

개인별 이상신호 검출과 QRS 패턴 변화에 따른 조기심실수축 분류

조익성¹ · 윤정오¹ · 권혁승^{2*}

PVC Classification by Personalized Abnormal Signal Detection and QRS Pattern Variability

Ik-sung Cho¹ · Jeong-oh Yoon¹ · Hyeog-soong Kwon^{2*}

¹Department of Information and Communication Engineering, Kyungwoon University, Gumi 730-739, Korea

^{2*}Department of IT Engineering, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

요 약

조기심실수축(PVC)은 가장 보편적인 부정맥으로 심실세동, 심실빈맥 등과 같은 위험한 상황을 유발할 수 있는 가능성이 가지고 있기 때문에 이의 조기 검출은 매우 중요하다. 하지만 ECG 신호의 개인 차이가 있음에도 불구하고, 일반적인 신호의 판단 규칙에 따라 진단을 수행함으로써 성능하락이 나타날 수 밖에 없다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 개인에 따른 이상 신호를 검출한 후 다양한 QRS 패턴을 고려하여 PVC를 분류할 수 있는 알고리즘이 필요하다. 본 연구에서는 개인별 이상신호 검출과 QRS 패턴 변화에 따른 PVC 분류 기법을 제안한다. 이를 위해 전 처리 과정과 차감기법을 통해 R파를 검출하였으며, 개인별 이상신호를 검출하였다. 이후 QRS 패턴에 따른 QS 간격과 R파의 진폭 변화율에 따라 PVC를 분류하였다. 제안한 알고리즘의 이상 신호 검출 및 PVC 분류 성능을 평가하기 위해서 MIT-BIH 부정맥 데이터베이스를 사용하였다. 성능평가 결과, 이상 신호 검출률은 98.33%, PVC는 각각 94.46%의 평균 분류율을 나타내었다.

ABSTRACT

Premature ventricular contraction(PVC) is the most common disease among arrhythmia and it may cause serious situations such as ventricular fibrillation and ventricular tachycardia. Nevertheless personalized difference of ECG signal exist, performance degradation occurs because of carrying out diagnosis by general classification rule. In other words, the design of algorithm that exactly detects abnormal signal and classifies PVC by analyzing the persons's physical condition and/or environment and variable QRS pattern is needed. Thus, PVC classification by personalized abnormal signal detection and QRS pattern variability is presented in this paper. For this purpose, we detected R wave through the preprocessing method and subtractive operation method and selected abnormal signal sets. Also, we classified PVC in realtime through QS interval and R wave amplitude. The performance of abnormal beat detection and PVC classification is evaluated by using MIT-BIH arrhythmia database. The achieved scores indicate the average of 98.33% in abnormal beat classification error and 94.46% in PVC classification..

키워드 : 이상신호, QRS 패턴, 조기심실수축, R파의 진폭

Key word : Abnormal Signal, QRS pattern, PVC, R wave amplitude

접수일자 : 2014. 03. 24 심사완료일자 : 2014. 04. 16 게재확정일자 : 2014. 04. 30

* **Corresponding Author** Hyeog-Soong Kwon (E-mail:hskwon@pusan.ac.kr Tel:+82-55-350-5411)

Department of IT Engineering, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2014.18.7.1531>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

일반적으로 심전도 신호의 해석은 QRS 영역의 검출이 선행된다. QRS 영역은 ECG 내의 여러 파형중 가장 강조된 모습을 보이며, P파, T파, ST 세그먼트와 함께 여러 가지 심장질환의 진단에 많이 활용되고 있다[1-3]. 부정맥은 말 그대로 “정상적인 심장 리듬의 부재”라는 의미로 변조율, 심장의 전도 차단 등에 의해 심전도 신호를 구성하는 각각의 파형이 불규칙하게 나타나는 상태를 반영한다. 이들 중 조기심실수축(PVC : Premature Ventricular Contraction)은 임상에서 발견될 수 있는 가장 흔한 부정맥으로 과거에 심장질환이 있었던 환자에서 PVC의 발생은 심실빈맥과 같은 위험한 심장질환을 유발할 가능성이 있어 이의 검출은 추후 발생여부에 대한 기초조사로서 매우 중요하다[4,5]. 하지만 심전도 신호의 특성상 개인 간의 차이가 크기 때문에 안정적인 성능을 나타내는 분류 알고리즘을 개발하는 일은 여전히 어려운 문제이다.

