

## 직선형 경로를 이용한 3D 얼굴 모핑 알고리즘

이재윤<sup>o</sup> 정철희 이명원  
 수원대학교 인터넷정보공학과

[Leejae44@naver.com](mailto:Leejae44@naver.com) [whiskerfe@hanmail.net](mailto:whiskerfe@hanmail.net) [mwlee@suwon.ac.kr](mailto:mwlee@suwon.ac.kr)

### A 3D Morphing Algorithm Using Straight Line Paths

Jae Yun Lee<sup>o</sup>, Chul Hee Jung, Myeong Won Lee  
 Dept. of Internet Information Engineering, The U. of Suwon

#### 요 약

본 논문에서는 임의의 두 얼굴간의 얼굴 변형을 시뮬레이션하는 방법으로서 직선형 경로를 이용한 얼굴 모핑 알고리즘을 소개한다. 이 때 두 얼굴 모델은 서로 독립적으로 3D 스캔되어 텍스처매핑을 거쳐서 생성된 별도의 3D 모델로서, 본 알고리즘은 이러한 얼굴 모델들간의 버텍스와 폴리곤의 개수와는 상관없이 자연스러운 모핑을 구현하는 특징을 갖는다. 알고리즘의 주요 기능으로는 절단면의 생성, 3 차원 메쉬의 2D 메쉬화, 대응 영역의 설정, 대응 폴리곤 탐색 및 보간 데이터 추출 등이 포함된다.

#### 1. 서론

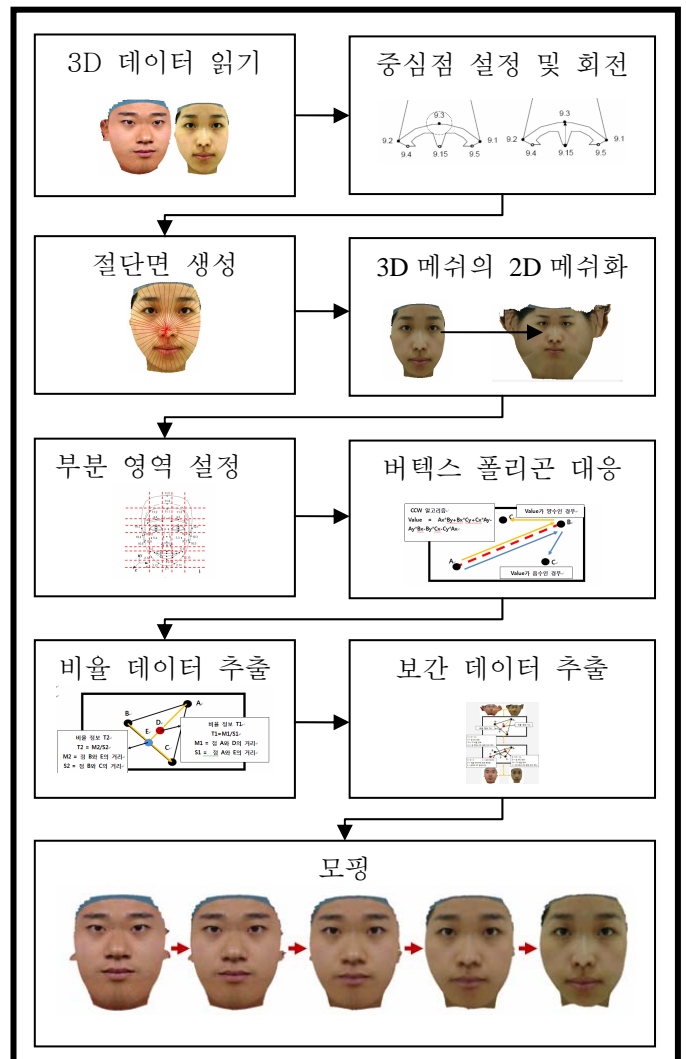
현재 2D 모핑 구현을 위해 여러가지 많은 알고리즘이 개발되어있다. 그러나 3D 모핑 알고리즘은 아직까지 선특수처리, 데이터베이스화, 굴곡이 심하여 파라미터화한 모델의 메쉬 중복 등의 문제가 있다[1][3][4][10]. 또한 일반적으로 3D 스캔 모델은 텍스처를 가질 수 있는데 이러한 텍스처를 모핑해야 하는 문제를 포함하고 있다[2][3][4][8].

