

아바타 자동생성을 위한 칼라정보와 B-spline Snake를 이용한 얼굴 윤곽선검출

Face contour detection for automatic creating avatar using color information and B-spline snake

우재근, 권민수, 이장희, 강훈

중앙대학교 전기전자공학부 소프트 컴퓨팅 & 3D 시스템 연구실

Jae-Kun Woo, Min-Su Kwon, Jang-hee Lee, Hoon Kang

School of Electric and Electronic Engineering Chung-Ang University

E-mail : flyingace@sirius.sie.cau.ac.kr

요 약

본 논문에서는 웹 카메라로 촬영된 받아진 입력영상에서 사람의 얼굴을 검출하고 검출된 얼굴을 기반으로 사람 얼굴 아바타를 생성하는 방법에 대하여 다루고 있다. 일반적으로 웹 카메라를 통해 얻은 영상은 해상도가 떨어질 뿐만 아니라 끊임없는 조명의 변화와 복잡한 배경이 존재하여 얼굴을 검출함에 있어 어려움을 준다. 따라서 몇몇의 특징 점에 의존하는 방법으로 사람얼굴의 윤곽선을 찾는다는 것은 큰 어려움을 겪게 된다. 본 논문에서는 이런 방법들의 결점을 극복하기 위한 새로운 방법을 제안한다. 먼저 칼라정보를 이용하여 실험을 통하여 통계적으로 표준피부색을 정의하여 얼굴의 대략적인 위치와 크기를 얻은 다음으로 B-spline Snake를 이용하여 사람 얼굴의 윤곽선을 정확히 추출할 수 있다.

1. 서론

기존에 존재하는 아바타 생성 방법은 사용자의 요구를 완벽히 수용하지 못하고 있으며 그중 가장 큰 약점이 사용자의 외형적 특성을 정확히 반영하지 못함으로써 사용자의 아이덴티티를 충분히 반영하지 못하는 것이다.

본 논문의 목적은 이러한 기존의 아바타 생성 방법의 한계를 극복하는데 있다. 본 논문에서는 사용자의 사진을 바탕으로 하여 아바타를 생성함으로써 그 사용자의 아이덴티티를 아바타에 충분히 반영하게 되며, 이렇게 생성된 아바타는 마치 사용자의 캐리커처와 같은 모습을 가지게 된다.

이를 위해 가장 먼저 선행되어야 할 것이 배경과 인물을 분리해 내어야 하며, 이 과정에서 컬러모델 중 HSI 모델을 사용하였다. 기존의 RGB 모델은 빛의 intensity에 민감하게 변화하나 HSI 모델은 빛의 intensity 성분을 분리해 낼 수 있으므로 좀더 빛의 변화에 강인하다고 할 수 있다.

B-spline Snake는 정확한 얼굴의 윤곽선을 찾아내기 위하여 사용되었다. B-spline Snake는 사람의 인식과정과 같이 Prior Knowledge를 적극적으로 이용하는 기법으로서, 물체 윤곽선의 smoothness와 continuity를 보장해준다. 물체의 smoothness 와 continuity를 보장함으로써, 조명이나 그림자에 의해 찾아낸 물체의 이미지가 훼손되는 것을 차단할 수 있는 능력이 있다. 또한 이 방법은 대부분의 수식이 선형대수로 이루어져 있어 컴퓨터에서 그 알고리즘을 구현하기가 매우

본 연구는 산업자원부 차세대 신기술개발사업 (과제번호:00013078)자원으로 수행 되었습니다.

용이하다. 현재 B-spline Snake는 영상 인식 분야에서 활발히 연구가 이루어지고 있는 기법이며 이를 다양하게 변형시킨 기법들도 존재한다.

찾아낸 얼굴 윤곽선을 바탕으로 얼굴 영역을 사진과 분리한 다음, 그림 효과를 내기 위해 얼굴에서 에지를 찾아내었고 깨끗한 에지 이미지를 위해 Modified Laplacian of Gaussian Filter를 사용하였다.

