

3D 얼굴 애니메이션의 기술 동향

서강대학교 정문열

1. 서론

사람의 얼굴은 상호간의 대화에 있어 매우 중요한 의미를 갖는다. 상대방의 얼굴 표정으로부터 감정을 전달받기도 하고 음성뿐 아니라 상대의 입술 모양의 변화도 의사전달의 중요한 정보가 된다. 특히 애니메이션의 경우 실제보다 과장된 얼굴 표정 등을 통해 감정을 전달하게 되므로 얼굴 애니메이션은 그만큼 중요하다고 볼 수 있다.

얼굴 애니메이션 연구의 주된 방향은 감정과 입술 움직임 등을 처리하기 위한 효율적인 방법을 찾는 것이다. 지금까지 얼굴 표정 동작에 대한 연구는 많이 행해져 왔으나 아직 3D 게임이나 애니메이션에 등장하는 캐릭터가 자연스러운 얼굴 표정을 연출하고 있다고 보기 힘들다. 전통적인 영상전문가 한 분이 디지털 콘텐츠에 관심을 가지게 되어 게임과 애니메이션을 두루 감상하고 난 다음 이런 결론을 내렸다. "다 좋은데 얼굴 표정이 죽어 있다. 드라마나 영화에서 가장 중요한 의사표현 수단이 얼굴 표정이라고 볼 수 있는데, 디지털 콘텐츠에서는 이것이 없다." 그럼에도 불구하고 얼굴 모델링 및 애니메이션은 사실 최근에 이르러 비약적으로 발전했다고 볼 수 있다. 비록 전통적인 배우의 얼굴 표정에 익숙한 전문가가 만족할 만한 수준은 아니지만 이에 본 글에서는 3차원 얼굴 모델링과 애니메이션 기술의 발전 현황을 살펴보고, 이 기술이 어디로 갈 것인지를 조망해 보고자 한다.

2. 얼굴 모델링

3차원 얼굴 모델은 흔히 그림 1과 같이 폴리곤 메쉬로 표현되는 경우가 많은데, 이는 조각이 용이한 반면 부드러운 곡면으로 이루어지는 얼굴을 사

실적으로 표현하기 위해서는 수많은 폴리곤(다각형)이 필요하다.

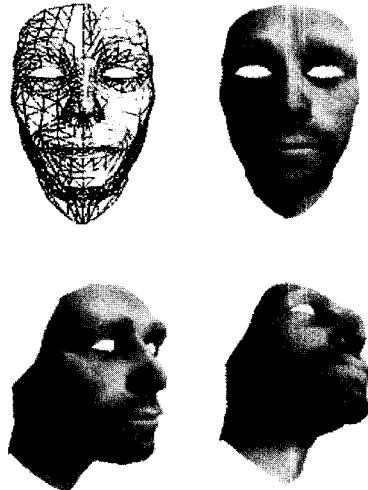


그림 1 폴리곤 메쉬로 모델링한 얼굴

이에 반해, NURBS 곡면을 이용한 얼굴 모델링은 그림 2에서 보는 것과 같이 비교적 적은 수의 제어점을 가지고 부드러운 곡면을 표현할 수 있지만 조각이 어렵고 또 치아나 주름 등과 같이 세밀한 부

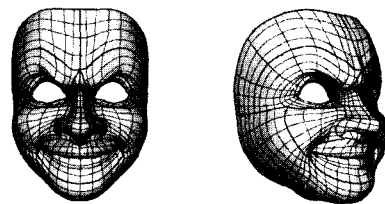


그림 2 NURBS patch를 이용한 얼굴 모델링

분을 표현하기가 쉽지 않은 단점이 있다.

인간의 얼굴을 모델링하는 것은 아마도 가장 어려운 모델링 기술 중의 하나로 얼굴 모델을 좀 더 쉽고 더 정확하게 만들 수 있도록 하기 위한 많은 방법이 시도되고 있다. 최근 얼굴 모델러 사이의 경향은 서브디비전 메쉬를 이용하는 것이다[1]. 서브디비전은 그림 3에서 보듯이, 모델러가 모델의 대략적 모양을 결정하는 폴리곤 메쉬를 생성하면 이 메쉬의 폴리곤들을 체계적인 방법을 통해 반복 분할함으로써 상세한 메쉬를 만드는 방법이다. 이 방법은 폴리곤 메쉬가 가지는 조각이 용이하다는 장점과 적은 수의 조절점으로 곡면을 표현하고 변형시킬 수 있는 NURBS의 장점도 가지고 있다고 볼 수 있다. 또한 서브디비전 메쉬는 단계적으로 표현이 가능하므로 애니메이터가 수작업으로 애니메이션을 만들 때, 원하는 단계에서 변형을 할 수 있는 잇점이 있다.

