

모핑을 이용한 화상회의의 시선 맞춤 보정 방법

(Mutual Gaze Correction for Videoconferencing using View Morphing)

백으뜸*, 호요성**

(Eu-Tteum Baek, Yo-Sung Ho)

요약

언어를 사용하지 않고 몸짓이나 손짓, 표정 등 신체의 동작으로 의사나 감정을 표현하고 전달하는 비언어적 전달 방법은 중요한 의사전달 방법 중 하나이다. 이러한 몸짓이나, 손짓, 시선 맞춤 그리고 손동작은 때론 말보다 더 강력한 의사전달의 방법으로 작용한다. 비언어적 의사전달 방법에서 시선 맞춤은 그중에서도 가장 중요한 의사전달 방법이다. 하지만 화상회의를 할 때 디스플레이 상에서의 눈과 카메라의 차이 때문에 상호간에 시선 맞춤이 되지 않는다. 만약 상호간에 시선 맞춤을 하지 않고 대화를 하면 정확한 의사전달이 힘들고 서로의 이야기에 집중하기 어려워진다. 본 논문에서는 화상회의 상황에서 시선 맞춤을 개선하는 방법을 제안한다. 시선 맞춤을 개선하기 위해 두 대의 카메라를 텔레비전의 위, 아래에 설치하였다. 동시에 두 영상을 촬영하여 2D 워핑을 하여 가상의 중간시점으로 옮기고, 뷰 모핑을 한다. 모핑된 얼굴과 배경영상을 합성하여 화상회의를 위해 개선된 시선 맞춤 영상을 만든다. 실험 결과를 통하여 제안한 알고리즘이 시선 맞춤을 개선하고 자연스러운 중간 시점 영상을 합성하는 것을 확인할 수 있다.

■ 중심어 : | 시선 맞춤 | 워핑 | 얼굴 모핑 | 객체 추출 | 영상 합성 |

Abstract

Nonverbal communications such as eye gazing, posture, and gestures send forceful messages. In regard to nonverbal communication, eye gazing is one of the most strong forms that an individual can use. However, lack of mutual gazing occurs when we use video conferencing system. The displacement between locations of the eyes and a camera gets in the way of eye contact. The lack of eye gazing can give unapproachable and unpleasant feeling. In this paper, we propose an eye gazing correction for video conferencing. We use two cameras installed at the top and the bottom of the television. The captured two images are rendered with 2D warping at virtual position. We implement view morphing to the detected face, and synthesize the face and the warped image. The result shows that eye gazing is corrected and correctly preserved and the image was synthesized seamlessly.

■ keywords : | Eye contact | Warping | Face morphing | Object extraction | Image synthesis |

I. 서론

화상회의는 통신기술의 하나로서 어느 장소에 있든지 같은 장소에 있는 것처럼 대화 할 수 있게 하는 기술이다. 오늘날 화상회의는 누구나 사용할 수 있으며 거리에 구애받지 않고 사용할 수 있어 비용 절감에 효과적이다. 그리고 최근 몇 년간 많은 기업에서 화상회의에 많은 관심을 보이고 있고, 화상회의 기술에 대한 수요도 꾸준히 상승하고 있다.

화상회의에서 시선 맞춤 기술은 가장 큰 어려움 중의 하나이

다. 카메라와 두 눈 사이의 거리 차이는 상호간의 시선 맞춤을 어렵게 한다. 시선 맞춤의 어려움은 상호간에 대화를 비인격적이고, 부자연스럽게 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 이전의 논문들은 상호간의 시선 맞춤을 개선하는 방법들에 대해 연구해 왔다. J. Gemmell은 단일 카메라를 활용한 얼굴 모델을 구성하여 시선 맞춤 방법을 제안하였고[1], M. Ott는 스테레오 매칭으로 가상시점의 영상을 합성하는 방법을 제안하였다[2]. 그리고 3D 얼굴 모델을 구성하는 기법이나[3], 눈의 움직임을 추적하는 기술[4], 그리고 키넥트를 활용하여 3D 모델을 만들어 시선 맞춤을 개선하는 방법들이 소개 되었다[5]. TOF 카메

