

자동 모발 수 계산 시스템의 설계와 구현

Design and Implementation of an Automatic Hair Counting System

장 천¹, 은성종^{2*}

Qian Zhang¹, Sung-Jong Eun^{2*}

요약

탈모증은 항상 의학 분야의 핵심 연구이다. 본 연구에서는 의사의 요구사항에 의하여 인간의 모발을 연구를 돕기 위해 자동 모발 계산 시스템을 설계 및 구현 하였다. 제안하는 시스템의 접근법은 DIHAM (모발 분석 및 측정을 위한 디지털 이미지)을 기반으로 구현하였다. 우리는 모발 수의 계산을 위해 모발 이미지 세분화를 위하여 고전적인 이진 변환 방법인 Otsu threshold를 사용하고 계수를 위해 단일 모발 영역을 분리하는 것에 중점을 두었다. 또한 겹치는 모발 영역에서 단일 모발 분할을 위해 Hough 변환을 활용하였다. 제안 방법의 실험결과 성공적인 결과가 도출되었다.

핵심어: 탈모증, 모발 수 계산, 허프 변환, 이미지 세분화

Abstract

Alopecia is a very popular research focus in the medical field. In order to help medical doctors with their study on human hair, we proposed and designed an automatic hair counting system. The approach in our system is based on DIHAM (Digital Image for Hair Analysis and Measurement). We utilize the classical binary transformation Otsu threshold for hair segmentation, and put emphasis on separating the single hair region for counting. In order to separate the single hair in an overlapping region, we use the Hough transformation. Experiments will be performed to demonstrate the effectiveness of our system.

Keyword: Alopecia, Hair counting, Hough transformation, Image segmentation

1 Department of Computer Science, College of IT, Gachon University
e-mail : aazhgq@hotmail.com

2 Department of Computer Science, College of IT, Gachon University
e-mail: asclephios@naver.com

Received(October 15.2014), Review (December 10.2014), Accepted(December 31.2014)

1. 서론

사람은 보통 평균적으로 약 10만~12만개의 머리카락을 가지고 있다. 머리카락은 발생, 성장, 퇴후, 휴지기라는 Life Cycle을 가지고 있는데, 여기서 휴지기에 돌입한 머리카락이 보통 하루에 50개 ~ 100개 정도 빠지는 것이 정상이다. 그리고 빠진 머리카락들은 같은 위치의 모낭에서 다시 자라게 됨으로서 대체가 가능하다. 이렇게 머리카락이 빠지는 것은 일상적인 변화로, 질병이 아닌 것으로 생각 되는 게 일반적이다. 그런데 만약에 휴지기에 돌입한 머리카락이 100개 이상씩 빠진다고 하면 무언가 잘못된 건지도 모른다. 모발의 생성과 발육에 있어 매우 중요한 역할을 담당하고 있는 부분을 모두두라고 한다. 이러한 모두두가 작아져 머리카락의 굵기가 가늘어지면서 하루에 100개 이상씩 빠지는 현상을 가리켜, 의학 용어로 탈모증(alopecia)이라고 한다[1].

