

동영상기반 얼굴 애니메이션 콘텐츠 제작 기술

신기한* 전준철**

◆ 목 차 ◆

- | | |
|-----------------------|-----------------|
| 1. 서론 | 4. 얼굴표정 제어 기술 |
| 2. 비전기반 애니메이션 기술 응용분야 | 5. 통합 애니메이션 시스템 |
| 3. 얼굴모션 추정 기술 | 6. 결론 |

1. 서론

컴퓨터 그래픽스 및 컴퓨터 비전 분야에서 3차원 모델의 실시간 애니메이션에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 그 중에서도 얼굴의 애니메이션 기술은 종종 특수한 기술 분야로 인식되고 있는데 이는 다른 신체 부분의 애니메이션과는 다른 각도의 접근을 필요로 하기 때문이다.

얼굴 애니메이션 기술은 그 소재의 무한성과 다양성으로 가상현실, 화상회의, 영화, 만화, 방송, 네트워크, 음악, 인터넷 산업등과 접목이 가능한 새로운 미디어 상품으로서, 성장 가능성이 크고 부가가치가 매우 높은 미래의 핵심 산업이라고 할 수 있다. 또한 비교적 개별적으로 발달되어 왔던 컴퓨터 그래픽스 기술, 컴퓨터 비전 기술, 영상처리 기술을 복합적으로 사용하여 얼굴의 움직임과 현실감 있고 자연스러운 3차원 얼굴 표정을 다양하게 생성할 수 있어 많은 분야에 적용될 수 있다. 하지만 실제 사람의 얼굴 표정을 애니메이션으로 표현하는 것은 해부학적 얼굴 구조의 복잡성과 얼굴 표정의 섬세한 움직임을 3차원으로 표현해야 하므로 컴퓨터 애니메이션 연구 분야 중에서도 가장 어려운 분야로 인식되고 있다. 또한 사람의

얼굴은 신체의 다른 부분과 달리 복잡하고 얼굴 모음을 자연적인 감성으로 인해 감정이나 표정을 제대로 표현하기가 힘들다.

일반적으로 얼굴 애니메이션을 생성하는 기술은 애니메이션에 의한 3차원 얼굴 애니메이션을 생성하는 방법과 중요한 얼굴 부분에 마커를 부착하여 얼굴 애니메이션을 생성하는 방법이 있다. 사람의 간섭을 필요로 하지 않는 방법은 카메라와 같은 하드웨어 장비를 이용하여 수집된 2차원 영상에서 영상처리 기술과 비전 기술을 통해 얼굴 영상을 분석한 정보를 통해 3차원 얼굴 애니메이션을 생성하는 방법이 있다.

수작업에 의한 생성방법은 애니메이션에 의해 얼굴 모델의 표정이나 움직임을 표현하며 자연스럽게 정확한 애니메이션을 생성할 수 있다. 하지만 애니메이션을 생성하기 위해서는 애니메이터 전문가가 필요하며 많은 작업 시간과 노력이 필요하다는 단점이 있다.

마커를 이용한 방법은 얼굴의 표정을 표현하는 중요한 얼굴 부분에 마커를 부착하여 얼굴 애니메이션을 생성하는 방법이다. 이 방법은 부착된 마커의 움직임을 통해 얼굴의 움직임을 표현할 수 있어 정확한 얼굴의 움직임 정보를 얻을 수 있다. 그러나, 애니메이션을 생성하기 위해 얼굴에 마커를 부착해야 하며, 마커를 인식하는 장비가 필요한 불편함과 마커가 정확한 위치에 있지 않을 경우 좋은 결과를 얻지 못하는 단점이 있다.

2차원 영상을 통한 애니메이션 생성 방법은 카메라를 통해 수집된 얼굴 영상 데이터를 분석하여 생성하

* 경기대학교 컴퓨터과학과 석사과정

** 경기대학교 컴퓨터과학과 교수

본 연구는 경기도가 지원하는 경기도 지역협력연구센터(GRRC)의 지원에 의해 수행되었음.

는 방법이다. 이 방법은 얼굴의 움직임은 영상처리 및 비전 기술을 이용하여 분석하게 되며 마커와 같은 특수 장비를 필요로 하지 않는다. 또한 적은 비용과 쉽게 애니메이션을 생성할 수 있는 장점이 있다. 하지만 정확한 얼굴의 움직임이나 얼굴의 중요한 부분을 정확하게 분석하기가 어렵기 때문에 현실감 있는 얼굴 애니메이션을 만들기 어려우며 많은 연산을 필요로 하기 때문에 실시간으로 적용하기 힘든 단점이 있다.

2. 비전기반 애니메이션 기술 응용분야

동영상을 이용한 비전 기반 3차원 얼굴 애니메이션은 컴퓨터를 이용하여 얼굴의 정보를 분석, 생성 및 처리하고 표현하는 기술로써, 다방면에 응용을 창출할 수 있다. 해당 기술은 실시간 얼굴 애니메이션, 캐릭터 애니메이션, 게임, CF, 의학 분야의 외과 수술 시뮬레이션, 영화, 차세대 영상통신, 심리학, 무인안내, 114 안내 등 다양한 분야에서 활용이 가능하며 과학 기술 분야 등 사회 전반에 걸쳐 광범위하게 응용될 수 있다. 다음은 이들 응용분야에 대한 소개이다.

