

PR 및 PP 인터벌에 의한
부정맥 검출 알고리즘

○ 황 천철, 신 건수, 김 정훈, 이 병채, 이 명호
연세대학교 전기공학과

An arrhythmia detection algorithm using PR and PP intervals

Seon-Cheol Hwang, Keon-Soo Shin, Jung-Hoon Kim, Byung-Chae Lee, Myoung-Ho Lee
Dept. of Electrical Engineering, Yonsei University

ABSTRACT

This paper describes an arrhythmia detection algorithm using PP and PR intervals. In order to detect P-wave accurately, an improved 5-point derivative method is used. In this paper, the RR, PP and PR intervals and the number of P-waves per RR interval are detected for arrhythmia detection. These parameters can be utilized to diagnose in the varied types of AV block, atrial fibrillation, and PVC.

1. 서 론

심전도는 심장질환을 진단하는 중요한 정보로 사용된다. 심전도는 전통적으로 훈련된 의사나 전문가에 의해서만 해석이 되어왔으나 오늘날에는 컴퓨터를 이용한 자동진단 시스템의 연구로 심장질환을 가진 사람들의 심전도 모니터링 및 해석에 획기적인 전기가 마련되고 있다. 심전도 자동진단 시스템은 주로 심전도의 RR Interval과 QRS width, morphology를 진단의 변수로 이용하게 된다[6]. 그러나 이런 파라미터들은 PVC 나 R on T, Bigeminy, Trigeminy 등 RR interval과 QRS width, morphology 등의 변화가 큰 경우에는 정확한 진단을 유도할 수 없다. 그러나 심방에 이상이 있는 경우 즉 P-wave에 이상이 생겼을 때에는 거의 진단을 할 수 없는 경우가 있다. 특히 1도 방실블럭의 경우 RR interval과 QRS width, morphology들은 정상 파형과 완전히 같다. 그러므로 이러한 경우 위의 파라미터만으로 진단하면 정상파형으로 판정된다. 뿐만 아니라 2도 방실블럭이나 완전 방실블럭의 경우도 거의 마찬가지로 결과를 초래하게 된다. 예나하면 RR interval이나 QRS width는 P파와 무관하고 morphology는 P파에 의해 좌우되며, P파는 매우 작아 morphology 변화에는 큰 영향을 미치지 못하기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하여 더욱 정확한 진단을 가능케 하기 위하여 P-wave detection에 의한 PR interval과 PP interval, RR interval을 구할 수 있는 진단 알고리즘을 제안하고자 한다.

2. 심전도 신호의 파라미터 설정

P파의 이상 중 가장 흔히 나타나는 것은 1도 방실블럭(1st degree AV block)이다. 이것은 동방결절에서 전기 펄스가 발생하여 방실결절로 전달될때 이상 지연되는 현상이다. 이때는 PR interval이 길어지게 된다. 또 하나의 진단

장애로는 2도 방실블럭이 있는데 RR interval 사이에 P파가 한 번 또는 두 번씩 나타나게 된다. 이 경우는 PR interval이 정상에 가까운 것과 매우 길어진 PR interval을 볼 수 있게 된다. RR 내에 P파가 수시로 발생하는 완전 방실블럭이 있는데 이 경우 일정치 않은 PR interval이 다수 발생한다. 이러한 경우를 특히 심방세동(atrium fibrillation)이라 한다. 이외에도 PR interval이 짧아지는 방실 결합부 조기수축 및 조율(AV junctional premature beat 및 rhythm), WPW 증후군, LGL 증후군 등이 있다. 이와같이 P파에 의한 진단에는 흥분전도장애(SA block, AV block, 심실내블럭)등 심방내에 문제가 있거나 심방의 전계가 심실에 전달되지 않는 질환의 검출이 포함된다. P파의 특징은 일반적으로 다음과 같다.

- (1) Duration : 0.06 - 0.10 초
- (2) PR interval : 0.12 - 0.20 초 (소아 0.18 초)
- (3) PP interval : 정상일때는 RR interval과 거의 비슷하다. P파가 없거나 P파가 다중으로 발생할 때 PP interval도 늘어나거나 줄어든다.

