논문 2009-46SC-2-7

뇌파기반 집중도 전송 및 BCI 적용에 관한 연구

(A Study on EEG based Concentration Transmission and Brain Computer Interface Application)

이 충 헌*, 권 장 우**, 김 규 동***, 홍 준 의***, 신 대 섭****, 이 동 훈*****

(Chung-heon Lee, Jang-woo Kwon, Gyu-dong Kim, Jun-eui Hong, Dae-Seob Shin, and Dong-hoon Lee)

요 약

본 연구는 두피에서 발생하는 EEG(Electroencephalogram)신호를 측정한 후 두뇌활동과 관련된 지표 중 집중도를 추출하여 집중도의 크기에 따라 하드웨어를 제어하는 집중도 무선전송 시스템을 구연하고자 하였다. 뇌파신호를 측정하여 집중도를 추출하기 위해 두피의 좌, 우 두 채널을 사용하였으며 Biopac의 MP100과 EEG100C을 이용하여 뇌파신호 계측 증폭 및 필터링을 하였다. 계측된 EEG 신호로부터 특정 주파수 대역 및 스펙트럼을 분석하기 위해서 LabVIEW 8.5를 이용하여 FFT(Fast Fourier Transformation)처리를 하였다. 이를 통해 SMR파, Mid-Bata파, Theta파 주파수영역으로 분류 한 후 집중도 추출 알고리즘을 적용하여 집중도 지표를 추출하였고 추출된 집중도 신호를 무선전송하여 BCI(Brain Computer Interface)기술에 응용하고자 레고 자동차에 적용하여 보았다.

Abstract

This research measures EEG signals which are generating on head skin and extracts brain concentration level related with brain activity. We develop concentration wireless transmission system for controlling hardware by using this signal. Two channels are used for measuring EEG signal on front head and Biopac system with MP100 and EEG100C was used for measuring EEG signal, amplifying and filtering the signal. LabView 8.5 was also used for FFT transformation, frequency and spectrum analysis of the measured EEG signals. As a result, SMR wave, Mid-Bata wave, θ wave classified. We extracted the concentration index by adapting concentration extraction algorithm. This concentration index was transferred into lego automobile device by wireless module and applied for BCI application.

Keywords: EEG, FFT, BCI, Concentration, Brain wave

I. 서 론

최근 두뇌 훈련을 통하여 두뇌 활동을 촉진시켜 주의력과 집중력을 높이고자 하는 시도가 긍정적 효과가 있다고 보고되고 있다. 이를 위한 뉴로피드백 장치, 생체신호응용게임, 집중력훈련프로그램 등이 있지만[1~2] 하드웨어와 연동하기 보단 소프트웨어에 치중하고 있다. 본 연구에서는 시간과 장소에 구애받지 않고 뇌파신호인 EEG신호를 실시간적으로 획득하여 집중력을 표시함으로써 뇌 활성훈련을 할 수 있도록 집중도 추출, 무선 전송 및 응용장치에의 적용을 시도하여 보았다. 간편하게 뇌파 신호를 측정하기 위하여 2채널 전극을 사용하여 전두엽의 좌우에서 신호를 측정하였으며 두피에서 미약한 뇌파 신호를 측정하기위해 Biopac의 MP-100과 EEG100C를 사용하여 뇌파를 측정 및 증폭

* 학생회원, 동명대학교 메카트로닉스공학과 (Tongmyong University)
** 정회원, *** 학생회원, 동명대학교 컴퓨터공학과 (Tongmyong University)
**** 정회원, 한양대학교 전기공학과 (Hanyang University)
***** 정회원, 동명대학교 의용공학과 (Tongmyong University)
※ 본 논문은 중소기업청의 산학공동 기술개발 사업의 연구 결과입니다.
접수일자: 2008년10월31일, 수정완료일: 2009년3월9일

