3D 휴먼 모델링 및 변형 기술 동향

(Recent Trends in 3D Human Modeling and Deformation Technology)

임성재*, 이지형*, 구본기*, 이길행*

(S.J. Lim, J.H. Lee, B.K. Koo, K.H. Lee)

요약

가상현실, 게임, 애니메이션 등 컴퓨터 그래픽스(Computer Graphics)에 기반한 응용의 시작은 3D 모델링으로부터 시작된다. 3D 모델링 및 변형 기술은 초기 3D 기본원소들의 조합에서 시작되어 최근 사실적이며 실사에 가까운 모델링 및 변형 기술에 이르기까지 그 역사가 깊다. 본 논문에서는 3D 휴먼 모델링 및 변형 기술의 동향에 대해서 살펴보고자 한다.

■ 중심어 : | 3D 휴먼 모델링 | 3D 휴먼 모델 변형 | 전이 | 애니메이션 |

Abstract

Computer graphics applications such as virtual reality, games, animation begin from 3D modeling. The technology of 3D modeling and deformation has become an active research field in the past few decades from the combination of basic 3D primitives to the realistic modeling and deformation algorithm. In this paper, we introduce recent trends in 3D human modeling and deformation technology.

Ⅰ. 서 론

최근 IT의 흐름은 통신, 반도체, 인터넷에 이어 융합기술과 디지털 콘텐츠가 각광을 받고 있다. 영화, 애니메이션, 게임 등에 사용되는 SF(special effects)가 VFX(visual effects)로 이동하고 있고, '킹콩', '반지의 제왕', '매트릭스', '스타워즈', '터미네이터', '쥬라기공원', '타이타닉', '파이널 판타지' 등의 무수한 영화 및 애니메이션에서 VFX 기술이 이용되었다. 또한, '구미호', '태극기 휘날리며', '귀신이 산다', '청연', '호로비츠를 위하여', '한반도', '중천', '괴물' 등의 수많은 한국영화에도 VFX를 포함한 컴퓨터 그래픽스(Computer Graphics,CG)기술이 사용되었다. 가상현실, 게임, 애니메이션 등 컴퓨터 그래픽스에 기반한 응용의 시작은 3D 모델링으로부터 시작된다. 3D 모델링은 3D 공간상에 가상의 입체적인 객체를 만들고 수정하는 것을 말한다. 애니메이션은 3D 모델링 데이터를 움직이거나 변형하는 것으로 일련의 시간축으로 연결된 움직임을 만들어 내는 것을 말한다. 영화 '괴물'의 괴물 CG를 위해서 3D 캐릭터 모델링 및 렌더링 기술이 사용되었고, '호로비츠를 위하여'에서는 배우 엄정화의 얼굴을 모델링하고 모션캡쳐 데이터를 통한 애니메이션을 수행하였으며 '태극기 휘날리며'의 수많은 군중 캐릭터를 위해서 군중 시뮬레이션 기술이 사용되었다. 영화 '중천'에서는 배우 정우성의 액션 연기를 위해서 3D 스캐너를 이용하여 배우 정우성을 전신 모델링하였다.

본 논문에서는 영화, 드라마, 애니메이션에서 폭넓게 이용되고 있는 CG기술의 핵심인 3D 휴먼 모델링 및 변형 기법들에 대해 살펴보기로 한다.

Ⅱ. 3D 휴먼 모델링 및 변형 기술

1. 3D 휴먼 모델링 및 변형 기술의 개념

3D 모델링은 곡선, 곡면, 다면체를 이용하여 물체의 형태를 디자이너가 수작업으로 만들어내는 기하학적(geometry) 모델링, 사전에 정의된 알고리즘을 기반으로 복잡한 형태의 물체를 자동으로 생성하는 절차적(procedural) 모델링, 하드웨어 장비를 이용하여 물체의 3D 형태를 측정하는 3D 스캐닝(scanning) 기법, 그리고 영상을 이용하여 물체의 3D 모델을

* 정회원, 한국전자통신연구원

이 논문은 문화체육관광부/지식경제부 및 한국산업기술평가관리원/한국콘텐츠진흥원의 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행되었음 [KI001670, 방통융합형 Full 3D 복원 기술 개발]

접수번호 : #2012-03-15-0017
접수일자 : 2012년 03월 15일
심사완료일 : 2012년 03월 21일
교신저자 : 이길행, e-mail : ghlee@etri.re.kr

생성하는 영상 기반(image-based) 모델링 기법으로 분류할 수 있다. 3D 모델링 데이터를 움직이거나 변형하는 것을 의미하는 애니메이션은 일련의 시간축으로 연결된 움직임을 만들어내는 것을 뜻한다. 모든 요소들을 각각의 셀로 만들어 조합한 2D 셀(cell) 애니메이션과 한 장면을 찰흙으로 만든 물체를 이용하여 구성하는 점토(clay) 애니메이션, 3D CG 기술로 제작하는 3D 애니메이션으로 구분할 수 있다.

