

쌍선형 워핑 및 쌍선형 보간을 이용한 성형 시스템

A Cosmetic Surgery Simulation System using Bilinear Warping and Bilinear Interpolation

박천주
한국기술교육대학교 정보기술공학부 기술연구원

Cheon-Joo Park
Tech. Researcher, School of Information Technology
Eng., Korea University of Technology and Education

이재협
한국기술교육대학교 정보기술공학부 교수

Jae-Hyub Lee
Professor, School of Information Technology
Engineering, Korea Univ. of Technology and Education

전병민
충북대학교 전기전자및컴퓨터공학부 교수

Byung-Min Jun
Professor, School of Electrical and Computer
Engineering, Chungbuk National University

중심어 : 쌍선형 워핑, 쌍선형 보간, 역방향 사상, 제어점

요 약

본 연구는 얼굴 성형을 시뮬레이션하거나 성형 상담 자료로 활용할 목적으로 한 쌍의 제어점을 이용한 쌍선형 워핑 및 쌍선형 보간에 의한 성형 시스템에 관한 것이다. 우선, 주어진 영상을 대상으로 제어점을 설정하고, 이 제어점을 이용하여 워핑 영역을 결정한다. 그리고, 이 워핑 영역은 제어점을 한 꼭지점으로 하는 4개의 부분 영역으로 나눈다. 그런 후, 4개의 부분 영역 각각에 대한 역방향 사상의 워핑 계수를 구한다. 결과 영상의 부분 영역에 있는 모든 화소 위치에 대하여 대응하는 워핑 계수를 적용하여 원 영상에서 대응되는 화소 위치를 구한다. 이 위치에 최인접하는 네 화소값을 이용하여 쌍선형 보간에 의해 결과 영상의 화소에 대한 화소값을 구한다. 이와 같은 방식으로 4개의 부분 영역에 대하여 동일하게 처리함으로써 성형 효과를 얻게 된다. 실험 결과, 워핑 영역의 경계에서 끊김이 없는 자연스런 성형 효과를 얻을 수 있었다.

Abstract

This paper describes the implementation of cosmetic surgery simulation system by means of the bilinear warping and interpolation using a pair of control points in order to get the information which can be used to compare the before and the after the surgery. If an user provides a pair of control points, first of all, the system determines warping region using the points and divides the whole region into four subregions which includes the control points as a corner ones. Then, for each subregion, it calculates warping coefficients for backward mapping using the four known corner points of each subregion. Using those calculated coefficients, the system gets the corresponding position of each pixel on the subregion of original image which matches the subregion of resulting image. Finally, a new pixel value is calculated by bilinear interpolation using the closest four pixel values of the position. The same process is applied to the remaining subregions. Through the experiments, we could find natural aesthetic results without any side effects which unnaturally distort the boundary of warping region.

1. 서론

인터넷의 대중적인 보급으로 인터넷 상에서 이용할 수 있는

다양한 콘텐츠들의 요구가 더욱 커지게 되었다. 특히, 이윤 창출을 목적으로 하는 다양한 업체들은 자사의 제품 정보의 배포나 광고 효과를 위해 웹사이트를 개설하고 다양한 서비스

를 제공한다. 이러한 사이트 중에는 유용한 정보를 제공하여 사용 대가로 이윤을 추구하는 사이트도 있지만, 개중에는 이용자에게 다양한 정보를 무료로 제공함으로써 많은 사용자가 방문할 수 있도록 유도함으로써 배너 광고의 광고주를 모집하여, 광고주로부터 이윤을 추구하고 있다. 이러한 입장에서 배너 광고 사이트 개설자의 관심은 보다 많은 이용자가 방문하여 장시간 그리고 빈번하게 배너 광고를 접할 수 있도록 다양한 무료 서비스를 제공하는데 집중되어 있다. 방문자 수를 늘리려면 다양한 형태의 유용한 콘텐츠를 제공해야 하는 것은 필수적이다. 특히, 이러한 관점에서 온라인 게임들을 비롯한 오락성의 콘텐츠들의 등장이 무엇보다도 두드러져 보인다. 또한 오늘날에는 미에 대한 다양한 욕구의 분출로 화장이나 성형과 관련된 콘텐츠도 온라인 게임에 못지 않은 효과를 가져올 수 있을 것이다. 결국, 성형 서비스 제공은 광고 효과뿐만 아니라 이용자의 욕구를 충족하기에 적합한 콘텐츠로서의 가치가 충분히 있다는 것이다. 따라서, 본 연구는 인터넷을 통하여 자신의 얼굴 사진에 변형을 가함으로써 성형 시술 후의 모습을 시뮬레이션하여 보거나, 이 결과를 이용하여 성형 시술 상담에 이용할 수 있는 성형 시스템에 관한 것이다.

