

# 얼굴 모델링을 위한 간단한 3차원 데이터 통합 방법

## Simple Method of Integrating 3D Data for Face Modeling

윤진성\*, 김계영\*, 최형일\*\*  
송실대학교 컴퓨터학과\*\*, 송실대학교 미디어학과\*\*

Jin-Sung Yoon(kisshajo@chol.com)\*, Gye-Young Kim(gykim11@ssu.ac.kr)\*,  
Hyung-III Choi(hic@ssu.ac.kr)\*\*

### 요약

여러 시점에서 계측한 3차원 데이터의 통합은 3차원 모델링에 매우 중요한 기술이다. 기존의 표면통합 방법은 잡음에 민감하고 표면을 구성하는 정점들을 수정하기 때문에 응용에 따라 적합하지 않다. 본 논문에서는 표면의 지역적 지형을 이용하는 표면통합 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 먼저 인접한 표면 사이에서 일정 지형적 조건을 만족하는 외곽 정점의 쌍 즉, 대응정점들을 찾는다. 모든 대응정점들을 찾은 후 각 대응정점 별로 해당지역에 적합한 2차원평면을 구하여 대응정점과 그 주변 외곽정점들을 투영한다. 투영된 정점들을 연결하여 얻은 다각형을 삼각형 단위로 분할하여 인접한 표면 사이에 삽입함으로써 표면을 통합한다. 제안하는 방법은 지역적 지형을 이용하기 때문에 강건하고 표면의 정점을 수정하지 않기 때문에 간단하다. 본 논문에서는 또한 질감통합을 위해 원통투영(cylinder projection)을 통해 얻은 질감영상들을 얼굴 객체의 특성을 고려하여 구한 구분선을 따라 통합한다. 제안하는 질감통합 방법은 빠르다는 장점을 갖는다. 실세계 얼굴 객체에 대한 실험과 기존방법과의 비교를 통해 제안하는 방법의 간단함과 강건성을 보인다.

■ 중심어 : | 얼굴 모델링 | 표면 통합 | 질감 통합 | 원통 투영 |

### Abstract

Integrating 3D data acquired in multiple views is one of the most important techniques in 3D modeling. However, due to the presence of surface scanning noise and the modification of vertices consisting of surface, the existing integration methods are inadequate to some applications. In this paper, we propose a method of integrating surfaces by using the local surface topology. We first find all boundary vertex pairs satisfying a prescribed geometric condition on adjacent surfaces and then compute 2D planes suitable to each vertex pairs. Using each vertex pair and neighbouring boundary vertices projected to their 2d plane, we produce polygons and divide them to the triangles which will be inserted to empty space between the adjacent surfaces. A proposed method use local surface topology and not modify the vertices consisting of surface to integrate several of surfaces to one surface, so that it is robust and simple. We also integrate the transformed textures to a 2D image plane computed by using a cylindrical projection to composite 3D textured model. The textures will be integrated according to the partition lines which considering attribute of face object. Experimental results on real object data show that the suggested method is simple and robust.

■ keyword : | Face Modeling | Surface Integration | Texture Integration | Cylinder Projection |

\* 본 연구는 송실대학교 교내연구비 지원과 문화체육관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 문화콘텐츠기술연구소육성사업의 연구결과로 수행되었음.

접수번호 : #090112-004

접수일자 : 2009년 01월 12일

심사완료일 : 2009년 03월 13일

교신저자 : 최형일, e-mail : hic@ssu.ac.kr

## 1. 서론

최근 그래픽 분야에서 교육, 방송, 게임 등의 응용에 실세계 객체의 3차원 모델을 적용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 3차원 모델은 3차원 스캐너나 스테레오 비전 기술 등으로 얻은 3차원 데이터로 생성하며, 이때 3차원 센서의 시각적 범위 한계로 인해 보통 여러 시점에서 측정한 데이터를 정합(registration)하고 통합(integration)하는 과정을 거쳐야 한다. 정합은 데이터가 측정한 독립적 좌표체계를 하나로 통일하는 과정이며, 통합은 정합된 데이터의 중복 데이터를 제거하고 연속성 있게 연결하는 과정이다.

Hoppe는 Marching-Cube 알고리즘을 이용하여 점군(point-cloud)으로 이루어진 거리영상에서 표면정보를 추출하는 방법을 제안하였으며[1], Curless는 이를 개선하여 점군의 체적(volume)을 계산하는 추출하는 방법을 제안하였다[2]. 3차원 데이터에 대해 삼각형 메쉬(mesh)와 같이 구조화된 표면 정보가 주어졌을 때, Turk는 인접한 두 표면의 중복지역을 제거하고 외곽지역에서 서로 교차하는 삼각형의 에지(edge)에 정점(vertex)을 추가하여 두 표면을 통합하는 삼각형을 생성하였으며[3], Borodin은 거리조건을 만족하는 외곽 정점들을 연결한 후 간략화(decimation)를 통해 통합하는 방법을 제안하였다[4]. 위의 표면통합 방법들은 노이즈에 민감하고 표면을 이루는 정점들의 구성이 수정된다. 또한 정점을 추가하거나 제거하기 때문에 복잡하다는 단점을 갖는다. 3차원 모델의 빠른 렌더링을 위해 표면뿐만 아니라 질감(texture) 또한 연속성 있게 통합하여야 한다. Rocchini는 2차원 평면에 삼각형 단위로 사상(mapping)한 질감들을 지역적으로 재 정합하고 컬러값을 조합(blending)함으로써 통합된 질감을 생성하였으며[5]. Yamauchi는 표면을 2차원 변수화(parameterization)하여 얻은 질감들을 영상합성 및 복원하여 통합된 질감을 생성하였다[6].

