

論文94-31B-9-11

나이변화를 위한 얼굴영상의 분석과 합성

(Analysis and Synthesis of Facial Images for Age Change)

朴哲河*, 崔昌石**, 崔甲石**

(Chul Ha Park, Chang Seok Choi and Kap Seok Choi)

要約

얼굴에는 인종, 나이, 성별, 성격, 기분, 감정, 심리, 정신상태, 건강상태 등을 나타내는 많은 정보가 있다. 그 중에서 나이변화에 주목하면 나이가 들어감에 따라 눈꺼풀의 처짐, 볼의 처짐, 이마의 주름, 탈모현상, 머리의 희어짐 등의 두드러진 특징이 나타난다. 본 논문에서는 주성분분석을 이용하여 얼굴영상으로부터 나이변화에 대한 특징적인 성분을 추출하여 얼굴영상으로부터 나이의 추정을 하거나 변화된 나이의 얼굴영상을 합성하는 방법을 제안한다. 나이변화에 대한 특징성분은 얼굴의 3차원모델을 이용하여 얼굴영상을 얼굴의 3차원형상과 얼굴의 색으로 나누어, 각각에 대해서 주성분분석을 함으로써 추출한다. 추출된 특징성분과 얼굴영상을 비교함으로써 얼굴영상의 나이를 추정하고, 특징성분을 얼굴영상에 가감함으로써 나이가 변화된 얼굴영상을 합성할 수 있다. 실험결과, 나이가 변화된 고품질의 얼굴영상이 얻어졌다.

Abstract

The human face can provide a great deal of information in regard to his/her race, age, sex, personality, feeling, psychology, mental state, health condition and etc. If we pay a close attention to the aging process, we are able to find out that there are recognizable phenomena such as eyelid drooping, cheek drooping, forehead furrowing, hair falling-out, the hair becomes gray and etc. This paper proposes that the method to estimate the age by analyzing these feature components for the facial image. And we also introduce the method of facial image synthesis in accordance with the change of age. The feature components according to the change of age can be obtained by dividing the facial image into the 3-dimensional shape of a face and the texture of a face and then analyzing the principle component respectively using 3-dimensional model. We assume the age of the facial image by comparing the extracted feature component to the facial image and synthesize the resulted image by adding or subtracting the feature component to/from the facial image. As a result of this simulation, we have obtained the age changed facial image of high quality.

*正會員, 大佛 工科大学 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Daebul Institute of
Science & Technology)

**正會員, 明智大學校 情報通信工學科

(Dept. of Information & Communication,
Myong Ji Univ.)

接受日字 : 1993年 7月 21日

I. 서론

우리는 상대방의 얼굴을 보면, 그 사람에 대한 특징을 대체로 짐작할 수 있다. 즉, 인간의 얼굴에는 인종·나이·성별·성격·기분·심리·정신상태·건강상태 등을 나타내는 여러가지 특징정보가 있다.¹⁾

이들 정보들은 다음의 3가지 신호에 의해서 나타내어 진다고 생각되고 있다. 즉, 얼굴의 형상, 굴절, 피부색, 얼굴 각 부위(입, 눈, 코, 눈썹 등)의 위치관계와 같이 거의 변하지 않는 신호, 주름과 같이 천천히 변하는 신호, 안면근육운동에 의해 나타나는 입술의 움직임, 눈의 움직임, 표정변화 등과 같이 빨리 변하는 것이 있다. 변하지 않거나 천천히 변하는 신호로부터는 인종·연령·성별·성격·인격·개성·건강상태 등의 정보를 얻을 수 있고, 빨리 변하는 신호는 개인 상호간의 대화에 있어서 중요한 역할을 하고 있다. 표정은 감정·정서·심리상태를 나타내고, 입술과 혀의 움직임은 발음의 애매함을 줄여주고, 두부의 움직임은 동적표현이나 의지전달에 관련된 기능을 갖고 있다. 다시말하면, 얼굴을 보면 개인에 대한 대부분의 특징과 현재의 감정·심리상태를 알 수 있다는 의미이다.

필자의 그룹에서는 얼굴영상을 이용하여 이러한 특징정보들을 자유자재로 추출하거나, 표현하는 방법을 연구중이다.^{2) 3)} 즉, 이러한 특징정보를 얼굴영상으로부터 분석·추출하고, 역으로 얼굴영상으로 표현·합성할 수 있는 여러가지 방법을 개발하고 있다. 그 중 하나의 방법으로 얼굴표정정보에 주목하여, 얼굴영상을 분석·합성하고 있다.^{4) 5)} 또 하나의 방법으로 얼굴의 특징정보에 주목하여 얼굴영상의 분석·합성방법에 대해서도 검토하고 있다.^{6) 7)} 이 방법에서는 합성얼굴은 몇개의 주어진 얼굴영상에 적당한 무게를 주어 선형합을 취함으로써 얻어진다. 역으로 얼굴영상의 분석에서는 몇개의 주어진 얼굴영상에 어떤 무게를 주면 목표로 하는 얼굴을 합성할 수 있는가를 추정한다. 이 무게가 얼굴영상의 특징을 나타내는 정도가 되고, 주어진 몇개의 얼굴이 목표의 얼굴을 분석하기 위한 기저가 된다. 이때, 얼굴영상의 분석·합성을 보다 효율적으로 하기 위해서는 직교된 기저의 얼굴영상을 구할 필요가 있다. 이것은 마치 직교된 정현파와 여현파에 적당한 무게를 주어 임의의 주기 파형을 합성하고 분석하는 푸리에급수와 같은 개념이라고 생각할 수 있다.

