

논문 2008-45SC-6-17

# 설진 유효 영역 추출의 시스템적 접근 방법

( Systematic Approach to The Extraction of Effective Region for Tongue Diagnosis )

김 근호\*, 도준형\*, 유현희\*, 김종열\*\*

( Keun Ho Kim, Jun-Hyeong Do, Hyunhee Ryu, and Jong Yeol Kim )

## 요약

한의학에서 혀의 상태는 인체 내부의 생리적·병리적 변화와 같은 건강 상태를 진단하는 중요한 지표로 활용된다. 혀의 상태를 진단하는 방법(설진)은 편리할 뿐 아니라 비침습적이므로, 한의학에서 널리 활용되고 있다. 하지만, 설진은 광원이나 환자의 자세, 의사의 건강 조건과 같은 검사 환경에 따라 많은 영향을 받는다. 객관적이고 표준화된 진단을 위한 자동 설진 시스템을 개발하기 위하여 활영된 얼굴 영상으로부터 혀를 영역분할하고 혈액을 분류하는 것은 필수적이지만 혀와 입술, 입 근처의 피부색이 서로 유사하므로 쉽지 않은 일이다. 제안된 방법은 전처리 과정, 과 영역분할, 혀의 구조로부터 발생하는 음영 영역의 지역 최소값 위치 검색, 지역 최소값의 교정, 컬러의 차이를 최대로 하는 위치를 찾는 컬러 경계면 탐색, 혀의 기하적인 특성에 일치하는 경계면 선택, 경계면 평활화로 구성되어 있으며, 여기서 전처리 과정은 계산량의 감소를 위한 부 표본화, 히스토그램 평활화, 경계면 강화를 수행한다. 이러한 시스템적인 과정을 거치면, 영역분할된 혀를 획득할 수 있게 된다. 제안된 방법으로 분할된 영역은 효과적으로 혀가 아닌 영역을 제외해 낼 뿐 아니라 정확한 진단을 위해 중요한 정보를 제공함을 한의사의 진단 유효도 평가점수를 통해 확인할 수 있었다. 제안된 방법은 전단의 객관화와 표준화에 기여할 뿐만 아니라 u-Healthcare 시스템에도 활용 가능하다.

## Abstract

In Oriental medicine, the status of a tongue is the important indicator to diagnose the condition of one's health like the physiological and the clinicopathological changes of internal organs in a body. A tongue diagnosis is not only convenient but also non-invasive, and therefore widely used in Oriental medicine. However, the tongue diagnosis is affected by examination circumstances like a light source, patient's posture, and doctor's condition a lot. To develop an automatic tongue diagnosis system for an objective and standardized diagnosis, segmenting a tongue region from a facial image captured and classifying tongue coating are inevitable but difficult since the colors of a tongue, lips, and skin in a mouth are similar. The proposed method includes preprocessing, over-segmenting, detecting the edge with a local minimum over a shading area from the structure of a tongue, correcting local minima or detecting the edge with the greatest color difference, selecting one edge to correspond to a tongue shape, and smoothing edges, where preprocessing consists of down-sampling to reduce computation time, histogram equalization, and edge enhancement, which produces the region of a segmented tongue. Finally, the systematic procedure separated only a tongue region from a face image with a tongue, which was obtained from a digital tongue diagnosis system. Oriental medical doctors' evaluation for the results illustrated that the segmented region excluding a non-tongue region provides important information for the accurate diagnosis. The proposed method can be used for an objective and standardized diagnosis and for an u-Healthcare system.

**Keywords :** Diagnosis system, Tongue region extraction, Systematic approach, Structure and color property

## I. 서 론

\* 정회원, \*\* 정회원-교신저자, 한국한의학연구원  
(Korea Institute of Oriental Medicine)  
※ 본 연구는 기관고유 과제인 체질건강수준 표준개발  
과제와 지식경제부 지능형 한방 컨텐츠 개발 과제  
의 부분적인 지원을 받았음.  
접수일자: 2008년10월5일, 수정완료일: 2008년11월3일

한의학에서 혀는 인체의 생리적, 임상적인 상태를 반영하는 기관으로 사람의 건강 상태를 진단하는 중요한 지표로 사용되고 있다.<sup>[1]</sup>

혀의 컬러, 모양, 움직임과 혈액, 혈액은 진단을 위한

주요 요소이다. 혀의 기하학적 모양 또한 사람의 건강을 진단하는데 도움을 주는데, 두께, 크기, 균열, 치흔과 같은 설체의 변화를 관찰함으로써 병을 진단한다. 특히, 이끼와 같이 혀의 표면을 덮고 있는 설태라고 불리는 물질은 매우 중요한 요소인데, 설태의 컬러나 습기의 정도, 두께, 모양, 분포 범위에 따라 환자의 상태를 다르게 진단한다. 설태는 컬러에 따라 백태, 황태, 회태, 흑태, 혼합태 등으로 분류된다.