본 논문에서는 표면을 통합하는 간단한 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 인접한 표면 사이에서 일정 지형적 조건을 만족하는 대응 정점들을 찾는다. 대응정점은 두 외곽선이 서로 평행을 이루는 지역의 정점으로써

정점의 법선벡터와 외곽 모서리를 방향벡터를 이용하여 구한다. 구해진 대응정점으로 해당 지형에 가장 적합한 2차원 평면을 구하고 대응정점과 그 주변의 외곽 정점을 투영한다. 그 결과 얻은 다각형을 삼각형으로 분할하여 인접한 표면 사이에 삽입한다. 본 논문에서는 또한 빠른 질감통합을 위해 원통투영 기술에 기반한 질감통합 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 각 표면을 원통에 투영하고 해당시점의 질감을 바인딩하여 얻은 질감영상들을 표면이 통합된 이음새를 따라 통합한다. 이때 얼굴객체의 특성을 고려함으로써 통합된 표면의 머리 부분에 가능한 정면의 질감 영상이 통합되도록 한다.

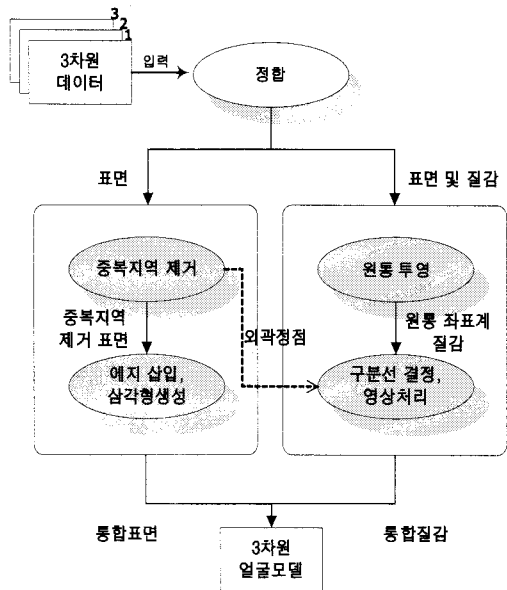


그림 1. 얼굴 모델 생성 과정

[그림 1]은 본 논문에서 제안하는 방법으로 얼굴 모델을 생성하는 과정을 보여준다. 정면과 좌우측면 얼굴을 스캔하여 얻은 표면과 질감이 입력되면 먼저 시점을 일치시키기 위해 표면을 정합하고 중복 지역을 제거한다. 그 후 표면 사이에 대응정점들을 찾아 에지로 연결하고 해당지역에 적합한 평면을 구함으로써 표면 사이에 삽입할 삼각형을 생성한다. 또한 정합된 표면들을 원통에 투영하여 얻은 질감영상들을 표면이 통합된 이음새를 따라 구한 구분선을 이용하여 통합한다.

본 논문의 2장 1절에서는 표면을 통합하기 위해 외곽 정점들의 지형을 이용하는 방법을 기술하고 2장 2절에 질감영상들을 통합하기 위해 원통투영 기술을 이용하는 방법을 기술한다. 3장에서 실험결과를, 4장에서 결론을 맺는다.

## II. 3차원 데이터 통합

### 1. 표면 통합

Turk[3]는 표면 A와 B가 주어졌을 때, A의 삼각형 T의 정점  $v_1, v_2, v_3$ 에서 가장 가까운 삼각형이 모두 B에 속하면서 B의 외곽 삼각형이 아니라면 삼각형 T를 A에서 제거하였다. 중복 지역이 모두 제거될 때까지 A와 B의 외곽 삼각형들에 위의 과정을 반복 수행하면, A와 B가 인접한 외곽 지역에서 일부 삼각형들이 부분적으로 겹치게 된다. Turk는 이들 겹치는 삼각형의 에지에 새로운 정점을 추가하고, 그에 따라 삼각형들을 생성하여 표면을 통합하였다. 그러나 정점을 추가, 삭제하면 그와 관련하여 여러 개의 삼각형을 추가, 삭제해야하기 때문에 과정이 복잡하고 통합되는 이음새에서 삼각형들의 형태가 복잡해진다. 본 논문에서는 정점을 추가, 삭제하지 않는 표면 통합 방법을 제안한다. 이를 위하여 다음과 같은 방법으로 중복지역을 제거한다. A의 외곽 정점  $v$ 에 가장 가까운 B의 삼각형 T를 찾고  $v$ 와 T의 법선벡터(normal vector)로 내적(inner product)을 구한다. 구해진 내적과 거리가 임계치를 만족하면 외곽 정점  $v$ 를 포함하는 삼각형들을 A에서 제거한다. 모든 외곽 정점에 위와 같은 과정을 수행한 후 같은 과정을 B에 수행한다. 더 이상의 중복 삼각형이 제거되지 않을 때까지 위 과정을 반복 수행하면 [그림 2]와 같이 A와 B 사이에 빈 공간이 생성된다. 데이터에 따라 더욱 복잡한 형태를 가질 수 있으나, 외곽 정점의 법선벡터와 주변 에지들의 대표 방향벡터의 외적(outer product)이 [그림 2]와 같이 서로를 향하는 정점의 쌍을 찾을 수 있다. 이와 같은 외곽 정점들의 지형적 조건을 이용하여 다음과 같이 표면을 통합한다.