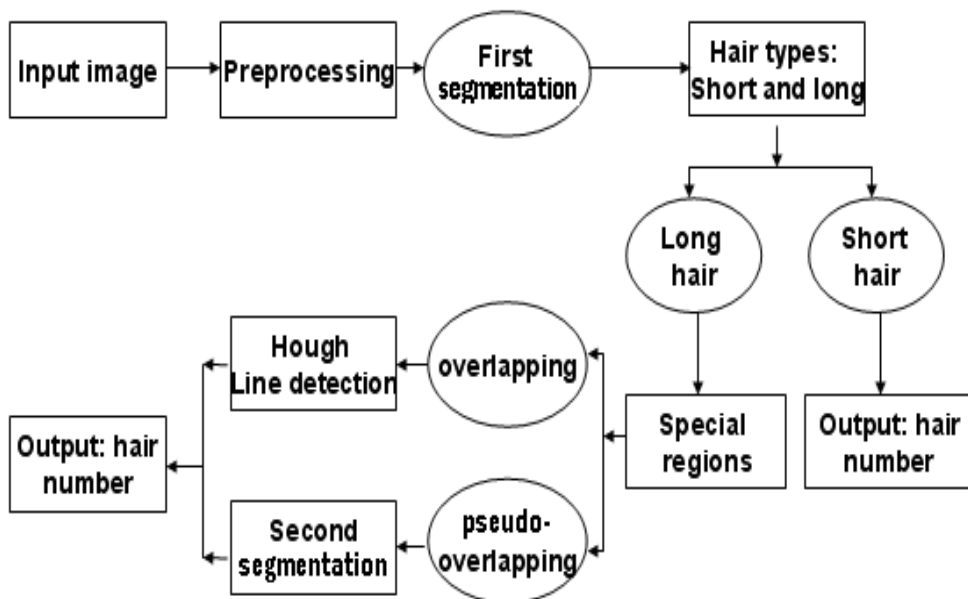
탈모에 관한 연구는 1983년부터 시작되어 왔다. 초창기의 탈모연구는 샘플머리카락의 한 부분을 선택하고 현미경을 이용하여 머리카락 조직세포를 관찰하였다[2]. 1996년에는 Courtois[3]가 8년~14년 동안 10명의 탈모환자와 비 탈모환자에게 매월 간격으로 phototrichogram 방법의 테스트를 적용하여 얻어진 결과를 발표하였다. 그리고 2002년에는 Amornsiripanitch[4]가 머리카락 주기의 모든 파라미터를 측정하기 위해 DIHAM (Digital Image for Hair Analysis and Measurement)이라고 불리는 새로운 방법을 제안하였다. 이 방법은 모발 Life Cycle에 사용되는 모든 파라미터들의 측정이 가능하다. 따라서 모든 남성과 여성의 모발 Life Cycle의 휴지기에서 일어나는 문제점을 찾을 수 있다. 이러한 문제점은 특정 치료와 더 나은 모발주기의 제어 요소를 찾기 위한 연구과정에서 나타난다.

본 논문에서는, DIHAM에 기반한 자동 모발 수 계산 시스템을 설계한다. 모발 수 측정은 머리카락이 빠지고 자라는데 있어서 탈모를 구별하기 위한 가장 중요한 부분이다. 우리 카메라를 통해 실험자의 모발 이미지를 얻어 모발 수를 계산했다. 그리고 3달 후 또 하나의 모발 이미지를 얻어, 다시 모발 수를 계산했다. 그리고 우리 이 2개의 이미지를 비교하여 탈모율을 계산할 수 있다.본 시스템에서는 총 두 번의 영역분할을 사용한다. 먼저 표준적인 Otsu 알고리즘[5]을 통해서 머리카락 영역을 분할하고, 통계적인 분석을 통하여 머리카락이 서로 겹치는 부분을 찾아낸다. 여기서 실제 오버랩 되는 부분이 아니지만 이미지 개선 알고리즘에 의해서 생겨나는 허위 오버랩(pseudo-overlapping) 부분을 제거하기 위해 2번째 영역분할을 하였다. 그리고 실제로 오버랩된 부분은 허프 변환[6]을 사용하였다.

본 논문의 2장에서는 우리가 제안한 시스템의 구조를 소개하고, 3장에서는 실험을 통하여 제안된 시스템의 성능을 확인한다. 그리고 최종적으로 4장에서는 결론과 향후 연구과제에 대하여 살펴본다.

2. 시스템 설계

본 시스템의 전체적인 구성은 먼저 입력 이미지의 전처리 작업 후, 첫 번째 영역 분할을 한다. 그리고 모발의 형태 파악을 한 후, 짧은 모발일 경우 바로 모발 수를 계산하고, 긴 모발일 경우 오버랩된 부분에서 허프 변환을 사용 하여 총 개수를 계산한다. 반대로 오버랩 되지 않는 부분에서는 두 번째 영역 분할을 한 후 총 개수를 얻는다. 이와 같은 과정은 다음 그림 1과 같이 수행되었다.



[그림 1] 전체 처리단계의 주요 시스템 구조

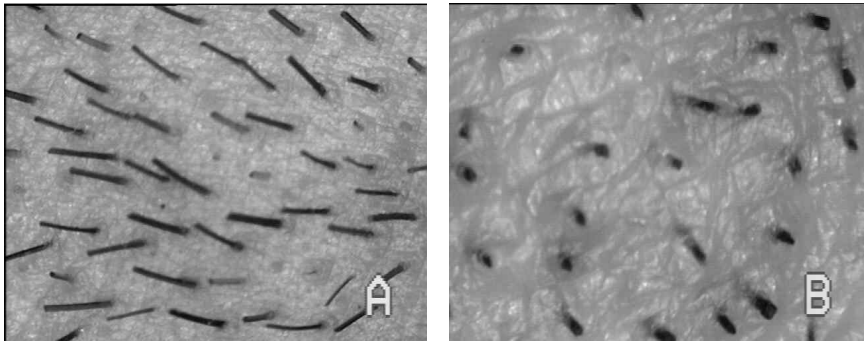
[Fig. 1] The main structure of the system processing

