

설진 영상에서의 자동 홍반 검출 알고리즘

Automatic Erythema Segmentation Algorithm in Tongue Images

은성종¹

Sung-Jong Eun¹

요약

한방에서는 사람의 혀의 상태를 인체 생리학적, 임상학적인 건강 상태를 알수 있는 중요 진단 지표로 사용하고 있다. 본 논문은 이러한 혀의 진단(설진)을 위해 자동 홍반 검출 알고리즘을 제안한다. 제안 방법은 한방 진단의 효율적인 진단보조로 활용되고자 제안되었다. 성능평가는 한방 임상전문의의 기준과 비교하여 분석한 결과 평균 89.5%의 정확도를 도출하였다. 향후 특수한 경우의 홍반 검출이 아닌 일반적인 자동 검출 방법의 연구를 진행할 예정이다.

핵심어: 홍반, 스네이크 알고리즘, 설진, 한방

Abstract

In oriental medicine, the status of a tongue is an important indicator in diagnosing the condition of one's health, like the physiological and the clinicopathological changes of internal organs in a body. In this paper, we propose an algorithm that demonstrates the extraction the erythema of the tongue region for tongue diagnosis. According to this, it can support the oriental medicine diagnosis through a proposed method. For experiment, we evaluate the performance in 89.5% accuracy by comparing doctors' criteria with our result. In future research, we will implement the generalization in automatic erythema extraction algorithm.

Keyword: Erythema, Snake Algorithm, Tongue Diagnosis, Oriental Medicine

¹ Department of Computer Science, College of IT, Gachon University

e-mail: asclephios@naver.com

Received(October 31.2016), Review (December 10.2016), Accepted(December 31.2016)

1. 서론

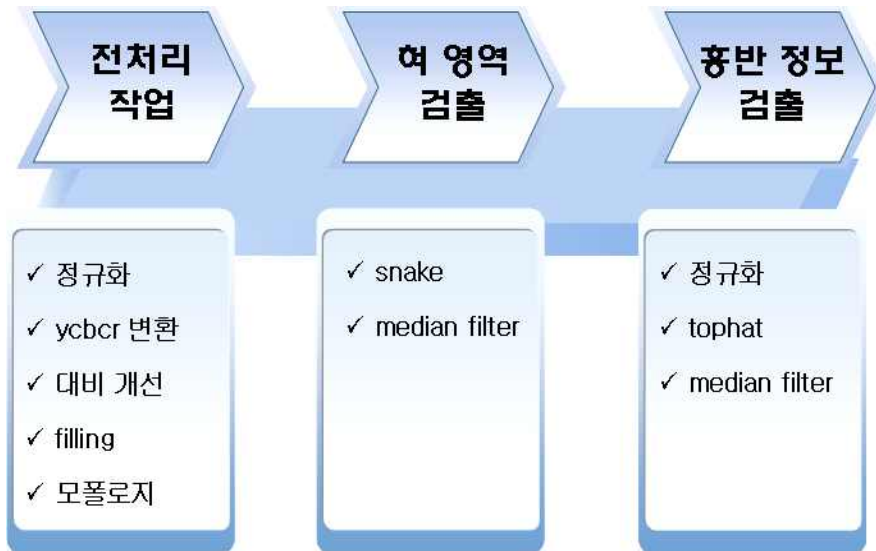
한의학에서 혀는 인체의 생리적, 임상적인 상태를 반영하는 기관으로 사람의 건강 상태를 진단하는 중요한 지표로 사용되고 있다[1]. 혀의 컬러, 모양, 움직임과 질질, 설태는 진단을 위한 주요 요소이다. 혀의 기하학적 모양 또한 사람의 건강을 진단하는데 도움을 주는데, 두께, 크기, 균열, 치흔과 같은 설체의 변화를 관찰함으로써 병을 진단한다.

