창의융합연구
Journal of Creativity and Convergence
2022, Vol. 2, No. 2, pp. 71-84
http://dx.doi.org/10.23021/JCC.2022.2.2.71

FDM 방식을 활용한 3D 프린팅 텍스타일 디자인 및 스커트 제작

심연제 숙명여자대학교 의류학과 석사과정
김현진 숙명여자대학교 의류학과 석박통합과정
최원녕 숙명여자대학교 융합학부 초빙교수
김혜림 숙명여자대학교 의류학과 교수 [1)]

초록

3D 프린팅은 4차 산업혁명을 이끌어가는 핵심 기술로, 몰드가 필요하지 않은 적층 방식을 사용하여 제작 비용의 절감이 가능하며 바이오, 의료, 식품 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 의류 산업에서도 3D 프린팅을 활용한 텍스타일 제작을 위해 다양한 연구가 진행되고 있다.

본 연구의 목적은 3D 프린팅 텍스타일을 활용한 스커트 제작과정을 제안하고자 한다. 3D 프린팅 텍스타일 및 시제품의 제작과정은 첫째, Rhino 7.0 프로그램을 사용하여 체인 메일(Chain mail) 형태의 모델링 디자인을 개발하였다. 둘째, 본 연구에서 개발한 모델링 디자인은 Acrylonitrile Butadiene Styrene(ABS), High Impact Polystyrene(HIPS), Polylactic acid(PLA) 등 다양한 수지를 활용하여 Fused deposition modeling(FDM) 방식의 3D 프린터로 출력하였고, 출력물의 형태 안정성 및 유연성을 바탕으로 최적 모델링 디자인을 선정하였다. 최적 모델링 디자인은 High Impact Polystyrene(HIPS) 수지로 출력하였으며, 크기는 가로 25mm × 세로 25mm × 높이 8.7mm 로 출력하였다. 셋째, 최적 모델링 디자인을 활용하여, 스커트 패턴의 앞판과 뒤판을 금속 고리(내경: 8mm, 외경: 10mm)로 연결하여, 실제 크기 대비 1/3배 사이즈의 스커트를 제작하였다. 본 연구를 통해, 3D 프린팅 텍스타일을 개발하고, 이를 활용한 의류 시제품을 제작함으로써 3D 프린팅 텍스타일을 의류 소재로 적용할 수 있음을 확인하였다.

키워드

3D 프린팅, 3D 프린팅 텍스타일, 3D 프린팅 텍스타일 디자인, 3D 프린팅 텍스타일 제품, FDM

Manuscript received April 1, 2022 / Revision received May 16, 2022 / Accepted June 2, 2022
1) 교신저자: khyerim@sookmyung.ac.kr

www.kci.go.kr
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

1. 서론

3D 프린팅은 4차 산업혁명을 주도하는 주요 기술로, 제조업을 비롯한 다양한 산업 분야에서 활발한 연구가 진행되고 있다. 현재 세계 3D 프린팅 시장 규모는 약 126억 달러로, 한화 15조 원의 규모이며, 2026년에는 약 348억 달러, 한화 40조 원이 넘는 규모로 성장할 것으로 전망하고 있다(이동재, 2021). 국내 3D 프린팅 시장은 코로나19로 인해 수요가 감소하여 약 4,000억 규모로 전년 대비 하락하였으나 정부 3D 프린터 조달시장은 전년과 유사한 수준의 제품 조달이 진행되었다(과학기술정보통신부·정보통신산업진흥원, 2021). 현재 3D 프린팅 시장의 선두 분야는 항공우주와 자동차로, 복잡한 형태의 부품 제작 및 부품의 중량 감소에 집중하고 있다(조해진, 2021). 또한, 코로나 팬데믹 이후, 의료 산업 분야에서도 3D 프린팅의 활용이 증가하는 추세로, 3D 프린팅 업체 폼랩스(Formlabs)는 뉴욕의 노스웰 병원과 협업하여 코로나19 검체 채취용 면봉 및 마스크와 같은 개인 보호구 등 의료 장비 부품을 3D 프린터를 활용해 생산하고 있다(김동그라미, 2020).

패션 산업에서도 3D 프린팅 기술을 활용한 시제품 제작, 텍스타일 개발, 부자재 제작 등 다양한 방식으로 연구가 진행되고 있다. 해외에서는 2019년 유명 스포츠 의류 브랜드 아디다스(Adidas)가 3D 프린팅 기술로 제작한 런닝화 '알파엣지 4D(Alphaedge 4D)'를 출시하였으며, 패션 디자이너 대니트 펠레그(Danit Peleg)는 고무 소재로 3D 프린팅한 보머 자켓에 안감을 덧대어 제품을 출시하였다(용원중, 2019; 유재부, 2017). 국내에서는 2017년에 최초로 3D 프린팅 의류와 액세서리를 소재로 한 3D 프린팅 패션쇼가 개최되었으며, 단추와 같은 의류 부자재 제작, 유연성을 지닌 텍스타일 개발 등 3D 프린팅 기술을 패션 산업에 도입하고자 하는 시도가 활발히 일어나고 있다(이종석, 허정선, 2017; 송하영, 2019; 정운철, 2017). 3D 프린팅 기술을 패션 산업에 도입하게 되면, 기존 의류 제작 방식과 비교하여 소량 생산 및 맞춤형 생산이 용이하고, 디자인 수정에 따른 추가적인 공정이나 비용이 발생하지 않아 비용이 절감되며, 제품화에 소요되는 리드타임을 단축할 수 있는 장점이 있다(김혜은, 2015).