3D 휴먼 모델은 3D 스캐너, CT/MRI 혹은 디자이너에 의해 만들어지고 폴리곤 혹은 볼륨으로 구성되며 애니메이션을 위해 조인트-스켈레톤 구조 혹은 근육 구조로 만들어진다. 휴먼 모델링 기법은 크게 평면 다각형으로 구성된 폴리곤과 수학적 3D 곡선으로 구성된 NURBS의 기하학적 모델링 분야, 그리고 물리/해부학적 정보 기반 모델링 기술인 물리 기반 모델링 기법으로 분류할 수 있다.

그림 1. 3D 스캐닝 예제

2. 3D 휴먼 모델링 및 변형 알고리즘 종류

가. 기하학적 모델링 및 변형

기하학적 모델링 및 변형은 자유형 변형(Free Form Deformation, FFD), 와이어 기반 변형(Wires based Deformation), 예제 기반 변형 기법(Example-based Method) 및 기타 기법들로 나눠볼 수 있다.

(1) 자유형 변형(Free Form Deformation)

Sederberg와 Parry[1]에 의해 처음 소개된 FFD는 이미 존재하는 3D 물체를 둘러싸는 볼륨(3D 평행 격자구조)을 구성하고, 그 볼륨을 변형함으로써 3D 물체의 형상을 변형하는 기법이다. 그림 2와 같이 막대 모양의 3D 모델에서 변형할 부위에 격자구조의 3D 볼륨을 둘러싸고 그 격자를 변형하여 원하는 모양의 3D 모델을 생성하고 변형한다.

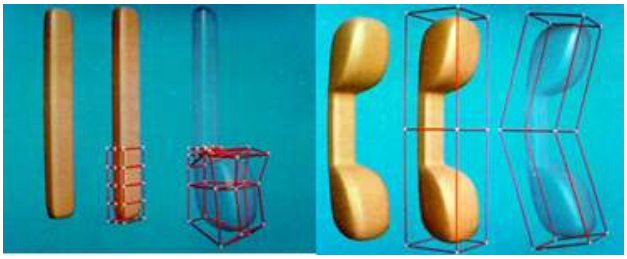

그림 2. FFD 예제[1]

Coquillart[2]는 FFD를 확장한 EFFD(Extended FFD)를 제안하였다. FFD의 3D 평행 격자구조가 아닌 실린더 모양, 각기둥 모양, 구형 등 다양한 모양의 3D 격자를 사용하여 원형이나 주름이 있는 3D 모델 등의 변형에 응용하였다. 그림 3은 FFD를 확장한 EFFD의 예제를 보여준다.

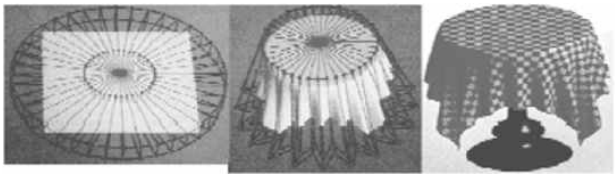

그림 3. EFFD 예제[2]

Lamousin[3]과 Zhou[4]는 파라메트릭 솔리드를 (Non-Uniform Rational B-Spline, NURBS) 구성하여 격자로 사용하였고, 비균일한 격자 메쉬의 제어 버텍스에 가중치를 할당하여 변형시킴으로써 더욱 사실적인 3D 모델링을 가능하게 했다. 그림 4는 NFFD (Nurbs- based FFD)의 예제를 보여준다.

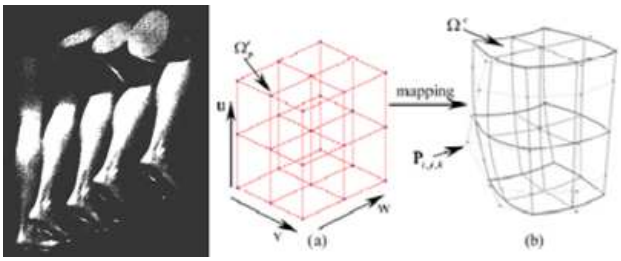

그림 4. NFFD 다리 변형[3], FFD의 NFFD 매핑[4]

Singh[5]은 모델의 표면(surface) 주위에 거리함수(distance function)를 이용하여 제어 표면을 구성하고 이를 변형하는 SFFD(Surface FFD)를 제안하였다. 그림 5는 SFFD의 예제를 보여준다.

