

2D 옷감 패턴 디자인 기반 3D 의복 시뮬레이션 시스템

김주리*, 조진애**, 한성국*, 이용주*, 정석태*, 정성태*

*원광대학교 컴퓨터공학과

**원광보건대학 패션 코디네이션과

{cyanic, skhan, yjlee, stjoung, stjung}@wonkwang.ac.kr,

jajo@wkhc.ac.kr

3D Cloth Simulation System based on 2D Cloth Pattern Design

Ju-Ri Kim, Jin-Ei Cho, Sung-Kook Han, Yong-Ju Lee,
Suck-Tae Joung, Sung-Tae Jung

Dept. of Computer Engineering, Wonkwang University
Dept. of Fashion Coordination, Wonkwang Health Science College

요 약

본 논문은 여러 옷감 조각들을 이용하여 가상의 3차원 인체 모델에 옷을 입히기 위한 의복 시뮬레이션 시스템을 제안한다. 본 논문에서 의상 제작 과정에 사용한 방법은 2차원 옷감 조각을 디자인하는 과정과 옷감 조각을 재봉하고 여기에 제약점을 정하여 3차원 인체 모델에 의상을 입히는 과정으로 구성된다. 제안된 시스템은 3차원 인체 모델 파일과 2차원 재단 패턴 파일을 읽어 들인 다음 질량-스프링 모델에 기반한 물리적 시뮬레이션에 의해 의복을 착용한 3D 모델을 생성한다. 본 논문의 시스템은 사실적인 시뮬레이션을 위하여 인체 모델을 구성하는 삼각형과 의복을 구성하는 삼각형 사이의 충돌을 검사하고 반응 처리를 수행하였다. 인체를 구성하는 삼각형의 수가 매우 많으므로, 이러한 충돌 검사 및 반응 처리는 많은 시간을 필요로 한다. 이 문제를 해결하기 위하여, 본 논문에서는 Octree 공간 분할 기법을 이용하여 충돌 검사 및 반응 처리 수를 줄이는 방법을 이용하여 사실적인 영상을 생성할 수 있었고, 수초 이내에 가상 인체 모델에 의복을 입힐 수 있었다.

1. 서론

정보화 사회인 현실에서 패션 디자인은 제품의 트렌드(Trend) 및 주요 마켓 대상을 결정하는 매우 중요한 과정으로써 유행의 변화와 소재의 다양성으로 인해 많은 어려움을 겪고 있다. 최적의 스타일 디자인 기획은 최종 생산제품의 판로를 결정하는 중요한 변수이기도 하다. 따라서 의상 디자인작업에 필요한 중요한 요소들을 체계적으로 관리하고 도식화 할 수 있는 디자인 시스템 기술을 필요로 하고 있다. 하지만, 현재의 의상 디자인 시스템 기술은 2D 영상에 의존하고 있으며 주어진 사진 객체를 카달로그 형식으로 보여주는 효과 밖에 가지고 있지

않다. 그렇기 때문에 패션디자인 분야에서는 직접 의상의 샘플을 제작하는데 많은 시간과 비용을 필요로 하고 있으며 많은 부분을 낭비하고 있는 현실이다.

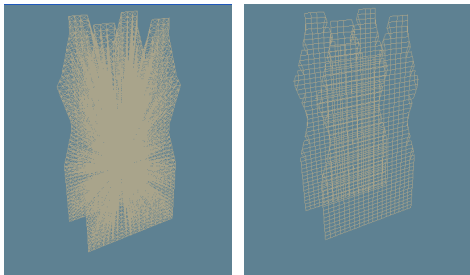
본 논문에서는 3차원 인체 모델이 주어진 상태에서 2D 디자인 패턴을 이용하여 의복이 모델에 입혀지는 과정을 보여주는 시스템을 제안한다. 본 논문의 시스템은 의상 디자이너가 의복을 실제로 제작해보지 않고서도 가상으로 그 결과를 시각적으로 확인할 수 있게 함으로써 디자인 시간과 비용을 줄이는데 활용 될 수 있다.

2. 2D 옷감 패턴

2차원 옷감 조각 과정에서는 옷감의 외형과 물리적인 특성을 설정하고, 재봉선을 설정한다. 옷감의 외형을 디자인하기 위해서는 옷감의 외곽선에 대한

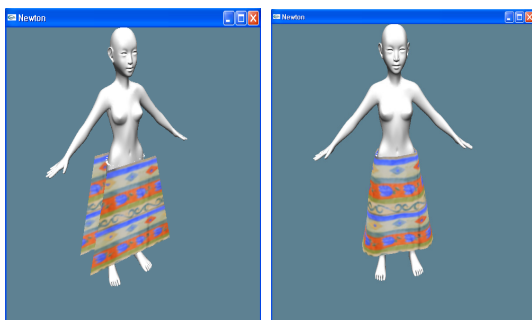
본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단에서 시행한 지역전략산업 석·박사 연구인력 양성사업의 지원에 의해서 수행하였음.

