

생체신호 처리를 위한 시스템 개발

이 준 하, 이 상 학, 신 현 진

영남대학교 의료원 생체의공학과

초 록

생체신호 측정 및 처리에 있어서 GUI(graphic user interface)를 도입, 개인용 컴퓨터에서 실현가능한 신호처리 시스템을 구현하였다. 전치증폭장치에서 입력된 신호를 A/D converter로 처리, RS-232C 통신방식으로 개인용 컴퓨터에 전송 저장한 후, 이를 Windows환경에서 사용할 수 있도록 Visual basic으로 programming하였으며, DPS(digital signal processing)루틴에서 digital filtering, FFT처리 등의 신호처리 및 신호해석을 위한 연산과정을 실행하여 화면과 프린트로 출력 되도록 하였다. 본 연구를 통해서 일례로 heart-rate variability에 적용하였으며, 전치증폭회로 및 시스템 설계에 요구되는 하드웨어와 소프트웨어를 소개하고, 그 출력형태를 나타내었다. 이러한 방식은 임상분야에서 개인용 컴퓨터를 이용하여 손쉽게 데이터를 입출력 하므로서 동물실험이나 실제 임상에 적용할 수 있으며, 이러한 시스템의 폭넓고 유용한 활용을 위해서는 신호모델에 대한 최적화 계수 추출, 잡음제거, 해석 및 처리결과를 위한 데이터를 가공하는 연산 소프트웨어 개발의 지속적 연구가 필요할 것으로 보인다.

서 론

생체에서 발생하는 신호는 외부의 전계나 잡음에 비해 극히 미약하므로 이러한 신호를 실제로 검출, 처리하기 위해서는 높은 신호 증폭도, 양호한 S/N비(신호대 잡음비)를 가진 고감도의 증폭장치가 필요하다. 일반적인 생체신호 기록장치는 이러한 특성을 가진 장치에 화면이나 종이에 신호를 그대로 출력하는 형태를 갖추고 있다. 물론, 일부 장비는 컴퓨터가 도입된 신호자동분석 장치로 설계되었지만 기능적, 경제적 측면에서 널리 보급되지 못했다. 특히, 그 운용에 있어서 컴퓨터에 관한 OS(Operating System)를 잘 이해하여야 함과 동시에 장비자체의 특성을 숙지하고 운용해야 하는 불편이 따랐고, 장비자체 구성상 컴퓨터시스템이 부가된 장치로 이루어져 그 가격 또한 기본 입출력장치 장비에 비해 월등하게 고가로 인식되어 왔다. 그러한 이유들 때문에 현재까지 주로 사용되는 장비는 특수하고 복잡한 분석을 요하는 시스템이외에는 기본적인 입출력 장치로 구성된 생체 신호기록 장비가 주종을 이루고 있다.

최근에 개인용 컴퓨터의 용량 및 처리속도가 혁신적으로 확장되고, 대량으로 보급되어 컴퓨터의 조작이 보편화되므로 컴퓨터에 대한 인식이 달라졌으나, 문자나 수치 데이터외의 특정신호를 저장하거나 처리 분석하는 시스템의 개발이나 활용에 대해서는 막연하게 인식되어 있고, 기존 OS와 별도의 개념이나 용어의 숙지를 요하는 등의 장애요소들이 활용의 장벽이 된다는 사실이다. 이러한 문제들을 해결하는 시스템의 도입이 GUI(Graphic User Interface)이다. 이는 개인용컴퓨터를 이용한 사용자가 쓰기쉽게 OS를 그림형태로 도입한 것으로 처음 사용하는 사람도 친근감있게 사용할 수 있도록 설계, 구현되었다. GUI개념은 1970년대 Xerox사의 Palo

Alto 연구소에서 연구과제의 하나인 Xerox Star Work-station 개발에 도입된 개념이었으나 당시의 GUI는 매우 단순하고 기본적인 것이어서 지속적인 연구가 진행되지 못했다. 그 후 1984년 Apple사에서 이 GUI개념을 Macintosh에 도입시켜 일반인에게 보급시켰고, 1985년에는 Apple사에서 이 GUI개념을 Macintosh에 도입시켜 일반인에게 보급시켰고, 1985년에는 MicroSoft사에서 "Windows"한 이름으로 GUI software를 발표하였다¹⁾.