2. 얼굴영역 검출

2.1 RGB model vs. HSI model

일반적으로 컴퓨터에 저장되는 이미지는 RGB 모델로 표현되어진다. 이 모델은 하드웨어로 실현하기가 쉽고 사람의 눈이 빨강, 파랑, 초록색에 민감하게 반응하므로 표현하기가 쉽다. 또한 개념상 용이하기 때문에 이 모델이 주로 사용되지만, 이 모델은 색상을 표현하기가 힘들다는 단점이 있다. 또한 영상 인식에서 가장 큰 단점은 각 성분이 빛의 세기를 포함하고 있으므로 빛의 변화에 의해 각각의 값이 크게 변화하게 된다. 빛의 세기가 각각의 요소에 포함되어 있음을 알 수 있다.

일반적으로 입력된 이미지는 조명이 균일한 상태에서 촬영된 이미지보다는 불규칙적으로 분포하는 경우가 많다. 또한 조명에 의해 대상 물체에 그림자가 생기는 경우도 빈번하게 발생한다. 특정한 환경 내에서 촬영한 이미지를 제외하고는 모든 이미지에서 이와 같은 현상이 발생한다. 이러한 경우에 HSI 모델을 사용하게 되면 그림자의 영향이나 강한 조명의 영향으로부터 어느 정도 자유로울 수 있다.

HSI 모델에서 각 성분은 다음과 같은 의미를 지닌다. Hue는 노란색, 주황색, 빨간색과 같은 색상의 분포를 나타내며, Saturation은 순수한 색상에 하얀 빛이 포함된 정도를 나타낸다. 또한 Intensity는 빛의 강도를 측정하는 정도로 사용된다. Intensity가 하나의 성분으로 간주되어 독립되므로 Intensity를 무시하고 측정한다면 조명의 변화에 강인한 알고리즘을 생성할 수 있다. 다음 그림은 이에 대한 개념을 나타낸다.

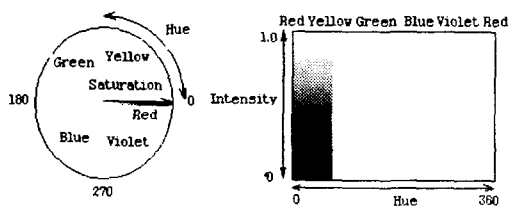


그림 1 Hue, Saturation, Intensity의 관계

다음은 RGB 모델을 HSI 모델로 변환하는 수식이다.

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B > G \end{cases} \quad (2-4)$$

여기서

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{\frac{1}{2} [(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{\frac{1}{2}}} \right) \quad (2-5)$$

Saturation은

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)] \quad (2-6)$$

Intensity는

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B) \quad (2-7)$$

과 같이 구해질 수 있다.

2.2 피부색 정의 및 얼굴영역 검출

웹 캠으로 촬영된 100장의 얼굴 사진으로부터 피부색을 채취하여 HS 평면상에서의 분포를 확인하였다. HS 평면상에 분포하는 피부색 샘플들의 중심점을 표준 피부색으로 정의하고, 표준 피부색을 중심으로 하여 샘플들을 포함하는 원을 피부색 영역으로 정의 하였다. 그림 2-2의 (c)는 H-S 평면상에 분포하는 피부색을 보여주고 있다.



그림 2-2 (a) 원본이미지 (b) 추출된 피부영역 (c) H-S 평면상에서의 표준 피부색 정의

이렇게 정의된 표준피부색을 이용하여 피부색을 추출한다. 작은 크기의 윈도우로 원본이미지 전체를 탐색하면서, 표준피부색이 일정영역이상 존재하면 그곳을 피부라고 결정한다. 이와같은 방법으로 결정된 피부영역은 그림 2-2 (b)와 같다. 이렇게 얻어진 이미지에서 노이즈라고 생각되는 영역을 Connected Component Labelling 기법을 사용하여 제거한다. 이것은 초기 모양 Template을 위치시키기 위한 전처리 과정이 된다.

3. 얼굴윤곽선 검출

3.1 B-Spline Snake

B-spline Snake는 컴퓨터 그래픽에서 곡선을 가장 효율적으로 표현하는 방법으로 알려져 있다. 곡선은 Basic function의 weighted sum으로

구성된다.

$$x(s) = \sum_{n=0}^{N_B-1} x_n B_n(s) \quad (1)$$

$$r(s) = U(s)Q \quad \text{for } 0 \leq s < L \quad (2)$$

where Q : a control vector

$U(s)$: a vector of B-spline basis function

L : a interval length

N_B : the number of control point

3.2 Curve Fitting 알고리즘

B-spline 으로 구성된 초기모양 Template을 앞에서 검출된 피부영역정보를 이용하여 원본이미지상에 위치시킨 결과를 그림3-1을 통하여 볼 수 있다. HS 평면상에서 정의된 표준피부색을 통해 먼저 얼굴의 대략적인 위치와 크기를 얻은 후 초기 얼굴 template의 크기를 scale 하고, 얼굴 template를 찾아낸 얼굴 위에 매치시킨다. 이런 과정을 통하여 초기모양 template을 Setting 한다. 그 후 내적을 이용하여 노말 방향을 구했다. 그림 3-2는 각 control point에서 얻은 normal vector를 그린 이미지를 보여준다.



