

Extraction of Tongue Region using Graph and Geometric Information

金根豪[†] · 李田^{*} · 崔恩智^{**} · 柳賢熙^{***} · 金鍾悅[§]
 (Keun Ho Kim · Jeon Lee · Eunji Choi · Hyunhee Ryu · Jong Yeol Kim)

Abstract - In Oriental medicine, the status of a tongue is the important indicator to diagnose one's health like physiological and clinicopathological changes of inner parts of the body. The method of tongue diagnosis is not only convenient but also non-invasive and widely used in Oriental medicine. However, tongue diagnosis is affected by examination circumstances a lot like a light source, patient's posture and doctor's condition. To develop an automatic tongue diagnosis system for an objective and standardized diagnosis, segmenting a tongue is inevitable but difficult since the colors of a tongue, lips and skin in a mouth are similar. The proposed method includes preprocessing, graph-based over-segmentation, detecting positions with a local minimum over shading, detecting edge with color difference and estimating edge geometry from the probable structure of a tongue, where preprocessing performs down-sampling to reduce computation time, histogram equalization and edge enhancement. A tongue was segmented from a face image with a tongue from a digital tongue diagnosis system by the proposed method. According to three oriental medical doctors' evaluation, it produced the segmented region to include effective information and exclude a non-tongue region. It can be used to make an objective and standardized diagnosis.

Key Words : Tongue diagnosis, tongue segmentation, graph-based approach, local minimum detection, edge geometry estimation

1. 서론

한의학에서 혀는 인체의 생리, 병리 상태를 반영하는 기관으로서 다른 인체 기관과 관련된 여러 생리기능을 가지고 있으며 특히 설상(舌象)은 인체 내 각종 생리적, 병리적 변화를 객관적으로 반영한다고 알려져 있다. 때문에, 한의학에서는 혀의 상태와 여러 특징들을 진단에 있어 중요한 지표 자료로 활용하고 있다.[1]

혀를 진단할 때는 주로 진단자의 시각 정보에 근거하게 되는데, 혀의 색깔과 형태, 움직임, 설질(舌質, tongue substance)과 설태(舌苔, tongue coating) 등을 주로 보게 되며, 특히, 설태라 불리는 혀바닥에 이끼처럼 덮인 물질은 그것의 색깔, 습윤 정도, 두께, 형태와 설태가 낀 범위 등을 통해 사기(邪氣)의 성질과 침입한 부위, 진액이 있고 없는 것을 가려볼 수 있다고 하여 설진에 중요한 진단요소로 이용되고 있다.

설태의 색깔에 따라 다음과 같이 분류하였는데, 백(白), 황(黃), 회(灰), 흑(黑), 혼합된 태 등이 있다. 백태는 허중(虛

證), 한중(寒證), 습증(濕證), 표증(表證)과 관련 있고, 황태는 열사(熱邪: 병의 원인이 되는 뜨거운 기운)가 혀의 표면에 반영되는 상태를 나타내며 이열증(裏熱證)과 관련이 깊다. 회태와 흑태는 “열기가 극심하여 몸이 진액을 마르게 한 상태”와 “양기가 부족하고 한기가 극성한 상태”의 증과 깊은 관련이 있고, 그 정도는 흑태가 심하다.[2]

혀의 기하학적 형태도 진단에 도움을 주는데 혀 몸체의 변화를 관찰하여 질병을 진단하는 방법이다. 예를 들어 혀가 비정상적으로 두꺼운 경우에는 담습(痰濕)이나 습열(濕熱)과 관련이 있고 그 반대로 혀가 얇고 작아진 경우에는 기혈부족(氣血不足)이나 음허화왕(陰虛火旺)의 증후와 관련이 있다. 혀 표면에 균열이 있는 경우 그 색에 따라 열사(熱邪)로 진액이 손상된 상태와 혈허(血虛)한 상태로 구분을 하게 되며 혀끝으로부터 가장자리에 나타난 치흔(이빨 자국)은 비장과 신장의 양기가 부족하여 비정상적인 수습(水濕)이 정체된 상태를 반영한다.[2]

비침습적이고 간편한 진단방법임에도 불구하고, 설진은 정량화, 표준화의 문제로 인해 널리 활용되지 못하고 있다. 광원과 같은 진단환경의 변화가 진단결과에 많은 영향을 미치게 되며, 진단자의 경험과 지식을 바탕으로 하기 때문에 객관적이고 재현성 있는 결과를 얻기가 힘들기 때문이다. 최근에 들어 비침습적 진단방법에 대한 관심이 높아지면서 설진의 이런 문제를 해결하기 위해 다양한 연구들이 진행되고 있다.[3][4][5]

