

## 얼굴 2D 이미지의 3D 모델 변환 알고리즘

최태준\* 이희만\*\*

### An Algorithm for Converting 2D Face Image into 3D Model

Tae-Jun Choi\* Hee-Man Lee\*\*

#### 요약

최근 3D 프린터의 보급과 함께 3D 모델에 대한 수요가 급증하고 있다. 그러나 3D 모델의 생성은 숙달된 전문가가 전문 소프트웨어를 이용하여 작성하여야 한다. 본 연구는 한 장의 2차원 정면 얼굴사진으로부터 3D 모델링하는 방법에 대한 것으로 일반인들도 쉽게 3D 모델을 생성할 수 있도록 한다. 사진으로부터 배경과 전경을 분리하고 분리한 전경 영역에 일정간격으로 2차원 상에 버텍스를 배치하고 배치한 버텍스 위치를 이미지의 계조 값과 눈썹과 코 등의 특성을 고려하여 버텍스를 3차원으로 확장한다. 전경과 배경을 분리하는 방법으로 에지정보를 사용하였으며 눈과 코의 위치를 찾기 위하여 Haar-like feature를 이용하는 AdaBoost 알고리즘을 사용하였다. 알고리즘으로 생성한 3D 모델은 수작업에 의한 후처리가 필요하지만 3D 프린터를 위한 콘텐츠 제공에 매우 유용하게 활용될 것이다.

▶ Keywords : 3D 얼굴모델, 얼굴영상, 3D 프린터, 영상처리

#### Abstract

Recently, the spread of 3D printers has been increasing the demand for 3D models. However, the creation of 3D models should have a trained specialist using specialized softwares. This paper is about an algorithm to produce a 3D model from a single sheet of two-dimensional front face photograph, so that ordinary people can easily create 3D models. The background and the foreground are separated from a photo and predetermined constant number vertices are placed on the seperated foreground 2D image at a same interval. The arranged vertex location are extended in three dimensions by using the gray level of the pixel on the vertex and the characteristics of eyebrows and nose of the nomal human face. The separating method of the foreground and the background uses the edge information of the silhouette. The AdaBoost algorithm using the Haar-like feature is also employed to find the location of the eyes and nose.

•제1저자 : 최태준 •교신저자 : 이희만

•투고일 : 2015. 3. 3, 심사일 : 2015. 3. 23, 게재확정일 : 2015. 4. 16.

\* 부산외국어대학교 ICT 창의융합학과 박사과정(Dept. of Creative ICT Engineering, Busan University of Foreign Studies)

\*\* 서원대학교 멀티미디어학과(Dept. of Multimedia Engineering, Seowon University)

The 3D models obtained by using this algorithm are good enough to use for 3D printing even though some manual treatment might be required a little bit. The algorithm will be useful for providing 3D contents in conjunction with the spread of 3D printers.

▶ Keywords : 3D face model, face image, 3D printer, image processing

## I. 서 론

최근 스마트기기의 보급이 활발해지면서 다양한 3D콘텐츠의 제품이 개발되어 게임, 광고 등 다방면에서 활용되고 있다. 3D모델의 제작은 그동안 특정 전문가들의 영역으로 일반인들이 제작하기에는 매우 어렵고 또한 그럴 필요도 없었다. 그러나 3D 프린터의 보급과 함께 3D 모델에 대한 수요가 증대 될 것으로 예상되며 한정된 전문가에 의한 모델의 생성은 수요에 대처하기에는 한계가 예상된다. 이에 본 연구에서는 일반인들도 언제든지 쉽게 3D 모델을 생성하여 3D 프린터를 유용하게 활용할 수 있도록 하는데 목적이 있다.

