

온라인 의류 판매를 위한 디지털 의류의 착장 시뮬레이션 시스템 구현

최란, 윤근호, 조창석*
*한신대학교 디지털 융합학부
e-mail : cscho@hs.ac.kr

An Implementation of The Fitting Simulation System of Digital Garment for Online Retailing

Ran Choi, Geun-ho Yoon, Chang-suk Cho*
*School of Digital Convergence, Hanshin University

요 약

본 연구는 3차원 인체 데이터 위에 가상 의류를 착장시키는 착장 시뮬레이션 시스템의 구현을 소개한다. 인체 데이터는 3차원 전신 레이저 스캐너로 계측하였으며 가상 의류는 의복의 앞뒷면 촬영 영상으로 하였다. 대상 의류는 원피스, 티셔츠, 바지 등과 같은 비교적 복잡하지 않은 구조의 의류이며, 본 논문에서는 상의 및 원피스의 착장 과정과 바지의 착장 그리고 바지위에 상의를 착장하는 중첩 착장의 과정을 보여준다. 가상 착장 결과로 실제 착장과 동일한 결과를 제공하기 때문에 치수가 자신에게 맞는지의 정보와 착장시의 어울림의 정보가 온라인상에서 육안으로 확인되도록 제공되며, 디지털 의류의 준비도 간단하여, 본 논문의 결과로 새로운 형태의 온라인 의류 판매 방식이 제시될 수 있다.

1. 서론

본 연구는 온라인상에서 자신의 3차원 체형 데이터에 의류를 가상 착장시키는 것을 목표로 하고 있으며, 그 결과로 소비자는 치수와 어울림의 판단을 제공받을 수 있게 된다. 인체데이터는 3차원 전신 레이저 스캐너를 이용하여 획득되며, 의류의 영상은 카메라로 촬영한 앞뒷면 영상을 이용한다. 온라인상거래에서의 활용을 위해서는, 공급자인 온라인 의류 소매상들의 의류 데이터 준비가 단순해야 하며 소비자는 자신의 PC에 저장된 3차원 인체 데이터에 의류 착장을 하는 것이 간단해야 한다. 본 제안 시스템에서는, 의류 판매자의 작업을 단순하게 하기 위하여 판매자는 의복의 앞뒷면 영상만을 업로드 하도록 하고, 소비자는 이 영상들을 다운로드하여 착장 프로그램의 실행만으로 PC에 보관된 자신의 데이터 위에 가상 착장할 수 있도록 고안되었다.

가상 착장 시뮬레이션의 중요한 요소는 사용자의 정확한 3D 인체 데이터와 의복의 자연스런 결합을 생성하는 기술이다. 의복과 인체와의 결합을 생성하기 위해서는 의복의 기하학적 구조와 물리적 특성 모델링, 3D 인체 데이터와 의복과의 충돌 검사 및 반응 처리 기술이 필요하다. 본 논문에서는 상의와 하의 각각의 착장 구현 방법과 의복위에 의복을 중첩하여 착장하는 중첩 착장 방법들을 제안하고 이를 시스템에 구현한 결과를 보고한다.

의복의 가상 착장을 위한 기존의 연구로, 옷감의 물리적인 탄성을 조사 연구[1], 의복 영상의 장력 구조 연구[2,3],

의복 애니메이션 연구[4,5], 인체모델 착장연구[6], 아바타 모델을 이용한 연구[7], 의복의 패턴을 이용한 연구[8] 등이 보고되어 왔다. 아바타 모델 착장 연구의 경우 자신의 전신 데이터가 직접 이용되지 않아 본인이 입는다는 실감 표현이 반영되기 힘들며, 의복의 패턴을 인체 데이터에 착장하는 경우는 온라인 판매자가 개별 의복별로 복잡한 패턴을 알아야 하고 이를 온라인상에 업로드용 데이터로 가공해야 하는 문제점을 지니고 있어, 복잡한 구조의 의류 착장에 대응할 수 있다는 장점이 있으나 온라인 의류판매에 일반적으로 적용되기가 힘들다. 인체계측 데이터를 이용한 의류의 가상 착장 시스템을 제공하는 아이패션기술센터[9] 역시 동일하게 의복의 패턴 정보를 이용한 착장을 하고 있어, 일반적인 의류판매점으로 확장하기에는 동일한 문제를 지니고 있다.

