

웨이브렛 변환을 이용한 맥파의 인식에 관한 연구

길세기, 김낙환, 박승환*, 민홍기**, 홍승홍
인하대학교 전자공학과, * 서울보건대학 의공학과, ** 인천대학교 정보통신공학과
전화:(032)868-4691, FAX:(032)868-4691

A Study on the Recognition of Human Pulse Using Wavelet Transform

S. K. Kil, N. H. Kim, S. H. Park*, H. K. Min**, and S. H. Hong

Dept. of Electronic Eng., Inha Univ.

*Dept. of Biomedical Eng., Seoul Health College

**Dept. of Information & Telecommunication Eng., Univ. of Incheon

kclips@opentown.net

Abstract

It is need to develop and apply a human pulse diagnosis system providing a quantitative and automatic analysis in the the oriental medicine.

In order to analyze quantitatively the characteristic of pulsation, each of points had to be recognized accurately notifying the existence and the position of feature point in the wave form. And getting the period of human pulse.

Thus, in this páper, it is proposed the preprocessing method of human pulse and the detection method of period by Wavelet Transformation. The human pulse is seprated from each band through Wavelet Transforamation and feature points can be recognized through over the fact, and then the parameter of proposed Mac-Jin parameter is measured.

Commonly, Human pulse signal has often various noises which are baseline drift, high frequency noise and so on. So it is significant

to remove that noises.

Thus, in this paper, the one period of human pulse is deciede and the feature points are detected after doing the preprocessing by wavelet transformation. As a result, it could be confirmed that this method is effective as a real program for the auto-diagnosis of human pulse.

I 서 론

맥파는 심장의 물리적 특성을 보여주는 것으로 심장에서 분출되는 혈액이 동맥을 따라 온몸으로 전파할 때 혈관에 미치는 압력 및 파동의 변화를 검출하여 그 파형을 기록한 것이다. 그러므로, 이러한 맥파신호를 검출하고 분석할 수 있는 자동 진단 시스템을 사용함으로써 심장과 심혈관계의 기능 이상과 병적 상태를 판단할 수 있으며, 더욱이 한의학에의 의공학적 접근방법을 제시할 수 있다.

맥파의 진단자동화를 위해서는 맥파 파형의 정량화에 따른 분석이 이루어져야 하며 맥파신호의 파형특성을 나타내주는 특징점 검출이 선행되어야 한다. 지금까지 사용되었던 맥파신호의 특징

점 검출 알고리즘으로는 1) 맥파 그대로의 기울기를 이용하는 방법 2) 경계선 검출자 (edge detector)에 의한 연산자(operator method)법 3) 심전도에 사용된 검출 알고리즘을 절충하는 방법 4) 3Q-1주기법등이 있다.

위의 1), 2), 3)번의 방법들은 맥파파형의 주기 구분의 혼동으로 인한 특징점 인식의 오류가 발생하는 단점을 안고 있다. 이의 개선을 위해 4)번의 3Q-1 주기법을 개발되어 사용되었다.

3Q-1 주기법은 3개의 연속된 심전도의 Q점 안에는 반드시 하나의 맥파주기가 들어있다는 원리를 이용한 것으로서 맥파의 주기 구분이 확실하다는 장점을 가지고 있으나 반드시 맥파와 동시에 심전도를 획득 사용해야 한다는 단점이 있다.

이에 본 연구에서는 맥파인식의 새로운 기법으로서 웨이브렛(Wavelet) 변환을 이용하여 맥파의 주기를 설정하고 특징점을 인식하는 방법을 제안하였다. 또한 웨이브렛 변환을 이용하여 맥파 신호에 포함되어 있는 기저선 변동 및 고주파 잡음 등의 영향을 제거하였다.

또한 본 연구에서는 웨이브렛 변환을 이용하여 맥진기로부터 측정된 맥파의 S점, P파, C점, D파, T파등의 특징점들을 이용하여 심기능 장애와 물리적 특성변화에 대한 심수축력 장애, 판막의 이상을 나타내줄 수 있는 맥진단 파라미터 즉, 용기시간, 구혈시간을 측정하였다. 이로써 실제 한방의 진료에서 활용할 수 있는 자료를 제공함에 그 목적을 두었다.

