

자외선 광 현미경 영상에서 밀도 기반의 피지 부위 검출 방법*

김경록[○], 탁윤식, 황인준

고려대학교 전자전기공학과

{loki85,life993,ehwang04}@korea.ac.kr

A Density-based Sebum Region Detection Scheme for UV-lightened Microscope Skin Images

Kyungrok Kim[○], Yoon-sik Tak, Eenjun Hwang

School of Electrical Engineering, Korea University

요 약

건강과 미용에 대한 관심은 IT 기술의 발전과 결합하여 유-헬스케어 산업의 부흥을 이끌고 있다. 특히, 향상된 디지털 영상 장비를 통한 각종 신체 정보 분석이 가능해짐에 따라 피부 자가 진단 시스템 등에 대한 연구 및 제품 출시가 활발히 이루어지고 있다. 본 논문에서는 이진 영상의 각 축에 대한 밀도 분석을 통해 특징점을 검출하는 방법을 소개하고 이를 토대로 자외선 광으로 촬영한 피부 현미경 영상에서 피지 부위를 자동 검출하는 기법을 제안하며 실험을 통하여 성능을 분석한다.

1. 서 론

디지털 영상 처리 기법을 통한 인체 영상의 분석은 검색 및 정합을 위한 지문 및 안면의 인식이나, 주름 등의 분석과 모델링[1] 등에 대하여 다양하게 연구되어 왔다. 또한 의료공학 분야에서는 CT, MRI, PET 등의 기기를 이용해 인체 장기의 비 침습적 분석이 가능해짐에 따라 의학 영상의 처리 방법에 대해 많은 연구가 이루어졌다 [2]. 이러한 의료분야 외에, “E-Cosmetic” 이라 일컫는 가상 성형 기법[3]을 비롯하여 색상 요소의 차원 변환을 통한 피부 색상 조정[4], 피부암과 같은 병변의 조기 발견을 위한 피부상 점들의 위치 측정[5] 등, 미용을 위한 목적의 피부 영상 분석 기법에 대한 연구도 활발히 이루어졌다.

또한, 저렴한 영상 장치의 보급으로 디지털 현미경을 손쉽게 구입할 수 있게 되고, 피부 영상 분석 기법에 대한 연구가 활발히 이루어짐에 따라 두피 및 피부 상태를 통해 자동으로 검출된 정보를 사용하여 의사 없이도 두피 및 피부의 지속적인 관리가 가능한 유-헬스케어 서비스가 가능해졌다.

유-헬스케어란 유비쿼터스 컴퓨팅기술을 보건 의료에 접목한 것으로 시간 및 공간의 제약 없이 건강 정보를 수집, 처리, 전달, 관리 할 수 있게 하는 원격지 의료 서비스를 의미한다[6]. 웰니스 분야는 그 갈래 중 하나로 일반인에게 건강 정보를 제공하고 건강의 유지 및 향상을 꾀하는 데 주안점을 두고 있다.

본 연구는 웰니스 관점에서 종합 피부 건강정보 시스템 구축의 일환으로, 자외선 광으로 촬영한 피부 현미경 영상으로부터 피지 부위를 검출하여 사용자에게 관련 정보를 제공하는 것을 목표로 한다.

그림 1과 같이, 일반 가시광선 영상을 통해서도 피지 부위를 육안으로도 한 눈에 파악하기는 쉽지 않다. 대조적으로, 자외선 광에 의해 촬영된 영상은 피지 부위가 주변보다 어두운 부분으로 두드러지게 표현되어 있기 때문에 이를 활용하여 보다 수월하게 피지 부위를 검출할 수 있다.

논문의 나머지 부분은 다음과 같다. 2장에서는 이진화된 영상에서 특징부위 추출을 위해 각 축의 밀도를 분석하는 T-그리드(Threshold-Grid) 방법을 제안한다. 3장에서는 이를 활용하여 피지 부위를 검출하는 과정을 설명한다. 4장에서는 수행한 실험 결과를 소개하고, 5장에서는 실험 결과 및 현재 시스템의 약점을 분석하며 이를 토대로 한 향후 연구 계획을 소개한다.