본 연구는 생체신호검출장치와 개인용컴퓨터를 이용한 신호저장 및 분석, 처리 시스템의 설계로서, 생체전기신호를 검출, 수집, 처리하기 위한 고감도의 신호 증폭기, 신호해석을 위한 신호처리 알고리즘, 대량의 데이터를 연산 처리하기 위한 시스템, 운용 소프트웨어등을 설계 구현한 것으로, 본 연구에서는 고감도의 생체신호증폭 설계와 여기에서 추출된 생체신호를 컴퓨터가 처리할 수 있도록 A/D변환기 및 RS-232C로 구성된 데이터전송장치와 IBM PC AT에서 운용될 소프트웨어를 Microsoft사의 Window3.1환경에서 사용될 수 있도록 Visual Basic으로 구성하여 생체신호 처리 시스템을 구현하였다.²⁾

실험방법

그림1은 본 연구에서 제안된 개인용 컴퓨터를 이용한 생체신호수집 및 인터페이스 구성 및 계통도이다. pre-amplifier는 전극에 유기된 인체의 전기적인 신호를 증폭하는 장치이며, pre-amplifier에 공급되는 전원은 건전지로 하여 pre-amplifier의 전체적인 크기를 소형화 했다. 생체신호의 데이터 수집장치와 pre-amplifier간의 인터페이스는 광결합을 통하여, 신호를 분리시켜서, 데이터 수집장치의 고장으로 교류전류가 인체에 유입되는 사고를 방지하였다. 데이터 수집장치에 있어서 A/D Converter부분과 Counter/Timer부분으로 나누어지며, A/D Converter는 측정된 생체신호를 컴퓨터가 처리할 수 있도록 digital화 시키는 장치로 원래의 생체신호를 변형없이 재현시킬수 있도록 12Bit A/D Converter를 채택하였으며, Converter/Timer부분은 생체신호의 peak-to-peak(P-P)의 interval time를 측정하거나 pulse수를 측정 할 수 있도록 하는 장치이다. 개인용 컴퓨터의 신호 데이터 전송은 RS-232C의 통신방식을 채택하였으며, 그림 1에서와 같이 RS-232C Processor는 데이터 수집장치의 데이터를 일시적으로 보관 또는 고속으로 데이터를 컴퓨터에 전송하는 역할도 담당한다. 컴퓨터에

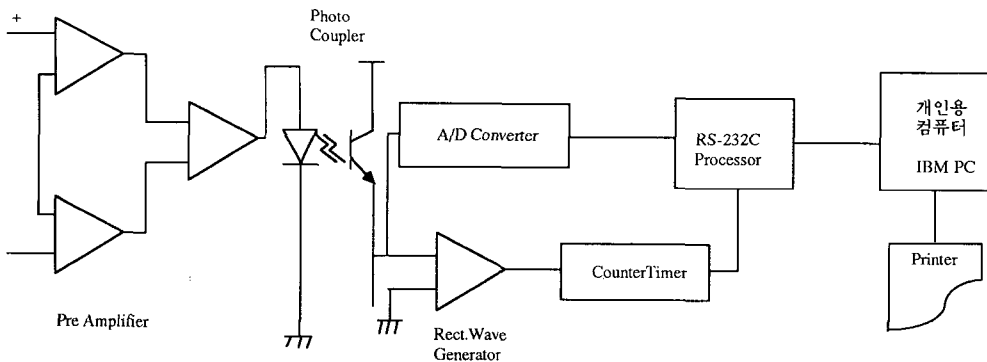


Fig. 1 System block diagram

전송된 데이터는 컴퓨터의 주기억 장치 및 하드 디스크에 보존되며, 이때 보관된 데이터는 가공되지 않은 실제 데이터로, 원하지 않는 여러가지 신호잡음도 포함되어 있어서 원하는 결과를 추출하기 위해서는 데이터를 가공하여야 한다.