본 연구의 목적은 3D 프린팅 텍스타일을 활용한 스커트 제작을 제안하는 것을 목적으로 한다. 스커트는 허리에서 엉덩이까지의 인체 굴곡이 고려되어야 하는 의류이므로, 본 연구에서는 이를 고려하여, 3D 프린팅 텍스타일이 유연성을 가질 수 있는 모델링 디자인을 제안하고, 스커트 제작 과정을 제시하고자 한다. 본 연구에서 3D 프린팅 텍스타일의 유연성은 스커트 형태 제작 시, 허리에서 엉덩이까지의 곡선 형태를 따를 수 있는 형태적 유연성을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 스커트 제작 시, 인체의 형태를 따를 수 있는 유연성을 가진 3D 프린팅 텍스타일 모델링 디자인 및 의류 제작 과정을 제안하고자 한다. 3D 프린팅 텍스타일 출력에는 프린터의 가격이 저렴해 비교적 접근성이 우수한 Fused Deposition Modeling(FDM) 방식을 채택하였다.

www.kci.go.kr

2. 이론적 배경

2.1. Fused Deposition Modeling(FDM) 3D 프린팅

3D 프린팅 출력 방식에는 Fused Deposition Modeling(이하 FDM), Selective Laser Sintering(SLS), Digital Light Processing(DLP), Color Jet Printing(CJP), Laminated Object Manufacturing(LOM) 등 다양한 방식이 존재한다. 이 중 FDM 방식은 미국 Stratasys 사에서 최초로 개발한 방식으로 노즐을 활용하여 필라멘트 형태의 열가소성 재료를 적층하는 방식이다(김승현, 최영림, 2016). FDM 방식은 2009년 특허 기간이 만료되어 접근성이 향상됨에 따라 오픈 소스 개발이 활성화되고, 3D 프린터의 가격이 저렴해져 가장 널리 사용하고 있는 방식이다(이종석, 이재정, 2016; 정화연, 2016). 또한, 주재료인 필라멘트의 가격이 저렴하며, 여러 가지 색상이 구비되어 있어 염색 공정이 없이도 다양한 색상으로 출력할 수 있고, 우수한 강도와 내열성을 갖는 출력물 제작이 가능하다(김승현, 최영림, 2016).

2.2. 출력 수지

일반적으로 FDM 방식은 Acrylonitrile Butadiene Styrene(이하 ABS), Poly Latic Acid(이하 PLA), High impact polystyrene(이하 HIPS) 등의 열가소성 물질을 필라멘트 형태로 사용한다.

ABS 수지는 아크릴로니트릴(Acrylonitrile), 부타디엔(Butadiene), 스티렌(Styrene)등 세 종류의 단량체로 구성되며 내열성, 내화학성, 내습성이 우수하고, 성형성과 착색이 뛰어나 시제품 개발에 널리 사용된다(Wickramasinghe et al., 2020; 최성욱, 황석승, 2014). 또한, ABS 수지는 점착성이 우수하고, 기포가 적게 발생하며, 가격이 저렴하므로 3D 프린터 재료로 활용할 수 있다(설경수, 2018). 그러나 열에 의해 수축하여 정밀한 출력이 어렵고, 가열 시 악취가 발생한다는 단점이 있다(김보경, 2018).

PLA 수지는 옥수수에서 추출한 친환경 수지로 생분해성 고분자이다(한유정, 김종준, 2018). PLA 는 비교적 가격이 저렴하며 강도, 치수 안정성 및 투명성이 우수하고, 유해성이 낮아 전문적인 설비가 갖춰지지 않은 가정에서도 쉽게 사용할 수 있으며, 다른 친환경 수지에 비해 융점이 높다. 그러나 PLA 수지는 내구성이 좋지 않아 제작한 시제품이 쉽게 부서질 수 있다(설경수, 2018; 조대희, 2021; 황한섭, 2020).

HIPS 수지는 고초균(Bacillus spp.)에 의해 분해되는 생분해성 물질로, 내충격성, 수분 저항성, 치수 안정성, 열가소성 및 온도 안정성이 우수하여 식품 및 포장 산업에서 주로 사용된다(Rett et al., 2021; Sieradzka et al., 2021; 황한섭, 2020; Šafl et al., 2021). 또한, 가격이 저렴하고 무게가 가벼우며, 가공 및 염색이 쉬워 시제품 제작에도 널리 사용된다(Rett et al., 2021; Sieradzka et al., 2021; 황한섭, 2020).

2.3. 패션 산업 내 3D 프린팅 활용 사례

패션 분야에서 최초로 3D 프린팅을 활용한 디자이너는 지리 에벤휘스(Jiri Evenhuis)로, 폴리아미드

www.kci.go.kr

(Polyamide) 파우더를 활용하여 3D 텍스타일을 발표하였으며, 이를 활용하여 드레스, 스카프, 선글라스 등 다양한 아이템을 제시하였다(김효숙, 강인애, 2015). 또한, 패션 산업 내 3D 프린팅 활용의 대표적 사례로 아이리스 반 헤르펜(Iris Van Herpen)을 들 수 있다. 아이리스 반 헤르펜(Iris Van Herpen)은 2010년 3D 프린터를 활용한 컬렉션을 선보이기 시작하였고, 컬렉션마다 3D 프린터를 활용하여 텍스타일을 제작하여 구조적이고 건축적인 디자인의 제품을 제시하였으며, 네덜란드의 아티스트 욜란 반 데 비엘(Jólan van der Wiel)과 협업하여 마그네틱 드레스를 제작하는 등 여러 분야의 전문가들과 협업하여 다수의 프로젝트를 진행하였다(류현, 2018; Lee, 2014). 또한, 얀 키타넨(Janne Kyttanen)은 여행 짐을 챙기는 대신 3D 프린터를 활용하여 옷, 신발과 같은 휴가지에서 필요한 물건을 3D 프린터로 제작하는 '잃어버린 짐(Lost Luggage)'이라는 프로젝트를 진행하였다(김효숙, 강인애, 2015).