또한, 본 연구팀이 기존 연구에서도 3D 얼굴 데이터를 2D로 펼쳐서 보간하는 방법이 있었으나 기존 연구에서는 구(Sphere)를 사용하였으며 이 경우에 메쉬가 중첩되어 있는 귀 부분의 처리에서 자연스럽게 못한 결과를 가져왔다[10].

본 논문에서는 이상과 같은 문제 해결을 위해서 메쉬가 서로 겹치지 않도록 직선형 경로를 이용하여 3D 메쉬 데이터를 2D 형태로 펼친 후에 대응하는 좌표값과 컬러값을 모핑하는 방법을 소개한다. 이를 위해서는 먼저 3D 스캔 데이터의 재질이 텍스처 데이터가 아닌 버텍스당 컬러값으로 변환하는 과정이 필요하다.

#### 2. 전체 알고리즘 개요

본 연구에서는 서로 다른 두 얼굴 모델간의 모핑을 구현하기 위해 3 차원 얼굴 모델을 2 차원 평면으로 펼친 후에 얼굴의 특징점을 기반으로 하여 얼굴 영역을 구분하고, 두 얼굴의 해당 영역간의 보간 데이터를 구하는 방법을 개발하였다. (그림 1)은 전체 알고리즘을 설명하는 개요이다. 다음 절부터 각 알고리즘의 기능에 대해서 설명한다.

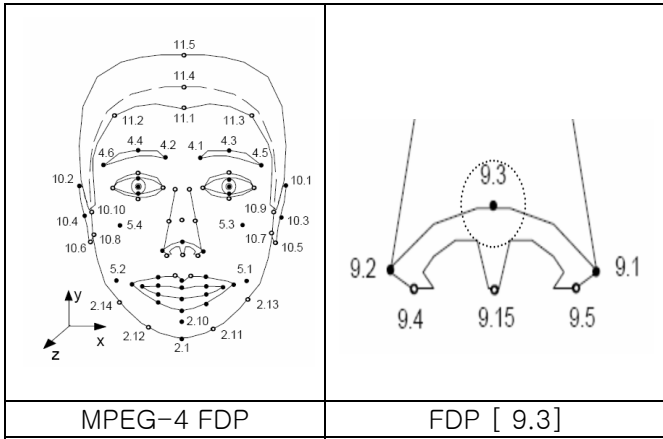


(그림 1) 전체 알고리즘 개요

본 연구는 기술표준원의 국가표준, 제품안전관리, 인증제도 선진화 기반구축을 위한 학술연구용역사업의 지원으로 수행되었음.

