

# 착용형 응급의료 경보시스템 구현에 관한 연구

## A Study on Wearable Emergency Medical Alarm System

김동완\*, 백승화\*  
Dong wan Kim\*, Seung hwa Beack\*

### Abstract

In modern society, development of medical technology has extended the human life span. However, it has also caused some side-effects. Mostly old people who live alone are not available the medical service quickly when they are in emergency situations. Moreover heart related diseases as well are rapidly increasing with aging.

This study proposes the emergency medical alarm system. This system measures the physiological signals such as ECG(electrocardiogram), temperature, and motion data, analyzes those data automatically, and sends the urgent message to the Emergency Medical Center and to their family. There are two main parts in the system. In the first part, physiological data acquisition part, the troublesome addition and deletion of body signals on existing proposed systems have been supplemented, which led to the modulized production by means of ECG sensor module, temperature sensor module, acceleration sensor module. The other part is mobile unit, which includes signal processing and transmission functions. And bluetooth allows two parts to communicate with each other. Data that are processed in the mobile unit are stored in the PC database through the WLAN using TCP/IP protocol.

### 요 약

현대 사회는 의료 기술의 발달로 인한 인간 수명의 연장과 핵가족화로 인하여 혼자 지내는 노인이 많아지면서 응급상황 발생시 신속한 의료서비스를 받지 못하는 경우가 많아지고 있다. 또한 대표적인 성인병인 심혈관질환과 뇌졸중 그리고 노인의 건강에 치명적인 낙상의 발생률도 높아지고 있는 추세이다.

본 논문에서는 심전도, 체온, 사용자의 움직임 등의 생체신호를 획득하고 획득된 생체신호를 분석하여 심혈관질환, 뇌졸중, 낙상 등의 응급상황 발생시 응급의료센터와 보호자에게 구조메시지를 전송할 수 있는 시스템을 제안하였다. 시스템은 크게 생체신호 획득부와 모바일부 두 부분으로 나눌 수 있다. 생체신호 획득부는 사용자에 따라 생체신호의 추가, 제거가 어렵다는 단점을 보완하기 위해 심전도, 체온, 가속도 센서 모듈로 모듈화 하여 구성하였다. 모바일부는 생체신호 획득부로부터 전송된 생체신호의 처리 및 응급상황시 메시지 전송, 생체신호의 디스플레이 역할을 수행하며, 생체신호 획득부에서 획득된 생체신호는 블루투스 모델을 통하여 모바일부로 전송된다. 또한 모바일부에서 처리된 신호는 802.11b 무선랜을 통하여 PC로 전송된다.

Keywords : ECG, Patient Monitoring System, PDA, Accelerometer, Bluetooth

### 1. 서론

현대 사회는 의료기술의 발달로 인한 수명의 연장으로 고령화 사회를 맞이하게 되었고, 핵가족화로 인하여 혼자 지내는 노인이 많아지면서 응급상황 발생시 신속한 의료서비스를 받지 못하는 경우가 많아지고 있다. 또한 대표적인 성인병인 심혈관질환, 뇌졸중 등의 발생률도 높아지고 있는 추세이다. 반면 사회가 발전하면서 향상된 의료서비스에 대한 기대는 커져가고 있다.

심장관련 질환의 경우 지속적인 생체신호의 관찰이 필요한 질환이다. 따라서 환자가 휴대하여 지속적으로 심전도 등의 생체신호를 취득하는 장비의 연구가 활발히 진행 중이다.

기존 시스템들은 대부분 하나의 하드웨어에서 심전도, 체온, 산소포화도 등의 생체신호를 측정하기 때문에 사용자의 증상에 따라 획득해야 하는 생체신호의 종류에 변화를 주기 위해서는 시스템 전체를 바꿔야 하는 단점이 있다[1][2][3][4][5][6]. 본 연구에서는 기존 장치들이 생체신호의 추가·제거가 어렵다는 점을 보완하기 위해 생체신호 획득부를 심전도 센서 모듈, 체온 센서 모듈, 가속도 센서 모듈로 세분화 하여 제작해 환자의 상태에 따라 생체신호의 추가·제거를 관련 모듈의 추가·제거 및 소프트웨어 업데이트로 가능하게 하였다. 또한 심박동수, 체온, 사용자의 움직임에 따른 가속도 변화 등을 이용하여 사용자의 이상 유무를 판별하고 사용자에게 응급상황 발생시 사용자의 의식을 확인하고 CDMA모형을 통하여 응급의료센터와 보호자에게 응급구조메시지를 전송하는 시스템을 구현하였다.