혀의 상태를 진단하는 설진은 편리하고 비 침습적임에도 불구하고, 객관화와 표준화라는 관점에서 문제가 있다. 광원과 같은 검사 환경의 변화가 진단 결과에 많은 영향을 미치며, 진단을 의사 개개인의 경험과 지식에 의존하기 때문에 객관적이고 표준화된 결과를 얻는 것이 매우 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최근에는 혀의 영상을 분석하여 진단에 활용하고자 하는 연구들이 수행되어 왔다.<sup>[2~5]</sup>

특히 혀 영역을 분할하는 연구의 경우, 초기에는 수동적인 영역분할 방법이 제안되었지만, 최근에는 다양한 자동 영역분할 알고리즘들이 연구되고 있다.<sup>[6~7]</sup> 그러나, 이러한 알고리즘들은 초기 경계면을 수동적으로 그려주어야 하므로, 여전히 사용자 개입의 문제점을 가지고 있다. 이러한 알고리즘을 대신하여 에너지를 최소화하는 경계면을 찾는 Graph cut 방법<sup>[8~9]</sup>과 Graph cut의 구조를 반복하는 형태의 GrabCut<sup>[10]</sup> 방법이 제안되었으나 초기 단계에 물체를 둘러싸는 영역을 설정해 주어야 하는 단점을 가지고 있다. GrowCut<sup>[11]</sup>은 cellular automata를 적용하여 영역분할하는 방법으로 배경과 객체를 식별하기 위하여 사용자가 그에 해당하는 2개 이상의 픽셀에 식별표(user-labelled pixels)를 부여하여 객체를 추출하는 방식으로 사용자의 개입을 최소화하였다. 한편, Cylindrical metric을 이용한 블록기반의 컬러 영상 분할 방법<sup>[12]</sup> 및 색상모델 이용 방법<sup>[13]</sup>은 컬러 영상의 분할에 적합하지만, 경계면을 다른 영역으로 인식하는 경우가 많다.

빛의 조건에 따라 컬러와 텍스처의 특성이 다르기 때문에 일반적인 영역분할 방법을 이용하여 혀 영역을 나누는 것과 자동으로 전체 영역을 대상으로 최적화된 파라미터를 결정하는 것은 어려운 일이다. 더욱이 혀 근처의 입술이나 구강과 같은 영역은 혀의 컬러와 유사하므로, 안면 영상으로부터 영역분할된 혀 경계면의 정확도가 급격히 저하된다.

본 논문에서는 설진을 위하여 혀의 성질에 적합하게 알고리즘들을 배치하는 시스템적인 관점으로 혀 영역을

자동으로 추출하는 방법을 제안하였다. 구체적으로 디지털 설진 시스템(DTDS)을 이용하여 혀를 포함한 안면 영상을 획득한 후, 혀의 구조적인 특성을 이용하여 안면 영상으로부터 혀 영역을 추출하고 컬러 특성을 고려하여 경계면을 교정하는 설진 시스템을 위해 최적화된 영역분할 방법을 제안하였다. 이러한 방법은 기존의 방법에 비해 파라미터의 변화에 따른 성능의 영향을 최소화하는 구조를 가지고 있다.

## II. 본 론

### 1. 한의학에서 설진 및 디지털 설진 시스템

혀는 신체 내부 기관의 상태를 외부로 보여주는 중요한 기관이므로, 설진을 객관화, 표준화하는 방향으로 가기 위해서는 한의사의 진단을 정량화하는 것이 필수적이다. 이러한 혀의 상태를 정량화하는 디지털 설진 시스템은 무엇보다도 안면 영상으로부터 혀 영역을 추출해야 하는데, 여기서 설질과 설태 및 혀의 특징을 포함하는 설체 영역이 분할되어야 한다.

이러한 시스템은 하드웨어적으로 표준화된 조명과 디지털 카메라로 구성되며, 소프트웨어적으로 컬러 교정으로 구성되어 명확한 안면 영상을 획득하도록 설계되었다.<sup>[14]</sup> 이 시스템은 암실을 효율적으로 구성하기 위해 얼굴의 구조에 따라 설계되었고, 그림 1(a)와 같이 얼굴이 설진기의 접촉 표면과 닿고 취득영상의 중심에 오도록 하였다. 또한 광원을 표준화하기 위하여 태양광과 유사하도록 색온도가 5500K 인 스트로브(strobe) 광을 조명으로 사용하였다. 영상을 촬영하기 위해 그래픽 사용자 인터페이스(graphic user interface: GUI)를 통해 실시간으로 영상을 모니터링하고 영상의 중심에 혀를 위치하도록 하였다. 그림 1(b)에서는 영상의 중심에

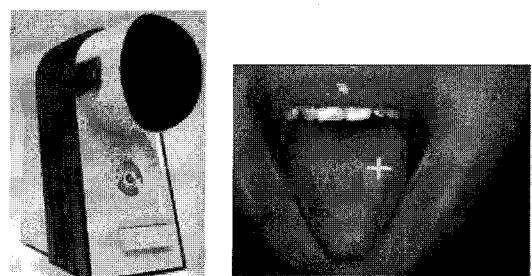


그림 1. 설진 시스템:

(a) 외관, (b) 획득된 영상 및 GUI 상의 중심 점  
Fig. 1. The tongue diagnosis system (a) its outward appearance and (b) an acquired image and its center point.

위치한 십자 표시를 볼 수 있다.

## 2. 안면 영상 취득 과정

우리는 디지털 설진 시스템을 이용하여 설체를 포함하고 있는 안면 영상을 수집하였다. 취득된 영상은 1280×960의 해상도에 RGB 24 bit의 BMP 형식을 가진 영상이며 한의 전문의에 의해 무태, 백태, 황태, 백태와 황태의 혼합태, 무분류의 5개의 종류로 분류되었다.

