

# 맥율용 3채널 생체신호 계측시스템 개발

## Development of 3 Channel Biomedical Signal Measurement System for Mac-yule

변 미 경\*, 김 현 준\*, 장 준 근\*, 한 상 휘\*, 허 응\*\*

( M. K. Byeon, H. J. Kim, J. K. Jang, S. W. Han, W. Huh )

### Abstract

In this paper, we developed a Mac-Yule measurement system which consider psychological stable state of patience. The developed system consist with a hardware device that can derive a EEG, respiration and pulse wave, and a software which acquire a biological signal and signal processing.

The EEGs are derived with bipolar method from frontal head. The respiration signals obtain from nasal front with a transducer which consist with thermister bridge. The pulse waves are detected from earlobe with photoplethysmograph method. A power spectrum of EEG are used as the decision parameters of psychological stable state of patience. The decision of Mac-Yule are defined as origin text method that of numbers of pulse to 1 respiration period.

As the results of experiment with developed system, we could have a spectrum band discretion of EEG signal, stable respiration signal detection and automatic gain controlled pulse signal with realtime. And then, we could detect Mac-Yules from processed signals.

### 요 약

본 연구에서 심리적으로 안정된 상태에서 맥율을 측정할 수 있는 장치를 개발하였다. 개발된 시스템은 뇌파, 호흡파, 맥동파를 검출하는 하드웨어장치와 이들 신호를 획득하고 처리하는 소프트웨어로 구성하였다.

뇌파는 전두부에서 쌍극형으로 유도하였고, 호흡은 서미스터 브리지를 이용하여 구성된 변환기를 사용하여 비강 전두부에서 유도하였으며 맥동파는 귀볼에서 유도한 용적맥파를 사용하였다. 피검자의 심리적 안정된 상태의 판정은 뇌파의 스펙트럼을 이용하였다. 맥율의 결정은 원전에 따라 1호흡 당 맥동수를 사용하였다.

개발된 장치를 사용하여 맥율검출 실험을 한 결과, 뇌파의 주파수 대역별 구분, 안정된 호흡신호의 검출과 이득 조절이 되는 용적맥파의 검출이 실시간으로 가능하였다. 그리고 검출된 신호로부터 맥율을 검출할 수 있었다.

*Key Words : Mac-yule, RSP, PPG, EEG*

### 1. 서 론

최근 전자공학 및 컴퓨터관련 기술의 발전과 함께 현대 진단의료기기의 눈부신 발전으로 서양의학의 발전은 경이로울 정도로 발전을 많이 하였고 이와 함께 한

(韓)의학도 부족하지만 진단에 컴퓨터와 전자기술을 이용하여 많은 발전을 이루고 있다[1-7].

한의학은 병증진단의 근본 방법이 서양의학에서 사용하는 생리학 및 병리학적 개념을 사용하지 않고 음양 오행론이 바탕이 되는 생리학과 병리학을 사용하므로 이를 현대과학과 공학에 접목이 어려워 객관화 및 과학화가 부족하다는 평가를 받고 있는 실정이다.

한의학의 진단에 사용하는 4진법(診法)이 모두 객관화 되고 과학화되어야 하지만 그중 객관화가 가장 많이 요구되는 것이 촉진(觸診) 중 맥진(脈診)이다. 맥진은 한의사의 수지로 피검자의 요골(손목)동맥을 촉진하여

\*,\*\* 명지대학교 전자공학과

(Dept. of Electronics, Myongji University)

※ 본 연구는 한국보건산업진흥원의 지원으로 이루어짐(B050011).

接受日:2007年 2月 1日

맥상을 결정하는데 맥경에 의하면 24가지의 맥상을 검출하여 다른 진단정보와 함께하여 적절한 진단을 한다[2]. 이들 맥상에서 진단에 핵심이 되는 8장을 정하여야만 비교적 정확한 병증진단이 된다고 한다.

