

명암효과와 질감매핑을 이용한 얼굴영상 합성에 관한 연구

正會員 金 祥 鉉* 正會員 鄭 聖 煥** 正會員 金 臣 煥*** 正會員 金 南 哲*

A study on the facial image synthesis using texture mapping and shading effect

Sang Hyun Kim*, Sung Hwan Jung**, Shin Hwan Kim*,
Nam Chul Kim* *Regular Members*

要 約

질감매핑은 대부분의 모델기반 부호화 시스템에서 영상합성 방식으로 사용 되어진다. 이 영상합성 방법은 정면 얼굴영상의 질감정보로만 영상을 합성한다. 따라서, 모델이 회전 되었을 때, 질감매핑은 명암측면에서 어색한 영상을 합성할 수 있다. 본 논문에서는 명암효과를 고려한 새로운 질감매핑이 연구되었다. 또한 회전에 대비하여 귀의 철선프레임과 머리카락의 변화를 추가하였다. 제안된 방식을 이용하여 실험한 결과, 자연스러운 영상합성이 가능하였다.

ABSTRACT

Texture mapping is mostly used as an image synthesis method in the model-based coding system. An image synthesis using this method uses only the texture information of a front face-view. Therefore, when the model is rotated, texture mapping may produce an awkward image in point of shading. In this paper, a new texture mapping method considering shading effect is studied, and also the ear's wireframe and changes of hair are supplemented for the rotation. The experimental results show that the proposed method yields the synthesized images with reasonably natural quality.

I. 서 론

정보화 시대에 부응하여 영상 미디어(media)의 중요성이 날로 증가함에 따라 고능률 영상 부호화에 관한 연구가 매우 활발하게 진행되고 있다. 기존의 부

호화 방식들은 대부분이 프레임내 또는 프레임간의 화소들 사이에 존재하는 상관도와 밝기분포 등의 통계적 지식에 근거하여 부호화하는 방식들이다. 이러한 방식들은 극히 낮은 전송률에서는 부자연스런 부호화 잡음 등으로 양질의 영상정보를 제공하기가 힘들다.

최근 영상의 고압축 부호화를 위하여 모델기반 부호화 기법이 활발히 연구되고 있다¹⁻⁴⁾. 이 기법은

*慶北大學校 電子工學科
Dept. of Electronics, Eng., Kyungpook Nat'l Univ.
**昌原大學校 電子計算學科
***大邱大學校 情報通信工學科
論文番號 : 93-93

기존의 부호화 기법과는 달리 대상물체의 형상에 관한 3차원 모델과 지식을 송수신측에 준비해 두고, 송신측에서는 그 모델과 지식에 근거하여 입력영상을 분석 인식한다. 그리고, 수신측에서는 전송된 분석정보만으로 동영상상을 합성해 낸다. 이 부호화 기법은 송신측에서 단지 분석정보에 관한 파라미터만 보내기 때문에 극히 낮은 전송율에서도 동영상 전송을 실현할 수 있다. 따라서 고압축율에서도 비교적 양호한 영상을 얻을 수 있다. 또한 수신측에서 물체에 관한 사전지식을 사용하여 영상을 합성해 내기 때문에, 부자연스러운 부호화 잡음 없이 Man-Machine Interface 차원에서 실재감 있는 깨끗한 영상을 생성시킬 수 있다. 일반적인 모델기반 부호화 시스템의 블록도는 그림 1과 같다.

모델기반 부호화에 대한 연구는 1980년대 초부터 활발히 진행되어, 1980년대 후반에 들어서면서 Forchheimer^[1], Harashima^[2,4], Hatori^[3] 등이 여러가지 부호화 기법을 제안하였다. 기존의 모델기반 부호화 기법들은 영상합성시에 얼굴정면상의 질감정보만으로 영상을 합성한다. 이러한 합성법은 얼굴이 정면을 향하고 있고, 표정만 변화할 경우에는 비교적 양호한 품질의 영상을 얻을 수 있다. 그러나, 얼굴 회전시에는 정면상의 질감만으로 영상을 합성하게 되면, 조명의 효과가 매우 어색한 영상이 된다.

