

설진 유효 분석을 위한 혀의 기하정보 추출 방법

Extraction Method of Geometry Information for Effective Analysis in Tongue Diagnosis

은성종*, 김재승*, 김근호**, 황보택근***

경원대학교 전자계산학과*, 한국한의학연구원 체질생물학의공학연구센터**,
경원대학교 인터랙티브미디어학과***

Sung-Jong Eun(asclephios@hotmail.com)*, Jae-Seung Kim(rememberguy@nate.com)*,
Keun-Ho Kim(rkim70@kiom.re.kr)**, Taeg-keun Whangbo(tkwhangbo@kyungwon.ac.kr)***

요약

한의학에서 혀의 상태는 인체의 건강 상태를 진단하는 중요한 지표로 활용된다. 이러한 혀의 상태를 진단하는 설진은 편리할 뿐 아니라 비침습적이므로, 한의학에서 널리 활용되고 있다. 그러나 설진은 객관화와 표준화라는 관점에서 문제가 있으며, 한의사의 의사결정에 도움을 줄 수 있는 도구도 부족한 실정이다. 본 논문은 이러한 문제점을 해결하기 위해, 설진 유효 분석을 위한 혀의 기하정보를 자동으로 계산하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 개선된 스네이크(Snake) 방법을 통해 혀를 검출하고 컨벡스 헐(Convex Hull)과 인페인팅 방법을 이용하여 객관적인 기하 정보를 추출하였다. 제안 알고리즘의 성능평가로 치흔의 경우 7.2%, 균열의 경우 8.5%의 영역 차이 비율로 안정적인 결과가 도출되었다.

■ **중심어** : | 설진 시스템 | 기하정보 | 혀 검출 | 치흔 | 균열 |

Abstract

In Oriental medicine, the status of a tongue is the important indicator to diagnose the condition of internal organs in a body. A tongue diagnosis is not only convenient but also non-invasive, and therefore widely used in Oriental medicine. But tongue diagnosis has some problems that should be objective and standardized, it also exhaust the diagnosis tool that can help for oriental medicine doctor's decision-making. In this paper, to solve the this problem we propose a method that calculates the tongue geometry information for effective tongue diagnosis analysis. Our method is to extract the tongue region for using improved snake algorithm, and calculates the geometry information by using convex hull and In-painting. In experiment, our method has stable performance as 7.2% by tooth plate and 8.5% by crack in region difference ratio.

■ **keyword** : | Tongue Diagnosis System | Geometry Information | Tongue Extraction | Tooth Plate | Crack |

* 본 연구는 2011년도 한국한의학연구원의 지원을 받아 기관고유사업의 일환으로 수행된 연구임 (K10070)

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2011-C6150-1101-0001)

접수번호 : #111101-001

접수일자 : 2011년 11월 01일

심사완료일 : 2011년 11월 28일

교신저자 : 황보택근, e-mail : tkwhangbo@kyungwon.ac.kr

I. 서론

한의학에서의 주요 진찰법은 크게 망(望), 문(聞), 문(問), 절(切)의 네가지가 있다. 이중 망진에서 특히 중요한 것 중 하나는 설진(舌診)으로 설질(舌質)과 설태(舌苔)의 변화를 관찰하여 질병을 진찰하는 방법이다. 한의학에서 혀는 인체의 생리적, 임상적인 상태를 반영하는 기관으로 사람의 건강 상태를 진단하는 중요한 지표로 사용되고 있다[1]. 이러한 혀의 기하학적 모양은 건강을 진단하는데 도움을 주는데, 두께, 크기, 균열, 치흔과 같은 설체의 변화를 관찰함으로써 병을 진단할 수 있다.

혀의 상태를 진단하는 설진은 편리하고 비 침습적인 예에도 불구하고, 객관화와 표준화라는 관점에서 문제가 있다. 또한, 획득된 설진 정보를 획득하고 전송하며 한의사의 의사결정에 도움을 줄 수 있는 도구도 부족한 실정이다. 최근 이러한 문제를 해결하기 위해 혀의 영상을 분석하여 진단에 활용하고자 하는 연구들이 많이 수행되고 있는 실정이다.

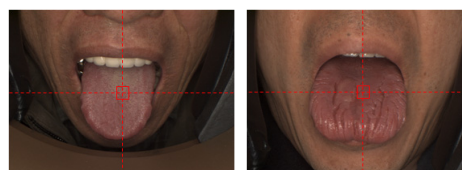
이러한 혀 영상을 분석하는 연구로, 수동적인 방법으로 혀 영역을 분할하는 연구가 초기에 제안되었으며, 최근에는 다양한 영역 분할 방법들이 적용되고 있다[2]. 그 중 사용자 개입을 최소화하는 방법으로 에너지를 최소화하는 경계면을 찾는 그래프 컷(Graph Cut)[3] 방법과 그랩 컷(GrabCut)[4] 방법이 제안되었으나, 초기 영역을 설정해줘야 하는 문제점을 가지고 있다. 또한 영역별 적절한 방법으로 추출이 가능한 RAA(Region Adaptive Alogorithm) 방법도 제안되었으나, 이는 입술과 만나는 영역에서 부정확한 경계가 도출되는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해 지역적 최소값 기반의 커브 보정(Curve Fitting) 등의 추가 작업이 수행되고 있다. 이외에 ACM(Active Contour Model)인 Snake[5] 방법으로 에너지 값이 최소가 되는 지점으로 수렴해 나가 최적의 경계선을 검출하는 방법도 제안되었다. 그러나 이러한 스네이크 방법은 사용자 정보의 개입이 많은 것과 음영이 있는 곳은 에너지 값이 다른 영역으로 오인하는 문제점 등을 가지고 있어, 이러한 문제점을 해결하기 위한 다양한 스네이크 방법들도 제안되었다[6][7].

