

## 음향신호 분석에 의한 후두질환의 식별법에 관한 연구동향

창원대학교,<sup>1</sup> 동의대학교,<sup>2</sup> 부산대학교<sup>3</sup>

조철우<sup>1</sup> · 양병곤<sup>2</sup> · 김형순<sup>3</sup> · 권순복<sup>3</sup> · 왕수건<sup>3</sup>

= Abstract =

### Research Trends on Screening of Laryngeal Diseases using Acoustic Signal Analysis

Cheolwoo Jo,<sup>1</sup> Byunggon Yang,<sup>2</sup> Hyung Soon Kim,<sup>3</sup>  
Soonbok Kwon<sup>3</sup> and Soogeon Wang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Changwon National University, Changwon; and <sup>2</sup>Donggeui University, Busan; and

<sup>3</sup>Busan National University, Busan, Korea

This paper introduces a history and achievements of the research activities on screening of laryngeal diseases using acoustic analysis. First domestic and international research trends are introduced. Next brief introduction of the research results by the authors are mentioned. First, classification method of the laryngeal diseases using neural network is summarized. Then similar research using ARS (Automatic Response System) is mentioned. Finally, current research activities on screening of laryngeal diseases on internet is introduced.

## 서 론

후두악성종양은 최근 항암 약물치료, 방사선 치료, 수술적 치료 등의 발전으로 인하여 5년 생존률이 70% 정도에 이르지만, 진행된 암의 경우 후두의 광범위 절제 및 전 절제가 불가피하여 음성의 보존이 어려워진다. 이로 인한 환자의 삶의 질(quality of life)에 많은 장애를 초래하게 된다. 따라서 후두암의 조기진단은 생존률의 향상은 물론이고 후두기능을 보존할 수 있어 후두암의 치료에 있어 가장 중요한 요소이다. 이런 관점에서 집단검진(mass screening test)은 비교적 발생빈도가 타 종양보다 높은 후두암 질환을 조기에 발견할 수 있는 좋은 방법이라 할 수 있다 (Mashima 등). 또한 후두질환의 가장 흔한 증상이 애성 및 음성의 변화이기 때문에 경험이 많은 이비인후과 의사의 경우는 환자의 음성만으로도 후두의 병변을 예측하기도 하며, 이러한 지각적인 병적 음성의 분류를 사용한 진단법은 많은 연구자들이 연구하여 진단에 이용되기도 한다.

이러한 음성의 음향학적 분석에 기초를 둔 screening test의 개발 가능성은 여러 연구자에 의해 제시되었다. 왜냐 하면 음향학적 screening test는 비침습적이며 녹음을 통해서 획득된 음성신호를 음향분석 기기를 이용하여 분석하므로 검사가 간편하며 피검자의 시간적·공간적 제약을 최소화할 수 있는 장점이 있기 때문이다.

본 논문에서는 이러한 음향분석에 의한 후두질환 진단연구의 국내·외 동향과 함께 본 연구팀에서 수행해온 연구의 결과 및 현황에 관하여 소개하고자 한다.

## 국내외의 연구동향

1961년 Lieberman 등이 후두질환의 진단에 있어 pitch perturbation factor가 잘 반영한다고 보고 한 바 있으며 1977년 Koike<sup>1)</sup> 등이 음향 파라미터에 대한 연구를 수행하였고 1980년 Hammaberg 등<sup>2)</sup>이 비정상적인 음성과 음향특징과의 관련성에 대한 연구를 수행한 바 있다. 1987년에는 Mashima 등이 APQ, PPQ를 이용한 후두질환의 감

별을 연구하였다. 1986년 Kasuya 등<sup>3)</sup>이 후두질환 음성을 잡음 성분으로 식별하는 연구를 발표하였다. 1996년에는 Kasuya 등<sup>4)</sup>이 음향분석에 의한 screening test에 관한 연구를 발표한 바 있다. 1996년 Hansen<sup>5)</sup> 등은 객관적 척도를 이용한 후두질환 Screen Test에 관한 논문을 발표하였다.

