

수면생리신호처리 연구

김 원 식*, 박 세 진*, 신 재 우**, 윤 영 로**

* 한국표준과학연구원 인간공학그룹

** 연세대학교 의용전자공학과

ABSTRACT

수면생리신호는 $\mu V \sim mV$ 급으로서 미소하므로 고이득 증폭기를 이용하여 기록하는데 이때 외부에서의 전기적 잡음이 혼입된 경우 그 잡음까지 기록되어 기록 파형으로부터의 수면단계 해석에 오류를 초래한다. 일반적으로 수면기록장치에는 주관심 주파수대역이 낮으므로 하드웨어에서 기본적으로 저역필터링을 수행할뿐아니라 소프트웨어에서 전원잡음을 필터링하는 기능을 제공한다. 그렇지만 이러한 필터링에도 불구하고 실제에는 예기치 못하는 전기적 잡음이 혼입되어 있을 수 있으므로 본 연구에서는 Medilog SAC847(Sleeping Analysing Computer) 다원수면기록장치(Polysomnograph)를 이용하여 수면생리신호들을 측정된 뒤 SAC847 본체에 기록 저장된 raw signal을 자체 제작한 Data Acquisition System으로 읽어들이 Matlab으로 FFT 시켜본 결과 여전히 전원잡음이 관측되어 60 Hz notch 필터를 설계하여 완전히 제거할 수 있었다.

1. 서 론

수면을 객관적으로 연구하기 위하여는 다원수면기록장치(Polysomnograph)를 이용하는데 이때 측정되는 수면생리신호로서 뇌전도(Electroencephalogram:EEG), 턱 및 다리 근전도(Electromyogram:EMG), 심전도(Electrocardiogram:ECG), 안전도(Electrooculogram:EOG), 혈중산소포화도(O_2Sat), 코와 입의 호흡, 복강 및 흉곽의 운동, 야간음경팽대(nocturnal penile tumescence:NPT), 몸체 뒤척임 등이 있다(민 성길 등, 1997; 井上昌次郎, 1989). 이러한 생체신호에 포함된 정보를 얻기위하여는 신호가 잡음을 많이 포함하고 있을 때 이를 깨끗이 해야할 필요가 있거나 정보가 신호 내에서 잘 관찰되지 않을 때 신호처리과정이 필요하다. 신호처리방법은 크게 아날로그방식과 디지털방식이 있는데 아날로그신호처리의 특징으로서 필터링, 증폭, 연산, 변조 및 복조, 파형 조작 등이 있으며 디지털신호처리의 예로는 신호의 주파수 스펙트럼분석, 각종필터링을 중심으로 신호에 섞인 잡음제거를 위한 가산평균(signal averaging), 신호의 파형 검출, 신호압축 및 회복 등을 들 수 있다.

한편, 디지털필터는 여러 종류의 신호를 처리하기 위하여 이용되는 신호분석 도구로서 수

면생리신호처리시 원래데이터에 섞여있는 간섭잡음이나 artefacts 성분들을 제거하기 위하여 사용된다. 디지털필터는 크게 비가역특성을 갖는 Finite Impulse Response (FIR) 필터와 가역특성을 갖는 Infinite Impulse Response (IIR) 필터로 대별된다(고 한우 등, 1997; M. Akay, 1994). 본 연구에서는 Oxford Instrument의 SAC847 수면다원기록장치를 이용하여 수면생리신호 측정과정에서 생체전기 신호에 혼입되는 주위로부터의 전기적 잡음을 감소시키기 위하여 EMG와 ECG 신호를 실시간으로 모니터링 하면서 FFT시켜 혼입된 전기적 잡음의 주파수성분분석을 수행하였으며 SAC847 본체에 연결되는 동축신호케이블의 배선을 여러 방법으로 시도하여 이러한 전기적 잡음을 최소화시키는 케이블의 기하학적 배열 상태에서 SAC847 본체에 기록 저장된 raw signal을 자체 제작한 Data Acquisition System을 이용하여 읽어들이어서 Matlab을 이용하여 FFT 시켜본 결과 60 Hz의 전원잡음이 남아있음이 확인되어 notch filter를 설계하여 전원잡음을 완전히 제거하였다.