수집된 생체신호 데이터는 신호처리 프로그램에 의해 소프트웨어적으로 digital filter를 통과하도록 하였으며, digital filter는 저역통과 필터(low-pass filter) 및 대역통과 필터(band-pass filter), 60Hz notch filter를 준비하였고, 신호의 주파수성분을 추출하기 위한 FFT(Fast Fourier Transform)처리 routine도 마련하여 측정된 생체신호에서 원하는 주파수성분을 추출할 수 있도록 하였다. 이렇게 처리된 데이터를 화면이나 프린터로 출력할 수 있도록 하였다.

컴퓨터 운용방법에는 기존의 명령어지향 사용자인페이스(Command Oriented User Interface:COUI)를 탈피하여 시각적으로 이해하기 쉽고 사용자에게 편리한 그래픽 사용자 인터페이스(Graphic User Interface:GUI)를 이용하여 사용자에게 보다 편리하고, 친근감 있게 하였다. GUI를 구현하기 위하여 개인용 컴퓨터의 환경을 기존의 도스에서 탈피하여 GUI인 Windows 환경하에서 본 연구의 소프트웨어를 구현하였다³⁾.

본 연구에서 구현된 생체신호의 수집 및 분석장치에 요구되는 설계조건과 하드웨어 및 소프트웨어에 관하여 차례로 설명하고자 한다.

1. 하드웨어 설계

본 연구에서 구현된 하드웨어는 생체신호증폭기와 데이터 수집카드 및 통신용 인터페이스, 데이터 저장 및 처리장치인 개인용 컴퓨터로 구성되어 있으며, 그림 1에서 본 바와 같이 전체적인 계통도는 하드웨어를 기능별로 나타내고 있다. 생체신호증폭기는 Universal instrumentation Amplifier로써 다음도로 사용가능하여야 하며, 요구되는 특성은 아래와 같다⁴⁾.

1. 고입력 임피던스
2. 입력은 차동입력방식이며 출력은 단일출력
3. 높은 common-mode rejection ratio(CMRR)를 가질것
4. 주파수응답은 다양한 응용에 적합하여야 한다.
5. low drift출력, low noise 특성
6. zero suppression이 가능하여야 한다.
7. 이득이 필요에 따라 가변될 수 있어야 한다.

본 연구에서 설계된 생체신호증폭기는 이와같은 특성을 충족시켰고 교류 전원을 사용할 때 발생하는 환자와 생체신호증폭기와의 isolation문제를 건전지 전원 방식을 채택하여 해결하였으며, 생체신호증폭기의 경량화 및 초소형화에 도움이 되었다. 생체신호증폭기의 설계에 채택된 IC는 내부회로 초단에 FET가 부착되어 입력임피던스가 10^{12} Ohm이고 CMRR이 80dB이상이다. 이득을 필요에 따라 비교, 가변할 수 있도록 DIP 스위치를 사용하여 차동증폭회로의 저항치를 가변하도록 하였으며, 사용자가 필요에 따라 이득을 조정할 수 있는 가변이득 생체증폭기가 되도록 설계하였다. zero suppression이라 함은 선택적 특성으로 신호의 고유 nulling offset에 의하여 상하로 drift되었던 신호를 거의 zero baseline 근처로 다시 이동시키는 특성을 말하는데 본 연구에서 구현된 생체신호증폭기에는 DIP 스위치를 사용하여 사용자가 선택할 수

있도록 하였다. 위에서 열거한 이득조정장치와 자동 zero suppression장치를 구현시키는 digital controlled potentiometer를 채택하였다. 데이터 수집 부분과 인터페이스는 광결합을 사용하여 인체에 고전류가 유입되는 것을 차단시켜 환자의 안전을 고려하였다.