국내에서는 조철우 등<sup>6-8)</sup>이 1998년 wavelet을 이용한 식별실험을 발표한 바 있고, 1999년 조철우, 양병근, 왕수건 등<sup>9)</sup>이 음향신호 분석에 의한 후두질환 진단을 시도하였으며, 1999년 왕수건 등<sup>10)</sup>이 병적 음성의 감별 진단을 위한 음향학적변수에 관하여 발표한 사례가 있다. 2001년 조철우 등<sup>11)12)15)16)</sup>은 ARS를 이용한 후두질환 진단의 사례를 발표하였다. 2003년 이원범<sup>17)</sup>은 후두암 검진에서 강한 음성분석방법을 적용하였고, 왕수건 등<sup>18)</sup>은 다양한 특징 파라미터와 선형변별 분석에 의해 후두암을 검진하는 방법에 관해 고찰하였다.

과거의 연구는 음향분석기기의 미발달로 인한 음향분석이 어려웠고, 사용된 변수가 2~3개로 극히 제한적이었으며, 정상적 비교에 의존하였고 임상에 실용화하기 위한 소프트웨어나 진단기기의 개발에 관한 연구가 진행되지 않아 실제 임상에 실용화되지 못하고 있는 실정이다. 또한 장애음성 데이터베이스의 수집의 어려움으로 인해 악성종양을 비롯한 다양한 데이터의 수집이 시행되지 못하였다. 그러나 후두질환 데이터베이스의 점진적인 확보와 함께 음성 파라미터분석 기법과 신경회로망 등 식별기술의 발달로 음향신호에 의한 후두질환 식별은 실용가능한 영역으로 접근하고 있다.

## 연구성과 소개

저자들은 지난 1997년이후 현재까지 음향신호의 분석에 의한 후두질환의 식별에 대한 연구를 수행해 오고 있다. 이에 지금까지 수행해온 연구의 결과들을 종합적으로 소개하고자 한다.

### 1. 신경회로망을 이용한 후두질환 분석

신경회로망을 이용한 후두질환 분석 및 식별의 연구<sup>6-10)</sup>에서는 후두질환 음성 데이터베이스의 수집과 함께 각종 파라미터를 이용한 후두질환의 판별 가능성 여부를 타진하였다.

음성장애를 측정하는 파라미터로는 Jitter, Shimmer, NHR 등 전통적으로 사용되어온 파라미터들이 있으나 이들이 공통적으로 필요로 하는 피치 정보가 잡음이 심한 장애음성의 경우 추출이 어렵거나 불가능하기 때문에 새로운 파라미터의 개발이 필요한 상황이다. 후두질환의 식별에 있어서는 후두질환 음성 종류에 따른 파라미터의 특성 분포가 아직까지 정량적으로 규정되어 있지 않고, 그렇게 하는 것이 상당히 어렵기 때문에 분류가 어려운 데이터에 관하여도 잘 동작하는 신경회로망을 이용하여 식별을 시도하였다. 데이터의 수집은 KAY의 CSL시스템을 이용하여 50KHz 표본 화율로 16비트로 표본화하였다.

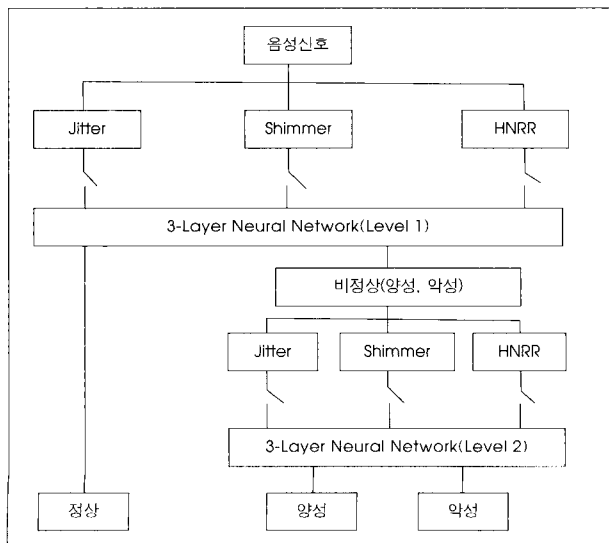


Fig. 1. 신경회로망을 이용한 2단계 식별법.