2. 수면생리신호 측정 및 신호처리

다원수면생리신호 측정은 Oxford Instruments의 Medilog SAC847 시스템을 사용하였다. 피실험자는 나이 27세, 키 172 cm, 체중 58 kg의 신체 건강한 남자이었으며 측정항목은 EEG(C3/A2, C4/A1, O2/A1), EOG(LOC, ROC), EMG(턱, 다리), ECG, 산소포화도, 몸체 뒤 척압이었으며 전극배치는 10-20 EEG 전극배치시스템과 Oxford Instrument의 SAC847 시스템 매뉴얼을 참고하였다(OXFORD, 1993). 수면생리신호를 측정된 뒤 측정된 raw signal을 신호처리 및 분석하기 위하여 그림 1과 같이 수면생리신호 처리·분석시스템을 구성하였다. SAC847 본체에 저장된 raw signal은 Preamp & BB2(Break-out Box)를 통하여 AUX 출력단자에서 -2.5 ~ 2.5 V로 출력되고 이 출력전압을 자체 제작한 Data Acquisition System(LS-0691)을 이용하여 8 channel MUX로 받아들인 뒤 12 bit 디지털 신호로 변환시켜 Matlab을 이용하여 생체신호처리 및 분석을 하였다(MATLAB, 1995).

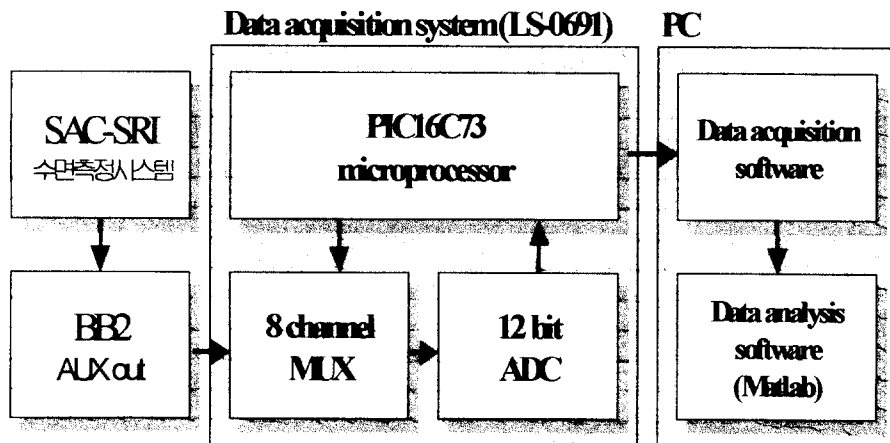


그림 1. 수면생리신호 처리·분석시스템

EMG 신호에서 60 Hz의 전원잡음을 제거하는 notch filter는 다음과 같이 설계하였다. 250 Hz로 샘플링 되었으므로 $f_s=250$ Hz, 제거하려는 주파수가 60 Hz 이므로 $f_c=60$ Hz 이다. $\theta = 2\pi = fc/fs = 2\pi(60/250) = 0.48\pi$ 이므로,
 $H(Z) = (1 - 0.13Z^{-1} + Z^{-2}) / (1 - 0.11Z^{-1} + 0.81Z^{-2})$
 따라서 60 Hz notch filter는
 $y(n) = 0.11y(n-1) - 0.81y(n-2) + x(n) - 0.13x(n-1) + x(n-2)$
 로 설계하였다.

3. 결과 및 논의

수면생리신호들을 측정 한 다음에 그림1과 같은 생리신호처리·분석시스템을 구성하여 SAC847 다원수면생리신호 측정시스템에 측정되어 저장된 raw signal을 250 Hz의 샘플링 주파수로 데이터 수집한 뒤 Matlab을 이용하여 분석하였다. ECG는 수면측정시스템에서 125 Hz로 샘플링 하였으므로 250 Hz로 저장된 데이터들을 다시 125 Hz로 under-sampling하여 분석한 결과를 그림2에 나타내었다

ECG신호의 FFT 결과 특이성이 있는 잡음성분은 검출되지 않았지만 EMG신호를 100 point Hamming window를 씌워 FFT한 결과 그림 3과 같이 60 Hz 전원잡음이 검출되었다. 따라서, 수면측정시스템에서 하드웨어로 완전히 제거하지 못한 전원잡음은 소프트웨어로 제거시켰다. 즉, 그림4과 같은 주파수응답 특성을 갖는 60 Hz notch filter를 통과시켜서 그림 5과 같은 60 Hz 전원잡음이 제거된 EMG신호를 얻을 수 있었다.