본 논문은 혀의 기하학적 정보를 자동으로 추출하여, 전문의가 환자의 설진 진단을 하는데 있어 보조적인 수단이 되고자 한다. 우선 혀의 기하정보 추출을 위해 안면 영상을 획득하고, 안면 영상에서 그리디 스네이크(Greedy Snake) 방법을 응용하여 혀 영역을 검출한다. 이후 검출된 혀 영역을 기반으로 컨벡스 쉘(Convex Hull)을 통해 치흔(齒痕)을 계산하고, 인페인팅(In-Painting) 방법을 이용하여 균열(龜裂)을 측정하였다. 개선된 스네이크 방법은 곡률 정보 기반의 그리디 스네이크 방법을 적용하였고, 치흔은 컨벡스 쉘 결과와의 차 영상, 균열은 인페인팅 결과와의 차 영상을 통해 측정되어진다. 이렇게 본 논문은 혀의 기하정보 측정을 위해 치흔과 균열 정보를 이용하였고, 이러한 과정을 통해 도출된 결과가 한의 전문의의 설진 진단에 있어 객관적인 지표로 활용되고자 하였다.

II. 본론

1. 설진 영상 획득

혀의 상태를 정량적으로 평가하기 위한 첫 번째 방법으로 명확한 설진 영상의 획득이 우선시 된다. 이를 위해 하드웨어적으로 표준화된 조명과 디지털 카메라로 구성된 설진 장비를 통해 암실 상태에서의 환자의 안면 영상을 촬영하였다. 안면 촬영 시 환자의 혀 위치는 촬영 영상의 중심에 위치하도록 하였다. 취득된 영상은 1280×960의 해상도에 RGB 24 bit의 BMP 형식을 가진 영상이며 한의 전문의에 의해 치흔(齒痕)과 균열(龜裂) 증상이 있는 2개의 종류로 분류되었다. 다음 [그림 1]은 촬영된 설진 영상을 나타내며 촬영 시 영상의 중심에 혀가 위치하도록 설정한 것을 확인할 수 있다.



(a) 치흔 영상 (b) 균열 영상

그림 1. 획득된 설진 영상

2. 설진을 위한 기하정보 추출 방법

획득된 설진 영상을 기반으로 기하정보 추출을 위해 크게 3단계로 처리되어 진다. 첫번째로 입력 영상의 개선으로 초기 혀 영역을 검출하는 전처리 단계, 두 번째로 설진 유효 영역을 검출을 위한 영역 분할 단계, 세 번째로 검출된 혀 영역을 기반으로 치흔과 균열을 계산하는 기하정보 추출 단계로 처리되어 진다. 이는 [그림 2]의 전체 알고리즘 흐름도에 나타난다.

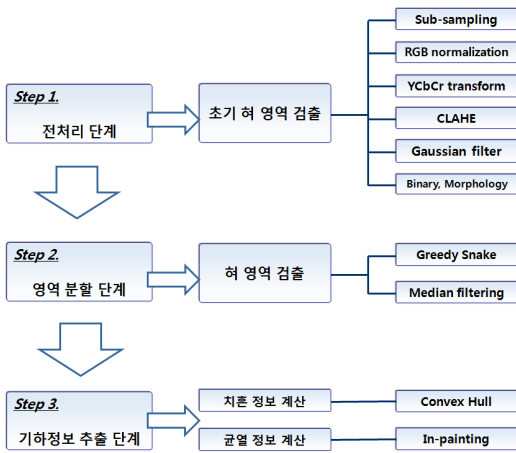


그림 2. 전체 알고리즘 흐름도

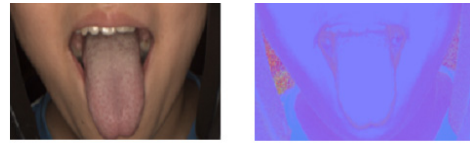
2.1 전처리 단계

먼저 전처리 과정에선 2단계인 영역 분할 단계의 기준 정보가 되는 초기 혀 영역을 검출하고자 한다. 우선 효율적인 연산 처리를 위해 입력 영상을 640X480의 해상도로 부 표본화(Sub-sampling)한다.

그리고 조명에 강한 컬러 영상을 생성하기 위하여 RGB 컬러 정규화를 수행한다. 이는 RGB 컬러 공간에서 처리되어지는 것으로, 다음 식 (1)에 의해 계산된다.

$$R = \frac{R}{R+G+B}, G = \frac{G}{R+G+B}, B = \frac{B}{R+G+B} \quad (1)$$

위 식(1)과 같이 컬러 정규화 작업 후, 각 채널들을 하나의 RGB 컬러 공간으로 재구성하여 조명에 강한 영상을 생성한다. 다음 [그림 3]은 정규화 결과를 나타낸다.

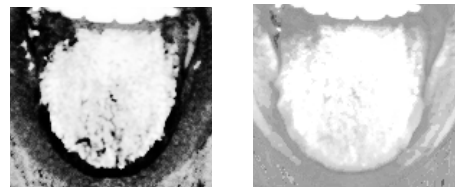


(a) 입력 영상 (b) 정규화 결과

그림 3. RGB 컬러 정규화 결과

이후, 정규화된 컬러공간을 YCbCr 공간으로 변환하여 Y채널만 추출하여 명암 대비 개선 작업에 사용한다. 이는 CLAHE(Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)[8]를 사용하여 대비 개선작업을 수행하였다. 이러한 CLAHE 방법은 윈도우와 레벨 적용 과정 없이 원 이미지에서 가장 적절한 색상의 이미지를 얻을 수 있는 알고리즘으로 사용자 간섭 없이도 이미지를 자동적으로 개선하여 보여주는 것이 특징이다.

