

울음소리의 주파수 대역폭 분석을 이용한 소아호흡기 질환 진단에 관한 연구

정회원 김 봉 현*, 조 동 욱**

A Study on Infant Respiratory Diseases Diagnosis using Frequency Bandwidth Analysis of Crying Waveform

Bong-hyun Kim*, Dong-uk Cho**^o *Regular Members*

요 약

출산율, 결혼율 감소 및 이혼율 증가 등의 사회적 현상으로 인해 태어나면서부터 건강에 대한 관심이 증대되고 있는 실정이다. 특히 의사 표현 능력이 부족한 소아의 질환 진단은 직접 내원해서 진단을 받아야 하는 불편함을 가지고 있다. 이를 위해 본 연구에서는 채택 기반으로 소아 울음소리를 통해 음성 분석학적 요소를 추출하여 정상 소아와 질환을 앓고 있는 소아와의 비교, 분석을 통해 소아 질환을 진단할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다. 특히, 본 논문은 소아에게 가장 쉽게 걸릴 수 있는 소아호흡기 질환 중 소아감기, 소아폐렴 및 소아천식을 대상으로 실험을 수행하였으며 울음소리의 특징 요소를 추출하여 진단기기로 개발하고자 한다. 이를 위해 소아호흡기 질환이 인체의 음성 기관을 자극하는 질환임을 가정하고 음성학적 분석 요소 중 조음기관과 관련된 주파수대역폭 분석을 통한 방법을 실험하였으며 이를 정상 소아와 소아호흡기 질환을 앓고 있는 환자를 비교, 분석하였다. 이와 같은 방법을 통해 정상 소아에 비해 호흡기 질환을 앓고 있는 소아가 주파수 대역폭이 짧게 형성되는 결과를 추출하였다.

Key Words : Infant Respiratory, Infant Cold, Infant Pneumonia, Infant Asthma, Crying, Bandwidth

ABSTRACT

Baby's diseases diagnosis has inconvenient for received direct coming to help that order expression ability was insufficiency which consciousness situation concern about the infant health because of birth rate and decrease the marriage rate and divorce rate. So in this paper through the infant crying sound about home a foundation which infant diseases develop the system comparison normal infant with take a infant that analysis the extract the voice analytics component. Especially this paper propose about the methodology for development system that infant cold, infant pneumonia, infant asthma among extract the crying sound feature part for infant respiratory diseases discussion the most easy has involved the infant. So infant respiratory put case stimulus diseases about all voice organs and experiment the analysis method through the bandwidth about phonetics analysis component that comparison normal infant with take a respiratory infant. Through these method, we were extracted to results that infant's frequency bandwidth suffering from respiratory diseases than a normal infant is short.

* 한밭대학교 정보통신전문대학원 컴퓨터공학과 (bhkim@hanbat.ac.kr)

** 충북도립대학 정보통신과 (ducho@cbpc.ac.kr) (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2008-07-310, 접수일자 : 2008년 07월 10일, 최종논문접수일자 : 2008년 10월 22일

I. 서 론

최근 들어 고령화 및 저출산 현상은 소아 출산율 감소를 초래하고 있으며 2000년에 비해 합계 출산율이 0.39명 줄고, 연간 출생아 수는 무려 20만 명이나 감소하고 있는 현실을 반영하고 있다¹⁾. 이와 같이 우리나라 출산율이 해를 거듭할수록 급격히 감소하고 있는 두 가지 이유가 있다. 하나는 여성의 경제 활동 참여가 크게 늘면서 가임여성들이 출산을 기피하고 있다는 점이고, 다른 하나는 수적으로 많은 베이비붐 세대 여성이 이미 가임기간을 넘긴 40대를 지나가고 있다는 점이다²⁾. 이러한 사회적 현상으로 소아 건강의 유지 및 관리에 대한 관심이 증대되고 있다. 또한 저출산 현상은 인구구조에 변화를 가져오고 있으며 이로 인해 사회적, 경제적 악영향을 미치고 있다. 그러나 오늘날 소아의 울음을 통한 상태는 내원하여 진단을 받는 방식으로 질환의 원인을 찾는 불편함을 감수하고 있는 실정이다. 이러한 불편함을 해소하기 위해 아이가 왜 우는지에 대한 원인을 번역해 주는 기기로 울음 번역기인 Why Cry라는 제품이 개발, 출시되었다. Why Cry는 약 20초 만에 아이가 왜 우는지를 5가지의 감정으로 표현해 주며 그에 대한 대응 방법까지 알려주는 제품이다³⁾. 그러나, Why Cry는 울음소리를 통해 배고픔, 불편함, 졸림, 스트레스, 지루함의 5가지 상태를 체크해주는 기능으로 질환 진단을 통한 소아 건강을 체크하지는 못하는 문제점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 재택 기반으로 소아 울음소리를 통한 음성 분석학적 요소를 추출하여 정상 소아 집단군과 소아호흡기 질환을 앓고 있는 소아 집단군과의 비교, 분석을 통해 소아호흡기 질환을 진단할 수 있는 재택형 기기를 개발하고자 한다. 특히, 소아호흡기 질환 중 소아감기는 아침, 저녁의 일교차에 적응하지 못해 쉽게 걸리는 소아 호흡기 질환으로 옛날부터 만병의 근원이라고 전해지고 있는 질환이다. 이는 감기를 대수롭지 않게 여겨 소홀히 하면 합병증이 발생하거나, 생명을 위독한 질환으로 번지는 경우가 많기 때문이다⁴⁾. 이와 같은 감기의 주요 3대 합병증으로서 중이염, 축농증, 기관지염이 있고 그 외에 비염, 폐렴, 뇌막염 등이 있다⁶⁾. 또한 소아폐렴은 주로 3세 이하의 아기들에게 많이 발생하며 바이러스로 인해 오는 경우가 대부분으로 폐 조직에 생기는 염증성 질환을 말한다. 감기가 보통 목 주위에 바이러스 감염이 되어 발생하는 반면 폐렴은 감기로 면역력이 떨어져 있는 상태