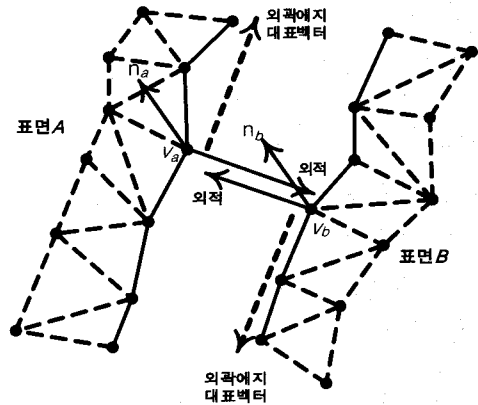


그림 2. 중복지역 제거 후 인접한 표면의 예

- (a) A의 외곽 정점  $v_a$ 에서 가장 가까운 B의 외곽 정점  $v_b$ 를 찾고 거리가 임계치를 만족하면 각각에 대해서 [그림 2]와 같이 외적을 구한다. 구해진 각각의 외적으로 구한 내적이 임계치를 만족하면 두 외곽 정점을 연결하는 에지를 삽입한다.
- (b) 모든 외곽 정점들에 위의 과정을 적용한 후, 인접한 두 개의 에지 사이에 포함되는 정점들을 2차원 평면으로 투영한다. 이때 2차원 평면은 정점들을 포함하는 모든 삼각형의 법선벡터를 이용하여 구한다. 투영된 정점들을 연결하여 다각형을 만든다.
- (c) 다각형을 삼각형으로 분할한다[7].
- (d) 분할된 삼각형들의 정점 인덱스를 이용하여 두 표면의 빈 공간에 분할된 삼각형들을 삽입한다.

2차원 평면 투영 오차 때문에 2차원 평면 투영을 통해 얻은 다각형의 에지들이 서로 겹치는 경우가 발생할 수 있다(self-intersection). 이 경우 (c)단계에서 다각형이 삼각형 분할되지 않는다. 때문에 (d)단계 후에는 분할되지 않은 다각형에 포함된 정점들과 그 주변 정점들을 평활화(smoothing)한다. 평활화는 심한 굴곡의 지형을 완만한 형태로 만들기 때문에 평활화 후에 분할되지 않은 다각형 지역에 홀(hole)이 생성된다. 홀의 정점들로 위의 (b),(c),(d) 단계를 수행하면 통합이 완료된다. [그림 3]에서 위 통합과정을 단계별로 보여준다. 보는바

와 같이 삼각형의 생성과정에서 정점을 추가하거나 삭제하지 않으며, 외곽 정점들의 지형적 조건을 이용함으로써 강건성을 향상시킨다.

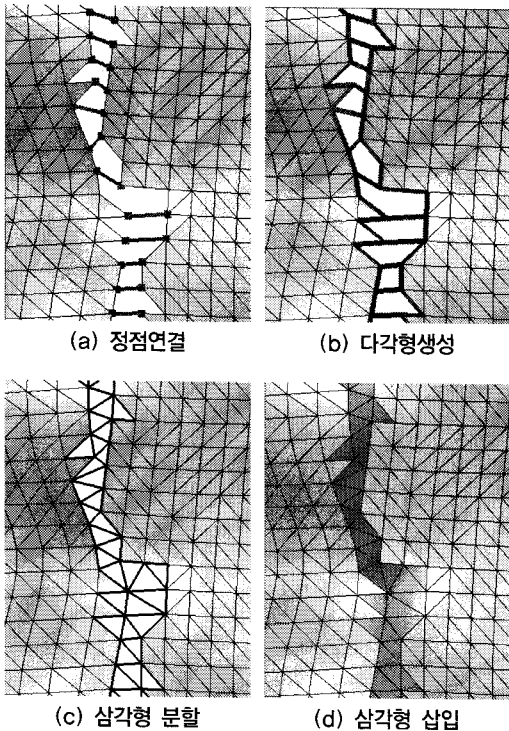


그림 3. 표면 통합 과정

## 2. 질감 통합

원통투영 모델은 얼굴 객체와 같이 원형의 형태를 갖는 모델의 시점에 독립적인(view independent) 질감 맵을 생성할 때 자주 사용되는 모델이다[8]. 본 논문에서 질감을 통합하기 위해 정합된 표면의 각 정점들을 식 (1)과 같이 원통에 투영한다.

$$x_{cyl} = x_c + r(x / \sqrt{(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2}) \quad (1)$$

$$z_{cyl} = z_c + r(z / \sqrt{(z-z_c)^2 + (z-z_c)^2})$$

여기서  $z_c$ 는 데이터의 중점이며,  $r$ 은 데이터의 높이에 비례하는 값으로써 원통의 크기를 결정한다. 투영된 정

점들을 다시 식 (2)와 같이 2차원 평면에 투영한다.