AHE(Adaptive Histogram Equalization)[9] 방법에 한계값(Clip limit)으로 히스토그램을 제한하는 개념을 추가한 방법으로, 한계값은 각각의 서브블록에서 히스토그램이 어느 한 영역의 명암도에 집중되었을 경우 그 양을 제한하여 변환 함수를 통한 영상의 과도한 밝기 변화가 생기는 것을 막는다. 본 논문에선 명암 대비 효과는 주되 과도한 대비로 인한 정보 손실을 줄이고자 CLAHE 방법을 사용하여, 혀 검출에 있어 적합한 명암 대비 개선작업을 수행하고자 하였다. 다음 [그림 4]는 일반적인 평활화 방법과 본 논문에서 사용한 CLAHE 방법과의 결과 차이를 나타낸다.



(a) 일반 평활화 결과 (b) CLAHE 결과

그림 4. 명암 대비 개선 차이

영상의 대비 개선 작업 후, 영상의 잡음제거 및 윤곽선 부각을 위해 가우시안 필터를 사용하였다. 필터의 스무딩 정도는 가우시안 곡선의 폭을 나타내는 표준편

차 값에 따라서 달라진다. 가우시안 필터는 다음 식 (2)에 의해 정의할 수 있다.

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}\right] \quad (2)$$

σ 는 표준편차 값을 나타낸다. σ 가 0.4이면 3×3 Mask의 크기를 가지며, 0.8이면 5×5의 Mask 크기를 가진다. 여기서 생성한 마스크 내의 값이 모두 0이 아니어야 하며, 계수 합이 반드시 1에 가까워야 한다. 본 논문에서는 3×3 Mask를 이용하여 스무딩 작업을 하였다.

영상의 대비 개선 작업 후, Otsu[10]의 임계값 결정 방법을 통하여 이진 영상을 생성한다. Otsu의 임계값 결정 방법은 빈도수 히스토그램에 기반한 대표적 임계값 결정 방법으로, 일반적으로 입력 영상의 히스토그램 분포가 두 개의 군집으로 되어 있을 때 각 군집간의 분산을 최대화 시키는 그레이 레벨 임계값을 이용하여 이진 영상으로 변환한다. 다음 [그림 5]는 이진화 결과 영상을 나타낸다.



그림 5. 이진화 결과

이진화 작업 후, 혀가 영상의 중심에 위치하고 있는 점을 이용하여 영상 중심에 걸쳐 있는 하나의 영역을 레이블링(labeling) 작업을 통해 검출하였다. 해당 검출 작업은 영상 중심 영역 근처에 균열과 같은 잡음이 있을 수 있기 때문에, [그림 6]의 (a)와 같은 십자 모양의 일정 영역으로 기준점을 정하고 해당 기준점을 시작으로 하여 연결성 정보를 파악하여 초기 혀 영역을 검출하였다. 이는 [그림 6]에서 나타나며 레이블링에 사용한 연결성은 8 연결성 정보를 사용하였다. 그 결과 영상 중앙에 걸쳐있는 혀 영역을 검출하였으며, 해당 영역은 2 단계 작업인 정확한 혀 영역 검출을 위한 기준 정보로

사용된다.

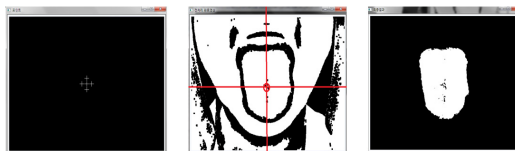


그림 6. 레이블링을 통한 초기 혀 영역 검출

이 후, 채움(Filling) 연산을 이용하여 객체 내부의 빈 곳을 채운다. 그리고 미디언 필터(Median filter)를 통하여 객체 외곽부분의 돌출 화소를 제거한다. 여기에서의 미디언 필터는 8개의 이웃한 점을 내림차순으로 정렬하여 사용하였다.

2.2 영역 분할 단계

1단계인 전처리 단계를 통하여 얻어진 초기 혀 영역을 기반으로 Williams[11]의 그리디 스네이크 방법을 활용하여 혀의 유효 영역을 검출하는 영역 분할 단계이다. 기존 스네이크 방법은 외부의 제한적 힘에 의해 이 끌여지고, 라인, 에지, 등과 같은 특정 방향으로 당기는 이미지 힘에 의해 영향을 받는 에너지를 최소화하는 구조로 되어 있다. 이러한 스네이크의 에너지 함수는 다음 식 (3)에 의해서 계산되어 진다.

$$E_{snake} = \int_0^1 (E_{internal}(v(s)) + E_{images}(v(s)) + E_{constraint}(v(s))) ds \quad (3)$$

식 (3)의 $v(s)$ 는 스네이크의 위치를 나타내고, $E_{internal}$ 은 윤곽선을 구부리는 내부 에너지, E_{image} 는 이미지 힘, $E_{constraint}$ 는 외부 에너지를 나타낸다. 즉, 해당 에너지 함수를 정의하고 에너지 함수가 최소화되는 방향으로 스네이크 포인트들을 반복적으로 움직이면서 객체의 윤곽을 찾아내는 방법이다. 이러한 스네이크 방법은 본 논문의 전처리 단계에서 검출된 초기 영역에 적용시킬 경우, 많은 연산량 문제와 모양이나 배경이 복잡한 경우 불안정한 윤곽선 추출 결과가 도출된다.

본 논문은 이러한 문제점을 해결하기 위해 각 스네이크 포인트마다 가중치를 두어 안정적이고 빠르게 반복 작업을 수행하는 그리디 스네이크 방법을 활용하였다. 본 논문의 스네이크 포인트 설정은 초기 허 영역 경계선의 곡률(Curvature)[12]을 계산하여 설정하였으며, 해당 곡률의 임계값은 평균 곡률값을 기준으로 임계값보다 큰 곡률값을 갖는 지점을 스네이크 포인트로 할당하였다. 다음 [그림 7]은 곡률의 계산과정을 나타내었다.