II 웨이브렛을 이용한 맥파의 전처리

맥파 신호에는 검출시의 환경이나 검출조건에 따라 여러 형태의 잡음이 혼입될 수 있는데, 일반적으로 혼입되는 잡음으로는 외부의 전자파 간섭에 기인하는 고주파 잡음과 인체의 움직임이나 호흡 등에 의해 혼입되는 기저선 변동(baseline drift)으로 나눌 수 있다.

본 연구에서 검출된 맥파의 샘플링 주파수는 300Hz이며 이 맥파 신호를 웨이브렛 변환하게 되면, 저주파 대역과 고주파 대역의 두 부분으로 나뉘게 되는데 각각의 대역은 본래 신호의 주파수 대역을 대략 1/2로 나눈다고 볼 수 있다. 본 연구에서 맥파 신호의 전처리를 위해 사용한 웨이브렛은 '다우비치 웨이브렛(db4)'이다. 맥파 신호의 잡음 제거를 위해서는 8레벨까지의 웨이브

렛 변환이 필요하다.

1. 맥파를 이용한 기저선 변동 제거

본 논문에서는 최종 저주파 대역의 계수(A_8 ; 0~1.2Hz)를 구한 다음, 이를 원 신호 S의 크기에 맞추어 S 신호에서 빼줌으로써 기저선의 변동에 의한 잡음을 제거하였으며, 기저선 변동의 제거로 인한 신호의 왜곡을 최소화하였다. 아래 [그림 2]에 기저선 변동 제거를 위한 처리 과정을 도시하였다.

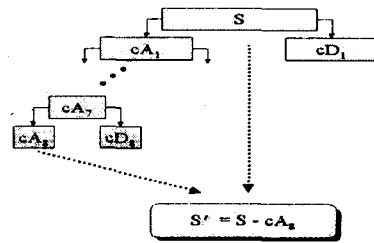


그림 1 기저선 변동 제거

Fig 1. The removal of baseline drift.

2. 맥파를 이용한 고주파 잡음 제거

맥파의 신호를 살펴보면 고주파 잡음이 많이 포함되어 있는데 이를 제거하기 위해 본 연구에서는 [그림 2]에서 보이듯이 1번째 레벨의 고주파 성분(cD_1 ; 150~300Hz)과 2번째 레벨의 고주파 성분(cD_2 ; 75~150Hz)를 사용하였다.

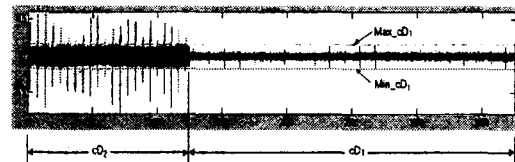


그림 2 고주파잡음 제거.

Fig 2. the removal of high frequency noise.

먼저, cD_1 신호를 모두 0으로 처리하고, cD_2 신호는 cD_1 신호의 최대치(Max_cD1)의 값과 최소치(Min_cD1)의 값을 기준으로 아래 식(1)과 같이 처리하였다.

$$cD_2 = \begin{cases} cD_2 - \text{Max_}cD_1, & \text{if } cD_2 > \text{Max_}cD_1 \\ cD_2 - \text{Min_}cD_1, & \text{if } cD_2 < \text{Min_}cD_1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

III 웨이브렛변환을 이용한 맥파 특징점의 인식

1. 맥파의 S점, P파의 검출과 주기의 설정

맥파신호의 S점, P파를 추출하기 위한 웨이브렛 변환은 잡음 제거를 위한 웨이브렛 변환과는 달리 'Harr 웨이브렛 변환을 사용하였으며 이는 계산과정이 단순하고 이산적이므로 특징점 추출을 위한 영역 설정에 적합하기 때문이다. 본 연구에서는 S점, P파의 검출을 위하여 Harr 웨이브렛을 사용하여 레벨 3까지 변환하였으며 cD₃ 신호(38-75Hz)를 이용하였다. 맥파 신호의 P파는 맥파 파형중 가장 크기가 높은 부분이며 웨이브렛 변환의 cD₃ 신호에서 잘 나타나고 있다. [그림 3]에 잡음이 제거된 맥파의 신호파형과 cD₃ 신호와의 비교를 나타내었다.