P파의 또다른 특징은 한 사람에게서 나온 P파는 계속 같은 모양이며 외부로부터 오거나 반사되어 오는 파는 다른 모양을 갖거나 다른 phase를 갖는다. 즉, P파의 모양과 PR interval을 측정하면 심방내의 이상등을 알아볼 수 있으며 그 기준은 다음과 같다.

- (1) 정상 PR : 0.12 - 0.20 초
- (2) AV block : 0.20 초 이상
- (3) WPW 증후군 : 0.12 초 이하

본 논문에서는 이들 PR interval과 RR interval의 관계 및 PP와 RR의 관계등을 이용하여 자동진단에 더욱 정확을 기할 수 있도록 하였다.

3. 시스템 구성 및 소프트웨어 알고리즘

본 논문에서 사용된 시스템의 개괄적인 구성은 그림 1과 같다. 환자로부터 얻은 데이터를 ECG 증폭기를 통하여 샘플 기가 240Hz인 12-Bit A/D 변환기를 통과시켜 IBM PC XT로 입력시킨다. 이것을 60Hz 디지털 bandpass 필터를 통과시킨 후 5-point derivative 를 이용하여 도함수를 구함으로써 진처리과정을 수행하게 된다.

3-1 5-Point Derivative

사람이 시각으로 파형을 감지할 때 그 파형의 기울기를 가장 먼저 판별하듯이 컴퓨터의 파형 인식도 그 파의 기울기 즉, 미분값에 우선 의존한다. 그러므로 입력 심전도 데이터와 각 점에서의 미분값을 구하는 작업이 우선되어야 한다. 이 경우에 사용되는 일반적인 미분의 차동 방식은 다음과 같다.

$$Y(n) = 0.125 * [-X(n-2) - 2 * X(n-1) + 2 * X(n+1) + X(n+2)] \quad (1)$$

본 논문에서는 보다 감도가 높은 미분값을 갖게하기 위해 서 위의 식을 식(2)와 같이 변형하여 사용하였다.

$$F(n) = 0.125 * [-2 * X(n-2) - X(n-1) + X(n+1) + 2 * X(n+2)] \quad (2)$$

위의 식을 이용하면 기저선 부분에서는 서로의 값의 차이가 미소한 반면 기음기가 계속적으로 존재하는 부분에서는 식(2)가 식(1)보다 크게 나타난다. 그래서 식(2)를 이용하였을 경우, 기음기를 갖는 파형을 보다 감도 높게 검출할 수 있게 된다.

3-2 P파 검출 알고리즘

전처리 과정에서 구한 F(n)을 비교, 분석하여 T_END(n-1)점과 R(n)점을 확정한 후 두 점 사이의 전구간을 backward searching 방식으로 검색한다. 이 경우 P파 검색 구간을 RR interval에 의해 설정하는 경우 [1] 놓칠 수 있는 다중 P파를 검출할 수 있게 된다.

P파가 인식되면 PR segment의 평평한 구간을 기저선으로 간주하여 기저선 값을 구하고 검색 구간 내의 F(n)값과 비교하여 P파와 잡음을 선별하여 P파로 확정하게 된다. 이때 P_ONSET 점과 P파의 첨두치를 구하여 PR interval을 계산한 후 T_END(n-1)까지 다시 탐색 과정을 계속한다. 탐색 구간 검색이 끝나면 그 구간 내의 P파와 PR interval을 표시한 후 평균을 내기 위해 메모리에 저장한다.

3-3 테이블 및 그래픽 알고리즘

의도진이나 관계자가 인식하기 용이하도록 ECG 파를 상단에, P파 검출파를 하단에 동시에 그래픽하였으며 그래픽한 상단에는 환자 번호와 PR interval 및 PP interval, RR interval 그리고 진단결과를 표기하였다. 그래픽 후 테이블을 만들어서 위의 결과로 얻어진 PR, PP 및 RR interval과 P-miss 또는 multi-P의 결과를 기록하여 진단에 도움이 되게 하였다.