본 연구에서는 일반적인 의류매장 선반이나 벽걸이에서 흔히 보는 납작한 형태의 의류 앞뒷면 모습을 그대로 활용해서 온라인상에서도 동일하게 앞뒷면 영상만 제공하기 때문에 의류 공급자가 업로드용 데이터를 준비하기가 쉽다. 이렇게 촬영된 의복의 앞뒷면은 인체데이터를 중심으로 봉합된 후, 상의는 실제의 착장 방식과 동일하게 뒤집어쓰듯이 위에서 끌어내리면서 착장하며 하의는 끌어올려 입는 방식으로 착장을 진행하도록 고안되었다. 이러한 방식의 장점은 의류의 공급자인 온라인 판매상과 온라인 구매자의 사용이 매우 간단해서 실용화가 쉽다는 점에 있으나 원피스, 티셔츠, 바지 등 매장에서 앞뒷면 위주로 전시되는, 구조가 복잡하지 않은 의류에 적용이 가능하다.

2. 인체 3차원 데이터

인체 3차원 계측은 사이버웨어 (Cyberware)사의 4헤드 레이저 전신 스캐너를 이용하였고 얻어진 3차원 인체 데이터들은 한 사람당 60MB 정도이며 원 데이터의 해상도는 점간 간격이 0.1mm 수준이나 1mm로 재구성해 사용하였다. 얻어지는 정보는 3차원 계측 데이터와 텍스처 정보이다.

3. 의류의 모델링



(그림 1) 의류의 질량 스프링 모델링

2차원의 의류 영상은 앞, 뒷면의 의류 사진영상에서 배경분리로 추출되며, 의류의 실제 길이를 입력받아 실제 의류와 크기를 맞춘다. 추출된 앞 뒤 의류 영상은 인체 데이터에 입혀지고, 이를 위하여 의류의 기하학적 물리적 특징을 규정하였다. 기존의 연구에서는 그림1과 같이 의류 내 삼각형의 꼭지점을 질량점, 선분을 스프링으로 한 질량 스프링 모델을 이용하였다. 질량 스프링으로 이루어진 모델에서의 힘은 입자 사이의 거리에 비례하며 입자의 상대속도에 저항하는 댐핑힘이 작용한다. 식 1은 질량 스프링 모델에서 의류 입자에 작용하는 힘을 나타낸 것이다[4].

$$f_i^s = -k_{ij}(|\Delta P_{ij}| - l_{ij}) \left(\frac{\Delta P_{ij}}{|\Delta P_{ij}|} \right) - k_{ij}^d \Delta V_{ij} \left(\frac{\Delta P_{ij}}{|\Delta P_{ij}|} \right) \quad (1)$$

$$\Delta P_{ij} = P_i - P_j \quad \Delta V_{ij} = V_i - V_j$$

여기서 p_i 는 x-y-z 좌표계에서 입자 i의 위치벡터이며, v_i 는 i의 속도 벡터, k_{ij} 는 i와 j사이의 스프링 상수, k_{ij}^d 는 스프링의 댐핑 상수, l_{ij} 는 입자사이의 원래 길이, f_i^s 는 i의 스프링 장력벡터이다.

4. 상의 착장 알고리즘

앞면 의류 영상의 위치는 인체 데이터의 앞목점과 인체 몸통 두께의 최소 최대값을 이용하여 결정된다. 앞목점의 위치는 인체데이터 표면의 벡터각 분포를 이용하여 모멘트 템플레이트로 인식을 하였다[6]. 앞목점은 의류 영상의 착장 초기의 중심과 높이 기준이 되며, 몸통의 최소 최대값을 이용하여 의류 앞면과 인체사이의 거리를 결정짓는다. 결정된 상의 의류 영상의 위치는 그림2와 같다. 그림 2에서의 Cp는 의류의 중심점을, Np는 인체 데이터의 목점이다. 또한 앞면의 의류 영상을 통합하기 위하여 두 개의 의류 영상은 인체를 사이에 두고 서로를 향해 움직인다. 통합 시 앞면과 뒷면의 대응하는 점은 길이 0으로

통합되게 된다.



