

# SFFS를 위한 영역분할기반의 경로 생성 알고리즘 개발

\*최경현<sup>1</sup>, 도양희<sup>2</sup>, 김형찬<sup>2</sup>, 김동수<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 제주대학교 메카트로닉스공학과, <sup>2</sup> 제주대학교 전자공학과, <sup>3</sup> 한국기계연구원 정보장비 연구센터

## Path generation algorithm development-based area division for SFFS

\*K. H. Choi<sup>1</sup>, Y. H. Doh<sup>2</sup>, H. C. Kim<sup>2</sup>, D. S. Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dept. of Mech. Eng. Jeju National Univ., <sup>2</sup> Dept. of Elec. Eng. Jeju National Univ., <sup>3</sup> IT Machinery Research Center, KIMM

Key words : Solid Freeform Fabrication System(SFFS; 임의 형상 제작 시스템), Scan Path(주사경로), Area Division(영역분할)

### 1. 서론

임의 형상 제작 시스템(Solid Free form Fabrication System; SFFS)에서 레이저 주사 경로는 정밀도 및 전체 가공 시간 효율성에 매우 큰 영향을 미치는 부분이다. 레이저 주사 경로의 생성은 상용 CAD 소프트웨어에서 3차원 모델링 된 형상에서 삼각형 facet으로 이루어진 STL 파일로 변환 후, 3차원 모델링 데이터 적층 두께만큼 슬라이싱된 2차원 단면으로부터 생성된다. 슬라이싱 된 2차원 단면 정보로부터 생성된 주사 경로는 레이저의 마크/점프(Mark/Jump; on/off)로써 제어되는데 주사 경로 생성에 있어서 하나의 주사 경로에서 다음 주사 경로로 이동하는 점프(jump)에 소요되는 시간이 길면 길수록 전체 주사 시간은 증가하게 된다.[1~3]

한편, 열에너지에 의해 소결이 되는 SLS 장비의 특성 상 이미 소결이 이루어진 부분과 소결이 이루어지고 있는 부분 사이의 시간적인 지연으로 인한 열 분포에 따른 수축(shrinkage) 및 왜곡(warp) 등이 발생하고, 레이저 딜레이와 주사 딜레이에 의한 휨(curling) 현상이 발생하게 된다. 따라서 이러한 수축, 휨 및 왜곡 등을 줄이기 위해서 점프 구간을 줄이는 빠른 주사 경로를 생성하는 것이 중요하다. 본 연구는 주사 경로 생성 알고리즘을 바탕으로 영역을 재구성하여 점프 구간을 최소화할 수 있는 알고리즘 개발에 대해서 기술한다.[4]

### 2. 영역분할기반의 주사 경로 알고리즘 개발

#### 2.1 영역분할 주사 경로 효율

2차원 슬라이싱 단면 정보로부터 생성된 주사경로는 동일한 영역의 주사 경로 생성 시, 레이저 주사 시간은 가공을 위한 레이저 마크(Mark)와 다음 가공 경로로의 이동을 위한 레이저 점프(Jump)의 비율과 이러한 주사 경로에 따르는 지연시간(Delay time)이 어느 정도인가에 따라 결정된다. 즉, 불필요한 레이저 점프 구간을 줄이는 것은 전체 가공 효율을 향상 시키고 시간적인 지연에 의하여 생기는 변형이 줄어들어 전체 가공 효율은 향상 된다.[1~3]

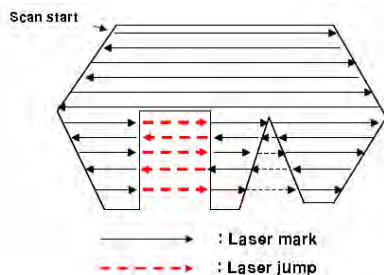


Fig. 1 Simple scan path

Fig. 1은 기존의 단순한 지그재그 형태의 주사 경로이다. 이러한 주사경로는 불필요한 점프 구간을 많이 발생하게 된다. 본 연구에서는 이러한 기존의 지그재그 방식의 주사 경로를 재배열하여 최소한의 레이저의 이동구간이 발생하도록 하는 알고리즘을 개발하여 주사효율을 향상 시킨다.

#### 2.2 영역 분할 주사 경로 알고리즘

Fig. 2은 불필요한 점프영역을 제거하기 위한 영역 분할 방법을 나타낸다. Region1, Region2, Region3, Region4로 분할된 영역을 중심으로 각 주사 영역에 주사 경로를 재배열하고 Region1→Region2→Region3→Region4의 순서로 이웃하는 주사 영역 순서로 재 저장함으로써 새로운 주사 경로를 생성할 수 있다. Fig. 2에서와 같이 이렇게 생성된 주사 경로는 점프 구간이 현저하게 줄었음을 알 수 있다. 이러한 주사 경로의 생성은 직선상에 있는 주사선의 숫자에 의해서 단순히 결정될 수 있다.