지금까지의 연구에서는 개인의 특성에 따른 신호 차이는 무시하고, 심전도 자체의 신호 차이를 통해 PVC를 분류하였다. 즉 개인차에 의한 정상과 이상 신호를 구별하지 않고, 일반적인 신호의 판단 규칙에 의해 진단을 수행하였기 때문에 높은 정확도를 나타내지만 범용성을 확신하기 어렵다[6-8]. 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 개인에 따른 이상 신호를 검출한 후 다양한 QRS 패턴을 고려하여 PVC를 분류할 수 있는 알고리즘이 필요하다. 본 연구에서는 개인별 이상 신호 검출과 QRS 패턴 변화에 따른 PVC 분류 기법을 제안한다. 이를 위해 전 처리 과정과 차감기법을 통해 R파를 검출하였으며, 개인별 이상신호 군을 선별하였다. 이후 QRS 패턴에 따른 QS 간격과 R파의 진폭 변화율에 따라 PVC를 분류하였다. 제안한 방법의 이상신호 검출, PVC 분류 성능을 평가하기 위해서 PVC가 30개 이상 포함된 MIT-BIH 부정맥 데이터베이스 9개의 레코드를 사용하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안한 기법에 대하여 논하고, 3장에서는 실험결과에 대하여 논하고 4장에서 결론으로 마무리한다.

II. 제안한 기법

본 연구에서 제안한 개인별 이상신호 검출과 QRS 패턴 변화에 따른 PVC 분류 방법의 전체 구성도는 그림 1과 같다. 먼저 ECG 신호로부터 전처리 과정을 통해 잡음을 제거한 후 R파, RR 간격, QRS 폭과 같은 특징점을 검출하는 단계, 프로파일링과 정상 템플릿 추출을 통한 이상 신호를 검출하는 단계, 검출된 이상신호를 대상으로 QS 간격, R파의 진폭과 같은 QRS 패턴을 분류하는 단계, 각 특징점의 문턱값 변화에 따라 PVC를 분류하는 단계로 나누어진다.

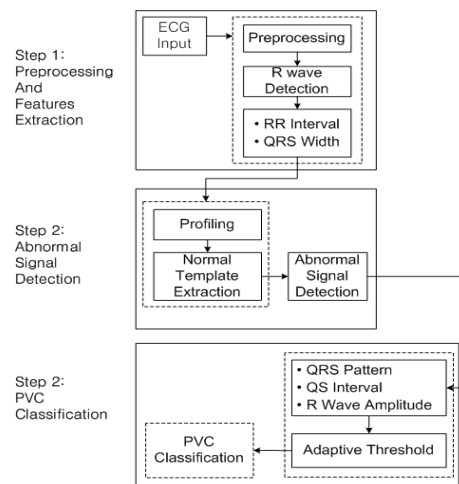


그림 1. 전체 시스템 구성
Fig. 1 System configuration

2.1. 전처리 및 특징점 추출

정확한 진단을 위해서는 심전도 신호에 포함되어 있는 다양한 잡음을 제거하여 R파를 정확히 검출하는 것이다. 본 연구에서는 원신호의 변형을 줄이고 계산의 복잡도를 최소화하면서, 효율적으로 QRS를 검출하기 위해 형태 연산 기반의 전처리 기법을 적용하였다[9]. R파는 우선, 형태 연산을 통해 전처리된 신호의 경험적 문턱값(empirical threshold)과 차감 기법을 이용하여 검출하였다. R파 검출 시 P파나 T파를 R파로 오인하는 경우 FP(False Positive)가 발생할 수 있으며, 실제로 R파가 존재함에도 불구하고 이를 검출하지 못하는 TN(True Negative)이 발생할 수 있다. 이러한 오검출을 막기 위해 본 연구에서는 동적 역탐색 기법을 사용하였다[10].

R파를 검출하면, 이상 신호 검출을 위한 특징점을 검출해야 한다. 본 연구에서는 이상 신호 검출을 위한 변수로써 RR 간격, QRS 폭을 이용하였다. RR 간격은 현재와 이전 R파의 시간차를 나타내는 정보로써 정상신호의 RR 간격은 그 변화율이 일정한 것에 반해 부정맥과 같은 이상신호의 경우, 그 변화율이 변한다. QRS 폭은 QRS 시작점(Q점)과 끝점(S)점까지의 거리를 나타내며, 정상일 경우 일반적으로 90~110ms 사이의 시간간격을 나타낸다.

2.2. 개인별 이상 신호 검출

ECG 데이터의 경우, 대상에 따라 다양한 특징을 갖고 있으며, 개인 간의 파형 차이가 뚜렷한 생체신호기 때문에 그 형태가 일정하지 않다. 따라서 본 연구에서는 개인별 이상 신호 검출을 위해 프로파일링과 정상 템플릿 추출 기법을 사용하였다[11]. 이는 ECG 신호를 패킷으로 간주하여 특정 문자열과 일치하는 데이터를 정상, 그렇지 않은 것을 이상 신호로 결정하는 방법이다. 이상 신호 검출을 위해 사용된 입력 데이터는 QRS 구간의 시간과 진폭 정보를 이용하였다. 이상 신호 검출은 그림 2와 같이 크게 프로파일링과 정상 템플릿 추출의 두 단계로 나누어진다.