에서 소량의 폐렴균이 침입하여 발병하는 질환으로 숨이 차고 밤잠을 설치며 기침과 구토 증상을 유발한다⁷⁾. 마지막으로 소아천식은 알레르기 체질의 유전으로 인한 것이 대부분으로 아토피를 앓고 있는 병력이 있는 경우나 알레르기, 가족력이 있는 경우에 흔히 발병한다. 이와 같은 유전적인 요인과 더불어 현대 사회의 다양한 환경적인 원인에 의해 발생하는 질환이다⁸⁾.

본 논문에서는 재택 기반의 소아호흡기 질환 진단기기를 개발하기 위한 연구 내용 중 소아들에게 흔히 발병할 수 있는 소아호흡기 질환 중 소아감기, 소아폐렴 및 소아천식을 진단하기 위한 시스템을 개발하고자 한다. 이를 위해 소아감기를 앓고 있는 환자 집단군, 소아폐렴을 앓고 있는 환자 집단군, 소아천식을 앓고 있는 환자 집단군과 정상 소아 집단군으로 피실험자를 분류하고 각각의 피실험자 집단의 울음소리를 통해 분석을 행하였다. 특히 소아호흡기 질환은 인체의 음성 기관에 관련이 있을 것이라는 가정을 기반으로 음성학적 분석 요소 중 조음기관을 분석할 수 있는 주파수대역폭을 통한 호흡기 관련 부위 음성 기관의 성분음을 분석하는 방식으로 특징 요소를 추출하고 상호간의 비교, 분석을 통해 결과 파형의 출력 변수를 설계하고자 한다. 이러한 음성 진단학적 방법을 통해 소아 호흡기 질환에 관한 재택형 통합 진단기기로 개발하는 것을 본 연구의 최종 목적으로 하고 있다.

II. 소아 진단 방법 및 분석

2.1 소아 진단의 문제점

성인의 경우 질환이 발생하면 열이 나거나 토하거나 기침을 동반하는 등의 신체적 변화를 뚜렷하게 볼 수 있으며 자기 스스로 증상에 대한 이야기를 할 수 있지만 소아의 경우는 질환이 발생하면 말로 표현하지 못하는 경우가 대부분이다. 이와 같은 현상으로 인해 소아 질환에 대한 진단은 성인들보다 더욱 섬세하고 다양한 진료가 요구되고 있다. 또한 아프지 않더라도 소아 시기에는 자기 나이에 맞게 정상적으로 크고 있는지 혹은 영양과잉이나 부족 상태는 아닌지 등을 정기적으로 확인해야만 하는 시기이다. 그러나 현재의 소아에 대한 진단은 소아의 울음소리가 평소와 달리 다소 격하거나 열을 동반한 자지러지는 울음 등과 같은 현상이 발생할 때 내원을 통해 진단을 받고 있는 실정이다. 특히 사회적, 환경적 요인의 변화와 식습관의 변모 등

으로 인해 알레르기 관련 질환이 소아 질환의 대부분을 차지하고 있다.

이를 위해 본 논문에서는 소아 질환의 대표적인 병명인 소아호흡기 질환에 대한 재택용 조기 진단 기기를 설계·구현하기 위한 방법을 제안하고자 한다. 특히 소아 감기와 소아 폐렴의 경우는 소아 시기에 자주 접하는 질환으로 기침, 가래, 구토, 설사, 호흡곤란, 발열 및 숨소리 이상 등의 공통된 증상을 보유하고 있어 내원을 통한 진단을 확보하기 전까지는 민간 요법 등을 적용한 치료에 문제점이 발생할 수 있다³⁾. 따라서 본 논문에서는 의사 표현 능력이 부족한 소아들의 질환을 소아의 유일한 의사 표현 수단인 울음소리 분석으로 조기에 진단하기 위한 방법을 제안하고자 한다.

2.2 진단기기 설계 및 구현

본 논문에서 제안하는 방법을 통해 개발하고자 하는 시스템은 소아들의 울음소리를 통해 소아 호흡기 질환을 진단하는 것으로 이러한 기술을 이용하여 재택형 진단기기를 개발하고자 한다. 먼저 소아들의 울음소리의 패턴을 살펴보면 여러 가지가 있는데, 특히 3개월 미만의 젖먹이들의 울음소리를 8년 동안 연구한 결과로, 실험을 통해 아이들은 인종이나 국적을 불문하고 아래 표 1과 같이 5가지로 울음소리의 표현이 가능하다⁹⁾.

