

# 파노라마 이미지 스티칭 기술을 이용한 3차원 얼굴 모델 텍스처링 기법

조광현<sup>○</sup>, 김계영<sup>\*\*</sup>, 최형일<sup>\*</sup>

<sup>○</sup> 숭실대학교 대학원 미디어학과

<sup>\*\*</sup> 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과

e-mail: ckh840424@hanmail.net, {gykim11, hic}@ssu.ac.kr

## 3D Face Model Texturing Using Panorama Image Stitching

Kwang-Hyeon Cho<sup>○</sup>, Gye-Young Kim<sup>\*\*</sup>, Hyung-Il Choi<sup>\*</sup>

<sup>○</sup> Dept. of Media, Graduate School of Soongsil University

<sup>\*\*</sup> Dept. of Computing, Graduate School of Soongsil University

### ● 요약 ●

본 논문에서는 사용자의 정면, 측면 영상을 이용하여 3차원 얼굴 모델에 적합한 텍스처 맵을 생성, 이를 이용하여 3차원 얼굴 모델을 생성하는 방법을 제안한다. 기존 3차원 얼굴 모델은 매핑 할 텍스처 영상들을 하나로 통합하여 이를 원통형 좌표계를 통해 텍스처링 하는 방법이 이용되고 있다. 이때 정면과 측면의 영상을 3차원 얼굴 모델의 중심축을 기준으로 계산하여 좌표에 맞게 투영시키고 통합 및 보간하여 텍스처링 하게 된다. 사용자는 이를 위하여 정면과 측면 영상을 원통형 좌표에 맞게 통합시키는 작업이 필요하다. 본 논문은 사용자에게 수반되는 이러한 작업을 줄이고 발생될 수 있는 텍스처의 왜곡을 최소화하기 위한 방법을 제시한다. 2차원 정면 측면 이미지를 3차원 얼굴모델에 투영시키고 정면과 측면을 구분하여 각 텍스처 간 경계 부분을 자연스럽게 처리하기 위해 파노라마 이미지 스티칭 기술을 이용하여 텍스처링 한 뒤 얼굴 모델을 생성하는 방법에 대해서 기술한다.

키워드: 3차원 얼굴 모델링(3D Face Modeling), 텍스처 매핑(Texture Mapping), 이미지 스티칭(Image Stitching), 이득 보상(Gain Compensation), 블렌딩(Blending)

## I. 서론

3차원 모델링 기술들은 게임이나 영화, 애니메이션 등에서 다양하게 활용되고 있다. 하드웨어 기술이 빠른 발전을 거듭함에 따라 이러한 기술들은 사실 적이며 정교한 수준의 표현을 가능하게 하고 있다. 이러한 3차원 모델을 생산하는 방법은 크게 2가지로 나눌 수 있다. 3차원 스캐너나 깊이 카메라를 이용하여 3차원 모델을 생성하는 하드웨어적 방법, 또는 별도의 소프트웨어적인 프로그램들을 이용하는 방법이다. 대표적인 모델링 소프트웨어로는 Autodesk사의 3Ds Max, Maya, AutoCad 등이 있다. 전자의 방법의 경우 3D 스캐너나 깊이 카메라를 사용하기 때문에 빠르고 정밀하게 모델 정보를 얻을 수 있다는 장점이 있으나, 장비의 가격이 비교적 고가이고 환경적인 제약이 많다. 후자의 경우 장비의 가격은 전자에 비해 저가이지만 툴이 복잡하고 생산시간이 비교적 오래 걸리는 편이다. 또한 툴의 복잡성이 커 사용자의 접근성이 어렵다.

본 논문에서는 파노라마 이미지 스티칭 기술을 이용하여 3차원 얼굴 모델에 투영된 다중의 텍스처 이미지 간의 경계를 결합하는

방법에 대해 기술한다. 2장에서는 기존 연구에 대하여 기술한다. 3장에서 이러한 3차원 얼굴 모델을 생성하는 방법에 대해 기술한다. 3차원 표준 얼굴 모델을 2차원 정면 측면 얼굴의 형태에 맞추고 투영된 텍스처 데이터를 가져와 보간한 뒤 보간된 텍스처를 이용하여 최종 3차원 얼굴 모델을 생성하는 방법까지를 다룬다. 4장에서는 보간된 얼굴 보여주고 최종 결론을 기술하도록 한다.

## II. 관련 연구

### 1. 관련연구

기존의 3차원 얼굴 모델링은 3차원 스캐너를 통한 얼굴 스캔과 같은 하드웨어적 방법[6]과 소프트웨어 적인 툴을 이용하는 방법으로 구분 지을 수 있다. 본 논문에서 다루고 있는 방법은 소프트웨어 적인 방법을 이용한다. 현재 3차원 얼굴 모델을 만들 때는 투영시키고자 하는 이미지를 원통형 좌표계를 통해 매핑 시키는 방법을 기본으로 하고 있다[2,4]. 다중 텍스처를 모델을 적용하면서 발생하는 경계에 대한 처리는 사용자가 직접 Adobe PhotoShop 등의 툴을 이용하여 수동으로 처리하는 방법에서 발전하여 모델간

의 경계를 계산하여 알파 블렌딩을 이용하는 방법[4], Wavelet을 기반으로 하여 경계를 감소 시키는 방법[5] 등이 연구되어 있다.