Fig. 1은 이 연구에서 사용한 신경회로망을 이용한 2 단계 식별법의 구성을 보여준다.

이 연구에서는 Jitter-Shimmer-HNRR과 Jitter-Shimmer의 파라미터 조합을 이용하여 총 81%의 식별 정확도를 얻었다. 이는 임상에서 의사의 진단에 의한 식별율에 버금가는 좋은 결과이다. 그러나 이 단계에서는 실험에 사용한 데이터가 100개에 불과해 충분한 데이터를 확보하지 못한 것이 단점으로 지적되었다.

### 2. ARS를 이용한 후두질환 분석

연구의 2단계로는 공공전화망을 이용한 후두질환의 식별에 관하여 연구가 수행되었다.<sup>11-16)</sup> 이 연구가 이전의 연구와 다른 점은 전화망을 이용한다는 점이다. 전화망을 이용할 경우 데이터의 대역폭이 좁아지는 관계로 기존의 마이크로폰을 이용한 광대역 신호를 포착할 수

없으므로 다른 처리방법이 필요하게 된다. 이 연구에서는 우선 ARS보드를 장착한 PC를 이용하여 전화망을 통해 자동 접속할 수 있도록 하는 시스템을 구성하고, 데이터를 자동수집하였다. 이때 대역폭은 8KHz로 CSL의 경우의 1/5 이내가 된다.

그러나 연구결과 대역폭의 제한으로 인해 고주파 성분이 많이 잘려나갔음에도 불구하고 식별율에 있어서는 사전 연구와 크게 차이나지 않는 결과를 얻었다. 이는 신경회로망이라는 식별 시스템이 데이터의 특성에 비교적 둔감하게 반응한 결과로 보여진다.

### 3. 인터넷을 이용한 후두질환 분석

현대는 인터넷의 시대이다. 과거의 전화망이 그랬던 것처럼 인터넷은 현대의 모든 가정과 직장을 연결하고 있다. 더구나 현대 컴퓨터는 고성능 멀티미디어 기능을 내장하고 있어서 질 좋은 음성신호를 입력할 수 있고, 웹 프로그래밍을 통하여 보다 원활한 상호작용이 가능하므로 분석결과를 효과적으로 교류할 수 있게 된다. 현재 이러한 연구가 수행중에 있으며 파라미터, 식별방법에 있어서 보다 효율적인 연구결과를 기대하고 있다.

인터넷을 이용하여 음성을 수집할 경우 음성의 표본화 주파수는 11025, 22050, 44.1, 48KHz 등 다양하게 선택할 수 있어서 잡음분석 등 세밀한 분석까지 가능하게 할 수 있다. Fig. 2는 인터넷을 이용한 후두암 선별시스템의 구성을 보인 것이다.

원격지에서 마이크로폰으로 입력된 음성은 인터넷을 통해 웹서버로 전달되며 웹서버에서는 자동으로 데이터의 수집, 환자의 신상명세, 진단 등이 이루어진다. 이 과정에서 전문가의 판단이 추가될 수 있으며 결과가 환자에게 통보된다.

