
모바일 기기에서 조명 변화를 고려한 얼굴 영상 합성

Facial Image Synthesis Considering Illumination Variations on Mobile Devices

권지인, Ji-In Kwon*, 이상훈, Sang-Hoon Lee**, 최수미, Soo-Mi Choi***

요약 본 논문은 얼굴 영상을 합성할 때 조명 변화에 강인하도록 조명 보정 기법과 푸아송 영상 처리 기법을 결합한 얼굴 합성 방법을 제시한다. 제시된 방법은 얼굴 영상으로부터 자동적으로 피부 영역을 검출하고, 합성할 부위에서 합성 결과에 영향을 주는 세츄레이션된 부분을 보정한 후 최종적으로 대상 얼굴 영상에 합성하게 된다. 개발된 방법은 카메라가 부착된 모바일 기기에서 촬영된 영상 등에서 자주 발생할 수 있는 조명변화를 보완하여 다양한 얼굴합성 응용 분야에 활용될 수 있다.

Abstract This paper presents a robust method for facial image synthesis under varying illumination by combining illumination correction and Poisson image processing techniques. The presented method automatically detects skin area and corrects highly saturated regions that can cause bad effects on the final synthesis image. The developed method can be applied to various facial synthesis applications by correcting illumination variations that can occur frequently on photos taken with a camera phone.

핵심어: *facial synthesis, illumination correction, Poisson image processing, mobile devices*

본 연구는 교육과학기술부의 재원에 의해 한국연구재단의 지원을 받았음 (2010-0003685, 2010-0019373)

*주 저자 : 세종대학교 컴퓨터공학과 ; e-mail: jin2070@empal.com

**공동저자 : 세종대학교 컴퓨터공학과 ; e-mail: blackeyez_gk@naver.com

***교신저자 : 세종대학교 컴퓨터공학과 교수 ; e-mail: smchoi@sejong.ac.kr

■ 접수일 : 2011년 3월 3일 / 심사일 : 2011년 3월 29일 / 게재확정일 : 2011년 4월 7일

1. 서론

디지털 카메라가 널리 보급되고, 스마트 폰과 같은 모바일 기기에 부착된 소형 카메라의 성능이 발전함에 따라 사진을 이용한 응용 소프트웨어들이 활발히 개발되고 있다. 스마트 폰에 부착된 카메라를 이용하면, 혼자서도 쉽게 자신을 촬영할 수 있을 뿐만 아니라 촬영한 사진을 바로 인터넷을 통해 다른 사람에게 전송할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 디지털 사진의 또 다른 장점은 수정이 쉽다는 점이다. 최근 스튜디오에서는 사진을 촬영한 후 얼굴 영상을 보다 예쁘게 보이도록 작은 상처들이나 보기 싫은 부분을 수정해 주는 서비스를 제공하고 있다. 이렇게 디지털 영상 편집이 쉬워짐에 따라 얼굴 영상의 보정 목적에서 나아가 흥미 또는 성형 후의 모습을 상상해 보기 위해 유명한 배우의 눈, 코 등을 본인의 사진에 합성해 보기도 한다.

얼굴 영상에서 일부 영역을 변경시키는 연구에는 내부적으로 3차원적 모델을 적용하여 얼굴 포즈를 분석하여 변경시키는 방법, 특정 얼굴 영역을 변형시켜서 원하는 영상을 얻는 방법, 대상 얼굴 영상에 다른 얼굴 영상의 일부분을 잘라내어 합성하는 방법 등이 있다.

Blanz는 사진에서 얼굴을 교체하는 연구를 수행하였다[1]. 이 연구에서는 촬영 대상자의 포즈를 3차원 모델을 사용하여 정확하게 분석한 후, 새로이 합성될 얼굴의 각도와 포즈가 원래의 사진과 어울리도록 합성하였다. 즉, 내부적으로 3차원 모델을 사용한 최적화 기법을 사용함으로써 다양한 포즈의 사진에서도 얼굴을 정확하게 교체할 수 있었다. 하지만 합성된 영역의 경계선 부분이 매끄럽지 못하다는 단점이 있었다. Leyvand는 얼굴 사진을 좀 더 매력적으로 보이게 하기 위하여 개개인의 특징을 유지하면서 얼굴의 일부분을 변형할 수 있도록 하였다 [2]. 즉, 대상 얼굴 영상에서 특징점 간의 거리 값을 기계학습 방법으로 구축해 놓은 데이터베이스를 사용하여 변경함으로써 얼굴의 일부분을 원하는 형태로 변형하였다. 이 방법은 개개인별 특징을 유지하면서 좀 더 예쁘게 보이도록 얼굴의 일부분을 변형하는 데 초점을 두고 있다.