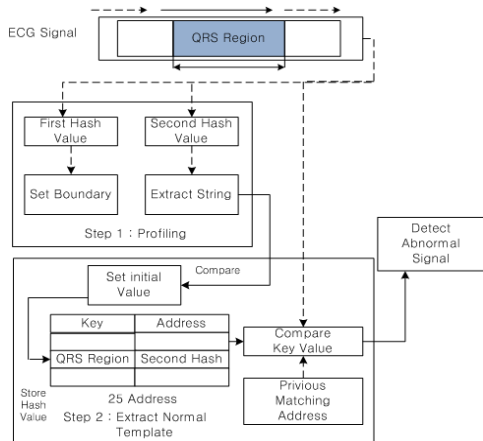


그림 2. 이상 신호 검출
Fig. 2 Abnormal signal detection

(1) 프로파일링 & 정상템플릿 추출

프로파일링 단계는 경계면 설정과 문자열 추출 과정으로 구성된다. 경계면 설정 과정은 ECG 신호를 입력받

아 QRS 구간의 진폭과 시간정보, 현재의 RR 간격을 통하여 첫 번째 해쉬값을 산출하고 문자열 추출 과정에서는 경계면 사이에 존재하는 QRS 구간의 주소 값을 계산하기 위해 다음 해쉬 값을 추출한다. 정상 템플릿 추출 단계에서는 프로파일링 단계에서 추출된 값을 초기 정상 템플릿과 비교하여 이 범위를 만족하였을 경우 메모리에 저장된다. 저장된 값은 이후 유입되는 해쉬값과 비교하여 이상신호를 검출한다. 일반적으로 ECG는 정상으로 정의된 심장박동이 정확하게 이전 신호와 일치하지 않기 때문에 본 연구에서는 정상 신호 구간을 현재 신호의 92~116%로 판단하여 그 주소를 기준으로 전체 25개의 주소를 지정하였다. 초기 정상 템플릿은 개인마다 다른 고유 기준값을 생성하는 부분으로 150ms 범위의 QRS 폭과 현재 RR 간격의 해쉬 값을 산출을 통하여 메모리에 저장된다. 일반적으로 해쉬 함수는 메시지의 무결성을 보장하기 위한 인증에 사용되는 방법인데, 본 연구에서는 정상신호 구간을 나타내는 유일한 주소 값을 산출하기 위해 선형귀환 시프트 레지스터(LFSR)를 사용하였다. 하지만 해쉬함수는 다른 형태로 구현해도 무방하다.

(2) 이상 신호 검출

본 연구에서는 본 연구에서는 프로파일링과 정상템플릿 추출 기법을 통해 이상 신호를 검출하였다. 성능 평가를 위해 먼저 해쉬값 추출에 사용된 QRS 폭과 RR 간격이 정상 및 이상 신호 분류에 적합함을 확인하기 위해 MIT-BIH 10개의 레코드를 대상으로 그 패턴을 확인하였다. 정상 신호 100번 레코드와 PVC가 다수 포함된 105, 106, 114, 116, 119, 200, 213, 223, 233번 9개의 레코드를 분석하였다. 본 연구에서는 PVC 분류의 적합성을 위해 이상신호 검출 기법을 도입하는 것으로 9개의 레코드는 다수의 영역이 PVC가 포함된 이상영역으로 그 변화를 비교하기가 적합하기 때문이다. QRS 폭의 변화와 RR 간격에 대한 변화율은 각각 그림 3, 4와 같다. 그림과 같이 100번 레코드의 경우 그림 3(a)와 같이 정상 QRS 폭을 유지하며, RR 간격 또한 그림 4(a)와 같이 0.83~9.2s로 정상 범위, 그 변화율도 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다. 105, 116, 119번 레코드의 경우 진폭이 높은 PVC 비트가 나타난 경우로 그림 3(b)와 같이 넓은 QRS 폭을 나타내며, PVC 구간에서는 낮은 RR 간격을 나타내고 그 변화율이 급격하게 변화하는 것을 확인할 수 있다.