### III. 본 론

본 논문에서는 3차원 얼굴 모델링을 위해 3차원 얼굴 표준 모델과 사용하고자 하는 얼굴의 정면, 측면 이미지를 이용한다. 3차원 얼굴 표준 모델은 6542개의 버텍스와 10915개의 폴리곤으로 이루어진 3차원 얼굴 모형을 사용하였다. 얼굴 측면 이미지의 경우 왼쪽 면과 오른쪽 면을 각각 사용하거나 한쪽의 측면이미지를 대칭 복사하여 얼굴 양쪽의 매핑 데이터로 사용 하였다. 3차원 얼굴 모델의 생성은 (그림 1)과 같은 순서로 진행된다.



그림 1. 순서도  
Fig 1. Flow Chart

#### 3.1 얼굴모델링

3차원 얼굴 모델에 사용자가 입력한 정면과 측면의 2차원 이미지를 투영시킨다. 3차원 얼굴 모델과 사용자가 입력한 2차원 얼굴 모델간의 정합을 위해 투영되는 2차원 얼굴 이미지의 이동 및 크기 조절 뒤에 투영된 3차원 얼굴 모델의 형태를 보간 한다. 3차원 얼굴 모델의 보간에는 RBF 보간법이 이용되는데 얼굴의 눈과 입과 같은 곳의 특징점에 해당하는 버텍스를 수정하면 주변의 버텍스들이 해당 특징점에 대한 가중치 만큼 움직이는 형태의 보간법을 이용한다[2,3]. 정면과 측면 매핑의 기준은 z축을 기준으로 사용자가 임의로 축의 위치를 정의하여 정면 측면을 구분하도록 한다. 그림 2는 임의의 사용자 정면 측면 이미지[7]를 이용하여 모델에 적교 투영시킨 결과를 보여준다.



그림 2. 보간 전 투영을 통한 3차원 모델 생성  
Fig 2. 3D face model creation with projection before interpolation

#### 3.2 파노라마 이미지 스티칭 보간

모델의 특징점 조절을 통해 얻은 경계 부분의 텍스처 데이터를 추출한다. 정면에서는 x축 y축을 기준으로 측면 경계 부분 전까지 이미지를 추출한다. 측면은 z축과 y축을 기준으로 정면 경계 전까지를 추출한다. 경계에 해당하는 버텍스 간의 y축 간격별로 이미지를 x,z축 평면 방향으로 분할한 뒤 각 매칭되는 정면과 측면 이미지를 결합한다. 이때 결합부분의 축이 정면의 경우 x, y 축을 기준으로, 측면의 경우 z, y축을 기준으로 기울어진 경계가 발생된다. 이 두 경계에서 발생하는 기울어진 두 각도의 평균으로 워핑을 가한뒤 두 이미지를 결합하도록 한다. (그림 3)은 정면과 측면에서 추출한 얼굴의 이미지를 2차원 평면에 보여주고 이를 경계 버텍스의 높이별로 구분하여 나눈뒤 경계 보간을 수행하는 과정을 보여준다. 이해를 돕기 위해 그림에선 버텍스의 개수를 926개로 간소화하여 각 나누는 이미지들의 높이가 비교적 큰 형태 보이게 하였다.

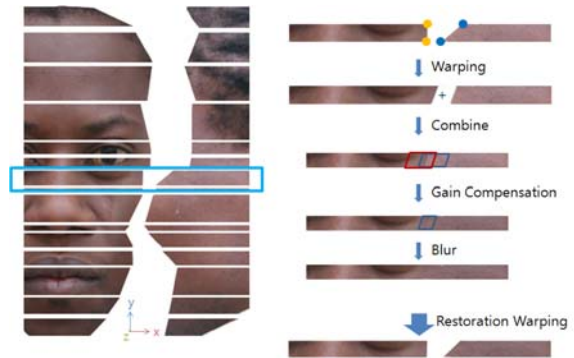


그림 3. 텍스처 데이터의 보간  
Fig 3. Texture Interpolation

결합된 정면 측면의 텍스처 이미지의 경계 보간을 위해 파노라마 이미지 결합에 사용되는 이득 보상(Gain Compensation)의 방법을 사용하게 된다[1]. 이득 보상(Gain Compensation)이란 사용자가 입력한 두 이미지에서 발생할 수 있는 명암의 차이를 양 이미지 간의 겹쳐지는 부분을 통하여 계산하고 보정하는 방식이다. (식 1)은 두 이미지 간에 보간을 위하여 이득 보상(Gain Compensation)을 통해 측면 이미지의 보간 가중치를 계산하는 방법이다[1].