데이터 수집 장치에서 A/D Converter는 12Bit를 사용하였으며, 이는 생체신호증폭에서 추출된 신호를 컴퓨터에 입력시킬 수 있도록 analog신호를 digital 신호로 변환시켜 준다. sampling time은 50 μ sec이며, 신호입력은 multi-channel로 최대 8 bipolar input, 16 single ended input으로 되어있다⁵⁾. Counter/Timer부분은 A/D가 필요없는 경우, 즉 ECG signal의 variability를 측정할 경우에는 ECG신호를 구형파로 변환하여 Counter/Timer에 입력함으로써 Counter/Timer는 pulse와 pulse사이의 interval time을 RS-232C processor에 전달한다. computer와의 데이터통신은 RS-232C를 사용하여 생체신호증폭기의 신호 데이터를 19200 bps(bit per sec)의 속도로 computer에 전송하게 된다⁶⁾.

2. 소프트웨어 설계

컴퓨터로 생체신호를 처리하기 위한 본 연구에서 구현한 소프트웨어는 크게 두가지로 구별할 수 있는데 1) 수집된 데이터 파일들의 File I/O 및 외부 device handling 루틴 2) digital low-pass filter, FFT, 등 소프트웨어적인 digital signal processing 루틴들로 나눌수 있다. File I/O처리 루틴은 입력으로, 데이터수집 카드에서 RS-232C방식을 통해 전송되는 데이