## II. 실험 및 결과

### 1. 시스템 개요

본 연구에서 제안한 시스템은 그림 1과 같이 생체신호 획득부와 모바일부 두 부분으로 나눌 수 있다.

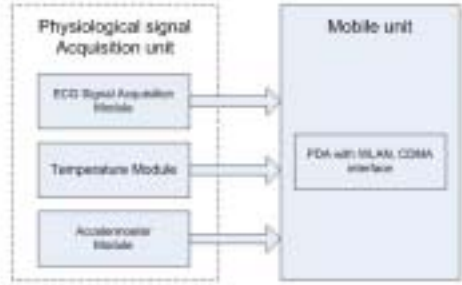


그림 1. 시스템 개요  
Fig. 1. System architecture.

첫 번째 생체신호 획득부는 사용자의 몸에 부착하여 생체신호를 획득하여 증폭과 A/D 컨버전 과정을 거쳐 블루투스 모뎀을 통해 모바일부로 획득된 신호를 전송하는 역할을 한다. 생체신호 획득부는 기존에 제안된 시스템들의 단점인 사용자의 상태에 따른 생체신호의 추가·제거가 어렵다는 점을 보완하여 사용자의 상태에 따른 생체신호의 추가 또는 제거가 가능하도록 생체신호 별로 센서 모듈을 분리 구성하였다. 두 번째 모바일부는 생체신호 획득부로부터 전송받은 생체신호를 분석하여 사용자의 이상 유무를 판별하고 이상 징후 발생시 CDMA모형을 통하여 응급의료센터와 보호자에게 구조메시지를 전송하며, 사용자의 생체신호를 액정 화면을 통하여 실시간 디스플레이 하는 역할을 한다.

### 2. 생체신호 획득부

생체신호 획득부는 그림2와 같이 심전도 센서 모듈, 체온 센서 모듈, 가속도 센서 모듈로 구성되어 있으며 각 모듈은 별도의 마이크로컨트롤러 및 모바일부로의 데이터 전송을 위해 블루투스 모뎀을 각각 내장하고 있어 사용자의 상태에 따른 측정가능한 생체신호의 추가·제거가 자유롭다.

\* 명지대 정보공학과  
(Dept. of Information Engineering, Myong Ji University)  
接受日:2006年 3月 30日, 修正完了日: 2006年 6月 27日

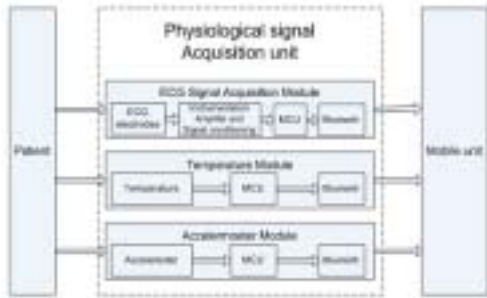


그림 2. 생체신호 획득부 블록다이어그램  
 Fig. 2. Block diagram of physiological signal acquisition unit.

1) 심전도 센서 모듈

심전도 센서 모듈 회로의 구성은 TI사의 INA2321 계측기용 증폭기와 OPA4336 증폭기, Microchip사의 PIC16F688 마이크로컨트롤러를 사용하였고, 획득된 생체 데이터의 전송을 위하여 Initium사의 Promi-ESD01 블루투스 모뎀을 사용하여 그림 3과 같이 구성하였다 [1][2][3][4][7][8].

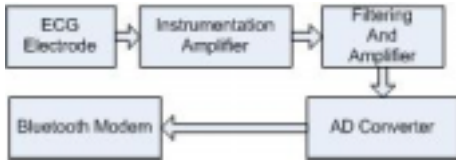


그림 3. 심전도 센서 모듈 블록 다이어그램  
 Fig. 3. Block diagram of ECG sensor module.