* 준회원, 광주과학기술원 정보통신공학부

** 정회원, 광주과학기술원 정보통신공학부

라를 사용하여 혼합형 시스템을 구축한 방법들이 있다 [6]. 하지만 이전의 접근들은 많은 제약사항들이 존재 한다. 디스플레이의 크기가 커서 카메라와 두 눈 사이의 각도가 큰 영상에 대해서는 고려되지 않았고, 이전까지의 접근은 대부분 배경이 없이 얼굴만 집중해 촬영된 영상을 개선하였다. 또한, 스테레오 매칭과 3D 모델링은 알고리즘의 복잡도가 커서, 실시간으로 사용되기 어렵다는 단점이 있다. 그리고 능동형 센서 카메라를 사용하여 시선 맞춤을 개선하는 경우, 수동형 센서를 사용할 때에 비해 빠르지만 적은 텍스처 정보로 인하여 중간 시점을 생성하는데 어려움이 따른다.

본 논문에서, 두 대의 카메라와 Full HD 텔레비전을 활용하여 기업 간의 화상회의 상황에서의 시선 맞춤 기법에 대해 제안한다. 텔레비전 상단과 하단에 카메라를 설치하여 촬영한다. 많은 계산시간과 카메라 위치차이로 생기는 홀 영역을 피하기 위해 스테레오 매칭 기법을 사용하지 않는다. 또한 계산시간을 단축하기 위하여 사람의 영역을 배경과 분리시켜서 사용한다. 추출된 사람의 영역에서 얼굴부분의 특징점을 찾고, 위, 아래영상에서 관련된 특징 점을 정하여 뷰 모핑을 한다. 마지막으로 영상을 자연스럽게 합성한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 시스템의 개요를 설명하고, III장에서 시선 맞춤을 위한 알고리즘을 소개 한다. IV장에서는 제안하는 방법의 실험 결과를 분석하고, V장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 시스템 개요와 구조

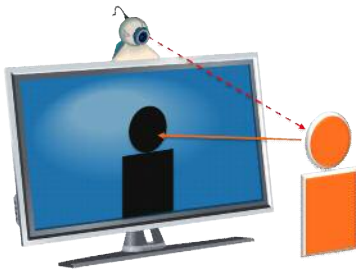


그림 1. 카메라와 디스플레이의 위치

1. 시스템 구조

사용자는 카메라를 응시하기 보다는 화면에 나오는 상대편을 보기 때문에 그림 1에 보듯이 양자 간에 눈을 맞추는 것이 어렵다. 만약 카메라와 디스플레이 상에서 시선의 각도가 5.5 이상이면 양자 간의 눈을 맞추기가 더 어려워진다[7]. 이런 문제를 해결하기 위하여 두 대의 카메라를 텔레비전 주변에 설치해 시선 맞춤을 개선한다. 텔레비전은 55 인치 Full HD 텔레비전이고 두 대의 카메라는 CCD카메라이다. 그림 2에서 보듯이 두 대의 카메라는 텔레비전의 중심에서 수직으로 설치

하였다. 사용자와 텔레비전의 거리는 약 2m의 거리이고 카메라의 거리는 약 79cm이다. 카메라와 디스플레이 상의 눈과의 각도는 약 11.5도이다. 그리고 카메라 캘리브레이션 방법을 사용하여 두 카메라의 파라미터를 획득한다[8].

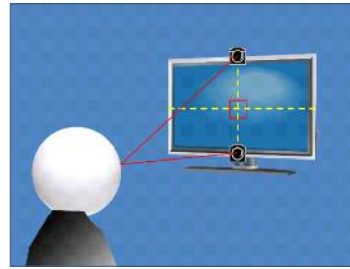


그림 2. 화상회의 시스템 구조

2. 시스템 개요

그림 3은 화상회의 시스템의 개요에 대해 보여준다. 알고리즘을 세단계로 나누어 설명한다. 첫 번째 단계는 전처리 단계로 체스보드 판을 이용하여 카메라 파라미터를 얻은 두 대의 카메라에서 동시에 영상을 획득한다. 수행시간을 단축하기 위하여 객체와 배경을 분리한다. 두 번째 단계는 뷰 모핑 단계이다. 2D 워핑을 사용하여 중간시점에 영상을 옮기고 얼굴의 특징점을 찾아 들로네 삼각화 방법으로 점들을 구성하고 연관된 삼각형으로 모핑을 하는 단계이다. 마지막 단계는 뷰 합성 단계로 모핑된 얼굴과 배경영상을 합성한다. 객체와 배경의 인접하는 부분을 자연스럽게 합성하기 위하여 경계선부분에 블렌딩 방법을 사용한다.

