

다채널 근전도 신호를 이용한 체감형 게임 인터페이스 개발*

김강수, 한용희, 정원범, 이영호, 강정훈, 최흥호, 문치웅^{*,**}
 인제대학교 의용공학과, FIRST Research Group^{*}, U-Health Research Center^{**}
 {kks03, hyh02, jwb05, lyh05, kjh03}@bse.inje.ac.kr, {hhchoi, mcw}@inje.ac.kr

Technical Development of Interactive Game Interface Using
 Multi-Channel EMG Signal

Kang-Soo Kim, Yong-Hee Han, Won-Beom Jung, Young-Ho Lee,
 Jung-Hoon Kang, Heung-Ho Choi, Chi-Woong Mun^{*,**}
 Dept. Biomedical Engineering, Inje University,
 FIRST Research Group^{*}, U-Health Research Center^{**}

요 약

본 논문에서는 생체 신호를 이용하는 체감형 게임 인터페이스 개발을 위하여 근전도 신호로부터 사용자의 동작 의도를 실시간으로 인식할 수 있는 장치를 개발하여 방향성을 필요로 하는 게임에 적용하였다. 근전도 신호를 획득하기 위한 장치는 4 채널로 이루어지며, 정의되는 손목 동작으로는 Up, Right, Down, Left로 규정하였다. 각각의 동작으로부터 획득한 신호를 문턱치와 채널 간의 비교를 통하여 사용자의 의도를 인식하게 하였다. 방향성 분류 결과를 통하여 키보드의 방향키를 제어하고, 게임에 적용하게 된다. 개발된 장치는 재미와 흥미를 유도하여 효과적인 운동을 기대할 수 있으며, 상용화된 게임에도 적용할 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, we developed the device for an interactive game interface using bio signals which were able to recognize user's motion intention using EMG signals and it was applied to the games which need the information of the muscle motion directions. The module for acquiring EMG signals consists of 4-Ch, wrist-motions were defined as up, right, down and left state. The user's intent was recognized through thresholding and comparing signals of each channel. The classification result of the motion directions could control the arrow keys on the keyboard of PC and it was applied on the various games. This proposed game device can be expected to induce an effective exercise with an interesting and enjoyment, and it can use both self-developed or commercial games.

Keywords : EMG, Motion classification, Interactive game interface, Directional game

접수일자 : 2010년 09월 01일 심사완료 : 2010년 09월 27일

교신저자(Corresponding Author) : 문치웅

* 본 연구는 산업자원부와 한국기술진흥원의 지역혁신인력양성사업(2차년도)으로 수행된 연구결과임

1. 서론

체감형 게임이란 게임 조작의 한 방법으로 사람의 동작에 따라 직접 프로그램을 제어하여 신체의 움직임을 최대한 반영하는 게임이다[1]. 닌텐도의 Wii가 개발되면서 게임에서 체감형 인터페이스가 부각 되기 시작하였으며, 다양한 감각을 활용하는 인터페이스 개발이 확대되는 추세이다[2]. Wii를 비롯한 3축 가속도 센서가 내장된 인터페이스를 사용하는 게임 모듈들은 방향키를 사용하던 기존의 인터페이스 방식과는 달리 사용자의 모션에 따라 활동량을 필요로 하는 게임에 적용되어 사용자에게 게임으로부터 운동의 효과 및 몰입감을 제공한다[3,4]. 한편, 생체 신호를 기반으로 하는 인터페이스 기술은 국내외적으로 많은 연구들이 이루어지고 있으며 근전도, 심전도 및 뇌파와 같은 생체 신호를 이용할 수 있다. 그 중에서도 표면 근전도를 이용하면 근육의 움직임을 통하여 게임에 필요한 구동 명령들을 생성할 수 있다[5]. 가속도 센서를 이용하여 모션만을 인식하는 방법에 비하여 직접 근육의 생체 신호를 이용할 경우, 운동의 효과는 방향에 대한 정보 외에도 근육에서 나오는 다양한 정보를 관찰할 수 있으므로 더욱 효과적이다. 최근 근전도 신호를 통하여 손가락의 움직임을 분류하고 이를 기타 프릭스 게임에 적용한 연구[6]와 뇌졸중 환자를 위하여 로봇을 근전도 신호로 조종하면서 재활 훈련을 유도하는 연구[7]가 발표되었다. 이들은 특정한 목적 및 게임에 맞추어 시스템을 제작하였으나, 본 연구에서는 PC 기반의 방향키를 필요로 하는 모든 게임에 유연하게 접근이 가능한 시스템 제작을 목표로 하였다.