## 3. 설진을 위한 영역분할 방법

그림 2는 설진을 위한 영역분할 방법의 전체 구조를 보여준다. 먼저 전 처리 과정(preprocessing)에서 효율적인 연산 처리를 위해 입력 영상을 533×400의 해상도로 부 표본화한다. 그 다음, 스트로브 조명의 수명에 따른 열화와 무관하게 밝기 분포를 정규화하기 위하여 밝기(brightness)와 포화도(saturation)를 이용하여 히스토그램 평활화(histogram equalization)<sup>[15~16]</sup>를 수행한다. 이 후에 경계면에서 밝기(brightness)와 포화도(saturation)의 값을 각각 큰 값은 더욱 크게 하고 작은 값은 더욱 작게 하여 경계면의 구분을 더욱 살리는 경

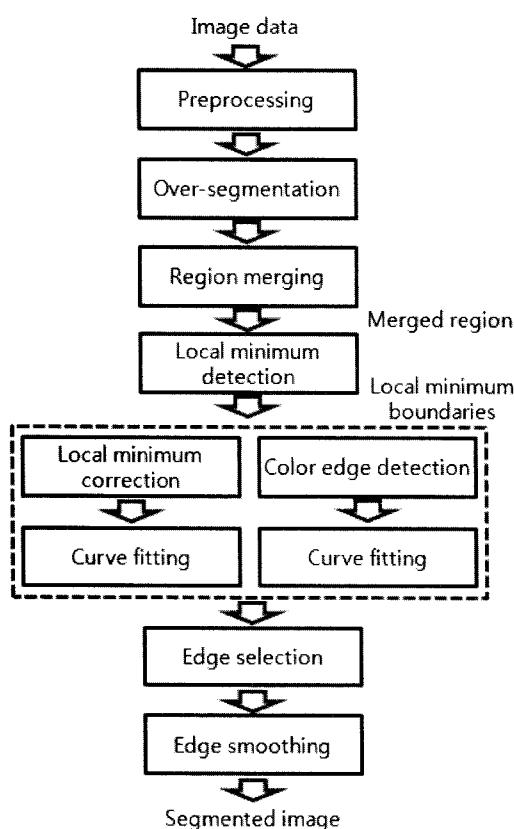


그림 2. 설체 추출 알고리즘의 전체 구조

Fig. 2. The overall structure of the algorithm to extract the region of a tongue body.



그림 3. 원 안면 영상 및 과 영역분할된 영역

Fig. 3. An original face image and its over-segmented regions.

계 향상(edge enhancement)<sup>[17]</sup>을 수행한다.

그림 3과 같이 영상의 영역을 작은 영역들로 나누는 과 영역분할 단계(over-segmentation)에서는 그래프 기반 영역분할 방법(graph-based segmentation)<sup>[18]</sup>이 이용된다. 이 방법은 타 클러스터링(clustering) 방법과 비교하여 각 픽셀의 그래프(graph)로부터의 경계 선택에 기반하고 있다. 여기서 그래프란  $G=(V, E)$ 으로 표현하는데  $V$ 는 각 픽셀에 해당하는 노드의 위치를 의미하며,  $E$ 는 픽셀 사이의 비 유사도를 나타내는 가중치를 의미하며, 예로서 컬러의 차이를 들 수 있다.

그래프에서의 비 유사도를 비교하여 픽셀들을 클러스터링한 후, 과 영역분할된 영상을 얻는 단순 영역병합을 수행한다. 그 결과 혀의 중심에 위치한 대부분의 영역은 하나의 영역으로 분할되지만, 일반적인 단순 영역병합에 나타나는 것처럼 중심 영역에 오염 물질이 있거나 반사가 일어나 여러 영역으로 세분화 되는 문제를 가지고 있다. 또한, 다른 구조적인 특성 및 컬러 특성으로 인하여 경계면과 설태 영역도 세분화될 수 있다.

이러한 세분화된 결과를 가지고 고정 영역병합(region merging)을 수행하는데, 이 경우에 중심 위치를 둘러싸는 고정 영역의 면적 내의 각 영역이 차지하는 비율을 측정한다. 여기서 고정 영역은 영상의 중심 점을 둘러싸는 정사각형을 의미한다. 그 다음 고정 영역 내의 최대 면적을 차지하는 주요 영역을 발견한다. 식 (1)과 같이 고정 영역 내에  $A$ 의 분할 영역의 비율( $R_A$ )이 같은 영역 내에  $B$ 의 비율( $R_B$ )보다 클 때, 주요 분할 영역은  $A$ 로 결정되며,  $A$  영역으로 둘러싸인 모든 영역은  $A$ 로 병합되며, 고정 영역 안에 있는 모든 영역도  $A$ 로 병합된다. 고정 영역 내에 세 가지 이상의 영역이 있더라도 모든 영역은 가장 큰 비율을 가지는 영역으로 병합된다.

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

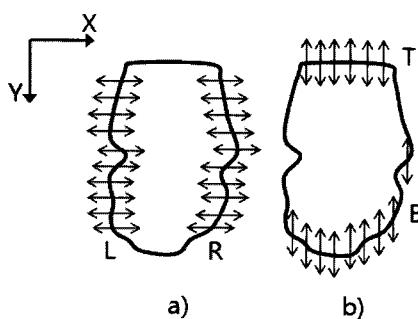


그림 4. 수평 방향 (a) 및 수직 방향 (b)으로의 음영 영역의 검색 범위. 여기서 L, R, T, B는 왼쪽, 오른쪽, 위쪽, 아래쪽의 경계면임. 실선 및 화살선은 각각 병합 영역, 검색 범위를 의미함.

Fig. 4. The range for detecting shading area (a) in horizontal and (b) in vertical directions, where L, R, T and B mean left, right, up and bottom edges, respectively. The solid line represents a merged region and the arrows are the search range.

여기서  $I_{x,y}$ 는  $(x, y)$ 에 위치한 픽셀을 의미한다.

