

그레이 스케일 리소그래피 및 입체 광학 근접 보정 기술 활용한 향상된 단일 광 조사 3차원 프린팅 방법에 관한 연구

윤진식, 박옥*
경희대학교, *경희대학교

prestige.js227@gmail.com, *parkwook@khu.ac.kr

Research on an improved single-shot 3D printing method using grayscale lithography-based printing system and stereoscopic optical proximity correction technique

Yoon Jinsik¹, Park Wook^{1,2,3*}

¹Institute for Wearable Convergence Electronics, Kyung Hee University,
Deogyong-daero, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17104 Republic of Korea

²Department of Electronic Engineering, Kyung Hee University, Deogyong-daero,
Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17104 Republic of Korea

³Department of Electronics and Information Convergence Engineering, Kyung Hee
University, Deogyong-daero, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17104 Republic of
Korea

Kyung Hee Univ., *Kyung Hee Univ.

요약

본 논문은 그레이 스케일 리소그래피 (grayscale lithography) 방식에서 입체 광학 근접 보정을 활용하여 향상된 단발 3차원 인쇄(three-dimensional printing) 방법을 보고합니다. 기존 방식에서는, 수직 (vertical) 및 수평 (horizontal) 인자 등 섬세한 각도를 지닌 구조물도 제작 가능하였으며, 또한 완만한 물체에 의한 모델 유사성도 높았습니다. 이번에 새롭게 시도된 입체적 광 근접성 보정 방법을 이용하면 상당한 모델 유사성을 나타내는 물체를 생성할 수 있습니다.

I. 서론

3차원(three-dimensional, 3D) 프린팅 기술은 미술, 의류, 스포츠 등 다양한 분야에 접목되어 왔으며, 특히 기계, 전자, 의료 분야 등 과학기술 발전에 크게 기여해 왔습니다. 대표적인 3D 프린팅 기술은 수백, 수천 번을 쌓아 독특한 물체를 제작하는 방식으로, 취급이 용이한 광경화성 고분자가 주로 활용되었습니다. 또한, 적층 과정을 제외한 3차원 구조물을 신속하게 제작하기 위해 단발 광경화 공정을 활용하였습니다. [1] 또한, 동작시간 조절을 통해 광량을 조절함으로써 3차원 구조를 한번에 제작하였습니다. [2] 단일 광 조사 (single-shot) 제작 공정에서 생산된 3D 물체의 대부분은 광경화 공정에서 발생하는 화학적 확산으로 인해 낮은 각도 곡선을 갖는 표면이 매끄러운 구조였습니다. 따라서, 단일 광 조사

처리에서 매끄러운 곡면이 아닌 수직 및 수평 각도를 갖는 3D 구조 제작의 요구가 증가되었습니다.

II. 본론

본 논문에서는 디지털 미세거울 장치(digital micromirror device, DMD)를 활용한 그레이 스케일 리소그래피(grayscale lithography)를 이용한 단일 광 조사 (single-shot) 3D 프린팅 시스템을 활용하여 구현하였습니다. 실제로 제작되는 구조물은 가파른 각도 경사를 가지나, 실제로 제작되는 물체는 화학 물질의 확산으로 인해 완만한 경사를 유지하게 됩니다. [3, 4] 제작 오류를 줄이기 위해, 그레이 스케일 3D 프린팅 방법에는 입체형 광학 근접 보정 기술(stereoscopic optical proximity correction technique)이 적용됩니다.

그레이 스케일 포토마스크에 이미지 선명도 향상처리 가능한 윤곽 강화 2 차원 필터링 (edge enhancing filtering) 공정을 적용하여 입체적 광 근접성 보정을 구현할 수 있으며, 이와 같은 간단한 처리를 통해 단일 광 조사 3D 프린팅 구조를 개선할 수 있습니다. 입체형 광 근접성 보정을 적용한 경우의 개선 정도를 비교하기 위해 광경화성 고분자 하이드로젤을 활용한 3 층 타워구조를 제작하였습니다. 입체적 광 근접성 보정의 선명도 성분을 변경하며 조건에 따른 구조들을 제작하였으며, 생성된 3 차원 구조는 성분 수직 및 수평축의 선명도 향상 수준이 증가함에 따라 실제 모델과 유사하게 변형되는 것을 확인하였습니다. 이를 입증하기 위해, 입체형 광 근접 보정 요소의 조절에 따른 모델의 유사성(correlation)을 분석합니다. 제작된 하이드로젤 고분자 구조의 수평면과 수직면의 각도를 이미징 하여 자동화 프로그램(ImageJ)을 통해 측정하고, 구성요소의 조절에 따라 구조윤곽이 이상적인 구조로 변화되는 것을 구현하였습니다. 마지막으로, 상호상관분석(cross-correlation)을 진행하여 구성요소의 제어에 따른 구조적 유사성 변화를 분석하였습니다. 본 논문에서 소개된 개선된 방법은 보다 정교한 단일 광 조사 3D 프린팅을 수행하였습니다.

III. 방법

3 차원 하이드로젤 구조를 제작하기 위해, PEGDA(Poly(ethylene glycol) diacrylate, Sigma-Aldrich) 및 광 개시제(2-Hydroxy-2-methylpropiophenone, Sigma-Aldrich)를 혼합하였으며, 디지털 미세거울 장치(Digital micromirror device, DMD, Texas Instruments) 및 자외선 광원(UV light source) 기반 광 유체 무마스크 리소그래피(optofluidic maskless lithography) 시스템을 활용하였습니다.

IV. 결론

수행한 단일 광 조사 3D 프린팅 시스템은 여러 단계로 나뉘어 수행되던 3 차원 구조제작 프로세스를 획기적으로 단축시킬 수 있었을 뿐만 아니라, 제작된 구조의 모양 또한 상당한 유사도를 가질 수 있었습니다. 이는 산업계에서 중요한 품질을 향상시킬 수 있으며, 폭 넓게 적용 가능합니다. 이 방식은 정교한 하이드로젤 3D 프린팅 기술이 필요한 모든 분야에서 활용될 가능성이 높으며, 특히, 의료뿐만 아니라 생명공학의 전 과정 및 분야를 발전시키는 데 이바지할 것입니다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the National Research Foundation (NRF) of Korea Grant funded by the Korean Government (NRF-2018R1A6A1A03025708).

참 고 문 헌

- [1] Takahashi, H., Jung Heo, Y., Arakawa, N., Kan, T., Matsumoto, K., Kawano, R., & Shimoyama, I., *Microsystems & nanoengineering*, 2016, 2, 1.
- [2] Chen, X., Liu, W., Dong, B., Lee, J., Ware, H. O. T., Zhang, H. F., & Sun, C., *Advanced Materials*, 2018, 30, 1705683.
- [3] Song, S. H., Kim, K., Choi, S. E., Han, S., Lee, H. S., Kwon, S., & Park, W., *Optics letters*, 2014, 39, 5162.
- [4] Guven, E., Karpat, Y., & Cakmakci, M. *Additive Manufacturing*, 2022, 57, 102954.