(그림 2) 상의 의류 영상의 위치

의류 영상을 구성하는 천은 질량 스프링 모델이 적용된 입자가 연결된 구조로 되어있으며, 이로 인하여 인체 굴곡과 만날시 의류 내 다른 입자와의 상호작용으로 인한 변형이 발생한다. 앞면의 의류 영상의 통합 과정과 시간에 따른 위치 변화는 식 2와 같이 오일러의 명시적 적분방법 (explicit Euler integration)을 통해 계산된다[4-6].

$$V_{n+1} = V_n + F_{n+1}dt/m \quad (2)$$

$$P_{n+1} = P_n + V_{n+1}dt$$

여기서 P는 의류 영상 내의 한 입자의 위치를 의미하고, V는 입자의 속도 벡터, F는 입자에 적용된 벡터 힘, m은 입자의 질량, n은 시간이다. 이 수식을 이용하여, 앞면의 의류의 통합이 인체 데이터를 중심으로 이뤄진 후, 의류에 수직낙하 방향으로 중력이 가해진다. 아래의 식 3은 중력 식이며 여기서 m_i 는 입자 i의 질량이고, G는 중력가속벡터, f_i^G 는 입자 i에 가해지는 벡터 힘이다.

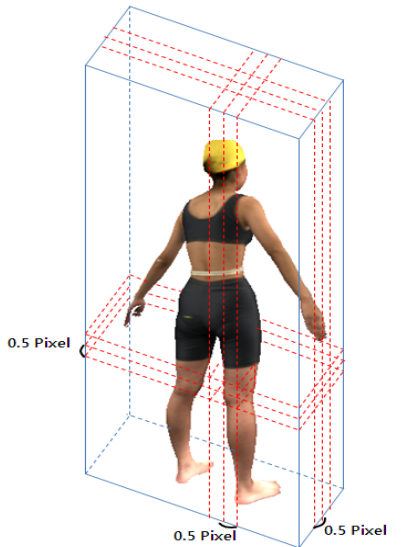
$$F_i^G = m_i G \quad (3)$$

따라서 중력이 적용된 이후 의류 입자i에 적용되는 벡터 힘은 식 4와 같이 적용된다. F_i 는 의류입자i에 적용되는 벡터 힘이며, f_i^s 는 의류입자 i에 적용되는 스프링 힘이며 F_i^G 는 의류입자 i에 적용되는 중력 힘이다.

$$F_i = f_i^s + F_i^G \quad (4)$$

이러한 인체와 의류 사이의 충돌을 감지하기 위하여 인체 데이터를 복셀로 재구성하여 검사하는 것이 효율적이다 [4]. 복셀은 한 면의 길이가 0.5픽셀인 평행 6면체인 입체적인 공간으로 각 인체 데이터는 이에 상응하는 복셀들로 그림 3과 같이 재구성 된다. 의류의 한 구성 입자가 복셀 공간에 들어왔을 경우, 그 복셀에 등록되어 있는 인체데이터의 폴리곤과 의류 입자 사이의 충돌 유무를 검사하는 방식으로 충돌검사를 하게 된다. 즉 폴리곤과 입자사이의 거리가 0.1이상일 경우 식2에서의 명시적 적분 방법으로 의류의 질점은 계속 움직이며, 0과 0.1사이의 경우 충돌로 처리한다. 만약 그 거리가 0보다 작다면 강제적으로 의류

질점의 위치를 인체 표면 점으로 옮겨주게 된다. 충돌 처리는 입자 속력의 법선 성분을 계산해 방향을 반대로 바꾸고, 충돌 후 법선 속도를 구하게 된다.



(그림 3) 인체 데이터의 복셀 재구성

의류와 인체는 움직임과 충돌을 반복하면서 착장을 하게 되고 이에 따라 의류의 흘러내림 현상이 발생하는데, 이를 방지하기 위해 마찰력을 적용해 주었다.

입자 i 에 대한 마찰력 F_i^f 은 다음의 식 5로 계산되며 μ 는 마찰계수 벡터, V_i 는 입자 i 의 속도벡터이다. 마찰력은 충돌이 감지된 폴리곤에만 적용되며 x, z 방향으로만 작용하도록 설정하였다.

$$F_i^f = \mu V_i \quad (5)$$

마찰력은 속력에 저항하는 힘으로, 의류와 인체가 충돌했을 때의 입자 i 의 속력은 다음 식 6과 같이 정의된다.

$$V_{n+1} = (V_n + F_{n+1}dt/m) - F_i^f \quad (6)$$

5. 하의 착장 알고리즘

하의 착장의 경우 상의 착장 알고리즘과 동일한 과정을 적용하고 역방향의 착장으로 진행된다. 초기 의류의 위치 결정과 하의의 착장 위치를 찾기 위해 적용해주는 알고리즘이 다르다. 상의의 경우 의류 착장 시 의류가 어깨에 걸치지면서 자연스럽게 착장 위치가 정해지지만 하의의 경우는 그렇지 않기에 따로 착장 위치를 찾기 위한 알고리즘을 적용하였다.