근육의 신호를 통하여 게임을 컨트롤하기 위해서는 근전도 신호를 분석하여 방향에 대하여 정량적으로 표현하는 방법이 필요하다. 근전도 신호를 이용하여 동작의 방향성을 유추하는 연구는 오랜 기간에 걸쳐 연구되고 있으며, 아직도 많은 연구자들에 의해 발전 되고 있다. 대다수의 연구는 퍼지 이론[8,9], 인공 신경망[10,11], 판별 분석[12], AR

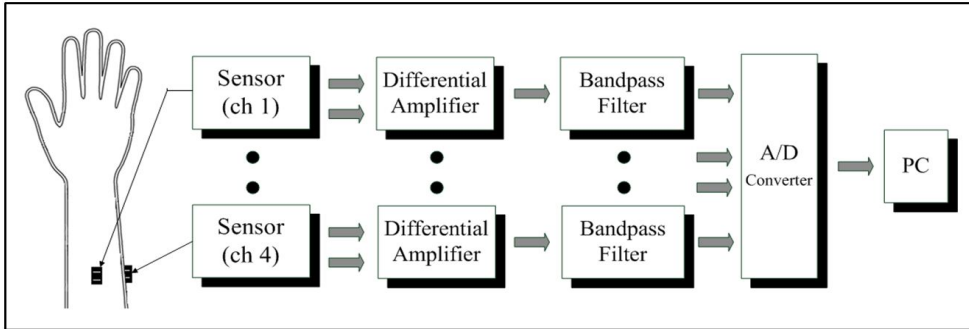
모델링[13] 과 같은 패턴 인식에 사용되는 복잡한 알고리즘을 적용 하여 동작의 분류에 대한 높은 인식률에 연구의 초점을 두어 왔다. 하지만 패턴 인식에 사용되는 알고리즘은 경우에 따라 많은 계산량을 요구하게 되며, 패턴의 수가 늘어나면 인식을 위한 과정에서의 시간 또한 늘어나게 된다. 또한, 유사한 패턴을 가질 경우 인식오류를 범할 가능성이 커진다는 단점도 있다. 따라서 본 연구에서 개발하고자 하는 시스템에 실시간으로 근전도 신호로부터 방향에 대한 정보를 공급해 주기 위해서는 간단하면서도 신뢰성이 높은 알고리즘이 필요하다. 이를 위하여 본 논문에서는 패턴으로 정의된 각 동작에 해당하는 근육 마다 독립적인 근전도 채널을 부착하고 정의된 동작 마다 다채널의 근전도 신호를 획득한 뒤, 각 동작에 대한 신호의 문턱치를 기준으로 동시에 채널 간의 크기를 비교함으로써 정의된 패턴을 인식하는 시간 지연이 없으면서도 신뢰성이 높고 제작 단가가 낮은 알고리즘을 제안하고자 하였다.

본 연구는 근전도 신호를 이용한 체감형 게임 인터페이스 개발을 위하여 다채널의 근전도 모듈을 제작하고, 제작된 모듈로부터 획득한 근 신호로 방향성을 인식하여 이를 방향성이 필요한 게임에 접목함으로써 효율적이고 재미있게 운동을 유도할 수 있는 시스템 제작을 목표로 하였다.

