

가상 캐릭터 애니메이션 기술

아담소프트 박재용 · 박선영 · 박종만

1. 서론

미래형 고부가가치 문화산업으로 부각되고 있는 애니메이션 산업의 핵심기술이 되는 캐릭터 애니메이션 기술은 컴퓨터 그래픽 애니메이션 기술과 더불어 3D 캐릭터 애니메이션이라는 새로운 흐름을 만들어냈다. 키프레임 애니메이션, 동작제어 애니메이션 및 모션캡쳐 등의 기술은 3차원 애니메이션으로 제작된 캐릭터에 생명력을 불어넣었고, 그 캐릭터는 영화, 만화, 게임, 광고 및 교육 등 다양한 분야에 적용되고 있다. 또한 최근 몇 년 사이 사이버 캐릭터라는 새로운 엔터테인먼트 장르까지 개척해 신선한 바람을 불러일으키고 있다.

3D 캐릭터 애니메이션 기술은 가상과 현실의 경계를 모호하게 만드는 혁명적인 변화를 가져왔다. 2D 캐릭터가 매체 속에 머무르며 현실과 명확한 경계선을 가지고 있었다면 3D 캐릭터는 가상의 공간에서 현실로 넘나들 정도로 실제와 구분하기가 어려워졌다. 따라서 가상캐릭터(Virtual Character)는 대부분의 경우 3차원 캐릭터를 의미하게 되었다.

최근 컴퓨터 그래픽스와 가상현실 기술이 발달함에 따라 어린이들이 TV에 연결하여 즐기는 게임들도 삼차원 컴퓨터 그래픽스가 주류를 이루고 있다. 사이버 캐릭터가 속속 등장하여 가수로서, 혹은 프로그램 진행자로서 활약하고 있으며 영화에서도 컴퓨터 그래픽스는 점점 더 중요한 위치를 차지해가고 있다. 이러한 추세에서 앞으로 개발될 차세대 OS의 기본 인터페이스는 삼차원 그래픽스 혹은 가상현실을 기반으로 할 것이라고 예상되고 있다. 따라서 그러한 환경에 적합한 인터페이스의 개발이 요구되고 있다. 여러가지 인터페이스의 모습을 거쳐왔지만 역시 궁극적인 인터페이스는 인간 자체의

모습일 것이다. 따라서 좀 더 친숙한 인터페이스의 구현을 위하여 컴퓨터의 의인화를 통해 인간과 상호작용을 할 수 있는 실시간 얼굴 애니메이션 시스템(facial animation system)의 개발은 필수적이라고 하겠다. 현재 얼굴의 사실적인 애니메이션 방법에 대해서 활발한 연구가 진행되고 있다[3,4].

최초의 얼굴 애니메이션 연구는 1970년대 초반에 Frederic I. Parke에 의해서 시작되었다. 처음에 Parke는 매우 단순한 머리 모델이 눈과 입을 닫았다 열었다하는 애니메이션을 단순한 interpolation에 의한 방법으로 만들었다. 그 이후 Platt, Waters 등 여러 학자들이 연구를 시작하면서 근육 삽입방식, 모델 독립적 표정 생성 시스템, 사진에 의한 방식 등 인간의 얼굴을 효과적으로 표현하기 위한 여러가지 방법들이 연구되었다. 또 얼굴의 해부학적 구조의 정밀한 시뮬레이션을 통해 의학분야에서 수술 계획 수립 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.

2. 기술동향

2.1 하드웨어 관련 기술

지난 10여년간 컴퓨터의 속도 향상은 눈부실 정도로 증가되어 왔다. 신호처리와 영상처리 등 많은 부동소수점 연산의 필요성에 따라 상위 워크스테이션이나 슈퍼 컴퓨터에서 가지고 있었던 고급 기능들이 개인용 컴퓨터에서도 나타났고, 버스구조의 전송속도도 그래픽 보드와 같은 많은 이미지 정보의 전송 속도를 해결해주기 위해 비약적으로 발전하고 있다.