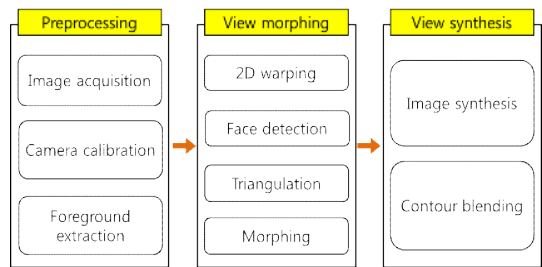


그림 3. 시스템 개요

III. 시선 맞춤 보정

1. 가상의 중간시점 파라미터 획득

획득한 두 장의 영상을 2D 워핑하기 위해서 텔레비전의 상단과 하단에 부착된 카메라의 중간에 위치한 가상의 카메라 파라미터 정보가 필요하다. 그래서 두 대의 카메라의 파라미터를 사용하여 가상의 카메라 파라미터를 계산한다. 카메라

파라미터는 세 종류의 요소로 구성된다. 식 (1)은 카메라 파라미터를 나타내는데 내부 파라미터 A, 외부 파라미터 R, 그리고 이동벡터 t로 구성된다.

$$A_{vir} = (A_{top} + A_{bottom}) / 2 \quad (1)$$

식 (2)-(5)에 나오는 아래 첨자인 vir는 가상의 카메라의 파라미터를 의미하고, top과 bottom은 각각 상단에 위치한 카메라와 하단에 위치한 카메라의 파라미터를 의미한다. 식 (2)를 사용하여 두 카메라의 내부 파라미터 A를 이용하여 가상의 카메라의 내부 파라미터 A_{vir}를 얻는다. A_{vir}는 두 내부 카메라 파라미터의 합에서 2로 나눈 값을 말한다.

$$A_{vir} = (A_{top} + A_{bottom}) / 2 \quad (2)$$

가상의 외부 파라미터를 얻기 위하여 오일러 행렬 분해법을 사용하여 오일러 각을 얻는다. 오일러 각은 3차원 공간에서 물체의 방위를 표시하기 위한 세 각도의 조합이다. 식 (3)은 회전행렬을 보여주는데 식의 편의상 cos과 sin은 각각 c와 s로 표현한다. R_x는 기준 좌표계의 X-축을 중심으로 θ₁만큼 회전하는 행렬이고, R_y는 기준 좌표계의 Y-축을 중심으로 θ₂만큼 회전하는 행렬이고, R_z는 기준 좌표계의 Z-축을 중심으로 θ₃만큼 회전하는 행렬이다.

$$R = R_x(\theta_1)R_y(\theta_2)R_z(\theta_3) \\ = \begin{bmatrix} c\theta_2c\theta_3 & -s\theta_2c\theta_3 & s\theta_2 \\ c\theta_1c\theta_3 + s\theta_1s\theta_2c\theta_3 & c\theta_1s\theta_3 - s\theta_1s\theta_2s\theta_3 & -s\theta_1c\theta_3 \\ s\theta_1s\theta_3 - c\theta_1s\theta_2c\theta_3 & s\theta_1c\theta_3 + c\theta_1s\theta_2s\theta_3 & c\theta_1c\theta_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

식 (3)의 행렬을 다시 간략하게 식 (4)로 표현한다.

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \quad (4)$$

식 (5)를 사용하여 θ₁, θ₂ 그리고 θ₃을 얻는다.

$$\begin{aligned} \theta_1 &= \text{atan2}(r_{21}, r_{11}) \\ \theta_2 &= \text{asin}(-r_{31}) \\ \theta_3 &= \text{atan2}(r_{32}, r_{33}) \end{aligned} \quad (5)$$

top 카메라와 bottom 카메라의 오일러 각을 각각 구하여 반으로 나누어 그 값을 식 (3)에 대입하여 가상의 카메라의 외부 파라미터를 구한다,

