

심장 질환 진단을 위한 음성분석학적 요소의 시각 특징 및 형태 추출

김봉현*, 이세환*, 박선애*, 가민경*, 오원근**

*한밭대학교 컴퓨터공학과

**순천대학교 멀티미디어공학과

e-mail:bhkim@hanbat.ac.kr

Visual Features and Shape Extraction of Voice Analysis Elements for Heart Diseases Diagnosis

Bong-Hyun Kim*, Se-Hwan Lee*, Sun-Ae Park*, Min-Kyoung Ka*,
Won-Geun Oh**

*Dept of Computer Engineering, Hanbat National University

**Dept of Multimedia Engineering, Sunchon National University

요 약

건강관리 및 유지에 대한 현대인들의 관심이 증대되면서 삶의 질 향상을 추구하는 고령화 사회에서 성인병 및 만성질환은 매우 위험한 요인이 되고 있는 실정이다. 특히 심장 질환은 3대 사망률 중 한 부분을 차지하고 있을 정도로 위협적이며 비전염성 만성질환 중 하나이다. 그러나 모든 질환에 대한 대처 방법이 동일하듯이 조기 진단에 의한 질환 예방이 무엇보다 중요하다. 따라서 본 논문에서는 심장 질환자의 음성 신호를 획득하여 다양한 음성분석학적 요소 추출 및 분석을 통해 심장 질환과의 연관성을 파악하고자 한다. 이를 위해 본 논문에서는 기존의 음성 분석 요소에 대한 1차 실험을 검증하고 추가 음성 분석 요소들에 대한 2차 실험을 행하여 각각의 분석 요소들과 음성에 대한 형태학적 특징을 시각화하여 편리하게 심장 질환을 진단하는 기법들을 제시하고자 한다.

1. 서론

건강한 삶을 누리는 혜택은 현대 사회에서 누구나 추구하고자 하는 목표이다. 국민 1인당 의료비 지출 금액이 증가하고 있는 실정에서 편리하면서 정확하게 건강 상태를 진단받고자 하는 욕구는 증가되고 있다. 물론 대부분의 질환이 현대 의학으로 치료가 가능하지만 아직도 치료가 불가능한 질환들이 많으며 이에 대한 비용이 적지않게 소비되고 있는 것이 현실이다. 특히 3대 사망 요인 중 하나로 인식하지 못하는 사이에 큰 위험 요소로 치명적인 결과를 나타내고 있는 심장 질환은 현대인들에게 위협적인 존재이다.

의학적으로 아무런 예고 없거나 증상이 나타난 지 한 시간 이내에 사망한 경우를 우리는 급사 또는 돌연사라고 정의한다. 그런데 일상 생활속에서 아무런 이유없이 급사한 경우에 90% 정도는 심장 질환 때문이라고 할 수 있다. 평소 건강하던 사람을 자각 증세가 나타난 지 1~2시간만에 갑자기 숨을 거두게 하는 위협적인 것이 심장 질환인 것이다[1][2].

이를 대비하여 보험, 적금 및 여러 방법들을 동원하여 사전에 준비를 하고 있지만 무엇보다도 조기 진단에 따라 대처하는 것이 가장 중요한 방법임을 인정하고 있다. 따라서 본 논문에서는 심장 질환을 편리하고 정확하게 진단하기 위해 음성 신호를 음성학적 분석 요소들에 기반하여 추출, 분석하고 이를 형태학적 특징으로 시각화하는 기법들을 제시하고자 한다.

2. 심장

2.1 심장 질환의 개요

우리나라에서 심장 질환은 통계적으로 구미사회 보다 20년 내지 30년 정도 시간적 차이를 두고 뒤쫓는 양상을 보여주고 있다. 그 중에서도 가장 특기해야 할 사항은 근래 들어 눈에 띄게 많아지고 있는 관상동맥 심장병이다. 즉 협심증과 심근경색이다[3]. 이러한 심장은 ‘우리 몸의 근육 펌프’로 알려져 있으며 2개의 심방과 2개의 심실이 있다. 오른쪽에 있는 것이 우심실, 우심방이고 왼쪽은 좌심실과 좌심방이다. 이 네 부분은 각각 ‘중격’이라는 근육

으로 나뉜다. 또한 심방과 심실 사이에는 판막이 있어 혈액이 흐르는 방향을 조절하는 밸브 역할을 담당한다[4].