본 논문은 이러한 설진에 있어 홍반을 자동으로 검출하는 알고리즘을 제안한다. 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[2~5]. 본 논문에서 제안하는 자동 홍반 검출 알고리즘의 경우 우선적으로 혀의 영역 검출이 고려되어야 한다. 특히 혀 영역을 분할하는 연구의 경우, 초기에는 수동적인 영역분할 방법이 제안되었지만, 최근에는 다양한 자동 영역분할 알고리즘들이 연구되고 있다. 그러나, 이러한 알고리즘들은 초기 경계면을 수동적으로 그려주어야 하므로, 여전히 사용자 개입의 문제점을 가지고 있다. 이러한 알고리즘을 대신하여 에너지를 최소화하는 경계면을 찾는 Graph cut 방법[6]과 Graph cut의 구조를 반복하는 형태의 GrabCut[7] 방법이 제안되었으나 초기 단계에 물체를 둘러싸는 영역을 설정해 주어야 하는 단점을 가지고 있다. GrowCut[8]은 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 컬러영상 분할 방법[9] 및 색상모델 이용 방법은 컬러 영상의 분할에 적합하지만, 경계면을 다른 영역으로 인식하는 경우가 많다. 본 논문은 이러한 사용자의 개입이 문제가 되는 부분을 최소화하고자 자동화된 초기 영역을 계산하고 이를 통해 Snake[10] 알고리즘을 이용하여 혀 영역의 검출 후, 검출된 영역내의 자동으로 홍반을 계산하는 알고리즘을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 제안한 알고리즘을 설명하고, 3장에서는 실험을 통하여 제안한 알고리즘의 성능 평가를 수행하였으며, 마지막으로 4장에서 결론과 향후 연구에 대해서 언급한다.

2. 자동 홍반 검출 알고리즘

다음 그림 1은 본 논문의 제안 알고리즘 전체 흐름도를 나타내며, 이는 그림1과 같이 크게 3 단계로 나눌 수 있다.



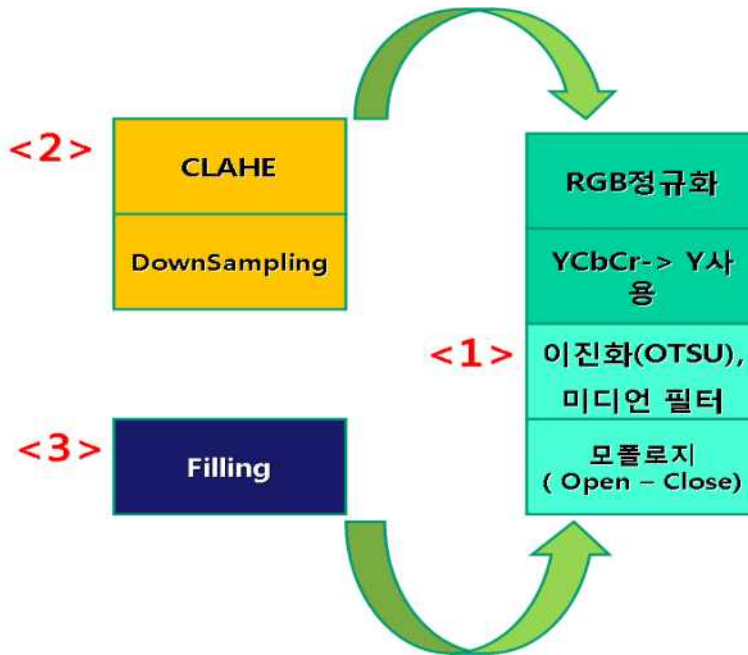
[그림 1] 전체 알고리즘 흐름도

[Fig. 1] Flowchart of Whole Algorithm

1단계는 초기 허 영역인 MER(maximum Enclose Rectangle)을 검출하는 단계로 정규화 작업과 컬러 공간 변환, 대비 개선, 모폴로지 등을 이용한 전처리 작업으로 이루어진다. 2단계는 앞서 1단계에서 얻어진 초기 MER 영역을 기반으로 ACM(Active Contour Model)인 Snake 알고리즘을 통하여 최적의 허 영역을 검출한다. 마지막으로 3단계는 검출된 허 영역 내부의 홍반 부분을 계산하는 단계이다. 해당 알고리즘에 세부적인 내용은 다음 절에서 단계별로 자세하게 다룬다.

