

논문 2006-43CI-3-8

# 비선형 피부색 변화 모델을 이용한 실감적인 표정 합성

## (Synthesis of Realistic Facial Expression using a Nonlinear Model for Skin Color Change)

이 정 호\*, 박 현\*, 문 영 식\*\*

(Jeong Ho Lee, Hyun Park, and Young Shik Moon)

## 요 약

얼굴의 표정은 얼굴의 구성요소같은 기하학적 정보와 조명이나 주름 같은 세부적인 정보들로 표현된다. 얼굴 표정은 기하학적 변형만으로는 실감적인 표정을 생성하기 힘들기 때문에 기하학적 변형과 더불어 텍스처 같은 세부적인 정보도 함께 변형해야만 실감적인 표현을 할 수 있다. 표정비율이미지(Expression Ratio Image)같은 얼굴 텍스처의 세부적인 정보를 변형하기 위한 기존 방법들은 조명에 따른 피부색의 변화를 정확히 표현할 수 없는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 서로 다른 조명 조건에서도 실감적인 표정 텍스처 정보를 적용할 수 있는 비선형 피부색 모델 기반의 표정 합성 방법을 제안한다. 제안된 방법은 동적 외양 모델을 이용한 자동적인 얼굴 특징 추출과 외평을 통한 표정 변형 단계, 비선형 피부색 변화 모델을 이용한 표정 생성 단계, 유클리드 거리 변환(Euclidean Distance Transform)에 의해 계산된 혼합 비율을 사용한 원본 얼굴 영상과 생성된 표정의 합성 등 총 3 단계로 구성된다. 실험결과는 제안된 방법이 다양한 조명조건에서도 자연스럽고 실감적인 표정을 표현한다는 것을 보인다.

## Abstract

Facial expressions exhibit not only facial feature motions, but also subtle changes in illumination and appearance. Since it is difficult to generate realistic facial expressions by using only geometric deformations, detailed features such as textures should also be deformed to achieve more realistic expression. The existing methods such as the expression ratio image have drawbacks, in that detailed changes of complexion by lighting can not be generated properly. In this paper, we propose a nonlinear model for skin color change and a model-based synthesis method for facial expression that can apply realistic expression details under different lighting conditions. The proposed method is composed of the following three steps; automatic extraction of facial features using active appearance model and geometric deformation of expression using warping, generation of facial expression using a model for nonlinear skin color change, and synthesis of original face with generated expression using a blending ratio that is computed by the Euclidean distance transform. Experimental results show that the proposed method generate realistic facial expressions under various lighting conditions.

**Keywords:** Facial Expression, Nonlinear Skin Color Change Model

## I. 서 론

최근 인터넷 보급이 확산되고 사용자들의 다양한 욕구를 충족시킬 수 있는 수많은 멀티미디어 콘텐츠들이

생겨나면서 정보를 교환하고, 상대방에게 자신을 알리기 위한 수단으로 영상이 많이 이용되고 있다. 디지털 카메라, PC 카메라, 카메라 폰과 같은 영상 획득 기구들이 점차 소형화 되고 저렴해 지면서 개인이 손쉽게 영상을 획득할 수 있게 되었다. 이렇게 획득한 영상을 이용하여 자신을 표현하려는 사람들의 욕구가 증대되면서 이와 관련된 다양한 기술들이 개발되고 있다.

자신의 사진을 좀 더 개성 있는 모습으로 연출하기 위해서 영상 필터 및 꾸미기 효과들은 많이 이용되고

\* 학생회원, \*\* 평생회원, 한양대학교 컴퓨터공학과  
(Dept. of Computer Science and Engineering,  
Hanyang University)

※ 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2006-000-10876-0) 지원으로 수행되었음.

접수일자: 2006년1월19일, 수정완료일: 2006년5월8일

있지만 자신의 감정을 나타낼 수 있는 표정 변형은 변형 후의 부자연스러운 모습 때문에 널리 사용되지는 않고 있다. 따라서 자신이 원하는 표정으로 손쉽게 변형이 가능하며 변형 후에 자연스러운 표정이 생성될 수 있는 방법의 개발이 필요하다.