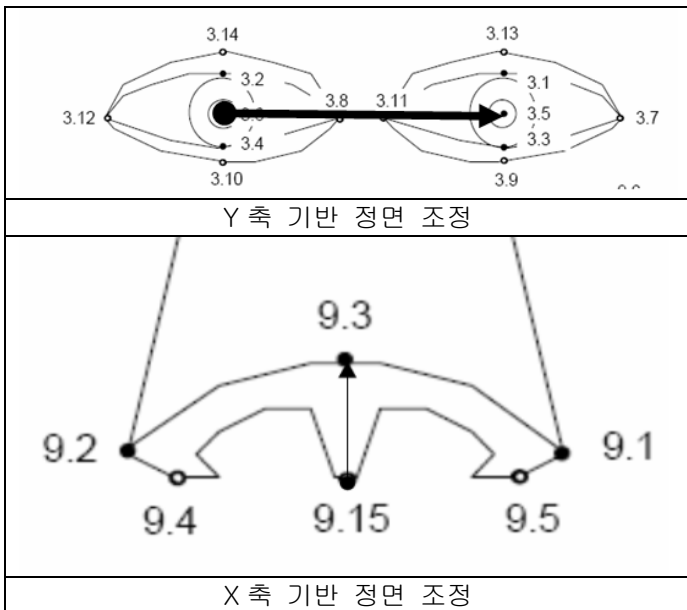
### 3. 중심점 설정 및 회전

서로 독립적인 두 얼굴 데이터를 매치시키기 위한 첫 단계로 각 얼굴의 중심점을 정의한다. 이 중심점은 보간 데이터 추출에 필요한 직선형 경로를 구하는데 이용한다. 본 논문에서는 사용된 3D 얼굴 모델은 (그림 2)와 같은 MPEG-4 FDP (Facial Definition Parameter)의 점 [9.3]을 중심점으로 설정하였다[5].



(그림 2) MPEG-4 FDP 와 중심점 설정

이 때 절단면의 방향을 올바르게 생성하기 위하여 (그림 3)과 같이 FDP의 점 [3.5]와 [3.6]에 의해 생성되는 단위 vector 를 Y 축 기반으로 (1, 0, 0)이 되도록 회전시킨 후 FDP의 점 [9.3]과 [9.15]에 의해 생성되는 단위 vector 를 X 축 기반으로 (0, 0, 1)이 되도록 회전시킨다.

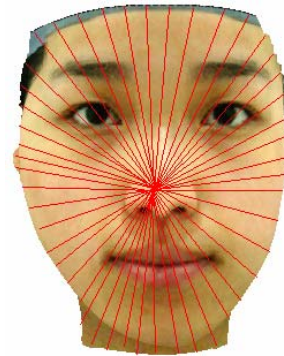


(그림 3) 얼굴 3D 메쉬 회전

### 4. 직선형 경로를 이용한 절단면 생성

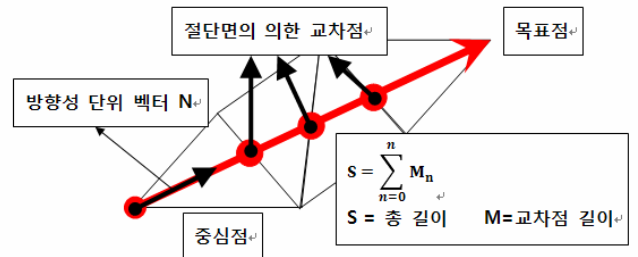
다음 과정은 3D 얼굴 모델을 2D 평면으로 펼치기

위해서 얼굴 중심점에서 출발하여 얼굴의 표면을 거쳐서 모든 버텍스에 이르는 거리를 구하는 과정이 필요하다. 이를 위해서는 해당 경로를 관통하는 절단면을 생성하는 방법이 있으나[9], 본 논문에서는 얼굴 중심점으로부터 3D 메쉬 표면을 따라가는 절단면 생성을 위해서 (그림 4)와 같은 직선을 생성한 후에 x, y 좌표 값만을 이용하여 절단면을 생성하도록 하였다.



(그림 4) 직선을 이용한 절단면 생성

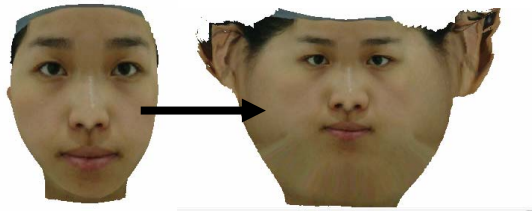
이상과 같은 방법으로 생성된 절단면을 이용하여 중심점으로부터 목표 버텍스까지의 최단 경로를 구하기 위해서 (그림 5)와 같이 절단면과 교차하는 폴리곤의 모서리 길이의 총합을 더한다.



