
헬스 케어를 위한 무선 모니터링 시스템 구현

엄상희*, 장용훈**

An Implementation of Wireless Monitoring System for Health Care

Sang-hee Eom*, Yong-hoon Chang**

요 약

최근 고령 인구의 증가에 따른 헬스 케어 수요가 증가하고 있고 환자뿐만 아니라 일반인들에게서도 헬스 케어 모니터링에 대한 요구가 급증하고 있다. 또한 의료 서비스를 제공받으려는 대상자의 불편을 최소화하고, 지속적인 모니터링을 통한 헬스 케어가 가능할 수 있는 의료 기술과 의료 정보 서비스에 대한 수요도 늘어나고 있는 추세이다.

본 논문에서는 헬스 케어를 위한 무선 생체 신호 모니터링 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템은 생체 신호 측정부와 무선 통신부로 구성된 센서 노드(sensor node)와 원격 시스템의 모니터링 프로그램으로 구성된다. 센서 노드에서는 심전도, 혈압, 맥파, 동맥혈산소포화도, 심박수를 측정할 수 있고 블루투스 기술을 이용하여 무선 전송을 하여 모니터링 시스템에서 실시간 무선 모니터링이 가능하도록 구현하였다.

ABSTRACT

Recently, a health care need according to the increase of an advanced age population is increasing. The requirement about a health care monitoring is increasing rapidly from general people as well as patient. The requisition about a medical treatment technique and a medical treatment information service is the trend to be expanding. That can be possible minimizing the inconvenience of the patient to take a medical service and continuously monitoring the status of the patient to take a health care service.

This paper discusses an implementation of wireless physiological signal monitoring system for health care. The system are composed of the sensor node and monitoring program. The sensor node has the physiological signal measurement part and the wireless communication part. The remote monitoring system has a monitoring program that are communicating the sensor node using bluetooth. The sensor node measured the ECG, pulse wave, blood pressure, SpO2, and heart rate.

키워드

health care, wireless monitoring, bluetooth, physiological signal measurement

I. 서론

헬스 케어(health care)란 의료진을 통한 질병의 예방 또는 치료 및 정신적 육체적 건강 상태를 관리하는 것이다. 즉, 헬스 케어는 질병을 극복하기 위하여 적절하게

조치하는 부분과 건강 상태를 유지하기 위하여 적합한 방법을 사용하는 두 부분으로 나누어 질 수 있다. 그동안 헬스 케어가 주로 질병을 극복하는 부분에 비중을 두어 발전되었으나, 경제적 수준의 향상과 건강에 대한 욕구의 증대에 따라 점차 건강 상태의 적절한 관리와 유지

* 동주대학 사이버경찰과

접수일자 2007. 11. 09

** 동주대학 응급구조과

에 대한 비중이 증가하는 형태로 나타나고 있다[1].

헬스 케어 서비스는 의료 기관을 중심으로 제공되었지만, 의료 주체에 대한 인식 변화로 의사에서 환자 중심의 의료 환경으로 변화되고 있다. 또한 고령 인구의 증가에 따른 헬스 케어 수요가 증가하고 있고 환자뿐만 아니라 일반인들에게서도 헬스 케어 모니터링에 대한 요구가 급증하고 있다. 그리고 의료 서비스를 제공받으려는 대상자의 불편을 최소화하고, 지속적인 모니터링을 통한 헬스 케어가 가능할 수 있는 의료 기술과 의료 정보 서비스에 대한 수요도 늘어나고 있는 추세이다[2].