하였고, 노치필터를 사용하여 외부의 전원 노이즈를 제거하였다. 측정한 2채널 EEG신호를 LabVIEW 8.5를 이용하여 크게 SRM파, Mid-Bata파, Theta파로 분류할 수 있는 필터를 설계 하여 각 주파수별 파워스펙트럼을 구하였다, 이렇게 분류된 신호를 집중도 추출 알고리즘에 적용시켜 집중도 지표 값을 추출하였다. 추출된 집중도 지표 값은 블루투스 모듈을 이용하여 로봇으로 전송하였고 신호의 크기가 일정 크기 이상이 되면 레고 로봇이 On/Off 되도록 적용해 보았다. 본 연구는 뇌파신호를 기반으로 H/W를 제어하기 위한 BCI(Brain Computer Interface) 응용기술 개발을 위한 초기시도로 뇌파기반 제어 및 응용기술 개발에 활용하고자 한다.

Ⅱ. 본 론

1. EEG 신호의 특징

가.EEG 신호와 뇌의 관계

뇌는 인간 활동의 전 영역을 총괄하는 중심 기관(control center)으로 대뇌정보기능이 대뇌피질에서 신경에 의해 발현된다고 인식하여 인지, 사고 등의 역동적인 지식 활동과 다양한 감성, 행동과 고차원적인 정신세계까지도 담당하는 것으로 알려져 있다.

EEG는 대뇌피질내의 신경세포의 전기적 활동을 두피에 부착한 전극을 통하여 기록한 것으로, 뇌파는 1~50 Hz의 주파수와 약 10~200μV의 진폭을 가지며 1929년 독일의 생리학자 Hans Berger에 의해 처음으로 시도되었다.[3] 이 전기적 활동성은 후에 EEG라 명명하였고, EEG가 실험자의 정신적 상태에 따라 변한다는 것을 보였다.

뇌파상의 변화를 주는 요인은 개인차, 연령, 의식상태의 변화, 정신활동 및 지각자극, 신체의 생리변화 등이 있다. 뇌는 부위별로 그 기능이 세분화되어 있으며 의식 상태와 정신활동에 따라 뇌파가 수시로 변하여 특정한 패턴을 가지고 있다. 예를 들어 α파가 많이 발생하는 경우는 편한 상태나, 눈을 감았을 때, 집중을 할 때 혹은 창의 적인 사고를 할 때 이며 β파가 많이 발생하는 경우는 각성상태, 의식적인 생동을 할 때, 불안하고 긴장을 할 때, 일반적인 작업을 하고 있는 상태이다. θ파가 많이 발생할 경우는 졸리거나, 깊은 명상 시 발생한다고 한다. 그리고 δ파의 경우 정상인인 경우 각성 상태에 나타나면 뇌종양, 뇌염 등의 병적요인의 있다고도 볼 수 있으며 수면 시 많이 발생한다고 알려져 있다. 표 1.은 EEG신호의 주파수별 뇌의 상태를 나타내고 있다.

표 1. EEG 지표
Table 1. Main EEG indicators.

Indicator	Frequency Definition	State
Alpha wave(α)	8-12Hz	Awake
Low beta wave(β)	13-20Hz	Concentration, Activity
High beta wave(β)	21-30Hz	Tension, Excitement
Theta wave (θ)	4-7Hz	Sleep
Delta wave (δ)	0.5-3.5Hz	Deep Sleep
SMR wave	13-15Hz	Concentration
Mid-beta wave	15-20Hz	Concentration

나. EEG신호 측정 방법 및 위치

EEG를 이용한 많은 연구는 1985년 Jasper가 제안한 전극 부착 위치에 근거하여 측정 위치를 선정한다. Jaseper가 제안한 방법은 기준 점간의 거리를 10% 혹은 20% 떨어진 부위를 측정 위치로 잡는 것으로 보통 10-20 국제 시스템(International 10-20 System)이라 부르고 있다. 10-20 시스템은 전극의 위치와 대뇌피질의 하부 영역 사이의 관계에 기초를 두고 있다.

