

논문 2010-2-18

AdaBoost 알고리즘을 이용한 심전도 정보 판독 시스템의 설계 및 구현

Design and Implementation of Electrocardiogram Data Interpretation system using AdaBoost Algorithm

임명재*, 홍진경**, 김규호***, 최미림****

Myung-Jae Lim, Jin-Kyoung Hong, Kyu-Ho Kim, Mi-Lim Choi

요 약 통계청에 따르면 심혈관 등의 성인병 질환으로 연 600~800명이 사망하는 것으로 나타나고, 고혈압, 동맥경화증, 심장병, 뇌졸중 등은 혈액의 흐름에 장애가 생겨 발생하는 심혈관계질환으로 오늘날 성인병의 주종을 이루고 있는 사망률이 높은 질병으로 구분된다. 또한 사망한 심혈관질환자 중 올바른 응급처치를 했더라면 생존했을 환자가 약 40%를 차지하고 있어 응급상황 발생 시 신속한 대응이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 AdaBoost 알고리즘의 weak classifier를 결합하여 strong classifier를 생성하는 방법을 통하여 효과적인 분석으로 심전도를 측정할 수 있도록 하고, 심혈관 질환자에게 발생한 응급상황을 빠른 시간 내에 관리 데스크에 전달할 수 있는 시스템을 제안하였다. 이에 따라 심전도 센서를 기반으로 측정된 데이터를 ZigBee통신으로 단말기에 전송하고 응급 상황을 판정하여 관리 데스크에 긴급경보와 모니터링을 제공함으로써 신속한 의료서비스 제공이 가능하도록 하였다.

Abstract Diseases such as cardiovascular illnesses, according to the National Statistical Office opened reveals that 600-800 people were killed, blood pressure, arteriosclerosis, heart disease, stroke, etc. will be a flow of blood disorders that occur in cardiovascular illnesses today are fulfilling the Master / Slave samangryulin disease appears high. Died of cardiovascular disease also told them the correct first aid survival when patients are accounted for approximately 40% of emergency rapid response is required. Therefore, this paper, the weak classifier in the AdaBoost algorithm to generate a strong classifier by combining effects throughout the analysis to measure the ECG, and cardiovascular disease that occurred to you as soon as the emergency management system that can deliver on the proposed Desk was. The electrocardiogram data measured by the ZigBee-based sensors, communication devices and emergency transport for emergency alarms in the determination and monitoring of the management desk by providing health services to enable the delivery was fast.

Key Words : AdaBoost , an Electrocardiogram Sensor, ZigBee

I. 서 론

통계청에 따르면 심혈관 등의 성인병 질환으로 연 600~800명이 사망하는 것으로 나타난다. 고혈압, 동맥경

화증, 심장병, 뇌졸중 등은 혈액의 흐름에 장애가 생겨 발생하는 심혈관계질환으로 오늘날 성인병의 주종을 이루고 있는 사망률이 높은 질병이다. 특히 사망한 환자 중 빠른 응급처치와 신속한 병원이송을 했다면 생존했을 가능성이 높은 환자가 40%가 넘는 것으로 나타났다. 때문에 응급상황 시 신속한 의료진의 조치가 중요하다. [1][2] 따라서 심혈관질환자의 보다 정확한 심전도 분석과 건강 상태를 모니터링하고 응급상황의 빠른 대처를 하기 위해

*중신회원, 을지대학교 의료전산학전공

**준회원, 을지대학교 의료전산학전공

***정회원, 을지대학교 의료전산학전공(교신저자)

****정회원, 유투스

접수일자 2010.3.11, 수정일자 2010.4.9

서는 효과적으로 심전도를 측정할 수 있는 방법과 응급 상황을 빠르게 대처할 수 있는 시스템이 필요한 실정이다.^[3]

