

3D 인체 및 의상복원을 사용한 개인체형맞춤 가상착용 iOS 모바일 서비스 설계 및 개발

*유승원, **오상민, ***안희준
 서울과학기술대학교 전기정보공학과
 *qwer15417@gmail.com, {**kosm531, ***heejune}@seoultech.ac.kr

Personal-Fit Virtual Try-On iOS Mobile Service using 3D Human body and Clothing model reconstruction

*Yoo, Seungwon **Oh, Sangmin, ***Ahn, Heejune
 Seoul National University of Science and Technology, Dept. Electrical & Info Eng.

요약

본 논문에서는 3차원 스캔 없이 이미지 입력만을 사용한 개인 체형을 고려한 모바일 가상 착용 시스템의 전체 과정을 설계하고 개발하였다. 이를 위하여 이미지상 인물의 자세와 체형의 추정을 통하여 3차원 인체모델(SMPL)을 추정하는 최근의 방식을 이용하였고, 앞 뒷면 의상 이미지를 2차원 texture 매핑과 평면 triangle mesh로 복원하고 의상 봉제 (sewing) 시뮬레이션을 사용하여 3차원 의상 모델을 생성하는 방법을 새롭게 개발하였다. 또한 이를 활용한 3차원 개인화된 가상 착용 모바일 앱과 서비스를 Flask와 iOS 환경에서 SceneKit을 활용하여 개발하였다. 이를 통하여 단순히 의상의 매칭과 스타일 뿐 아니라 사이즈에 따른 착용 Fit을 구매 전에 확인할 수 있는 전체 서비스를 실현 및 검증하였다.

1. 서론

최근 ICT 기술의 발전과 더불어 코로나-19로 인해 온라인 쇼핑과 같은 비대면 산업이 비약적으로 성장하고 있다[1]. 가상 착용 연구는 딥러닝 기반으로, 2차원상의 인체 이미지에 맞추어 의상을 덧입히거나[2], 고정된 3차원 모델에 3차원 의상을 입히는 방법이 시도되었다. 하지만 2차원의 경우, 인체와 의상의 3차원적 변형과 신체 체형 등을 반영하지 못하고, 의상의 패턴, 주름 등을 표현하지 못하며, 3차원의 경우 소비자 개인의 신체 특성을 반영한 모델을 생성하기가 어렵거나 수작업 등이 필요하여 비용이 많이 든다는 문제점을 가지고 있다. 최근에는 개인의 체형 정보를 반영하는 아바타 모델을 사용하고 3차원 센서 등에 의하여 의상의 3차원 모델을 확보하는 방식의 실용화와 서비스가 시도되고 있다.

본 연구는 3차원 기반 가상 착용에서 있어서 실용화에 가장 큰 문제로 판단되는 개인화된 인체 복원과 의상 복원의 실용적인 방법[3]을 제안하고, 오픈소스 프로젝트인 Blender의 Python API를 활용하여 의상 봉제 시뮬레이션을 통하여 의상의 자연스러운 착용 3차원 모델을 확보를 목표로 하였다. 사용자의 2차원 이미지로 3차원 SMPL 인체 모델 mesh 및 자세를 복원하며[4], 의상의 2차원 앞, 뒤 이미지로부터 3차원 평면의 옷감 mesh를 생성한다. 이후 앞서 얻은 인체 mesh를 충돌 객체로, 옷감 mesh를 천 객체로 시뮬레이션하며, 인체 모델에 옷감을 적절히 위치시킨 뒤, 실제 옷을 만들 듯 이를 봉제하며 의상을 착용시키고, 인체 모델의 자세를 제어할 수 있게 구현하였다. 나아가서 본 논문에서는 제안된 방식의 실용성을 확인하기 위하여 개인화된 가상 의상 착용을 활용의 적용한 웹 서비스와 iOS 모바일 앱을 개발하여 시험하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 전체 시스템의 구성과 3차원 SMPL 인체 모델 및 자세 추정 기술, 앞, 뒤 의상 옷감 생성 기술, 시뮬레이션 결과와 성능에 대하여 보인다. 3장에서 개인화 가상 착용 시

스템을 iOS 앱, 실시간 가상 피팅 서버의 구성과 설계 요소를 설명한다. 제4장에서는 우리 시스템에 대한 평가와 문제점 분석, 개선 사항에 대해 논의한다.

