

# Flash Memory Card를 이용한 Intelligent Ambulatory Monitoring 시스템 설계

송근국, 이경중, 윤형로  
연세대학교 보건과학대학 의용전자공학과

## Design of an Intelligent Ambulatory Monitoring System Using Flash Memory Card

G.K Song, K.J. Lee, H.R, Yoon

Department of Biomedical Engineering, College of Health Science, Yonsei University.

본 론

### ABSTRACT

In this paper, we designed a low power and small-sized, light weighted intelligent ambulatory monitoring system using a flash memory card. The system's hardware specifications are as follows: 2 channels, 8bit/250Hz sampling rate, 20M byte storage capacity, a single-chip microcontroller (68HC11E9). To easily interface with PC based system, FFS(Flash File System) was used. We obtained the QRS detection rate of 99.14 through the evaluation with MIT/BIH database.

### 서 론

일상생활에서 심전도 기록법이 처음으로 임상분야에 이용된 것은 1954년이다. 이 당시의 기록은 텔레미터(telemeter)방식이었다. 1961년 Holter에 의해 휴대용 제품이 개발된 이후, 기록 또는 재생기에 대한 연구가 진행되어 자기테이프기록 및 고속재생방식이 채택되고, 이를 기초로 부정맥, 허혈성심질환등을 진단하였다[1][2]. 1980년대 중반부터는 마이크로프로세서 기술의 발달로 이를 이용한 시스템들이 출현하였으며, 90년대에 들어서면서 기존의 자기 테이프 저장방식에서 반도체 메모리 저장방식을 채택한 시스템이 출현하였다. 최근에는 PCMCIA(Personal Computer Memory Card International Association) 플래쉬 메모리(flash memory)를 채택한 장비들도 개발되고 있다.

본 연구에서는 저장매체로 대용량 플래쉬 메모리를 갖춘 intelligent ambulatory monitoring 시스템을 설계하였다. 휴대에 적합하도록 고성능 원칩-마이크로컨트롤러를 이용하여 전체 시스템을 저전력, 소형, 경량화시키고, 대용량 플래쉬 메모리 카드를 이용하여 일반 PC환경 하에서 검출된 데이터를 쉽게 처리할 수 있도록 하였다. 또한 단순기록장치 기능 이외에 진단파라미터 검출 알고리즘을 이식하여 post-processing에 이용하였다[3].

### I. 시스템 하드웨어 구성

Ambulatory monitoring 시스템은 환자가 장시간동안 휴대하며 데이터를 기록, 저장하므로 전체시스템을 저전력, 소형이 되도록 설계하였다. 시스템하드웨어는 크게 ① 심전도 전치증폭기, ② 입력된 데이터를 수집, 분석, 처리하는 CPU 및 주변제어회로, ③ 처리된 데이터를 저장하기 위한 대용량메모리로 구성된다.

#### 1. 심전도 전치증폭기

일반적으로 심전도 신호의 주파수 대역은 약 0.5 - 250Hz이지만 QRS복합체의 주파수가 5-30Hz인 것을 고려하여 전치증폭기는 0.05-60Hz의 대역폭을 갖게 하였다. CMRR은 60이상이며, 이득은 환자의 심전도 크기에 따라  $\times 1/2$ ,  $\times 1(850배)$ ,  $\times 2$ 로 조절할 수 있게 설계하였다[4][5].

전치리 증폭기는 2채널이며 환자에 부착시 입력되는 신호의 기저선 변동에 따른 포화현상을 막기 위해 자동조절 회로를 첨가하였으며, common mode voltage를 줄이기 위해 오른다리 구동회로 (driven RL circuit)를 사용하였다[6]. 또한 제세동기와 같은 의료기기에 의해 과전류가 시스템으로 유입될 경우, 시스템을 보호하기 위해 전치증폭기 입력단에 보호 회로를 첨가하였다.

