

# DTW 최소누적거리를 이용한 심전도 이상 검출 알고리즘 구현 및 평가

노윤홍<sup>1</sup> · 이영동<sup>2</sup> · 정도운<sup>2,+</sup>

## Implementation and Evaluation of Abnormal ECG Detection Algorithm Using DTW Minimum Accumulation Distance

Yun-Hong Noh<sup>1</sup>, Young-Dong Lee<sup>2</sup>, and Do-Un Jeong<sup>2,+</sup>

### Abstract

Recently the convergence of healthcare technology is used for daily life healthcare monitoring. Cardiac arrhythmia is presented by the state of the heart irregularity. Abnormal heart's electrical signal pathway or heart's tissue disorder could be the cause of cardiac arrhythmia. Fatal arrhythmia could put patient's life at risk. Therefore arrhythmia detection is very important. Previous studies on the detection of arrhythmia in various ECG analysis and classification methods had been carried out. In this paper, an ECG signal processing techniques to detect abnormal ECG based on DTW minimum accumulation distance through the template matching for normalized data and variable threshold method for ECG R-peak detection. Signal processing techniques able to determine the occurrence of normal ECG and abnormal ECG. Abnormal ECG detection algorithm using DTW minimum accumulation distance method is performed using MIT-BIH database for performance evaluation. Experiment result shows the average percentage accuracy of using the propose method for R-peak detection is 99.63 % and abnormal detection is 99.60 %.

**Keywords :** ECG(electrocardiogram), Arrhythmia, DTW(dynamic time warping), Template Matching

### 1. 서론

부정맥은 심장의 박동에서 심실의 각 부분이 무질서하게 빠르고 불규칙적으로 수축함에 따라 심장 내 전기적 신호의 전달 경로나 그 주위 조직의 이상에 의해 발생한다. 부정맥은 크게 심박동수가 느려지는 서맥성 부정맥(brady arrhythmia)과 비정상적으로 빨라지면서 발생하는 빈맥성 부정맥(tachy arrhythmia) 그리고 심박동이 빨라지는 조기 수축(premature contraction) 등으로 분류된다. 이러한 부정맥이 지속적으로 발생될 경우 심장에 혈액 공급이 중단되고 결국 뇌에 산소 공급이 원활하지 못하여 환자의 생명을 위협하게 한다. 따라서 이러한 부정맥을 실시간으로 검출하여 조기발견이 가능한 건강모니터링 시스템에 대한 관심이 극대화되고 있으며, 최근 유비쿼터스 헬스케어를 활용하여 일상생활 중 지속적인 심전도 신호를 모니터링하는 다양한 연구들이 수행되고 있다. 기존 부정맥의

검출을 위한 연구에서는 SVM(Support Vector Machine) 분류기와 웨이블릿을 이용한 심실세동 검출 알고리즘, 웨이블릿과 퍼지-신경망을 통해 추출된 특징들을 오류 역전파 신경망을 적용한 심실세동 검출 알고리즘 등 다양한 심전도 분석 및 이상 심전도 분류방법이 연구되었다[1-8]. 하지만 이러한 연구에서는 부정맥을 검출하기 위하여 심전도의 R-피크를 기준으로 QRS 구간에 대한 정보만을 검출하거나 전체 계측된 심전도 신호를 주파수 변환하여 이상 심전도에 대한 특징점을 검출하기 때문에 QRS 구간 외 이상 심전도에 대한 검출이 어렵다. 따라서 본 연구에서는 일상생활 중 지속적인 심전도 신호를 측정하고 부정맥 조기 발견이 가능한 건강 모니터링 시스템을 개발하고자 하였다. 이를 위하여 부정맥을 검출하기 위한 신호처리 기법으로서 템플릿 매칭을 이용한 데이터정규화, 가변 문턱치 기법을 이용한 심전도 피크검출과 정상심전도와 부정맥이 발생한 심전도의 판별을 위해 DTW 최소누적거리 기법을 활용한 이상 심전도 검출 알고리즘을 구현하고 성능평가를 수행하였다. 본 연구를 통해 심전도의 QRS 구간에 대한 정보 검출뿐만 아니라 R-R 간격 내에 포함되어 있는 ST 절절과 같은 부정맥 검출이 가능하였다.

