

래티스 웨이트 변환을 통한 효과적인 3D 캐릭터 스킨 웨이트 솔루션 제안

- I. 서론
 - II. 본론
 - 1. 리깅(Rigging)에 대한 기술적 고찰
 - 2. 문제점 도출
 - 3. 실험연구
 - 4. 개발 툴에 대한 검증
 - III. 결론 및 제언
- 참고문헌
ABSTRACT

송박음, 이현석*

초 록

게임 및 영화산업의 급속한 확장에 따라 CG(Computer Graphic)로 구현되는 3D 애니메이션 캐릭터에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 삼차원으로 제작되는 캐릭터의 사실적인 움직임을 구현하기 위해서는 뼈와 폴리곤 면을 합쳐주는 리깅(Rigging) 작업과정을 거치게 된다. CG 관련 기술의 급속한 발전에 따라 리깅 작업 과정 또한 보다 정교해지고 있다. 하지만, 기술적인 발전에도 불구하고 여전히 리깅 작업 과정에서 시간적 비효율성, 단순 반복 작업 등의 한계점을 보이고 있다. 본 연구에서는 기존에 사용되는 캐릭터 리깅 방법의 문제점과 비효율성을 분석하고, 보다 효과적인 솔루션을 제안하고자 한다. 이를 위한 연구의 전개는 첫째, 리깅에 대한 일반적 작업과정과 스킨 웨이팅(Skin Weighting)에 대해 기술적 고찰을 하였다. 둘째, 기존 조인트(Joint)만 활용하여 스킨 웨이트(Skin Weight)를 하는 일반적 방법과 여기서 한 단계 발전된 방식으로 다양한 디포머(Deformer)를 활용한 웨이팅 방식을 비교 분석하였다. 셋째, 본 연구에서 제안하는 방법으로써, 디포머인 래티스(Lattice)를 활용하여 웨이팅하고 래티스를 사용한 디포머를 다시 스킨 웨이팅으로 변환하는 방법에 대해 실험연구를 진행한다. 넷째, 기존 방법과 본 연구에서 제안하는 방법에 대해 첫째, 웨이팅을 통해 형성된 지오메트리(Geometry)가 애니메이션의 순차적 움직임에 적절한 형태로 바뀌는지, 둘째, 두 개 이상의 지오메트리가 동시에 효과적으로 웨이팅이 되는지, 셋째, 효율적인 웨이팅 과정을 통한 작업시간의 단축이 이루어지는지를 중심으로 비교 분석하여, 본 연구에서 제시하는 스킨 웨이팅 방법의 효율성에 대해 검증한다. 본 연구를 통해 래티스를 활용한 스킨 웨이팅 작업 진행 결과, 웨이팅 작업과정의 핵심인 페인트 웨이트(Paint weight) 작업이 매우 효율적으로 진행되었으며, 작업시간의 단축 효과와 더불어 작업 결과물의 완성도도 매우 높음을 알 수 있었다. 본 실험연구를 통해 보다 효율적인 캐릭터 스킨 웨이트 방법에 관련 분야 전문가와 학술적 접근에 있어서 기초 자료로 활용되기를 기대한다.

주제어 : 스킨 웨이트, 디포머, 지오메트리, 웨이팅, 스킨, 래티스, 조인트

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

3D 풀 애니메이션의 세계적인 수요의 증가에 따라 애니메이션 영화의 제작이 크게 늘고 있으며, 이에 따라 3D 캐릭터의 사실적인 움직임 구현이 중요한 CG 기술의 중요한 부분으로 인식되고 있다. 백철호(2007)는 “3D 컴퓨터 애니메이션의 고전주의적 표현은 <Final Fantasy> <Happy Feet> 등의 영화를 통해 실사를 능가하는 그래픽 효과의 가능성”을 보여주었다고 언급하였다.¹⁾ 본 연구에서는 캐릭터에 움직임을 주는 애니메이션 단계를 위한 캐릭터 스킨 웨이트에 관한 연구로써, 기존의 방법에서 벗어나 디포머를 이용한 스킨 웨이트 방식을 제안하고 검증하고자 한다. 디포머란 사전적 의미로는 ‘변형시키다’의 뜻이지만 3D 그래픽에서의 디포머란 지오메트리를 애니메이션(동작 구현 시) 또는 모델링(형태 변형 시)을 효과적으로 조작하기 위한 보조적 장치에 해당 된다²⁾. 디포머를 이용한 스킨 웨이트 과정은 작업자가 의도하는 형태나 모양(shape)으로 보다 쉽게 변형이 가능하며, 이것을 응용하면 프레임(frame)에 따라 모양이 연속적으로 변하는 애니메이션으로도 응용 활용할 수 있다. 하지만 다양한 디포머를 활용하여 애니메이션을 제작하다 보면 복잡해지고 관리가 힘들어진다. 활용성이 높은 디포머의 장점을 잘 활용하면서도 단점이 되는 복잡하고 관리가 힘든 부분과 연산 속도 저하의 문제들을 효과적으로 처리할 수 있는 방법을 실험연구를 통해 제시하고자 한다. 이를 통해 웨이팅 칠하는 작업시간의 단축과 웨이팅에 따른 완성도 높은 지오메트리의 형태 구현 그리고, 두 개 이상의 지오메트리를 동시에 웨이팅 작업으로 연계시킬 수 있다. 이러한 기능을 손쉽게 활용할 수 있도록 GUI(Graphic User

1) 백철호, “극장판 3D 컴퓨터 애니메이션 발전과 인력 이동의 연관성 연구”, 『디지털디자인학연구』, Vol.7, No.3(2007, 7), p.242.

2) <http://www.arch.cuhk.edu.hk/server1/staff1/marcaure1/desc9019/tutorials/Readings/mayaDocs/Deformers.pdf>

Interface)를 제작하여 그 효율성을 검증하고자 한다.

2. 연구방법 및 범위

본 연구의 범위는 3D 디지털 캐릭터 스킨닝 웨이트에 관한 것이다. 이에 따른 연구 방법은 첫째, 리깅 작업에 해당하는 스킨닝(Skinning)과 웨이팅(Weighting) 그리고, 래티스를 중심으로 하는 디포머에 대해 기술적 측면에서 고찰한다. 둘째, 앞선 선행 연구를 바탕으로 기존의 조인트 스킨 웨이팅에 대한 문제점을 도출한다. 셋째, 제기한 문제점을 해결하기 위해 본 연구자가 래티스를 활용한 스킨 웨이트 변환의 방식을 실험연구를 통해 진행한다. 넷째, 제안한 방식에 대해 세 가지 측면, 웨이팅이 적용된 지오메트리 형태의 완성도, 작업 시간에 대해 기존 방식과 제안한 방식에 대한 비교, 그리고, 분리된 모델링에 래티스를 적용하여 동시에 웨이팅을 적용하는 것에 대해 검증한다.