이와 같이 인체의 중심 기관인 심장을 한방에서는 소리와 연관짓고 있다. 한방에서 심장의 소리는 오음(五音) 중 “치음(緻音)”에 속하며, 발음상 설음(舌音), 즉 혀소리에 해당한다. 혀소리라 함은 “ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㄷ”에 속하는 발음으로, 발음이 불분명하게 되면 음성 분석을 통해서 한방에서의 설음의 이상 유무를 가지고 심장 질환 여부를 판단하고 있다.

<표 1> 음령오행(音靈五行)표

오행 (五行)	목(木)	화(火)	토(土)	금(金)	수(水)
오장 (五臟)	간	심	비	폐	신
소리	ㄱ, ㅋ	ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㄷ	ㅇ, ㅎ	ㅅ, ㅈ, ㅊ	ㅁ, ㅂ, ㅍ
발음	아음 (牙音)	설음 (舌音)	후음 (喉音)	치음 (齒音)	순음 (唇音)
오음 (五音)	각(角)	치(緻)	궁(宮)	상(商)	우(羽)

3. 심장 질환의 음성 분석 방법

3.1 우리말의 체계

음성학적 분석을 위해 우리말에 대한 체계를 정리하면 <표 2>와 같다. 말소리의 생성은 대부분의 경우 폐에서 생성된 기류가 성대와 성도를 거치면서 만들어지는데 기류 조달(발동 과정), 기류 조절(발성 과정) 및 기류 변형(조음 과정)을 거쳐 생성된다. 이러한 말소리에서 자음과 모음에 대한 체계적 분석 및 활용이 중요하게 인식되어야 한다.

우리말의 모음에서의 조음 체계는 입술의 돌출 여부와 혀의 높이, 입천장에서 가장 가까운 곳이 혀를 기준으로 어디에 있는가 등의 혀 위치를 중요하게 다루며 이것으로 인해 공명주파수를 변화시키고 결과적으로 포먼트 주파수를 변화시키는 요인으로 결정되고 있다[5].

또한 자음에서의 조음 체계는 조음 위치, 발성 유형(기식의 정도, 긴장성 여부) 및 조음 방법 등에 따라 분석 결과를 나타내고 있다.

<표 2> 우리말의 자음 체계

	양순음	치조음	구개음	연구개음	성문음
파열음	ㅂ(b) ㅍ(p) ㅃ(B)	ㄷ(d) ㅌ(t) ㄸ(D)		ㄱ(g) ㅋ(k) ㄲ(G)	
파찰음			ㅈ(z) ㅊ(C) ㅉ(Z)		
마찰음		ㅅ(s) ㅆ(S)			ㅎ(h)
비음	ㅁ(m)	ㄴ(n)		ㅇ(N)	
유음		ㄹ(r/l)			

3.2 Praat를 통한 음성 분석

본 연구실에서는 기존에 질환 진단 관련 음성 분석을 위해 먼저, 정상인들의 음성에서 음성 분석 프로그램인 Praat를 이용하여 Pitch(피치), Formant(포먼트) 및 Intensity(강도)를 분석하고 그 결과로 청진에 필요한 자료를 구축하여 정상인의 표준 자료를 작성하였다[6]. 본 논문은 보다 정확한 진단을 위해 다른 음성학적 분석 요소를 새롭게 추가하였으며 정량화된 결과 자료를 통해서 임상인들의 직관을 객관화, 시각화시키는 기법들을 제시하고자 한다. 아래에 본 논문에서 새로 추가하는 음성 분석 요소에 대해 나타내었다.

① PointProcess

성대의 진동이 큰 지점에 하나씩을 자동으로 추정하여 제시해주며 피치간격을 기준으로 음성을 분석할 때 해당 부분에 대한 시간점 값을 이용할 수 있는 분석 요소이다. PointProcess는 잡음과 변화 등 해석적인 다른 수치를 알 수 있는 것이며 시간의 간격에 따라 음성 신호의 세기 차이를 나타내는 요소로 스펙트럼과의 연관성이 큰 분석 요소이기에 본 논문의 실험에 사용하였다.