국내의 몇 개 업체에서 웹기반의 성형 시스템을 개발하여 상용 서비스 중에 있는데 이들의 장단점은 다음과 같다. mimake.com[1] 사이트는 영역을 지정하고 이를 단순히 확대 혹은 축소하는 형태로 조작을 가함으로써, 크기 변환의 경우 변환 영역의 경계에서 깨짐 현상이 발생하는 단점을 가진다. mimi.co.kr[2] 사이트의 경우 비교적 확대 축소시 깨짐 현상이 없이 자연스러우나, 세부적인 부위에 대해 미리 정해진 제한적인 변형만을 허용함으로써 자유로운 변형을 가할 수 없다는 제약을 가지고 있다. 반면, Magic Face[3] 시스템은 여러 개의 제어점을 이용하여 미세한 변형이 가능하고, 확대 축소시 깨짐 현상이 없다는 장점을 가지고 있다.

성형 시스템은 근본적으로 영상에 대한 공간 변환이 주 처리라 볼 수 있지만, 단순한 이동, 회전, 크기 변환과 같은 기하 변환만으로는 곤란하다. 따라서 보다 섬세한 기하 변환을 위해서는 복합적인 공간 변환이 가능한 워핑 기법이 요구된다 [4]. 일반적으로 워핑 기법은 영상을 획득할 때에 영상 시스템에 의해 발생하는 왜곡을 보정하기 위한 원격 탐사 분야[5]나 특수 효과를 만들어 내기 위해 컴퓨터 그래픽 분야[6],[7]에서 주로 이용되어 왔다. 워핑 기법에는 투영 평면에 대상을 사상함으로써, 모든 방향에서의 직선 특성이 유지되는 원근 변환, 4개의 제어점에 대한 사상 관계를 이용하며, 변형 영역에서 직선의 평행성을 유지하는 쌍선형 변환, 무수히 많은 제어점

을 이용하여 보다 정교한 변형을 가능케 하는 다항식 변환 방법들이 있다. 더욱이 공간 변환 결과 위치에 대한 자연스런 화소값을 얻기 위해서는 인접한 화소값들을 고려하는 보간 기법[6,8]이 요구된다. 이러한 보간 방법에는 최인접하는 화소값을 채택하는 최인접 보간, 인접한 둘 혹은 4 화소값에 대한 평균에 의한 보간 및 인접한 4 화소와의 거리에 따른 가중치를 이용하는 쌍선형 보간, 그리고 보다 고차의 큐빅 보간 등이 있다. 니열한 순서에 따라 계산량은 보다 많아지지만 보다 좋은 결과를 얻을 수 있다.

본 연구에서는 성형을 위한 공간 변환에서 변환 영역의 경계에서 끊김 현상이 발생하지 않으며, 하나의 제어점으로 변형이 가능한 쌍선형 워핑과 자연스런 화소값 생성을 위해 쌍선형 보간 방법을 이용한다.

II. 공간 변환

본 절에서는 워핑 영역 설정과 쌍선형 워핑 및 쌍선형 보간에 대해 살펴본다.

1. 워핑 영역(Warping Region)

워핑 영역이라 함은 변형 처리가 적용될 영역을 의미하며, 한 쌍의 제어점을 설정함으로써 결정된다. 본 연구에서의 인터페이스는 그림 1에서 보는 것처럼, 처리할 영상에서 특정한 한 점(B)을 설정하고, 지정된 점이 워핑 변환 후에 위치하여야 할 위치(A)를 지정할 수 있는 기능을 제공하도록 한다. 이때 워핑 변환의 대상이 되는 영역을 계산하기 위한 기준은 두 제어점간의 거리(D)로 표현되는 식(1)에 의해 결정된다.