그러나 이와 같은 울음소리는 소아가 울기 시작할 때만 구별이 가능하며 소아들이 표 1과 같은 울음소리 패턴을 표현하는데도 어른들의 반응이 없으면 짜증내면서 다시 울게 되는 성향이 나타난다. 따라서 본 논문에서는 이러한 기존의 연구 결과를 토대로 울음소리 분석을 통해 소아들의 음성적인 패턴과 반응을 추출하고자 하며 전체 시스템 개발을 위한 연구 과정을 아래 그림 1과 같이 설계하였다.

표 1. 울음소리 구분

구분	상태	울음소리 패턴
1	배고플 때	네~
2	졸릴 때	오~, 오아~
3	귀저기 젖거나 불편할 때	헤~
4	속에 가스가 찼을 때	에어~, 이어~
5	트림하고 싶을 때	에~



그림 1. 소아 호흡기 진단 과정

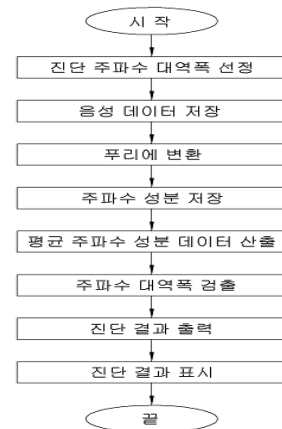


그림 2. 소아 호흡기 진단 방법

본 연구에서 개발하고자 하는 진단기기는 아래 그림 2와 같이 소아들이 울 때 소아에게 친숙한 완구를 이용하여 울음소리를 감지하는 것으로 이를 통해 완구 내부에 장착된 마이크로 칩을 이용하여 센서를 작동시켜 울음소리를 녹음하며 녹음된 울음소리는 강도, 파장, 패턴 및 간격 등을 통해 각각의 소아 질환별로 차이점을 추출하여 표현한다. 이와 같이 울음소리의 분석 결과 파형과 소아 호흡기 질환과의 상관성을 분석하여 진단 결과를 나타내게 된다. 이를 통해 여러 소아호흡기 질환 중에서 소아 감기, 소아폐렴 및 소아천식에 대한 진단을 할 수 있는 재택형 진단기기를 개발하고자 한다.

III. 연구 과정 및 방법

본 논문에서는 소아 호흡기 질환에 대한 재택 기반의 조기 진단을 위해 정상 소아 집단군과 소아 호흡기 질환을 앓고 있는 환자 집단군으로 피실험자를 분류하여 소아의 울음소리를 각각 비교, 분석

하였다. 대부분의 아픈 소아들은 자신의 고통과 불편함을 울음으로 표현하는 성향을 나타낸다. 아픈 소아들의 울음소리는 일반적인 외형적 고통으로 인한 울음소리보다 소리 파형이 대체로 낮게 형성된다. 울음과 함께 소아의 외양과 행동에 변화가 있다면 이러한 울음은 질환의 조기 신호로 쉽게 구분할 수 있다. 본 논문에서는 이와 같은 소아의 질환에 따른 현상을 음성학적으로 객관화하기 위한 연구로 여러 분석 요소를 실험 과정에 반영하여 특징을 추출하였다. 이를 위해 울음소리 신호를 분석하여 소아 호흡기 질환을 진단하기 위한 객관적 출력 변수를 설계하기 위한 것을 1차 목표로 설정하였으며 결과 파형의 유의성 추출을 통해 완구에 내장된 진단기기를 개발하는 것을 2차 목표로 설정하였다. 따라서 피실험자 집단군을 소아 호흡기 질환별로 분류, 구성하였으며 이를 통해 소아감기, 소아폐렴 및 소아천식에 해당하는 울음소리 분석 결과 형태의 공통 분모를 추출하기 위한 실험을 수행하였다.

연구 진행 과정은 첫째, 동일 환경 및 조건으로 울음소리를 수집하는 것이 연구의 중요성을 부가하는 부분이라 인식하고 대전의 H병원 소아과에서 일괄적으로 같은 장비를 사용하여 피실험자의 울음소리를 외부 잡음이 최대한 배제된 주사실에서 수집하였다. 둘째, 소아과의 전문의로 하여금 소아호흡기 질환을 앓고 있는 환자에 대한 진단 결과를 기반으로 피실험자 집단을 분류하였다. 셋째, 수집된 울음소리는 음성 분석기를 통해 분석하여 피실험자 집단별 차이점을 추출하였다. 넷째, 추출된 결과값을 통해 진단 시스템으로 설계, 구현하였으며 소아에게 친숙한 완구에 내장된 재택형 소아호흡기 질환 진단기기를 개발하였다. 아래 표 2는 피실험자 집단에 대한 분류 및 구성표를 나타낸 것이다.

