

조명에 강인한 머리카락을 포함한 얼굴 영역 추출 방법

박성수[○] 이형수 김대진

포항공과대학교 컴퓨터공학과 지능형멀티미디어 연구실

(sungs[○], sooz, dkim)@postech.ac.kr

Illumination Robust Extraction of Facial Region including Hair Method

Sungsoo Park[○] Hyung-soo Lee, Daijin Kim

Intelligent Multimedia Lab.

Dept. of Computer Science & Engineering, POSTECH

요약

본 논문은 머리카락을 포함한 얼굴 영역 추출에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 조명변화에도 강인한 얼굴영역 추출방법과 다양한 머리카락의 모양과 색의 변화에도 신뢰성 있는 머리카락 추출 방법에 관한 것이다. 일반적으로 얼굴영상은 개인의 특징을 잘 표현할 수 있는 정보로써, 영상에서 얼굴 영역을 추출하여 이를 실제 얼굴영상정보를 이용한 얼굴인식, 관상정보 서비스를 위한 전처리, 기반기술을 제공하고, 실사 캐릭터 제작에도 바로 적용될 수 있다. 기존의 템플릿 매칭, 곡선추적 알고리즘 등과의 같은 추출방법에서는 얼굴크기 변화, 안경 및 장신구의 착용 여부 그리고 조명의 변화에 따라 얼굴영역 추출하는 처리속도가 많이 걸리고, 성능이 크게 저하되는 문제점이 있다. 상기한 바와 같이 종래의 문제점을 개선하기 위하여, 본 논문에서는 얼굴의 크기변화, 안경 및 장신구의 착용 여부 그리고 조명의 변화에서도 얼굴 영역을 잘 추출할 수 있는 방법과 다양한 머리카락의 색, 형태 변화에도 신뢰성 있는 머리카락 추출 방법을 제안하였다.

1. 서론

얼굴에는 인종, 나이, 성별, 성격, 기분, 감정, 정신, 건강상태 등을 나타내는 많은 정보가 있다. 이러한 얼굴 정보를 활용하여 사람의 시각 기능을 컴퓨터로 나타내려는 컴퓨터 비전을 포함하여, 인간과 상호작용이 가능한 장난감 로봇, 가상현실 속에서 아바타, 감시용 카메라에서의 움직임 추적, 전자상거래 응용을 위한 가상 캐릭터, 등 분야에서 기능적인 얼굴 정보의 처리가 요구되고 있다. 이러한 목적에서 보다 정밀한 얼굴 정보를 활용하기 위하여 머리카락을 포함한 얼굴 영역을 추출하는 방법이 여러 분야에서 활발히 연구되고 있다.

하지만, 기존의 얼굴의 다양한 특징점을 모두 추출하기 위해서는 얼굴크기 변화, 안경 및 장신구의 착용 여부 그리고 조명의 변화에 따라 처리속도는 많이 걸리고, 성능이 크게 저하되는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여, 본 논문에서는 얼굴의 크기변화, 안경 및 장신구의 착용 여부 그리고 조명의 변화에서도 얼굴의 특징점을 잘 찾을 수 있는 방법과 다양한 머리카락의 색, 형태 변화에도 신뢰성 있는 머리카락 추출 방법에 관한 것이다.

본 논문에서는 AdaBoost + MCT (Modified Census Transform) 알고리즘[1]을 이용하여 조명에 강인하게 얼굴영역의 위치와 크기를 검출하고, 기존의 AAM (Active Appearance Model)[2]에 IPCA(Incremental Principal Component Analysis)[3]를 적용시켜, 학습된 AAM 기저(Basis)를 업데이트함으로써 조명, 사용자 등

다양한 변화에 강인한 얼굴 특징점 추출 결과를 얻을 수 있는 방법과 배경모델링과 머리카락모델링에 의한 머리카락영역 추출 방법을 제공하고 있다.

정확한 얼굴인식의 전처리 및 얼굴정규화를 제공함으로써, 조명 및 포즈변화에도 강인한 얼굴인식성능 향상 및 얼굴모델링, 얼굴의 특징점의 형태에 따른 관상서비스를 위한 관상정보추출이 가능하고, 머리카락추출모듈에 의해 실사 머리카락을 합성함으로써 보다 사실적인 얼굴 모델링, 캐릭터 생성을 구현할 수 있는 이점이 있으며, 이러한 기술을 이용하여 실사캐릭터를 생성하여 고객의 이미지의 실사 캐릭터를 실시간으로 자동 생성함으로써, 캐릭터 생성비용 및 생성시간을 효과적으로 줄일 수 있으며, 고객의 캐릭터 이미지를 이용하여 맞춤형 상품을 제작이 가능한 분야로 이 방법을 응용할 수 있다.