본 논문에서는 회전시에 조명의 효과를 자연스럽게 보이게 하기 위해, 질감과 명암을 함께 고려한 새로운 영상합성법을 제안하였다^[5]. 또한, 회전시 자연스러운 영상합성을 위해 귀의 철선프레임을 제작하였고, 이와 함께 머리카락의 변화도 고려하였다. 서론에 이어, II장에서는 모델기반 부호화에서 사용되는 3차원 얼굴모델의 구축과 정면 영상과의 정합 및 변환을 언급하였다. III장에서는 영상합성의 기본이

론으로서 명암법과 질감법에 대하여 서술하였고, IV장에서는 명암을 고려한 질감매핑과 회전시 머리카락 변화부분의 고려에 대하여 언급하였다. 그리고 V장에서는 합성영상과 실제영상에 대한 실험결과를 보이고, VI장에서 간단히 결론을 맺었다.

II. 3차원 얼굴 모델

1. 얼굴 모델의 구축

얼굴의 3차원적인 움직임 표현하기 위해서는 기본적인 3차원 얼굴모델의 구축과 이 모델에 대한 임의의 변환이 가능해야 한다. 본 연구에서는 얼굴의 3차원 모델로서 그림 2과 같은 철선프레임을 사용하였다. 이 철선프레임은 265개의 정점(vertex)과 458개의 삼각형으로 구성되어 있다. 각 삼각형은 3개의 정점으로 정의되며, 각 정점은 3차원 좌표(x, y, z)를 가진다. 삼각형과 정점들은 얼굴의 변화를 잘 표현하기 위해, 조장이 편리한 연계 리스트(linked list)구조로 데이터화 하였다.

또한, 본 연구에서는 얼굴이 정지되어 있고 표정만 변하는 종래의 연구와는 달리, 회전시에도 자연스런 영상을 합성하기 위하여, 귀부분의 철선 프레임과 머리카락 부분의 변화를 부가하여 합성영상을 시도하였다. 귀부분의 철선 프레임은 기본 철선프레임에 좌우 각기 9개의 정점과 12개의 삼각형으로 구성하였다.

2 철선프레임의 정합과 변환

표정과 얼굴의 움직임을 잘 표현하기 위해서는 철선프레임과 초기 정면상과의 정합이 필요하다. 이러한 정합은 얼굴의 윤곽이나 얼굴 표정변화에 중요한 특징점들을 사용해서 이루어진다. 본 연구에서는 이

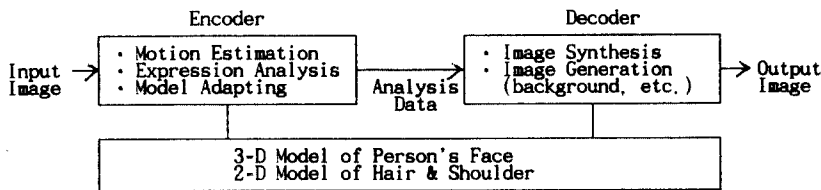


그림 1. 모델기반 부호화 시스템의 블록도
Fig 1. Block diagram of model-based image coding system.

미 제안한 바 있는 자동 특징점 추출방법^[6]을 사용하여 정합하였다.

그림 2는 본 연구를 위하여 구축한 철선프레임을 나타낸다. 그림 3은 기본적인 얼굴윤곽 정합을 위한 얼굴의 특징점이다. 그림에서 BC를 x축, AD를 y축에 대한 스케일링 계수로 사용하여, 철선프레임을 변형하여 기본적으로 정면상과 정합시킨다.

얼굴내부의 표정변화에 중요한 요소인 입, 눈과 눈썹에 대한 특징점들과 회전시에 중요한 귀에 대한 특징점을 그림 4에 나타내었다. 그림에서 각 요소의 특징점에 해당되는 3차원 모델의 정점을 입력영상에서 추출된 특징점의 해당위치로 변환시킨다. 그리고, 주위의 정점들은 특징점들간의 2차 곡선으로 근사화해서 변형시킨다. 결과적으로 철선프레임은 완전히 주어진 입력 영상에 정합된다.