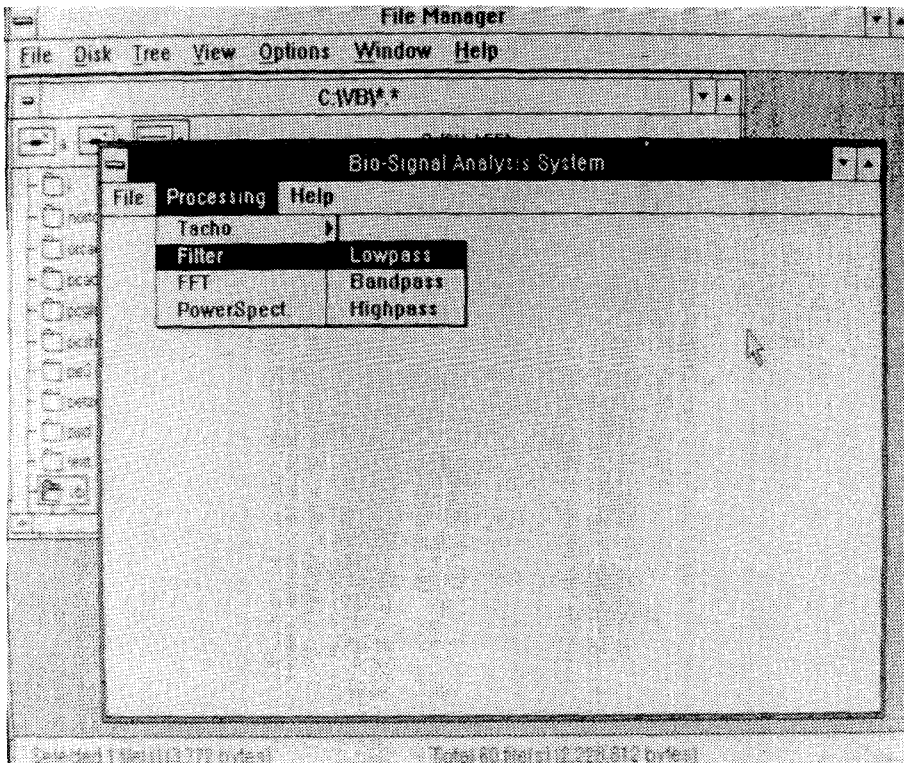


Fig. 2 Initialize menu and digital signal processing menu

타를 읽어서 메모리에 저장하는 역할과 처리된 결과를 프린트 또는 CRT monitor로 출력하는 루틴들로 구성되어 있다. digital signal processing 루틴은 컴퓨터에 입력된 데이터를 digital filter처리 및 입력된 생체신호 데이터의 주파수성분을 추출하기 위한 FFT처리 루틴등이다. 이러한 루틴들을 사용자가 쉽게 사용하기 위하여 Windows상에서 GUI개념을 채택하여 처리하였다. GUI는 명령을 외어서 입력할 필요없이 풀다운 메뉴에서 마우스로 명령어를 선택함으로써 실행할 수 있다. 또한 마우스는 화면을 이동시키거나 폴더를 열 때 화면속의 내용을 사용자 자신이 만지는 것처럼 느끼게 해준다. 본 연구에서 구현한 초기메뉴와 소프트웨어적인 digital signal processing 루틴들은 그림 2에 나타내었다. 이러한 GUI루틴들은 visual basic language을 사용하여 처리하였으며 About box 처리루틴의 일례를 표 1에 나타내었다.

Table 1. An example of "About box" sub-routine

<pre> Sub ABT_Box_Cilck() Const MB_OK=, MB_Cancel=1 Const MB_YESNOCANCEL=3, MB_YESNO=4 Const MB_ICONEXCLAMATION=48, MB_ICONINFORMATION=64 Const MMB_DEFBUTTON2=256, IDYES=6, IDNO=7 Title \$="P. A. S" Msg \$="Bio-electric Signal Analysis System" Msg1 \$=" " Msg2 \$=" (c)YUH BME 1992" DgDef%=MB_OK+MB_ICONSTOP+MB_DEFBUTTON2 Msg \$=Msg \$+Chr \$(13)+Chr \$(10)+Msg1 \$+Chr \$(13)+Chr \$(10)+Msg2 \$ MsgBox Msg \$, Dgdef%, Title \$ End Sub </pre>
--

3. 임상실험 및 고찰

저자들이 개발한 시스템을 heart rate variability⁷⁾의 powerspectrum분석에 이용한 결과를 소개하면, 먼저 표준사지 전극법을 이용하여 심전도 신호증폭기에서 QRS신호를 추출하고, QRS에 포함되어 있는 R-wave를 구형파로 변환시킨다. 이 구형파를 A/D converter 및 data acquisition board에서 digital data로 수집하고 각 data간의 시간, 즉 R-Rinterval time data를 Count/Timer board에서 추출하여 RS-232C를 통해 computer에 전송하였다. 512개의 R-wave신호를 기본단위로 하여, 그 raw data를 시간함수로 나타낸 tachgram이 그림 3이다. heart rate variability의 주파수 성분을 분석하기 위하여, tachogram data를 0.5Hz low-pass digital filter를 사용하여 잡음함수를 제거시킨 후 FFT 실행 루틴에 적용한 결과, 그림 4와 같이 주파수함수에 대한 powerspectrum이 나타났다.

이와같이 본 연구는 복잡한 생체신호에 포함된 잡음제거 및 주파수성분 분석에 유용하게 사용될 것이라 생각되며 그래픽 사용자 인터페이스 (GUI)의 개념을 도입함으로써 기존 명령어 방식보다 명령실행을 손쉽게 행하므로 초보자의 거부반응을 제거시켰다. 앞으로 생체신호를 다양하게 분석, 처리하기위해 범용 DSP시스템을 구축할 것이다.

