

ASM과 SVM을 이용한 설진 시스템 개발

박진웅*, 강선경*, 김영운*, 정성태*

Development of Tongue Diagnosis System Using ASM and SVM

Jin-Woong Park*, Sun-Kyung Kang*, Young-Un Kim*, Sung-Tae Jung*

요약

본 논문에서는 설진을 위하여 얼굴 영상으로부터 혀 영역을 추출하고, 혀 영역을 6개 세부 영역으로 분할한 다음 영역별 설태 비율을 검출하는 방법을 제안한다. 얼굴 영상으로부터 혀 영역을 추출하기 위해 능동적 형태 모델 방법의 하나인 ASM을 이용하였다. 검출된 혀 영역을 한의학에서 사용하는 일반적인 6개 영역으로 분할하였고, 분할된 영역 내에서의 설태 분포 정도를 SVM을 이용하여 검출하였다. SVM 분류 시 특징 벡터로는 RGB, HSV, Lab, Luv로 구성된 12차원의 벡터로부터 주성분 분석을 통하여 구해진 3차원의 벡터를 사용하였다. 실험 결과 ASM을 사용하여 혀 영역을 안정적으로 검출할 수 있었고 주성분 분석과 SVM을 활용함으로써 설태 검출율이 높아짐을 알 수 있었다.

▶ Keywords : 설진 시스템, 설태, 주성분 분석, ASM, SVM

Abstract

In this study, we propose a tongue diagnosis system which detects the tongue from face image and divides the tongue area into six areas, and finally generates tongue fur ratio of each area. To detect the tongue area from face image, we use ASM as one of the active shape models. Detected tongue area is divided into six areas and the distribution of tongue coating of six areas is examined by SVM. For SVM, we use a 3-dimensional vector calculated by PCA from a 12-dimensional vector consisting of RGB, HSV, Lab, and Luv. As a result, we stably detected the tongue area using ASM. Furthermore, we recognized that PCA and SVM helped to raise the ratio of tongue coating detection.

•제1저자 : 박진웅 •교신저자 : 정성태

•투고일 : 2013. 1. 1, 심사일 : 2013. 2. 23, 게재확정일 : 2013. 3. 25.

* 원광대학교 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Engineering, Wonkwang University)

* 이 논문은 2012학년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 수행 됨

▶ Keywords : Tongue Diagnosis System, Tongue Fur, PCA(Principal Component Analysis), ASM(Active Shape Model), SVM(Support Vector Machine)

I. 서론

유치근 수십 년 간 한의학 분야는 많은 변화를 거쳐 발전하였다. 특히 첨단기술의 발전에 따라 한방 의료 기기에 IT 기술이 도입되어 한방 과학화를 위한 연구가 진행되고 있다. 한방에서는 혀의 상태로부터 건강 상태를 진단하는 설진이 사용되는데, 설진은 진단자의 경험과 지식을 바탕으로 하기 때문에 객관적이고 재현성 있는 결과를 얻기가 쉽지 않다. 따라서 설진의 이런 문제를 해결하기 위해 디지털 설진 시스템을 개발하기 위한 연구들이 진행되고 있다[1-10].

디지털 설진 시스템의 연구 결과로 병원용 설진기 시제품들이 개발되고 있다. 그림 1의 (a)는 경희대학교에서 개발한 디지털 설진 시스템을 보여주며, 표준화된 광원과 DSLR 카메라를 이용하여 혀 영상을 획득하고 색상 보정을 통해 보다 정확한 영상을 얻을 수 있게 디자인하였다. 이 시스템은 얼굴이 접안부에 고정되었을 때 효과적으로 암실을 형성할 수 있도록 인체 공학적으로 설계되었고 광원을 표준화하기 위해 태양광과 가까운 색온도 특성을 가진 스트로브 조명을 사용하였다. 또한 혀의 위치에 따라 카메라의 위치를 기계적으로 변경할 수 있도록 하였다[11]. 그림 1의 (b)는 한국한의학연구원에서 개발한 설진기이다. 얼굴 접안부는 지면으로부터 45도 각도로 기울어져 있어 고개를 숙이면 바로 입 주변에 밀착하도록 하는 구조로 설계하였고, 환자가 촬영과 동시에 자신의 혀가 보이는 화면을 직접 모니터링 할 수 있도록 설계되었다. 또한 반사경을 이용하여 접안부와 카메라 사이의 거리를 감소시켰으며 상, 하, 좌, 우를 독립적으로 조명할 수 있는 LED 조명을 사용하여, 혀의 기울임 및 균열 등의 입체적인 특성을 밝히는데 도움을 줄 수 있도록 하였다[12].

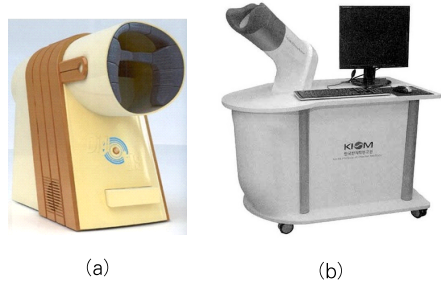


그림 1. 기존의 디지털 설진 시스템
Fig. 1. Digital Tongue Diagnosis Systems

기존의 디지털 설진 시스템은 혀 영상을 획득하기 위해 특별한 장치와 조명을 사용하는데, 정확한 진단을 위해 이러한 장치가 도움이 될 수 있겠지만 장비 가격이 비싸다는 문제가 있다. 따라서 본 논문에서는 혀 영상을 획득하기 위한 특별한 장치 없이 일반 카메라로 촬영한 얼굴 영상에서 혀의 상태를 분석하여 건강 상태를 판별하는 설진 시스템을 제안한다.

