

임의형상가공시스템의 정속위치제어

정 용 래, 고 민 국, 김 승 우
순천향대학교 정보제어공학과
전화 : 041-530-1369 / 핸드폰 : 016-859-2038

A Study on Constant-Speed Position Control of Solid Freeform Fabrication System

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

Abstract

SFFS(Solid Freeform Fabrication System) is commercializing to rapid prototyping concept in world-wide some corporations including the States, have much technological problems yet and need new mode for agile solid freeform fabrication as well as prototyping.

In this paper, we design an automatic control algorithm that the cutting path of laser beam, on the SFFS, 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 is developed in this paper. Its process is an automated fabrication method in which a 3D object is constructed from STL(STereoLithography) 2D data, derived from CAD 3D image, by sequentially laminating the part cross-sections. The constant-speed path control is started from the STL data. After STL file is modified in data format to be available for control, The fabrication of the 2D part is, with constant speed, conducted from the 2D position data by laser beam. we confirm its high-performance through experiment results from the application into CAFL^{VM} system

I. 서 론

본 논문은 임의형상가공시스템(SFFS: Solid Freeform Fabrication System)의 레이저빔을 정속으로 정확하게 위치제어하는 알고리즘을 설계하고 그것을 실험적으로 구현하여 통합 자동화 환경을 설계하는데 있다. 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 레이저 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 레이저 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 우수성과 자동화 시스템을 설계한다.

II. CAFL^{VM} 자동제어 시스템 설계

2.1 CAFL^{VM} 제어환경의 구축

CAFL^{VM}의 제어환경은 윈도우즈 NT를 기반으로 구축하였으며 TMS32C44 DSP 프로세서를 사용하여 고정도의 제어가 가능하도록 하였다.

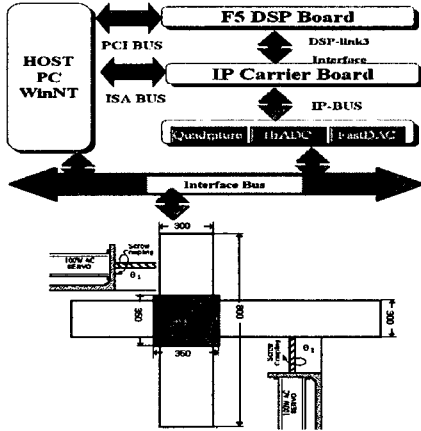


그림 1. CAFL^{VM}시스템 제어환경의 구성도

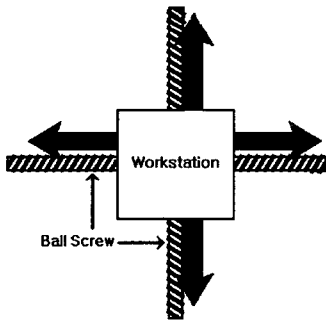


그림 2. CAFL^{VM}시스템 기구부 이동경로

IP(Industry Pack) 캐리어 보드는 4장의 IP 모듈을 탑재할 수 있으며, DSP 보드와 SFFS 머신과의 인터페이스를 통하여 데이터들을 입출력할 수 있다. 제어실험 환경시스템에서 IP 캐리어보드의 슬롯1과 슬롯2에는 타이머/카운터 기능이 있는 엔코더회로가 설계되어 있고, 슬롯3에는 D/A컨버터가 슬롯4에는 A/D컨버터가 장착되어 있다. SFFS 머신까지의 명령 경로는 호스트 PC에서 PCI 버스를 통하여 DSP 보드에게 명령이 전달되어지고, 인터페이스되어 있는 IP 캐리어보드가 SFFS 머신에 명령을 전달한다.

2.2 정속 위치 제어 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 레이저 생성은 제어 데이터로 전환하기 위하여 평면과 교차하는 패시의 부분 집합을 찾아야 한다. 3D 모델을 슬라이싱(Slicing)을 통해서 2D 위치정보를 확보한다. 그림 1에서 임의형상제작시스템의 제어 구성도를 볼 수 있다.

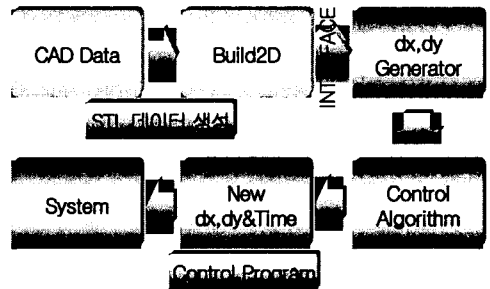


그림 3. 정속 위치 제어 알고리즘

거리는 시간과 속도에 의해 결정되어진다. 임의의 좌표 값이 주어졌을 때 위치와 위치(Point-to-Point)사이로 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 결정한 후 가변적인 속도 값을 기준속도로 바꾸어 m 개의 T (기준시간)를 유도하는 알고리즘을 설계한다. 그것의 상세한 방법은 아래와 같다.