혀 영상 획득과 관련하여 1986년 중국에서는 광원, 온도 뿐 아니라 의사의 심리적 요소에 의해 잘못된 결론을 얻는

† 교신저자, 正會員 : 한국한의학회연구원 선임연구원 · 工博
 E-mail : rkim70@kiom.re.kr
 * 正會員 : 한국한의학회연구원 선임연구원 · 工博
 ** 非會員 : 한국과학기술연합대학원 석사과정
 *** 非會員 : 원광대학교 한의학과 박사과정
 § 非會員 : 한국한의학회연구원 선임연구부장
 接受日字 : 2007年 8月 6日
 最終完了 : 2007年 9月 12日

다는 것을 문제로 제기하고 이를 해결하기 위해 표준 광원 조건 아래 조명을 균등하게 혀 위에 투사하고 촬영하는 방법을 연구하였으며,[6] 그 후 보다 정확한 영상을 얻기 위한 연구들 - 조명 각도와 휘도, 측정자의 자세 등을 제어하는 방법, 영상획득 환경을 제어하는 방법, 카메라의 조리개, 셔터, 노출 조정 방법 등과 관련한 연구가 진행되었다. 그 결과 2000년 대만에서는 밝기 $5.1 \pm 0.15K \text{ Lum.}$, 색온도 5400K의 표준 광원 하에서 2/3" CCD, 4.5/80mm lens를 이용한 환경을 제안하였다.[1] 또, 얻어진 영상으로부터 진단에 필요한 혀 영역을 검출하는 방법에 대한 연구도 진행되었다.[7] 초기 수동 영역 검출 방법에서 시작하여 최근에는 자동 영역 검출 알고리즘에 대한 연구가 많이 진행되고 있으며, 다양한 영역 분할 방법을 적용한 연구들이 진행되고 있다.[8][9] 그러나, 이러한 방법들은 사용자가 초기 윤곽선(contour)을 그려주어야 하기 때문에, 사용자의 개입이 필요하다는 단점을 가지고 있다. 이를 대신할 수 있는 영역 분할 방법으로는 광역적으로 에너지를 최소화하는 경계 면을 구하는 Graph cut 방법[10][11]과 Graph cut을 반복적인 구조로 확장한 GrabCut[12]은 역시 초기, 물체 주변에 윤곽선 및 사각형을 그려주어야 한다는 단점을 가지고 있고, 픽셀을 라벨링(labeling)하기 위하여 cellular automaton을 활용하는 GrowCut[13]은 점을 찍어주는 방식으로 사용자의 개입을 최소화 했지만 역시 사용자 개입이 필요하다.

디지털 설진 시스템은 진단 환경에 의한 영향을 최소화하기 위해 제한된 환경 속에서 디지털 카메라를 이용하여 혀 영상을 획득하며, 자동으로 진단에 필요한 혀 부분만을 검출할 수 있어야 한다. 여기서 혀 영상의 컬러와 텍스처 특성은 빛의 조건에 따라 다르므로, 일반적인 영역 분할 방법으로 혀 영역을 구분하기 어렵다.

본 연구는 설진을 자동화하기 위해 획득된 혀 영상을 이용하여 효과적인 혀 영역 추출 방법을 시스템적인 관점에서 구하는데 중점을 두었다. 다수의 피험자를 모집하여 한의사 진단을 받은 후 디지털 설진 시스템을 통해 혀 영상을 획득하였으며, 혀의 컬러 특징을 이용하여 혀의 중심 영역을 추출하고, 혀의 구조적인 특성을 고려하여 주변의 경계 부분을 추출하는 디지털 설진에 최적화된 영역 분할 방법을 제안하였다.

2. 본 론

2.1 한의학에서의 설진 및 디지털 설진 시스템

한의학에서 혀는 점막 상피가 얇고 투명하며, 혈관과 신경이 풍부하여 변화를 명확하게 볼 수 있기 때문에 체내의 각종 변화를 반영하는 매우 분명한 표식이라 여기고 있다. 때문에 설상(舌象)은 내장의 변화를 반영하는 창문의 역할을 한다고 하여 여러 가지 변증(八綱, 六經, 三焦 衛氣營血)에서도 중요한 변증지표로 삼고 있기도 하다.