표 2. 피실험자 집단 구성표

정상소아 집단	소아감기 집단	소아폐렴 집단	소아천식 집단								
구분	성별	나이	구분	성별	나이	구분	성별	나이	구분	성별	나이
A	남	4	①	남	3	㉠	여	1	(a)	남	2
B	여	1	②	여	2	㉡	여	1	(b)	남	2
C	남	2	③	여	3	㉢	남	2	(c)	여	2
D	남	2	④	남	2	㉣	여	3	(d)	여	2
E	여	4	⑤	여	3	㉤	남	1	(e)	남	3
F	남	1	⑥	남	4	㉥	여	3	(f)	남	1
G	남	2	⑦	남	2	㉦	여	2	(g)	여	3
H	여	1	⑧	여	1	㉧	남	3	(h)	남	2
I	여	3	⑨	남	1	㉨	남	2	(i)	남	2
J	남	2	⑩	여	4	㉩	여	1	(j)	여	4

또한 본 논문에서의 연구 방법은 음성 신호로부터 울음소리를 분석하는데 사용되는 많은 분석 요소 중에서 소리와 관련 있는 여러 가지 요소들을 중심으로 진행하였다. 제품의 구현을 위해서는 포먼트 주파수를 사용할 수 있지만 연구 과정에서는 음성 신호로부터 소아 호흡기 질환에 대한 진단 방법을 추출하기 위한 것으로 피치, 스펙트럼 및 포먼트¹⁰⁾ 등을 이용하여 피실험자 집단별 유의성 분석을 수행하였으며 이를 통해 재택 기반의 조기 진단을 위한 소아호흡기 질환 진단기기를 개발하는 것을 목표로 연구를 진행하였다. 본 논문에서는 1단계 연구 과정으로 소아호흡기 질환을 앓고 있는 환자의 울음소리를 통해 음성 분석 요소별 특징 추출과 소아 호흡기 질환과의 상관관계를 비교, 분석하여 유의성을 추출하고 2단계 연구 과정에서 추출된 결과 파형을 통한 재택형 진단기기를 개발하였다.

이를 위해 울음소리 분석을 정상 소아 집단과 소아 호흡기 질환을 앓고 있는 집단으로 피실험자를 분류하여 울음소리를 각각 비교, 분석하였다. 대부분의 아픈 소아들은 자신의 고통과 불편함을 울음으로 표현하기 때문에 이와 같은 현상을 기반으로 울음소리의 음성학적 객관화 연구를 수행하였다. 특히 본 논문에서는 소아감기, 소아폐렴 및 소아천식 질환 진단을 위해 음성 신호로부터 울음소리를 분석하는데 사용되는 많은 분석 요소 중에서 조음기관과 관련 있는 스펙트럼 분석을 사용하였다¹⁰⁾. 본 논문에 사용된 음성 스펙트럼의 선형 분석은 시스템 전달 함수를 $Pp(s)$ 와 $Qp(s)$ 로 표현했을 때 식 1, 식 2와 같다.

$$P(s) = A_p(s) - B_p(s) = A_p(s) - S^{(p+1)}A_p(1/s) \quad (1)$$

$$Q(s) = A_p(s) - B_p(s) = A_p(s) - S^{(p+1)}A_p(1/s) \quad (2)$$

$$\Rightarrow A_p(s) = \frac{1}{2}[P_p(s) + Q_p(s)]$$

또한, p 값이 짝수, 홀수일 때 식 3, 식 4와 같이 표현된다.

$$P_p(s) = (1-s^2) \prod_{i=2(\text{even})}^p (1-2\cos\omega_i s + s^2) \quad (3)$$

$$Q_p(s) = \prod_{i=1(\text{odd})}^p (1-2\cos\omega_i s + s^2)$$

$$P_p(s) = (1-s^2) \prod_{i=2(\text{even})}^p (1-2\cos\omega_i s + s^2) \quad (4)$$

$$Q_p(s) = \prod_{i=1(\text{odd})}^p (1-2\cos\omega_i s + s^2)$$

위의 음성 스펙트럼 분석 수식을 이용하여 선형 분석에 대한 예비 분석을 행하였으며 스펙트럼 파형에 대한 결과 영상을 표현하기 위해 소아호흡기 질환 환자의 울음소리를 통해 음성 분석 요소별 특징 추출과 소아감기, 소아폐렴 및 소아천식과의 상관관계를 비교, 분석하여 유의성을 찾아내고자 한다. 이를 위해 피실험자 집단을 정상 소아와 소아호흡기 질환 환자로 분류하여 구성하였으며 집단군 실험 단계에서 프라트(Praat)라는 음성 분석 프로그램을 사용하였다¹¹⁾. 프라트는 음성학적으로 다양한 특징 요소들 사이에 분석 결과를 제시할 수 있으며 본 논문에서는 이러한 분석 요소들을 사용하여 결과 파형에 대한 집단별 유의성을 제시할 수 있는 부분에 대해 집중적으로 실험을 수행하였다. 이를 통해 결과 파형에 대한 집단별 유의성을 제시할 수 있는 부분에 대해 집중적으로 실험을 수행하였다.

