

의료용 금속 임플란트 부품에 대한 3D 프린팅 출력물의 스캔 모델 구성

예병훈¹, 김구진^{1,2}

¹경북대학교 IT대학 컴퓨터학부

²교신저자

yebh1421@knu.ac.kr, kujinkin@gmail.com

Scan Model Construction for 3D Printout of Metal Implant Parts

Byounghun Ye¹, Ku-Jin Kim^{1,2}

¹School of Computer Science & Engineering

Kyungpook National University

²Corresponding Author

요 약

3D 프린팅 임플란트 부품은 표면에 결함이 생기기 쉬우므로, 출력 후 표면을 검사하는 과정이 필요하다. 표면 검사를 자동화하기 위해서는 임플란트를 3D 스캔하여 점군 (point cloud)와 같은 스캔 모델로 구성하는 방법이 효과적이다. 스캔 모델을 구성할 때, 임플란트가 일반적인 3D 프린팅 출력물과는 다른 특성들을 가지므로 이에 대한 고려가 필요하다. 본 논문에서는 3D 프린터로 출력된 의료용 임플란트 부품의 특성에 맞게 3D 스캔을 수행하여 스캔 모델을 구성하는 방법을 제안하고, 실험을 통해 생성된 스캔 모델을 보인다.

1. 서론

최근 고령화에 따라 개인형 맞춤 의료의 방향으로 패러다임이 변화되고 있다[1]. 특히 인체의 손상 부위를 대체하기 위한 임플란트 (implant), 보조기 등의 맞춤형 제품군의 생산에 있어서 3D 프린팅의 역할이 중요해지고 있다[2-4]. 3D 프린터 출력물은 프린터의 기계적, 환경적 요인의 영향을 받으며, 이에 따라 출력 중에 결함이 발생할 수 있다.

인체에 식립(삽입) 되는 3D 프린팅 임플란트 부품은 산업에서 사용되는 기계적 형상이 아닌 개개인에 맞는 유기적인 형상을 지니고 있다. 3D 프린팅을 수행할 때 표면은 휨이나 뒤틀림 또는 블롭 (blob)이나 크랙 (crack)과 같은 결함들이 발생할 수 있으며, 이런 결함들은 파손이나 치수 정밀도 저하와 같은 문제를 발생시킨다. 이에 따라 임플란트 부품에 대해 형상 정확도를 분석하고 형상의 결함을 검출하는 과정이 중요하다.

임플란트의 형상 결함은 전문가의 수작업으로 발견한 뒤, 결함 정도에 따라 폐기하거나 후처리하는 방법이 주로 사용되어 왔지만, 시간과 비용을 절감하기 위해 임플란트 부품의 결함 발견을 자동화하는

작업의 필요성이 증대하고 있다. 결함 발견을 자동화하기 위해서는 출력물과 이에 대한 CAD 모델 간의 형상의 비교가 필수적이다. 형상 비교를 위해 임플란트 표면을 3D 스캔하여 점군 (point cloud)으로 구성된 스캔 모델을 생성하는 방법을 고려할 수 있다.

3D 프린터로 출력된 금속판 임플란트는 일반적인 출력물과 구분되는 특성을 가지므로, 이런 특성에 적합한 스캐닝 방법이 필요하다. 본 논문에서는 3D 프린터로 출력된 금속판 임플란트 부품에 대해 형태적인 측면과 재료적인 측면을 고려하여 3D 스캔 모델을 구성하는 방법을 제안한다.

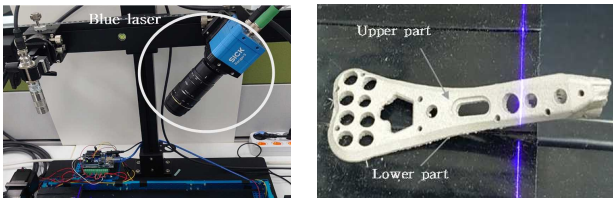
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 금속 재료의 특성에 맞는 스캐너의 타입을 선택하기 위한 고려 사항을 제시한다. 3절에서는 금속판 임플란트의 형태에 맞게 구멍 (hole)과 판형에 맞게 부분 데이터를 추출하는 방법을 제안한다. 4절에서는 결론을 맺는다.

2. 금속판 임플란트에 적합한 스캐너의 타입 선택

의료용 임플란트를 3D 프린터로 출력할 때 티타늄과 같은 금속 재료를 사용하는 것이 일반적이다.