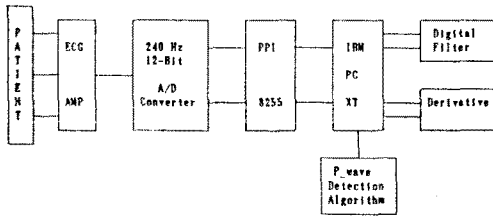


그림 1 시스템 개략도

4. 실험 및 결과고찰

4-1 파라미터 검출

본 논문의 알고리즘을 사용하여 실험한 결과 P파가 정확히 검출되었다. 특히 P가 없거나 다중 P, PVC에서 P의 존재 및 P의 수를 정확히 검출하였다. 이들 P파의 검출도 P파간의 간격인 PP 간격과 R파간의 간격인 RR 간격이 계산되고 PR 간격이 계산되었으며 이들 파라미터들을 기초로 P-miss, multi-P, 정상 PR 등이 자동 검출되었다.

4-2 시뮬레이터 및 환자데이터 실험결과
시뮬레이터 및 환자로부터 얻은 데이터로 실험한 결과를 그림 2에서부터 그림 6까지에 각각 나타내었다.

- (1) 그림 2은 1도 방실블럭으로 길어진 PR을 나타내고 있다. PR은 0.318초이고 PP와 RR은 서로 같다.
- (2) 그림 3은 3:1 방실블럭으로 P파 3개가 연속적으로 나타났다. 이 경우 PR은 (1)의 경우보다 더 길어지며 PP와RR이 크게 달라지고 다중 P라는 결과가 나온다.
- (3) 그림 4는 PVC의 경우인데 정상과 뒤에 바로 커다란 R 파가 뒤따르며 P파가 없어진다. 이 경우 PR은 정상이며 PP와 RR이 달라지게 된다. 또한 P-miss라는 결과가 나오게 된다.
- (4) 그림 5에 나타나 있는 결과는 환자번호 761058인 5세의 남자아이인데 이 경우 의사의 진단은 1도 방실블럭이었다. 본 논문에서 제시한 알고리즘으로 분석한 결과 LONG PR이며, AV BLOCK이라는 결과가 나왔다. 이런 경우는 RR과 PP가 같고 정상이다.
- (5) 그림 6은 환자번호 753954-1인 51세의 여자의 심진도 결과인데 의사의 진단은 PVC, Bigeminy로 P-MISS라는 결과와 함께 PR interval은 정상인것으로 나왔다. RR interval은 PP interval 보다 짧게 나타났다.

위의 결과를 종합해보면 1도 방실블럭은 PP와 RR은 정상과 같으나 단지 PR만이 길어지는 경우이다. 1도 방실블럭의 방실블럭은 주로 다중 P의 발생으로 PP가 RR보다 짧아지는 현상이 나타난다는 사실을 알수 있다. 또한 PVC등은 정상과 바로 뒤에 P파가 없는 매우 커다란 QRS가 발생하며 그 도인데 PP가 RR보다 길어지는 현상이 나타난다는 사실을 알 수 있다. 위의 결과들은 그래픽과 함께 테이블로 나타내었다.

5. 결 론

심진도를 분석하는 데는 여러가지 파라미터들이 필요하다. RR interval, QRS width, morphology 등과 함께 PR interval과 PP interval, P파의 수와 모양등은 중요한 파라미터값들이다. 본 논문에서는 이들 P파에 관한 파라미터값들을 효과적으로 검출해 내었다. 이 결과로 얻어진 결론은 다음과 같다.

- (1) 심진도 자동진단에 필요한 P파를 정확하게 검출할 수 있게 되었다.
- (2) 기존의 RR interval과 QRS width, morphology에만 의존하던 심진도 자동진단을 PR interval과 PP interval 및 P파의 수를 검출함으로써 진단의 정확도를 높일 수 있게 되었다.
- (3) 심진도와 검출된 P파 및 PR interval과 진단을 일목요연하게 하나의 도면에 표시함으로써 의도진에게 정확한 정보를 제공함과 동시에 무인 예비진단을 가능하게 하였다.
- (4) 본 논문의 알고리즘을 이용하여 기존의 자동진단 알고리즘을 더욱 확장하면 보다 정확한 자동진단 시스템의 개발이 가능할것으로 기대된다.