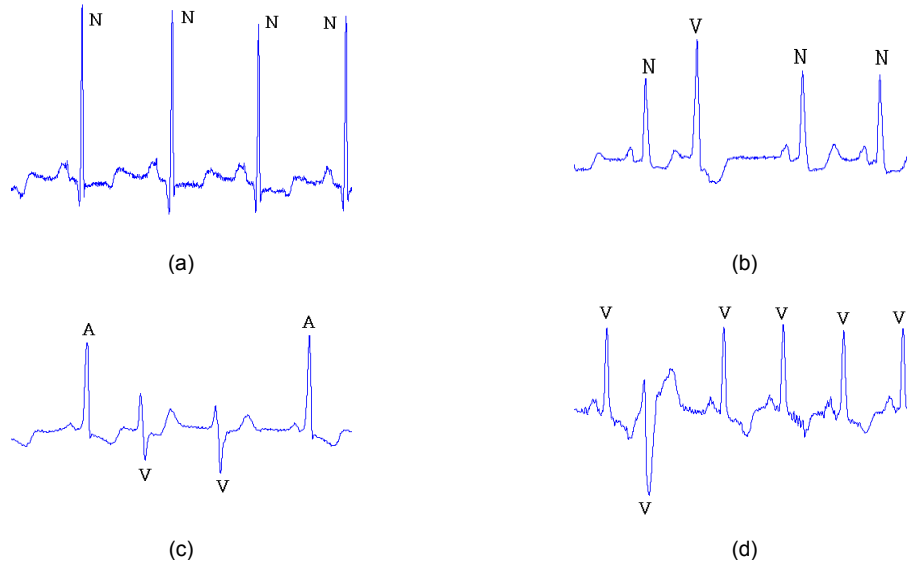


그림 3. QRS 폭의 변화(N : Normal, V : PVC, A: PAC) (a) 100(Normal) (b) 105, 116, 119(PVC) (c) 106, 114, 213, 223(PVC) (d) 200, 233(PVC)

Fig. 3 Variability of QRS width (a) 100(Normal) (b) 105, 116, 119(PVC) (c) 106, 114, 213, 223(PVC) (d) 200, 233(PVC)

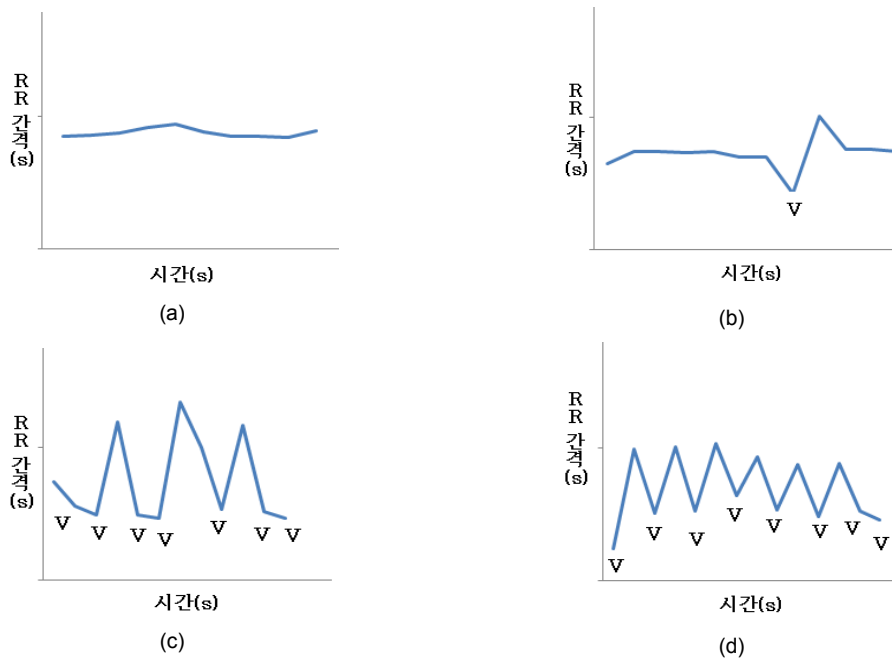


그림 4. RR 간격의 변화율 (a) 100(Normal) (b) 105, 116, 119(PVC) (c) 106, 114, 213, 223(PVC) (d) 200, 233(PVC)

Fig. 4 Variability of RR interval (a) 100(Normal) (b) 105, 116, 119(PVC) (c) 106, 114, 213, 223(PVC) (d) 200, 233(PVC)

106, 114, 213, 223번 레코드의 경우는 진폭이 비교적 낮으며, 두개의 PVC 비트와 정상 또는 다른 부정맥 비트가 반복적으로 나타난 경우로 그림 3(c)와 같이 넓은 QRS 폭을 나타내며, 그림 4(c)와 같이 2개의 연속적인 PVC 비트에서는 낮은 RR 간격으로, 정상에서는 다시 높아지는 과정이 반복되는 것을 확인할 수 있었다. 200, 233번 레코드는 음의 진폭을 가지며, PVC와 정상 비트가 차례로 나타난 경우로 그림 3(d)와 같이 PVC 비트에서는 넓은 QRS 폭을 나타내며, 그림 4(d)와 같이 PVC 비트에서는 낮은 RR 간격으로, 정상에서는 다시 높아지는 과정이 반복적으로 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 각 레코드의 신호 형태를 통해 살펴본 것과 같이 각 레코드의 QRS 폭과 RR 간격은 정상과 이상신호에 대한 변화가 확연히 차이가 나는 것으로 프로파일링과 정상 템플릿 추출을 위한 분류 정보로 적합하다는 것을 확인할 수 있다.