$$x_{2d} = \begin{cases} r \times \cos^{-1} \frac{z_{cyl} - z_c}{r} & |x_c - x_{cyl}| \geq 0 \\ -r \times \cos^{-1} \frac{z_{cyl} - z_c}{r} & |x_c - x_{cyl}| < 0 \end{cases} \quad (2)$$

2차원 평면에 투영한 각 정점에 질감을 사상하면 원통 좌표계의 질감을 얻을 수 있다. 이들 질감들을 분할하여 이어 붙이면 하나의 통합된 질감을 얻을 수 있다. 통합된 질감은 렌더링 속도를 최적화할 뿐만 아니라 영상처리를 용이하게 하여 모델의 사실감을 높여준다.

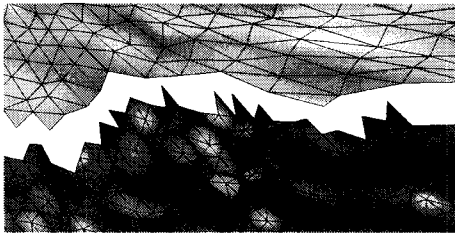
얼굴 객체의 비강체(non-rigid) 특성, 예를 들어 [그림 5]의 (b)에서는 눈을 뜨고 (c)에서는 눈을 감고 있기 때문에 동일 지역에 대해 상이한 질감을 얻을 수 있다. 이러한 특성 때문에 통합된 표면에 원래의 질감이 사상 되도록 질감을 통합하여야 한다. 외곽 정점들을 기준으로 표면들을 통합하였기 때문에 외곽 정점들을 이용하면 간단하게 질감들을 통합할 수 있다. 본 논문에서는 2차원 평면으로 투영된 외곽 정점들을 따라 질감들을 분할하여 이어 붙여 하나로 통합한다. 앞서 언급했듯이 통합된 표면의 각 정점에 원래의 질감을 사상하는 것이 좋으나 예외가 되는 경우도 있다. 표면의 중복 지역 제거과정에서 얼굴 객체의 머리카락 지역과 같이 복잡한 굴곡을 이루는 표면은 [그림 6]의 (b)의 박스지역처럼 독립지역으로 분할되는 경우가 많다. 이들 독립지역들은 좌우측면 표면이지만 정면의 머리카락 질감을 사상하는 것이 좋은 경우가 많다. 주위의 표면이 정면이기 때문이다. 본 논문에서는 가능한 이들 독립지역들에 정면 질감을 사상하도록 정면 표면의 외곽 정점들을 이용하여 다음과 같이 구분선을 구한다.

- (a) 주변에 좌우측면 정점이 없는 정면 외곽 정점들의 2차원 평면 좌표 점을 구한다. 구해진 점들 사이를 보간하여 두 개의 구분선을 구한다.
- (b) 좌측 구분선(우측 구분선)의 점들 중 같은  $y$ 값을 갖는 점들이 존재할 것이다. 이들 중 가장 작은  $x$ 값을(우측 구분선은 가장 큰  $x$ 값을) 갖는 점만 남기고 모두 제거한다. 남겨진 점들 사이를 보간한

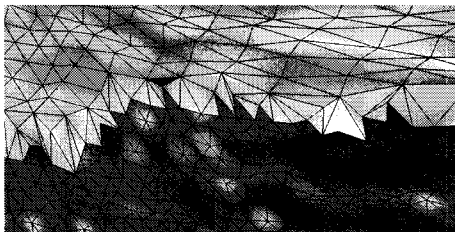
다. 선행 또는 후행 점이 없는 점 위, 아래로 수직 선을 연장한다.

(c) 구해진 두 구분선으로 구분되는 세 개의 지역에 각각 좌측면, 정면, 우측면 얼굴 질감을 잘라 이어 붙여 통합된 질감을 얻는다.

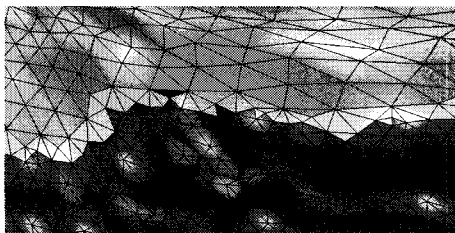
통합된 질감은 3차원 데이터 계측 시에 객체의 자세와 광원의 변화 등에 의해 이음새 지역에서 상당한 색상 차이를 보이므로 이를 보정해야 한다. Gortler는 색상 차이의 교정 값을 구하여 피라미드 알고리즘에 의해 영상을 보정하는 pull-push 알고리즘을 제안하였다[9]. 본 논문에서는 위 (d)단계에서 색상 값을 보정하기 위해 pull-push 알고리즘을 이용하였다.