3D 가속장치 또한 매우 빠르게 발전하고 있다. 주로 게임을 위한 저가형 3D 가속기와 3D 그래픽

스 작업을 위한 전문적인 3D 가속기로 시장이 양분되어 있다. 하지만 최근들어 일반 사용자를 위한 저가형 3D 가속기가 매우 빠른 속도로 발전하여 가격은 종전과 같으면서도 성능은 전문가용을 능가하는 3D 가속기들이 속속 등장하고 있다. nVIDIA에서 출시한 GeForce 시리즈는 GPU라는 개념을 처음으로 도입하면서 기존의 3D 가속기에서 처리하던 Rendering뿐만 아니라 Lighting과 Transformation까지 하드웨어적으로 가속하여 CPU의 부담도 많이 줄이고 3D 가속 성능을 대폭적으로 향상시켰다.

3D 캐릭터의 사실적인 동작을 생성하기 위하여 배우의 동작을 직접 모션 입력장치를 이용하여 입력 받는다. 모션의 입력 방식은 크게 자기식(magnetic)과 광학식(optical)으로 나눌 수 있다. 자기식은 통상 20여개의 센서가 어떤 자기장의 소스에 대한 상대적 위치를 감지하여 각 센서당 6DOF(Degree Of Freedom - position, orientation)의 정보를 입수하는 방식이다. 이에 비해 광학식의 경우에는 각 센서의 위치정보만을 입력받을 수 있다. 자기식의 경우 지자기장 및 다른 방해 자기장이 상존하므로 모션 데이터의 외곡과 노이즈 문제가 광학식에 비해 더 많다.

또한 입력된 데이터를 모델에 그대로 적용하기 어려우므로 데이터의 보정과 가공의 측면도 중요한 문제이다. 사용해야 할 모델의 형상이 모션 입력을 받은 사람과 많이 다른 경우에도 그에 맞는 데이터의 보정이 필요하다. 최근 그러한 보정 기술이 많이 소개되고 있다.

2.2 소프트웨어 관련 기술

2.2.1 Subdivision surface

기존의 3D 캐릭터의 모델은 폴리곤의 집합체로 만들어져 있었다. 폴리곤 방식은 평면적인 다각형들의 집합이므로 부드럽고 사실적인 캐릭터를 만들기에는 부족함이 많다. 현재에는 curved surface의 방식이 보편화되어서 이전보다 매우 부드럽고 사실적인 캐릭터를 만들 수 있게 되었다. 최근까지 많이 쓰인 방식은 NURBS(Non-Uniform Rational B-spline Surface)를 이용하는 것이었다. NURBS는 폴리곤에 비해서 사실적인 곡면을 만들기에는 매우 유리하나 구조적으로 복잡한(위상학적으로

하나의 평면이 아닌) 모델을 만들기에는 적합치 않았다. 최근들어 이 모든 단점이 보완된 subdivision surface를 이용하여 캐릭터 애니메이션이 이루어지고 있다. 최초로 사용된 것은 Geris Game, Bugs life 등이 있다. 아직까지 이 기술은 컴퓨터 사양으로 인해 실시간 애니메이션에서는 사용하지 못한다는 단점이 있다. 하지만 이 기술이 기존의 모델링 방식을 대체해 나갈 것이다. 최근에는 Alias/Wavefront사의 Maya, Discreet사의 3DS MAX, Softimage사의 Softimage, NewTek사의 LightWave 등 대표적 모델링/애니메이션 툴들의 신버전에 모두 subdivision surface기능이 추가되었다.

