

이미지 트레이닝을 위한 바이오 피드백 컨트롤러

論 文
10-3-2

A Bio-Feedback Controller for Image Training

안 진 호, 문 명 집, 김 호 룡, 김 경 식*

Jin-Ho Ahn, Myoung-Jib Moon, Ho-Ryong Kim, and Kyung-Sik Kim

Abstract

In this paper, a controller recognizing human gestures using EMG signal is shown. The tiny and band-type controller is developed for image training to exercise the specific area in the body, and uses a dry-type silver fiber electrode easy to be attached or detached itself to a skin. The captured EMG signals are converted to 10-bit digital values via amplification and frequency filtering processes within the controller, and are transmitted to the server by wireless. As the gesture recognition ratio using the proposed controller on biceps is up to 80%, we expect the practical potential of the controller is very promising.

Keywords : Bio-feedback controller, Image training, EMG, Dry-type fiber electrode

I. 서 론

1. 개 요

최근 삶의 질이 향상되면서 운동은 자신의 건강을 지키기 위한 목적만이 아닌 외모관리적인 요소의 하나로 새로운 관심사와 이슈가 되고 있다. 그 중 헬스 등의 운동은 정확한 운동방법을 알 수 있도록 보조해 주는 트레이너가 존재하고 있는데, 이는 체계적인 학습을 통하여 안전하면서 효과적인 길을 제시해주는 것이라 할 수 있다. 하지만 바쁜 일상으로 운동을 위해 원하는 만큼의 시간을 투자하기 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위한 하나의 방법인 이미지 트레이닝은 시간과 공간의 제약을 받지 않고 운동 효과를 볼 수 있는 방법이다. 실제 운동 동작과 이미지 트레이닝 동작을 비교할 때 근육이 자극 받는 부분과 운동량은 거의 흡사하다는 연구 분석이 있다[1].

이러한 트렌드를 따라 흥미를 유발시키는 이미

지 트레이닝 기기들이 개발되어 지고 있다. 대표적인 예로 닌텐도사의 Wii와 같이 사용자 자세를 게임 캐릭터와 연동하는 체감형 인터페이스 기술 등이 대중적인 관심을 받고 있다[2].

하지만 앞서 말한 인터페이스 기기는 사용자의 움직임과 행동을 인식하여 동작하는 방식이며 뇌파, 근전도, 심전도 등의 신체의 변화를 인식하는 방식의 생체신호 기반 인터페이스는 크게 상용화 되지 않은 상태이다. 이를 해결하기 위하여 생체신호 기반 인터페이스에 대한 관심과 연구가 현재 진행 중에 있다. 본 논문에서는 효과적인 이미지 트레이닝을 위하여 생체 신호 중 근전도 (ElectroMyoGram: EMG) 신호를 측정할 수 있는 바이오 피드백 컨트롤러를 구현하였다. 구현한 컨트롤러는 사용자가 임의 위치에 쉽게 탈부착이 가능한 작은 밴드 형태로서, 내부에 건식형 전극을 삽입하여 내구성과 사용 편의성을 확대하였다. 실험 결과 실제 운동과 유사한 이미지 트레이닝이 가능함을 확인할 수 있었다.

2. 관련 연구 동향

생체신호 처리에 의한 인터페이스 기술은 점점

접수일자 : 2011년 06월 02일
 심사일자 : 2011년 07월 20일
 최종완료 : 2011년 09월 10일
 교신저자, E-mail: kskim@hoseo.edu

이슈화되고 있는 웨어러블 환경이나 모바일 환경 등에서 인간 친화적이고 휴대가 가능한 인터페이스로 활용되어 문자, 음성, 제스처, 표정인식 이후의 차세대 사용자 인터페이스를 위한 미래지향 원천 기술에 해당된다. 근전도 기반 HCI 기술의 국내외 동향을 알아보면 최근 오토북(Ottobock)이나 나부코, Utah Arm(Freehand system)등의 회사는 세계적인 재활장비 전문업체로서 막대한 연구자금을 들여 생체신호에 반응하는 1자유도, 또는 2자유도 인공지능 의수를 개발하고 있으며 한국과학기술원(KAIST)에서는 1998년부터 ‘지능형 인간-로봇 상호 작용 기술 개발’의 일환으로 근전도 신호에 관한 연구를 수행해왔다. 현재 개발된 근전도 시스템은 중증 척수 장애인들을 위한 근전도 기반 2자유도 휠체어 제어기를 비롯하여 4자유도 로봇 팔 제어 알고리즘, 근전도 측정 시스템 등이 있다[3-4].

