1991年度 大韓醫用生體工學 春季 學術大會 論文集 91/5

개선된 특성점 검출 기법에 의한 QRS 패턴해석

연세대학교 전기공학과

*

황 선 철, 이 병 채, 남 승 우, 이 명 호

A QRS pattern analysis algorithm by improved significant point extraction method

Dept. of Electrical Engineering, Yonsei Univ.

Seoncheol Hwang, Byungchae Lee, Seungwoo Nam, Myoungho Lee

ABSTRACT

This paper describes an algorithm of pattern analysis of ECG signals by significant points extraction method. The significant points can be extracted by modified zerocrossing method, which method determines the real significant point among the significant point candidates by zerocrossing method and slope rate of left side and right side.

This modified zerocrossing method improves the accuracy of detection of real significant point position. This paper also describes the pattern matching algorithm by a hierarchical AND/OR graph of ECG signals. The decomposition of ECG signals by a hierarchical AND/OR graph can make the pattern matching process easy and fast. Furthermore the pattern matching to the significant points reduces the processing time of ECG analysis.

1. 서 론

신호처리 기법의 발달은 심전도 자동진단을 가능케 하였다. 자동진단에 쓰이는 신호처리에는 크게 data acquisition, noise filtering, 특성점 추출, 패턴인식에 의한 파형 결정, 리듬분석 및 진단을 위한 전문가 시스템이 있다. 이중 data acquisition과 filtering 등은 이미 높은 수준의 발전을 이루고 있다.

특성점 추출은 여러가지 방법이 있으나 곡률을 이용한 방법과 zerocrossing을 이용한 방법이 있다.

곡률 이용은 noise 혼입의 경우와 P파와 같이 작은 파형에서는 어려움을 갖고 있는 반면, zerocrossing 방법은 derivative식이 noise제거 효과를 갖고 있어서 특성점의 검출은 상당히 뛰어나서 특히 P파의 경우 검출이 용이하다. 그러나 zerocrossing 검출법은 정확한 위치에서 다소 벗어나는 단점이 있다. 이는 특성점 근처에 잡음이 위치하는 경우인데 이런 경우를 보완하기 위해 변곡비를 이용하게 된다. 이렇게 검출된 특성점은 그 점의 형태에 따라 onset, peak, offset 점으로 분류된다. 이들 각 점은 AND/OR 계층도에 따라 패턴매칭이 수행되며 각 파형별로 분류된다. 패턴매칭은 관계상관식에 의해 수행되는데 적합성을 측정하기 위해 수치, 심볼 등으로 제한조건을 주었다. 본 논문에서는 보완된 zerocrossing에 의한 특성점 추출과 특성점형태 결정 및 이들 점을 기준으로 한 패턴매칭에 의한 심전도 파형인식에 대해 논하기로 한다.

2. 특성점 추출

2-1 특성점 후보 결정

모든 파형의 특징점에는 onset point, offset point, peak point, valley point 및 변곡점등이 있다. 이들 특징점은 입력신호의 미분을 통해 얻을 수 있다. 미분신호를 이용하여 zerocrossing 되는 점을 모두 추출한다. 즉 미분이 양(positive)에서 음(negative)이나 그 반대로 변하는 점을 각각 peak와 valley의 onset점이라 한다. 또한 미분이 zero로 유지되다가 변화되면 peak및 valley의 onset점이 된다. 같은 원리로 미분이 양이나 음에서 zero로 되어 계속 유지된다면 그점은 offset점이 된다.

본 알고리즘에서 미분을 위한 식은 9-point derivative 식을 이용하며 이 식은 고주파 잡음을 제거하는 특성이 있다. 이렇게 구해진 후보 특징점들 중에는 잡음성분에 의해 발생된 점이거나 또 그 점이 실제점보다 약간 빗나간 위치에 존재하는 경우가 발생된다. 그러므로 이들 점을 중심으로 좌우 일정 영역내에서 실제 점을 결정하기 위한 단계가 필요하다. 즉, 임의의 점을 i라 할때, 범위 i-rg ≤ i ≤ i+rg 에서 LEFT_SLOPE와 RIGHT_SLOPE를 구하여 RIGHT_SLOPE/LEFT_SLOPE을 구하여 구간내에서 최대가 되며 baseline level 과 동일한 점을 onset 또는 offset 점으로 결정한다. peak나 valley도 그점에서의 크기가 baseline level이 되면, 즉 그 점에서의 amplitude 가 작으면 잡음으로 인정하여 제거한다. 이렇게 해서 특성점 후보들을 결정한다.

