

# ECG 심박수의 자동 추출법에 관한 연구

조은석\*, 차샘\*, 이상식\*\*, 이기영\*\*\*

## A Study on Auto-extraction Methods of Heart Rate from ECG

Eun-Seuk Cho\*, Sam Cha\*, Sangsik Lee\*\*, Ki Young Lee\*\*\*

### 요 약

심박수는 심장이 혈액을 전신에 보낼 때에 고동치는 속도, 즉 매 분당 박동수를 말하며 성인남자의 경우 보통 1분동안 60~80회가 정상적이다. 심박수가 정상보다 적으면 서맥, 많으면 빈맥이라 하며 이 경우 여러 가지 질병에 걸릴 수 있으며 상황에 따라 사망에 이르기까지도 한다. 따라서 심박수는 건강한 생활에 매우 중요한 역할을 하고 있다.

본 연구에서는 ECG를 통하여 심박수를 자동 추출하는 방법에 관하여 연구하였다. 육안으로 측정한 심박수를 기준으로 첫째 ECG를 2차 미분을 이용하여 심박수를 추출하는 방법과 자기상관함수를 이용하여 심박수를 추출한 방법으로 구한 심박수를 비교하여 고찰하였다. 실험 데이터는 MIT/BIH Database를 이용하였다.

### ABSTRACT

The heart sends blood to the body with heart rate. When heart rate for men is from 60 to 80 per minute, he is generally normal. However, if heart rate is less than the normal heart rate, the symptom is called by bradycardia. Otherwise, the symptom is called by tachycardia. These symptoms make him even to death. Therefore, heartbeat rate has a very important role in a healthy life.

In this study, we studied on auto-extracting methods of heart rates from ECG, and compared them with those measured by naked eyes. The first auto-extracting method employs the 2-order differential equations to extract heart rate. The second method uses the autocorrelation coefficients to detect heart rate. To verify its efficacy and validity in practical applications, these method has been applied to MIT/BIH database.

### Key Word

ECG, Heart Rate, Autocorrelation coefficient, Differential equation, MIT/BIH database

---

\* 관동대학교 대학원 전자통신과(ssam@kd.ac.kr)

\*\* 경기도 수원시 장안구 천천동 300 성균관대학교 바이오메카트로닉스센터(llsskyj@skku.edu)

\*\*\* 관동대학교 의료공학과 교수(kylee@kd.ac.kr)

#논문번호 : KIIECT2009-03-04

#접수일자 : 2009.07.07

#최종논문접수일자 : 2009.07.31

## 1. 서 론

현대사회에서 건강에 대한 관심은 높아지고, 심장질환 환자의 수가 증가함에 따라 심장질환에 대한 진단 및 치료 방법에 관한 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다. 인간의 신체는 생리학적 관점에서 바라볼 때 끊임없이 전기적 신호가 발생하고 전도된다. 심장역시 마찬가지인데, ECG (Electrocardiogram)란 심장전기도의 약칭으로 심근이 흥분을 하게되면 그 흥분은 정맥동(靜脈洞)에서 일어나 심방·심실 방향으로 나아가므로 이 흥분을 임의의 두 점에서 전류계(심전계)에 유도하면 심장의 활동전류가 그래프로 묘사되며 이것을 ECG라고 한다. 전극(Electrode)을 인체 표면에 부착하여 기록할 수 있다. ECG는 심장질환의 진단에 매우 중요하다.[1]

ECG에서 살펴볼 수 있는 부분 중 심박수가 있다. 심박수란, 매 분당 심장박동수를 말하며 성인 남성의 경우 1분 동안 60~80회가 정상 수치이다. 심장은 활동근의 산소요구량을 운반하는 역할을 하므로 노동분담이 증가할수록 심박수역시 이에 비례하여 증가한다. 편안한 상태에서의 심박수가 정상치보다 적을 경우 서맥, 많을 경우 빈맥이라 하며 서맥의 증상으로는 어지러움, 무력감, 실신 등이 나타날 수 있고, 심한 서맥(3도 방실차단, 동방결절 기능 부전군)에서는 경련으로 나타날 수 있다. 심한 경우에는 심정지로 급사도 가능하다. 빈맥은 정상보다 심장박동수가 훨씬 많이 되는

질환으로 150~300회까지 된다. 발작성 빈맥증의 증상으로는 분당 150~300회의 맥박이 촉진, 실신할 것 같은 느낌, 방뇨, 흉통, 억제할 수 없는 기침 등이다. 발작성 빈맥은 아무런 질병이 없는 젊은 사람에서부터 질환을 가진 노인에게도 일어날 수 있다. 발작성 빈맥증을 치료하지 않으면 합병증으로 울혈성 심부전 혹은 심장 발작을 일으킬 수 있으므로 반드시 치료를 받아야한다.