이와같이 얼굴표정을 자유자재로 분석·합성하게 되면, 컴퓨터, 로봇 등 기계가 표정을 짓고 말할 수 있는 인간중심의 휴먼인터페이스를 실현할 수

있다. 또, 나이를 마음대로 변화시키게 되면, 이산가족찾기, 미아찾기, 자신의 미래모습을 미리 볼 수 있는 오락등에도 응용이 가능하다. 이외에도, 차세대통신, 몽타지작성, 성형수술, 컴퓨터애니메이션, 컴퓨터를 이용한 교육, 표정심리학, 인류학 등에 응용 가능하기 때문에 얼굴영상의 분석·합성 기술은 과학기술 뿐만 아니라 학문 및 사회 전반에 걸쳐 파급효과가 크리라 생각된다.

본 논문에서는 얼굴영상을 3차원얼굴의 2차원 투영이라는 관점에서 3차원적으로 주성분분석하는 방법과, 이를 이용한 나이에 관한 정보를 분석·합성하는 방법을 제안한다. 즉, 주성분분석을 이용하여 얼굴영상으로부터 나이에 관한 특징적인 성분을 추출하여, 나이를 추정하고 변화된 나이의 얼굴영상을 합성하는 방법을 개발한다. 특징성분은 얼굴의 3차원모델을 이용하여 얼굴영상을 얼굴의 형상과 색으로 나누어, 각각에 대해서 주성분분석을 함으로써 추출된다. 추출된 특징성분과 얼굴영상을 비교하여 얼굴의 나이를 추정하고, 특징성분을 얼굴영상에 가감함으로써 나이가 변화된 합성영상을 얻을 수 있다. 또한, 얼굴영상을 3차원적으로 취급함으로써, 두부의 회전 또는 평행이동, 배경 등 얼굴영상의 촬영조건에 영향을 받지 않고, 얼굴영상의 분석과 합성을 할 수 있는 효과도 있다. 나아가서, 얼굴의 3차원모델을 이용하여 얼굴 각 부위(눈, 눈썹, 코, 입 등)의 대응을 정확히 맞출 수 있기 때문에, 현실감 넘치는 고품질의 합성영상이 얻어질 것이 기대된다.

이하, Ⅱ에서는 2차원 얼굴에서 나이를 나타내는 신호를 살펴보고, Ⅲ에서는 얼굴 영상을 3차원적으로 취급하기 위한 얼굴의 3차원모델을 구성하고, 두부의 회전 또는 평행이동에 대한 영향을 배제하기 위해 3차원모델을 정규화 한다. Ⅳ에서는 다수의 얼굴영상으로부터 얼굴의 특징정보에 대한 성분을 추출하는 방법을, Ⅴ에서는 특징성분을 이용하여 얼굴영상의 분석과 합성방법을 제시한다. Ⅵ에서는 ⅣⅤ의 방법을 이용하여 나이에 관한 특징성분의 추출과 얼굴영상의 분석과 합성방법을 실례를 들어 설명한다. Ⅶ에서는 본 논문의 결론을 정리한다.

Ⅱ. 얼굴에서 나이를 나타내는 신호

얼굴을 살펴보면, 그 사람의 나이가 대략 몇살 정도인지 짐작할 수 있다. 이것은 얼굴에는 나이에 관한 공통적인 특징이 있어 그것을 근거로 나이를 짐작한다고 생각된다. 즉, 인간의 얼굴은 나이가 들어감에 따라 많은 변화를 하게 된다. 일반적으로 얼굴의



그림 1. 얼굴에서 나이를 나타내는 신호
 Fig. 1. The signals representing age in the face.

형상은 두개골의 형상, 피하지방의 분포, 얼굴근육의 발달 등에 의해 크게 영향을 받게 된다.^{[11] [12]} 두개골의 변화는 성장기의 얼굴변화를 주도하고 노화기 과정은 주로 얼굴근육과 피부의 발달과 퇴화의 과정을 통해서 나이에 관한 정보를 얼굴에 나타내고 있다. 이러한 과정은 개인마다 약간의 차이가 있고, 피하지방의 발달유무에 따라서도 커다란 차이를 보인다. 그리고, 성장기의 변화는 단기간에 많은 변화를 하기 때문에 더욱 세밀한 관찰이 필요하다. 이하, 노화기 얼굴에서 나이를 나타내는 신호를 얼굴의 형상에 관계된 것과 얼굴의 색에 관계된 것으로 나누어 정리한다.

생활환경, 남여에 따라서 차이가 있다. 즉, 가계에 따라서는 대머리가 되는 경우가 있고, 그렇지 않은 경우가 있다. 또, 생활환경 즉, 생산직에 종사하였는가, 사무직에 종사하였는가, 농촌에서 생활하였는가에 따라서도 다르다. 이러한 요인들을 전부 고려하여야만 과거 또는 미래의 얼굴을 확도 높게 추정하여 합성할 수 있을것이다. 예상되는 특징변화의 종류는 다음과 같다.

- (1) 유전적인 요인에 따른 특징의 변화
- (2) 성장 및 생활환경에 따른 특징의 변화
- (3) 종사하는 직업에 따른 특징의 변화
- (4) 남여 구별에 따른 특징의 변화
- (5) 유년기, 청년기, 장년기, 노년기 등 연령대 구분에 따른 특징의 변화

Ⅲ. 얼굴의 3차원모델의 구성과 정규화

1. 얼굴의 3차원모델의 구성
 얼굴영상을 3차원얼굴의 2차원 화면상에 투영이라는 관점에서 볼때, 얼굴영상의 분석과 합성은 3차원적으로 이루어져야 한다. 얼굴영상을 3차원적으로 취급하기 위해서는 영상속의 얼굴에 대한 충실한 3차원 모델을 구성할 필요가 있다. 얼굴과 두발의 일반적인 3차원형상을 표현하기 위해서, 얼굴을 점과 선으로 근사시킨 얼굴의 3차원 형상모델을 준비한다.^[13] 이것을 3차원얼굴과 두발의 표준형상모델로 한다. 이것은 그림2와 같이, 674개의 꼭지점과 648개의 삼각형 패치(patch)로 이루어져 있다. 이 모델을 대상인물의 정면상에 정합하여, 그림4와 같은 개인얼굴과 두발의 3차원형상모델을 얻는다. 3차원 형상모델은 얼굴과 두발로 나누어져 있으나, 이하에서는 이들을 얼굴의 형상모델로 부르기로 한다.

