

얼굴 랜드마크의 들로네 삼각망을 이용한 얼굴 모핑 기법

박경남

나사렛대학교 IT융합학부

A Facial Morphing Method Using Delaunay Triangle of Facial Landmarks

Kyung Nam Park

Division of IT Convergence, Korea Nazarene University, Korea

[요 약]

얼굴 모핑은 원본 이미지에서 목표 이미지로 점진적이면서 자연스럽게 영상을 변화시키는 기법으로 영상처리와 그래픽 분야에서 자주 사용되는 강력한 영상처리 기술 중의 하나이다. 본 논문에서는 Dlib 얼굴 랜드마크 검출기를 이용하여 생성된 얼굴 랜드마크 정점들을 이용하여 들로네 삼각망을 생성하고 원본 영상에서 목표영상으로의 들로네 삼각망들의 왜곡과 크로스 디졸브를 통해 모핑을 구현하는 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 들로네 삼각망을 생성하기 위한 정점들을 수동으로 만들어 주는 것이 아니라, 얼굴 모핑에서 얼굴의 주요한 부분인 눈, 눈썹, 코, 입 등의 얼굴의 주요 특징점이라 할 수 있는 얼굴 랜드마크들을 이용함으로써 자동으로 들로네 삼각망을 생성할 수 있다는 것이 특징이다. 그리고 수동으로 정점을 추가할 수도 있어 더욱 자연스러운 모핑 결과를 얻을 수 있을 수 있다는 것을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

[Abstract]

Face morphing, one of the most powerful image processing techniques that are often used in image processing and computer graphic fields, as it is a technique to change the image progressively and naturally from the original image to the target image. In this paper, we propose a method to generate Delaunay triangles using the facial landmark vertices generated by the Dlib face landmark detector and to implement morphing through warping and cross dissolving of Delaunay triangles between the original image and the target image. In this paper, we generate vertex points for face not manually but automatically, which is the major feature of the face such as eye, eyebrow, nose, and mouth, and is used to generate Delaunay triangles automatically which is the main characteristic of our face morphing method. Simulations show that we can add vertices manually and get more natural morphing results.

색인어 : 들로네 삼각망, 얼굴 랜드마크, 모핑, 왜핑

Key word : Delaunay Triangle, Facial Landmarks, Morphing, Warping

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2018.19.1.213>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 14 January 2018; Revised 23 January 2018

Accepted 29 January 2018

*Corresponding Author; Kyung Nam Park

Tel: +82-041-570-1402

E-mail: knpark@kornu.ac.kr

I. 서론

모핑은 하나의 영상에서 완전 다른 영상으로 점진적이면서 자연스럽게 바뀌게 하는 영상 처리기술로 영상과 그래픽 분야에 광범위하게 사용되고 있다. 모핑의 방법에는 크게 영상에서 특징점을 기반으로 모핑을 수행하기 위해 필요한 제어선 생성 방법이나 효율적인 모핑을 위한 영상들 사이에 메쉬들을 생성하는 방법 등을 연구하는 분야, 생성된 제어선이나 메쉬 등을 통해 원본 영상에서 목적 영상으로의 와핑 과정에 대한 방법을 연구하는 분야, 그리고 와핑과 블렌딩 비율을 결정하는 전환 조절에 관한 연구들이 진행되어 오고 있다[1].

영상 모핑을 수행하기 위해서는 먼저 원본 영상과 목적 영상 사이의 특징점, 선분, 커브선, 메쉬 노드들의 대응쌍을 구해야 한다. 이러한 대응쌍들은 원본 영상과 목적 영상의 대표적인 특징점이나 랜드마크가 되어야 모핑이 효율적으로 될 수 있다. 제어선의 경우 사용자가 처리하고자 하는 영상에 직접 제어선을 그리는 등의 문제로 모핑을 수행함에 있어 자동화하기 어려운 점이 있으며, 특징점을 추출할 때도 서로 다른 영상들 사이에서 공통되는 대응 특징점들을 추출하기가 어렵다는 점이 자동화를 저해하는 어려움이라고 할 수 있다[2]-[6].

Lee 등[2]은 제어선의 영상 분할을 이용한 반자동 제어선 정합에 의한 필드 기반 모핑을 제안하였는데, 영상 분할을 이용하여 형상 정보를 생성하여 다각형 기반 정점 탐색을 통해 객체의 형상을 잘 나타낼 수 있는 제어선을 반자동으로 설정하는 방법을 제안하였다. 하지만, 소수의 제어점을 사용자가 직접 설정하여야만 되는 제약조건이 있다. 또한, Hwang [3]은 안드로이드 플랫폼에 들로네 삼각망을 이용한 모핑 및 와핑 기법을 제안하였는데, 모핑과 와핑을 위해 LCD 터치를 통해 제어점을 입력하고 들로네 삼각망을 구성하여 어파인 변환을 통해 모핑을 수행하였다. 이 방법에서도 사용자가 직접 제어점을 입력하여 모핑을 수행하게 된다. Kim 등[7]은 얼굴의 피부색 검출과 특징점을 자동으로 추출하고 필드 기반과 메쉬 기반 모핑 방법을 조합하여 얼굴 영상의 효율적인 모핑 방법을 제안하였다. 이 방법에서는 얼굴 특징점이 정확하지 않을 경우, 중첩이 발생하는 문제점이 발생 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 모핑을 수행할 때 얼굴 랜드마크를 사용하여 정확한 특징점들을 추출하고 사용자의 개입 없이도 자동적으로 모핑이 수행될 수 있도록 하는 것에 주안점을 두고자 한다.