<sup>1</sup>동서대학교 대학원 유비쿼터스IT (Graduate School of Ubiquitous IT, Dongseo University)

<sup>2</sup>동서대학교 컴퓨터정보공학부 (Division of Computer & Information Engineering, Dongseo University)

<sup>+</sup>Corresponding author: dujeong@dongseo.ac.kr

(Received : Aug. 5, 2011, Revised : Sep. 22, 2011, Accepted : Nov. 28, 2011)

### 2. 신호처리

본 연구에서는 일상생활 중 지속적인 심전도 신호를 측정하고 이로부터 부정맥신호를 검출하여 실시간으로 위험한 상황을 미리 예측 및 조기발견이 가능한 건강모니터링 시스템을 개발하고자 하였다. 이를 위한 심전도 신호로부터 부정맥을 검출하기 위한 신호처리 기법으로서 템플릿 매칭을 이용한 데이터정규화, 가변 문턱치 기법을 이용한 심전도 피크검출 그리고 정상심전도와 부정맥이 발생한 심전도의 판별을 위한 DTW기법 등의 내용을 포함하는 신호처리 기법을 제안하였으며, 전체적인 신호처리 절차를 Fig. 1에 나타내었다.

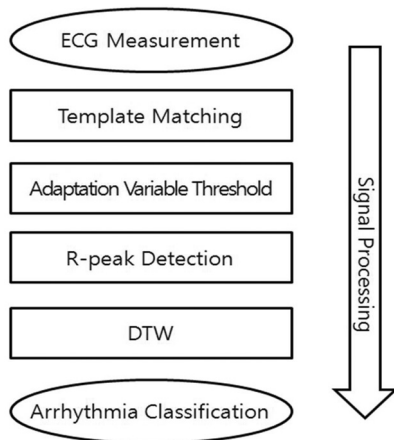


Fig. 1. The block diagram of signal processing.

## 2.1 데이터 정규화

기존 연구에서는 심전도로부터 R피크를 검출하기 위하여 미분을 통한 문턱치를 적용하였다. 하지만 움직임을 동반하는 심전도 계측 시 신호의 크기가 변화하는 경우 문턱치를 적용하기가 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 계측된 심전도로부터 특징추출을 용이하게 수행하도록 템플릿 매칭을 이용한 데이터 정규화 신호처리를 수행하였다. 템플릿 매칭은 주로 물체 위치 추적이나 얼굴 인식 등과 같이 영상처리 분야에서 많이 활용되고 있으며, 검출 또는 추적하고자 하는 물체의 형태에 해당하는 고정 템플릿을 주어진 영상 내에서 이동시키면서, 겹치는 부분의 유사도를 조사하여 그 유사도 값으로 대상의 유·무 및 위치를 판단하는 방법이다[9].

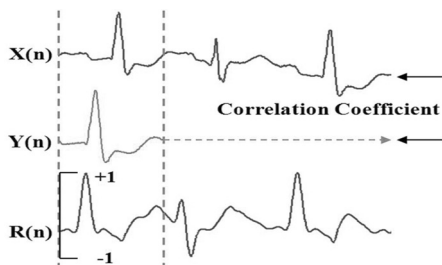


Fig. 2. The template matching method for ECG signal normalization.

본 연구에서는 정상 심전도의 1주기 성분의 템플릿을 추출하고 입력되는 심전도신호에 템플릿 신호를 이동시키면서 -1에서 1까지 범위를 갖는 상관계수를 계산하여 심전도 신호를 정규화하였다. 본 연구에서 적용한 템플릿 매칭을 이용한 심전도 신호 정규화 신호처리 개념을 Fig. 2에 도시하였으며, 상관계수를 계산하기 위한 수식은 다음과 같다.

$$r = \frac{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \{X(n) - \bar{X}\} \{Y(n) - \bar{Y}\}}{\sigma_x \sigma_y} \quad (1)$$

여기서  $X$ 는 입력신호,  $Y$ 는 템플릿 신호,  $\bar{X}$ 와  $\bar{Y}$ 는 각각  $X$ 와  $Y$ 의 평균,  $\sigma_x$ 와  $\sigma_y$ 는 각각  $X$ 와  $Y$ 의 표준편차를 의미한다.