과거의 개인 모니터링 장치들은 유선 연결로 검사 대상자의 활동성이 제한받았다. 최근에는 펄스 모니터(pulse monitor), 활동성 모니터(activity monitor), 홀터 모니터(holter monitor) 등의 검사 대상자의 불편을 최소화할 수 있는 모니터링 장치들에 대한 연구가 있어 왔다. 그러나 이 장치들은 질환의 예측을 위하여 주로 데이터의 수집에 활용 되었으며, 수집된 데이터의 처리와 해석 등의 의료 정보 처리는 다시금 병원을 방문하여 처리하게 된다[3~5]. 따라서 헬스 케어를 위한 센서와 컴퓨터 등을 이용하여 개인별로 실시간으로 얻어지는 의료 신호들로부터 즉각적인 예방 및 응급 처치를 제공할 수 있는 무선 센서 네트워크(wireless sensor network)를 이용하는 생체 신호 모니터링 시스템(physiological signal monitoring system)이 필요하다[6~8].

본 논문에서는 헬스 케어를 위한 근거리 무선 생체 신호 모니터링 시스템을 구현하였다. 헬스 케어를 환경에 적합하도록 개인이 가정 또는 근거리 활동 환경에서 휴대하여 실시간 모니터링이 가능하도록 소형으로 설계하였다. 구현된 시스템은 생체 신호 측정부와 무선 통신부로 구성된 센서 노드(sensor node)와 원격 시스템의 모니터링 프로그램으로 구성된다. 먼저 생체 신호 측정부는 심전도(electrocardiogram : ECG), 혈압(blood pressure : BP), 맥파(pulse wave), 동맥혈산소포화도(blood oxygen saturation : SpO₂), 심박수(heart rate : HR)를 측정할 수 있도록 설계하였다. 무선 센서 네트워크 구현은 최근 근거리 통신의 표준으로 자리 잡은 블루투스(bluetooth)를 사용하였다[9]. 측정된 생체 신호는 무선으로 모니터링 컴퓨터에 전송되며, 모니터링 프로그램에 의하여 GUI 환경에서 간호사 또는 간병인 등에 의한 실시간 감시가 가능하도록 하였다.

II. 헬스 케어 무선 모니터링 시스템

2.1. 시스템 개요

헬스 케어를 위한 생체 신호 모니터링을 위한 전체 시스템은 그림 1과 같다. 본 논문에서는 심전도, 혈압, 맥파, SpO₂, 심박수를 측정할 수 있는 일체형 데이터 취득 보드(data acquisition board)를 설계하였다. 이들 신호는 헬스 케어를 위한 필수적인 생체 신호로서 가정이나 병원에서 지속적인 모니터링을 통하여 이상 여부 판정 및 응급 상황에 대한 대비가 가능하다[10]. 또한 데이터 취득 보드에 블루투스 모듈을 장착하여 근거리 무선 통신이 가능하도록 하여 무선 센서 노드(wireless sensor node)의 프로토타입(prototype)을 구현하였다.

환자 또는 측정 대상자의 신체에 부착된 센서 모듈로부터 얻어진 심전도, 혈압, 맥파, SpO₂, 심박수 등의 생체 신호는 발생 빈도와 발생 시간, 획득 신호의 데이터 량 등이 다르므로 실시간 무선 전송을 위하여 적절한 전송 포맷의 구성이 요구된다. 본 논문에서는 구현된 무선 센서 노드로 실시간 전송이 가능하며, 전송의 단순화를 위하여 전용 통신 패킷을 설계하였다. 측정된 생체 신호는 블루투스 통신을 이용하여 모니터링 컴퓨터로 무선 전송하여 모니터링 프로그램에 의하여 저장 및 출력되도록 구현하였다. 센서 노드로부터 모니터링된 생체 신호들은 인터넷을 통하여 연구실 및 의료 기관에 전송될 수 있으며, 이를 통하여 헬스 케어 서비스, 응급 서비스 등의 여러 가지 의료 서비스를 제공할 수 있다.