얼굴 모델러 사이에서는 “NURBS 세대와 서브디비전 세대”를 구분할 정도로 서브디비전에 의한 얼굴 모델링이 NURBS에 의한 얼굴 모델링 보다 생산성이 월등한 것으로 인식되고 있다.

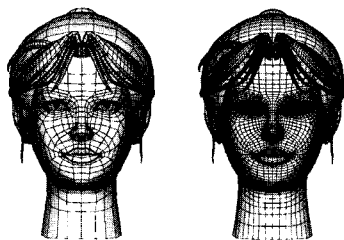


그림 3 초기 폴리곤 메쉬(좌)로부터 서브디비전 메쉬(우) 생성

지금까지 설명한 얼굴 모델들은 기본적으로 사용자가 3D 소프트웨어를 이용하여 수작업으로 생성하는 것이다. 이와는 달리 실제 인간의 얼굴로부터 얼굴 모양을 캡처함으로써 모델링하는 방법들이 있다. 이러한 방법으로는 레이저 스캐너를 이용하여 얼굴을 캡처하는 방법(그림 4 참조), 스테레오 이미지를 이용하여 3차원 데이터 획득하는 방법(그림 5 참조), 그리고 얼굴에 주사된 패턴(줄무늬)을 이용하여 3차원 데이터를 얻는 구조화 빛 기법(structured lighting) (그림 6, 7 참조) 등이 있다. 이러한 방법들은 특수한 장비를 사용하므로 비용이 드는 반면 비교적 실제에 가까운 정확한 모델을 얻을 수 있다.



그림 4 레이저 스캐너를 이용한 3차원 데이터 생성

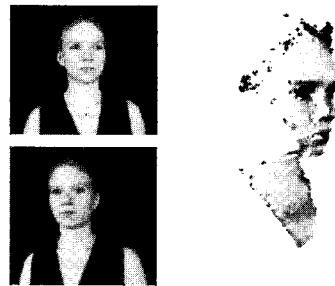


그림 5 스테레오 이미지를 이용한 3차원 데이터 생성

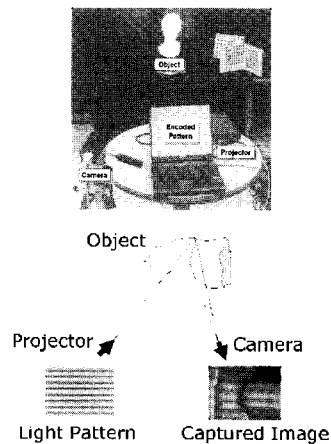


그림 6 구조화 빛 스캐닝 시스템의 구성(서강대 영상대학원 미디어공학과)

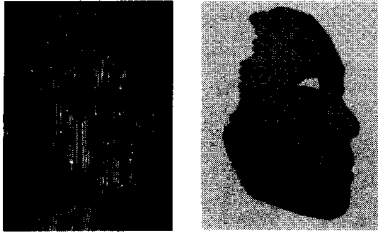


그림 7 얼굴에 주사된 줄무늬 이미지(좌)를 이용하여 얻어진 3차원 얼굴 메쉬(우)

3. 얼굴 모델의 애니메이션

얼굴 모델의 애니메이션 얼굴 애니메이션을 생성하기 위해 사용되는 기법은 키프레임 애니메이션 기법, 파라메트릭 모델 기법(근육 기반 모델 포함), 모션 캡처 기법으로 분류해 볼 수 있다. 실제로 게임이나 애니메이션 업계에서 주로 사용하는 것은 키프레임 애니메이션과 모션 캡처 애니메이션이라고 해도 과언은 아니다. 키프레임 애니메이션 기법의 경우 임의의 표정을 만들기 위해 중요한 키프레임들에 대해 얼굴 모델의 상태를 지정하고 이들 사이를 인-비트윈에 의해 보간하는 것으로 애니메이션이 생성된다.