본 논문에서는 심혈관질환자들의 데이터들을 AdaBoost 알고리즘을 이용하여 학습하고, 이를 기반으로 모델을 구성하여 위급상황 판별 시에 보다 정확히 판별할 수 있도록 오류율을 줄이고, 응급상황 발생 시 신속한 조치를 할 수 있도록 하기 위해 심전도 센서를 통해 생체 신호를 모듈화하고 획득한 생체신호를 ZigBee 통신을 이용하여 단말기에 전송할 수 있도록 설계하였다. 이를 통해 응급상황 발생 시 자동으로 관리데스크에게 알람과 화면을 전송하여 빠른 호출과 효과적으로 환자를 신속하게 조치할 수 있도록 하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 AdaBoost와 심전도 센서, ZigBee 통신에 대하여 설명하고, 3장에서 전체적인 시스템의 설계 및 구현에 대하여 언급하고, 4장에서 시스템의 성능평가를 기술하고, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

1. AdaBoost

AdaBoost(Adaptive Boosting)는 학습 데이터 셋 중, 학습결과와 성능 저하를 유발하는데 기여도가 큰 특정 패턴에 가중치를 주어 학습시킨 후, committee의 결과를 단계별로 결합하는 방법이다. Boosting 알고리즘은 주로 weak learning algorithm들을 결합시키는데 많이 사용되나, AdaBoost는 decision tree나 신경망에 대한 앙상블에 적용되고 있다.

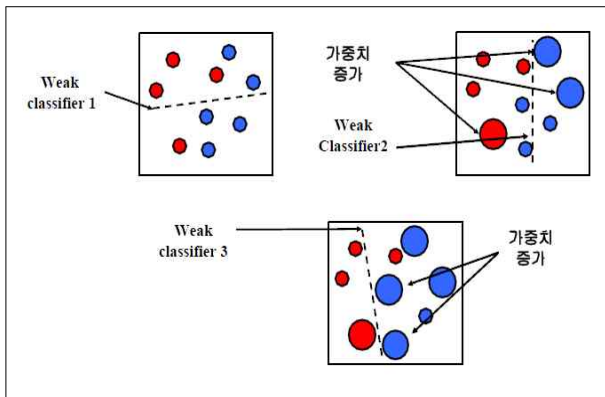


그림 1. AdaBoost의 학습 과정
Fig. 1. The learning process of AdaBoost

또한 AdaBoost는 최근 다양한 문제별로 여러 version 이 개발되어 오고 있다. 즉, 그림 1과 같이 Adaboost는 단순한 가설에 근거한 weak classifier를 결합하여 strong classifier를 생성하는 방법이고, 학습 방법으로는 weak classifier를 이용하여 샘플들을 인식하고, 정확히 인식된 샘플에 대해서는 가중치를 감소시키고, 오인식된 샘플에 대해서는 가중치를 증가 시켜서 다음 weak classifier에 반영시키는 방식으로 최종적인 strong classifier는 각 단계에서 생성된 weak classifier들의 조합으로 구성된다.^[4]

2. 심전도 센서

심전도 센서(ECG : Electrocardiogram Sensor)는 심장 근육이 수축 이완할 때의 활동 전위가 심장에서 온몸으로 퍼져나가는 전류를 일으키고 이 전류가 일으키는 신체 부위 사이의 전위차를 전극으로 감지하여 센서회로에서 신호처리를 하는 것이다. 즉, 심장에서 나오는 전기 신호를 측정하는 장치라고 할 수 있으며, 세 개의 일회용 탐침이 달려 있고 그래프로 심전도를 표시하여 심장의 수축과 팽창을 쉽게 확인할 수 있다.^[5]

