

마이크로 프로세서에 의한 QRS complex 추출용 디지털 필터

A Digital Filter for the QRS Complex
Detection based on Microprocessor
-preliminary-

신 권 수*	연세 대학교
이 경 중	연세 대학교
이 명 호	연세 대학교

컴퓨터를 이용하여 ECG 모니터 시스템에서 QRS complex 를 추출하는 것이 가장 중요한 부분을 차지하고 있으나 과거의 많은 방법들은 QRS complex 를 추출하는 데 다음과 같은 단점을 지니고 있다. 즉, QRS complex 에 비하여 상대적으로 작은 크기를 갖는 심실외 전위(ectopic) 박동을 검출하지 못했고 QRS complex 의 기저선(base line)이 갑자기 고관을 일으켰을 때는 정확한 판단을 할 수 없었다. 또 서로 다른 크기를 갖는 QRS complex 와 우발적 또는 병적으로 발생된 큰 크기를 갖는 T파가 동시에 존재하는 경우에 이 둘을 식별하기 위한 기준을 설정하기란 어렵다. 더욱이 과거의 방법에서는 동시에 3개의 리드를 통해 ECG 파형을 기록한 후 QRS complex 를 검출하기 위해 공간 속도(spatial velocity)를 계산했다. 그러나 환자용 모니터 시스템에서는 가능한 한 소수의 리드를 사용하는 것이 바람직하다.

그러므로 본 논문에서는 과거에 사용했던 방법들의 단점을 개선하기 위한 방법으로서 단 한가지의 리드 시스템으로 ECG 파형에서 QRS complex 이외의 성분을 제거하기 위한 디지털 필터를 다음과 같이 구성하였다. QRS 파형은 다른 파형에 비해 상대적으로 고

주파 성분을 내포하고 있다. 따라서, 첫번째 단계로 1000 points/sec 로 샘플된 ECG 파형으로부터 고주파 성분을 분리한 후 4개의 샘플 점에 대한 평균을 실시간에서 계산하여 기억시킨다.

이렇게 기억된 데이터의 시퀀스(sequence)를 $\{y_{0i}\} (i=1, \dots, n)$ 로 나타낸다. 이를 three-point moving average 를 취하여, $\{y_{1i}\} (i=1, 2, \dots, n)$ 로 나타낸다. 두번째 단계로 $\{y_{1i}\}$ 와 $\{y_{1i}'\}$ 사이의 차이 제곱을 계산한다. 즉,

$$y_{2i} = (y_{1i} - y_{1i}')^2 \quad (i=m+1, \dots, n-m) \quad (1)$$

여기서 $y_{1i}' = \frac{1}{2m+1} \sum_{k=i-m}^{i+m} y_{1k}$ 와와같이 구한 $\{y_{2i}\}$ 에는 QRS 파형과 구분이 되지 않는 파가 존재한다. 그러므로,

세번째 단계로 QRS complex 의 고주파 성분은 다른 파형에 비해 장주기동안 나타나므로 다음과 같이 수정된 파형, $\{y_{3i}\}$ 를 식(2)에 의해 구함으로써 QRS complex 에 해당하는 부분은 뚜렷이 나타나고 $\{y_{2i}\}$ 에서 나타나는 짧은 지속기를 갖는 첨두치는 제거된다.

$$y_{3i} = \frac{y_{2i}}{A} \left[\sum_{k=i-m}^{i+m} \frac{y_{2k}}{A} \right]^2 \quad (i=m+1, \dots, n-m) \quad (2)$$

(여기서 A는 계산동안 오버플로우(overflow

를 방지하기 위한 상수이다.)

그러나 $\{y_{3i}\}$ 에는 기저선(base line)의 돌발적이며 단계적인 유동에 따른 첨두치가 포함되어 있다. 따라서, 이같은 첨두치를 제거하기 위하여, 네번째 단계로 다음과 같이 $\{y_{4i}\}$ 를 계산한다.

$$y_{4i} = k \cdot y_{3i} \quad (i=m+1, \dots, n-m) \quad \text{---(2)}$$

여기서

$$k=1 \quad \text{if } (y_{1i}-y_{1i-m})(y_{1i}-y_{1i+m}) > 0$$

$$k=0 \quad \text{if } (y_{1i}-y_{1i-m})(y_{1i}-y_{1i+m}) < 0$$

QRS complex 의 구성 성분(Q파, R파 그리고 S 파)은 시간축에 대하여 대칭인 반면에 기저선의 유동에 따른 파형은 그렇지 못하다. 그러므로 $k=1$ 인 경우는 QRS complex 에 해당하고 $k=0$ 는 기저선의 유동에 따른 파형을 나타낸다.

최종 단계로 $\{y_{4i}\}$ 중 문턱값(threshold)을 넘는 점들을 찾는다. 여기서 문턱값 h 는

$$h = (\max \{y_{4i} \mid i=m+1, \dots, n-m\}) / 32$$

이렇게 구한 점들을 $\{y_{5i}\}$ 라 한다. 이때 $\{y_{5i}\}$ 에 대응되는 $\{y_{1i}\}$ 의 점을 찾음으로써 QRS complex 를 검출할 수 있다.

참고문헌

1. T.A. Pryor, R. Russell, A. Budkin, and W.G. Price, "Electrocardiographic interpretation by computer", Comput. Biomed. Res., Vol 2, pp.537-548, 1969
2. M.L. Simoons, H.B.K. Boom, and E. Smalenburg, "On-line Processing of orthogonal exercise electrocardiograms", Comput. Biomed. Res, Vol 6, pp. 327-335, 1973
3. M.J. Goldman, "Principles of clinical electrocardiography", LANGE., pp.25-28, 1976
4. Spyros Makridakis & Steven C. Wheelwright, "Forecasting methods & applications", Wiley, pp.45-48, pp.296-299.

본 연구는 과거의 방법으로는 추출할 수 없는 기저선의 갑작스러운 유동에 의한 QRS complex 와 넓어진 QRS complex 를 검출해 내고 높은 크기를 갖는 T 파가 QRS complex 와 동시에 존재할 때도 QRS complex 를 추출하기 위한 것이다. 본 연구에서 사용한 방법이 QRS complex를 추출하는 데에 있어 과거의 방법보다 탁월함을 알아보는 기준으로 V_V 를 다음과 같이 계산했다.

$$V_V = \frac{\sum_{k=v-p}^{v+p} (y_k - \bar{y}_v)^2 / 2p}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 / N - 1} \quad (v=p+1, \dots, N-p)$$

$$\text{여기서 } \bar{y}_v = \frac{1}{2p+1} \sum_{k=v-p}^{v+p} y_k$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad \text{이다.}$$

위와같이 이전의 방법과 본 연구에서 소개한 방법으로 V_V 를 계산하여 미고해 볼 때 본 연구에서 소개된 QRS complex 검출 방법은 QRS complex부분에서 상당히 높은 V_V 값을 갖는 반면 QRS complex 이외의 부분에서는 V_V 값이 거의 0에 가까웠다. 그러므로 본 연구의 방법은 과거의 방법에 비해 QRS complex 를 검출함에 있어 상당한 신뢰도를 증가시켰다.