(그림 5) 3D 메쉬 표면을 따라가는 최단 거리

### 5. 3D 메쉬의 2D 메쉬화

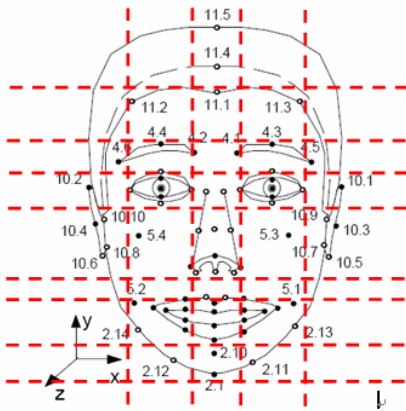
3D 얼굴 모델은 이상과 같이 직선형 경로로 목표점까지의 거리를 구하는 과정을 거치고 나면 (그림 6)과 같이 3D 메쉬가 2D 형태로 펼쳐지게 된다. 이 2D 메쉬는 서로간에 겹치는 문제가 발생하지 않아서 기존 연구에서와 같이 복잡한 구조에서 생기는 중첩된 모델에서 발생하는 문제가 없어지게 된다. 메쉬와 메쉬간에 중첩된 영역이 없는 완전한 2D 형태의 구조를 가지게 되어 보다 용이한 보간 데이터 추출이 가능하게 된다.



(그림 6) 3D Mesh 를 2D 형태로 펼친 모습

### 6. 부분 영역의 설정

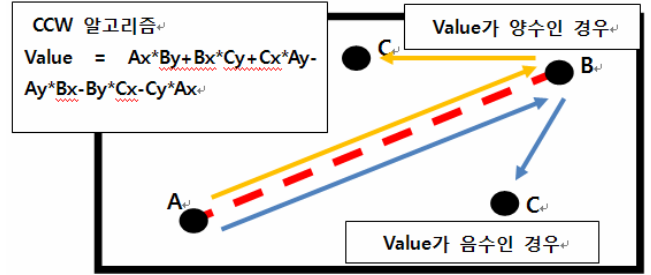
얼굴 모델을 2D 평면으로 펼친 후에는 서로 대응하는 영역들간의 매핑시키는 작업이 필요하다. 이를 위해서는 먼저 얼굴 모델의 영역을 구분하는 일이 필요하게 된다. 이와 같은 영역의 설정에 있어서 고려해야 할 것은 서로 다른 두 얼굴의 매핑에 있어서 대응 영역끼리 매핑을 시켜줘야 된다는 것이다. 즉, 얼굴의 특징점들이 매핑되도록 구현해야 한다. 예를 들어 한 얼굴의 눈 부분이 다른 얼굴의 눈 부분으로 매핑되어야 하는 것이다. 이를 위해서, 본 연구에서는 MPEG-4 의 FDP 를 중심으로 해서 부분 영역을 잡아주었다. (그림 7)은 FDP 의 특징점을 이용해서 직사각형 형태의 영역으로 구분한 결과를 보여준다.



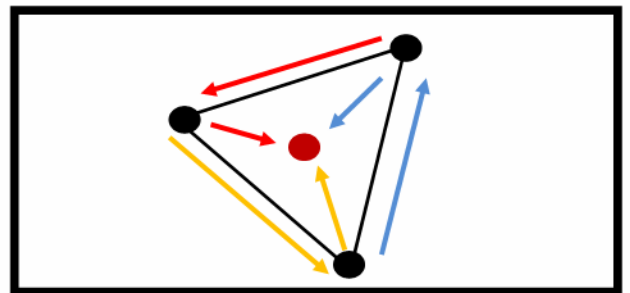
(그림 7) 부분 영역의 설정

### 7. 벡스와 폴리곤의 대응

보간 데이터를 추출하기 위하여 해당 벡스가 어떠한 폴리곤에 맞추어 주어야 하는지 알아내어야 한다. 이를 위하여 (그림 8)의 CCW 알고리즘을 이용하여 목표의 3D 폴리곤의 세 벡스들을 적용시켜 벡스들이 어떠한 폴리곤에 해당하는지를 알아낸다.