를 정의하고, 다음 단계 관계 스펙트럼은 후보의 각 특징에 대한 관계 스펙트럼 리스트를 구성하는 것이며 마지막 단계 관계상관식은 프로토타입 모델과 후보 모델의 관계 스펙트럼과의 상관을 나타내는 것이다. 패턴매칭은 이 과정을 거쳐 수행된다.

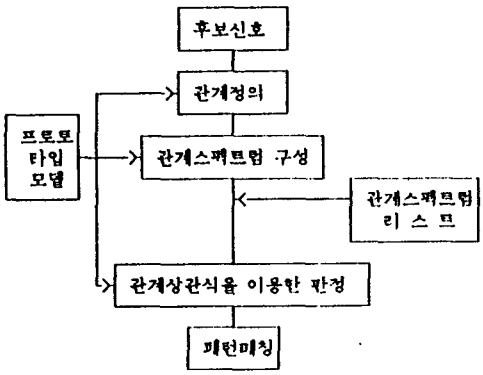

그림 4 관계상관식을 이용한 패턴매칭 블럭선도
Fig.4 Block diagram of pattern matching using relation correlation

4. 결과고찰

4-1 특성점 검출

본 논문에서는 제시된 알고리즘을 이용하여 심전도 신호의 특성점 검출과 패턴분류를 위하여 CSE 환자 데이타와 원주 기독병원에서 취한 환자데이타를 사용하였다. CSE 데이타는 12 bit 500 samples/sec로 A/D 변환한 250명분의 데이타이고 원주 기독병원 데이타는 12 bit 240 samples/sec로 A/D한 50명분의 데이타였다. 특성점 검출에 있어서 기존의 zerocrossing 단일 방법을 이용한것 보다 변곡률을 복합시킨것이 더욱 정확히 특성점을 검출하였다. 이 방법을 이용하면, 기존의 방식이 특성점 존재 검출은 뛰어나지만 정확한 위치 검출의 정확도가 떨어졌던 점을 보완할 수 있었으며 검출된 특성점은 그림 5와 같다.

4-2 패턴분류

본 알고리즘을 적용하여 QRS-complex에 대해 패턴을 분류해 보면 다음의 표 1에서와 같이 6개의 패턴으로 분류할 수 있었다.

표 1 QRS-complex의 특성점 분포 및 형태별 특성
Table 1 The distribution of significant points of each QRS types

	특성점 분포	Q파	R파	S파	R'파
QRS-W (qRs형)	ON-V-P-V-OFF	du	ud	du	-
QRS-INV(qR형)	ON-V-P-OFF	du	ud	-	-
QRS-N (Rs형)	ON-P-V-OFF	-	ud	du	-
QRS-V (R 형)	ON-P-OFF	-	ud	-	-
QRS-M (rSr'형)	ON-P-V-P-OFF	-	ud	du	ud
QS-V (QS형)	ON-V-OFF	-	du	-	-

ON: onset point OFF: offset point
V : valley P : peak
u : up d : down

각 파의 검출은 매우 높은 검출율을 기록하였다. QRS의 경우도 qRs, qR, Rs, Rsr', QS type 등 모든 가능한 경우를 모두 찾아낼 수 있었다. 각 파형은 가능한 경우의 형태로 grouping 되므로 어떤 비정상파형이 몇가지 발생했는가가 검출될 수 있게 되었다. 또한 본 알고리즘은 템플레이트가 고정되어 있는 것이 아니라 동형파 끼리 grouping 하고 최다 발생한 파형을 주 파형으로 인식하도록 하여 인식의 유연성을 높였다.