초기 하의 의류의 위치는 인체데이터의 허리 점을 이용하여 결정되며, 이미지 사이의 간격은 상의와 마찬가지로 인체의 두께를 이용하여 결정짓는다. 결정된 하의 의류의 위치는 그림4와 같다. 그림3에서 Wp 는 인체데이터의 허리점이며 Cp 는 의류데이터의 중심점이다. 이후에 하의 의류는 인체를 중심으로 서로를 향해 전진하여 통합이 된다.

통합 시 앞면과 뒷면의 대응하는 점은 길이0으로 통합되게 된다.



(그림 4) 하의 의류 영상의 위치

하의 역시 입자가 연결된 구조로 의류 입자와 인체사이의 상호작용으로 인한 변형을 계산하기 위해 오일러의 명시적 적분방법인 식 2를 이용하여 계산한다. 상호작용 시 인체와 의류 입자의 충돌을 감지하기 위해서 복셀을 이용하여 감지하며, 충돌처리를 해주게 된다.

통합이 된 후 하의는 반중력을 적용시켜 다리에서 허리 부분으로 올려지고 인체 살에 부딪히면 하의의 허리부 위치를 가상 핵대로 고정한다. 이 과정은 인체가 바지를 입는 순서와 동일하며 수식은 식 7은 착장과정에서의 이동량 결정 식이다. 여기서의 P_p 는 하의의 가랑이 점이며, P_b 는 인체의 살 점이다. V_{n+1} 은 식 2와 같으며 F_i^f 는 식 5와 같다. 그 이후 중력을 다시 식 3과 같이 적용하여 실제와 같이 자연스럽게 착장되게 된다.

$$\begin{aligned} \text{if } (|\Delta d| < \epsilon \ \& \ \epsilon \rightarrow 0) V_{n+1} = 0 \\ \text{else } V_{n+1} = (V_n + F_{n+1}dt/m) - F_i^f \end{aligned} \quad (7)$$

여기서 $|\Delta d| = |P_p - P_b|$ 이다. 반중력은 중력의 반대방향으로 작용하는 힘이며 중력의 식에서 중력가속벡터가 음수가 된다. 식 8은 반중력 적용식이다.

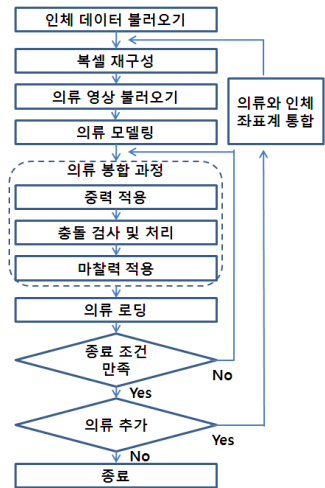
$$F_i^G = -m_i G \quad (8)$$

의류와 인체와의 충돌은 복셀을 이용한 거리검사로 상의와 같은 방식으로 진행된다. 충돌이 일어날 경우 식 5와 같이 마찰력을 적용해 준다.

6. 의류의 중첩 착장

하의를 인체 데이터에 착장시킨 후 인체데이터의 좌표계와 의류데이터의 좌표계를 통일한다. 그 후에 인체의 좌표점과 인텍스 값과 의류의 각 위치 점과 인텍스 값을 합쳐 데이터화 한 뒤 이를 4장의 상의 착장 알고리즘에서의 복셀로 재구성한다. 이 데이터에 상의를 착장시키면 하의 위에 상의가 착장되게 된다.

이 이후의 착장 순서는 4장의 상의 알고리즘과 동일하게 실행된다. 그림 5는 의류 중첩 착장의 순서도이며 그림 6은 의류가 중첩 착장된 모습이다.