2. 시스템 개관

머리카락을 포함한 얼굴 영역 추출 방법은 그림 1에서 보는 바와 같이 얼굴검출, 얼굴영역추출, 머리카락추출과 같이 세단계로 구성되어 있다. 얼굴검출은 들어온 영상에서 AdaBoost + MCT 알고리즘을 이용하여 조명에 강인하게 얼굴영역의 위치와 크기를 검출한다. 이렇게 얻은 얼굴영역에서 AAM에 IPCA를 적용시켜 조명, 사용자 등에 다양한 변화에도 강인한 얼굴영역을 추출한다. 머리카락추출에서는 얼굴검출을 통해 얻은 얼굴영역의 히스토그램을 정규화하여, 확률적 방법으로 머리카락영역을 추출한다. 이렇게 추출된 얼굴영역과 머리카락영역을

정합함으로써 최종 인코자하는 머리카락을 포함한 얼굴 영역을 추출할 수 있다.

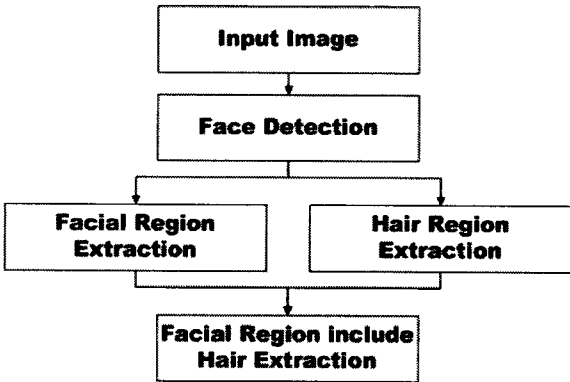


그림 1 Face Region including hair extraction diagram

3. 요소 기술

본 장에서는 시스템 개관에서 소개한 얼굴검출, 얼굴영역추출, 머리카락추출에 사용되는 요소기술에 대해서 설명한다.

3.1 얼굴검출

본 논문에서는 조명에 강인한 얼굴영역검출 방법으로 AdaBoost + MCT 알고리즘[1]을 사용하였다. MCT는 입력영상에서 픽셀 값을 3x3 패치의 511가지 패턴들 중의 하나로 변환하는 것이다. 일반적으로 픽셀 값은 조명변화에 매우 민감하게 변화하지만, 3x3 neighborhood의 패턴을 통해서 변환하면 조명변화에 강인한 3x3 패턴으로 변환된다. 또한 MCT는 얼굴 내부의 눈, 코, 입과 같은 부분에서의 형태를 나타낼 수 있는 일정한 패턴이 있기 때문에 얼굴과 비얼굴(non-face)을 잘 구별할 수 있는 유용한 특징 정보가 될 수 있다. 픽셀 값을 MCT변환을 통해 얻은 3x3패치 패턴으로 변환하는 식은 아래의 수식 같다.

$$MCT(I(x,y)) = \sum_{x'=x-1}^{x+1} \sum_{y'=y-1}^{y+1} 2^{3(x'-x+1)+(y'-y+1)} \times F(m, I(x',y'))$$

여기서 m 은 3x3주변 픽셀의 평균값이며, $F(m, I(x',y'))$ 는 $I(x',y') > m$ 일 때 1 그 반대일 때 0의 값을 가지게 된다. 그림 2(a)는 MCT 변환으로 얻을 수 있는 511가지 패턴들의 일부 예를 보인 것이며, 그림 2(b)는 위의 식을 통해 MCT변환을 다양한 조명 변화에 적용하여 영상으로 표현한 것이 결과이다.

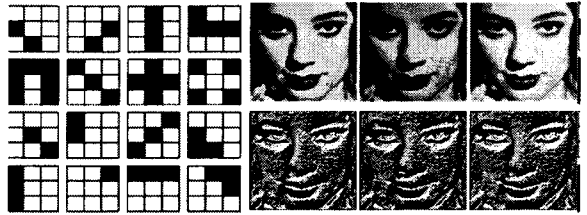


그림 2(a) Example of MCT

그림 2(b) Result of MCT

MCT를 통해 입력영상에서 픽셀 값을 3x3 패치의 511가지 패턴들 중의 하나로 변환한다. 이는 nxn 크기의 학습 이미지에 대하여 상하좌우 외각영역을 제외한 내부 (n-2)x(n-2)크기로 변환될 수 있다. 이때 AdaBoost는 (n-2)x(n-2) 크기의 MCT로 변환된 학습 이미지에서 얼굴과 비얼굴을 가장 잘 구분할 수 있는 위치와 해당 위치에서의 MCT의 패턴들의 가중치들을 weak classifier로 구성하고, 이러한 weak classifier들의 선형 조합으로 strong classifier로 구성하는 역할을 수행한다.