지역 최소값 검색(local minimum detection) 단계에서는 스트로브 조명으로부터 야기된 음영이나 낮은 명암 때문에 혀의 외부 경계면에서 분할이 되지 않는 영역에 대해서, 지역 최소값의 위치를 설체의 경계면으로 설정한다. 이는 혀의 경계면은 빛의 입사 방향과 거의 수직하므로 경계면 근처에서 지역 최소값을 가지기 때문이다. 그림 4와 같이 병합 영역으로부터 일정한 범위를 가지고 X 방향으로 혀의 각 측면을 교차하는 최소값을 찾은 다음, 그 결과를 저장하고, Y 축으로 혀의 위와 아래 경계면을 교차하는 최소값을 구하여 저장한다. 그림 4에서 L, R, T와 B는 왼쪽, 오른쪽, 위쪽, 아래쪽의 경계면을 나타낸다. 식 (2)는 왼쪽 경계면인 L 또는 오른쪽 경계면인 R의 y에서 X 축을 따라 최소값을 가진 위치,  $P_L(y)$  또는  $P_R(y)$ 를 찾는 수식을 의미한다. 여기서  $s$ 는 검색 범위이며,  $b_L(y)$ 와  $b_R(y)$ 는 y에서의 왼쪽 경계면과 오른쪽 경계면에서의 현 위치를 말한다. 음영 영역은 어두운 밝기를 가지는데, 여기서 녹색(green) 성분은 식 (3)과 같이 RGB를 YCbCr로 변환<sup>[19]</sup> 할 때, 밝기(luminance)를 결정하는 Y 성분 중 가장 큰 비율을 차지하므로 음영 영역의 검색에 사용된다.

$$P_i(y) = \begin{cases} x & g_{\min}(y) = g(x, y) \text{ if } g(x, y) < g_{\min}(y), \\ & \text{for all the } x \text{ in } b_i(y) - s \leq x \leq b_i(y) + s \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cr \\ Cb \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.5 & -0.419 & -0.081 \\ -0.169 & -0.331 & 0.5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (3)$$

여기서  $g(\cdot)$ 는 녹색 성분,  $g_{\min}(y)$ 는  $i = L$  또는  $R$  일 때  $y$ 에서 X 방향을 따라 검색하였을 때 최소값을 가지는 위치를 의미한다. 식 (4)은 T와 B를 나타내는 수식이다.

$$P_j(x) = \begin{cases} y & g_{\min}(x) = g(x, y) \text{ if } g(x, y) < g_{\min}(x), \\ & \text{for all the } y \text{ in } b_j(x) - s \leq y \leq b_j(x) + s \end{cases} \quad (4)$$

지역 최소값 교정(local minimum correction) 단계에서는 병합된 영역의 경계면이 실제 경계면의 위치와 차이가 많이 나는 경우, 지역 최소값을 찾을 수 없어 경계면의 불연속성이 발생하는 문제를 해결한다. 경계면의 불연속성이 발생할 경우 현재 위치로부터 한 픽셀 크기만큼 진행 방향으로 이동된 새로운 위치에서 일정 범위 내의 지역 최소값을 가진 위치를 검색한다. 여기서 진행 방향은 왼쪽 또는 오른쪽 경계면의 검출과정에서는 Y 방향이며, 아래쪽 경계면의 검출과정에서는 X 방향이다. 이 과정은 다음 위치가 전 단계에서 구해진 위치로 수렴할 때까지 왼쪽과 오른쪽, 아래쪽 경계면에 대해서 각각 교정이 수행된다. 교정된 점은  $P_{L,L}(y)$ ,  $P_{L,R}(y)$ ,  $P_{L,B}(x)$ 로 각각 표현된다. 설계 근처에서 치아나 목구멍의 그림자 때문에 어두운 영역이 넓게 분포하여 경계면이 모호하므로 위쪽 경계면을 검색하는 T에 대한 교정은 수행되지 않는다.

작은 부피를 가지는 평평한 혀의 경우가 간혹 있으며, 이 경우 경계면의 음영이 나타나지 않는다. 이를 대처하기 위하여 컬러 경계면 검색(color edge detection) 단계에서는, 지역 최소값 교정 단계와 병행하여 지역 최소값으로 검색한 경계면의 불연속한 위치로부터 일정 범위를 검색하여 가장 큰 컬러의 차이를 가지는 위치를 찾는다. 이때 식 (5)에서 보듯이 RGB 컬러 스페이스의 R 성분(r)의 차이(d)를 최대로 하는 경계면을 찾는데, 여기서 R 성분의 차이를 찾는 이유는 피부와 혀의 색상은 R 성분에서 가장 많이 차이가 나기 때문이다.

$$P_{2,i}(y) = \begin{cases} x & d(x, y) = \max(|r_{x,y} - r_{x-1,y+k}|) \\ & \text{if } d(x-1, y) < \max(|r_{x,y} - r_{x-1,y+k}|) \\ k & = -1, 0, 1 \text{ for all the } x \text{ in } P_i(y) - u \leq x \leq P_i(y) + u \end{cases} \quad (5)$$

여기서  $i$ 는 L과 R이며,  $u$ 는 X 방향을 따라 검색함을 의미하며,  $P_{2,B}(x)$ 는 식 (6)과 같이 Y 방향을 따라 검색한

다. 이 단계에서도 앞과 같은 이유로 T에 대한 교정은 수행하지 않는다.

$$P_{2,B}(x) = \left\{ \begin{array}{l} d(x,y) = \max(|r_{x,y} - r_{x+k,y-1}|) \\ \text{if } d(x,y-1) < \max(|r_{x,y} - r_{x+k,y-1}|) \\ k = -1,0,1 \text{ for all the } y \text{ in } P_B(x) - u \leq y \leq P_B(x) + u \end{array} \right\} \quad (6)$$

