

마이크로 컴퓨터를 이용한 심전도 자동해석

이 명 호

연세대학교 공과대학 전기공학과

An Automated ECG Interpretation  
by Microcomputer

Myoung-ho Lee

Dept. of Electrical Engineering, Yonsei University

Abstract

We have developed an automated ECG interpretation technique by micro-computer for rapid analysis of ECG data in the clinical hospital.

This system is consisted of 16 bit microcomputer including bandpass-filter, comparator, A/D converter in order to obtain the QRS width, R-R interval.

1. 서 론

심전도는 심장에서 일어나는 전위변화(potential variation)를 인체표면에서 그래프로 기록한 것으로 그림 1과 같이 P, Q, R, S, T 및 U파 그리고 이들 파형사이에 놓이는 세그먼트(segments)와 인터벌(intervals)로 이루어진다.

심전도의 여러가지 성분은 그림 1에서와 같이 시간(sec)과 전압(mV)으로 측정된다. 심전도파형의 진폭(amplitude)과 폭(duration) 그리고 세그먼트와 인터벌의 길이는 심장의 생리적 조건 및 임상적 조건과 깊은 관련이 있다. 즉 예를 들면 심전도파형의 진폭이 커지거나 또는 각 파형의 폭이 증가하면 이것은 심근(heart muscle)의 mass가 증가되었거나 임펄스전도의 불완전함을 의미하기 때문이다.

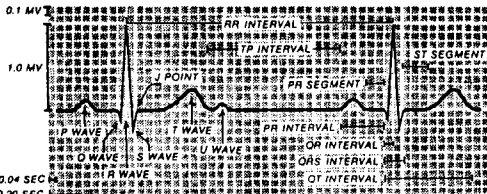


FIG.1. An idealized tracing depicting various electrocardiographic components.

따라서 심전도는 심전도리듬의 불규칙성, 심실확장, 급성심근경색, 만성심근경색, 전해질이상 등을 진단하거나 약물치료 특히 디지털리스, 키니딘 등의 영향을 조절하는데 매우 중요한 임상데이터가 된다. 한편 의사가 심전도를 판독하거나 해석하기 위해서는 적어도 10 또는 20 주기의 심전도 파형을 측정하여 이들을 정상치들과 비교해야 하며 비정상파형으로 측정된 데이터들은 여러가지의 다양한 진단범주를 설정하여 환자의 데이터와 가장 가까운 조건에 매칭시켜야 한다. 이러한 과정은 지루한 일이고 더구나 많은 심전도파형을 판독하거나 해석해야 하는 경우에는 여간한 시간낭비가 아닐 수 없다. 따라서 본 연구에서는 마이크로 컴퓨터를 이용하여 심전도를 해석하기 위한 조건으로 QRS width, R-R interval 를 설정하고 기존 상품의 부정맥시뮬레이터로부터 얻은 부정맥신호를 직각좌표로 매핑하여 본 논문에서 제안한 기법에 의한 결과와 비교 고찰하였다.

2. 예비 신호처리

2.1 A/D 변환

본래의 심전도신호는 아날로그신호이나 마이크로컴퓨터에 의하여 처리되기 위해서는 디지털형태로 변환되어야 한다. 이때 심전도신호의 샘플링비(sampling rate)는 중요한 요소로서 샘플링비가 낮으면 정보의 심각한 상실을 초래하게 되며 반대로 높으면 많아지는 데이터의 저장이나 처리상의 문제를 야기시키게 된다. 임상적으로 심전도신호의 주파수범위는 약 0.4-80Hz 로 보기 때문에 고주파성분을 제외한 심전도의 모든 성분파형에 대하여 초당 200 개의 샘플링이면 충분하다. 다만 본 연구에서는 A/D 변환기로 사용한

ADC1210의 aliasing effect 를 제거하기 위해 일반적 심전도 스펙트럼본포의 2.5배 이상인 250 samples/sec 로 샘플링비를 정하였다. 그림 2는 심전도신호를 10 bit accuracy 로 하고 250, 500 samples/sec로 각각 샘플링한 경우를 보인 것이다.

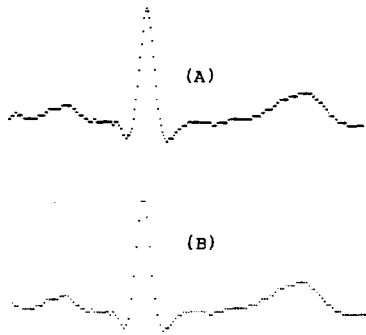


FIG.2. The ECG signal (a) Digital form at the sampling rate of 500 per second. (b) Digital form at the sampling rate of 250 per second