설 진단을 할 때에는 혀의 각 부위를 장부와 연결시켜 진단한다. 혀끝은 심폐(心肺), 혀 가운데는 비위(脾胃), 혀의 양쪽은 간담(肝膽), 혀의 뿌리 쪽은 신(腎)의 병리변화를 반영한다고 하여 각 부위별로 설태의 유무(有無), 후박(厚薄), 부니(腐膩), 윤조(潤燥), 색택(色澤) 등을 먼저 보고, 그 후 설질의 색택(色澤), 영고(榮枯), 비수(肥瘦), 점자(点刺), 설하이맥(舌下二脈) 등을 보아 각 신체기관의 상태를 파악하게

된다.[3]

이와 같이 혀는 신체기관의 상태를 밖으로 보여주는 중요한 기관이므로, 설진은 한의사 진단을 정량적으로 구현하기 위해서 가장 먼저 연구가 필요한 부분이다. 디지털 설진 시스템은 혀의 건강 상태를 정량적으로 구분하기 위한 시스템으로서, 진단을 위해서는 혀를 포함한 안면 영상에서 혀 영역을 구하는 것이 최우선 되어야 한다. 여기에서 설질과 설태를 포함하는 혀 영역을 설체(舌體, tongue body)라고 하는데 이 부분의 영역 분할이 필요하다.

그림 1은 디지털 설진 시스템의 구성의 예를 보여주고 있다. 디지털 설진 시스템은 표준화된 광원과 디지털 카메라를 이용하여 혀 영상을 획득하고 색상보정을 통해 보다 정확한 영상을 얻을 수 있게 디자인 하였다.[14][15] 이 시스템은 접안부에 고정이 되었을 때 효과적으로 암실을 형성할 수 있도록 인체 공학적으로 설계하였고 광원을 표준화하기 위해 태양광과 가까운 색온도(5500K) 특성을 가진 스트로브(strobe) 조명을 사용하였다.

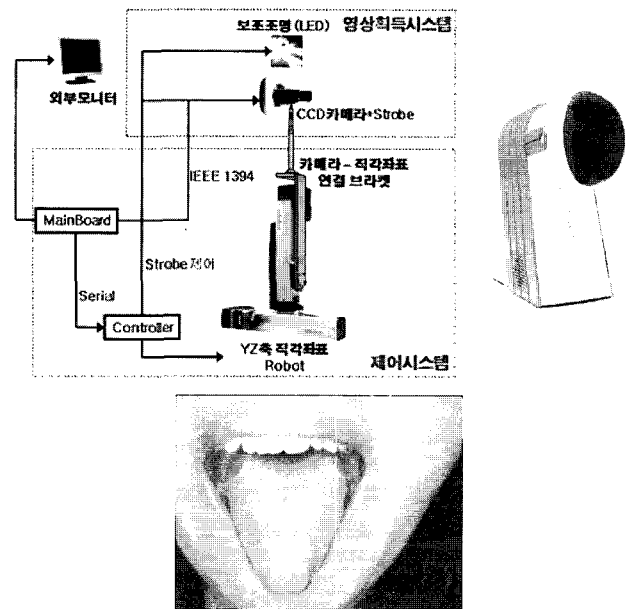


그림 1 설진 시스템: (a) 구조, (b) 외관, (c) 획득된 영상 및 중심 점

Fig. 1 The tongue diagnosis system: (a) its structure, (b) its outward appearance and (c) an acquired image and its center point

2.2 안면 영상 취득 과정

디지털 설진 시스템을 이용하여 혀 영역, 즉 설체 영역이 포함된 안면 영상을 수집하였다. 설진 시스템의 영상은 GUI를 이용하여 실시간으로 볼 수 있으며, 영상 취득 시 그림 1(c)와 같이 혀 부분을 십자로 표시된 영상의 중심점에 위치시키도록 하였다. 취득된 혀 영상은 RGB의 24 bit BMP 영상으로 1280×960의 해상도를 가진 영상이며, 수집된 설체 영상은 한의학 전문의에 의해 설태가 없는 무태 영상, 백태 영상, 황태 영상, 백태와 황태가 혼합된 혼합태 영상, 태 분류가 모호한 무분류 영상의 5가지 영상으로 분류하였다.

2.3 설진 영역 분할 알고리즘

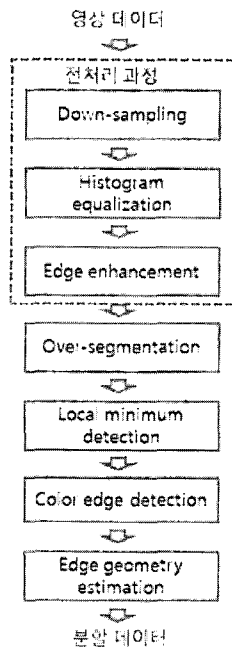


그림 2 설진 영역 분할 알고리즘의 전체 구조
 Fig. 2 The overall structure of a proposed algorithm for segmenting a tongue