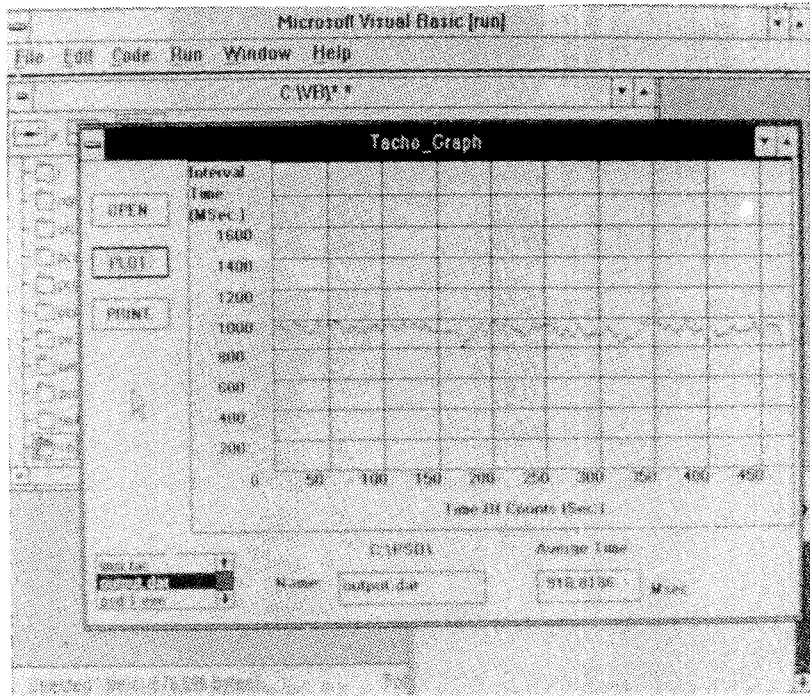


Fig. 3 Tachogram of the biophysiological signal data

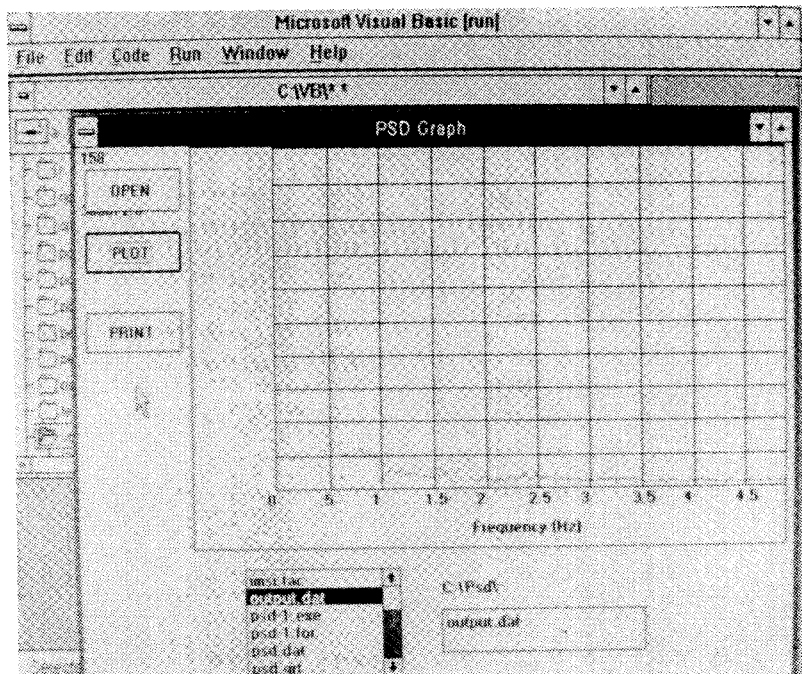


Fig. 4 Power spectrum of the heart-rate variability

결 론

본 연구에서는 시스템 구성으로서는 개인용컴퓨터를 처리시스템으로 구성함으로 비용을 줄였고, 생체신호증폭기의 전원부를 건전지로 사용함으로써 환자의 안전과 외부장치의 소형화를 구축하였으며, 처리시스템과 생체신호증폭기 사이에 통신방식을 이용하여 입력장치와 처리시스템 사이를 분리시켰다. 그리고, 기존의 명령어 처리방식을 탈피하여 GUI개념을 신호처리시스템에 도입하므로써 사용자의 편리성을 도모시켰다.