IV. 제안한 방법의 분석 및 특징

4.1 제안한 방법의 분석

본 논문에서 제안하고 있는 울음소리를 통한 소아호흡기 질환 진단 방법은 기존의 소아 질환 진단에서 발생하고 있는 시간적·비용적 손실을 감소하여 사회적 의료 혜택을 증가시키기 위한 방법으로 소아의 유일한 의사 표현 수단인 울음소리의 스펙트럼 분석을 통한 주파수 대역폭을 분석하여 재택에서 손쉽게 활용할 수 있는 진단 방법을 도출하였다. 즉, 소아의 울음소리도 인체의 음성기관을 자극하여 발생하는 생체 신호이기 때문에 음성기관에 영향을 미칠 것이라는 전제 이론을 기반으로 하여 방법을 도출하였다. 특히 소아호흡기 질환의 경우 소아감기, 소아폐렴 및 소아천식이 음성기관의 특정 부위에 자극을 주어 울음소리의 내부적 요소에 상호연관성을 가질 것이라는 이론에 연구의 초점을 두고 울음소리의 주파수 대역폭 형태 및 수치를 분석하는 방법을 제안하였다.

이와 같은 제안 방법은 의사 표현 능력이 부족한 소아 시기에 발병율이 높은 소아호흡기 관련 질환을 울음소리의 스펙트럼 주파수 특징 추출로 조기 진단할 수 있다는 장점을 보유하고 있다. 따라서 울음소리의 수집에서 처리, 주파수 특징 추출 및 결과 출력의 형태를 시스템으로 구현하여 활용한다면 소아 건강 관리 및 호흡기 질환 예방을 위한 진단 기기의 개발이 가능할 것으로 생각된다. 그러나 제안

한 방법이 울음소리의 수집 과정에서 발생할 수 있는 잡음에 민감하기 때문에 입력 환경에 대한 주의가 요구되며, 질환에 따른 고통을 울음으로 표현하지 못하거나 아픔을 참는 소아에게는 적용의 한계를 가져올 수 있다는 단점이 있다. 따라서 질환으로 인한 소아의 신체적 변화, 체열기 등의 부수적 진단 기기와의 혼합적 사용이 필요할 것으로 생각된다.

4.2 제안한 방법의 이론적 특징

본 논문에서의 연구 방법을 통해 개발하고자 하는 소아 진단기기는 마이크로폰, 진단 처리부 및 결과표시부로 구성하였다. 소아 진단기기는 진단 처리부를 포함하여 소아의 울음소리에 관련된 주파수 특성을 분석함으로써 소아감기, 소아폐렴, 소아천식 및 정상소아로 구분되는 건강 상태를 진단 할 수 있으며 이에 따라 의사 표현 능력이 부족한 소아의 건강 상태를 객관적으로 진단할 수 있다.

먼저, 마이크로폰은 소아의 울음소리를 수집하기 위한 것으로 소아의 울음소리를 담은 아날로그 음성 데이터를 진단 처리부에 즉시 전달하여 분석하도록 한다. 아날로그 음성 데이터는 소아 건강 상태를 진단하기 위한 기준이 되는 값이므로 마이크로폰으로부터 소아의 울음소리를 적어도 2회 이상 녹음 및 재생하여 확인함으로써 잡음이 최소화된 값으로 선정한다. 또한 진단 처리부는 마이크로폰으로부터 출력된 아날로그 음성 데이터를 분석하여 소아 건강 상태를 진단하고 진단 결과를 출력한다. 이러한 진단 처리부는 아날로그·디지털 컨버터, 푸리에 변환부, 평균 주파수 성분 산출부, 주파수 대역폭 검출부, 진단 결과 출력부, 메모리 및 제어부를 포함한다. 아날로그·디지털 컨버터는 아날로그 음성 데이터를 다수의 디지털 음성 데이터로 변환하여 출력한다. 아날로그·디지털 컨버터는 아날로그 음성 데이터를 일정 시간 간격으로 나누어 변환하며, 이에 따라 하나의 아날로그 음성 데이터로부터 다수의 디지털 음성 데이터가 생성된다. 예를 들어, 아날로그 음성 데이터는 3~5초 간격으로 변환될 수 있으며, 일반적으로 아날로그 음성 데이터가 20초의 울음소리에 관한 것이라 가정하면, 출력되는 디지털 음성 데이터는 적어도 4개 이상이 될 수 있다. 또한 푸리에 변환부는 시간 도메인으로 표시되는 다수의 디지털 음성 데이터를 각각 푸리에 변환하여 주파수 도메인으로 표시되는 다수의 주파수 성분 데이터로 출력한다. 푸리에 변환부는 메모리로부터 다수

의 디지털 음성 데이터를 순차적으로 입력 받아 푸리에 변환하고 출력된 다수의 주파수 성분 데이터는 메모리에 일시적으로 저장된다. 이때, 다수의 디지털 음성 데이터는 아날로그·디지털 컨버터에서 선정된 시간 간격을 기준으로 변환 될 수 있다. 즉, 푸리에 변환부는 4초 간격으로 나뉘어진 각각의 디지털 음성 데이터를 고속 푸리에 변환 방식으로 변환할 수 있으며, 이에 따라 총 다섯 개의 주파수 성분 데이터가 출력된다. 주파수 성분 데이터는 일정한 주파수 대역폭과 크기를 갖는 스펙트럼 형태로 이루어질 수 있다.