본 논문에서는 설진을 위하여 얼굴 영상으로부터 혀 영역을 추출하고, 추출된 혀 영역을 6개 세부 영역으로 분할한 후 영역별 설태 비율을 검출하는 방법을 제안한다.

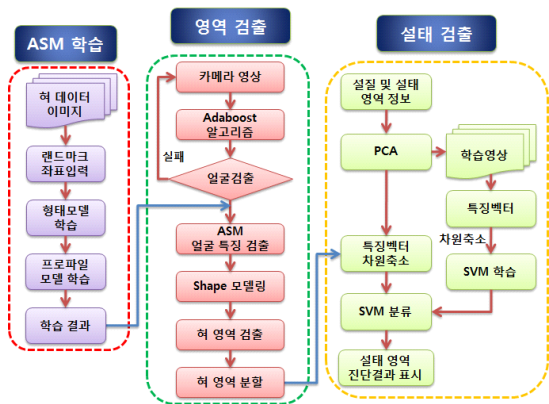


그림 2. 제안된 설진 시스템 구성도
Fig. 2. System architecture of proposed tongue diagnosis system

그림 2에는 제안된 시스템의 구성도가 나타나 있다. 임의의 영상에서 혀 영역 분할을 위해 먼저 입력된 얼굴 영상에서 영역 검출의 대표적인 방법 중에 하나인 ASM(Active Shape Model)을 이용하여 혀 영역을 검출하였다(13). 혀 영역 검출에 ASM을 이용하기 위해서는 혀 형태에 대한 학습이 필요하다. 혀가 포함되는 얼굴 전체 영상에 혀 검출에 필요한 특징점, 즉 랜드마크를 표시한 다음 형태 모델과 프로파일 모델을 학습시킨다.

입력된 영상에 대하여 ASM 학습 결과를 이용하여 혀 영역을 검출한다. 혀 영역 검출 후 검출된 혀 영역의 가장자리의 좌표 값을 이용하여 좌우 영역을 분할하고, Lagrange 다항식 보간법¹⁾을 이용하여 상단 영역과 하단 영역을 6개의 영역으로 분할하였다. 혀 영역 분할 후 분할된 영상에 대하여 설태 영역을 검출하였다. 설태 영역의 검출은 설태 및 설절 영역에 대한 학습 영상을 이용한 주성분 분석을 수행하여 특징 벡터를 추출하고 이를 적용한 SVM(Support Vector Machine) 분류기로 설태의 유무를 판별하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 ASM을 이용한 혀 영역 추출 방법에 대해서 설명하고 3장에서는 추출된 혀 영상을 이용하여 영역 분할 방법을 기술한다. 4장에서는 영역 분할된 혀를 이용하여 색상 정보 분석을 이용한 설절, 설태 검출을 하고 5장에서는 한의사가 직접 영역 표시를 한 영상과 비교 분석을 하여 시스템 성능 평가를 한다. 끝으로 6장은 본 논문의 결론 및 향후 연구에 대해 기술한다.

II. ASM을 이용한 혀 영역 추출

1. ASM

본 논문에서 사용하는 ASM은 객체의 윤곽 정보를 기존의 학습된 모델들의 통계적인 특성을 바탕으로 보다 효과적으로 추출하는 방법으로, 가변적인 형태를 가지는 물체를 영상에서 찾는데 널리 사용된다. 능동 형태 모델을 사용하기 위해서는 먼저 형태에 대한 학습 데이터가 필요하다. 이 학습 데이터는 촬영된 영상에 대해 수작업으로 얼굴의 특징에 대한 랜드마크를 표시하여 구축하였다. 랜드마크의 수는 그림 3과 같이 56개로 설정하였으며 얼굴의 윤곽과 혀의 영역을 표현하였다. 이러한 랜드마크들은 주로 대상의 테두리에서 선명한 윤곽에 주

로 위치하며, 전체적인 얼굴 윤곽보다 혀 영역에 랜드마크를 집중적으로 위치시켜서 보다 정확하게 혀 영역을 추출하였다.



그림 3. 랜드마크가 표시된 얼굴 영상
Fig. 3. A face image with landmarks

본 논문에서는 ASM 학습을 위해 그림 4에서와 같이 32명 영상을 이용하였다.



그림 4. ASM 학습을 위한 얼굴 영상
Fig. 4. Face images for ASM training

랜드마크가 표시된 영상들에 대해서는 각 랜드마크에 해당하는 영상의 좌표 값을 포함하는 파일을 생성하였다. 이렇게 학습할 영상과 랜드마크의 좌표 정보가 주어지면 능동 형태 모델 학습 알고리즘을 통해 학습을 수행하여 얼굴 특징에 대한 능동 형태 모델을 생성하게 된다. 능동 형태 모델은 형태 모델과 프로파일 모델로 구성되어진다. 능동 형태 모델은 다음과 같은 방법으로 구한다. 얼굴 특징 표현은 식 (1)과 같이 얼굴 특징 경계면을 따라 56개의 좌표 벡터로 표현할 수 있다.

$$X_i = [x_1, y_1, \dots, x_n, y_n]^T \quad (1)$$

학습 영상에 있는 얼굴 특징 형태는 크기와 방향 등이 다양하기 때문에 이들을 대표하는 하나의 모델을 구성해야 된다. 이를 위해 유사한 크기, 방향을 가지며 무게중심의 좌표가 동일하도록 확대/축소, 이동, 회전 등을 통해 변환하는 선형 기하학적 변환에 의한 정규화가 필요하다. 정규화된 벡터

1) Lagrange 다항식 보간법 : 여러 개의 점들이 주어졌을 경우, 이들 점들을 지나는 다항식을 구하고 이 다항식을 사용하여 주어진 점에 대한 보간값을 구하는 것을 말함

들의 평균 벡터는 식 (2)를 이용하여 구하며, 각 훈련 영상에 대한 벡터들의 평균 벡터로부터 얼마나 벗어나 있는지를 구하는 변위 벡터는 식 (3)으로 구한다.

