

능동 윤곽선 모델을 이용한 혀 영역의 검출 Detection of Tongue Area using Active Contour Model

한영환*

Y. H. Han

요 약

본 논문에서는 실진시스템에서 혀 영역의 윤곽선을 정확하게 검출하기 위해 영역제한 마스크 연산과 능동 윤곽선 모델을 적용한다. 혀의 특징을 정확하게 분석하기 위하여 먼저, 혀 영역이 검출되어야 한다. 그러므로 혀 영역의 에지를 검출하기 위한 효율적인 분할 방법은 매우 중요하다. 20~30대 학생 30명으로 구성된 혀 영상 DB로 실험하였다. 실제 혀 영상에서의 실험은 좋은 결과를 보였다. 실험 결과, 제안된 방법이 마스크 연산을 사용하지 않는 방법에 비해 더 정확하게 혀 영역의 윤곽선을 추출하는 것을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we apply limited area mask operation and active contour model to accurately detect tongue area outline in tongue diagnosis system. To accurately analyze the properties of the tongue, first, the tongue area to be detected. Therefore an effective segmentation method for detecting the edge of tongue is very important. It experimented with tongue image DB consists of 20~30 students 30 people. Experiments on real tongue image show the good performance of this method. Experimental results show that the proposed method extracts object boundaries more accurately than existing methods without mask operation.

Keyword : Active Contour Model, Snake Algorithm, Tongue, Segmentation

1. 서론

배경으로부터 물체의 윤곽선(contour)을 정확하고 강건하게 검출하는 영상 분할(segmentation) 작업은 영상처리 분야에서 기본적으로 매우 중요한 단계이다.

영상 분할 기술은 이동 물체의 감지 및 추적, 패턴 인식, 제스처 인식, 의료영상 분할 등 관련된 여러 응용분야에서 유용하게 사용되고 있다. 영역 분할은 영상을 객체들과 배경으로 구분한다. 영상에서

객체의 형태를 추출하기 위해 다양한 방법들이 사용된다. 영역분할에서 객체와 배경과의 관계가 불분명한 경우, 객체 내 화소값의 변화가 심한 경우 문제점이 발생한다. 현재까지 물체의 윤곽선을 검출하기 위한 서로 다른 많은 방법들이 제안되었다. 이 중에서 능동 윤곽선 모델이라고도 하는 스네이크 알고리즘은 매우 효과적인 방법이라고 알려져 있으며, 많은 연구자들에 의해 지속적인 관심을 받고 있다 [1-2].

스네이크 알고리즘은 에너지 함수를 최소화하는 과정을 통해 객체의 윤곽선을 추출하는 방법으로 객체를 분할한다. 스네이크 알고리즘에서는 초기 스네이크의 위치를 객체의 경계 근처에 두어야 하고 오목한 경계에서는 수렴 속도가 느리다는 문제가 있다[3]. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 가변형 모델을 사용하기도 한다. 가변형 모델은 실험 대상에 따라 다른 결과를 나타내고 초기값 설정에 따라 최종 결과가 나오지 않을 수도 있다.

한의학에서는 크게 네 가지 방법인 보고(望), 듣

접 수 일 : 2016.05.10

심사완료일 : 2016.05.24

게재확정일 : 2016.05.31

* 한영환 : 상지대학교 컴퓨터정보공학부 교수

yhhan@sangji.ac.kr (주저자, 교신저자)

※ 이 논문은 2014년도 상지대학교 교내 연구비 지원에 의한 것임.

고(聞), 묻고(問), 만지는(切) 진찰 방법을 사용하고 있다. 망진(望診)에 속하는 설진은 혀를 보고 진찰하는 것이다. 설진은 혀의 상태나 혀에 끼는 설태(舌苔) 등을 관찰하여 병의 유무나 종류를 진단하는 방법으로 오래 전부터 행해져 왔다[4]. 설태가 흰 것은 질병의 초기나 가벼운 질병 상태를 나타내며, 누런 설태는 내장에 열이 축적되었을 때, 흔히 급성 열병에서 많이 나타난다. 가벼운 흑색의 설태는 열이 극성하여 체액을 고갈시켰을 때 나타나며, 진한 흑색의 설태는 만성질환이나 위독한 질환에서 나타난다. 그리고 설진은 특히 설질(舌質)을 통하여 질병의 원인이 되는 나쁜 기운의 정도 및 위(胃) 작용을 객관적으로 파악하는 것이 가능하다[5].