형상모델의 3차원 변환은 이동, 스케일링, 회전 등으로 구성되어 있다. 정합된 영상에서 3차원 변환이나 표정변화가 일어났을 때, 철선프레임을 초기의 정합과 마찬가지로 변환이나 표정에 맞게 변화시키고, 변화된 특징점들의 정보를 수신단으로 전송한다.

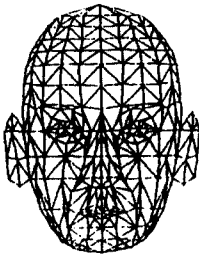


그림 2. 철선프레임 모델
Fig 2. wireframe model

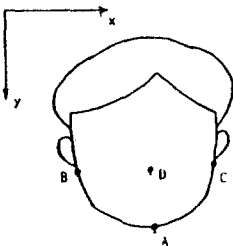


그림 3. 기본적인 특징점
Fig 3. basic feature points



그림 4. 얼굴의 특징점들
Fig 4. feature points of face

Ⅲ. 영상합성의 기본이론

모델기반 부호화 시스템에서 전송된 분석정보에 따른 수신측에서의 영상합성은 가장 중요한 과정 중 하나이다. 영상합성법은 컴퓨터 그래픽에서 오래전부터 많이 연구되어 왔는데, 대표적으로 사용되는 면에 대한 영상합성법으로는 크게 명암법과 질감매핑이 있다.

1. 명암법^[7]

명암법이란 3차원 물체를 표현하기 위하여 빛, 면의 특성, 방향, 위치 등에 의한 반사도로서 물체의 명암을 표현하는 기법이다. 명암법에는 고정명암법, Gouraud shading, Phong shading, Ray tracing 등이 있다. 이 중에서 삼각형으로 이루어진 철선프레임의 명암은 Gouraud shading 이나 Phong shading으로 잘 표현할 수 있다. 또한 삼각형의 크기가 작은 경우에는 두 방법이 비슷한 성능을 보인다.

본 연구에서는 두 방법 중에서 수행이 간단한 Gouraud shading을 얼굴 철선프레임의 영상합성에 사용하였다. Gouraud shading은 “밝기 보간”이라고도 하며, 이 방법은 그림 5와 밝기의 선형변화를 나타내는 (1)식에 표현되어 있다.

$$\begin{aligned}
 I_4 &= \frac{1}{y_1 - y_2} [I_1(y_4 - y_2) + I_2(y_1 - y_4)] \\
 I_6 &= \frac{1}{y_3 - y_2} [I_3(y_6 - y_2) + I_2(y_3 - y_6)] \\
 I_5 &= \frac{1}{y_6 - x_4} [I_4(x_6 - x_5) + I_6(x_5 - x_4)]
 \end{aligned} \tag{1}$$

여기서 $I_{(1-3)}$: 정점의 명암도.

$x_i, y_i (i=1-6)$: (x, y) 좌표치.

$I_{(4-6)}$: 정점의 명암도를 근거리 선형보간된 명암도.

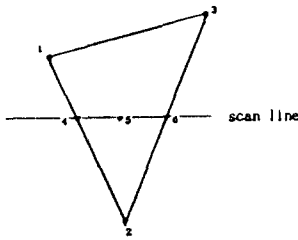


그림 5. Gouraud shading의 발기보간
Fig 5. Intensity interpolation in Gouraud shading

위와 같은 방법으로 영상을 합성하면, 조명에 의한 명암의 표현은 잘 할 수 있지만 자연영상의 고유질감을 표현할 수는 없다.

2. 질감매핑^[8]

질감매핑은 물체 고유의 질감을 잘 표현하기 위해서 개발된 방법이다. 이것은 스크린영역의 좌표에 해당하는 질감영역에서의 질감을 합성영상 영역인 스크린영역에 매핑한다.

모델기반 부호화 시스템의 영상합성에는 삼각형 구조의 칠선프레임을 많이 사용한다. 삼각형은 세점이 하나의 평면을 정의하기 때문에, 선형변환인 affine 변환^[9]만으로 임의의 스크린영역의 좌표에 해당하는 질감영역의 좌표를 간단하게 구할 수 있다. 따라서, affine 변환을 이용한 질감매핑이 모델기반 부호화에서 영상합성법으로 주로 사용된다.