3D 프린팅을 기반으로 한 의류의 경우, 네덜란드의 패션 디자이너인 아누크 비프레흐트(Anouk Wipprecht)는 3D 프린팅과 로봇공학 기술을 활용하여 입는 사람의 기분에 따라 디자인 및 색상이 변화하는 드레스를, 베카 맥카렌(Becca McCharen)은 인텔과 협업하여 착용자의 아드레날린, 체온과 같은 신체 변화에 따라 디자인이 변화하는 '아드레날린 드레스(Adrenaline Dress)'를 제작하였다(윤영주, 2020; 이광재, 2015). 또한, Viptie 3D 는 3D 프린터로 남성용 넥타이를 개발하기도 하였다.

신발의 경우, 여러 스포츠 브랜드에서 3D 프린팅으로 제작한 운동화를 출시하고 있다. 아키클래식(AKIII CLASSIC)은 국내 운동화 브랜드 최초로 디자인 작업에 3D 프린터를 도입하였으며, 뉴발란스(New Balance)는 운동화의 완충재 역할을 하는 미드솔(Midsole)에 3D 프린팅 기술을 도입하여 한정판 운동화를 출시하였다(이호영, 2016; 기어박스, 2015). 중국의 스포츠 브랜드인 피크(Peak)는 2017년 5월 3D 프린팅 운동화인 퓨처1(FUTURE I)을 시작으로 8월에는 3D 프린팅 농구화 'DH III 3D 에디션'을 출시하였으며, 이후 세계 최초로 3D 프린팅 배구화를 출시하였다(조규남, 2018). 이처럼 패션 산업에서 다양한 방식으로 3D 프린팅 기술을 활용하는 것을 확인하였다.

3. 연구 방법

3.1. 실험 기계 및 재료

본 연구에서 사용한 3D 프린터는 FDM 프린터(ZORTRAX M200, ZORTRAX M300, ZORTRAX, Poland)를, 열가소성 필라멘트 재료는 ABS, HIPS, PLA 수지를 사용하였다.

3.2. 실험 방법

3.2.1. 모델링

본 연구에서는 Rhino(Rhinoceros 3D 7.0, Robert McNeel & Associates, USA) 소프트웨어를 사용하여 자연물 기반의 체인 메일(Chain mail) 디자인을 모델링하였다. 모델링 디자인을 19.5mm 간격으로

www.kci.go.kr

배열하여 패턴으로 제작하고 패턴의 움직임을 시뮬레이션하여 디자인에 따른 유연성을 평가하였다.

3.2.2. 출력

본 연구에서는 FDM 프린터를 사용해 각 모델링 출력을 진행하였다. 출력 후, 3D 프린팅 텍스타일이 Rhino 프로그램으로 시뮬레이션한 것과 동일하게 출력되었는지, 시뮬레이션과 동일한 이동 폭이 구현되었는지 확인하였다. 또한, 최적 모델링 디자인은 출력 안정성 및 유연성을 바탕으로 선정하였다.

3.2.3. 패턴 제작

본 연구에서는 H 라인의 기본 스커트를 시제품으로 제작하기 위한 3D 프린팅 스커트 패턴을 제안하였다. 본 연구에서 시제품은 실제 스커트의 크기의 0.3배의 비율로 축소하여 미니 바디에 시착할 수 있도록 하였다. 또한, 실제 스커트 제작 시 지퍼, 단추와 같은 부자재를 부착할 것을 고려하여 앞판 1개, 뒤판 2개로 스커트 패턴을 구성하였다. 패턴 제작 시, Rhino 프로그램을 활용하여 최적 모델링 디자인을 스커트 패턴 형태로 디자인하여 3D 프린터로 출력할 수 있도록 하였다.

3.2.4. 의상 제작

제작한 스커트의 앞판과 뒤판 패턴은 FDM 3D 프린터를 활용해 최적 출력 조건으로 출력하였다. 3D 프린팅 텍스타일은 기존 의류 소재처럼 봉제하는 것이 불가능하므로, 뒤 중심선과 옆선을 내경 8mm, 외경 10mm 의 금속 고리로 연결하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1. 모델링 디자인 및 출력

본 연구에서는 스커트 제작이 가능한 형태의 3D 프린팅 텍스타일 출력을 위해 고대 갑옷의 형태에서 유래한 체인 메일(Chain mail) 형태를 자연물인 나팔꽃을 모티브로 하여 모델링 디자인하였다. 체인 메일(Chain mail) 디자인은 단단한 디자인 단위체를 연결하는 방식에 변화를 주어 3D 프린팅 텍스타일을 사용하여 인체의 굴곡을 고려한 스커트 제작이 가능할 것으로 기대된다.

나팔꽃을 모티브로 한 모델링 디자인 시, 직육면체에 구멍을 뚫거나 음각, 양각과 같은 다양한 기법을 활용하여 나팔꽃 문양이 있는 단위체를 디자인하였다. 또한, 각각의 단위체를 연속적으로 배열했을 때, 서로 유기적으로 연결될 수 있도록 단위체의 상하좌우에 고리를 추가하여 연결하였다. 또한, 나팔꽃 문양, 고리의 형태 및 크기를 다양하게 변형시켜 총 세 가지의 모델링 디자인을 제안하였고, 이는 표 1과 같다.

Ver. 1은 단위체의 Z 축을 높이고, 사각기둥 형태의 고리로 연결하여 모델링 디자인과 빌드 플랫폼(Build platform) 사이의 간격을 최소화하여 서포트 없이 출력할 수 있도록 디자인하였다. 그러나 고리의 크기가 커서 단위체 간 간격이 넓어지므로 공간이 생겨 텍스타일로 활용 시 신체가 비치는

www.kci.go.kr

현상이 발생할 수 있어 한계가 있을 것으로 판단되었다.