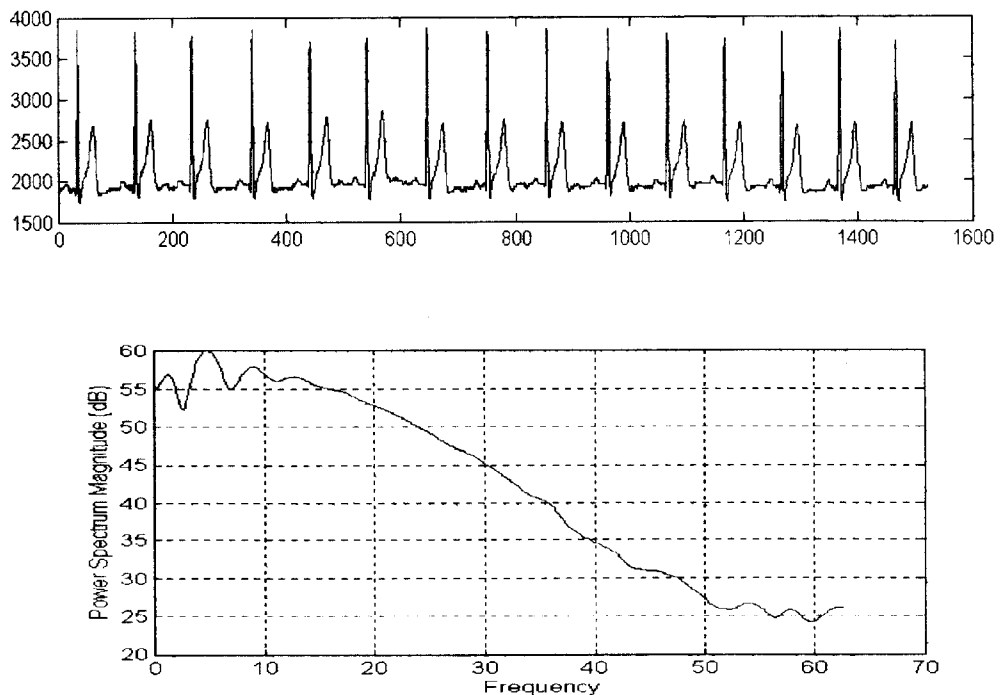


그림 2. Matlab을 이용한 ECG신호의 재구성(위) 및 FFT수행 결과(아래)

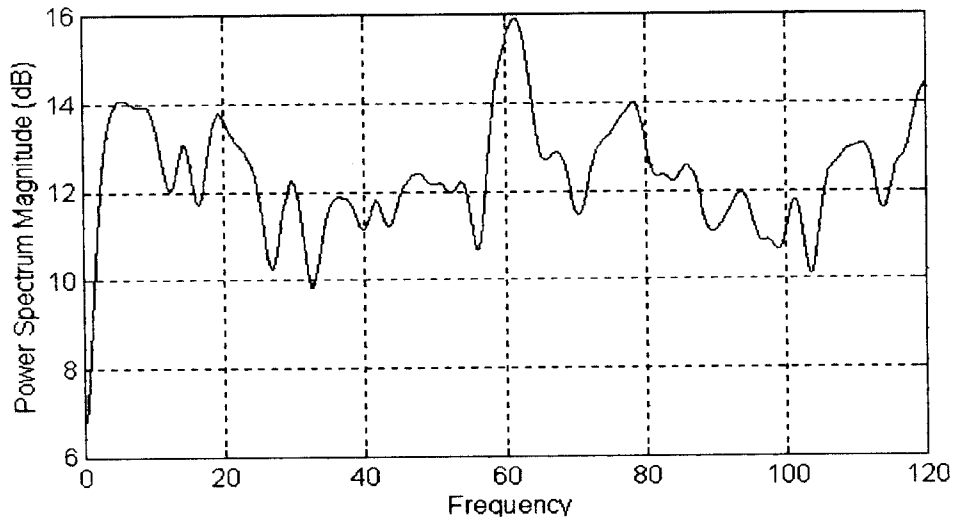
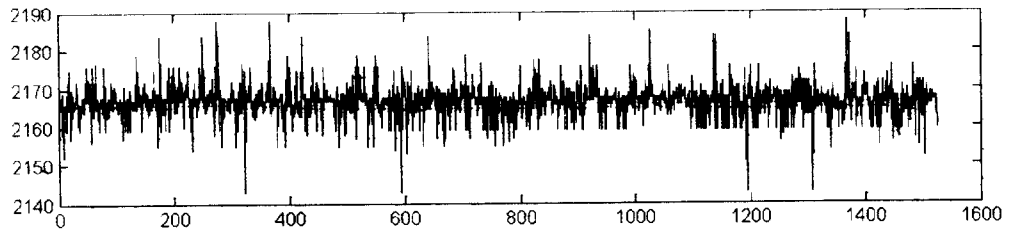