본 논문에서는 맥진에서 가장 기본이 되는 한열을 안정되게 검출할 수 있는 전용장치를 개발하고자 한다. 피검자의 상태가 한증인지 열증인지를 구분하는 기준에는 맥상의 수(맥율)의 개념을 사용한다. 이러한 맥율을 자동으로 검출하기 위하여 사용하는 신호는 호흡신호(RSP:respiration), 용적맥파신호(PPG: photo-plethysmography)이다. 맥상은 피검자가 심리적, 생리적으로 안정된 상태에서 측정하는 것이 가장 바람직하므로 이러한 상태를 모니터링하기 위하여 뇌파신호(EEG: electroencephalogram)를 사용한다. 측정된 뇌전도 신호의 스펙트럼에서 베타파의 에너지에 대한 알파파의 에너지 성분의 비를 사용하여 피검자의 심리적상태 감시를 하고 이 비가 큰 값을 보이는 안정된 상태에서의 호흡율과 맥동율을 이용하여 맥율을 결정하였다. 고전에서 맥율의 정의는 1호흡당 맥동의 수로 정의 하고 있으므로 이를 계산하기 위하여, 취득한 RSP 및 PPG 신호를 신호처리하여 호흡주기 및 맥동주기를 검출하고, 한 호흡주기에 대한 맥동수를 계산하였다.

## II. 시스템 구성

본 논문에서 개발한 시스템은 필요한 생체신호를 검출하는 하드웨어부와 데이터의 취득과 처리 및 시스템을 운영하는 소프트웨어로 구성하였으며, 그림 1은 시스템의 구성도를 나타낸 것이다. 개발한 시스템은 각 생체신호를 전기적인 신호로 변환하여 주는 변환부, 변환된 생체신호를 증폭 및 불요성분 필터링을 통한 안정화 및 A/D변환을 수행하는 신호처리부, 디지털로 변환된 신호를 취득 및 디지털 신호처리하는 데이터 취득 및 검출부로 구성된다.

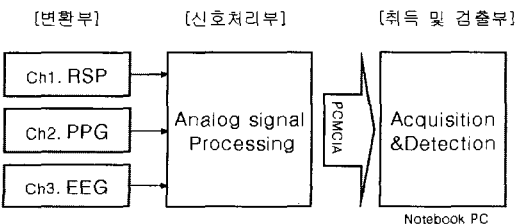


그림 1 전체 시스템의 구성도

### 1. 하드웨어 구성

#### 1-1. 변환부

RSP신호는 호흡시 호기와 흡기사이에 발생하는 온도의 차이를 서미스터로 측정하여 호흡신호로 계측하는 방법을 사용하였다. 호흡을 검출하기 위하여 검출기인 서미스터를 비강 전부에 안경식 고정장치를 사용하여 위치시키며, 피검자마다 조절이 가능하도록 부가장치를 구성하였다[5][7].

PPG 신호는 상용 변환기를 이용하여 피검자의 귓볼에서 용적맥파를 검출하였다. 이 변환기는 헤모글로빈과 상관성이 있는 파장대의 광원과 포토 다이오드로 구성되어 있다.

EEG 신호는 Ag-AgCl 일회용 전극을 사용하여, 피검자의 전두부에 부착하여 계측하였다.

#### 1-2. 신호 처리부

신호처리부는 전치 증폭부와 생체신호 이외의 불필요한 잡음을 제거하는 필터 및 이득 증폭기로 구성된다. 그림 2은 신호처리부의 구성도를 나타낸다. 호흡검출 전치처리부에서는 서미스터 브리지 회로를 이용하여 미세한 온도변화를 전압변화로 변환하고 브리지 증폭기로 적절한 전압신호로 준위를 상승시켜 RSP로 하고, 전류신호로 검출된 용적맥파신호 PPG를 I-V 변환 회로를 사용하여 전압신호로 변환하며, 미약한 EEG는 임피던스가 큰 증폭기를 사용하여 초단 증폭을 실시한다.