정보를 입력해야 한다. 입력된 외곽선으로부터 옷감의 기하학적/물리적 모델에 맞는 옷감 구조를 구하는데, <그림 1>과 같이 임의의 삼각형들의 집합으로 옷감을 구성하거나, Provot의 옷감 모델에 맞게 격자 형태로 옷감을 구성한다. 이렇게 기하학적 구조를 정한 뒤, 옷감에 맞는 물리적인 특성을 설정한다. 입력되는 특성들은 시스템이 사용하는 옷감 모델에 따라 다르지만, 일반적으로 각 입자의 질량, 옷감이 늘어나거나 휘어지는 정도 등이 입력된다.[1][2][3][5]



<그림 1> $m \times n$ 질량 점의 직사각형 토폴로지 메쉬 형태

다음은 재봉선을 그리는 과정이다. 의상은 여러 옷감 조각들이 재봉되어 제작하므로 서로 재봉 되어야 할 옷감 쌍의 외곽선 부분을 재봉선으로 설정한다. 또한 3차원 인체 모델에 의상을 입히기 위해서는 <그림 2>와 같이 여러 조각들을 인체 모델 주위에 적절하게 위치시키고, 재봉 과정을 거쳐 옷감 조각들을 붙여준다. 여기서 제약점은 인체 모델의 특정 부분의 지역 좌표계에 고정된다. 따라서 2차원 조각들이 인체의 특정 부분에 고정되게 한다.[8] 이 모든 정보를 본 논문에서는 임의적으로 텍스트로 저장하여 cloth 파일을 생성하였다. 이는 향후 의상 제작 시스템으로 개발하여 보다 정확한 디자인을 위해 CAD 시스템의 데이터를 이용할 수 있도록 할 것이다.

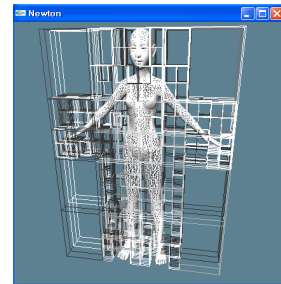


<그림 2> 긴 치마 시뮬레이션을 위한 제약점 설정

3. 충돌 처리

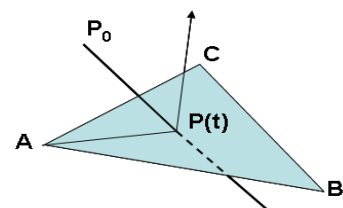
3.1 충돌 검사

의복 착용에서 옷감이 인체를 파고들면 옷감 사이로 인체가 보이게 되고 이것은 현실성을 떨어뜨리기 때문에 정확한 충돌 검사와 반응 처리가 필요하다. 기존 연구[4]에서 이용한 바운딩 볼륨 방법은 충돌 검사에 대한 시간은 줄일 수 있으나, 옷감이 인체로부터 떨어져서 움직이는 문제가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 인체를 구성한 다각형과 옷의 입자 사이의 충돌 검사를 함으로써 보다 정확한 시물레이션을 위해 인체 모델을 <그림 3>과 같이 Octree 공간 분할 방법[6][7]을 이용하여 나누어진 서브트리 각각의 공간 안에서 일어나는 충돌을 검사하고 처리한다. 이 방법을 사용하면 바운딩 볼륨 방법[4]을 사용하는 것에 비해 시물레이션 속도는 느리지만, 각 공간 안에 삼각형의 점과 면이 충돌하는 경우만 체크하여 저장하기 때문에 계산량을 줄일 수 있고 보다 자연스러운 시물레이션 결과를 볼 수 있었다.



<그림 3> 계층적 공간 분할 방법을 이용한 인체 모델의 분할

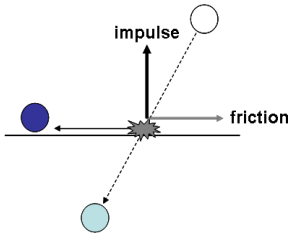
Provot은 충돌하기 위한 필요조건을 설정함으로써 문제를 간단하게 풀 수 있는 방법을 개발하였다. 필요조건은 점과 삼각형이 충돌할 때 삼각형을 포함하는 평면과 점이 같은 평면에 위치한다는 것이다. 따라서 <그림 4>와 같이 시간 t 에 따라 이동하는 점 $P(t)$ 와 삼각형(ABC)이 같은 평면이 있게 되는 시간을 계산함으로써 점과 삼각형의 충돌 검사를 수행할 수 있다.[6]