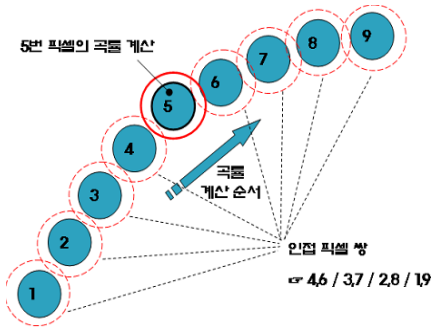


그림 7. 곡률의 계산

위 [그림 7]의 5번 픽셀을 기준으로 주변에 인접한 6, 4번 픽셀의 기울기 차이를 제곱한 값과 두 픽셀의 유클리디안 거리의 차이 값을 나눔으로써, 6, 4번, 7, 3번, 8, 2번, 9, 1번 픽셀인 총 8개의 인접 픽셀을 통해 5번 픽셀의 곡률을 계산한다. 이러한 곡률계산에 8개의 인접 픽셀을 사용한 이유는 곡률계산 실험 결과 최적이라고 판단되는 경우로 도출되어 사용하였다. 해당 곡률의 계산은 다음 식 (4)에 의해 다시 정의할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 Curvature(N) &= (g(N+1) - g(N-1))^2 / d((N+1) - (N-1)) \\
 &+ (g(N+2) - g(N-2))^2 / d((N+2) - (N-2)) \\
 &+ (g(N+3) - g(N-3))^2 / d((N+3) - (N-3)) \\
 &+ (g(N+4) - g(N-4))^2 / d((N+4) - (N-4)) \quad (4)
 \end{aligned}$$

g 는 기울기 값을 말하고, d 는 유클리디안 거리를 나타낸다. 그리고 그 다음 순서인 6번 픽셀의 곡률 계산도 마찬가지로, 7, 5번, 8, 4번, 9, 3번, 10, 2번 픽셀을 이용하여 계산할 수 있다. 이러한 곡률 계산 방법으로 외곽선 상에 있는 모든 픽셀의 곡률을 계산한다. 다음 [그림 8]은 식 (4)에 의해 계산되어 할당된 스네이크 포인트들

을 나타낸다.

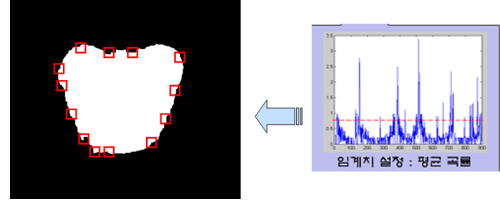


그림 8. 곡률에 의한 스네이크 포인트 할당 결과

이후, 앞서 계산된 곡률 정보를 이용하여 그리디 스네이크 방법을 수행한다. 2차원 영상에서 스네이크 포인트를 최소에너지 값으로 이동하게 하는 에너지 함수 $E_{snake}(v_j)$ 는 다음 식 (5)와 같이 내부에너지인 연속성과 곡률에너지 항과 외부에너지 항의 합으로 나타낸다.

$$\begin{aligned}
 E_{snake}(v_j) &= \sum_{i=0}^{N-1} [\alpha \cdot E_{continuity}(v_{i,j}) \\
 &+ \beta \cdot E_{curvature}(v_{i,j}) + \gamma \cdot E_{external}(v_{i,j})] \quad (5)
 \end{aligned}$$

$v_{i,j} = (x_{i,j}, y_{i,j})$ 라 하면 여기서 $i=0, \dots, N-1$ 로 N 은 전체 스네이크 포인트 개수를 나타내고 $x_{i,j}, y_{i,j}$ 는 j 번째 반복의 i 번째 스네이크 포인트의 x, y 좌표이다. 연속성 에너지는 $j+1$ 번째 반복에서 얻은 스네이크 포인트 간의 거리를 이전 j 번째 반복에서의 스네이크 포인트 간의 평균거리 \bar{d}_j 에 최소화하여 결국 N 개의 스네이크 포인트 간의 거리를 균등하게 한다. 연속성 에너지는 식 (6)과 같이 표현되고, \bar{d}_j 는 식 (7)과 같이 계산되어 진다.

$$E_{continuity}(v_{i,j}) = |\bar{d}_j - \|v_{i,j} - v_{i-1,j+1}\|| \quad (6)$$

$$\bar{d}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \|v_{i+1,j} - v_{i,j}\| \quad (7)$$

위 식 (6)은 $v_{0,j} = v_{N,j}$ 조건으로 처리되어지고 $||$ 는 스칼라 절대값이며, $\| \cdot \|$ 는 벡터의 길이(Norm)를 나타낸다. 외부에너지는 이미지의 선(Line), 에지(Edge)등의 여러 영상특징에 의한 에너지이다. 일반적으로 에지를 이용하며 경사도(Gradient)가 큰 곳에서 작은 값을 갖게 하여 스네이크 포인트를 관심객체의 윤곽에 놓이도록 한다. 외부에너지는 식 (8)에 의해 계산되어 진다.

$$E_{external}(v_{i,j}) = -|\nabla f(v_{i,j})|^2 \quad (8)$$

∇ 는 경사도를 나타내고 에너지항의 매개변수인 α , β , γ 의 가중치를 줌으로써 내부 및 외부에너지 항의 중요도를 결정한다. 일반적으로 스네이크 포인트가 객체의 윤곽에 놓이게 하는 것이 가장 중요하므로 γ 의 크기를 다른 두 값보다 크게 설정한다. 해당 그리디 스네이크 방법 적용 시, 평평한 혀의 경우 경계면의 음영이 잘 나타나지 않게 되는데 이를 대처하기 위해 R성분 영상에서의 컬러차이를 통한 추가적인 정보를 사용한다. 이어서 검출 후 전처리 단계와 마찬가지로 미디언 필터를 이용하여 돌출 화소 잡음을 제거한다. 다음 [그림 9]는 이러한 과정을 거친 혀의 영역 검출 결과를 나타낸다.