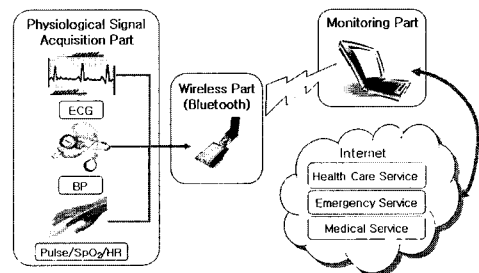


그림 1. 헬스 케어를 위한 무선 모니터링 시스템
Fig. 1. A wireless monitoring system for health care

2.2. 생체 신호 무선 모니터링을 위한 센서 노드

그림 2는 본 논문에서 구현한 생체 신호 모니터링을 위한 센서 노드의 블록다이어그램이다. 센서 노드의 메인 프로세서는 8-bit 마이크로 컨트롤러인 Microchip사

의 18F6520이다. 이 프로세서는 32KB의 플래시 타입의 프로그램 메모리와 4KB의 데이터메모리(RAM)과 1KB의 EEPROM으로 구성되며, 두개의 UART를 지원한다. 또한 CMOS로 되어 있어서 소비전력(5V, 4MHz에서 2mA 이하)이 매우 적고, 잡음 여유가 크고, 집적도가 높은 여러 가지 장점이 있어 본 시스템의 제작에 매우 적합한 프로세서이다[11]. 그러나 버퍼링을 위한 메모리가 부족하므로 이를 보완하기 위하여 128KB의 외부 메모리를 추가하였다.

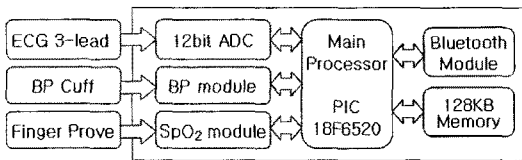


그림 2. 센서 노드 구성도
Fig. 2. The block diagram of sensor node

의료 현장에서 블루투스는 어댑터를 통해 기존 장비를 사용하고 새로운 의료 디바이스에 블루투스 기능을 내장시키는 측면에서 점차 확대되고 있다. 의료 환경에 블루투스를 추가하면 환자의 치료 수준이 상당히 호전될 뿐만 아니라 데이터 수집 및 모니터링을 속히 진행할 수 있어 의료 관련 종사자들에게 많은 시간적인 여유를 제공한다.

본 연구에서 구현된 블루투스 무선 네트워크는 firmtech사의 FB151AS를 사용하였다. 이 모듈은 2.4GHz 대에서 주파수 호핑(frequency hopping)방식으로 무선 통신을 하며, 양방향 1:1 통신을 제공한다. 또한 블루투스 클래스 1을 지원하여 100m까지 전송이 가능하며, 128 bit 암호화된 코드를 사용하여 데이터의 송·수신이 이루어지므로 보안이 요구되는 의료 신호 전송에 적합하다[12]. 메인 프로세서와 블루투스 사이의 데이터 전송은 115.2kbps로 직렬 통신(UART)을 이용한다.

혈압 모듈은 제넥셀의 비침습 혈압 측정 장치인 SE707을 사용하였고, 혈압 커프의 자동 압력 조정으로 측정된 혈압 데이터는 메인 프로세서로 직렬 전송(2.4kbps)하게 된다[13].

SpO₂ 모듈은 MEKICS사의 MM100을 사용하였다. 손가락 프루브에 손가락을 삽입하면 자동으로 적색 광(Red-RED)과 적외선 광(IR-LED)을 조사하여 측정된 광량을 이용하여 맥파와 혈액내의 산소량을 측정하게 되

며, 측정된 데이터는 직렬 전송(19.2kbps)으로 메인 프로세서로 전송하게 된다[14].

본 연구에 사용된 메인 프로세서에는 두개의 UART만을 지원하므로 세 개의 UART를 사용하는 본 시스템에서는 문제가 발생한다. 따라서 혈압 데이터는 인터럽트(ccp interrupt) 및 포트를 통한 가상 UART를 구현하여 데이터를 전송하게 하였다.