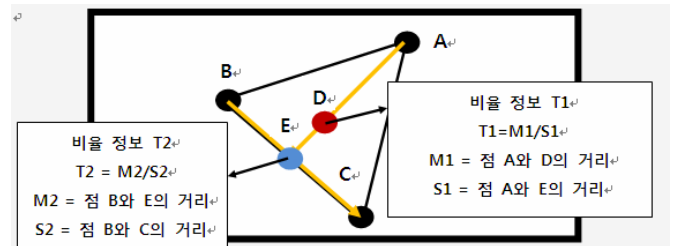


(그림 8) CCW 알고리즘



(그림 9) 벡스와 폴리곤의 대응

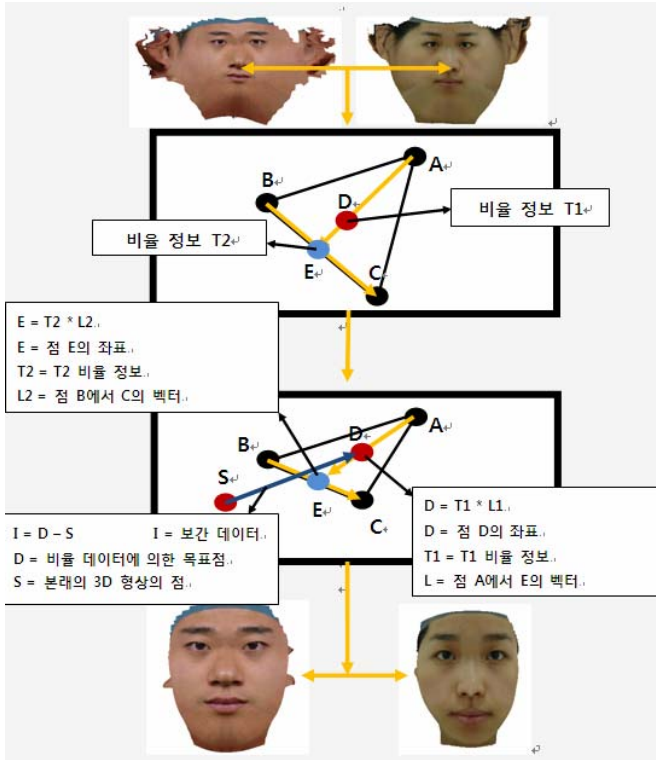
모든 벡스에 대한 대응하는 폴리곤 탐색이 완료되면 (그림 10)과 같이 벡스와 해당 폴리곤의 비율 데이터를 추출하여야 한다. 이 비율 데이터는 3D 메쉬 데이터에서 보간 데이터를 추출하기 위하여 사용된다.



(그림 10) 비율 데이터의 추출

### 8. 보간 데이터 추출

얼굴의 부분 영역간의 보간 데이터를 구하기 위해서는 앞 절에서 추출된 비율 데이터 정보를 본래의 3D 메쉬 데이터로 가져온다. 다음은 (그림 11)과 같이 각 벡스와 해당 폴리곤에 추출해온 데이터를 이용하여 보간 데이터를 추출한다.



(그림 11) 보간 데이터 추출

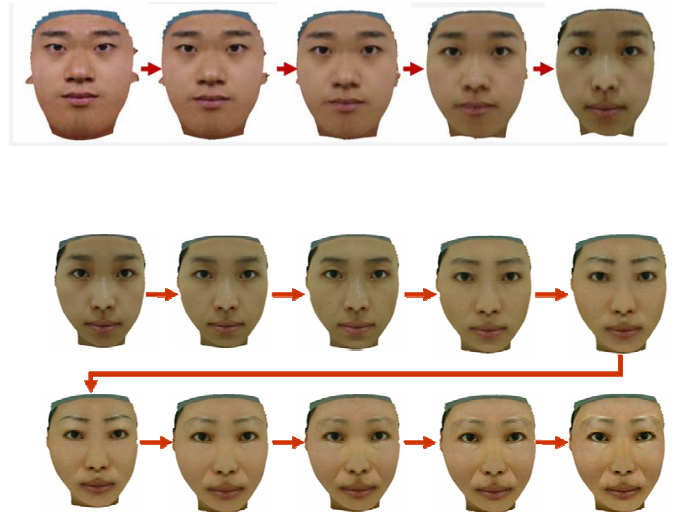
### 9 모핑 구현 결과

모든 버텍스에 대하여 보간 데이터가 추출이 되었다면 좌표치와 컬러값에 대한 각 보간 데이터를 이용하여 렌더링을 한다.