설진은 혀 영상을 분석하는 것으로 중요한 전제는 혀 영상에서 혀 영역만을 정확하게 분할하는 것이다[6]. 혀 영상은 입술, 얼굴, 이 등이 포함되어 복잡하므로 영역 성장, 에지 검출 등과 같은 기술을 사용하여 혀 영역만을 분할하는 것이 용이하지 않다. 기존의 설진에 사용되고 있는 방법은 영상을 획득한 후, 한의사가 수작업으로 혀의 영역을 설정하여 혀에 대한 객관적 데이터를 얻어 진단에 사용하고 있다. 혀 영역을 검출하기 위해 주요 제어점을 이동시키는 방법, 자유롭게 곡선을 설정하는 방법 등이 있으나 사용에 불편함이 있어 자동화에 대한 요구가 지속적으로 제기되고 있다.

따라서, 본 논문에서는 설진을 위한 영상에서 혀 영역만을 자동적으로 검출하기 위한 방법을 제시한다. 제시한 방법은 능동 윤곽선 모델인 스네이크 알고리즘 방식에 기반을 둔 것이다. 먼저, 입력된 영상의 배경을 제거하기 위해 이치화 연산을 수행하고, 능동 윤곽선 모델을 적용한다. 이치화된 영상에서 구해지는 능동 윤곽선 모델의 문제점을 해결하기 위해, 적응적인 영역제한 마스크 연산을 수행한 후, 스네이크 알고리즘을 사용한다. 본 논문에서 제안한 방법의 적용 결과, 설진을 위한 영상에서 혀 영역의 검출이 우수하게 된 것을 확인할 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장에서는 전체적인 개요를 기술하였다. 2장에서는 능동 윤곽선 모델을 소개하고 3장에서는 혀 영역의 검출 알고리즘을 설명하였다. 4장에서는 본 논문에서 수행한 실험결과 및 고찰을 보이며 5장에서는 마지막으로 결론을 제시하였다.

2. 능동 윤곽선 모델

1987년에 Kass 등은 일반적으로 스네이크라고 알

려진 능동 윤곽선 모델을 제안했다. 능동 윤곽선은 에너지 최소화 스플라인으로 정의된다. 그것의 에너지는 영상 내의 형태와 위치에 의존한다. 스네이크는 많은 제어점들로 간주되거나 연결되며, 구속력에 의해 자유롭게 변형된다. 제어점 $v(s) = [x(s), y(s)]$ 들은 전통적으로 스네이크의 열악한 획득 범위 때문에 관심 있는 에지의 근처에 위치한다[7].

스네이크 변형은 에너지 함수의 최소화에 의해 수행되므로 윤곽선은 초기 위치에서 에너지가 의미 있는 에지에서 안정화될 때까지 이동할 것이다. 이것은 에지 검출에서 더 나은 성능을 보장할 것이다. 만약 그 점들이 너무 근접하거나 너무 멀다면, 좋은 초기 위치를 얻기 위해 점들을 제거하거나 더해야 한다. 각 단계에서의 변형은, 초기 좌표 확인 과정이 스네이크의 더 좋은 성능을 보장하도록 수행되어야 한다.

스네이크 모델의 전체에너지는 다음 식(1)과 같이 정의된다.

$$E_{snake} = \int_0^1 E_{int}(v(s)) + E_{image}(v(s)) + E_{con}(v(s)) ds \quad (1)$$

여기서 E_{snake} 는 총 에너지, $E_{int}(v(s))$ 는 굽힘에 의한 스플라인의 내부 에너지, $E_{image}(v(s))$ 는 필드 에너지, $E_{con}(v(s))$ 는 외부 에너지를 나타낸다. 스네이크 모델의 전체 에너지는 스네이크의 모양을 부드럽게 유지하는 전체 에너지의 합으로 표현된다.