Step1. X 와 Y 의 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. $P/P_{seg} = m$ (m 은 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. $m \times T_{seg} = T_{coord}$ 을 결정

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

위의 알고리즘에서 볼 수 있듯이 X와 Y의 좌표는 벡터로 표현되어진다. 즉, 거리 변화율은 X로의 이동거리와 Y로의 이동거리의 합이 된다. 따라서 최종이동거리는 벡터로 표현될 수 있다.

2.3 통합 자동화 시스템 설계

본 시스템에서는 20W CO₂레이저를 사용하여 절단이 이루어진다. 레이저는 자체 컨트롤러를 통해 On/Off와 레이저강도를 수동으로 조정하였다. 하지만 정확한 절단을 요하는 본 시스템에서는 제어프로그램과의 동기화가 필요하다. 레이저와 제어프로그램과의 동기화를 위하여 Host PC와 레이저 Controller를 연결하여 제어프로그램 상에서 자동으로 레이저 On/Off를 할 수 있고 재료의 두께나 특성에 따라 사용자가 레이저의 출력을 세팅할 수 있도록 프로그램 하였다. 레이저의 파워는 외부의 아날로그전압 0~10V의해 제어되어진다. 입력되어지는 전압의 강도는 0~100%로 표시되어진다.

임의형상가공시스템이 작업을 시작할 때 시작위치를 능동적으로 찾아 가야한다. 본 시스템에서는 Home_Position을 찾기 위한 2개의 Home_Sensor와 작업공간을 벗어날 때를 감지할 수 있는 4개의 Limit_Sensor를 장착하였다. 작업을 시작할 때 현재 위치에서 양극단에 Home_Sensor로 이동하게 되고 Home_Sensor에 도달하면 작업공간의 (0, 0)위치로 이동하게 된다. 하지만 이대로 작업을 시작하게되면 정확한 적층을 할 수 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 능동적으로 Start_point를 찾도록 하였다. 이때 Home position은 가공물의 중심이 되는 것이다. Start_point를 능동적으로 찾기 위해서는 2D데이터의 첫 번째 좌표로 이동 후 작업을 수행하도록 프로그램 하였다. 여러 개의 2D 데이터들은 능동적으로 Start_point를 찾아갈 수 있고 가공물의 중심이 일치함으로 정확한 적층을 할 수 있다.

가공 중에 2D데이터가 작업환경을 벗어나거나 시스템의 오동작에 의해 X, Y 테이블이 작업환경을 벗어날 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 4개의 Limit_Sensor에 도달하게 되면 Host PC에서 즉시 멈출 수 있도록 프로그램 하였다.

출 수 있도록 프로그램 하였다.

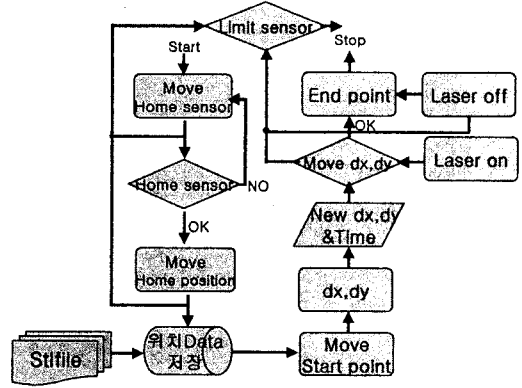


그림 4. 통합 자동제어시스템의 구성도

III. 실험 및 결과

본 논문에서 구현한 시트 절단 방식의 CAFL^{VM}을 볼 수 있다.



그림 5. CAFL^{VM}시스템

그림 6은 알고리즘 적용전의 X축과 Y축의 속도 변화이고 그림 7은 알고리즘 적용후의 X축과 Y축의 속도

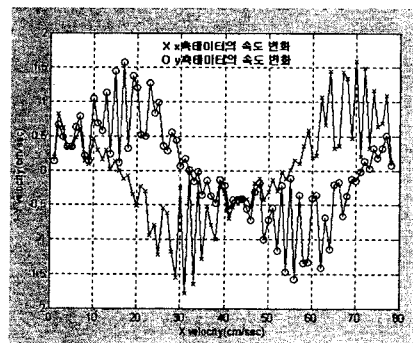


그림 6. 알고리즘 적용전 X,Y축의 속도 변화

변화이다. 시스템이 이동하는 속도는 X축과 Y축의 속도 성분이 합쳐져서 이뤄진다.

