

임의형상가공시스템을 위한 정속위치제어기 개발

고 민 국, 김 승 우
순천향대학교 제어계측공학과
전화 : 041-530-1369 / 핸드폰 : 019-448-0106

A Development of Constant-Speed Position Controller for Solid Freeform Fabrication System

Minkook Ko, Seungwoo Kim
Dept. of Control&Instrument Eng, Soonchunhyang University
E-mail : koogi75@hanmail.net

Abstract

SFFS(Solid Freeform Fabrication System) is commercializing to rapid prototyping concept in foreign some corporations including the U.S.A, have much technological problems yet and need new mode for agile prototyping.

In this paper, we design algorithm that the cutting path of laser beam, on the SFFS(Solid Freeform Fabrication System), is controlled with constant speed. The designed algorithm for constant-speed path control is implemented and experimented in the CAFL^{VM} (Computer Aided Fabrication of Lamination for Various Material) system, the new SFFS which was developed in this paper.

I. 서론

본 논문은 임의형상가공시스템(SFFS: Solid Freeform Fabrication System)의 레이저빔을 정속으로 정확하게 위치제어하는 알고리즘을 설계하고 그것을 실험적으로 구현하여 확인하는 논문이다.

본 논문에서 개발한 임의형상가공시스템 CAFL^{VM}(Computer Aided Fabrication of Lamination for Various

Material)은 레이저에 의한 2차원 절단 가공 방식을 이용하여 다양한 재료를 3차원의 정밀 형상으로 가공하는 새로운 시스템이다. CAD 시스템에 의하여 설계된 형상이 STL(STereoLithography)이라는 2차원의 레이어 정보로 전환되고, 그 데이터를 근거로 2차원 절단 가공을 수행한다.

2차원 절단 가공은 정확한 형상을 만들기 위하여 정밀한 위치제어를 필요로 한다. 특히 레이저에 의한 절단 가공은 적절한 속도가 계속 유지되어야 한다. 만약 정속제어가 되지 않으면 레이저가 한 절단 점에서 머무는 시간의 차이로 절단면이 타거나 또는 완전한 절단이 어려워질 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 STL 레이어 정보를 레이저에 의한 절단 가공 시스템에 적합한 제어용 데이터로 전환하고, 정속 및 위치제어를 동시에 수행할 수 있는 제어 알고리즘을 개발한다. 그것을 임의형상가공시스템 CAFL^{VM}에 적용한 실험을 통하여 알고리즘의 우수성을 확인한다.

II. Constant-Speed Position Controller

2.1 CAFL^{VM} 제어환경의 구축

CAFL^{VM}의 제어환경은 윈도우즈 NT를 기반으로 구축하였으며 TMS32C44 DSP 프로세서를 사용하여

고정도의 제어가 가능하도록 하였다. IP(Industry Pack) 캐리어 보드는 4장의 IP 모듈을 탑재할 수 있으며, DSP 보드와 RP 머신과의 인터페이스를 통하여 데이터들을 입출력할 수 있다. 제어환경의 구성도는 그림 1에서 볼 수 있다.

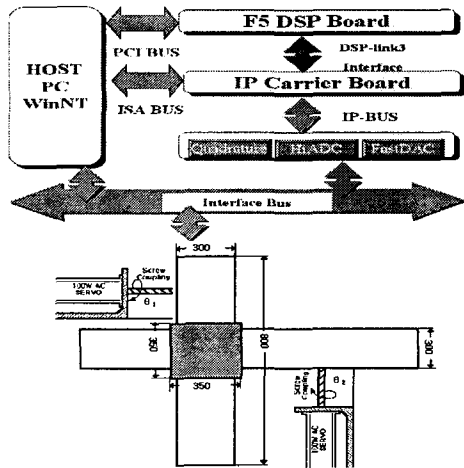


그림 3. CAPL^M시스템 제어환경의 구성도

제어실험 환경시스템에서 IP 캐리어보드의 슬롯1과 슬롯2에는 타이머/카운터 기능이 있는 엔코더회로가 설계되어 있고, 슬롯3에는 D/A컨버터가 슬롯4에는 A/D 컨버터가 장착되어 있다. RP 머신까지의 명령 경로는 호스트 PC에서 PCI 버스를 통하여 DSP 보드에게 명령이 전달되어지고, 인터페이스되어 있는 IP 캐리어보드가 RP 머신에 명령을 전달한다.