본 논문에서는 뇌파 신호의 측정은 국제표준규격인 10/20 전극 부착 규격에 맞추어 측정하고자 하였다.[4] 그림 1은 EEG신호를 측정할 때 각 전극의 위치를 보여주고 있다. 여기서, FP는 전-전두엽(frontal pole)을 나타내고 A1과 A2는 좌우측 귓불 영역을 각각 나타낸다. 뇌파는 그림 1에서 보는 바와 같이 머리 전 부위에서 다채널로 측정할 수 있고 측정위치마다의 EEG신호를 동시 측정하면 보다 정확한 뇌 상태 정보를 얻을 수 있

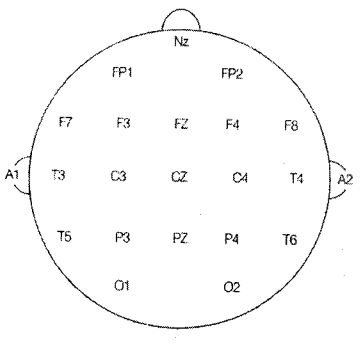


그림 1. 10-20 국제 시스템
Fig. 1. International 10-20 System.

지만 구현상의 어려움과 신호해석상 및 실시간 처리상의 어려움이 있다. 본 연구에서는 FP1과 FP2에서 뇌파를 측정하였고 A1과 A2을 기준전극으로 사용하였다. 사용된 전극은 표면전극(surface)을 이용하였으며 전도성이 좋은 AgCl이 함유된 일회용 전극을 사용하였다.

뇌파는 전극의 위치와 외부 환경의 영향을 많이 받으며 수십μV의 크기를 갖는 매우 작은 신호이므로 Biopac EEG100C의 이득을 5000배로 설정하여 측정하였고 저 잡음을 제거하기위해 고역통과필터의 차단주파수를 0.1Hz 설정, 전원 노이즈 제거를 위하여 노치필터를 사용하였다.

2. EEG를 통한 집중도 분석

집중력이란 "어떤 사물에 대한 정신을 집중하는 힘이나 집중 시킬 수 있는 힘" 이며, 정신의학에서는 집중은 "받아들인 외부자극에 대하여 중요하다고 선택되어진 자극에 집중적인 주의를 기울이는 정신적인 힘"이라고 정의되어 있다. 의학적으로 집중력이나 주의력은 각성, 집중, 연상의 과정을 포함한 형태를 말하며, 신경학적인 해석으로는 뇌간에 있는 망상체, 대뇌피질의 연합영역, 각성을 담당하는 해마, 시상등(Limbic system)을 들어서 설명할 수 있다, 집중력과 관련된 뇌파를 측정하여 집중신호를 하드웨어에 연동하여 제어하고자 하는 BCI(Brain-Computer Interface) 제어에 관한 다수 논문이 다수에서 보고되고 있다.[5~7]

BCI는 인간과 컴퓨터 상호 작용을 연구하는 HCI (Human Computer Interface)의 한 분야로써 뇌파기를 통해 특정상태의 뇌파 신호를 측정하여 특이점이나 특징을 추출하고 이를 분류한 후 일반적인 제어 신호로 변환하여 컴퓨터나 기기 등을 제어하는 기술이다. 즉, BCI 시스템은 뇌 자체에서 발생하는 전기신호를 측정하여 제어 또는 통신 시스템에 접목시키는 것을 말한다. 이러한 측정들은 인간의 두피(scalp)에서 비침습식(noninvasive)으로 측정이 이루어지고 그 결과 뇌전도(EEG, electroencephalogram)를 얻을 수 있다.[8]