2.3. QRS 패턴 분류

개인별 이상 신호를 검출한 후에는 그 신호를 대상으로 PVC를 분류할 수 있다. 본 연구에서는 PVC 분류를 위한 변수로서 QRS 패턴을 정의하였다. 이는 개인에 따라 PVC의 형태가 다양하기 때문에 이에 따른 분류의 정확도를 높이기 위함이다.

(1) QRS 패턴

일반적으로 정상 신호의 파형은 대부분 같은 패턴을 가지고 있지만 PVC 발생 시의 QRS 패턴은 그 특징에 따라 매우 다양한 형태를 가진다. 따라서 본 연구에서는 이상신호를 대상으로 PVC의 3가지 QRS 패턴을 정의하였다. 그리고 나머지의 모든 신호는 PVC가 아닌 또 하나의 패턴(NSR)으로 정의하였다. 그림 5는 3가지 PVC 형태의 원 ECG 신호와 미분 신호를 각각 나타내고 있다. PVC는 패턴 A, B, C와 같이 다른 3가지의 패턴으로 나누어지는 것을 확인할 수 있다. 본 연구의 실험에 의해 대부분의 QRS 패턴의 미분값은 그림 5와 같이 2개의 양의 피크(+)와 하나의 음의 피크(-)를 가지는 것을 확인할 수 있다. 즉 특정 문턱치를 설정할 경우, 왼쪽 피크와 오른쪽 피크의 값이 그 문턱치의 범위를 만족시키는지 여부에 따라 PVC에 대한 3가지 QRS 패턴을 결정할 수 있다.

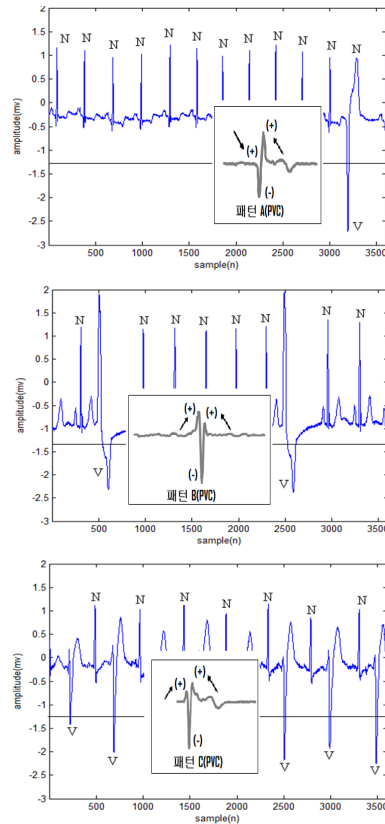


그림 5. QRS 패턴
Fig. 5 QRS pattern

(2) QS 간격

QS 간격은 PVC를 정상 또는 다른 부정맥과 비교하여 진단할 때 중요하게 이용되는 파라미터로서 QRS 파형의 형태를 나타내는 변수이다. QS 간격을 찾는 과정은 시작점(Q점) 및 종점(S점)을 찾는 과정으로 나누어진다. 패턴 A의 경우 먼저 최소 진폭값의 위치에서 역탐색하여 Q 문턱치($QS(on)$, 최소 진폭값의 25%)보다 작은 값을 Q 점, 최대진폭값의 위치에서 정탐색하여 S 문턱치($QS(off)$, 최소 진폭값의 50%)보다 작은 값을 S 점으로 선택하여 Q점에서 S점까지의 시간 간격으로 QS 간격을 구하게 된다. 패턴 B, C의 경우 먼저 왼쪽 피크치($Peak(L)$)의 위치에서 역탐색하여 Q 문턱치($QS(on)$, 왼쪽 피크치 50%)보다 작은 값을 Q점, 오른쪽 피크치($Peak(R)$)의 위치에서 정탐색하여 S 문턱치($QS(off)$, 최대 진폭값의 25%)보다 작은 값을 S점으로 선택하여 Q점에서 S점까지의 시간간격으로 QS 간격을

구하게 된다. PVC의 QS 간격은 정상신호보다 넓은 특징을 가지고 있으며, 이는 PVC를 분류할 수 있는 판단 기준이 된다.