Ver. 2는 단위체를 연결하는 고리의 크기를 줄이고, 고리의 모서리 부분을 둥글게 깎아 단위체의 간격을 좁힐 수 있도록 디자인하였다. 그러나 단위체의 중심부와 고리 간 결합하는 부위가 좁아져 3D 프린팅 텍스타일의 강도가 저하될 것으로 예상되며, Ver. 1과 비교하여 고리의 크기가 작으므로 시제품 제작 시 드레이프성이 좋지 않을 것으로 추정된다. 또한, 중심부에 있는 나팔꽃 문양에서 원형 장식의 크기가 작아, 이로 인해 출력 시 오류가 발생할 가능성이 큰 것으로 확인되었다.

마지막으로 Ver. 3은 출력 안정성을 높이기 위해 단위체의 중심부에 위치한 원형 장식의 크기를 크게 디자인하였다. 또한, 고리를 원환으로 변경하여 드레이프성을 높이고자 하였다. 그러나 고리를 원환으로 변경하게 되면, 모델링 디자인과 빌드 플랫폼(Build platform) 사이의 간격이 넓어져 출력 시 서포트가 필요하다는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위하여 단위체의 중심부와 고리 간 결합되는 부분을 확장해서 출력하고, 서포트를 제거할 때 고리가 파손되는 것을 방지하고자 하였다.

표 1 방향에 따른 3D 프린팅 텍스타일 모델링 이미지

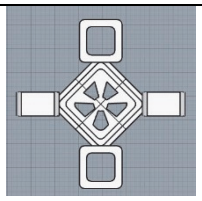
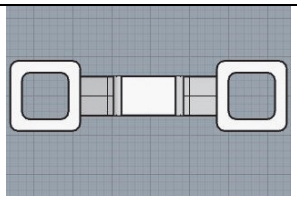
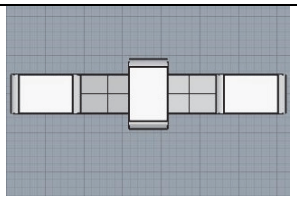
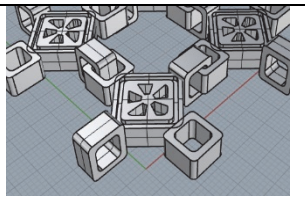
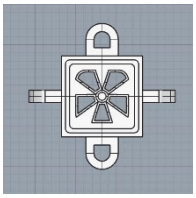
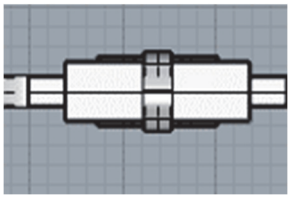
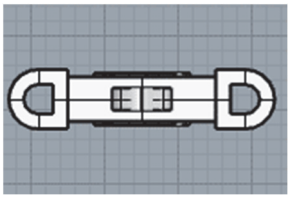
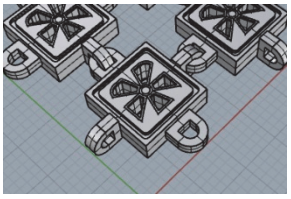
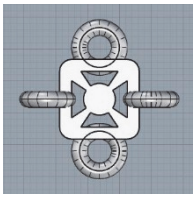
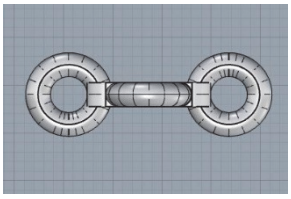
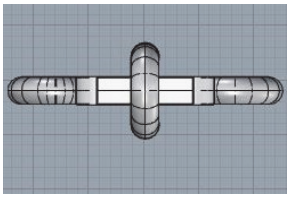
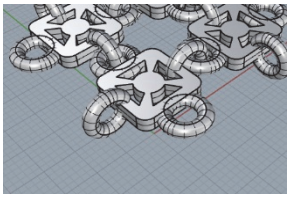
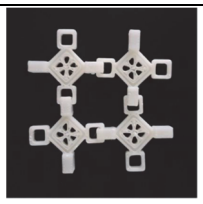
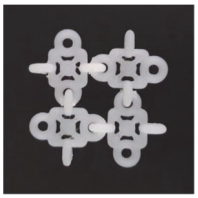
	Top	Front	Right	Linkage
Ver. 1				
Ver. 2				
Ver. 3				

표 2는 각각의 모델링 디자인 별로 사용된 수지 및 출력물의 실물 사진을 제시한 것이다. Ver. 1은 ABS 수지를 사용하여 서포트 없이 출력했으며, 비교적 표면이 깔끔한 형태로 출력되었다. 그러나 사각기둥 형태의 고리는 움직임이 자연스럽지 않고, 이동 폭이 넓지 않아 유연성이 다소 좋지 않은 것으로 확인되었다. 또한, 고리의 크기가 커서 단위체 사이의 거리가 증가하였고, 결과적으로 시제품 제작 시 공간이 많아져 텍스타일로 사용하기에 부적합한 것으로 판단되었다. Ver. 2는 PLA 수지로 출력하였으며 비교적 우수한 유연성을 보였으나, 출력물의 표면이 거칠고 고리 자체의 크기가 작아 Ver. 1과 같이 고리가 큰 디자인과 비교하였을 때 유연성 및 드레이프성이 좋지 않은 것으로 확인되었다. Ver.

www.kci.go.kr

3은 HIPS 수지로 출력하여 비교적 매끈한 표면을 가졌으며, 단위체의 중심과 고리가 완전한 형태로 결합함으로써 서포트 제거 시에도 고리의 파손 정도가 적었고, 원환 형태의 고리로 인해 유연성이 향상하여 Ver. 3을 최적 모델링 디자인으로 선정하였다.