4. 참 고 문 헌

- 1) JOSEF WARTAK, M.D., B.Sc., "Computers in Electrocardiography", CHARLES C THOMAS, PUBLISHER, U.S.A., 1970.
- 2) S. J. HENGEVELD AND J. H. VAN BEMMEL, "Computer Detection of P-Waves", Computers and Biomedical Research 9, P 125-132, 1976.

PR 및 PP 인터벌에 의한 부정맥 검출 알고리즘

- 3) S. SHIBATA, "A P-Wave Detector", Optimization of Computer ECG Processing, P 165-166, 1980.
- 4) PENG-WIE HSIA, JANICE M. JENKINS, YAIR SHIMONI, KEVIN P. GAGE, JOHN T. SANTINGA, BERTRAM PITT, "An Automated System for ST Segment and Arrhythmia Analysis in Exercise Radionuclide ography " IEEE Trans. Vol BME-33, No. 6, P 585-593, 1986.
- 5) O. GOVRIN, D. SADEH, S. AKSELROD, S. ABOUD, "Cross-Correlation Technique for Arrythmia Detection Using PR and PP Intervals", Computers and Biomedical Research 18, P 37-45, 1985.
- 6) 신 호용, "실시간 부정맥 자동진단에 관한 연구", 연세대학교 대학원, 1987.
- 7) 송 향봉, "심전도 신호 분산처리를 위한 Preprocess Module의 설계에 관한 연구", 연세대학교 대학원, 1988

PATIENT NUMBER	a:19
PR_INTERVAL	3.1800E-001 (sec)
PP_INTERVAL	8.6100E-001 (sec)
RR_INTERVAL	8.6100E-001 (sec)
DIAGNOSIS	LONG PR , AV_BLOCK Normal RR (1_Block)

PR_INTERVAL= 3.1800E-001 (sec)
LONG PR AV_BLOCK

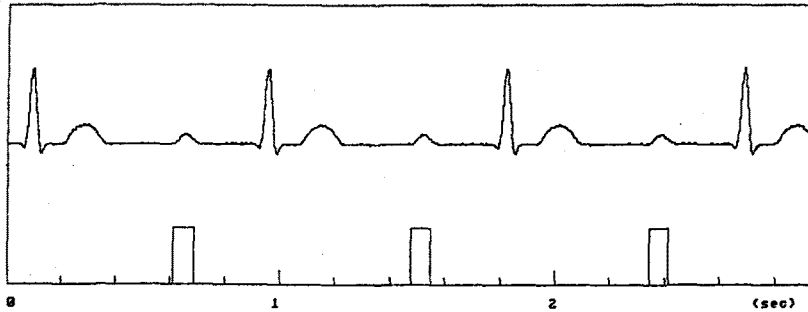


그림 2 1도 방실블럭 (시뮬레이터 결과)

PATIENT NUMBER	a:07
PR_INTERVAL	7.4200E-001 (sec)
PP_INTERVAL	3.6540E-001 (sec)
RR_INTERVAL	1.7262E+000 (sec)
DIAGNOSIS	MULTI-P , AV_BLOCK

PR_INTERVAL= 7.4200E-001 (sec)
MULTI-P AV_BLOCK

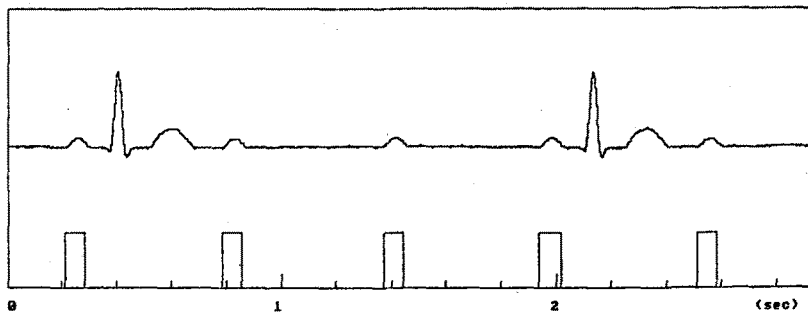


그림 3 3:1 방실블럭 (시뮬레이터 결과)