2.1. 전처리 작업

초기 허를 검출하기 위한 전처리 작업으로 정규화, 컬러공간 변환, 대비개선, 모폴로지 연산 순으로 처리되어진다. 다음 그림 2는 이러한 전처리 작업의 세부단계를 나타낸다.



[그림 2] 전처리 작업 세부 단계

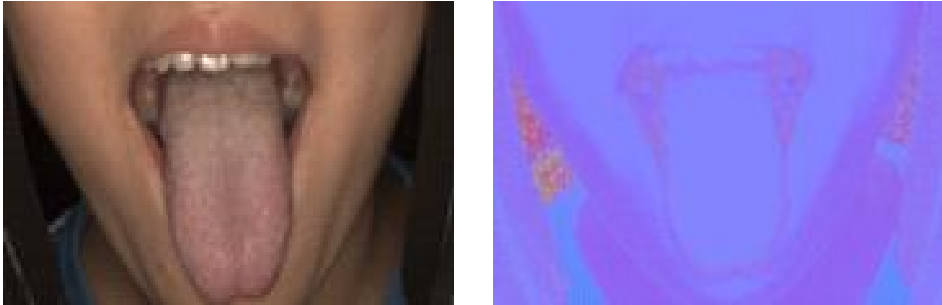
[Fig. 2] Inner Steps of Pre-process

촬영된 설진 영상을 정규화(Normalization)하여 조명에 강한 영상을 생성하고, 해당 공간을 YCbCr 공간으로 변환하여 Y채널을 추출한다. 정규화 RGB는 간단한 정규화 과정으로 구해진 RGB값과 식(1)에 의해 쉽게 구해질 수 있다.

$$R = R / R + G + B, G = G / R + G + B, B = B / R + G + B \quad (1)$$

정규화된 요소들의 합은 $1(r+g+b=1)$ 이기 때문에 세번째 요소 b 는 어떠한 중요한 정보도 가지고 있지 않기 때문에 생략되어서 차원이 축소될 수 있다. 남겨진 요소들은 정규화에 의해서 축소된 RGB 컬러 소스의 밝기 값에 대한 r 과 g 의 의존성으로 종종 순수 색으로 불린다. 주변광을 고려하지 않을 때 무광택 표면에 대하여 정규화된 표현의 주목할 만한 특성은 광원에 대한 표면의 방향의 변화에 불변하다는 것이다.

다음 그림 3은 정규화 작업의 결과를 나타낸다. 왼쪽 그림이 입력 영상, 오른쪽 그림이 저육화 결과 영상을 나타낸다.



[그림 3] 입력 영상(左)과 정규화 영상(右)

[Fig. 3] Input Image(Left) and Normalization Image(Right)

추출된 Y채널을 기반으로 영상 개선 작업인 히스토그램 평활화를 수행한다. 이때 사용되는 평활화 방법은 CLAHE(Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)를 사용한다. CLAHE는 윈도우와 레벨 적응 과정없이 원 이미지에서 가장 적절한 색상의 이미지를 얻을 수 있는 알고리즘으로 사용자 간섭 없이도 이미지를 자동적으로 개선하여 보여준다. 다음 그림 4은 CLAHE의 적용 전, 후 단계를 보여준다.



[그림 4] CLAHE 적용 전(左)과 적용 후(右)