표 2 Ver 별 3D 프린팅 텍스타일 사용 수지 및 모델링 출력물

	Type of resin	3D printed textile	Detail of 3D printed textile
Ver. 1	ABS		
Ver. 2	PLA		
Ver. 3	HIPS		

4.2. 패턴 제작

그림 1은 기본 스커트 패턴으로, 기본 스커트는 제작 과정에서 FDM 3D 프린터를 가장 효율적으로 활용할 수 있고, 봉제 과정이 간단하여 제작이 쉬우며 허리선의 다트와 같이 곡선 형태가 있어 바디에 입혔을 때 모델링 디자인의 유연성을 확인할 수 있어 제작 아이템으로 선정하였으며, 3D 프린터의 최대 출력 사이즈를 고려하여 실제 크기 대비 0.3배로 크기를 조정하였다.

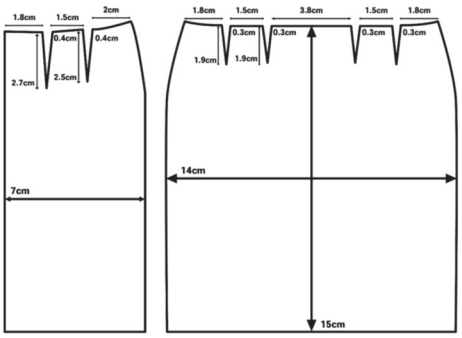


그림 1 스커트 패턴(좌: 뒤판, 우: 앞판)

www.kci.go.kr

그림 2는 Rhino 소프트웨어로 최적 모델링 디자인을 활용하여 스커트의 앞판 및 뒤판을 모델링한 것으로, 한 개의 앞판, 두 개의 뒤판을 제작하였다. 앞판 및 뒤판의 허리선과 밑단 부분은 각각 위, 아래에 있는 고리를 제거하여 기존 의류 소재와 같이 밑단을 처리한 느낌을 주었다. 또한, 허리선의 다트 부분은 좌우에 있는 고리를 제거하고 기존 모델링 디자인 고리보다 작은 금속 고리(내경: 8mm, 외경: 10mm)로 연결하여 실제로 다트를 잡은 듯한 느낌을 주었으며, 옆선도 같은 방식으로 연결하였다.

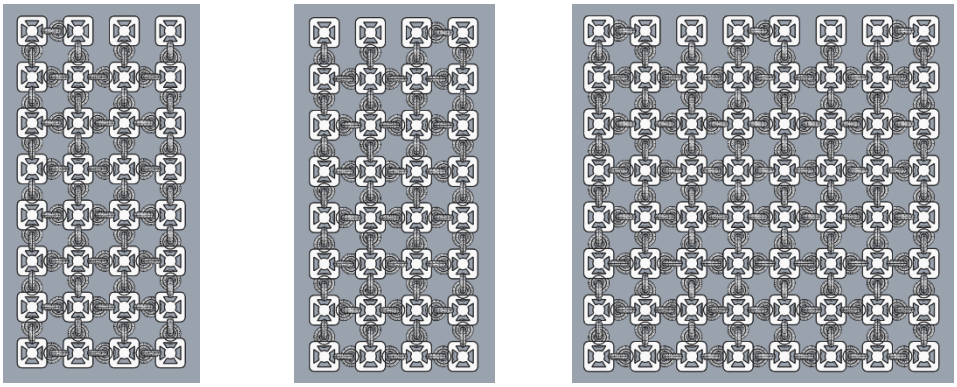


그림 2 3D 프린팅 텍스타일로 모델링한 스커트 패턴(1: 뒤판(좌), 2: 뒤판(우), 3: 앞판)

그림 3은 3D 프린팅 텍스타일 패턴을 고리로 연결한 스커트 도식화이다. 3D 프린팅 텍스타일은 기존 의류 소재와 달리 FDM 방식으로 열가소성 수지를 활용하여 출력하므로 신축성이 좋지 않아 스커트의 옆선 및 뒤 중심선의 하단에 있는 두 개의 모델링 패턴은 금속 고리로 연결하지 않아 트임 효과를 주어 활동성을 높였다. 또한, 3D 프린팅 텍스타일은 기존 의류 소재와 달리 원사로 재봉하거나 지퍼와 같은 부자재 부착이 어려워 실제 제작 시에는 이를 금속 고리로 대체하였다.

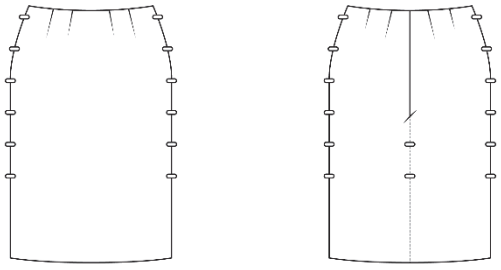


그림 3 3D 금속 고리를 활용하여 제작한 스커트 도식화(좌: 앞, 우: 뒤)

그림 4는 Rhino 소프트웨어를 활용하여 금속 고리로 3D 프린팅 텍스타일 패턴을 연결한 모습을 시뮬레이션한 것으로, 어긋난 부분이 없게 원형으로 잘 연결된 것으로 보아 3D 프린팅 텍스타일을 활용한 스커트 제작이 가능할 것으로 확인되었다.

