

# 스마트폰을 이용한 모발 밀도 측정 기법

김우걸, 김형준, 유제혁, 황인준  
고려대학교 전기전자공학과

{woogulzzang, hyungjun89, rjh1026, ehwang04}@korea.ac.kr

## A Hair Density Measuring Scheme Using Smartphone

Woogeol Kim, Hyungjun Kim, Jehyeok Rew, Eenjun Hwang  
School of Electrical Engineering, Korea University

### 요 약

최근 건강에 대한 일반인들의 관심이 증가하면서 스마트 헬스케어 시장 규모가 기하급수적으로 커지고 있다. 특히 탈모 관련 헬스케어 시장의 경우, 국내 탈모 인구의 증가로 인해 탈모의 예방이나 관리 등 탈모 관련 어플리케이션이 빠르게 등장하고 있다. 모발 밀도는 탈모의 정도를 판단하기 위한 가장 기본적인 모발 특징 중 하나이지만, 모발의 밀도를 측정하기 위한 명확한 영상처리 기법이나 소프트웨어의 개발은 여전히 미진한 상태이다. 이에 본 논문에서는 스마트폰에 탈부착이 가능한 포터블 카메라에서 촬영된 두피 모발 현미경 영상에서 모발의 밀도를 측정하고 이를 기반으로 사용자 중심의 탈모 진단 플랫폼을 구축하고자 한다. 모발 밀도의 측정은 Contrast Stretching과 Morphology Processing을 이용한 전처리, 스켈레톤 이미지의 변환, 그리고 라인 끝점 검색 알고리즘의 적용 등 크게 세 단계로 진행된다. 제안하는 기법의 성능 평가를 위해, 50배율 포터블 카메라로 촬영한 두피 영상 30개에 대해 밀도 측정을 수행하였으며 그 결과 92.88%의 정확도를 얻었다. 결과적으로 제안하는 기법은 단순 두피 현미경 영상으로 탈모의 지표가 될 수 있는 모발 밀도를 측정하는 데 충분히 효과적임을 알 수 있다.

### 1. 서론

최근 국내외의 스마트 헬스케어 시장 규모는 가파른 상승세를 보이고 있다. 전문 의료기기를 기반으로 한 진단 방식에서 벗어나, 의료기와 스마트 기기를 접목하는 시도가 빈번해지면서 대기업들과 관련 의료 업체, 소프트웨어 솔루션 업체의 협력이 증가하는 추세를 보이고 있다. 한국보건산업진흥원 통계에 따르면, 2011년 국내 스마트 헬스케어 시장 규모는 1억 9500만 달러에서 2014년 3억 400만 달러까지 증가하는 추세를 보였으며, 세계 헬스케어 시장 규모는 2011년 840억 달러에서 2016년 1,150억 달러까지 달성할 것이라고 전망하고 있다.[1]

한편, 국내 탈모인구는 2010년에 이미 900만명을 넘어섰고, 2015년에는 1000만명을 넘어서고 있다. 탈모인구의 증가와 함께 탈모시장 또한 급속도로 성장하는 추세를 보여. 2010년에만 1조 5천억원 규모에 이르렀다. 구체적으로, 2015년 탈모치료제의 수입, 생산액은 590억원으로 2004년 대비 4배 이상 증가하였고, 탈모관련 제품 시장 규모는 3~4조억원에 달하는 것으로 추정되고 있다.[2] 탈모 시장 규모는 점점 증가 추세에 있으나, 모발 및 두피의 분석이나 탈모 정도를 평가하기 위한 어플리케이션이나 진단 시스템은 여전히 부재 상태이다.

본 논문에서는 스마트폰에 탈부착이 가능한 포터블 카메라로 찍은 두피 현미경 영상을 분석하여 사용자가 간

편하게 모발 밀도를 측정할 수 있는 영상처리 기법을 제안한다. 모발 밀도의 손쉬운 측정과 간단한 데이터 처리를 통하여, 사용자는 병원이나 탈모 관련 전문 기관에 가지 않고도 손쉽게 자신의 탈모 진행 상태를 파악할 수 있다.