내부에너지는 다음 식 (2)와 같이 정의된다.

$$E_{int}(v(s)) = \omega_1(s) \left| \frac{\partial v(s)}{\partial s} \right|^2 + \omega_2(s) \left| \frac{\partial^2 v(s)}{\partial s^2} \right|^2 \quad (2)$$

여기서 $\omega_1(s)$ 와 $\omega_2(s)$ 는 스네이크의 장력과 강도의 크기를 제어하는 가중치이다.

외부에너지는 일반적으로 영상의 그라디언트 값의 크기로 설정되며, 스네이크를 이동시키는 힘으로 작용한다. 주어진 그레이 레벨 영상 $I(x,y)$ 에서 전형적으로 외부에너지는 에지들의 능동 윤곽선이 되기 위해 설계된다. 외부 에너지는 다음 식 (3)과 같이 정의된다.

$$E_{con}(v(s)) = -|\nabla(G_\sigma(x,y)*I(x,y))| \quad (3)$$

여기서 $G_\sigma(x,y)$ 는 표준편차 σ 를 가지는 2차 가

우시안 함수이고 ∇ 는 그라디언트 연산자이다.

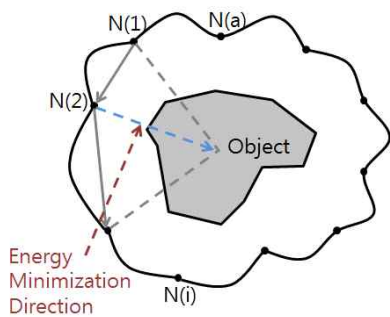
필드에너지는 중력에 의한 위치에너지 방정식으로부터 다음 식 (4)와 같이 유도된다.

$$E_{image}(v(s)) = \mu Gz(v(s)) \quad (4)$$

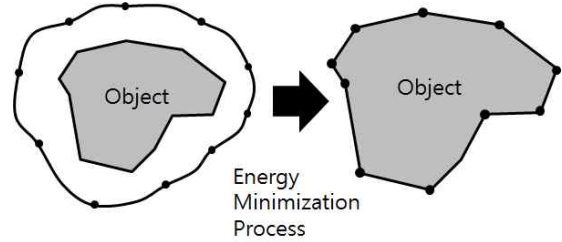
여기서 μ 는 질량밀도 상수, G 는 중력가속도, $z(v(s))$ 는 높이 값이다.

윤곽선을 구하는 것이 사람에게는 쉽게 행해지지만 시스템이 직관적으로 구현하기에는 쉬운 작업이 아니다. 그러나 충분한 계산 능력이 있으면 영상내의 모든 에지를 무작위로 선택할 수 있고 그 후 요구 되는 것들을 선택한다. 스네이크의 초기화를 위한 적절한 매개변수들의 선택은 또 다른 문제이다. 그러나 스네이크의 초기화 후, 시스템이 매개변수를 자동적으로 변화시키기는 어렵다. 만약 영상 내에서 객체가 오목함을 보이는 에지를 가지고 있으면 전통적인 스네이크는 오목한 에지를 추적하는 문제가 발생한다. 에지의 이러한 부분에서 범위를 구하는 이유는 스네이크와 거리가 멀다[8]. 다음 그림 1은 능동 윤곽선 모델의 개념과 능동 윤곽선 모델의 적용 예를 나타낸다.

그림에서 각각의 노드 $N(i)$ 는 객체의 외각인 바깥 부분에 임의적으로 분포하고 있다. 각각의 노드들에 에너지를 최소화하는 방향으로 이동한다. 노드들은 반복적으로 내부의 객체를 향해 이동하며, 최종적으로 객체의 윤곽선을 추출하게 된다[5].