범용 영상 편집 소프트웨어를 사용하여 두 영상간의 일부영역을 합성하게 되는 경우 가장 널리 사용되는 방법은 원본영상에서 일부분을 잘라내어 대상영상에 붙인 후 경계 부위를 부드럽게 처리하는 것이다. 이때 가능한 좋은 결과를 얻기 위해서는 합성하고자 하는 영역을 정확히 잘라내어야 한다. 그러나 미세한 특징들이 있는 얼굴 사진에서 원하는 영역을 정확하게 잘라내는 것은 쉽지 않은 일이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 푸아송(Poisson) 방정식을 기반으로 정확한 영역의 설정이 없더라도 합성되는 경계가 자연스럽게 되도록 하는 방법[3]이 제안되었다. 그러나 원본영상과 대상영상의 조명차이가 심한 경우 합성 결과에 영향을 주어 좋지 못한 결과를 보이게 된다. 스마트 폰과 같은 모바일 기기에서 촬영된 사진들은 완벽한 스튜디오 셋업과는 달리, 적절한 조명 각도를 고려하기 어렵기

때문에 촬영된 영상에서 조명과 관련된 문제점이 더 많이 발생하게 된다. 본 논문에서는 보다 다양한 조명 환경에서 촬영된 얼굴 영상들로도 자연스러운 합성 결과를 얻을 수 있도록, 조명변화를 고려한 얼굴영상 합성 방법을 개발하고자 한다.

2. 조명보정 및 영상합성

좋은 영상합성 결과를 얻기 위해서는 원본영상과 대상영상의 조명과 색상이 유사해야만 합성된 텍스처의 경계면이 자연스럽게 보여 질 수 있다. 조명의 영향을 최소화하여 합성하기 위해, 본 논문에서는 그림 1과 같이 영상획득단계, 영상보정단계, 영상합성단계를 거친다. 영상획득단계에서는 영상으로부터 얼굴을 검출한 후 eye map을 계산하여 눈 영역을 설정한다. 영상보정단계에서는 조명에 의해 세채레이션(saturation)된 부분을 제거하고, 사용자가 인터랙티브하게 원본영상으로부터 합성할 영역을 지정한다. 마지막으로 영상합성단계에서는 대상영상에 합성할 위치를 지정하고, 실제로 합성을 수행하게 된다.

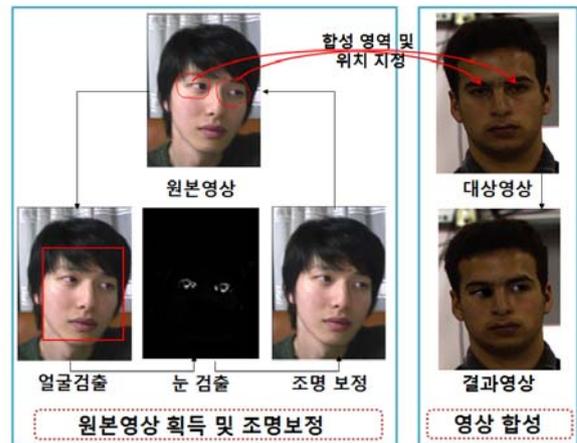


그림 1. 조명보정을 통한 얼굴영상 합성과정

2.1 얼굴 및 눈 검출

컬러 영상에서 얼굴의 특정 영역을 추출하는 방법은 크게 색상과 밝기를 사용하여 추출하는 방법과, 윤곽선을 이용하여 추출하는 방법으로 나누어 볼 수 있다. 색상을 이용한 방법에서는 영상을 R(red), G(green), B(blue) 채널로 분리하여 비교하는 방법이 많이 쓰인다. 즉, RGB 채널 영상간의 비율을 비교하여 특정 영역을 찾아낸다. 윤곽선 정보를 이용하여 추출하는 방법에서는, 먼저 후보영역의 범위를 결정하고, 그 안에서 눈 또는 입과 같은 특징적인 부위의 윤곽선을 학습시킨 데이터베이스를 사용하여 찾게 된다.

