

온라인 색 분포 모델 학습을 통한 적응적 피부영역 추출

남수경^o 이승규

경희대학교 전자정보대학 컴퓨터공학과

akasha9890@gmail.com, seungkyu@khu.ac.kr

On-line Color Model Learning for Adaptive Skin Segmentation

Suekyeong Nam^o Seungkyu Lee

Kyung Hee University, Department of Computer Engineering

요 약

최근 다양한 영역에서 활용되고 있는 증강현실 기술에서 사람의 얼굴 영역을 인식하고 추출하는 기술은 필수적이라 할 수 있다. 본 논문에서는 정확한 얼굴 영역 인식을 위해 온라인 반복 학습을 통한 적응적 피부색 모델 추출 알고리즘을 제안한다. 사용자와의 인터랙션을 통하여 획득한 피부색의 Color 분포정보를 이용하여 초기 피부색 Color 모델을 획득한다. 얻어진 모델을 이용하여 입력 영상에서 피부색 영역을 추출하고, 이를 기반으로 Color 모델을 적응적으로 변경한다. 실험결과에서, 제안하는 알고리즘은 이러한 반복적인 학습 방식이 동영상에서 피부영역을 점차 정확하게 추출해낼 뿐 아니라, 조명 환경 및 피부색 정보가 점차 변하는 환경에서도 강인함을 확인 할 수 있다.

1. 서 론

카메라를 활용하는 실시간 증강현실 기술에서 얼굴 영역을 인식하는 기능은 다양하게 활용되고 있다. 얼굴 영역을 추출하고 개인 정보를 식별함으로써 보다 다양한 증강현실 기능 구현이 가능해지기 때문이다. 기존의 얼굴 영역 추출 방식은 Haar-like Feature 또는 Gabor Waverlet와 같이 Color 패턴을 이용하여 얼굴 모델을 획득하고 이를 이용하여 얼굴 영역을 찾는 알고리즘이 많다 [1]. 또한 Kinect와 같은 Depth Sensor로부터 얻어지는 3차원 형상 정보를 이용하여, 더욱 정확한 얼굴 인식을 수행하는 알고리즘들도 소개되고 있다 [2]. 이러한 기술들을 활용하여 얼굴인식을 포함하는 게임이 개발되기도 한다 [3]. 게임이나 기타 실내의 고정된 환경에서 얼굴인식은 보다 높은 정확도를 가지고 수행이 가능하다. 하지만 길거리의 CCTV를 이용하여 범죄자를 찾기 위해 수행하는 얼굴인식 등과 같은 경우, 입력 영상의 화질과 변화는 주변 환경에 따라 위와 같은 방법들은 심각한 한계를 가진다. 낮은 해상도와 저화질의 촬영 환경, 또는 움직임에 의해 발생하는 모션블러 문제 뿐 아니라, 카메라 기준으로 서로 다른 방향으로 향해 있는 얼굴로 인하여 정면에서 촬영된 정보를 기반으로 하는 기본 연구들은 많은 문제점을 보이는 것이 사실이다. 특히 잦은 조명환경의 변화로 인하여 색 정보를 활용하는 방식에서 얼굴영역의 검출률에 문제가 발생하게 된다.

본 논문에서는 다양한 조명 환경 및 피부색 정보 변화 환경에서도 강인한 적응형 피부색 인식 알고리즘을 제안한다. 색을 표현하는데 있어 RGB Color 모델의 경우 색깔과 밝기 정보가 분리되어 있지 않아서 조명환경의 변화에 영향을 많이 받게 된다. 본 논문에서는 빛의 색차 정보와 밝기정보를 따로 제어할 수 있도록, YCbCr Color 모델을 활용한다 [4]. 본 논문에서는 동영상에서 피부 영역을 추출하는 과정에서 조명환경의 변화 등으로 인하여 피부색의 표현 범위가 바뀌는 상황에도, 실시간으로 피부 영역의 색 분포를 적응적으로 추적하고 이를 기반으로 피부색 영역을 단계적으로 정확히 추출해 내는 알고리즘을

제안한다. 이를 위하여, 밝기 변화에 둔감한 Cb 및 Cr 색차 정보를 기반으로 초기 피부색 모델을 생성한다. 이후에, 입력 영상으로부터 얻어지는 추가적인 피부색 영역에 초기 Color 모델이 실시간으로 적응해 감으로써, 정확한 피부영역을 인식하고 분리한다.