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (2)$$

$$dX_i = X_i - \bar{X} \quad (3)$$

그림 5는 확대/축소, 이동, 회전 등을 통해 변환하는 선형 기하학적 변환에 의한 정규화 과정을 보여준다.

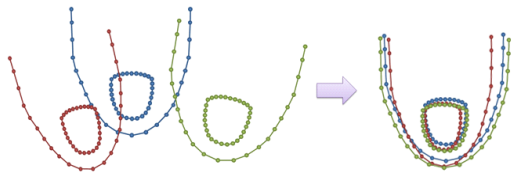


그림 5. 모델의 정렬
Fig. 5. Model adjustment

변위 벡터들을 구한 다음에는 이들의 공분산 행렬을 식(4)와 같이 구한다.

$$S = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N dX_i dX_i^T \quad (4)$$

공분산 행렬을 구한 다음에는 공분산 행렬에 대하여 식 (5)를 만족하는 고유 벡터와 고유 값을 구한다. 이 식에서 P_i 는 고유벡터이고 λ_i 는 고유값이며, $\lambda_i \geq \lambda_{i+1}$ 이 만족되도록 고유값을 정렬한다.

$$SP_i = \lambda_i P_i \quad (5)$$

각 훈련 영상들의 얼굴 특징 형태는 고유벡터를 이용하여 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$X = \bar{X} + Pw \quad (6)$$

여기에서 $P = (P_1, P_2, \dots, P_k)$ 는 앞에서부터 k 개의 고유벡터이고 $w = (w_1, w_2, \dots, w_k)^T$ 는 각 고유 벡터의 가중치를 나타내는 벡터이다. 고유 벡터의 가중치에 따라 얼굴 형태가 달라지는데, 고유값 λ_i 는 고유 벡터 P_i 방향으로 학습 데

이터가 분포하는 분산을 나타낸다. 정규 분포의 경우 대부분의 데이터는 표준편차의 3배 이내에 분포하므로 가중치는 식 (7)과 같은 범위 내의 값을 가질 수 있도록 계산한다.

$$-3\sqrt{\lambda_i} \leq \omega_i \leq 3\sqrt{\lambda_i} \quad (7)$$

이와 같이 학습 영상에 대한 얼굴 특징 형태로부터 학습을 통하여 얼굴 특징이 가질 수 있는 허용 가능한 형태 모델을 생성하게 된다. 다음으로 프로파일 모델은 각 랜드마크에 대하여 생성된다. 프로파일은 랜드마크 주위의 영상이 어떤 모습인지를 나타내는 것으로써, 여러 가지 표현 방법이 있지만 본 논문에서는 랜드마크에서 형태 경계에 수직인 선을 따라 샘플링 된 픽셀 변화 값의 1차원 벡터를 사용한다. 학습 영상의 랜드마크 마다 프로파일 벡터 g 와 전체 학습 영상에 대해 평균 프로파일 벡터 \bar{g} 를 구한다. 그리고 프로파일 벡터들의 공분산 행렬 S_g 를 구함으로써 프로파일 모델을 생성한다.

2. 허 영역 추출

허 영역을 검출하기 위해 먼저 입력된 새로운 영상으로부터 얼굴 영역을 검출한다. 얼굴 영역 검출을 위해서는 Viola와 Jones에 제안된 Adaboost 알고리즘을 사용하였다 [14,15]. 이 알고리즘은 그림 6에 나타나 있는 바와 같이 약한 분류기의 선형적인 결합을 통하여 강한 분류기를 생성하여 분류하는 기법이다. 이 알고리즘은 기본적으로 데이터의 확률 분포를 가지고 학습이 진행된다. 약한 분류기를 학습시킨 후 올바르게 분류된 데이터에 대해서는 확률 분포를 낮추고 올바르게 분류된 데이터에 대해서는 확률 분포를 높인다. 그러면 다음 번 약한 분류기를 만들어 낼 때는 잘못 분류된 데이터에 집중해서 학습이 된 약한 분류기가 탄생하게 된다.

- 입력 : $(x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N)$,
 x_i : 입력영상, $y_i = \{0, 1\}$,
 0 : 비얼굴, 1 : 얼굴
- 초기값 : 가중치 $w_{1,i} = \frac{1}{2m}, \frac{1}{2l}$
 m : 비얼굴 수, l : 얼굴 수
- 루프반복 : $t = 1, \dots, T$ (T : 약한분류기 수)
 1. 가중치 정규화

$$w_{t,i} = \frac{w_{t,i}}{\sum_{j=1}^N w_{t,j}} \quad (w_{t,i} : \text{확률분포})$$

2. 약한분류기 h_j 의 에러 평가

$$\epsilon_j = \sum_i w_i |h_j(x_i) - y_i|$$

3. 가장 작은 에러 ϵ_t 을 갖는 분류기 h_t 선택

4. 가중치 갱신

$$w_{t+1,i} = w_{t,i} \left(\frac{\epsilon_t}{1 - \epsilon_t} \right)^{1 - e_i}$$