설진 영역 분할 알고리즘의 전체적인 구조는 그림 2와 같다. 먼저 영역 분할을 수행하기 전, 영상에 대한 전처리를 수행한다. 수집된 영상의 용량이 커서 영상을 처리하는데 시간이 많이 소요되므로 down-sampling하여 533×400의 영상을 생성한 다음, 스트로브 조명 등의 영상이 취득된 조건에 따라 밝기 분포가 달라지므로 밝기 분포를 정규화하기 위하여 brightness와 saturation을 이용한 histogram equalization[16][17][18]을 수행하여 균일한 밝기 특성을 가지도록 한다. 다음은 혀의 경계 면을 더욱 강조하기 위하여 brightness의 차이가 나는 곳을 찾아 큰 곳을 좀 더 크게 하고 작은 곳은 좀 더 작게 하여 edge의 구분을 크게 하는 edge enhancement[19]를 수행하는 것이 전처리 과정의 마지막 단계이다.

혀 영역 분할에서는 먼저 영역을 세분하는 over-segmentation을 수행한다. 여기서 쓰인 over-segmentation 방법은 graph-based segmentation[20]을 이용하였는데, 기존의 clustering 방법에 비해 각 픽셀이 그래프로부터 에지를 선택하는데 기반을 두고 있다. 그래프 $G = (V,E)$ 로 표시하여 각 픽셀에 해당하는 노드에 해당하는 위치를 V로 표시하고, 이웃한 픽셀이 연결한 에지들을 E라고 표시한다. 각 E는 비중(weight)을 가지고 있는데 이는 에지로 연결된 두 픽셀 사이에 비유사도(dissimilarity)를 의미한다. 예를 들자면 컬러나 intensity, 움직임, 위치와 같은 것의 차이를 말한다. 이러한 비유사도를 비교하여 각 그래프를 병합(merging)해 나가는 방법이다. 이 방법을 이용하면 혀의 중심을 포함한 대부분의 영역이 하나로 분할되는데, 혀의 중심

부분에 빛의 반사나 얼룩 때문에 영역이 세분되어 분할되는 경우가 있다. 이 경우, 면적이 가장 큰 주요한 혀 영역을 찾기 위해서 영상의 중심 점에서 일정 범위 내의 분포를 측정하여 주요 면적을 차지하는 분할 영역을 찾는다. Eq. (1)과 같이 일정 영역 내에 A 분할 영역의 분포 P_A 가 B 분할 영역의 분포 P_B 보다 크면, 주요 분할 영역을 A로 정하고 A 영역 내에 포함된 모든 영역들을 주요 영역 A로 병합한다. 일정 영역 내에 세 개 이상의 영역이 존재하더라도 가장 큰 분포의 영역으로 나머지 영역을 병합하도록 한다.

$$\{I_{x,y} \in A | P_B < P_A, I_{x,y} \in B\} \quad (1)$$

$I_{x,y}$ 는 (x, y) 위치의 픽셀을 의미한다. 또한 주요 영역 내부에 있는 다른 영역들도 주요 영역으로 포함시킨다.

이때, 혀의 외곽 경계 부분은 혀의 입체성 때문에 색의 변화가 발생하여 혀의 영역으로 분할되지 않는 경우가 많다. 이 경우 혀의 입체성과 스트로브 조명으로 인한 기하적인 특성 때문에 경계 면에서 음영(shading)이 발생한다.[21] 즉, 경계 면인 혀의 옆면과 밑면은 조명과 수직에 가까운 각도를 이루기 때문에 최소 값이 발생하는데, 이 지역 최소 값(local minimum value)의 위치를 설체의 경계 면으로 추출하였다. 혀의 양 옆은 X 방향으로 일정 범위 내에서 최소 값을 찾고, 그 결과를 이용하여 Y축 방향으로 혀의 아래쪽에서의 최소 값을 찾는다. 그러나, 간혹 부피감이 부족한 평편한 혀의 경우, 경계 면에서 음영이 발생하지 않는 경우가 있다. 이를 대비하여 다음 단계인 지역 최소 값이 발생한 곳을 중심으로 일정 범위 내에 컬러의 차이가 가장 많이 발생하는 부분을 찾는 color edge detection을 수행하여 혀와 피부 사이에 R 값의 차이가 가장 많이 나는 부분을 경계로 정하였다. R 값을 이용한 이유는 사람의 피부와 설체에 가장 많이 쓰인 컬러 값이므로 분별이 용이하다는 장점이 있기 때문이다.