제안 합성방법에서는 먼저 일반적으로 사용되는 아다부스트(Adaboost) 알고리즘을 사용하여 얼굴영역을 검출한다. 아다부스트 알고리즘은 여러 개의 Haar 분류기를 조합해서 사용한다. 본 실험에서는 OpenCV에서 얼굴 검출을 위해 미리 훈련해

높은 객체인식 파일을 사용하였다. 그림 2는 아다부스트 알고리즘을 이용해서 얼굴을 검출한 결과이다.

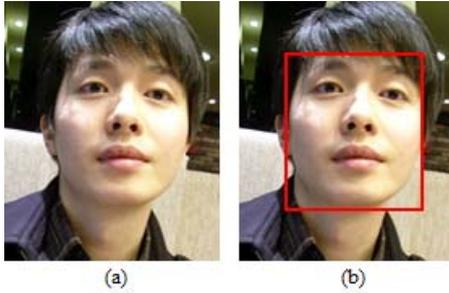


그림 2. (a) 원 영상, (b) 얼굴검출 결과영상

일반적으로 조명이 강한 환경에서 사진 촬영을 하게 되는 경우 얼굴에 하얀색으로 하이라이트가 생기는 현상이 발생한다. 이러한 부분을 세추레이션 영역이라 하며, RGB 채널 중 두 개 이상 채널에서 값이 235 이상을 갖게 되는 것을 볼 수 있다[4]. 그러나 RGB 채널에서의 값을 기반으로 세추레이션 영역을 판단하게 될 경우 눈의 안구를 감싸고 있는 하얀 공막 부위로 인해 눈을 세추레이션 영역으로 종종 잘못 판단하게 된다. 그래서 본 방법에서는 눈 영역을 미리 검출하여 조명보정이 필요한 영역에서 제외시키고자 한다. 그림 3에 보듯이 눈은 눈동자와 주위의 하얀 공막으로 이루어져 있다. 본 논문에서는 눈의 구조적인 특징을 기반으로 하는 Eye Map[5]을 구성하여 조명변화에 보다 안정적으로 눈을 검출하였다.

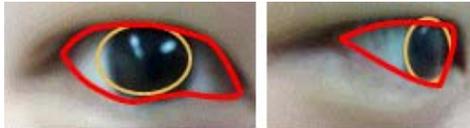


그림 3. 눈을 구성하는 눈동자와 공막

얼굴에서 눈을 검출하기 위한 Eye Map 방법은 기본적으로 색상 차이와 밝기를 이용한 눈 영역 검출법이다. 얼굴의 피부는 HSV 색 모델보다 YC_bC_r 색 모델을 사용할 경우 색 공간에서의 색 분포도가 더 조밀하게 된다. 그러므로 제안 방법에서는 얼굴영상을 YC_bC_r 색 공간으로 변환한 후 C_b 와 C_r 성분을 이용하여 피부영역을 분리한다. C_b 와 C_r 의 평균과 공분산을 이용하여 피부색에 대한 가우시안 분포를 구해보면, $95 < C_b < 117$ 이고, $141 < C_r < 172$ 인 영역에 걸쳐 있다[2]. 그리고 눈 주변은 높은 C_b 값과 낮은 C_r 값을 갖는 특징이 있다[5]. 먼저, 색 성분(chrominance components)들을 기반으로 하는 EyeMapC를 식(1)에 의해 계산하고, 밝기 성분(luminance component)를 이용하는 EyeMapL을 식(2)에 의해 계산한다.

$$\text{EyeMapC} = \frac{1}{3} \left\{ (C_b^2) + (\overline{C_r})^2 + (C_b/C_r) \right\} \quad (1)$$