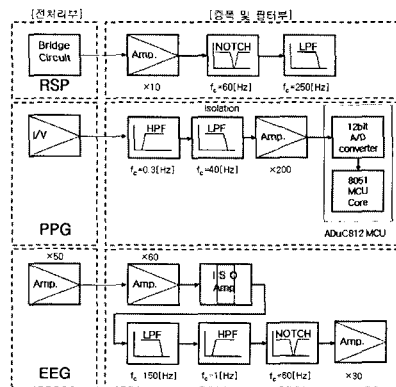


그림 2 신호처리부의 구성

증폭 및 필터부에서 RSP의 신호처리부는 60Hz 대역

제거 여파기, 대역제한을 위한 250Hz 저역통과 여파기로 구성하였고, PPG의 신호처리부는 맥동과 무관한 DC성분을 제거하기 위한 0.3Hz 고역통과여파기, 대역제한을 위한 저역통과여파기, 그리고 피검자의 연령이나 귀볼 조직 두께에 따라 광감쇄값이 다르므로 일정한 크기의 신호를 유도하기 위해 AGC(자동 이득 조절기)를 구현하였다. EEG의 신호처리부는 적정 준위를 얻기 위한 증폭기와 다른 파트와 동일한 필터와 전기적 절연을 위하여 절연증폭기를 사용하였다.

2. 소프트웨어 구성

소프트웨어는 MCU 프로그램, 운영프로그램 그리고 검출프로그램으로 구성된다. MCU 프로그램은 ADuC812 MCU를 구동하기 위한 각종 레지스터 변수 및 시정수를 설정하기 위한 초기화 과정과 자동이득제어를 위한 AGC 과정을 수행한다. 운영프로그램은 신호처리된 생체신호들을 도식 하고 저장하는 기능을 수행하고, 검출프로그램은 취득된 생체신호를 디지털 신호처리를 통해 특징점을 검출하는 기능을 수행한다. 그림 3은 소프트웨어의 구성을 나타낸 것이다.

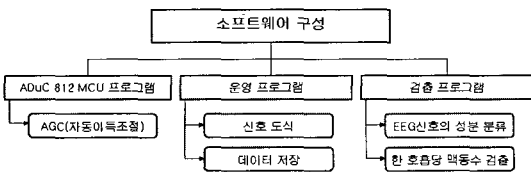


그림 3 소프트웨어의 구성도

2-1. 자동이득제어 프로그램

그림 4는 MCU 프로그램에서 수행하는 주요기능인 자동 이득 조절(AGC:auto gain control)의 흐름도를 나타낸 것이다. 4ms간격인 Timer0 수행 중 인터럽트가 발생하면 PC기반운용 프로그램에서 AGC명령을 받았는지 체크 후 2초간 지연 후 Timer0이 또다시 발생하지 않도록 설정을 해제한 후 샘플링횟수를 검사하기 위하여 샘플변수를 하나 증가 시킨다. 그리고 각 Timer ISR수행시마다 한번씩 A/D변환을 하기 위하여 Single mode로 설정하여 A/D 변환을 수행한다. 수행이 끝난 후 매 timer0 ISR 수행 중 취득되었던 신호의 최대 값을 비교한다. 그 후에 샘플링 횟수가 500, 즉 PPG신호의 한주기가 되면 Analog Device사의 DAC소자인AD7524를 이용하여 입출력과의 관계식에 의해 적절한 이득값을 선정하게 된다. 식(1)은 이득을 결정하는 입출력 관계식이다[4].

