

ECG 신호의 분산처리를 위한 Preprocess Module 에 관한 연구

○ 송 함봉*, 이 경중, 윤 형로, 이 병호*
연세대학교 보건과학대학 의용공학과, 공과대학 전기공학과*

A Design of the Preprocess Module for the Distributed Process of the ECG signals

H.B.SONG, K.J.LEE, H.R.YOON, M.H.LEE
Dept. of Medical Eng., Dept. of Electrical Eng. Yon Sei Univ.

Abstract

This paper describes the design of ECG data preprocess module for the ECG signals. This module process the data obtained from two channels. It is composed of the A/D converter, QRS detector, one chip micro-computer and memory. This module performs the following functions ; digital filtering, R wave detection and determination of reference point for the ST segment. The measured points are transferred to the next data module by the interrupt process. This preprocessor data module is available to the basis for the parallel data processing for the real time automatic diagnosis.

I. 서론

심전도 신호분석 시스템에 대한 연구는 1960년대 초 Holter 에 의해 개발된 부정맥 검출시스템 이후, 70년대 초 실시간 ECG 모니터링 시스템의 개발로 급진적인 발전을 보게되었다. 초기에는 주로 연계 측정 가능한 파라메타를 이용한 부정맥을 검출하는데 초점을 두었으나, 마이크로 컴퓨터 시스템의 고속 처리능력에 힘입어 멀티채널로 많은 양의 데이터가 받아들여져서 더 정확한 부정맥의 검출뿐 아니라 진단에 필요한 측정변수를 다양화하여 심전도 신호를 자동으로 진단하려는 연구가 시도되고 있는 실정이다. 기존의 심전도 신호를 진단하는 시스템은 off-line으로 수행되는 것이 많았으며 처리해야 할 데이터의 양 및 처리속도의 문제를 해결하기 위해서 미니컴퓨터를 이용하여 시스템을 설계하였다. 이와 같은 문제들을 마이크로 컴퓨터로 처리한다고 하는 것은 CPU에 대한 과부하로 인하여 한계성을 내포하고 있다. 그러므로 본 연구에서는 심전도 실시간 자동진단 시스템에서 주 CPU의 기능을 일부 분산처리하기 위한 데이터 전처리 module 을 설계하려 한다. 이 데이터 module 은 데이터 acquisition, 잡음제거를 위한 디지털 필터, R 파 위치 및 ischemic-disease 를 진단하는 기준이 되는 ST 세그먼트를 측정하기 위한 기준점을 설정하는 기능을 수행한다. 처리된 데이터는 인터럽트 방식에 의하여 다음 데이터 처리 module 로 전송된다.

II. 소프트웨어 알고리즘

1. R파 검출 알고리즘

QRS 검출기의 출력은 아나로그 회로의 처리 지연 시간 때문에 정확한 QRS complex의 R파의 위치에 나타나지 않는다. 진단에 필요한 파라메타를 정확히 측

정 하기 위한 기준점으로 R 파를 많이 이용하므로 정확한 R파의 위치를 결정해주는 것이 중요하다. 데이터 처리중 QRS 플래그가 발생하게 되면 그 점을 기준으로 일정거리만큼의 window 를 설정한다. window 내의 데이터값을 backward 및 forward search 에 의하여 검출된 gradient 값의 turning point 중에서 가장 큰 값을 선택하여 R 파로 정한다. R 파 검출 알고리즘에 대한 flow chart 는 그림 2-1에 나타나 있다.