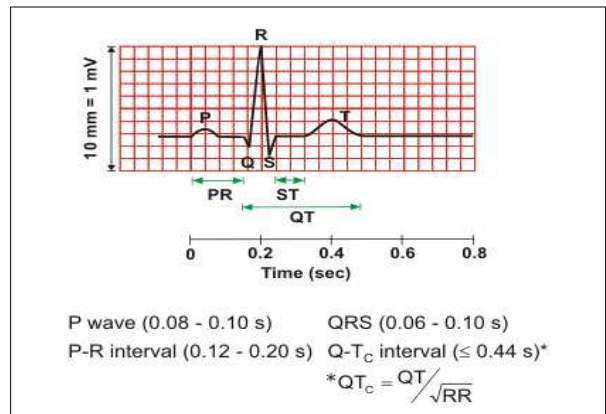


그림 2. 정상적인 사람의 심전도 그래프
Fig. 2. ECG Graph of a Normal Person

그림 2와 같이 정상 심전도 분석으로는 심방과 심실 리듬이 규칙적이고 심방 및 심실의 박동 수가 60-100회/분을 유지하며 P파가 위를 향하고 등근 모양이어야 한다.^{[6][7]} 또한 PR간격이 정상범위(0.12-0.20)에 속하며 T파와 QT간격이 정상범위를 유지하여야 한다. 정상 심전도 파형을 분석한 뒤 심전도의 파와 간격이 정상범위를 초과하였을 경우 응급상황으로 판단한다.^{[8][9]}

3. 지그비(ZigBee)통신

ZigBee는 휴대전화나 무선 LAN의 개념으로, 기존의 기술과 다른 특징은 전력소모를 최소화 하는 대신 소량의 정보를 소통시키는 개념을 기반으로 한다. ZigBee 규격을 따르는 제품들은 IEEE 802.15.4의 물리적인 무선 표준과 무허가 영역의 물리 계층의 장점을 모두 가진다.

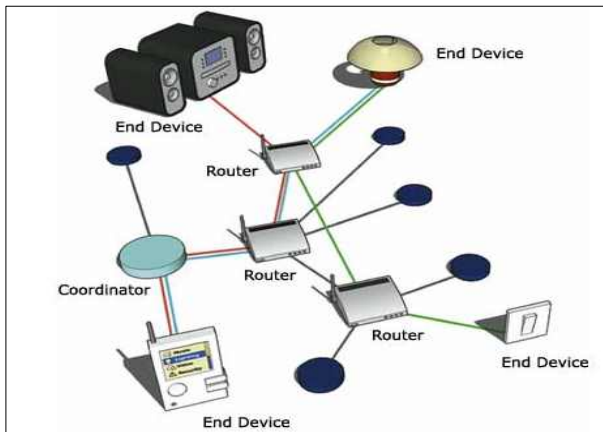


그림 3. ZigBee 네트워크
Fig. 3. ZigBee Network

기존 무선 심전도 측정 시스템에서 사용하는 Bluetooth와 ZigBee통신을 비교하면 표 1과 같이 ZigBee 통신이 모니터링에 더 적합하며 Bluetooth에 비해 배터리 수명과 네트워크 크기가 크면서 시스템 자원 소모율은 더 낮다는 것을 알 수 있다. 또한 전송 범위가 Bluetooth에 비해 ZigBee통신이 약 10배 정도 넓으며 더 안정적이고 저전력이며 비용까지 저렴하기 때문에 Bluetooth보다 ZigBee통신이 더 효율적이다.^{[10][11]}

표 1. Bluetooth와 ZigBee의 비교
Table 1. Comparison of Bluetooth and ZigBee

Market Name Standard	Bluetooth 802.15.1	ZigBee 802.15.4
Application	Cable Replacement	Monitoring & Control
System Resource	250KB+	4KB - 32KB
Battery Life (days)	1 - 7	100 - 1,000+
Network size	7	255
Bandwidth (kbps)	720	20 - 250
Transmission Range (meters)	1 - 10+	1 - 100+
Success Metrics	Cost, Convenience	Reliability, Power, Cost

III. 시스템 설계 및 구현

1. 시스템 설계

본 시스템에서는 심전도 센서로 통해 측정된 심전도 데이터를 ZigBee통신을 통해 단말기로 전송한다.