2. 시스템 설계 및 구현

2.1 근전도 신호 획득 모듈

[그림 1]은 근전도 신호를 획득하기 위한 아날로그 회로의 구성도이며, 전체적인 시스템 중 PC에서 근전도 신호를 프로세싱 하기 위한 전 단계까지를 표현하고 있다. 또한, 하드웨어의 구성은 센서부, 증폭부, 필터부, A/D 변환부로 이루어지며, 4채널의 근전도 신호를 동시 획득 가능하도록 구성하였다. 본 장치에서는 반영구적으로 재사용이 가능한 건식 타입의 전극(DE-2.1, Delsys, U.S.A)이



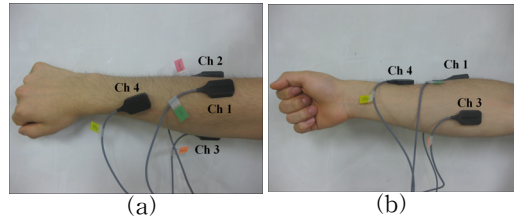
[그림 1] 근전도 모듈의 하드웨어 구성도

사용되었으며, 차동 증폭부와 필터에서의 증폭률은 A/D 변환부의 입력 범위와 호환을 이루기 위하여 원신호의 1000배가 증폭되도록 설계하였다. 기존의 수행된 연구들에서는 근전도 신호의 유효 주파수 범위를 10~500Hz로 정의하고 있다[14,15]. 따라서 필터부의 범위는 10Hz~500Hz로 하였으며, 60Hz의 상용 노이즈 제어를 위하여 디지털 노치 필터를 설계하여 사용하였다. A/D 변환은 채널 당 5kHz의 속도로 샘플링 하였으며, 24bit의 분해능을 가지는 A/D 변환 보드(NI9239, National Instruments, U.S.A)를 사용하였다.

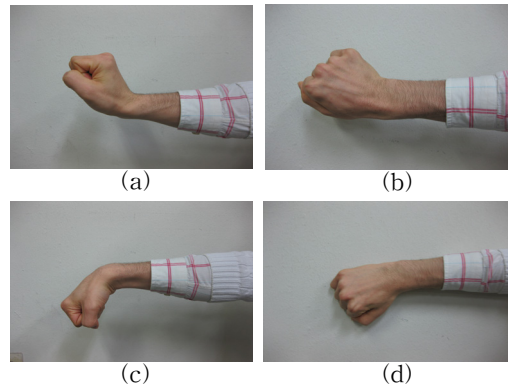
2.2 전극 위치의 선정

방향성을 인식하기 위한 전극의 위치는 방향의 특성을 잘 나타낼 수 있는 곳에 부착하여야 한다. 본 연구에서는 운동할 근육을 상지의 경우로 삼았으며, [그림 2]와 같이 4채널의 전극을 전완근에 부착하였다. 그리고 근신호의 방향성을 게임에 접목하기 위해서는 [그림 3]과 같은 Up, Right, Down, Left, Rest의 동작들이 인식되어야 하므로, 각 동작을 담당하는 근전도 채널을 두어 문턱치와 각 채널간의 비교를 통하여 규정된 동작을 구분할 수 있도록 하였다. [그림 2]에서와 같이 Up의 신호는 Ch 1(지신전근, Extensor digitorum), Right의 신호는 Ch 2(수근척골굴근, Flexor carpi ulnaris), Down의 신호는 Ch 3(수근요골굴근, Flexor carpi radialis), Left의 신호는 Ch 4(무지장외전근,

Abductor pollicis longus)에서 각각 획득하였다.



[그림 2] 근육 운동의 방향성 인식을 위한 전극의 위치: (a) 후면상, (b) 전면상

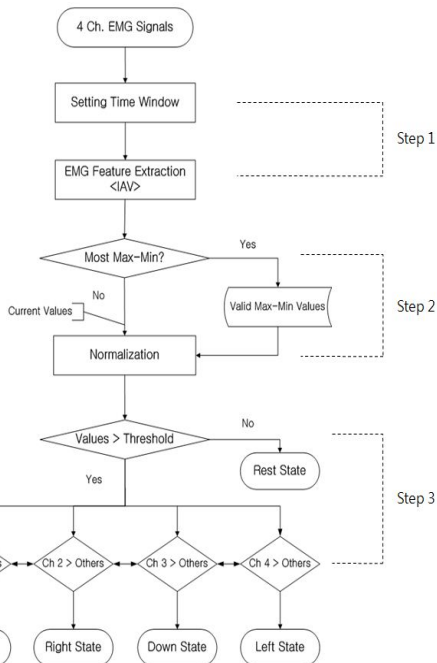


[그림 3] 정의된 손목 구분 동작:
(a) Up, (b) Right, (c) Down, (d) Left

2.3 방향성 패턴 분류 방법

각 채널당 5kHz 샘플링주파수로 A/D 변환되어 획득된 데이터는 통신 포트를 통해 PC로 전송되고, Labview 8.5 (National Instruments, U.S.A)

를 이용하여 신호 처리 하였다. 손목 동작에 따른 패턴 분류는 [그림 4] 와 같이 EMG 신호 특징 추출 (step 1), 표준화과정 (step 2), 신호 비교 및 패턴 분류화 (step 3)의 3단계로 이루어진다.