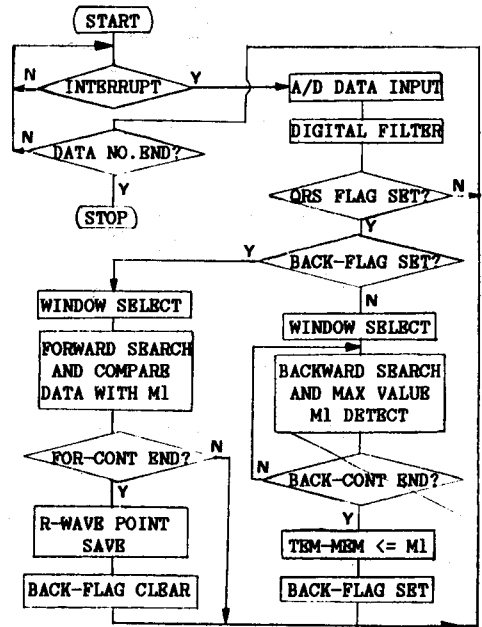


그림 2-1 R파 검출 알고리즘 Flow Chart

2. ST 세그먼트 검출

ST 세그먼트는 exercise ECG 에서 심장의 ischemic disease 를 판정 하기 위한 변수이다. ST 세그먼트를 측정하기 위해서는 등전위 레벨을 기준레벨로 설정해야 하기 때문에 파형의 변동이 가장 작은 P-R 세그먼트를 이용한다. 측정 기준점에서의 파형크기와 등전위 레벨과의 차이(ST-level) 및 기울기(ST-slope)를 측정하여 변수를 계산한다. ST 세그먼트를 검출

하기 위한 대표적인 방법은 i) R + X, ii) J + X, iii) 원도우 탐색 방법 등이 많이 이용된다 (단 R: R 파의 위치, J: J 점의 위치, X: ST 세그먼트를 측정하기 위한 기준점까지의 거리). J 점을 이용한 측정 방법은 J 점을 정확히 검출 해야하는 어려운 문제가 있으며 원도우 탐색 방법은 데이터 불연속적으로 비교하여 측정해야 하기 때문에 실시간 처리면에서 바람직하지 못하다. 그러므로 본 연구에서는 가장 정확 하면서도 간단하게 측정이 가능한 R 점을 기준으로 ST 세그먼트를 측정하는 알고리즘을 이용하였다. ST 세그먼트를 측정하기 위한 기준점을 구하는 식이 식(2-1) 과 식(2-2)에 나타나 있다.

$$ST-POINT = R + 64ms + \max(4, (200-HR)/16) * 4ms \quad \text{식(2-1)}$$

$$ST-POINT = S + 44ms + \max(4, (200-HR)/16) * 4ms \quad \text{식(2-2)}$$

단, HR 은 심박수를 나타내며 식(2-2)는 R point 가 negative deflection 인 경우에 대한 알고리즘이다.

III. 하드웨어 구성

본 연구에서 구성한 데이터 module 의 블럭선도는 그림 3-1 에 있다. 실험하기 위한 데이터를 얻기 위해 ECG simulator (KONTRON) 을 사용하였다. 두개의 채널을 이용하여 데이터를 입력 시켰으며 샘플링 주파수는 240 samples/sec 로 하였다. 채널 I의 데이터는 하드웨어에서 발생하는 클럭에 의해 선택되며 채널 II의 데이터는 채널 I의 데이터를 읽은 후 소프트웨어에 의하여 채널을 변환시킨 후 입력시킨다. A/D는 12bit A/D 를 이용 하였으며 데이터 module 의 CPU 는 8031 onchip 마이크로 컴퓨터를 이용 하였다. 심전도 신호를 분석 하는데 있어 가장 중요한 것은 정확히 QRS 를 검출하는 것이다. QRS 검출을 하기 위한 방법은 software 방식과 hardware 방식이 있는데 본 연구에서는 실시간 처리를 위해 hardware 의 한 방식으로 본 연구실에서 설계한 adaptive threshold QRS 검출기를 이용하였다. QRS 검출기의 출력은 A/D 데이터를 합해져서 CPU 로 입력되며 입력된 데이터는 전선선 잡음 및 기저선의 변동에 의한 잡음을 제거하기 위해 디지털 notch 필터를 통하여 필터링 시킨다. 이때 입력 데이터의 13 번째 bit 를 QRS flag bit 로 설정 하였다. 데이터를 처리하기 위하여 필요한 메모리 영역은 8031의 내부 RAM (256 byte) 과 외부 메모리 (16 k) 를 이용하였으며 처리된 데이터를 메모리에 저장 시키거나 Read 할 경우에는 bus control 을 이용하였다. 데이터 module 로의 데이터의 입력 및 저장, 전송은 다음과 같이 이루어 진다. CPU 에 A/D 변환기로부터의 EOC (End Of Conversion) 신호에 의하여 인터럽트가 발생될때 A/D 변환된 데이터의 입력, 디지털 필터링, R 파 검출 및 ST 세그먼트 측정 기준점을 검출하고 처리된 데이터를 다음 데이터 처리 module