키프레임 사이의 중간 단계를 계산하기 위해 쓰이는 가장 간단한 방법은 선형 보간법으로 전후 키프레임에서 얼굴 모델의 상태를 일정한 비율로 연결시킨다. 얼굴 모델의 애니메이션 속도가 일정치 않을 경우에는 비선형 보간법과 같은 좀더 복잡한 보간법을 사용하기도 한다. 그러나 키프레임 기법은 수작업에 의존하는 부분이 많아 제작시간이 길고 사실적인 표정 애니메이션을 생성하기가 까다롭다는 단점이 있다. 그것은 표정이나 대화시 얼굴 표면의 변화가 짧은 시간에 불연속적으로 이루어진다는 얼굴 애니메이션의 특징에 기인한다.

키프레임 얼굴 애니메이션의 생산성을 높이기 위해 사용하는 일반적인 방법은 적은 수의 제어점에 의한 얼굴 모델의 변형이다. 대부분의 3D 모델링 소프트웨어는 이러한 기능들을 제공하고 있으며 앞서 얘기했던 서브디비전 모델에 의한 변형도 이에 포함된다. 다른 변형 방법으로는 그림 8에서 보듯이 사용자가 각 제어점이 미치는 영역을 정의하고 각각의 영역 내부의 점들이 제어점으로부터 얼마

만큼의 영향을 받을지에 대해서도 결정을 해주는 방법이 있다.

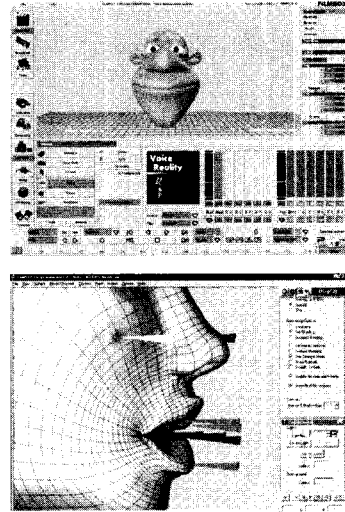


그림 8 제어점이 미치는 영역과 영향력을 결정하기 위한 인터페이스(FILMBOX) : 얼굴 모델에 임의의 조절점에 대하여 그 영역을 표시하고 그 영역 내부의 점들에 대하여 색깔로서 조절점의 영향력을 결정한다.

아직 업계에서 많이 쓰고 있는 방법은 아니지만, 서론에서 언급을 했듯이 사용자들이 보다 쉽게 얼굴 애니메이션을 제어할 수 있는 방법들이 있다. 이 방법들의 기본 아이디어는 얼굴 표정의 변화가 수십개의 파라미터들에 의해 결정된다고 가정하는 것이다[9]. 이 파라미터들의 값들과 실제 얼굴 표정간의 관계를 정확하게 파악하기 힘든 것이 이 방법의 가장 큰 문제이기는 하지만, 궁극적으로는 이런 방향으로 얼굴 모델링의 문제가 해결되어야 한다는 점에서 이 방향으로 계속 연구할 필요가 있다.

파라메트릭 모델의 근간이 되는 것이 바로 Ekman과 Friesen에 의해 제시된 Facial Action Coding System(FACS) [2]으로 이 모델은 총 66개의 Action Unit(AU)으로 얼굴 표정을 정의한다. Action Unit(AU)란 안면 근육의 변화에 의해 얼굴에 나타날 수 있는 표현들의 기본 요소로 거의 모든 표정이 하나 또는 그 이상의 AU들의 조합에 의해 표현될 수 있다(그림 9 참조).



그림 9 FACS를 이용하여 하나 이상의 AU의 조합으로 생성된 표정

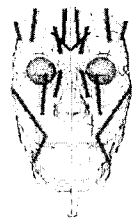


그림 10 Water의 선형 스프링 근육 모델

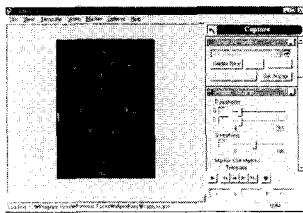


그림 11 마커를 이용한 얼굴 모션 캡처 시스템(software FAMOUS)

다른 방법으로 근육 기반(muscle based) 모델링을 이용한 접근 방식이 있는데 이것은 안면 근육 자체나 이에 해당하는 움직임의 요소를 모두 모델화하고 마치 안면 근육이 얼굴 피부에 영향을 미치는 메커니즘을 모델링 하겠다는 것이다[6,7,11,13,14](그림 10 참조). 그러나 이러한 방법은 이 메커니즘을 정확하게 모델링 하기가 어려워서 이 방법이 얼마나 성공할 수 있을지에 대한 의문이 여전히 남아 있다.