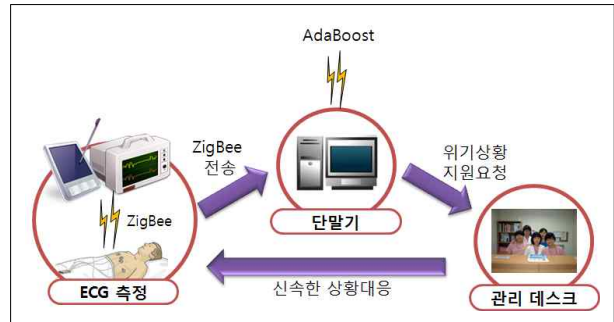


그림 4. 시스템 개요
Fig. 4. System Over View

그림 4는 본 시스템의 전체적인 흐름도를 보여주고 있다. 단말기의 소프트웨어는 심전도 센서를 통해 측정된 정보의 전송을 위해 통신 서비스를 가능하게 한다. 따라서 DB에 들어온 정보를 학습과 저장 후 분석을 통해 응급상황인지 아닌지를 구분하고 응급환자의 정보를 전송한다.

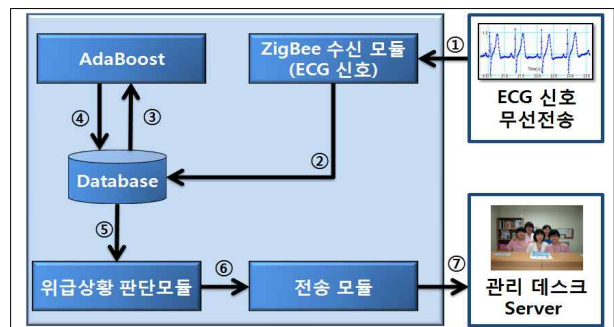


그림 5. 시스템 소프트웨어 구조
Fig. 5. System Software Architecture

그림 5는 단말기의 소프트웨어 구조도를 보여주고 있다. 심전도 센서에서 받은 측정값을 ZigBee통신으로 단말기 DB로 무선 전송되면 내부의 소프트웨어에서는 AdaBoost알고리즘을 이용하여 구축 되어있는 모델과 새로 들어온 측정값의 분석 비교 및 학습 그리고 학습을 통한 결과를 저장한 후 응급상황이라고 판단되면 관리 데스크 서버에 응급상황을 알려 환자의 위급상황을 알릴 수 있도록 한다.

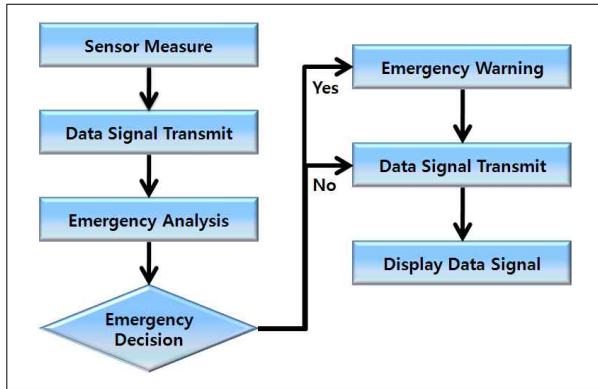


그림 6. 시스템 순서도
Fig. 6. System Flowchart

그림 6과 같이 전체적인 시스템의 흐름은 심전도 데이터를 측정 후 데이터 신호를 단말기로 전송하고, AdaBoost 알고리즘을 이용하여 모델을 구축하고, 구축된 모델의 학습을 통하여 위험도 분석 및 새로운 데이터를 갱신한다. 그 후 데이터의 위험도가 판단되었을 경우 관리데스크에 긴급경고와 함께 데이터를 전송 해주고, 위험 상황이 아니라고 판단되었을 경우에는 긴급 경고 없이 데이터만 전송하여 관리 데스크에서 확인 할 수 있도록 한다.