II. 본론

1. 리깅(Rigging)에 대한 기술적 고찰

1) 애니메이션 작업순서

리깅은 애니메이션 전체 작업 중 메인 프로덕션(Main-production)에 해당하는 작업이다. 애니메이션의 작업과정은 일반적으로 세 단계로 나뉘게 된다. 첫 번째 단계는 프리 프로덕션(Pre-Production) 파트로 스토리보드와 캐릭터 및 배경 디자인 등 전체 작업의 기획에 해당된다. 두 번째 단계는 메인 프로덕션 파트로 디자인된 캐릭터를 삼차원으로 모델링하고, 텍스처 소스를 제작하여 모델링에 입히는 작업이다. 이어서, 만들어진 폴리곤 캐릭터의 구조에 맞게 뼈를 제작하여 폴리곤 면을 스무드 바인딩(Smooth binding)을 통해 합쳐준다. 이 작업을 리깅이라 하며, 리깅 후 실제 폴리곤 면을 구성하는 여러 개의 점들을 조인트에 귀속시키는 작업을 스킨 웨이팅이라 한다. 본 작업이 잘 이루어져야 캐릭터 애니메이션에서 움직임의 줄 때 자연스

러운 동작이 구현된다. 그리고, 세 번째 파트는 포스트 프로덕션 (Post-Production)으로써 VFX와 Lighting 효과 그리고, 편집, 합성으로 구성된다. 이러한 작업 흐름도를 요약하면 다음과 같다.

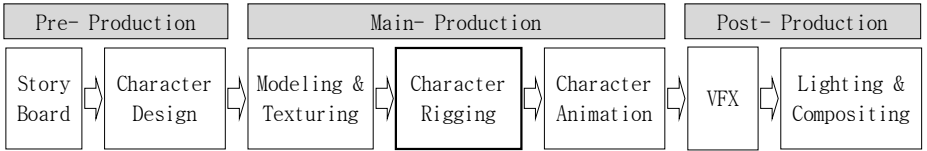
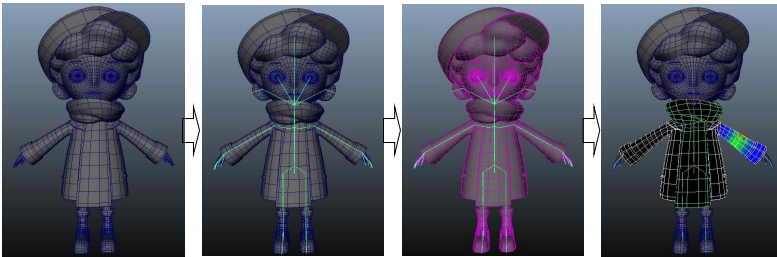


그림 1. <일반적 애니메이션 작업 순서>³⁾

2) 스킨닝(Skinning)과 웨이팅(Weighting)

장태수(2007)는 리깅에 대해 ‘(리깅의) 기본적인 과정은 조인트로 이루어진 스켈레톤을 만들어 모델과 bind 한 후, skin weight를 조절하고, 스켈레톤을 조절하는 컨트롤러(controller)를 만드는 것이다.’⁴⁾라고 하였으며, 김용관(2008)은 리깅 작업에 대해 ‘캐릭터의 성격과 활동에 부합하는 뼈대 구조를 직접 제작해야 하고, 그러한 뼈대구조를 효율적으로 컨트롤 할 수 있는 Rig를 만들어 내야 한다’라고 언급하였다.⁵⁾



<1단계>

<2단계>

<3단계>

<4단계>

그림 2. <리깅의 4단계 : ①완성된 폴리곤 지오메트리, ②조인트 심기, ③Smooth Bind, ④Paint Skin Weight>

- 3) 김상돈, 이현석, “모델링 공정 연계 시스템을 통한 효율적 폴리곤 모델링 기법에 대한 탐구”, 『만화애니메이션연구』, 통권 제37호(2014), p.150.
- 4) 장태수, 인체 골격계에 기반한 캐릭터 애니메이션 리깅, 한국과학기술원 문화기술대학원 석사학위논문(2007), p.10
- 5) 김용관, “3D 애니메이션 캐릭터의 Animation Rigging system에 관한 연구”, 『애니메이션 연구』, Vol.,No.1(2008, 6), p.27.

리깅 작업은 캐릭터에 움직임을 주기 위한 준비단계이며, 이에 따라 사람의 인체와 유사한 구조의 뼈대를 캐릭터 모델링에 심고 모델링을 구성하는 지오메트리와 합쳐주는 과정이다. 일반적인 리깅 작업의 순서는 완성된 폴리곤 지오메트리의 회전과 움직임이 있는 부분에 조인트를 심고, 조인트와 지오메트리를 함께 선택하여 스무드 바인드를 적용하여 지오메트리가 조인트에 귀속되게 하는 과정이다. 마지막으로, 페인트 스킨 웨이트로써 움직임이 자연스럽게 구현이 되도록 웨이팅 값을 조절하여 형태를 수정 및 보완하는 단계로 구성된다. 3D 캐릭터가 지오메트리인 경우를 들어 작업순서를 설명하면 <그림 2>와 같다.