이상에 기술한 바와 같이 심박수가 정상보다 적으면 서맥, 많으면 빈맥이라 하며 이 경우 여러 가지 질병에 걸릴 수 있으며 상황에 따라 사망에 이르기까지도 한다. 따라서 심박수는 건강한 생활에 매우 중요한 역할을 하고 있다. 현재 사용되고 있는 심전도 장비에서 자주 발생하는 심전도의 기저선 변동은 ECG 신호를 기록하고 P-파 및 Q-, R-, S-파를 모니터링 하는데 종종 접하는 문제 중 하나이다. 기저선 변동은 ECG신호를 기록하기위해 인체의 특정 부위에 전극을 붙이는데, 피부와 전극 사이에 존재하는 임피던스가 원하지 않게 변할 때 0-2 Hz 범위의 주파수 성분이 섞여 발생한다[2].

본 연구에서는 ECG로부터 심박수를 자동 추출하는 기존의 방법에 관하여 연구하였다. 육안으로 측정된 심박수를 기준으로 첫째 ECG를 2차 미분을 이용하여 심박수를 추출하는 방법과 자기상관 함수를 이용하여 심박수를 추출한 방법으로 구한 심박수를 비교하여 고찰하였다. 실험 데이터는 MIT/BIH Database를 이용하였다.

## II. 심전도의 R-R 간격

그림 1은 전형적인 ECG 신호의 특성과 형태를 보여주고 있다. 정상인의 ECG는 1회 심장박동에 P파, QRS파, T파 3가지 파형으로 구성되어 있고 P파는 심방의 탈분극구간, QRS파는 심실의 탈분극구간으로 심실의 탈분극뿐 아니라 심방의 재분극도 일어나지만 심실의 탈분극현상에 가려져 잘 나타나지 않는다. T파는 심실의 재분극구간이다. T파를 끝으로 심장의 모든 세포들은 휴식 시간을 가지며 다음 전기자극이 일어나기까지 어떠한 표면전압도 발견되지 않는다. P-QRS-T파를 정상적인 1회 심장박동이라 한다. 평소에는 규칙적이나 운동을 하거나 흥분상태에서는 증가하게 되고, 수면시에는 50회 정도로 감소하는 경향이 있다.[3]

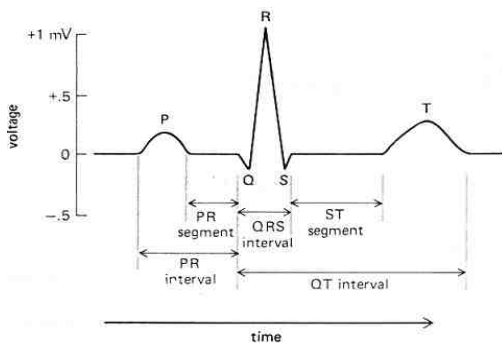


그림 1. 전형적인 ECG  
Fig 1. Normal ECG

심박수 측정에서 가장 큰 역할을 하는 것은 R파이다. R파는 맥박시 측진되기 때문에 가장 큰 수치를 나타내어 구분이 가장 간단하다. R-R 간격을 이용

하여 심박수를 측정할 수 있다. 측정 방법은 심박수의 기본 측정시간인 60초에 R-R간격의 시간을 나누어 주면 된다. 예를 들어, R-R간격의 시간이 0.8초라 하면  $[60 / 0.8 = 75]$  가 되어 심박수는 75회가 된다.

## III. 심박수 추출 방법

### 3-1. 육안에 의한 R-R간격

심박수 추출 초창기의 방법으로 ECG를 보고 직접 눈으로 심박수를 측정하는 방법이다. 별다른 장비나 계산장치 없이도 가능한 방법이나, 직접 눈으로 보고 판단해야 하기에 측정시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 즉, 육안으로의 추출방법이란 바로 P파 ~ QRS파 ~ T파를 1분 동안의 횟수를 측정하는 방법이다.