<그림 4> 충돌 검사

3.2 충돌 반응 처리

반응 처리는 충돌 검사 후에 충돌된 물체들을 적절히 위치시키는 과정이다. 이 과정을 통해 옷감이 인체 안으로 들어가거나 인체를 뚫고 지나가는 침투 현상을 막아야 한다. 또한 반응 처리 후에 옷감의 전체적인 균일을 유지해야 한다. 이 두 가지가 충돌 반응 처리의 목표가 된다. 정확한 반응 처리를 위해서는 정확한 충돌 시간과 위치를 알아내고 충격량과 마찰력을 생성하여 다음 위치를 계산해 주어야 한다. 인체와 옷감 사이의 충돌은 완전 비탄성 충돌로 생각하고 충돌 반응 처리를 계산한다. [6]



<그림 5> 충돌 반응 처리 모델

<그림 5>는 입자가 이동하여 인체를 뚫고 지나가는 상황을 나타낸다. 여기서 입자가 이동하다가 인체의 평면과 충돌하는 순간에는 충격량이 발생한다. 이를 통해 충돌한 평면의 수직 방향에 해당하는 속도가 결정되는데, 이는 운동량 보존의 법칙에 의해 좌우되며 완전 비탄성 충돌인 경우 수직 방향 속도는 없어진다. 본 논문에서는 충돌 평면에 수직 방향으로 더 이상 진행이 불가능하므로 수직 방향의 속도 성분을 제거하고 충돌 평면에 수평 방향 성분의 속도만을 유지하여 다음 위치를 계산한다. 다음 위치는 충돌이 발생한 경우와 충돌이 발생하지 않은 경우로 나누어진다.

충돌이 발생한 경우에는 먼저 입자의 위치를 수정한다. 입자의 새로운 위치는 P' 는

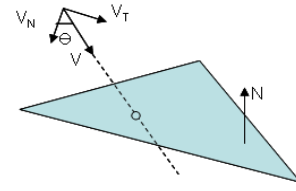
$$P' = P + t \times V \quad \text{식(1)}$$

로 계산하며 여기서 t 는 충돌 시간을 나타내고 P 는 이전의 위치, V 는 속도 벡터를 나타낸다.

충돌이 발생하지 않은 경우, 입자의 위치는

$$P' = P + \Delta t \times V \quad \text{식(2)}$$

로 계산하며, Δt 는 시뮬레이션 시간 간격을 나타낸다.



<그림 6> 충돌 상황

<그림 6>과 같이 충돌이 발생한 경우 입자의 속도는 수직 방향 성분은 없어지고 수평 방향 성분만 남게 된다. 수직 방향과 수평 방향의 속도는 식(3)으로 계산한다.

$$\begin{aligned} V_N &= -N \times |V| \times \cos \theta & \text{식(3)} \\ &= -N \times |V| \times \left(\frac{V}{|V|} \cdot (-N) \right) \\ V' &= V_T = V - V_N \end{aligned}$$

N 은 평면의 법선벡터로 정규화 된 값을 나타내고 V 는 속도벡터, V' 는 새로운 속도벡터를 나타낸다.

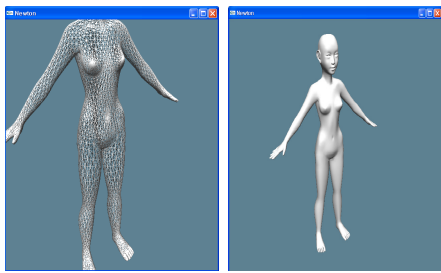
정리하면 옷감과 인체사이의 충돌이 검출되면, 옷의 입자의 다음 시간 간격에서의 속도는 충돌한 인체 표면의 법선 방향의 속도와 부합되도록 충돌면에 수직 방향으로 더 이상 진행할 수 없기 때문에 수직 방향의 속도 성분을 제거하고 수평 방향 성분의 속도만을 유지한다.

4. 의복 시뮬레이션의 3D 렌더링

본 절에서는 2D 패턴을 인체 모델에 입히는 과정에 대해 설명한다. 본 논문의 시스템에서는 먼저 <그림 7>과 같은 3D MAX에서 제작하여 ASC 형태로 저장된 3D 인체 모델을 읽어 들인다. 다음에는 cloth 파일로 저장해 놓은 옷감 패턴을 읽어 들인다. 읽어 들인 옷감 패턴은 수작업으로 cloth 파일에 그 위치를 저장 시켜 놓았으며, <그림 8>과 같이 인체 모델 주위에 옷감 패턴을 적절한 곳에 위치하도록 cloth 파일에서 조정하여 배치시킨 다음, 미리 설정된 재봉선을 따라 힘을 부여하게 되면 시뮬레이션을 수행하여 옷감 패턴을 바느질 하는 과정을 보여준다. <그림 9>는 <그림 8>에서 보여주는 두 장의 2D 패턴을 주어진 패턴 라인에 따라 옷감 조각이 함께 꿰매어지는 시뮬레이션 결과이다.