www.kci.go.kr

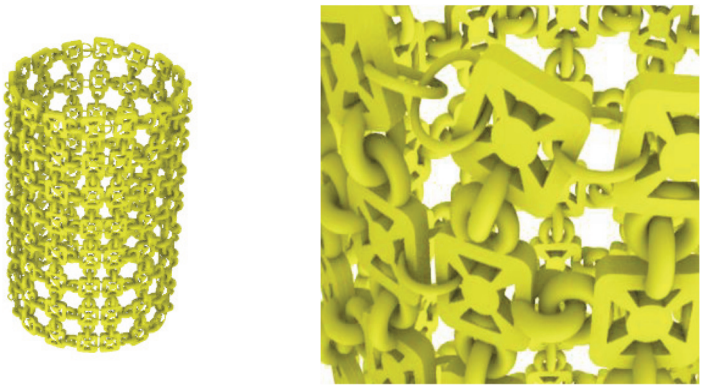


그림 4 Rhino 소프트웨어를 활용한 3D 프린팅 텍스타일 스커트 패턴 연결 시뮬레이션(좌: 전체, 우: 확대)

4.3. 스커트 제작

그림 5는 3D 프린팅 텍스타일 스커트의 앞판, 뒤판 패턴을 출력하여 금속 고리로 연결한 것으로, 다트, 옆선, 밑단 트임 부분이 잘 구현된 것을 확인할 수 있다.

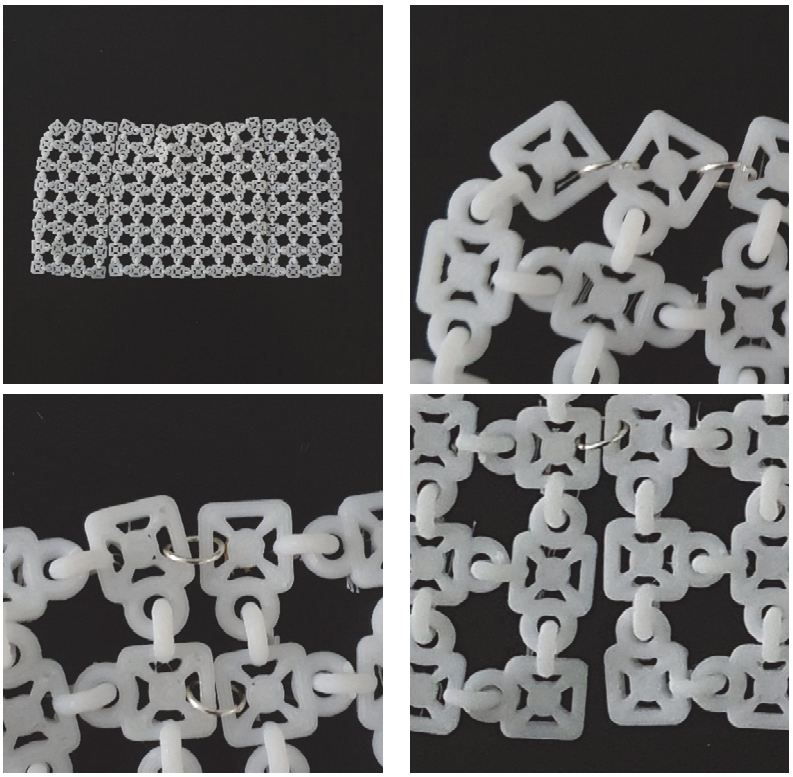


그림 5 Rhino 금속 고리로 연결한 3D 프린팅 텍스타일 패턴 출력물 (1: 전체, 2: 뒤판 다트, 3: 옆선, 4: 트임)

그림 6은 3D 프린팅 텍스타일 스커트를 바디에 시착한 것으로, 허리에 다트를 잡아 바디의 허리선에서 들뜬 부분 없이 스커트가 잘 맞는 것을 확인하였으며, 파손된 부위 없이 바디의 둥근 허리를

www.kci.go.kr

잘 감싸면서 스커트의 형태를 유지하는 것으로 보아 3D 프린팅 텍스타일을 활용한 제품 제작이 가능한 것으로 확인되었다.

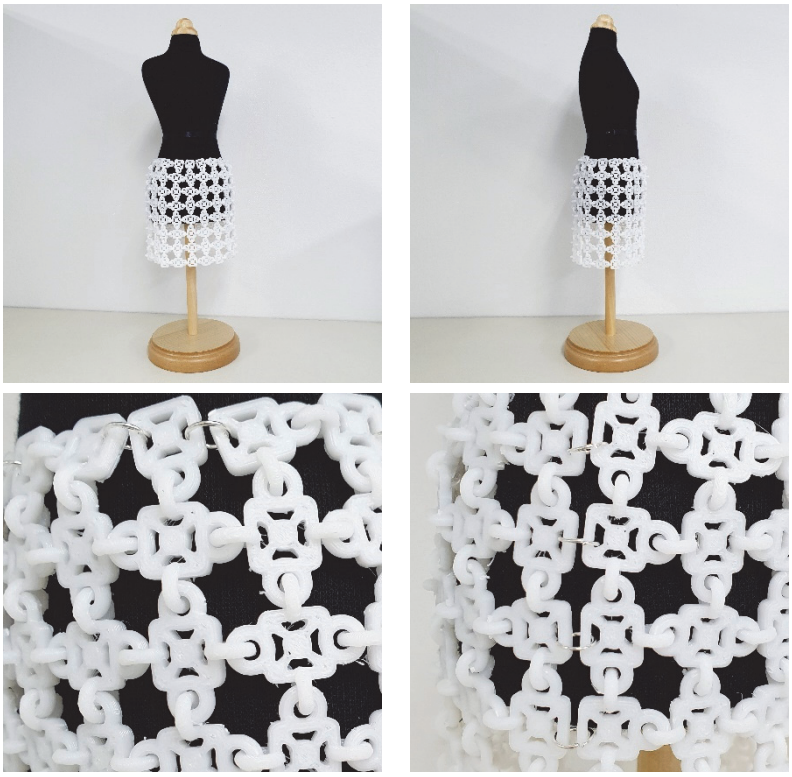


그림 6 바디에 시착한 3D 프린팅 텍스타일 스커트 시제품 이미지(1: 전면, 2: 측면, 3: 허리선, 4: 옆선)

5. 결론

본 연구에서는 FDM 방식으로 출력한 3D 프린팅 텍스타일을 활용한 스커트 제작을 목적으로, 최적 모델링 디자인을 선정하고, 이를 활용하여 스커트 시제품을 제작하였으며, 결과는 다음과 같다.