### 3-2. 2차 미분을 이용한 R-R간격

ECG의 R파를 검출 하기위해 심전도 신호  $x(t)$ 를 시간  $t$ 로 2차 미분한 것의 절대값  $|x''(t)|$  중에서 최대값을 검출함으로써 R파의 위치를 구한다. 이 방법으로 심전도로부터 R-R 간격을 자동으로 구한다.[4]

### 3-3 자기상관함수를 이용한 R-R간격

자기상관함수는 어떤 시간에서의 신

호값과 다른 시간에서의 신호값과의 상관성을 나타내는 것으로 자기상관함수  $R_{xx}(\tau)$ 는 시간  $t$ 에서의 신호값  $x(t)$ 와 만큼의 시간지연이 있을 때 즉, 시간  $(t+\tau)$  에서의 신호값  $x(t+\tau)$ 의 곱에 대한 평균으로 다음과 같이 정의된다

$$R_{xx}(\tau) = \overline{x(t) \cdot x(t+\tau)}$$

$$= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t)x(t+\tau)dt$$

자기상관함수는 항상 실수값을 갖는 우함수이며  $\tau=0$ 에서 최댓값을 갖는다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$R_{xx}(-\tau) = R_{xx}(\tau)$$

$$R_{xx}(0) \geq |R_{xx}(\tau)|, \text{ for all } \tau$$

이와 같이 자기상관함수를 이용하여 최댓값을 구한 후 최댓값의 1/3을 취하여 이 수치보다 큰 값들만을 추출하여 심박수를 측정하는 방법이다.

#### IV. 실험 및 고찰

MIT/BIH Database 자료 10개를 가지고 측정하였으며 측정방법은 육안과 2차미분, 자기상관함수를 이용한 방법이다. 심박수 추출 방법은 Visual Studio C++로 제작한 프로그램으로 수행하였다.

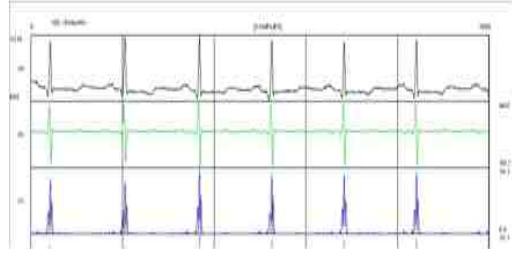


그림 2. 심전도 신호 2차 미분의 절대값  
Fig 2. 2nd derivative of the absolute value of ECG signals

그림 2의 첫 그림은 ECG이며, 두 번째 그림은 ECG의 1차 미분, 세 번째 그림은 ECG를 2차미분한 후의 절대값을 보이고 있다. 그림 3의 첫 그림은 ECG이며, 두 번째 그림은 자기상관함수를 이용하여 검출한 R-파이고, 세 번째 그림은 ECG의 자기상관함수를 보이고 있다.

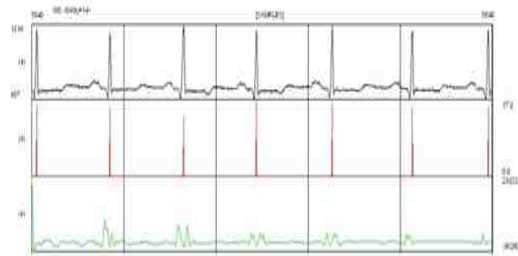


그림 3. 심전도 신호의 자기상관함수  
Fig 3. Self-correlation function of the ECG signal

표 1. 심박수의 비교

Table 1. Comparison of heart rate

	데이터 번호	육안	2차미분	자기상관 함수
1	100	73	73	73
2	101	67	67	67
3	102	72	72	72
4	109	88	88	87
5	111	68	69	68
6	112	86	86	86
7	116	77	77	78
8	121	62	62	61
9	122	87	87	87
10	128	49	49	49

본 연구에서는 육안으로 확인했을 때에도 오차가 있을 수 있으나 비교적 육안에 의해 검출한 심박수를 기준으로 하였다. 표 1은 본 연구에서 이용한 세 가지 방법에 의한 심박수를 비교하였다. 즉, 10개의 심전도에 대한 심박수의 측정 및 자동검출방법에서 육안에 의한 심박수를 기준으로 2가지 방법에 의한 심박수를 나타내었다. 육안에 의해 검출한 심박수와 2가지 방법에 의한 심박수가 모두 일치하는 경우는 10개의 심전도에서 6개였으며 (데이터번호 : 100, 101, 102, 112, 122, 128), 나머지 4개의 심전도에서는 조금씩의 차이가 있었다. 2차 미분에 의해 자동 검출한 심박수는 데이터 번호 111번의 심전도만 제외하고 9개의 심전도에서 육안에 의한 것과 일치했으며, 자기상관함수에 의해 자동 검출한 심박수는 7개의 심전도가 육안에 의한 것과 일치하였다. 따라서 실

험을 통하여 2차 미분으로 심박수를 자동 추출하는 방법이 자기상관함수에 의한 방법보다 정확하였다.