② Formants & LPC

음성파형의 포먼트와 선형예측계수(Linear Predictive Coding)를 구할 때 사용하는 요소이다. LPC는 사람의 음성이 성대에서 생성된 소리가 공명될 때 발생되며 각종 공명강(구강, 비강)등을 모델링할 때 사용되므로 목을 통해 울려 나오는 소리가 입 안의 혀에서 스치는 반설음, 설성 또는 설음과 연관성이 있다는 음성학적 예측을 기반으로 사용하였다.

③ 스펙트럼

스펙트럼은 정현파로 이루어진 신호의 주파수 성분을 간단하게 표현하는 것이다. 스펙트로그램은 성도의 모양 변화를 연속적으로 볼 수 있는 분석 방식이다. 사람의 지문이 다르듯이 음성의 지문도 달라지게 된다. 지정된 한 시간 점에 대해서는 스펙트럼(spectrum)이라고 한다[7]. 정상인과 질환자들의 소리 공명 현상 발생 대역을 통해 차이가 나타나는 것을 예측하고 같은 문장을 읽었을 때 성대 떨림이 달라짐을 성대 떨림 주파수 제거 기능을 갖고 있는 음성 스펙트럼 분석 요소를 기반으로 사용하였다.

4. 실험 및 고찰

본 논문에서는 한의학적 진단 이론과 심장과의 연관성을 분석하기 위해 음성 신호를 여러 분석 요소들에 의해 결과 형태를 파악하고자 하였다. 이를 위해 음성분석을 위해 음성 데이터 수집 장치로 삼성 Voice Yepp BR-1640을 사용하였고, 음성 신호의 비교 분석을 위해 Praat 4.2.07(made by Boersma and David weenink)을 사용하였다.

Praat를 통해 여러 가지 음성 분석 요소를 통한 실험이다. 대전 지역의 “H병원” 과 청주지역의 “C병원” 심장 질환자와 정상인들의 목소리 녹음을 통해 분석한 것이다. 녹음

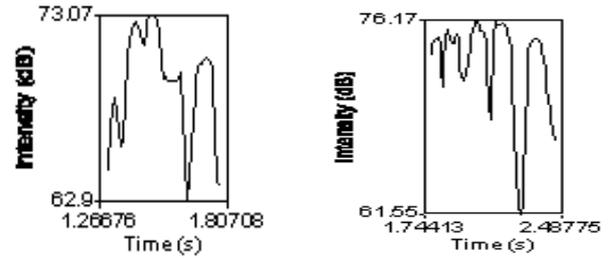
음된 음성은 “우리나라” 라는 발음을 녹음한 것인데, 이것은 한의학에서의 음령오행표와 우리말의 자음 체계 표를 통해 분석해서 만들어낸 것이다. 한방에서는 심장에 이상이 있다면 “ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅌ” 소리에 이상이 있는 것으로 나타나며 우리말 자음 체계를 보면 소리가 모두다 치조음인 것을 알 수 있다. 따라서 그 두 가지를 연관시켜 보아 “우리나라” 라는 말을 만들어 낸 것이다. 심장질환자와 정상인의 차이를 파형과 그래프를 통해서 쉽게 알 수 있다.

4.1 기존의 음성분석 요소 실험 결과

기존 논문에서의 음성 신호와 심장 질환과의 관계 분석은 피치, 강도 및 포먼트 파형의 형태학적 분석에 의해 연구되었다. 임상 데이터를 기반으로 ‘우리나라’ 라는 단어를 녹취하여 기존 연구 방식에 대한 1차 실험 결과는 (그림 1)에서 (그림 3)과 같다[6].

<표 3> 임상 데이터

구분	병증	나이	성별
A	심장관막증	39	남
B	심부전증	44	여
C	협심증	65	여
D	심근경색	78	남
E	심근경색	56	여
1	정상인	32	여
2	정상인	40	여
3	정상인	63	남
4	정상인	75	남
5	정상인	55	남