(a) 인접한 두 표면



(b) 통합된 표면



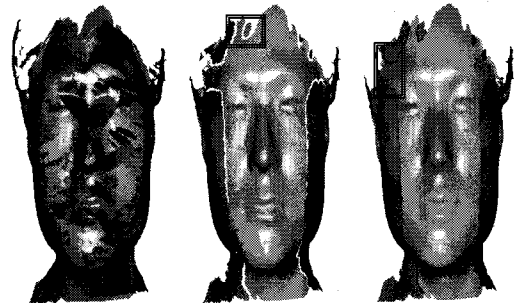
(c) 평활화 및 홀 처리

그림 4. 복잡한 표면의 통합



(a) 좌측면 표면 (b) 정면 표면 (c) 우측면 표면

그림 5. 입력 데이터 샘플



(a) 정합 (b) 중복영역제거 (c) 통합

그림 6. 표면 통합과정

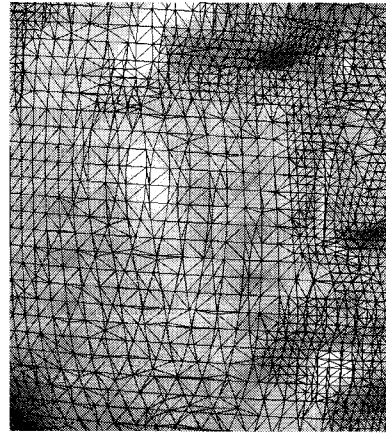
### III. 실험결과

실험을 위해 Intel-E8200(듀얼코어/2.66GHz) 프로세서, 2GMB, ATI-RadeonHD3450 그래픽처리기, MS사의 XP를, 구현을 위해 Visual.NET7.1을 이용하였다.

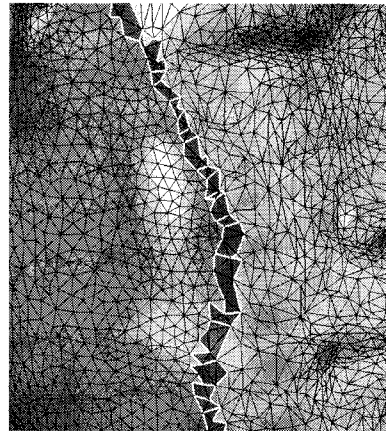
표면 통합의 강건성을 실험하기 각 정점에 난수를 더하여 [그림 4] (a)와 같은 인접한 두 표면을 제작하였다. 표면이 복잡하고 해상도에서도 다소간의 차이를 보인다. 두 표면을 통합한 결과를 [그림 4] (b)와 (c)에서 보여준다. 두 표면 사이에 새로운 삼각형들이 삽입되었으며 이음새에서 삼각형의 형태가 두 표면의 해상도와 유사함을 확인할 수 있다. 이는 복잡한 표면에 대한 제안하는 방법의 강건함을 보여준다. 새로 삽입된 삼각형 중에 진한 색을 갖는 삼각형은 후처리를 통해 삽입된 삼각형이다.

얼굴객체에 대한 실험을 위해 국내산 얼굴전용 스캐

너 RFS-S100(<http://www.renai3d.com>)로 데이터를 계측하였다. 계측된 표면은 약 17,000에서 20,000개의 정점과 37,000개에서 40,000개 삼각형으로, 질감은 480×640의 크기를 가진다. [그림 5]에서 계측된 데이터 샘플을 보여준다. 그림처럼 각 면의 얼굴이 계측된 시점이 다르기 때문에 정면을 기준으로 좌측면과 우측면 표면에 초기 대응점을 지정하고 ICP[9] 알고리즘을 이용하여 [그림 6] (a)와 같이 정합하였다. 이후 모든 과정은 자동 수행된다. [그림 6] (b)에서 중복지역을 제거한 결과를 보여준다. 얼굴 객체의 머리 부분이 복잡한 곡선을 가지기 때문에 중복 지역을 제거하는 과정에서 표면이 그림처럼 여러 개의 작은 독립지역으로 분할되는 경우가 많다. 이 단점을 보완한다면 이후 과정 수행이 쉬워질 수 있으나 외곽 삼각형들을 순차적으로 제거하는 과정의 특성상 개선이 쉽지 않다. 중복 지역을 제거하면 표면들이 인접하게 되며, [그림 6] (c)에서 제안하는 방법으로 표면을 통합한 결과를 보여준다. [그림 6] (c)의 박스지역을 [그림 7]에서 자세하게 보여준다. 표면이 완만하고 정합이 정확하게 수행되었다면 후처리 과정이 필요 없으나 대부분 정합오차 때문에 이음새 부분이 미세하게 어긋난다. (b)에서 이음새 부분 즉, 새로 삽입된 삼각형과 그 주변 삼각형들을 평활화한 결과를 보여준다. (a)보다 표면이 자연스러워졌음을 확인할 수 있다.

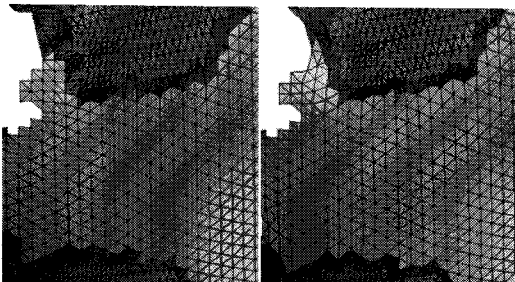


(a) Volumetric Reconstruction[11]