심박수의 기준으로 삼은 육안으로의 추출방법은 실시간으로 추출할 수 없으며 시간이 오래 걸린다는 단점이 있었다. 그러나 자동 추출방법인 2차 미분을 이용한 방법은 심전도 신호를 2차 미분한 다음 절대값을 이용하기 때문에 2차 미분하여 절대값을 취한 신호를 모니터링하였을 때 그림 2와 같이 육안으로도 비교가 용이할 뿐만 아니라 실시간으로 자동추출이 가능함을 확인하였다. 또한 육안에 의한 심박수와 오차가 자기상관함수에 의한 방법보다 정확하였다. 자기상관함수에 의한 심박수 자동추출방법에서 그림 3과 같이 모니터링하였을 때 육안으로의 구분이 그림 2의 2차 미분방법보다 어려웠다. 또한 계산량으로 비교하였을 때 자기상관함수를 사용하여 심박수를 측정하는 방법은 데이터 수보다 많은 곱셈을 필요로 하지만 2차 미분방법에서는 곱셈이 필요하지 않다. 따라서 계산량도 2차 미분방법에서 유리함을 알 수 있었다.

## V. 결론

본 연구에서는 ECG에서 심박수를 추출하기 위하여 사용되는 방법들에 대하여 연구하였다. 실험을 위하여 MIT/BIH Database의 자료를 사용하였으며, Visual Studio C++ 로 제작한 프로그램

으로 자동 추출하였다.

심박수의 기준으로 삼은 육안으로의 추출방안은 단지 모니터링만으로 측정할 수 있어 간편하였으나 시간이 오래 걸린다는 단점이 있었다. 그러나 자동 추출방법인 2차 미분을 이용한 방법에서는 심전도 신호를 2차미분한 절대값을 이용하기 때문에 육안으로도 비교가 용이할 뿐만 아니라 실시간으로 자동추출이 가능하였다. 또한 육안에 의한 심박수와 오차가 자기상관함수에 의한 방법보다 정확하였다. 또한 자기상관함수를 사용하여 심박수를 측정하는 방법의 계산량은 데이터 수보다 많은 곱셈을 필요로 하기 때문에 2차 미분방법보다 많은 계산량이 필요하다.

따라서 2차 미분을 이용한 심박수의 자동 추출방법이 자기상관함수를 이용한 방법보다 용이하며 정확함을 확인하였다. 앞으로 ECG로부터 실시간으로 심박수를 자동으로 추출하는 시스템에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

### 참고문헌

[1] G.S. Wagner, Marriott's practical electrocardiography, William & Wilkins, 1994  
 [2] S.H. Oguz, "A morphology based algorithm for baseline wander elimination in ECG records", Biomedical Engineering Days, 157-160, 1992.

[3] 김찬우, "Realtime detection of P, QRS, T, PVC wave in ECG signal", 명지대학교 대학원 석사학위논문, 2002  
 [4] 주장규, 이기영, "하강 기울기 추적과 Form Factor를 이용한 심전도 조기심실수축의 검출 방법의 비교", 한국정보전자통신기술학회, 제1권3호, 2008  
 [5] S. Mitra, M. Mitra, B. B. Chaudhuri, "Frequency-plane analysis of normal and pathological ECG signals for disease identification", Journal of Medical Engineering & Technology Vol.29 no.5 September/october 2005, pp 219-22

---

### 저자약력

---

조은석(EunSeuk Cho)



2008년 관동대학교  
 정보통신공학과 공학사  
 2008년~현재 관동대학교  
 전자통신공학과 석사과정

<관심분야> 정보통신 및 의공전자

차샘(Sam Cha)



2008년 관동대학교  
 정보통신공학과 공학사  
 2008년~현재 관동대학교  
 전자통신공학과 석사과정

<관심분야> 정보통신 및 의공전자

이상식(Sangsik, Lee)



1993년-2000년 LG전자(주)  
주임연구원  
2000년 성균관대학교 박사  
2001년~04년  
(주)미도테크 이사  
2004년-현재 성균관대학교  
연구교수

<관심분야> 바이오메카트로닉스, 의용기계  
생체역학, 의용전기전자

이기영(Kiyoung Lee)



1992년 명지대학교 박사  
2008년 성균관대학교  
생명공학과 박사수료  
1993년-현재 관동대학교  
의료공학과 교수

<관심분야> 의용전자 및 생체 신호처리,  
기계 요소학, 디지털 신호처리