1. 얼굴형상에 관계된 신호
 - (1) 광대뼈가 돌출된다.
 - (2) 입술이 얇아지고, 윗 입술의 선이 곧아진다.
 - (3) 입술의 가장자리가 처진다.
 - (4) 윗눈꺼풀이 처진다.
 - (5) 이마가 넓어지고 탈모현상이 현저해진다.
 - (6) 근육이 여위고 피부가 골격적으로 함몰한다.
 - (7) 턱아래의 피부가 늘어진다.
 - (8) 콧밥이 커진다.
2. 얼굴색에 관계된 신호
 - (1) 주름이 생긴다.(이마의 주름, 눈가의 잔주름, 근육사이의 주름)
 - (2) 눈 아래 부위에 그늘이 생긴다.
 - (3) 입술양쪽 가장자리에 그늘이 생기고 곱이 패인다.
 - (4) 두발이 희어진다.
 - (5) 피부에 윤기가 없어지고 반점이 생긴다.
3. 나이에 관한 다양한 특징의 변화
 나이가 변화되는 모습은 유전적인 요인, 성장 및

이때, 표준형상모델을 3차원 어핀변환(affine transform)을 통하여 얼굴의 크기, 위치, 방향을 조절한다. 또한, 얼굴의 윤곽, 얼굴의 각 부위등과 같이 정밀하게 정합되어야 할 부위는 몇개의 특징점의 좌표를 대화적으로 지정하고, 그 이외의 정점의 좌표는 특징점의 좌표를 사용해서 자동조정된다. 또한 두 발은 윤곽을 이용하여 형상모델을 조정한다. 이어서, 개인얼굴의 형상모델의 삼각형 패치에 대해서얼굴의 표면을 정의하여, 이것에 정면상의 휘도정보를 투영함으로써 대상인물에 대한 얼굴의 3차원 모델을 구성한다. 이와같은 얼굴의 3차원 모델의 구성은 2차원의 얼굴영상으로부터 얼굴의 3차원구조를 복원하는 작업이므로, 일단 모델이 구성되면 상하좌우 여러 시점에서부터 본 얼굴영상을 합성할 수 있다. 그림 5가 그림 3의 정면얼굴로부터 측면얼굴을 합성한 영상이다.



그림 4. 정합된 3차원형상모델
Fig. 4. Adjusted 3-dimansional shape model.

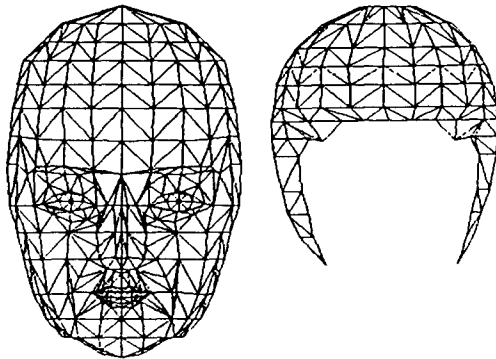


그림 2. 얼굴과 두발의 3차원 표준형상모델
Fig. 2. The 3-dimensional standard shape mod a face and a hair.



그림 5. 합성된 측면얼굴
Fig. 5. Synthesized side view of the face.



그림 3. 대상인물의 정면상
Fig. 3. A full face image.

2. 얼굴의 3차원 모델의 정규화

많은 양의 얼굴영상을 사용할 경우, 동일조건하에서 촬영된 얼굴영상을 얻는 것은 쉬운일은 아니다. 예를들면, 화면상에서 얼굴의 방향과 위치를 일정하게 하고 카메라와의 거리가 일정하게 유지하여 다수의 얼굴영상을 얻기가 쉽지 않다. 이와같이 촬영조건에 의해 얼굴영상의 분석과 합성결과가 영향을 받는 것을 배제하기 위해서 얼굴의 3차원모델을 정규화 한다. 얼굴의 3차원모델의 정규화는 그림 6과 같이 얼굴의 중심이동, 얼굴방향의 회전, 얼굴크기의 조정, 얼굴색의 조정으로 이루어진다.

(1) 얼굴중심의 이동 : 얼굴의 중심(점o)이 화면의 중앙에 위치하게 얼굴의 3차원모델을 평행이동한다. 이때, 화면의 중심을 원점이라 하고, 좌표축은 정면에서 보아서 수평, 수직, 깊이방향을 각각 X, Y, Z축으로 한다.

(2) 얼굴방향의 회전 : 얼굴의 방향이 정면수직이

되게 얼굴의 3차원모델을 각 축을 중심으로 회전한다. 먼저, 얼굴의 중심과 양눈끝(점a와 점b)간의 거리가 일치하도록 Y축을 중심으로 회전한다. 다음에, 얼굴의 중심과 코아래점(점c)을 연결하는 선이 Y축과 일치하도록 Z축을 중심으로 회전하고, 얼굴의 중심점과 양눈끝점이 일치선상에 위치하도록 X축을 회전한다.

(3) 얼굴의 크기조정 : 얼굴의 크기는 카메라와 거리에 따라 다르게 촬영된다. 이것을 보정하기 위해서, 얼굴의 크기를 조정한다. 즉, 좌우눈끝점과 코아래점을 잇는 삼각형(삼각형abc)의 면적이 일정하게 얼굴의 3차원모델을 확대·축소한다.