2.2.2 Hair & Fur

머리털과 같은 사실적인 모발 및 털의 생성기술도 보편화되고 있다. 기존의 방식으로 모발과 털을 하나하나 그리는 방식은 너무나도 비효율적이고 좋은 결과를 얻기도 힘들었다. 최근 쓰이는 방식은 모발과 털을 하나하나 모델링 하지 않으면서도 매우 효율적이고도 사실적으로 그려줄 수 있다.

2.2.3 Dynamics

물리적인 사실성이 결여된 캐릭터 애니메이션은 관찰자로 하여금 매우 어색하고 비현실적인 느낌을 주게 된다. 모든 것이 물리적으로 움직이는 것에 익숙해진 사람의 눈에 조금이라도 물리적 어색함이 보이면 당장 알아볼 수 있다. 이러한 측면에서 볼 때 사실적인 캐릭터 애니메이션에서 dynamics는 매우 중요한 요소이다. 이 기술은 이미 보편화되어 많이 쓰이고 있으나 세심하게 신경써야 할 부분이 다.

2.2.4 Non-Photorealistic rendering

아무래도 컴퓨터 그래픽은 실사나 전통적인 셀 애니메이션에 비해 딱딱하고 차갑고 친근감을 주기 어렵다. 이러한 이유 중 하나가 컴퓨터 그래픽은 모든 것을 수학적으로 정의하여야 하므로 렌더링이나 모델링을 원래 의도하는 바대로 하기가 어렵다. 특히 기존의 셀 애니메이션에서의 친근감이 결여되었다.

최근 이러한 단점을 보완하기 위해서 마치 사람이 손으로 그린 듯한 방식의 rendering 기법들이 소개되고 있다. Rendering 된 결과가 마치 만화의

한 장면처럼 보이게 하거나 유화가 수채화로 그런 것 같은 효과를 줄 수 있다.

3. 개발사례 - 3차원 캐릭터 애니메이션 저작도구

본 논문에서는 개인 컴퓨터에서도 실시간에 작동할 수 있는 시스템을 구현하기 위하여 이전의 방식에서 탈피하여 직관적이고 구현하기 쉽도록 절차 및 계산을 단순화 시켰다.

우선 캐릭터 애니메이션에 사용될 캐릭터를 전통적인 방식인 3DS MAX 등의 저작도구를 이용하여 제작한 후, 이 캐릭터의 다양한 표정들을 미리 제작하여 페이스 애니메이션 데이터를 라이브러리화 한다. 이렇게 제작된 캐릭터의 움직임을 제어하기 위하여, 사전에 일반적인 동작에 대한 모션 캡처를 통하여 단순한 동작을 컨트롤 할 수 있도록 동작을 라이브러리화 한다. 눈을 뜨고 있고 입을 다물고 있는 (무표정의) 기본 얼굴이 있을 때 눈을 감은 표정모델에 의한 벡터집합과 입을 벌린 표정모델에 의한 벡터집합을 기본얼굴에 동시에 적용하여 눈을 감으면서 입을 벌린 표정을 생성할 수 있다. 이와 같은 방식으로 라이브러리화한 표정모델로부터 그것들이 합성된 새로운 표정들을 합성하며 각 표정이 합성될 때에는 각 벡터집합이 적용되는 정도를 파라미터화 한다. 적용의 정도는 0에서 1사이의 실수가 적당하나 과장된 표정 등을 위해 그 범위를 벗어나는 값도 가능하다. 예를 들어 입을 벌리는 표정의 벡터집합을 0.5 정도로 적용했을 경우에는 원래의 입을 벌리는 표정에 비해서 반 정도밖에 입을 벌리지 않으며 1.5 정도로 적용했을 경우에는 원래의 입을 벌리는 표정보다 약 반 배정도 더 크게 입을 벌리게 된다.