3. EEG 측정 시스템

본 시스템에서 EEG를 측정하기 위하여 Biopac에서 제작한 EEG100C 모듈을 이용한 EEG 측정를 사용하였다.이득은 5000, Nomal mode. 고역통과필터의 차단주파수는 0.1Hz 및 전원 노이즈의 잡을 제거하기 노치필터를 사용하였다. USB타입의 SDAQ 신호입력장치를 통

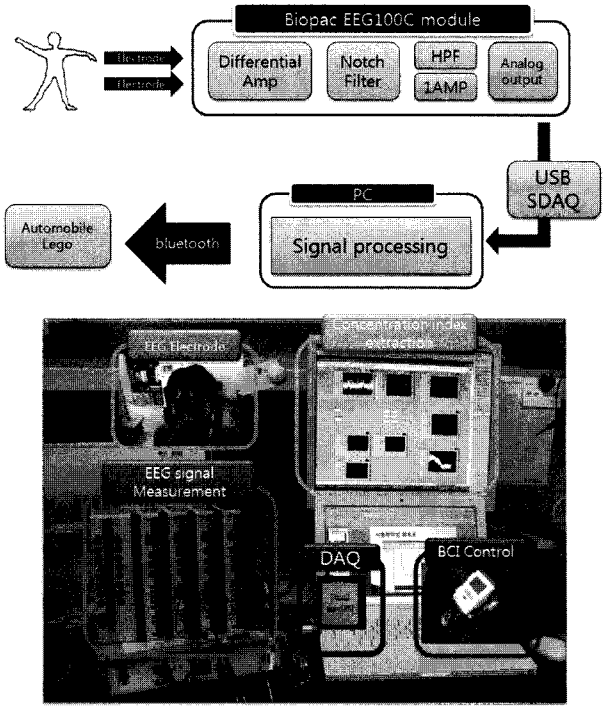


그림 2. EEG 측정 시스템
Fig. 2. EEG measurement system.

하여 디지털 신호로 변환하였다. AD변환을 위한 타이밍 셋팅은 LabVIEW 8.5를 이용하여 연속샘플모드, 샘플링 속도는 2kHz 및 샘플갯수 1kHz로 설정 하였다.

4. EEG 신호처리

국제 10~20 시스템을 이용하여 전두엽에서 측정된, 신호를 FFT(Fast Fourier Transform)로 변환 후, 각 주파수 영역으로 분리하였다. FFT식은 (1), (2)와 같다.

$$H(f_n) = h_k e^{-j2\pi kn/N} = H_n \tag{1}$$

$$h_k = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} H_n e^{-2\pi kn/N} \tag{2}$$

FFT를 통한 각각의 주파수 대역별 값은 배열로 저장되어 진다. 본 논문에서 집중지표와 관련있는 SMR파(12~15 Hz), Mid-Bata파(15~20Hz), Thata파(4~8Hz)의 값을 전체 배열 값에서 추출해 내었다. 각 주파수 영역 별 값은 LabVIEW 8.5의 수치적분을 통해 구하였다. 수치적분은 Trapezoidal rule을 사용하였고 입력배열의 데이터를 샘플링 구간 간격으로 적분한 결과를 수치적분 값으로 반환하게 된다. 수식은 (3)과 같다.