PATIENT NUMBER	a:29
PR_INTERVAL	1.6310E-001 (sec)
PP_INTERVAL	9.7020E-001 (sec)
RR_INTERVAL	8.1060E-001 (sec)
DIAGNOSIS	NORMAL PR , P-MISS (PVC)

PR_INTERVAL= 1.6310E-001 (sec)
NORMAL PR P-MISS

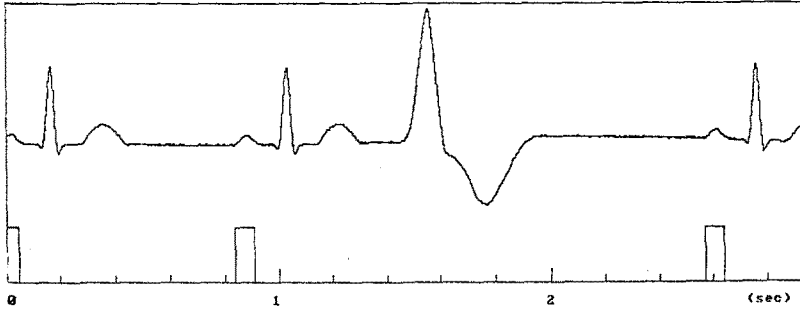


그림 4 PVC (시뮬레이터 결과)

PATIENT NUMBER	761058
PR_INTERVAL	2.1560E-001 (sec)
PP_INTERVAL	6.4260E-001 (sec)
RR_INTERVAL	6.4260E-001 (sec)
DIAGNOSIS	LONG PR , AV_BLOCK Normal RR (I_Block)

PR_INTERVAL= 2.1560E-001 (sec)
LONG PR AV_BLOCK

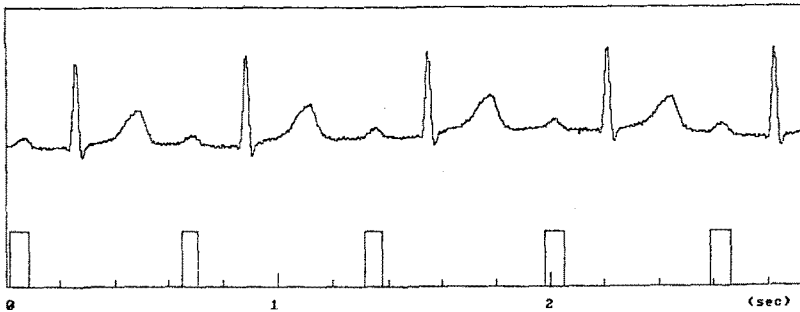


그림 5 1도 방실블럭 (환자데이터 결과)

PATIENT NUMBER	753954-1
PR_INTERVAL	1.6730E-001 (sec)
PP_INTERVAL	1.3600E+000 (sec)
RR_INTERVAL	7.0140E-001 (sec)
DIAGNOSIS	NORMAL PR , P-MISS (PVC)

PR_INTERVAL= 1.6730E-001 (sec)
NORMAL PR P-MISS

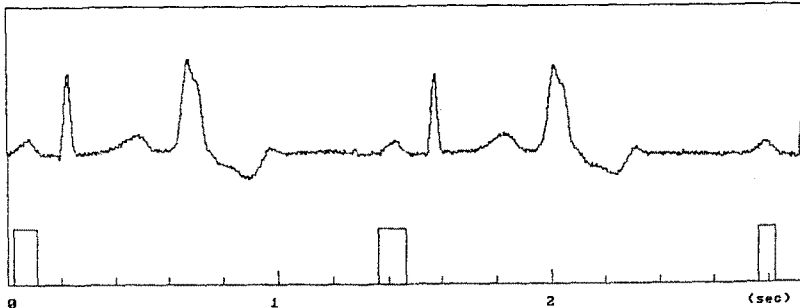


그림 6 PVC, Bigeminy (환자데이터 결과)