본 논문에서는 영상처리 유틸리티 중의 하나인 Dlib 라이브러리의 얼굴 랜드마크 검출 방법을 사용하여 원본과 목적 영상의 같은 대응점에 68개의 특징점을 검출하여 모핑할 영상들 사이의 대응점으로 사용하였다. 이들 점들은 이용하여 원본 영상과 목적 영상에서 들로네 삼각망을 구성할 수 있기 때문에 사용자가 제어점이나 특징점들을 수동으로 설정하는 것이 아니라 자동적으로 설정하게 되어 모핑을 효율적으로 수행할 수 있게 된다. 또한, 랜드마크를 추출할 때 얼굴의 주요부위에 대한 68개

의 랜드마크를 추출하여 사용하기 때문에 원본 영상과 목적 영상의 영상 간 특징점들에 대해 기하학적 정렬을 쉽게 할 수 있다. 즉, 와핑 과정의 중간 프레임들의 랜드마크들의 좌표를 선형 보간 등의 방법으로 정확하게 계산할 수 있어 모핑과정을 더욱 자연스럽게 수행할 수 있게 된다.

본 논문은 2장에 관련 연구들에 대해 설명하고, 3장에서 본 논문에서 제안한 모핑 기법의 알고리즘에 대해 자세하게 설명하고자 한다. 그리고 4장에서는 시뮬레이션 결과와 고찰을 다루고, 마지막으로 5장에서는 결론과 향후 연구에 대해서 기술하였다.

II. 관련 연구

모핑에 대한 이론 중, 본 논문에서 사용한 얼굴 랜드마크 검출, 들로네 삼각망, 메쉬 기반 모핑 방법, 어파인 변환 등을 설명하고자 한다.

2-1 Facial Landmark

얼굴 랜드마크들은 얼굴에서 튀어나온 부분들을 말하며, 눈과, 눈썹, 코, 입, 턱선 등 얼굴에서 특징을 나타낼 수 있는 특징점이라고 할 수 있다. 얼굴 랜드마크들은 얼굴 정렬과 머리방향 추정, 얼굴 교환 등 많은 부분에 응용할 수 있는 특징점이다. 얼굴 랜드마크들을 검출하는 것은 형태 예측 (shape prediction)의 문제이다. 즉, 형태 예측기는 관심 영역에서 형태 예측 방법을 통해서 얼굴의 중요한 특징점들을 검출하는 것이다. 얼굴 랜드마크를 추출하는 단계는 다음과 같이 2 단계를 거친다.

- (1) 1단계: 영상에서 얼굴 영역을 찾아낸다.
- (2) 2단계: 찾아진 얼굴 영역에서 특징점들을 검출한다.

1단계는 OpenCV의 HOG와 선형 SVM 오브젝트 검출기를 사용할 수도 있으며[8], Dlib 라이브러리의 정면 얼굴 검출기를 사용할 수도 있다[9]. 1단계에서 찾아진 얼굴에 대해서 2단계를 수행하게 된다. 얼굴 랜드마크는 여러 가지 방법이 있지만, 본 논문에서 사용한 방법은 Kazemi 등[10]이 제안한 방법을 구현한 Dlib 라이브러리인 얼굴 랜드마크 검출방법을 사용한다. 이는 얼굴 랜드마크 위치를 검출하기 위해 주어진 훈련 데이터에 회귀나무 앙상블을 학습하여 정확한 얼굴 랜드마크 위치를 실시간으로 구할 수 있다. 그림1은 68개의 얼굴 랜드마크를 구한 결과를 보여주고 있다. 그림1(a)는 얼굴에서 68개의 랜드마크 위치를 보여주고 있고, 그림1(b)는 girl 영상에서 랜드마크를 찾은 영상이다. 이 그림에서 보듯이 오른쪽 눈썹이 머리카락에 가려져 있지만 많은 얼굴 영상에 대한 훈련을 통해 학습이 되었기 때문에 눈썹의 상대적인 거리에 해당 랜드마크 특징점들이 잘 검출되는 것을 볼 수 있다. 그림1(c)에서는 웨딩 영상으로 두 사람의 얼굴에서 랜드마크가 검출되는 것을 볼 수 있으며,

그림1(d)에서는 안경을 낀 세 사람의 랜드마크도 잘 검출됨을 알 수 있다.