지역 최소값 교정 과정 및 컬러 경계면 검색 과정 후 곡선 맞춤(curve fitting) 단계에서는, 두 과정에서 추출된 경계면의 시작점 및 끝점, 일정한 간격으로 표본화된 중간점을 이용하여 Catmull-Rom spline 곡선을 측면과 아래쪽 경계면에 대해서 각각 구한다. 그리고 두 과정으로부터 나온 두 곡선 중에서 혀 모양과 유사한 타원형 일치 여부 및 곡선과 추출된 경계면의 점 사이의 차이를 비교하여 한 과정의 추출된 점을 선택(edge selection)하는 두 단계를 수행한다. 상술하자면 볼록한 혀 모양의 템플릿(template)과 경계면의 일치 여부를 판별한 후, 일치한다면 다음의 단계를 진행한다. 차이를 비교하기 위한 식 (7)과 (8)은 지역 최소값 교정 과정과 컬러 경계면 검색 과정의 경계면의 점들과 각각의 곡선 맞춤한 결과인  $C_{1,i}$ 와  $C_{2,i}$  사이의 차이를 보여준다.  $d_1$ 과  $d_2$ 를 비교하여 차이가 적은 과정의 경계면의 점들이 선택됨을 알 수 있다. 여기서  $S_i$ 와  $E_i$ 는 L과 R의 시작과 끝을,  $S_B$ 와  $E_B$ 는 B의 시작과 끝을 의미한다. 혀의 위쪽 경계면은 차이를 구하는 식에서 제외됨을 알 수 있는데 입술 및 구강 내 그림자의 발생으로 경계 상태가 모호하여 제외한다.

$$d_1 = \sum_{i=L,R} \sum_{y=S_i}^{E_i} |P_{1,i}(y) - C_{1,i}(y)| + \sum_{x=S_B}^{E_B} |P_{1,B}(x) - C_{1,B}(x)| \quad (7)$$

$$d_2 = \sum_{i=L,R} \sum_{y=S_i}^{E_i} |P_{2,i}(y) - C_{2,i}(y)| + \sum_{x=S_B}^{E_B} |P_{2,B}(x) - C_{2,B}(x)| \quad (8)$$

마지막으로 경계면 평활화(edge smoothing) 단계에서는 미디언 필터(median filter)를 이용하여 피부의 그림자나 혀의 표면 특성으로 인하여 거칠게 연결된 경계면을 부드럽게 한다. 여기에서의 미디언 필터는 5개

의 이웃한 점들을 사용하여, 경계면의 주파수 특성을 유지시키면서 동시에 불연속한 점들을 제외시킨다.

### III. 실험

우리는 디지털 설진 시스템으로부터 혀를 포함한 안면 영상을 획득하였고, 영상들을 5년 이상의 경력을 가진 한의 전문의에 의해 진단된 설태의 상태에 따라 무태, 백태, 황태, 혼합태, 무분류의 5개의 범주로 분류하였다.

과 영역분할을 위해 그래프 기반 영역분할 방식에 쓰인 3개의 파라미터가 있는데, 영상을 부드럽게 만드는 sigma와 임계값인 k, 최소 요소의 크기를 결정하는 min을 각각 2.0, 120, 100으로 정하였다. 그 다음 주요 분할 영역을 발견하기 위하여 과 영역분할된 영상의 중심점에서 주변  $50 \times 50$  픽셀들을 탐색하였다. 지역 최소값의 위치를 발견하기 위하여 병합된 주요 분할 영역의 경계면에서 -40부터 40의 픽셀 범위 내를 검색하였다. 불연속한 점을 찾기 위한 불연속한 경계값의 차이 임계값은 10 픽셀이었다. 즉, 경계면의 현재 점의 위치와 다음 점의 위치 사이의 거리가 10 픽셀 이상이면 다음 위치의 점을 불연속점이라고 판별하였다. 지역 최소값 수 정 및 컬러 경계면 검색의 범위는 지역 최소값 검색에 의해 처리된 경계면의 불연속점으로부터 20 픽셀이 작은 위치로부터 20 픽셀이 큰 위치까지이며, 컬러 경계면 검색은 컬러의 최대 차이 값을 가지는 위치를 찾는다. 여기서는 R 성분의 컬러 값 차이를 계산하였다.

이러한 방법은 Intel Core 2 CPU 6600 @2.4GHz와 2GB RAM의 메모리 및 MS Windows XP 2002 OS 위에서 Visual C++를 가지고 구현되었고, 처리 시간은 5초 내외였다.

그림 5는 안면 영상과 제안된 알고리즘으로 인해 분할된 혀 영역 영상, 기준 영상, 그리고 분할된 혀 영역과 기준 영상의 혀 영역과의 차이를 보여주고 있다. 여기서 기준 영상의 혀 영역은 Adobe Photoshop CS를 능숙하게 다루는 5년 이상의 경력을 가진 한의 전문의가 검은 선을 이용하여 진단에 유효한 혀 영역을 조심스럽게 그려 검출한 영역으로 그림 5의 각 예의 좌하단에 위치한 영상이다. 결과 영상에서 다양한 모양 및 다양한 컬러의 혀 영역이 잘 분할된 것을 알 수 있다. 대부분 진단받는 설태의 종류가 백태와 무분류이기 때문에 백태와 무분류 영상의 실험 결과를 보여 주고 있다. 또한 수집된 데이터에서 다수인 원 및 반원 모양, 타원

