

# 바이오피이드백 시스템 개발에 관한 연구

성홍모\*, 신재우\*, 윤영로\*, 윤형로\*, 강동주\*\*

\*연세대학교 보건과학대학 의용전자공학과

\*\* (주)바이오시스

## A Study on the Development of Biofeedback System.

H. M. Sung\*, J. W. Shin\*, Y. R. Yoon\*, H. R. Yoon\*, and D. J. Kang\*\*

\*Department of Biomedical Engineering, College of Health Science, Yonsei University.

\*\*Biosys Co. Ltd.

### ABSTRACT

In this paper, we present the development of Biofeedback system. Biofeedback is a method for learned control of physiological response of the body. It can be used to control certain biological response that cause health problems. [1]

Over the past 2 decades, biofeedback has received much attention from medicine as a cure-all for a variety of disease. It has been heralded as a technique that can provide normalization of disturbed physiology without the need for drugs or surgery and their attendant negative side effects. [1],[2]

Biofeedback system has been implemented by using PIC microprocessor. We have displayed 5-channel value on PC and managed patient information by using Delphi.

### 1. 서론

본 연구에서는 평상시 의지적 조절(voluntary control)이 불가능한 생리적 반응이나 평상시 의지적 조절이 되던 생리적 반응이 외상이나 질병으로 인하여 의지적 조절이 불가능하게 된 것을 PC화면을 통해 자기의 생체 신호 변화 상태를 스스로 조절할 수 있도록 훈련시키는 biofeedback장비를 개발하였다. 기본 원리는 다음과 같다. 정신적, 정서적 기능의 변화는 무의식적이건, 의식적이건, 크던, 적던 간에 생리적 기능에서 그에 상응하는 변화를 초래하고, 역으로 생리적 기능의 변화도 인간의 정신적, 정서적 변화에 영향을 미친다고 하는데 있다. [1],[2],[8].

본 기기는 피검자의 생리학적 변수로 생긴 생체 신호를 모니터링 할 수 있으며 서로간의 유기 관계를 통한 통계적 처리를 함으로서 인체로부터 얻어진 신호들은 유용한 정보로 바뀌게 된다.

Biofeedback은 행동주의 의학(behavioral medicine)의 한 분야로서 1960년대에 미국에서 사용되어지기 시작했으며 현재 사용되어지는 biofeedback 기기의 종류는 피검자의 증상에 따라 서로 다른 생체신호를 측정한다. 본 연구에서는 EMG, Temperature, Skin Conductance, ECG, 호흡 중에서 피검자의 상태에 따

라 필요한 생리학적 변수를 측정하도록 고안되었다. [1],[2],[8]

### 2. 본론

본 연구에서 구현되어진 biofeedback system의 구성은 크게 생리학적 변수를 측정할 수 있는 hardware부분과 각각의 생리적 변수를 디스플레이하고 여기서 얻어진 데이터를 통계처리할 수 있는 소프트웨어 부분으로 나눈다.

#### 2.1. Hardware

본 연구에서 구현되진 하드웨어 부분의 각각의 구성은 다음과 같다.

전체 시스템의 하드웨어 부분은 그림1과 같으며 이는 크게 생체신호를 측정할 수 있는 계측 부분과 ADC부, CPU부로 나누어 질 수 있다.

- CPU부 : 주변 회로를 간결히 하기 위해서 RISC 타입의 one chip microprocessor인 PIC16C73을 사용하고 PC와 프로토콜을 교환하며 시스템 전체를 컨트롤하고 데이터를 전송한다.

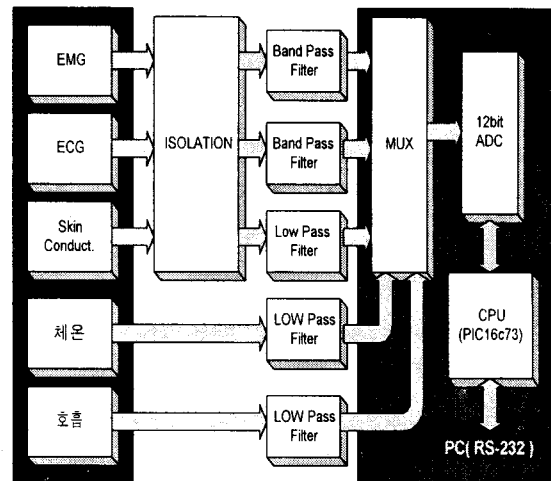


그림 1. 전체 시스템 구성도

- ADC부 : 12bit의 해상도를 갖는 ADC를 사용하였으며 PC를 통해 각 채널별로 샘플링율을 조절하도록 설계되어졌다.
- 계측부 : 심전도, 근전도, 호흡, 체온, 피부 전도도를 측정하도록 설계되었다. 이 중 직접 인체에 부착되는 심전도, 근전도, 피부전도도의 회로에는 2500V isolation을 시켰다.

