

MPEG-4 FDP 기반의 얼굴 모핑 방법

이재윤^o 구본관^{*} 조선영^{*} 이명원

수원대학교 인터넷정보공학과,

^{*}KT 미래 기술 연구소

leejae44@naver.com, rickybonkr@yahoo.co.kr, suny@kt.co.kr, mwlee@suwon.ac.kr

A Facial Morphing Method Based on MPEG-4 FDP

Jae Yun Lee^o, Bon Kwan Gu, Sun Young Jo, Myeong Won Lee

Dept. of Internet Information Engineering, The U. of Suwon

KT Future Technology Laboratory^{*}

요약

본 논문에서는 MPEG-4 에서 정의하는 FDP(Facial Definition Parameter)를 이용하여 사람의 3 차원 얼굴 모델들을 모핑(Morphing)시키는 알고리즘을 기술한다. 3 차원 스캐너로 생성한 얼굴 모델에 MPEG-4 의 FDP 를 기반으로 얼굴의 특징을 구분하는 영역들을 정의한다. 얼굴 모핑 알고리즘은 서로 다른 얼굴 모델 사이에서 이러한 얼굴 특징 영역들간의 변형을 생성하기 위한 일련의 과정을 설명한다. 특징 영역 간의 얼굴 모핑을 위해서는 서로 다른 얼굴 모델의 기하 데이터와 속성들을 매핑시켜야 하는 문제가 생긴다. 이를 위해 본 연구에서는 구를 이용하여 각 얼굴 모델의 기하와 속성 정보를 정의하여 매핑한 후에 이들을 모핑하는 방법을 정의하였다.

1. 서론

MPEG-4 는 영상 음악의 복호와 합성용 알고리즘에 기반을 둔 영상물의 기술 언어이다[1]. MPEG-4 규격에서는 콘텐츠 기반의 MPEG-4 표준의 확장성 및 유연성의 요구 사항들을 지원하며, 오디오 프레임, 비디오 프레임, 스프라이트(sprite), 3D 객체 등과 그들의 표현 방법을 기술한다. 그 중에서 FDP(Facial Definition Parameter)는 3D 얼굴 객체를 위한 특징점을 정의한다.

기존 연구로는 여러 표정의 얼굴을 자동 생성하거나 3D 모델에 얼굴의 여러 움직임 생성에 초점을 둔 연구가 있고, 실시간 응용을 위한 얼굴 애니메이션 엔진 개발과 MPEG-4 기반의 얼굴 애니메이션 플레이어들을 포함하는 프레임워크에 관한 연구가 진행되었다[2][3][4][5]. 그리고, 3D 얼굴 샘플에서 통계적 선형 결합을 이용하여 모양과 텍스처를 변형하여 얼굴 모델을 만드는 방법이 있다[6][7]. 이러한 얼굴 애니메이션 연구의 대부분은 얼굴 모델에 표정이나 움직임을 주려는 노력이 이루어졌다고 할 수 있다. 또한, 투영 기하의 기본 원리로 이미지 모핑을 이용하여 3 차원 투영 카메라와 장면변환을 얻거나 광선에 의한 특징 기반의 모핑 방법이 연구되었다[8][9]. 이와는 달리 본 연구는 3 차원 스캔 데이터로 구성된 얼굴 모델을 이용하여 두

얼굴 모델 사이에서 얼굴을 변형시키는 3 차원 얼굴 모핑 방법에 관한 내용이다.

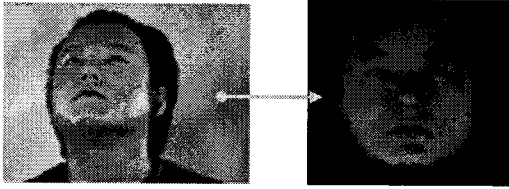
본 논문에서는 서로 다른 얼굴 두 모델 사이에서, 한 얼굴로부터 다른 얼굴로 얼굴이 변형해가는 모핑을 구현하는 방법을 제공한다. 얼굴 모델의 특징점들을 정확하게 매핑시켜주기 위해서, MPEG-4 의 FDP 를 이용하여 얼굴의 영역을 구분하고, 두 얼굴 사이에서 대응하는 버텍스의 좌표와 속성을 한 얼굴에서 다른 얼굴로 변형시키는 모핑 알고리즘을 기술한다.

