

레이저 주사 경로 생성 및 주사 제어에 관한 연구

최경현*(제주대 기계공학과), 최재원(부산대 대학원), 김대현(제주대 대학원),
도양희(제주대 전자공학과), 이석희(부산대 기계공학부), 김성중, 김동수(한국기계연구원)

A Study on Generation of Laser Scanning Path and Scanning Control

K. H. Choi(Mech. Eng. Dept., CJU), J. W. Choi(Graduate School, PNU), D. H. Kim(Graduate School, CJU),
Y. H. Doh(Elec. Eng. Dept., CJU), S. H. Lee(Mech. Eng. School, PNU), S. J. Kim, D. S. Kim(KIMM)

ABSTRACT

Selective Laser Sintering(SLS) method is one of Rapid Prototyping(RP) technologies. It is used to fabricate desirable part to sinter powder and stack the fabricated layer. To develop this SLS machine, it needs effective scanning path and the development of scanning device. This paper shows how to make fast scanning path with respect to scan spacing, laser beam size and scanning direction from 2-dimensional sliced file generated in commercial CAD/CAM software. Also, we develop the scanning device and its control algorithm to precisely follow the generated scanning path.

Scanning path affects precision and total machining time of the final fabricated part. Sintering occurs using infrared laser which has high thermal energy. As a result, shrinkage and curling of the fabricated part occurs according to thermal distribution. Therefore, fast scanning path generation is needed to eliminate the factors of quality deterioration. It highly affects machining efficiency and prevents shrinkage and curling by relatively lessening the thermal distribution of the surface of sintering layer. To generate this fast scanning path, adaptive path generation is needed with respect to the shape of each layer, and not simply x, y scanning, but the scanning of arbitrary direction must be enabled.

This paper addresses path generation method to focus on fast scanning, and development of scanning system and control algorithm to precisely follow generated path.

Key Words : SFFS(Solid Freeform Fabrication System), Laser Scanning(레이저 주사), Laser Scanning mirror(레이저 주사 미러)

1. 서론

SFFS 장비를 개발하는데 있어서 가공 정밀도 및 효율성에 매우 큰 영향을 미치는 부분이 레이저 주사 장치 부분이다. 레이저 주사 장치는 슬라이싱 단면으로부터 주사 경로를 생성하는 부분과 생성된 주사경로를 잘 추종할 수 있는 주사 제어 부분이 있다.^{1~4}

주사 경로는 STL 파일로부터 단면 슬라이싱 데이터를 생성한 후 각각의 단면에서 레이저 주사가 되어야 할 부분과 다음 주사 경로로 이동하기 위한

부분이 있다. 이러한 주사경로를 생성하기 위해서는 우선 주사 간격(scan spacing), 레이저 빔 크기 등이 고려되어야 한다. 이러한 파라메타들로부터 주사 경로를 생성시키고 이 주사경로를 잘 추종할 수 있는 주사 제어가 필요하다. 주사 제어는 주사 경로를 잘 추종하면서도 고른 에너지 분포를 가지게 함으로써 치수 정밀도를 향상시킬 수 있다.

주사 경로 생성 알고리즘은 가공 정밀도 및 전체 가공 시간에 영향을 미친다. 열에너지에 의해 소결이 되는 SLS 장비의 특성 상 이미 소결이 이루어진 부분과 소결이 이루어지고 있는 부분 사이의 시간적

인 지연으로 인한 열의 분포에 따라서 수축(shrinkage), 휨(curling) 및 왜곡(warpage) 등이 발생한다. 따라서 이러한 열분포(thermal distribution)를 상대적으로 줄이면 전체 가공품의 정도는 향상되게 된다. 이를 위해서 빠른 주사 경로를 생성하는 것이 중요하다. 한층의 주사 시간이 짧으면 짧을수록 열의 분포가 상대적으로 줄어들며 동시에 가공 시간도 단축시킬 수 있다. 이러한 빠른 주사 경로를 생성하기 위해서는 슬라이싱 단면, 즉 각각의 레이어의 형상에 따른 적응적인 경로 생성이 필요하다. 또한 하나의 레이어에 여러 개의 루프가 존재할 경우에는 각각의 루프의 형상에 따라서 주사 경로를 생성하는 것이 필요하다.