금속 재료에 대해 스캐닝을 수행하기 위해 스캐너의 타입 선택이 중요하다. 3D 스캐너는 크게 광학식과 레이저 타입으로 구분된다. 광학식 스캐너는 측정 속도가 더 빠르며, 분해능이 높아서 정밀한 형상 정보를 획득하는 데 효과적이거나, 금속과 같이 빛을 반사하는 소재에 사용하기에는 부적합하다. 반사를 줄이기 위해 백색 현상액을 도포하여 형상 정보를 획득하는 방법을 주로 사용하는데, 이때 다음과 같은 문제점이 발생한다.

- 1) 현상액을 도포함으로써 표면에서 오차(최대 10 μ m)가 발생할 수 있다.
- 2) 현상액 자체는 발암물질로서, 사용할 때 주의 요하고 있으며, 일부 의료용 3D 프린팅 출력물에는 이러한 현상액 사용이 제한되어 있다.



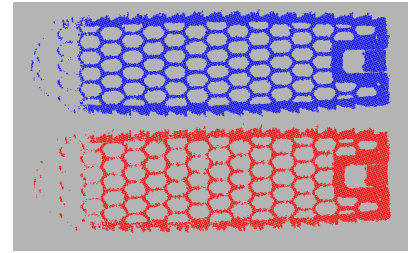
(그림 1) 청색 레이저를 장착한 3D 스캐너(좌)와 임플란트 부품(우).

이에 따라 의료용 임플란트를 스캔할 때 광학식 스캐너보다, 빛 반사에 강한 레이저 방식을 적용하여 스캔을 진행하는 것이 합리적이다 (그림 1).

임플란트 소재에 대해 레이저 스캐너를 사용할 때, 레이저 파장에 따라 스캔 결과에 차이가 생길 수 있다. 일반적으로 적색 레이저 (red laser) 및 청색 레이저 (blue laser) 파장을 사용할 수 있는데, 적색 레이저가 초점이 잘 맞고 정밀도가 높다는 이유로 자주 사용된다.

일반적인 경우와 달리, 금속에 대한 스캔의 경우는 실험을 수행한 결과 적색 레이저보다 청색 레이저가 적합성이 높았다. 티타늄 소재를 이용한 3D 프린팅 임플란트에 대해 적색 레이저 및 청색 레이저를 각각 적용하여 스캔한 결과, 적색 레이저의 경우 20,052 개의 점 (point)을 획득하였으나, 청색 레이저의 경우에는 24,384개의 점을 획득하였다. 또한, 적색 레이저와 비교하여 청색 레이저를 사용할 때 표면의 거칠기 등 세부적인 형상이 가장 잘 표현되었다 (그림 2 참조). 이에 따라, 금속판 임플란트에 대해 청색 레이저를 적용하여 3D 스캐닝을 수행하였

다.



(그림 2) 청색 레이저로 스캔한 결과(위)와 적색 레이저로 스캔한 결과(아래).

3. 임플란트의 형태에 적합한 스캐닝 방법

스캔 모델을 구성하는 과정은 Zhu et al. [5]이 제안한 방법에 따라 부분 데이터들을 스캔한 뒤 이들 간의 정렬을 반복하여 전체 스캔 모델을 구성하며, 임플란트 부품의 형태적인 특성에 맞게 부분 데이터를 스캔하는 방향을 결정한다.

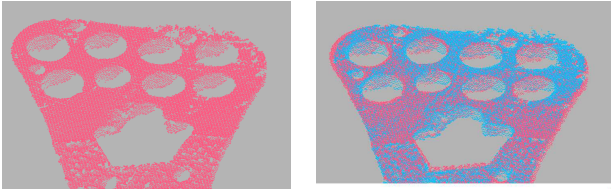
부품 상단 (upper part)와 하단 (lower part)에 대해 각각 부분 스캔 데이터 (partial scan data)를 구성한다 (그림 1). 일정 각도로 회전시키며 각각 스캔한 뒤, 스캔 데이터에 대해 노이즈 (noise)를 제거하여 부분 스캔 데이터 u_i 와 l_i ($0 \leq i < n$)를 생성한다. 상부에 대한 부분 스캔 데이터 u_i 는 이웃한 회전각에 대해 누적하여 정렬을 수행한다. 모든 회전각 u_i 에 대해 누적하여 정렬을 마치면 최종적으로 정합(merge)하여 상단 포인트 클라우드 (upper point cloud)를 구성한다. l_i 에 대해서도 유사하게 적용하여, 하단 포인트 클라우드 (lower point cloud)를 구성한다. 상단과 하단 포인트 클라우드를 정렬한 뒤 정합하여 3D 스캔 모델을 구성한다.