심전도 센서 모듈에서 센서의 역할은 전극이 담당하게 되며 전극은 재사용이 가능한 흡착식 또는 평면식 전극이 있으나 이 경우 동잡음에 민감하다는 단점이 있어 비교적 동잡음에 덜 민감한 3M사의 일회용 젤 접착식 전극을 사용하였다. 본 연구에서 사용한 심전도 유도방식은 표준 사지유도방식이며 여기에 공통 성분 간섭을 낮게 만들어 주기 위한 오른다리 구동회로를 추가로 사용하였다. 전극을 통해 획득된 심전도 신호는 INA2321 증폭기를 거치며 약 5배 증폭된다. 심전도 신호의 저주파 잡음 제거를 위하여 0.5Hz High-Pass Filter와 고주파 잡음 제거를 위한 50Hz Low-Pass Filter를 거친 후 OPA4336 증폭기를 이용

해 200배 증폭된다. 따라서 얻게 되는 총 이득은 약 1000배이다. 증폭회로에서 증폭된 심전도 신호는 PIC16F688 마이크로컨트롤러에 내장된 10bit A/D 컨버터를 통하여 디지털 신호로 전환되며 전환된 신호는 블루투스 모뎀을 통하여 모바일부로 전송된다. 그림 4는 실제 구현된 심전도 센서 모듈의 사진이다.

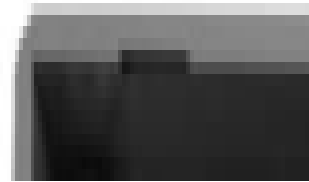


그림 4. 심전도 센서 모듈  
 Fig. 4. ECG sensor module.

2) 체온 센서 모듈

체온은 심전도와 같이 직접적인 사용자 상태의 변화를 나타내지는 않았지만 응급 상황시 간접적, 부수적인 변화를 반영하므로 부가적인 정보로 활용하기 위해 함께 측정한다.



그림 5. 체온 센서 모듈 블록 다이어그램  
 Fig. 5. Block diagram of temperature sensor module.

체온 센서 모듈 블록 다이어그램은 그림 5와 같다. 반도체 기술의 발전에 힘입어 블록 다이어그램에서 보듯이 간단한 온도센서 IC하나만 가지고도 캘리브레이션된 온도를 측정할 수 있다.

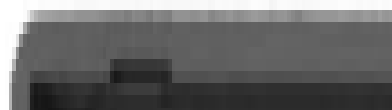


그림 6. 체온 센서 모듈  
 Fig. 6. Temperature sensor Module.

체온 센서 모듈은 그림 6과 같이 Sensirion AG사의 SHT71 온도 센서를 사용하여 피부표면 온도를 0.1°C 단위로 측정하였다. SHT71 온도센서는 단일 CMOS칩에 14bit A/D 컨버터와 EPROM을 내장하고 있으며 디지털 2선 인터페이스를 가지고 있어 PIC16F688 마이크로컨트롤러의 디지털 입력단에 직접 연결된다. 마이크로컨트롤러에서는 14bit A/D 컨버전된 결과를 온도로 환산하여 블루투스 모듈을 통하여 모바일부로 전송한다[8].

**3) 가속도 센서 모듈**

가속도는 신체로부터 검출 가능한 생체신호는 아니지만 가속도의 변화로서 낙상을 판별할 수 있으므로 본 연구에 포함 하였다. 심혈관계 질환이나 뇌혈관계 질환 등에 의해 발생하는 뇌졸중, 심장마비 등의 징후가 낙상과 함께 동반되기 때문이다. 또한 노년층의 경우 65세 이상의 노인의 약 30%가 매년 추락을 경험하며 나이가 증가 할수록 발생빈도도 높아지고 있다. 따라서 낙상은 그 자체만으로도 중요한 징후일 뿐 아니라, 응급상황 발생의 시발점이라는 점에서 기본 생체신호와 더불어 지속적으로 감시해야할 파라미터로 본 연구에 포함되었다.

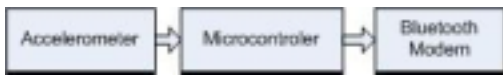


그림 7. 가속도 센서 모듈 블록 다이어그램  
Fig. 7. Block diagram of accelerometer sensor module.