얼굴의 변화는 얼굴의 구성요소와 같은 기하학적 정보와 조명이나 주름 같은 세부적인 정보들로 표현된다. 원하는 표정을 생성하기 위해서는 이런 정보들을 적절하게 변형을 해야 한다. 얼굴 표정을 생성하는 방법을 크게 두 가지로 나눠 보면 얼굴 변형에 기반한 방법과 텍스처 변형에 기반한 방법이 있다. 얼굴 변형(Deformation)에 기반한 방법은 이미지의 형태를 변형함으로써 표정을 생성하는 것을 말하며 초기 얼굴 표정 생성 방법<sup>[1]</sup>으로 많이 사용이 되었다. 얼굴의 피부와 근육을 이용한 표정 생성 방법이 대두되면서 근육 모델을 정의하여 사용하는 해부학에 기반한 변형 방법<sup>[2]</sup>과 물리법칙에 기반한 변형 방법들<sup>[3]</sup>로 발전되었다. 이러한 방법들은 얼굴 구성요소들의 변형은 정확하게 할 수 있지만 계산량이 많고 모델을 정의하기 어려운 단점이 있다. 비 물리법칙에 기반한 방법으로는 모핑을 이용한 방법<sup>[4][5]</sup>을 들 수 있는데 이 방법은 부드러운 얼굴 변형이 가능하지만 전역적 변형 특성만을 이용하기 때문에 얼굴 구성요소들 간의 왜곡이 발생하는 면도 있다. 얼굴 변형에 기반한 방법들은 일반적으로 얼굴 텍스처 등을 고려하지 않기 때문에 조명의 변화와 주름과 같은 세부적인 정보를 표현하기 힘들다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 얼굴의 세부 정보들도 같이 표현할 수 있는 텍스처 변형에 기반한 방법들이 연구되었다. 텍스처를 변형하는 방법에는 색상의 차이나 비율을 이용하는 방법들이 있는데 Debevec<sup>[6]</sup>은 두 영상의 색상 차이를 이용한 영상 합성 방법을 제안하였다. 이 방법은 합성을 할 때 반사 비율을 계산하여 적용함으로써 두 영상이 자연스럽게 합성되도록 하였다. Marschner<sup>[7]</sup>는 두 가지 조명 조건에서의 색상 비율을 이용하여 영상을 합성하였다. Riklin Raviv와 Shashua<sup>[8]</sup>는 Marchner의 합성 방법을 이용하여 조명 조건이 다른 두 얼굴 영상이 유사한 조명을 갖도록 quotient image를 이용하였다. Liu<sup>[9]</sup>는 표정 변화에 따른 영상 강도(Intensity)의 비율인 표정 비율 이미지(Expression Ratio Image)를 이용하여 입력 영상에 표정을 생성하였다. 색상의 차이나 비율을 이용하여 텍스처 변형시키는 방법들은 세부 정보들의 수정이 가능하기 때문에 얼굴 변형 후 적용하면 더욱 사실적인 표정

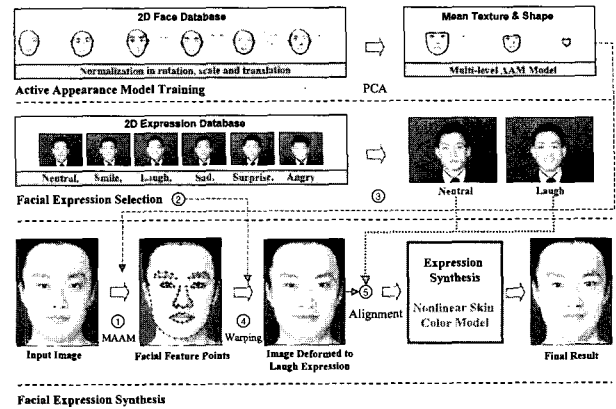


그림 1. 제안된 표정 합성 시스템 구성

Fig. 1. Framework of the proposed facial expression synthesis system.

을 생성할 수 있다.

하지만 기존 텍스처 변형에 기반한 방법들은 얼굴의 굴곡과 조명 조건을 고려하지 않고 색상 및 강도의 변화량을 선형적으로 적용하기 때문에 적용 결과와 실제 값이 다르다는 단점이 있다. 본 논문에서는 이런 단점을 개선하기 위해 표정 변화에 따른 피부색 변화를 비선형 피부색 변화 모델을 이용하여 계산함으로써 좀 더 입체감 있고 실감적인 2D 얼굴 표정 합성 방법을 제안한다.

제안된 방법은 동적 외양 모델을 이용한 자동적인 얼굴 특징 추출과 와핑을 통한 표정 변형 단계, 비선형 피부색 변화 모델을 이용한 표정 생성 단계, 유클리드 거리 변환(Euclidean Distance Transform : EDT)에 의해 계산된 혼합 비율을 사용한 원본 얼굴 영상과 생성된 표정의 합성 등 총 3 단계로 구성되며 전체 표정 합성 시스템의 구성은 그림 1과 같다.

## II. 자동적인 얼굴 특징 추출 및 변형

표정 변형을 위한 얼굴의 특징점들을 수작업으로 지정하는 것은 정확성 측면에서 그리 쉬운 일이 아니다. 따라서 본 논문에서는 학습된 얼굴 구조 정보를 이용하여 얼굴 변형 템플릿(Deformation Template)의 반자동 매칭(Semi-automatic matching) 과정을 제공함으로써 변형과 합성을 위한 대응점(Correspondence Point)들의 오차를 최소화시킨다.

### 1. 동적 외양 모델을 이용한 얼굴 특징 추출

동적 외양 모델(Active Appearance Model:AAM)<sup>[10]</sup>을 위한 학습 영상들의 얼굴 구조는 그림 2와 같이 총

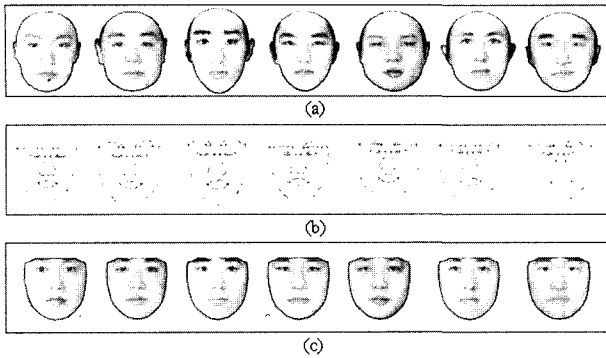


그림 2. 학습 얼굴 데이터들과 형태 모형들 (a) 학습 얼굴들, (b) 얼굴 형태 모형들, (c) 평균 얼굴 형태로 정렬된 학습 얼굴 데이터

Fig. 2. Training faces and shape models (a) Training faces, (b) facial shape models, (c) Training face data aligned in mean facial shape.