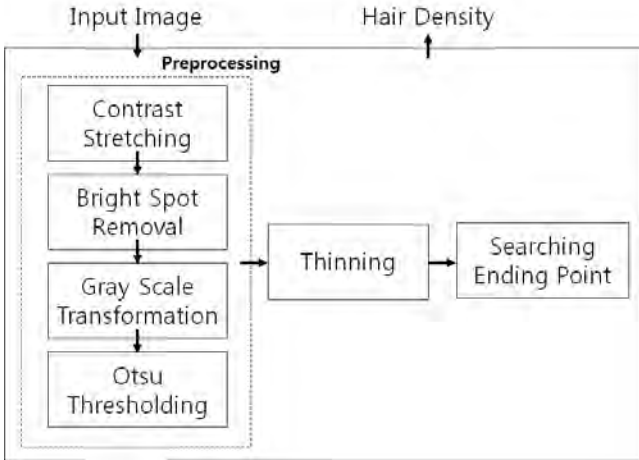
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에는 관련 연구를 소개하고, 3장에서 모발 밀도 측정을 위한 두피 영상 전처리 과정과 실제 단위 면적당 모발 개수를 카운트하는 구체적 방법을 제시한다. 4장에서는 실험을 통하여 제안하는 모발 밀도 측정 기법의 성능을 평가하고, 마지막으로 5장에는 결론과 향후 연구에 대해 기술한다.

### 2. 관련 연구

영상 처리를 이용하여 모발을 분석하는 연구는 해외에서 활발히 진행되어 왔다. Van Nestel[3] 등은 컴퓨터를 활용한 이미지 분석을 통하여 인간의 모발 성장에 관한 연구를 수행했고 Trichoscan 분석을 통해 탈모 증세를 판단하였다. Hayashi[4] 등은 비디오 기록과 이미지 분석 시스템을 통해 모발의 성장 정도를 정량적으로 측정하는 연구를 수행하였다. 하지만 이러한 연구들의 실험 이미지는 촬영 부분의 머리털을 짧게 잘라야 한다는 단점이 있다. 2015년에는 이 문제의 해결을 위해 Huangchia[5] 등은 두피 현미경 영상에 대해 Multi-Scale Line Detection

(MSLD) 기법을 적용하여 촬영 부분 머리털을 자르지 않고 모발 각각을 라벨링하는 방법을 제안하였다.

3. 모발 밀도 측정 방법

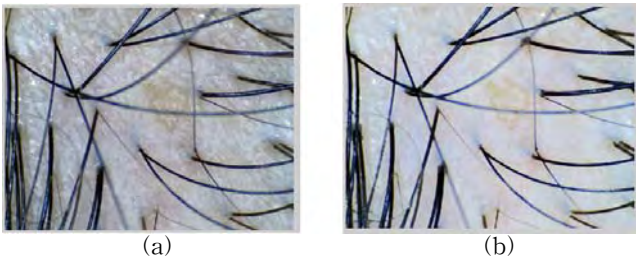


(그림 1) 모발 밀도 측정 시스템 구조도

모발 밀도 측정을 위한 전체적인 구조는 그림 1에 나타난 바와 같이, 크게 전처리, Thinning을 통한 스켈레톤(skeleton) 이미지 변환, 라인 끝점 검색 등의 세 단계로 이루어진다.

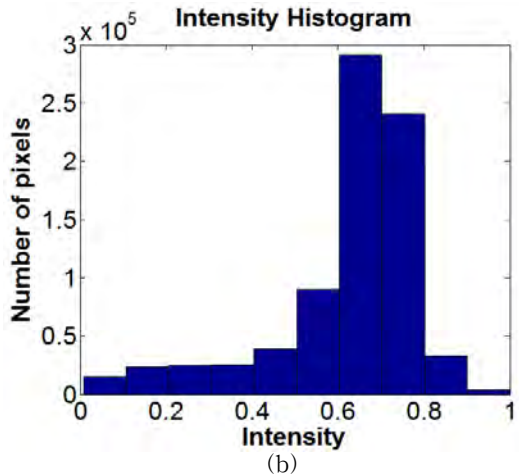
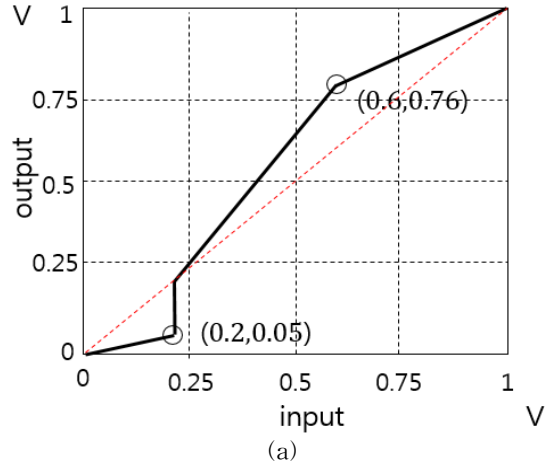
3.1 전처리

