

소아 얼굴 영상 및 울음소리 분석을 통한 소아 감기 질환과의 상관성 연구

김봉현*, 이세환*, 가민경*, 박선애*, 조동욱**, 오원근***

*한밭대학교 컴퓨터공학과

**충북과학대학 정보통신학과

***순천대학교 멀티미디어공학과

e-mail : bhkim@hanbat.ac.kr

A Study on Interrelationship of Baby Cold Diseases Using Baby Face Image and Crying Analysis

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

*Dept. of Computer Engineering, Hanbat National University

**Dept. of Information & Communication Science, Chungbuk Provincial University

***Dept. of Multimedia Engineering, Suncheon National University

요 약

태어나면서부터 건강에 대한 욕구는 현대 사회에서 많은 부분을 차지하게 된다. 물론 어려서부터의 건강관리가 건강 수명 연장은 물론 가장 기본적인 행복한 삶의 추구까지도 보장되고 있는 실정이다. 이를 위해 본 논문에서는 한의학에서 환자의 질병을 진단하기 위해 사용되고 있는 망진(望診)과 청진(聽診)의 이론적 근거를 바탕으로 소아 감기 질환에 대한 진단 시스템을 개발하고자 한다. 특히 소아 감기는 일반적으로 제일 발병률이 높은 질환으로 얼굴 부위에 열을 동반한다는 것과 울음소리가 인체의 모든 조음기관과 연관되어 있다는 한의학적 이론을 기반으로 소아의 생체신호를 분석하여 소아 감기와 상관성을 분석하고자 한다. 이를 위해 소아 감기 환자에 대한 1차 실험으로 얼굴 영상에서의 열 관련 여부에 대한 색상 분석을 행하였으며 2차 실험으로는 조음기관에 대한 성분음을 추출하는 스펙트럼 분석을 수행하였다. 이를 통해 정상 소아와 감기 질환을 앓고 있는 소아 환자간의 차이점을 추출하고자 한다.

1. 서론

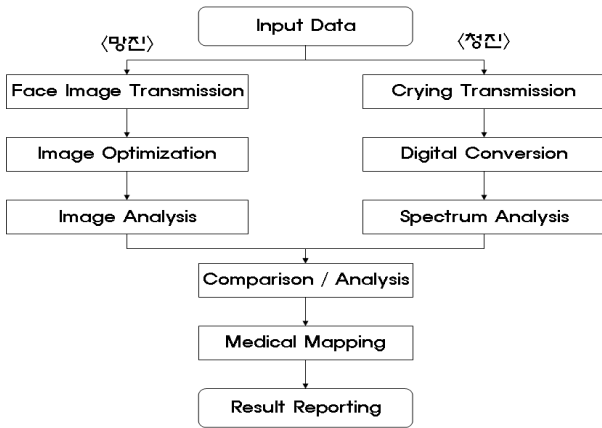
우리나라의 출산수준은 사회·경제적인 발전에 의한 국민들의 생활수준의 향상과 결혼이나 가족 등에 대한 가치관의 변화 및 1990년대 이전까지 강력하게 추진해왔던 출산억제 정책 등에 의해서 세계에서 유례를 찾아볼 수 없는 속도로 급속히 저하되고 있다. 최근 들어 고령화 및 저출산 현상은 소아 출산율 감소로 초래하고 있으며 2000년에 비해 함께 출산율이 0.39명 줄고, 연간 출생아 수는 무려 20만 명이나 감소하고 있는 현실을 반영하고 있다 [1]. 이와 같이 우리나라 출산율이 해를 거듭할수록 급격히 감소하고 있는 두 가지 이유가 있다. 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 점이다[2]. 그러나 선진국에 비해 사회적 의료 보장 시스템이 빈약한 실정에서 소아 건강을 지키기 위한 경제적인 부담이 가중되고 있어 더욱 어려운 현실에 직면하고 있다. 이를 해결하기 위해서는 의료 혜택의 보편화가 시급한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 한의학적 망진(望診) 및 청진(聽診) 이론을 기반으로 대표적인 열 질환인 소아 감기에 대한 진단 시스템을 개발하기 위한 연구를 수행하

고자 한다. 소아 감기는 소아가 신체 면역력이 완전하지 않아서 아침, 저녁의 일교차에 적응하지 못해 쉽게 걸리는 소아 질환으로 옛날부터 만병의 근원이라고 전해지고 있는 질환이다. 이는 감기를 대수롭지 않게 여겨 소홀히 하면 합병증이 발생하거나, 생명에 위독한 질환으로 번지는 경우가 많기 때문이다[3].