2. 적응적 피부영역 추출 알고리즘

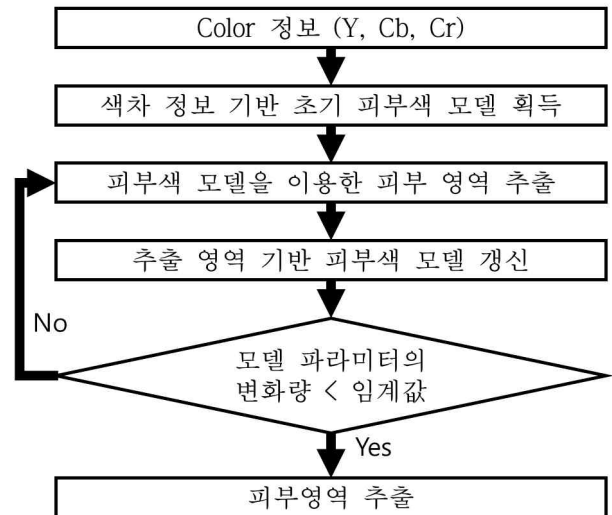


그림 1 온라인 색 분포 모델 알고리즘

제안 알고리즘은 (1) 색차정보 기반 초기 피부색 모델 획득, (2) 주어진 피부색 모델을 이용하여 현재 입력 영상의 피부 영역 추출 (3) 추출된 영역의 새로운 피부색 정보를 이용한 모델 갱신 과정을 거친다. 모델 파라미터의 변화량이 특정 임계값 이내로 떨어질 때까지 (2)-(3) 단계를 반복하는 과정을 거친다.

2.1) 초기 피부색 모델 획득

제안하는 알고리즘은 피부색에 대한 아무런 배경정보 없는 상태에서 최적의 피부색 영역을 찾아가는 방식이다. 따라서 초기 피부색 모델의 어느 정도 의미 있는 영역에서 획득되어야 한다. 피부색은 고정된 색의 스펙트럼으로 표현되기 힘들다. 인종에 따라 혹은 개인의 차이, 화장의 유무, 조명과 날씨에 따라 피부색이 차지하는 색 영역은 매우 달라진다. 따라서 제안 알고리즘은 동영상의 초기에 피부색을 모델링하기 위한 최소 피부 영역 정보를 입력 받는다. 간단한 방법으로는, 화면의 정해진 위치에 초기 피부 모델링에 반영할 신체 영역을 위치시키는 방식으로 필요 정보를 획득한다. 아래 그림2에서와 같이 그림의 좌측 상단에 위치한 손 영역에서 획득한 $a*b$ 크기의 패치 영역 내의 칼라 정보를 이용하여 초기 피부색 모델링을 수행한다. 이 과정은 초기 N개의 영상 프레임에 이용하여 수행한다. 얻어진 N개의 패치의 각 픽셀 값들로부터 C_b 값과 C_r 값 정보를 계산한다. 이 때 각 색차정보 별로 획득 가능한 픽셀 정보의 개수는 $N*a*b$ 개가 되는데, 이는 관측 데이터를 기반으로 해당 영역의 피부색 분포를 표현할 수 있는 만큼 충분한 개수여야 한다. 대상 객체의 크기가 작아 충분히 큰 크기의 패치를 사용하는데 제한적인 상황에서는 충분히 많은 프레임 개수 N을 확보하는 것이 필요하다.