2.1 전처리 작업

우리 시스템에서는, 그림 2처럼 RGB 칼라 이미지 대신 그레이스케일 칼라 이미지를 사용한다. 그리고 영역을 분할하기 위해서 그레이스케일 임계값을 설정한다. 그러나 비균일한 조명은 영상의 임계값 설정을 어렵게 만든다. 여기서는 전처리 단계로써, 입력이미지의 top-hat 필터 합과 bottom-hat 필터의 차에 의해서 컨트라스트를 개선했다. top-hat 필터와 bottom-hat 필터는 주변의 다른 픽셀 값보다 더 밝고 어두운 픽셀 값을 정의하기 위해서 이웃된 픽셀 값을 분류한다. 왜냐하면 이 연산의 중점은 전체 이미지나 배경에 있는게 아니라 서로 이웃된 픽셀에 있기 때문이다. 다음의 식1은 서로 근접한 에지의 컨트라스트 증가를 위해 사용되었다.

$$f_c = f + h(f) - b(f) \quad (1)$$

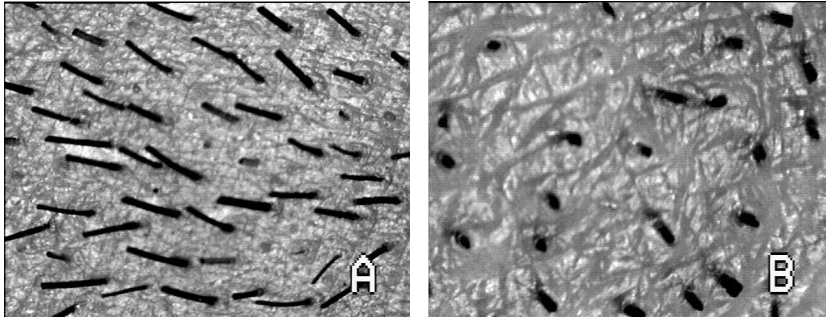
위 식 1에 주어진 f 는 입력 이미지, $h(f)$ 는 top-hat 변환, $b(f)$ 는 bottom-hat 변환이다. 그리고 f_c 는 개선된 이미지이다.



[그림 2] 그레이스케일 칼라 이미지

[Fig. 2] Grayscale color image

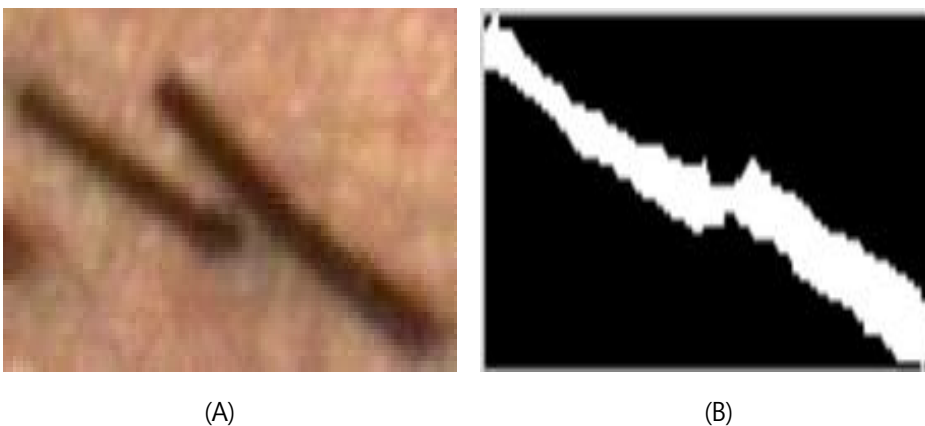
다음 그림 3은 이미지 개선작업에 의한 결과를 나타낸다.