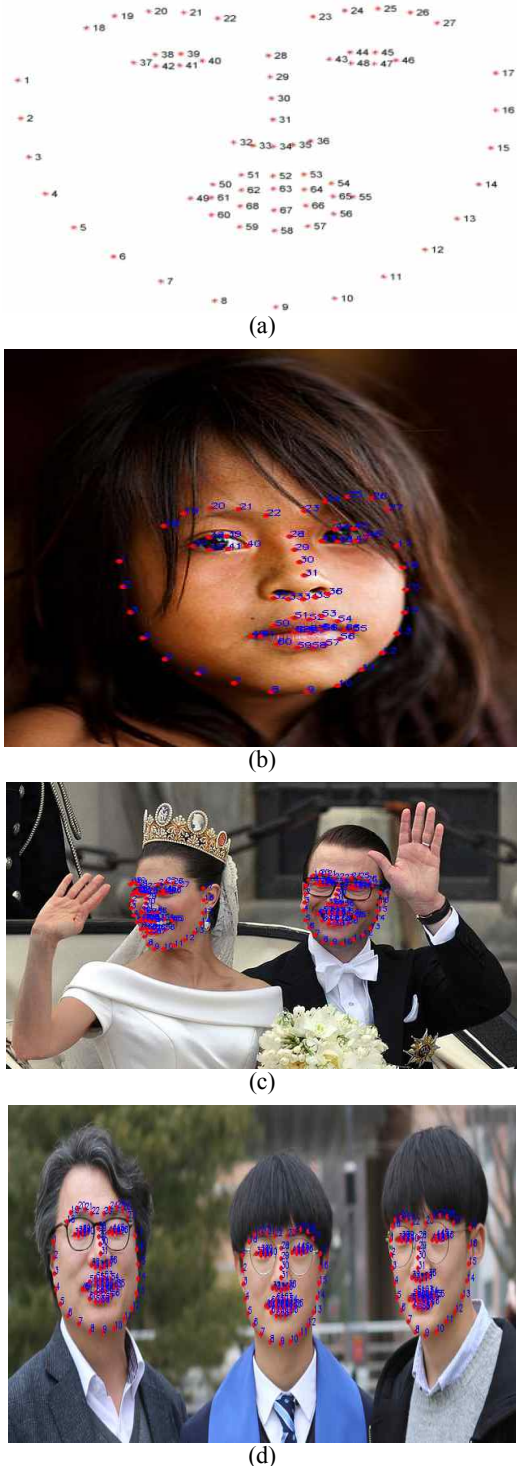


그림 1. (a) 68개 얼굴 랜드마크 예 및 (b) girl 영상, (c) 웨딩영상, (d) 세 사람 영상에서 찾아진 랜드마크 예
Fig. 1. (a) Exmample of 68 Facial Landmark, Detected landmarks in (b) girl image, (c) wedding image, and (d) 3 person image

그림1의 (b), (c), 및 (d)에서 검출된 랜드마크에는 그림1(a)에서 매겨진 랜드마크 번호들을 표시하였다.

2-2 들로네 삼각망

들로네 삼각망은 평면위의 점들을 삼각형으로 연결하여 공간을 분할하는 방법으로, 삼각형들의 내각의 최솟값이 최대가 되도록 하는 분할을 말한다.

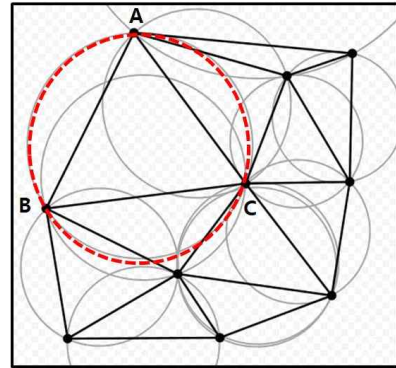


그림 2. 들로네 삼각망 예시
Fig. 2. Example of Delaunay Triangle

이러한 들로네 삼각망의 특징은 “어떠한 삼각형의 외접원도 삼각형의 세 꼭지점을 제외한 다른 어떤 점도 포함하지 않는다”는 점이다.

그림2는 주어진 들로네 삼각망을 이루는 정점들의 외접원이 다른 점을 포함하지 않고 있다는 것을 보여 주고 있다. 예를 들어, 그림2에서 정점 A, B, C를 이용하여 삼각형을 만들 수 있다. 이 삼각형의 외접원을 빨간 점선으로 표시하였는데, 이 외접원에는 다른 정점들을 포함하지 않고 있음을 알 수 있다.

본 논문에서는 얼굴 랜드마크로 구해진 정점들을 OpenCV에서 제공하는 Subdiv2D 클래스를 사용하여 들로네 삼각망을 구현하였다[8].

- (1) 들로네 삼각망을 구성할 영역을 사각형 설정
- (2) Subdiv2D 인스턴스를 생성
- (3) 얼굴 랜드마크 정점 삽입 (subdiv.insert(point))
- (4) 들로네 삼각망 생성 (subdiv.getTriangleList)

2-3 기존 모핑 방법

모핑은 조지 루카스가 설립한 특수 효과 전문회사인 ILM(Industrial Light and Magic)이 개발한 기법으로 변형 (metamorphosis)이란 단어에서 유래되었으며, 1988년 영화 “Willow”에서 처음으로 사용된 이래 영화와 그래픽 광고 분야에서 계속해서 사용되어 오고 있다[11]. 기존 모핑 방법은 특징 기반 모핑 (Feature-Based Image Metamorphosis), 메쉬 기반 모

핑 방법 등이 있다. 특징 기반 모핑은 원본 영상과 목적 영상에 제어선이라고 불리는 한 쌍의 참조 선을 이용하여 모든 화소에 대해 각 제어선에 대한 수직 거리를 계산하고 화소에서 제어선까지의 거리가 가까울수록 영향을 크게 받고, 거리가 멀수록 영향을 적게 받도록 하여 모든 화소를 다시 계산하여 중간 프레임들을 만들어 내는 방식이다.