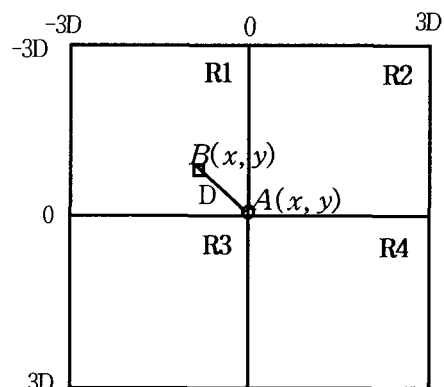


그림 1. 워핑 영역 설정

$$D = \sqrt{(B_x - A_x)^2 + (B_y - A_y)^2} \quad (1)$$

본 연구에서 워핑 영역을 충분히 크게 잡기 위해 워핑 영역에 대한 한 변의 길이를 두 제어점간 거리의 6배로 한다. 결국 워핑 영역은 A점을 중심으로 하는 사각 영역이 되며, 제어점간의 거리에 따라 워핑 영역의 크기는 가변될 수 있다. 즉, 제어점간의 거리가 커질수록 워핑 영역은 더욱 커지게 된다. 또한 워핑 영역의 한 변은 두 제어점간 거리의 6배이므로 이동 전 혹은 이동 후의 제어점 위치는 워핑 영역내에 항상 존재하도록 보장할 수 있다.

워핑 전이나 후의 워핑 영역은 동일하다. 본 연구에서는 워핑 영역을 다시 4개의 부분 영역으로 나누어 처리를 하는데, 이는 하나의 제어점을 이용하여 워핑 처리를 수행하기 때문이다. 워핑 전의 부분 영역은 그림 2의 (a)와 같이 B점과 워핑 영역의 꼭지점 및 워핑 영역의 각 변의 중점으로 구성되는 사변형, 워핑 후의 부분 영역은 (b)와 같이 A점과 워핑 영역의 꼭지점 및 워핑 영역의 각 변의 중점으로 구성되는 사변형을 나타낸다. 워핑 전의 부분 영역은 R_b 로, 워핑 후의 부분 영역은 R_a 로 표기하며, 각 부분 영역은 첨자 i 로 표기하기로 한다.

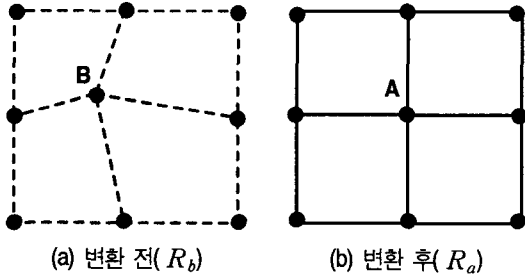


그림 2. 부분 영역으로의 분할

워핑 영역 경계선 상에 위치하는 각 부분 영역의 꼭지점은 R_b 의 부분 영역이나 R_a 의 부분 영역에서 동일하다. 반면, 워핑 영역 내부에 있는 제어점(B, A)에 해당하는 꼭지점의 경우, R_b 의 부분 영역은 B점을 꼭지점으로 포함하며, R_a 의 부분 영역은 A점을 꼭지점으로 포함한다. 결국 각 부분 영역에 대해 워핑 영역 경계 상에 존재하는 꼭지점을 P_1, P_2, P_3 라 하면, 식(2)와 같이 R_b 의 부분 영역 i 에 대한 R_{bi} 는 R_a 의 부분 영역 R_{ai} 로 사상된다.

$$R_{bi}\{P_1, P_2, P_3, B\} \Rightarrow R_{ai}\{P_1, P_2, P_3, A\} \quad (2)$$

, for $i = 1, \dots, 4$

이제 각 부분 영역을 구성하는 화소는 영역에 따른 고유의 워핑 계수에 의해 공간 변환된다. 다음 절에서 이러한 공간 변환을 위한 쌍선형 워핑에 대해 살펴본다.

2. 쌍선형 워핑(Bilinear Warping)

쌍선형 워핑의 기본식은 식(3)과 같다. 여기서 R_b 에서의 (x, y) 점은 R_a 의 (u, v) 에 대응한다고 가정한다.

$$\begin{aligned} u &= a_1x + a_2y + a_3xy + a_4 \\ v &= b_1x + b_2y + b_3xy + b_4 \end{aligned} \quad (3)$$

이미 부분 영역 R_{bi} 와 R_{ai} 에 대한 네 꼭지점들의 좌표를 알고 있으므로, 식(3)을 이용하여 미지수인 계수들($a_i, b_i, i = 1, 2, 3, 4$)을 얻을 수 있다. 이를 위해서는 부분 영역의 네 꼭지점 좌표를 대입하여 식(4)와 같이 x 와 y 에 대해 각각 4개의 식으로 표현하고, 이 일차 연립 방정식의 해를 구해야 한다.