Rhino 프로그램을 활용하여 체인 메일(Chain mail) 형태로 세 가지 디자인으로 3D 프린팅 텍스타일 모델링을 진행한 결과, 중심부와 고리 간 결합하는 부위가 넓어질수록 높은 출력 안정성을 보이는 것으로 확인되었다. 또한, 원환 고리로 디자인한 Ver. 3모델링이 단위체 간 더 자연스러운 움직임을 나타냈다. 다음으로, FDM 방식의 3D 프린터로 다양한 수지를 활용하여 모델링 디자인의 출력을 진행하였으며, 모델링 디자인 시 예상했던 바와 같이 원환 고리로 디자인한 Ver. 3이 가장 우수한 유연성을 보였으며, 중심부와 고리 간 결합하는 부위가 넓어 출력 안정성이 우수하였고, 서포트 제거 시에도 고리의 파손 정도가 비교적 덜하였다. 또한, PLA 수지로 출력한 경우 가장 거친 표면과 낮은 출력 안정성을 나타냈으며, HIPS 수지로 출력하였을 때 표면이 매끈한 3D 프린팅 텍스타일 출력이 가능하여 HIPS 수지로 출력한 Ver. 3모델링을 최적 모델링으로 선정하였다. 최적 모델링 디자인을 활용하여 제작할

www.kci.go.kr

시제품으로 스커트를 선정하였다. 이후, Rhino 소프트웨어를 활용하여 최적 모델링 디자인으로 패턴을 제작하고 3D 프린터로 출력하였으며 금속 고리로 패턴을 연결하여 스커트를 제작하였다. 제작된 스커트는 바디에 시착하였을 때 들뜨는 부분 없이 둥근 허리를 잘 감싸, 본 연구에서 제안한 모델링을 적용한 3D 프린팅 텍스타일은 스커트 제작이 가능함을 확인하였다. 본 연구는 3D 프린팅 텍스타일을 활용하여 스커트 제작 과정을 제안하였다는 점에서 의의가 있으나, 1/3바디 사이즈에 맞춘 시제품 사이즈와 금속 고리로 3D 프린팅 텍스타일을 연결하고, 지퍼 등의 기능적인 부자재를 금속 고리로 대체함으로써, 실용성에서의 한계점을 가진다. 따라서, 후속 연구에서는 실제로 시착할 수 있는, 착용 편의성 및 인체 움직임에 따른 활동성을 고려한, 3D 프린팅 텍스타일 모델링 디자인 및 의류 제작 과정에 관한 연구가 필요하다.

참고문헌

과학기술정보통신부·정보통신산업진흥원 (2021). 2020년도 3D프린팅산업 실태조사 보고서. 정보통신산업진흥원. Retrieved from https://www.nipa.kr/main/selectBbsNttView.do?key=113&bbsNo=9&nttNo=7848&bbsTy=&searchCtgry=&pageUnit=10&searchCnd=all&searchKrwd=&pageIndex=1

기어박스 (2015. 12. 02). 뉴발란스 3D 운동화, 넘나 놀라운 것. **이투데이**. Retrieved from https://www.etoday.co.kr/news/view/1245303

김동그라미 (2020). 코로나19 위기 속 3D 프린터의 활약. **해외시장뉴스**. Retrieved from https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=180&CONTENTS_NO=1&bbsSn=243&pNttSn=181567

김보경 (2018). **FDM 3D 프린팅을 활용한 아트 메이크업의 아이 오브제 개발**. 광주여자대학교 대학원 석사학위논문.

김승현, 최영림 (2016). 3D프린팅 기술의 패션 산업에의 도입. **패션정보와 기술, 13**, 60-65.

김효숙, 강인애 (2015). 패션분야의 3D 프린팅 활용 현황에 관한 연구. **한국의상디자인학회지, 17**(2), 125-143.

김혜은 (2015). 3D 프린팅 기술의 발달로 인한 패션 산업 변화 연구. **한국패션디자인학회지, 15**(4), 17-33. DOI : 10.18652/2015.15.4.2

류현 (2018. 5. 18). [류현의 패션디자이너 스토리] 이리스 반 헤르펜(Iris Van Herpen). **영남일보**. Retrieved from https://m.yeongnam.com/view.php?key=20180518.010400832550001

설경수 (2018). **FDM 3D 프린팅 기술로 출력된 고분자 시편의 기계적 특성 평가**. 동의대학교 대학원 석사학위논문.

www.kci.go.kr

송하영 (2019). 3D 프린팅을 활용한 패션단추 디자인 제안: 꽃잎 형상을 응용한 디자인 중심으로. **한국디자인문화학회지, 25**(1), 231-243.