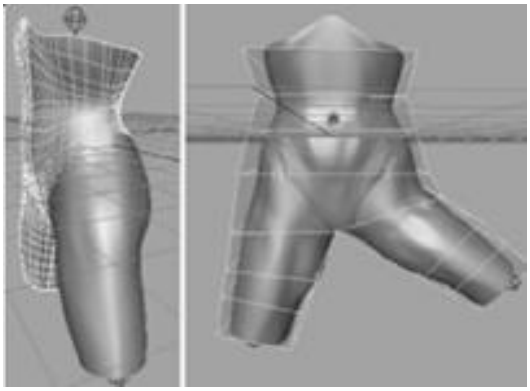

그림 5. SFFD 예제[5]

Chadwick[6]은 근육을 FFD 변형 격자로 구성하여 각 조인트 각도의 변화에 따라 근육이 변형되고 근육의 변형에 따라 스킨 메쉬가 변형되는 계층적 변형 기법을 제안하였다. 그림 6은 스켈레톤과 근육, 스킨으로 구성된 모델이 스켈레톤의 조인트 각도가 변함으로써 최종 스킨이 변형되는 예제를 보인다.

Decaudin[7]은 FFD에 기반하여 사용자가 직접 모델을 변형하는 인터랙티브(interactive) 변형 기법을 제안하였다. Azuola[8]는 바디를 조인트에 따라 분할하여 각 조인트를 간단한 FFD 기법으로 변형하는 기법을 제안하였다. DeCarlo[9]는 다양한 얼굴 변형을 위해 인체계측학 통계 정보를 이용하는 기법을 제안하였다.

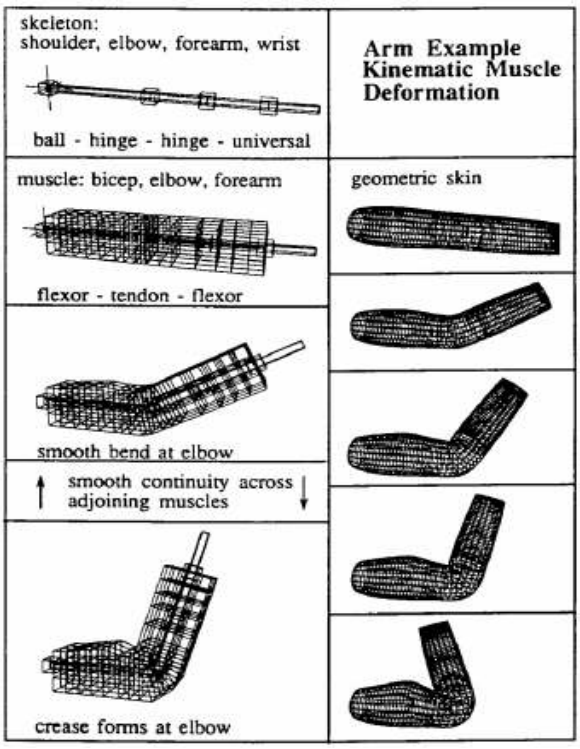

그림 6. 계층적 모델 변형[6]

(2) 와이어 기반 변형(Wires based Deformation)

Jianhua와 Thalmann[10]은 ray casting기법을 이용하여 인체의 폴리곤 모델로부터 단면(cross-section) 윤곽선을 추출하여 모델링하는 기법을 제안하였다. ray casting 기법은 눈에서 발사된 추적 광선이 어떤 물체와 부딪히게 되면 그 지점에 해당되는 표면의 교차점까지의 거리와 시선의 각도를 사용하여 그 광선에 해당하는 특성을 가진 표면을 그려내는 것이다. 바디의 각 부분을 다 수의 단면 윤곽선으로 모델링하였고, 각 단면 윤곽선은 B-스플라인 표면으로 표현하였다. 그림 7은 단면을 이용한 모델링 및 변형 예제를 나타낸다.

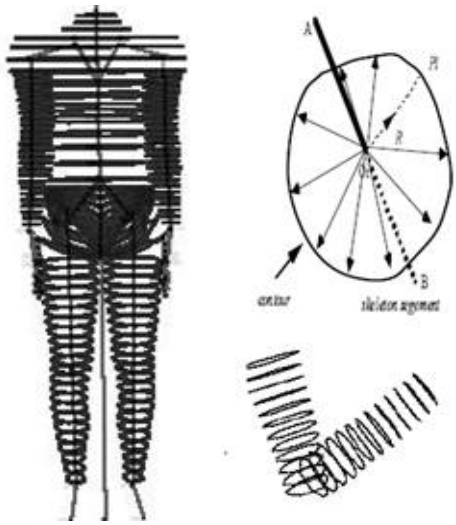

그림 7. 단면을 이용한 모델링[10]

Singh[11]은 조작과 제어를 위해 와이어 곡선(wire curve)을 사용하였다. 즉 와이어를 제어함으로써 곡선 근처 관련된 객체의 표면을 변형시키는 기법으로 그림 8에서 와이어를 제어하여 변형시키는 예제를 보여준다.