$$\begin{aligned} u_1 &= a_1x_1 + a_2y_1 + a_3x_1y_1 + a_4 \\ u_2 &= a_1x_2 + a_2y_2 + a_3x_2y_2 + a_4 \\ u_3 &= a_1x_3 + a_2y_3 + a_3x_3y_3 + a_4 \\ u_4 &= a_1x_4 + a_2y_4 + a_3x_4y_4 + a_4 \\ v_1 &= b_1x_1 + b_2y_1 + b_3x_1y_1 + b_4 \\ v_2 &= b_1x_2 + b_2y_2 + b_3x_2y_2 + b_4 \\ v_3 &= b_1x_3 + b_2y_3 + b_3x_3y_3 + b_4 \\ v_4 &= b_1x_4 + b_2y_4 + b_3x_4y_4 + b_4 \end{aligned} \quad (4)$$

또한, 식(4)는 식(5)와 같이 행렬식으로 간략히 표현될 수 있다.

$$\begin{bmatrix} u_1 & v_1 \\ u_2 & v_2 \\ u_3 & v_3 \\ u_4 & v_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & x_1y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & x_2y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & x_3y_3 & 1 \\ x_4 & y_4 & x_4y_4 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \\ a_3 & b_3 \\ a_4 & b_4 \end{bmatrix} \quad (5)$$

결국, 행렬식(5)의 해를 구함으로써 계수 집합을 얻을 수 있고, 그 결과를 식(3)에 대입한다. 그러면 이 식을 이용하여 부분 영역 R_{bi} 상의 임의 한 점 (x, y) 가 부분 영역 R_{ai} 상에

대응하는 점의 위치 좌표 (u, v) 를 얻을 수 있다.

이와 같이 R_{bi} 의 화소 위치가 R_{ai} 의 어느 위치로 대응되는가를 결정하여 사상하는 방법을 그림 3에서 보이듯이 순방향 사상(forward mapping)이라 한다. 이러한 순방향 사상의 문제점은 처리 결과 영상에서 특정 화소는 중복되어 사상되거나 사상은 값을 확보할 수 없는 경우가 발생할 수 있으며, 이는 결과 영상에 구멍을 생성하기 때문에 적절하지 못하다.

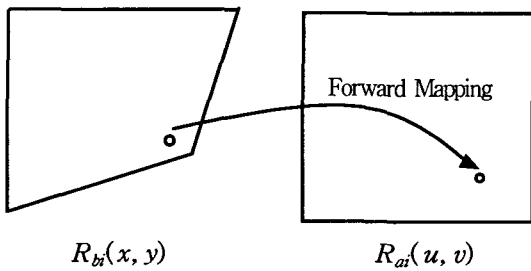


그림 3. 순방향 사상

따라서, 본 연구에서는 그림 4와 같은 역방향 사상(backward mapping)을 통하여 이 문제를 해결한다. 즉, 부분 영역 R_{ai} 의 화소들에 대하여 부분 영역 R_{bi} 의 어느 화소가 대응되는가를 결정하여 그 위치를 확보하는 방법이다. 이렇게 함으로써 순방향 사상으로 인하여 발생하는 구멍 문제를 해결할 수 있다. 결국 역방향 사상에 의한 워핑식은 식(6)과 같이 다시 표현될 수 있다.

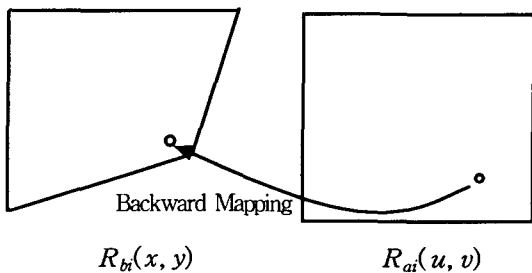


그림 4. 역방향 사상

$$\begin{aligned} x &= a_1u + a_2v + a_3uv + a_4 \\ y &= b_1u + b_2v + b_3uv + b_4 \end{aligned} \quad (6)$$

순방향 사상에서 보였듯이 한 쌍의 부분 영역 R_{bi} 와 R_{ai} 를 구성하는 각각의 네 꼭지점에 대해 식(6)을 이용하여 일차 연립 방정식으로 표현하고, 이를 행렬식으로 나타내면 식(7)과

같다.