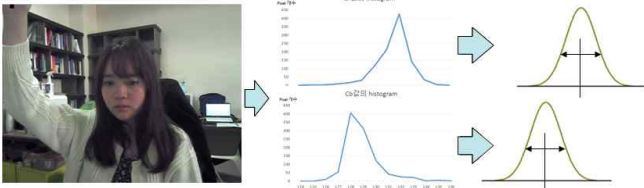


그림 2. 지정 영역 기반 피부색 초기 모델 획득

그림 2에서는 이렇게 획득한 패치 영역의 색차 정보 관측 값을 이용하여 얻어진 색분포 정보를 보여준다. 초기 피부색 분포는 평균적으로 하나의 최대값을 가지고 Gaussian분포 형태를 보여주는 것으로 관측 된다. 본 연구에서는 두 개의 Gaussian분포 함수를 사용하여 피부색을 모델링 한다. 색 분포 모델은 두 개의 색차 정보를 위한 네 개의 파라미터 $\{m_{cb}, m_{cr}, \sigma_{cb}, \sigma_{cr}\}$ 로 표현 된다. 초기 모델 획득을 위한 패치 영역 촬영과정에서 사용자가 살색이 포함된 영역을 이용하여 N개의 프레임을 촬영한다 하더라도, 노이즈나 피부색 이외의 영역 포함 또는 조명조건의 변화와 같은 문제로 잘못된 값들이 포함될 수 있다. 이는 관측된 색의 분포가 원하는 Gaussian 형태에서 심각하게 벗어나는 상황을 발생 시킬 수도 있다. 이는 제안 알고리즘 결과에도 심각한 영향을 미칠 것이다. 따라서 획득한 초기 Gaussian모델과 관측 값 간의 차이의 평균값이 특정 범위 이상으로 크게 될 경우 획득한 초기 모델에 오류가 있는 것으로 판단하여, 초기 모델 과정을 다시 수행한다.

2.2) 피부색 영역 분할 및 모델 갱신

이전 단계에서 획득한 초기 피부색 모델을 이용하여 피부색 영역 추출을 수행한다. 추출할 영역의 피부색 범위는 다음 식과 같이 결정한다.

$$m - \alpha \cdot \sigma \leq x \leq m + \alpha \cdot \sigma \quad (1)$$

여기서 x 는 추출하고자 하는 색의 값, σ 는 표준편차, m 은 평균, α 는 편차 계수이다. 편차 계수는 빛의 밝기나 실험이 진행되는 환경에 따라 바뀔 수 있다. 초기 피부색 모델에 의해 결정된 추출 영역을 이용하여 피부색 영역 분할을 수행한다.

다음 단계에서는 추출된 영역의 범위에 포함되는 색 정보와 초기 피부영역 모델을 이용하여 피부 모델을 갱신한다. 새로 입력되는 영상에서, 초기 모델에 의해 결정된 피부색 범위에 해당하는 색차 정보를 이용하여 새로운 피부색 관측 데이터를 획득한다. 새로운 관측 데이터를 기반으로 초기 모델링에 사용했던 방법과 동일하게 피부색 모델링을 수행한다. 갱신된 모델을 이용하여 피부색 영역을 재설정된 뒤 범위에 속하는 피부색 영역을 추출한다. 이와 같은 방식으로 피부색 영역의 학습이 반복되고 점차 적응적으로 정확한 피부색 영역을 찾게 된다. 이 과정은 반복 수행 과정에서 모델 파라미터의 변화량이 특정 임계값 이하로 떨어질 때까지 반복된다. 모델 갱신 과정에서 초기 관측 데이터가 갱신된 피부색 영역에서 벗어나더라도, 신뢰도 높은 초기 관측 데이터를 현재 관측 데이터에 포함함으로써, 모델이 점차 피부색이 아닌 다른 영역으로 갱신되는 Error Propagation 문제를 해결할 수 있다.



그림 3. 적응적 피부색 영역 분할

이상의 피부색 영역 분할 및 갱신 알고리즘을 다음과 같이 정리 할 수 있다. 아래 식에서는 C_b 와 C_r 중 한 가지 색차 정보의 경우만 정리한다.

$$\{m_0, \sigma_0\} = M(P_0) \quad (2)$$

$$P_i = \{p \mid m_{i-1} - \alpha \cdot \sigma_{i-1} \leq p \leq m_{i-1} + \alpha \cdot \sigma_{i-1}, p \in X_i\} \quad (3)$$

$$\{m_i, \sigma_i\} = M(P_i + P_0) \quad (4)$$

X_i 는 i 번째 영상에서 관측된 모든 Pixel들의 집합이며, P_i 는 추출된 피부색 영역에 해당하는 Pixel들의 집합이다. M 은 피부색 영역에 해당하는 관측 Pixel들을 입력으로 받아 수행하는 피부색 모델링 함수를 나타내며, m_i, σ_i 를 출력 값으로 갖는다. 초기 피부색의 모델링을 위하여 얻은 Pixel값들의 집합을 P_0 라고 하며, 이 때 계산된 평균과 표준편차는 m_0, σ_0 로 표시된다. i 번째 입력 영상에서는 이전 영상에서 갱신한 모델 $\{m_{i-1}, \sigma_{i-1}\}$ 을 이용하여 식 (3)과 같이 피부색 영역에 해당하는 관측 값 P_i 을 정한 후, 식 (4)와 같이 모델 갱신을 수행한다. 식 (3)과 (4)의 계산이 모델 파라미터의 변화량의 조건에 만족할 때까지 반복된다.