(a) 능동 윤곽선 모델의 개념



(b) 능동 윤곽선 모델의 적용 예

그림 1. 능동 윤곽선 모델

Fig. 1. Active Contour Model

(a) Concept

(b) Application example

3. 혀 영역의 검출 알고리즘

설진을 위한 입력 영상에서 혀 영역을 검출하기 위한 전체 처리과정은 다음 그림 2와 같다. 입력된 영상은 이치화, 영역제한 마스크 연산, 능동 윤곽선 모델 적용, 혀 영역 검출의 순서로 진행된다.

입력 영상은 설진 시스템에 의해 입력되며, 능동 윤곽선 모델을 적용하기 위해 이치화 된다. 이치화된 영상에 능동 윤곽선을 직접 적용하는 방법이 주로 사용되고 있으나 초기화, 수렴 속도 등 여러 가지 문제점이 발생되고 있다. 본 논문에서는 능동 윤곽선 모델을 적용하기에 앞서, 영역 제한 마스크 연산 처리를 하여 제기된 문제점들을 해결하였다.

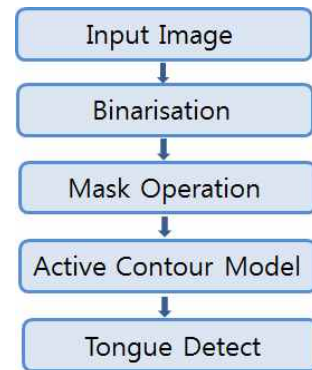


그림 2. 혀 영역의 검출 과정

Fig. 2. Detection process of tongue area

3. 1 혀 입력 영상

설진을 수행하기 위한 혀 영상은 설진시스템에 의해 획득된다. 입을 벌리고 촬영된 혀 영상에서는 혀의 전단부와 후미부를 포함한 혀 영역뿐만 아니라 입안의 내부, 목젖까지 나타날 수 있다. 또한 위, 아래 입술까지 포함되어 비교적 복잡한 영상이 입력 영상으로 사용될 수도 있다.

3. 2 영역제한 마스크 연산

이치화된 혀 영상을 사용하여 능동 윤곽선 모델을 직접 적용하기에는 범위가 넓으며, 초기화 값을 정하는데 문제점이 발생한다. 따라서 본 논문에서는 입력 영상에서 배경이 제거된 혀 영역을 정확하게 검출하기 위해 영역제한 마스크 연산으로 처리한다. 마스크 영상은 입력 영상과 같은 크기로 만들어 연산을 용이하게 하였다. 제안하는 마스크는 입력 영상을 얻을 때, 전용 장비에 의한 위치 정보와 형태 정보를 결합한 것으로 입력영상에 적용된다. 영역제한 마스크 연산을 위한 형태는 다음 그림 3과 같다.

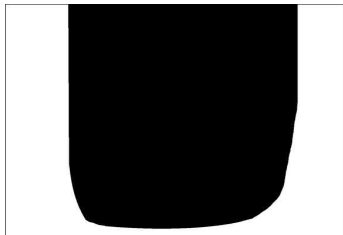


그림 3. 마스크 형태
Fig. 3. Mask type

3. 3 혀 영역의 검출

혀 영역에 대한 검출은 혀 영역의 윤곽선 추출에 적용할 능동 윤곽선 모델의 초기 설정을 위해 사용된다. 이치화된 입력 영상과 영역제한 마스크로 연산 처리를 행한 후 능동 윤곽선 모델을 적용하므로 혀 영역을 검출하게 된다.

3. 4 혀 윤곽선 추출

혀 영역의 윤곽선 추출은 능동 윤곽선 모델인 스테이크 알고리즘을 적용하여 구한다. 영역제한 마스크 사용으로 영역을 제한하므로 초기 설정에 크게 영향을 받지 않고 혀 윤곽선을 추출할 수 있다. 다음 그림 4는 혀 윤곽선이 정확하게 추출되었을 때의 결과를 나타낸다.