(x_i 가 정확하게 분류되면 $e_i = 0$ 이고 나머지는 $e_i = 1$)

- 최종 강한 분류기

$$h(x) = \begin{cases} 1 & \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x) \geq \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \alpha_t, \\ 0 & \text{나머지} \end{cases}$$

여기에서 $\left(\alpha_t = \log \frac{1 - \epsilon_t}{\epsilon_t} \right)$

그림 6. AdaBoost 알고리즘
Fig. 6. AdaBoost Algorithm

얼굴 영역을 검출 한 후, 얼굴 영상위에 학습부에서 산출된 평균 얼굴 형태를 위치시킨다. 검출된 얼굴 영상의 크기나 방향이 평균 얼굴 형태와 다를 수 있으므로 확대, 축소, 회전 변환을 적용한다. 이렇게 위치시킨 얼굴 형태를 시작으로 형태를 변화시켜 가면서 영상의 얼굴 특징과 부합되는 얼굴 형태를 찾는다. 탐색된 얼굴 형태의 변화가 일정 수준 이하가 되면 탐색을 멈추게 된다. 한 형태로부터 변화된 새로운 형태를 탐색하기 위해서는 각 랜드마크에 대해 경계선에 수직인 선을 따라 랜드마크를 이동시켜 가면서 각 위치에서 프로파일 모델의 벡터 g 를 구하고 프로파일 모델과 가장 유사한 위치를 찾는다. 어느 위치에서의 프로파일 벡터가 프로파일 모델과 유사한지는 프로파일 모델의 평균 프로파일 벡터 \bar{g} 와 공분산 행렬 S_g 를 사용하여 식 (8)과 같이 Mahalanobis 거리를 이용하여 구한다.

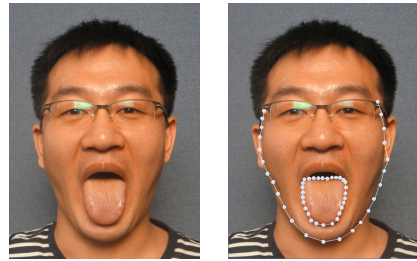
$$Mahalanobis \text{ 거리} = (g - \bar{g})^T S_g^{-1} (g - \bar{g}) \quad (8)$$

프로파일 모델을 이용하여 각각의 랜드마크를 이동시킴으로써 새로운 형태를 생성한다. 그러나 새로운 형태는 각각의 랜드마크를 개별적으로 움직여서 생성된 형태이므로 일부 랜드마크는 불안정한 위치에 올 수 있다. 따라서 형태 모델을 사용하여 새로운 형태가 학습된 형태 범위 내에 있도록 형태를 조절한다. 랜드마크를 움직여서 생성된 형태를 X 라 할 때

에, X 와 근사한 형태를 학습된 형태 모델로부터 구할 수 있다. 반복적인 방법으로 식 (9)의 값을 최소로 하는 b 로부터 T 를 구함으로써 X 와 근사한 형태 $\hat{X} = T(\bar{X} + \Phi b)$ 를 구할 수 있다. T 는 형태 모델을 입력 영상의 형태 공간으로 위치시키는 변환이다.

$$distance (X, T(\bar{X} + \Phi b)) \quad (9)$$

그림 7은 ASM을 이용하여 혀 영역을 검출한 결과 영상이다. 영상에서 보는 바와 같이 랜드마크를 넓은 간격으로 전체적인 형태만 맞춘 얼굴 윤곽은 정확하게 검출되지 않았지만, 랜드마크를 집중 분포한 혀 영역은 정확한 검출이 가능했다.



(a) 입력된 얼굴 영상 (b) 랜드마크 검출 영상

그림 7. 혀 영역 검출 결과
Fig. 7. Detection result of tongue region

본 논문에서는 0~55번까지의 랜드마크중에서 혀에 해당하는 25~55번의 랜드마크로 둘러싸인 혀 영역을 추출해서 실험하였다. 그림 8은 추출된 혀 영상의 예이다.



그림 8. 추출된 혀 영상 예
Fig. 8. Examples of extracted tongue region

III. 혀 영역 분할

1. 혀의 세부 영역

혀는 끝 부분인 설첨(舌尖), 혀의 중심인 설중(舌中), 혀의 가장자리인 설방(舌傍), 혀의 뿌리인 설근(舌根)으로 나눌 수 있다. 설첨은 다시 윗 부분과 아랫 부분으로 나뉜다. 그림 9에는 이들 영역이 나타나 있다. 한방에서는 설첨은 심장과 폐, 설중은 위와 비장, 설방은 담낭과 간, 설근은 신장과 방광의 징후를 나타낸다고 한다.

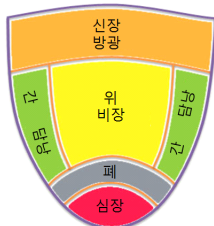


그림 9. 혀의 세부 영역
Fig. 9. Subregions of tongue

설진은 혀 표면 상태를 설질과 설태로 나누고, 설태의 색을 관찰함으로써 증상의 진행 정도, 열과 냉증의 유무, 정신적인 인지와 컨디션의 정도, 혈액 상태, 체액 상태 등을 판단한다.