사실감이 있는 인간의 3D 얼굴 모델의 자동생성과 3D 애니메이션 분야는 매우 도전적인 과제이며 컴퓨터 비전과 컴퓨터 그래픽스에서 끊임없이 연구되어 왔다 [1][2][3][4][5][6]. 본 연구는 일반인 들이 쉽게 얻을 수 있는 2D 정면사진으로 부터 3D 모델을 생성할 수 있도록 하는 알고리즘에 관한 것이다. 사람 얼굴의 정면사진의 실루엣으로 부터 얼굴의 외곽을 검출하여 3D 모델 외형을 생성하며 영상의 계조 값과 얼굴의 위치, 눈 및 코의 위치를 영상처리를 통하여 검출한 후에 3D 모델을 완성하는 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에는 3D 모델 생성과 관련된 기존 연구를 정리하였으며, 제3장은 본 논문에서 제안한 알고리즘을 설명하며, 제4장에서는 실제 이미지를 사용하여 3D모델을 생성하는 실험결과를, 제5장에서는 본 알고리즘에 대한 결론과 향후 연구과제에 대하여 서술한다.

## II. 3D 모델 생성 관련 연구

얼굴 3D모델을 제작을 하기 위한 기술은 컴퓨터 그래픽스 분야에서 오랫동안 연구되어 오고 있는 분야 중 하나이다. 이러한 기술은 가상현실이나 영화, 광고, 게임 등의 3D 콘텐츠

제작 분야에서 많이 활용되고 있다. 보통 3D입체제작을 하기 위한 얼굴 모델링 방법은 3D공간상 복잡하게 이루어진 물체에 대한 부분변형 등 까다로운 부분이 많고 미세한 부분까지 신경 쓰지 않으면 안 되는 등 기술적인 난이도가 높다. 그에 따라 3D 얼굴 모델은 주로 애니메이터에 의해 여러 가지 모델링 및 렌더링을 통해 많은 부분이 수작업으로 이루어지며 많은 시간이 필요하다. 이러한 수작업의 제작방법을 사용하지 않고 자동으로 3D 모델을 생성하는 여러 가지 기존 방법으로 3D스캐너, 스테레오 이미지 및 Shape From Shading 등과 같은 3D모델 생성방법을 알아본다.

### 1. 3D 스캐너

3D 스캐너는 실제 사물로 부터 직접 3D 모델을 얻는 방법으로 최근 널리 사용되고 있는 방법 중 하나이다. 레이저를 이용하거나 또는 X레이 등을 이용하여 실제 물체의 위치 및 크기를 측정하여 포인트 클라우드나 또는 폴리곤 매쉬 등을 생성할 수 있으면 3D스캐너라고 말할 수 있다. 3D 스캐너는 3D텍스처를 얻기 쉽지만, 아직 제품이 고가이고 장비 이동이 불편하다. 얼굴 스캐너의 정밀도 및 반복성에 대한 학술적인 연구는 Chris Boehnen[7]에 의해 수행되었다.

### 2. 스테레오 이미지

하나의 사물을 복수대의 카메라로 각각 다른 위치에서 촬영하고 각각의 사진에서 대응되는 위치를 영상에서 찾아 카메라의 기하학적인 배치 정보와 함께 거리 및 크기를 인식하여 3D 모델을 제작할 수 있다. 카메라 이미지는 3차원 공간 정보가 프로젝션 변환에 의해 2차원으로 투영되면서 얻어지게 되는데 같은 대상을 촬영한 영상으로 부터 잃어버린 한차원의 정보를 알아 낼 수 있다. 위와 같은 방법으로 2D이미지를 3차원으로 변환하는 연구가 많이 수행되고 있다[8][9]. 멀티뷰의 스테레오 이미지로 부터 3차원 정보 추출에 대한 알고리즘의 비교는 Seitz에 의해 수행되었다[10].

### 3. Shape From Shading(SFS)

Shape From Shading는 1970에 Horn[11]에 의해 제안된 이후 다양한 방법과 분야에 많은 후속 연구가 진행되고 있다[12][13]. 광원의 위치와 방향을 알고 카메라의 위치를 안다고 가정하면 카메라에 포착된 영상의 계조값은 물체의 표면에서 반사되는 빛의 세기이며 반사하는 물체의 반사계수와 면의 노멀벡터를 알면 계산할 수 있다. 그러므로 면의 노멀벡터는 역변환 문제인 것이다. Lambertian 반사 모델을 이용하여 반사계수를 알고 있고 시불변이며 표면 상호간의 반사는 없다는 다양한 가정을 설정하여 역변환 문제의 해를 찾을 수 있다[12]. 그림 1은 램버시안 반사모델로 컴퓨터 그래픽스에서 많이 사용된다. 빛이 표면에서 반사될 때 모든 방향으로 동일하게 반사된다고 가정하면 특정 표면에서 반사되는 빛의 세기는 빛의 입사각의 코사인에 비례한다. 그러므로 표면의 형상 및 해당 휘도변화의 관계를 설명하는 방사조도(irradiance) 방정식을 사용하여 2D 영상으로부터 물체의 3차원 형상을 복원할 수 있다[13].