[그림 4] 손목 동작의 방향성 분류 알고리즘의 흐름도

[Step 1]: 연속적으로 획득된 근전도 신호에서 패턴 분류를 위한 특징 추출법으로 일정 간격의 유효한 신호를 추정할 수 있는 (식 1)과 같은 절대적분치(IAV)를 사용하였다[16].

$$IAV = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |X_i| \quad (\text{식 1})$$

[Step 2]: 위 과정에서 변환된 데이터를 연속적으로 획득한 후, 각 채널 별 신호의 범위를 비교 및 분류하기 위하여 각기 다른 스케일의 데이터는 0~1사이로 재구성 되어야 하며, 이를 위하여 Min-Max 표준화 방법을 사용하였다.

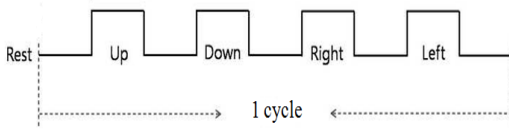
$$X'_i = \frac{X_i - Min}{Max - Min} \quad (\text{식 2})$$

최대값과 최소값은 획득 되는 근전도 신호의 IAV 크기를 실시간으로 비교함으로써 기존의 최대값, 최소값보다 크거나 작은 값을 획득하게 되면 그 값으로 변경되어 지며, 그 외 신호는 X_i 로서 (식 2)와 같이 재해석되어 표준화되어진다. 본 연구에서는 초기화 과정에서 정의된 손목의 구분 동작을 1회 씩 취하여 임시의 최대, 최소값을 획득하게 된다.

[Step 3]: 신호 비교를 통해 손목의 구분 동작에 대한 신호를 분류하는 단계로서, 표준화된 각 채널 별 신호들은 미리 정해진 문턱치 값과 비교하게 된다. 그러나 각 부위의 근육이 모두 활성화 될 경우는 사용자의 의도를 정확히 파악하기 어려우며, 이는 오인식의 원인이 될 수 있기 때문에 각 채널 별 신호간의 비교도 동시에 이루어진다. 즉, 채널 별 신호가 모두 문턱치 값 아래일 경우 휴식상태로서 확인되고, 하나의 채널이 넘을 경우에는 해당 채널이 활성화된 것으로 확인, 여러 채널이 넘었을 경우에는 채널별 비교를 통해 가장 신호가 큰 채널의 활성화도가 유효한 것으로 분류하게 된다.

2.4 실험 방법

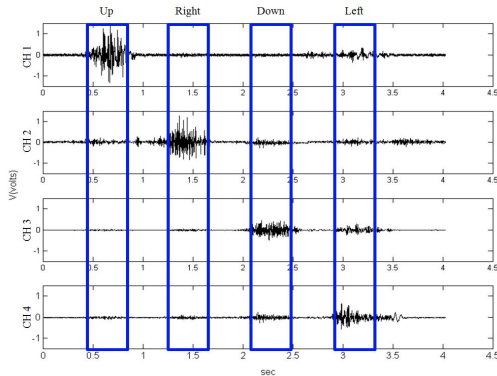
본 연구에서는 제작된 시스템의 신뢰성을 평가 하기 위하여 실시간 근전도 인터페이스 프로그램을 20대 일반 남녀 20명을 대상으로 적용하여 정의된 손목 동작에 대한 인식률을 확인하였다. 먼저 실험 동작 및 방법에 대해 설명한 후, [그림 5]에서와 같이 정의된 각 방향 동작 및 일시적인 휴식 상태를 1 cycle로 하여 10회 반복 수행하였으며, 프로그램에서 방향별로 지정된 LED의 ON/OFF가 실제 동작과 일치함을 확인함으로써 동작에 대한 신호의 인식을 판단하였다. 또한, 구분된 방향성에 대한 결과를 다양한 응용 플래시 게임에 접목하기 위하여 키보드의 방향키와 연결되도록 하였다.