식 (6)은 카메라 중간지점을 얻기 위한 식으로, 식 (6)을 이용하여서 두 카메라의 중간지점을 얻는다. 식 (7)을 사용하여 카메라 중간지점 C_{vir}를 얻는다. C_{vir}과 식 (6)을 이용하여 이동벡터 t_{vir}를 구한다.

$$t = -RC \quad (6)$$

$$C_{vir} = (C_{top} + C_{bottom}) / 2 \quad (7)$$

2. 2D 워핑

2D 워핑을 수행하기 전에 획득한 영상에서 배경영상과 객체 영상이 포함된 영상의 차이로 사람을 분리한다. 가상 카메라와 상 하단에 부착된 카메라간의 2D 호모그래피 행렬을 사용하여 영상을 워핑한다. 그림 4는 오리지널 좌표 m₁이 가상의 공간으로 움직이는 것을 보여준다. 오리지널 평면위의 좌표 m₁이 가상의 평면위의 좌표 m'₁으로 옮겨지는 것이다. 식 (8)과 식 (9)의 두 호모그래피 행렬 H_b와 H_t를 사용하여 2D 워핑을 한다.

$$H_b = P_{bottom} P_{vir}^+ \quad (8)$$

$$H_t = P_{top} P_{vir}^+ \quad (9)$$

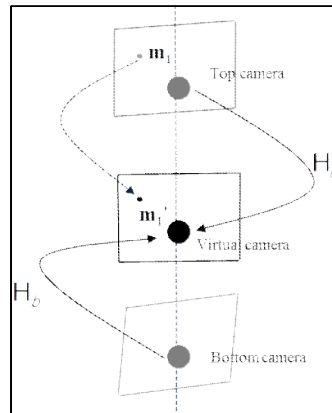


그림 4. 2D 워핑

3. 얼굴 특징점 검출과 삼각화

Haar 특징 분류 방법과 얼굴의 비율을 사용하여 얼굴의 특징 점을 찾아낸다[10]. 얼굴의 특징 점을 찾기 위한 첫 번째 단

계는 얼굴을 검출하는 것이다. 두 번째로 검출된 얼굴위에 특징 점을 찾아낸다. 하지만 카메라가 디스플레이의 위, 아래에 설치되어 있어서, 얼굴의 특징 점을 찾아내는데 어려움이 생긴다. 이러한 문제를 해결하기 위해 일반적인 사람의 비율을 사용하여 특징 점을 검출한다. 그림 5는 일반적인 사람 얼굴의 비율을 보여주는 그림이다. 그림에서 볼 수 있듯이 사람의 얼굴은 고유의 비율로 이루어져 있다는 것을 알 수 있다. 비록 사람마다 생김새가 다르고 나이에 따라 모습은 변하지만, 기본적인 얼굴의 비율은 거의 비슷하다. 얼굴의 특징 점을 검출한 후, 들로네 삼각화 방법을 사용하여 특징 점들을 삼각화한다. 들로네 삼각화는 가장 작은 삼각형안의 각도가 최대가 되게 하는 삼각화 방법으로 삼각형의 모양이 최대한 알아지는 것을 피하게 하는 방법이다. 그림 6은 임의로 점을 정하여 들로네 삼각화 방법으로 삼각형을 구성한 것을 보여준다. 최소 각도 θ_{min} 가 최대의 크기가 되게 한다.

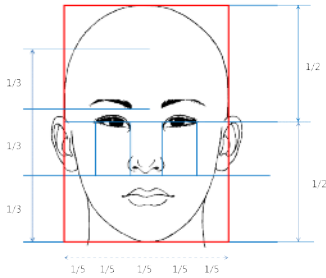


그림 5. 얼굴의 비율

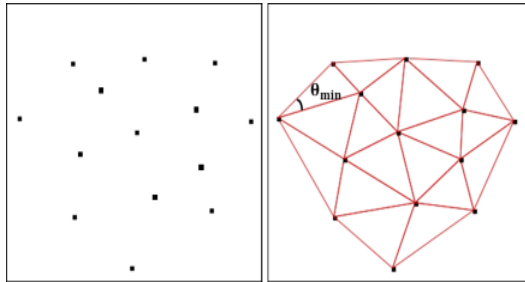


그림 6. 들로네 삼각화

4. 뷰 모핑

뷰 모핑은 가상의 평면위에서 서로 다른 두 개의 이미지가 하나의 전혀 다른 이미지로 변화하는 기법이다[11]. 들로네 삼각화로 구성된 삼각형들을 삼각형끼리 연관 짓는다. 만약 어파인 변형 방법을 사용하여 얼굴을 변형하면 얼굴에 홀이 생기는 문제가 발생한다. 그러므로 2D-to-2D 역어파인 변환 방법을 연관된 삼각형에 사용하여 뷰 모핑을 한다. 식 (10)은 어파인 변환 행렬의 식을 보여준다. X는 화소벡터이고, X'는