여기에 캐스케이드(cascade)의 여러 단계로 구성을 하고, 최종 캐스케이드 단계를 통과하는 윈도우(window)는 얼굴, 그렇지 않고 최종 캐스케이드 단계 이전에 거절되면 비얼굴로 분류를 하도록 구성을 한다면, 대부분이 배경인 영상에 대해서 초기 단계에서 거절됨으로써 매우 빠른 검출을 수행할 수 있다. 그림 3은 위에서 설명한 얼굴 검출기의 모든 내부 구조를 나타낸 것이다.

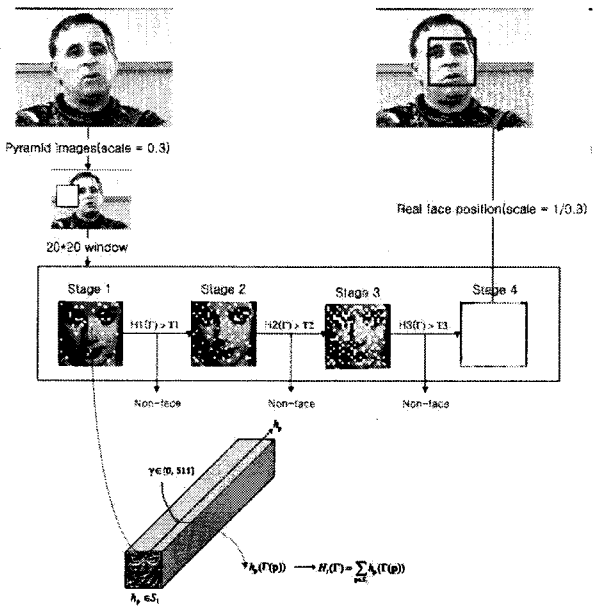


그림 3 Face Detection internal structure using MCT + AdaBoost

3.2 얼굴영역추출

얼굴영역추출은 AAM과 IPCA알고리즘을 이용하여 작동하게 된다. 얼굴검출에 의해 찾아진 얼굴 영역 내에서 AAM알고리즘을 이용하여 얼굴 모델을 피팅(fitting)하여 그 피팅 영역을 추출함으로써 얼굴영역을 추출한다. 여기서 조명, 사용자 등 다양한 환경에서 피팅이 잘되게 하기 위해서 IPCA를 AAM에 적용시켜 AAM의 기저(basis)를 업데이트 한다. 이에 대한 자세한 방법은 3.2.1.과 3.2.1에서 설명한다.

3.2.1 AAM을 이용한 얼굴영역 추출

AAM[2]에서 대상물(본 논문에서는 얼굴)을 형태(Shape)와 텍스처(Texture)로 나누어 모델링하며, 기본적으로 얼굴 학습 데이터를 이용하여 평균 얼굴을 구성하고 외부에서 들어오는 영상 내의 얼굴 영역을 정해주면 그 얼굴에 비슷하게 수렴 할 때까지 평균얼굴의 형태와 텍스처의 파라미터를 변화하도록 설계된다. 이 때 형태와 텍스처 각각은 PCA(Principal Component Analysis)로 모델링 된다. AAM은 대상물의 다양한 변형을 유연하게 표현할 수 있다는 장점이 있으므로, 얼굴 추적, 얼굴 특징점 추출, 표정 인식 등 다양한 분야에 적용되어 사용되고 있다. 하지만, AAM에서 형태와 텍스처 각각의 PCA 모델은 학습에 이용한 얼굴 데이터에 의존하기 때문에 학습에 이용한 데이터와 크게 다른 얼굴 입력 영상이 들어올 경우 기존의 학습된 모델로는 새로운 얼굴 입력 영상을 잘 표현하지 못 하는 경우가 발생하게 된다. 따라서 본 논문에서는 기존의 AAM에 IPCA를 적용시켜, 학습된 AAM 기저(Basis)를 업데이트함으로써 조명, 사용자 등 다양한 변화에 강인한 얼굴영역 추출 결과를 얻을 수 있다[5].