식(1)에서 C_b^2 , $(\overline{C_r})^2$, C_b/C_r 는 $[0, 255]$ 의 범위로 정규화 되어있다. $\overline{C_r}$ 은 C_r 의 negative이며, $(255 - C_r)$ 을 의미한다. EyeMapC를 $[0, 1]$ 사이로 정규화하기 위하여 1/3의 스케일링 값을 곱한다.

$$\text{EyeMapL} = \frac{Y(x,y) \oplus g_\sigma(x,y)}{Y(x,y) \ominus g_\sigma(x,y) + 1} \quad (2)$$

눈은 일반적으로 밝기 성분에서 어두운 픽셀 값과 밝은 픽셀 값을 모두 포함하기 때문에, 그레이스케일 형태학적 연산자[10]를 이용하여 눈 영역을 밝고 어두운 픽셀들을 강조할 수 있다. 식(2)에서 기호 \oplus 는 grayscale dilation을 나타내며, \ominus 기호는 erosion 연산을 나타낸다. 즉, 밝기 성분 Y에 는 반구형 구조화 함수인 $g_\sigma(x,y)$ 를 grayscale dilation과 erosion 을 적용하여 EyeMapL을 생성한다. 여기서 σ 는 스케일 파라미터이다. 최종적인 Eye Map은 EyeMapC와 EyeMapL의 AND(multiplication) 연산에 구한다. 이를 통해 눈 영역을 조명보정이 필요한 영역에서 명확히 제외시킬 수 있다. 그림 4는 Eye Map 방법[5]을 이용하여 눈 영역을 검출한 결과이다.

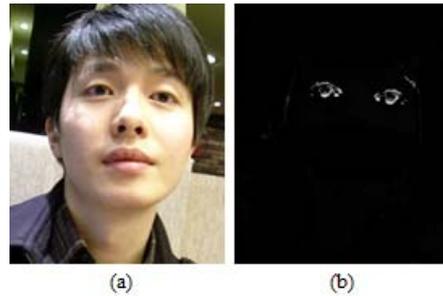


그림 4. (a) 원 영상, (b) Eye Map을 이용한 눈 검출 결과

2.2 세추레이션된 영역 보정

얼굴 영상에서 세추레이션된 부분을 보정해 주는 방법들에는 영상에 최적화된 컬러를 찾아서 영역을 수정해주는 방법[6], 이미지의 업샘플링을 사용하는 방법[7], 랜덤필드를 사용하는 방법[8] 등이 있다.

본 연구에서는 Masood[4]의 연구를 바탕으로 컬러 값을 이루는 Red, Green, Blue 채널 값 중 두 개 이상이 235 보다 크면 세추레이션된 영역이라고 판단하였다. 그림 5는 이러한 기준에 따라 세추레이션된 영역을 컬러로 표시한 결과이다.

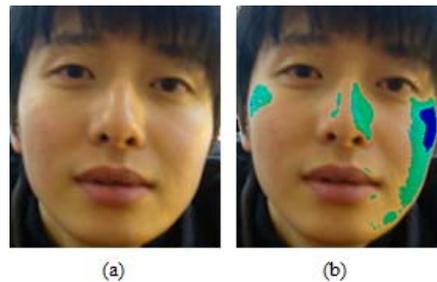


그림 5. (a) 원 영상, (b) 세추레이션된 영역 검출 결과

본 논문에서는 눈 이외의 영역에 대해 세추레이션된 부분의 픽셀 값을 보정하고자 한다. 임의의 픽셀에서의 R, G, B 채널 간의 컬러 비율은 일반적으로 인접한 픽셀들에서의 컬러 비율과 비슷하다[4].

세추레이션된 부분의 원래 픽셀 값을 추정하기 위해서는 각 컬러 채널 사이에 올바른 컬러 비율을 갖도록 다음과 같은 비용 함수를 이용한다. 즉, 픽셀 p 에서의 red와 green 간의 비율 (R_p/G_p)을 α_p 라 할 때, 모든 픽셀에 대한 벡터 α 는 식(3)을 최소화함으로써 구할 수 있다.

$$\sum_p w_p^c (\alpha_p - \alpha_p^O)^2 + (\alpha_p - \sum_{q \in N(p)} w_{pq} \alpha_q)^2 \quad (3)$$