2. T-그리드 방법

영상은 평면상에서 의미를 갖는 신호로, 2차원 함수 $f(x,y)$ 로 정의할 수 있다[7]. 특정 영상에서 원하는 정보를 추출해내기 위해 클러스터링을 통한 영역 분할, 패턴 정합을 통한 인식, 푸리에 변환을 통한 주파수 영역

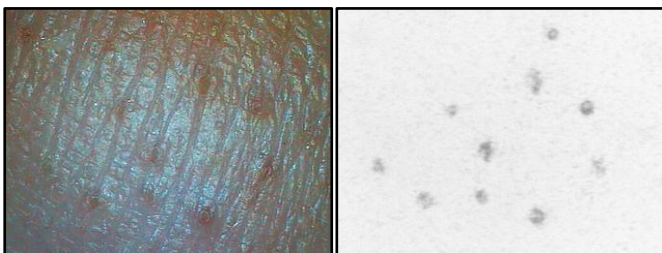


그림 1. 피부 현미경 영상 비교. (좌)가시광선광, (우)자외선광

*본 연구는 서울시 산학연 협력사업(10833) 의 지원으로 수행되었음.

에서의 영상 해석 등 오랜 기간에 걸쳐 다양한 연구가 이루어졌다. 그 중 영상을 이진화하여 분석하는 방법은 특징점이나 간단한 패턴의 추출과 같이 비교적 쉬운 목표에 적합하다. 본 장에서는 이진 영상에서 피지를 검출하기 위하여 T-그리드 방법을 제안한다.

T-그리드 방법은 이진화 된 영상 $I(X, Y)$ 을 이용한다. 먼저 영상의 모든 점을 x축 과 y축에 투사하고, 정규화하여 상대 밀도를 얻는다. 두 축에서 얻어진 상대 밀도 벡터 시퀀스에 문턱치를 적용하고 의미 있는 구간을 영상에 나타내면 일종의 그리드로 표현되며 이 그리드를 이루는 선분 간의 교점들은 추출하고자 하는 영역들의 후보 집합이 된다. 각 영역 추출을 위해서는 이 집합 내부의 점들에 한해서만 처리해도 되므로, 한 점마다의 계산 과정이 복잡한 경우에 사용하여 효율적으로 처리할 수 있다.

2.1. 밀도 벡터 계산

본 절에서는 T-그리드 방법에서 사용될 X, Y축들의 상대 밀도 벡터를 계산하는 방법에 대해서 소개한다.

(식 1), (식 2)에 의해 먼저 신호 밀도 벡터 D_X, D_Y 를 계산한다. $width(I)$ 와 $Height(I)$ 는 각각 영상의 가로와 세로 길이를 나타낸다. $I(X, Y)$ 는 이진 영상을 나타내며, 이진 영상에서의 각 점은 0 또는 1의 값을 갖는다.

$$D_X(x) = \sum_{k=0}^{Height(I)} I(x, k) \quad (식 1)$$

$$D_Y(y) = \sum_{k=0}^{Width(I)} I(k, y) \quad (식 2)$$

상대 밀도 벡터 R_X, R_Y 는 (식 1)과 (식 2)에서 계산된 신호 밀도 벡터 D_X, D_Y 를 자신의 벡터 값들 중 최대의 값을 나타내는 $Max(D_X), Max(D_Y)$ 으로 나누어 계산한다. (식 3) 및 (식 4)에서는 상대 밀도 벡터 R_X, R_Y 를 계산하는 방법을 수식화 하여 나타내었다.

$$R_X = \frac{D_X}{Max(D_X)} \quad (식 3)$$

$$R_Y = \frac{D_Y}{Max(D_Y)} \quad (식 4)$$

계산된 상대 밀도 벡터 R_X, R_Y 는 [0,1] 사이의 값들을 가지게 된다.

