

수면 다원 진단을 위한 신호 처리 시스템 개발

°서진우, °박해정, *박광석, **정도언
 °서울대학교 대학원 협동과정 의용생체공학전공
 *서울대학교 의과대학 의공학교실, **서울대학교 의과대학 정신과학교실

Development of Signal Processing System for Polysomnographic Diagnosis

°Jinu Seo, °Haejeong Park, *Kwang Suk Park, **Do-Un Jeong
 °Interdisciplinary program, Medical and Biological Engineering Major
 *Dept. of Biomedical Engineering
 **Dept. of Psychiatry, College of medicine, Seoul National University
 e-mail : sjinu@snuvh.snu.ac.kr, hjpark@snuvh.snu.ac.kr, kspark@snuvh.snu.ac.kr

Abstract

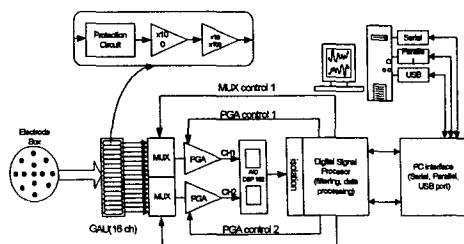
Recently, the interest and the importance of the signal monitoring and recording during sleep is increasing. Conventional paper based recording systems are being replaced by digital type and polysomnographic system. We developed special digital signal processor system for the polysomnographic recording. This system consists of digital signal processing part and PC interface part for user's convenience. This system includes two digital filters, one for low pass filtering of high frequency noise and the other for notch filtering of 60Hz AC noise. This system can be used for the efficient and convenient measurement of polysomnographic signals and also can be developed for the portable use.

요구에 의해 점차 디지털화되어 가는 추세이며, 그 크기도 점점 작아지고 있다. 이러한 요구를 충족시키는 시스템들은 증폭기 하드웨어에 의존적이기 때문에, 동일한 증폭기를 유사 분야의 다른 용도로 사용하는 것이 쉽지 않았다. 본 연구에서는 하드웨어 의존성을 최소화하고, 소프트웨어에 의한 신호처리를 할 수 있는 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템의 적용대상으로는 수면다원 검사와 정량적 뇌파 검사, 간질 감시 장치등을 들 수 있다. 개발된 시스템의 효율적인 사용을 위해서는, 시스템에서 측정되어진 자료를 바탕으로 1차적인 진단을 내릴 수 있는 전문가적 진단 알고리즘이 필요하다. [3]에서는 이러한 시스템을 활용하여, 자동수면단계분석을 하는 알고리즘을 제시한다.

I. 서론

수면다원 진단시스템은 인간의 수면활동시의 여러가지 생체 신호를 바탕으로, 수면중의 사건과 각 수면 단계별 시간 등을 진단하는 시스템이다. 이러한 수면다원 진단시스템에서의 신호는 뇌파, 심전도, 근전도와 같은 고주파 성분을 갖는 것파, 호흡운동, 산소포화도와 같은 저주파 성분을 갖는 것들로 이루어져 있다. 종래의 수면다원 시스템은, 각종 신호들을 아날로그 앰프에 의해 측정하고, 그 측정된 신호를 혼련되어진 수면신호 전문가가 진단하는 형태를 취했다. 그러나, 최근에는 저장매체와 활용면에서의

그림1. 개발된 수면진단시스템의 구조도



II. 개발된 시스템

수면다원진단시스템은 생체신호에서의 잡음제거와 증폭을 위한 아날로그 하드웨어, 필터링과 추가적인 증폭기능을 위한 디지털 하드웨어, 그리고 획득한 생체신호를 PC에 전송하기 위한 PC 인터페이스 시스템으로 구분된다. 본 연구에서는 디지털 하드웨어와 PC 인터페이스 하드웨어 부분이 연구되어졌다. 디지털 하드웨어 부분은 획득된 아날로그 생체신호를 A/D 변환해서, 소프트웨어에 의해 필터링하여 PC 인터페이스 시스템으로 옮겨주는 역할을 담당한다.