2. 혀 영역 분할

본 논문에서는 혀의 영역 분할을 위해서 혀의 기본 형태인 설첨과 설근의 중심을 연결하는 수직 중심축에 추출된 영상의 수직 중심축을 일치시킴으로써 혀의 기본 형태를 중심으로 분할하는 방법을 제안한다. 앞에서 언급한 ASM을 이용한 영역 추출 부분에서도 사람마다 얼굴이 기울어진 정도가 다르기 때문에 영상을 회전시켰다. 혀의 모양도 사람마다 다양한 형태이기 때문에 그림 10과 같이 추출된 혀 영상을 회전시켰다.

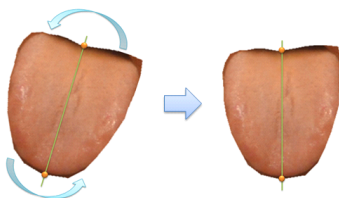


그림 10. 혀 영역 분할을 위한 혀 영상 회전
Fig. 10. Tongue image rotation for tongue subregion segmentation

혀의 기본 형태에 맞게 위치시킨 영상을 기본으로 먼저 설첨, 설근에 대한 영역 분할하였다. 설첨 부분은 그림 11처럼 2개의 영역으로 분할하는데, 설첨의 세로 중심축과 교차하는 점을 시작점으로 세로 중심축의 20%와 30%에 해당하는 점과 혀의 형태 라인에 위치한 가장자리 픽셀의 전체 길이 중 아랫부분을 시작으로 20%와 30%에 해당하는 양쪽 점을 기준점으로 지정하였다. 설근영역 분할은 세로 중심축의 위에서부터 20%에 해당하는 점과 혀의 형태 라인에 위치한 가장자리 픽셀의 전체 길이 중 윗부분을 시작으로 20%에 해당하는 양쪽 점을 기준점으로 지정하였다.

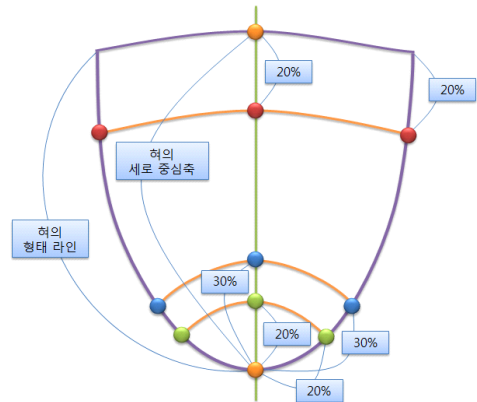


그림 11. 설첨, 설근 영역 분할 기준
Fig. 11. Segmentation criteria for tongue tip and root

그림 11의 기준점을 Lagrange 다항식 보간법에 적용하여 기준선을 지정하고 영역을 분할하였다. 그림 12에는 이와 같이 분할한 결과가 나타나 있다.



(a) 추출된 영역(설첨, 설근) (b) 나머지 영역(설중, 설방)

그림 12. 설첨과 설근의 분할 결과
Fig. 12. Segmentation result of tongue tip and root

그림 12 (b)의 설중, 설방에 해당하는 나머지 영역은 세로 중심축을 기준으로 직교 선상에 있는 선과 교차되는 혀의 좌우 가장자리 픽셀을 이용하여 분할하였다.

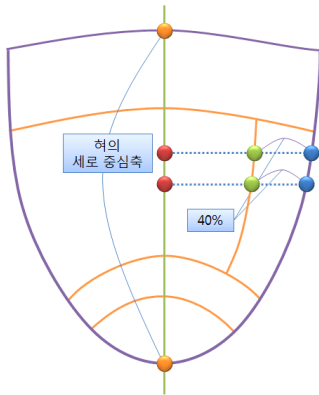


그림 13. 설중, 설방 영역 분할 기준
 Fig. 13. Segmentation criteria for tongue center and leaf

그림 13과 같이 가장자리 픽셀 좌표 값으로부터 세로 중심축까지의 거리가 40%에 해당하는 영역을 분할하였다. 설중 부분은 설첨, 설근, 설방의 영역 분할 후 나머지 영역이다. 그림 14에는 기준선을 이용하여 분할한 혀 영상이 나타나 있다.

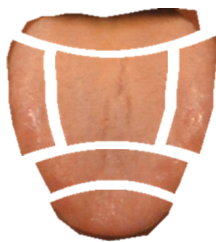


그림 14. 혀 영역 분할 결과
 Fig. 14. Segmentation result of tongue subregions

IV. 설질과 설태 검출

본 논문에서는 혀 영역 내에서 설태를 검출하기 위해 설태 및 설질 학습 영상을 주성분 분석 방법에 의하여 특징 벡터를 구하고 SVM 분류기를 이용하였다[16]. 주성분 분석이란 많은 축으로 구성된 데이터 공간에서 데이터가 어떤 형태로 나타나는지 분석하여 주성분 축을 구하고 데이터들을 주성분 축에 투영하여 데이터 공간의 차원을 축소하는 방법이다.