페인트 스킨 웨이트 시 주의해야 할 점으로 첫째, 점층적 웨이팅 구조, 둘째, 고르지 못한 웨이팅, 셋째, 불필요한 웨이트, 넷째, 다양한 각도에서의 실효성 등이 있다. 웨이팅의 값이 모델링의 형태에 맞게 점층적으로 분배되어야 하며, 면의 뒤틀어짐에도 웨이팅이 고르게 적용되어야 한다. 또한, 불필요한 웨이팅 값은 없애야 하며 다양한 각도에서 지오메트리 형태가 어색함이 없는지 확인해야 한다. 캐릭터 스킨이라는 지오메트리를 조인트에 종속시켜 애니메이션 작업 시 조인트를 따라 같이 움직이는 작업이다. 지오메트리의 디폼을 잘 구현하기 위해서는 각 조인트의 영향을 받는 스킨된 지오메트리를 수정 보완해야 한다⁶⁾. 3D 캐릭터를 움직이는 애니메이션을 위한 전 단계인 스킨 작업은 Maya, 3ds Max, 모션 빌더(Motion builder) 등의 3D CG 소프트웨어에서 널리 사용되고 있다. 지오메트리를 조인트에 종속시키는 스킨의 원리는 캐릭터의 다양한 관절의 움직임뿐만 아니라 표정, 관절 없는 움직임, 헤어(머리카락) 등에도 활용 가능하여 다양한 애니메이션 작업에 응용되고 있다. 스킨 후 페인트 웨이팅 작업으로 연계되는데, 페인트 웨이팅이란 조인트와 스킨한 지오메트리가 움직임을 주었을 경우 보다 자연스러운 형태를 이루도록 수정 보완하는 작업이다. 웨이팅이란 폴리곤 면을 이루는

6) Guidon, Marc-Andre, 『Autodesk Maya Techniques』, Autodesk, Inc., 2008, p.136.

각각의 버텍스를 특정 조인트에 종속시키는 작업이다⁷⁾. 이에 따라, 스키닝 후 웨이팅 작업에 따라 폴리곤 면의 접히는 부분에 대한 결과가 매우 다르게 나올 수 있다. 웨이팅 값은 관절로 인해 폴리곤이 접히는 부분에서 캐릭터의 특성에 맞게 연체동물처럼 부드럽게 접히거나 또는 로봇처럼 딱딱하게 접히도록 작업해야 한다.

시간이 많이 소모되는 단순 스키닝 작업에 대한 새로운 기술이 발전되고 있다. 예를 들어, 마야 2013년에는 히트맵(Heatmap). 마야 2015에서는 Geodesic Voxel(복셀 방식)의 기능이 추가되어 단순 반복 웨이팅 작업을 빠르게 진행할 수 있다. 하지만, 웨이팅 작업을 자동적으로 하기에는 많은 문제점과 한계가 있다. 위에서 언급한 것과 같이 웨이팅은 캐릭터의 특성에 따라 조절해야 하므로 히트맵. 과 Geodesic Voxel 등 새로운 기능을 이용한 작업에는 시간을 단축시킬 수 있으나 기술적 완성도에서 여전히 한계점이 있음을 알 수 있다.

3) 스키닝과 디포머의 사용

스키닝 작업의 대상이 되는 폴리곤 모델의 면에는 여러 개의 버텍스(vertex)가 있으며, 각 버텍스는 스키닝을 위한 웨이팅 값들이 내재되어 있다. 조인트를 움직이면, 버텍스가 귀속된 비율만큼 종속되어 따라 움직이게 된다. 예를 들어, 하나의 버텍스에 조인트 1의 웨이트 값을 100 퍼센트 지정하면 버텍스는 조인트 1을 100 퍼센트 따라간다. 하지만, 하나의 버텍스에 조인트 1의 웨이트 값을 80 퍼센트 그리고, 조인트 2에 20 퍼센트를 지정해 주면, 그 버텍스는 조인트 1 움직임에 80 퍼센트만 따라가고 나머지 20 퍼센트의 움직임은 조인트 2를 따라간다.

7) Guidon, Marc-Andre, 앞의 책, p.138.

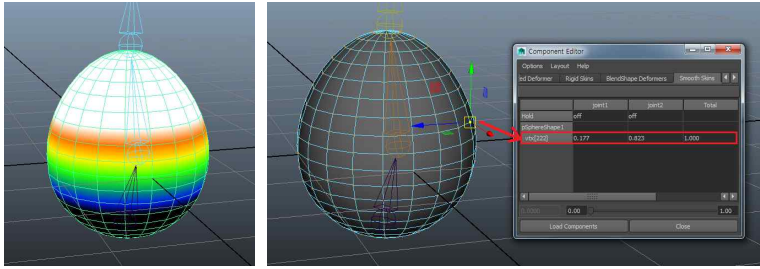


그림 3. <조인트와 지오메트리 스킨 상태>(좌), <Vertex당 조인트 웨이팅 비율 분배 작업 창>(우).

<그림 3>(우)를 보면 vtx[222](222번째 버텍스)가 조인트 1을 17.7 퍼센트 따라 움직이고, 조인트 2를 82.3 퍼센트로 분배하였다. 스무드 바인드 세팅에서 노멀라이즈 웨이트(Normalize weights)을 인터랙티브(Interactive)으로 설정하였으므로 항상 웨이팅의 총합(Total)은 1이 된다. 공식은 다음과 같다. 'w1 + w2 + ... + wn = 1.0' 이런 작업 방식으로 하나의 버텍스에 하나 이상의 조인트 웨이트 값들과 연계되며, 자연스러운 동작을 위하여 웨이팅을 작업할 시 버텍스 당 다수의 조인트 웨이트 값들을 나눠 가지면 스킨링 웨이트 작업이 복잡해진다.

2. 문제점 도출

1) 조인트를 이용한 스킨링 작업과 래티스를 이용한 스킨링 작업의 비교

조인트를 이용한 스킨링 작업과 래티스를 이용한 스킨링 작업의 차이점을 비교하기 위해 두 가지 방법을 이용하여 스킨링을 진행하였다. <그림 3>(좌)의 Sphere를 <그림 3>(우)처럼 모양을 변형시키기 위해 3D 그래픽 소프트웨어 마야 내에서 조인트를 이용한 스킨 웨이트를 하였다. <그림 3>(중)에서처럼 특정 조인트를 올렸을 시에 자연스럽게 면이 따라가며 변형되기 위해서는 위에서 언급한 방식으로 웨이팅을 작업해야 한다. 버텍스에 웨이팅

칠할 시 각 조인트에 웨이트 값을 잘 분배해서 할당해 줘야 한다.

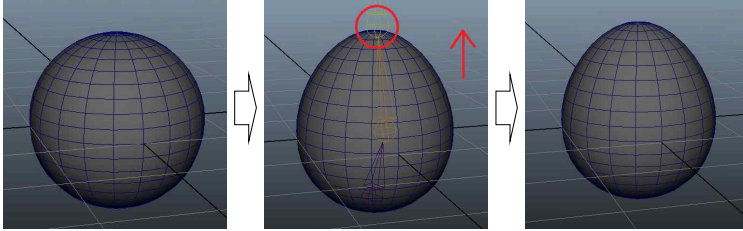


그림 3. <스피어 폴리곤 지오메트리>(좌), <조인트 스키닝>(중), <조인트를 이용한 폴리곤의 변형>(우).

