

휴대용 생체신호 측정시스템의 8비트 디지털신호처리

*신우식, 지용환, 조정현, 윤길원
 서울산업대 전자정보공학과 의료전자 연구소
 e-mail : wshappyws@snut.ac.kr

8 bit digital signal processing for a portable biosignal monitoring device

*Woo Sik Shin, Yong Hwan Ji, Jung Hyun Cho, Gilwon Yoon
 Institute for Biomedical Electronics, Dept of Electronics & Information
 Seoul National University of Technology

Abstract

DSP based on a 8 bit microprocessor was studied for ECG and PPG signals. Digital filtering has an advantage of reducing hardware components in system-on-chip design. However, low resolution such as in 8 bit data has much difficulties in DSP. We demonstrated a comparable performance of DSP filtering compared with analog filters.

I. 서론

점차 고령화시대로 들어감에 따라 전자 및 기타 산업이 발전하고 또한 의료분야의 필요성이 점점 부각되어 가고 있다. 이러한 시대 흐름에 발맞추어 Ubiquitous Health monitoring을 위한 시스템을 개발하고자 심전도(ECG)^[1]와 광전용적맥파(PPG)^[2] 신호를 검출 하는 하드웨어를 휴대용·저 전력 3V로 설계·실험하였다. 이는 작은 크기 이지만 차후 ASIC작업 및 system-on-chip (SoC) 공정 과정을 고려해 볼 때 아날로그 회로의 최소화가 요구 되어져 기존 설계하였던 하드웨어의 시스템을 Digital^[3]로 구현하였다. 데이터 bit수가 증가하면 SoC 구현시 가격상승과 난이도가 증가하게 된다. 따라서 이에 필요한 정수형 디지털 신호 처리^[4]와 생체신호 검출을 위한 연구를 8bit 마이크로 컨트롤러로 (MPU)로 구현하였다.

II. 본론

compact하게 만든 하드웨어의 대부분 면적은 MPU부

분과 필터부분으로 나뉘게 된다. 이러한 하드웨어의 아날로그 필터부분을 8bit 마이크로컨트롤러를 사용하여 디지털 신호처리를 하고자 ADuC842TM를 사용하였다. 이에 사용된 ADuC842(8051)는 보통의 8051 코어를 가진 프로세서보다 빠른 속도(16MIPS)를 갖고 있으며 저렴하다. 일반적으로 많이 사용하는 8051코어의 프로세서를 사용하여 ASIC 및 SoC 공정시 쉽게 적용할 수 있게 하였다.

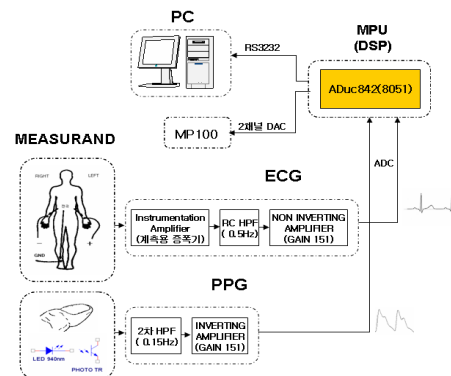


그림1. 휴대용 생체신호 측정 시스템의 블록 다이어그램

위 그림1과 같이 생체신호를 계측하기 위해 필요한 최소한의 하드웨어 부분만을 아날로그 회로로 설계하였으며 그 외 필터부분은 디지털 처리 하였다. 이러한 디지털 필터를 구현하기 고역통과필터와 증폭기를 사용하여 신호를 검출, 이 신호를 ADuC842의 ADC를 통해 8bit(0~255)의 신호로 PC에 송출한 뒤, 이 data를 이용해 MATLABTM상에서 디지털 필터를 구현해 보았다. 이

러한 MATLAB을 이용한 디지털 필터는 아무 문제없이 필터링 되지만 휴대용 하드웨어를 위해 사용한 8bit MPU에서는 MATLAB과 같이 변수를 연산의 제약 없이 사용하는 것은 매우 어렵다. 이에 MATLAB에서 구현한 디지털 필터의 소수 계수를 마이크로소프트사의 엑셀을 이용하여 필터 연산에 필요한 최소한의 소수 자리수를 검출한 뒤, 이를 쉬프트 함으로 정수화 하고 이 계수를 통해 필터연산 후 그 출력 변수를 역 쉬프트함으로 MPU 상에서는 0과 255사이의 변수만을 갖고 필터 연산을 하게 된다.