#### 2. CPU 및 주변제어회로

CPU는 RAM(512byte)과 EEPROM(512byte), EPROM(8k byte), 8비트 ADC 회로, 파워다운모드등을 갖춘 고성능 축소형 원칩-마이크로프로세서, 68HC11E9을 채택하여 시스템의 디지털 회로에 사용되는 부품의 수를 줄여 소형, 경량화 되도록 하였고 주변논리제어에는 GAL을 사용하였다[2].

환자가 활동시 자각증상을 느낄 경우 시스템에 부착된 스위치를 누름으로 그 당시의 심장상태를 확인하는데 도움을 주기 위한 이벤트 스위치를 장착하였다[5]. 시스템의 전체 전원부는 AA 크기의 건전지를 사용하여 전원을 공급할 수 있도록 step-up 방식의 고효율 전원변환기 MAX856을 사용하였다.

### 3. 대용량메모리

시스템에서 사용되는 메모리는 크게 데이터를 처리하기 위한 작업메모리와 처리된 데이터를 저장하기 위한 대용량 저장메모리로 구분된다. 작업메모리로는 32K 바이트 SRAM을 사용하였고, 대용량 저장메모리는 20M 바이트 용량의 플래쉬메모리 카드(표준 PCMCIA card Type I)을 사용하였다. 이는 대용량의 데이터를 신용카드 크기 만한 공간에 저장할 수 있으며, 별도의 전원이 없더라도 데이터를 유지할 수 있다[7].

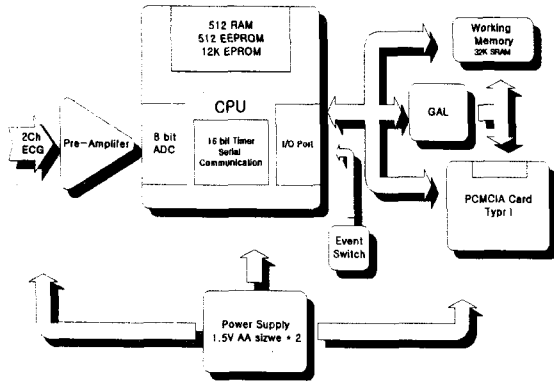


그림1. 전체시스템 블록다이어그램

## II. 시스템 소프트웨어

시스템 소프트웨어는 ① 필터링 및 QRS 검출알고리즘, ② 특징점 검출알고리즘, ③ PCMCIA카드 제어로 구성된다.

### 1. 필터링 및 QRS 검출 알고리즘

효과적인 QRS 검출을 위한 전처리 필터인 디지털 대역통과 필터는 미분기와 저역통과 필터로 구성되어 있으며, 이들의 대역폭은 DC-20Hz이며 선형위상 특성을 지닌다[8].

전처리된 신호에 기존의 고정된 문턱을 이용한 QRS검출 알고리즘의 단점을 극복한 적응가변문턱치 (adaptive threshold) 방식을 이용하여 QRS complex를 검출하였다[8].

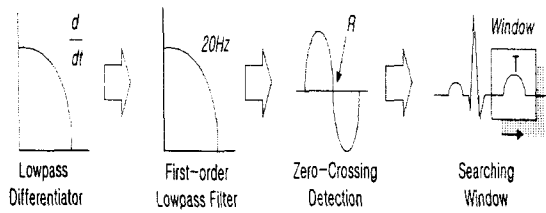


그림2. 진단파라미터 검출알고리즘 블록다이어그램

### 2. 특징점 검출알고리즘

검출된 QRS complex의 최대값을 구한 후, 이를 중심으로 앞, 뒤 방향으로 가장 가까이 위치한 첨두치를 검출하여 절대값과 첨두치 사이의 영교차(zero

crossing)점으로 R파를 정하고, R파 보다 앞선 위치에 있는 영교차점을 Q파로 정의하였다.

QRS onset은 Q파의 시작점으로 정의(Q파가 없는 경우 R점으로 정의)하고 Q(R)파로부터 역방향으로 미분된 신호값을 탐색하여 최대기울기를 갖는 점을 구한 후, 이점으로부터 역방향으로 이동하면서 문턱치값과의 교차점으로 정하였다.

T파를 검출하기 위해 신호의 R점으로부터 앞방향으로 윈도우를 설정한 후 T파의 형태를 근거로 T파를 검출하였다.