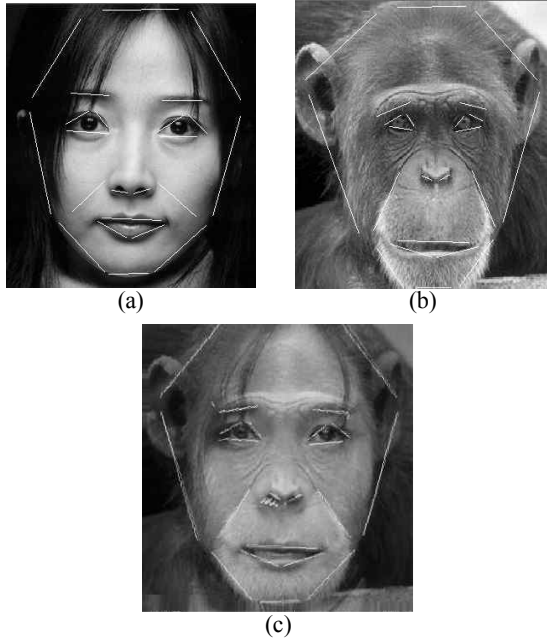


그림 3. 필드기반 모핑 예 (a) 원본영상, (b) 목적영상, 및 (c) 50% 모핑된 영상
Fig. 3. Example of Field-Based Morphing (a) Original Image, (b) Target Image, and (c) 50% Morphed Image

그림3은 제어선이 그려진 원본 영상 (그림3(a))과 목적 영상 (그림3(b)) 및 필드 기반 모핑 방법을 이용하여 50% 모핑이 된 행된 결과 영상을 보여준다(그림3(c)).

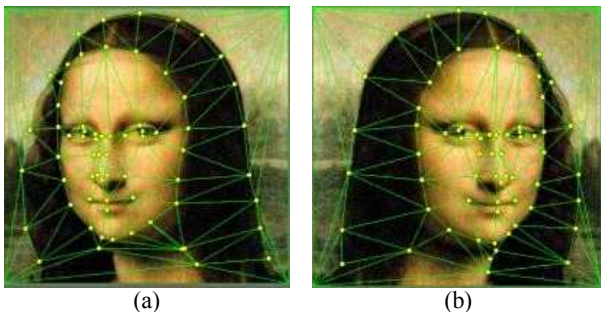


그림 4. 메쉬 모핑 예 (a) 원본 영상 및 (b) 목적 영상
Fig. 4. Example of Mesh Morphing (a) Original Image and (b) Target image

메쉬 기반 모핑 방법은 일반적으로 모핑의 과정 중, 왜곡될 영상에 제어격자를 정의할 수 있다. 이런 격자는 영상에 수평

과 수직라인의 메쉬로 그려진다. 격자의 만나는 교차점이 제어점이며 마우스 등을 이용하여 새로운 지점으로 이동시킬 수 있다. 그림4에서 보는 바와 같이 제어점을 이동시켜 다양한 형태의 메쉬 모양을 만들 수 있다. 다양한 보간법을 이용하여 새로운 제어점을 만들어 왜곡을 수행할 수 있다. 제어격자는 전체 영상을 덮고 있는 사각형의 집합이라고 생각할 수 있다. 격자 선들의 교차점이 이러한 사각형이 모서리에 해당한다. 이 방법은 모핑을 시작할 때 대응되는 많은 제어점을 생성하는 방법을 자동으로 할 수 없는 단점이 있다.

2-4 어파인 변환

어파인 변환은 어파인 공간 사이의 공선점을 보존하는 변환이며 변화 전에 직선은 변환 후에도 직선을 유지하며, 그 거리 비도 유지된다[12].

어파인 변환은 벡터 덧셈(이동)에 이어 행렬곱(선형 변환)의 형태로 표현되어질 수 있다. 따라서 두 영상들 간의 회전, 이동, 스케일 변환 등을 통해 어파인 변환이 수행된다고 볼 수 있다. 어파인 변환을 표현하는 2×3 행렬은 다음 수식과 같이 표현될 수 있다.

$$A = \begin{bmatrix} a_{00} & a_{01} \\ a_{10} & a_{11} \end{bmatrix}_{2 \times 2} \quad B = \begin{bmatrix} b_{00} \\ b_{10} \end{bmatrix}_{2 \times 1} \quad M = [A \ B] = \begin{bmatrix} a_{00} & a_{01} & b_{00} \\ a_{10} & a_{11} & b_{10} \end{bmatrix}_{2 \times 3} \quad (1)$$