3.1 얼굴 피부의 변조

이무런 힘도 가하지 않은 상태(neutral)의 피부를 표현하는 벡터집합(vector set)을 S_i 라고 하자. 이 벡터집합은 얼굴 근육이 모두 이완되어 있는, 무표정 상태의 얼굴을 표현하는 벡터집합으로 사용된다. 이 피부에 두 가지의 근육 A와 B가 영향을 미칠 수 있다고 생각하자. A 근육은 수축했을 때 피부를 왼쪽으로 끌어당기고 B 근육은 피부를 위로 잡아당긴다고 가정한다. 벡터 A_i 와 B_i 는 S_i 에서 각

근육에 의해 움직여서 발생할 변위(displacement)의 정도를 가지고 있다. 여기서 A와 B를 각각 Action Unit(혹은 AU)라고 한다. S에 AU A를 a만큼 적용시킨 최종 결과를 F라 할 때,

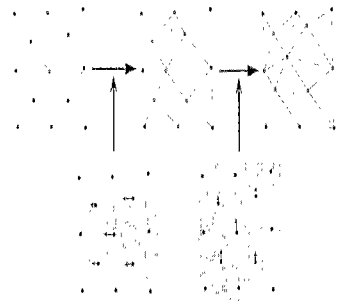
$$F_i = S_i + aA_i \quad \text{---} \quad (1)$$

가 된다. 여기에서 a는 0부터 1사이의 값을 갖는 실수이다. 이것은 AU를 대표하는 근육의 긴장 정도를 의미한다. 만약 a가 1보다 크거나 0보다 작으면 인간이 물리적으로 할 수 없는, 과장된 표정을 만들 수 있다. 만화에서 쓰일 얼굴이라면 과장된 표정도 필수적이다. 여기에 다시 AU B를 b만큼 적용시키면

$$F_i = S_i + aA_i + bB_i \quad \text{---} \quad (2)$$

가 된다. 물론 여기에 또 다른 AU C 나 D 등을 얼마든지 추가로 적용시킬 수 있다. a와 b의 조합에 따라 다양한 수축 형태 또는 표정을 연출할 수 있다.

아래 그림은 neutral 상태의 피부에 피부를 왼쪽으로 당기는 근육에 대한 벡터집합을 적용시키면 피부가 왼쪽으로 당겨지며 피부를 위로 당기는 근육에 대한 벡터집합을 적용시키면 피부가 왼쪽과 위로 당겨지는 것을 의미한다.



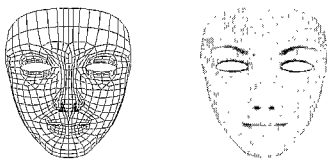
단순한 interpolation의 경우 모든 가능한 모델을 각각 만들고 그것들 사이를 interpolate 하기 때문에 충분한 표정의 종류를 만들기 위해서는 매우 많은 메모리 용량과 계산 시간을 필요하게 되므로 비효율적이다. 예를 들어 무표정 상태의 기본 얼굴에 눈을 감는 표정과 입을 벌리는 표정을 bi-linear interpolation 해서는 눈을 감으며 입을 벌리는 표정을 만들 수 없다. 그러나 AU 벡터집합을 합하면 눈을 감는 벡터집합과 입을 벌리는 벡터집합을 기

본 얼굴에 단순히 더함으로써 눈을 감고 입을 벌린 모습을 얻을 수 있으므로 근육삽입 방식과 같은 식으로 애니메이션을 수행할 수 있으며 근육 삽입 방식은 인간의 근육을 시뮬레이트하기 위하여 매우 단순한 근육 모델만을 이용하므로 복잡한 표정을 원하는 대로 표현하지 못하므로 근육삽입 방식보다 더 효율적이면서도 자연스러운 결과를 만들어낼 수 있다.

