

논문 2011-5-10

스마트폰용 대화식 얼굴 변형 소프트웨어

Interactive Face Warping Software for Smartphone

김남윤*

Namyun Kim

요 약 얼굴 변형 기술은 일그러진 영상을 보정하거나 새로운 영상으로 변환하는데 사용되고 있다. 스마트폰은 카메라가 기본적으로 장착되어 있기 때문에 영상을 쉽게 획득할 수 있고 네트워크를 통해 전송이 가능한 장점이 있다. 따라서 스마트폰에서 얼굴을 변형하는 기술을 사용한다면 게임이나 가상 성형분야에 폭넓게 사용될 수 있다. 본 논문에서는 다중 제어선을 이용한 변형 알고리즘과 양선형 보간 기법을 사용하여 얼굴 부위를 변형하는 소프트웨어를 설계하고 실제 스마트폰에서 구현한 결과를 제시한다. 많은 사용자들을 대상으로 실험한 결과, 실시간성과 만족할만한 품질을 제공하는 것으로 평가받았다.

Abstract Face warping techniques have been used for correcting image distortion as well as for creative purposes(e.g., morphing). Smartphone can capture an image from camera and transfer it through network. Thus, warping software which is implemented on the smartphone may be widely used in the fields of game and plastic surgery. This paper describes the design of face warping software using transformation with multiple pairs of lines and bilinear interpolation, and then shows the implementation results on the smartphone. Through many people review, this software showed real-time responsiveness and good transformation quality.

Key Words : 얼굴 변형, 스마트폰, 다중 제어선을 이용한 변형, 양선형 보간

1. 서 론

최근 스마트폰의 급속한 보급으로 인해 IT 관련 새로운 서비스들이 등장하고 있다. 증강 현실, 메신저 서비스, 위치 기반 서비스, 모바일 게임과 같이 간단하면서 실생활에 유용한 서비스들이 활발히 개발되고 있다. 현재 국내에서만 2,000 만명에 육박하는 사용자들이 스마트폰을 이용하고 있으며 수십만 개의 앱이 개발되었다.

스마트폰은 카메라, GPS, WiFi, 3G 네트워크, 가속 센서 등 다양한 장치들을 가지고 있기 때문에 실시간으로 정보를 생성하여 소통할 수 있는 장점을 가지고 있다. 본 논문에서는 카메라를 이용하여 획득한 이미지를 바탕으

로 얼굴을 변형하는 기술을 소개한다. 얼굴 변형 기술은 얼굴 부위(눈, 코, 입 등)를 검출한 후 각 영역을 조절하는 기술로서 1980년대 후반부터 본격적으로 연구가 진행되어 왔다. 이러한 변형(warping) 기술은 인공 위성이나 우주선으로부터 전송된 일그러진 영상을 보정하는데 처음 사용되었다. 그 이후 TV나 영화에서 물체, 동물, 배우 등의 모습을 자연스럽게 합성(morphing)하는데 사용되었으며 최근 성형 분야에서도 폭넓게 사용되고 있다.

스마트폰에서 변형 기술을 적용한 애플리케이션을 개발하기 위해서는 스마트폰의 특성을 고려하여야 한다. 즉, 스마트폰은 화면이 작고 CPU 및 메모리와 같은 자원이 제한적이기 때문에 변형 기술은 쉽고 편리해야 하며 효율적으로 동작이 가능해야 한다.

본 논문에서는 스마트폰용 얼굴 변형 기술의 설계 및

*정회원, 한성대학교 정보시스템공학과
접수일자 2011.8.17, 수정일자 2011.9.21
게재확정일자 2011.10.14

구현 기술에 대해 기술한다. 먼저 얼굴 부위를 자동으로 검출한 후 해당되는 부위에 제어점을 표시한다. 이 때 사용자가 얼굴 부위를 나타내는 제어점을 미세하게 보정할 수 있도록 한다. 즉, 얼굴 부위 검출은 반자동(semi-automatic) 방식을 통해 정확하게 부위를 표현할 수 있도록 한다. 그리고 사용자와의 대화식 인터페이스를 통해 얼굴 부위의 크기를 조절함으로써 얼굴을 자동적으로 변형한다. 이를 위해 사용자가 보정한 제어점을 바탕으로 각 부위를 나타내는 제어선을 생성한 후, 이를 바탕으로 변형을 가한다. 제어선에 기반한 변형 알고리즘은 메쉬(mesh) 방식보다 연산이 많이 소요되지만, 좀더 세밀한 변형이 가능한 장점이 있다.