(3) R파의 진폭 변화율

QRS 패턴으로 분류되지 않은 특정 PVC (MIT-BIH 233번 레코드)패턴을 분류하기 위해 R파의 진폭변화율을 이용하였다. PVC의 진폭은 정상신호에 비해 약 2배 정도 일정하게 나타난 반면, PAC는 정상신호와 유사하거나 약 1.5배 정도의 범위의 진폭 변화율을 나타내었다. 따라서 정상신호에 비해 2배 이상의 차이가 나는 PVC 진폭에 대한 문턱치는 QRS 패턴 분류를 통해 분류되지 않는 PVC의 패턴을 좀 더 정확하게 검출할 수 있다. R피크 진폭에 대한 템플릿은 수식 (1)에서와 같이 R피크의 벡터 그룹으로 형성되며, 현재 R피크를 기준으로 이전 15개와 이후 9개로 15개의 R피크의 그룹으로 형성된다. 템플릿은 이전과 이후 신호의 파형을 그 그룹의 대표 신호로 정의하여, 현재 R피크의 변화율을 판단하기 위한 방법이다. 수식에서와 같이 25개의 R파를 그 파형의 특징을 대표하는 템플릿으로 정의하여, 템플릿과 현재 R파의 진폭의 차이를 계산하고 그 문턱값을 결정한다.

$$R_{temp} = \frac{1}{N} \sum_{i=11}^n [R_{i-15}, R_{i-14}, \dots, R_i, \dots, R_{i+8}, R_{i+9}] \quad (1)$$

R_{temp} = 템플릿,
 R_i = 현재 R파의 진폭

III. 실험결과 및 고찰

3.1. 이상 신호 검출 성능

MIT-BIH 부정맥 데이터베이스를 통하여 이상신호 검출에 대한 성능 평가가 수행되었다. 검출률의 계산은 식 (2)를 통하여 이루어진다.

$$\text{검출률} = \frac{\text{전체비트수} - (FP + FN)}{\text{전체비트수}} \quad (2)$$

$(FP: \text{False Positive}, FN: \text{False Negative})$

식 (2)에서 FP는 알고리즘이 이상신호를 검출하였으나, MIT-BIH 부정맥 데이터베이스에는 존재하지 않음

경우이고, FN은 MIT-BIH 부정맥 데이터베이스에는 있으나 알고리즘이 이를 검출하지 못한 경우이다. MIT-BIH 각 레코드에 대한 실제이상 비트와 검출된 이상 비트와의 차이를 표 1에 나타내었다. 분류의 신뢰성을 위해서 PVC가 30개 이상 포함된 9개의 레코드 105, 106, 114, 116, 119, 200, 213, 223, 233번을 대상으로 실험하였다. PVC 또는 PVC와 APC와 같은 이상비트가 포함된 대부분의 레코드에서는 이상신호에 대한 검출률이 뛰어났다. 하지만 213번 레코드에서는 조금 낮은 검출률을 보였는데, 이 레코드의 경우 Paced beat가 다수 포함되어 비트의 변화로 인한 에러가 발생한 것으로 확인되었다. 결과적으로 검출된 이상 신호 검출률은 평균적으로 98.33%로 이상비트 검출에 대한 정확도가 뛰어난 것으로 확인되었다.

표 1. 이상 신호 검출률
Table. 1 Abnormal signal detection rate

레코드	전체 비트	실제 이상 비트	검출된 PVC비트	검출률 (%)
105	2567	41	40	97.56
106	2027	520	516	99.23
114	1879	59	57	96.61
116	2412	110	110	100
119	1987	444	442	99.55
200	2601	858	840	97.90
213	3251	610	590	96.72
223	2605	576	559	97.05
233	3079	849	845	99.53
합계	22,408	4,067	3,999	98.33

3.2. PVC 분류 성능 비교

제안된 알고리즘에 따른 PVC 분류 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 MIT-BIH 부정맥 데이터베이스를 대상으로 그 효용성을 실험하였다. 성능평가에 사용된 레코드는 이상신호 검출을 위해 사용된 9개의 레코드와 동일하게 실험하였다. 실험 결과 200번과 233번 레코드에서의 성능이 향상된 것을 확인할 수 있다. 그림 6은 서로 다른 PVC 형태가 연속적으로 나타날 경우를 나타낸다(여기서 N은 Normal, V는 PVC를 의미한다). 이때 QRS 패턴만을 이용해 PVC를 분류하였을 때에는 이를 검출하지 못하는 경우가 발생하였다. 이는 반복적인 학

습과정에서 PVC임에도 불구하고 PVC가 아닌 것으로 판단되는 경우가 발생하기 때문이다. 하지만 제안한 알고리즘은 이상신호를 먼저 검출하고 그 신호를 대상으로 알고리즘을 적용하기 때문에 200, 233번 레코드에 존재하는 연속적인 PVC를 검출함으로써 검출률의 향상을 가져왔다. 표 2는 QRS 패턴만을 이용해 PVC를 분류한 것과 이상신호 검출과 QRS 패턴을 통해 PVC를 분류한 결과를 나타내고 있으며, 0.61%의 향상률을 나타내고 있다. 따라서 제안된 이상 신호 검출과 QRS 패턴 변화에 따른 PVC 분류 방법은 개인차에 따른 성능 변화를 줄임과 동시에 우수한 분류율을 나타낸다는 것을 확인할 수 있다.