2.2. 문턱치 적용을 통한 Peak 값들의 추출

검출하고자 하는 영역들은 타 영역에 비해 높은 밀도를 가지므로, R_X, R_Y 로부터 각각 고 밀도 구간들 혹은 peak 값들을 구해 의미 있는 구간에 대한 후보 집합을

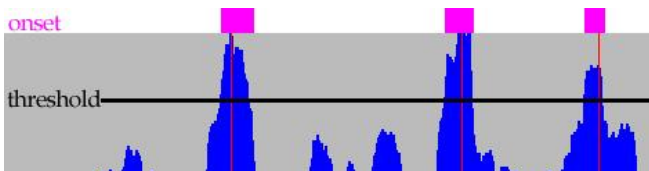


그림 2. 문턱값을 통한 Peak 검출 예제

만든다. 피크 값 들을 구하기 위해서는 먼저 각 피크에 대한 시작 부분과 끝 부분, 즉 onset 대한 검출이 필요하다. 기존에 주로 음성 신호 분석에서 onset을 검출하기 위한 연구가 진행되었으며, 대표적인 방법들로는 평균 에너지 방법, 영교차 방법 등이 있다[8]. 본 논문에서는 문턱값을 이용하여 onset 을 검출한다. 즉, 2.1절에서 구한 상대 밀도 벡터 R_X, R_Y 를 각각 순차적으로 탐색하여, 특정 점에서 문턱치를 초과하게 되면 그 때를 onset으로 판단하고 다시 문턱치 아래로 내려갈 때까지의 구간에 대해 최대값을 구한다. 여기서 구해진 최대값은 해당 구간의 피크이다. 그림 2는 특정 벡터에 문턱치화를 통한 피크 검출을 수행한 결과로, 문턱치 아래의 모든 신호들은 무시되고 있음을 확인할 수 있다. 이를 통해 벡터 시퀀스에서 저 출력 노이즈를 손쉽게 제거할 수 있게 된다.

2.3. 그리드의 표현

2.2절에서 추출된 피크 값 들의 집합 P_X, P_Y 의 각 값들에 대하여 영상에 대응되는 부분에 선을 그어 표현하면 격자 모양이 된다. 격자의 각 교점은 의미 있는 영역의 후보로서 영역 검출 연산의 대상 점이 된다.

3. 피지 검출

1장에서 언급한 바와 같이, 자외선 광 영상에서 피지 부위는 원형 덩어리 형태로 주변과는 다른 광도를 가진다는 것을 확인할 수 있다. 해당 영상으로부터 피지 부위를 자동으로 검출함으로써 개수와 면적 등을 계산할 수 있다. 또한 코나 볼 등 각 부위의 피지 분포를 비교하거나 전체적인 통계치를 작성하여 미용 및 진단 정보로 활용 가능하다. 이 장에서는 자외선 광 영상에 T-그리드 방법을 적용하여 피지 부위를 검출하는 과정에 대해 설명한다.

그림 3은 피지 부위 검출을 위한 전체적인 프로세스를 나타내고 있다. 먼저 일반 가시광선 광 영상과 자외선

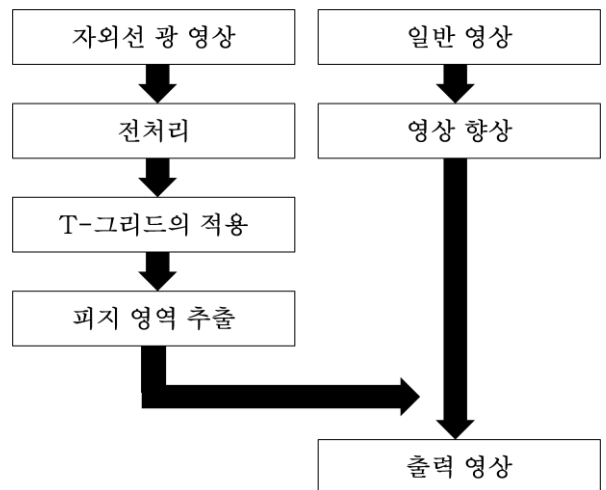


그림 3. 피지 부위 검출 프로세스

광 영상을 동일 부위에 대해 획득한다. 전처리로 영상을 이진화하고 T-그리드 방법에 의해 피지 부위에 대한 후보 집합을 추출한다. 후보 집합에 대해 연결 요소 판정을 거쳐 피지 부위의 개수와 면적을 구한다. 각 부위를 라플라시안 필터에 의해 향상된 일반 가시광선 영상의 같은 위치에 마킹하여 결과 영상을 생성한다.