3.2.2 IPCA를 이용한 AAM 기저(basis) 업데이트

얼굴검출모듈에서 찾은 얼굴영역에서 얼굴 모델을 피팅하여 얼굴의 크기와 위치 정보를 얻어낸다. 모델 피팅은 AAM 모델로 구성된 얼굴 영상과 입력 얼굴 영상의 차이를 최소화하는 AAM 파라미터를 획득하는 역할을 한다. AAM 파라미터 획득 과정은 하나의 영상 내에서 정해진 수치 이하로 에러 값이 내려갈 때까지 반복적으로 AAM 파라미터를 변화시키면서 수행된다. 이렇게 구해진 AAM 파라미터로 표현되는 얼굴 영상 영역 내의 텍스처 정보를 피팅이 얼마나 정확하지를 판단하게 된다. 피팅의 정확도를 판단하는 이유는 피팅이 정확하지 않은 영상을 이용하여 AAM 업데이트를 수행할 경우 오히려 기존의 모델이 더 나쁘게 변경될 수 있으므로 현재 입력 영상이 정확하게 피팅되었는가를 판단해야 한다. 피팅의 정확도를 판단하는 방법은 얼굴 영상 내의 텍스처 정보와 AAM 파라미터로 재생한 영상의 텍스처와의 차이 값으로부터 피팅의 정확도를 판단하여, 정확할 경우에는 기저업데이트를 할 것인지를 판단하여, 모들로 넘어가고, 정확하지 않을 경우에는 현재 프레임의 영상에서 기저업데이트를 수행하지 않고 다음 프레임으로 넘어가게 된다. 기저업데이트판단에서는 현재 입력 영상의 AAM 에러를 측정하여 에러가 미리 정해진 수치보다 클 때만 기

저업데이트를 한다. 여기서 에러가 작다는 것은 현재 학습된 기저 값으로 충분히 입력 영상을 표현할 수 있다는 것이므로 업데이트를 수행하지 않고, 에러가 클 때만 기저를 업데이트하는 것이다. 기저업데이트에서는 IPCA를 사용하여 현재 입력 영상을 기존에 학습된 기저에 추가하는 역할을 한다. 기저가 추가될 경우, 학습데이터의 평균, 분산, 기저벡터, Eigen-value가 변하게 된다. 이 때, 기저업데이트는 다음과 같은 단계[4]를 통해 이루어진다.

우선 피팅의 정확도를 판단을 아래의 식을 이용하여 판단한다.

$$\left| \frac{I(x) - I_{re}(x)}{\sigma} \right| > c_1$$

여기서 $I(x)$ 는 입력 영상, $I_{re}(x)$ 는 AAM 파라미터로 재생한 영상, σ 는 픽셀의 분산, c_1 은 피팅의 정확도 판단을 위한 임계치 값이다. 피팅의 정확도가 임계치보다 크면 다음 식을 통해서 기저벡터를 업데이트 한다.

$$b_{n+1} = (Ua_{n+1} + \bar{x}) - x_{n+1}$$

U 는 현재 학습된 기저벡터의 집합이며, a_{n+1} 은 입력 영상을 현재 학습된 공간에 투영했을 때의 파라미터 벡터이다. \bar{x} 는 현재 학습데이터의 평균이며, x_{n+1} 은 현재 입력 영상이다. 이러한 계산을 통해서 나온 결과값인 b_{n+1} 은 입력 영상이 학습된 basis로 표현되지 않는 여분 벡터를 나타낸다. 이렇게 얻은 basis는 다음 식을 통해서 기저벡터의 집합을 업데이트 시킨다.

$$U' = [Ub_{n+1}]R$$

U' 는 입력 영상이 적용된 새로운 기저행렬이며, b_{n+1} 은 여분 벡터 b_{n+1} 의 정규화벡터이다. $R[4]$ 은 회전 행렬이다. 즉, 현재 영상에서 기존 Basis로 표현되지 않는 부분을 새로운 Basis에 추가하여 전체 기저값을 회전한 것이 새로운 기저 벡터의 집합이 되는 것이다. 이러한 단계를 통해 기저벡터를 업데이트한다. 그림 4는 입력영상에서 찾은 얼굴검출영역에 대해서 AAM과 IPCA를 적용하여 얼굴영역을 추출한 결과를 나타낸다.