## 2.2 심전도 피크 검출

심전도 신호로부터 R-피크점을 검출하기 위해서 일반적으로 사용하는 신호처리방법은 심전도신호를 미분하여 기저선의 변화 및 R-피크치를 부각시킨 후 문턱치를 적용한 피크검출기법을 사용한다. 본 연구에서는 템플릿 매칭을 이용한 심전도 신호의 정규화 과정에서 기저선 및 잡음성분의 제거가 가능하므로 별도의 미분과정을 수행할 필요성이 없다. 또한 기존의 고정 문턱치 값이 아닌 신호의 특성에 따라 문턱치 값을 가변하여 피크검출을 수행하는 적응 문턱치 기법을 적용함으로써 보다 정확한 R-피크점 검출이 가능하도록 하였다. 본 연구에서 적용한 방법은 측정된 5개의 R-피크에서 최고 값을 제외한 4개의 R-피크 평균의 70%에 해당하는 기준 값을 가변적으로 적용하여 피크치를 검출하도록 하였으며 그 수식은 다음과 같다.

$$V_{th} = \frac{\sum_{t=t-4}^t (Rpeak_t) - Max(Rpeak)}{4} \quad (2)$$

여기서  $Rpeak_t$ 는 검출된 피크의 크기를 의미하며,  $Rpeak$ 는 구간 내에서 검출된 최대 피크를 의미한다.

## 2.3 DTW를 이용한 이상 심전도 검출 기법

심전도로부터 피크검출을 수행 후 정상심전도와 이상 심전도를 판별하기 위하여 DTW기법을 적용하였다. DTW는 Sakoe와 Chiba에 의해서 1978년 처음 소개되었고 동적계획법(dynamic programming)이라는 문제해결 알고리즘을 이용하여 서로 다른 길이를 가진 벡터 열에 대한 간단한 패턴 매칭 알고리즘이다[10]. 여기서 동적계획법은 해결하고자 하는 큰 문제를 독립된 작은 문제로

나는 다음 이 작은 문제들 사이의 반복되는 관계 점화식을 찾아내어 순환적으로 큰 문제를 해결하는 알고리즘이다. 이와 같은 동적 계획법을 통해 시간 축을 비선형 신축으로 정합시키면서 유사도 거리를 구하는 방법이다. 본 연구에서는 DTW를 적용하기 위하여 먼저 정상 심전도 신호의 R-R간격인  $T$  와 입력 심전도 신호의 R-R간격인  $C$  사이의 최소 누적 거리를 계산하고 동적 프로그래밍을 통해 최적 경로를 탐색하여 두 신호 사이의 유사도 거리를 계산하였다. 기준이 되는 심전도 신호  $T$  와 입력되는 심전도 신호  $C$ 는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$T = \{t(n), 1 < n < N\} \tag{3}$$

$$C = \{c(m), 1 < m < M\} \tag{4}$$

두 심전도 신호는 각각의 시간 축으로 매핑하여 시간차이를 확인할 수 있으며, 수식 (5)와 같이 포인트 간의 기하학적 거리 (euclidean distance)를 계산하여 거리함수  $d$  를 구한다. 이러한 거리함수  $d$  가 주어지면, 최적의 경로를 결정하기 위하여 수식 (6)과 같이 동적프로그래밍을 통해 최소 누적 거리를 결정한다.

$$d(n, m) = \|c(m) - t(n)\|^2 \tag{5}$$

$$D(n, m) = d(n, m) + \min \begin{cases} (n-1, m-1) \\ (n-1, m) \\ (n, m-1) \end{cases} \tag{6}$$

시간 축이 다른 기준 R-R 구간 신호와 입력 심전도 신호의 R-R 구간 신호의 기하학적 거리를 계산하여 최소 거리를 갖는 포인트 간의 연결을 나타내는 개념도를 Fig. 3의 (a)에 나타내었으며, 상기에 기술한 수식을 이용하여 거리함수  $d$  에서 동적 프로그래밍을 통해 계산되어진 최소 누적 거리  $D$  의 최적 경로 탐색 일례를 Fig. 3의 (b)에 도시하였다.