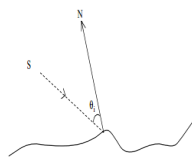


그림 1. Lambertian 반사 모델  
Fig. 1. Lambertian Reflection Model

### 4. 얼굴 이미지 3D 모델링

3D저작도구를 활용하여 평면인 2D이미지를 3D디지털 모델로 직접 제작하는 방법이다. 기존의 3DS Max와 같은 3차원 툴을 사용하며 2D이미지를 이용하여 사용자 자신이 3D모델을 제작하게 된다. 자신이 원하는 부분을 세밀하게 직접 제작할 수 있는 장점이 있다. 하지만 많은 시간과 노력이 필요한 방법이다.



그림 2. 3D Model 수작업  
Fig. 2. 3D Model Manual Work

## III. 얼굴 이미지 3차원 모델링

본 연구에서 제안한 알고리즘은 2D 영상으로 부터 전경영역을 배경영역으로 부터 추출하고 추출한 전경영역에 벡터를 분배하되 영상의 계조 값과 얼굴의 특정 부위에 따라 벡터의 위치를 재조정하여 3D 모델을 완성하는 방식이다.

### 1. 얼굴 모델링

그림 3은 본 연구에서 제안하는 알고리즘의 블록 다이어그램으로 얼굴의 2D 영상으로 부터 관심영역을 추출하고 3D 모델을 생성하는 단계를 보인 것이다. 입력된 영상으로 부터 3D 모델의 변환은 컬러로 입력된 영상을 그레이 영상으로 변환하는 것 부터 시작한다. 그레이 영상은 저역필터로 처리하거나 눈코입을 검출하거나 또는 에지검출 용도로 활용한다.

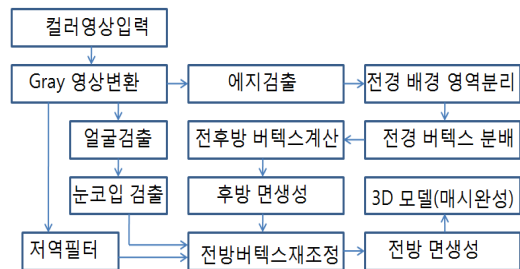


그림 3. 제안한 알고리즘의 블록다이어그램  
Fig. 3. Block Diagram of Proposed Algorithm

3차원 모델을 생성하기 위해서는 모델 공간의 벡터의 위치를 설정하여야 한다. 이미지 좌표의  $x$  축과  $y$  축을 모델공간의  $x$  축과  $y$  축으로 사용하고  $z$  축은  $x$  축과  $y$  축의 상대적 위치에 따라 계산을 한다. 필요한 얼굴부분만을 검출하기 위하여 영상의 전경과 배경을 분리하는 작업이 필요하다. 본 연구에서는 증명사진과 같이 이미지의 배경부분이 단순한 이미지를 사용한다는 가정으로 에지검출을 하여 전경과 배경을 분리하였다. 이미지에 가상의 수평라인을 가정하면 즉, 한 쪽 가장자리에서 시작한 라인이 다른 가장자리까지 이어지는 라인에서 에지가 처음 검출된 위치와 마지막에 검출된 위치 사이를 전경 부분으로 간주될 수 있다. 세그멘테이션을 한 전경이미지 영역에 일정한 개수의 벡터를 분배한다. 그림 4는 전경으로 분리된 이미지위에 일정한 각도로 벡터를 배열하고 벡터를 이용하여 면을 생성하는 원리를 설명한 것이다.