*연산시 필요한 필터 계수 최소 소수자리수: 첫째자리
 Matlab 필터 계수: 0.1084 $\xrightarrow{4\text{비트 쉬프트}}$ 1.7352 $\xrightarrow{\text{반올림}}$ 2

$$E_{outA0} = (21 * E_{inA0} + 3L * E_{inA1} + 2L * E_{inA2} + 14L * E_{outA1} - 5L * E_{outA2}) \gg 4;$$

*****2차 IIR 40Hz Low Pass Filter*****

위의 같은 ECG의 신호처리로 인하여 PPG 신호처리도 같은 방법을 사용해도 될 것이라는 생각이 들지만 PPG는 ECG보다 더 저주파를 사용함으로 필터의 연산시 보다 복잡해져 계수만을 정수로 선언하면 예상했던 결과가 아닌, 알 수 없는 삼각파 형태의 파형이 나오게 된다.

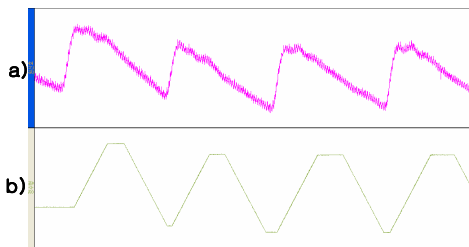


그림2. a)원신호, b) 4.8Hz LPF의 모든 계수를 정수로 선언 시 나온 결과

위의 문제를 보다 정확하게 파악하기 위해 필터 연산시 각 변수의 크기를 정확히 확인하고 이에 필요한 변수를 정수화해 주었다.

*연산시 필요한 필터 계수 최소 소수자리수: 셋째자리
 *EoutA0에 저장시 필요한 최소 소수자리수: 첫째자리
 Matlab 필터 계수: 0.0024 $\xrightarrow{10\text{비트 쉬프트}}$ 2.4138 $\xrightarrow{\text{반올림}}$ 2

$$E_{inA0} = ppg \ll 4L; \text{ (ppg : 8bit data)}$$

$$E_{outA0} = (21 * E_{inA0} + 5L * E_{inA1} + 2L * E_{inA2} + 1903L * E_{outA1} - 888L * E_{outA2}) \gg 10;$$

$$Out = E_{outA0} \gg 4L; \text{ (출력)}$$

*****2차 IIR 4.8Hz Low Pass Filter*****

위 실험을 통하여 처리된 신호를 ADuC842의 DAC를 통해 출력하고 이를 Biopac社의 생체신호측정기기인 모델 MP100™을 사용하여 살펴보았다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

위에 소개한 하드웨어에 아날로그 필터처리(2차 능동필

터)한 것과 디지털 필터(2차 IIR 필터: ECG -> 40Hz LPF, 60Hz notch filter 각 1회, PPG -> 4.8Hz LPF 1회)처리 한 결과이다 (같은 cutoff frequency를 사용).

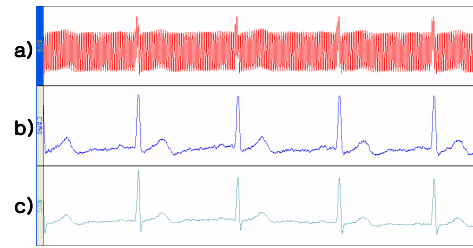


그림3. ECG신호처리

a)원신호, b)아날로그 필터, c)디지털 필터

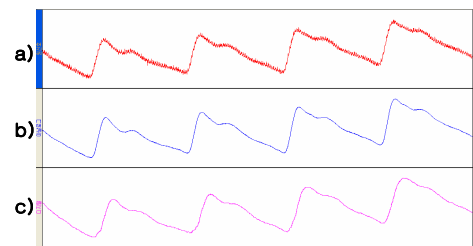


그림4. PPG신호처리

a)원신호, b)아날로그 필터, c)디지털 필터

위의 결과 자료에서 보듯 아날로그 필터와 디지털 필터의 성능차이는 거의 없어 보이며 디지털 필터를 사용함에 하드웨어를 소형화 시킬 수 있었다. 또한 디지털 필터를 사용함으로써 필터의 차수와 차단주파수를 필요에 따라 쉽게 가변 할 수 있고 여러 번의 필터 처리를 할 수 있으므로 우리가 원하는 노이즈를 제거한 신호를 얻을 수 있다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (R 01-2004-000-10965-0) 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

[1] J. G. webster, MEDICAL INSTRUMENTATION, WILEY, New Youk, pp.139 - 151, 1998
 [2] J G webster(ed), Design of Pulse Oximeters, Institute of Physics Publishing Ltd, London, pp. 40-55, 1997
 [3] Y.V.R. Rao and N. Venkateswaran, Allpass lattice structure based order digital IIR notch filter for removing DC and very low frequencies TENCON 2003, 15-17 Oct. vol. 4, pp1384-1385.
 [4] Enrique, ECG Front-End Design is Simplified with Micro converter, pp1-5, Analog Dialogue 37-11, Nov. 2003