변환된 화소벡터이다. 그리고 A는 어파인 변환 행렬이다.

$$X'^T = AX^T = \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & e \\ c & d & f \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

식 (11)를 사용하여 어파인 변환 행렬의 요소들을 얻는다. 이때 최소 세 개 이상의 점들이 있어야 어파인 변환 행렬을 구할 수 있다. 식 좌측의 x_1 과 y_1 은 오리지널 영상에서 얻은 화소이고 x'_1 과 y'_1 은 변형될 좌표의 화소이다.

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & x_1 & y_1 & 0 & 1 \\ x_2 & y_2 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & x_2 & y_2 & 0 & 1 \\ x_3 & y_3 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & x_3 & y_3 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x'_1 \\ y'_1 \\ x'_2 \\ y'_2 \\ x'_3 \\ y'_3 \end{bmatrix} \quad (11)$$

식 (12)에서 A^{-1} 은 역 어파인 변환 행렬이다. 식 (10)을 사용하여 top영상과 bottom영상의 두 영상의 중간지점에서 보간된다.

$$A^{-1}X'^T = X^T \quad (12)$$

식 (13)을 사용하여 변환된 두 영상의 색상을 관련된 화소끼리 선형보간법으로 보간한다. 가운데 영상을 만들기 때문에 s는 0.5의 값을 사용한다.

$$I_{vir} = (1-s)I_{top} + sI_{bottom} \quad (13)$$

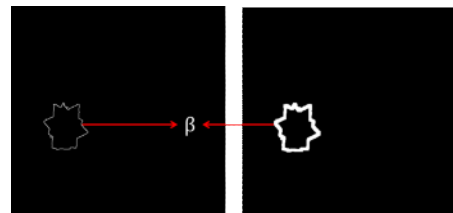


그림 7. 경계부분 평활화를 위한 팽창화

5. 영상 합성

얼굴부분만 사용하여 뷰 모핑을 하였기 때문에 배경영상과 모핑된 얼굴의 합성이 필요하다. 알파블렌딩 방법을 사용하여 모핑된 얼굴과 배경을 합성한다. 식 (14)는 2D가우시안

식이다. 얼굴이 합성될 부분에 식 (15)를 사용하여 배경영상에 가우시안 콘볼루션을 실행한다. 식 (16)을 사용하여 식 (15)에서 얻어진 값과 모핑된 얼굴에 α 값을 조정하여 합성한다.

$$f(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp \frac{-x^2-y^2}{2\sigma^2} \quad (14)$$

$$g(u,v) = \frac{1}{\sum f(u,v)} \sum_{i=-R}^R \sum_{j=-R}^R I_{\text{back}}(u-i,v-j)f(u,v) \quad (15)$$

$$s(u,v) = g(u,v)\alpha + I_{\text{fore}}(u,v)(1-\alpha) \quad (16)$$

더욱 자연스러운 얼굴 합성을 위하여 경계부근 화소들에 평활화를 수행한다. 경계선 영역은 전경의 외곽과 배경이 만나는 부분을 의미한다. 캐니 에지 검출 방법으로 경계선 영역을 검출하고[12], 경계선 영역에 모폴로지 영상처리 기법인 팽창을 적용한다. 알파블렌딩을 수행 한 영상에서, 얻어진 영역의 좌표에 평균값 필터를 적용한다. 이로서, 배경과 전경의 색상이 어우러지게 되고, 계단화 현상이 제거된다. 그림 7은 경계선 부분 β 를 팽창화를 시킨 영상이다. 이후 이미 합성된 영상에 β 에 속한 모든 화소 p에 평균값 필터를 수행한다.