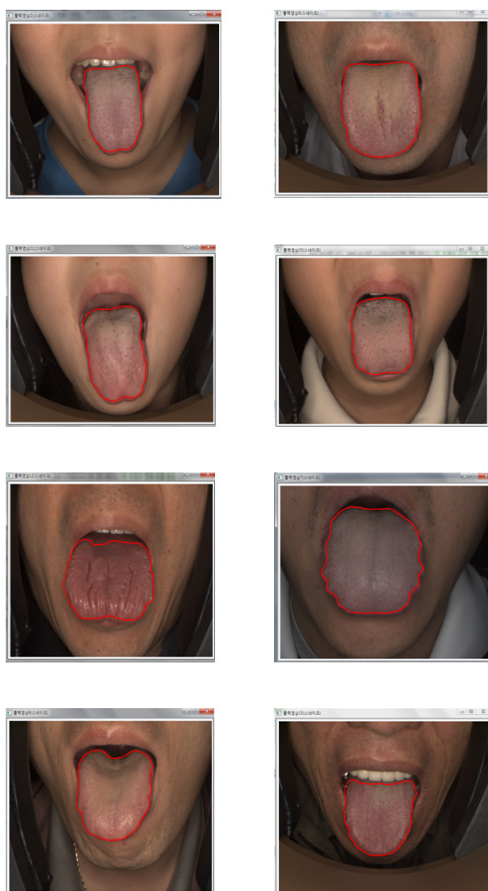


그림 9. 혀 영역 검출 결과

2.3 기하정보 추출 단계

마지막으로 전단계까지의 검출된 혀 영역을 기반으로 치흔(齒痕) 및 균열(龜裂)의 기하정보를 추출하는 단계이다. 치흔은 피험자의 혀가 치아 자국으로 인해 혀의 모양이 왜곡되며, 피곤하거나 스트레스를 많이 받을 경우 혀에 대한 탄력성이 현저하게 줄어들어 생기게 되는 증상이다. 균열은 열이 한창 심하여 음이 손상된 경우나 혈허(血虛)에 의하여 혀를 보양하여 축축하게 할 수 없는 경우에 발생하는 증상이다. 균열의 모양은 사람의 증상에 따라 얇은 것에서 깊은 것, 각이 둥근 것에서 칼로 싹둑 자른 모양의 것까지 여러 가지가 있다. 이외에 선천적인 경우도 있지만 본 논문의 균열 영상은 이러한 경우는 제외하고 테스트하였다.

2.3.1 치흔의 측정

기하정보 측정의 첫 번째로 치흔의 측정은 컨벡스 헐(Convex Hull)[13] 영상과의 차를 이용한 방법을 사용하였다. 치흔 영상의 혀 검출결과 경계선은 오목한 특성을 가지고 있어, 이러한 오목한 정도를 측정하기 위해 최소 볼록 다각형인 컨벡스 헐을 생성하여 치흔의 정도를 측정하고자 하였다. 다음 [그림 10]은 치흔 영역의 검출과정을 나타낸다.

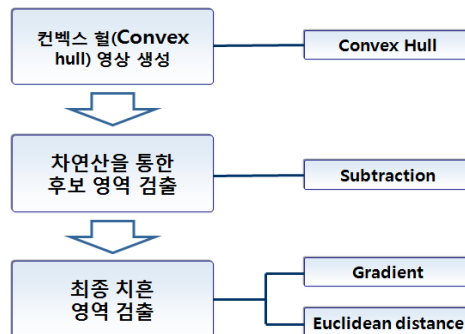


그림 10. 치흔 영역 검출 과정

위 [그림 10]과 같이 우선 컨벡스 헐 영상을 생성한다. 이는 Graham's scan 방법을 통하여 객체의 최 외곽선 부분을 검출하여 이를 연결해 최종 컨벡스 헐 영상을 생성한다. 이후 컨벡스 헐 영상과 생성하기 전 영상을

인 이진 검출결과 영상과의 차 연산을 통해 오목한 영역을 검출한다. 해당 오목한 영역을 치흔 후보 영역으로 간주하고, 모폴로지 연산을 통해 잡음을 제거하고 기울기 계산을 통해 치흔이 아닌 영역을 제거해 나간다. 일반적인 치흔의 경우 혀의 좌,우, 하단 부분에 위치해 있기 때문에 객체 상단 부분에 검출된 후보 영역을 제거하기 위해 후보영역의 위치 정보와 기울기 계산을 통해 (-)0.25 ~ (+)0.25인 경우 후보 영역에서 제거하였다. 이에 대한 과정은 다음 [그림 11]에 결과 영상들을 나타내었다.

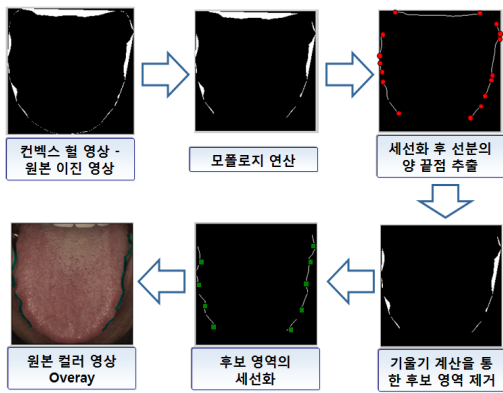


그림 11. 과정별 결과 영상

끝으로 검출된 치흔 후보 영역의 오목한 정도를 측정하기 위해 컨벡스 헐 경계선과의 수직 방향으로의 최대 유클리디안 거리(Euclidean distance)를 계산한다. 거리에 대한 임계값으로 1.2 이하인 경우는 치흔이 아닌 영역을 최종 판단한다. 해당 임계값의 결정은 사용된 영상들의 실험에 의해 최적이라고 판단되는 값으로 설정하였다. 이를 통해 최종 치흔 영역의 검출과 치흔의 오목한 정도를 측정할 수 있다.