2.3. 심전도 측정 회로

수 mV의 미약한 심전도 신호를 획득하기 위해서는 신호 증폭과 노이즈 제거, 기저선 변동 제거 등의 심전도 측정 회로가 요구된다. 그림 3은 본 논문에서 구현한 심전도 측정 회로의 구성도이다. 사지 유도 중의 리드 I(lead I) 방법을 사용하여 측정된 신호는 높은 입력 임피던스(high input impedance)를 가지는 계측용 증폭기(instrumentation amplifier)를 사용하여 증폭하였다. 그리고 주변 전원으로부터 혼입되는 60Hz의 잡음을 제거하기 위하여 노치 필터(notch filter)를 적용하였고, 신호의 오프셋(offset)을 교정하고 기저선 변동을 제거하기 위하여 0.3Hz의 고역통과필터(high pass filter)를 사용하였다. 마지막으로 심전도에 포함되는 고주파 잡음을 제거하기 위하여 35Hz의 저역통과필터(lowpass filter)를 추가하였다. 추출된 심전도 신호는 아날로그 신호이므로 12bit의 해상도로 디지털 신호로 변환하여 메인 프로세서로 전송하게 된다.

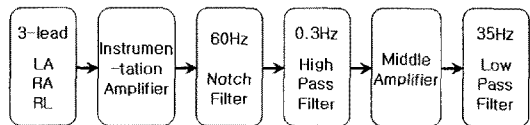


그림 3. 심전도 측정 회로 구성도
Fig. 3. The block diagram of ECG measurement circuit

2.4. 센서 노드 펌웨어 동작

측정 대상자 또는 환자의 신체에 부착된 센서 노드는 생체 신호의 발생 빈도와 발생 시간에 따라서 정확하게 데이터를 입력 받고 저장할 수 있어야 하며, 무선 송·수신을 위한 데이터 전송에 오류가 없어야 한다. 특히, 송·수신 모드에서 센서 노드의 전원 이상, 노드의 오동작, 통신 도달 거리 이상을 벗어날 경우 등으로 인하여 무선 연결이 해제되어도 자동 재접속 및 데이터 재전송 등의

지속적인 송·수신 모드가 유지되어야 한다.

그림 4는 센서 노드 펌웨어 플로우차트이다. 센서 노드가 동작하면서 블루투스 초기화(bluetooth initializing) 과정을 거치면서 블루투스 모듈 및 관련 변수들을 초기화하여 통신이 가능하도록 송·수신 모드를 유지하게 한다. 블루투스 체크 과정(bluetooth checking)에서는 송·수신 모드가 유지되고 있는지를 체크하여 무선 연결이 해제된 경우를 확인하여 강제 접속 종료를 명령하고 다시 초기화하여 접속을 대기하도록 한다.

정상적인 송수신 모드에서는 먼저 혈압 모듈로부터 입력을 받고 측정된 혈압 값을 기억하게 되며, 부족한 UART를 보완하기 위하여 ccp 인터럽트(capture/compare /PWM interrupt) 및 포트를 통한 가상 UART를 구현하는 포트 에뮬레이션(port emulation)으로 데이터를 수신하게 하였다(BP process). 다음으로는 SpO₂ 모듈로 부터 120S/s의 맥파와 동맥혈산소포화도 및 심박수 데이터를 입력받게 된다(SpO₂ process).

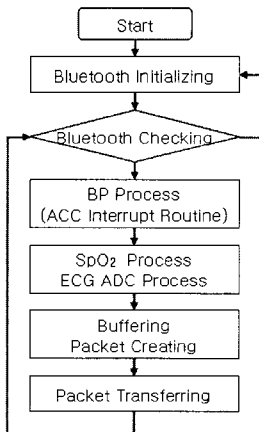


그림 4. 센서 노드 펌웨어 플로우차트

Fig. 4. The flowchart of the firmware in sensor node

심전도 변환 과정(ECG ADC process)은 아날로그 형태의 심전도 신호를 12bit의 ADC를 통해 300S/s의 디지털 신호로 변환하는 과정이다. 이때 정확한 샘플링 시간을 위하여 혈압 측정 과정의 직렬 통신을 위한 ccp 인터럽트를 공용으로 사용한다. 버퍼링 및 패킷 생성 과정(Buffering & Packet Creating)에서 측정된 생체 신호가 버퍼에 저장되고, 무선 통신이 이루어질 경우에 연결 상태에서 오류 제어가 가능하도록 전용 데이터 패킷을 생성하게 하였다. 마지막으로 생성된 패킷은 블루투스를 통

한 무선 전송을 통하여 모니터링 파트로 생체신호를 전송하게 된다.