지금까지 얼굴 변형을 이용한 소프트웨어들이 많이 출시되었지만, 대부분 다른 이미지를 붙이는(pasting) 방식으로 채택하고 있기 때문에 사용자가 만족할 만한 성능을 제시하지 못하였다. 그러나 본 논문에서 제시한 방식을 이용하면 얼굴 부위를 대화식으로 사용자가 직접 조절이 가능하고 실시간으로 파악할 수 있는 장점이 존재한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 얼굴 부위 검출 알고리즘과 제어선을 이용한 변형 알고리즘에 대해 기술한다. 또한 실수 좌표를 정수 좌표로 변환시 발생하는 앨리어스(alias) 효과를 제거하기 위해 보간 알고리즘을 기술한다. 3절에서는 본 논문에서 제안한 얼굴 변형 프로그램의 단계별 진행 과정과 설계 내용을 기술한다. 먼저 얼굴 이미지를 획득한 후, 얼굴 부위를 추출하는 방법을 기술한다. 그리고 얼굴 부위에 대한 제어선 생성 기법과 얼굴 변형/보간 기법에 대해 서술한다. 4절에서는 프로그램의 실험 결과를 보이고 5절에서 결론을 맺는다.

II. 배경 연구

1. 얼굴 검출 알고리즘

얼굴 검출은 영상 처리의 패턴 인식 분야에 해당되며 이미지의 모든 영역을 비교하여 얼굴 혹은 얼굴 부위 영역을 결정한다. 일반적으로 얼굴에 대한 패턴을 이해하고 있는 분류기(classifier)를 통해 영역을 추출해낸다. 예를 들면, 얼굴 검출에서는 분류기에 여러 얼굴 이미지를 보여줘서 얼굴의 특징을 학습시킨 후, 임의의 영상이 얼굴인지 아닌지를 분류기가 판단한다. 이러한 방법에는

신경망 회로(Neural Network), SVM(Support Vector Machine), PCA(Principle Component Analysis), LDA(Linear Discriminant Analysis) 등 많은 알고리즘이 있으며 본 논문에서는 Cascade of boosted classifiers working with haar-like features(CBCH)를 이용한 객체 검출 알고리즘을 이용한다^[1].

CBCH를 이용한 검출 방법의 특징은 분류기의 연산이 단순하다는 것이다. 그림 1과 같이 검정색 영역의 합과 흰색 영역의 합의 차이가 Haar 분류기의 특징 값에 해당되며 이 값을 비교하여 얼굴 영상인지 아닌지를 판별한다. 이 Haar 분류기는 연산이 단순한 만큼 얼굴 검출률은 높지 않다. 그러나 이러한 Haar 분류기 100 개 혹은 1000 개 이상을 적절히 조합함으로써 분류기의 성능을 높일 수 있다. 오픈 소스 라이브러리인 OpenCV(Open Source Computer Vision)는 CBCH를 기본적으로 제공하고 있다. 본 논문에서는 이를 이용하여 얼굴 및 얼굴 부위를 검출한다.



그림 1. 객체 검출을 위한 Haar 템플릿의 집합

Fig. 1. Set of Haar-like templates used for object detection

2. 제어선을 이용한 변형 알고리즘

이미지 변형(warping)은 패턴과 함수를 이용하여 이미지를 변형하는 기술로서 영화나 애니메이션에서 두 이미지를 합성(morphing)하거나 왜곡된 이미지를 복구하는데 주로 사용되었다^[2]. 실제로 변형 알고리즘은 입력 이미지 픽셀의 새로운 좌표를 계산하여 출력 이미지로 옮기는 역할을 수행한다. 지난 수십 년 동안 이미지를 변형하는 많은 알고리즘이 개발되어 왔다^[3,4,5,6]. 이들 알고리즘은 입력 이미지와 출력 이미지간의 기하학적인 변환으로 구성되며 변환하는 방법은 확대, 축소와 같은 선형적인 방법과 메쉬^[3]나 제어선^[4]을 이용하는 비선형 방식으로 나눌 수 있다. 이러한 이미지 변형 알고리즘을 선택하는 주요한 척도로는 속도, 정확도, 알고리즘 복잡도이다. 본 논문에서 스마트폰에서 수행가능하면서 세부적인 제어가 가능하고 품질이 좋은 제어선 기반 변형 알고리즘을 채택하였다^[3].