그림 5는 특성점 후보들을 나타낸 결과이다.

그림 6은 패턴분류된 결과인데 (a)는 단일 템플레이트만이 검출된 결과로서 이에따른 검출파들의 위치 및 각 파의 파라미터들이 나타나 있다. (b)는 QRS-INV와 QRS-V의 두가지 템플레이트가 검출된 결과로서 각 템플레이트에 따른 검출파의 위치 및 파라미터들이 나타나 있다.

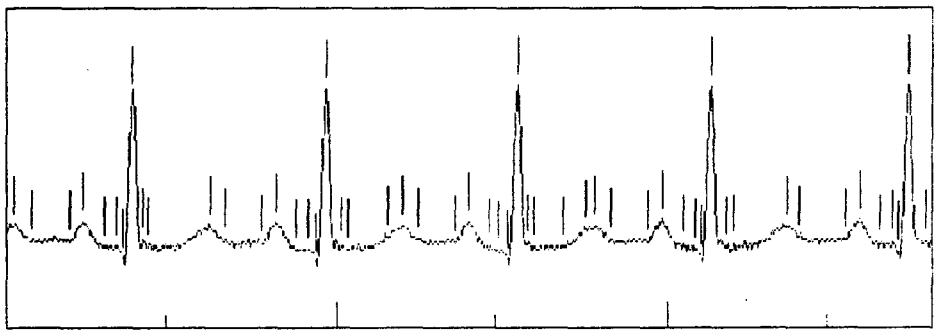

그림 5 검출된 특성점 후보
Fig.5 Extracted significant point candidates

↑ SPi : sgnificant point candidate

*real SP

$$\frac{RIGHT\_SLOPE}{LEFT\_SLOPE}(SPi) \ll \frac{RIGHT\_SLOPE}{LEFT\_SLOPE}(real\ SP)$$

그림 1 특성점 후보와 실제 특성점의 변곡비

Fig.1 The slope rate of the significant point candidate and real SP

2-2 특성점의 속성값 계산

각 특성점에 대한 속성을 계산하기 위하여 특성점간의 slope를 구하여 특성점 좌측을 slop[i], 우측을 slop[i+1]라 하고 다음과 같이 속성값을 구하였다.

```
IF(|slop[i]| < TH && slop[i+1] > TH )
   THEN p[i].attri = "hu"
IF(|slop[i]| < TH && slop[i+1] <-TH )
   THEN p[i].attri = "hd"
IF( slop[i]  > TH && slop[i+1] <-TH )
   THEN p[i].attri = "ud"
IF( slop[i]  <-TH && slop[i+1] > TH )
   THEN p[i].attri = "du"
IF(|slop[i]| <-TH && |slop[i+1]| < TH )
   THEN p[i].attri = "dh"
IF(|slop[i]| > TH && |slop[i+1]| < TH )
   THEN p[i].attri = "uh"
```

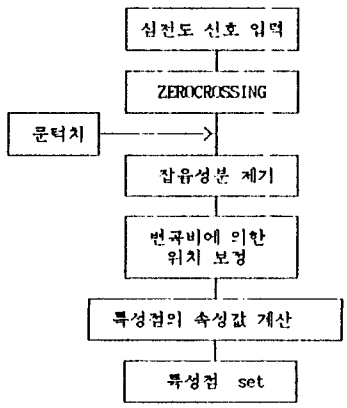

그림 2 특성점 검출 알고리즘의 블럭선도

Fig.2 Block diagram of significant point extraction

3. 심전도 파형의 표현

3-1 AND/OR 계층도

심전도 파형을 AND/OR 계층도로 표현한다. 즉 모든 파형은 onset point 1개와 peak point (valley point) 1개 이상 및 offset point 1개로 이루어지는데 이들 각각은 동시에 존재하므로 AND로 연결된다. 그러나 P, QRS, T등은, 예컨데 P파의 경우 다중 발생하거나 전혀 발생하지 않는등 그 유무 및 갯수가 결정되어있지 못하다. 그러므로 QRS와 P파 및 T파는 OR 관계로 연결된다. 또한 QRS complex의 경우도 몇가지 형태가 있을 수 있으므로 가능한 여러 경우의 수가 OR 관계로 연결되어진다. 그래서 심전도 파형은 가능한 모든 경우의 형태들의 AND/OR 계층도로서 나타낼 수 있다. 또한 이들 모두는 고유의 기준을 갖게하여 입력파형에 대한 비교기준이 되는것이다.