3.1. 전처리 과정

먼저 동일 부위에 대하여 자외선 광 영상과 일반(가시광선 광) 영상을 모두 획득한다. 획득된 자외선 광 영상은 컬러 영상으로 이를 이진화하기 위한 처리 과정을 거친다. 이진화 과정에 앞서 영상을 흑백 영상으로 전환하고 영상의 대비를 높이기 위하여 히스토그램에 콘트라스트 평활화 과정을 거친다. 또한 노이즈에 의한 영향을 억제하기 위하여 가우시안 스무딩을 적용한다.

영상의 이진화 방법으로는 전역 문턱치화, 부분 문턱치화, Otsu의 적응 방법[9] 등이 있다. 본 논문에서는 전역 문턱치화를 통해 영상을 이진화한다. 전처리 과정의 결과 영상은 그림 4와 같다.

일반 영상의 향상을 위해 칼라 영상 선명화에 주로 사용되는 라플라시안을 적용하였다.

3.2. T-그리드 방법의 적용

본 절에서는 3.1절로부터 이진화된 영상에 2장에서 제안한 T-그리드 방법을 적용한다. 해당 영상의 분석 결과 피지 부위에서는 밀도가 높게, 노이즈 부분은 밀도가 낮게 표현되는 것을 확인하였다. 적절한 문턱치화를 통하여 노이즈를 제거하면 보다 효율적으로 영역을 검출할 수 있게 된다. T-그리드 방법의 파라미터로써 문턱값은 0~1 사이의 값을 가지며, 만약 값을 0.2로 설정하면 이는 최대값의 20% 이상인 값들에 대해서만 피크 검출을 수행한다는 것을 의미한다.

3.3. 피지 영역 추출 및 영상 출력

그림 5에서와 같이 T-그리드 방법을 적용하여 이진 영

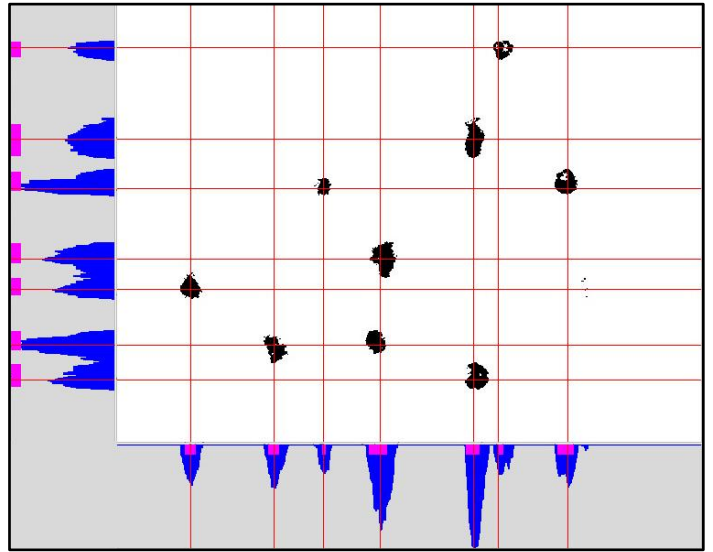


그림 5. T-그리드 방법을 적용한 결과

상 위에 표현된 그리드의 각 교점은 피지 영역에 대한 후보 집합이 된다. 집합의 각 점들에 대해 재귀 함수를 적용하여 연결 성분 검색을 수행한다. 이 과정에서 피지의 개수와 각 피지 영역의 면적이 저장된다. 최종적으로, 추출된 피지 영역들의 정보를 그림 6과 같이 일반 영상에 작은 원으로 표시한다.

