Automatic Slicing and 3D Printing of Real-sized Mannequins Using Bounding Boxes and Human Feature Points 바운딩박스와 인체특징점을 이용한 대형 마네킨의 자동분할 3D 프린팅

정진영. 지선구*. 김수진. 한수민. 김해수. 설인환 *금오공과대학교 IT융합학과. 금오공과대학교 소재디자인공학과

DISCUSSION

æ

RESULTS

CONCLUSION

REI

FDM방식을 비롯한 3D프린팅은 기존의 금형 제작 공정에 비해 시제품 제작에 있어서 생산 공정과 시간, 비용이 상대적으로 절감된 것이 장점이지만, 출력 시간이 길고 돌출부, 즉 오버행(overhang) 구조의 경우 불필요한 서포트 구조가 발생하는 것이 단점이다. 이들 서포트구조로 인해 필라멘트가 불필요하게 낭비되 며, 제품 표면이 매끄럽지 않은 원인이 되어 후처리 과정을 거쳐야 한다. 또한 현행 FDM방식의 3D프린팅 은 출력물의 크기가 프린터 사이즈에 의해 제한되어 대형 물체의 경우 미리 분할하는 작업을 거쳐야 한다. 3D형상의 물체를 분할하는 방법 중 무한한 평면으로 물체를 계층적으로 자르는 방식이 있는데 이는 발가 락 끝과 같이 의도치 않은 부분을 자를 가능성이 있으며, 연산량이 과다하다는 단점이 있다.

따라서 본 연구에서는 프린터 출력 크기를 고려하되, 인체 특징점을 기준으로 하여 실제 인체 크기의 대 형 마네킨 데이터를 자동 분할 및 3D프린팅 할 수 있도록 바운딩박스를 이용하여 마네킨을 분할하였다. 또한 분할에 있어서는 B-Rep 형태의 메쉬 데이터를 CSG 방식으로 집합 연산을 통해 수행하는 하이브리 드 기법을 사용하였다. 수평방향(v-cut)과 수직방향(pie-cut)으로 마네킨을 분할한 후, G-code형성 (slicing) SW를 통해 이론적으로 1/2, 1/4, 1/8의 3가지 스케일로 출력데이터를 형성하고 이때의 서포트 양을 측정하였다.

1. 데이터 및 장비

마네킨 데이터	Masha, by Andrey Kravchenko@Turbosquid (wavefront ,OBJ)
3D프린트	신도의 DP-201
필라멘트	신도의 PLA
G-code생성 프로그램	3D WOX
	* 서포트
	: 베이스구조 없이 배드에 닿는 곳만
CCS전다 프로그램	EinalMachalol DL1

한성 HS1100A 저울 (정밀도 0.01g) 접착제

2 인체 특징점 자동인식 알고리즘

이전 연구 (Sul, I. H., & Kang, T. J., 2010) 직사각형 모양의 바운딩박스(bounding Box)를 id 에서 사용한 단면 폐곡선에 기반한 인체특징점 이용하여 마네킨의 몸체를 분할하였다(Fig.1). 자동탐색 알고리즘을 사용하였다.

손끝, 발끝, 정수리, 가랑이, 어깨점 등과 같이 Bounding Box)와 OBB(Oriented Bounding 명확하게 계측되는 1차 특징점과 이들로부터 Box), K-DOP(Discrete Orientation Polytopes) 선형 보간(bilinear interpolation)을 통해 방식이 있으며, 실험에는 물체의 장축방향으로 간접적으로 얻어지는 2차 특징점으로 나누어 계 직사각형 경계를 지정하는 OBB방식을 사용하였다 측하였다(Sul, I. H. et al, 2010)





6

Slicing SW를 이용한 출력

3

바운딩박스 생성

바운딩박스의 종류로는 AABB(Axis Aligned

바운딩박스를 이용한 분할기법

3D프린터 사이즈를 고려하여 물체의 출력범위를 - 3D 형상의 데이터 구조에 따라 물체를 분할 - 프린트의 최대출력크기(beam Length)를 고려 자유롭게 지정할 수 있도록 OBB 방식의 바운딩

범위값 등 모두 15개의 실수값으로 간단히 물체 방식으로 집한 연사하여 분학하였다. 범위를 표현할 수 있다.