식 (1)에서 A는 회전, B는 이동변환을 뜻하며, M은 이동 후 회전의 복합변환을 뜻한다. 예를 들어, $X(x, y)$ 에 대해 A 및 B 변환을 수행하게 된다고 한다면, 다음과 같이 수식(2)으로 표현할 수 있다.

$$T = M \cdot [x, y, 1]^T, \quad T = \begin{bmatrix} a_{00}x & a_{01}y & b_{00} \\ a_{10}x & a_{11}y & b_{10} \end{bmatrix} \quad (2)$$

OpenCV에서 어파인 변환을 할 수 있는 함수 등을 제공하는데, warpAffine() 함수는 지정된 어파인 변환을 수행한 후, 목적 영상을 반환한다. 또한, 어파인 변환을 만드는 함수로는 getAffineTransform()과 getRotationMatrix() 함수가 있다.

그림5에서는 X_1, X_2, X_3 의 3개의 점이 어파인 변환 후 X'_1, X'_2, X'_3 의 점으로 변하게 되고, 거기에 따라 나머지 좌표도 두 변환하게 된다.



그림 5. 어파인 변환
Fig. 5. Affine Transform

그림6은 원본 영상에 대해 세 개의 점을 지정하고, 목적 영상에도 원본 영상의 세 점에 대응하는 세 점을 지정한 다음, 어파인 변환을 수행한 예를 보여주는 것이다. 본 논문에서는 들로네 삼각망을 구한 다음, 원본 영상과 목적 영상의 대응하는 들로네 삼각망에 대해 어파인 변환을 수행하게 된다.

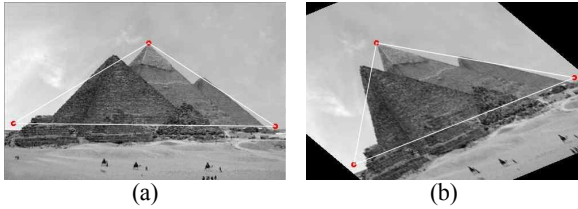


그림 6. 어파인 변환 실제 예 (a) 변환전 영상 및 (b) 변환후 영상
 Fig. 6. Example of Affine Transform (a) Before Affine Transform Image and (b) After Affine Transform Image

III. 제안한 모핑 기법

본 논문에서 제안한 모핑은 단순한 아이디어에서 출발한다. 원본 영상과 목표 영상이 주어졌을 때, 얼굴 랜드마크를 찾아 삼각망을 만든 다음, 두 영상 사이의 대응점과 대응되는 삼각망을 이용해 어파인 변환을 통해 중간 프레임들을 만들어 모핑을 수행하게 된다. 전체적인 블록 다이어그램은 그림7과 같다.

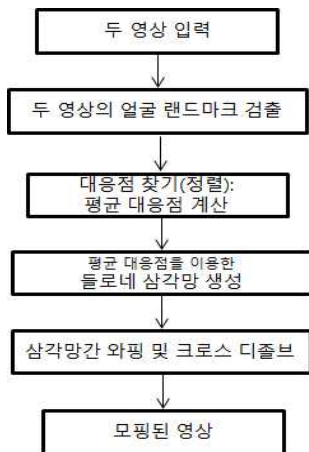


그림 7. 모핑 과정 블록도
 Fig. 7. Block Diagram of Morphing Procedure

3-1 대응점 찾기 및 정렬

본 논문에서 제안한 모핑은 단순한 아이디어에서 출발한다. 원본 영상 S 와 목표 영상 T 가 주어졌을 때, 두 영상 사이의 중간 영상들 M 을 구하여 모핑을 수행하게 된다. 두 영상의 각 위

치 (x, y) 의 다음과 같은 수식으로 중간 프레임들을 구한다.

$$x_m = (1-\alpha)x_s + \alpha x_t, \quad y_m = (1-\alpha)y_s + \alpha y_t \quad (3)$$

(3)의 수식에서 x_s 는 원본 영상의 x 좌표이며, x_t 는 목표 영상의 x 좌표를 나타낸다. α 는 0에서 1사이의 값으로 0이면 원본 영상이며, 1의 값을 가지게 되면 목표 영상을 의미하게 된다. (3)의 수식에 의해 모핑된 중간 프레임의 좌표 (x_m, y_m) 을 구하게 된다.