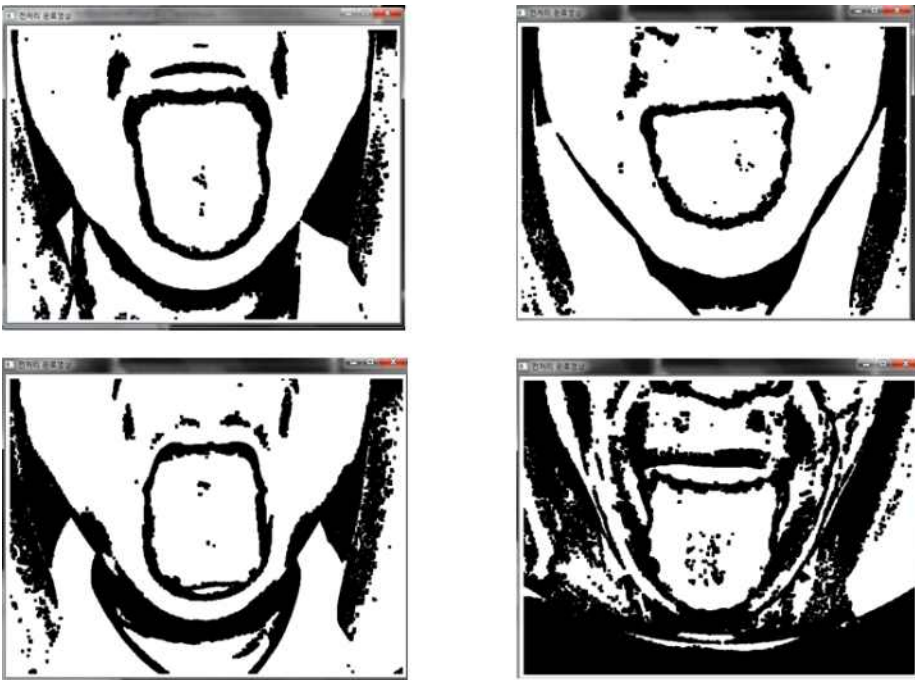
[Fig. 4] Before(Left) and After(Right) Applying the CLAHE

부표본화 작업을 처리 한 후에 OTSU방법을 이용하여 이진화 작업을 수행한다. Otsu의 임계값 결정 기법은 빈도수 히스토그램에 기반한 대표적 임계값 결정법이다. 이러한 Otsu의 임계값 결정 기법은 일반적으로 입력 영상의 히스토그램 분포가 두 개의 군집으로 되어 있을 때 최적의 효과를 가져 온다. 이러한 두 군집간의 분산을 최대화 시키는 그레이 레벨 임계값을 이용하여 이진 영상으로 변환한다. 이 작업은 아래 식 (2), (3)를 통해 계산된다.

$$t = (\alpha(1) \times v(1)) + (\alpha(2) \times v(2)) \quad (2)$$

히스토그램의 분포가 2개의 클래스로 구분되어져 있고 α 는 가중치, v 는 분산을 나타낸다고 할 때, 비용함수 t 는 위 식 (2)와 같이 계산 할 수 있다. 그리고 식 (3)처럼 비용함수 t 가 최소가 되는 값을 찾는 것이다.

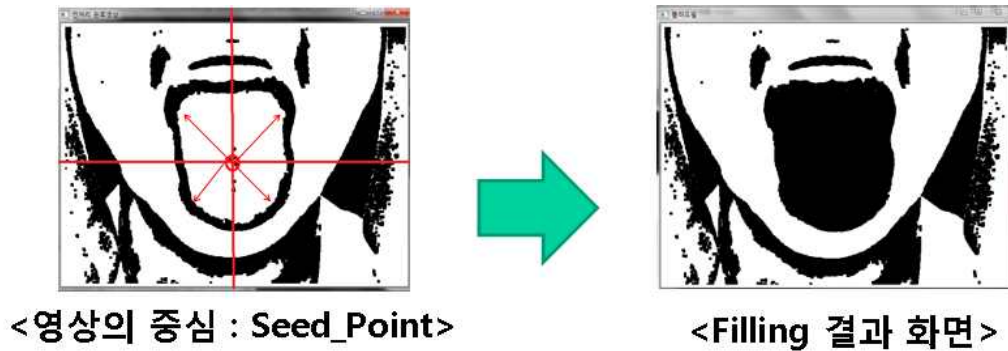
$$Threshold = Min(t) \quad (3)$$



[그림 5] OTSU를 이용한 이진화 결과

[Fig. 5] Binary using OTSU

이진화 작업 후 초기 MER 영역을 검출하는 방법으로 플러드 필(Flood fill) 연산을 이용하여 특정 씨앗점(Seed Point)를 기반으로 하여 유사한 픽셀 값을 하나의 객체로 간주하고 영역을 확장해나가는 방법이다. 이러한 플러드 필은 씨앗점의 픽셀값과 서로 다른 픽셀 값의 경계선까지 확장해나가기 때문에 초기 검출된 혀 영역의 경계선까지 확장해나갈 수 있다. 다음 그림 6은 플러드 필의 결과를 나타낸다.