2. 시스템 구현

본 시스템에서 사용한 심전도 센서는 ECG-BTA로써 교육용 심전도 센서를 사용하였다. 1mV Body Potential 을 얻는 심전도 센서(ECG-BTA)를 통해 측정된 심전도 데이터를 IEEE 802.15.4를 기반으로 하는 ZigBee를 이용하여 구현하였다. 운영체제는 Windows를 사용하여 C언어를 기반으로 구현하였다. 그림 7은 DB로부터 전송받은 관리데스크의 출력화면으로 환자의 Data Signal과 신상 명세를 화면상에 출력한다.



그림 7. ECG신호 측정 구현화면
Fig. 7. ECG Signal Measurement Implementing Screen

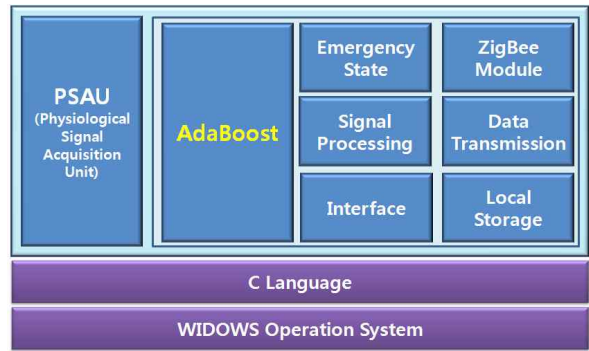


그림 8. 시스템 구조도
Fig. 8. System Architecture

전체 시스템 구조도는 그림 8과 같이 WIDOWS의 운영체제를 기반으로 C Language를 사용하여 구현하였다. 생체신호로는 심전도 센서로 측정된 데이터를 말하며 ZigBee통신을 통해 무선으로 모바일 기기에 전송한다.

모바일 기기의 내부구조에는 전체적인 인터페이스와 데이터 저장장치, 심전도 데이터 전송, ECG신호처리, Adaboost를 사용한 응급상황 알고리즘을 통한 응급상황 판단 기능 등으로 이루어져 있다.

```
//심전도 센서로부터 측정
W ← Measure electrocardiogram data by ECG sensor;
Smin ← Minimum amplitude in W;
Smax ← Maximum amplitude in W;
C ← Extract of a period in W;

F[] ← {}; //빈 배열 선언

// 배열에 11개의 특징점 입력
for i=0 to 10 do
    temp ← Extract ith feature point in W;
    Add temp to F[]'s last element;
End for;

// 모델을 구성하기 위해 추출한 값들을 결합
V ← Combine Smin, Smax, C, F[] for construction model;

Score ← Execute AdaBoost method with input data V;

If (score > θ) then
    EmergencyWarning;
End if;

Transmit data signal to management desk;

Display data signal;
```

그림 9. 응급상황 판단 알고리즘
Fig. 9. Emergency Judge Algorithms

그림 9와 같이 심전도 측정 센서로부터 데이터를 측정하고 분석하여 응급상황을 감지하여 처리한다. 처리과정으로는 ECG 센서로부터 진폭과 파형의 주기, 특징 점을 추출하는데 진폭의 최대높이는 일반인의 평균 범위인 1mV보다 높은 1.3mV를 한계 값으로 잡았고, 최소높이는 평균범위인 $-0.15 \sim 0.85mV$ 를 벗어난 $-0.25mV$ 와 $1mV$

를 한계 값으로 구성, 파형의 한번 순환되는 주기는 일반인의 평균 파형주기인 0.8초를 기반으로 한계 값을 1.2초까지로 구성한다. 이렇게 추출한 데이터를 바탕으로 모델링 하기위하여 V로 결합하고 반복하여 여러 모델들을 구성, AdaBoost 알고리즘을 사용하여 비교 분석하고, 학습을 통하여 더욱 효과적인 모델을 생성하게 되어 이를 기반으로 상황 판단의 에러율을 낮출 수 있다.