본 절에서는 제어선을 이용하여 입력 이미지와 출력 이미지와의 대응 관계에 대해 알아본다. 그림 2에서 출력 이미지의 제어선 PQ는 입력 이미지의 제어선 P'Q'에 대응된다고 하자. 이 때 출력 이미지의 X에 대응하는 입력 이미지의 X'를 계산하는 과정은 다음과 같다. 여기서 출력 이미지의 픽셀 좌표에 해당되는 입력 이미지의 좌표를 결정하는 과정을 역매핑(reverse mapping)이라고 한다. 출력 이미지에서 화소 X와 제어선 PQ 사이의 수직 교차점을 C라 할 때 u와 v 값을 계산한다. 그리고 입력 이미지에서의 P'에서 u만큼 떨어진 제어선상의 C'을 계산한 후 v만큼 떨어진 X'을 결정한다. 마지막으로 입력 이미지에서의 X'의 화소값을 출력 이미지 X로 복사함으로써 변형을 수행한다.

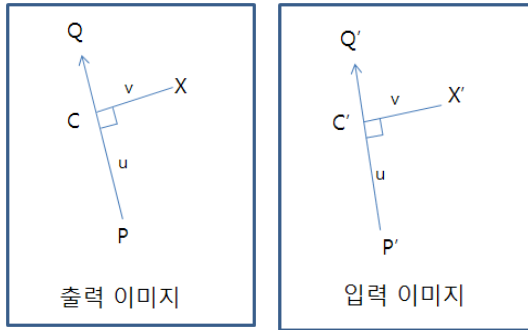


그림 2. 하나의 제어선 쌍을 이용한 변형
Fig. 2. Transformation with single line pair

하나의 제어선에 대해서는 위에서 설명한 바와 같이 단순하게 픽셀의 이동 위치를 계산할 수 있지만 실제 변형에서는 여러 개의 제어선을 이용한다. 즉, 눈을 표현하기 위해서는 다이어몬드 형태의 4 가지 제어선이 사용될 수 있다. 제어선이 여러 개일 때 한 화소는 여러 개의 제어선으로부터 영향을 받는데 이때 가중치를 이용한다. 즉, 화소와 제어선의 거리가 가까울수록 가중치가 크고 거리가 멀수록 가중치가 작아진다. 그림 3과 같이 두 개의 제어선으로부터 얻어진 X1'과 X2'의 가중치 합을 통해 X'이 결정된다. 마지막으로 입력 이미지의 X'의 화소값을 출력 이미지 X로 복사한다.

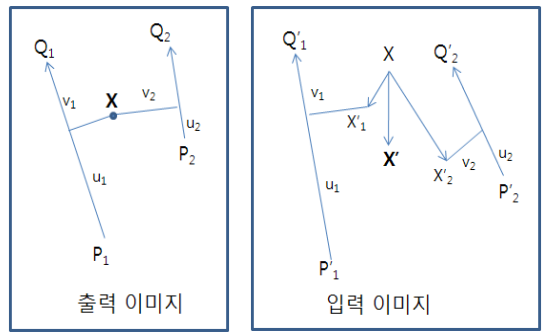


그림 3. 다수의 제어선 쌍을 이용한 변형
Fig. 3. Transformation with multiple line pair

3. 보간 알고리즘

이미지 변형 알고리즘을 통해 결정된 X'의 2차원 좌표 값은 실수 값을 가지기 때문에 입력 이미지에 해당되는 좌표가 존재하지 않는 경우가 많다. 따라서 X'의 화소값을 보간하는 작업이 필요하다.