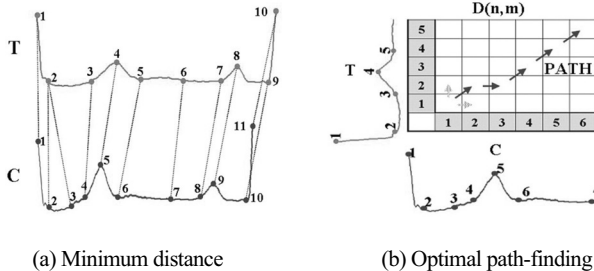


Fig. 3. Example of DTW for abnormal ECG detection.

상기에 기술한 DTW를 실제 정상 심전도와 이상 심전도에 적용한 일례를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4를 살펴보면 정상 심전도에서는 시간 축 상에서 최적 경로가 선형으로 나타난다. 하지만 이상

심전도에서는 시간 축 상에서 최적경로가 비선형적이고, 이때 최소 누적 거리가 높게 나타난다. 따라서 DTW를 이용하여 정상 심전도와 이상 심전도의 판별이 가능하다. 또한 R-R간격을 기준으로 정상과 비정상 판단하기 때문에 QRS 구간뿐만 아니라 그 외 P, T 파의 이상 유무도 판단이 가능한 장점이 있으며, 최적경로의 왜곡 위치에 따른 이상 유무 위치도 판단이 가능하다.

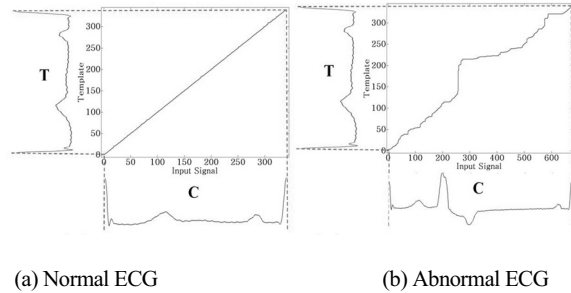


Fig. 4. Example of DTW of normal and abnormal ECG.

### 3. 실험 및 결과

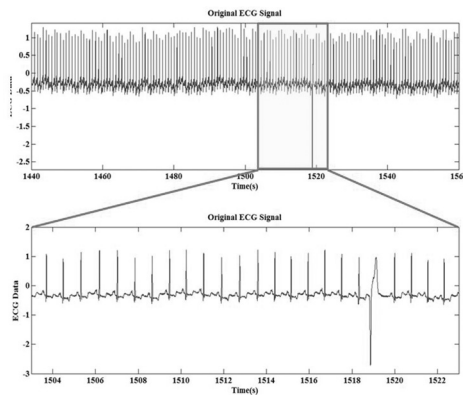
#### 3.1 MIT/BIH 부정맥 데이터베이스

MIT/BIH 부정맥 데이터베이스[11]는 48명 환자의 두 채널 심전도 데이터로서, 이들 기록은 환자 별로 30분 정도의 데이터를 가지고 있으며 총 234개의 레코드로 구성되어 있다. 이 기록들 중 23개 기록은 입원환자(약 60%)와 외래환자(약 40%) 4,000명으로부터 임의로 선택된 것이며, 나머지 25개 기록은 위 환자 중 임상적으로 중요한 부정맥이 있는 환자기록이 선택된 것이다. MIT/BIH 부정맥 데이터베이스는 0.1 Hz ~ 100 Hz band-pass 필터링한 신호를 11 bit와 360 Hz로 샘플링 한 것으로서 심장박동은 15개 타입으로 나뉘어 있고, 각 기록 안에는 심장박동에 따른 타입과 기준점의 시간에 대한 정보가 주석 안에 포함되어 있다. Association for the Advancement of Medical Instrumentation(AAMI) 권고에 따라 48개 기록들 중 심장박동 조절기에 의한 데이터가 포함된 4개 기록은 삭제하여 44개 기록을 포함되어있다. 본 연구에서는 심전도 신호에서 이상 심전도를 검출하기 위하여 이와 같은 MIT/BIH 부정맥 데이터베이스를 이용하여 알고리즘의 성능을 평가하였다.