2. 이미지를 사용한 3차원 개인화 인체 모델 및 의상 모델 복원 방법

Fig. 1은 전체 시스템 구성으로 사용자 전신 이미지, 의상의 앞, 뒤 이미지를 입력으로 한다. 먼저 사용자 이미지를 이용하여 2차원 관절 정보를 얻고, 이 둘을 이용해 SMPL 모델 파라미터를 추정한다. 한편 의상의 앞, 뒤 이미지를 사용하여 의상의 형태와 texture를 가지는 3차원 평면 mesh를 추출한다. 이후 시뮬레이션 상에서 인체 모델에 의상을 입히기 위해, 인체 모델의 자세를 의상에 맞추어 변형한 뒤, 의상의 위치를 맞추어 봉제한다. 이후 원하는 자세로 인체 모델을 변형시킬 수 있으며, 자연스러운 의상의 형태를 얻을 수 있다.

• 인체 모델의 생성

SMPL (SMPL-x) 인체 모델은 다양한 체형과 자세를 표현할 수 있는 변수 기반 인체 모델로 인체모델로, 최근 여러 연구에서 활용 및 검증되고 있다. 자세를 표현하기 위한 21개 관절의 3차원 회전 벡터와 shape를 표현하기 위해 10차원 PCA 공간에서 얻는 10개의 벡터를 사용한다. 사진 속 인물의 개인화된 SMPL 모델 확보를 위하여 Openpose 기법을 이용하여 2차원 joint 정보를 얻었다[5]. Openpose는 Bottom-up 방식의 자세 추정 알고리즘이다. VGG-19 네트워크를 이용하여 각 관절들의 heatmap을 구성한 뒤, 이들 간의 상관관계 분석을 통해 2차원 관절 정보를 추정한다.

이후, SMPL 모델의 파라미터를 얻기 위해, 얻어낸 관절 정보와 사

용자 이미지를 입력으로 SMPLify-x 기법을 사용하였다. SMPLify-x는 3차원 인체 모델 관절의 사영을 2차원 관절에 맞춘 뒤, SMPL 모델의 파라미터를 추정해 나간다. 이때, SMPLify-x에서는 자세 추정에서의 연산량을 줄이기 위해 32차원을 가지는 VPoser를 사용한다. VPoser는 기존 63개의 요소를 가지는 SMPL 자세 정보를 구형 정규 분포 (spherical Gaussian distribution)를 이용하여 인코딩한 32개의 요소만으로 표현 가능케 한다. 하지만 본 연구는 인체 모델의 직관적인 자세의 변형을 의도하고 있기에 이를 다시 63개의 요소를 가지는 21개의 관절 정보로 디코딩하여 결과를 내었다.

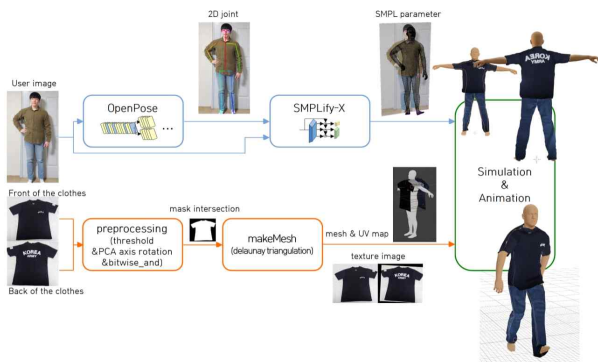


Fig. 1 3차원 복원 및 가상 착용 시스템 구성

• 3차원 의상 모델을 위한 의상 mesh 및 texture 추출

본 연구에서는 입력으로 의상의 앞면과 뒷면 사진이 주어진다고 가정한다. 의상 시뮬레이션을 통한 3차원 복원을 위해서는 3차원 옷감 mesh는 vertices와 그들로 이루어진 face, 그리고 texture 표현을 위한 UV map, 그리고 앞, 뒤 옷감의 봉제를 위해 대응되는 vertex 쌍의 edge 정보를 추출하여야 한다. 의상의 봉제 edge를 추출하는 단계를 제외하고 모든 과정은 자동으로 처리되도록 설계 구현되었으며, 현재 셔츠와 청바지 등에 대하여 적용 검증을 하였다.

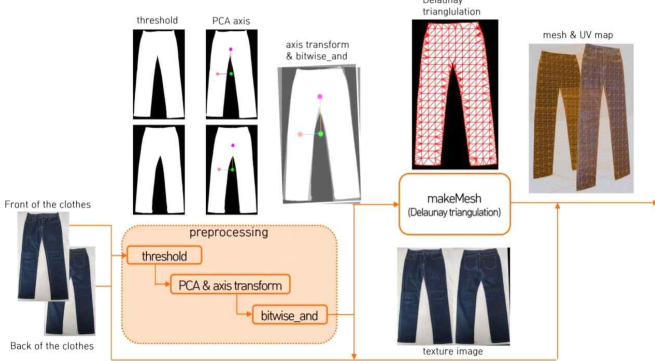


Fig. 2 의상 mesh 및 texture 추출 구조도

Fig. 2는 긴 청바지를 입력으로 하는 의상 mesh 추출의 예시이다. 2차원 의상 이미지로부터 의상 영역의 마스크를 형성하고, 의상의 앞면과 뒷면을 매칭시키기 위해 마스크 x, y 좌표의 평균 중심값과 이들 공분산 행렬의 고유 벡터, 고윳값을 매칭을 위한 affine 변환을 구하고, 공통된 영역만 추출한다. 이후, contour 내부에 일정 간격의 vertex를 생성한 뒤, Delaunay triangulation을 적용하여 옷감 mesh의 face 및