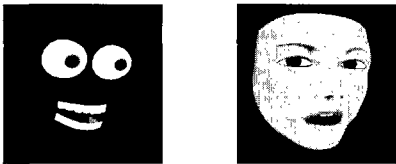
3.2 눈, 치아, 혀

눈과 입은 타인과의 상호작용에서 가장 중요한 부분으로 얼굴 피부와는 다른 방식으로 구현하였다. 파라미터 기법 기반으로 얼굴을 만드는 것과 같이 파라미터에 따라서 위치를 정하는 방식을 이용하였다. 눈의 경우에는 안구의 중심점이 얼굴 피부의 위치에 종속되기는 하지만 안구 자체의 움직임은 완전히 독립적이다. 초기 설정으로는 사용자와의 상호작용을 위해서 사용자 쪽을 바라보도록 하였다. 치아와 혀는 턱을 올리고 내리는 행위에 직결되어 있다. 후에 정의할 AU 중 몇가지는 치아와 혀의 위치에 영향을 준다.

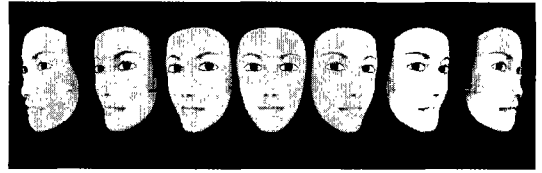
아래 그림은 기본얼굴 모델의 와이어 프레임과 텍스처 매핑된 기본얼굴을 나타낸다.



아래 그림은 피부가 없는 상태에서 눈, 치아, 혀의 위치와 모습을 나타내며 앞에서 구현한 얼굴피부에 눈과 치아 그리고 혀를 함께 위치시키면 오른쪽 그림과 같이 하나의 얼굴이 완성된다



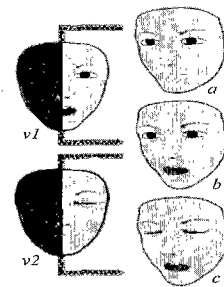
아래 그림은 완성된 얼굴을 서로 다른 각도에서 바라본 모습이다.



3.3 AU에 대한 벡터집합의 생성

일단 기본적인 방법은 다른 전문적인 삼차원 그래픽 툴에서 기본 얼굴 모델을 만들고 그것을 기본으로 삼아 각 AU의 결과에 해당하는 모델을 만드는 데, 여기서 요구되는 모델의 형태는 기본 얼굴에서 독립된 근육을 움직였을 때 나타나게 되는 얼굴의 형태이다. 이런 방법으로 각각의 AU에 해당하는 모델을 만들어 그에 따른 벡터집합을 만든다. 이들을 각각 파일로 저장해두었다가 나중에 얼굴에 적용시키면 그 표정이 생성된다.

아래 그림은 기본 얼굴모델에 입을 벌리는 벡터 집합을 더하고 눈을 감는 벡터집합을 더하여 최종적인 얼굴이 만들어지는 과정이다.



3.4 표정의 연출

기본 얼굴 모델이 여러가지 표정을 만들게 하기 위해서 입벌리기, 입꼬리 올리기 등 적절한 개수의 AU를 정의하고 그에 따른 벡터집합을 만들었다. 각각의 AU들은 서로 독립적이며 표정을 만들 때 독립적으로 합산이 된다. 이 중에 입벌리기와 같은 경우는 다른 벡터집합과는 달리 얼굴피부만 변조되는 것이 아니라 골격의 모양도 함께 변화시켜야 하며 그에 따라 치아와 혀의 위치도 함께 바뀌어야 한다. 앞에서 말했듯이 치아와 혀의 위치는 파라미터에 따라 달라지므로 입벌리기와 같은 경우 치아와 혀에 파라미터를 넘기는 방식으로 처리한다.

아래 그림은 위에서 정의한 벡터집합 중 해당하는

AU에 가중치를 적용하여 기쁨, 화남, 놀람, 줄림, 의심 등 일반적인 감정을 표현한 것이다. 좀 더 복잡한 감정표현을 하려면 더 많은 AU들이 필요하다.