- 휴먼 인터페이스 : 얼굴 표정과 음성을 이용한 인간의 풍부한 표현력을 로봇, 자동차, 현금자동인출기, 자동판매기 등과 같은 전자제품이나 기계에 부여함으로써 인간 중심의 휴먼 인터페이스를 실현할 수 있다.
- 무인 안내 시스템 : 기존의 음성만으로 진행되던 114 안내를 영상전화 시대에서는 항상 웃는 얼굴과 사용자에게 편의를 제공해주면서, 얼굴을 반복해서 사용할 수 있는 얼굴 모델의 등장이 필수적이다. 또한 각종 건물이나 공공장소에서 안내자 없이 얼굴 모델이 안내를 하면 인건비 절감 및 효율을 극대화시킬 수 있다.
- 의학 분야 : 성형 수술에 있어 수술 후의 모습을 미리 합성하여 얼굴의 모습과 표정변화도 용이하게 볼 수 있다.
- 방송 정보 시스템 : 가상의 아나운서가 뉴스를 전달할 수 있고, 외국 현재 생방송을 우리말로 방송

할 수 있으며, 유명 인사를 아나운서로 등장시키는 것도 가능하다.

- 심리학 분야 : 얼굴 표정을 이용하여 인간의 활동을 연구할 수 있다. 동일 표정, 동일 인물의 여러 가지 표정을 생성하여 심리학 실험도구로 사용할 수 있다.
- 컴퓨터기반 교육 : 교육 내용을 합성한 3차원 얼굴 모델이 설명하면 학습 효과가 증대될 수 있고, 역사적인 인물이나 원리 창시자가 직접 설명하면 피교육자의 흥미유발과 교육적 효과도 클 것이다.
- 영화, CF, 인터넷 광고 : 짧은 시간 안에 소비자에게 강한 인상을 남겨야 하는 광고의 속성상 3차원 얼굴 모델은 매우 유용하게 사용되고, 과거의 인물이나 실제로 존재하지 않은 인물을 생성할 수 있고 시간과 공간을 초월해서 자유롭게 표현 가능하다. 또한 인터넷이라는 컴퓨터 통신망의 소프트웨어를 매체로 하여 제공되는 광고를 보다 현실적으로 즉각적인 반응성 및 광고의 활용성을 높이기 위해 3차원 얼굴 모델 활용은 광고 내용이나 광고 정보 등을 효율적으로 제공할 수 있다.

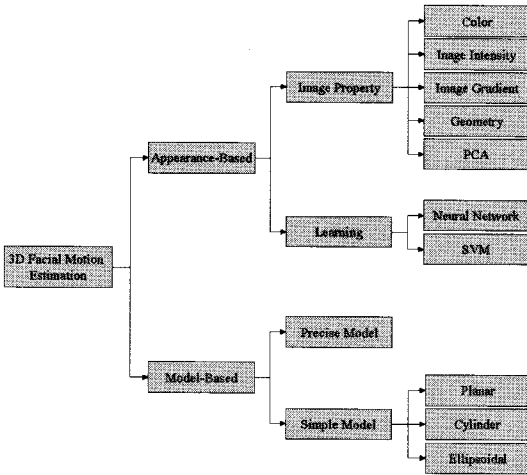
3. 얼굴모션 추정 기술

3차원 얼굴의 위치와 방향을 결정하는 얼굴의 모션 추정은 비전 기반의 컨트롤, HCI(Human Computer Interaction), 제스처 인식과 감시 시스템 등 컴퓨터 비전 분야의 많은 애플리케이션을 위한 중요한 작업 중 하나이다. 또한 3차원 얼굴 모션 추정을 통해 수정된 이미지를 사용하여 얼굴 인식이나 얼굴 표정 분석에 관한 연구의 문제점을 해결할 수 있다.

3차원 얼굴의 모션을 추정하는 많은 애플리케이션의 문제점은 얼굴의 방향이나 크기 변화와 같은 얼굴 모션에 대한 정확한 추정을 하는 것이 어렵다는 것이다. 또한 대부분 실시간으로 추정하기에는 너무나 많은 연산 시간을 필요로 한다는 문제점을 가지고 있다.

따라서 2차원 영상 내의 얼굴의 위치와 방향성을 나타내는 얼굴 모션 추정 방법에 대한 정확한 추정 방법과 실시간으로 처리할 수 있는 방법에 대한 많은

연구가 진행 중이며 영상의 속성을 이용한 외형 기반 방법 (Appearance-based Approach)과 기하학적 모델을 이용한 모델 기반 방법(Model-based Approach)이 있다. 기존의 해당 연구분야에서 제안된 3차원 얼굴 모션 추정 방법을 분류하면 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 3차원 얼굴 포즈 추정 방법

3.1 외형 기반 방법

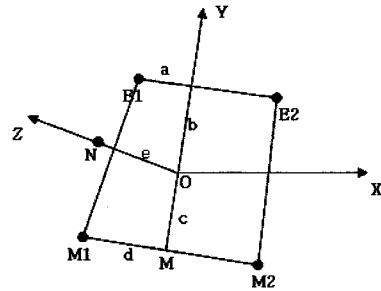
외형 기반 방법은 3차원 얼굴의 모션과 얼굴 이미지의 속성간의 관계를 이용하여 얼굴의 모션을 추정하는 방법으로써 이미지의 속성을 이용한 속성 기반 방법(property-based approach)과 학습 알고리즘을 이용한 학습 방법이 있다.

속성 기반 방법의 최종 목적은 알려진 3차원 얼굴의 모션과 훈련 영상간의 관계를 찾아내는 것이다. 적용되는 이미지의 속성으로는 명암, 색상, 영상변화, 기하학적인 속성 등이 있다.