Fig.2(a)는 Masha 데이터의 왼쪽팔뚝 (forearm)에 대한 OBB를 나타내며, Fiq.2(b)외 Fig.2(c)는 각각 인체특징점(biceps, handtip) 을 기준으로 최대, 최솟값의 조정을 통해 OBB의 크기가 변형된 사례를 나타낸다.

마네킨 분할

하는데 CSG와 B-Rep 방식을 사용할 수 있다.

실험에는 형상이 복잡하여 B-Rep 형태의 (pie-cut) 방식으로 하여 분할하였다. 각 OBB는 세 가지 축방향 벡터와 그 최대, 최소 - 메쉬 데이터로 생성된 인체 마네킨을 CSG - 이후 Slicing SW를 이용하여 마네킨을 이론적 으로 모델링하여 서포트 발생량을 확인하였으며, 1/2, 1/4, 1/8의 3가지 스케일로 충력하여 이론 값과 실체 출력된 마네킨의 서포트 발생량을

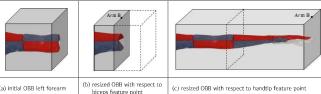


Fig.2. Examples of OBB construction and resizing

Acknowledgement

이 연구는 한국연구재단 일반연구자지원에 의하여 지원된 논문임(NRF-2019R1F1A104088312).

대형 마네킨의 분할 출력

대형 마네킨에 대해 인체 특징점을 기준으로 수평방향(Fig.3)과 수직방향(Fig.4)으로 마네킨을 절단 후 1/2, 1/4, 1/8의 3가지 스케일로 출력하였다. 서포트양은 v-cut 1/2, 1/4, 1/8 scale 각각 0.05g, 1.22g, 7.75g 이며, pie-cut 1/2, 1/4, 1/8 scale 각각 0.31g, 2.99g, 36.92g 으로 나왔다(Fig.5)





(a) 1/2 scale (b) 1/4 scale (c) 1/8 scale

Fig.4, vertical cut(pie-cut) output result (scale bar size: 5.0 × 2.5 m)

수평방향절단(v-cut)과 수직방향절단(pie-cut) 모두 스케일이 증가함에 따라 몸체 대비 서포트 양 또한 이론값과 실험값에서 모 두 증가함을 알 수 있었다.(Fig.5)

수평방향절단(v-cut)에서는 이론값에 비해 실험값의 서포트 양이 전체적으로 감소한 반면, 수직방향절단 (pie-cut)에서 이론값에 비해 실험값의 서포트 양이 증가한 것으로 나타났다.

(a) horizontal cut(V-cut) (b) vertical cut(Pie-cut)

Fig.5. Theoretical and experimental values of support generation by scale

2 바운딩박스 절단방식의 문제점

유한평면으로 물체를 분할하기 위해 바운딩박스를 사용하여 불필요한 부분의 절단 없이 마네키올 분할하였다. 이후 B-Rep방식을 이용하여 복잡한 형 상의 3D 마네키을 모델링 한 결과 골반 부분에서 오류가 발생하는 것을 확인하였다. B-Rep 방식은 점, 선, 면의 위상요소가 연결되는 상관관계를 이용 해 복잡한 물체를 디자인하는 방식이다. 골반부분에서 발생하는 오류를 CSG 방식과의 비교를 통해 원인을 분석 해 보았다.

Fig.6은 AutoDesk사의 TinkerCAD를 이용하여 CSG 방식으로 원뿔과 직육 면체를 교집합(Fig.6(c)) 후 원뿔을 한 번 더 교집합 하는 과정이며, Fig.7는 Pelikan사의 FinalMesh를 이용하여 B-Rep 방식으로 원뿔과 직육면체에 대해 동익한 작업을 수해하는 과정이다

CSG 방식은 단위형상(primitive)을 저장하는 간단한 Tree구조를 가지고 있어 오류가 날 확률이 적기 때문에 두 번의 교집합 결과가 정상적으로 나타났 다. B-Rep 방식에서는 첫 번째 원뿔과 직육면체의 교집합은 정상적으로 이루어 졌으나, Fig.7(c)를 원뿔과 한 번 더 교집합을 하는 과정에서 구멍이 발생했다.