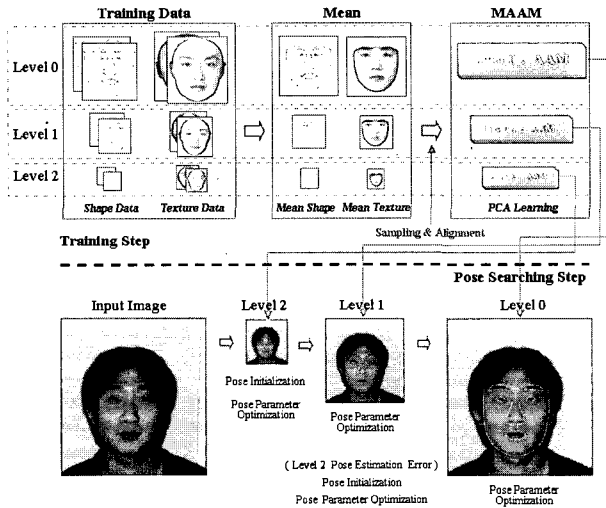


그림 3. MAAM을 이용한 자동적인 얼굴 특징 추출  
Fig. 3. Automatic face features extraction using MAAM.

94개의 얼굴 특징점들로 표시하여 각각의 얼굴 형태 모형을 구성한다. 평균 얼굴 형태로 정렬된 칼라 얼굴 텍스처들과 각각의 얼굴 형태 모형들을 이용하여 Jacobian Learning Scheme로써 AAM을 학습한다.

자동적인 얼굴 특징 추출은 그림 3과 같이 알고리즘의 효율과 검색과정에서의 반복 횟수를 줄이기 위해 낮은 해상도의 이미지에서부터 고해상도 이미지로 AAM 매칭을 수행함으로써 얼굴 구조 특징점들을 찾는다. 그림 3에서 영상 축소는 Level 0를 원본 영상크기로 하여 50%씩 축소된다.

2. 추출된 제어점을 이용한 얼굴 변형

본 논문에서는 H. Park 과 Y. S. Moon<sup>[11]</sup>에 의해 제안된 기하학적 변형 모델을 이용하여 얼굴 표정을 변형

한다. 얼굴 표정 변형을 위해 MAAM 을 이용하여 찾아진 94개의 얼굴 특징점에 11 개의 이마 부분 특징점들을 얼굴 영역에 비례적으로 추가하여 총 105개의 특징점을 이용한다. 변형 모델은 자유형태 변형(Free-Form Deformation : FFD)을 기반으로 격자(Lattice Cell)들의 변형 정도를 Inverse Multiquadric Radial Basis Function (RBF) 을 이용하여 계산한 후 Two Mesh Spline Warping에 의해 얼굴 표정을 기하학적으로 변형한다. 표정 변형의 정확성을 위해 변형 오차는 기준곡선 점점들의 목표 위치와 실제 변형된 위치 사이의 오차제곱합(Sum of Squared Error)을 오차 함수로 이용하여 특이값 분해(Singular Value Decomposition : SVD)에 의해 반복적으로 RBF 매핑 함수의 계수들을 계산하여 변형 오차를 보정한다.

III. 비선형 피부색 변화 모델을 이용한 표정 생성

1. 표정 비율 이미지(ERI)의 문제점

기존 텍스처 변형에 기반한 표정 생성 방법 중 대표적인 방법인 표정 비율 이미지를 이용하는 방법<sup>[9]</sup>은 표정 생성에 따른 영상 강도의 비율을 이용한 방법이다. 조명 모델을 램버시안(Lambertian) 모델로 가정할 때, 얼굴 표면의 한 점p에서의 표정변형전후 밝기 값 비율은 식 (1)과 같이 계산된다.

$$\mathfrak{R} \equiv \frac{I'}{I} = \frac{\sum_{i=1}^m I_i n' \cdot l'_i}{\sum_{i=1}^m I_i n \cdot l_i} \tag{1}$$

R을 표정비율이미지(Expression Ratio Image, ERI)라 하며, 사람의 얼굴은 대략적으로 동일한 기하학적 구조를 갖기 때문에 ERI에 대한 두 사람의 상관관계는 식 (2)와 같이 근사화 될 수 있다.

$$\frac{I'_a}{I_a} \approx \frac{I'_b}{I_b} \tag{2}$$

동일한 포즈를 가진 두 명의 무표정한 얼굴이미지를 A, B라 하고 표정이 있는 이미지를 A', B'라 할 때 식 (3)과 같이 정리할 수 있으며 이를 이용하여 새로운 표정 B'를 구할 수 있다.

$$B'(x,y) = B(x,y) \frac{A'(x,y)}{A(x,y)} = B(x,y) \mathfrak{R} \tag{3}$$

하지만 조명 조건이 다를 경우, 식 (2)가 성립하지 않

기 때문에 이론적으로 비례식이 성립하지 않으며 적용을 하더라도 조명 조건을 고려하지 않고  $R$ 을 비례 상수로 하는 선형적 변화를 통해 결과를 얻기 때문에 부자연스러운 표정이 생성된다. 따라서 조명 변화에 강건하고 얼굴의 표면 구조가 곡면의 형태라는 것을 감안한 새로운 피부색 변화 모델의 정의가 필요하다.