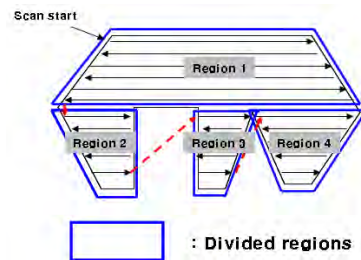


Fig. 2 Reconstructed scan path

Fig. 3은 이러한 영역 분할 주사경로 생성 알고리즘의 순서도를 나타낸다. 우선 한편의 최 외곽선에서 주사선의 직선상에 있는 다른 한편의 최 외곽선까지의 마크 숫자를 구분하고 이 숫자에 따라서 영역을 생성하게 된다. 생성된 영역에 이웃하는 순서에 의하여 주사선을 재배열하여 순서를 바꾸어 저장하고, 나머지 점프는 모두 삭제한다.

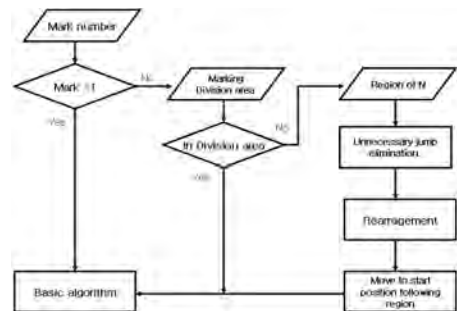


Fig. 3 Area division flow chart

이러한 영역분할 주사 경로를 생성하기 위해서는 한 직선상에 마크 수가 정확하게 구분되어야 구현할 수 있다. 더 정확한 마크 수의 구분과 사전에 주사 경로 파일의 에러를 제거하기 위하여 기존의 패스파일을 생성한 후 이것을 검증하기 위한 중립 파일을 생성한다. Fig. 4는 기존 주사 경로를 검증하는 순서도를 나타낸다.

Fig. 4와 같은 주사 경로 검증 방법은 우선 최소값 이상의 버퍼 안에 데이터를 넣고 각각의 줄을 비교하여 규칙성과 에러를 체크한다. 여기서 에러와 규칙성의 이상을 발견하게 되면 각 경우에 따라 추가, 삭제, 재배치를 통하여 에러가 있는 주사선을 수정하여 저장하게 된다. 이러한 주사 경로의 검증은 정밀한

주사 경로 제어와 영역분할 알고리즘 적용 시 신뢰성이 높은 주사 경로를 생성 할 수 있다.

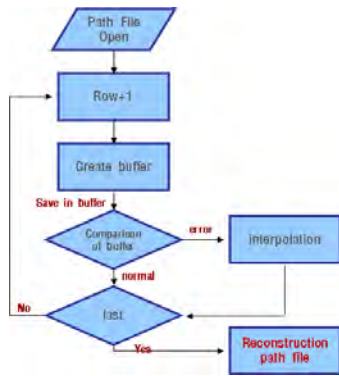


Fig. 4 verification of flow chart

**2.3 주사 시간을 고려한 영역분할 주사 경로 알고리즘**

단순한 영역분할 주사 경로 생성 방법은 분할된 영역의 주사 시간이 길어질 경우 영역 사이 접합면의 강도가 약해지거나 열의 분포에 의한 변형이 일어날 가능성이 있다. 이것을 방지하기 위하여 영역분할시 시간을 고려한 영역분할 알고리즘을 제안한다. Fig. 2와 같은 단순한 영역분할 주사 경로는 Region2 → Region3으로 주사 경로가 주사 될 경우 Region2의 주사 시간이 길어질수록 Region1과 Region3사이의 시간차로 인하여 접합면의 강도가 약해질 수밖에 없다. 그래서 Fig. 5와 같이 주사 시간이 일정한 시간이 이상 될 경우 다음 주사 영역으로 이동하는 주사 시간을 고려한 영역분할 주사 경로 생성이 필요하다.