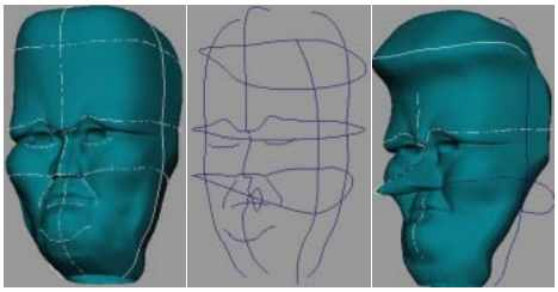

그림 8. 와이어 제어를 통한 객체 변형[11]

Hyun[12]은 인체 팔과 다리를 타원체로 근사하여 모델링하고 변형하는 스윕 기반 기법을 제안하였다. 각 조인트 위치의 객체 표면은 변형에 용이한 타원체로 근사화하여 조인트 각도의 변화에 따라 회전, 이동을 표현하였고 각 조인트 사이의 신

체 부위는 타원관으로 근사화하였다. 그림 9는 스윕 기반 모델링 및 변형 기법의 예제를 나타낸다.

그림 9. 타원체 기반 스윕 변형[12]

(3) 예제 기반 기법(Example-based Method)

Seo[13]는 스캔데이터로부터 템플릿 모델과 관련 파라미터를 생성하고 모델 생성을 위한 스캔데이터가 입력되면 DB에서 스캔데이터와 상관도(correlation)가 높은 템플릿 모델을 탐색한다. 상관도가 높은 템플릿 모델을 조인트 및 편차(displacement) 파라미터를 조정하여 입력된 스캔데이터로 템플릿 모델을 맵핑하는 형식으로 3D 모델을 생성한다. 그림 10은 템플릿 모델을 파라미터 조정을 통해 보간하여 3D 모델을 생성하는 예제를 보여준다.

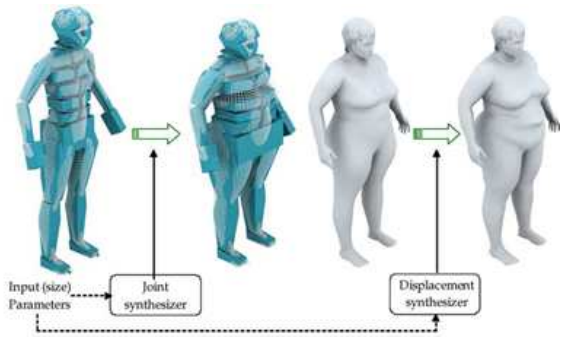

그림 10. 템플릿 모델과 파라미터 기반 모델 생성[13]

Allen[14]은 다양한 포즈의 휴먼 바디를 스캔하여 예제 데이터 모델을 구성하였고, 바디 위의 마커를 통해서 각 포즈와 키너매틱(kinematic) 스켈레톤 구조를 추정함으로 각 포즈에 대한 세분화된 표면 템플릿을 만들었다. 또한, Allen[15]은 드물게 분포된 3D 마커를 이용하여 고해상도 템플릿 메쉬를 세밀한 스캔 데이터에 피팅하는 기법을 제안하였다. 각 템플릿 메쉬의 버텍스를 어파인(affine) 변환하는 최적화 문제로 템플릿 메쉬의 외형을 변형하는 기법으로 그림 11은 다양한 체형의 스캔 데이터를 보여주고, 이러한 스캔 데이터로부터 새로운 외형을 생성 혹은 편집하는 기법을 보여준다.

그림 11. 다양한 휴먼 바디 외형 변형[14]

Anguelov[16]는 한 사람의 다양한 포즈를 3D 스캔하여 모델 사이의 포즈 변형을 전이하는 기법을 제안하였다. 그림 12는 스캔한 데이터에 마커를 선택하고 correlated correspondence(CC) 알고리즘을 적용하여 정합함으로써 포즈를 다른 사람에게 전이시키는 예제를 보여준다.