그림3-1 초기모양 template의 Setting Up

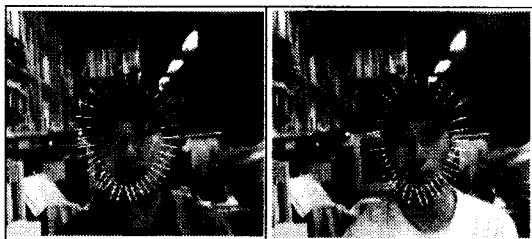


그림3-2. Control Point에서 얻은 normal vector의 방향

그 다음 과정이 Q_f 를 얻는 과정이다. 이 과정에서 각 샘플라인에 대해 다음과 같은 모양의 필터를 사용하였다.

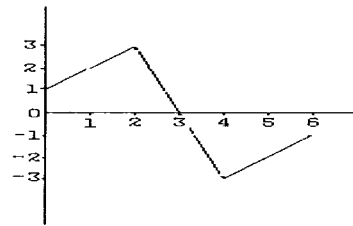


그림3-3. Edge 검출 Filter



그림 3-4. Result Image Obtained Q_f

이 필터를 샘플에 컨벌루션을 취하면 가장 밝은 곳과 어두운 곳의 차가 심한 곳일수록 높은 값이 나타난다. 그중 가장 큰 값에 표시를 하면 그림 3-4의 이미지를 얻을 수 있다

위의 그림에서 확인 할 수 있듯이 많은 수의 점들이 원하는 윤곽선 위에 존재하지만 몇몇 점들은 원치 않는 곳에 존재하게 된다. 이는 수많은 노이즈의 영향 뿐만 아니라 위의 그림처럼 배경이 복잡한 곳에서는 얼굴과 배경이 나뉘는 구간보다 더 밝기 차가 심한 곳이 배경에 존재할 수 있기 때문이다. 그러므로 찾은 점들을 바탕으로 곡선을 보정해 주어야 한다.



그림3-5곡선을 보정하여 얻은 결과이미지

4. Shape Space

shape space를 정의한다면 이는 Q_0 벡터를 shape space 벡터 X 에 의해 Q 로 대응시키는 선형 대응이라고 할 수 있으며, 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$Q = WX + Q_0$$

여기서 W 는 차원이 $N_Q \cdot N_X$ 인 shape 매트릭스

스이다. 일반적으로 많이 사용되는 space에는 W의 정의에 따라 Euclidean similarities space와 Planar affine shape space가 있다. Planar affine shape space는 N_Q 가 6이며 따라서 6개의 자유도를 갖는다. Euclidean similarities space에 비해 2개의 자유도를 더 가지므로 좀더 다양한 변형이 가능하다. Euclidean similarities space와 마찬가지로 곡선의 centroid를 원점으로 대응시켜야 한다. Planar affine shape space의 W매트릭스는 다음과 같이 정의된다.

$$W = \begin{pmatrix} 1 & 0 & Q^x_0 & 0 & 0 & Q^y_0 \\ 0 & 1 & 0 & Q^y_0 & Q^x_0 & 0 \end{pmatrix}$$

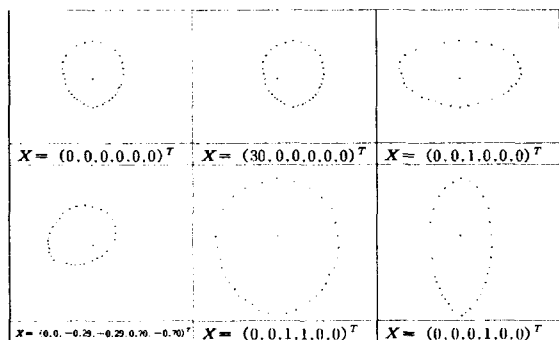


그림 4-1 Planar affine shape space 변환 예

5. 에지검출 (Edge Detection)