그림 5에는 본 논문에서 구성한 데이터 패킷의 페이로드(payload) 구조를 나타내었다. 페이로드는 센서 노드에서 획득된 생체 신호인 심전도, 맥파, 혈압, SpO₂, 심박수로 구성되며 총 57바이트로 구성하였다. 페이로드에 4바이트의 헤더(header)를 두어 전송되는 패킷의 시작, 신호의 순서에 관련된 내용을 저장한다. 많은 데이터가 발생하는 심전도 신호와 맥파 신호를 위하여 2바이트 크기의 디지털 신호 10개를 저장하도록 구성하였다. 혈압은 최대값, 최소값, 평균값, 오류 등을 위한 플래그(flag) 등을 포함 하도록 5바이트를 두었으며, SpO₂, 심박수는 각각 2바이트씩을 할당하였다. 마지막으로 오류 검사를 위하여 4바이트를 할당하고 CRC 체크 값을 제공하였다.

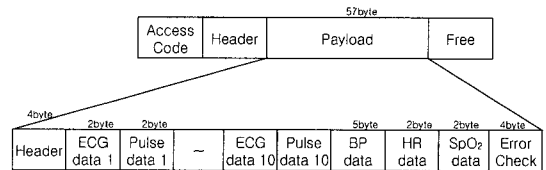


그림 5. 데이터 패킷의 페이로드 구조

Fig. 5. The structure of data packet

III. 결과 및 고찰

본 논문에서 구현한 무선 센서 노드의 프로토타입을 그림 6과 같다. 본 프로토타입은 총 3층으로 구성되며 최상위에는 메인 프로세서와 메모리가 있으며, 두 번째 층에는 블루투스 통신부, 혈압 모듈과의 인터페이스부 및 전원 회로가 배치되었다. 마지막 층에는 심전도 측정 회로와 SpO₂ 모듈을 배치하여 심전도와 맥파, 동맥혈산소포화도, 심박수를 측정할 수 있도록 설계하였다.

그림 7은 센서 노드로부터 무선 전송된 생체 신호들을 모니터링 할 수 있도록 구성한 실시간 생체 신호 모니터링 프로그램이며, 측정된 생체 신호를 무선 전송을 받아 출력하는 화면을 보여주고 있다. 제작된 프로그램은 윈도우즈 환경을 지원하며, VC++6.0을 이용하여 제작하였다. 모니터링 프로그램에서 실시간 모니터링이 필요한 심전도와 맥파는 모니터의 좌측에 그래프의 형태

로 나타내어 의사 및 보호자가 그 변화를 쉽게 확인할 수 있도록 프로그램하였다. 프로그램의 우측 상단은 센서 노드로부터의 무선 통신 연결을 확인할 수 있도록 하여 송·수신 상태가 되면 체크를 표시하게 하였고, 그 아래로 혈압, SpO₂, 심박수가 수치데이터로 실시간 표시하도록 구현하였다.