가속도 센서 모듈의 블록 다이어그램은 그림 7과 같다. 낙상은 낙상시의 가속도 변화에 의해 감지되며, 가속도 변화를 감지하기 위해 2축 가속도 센서를 사용하여 가속도 센서 모듈을 제작하였다. 가속도 센서 모듈은 AnalogDevices사의 ADXL202JE 2축 가속도 센서를 사용하였다. ADXL202JE는 측정 레인지가 +/- 2G이며 X, Y축 독립 디지털 출력으로 마이크로컨트롤러의 디지털 입력단에 연결할 수 있다는 장점이 있다. 가속도 센서 모듈은 가속도 변화에 따른 사용자의 움직임 변화를 측정하는데 사용되며 사람이 움직일 때 발생하는 가속도 변화는 참으로 다양해서 어떤 일정한 값을 기대할 수 없다. 따라서 임의의 문턱치 값을 정하여 문턱치 값 이상의 가속도가 발생하면 사용자에게 낙상이 발생한 것으로 판단한다[8]. 그림 8은 실제 구

현된 가속도 센서 모듈의 사진이다.



그림 8. 가속도 센서 모듈  
Fig. 8. Accelerometer sensor module.

**III. 모바일부**

모바일부는 CDMA와 802.11b WLAN 모듈을 내장하고 있는 PDA(HP iPAQ RW-6100)에 SDIO 블루투스 모듈(Socket사의 SD-BT2)을 추가하여 구성하였다. 소프트웨어는 National Instruments사의 LabVIEW 7.1과 LabVIEW PDA 모듈, Microsoft사의 eMbeded Visual C++ 4.0을 사용하였다.

생체신호 획득부로부터 블루투스 모듈을 통하여 생체신호를 전송받아 심전도 신호로부터 심박동수를 검출해 빈맥, 느린맥, 또는 심실세동 등의 증상을 판별한다. 넘어지면서 발생하는 가속도는 참으로 다양하다고 할 수 있으므로 어떤 일반적인 값을 기대할 수 없다. 따라서 일정 값 이상의 가속도가 발생할 경우를 문턱치 신호 삼아 유저 인터페이스를 통하여 사용자의 의식을 확인한 후 일정 시간내에 사용자로부터 응답이 없을시 사용자의 의식이 없는 것으로 판단하여 응급의료센터와 보호자에게 구조 메시지를 전송한다 [1][5][6][8]. 그림 9는 모바일부의 구조이다.

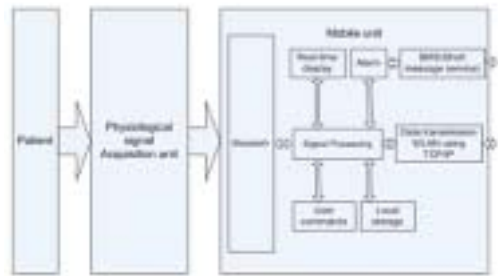


그림 9. 모바일부 구조  
Fig. 9. Block diagram of mobile unit.

그림 10은 실제 구현된 모바일부의 외형 및 유저 인터페이스로서 모바일부의 전체적인 모습과 사용자에게 디스플레이되는 화면을 확인 할 수 있다. 유저 인터페이스는 탭 메뉴를 이용하여 제작하였으며 메인 탭에는 사용자의 심박동수, 체온, X, Y축 가속도를 텍스트 형태로 디스플레이하며, 사용자의 입력과 센서 모듈의 연결을 위한 버튼들이 위치하고 있다. 그래픽 탭은 사용자의 심전도 파형과 움직임에 따른 가속도 변화를 디스플레이 한다.



그림 10. 모바일부  
Fig. 10. Mobile unit.

IV. 실험 결과

그림 11은 실제 모바일부에서 사용자에게 디스플레이 되는 화면으로서 탭 메뉴로 화면을 구성하였다. 메인 탭에는 현재 사용자의 심박동수, 체온, 움직임에 따른 X, Y축 가속도의 변화를 표시하며 응급상황 발생시 사용자의 의식 확인을 위한 사용자 입력 버튼과 센서 모듈 연결을 위한 버튼 등으로 구성하였다. 그래픽 탭은 현재 사용자의 심전도 파형과 움직임에 따른 가속도 파형의 변화를 나타내고 있다. 본 연구에서는 사람의 정상 심박수인 60~100회의 범위를 벗어나면 사용자에게 이상이 있는 것으로 판단하며, 체온 역시 정상 체온범위에서 벗어나게 되면 사용자에게 이상이 있는 것으로 판단하게 된다. 또한 사용자의 움직임에 따른 가속도 변화는 어떤 일정한 값을 기대할 수 없으므로