이번에는 래티스를 활용한 스키닝을 통해 스피어를 <그림 4> (우)와 같이 변형시킨다. 래티스를 활용하여 변형시킨 결과물은 <그림 4>(중)과 같이 특정 래티스 포인트(Lattice point)를 움직여 스킨 웨이트로 도출된 결과 값을 조인트 스키닝 처럼 구현한다. <그림 3>과 같이 조인트 스키닝을 통한 웨이트 작업 시 총 241개의 버텍스 웨이팅 값을 수정하여 <그림 4>(우)와 같은 결과 값이 나오지만, 래티스를 활용했을 때에는 총 4개의 래티스 포인트만 수정하여 동일한 결과 값을 <그림 4>(우)와 같이 도출해낸다. 복잡한 버텍스들의 웨이팅 값들을 래티스 포인트의 지오메트리의 버텍스에 대한 영향을 통해 단순화시킨다. 이는, 폴리곤 지오메트리의 수많은 버텍스들을 직접 웨이팅 작업하는 것보다 래티스를 활용하여 적은 수의 래티스 포인트의 웨이팅 값들만 작업 하면서 동일한 효과를 낼 수 있음을 알 수 있다.

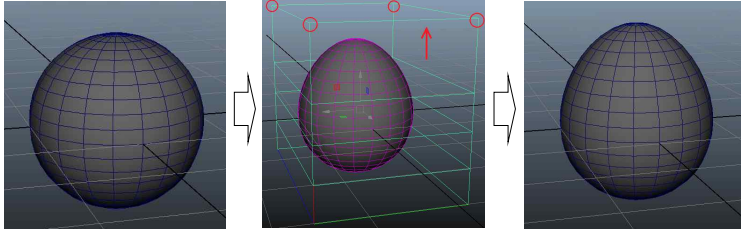


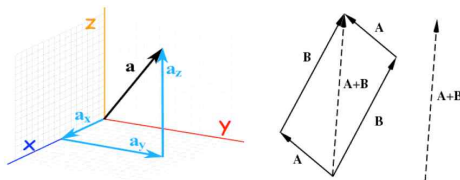
그림 4. 스피어 폴리곤 지오메트리(좌), 래티스를 이용한 웨이팅(중), 래티스를 이용한 폴리곤의 변형(우).

2) 문제점 도출

래티스를 활용한 웨이팅은 조인트 스킨 웨이팅보다 단순화된 효과적인 작업이 가능하다. 하지만 사람 캐릭터인 경우 폴리곤 지오메트리의 구성도 복잡하고 각 관절마다 움직임이 많아 래티스를 활용하기가 쉽지 않다. 팔, 다리, 손가락 등 각 관절마다 래티스를 적용해야 하는데, 래티스가 많아지면, 복잡해지고 관리하기가 힘들어지는 한계점이 있다. 이에, 기존 웨이팅 제작 방식의 문제점을 해결하기 위해 첫째, 불필요한 단순 반복 작업을 자동으로 처리, 둘째, 과도한 작업 시간을 줄이고, 셋째, 빠른 시간 내에 다양한 test가 가능하도록 툴 개발을 제안하고자 한다.

3. 실험연구

1) 래티스 웨이트 변환



For $\vec{A} = [a_1, a_2, \dots, a_n]$, and $\vec{B} = [b_1, b_2, \dots, b_n]$:

$$\vec{A} + \vec{B} = \sum_{i=1}^n \vec{a}_i + b_i = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, \dots, a_n + b_n)$$

그림 5. <각 벡터의 거리 값 측정 방식>8).

8) <https://www.mathsisfun.com/algebra/images/vector-3d.gif>

앞선 문제점을 해결하기 위해 래티스를 활용한 스키닝에 웨이트 값을 추출하여 다시 스킨 웨이트로 변환하고자 한다. 이는, 래티스를 적용한 빠른 웨이팅 작업 후 그 값을 다시 스킨 웨이팅에 적용시키는 방식에 대해 접근하였다. 본 제안 방법을 위해 래티스로 변형된 각 버텍스의 움직임들을 파악하고 각 버텍스가 움직인 거리 값들을 추출하여 스킨 웨이팅에서 각 조인트 웨이팅에 동일하게 이동한 거리 값 비율을 다시 적용하는 방식으로 제작한다. 이로써 웨이팅 값에 래티스로 이동한 변형된 거리 값들을 그대로 스킨 웨이트에 적용을 시킨다. 각 버텍스의 거리 값을 알아야 하는데 거리 값은 움직이기 전의 점의 위치와 움직인 후 점의 위치 좌표를 받아 벡터의 크기(스칼라 거리)값을 받는 방식으로 적용한다. 시작점부터 움직인 거리만큼의 점의 벡터 길이를 계산하면 다음과 같다.

$$\|\mathbf{a}\| = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2}$$

$$\text{length} = \sqrt{(Ax^2) + (Ay^2) + (Az^2)}$$

파이썬 스크립트(python script)로 표현하면
`distance= math.sqrt(pow(Ax,2)+pow(Ay,2)+pow(Az,2))` 이다.

하지만 최초 점의 위치가 원점에 있는 것이 아니기에 움직인 거리 값을 추출하기 위해서는 움직인 위치 좌표에서 움직이기 전의 좌표를 빼주어 총 움직인 거리 값을 계산한다. 최초 좌표가 (a1, a2, a3)이고, 최종 움직인 좌표가 (a4, a5, a6)라고 가정할 때 파이썬으로 표현하면 아래와 같다.

```
lDifference= [a4-a1, a5-a2, a6-a3]
distance=
math.sqrt(pow(lDifference[0],2)+pow(lDifference[1],2)+pow(lDifference[2],2))
```