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ x_3 & y_3 \\ x_4 & y_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_1 & v_1 & u_1v_1 & 1 \\ u_2 & v_2 & u_2v_2 & 1 \\ u_3 & v_3 & u_3v_3 & 1 \\ u_4 & v_4 & u_4v_4 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \\ a_3 & b_3 \\ a_4 & b_4 \end{bmatrix} \quad (7)$$

한 쌍의 부분 영역에 대응되는 네 꼭지점의 위치 좌표는 워핑 영역의 설정을 통하여 이미 알고 있으므로, 이 점들의 좌표를 식(7)에 대입하여 해를 구하면, 역방향 사상의 워핑 계수를 계산할 수 있다. 식(7)을 보다 간결히 표현하면 식(8)과 같고, 워핑 변환 계수의 행렬 C 를 구하는 식은 식(9)와 같이 표현된다.

$$X = UC \quad (8)$$

$$C = U^{-1}X \quad (9)$$

식(9)에 의해 워핑 계수 $(a_i, b_i, i=1,2,3,4)$ 의 행렬 C 를 결정하는데 요구되는 역행렬 U^{-1} 는 가우스 소거법(Gauss elimination)[9]에 의해 계산한다. 이와 같은 과정은 다른 나머지 세 구역에 대해서도 동일한 방식으로 처리하여 각 부분 영역에 대한 워핑 계수들을 확보한다.

얻어진 워핑 계수를 식(6)에 대입하게 되면, 부분 영역 R_{ai} 상의 임의의 위치 (u, v) 에 대응하는 R_{bi} 상의 위치 (x, y) 를 계산할 수 있다. 이러한 과정을 통해 부분 영역 R_{ai} 의 모든 화소에 대해 대응하는 R_{bi} 상의 화소 위치를 얻으므로, 결과의 워핑 영역 내에 모든 화소는 화소값을 가지게 된다. 또한 부분 영역 R_{ai} 는 정사각형 모양이므로 디지털 시스템에서 계산 처리가 용이하다.

워핑 영역의 경계상에 존재하는 부분 영역의 꼭지점으로 역할하는 P_i 점들의 위치는 변동이 없으므로 워핑 영역의 경계에서 굽힘 현상이 발생하지 않는다. 또한 워핑 영역의 경계선에 근접할수록 화소의 위치가 이동하는 정도는 상대적으로 작아지게 된다.

3. 쌍선형 보간(Bilinear Interpolation)

부분 영역 R_{ai} 상의 특정 화소의 화소값은 부분 영역 R_{bi} 상에 대응하는 위치의 화소값으로 설정되어야 한다. 그러나 R_{ai} 에서 정수 위치로 표현되는 특정 화소 위치에 대응하는

R_{bi} 상의 화소 위치는 대부분 정수 위치로 결정되지 않는다. 따라서 본 연구에서는 부동 소수점 수로 표현되는 대응 위치 (x, y) 에 인접한 4화소의 화소값을 이용하는 쌍선형 보간을 수행하여 (x, y) 의 화소값을 결정하고, 이 화소값을 R_{ai} 상의 위치 (u, v) 의 화소값으로 설정한다.

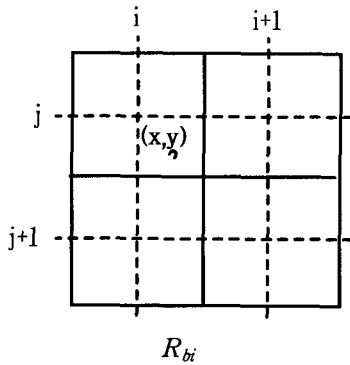


그림 5. 색상의 쌍선형 보간

우선, 역방향 사상에 의해 계산된 대응하는 R_{bi} 상의 위치 x 와 y 는 그림 5에서 보듯이 부동소수점 수로 디지털 영상에서 그 위치 지정이 곤란하다. 따라서 쌍선형 보간을 이용하기 위한 x 와 y 에 가장 인접하는 정수의 화소 위치 i, j 를 결정하려면, 가우스(Gauss) 함수로 표현되는 식(10)에 의해 처리한다. 가우스 함수 $[x]$ 는 x 보다 크지 않은 가장 큰 정수를 반환하는 함수이다.

$$\begin{aligned} i &= [x] \\ j &= [y] \end{aligned} \quad (10)$$

결정된 i, j 에 기반하여 쌍선형 보간에 고려되는 최인접의 네 화소값 위치는 $(i, j), (i+1, j), (i, j+1), (i+1, j+1)$ 이다. 수식 표현의 편의를 위해 주어진 네 화소 위치의 좌표를 $(i_0, j_0), (i_1, j_1), (i_2, j_2), (i_3, j_3)$ 이라 하고, 그들 각각의 화소값을 G_0, G_1, G_2, G_3 이라 하면, 임의의 중간 좌표 (x, y) 의 화소값 $G(x, y)$ 는 쌍선형 보간을 위한 식(11)에 의해 계산될 수 있다.

$$G(x, y) = k_1i + k_2j + k_3ij + k_4 \quad (11)$$

k_i 계수들은 네 점의 좌표와 화소값으로 구성되는 행렬식 (12)에 의해 얻어진다.

$$\begin{bmatrix} G_0 \\ G_1 \\ G_2 \\ G_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_0 & j_0 & i_0j_0 & 1 \\ i_1 & j_1 & i_1j_1 & 1 \\ i_2 & j_2 & i_2j_2 & 1 \\ i_3 & j_3 & i_3j_3 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ k_4 \end{bmatrix} \quad (12)$$

이제 얻어진 계수 집합 k_i 를 식(11)에 대입하고, 이를 이용하여 화소값 $G(x, y)$ 를 계산할 수 있다.