학습 알고리즘을 이용한 방법으로는 얼굴 모션 추정에 신경망을 적용한 것이 있다. 이 방법은 3차원 얼굴 모션과 3차원 얼굴 영상간의 맵핑 관계에 대해 신경망의 학습 방법을 적용한 것이다.

Liu[1]는 스테레오 이미지를 통해 얼굴 특징점의 기하학적인 위치를 이용하여 얼굴의 모션 추정 방법에 대해 제안하였다. 이 연구에서는 두 대의 카메라로 획득한

특한 얼굴 이미지에서 5개의 특징점(눈, 코, 입)을 검출한다. 두 장의 영상에서 검출된 특징점들 간의 위치에 대한 연관성을 통해 얼굴의 모션을 추정하는 연구이다. <그림 2>와 같이 각 얼굴의 특징점 들에 대한 새로운 좌표계 적용하며 이 좌표계에서 특징점의 기하학적인 속성을 이용하여 얼굴의 모션을 추정한다.



<그림 2> Liu에 의해 제안된 좌표계(1)

<그림 2>에 나타난 좌표계에서 눈(E1, E2), 코(N), 입(M1, M2)의 위치와 각 특징점들 간의 관계인 눈 사이의 거리(a), 얼굴의 중심과 눈과의 높이(b), 얼굴의 중심과 입과의 높이(c), 입의 가로 길이(d), 얼굴의 중심과 코의 중심 간의 높이(e)를 표현한다.

Jebara[2]의 연구에서는 얼굴 및 특징점 검출, 특징점 추적, 그리고 얼굴 모션 추정 단계로 구성되어 있다. 피부색의 가우지언 혼합 모델(Gaussian Mixture Model)을 이용하여 얼굴을 검출한다. 이어서 간단한 휴리스틱을 적용하여 눈의 위치를 결정하며 결정된 눈의 위치로부터 대칭 변환을 이용하여 얼굴의 특징점인 코와 입의 위치를 검출한다. 고유 얼굴 공간으로 투영된 얼굴의 방향성 기저를 데이터베이스에 저장되어 있으며 기저들의 조합으로 얼굴의 방향성을 결정하게 된다. 결정된 얼굴의 방향성으로부터 칼만 필터를 이용하여 연속된 프레임에서 얼굴의 모션을 추정하게 된다.

Darrell[3]은 얼굴을 검출하고 모션을 추정하기 위해 고유공간을 이용한 방법을 제안하였다. 각각의 분리된 고유공간들의 집합으로부터 각 얼굴과 가능한 모션을 계산하게 된다. 얼굴과 모션은 입력 영상을 각 고유공간으로 투영하여 오차가 가장 작은 고유공간을 선택하게 된다. 얼굴 모션의 추정은 맵 추정 문제를 통해 계산된다.

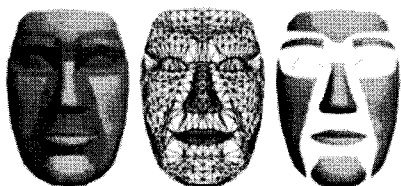
이와 같이 외형 기반 방법은 이미지의 속성을 이용하여 얼굴의 모션을 추정하는 방법이다. 외형 기반 방법은 다른 방법보다 간단하다. 하지만 얼굴 모션 추정을 하기 위해 많은 보간법의 적용으로 인해 정확도가 떨어지며 3차원 얼굴 모션과 얼굴 이미지의 속성간의 관계가 존재한다는 가정 하에 수행할 수 있다는 단점이 있다. 그리고 사람의 개인차, 크기, 조명에 따라 얼굴의 패턴이 다양하게 변하기 때문에 주변 환경, 방향, 크기에 따른 여러 사람의 훈련 영상이 필요하다.

3.2 모델 기반 방법

모델 기반 방법은 2차원 또는 3차원 기하학적 모델을 얼굴 영상에 적용하여 전체 얼굴 영역의 모션을 추정하는 방법이다. 이 방법은 보통 얼굴 검출 단계로부터 시작되며 검출된 얼굴 영역에 기하학적 모델을 적용한다. 사용되는 모델로는 얼굴의 형상을 갖추고 있는 3차원 얼굴 모델과 평면이나 실린더와 같은 간단한 모델이 있다.

3차원 얼굴 모델을 적용한 방법은 검출된 얼굴 영역에서 얼굴의 특징인 눈, 코, 입, 얼굴의 크기 등을 고려하여 얼굴 모델을 얼굴 영역에 정확한 초기화가 이루어져야 한다. 정확한 초기화에 의해 맵핑된 얼굴 특징의 속성을 이용하여 얼굴의 모션을 추정하게 된다. 하지만 초기화가 정확히 이루어지지 않는다면 얼굴 모션 추정에 대한 오차가 점차 증가하게 되고 좋은 결과를 얻을 수 없는 단점이 있다.

DeCarlo[4]은 3차원 얼굴 모델을 적용하여 얼굴의 모션을 추정하는 방법을 제안하였다. 이 연구에서는 <그림 3>과 같이 변형 가능한 3차원 얼굴 모델을 미리 정의하여 검출된 얼굴 영역 적용하였다. 광류(optical flow)를 이용하여 연속된 프레임에서 벡터 필드인 얼굴 모델 영역 내의 움직임을 측정하게 된다. 이는 측정된 움직임을 얼굴 모델에 물리학적 힘의 계산에 의해 얼굴의 모션을 추정하는 연구이다.