2. 비선형 피부색 변화 모델

램버시안(Lambertian) 모델에서 광원이 한 개라고 가정하면, 식 (1)은 식 (4)와 같이 정리할 수 있다.

$$R \equiv \frac{I'}{I} = \frac{\rho I n' \cdot l'}{\rho I n \cdot l} \tag{4}$$

$$= \frac{|n' ||l'| \cos \theta'}{|n ||l| \cos \theta} = \frac{\cos \theta'}{\cos \theta}$$

식 (4)를 통해 표정 생성에 따른 피부 표면의 강도 변화는 조명 방향과 피부 표면의 법선 벡터가 이루는 각도  $\theta$ 의 변화에 의해 결정된다는 것을 확인할 수 있다. 그러므로 영상 강도의 변화량을 사용하는 것보다 피부 표면의 법선벡터가 변화한 각도를 이용하는 것이 표정 생성에 따라 발생하는 주름을 입체감 있게 표현할 수 있다. 하지만 현존하는 색상 모델들은 조명 요소와 색상 요소가 서로 독립적이지 않기 때문에 영상의 강도 변화가 색상 요소에 영향을 주어 입력 영상의 조명 조건에 맞지 않은 결과를 생성할 수 있다. 또한 얼굴에 영향을 주는 광원의 수와 광원과 표면 법선 벡터가 이루는 각도를 정확하게 예측하기 어렵다. 따라서 실감적인 표정을 생성하기 위해서는 영상 강도의 변화가 아닌  $\theta$ 의 변화에 따른 피부색 변화를 이용해야 한다.

얼굴의 형태는 동일한 곡률을 가지지는 않지만 전체적으로 평면이 아닌 곡면의 형태를 가지기 때문에 조명 방향에 따른 피부색의 변화는 그림 4(a)에서 보는 바와 같이 선형적으로 이루어지지 않고 조명 방향과 피부의 표면 법선 벡터가 이루는 각도에 따라 코사인 함수의 형태로 변화한다. 이러한 특징을 이용하여 그림 4(b)와 같이 비선형 피부색 변화 모델을 정의할 수 있다.

비선형 피부색 변화 모델을 이용하여 표정 데이터의 RGB색상에 대한 각도 변화를 추정한다. 각도는 식 (5)와 같이 계산되며 표정 데이터의 각도 변화를 표정 생성을 위해 기하학적으로 변형한 입력 영상에 적용하여 표정을 생성한다.

기존 선형 변화 방법은 동일한 위치에 대해 같은 변화량이 적용 되었으나, 제안한 비선형 피부색 변화 모

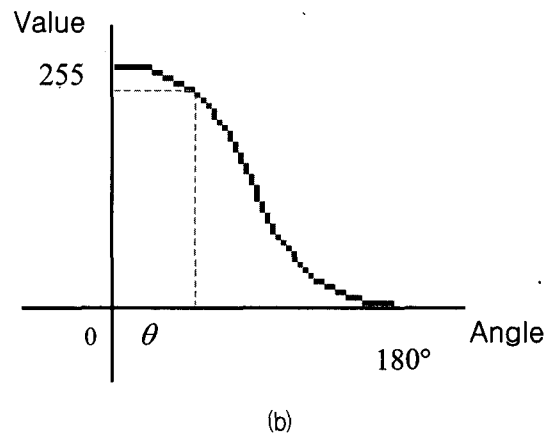
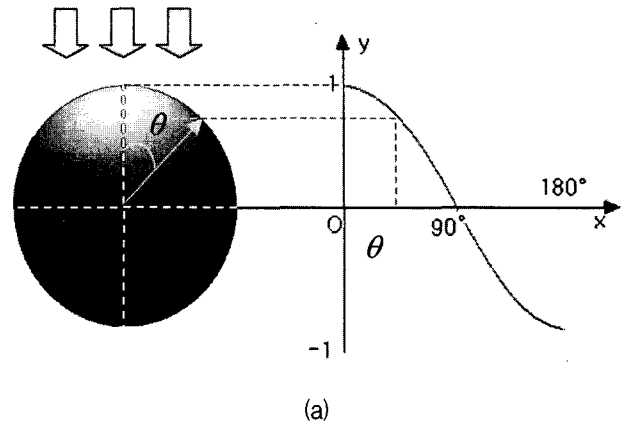


그림 4. 비선형 피부색 변화 모델 (a) 조명에 따른 피부색 변화, (b) 비선형 피부색 변화 모델

Fig. 4. Nonlinear Skin Color Change Model (a) Skin color change by lighting, (b) Nonlinear Skin Color Change Model.

델은 동일한 각도 변화에도 다른 변화량이 적용된다. 그리고 실제 피부색 변화를 더욱 더 정확히 예측하기 위해서 밝기 값의 변화를 통해 색상 값을 예측하던 기존 방법과는 달리 RGB색상의 변화를 직접 추정한다.

$$\Theta = \arccos((value/255) \times 2 - 1) \times \pi / 180^\circ \tag{5}$$

value : R, G, B의 색상값

3. 얼굴 표정 생성 알고리즘

비선형 피부색 변화 모델을 이용한 얼굴 표정 생성 알고리즘은 다음과 같다.