2. 3 차원 얼굴 모델 생성과 특징점 영역

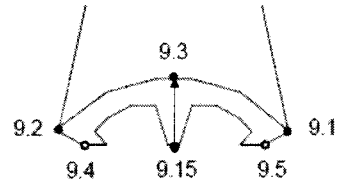
본 논문에서 사용된 3 차원 얼굴 모델은 3 차원 스캐너를 통하여 얻은 모델로부터 40,000~50,000 개의 버텍스(Vertex)와 80,000~100,000 개의 인덱스 면(Indexed Face)으로 추출되었다(그림 1). 이렇게 생성된 얼굴 모델들을 서로 모핑시키기 위해서는 먼저 두 얼굴 사이에서 눈, 코, 입 등의 각 영역이 정확하게 매핑시키도록 하는 작업이 필요하다. 이를 위해서 얼굴의 특징을 포함하는 영역을 정의하여 대응하는 영역 간의 변형이 이루어지도록 한다. 얼굴의 각 영역은 얼굴의 특징을 나타내는데 이용할 수 있는 MPEG-4 의 FDP 를 포함하도록 정의된다(그림 2). 두 얼굴 모델의 대응하는 영역 사이에서 해당 특징점이 서로 매핑될 수 있도록 얼굴 모델의 위치를 조정하였다. 이를 위해 (그림

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

3)의 FDP 중 [3.5], [3.6], [9.3], [9.15]를 이용하여 얼굴 모델이 정면을 볼 수 있도록 회전시켜준다.



(그림 1) 스캔 모델 및 추출 모델

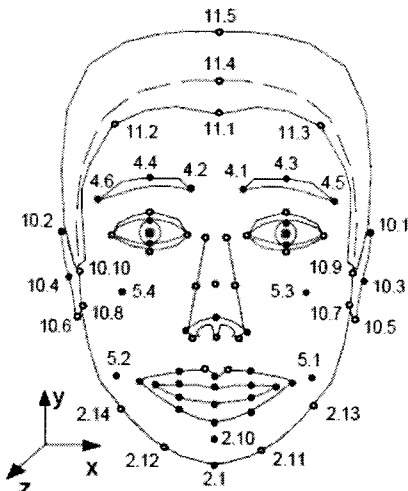


(그림 4) Y 축 기반의 정면 조정

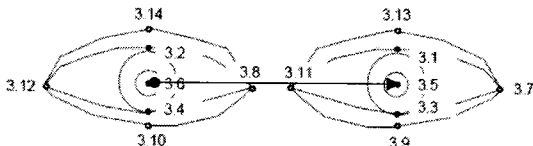
3. 얼굴 벡터스 매핑 처리

두 얼굴 모델 사이의 모핑 변환을 위해서는 먼저 두 얼굴을 구성하는 모델 사이에서 서로 대응하는 벡터를 찾아야 한다. 이 때 두 모델의 벡터 수가 다를 경우에는 벡터 수가 적은 모델의 벡터 수를 늘려서 대응하는 벡터를 찾거나, 아니면 벡터들을 폴리곤에 매칭시키는 방법이 있을 수 있다.