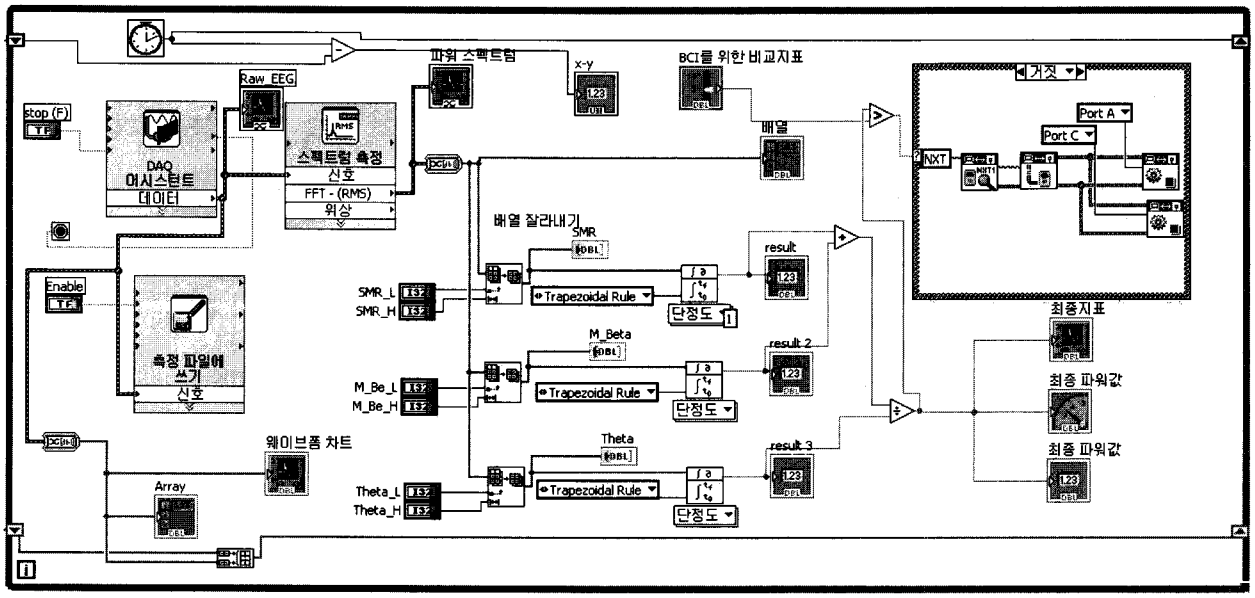


그림 3. 집중지표 추출을 위한 EEG 신호처리
Fig. 3. EEG signal processing for concentration power extraction.

$$\int_{t0}^{t1} f(t)\,dt = \sum_{j}\left\{\frac{1}{2}(x[i]) + x[i+1])\,dt\right\} \qquad (3)$$

j : 각 주파수 범위의 배열 갯수

최종적으로 집중도 지표를 추출하기 위한 수식은 식 (4)를 사용하여 구하였다.

집중도지표식 = (SMR+Mid_Beta)/Theta (4)

Ⅲ. EEG 실험 결과

1. EEG 신호 측정

본 연구에서는 EEG 측정 실험을 위해 NI사의 LabVIEW 8.5로 프로그래밍 하였다. Biopac의 EEG100C에서 측정된 EEG 데이터를 SDAQ를 이용하여 신호를 컴퓨터로 획득하였다. DAQ 어시스턴트를 이용하여 주로 100Hz 미만의 대역을 갖는 뇌파 신호를 20배의 값으로 연속 샘플하기 위해 2kHz로 샘플링 하

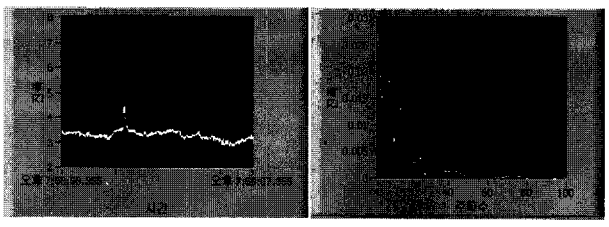


그림 4. Raw_EEG 신호와 FFT 분석
Fig. 4. Raw_EEG signal and FFT analysis.

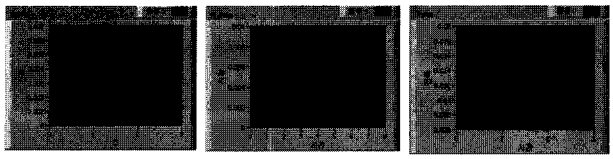


그림 5. SMR파, Mid-Bata파 및 Theta파
Fig. 5. SMR wave, Mid-Bata wave and Theta wave.