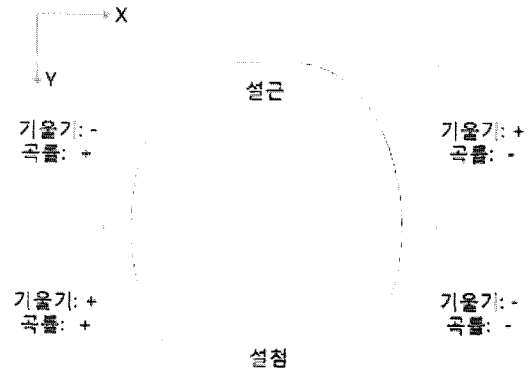


그림 3 설체의 윤곽선에 따른 기하 정보: 기울기 및 곡률은 Y 방향 변화에 대한 X 방향의 변화

Fig. 3 Geometry information according to the contour of a tongue body : The slope and the curvature are the change in the X direction over one in the Y direction.

이러한 과정을 수행한 후, 혀의 경계 면이 그림자나 피부의 거칠기 때문에 부드럽게 연결되지 않는 경우가 발생하는데 이러한 거친 경계 면을 부드럽게 연결해 주기 위하여 기하 정보를 이용하는 edge geometry estimation을 마지막으로 적용한다. 이 방법은 혀의 구조의 기하정보의 규칙성을 이용하여 그 규칙성을 벗어나는 픽셀을 제거 또는 채워준다. 혀의 구조는 그림 3과 같은 구조를 가지거나 그림 3의 일부만을 표현하는 구조를 가진다. 이때의 Y에 대한 X 방향에 대한 기울기(slope)와 곡률(curvature)을 Eq. (2)와 (3)과 같이 구하여 부호를 구하고 구간 내에 이 부호를 벗어나고 현재의 기울기가 일정 범위를 벗어난 부분을 전 기울기와 곡률을 이용하여 예측한 위치로 픽셀을 제거하거나 채운다.

$$slope = \frac{\Delta x}{\Delta y} \quad (2)$$

$$curvature = \frac{\Delta slope}{\Delta y} \quad (3)$$

2.3 결과 및 고찰

디지털 설진 시스템으로부터 711장의 안면 영상을 얻었고, 정의 및 연구방법에 언급한 바와 같이 한의학 전문의에 의해 설태의 형태에 따라 5개의 범위로 분류하였다. 범주에 든 각 영상을 제안된 방법으로 표 1과 같이 분할하였다. 여기서 백태에 해당하지만 박태인 것은 무분류 영상으로 분류하였다.

표 1 설태에 따라 분류된 설체를 포함한 안면 영상 데이터
Table 1 Face images with tongue bodies classified according to coat types

범주	개수
무태 영상	4
백태 영상	52
황태 영상	10
혼합태 영상	23
무분류 영상	622
합계	711

Over-segmentation을 위한 그래프 기반(graph-based) 영역 분할을 위해서 쓰이는 세 가지 파라미터 즉, 부드러운 영상을 만드는 sigma를 0.9부터 2.5의 값, 임계 값을 위한 상수 k는 120, 최소 요소 사이즈 값인 min은 100으로 설정하였다. 주요 분할 영역을 찾기 위한 영역은 중심점을 기준으로 50×50의 픽셀을 검색하였다. 다음 local minimum detection을 위한 검색 범위는 병합된 주요 분할 영역의 경계 면에서 -40에서 40까지의 픽셀 범위에서 지역 최소 값의 위치를 찾았다. Color edge detection을 위한 검색 범위는 지역 최소 값의 경계 면에서 범위를 좁힌 -20에서 20까지의 범위에서 컬러(R 값) 차이의 최대 값의 위치를 찾았다. 마지막 단계인 edge geometry estimation에서는 edge의 직전 4개의 위치에서의 기울기, 곡률을 저장하고, 현 위치에서의 기울기와 곡률을 계산하였다. 이 때, 직전 4개의 위치에서의

기울기와 곡률을 비교하여 현재 위치에서의 기울기와 곡률이 연속하는지 판별한 후, 연속할 경우 현재의 위치로 진행하고, 연속하지 않을 경우 현재의 기울기가 10 이상이면 전 위치에서의 기울기와 곡률을 부여하였다. 현재 기울기가 10 이상이라는 의미는 연결성이 없다는 것을 의미하는 경험적인 수치이다.

전체 알고리즘은 Intel Core 2 CPU 6600 @2.4GHz, 2GB RAM, MS Windows XP 2002 OS 위에서 Visual C++로 구현이 되었다.

그림 4는 over-segmentation을 했을 경우의 영상을 나타내고 있다. 그림 4에서 보면 영상이 표면의 특성에 따라 객체가 세분화되어 있는 것을 알 수 있다. 세분화되어 있는 영역을 병합하는 단계가 다음 단계이다.