본 연구에서 이용되는 영상은 RGB 형식의 색상 영상이므로, 각 색상 성분에 대하여 상기와 같은 과정을 통하여 $G_r(x, y), G_g(x, y), G_b(x, y)$ 를 얻어 이를 식(13)과 같이 다시 조합하여 최종 색상 화소값 $C(x, y)$ 을 결정한다.

$$C(x, y) = (G_r(x, y) \ll 16) \text{ OR} \\ (G_g(x, y) \ll 8) \text{ OR } G_b(x, y) \quad (13)$$

식(13)에서 \ll 는 쉬프트 연산자로, 뒤에 오는 숫자에 해당하는 비트수만큼 해당 값을 좌로 쉬프트하며, OR는 논리합을 나타내는 연산자다.

III. 실험 및 고찰

본 절에서는 실험 환경 및 결과에 대한 고찰에 대하여 언급한다.

1. 실험

본 시스템은 J2SDK 1.3을 이용하여 개인용 컴퓨터 상에서 구현하였다. 실험에 사용된 영상은 두가지 유형으로, 하나는 인위적인 그래픽 영상으로 바둑판 모양의 영상을, 다른 하나는 자연 영상으로 모나리자 초상화의 영상을 선택하였다. 이 두 영상을 이용한 실험을 통하여 결과를 고찰한다.

우선, 제어점의 설정은 그림 6에서 보듯이 원 영상에서 사각 제어점(·)을 선택하고 이 점이 이동될 위치를 원의 제어점(·)으로 설정한다. 매번 변환이 처리될 때마다 이와 같은 쌍의 제어점이 요구된다. 실험에서 사용된 실질적인 이동 거리는 두 제어점간의 거리인 D 의 $1/3$ 이며, 이동 방향은 동일하다.

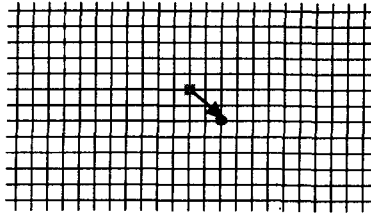


그림 6. 제어점 설정

본 시스템의 처리 흐름을 의사코드로 표현하면 그림 7과 같다. 우선, 스캔 영상을 대상으로 제어점을 설정하게 되면, 이 제어점을 이용하여 워핑 영역을 결정하고, 4개의 부분 영역에 대한 역사상 워핑 계수를 구한다. 결과 영상의 각 부분 영역에 대하여 워핑 계수를 적용하여 처리전의 워핑 영역에 대응되는 화소 위치를 구하고, 이 위치에 최인접하는 네 화소 값의 쌍선형 보간에 의해 최종 화소값을 구하여 그 값을 설정한다. 이와 같은 방식으로 워핑 영역을 구성하는 네 부분 영역에 대하여 반복하여 처리한다. 추가적인 변형이 필요하다면, 다시 제어점을 설정하여 동일한 절차를 거치게 된다.

```

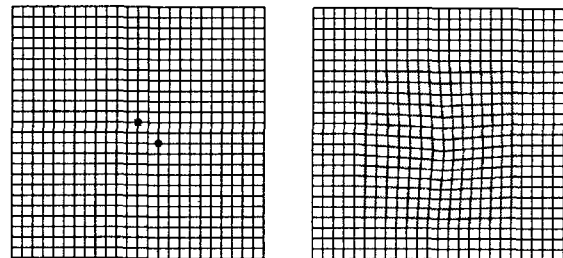
// (x,y) is a position of float onto Rbi
// (i,j) is a position of integer onto Rbi
// (u,v) is a position of integer onto Rai
while(true) {
    set a pair of control point
    determine warping region
    divide warping region into 4 subregions
    for each subregion {
        calculate warping coefficients of backward mapping
        for each pixel (u,v) in the subregion{
            calculate backward mapping position (x,y) for (u,v)
            get (i,j), result of Gauss function for (x,y)
            calculate interpolation coefficients
                using the closest 4 pixels at (i,j)
            process interpolation for each color components
            compose the results of component
            set the compound value at (u,v)
        }
    }
}
    
```