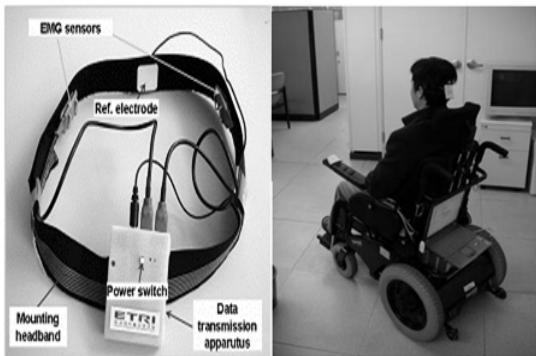


그림 1. 다양한 근전도 기반 시스템 예
Fig. 1. Examples of EMG-based system

또한 근전도 신호에 대한 연구가 게임 컨트롤러와도 함께 이루어지고 있다. Wii에서 발매한 Guitar Hero라는 게임의 컨트롤러에 버튼 제어를 5채널의 근전도 신호를 이용하여 컨트롤러로 이용하였다. 근전도 컨트롤러는 Wii Guitar Hero 컨트롤러의 넥 부분의 5개의 버튼을 왼쪽 팔목의 전극에 연결시키고 각 채널의 신호를 받아 버튼의 제어하는 역할을 수행하였다. 근전도 컨트롤러의 인식률 측정 결과는 표 1에 나타나 있다. 결과에서 보듯이 처음에는 익숙하지 않아 낮은 정확성을 보였지만 여러 번 테스트를 하면서 정확도가 올라간 것을 볼 수 있다[5].

지금까지의 연구 동향을 살펴보면 근전도를 이용한 컨트롤러는 기존 상용화 컨트롤러의 역할을 충분히 수행해낼 수 있을 것이라 생각되며, 근전

표 1. Wii Guitar Hero의 인식률
Table 1. Recognition rate of Wii Guitar Hero

1st Trial	Control	Score	%Correct	Longest Streak
0	WiiGuitar	15100	80	28
1	EMG	1418	11	3
2	EMG	10022	68	15
3	EMG	8888	64	13
4	EMG	9155	69	8
5	EMG	9933	70	14

2nd Trial	Control	Score	%Correct	Longest Streak
0	WiiGuitar	52631	100	242
1	EMG	5906	43	6
2	EMG	6192	42	9
3	EMG	11472	76	22
4	EMG	9075	65	17
5	EMG	8809	66	9

3rd Trial	Control	Score	%Correct	Longest Streak
0	WiiGuitar	52631	100	242
1	EMG	7064	51	7
2	EMG	6970	51	8
3	EMG	8859	62	11
4	EMG	7226	52	6
5	EMG	7053	50	8

도 뿐만 아니라 뇌파, 심전도 등 생체 신호 인터페이스 연구에 큰 도움이 될 것이라 예상된다.

II. 근전도 기반의 바이오 피드백 컨트롤러

1. 시스템 구성

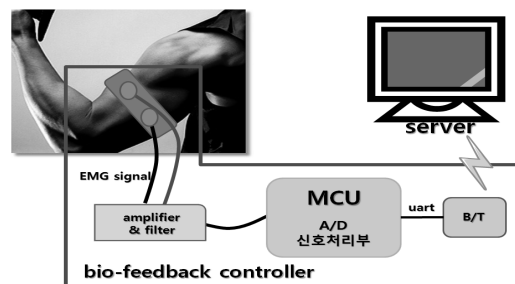
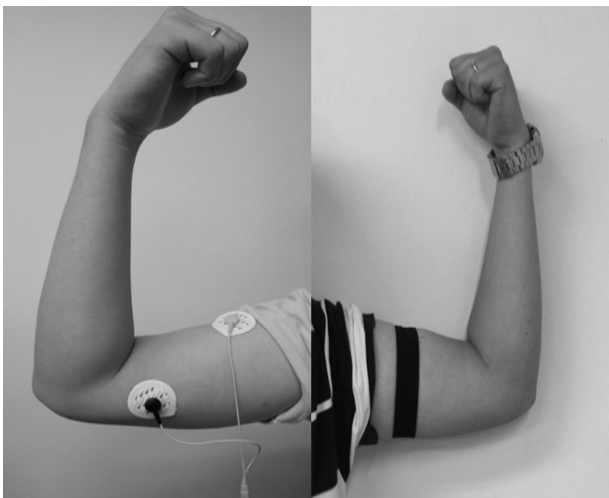