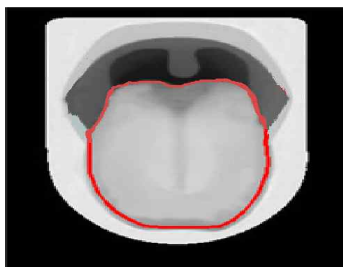


그림 4. 혀 윤곽선 추출
Fig. 4. Extraction of tongue contour

4. 실험 및 고찰

실험을 위해 혀 영상은 SXGA 해상도인 1280 × 1024 크기로 취득하였다. 개발 환경의 시스템은 인텔 코어 i7(쿼드 3.6GHz)CPU, MS 윈도우 8.1 환경에서 MS Visual Studio 2010과 OpenCV 라이브러리를 이용하여 구현하였다.

혀 영상을 검출하기 위한 장비는 LED 조명기가 포함된 영상 획득 시스템을 사용하였다. 영상 획득 시스템은 비전 카메라(HVR-2130CPA, Hyvision System), 마운트 렌즈(H2Z0414C-MP, Hyvision), 광원으로 구성된다. 비전 카메라에서는 SXGA급 해상도의 컬러 영상을 얻으며 화이트 밸런스, 노출 시간, 이득 등을 자동적으로 조정할 수 있다. 영상의 촬영시 발생할 수 있는 광량의 문제점을 해결하기 위해, 혀의 표면을 균일하게 비추는 방법을 고려했다. 12개의 백색 LED 광(Φ 5mm, 첫 번째 피크 파장 470nm, 두 번째 피크 파장 580nm, 색 온도 6800K)을 카메라 둘레에 일정하게 배치하였다. 다음 그림 5는 백색 LED 광이 장착된 LED 조명기와 영상 획득 시스템의 외관을 나타낸다.



그림 5. LED 조명기와 시스템의 외관
Fig. 5. System appearance and LED illuminator

설진을 위한 영상은 20~30대 학생 30명에 대하여 혀 영상을 획득하여 사용하였다. 실험에 사용한 혀 영상 DB를 그림 6에 나타내었다. 다음 그림 7은 혀 영상 DB 중에서 대표적인 하나의 혀 영역에 대한 영상을 나타내었다. 전용 설진시스템을 사용하여 영상을 획득하므로 혀 영상에서 중요하지 않은 일부 영역을 제한할 수 있었다.



그림 6. 실험에 사용한 혀 영상 DB
Fig. 6. Tongue image DB for experiment

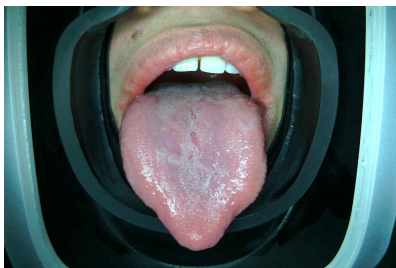


그림 7. 혀 영역의 영상
Fig. 7. Image of tongue area

다음 그림 8은 입력 영상에 능동 윤곽선 모델만을 적용한 결과를 보인다. 다음 그림 9는 영역제한 마스크 처리후 능동 윤곽선 모델을 적용한 결과를 나타낸다. 영역 제한 마스크 연산을 사용하지 않고 스네이크 알고리즘을 적용시킬 경우, 많은 연산량이 발생되며 모양이나 배경이 복잡한 경우 불안정한 윤곽선 추출 결과가 발생한다.