모발과 두피 픽셀의 차이를 확대시키는 것은 모발 밀도 측정의 정확도에 큰 영향을 끼친다. 원본 사진에서는 점



(그림 2) Contrast Stretching 적용 결과 이미지. (a) 원본 이미지 (b) 결과 이미지

이나, 주름 같은 다양한 이유로 인하여 모발과 두피의 경계가 뚜렷하지 않을 수 있다. 이를 해결하기 위해 Contrast Stretching[6] 기법을 적용하면 모발과 두피 영역의 명암 차이를 극대화할 수 있다. 예를 들어, 그림 2는 원본 두피 이미지와 Contrast Stretching을 적용한 결과 이미지를 나타낸다. 원본 이미지를 HSV[7] 변환한 후 V 값, 즉 intensity(채도)를 함수를 적용하여 두피와 모발 부분의 명암 차를 극대화한다. 높은 채도에 가까운 픽셀들은 두피 픽셀이라 할 수 있고, 낮은 채도에 가까운 픽셀들은 모발 픽셀이라고 할 수 있다. 그림 3 (a)과 같은 Contrast Stretching 함수를 통해 중간 정도의 명암 부분을 0과 1쪽으로 늘려 두피 픽셀과 모발 픽셀들의 채도 차이를 벌린다. 두 개의 변동 포인트 {(0.2, 0.05), (0.6, 0.76)}는 그림



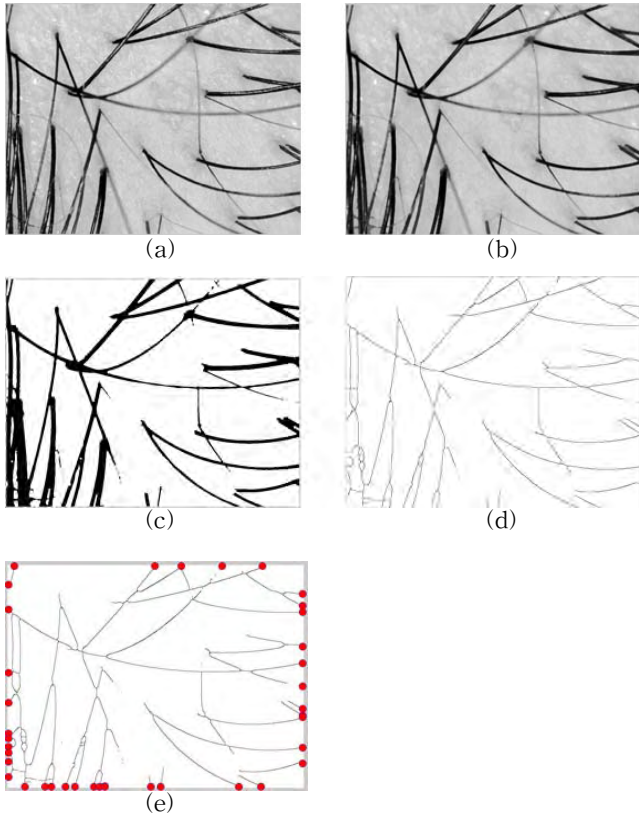
(그림 3) Contrast Stretching. (a) Contrast Stretching 함수 (b) 원본 이미지의 밝기 히스토그램

3 (b)의 히스토그램에서 모발 부분과 두피 부분의 경계점의 채도 값으로 설정하였다. 그림 3 (a)의 검정 선은 본 연구에 쓰인 Contrast Stretching 함수를 의미하고, 붉은 점선은 기존 함수를 의미한다. 결과적으로 그림 2에서와 같이 두피 픽셀과 모발 픽셀의 명암 차이가 증대된 것을 확인할 수 있다. 그림 4 (a)와 같이 포터블 카메라로 찍은 두피 현미경 영상을 보면 반사된 빛이나, 기름진 모발로 인해 모발 중간에 흰색 반점이 형성되는 경우가 발생한다. 주위 두피 영상의 정보들을 보존하면서도 모발 밀도 측정에 불필요한 흰색 반점을 제거하기 위해 Morphology Opening Operator를 활용하였다. Opening Operator는 먼저 Erode(침식) 처리 후 Dilate(팽창) 처리를 하는 Operator이다. 이미지 f에 대한 Opening Operator의 수식은 다음과 같다.