2.1.1. 계측부.

2.1.1.1. EMG

관심 근육 부위의 피부에 전극을 부착하고 근육의 수축, 이완 정도를 측정하여 피드백한다. 흔히 근육의 긴장 수준을 저하하기 위하여 이용되나 때로는 표적 부위의 근긴장을 강화하기 위하여 활용되기도 한다. 실질적인 주 에너지가 분포하는 30~200Hz 대역 필터와 60Hz notch 필터를 사용하였고 최대 10,000배의 증폭을 하도록 하였다. PC로 raw 신호를 전송하여 소프트웨어적으로 r.m.s 값을 계산해 내도록 하였고 이득의 조절을 PC에서 하도록 설계하였다.

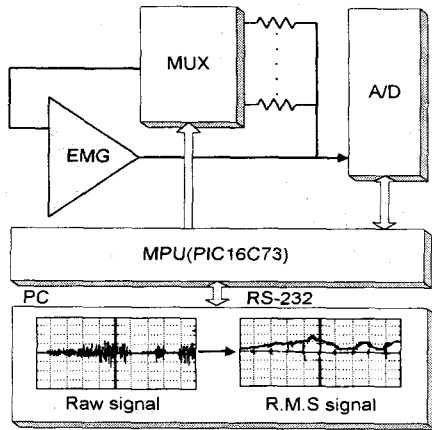


그림 2. EMG의 구성도

2.1.1.2. ECG

바이오피이드백에 필요한 생체 변수 중에서 심박율을 검출하기 위한 것으로 Lead I 전극을 부착한다. 긴장하면 호흡이 불규칙해지며 기초 심박혈류 및 기초 심박률이 증가하며 심박수와 환자의 호소에 따른 심계 항진 사이에 상호 관계가 존재하며 QRS 파형을 통해 검출한다. ECG 신호를 PC로 전송하여 소프트웨어적으로 심박율을 계산해 내도록 하였다.

2.1.1.3. Temperature

긴장하면 말초 혈관이 수축하여 혈류량이 감소하고 이에 따라 피부 체온이 저하한다. 따라서 말초 혈관의 수축 정도를 알아보기 위한 간접적인 방법으로 말초 체온 피드백을 이용한다. 말초 혈관의 수축 정도에 따라 피부 온도가 변화하므로 신체 말단 부인 손가락에 써미스터를 부착하여 측정한다. 의료기기용 400series 써미스터를 사용하였으며 써미스터의 비선

형적인 특성을 선형화 하기 위해서 curve-fitting 하는 소프트웨어적인 방법을 사용하였다.

2.1.1.4. 호흡 검출

호흡 검출은 thermistor pneumorgraphy 방식을 이용하는데 이 방법은 코에서 나오는 공기의 온도 변화를 검출하는 방식이다. 그러나 주위의 온도 변화에 따라 측정 범위가 벗어나는 경우가 발생할 수 있고, 써미스터의 특성 자체가 응답이 늦으므로 실제 호흡과 시간차가 발생한다. 이러한 단점을 보완하기 위해 다음과 같은 방법을 적용하였다.

주위의 온도 변화에 따라 측정 범위를 벗어나는 경우에는 두 개의 써미스터를 사용하여 하나는 코 밑에 부착하고 또 하나는 주변 실내 온도를 센싱하게 하여 코를 통해 드나드는 공기와 실내 온도의 차이를 증폭하도록 하여 주변 온도가 변화하더라도 호흡이 검출 되도록 한다. 또한 써미스터의 특성 자체가 응답이 늦어 실제 호흡과 시간차가 발생하는 것을 보완하기 위해 호흡률 검출을 위해 입력된 파형을 미분하는 derivative technique를 사용한다. 이 방법은 일반적인 current thermistor technique의 큰 응답 지연과 위상 지연의 단점을 보완해 준다. [7]

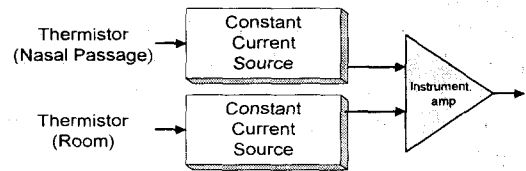


그림 3. 호흡 검출부

2.1.1.5. Skin conductance

각 증폭기들은 입력 임피던스가 높은 JFET Op-amp를 사용하였다. 이 때 대역 폭은 0~5Hz가 유용하지만 변화 측정에 사용될 때에는 0.03~5Hz가 적당하다. 또한 외부의 자극이 없어도 내부에 기본적으로 존재하는 기본 전압 즉 standing potential은 SCL에 비해 매우 크므로 생리학적 현상의 검출을 위하여 제거되어야 한다. 그러므로 source 에서 큰 standing potential을 무시하기 위하여 휘스톤 브릿지 회로를 이용한다. 휘스톤 브릿지와 차동증폭기를 사용할 때 피검자에 공급되는 전류에 isolation된 source를 사용하였고 동상 신호를 제거할 수 있는 차동 증폭기를 이용하였다.