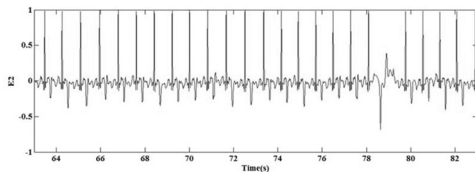
#### 3.2 데이터 정규화 결과

본 연구에서는 정상심전도와 부정맥 신호의 구분을 위하여 심전도 신호의 정규화, 피크검출 그리고 DTW를 이용한 이상 심전도 판별 과정을 수행하였다. 먼저 잡음을 포함하는 심전도신호로부터 특징점 검출이 용이하도록 심전도 데이터 정규화 과정을 수행하였다. Fig. 5

의 (a)는 원 심전도 신호인 MIT/BIH 부정맥 데이터베이스 100 레코드 신호이고, Fig. 5 (b)는 템플릿 매칭을 통해 심전도 데이터를 정규화한 결과이다. 실험결과에서 살펴볼 수 있듯이 템플릿 매칭을 통해 참조신호와 상관관계가 높으면 1에 근접하는 정규화 된 신호로 재구성되며, 재구성된 신호를 이용하면 심전도의 R-피크 검출을 보다 정확하게 수행할 수 있으며, 신호의 크기를 정규화 할 수 있다.



(a) Original ECG signal



(b) Result of template matching

Fig. 5. Result of MIT/BIH arrhythmia database record 100 ECG signal normalization using template matching.

### 3.3 심전도 피크 검출 결과

본 연구에서는 템플릿 매칭을 통해 정규화된 신호에서 기존 고정적인 문턱치가 아닌 가변적인 기준 값을 적용하여 보다 정확한 R피크 점을 검출하고자 하였다. 템플릿 매칭을 통해 정규화 된 신호로부터 가변 문턱치 값을 적용하여 R-피크를 검출하였으며, 그 결과를 Fig. 6에 나타내었다.

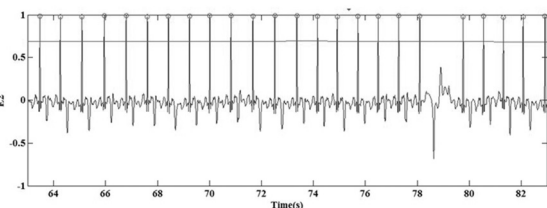
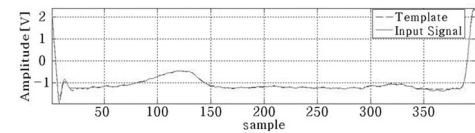
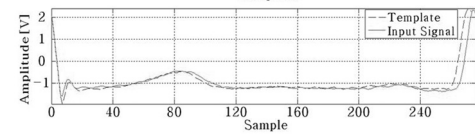
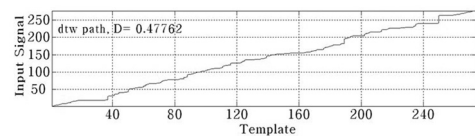


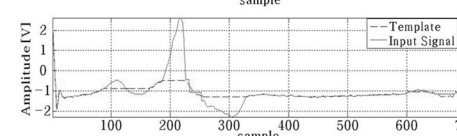
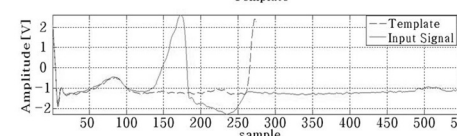
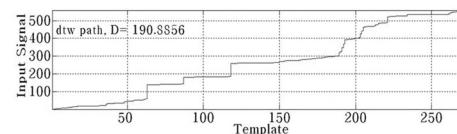
Fig. 6. Result of peak detection using variable threshold in MIT/BIH arrhythmia database 100 record.