$$e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{u_i \in R(i,j)} (I_i(u_i) - I_j(u_j))^2 \quad (1)$$

e는 두 겹친 이미지 간의 명암 오차율을 나타낸다. R(i,j)는 텍스처 데이터의 경계 부분의 겹쳐지는 영역이다. 영상의 겹쳐지는 부분은 텍스처링 되는 정면 이미지와 측면 이미지에서 각각 확장 참조하여 계산한다. 정면의 경우 측면 이미지가 텍스처되고 있는 방향으로 측면의 경우 정면 이미지가 텍스처되고 있는 방향으로 10픽셀씩 확장 참조하여 계산하였다. 보정 값의 오차를 줄이기 위해 얼굴 영상의 머리쪽 부근과 턱쪽 부근을 제외한 중앙 30%

구역 내의 교차 영상을 이용하여 계산된 값을 사용한다. 일반적인 파노라마 이득 보상(Gain Compensation)과 다르게 직교하는 영상을 연결하여 텍스처를 생성하기 때문에 겹치는 영상 부분의 최적화를 위해 얼굴 피부 부분만을 연산에 사용하여 명암 보정 기준으로 삼았다. 이 보정값을 측면 이미지에 곱하여 정면 이미지를 기준으로 명암의 차를 줄이도록 한다.

파노라마 이득 보상(Gain Compensation)을 통해 개선된 텍스처 데이터는 블렌딩을 통하여 남아있는 경계 오차를 제거한다. 경계는 정면과 측면에 각각의 가중치를 두어 (식 2)와 같이 선형 보간 한다[4].

$$C_i = C_r \times \frac{i}{N} + C_l \times \frac{N-i}{N} \quad (2)$$

경계선으로부터 10픽셀을 선형 보간의 범위로 두고 이를 식 2에서 N으로 정의하여 보간한다. Cl 과 Cr은 각각 왼쪽, 오른쪽 화소값을 나타낸다.

### 3.3 완성된 텍스처 투영

보간이 완료된 각각의 보간 영상들을 다시 분리 한뒤 원래 형태로 워핑(Restoration Warping)한다. 최종적으로 y축 경계 벡터를 기준으로 분리된 정면이미지들과 측면이미지들을 각각 합한 뒤 이를 3차원 얼굴 모델에 투영시킨다.

## IV. 결 론

(그림 4)는 본 논문을 통해 생성한 3차원 얼굴 모델이다. 정면과 측면을 직교 투영한뒤 이를 기반으로한 경계처리를 위하여 이득 보상(Gain Compensation)과 블렌딩(Blending) 후 보간된 정면 측면 이미지를 다시 재 투영시켜 생성한 결과이다. 남성 모델의 경우 정면 측면의 이미지가 매우 잘 복원되어 자연스러운 모델링결과를 보여준다. 여성 모델도 측면 이미지와의 큰 명암 차이를 이득 보상(Gain Compensation)과 블렌딩(Blending)을 통해 처리했으나 남성 모델에 비해 일부 경계 부분이 처리 되지 못하는 것을 확인하였다. 이는 이득 보상(Gain Compensation)에 추가적인 가중치에 대한 문제로 보이며 추가적인 연구가 필요하다.

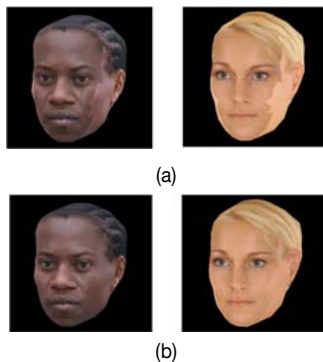


그림 4. 보간 수행 결과 (a: 수행 전, b: 수행 후)  
Fig 4. Interpolation Execution Result  
(a: Before executing, b: After executing)

## 참고문헌

- [1] Matthew Brown, and David G. Lowe, "Automatic Panoramic Image Stitching using Invariant Features" International Journal of Computer Vision, Vol. 74, No. 1, pp. 59~73, Oct 2007.
- [2] SunHee Weon, and GyeYoung Kim, "Texture Mapping and 3D Face Modeling using Two Views of 3D Face Images" Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Vol. 15, No. 9, pp. 705~709, Sep 2009.
- [3] JunYong Noh, Douglas Fidaleo, Ulrich Neumann, "Animated Deformations with Radial Basis Functions" ACM symposium on Virtual reality software and technology, ACM Press, pp. 166~174, Oct 2000.
- [4] DongHee Kim, and JongHyun Yoon, JongSeung Park, "Generating Face Textures for 3D Avatars from Photos" Proc, ACM symposium on Virtual reality software and technology, ACM Press, pp. 166~174, Oct 2000.
- [5] S. Ferradal and J. Gomez, "A graphical user interface for automatic facial texture mapping based on orthogonal photos" Proc, The 11th International Conference on Multi-Media Modeling(MMM2005), pp. 271~276, Feb 2005
- [6] P. Dias, V. Sequeira, J.G.M. Gonçalves, F. Vaz, "Automatic registration of laser and color intensity images for 3D reconstruction" Robotics and Autonomous Systems, Vol.39, pp.157~168, 2002
- [7] human photo references, <http://www.3d.sk>