### 2.2 심전도파형의 평활

심전도신호가 마이크로컴퓨터에 의하여 효과적으로 분석되려면 먼저 기저선이 안정되어야 하고 파형성분의 운과도 평활상태가 되어야 한다. 기저선이 드리프트되거나 몸운동, 근육의 떨림, 상태가 좋지않은 장비, power line을 흐르는 교류전류 등의 영향에 의한 원치않은 신호(unwanted signal)가 나타날 경우에 마이크로컴퓨터에 의한 심전도해석은 오히려 사람이 직접 다루는 것 보다 더 어려워진다. 왜냐하면 잘 훈련된 사람은 그러한 파형을 쉽게 식별할 수 있지만 컴퓨터에게는 그렇지 못하다. 따라서 이와 같이 심전도에 미치는 간섭이나 원치않은 신호를 억제하기 위해서 심전도파형을 디지털적으로 평활하게 할 필요가 있다. 이것을 위해 Hanning 필터를 사용하였는데 그 전달함수와 차분방정식은

$$H(z) = (1 - 2z^{-1} + z^{-2}) \quad (2.1)$$

$$Y(nT) = [x(nT) + 2x(nT-T) + x(nT-2T)] \quad (2.2)$$

와 같다.

### 3. 시스템의 설계

심전도의 자동해석을 위한 시스템은 아날로그 하드웨어, 디지털 하드웨어, 자동진단 알고리즘의 세부분으로 구성하였다.

#### 3.1 아날로그 하드웨어

심전도 검출을 위한 하드웨어는 그림 3과 같이 대역통과필터, 비교기를 포함한 ECG증폭기, A/D변환기, R파 검출기, 단일칩 마이크로

컴퓨터로 구성하였다.

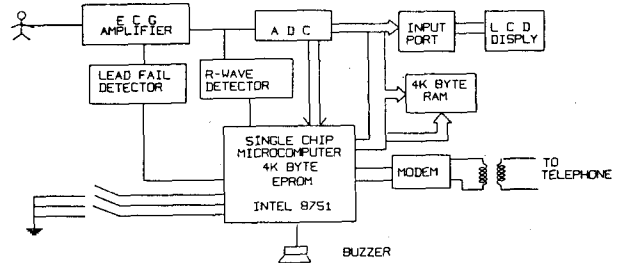


Fig3 The schematic diagram of an automated ECG interpretation system

#### 3.2 디지털 하드웨어

디지털 하드웨어는 앞절에서 설계한 아날로그 하드웨어로 부터 처리된 심전도, R파 lead-failure 검출신호를 받아드려서 메모리에 저장, 계산할 수 있도록 그림 4와 같이 Intel 8751를 이용한 단일칩 마이크로 컴퓨터를 이용한 디지털 하드웨어 시스템을 설계하였다.

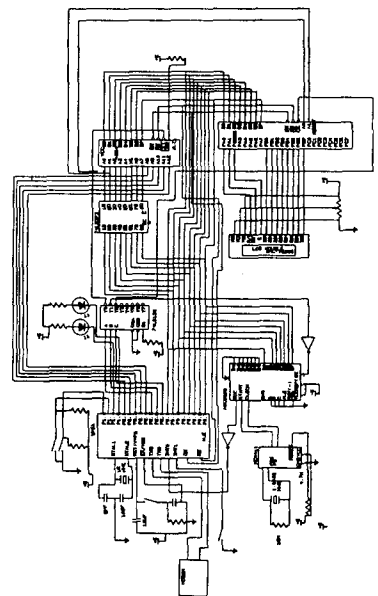


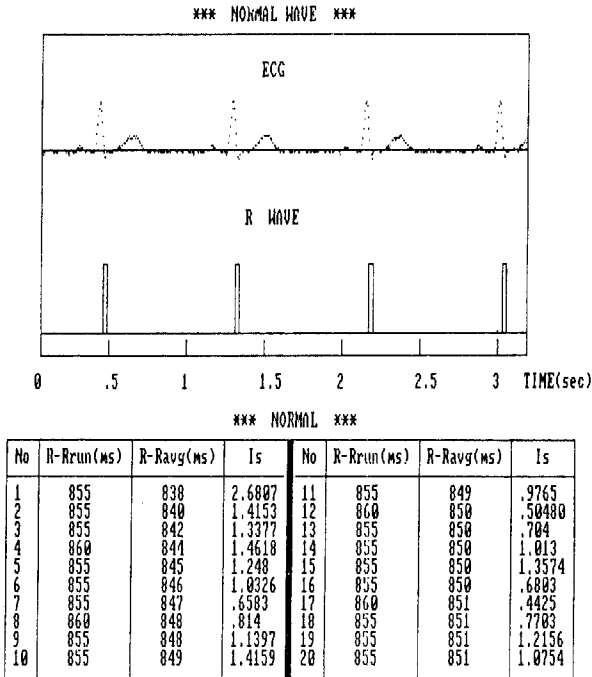
Fig.4 Digital hardware circuit of an automated ECG interpretation system.

### 3. 자동진단 알고리즘

심전도신호의 자동진단을 위한 변수로는 R-R interval 과 QRS width 및 QRS complex 의 morphology 등 세가지로 설정하였다.