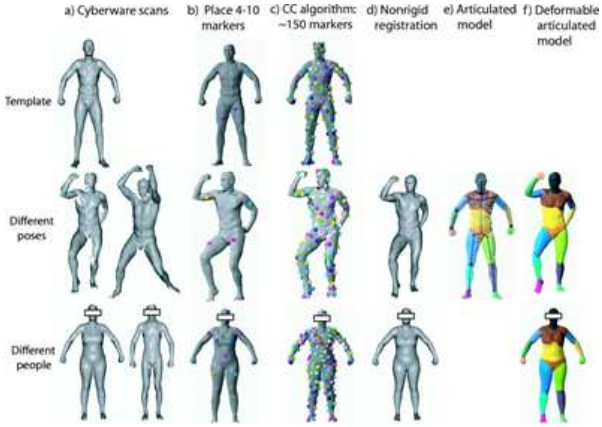

그림 12. SCAPE[16]

나. 물리적 모델링(Physical Modeling)

물리적 모델링은 근육, 스켈레톤, 티슈 등을 파라미터화하여 모델링 및 시뮬레이션을 하는 것을 뜻한다. 스켈레톤과 스킨으로 구성되는 기법에 비해 스켈레톤과 스킨 사이에 근육 혹은 티슈를 추가적으로 모델링하여 스켈레톤의 움직임을 근육층에서 반영하고, 근육과 연결된 스킨이 변형되는 기법으로 알고리즘이 작동한다[17].

그림 13은 스켈레톤의 조인트 각도 변화에 따라 변형되는 근육과 근육의 변화에 따라 최종적으로 변형되는 스킨의 예제를 보여준다.

Zordan[18]은 강체(rigid)와 변형되는 부분을 적절히 조합한 혼합 시스템을 이용해 인체 호흡의 시각적 시뮬레이션을 위한 해부학 및 물리적 모델을 제안하였다. 호흡 모션이 스켈레톤과 티슈의 움직임으로 표현된다는 점에 착안하여 스프링 기반 근육을 모델링하였다. 그림 14는 인체의 몸통 부위를 스프링 기반 근육, 스켈레톤 및 티슈로 모델링한 예제를 보여준다.

이러한 추가 계층 모델은 우선 모델링 및 애니메이션을 위한 리깅/스키닝에 추가적인 비용이 발생한다. 또한 근육 혹은 티슈층을 모델링하기 위한 비용과 스켈레톤의 조인트 각도 변화에 따른 근육 및 티슈 층과 최종적으로 스킨 외형의 변형까지 이르

는 연산시간에 대한 비용 또한 커서 실시간 응용에는 적합하지 않는 점이 있다. 그러나 최근에는 GPU 프로세서의 사용으로 처리속도 문제를 해결하여 실시간성을 개선한 기법들이 발표되고 있다.

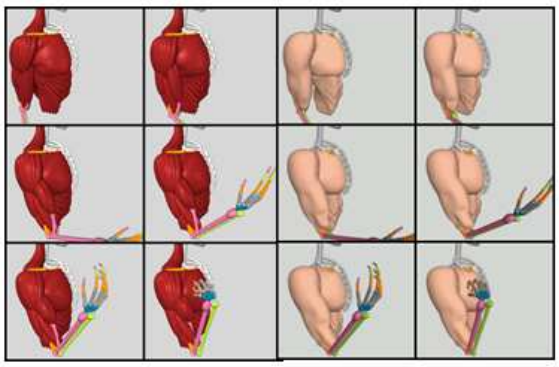

그림 13. 물리적 모델링[17]

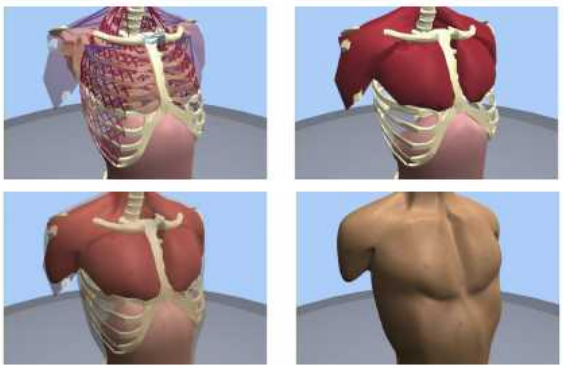

그림 14. 스프링 기반 근육을 포함한 몸통 모델링[18]

다. 최근 동향

Park[19]은 동적물체 즉 액터의 피부에 많은 수의 마커를 붙여 모션 캡쳐 카메라를 통해 마커들의 변화 정도를 매프레임 분석하였고, 마커들의 변화는 피부 및 근육의 변형 정도로 인식하여 실제 3D 모델의 변형에 관련 파라미터를 적용하여 보다 사실적인 피부 및 근육의 변형을 가능하게 했다. 그림 15는 다수의 마커 기반 사실적 외형 변형의 예제를 보여준다.