였다. SDAQ에서 획득된 신호는 그림 4와 같이 Raw_EEG 그래프를 통해 볼 수 있도록 하였다. 그림 5는 집중지표 값과 관련된 SMR파, Mid-Bata파, Theta파의 추출된 값을 보여주고 있다.

2. EEG 신호처리

Raw_EEG는 LabVIEW의 스펙트럼측정 함수를 통하여 FFT를 적용하여 주파수 대역별로 분류한 후 뇌파신호의 관심주파수 영역인 0~100Hz영역만 표시하였다. FFT를 통해 분류된 스펙트럼 파워의 주파수 대역 값을 집중지표에 필요한 영역으로 나누기 위하여 SMR파, Mid-Bata파 그리고 Theta파 영역의 값을 추출하기 위해 FFT를 통해 구해진 전체 주파수 별 배열 값을 배열 함수를 이용하여 구하였다. 즉, 잘라내기 VI에 적용하여 각 영역의 주파수 대역을 각각의 배열 값으로 재 저장한 후 주파수별 값을 모니터상에 표시하였다. 저장된 배열 값은 수치적분을 통하여 집중 지표를 추출하기 위한 주파수 영역 값들을 적분 한 후 집중지표를 추출하기 위한 수식 (SRM+Mid_bata)/Theta에 적용하여 최종

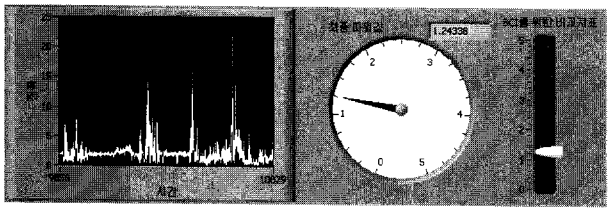


그림 6. 최종 집중도 지표 값
Fig. 6. Final concentration index values.

집중지표 값을 추출 하였다. 그림 6은 최종으로 추출된 집중도 지표 값을 나타내고 있다. 집중지표 값은 1~5의 정수 값으로 표현하였고 가변적인 비교지표 값과 비교하여 그 이상이면 레고 자동차가 움직이도록 설정하였다.

3. EEG신호 BCI적용

추출한 최종 집중도 지표 값을 이용하여 레고 자동차를 움직이도록 하였다. 레고 자동차는 블루투스로 통신되도록 하였으며 레고를 제어하기 위해 LabVIEW에서 제공되는 legotool-kit을 활용 하였다. 레고 프로그래밍은 블루투스 통신 설정과 모터의 On/Off 제어만 할 수 있도록 하였으며 가변 비교지표 값 보다 최종 집중지표 값이 큰 경우 레고가 전진하도록 하였고 이하 값일 때는 스톱하여 집중력이 좋으면 레고자동차가 더 멀리 갈 수 있도록 구성하였다.

IV. 결 론

본 연구에서는 EEG신호를 실시간적으로 획득, 처리하여 집중도 지표를 통하여 두뇌 활성화 훈련을 위한 뇌파신호 무선전송장치개발을 시도하였다. 전두엽에서 EEG신호를 Biopac사의 EEG100C모듈과 SDAQ를 이용하여 AD변환 후 PC로 입력 받았다. 증폭된 뇌파신호는 1~5V 사이 값으로 표시하였고 이 값은 FFT를 사용하여 집중력과 관련된 뇌파 신호를 주파수 영역으로 분류하였다. 집중지표를 나타내기 위한 SMR파, Mid-Bata파, Theta 파의 각각의 대역에서 신호를 추출하여 각각을 적분한 후 집중 지표 수식을 이용하여 최종 집중지표를 얻어 내었다. 이 값은 최종 1~5정도의 수치값으로 표시하였으며 외부 노이즈에 약하여 전선의 움직임 등에도 값이 변하게 됨으로 측정시 주의가 요구된다. 최종 집중신호를 BCI기술에 응용하고자 PC상에서 블루투스를 이용하여 레고로 전송하였다. 또한 기존의 생체신호 응용게임, 집중력훈련 프로그램뿐 아니라 장난감 등 전자기기와 같은 독립형 기기로 확대 적용 할 수 있으며 인터페이스를 블루투스 무선전송 장치를 사용함으로써 다른 기기와의 전송 및 더 넓은 분야로 확대 가능함을 기대할 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] Alexandre F. Kerkeni N. Ben Khalifa K. and Bedoui M. H."Artificial Neural Networks to extract knowledge from EEG, BIOMED'04, Innsbruck, Springer, 2004.