2.2 Constant-Speed Position Control 기본구성

레이저 절단가공방식의 임의형상가공시스템은 모든 위치정보를 동일한 속도로 원하는 위치까지 이동할 수 있어야 한다. 동일한 속도를 확보하지 못하면 재료가 타거나 절단이 되지 않는 문제점이 생길 수 있다. 따라서 동일한 속도를 확보하는 것이 고속원형(Rapid Prototyping)제작을 하고자 할 때 가장 중요한 부분이라고 말할 수 있다. 3D 모델에서 STL파일로 표현되는 레이어 생성은 제어 데이터로 전환하기 위하여 평면과 교차하는 패킷의 부분 집합을 찾아야 한다. 3D 모델을 슬라이싱(Slicing)을 통해서 2D 위치정보를 확보한다. 그림 1에서 임의형상제작시스템의 제어 구성도를 볼 수 있다.

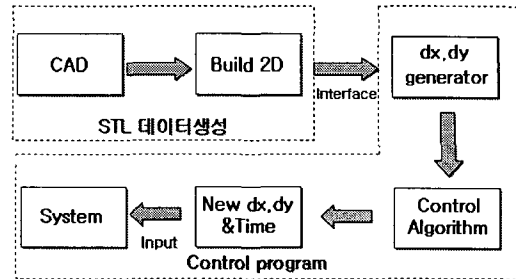


그림 2. 제어 구성도

2.3 Constant-Speed Position Control Algorithm

거리는 시간과 속도에 의해 결정되어진다. 임의의 좌표 값이 주어졌을 때 Point-To-Point로 이동하는 방식을 적용한다면 주어진 경로대로 이동하는 데는 문제가 없으나 일정한 속도를 고려치 않아 등속 작업을 할 때에는 많은 문제를 발생시킨다. 이것을 해결하기 위하여 본 논문에서는 기준 거리에 대한 속도와 시간을 결정된 후 가변적인 속도 값을 기준속도로 바꾸어 m 개의 T(기준시간)를 유도하는 알고리즘을 설계한다. 그것의 상세한 방법은 아래와 같다.

Step1. X와 Y의 좌표 값 $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ 가 있을 때 $dx_1 = x_2 - x_1, dy_1 = y_2 - y_1$ 길이 $P = \sqrt{(dx_1)^2 + (dy_1)^2}$ 이다.

Step2. $P_{seg} = T_{seg} \times V_{seg}$
 P_{seg} : segment of P
 T_{seg} : Time interval of segment
 V_{seg} : Constant speed

Step3. $P / P_{seg} = m$ (m은 segment 개수)

Step4. $\frac{P}{m} = \sqrt{(dx_1/m)^2 + (dy_1/m)^2}$

Step5. $P = V_{seg} \times m \times T_{seg}$

Step6. $m * T_{seg} = T_{coord}$ 을 결정

Step7. T_{coord} 동안 V_{seg} 의 속도로 이동했을 때 $P = V_{seg} \times T_{coord}$ 을 만족시킨다.

위의 알고리즘에서 보여지듯이 X와 Y의 좌표는 벡터로 표현되어진다. 즉, 거리 변화율은 X로의 이동거리와 Y로의 이동거리의 합이 된다. 따라서 최종이동거리

는 벡터로 표현되는 것이다.