$$\text{최종이득} = \frac{\text{초기이득} \times V_{th}}{\text{최대값}} \quad (1)$$

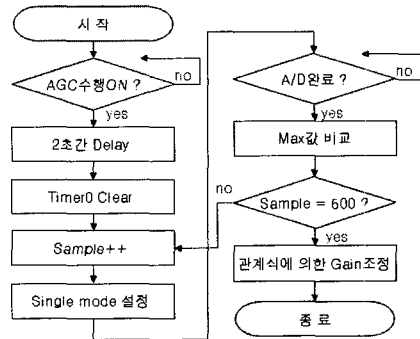


그림 4 AGC 수행 흐름도

2-2. 운영 프로그램

그림 5는 구현한 전체시스템을 운영하는 운영프로그램의 흐름도를 나타낸 것이다. 아날로그 신호처리 부를 통과한 생체신호들은 사용자의 시작 명령에 의해 컴퓨터화면에 실시간으로 도식하고, 데이터 취득은 저장 명령에 따라 이루어지며 저장 명령을 내리게 되면 설정된 타이머를 카운트하여 설정한 시간이 경과 될 때까지 생체신호를 저장하다 카운트가 완료되면 저장을 종료하고, 시스템 종료에 대한 명령이 없는 한 생체신호를 실시간으로 도식하고 종료 명령이 입력되면 프로그램을 종료한다.

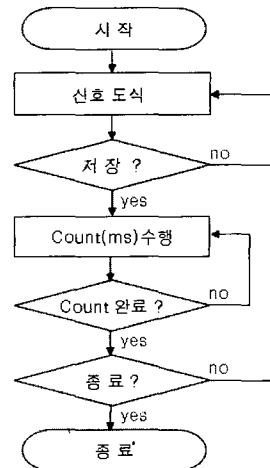


그림 5 운영프로그램의 흐름도

2-3. 맥율 검출 알고리즘

그림 6은 한 호흡당 맥동수를 검출하는 알고리즘의 흐름도를 나타낸 것이다.

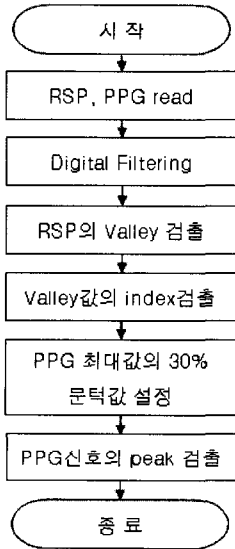


그림 6 맥동수 검출 흐름도

저장된 RSP와 PPG를 읽어 들여 디지털 필터를 수행한 후 RSP신호의 주기를 찾기 위해 두 개의 최저값을 추출한다. 검출한 최저값에 해당되는 색인을 찾아서 그 범위내의 PPG 개수를 확인하기 위해 PPG의 최대값 30%에 해당되는 문턱값을 적용하여 최고값을 검출한다. 검출된 최고값의 개수가 PPG의 개수이므로 한 호흡당 맥동수를 검출한다.

EEG는 주파수에 따라 약 8~12Hz의 알파파, 약 13~34Hz의 베타파, 약 4~7Hz의 세타파와 약 0.3~3.5Hz의 델타파로 분류할 수 있다. 알파파는 사람에게 가장 우세한 파형으로 심리적으로 안정 될때 잘 나타나는 뇌파이다. 베타파는 사람이 흥분시 잘 나타나며, 세타파는 소아나 성인의 램 수면 시 잘 나타나며 정상 성인에게서는 잘 관찰되지 않는다. 델타파는 깊은 수면, 즉 의식이 없는 상태에서 주로 나타난다.

호흡당 맥동수 변화에 따른 생리변화를 관찰하기 위해 EEG를 선택하였으며, 본 연구에는 EEG 분석을 하기 위해 4개의 파로 분류하는 과정을 수행하였다.

III. 실험 및 결과

구현한 시스템의 성능을 확인하기 위하여 각각의 신호

처리부의 출력단에서 오실로스코프를 이용하여 측정하였으며, 그림 7은 측정 파형을 나타낸 것이고, 측정을 통해 각각의 신호가 생체신호와 무관한 외부 잡음이 제거되고, 적절한 크기로 증폭된 것을 확인하였다.