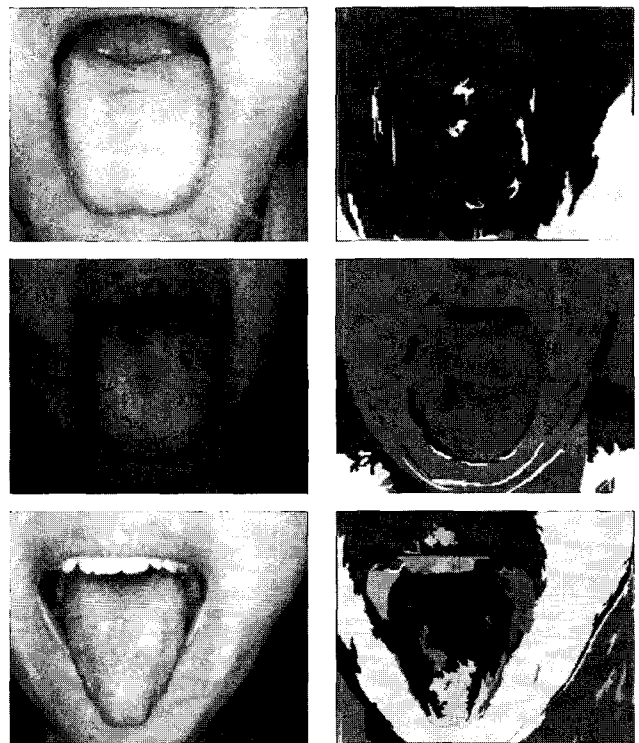


그림 4 원 영상과 over-segmented 영상
Fig. 4 Original face images and over-segmented regions

그림 5는 전 처리된 안면 영상과 그 영상을 영역 분할한 결과를 보여주고 있다. 진단을 위해서 대부분의 혀 영역이 잘 분할된 것을 볼 수 있으며, 모든 형태와 색채의 설체에 대해서 분할이 잘 된 것을 볼 수 있었다. 이것은 피부의 색이나 상태에 무관하게 분할된 것을 알 수 있으며 성별에 무관하게 분할의 결과가 좋은 것을 알 수 있었다.

결과의 유효성을 검증하기 위하여, 각 분류된 영상인 무태, 백태, 황태, 혼합태, 무분류 영상 중 각각 1, 4, 1, 2, 22개 전체 30개의 영상을 임의로 선택하여 전문의 이상의 한의사 3명이 원 영상과 비교하여 분할된 혀 영상의 진단 유효성을 판단하였다. 설체 진단에 매우 유효한 혀 분할 영역일 경우에 5점을 부여하고, 대체로 유효한 경우 3점, 유효성

이 부족할 경우 1점을 기준으로 하여, 1점에서부터 5점까지 연속한 자연수를 부여하였다. 이때 혀의 내부의 컬러뿐 아니라 경계 면의 모양까지도 정확히 분할되어야 혀의 형태를 판단할 수 있다는 것이 중요한 기준 중의 하나였다. 그 결과 표 2와 같이 3명의 한의사가 평균 4점 이상의 점수를 부여하여 분할된 영역이 진단의 유효성이 있음을 확인하였다.

표 2 분할 혀 영상의 진단 유효성 평가

Table 2 Evaluation of segmented tongues corresponding to the effectiveness of tongue diagnosis

평가자	평균 점수
평가자 A	4.37
평가자 B	4.00
평가자 C	4.00
전체 평균	4.12

3. 결 론

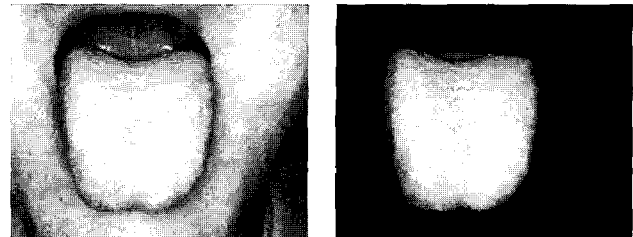
본 연구는 설진을 자동화하기 위해 획득된 혀 영상을 이용하여 효과적인 혀 영역 추출 방법을 구하는데 중점을 두었다. 다수의 피험자를 모집하여 한의사 진단을 받은 후 디지털 설진 시스템을 통해 혀 영상을 획득하였다. 혀의 컬러 특성을 이용하여 혀의 중심 영역 및 경계 면을 추출하고, 혀의 구조적인 특성을 고려하여 주변의 경계 부분을 수정하였다.