$$\gamma_{M,nB}(f) = \tau_{M,nB}(\varepsilon_{M,nB}(f)) \quad (1)$$

$\varepsilon_{M,nB}(f)$  과  $\tau_{M,nB}(f)$ 는 각각 n 크기의 structure element B에 대한 Morphological Erosion과 Dilation 작업을 가리킨다.[8] 그림 4 (b)는 Morphological Opening 후

흰색 반점이 제거된 이미지이다. 이 연구에서는 gray 이미지를 이진화하기 위해 Otsu Thresholding[5] 방법을 사용하였다. 이 과정을 통해 상황에 맞게 두피와 모발 두 개체를 효과적으로 이분화 할 수 있다. 그림 4 (c)는 gray 이미지를 반지름이 3픽셀인 디스크 structure element로 Opening Operator를 적용한 후 Otsu Thresholding을 적용한 이미지이다.



(그림 4) 모발 개수 추출 과정. (a) gray 이미지 (b) 흰 반점 제거 이미지 (c) 이진화 이미지 (d) 스켈레톤 이미지 (e) 모발 개수 카운트 이미지

### 3.2 스켈레톤 이미지를 통한 모발 개수 측정

본 연구에서는 50배율 휴대용 포터블 카메라로 찍은 두피 현미경 영상을 대상으로 영상처리 작업을 수행하였다. 모발 밀도를 측정하기 위해서는 다음과 같은 가정을 전제로 둔다.

- 모발 1개는 1개의 시작점과 1개의 끝점을 가지고 있다.
- 시작점은 이미지 내부에 위치하고, 끝점은 바깥 테두리에 위치한다.

이진화된 영상을 Thinning[9] 하여 그림 4 (d)와 같은 스켈레톤 이미지로 변환한다. 기본적인 원리는 다음과 같다. 위 전제 하에 이미지 내부에서 시작하는 모발의 끝점, 즉 이미지 테두리와 만나는 끝점을 찾아 개수를 카운트한다. 스켈레톤 이미지에서 끝점을 찾아내기 위해 다음과 같은 마스크 프로세싱을 적용한다. 이미지 테두리와 만나는 스

켈레톤 이미지의 기준 마스크 픽셀의 위, 아래, 양 옆 인접 픽셀 중 하나만 존재하는 스켈레톤 픽셀을 카운트한다. 그림 4 (e)에서는 가장자리 모발 끝점을 카운트하여 붉은색 원으로 표시하였다. 최종적으로 모발 밀도는 카운팅 된 모발 개수를 영상의 면적으로 나누어 구할 수 있다.