즉 입력파형을 그림 3에서 나타낸 AND/OR계층도로 표현된 knowledge base와 매칭을 수행하여 파형을 분류할 수 있다.

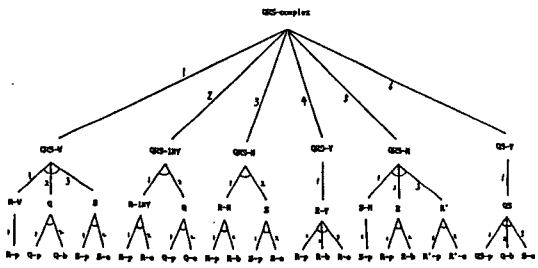

그림 3 QRS의 형태와 QRS의 AND/OR 계층도

Fig.3 Morphology and hierarchical graph of QRS

3-2 패턴매칭

peak점을 중심으로 하여 모든 후보파형에 대해 패턴매칭을 실시한다. 이때 후보파형과 AND/OR 계층도의 파형간의 매칭이 일어나며 최소한의 duration과 amplitude 범위를 넘는 모든 파형이 검출된다. 또한 특징점의 수, amplitude, duration 및 특징점의 trend에 따라 부과되는 판정값을 달리하여 총 판정값의 합이 일정 문턱치를 넘는 파를 검출파로 결정한다. matching priority는 정상파형이 가장 높아서 우선적으로 매칭이 된다. 검출된 후보파형들은 각기 classification 을 거쳐 주요 파형과 소수 파형들로 분류되고 각 형태에 따라 파형의 고유 코드가 첨가되어 그 파가 정상인지 아니면 어떤 형태인지 일목요연하게 구별할 수 있게 되며 각 코드에 따라 어느 파가 그 코드에 속하는 가도 알 수 있게 된다.

패턴매칭 알고리즘은 그림 4와 같이 세 과정으로 나눌수 있다. 첫단계, 관계정의에서는 후보 파형에 존재하는 관계

5. 결 론

심전도 파형의 패턴매칭에 있어서 가장 중요한 것은 특성점의 추출이다. 본 알고리즘에서는 기존의 zerocrossing에 의해 검출된 특성점 후보에서 가장 특성점에 가까운 점을 특성점으로 인식, 검출하였다. 이 경우 기존의 방법보다 더욱 정확한 특성점의 위치를 결정할 수 있었다. 또한 파형의 검출 및 분류에 있어서 계층화된 AND/OR 계층도를 이용하여 빠른 시간내에 정확한 파형 분류를 가능하게 하였다. 이들 분류는 파형의 형태에 따른 병명 진단에 큰 도움이 되었다. 이런 심전도 파형의 각 파라미터 별 정확한 검출은 형태분류 및 리듬 분석을 가능하게 할 수 있었다.

6. 참고문헌

1. Josef Wartak, M.D.,B.Sc., "Computers in Electrocardiograph," 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, pp. 125-132, 1976.

3. Ho-Soo Lee, N.V. Thakor, "ECG Waveform Analysis by Significant Point Extraction," Computer and Biomedical Research, Vol.20, pp.428 - 442, 1987.

4. F. Gritzali, G. Papakontantinov, "Detection of P and T waves in an ECG," Computer and Biomedical Research, Vol.22, pp. 83-91, 1989.