4. 실험 결과

본문에서 제안한 피지 검출 방법의 영상 이진화 과정에서 사용되는 전역 문턱값 및 T-그리드 문턱값의 변화에 따른 검색 성능을 실험하였다.

실험을 위해서 사용된 시스템은 Pentium 4 3.0 GHz CPU와 2GB 메모리로 구성이 되어 있으며, 제안된 알고리즘 구현을 위해 C# 언어가 사용되었다. 영상 처리 프로그램은 인텔사에서 개발한 OpenCV[10] 라이브러리를 C# 환경에 wrapping 한 EmguCV[11] 를 이용하여 작성하였다.

영상의 촬영 장비는 KC Technology사의 TMS-Light

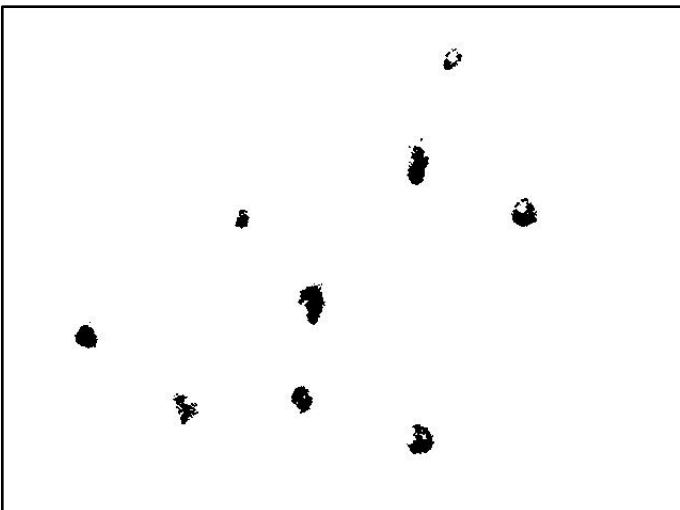


그림 4. 이진화된 영상

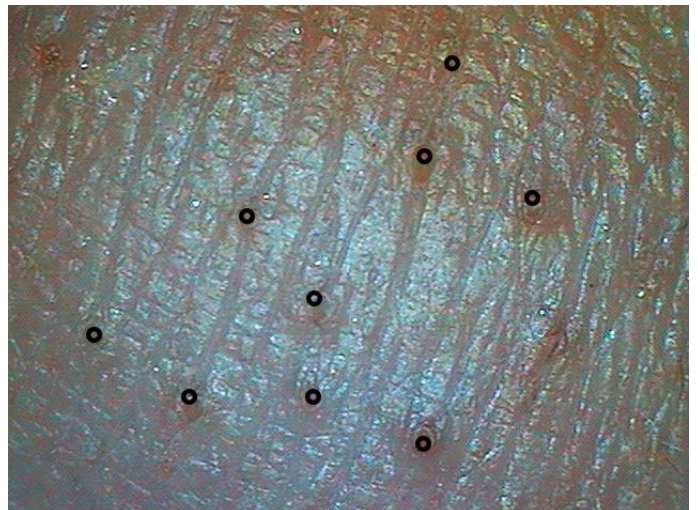


그림 6. 최종 결과 영상

모델을 이용하였다. 실험 데이터 셋은 60배율의 렌즈를 장착하여 20대 남성 2인과 여성 4인으로부터 수집되었으며 실험에는 임의의 15개의 영상을 사용하였다.

임의의 15개의 영상으로부터, 먼저 각 영상에 대해 실험을 수행한 결과, 이진화 과정에서 사용하는 문턱치는 100, T-그리드 방법에서의 문턱값은 0.2에서 평균적으로 좋은 결과를 보였다. 그림 7은 이와 같은 세팅에서 전역 문턱치를 80~120 사이로 조정해가며 여러 번 실험하여 얻은 각 영상 데이터 1번부터 15번까지의 평균적인 정확도를 나타낸다. 비교적 정확한 결과가 도출되나 간혹 데이터에 따라 좋지 않은 응답이 도출되기도 하였다. 해당 이미지를 확인해 본 결과 원 영상에서의 노이즈 수준이 높아 피지 부위와의 광도 차가 크게 나지 않거나, 표피 밖으로 피지가 나와 있는 경우 해당 부분의 광도가 피부 내의 피지보다 밝아서 피부 내의 피지가 노이즈로 처리된 경우가 있었다.