그림 2. 시스템 구성도
Fig. 2. System structure

그림 2에서는 바이오 피드백 컨트롤러의 전체 동작 흐름도를 나타내었다. 먼저 사용자에게 부착된 전극부에서 근육의 전기적인 신호를 획득하고,

획득한 원신호는 증폭 및 필터링 블록에서 유효 아날로그 신호로 변환된다. MCU에 입력되는 상기 신호들은 디지털화되어 사용 목적에 부합되는 다양한 신호 처리 과정을 거치게 되고 이후 블루투스를 이용한 무선 통신 방식으로 서버에 전송되어 사용자가 해당 결과를 확인할 수 있다.

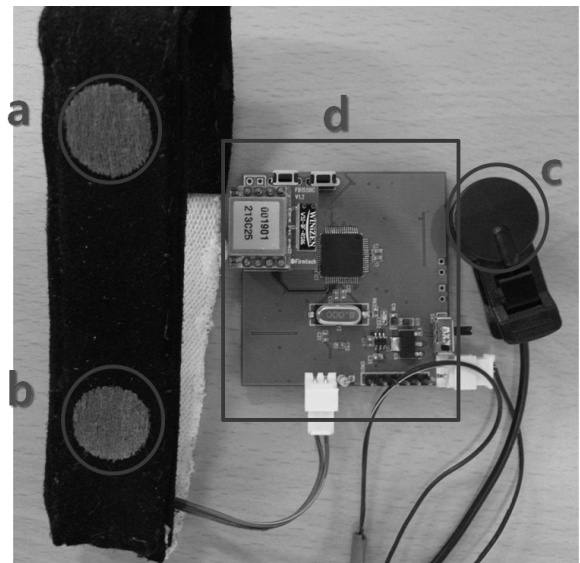
먼저 본 연구에서 개발된 컨트롤러는 기존 근전도를 측정하기 위하여 사용되었던 전극을 밴드 형태로 제작하여 사용자가 원하는 위치에 쉽게 탈부착이 가능하도록 하였다. 또한 기존 생체 신호 측정용 기기는 일반적으로 1회용 습식 전극(그림 3(a))을 사용하지만 습식형 전극의 경우 소모성 전극이어서 컨트롤러로 사용하기는 적합하지 않다. 또한 피부에 땀이나 수분이 있을시 부착이 쉽지 않고 정확한 신호 측정이 어려워 그 실효성이 매우 낮다. 따라서 본 연구에서는 상기 문제들을 동시에 해결할 수 있는 전도성 은섬유를 활용한 건식형 전극(그림 3(b))을 사용하였다.



(a) 1회용 습식형 전극 (b) 은섬유 건식형 밴드전극
그림 3. 사용 전극의 비교

Fig. 3. Comparison between used electrodes

그림 4는 구현한 컨트롤러의 사진이다. 그림에서 (a)는 사용자가 측정하고자 하는 부위에 접촉하여 측정하는 측정전극, (b)는 근육량이 적은 부위에 부착하여 측정하는 기준전극, (c)는 깃털에 가볍게 부착하는 형식의 금도금성 접지전극이다. 전극부에서 출력되는 신호는 컨트롤러 메인 모듈(그림 4(d))에서 일련의 신호 처리 과정을 통하여 유효 생체 신호를 측정할 수 있도록 하였다. 컨트롤러 메인 모듈의 크기는 50*50(mm)이며 4 layer 구조로 제작하였다. 그리고 리튬이온형 1A 배터리



(a) 근전도 측정 전극 (b) 근전도 기준 전극
(c) 접지 전극 (d) 컨트롤러 메인 모듈
그림 4. 바이오 피드백 컨트롤러의 구성

Fig. 4. Bio-feedback controller components

리 기준으로 컨트롤러의 연속 사용시간은 7.8시간, 그리고 최대 대기시간은 24.8시간 정도이다.