일반적으로 화가들의 캐리커처를 살펴보면 얼굴의 윤곽이나 각 요소들의 경계면에 진한 색을 넣어 각 요소를 강조하는 경향이 있다. 따라서 캐리커처를 그리기 위해서는 이러한 에지만을 가지고 있는 이미지가 필요하다. Edge를 검출하는 필터에 대표적인 것으로는 Sobel 필터, Prewitt 필터, Robert 필터, Canny 필터 등이 있다. 이러한 필터들은 속도의 효율성을 위하여 크기가 3*3인 필터를 사용하는데, 이렇게 얻어진 에지 이미지는 일반적으로 거친 영상이 얻어진다. 반면에 Laplacian of Gaussian 필터는 그 크기를 자유롭게 증가시킬 수 있으며, 임의로 값을 변경시킬 수 있다는 장점이 있다. 실제로 컴퓨터에서 연산 시에는 위의 수식이 사용되지는 않으며 간단히 구현할 수 있는 마스크가 이용된다. 마스크와 이미지를 컨볼루션 한다면 원하는 에지 영상을 쉽게 얻을 수 있다. 다음은 5*5의 크기를 갖는 Laplacian of Gaussian 마스크이다.

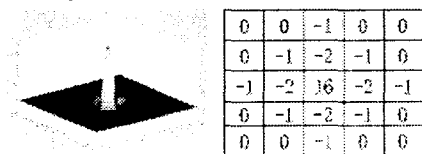


그림 5-1 Laplacian of Gaussian 마스크

6. 최종결과

위와 같은 방법으로 구해진 피부 영역과 에지 이미지를 합하여 최종 이미지를 만든다. 결과적으로 최종 이미지는 다음과 같은 과정을 통하여 만들어 지게 된다.

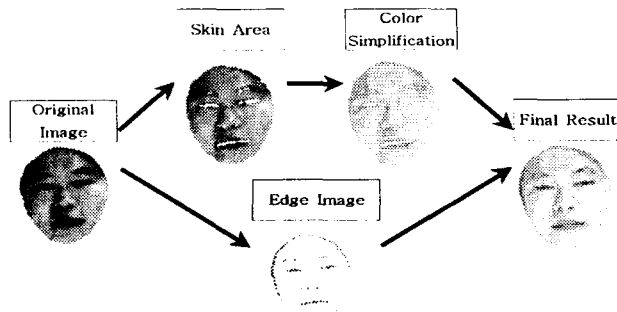


그림 6. 아바타 생성 전체 과정 및 최종결과

7. 결론 및 향후과제

기존에 존재하는 얼굴 component의 template을 이용하는 와 같은 방법으로 사용자의 외형적인 특징을 잘 표현할 수 없다. 이런 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 새로운 방법을 제안했다. 첫 번째는 칼라정보를 이용하여 대략적으로 사람의 얼굴영역을 찾았다. 두 번째는 B-spline Snake를 이용하여 사람얼굴의 윤곽선을 정확히 찾을 수 있었다. 칼라정보에 의해서 대략적으로 사람의 얼굴을 찾아내는 것은 조명의 변화에 의해서 많은 영향을 받는다. 하지만 이런 문제를 해결하기 위해서 RGB 색상모델이 아닌 HSI 색상모델로 변환함으로써 조명의 변화에 절대적이지는 않지만 조금이나마 자유로울 수 있었다. 또한, 단순한 칼라 정보만으로는 얼굴윤곽선을 추출할 수 없다는 문제점이 있었는데 이것은 B-spline Snake를 이용한 curve fitting algorithm을 이용함으로써 정확한 얼굴선 추출이 가능할 수 있었다.

8. 참고문헌

- [1] Andrew Blake, Michalel Isard, *Active Contours*, Springer, 2000
- [2] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, second edition, Prentice Hall, 2002
- [3] Ramesh Jain, Rangachar Kasturi, Brian G. Schunck, *Machine Vision*, McGraw-Hill, 1995
- [4] Harry Wechsler, P.Jonathon Phillips, *Face Recognition From theory to Applications*, Springer, 1998
- [5] James D. Foley, Andries van Dam, Steven K. Feiner, John F. Hughes, *Computer Graphics Principles and Practice*, Addison-Wesley, 1997
- [6] William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Brian P. Flannery, *Numerical Recipes in C*, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2002