SCL(Skin Conductance Level)의 측정 범위는 0~20 μmho이고 바이오피이드백에서는 SCL 자체의 값보다는 그 변화 정도를 나타내는 transient 값인 SCR(Skin Conductance Response)값이 더욱 중요한 정보를 갖게 되며 PC로 전송된 SCL신호를 미분하여 얻는다.

2.1.2. CPU 부

· PIC16C73을 이용하고, 설계된 프로토콜을 RS-232로 통신하며 다음과 같은 기능을 제어한다.

- 12bit A/D 변환기(MAX191) 컨트롤
- 채널당 최대 250Hz까지 샘플링 속도 가변
- 8단계로 EMG의 이득 조절
- PC로 변환 데이터 송신(1 sample = 3 byte)

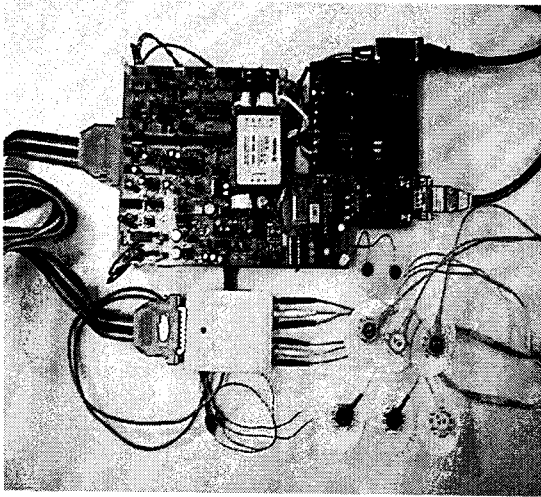


그림 4. Biofeedback Hardware.

## 2.2. Software

데이터는 RS232로부터 전송되어 오고 이를 PC에서 디스플레이 하게 된다. Software는 Window95 / NT 기반에서 Delphi2.0(developer version)을 이용하여 구성하였고 환자 정보를 관리하는 부분은 Delphi에서 제공하는 Paradox5.0 Database를 이용하였으며 데이터 송·수신 시에는 Multi Thread를 사용하여 시스템의 안정성을 고려하였다. [9]

### 2.2.1. Display 부분.

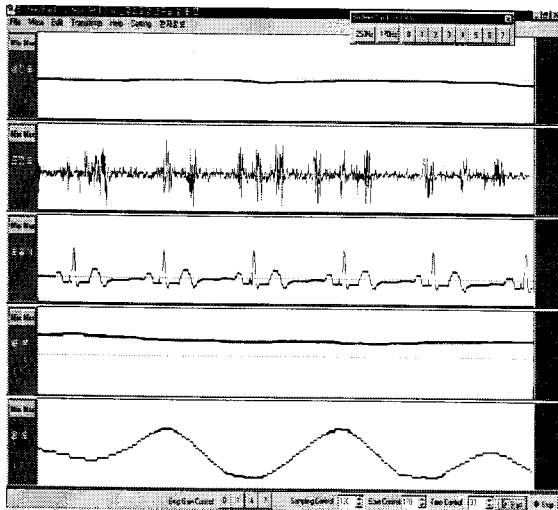


그림 5. 디스플레이 화면.

화면의 하단에는 디스플레이 되는 파형의 x, y축을 확대/축소하는 zooming 기능이 있으며 PC에서 하드웨어의 CPU부로 데이터를 보내어 sampling rate, 근전도의 이득 등을 조절할 수 있게 하였다.

전체적인 화면은 MDI form으로 구성 하였으므로 각각의 파형화면은 child form으로 이뤄져 있다. 따라서 각 child form의 컨트롤에 따라 원하는 신호만을 선택하여 화면에 나타나게 하였다.

화면에는 항상 플로팅 툴바를 위치하게 하여 별도의 메뉴바나 다이얼로그 박스의 이용없이 샘플링 레이트와 근전도의 이득을 조종할 수 있게 하였다.

근전도는 부위에 따라 이득을 조절해야 하므로 스피드 버튼을 이용하여 근전도의 이득을 그 때 그 때의 상황에 맞게 조절할 수 있도록 구성하였다.

그 외에도 메뉴바에서는 원하는 순간의 화면을 저장할 수 있게 하였고, 그 화면을 프린팅할 수 있는 기능을 구현하였다.