[그림 3] 이미지 개선작업 결과
[Fig. 3] Operation results of Image enhancement

2.2 영역 분할

이 단계는 먼저 영역을 분할하기 위한 임계값을 설정한다. 이 임계값은 표준적인 알고리즘인 Otsu 알고리즘에 의해 결정되었다. 우리의 시스템에서는 이 첫 번째 분할에서 이미지 개선에 의한 허위 오버랩 현상이 발생한다. 그림 2는 이러한 허위 오버랩의 경우를 보여준다. 그림 4의 (A)와 같이 두 모발이 실제 오버랩 되지 않았지만 서로 밀접하게 위치해 있어 이미지 개선 후에는 그림 2의 (B)처럼 오버랩 되어서 나타난다. 본 논문에서는 이런 모발을 허위 오버랩 모발이라 부른다.

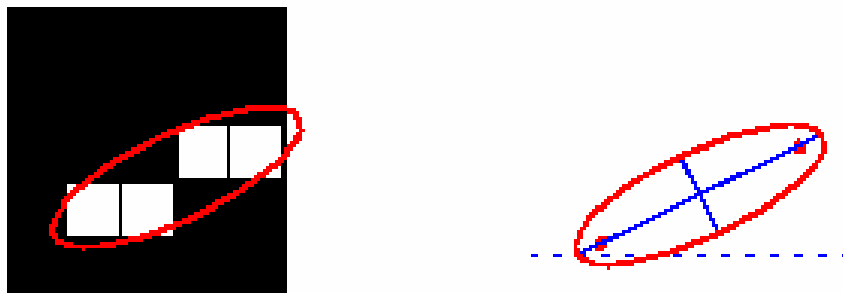


[그림 4] 허위 오버랩 모발 영역
[Fig. 4] Psuedo overlap area

2.3 모발 형태

본 논문에서는 모발의 실제적인 개수를 계산하기 위해 모발을 두 가지 형태, 짧은 모발과 긴 모발로 분류했다. 우리가 사용한 이미지 데이터베이스에서 짧은 모발의 이미지로 오버랩 되는 경우는 없었다. 즉, 짧은 모발에서는 오버랩 문제를 고려할 필요가 없다. 이 단계에서 우린, 최소 범위의 타원을 통해 얻어진 모발영역의 개수를 센다[7]. 아래 그림 5에서는 이러한 타원의 축과 방향을 볼 수 있다. 그림 5의 왼쪽 그림은 모발 영역과 그에 대응되는 최소 범위의 타원 모습이다. 그리고 오른쪽 그림은 시각적으로 특징을 나타낸 같은 타원의 모습이다. 여기서 실선은 축이고, 두개의 빨간 점은 초점이다. 그리고 방향은 두개의 초점으로 연결된 수평선과 주축 사이의 각도를 뜻한다. 우린 이 타원의 가장 긴 장축과 가장 짧은 단축의 비율을 계산한다. 이때 다음의 식 2를 이용하여 긴 모발과 짧은 모발, 즉 모발의 형태를 결정한다.

$$hairtype = \begin{cases} shorthair & \text{if } ratio \leq 2.5 \\ longhair & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$



[그림 5] 최소 범위의 타원

[Fig. 5] The minimum range of the ellipse

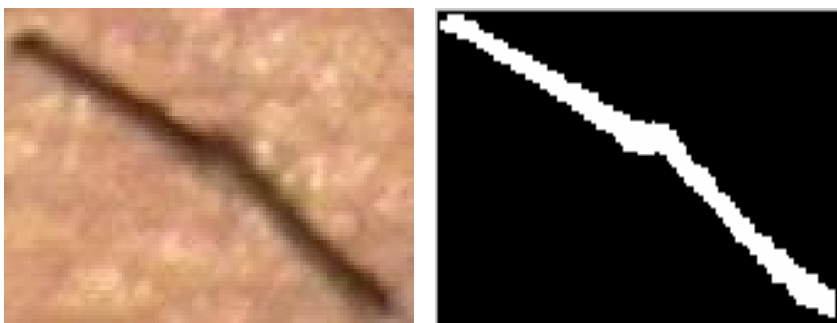
만약 머리카락의 형태가 짧은 모발의 형태로 나왔다면, 우리의 시스템 결과는 즉시 모발의 개수를 도출했다. 그리고 짧은 형태가 아니라 긴 모발의 형태로 결과가 나왔다면 오버랩 되는 문제를 해결하기 위해 분석 작업을 계속 할 것이다.