(4) 얼굴색의 조정 : 얼굴영상을 카메라로 입력할 경우 주어진 조명의 위치나 강도에 따라 얼굴영상의 밝기가 달라진다. 특히, 사진입력을 할 경우는 사진촬영시의 조명을 바꿀수는 없기 때문에 같은 사람의 얼굴영상도 얼굴색의 밝기가 다르게 된다. 이것을 보정하기 위해 얼굴색의 평균값을 일정하게 고정된 값으로 보정한다.

이와같이 정규화된 얼굴형상에 색이 조정된 얼굴영상을 텍스처매핑^[14] 하므로서 얼굴영상의 정규화는 이루어지게 된다. 얼굴영상의 정규화를 통해 얼굴의 중심은 화면중앙에 위치하고, 얼굴의 방향은 정면수직으로 되고, 얼굴의 크기와 조명조건은 거의 같은 촬영조건에서 얼굴영상을 입력한 것 같은 효과를 얻게 된다. 얼굴영상의 정규화는 얼굴의 3차원 형상모델을 이용하고 있기 때문에 얻어지는 하나의 잇점이기도 하다.

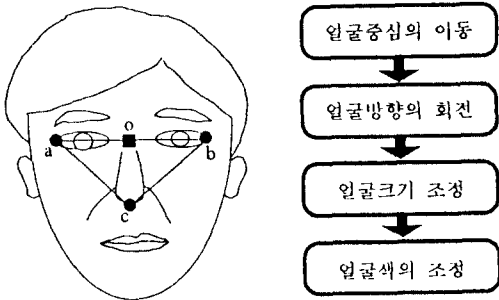


그림 6. 얼굴영상의 정규화
Fig. 6. Normalization of a facial image.

IV. 얼굴정보의 특징성분추출

얼굴영상을 얼굴의 형상과 얼굴의 색(이하, 텍스처라 한다)으로 나누어 생각한다. 얼굴영상에서 이들을 엄밀히 구분하는 것은 매우 어려운 일이다. 그러나,

주성분분석에 의해 얻어진 얼굴영상이 자연스럽다면 목적이 달성된다고 하는 관점에서, 얼굴영상으로 부터 구성된 얼굴의 3차원모델은 얼굴의 형상, 얼굴영상은 얼굴의 텍스처로 간주한다. 이하에서는, 얼굴의 형상과 얼굴의 텍스처에 대해서 주성분분석을 하여, 얼굴정보에 대한 각각의 특징성분을 추출하는 방법에 대해서 설명한다.

1. 얼굴형상정보의 특징성분추출

직교된 몇개의 얼굴형상에 적당한 무게를 주어 임의의 얼굴의 형상을 합성하는 것을 생각한다. 이 직교된 얼굴형상이 특징성분이 되며, 다음과 같이 추출한다.

(1) 벡터에 의한 얼굴형상의 표현 : 얼굴형상은 형상모델에 의해 표현되므로 그것을 이용해서 주성분분석을 하기로 한다. 먼저, 식(1)에 의해 개인의 얼굴형상을 나타내는 벡터를 정의한다. 이것을 Ψ 라 하면

$$\Psi = (x_1, y_1, z_1, \dots, x_n, y_n, z_n)^T \quad (1)$$

이 된다. 이것을 개인얼굴의 형상벡터라고 부른다. 여기에서 얼굴의 3차원형상모델은 꼭지점의 좌표를 (x, y, z)의 3차원으로 기술하고 있으며, 이 꼭지점의 위치가 얼굴형상의 특징을 나타내고 있기 때문에 식(1)과 같이 얼굴의 형상벡터를 정의하기로 한다. n은 형상모델의 꼭지점의 수이다.

(2) 차분형상벡터의 작성 : 개인형상벡터의 평균을 취하여, 평균형상벡터 $\bar{\Psi}$ 를 구한다.

$$\bar{\Psi} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \Psi_i \quad (2)$$

여기에서, m은 개인형상의 수이다. 개인 형상벡터들의 평균형상벡터의 차분을 취하여, 차분형상벡터 Φ_i 라 한다.

$$\Phi_i = \Psi_i - \bar{\Psi} \quad (3)$$

이것은 개인형상과 평균형상의 차분이 되기 때문에, 개인의 특징을 나타내고 있다고 생각된다.

(3) 직교된 특징성분의 추출 : 각 개인의 차분형상벡터를 m보다 적은 수의 직교하는 몇개의 벡터로 대표시키는 것을 생각한다. 이 벡터를 $U_k(k=1, 2, \dots, m)$ 라 하면

$$U_k = \sum_{i=1}^m a_{ki} \Phi_i \quad (4)$$

i=1 가 된다. 이 a_{ki} 를 구하는 것은, 차분형상 벡터의 분산행렬 $C(c_{ij} = \Phi_i \cdot \Phi_j)$ 의 고유벡터 a_k 를 구하

는 문제로 귀착된다. 즉,

$$Ca_k = \lambda_k a_k \quad (5)$$

가 된다. 단,

$$a_k = (a_{k1}, a_{k2}, \dots, a_{km})^T \quad (6)$$

가 된다. λ_k 는 고유치이고, a_k 는 λ_k 에 대응하는 고유 벡터이다. 여기에서, 고유치 λ_k 가 클수록 그것에 대응하는 고유벡터가 차분형상벡터를 보다 잘 대표하게 된다. 각 고유벡터에 대한 주성분벡터 U_k 가 직교하는 얼굴의 형상정보의 특징성분이 된다.