[그림 6] 플러드 필 결과
[Fig. 6] Result of Flood Fill

플러드 필 이후 사칙 연산을 통하여 혀 영역의 MER을 검출하고 열기와 닫기의 모폴로지 연산을 수행하여 최적의 초기 혀 MER을 계산한다. 이는 다음 그림 7에 나타난다.



[그림 7] 플러드 필 차 결과
[Fig. 7] Difference of Flood Fill Result

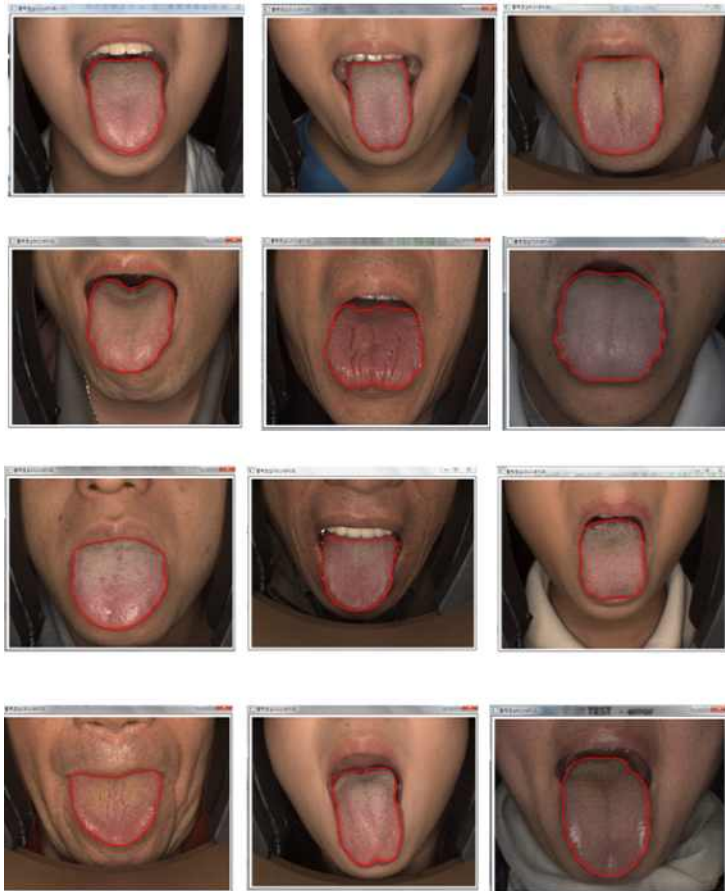
2.2. 혀 영역 검출

다음은 초기 혀 MER 영역을 이용하여, ACM인 Snake 알고리즘을 통하여 최적의 혀 외곽선을 검출하는 단계이다.

Snake는 외부의 제한적 힘에 의해 이끌어지고, 라인, 에지, 등과 같은 특징 방향으로 당기는 이미지 힘에 의해 영향을 받는 에너지를 최소화하는 구조이다. 이러한 Snake는 에지 근처에 수렴하게 되고, 에지를 정확하게 지역화 할 수 있다. Snake는 다음 식4에 의해서 정의된다.

$$E_{snake} = \int_0^1 (E_{internal}(v(s)) + E_{images}(v(s)) + E_{constraint}(v(s)))ds \quad (4)$$

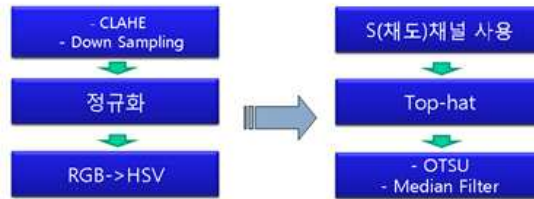
$v(s)$ 는 스네이크의 위치를 나타내고, $E_{internal}$ 은 윤곽선을 구부리는 내부 에너지, E_{image} 는 이미지 힘, $E_{constraint}$ 는 외부 에너지를 나타낸다. 본 논문은 이러한 Snake 알고리즘을 통하여 초기 계산된 혀 MER영역을 기반으로 최적의 외곽선을 검출한다. 검출 후 Median 필터를 통하여 검출된 객체의 잡음을 제거한다. 다음 그림 8은 검출된 결과를 나타낸다.