가. 최근접 이웃 화소 보간 기법(Nearest Neighbor Interpolation)

X'과 가장 가까운 거리에 있는 화소값을 사용하는 방법으로서 가장 단순하다. 그림 4에서 X'의 화소 값은 오른쪽 하단에 있는 화소값으로 사용한다. 이 방법은 엘리 어싱과 같은 문제를 야기시킬 수 있다.

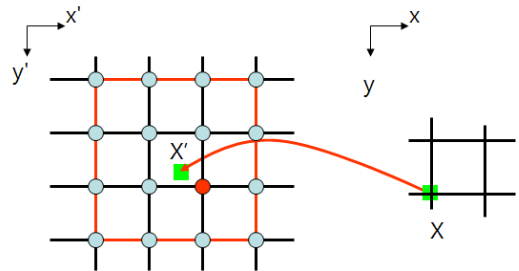


그림 4. 최근접 이웃 화소 보간 기법
Fig. 4. Nearest neighbor interpolation

나. 양선형 보간 기법(bilinear interpolation)

X'에 이웃한 4개의 화소값의 가중치 합으로 색상을 결정한다. 그림 5에서 이웃 화소와 가까울수록 높은 가중치를 반영하며 4개 화소에 가중치를 곱한 합을 이용하여 색상 S(x,y)를 결정한다(0 ≤ a, b ≤ 1). 이 방법은 최근접 이웃화소 보간 기법보다 많은 연산을 가지지만 훨씬 부드러운 이미지를 생성한다.

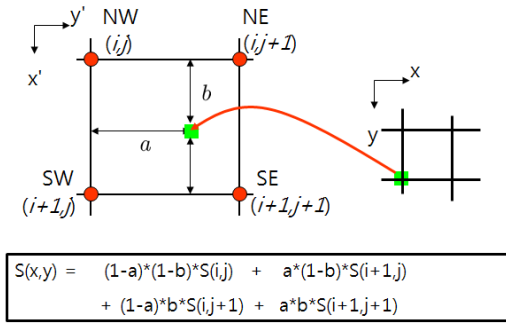


그림 5. 양선형 보간 기법
Fig. 5. Bilinear interpolation

III. 얼굴 변형 프로그램 설계

본 논문의 얼굴 변형 프로그램은 4 단계로 이루어진다. 본 절에서는 단계별 내용을 상세히 기술한다.

1. 이미지 획득

카메라를 통해 사진을 찍거나 기존 앨범을 통해 사진을 선택할 수 있다. 이 때 주의할 점은 스마트폰의 메모리가 제한적이므로 사진을 적절한 크기로 해상도를 줄여야 한다. 최근 500만 화소를 가지는 카메라인 경우 해상도가 2048 x 1536인데, 이에 대한 비트맵 이미지를 처리하는데 많은 메모리가 소요된다. 이 해상도를 기초로 변형을 수행할 경우 스마트폰에서는 대부분 메모리 부족으로 인해 크래쉬(crash)가 발생한다. 따라서 사진을 1/4 크기 정도로(1024*768) 줄이는 작업이 필수적이다. 실제로 스마트폰 화면의 해상도는(아이폰 4G: 960*320) 위의 사진 해상도보다 작기 때문에 사용자는 품질 저하를 체감하지 못한다. 결국, 사진 해상도를 줄임으로써 메모리를 효율적으로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 변형하는데 소요되는 시간을 줄일 수 있다.

2. 얼굴 부위 추출

얼굴과 눈, 코, 입과 같은 얼굴 부위를 추출한다. 사용하는 알고리즘은 2.1절에서 서술한 CBCH를 이용한다. Haar 화일은 XML형태로 제공되며 OpenCV의 cvHaarDetectObjects 함수를 통해 영역을 찾을 수 있다. OpenCV는 1999년 인텔에서 시작된 프로젝트로서 실시간 이미지 처리를 위해 만든 공개 라이브러리이다^[7,8]. 현재 FreeBSD, 윈도우, 리눅스, 맥 운영체제 등에서 동작하