### 3.4 DTW를 이용한 이상 심전도 검출 결과

이상 심전도를 검출하기 위하여 심전도 신호의 R-피크를 검출 후 두 신호의 R-R 구간을 DTW를 적용하여 최소누적거리를 계산하였다. 최소누적거리가 작을수록 두 심전도는 매우 유사한 것으로 판별할 수 있다. 정상심전도로부터 추출한 R-R구간을 템플릿하여 정상심전도와 이상 심전도에 DTW를 적용한 결과를 Fig. 7에 나타내었다.



(a) Normal ECG



(b) Abnormal ECG

Fig. 7. Result of similarity comparison.

Fig. 7을 살펴보면 정상심전도의 경우 템플릿 신호와 입력된 신호가 유사함에 따라 DTW를 적용한 최소누적거리가 0.47762로 나타났으며, 이상 심전도의 경우 템플릿 신호와 입력신호가 패턴 모양과 데이터 길이가 상이함에 따라 DTW를 통한 최소누적거리가 190.8856으로 나타났다. 실험결과 DTW 기법을 적용하여 템플릿 심전도와 입력 심전도 신호 사이의 유사도를 판단하면 형태적으로 이상이 있는 부정맥의 판별이 가능함을 확인할 수 있다. 본 연구에서 제한한 DTW 를 이용한 이상 심전도 검출 알고리즘의 성능평가를 수행하기 위해 MIT/BIH 부정맥 데이터베이스 100 레코드를 이

용하였다. 먼저 MIT/BIH 부정맥 데이터베이스 100 레코드의 2분 동안 심전도 데이터에 템플릿매칭을 적용한 데이터정규화, 가변 문턱치를 이용한 피크검출, DTW를 이용한 이상 심전도 검출 등의 절차를 수행한 결과를 Fig. 8에 나타내었다.

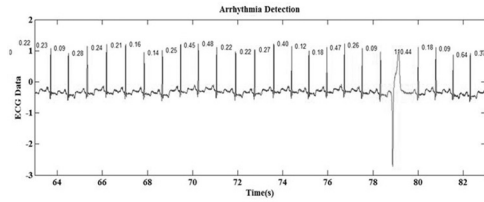


Fig. 8. Result of abnormal ECG detection using DTW in MIT/BIH arrhythmia database 100 record.

실험결과를 살펴보면 부정맥이 발생한 구간에서는 최소누적거리가 크게 나타남으로써, 이상 심전도 검출이 가능함을 확인할 수 있다. 또한 정상 및 이상 심전도에 대하여 DTW를 이용한 동적프로그래밍에 의한 최소 누적거리를 계산한 결과를 Fig. 9에 나타내었다.

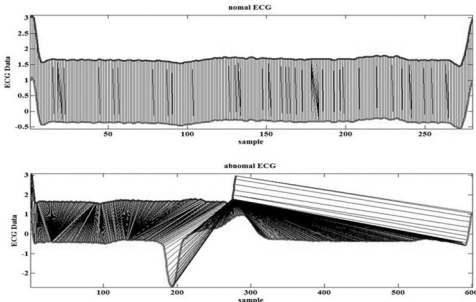


Fig. 9. Result of minimum accumulation distance using dynamic programming in MIT/BIH arrhythmia database 100 record.

### 3.5 성능평가

본 연구에서 제안한 DTW 를 이용한 이상 심전도 검출 성능을 객관적으로 평가하기 위하여 MIT/BIH 부정맥 데이터베이스 중 384 개의 심박동수와 11개의 부정맥을 포함하고 있는 116 레코드를 이용하였다. MIT/BIH 부정맥 데이터베이스 116 레코드의 5분 동안 심전도 데이터에 템플릿매칭을 적용한 데이터정규화, 가변 문턱치를 이용한 피크검출, DTW를 이용한 이상 심전도 검출의 절차를 수행한 결과를 Fig. 10에 나타내었다.

Fig. 10에서 ① ~ ⑤는 레코드에서 부정맥이 발생한 구간으로서 Fig. 11에 이상 심전도를 검출한 결과를 도시하였다. 실험결과를 살펴보면 부정맥이 발생한 구간에서는 최소누적거리가 크게 나타났으며, 100 %의 검출 성능을 보였다.