<그림 3> DeCarlo의 얼굴 모델(4)

얼굴 영상에 대해 얼굴 모델을 정확하게 초기화시키는 것은 거의 불가능하기 때문에 간단한 모델을 이용하여 얼굴 모션을 추정하는 방법이 많이 적용되고 있다. 사용되는 모델은 평면, 타원, 삼각형과 같은 2차원 모델과 실린더, 구와 같은 3차원 모델로 나눌 수 있다. 간단한 모델을 이용한 얼굴 모션 추정 방법은 3차원 얼굴 모델을 사용하는 방법보다 종종 효과적이거나 초기화 때 생긴 오차를 줄일 수 있고 얼굴 모션 추정에 대한 좋은 결과를 얻을 수 있다. 따라서 모델 기반의 얼굴 모션 추정 방법에 대한 연구의 대부분은 간단한 모델을 이용한다.

<그림 4>에서는 얼굴 영역에 대해 모델을 초기한 단면도이다. (a)는 3차원 얼굴 모델을 얼굴 영역에 맵핑 하였을 경우 붉은색 점선과 같이 정확한 초기화를 하여야 하나 사실상 거의 불가능하다. (b)는 2차원 평면 모델을 얼굴 영역에 맵핑 한 것이고 (c)는 3차원 실린더 모델을 얼굴 영역에 맵핑한 단면도이다.



(a) 3차원 얼굴 모델 (b) 2차원 평면 모델 (c) 3차원 실린더 모델

<그림 4> 모델 기반 방법에서의 얼굴 영역에 대한 초기화 단면도(8)

2차원 모델을 이용한 방법은 초기화 에러에 대해 별 영향을 받지 않고 얼굴의 모션을 추정할 수 있다. 2차원 평면 모델의 추정은 작은 초기화 에러에 민감한 작은 모델 에러를 이용한다. 하지만 얼굴의 방향이 정면에서 많이 벗어나게 되면 좋은 결과를 얻을 수 없다. 다시 말해, 얼굴의 가려지는 부분이 생기는 경우일 때 결과가 좋지 않다.

2차원 평면 모델을 사용한 연구로는 Hager[5]의 연구에서 적용되었으며, 광류 및 텍스처 정보를 이용하여 얼굴 모션을 추정하였다. 이 연구에서는 얼굴의 움직임에 대한 4개의 2차원 평면 모션 템플릿(상하 이동, 좌우 이동, 회전, 앞뒤 이동)을 모션 추정하기 위해 적용한다. 평면 모션 템플릿은 광류에 의해 생성하

게 되며 연속된 프레임에서 입력되는 영상에 대해 2차원 모델인 평면 영역의 모션 필드를 계산하여 템플릿과 비교를 통해 가장 유사한 템플릿의 움직임으로부터 얼굴 모션 추정을 한다.

Ji[6]의 연구에서도 2차원 모델이 적용 되었다. 이 연구에서는 3차원 얼굴의 형태를 타원으로 표현하며 2차원 모델인 타원의 종횡비를 이용하여 얼굴의 모션을 추정한다. IR-RED 라는 특수 장비를 이용하여 얼굴의 양쪽 눈을 검출하고 기하학적인 특징을 이용하여 얼굴을 검출한다. 검출된 얼굴 영역에 타원을 맵핑하고 타원의 형태에 따라 얼굴의 모션을 추정한 연구이다.

2차원 모델의 장점을 그대로 지니면서 단점을 해결하기 위해 실린더 또는 구와 같은 3차원 모델을 이용하는 방법이 있다. 3차원 모델은 2차원 모델보다 얼굴 전체의 기하학적 움직임을 더욱 더 잘 표현할 수 있기 때문에 사용된다.

Cascia[7]은 3차원 실린더 모델과 얼굴 텍스처를 이용하여 얼굴 모션을 추정하였다. 이 연구에서는 얼굴 영상에서 검출된 얼굴에 실린더 모델을 투영한 후 투영된 실린더 모델의 텍스처 맵을 생성한다. 생성된 텍스처 맵은 미리 정의된 텍스처의 변형된 템플릿으로부터 얼굴 모션을 추정하게 된다. 또한 주변 조명 변화에 대한 10개의 템플릿을 생성하여 주변 조명의 변화에 대해서도 강인한 모션 추정을 할 수 있다.

Xiao[8]는 3차원 실린더 모델과 광류를 이용하여 얼굴 모션을 추정한 연구를 수행 하였다. 검출된 얼굴 영역에 3차원 실린더 모델을 투영하여 3차원 실린더 모델 안의 영역에서 광류에 의해 모션 필드를 측정한다. 측정된 모션 필드와 강인한 추정을 위한 보정을 통해 얼굴의 모션을 추정한다. 또한 동적 템플릿을 적용하여 얼굴이 장애물에 의해 부분적으로 가려지는 현상(occlusion)이 발생하였을 경우에도 정확한 모션을 추정할 수 있다.

4. 얼굴표정 제어 기술

대부분의 얼굴 애니메이션에 관한 연구는 얼굴의 표정 제어에 중점을 두고 있으며 1970년대 Parke[9]의 연구로부터 얼굴 애니메이션에 관한 연구가 시작되었

다. Parke의 연구에서는 얼굴 모델을 복잡한 폴리곤 형태로 표현하였으며 간단한 얼굴 애니메이션이 가능하다. 1980년대에 Platt가 사람의 실제 얼굴 근육을 모델에 적용하여 근육의 움직임에 따라 얼굴의 표정을 생성할 수 있는 얼굴 표정 모델을 제시하였다. 그 후 Bergeron이 제시한 연구는 3차원 얼굴 애니메이션을 표현하여 컴퓨터 애니메이션의 토대가 되었다. 1990년대 이후로는 다양한 방법론을 통해 얼굴 표정을 생성하는 얼굴 애니메이션에 관한 연구가 진행 중이다.