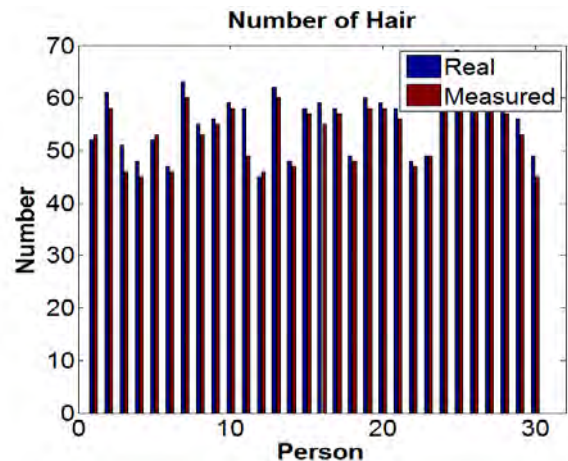
(그림 5) 50배율 스마트폰 부착 카메라

### 4. 실험 및 결과

제안하는 모발 밀도 측정 기법의 성능 분석을 위해 MATLAB 8.1[10]을 사용하여 시스템을 구현하고 두피 영상에 대해 실험을 진행하였다. 실험 샘플은 그림 5의 50배율 스마트폰 부착 카메라로 찍은 20대~50대 640\*480 두피 현미경 영상 30개를 대상으로 하였다. 통계적으로 한국인의 모발 밀도는 두정부와 후두부에서 비슷하고 측두부에서 유의하게 낮은 것으로 알려져 있다. 정상 한국인 남자 22명, 여자 20명 총 42명(평균연령 26.0세)을 대상으로 전체 두피모발의 특성을 조사한 최근 연구에 따르면, 한국인의 평균 두피 모발 총수는 112,074개(남: 116,740개, 여: 106,942개)로 남녀 간 차이는 거의 없었다. 평균 밀도는 측두부위에서는  $153/cm^2$ , 후두부위는  $167/cm^2$ 이었다.[11] 본 실험에서는 후두부와 밀도가 비슷한 두정부를 기준으로 실험을 진행하였다. 실험 결과 그림 6과 같은 개인별

	평균 정확도	평균 오차율	표준편차
모발개수 검출율	92.88%	7.12%	5.55

(표 1) 모발 개수 추출 실험 결과



(그림 6) 개인별 모발 개수 검출 결과

실험값과 실제값을 얻었으며 그 정확도는 표 1과 같다. 휴대폰 포터블 카메라로 찍은 영상을 데이터 셋으로 하였기 때문에 그림자, 흔들림, 모발 중첩, 기타 노이즈와 전처리에서의 오차 등으로 인해 실제 모발 개수와 차이가 다소 발생한 것을 확인할 수 있다.

## 5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 탈모 정도의 지표로 활용될 수 있는 모발 밀도를 측정하는 영상처리 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 따로 체모나 염색 같은 부가적인 작업 없이 모발의 영상적 특징에 기반하여 모발 밀도를 측정할 수 있다는 장점이 있다. 스마트폰을 이용한 두피 영상만을 가지고 모발 밀도를 측정할 수 있는 기법은 매우 효과적인 탈모 진단 도구로 활용될 수 있다. MATLAB 8.1을 이용하여 제안하는 기법을 구현하고 30개의 포터블 카메라로 촬영한 두피 이미지 영상에 대해 성능 평가를 수행하여 약 92.88%의 정확도를 얻었다. 차후 더 많은 영상에 대한 분석을 통해 발생할 수 있는 다양한 예외 상황에 대한 처리 방안을 추가함으로써 정확도를 높일 예정이다.

모발 밀도 측정 기술은 향후 모발 두께 검출 연구와 함께 영상처리를 통한 모발 밀도, 두께, 손상도 등 탈모의 지표가 될 수 있는 여러 요소들을 측정하여 사용자에게 필요한 시술이나 트리트먼트를 추천할 수 있는 기반으로 활용 가능하다.

## 6. ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2015년도 산학협력력 기술개발사업(C0277778)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

### 참고문헌

- [1] 조인호, 김도향, "스마트 헬스케어 시장의 성장과 기회", kt경제경영연구소 Digieco Report, 2014
- [2] 진흥원(정보통계센터), "주간 보건산업 동향", 한국보건산업진흥원, Vol 162, pp. 4, 2015
- [3] Van Neste, et al., "Critical study of hair growth analysis with computer assisted methods," Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology, Vol 20, Issue 5, pp. 578-583, 2006
- [4] Hayashi, S., et al., "Measurement of human hair growth by optical microscopy and image analysis," British Journal of Dermatology Vol 125, Issue 2, pp. 123-129, 1991
- [5] Shih, Huang-Chia, "An Unsupervised Hair Segmentation and Counting System in Microscopy Images," 2015
- [6] Gonzalez, Rafael C., and Richard E. Woods, "Digital image processing 3rd edition," 2007
- [7] Wiki, [https://en.wikipedia.org/wiki/HSL\\_and\\_HSV](https://en.wikipedia.org/wiki/HSL_and_HSV)
- [8] Otsu, Nobuyuki, "A threshold selection method from gray-level histograms," Automatica Vol 11, Issue 23-27, pp. 285-296, 1975
- [9] Lam, L., et al., "Thinning Methodologies-A Comprehensive Survey," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol 14, Issue 9, pp. 879, 1992
- [10] MATLAB, [www.mathworks.com/products/matlab/](http://www.mathworks.com/products/matlab/)
- [11] Choi, Gwang Seong. "한국인의 두피모발 특성과 남성형탈모증," J Korean Med Assoc, Vol 56, Issue 1, pp. 45-54, 2013