2.4 모발 분할

앞서 언급했듯이, 이미지 개선작업에 의해서 허위 오버랩이 일어난다. 전 단계와 같은 방법으로, 타원의 장축과 단축의 평균비율을 계산하기 위한 통계적인 접근방법을 사용한다. 앞서 얻어진 평균 비율과 각 모발 영역의 비율을 비교를 통하여 오버랩 된 영역을 찾을 수 있다. 우린 다음의 식 3을 통해 이 비교 작업을 할 수가 있다.

$$Overtime = \begin{cases} possible-lapregion & \text{if } ratio \leq 1.5 * averageratio \\ singlehairregion & otherwise \end{cases} \quad (3)$$

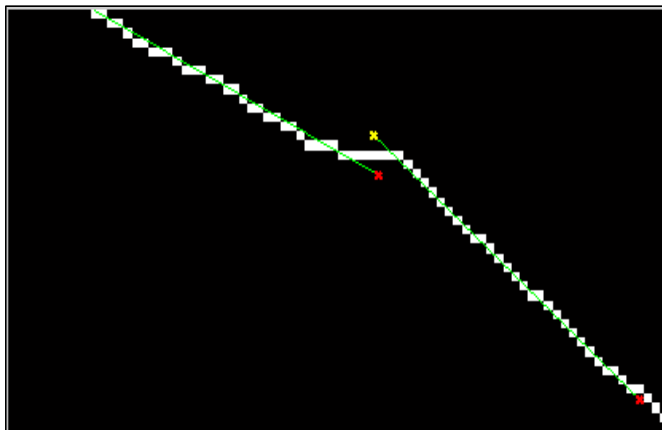
우린 허위 오버랩 모발 문제를 해결하기 위해 각 지역적 모발 영역에 Otsu 알고리즘을 사용하여 임계값을 재계산한다. 그리고 두 번째 영역 분할 후, 오버랩 된 모발이 없다면 즉시 모발 수를 계산한다. 그에 반해 아래 그림 6처럼 오버랩 된 모발이 나온다면, 세션화 작업을 수행한다. 허프 변환은 영상에서 선분들을 찾아 연결하기 위한 접근 방법의 하나로 직선뿐만 아니라 원, 타원 등 도형을 위한 특징 추출법이다. 긴 모발에 세션화 작업을 적용하면 하나의 선처럼 보이게 된다. 그리고 선의 양단을 제거하는 작업을 수행한다. 이 후, 허프 변환을 적용함으로써 직선을 검출 할 수 있게 된다. 이러한 허프 변환의 주 이점은 잡음과 곡선에서 생기는 틈새의 영향이 적다라는 점이다.



[그림 6] 오버랩 된 영역

[Fig. 6] The overlap area

아래 그림 7은 위 그림 6의 오버랩 모발에 대해서 허프 변환을 이용하여 얻은 결과 화면이다. 우린 단일 모발로 표현하기 위해서 직선을 사용했다.



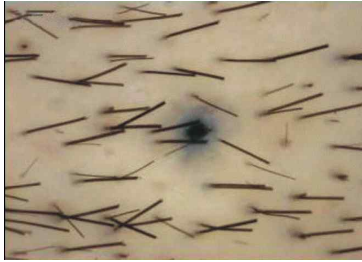
[그림 7] 모발 검출 결과
[Fig. 7] Result of Hair detection

2.5 모발 수 산출

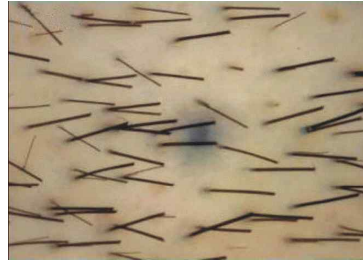
우린 첫 번째 영역분할 시 얻어진 짧은 모발의 개수와 오버랩된 모발의 개수, 그리고 허위 오버랩 모발의 개수, 이렇게 3가지 모발수를 모두 고려하여 전체 모발수를 계산한다.

3. 실험

실험 환경은 탈모 환자의 탈모 부위(정중 가르마 부위)에 검은 점을 문신한 후, 그 점을 중심으로 지름 1.5 cm의 원형으로 삭모를 시행하였다. 이미지 영상을 얻기 위해 삭모 부위를 디지털 카메라 (Coolpix 8400 , Nikon Corporation, Japan)로 촬영하였다. 촬영 배율 및 렌즈와 두피 사이의 거리는 늘 일정하게 유지하였다. 위와 같은 방법으로 3달 후 다시 삭모를 시행하고 두 번째 촬영을 하였다.