[그림 5] 손목 동작에 따른 1 cycle의 정의

3. 결과 및 고찰

전완근에 부착된 4채널에서 [그림 5]에서 규정한 1 cycle의 방향별 손목 동작에 따라 각 필터부를 지나 1000배 증폭 처리된 $-1.5 \sim 1.5$ (Volts) 크기를 가지는 시간영역의 근전도 원 신호를 [그림 6]과 같이 확인하였다. [그림 5]에서 정의한 각 동작을 취했을 때 채널별 획득되는 근전도 신호는 방향성 패턴 분류 방법에 의해 문턱치 값과 각 채널간의 신호 비교를 통하여 각 방향별 분류가 이루어진다.



[그림 6] 각 동작별 4 Ch EMG raw Data
(위, 오른쪽, 아래, 왼쪽 순)

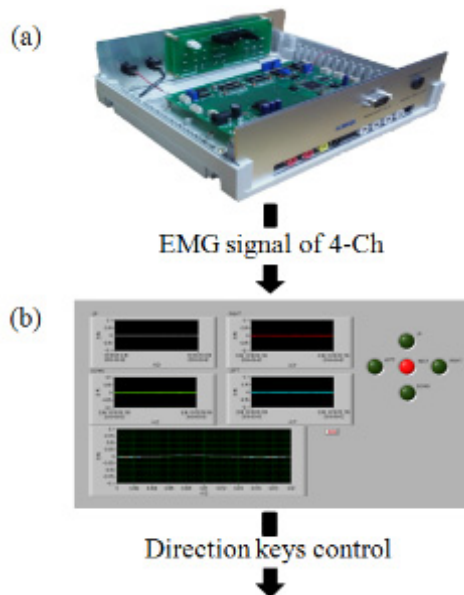
[표 1]은 20대 일반 남녀 20명을 대상으로 한 패턴 분류 결과를 나타내었으며, 사용자의 의도대로 적절히 분류되었는지 인식률을 조사 하였다.

[표 1] 패턴 분류 인식률

(n=20)		
Motion	Recognition rate (%)	Standard deviation
Up	91.25	13.1
Right	93.75	8.8
Down	89.38	12.3
Left	93.75	9.4
Average	92.03	11.3

본 논문에서 제안한 운동 방향성 분류에 관한 인식률은 평균 92% 이상의 높은 인식률을 보여 주었으며, 이를 통하여 시스템의 신뢰성을 확인 할 수 있었다.

[그림 7]은 Labview를 이용한 실시간 근전도 인터페이스 프로그램을 통해 각 방향별 동작을 키보드의 방향키와 매칭 시킴으로써 방향성만을 필요로 하는 상용화된 플래시 게임에 적용시키는 과정을 나타낸다. 적용된 게임으로는 [그림 7](c)와 같은 테트리스와 숫자 퍼즐 게임 등이 있으며, 본 연구에서 제안한 게임 외에도 상용화 된 게임 컨텐츠와 연동하여 적용 할 수 있다.





[그림 7] 다채널 근전도 신호를 이용한 게임 인터페이스 구성도 : (a) 제작된 근전도 모듈 (b) 근전도 모니터링 및 패턴 분류 프로그램 (c) 방향성 게임 적용 (왼쪽 : 테트리스, 오른쪽 : 숫자 퍼즐 게임)