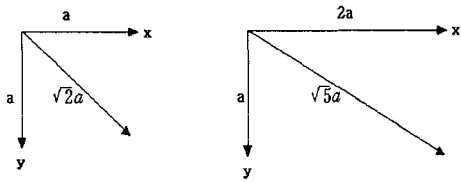


그림 5. 기준 좌표 값과 이동 좌표 값

$$P = V \times T \quad (V \text{는 Constant Speed})$$

$$P = \sqrt{2}a, \quad P_1 = \sqrt{5}a$$

$$P_1/P = \frac{\sqrt{5}}{\sqrt{2}} = m$$

$$P_1/m = \sqrt{(2a/m)^2 + (a/m)^2} = \sqrt{2}a$$

$$P_1 = P \times m = V \times m \times T$$

거리 P_1 에서 X의 이동거리와 Y의 이동거리를 m개로 분할하여 기준거리로 변형 후 기준속도로 m개의 T시간동안 이동함으로써 정속을 확보할 수 있는 것이다. 위의 알고리즘을 적용하여 모든 구간에 대한 속도정보를 계산하여 그래프로 나타내면 어떠한 구간에서도 일정한 속도(기울기)를 확보함을 알 수 있다.

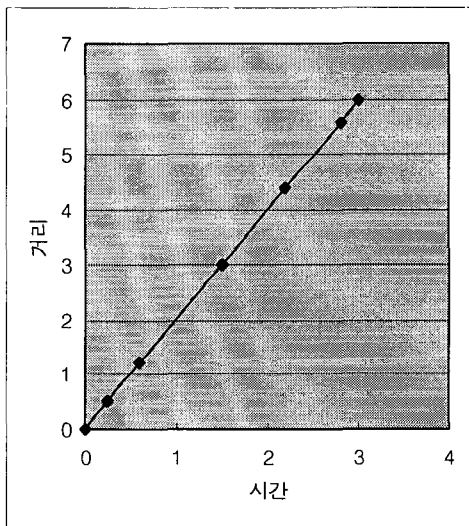


그림 6. Constant Speed

III. Experiment and Conclusion

정속위치제어 알고리즘을 이용하여 2차원 절단 가공을 실험하는 임의형상가공시스템 CAFL^{VM}을 그림 5에서 볼 수 있다.

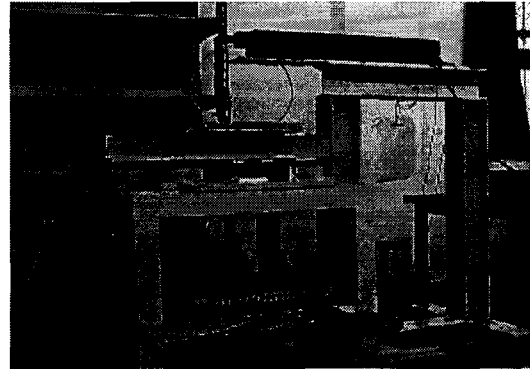


그림 5. CAFL^{VM}시스템

CAFL^{VM}은 X축은 100W AC서보모터, Y축은 200W AC서보모터를 장착하였고 제어프로그램과의 동기화를 통한 20W CO₂ 레이저로 단면절단이 이루어지며 6개의 Limit Sense를 통한 Home_position 확보와 Limit area에서 자동적으로 Emergency Stop을 할 수 있도록 하였다.

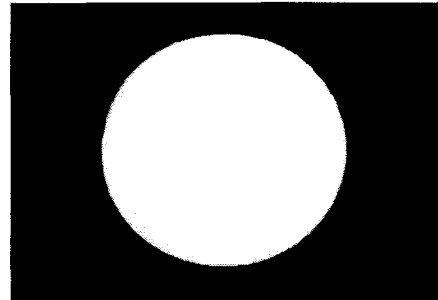


그림 6. 2차원 절단 가공단면

그림 6는 STL파일과 인터페이스가 용이한 정속 위치제어기를 구현하여 CAFL^{VM}시스템에 적용한 실험결과이며, 구 모양 샘플의 5번째 레이어를 2차원 절단 가공한 결과이다.

그림 7은 STL파일로부터 얻어낸 원시적인 속도정보를 정속제어 알고리즘을 거치지 않고 Point-to-Point로 출력한 것이며, 반면에 그림 8은 정속위치제어 알고리즘을 거친 속도벡터 결과로서 그림 7에 비하여 월등히

좋은 결과를 보여주고 있다. 일정한 속도 값을 위치 오차 없이 유지하는 것을 볼 수 있다.