며 C++ 버전을 제공하고 있다. CBCH 방식은 다양한 영역에 대한 샘플들의 통계적인 모델을 사용하여 영역을 검출한다. 대체적으로 얼굴 영역을 잘 찾지만 일부 사진에 대해서는 영역을 못 찾는 경우도 존재한다. 특히 얼굴 변형 알고리즘은 얼굴 부위의 위치에 민감한 특성을 가지므로 사용자의 피드백을 받을 필요가 있다. 따라서 본 프로그램에서는 CBCH를 이용하여 얼굴 영역을 찾아 해당되는 제어점을 사용자에게 보여준 후, 보정할 수 있도록 반자동 방식을 채택하고 있다. 왼쪽/오른쪽 눈에 대해 각각 2개의 제어점, 코에 대해 2개의 제어점, 입에 대해 2개의 제어점으로 총 8개의 제어점으로 영역을 표현하고 있다(그림 6 (a) 참조). 사용자는 원하는 위치로 제어점을 이동함으로써(그림 6 (b) 참조) 정확하게 영역을 지정할 수도 있고 다양하게 제어점을 이동함으로써 다양한 변형을 할 수 있는 장점이 있다.

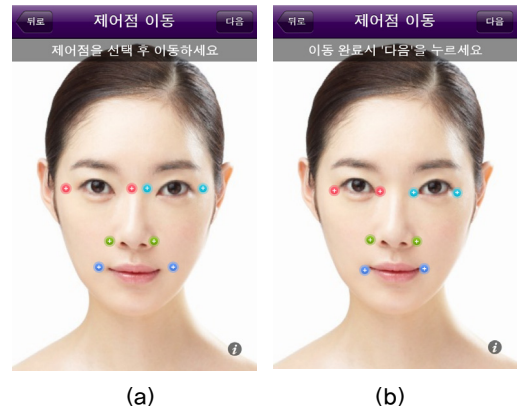


그림 6. (a) OpenCV를 이용하여 객체 위치 검출
(b) 사용자에 의해 객체 위치 보정

Fig. 6. (a) Object detection using OpenCV
(b) Correcting object location by user

3. 제어선 결정

단계 2에서 결정된 제어점을 바탕으로 영역에 대한 사각형을 정의한다. 그리고 사각형을 기준으로 얼굴 부위별 제어선을 자동적으로 작성한다. 그림 7은 눈, 코에 대한 제어선을 보여주고 있다. 이 부분은 통계적인 특성을 통해 정의된 제어선으로 많은 실험을 통해 보완되었다. 이 부분은 입력 소스 제어선으로 사용된다.

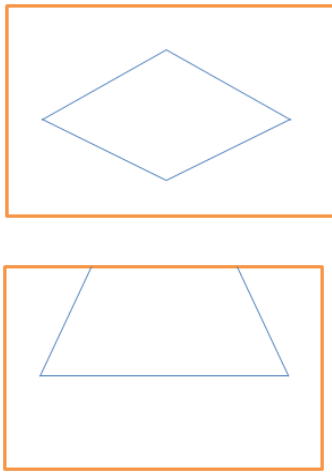


그림 7. 얼굴 부위별 제어선: 눈, 코
Fig. 7. Control lines of part of face: eye, nose

4. 얼굴부위 변형 : 다중 제어선을 통한 변형 알고리즘 + 양선형 보간

스마트폰에서 얼굴 변형 방식은 사용하기 쉬워야 하며 정교한 변경이 가능해야 한다. 이를 위한 사용자 인터페이스로 멀티 터치에 고려하였으나 사용자가 원하는 정교한 컨트롤이 힘든 면이 존재하였다. 그래서 본 연구에서는 슬라이드 바를 통해 변형의 크기를 조절하는 방식을 결정하였다.

