우로서 그 값은 오류정도를 나타낸다.

경계 변수 0.95의 실험에서 상황을 정확하게 인식한 경우는 평균 87%정도를 보였고 나머지는 잘못 인식한 경우이다. NA, E의 경우는 거의 90%이상의 정확도를 보인 것은 수면 상태나 안정된 상태, 그리고 Q파가 QRS에 비해 상대적으로 높은 경우를 정확하게 반영되었기 때문이다. A, W 상황 인식률이 NA, E에 비해 낮은 것은 일상생활 중에서도 격렬한 스포츠 경기를 보거나 심리적으로 흥분한 상태 등의 상황을 네트워크에 정확하게 반영이 되지 않은 것으로 판단된다.

경계 변수가 0.9일 경우는 인식률이 전반적으로 낮아지는 문제점은 있으나 E 컨텍스트의 경우 다른 컨텍스트에 비해 인식률이 크게 저하되지 않는 것은 다른 패턴과 확실히 구분되는 특징 때문인 것으로 판단된다.

표 4. 상황인식 결과(δ : 경계변수)
Table 4. Result of context recognition(δ : vigilance parameter)

context real action		NA	A	W	E
		$\delta = 0.90$	87.2%	6.5%	6.3%
NA	$\delta = 0.95$	92.1%	3.7%	4.2%	0%
	$\delta = 0.90$	10.3%	76.5%	13.2%	0%
A	$\delta = 0.95$	8.5%	81.3%	10.2%	0%
	$\delta = 0.90$	9.7%	8.6%	81.7%	0%
W	$\delta = 0.95$	4.5%	8.3%	87.2%	0%
	$\delta = 0.90$	0%	5.6%	6.1%	88.3%
E	$\delta = 0.95$	0%	4.3%	4.5%	91.2%

한편, 본 실험은 실제 상황을 모니터링하기가 곤란하여 가상 상황을 기반으로 ART-1 네트워크를 학습하고 상황을 예측하였다. 그러나 이 모델을 기반으로 실제 데이터를 적용하여 상황을 인식할 수 있다는 점은 다른 응용에도 유용한 모델로 사용될 수 있을 것이다. 또한 단순한 신체 정보를 전송하는 것에서 벗어나 다양한 상황을 인식하고 이에 대해 보다 수준 높은 의료 서비스를 제공할 수 있다. 그리고 불필요한 정보는 의료진에게 전송하지 않으므로 네트워크 트래픽을 감소시킬 수 있고 개인의 생활 패턴을 반영할 수 있으므로 개인화된 헬스케어 서비스를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

VI. 결론

본 논문에서는 유비쿼터스 컴퓨팅의 응용인 헬스케어 서비스에서 상황인식으로 지능화된 의료서비스를 제공하기 위한 모델을 제안하였다. 심장질환자의 신체에 부착된 센서, 주변 환경에 설치된 환경 센서들을 네트워크로 구축하고 주기적으로 서버에 데이터를 전송하며 인공지능망 모델을 사용하여 감시 대상자의 현재 상황을 인식하여 의료진에게 전달하는 시스템을 구축하였다.

실험의 결과 단순히 생체의 정보를 전송하여 의료진에게 전달하는 것 보다는 현재의 상황을 분류하고 경고상황이거나 긴급한 상황의 경우만 의료진에게 전달하여 네트워크 트래픽을 감소시키고 환자에게 개인화된 서비스를 제공할 수 있음을 확인하였다. 한편 ART 알고리즘이 경계변수 값에 따라 인식률의 변화가 다소 크고 실제 임상실험이 곤란하여 결과의 실

제 적용에는 검증이 필요할 것으로 판단된다.

향후 과제로는 생활 패턴이 상이한 사용자를 대상으로 데이터베이스를 구축하여 구현된 시스템의 적용으로 제안 모델의 신뢰도를 높이고 어려움을 낮추는 것이다.

참고문헌

- [1] 삼성종합기술원, "유비쿼터스 시대를 대비: e-health," CTO Information 제72호, 2002.
- [2] Kalle Lyytinen and Youngjin Yoo, "Issues and Challenges in Ubiquitous Computing," Communications of ACM, December 2002.
- [3] 이은경, "유비쿼터스 컴퓨팅 관련 프로젝트," ETRI, 2003.
- [4] 김정원, "유비쿼터스 혈압 측정 시스템의 설계 및 구현," 한국컴퓨터정보학회논문지, 제 11권, 제 6호, 2006년, 12월.
- [5] Stanford V, "Using pervasive computing to deliver eldercare," IEEE Pervasive Computing Magazine, Vol 10, 2002.
- [6] Jovanov E, O'Donnell A, Morgan A, Priddy B, Hormigo, "Prolonged telemetric monitoring of heart rate variability using wireless intelligent sensors and a mobile gateway," In Proc. Second Joint IEEE EMBS/BMES Conference, 2002.
- [7] Modarreszadeh S, "Wireless, 32-channel, EEG and Epilepsy Monitoring System," In Proc. 19th Annual IEEE Int. Conf. on Engineering in Medicine and Biology, 2000.
- [8] Rhee S, Yang B-H, Chang K, Asada, "The ring sensor: a new ambulatory wearable sensor for twenty-four hour patient monitoring," In Proc. 20th Annual IEEE International Conference on Engineering in Medicine and Biology, 2001.
- [9] Paradiso R, Loriga G, Taccini N, "A wearable health care system based on knitted integrated sensors," IEEE Transactions on IT in Biomedicine, Sept., 2005.
- [10] Khor S, Nieberl K, Fugedi K, Kail E, "Telemedicine ECGtelemetry with bluetooth technology," In Proc. Computers in Cardiology, Rotterdam, 2001.
- [11] Istepanian R, Petrosian A, "Optimal zonal wavelet-based ECG data compression for a mobile telecardiology system," IEEE Trans on IT in Biomedicine, Sept., 2001.

- [12] Lee SW, Mase K, "Activity and location recognition using wearable sensors," IEEE Pervasive Computing, 2002.
- [13] Intille S, Larson K, Kukla C, "House_n: The MIT home of the future project," Department of Architecture, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 2000.
- [14] Bian X, Abowd, GD, Rehg JM, "Using sound source localization to monitor and infer activities in the Home," Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, Technical Report: GITGVU-04-20, 2004.
- [15] Christensen HB, "Using logic programming to detect activities in pervasive healthcare," International conference on logic programming, Copenhagen, Denmark, 2002.
- [16] Jesus Favela, "Activity Recognition for Context-aware Hospital Applications: Issues and Opportunities for the Deployment of Pervasive Networks," Mobile Networking Application, 2007.
- [17] <http://www.TinyOS.net>
- [18] <http://www.hybus.net>
- [19] 김대수, "신경망 이론과 응용," 1995.

저 자 소 개



김 정 원

1995년 : 부산대학교 전자계산학과(학사)
 1997년 : 부산대학교 대학원
 전자계산학과(석사)
 2000년 : 부산대학교 대학원
 전자계산학과 (박사)
 2000년~2001년 : 기술신용보증기금
 기술평가역(차장)
 2002년~현재 : 신라대학교 컴퓨터
 정보공학부 교수
 관심분야 : 내장형시스템, 멀티미디어,
 운영체제