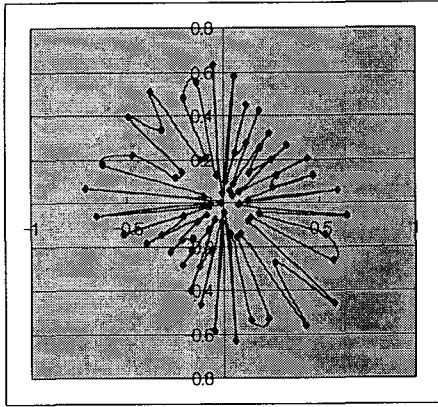


그림 9. point-to-point 속도벡터

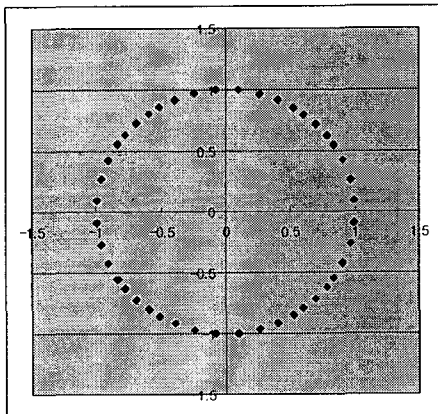


그림 10. 제어기를 거친 속도벡터

IV. 결론

본 논문에서 제작한 임의형상시스템 CAFL^{VM}의 제어환경을 구축하고, 정속위치제어를 개발하여 정속 위치제어 알고리즘을 구현하였다. 가공 정밀도를 유지하기 위해서 레이저는 고정하고 재료가 부착되는 X-Y 테이블을 제어하는 방식으로, Point-to-Point 방식과 정속위치제어방식을 적용한 비교실험을 통하여 이동단면의 상태에서 정속위치제어의 우월성을 확인함으로써 임의형상가공시스템에서 필수 요구 조건인 정속위치제어를 성공적으로 실험하였다.

본 논문에서 제시한 정속위치제어 알고리즘은 임의

형상가공시스템뿐 아니라 위치이동시 정속 확보를 필요로 하는 모든 메카니즘에 적용할 수 있으리라 사료된다.

참고 문헌

- [1] R. H. Crawford and J. J. Beaman, "Solid Freeform Fabrication: A New Manufacturing Paradigm," *IE EE Spectrum Magazine*, Feb. 1999.
- [2] Lee, C. H., T. M. Gaffney, and C. L. Thomas, "Soft Tooling for Low Production Manufacturing of Large Structures," in *Solid Freeform Symposium Proceedings*. University of Texas at Austin, Austin, Texas, pp. 207-214, Aug. 1996.
- [3] Chua chee kai, Leong kah Fai, Nanyang Technological University "Rapid Prototyping: Principles & Applications in Manufacturing" John Wiley & Sons, Inc. June. 1996.
- [4] Wesley E. Snyder "Industrial Robots: Computer Interfacing and Control" in differential motions and the jacobian pp.151-175, in Path control pp.178-200, Prentice-Hall, 1985.
- [5] Brady, M. "Basics of robot motion planning and Control." in Robot motion, pp.1-50, M.I.T.Press, 1983.
- [6] Weiss, L., Prinz, F., Neplotnik, G., Padmanabhan, K., Schultz, L. And Merz. R., "Shape Deposition Manufacturing of Wearable Computers," in *Solid Freeform Symposium Proceedings*, University of Texas at Austin, Austin, Texas, pp. 31-38, Aug. 1996.
- [7] P.Bonaldi and C.Barlier, "Examination of Various Stochastic Algorithms Research on Placement Methods Dedicated to the Rapid Prototyping Process: Stratoconception "Proceedings of the 6th European Conference on Rapid Prototyping and Manufacturing, Nottingham, UK, July 1997.
- [8] Y. Zheng and W. S. Newman, "Software Design Challenges for Computer-Aided Manufacturing, Nottingham, UK, July 1997.