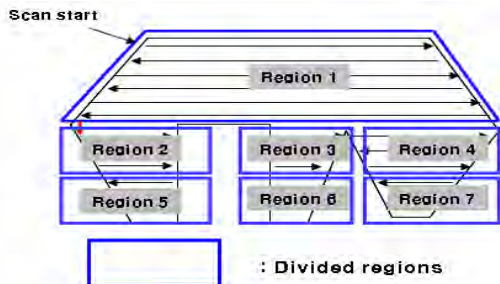


Fig. 5 Path generation that took time into consideration

시간을 고려한 영역 분할은 Fig. 5와 같이 2개 이상의 영역으로 분할 될 경우 한 영역의 주사 시간의 최대 값을 제한하는 방법이다. 한 영역의 주사 시간을 제한하는 방법은 전체 주사 시간이 영역분할 알고리즘보다 길어지지만 영역간의 접합면의 강도를 증가 시킬 수 있는 방법이다. 즉, 이러한 영역 간 접합면의 강도와 이에 의한 주사 시간의 상관을 많은 실험을 통한 경험적인 분석이 추가되어야 하겠다.

**3. 주사 시간 비교 시뮬레이션 및 제작 실험**

지금까지 언급한 기본 주사 경로, 영역분할 주사 경로 그리고 주사 시간을 고려한 영역분할 주사경로의 주사 시간을 비교하기 위하여 제어 프로그램에 주사 시간 계산 알고리즘을 추가하여 주사 시간을 비교하였다. Fig. 6은 90×90×100인 다각형 모델을 시간 시뮬레이션을 통하여 알고리즘의 시간의 효율성을 확인하였다.

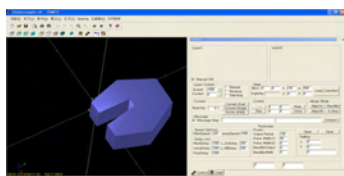


Fig. 6 Simulation model



Fig.7 Total jump time

Fig. 7은 총 레이어의 점프 구간의 시간을 시뮬레이션 하여 그래프로 비교한 것이다. 그림에서 보는 것과 같이 기존 주사경로를 영역분할 주사 경로로 바꾸면 위와 같은 모델에서 약 307초가 단축되고, 주사 시간을 고려한 알고리즘의 경우 약 138초가 단축된다. 이러한 시간은 모델에 따라 차이가 있을 수 있지만 많은 주사 시간이 절약 되는 것을 확인 할 수 있다.

Fig. 8은 이러한 모델을 SFFS 장비로 직접 제작한 것이다. 좌측으로부터 기본 주사경로, 영역분할 주사경로, 주사 시간을 고려한 영역분할 주사경로 순이다.



Fig. 8 The model manufacture that used SFFS

**4. 결론**

본 연구에서는 임의의 형상 제작 시스템(SFFS)에서 레이저 주사 효율을 향상시키기 위하여, 단순 지그재그 주사 경로로부터 영역분할 주사 경로 및 주사 시간을 고려한 영역분할 주사 경로를 생성하는 방법과 주사 경로의 검증을 통한 알고리즘의 신뢰성을 높이는 방법을 제시하였다. 기존 지그재그 주사 경로는 불필요한 점프 구간의 많이 발생하기 때문에 영역의 마크 숫자로 구분하여 각 영역을 재구성하고 주사 경로를 저장함으로써 불필요한 점프 구간을 삭제하여 주사 효율을 향상시킬 수 있다. 또한 영역간 접합면의 강도를 높이기 위한 주사 시간을 고려한 영역분할 주사 경로 방식으로 접합 강도를 향상시키고 이러한 알고리즘을 적용한 모델을 SFFS 장비를 통하여 제작하였다. 향후, 이러한 방식으로 제작되어진 모델들을 통하여 영역 접합면의 강도와 이에 따른 주사 시간의 상관성을 많은 실험을 통한 경험적인 분석과 제작품의 정밀도에 미치는 영향에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

**후기**

본 연구는 산업자원부의 중기거점사업 중 “디지털 3차원 실물복제기 개발” 과제의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

**참고문헌**

1. Chua, C. K., Leong K. F. and Lim C. S., 2003, Rapid Prototyping : Principles and Applications, World Scientific Publishing, 2nd Edition.
2. Hur, S. M., 2002, Generation of CAD Data for Rapid Product Development in Reverse Engineering, Pusan National University Graduate School, Ph. D. Thesis.
3. Kim, H. C., 2003, Internet-based Intelligent CAD/CAM System for Rapid Product Development, Pusan National University Graduate School, Ph. D. Thesis.
4. Choi, J. W., Choi, K. H., Doh, Y. H., Kim, D. S., and Ahn, Y. J., 2005, "A Study on Generation of Laser Scanning Path and Scanning Control," Proceedings of the KSMPE Spring Conference 2005, pp. 277~281.