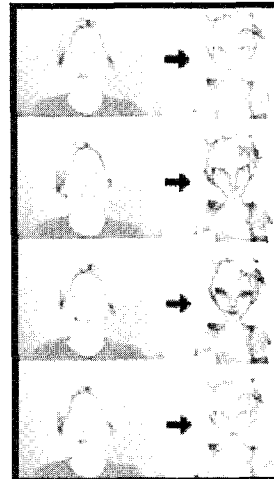
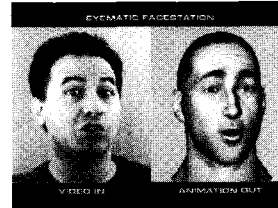
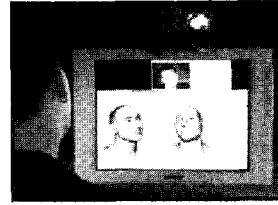


그림 12 이미지 영상으로부터 실시간 3D 캐릭터의 얼굴 애니메이션 생성하는 시스템(Eyematic 회사의 제품[4])

한편 최근에 이르러 모션 캡처 기술이 발달됨에 따라 얼굴 애니메이션에도 이를 적용하려는 시도가 있다[8,12]. 특수한 모션 캡처 장비를 이용, 배우의 얼굴에 최대 100개 전후의 마커를 부착하고 이 마커의 운동을 캡처하는 기법이 그것이다(그림 11 참조). 모션이 캡처되면 이 마커들을 모델러가 만든 얼굴 메쉬의 제어점과 연결시켜 얼굴 메쉬의 애니메이션을 생성하게 된다. 그러나 마커를 이용한 광학식 모션 캡처는 얼굴에 부착할 수 있는 마커의 수에 한계가 있어 주름 같은 섬세한 표정 데이터를 얻기 힘든 단점이 있다.

그리고 비디오 카메라 등을 이용하여 촬영된 이

미지로부터 모션을 캡춰하여 얼굴 애니메이션을 생성하는 방법도 연구 되어지고 있다[3,5,10,15]. 이 방식은 촬영된 얼굴 이미지로부터 특징점을 추출하여 매 프레임에서 특징점의 위치를 트래킹함으로써 얼굴 모션 데이터를 얻고 이 정보를 3D 얼굴 모델의 제어점에 연결시켜 애니메이션을 생성한다(그림 12 참조).

이 방법 역시 얼굴 이미지로부터 추출할 수 있는 특징점의 수는 극히 제한되어 있어 주름 같은 세부적 변화는 범프 맵과 같은 다른 방식을 적용해야 하는 문제가 있다. 최근에 컴퓨터 비전 기술의 발달로 이미지로부터 3차원 표정을 캡춰하는 기법이 나오고 있다(그림 13 참조). 이로 인해 얼굴의 매우 세밀한 표현까지 가능하게 되었다. 그러나 이러한 얼굴 데이터는 프레임간 대응관계를 알 수 있는 트래킹된 데이터가 아니어서 3D 캐릭터의 애니메이션에 바로 적용할 수 없는 문제가 있다.

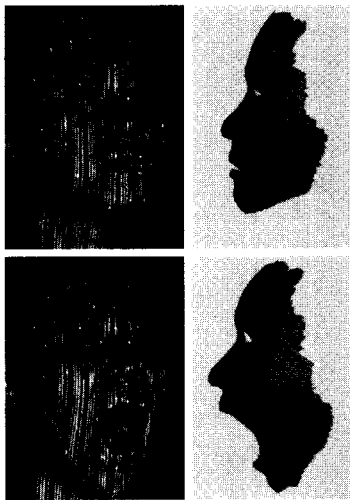


그림 13 구조화 빛 기법을 이용하여 획득한 이미지 영상(각 그림의 왼쪽)으로부터 생성한 3차원 모델의 표정(각 그림의 오른쪽)