평균 주파수 성분 산출부는 다수의 주파수 성분 데이터를 평균화하여 하나의 평균 주파수 성분 데이터로 출력한다. 즉, 메모리에 일시 저장된 다수의 주파수 성분 데이터를 입력 받아 이를 하나의 스펙트럼으로 평균화한다. 또한 주파수 대역폭 검출부는 평균 주파수 성분 산출부로부터 입력된 평균 주파수 성분 데이터로부터 주파수대역폭을 검출한다. 즉, 평균 주파수 성분 데이터 중 최대 주파수와 최소 주파수의 대역폭을 검출하여 출력한다.

마지막으로 진단 결과 출력부는 미리 저장된 진단 주파수 대역폭과 주파수 대역폭 검출부로부터 입력되는 주파수 대역폭을 비교하여 소아감기, 소아폐렴, 소아천식 및 정상소아로 구분되는 건강 상태를 진단한다. 즉, 진단 결과 출력부는 주파수 대역폭이 소아감기, 소아폐렴 및 정상소아 각각의 진단 주파수 대역폭 중 어디에 속하는 지를 판별하고, 진단 결과를 표시부에 출력한다. 한편, 진단 결과 출력부에서 사용되는 진단 주파수 대역폭은 메모리로부터 저장 및 갱신을 수행한다. 아래 그림 3은 연구 과정 및 방법을 통한 진단기기의 구성도를 나타낸 것이다.

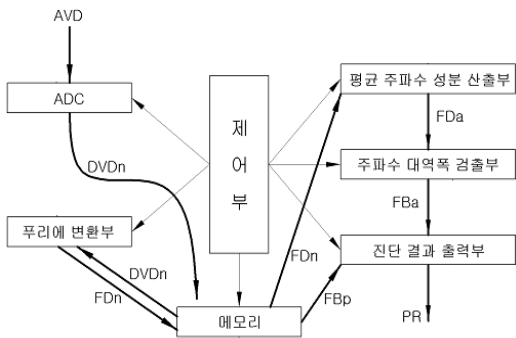


그림 3. 진단기기의 구성도

V. 시뮬레이션 결과 분석

본 논문에서는 소아 감기에 대한 재택 기반의 조기 진단을 위해 울음소리를 분석하는 시스템 환경을 다음과 같이 설정하였다. 운영체제는 Microsoft Windows XP Professional 상에서 실험을 수행하였으며 음성 데이터 수집 장치로는 SONY ICD-SX67을 사용하였고, 음성 신호의 비교 분석을 위해 사용한 도구는 Praat 4.2.07을 사용하였다^[11].

소아호흡기 질환은 조음기관에서 발생하는 음성에 차이를 나타낼 것이라는 가정에 기반하여 주파수대역폭 분석 요소를 통한 출력 파형 분석 연구의 초점을 두었다. 또한 위의 표 2와 같이 피실험자는 정상 소아 집단군과 소아감기, 소아폐렴, 소아천식을 앓고 있는 소아호흡기 질환자 집단군으로 분류하여 구성하였으며 피실험자에 대한 자료 수집은 대전 지역의 H병원 소아과에서 전문의의 입회하에 소아 호흡기 질환에 대한 진단 결과를 기반으로 울음소리 자료를 수집하였으며 녹음은 평균 20초를 입력받아 각 집단별로 비교, 분석하였다. 그림 4에서 그림 6은 정상 소아 집단군에서 추출한 음성 파형 및 주파수대역폭 분석 결과 파형을 나타낸 것이며 그림 7에서 그림 9는 소아감기를 앓고 있는 집단군에서 추출한 음성 파형 및 주파수대역폭 분석 결과 파형을 나타낸 것이다. 또한 그림 10에서 그림 12는 소아폐렴을 앓고 있는 집단군에서 추출한 음성 파형 및 주파수대역폭 분석 결과 파형을 나타낸 것이며 그림 13에서 그림 15는 소아천식을 앓고 있는 집단군에서 추출한 음성 파형 및 주파수대역폭 분석 결과 파형을 나타낸 것이다.