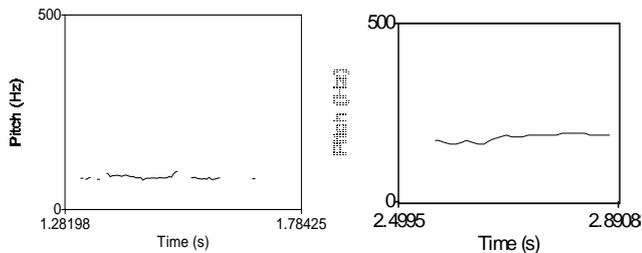


(그림 3) 심장 질환자(좌)와 정상인(우)의 Intensity 파형

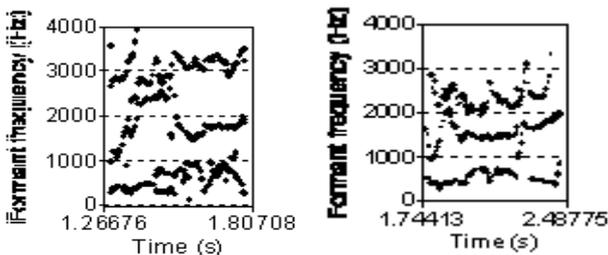
2차 실험 요소로는 아래 <표 4>와 같이 ‘우리나라’ 라는 동일한 단어를 가지고 PointProcess와 LPC 및 스펙트럼 분석 요소로 실험을 행하였다. 2차 실험에 적용된 분석 요소들의 세부 항목 수치는 <표 4>와 같으며 임상 자료를 바탕으로 실험한 결과는 (그림 4)에서 (그림 9)에 나타내었다.

<표 4> 심장 질환 진단을 위한 음성 분석 요소 수치

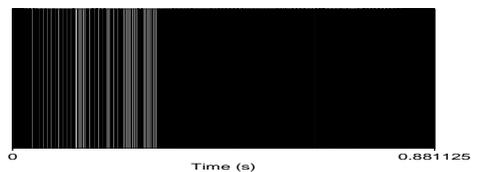
1) PointProcess(extrema)
- interpolation(Sinc 700)
2) Formants & LPC
- To LPC (autocorrelation)
- Prediction order : 16
- Analysis window duration[s] : 0.025
- Time step[s] : 0.005
- Pre-emphasis frequency[hz] : 50.0
3) Spectrum
- To Ltas (pitch-corrected)
- min pitch(Hz) : 75
- max pitch(Hz) : 600
- max frequency [Hz] : 5000
- Band width[Hz]: 100
- Shortest Period[s] : 0.0001
- Longest Period[s] : 0.002
- Max Period factor : 1.3
- Draw - Frequency range[Hz] : 0.0
- power range [dB/Hz] : -20.0