질감매핑에 사용된 affine 변환의 기본식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} u &= a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot y \\ v &= b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot y \end{aligned} \quad (2)$$

여기서, (x, y)는 스크린영역의 좌표이고, (u, v)는 질감영역의 좌표를 나타낸다. 깊이(depth) 좌표는 선형보간에 의하여 구해지며, 은면제거(hidden surface removal)^[10]를 위하여 사용된다.

질감매핑을 위하여 첫 단계로서 역 affine 변환으로 질감영역의 좌표가 계산되고, 다음 단계로, 계산된 좌표에 해당하는 화소의 밝기값이 계산되어야 한다.

첫 단계에는 affine 변환계수 a_i, b_i 는 질감영역과 스크린영역의 각 점 P_i' 와 P_i 로부터 구해진다. 즉, 그

림 6에서 두 좌표계 사이의 삼각형의 세 정점의 좌표 $(x_i, y_i), (u_i, v_i)$ 를 (2)식에 대입하여 계수 a_i, b_i 를 구한다.

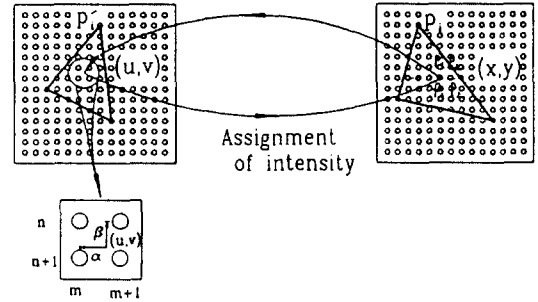


그림 6. affine 변환에 의한 질감매핑
Fig 6. texture mapping by affine transform

이들 계수로부터 삼각형 내부의 모든 좌표는 계산이 가능하다. 그러나, 첫 단계로부터 구해진 (u, v) 좌표는 정수치가 아니므로, 질감공간 상의 그리드(grid)에 정확하게 대응되지 못한다. 따라서 구해진 좌표치의 인접 4개 화소에 대하여, 각 화소의 거리에 가중치를 고려한 쌍일차(bilinear) 보간기법을 이용하여, 화소의 밝기값을 (3)식과 같이 추정 계산한다.

$$\begin{aligned} \hat{f}(u, v) &= (1-\alpha) \cdot (1-\beta) \cdot f(m, n) + (1-\alpha) \cdot \beta \cdot f(m, n+1) \\ &\quad + \alpha \cdot (1-\beta) \cdot f(m+1, n) + \alpha \cdot \beta \cdot f(m+1, n+1) \end{aligned} \quad (3)$$

질감매핑에 의한 영상합성은 얼굴의 질감을 잘 표현한다. 그러나, 회전과 같은 변환의 경우 실제 명암과는 어색한 결과를 나타낸다.

IV. 회전을 고려한 영상합성

제안된 영상합성 방법은 얼굴의 명암과 고유의 질감을 동시에 고려하여 영상을 합성한다. 그리고 회전시에 귀의 칠선프레임 추가와 머리카락의 변화를 고려하여 전체적으로 자연스런 결과 영상을 합성한다.

1. 명암을 고려한 질감매핑

affine 변환을 이용한 질감매핑은 칠선프레임 내의 화소들의 밝기 값들을 표현하기 위해, affine 변환과 쌍일차 보간기법을 이용하여 정면상으로부터 질감정

보를 가져오므로 양호한 질감표현이 가능하다. 그러나, 회전이 발생했을 때, 정면상으로부터 질감을 가져와 회전된 철선프레임에 매핑을 하면, 정면상에 대한 조명효과가 그대로 회전된 영상에 매핑된다. 따라서 실제 조명이 얼굴의 정면을 따라 회전한 결과가 되므로 명암표현에 어색한 문제가 있다.

한편, 명암법은 철선프레임의 깊이좌표와 삼각형의 법선벡터에 근거하여 사물의 명암도를 나타내며

로, 3차원 변환이 발생하였을 때 명암이 잘 표현된다. 따라서, 이 방법에서는 회전된 경우에도 자연스러운 명암표현이 가능하다. 그러나, 얼굴형상과 같은 대상 영상의 고유질감을 표현하기는 어렵다.