### 2.2.2. Database 부분.

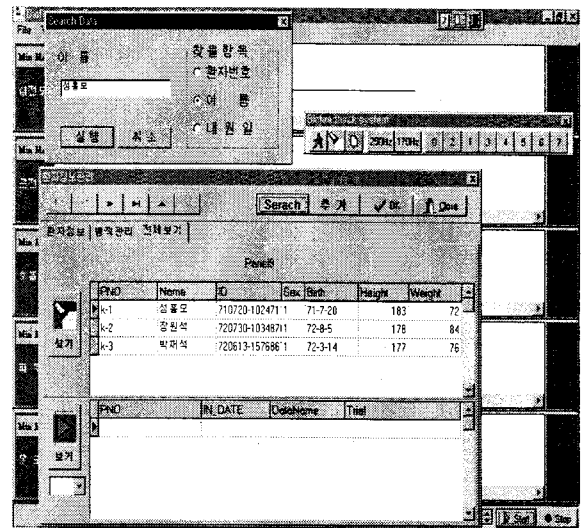


그림 6. 환자 정보 관리 DB 화면.

각 환자는 고유의 번호를 갖게 하였으며 그 번호를 가지고 DB를 관리하게 된다. 측정한 데이터는 환자가 내원한 날짜와 환자의 고유번호로 관리하게 하였다.

환자 정보를 관리하는 데이터는 두 개의 테이블로 구성되어 있으며 환자의 고유 번호로 두 테이블의 정보를 연결하게 된다. 위의 화면에서 보이는 Dialog Box는 두 개의 테이블을 동시에 보여주어 환자에 대한 정보를 알아볼 수 있도록 한다. 여기에서는 원하는 데이터를 찾거나 과거에 저장되었던 데이터를 다시 화면에 보여주게 된다. [10]

환자가 신체의 변화상태를 쉽게 보게 할 수 있도록 하기 위해 측정날자가 다를 시에는 서로 다른 색을 사용함으로 그 변화를 알기 쉽게 한다. 또한 각 생체신호의 최저, 최고 값을 설정하여 그 임계치를 정하도록 한다.

## 3. 결론 및 고찰.

Biofeedback은 1960년대 말부터 주로 임상에서 적용되어 왔으며 정신생리성 장애, 신경근 재교육, 정신 치료 등에 주로 사용되어져 왔고 의학뿐만 아니라 심리학 및 교육학 등 여러 분야에서 응용되고 있다. [6][7]

현재 국내에서의 biofeedback system에 관한 연구가 미비하고 biofeedback의 특이적 효과에 대해서는 아직도 논란의 여지가 남아 있는 상태이므로 앞으로는 임상데이터를 위주로 연구를 진행시켜 가야 할 것으로 생각된다.

앞으로의 연구과정에서는 치료과정에 따른 환자 상태의 변이를 통계적 방법을 이용, 그 추세를 쉽게 알아볼 수 있게 하고 각 생리적 변수간의 연관성을 파악하는 알고리즘을 개발하여야 할 것이다.

기기 간의 데이터를 네트워크를 통해 공유하는 부분은 계속 구현 중에 있으며 취해진 생리학적 데이터에 대한 임상적 의미를 파악하는 일 또한 앞으로 구현해야 할 일이다.

#### 4. 참 고 문 헌

1. John V. Basmajian, "Biofeedback", Williams & Wilkins, 1983.
2. John V. Basmajian, "Biofeedback Principle and Practice for Clinicians", Williams & Wilkins, 1989.
3. Eric M. Cottingham, Karen A. Matthews, Evelyn Talbott, Lewis H. Kuller, "Occupational Stress, Supresses Anger, and Hypertension", Psychosomatic Medicine, Vol. 48, No. 3/4, pp.249-260, 1986.
4. Richard B. Devereux, Thomas G. Picking, "Relationship between ambulatory and exercise blood pressure and cardiac structure", American Heart Journal, Vol.116, No. 4, pp1124-1133, 1988.
5. Karl Stroock, Matts Karlsson, Dan Loy, "Heat Transfer Evaluation of the Nasal Thermistor Technique", IEEE transactions on biomedical engineering, vol. 43, No. 12, December 1996, pp. 1187-1191
6. 기백석, 이재광, 박두병, 이길홍, "Biofeedback 임상응용에 관한 개요.", 한국의과학, Vol. 21, No1, pp43-37, 1989.
7. 황익근, "Biofeedback과 임상적 응용", 정신의학보, 제 7권 5호, 137, 1983.
8. 유상은, 황익근, "Biofeedback에 의한 정상인의 근이완 효과에 관한 예비연구", Vol. 24, No. 4, 1985.
9. Charles A. Mirho, Andre Terrisse, "Communication Programming for Windows 95", Microsoft Press, 1996.
10. Paul Kimmel, "Building Delphi2.0 Database Application", QUE, 1996.