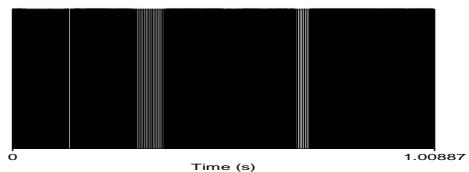
(그림 1) 심장 질환자(좌)와 정상인(우)의 Pitch 파형



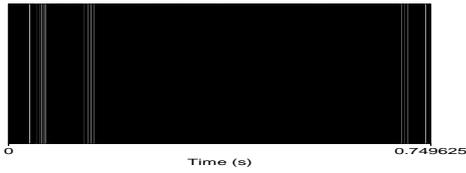
(그림 2) 심장 질환자(좌)와 정상인(우)의 Formant 파형



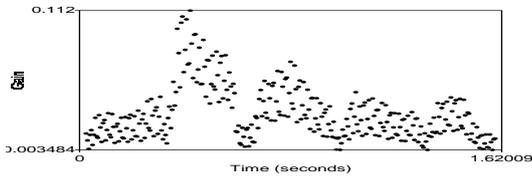
(그림 4) 질환자 B의 PointProcess 파형



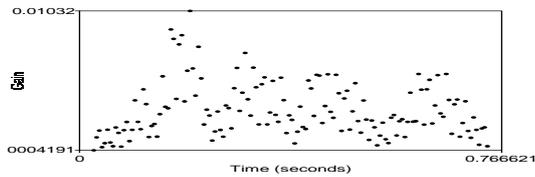
(그림 5) 질환자 D의 PointProcess 파형



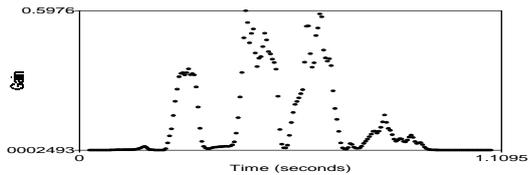
(그림 6) 정상인 1의 PointProcess 파형



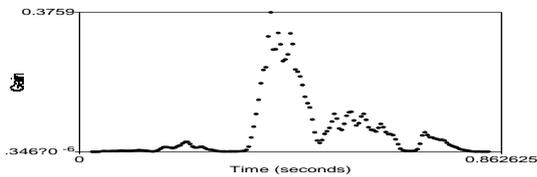
(그림 7) 질환자 A의 LPC 파형



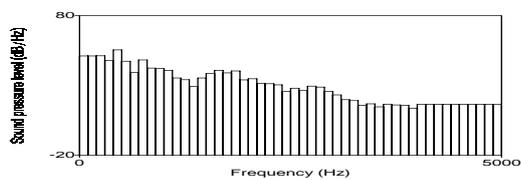
(그림 8) 질환자 E의 LPC 파형



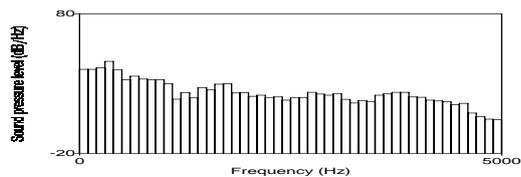
(그림 9) 정상인 3의 LPC 파형



(그림 10) 정상인 4의 LPC 파형



(그림 11) 질환자 D의 Ltas 파형



(그림 12) 정상인 2의 Ltas 파형

4.2 실험 결과 파형 분석

본 논문에서는 심장 질환자와 정상인 간의 차이를 파악

하기 위해 1차 실험으로 기존 연구와 동일하게 심장 질환자들의 음성에서 완만하지 못하고 꺾임 현상이 강한 피치 파형과 강도 파형이 나타났으며 제2포먼트에서 불규칙적인 파형이 나타남을 보였다[6].

또한 2차 실험에서는 PointProcess를 통해 정상인들은 끊김이 거의 없는 일정한 결과 파형을 보였으며 심장 질환자들은 y축 방향 세선의 발생으로 파형의 끊김 현상이 나타났다. LPC의 결과 파형에서는 심장 질환자들에서 초당 나타나는 point가 심하게 흐트러져 있는 결과 파형을 보였으나 정상인들은 일정함을 유지하였다. 마지막으로 스펙트럼을 이용한 분석에서는 심장 질환자들의 음성 분석 주파수가 커질수록 파형의 기울기가 일정함을 유지하였지만 정상인들의 경우에는 주파수가 커질수록 계단 현상 같은 불규칙한 파형을 나타내었다.

5. 결론

고령화 사회가 점차 확산되어 가면서 인간의 평균수명은 늘어나는데 비해 건강수명은 뒤떨어져 있는 것이 현실이다. 이를 방지하기 위해 질병의 치료보다는 예방이 더 중요하다는 인식속에서 한방의 진단 방법은 현대인들에게 관심의 대상이 되고 있다.

따라서 본 논문에서는 음성 신호 분석을 통해서 심장과의 연계성에 대한 연구를 행하였다. 이를 위해 동일한 음성을 가지고 본 연구실에서 기존의 분석 요소로 사용한 피치, 강도 및 포먼트에 대한 재현성 실험을 행하였고 이를 재입증하였다. 또한 새로운 분석 요소들을 추가하여 2차 실험을 행하였다. 실험을 통해 심장 질환자들과 동일한 연령대의 정상인들간의 음성 신호 분석 결과가 형태학적으로 차이점을 나타내는 것을 입증하였다.

추후 이러한 음성 신호 분석을 통한 기초 자료를 토대로 많은 임상 데이터베이스의 구축과 패턴 처리를 수행한다면 시각적이며 정확한 심장 질환 진단 시스템 구축이 가능하리라 여겨진다.

참고문헌

- [1] 심창섭, 건강과 운동처방의 기초, 홍경출판사, 2003.
- [2] 두호경, 안세영, “21세기의 동양의학과 성인병”, 한방 성인병학회지,5권,1호, 2004.
- [3] <http://www.drheart.net/>
- [4] 이종구, 심장병 알면 이길 수 있다, 중앙생활사, 2001.
- [5] 손중섭, 우리말의 고저장단, 정신세계사, 1999.
- [6] 조동욱, 김봉현, 김승연, “음성신호처리를 이용한 심장 질환진단 방법에 관한 연구”, 한국정보처리학회 2005추계 학술대회, 2005.
- [7] 양병곤, 프라트를 이용한 음성분석의 이론과 실제, 만수출판사, 2003.