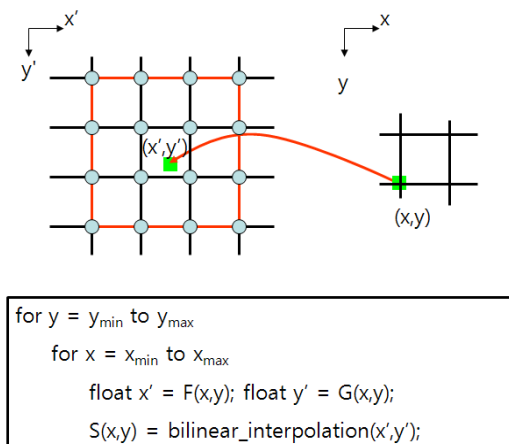


그림 8. 얼굴 변형 알고리즘
Fig. 8. face warping algorithm

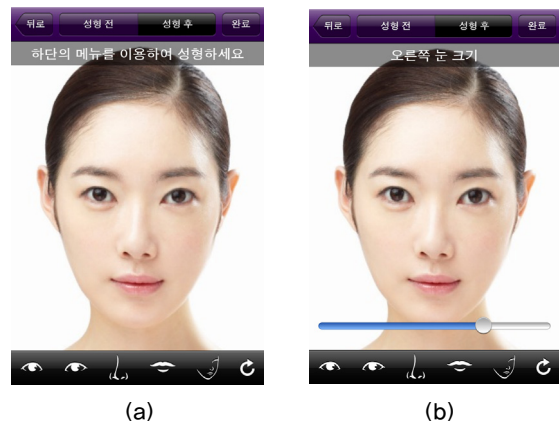
사용자가 슬라이드 바를 통해 축소 및 확대를 선택할 경우, 내부적으로는 제어선을 조절한다. 변경된 제어선은 목표 제어선으로 사용되며 단계 3(제어선 결정)에서 생성한 제어선은 입력 제어선으로 이용된다. 따라서 두 개의 제어선을 바탕으로 2.2절에서 기술한 다중 제어선을 이용한 변형 알고리즘을 사용하여 얼굴 부위를 변형한다. 변형시에는 성능을 고려하여 특정 얼굴 영역만을 대상으로 변형을 수행한다. 그리고 양선형 보간 기법을 통해 앨리어싱을 제거하였다. 수행한 변형 알고리즘의 의사 코드(pseudo code)는 그림 8과 같다.

IV. 구현 결과

1. 부위별 얼굴 변형 결과

얼굴 변형 프로그램은 아이폰에서 구현하였으며 변형 결과는 그림 9와 같다. 그림 9 (a)는 원본 사진이며 그림 9 (b)~ (d)는 얼굴 부위별 변형 결과를 보여주고 있다. 대체로 만족할만한 결과를 보였으며 수행되는 시간은 대체로 1초 이내로 사용자가 실시간으로 확인할 수 있었다. 다만 얼굴 부위 영역을 나타내는 사각형이 드러나는 경우가 있어 추후에는 블러링(blurring)이 필요할 것으로 예상된다.

일반적으로 제어선을 이용한 변형 기법은 메쉬 알고리즘에 비해 수행 시간은 느리지만 변형 품질은 좋은 것으로 알려져 있다^[9]. 본 연구에서 개발된 프로그램은 실제 애플의 앱 스토어에 등록되어 많은 인기를 얻었으며 좋은 평가를 받았다.



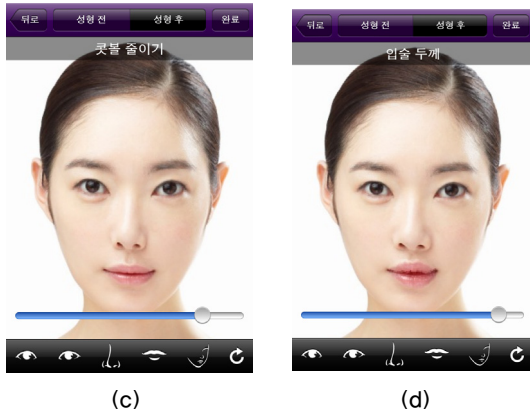


그림 9. 얼굴 변형 결과 (a) 원본 이미지 (b) 눈 크기 조절 (c) 코볼 줄이기 (d) 입술 두께 조절
 Fig. 9. Face warping result (a) original image (b) eye size control (c) nose cheek reduction (d) lip-thickness control

2. 보간 기법별 얼굴 변형 결과

최근접 이웃 화소 보간 기법(Nearest Neighbor Interpolation)과 양선형 보간 기법을 사용하였을 경우 “측면 코” 변형은 그림 10과 같다. 코의 높이, 각도를 모두 변형했을 때 모습을 보이고 있다. 실제로 최근접 이웃 화소 보간 기법에서는 앨리어싱이 많이 나타나고 있음을 알 수 있다.