그림 7. 처리 흐름

2. 결과 고찰

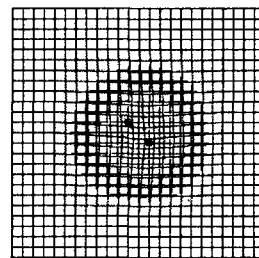
그림 8에서 (a)는 비독판 모양의 원 영상으로, 그림에 보듯

이 두 개의 제어점을 설정한 것이다. 또한 그림 8의 (b)는 설정된 제어점을 이용하여 워핑 영역을 결정하고, 제안한 방법에 의하여 1회 워핑 처리한 결과를 보여준다. (c)는 원 영상과 결과 영상간의 처리관계를 보이기 위해 두 영상을 논리합으로 조합한 것이다. 결과에서 보듯이 워핑 영역의 경계선에서의 굵김 현상 및 워핑 영역 내부에 구멍이 없음을 확인할 수 있는데, 이는 역방향 사상에 의한 워핑 처리로 인한 것이다. 반면, 워핑 영역내부에서 쌍선형 보간으로 인한 번짐 현상을 관찰할 수 있다. 이는 보다 자연스런 화소값을 구하기 위한 쌍선형 보간의 적용 때문에 발생한 것으로, 자연 영상을 대상으로 할 때는 그리 큰 문제가 되지 않는다.



(a) 원 영상

(b) 결과 영상



(c) 원 영상 (a)와 결과 영상 (b)의 논리합

그림 8. 비독판 영상의 변형

그림 9는 실질적인 얼굴 영상 (a)를 대상으로 (b)의 화살표와 같은 방향으로 제어점의 쌍들을 설정하여 처리하기를 반복한 후, (c)와 같은 결과 영상을 얻었음을 보여주는 것이다. 여기서 화살표의 꼬리는 사각형의 제어점, 화살표의 머리는 원형의 제어점을 나타낸다. 변형의 주된 부분은 미간을 끌어 올리고, 코를 높였으며, 눈을 더 동그랗고 크게 하였다. 또한 볼과 목과 가슴부분을 보다 날씬하게 하였다. 결과에서 보듯이 자연 영상을 대상으로 한 경우는 비독판 모양의 영상과 같은 인위적인 영상에서 보간으로 인하여 발생하는 번짐 현상이 두드러져 보이지 않음을 확인할 수 있다.



(a) 원 영상



(b) 적용된 제어점

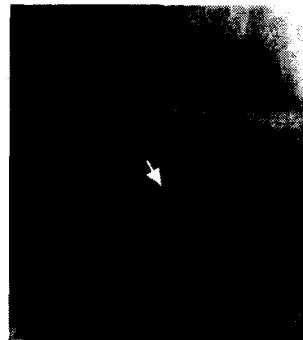


(c) 결과 영상

그림 9. 자연 영상의 얼굴 성형

그림 10은 동일한 제어점에 대해 20여 차례 반복하여 워핑 변환을 적용한 결과이다. 워핑 변환의 횟수를 많이 할수록 색

상 보간으로 인하여 색상이 뿌옇게 보이는 현상과 고정된 워핑 영역으로 인한 블러화 현상을 관찰할 수 있다. 그러나 이러한 조작은 성형의 응용에서는 흔치 않을 것이다.



(a) 원 영상



(b) 결과 영상(20회)

그림 10. 과도한 변환 빈도로 인한 역효과

표 1. 비교 분석 결과

비교항목 시스템	사용자 인터페이스	공감 현상	번짐 현상	변형 유연성	측면 얼굴 적용	얼굴 사전 설정
Mimake.com	템플릿	○	○	○	X	X
Mimi.co.kr	템플릿	X	○	X	X	○
MagicFace	다중제어점	X	○	○	○	○
제안 방법	단일제어점	X	○	○	○	X

범례 : ○있다(크다), ○적다, X없다

기존의 성형 시뮬레이션 시스템과 본 연구에서 제안된 방법의 성능을 비교 분석한 결과는 표 1과 같다. 분석된 결과를 통하여 제안된 방법은 얼굴을 구성하는 성분들(눈, 코, 입 등)

의 영역을 사전에 지정할 필요가 없을 뿐만 아니라, 각 성분
에 대한 템플릿이 아닌 단일 제어점 방식으로 제어가 이루어
지기 때문에 사용자의 조작이 단순하고 변형의 유연성이 크므
로 측면 얼굴뿐만 아니라 얼굴이외의 성형에도 적용될 수 있
다. 비선형적인 변형을 채택하고 있는 모든 방법들에서 볼 수
있는 보간으로 인한 번짐 현상은 피할 수 없는 고질적인 문제
이나, 사용자 조작을 누적하였다가 한번만 변환함으로써 이
문제를 최소화할 수 있을 것으로 생각된다.