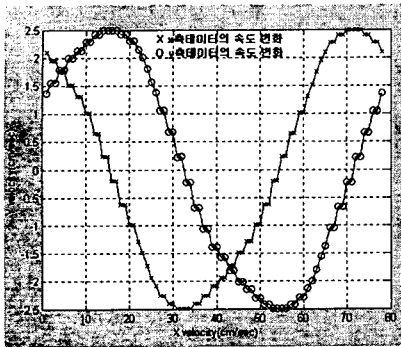


그림 7. 알고리즘 적용후 X,Y축의 속도 변화

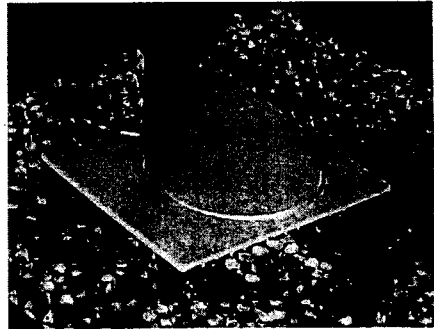


그림 10. 2차원 절단 가공

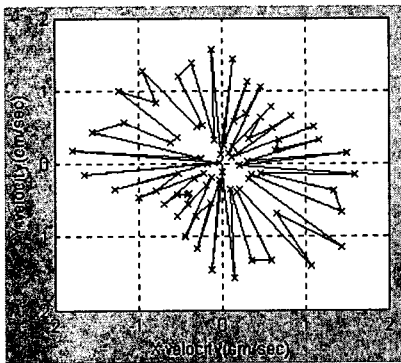


그림 8. 알고리즘 적용전 X,Y축의 속도 분포

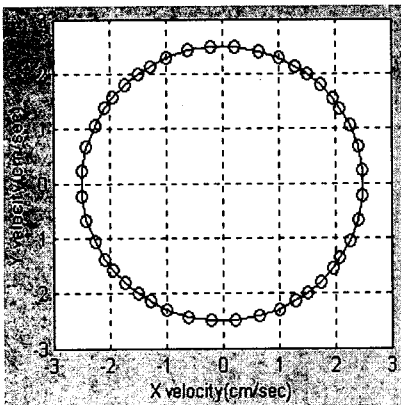


그림 9. 알고리즘 적용후 X,Y축의 속도 분포

그림 8과 9의 시스템의 최종 속도성분인데 파형에서 관찰 할 수 있듯이 그림 8의 경우는 데이터의 위치에 따른 속도가 일정치 못한 반면 그림 9의 경우는 중심에서의 속도값이 항상 일정한 것을 관찰 할 수 있다.

시뮬레이션을 통하여 확인한 정속제어 알고리즘을 CAFL^{VM}에 적용하여 정확하게 곡선을 가공하고 있는 것을 그림10에서 볼 수 있다

IV. 결 론

본 논문에서 제작한 임의형상제작시스템 CAFL^{VM}의 제어환경을 구축하고, 정속위치제어 알고리즘을 개발하여 정속 위치제어기를 구현하였다. 레이저 동기화, 파워제어 그리고 각종센서를 통한 계측 등의 시스템 통합자동화도 완성하였다. 정속위치제어방식은 모든 좌표이동에 대한 동일한 속도를 확보할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 만약 동일한 속도를 확보하지 못하고 기준속도보다 느리게 되면 절단면이 손상되고, 기준속도보다 빠르게 되면 완전한 절단이 이루어지지 않는다. 따라서 위치와 위치(Point-to-Point)방식과 정속위치제어방식의 비교 실험을 통하여 궤적추적성과 절단면의 상태에서 정속위치제어의 우월성을 확인함으로써 임의형상가공시스템의 2D 가공 정밀도를 확보하였다.

참 고 문 헌

- [1] R. H. Crawford and J. J. Beaman, "Solid Freeform Fabrication: A New Manufacturing Paradigm," IE EE Spectrum Magazine, Feb. 1999.
- [2] Brady, M. "Basics of robot motion planning and Control." in Robot motion, pp.1-50, M.I.T.Press, 1983.
- [3] Y. Zheng and W. S. Newman, "Software Design Challenges for Computer-Aided Manufacturing, Nottingham, UK, July 1997.
- [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] Chua chee kai, Leong kah Fai, Nanyang Technological University "Rapid Prototyping Principles & Applications in Manufacturing" John Wiley&Sons, Inc. June. 1996.