본 논문에서는 벡터들의 수를 동일하게 만드는 방법을 쓰지 않고 폴리곤에 해당 벡터를 매칭시키는 방법을 사용하였다. 이를 위해 3 차원 스캔 데이터로 구성된 두 모델을 구에 매핑시키는 방법을 이용한다. 얼굴 모델의 각 벡터가 대응하는 구의 폴리곤을 찾는 방법으로 얼굴 모델의 모든 벡터가 구를 통과하는 면으로 정한다. (그림 5)는 이와 같은 방법으로 두 얼굴 모델이 구의 표면으로 매핑된 것을 보여준다. 결국 얼굴 모델이 구로 변환되는 결과가 되며, 얼굴 모델의 모든 벡터들은 고정 길이의 반지름으로 표현되고 그 벡터들로 구성된 폴리곤의 집합으로 구가 형성되는 것이다(그림 6).

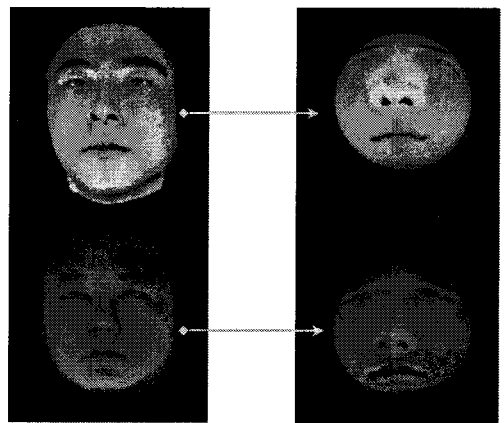


(그림 2) MPEG-4 의 FDP

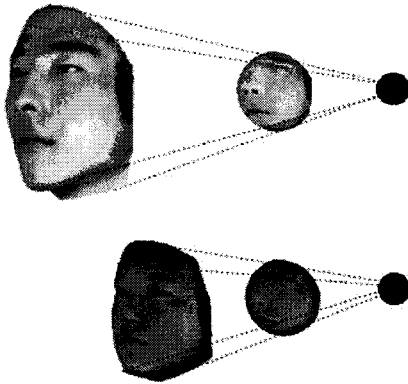


(그림 3) X 축 기반의 정면 조정

얼굴이 정면으로 향하도록 [3.5] [3.6] FDP 에 의해 생성되는 단위 벡터를 이용하여 해당 단위 벡터가 (1.0, 0.0, 0.0) 이 되도록 얼굴모델을 Y 축 및 Z 축을 중심으로 회전시킨다(그림 3). 또한, [9.3], [9.15] FDP 에 의해 생성된 단위 벡터가 (0.0, 1.0, 0.0) 이 되도록 얼굴 모델을 X 축 및 Z 축을 중심으로 회전시킨다(그림 4). (그림 4) 의 9.3 이 얼굴 모델의 중심이 된다.

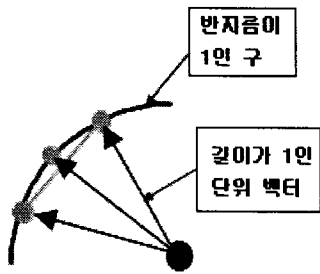


(그림 5) 얼굴 모델을 구 표면으로 매핑



(그림 6) 얼굴 모델의 벡터와 구의 교차

얼굴 모델의 벡터들을 구의 표면으로 매핑시키기 위해서는 먼저 얼굴 모델의 모든 벡터를 단위벡터로 변환시킨다. 그러면 얼굴 모델의 모든 벡터들은 반지름이 1 인 구로 변환되게 된다. 그리고, 얼굴 모델의 Z 좌표를 이용하여 서로 다른 크기의 얼굴을 구로 변환시켜서 얼굴 모델의 벡터와 구의 표면의 교차 처리를 가능하게 한다(그림 7).