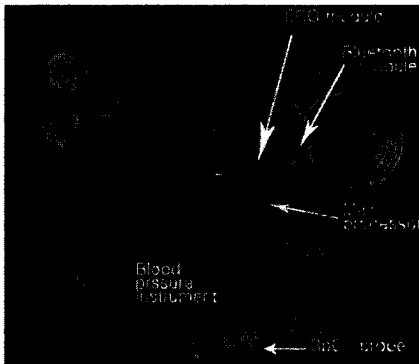


그림 6. 무선 센서 노드의 프로토타입
Fig. 6. The prototype of wireless sensor node

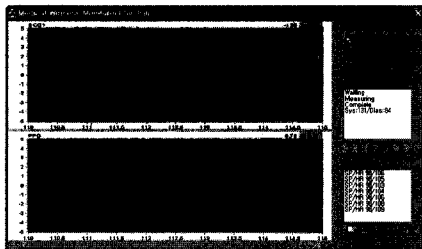


그림 7. 생체 신호 모니터링 프로그램
Fig. 7. The physiological signal monitoring program

구현된 무선 모니터링 시스템은 측정 대상자가 심전도의 전극을 사지 유도 중의 리드 I(lead I) 방법으로 부착하고 SpO₂ 모듈의 probe를 손가락에 착용하면 실시간으로 측정된 데이터가 자동으로 무선 전송을 하도록 설계하였다. 혈압의 경우는 아직까지 커프의 착용을 자동 인지하지 못하므로 모니터링 프로그램에서 측정 명령을 지시하는 방식으로 구현하였다.

표 1은 주요 생체신호의 측정 범위와 오차율을 나타내었다. 무선 전송된 생체 신호 정확도를 파악하기 위하여 시판중인 생체 신호 측정 장비인 P400을 통하여 혈압, SpO₂, 심박수를 측정하고 표2에 나타내었다. 측정 대상은 건강한 남자 성인이며, 10회 반복 측정 후 평균값을

비교하였다. 본 연구에서 제작한 프로토타입에서 무선 전송된 생체 신호의 측정값은 실제 측정 장비의 측정 결과와 오차 범위 내에서 정확한 값을 나타냄을 알 수 있다.

표 1. 측정 범위와 오차율

Table 1. The measurement range and error rate.

	Blood Pressure	SpO ₂	Pulse Rate
Measurement Range	-50~300 mmHG	70~100% ±2%	20~250bpm ±2%

표 2. 생체 신호 측정 비교

Table 2. The comparison of physiological signal measurement

	Blood Pressure	SpO ₂	Pulse Rate
proposed prototype	125/79	98	78
P400	127/81	98	77
Error rate(%)	1.57/3.7	0	1.29

그림 8에는 심전도 신호와 맥파 신호를 생체 신호 측정 장비인 P400을 이용하여 측정하고 그 결과를 오실로스코프로 출력한 사진이다. 그림 7에 제시한 무선 전송되어 모니터링된 신호와 오실로스코프 상의 신호에서 사람에 따라 다양한 형태로 출력되는 생체 신호의 파형 특성이 동일하게 나타남을 확인하였다.

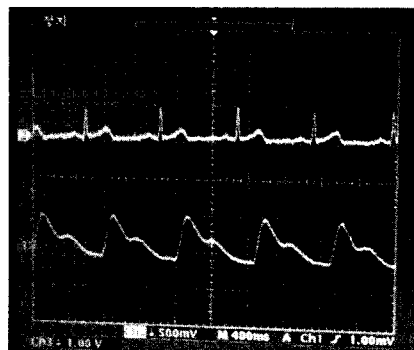


그림 8. 오실로스코프로 측정된 생체 신호
Fig. 8. The physiological signal measured by oscilloscope

IV. 결론

정보통신 기술의 발전과 헬스케어 기기의 발달 등은 통합 의료 시스템의 발전을 가져왔으며 다양한 의료 서비스의 요구 및 지원이 가능해졌다. 특히 원격 모니터링에 대한 많은 연구가 있었으며, 무선 통신을 이용한 다양한 의료 서비스 지원에 대한 연구가 진행되고 있다.