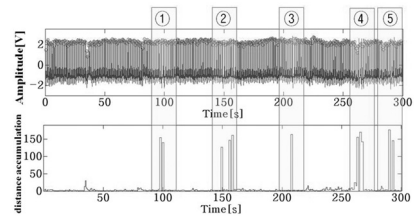
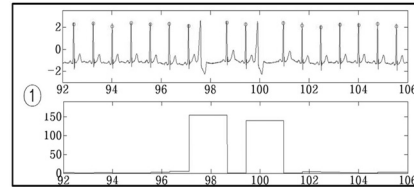
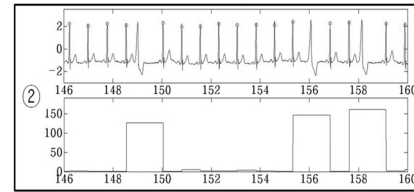


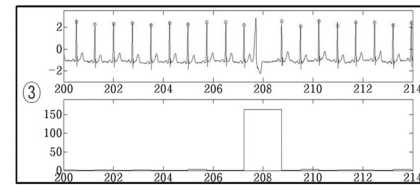
Fig. 10. ECG signal in MIT/BIH arrhythmia database 116 record.



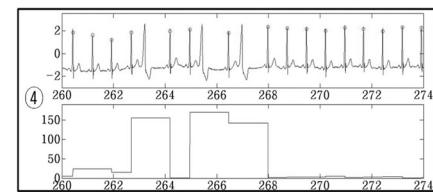
(a) Result of abnormal ECG detection in ① section



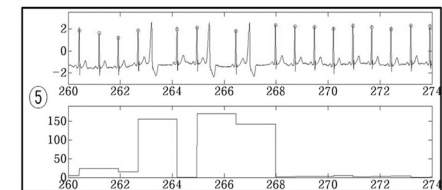
(b) Result of abnormal ECG detection in ② section



(c) Result of abnormal ECG detection in ③ section



(d) Result of abnormal ECG detection in ④ section



(e) Result of abnormal ECG detection in ⑤ section

Fig. 11. Result of abnormal ECG detection in MIT/BIH arrhythmia database 116 record.

본 연구에서 제안한 심전도 신호처리 알고리즘의 종합적인 성능을 평가하기 위하여 360 Hz로 샘플링 된 MIT/BIH 부정맥 데이터베이스 중 다양한 부정맥이 포함되어 있는 7개 레코드를 사용하여 심박동 및 이상 심전도 검출 실험을 수행하였으며, 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 실험결과를 살펴보면 각각의 레코드로부터 심박동 수 검출 성공률은 99.63 %, 이상 심전도 검출은 99.60 %로 우수한 성능을 보였다.

Table 1. Result of ECG peak and abnormality detection

MIT /BIH Record	MIT/BIH		Our Method		Peak Detection Accuracy (%)	Abnormal Detection Accuracy (%)
	Peak	Arrhythmia	Peak	Abnormal		
105	405	12	404	12	99.75	100.00
109	425	6	425	5	100.00	99.76
116	384	11	383	11	99.74	100.00
119	246	80	245	79	99.59	99.59
202	261	4	259	5	99.24	99.62
214	339	44	338	41	99.71	99.12
221	327	80	325	77	99.39	99.09
Average					99.63	99.60

## 5. 결론

본 연구에서는 심전도 신호로부터 부정맥을 검출하기 위하여 DTW를 이용하여 이상 심전도 파형을 검출하고자 하였다. 이를 위하여 템플릿 매칭을 이용한 데이터정규화, 가변 문턱치 기법을 이용한 심전도 피크검출 그리고 부정맥판별을 위한 DTW기법 등을 포함하는 신호처리 기법을 제안하고 그 성능평가를 수행하였다. 그 결과 심박동 검출은 99.63 %, 이상 심전도 검출은 99.60 %의 검출 성공률을 보였으며, 이는 본 연구에서 제안한 가변 문턱치를 이용한 피크검출 및 DTW를 이용한 부정맥 검출 알고리즘의 유용성을 보여준다. 향후 연구에서는 다양한 부정맥 검출알고리즘과의 비교평가 및 제한적인 시스템상에 임베디드하여 이상 심전도 검출 성능을 평가하기 위한 연구를 수행할 계획이다. 또한 향상된 계측 기법 및 신호처리 기법에 대한 지속적인 연구를 추진하고자 한다.