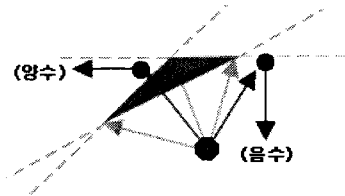


(그림 7) 얼굴 모델과 서로 다른 크기의 구와의 교차

4. 얼굴 모델 벡터와 구의 교차 처리

얼굴 모델의 벡터 벡터와 구와의 교차 처리를 위해서는 구와 교차하는 평면을 찾는 일이 필요하다. 이를 위해 구의 인덱스 면(Indexed Face)을 지나는 모델의 벡터를 구한다. 모델의 벡터가 구의 인덱스 면을 통과하는지를 판단하기 위해서는 해당 벡터와 원점을 대입하여 얻을 수 있다. 벡터 좌표를 대입하게 되면 구 평면의 아래에 위치하는 벡터는 음수, 구 평면의 위에 존재하는 벡터는 양수를, 평면 안에 존재하는 벡터는 0 의 값을 갖게 되며 이때 원점은 무조건 평면의 아래에 위치하므로 해당 벡터가 평면을 지나기 위해서는 대입 시 양수를 나타내어야 한다. (그림 8)과 같은 교차 처리를 하게 되면 다수의 평면들이

나타나게 되는데 이상과 같은 벡터와 평면과의 관계에서 면에 대해서 해당 벡터가 해당 면 안에 있는지를 판별한다.



(그림 8) 벡터 구 표면의 교차 처리

해당 벡터와 교차되는 구 표면의 인덱스 면을 구한 뒤에는 교차 지점의 실제 데이터인 좌표값과 칼라값을 추출하여야 한다. 이것은 다음과 같은 평면과 직선의 방정식으로 구하게 된다.

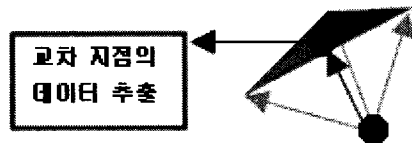
$$Ax + By + Cz + D = 0 \quad (\text{식 1})$$

$$P(d) = P_0 + dD \quad (\text{식 2})$$

(식 2)의 P_0 는 시작점이고 d 는 길이를 의미하며 D 는 방향(단위 벡터)를 의미한다. 평면의 방정식은 앞에서 구를 구성하는 한 면에 해당한다. 여기서 D 는 방향을 의미하고, 벡터를 단위 벡터화하면 방향이 되므로 해당 벡터를 정규화(Normalize)하여 구한다. d 성분은 다음의 (식 3) 방정식을 이용하여 구할 수 있다:

$$d = -D / (A \cdot Dx + B \cdot Dy + C \cdot Dz) \quad (\text{식 3})$$

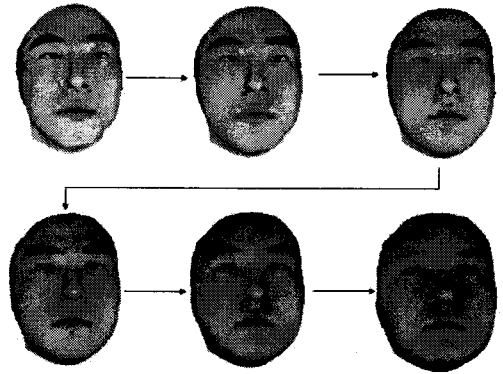
여기서 Dx, Dy, Dz 는 벡터의 단위 벡터이고 D 는 평면 방정식의 D 성분이다. 벡터의 단위 벡터에 d 성분을 곱하여 계산하면 구의 한 평면 위의 교차 지점의 좌표가 구해진다. 이 좌표에 따라 벡터의 3 개 칼라 값을 계산하여 해당 지점의 칼라 값을 구할 수 있다(그림 9).