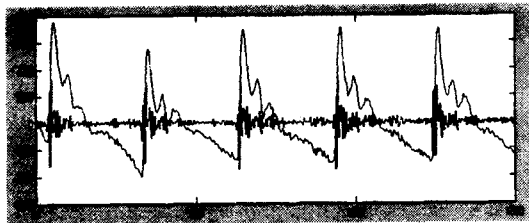


그림 3 맥파신호와 cD₃신호.
Fig 3. Human pulse and cD₃ signal.

위의 cD₃ 신호의 최대값과 최소값을 구한후 최대값과 최소값의 차이 cD_{distance}를 1로 평준화(Normalize)시킨 값 cD_{normal}에 식 (3)을 적용하여 P파와 S점 검출의 기준점으로 설정하게 된다.

$$cD_{distance} = cD_3(i+1) - cD_3(i) \quad (2)$$

$$\text{Ref P}(i) = \begin{cases} 1, & \text{if } cD_{normal} \geq 0.65 \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (3)$$

식 (3)에 의해 설정된 기준점은 S점과 P파의 최대점 사이에 위치하게 된다. 따라서 기준점을 중

심으로 맥파진행 순방향으로 연속된 두 기준점 사이의 1/15 거리만큼 탐색하여 P파의 정점을 구하고, 맥파진행 역방향으로 다시 연속된 두 기준점 사이의 1/15거리만큼 탐색하여 S점을 구하게 된다.

$$P \text{ Point} = \max(S)_{\text{searching forward}} \quad (4)$$

$$S \text{ Point} = \min(S)_{\text{searching backward}}$$

본 논문에서 제시한 P파와 S점을 구하기 위한 기준점 설정은 전릉파가 존재하는 경우 그 전릉파를 포함하는 두 기준점 사이가 다른 기준점 사이보다 현저하게 짧게 된다. 본 논문에서는 두 기준점 사이가 다른 기준점 사이의 거리의 1/5 이내일 때는 전릉의 존재를 인정하고 하나의 구간으로 간주하도록 하였다.

이렇게 구해진 S점을 기준으로 본 논문에서는 맥파의 한 주기를 설정하도록 하였다. 즉 하나의 S점으로부터 연속된 다음의 S점까지의 구간을 하나의 맥파주기로 설정하였다.

2. C점, D파, T파의 검출

본 연구에서는 맥파의 본래 파형과 미분맥파와의 변화량의 차이를 이용하여 C점을 검출토록 하였다. 먼저 맥파의 3레벨 웨이브렛 변환신호 cD₃와 미분맥파의 3레벨 변환신호 cD_{3,differential}을 구한 후 두 신호의 차이 cD_{PD}를 구하였다.

$$cD_{PD} = cD_3 - cD_{3-differential} \quad (5)$$

식(5)에서 구한 주기별로 연속된 cD_{PD} 신호간의 차이가 가장 큰 점을 C점 검출의 기준점으로 설정하였다.

$$\text{RefC}(i) = \max |cD_{PD}(i+1) - cD_{PD}(i)| \quad (6)$$

구해진 기준점을 중심으로 좌우로 주기의 1/20만큼 탐색하여 (1)주변값중 최소값, (2)미분맥파의 값이 0. 두가지의 조건을 만족하는 점을 C점으로 검출토록 하였다.

D파의 검출은 앞에서 구해진 C점을 기준으로 [C_n, S_n]구간중 순방향으로 탐색하여 첫 번

째로 봉을 이루는 점 즉 미분맥파중 첫 번째 영 교차점을 D파의 정점으로 검출하였다.