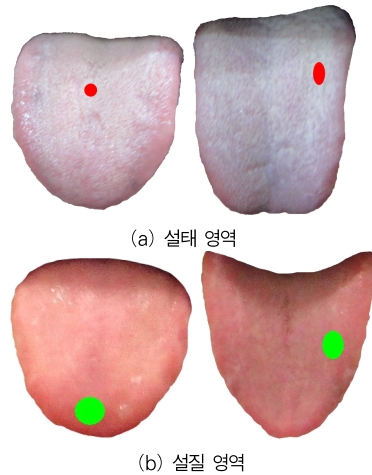


그림 15. PCA를 위한 설태 및 설질 영역 지정
 Fig. 15. Region annotation of tongue body and tongue fur for PCA

그림 15와 같이 설태가 분포되어 있는 20개의 학습영상과 설질만 있는 20개의 학습 영상을 이용하여 주성분 분석을 수행하였다. 그림 15에 설태 및 설질 영역으로 표시된 픽셀들의 평균 색상 값을 구한 다음, 이들 값에 대하여 주성분 분석을 수행하였다. 입력 영상의 기본 색상 값은 RGB이지만 설태 색의 차이를 잘 표현할 수 있는 값을 찾기 위해 다양한 컬러벡터 값인 HSV, Lab, Luv를 추가적으로 이용하여, 총 12차원의 색상 값을 사용하였다. 본 논문에서는 12차원의 색상 값에 대한 주성분 분석 결과에서 가장 중요한 3가지 값만 활용하여 특징 벡터의 차원을 12차원에서 3차원으로 축소하였다.

주성분 분석을 수행한 다음에는, 학습 영상의 설질 영역 색상과 설태 영역 색상에 대해 주성분 분석 결과를 적용하여 특징 벡터의 차원을 3차원으로 축소한 다음 SVM 훈련을 수행하였다. SVM 훈련이 완료된 다음에는 설태 검출을 위한 입력 영상의 각 픽셀에 대해 12차원의 색상 값을 구하고 주성분 분석 결과를 적용하여 3차원의 특징 벡터를 구한다. 특징 벡터를 산출한 다음에는 SVM 훈련 결과를 이용하여 해당 픽셀이 설태인지 설질 인지를 분류하였다.

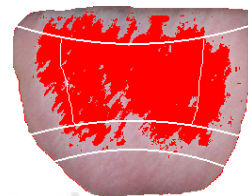


그림 16. 설태 검출 결과 예
 Fig. 16. Detection result of tongue fur

그림 16에는 영역 분할 후 설태 검출을 수행한 결과 예가 나타나 있다. 그림 16과 같이 각 영역 별로 설태를 검출한 다음에는, 영역 별로 설태의 비율을 계산하여 그 비율에 따라 해당 기관의 건강 상태를 출력한다. 각 영역의 설태 비율은 식 10과 같이 구하였다.

$$\text{설태 비율} = \frac{\text{설태로 분류된 픽셀 수}}{\text{영역의 전체 픽셀 수}} \quad (10)$$

표 1에는 그림 16의 설태 검출 결과에 대하여 각 영역 별로 설태 비율을 계산한 결과가 나타나 있다. 설태 비율이 30% 미만이면 정상, 30% 이상이고 60% 미만이면 기능 약화, 60% 이상 이면 발병 의심으로 건강 상태를 판별하였다. 그림 16의 혀 영상에 대해서는 위와 비장에 대한 설태 비율이 90.9%로 매우 높아 발병 의심 상태인 것으로 판별되었고 담낭, 간, 신장, 방광에 대한 설태 비율은 30%를 초과하여 기능 약화로 판별하였으며 폐와 신장에 대해서는 설태 비율이 30% 미만이어서 정상으로 판별하였다.

표 1. 그림 16의 혀 영상에 대한 영역별 설태 비율 및 건강 상태
Table 1. The ratio of tongue fur and health condition for the tongue image of Fig. 16

영역	기관	설태 비율	건강 상태
좌·우 영역	담낭 간	38.1%	기능 약화
상단 영역	신장 방광	33.5%	기능 약화
중앙 영역	위 비장	90.9%	발병 의심
하단 영역-1	폐	28.7%	정상
하단 영역-2	심장	0.4%	정상

V. 실험 결과

본 논문에서는 실험을 위해 한의원에서 병적 질환이 있는 환자를 대상으로 설태가 많이 분포된 20장의 영상을 촬영하였다. 또한 건강 상태가 비교적으로 양호한 사람에 대해 혀 영상 20장을 촬영하였다. 촬영된 두 부류의 영상 중 각각 15장의 영상은 학습에 사용되었고 각각 5장의 영상은 설태 검출 실험에 사용되었다. 두 부류의 영상 각 5장씩 총 10장의 영상에 대해 한의사가 수작업으로 설태 영역을 표시하였다. 그림 17(a)에는 혀 영상 예가 나타나 있고 그림 17(b)에는 한의사가 수작업으로 표시한 설태 영역의 예가 나타나 있다. 그림

17(c)에는 제안된 방법에 의해 검출된 설태 영상 예가 나타나 있다.



그림 17. 설태 검출 및 비교

Fig. 17. Comparison of tongue fur detection result

한의사가 수작업으로 분석하여 표시한 설태 영역과 제안된 방법에 의하여 자동으로 검출된 설태 영역의 일치도를 비교하였다. 총 10장의 혀 영상에 대하여 영역 별로 검출한 설태 비율과 한의사의 수작업 분석결과와의 일치도가 표 2에 나타나 있다. 1번, 4번, 10번 혀 영상의 경우에는 설태 비율이 낮아서 건강 상태가 양호한 것으로 판별되었고, 2번과 6번 혀 영상의 경우에는 몇몇 부위의 기능이 약화되거나 발병이 의심되어 건강 관리에 주의를 요하는 것으로 판별되었고, 7번과 8번 혀 영상의 경우에는 대부분 영역에서 설태 비율이 높아서 발병이 의심되는 것으로 판별되었다. 10개의 혀 영상에 대해 한의사가 수작업으로 표시한 설태 영역과 제안된 방법에 의해 검출된 설태 영역을 비교한 결과 71.8 ~ 88.4%의 일치도를 보였다.