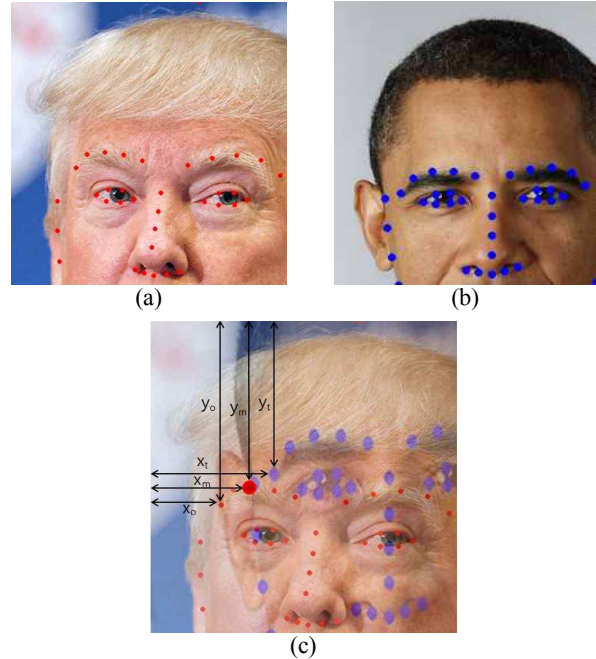


그림 8. (a) donald trump 영상, (b) obama 영상에서 검출된 얼굴 랜드마크, (c) 얼굴 랜드마크 정렬 예
 Fig. 8. Detected Facial Landmark in (a) doland trump Image, (b) obama Image, and (c) Example of Facial Landmark Alignment

그림8은 모핑할 두 영상에 대해 수식(3)이 적용되는 과정을 보여주는 그림이다. 그림8(a)와 그림8(b)는 각각 donald trump 영상과 obama 영상에서 얼굴 랜드마크를 찾은 예를 보여주고 있다. 그리고 그림8(c)는 얼굴 랜드마크들의 정렬을 설명하기 위해 doland trump 영상과 obama 영상을 60:40 비율로 크로스 디졸브로 만든 영상이다.

영상에서 얼굴이 차지하는 비율이 다르기 때문에 랜드마크가 일치하지 않음을 알 수 있다. 이와 같이 두 영상에 대한 중간 프레임의 좌표 위치를 구하지 않고 모핑을 수행하게 되면 모핑된 그림이 서로 다른 부분이 겹쳐져서 모핑의 품질이 저하될 뿐만 아니라 영상에서 얼굴의 위치가 많이 상이할 경우, 원하는 모핑 결과를 얻을 수 없다. 두 영상에서 얼굴 랜드마크의 특징 점간의 대응쌍을 찾아 수식(3)을 적용함으로써 정렬을 수행하여 자연스러운 모핑을 수행할 수 있다.

이와 같이 정렬을 한 다음에는 중간 프레임의 구해진 좌표의 픽셀에 다음 수식으로 중간 프레임의 픽셀값들을 구할 수가 있다.

3-2 들로네 삼각망

본 논문은 얼굴 랜드마크로부터 생성된 68개의 점과 영상의 가장자리와 영상의 목 등의 부위에 12개의 점을 더해서 총 80개의 점을 원본 영상과 목표 영상에서 각각 구하였고, 이를 이용하여 들로네 삼각망을 생성하였다. 그림9에서 보듯이 원본 영상과 목표 영상의 삼각망은 대략적으로 비슷한 부분에 위치하고 있음을 알 수 있다. 하지만, 그림의 크기와 영상 내용에 따라서 대응하는 삼각망의 위치가 다르기 때문에 중간 프레임의 영상들의 삼각망의 위치를 가중치 α 에 따라서 계산하여 사용한다. 그리고 삼각망의 위치를 나타내는 색인값을 이용하여 삼각망을 저장하여 구현하였다.

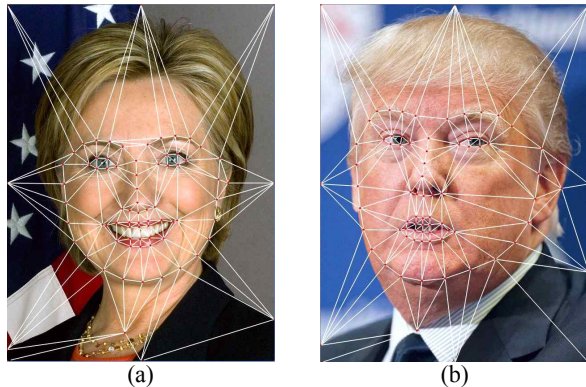


그림 9. 들로네 삼각망 생성
Fig. 9. Generation of Delaunay Triangles

3-3 와핑 및 크로스 디졸브

들로네 삼각망을 통해 구해진 중간 프레임은 원본 영상과 목표 영상에서 각각 어파인 변환을 통해서 와핑을 수행하게 되고 와핑의 결과에 크로스 디졸브를 통하여 모핑을 하게 된다.

$$M(x, y) = (1 - \alpha)S(x, y) + \alpha T(x, y) \quad (4)$$

수식(4)에서 α 는 크로스 디졸브의 양을 제어하는 파라미터이다. 모핑 영상 M 은 식(3)에서 구한 좌표값 (x_m, y_m) 들의 위치를 구한 다음, 들로네 삼각망을 생성하게 되고, 원본 영상과 목표 영상 사이에 대응되는 들로네 삼각망 사이에 어파인 변환을 수행하게 된다.

어파인 변환은 OpenCV에서 제공하는 `getAffineTransform` 함수를 사용하였다. 이 과정은 얼굴 랜드마크의 특징점들의 정렬 후에 사용하기 때문에 대략적으로 비슷한 위치에 대응 삼각망들이 위치하게 된다. 하지만 영상의 크기와 영상 내의 얼굴

크기가 다르기 때문에 모핑된 중간 프레임은 어파인 변환을 통한 와핑과정을 수행하게 되고, 수식 (4)의 크로스 디졸브를 통해 최종 모핑 결과를 얻게 된다.