(A) 첫 번째 촬영

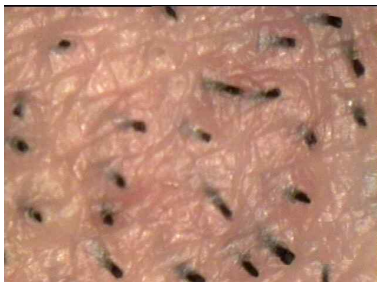


(B) 두 번째 촬영 (3달 후)

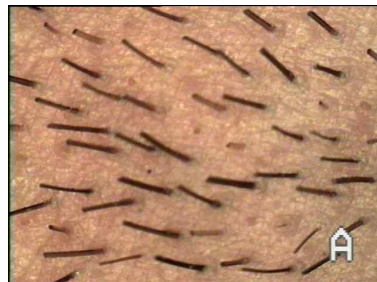
[그림 8] 카메라 촬영

[Fig. 8] Camera shooting

이후, 카메라를 통해서 얻어진 모발이미지를 우리가 제안한 시스템에 따라 평가를 하였다.



(A) 짧은 모발 데이터



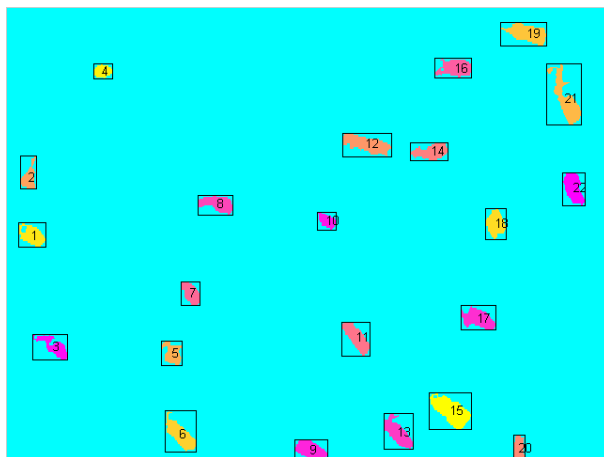
(B) 긴 모발 데이터

[그림 9] 실험 데이터

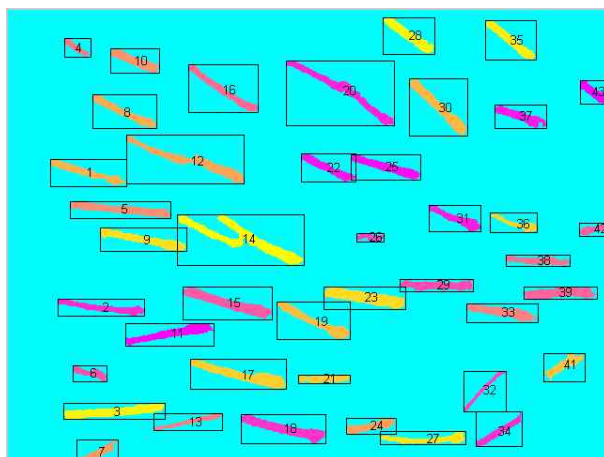
[Fig. 9] Experimental data

위 그림 9(A)의 모발의 평균 가로 대 세로 비율은 2.2734, 모발 형태는 짧은 모발, 전체 모발 개수는 22개이다. 이 이미지 분석 결과는 그림 10에서 확인 할 수 있다.

그 다음, 그림 9(B)의 모발의 평균 가로 대 세로 비율은 7.8262이고, 모발 형태는 긴 모발, 총 개수는 46개이다. 이 이미지 분석결과를 아래 그림 11에서 확인할 수 있다.

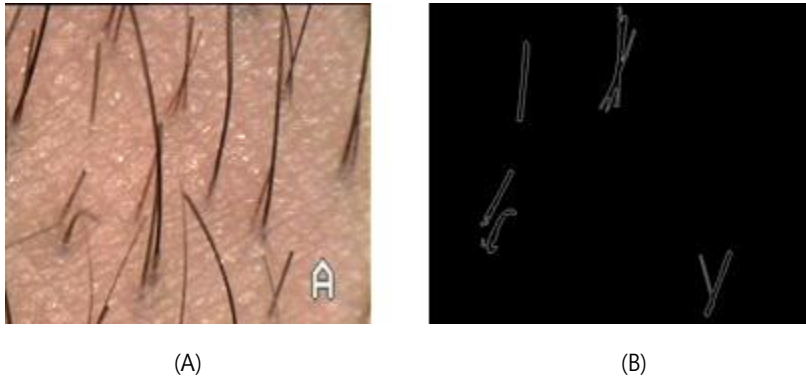


[그림 10] 그림 9(A)의 결과 화면
[Fig. 10] Result screen of Figure 9 (A)