용원중 (2019. 06. 07). 3D 프린팅 기술력 탑재...아디다스 '알파엣지 4D 러닝화' 선봬. **싱글리스트**. Retrieved from http://www.slist.kr/news/articleView.html?idxno=85886

유재부 (2017. 08. 02). 옷도 출력해서 입는다! 이스라엘 디자이너 '3D 프린팅 재킷' 출시. **패션앤미디어**. Retrieved from https://www.fashionn.com/board/read_new.php?table=1025&number=21389

윤영주 (2020. 09. 10). 뇌파 따라 디자인·색상 바뀌는 드레스 '이목 집중'. **AI 타임스**. Retrieved from http://www.aitimes.com/news/articleView.html?idxno=132124

이광재 (2015. 11. 10). IT 와 패션이 만나다…'웨어러블 패션' 시대 성큼. **CCTV 뉴스**. Retrieved from http://www.cctvnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=36719

이동재 (2021. 10. 31). [제조업 3D프린팅 '붐' 일다-②] 급성장하는 글로벌 3D프린팅 시장, 국내 산업계 준비는? **헬로T**. Retrieved from https://hellot.net/mobile/article.html?no=63010

이종석, 이재정 (2016). FDM 3D 프린팅을 활용한 패션디자인 개발에 관한 연구. **한국패션디자인학회지, 16**(1), 101-115. DOI : 10.18652/2016.16.1.7

이종석, 허정선 (2017). 3D 프린팅을 활용한 텍스타일 구조 연구: FDM 과 DLP 방식의 비교 연구를 중심으로. **한국과학예술융합학회, 31**, 329-340. DOI : 10.17548/ksaf.2017.12.30.329

이호영 (2016. 08. 08). 아키클래식, 국내 운동화 브랜드 최초 '3D 프린팅' 기술 도입. **이뉴스투데이**. Retrieved from http://www.enewstoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=577693

정운철 (2017. 05. 26). 국내 최초 3D 프린팅 패션쇼. **매일신문**. Retrieved from http://news.imaeil.com/page/view/2017052600195773724

정화연 (2016). 패션 산업 내 3D 프린팅 사용 현황 및 패션디자인과 내의 활용방안. **한국의상디자인학회지, 18**(3), 245-260.

조규남 (2018. 04. 22). 피크, 세계 최초의 3D 프린팅 배구화 출시. **로봇신문**. Retrieved from http://www.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=13738

조대희 (2021). **기하학적 패턴의 확장을 활용한 유기적 가구디자인 연구**. 홍익대학교 대학원 석사학위논문.

조해진 (2021). 금속 3D 프린팅 기술, 방위 및 항공우주 등 다양한 산업 현장 적용 가능. **산업일보**. Retrieved from http://www.kidd.co.kr/news/224054

최성욱, 황석승 (2014). 3D 프린팅 휘어짐 현상 최소화를 위한 설계. **한국전자통신학회논문지, 9**(12), 1415-1420.

한유정, 김종준 (2018). 3D 프린팅을 이용한 편성물의 역학적 특성 연구-PLA, TPU 필라멘트를 중심으로. **패션 비즈니스, 22**(4), 93-105. DOI : 10.12940/jfb.2018.22.4.93

황한섭 (2020). **3D PRINTING**. 구민사.

www.kci.go.kr

Lee, S. L. (2014). Study on modern and innovative haute couture designer Iris van Herpen. *Journal of Korean Society of Design Science, 27*(3), 175-194.

Rett, J. P., Traore, Y. L., & Ho, E. A. (2021). Sustainable materials for fused deposition modeling 3D printing applications. *Advanced Engineering Materials, 23*(7), 2001472. DOI : 10.1002/adem.202001472

Sieradzka, M., Fabia, J., Biniaś, D., Graczyk, T., & Fryczkowski, R. (2021). High-impact polystyrene reinforced with reduced graphene oxide as a filament for fused filament fabrication 3D printing. *Materials, 14*(22), 7008. DOI : 10.3390/ma14227008

Wickramasinghe, S., Do, T., & Tran, P. (2020). FDM-based 3D printing of polymer and associated composite: A review on mechanical properties, defects and treatments. *Polymers, 12*(7), 1529.

www.kci.go.kr

3D Printing Textile Design and Skirt Manufacturing Process Using FDM 3D Printing Technology

YEONJE SHIM Master's Course, Department of Clothing & Textiles, Sookmyung Women's University
HYUNJIN KIM Integrated PhD program, Department of Clothing & Textiles, Sookmyung Women's University
WONNYEONG CHOI Professor, Division of Convergence, Sookmyung Women's University
HYE RIM KIM Professor, Department of Clothing & Textiles, Sookmyung Women's University

Abstract

3D printing is a key technology leading the fourth industrial revolution, and it is possible to reduce manufacturing costs using an additive manufacturing method that does not require molds and is used in various fields such as the bio, medical care, and food fields. In the apparel industry, various studies are being conducted for textile production using 3D printing. This study intends to propose a skirt manufacturing process using a 3D printed textile. In the manufacturing process of 3D printing textiles and prototypes, first, a modeling design in the form of chain mail was developed using the Rhino 7.0 program. Second, the modeling design developed in this study was printed on a fused deposition modeling (FDM) printer using various resins such as acrylonitrile butadiene styrene (ABS), high impact polystyrene (HIPS), and polylactic acid (PLA), and the model was selected based on the stability and optimal design. The optimal modeling design was printed with high impact polystyrene (HIPS) resin, and the size was 25 × 25 × 8.7(mm)(L × W × H). Third, the skirt prototype was manufactured using an optimal modeling design, and the size of the skirt was adjusted to 0.3 times the actual size. The front and back parts of the skirts were connected using metal rings (inner diameter: 8mm, outer diameter: 10mm). Through this study, it was confirmed that 3D-printed textiles can be applied as clothing materials and manufacturing clothing prototypes using them.

Keyword

3D Printing, 3D Printed Textile, 3D Printed Textile Design, 3D Printed Textile Product, FDM

www.kci.go.kr