여기서 $q \in N(p)$ 는 q 가 p 의 인접(neighborhood) 픽셀임을 의미한다. 첫 번째 항에서 α_p 가 관측된 비율 α_p^O 와 같다면 즉 세추레이션 되지 않은 경우에 대한 제약을 주고 있다. w_p^c 는 가중 함수로 세추레이션 되지 않은 픽셀의 경우에는 큰 값을 갖게 되고, 세추레이션된 픽셀에서는 0의 값을 갖게 된다. w_{pq} 는 픽셀 p 와 q 간에 컬러 비율이 얼마나 유사해야 하는가에 대한 가중 함수로써 영역 경계선 부분에서 컬러 비율이 비슷해지지 않도록 해주는 역할을 한다.

Red 채널에 대해서 추정된 컬러 값 R^* 은 식(4)과 같이 표현되고, Green과 Blue 채널에 대해서도 유사하게 계산할 수 있다.

$$R^* = \arg \min \sum_p ((w_p^g (R_p - \alpha_p G_p)^2 + w_p^b (R_p - \beta_p B_p)^2 + w_p^n (R_p - R_p^O)^2) + w_p^s \sum_{q \in N(p)} (R_p - R_q)^2) \quad (4)$$

이 식에서 R_p 는 픽셀 p 에서 Red 채널의 값을 의미한다. 가중치 w_p^g 는 R_p 가 세추레이션되고, G_p 가 세추레이션되지 않으면 1로 지정된다. w_p^b 도 이와 유사한 방식으로 지정된다. 만일 R_p 가 세추레이션되지 않았다면, w_p^n 을 1로 지정한다. 이렇게 함으로써 값을 원래 값인 R_p^O 와 유사하게 정할 수 있다. 그림 6은 카네기멜론 대학의 얼굴영상 데이터베이스(Pose, Illumination, and Expression; PIE)를 이용하여 추정된 컬러 값에 의해 세추레이션된 영역을 보정한 결과이다.

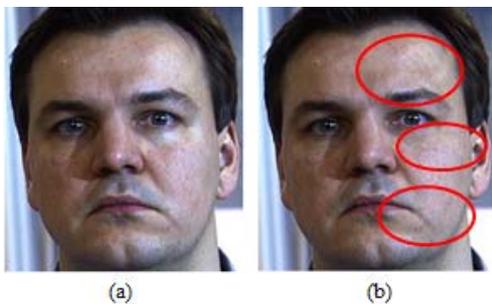


그림 6. (a) 원 영상, (b) 세추레이션이 제거된 영상

2.3 얼굴 영상 합성

사용자는 대상영상에서 합성할 위치를 지정한 후, 푸아송 영상 편집 방법[3,9]을 이용하여 원본영상과 대상영상을 합성하게 된다. 그림 7에서처럼 푸아송 영상편집 방법을 이용하면 경계 정보 $\partial\Omega$ 와 유도 정보를 갖는 벡터 필드 \mathbf{v} 가 있을 때 부분 영상 Ω 에 대하여 모르는 함수 f 를 구할 수 있다. 여기서 벡터 필드 \mathbf{v} 는 원 함수 g 의 그래디언트 필드로 나타낼 수 있다. f^* 는 영상 S 에서 Ω 를 제외한 부분에 대해 이미 알고 있는 스칼라 함수이다.

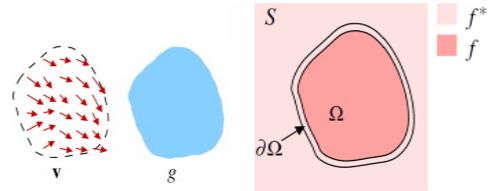


그림 7. 유도된 보간법을 위한 표기 [3]

Ω 영역에 대한 f^* 의 간단한 보간함수 f 는 식(5)처럼 구할 수 있다.

$$\min_f \iint_{\Omega} |\nabla f|^2 \text{ with } f|_{\partial\Omega} = f^*|_{\partial\Omega} \quad (5)$$

$\nabla \cdot = \left[\frac{\partial \cdot}{\partial x}, \frac{\partial \cdot}{\partial y} \right]$ 는 그래디언트 연산자이다. 최소화 문제를 해결하기 위해서는 식(6)의 오일러-라그랑지 방정식을 만족해야 한다.

$$\Delta f = 0 \text{ over } \Omega \text{ with } f|_{\partial\Omega} = f^*|_{\partial\Omega} \quad (6)$$

라플라시안 연산자는 $\Delta \cdot = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ 으로 나타낼 수 있다.