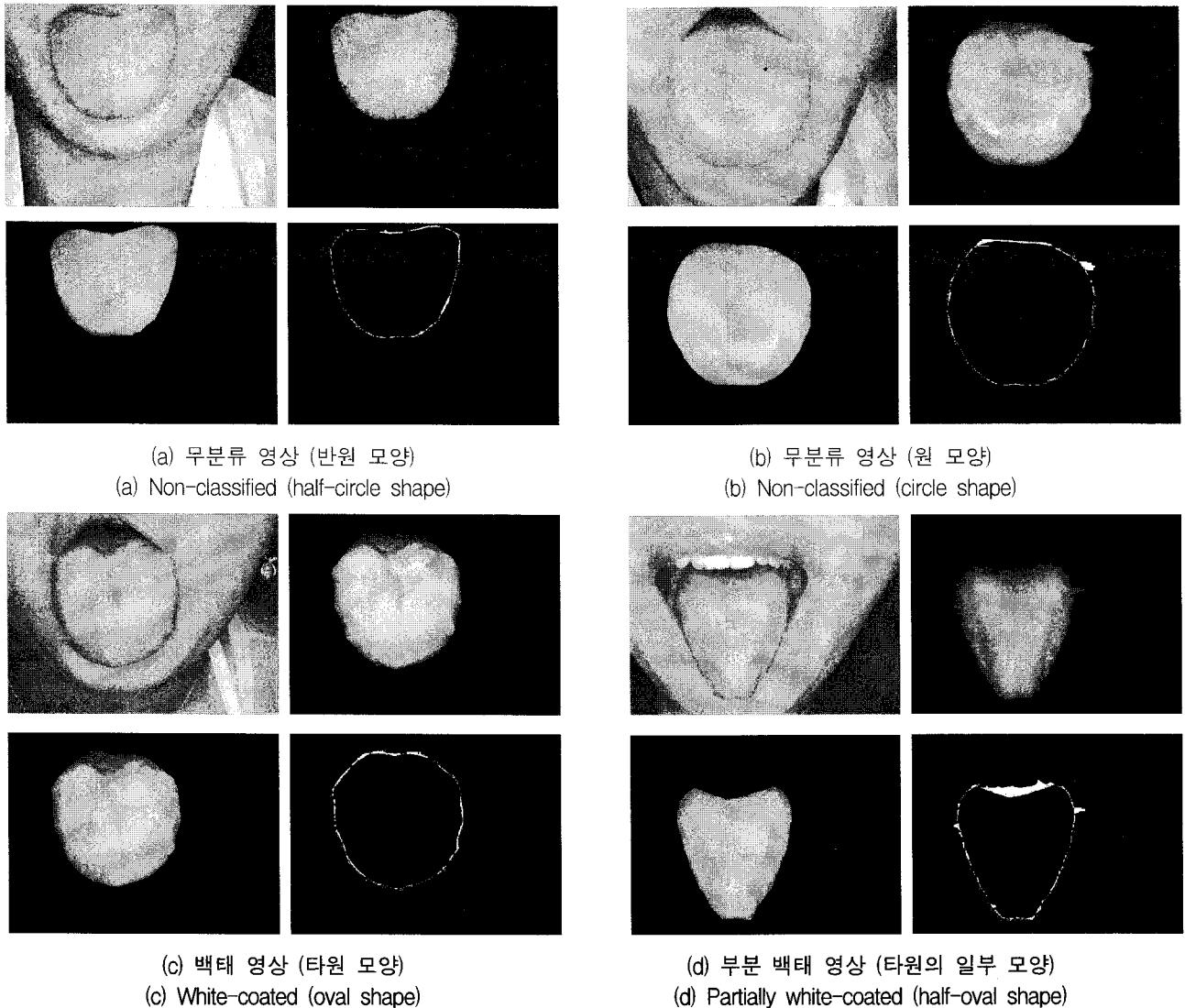


그림 5. 안면 영상, 혀 영역 분할된 영상, 기준 영상과 혀 영역 분할된 영상 사이의 차이

Fig. 5. Face images, tongue-segmented images, reference images, and the differences between a reference image and a tongue-segmented image.

및 타원의 일부 모양의 혀 영상에 대한 실험 결과를 보여 준다. 혀의 위쪽 부분은 입술 또는 구강의 그림자 때문에 경계가 모호하므로 경계면의 변화인  $|dy/dx|$ 의 평균값이 기준 값보다 크면 경계면의 y값의 평균값으로 위쪽 부분을 대체하였다.

기준 영상과 분할 영상간의 차이를 통해 제안된 알고리즘을 평가하기 위하여 30개의 안면 영상을 획득하였다. 이 영상들은 한의 전문의에 의해 1개의 무태 영상, 6개의 백태 영상, 1개의 황태 영상, 1개의 혼합태 영상과 21개의 무분류 영상으로 분류되었다.

기준 영상과 제안된 방법으로 얻어진 영상 사이의 차이를 정량화하기 위하여 영역 차이 비율을 계산하였으며, 이는 수식 (9)와 같다.

$$r_d = \frac{|A_{ref} - A_{seg}|}{A_{ref}} \times 100 \quad (9)$$

식 (9)에서  $A_{ref}$ 와  $A_{seg}$ 는 각각 기준 영상의 설체 영역과 분할된 영역을 의미한다. 평균 차이 비율은 5.5%였으며, 그림 5의 좌하단 영상과 같이 주로 경계면 영역에서 차이를 보이고 있다.