본 논문에서는 채택 기반의 소아 질환 진단 시스템을 개발하기 위한 연구 내용 중 소아들이 가장 쉽게 걸릴 수 있는 소아감기를 진단하기 위한 방법론을 제안하고자 한다. 이를 위해 소아 감기를 앓고 있는 환자 집단군과 정상 소아 집단군으로 피실험자를 분류하고 각각의 피실험자 집단의 얼굴 색상 및 울음소리를 통해 분석을 행하였다. 특히 소아 감기는 얼굴 부위가 붉어지면서 열이 발생하므로 얼굴 부위에 대한 열 유무를 확인하는 방법을 1차적으로 제안하였으며 2차적으로는 감기가 음성 기관에 관련이 있는 질환이므로 음성학적 분석 요소 중 스펙트럼을 통한 각 음성 기관의 성분음을 분석하는 방식으로 특징 요소를 추출하여 상호간의 비교, 분석을 통해 결과의 차이를 출력하고자 한다. 최종적으로 본 논문의 유용성을 실험을 통해서 입증하고자 한다.

2. 시스템 구성 및 분석 방법의 제안

본 논문에서 제안하는 방법을 통해 개발하고자 하는 시스템은 소아 감기 질환을 조기에 진단하기 위한 것으로 소아 열 질환의 대표적인 소아 감기를 얼굴 부위의 열 유무 분석 방법과 소아 울음소리의 스펙트럼 분석 방법의 통합화로 진단 시스템을 구현할 수 있다는 방법을 제안하였다. 본 논문에서의 연구 과정은 아래 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 시스템 흐름도

2.1 소아 열 분석 방법

일반적으로 컴퓨터에서 색을 나타내기 위해서는 RGB 체계를 사용하고 있으나 빛의 혼합으로 만들어진 RGB의 색상은 전자 충돌에 의해 생성되기에 사실성이 떨어진다. 그러나 CMYK 체계는 다수의 색을 혼합하여 붉은색이 생성된다. 따라서, 본 논문에서는 RGB형식의 입력 영상에서 피부색 영역 검출에 유용한 YCbCr 색체계로 변환한 후 이진화 영상을 추출하고 결과 영상에서 이마와 오른쪽 뺨 부위를 검출하였으며 이에 대한 색상 분석을 진행하였다. 또한, 열 분석을 위한 색상 분석은 CMYK 색체계에서 M 값과 Y값의 혼합에 의해 추출된 값이 붉은색의 정도를 나타내기 때문에 CMYK 색체계로 변환한 후 각 색상의 조합을 통해 해당 부위의 R값을 분포도로 추출하여 얼굴색에서의 붉은색 정도를 측정하는데 사용하였다. 각 색상 체계에 대한 변환은 아래 식(1)~(3)과 같다[4].

$$\begin{aligned} Y &= 0.299900R + 0.58700G + 0.11400B \\ Cb &= -0.1687R - 0.33126G + 0.50000B \\ Cr &= 0.50000R - 0.41869G - 0.08131B \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} C &= 1.0 - R \\ M &= 1.0 - G \\ Y &= 1.0 - B \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} K &= \min(C, M, Y) \\ C &= C - K \\ M &= M - K \\ Y &= Y - K \end{aligned} \quad (3)$$

또한 소아 얼굴 영역을 피부색 기반으로 추출하기 위해 얼굴 영역에 해당하는 피부색을 검출해야 한다. 이를 위해 영역 기반의 분할을 행하여 피부색을 제외한 모든 색은 검은색으로 그리고 피부색은 흰색으로 표시한다. 즉,

$$B(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } (100 < Cb < 125) \cap (138 < Cr < 160) \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