2. 얼굴텍스처 정보의 특징성분의 추출

얼굴형상의 경우와 같은 방법으로 주성분분석에 의해 직교된 얼굴의 텍스처정보의 특징성분을 추출한다. 이 경우, 개인의 형상이 다르기 때문에, 개인얼굴의 텍스처의 화소끼리는 대응이 되지 않는다. 개인의 텍스처가 대응이 되도록 개인의 텍스처를 평균형상에 매핑하여, 주성분분석을 한다. 이하, 그 순서에 대해서 설명한다.

(1) 개인얼굴의 텍스처를 평균형상에 매핑 : 개인의 텍스처를 평균형상의 삼각형마다 텍스처매핑하므로써 평균형상에 대한 개인얼굴의 텍스처가 얻어진다.

(2) 텍스처정보의 특징성분추출 : 평균형상에 텍스처매핑에 의해 얻어진 개인얼굴의 텍스처는 같은 형상이 되기 때문에, 화소끼리는 대응이 이루어지게 된다. 이들 화소의 농담치를 요소로 하는 얼굴의 텍스처벡터를 정의한다. 이 벡터에서 전절의 1과 같은 순서로 얼굴의 텍스처정보의 특징성분을 구할 수 있다. 이때, 얼굴의 텍스처벡터는 얼굴의 영역에 속한 화소로만 표현되기 때문에 배경에 영향을 받지 않고 텍스처정보의 특징성분을 얻을 수 있다. 또, 화소끼리의 대응이 이루어지기 때문에 현실감 있는 고품질의 얼굴영상을 재합성할 수 있게 된다.

V. 얼굴영상의 분석과 합성

여기에서는 전장에서 구한 얼굴형상과 얼굴텍스처에 대한 특징성분을 기저로 해서 얼굴영상을 분석하여 특징정보를 구하고, 분석된 특징정보를 조작하여 얼굴영상을 재합성하는 방법에 대해서 설명한다.

1. 얼굴영상의 분석

얼굴영상의 분석이란, 얼굴형상과 얼굴텍스처에 대

한 특징성분을 기저로 하는 공간에서 개인의 얼굴영상의 위치를 구하는 것이다. 이 위치의 좌표가 개인의 얼굴특징을 나타내는 정보가 된다. 또, 이 공간의 기저는 주성분분석에 의해 얻어졌기 때문에 서로 직교하고 각 기저를 정규화하므로써 정규직교계가 된다.

얼굴영상을 분석하기 위해서, 먼저 분석대상이 되는 개인얼굴의 영상에 대한 차분형상벡터를 작성한다. 정규직교계에서는 이 벡터에 대한 위치를 각 특징성분과의 내적을 취하므로써 구할 수 있다. 이것은 각 특징성분에 의해 펼쳐진 공간이 정규직교계를 만들기 때문이다. 분석대상이 되는 얼굴의 차분형상벡터를 Φ_d 라 하면, 각 특징성분에 대한 좌표 Γ_k 는,

$$\Gamma_k = \Phi_d \cdot U_k \quad (7)$$

가 된다. 이 Γ_k 가 제 k특징성분에 대한 분석대상 얼굴의 특징정보가 된다. 여기에서 U_k 는 특징성분을 단위벡터로 정규화한 것이다.

얼굴텍스처의 경우는 얼굴영상을 평균형상에 텍스처매핑해서 얼굴영상을 일치시키후, 차분텍스처벡터를 작성한다. 이 벡터에 대한 위치좌표를 구하는 방법은 형상의 경우와 같다.

2. 얼굴영상의 합성

전절 1에서는 얼굴영상을 공간내의 1점으로 나타내었다. 이것은, 역으로 공간내의 임의의 1점을 얼굴영상으로 합성할 수 있다는 것을 의미하고 있다. 특징성분에 의해 펼쳐진 공간내의 1점의 얼굴의 형상벡터를 Ψ' 라 하면,

$$\Psi' = \sum_{k=1}^p \Gamma_k \cdot U_k + \bar{\Psi} \quad (8)$$

가 된다. 여기에서 $p(\leq m)$ 은 합성에서 사용한 고유형상의 수이다.

얼굴의 텍스처의 경우도 같은 방법으로 해서 공간내의 임의의 1점에 대응하는 텍스처를 구할 수 있다. 이것을 형상 Ψ' 에 매핑하므로써 얼굴영상이 합성된다.

VI. 나이정보의 분석과 합성

서론에서 언급한 바와 같이 얼굴에는 여러가지 정보가 있지만, 여기에서는 나이정보에 주목하여 특징성분을 추출하여, 나이정보를 분석·합성하는 방법의 구체적인 예를 제시한다. 이것의 개념도를 그림7에 나타내고, 이하, 시뮬레이션과정을 순서에 따라 정리한다.

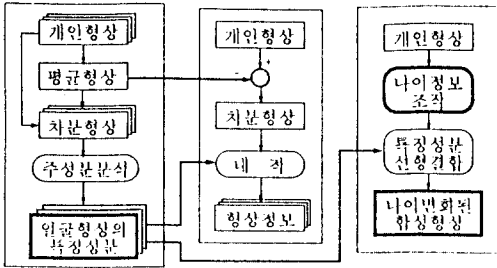


그림 7. 나이정보의 분석과 합성
Fig. 7. The Analysis and Synthesis of Age Information.

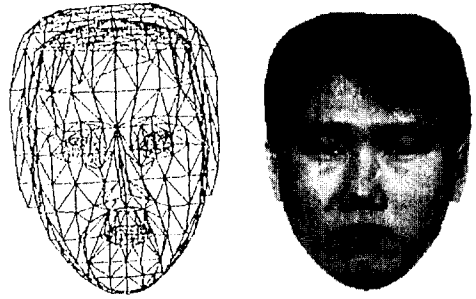


그림 8. 정규화된 얼굴의 3차원형상모델과 얼굴텍스처
Fig. 8. The normalized 3-dimensional facial shape and facial texture.