(b) 제안하는 방법

그림 8. 정점 데이터의 변화 비교



(a) 이음새 지역 (b) 평활화 후

그림 7. 이음새 지역의 평활화

[그림 8]은 [그림 6] (a)의 정합된 표면들을 정점의 식별이 용이하도록 간략화한 후 참고문헌[11] 체적복원 (Volumetric Reconstruction) 방법으로 통합한 표면과 본 논문의 방법으로 통합한 표면을 보여준다. 적용 방법을 개선하여 보다 원형에 가깝게 표면을 복원할 수 있으나 체적복원 알고리즘의 특성상 정점들이 격자 (grid)의 형태로 구성된다. 이러한 모델은 가상성형 등 가능한 수정되지 않은 데이터를 원하는 응용에는 적합한 방법이 아닐 수 있다. 이에 비해 본 논문의 방법으로 통합한 표면은 다음과 같은 특성을 가진다. 1) 인접한 표면의 외곽정점들을 연결하는 삼각형들만을 추가한

다. 즉, 정점을 추가, 삭제하지 않으며 평활화 과정 외에 정점의 위치 또한 수정하지 않는다. 때문에 간단하다. 2) 표면의 지역적 지형을 이용하기 때문에 강건하다. 3) 표면들이 통합되는 이음새에서 삼각형들의 형태가 주변과 유사하다. 그림에서 하얀색 선이 다각형을 나타내며 그 안의 검은색 선이 다각형을 분할하여 얻은 삼각형들을 나타낸다.



(a) 좌측면 (b) 정면 (c) 우측면

그림 9. 원통 투영 질감

[그림 9]에서 각 표면을 원통에 투영한 결과를 보여 준다. 원통투영 과정에서 중요한 문제는 원통의 높이와 반지름을 결정하는 것이다. 원통이 너무 작으면 머리와 턱 지역의 정보가 소실된다. 실험에서 표면의 최대 높이에 따라 원통의 크기를 조절하도록 하였다. [그림 10]에서 원통 투영된 표면을 다시 2차원 평면으로 투영하여 얻은 영상(W1024×H512)들을 통합하는 과정을 보여 준다. (a)의 박스 지역은 [그림 6]의 (b)의 박스 지역에 해당한다. 구분선에 따르면 박스 안 지역에는 좌측의 영상이 통합될 것이다. 이런 경우 좋지 않은 결과를 얻을 수 있다. 따라서 구분선을 (b)와 같이 수정하여 독립

지역에 정면의 영상이 통합되도록 하였다. (c)에서 구해진 구분선을 따라 영상들을 통합한 결과를, (d)에서 영상처리를 통해 컬러 값을 조정한 결과를 보여준다. 통합된 표면에 통합된 질감을 사상하여 얻은 완성된 3차원 얼굴 모델을 [그림 11]에서 보여준다.



그림 11. 완성된 얼굴모델

표 1. 평균 수행속도

단위:초

단계		제안하는 방법	질감통합에[6]의 방법 적용 시
정합(ICP)		1.062	-
표면 통합	중복 지역 제거	1.703	-
	삼각형 생성	1.047	-
질감 통합	2차원평면 투영	0.500	4.875
	구분선획득, 통합, 영상처리	0.656	1.954
전처리 및 후처리		0.547	-
총 소요 시간		5.515	11.188

[표 1]은 샘플 데이터 12세트로 구한 평균 수행속도를 각 단계별로 보여준다. 속도 최적화를 위해서 정합과 표면 통합과정에서 최단점(closest point)을 찾는 연



(a) 질감 구분선

(b) 수정된 구분선

(c) 통합된 질감

(d) 색상 보정

그림 10. 질감 통합 과정

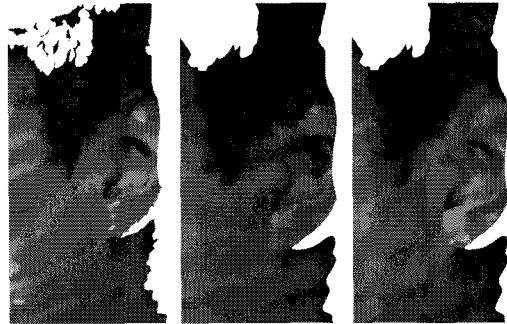
산에 k-d트리를 이용하였다[12]. k-d트리를 이용하지 않을 시에는 대략 1분이 넘는 시간이 소요되기 때문에 속도 최적화에 최단점 찾는 방법이 가장 중요했음을 확인할 수 있었다. 표에서 중복 지역 제거에 가장 많은 시간이 소요된다. 외곽 삼각형들을 점진적으로 제거하기 때문인 것으로 분석되었다. 전처리 및 후처리는 표면 통합 과정에서 일정 크기 이하의 작은 독립지역을 제거하거나, 면이 서로 겹치는 삼각형을 찾고, 평활화 및 홀치리에 소요된 시간이다. 최근 표면 최적화, 압축 및 질감사상 등에 변수화 기술을 활용하는 여러 방법들이 연구되고 있다. 본 논문에서는 질감통합 방법의 비교를 위해 참고문헌[6]의 방법으로 [그림 12]와 같이 질감들을 통합하였다. 변수화는 3차원 표면과 2차원 평면사이의 왜곡을 최소화하는 기술이다. 때문에 원통투영에 비해 [그림 13]에서 보는바와 같이 왜곡이 심한 귀 등의 지역에서 시각적으로 우수하다는 장점을 가진다. 그러나 [표 1]에서 보는바와 같이 표면의 변수화에 많은 시간이 소요되는 단점이 있다. 참고문헌[13]의 기술을 이용하여 표면을 변수화 하였다. [그림 14]는 수행속도 평가에 사용된 샘플 데이터 중 일부와 모델링 결과를 보여준다.