과 같은 작업을 행한다. 이를 통해 검출된 얼굴에서 최종적으로 필터링 및 스캐닝 작업을 거쳐 해당 얼굴 부위의 영역을 추출한다. 추출된 얼굴 영역 영상을 토대로 붉은색의 정도를 분석하기 위해 CMYK 색체계에서 M값과 Y값의 혼합 정도를 측정하였다. 한 가지만을 사용한 분석에는 한계가 있을 것으로 사료되기 때문에 두 가지 성분을 분석하여 비교하는 방식으로 결과를 추출하였다.



(그림 2) CMYK, RGB 색상표

2.2 소아 울음소리 분석 방법

소아 울음소리 분석을 위해 정상 소아 집단군과 소아 감기를 앓고 있는 환자 집단군으로 피실험자를 분류하여 소아의 울음소리를 각각 비교, 분석하였다. 본 논문에서는 이와 같은 의학적 이론을 기반으로 소아 감기에 따른 현상을 음성학적으로 객관화하기 위한 연구를 수행하기 위해 피치, 강도, 포먼트 및 스펙트로그램 등의 다양한 음성학적 분석 요소를 실험 과정에 반영하였다. 이와 같은 연구 과정에서 소아 감기 질환이 인체의 모든 조음기관과 관련있다는 의학적 내용을 물리적 의미로 해석하기 위해 음성의 성분음을 분류하여 추출 결과를 표현하는 스펙트럼 분석을 사용하였다[5]. 본 논문에 사용된 음성 스펙트럼의 선형 분석은 시스템 전달 함수를 $P_p(s)$ 와 $Q_p(s)$ 로 표현했을 때 아래 식(5), (6)과 같다.

$$P_p(s) = A_p(s) - B_p(s) = A_p(s) - S^{(p+1)}A_p(1/s) \quad (5)$$

$$Q_p(s) = A_p(s) - B_p(s) = A_p(s) - S^{(p+1)}A_p(1/s) \quad (6)$$

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

또한, p 값이 짝수, 홀수일 때 아래 식(7), (8)과 같이 표현된다.

$$P_p(s) = (1-s^2) \prod_{i=2(\text{even})}^p (1-2\cos\omega_i s + s^2) \quad (7)$$

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

$$P_p(s) = (1 - s^2) \prod_{i=2(\text{even})}^p (1 - 2\cos\omega_i s + s^2) \quad (8)$$

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

위의 음성 스펙트럼 선형 분석을 이용하여 울음소리에 대한 예비 분석을 행하였으며 스펙트럼 파형에 대한 결과 영상을 표현하기 위해 소아 감기 환자의 울음소리를 통해 음성 분석 요소별 특징 추출과 소아 감기와 상관계수를 비교, 분석하여 유의성을 찾아내고자 한다. 이를 위해 피실험자 집단을 정상 소아와 감기 소아 환자로 분류하여 구성하였으며 집단군 실험 단계에서 프라트(Praat)라는 음성 분석 프로그램을 사용하였다[6]. 이를 통해 결과 파형에 대한 집단별 유의성을 제시할 수 있는 부분에 대해 집중적으로 실험을 수행하였다.