1분간의 사용자 움직임에 따른 가속도 평균값보다 X, Y축 가속도 중 어떤 축이라도 1.5G이상 변화게 된다면 사용자가 낙상을 당한 것으로 판단하게 된다. 위와 같은 조건에 부합되는 사용자의 이상상태가 발생하면 먼저 알람을 이용하여 사용자의 의식을 확인한다. 만약 5초 이내에 사용자의 응답이 없다면 사용자의 의식이 없는 것으로 판단하여 응급의료센터와 보호자에게 응급구조메시지를 전송하게 된다.

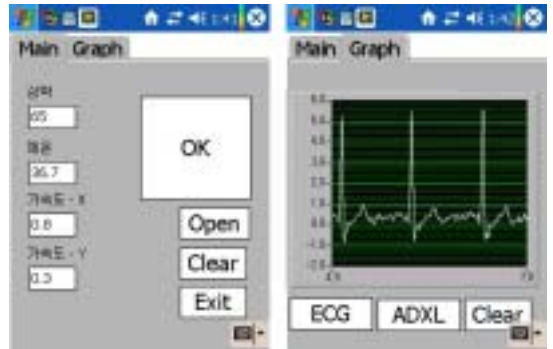


그림 11. 유저인터페이스  
Fig. 11. User interface.

그림 12는 현재 모바일부에서 접속 가능한 센서 모듈의 리스트를 보여주고 있다. 본 연구에서는 그림과 같이 가속도 센서 모듈, 심전도 센서 모듈, 체온 센서 모듈을 사용하였으며, 사용자의 증상에 따라 다양한 센서 모듈의 추가 및 제거가 가능하다.



그림 12. 센서 모듈 리스트  
Fig. 12. Sensor module list.

가속도 센서를 이용하여 각종 넘어짐 패턴과 생활 가속도를 측정해 보았다. 그 결과는 그림 13과 같다. 이러한 실험을 바탕으로 걸음걸이 등의 생활 가속도와 넘어짐 현상시의 가속도를 분리할 수 있는 최적의 가속도 값을 구해 이 값을 문턱치 값으로 선정하였다.

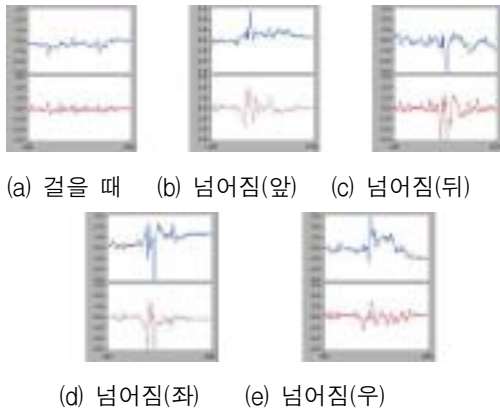


그림 13. 상황별 가속도 파형 변화  
Fig. 13. A change of acceleration wave.

그림 14는 사용자의 심전도 파형 기록을 PC상에서 본 것으로 4.1초간의 파형을 나타내 주고 있다.

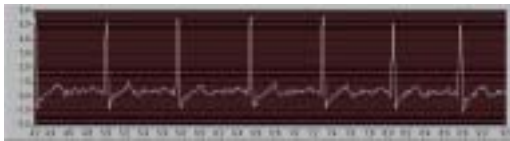


그림 14. 심전도 파형  
Fig. 14. ECG wave.

### III. 결 론

본 연구에서는 착용형 응급의료 경보시스템의 필요 조건인 일상생활 중 지속적으로 생체신호를 측정하고 사용자에게 이상 징후 발생시 언제 어디서나 응급의료 센터와 보호자에게 구조메시지를 전송할 수 있는 시스템을 구현하였다. 발생 빈도가 높은 심혈관 질환, 뇌졸중, 낙상 등의 질환을 진단할 수 있는 생체신호를 정의하고 이를 획득할 수 있는 하드웨어 및 관련 소프트웨어를 개발하였으며 사용자에게 응급상황 발생시 응급의료센터와 보호자에게 구조메시지를 전송하는 방법으로 단문자서비스를 사용하였다. 본 논문에서 제안한 시스템의 가장 큰 특징은 생체신호 획득부의 모듈화