3. 실험결과

제안 알고리즘의 성능을 검증하기 위하여, 웹캠으로 촬영한 동영상으로부터 피부영역을 추출하는 실험을 수행한다. 서로 다른 조명환경과 피부색 조건을 가지는 다양한 동영상을 이용하여 제안 알고리즘을 검증한다. 그림 4는 피부영역 추출의 대표적 성공 결과를 보여준다.

추출된 피부영역에 해당하는 Pixel들은 입력 Color 영상위에 초록색 점을 중첩하여 표시하였다. 그림 4. Case 1의 첫 번째 그림은 피부색 모델이 갱신되기 전 초기 피부영역 추출 결과를 보여준다. 얼굴영역을 온전히 잡고 있지 못함을 알 수 있다. 두 번째 그림은 손 영역에서 추가된 살색 정보를 피부색 모델에 반영된다. 그 결과 갱신된 피부색 모델은 얼굴과 손 영역을 모두 잘 추출해 내고 있다. 세 번째 그림에서 다시 손이 사라졌지만, 손 영역에 의해 학습된 피부색 모델은 얼굴 영역을 잘 잡고 있음을 확인 할 수 있다. Case 2에서, 초기 피부색 모델은

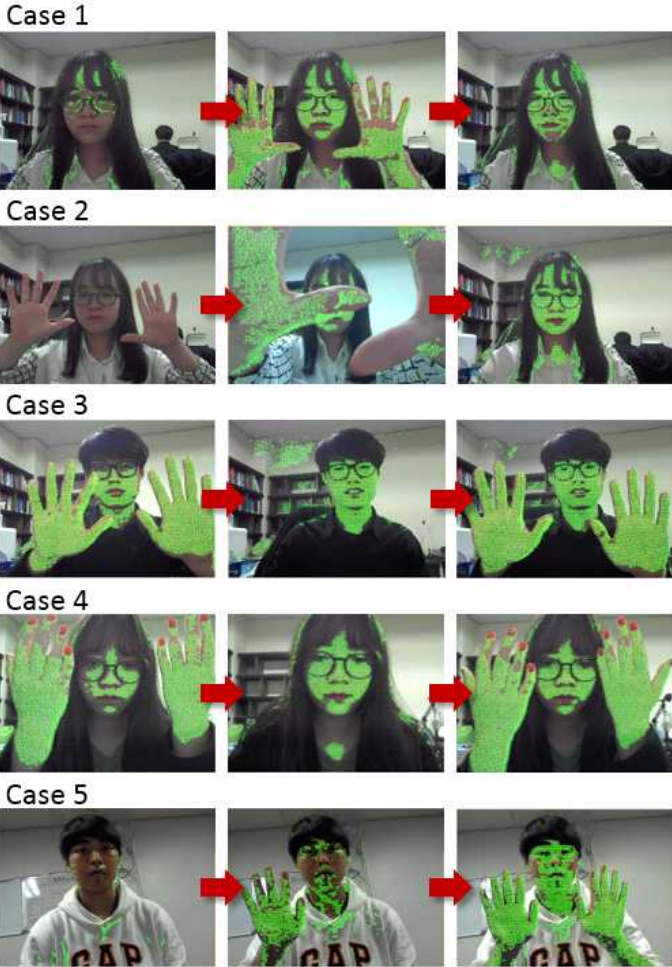


그림 4. 피부영역 추출 실험 결과

현재 입력 영상의 피부색 영역을 대부분 추출하지 못하고 있다. 그러나 손을 카메라 가까이 가져가 초기 모델에 포함되는 피부색이 관측되도록 하면, 두 번째 그림에서와 같이 손 영역을 추출하기 시작하면서 얼굴 영역도 추출해 낸다. Case 3 와 Case 4 에서는 초기에 얼굴 영역의 일부분을 추출하지 못한다. 그러나 손을 내리고 얼굴 영역에 대한 비중이 높아지면서, 얼굴 영역의 추출되지 못한 색이 모델에 반영됨을 확인 할 수 있다. 세 번째 그림에서는 최종 적응된 피부색 모델이 손과 얼굴 모두를 잘 추출하고 있음을 확인 할 수 있다. Case 5 는 어두운 피부색을 가진 경우의 실험 결과이다. Case 1 과 유사하게 제안 알고리즘에 의해 적응된 피부색 모델이 초기에 비하여 훨씬 넓은 영역의 피부를 추출한다.