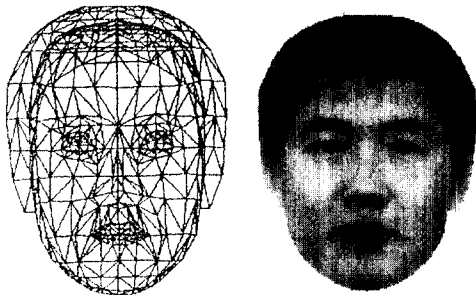


그림 9. 평균형상과 평균텍스처
Fig. 9. The average shape and texture.

그림 10. 그림8에 대한 차분텍스처
Fig. 10. Differential Texture for Fig. 8.

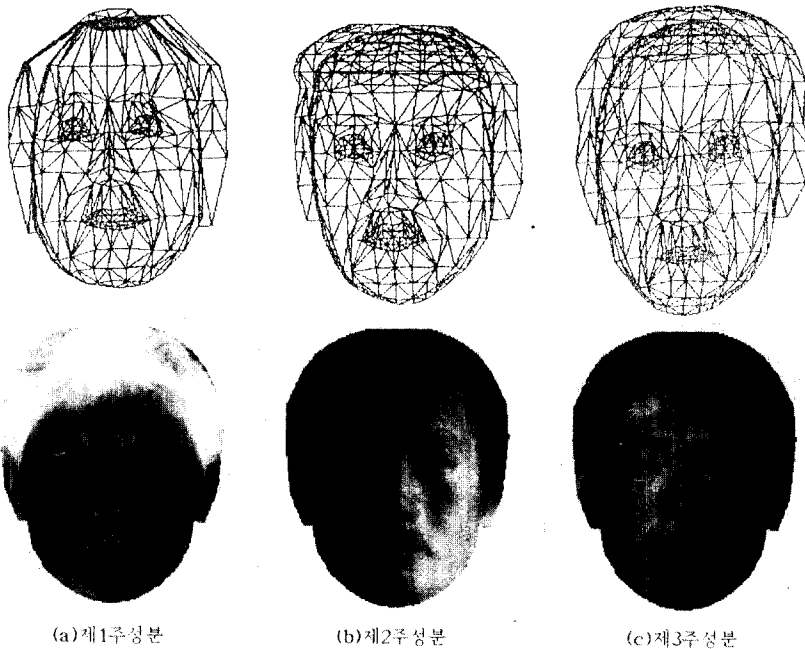


그림 11. 형상과 텍스처의 특징성분
Fig. 11. Feature components of facial shapes and facial textures.

1. 나이에 대한 특징성분의 추출

(1) 나이에 대한 특징성분을 추출하기 위해서 10대에서 80대까지 10대 단위로, 연령별 각각 3매, 총 24매의 얼굴영상을 준비한다. 이들 얼굴영상은 나이의 분포를 균일하게 한다. 또한, 24매의 영상은 모두 다른 인물이다. 그림3이 실험에 사용된 원영상 중의 하나이다.

(2) 얼굴영상에 얼굴의 표준형상모델을 정합시켜 얼굴의 3차원모델을 생성하고, 입력환경에 따른 영향을 제거하기 위해 배경을 제외하고 얼굴부위만을 정규화한 결과를 그림 8에 나타낸다.

(3) 정규화된 개인의 얼굴형상을 평균하고, 24매의 얼굴영상을 평균 얼굴형상에 텍스처매핑하여 평균형상과 평균텍스처를 만든다. 이것을 그림 9에 나타낸다.

(4) 개인형상에서 평균형상을 제거해서 차분형상을 만들고, 같은 방법으로 차분텍스처를 얻는다. 차분텍스처를 그림10에 나타낸다. 차분텍스처는 농담치가 255 ~ -255의 값이 될 수 있어 영상으로 나타내기가 곤란하지만, 농담치에 1/2을 곱하고 128을 더하여 가시화 한 것이다.

(5) 이들 차분형상과 차분텍스처를 사용해서 주성분분석하여 각각에 대한 특징성분을 추출한다. 형상과 텍스처에 대한 특징성분은 각각 24개 추출될 수 있으나 여기에서는 고유치가 큰 순서대로 각각 3개씩 그림 11에 나타낸다. 형상에는 평균형상을 더하고, 텍스처는 (4)에서와 같은 조작을 한 것이다.

2. 나이정보의 분석

나이정보의 분석과정은 전절의 1에서 추출된 형상과 텍스처의 특징성분을 기저로하는 공간상에 얼굴영상의 위치를 구하는 과정이다.

(1) 전절 1의 (2)-(4)의 과정을 통해 차분형상과 차분텍스처를 얻는다.

(2) 이 차분형상과 차분텍스처를 각각의 특징성분과 내적을 취하므로써 각 특징성분에 대한 무게 즉, 특징정보를 얻게된다. 표 1은 30대 남자의 얼굴영상을 분석한 특징정보중 제 7주성분까지 나타난 예이다.

표 1. 30대 남자의 얼굴영상의 분석 예
Table 1. The example of analysing facial image of a thirty year-old man.