(그림 5) 중첩 착장의 순서도



(그림 6) 상하의가 착장된 모습

7. 결론 및 검토

본 연구에서는 간편하게 준비 가능한 평면 형태의 디지털 의류 영상을 이용하여 인체 데이터에 착장된 모습을 확인할 수 있는 시뮬레이션 시스템을 제시하였다. 특히 본 연구는 자신의 3차원 데이터를 이용하기 때문에, 온라인 의류 판매상에서 제시하는 의류 영상을 자신의 인체 데이터에 착장하는 것과, 오프라인 매장에서 실제 입어봤을 때와의 착장 결과가 치수와 어울림 면에서 크게 다르지 않음을 보여준다. 하지만 상의와 원피스의 경우는 의류의 치수와 어울림의 두 가지를 정확히 반영하게 되나, 바지의 경우에는 허리부분의 치수는 반영이 되나 엉덩이 치수의 정확한 반영이 세밀하지 않아 이 부분의 개선 연구가 필요하다. 또 다른 문제점은 의류의 중첩 착장 시 하의를 먼저 착장한 뒤 이를 인체데이터로 재인식하여 상의를 착장하게 되는데, 이럴 경우 상체에 비해 비대해진 하체를 갖게 된다는 것이다. 이것이 문제점이 되는 이유는 인체 데이터의 허리 부분은 상의와 하의가 겹쳐져 착장되기 때문이다. 그러므로 상의 착장 시 인체 데이터의 상체에 비해 두꺼운 하체 부분에 상의의 의류가 맞지 않는 경우가 발생한다.

인체데이터의 하체가 상체에 비해 크게 비대해진 원인은 충돌 반응처리 시 의류의 질점을 이용하기 때문에 의류가 다소 인체와 떨어져 움직이는 단점을 갖게 되기 때문이다. 따라서 하의 착장 시 하의 의류와 인체데이터 사이에 첫 번째 틈이 생성되고, 후에 이를 다시 인체데이터로 재인식

하여 상의를 착장시키면서 인체데이터와 상의 의류 사이에 두 번째 틈이 생성되기 때문에 인체데이터의 하체가 상체에 비해 상대적으로 크게 비대해지는 차이가 생기는 것이다. 이는 충돌 반응 처리 시 의류의 질점을 이용하는 것이 아닌 의류 질점이 이루고 있는 삼각형을 이용하여 처리 한다면 인체와 의류 사이의 틈에 대한 단점을 보완할 수 있다.

본 연구의 최종 활용을 위한 비즈니스 모델은 다음과 같은 방식으로 진행할 것을 제안한다. 온라인 의류판매상들로부터 공동 설립된 인체 계측 센터에서, 자신의 3차원 계측 데이터와 착장 프로그램을 받아 자신의 PC에 저장하고, 온라인 의류소매업자는 자신이 판매할 수 있는 의류의 이미지와 절대 길이만을 온라인상에 등록해두면 일반 소비자는 매장에서 직접 입어보지 않고도 많은 옷들을 가상 착장해보고 구매를 할 수 있게 된다. 그리고 인체 계측 센터의 운영은 온라인 소매상들의 판매 수수료로 충당이 가능하다고 생각된다. 이와 같이 중앙 데이터센터를 따로 두지 않고 개인의 데이터를 자신의 책임 하에 PC에 보관하는 방식은 개인의 정보보호와 관리의 책임 문제에서 분쟁의 소지를 없앨 수 있다.

참고문헌

- [1] H.W.Seo, S.J.Kim, F.Cordier, K.H.Hon,; "Validating a cloth simulator for measuring tight-fit clothing pressure". Proceedings of the ACM, pp.431-437, 2007
- [2] D.R.Haumann, "Modeling the physical behaviour of flexible objects", ACM SIGGRAPH'87 Course Notes #17 - Topics in physically-based modeling, 1987
- [3] X.Provot, "Deformation constraints in a Mass-Spring Model to describe rigid cloth behavior", Proc.Graphic Interface, pp.147-155, 1995
- [4] 오승우, "Interactive garment animation", 한국과학기술원 석사학위논문, 한국과학기술원, pp.6-57, 2002
- [5] D.Baraff, A.Witkin, Large steps in clothing simulation. Proc. of SIGGRAPH, pp.43-54, 1998
- [6] Chang-Suk Cho, Jun-Young Park, Adrian Boeing, Phillip Hingston, "An implementation of a garment-fitting simulation system using laser scanned 3D body data", Computers in Industry, Vol 61, No.6, pp.550-558, 2010
- [7] N.Magnenat-Thalman, H.W.Seo, F.Cordier, "Automatic modeling of virtual humans and body clothing", Journal of Computer Science and Technology, Vol.19, No 6, pp.575-584, 2004
- [8] F.Cordier, H.W.Seo, N.Magnenat-Thalman, "Made-to-measure technologies for an online clothing store", IEEE Computer Graph Appl, pp.38-48, 2003
- [9] <http://www.ifashion.or.kr/>