IV. 시뮬레이션 결과 및 고찰

본 논문의 모핑 알고리즘을 구현하기 위해 사용된 실험 영상은 그림10과 같이 600×800 크기의 hillary clinton 영상과 donald trump 영상을 사용하였다.

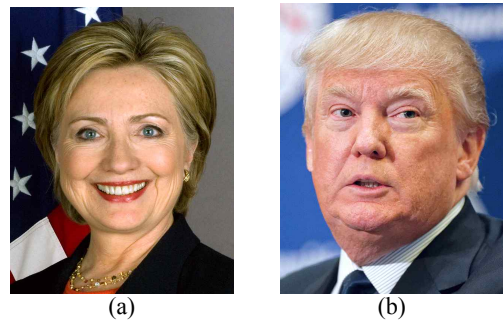


그림 10. 실험영상 (a) hillary clinton 및 (b) donald trump
Fig. 10. Test Image (a) hillary clinton and (b) donald trump

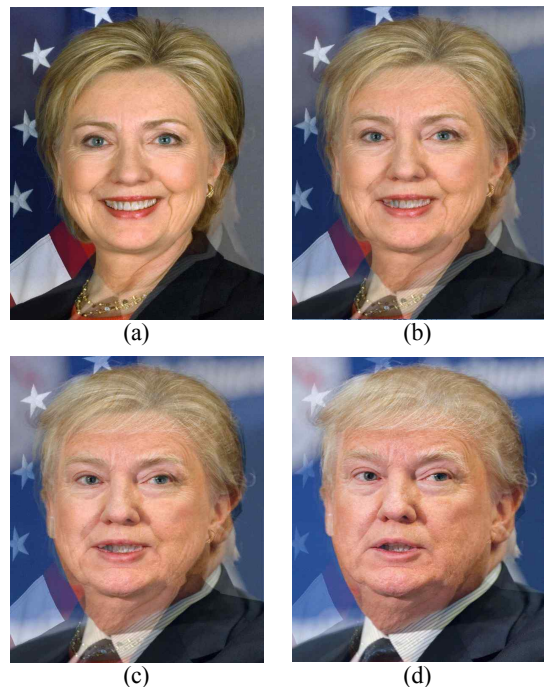


그림 11. 모핑 결과 (80개 정점 이용) (a) 20% 모핑된 영상, (b) 40% 모핑된 영상, (c) 60% 모핑된 영상, (d) 80% 모핑된 영상
Fig. 11. Morphing Result (Using 80 Points) (a) 20% Morphed Image, (b) 40% Morphed Image, (c) 60% Morphed Image, and (d) 80% Morphed Image

얼굴 랜드마크로 생성된 68개의 점과 가장자리 등에 추가된 80개의 점을 이용해 들로네 삼각망을 구성하여 모핑을 수행한 결과 영상은 그림11에 나타내었다.

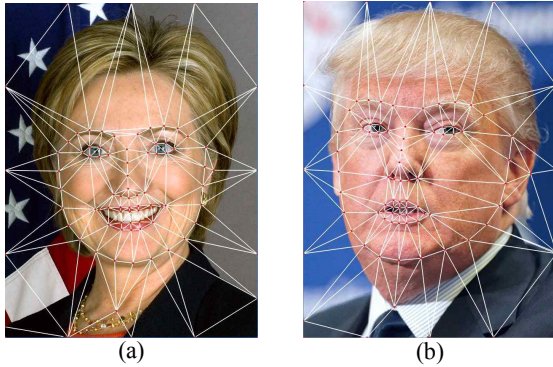


그림 12. 들로네 삼각망 생성(88개 정점 이용)
 Fig. 12. Generation of Delaunay Triangles (Using 88 Points)

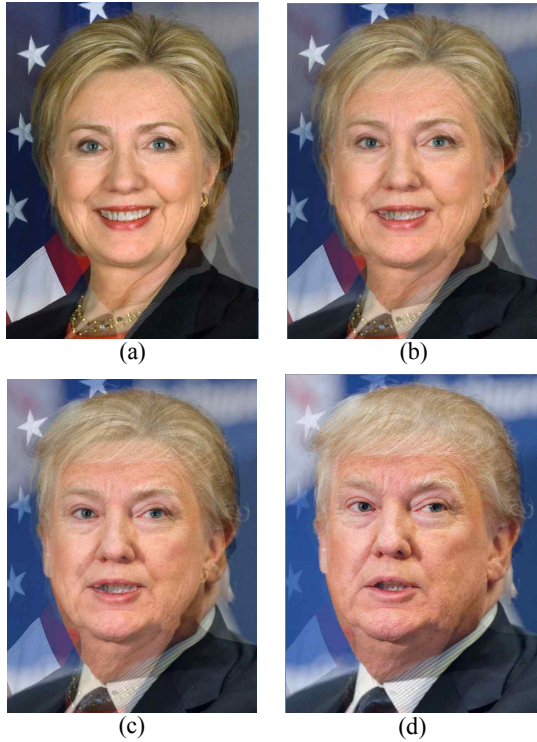


그림 13. 모핑 결과(88개 정점 이용) (a) 20% 모핑된 영상, (b) 40% 모핑된 영상, (c) 60% 모핑된 영상, 및 (d) 80% 모핑된 영상
 Fig. 13. Morphing Result(Using 88 Points) (a) 20% Morphed Image, (b) 40% Morphed Image, (c) 60% Morphed Image, and (d) 80% Morphed Image