(a) Top 영상 (b) Bottom 영상
그림 8. 두 카메라에서 촬영된 영상

IV. 실험 결과 및 분석

사용자는 카메라의 정면에 앉아서 디스플레이의 중앙을 바라본다. 카메라와 사용자의 거리는 약 2m이며, 두 대의 카메라는 동시에 촬영된다. 그림 8(a)는 사용자가 아래를 응시하는 것처럼 보이고, 그림 8(b)는 사용자가 위를 응시하는 것처럼 보인다.

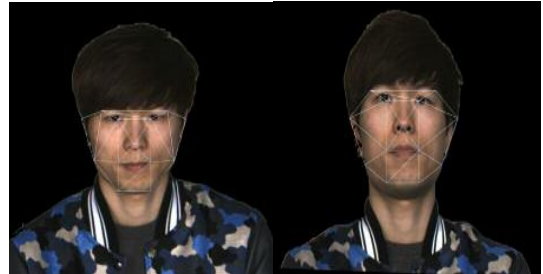


그림 9. 들로네 삼각화



그림 10. 뷰 모핑

그림 9는 두 영상이 가상의 중간 지점으로 2D 워핑되어 얼굴의 특징점으로 들로네 삼각화를 구성한 영상을 보여준다. 그림 10은 삼각화된 영역을 사용하여 얼굴을 모핑한 결과이다. 그림 11은 워핑된 top 영상과 모핑한 영상을 합성한 결과를 보여준다. 합성을 할 때 α 값은 약 0.1~0.15의 값을 사용할 때 가장 자연스러운 결과를 얻을 수 있었다. 실험 결과를 통하여 사용자의 시점이 보정되고 합성된 영상 역시 자연스러운 것을 알 수 있다.



그림 11. 합성 영상

그림 12는 다양한 얼굴을 사용하여 시선 맞춤을 한 영상을 보여준다. 실험 결과를 통하여 시선이 보정된 것을 확인 할 수 있다. 그림 13은 3D워핑을 사용한 시선 맞춤 방법과 제안한 방법을 보여주는 그림이다. 기존의 3D워핑을 사용한 방법은 적은 텍스

처로 인해 부분적으로 정보의 손실이 발생하고, 깊이 정보를 사용하기 때문에 시간이 오래 걸리지만, 제한한 방법은 정보의 손실이 없고 3D워핑을 사용한 방법보다 빠르다는 장점이 있다.

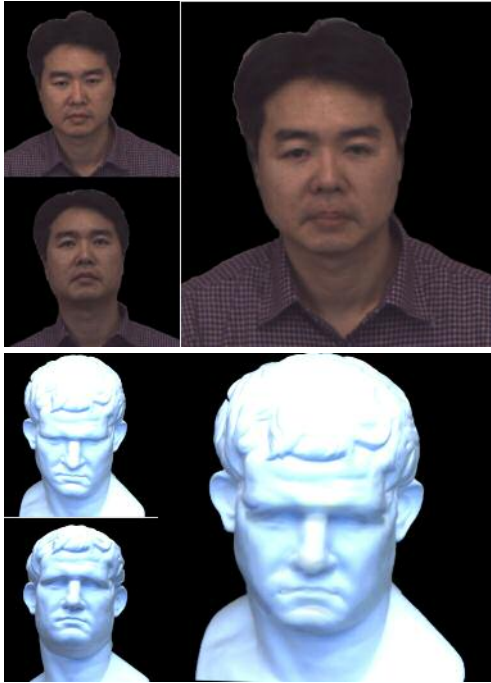
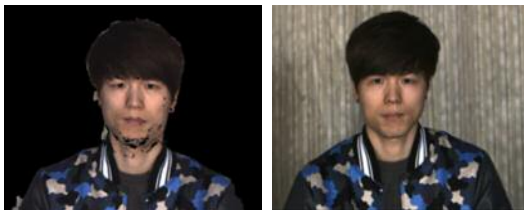