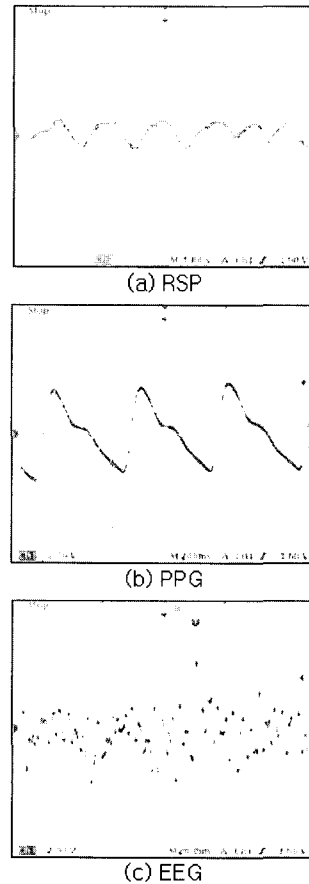


그림 7 계측한 RSP, PPG, EEG신호

그림 8은 한 호흡당 맥동수를 검출한 결과화면이다. 본 연구에서 구현 프로그램 수행 결과, 한 호흡의 주기를 찾고 그 범위에 해당되는 맥동의 수를 검출하는 것을 확인하였다. 실제 프로그램에서 맥율의 검출은 여러 주기의 호흡에 해당하는 맥율을 검출하여 평균한 값이지만, 그림 8에서는 한주기에 해당하는 호흡과 맥동수를 나타낸 것이다. 한 호흡에 해당하는 맥동수를 맥율이라고 칭하는데, 이는 한의학적으로 몸의 상태가 한증인지 또는 열증인지를 의미한다. 일반적으로는 한 호흡당 맥동수 즉, 맥율이 3 이하이면 지맥이라 하며 한증을 의미하고, 맥율이 4범위이면 완맥 즉, 정상 상태를 의미하며, 5 이상 이면 수맥이라하며 열증에 있

다고 한다.

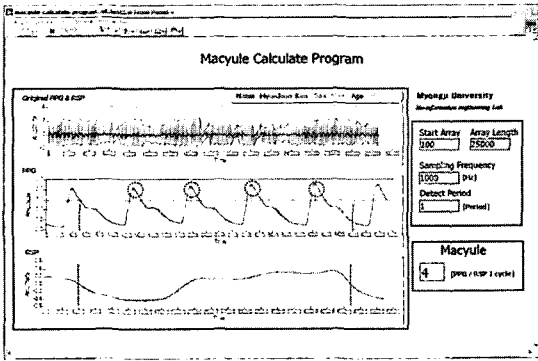


그림 8 호흡별 맥동수 검출 결과 화면

그림 9는 EEG 신호를 분석하는 프로그램의 결과화면이다. EEG신호의 주요성분( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ , 그리고  $\Theta$ )을 주파수별 적절히 분류하고, 각 주파수별 전력스펙트럼밀도를 분석하였다. 분석 결과를 그래프로 제시하였으며, 적분을 통해 주요성분의 전력 성분과  $\alpha$ 파와  $\beta$ 파의 전력 성분비를 디지털 값으로 제시한 것을 확인하였다.

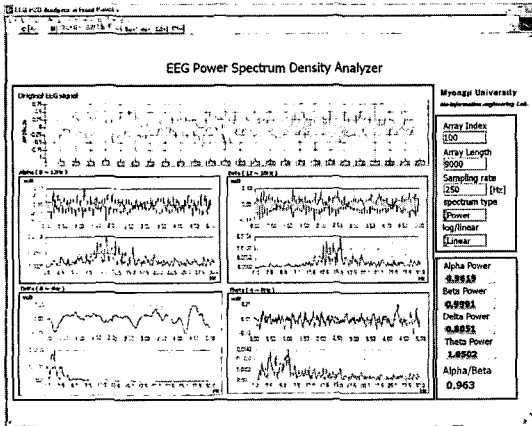


그림 9 EEG신호 성분 분류 결과화면

#### IV. 결론

본 논문에서는 RSP 신호, PPG 신호 그리고 EEG 신호를 선정하여 동시에 계측할 수 있는 시스템을 구현하였고, 소프트웨어를 이용하여 한 호흡주기 당 맥동수를 검출하고, EEG신호에서 주파수별 성분을 분류 및 전력스펙트럼밀도를 분석하였으며, 기초실험을 통

해 하드웨어와 소프트웨어의 성능을 확인하였다. 따라서 한방에서의 맥진을 객관화하기 위한 선행연구로써, 여러 생체 신호를 동시에 측정할 수 있는 시스템을 개발하고, 실험을 통해 기능을 확인하였다.