본 논문에서는 빠른 주사 경로 생성을 위해서 슬라이싱 단면으로부터 임의의 방향으로 주사 경로를 생성시키는 방법을 제시하고 슬라이싱 단면의 입력 및 주사 경로 생성, 주사 제어 등을 GUI 환경의 소프트웨어를 개발한다.

2. 관련 연구

Chen⁵은 가공품의 휨(curling), 수축(shrinkage), 팽창(growth) 등을 줄이기 위해서 지능적인 주사 기술을 개발하였다. 그는 동일한 층이라 할지라도 다른 영역에서 레이저 파워, 주사 간격, 주사 속도 등을 개별적으로 최적화시킴으로써 이를 해결하려 하였다. 그리고 최하위 층의 발생하는 바닥 성장(bottom growth)를 보상하기 위해서 Bonus-Z 모델을 개발하였다.

Park⁶은 STL 파일의 슬라이싱 단면으로부터 생성된 스캐닝 경로가 최종 가공품의 품질을 떨어뜨리는 단점을 보완하기 위해서 상용 소프트웨어에서 모델링된 형상을 곧바로 슬라이싱하여 주사 경로를 생성함으로써 가공품의 품질을 향상시켰다. 특히 복잡한 형상의 경우 가공품의 품질을 현격히 개선시켰다.

Yang⁷은 프랙탈 주사 경로(fractal scanning path)를 생성하여 일반적인 선형 경로보다 열분포(thermal distribution)의 편차 줄이게 함으로써 각 층간 혹은 같은 층의 인접 부분간의 열응력(thermal stress)을 완화시켜 최종적으로 발생하는 휨(curling)이나 수축(shrinkage) 현상을 줄였다.

Yang⁸은 윤곽으로부터 임의의 오프셋(offset value)으로 경로를 생성하여 효율적인 스캐닝을 하는 방법을 연구하였다. 이는 윤곽 데이터로부터 안쪽, 바깥쪽을 구분하여 오프셋 만큼 스캐닝 경로가 내부로 확장하면서 경로를 생성하는 방법으로 선형으로 주사하는 방법보다 더 빠른 속도를 가지며 더 고른 표면을 가지게 하였다.

3. 본론

3.1 주사 경로 생성

상용 소프트웨어에서 생성된 2차원 슬라이싱 단면을 바탕으로 주사 경로를 생성한다. Fig. 1과 같이 3차원 모델링 형상으로부터 Fig 2와 같이 슬라이싱 단면을 생성시킬 수 있다. 이렇게 생성된 단면으로부터 Fig. 3과 같이 하나의 단면에 대해서 주사점들을 구한다. Fig. 4는 슬라이싱 단면에 대한 주사 경로 생성 알고리즘의 흐름도를 나타낸다.

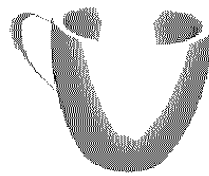


Fig. 1 Modeled part

Fig. 2 Sliced sections

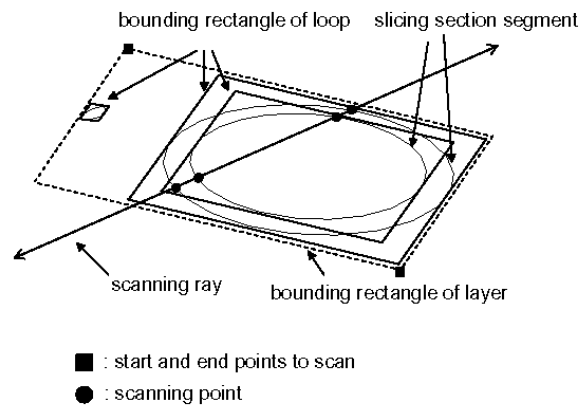


Fig. 3 Scanning points and terminologies

우선, 하나의 슬라이싱 단면에서 주사선(scanning ray)의 시작점과 끝점을 구한 다음 각각의 루프가 주사선과의 교점이 있는지 여부를 판별하여 교점이 있을 경우만 주사점을 구함으로써 불필요한 계산을 줄인다. 하나의 주사선과 각 루프를 이루는 선분(segment)들이 만나는 점들을 모두 구한 후 이를 정렬(sorting) 함으로써 주사 경로를 생성할 수 있다. 맨 처음 주사점으로 laser off로 이동을 한 다음 다음 주사점까지 laser on으로 순서대로 laser on/off를 반복 함으로써 주사되는 부분과 다음 주사를 위해서 건너뛰는 부분을 판별할 수 있다.