[그림 8] 최종 검출된 혀 영역
[Fig. 8] Final Extracted Tongue Region

3.3. 홍반 정보 검출

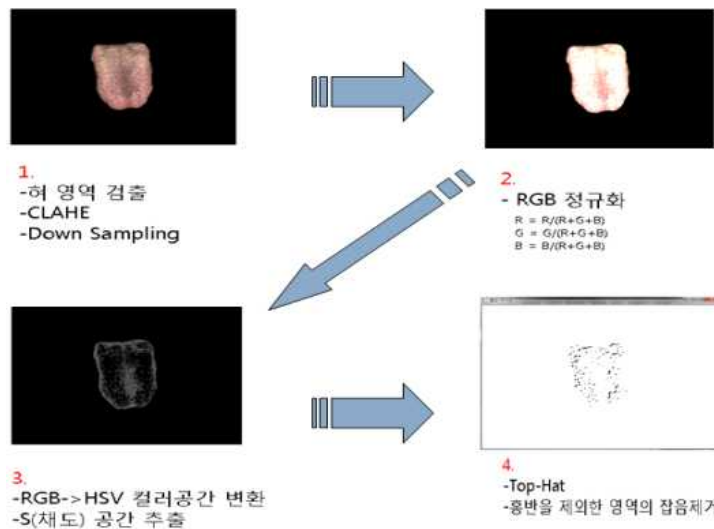
검출된 허 영역을 기반으로 허 내부의 홍반 영역을 검출하는 단계이다. 다음 그림 9는 홍반 검출의 세부적인 단계를 나타낸다.



[그림 9] 홍반 검출 세부 단계

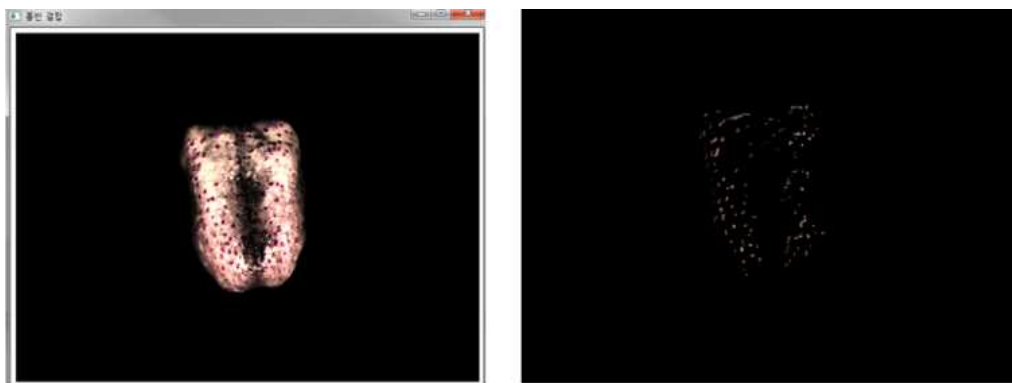
[Fig. 9] Inner Steps of Erythema Extraction

검출된 허 영역을 HSV 공간으로 변환하고 이후 채도 채널만 추출하여 탑 햇 (Top-hat) 연산을 통하여 비균일한 배경을 제거하고 홍반영역만 검출하는 방법을 사용한다. 이후 이진화 연산과 Median 필터를 통하여 최종 홍반 영역을 검출하게 된다. 다음 그림 10은 홍반 검출 단계의 과정을 그림으로 나타내었다.