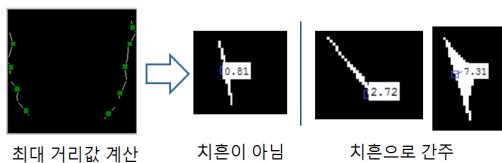


그림 12. 거리값을 통한 치흔의 최종결정

2.3.2 균열의 측정

기하정보 측정의 두 번째인 균열의 측정은 영상 인페인팅(In-painting)[14] 방법을 사용하여 측정하였다. 오늘날 디지털 영상처리에서 영상 인페인팅은 오래된 영상이나 손상된 영상을 컴퓨터 기반에서 원래 모습으로 복원하거나, 지정된 영역을 제거하는 기술을 말한다. 본 논문은 검출된 혀 영역을 기반으로 인페인팅의 적용 전, 후 영상의 차를 비교하여 혀 내부의 균열 영역을 검출하고자 영상 인페인팅 방법을 사용하였다. 다음 [그림 13]은 균열 영역의 검출 과정을 나타낸다.

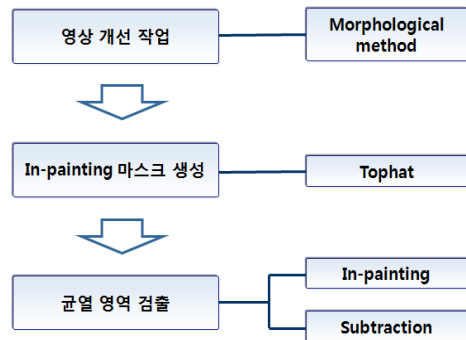


그림 13. 균열 영역 검출 과정

우선 균열 영역 검출에 있어 검출된 혀 내부 영역의 대비 개선 작업을 위해 모폴로지컬(Morphological) 개선 방법을 수행하였다. 이는 다음 식 (9)에 의해 처리된다.

$$Contrast = (Input + Tophat) - Bottomhat \quad (9)$$

Input은 검출된 혀 영역으로 붉은 계통에 대비되는 B 채널 공간을 나타내고, 객체를 부각시키는 Tophat 결과를 합연산, 배경을 부각시키는 Bottomhat 결과를 차연산하여 대비 개선을 수행하였다. 대비 개선 시 사용된 Mask는 5X5 크기를 사용하였다. 이후 인페인팅 방법을 통해 균열 영역 검출을 위해, 인페인팅 Mask를 계산한다. 인페인팅의 Mask는 Tophat 연산을 통해 후보 균열 영역을 검출하고, 검출된 Mask 영역을 기반으로 영상 인페인팅을 수행하여 손상된 Mask 영역(Ω)을 원 영상에 가깝게 복원하였다. Mask의 지정은 손상되지

않은 영역의 픽셀값은 0으로 설정하였으며, 손상된 내부의 색상을 유추하기 위해서 분석할 주변 영역의 반지름 크기를 지정하였다. 이에 사용되는 반지름의 크기가 너무 클 경우, 부정확한 정보로 색상이 맵핑되기 때문에 3 pixel 크기의 반지름을 사용하였다. 영상 인페인팅에 대한 알고리즘은 ① 패치의 우선순위 계산, ② 질감과 구조 정보 확장, ③ 신뢰도 값 갱신의 3단계로 처리되어 진다. 다음 식 (10)은 패치의 우선순위에 대한 계산식을 나타낸다.

$$P(p) = C(p)D(p) \quad (10)$$

$C(p)$ 는 화소 p 주위에 신뢰할 수 있는 정보의 양을 측정하는 신뢰도 값이며 $D(p)$ 는 경계선 $\delta\Omega$ 에 만나는 등조선의 강도를 나타내며 처리는 다음 식 (11,12)에 의해 계산된다.

$$C(p) = \frac{\sum_{q \in \cap(I-\Omega)} C(q)}{|\Psi_p|} \quad (11)$$

$$D(p) = \frac{|\nabla I_p^\perp \cdot n_p|}{\alpha} \quad (12)$$

I 는 전체영상, $|\Psi_p|$ 는 패치 Ψ_p 의 영역, α 는 정규화 요소, n_p 는 화소 p 에서 경계선 $\delta\Omega$ 에 수직인 단위벡터이고 ∇I_p^\perp 는 화소 p 에서 등조선이다. $\delta\Omega$ 상의 모든 점에 대해 우선순위를 계산한 뒤 그 중에서 가장 높은 우선순위를 갖는 패치 Ψ_p 를 선택한다. 가장 높은 우선순위를 갖는 패치 Ψ_p 를 선택한 후 원본 영역으로부터 가장 유사한 패치를 찾는 과정을 수행한다. 이는 다음 식 (13)에 의해 계산된다.

$$\Psi_i = \arg \min_{\Psi_j \in \Phi} SSE(\Psi_i, \Psi_j) \quad (13)$$

$SSE(A, B)$ 는 두 영역 A와 B사이에서 서로 대응하는 화소들의 값 차이를 제곱해서 모두 합한, 제곱 오

차합(sum of squared error)을 의미한다. 복원할 영역 경계에 있는 화소들 중에서 우선순위가 가장 높은 화소를 p 라고 하고 p 를 중심으로 한 패치를 Ψ_p 라고 한다. 먼 알고 있는 영역 Φ 에서 Ψ_p 와 가장 유사한 영역을 탐색해서 그 영역을 Ψ_p 에 복사한다.