그림 12. 시선 맞춤 영상



(a) 3D 워핑 사용 (b)제한한 방법
그림 13. 알고리즘 비교

IV. 결론

국제화로 인해 효율적인 화상통신 시스템의 수요가 증가되고 있다. 또한 화상통신 시스템을 사용함에 따른 비용의 감소와 생산성의 증가로 인해 기업에서 화상통신에 대한 관심은 더욱 커지고 있다. 하지만 현재까지의 화상통신 시스템은 대부분 시선 맞춤을 할 수 없다는 심각한 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서 Full HD 텔레비전을 사용하는 화상회의 환경에서 사용자간에 시선 맞춤을 수정하는 방법에 대해 제안한다. 시스템은 한 대의 텔레비전과 두 대의 카메라를 포함한다. 카

메라의 파라미터를 사용하여 가상의 중간 파라미터를 획득하고 오리지널 시점에서 가상의 시점으로 2D 워핑을 한다. 워핑된 두 영상으로 얼굴을 모핑하고, 배경과 합성하여 시선을 수정한 영상을 얻는다. 실험 결과를 통하여 카메라와 디스플레이의 각도차로 인해 생기는 시선 불일치가 보완 되었으며 중간시점 합성 영상 역시 자연스럽게 합성되었음을 알 수 있다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2011-0090079)

참고 문헌

- [1] J. Gemmell, C.L. Zitnick, T. Kang, K. Toyama, and S. Seitz, "Gaze-awareness for Videoconferencing: A Software Approach," *IEEE Multimedia*, pp. 26 - 35, Oct. 2000.
- [2] M. Ott, J. Lewis, and I. Cox, "Teleconferencing Eye Contact Using a Virtual Camera," In *INTERCHI'93*, pp. 119-110, 1993.
- [3] R. Yang and Z. Zhang, "Eye gaze correction with stereovision for video tele-conferencing," In *Proc. Europ. Conf. Computer Vision*, volume 2, pp. 479 - 494, Copenhagen, Denmark, May 2002.
- [4] X. Ma and Z. Deng, "Natural eye motion synthesis by modeling gaze-head coupling," In *IEEE VR 2009*, pp. 143-150, 2009.
- [5] C. Kuster, T. Popa, J.-C. Bazin, C. Gotsman, and M. Gross, "Gaze correction for home video conferencing," *ACM TOG (SIGGRAPH Asia)*, 2012.
- [6] J. Zhu, R. Yang, and X. Xiang, "Eye contact in video conference via fusion of time-of-flight depth sensor and stereo," *3D Research*, vol. 2, no. 3, pp. 1-10, 2011.
- [7] R. Stokes. "Human Factors and Appearance Design Considerations of the Mod II PicturePhone Station Set," *IEEE Transactions on Communication Technology*, pages 318-323, 1969.
- [8] Z. Zhang, "A flexible new technique for camera calibration," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 22, pp. 1330 - 1334, 2000.
- [9] R. Hartley and A. Zisserman, "Multiple View Geometry in Computer Vision," Cambridge University Press, 2003.
- [10] I. W. Phillip and F. John, "Facial Feature

Detection Using Haar Classifiers,” Journal of Computing Sciences in Colleges, vol. 21, pp. 127-133, 2006.

- [11] S. M. Seitz and C. R. Dyer, “View morphing,” In Proc. SIGGRAPH 96. 1996.
- [12] J. Canny, “A Computational Approach to Edge Detection,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. PAMI-8, Issue 6, pp. 679-698, Nov. 1986.

저 자 소 개



백 으 땀(학생회원)

2012년 전북대학교 컴퓨터 공학과 학사 졸업.
 2013년~ 2015년 현재 광주과학기술원 정보통신공학과 석사 졸업.
 2015년~ 현재 광주과학기술원 정보통신공학과 박사 과정.

<주관심분야 : 디지털 영상처리, 3D 영상합성>



호 요 성(정회원)

1981년 서울대학교 전자공학과 학사
 1983년 서울대학교 전자공학과 석사
 1989년 University of California, Santa Barbara, Department of Electrical and Computer Engineering 박사

1983년 ~ 1995년 한국전자통신연구소 선임연구원
 1990년 ~ 1993년 미국 Phillips 연구소, Senior Research Member

1995년 ~ 현재 광주과학기술원 정보통신공학부 교수
 <주관심분야 : 디지털 신호처리, 영상신호 처리 및 압축, 멀티미디어 시스템, 디지털 TV와 고선명 TV, MPEG 표준, 3차원 TV, 실감방송>