2) 스킨 웨이트 변환을 위한 명령어 창 만들기

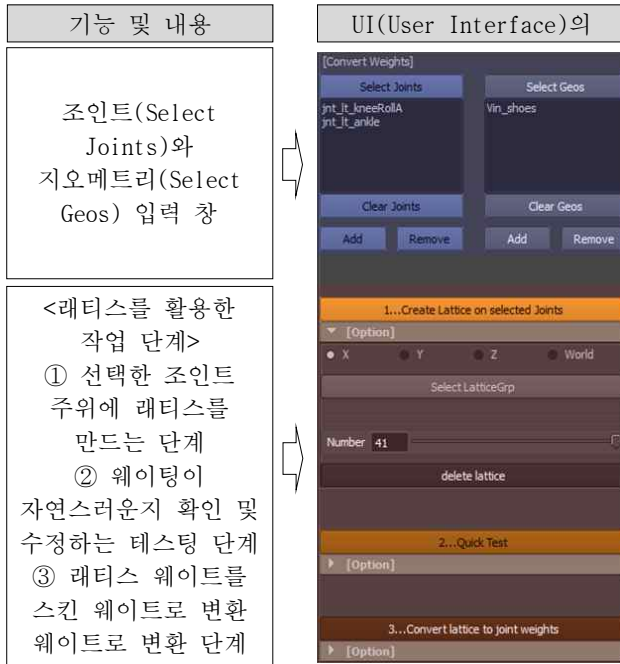


그림 6. <스킨 웨이트 변환을 위한 GUI:조인트와 지오메트리를 입력하는 창(상), 래티스를 활용한 작업 단계(하)>

래티스를 적용한 모델링에 웨이트 값을 추출한 후 다시 스킨 웨이트로 변환하는 방법을 제시하였다. 마야 소프트웨어 내에서 스크립트 언어(Python)를 이용하여 개발한 플러그인 툴로써 그래픽 유저 인터페이스(GUI)를 생성한다. 툴의 사용 목적은 리깅 작업 시 웨이팅을 효과적으로 적용하기 위함이다. GUI의 구성은 첫째, <그림 6>(상)과 같이 조인트와 지오메트리를 입력하는 창과 둘째, <그림 6>(하)와 같이 래티스를 활용한 작업의 실행단계에 해당하는 창으로 구성된다. 첫 번째 조인트와 지오메트리를 입력하는 창은 스킨 웨이팅 작업이 힘든 지오메트리와 그 영향을 받는 조인트를 넣어주는 창이다. 사용자가 실수로 다른 속성 노드

를 넣는 것을 고려해 조인트 칸(Select Joints)은 조인트만 그리고 지오메트리 칸(Select Geos)은 지오메트리만 들어가게 설정하였다. 조인트만 입력이 되도록 설정하는 스크립트 명령어는 아래와 같다.

```
lSel=cmds.ls(sl=1, type="joint");
cmds.textScrollList("selectJoints_convertWeightsTSL",
e=1, ra=1);
[cmds.textScrollList("selectJoints_convertWeightsTSL",
e=1, a=sel) for sel in lSel]
```

지오메트리만 기입이 되도록 명령하는 스크립트는 아래와 같다.

```
lSel=cmds.filterExpand(cmds.ls(sl=1), sm=(12,31));
cmds.textScrollList("selectGeos_convertWeightsTSL",
e=1, ra=1);
[cmds.textScrollList("selectGeos_convertWeightsTSL",
e=1, a=sel) for sel in lSel]
```

두 번째 래티스를 활용한 작업 단계는 3단계로 구성된다. 첫 번째 단계는 기입한 조인트 위치에 래티스를 만들어주어 지오메트리 형태를 변형 가능하도록 한다. 두 번째 단계는 래티스로 연결된 지오메트리가 잘 변형이 되는지 확인하는 단계이며, 문제가 있으면 래티스 웨이트 값을 변형하여 수정 및 보완할 수 있다. 세 번째 단계는 최종적으로 래티스로 인한 지오메트리 변형이 잘 이루어지면 래티스 웨이팅 값을 추출하여 근처에 있는 조인트에 웨이팅 값을 적용하는 작업을 한다. 마지막으로, 활용했던 래티스는 더 이상 필요 없으므로 지워주는 작업까지 실행한다.

3) 래티스를 이용한 스키닝 작업 단계

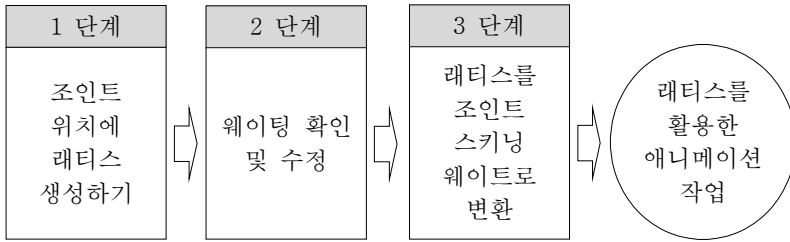


그림 7. <래티스를 이용한 지오메트리와 조인트를 스킨 웨이트하는 과정>

래티스를 이용하여 지오메트리와 조인트를 스킨 웨이트하는 방법은 첫째, 조인트 위치에 래티스 만들기, 둘째, 웨이팅 확인 및 수정, 셋째, 래티스를 조인트 스킨 웨이트로 변환으로 크게 3단계로 전개된다. 그 과정을 요약하면 아래 <그림 7>과 같다. 첫 단계는 웨이팅 할 조인트 위치에 래티스를 만들어 주는 단계이다. 래티스를 지오메트리 변형 없이 조인트 위치에 옮기기 위해서 래티스와 래티스 베이스(LatticeBase)를 동시에 그룹을 지어 움직여야 한다. 파이썬 스크립트 `commonParent(cp)`를 활용하여 래티스와 래티스 베이스를 동시에 그룹을 지어 주었다. 이를 위한 명령어는 다음과 같다.

```
#create lattice and group
lLat=cmds.lattice(lGeos, divisions=[2,2,2], cp=1,
objectCentered=1, ldv=(2,2,2), n='lattice_'+lJnts[1])
```

두 번째는 래티스를 조인트 스킨 웨이트 값으로 변환하기 이전에, 래티스로 변형된 결과 값이 잘 나왔는지 확인하고 수정하는 단계이다. 래티스가 조인트 회전과 움직임에 종속이 되게 연결해 주고 지오메트리 또한 래티스에 종속시켜 따라 움직일 수 있도록 설정한다. 조인트를 움직여보면 래티스와 연결된 지오메트리가

변형이 되는데 부자연스럽거나 문제가 있으면 래티스 포인트의 웨이팅 값으로 원하는 형태가 나올 때까지 수정한다. 조인트로 회전시 지오메트리가 만족할 만한 형태가 나오면 다음 단계로 넘어간다.