IV. 성능 평가

본 논문에서 제안한 시스템의 성능평가를 크게 시스템의 효율성과 학습을 통한 응급상황 인식 오류율 변화를 평가 하였다. 다만 ZigBee 프로토콜은 저전력을 사용하고 낮은 데이터 전송속도를 요구하는 어플리케이션에 맞도록 설계되었다. 따라서 전송효율측면은 고려하지 않았다. 첫 번째 효율성 평가에서는 전송량 대비 시스템 자원 소모율을 평가하였으며 매 실험마다 100개의 데이터를 사용하여 총 6번 실험을 하였다. 그림 10과 같이 기존 Bluetooth를 사용한 심전도 측정 시스템에 비해 자원 소모율이 평균 58%로써 기존 기법보다 약 42%향상됨을 알 수 있었다. 두 번째 학습을 통한 응급상황 인식 에러율의 변화 평가에서는 총 40회의 Adaboost 학습을 통한 실험을 하였으며 매 실험마다 초기에 모델을 구축하기 위해서는 정상적인 케이스 100번과 비정상적인 케이스 50번을 가지고 모델을 구축하였고 그 후에 총 10개의 ECG 신호 데이터를 40회에 걸쳐 이용하였다.

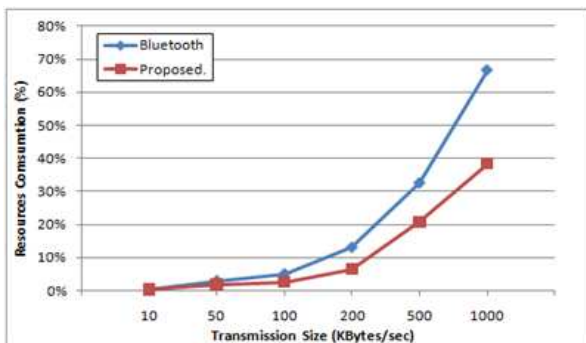


그림 10. 시스템 효율성 결과
Fig. 10. The Results of System Efficiency

그림 11은 실험 결과 AdaBosst 알고리즘을 사용하였을 경우 학습을 반복 수행하였을 경우의 에러 인식 비율

을 표기하였으며 응급상황에 대한 인식률에 대한 에러율이 AdaBoost알고리즘을 사용하는 횟수가 늘어감에 따라 더욱신뢰할 수 있는 모델들을 가지게 되어 약 0.05%로 낮은 에러 인식률을 보임으로써 효율적이라는 것을 알 수 있다.

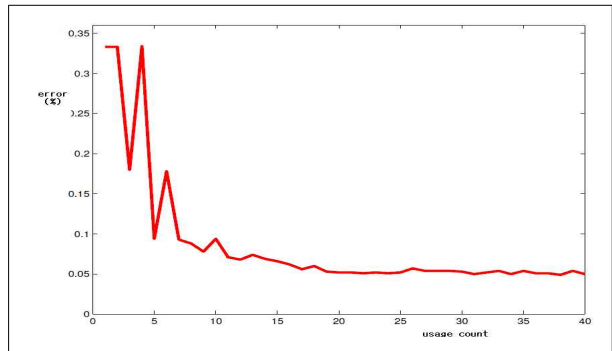


그림 11. 학습을 통한 응급상황 인식 에러율의 변화
Fig. 11. Change of the emergency situation recognition error ratio which leads studying

V. 결론

심혈관 질환자가 심전도를 측정함에 있어 믿을 수 있는 신뢰성과 오진에 대한 걱정을 줄일 수 있고, 응급상황시에 긴급히 대처하여 응급환자에게 가장 중요한 빠른 응급처지에 필요한 질 높은 응급 의료서비스를 제공하기 위하여 설계하고 구현하였다. 심전도 센서를 통해 얻은 측정값을 근거리 무선 통신 방식인 ZigBee 통신을 사용하여 단말기로 전송하며, AdaBoost알고리즘을 이용하여 이를 처리하고 사람 개개인의 차이를 수용하는 폭넓고 강한 분류로 응급상황 여부를 판단, 응급 시 환자의 상태를 긴급경보와 모니터링을 할 수 있도록 데이터를 관리 데스크에 전송하는 것이다. 그 결과, 기존 블루투스시스템에 비해 논문에서 구현한 ZigBee시스템이 전송량 대비 자원 소모율평가 결과 약 42%정도 향상되었고, 또한 응급상황 인식 에러율 알고리즘 역시 약 0.05%의 낮은 에러율을 보였다.