얼굴 모델로부터 얼굴 표정을 생성하는 방법으로는 키 프레임 애니메이션, 근육 모델을 이용한 방법, 매개변수 모델을 이용한 방법 등 다양한 방법이 있으며 연구되고 있다[10][11].

4.1 키 프레임 애니메이션

키 프레임 애니메이션 방법은 중간에 생성되는 애니메이션을 만들기 위해 대표적인 얼굴 표정의 키 프레임을 이용하여 보간법을 통해 얼굴 표정을 생성하는 방법이다. 이 방법은 키 프레임 사이에 보간을 이용함으로써 중간 프레임을 생성하게 되며 적은 수의 키 프레임으로부터 적은 양의 애니메이션을 만들기 위한 좋은 방법이다. 그리고 기본적인 얼굴의 표정을 쉽게 만들 수 있고 처리 시간이 빠르다는 장점을 가지고 있다. 하지만 다양한 얼굴의 표정을 나타내기 위해 얼굴 모델의 키 프레임인 여러 가지 얼굴 표정을 먼저 정의해야만 한다. 또한 사용되는 보간법에 따라 애니메이션의 성능이 좌우된다.

키 프레임 애니메이션 방법에서 사용되는 보간법 가운데 Pighin[12]이 제안한 선형 보간법이 가장 대표적인 방법이다. 선형 보간법은 <그림 5>와 같이 전후 키 프레임에서 얼굴 모델의 상태를 일정한 비율로 연결시켜 얼굴 표정을 생성하는 방법이다.



(a) 기본 표정 (b) 선형 보간 (c) 웃는 표정
<그림 5> 선형 보간법에 의한 키 프레임 애니메이션[10]

제어점의 이동 비율이 다를 경우에는 선형 보간법 대신 비선형 보간법을 적용한다. 비선형 보간법에는 곡선이나 곡면 식을 이용한 방법과 RBF 보간법을 이용한 방법 등이 있다. 비선형 보간법은 선형 보간법보다 좀 더 부드러운 애니메이션을 생성할 수 있는 장점이 있다.

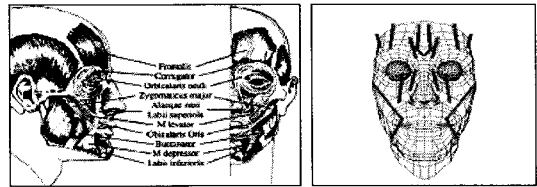
Noh[13]의 연구에서는 얼굴 모델의 표정 생성을 위해 RBF 보간법을 적용하였다. RBF 보간법은 기하학적 모델에 대한 부드러운 변형이 가능하며 적은 수의 얼굴 모델 제어점의 이동으로부터 주위의 정점들의 움직임을 정의할 수 있다. 이 연구에서는 기하학적 변형 요소(GDE)라고 하는 얼굴 모델에서 가장 작은 변형단위를 정의하고 기하학적 변형 요소에 의해 제어점으로부터 영향을 받는 영역에 대해 정의한다. 제어점이 움직이게 되면 기하학적 변형 요소에 의해 정의된 얼굴 모델의 지역적인 영역에 대해 RBF 보간법을 적용하여 지역적인 영역에 대한 움직임을 적용한다.

4.2 근육 모델 기반 방법

근육 모델 기반 방법은 실제 사람의 얼굴 근육을 얼굴 모델에 적용한 방법으로 벡터기반 근육 모델 방법이 가장 많이 사용되고 있다. 벡터기반 근육 모델 방법은 근육에 영향 받는 지역을 모션 필드로 구성하고 근육의 움직임에 따라 얼굴 모델을 변형시키는 방법으로써 얼굴 모델의 메쉬 구조에 독립적이고 각 근육에 따른 좋은 표현을 나타낼 수 있기 때문에 현재 얼굴 표정 생성에 많이 사용되고 있다. 하지만 얼굴 모델에 근육을 제대로 위치시키는 것이 어렵고 올바른 근육의 위치는 부자연스럽고 예상하지 못한 얼굴 애니메이션을 생성할 수 있다는 단점이 있다.

Terzopoulos[14]는 얼굴 표정 생성을 위해 벡터 기반 근육 모델 접근 방식을 제안하였다. <그림 6>과 같이 총 11개의 얼굴 근육을 얼굴 모델에 적용하였으며 얼굴 근육을 조절 함으로써 다양한 표정을 나타낼 수 있다.

수십 개의 매개변수들에 의해 얼굴 표정의 변화가 일어난다는 가정을 기반으로 얼굴 표정을 생성하는 방법이 매개변수 모델 기반 방법이다. 수십 개의 매개변수들의 값과 실제 얼굴 표정간의 관계를 정확하게



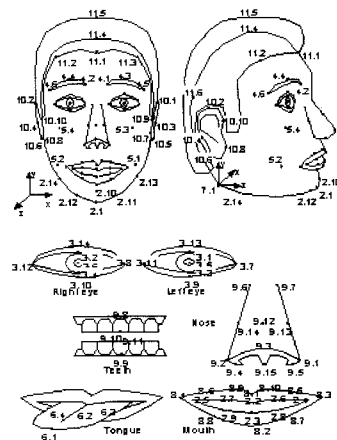
(a) 사람의 얼굴 근육 (b) Waters 얼굴 모델

<그림 6> 얼굴 근육 모델[14]

파악하기 힘들다는 것이 이 방법의 가장 큰 단점이라고 할 수 있다.