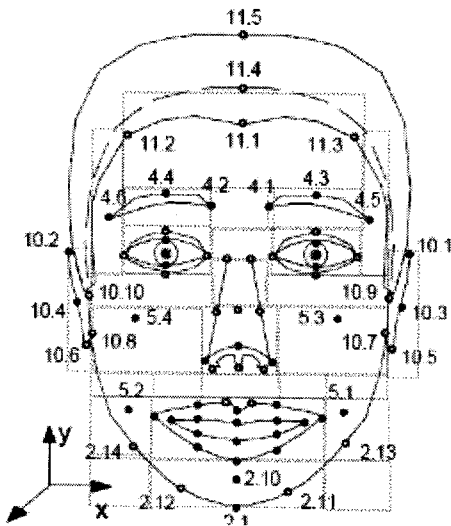
(그림 9) 교차점에서의 칼라값 추출

5. 얼굴 영역 설정과 모핑 알고리즘

본 논문에서는 두 얼굴 사이의 얼굴 변형을 위해서 얼굴의 특징 부분을 포함하는 영역을 정의하고 이 영역 사이에서 모핑 처리가 이루어지도록 하였다. 이를 위해 MPEG-4 의 FDP 를 중심으로 하는 얼굴 특징 영역을 정의하였다. (그림 10)은 각 FDP 를 이용하여 눈, 코, 입, 눈썹, 귀를 중심으로 분할한 직사각형 영역들로 정의된 얼굴 특징 영역을 보여준다. 얼굴 모핑을 위해 두 얼굴의 대응하는 영역 사이에서 변형이 이루어지도록 한 얼굴의 영역을 다른 얼굴의 해당 영역으로 변형시킨다. 구와 교차된 지점의 좌표 값과 컬러 값을 추출한 후에는 두 얼굴의 해당 데이터 값의 변화량에 따라 모핑을 수행하게 된다. (그림 11)은 모핑의 총 변화량을 50 으로 하였을 때 변화량에 따라 6 번씩에 해당하는 변화량으로 변형되어 가는 얼굴 모습을 보여준다.



(그림 11) 두 얼굴 사이의 모핑



(그림 10) 얼굴 특징 영역

4. 결론

본 연구에서는 MPEG-4 의 FDP 를 기반으로 하여 3 차원 모델로 구성된 두 얼굴 사이에서 한 사람의 얼굴에서 다른 사람의 얼굴의 모습으로 변형되어 가는 모핑 알고리즘을 구현하였다.

본 알고리즘은 얼굴 모델의 모든 벡터를 구에 매핑시켜서 두 얼굴의 좌표값과 속성값을 보간함으로써 이 두 얼굴 모델의 데이터를 손실 없이 모핑을 실행시켰다.

본 연구의 결과는 각 얼굴 모델의 변형된 데이터를 필요로 하는 영화, 방송, 의학(성형), 사람 얼굴 관련 제품, 교육 자료 등에 활용될 수 있다.

참고 문헌

- [1] ISO/IEC 14496-2:2004 Information technology -- Coding of audio-visual objects -- Part 2: Visual
- [2] Yuencheng Lee, Demetry Terzopoulos and Keith Waters, "Realistic Modeling for Facial Animation", ACM SIGGRAPH, pp. 55-62, 2005.
- [3] The Duy Bui, Dirk Heylen, and Anton Nijholt, "Combination of facial movements on a 3D talking head", Proceedings of CGI, pp. IEEE Computer Society, 2004.
- [4] Gaspard Breton, Christian Bouville, and Danielle Pele, "FaceEngine A 3D Facial Animation Engine for Real Time Applications", Proceedings of WEB3D'2001, pp. 15-22, 2001.
- [5] Igor S. Pandzic, "Facial Animation Framework for the Web and Mobile Platforms", Proceedings of Web3D, pp. 27-34, 2002.
- [6] Volker Blanz, Thomas Vetter, "A morphable model for the synthesis of 3D faces", Proceedings of the 26th annual conference on computer graphics and interactive techniques", pp. 187-194, 1999.
- [7] Jörg Haber, Demetri Terzopoulos, "Facial modeling and animation", ACM SIGGRAPH 2004 Course Notes, No. 6, 2004.
- [8] Steven M. Seitz, Charles R. Dyer, "View morphing", Proceedings of the 23rd annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pp. 21-30, 1996.
- [9] Zhunping Zhang, Sigma Cente, Lifeng Wang, Baining Guo, Heung-Yeung Shum, "Feature-based light field morphing", Proceedings of the 29th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pp. 457-464, 2002.