얼굴이미지 A, A', B가 주어졌을 때,

- 단계 1. A, A', B의 얼굴 구성요소를 동적외양모델 (Active Appearance Model, AAM)을 이용하여 찾는다.

단계 2. B를 A'의 표정으로 와핑을 사용하여 변형한다.

단계 3. 생성된  $B_{warp}$ 에 A와 A'를 정렬하여  $A_{align}$ 과  $A'_{align}$ 을 생성한다.

단계 4. 비선형 피부색 변화 모델을 이용하여  $A_{align}$ 과  $A'_{align}$ 의 각도차를 RGB 성분에 대해 각각 구한다.

단계 5. 단계 4에서 구해진 각도차를  $B_{warp}$ 에 적용하여 최종 변형된 B의 표정을 생성한다.

이때, 단계 5에서 각도차를 적용하는 방법은 식 (6)과 같다. RGB 색상에 대해 각각 구할 경우 R 색상에 대해 예를 들어보면 A와 A'의 각도차를  $B_{warp}$ 에 적용하여 B의  $\theta$ 를 구한다.

$$\Theta_B = \Theta_{B_{warp}} - (\Theta_A - \Theta_{A'}) \quad (6)$$

B의  $\theta$ 가 구해지면 식 (7)을 이용하여 B의 R 색상을 구한다. 이와 같은 과정을 RGB 색상에 대해 각각 수행하고 구해진  $R_B, G_B, B_B$ 를 이용하여 표정을 생성한다.

$$R_B = \cos(\Theta_B \times 180^\circ / \pi) + 1 \times 255 / 2 \quad (7)$$

이 과정에서 생성된 표정의 변형 오차에 따른 잡음을 줄이기 위해 단계 1을 거쳐서 찾아진 얼굴의 구성 요소에 대한 마스크를 생성하여 마스크 영역 내에서만 표정 생성 작업이 일어나도록 처리한다. 그리고 효과적인 합성 방법을 통하여 생성된 표정 마스크와 원 영상과의 합성을 부드럽게 처리함으로써 좀더 자연스럽게 실감적인 결과를 보인다.

#### IV. 합성 비율을 계산한 표정 합성

최종 표정 합성 결과는 표정 생성 단계를 거쳐 생성된 표정 마스크와 원 영상의 합성을 통하여 얻을 수 있다. 이때 합성 되는 영역의 색상 불일치로 인하여 부자연스러운 합성 결과가 나타나거나 영역 간에 경계가 생길 수 있다. 따라서 후처리로 표정 마스크와 원 영상이 좀더 부드럽게 합성될 수 있도록 혼합될 마스크 영역과 가장 가까운 배경까지의 거리를 구하는 유클리드 거리 변환(EDT)<sup>[12]</sup>을 이용하여 혼합비율을 계산한 후 적용한다.

#### 1. 유클리드 거리 변환을 이용한 혼합비율 (Blending Ratio)의 계산

혼합될 마스크 영역(Mask Region)을 계산한 후 내부 마스크 영역에서 가장 가까운 배경까지의 거리를 구하는 유클리드 거리 변환(EDT)을 이용하여 혼합 비율을 계산한다.

생성된 표정 마스크와 원본 얼굴은 혼합 비율을 사용하여 합성함으로써 최종 합성 결과를 만든다. 혼합 비율은 식 (8)과 같이 EDT를 사용하여 계산한다.

$$D_{Euclid} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (8)$$

$$B_{ratio} = Scaling\ Factor * D_{Euclid}$$

$$I_{result} = (255 - B_{ratio}) * I_{original} + B_{ratio} * M_{expression}$$

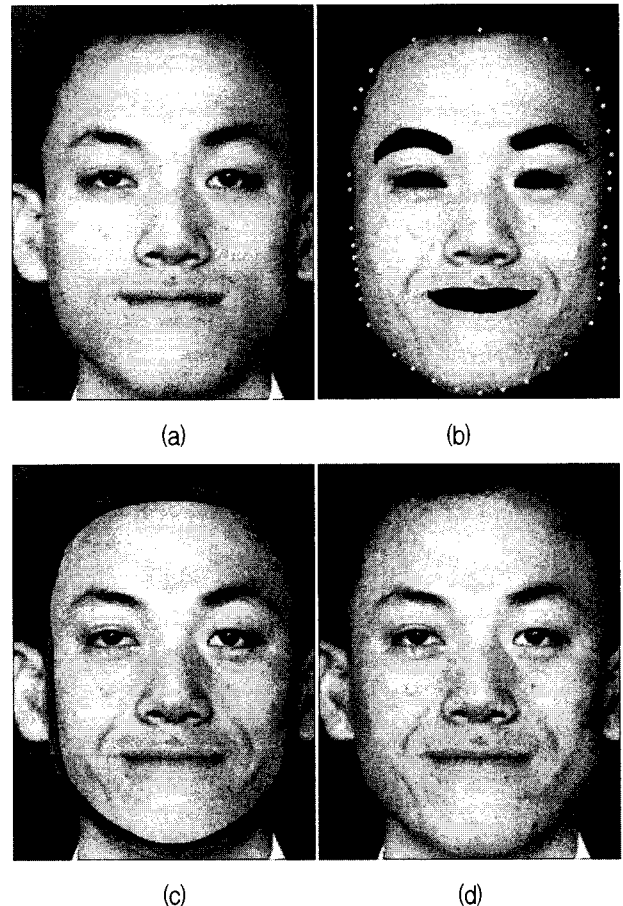


그림 5. 표정 합성 과정 (a) 기하학적 웃음 변형, (b) 생성된 표정 마스크, (c) 혼합 비율에 따른 합성 과정, (d) 합성 결과

Fig. 5. Process of synthesizing expression. (a) Result from geometric warping, (b) Generated mask of expression, (c) Process of synthesis using blending ratio, (d) Result of synthesis.