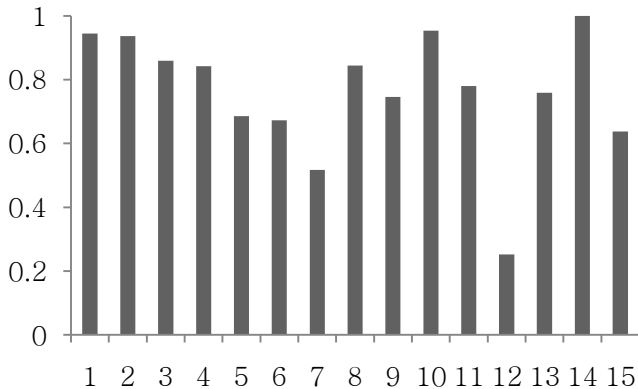


그림 7. 각 영상 데이터별 평균 정확도

5. 결론 및 향후 연구

단순 영역 검출에 있어서 이진 영상을 이용하여 x축과 y축에 각각 점들을 투사하고, 각 축에 대해 계산된 밀도 벡터를 활용하는 T-그리드 방법을 제안하고 이를 자외선 광 영상으로 촬영된 피부 사진에서의 피지 영역 검출에 활용하였다. 데이터 셋에 다양한 변수값을 통해 실험을 수행한 결과, 비교적 정확한 피지 검색이 가능함을 알 수 있었다.

본문에서 제안한 시스템에는 몇 가지 약점이 존재한다. 선 처리 단계에서, 영상 이진화 과정에서 문턱값을 자동으로 처리할 필요가 있다. T-그리드 방법에서 onset의 검출 또한 보다 다양한 방식으로 접근하여 개선해야 할 것이다. 향후 연구에서는 이를 보완하여 다양한 분야의 영상 처리에 T-그리드 방법을 적용해 볼 계획이다.

피부 영상 처리 분야에서는 피지 검출 뿐 아니라 모공, 주름 등 다양한 요소 정보의 추출을 실시간으로 처리하고 각종 정보를 제공하는 종합피부상태진단시스템 구현 연구를 진행하고 있다.

6. 참고문헌

- [1] Y. Bando et al., A simple Method for Modeling Wrinkles on Human skin, Proceedings of IEEE Pacific conference on computer graphics and applications, 166-175, 2002.
- [2] T. McInerney and D. Terzopoulos, Deformable models in medical image analysis : a survey, Medical image analysis, Vol. 1, Issue 2, 91-108, 1996.
- [3] K. Numata et al., "E-Make"; a real-time HD skin-make-up machine, IEICE Technical report 23, 76, 11-16, 1999.
- [4] N. Tsumura et al., Image-based skin color and texture analysis/synthesis by extracting hemoglobin and melanin information in the skin, ACM Transactions on graphics, Vol. 23, Issue 3, 770-779, 2003.
- [5] T. Cho and H. Tsao, A reliable skin mole localization scheme, Proceedings of IEEE Int'l conference on computer vision, 1-8, 2007.
- [6] 김희찬, 강재민, 유-헬스케어의 기술 현황과 전망, 한국정보과학회 정보과학회지, 제 26권, 제 1호, 38-45, 2008.
- [7] Gonzalez, R. and Woods, R., Digital Image Processing 2nd ed., Prentice Hall, 2002.
- [8] B. Han et al., An onset detection scheme for vocal queries based on dynamic expansible MLP, KCC2007, Vol. 34, No 1, 422-426.
- [9] N. Otsu, A threshold selection method from gray-level histograms, IEEE Transactions on Systems, 1979
- [10] Open source computer vision (OpenCV) library, <http://intel.com/research/mrl/research/opencv/>
- [11] EmguCV : cross platform .Net wrapper to the OpenCV, <http://www.emgu.com/wiki/>