이다. 생체신호 획득부의 모듈화를 통하여 심전도 뿐만 아니라 사용자의 증상에 따라 혈압, 근전도 등의 다양한 생체신호를 센서 모듈의 추가 및 관련 소프트웨어의 업그레이드만으로 가능하게 하여 기존에 제안된 시스템들의 단점 이었던 다양한 생체신호의 취득이 힘든 부분을 개선하였다. 본 논문에서 제안된 시스템을 이용한다면 혼자 지내는 노인이나 심혈관계 질환을 가지고 있는 환자들에게 응급상황 발생시 초기에 응급조치가 가능하여 치료기간의 단축과 인명피해를 최소화할 수 있을 것으로 기대된다. 추후 보다 정확하고 광범위한 질병의 검출을 위하여 다양한 종류의 생체신호 센서 모듈을 추가하고 정확한 사용자의 위치정보 확보를 위하여 GPS모듈을 추가하여 보다 효율적이고 효과적인 시스템을 구축해야 할 것이며, 현재 심전도 등의 생체신호 측정시 몸에 부착하는 일회용 전극을 사용하고 있지만, 보다 사용이 편리하고 재사용이 가능한 전극을 개발해야 할 것이다. 또한 본 연구에서는 심전도 파형에서 심박동수만을 검출하여 이를 가지고 응급상황을 판단하고 있지만 심전도 파형 자체의 분석을 통하여 보다 효과적인 질병의 검출과 더욱 빠른 시간내에 사용자의 이상상태를 검출할 수 있는 알고리즘의 개발이 요구된다.

### 참 고 문 헌

- [1] Yuan-Hsiang Lin, I-Chien Jan, Patrick Chow-In Ko, Yen-Yu Chen, Jau-Min Wong, and Gwo-Jen Jan, "A Wireless PDA-Based Physiological Monitoring System for Patient Transport," Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on Volume 8, Issue 4, Dec. 2004 Page(s):439 - 447.
- [2] M.V.M. Figueredo, J.S. Dias, "Mobile Telemedicine System for Home Care and Patient Monitoring," Engineering in Medicine and Biology Society, 2004. EMBC 2004. Conference Proceedings. 26th Annual International Conference of the Volume 2, 2004 Page(s):3387 - 3390.
- [3] K. Hung, Y.T. Zhang and B. Tai, "Wearable Medical Devices for Tele-Home Healthcare," Engineering in Medicine and Biology Society, 2004. EMBC 2004. Conference Proceedings. 26th

- Annual International Conference of the Volume 2, 2004 Page(s):5384 - 5387.
- [4] Thaddeus R.F. Fulford-Jones, Gu-Yeon Wei, Matt Welsh, "A Portable, Low-Power, Wireless Two-Lead EKG System," Engineering in Medicine and Biology Society, 2004. EMBC 2004. Conference Proceedings. 26th Annual International Conference of the Volume 1, 2004 Page(s):2141 - 2144.
- [5] DONG Jun, ZHU Hong-hai, "Mobile ECG detector through GPRS/Internet," Computer-Based Medical Systems, 2004. CBMS 2004. Proceedings. 17th IEEE Symposium on 24-25 June 2004 Page(s):485 - 489.
- [6] SP Nelwan, TB van Dam, P Klootwijk, SH Meij, "Ubiquitous mobile Access to Real-time Patient Monitoring Data," Computers in Cardiology, 2002 22-25 Sept. 2002 Page(s):557 - 560.
- [7] 의공학 교육연구회 역편 "의용계측공학", 여문각, 2002.
- [8] 김동완, 백승화, 백승은, 김보리 "착용형 환자감시 장치 구현에 관한 연구," 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 제36권 D편, 2958~2965쪽, 2005년

저 자 소 개

김동완 (학생회원)



1981년 5월 16일생. 2004년 2월 세명대 소프트웨어학과 졸업. 2006년 2월 명지대학교 대학원 정보공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 정보공학과 박사과정

백승화 (정회원)



1953년 6월 12일생. 1977년 연세대 전기공학과 졸업. 1987년 연세대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1991-1992년, 1999-2000년 Univ. of Missouri columbia school of Medicine. Research Associate. 현재

명지대 정보공학과 교수