### 4. 실험 및 결과 고찰

본 연구에서 제안한 심전도 자동진단 시스템과 자동진단 알고리즘을 부정맥 시뮬레이터의 부정맥 신호 중 정상 ECG 파형과 PVC 파형에 대한 실험결과가 그림 5, 6 에 각각 나타나 있다.



\*\*\* R-R INTERVAL AND Is TABLE \*\*\*

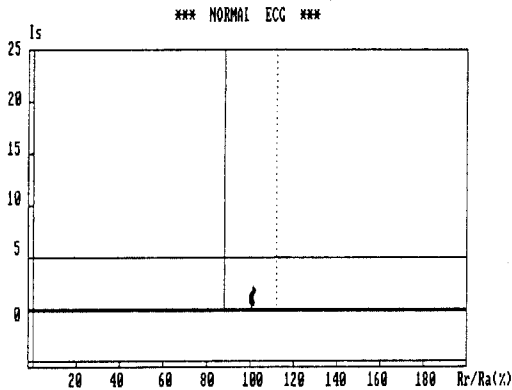
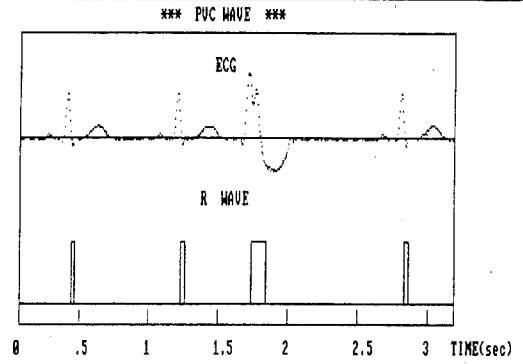


Fig.5 The results obtained from the normal ECG applied to the proposed algorithm.



\*\*\* PVC \*\*\*

No	R-Rrun(ms)	R-Ravg(ms)	Is	No	R-Rrun(ms)	R-Ravg(ms)	Is
1	800	829	1.958	11	1090	817	8.4799
2	795	824	1.6414	12	800	815	.5909
3	510	824	1.315	13	510	815	.6412
4	1090	824	8.8816	14	1090	815	8.8905
5	800	821	1.2112	15	800	814	.729
6	510	821	.8628	16	800	813	.645
7	1090	821	8.2934	17	560	813	.4649
8	805	819	.8366	18	1040	813	8.9753
9	800	817	.6792	19	800	812	.4247
10	510	817	.7254	20	510	812	.4131

\*\*\* R-R INTERVAL AND Is TABLE \*\*\*

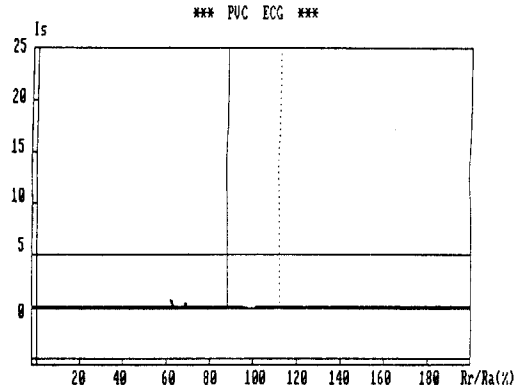


Fig.6 The results obtained from the PVC applied to the proposed algorithm.

### 5. 결 론

본 연구에서 설계한 단일 칩 마이크로 컴퓨터를 이용한 심전도 자동진단 시스템에 자동진단 알고리즘을 적용하여 본 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

- (1) normal ECG 에 대한 R-R interval의 실측치와 컴퓨터의 출력데이터 사이의 error%는 -0.4 - 0.1%로 제안된 진단 알고리즘이 거의 완벽하게 적용되고 있음을 확인하였다. 반면에 QRS width에 대해서는 -8.6% - 1.25%의 오차가 확인되었다.

---

(2) PVC 에 대한 R-R interval 의 error  
%는 0.4-0.7, 그리고 QRS width 에  
대해서는 -8.6 - 6.25의 오차를 보였다

\* 참고 문헌 \*

1. R.Ruiz, C.Hernandez, "Method for mapping cardiac arrhythmia in real time using microprocessor based system",  
Med. & Biol. Eng. & Comput.,  
pp. 160-167, 1984.
2. Alans, Berson, "Sampling rate and precision for electrocardiographic data processing", Journal of Clinical Eng., vol.2, pp.308-311, 1977.
3. F.W.Stallmann, "Automatic recognition of electrocardiographic waves by digital computer", Circulation Research, vol.9, pp.138-143, 1961.
4. Mark I. Ahlstron, "Automated high-speed analysis of holter tapes with microcomputers", IEEE trans, Bio-Med.Eng. vol. Bme-30, pp.647-657, 1983.
5. N.V.Takor, J.G.Webster, "Design, implementation and evaluation of a microcomputer-based arrhythmia monitor", Med. &Bio.Eng. & Comput.  
pp. 151-159, 1984.