$D_{Euclid}$ : 가장 가까운 배경까지의 거리,

$B_{ratio}$ : 마스크영역에 대한 혼합비율,

$I_{result}$ : 결과영상,  $I_{original}$ : 원본영상,

$M_{expression}$ : 생성된 표정 마스크,

*Scaling Factor*: 혼합비율이 [0, 255] 값을 갖도록 하는 비율값

그림 5는 EDT를 이용하여 계산된 혼합 비율을 이용하여 생성된 표정 마스크와 웃는 표정으로 기하학적 변형을 한 영상을 합성하는 과정이다. (c)에서처럼 표정 마스크 주변에 나타나는 테두리의 색상 변화는 두 영상의 혼합 비율을 나타내며 테두리 영역에서만 혼합이 이루어진다. (d)는 혼합 과정을 거친 결과이다.

EDT를 이용하여 적용하게 되면 컬러 얼굴 텍스처에 왜곡을 최소화 하고 좀 더 부드러운 합성 결과를 얻을 수 있다.

## V. 실험결과

실험에 사용된 데이터는 298×390 크기로 정규화 된 이미지를 사용하였으며 변형하고자 하는 이미지는 무표정한 상태로 다양한 조명조건에서 촬영한 것을 사용하였다. 표정생성을 위한 데이터로는 다양한 표정을 생성하기 위하여 무표정, 미소, 웃음, 슬픔, 놀람, 화남의 6가지 표정으로 구성하였다. 표정데이터는 전면에서 고르게 빛을 받은 상태에서 촬영하였으며 데이터들 간의 조명조건은 같다.

그림 6에서 (a)와 (b)는 표정데이터 중에서 무표정한 이미지와 웃는 표정 이미지이다. 대상이미지인 (c)를 웃는 표정 (d)로 왜핑을 이용하여 변형을 하게 되고 (a)와 (b)를 (d)로 정렬한 후 비선형 피부색 변화 모델을 이용하여 각도차를 구하여 (d)에 적용을 한다.

그림 7은 그림 6의 영상들을 이용하여 표정을 합성한 결과이다. 기존 방법의 결과는 조명 조건이 동일한 데이터를 사용하였음에도 불구하고 비율이미지를 사용하기 때문에 피부색의 차이 같은 작은 변화에도 밝기 값의 변화가 심하여 부자연스러운 결과를 나타낸다. 반면에 제안한 방법의 결과는 대상이미지의 조명조건에 맞게 부드럽고 자연스러운 표정이 생성된 것을 확인할 수 있다.