본 논문에서는 3D 시뮬레이션은 C++와 OpenGL을 이용하여 구현된 시스템을 가지고 실험하였다. 3D 시뮬레이션 시스템에서 이용한 의상은 짧은 치마, 긴 치마, T-Shirt, 원피스 등을 제작하여 사용하였고, 인체 모델을 각 공간분할 방법을 사용했을 경

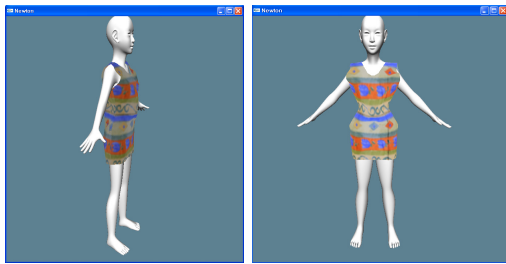
우와 사용하지 않을 경우로 나누어 실험하였다.



<그림 7> 인체 3D Tri-mesh 모델 & 3D 인체 모델



<그림 8> 2D 패턴의 위치 조정



<그림 9> 시뮬레이션 결과

같은 조건상에서 시뮬레이션 했을 때, 공간분할 방법을 사용할 경우의 시뮬레이션 결과가 공간분할 방법을 사용하지 않은 경우에 비해 약 10배 가까이 빨라지는 것을 보여준다. 또한 기존 논문[4]에서는 움직이지 않는 인체 모델에 짧은 치마를 입히는 경우 본 연구보다 빠른 시뮬레이션 결과를 보지만 이는 선분과 선분 사이의 충돌과 다각형 모델의 점과 옷감의 삼각형 사이의 충돌을 고려하지 않았기 때문이다. 반면, 본 논문에서 이용한 Octree 공간분할 방법의 경우 옷감이 모델에 침투하거나 부분적으로 늘어나는 현상을 해결하여 보다 자연스러운 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다.

5. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 옷감이 인체에 침투하는 현상이나 인체로부터 분리되지 않고 인체에 옷이 입혀질 수 있도록 실시간에 상호 작용이 가능한 옷감 시뮬레이

션을 구현하였다. 이는 실시간성에 가장 적합한 Provot의 질량-스프링 모델을 옷감 모델로 선택하였고, 자연적인 힘에 의해 변화되는 옷의 움직임을 계산하는 방법으로 Explicit Euler integration과 길이 보정 방법을 선택하였다. 그리고 3D Max를 이용한 인체 모델 파일(ASC)과 짧은 치마, 소매가 없는 셔츠, 원피스 등의 샘플 패턴에 필요한 데이터 정보를 저장한 의복 샘플 파일(cloth)을 C++ 프로그램에 적용시켜 옷감 패턴을 인체 모델에 재봉하는 과정을 시뮬레이션 하였다.

향후 연구 과제로는 현재 개발된 3D 시뮬레이션을 좀 더 자연스럽게 Mapping 처리를 할 수 있는 알고리즘 연구와 속도를 향상 시키고, 의상을 착용한 상태에서 인체 모델이 움직임일 때 발생하는 자체 충돌을 처리하여 보다 빠르고 자연스러운 시뮬레이션 결과를 얻고자 한다. 또한 2차원 옷감 조각을 제작하는 의상 제작 시스템을 개발하여 보다 정확한 디자인을 위해 CAD 시스템의 데이터를 이용할 수 있도록 할 것이다. 또한 격자 위에서 연속적으로 격자점을 선택해 가면서 옷감 조각의 외곽선을 그리고, 그 외곽선을 이용하여 재봉할 수 있는 있도록 개발하여 여러 가지 2D 디자인 패턴을 인체 모델에 적용시켜 보고자 한다.

참고문헌

- [1] Vassilev, T.I "Dressing Virtual People", SCI, 2000
- [2] Maciej Matyka & John A. De Goes, "Real Time Cloth Dynamics", <http://www.gameinstitute.com/>
- [3] Baraff. D & Witkin. A, "Large Steps in Cloth Simulation", SIGGRAPH, 19-24, 1998
- [4] 오승우, "Interactive Garment Animation", 한국과학기술원 석사학위 논문, 2001
- [5] Chittaro. L & Corvaglia. D, "3D Virtual Clothing: from Garment Design to Web3D Visualization and Simulation", SIGGRAPH, 2003
- [6] Provot. X, "Collision and self-collision handling in cloth model dedicated to design garments", 1997
- [7] Volino. P & Magnenat-Thalmann. N, "Virtual Clothing Theory and Practice", P.115-119, 2000
- [8] Fashion Studio, <http://www.dynagraphicsinc.com>