### 4. 데이터베이스

후두질환 음성의 데이터베이스는 병원에서 환자들을 대상으로 수집하여야 하는 특성상 단시간에 수집하기가 어렵다. 외국의 경우 KAY에서 상용으로 판매중인 데이터베이스가 있다.<sup>19)</sup> 이 데이터베이스는 정상음성을 포함하여 700여 음성데이터가 MDVP에 의해 분석된 결과와 함께 담겨 있으나 양성종양에 국한되어 있어서 악성종양의 경우가 포함되어 있지 않다. 국내의 경우는 본 연구팀이 발표한 KDSDv1.0이 공개되어 있으며<sup>20)</sup> 100여명의 데이터가 포함되어 있고 악성종양까지 포함되어 MDVP의 파라미터 분석자료와 함께 정리되어 있다. 그 외의 개별 연구기관에서 사 용중인 데이터들은 공개되어 있지 않다. 이러한 데이터는 음향신호에 의한 후두질환 분석에 매우 중요한 바탕이 되므로 향후 지속적인 수집이 필요하며 이에 관련하여 각 의료연구기관의 협조체제가 필요하다고 보겠다.

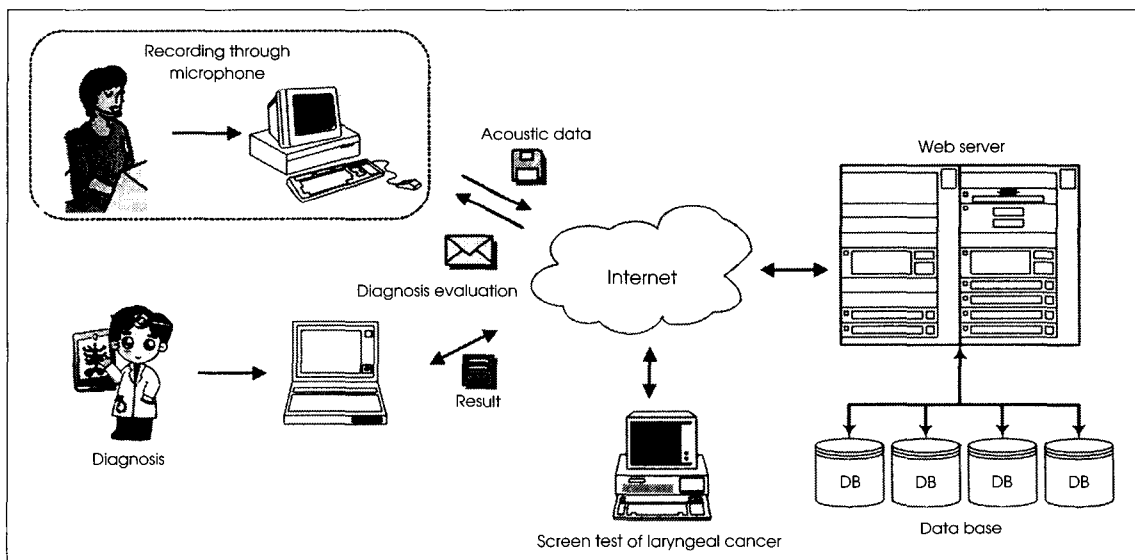


Fig. 2. 웹 기반에서 후두암 선별 시스템의 구성.

## 결 론

본 논문에서는 음향신호 분석에 의해 후두질환을 진단하는 방법의 국내외 연구동향에 관해 살펴보았다.

컴퓨터에 의한 음향신호 분석이 시작된 지가 30년 남짓하므로 후두질환음성 분석의 역사도 그보다 짧다. 그러나 현대의 음성신호처리 기술과 인식기술의 발달 및 인터넷 기술 등에 힘입어 후두질환을 예비진단하는 방법을 개발하는 데 대한 전망은 매우 밝다고 하겠다. 향후 실용적인 시스템이 등장하여 후두질환을 조기진단하는 데 큰 도움이 될 것으로 믿는다.

---

본 논문은 보건복지부 보건의료기술 진흥사업의 지원에 의하여 이루어진 것임(과제고유번호 : 02-PJ1-PG10-31401-0005).