5. E. Skodalakis, "Syntactic ECG processing: A review," Pattern Recognition, Vol.19, No.4, pp.305-313, 1986.

6. P. Trahanias and E. Skordalakis, "Syntactic Pattern Recognition of the ECG," IEEE Trans. on PAMI, Vol.12, No.7, 1990.

7. Nilsson, N.J., "Principles of Artificial Intelligence," Tioga Publishing Co., 1980.

8. Rosenfeld, A. and Johnson, E., "Angle detection on digital curves," IEEE Trans. computers, vol.c-22, pp.875-878, 1973.

9. 김재희, 인공지능의 기법과 응용, 교학사, 1988.


```
Q_dur=9  Q_amp=-230   R_dur=15  R_amp=1191   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=-94
Q_dur=7  Q_amp=-264   R_dur=15  R_amp=1307   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=-66
Q_dur=7  Q_amp=-213   R_dur=17  R_amp=1261   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=-53
Q_dur=8  Q_amp=-213   R_dur=19  R_amp=1226   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=-40
Q_dur=8  Q_amp=-188   R_dur=15  R_amp=1113   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=-36
Q_dur=7  Q_amp=-163   R_dur=15  R_amp=1117   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=-1
Q_dur=9  Q_amp=-213   R_dur=16  R_amp=1174   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=-21
Q_dur=9  Q_amp=-129   R_dur=15  R_amp=1182   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=59
Q_dur=6  Q_amp=-12   R_dur=16  R_amp=1187   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=115
Q_dur=8  Q_amp=20   R_dur=15  R_amp=1092   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=139


*****************************************************************
   template                                  charateristic
*****************************************************************
  template1                                wave type:    hdudh
                                           duration :    24
                                           amplitude:   1334
                                           no of points:  4
*****************************************************************


*******************************************************************
  template                  candidate            classification
*******************************************************************
template1          P[1].position: 97             QRS_INV
                   P[2].position:243
                   P[3].position:388
                   P[4].position:534
                   P[5].position:683
                   P[6].position:833
                   P[7].position:981
                   P[8].position:1129
                   P[9].position:1279
                   P[10].position:1431
*******************************************************************
RR_interval = 0.592889 (sec)    Heart-rate=  101
```

(a) 단일 검출된 결과

그림 6 패턴분류 결과

Fig.6 The result of pattern analysis

```
Q_dur=8  Q_amp=-311   R_dur=12  R_amp=1261   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=-185
Q_dur=7  Q_amp=-342   R_dur=16  R_amp=1331   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=-192
Q_dur=6  Q_amp=-324   R_dur=12  R_amp=1358   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=-188
Q_dur=7  Q_amp=-300   R_dur=16  R_amp=1339   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=-182
Q_dur=7  Q_amp=-265   R_dur=16  R_amp=1315   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=-146
Q_dur=7  Q_amp=-213   R_dur=12  R_amp=1284   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=-90
Q_dur=7  Q_amp=-221   R_dur=16  R_amp=1311   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=-73
Q_dur=6  Q_amp=-162   R_dur=12  R_amp=1316   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=-38
Q_dur=7  Q_amp=-123   R_dur=12  R_amp=1322   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=-16
Q_dur=0  Q_amp=0   R_dur=14  R_amp=1402   S_dur=0  S_amp=0   ST_seg=18
```

```
*********************************************************************
   template                              charateristic
*********************************************************************
  template1                            wave type:    hdudh
                                       duration :    20
                                       amplitude:    1357
                                       no of points:  4
---------------------------------------------------------------------
  template2                            wave type:    hudh
                                       duration :    14
                                       amplitude:    1402
                                       no of points:  3
*********************************************************************
```

```
*********************************************************************
  template                candidate            classification
*********************************************************************
template1          P[1].position: 96            QRS_INV
                   P[2].position:243
                   P[3].position:388
                   P[4].position:534
                   P[5].position:683
                   P[6].position:832
                   P[7].position:981
                   P[8].position:1129
                   P[9].position:1279
---------------------------------------------------------------------
template2          P[10].position:1430            QRS_V
*********************************************************************
RR_interval = 0.592889 (sec)    Heart-rate=  101
```

(b) 다중 검출된 결과

그림 6 패턴분류 결과
Fig.6 The result of pattern analysis