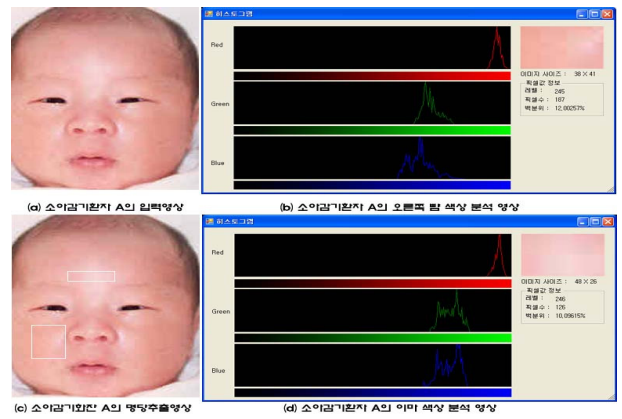
3. 실험 및 고찰

본 논문에서는 소아 감기에 대한 재택 기반의 조기 진단을 위해 울음소리를 분석하는 시스템 환경을 다음과 같이 설정하였다. 실험에 사용된 환경은 Visual C++6.0으로 제작한 영상 추출 프로그램과 음성 신호의 비교, 분석을 위한 Praat 4.2.07을 선정하였다. 또한 <표 1>과 같이 피실험자는 정상 소아 집단군과 감기를 앓고 있는 소아 환자 집단군으로 분류하여 구성하였으며 피실험자에 대한 자료 수집은 대전 지역의 한국병원, 충북 청주 지역의 충북대학병원과 한빛소아과에서 전문의의 입회하에 소아 감기에 대한 진단이 행해진 소아 환자를 기반으로 해당 소아 얼굴의 영상 및 울음소리를 연구 자료로 수집하였다.

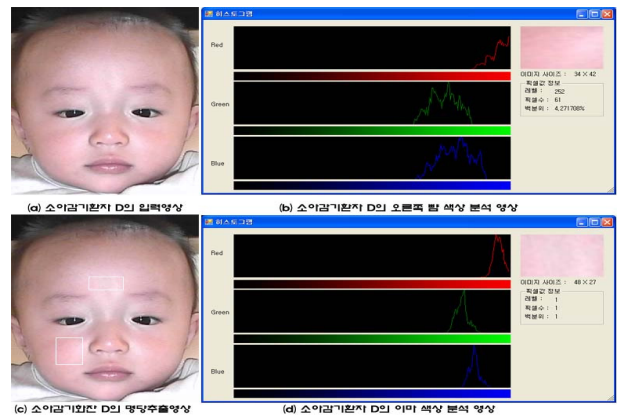
<표 1> 피실험자 집단군 구성표

정상 소아 집단			소아 감기 환자 집단		
구분	성별	나이	구분	성별	나이
①	남	3	A	여	1
②	여	3	B	남	5
③	남	6	C	남	3
④	여	2	D	남	2
⑤	남	1	E	여	3
⑥	남	2	F	남	4

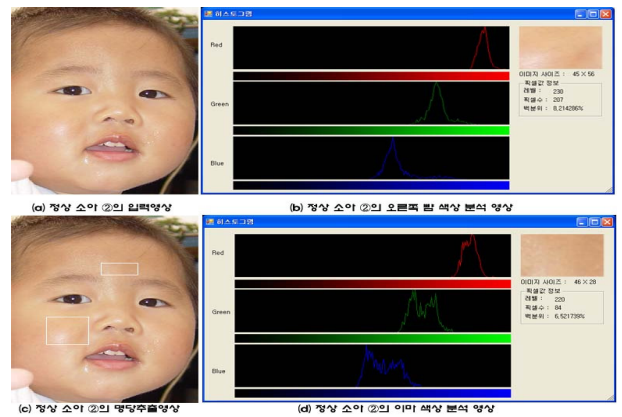
소아 감기 질환에 대한 진단을 위해 1차 실험으로 소아 얼굴에서 열과 가장 연관 있는 부위인 이마와 오른쪽 뺨의 색상을 분석하는 실험을 수행하였다. (그림 3)과 (그림 4)는 감기 질환을 앓고 있는 소아의 입력 영상과 이마·오른쪽 뺨 부위 추출 영상, 그리고 추출 부위에 대한 색상 분석도를 나타낸 것이며 (그림 5)와 (그림 6)은 정상 소아의 입력 영상과 이마·오른쪽 뺨 부위 추출 영상, 그리고 추출 부위에 대한 색상 분석도를 나타낸 것으로 정상 소아보다 감기 질환을 앓고 있는 소아 영상에서 붉은 색이 많이 검출되었음을 알 수 있다.



