

# 기저선 변동 제거를 위한 실시간 디지털 필터 시스템 구현에 관한 연구

윤승구\*, 김영길\*

\*아주대학교

## A Study on the Implementation of Real-time Digital Filter System for the Baseline Wandering Elimination

Seung-gu Yoon\*, Young-kil Kim\*

\*Ajou University

E-mail : sguyoon@hanmir.com

### 요 약

홀터 심전계는 휴대용 소형 심전도 기록기로서 신체에 부착한 후 일상생활을 계속하면서 심장의 운동 및 전위변화를 기록, 분석하여 심장질환의 유무를 판단하는데 유용하게 쓸 수 있으므로 연구가 활발하게 진행되고 있다. 깨끗한 심전도를 얻기 위해서는 심전도(ECG) 신호에 섞여있는 60Hz 전원 잡음, 기저선 변동, 근 잡음을 제거해야 된다. 홀터 심전계에서 심전도 신호를 기록하는데 있어서 가장 큰 문제를 야기하는 부분이 기저선 변동인데 전극을 부착한 부위의 근육수축과 호흡의 리듬에 따라서 발생하게 된다. 그러한 기저선은 상하로 심하게 불규칙한 변동을 하면서 흔들리게 되어 심전도 신호를 진단하는데 어려움이 있으므로 기저선 변동을 제거하는 부분이 매우 중요하다. 본 연구에서는 아날로그 단에서 기저선 변동을 안정화하고 실시간으로 신호 처리할 수 있는 디지털 필터를 구현함으로써 기저선 변동을 제거하는 시스템을 설계하여 환자의 심장질환을 분석하는데 응용할 수 있도록 하였다.

### ABSTRACT

The holter electrocardiograph is a widely progressing research which is used in judgement to existence for a heart disease and analyzes electric potential changes of heart movement during continuous living of everyday after attaching to body portable holter recorder for twenty-four hours. In order to obtain electrocardiogram clearly, it must eliminate that 60Hz power line interference, baseline wandering, noise of muscle constriction. In holter electrocardiogram, the most big problem which is recorded signal of ECG(electrocardiogram) is a baseline wandering elimination, which is occurred by rhythm of respiration and muscle constriction of part from attaching to an electrode. Such baseline is roughly irregular wandering and shaking up and down therefore the part of baseline wandering elimination is very important because it is difficult of ECG diagnosis. In this study, it is stabilized baseline wandering in analog part as implementation of real-time signal processing digital filter so it is applicable to analyze patient's heart disease by way of design of baseline wandering elimination system.

### 1. 서 론

심전계는 심장의 전기신호를 기록, 표시하는 장치인데 파형의 크기가 수 mV정도로 아주 작은 심전도 신호를 분석하는데 쓰인다[1]. 심전도의 생체 신호처리는 인간으로부터 발생하는 미세한 신호를 효과적으로 분석하는데 있다. 그러나, 측

정할 때 발생하는 여러 가지 종류의 잡음성분들로 인하여 분석하는데 어려움을 준다. 심전도 기록장치(Holter recorder)는 휴대하면서 심전도 데이터를 기록하는데 호흡이나 환자의 움직임으로 인하여 기저선 변동이 발생하게 된다. 기저선 변동은 대부분이 1Hz미만의 저주파 성분인데 심전

도 신호에 있어서 이러한 기저선 변동을 예측하기가 힘들며, 적절한 제거 없이는 정확하게 진단 및 분석 결과를 기대하기가 어렵다.

기저선 변동을 제거하기 위한 필터로는 FIR필터(Finite Impulse Response Filter), IIR필터(Infinite Impulse Response Filter), 적응필터(Adaptive filter)가 사용되고 있으며[2], 최근에 심전도 신호 처리분야에서 많이 사용되고 있는 적응필터는 잡음제거 특성이 좋지만 수렴하는 계수에 따라 신호의 왜곡이 발생하여 효과적인 기저선 변동제거를 얻어내기에는 미흡하였다[3]. 그래서 이에 대한 연구를 필요로 하게 되었다.