유도 정보를 갖는 벡터 필드 \mathbf{v} 가 주어졌을 때 식(5)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\min_f \iint_{\Omega} |\nabla f - \mathbf{v}|^2 \text{ with } f|_{\partial\Omega} = f^*|_{\partial\Omega} \quad (7)$$

식(7)의 해는 다음의 다리클레 경계 조건을 만족하는 푸아송 방정식의 해이다.

$$\Delta f = \text{div } \mathbf{v} \text{ over } \Omega \text{ with } f|_{\partial\Omega} = f^*|_{\partial\Omega} \quad (8)$$

여기서의 $\text{div } \mathbf{v} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}$ 는 $\mathbf{v} = (u, v)$ 의 divergence 이다. Ω 에 대해서 보정 함수 \tilde{f} 를 $f = g + \tilde{f}$ 라 정의하면, 식(8)의 푸아송 방정식은 다음과 같은 라플라스 방정식이 된다.

$$\Delta \tilde{f} = 0 \text{ over } \Omega, \text{ with } \tilde{f}|_{\partial\Omega} = (f^* - g)|_{\partial\Omega} \quad (9)$$

합성하고자 하는 영상을 g 라 할 때 유도 정보를 갖는 벡터 필드 $\mathbf{v} = \nabla g$ 로 가정하면, 식(8)은 식(10)이 된다.

$$\Delta f = \Delta g \text{ over } \Omega, \text{ with } f|_{\partial\Omega} = f^*|_{\partial\Omega} \quad (10)$$

푸아송 편집방법을 이용하여 조명이 보정된 영상에서 합성할

영역을 인터랙티브하게 지정하고, 이를 대상영상에서 사용자가 지정한 위치에 합성한다.

3. 실험결과 및 결론

본 연구에서는 스마트폰 상에서 조명을 고려한 영상 합성 방법을 제안하였다. 개발환경은 Mac OS X 10.6.4와 iOS SDK 4.1을 사용하였으며, OpenCV Library 2.1을 사용하여 구현하였다. 실제 구동은 iPhone 3GS, iPod Touch 3세대 및 4세대 기계에서 수행되었다. 다양한 조명환경에서 촬영된 영상에 적용해 보기 위해 카네기멜론 대학의 얼굴 영상 데이터베이스 (Pos, Illumination, and Expression ; PIE)를 이용하여 실험하였다.



(a) 원본영상 (b) 대상영상1 (c) 대상영상2



(d) 푸아송 영상처리에 의한 (a)와 (b)의 합성결과 (e) 제안된 방법의 (a)와 (b)의 합성결과



(f) 푸아송 영상처리에 의한 (a)와 (c)의 합성결과 (g) 제안된 방법의 (a)와 (c)의 합성결과

그림 8. 푸아송 영상처리 기법과 제안 방법의 영상합성 결과 비교 1

그림 8과 9는 카네기멜론 대학의 영상을 사용하여 수행한 결과이고, 그림 10은 실제 iPhone 및 iPod 상에서 실험한 결과이

다. 제안한 방법은 기존의 푸아송 기법을 사용 했을 때 보다 더 좋은 합성 결과를 보였고, 주변 조명 변화에도 불구하고 얼굴을 보다 자연스럽게 합성할 수 있었다.

개발된 시스템의 연구 성과를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 실제 환경에서 일어 날 수 있는 조명 문제를 고려함으로써 보다 자연스러운 합성 결과를 얻을 수 있었다. 둘째, 영상편집 툴의 기능이 많지 않은 모바일 기기에 조명 보정을 통한 얼굴 영상 합성 기능을 제공함으로써 얼굴 영상을 이용한 다양한 모바일 응용 시스템으로의 발전 가능성을 제시하였다.