위의 두가지 영상합성 기법의 특성을 잘 이용하면, 얼굴의 질감을 잘 표현할뿐만 아니라 회전시에 명암의 변화도 잘 나타낼 수 있다. 제안된 영상합성 방법의 블록도는 그림 7과 같다.

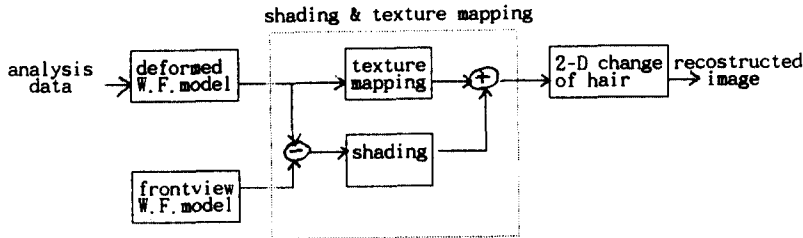


그림 7. 제안된 방법의 블록도
Fig 7. Block diagram of a proposed method

기본적으로 변형된 모델의 질감을 affine 변환을 이용해서 나타낸다. 그리고 변형된 철선프레임 모델과 정면 철선프레임 모델에 대한 명암도의 차를 이용해서, 스크린영역에 얼굴영상의 명암의 변화를 나타내고, 회전에 따른 머리카락의 변화는 추가하여 나타낸다. 제안된 방법의 구체적인 과정은 그림 8과 같다.

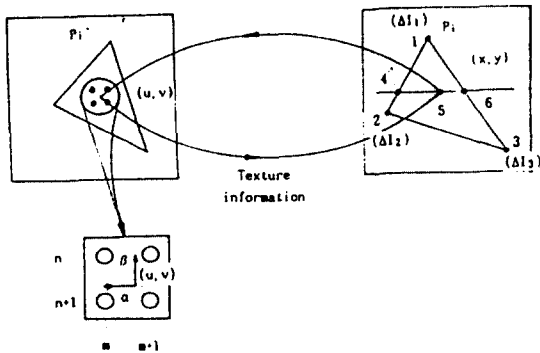


그림 8. 명암을 고려한 질감매핑
Fig 8. texture mapping with shading effect

여기서 $\Delta I_{i(i=1-3)}$: 회전에 따른 정점의 명암도 차.
명암을 고려한 질감매핑의 표현식은 (1)식과 (3)식으로부터 다음 (4)식과 같이 표현 할 수 있다.

$$I_5' = \hat{f}_5(u, v) + \frac{1}{x_6 - x_4} [\Delta I_4(x_6 - x_5) + \Delta I_6(x_5 - x_4)] \quad (4)$$

여기서 $\Delta I_{i(i=4, 6)}$: 정점의 명암도의 차로 보간된 값.
 $\hat{f}_5(u, v)$: 지점 5에 대해 질감영역에서 구해진 질감값.

(4)식은 영상을 합성할 때, 정면상의 철선프레임과 변형된 철선프레임 사이의 명암의 차를 Gouraud shading 기법으로 기본 질감매핑에 더함으로써, 변형된 영상의 명암변화를 표현한다.

2. 머리카락의 변화

회전시에 얼굴모델의 회전 다음으로 고려해야 할 것은 귀의 변화와 머리카락의 변화이다. 귀의 변화는 기본 철선프레임에 귀 부분을 추가함으로써 표현할 수 있다. 그러나 머리카락의 변화는 형태가 다양하므로 철선프레임을 제작하기는 힘들다. 따라서, 얼굴의 회전에 대응하여 머리카락을 변화시켜 전체적인 얼굴과 일치시켜 준다.