그림 15. 마커기반 외형 변형[19]

Hyun[20]은 기존 타원체 기반 모델링 및 변형 기법을 단면 곡선으로 이루어진 Nurbs 평면으로 대체하여 사실적인 3D 휴먼 모델링을 하였고, Nurbs 평면은 근처 조인트와 피부 사이에서 근육 역할을 하도록하여 조인트 각도의 변화에 따라 최종 피부가 자연스럽고 사실적으로 변형되도록 하는 기법을 제안하였다. 그림 16은 스윕기반 예제를 보여준다.

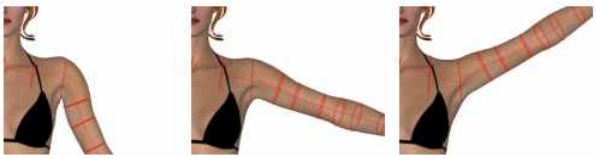

그림 16. 스윕기반 외형 변형[20]

Park[21]은 매우 많은 수의 모션 캡쳐 마커를 인체 피부에 부착하여 다양한 모션을 캡쳐하는 방법으로 피부 외형의 변형 정보를 DB화 하였고, DB 기반으로 스켈레톤의 모션 정보에 따라 인체 근육과 피부의 사실적인 변형을 만들어내는 기법을 제안하였다. 그림 17은 입력된 스켈레톤 모션 정보에 따라 변형되는 근육과 피부 결과를 보여준다.

Hong[22]은 인체 외형 변형에 가장 민감한 어깨 부위의 피부 변형을 사실적으로 표현하기 위해서 다수의 마커를 어깨 부위에 부착하여 어깨 모션을 취하는 동안 변형 정도를 부위별로 구분하여 추가적인 조인트를 적용하였다.

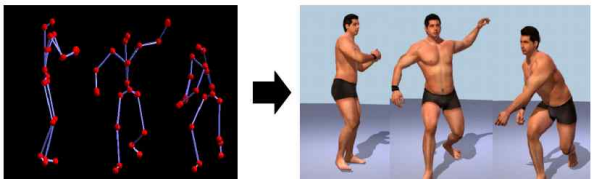

그림 17. 데이터 기반 피부 및 근육 변형[21]

기존 일반적인 스켈레톤에 추가적인 조인트를 사용함으로써 보다 사실적이며 부드러운 어깨 부위 피부 변형을 가능하게 하는 장점이 있다. 그림 18은 어깨 부위 마커가 움직이는 동안 효과적으로 변형을 표현하기 위한 변형 정도별 부위 분할 과정을 보여주고 그림 19는 변형 정도별 분할한 부위 수에 따른 결과를 보여준다.

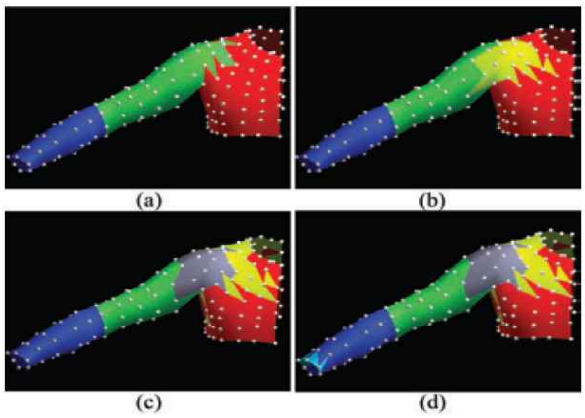

그림 18. 변형 정도별 부위 분할((a)~(d):3~6부위)[22]

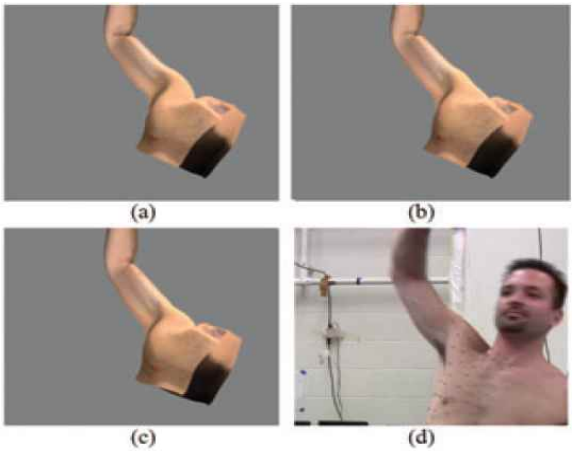

그림 19. 부위 수별 변형 결과((a)~(c):3~5부위, (d):입력 데이터)[22]

Lim[23]은 다시점 카메라를 이용하여 캡쳐한 액터의 외형을 볼륨모델 생성, 조인트-스켈레톤 구조 자동추출 및 템플릿 모델의 스윕 기반 전역 변환 및 최적화 기반 지역 변환 기법을 통한 자동전이를 통한 완전 자동 3D 휴먼 모델 생성 기법을 제안하였고, 상용 소프트웨어와의 연동을 위해 생성된 3D 휴먼 모델을 자동 선형 블렌딩 스키닝 기법을 통해 리깅/스키닝 함으로써 변형 및 애니메이션이 가능하도록 하는 기법을 제안하였다. 그림 20은 자동전이 및 변형 예제를 보여준다.