4.3 매개변수 모델 기반 방법

매개변수 모델 기반 방법의 대표적인 방법은 Ostermann[15]의 연구에서 제안된 <그림 7>과 같이 MPEG-4 표준화에 정의된 얼굴 애니메이션 매개변수(FAP)와 얼굴의 AU (Action Unit)을 이용하는 것이다. 이 방법은 MPEG-4 표준에서 정의된 얼굴 애니메이션 매개변수의 조합에 의해 얼굴의 표정을 생성한다. 얼굴 애니메이션 매개변수는 얼굴 근육의 움직임에 관련하여 정의되어 있고 자연스러운 표정 합성과 입술 동기화 등을 표현할 수 있다. 총 68개의 매개변수로 정의되며 이들은 얼굴 근육의 움직임과 관련된 최소의 얼굴 움직임을 정의하고 있다.



<그림 7> MPEG-4에 정의된 얼굴과 관련된 매개변수[15]

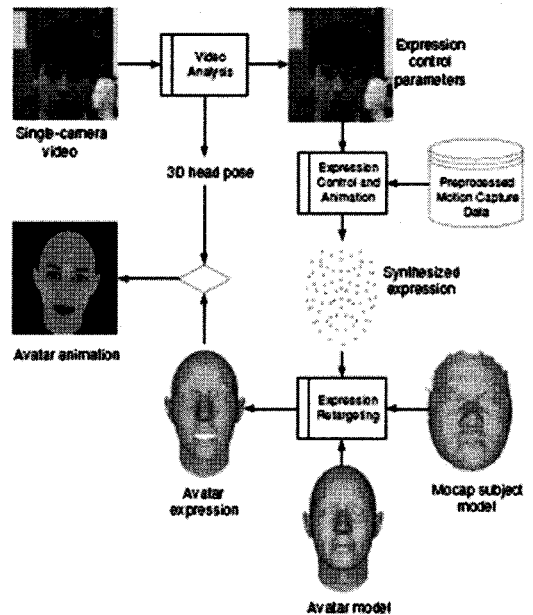
Chien[16]의 연구에서는 MPEG-4 기반 얼굴 표정 생성 방법을 제안하였다. 이 연구에서는 연속적으로 입력되는 영상으로부터 텍스처 정보를 이용하여 얼굴의 방향을 예측한다. 그리고 얼굴의 특징점 추적을 위해 얼굴의 방향이 정면인 영상을 얻고자 예측된 얼굴의 방향으로부터 영상을 변형시킨다. 변형된 영상에서의 추적된 특징점을 이용하여 얼굴 애니메이션 매개 변수들의 조합에 의해 얼굴 표정을 생성한다.

5. 통합 애니메이션 시스템

기존의 얼굴 애니메이션에 관한 연구는 얼굴 표정 생성에 초점을 맞추고 있다. 얼굴 표정 생성과 얼굴 모션 추정을 통합한 기존의 연구는 다음과 같다.

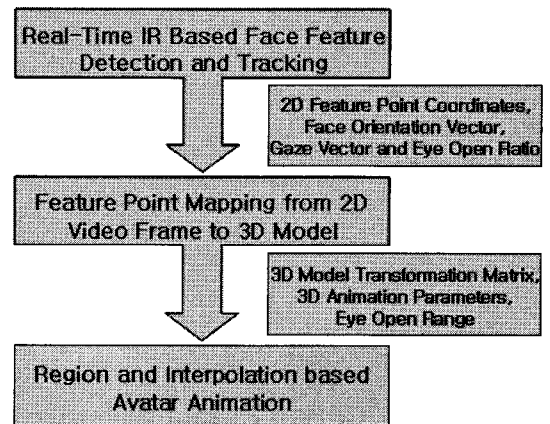
Chai[17]는 얼굴 모션 추정과 얼굴 표정 제어가 통합된 얼굴 애니메이션 시스템 제안하였다. 이 연구에서는 어떠한 얼굴의 방향에서도 얼굴의 표정에 대한 애니메이션을 생성할 수 있다. <그림 8>과 같이 크게 세 가지 과정으로 나뉘는데 얼굴의 모션을 추정하는 단계와 얼굴 표정 생성에 대한 단계, 그리고 통합 단계로 구성된다. 얼굴 모션 추정 단계에서는 3차원 실린더 모델과 광류에 의해 생성되는 모션 필드를 이용하여 얼굴 모션 추정을 한다. 그리고 얼굴 표정 생성 단계에서는 얼굴 표정을 생성하기 위해 전처리 과정으로 실제 사람 얼굴에 76개의 모션 캡처 마커를 이용하여 각 얼굴 표정에 대한 기저를 생성하고 데이터베이스에 저장한다. 실제 얼굴 모델의 표정 생성을 위해 데이터베이스에 정의된 기저들의 조합에 의해 얼굴 모델의 표정을 생성한다. 이와 같은 처리과정을 통해 만들어진 얼굴 모션 매개변수와 얼굴 모델의 표정 생성을 아바타에 적용 함으로서 얼굴 모델의 애니메이션을 생성한다.