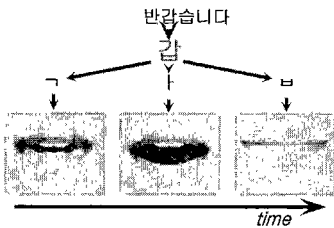
3.5 립싱크

립싱크를 위해서는 각 시간에 따른 AU들의 값이 필요하다. 한글을 예로 들어보자. 초성의 경우 입술을 완전히 붙였다가 다시 열면서 소리가 나는 것이 있고, 모두 입을 벌린 상태로 발음하는 것이 있으며 입을 다물지는 않지만 위와 아래의 치아가 근접하는 것이 있다. 또한 입천장에 혀가 닿는 것이 있고 그렇지 않은 것이 있다. 각각의 초성에 따라 입을 벌리는 정도를 정의해서 초성에 대한 처리를 한다.

중성은 각각 하나의 입모양을 대응시키면 되는 것이 있고(기본형), 입모양을 변화하며 발음해야 하는 것이 있다(복합형).

중성은 중성과 마찬가지로 대응되는 입모양을 찾아서 작업하면 되지만, 복합형의 경우 받침으로 발음되는 자음은 실제로는 복합적으로 올 수가 없기 때문에 하나의 자음으로 발음되고 나머지 성분은 그 뒤에 발음할 초성에 영향을 준다는 문제점이 있다.

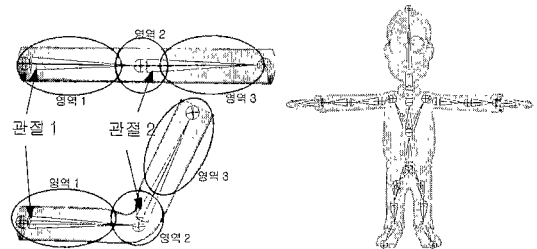
아래 그림은 한글을 발음할 때 입모양 합성의 순서를 나타낸다.



3.6 모션 생성 방식

다관절체의 움직임은 중심관절의 위치와 각 관절의 각도 변화에 따른다. 움직임이 적용되는 물체(인체 등의 다관절체)의 표면은 작은 다각형(Polygon)들로 이루어져 있다. 물체를 움직이기

위해서는 그 다각형들의 꼭지점(Vertex)들의 위치를 갱신한다. 관절처리를 하기 위해서 그림과 같이 가상의 관절을 위치시킨다. 각 꼭지점들은 위치의 갱신을 위하여 각각 관절의 움직임에 어느 정도 영향을 받을 것인지를 결정한다. (각 꼭지점들은 각 관절에 대한 영향력을 받은 정도가 0에서 1사이의 값으로 결정된다. 그림에서 영역 1에 포함된 꼭지점들은 관절 1에 1정도의 영향력을 받게 되며 영역 2는 관절 1에 0.5, 관절 2에 0.5 정도의 영향력을 받으며 영역 3은 관절 2에 1 정도의 영향력을 받게 하였을 때 관절 2를 움직여 위와 같이 관절처리가 된다. 인체와 같이 부드러운 관절처리를 위해서는 영역 1,2,3이 명확한 구분이 없이 부드럽게 이어져야 한다.) 같은 방법으로 인간형 모델의 관절처리를 수행할 수 있다.



4. 결론

3차원 캐릭터를 이용한 애니메이션 제작은 전통적으로 그래픽 개발자에 의하여 애니메이션의 각 프레임을 수작업을 통하여 프레임별로 작업을 진행하거나 재사용이 불가능한 모션 캡처를 이용해왔다. 즉, 제작시간이 상당히 길고 비용 또한 천문학적으로 올라갔으며 음성출력까지 지원해야 하는 경우에는 영상과 음성을 합성하는 추가작업이 필요했다. 기존에 이러한 애니메이션을 제작하기 위한 소프트웨어로는 일반적으로 Discreet사의 3DS MAX나 Alias/Wavefront 사의 MAYA 등이 쓰였다. 이는 전문적인 그래픽 작업자를 위한 솔루션으로 일반적인 사용자가 제작하기에는 너무 복잡하고 다양한 기능을 가지고 있었으며 애니메이션 제작의 상당한 부분이 수작업으로 진행되었고 약간의 시나리오 변경이 있어도 이전의 작업물을 재사용하지 못한다는 문제점이 있다. 프로그램을 작성할 수 있는 환경을 제공한다.