세 번째 단계는 래티스를 조인트 스킨 웨이트로 변환하는 것이다. 두 번째 단계에서 래티스로 원하는 형태로 디폼이 완성되면 래티스를 사용하여 움직인 지오메트리의 버택스 이동거리를 0에서 1로 변형하는 노멀라이제이션(normalization) 과정을 거쳐 스킨 웨이트 값에 대입한다. 디폼 될 조인트를 1만큼 움직여 따라 움직이는 점들의 거리 값 또한 최소 0에서 최대 1만큼 움직일 것이다. 거리 값을 구하는 공식은 다음과 같다.

```
#get distance
for k in range(len(lVerts)):
    lDifference=
    [lOnePos[k][0]-lZeroPos[k][0],
     lOnePos[k][1]-lZeroPos[k][1],
     lOnePos[k][2]-lZeroPos[k][2] ]
    distance=
    math.sqrt(pow(lDifference[0],2)+pow(lDifference[1],2)+pow(
    lDifference[2],2))
```

위와 같이 추출한 거리 값들을 스킨 클러스터 웨이트에 넣어줘야 하는데 웨이트리스트(weightList)를 적용하는 방법과 스킨퍼센트(skinPercent)를 적용하는 방식이 있다. 웨이트리스트와 스킨퍼센트는 웨이트 값을 입력하는 파이썬의 커맨드 기능으로써 웨이트리스트는 조인트와 버택스의 웨이팅 값을 연결하는 기능으로 연산속도가 빠르며, 스킨퍼센트는 오토데스크 헬프(autodesk help) 기능인 파이썬 커맨드 래퍼런스(python command reference)에서 찾을 수 있으며 연결기능 외에 query(질의어), pruning(불필요한 부분을 제거) 기능 등 웨이팅 관련하여 응용할

수 있다. 여기서는 스킨퍼센트를 활용하였다. 스크립트 방식은 아래와 같다.

```
cmds.skinPercent(1SC1st[0], 1Verts[k],  
transformValue=[1Jnts[j], distance])
```

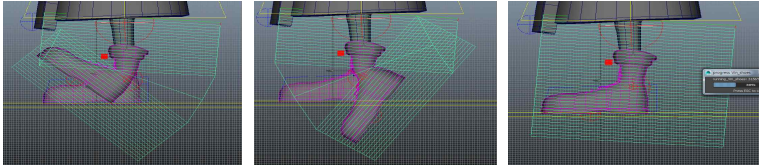


그림 8. <라티스를 이용한 스킨 웨이팅이 적용된 발목 부분 테스트>

라티스를 스킨 웨이팅에 활용한 결과이다. <그림 8>을 보면 라티스를 적용하여 캐릭터의 발목 부분을 중심축으로 회전한 모습이다. 기존 방법에 비해 라티스를 활용하여 스킨 웨이팅 한 결과 작업 시간이 매우 단축되었고 형태 변형 또한 완성도 높게 나왔다. 라티스를 효과적으로 활용하였으므로 세 번째 단계인 라티스를 조인트 스킨 웨이트로 변환하여 준다.

4. 개발 툴에 대한 검증

스키닝 웨이트 값을 추출 후 다시 스킨 웨이트로 변환하는 실험연구를 통해 툴을 제작하였다. 본 연구에서 제안하는 솔루션에 대한 검증을 첫째, 웨이팅이 적용된 지오메트리 형태 비교 분석, 둘째, 분리된 모델링에 적용, 셋째, 작업 시간 비교 분석, 세 가지로 접근하고자 한다. 첫 번째와 두 번째 방법은 연구자가 직접 개발한 툴을 활용하여 실험하였고 세 번째 방법은 4명의 실험자들이 참여하여 진행하였다. 이를 통해 본 실험에서 제작된 툴의 실효성을 검증하고자 한다.

1) 웨이팅이 적용된 지오메트리 형태 비교 분석

빈센트라는 캐릭터에, 마야의 스무드 바인드 옵션(Smooth Bind Options) 중 다양한 바인드 방식들과 래티스를 이용한 효과를 비교 분석해보았다. <그림 9>(좌) 와 <그림 9>(중)의 이미지는 마야 스무드 바인드 옵션에서 Closest distance(근접거리 방식)와 가장 최근에 나온 스무드 바인드 기능인 Geodesic Voxel를 이용한 스키닝 결과이다. <그림 9>(우)는 연구 개발한 툴을 활용한 스킨 웨이팅 한 모습이다. 보이는 바와 같이 <그림 9>(좌)는 Closest Distance를 적용한 신발은 회전이 되면서 발등 및 발목 부분의 형태가 줄어드는 현상을 볼 수 있다. <그림 9>(중)의 Geodesic Voxel 과 <그림 9>(우)의 래티스를 이용한 웨이팅은 거의 차이가 없다.

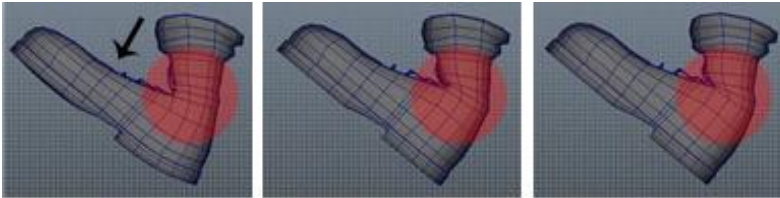


그림 9. <발목 회전을 앞으로 했을 시 : Closest Distance(좌), Geodesic Voxel(중), 래티스(우)>

아래 <그림 10>과 같이 신발을 뒤로 젖혔을 때의 형태 또한 비교해 보았다. Closest distance 방식의 경우 웨이팅이 어색하게 할당되어 있는 것을 볼 수 있다. Geodesic Voxel 같은 경우는 closest distance 방식보다는 웨이팅이 잘 되어 있으나 신발 발목 윗부분의 지오메트리가 많이 들어가는 현상을 볼 수 있다. 조인트의 위치에 따라 Geodesic Voxel 같은 경우 형태가 많이 달라진다. 연구 개발한 툴은 래티스에 웨이팅 값을 쉽게 조정 변형할 수 있으므로 원하는 형태로 빠르게 정리 수정할 수 있다.