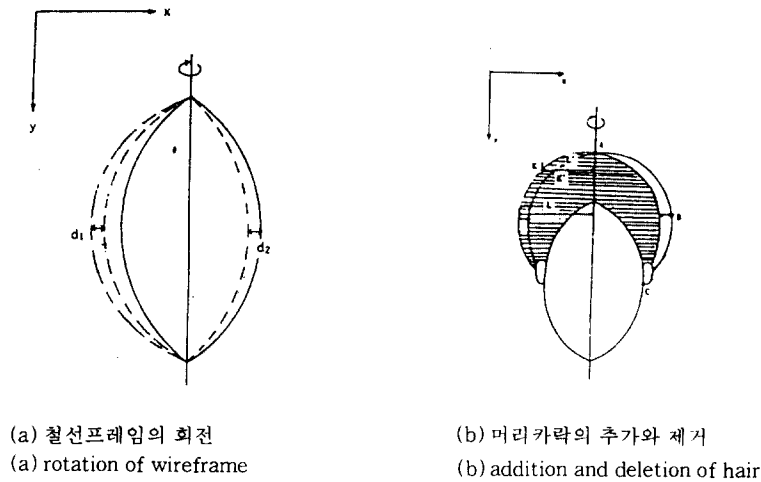


그림 9. 머리의 회전에 따른 머리카락 모양의 변화

Fig 9. hair shape change by head rotation

그림 9(a)의 실선은 기본 정면상의 철선프레임의 테두리를 나타내고, 점선은 회전된 철선프레임의 테두리이다. 일전채선은 회전되었기 때문에 왼쪽 철선프레임의 테두리보다 더 작은 x좌표를 가지게 되어, 눈에 새로이 보이는 왼쪽 경계선을 나타낸다. 그리고, d_1 은 일전채선상의 가장 작은 x 좌표와 점선사이의 차이값을 나타낸다. d_2 는 가장 큰 x 좌표를 가진 철선프레임 정점의 회전에 따른 x 좌표의 변화폭이다.

그림 9(b)는 회전시 화면에서 사라지는 왼쪽 머리카락의 제거와, 화면에 나타나는 오른쪽 머리카락의 추가를 표현한다.

먼저, 그림 9(a)의 d_1 에 비례해서 정면상의 머리카락 가정자리와 (5)식에서 계산된 각 K' 점으로 구성된 경계선 사이의 영역을 제거한다.

$$K' = K + L'/L * d_1 \quad (5)$$

여기서 L는 중심축에서 가장 멀리 떨어진 정면상의 머리카락 좌표까지의 거리이다. L'은 중심축에서 정면상의 임의의 가장자리상의 점까지의 거리이며, K는 이때의 가장자리상의 x 좌표이다.

다음, 회전으로 인해 화면쪽으로 돌아오는 오른쪽 부분의 머리카락을 표현하기 위해, 정면상의 머리카락에서 제일 큰 x 좌표를 가진 점을 취한다. 이점 부분이 회전 후에도 가장 클 것으로 예상하고, 그림

9(a)의 d_2 만큼 x 축의 양의 방향으로 이동시킨 B와, 머리의 정점 A, 끝점 C를 2차 곡선으로 연결한다. 그리고, 정면상의 테두리와 새로 만들어진 곡선 사이의 영역에서 가까운 정면상의 머리카락의 밝기값을 채워 넣어 머리카락의 증가를 표현한다. 그리고 d_1 , d_2 의 평균값만큼 전체적으로 회전되는 방향으로 이동시켜 얼굴모델과 일치시킨다. 결과적으로 회전으로 화면에 새로이 나타난 머리카락이 표현된다.

V. 실험 및 고찰

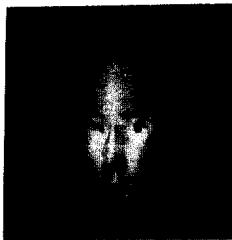
실험을 위하여 본 연구에서는 주어진 철선프레임에 대하여 Gouraud shading으로 합성한 얼굴영상과 DT2871 Frame Grabber를 이용하여 얻어진 256x256 크기의 8bit로 양자화된 실제 인물영상을 사용하였다. 또한, 실험은 IBM-PC 386SX상에서 C 언어로 수행되었다.