본 알고리즘에 사용된 인페인팅(In-painting) 방법은 모든 화소 $q \in \Phi$ 를 중심으로 하는 패치 Ψ_p 에 대해서 식 (13)과 같은 전체탐색(exhaustive search)을 수행한다. 마지막으로 패치 Ψ_p 에 새로운 화소 값들을 채우게 되며, 신뢰도 $C(p)$ 에 대한 계산은 다음 식 (14)에 의해 계산된다.

$$C(p) = (\hat{p}) \forall p \in \Psi_p \cap \Omega \quad (14)$$

우선순위가 가장 높은 패치에 대해서 가장 유사한 패치의 화소 정보를 복사한 후 복사된 대상 영역 정보를 갱신한다. 대상 영역이 채워질 때까지 모든 단계를 반복적으로 수행하여 Mask영역 내부를 복원하게 된다.

이 후, 인페인팅 결과 영상과 적용 전 영상과의 차 연산을 통해 균열 영역을 검출하였다. 앞서 언급한 균열 검출의 전체 과정은 다음 [그림 14]에 결과 영상들을 나타내었다.

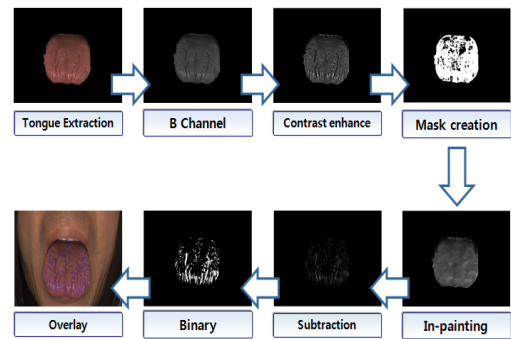


그림 14. 과정별 결과 영상

III. 실험

본 논문의 실험을 위해 혀를 포함한 다수의 안면 영

상을 획득하였고, 해당 영상들을 5년 이상의 경력을 가진 한의 전문의에 의해 치흔 영상과 균열 영상으로 분류하였다. 제안 방법에 대한 성능평가로 전문의의 수작업에 의한 기준 영상과 비교 분석하여 정량적인 수치로 정확도를 평가하고자 하였다. 이를 위해 기준 영상과 제안 방법의 영역 차이 비율을 계산하였으며, 이는 다음 식 (15)에 의해 처리되어 진다.

$$R_{diff} = \frac{|R_{criteria} - R_{proposed}|}{R_{criteria}} \times 100 \quad (15)$$

위 식 (15)에서 R_{diff} 는 영역 차이 비율을 나타내며, $R_{criteria}$ 는 기준 영상의 영역, $R_{proposed}$ 는 제안 방법의 영역 결과를 나타낸다. 본 실험을 위해 총 20장의 안면 영상을 획득하였으며, 해당 안면 영상에 한의 전문의에 의해 Adobe Photoshop CS를 통해 기준선을 생성하여 제안 결과와 위 식 (15)를 통해 평가하였다. 이에 대한 영역 차이 비율의 평균 결과를 본 논문은 제안 방법의 타당성 검증을 위해, 기존의 다른 영역 분할 방식인 그래프 컷(Graph Cut)[3]과 그래프 컷(GrabCut)[4]과의 성능 비교를 수행하였다. 이에 대한 결과는 다음 [표 1]과 같이 나타내었다.

표 1. 실험 결과 (평균 영역차이 비율)

구분	치흔 (15장)	균열 (5장)
Proposed method	7.2%	8.5%
Graph Cut	12.5%	14.2%
GrabCut	11.8%	12.8%

치흔의 경우 혀의 오목한 부분의 경계선 검출 범위를 정확도 평가의 기준으로 판단하여, 검출된 경계선의 바운딩 박스(Bounding Box)를 생성해 해당 영역 차이를 비교하였다. 균열의 경우 일반적으로 검출된 영역의 차이를 계산하였다. 이는 다음 [그림 15]는 제안 방법을 통해 검출된 치흔 영역과 균열 영역 샘플을 나타내었다.

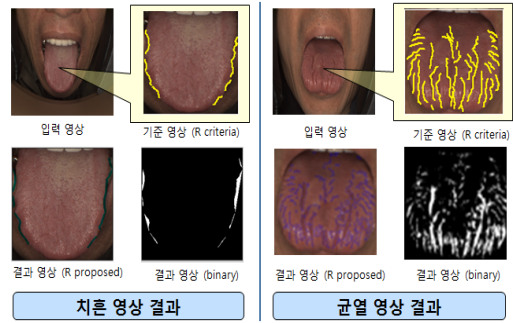


그림 15. 기하정보 추출 결과 영상

이어 앞서 언급된 [표 1]의 결과에 맞춰 각 기존 방법들의 실험 결과 샘플을 다음 [그림 16]에 나타내었다.

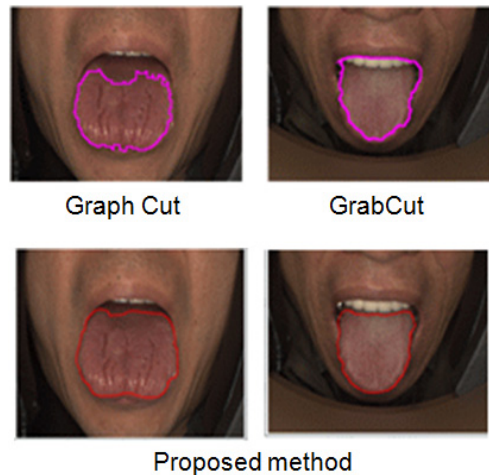


그림 16. 기존 방법들과의 비교 결과

기존 방법들과의 비교 실험 결과, 그래프 컷과 그래프 컷의 경우 입술이나 치아와 만나는 지점에서 지역적 최소값 오류에 빠져 부정확한 결과가 도출되었다. 또한 초기 영역 설정의 문제점 역시 기존 방법들과의 큰 차이라고 볼 수 있다. 이처럼 제안 방법은 초기 영역 설정의 부분, 그리고 스테이크 포인트의 할당과 경계선 수렴시 사용되는 정보와 같이 기존 방법들과의 차별성을 두어 처리하고자 하였다.