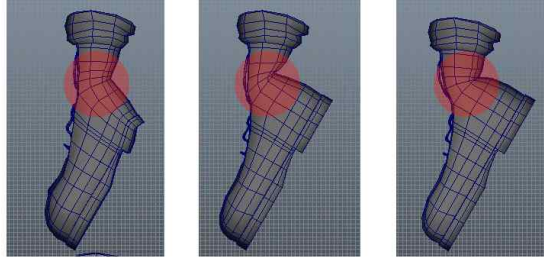


그림 10. <발목 회전을 뒤로 했을 시 : Closest Distance(좌), Geodesic Voxel(중), 래티스(우)>

일반적인 스킨 웨이팅 시 실수할 수 있는 고르지 못한 웨이팅 문제, 점층적으로 웨이팅이 빠져나가지 못해 자연스럽지 못한 문제, 불필요한 웨이트가 포함된 문제, 그리고 다양한 다른 각도로 회전되었을 시 어색한 문제 등을 래티스 기법을 활용하여 해결할 수 있다.

2) 분리된 모델링에 래티스 적용

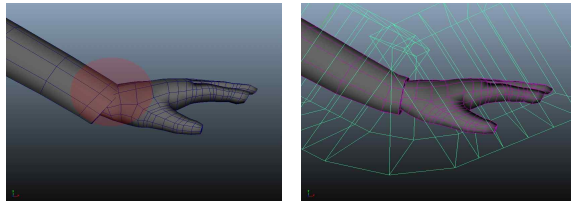


그림 11. <분리된 모델링에 래티스를 적용한 결과>

<그림 11>에서 보이는 바와 같이 팔과 손 또는 옷과 몸이 부분적으로 따로 하나의 덩어리로 모델링 되어 있는 경우가 많다. 이러한 경우 손에 스킨 웨이팅을 칠해주면 <그림 11>의 좌측 그림과 같이 팔 또는 옷깃 또한 웨이팅 작업을 진행해야 한다. 개발한 툴을 적용하면 래티스로 한 번에 같이 분리된 모델링을 연

결해 변형되기에 직관적이고 제작하기 수월하다.

3) 작업 시간 비교 분석

본 실험은 기존 작업과 래티스를 이용한 웨이팅 변환의 두 가지에 대한 작업 시간 소요와 효율성을 추정하고자 진행하였다. 작업 시간 비교 분석 같은 경우는 정밀 분석 통계가 아닌 하나의 참고 사례로 진행한 것이다. 개발 툴을 사용했을 때 수작업보다 전체적으로 어느 정도나 빠르게 생성이 되는지를 추정하기 위한 것이다. <그림 12> 와 같은 캐릭터에 두 가지 스킨 웨이팅 작업을 직접 진행하였다.

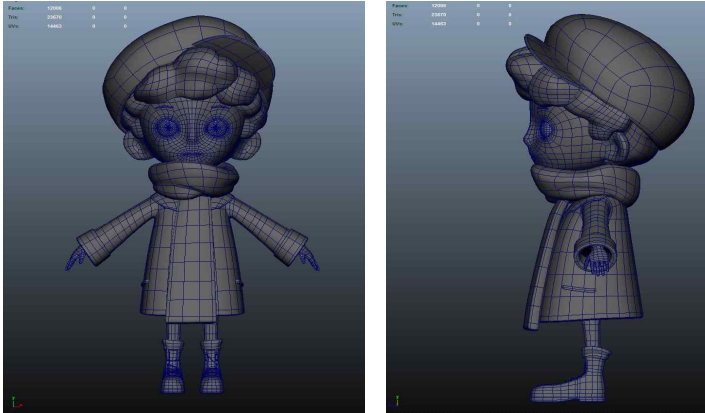


그림 12. <실험 대상 캐릭터 ‘빈센트’의 앞모습(좌), 옆모습(우)>

본 연구에서 제안한 솔루션에 대한 검증을 위해 실험 참여자 4명이 기존 스킨 웨이팅 방식과 래티스를 활용한 스킨 웨이팅 변환 방식의 두 가지 작업으로 참여하였다. 위 두 가지 실험 대상은 동일한 지오메트리로 구성된 폴리곤 모델링이며, 12006개의 면과 12255의 버텍스로 구성되었다. 실험대상 모델링은 ‘빈센트 캐릭터’이며, 스킨 웨이트 작업자는 4명으로 리깅 관련 작업 경

력이 1년 이하, 1년 이상 등 초·중·상급의 수준으로 구성하였다. 참여자들의 관련 작업 숙련도와 경력은 아래와 같다. 숙련도 또한 작업 기간으로 규정하는 것은 부족한 점이 많으나 숙련도 자체가 비교할 수 있는 기준이 명확하지 않아서 작업 기간으로 정리했다.

참여자	A	B	C	D
작업 숙련도	중	상	하	중
작업 경력	1년 6개월	2년 2개월	8개월	1년

표 1. 참여자 작업 숙련도 및 경력

참여자는 각 신체 별로(다리, 팔, 허리, 목, 얼굴, 손가락) 각각 하루씩 6일(2016년 7월 11일~ 16일)에 걸쳐 실험 작업에 참여하였다. 작업자의 컴퓨터는 CPU가 Intel i5급 이상, 램은 최소 8G, 그리고 그래픽카드는 GeoForce GTX 650 이상 급에서 실험을 진행하였다.

작업자에 따라 그리고 캐릭터 및 토폴로지에 따라 스킨 웨이팅 작업 시간은 현저히 달라진다. 특히 관절 부위 근처가 복잡하거나 면의 수가 많을 경우 작업시간이 더욱 많이 소모된다. 복잡한 모델링을 수작업으로 웨이팅 하기에는 시간적 제약이 많이 따른다. 개발한 툴을 사용하더라도 특정 부위는 웨이팅의 수정 및 보완 작업이 필요하다. 또한, 신체에서 다관 절 부위는 래티스로 적용하는 것에 한계가 있어 추가적인 소요시간이 걸린다. <표 2>에서 보이는 바와 같이 같은 동일 작업자 4명이 두 가지 다른 방식으로 웨이팅 작업을 한 결과이다. 웨이팅을 수작업 한 것과 개발한 툴을 사용한 것을 비교 분석했을 시 다리, 팔, 허리, 목, 얼굴, 손가락에 대한 작업시간은 평균적으로 툴을 사용한 웨이팅 작업이 4배가량 빠름을 알 수 있다. 또한, 총 작업시간에 있어서도 4배가량 빠르며, 작업 결과물도 더 나은 형태가 나왔다.