Fig. 5는 주사 경로 생성 알고리즘으로부터 생성된 경로 파일이다. 이러한 경로 파일은 동일한 모델링 형상을 재차 가공하고자 할 경우에 경로 생성 과정을 생략하고 곧바로 가공에 들어갈 수 있게 한다.

STL 파일을 보여주며 동시에 가공이 완료된 레이어를 3차원으로 가시화시키고 현재 가공되고 있는 레이어를 보여준다.

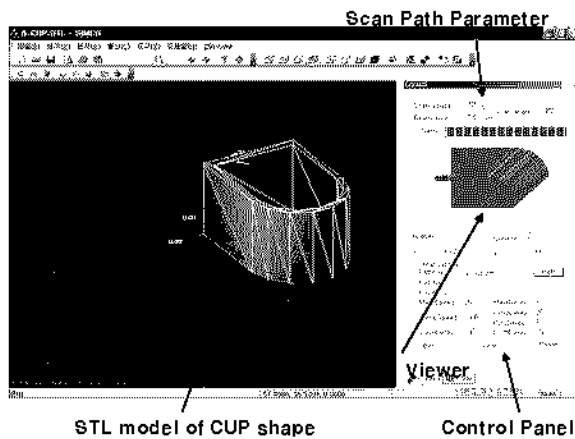


Fig. 9 Developed software

4. 결론 및 향후 연구 계획

본 연구에서는 3차원 모델링된 형상으로부터 생성된 슬라이싱 단면을 입력데이터로 하여 빠른 주사 경로 생성을 위한 임의의 방향으로 주사 경로를 생성시켰다. 또한 미러를 제어하기 위한 프로그램을 개발하였다. 임의의 방향으로의 주사는 단면 형상 혹은 하나의 단면에서 루프의 형상에 따라서 적응적인 경로를 생성할 수 있으므로 기존의 x, y 축을 따라서 주사하는 방식에 비해서 가공 효율성 및 수축, 휨, 왜곡 등으로부터 치수 정밀도를 향상시킬 수 있다.

향후 연구 계획으로는 단면의 형상 혹은 하나의 단면에서의 루프의 형상을 판단하는 알고리즘을 구현해서 적응적인 주사 경로를 생성하는 것이다.

후기

본 연구는 산업자원부 지원 중기거점 사업 중 디지털 3차원 실물복제기 요소기술 개발의 위탁과제로 수행되었음을 밝힙니다.

참고문헌

1. Chua C. K., Leong K. F. and Lim C. S., Rapid Prototyping : Principles and Applications, World Scientific Publishing, 2nd Edition, 2003.
2. Hur S. M., Generation of CAD Data for Rapid Product Development in Reverse Engineering, Pusan

National University Graduate School, Ph. D. Thesis, 2002.

3. Kim H. C., Internet-based Intelligent CAD/CAM System for Rapid Product Development, Pusan National University Graduate School, Ph. D. Thesis, 2003.
4. Yang, H. J., Development of master model-based fabrication methods for the plastic parts of prototype car, Pusan National University Graduate School, Ph. D. Thesis, 2003.
5. Kenwei Chen, INTELLIGENT SCANNING IN SELECTIVE LASER SINTERING, The University of Texas at Austin, Ph. D. Thesis, 1998
6. S. M. Park, Advanced Data Exchange for Solid Freeform Fabrication, The University of Texas at Austin, Ph. D. Thesis, 2000
7. J. Yang, H. Bin, X. Zhang, Z. Liu, "Fractal scanning path generation and control system for selective laser sintering(SLS)," International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 34, pp. 293-300, 2003.
8. Y. Yang, H. T. Loh, J. Y. H. Fuh and Y. G. Wang, "Equidistant path generation for improving scanning efficiency in layered manufacturing," Rapid Prototyping Journal, Vol. 8, No. 1, pp. 30-37, 2002.