UV map을 얻는다. 또한 사용자의 선택을 통한 앞, 뒷면 옷감 간의 봉제 edge 정보를 얻는다.

• 의상 착용 시뮬레이션 및 애니메이션

착용 시뮬레이션 단계는 오픈소스인 Blender Python API를 활용하여 구현하였다. 의상 착용은 앞에서 구한 평면 형태의 앞, 뒤 의상에 대응되는 외곽 점 사이를 컴퓨터 시뮬레이션 방식으로 봉제하며 진행한다. 시뮬레이션 변수로는 3차원 모델에 충돌과 더불어 마찰, 탄력성을 부여하였다. 또한 의상 모델에는 추가로 장력, 압축, 기울임, 각도 밴딩의 4가지 가상 스프링을 이용하여 천의 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 과정에서는 의상에 맞추어 인체 모델의 자세를 수정하여야 하고, 의상이 너무 작으면 착용 시뮬레이션 시 뜯어지는 경우도 발생하였다.



Fig. 3 (a) 봉제선이 잘 봉합된 경우, (b) 봉제선이 뜯어진 경우

3차원 애니메이션 구현은 BioVision Hierarchical data (BVH) 파일을 사용하고 특정 key frame마다 모델의 skeleton 값을 지정하며 이루어진다. Fig. 4는 반팔, 긴팔, 반바지, 긴바지 입력에 대응하는 결과이다.



Fig. 4 가상 의상 착용 시뮬레이션 및 애니메이션 (https://youtu.be/6w-1rpUVrEQ)

3. 가상 피팅 서비스 시스템

앞서 개발한 인체 및 의상의 3차원 복원 엔진과 시뮬레이션 기반 가상 착용 파이프라인을 바탕으로 개인화 가상 피팅이 가능한 서비스와 이를 사용하는 iOS 모바일 앱을 개발하였다. 애플 iOS에서 동작하는 앱을 개발하기 위해 Swift 언어를 사용하였고, 3D 모델을 화면상에 렌더링하기 위해 SceneKit 라이브러리를 사용하였다. 서버는 Flask 프레임워크

크를 이용하여 앱과 통신할 수 있도록 하였다. Fig. 5는 앱, 서버, 가상 피팅 모듈의 전체 시스템 구조를 도식화한 그림이다. 시스템의 기능요소는 크게 개인 전신사진 등록 등의 개인정보 등록 기능과 3차원의 상의 모델을 송수신 받는 기능 그리고 송수신 받은 인체와 의상 모델을 렌더링하는 기능으로 구분할 수 있으며, 이를 위하여 엔진의 각 기능과 인터페이스를 수행하여야 한다. 우선, 인체 모델을 생성하기 위해 스마트폰 카메라를 이용하여 인물 이미지를 얻고 이를 서버로 전달한다. 서버와 인체 모델을 생성하는 모듈을 통합하여 앱으로부터 전달받은 이미지를 처리하여 인체 모델을 얻고 이를 앱으로 전달해준다. 둘째로, 의상 착용을 위해서 앱에서 인체 모델에 입힐 의상을 선택하고 이에 대한 정보를 서버로 전달하여 서버와 통합된 의상 자세 추정 모듈을 이용하여 인체 모델에 맞게 변형된 의상을 생성한다. 이를 앱에 전달하여 최종적으로 앱에서는 인체 모델에 의상이 입혀진 화면을 렌더링하였다.