(a) 원본영상 (b) 대상영상1 (c) 대상영상2

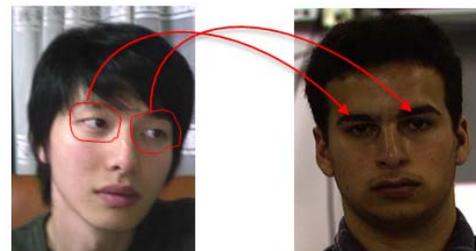


(d) 푸아송 영상처리에 의한 (a)와 (b)의 합성결과 (e) 제안된 방법의 (a)와 (b)의 합성결과



(f) 푸아송 영상처리에 의한 (a)와 (c)의 합성결과 (g) 제안된 방법의 (a)와 (c)의 합성결과

그림 9. 푸아송 영상처리 기법과 제안 방법의 영상합성 결과 비교 2



(a)원본영상 (b)대상영상



(c) 합성결과

그림 10. 아이폰 상에서의
얼굴영상 합성 결과

참고문헌

- [1] Blanz, V., Scherbaum, K., Vetter, T. and Seidel, H-P. Exchanging Faces in Images, Computer Graphics Forum, Vol. 23, No. 3, pp. 669-676, 2004.
- [2] Leyvand, T., Cohen-Or, D., Dror, G. and Lischinski, D. Data-Driven Enhancement of Facial Attractiveness, ACM Transactions on Graphics, Vol. 27, No. 3, 2008.
- [3] Perez, P., Gangnet, M., and Blake, A. Poisson Image Editing, ACM Transactions on Graphics, Vol. 22, No. 3, pp. 313-318, 2003.
- [4] Masood, S. Z., Zhu, J. and Tappen, M. F. Automatic Correction of Saturated Regions in Photographs using Cross-Channel Correlation, Computer Graphics Forum, Vol. 28, No. 7, pp. 1861-1869, 2009.
- [5] Hsu, R-L., Abdel-Mottaleb, M. and Jain, A. K. Face Detection in Color Images, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No. 5, pp. 696-706, 2002.
- [6] Fattal, R. Image Upsampling via Imposed Edges Statistics, ACM Transactions on Graphics, Vol. 26, No. 3, 2007.
- [7] Levin, A., Lischinski, D. and Weiss, Y. Colorization using Optimization, ACM Transactions on Graphics, Vol. 23, No. 3, pp. 689-694, 2004.
- [8] Tappen, M. F., Lin, C., Adelson, E. H. and Freeman, W. T. Learning Gaussian Conditional

Random Fields for Low-Level Vision, In Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition CVPR07, 2007.

- [9] Jia, J., Sun, J., Tang, C-K. and Shum, H. Y. Drag-and-Drop Pasting, ACM Transactions on Graphics, Vol. 25, No. 3, pp. 631-636, 2006.
- [10] Jackway P. T. and Deriche, M. Scale-space properties of the multiscale morphological dilation-erosion, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 18, No. 1, pp. 38-51, 1996.

권지인



2002년 3월 ~ 2009년 2월 세종 대학교 소프트웨어공학과 졸업(공학사).
2009년 3월 ~ 2011년 2월 세종 대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학 석사). 2011년 3월 ~ 현재 (주)스테레오픽처스 Junior Research Engineer.

관심분야는 컴퓨터 그래픽스, 영상처리 등

이상훈



2003년 3월 ~ 2010년 2월 세종대학교 디지털컨텐츠학과 졸업(공학사).
2010년 3월 ~ 현재 세종대학교 대학원 컴퓨터공학과 재학중. 관심분야는 컴퓨터 그래픽스, 모바일 그래픽스 등

최수미



1993년 이화여자대학교 전자계산학과 학사. 1995년 이화여자대학교 전자계산학과 석사. 2001년 이화여자대학교 컴퓨터학과 박사. 1998년 독일 프라운호퍼 컴퓨터 그래픽스 연구소, 방문연구원. 2001년 ~ 2002년 이화여자대학교 컴퓨터그래픽스 및 가상현실 연구센터 연구교수. 2008년 ~ 2009년 스위스 취리히연방공대(ETH Zurich) 방문교수. 2002년 ~ 현재 세종대학교 컴퓨터공학과 부교수. 관심분야는 컴퓨터 그래픽스, 가상현실, HCI, 의료영상 가시화.