IV. 결론

본 연구에서는 설진의 유효 분석을 위해 혀의 기하정보를 자동으로 추출하는 방법을 제안하였다. 그리디스네이크 방법을 응용하여 혀 영역을 검출하고자 하였고, 검출된 혀 영역을 기반으로 컨벡스 헐과 인페인팅 방법을 통해 치흔과 균열 정보를 객관적으로 산출하였다. 이러한 객관적인 결과의 성능 평가를 위해 총 20장의 안면 영상 획득을 통해 치흔 15장, 균열 5장의 실험 평가를 수행하였다. 치흔의 경우 평균 7.2%, 균열의 경우 8.5%의 영역 차이 비율을 도출하였으며, 이러한 일련의 방법은 초기 혀 영역 결정 문제와 그림자 영역을 에너지가 다른 영역으로 인식하는 등의 문제로 인해 일부 부정확한 결과가 도출되었다. 향후 연구로 이러한 1단계 혀 영역 검출 정확도가 기하정보 추출 전체에 영향을 미치게 되는 만큼, 해당 부분의 정확도를 높이는 연구를 추가적으로 수행할 예정이다. 이러한 연구를 통해 우리는 더욱 정확하고 보다 효율적인 설진 보조 시스템을 구성해가고자 한다.

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] 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.
- [3] R. Zabih and V. Kolmogorov, "Spatially coherent clustering using graph cuts," in *Proc. Computer Vision and Pattern Recognition*, Vol.2, pp.437-444, 2004.
- [4] 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.
- [5] M. Kass, "Andrew Witkin, Demetri Terzopoulos Active Contour Models," *International Journal of Computer Vision*, Vol.1, pp.321-331, 1988
- [6] Eddie Y.-K. NG, Y. Chen, Segmentation of Breast Thermogram: "Improved Boundary Detection with Modified snake Algorithm," *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, Vol.6, No.2, pp.123-136, 2006.
- [7] D. J. Kang, In So Kweon, "A fast and stable snake algorithm for medical images," *Pattern Recognition Letters*, Vol.20, Issue10, p.1069, 1999.
- [8] S. M. Pizer, R. E. Johnston, J. P. Ericksen, B. C. Yankaskas, and K. E. Muller, "Contrast-limited adaptive histogram equalization: speed and effectiveness," *Visualization in Biomedical Computing*, pp.337-345, 1990.
- [9] P. S. Heckbert, *Graphics Gems IV*, Academic Press Professional Inc., pp.474-485, 1994.
- [10] N. Otsu, "A Thresholding Selection Method from Gray-scale Histogram," in *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics*, Vol.9, No.1, pp.62-66, 1979.
- [11] D. Williams and M. Shah, "A fast algorithm for active contours and curvature estimation," *Computer Vision, Graphics,* and *Image Processing: Image Understanding*, Vol.55, pp.14-25, 1992.
- [12] T. M. Murphy, M. Math, Leif H. Finkel, "Curvature Covariation as a Factor in Perceptual Saliency," *International IEEE EMBS CNECI*, pp.16-19, 2003.
- [13] Longin Jan Latecki and Rolf Lakamper, "Convexity Rule for Shape Decomposition

Based on Discrete Contour Evolution," Computer Vision and Image Understanding, Vol.73, No.3, pp.441-454, 1999.

[14] M. Elad a, J.-L. Starck b, P. Querreb, and D. L. Donoho, "Simultaneous cartoon and texture image inpainting using morphological component analysis (MCA)," Appl. Comput. Harmon. Anal, Vol.19, pp.340-358, 2005.

- 2002년 ~ 2007년 : 삼성종합기술원 전문연구원
- 2007년 ~ 현재 : 한국한의학연구원 선임연구원
<관심분야> : 영상처리, 생체신호처리, 한방의료기기 개발, 3차원 영상 렌더링 및 모델링

저 자 소 개

은 성 종(Sung-Jong Eun)

정회원



- 2007년 : 한국교육개발원 멀티미디어공학 학사
- 2009년 : 경원대학교 전자계산학과 석사
- 2009년 ~ 현재 : 경원대학교 전자계산학과 박사과정

<관심분야> : 의료영상처리, 그래픽스, 패턴인식, U-헬스

황보 태근(Taeg-Keun Whangbo)

정회원



- 1983년 : 고려대학교 공학사
- 1888년 : CUNY 컴퓨터학석사
- 1995년 : SIT 컴퓨터학박사
- 1988년 ~ 1993년 : Q-Systems, Technical Staff
- 1995년 ~ 1997년 : 삼성종합기술원 전문연구원

술원 전문연구원

- 1997년 ~ 현재 : 경원대학교 컴퓨터미디어과 정교수
<관심분야> : 3D 그래픽스, 영상처리, 머신러닝, U-헬스

김 재 승(Jae-Seung Kim)

준회원

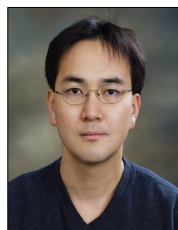


- 2011년 : 경원대학교 컴퓨터미디어과 학사
- 2011년 ~ 현재 : 경원대학교 전자계산학과 석사과정

<관심분야> : 컴퓨터 비전, 그래픽스, 패턴인식

김 근 호(Keun-Ho Kim)

정회원



- 1994년 : KAIST 전기및전자공학과 학사
- 2001년 : KAIST 전자전산학과 박사
- 2001년 ~ 2002년 : 미네소타주립대학 CMRR 연구원