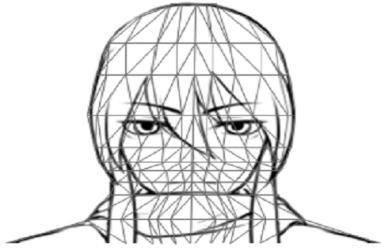


그림 4. 버텍스 분배와 면의 구성  
Fig. 4. Vertex Distribution and Face Construction

이미지 영역 버텍스 분배는 전경 이미지 영역에 일정한 간격으로 가상의 수평 라인을 설정하고 할당된 수평라인마다 일정한 개수의 버텍스 포인트를 설정한다. 버텍스 포인트의 개수에 의해 3D 모델의 해상도가 결정된다. 각각의 수평라인 3차원 버텍스 위치 계산은 다음과 같이 계산한다.

먼저 가상의 수평라인 각각에서 영상의 중심 좌표 (centerX, centerY)를 산출한다. 이미지 공간상의 좌표 (x, y)에 대응되는 3차원 모델의 버텍스 좌표  $V(v_x, v_y, v_z)$ 는 다음과 같이 산출한다.

$$v_x = S_x(x_y - centerX) \tag{식 1}$$

$$v_y = S_y(centerY - y) \tag{식 2}$$

$$v_z = S_z r(y) \cos \theta_x \tag{식 3}$$

$$\theta_x = \alpha' \theta_t^2 \tag{식 4}$$

$$\theta_t = \pi(centerX - x) / 2r(y) \tag{식 5}$$

상기 수식 (4)에서  $\theta_x$ 는  $[-\pi, \pi]$  영역으로 상하제한을 한다. 또한  $S_x, S_y, S_z$ 는 스케링 인수이고  $r(y)$ 는 이미지 평면 전경 수평축 이미지의 길이 1/2이다. 모델의 전방 부분의 버텍스 좌표는  $V(v_x, v_y, v_z)$ 이며 후방 부분의 버텍스 좌표는  $V(v_x, v_y, -v_z)$ 로 설정한다. 이미지 평면에 부여한 버텍스 이외에 추가로 최상단과 최하단에 기준이 되는 버텍스 2개  $V_n = (v_{nx}, v_{ny}, v_{nz})$ 과  $V_s = (v_{sx}, v_{sy}, v_{sz})$ 를 각각 다음과 같이 산출한다. 기준좌표는 추후 생성할 면의 폐쇄를 위하여 필요한 기준 좌표가 된다.

$$v_{nx} = S_x((\sum_{x_0}^{x_{n-1}} x_{y_{max}}) / n - centerX) \tag{식 6}$$

$$v_{ny} = S_y(centerY - y_{max}) \tag{식 7}$$

$$v_{nz} = 0 \tag{식 8}$$

$$v_{sx} = S_x((\sum_{x_0}^{x_{n-1}} x_{y_{min}}) / n - centerX) \tag{식 9}$$

$$v_{sy} = S_y(centerY - y_{min}) \tag{식 10}$$

$$v_{sz} = 0 \tag{식 11}$$

버텍스 좌표 계산을 완료하면 앞과 뒤 방향의 면을 생성한다. 면의 생성은 이웃한 버텍스를 이용하여 일정한 규칙으로 생성한다. 앞뒤 면의 노멀벡터는 서로 반대 방향이 된다.

지금까지의 단계를 완성하면 앞방향과 뒤 방향이 대칭인 구조의 모델이 생성된다. 다음 단계는 앞방향과 뒤방향이 서로 다르게 버텍스를 재설정한다.

### 2. 전방 버텍스 재설정

생성된 모델의 눈코입 및 형상을 완성하기 위하여 전방 부분의 버텍스를 재설정한다. 버텍스 재설정의 기본 원리는 전경 이미지를 하이트맵(high map)으로 사용하는 것이다. 전방 부분의 버텍스의  $v_z$  성분을 다음과 같이 재설정한다.

$$v_z = v_z + \beta I(x, y) / G_{max} \tag{식 12}$$

상기 수식 (12)에서  $\beta$ 는 스케링 인자이며  $I(x, y)$ 는 이미지 평면상의 계조 값이고,  $G_{max}$ 는 계조값의 최대 값이다. 즉 이미지의 계조 값에 따라 버텍스의 상하 위치를 수정하여 전면과 후면을 다르게 설정하는 것이다. 원본의 그레이 영상은 많은 노이즈를 가지고 있으므로 저역통과 필터를 사용한 그레이 영상을 사용한다. 저역통과 필터는 가우시안 필터를 사용하였다.