이를 위해 먼저, 기존에 개발된 디지털 설진 시스템의 표준화된 측정환경에서 24bit RGB 혀 영상을 획득하고, 임상 경험이 풍부한 한의사의 도움을 받아 설태에 따라 무태, 백태, 황태, 혼합태, 무분류 영상으로 혀 영상을 구분하였다. 영상의 밝기 및 컬러 분포를 이용하여 edge를 더욱 명확하게 하는 전처리를 수행한 후에 over-segmentation, local minimum detection, color edge detection, edge geometry estimation을 거쳐 진단에 필요한 설체 영역을 분할하였다. 그 결과, 주변 피부나 입 속의 피부와의 분간이 어려운 설체 영역을 분류할 수 있었다. 또한 혀 내부에 설태 및 빛의 반사 때문에 컬러가 불균일함에도 불구하고 제안된 알고리즘은 설체의 영역을 진단에 유효하도록 분할하였다.

본 연구에서는 설진의 객관화, 표준화의 문제를 해결할 수 있는 하나의 단계인 영역 분할을 진행해 보았다. 획득한 안면 영상 데이터를 이용하여 설체를 효과적으로 구분할 수 있는 영역 분할 방법을 연구하였고, 한의사의 눈으로 그 결과를 관찰하여, 설체의 진단 유효성을 평가하여 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 이를 통해 설진에서 과제로 남아있는 설태와 설질의 효과적 구분 방법, 구분된 설태를 이용하여 백태, 황태, 회태나 흑태, 후태나 박태 등 다양한 설태의 분류 및 설질의 분류와 관련된 연구에도 응용할 수 있어, 객관적이고 정량적인 설진기의 개발에 기여할 수 있을 것이다. 그 결과 정확한 진단이 가능한 자동 설진 진단 시스템에 더욱 다가갈 수 있을 것이라 생각된다.



(a) 무태 영상 (남성)
(a) Non-coated (male)



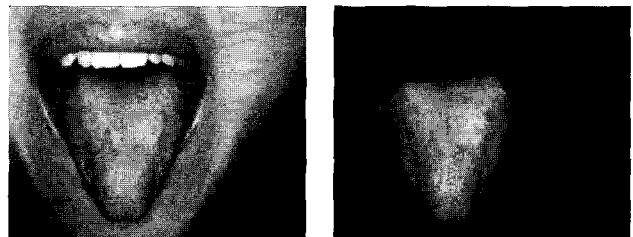
(b) 백태 영상 (남성)
(b) White-coated (male)



(c) 황태 영상 (남성)
(c) Yellow-coated (male)



(d) 혼합태 영상 (여성)
(d) Mixed coated (female)



(e) 무분류 영상 (여성)
(e) Nonclassified (female)

그림 5 전처리된 안면 영상 및 영역 분할된 결과 영상
Fig. 5 Preprocessed face images and tongue-segmented images

감사의 글

본 연구는 보건복지부 한방치료기술개발사업 (0405-OI00-0815-0002)과 한국한의학 연구원 기관고유사업인 한방 진단 표준 개발의 지원에 의해 이루어진 것입니다. 진단에 도움을 주신 이시우 박사님, 장은수 선생님께 감사드립니다.

참고 문헌

[1] C.-C. Chiu, "A novel approach based on computerized image analysis for traditional Chinese medical diagnosis of the tongue", *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, Vol. 61, pp. 77-89, 2000.

[2] B.K. Lee, *Oriental Medicine Diagnostics*, Seoul, Korea: Seongbosa, pp. 72-86, 1996.

[3] X.-Q. Yue and Q. Liu, "Analysis of studies on pattern recognition of tongue image in traditional Chinese medicine by computer technology", *J. Chin. Integr. Med.*, Vol. 2, No. 5, pp. 326-329, 2004.

[4] B. Pang and D. Zhang, "Computerized tongue diagnosis based on bayesian networks", *IEEE Trans. Biomedical Engineering*, Vol. 51, No. 10, pp. 1803-10, Oct. 2004.

[5] H.Z. Zhang, K.Q. Wang, D. Zhang, B. Pang and B. Huang, "Computer aided tongue diagnosis system", *Proc. the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference*, Shanghai, China, pp. 6754-6757, Sep. 2005.

[6] L. Sun, Z. Cheng and H. Xie, "Study on objective tongue diagnosis using computerized Image recognition technique", *J. Anhui Traditional Chinese Medical College*, Vol. 5, No. 4, pp. 5-7, 1989.

[7] J. Wu, Y. Zhang and J. Bai, "Tongue area extraction in tongue diagnosis of traditional Chinese medicine", *Proc. the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference*, Shanghai, China, pp. 4955-4957, Sep. 2005.

[8] B. Pang, K. Wang, D. Zhang and F. Zhang, "On automated tongue image segmentation in Chinese medicine", *ICPR*, Vol. 1, pp. 616-619, 2002.