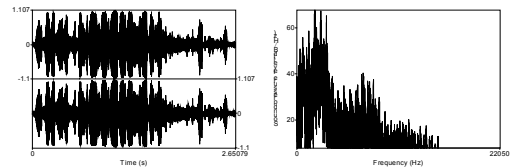


그림 4. 정상소아 A의 음성파형 및 주파수대역폭 분석도

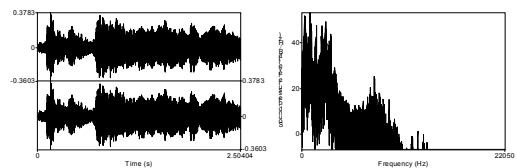


그림 5. 정상소아 C의 음성파형 및 주파수대역폭 분석도

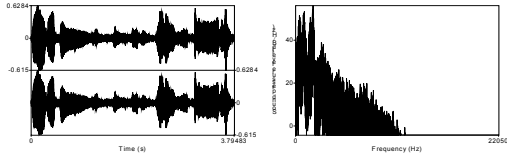


그림 6. 정상소아 G의 음성파형 및 주파수대역폭 분석도

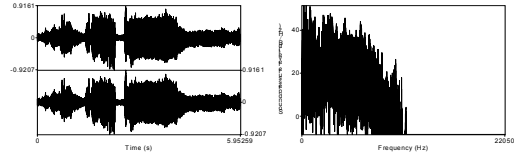


그림 13. 천식환자 ㉑의 음성파형 및 주파수대역폭 분석도

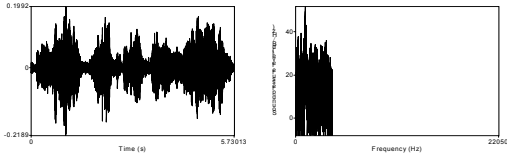


그림 7. 감기환자 ㉒의 음성파형 및 주파수대역폭 분석도

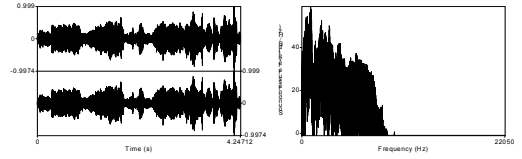


그림 14. 천식환자 ㉓의 음성파형 및 주파수대역폭 분석도

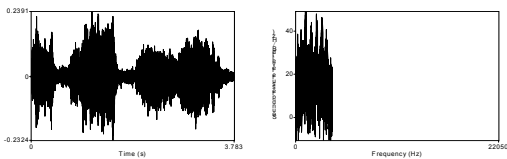


그림 8. 감기환자 ㉔의 음성파형 및 주파수대역폭 분석도

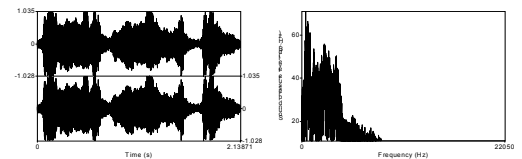


그림 15. 천식환자 ㉔의 음성파형 및 주파수대역폭 분석도

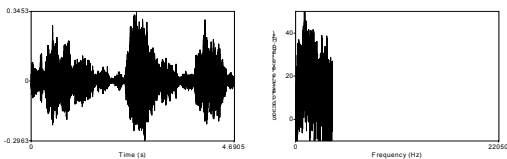


그림 9. 감기환자 ㉕의 음성파형 및 주파수대역폭 분석도

실험 결과에서 나타나듯이 조음기관에서 발생하는 각각의 음성에 대한 성분음을 분류하여 나타내는 주파수대역폭 분석 결과에서 정상 소아 집단군은 넓고 길게 파형이 분포되어 있으며 삼각형 구도를 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 또한 소아감기를 앓고 있는 환자 집단군에서는 파형이 짧게 끊어진 형태로 보통 3,700~4,300Hz 사이에서 끊기는 파형을 나타내고 있으며 소아폐렴을 앓고 있는 환자 집단군에서는 소아감기보다 다소 길게 파형이 진행되다가 끊어진 형태이며 보통 5,200~5,900Hz 사이에서 끊기는 파형을 나타내고 있다. 그러나 소아천식을 앓고 있는 집단군의 주파수대역폭 분석 파형에서는 대체로 사각형 형태의 길게 분포된 파형이 형성되고 있으며 다른 집단군처럼 뚜렷한 유의성을 추출할 수 없었다. 이와 같은 시뮬레이션 결과를 기반으로 기술적 통계 분석을 수행한 것을 표 3에 나타내었으며 이를 기반으로 다중 비교에 의한 유의성을 분석한 것을 표 4에 나타내었다.

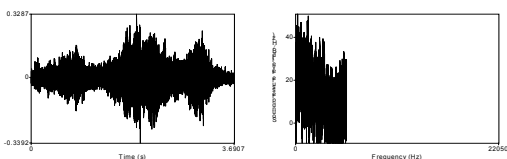


그림 10. 폐렴환자 ㉖의 음성파형 및 주파수대역폭 분석도

통계적 분석 결과에서 알 수 있듯이 소아감기, 소아폐렴 및 정상소아 집단간의 평균 차이는 0.05 수준에서 유의한 결과임을 추출할 수 있다. 즉 각 개체간의 유의확률이 0.05 이하로 나타났으며 이를 통해 시뮬레이션 결과가 유의성을 나타내고 있다는 결론을 도출하였다.