본 논문에서는 기저선 변동을 제거하기 위하여 심전도 신호에 실 시간성을 부여한 FIR 필터를 구현하여 저주파 성분을 제거한 후에 심전도신호의 평균레벨을 구하여 일정구간에서 기저선 변동을 제거하였다.

## II. 본 론

### 1. 심전도(Electrocardiogram)

심전도는 심장의 전기적 활동을 인체 표면을 통해 기록한 것을 말한다. 인체의 특정한 위치에 전극을 부착하여, 심장의 전기적 활동을 여러 위치에서 기록한다[4]. 심전도는 파형의 5가지 상이한 세그먼트, 즉 P, Q, R, S, T파로 특성화되며 그림 1에서 파형을 보여주고 있다.

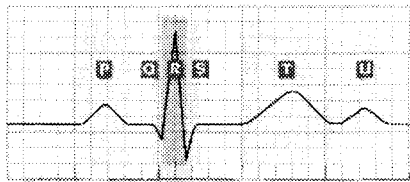


그림 1. 심전도 파형

생체전위 신호는 대개 쌍극식 전극을 통해 얻는다. 체표면에 전극을 부착시키고 이들 전극간의 전압을 측정함으로써 심전도 파형을 얻어낼 수 있다. RA(Right Arm)와 LA(Light Arm)에 전극을 위치하고 RL(Right Leg)을 공통접지로 사용하면 된다.

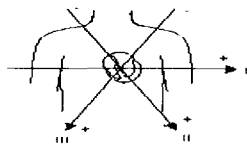


그림 2. 심전도 리이드(leads)

기저선 변동이 전혀 없는 심전도 신호를 보면, 심전도 파형이 수평인 부분을 볼 수 있다. 예를 들면 T파의 끝점에서 P파의 시작점, 또는 P파의

끝점에서 Q파의 시작점 사이에는 심전도 신호가 수평선으로 나타난다. 심전도 신호에 기저선이 섞이게 되면 이런 부분은 수평이 아니라 기울기를 갖는 형태가 된다. 따라서 이런걸 보고 심전도신호에 기저선이 있다, 없다가 판단할 수 있게 된다. 그러나 단순히 그런 한 부분만을 가지고 기저선이 어느 방향으로 흔들리는지는 정확히 알 수 없기 때문에 좀 더 긴 시간에 대해서 그런 부분을 여러 개 얻게 되면 기저선의 윤곽을 알 수 있다.

### 2. 시스템 구조

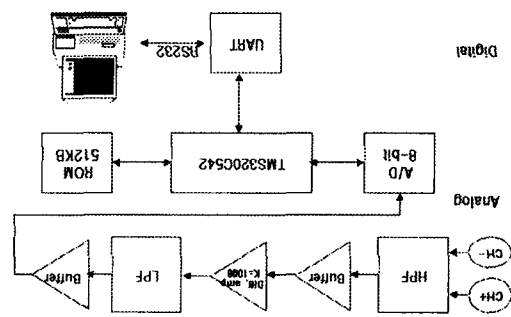


그림 3. 전체적인 시스템 블록 다이어그램

그림 3은 기저선 변동제거를 위한 전체적인 시스템을 보여주고 있다. 심전도 신호는 0.05-100Hz에서 분포하는 수 mV이하의 미소한 전압을 갖기 때문에 증폭 단에서 공통 모드 제거 비(Common Mode Rejection Ratio)가 큰 차동 증폭기를 사용하여 1000배정도 증폭하였다. 환자에 전극 부착시 입력되는 신호의 기저선 변동을 안정화하기 위해서 대역통과필터(Band Pass Filter)를 첨가하였다. 또한 공통모드전압을 줄이기 위해 오른다리 구동회로를 사용하여 잡음간섭을 줄이면서 환자를 효과적으로 접지 시켰으며[5], 다른 의료기기에 의해 과전류가 심전계로 유입되는 것을 방지하기 위해 저항과 다이오드를 사용하여 보호회로를 구성하였다.

입력된 심전도 신호는 증폭 과정을 거쳐 A/D 변환기(Analog Digital Converter)로 들어가고 ADC는 128Hz로 샘플링(sampling)한다. 샘플된 데이터는 DSP(Digital Signal Processor)에서 전력선 잡음 제거, 기저선 변동 제거 등의 신호처리를 거치고 시리얼로 전송하여 PC상에서 디스플레이 한다. 그림4에서는 디지털 부분의 프로그램 흐름을 나타내고 있다.