에서 access 가능한 공통 메모리 영역에 저장시킨다. 이때 바로 bus controller 에 의하여 첫번째 module 의 bus 를 disable 시키는 반면, 두번째 module 의 bus 를 enable 시켜서 두번째 module 의 데이터 access 가 가능 하도록 한다. 이와같은 기능을 두번째 채널에 대해서도 반복으로 수행하도록 한다. 이때 검출된 R 파의 위치 및 ST 세그먼트의 측정 기준점의 위치는 13 번째 위치와 14 번째 bit 를 이용하여 coding 하여 저장시킨다.

IV. 실험결과 및 고찰

본 연구에서 제작한 데이터 처리 module 을 이용하여 ECG simulator 로부터 얻을수 있는 모든 파형을 실험 하였으며 그중 대표적인 정상파형 과 비정상파형 (PVC) 에 대하여 실험한 결과가 그림 4-1 에 나타나 있다. QRS complex 는 하드웨어 방식에 의해 정확히 검출 되었으며 이 검출점을 본 module 에서 수행 하려는 정확한 R파의 위치와 ST 세그먼트를 측정하기 위한 기준점으로 설정 하였다. 그림에서 볼 수 있는 바와같이 dot 로 표시된 부분이 R point 의 위치(A)와 ST 세그먼트를 측정하는 기준점(B)이다. 정확한 R 파의 검출로 말미암아 다음 데이터 처리 module 에서 R-R interval 의 측정이 간단히 해결될 수 있다는 것을 예측할 수 있다. ST 세그먼트 크기가 1mm 이상 depression 되거나 또는 기울기가 1mm/sec 이하의 크기로 1mm 이상의 depression 을 보이는 것은 임상적으로 중요한 의미를 갖기 때문에 본 실험을 통해서 얻은 결과는 매우 의미가 있다고 볼 수 있다. 컴퓨터 처리시간의 상당한 부분을 차지하는 2개의 채널 데이터를 데이터 module 에서 실시간으로 디지털 필터링해 줌으로써 다음 데이터 처리 module 의 부담을 덜어주고 시스템 전체적인 면에서 볼때 Main CPU 에서는 파형을 분류 및 저장하는 작업을 수행하기만 해도 되리라는 것을 예측할수 있다.

V. 결론

실시간 ECG 자동 진단을 위한 전처리 module 을 구성하여 디지털 필터링 및 기본 측정 변수인 R파의 위치 및 ST 세그먼트의 측정 기준점을 정확히 측정해 줌으로써 분산처리의 기능을 수행할 수 있었다. 또한 이런 module 을 여러개 병렬로 연결 시키게 되면 진단에 필요한 여러개의 파라메타들을 동시에 추출하는 병렬처리 시스템을 구성할 수 있다.

참고문헌

- 1) 운형로 "실시간 부정맥 검출을 위한 컴퓨터 시스템에 관한 연구" 연세대학교, 대학원, 1986.
- 2) Holter.N.J, "New method for heart studies", Science .Vol 134, PP.1214-1220, 1961.
- 3) Yanawitz F, Kinids P, Rawling D, et al. "Accuracy of a continuous real time ECG dysrhythmic monitoring system", Circulation 50 , PP.65-72,1974.
- 4) Robert A. Bruce, M.D., John A. Mazzarella, M.D., et al., "Quantitation of QRS and STsegment responses to exercise", Am.Heart J. PP.455-466,4,1966.
- 5) Peng-Wie Hsid, Janice M. Jenikins, Yair Shimoni, et al., "An automates system for ST segment and Arrhythmia Analysis in Exercise Radionuclide Ventriculography", IEEE Trans. Vol. BMB-33, PP.585-593, No.6, 1986.