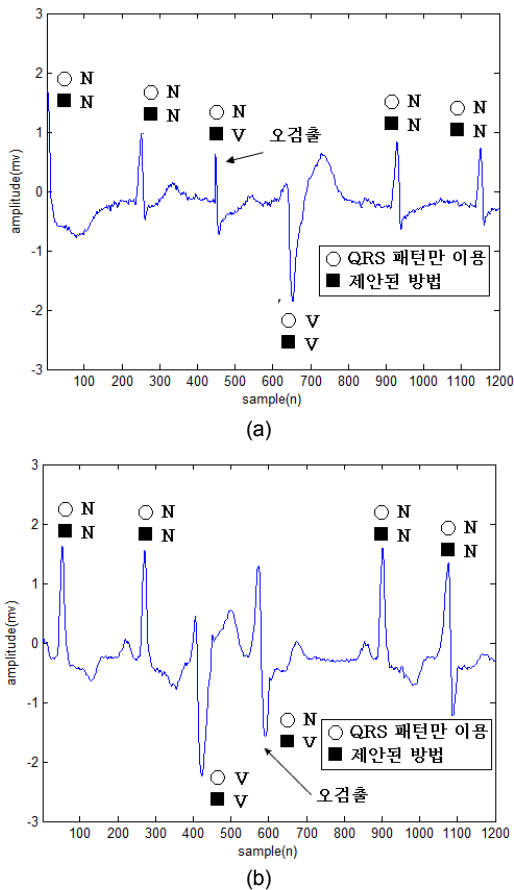


그림 6. MIT-BIH 레코드의 QRS 패턴 분석 (a) 200번 레코드(PVC) (b) 233번 레코드(PVC)
 Fig. 6 QRS pattern analysis of MIT-BIH records (a) No.200 records(PVC) (b) No.233 records(PVC)

표 2. PVC 분류율
 Table. 2 PVC classification rate

레코드	MIT-BIH	PVC 분류율(%)	
	PVC 비트수	QRS Pattern	Proposed Method
105	39	90.27	90.27
106	520	96.18	96.18
114	47	95.69	95.69
116	109	95.40	95.40
119	444	100	100
200	828	98.62	98.90
213	582	82.40	87.52
223	487	87.20	87.20
233	842	98.92	99.02
합계	3,898	93.85	94.46

IV. 결론

본 연구에서는 개인별 이상신호 검출과 QRS 패턴 변화에 따른 PVC 분류 기법을 제안하였다. 이를 위해 전처리 과정과 차감기법을 통해 R파를 검출하였으며, 개인별 이상신호 군을 선별하였다. 이후 QRS 패턴에 따른 QS 간격과 R파의 진폭 변화율에 따라 PVC를 분류하였다. 제안한 방법의 R파, 이상 신호 검출률을 평가하기 위해 MIT-BIH 부정맥 데이터베이스 9개의 레코드를 대상으로 실험하였다. 성능평가 결과, 이상 신호 검출률은 98.33%, PVC는 각각 94.46%의 평균 분류율을 나타내었다. PVC 분류의 경우 평균 94.46%로 이상신호를 검출하지 않고 부정맥을 분류했던 93.85%보다 약 0.61%의 향상률을 나타내었다. 특히 210, 233번 레코드에서 향상률을 보였는데 형태학적인 특징이 다른 PVC가 연속적으로 발생하는 레코드로서 기존 알고리즘이 이를 정확하게 분류하지 못한 반면, 본 연구에서 제안한 기법은 이상 신호 검출과 QRS 패턴 변화에 따라 이상신호로 판별된 신호를 통해 PVC를 별도로 분류하기 때문에 좀 더 나은 향상률을 나타낸 것으로 판단된다. 대상자의 증상 유무 및 종류에 따라 정확한 진단을 해야 하는 헬스케어 시스템의 경우 본 연구에서 제안한 기법을 통한 부정맥 분류 방법이 효율적인 것으로 판단된다. 따라서 특정인에 대한 정상적인 생체신호의 특성

을 이미 알고 있는 상태에서 최소한의 연산량으로 정확한 R점을 검출하고, 실시간으로 심장질환을 판단하는 기능을 내장하는 알고리즘에 대한 연구가 지속적으로 이루어질 것으로 판단된다.