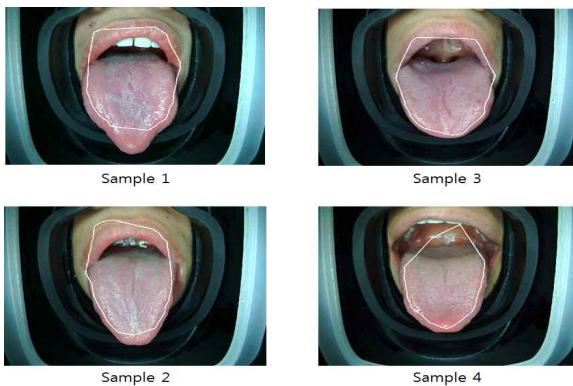


그림 8. 능동 윤곽선 모델 적용 결과
Fig. 8. Apply results of active contour model

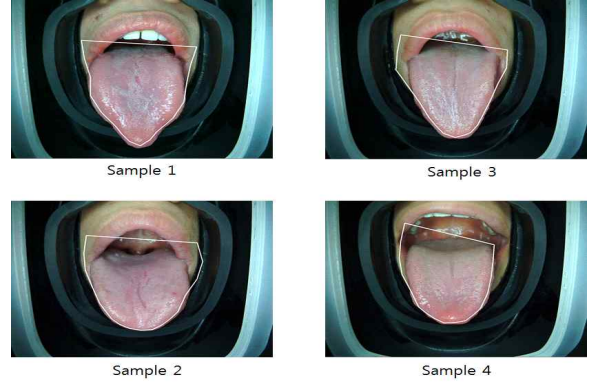


그림 9. 영역제한 마스크 처리후 능동 윤곽선 모델 적용 결과
Fig. 9. Apply results of active contour model after limited area mask

영상의 결과를 비교해 보면 그림 8에 비해 그림 9의 결과에서 혀 영역의 진단부에 대한 윤곽선을 정확하게 구할 수 있었다. 그러나 두 경우 모두 혀 후미부에 대한 윤곽선 검출에서는 좋지 않은 결과를 보였다. 이는 혀와 입술의 색상이 비슷해서 구별이 어려우며 혀와 입술이 연결되어 있기 때문으로 여겨진다.

5. 결론

본 논문에서는 실진을 위한 혀 영상에서 정확하게 혀 영역을 검출하기 위해 능동 윤곽선 모델인 스네이크 알고리즘과 영역제한 마스크 연산을 적용하였다.

실험결과, 스네이크 알고리즘을 적용하기 전에 영역제한을 위한 마스크 연산 단계를 추가하므로 스네이크 알고리즘만을 적용한 방법보다 혀 영역의 진단부 윤곽선을 정확하게 검출할 수 있었다.

향후에는 혀 영역의 진단부외에 혀 후단부를 동시에 검출할 수 있도록 하는 연구가 필요하다.

REFERENCES

[1] K. Zhang, H. Song, and L. Zhang, "Active Contours Driven by Local Image Fitting Energy", Pattern Recognition, vol. 43, no. 4, pp. 1199-1206, 2010.

[2] Seok-Woo Jang, Jin-Wook On, Gye-Young Kim, "An Improved Algorithm Using Neighbouring Edges", Journal of KISS- Software and

- Applications, vol. 37, no. 11, pp. 866-870, Nov, 2010
- [3] F. Leymarie and M. D. Levine, "Tracking Deformable Objects in the Plane Using an Active Contour Model", IEEE-PAMI, vol. 15, no. 6, pp. 617-634, June 1993 .
- [4] 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.
- [5] Translation by Dong-Ock KIM, Introduction to Tongue Diagnosis, Haengrim Press, 2000.
- [6] Chao Liang, Dongcheng Shi, " A Prior Knowledge-based Algorithm for Tongue Body Segmentation", 2012 International Conference on Computer Science and Electronics Engineering, pp. 646-649, March, 2012.
- [7] Wei C.C., Wang C.H. and Huang S.W., "Using Threshold Method to Separate the Edge, Coating and Body of Tongue in Automatic Ttongue Diagnosis", 2010 Sixth International Conference on Networked Computing and Advanced Information Management (NCM), IEEE, Seoul, pp. 653-656, 16-18 August, 2010.
- [8] Y. G. Kim, J. S. Kim and J. Kim, "Haptic Rendering based on Real-time Video of Deformable Bodies using Snakes Algorithm", Int. Conference on HCI, pp. 58-63, 2007.

한 영 환(Young-Hwan Han)

1996년 - 현재 상지대학교 컴퓨터정보공학부 정교수



Interest: Rehabilitation Engineering, Bio-signal Processing, Image Processing