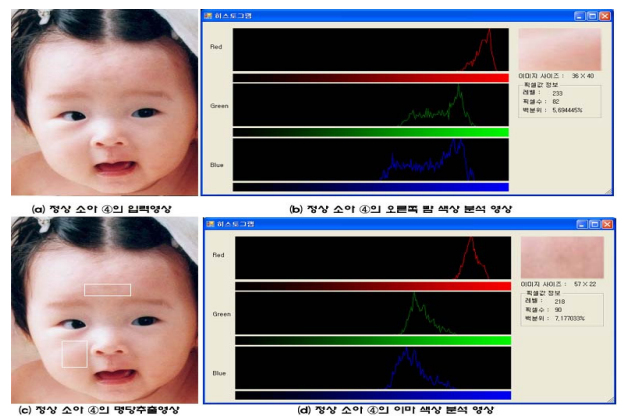
(그림 3) 소아감기환자 A의 색상 분석 과정



(그림 4) 소아감기환자 D의 색상 분석 과정

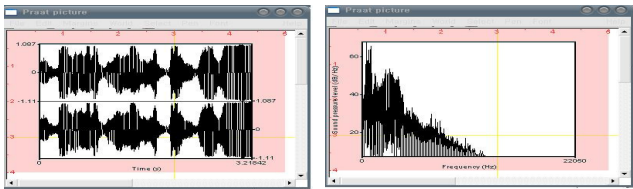


(그림 5) 정상 소아 ②의 색상 분석 과정

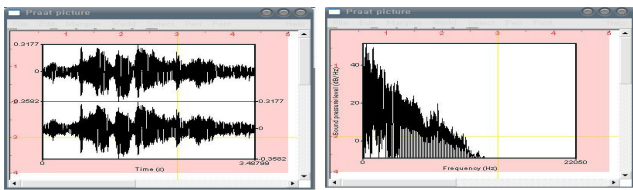


(그림 6) 정상 소아 ④의 색상 분석 과정

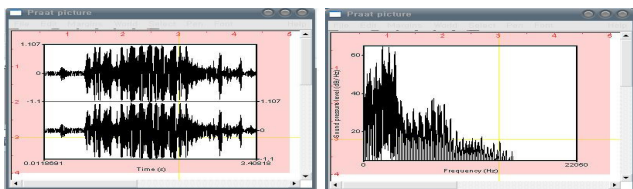
또한, 소아 감기 질환에 대한 진단을 위해 2차 실험으로 소아 울음소리에서 조음기관의 성분음을 추출하기 위한 스펙트럼 분석 실험을 수행하였다. 녹음 자료는 울음소리를 평균 3~4초동안 입력받아 각 집단별로 비교, 분석하였다. (그림 7)~(그림 9)는 정상 소아 집단군에서 추출한 음성 파형 및 스펙트럼 분석 결과 파형을 나타낸 것이며 (그림 10)~(그림 13)은 소아 감기를 앓고 있는 집단군에서 추출한 음성 파형 및 스펙트럼 분석 결과 파형을 나타낸 것이다. 실험 결과에서 나타나듯이 조음기관에서 발생하는 각각의 음성에 대한 성분음을 분류하여 나타내는 스펙트럼 분석 결과에서 정상 소아 집단군이 넓고 길게 파형이 분포되어 있는 것에 비해 소아감기 질환군은 파형이 짧게 끊어진 형태 패턴을 나타내고 있다. 이와 같은 분석 결과 파형의 형태 패턴 분석을 통해 소아감기 질환에 대한 조기 진단이 가능하다.