2. 증폭 / 필터부 설계

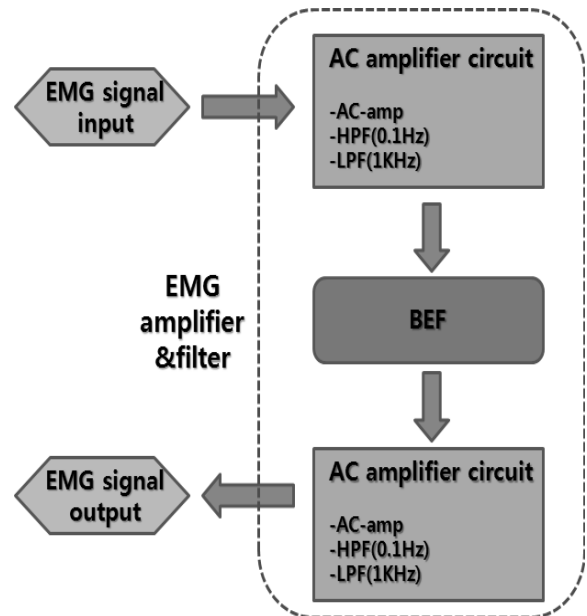


그림 5. 증폭 및 필터부 신호처리 과정
Fig. 5. Signal processing process in amp.&filter

그림 5는 바이오 피드백 컨트롤러의 증폭 및 필터부 신호처리 과정이다. 증폭 및 필터부는 근전도 신호를 정확히 추출하기 위하여 디지털 회로 대비 성능이 우수한 아날로그 회로 기반으로

설계하였다. 그림 5에서 전극을 통하여 입력된 신호는 먼저 HPF(High Pass Filter)와 LPF(Low Pass Filter)를 포함하는 교류 증폭회로를 통하여 증폭 및 필터링된다. 이후 60Hz 전원노이즈를 제거하고자 BEF(Band Elimination Filter)를 사용하였다. 마지막으로 차동증폭기의 전압차를 크게 하고 BEF를 통과하고 생기는 다른 노이즈 요소를 제거하기 위하여 추가적으로 증폭 및 필터링을 하였다. 그림 6은 본 연구에서 사용한 증폭 및 필터의 세부 회로도이다. 증폭회로와 필터의 사용되는 저항 및 캐패시터의 수치는 식(1), (2), (3)과 같다.

$$Gain = 1 + \frac{R_L}{R_G} \quad (1)$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_1 \sqrt{C_1 * C_2}} \text{ (단, } C_1 = 2C_2, R_1 = R_2) \quad (2)$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi C_1 \sqrt{R_1 * R_2}}, Band\ Width = 2f_o = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} \quad (3)$$

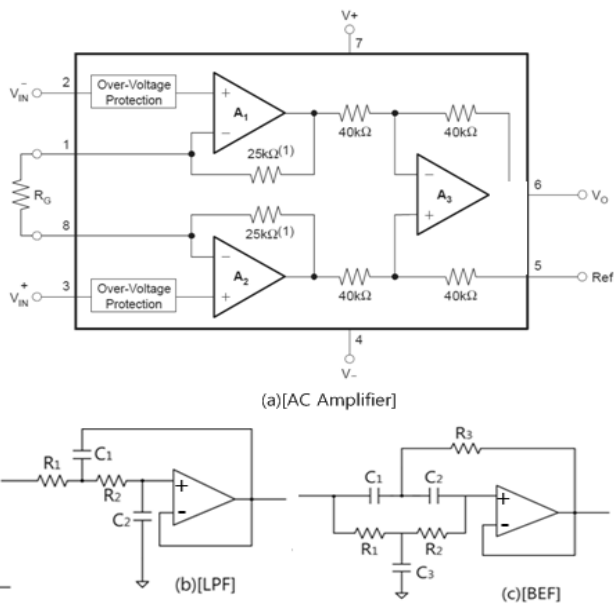


그림 6. 교류 증폭 및 필터 회로
Fig. 6. AC amplifier and filter circuit

증폭부에서 사용한 INA128칩은 식 (1) 중 R_L 이 25kΩ로 고정되어 R_G 만으로 제어를 하여 증폭도를 구하는 방식이다. 따라서 R_G 를 510Ω으로 하여 약 50배 정도 근전도 신호를 증폭하였다. HPF와 LPF의 차단 주파수는 각각 0.1Hz와 1KHz이다. 향후 본 2단 증폭/필터부는 추가적인

실험을 거쳐 최적화할 계획이다.