국내외에 널리 알려져 있는 3차원 모델링 소프트웨어인 아이너스사의 RapidForm2006 (<http://www.rapidform.com>)으로 본 논문의 샘플데이터를 통합한 결과 중복지역의 제거 결과는 본 논문과 매우 유사하였으나, 표면들이 통합된 이음새에서 삼각형의 형태가 주변보다 복잡하였다. 또한 아이너스사의 얼굴 샘플데이터를 통합한 결과 질감통합이 올바르게 이루어지지 않았다. RapidForm2006의 표면통합 결과는 참고문헌[3]의 결과와 유사하였고, 질감통합 결과는 참고문헌[5]의 결과와 유사하였다. 범용의 3차원 모델링 소프트웨어들은 얼굴모델링에 특화된 기능을 지원하지 않기 때문에 직접적인 비교가 어려우나 얼굴모델링에 관하여 본 논문의 방법이 보다 유용한 방법임을 알 수 있었다. 또한 본 논문의 모델링 프로그램은 중복 지역 제거과정에서 발생하는 작은 표면들을 하나의 독립적인 표면데이터로 처리하도록 설계, 구현되어 정면과 측면 데이터를 이용하여 완성된 다른 얼굴모델

[14][15]들에 비해 시각적으로 보다 자연스러운 얼굴모델을 생성한다.

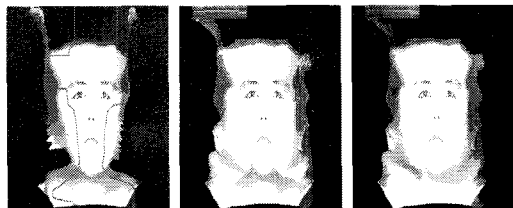


그림 12. [6]의 방법으로 통합한 질감(W1024×H1024)



(a) 원본 (b)원통투영질감 (c)[그림 12]의 질감

그림 13. 왜곡이 심한 지역에서 질감의 비교





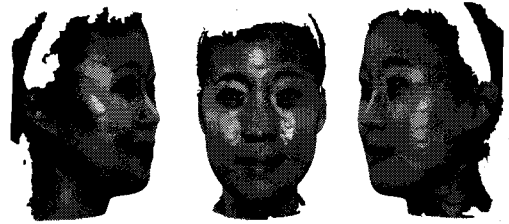
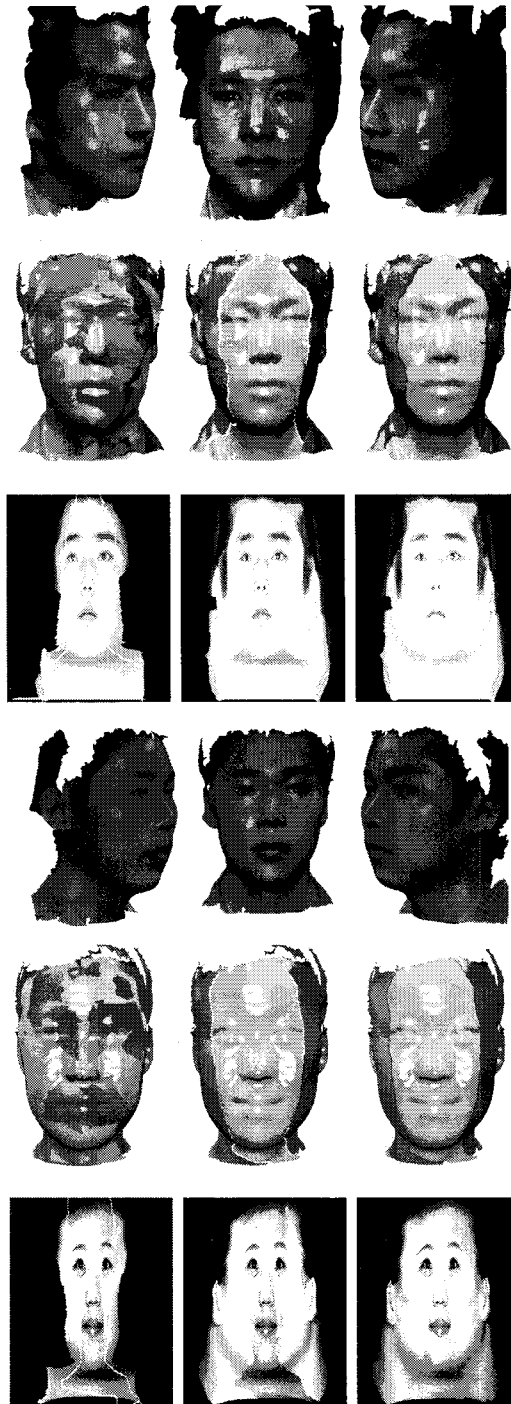