그림 4 Result of Facial Region Extraction using AAM+IPCA

3.3 머리카락추출

머리카락 추출은 그림 5을 통해서 알 수 있듯이 크게 배경영역제거와 머리카락영역추출, 2단계로 구성되어 있다. 각 단계에서 영상은 칼라이미지 정보 즉, RGB값을 이용하여 입력영상과 최종결과물 역시 모두 RGB이미지로 나타난다. 배경영역제거단계에서는 머리카락영역추출을 위한 전처리 단계로써 주어진 입력영상으로부터 배경영역을 제거하는 기능을 가지며, 이는 입력영상에서 사람의 어깨 위 귀 바깥쪽 이미지영역에서 배경영역에 확실하게 속하는 작은 이미지패치를 얻어내고, 이 패치의 칼라 히스토그램 정보와 확률적 해석 방법을 통해 구현된다. 우선 패치영역의 히스토그램을 정규화하여 각 히스토그램의 발생빈도를 확률로 표시하고, 이와 동일하게 전체 입력영상의 히스토그램을 구한 후 정규화하여 역시 확률 값을 얻는다. 다음 패치영역의 히스토그램의 확률값(H1)을 전체 입력영상의 히스토그램의 확률값(H2)으로 나눈 값을 한 히스토그램의 색상 값이 배경영역에 얼마나 분포하는가에 대한 근사적 확률 값이 된다. 즉, 배경영역이 아닌 얼굴영역에서의 한 지점의 색상은 배경영역에 속하지 않으므로 위의 (H1/H2)값이 매우 적은 값을 가지게 될 것이고 이와 반대로 배경영역의 한 지점의 색상은 (H1/H2)이 비교적 높은 값을 갖게 될 것이다. 그러므로 입력영상의 모든 점에서 각 색상의 (H1/H2)를 이용하여 미리 설정한 임계값보다 낮으면 배경영역이 아니라고 판별한다. 머리카락영역추출단계는 배경영역제거단계를 통해 배경영역이 제거된 영상에서 얼굴의 최상위부 분에서 머리영역으로 확실시 되는 작은 이미지패치를 구하고, 앞의 배경영역제거단계에서 제시한 방법을 이미지패치의 칼라 히스토그램정보에 적용하여 이제 임계점보다 높은 영역만을 머리카락영역만으로 판별함으로써, 다양한 색, 형태의 머리카락에 대해서도 신뢰성있게 머리카락을 추출할 수 있다.

항상 및 얼굴모델링, 얼굴의 특징점의 형태에 따른 여러 가지 서비스를 가능하게 한다. 머리카락추출에 의해 기존에 정규화된 얼굴영역에 가상의 머리카락형상을 합성하는 방법에서 실사 머리카락을 합성함으로써 보다 사실적인 얼굴 모델링, 캐릭터 생성을 구현할 수 있다.

Acknowledgments

본 과제(결과물)는 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금으로 수행한 최우수실험실지원사업의 연구결과입니다. 또한 본 연구는 과학기술부 지정 한국과학재단 생체인식 연구센터(BERC)의 지원으로 수행 되었습니다.

References

- [1] B. Fröba and A. Ernst, "Face Detection with the Modified Census Transform", IEEE Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.91-96, 2004.
- [2] Cootes, T., G., Taylor, C., "Active appearance models. In Ed.s. H.B.N.. ed. ", Proc. of European Conference on Computer Vision, pp. 484-498, 1998.
- [3] M. Artac, M. Jogan and A. Leonardis, "Incremental PCA for On-line Visual Learning and Recognition." International Conference on Pattern Recognition, 2002.
- [4] P. Hall, D. Marshall, and R. Martin, "Incremental Eigenanalysis for Classification", British Machine Vision Conference, Vol. 1, pp. 286-295, 1998.
- [5] Lee, S., Sung, J., Kim, D., "Incremental update of linear appearance models and its application to AAM: Incremental AAM", To be published in Proc. of ICIAR, 2007.



그림 5 Result of Hair Region Extraction

4. 결론

본 논문은 얼굴영상의 특징점을 다양한 환경변화(조명, 포즈 등)에 강인하게 추출하는 방법과 조명변화에 강인하면서도 다양한 머리카락의 색, 형태에 무관하게 신뢰성 있는 머리카락 추출 방법을 제공하는데 있다.

얼굴특징점추출에 의해 조명 및 포즈변화에도 강인한 이목구비를 포함한 텍스 등 다양한 얼굴내부의 특징점을 추출하여 정확한 얼굴인식의 전처리 및 얼굴정규화를 제공함으로써, 조명 및 포즈변화에도 강인한 얼굴인식성능