IV. 결론

본 연구는 얼굴 성형을 시뮬레이션하거나 성형 상담 자료로
활용할 수 있도록 사용자가 자신의 영상을 토대로 웹을 통해
성형을 시도할 수 있는 응용 시스템의 구현에 관한 것이다.
본 연구에서는 워핑 영역의 경계에서 끊김 현상이 발생하지
않고 한 쌍의 제어점으로 변형을 가할 수 있는 쌍선형 워핑
방법과 보다 자연스런 색상 표현을 위해 쌍선형 보간 방법을
이용하여 처리하였다. 우선 대상 영상위에서 한 쌍의 제어점
을 설정하게 되면, 이 제어점을 이용하여 워핑 영역을 결정하
고, 4개의 부분 영역에 대한 역사상 워핑 계수를 구한다. 그
런 후, 결과 영상의 각 부분 영역에 대하여 워핑 계수를 적용
하여 원 영상에서 대응되는 화소 위치를 구하고, 이 위치에
최인접하는 네 화소값의 쌍선형 보간에 의해 최종 화소값을
구한다. 이와 같은 방식을 네 부분 영역에 대하여 동일하게
처리한다.

그래픽 영상과 자연 영상을 대상으로 실험한 결과, 두 영상
에 대해 워핑 영역의 경계에서 끊김 현상에 없었으며, 그래픽
영상에서는 보간에 의한 번짐 현상이 눈에 띄나, 자연 영상에
서는 번짐 현상에 의해 오히려 보다 자연스런 영상을 얻을 수
있었다. 반면 동일한 부분에 대한 작은 변형은 색상의 보간으
로 인하여 점차 윤곽이 흐려져 뿌옇게 보이는 결과를 얻었다.
따라서, 변형의 수행 빈도가 많아짐에 따라 발생하는 번짐 현
상의 개선이 요망된다. 또한 얼굴에는 다른 형태의 성형 요소
들이 여전히 존재한다. 따라서 차후 연구 방향으로는 눈썹의
모양, 쌍꺼풀, 점 제거 등과 같은 요소들에 대한 보완 연구가
진행되어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] <http://www.mimake.com>

[2] <http://www.mimi.co.kr>

[3] Magic Face System

[4] Aria Nosratinia, "New kernels for Fast Mesh-Bases
Motion Estimation", IEEE Transactions on Circuits and
Systems for Video Technology, Vol.11, No.1, pp.40-51,
2001.

[5] R. M. Haralick, "Automatic Remote Sensor Image
Processing in Topics in Applied Physics", Vol. 11: Digital
Pictures Analysis, New York : Springer-Verlag, pp.5-63,
1976.

[6] George Wolberg, "Digital Image Warping", IEEE
Computer Society Press Monograph, pp.57-60, 1990.

[7] G. J. Holzmann, "Beyond Photography-The Digital
Darkroom", Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1988.

[8] Scott E. Umbach, "Computer Vision and Image
Processing : A Practical Approach using CVIPtools",
Prentice-Hall, pp.188-195, 1998.

[9] <http://ynuucc.yeungnam.ac.kr/~jysah/numerical/Chap21>

박천주(Cheon-Joo Park)

정회원



1991년 2월 : 충북대학교 전산기공학과
졸업(공학사)

1993년 2월 : 충북대학교 컴퓨터공학과
졸업(공학석사)

2001년 2월 : 충북대학교 컴퓨터공학과
수료(공학박사과정)

1993년 5월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 정보기술공학부
기술연구원

<관심분야> : 패턴인식, 영상처리, 컴퓨터비전

이재협(Jae-Hyub Lee)

정회원



1984년 2월 : 홍익대학교 화학공학과
졸업(공학사)

1987년 5월 : 일리노이공대 전산학과
졸업(공학석사)

1992년 5월 : 일리노이공대 전산학과
졸업(공학박사)

1993년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 정보기술공학부
교수

<관심분야> : 컴퓨터그래픽스, 멀티미디어, 화상처리

전병민(Byung-Min Jun)

중신회원



1976년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1978년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업(공학석사)

1988년 8월 : 연세대학교 전자공학과 졸업(공학박사)

1986년 2월 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자및컴퓨터공학부 교수

<관심분야> : 디지털 신호처리, 디지털 영상처리