ST세그먼트는 R파를 기준으로 60ms를 더한 점으로 정하였다. 이는 J점을 기준으로 하여 측정하는 것에 비해 쉽게 ST세그먼트를 구할 수 있다[9].

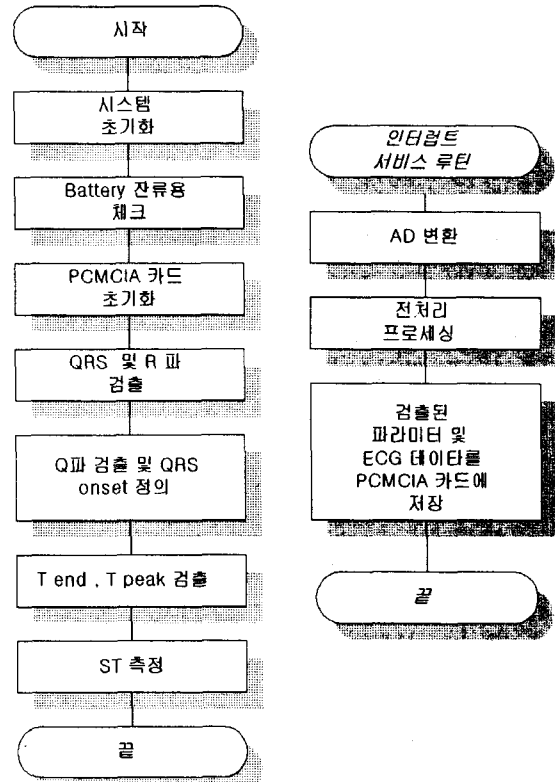


그림 3. 전체 시스템 플로우 차트

### 3. PCMCIA 카드 제어

환자로부터 수집된 ECG 데이터와 진단파라미터를 일반 PC의 DOS나 Windows 환경하에서 제어가 편리하도록 하기 위해서 PC의 OS와 PCMCIA 카드의 인터페이스 역할을 하는 FFS(Flash File System)에 호환 가능하도록 설계하였다[10]. 수집된 환자 데이터가 PC에서 인식할 수 있는 파일 시스템으로 저장되므로 데이터의 관리와 보존이 쉬우며, 데이터를 PC에 전송하는 속도를 높일 수 있다.

## 결 과

본 연구에서 제작한 ambulatory monitoring 시스템의 사양은 다음과 같다[5].

- ① AECG device type : 2
- ② Recording channel : 2 channels
- ③ Recording : full disclosure
- ④ Recording time : 24hours
- ⑤ Bandwidth : 0.05-60 Hz
- ⑥ Full switch settings : 1/2X, 1X, 2X
- ⑦ Input impedance : > 5 Mohm
- ⑧ CMRR : 60 dB
- ⑨ Resolution : 8-bit
- ⑩ Sampling rate : 250 samples/sec
- ⑪ CPU : 8-bit microcontroller 68hc11e9
- ⑫ Storage media : removable flash memory card  
(standard PCMCIA-Type I card)

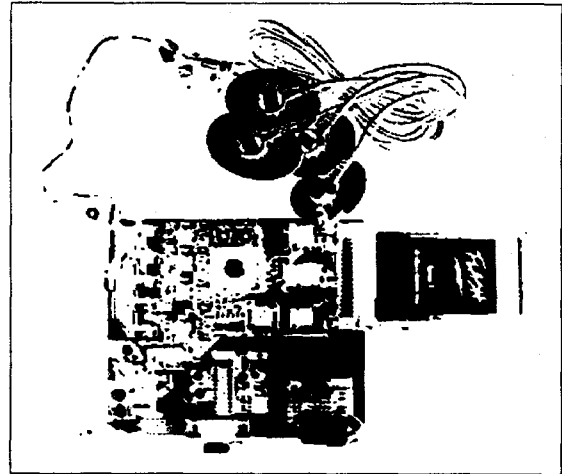


그림3. 제작한 ambulatory monitoring 시스템

본 연구에서 시스템에 이식한 특징점 검출 알고리즘을 평가하기 위해 MIT/BIH 데이터 베이스를 이용하여 성능 평가하였으며 결과는 표1.과 같다.