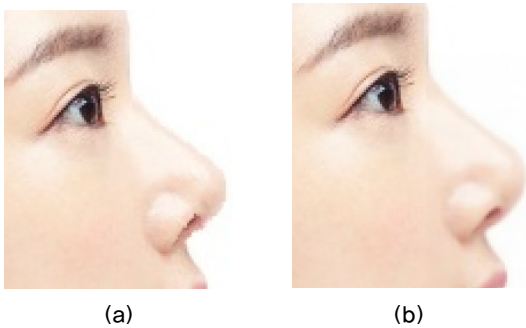


그림 10. 보간 기법의 비교
 (a) 최근접 이웃 화소 보간 (b) 양선형 보간
 Fig. 10. Interpolation comparison
 (a) nearest neighbor interpolation
 (b) bilinear interpolation

V. 결론

본 논문에서는 스마트폰용 얼굴 변형 기술을 소개하

였다. 스마트폰의 제한된 자원과 작은 화면을 고려하여 쉬운 제어와 실시간 얼굴 변형을 시도할 수 있도록 제어 점의 개수를 최소화하고 성능을 높이도록 설계하였다. 또한 사용자가 다양하게 변화를 줄 수 있도록 슬라이드 바를 통한 대화식 사용자 인터페이스를 구현하였다. 사용한 변형 알고리즘은 다중 제어선을 이용한 변형 알고리즘이며 양선형 보간 기법을 통해 품질을 개선하였다. 본 프로그램은 아이폰에서 구현하여 앱 스토어에 등록하였으며 만족할만한 실험 결과를 얻었다.

향후 연구 과제로는 다양한 변형 알고리즘을 적용하여 성능을 분석할 예정이다. 즉, 삼각 메쉬 알고리즘^[5]이나 Snake^[6]와 같은 알고리즘을 이용하여 품질과 성능을 객관적으로 검증하여 스마트폰에서 최적으로 제공할 수 있는 알고리즘을 제시할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] Paul Viola and Michael Jones, “Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features,” IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2001.
- [2] George Wolberg, “Recent Advances in Image Morphing,” Proc. Computer Graphics Intl., pp. 64 - 71, Pohang, Korea, June 1996.
- [3] Smythe D.B, “A Two-pass Warping Algorithm for Object Transformation and Image Interpolation,” ILM Technical Memo #1030, Computer Graphics Department, Lucasfilm Ltd, 1990.
- [4] Thaddeus Beier and Shawn Neely, “Feature-Based Image Metamorphosis,” Proc. of the 19th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, Vol. 26, pp. 35 - 42, 1992.
- [5] Hui Li, Hui Lin, Guang Yang, “A New Facial Expression Analysis System Based on Warp Image,” Proceedings of the 6th World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA) Vol.2, pp. 10045 - 10049, June 2006.
- [6] Lee S-Y, Chwa K-Y, Shin S.Y, Wolberg G, “Image Metamorphosis Using Snakes and

Free-Form Deformations,” Computer Graphics (Proceedings of SIGGRAPH’95), pp.439-448, 1995.

[7] <http://sourceforge.net/projects/opencvlibrary>.

[8] Bradski and Adrian Kaehler, Learning OpenCV, O’Reilly Media, Inc.

[9] J. Liu, Y. Chen, W. Gao, R. Fu, and R. Zhou, “Creative Cartoon Face Synthesis System for Mobile Entertainment,” in Proc. PCM (2), pp.1027-1038, 2005.

저자 소개

김 남 윤(정회원)



- 1992년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과 학사
- 1994년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과 석사
- 2000년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과 박사
- 1999년 9월 ~ 2002년 2월 삼성전자

무선사업부 책임연구원

- 2002년 ~현재 한성대학교 정보시스템공학과 부교수
<주관심분야 : 멀티미디어 통신, 모바일 통신 및 응용>

※ 본 연구는 한성대학교 교내 연구비 지원과제입니다.