일반 산업 부품과 달리 의료용 임플란트는 인체 식립 가능 영역을 넘지 않는 범위에서 응력 분포가 좋고, 해부학적 구조물이 허용되는 범위에서 직경이 크고 길이가 긴 특징을 가진다. 임플란트는 구멍을 통해 골유착이 되므로 나사 식립을 위한 구멍이 다수 존재한다. 따라서, 이러한 특징을 기준으로 스캐닝 방향을 정한다.

종류에 따라 구멍을 기준으로 식립할 나사의 각도를 검사하는 과정이 중요한 경우도 있다. 3D 스캐너는 카메라의 가지 영역에 있는 데이터만 획득할 수 있으므로, 한 번만 스캔하면 사각 (blind spot)에 의해 온전한 스캔 모델을 구성할 수 없다. 특히 임플란트 부품의 완전한 구멍의 정보를 얻기 위해서는 측정할 대상을 회전하거나, 스캐닝 플레이트(plate)를

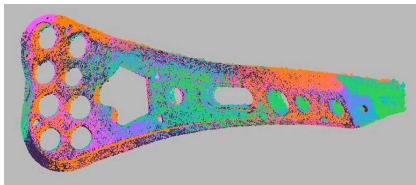
회전하여 카메라에서 데이터의 구멍 기둥(hole pillar)과 형상의 측면이 보이도록 데이터들을 획득한다.

그림 3은 한 개의 부분 스캔 데이터에 존재하는 구멍을 확대해서 보이며, 이때 구멍의 측면 부분이 완전하지 못한 것을 볼 수 있다. 연속적인 회전각으로 얻은 두 개의 부분 스캔 데이터를 정렬한 결과를 보이며, 측면 정보가 많아진 것을 볼 수 있다.



(그림 3) 구멍이 있는 부분 데이터(좌)와 연속적인 두 개의 부분 데이터의 정렬(우).

각각 얻어진 부분 3D스캔 데이터 (partial scan data)는 정렬하는 중간 과정에서는 정합(Merge)을 수행하지 않는다. 진행 중에 정합을 할 경우, 서로 중복되는 데이터는 삭제되며 데이터 집합의 밀집도가 떨어지는 문제가 발생하기 때문이다. 이에 따라, 모든 부분 스캔 데이터에 대해 정렬을 완료한 뒤에 정합을 수행한다. 생성된 상단과 하단의 데이터도 동일한 방법을 이용하여, 중첩되는 측면 데이터에서 소수의 특징점을 이용하여 최종 스캔데이터 모델을 만들었다. 정렬된 포인트 클라우드에 대해 데이터 정합을 수행하여 중복되는 점과 노이즈를 제거한다. 상단과 하단 포인트 클라우드의 최종 정렬 상태에서 정합이 완료된 결과가 임플란트 부품의 3D 스캔 모델로 사용된다(그림 4 참조).



(그림 4) 3D 프린팅 임플란트 부품의 스캔 모델

4. 결론

본 논문에서는 3D 프린터 출력물의 형상을 CAD 모델과 비교하기 위해 스캔 모델을 구성하는 방법을 제안하였다. 임플란트 부품으로 자주 사용되는 금속 판 형태인 요골 골절 금속판의 3D 프린터 출력물을 이용하여 스캔 모델을 구성하는 각 과정에서 고려할

점을 제시하고 적합한 방법을 제안하였다.

제안된 방법으로 구성된 스캔 모델은 실제 CAD 모델과 형상을 비교하여 표면 결함을 발견하는 데 활용될 수 있다. 임플란트 출력물의 스캔 모델을 구성함으로써 전문가에 의존해 오던 결함 발견 과정을 자동화할 수 있다.

5. 감사의 글

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2020R1A2C1008912).

참고문헌

- [1] 식품의약품안전평가원, 신개념 의료기기 전망 분석 보고서, 2017.
- [2] U. Seo and K.-J. Kim, "3D printing based patient-specific orbital implant design and production by using a depth image," Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 23, No. 8, pp. 903-914, 2020.
- [3] Y.J. Jeong, D.H. Choi, and K.-J. Kim, "Algorithm for fabricating 3D breast implants by using MRI and 3D Scan Data," Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 22, No. 12, pp. 1385-1395, 2019.
- [4] S. Lee, T. Kim, D. Hong, J. Ock, J. Kwon, E. Gwon et al., "A Review of Three-Dimensional Printing Technology for Medical Applications," Journal of Korean Soc. Radiol., Vol. 80, No. 2, pp. 213-225, 2019.
- [5] J. Zhu, Z. Li, S. Du, L. Ma, T. Zhang. "Surface reconstruction via efficient and accurate registration of multiview range scans," Optical Engineering, Vol. 53, No. 10, pp. 102104, 2014