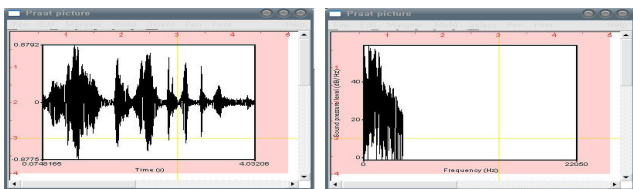
(그림 7) 정상 소아 ①의 울음소리 및 스펙트럼 파형



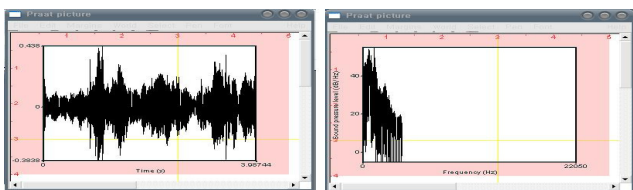
(그림 8) 정상 소아 ③의 울음소리 및 스펙트럼 파형



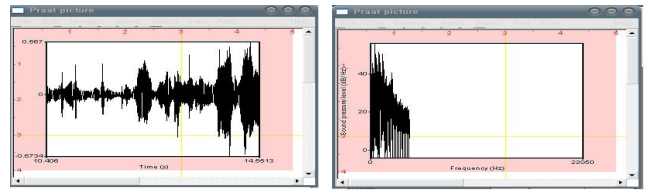
(그림 9) 정상 소아 ⑤의 울음소리 및 스펙트럼 파형



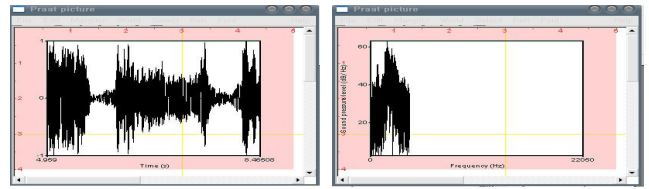
(그림 10) 소아감기 환자 B의 울음소리 및 스펙트럼 파형



(그림 11) 소아감기 환자 D의 울음소리 및 스펙트럼 파형



(그림 12) 소아감기 환자 E의 울음소리 및 스펙트럼 파형



(그림 13) 소아감기 환자 F의 울음소리 및 스펙트럼 파형

4. 결론

의사 표현 능력이 부족한 소아들의 얼굴 영상 및 울음소리 분석은 질환을 조기에 판단하기 위한 최적의 방법이다. 따라서 본 논문에서는 소아의 얼굴 영상과 울음소리를 분석하여 질환을 진단할 수 있는 방법을 제안하였으며 전체 소아 질환 중 가장 발병률이 높은 소아감기에 대한 질환을 대상으로 실험을 진행하였다. 본 논문에서는 소아감기가 열 질환의 대표적인 것이며 후두와 기관지에 고통을 주는 질환이라는 사실에 기반하여 상호간의 상관성 분석에 연구의 초점을 맞추었다. 이를 위해 소아 얼굴에서 명당 추출방법을 이용하여 얼굴 부위에 나타나는 현상, 색상을 검출하여 열이 발생하는 감기 질환 진단에 따른 1차 실험을 수행하였다. 또한 소아의 울음소리를 분석하는 2차 실험을 통해 스펙트럼 결과 파형에서 시간당 Hz의 변화가 소아감기 환자 질환군의 진폭과 파형은 불규칙적인 마름모 형태에 파형이 끊어지는 현상이 나타났으며 정상 소아 집단군은 진폭이 간결하고 끝으로 갈수록 파형이 줄어드는 결과를 나타내었다. 이와 같은 실험 결과를 토대로 소아감기 질환에 대한 진단이 가능할 것으로 사료된다. 차후는 보다 많은 임상 자료를 통해 제안한 방법의 재현성을 확보하는 것과 다른 소아 질환에 대한 방법론의 개발과 실험이 행해져 종합적인 소아 질환 진단 시스템 구축에 대한 연구가 지속적으로 행해져야 하리라 여겨진다.

참고문헌

- [1] 통계청, <http://www.nso.go.kr/>
- [2] 김영민, "베이비붐 세대의 인구학적 특성", 한국교원대학교, 2006.
- [3] 이현석, "감기의 예방", 대한설비공학회, 2004.
- [4] 최형일 외 2인, 영상처리 이론과 실제, 홍릉과학출판사, 1999.
- [5] 고도홍, 정옥란, 음성 및 언어 분석기기 활용법, 한국문화사, 2001.
- [6] 양병근, 프라트를 이용한 음성 분석의 이론과 실제, 만수출판사, 2003.