본 논문에서는 헬스케어를 위한 근거리 무선 생체신호 모니터링 시스템을 구현하였다. 심전도, 맥파, 동맥혈산소포화도, 심박수는 측정자에게 센서를 부착하면 자동으로 실시간 무선 모니터링이 가능하도록 구현하였다. 무선 모니터링 부분은 윈도우 환경하에 GUI로 구현하여 누구나 쉽게 실시간 모니터링이 가능하다. 구현된 시스템의 성능을 평가하기 위하여 생체신호 측정 장비와 비교 측정한 결과 오차율 범위안에서 측정이 가능하였다. 개발된 시스템은 홈케어(home-care)에 응용이 가능하며 치료기관 또는 일상생활에서 지속적이고 집중적인 환자의 모니터링과 위험 요소 발생시 즉각적인 대처를 위한 상황에 적용이 가능하다. 향후 연구로는 임상에서 사용되는 다양한 모니터링 장비와의 비교 평가, 많은 임상 환경과 환자를 대상으로 개발된 시스템의 성능 시험 및 보완이 필요하다. 또한 다양한 주변 환경 정보를 함께 모니터링 할 수 있도록 하여야 하며, 이동성이 보장되는 무선 모니터링이 구현되고, 원격 접속에 대한 문제가 해결되면 헬스케어를 위한 보다 다양한 의료 서비스가 제공될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 한국과학기술정보연구원, “고령화 사회의 의료복지 기술,” 2005, 12.
- [2] Tia Gao, Dan Greenspan, Matt Welsh, Radford R. Juang, and Ales Alm, “Vital Signs Monitoring and Patient Tracking Over a Wireless Network,” In Proceedings of the 7th Annual International Conference of the IEEE EMBS, Shanghai, September 2005.
- [3] Aleksandar Milenkovic, Chris Otto, Emil Jovanov, “Wireless Sensor Networks for Personal Health Monitoring: Issues and an Implementation,” Computer Communications (Special issue: Wireless Sensor Networks: Performance, Reliability, Security, and Beyond), Vol. 29, No. 1314, pp. 2521-2533., 2006.
- [4] Matthew Green, Dennis Leote, Kevin Harmon, “Wireless ECG/EKG Monitoring System,” the Final Project Report, the University of Victoria faculty of Engineering, July 28. 2006.
- [5] E. Shih, V. Bychkovshky, d. Curtis, and J. Guttag. “Demo abstract : Continuous, remote medical monitoring,” In Proc. and Annual International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, November 2004.
- [6] 이영동, 정완영, “유비쿼터스 헬스 케어를 위한 센서 네트워크 기반의 심전도 및 체온 측정 시스템: 1. 센서 네트워크 플랫폼 구축,” 한국센서학회지, Vol.15, No.5. pp.362-370. 2006.
- [7] 이대석, 정완영, “유비쿼터스 헬스 케어를 위한 센서 네트워크 기반의 심전도 및 체온 측정 시스템: 2. 생체신호 모니터링 소프트웨어 시스템,” 한국센서학회지, Vol.15, No.6. pp.417-424. 2006.
- [8] 이건기, 이주원, 정원근, 이한욱, 장준영, “스마트홈 헬스케어를 위한 손목형 생체신호 감시 장치 개발,” 한국해양정보통신학회논문지, 제10권, 제12호, 2006.
- [9] Specification of the Bluetooth System, version 1.2, <http://www.techstreet.com> Nov. 05, 2003
- [10] 전승표, 박창길, 박래웅, “U-헬스 환경에서 보건 의료 서비스 공급자의 이슈,” 한국과학기술정보연구원, 11월 2005.
- [11] <http://www.microchip.com>
- [12] <http://www.firmtech.co.kr/product>
- [13] <http://www.genexel.com>
- [14] http://www.mek-ics.com/pro_4_2.htm MM100

저자소개



엄 상 희 (Sang-hee Eom)

1993년 동아대학교 전기공학과
공학사

1995년 동아대학교 전기공학과
공학석사

2000년 부산대학교 전자공학과 공학박사

2000년 ~ 현재 동주대학 사이버경찰과 조교수

※ 관심분야: 신호처리, 의공학, 임베디드시스템, 네트워크



장 용 훈 (Yong-hoon Chang)

1986년 동아대학교 전기공학과
공학사

1990년 동아대학교 전기공학과
공학석사

1998년 동아대학교 전기공학과 공학박사

1996년 ~ 현재 동주대학 응급구조과 조교수

※ 관심분야: 의공학, 정보통신, 영상처리, 패턴인식