표 2. 설태 검출 결과 분석(단위 : %)
Table 2. Analysis of tongue fur detection result

순번	일치도	영역별 설태 분포율					
		신장 방광	간 담낭 (좌)	간 담낭 (우)	위 비장	폐	심장
1	80.4	0.5	3.2	5.0	11.6	2.0	1.0
2	83.9	8.6	47.9	40.4	83.1	1.5	0.4
3	74.6	3.3	6.4	34.0	23.8	11.0	1.0
4	81.6	3.0	18.6	8.9	21.5	3.8	1.6
5	88.0	15.0	10.6	12.5	81.9	2.2	0.5
6	82.8	36.9	37.3	43.3	93.9	31.0	1.2
7	88.4	77.1	76.8	63.5	99.4	56.0	7.9
8	85.9	5.7	78.4	80.6	92.9	80.4	52.6
9	71.8	12.8	57.4	48.0	24.7	3.4	0.8
10	85.4	9.9	3.6	2.3	1.0	1.5	2.0

기존의 여러 방법들에서는 RGB, HSV, Lab, Luv 등의

컬러 값에서 특정 컬러 값을 인위적으로 선택하거나 통계적으로 분석하여 분별력이 높은 컬러를 선택하여 사용하였다. 본 논문에서는 3차원 특징 벡터를 사용하였으므로 이들 컬러 값에서 3가지 값을 선택하여 SVM 학습을 수행하고 SVM 분류기를 적용해보았다. 3가지 색상을 선택하는 여러 경우 중 검출 결과가 우수한 경우들에 대한 결과 분석이 표 3에 나타나 있다. HSV의 S, Lab의 b, Luv의 u를 선택하는 경우가 검출 결과가 가장 좋았는데, 이 경우에도 주성분 분석을 사용한 결과보다는 일치도가 뒤떨어졌다. 이와 같은 실험 결과에 의하면 본 논문에서 제안한 주성분 분석과 SVM을 함께 사용하는 방법이 설태 검출 정확도를 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

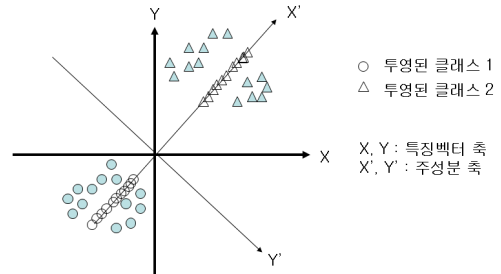


그림 18. 주성분 분석의 개념
Fig. 18. Concept of principal component analysis

표 3. 고정된 색상을 이용한 설태 검출률 (단위 : %)
Table 3. Tongue fur detection ratio using fixed colors

영상	일치도		
	Sbu	Hbu	Hsu
1	81.0	70.5	77.6
2	41.6	29.5	37.1
3	62.3	33.9	54.3
4	40.0	27.1	34.7
5	24.3	20.7	21.4
6	61.5	46.1	54.9
7	74.8	58.4	70.3
8	56.0	61.4	56.2
9	53.1	38.3	49.3
10	84.7	33.0	84.7

주성분 분석을 사용함으로써 검출 정확도가 향상된 이유는, 특징 벡터에 주성분 분석을 수행하면 그림 18과 같이 특징 벡터의 구분이 더 효과적인 주성분 축을 찾고 이 축에 특징 벡터를 투영하여 새로운 특징 벡터를 생성하기 때문이다. 이렇게 생성된 특징 벡터는 기존의 특징 벡터보다 더 특징 벡터 간의 구분이 용이하므로 설태 검출의 정확도가 향상되는 것이다. 그림 18에는 X 축과 Y 축으로 구성된 2차원 공간에서 두 클래스의 특징 벡터들이 삼각형과 원으로 표시되어 있다. 그림에는 주성분 분석에 의해 추출된 X' 축과 Y' 축이 나타나 있고 X' 축에 특징 벡터들이 투영된 결과가 나타나 있다. X' 축에 특징 벡터를 투영하는 이유는 X' 축으로 투영한 경우가 Y' 축에 투영한 것 보다 더 클래스 판별력이 높기 때문이다. 최종적으로는 Y' 축은 중요도가 떨어지므로 버리고 X' 축만을 사용하도록 특징 벡터를 X' 축에 투영함으로써 벡터의 차원이 2차원에서 1차원으로 축소가 된다. 이와 같이 주성분 분석은 특징 벡터의 판별력을 높일 뿐만 아니라 특징 벡터의 차원도 축소시킨다.

VI. 결론

본 논문에서는 기존의 디지털 설진 기기와 같은 특별한 장치를 사용하지 않고 PC 환경에서 사용 가능한 설진 시스템의 새로운 방법을 제안하였다. 기존의 디지털 설진 시스템은 특별한 장치를 사용하여 혀 영상을 획득하기 때문에 진단 환경에 제약이 따른다. 그러나 본 논문에서 제안한 시스템은 웹캠, 디지털 카메라 등으로 촬영된 얼굴 영상으로부터 혀 영역을 검출하고 설태를 검출한다.

ASM을 이용한 혀 영역 검출은 얼굴 전체 영상으로부터 전체 이미지의 특정 부분을 특징점 기반으로 검출할 수 있기 때문에 견고하게 혀 영역을 검출하였다. 혀 영역을 검출한 후, 혀 영역을 상·하단 영역 분할과 세로 중심축을 기준으로 좌·우 영역을 분할함으로써 설진의 정확화를 위한 기본 영역 분할 방법을 제시하였다. 분할된 영역에서 PCA와 SVM을 이용한 설태 영역 분류를 통하여 해당 영역에 관계된 체내 기관의 상태를 분석할 수 있도록 하였다.