### 3. 얼굴영역 검출 및 수정

전방 버텍스 재설정 단계에서 완성한 모델은 영상의 계조 값을 하이트 맵으로 활용하였기 때문에 많은 문제점이 있다. 특히 눈썹 영역이 함몰되어있고 코 부분의 모양이 실제와 많은 차이를 보인다. 그러므로 전경 이미지에서 얼굴영역을 검출하고 눈코를 검출하여 이를 기준으로 부분적 수정을 한다.

얼굴의 검출은 그림 5와 같은 Haar-like feature를 이용하여 AdaBoost 학습 알고리즘 사용하는 얼굴패턴 인식 알고리즘(14)를 사용한다.

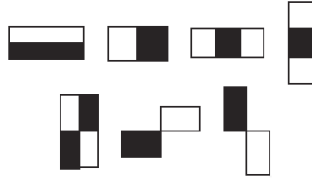


그림 5. Haar-like feature  
Fig. 5. Haar-like feature

Haar-like feature는 탐색영역 윈도우 안의 이웃하는 직사각형의 영역을 설정하여 영역 안의 이미지 휘도의 합을 구하여 값의 차이를 구하는 방식이다. 이 차이는 이미지 영역을 구분하는 데 사용되는데 예를 들어 눈의 영역이 통상적으로 볼의 영역보다 더 어두운 패턴을 가지고 있으므로 이런 특징을 이용하여 얼굴을 검출한다. Boosting 알고리즘은 약학습기의 결합으로 강-학습기를 만들어 내는 교사학습 머신러닝 기법이다(15). 검출한 얼굴 영역 안에서 눈과 코의 위치를 같은 기법으로 검출한다. 검색된 얼굴 영역 내에서만 검출을 시도함으로써 연산 속도가 비교적 빠르다.

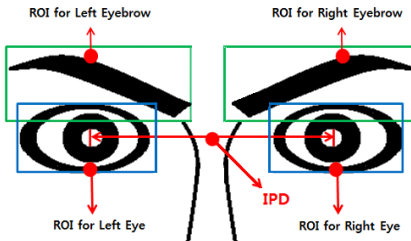


그림 6. 얼굴 기준 값과 관심영역  
Fig. 6. Face Parameters And ROIs

영상에서의 얼굴의 크기는 카메라와 피사체의 거리 및 줌에 따라 크기가 달라짐으로 그림 6과 같이 영상에서 검출한 눈의 중심사이 거리 IPD(inter-pupillary distance)를 얼굴의 참조 파라미터로 활용된다. 이 길이를 기준으로 눈썹의 위치를 찾아낸다. 눈썹의 위치는 눈 윗부분을 관심영역(ROI)으로 설정하고 주변 보다 어두운 영역을 검출한다. 눈썹을 세그멘테이션하기 위하여 ROI 영역의 히스토그램을 계산하고 히스토그램으로부터 이진화 임계값을 산출하여 눈썹 영역을 분리한다. 눈썹 영역은 계조 값이 낮으므로 3D모델에서 함몰되었는데 이 부분을 다음과 같이 수정한다.

$$v_z = v_z + \gamma r_e(x) \cos(\theta) \quad (\text{식 } 13)$$

$$\theta_y = \pi(\text{center}Y - y)/2r(x) \quad (\text{식 } 14)$$

상기 수식 (13)의  $r_e(x)$ 는 눈썹영역에서의  $x$  위치에서의  $y$  축 방향의 눈썹 세그먼트 영역 길이의 1/2를 의미하며  $\gamma$ 는 스켈링 계수이다.  $\text{center}Y$ 는 눈썹 세그먼트 영역의  $y$  축 중심 위치를 의미한다. 함몰된 눈썹을 자연스럽게 복원하기 위하여 벡터를 수정한 것이다.