이는 R-Ren방식은 위상요소로 묵체를 표현하는데 형상이 다른 묵체도 같은 위상요소의 상관관계로 인식하는 경우가 있기 때문인 것으로 보인다. 이를 해결 하기 위해 집합연산자를 적용할 때 바운딩박스가 물체와 같은 면을 공유하는 경우 해당 박스의 크기를 약간 팽창시킴으로써 소수점 오차 오류를 방지하였다.

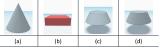


Fig.6. Results of 3D object computation using CSG method (TinkerCAD®)

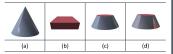


Fig.7. Results of 3D object computation using B-Rep method (FinalMesh®

3D 인체 형상 대형 마네킨은 프린트 출력 크기(beam Length)의 제한으로 물체를 분할하여 출력하는 방식을 사 용해야 한다. 물체를 무한한 평면으로 자르게 되면 의도치 않은 부분을 자를 가능성이 있으므로, 바운딩박스를 사 용하여 출력할 물체를 선택적으로 추출하도록 하였다. 바운딩박스 중에서 특히 OBB를 사용하여 15개의 실수값으 로 출력범위를 간단하게 지정하고. 박스의 수정도 자유롭게 할 수 있도록 하였다. 또한 B-Rep형태의 메쉬 데이터를 CSG 방식으로 집합연산하여 마네키을 분할하였으며, 1/2, 1/4, 1/8 스케잌에 대해 수평방향(v-cut)과 수직방향 (pie-cut)으로 각각 출력하여 서포트양을 비교해 본 결과 수평방향(v-cut)과 수직방향(pie-cut)모두 스케일이 증 가함에 따라 몸체 대비 서포트의 양이 증가하는 경향을 보였다.

B-Rep 형태의 메쉬 데이터를 사용하는 마네킨을 인체 특징점에 따라 분할하는 과정에서 마네킨 골반 부분에서 오류가 발생하였다. 이는 B-Rep 방식으로 점, 선, 면의 위상요소를 이용하여 물체를 디자인할 때 형상이 다른 물체 라도 같은 위상요소의 상관관계로 인식할 가능성이 있기 때문인 것으로 판단된다.

따라서 본 실험에서는 인체특징점을 기준으로 바운딩박스를 이용하여 대형 마네킨을 자동분할 하였으며, 이를 수 평방향(v-cut)과 수직방향(pie-cut)으로 분할하여 1/2, 1/4, 1/8의 3가지 스케일로 출력하여 스케일이 증가함에 따라 서포트의 양 또한 증가함을 알 수 있었다. 향후 이러한 인체 특징점을 이용하여 모션 데이터 및 뼈대값(skin weight)을 부여하고 메쉬의 자유변형(free form deformation; FFD)을 통해 포즈변화가 가능한 마네킨 제작에 응용 가능할 것으로 보인다.

1. Sun, L., & Zhao, L. (2017). Envisioning the era of 3D printing: a conceptual model for the fashion industry. Fashion and Textiles, 4(1), 25. FERENCES

- 2. Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods applications and challenges, Composites Part B: Engineering, 143, 172-196.
- 3. Nicholson, M. (2016). QChopper-Segmentation of Large Surface Meshes for 3D Printing (Doctoral dissertation).
- Science and Technology,
- 5. In Hwan Sul, Hyun Sook Han, Yun Ja Nam, and Chang Kyu Park. (2010). Interactive 3D Pattern Design Using Real-time Pattern Deformation and Relative Human Body Coordinate System, The Society of Fashion and Textile Industry, 12(5), 582-590,
- 6. Luo, L., et al. (2012), "Chopper: partitioning models into 3D-printable parts," ACM Transactions on Graphics (TOG) 31(6): 1-9.
- 7. Hye Eun Kim, (2015), The research into the changes of fashion industry according to the development of 3D printing technology, Journal of The Korean Society of Fashion Design, 15(4), 17-33.