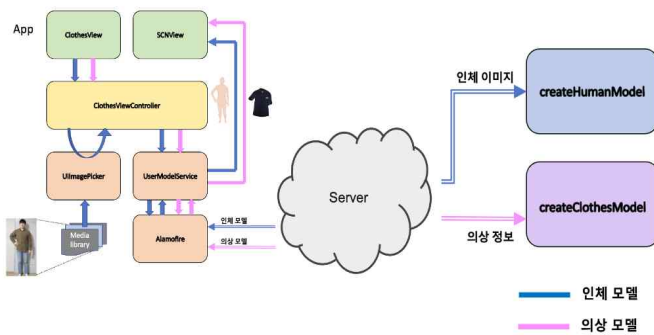


Fig. 5 전체 시스템 구조

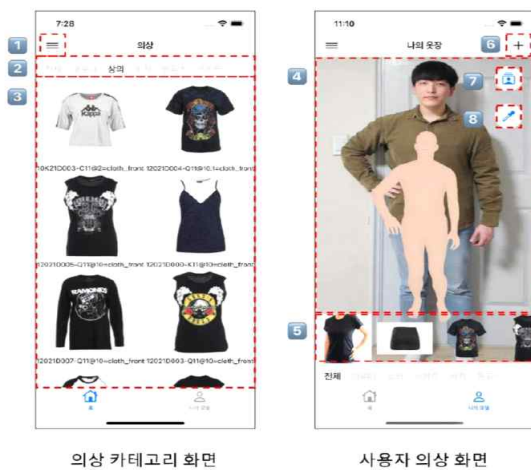


Fig. 6 iOS 앱 UI 스토리보드

Fig.6에서는 구현한 앱을 UI 스토리보드 형식으로 표현하였다. 의상 카테고리 화면에서 모델에 입히고 싶은 의상을 선택할 수 있도록 하였다. 의상 카테고리 화면에서 선택한 의상은 사용자 의상 화면의 하단에 추가되도록 하였고 입히고 싶은 의상을 선택하면 현재 화면에 표시되는 모델의 정보와 의상 정보를 서버로 전송하여 인체 모델에 맞게 변형된 의상 모델을 화면상으로 확인할 수 있다.

4. 결론

사용자와 의상의 앞, 뒤 이미지를 사용한 개인화된 3차원 의상 차

용과 애니메이션 기법을 설계하고 구현하여 제안된 방식의 장점과 효율성을 확인하였다. 그러나 의상 생성 및 시뮬레이션 과정에서 한계점을 보였다. 의상 생성 시, 앞에서 찍은 의상 사진 목 부위에 뒷면 의상이 같이 포함되어 어색한 결과를 보이며, 봉제선의 구별이 불가능하여, 수작업으로 구별해야 하는 제약이 있었다. 애니메이션 시 손과 같은 부위가 봉제선을 강하게 건드리는 경우, 봉합 부위가 뜯어지는 문제를 발견하였다. 마지막으로 천의 재질 표현이 한정적이며, 옷깃, 단추, 주머니와 같은 의상의 굴곡 표현이 불가하기에 어색해 보이는 결과를 확인할 수 있다. 의상 모델의 봉제선 추정 알고리즘을 고안할 필요가 있다. 봉제선을 추정할 수 있으면, 의상 모델 생성뿐만 아닌 이후 인체 모델 자세 수정까지 자동화가 가능해진다. 또한 의상의 재질 정보를 시뮬레이션에서 적용하면 더욱 자연스러운 결과를 얻을 수 있을 것이다. 또한 시뮬레이션 방식에서 정확도를 높이면 시뮬레이션 시간이 증가하게 되는데 이때 사용자 대기시간이 증가하는 문제점을 가지고 있다. 최근 의상시뮬레이션을 인공지능망 방식으로 대체하는 연구 [6]가 초기 단계에 있으므로 이러한 연구를 적용하여 시간을 줄일 수 있을 것으로 기대 된다. 또한 인체 체형 아바타는 현재 구현되어 있으나, 대상의 얼굴등과 같은 부분은 SMPL모델로는 현실화 할 수 있는 부분이 있어서 이 부분이 다소 어색한 것을 보여준다. 몸통에 해당하지 않은 부분들에 대하여 개인 정보를 활용할 수 있는 방안의 연구가 실용화를 위하여 필요할 것으로 보인다.

ACKNOWLEDGMENT

본 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(No. 2021R1F1A1A045391)

5. 참고문헌

- [1] 통계청, “온라인쇼핑동향조사”, (https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1KE10071&conn_path=12&language=kr)
- [2] H. Ahn, “Online Virtual Try On using Mannequin Cloth Pictures,” Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, vol. 23, no. 6, pp. 29-38, Dec. 2018.
- [3] S. Oh, H. Ahn, “Personalized virtual fitting using image-based 3D human and clothing reconstruction with Blender software ,” Proc. of the KICS Fall Conference, Oct. 2022.
- [4] Bogo, Federica, et al. "Keep it SMPL: Automatic estimation of 3D human pose and shape from a single image." European conference on computer vision. Springer, Cham, 2016.
- [5] Wang, Wallace. "Understanding augmented reality and arkit." Beginning ARKit for iPhone and iPad. Apress, Berkeley, CA, 2018. 1-17.
- [6] Patel, Chaitanya, Zhouyingcheng Liao, and Gerard Pons-Moll. "Tailornet: Predicting clothing in 3d as a function of human pose, shape and garment style." Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2020.