코의 영역도 계조 값으로만 벡터를 계산하면 자연스럽게 못하여 수정 위치를 검출한 후 임의적인 재조정 과정을 수행한다. 왼쪽과 오른쪽 눈 사이의 중심을 계산하고 코의 위치를 알아내어 두 지점 사이를 수정 위치로 선정한다.

$$v_z = v_z + s_n(x) n(x) \cos(\theta_n) \quad (\text{식 } 15)$$

$$\theta_n = \pi(\text{center}X - x)/2n(x) \quad (\text{식 } 16)$$

$n(x)$ 는  $x$ 에서의 사전 설정한 코의 저변 길이이며  $s_n(x)$ 은 스켈링 계수이고  $\text{center}X$ 는 코의 중심  $x$  값이다.  $n(x)$ 와  $s_n(x)$ 는 인종과 성별 연령에 따라 통계적인 최적의 값을 사용하여야 한다.

#### IV. 실험결과

본 연구에서 제안한 알고리즘은 윈도우즈7 64비트 인텔 Core(TM) i7-260 CPU 3.4GHz 6.0GB 메모리 사양에서 구현하고 테스트를 하였다. 사용 언어는 C++를 사용하였으며 OpenCV 및 PCL라이브러리를 사용하였다.

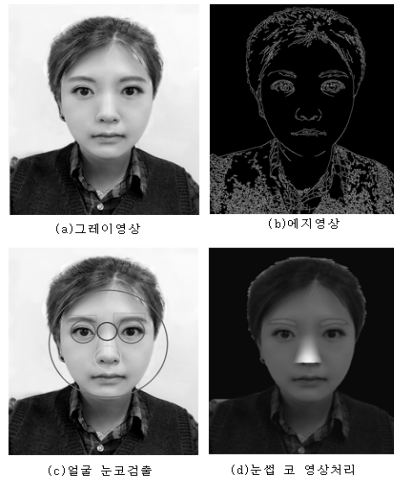


그림 7. 사진의 영상처리  
Fig. 7. Image Processing for a Photo

그림 7는 인물의 정면 사진을 흑백영상(a)으로 변환하고, 흑백영상으로 부터 (b)에지영상을 추출하며, (c)와 같이 눈, 눈썹, 코, IPD 중심을 영상처리를 통하여 찾아내며, (d)와 같이 눈썹과 코부분은 수식 (13)부터 수식 (16)을 이용하여 보완 수정한 것이다. 그림 8는 눈썹 및 코 영역을 처리하지 않은 경우로 눈썹 및 코 부위가 함몰되어 매우 어색한 모델이 생성되었음을 알 수 있다. 눈썹과 코부분을 좀 더 자연스럽게 처리한 결과를 그림 9에 보였다.



그림 8. 함몰된 눈썹과 코  
Fig. 8. Sunken Eyebrows and Nose

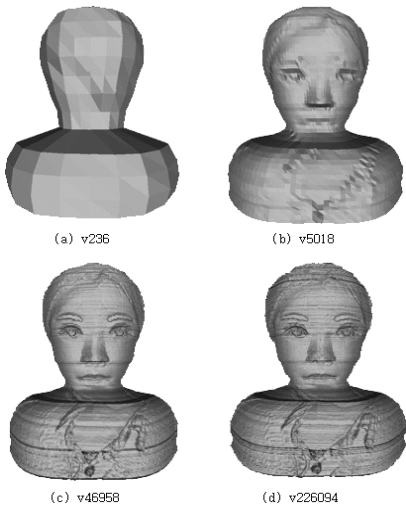


그림 9. 버텍스 수와 3D 모델 생성결과  
Fig. 9. Number of Vertex and Generated 3D Model

그림 9는 버텍스의 수를 (a) 236개 (b) 5018개 (c) 46958 개 및 (d) 226094개로 각각 변경하면서 3D 모델을 생성한 것이다. 버텍스 수가 증가되도록 설정할수록 자연스런 모델이 생성됨을 알 수 있다. 그러나 버텍스 수의 증가는 필연적으로 처리 시간의 소요시간이 늘어나게 된다. 다음 실험은 이미지 크기를 고정시키고 버텍스의 수를 증가하면서 또는 버텍스를 일정 크기

로 고정시키고 이미지 크기를 변경하면서 처리시간을 측정하여 처리시간에 영향을 주는 부분을 분석하였다.