	제1주성분	제2주성분	제3주성분	제4주성분	제5주성분	제6주성분	제7주성분
형상	0.0137	-0.1536	-0.0537	-0.0296	0.2304	-0.0715	-0.1207
텍스처	-0.1004	0.1258	0.3462	-0.1467	0.0286	0.1253	0.0001

이들 특징정보를 비교하여 보면, 특징성분의 성질

을 알 수 있다. 즉, 어떤 얼굴영상에 대한 특징정보가 크면, 그에 대한 특징성분이 많이 들어있다는 의미이고, 특징정보가 작으면 작게 들어있다는 의미가 된다. 나이에 대해서 구체적으로 말하면, 24매의 얼굴영상중에서 나이가 많은 사람의 얼굴영상에 대한 특징정보가 크고, 나이가 적은 얼굴영상에 대한 특징정보가 작은 특징성분을 선택하면, 이것이 바로 나이에 관한 특징성분이 된다. 이와같이 조사한 결과 제 1주성분이 나이에 관한 특징성분임을 알 수 있었다. 그림 12에 24매의 얼굴영상에 대한 제 1주성분의 특징정보를 나타낸다. 특징정보의 크기가 나이에 비례해서 균등하게 되지는 않았지만 대체로 나이가 많은 사람이 큰 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이와같이 생각하면 임의의 얼굴영상도 제 1주성분을 이용하여 분석하면 나이를 추정할 수 있게 된다. 사실은 나이에 대한 특징성분을 제 1주성분으로 추출하기 위해 10대부터 80대까지 나이별로 균등하게 얼굴영상을 선택했다. 왜냐하면, 제1주성분은 24매의 얼굴영상을 가장 잘 대표하는 특징성분이 되기 때문이다.

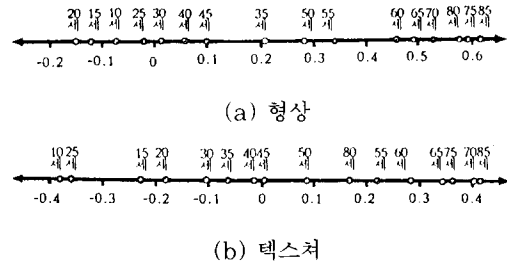


그림 12. 제1주성분에 대한 특징정보의 분포
Fig. 12. The distribution of characteristic information for the first principal component.

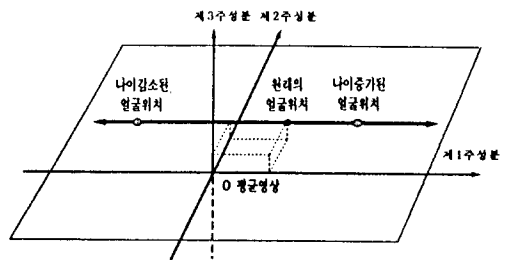


그림 13. 나이변화 조작의 개념도
Fig. 13. A concept for age change.

3. 나이정보의 합성

임의의 얼굴형상의 합성은 형상에 대한 특징성분에

무게를 주어 선형합을 취하 므로써 얻어진다. 제1주 성분이 나이에 대한 특징성분임을 알았다면, 제1주성분에 대한 특징정보만을 가감하므로써, 나이정보가 조작된 얼굴영상을 재합성할 수 있다. 즉, 제1주성분을 따라 평행하게 좌우 이동하게 되면 나이 이외의 다른 정보는 변하지 않고 나이만을 바꿀 수 있게 된다. 이 개념을 그림 13에 나타낸다.

표 2에서는 표 1에 나타낸 30대 남자의 특징정보에 30세를 더해서 60세 나이를 추정한 특징값이다. 이러한 과정을 통해 나이변화를 시킨 얼굴영상을 그림 14에 나타낸다. 또 동일한 제1주성분을 이용하여 다른 인물에 대해서도 나이정보를 조작하여 합성한 얼굴영상을 그림 15에 나타낸다. 여자의 경우는 별도의 남

자의 경우와 같은 방법으로 얻어진 결과를 그림 16에 나타낸다.

표 2. 표 1의 영상분석값에 나이를 30세 더한 분석값.

Table 2. The analysis value driven from adding 30 years to the image analysis value in table 1.

	제1주 성분	제2주 성분	제3주 성분	제4주 성분	제5주 성분	제6주 성분	제7주 성분
합상	0.4700	-0.1536	-0.0517	0.0296	0.2304	0.0715	0.1207
텍스처	0.3800	0.1258	0.3482	-0.1467	0.0286	0.1253	0.0601

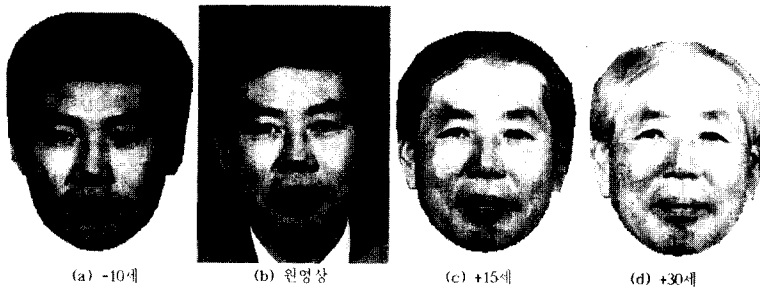


그림 14. 나이변화된 얼굴의 합성영상

Fig. 14. The synthesized images of age-changed faces.



그림 15. 나이변화된 얼굴의 합성영상

Fig. 15. The synthesized images of age-changed faces.

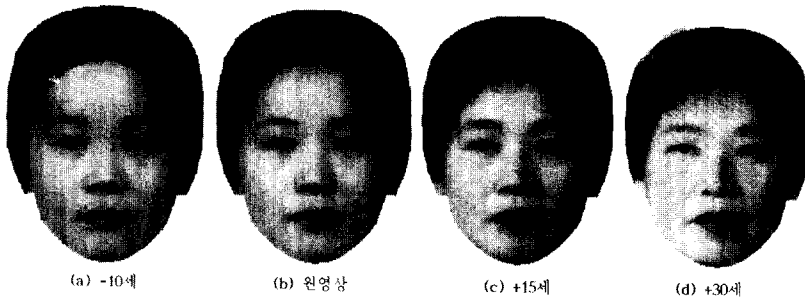


그림 16. 나이변화된 얼굴의 합성영상

Fig. 16. The synthesized images of age-changed faces.