[9] W. Li, C. Zhou and Z. Zhang, "The segmentation of the body of tongue based on the improved snake algorithm in traditional Chinese medicine", *Proc. the 5th world congress on intelligent control and automation*, pp. 15-19, June 2004.

[10] Y. Boykov and V. Kolmogorov, "Computing geodesics and minimal surfaces via graph cuts", *Proc. the 9th ICCV'03*, pp. 26-33, Oct. 2003.

[11] R. Zabih and V. Kolmogorov, "Spatially coherent clustering using graph cuts", *Proc. Computer Vision and Pattern Recognition*, Vol. 2, pp. 437-444, July 2004.

[12] C. Rother, V. Kolmogorov and A. Blake, "GrabCut: interactive foreground extraction using iterated graph cuts", *ACM Trans. Graphics*, Vol. 23, No. 3, Aug. 2004.

[13] V. Vezhnevets and V. Konouchine, "Grow-Cut - interactive multi-label N-D image segmentation", *Proc. GraphiCon*, pp. 150 - 156, 2005.

[14] J.G. Kim, *Development of Digital Tongue Inspection System*, Suwon, Korea, Kyunghee Univ., Nov. 2005.

[15] Y.H. Eo, *Tongue segmentation and classification for Digital Tongue Inspection System*, Master thesis, Seoul, Korea, Kyunghee Univ., Feb. 2006.

[16] *Color Conversion Formulas*, <http://www.easyrgb.com/math.html>.

[17] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, *Digital Image Processing*, Reading, MA, USA: Addison Wesley, pp. 166-248, 1993.

[18] I.M. Bockstein, "Color equalization method and its application to color image processing", *J. Opt. Soc. Amer.*, Vol. 3, No. 5, pp. 735 - 737, 1986.

[19] N. Liu and H. Yan, "Colour image edge enhancement by two-channel process", *Electronics Letters*, Vol. 30, No. 12, p. 939-940, June 1994.

[20] P.F. Felzenszwalb, "Efficient graph-based image segmentation", *International Journal of Computer Vision*, Vol. 59, No. 2, Sep. 2004.

[21] J. Foley, A. van Dam, S. Feiner and J. Hughes, *Computer Graphics: Principles and Practice* (2nd edition), USA, Addison-Wesley, pp. 721-812, 1996.

저 자 소 개



김근호 (金根豪)

1970년 9월 9일생. 1994년 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업. 2001년 동 대학원 전기및전자공학과 박사 졸업(공학박사). 2001년~2002년 미네소타 주립대학 CMRR 연구원. 2002년~2007년 삼성종합기술원 전문연구원. 2007년~현재 한국한의학연구원 의료연구부 선임연구원
Tel : 042-868-9365
Fax : 042-868-9480
E-mail : rkim70@kiom.re.kr



이 전 (李 田)

1974년 8월 3일생. 1996년 연세대학교 의공학과 졸업. 2006년 동 대학원 의공학과 졸업(공학박사). 2001년~2006년 의용계 축및재활공학 연구센터 연구원. 2006년~현재 한국한의학연구원 의료연구부 선임연구원

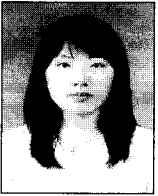
Tel : 042-868-9558
Fax : 042-868-9480
E-mail : leejeon@kiom.re.kr



유 현 희 (柳 賢 熙)

1976년 12월 22일생. 2002년 원광대학교 한의학과 졸업. 2004년 동 대학원 한의학과 졸업(한의학석사). 2006년 한방내과 전문의 취득. 현재 동 대학원 박사과정 중

Tel : 042-868-9589
Fax : 042-868-9480
E-mail : gyruu@kiom.re.kr



최 은 지 (崔 恩 智)

1980년 2월 6일생. 2005년 경희대 동서의료공학과 졸업. 2006년~현재 한국과학기술연합대학원 석사과정

Tel : 042-868-9592
Fax : 042-868-9480
E-mail : ejchoi@kiom.re.kr



김 종 열 (金 鍾 悅)

1959년 7월 10일생. 1983년 서울대학교 건축학과 졸업. 1985년 한국과학기술원 토목공학과 졸업(공학석사). 1996년 경희대 한의학과 졸업. 1998년 원광대 한의학과 졸업(한의학박사). 1996년~2004년 재단법인 익산원광한의원 원장. 2002년~현재 원광대학교 한의학전문 대학원 겸임교수. 2005년~현재 한국한의학연구원 선임연구부장

Tel : 042-868-9489
Fax : 042-868-9349
E-mail : ssmed@kiom.re.kr