증폭 및 필터링 처리된 아날로그 신호는 10비트 디지털 값으로 변환되며 MCU에서 피크 값 추출이나 정규화 과정을 거치게 된다. MCU에서 출력되는 최종 데이터는 블루투스 모듈을 통하여 서버 호스트까지 전송된다.

III. 구현 결과

본 연구에서는 건식형 전극을 측정전극과 기준전극 두 가지로 사용하였다. 측정전극은 근육량이 많은 상완이두근의 단두에 부착시켰고, 기준전극은 운동량이 비교적 적은 상완삼두근의 내측두아래 부분에 부착시켰다. 그림 7은 상완이두근의 단두에 부착한 전극에서 측정한 근전도 신호를 -2.5V~2.5V 크기로 조정하고, 이두근의 수축과 이완 동작을 표시한 파형이다. 그림에서 스윙 폭이 작은 구간은 힘이 들어가지 않은 근육 이완 구간이고 스윙폭이 큰 부분이 힘이 들어간 근육 수축 구간을 나타낸다. 그림에서 보여주는 파형을 보았을 때 근육의 이완과 수축의 차이의 확연히 알 수 있었으며 이를 토대로 본 연구에서 제안한 컨트롤러와 서버간의 연동성 테스트를 확인하였다.

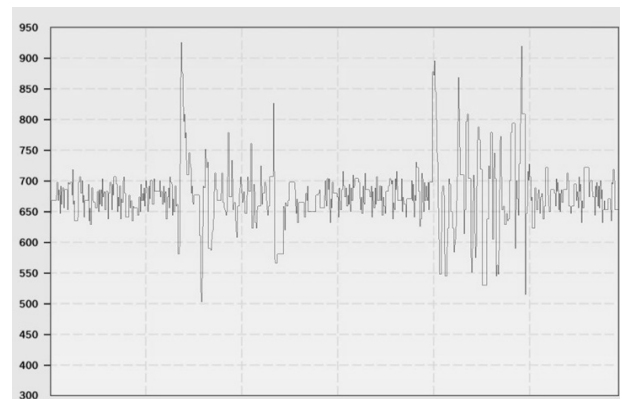
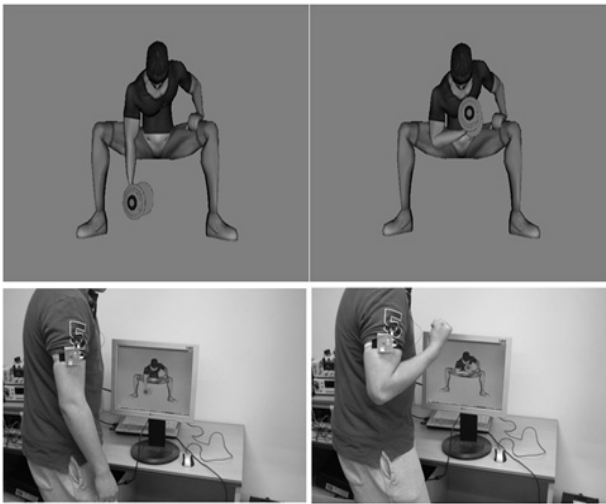


그림 7. 이두근의 근전도 신호
Fig. 7. EMG signal of biceps

IV. 이미지 트레이닝 효과 분석

그림 8은 이미지 트레이닝 시 사용자가 쉽게 현재 상태를 알 수 있도록 서버에 가상 캐릭터를 만들고, 바이오 피드백 컨트롤러의 근전도 출력



(a) 근육 이완 (b) 근육 수축
 그림 8. 가상 캐릭터를 이용한 이미지 트레이닝
 Fig. 8. Image training with a virtual character

신호를 가상 캐릭터와 연동시켜 표현한 것이다. 본 연구에서는 테스트를 하기 위하여 그림 8과 같이 오른쪽 이두박근에 컨트롤러를 부착하여 화면 속 캐릭터와의 연동성을 확인하였다. 확인 결과 컨트롤러는 사용자가 착용하기에 전혀 불편함이 없다는 것을 확인 할 수 있었으며 피 실험자가 근육을 수축/이완 하였을 때 실시간으로 화면 속에 캐릭터가 동작을 인식하여 아령을 들거나 내리는 모션을 취하는 것을 확인 할 수 있었다. 표 2는 바이오 피드백 컨트롤러를 사용하여 남/여를 대상으로 실제 아령을 사용한 경우와 이미지 트레이닝만으로 운동한 경우 각각의 인식률을 확인한 결과이다. 표에서 볼 수 있듯이 이미지 트레이닝에서는 물리적인 변화 없이 근육 운동을 시키기 때문에 운동 자세가 매우 중요하지만 근육 피로도가 증가하게 되면 실제 운동기구를 활용하는 경우보다 인식률이 빨리 떨어지는 문제가 발생하였다. 그러나 상기 문제는 컨트롤러의 문제라기보다는 심리적인 요소가 가미되는 이미지 트레이닝의 특성에서 기인한 것이며, 반복 훈련을 통하여 인식률을 상승시킬 수 있다. 여성의 경우는 남성보다 근육 양이 적기 때문에 인식률이 다소 부족한 경향을 보이고 있지만 아령운동과 이미지 트레이닝 사이의 인식률 오차는 남성의 경우와 거의 동일한 것으로 나타났다.