다채널의 생체신호를 A/D 변환하기 위해, 고속의 직렬 출력(serial A/D conversion output)을 내는 DSP102를 사용하고, 받아들여진 디지털 신호를 통합하고, 필

터링하기 위해 TI사의 DSP(digital signal processor)인 TMS320C32 를 사용하였다. 미세한 생체신호를 증폭시키는 아날로그부 GAU(Gain Amplifying Uint)의 출력을 받아들이는데, 이것은 DSP에 의해, 8채널 MUX를 제어함으로써 이루어진다. 또한 아날로그부에서 미리 증폭되어진 신호를, 다시 한번 증폭할 수 있도록, PGA(programmable Gain Amplifier)를 이용한다.

PC 인터페이스 시스템은, 디지털 하드웨어 부분에서 옮겨진 변환된 신호들을 PC의 직렬, 병렬, USB 등의 port를 이용하여 PC로 옮겨주는 역할을 담당한다.

이런 방법으로 받아들여진 신호들은, PC에서의 재조립과 소프트웨어에 의해 사용자에게 정보를 제공하고, 저장되어진다. (그림 1)은 수면다원진단시스템의 구조를 보여준다.

III. 생체신호처리를 위한 필터구성

개발된 수면다원진단 시스템에서는 아날로그 회로부분의 역할을 최소화하고, 60Hz를 제외한 저대역 신호를 정상적으로 받아들이기 위해, 디지털 필터를 이용한, 저대역 필터와 notch 필터를 사용한다. 저대역 필터는, 구성된 회로에서 고속의 스위칭에 의해 생기는 잡음과 의도하지 않았던 고주파 잡음을 제거하기 위해 사용된다. 저대역 필터는 250Hz의 cut-off 주파수를 가지도록 만들어졌다. 또한 A/C 전원을 사용함으로써 생기는 60Hz의 잡음을 제거하기 위해, notch 필터를 사용한다.

이러한 필터들의 연속시간 전달함수는 다음과 같다.

$$H_{LPF}(s) = \frac{\omega_c}{s + \omega_c} \quad (1)$$

$$H_N(s) = \frac{s^2 + \omega_N^2}{s^2 - (1-\alpha)\omega_N + \omega_N^2} \quad (2)$$

이렇게 설계되어진 아날로그 필터들을 Z 변환하면, 다음과 같다.

$$H_{LPF}(Z) = \frac{b_0 z^{-1}}{a_0 + a_1 z^{-1}} \quad (3)$$

$$H_N(Z) = \frac{d_0 + d_1 z^{-1} + d_2 z^{-2}}{c_0 + c_1 z^{-1} + c_2 z^{-2}} \quad (4)$$

각 필터계수들은 아래와 같다.

계수	값	계수	값
a_0	1.00000000000	c_2	0.99282579038
a_1	-0.77880078314	d_0	1.00000000000
b_0	0.22119921686	d_1	-1.99640972363

c_0	1.00000000000	d_2	0.99999569932
c_1	-1.98923986284		

표 1. 디지털 필터에 사용된 계수

아날로그필터들은 디지털 하드웨어 부분의 DSP 내에서 처리되도록 구성하였다. IIR 필터에 의해 구성되어졌는데, 이러한 필터들의 사용은 고속으로 작동되는 DSP내의 연산속도를 저하시키는 단점이 있으나, 잡음없는 깨끗한 생체 신호를 받아들여, 신뢰성있는 결과를 나타내기 위해 필요하다. (그림2)는 개발된 시스템에 의한 데이터 획득을 보여준다. 아직 개발되어진 시스템을 실제의 수면다원 진단 시스템으로 사용하지는 않았으므로 함수발생기를 이용하여 일정한 입력을 설정하고, 그 값들을 DSP를 이용하여, PC로 전송하여 보았다. 입력은 10Hz의 정현파이며, 이를 직렬 포트를 이용하여 PC에 전송하였을 때의 출력을 MATLAB에 의해 나타낸다. (그림 2)는 입력신호, 출력신호와 DSP 내에 있는 필터의 주파수 응답곡선, 그리고, 입출력신호의 FFT(Fast Fourier Transform)의 결과를 보여준다. (그림 2) (C)의 원부분에서는 notch 필터의 영향으로 60Hz부분의 감쇄가 일어났음을 알 수 있다. 이러한 결과에서 보이는 것과 같이 생체신호를 개발된 시스템에 의해 획득되어질 수 있음을 알 수 있다.