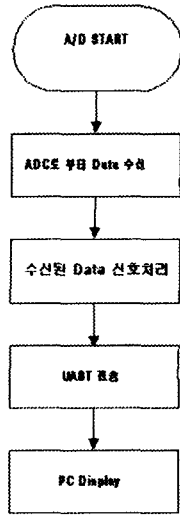


그림 4. 디지털 프로그램 흐름도

3. 디지털 필터 설계

60Hz 주파수 성분을 갖는 전원 노이즈는 피부와 전극사이의 임피던스 불균형에 의해서 발생하며, 심전도기록에 전력선이 영향을 주게 된다. 60Hz 성분만을 통과하지 못하는 협대역 제거필터(Notch filter)를 구현하여 전원잡음을 제거하였다.

심전도 신호에서 기저선(baseline)을 제거하기 위하여 FIR(Finite Impulse Response)필터를 이용하였으며, Linear phase FIR filter는 중앙tap을 기준으로 대칭의 임펄스 응답 구조를 갖는 선형위상반응 때문에 디지털 신호처리 응용분야에서 폭 넓게 사용되어지고 있다. 기저선이 1Hz미만의 저주파 성분을 갖는 신호이므로 17차 고역통과필터(High Pass Filter)인 FIR필터를 구현하였다. 입력  $x[n]$ 과 출력  $y[n]$ 의 관계를 나타내는 차분 방정식과 전달함수는 다음과 같이 표현되며, 이러한 시스템에 적용되는 필터 블록 다이어그램은 그림 5에 나타내고 있다[6].

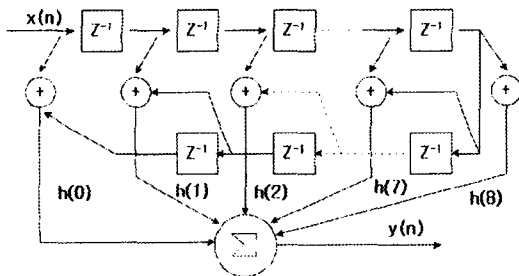


그림 5. Linear phase FIR filter structure

$$H(z) = \sum_{n=0}^{(N-1)/2-1} h(n)[Z^{-n} + Z^{-(N-1-n)}] + h\left(\frac{N-1}{2}\right)Z^{-(N-1)/2} \quad N: \text{odd} \quad (1)$$

$$y(n) = \sum_{k=0}^{(N-1)/2-1} h(k)\{x(n-k) + x[n-(N-(k+1))]\} + h\left[\frac{N-1}{2}\right]x\left[n-\frac{N-1}{2}\right] \quad (2)$$

$N=17$ : filter length,  $n$ : tap  $0 \leq n \leq N-1$   
 $h(k)$ : filter coefficient

III. 실험 및 결과

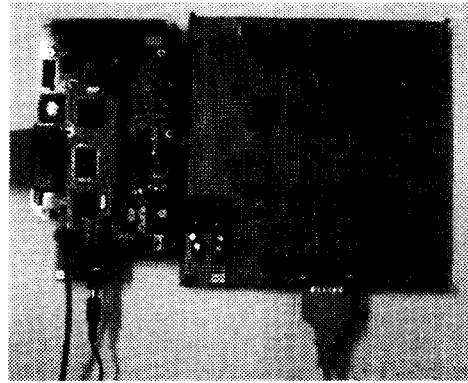


그림 6. 구현된 시스템

그림 6은 기저선을 제거하기 위해 실험적으로 구현한 시스템이다. 인체에서 발생한 미세한 생체신호를 증폭하고 디지털로 변환하는 아날로그 부분과 수신된 데이터를 신호 처리하여 전송하는 디지털 부분으로 나누어진다.

전극을 통해서 입력된 신호는 차동 증폭기에서 증폭과정을 거치면 심전도 파형을 얻어낸다. 그림 7은 정상적인 사람의 심전도 신호 파형을 보여주고 있다.