## REFERENCES

- 1) Koike Y, Takahashi Y, Calcaterra T. *Acoustic measures for detecting laryngeal pathology. Acta Otolaryngology* 1977;84 (1):105-17.
- 2) Hammarberg B, Fritzell B, Gauffin J, Sundberg J, Wedin L. *Perceptual and acoustic correlates of abnormal voice qualities. Acta Otolaryngology* 1980;90:441-51.
- 3) Kasuya H, Ogawa S, Mashima K, Ehibara S. *Normalized noise energy as an acoustic measure to evaluate pathologic voice. Journal of the Acoustical Society of America* 1986;80 (5):1329-34.
- 4) Yasuo Endo, Hideki Kasuya. *A Stochastic Model of Fundamental Period Perturbation and Its Application to Perception of Pathological Voice Quality, Proc. ICSLP 96, Oct 1996;2:772-5.*
- 5) Eric J. Wallen, John HL Hansen. *A Screening Test for Speech Pathology Assessment Using Objective Quality Measures, Proc. ICSLP 96, Oct 1996;2:776-9.*
- 6) Jo CW, Kim DH. *Diagnosis of Pathological Speech Signals Using Wavelet Transform, Proc. ITC-CSCC 98:July 1998. p.657-60.*
- 7) Jo CW, Kim DH. *Analysis of Disordered Speech Signals Using Wavelet Transform, Proc. ICSLP 98 1998;7:3039-42.*
- 8) 조철우 · 김대현. *Diagnosis of Pathological Speech Signals Using Wavelet Transform, 한국음성과학회 음성과학지* 1998;4 (2):17-24.
- 9) 조철우 · 양병근 · 왕수건. 음향신호의 분석에 의한 후두질환의 진단에 관한 연구. *음성과학* 1999;5 (1):151-65.
- 10) 왕수건 · 양병근 · 조철우 · 박현민 · 권순복 · 김태섭 · 홍현석. 병적 음성의 감별 진단을 위한 음향학적변수, *대한이비인후과학회지* 1999;10 (42):1561-7.
- 11) Jo CW, Kim DH, Kim GI, Wang SG. *Pathological Voice from ARS using Neural Network, Maveba 2001;2001.*
- 12) Jo CW, Kim GI. *Comparisons of Characteristics between ARS Speech and DAT Speech in Pathological Diagnosis, ICSP2001;2001. p.949-53.*
- 13) 조철우 · 김대현 · 백무진 · 왕수건. *Estimatin Voice after Surgey, ICSP 2001;2001. p.567-70.*
- 14) 김광인 · 김대현 · 조철우. *Implementing a Pathological Voice Analyzer using Matlab, ICSP 2001;2001. p.885-8.*
- 15) 김광인 · 김대현 · 조철우. *Matlab을 이용한 후두질환 음성의 분석툴 개발, 한국음향학회 하계 학술발표대회 논문집* 2001;29 (1): 251-4.
- 16) 조철우 · 김광인 · 김대현 · 권순복 · 김기련 · 김용주 · 전계록 · 왕수건. *신경회로망을 이용한 ARS 장애음성의 식별에 관한 연구. 한국음성과학회지* 2001;8 (2):61-71.
- 17) 이원범. *강인한 음성분석을 이용한 후두암의 검진방법, 박사학위 논문, 부산대학교 의과대학;2003.*
- 18) 왕수건 등. *다양한 특징 파라미터와 선형변별분석을 이용한 후두암 검진, 대한이비인후과 학회지(투고중);2003.*
- 19) *Operations Manual. Disordered Voice Database, Model 4337, version 1.03, Kay Elemetrics Corp;1994.*
- 20) 조철우 · 박일서 · 김광인 · 김대현 · 권순복 · 왕수건. *전계록, 한국어 ARS와 신경회로망을 이용한 한국어 장애음성 데이터베이스의 수집 및 분석, vol.10, 한국음성과학회 학술발표대회 논문집;2001. p.61-4.*