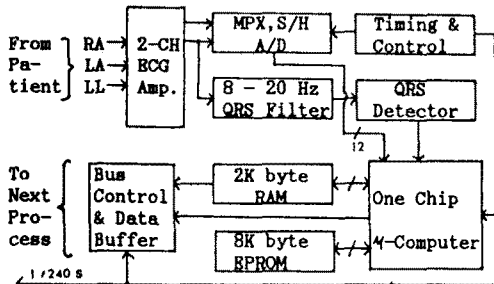


그림 3-1 데이터 module 의 하드웨어 블럭선도.

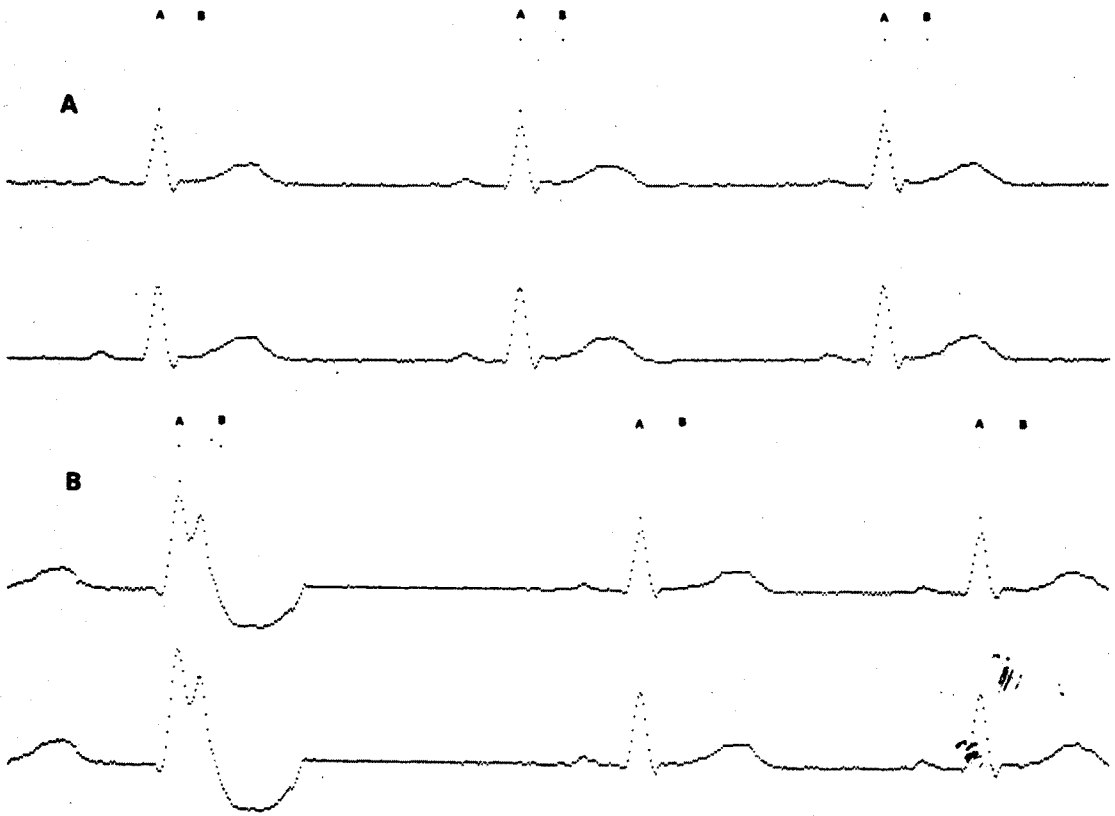


그림 4-1 데이타 module 을 이용하여 심전도 신호를 처리한 결과
A) Normal B) PVC