본 연구에서 개발된 시스템은 근전도 신호로부터 방향성만을 이용하여 게임에 접목하였다. 하지만 운동의 효과를 증진시키기 위해서는 자신의 근전도 신호의 크기를 정량적으로 확인함과 동시에 점차적으로 증가시킬 수 있는 게임을 통하여 지루하지 않으면서도 동기 부여를 유발하는 방법도 요구된다. 이를 위하여 이전의 연구에서 근전도 신호의 크기를 정량화하여 게임에 적용하는 연구가 진행되었으며[17], [그림 8]과 같은 게임 장치를 개발하였다. 이 게임 장치는 근전도 신호의 크기를 일정한 간격동안 적분하여 점수로 반환함으로써 사용자에게 시각적인 효과와 점수에 대한 기대감 등의 운동 효과를 제공하여 준다. 또한, 사용자들 간의 경쟁심리를 이용하여 운동 효과를 높여 줄 수 있다. 현재로서는 근전도 신호의 크기와 방향성에 대한 부분이 독립적으로 개발 되었지만 앞으로의 연구에서는 근전도 신호의 크기와 방향성을 동시에 이용할 수 있는 장치를 개발하고, 이를 게임에 접목하여 많은 콘텐츠들과 연동이 가능하게 구성할 것이다.



[그림 8] 근전도 신호의 크기를 이용한 체감형 게임 장치

본 논문에서는 신호의 문턱치를 기준으로 하며 동시에 채널 간의 크기를 비교함으로써 시간 지연 없이 정의된 패턴을 인식하는 신뢰성이 높은 알고리즘을 제안하였다. 이 방법의 신뢰성을 검증하기 위하여 앞으로의 연구에서는 기존의 연구들에서 사용되어 지는 패턴 인식 알고리즘들을 접목하여 정량적, 정성적 분석을 통하여 비교할 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 손목 동작에 따른 전완근에서 획득한 근전도 신호로부터 사용자의 동작 의도를 실시간으로 인식할 수 있는 인터페이스 알고리즘을 제안하여 방향성을 필요로 하는 게임에 접목하였다. 이를 통하여 인간 친화적인 생체 신호를 이용하는 체감형 게임 인터페이스 기술을 개발하였다. 제안된 인터페이스를 사용하게 되면 사용자는 손목 동작의 방향에 따라 게임에서의 방향을 컨트롤 할 수 있기 때문에 재미와 흥미를 유발하여 효율적인 운동을 할 수 있다.

본 연구는 정상인을 대상으로 진행되었지만, 향후 다양한 환경 및 재활 운동의 필요 요소 및 프로토콜을 적립함으로써 재활 운동이 필요한 피검자를 대상으로 하여 효과적인 재활 훈련 환경에 대

한 개선 방법 또한 연구 할 예정이다. 또한, 전완근 뿐만 아니라 운동이 요구되어지는 부위마다 적용이 가능할 수 있도록 시스템의 사용 범위를 넓혀간다면 활용범위를 극대화 할 수 있을 것으로 기대된다.



[그림 9] 실제 근전도 신호를 이용하는 체감형 테트리스 게임 결과

참고문헌

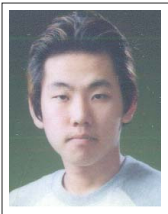
- [1] 김혜린, 장혜정, 박승호, “체감형 게임중심의 터치블 인터페이스 디자인 연구”, HCI 2004 Proceedings 한국정보과학회, pp.413-419, 2004.
- [2] L.Lanningham-Foster, R. C. Foster, S. K. McCrady, Teresa B. Jensen, N. Mitre, James A. Levine, “Activity-Promoting Video Games and Increased Energy Expenditure”, The Journal of Pediatrics vol.154, no.6, pp.819-823, 2009.
- [3] [Http://www.nintendo.com/](http://www.nintendo.com/)
- [4] 김정아, 강경규, 리현희, 명세화, 김동호, “노인을 위한 체감형 게이트볼 게임 개발에 관한 연구”, 한국게임학회 논문지, vol. 7, no.4, 2007.
- [5] C. S. Moon, “A self-training system using bio-feedback game for muscle and electromyogram bio-feedback game method thereof”, Korea Patent, 10-0822483-0000, 2008.
- [6] T.S. Saponas, D.S. Tan, D. Morris, B. Ravin, J. Turner, and J. A. Landay. “Enabling always-available input with muscle-computer interfaces”, In UIST’09: Proceedings of the 22nd annual ACM symposium on User interface software and technology, New York, USA, 2009.
- [7] Xing Shusong, Zhang Xia, “EMG-Driven Computer Game For Post-Stroke Rehabilitation”, The 4th IEEE Cybernetics and Intelligent Systems Robotics, Automation and Mecha tronics, 2010.
- [8] Ajiboye. A. B, Weir. R. F, “A heuristic fuzzy logic approach to EMG pattern recognition for multifunctional prosthesis control”, IEEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering, vol.13, pp.280-291, 2005.
- [9] S. Micera, A. M. Sabatini, P. Dario, B. Rossi, “A hybrid approach to EMG pattern analysis for classification of arm movements using statistical and fuzzy techniques”, Medical engineering and physics, vol.21, pp.303-311, 1999.
- [10] A. Soares, A. Andrade, E. Lamounier, R. Carrijo, “The Development of a Virtual Myoelectric Prosthesis Controlled by an EMG Pattern Recognition System Based on Neural Networks”, Journal of Intelligent Information Systems, vol.21, no.2, pp.127-141, 2004.
- [11] P. J. Gallant, E. L. Morin, L. E. Peppard, “Feature based classification of myoelectric signals using artificial neural networks”, Medical and Biological Engineering, vol.6, pp.400-405, 1998.
- [12] Y. Matsumura, Y. Mitsukura, M. Fukumi, “Hybrid Wrist EMG Recognition Systems by MDA and PCA”, Transactions of the Institute of Systems, Control and Information Engineers, vol.20, pp.51-59, 2007.
- [13] X. Hu, V. Nenov, “Multivariate AR modeling of electromyography for the classification of upper arm movements”, Clinical neurophysiology, vol.115, pp.1276-1287, 2004.
- [14] A. Georgakis, L. K. Stergioulas, G. Giakas, “Fatigue Analysis of the Surface EMG Signal in Isometric Constant Force Contractions Using the Averaged Instantaneous Frequency”, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol.50, pp.262-265, 2003.