그림 14. 샘플 데이터

#### IV. 결론

본 논문에서는 3차원 스캐너를 통해 정면과 측면 데이터를 통합하여 얼굴 모델을 생성하는 간단한 방법을 제안하였다. 제안하는 표면통합 방법은 지역적 지형을 이용하기 때문에 강건하고 중복지역 제거 후에는 정점을 추가하거나 삭제하지 않기 때문에 간단하다. 또한 외곽 정점들의 지형적 특성을 이용하기 때문에 표면들이 통합되는 이음새에서 삼각형의 형태가 주변지역과 유사한 형태를 갖게 하였다. 제안하는 질감통합 방법은 원통투영 방법을 통해 얻은 질감데이터들을 얼굴 객체의 특성을 고려하여 구한 구분선을 따라 통합하였다. 본 논문에서는 질감통합을 위해 얼굴 객체에 적합한 원통 투영 모델을 이용하였다. 향후 360도 전 시점에 대한 얼굴 모델링을 위해 표면의 2차원 변수화와 그에 대한 질감통합 방법에 대해 연구를 지속할 예정이다.

#### 참고문헌

- [1] H. Hoppe, T. DeRose, T. Duchamp, J. A. McDonald, and W. Stuetzle, "Surface reconstruction from unorganized points," SIGGRAPH 92, pp.71-78, 1992.
- [2] B. Curless and M. Levoy, "A Volumetric Method for Building Complex Models from Range Images," SIGGRAPH 96, pp.303-312, 1996.
- [3] G. Turk and M. Levoy, "Zippered Polygon Meshes from Range Images," SIGGRAPH 94,

pp.311-318, 1994.

[4] P. Borodin, M. Novotni, and R. Klein, "Progressive Gap Closing for Mesh Repairing," In Advances in Modelling, Animation and Rendering, pp.201-213, 2002(7).

[5] C. Rocchini, P. Cignoni, C. Montani, and R. Scopigno, "Acquiring, stitching and blending diffuse appearance attributes on 3D models," The Visual computer, Vol.18 No.3, pp.186-204, 2002.

[6] H. Yamauchi, H. P. Lensch, J. R. Haber, and H. P. Seidel, "Textures revisited," The Visual computer, Vol.21 No.4, pp.217-241, 2005.

[7] M. Lamot and B. Zalik, "A fast polygon triangulation algorithm based on uniform plane subdivision," Computers & graphics, Vol.27 No.2, pp.239-253, 2003.

[8] F. Pighin, J. Hecker, D. Lischinski, and R. Szeliski, "Synthesizing Realistic Facial Expressions From Photographs," Computer graphics: SIGGRAPH 98: conference proceedings, 1998, pp.75-84, 1998.

[9] S. J. Gortler, R. Grzeszczuk, R. Szeliski, and M. F. Cohen, "The Lumigraph," SIGGRAPH 96, pp.43-54, 1996.

[10] P. J. Besl and H. D. McKay, "A method for registration of 3-D shapes," IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, Vol.14 No.2, pp.239-256, 1992.

[11] M. Kazhdan, M. Bolitho, and H. Hoppe, "Poisson surface reconstruction," Eurographics Symposium on Geometry Processing, pp.61-70, 2006.

[12] J. H. Friedman, J. L. Bentley, and R. A. Finkel, "An algorithm for finding best matches in logarithmic expected time," ACM Transactions on Mathematical Software, Vol.3, No.3, pp.209-226, 1977(9).

[13] M. S. Floater, "Mean value coordinates," Computer Aided Geometric Design archive Vol.20, No.1, 2003(3).

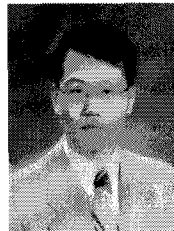
[14] L. Xiaoguang, A. K. Jain, and D. Colbry, "Matching 2.5D face scans to 3D models," IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, Vol.28 No.1, pp.31-43, 2006.

[15] A. Soh, Y. Zhang, K. Y. Chan, E. C. Prakash, and E. Sung, "Texture Mapping of 3D Human Face for Virtual Reality Environments," International Journal of Information Technology, Vol.8, No.2, pp.54-65, 2002.

저자 소개

윤진성(Jin-Sung Yoon)

정회원



- 1995년 8월 : 군산대학교 컴퓨터 과학과(이학사)
- 1997년 8월 : 송실대학교 전자계산학과(공학석사)
- 2002년 ~ 현재 : 송실대학교 컴퓨터학과 박사과정

<관심분야> : 컴퓨터비전, 3차원 모델링

김계영(Gye-Young Kim)

정회원



- 1990년 2월 : 송실대학교 전자계산학과(공학사)
- 1992년 2월 : 송실대학교 컴퓨터학과(공학석사)
- 1996년 2월 : 송실대학교 컴퓨터학과(공학박사)

• 2001년 ~ 현재 : 송실대학교 컴퓨터학과(교수)

<관심분야> : 컴퓨터비전, 형태인식, 생체인식, 증강현실, 영상처리

최 형 일(Hyung-Ill Choi)

정회원



- 1979년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학사)
- 1982년 2월 : 미시간대학교 전산공학과(공학석사)
- 1987년 2월 : 미시간대학교 전산공학과(공학박사)

• 1987년 ~ 현재 : 숭실대학교 미디어학과(교수)

<관심분야> : 컴퓨터비전, 퍼지 및 신경망이론, 비디오 검색, 패턴인식, 인터페이스에이전트