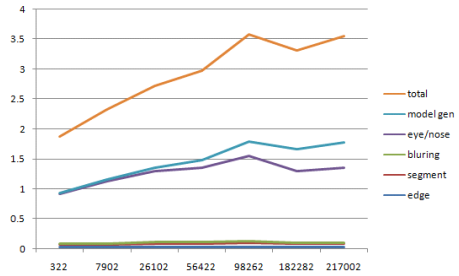


그림 10. 버텍스 증가에 대한 처리시간  
Fig. 10. Processing Time with Varying Vertex Number

표 1. 고정크기 이미지의 버텍스 증가에 대한 처리시간

Table 1. Processing Time with Varying Vertex Number

수평축 버텍스	전체 버텍스	에지검출	세그먼트	블러링	눈코처리	모델생성	총합
10	322	0.025	0.05	0.018	0.83	0.012	0.936
50	7902	0.027	0.052	0.018	1.039	0.028	1.164
90	26102	0.03	0.06	0.024	1.191	0.056	1.362
130	56422	0.028	0.06	0.021	1.248	0.123	1.484
170	98262	0.035	0.073	0.024	1.419	0.237	1.788
210	182282	0.029	0.058	0.019	1.199	0.352	1.655
250	217002	0.029	0.063	0.02	1.238	0.427	1.777

그림 10는 표 1을 그래프로 표시한 것으로 일정한 크기의 이미지(600×900)를 수평축 버텍스 수를 증가하면서 전체적인 소요시간을 체크한 것이다. 버텍스 수가 증가 할수록 모델생성 시간과 눈코 영역의 영상처리가 프로세싱 시간에 영향을 주고 있다.

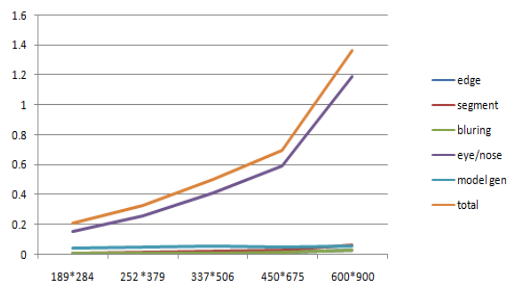


그림 11. 이미지 크기에 따른 처리시간  
Fig. 11. Processing Time with Varying Image Size

그림 11는 표 2를 그래프로 표시한 것으로 수평축 벡텍스 수를 고정(90개)하고 이미지 크기를 1/4씩 증가하면서 각 모듈별 소요시간을 체크한 것이다. 이미지 크기에 따라 눈 및 코 영역의 영상처리시간에 영향을 주지만 모델생성시간은 변화되지 않는다.

표 2. 이미지 크기에 따른 처리시간(sec)  
Table 2. Processing Time with Varying Image Size

이미지 크기	에지검출	세그먼트	블러링	눈코처리	모델생성	총합
189*284	0.003	0.005	0.003	0.155	0.039	0.205
252*379	0.005	0.011	0.003	0.256	0.051	0.326
337*506	0.009	0.017	0.006	0.415	0.054	0.501
450*675	0.011	0.028	0.010	0.592	0.051	0.692
600*900	0.030	0.060	0.024	1.191	0.056	1.362

### V. 결론

본 연구는 한 장의 2차원 정면 얼굴사진으로 부터 모델링하는 방법에 대한 것이다. 사진으로부터 전경을 분리하고 이 전경 영역에 일정간격으로 2차원 상에 벡텍스를 배치하고 배치한 벡텍스 위치 및 이미지의 계조 값과 눈썹과 코 등의 특수 부위를 고려하여 3차원 벡텍스 위치를 재 산정하였다. 벡텍스 위치 재조정 알고리즘은 이미지의 계조 값에 의한 부자연스러운 문제를 해결하기 위함이다. 알고리즘으로 생성한 3D 모델은 수작업에 의한 후처리가 필요하기는 하지만 비교적 양호한 결과를 얻을 수 있었으며 추후 3D 프린터의 보급과 함께 유용하게 활용될 것으로 생각된다. 본 논문의 약점은 영상에서 눈과 코의 위치를 정확히 찾아야 하는데 만일 이 중요 영역의 검출에 실패하면 합몰된 부위의 보완이 어려운 약점이 있다. 추가 연구로는 좀 더 자연스런 모델을 생성하기 위하여 머리 부분 및 입과 눈 부분의 처리에 대한 연구가 필요하며 인종별 나이 및 성별 얼굴의 빅 데이터 활용에 대한 연구가 필요하다.