[2] G. Pfurtscheller et al., "Current trends in Graz brain-computerinterface (BCI) reseach" IEEE trans. Rehab. Engineering, Vol.8, pp. 216-219, 2000.

[3] 이경중, 윤영로 "생체전기현상", 한국정밀공학회지, 제 21권, 5-11, 2004.

[4] F. H. Patrcia and Theda Sannit, "A review of international ten twenty system of electrode placement," Grass Instrument Company, 1974.

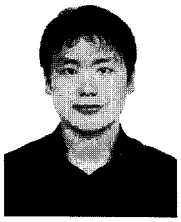
[5] ZHAO QiBin, ZHANG LiQing & CICHOCKI Andrzej "EEG-based asynchronous BCI control of a car in 3D virtual reality environments" Chinese Science Bulletin, Vol.53 , No 0, January 2008.

[6] J. R. Wolpaw, D.J.McFarland, and T.M. Vaughan "Brain-Computer Communication" Proceeding of the IEEE, Vol. 89, No. 7, jul. 2001.

[7] J.R. Wolpaw, N. Birbaumer, D. J. McFarland, G .Pfurtscheller, and T. .Vaughan,"Brain-Computer"

[8] 고한우 외 11명, "생체신호처리", 영문각, 27-40 1997년

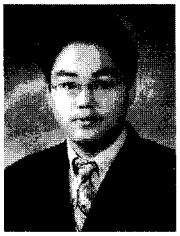
저 자 소 개



이 충 헌(학생회원)
2004년~현재 동명대학교 메카트로닉스공학과 학사 재학 중
<주관심분야 : 바이오메디컬시스템, 로보제어, BCI>

권 장 우(정회원)
1990년 인하대학교 전자공학과 학사
1992년 인하대학교 전자공학과 석사
1996년 인하대학교 전자공학과 박사
1996년~1998년 특허청 심사관
2004년~현재 동명대학교 컴퓨터공학과 부교수
<주관심분야 : 지능형시스템, 뉴럴네트워크, 신호처리>

김 규 동(학생회원)
2007년 동명대학교 컴퓨터공학과 학사
2009년 동명대학교 컴퓨터공학과 석사
<주관심분야 : 데이터베이스, 위성통신, GIS>



홍 준 의(학생회원)
2007년 동명대학교 컴퓨터공학과 석사
2007년~현재 동명대학교 컴퓨터공학과 박사 재학 중
<주관심분야 : RFID, Embedded System>

신 대 섭(정회원)
1996년 호원대학교 전자공학과 학사 졸업(공학사).
1998년 인하대학교 전자공학과 석사 졸업(공학석사).
2005년 8월~현재 한양대학교 전기공학과 박사 과정.
<주관심분야 : Image processing, 신경망, 적응제어, 신호처리, 임베디드제어, 재활로봇>

이 동 훈(정회원)-교신저자
1987년 인하대학교 전자공학과 학사
1993년 인하대학교 전자공학과 석사
2001년 인하대학교 전자공학과 박사
1988년~2006년 원자력의학원 책임연구원
2006년~현재 동명대학교 의용공학과 조교수
<주관심분야 : 바이오메디칼시스템, 의용방사선기기>