## 감사의 글

지식경제부, 부산광역시에서 지원하는 동서대학교 유비쿼터스 어플라이언스 지역혁신센터(과제번호. B0008352) 및 2011년도 정

부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2011-0004910)

## REFERENCES

- [1] M. H. Song, H. D. Park, K. J. Lee, and K. L. Park, "A Study on the detection of the ventricular fibrillation based on wavelet transform and artificial neural network", *KIEE*, vol. 53, no. 11, 2004.
- [2] S. W. Shin, K. S. Kim, J. W. Lee, K. H. Lee, and D. J. Kim, "Noise reduction and estimating the similarity of ambulatory ECG signals", *KIEE*, vol. 57, no. 3, 2008.
- [3] M. H. Song, J. Lee, S. P. Cho, and K. J. Lee, "SVM classifier for the detection of ventricular fibrillation", *IEEK*, vol. 42, no. 5, 2005.
- [4] A. C. Douglas and M. S. Richard, "An approach to cardiac arrhythmia analysis using hidden Markov models", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 37, no. 9, pp. 826-836, 1990.
- [5] A. Pachauri and M. Bhuyan, "Wavelet and energy based approach for PVC detection", *International Conference on Emerging Trends in Electronic and Photonic Devices and Systems*, pp. 258-261, 2009.
- [6] S. R. R. Alfredo, E. C. Paraiso, and C. A. A. Kaestner, "Automatic detection of arrhythmias using wavelets and self-organized artificial", *International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, pp. 648-653, 2009.
- [7] J. A. Nasiri, M. Sabzekar, H. S. Yazdi, M. Naghibzadeh, and B. Naghibzadeh, "Intelligent arrhythmia detection using genetic algorithm and emphatic SVM(ESVM)", *UK Sim European Symposium on Computer Modeling and Simulation*, pp. 112-117, 2009.
- [8] N. Srinivasan, M. T. Wong, and S. M. Krishnan, "A new phase space analysis algorithm for cardiac arrhythmia detection", *International Conference of the IEEE EMBS*, pp. 17-21, 2003.
- [9] J. S. Bae and T. L. Song, "Image tracking algorithm using template matching and PSNF-m", *International Journal of Control Automation and Systems*, vol. 6, no. 3, pp. 413-423, 2008.
- [10] H. Sakoe and S. Chiba, "Dynamic programming

algorithm optimization for spoken word recognition”, *IEEE Trans. on ASSP*, vol. 26, no. 1, pp. 43-49, 1978.

[11] <http://www.physionet.org/physiobank/database/mitdb/>



노 윤 홍(Yun-Hong Noh)

- 2008년 2월 동서대학교 정보네트워크과 (공학사)
- 2010년 2월 동서대학교 유비쿼터스 IT 학과(공학석사)
- 2010년 3월~현재 동서대학교 유비쿼터스 IT 학과 박사과정
- 주관심 분야 : 생체계측시스템, 생체신호처리



이 영 동(Young-Dong Lee)

- 2004년 동서대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2006년 동서대학교 컴퓨터네트워크학과업(공학석사)
- 2010년 University of Oulu 전기정보공학과(공학박사)
- 2009년~현재 동서대학교 BK21 u-헬스케어사업팀 연구교수
- 주관심 분야 : 유비쿼터스 헬스케어, 무선센서네트워크.



정 도 윤(Do-Un Jeong)

- 2000년 2월 동서대학교 전자공학과(공학사)
- 2002년 2월 부산대학교 대학원 의공학협동과정(공학석사)
- 2005년 8월 부산대학교 대학원 의공학협동과정(공학박사)
- 2005년 3월~현재 동서대학교 컴퓨터정보공학부 조교수
- 주관심 분야 : 생체계측시스템, 생체신호처리, 유비쿼터스 헬스케어