이상의 결과로부터 남녀 공히 이와같은 방법으로 영상속의 얼굴이 늙게 또는 젊게 되도록 나이정보를 조작할 수 있는 것을 알 수 있다. 또한, 나이변화된 얼굴들이 각각 동일인물로 보여져 개인의 특징을 유지하면서 미래모습의 추정, 과거모습의 재현등이 가능함을 알 수 있다. 또, 현실감이 뛰어난 재합성된 얼굴영상을 얻을 수 있다는 것도 알 수 있다. 이와같이 과거, 미래모습을 자유자재로 합성이 가능하면, 이산가족찾기, 미아찾기, 미래모습을 보는 오락등 다방면에 응용 가능할 것으로 기대된다.

VII. 결론

얼굴의 나이정보에 주목하여 특징성분을 추출하는 방법을 검토했다. 나아가서, 이 특징성분을 이용하여 얼굴영상을 분석하고, 특징정보를 조작하여 과거와 미래의 얼굴을 추정·합성하는 방법도 제시했다. 또한, 현실감 넘치는 고품질의 얼굴영상을 얻을 수 있음을 확인하였다. 이하, 본 방법의 특징을 정리한다.

(1) 얼굴의 3차원 모델을 사용해서 얼굴영상을 얼굴의 형상과 텍스처로 분리해서 취급하므로써 얼굴영상의 유연한 조작이 가능하게 된다.

(2) 얼굴의 형상을 고려하여 얼굴과 배경을 분리하므로써, 얼굴영상의 촬영조건, 배경등에 영향을 받지 않은 특징성분과 특징정보를 얻을 수 있다.

(3) 얼굴의 텍스처에 있어서 화소의 대응이 이루어지므로, 실제사진과 같은 현실감 넘치는 고품질의 합성영상을 얻을 수 있다. 그러므로 특징정보의 가시화가 요구되는 분야에 응용이 가능하게 된다.

(4) 이 방법을 나이정보에 적용한 결과, 다른 특징을 그대로 유지하면서 나이변화된 얼굴영상을 얻을 수 있다.

(5) 이 방법에서는 사진 1장만 있으면 자유자재로 과거 또는 미래의 모습을 합성할 수 있으므로 미아찾기나 이산가족 찾기, 미래의 모습을 미리보기위한 오락등에 응용할 수 있을 것으로 생각된다.

금후의 과제로는 개인에 따른 노화과정의 분석, 다양한 특징성분 추출방법의 확립, 유아기로부터 노년기에 이르는 연령별 나이분석등을 들 수 있다.

參 考 文 獻

- [1] P.Ekman and W.V.Friesen, "Unmasking the Face", Prentics-Hall, 1975.
[2] V.Bruce, "Recognising Faces", Lawrence

Erlbaum Associates, 1988.

- [3] C.S.Choi, H.Harashima and T. Takebe, "Analysis and Synthesis of Facial Expressions in Knowledge-Based Coding of Facial Image Sequence", IEEE International Conf. Acoust. Speech & Signal Process.(ICASSP), pp. 2737-2740, 1991.
[4] 이용동, 최창석, 최갑석, "휴먼인터페이스를 위한 음절분류에 따른 입모양 분류", 제5회 신호처리합동학술대회논문집, 5, 1, pp.433-437, 1992
[5] 서명호, 최창석, 최갑석, "자연언어로 부터 얼굴표정합성에 대한 구상", 제5 회 신호처리합동학술대회논문집, 5, 1, pp.709-713, 1992
[6] C.S.Choi, T.Okazaki, H.Harashima and T. Takebe, "A System for Analyzing and Synthesizing of Facial Images", IEEE International Symposium Circuits & Systems(ISCAS), pp. 2665-2668, Singapore, 1991.
[7] 박철하, 최창석, 최갑석, "3차원 구조모델을 이용한 얼굴특징정보의 분석과 합성", 통신학회 하계학술대회논문집, pp.503-507, 1992
[8] 박철하, 최창석, 최갑석, "나이변화를 위한 얼굴화상의 주성분분석", 제5회 신호처리합동학술대회논문집, 5, 1, pp.703-708, 1992
[9] 崔 昌石, 岡崎 透, 原島 博, 武部 幹, "3次元構造モデルを用いた顔畫像の中割り", 第20回日本畫像工學, pp.33-36, 1989.
[10] 岡崎 透, 崔 昌石, 原島 博, "中割り手法を用いた顔畫像の分析と合成", 1990 日本電子通信學會秋季全國大會, D-332, 1990.
[11] A. 루이스, "알기쉬운 얼굴과 손의 기법", 이종문화사, 1992
[12] 일본시각디자인 연구소, "얼굴의 연필화기법", 이종문화사, 1992
[13] 相澤 清晴, 原島 博, 齊藤隆弘, "構造モデルを用いた顔畫像の分析合成符號化方式", 日本電子情報通信學會論文誌, J71-B, 3, pp.200-207, 1989.
[14] P.S.Heckbert, "Survey of Texture Mapping", IEEE CG&A, pp.56-67, 1986.

著者紹介



朴 哲 河(正會員)

1963年 5月 6日生. 1988年 2月
명지대학교 전자공학과 학사.
1990年 2月 명지대학교 전자공학
과 공학석사. 1994年 2月 명지대
학교 전자공학과 공학박사. 1994
년 4月 ~ 현재 대불공과대학 전
자공학과 전임강사. 주관심 분야는 영상압축 및 통
신, 멀티미디어, Neural Network, Fuzzy
System 등임.

崔 昌 石(正會員) 현재 명지대학교 정보통신공학과
조교수

崔 甲 石(正會員) 현재 명지대학교 정보통신공학과
교수