그림 8은 암실에서 오른쪽 45도 방향에서만 빛을 주어 촬영한 대상이미지와 웃는 표정으로 변형한 결

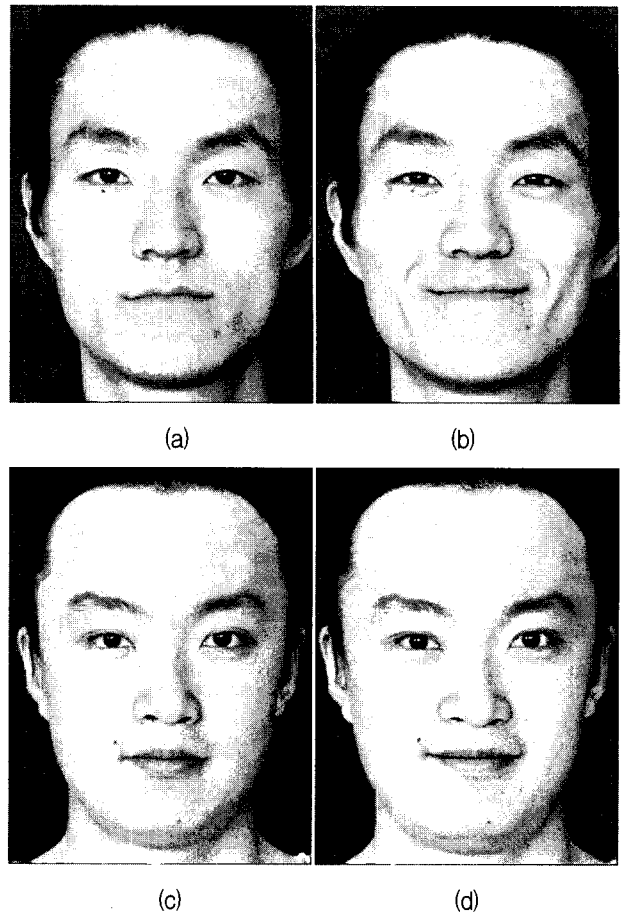


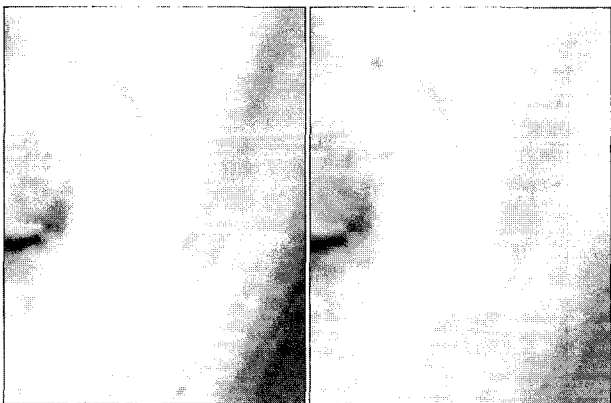
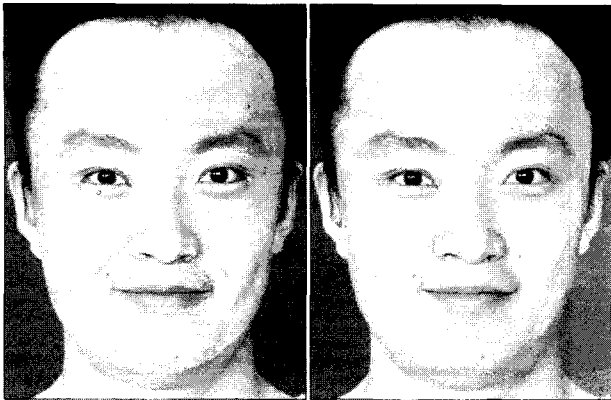
그림 6. 같은 조명조건의 실험데이터 (a) 표정데이터 : 무표정 (b) 표정데이터 : 웃음 (c) 대상이미지 : 무표정 (d) 대상이미지 : 기하학적 웃음변형

Fig. 6. Experiment data of same lighting condition. (a) Expression data : Neutral face, (b) Expression data : Smile face, (c) Target Image : Neutral face, (d) Target Image : Result from geometric warping.

과이다.

그림 9는 표정데이터와 대상이미지간의 조명조건이 다른 경우의 실험 결과이다. 표정데이터는 그림 6의 (a), (b)를 사용하였고 기존 방법의 결과는 어색하고 노이즈가 많은 표정이 생성되었다. 제안한 방법의 결과는 빛을 많이 받는 부분의 주름은 약하게 표현되고, 그림자가 생겨 어두운 부분에서도 조명 조건에 맞게 주름이 잘 생성된다.

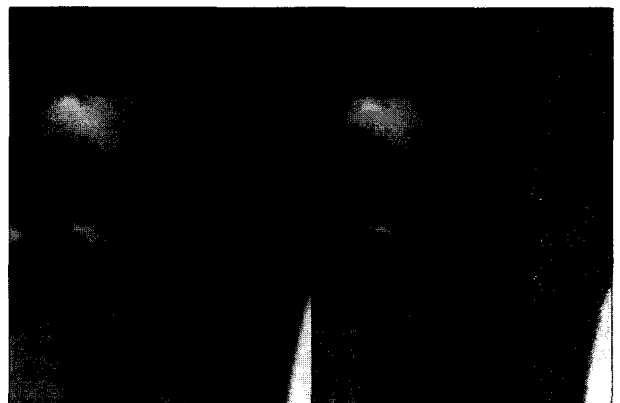
그림 10은 정렬 오차에 대한 실험 결과이다. 표정 생성 단계에서 표정 데이터를 변형된 입력 영상으로 정렬할 때 오차가 발생할 경우 기존 방법은 영상 강도의 비율 계산 과정에서 오차가 발생하게 된다. 이렇게 오차가 있는 비율을 적용하여 표정을 생성하게 되면 (a)와 같이 결과 영상에서 오차만큼의 잡음이 발생하게 된다.



(a) (b)

그림 7. 동일한 조명 조건에서의 웃는 표정 합성 결과 (a) 기존 방법 (b) 제안한 방법

Fig. 7. Synthesis of smile expression with same lighting condition. (a) existing method, (b) proposed method,



(a) (b)

그림 9. 다른 조명 조건에서의 웃는 표정 합성 결과 (a) 기존 방법 (b) 제안한 방법

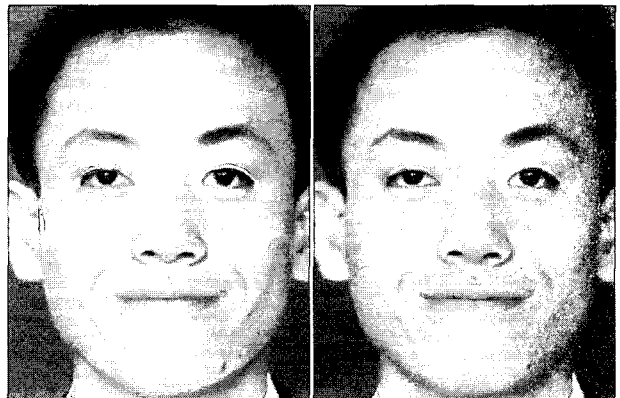
Fig. 9. Synthesis of smile expression with different lighting condition. (a) existing method, (b) proposed method.