4. 결론

지금까지 얼굴 모델링 및 애니메이션 기법을 개 관해 보았다. 몇 가지 관찰을 요약하면, 3차원 얼굴 애니메이션 기술은 기존의 방식인 키프레임 뿐만

아니라, 모션 캡처를 적용하여 보다 사실적이고 자연스러운 표정을 생성하고자 하는 방향으로 발전되고 있다. 그리고, 컴퓨터 성능의 비약적인 향상으로 향후 3D 스캔 데이터 정도의 정밀한 데이터를 실시간에 획득하고 이를 이용하여 매우 정교한 얼굴 애니메이션을 생성하는 연구들이 시도될 것으로 보인다. 그리고 신체 동작 모션 캡처 데이터에서 이루어졌던 데이터의 변형, 합성 같은 데이터 조작 기술이 얼굴 모션 데이터에도 적용하여 보다 용이하고 효과적으로 얼굴 애니메이션을 생성할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] T. Derose, M. Kass, and T. Truong. "Subdivision Surfaces in Character Animation," *SiggraphProceedings*, 1998, pp. 85-94.
- [2] P. Ekman, and W. Friesen. *Facial Action Coding System*, Consulting Psychologists Press, 1978.
- [3] I. A. Essa, S. Basu, T. Darrell, and A. Pentland, "Modeling, Tracking and Interactive Animation of Faces and Heads using Input from Video," *Proceedings of Computer Animation Conference*, Geneva, Switzerland, 1996.
- [4] Eyematic, Inc. <http://www.eyematic.com>
- [5] B. Guenter, C. Grimm, D. Wood, H. Malvar, and F. Pighin. "Making Faces," *SIGGRAPH 98 Proceedings*, 1998, 55-66.
- [6] P. Kalra, A. Mangili, N.M. Thalmann, D. Thalmann. "Simulation of Facial Muscle Actions Based on Rational Free Form Deformations," *Eurographics 1992*, vol. 11(3), 59-69.
- [7] Y. Lee, D. Terzopoulos, and K. Waters. "Realistic face modeling for animation," *Proceedings of SIGGRAPH '95*, pp. 55-62, 1995.
- [8] J.Y. Noh and Ulrich Neumann. "Expression cloning," *Proceedings of SIGGRAPH 2001*, pp. 271-288, 2001.
- [9] F. I. Parke. "Parameterized models for facial animation," *IEEE Computer Graphics and Application*, 2(9): 61-68, 1982.

- [10] F. Pighin, J. Hecker, D. Lischinski, R. Szeliski, and D.H. Salesin. "Synthesizing Realistic facial expressions from Photographs," Proceedings of SIGGRAPH 98, pp 75-84, 1998.
- [11] S. Platt and N. Badler. "Animating facial expression," Computer Graphics, 1981, vol. 15(3), 245-252.
- [12] H. Pyun, Y. Kim, W. Chae, H. Y. Kang, and S.Y. Shin. "An Example-based Approach for facial expression cloning," ACM Symposium on Computer Animation, 2003.
- [13] D. Terzopoulos and K. Waters. "Physically-based Facial Modeling, Analysis, and Animation," Journal of Visualization and Computer Animation, 1(4):73-80, 1990.
- [14] K. Waters. "A Muscle Model for Animating Three Dimensional Facial Expression," SIGGRAPH 87 Proceedings. 17-24, 1987.
- [15] Williams. "Performance-driven facial animation," Siggraph 90.

정 문 열



1980 서울대학교 공과대학 공학석사
1982 한국과학기술원 공학석사
1992 University of Pennsylvania, Ph.D.
현재 서강대 영상대학원 미디어공학과장
관심분야: facial animation & retargeting
NPR, Feature Extraction Using
Level-Set
E-mail : jung@ccs.sogang.ac.kr

● 2003 바이오정보기술연구회 추계 워크샵 ●

- 일 자 : 2003년 10월 31일 ~ 11월 1일
- 장 소 : 한국과학기술원 정문술빌딩
- 주 최 : 바이오정보기술연구회
- 문 의 처 : 사무국 한영진 과장(Tel. 02-588-9246/7)
if.kaist.ac.kr/~ksbi2003/