No.	MIT/BIH의 QRS수	검출된 수	평균
100	2273	2262	99.5
101	1865	1858	99.6
102	2187	2169	99.2
103	2084	2070	99.3
107	2137	2126	99.5
109	2532	2529	99.9
111	2124	2126	99.9
112	2539	2535	99.8
113	1795	1788	99.6
114	1879	1844	98.1
115	1953	1941	99.3
116	2412	2376	98.5
117	1535	1532	99.8
118	2288	2269	99.2
119	1987	1980	99.6
121	1863	1871	99.6
122	2476	2463	99.5
123	1518	1503	99.0
124	1619	1618	99.9
200	2601	2628	99.0
202	2136	2115	99.3
203	2980	2957	99.2
205	2656	2633	99.1
207	2332	2455	95.0
208	2955	2903	98.2
209	3004	2990	99.5
210	2650	2566	96.8
212	2748	2733	99.5
214	2261	2240	99.1
215	3363	3347	99.5
217	2208	2193	99.3
228	2053	2045	99.6
230	2256	2249	99.7
231	1573	1562	99.3
234	2753	2730	99.2
전체평균			99.14

표1. MIT/BIH 데이터 베이스를 이용한 QRS 검출 결과

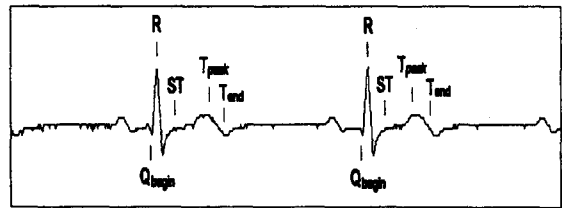


그림4. ECG 특징점 및 ST 검출 결과

### 결론

본 연구에서는 심실성 부정맥과 심근허혈등의 진단파라미터 검출을 위해 플래쉬 메모리카드를 이용한 intelligent ambulatory monitoring 시스템을 설계하였다. MIT/BIH 데이터 베이스를 이용하여 설계한 시스템의 검출알고리즘 성능을 평가한 결과 평균 99.14의 검출 성능을 보였다.

### 참고 문헌

- [1] 윤행로, "실시간 부정맥 검출을 위한 컴퓨터 시스템에 관한 연구", 연세대학교 학위논문, 1985
- [2] Y. Sun, S. Suppappola, T. A. Wrublewski, "Microcontroller-Based Real-time QRS Detection", Biomedical Instrumentation & Technology, November/December 1992, 477-484
- [3] 이경중, 민혜정, 이윤선, 윤행로, "휴대용 Intelligent QT분석기의 개발에 관한 연구", 의공학회지, 1990, Vol.11, No.1
- [4] American Heart Association, "Recommendations for Standards of Instrumentation and Practice in the Use of Ambulatory Electrocardiography", Vol., 71 No.3 March, 1995.
- [5] Association for the Advancement of Medical Instrumentation, "AAMI Standards and Recommended Practices" August, 1994.

- [6] B. Winter, J. G. Webster, "Driven-Right-Leg Circuit Design" IEEE Trans. on Biomedical Eng. vol. BME-30, No.1, January, 1983
- [7] "PC Card Standard", vol.11 PCMCIA/JEIDA, 1995
- [8] P. Laguna, N.V. Thakor, P. Caminal, R. Jane, Hyung-Ro Yoon, "New algorithm for QT interval analysis in 24-hour Holter ECG: performance and applications", Med. & Biol. Eng. & Comput. 1990, 28, 67-73
- [9] S. J. Weisner, W. J. Tompkins, B. M. Tompkins, "A Compact, Microprocessor-Based ECG ST-segment Analyzer for the Operating Room", IEEE Trans. Biomedical Eng. vol BME-29 No.9 september, 1982
- [10] "Microsoft Flash File System Media Control Structures1.0", Microsoft, 1994.