T파의 검출은 봉을 이룰 경우 그 위치가 정확 하지만 봉을 이루지 않으면 그 위치가 불분명하다. 먼저 T와 D의 유무를 판별하고, 2차 미분 맥 파 S'와 S'의 영교차점들을 이용하여 T파를 구 하였다.

IV 실험 결과

본 논문에서는 맥파 측정을 위해 신체 건강한 20대 남자 20명을 피험자 대상으로 하였다. 신호 파형은 각각 5000샘플씩 획득하여 검출된 파형의 실제 주기의 개수와 제안된 알고리즘을 적용한 프로그램을 사용하여 검출된 특징점의 개수를 비교하여 인식률을 평가하였다.

아래 [표 1]에 보이듯이 인식률은 S점과 P파의 경우 약 95.95%, C점과 D점의 경우 92.70%, T파 는 84.32%로 측정되었다.

표 1 특징점 인식률

Table 1. Recognition rate of characteristic point.

피험자	주기	S	P	C	D	T
1	19	18	18	18	18	17
2	15	15	15	15	15	15
3	15	15	15	14	14	14
...
...
20	19	19	19	18	18	14
인식	370	355	355	343	343	312
인식률		95.95 %	95.95 %	92.70 %	92.70 %	84.32 %

아래의 [표 2]는 각각의 피험자들로부터 용기시간, 구혈시간을 측정한 결과이며 각각의 값들은 각 피험자의 진단파라미터들의 평균값이다. 본 논문에서의 용기시간과 구혈시간은 다음과 같은 식에 의해 구해졌다.

$$\text{용기시간}(Up) = (S - P) / (\text{샘플링 주파수})$$

$$\text{구혈시간}(E) = (S - C) / (\text{샘플링 주파수})$$

표 2 진단 파라미터의 측정

Table 2. Diagnosis parameter of humun pulse

파라미터 피험자	Up time (sec)	E time (sec)	파라 미터 피험자	Up time (sec)	E time (sec)
1	0.1112	0.3225	11	0.1133	0.3151
2	0.1056	0.3238	12	0.1228	0.3072
3	0.1306	0.3294	13	0.0889	0.2233
4	0.1156	0.3309	14	0.1004	0.2428
5	0.1056	0.3158	15	0.0937	0.1983
6	0.0965	0.2864	16	0.1204	0.3082
7	0.1003	0.2882	17	0.0981	0.2290
8	0.1065	0.3160	18	0.1401	0.3239
9	0.1281	0.3467	19	0.1010	0.3086
10	0.0915	0.3097	20	0.1041	0.3015

V 결 론

본 논문에서는 맥파 특징점들을 자동으로 검출 하도록 하기 위해 웨이브렛 변환을 사용하여 여러 잡음들을 제거하는 방법을 제안하였으며, 실험을 통해 처리된 신호의 유효성을 확인할 수 있었다. 잡음이 제거된 맥파신호를 가지고 Harr 웨 이브렛 변환을 이용하여 맥파의 각 특징점들을 검출하였다. 이어서 검출된 특징점들을 사용하여 맥파의 용기시간 및 구혈시간을 측정하도록 하였다. 앞으로 본논문에서 제안된 방법과 파형분류 적용^[3]을 통해 개선된 기존의 3Q-1주기법을 결합시켜 맥파신호의 인식을 행한다면 인식률을 더 욱 더 개선시킬 수 있으리라 생각된다.

VI 참고문헌

- [1] 한완택, "3Q-1 주기법을 이용한 맥파의 자동 인식에 관한 연구," 인하대학교 석사학위논문, 1995.
- [2] 이봉교 編述, 韓方診斷學, 경희대학교 한의과 대학, 1985.
- [3] 길세기, 홍승홍, "맥파의 특징점 인식과 파형의 분류에 관한 연구," 대한전자공학회 하계종합 학술대회집, 1999.
- [4] 배석모, "웨이브렛 변환을 이용한 오디오 신호 부호화기/복호화기에 관한 연구," 인하대학 원 석사학위논문, 1997.