[그림 10] 홍반 검출 세부 결과 영상

[Fig. 10] Result Images of Erythema Extraction Steps



[그림 11] 검출된 최종 홍반 결과 영상

[Fig. 11] Final Result of Extracted Erythema

3. 실험

본 논문에서 제안한 알고리즘을 평가하기 위해 각 설진 영상들의 전문의 수작업 평가와 비교하였다. 평가 기준은 총 30장의 홍반 영상의 전문의 수작업 결과를 이용하였으며, 추출한 홍반 영역과 전문의 결과의 비교를 통해 추출된 면적 차를 성능 비율로 계산하였다. 성공과 실패의 기준은 80%의 정확도를 기준으로 결정하였다. 입력된 설진 홍반 영상의 홍반 영역 추출 성공률은 다음 표1과 같다.

[표 1] 홍반 영역 추출 정확도

[Table 1] Erythema Extraction Accuracy

구 분	성 공	실 패
영상 수	25	5
평균 정확도	89.5%	72.5%

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 환자의 한의진단인 설진을 위하여 자동으로 홍반을 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 제안 방법은 기존의 Snake 알고리즘의 문제점인 수동으로 초기 영역을 지정해주는 부분을 앞서 제안한 전처리 작업을 통하여 자동으로 이를 할당하여 해결하는 장점을 가지고 있다. 실험 결과 총 30장의 설진 영상에서 25장의 추출 성공률을 보였으며, 평균 정확도 89.5%가 도출되었다. 그러나 홍반의 경우 환자별, 개인별 상태가 다른 경우가 많아 일반적인 알고리즘으로 정립하기에는 문제가 있다. 제안 방법의 경우 홍반의 컬러 값이 배경과 차이가 현격하게 적은 경우나, 혀의 하단부까지 퍼져있는 경우 등 다양한 변수가 존재하는 경우에는 부정확한 결과가 도출되었다. 이와 같은 문제 해결을 위해 형태 기반의 기하학적 정보 등 컬러정보 외에 추가적인 다양한 정보를 활용한 방법들이 필요할 것으로 사료된다.

References

- [1] C. C. Chiu, Computer Methods and Programs in Biomedicine. (2000), Vol.61, No.2, pp.77-89.
- [2] X. Q. Yue, Q. Liu, Journal of Chinese integrative medicine. (2004), Vol.2, No.5, pp.326-329.
- [3] B. Pang and D. Zhang, IEEE Transactions on biomedical engineering, (2004), Vol.51, No.10, pp.1803-1810.
- [4] H. Z. Zhang, K. Q. Wang, D. Zhang, B. Pang, B. Huang, Computer aided tongue diagnosis system, In Engineering in Medicine and Biology Society, IEEE-EMBS 2005. 27th Annual International Conference of the (pp. 6754-6757). IEEE, (2005).
- [5] W. J. Zhang, Y and J. Bai, Tongue area extraction in tongue diagnosis of traditional Chinese medicine, In Engineering in Medicine and Biology Society, 2005. IEEE-EMBS 2005. 27th Annual International Conference of the (pp. 4955-4957). IEEE, (2006), January, Jan 17-18, China.
- [6] Y. Boykov, V. Kolmogorov, Computing geodesics and minimal surfaces via graph cuts, In INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER VISION, (2003), October 13-16.
- [7] R. Zabih, V. Kolmogorov, Spatially coherent clustering using graph cuts. In Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2004. Proceedings of the 2004 IEEE Computer Society Conference on IEEE, (2004), June 27 - July 2.
- [8] Vezhnevets. V, Konouchine. V, In proc. of Graphicon. (2005), Vol.1, pp.150-156.
- [9] H. Y. Nam, B. R. Kim, W. H. Kim, The institute of electronics and information Engineers. (2005), Vol.42, No.3, pp.7-14.
- [10] Lean, C.C.H., A.K.B.; S. A. hanmugam, ICICIC2006, pp. 240-243, Beijing China, (2006).
- [10] Lean, C. H. Charles, Alex K. B See, S. Anandan Shanmugam, An enhanced method for the snake algorithm", Innovative Computing, Information and Control, 2006. ICICIC 06, First International Conference on. Vol. 1. IEEE, (2006), August 30 - Sept 1, Beijing China.