결과의 유효성을 밝히기 위하여 획득한 30개의 안면 영상과 제안된 방법으로 영역분할된 영상을 4명의 한의 전문의에게 제공하고, 분할된 혀 영역이 진단에 유효한지 평가하여 점수를 부여하도록 하였다. 영역분할된 영상이 경계면을 포함하여 모든 진단을 하기에 충분하다면 5점을 부여하였고, 경계면에서의 진단 결과에 영향

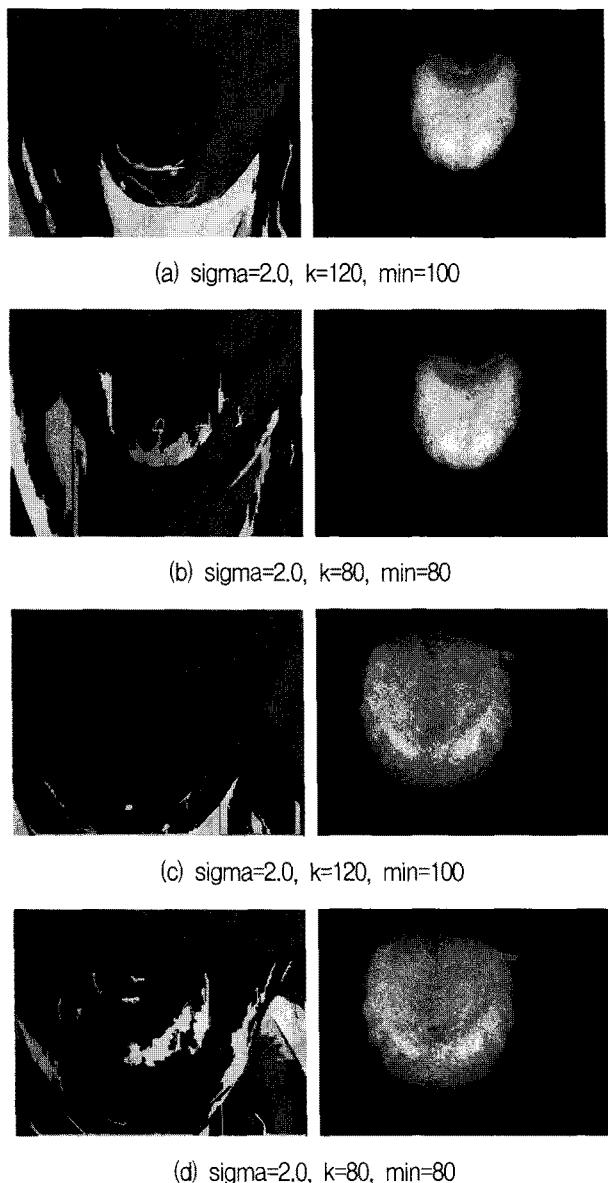


그림 6. 파라미터 변화에 따른 그래프 기반 영역분할(왼쪽)과 제안된 방법(오른쪽)의 결과 비교

Fig. 6. Comparison of results between the graph-based segmentation (left) and the proposed method (right) according to changing parameters.

을 미치지만 그 외의 진단에 영향이 없으면 3점, 전체적인 설진 결과가 다르게 나타날 가능성이 있다면 1점으로 하여 1에서 5까지의 연속된 자연수로 점수를 부여하도록 하였다. 4명의 한의 전문의가 부여한 평균 점수는 4.49점이고, 모든 점수 중 최소 점수는 4점이었다. 대체적으로 분할된 설 영역이 모든 진단에 효과적이라고 답한 것을 알 수 있었다.

파라미터의 변화에 따른 성능 변화를 비교하기 위하여 그래프 기반 영역분할 방법<sup>[18]</sup>과 제안된 방법의 공통된 파라미터를 변화시켜서 결과 영상을 비교하도록 하

였다.

그림 6(a)와 (c)는 기존의 파라미터인  $\sigma$ ,  $k$ ,  $min$ 을 각각 2.0, 120, 100으로 정하여 구한 그래프 기반 영상과 제안된 방법으로 구한 영상이고, 그림 6(b)와 (d)는  $\sigma$ ,  $k$ ,  $min$ 을 각각 2.0, 80, 80으로 정하여 구한 과 분할된 영상과 제안된 방법으로 구한 영상이다. 여기서 그래프 기반 영역분할의 분할 영역의 색상이 변하는 것은 프로그램이 임의적으로 색을 지정하기 때문이다.

왼쪽의 그래프 기반 영역분할 결과를 살펴보면 파라미터의 변화에 따라 경계부분에서 영역이 세분화되어 영상이 변화하는 것을 볼 수 있다. 그에 비해 제안된 방법의 결과 영상은 거의 변화가 없는 것을 알 수 있다.

지역 최소값 경계면 검색 범위의 변화가 결과에 영향을 미치는지 점검한다면, 검색의 범위가 작아서 지역 최소값을 못 찾는 위치에서 경계면의 불연속성이 발생하므로 이 부분에서 지역 경계면 교정 또는 컬러 경계면 검색을 이용하여 이웃한 위치를 검색하므로 검색 범위의 변화에 강인할 수 있었다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 자동 설진 시스템을 위하여 혀 영역을 분할하는 효과적 방법을 제안하였다. 한의 전문의에 의해 설태의 종류가 5개 범주로 진단된 후 혀를 내밀어 찍은 안면 영상이 디지털 설진 시스템을 통하여 수집하고, 혀의 구조적 특성과 컬러 특성을 이용하여 중심 영역과 경계면을 추출하였다.

전처리 과정은 밝기 정도 및 컬러 분포를 이용하여 경계면을 강화하였고, 고정된 파라미터를 이용한 영역분할 및 고정 영역병합, 지역 최소값 검색, 지역 최소값 교정 및 컬러 경계면 검색 과정의 결과 중에 경계면을 선택하는 경계면 평활화가 수행되었다. 이러한 과정들은 시스템적인 관점에서 유기적으로 결합되어 자동 영역 추출 방법을 구성함을 알 수 있었고, 파라미터의 변화에도 강인한 것을 확인하였다.