Wei[18]의 연구에서는 <그림 9>와 같이 얼굴의 기하학적 특징과 보간법을 이용해 통합된 얼굴 애니메이션 시스템을 제안하였다. 적외선 카메라와 같은 IR-RED 기반의 눈 추적 시스템을 이용하여 연속된 프레임에서 얼굴의 눈을 검출한다. 검출된 눈의 위치를 기반으로 얼굴의 모션을 추정한다. 그리고 얼굴 표정을 생성하기 위한 제어점인 코, 입 주위의 얼굴 특



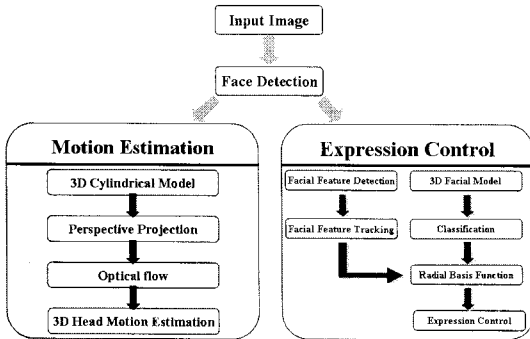
<그림 8> Chai의 연구에서 제안한 시스템 구조[17]

징점을 가버웨이블릿(Gabor Wavelet)을 이용하여 검출하며 갈만 필터를 통해 추적하게 된다. 추적된 얼굴의 특징점과 얼굴 모델의 제어점과의 1:1매핑 관계를 이루게 된다. 추적된 특징점의 위치가 이동하게 되면 맵핑되어 있는 제어점이 이동하며 벡터 보간을 통해 주위의 정점들을 이동시키게 된다. 이와 같이 특징점 기반의 정점의 변형을 통해 얼굴의 표정을 생성하게 된다.



<그림 9> Wei의 연구에서 제안한 시스템 구조[18]

한편, J.C. Chum[19]은 실시간으로 입력되는 영상에서 실린더 모델, 광류를 이용한 얼굴 모션 추정과 특징점 기반의 얼굴 모델의 표정 생성을 통해 다양한 얼굴 모션 상에서 얼굴 애니메이션을 생성하는 방법을 제안하였다. 제안된 시스템의 구조는 <그림 10>과 같이 크게 얼굴 검출, 얼굴 모션 추정, 그리고 표정 제어 세 부분으로 구성되어 있다.



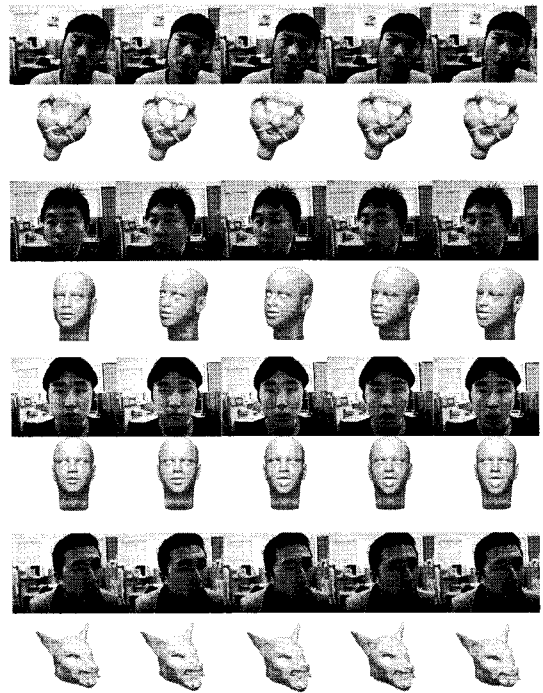
<그림 10> 시스템 구조

<그림 10>에서 기술된 것처럼 카메라로부터 입력되는 영상에서 얼굴 영역을 검출하게 된다. 얼굴 영역 검출은 피부색 모델을 이용하여 얼굴의 후보 영역을 검출하고 주성분 분석, 템플릿 매칭을 통해 좀 더 정확한 얼굴 영역을 검출한다.

얼굴 모션 추정 단계에서는 검출된 얼굴 영역에 3차원 실린더 모델을 투영하게 되고 광류를 이용하여 연속된 영상에서의 밝기 값의 변화량을 측정하게 된다. 또한 좀 더 정확한 얼굴의 모션 추정을 위해 반복적 가중 최소 제곱법, 에지에 대한 보간, 템플릿 밀도에 대한 보간, 그리고 동적 템플릿을 이용하였다.

얼굴 표정 제어 단계에서는 검출된 얼굴 영역에서 얼굴의 특징점을 검출하고 연속된 영상에서 얼굴의 특징점을 추적한다. 추적된 얼굴의 특징점은 얼굴의 모션에 의해 정면 얼굴에서의 애니메이션 매개변수가 아니기 때문에 현재의 얼굴 특징점의 위치와 얼굴 모션 추정을 통해 생성된 모션 매개변수를 이용하여 얼굴의 방향이 정면이었을 때의 특징점 위치로부터 애니메이션 매개변수를 생성한다. 이와 같은 과정으로 만들어진 특징점에 대한 얼굴 애니메이션 매개변수를

3차원 얼굴 모델의 일대일 맵핑된 제어점에 적용하고 RBF 보간법을 이용하여 제어점 주위의 정점들에 대한 움직임을 정의한다. 얼굴 모델의 변형과 얼굴 모션 매개변수를 얼굴 모델에 적용하여 입력 영상의 얼굴 모습에 대한 얼굴 애니메이션을 생성할 수 있다. 다음 <그림 11>은 동영상으로부터 획득된 다양한 얼굴 표정을 3차원 아바타 모델에 적용한 결과이다.