먼저, 얼굴 회전시에 명암변화를 조사하기 위해서, 철선프레임상에 Gouraud shading을 이용해서 인위적인 얼굴영상을 합성하였다. 이 합성영상을 대상으로 해서 기존의 질감매핑과 명암효과를 고려한 제안된 질감매핑을 비교하였다. 그림10(a)는 얼굴 철선프레임에 Gouraud shading 기법을 이용한 합성 얼굴영상이고, 그림 10(b)는 (a)의 합성영상을 대상으로 해서 회전된 철선프레임에 질감매핑한 영상이다. 이 영

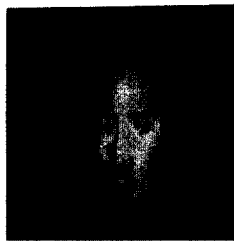
상에서는 (a)의 정면상의 밝은 부분이 그대로 회전된 결과의 영상에 매핑되어, 정면상과 같은 부위에 명암이 나타난다. 따라서 실제로 조명이 얼굴의 회전을 따라 이동된 것 같은 어색한 결과를 보인다. 그림 10(c)는 (a)의 영상을 제안된 방법을 사용해서 합성한 영상이다. 그림(c)에서는 화면쪽으로 돌아나오는 부분의 명암이 밝아져서, 조명의 위치가 고정된 자연스러운 결과를 나타낸다. 따라서 기존의 질감매핑의 명암표현에 대한 어색함이 줄었음을 알 수 있다.



(a) 인공영상(정면상)
(a) artificial image(front view)



(b) 질감매핑
(b) texture mapping



(c) 제안된 방법
(c) proposed method

그림 10. 인공영상을 이용한 질감매핑과 제안된 방법의 비교
Fig 10. Comparison texture mapping proposed method using artificial image

다음, DT2871 Frame Grabber을 이용해서 얻어진 실 인물영상을 사용하여, 회전시 질감매핑에 의한 영상합성과 제안된 영상합성의 결과를 비교한다. 비교 이전에, 회전시 귀부분의 표현과 머리부분 변화의 표현이 없으면 실재감이 나지 않기 때문에, 귀의 상 귀부분의 철선프레임 추가와 머리부분의 변화는 제안된 방법뿐만 아니라 기존의 방법에도 수행해 주었다.

그림 11(a)는 DT2871 Frame Grabber를 이용하여 얻어진 인물영상의 정면상이고, 그림 11(b)는 회전된

영상을 질감매핑에 의해 합성한 것이다. 그리고 그림 11(c)는 제안된 영상합성법에 의해 합성한 영상이다.



(a) 정면상
(a) original image(front view)



(b) 질감매핑
(b) texture mapping



(c) 제안된 방법
(c) proposed method

그림 11. 실영상을 이용한 질감매핑과 제안된 방법의 비교
Fig 11. Comparison texture mapping and proposed method using real image.

위의 결과에서 (b)의 질감매핑에 의한 회전된 영상의 합성결과는 그림 10(b)에서와 마찬가지로 조명이 이동된 듯이 보이지만, (c)의 제안된 질감매핑에 의한 합성결과는 명암의 변화를 잘 표현한다.

그리고 회전시 귀부분의 표현과 머리카락 변화의 추가는 합성된 얼굴영상들을 자연스럽게 만든다.

VI. 결 론

본 논문에서는 인물의 3차원 얼굴모델을 기반으로 하여, 새로운 질감매핑 방법과 귀부분의 철선프레임 추가 및 머리카락의 변화를 고려하는 영상 합성법에 대하여 연구하였다.

기존의 질감매핑은 회전시 조명에 따른 명암변화를 잘 표현하지 못하기 때문에 조명효과의 관점에서 어색한 영상을 합성한다. 본 연구에서는 회전시 자연

金 臣 煥(Shin Hwan Kim)

정회원

1952년 4월 6일생

1975년 2월 : 한국항공대학 통신공학과(공학사)

1983년 2월 : 전북대학교 대학원 전기공학과(공학석사)

1985년 4월~1988년 3월 : 일본 동경대학 대학원 전자공학과(공학박사)

1983년 3월~현재 : 대구대학교 정보통신공학과 부교수

※주관심분야 : 영상신호처리 및 영상통신

金 南 哲(Nam Chul Kim)

정회원

1955년 7월 29일생

1978년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학사)

1980년 2월 : 한국과학원 전기 및 전자공학과(공학석사)

1984년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)

1991년 8월~1992년 8월 : 미국 Syracuse대학 전기 및 전산공학과 객원교수

1984년 4월~현재 : 경북대학교 전자공학과 부교수

※주관심분야 : 영상압축, 영상처리 및 컴퓨터비전