본 연구는 객관적이고 정량적인 설진 시스템의 발전 및 유비쿼터스 건강진단 시스템의 발전에 기여할 수 있다. 더욱이 이 시스템은 표면의 균열과 경계의 치흔(teeth mark) 여부를 검사하도록 개발될 가능성이 크다. 결론적으로 우리는 더욱 정확한 설진을 위해 자동 설진 시스템으로 접근하고 있다.

## 참 고 문 헌

- [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] 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.
- [3] B. Pang and D. Zhang, "Computerized tongue diagnosis based on bayesian networks," *IEEE Trans. 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," in *Proc. the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference*, pp. 6754-6757, Shanghai, China, 2005.
- [5] J. Wu, Y. Zhang, and J. Bai, "Tongue area extraction in tongue diagnosis of traditional Chinese medicine," in *Proc. the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference*, pp. 4955-4957, Shanghai, China, 2005.
- [6] B. Pang, K. Wang, D. Zhang, and F. Zhang, "On automated tongue image segmentation in Chinese medicine," in *ICPR*, pp. 616-619, Vol. 1, 2002.
- [7] W. Li, C. Zhou, and Z. Zhang, "The segmentation of the body of tongue based on the improved snake algorithm in traditional Chinese medicine," in *Proc. the 5th world congress on intelligent control and automation*, pp. 15-19, 2004.
- [8] Y. Boykov and V. Kolmogorov, "Computing geodesics and minimal surfaces via graph cuts," in *Proc. the 9th ICCV'03*, pp. 26-33, 2003.
- [9] R. Zabih and V. Kolmogorov, "Spatially coherent clustering using graph cuts," in *Proc. Computer Vision and Pattern Recognition*, Vol. 2, pp. 437-444, 2004.
- [10] C. Rother, V. Kolmogorov, and A. Blake, "GrabCut: interactive foreground extraction using iterated graph cuts," *ACM Trans. Graphics*, Vol. 23, No. 3, pp. 309-314, 2004.
- [11] V. Vezhnevets and V. Konouchine, "Grow-Cut - interactive multi-label N-D image segmentation," in *Proc. GraphiCon*, pp. 150 - 156, 2005.
- [12] 남혜영, 김보람, 김옥현, "Cylindrical metric을 이용한 블록기반 컬러 영상 분할", 전자공학회 논문지, 42권, 3호, pp. 7-14, 2005년.
- [13] 전영민, 차정희, "차량번호판 색상모델에 의한 번호판 영역분할 알고리즘", 전자공학회 논문지, 43권, 2호, pp. 21-32, 2006년.
- [14] 김제균, 디지털 설진 시스템의 개발, 경희대학교 학사논문, 수원, 2005년 11월.
- [15] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, *Digital Image Processing*. Reading. MA, USA: Addison Wesley, pp. 166-248, 1993.
- [16] 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.
- [17] N. Liu and H. Yan, "Colour image edge enhancement by two-channel process," *Electronics Letters*, Vol. 30, No. 12, pp. 939-940, 1994.
- [18] P.F. Felzenszwalb, "Efficient graph-based image segmentation," *International Journal of Computer Vision*, Vol. 59, No. 2, pp. 167-181, 2004.
- [19] The theory of RGB to YUV conversion, <http://elm-chan.org/works/yuv2rgb/report.html>, May 6, 2002.

---

저자소개

---



**김근호(정회원)**  
 1994년 한국과학기술원 전기및  
 전자공학과 학사 졸업.  
 2001년 한국과학기술원 전기및  
 전자공학과 박사 졸업.  
 2001년~2002년 미네소타  
 주립대학 CMRR 연구원.  
 2002년~2007년 삼성종합기술원 전문연구원.  
 2007년~현재 한국한의학연구원 선임연구원.  
 <주관심분야 : 영상처리, 생체신호처리, 한방의료  
 기기 개발, 3차원영상 렌더링 및 모델링>



**유현희(정회원)**  
 2002년 원광대학교 한의학과  
 학사 졸업.  
 2004년 원광대학교 한의학과  
 석사 졸업.  
 2006년 한방내과 전문의 취득.  
 2004년~현재 원광대학교  
 한의학과 박사과정.  
 2006년~현재 한국한의학연구원 연구원.  
 <주관심분야 : 생체신호처리, 한방의료기기, 한방  
 진단용 설문지 개발>



**도준형(정회원)**  
 1999년 한국과학기술원  
 전자전산학과 학사 졸업.  
 2001년 한국과학기술원  
 전자전산학과 석사 졸업.  
 2008년 한국과학기술원  
 전자전산학과 박사 졸업.  
 2008년 한국과학기술원 연수연구원.  
 2008년~현재 한국한의학연구원 선임연구원.  
 <주관심분야 : 컴퓨터비전, 패턴인식, 지능시스  
 템>



**김종열(정회원)-교신저자**  
 1983년 서울대학교 건축학과  
 학사 졸업.  
 1985년 한국과학기술원  
 토목공학과 석사 졸업.  
 1996년 경희대학교 한의학과  
 학사 졸업.  
 1998년 원광대학교 한의학과 석사 졸업.  
 2001년 원광대학교 한의학과 박사 졸업.  
 1996년~2004년 재단법인 익산원광한의원 원장.  
 2004년~현재 한국한의학연구원 책임연구원.  
 <주관심분야 : 한방의료기기 개발, 데이터 마이  
 닉, u-헬스 의료기기>