<그림 11> 표정복제 결과

6. 결론

모두에서 기술한 바와 같이 그래픽스 및 멀티미디어 콘텐츠 제작분야에서는 비전기반의 얼굴 모델링, 모션 추정 및 애니메이션에 관한 관심이 증대되고 있다. 기존에 수행된 다수의 비전 기반 3차원 얼굴 애니메이션에 관한 연구에서는 얼굴의 움직임을 나타내는 모션 추정을 배제하고 얼굴 표정 생성에 관한 연구에 그 초점을 맞추고 있다. 또한 얼굴 모션 추정과 표정 제어가 통합된 연구에서는 대부분의 경우 마커나 센서와 같은 특수 장비를 사용된다.

그러나 실감 있는 얼굴의 애니메이션을 구축 하기 위해서는 얼굴 표정의 변화뿐만 아니라 얼굴의 움직임에 따른 방향성을 효과적으로 반영하는 작업이 중요하며 이에 대한 관심과 연구 또한 증가되고 있다. 이와 같이 동영상으로부터 실시간으로 제작된 애니메이션의 결과는 게임, 영화, 광고영상 분야뿐만 아니라 인간 컴퓨터 상호작용 및 e-Learning 등 다양한 분야의 콘텐츠 개발에도 활용될 수 있다. 따라서, 이러한 응용분야로의 활용방안에 관한 연구도 병행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Z. Liu and Z. Ahang, "Robust Head Motion Computation by Taking Advantage of Physical Properties", Proc. HUMO2000, 2000.
- [2] T. Jebara and A. Pentland, "Parameterized Structure from Motion for 3D Adaptive Feedback Tracking of Faces", Proc. CVPR97, 1997.
- [3] T. Darrell, B. Moghaddam, and A. P. Pentland, "Active Face Tracking and Pose Estimation in an Interactive Room", M.I.T. Media Laboratory Perceptual Computing Group Technical Report, no.356, 1996.
- [4] D. DeCarlo and D. Metaxas, "The Integration of Optical Flow and Deformable Models with Applications to Human Face Shape and Motion Estimation", CVPR96, pp. 231-238, 1996.
- [5] G.D. Hager and P.N. Belhumeur, "Efficient Region Tracking with Parametric Models of Geometry and Illumination", PAMI, vol. 20, no. 10, pp. 1025-1039, 1998.
- [6] Q. Ji and R. Hu, "3D Face Pose Estimation and Tracking from A Monocular Camera", Image and Vision Computing, Vol. 20, pp. 499-511, 2002.
- [7] M.L. Cascia and S.Sclaroff, "Fast, Reliable Head Tracking under Varying Illumination", CVPR99, pp.604-610, 1999.
- [8] J. Xiao, T. Moriyama, and T. Kanade, "Robust Full-Motion Recovery of Head by Dynamic Templates and Re-registration Techniques", Proc. International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 163-169, 2002.
- [9] F.I. Parke, "Computer Generated Animation of Faces", Masters thesis, University of Utah, Salt Lake City, UT, UTEC-CSc-72-120, 1972.
- [10] J.Y. Noh and U. Neumann, "A Survey of Facial Modeling and Animation Techniques", Integrated Media Systems Center, University of Southern California Report 99-705.
- [11] F.I. Parke and K. Waters, "Computer Facial Animation", ISBN 1-56881-014-8, 1996.
- [12] F. Pighin, J. Auslander, D. Lischinski, D.H. Salesin, and R. Szeliski, "Synthesizing Realistic Facial Expressions from Photographs", Proc. Siggraph, pp. 75-84, 1998.
- [13] J.Y. Noh and D. Fidaleo, U. Neumann, "Animated Deformations with Radial Basis Functions", VRST2000, pp. 166-174, 2000.
- [14] D. Terzopoulos and K. Waters, "Physically-based Facial Modeling, Analysis, and Animation", J. Visualization and Computer Animation, pp. 73-80, 1990.
- [15] J. Ostermann, "Animation of Synthetic Faces in MPEG-4", Computer Animation, pp.49-51, 1998.
- [16] C. Chien, Y. Chang, and Y. Chen, "Facial Expression Analysis under Various Head Poses", In Proc. the Third IEEE Pacific Rim Conference on Multimedia, Vol. 2532, pp. 1193-1200, 2002.
- [17] J. Chai, J. Xiao, and J. Hodgins, "Vision-based Control of 3D Facial Animation", In Proc. ACM/Eurographics Symposium on Computer Animation, 2003.
- [18] X. Wei, Z. Zhu, L. Yin, and Q. Ji, "A Real Time Face Tracking and Animation System." IEEE Conference on CVPR 2004, 2004.
- [19] 권오륜, 전준철 "얼굴모션추정과정 복제에 의한 3차원 얼굴 애니메이션" 정보처리학회 논문지, 14권 4호, 311-320, 2007.

◎ 저 자 소개 ◎



신 기 한

2006년 경기대학교 전자계산학과 학사
2006 ~ 현재 경기대학교 전자계산학과 석사과정
관심분야: 얼굴 표정인식, 비전기반 모션추적



전 준 철

1984년 중앙대학교 전자계산학과 학사
1986년 중앙대학교 전자계산학과 석사
1987 ~ 1988년 삼성반도체 통신연구소 연구원
1992년 The Univ. of Connecticut, 컴퓨터 공학과 석사
1995년 The Univ. of Connecticut, 컴퓨터 공학과 박사
2001-2002년 미시건 주립대학 패턴인식 및 영상처리연구실(PRIP) 객원교수
1995년 ~ 현재 경기대학교 정보과학부 컴퓨터과학전공 교수
관심분야 : 비전기반 3차원 얼굴 모델링 및 애니메이션, 얼굴표정인식, 3차원 모델 검색