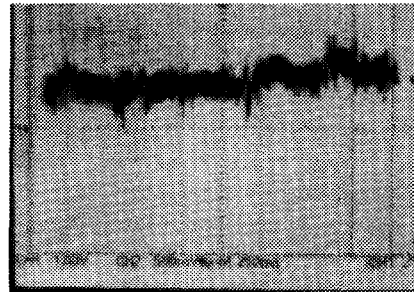


그림 7. 입력 심전도 파형

그림 7에서 나타낸 심전도 신호에는 여러 종류

의 잡음 성분이 존재한다. 전원 잡음, 기저선 변동잡음, 근 잡음성분이 심전도 신호에 포함되어 있다. 이러한 심전도 신호를 디지털 데이터로 변환시키기 위해서 ADC0848(8bit, National)을 사용하여 128Hz로 샘플링 하였다. 변환된 데이터는 잡음을 제거하기 위하여 필터링을 수행하게 된다.

실시간으로 신호처리하기 위해서 DSP로는 16bit 고정소수점 연산방식을 사용하는 TI사의 TMS320C542(40MIPS)를 선정하였다. DSP의 내부 타이머에 의해서, AD변환기에서 받아들인 데이터를 가지고 디지털 필터를 설계하여 잡음을 제거하였다.

신호처리 된 데이터(data)는 UART(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)와 RS-232를 통하여 시리얼로 전송되어 PC화면에서 디스플레이 된다. UART로는 시리얼 전송 채널이 두 개인 National사의 PC16552D를 사용하였으며, 하나의 정지 비트(stop bit)와 8비트의 데이터(data)길이를 구성된 데이터를 2400보레이트(baud rate)로 전송하여 출력한 모습을 그림 8에서 보여주고 있다.

이 될 수 있었으면 좋겠다.

### 참고문헌

- [1] 김남현외10명, 개정증보 "의용공학입문", 신광출판사. pp155~162,1999
- [2] W.J. Tompkins, Biomedical Digital Signal Processing, Prentice Hall, pp244~263, 1993
- [3] 이재준외3명, "심전도 신호의 잡음 제거를 위한 적응 필터 설계, 의공학회지, 제13권 제2호,pp107~113,1992
- [4] 권혁제, "심전도 자동 진단 장치 구현 및 온라인 신호 해석 알고리즘에 관한 연구", 연세대학교 박사학위논문,pp4~31,1996
- [5] 의공학 교육연구회, "의용계측공학", 여문각, pp320~356, 1993
- [6] Emmanuel C. Ifeachor, Barrie W. Jervis, "Digital Signal Processing", ADDISON - WESLEY, pp278~373,1996

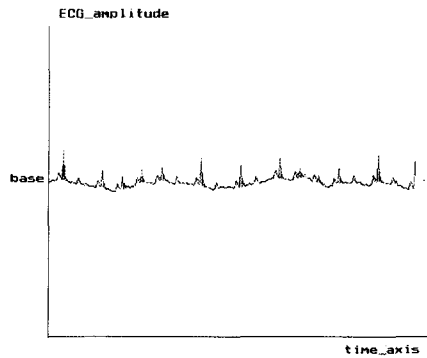


그림 8. PC 화면에서 디스플레이 된 심전도

### IV. 결 론

심전도 신호의 특성상 잡음 성분을 가지고 있기 때문에 신호의 왜곡 없이 잡음을 제거할 수 있는 프로토콜 구현 및 분석적 방법을 제시하는 알고리즘에 중점을 두어서 연구를 하였다. 본 논문에서는 기저선 변동을 효율적으로 제거하기 위하여 FIR 필터, 기저선의 평균레벨 알고리즘을 구현하였으며 심전도 신호를 진단, 분석하는데 유용하게 쓰일 수 있다.

기저선 변동을 예측하기가 힘들어서 기저선을 제거하는데 다소 어려운 점이 발생하는데, 실시간으로 구현이 가능하며 처리속도가 빠른 DSP를 선정하여 필터의 설계 및 연산량을 줄이는 알고리즘 개발, 프로토콜 구현하는 시스템에 대한 연구를 계속하여 환자의 심전도를 분석하는데 도움