[그림 11] 그림 9(B)의 결과 화면
[Fig. 11] Result screen of Figure 9 (B)

그러나 우리 시스템에서는 처리 할 수 없는 몇 가지 이미지들이 있었다. 그 예로 그림 12(A)를 보면 매우 긴 모발들이 서로 교차 되어있다. 이런 경우에는 카메라의 부적절한 배율 때문에 모발의 정보를 완전하게 얻을 수 없다. 따라서 재촬영을 요구하여야 한다. 카메라 촬영을 할 때, 보다 더 적당한 카메라 배율을 찾아 조정하지 않으면 안 된다. 그림 12(B)는 그림 12(A)의 처리 할 수 없는 부정확한 모발을 제외하고, 남겨진 모발의 모습을 나타낸다.



[그림 12] 영역분할이 어려운 경우

[Fig. 12] In case of impossible segmentation

4. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서 제안한 자동 모발수 계산 시스템을 이용하여, 우리는 실험자의 3달 전과 현재의 모발 이미지 비교 작업을 통해, 탈모 정도를 파악 할 수 있었다. 모발 영역 분할을 위해서 우린 자동 Otsu 알고리즘을 통하여 임계값을 설정하였다. 모발 데이터는 이미지 상에 두피와 모발을 제외하고는 다른 어떤 것도 존재하지 않는다. 즉, 이 두피와 모발, 2가지를 분할하는데 있어서 Otsu 알고리즘은 효율적으로 적용할 수 있었다. 우린 오버랩된 모발의 문제점을 풀기 위해 허프 변환 알고리즘을 설계하였다. 그리고 제안된 시스템의 성능을 향상시키기 위해서, 허위 오버랩 영역에서 두 번째 영역 분할을 수행하였다. 그 실험 결과, 우리의 시스템이 효율적이고 견고하다는 것이 증명되었다.

그러나 아직도 몇 가지 문제점은 존재한다. 만약 모발이 너무 길어서 구부러지고, 많은 머리카락들이 교차하게 된다면 허프 변환은 실제 머리카락 개수보다 더 많은 개수를 검출 할 것이다. 따라서 우린 카메라 촬영 시 보다 적당한 카메라 배율을 찾아서 조정하지 않으면 안된다.

우린 향후 모발 연구에 있어서 더 많은 모발 정보를 얻기 위해, 단일 모발의 길이와 두께의 측정 시스템을 연구하고자 한다.

References

- [1] R. Dudda-Subramanya, A. F. Alexis, K. Siu, and A. A. Sinha, Alopecia areata: genetic complexity underlies clinical heterogeneity, *European journal of dermatology EJD*. (2007), Vol.17, No.5, pp.367-374.
- [2] D. H. Rushton, K. C. James and C. H. Mortimer, The unit area trichogram in the assessment of androgen-dependent alopecia, *British journal dermatol*, (1983), Vol.109, No.4, pp.429-437.
- [3] J. M. Karam, B. Courtois, M. Holjo, J. L. Leclercq and P. Viktorovitch, Collective fabrication of gallium arsenide based microsystems, *SPIE's, Symposium on Micromachining and Microfabrication*, (1996), USA, pp.99-129, 1996
- [4] <http://www.diham.com/>
- [5] N. Otsu, A threshold selection method from gray-level histogram, *Journal of IEEE Transaction*, (1979), Vol.9, No.1, pp.62-66.
- [6] Opas. Chutatape and L. Guo, A modified Hough transformation for line detection and its performance, *Pattern Recognition*, (1999), Vol.32, No.2, pp.182-192.
- [7] Robert M. Haralick and Linda G. Shapiro, *Computer and Robot Vision*, Addison-Wesley Longman Publishing Co, (1992), Vol.1. pp.1-630
- [8] F. Sahba, H. Tizhoosh, and M. Salama, Segmentation of prostate boundaries using regional contrast enhancement, *ICIP*, (2005), Vol.2, pp.1266-1269.