- [15] A. H. Arieta, W. Yu, H. Yokoi, T. Arai, "FES as Biofeedback for an EMG Controlled Prosthetic Hand", Proceedings Tencon'05 conference of the IEEE Region 10, 2005.
- [16] S. H. Park, S. P. Lee, "EMG Pattern Recognition Based on Artificial Intelligence Techniques", IEEE Transactions on rehabilitation engineering, vol.6, no.4, pp.400-405, 1998.
- [17] J. H. Kang, J. H. Park, C. W. Mun, H. H. Choi, "The Improvement of Rehabilitation Treatment Environment by using Wireless EMG Application", 11th International Conference on Electronics, Information, and Communication, 2010.



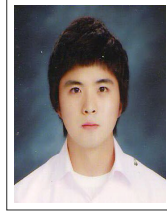
김 강 수 (Kim, Kang Soo)

인제대학교 의용공학과 학사
현재 인제대학교 의용공학과 석사과정
관심분야 : 생체신호처리, 체감형 게임



한 용 희 (Han, Yong Hee)

인제대학교 의용공학과 학사
현재 인제대학교 의용공학과 석사과정
관심분야 : 생체신호처리, 컴퓨터 프로그래밍



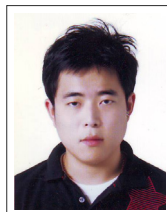
정 원 범 (Jung, Won Beom)

현재 인제대학교 의용공학과 학사과정
관심분야 : 컴퓨터 프로그래밍, 디지털 신호처리



이 영 호 (Lee, Young Ho)

현재 인제대학교 의용공학과 학사과정
관심분야 : 임베디드 시스템, 체감형 게임



강 정 훈 (Kang, Jung Hoon)

인제대학교 의용공학과 학사
현재 인제대학교 의용공학과 석사과정
관심분야 : 헬스케어, 하드웨어 설계



최 흥 호 (Choi, Heung Ho)

인하대학교 전자공학과 학사, 석사, 박사
한국재활복지공학회 이사
대한의용생체공학회 간행이사
대한의용생체공학회 재무이사
인제대학교 의용공학과 정교수

관심분야 : 헬스케어, 체감형 게임, 재활치료



문 치 웅 (Mun, Chi Woong)

서강대학교 전자공학과 학사
KAIST 전기전자공학과 석사, 박사
아산생명과학연구소 NMR연구실 선임연구원
삼성종합기술원 의료기기팀 전문연구원
인제대학교 의용공학과 부교수

관심분야 : 헬스케어, 신호처리, 체감형 게임