그림 5. 는 피부영역 추출에 실패한 몇 가지 결과를 보여준다. 그림 5. Case 6의 첫 번째 그림을 보면 얼굴의 일부 영역만 추출되고 있다. 손을 내려 얼굴 영역의 비중이 높아졌을 때, 유사한 색을 가지는 옷의 일부 영역이 피부색 모델 갱신에 포함되게 된다. 결과적으로 최종 적응 피부색 모델이 얼굴 영역의 일부를 여전히 추출하지 못하고 있음을 알 수 있다. Case 7은 처음에는 얼굴과 손을 모두 잘 추출 하였으나, 손을 모두 내리면서 옷 영역이 피부색 모델 갱신에 포함 되어, 추출 영역 색의 범위가 늘어났다. 이렇게 갱신된 피부색 모델은 최종적으로 옷의 검은 글씨 영역까지 추출하는 결과를 보인다. Case 8의 경우에서도, 잘못 갱신된 피부색 모델에 의해, 피부색에 대한 범위가 더욱 줄었다. 따라서 피부영역의 범위가 적응적으로 변화하여 결국 피부색과 전혀 다른 영역을 추출하고 있음을 볼 수 있다.

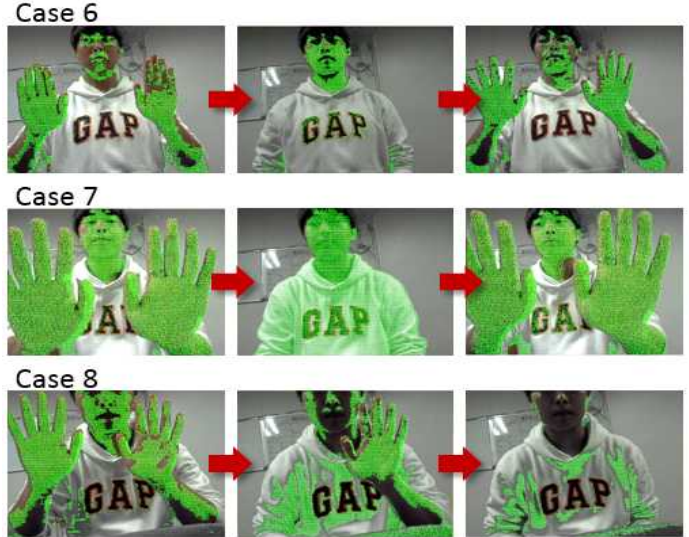


그림 5. 피부영역 추출에 실패한 실험 결과

4. 결론

본 논문에서는, 제한된 초기 피부색 모델과 새로 입력되는 추가적인 피부색 정보를 이용하여 적응적으로 피부색의 모든 영역을 추출하는 알고리즘을 제안 한다. 비단 피부색뿐 아니라 특정 객체의 불완전한 초기 Color 모델과 이후 입력되는 추가 영상 정보를 이용하여 모든 영역 추출이 가능한 완전한 모델을 적응적으로 얻을 수 있다. 실험 결과에서 논의된 피부색 모델의 적응 오류 문제는, 갱신 단계에서 입력 픽셀 값의 초기 모델로부터의 거리, Noise 유무에 따른 픽셀별 가중치를 주어 학습하는 방식으로 해결 가능할 것이라 예상된다.

* “본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터에서 지원하는 서울어코드활성화지원사업의 연구결과로 수행되었음” (R0613-15-1203)

5. 참고 문헌

- [1] T. Mita, T. Kaneko, O. Hori. “Joint haar-like features for face detection.”, IEEE (ICCV) 2005
- [2] H Li, J Yu, Y Ye, C Bregler. “Realtime facial animation with on-the-fly correctives.” ACM TOG. 2013
- [3] <http://www.xbox.com/ko-KR/kinect>
- [4] S.L. Phung, A.Bouzerdoun, D.Chai “A novel skin color model in YCbCr color space and its application to human face detection” IEEE ICIP, 2002