	참 여 자	다리	팔	허리	목	얼굴	손가락	총 작업 시간
웨이 팅 수작 업	A	72분	81분	118분	8분	15분	132분	426분
	B	56분	46분	10분	2분	2분	64분	181분
	C	120분	146분	115분	20분	10분	151분	562분
	D	73분	38분	113분	7분	15분	180분	426분
	평 균	80.25분	77.75분	89분	9.25분	10.5분	131.75 분	398.5분
개발 툴을 사용 한 웨이 팅 작업	A	24분	30분	42분	3분	6분	46분	155분
	B	11분	8분	5분	1분	1분	11분	37분
	C	39분	37분	39분	8분	3분	30분	156분
	D	14분	9분	20분	3분	5분	29분	80분
	평 균	22분	21분	26.5분	3.75분	3.75분	29분	107분

표 2. 웨이팅 수작업과 툴을 사용한 웨이팅 작업에 대한 결과

이러한 실험 결과를 일반화하려면 더 많은 실험 참가자들을 대상으로 삼아 연구를 진행하여야 할 것이다. 비록 일반화의 한계는 있지만, 새로 개발한 툴과 기존 방식을 비교하는 데에는 이 연구에서의 간략한 실험 결과가 전혀 무의미한 것은 아니다. 곧, 기존 방식보다 새로 개발한 툴이 작업시간을 단축시키고 있음을 추정하는 데에는 큰 무리가 없다고 본다.

III. 결론 및 제언

캐릭터 리깅 셋업을 하기 위해서는 조인트 삽입, 컨트롤러 만들기 및 기능 부여, 스키닝, 웨이팅, 디포머 및 블랜드 셰입의 활용 등 많은 진행사항이 있다. 그중 작업 시간이 많이 필요로 하는 스킨 웨이팅을 어떻게 효과적으로 작업 진행할 수 있는지에 대한 툴 개발 연구를 해 보았다. 캐릭터에 따라 그리고 사용하려는 목적에 따라 스킨 웨이팅 하는 방법도 달라진다. 기존의 조인트 웨이팅은 수작업으로써 시간 소모의 비효율성, 단순 작업의 반복 등 한계점이 많다. 이에 따라, 모델링에 직접 조인트를 스

킨 웨이팅으로 작업하지 않고 래티스라는 디포머를 활용하여 간편하게 칠할 수 있는 툴을 제안한다. 우선, 사용자가 사용하기 편리한 UI를 제작하였고 3단계의 진행 과정을 거쳐 웨이팅을 칠할 수 있는 효과적인 툴을 개발하였다. 툴을 활용함으로써의 모델링이 복잡하거나 단순 한 것과는 상관없이 기존의 웨이팅 방식보다 쉽게 작업할 수 있다. 본 툴의 기능을 검증하기 위해 실험 연구를 진행하였으며, 그 결과, 첫째, 완성도 높은 형태를 구현하였으며, 둘째, 작업 소요 시간이 4배 이상 단축되었다. 셋째, 기존의 웨이팅 방식으로는 각기 분리된 모델링(손, 팔, 다리, 머리 따로)은 웨이팅 칠하기 어려운 문제점들이 많았다. 하지만 개발한 툴을 사용하여 분리된 모델링을 하나로 연결해 쉽게 웨이팅을 할 수 있다. 본 연구는 실험연구를 통해 기존 방식 보다 효과적인 스킨 웨이팅 작업 툴을 개발하였으며, 차 후 관련 분야의 기술적 활용에 있어 매우 유의미한 실용적인 연구라 사료된다. 반면, 래티스는 육면체 모양으로 구성이 되어있어 다각 관절 부위는 작업하는데 한계가 있다. 차 후 연구에서 다각 관절 부위에 최적화된 웨이팅 작업에 대한 연구를 지속하고자 한다.

참고문헌

- 김용관, “3D 애니메이션 캐릭터의 Animation Rigging system에 관한 연구”, 『애니메이션 연구』, Vol.4, No. 1(2008, 6), p.25-44.
- 김상돈, 이현석, “모델링 공정 연계 시스템을 통한 효율적 폴리곤 모델링 기법에 대한 탐구”, 『만화애니메이션연구』, 통권 제37호 (2014), p.143-158.
- 장태수, 인체 골격계에 기반한 캐릭터 애니메이션 리깅, 한국과학기술원 문화기술대학원 석사학위논문(2007).
- 백철호, “극장판 3D 컴퓨터 애니메이션 발전과 인력 이동의 연관성 연구”, 『디지털디자인학연구』, Vol.7, No.3(2007, 7), p.237-246.
- Guidon, Marc-Andre, 『Autodesk Maya Techniques』, Autodesk, Inc., 2008.

<http://www.arch.cuhk.edu.hk/server1/staff1/marcaurel/desc9019/tutorials/Readings/mayaDocs/Deformers.pdf>.

<https://www.mathsisfun.com/algebra/images/vector-3d.gif>.

ABSTRACT

Solutions for the Effective 3D Character Skin Weight by converting Lattice Weight

Song, Bal-gum · Lee, Hyun-seok

As the rapid extension of the game and film industry, studies on developing natural movements on a 3D characters are increasing. Rigging a character with joints is essential to create realistic movements on a 3D character. The rapid development of the CG industry, rigging technologies and workflow is becoming more sophisticated. Despite the progress and the growth of rigging operations, has shown the limitations of such repetitive tasks. For this study, analyzes the issues and inefficiency of the old method of skin weights and propose a better approach. First, need to understand the general process of an animation pipeline and learn the technology term of skin weights. Second, comparing the traditional ways of skinning a character and applying other deformers to work properly. Third, testing out new ways of weighting a character by applying deformers such as lattice and finally converting lattice weights back to skin weights. Forth, verifying effectiveness of the new method of skin weights by comparing with the traditional skin weighting process. The study shows that the new method of skin weights, reduced working hours and a better final weighting outcome. Expecting this study to enhance the method of skin weights and able to utilize this new skinning technology.

Keyword : Skin weight, Deformer, Geometry, Weighting, Skinning, Lattice, Joint

송밖음(주저자)

동서대학교 디지털콘텐츠학부 조교수

부산광역시 사상구 주례로 47, 글로벌빌리지 V201

Tel : 010-8021-0516

sbu1977@gdsu.dongseo.ac.kr

이현석(교신저자)
동서대학교 디지털콘텐츠학부 조교수
부산광역시 사상구 주례로 47, 글로벌빌리지 V201
Tel : 010-2423-7239
hslee@gdsu.dongseo.ac.kr

논문투고일 : 2016.07.28.

심사종료일 : 2016.08.28.

게재확정일 : 2016.08.28.