표 2. 바이오 피드백 컨트롤러의 인식을 측정 결과
 Table 2. Evaluation results of bio-feedback controller

실험 대상	아령을 사용한 경우		이미지트레이닝한 경우	
	남	여	남	여
1	18/20(90%)	16/20(80%)	17/20(85%)	13/20(65%)
2	18/20(90%)	15/20(75%)	18/20(90%)	18/20(90%)
3	17/20(85%)	16/20(80%)	15/20(75%)	14/20(70%)
4	18/20(90%)	16/20(80%)	18/20(90%)	14/20(70%)
5	17/20(85%)	18/20(90%)	16/20(80%)	18/20(90%)
평균	88/100 (88%)	81/100 (81%)	84/100 (84%)	77/100 (77%)

V. 결 론

본 연구에서 제시한 근전도 기반 컨트롤러는 획득 신호의 정확도와 노이즈 강인성, 그리고 사용 편이성 등에서 기존 유사 기기 대비 많은 장점을 가지고 있다. 현재는 근육 수축과 이완의 2 단계만 구분 가능하지만 근전도 신호 분석 알고리즘을 통하여 보다 다양한 특징들을 추출할 수 있다면 여러 응용 분야, 예를 들면 휴대형 의료기기, 라이프로그, 체험형 게임 등에 효과적으로 적용될 수 있을 것이다.

[참고 문헌]

- [1] 박기정, "이미지 트레이닝을 통한 체육과 실기 능력 신장," 특별 연구교사 연구보고서, 2005.
- [2] 닌텐도사 Wii 홈페이지, <http://www.nintendo.com/>
- [3] 김종성 외 5명, "생체신호 기반 사용자 인터페이스 기술" 전자통신동향분석, 제20권, 제4호, 2005.
- [4] J. Kim, S. Mastnik, and E. Andre, "EMG-based Hand Gesture Recognition for Realtime Biosignal Interfacing," *Proceedings of the 13th international Conference on intelligent User interfaces (IUI '08)*, pp. 30-39, 2008.
- [5] R. S. Armiger and R. J. Vogelstein, "Air-Guitar Hero: real-time video game interface for training and evaluation of dexterous upper-extremity neuroprosthetic control algorithms," *IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference, BioCAS 2008*, pp. 121-124, 2008.

Biography



안 진 호

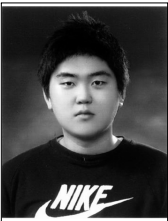
1995년 연세대학교 전기공학과 졸업
1997년 연세대학교 전기공학과 석사
2002년 LG전자 DTV연구소 연구원
2006년 연세대학교 전기전자공학과 박사
~현재 호서대학교 전자공학과 교수
<e-mail> jhahn@hoseo.edu



김 호 룡

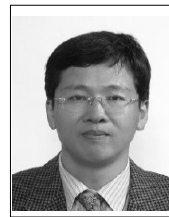
2011년 호서대학교 전자공학과 졸업
~현재 호서대학교 전자공학과 석사과정
<e-mail> kimhoryong@soc.hoseo.edu

딘&



문 명 집

2011년 호서대학교 전자공학과 졸업
~현재 호서대학교 전자공학과 석사과정
<e-mail> moonmj@soc.hoseo.edu



김 경 식

1982년 서울대학교 전자계산기공학과 졸업
1984년 서울대학교 전자계산기공학과 석사
1990년 서울대학교 컴퓨터공학과 박사
1984~1991년 한국전자통신연구원 선임연구원
~현재 호서대학교 게임공학과 교수
<e-mail> kskim@hoseo.edu