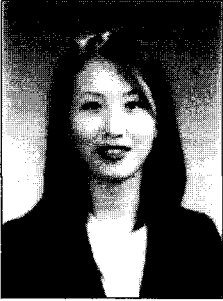
향후 연구로는 더욱더 맥진의 객관화를 위해 생리적 안정상태 판단에 적합한 다른 생체신호를 추가하고, 생체신호 분석기법을 추가하여 시스템을 검증한 후, 임상실험이 이루어지도록 시스템의 안정화 및 다양한 분석을 활용해야 한다고 판단된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 박영배, “맥진기의 현황과 전망,” 대한한의진단학회지, 제1권, 1호, pp.86~94, 1997.
- [2] 김종열외 2인, “맥진기의 문제점과 개선방안에 관한 연구,” 대한한의진단학회지, 제3권, 1호, pp.28~36, 1999.
- [3] 박영배외 4명, “맥율검출 장치에 관한 연구,” 대한전자공학회, Vol.20, No.1, pp.437~440, 1997.
- [4] 김동훈외 4명, “맥율 계측방법의 신뢰도 분석,” 대한한의진단학회지, 제9권, 2호, pp.65~70, 2005.
- [5] 한상희외 3명, “용적맥파에 의한 동맥 혈관 특성화 연구,” 대한전자공학회, Vol.41, No.5, pp.65~70, 2004.
- [6] 장준근외 3명, “최적 용적맥파 계측을 위한 AGC 구현에 관한 연구,” 대한의용생체공학회 춘계학술대회, 2005.
- [7] 변미경외 5명, “호흡제어를 위한 호흡패턴 검출 알고리즘에 관한 연구,” 대한한의진단학회지, 제8권, 2호, pp.114~120, 2004.
- [8] Chiri Tamaguchi, “Fourier and Wavelet Analyses of Normal and Epileptic Electroencephalogram(EEG),” Proceedings of the 1st International IEEE EMBS, pp.406~409, 2003.
- [9] C. Ahlstorm et. al., “A Respiration Monitor Based on Electrocardiographic and Photoplethysmographic Sensor Fusion,” 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS, pp.2311~2314, 2004.

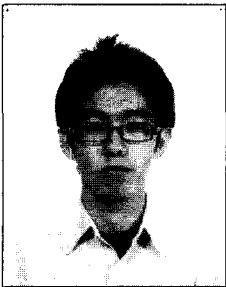
저 자 소 개

변 미 경 (정회원)



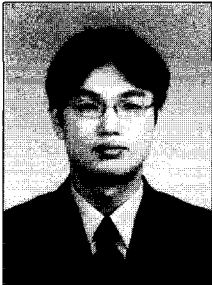
2001년 : 한라대학교 전자공학과 (공학사)  
2003년 : 명지대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)  
2007년 : 명지대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)  
<주관심분야>  
생체신호처리, 혈관특성 분석, 패턴 인식

김 현 준 (학생회원)



2006년 : 명지대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학사)  
2006년 3월~현재: 명지대학교 대학원 전자공학과 (석사과정)  
<주관심분야>  
생체신호처리, 회로 설계

장 준 근 (정회원)



2003년 : 명지대학교 전자공학과 졸업 (공학사)  
2005년 : 명지대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)  
<주관심분야>  
마이크로프로세서, 신호처리

한 상 휘 (정회원)

2002년: 명지대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)  
현재 (주)만도 중앙연구소 책임연구원

허 응 (정회원)

현재 명지대학교 전자공학과 교수