### REFERENCES

[1] Choi Chang-seok, Chou, Young-Jin, "Classification of Fundermental Types of Korean Faces and Generation of the Faces for Each Province." Institute of Electronics and Information Engineers, Vol.15, No.2, 1997.  
[2] D.DeCarlo, D.Metaxas and Matthew Stone,

"An Antropometric Face Model Using Variational Techniques," Computer Graphics(SIGGRAPH 98 Proceedings), pp.67~74, 1998.  
[3] K. Waters. "A Muscle Model for Animating Three-Dimension Facial Expression," In Proceeding of SIGGRAPH 87, Vol.21, No.4, pp.117~124, July 1987.  
[4] Y.C.Lee, D.Terzopoulos, and K.Waters, "Realistic Modeling for Facial Animation," In SIGGRAPH 95 Conference Proceedings, pp.55~62, August 1995.  
[5] Seok-Woo Jang, "Estimation of 3D Rotation Information of AnimationCharacter Face," Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol.16, No.8, pp.49~55, 2011.  
[6] Seok-Woo Jang, "Synthesizing Faces of Animation Characters Using a 3D Model," Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol.17, No.8, pp.31-40, 2012.  
[7] Chris Boehnen,Patrick Flynn,"Accuracy of 3D Scanning Technologies in a Face Scanning Scenario," Fifth International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling, pp.310 - 317, 2005.  
[8] Sang-Myung Kim, Chang-Han Park, "Face Feature Extraction Method Through Stereo Image's Matching Value," Journal of Korea Multimedia Society, Vol.8, No.4(1), pp.461-472, 2005.  
[9] Sungpil Moon, "Study on Industrializing Stereoscopic 3D Image Generated from 2D Image," MyongJi Univ. Graduate School, Ph.D. Thesis, Dept. Industrial Engineering, 2011.  
[10] Seitz, S.M.,Curless, B., "A Comparison and Evaluation of Multi-View Stereo Reconstruction Algorithms," IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, June, Vol.1 pp.17-22, 2006.  
[11] Berthold K.P. Horn, "Shape From Shading: A Method For Obtaining The Shape Of A Smooth Opaque Object From One View," MIT AI Lab

Technical Report #232, 1970.

- [12] Ruo Zhang, Ping-Sing Tsai, "Shape from Shading: A Survey," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 21, No. 8, Aug., 1999.
- [13] Ruben Garcia-Zurdo, "Three-dimensional Face Shape By Local Feature Prediction," International J. of Image Processing(IJIP), Vol. 9 No.1, 2015.
- [14] Viola and Jones, "Rapid object detection using boosted cascade of simple features," Computer Vision and Pattern Recognition, pp.1-9, 2001.
- [15] Yoav Freund, Robert E. Schapire, "A Decision-Theoretic Generalization of on-Line Learning and an Application to Boosting," Vol.904, pp.23-37, 1995.

**저 자 소 개**



**이 희 만**  
 1984 : 고려대학교  
 전자공학과 공학사  
 1986 : 한국 과학기술원 전기 및  
 전자공학과 공학석사  
 1994년 : Texas A&M Electrical  
 Eng. Ph.D  
 현 재 : 서원대학교  
 멀티미디어학과 교수  
 관심분야 : 가상현실 증강현실  
 Email : hlee@seowon.ac.kr



**최 태 준**  
 2003년 : 공주대학교  
 영상학과 공학사  
 2008년 : 공주대학교 영상예술대학원  
 게임멀티미디어 공학석사  
 2012년 : 아이에이치테크 연구소  
 소장  
 2014년 : 부산외국어대학교 일반대학원  
 ICT창의융합학과 박사과정  
 관심분야 : ICT융합 3D 입체영상  
 증강현실  
 Email : zzukun@gmail.com