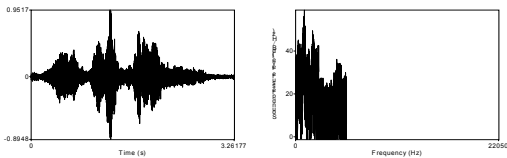


그림 11. 폐렴환자 ㉗의 음성파형 및 주파수대역폭 분석도

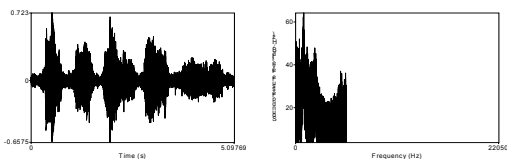


그림 12. 폐렴환자 ㉘의 음성파형 및 주파수대역폭 분석도

표 3. 기술 통계 분석표

	개체	평균	표준편차	평균에 대한 95% 신뢰구간	
				하한값	상한값
소아감기	10	4050	195.4482	3910.184778	4189.815222
소아폐렴	10	5475	214.5926	5321.489675	5628.510325
정상소아	10	11959	2354.3361	10274.80935	13643.19065
합계	30	7161.3	3741.9409	5764.069608	8558.597059

표 4. 다중 비교에 의한 유의확률 분석표

	(I)	(J)	표준 오차	유의확률	95% 신뢰구간	
					하한값	상한값
Tamhane	감기	폐렴	91.7877	2.49487E-11	-1666.71	-1183.29
		정상	747.0675	5.97472E-06	-10086.11	-5731.89
	폐렴	감기	91.7877	2.49487E-11	1183.28	1666.714
		정상	747.5927	3.11198E-05	-8661.33	-4306.66
	정상	감기	747.0675	5.97472E-06	5731.88	10086.11
		폐렴	747.5927	3.11198E-05	4306.66	8661.33
Dunnett T3	감기	폐렴	91.7877	2.49256E-11	-1665.56	-1184.43
		정상	747.0675	5.84205E-06	-10058.66	-5759.33
	폐렴	감기	91.7877	2.49256E-11	1184.43	1665.56
		정상	747.5927	3.03802E-05	-8634.00	-4333.99
	정상	감기	747.0675	5.84205E-06	5759.33	10058.67
		폐렴	747.5927	3.03802E-05	4333.99	8634.01

V. 결 론

본 논문에서는 소아의 울음소리를 분석하여 소아 호흡기 질환을 진단할 수 있는 방법을 제안하였으며 소아호흡기 질환 중 소아감기, 소아폐렴 및 소아 천식에 대한 질환을 대상으로 실험을 진행하였다. 소아호흡기 질환은 후두, 기관지, 폐와 코 등의 인체 조음기관에 영향을 줄 것이라는 이론을 기반으로 조음기관과 연관되어 있는 음성분석학적 요소인 주파수대역폭 분석을 통해 결과값을 추출하였다.

실험 결과에서 나타나듯이 시간당 Hz의 변화가 소아감기 환자 질환군의 진폭과 파형은 불규칙적인 마름모 형태에 파형이 3,700~4,300Hz 사이에서 끊어지는 현상이 나타났으며 소아폐렴 환자 질환군의 진폭과 파형은 소아감기와 비슷하게 진행되다가 5,200~5,900Hz 사이에서 끊어지는 현상이 나타났다. 또한 정상 소아 집단군은 진폭이 간결하고 9,000Hz 이상 넘어가는 시점에서 파형이 줄어드는 결과를 나타내었다. 그러나 소아천식의 경우는 뚜렷한 유의점을 추출하지 못했다. 이러한 결과는 소아 천식에 대한 발병 원인과 증상이 다양하기에 세부적인 요인에 대한 연구가 선행되어야 할 것으로 생각되며 추후 학계간 공동 연구 방안을 모색하여 지속적인 연구 수행이 필요할 것으로 여겨진다.

참 고 문 헌

- [1] 통계청, <http://www.nso.go.kr/>
- [2] 김영민, “메이비플 세대의 인구학적 특성”, 한국교원대학교, 2006.
- [3] 홍창의, *소아과 진료 고려의학*, 1999.
- [4] 이현석, “의학이야기 : 감기의 예방”, *대한설비공학회*, 2004.
- [5] 박주홍, *대한민국 한·양방 건강보감*, 김영사, 2007.
- [6] 손병관, “소아 호흡기 질환의 진단과 치료”, *대한가정의학회*, 1995.
- [7] 이종균, *우리 아기 건강 대백과*, 랜덤하우스중앙, 2005.
- [8] 윤혜신, *임상 소아천식*, 소화, 2002.
- [9] 데이비드 챔버린, *갓난아기 심리학*, 바람, 2006.
- [10] 고도홍, 정옥란, *음성 및 언어 분석기기 활용법*, 한국문화사, 2001.
- [11] 양병곤, *프라트를 이용한 음성 분석의 이론과 실제*, 만수출판사, 2003.

김 봉 현 (Bong-hyun Kim)

정회원



2000년 2월 한밭대학교 전자계산학과 졸업
 2002년 2월 한밭대학교 전자계산학과 공학석사
 2006년 3월~현재 한밭대학교 컴퓨터공학과 박사과정
 2002년 3월~현재 한밭대학교

충북도립대학 외래강사

<관심분야> 생체신호분석, 음성처리, 전자상거래

조 동 옥 (Dong-uk Cho)

정회원



1983년 2월 한양대학교 전자 공학과 졸업
 1989년 2월 한양대학교 전자 통신공학과 공학박사
 1991년~2000년 서원대학교 정보통신공학과 교수
 1999년 Oregon State University

교환교수

2000년~현재 충북도립대학 정보통신공학과 교수

2007년 기술혁신대전 대통령 표창 수상

<관심분야> 생체신호분석, 영상 및 음성처리