REFERENCES

- [1] S. Sangwatanaroj, S. Prechawat, B. Sunsaneewitayakul, S. Sitthisook, P. Tosukh Wong, and K. Tungsanga, "New electrocardiographic leads and the procainamide test for the detection of the Brugada sign in sudden unexplained death syndrome survivors and their relatives," *Eur. Heart J.*, vol. 22, no. 24, pp. 2290-2296, 2001.
- [2] S. F. Wung and B. Drew, "Comparison of 18-lead ECG and selected body surface potential mapping leads in determining maximally deviated ST lead and efficacy in detecting acute myocardial ischemia during coronary occlusion," *J. Electrocardiol.*, vol. 32, pp. 30-37, 1999.
- [3] A. D. C. Chan, M. M. Hamdy, A. Badre, and V. Badee, "Wavelet distance measure for person identification using electrocardiograms," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 57, no. 2, pp. 248 - 253, Feb. 2008.
- [4] S. Chauhan, A. S. Arora, and A. Kaul, "A survey of emerging biometric modalities," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 2, pp. 213 - 218, 2010.
- [5] G. Wubbeler, M. Stavridis, D. Kreiseler, R.-D. Bousselet, and C. Elster, "Verification of humans using the electrocardiogram," *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 28, pp. 1172 - 1175, 2007.
- [6] S. A. Israel, J. M. Irvine, A. Cheng, M. D. Wiederhold, and B. K. Wiederhold, "ECG to identify individuals," *Pattern Recognit.*, vol. 38, no. 1, pp. 133 - 142, 2005.
- [7] Beuchee A, Pladys P, Senhadji L, Betremieux P, Carre F. "Beat-to-beat blood pressure variability and patent ductus arteriosus in ventilated, premature infants", *Pflugers Arch*, 446:154-160. 2003.
- [8] Awdah Al-Hazimi, Nabil Al-Ama, Ahmad Syiamic, Reem Qosti, and Khidir Abdel-Galil, "Time domain analysis of heart rate variability in diabetic patients with and without autonomic neuropathy," *Annals of Saudi Medicine*, 22 (5-6), pp. 400-402. 2002.
- [6] Erik Zellmer, Fei Shang, Hao Zhang "Highly Accurate ECG Beat Classification based on Continuous Wavelet Transformation and Multiple Support Vector Machine Classifiers," *Biomedical Engineering and Informatics Conference MMEI, 2009*, pp. 1-5, 2009.
- [7] Ince, T., Kiranyaz, S., Gabbouj, M, "Automated patient-specific classification of premature ventricular contractions," *Proc. 30th Int. Conf. IEEE EMBS*, 2008, pp. 5474 - 5477.
- [8] Shyu, L.Y., Wu, Y.H., Hu, W, "Using wavelet transform and fuzzy neural network for VPC detection from the holter ECG," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 2004, 51, (7), pp. 1269 - 1273.
- [9] Ik-sung Cho et al., "Baseline Wander Removing Method Based on Morphological Filter for Efficient QRS Detection," *Journal of KIICE*, vol. 17, no. 1, 2013, pp.166-174.
- [10] Ik-Sung Cho, Hyeog-Soong Kwon, "Efficient QRS Detection and PVC Classification based on Profiling Method," *Journal of KIICE*, vol. 17, no. 4, 2013, pp.705-711.
- [11] Faezipour. M. Saeed. A, Nourani. M, "Automated ECG profiling and beat classification," *Acoustics Speech and Signal Processing (ICASSP), 2010 IEEE International Conference on*, pp. 2198 - 2201, 2010.



조익성(Ik-Sung Cho)

2003.02 : 한국해양대학교 공학박사
2014.02 : 부산대학교 바이오정보전자공학과 공학박사
2014.03 ~ 현재 : 경운대학교 항공정보통신공학과 조교수
※ 관심분야 : ECG Preprocessing, 부정맥 분류 알고리즘



윤정오(Jeong-oh Yoon)

2002.02 : 경북대학교 전자공학과 공학박사
1997.03 ~ 현재: 경운대학교 항공정보통신공학과 교수
※ 관심분야: DSP, 영상신호처리



권혁송(Hyeog-Soong Kwon)

1995.08: 영남대학교 전자공학과 공학박사
1996.04 ~ 2006.02 : 밀양대학교 정보통신공학과 부교수
2002.02 ~ 2003.02 : 미국 OSU 방문교수
2011.07 ~ 2012.07 : 조지아텍 방문교수
2006.03 ~ 현재 : 부산대학교 IT 응용공학과 정교수
※ 관심분야: 생체신호처리, ECG 특징점 추출, CDMA, 통신시스템