(a) (b)

그림 8. 다른 조명 조건의 입력 영상 (a) 대상이미지 : 무표정 (b) 웃는 표정으로 변형한 결과

Fig. 8. Experiment data of different lighting condition. (a) Target Image : Neutral face, (b) Target Image : Result from geometric warping.



(a) (b)

그림 10. 정렬 오차에 대한 실험 결과 (a) 기존 방법 (b) 제안한 방법

Fig. 10. Experimental result of misalignment. (a) existing method, (b) proposed method.

그러나 제안한 방법의 실험 결과에서는 (b)와 같이 오차가 발생한 부분에서도 기존 방법 보다는 부드러운 합

성 결과를 보인다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 비선형 피부색 변화 모델을 이용한 얼굴 표정 합성 방법을 제안하였다. 기하학적 구조의 변형 뿐 아니라 피부색에도 변화를 줌으로써 텍스처의 세부적인 변화를 표현할 수 있었다. 이 과정에서 단순한 비율을 이용한 선형 변화가 아닌 비선형 변화 모델을 이용하여 더욱 실감적인 표정을 생성하였고 EDT를 이용한 합성 비율의 계산을 통하여 생성된 표정을 입력 영상에 부드럽게 합성하였다. 제안한 방법은 조명 조건과 표정 생성시 발생할 수 있는 정렬 오차에 대해 기존 방법들 보다 더 좋은 성능을 보였다. 향후, 다양한 피부색과 조명 조건에 강건하도록 피부색 변화 모델을 개선하는 연구가 필요하다.

## 참 고 문 헌

- [1] N. Badler and S. Platt. "Animating facial expressions." In *Computer Graphics*, pages 245-252. Siggraph, August 1981.
- [2] K. Waters. "A muscle model for animating three-dimensional facial expression." In *Computer Graphics*, 22(4):17-24, 1987.
- [3] D. Terzopoulos and K. Waters. "Physically-based facial modeling and animation." *Journal of Visualization and Computer Animation*, 1(4):73-80, March 1990.
- [4] T. Beier and S. Neely. "Feature-based image metamorphosis." In *Computer Graphics*, pages 35-42. Siggraph, July 1992.
- [5] F. Pighin, J. Hecker, D. Lischinski, R. Szeliski, and D. H. Salesin. "Synthesizing realistic facial expressions from photographs." In *Computer Graphics, Annual Conference Series*, pages 75-84. Siggraph, July 1998.
- [6] P. E. Debevec. Rendering synthetic objects into real scenes: Bridging traditional and image-based graphics with global illumination and high dynamic range photography. In *Computer Graphics, Annual Conference Series*, pages 189-198. Siggraph, July 1998.
- [7] S. R. Marschner and D. P. Greenberg. Inverse lighting for photography. In *IST/SID Fifth Color Imaging Conference*, November 1997.
- [8] T. Riklin-Raviv and A. Shashua. "The quotient image: Class based re-rendering and recognition with varying illuminations." In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 566-571, June 1999.
- [9] Z. Liu, Y. Shan, Z. Zhang, "Expressive Expression Mapping with Ratio Images", *Proc. SIGGRAPH01*, pp.271-276, 2001.
- [10] T. Cootes, G. J. Edwards, and C. J. Taylor. Active appearance models. In H. Burkhardt and B. Neumann, editors, 5th European Conference on Computer Vision, volume 2, pages 484-498. Springer, 1998.
- [11] Hyun Park, Kee Wook Rim, and Young Shik Moon, "An Efficient Aesthetic Surgery Model Based on 2D Color Photograph", In *PCM 2005, Part II, LNCS 3768*, pp.865-876, 2005.
- [12] H. Brey, J. Gil, D. Kirkpatrick and M. Weman, "Linear Time Euclidean Distance Transform Algorithm," *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 17, No. 5, pp.529-533, May 1995.



— 저 자 소 개 —



이 정 호(학생회원)  
 2004년 한양대학교 전자컴퓨터  
 공학부 졸업(학사 )  
 2006년 한양대학교  
 컴퓨터공학과 졸업(석사)  
 2006년 한양대학교  
 컴퓨터공학과 (박사과정)

<주관심분야 : 영상변형, 영상처리>



박 현(학생회원)  
 1998년 원광대학교  
 전기공학과 졸업(학사)  
 2000년 한양대학교  
 전자계산학과 졸업(석사)  
 2001년 한양대학교  
 컴퓨터공학과 (박사과정)

2000년~2001년 (주)두루넷 기술연구소  
 소프트웨어팀

<주관심분야: 영상변형, 영상복원, 패턴인식 등>



문 영 식(평생회원)  
 1980년 서울대학교 공과대학  
 전자공학과 졸업(학사)  
 1982년 한국과학기술원 전기 및  
 전자공학과 졸업 (석사)  
 1990년 University of California  
 at Irvine Dept. of  
 Electrical and Computer  
 Engineering. (박사)

1982년~1985년 한국전자통신연구소 연구원  
 1989년~1990년 Inno Vision Medical 선임연구원  
 1990년~1992년 생산기술연구원 선임연구원  
 1992년~현재 한양대학교 컴퓨터공학과 정교수  
 <주관심분야: 영상보안, 영상검색, 패턴인식>