모핑 알고리즘 구현에 이용된 3 차원 얼굴 모델의 형식은 X3D 이며 [6][7], 얼굴 버텍스의 개수는 20000 ~ 60000 개, 폴리곤의 수는 50000 ~ 120000 개의 범위를 가지고 있다(그림 12). (그림 13)은 모핑의 결과이다.

버텍스 수 : 51239 개 폴리곤 수 : 101432 개	버텍스 수 : 56343 개 폴리곤 수 : 111718 개

(그림 12) 테스트 3D 얼굴 모델



(그림 12) 보간 데이터를 이용한 모핑

### 10. 결론

본 논문에서는 3D 얼굴 스캔 모델의 버텍스와 메쉬 데이터의 변경 없이 원래의 데이터 정보를 그대로 이용하여 두 얼굴 모델간의 얼굴 변형을 시뮬레이션 하는 3 차원 모핑 알고리즘을 구현하였다. 특히 코, 눈꺼플, 귀와 같이 굴곡이 심한 부분에서의 보간 데이터가 제대로 추출되지 않는 기존 연구의 문제점을 해결하였으며, 스캔 데이터가 텍스처를 가지는 경우에 이미지 대신에 각 버텍스에 RGB 칼라값을 주는 방법으로 텍스처 모핑의 문제점을 해결하였다.

이 모핑 알고리즘의 활용분야는 3D 얼굴 애니메이션 및 얼굴 관련 제품 제작에 활용되어질 수 있으며 직선형 경로의 기본적인 알고리즘에 의해 3D 모델의 치수나 면적 데이터 추출 등에 활용되어 질 수 있다. 또한, 3D 얼굴 형상 모델을 이용하여 얼굴 전체뿐 아니라 눈, 코, 귀 등의 부분 가상 성형의 시뮬레이션으로도 활용 가능하다.

### 참고문헌

- [1] Volker Blanz , Thomas Vetter, "A morphable model for the synthesis of 3D faces", SIGGRAPH '99: Proceedings of the 26th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pp. 187 - 194 , 1999.
- [2]\_AaronW. F. Lee , David Dobkin, Wim Sweldens, Peter Schroder, "Multiresolution mesh morphing", SIGGRAPH '99: Proceedings of the 26th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pp.343-350 , 1999.
- [3] Yonghong Zhao, Hong-Yang Ong, Tiow-Seng Tan and Yongguan Xiao, "Interactive Control of Component-based Morphing" SCA '03: Proceedings of the 2003 ACM

SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer animation, pp. 339 – 348 , 2003.

[4] Zhengwen Fan, Xiaogang Jin, Jieqing Feng, Hanqiu Sun“Mesh morphing using polycube-based cross-parameterization: Animating Geometrical Models”,Computer Animation and Virtual Worlds, Volume 16 Issue 3-4, pp. 499 – 508, 2005.

[5] ISO/IEC 14496-2 : 2001-12-01(E), Technologies de l'information — Codage des objets audiovisuels — Partie 2: Codage visual.

[6] ISO/IEC 19775-1:2004/Am1:2006, Extensible 3D (X3D).

[7] ISO/IEC 19775-2:2004, Extensible 3D (X3D).

[8] A.Gragory, Feature-based Surface Decomposition for Correspondence and Morphing between Polyhedra, Ca. 1998.

[9] 이성열, 이해영 “절단면을 이용한 메쉬에서의 직선형 경로 찾기”, 2006 컴퓨터 그래픽스 학회 하계 논문집, pp.77-78, 2006.

[10] 이재윤, 구본관, 조선영, 이명원 “MPEG-4 FDP기반의 얼굴 모핑 방법” 2007 한국정보과학회 추계 논문집, pp.217~220, 2007.