본 연구의 시스템을 heart rate variability 분석에 사용하므로써 생체신호의 장시간 수집 및 처리를 기존의 polygraph system을 사용하는데 있어서 불편한점을 해소하고 신호성분의 정확한 추출과 사용자의 요구에 부응할 수 있는 신호분석 방법에 접근하도록 컴퓨터를 이용하였으며, 저자들은 본 연구의 결과를 다음과 같이 요약할 수 있었다.

1. 생체신호의 장시간 저장에 따른 방법으로서 기존의 기록지 방식보다는 컴퓨터의 하드디스크에 기록하는것이 경제적인 측면이 강하다.
2. 생체신호의 재현성에 있어서 외부잡음에 대한 대책은 각종 digital filter를 사용하므로써 원래의 신호에 가장 근접하게 추출할 수 있었다.
3. 생체신호의 신호분석방법에 있어서 기존의 방법에서는 수작업에 의할 뿐 아니라 신호특성을 추출할 수 없다. 그러나 컴퓨터에 의한 처리방법의 도입으로 신호의 특성을 쉽게 찾아냄으로써 연구의 확장성에 도움을 줄 수 있었다.
4. 컴퓨터의 사용자 인터페이스를 기존의 명령어 처리방식을 지양하고 그래픽 사용자 인터페이스를 사용함으로써 보다 컴퓨터를 잘 모르는 사람들도 쉽게 접근하도록 하였다.

앞으로의 과제는 raw data의 완벽한 noise제거 및 최적의 digital filter 계수를 추출하기 위한 모델설정 및 보다 나은 사용자 인터페이스 및 효율적인 소프트웨어의 개발에 관한 연구등은 추후 계속 되는 연구에 의해 진행될 것이다.

References

1. M. Hyman:Windows 3.0 for basic programmers: Addison Wesley, New York (1991), pp. 1-24
2. S. Holzner, The Peter Norton Computing Group: Visual Basic:Brady Publishing, New York(1991), pp. 175-210
3. F. Hayes, B. Nick:A Guide to GUIs:BYTE, 14(7):250-257(1984)
4. R.F.Coughlin, F.F.Driscoll:Operational Amplifiers and Linear Integrated Circuits:Prentice Hall, New Jersey(1982), pp. 154-166
5. W.J. Tomkins, J.G.Webster:Design of microcomputer-based medical instrumentation: Prentice Hall, New Jersey(1981), pp. 148-159
6. J.J. Carr:Designing microprocessor based instrumentation:Reston, Virginia (1982), pp. 248-262
7. 이두하, 황형기, 이형우, 김영조, 심봉섭, 이현우, 신동구, 이상학, 이준하: 당뇨병환자에서 Power Spectrum Analysis를 이용한 자율신경계이상의 검정:대한내과학회지, 41(5), 628-641(1991)

Development of Data Acquisition and Processing System for the Analysis of Biophysiological signal

Joon Ha Lee, Sang Hag Lee, Hyun Jin Shin

Department of Biophysics & Medical Engineering Yeungnam University
Medical Center, Taegu, KOREA

Abstract

This study describes the design of the biophysiological signal processing analyzer which can collect and analyze the biosignal raw data.

System hardware is consisted of the IBM PC AT, pre-amplifier, A/D converter, Counter/Timer, and RS-232C processor. Biophysiological signal data were processed by the software digital filter, FFT and graphic processing routine. The tachogram and FFT of the the peak to peak interval time was accomplished by the Graphic user interface software using the biophysiological signal processed data. Using this system, the powerspectrum of the heart rate variability during the long term could be observed. Experimental results of this system approach our purpose, which is improved the cost performance, easy to use, reducing raw-data noise and optimizing model for digital filter.

Key word: biophysiological signal processing analyzer