향후 연구과제로는 현재의 제한된 상황과 일부의 자료만을 대상으로 실험한 수치이므로 이후 좀더 다양한 사례와 자료를 통해서 높은 신뢰도를 보이기 위한 노력이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 이은현, “심혈관질환자 삶의 질에 대한 국내 연구 논문 분석”, 성인간호학회지 제17권 제3호, 452-463쪽, 2005년 8월.
- [2] 신재호, “만성질환자의 응급구호관리를 위한 u-헬스케어시스템 구현에 관한 연구”, 인하대학교 대학원, 박사학위논문, 36-40쪽, 2007년 3월.
- [3] 황희정, “RFID기반 실시간 응급의료정보 시스템 구현 사례”, 서강대학교, 석사학위논문, 정보처리학회지 제15권 제1호 90-98쪽, 2008년.
- [4] 신현정, “양상블 학습 알고리즘의 일반화 성능 비교”, 서울대학교 산업공학과, 한국정보과학회 학술발표논문집, 2-3쪽, 2000년 3월.
- [5] Joshua Proulx, “Development and evaluation of a Bluetooth EKG monitoring sensor”, In Proceedings of the IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS), pp. 7-13, 2006.
- [6] 전계록, “심전도와 맥파 신호 검출을 위한 일체형 센서 시스템의 구현”, 부산대학교, 한국 산학 기술학회 논문지 제10권 제5호, 992-999쪽, 2009년 5월.
- [7] <http://www.awarepoint.com/documents/ZigBeeandWirelessRadioFrequencyCoexistence.pdf>
- [8] http://www.quantumbase.com/Assets/Documents/ZigbeeModule_ZI-100AS_Protocol_v100.pdf
- [9] Rumiana Krasteva, “Application of Wireless Protocols Bluetooth and ZigBee in Telemetry System Development”, University of Padova, Department of General Psychology, Italy, 2005, pp.33-36.
- [10] 홍인화, “Ubi-Zone에서 상황인지 서비스를 위한 지능형 예측 알고리즘”, 한국인터넷방송통신TV학회 춘계학술발표논문집 7권1호, 3-6쪽, 2009년 5월.
- [11] 오지수, “PDA를 활용한 건강모니터링 시스템의 설계 및 구현”, 한국인터넷방송통신TV학회 춘계학술발표논문집 7권1호, 114-118쪽, 2009년 5월.

※ 본 연구는 지식경제부 지역혁신센터사업중 바이오-메디테크 산업화 지원을 받아 수행된 연구임 (2009-02-10)

저자 소개

임 명 재(중신회원)



- 1998년 중앙대학교 공학박사
 - 1992 - 현재 을지대학교 의료산업학부 교수
- <관심분야> SE 개발방법, HCI, U-Healthcare 등>

홍 진 경(준회원)

- 2010 현재 을지대학교 재학중
- <관심분야> U-Healthcare, 임베디드시스템 등>

김 규 호 (정회원)

- 광운대학교 전자계산학과 졸업 (이학박사)
 - 한국컴퓨터정보학회 이사
 - 2010 현재 을지대학교 의료산업학부 교수
- <관심분야> USN, U-Healthcare, 임베디드시스템 등>

최 미 립 (정회원)

- 을지대학교 의료공학과
 - 유투스 대표
- <관심분야> USN, U-Healthcare, 임베디드시스템 등>