더 많은 정점을 추가한 후, 결과 영상을 비교하기 위해 가장 자리에 좀 더 많은 정점을 추가하여 들로네 삼각망을 구성하고 모핑한 결과를 비교하기 위해 정점을 8개를 더 추가하여 88개의 정점을 이용하여 생성한 들로네 삼각망과 모핑 결과를 각각

그림12와 그림13에 나타내었다.

그림에서 보는 것과 같이 실험영상의 배경 부분이 단순함에도 불구하고 조금 더 자연스러운 모핑 결과를 얻는 것을 볼 수 있다.

V. 결 론

본 논문은 얼굴 모핑의 방법 중 정점들을 이용하여 들로네 삼각망을 생성하여 원본 영상에서 목표영상으로의 왜곡과 크로스 디졸브를 통해 모핑을 구현하였다.

정점을 생성하는 방법을 Dlib 얼굴 랜드마크 검출기를 이용하여 생성된 정점을 이용하여 들로네 삼각망을 구성하여 사용자가 모핑을 수행하기 위해 부가적으로 정점들을 만들어 주는 것이 아니라 얼굴 모핑에서 얼굴의 주요한 부분을 특징점으로 하는 랜드마크들을 이용함으로써 자동으로 들로네 삼각망을 생성할 수 있다는 것이 특징이다. 그리고 수동으로 정점을 추가할 수도 있어 더욱 자연스러운 모핑 결과를 얻을 수 있을 수 있다는 것을 확인하였다.

추후 연구과제로는 얼굴 랜드마크들을 이용하여 자동으로 제어선을 생성하여 모핑을 수행하는 연구도 진행하고자 한다.

Acknowledgements

본 연구는 2017년도 나사렛대학교 학술연구비 지원 및 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초 연구 사업임 (No. R1D1A1B06034648).

참고문헌

- [1] G. Wolberg, "Image morphing: a Survey," *The Visual Computer*, Vol. 14, No. 8-9, pp. 360-372, Dec 1998.
- [2] H. J. Lee and N. Y. Kwak, "A Field-based Morphing with Semi-automatic Control Lines Matching Using Image Segmentation," *The Journal of Digital Contents Society*, Vol. 5, No. 4, pp. 269-274, Dec 2004.
- [3] K. T. Hwang, "Morphing and Warping using Delaunay Triangulation in Android Platform," *Journal of Korea Game Society*, Vol. 10, No. 6, pp. 137-146, Dec 2010.
- [4] E. J. Kim, S. H. Yoon, and J. Lee, "Acceleration of Feature-Based Image Morphing Using GPU," *Journal of the Korea Computer Graphics Society*, Vol. 20, No. 2, pp. 13-24, May 2014.
- [5] H. J. Lee, H. M. Kim, and N. Y. Kwak, "Automatic Generation of the Control Line Using Polygon based Vertex

- Search for Field-based Morphing,” in *Proceeding of the Korea Contents Society(2004)*, Vol. 2, No. 1, pp. 377-384, 2004.
- [6] T. Beier and S. Neely, “Feature-Based Image Metamorphosis,” *Proceeding of SIGGRAPH’92 on Computer Graphics*, Vol. 26(2), pp. 35-42, 1992.
- [7] Y. K. Kim and B. R. Lee, “Field and Mesh-Based Automatic Morphing of Face Images Using Feature Points Extraction,” *Journal of KIISE*, Vol. 38, No. 5, pp. 240-247, May 2011.
- [8] OpenCV site: <http://www.opencv.org>
- [9] Dlib C++ Library site: <http://dlib.net>
- [10] V. Kazemi and J. Sullivan, “One Millisecond Face Alignment with an Ensemble of Regression Trees,” in *ECCV*, pp. 679-692, 2014.
- [11] S. H. Jung and J. W. Bae, *Digital Image Processing and Its Application Using OpenCV*, 1st ed. Life & Power Press, 2017.
- [12] S. Lee, G. G. Lee, E. S. Jang, and W. Y. Kim, “Fast Affine Transform for Real-Time Machine Vision Applications,” *Lecture Notes in Computer Science(Springer, Berlin, Heidelberg)*, Vol. 4113, pp. 1180-1190, 2006.



박경남(Kyung-Nam Park)

1992년: 경북대학교 전자공학과 졸업
1997년: 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
2003년: 경북대학교 대학원 (공학박사-영상시스템공학)

2009년 2월~2010년 1월: University of California, San Diego 방문교수
2003년~현재 : 나사렛대학교 IT융합학부 전임강사, 조교수, 부교수, 교수
※ 관심분야 : 멀티미디어 신호처리, 영상처리, 컴퓨터 그래픽 등