IV. 결과 및 토의

개발되어진 시스템은, DSP내에서 사용되는 필터 부분과 직렬 포트의 속도제한에 의해 고속에서의 신호 처리에 제한을 가진다. 필터의 구현에서 생기는 속도 문제는 FIR 필터를 사용함으로써 어느 정도 보상이 이루어질 수 있다. 또한 PC와의 통신속도를 높이기 위해서는 USB 포트를 사용하면 된다. 이러한 속도문제를 해결하기 위해, 개발된 시스템은 NetChip 사의 Net2888을 이용하여 USB 포트를 사용할 수 있도록 설계되었다.

개발된 수면다원진단 시스템의 확장된 사용을 위해서는 수면다원진단 시스템의 결과를 분석할 수 있는 소프트웨어적인 응용과 수면중 나타나는 수면장애의 여러가지 요인들인 수면질환의 진단이 필요하다. 수면다원 진단시스템은 이러한 수면질환의 1차 진단 결과를 나타냄으로써, 더욱 효율적인 진단이 이루어질 수 있도록 한다. 앞으로, 더 나은 전문가적 시스템으로의 확장을 위해, 수면진단 시스템에서 얻어진 신호들을 바탕으로, 분석도구를 만들어내는 것이 중요하다.

V. 참고문헌

- [1] 박해정, 박광석, “통합형 수면 다윈 기능 진단 분석 시스템 개발”, 서울대학교 대학원 협동과정의 융생체공학 보고서, 1999
- [2] TMS320C3X Manual, “Digital Signal Processing Products”, Texas Instruments, 1992.
- [3] 박해정, “규칙기반과 사례기반 추론을 이용한 자동 수면단계분석 시스템에 관한 연구”, 학위논문, 2000
- [4] 윤덕용, “TMS320C32 마스터”, Ohm사, 1999.

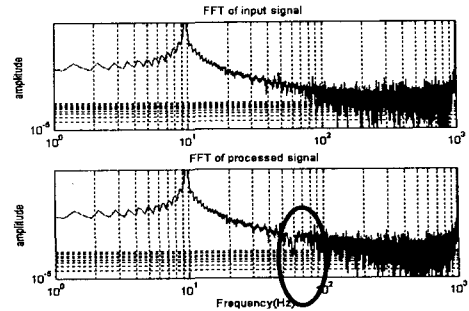
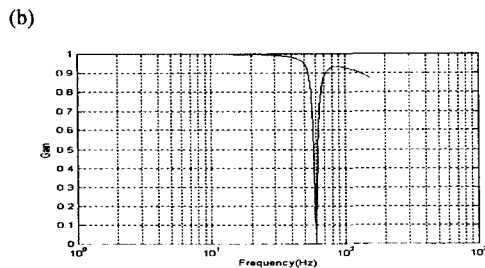
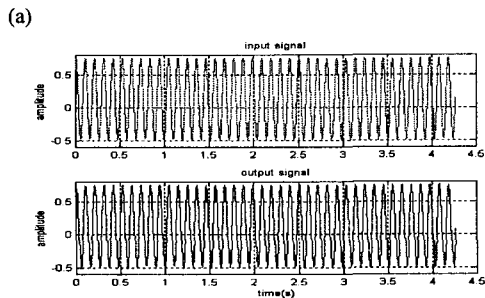


그림2. (a) 입력신호와 디지털 프로세싱을 통한 출력신호 (b) DSP내의 디지털 필터의 주파수 응답 (c) 입력신호와 출력신호 FFT에 의한 결과



(c)