3차원 캐릭터 애니메이션의 활성화를 위해 한

번 받은 모션 캡처의 재사용이 가능하며, 사용법이 간단하여 전문지식이 없는 일반인도 쉽게 사용할 수 있고 음성생성은 물론 캐릭터의 립싱크도 지원하는 소프트웨어가 필요한 실정이다.

실시간 얼굴 애니메이션 시스템 기술이 곧바로 적용될 수 있는 것은 사용자를 대신하여 사이버공간을 누비게 될 아바타(avatar)의 구현이다. 또한 앞으로 화상통신이 대중화되면 자동 응답 시스템을 이용할 경우 자동응답 시스템의 얼굴은 실시간 얼굴 애니메이션 시스템으로 제작된 얼굴이어야 할 것이다. 다시 말해서 현재 텍스트나 음성으로만 존재하는 모든 종류의 인간을 상대하는 시스템은 그 자신의 얼굴을 갖게 될 것이다. 이를 위하여 인공지능이 가미된 상호작용식 실시간 얼굴 애니메이션 시스템의 개발을 서둘러야 할 것이다.

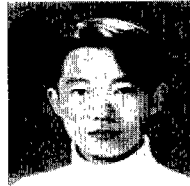
참고문헌

- [1] 김용순, 김영수, 3차원 캐릭터 애니메이션 기술 및 시장동향, 소프트웨어 기술동향, 시스템 공학 연구소, Vol 2, pp 48~77, 1998. 3.
- [2] Parke, Frederic and Keith Waters, Computer Facial Animation, A. K. Peters, 1996.
- [3] Terzopoulos. D., B. Mones-Hattal, B. Hofer, F. Parke, D. Sweetland and K. Waters, "Facial Animation : Past, Present and Future" (Panel), Computer Graphics Proceedings, ACM SIGGRAPH, 1997.
- [4] Pighin, Frederic, J. Hecker, D. Lischinski, R. Szeliski and D. H. Salesin, "Synthesizing Realistic Facial Expressions from Photographs", Computer Graphics, 1998.
- [5] Waters, Keith "A Muscle Model for Animating Three-Dimensional Facial

Expression", Computer Graphics Proceedings, ACM SIGGRAPH, 1987.

- [6] Jae Young Park, Seung Soo Park, "An Efficient Visualization Method for Generating Facial Expression for a User Interface Agent", ICCS/JCSS '99, 1999.

박재웅



1999 서강대학교 물리학과(학사)
 1999~현재 (주)아담소프트 제작중
 2000~현재 한국과학기술원 전산학과 석사과정
 관심분야: 3D 그래픽스, 가상현실, 인공지능
 E-mail: daniel@adamsoft.com

박선영



1998 이화여자대학교 컴퓨터학과(학사)
 2000 이화여자대학교 컴퓨터학과(석사)
 1999~현재 (주)아담소프트 제작중
 관심분야: 3D 그래픽스, 인공지능, HCI
 E-mail: nana.park@adamsoft.com

박종만



1989 서강대학교 생물학과(학사)
 1992 한국과학기술원 생물공학(석사)
 1996~현재 (주)아담소프트 대표이사
 1998~현재 한국컴퓨터그래픽스학회 이사
 1999~현재 한국가상현실협회 이사
 2000~현재 한국첨단게임산업협회 부회장
 관심분야: 3D 그래픽스, 가상현실, 인공지능
 E-mail: jmpark@adamsoft.com