그림 3. Matlab을 이용한 EMG신호의 재구성(위) 및 FFT수행 결과(아래)

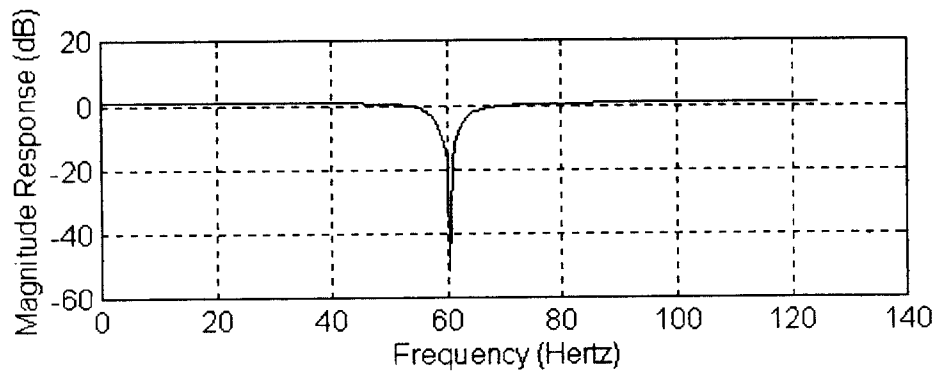


그림 4. 60 Hz Notch filter

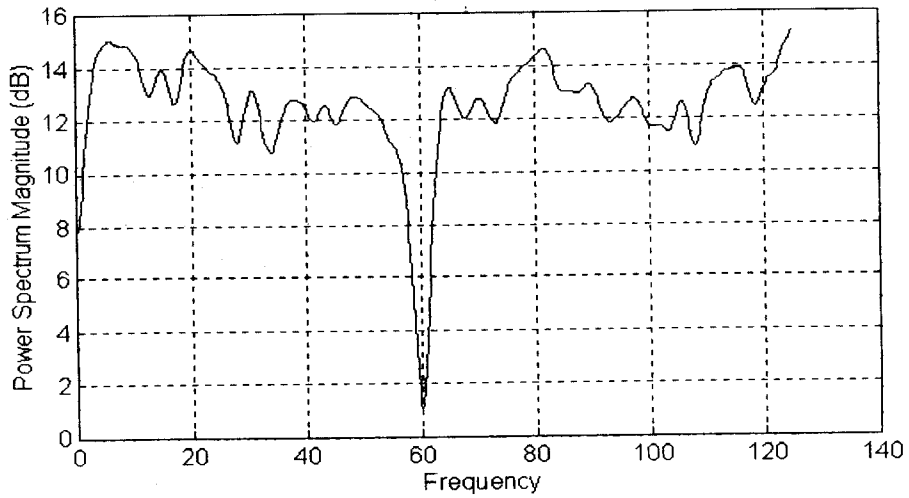
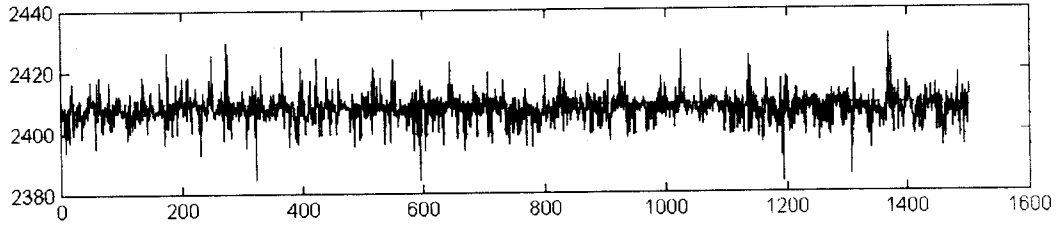


그림 5. 60 Hz Notch filter를 통과시킨 EMG신호(위)와 FFT 결과(아래)

참 고 문 헌

- [1] 고 한우 등, 디지털 생체신호처리,麗文閣, 서울, 1996.
- [2] 민 성길 등, 최신정신의학, 일조각, 서울, 1997.
- [3] 井上昌次郎, 睡眠과 腦, 대한교과서주식회사, 서울, 1993.
- [4] MATLAB, System Identification Signal Processing, The Math Works Inc., USA, 1995.
- [5] Metin Akay, Biomedical Signal Processing, Academic Press, USA, 1994.
- [6] OXFORD, Medilog SAC847 System Sleep Analysing Computer's Manual, Oxford Instrumentations Limited, England, 1993.