그림 20. 자동전이 및 변형[23]

Ⅲ. 결 론

3D 휴먼 모델링 및 변형 방법은 초기 3D 기본원소들의 조합으로 표현하는 기법에서 최근까지 다양한 변환 메커니즘과 방법들을 적용하여 3D 모델 변형 및 애니메이션의 사실적인 표현을 가능하게 하는 기법들이 제안되었다.

기하학적 모델의 대표적인 기법인 자유형 변형 기법은 객체의 직관적인 변형이 가능하지만 사용자 조작에 많은 비용이 소요되는 단점이 있다. 와이어 기반 기법은 자유형 기법보다는 더 자연스러운 변형이 가능하지만 특정 기하 모양이나 와이어를 생성하기 위한 비용이 큰 단점이 있다. 예제 기반 기법은 예제 모델 구축을 위해 3D 스캐너와 모션 캡쳐 장치 등의 비용이 큰 단점이 있으나 사실적인 변형이 가능하다.

해부학 및 물리적 모델링 기법은 기존 모델에 추가적인 변형 모델을 생성해야하는 단점이 있으나 기존 기법에 비해 매우 사실적인 변형이 가능하다는 장점이 있다.

3D 모델을 생성하는 기법은 본문에서 언급한 기법 외에도 다시점 영상을 이용한 visual hull기반 볼륨모델 생성 및 스테레오 카메라를 이용한 깊이(depth) 모델 생성, 최근 저가의 깊이 카메라, KINECT와 같은 하드웨어를 통한 3D 모델 생성 등의 방법들이 존재한다. 초기 3D 인체 모델을 생성 및 변형하기 위해서는 다양한 기하학적, 물리적 수식과 법칙을 이용하여 복잡한 계산을 필요로 했고, 사용자의 직접적인 조작 등으로 많은 비용과 시간이 소요되는 형태였으나 최근에는 저가의 카메라 기반 3D 스캐너, 모션 캡쳐 장치, GPU 기반 병렬처리 프로세서 등의 하드웨어에 기반하여 보다 빠르고 자동화된 모델링 및 변형 알고리즘들이 개발되고 있다.

본 논문에서는 3D 휴먼 모델 생성과 변형을 함께 고려하여 3D 모델 변형 및 애니메이션 기법들의 흐름과 특징들을 소개하였다.

참 고 문 헌

[1] T.W. Sederberg, S.R. Parry, “Free-form deformation of solid geometric modeling,” *SIGGRAPH '86 : Proceedings of the 13th annual conference on Computer graphics and interactive technique*, pp. 151-160, 1986.

[2] S. Coquillart, “Extended free-form deformation: a sculpturing tool for 3D geometric modeling,” *SIGGRAPH '90 : Proceedings of the 17th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, pp. 187-196, 1990.

[3] H.J. Lamousin, W.N. Waggenspack, “NURBS-Based Free-Form Deformations,” *IEEE Computer Graphics and Applications,* vol. 14, pp.59-65, 1994.

[4] X. Zhou, J. Lu,, “NURBS-based Galerkin method and application to skeletal muscle modelling,” *SPM '05:Proceedings of the 2005 ACM*

symposium on Solid and physical modeling, ACM Press, pp.71-78, 2005.

[5] K. Singh, E. Kokkevis, "Skinning Characters using surface Oriented Free-Form Deformations," *Graphics Interface,* pp.35-42, 2000.

[6] J.E. Chadwick, D.R. Haumann, R.E. Parent, "Layered construction for deformable animated characters," *SIGGRAPH '89 : Proceedings of the 16th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, ACM Press,* pp.243-252, 1989.

[7] P. Decaudin, "Geometric Deformation by Merging a 3D Object with a Simple Shape," *Proceedings of Graphics Interface '96,* pp.55-60, 1996.

[8] F. Azuola, N. Badler, P. Ho, I. Kakadiaris, D. Metaxas, B. Ting, "Building anthropometry-based virtual human models," *Proc. IMAGE VII Conference,* 1994.