본 논문에서는 설태 비율을 검출하였는데, 향후 설태의 종류와 정도에 따른 질병의 분류 척도 개발이 필요하다.

참고문헌

- [1] L. Sun, Z. Cheng and H. Xie, "Study on objective tongue diagnosis using computerized Image recognition technique", Journal of Anhui Traditional Chinese Medical College, Vol.5, No.4, pp. 5-7, 1989.
- [2] X.Q. Yue and Q. Liu, "Analysis of studies on pattern recognition of tongue image in traditional Chinese medicine by computer

- technology", *Journal of Chinese Medicine*, Vol.2, No.5, pp. 326-329, 2004.
- [3] B. Pang and D. Zhang, "Computerized tongue diagnosis based on bayesian networks", *IEEE Transaction on Biomedical Engineering*, Vol.51, No.10, pp. 1803-1810, 2004.
- [4] H.Z. Zhang, K.Q. Wang, D. Zhang, B. Pang and B. Huang, "Computer aided tongue diagnosis system", *Proceedings of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology*, pp. 6754-6757, 2005.
- [5] L. Zhi et. al., "Classification of hyperspectral medical tongue images for tongue diagnosis", *Computational Medicine Imaging*, Vol.31, No.8, pp. 672-678, 2007.
- [6] J. Lee, E.J. Choi, H.H. Ryu, H.J Lee, Y.J. Lee, K.M. Park, J.Y. Kim, "Design of Discriminant Fuction for White and Tellow Coating with Multi-dimensional Color Vectors", *Korean Journal of Oriental Medicine*, Vol. 13, No. 2, pp. 47-52, 2007.
- [7] K.H. Kim, J. Lee, E.J Choi, H.H. Ryu, J.Y. Kim, "Extraction of Tongue Region using Graph and Geometric Information", *Transaction of KIEE*, Vol. 56, No. 11, pp. 2051-2057, 2007.
- [8] Y.S. Hong, "Smart Tongue Electronic Chart System", *The journal of the Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication*, Vol. 12, No. 2, pp. 243-249, 2012.
- [9] J.H. Kim and D.H. Nam, "Colour Interpolation of Tongue Image in Digital Tongue Image System Blocking Out External Light", *The journal of the Korea institute of oriental medical diagnostics*, Vol. 16 No. 1, pp. 9-18, 2012.
- [10] C.Y. Choi, W.B. Lee, Y.S. Hong, D.H. Nam, and S.S. Lee, "Coated Tongue Region Extraction using the Fluorescence Response of the Tongue Coating by Ultraviolet Light Source", *The journal of the Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication*, Vol. 12, No. 4, pp. 181-188, 2012.
- [11] J. Kim, Y. Jung, K. Park, J.W. Park, "A digital tongue imaging system for tongue coating evaluation in patients with oral malodour", *Oral Diseases*, Vol. 15, No. 8, pp. 565-569, 2009.
- [12] K.H. Kim, J.H. Do, H.H. Ryu, J.Y. Kim, "Development of System Configuration and Diagnosis Methods for Tongue Diagnosis Instrument", *Korean Journal of Oriental Medicine*, Vol.14, No.3, pp. 89-95, 2008.
- [13] T.F. Cootes, C.J. Taylor, D.H. Cooper and J. Graham, "Active Shape Models - Their training and application", *Journal of Computer Vision and Image Understating*, Vol. 61, No. 1, pp. 38-59, 1995.
- [14] P. Viola and M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features", *Proceedings of Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 1-511-1-518, 2001.
- [15] Y. Freund and R.E. Schapire, "A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting", *Proceeding of Computational Learning Theory*, pp. 23-37, 1995.
- [16] V.Vapnik, "A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition", *In Data Mining and Knowledge Discovery*, Vol. 2, No. 2, pp. 121-167, 1998.

저 자 소 개



박진웅
 2009: 원광대학교 컴퓨터공학과 공학사
 2012: 원광대학교
 정보·컴퓨터교육학과 교육학석사
 현 재: ㈜씨밀레테크 대표이사
 관심분야: 영상처리, 센서네트워크
 Email : cmilretech@gmail.com



강선경
 2000: 원광대학교
 전자전자공학부 공학사
 2004: 원광대학교
 정보·컴퓨터교육학과 교육학석사
 2010: 원광대학교
 컴퓨터공학과 공학박사
 현 재: ㈜좋은정보기술 연구소장
 대덕대학교 겸임교수
 관심분야: HCI, 영상처리, 패턴인식,
 임베디드시스템
 Email : doctor10@wku.ac.kr



김영운
 2003: 원광대학교
 컴퓨터정보통신공학부 공학사
 2005: 원광대학교
 컴퓨터공학과 공학석사
 2012: 원광대학교
 컴퓨터공학과 공학박사
 현 재: 원광보건대학교 겸임교수
 ㈜좋은정보기술 이사
 관심분야: 영상처리, 패턴인식, 웹서비스
 Email : kyw1007@wku.ac.kr



정성태
 1987: 서울대학교 컴퓨터공학과 공학사
 1989: 서울대학교
 컴퓨터공학과 공학석사
 1994: 서울대학교
 컴퓨터공학과 공학박사
 현 재: 원광대학교 컴퓨터공학과 교수
 관심분야: 영상처리, 컴퓨터 그래픽스
 Email : stjung@wku.ac.kr