[9] D. DeCarlo, D. Metaxas, M. Stone, "An anthropometric face model using variational techniques," *SIGGRAPH '98 : Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, ACM Press*, pp. 67-74, 1998.

[10] S. Jianhua, N.M. Thalmann, D. Thalmann, "Human Skin Deformation from Cross-Sections," *Computer Graphics Int. '94,* 1994.

[11] K. Singh, E. Fiume, "Wires: a geometric deofrmation technique," *SIGGRAPH '98 : Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, ACM Press*, pp. 405-414, 1998.

[12] D. Hyun, S. Yoon, M. Kim, B. Jittler, "Modeling and Deformation of Arms and Legs Based on Ellipsoidal Sweeping," *Proceeding of the 11th Pacific Conference on Computer Graphics and Applications, IEEE Computer Society,* pp.204, 2003.

[13] H. Seo, N. Magnenat-Thalmann, "An example-based approach to human body manipulation," *Graph. Models, Academic Press Professional, Inc.,* vol. 66, pp.1-23, 2004.

[14] B. Allen, B. Curless, Z. Popovic, "Articulated body deformation from range scan data," *ACM Trans. Graph., ACM Press,* vol. 21, pp.612-619, 2002.

[15] B. Allen, B. Curless, Z. Popovic, "The space of human body shapes: reconstruction and parameterization from range scans," *ACM Trans. Graph., ACM Press,* vol. 22, pp.587-594, 2003.

[16] D. Anguelov, P. Srinivasan, D. Koller, S. Thrun, J. Rodgers, J. Davis, "SCAPE: shape completion and animation of people," *ACM Trans. Graph., ACM Press,* vol. 24, pp.408-416, 2005.

[17] J. Teran, E. Sifakis, S.S. Blemker, V. Ng-how-Hing, C. Lau, R. Fedkiw, "Creating and Simulating Skeletal Muscle from the Visible Human Data Set," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, IEEE Educational Activities Department,* vol. 11, pp.317-328, 2005.

[18] V.B. Zordan, B. Celly, B. Chiu, P.C. DiLorenzo, "Breathe easy: Model and control of simulated respiration for animation," *In Proceedings of the ACM SIGGRAPH/EG Symposium on Computer Animation,* pp.29-37, 2004.

[19] S.I. Park, J.K. Hodgins, "Capturing and animating skin deformation in human motion," *ACM Trans. Graph., ACM Press,* vol. 25, pp.881-889, 2006.

[20] D. Hyun, S. Yoon, J. Chang, J. Seong, M. Kim, B. Juttler, "Sweep-based human deformation," *The Visual Computer,* vol. 21, pp.542-550, 2005.

[21] S.I. Park, J.K. Hodgins, "Data-driven Modeling of Skin and Muscle Deformation," *ACM Trans. Graph., ACM Press,* vol. 27, pp.-, 2008.

[22] Q.Y. Hong, S.I. Park, J.K. Hodgins, "A Data-driven Segmentation for the Shoulder Complex," *EUROGRAPHICS '10,* vol. 29, pp.537-544, 2010.

[23] S.J. Lim, H. Joo, J. Lee, B.K. Koo, "Automatic Generation System of the 3D Character Model for Smart TV Contents Production," *IEEE International Conference on Consumer Electronics,* pp.569-570, 2012.

저 자 소 개

임성재

2004년 University. of Pennsylvania, Medical School, Visiting Scholar.
2006년 광주과학기술원 정보통신공학과 박사 졸업.
2006년~현재 ETRI 차세대콘텐츠연구소 선임 연구원.
<주관심분야 : 컴퓨터그래픽스/컴퓨터비전, 3D 모델링/애니메이션, 3D 복원, 의료영상처리, 영상보안>

이지형

1996년 고려대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업.
2011년 충남대학교 컴퓨터공학과 박사 졸업.
1997년~현재 ETRI 차세대콘텐츠연구소 책임 연구원.
<주관심분야 : 컴퓨터그래픽스, 비사실적렌더링, 3D 복원, 인체모델링>

구본기

1997년 경북대학교 전자공학과 석사 졸업.
2004년 경북대학교 전자공학과 박사 졸업.
1996년~현재 ETRI 차세대콘텐츠연구소 영상콘텐츠연구부장.
<주관심분야 : 컴퓨터그래픽스, 컴퓨터비전, 3D 복원, 유체시뮬레이션>

이길행

1986년 KAIST 전산학과 석사 졸업.
1996년 KAIST 전산학과 박사 졸업.
1986년~현재 ETRI 차세대콘텐츠연구소 융·복합콘텐츠연구부장.
<주관심분야 : 컴퓨터그래픽스, 렌더링, 이러닝, 가상현실, 분산처리, DBMS, SLA>