

유니버설 관절을 이용한 2차원 레이저 영상 구현

김종길*, 김태강, 이건영
 광운대학교 전기공학과

An Implementation of Laser image drawing with the universal joint

Keon Young Yi, Jong Koul Kim, Tae Kang Kim
 Dept. of Electrical Engineering, Kwangwoon University

Abstract - The branch of the laser imaging has implemented 3D graphics, color graphics and video images after it drew a simple image by development the galvo's X-Y scanner in 1960 year. Now it is used as the multimedia show of an event and an advertisement. The latest issue of laserist is the ability to generate laser images with the same ease and speed associated with traditional computer graphics. All laser projector used in the interior of a countris was imported from other country. The most important component of the laser projector is the speed and the accuracy of a actuator and the software which actuates the controller on computer. In this paper we developed the controller with a universal joint and the PC based user interface software in order to implement the laser image of two dimension, and will prepare the base of beginning the home laser projector

1. 서 론

현재 사용되는 레이저 프로젝터는 레이저 빔을 제어하기 위해 고속으로 움직이는 galvanometer의 축에 미세한 거울(5×8(mm) 또는 2×3(mm))을 장착한 두 개의 스캐너(X-Y스캐너)를 사용한다. 이를 수평, 수직으로 구동하여 레이저 영상을 그리게 된다. 여기에 acousto-optic modulator를 사용하여 색과 밝기 그리고 빔의 on/off 제어하여 칼라 그래픽과 여러 가지 레이저 조사를 제공하고 있다. 대부분의 레이저 그래픽은 점대점으로 그려지는 벡터 그래픽이다. 레이저 그래픽은 먼저 컴퓨터로 점들을 잇는 그래픽을 그리거나 연속적인 프레임을 만들어 애니메이션이 되도록 한다. 이 그래픽 이미지를 scanner의 제어 신호로 변환하여 프로젝터로 하여금 영상을 그리게 한다. 레이저 프로젝터에서 사용되는 레이저는 diode laser, argon-krypton mixed gas laser, solid state laser 등이 사용되고 있다. 레이저 그래픽의 구현을 위해서 기본적으로 갖추어야 할 사항으로 고속으로 제어되는 구동부와 이를 제어할 수 있는 알고리즘을 갖춘 프로그램이다.

본 논문에서는 레이저 그래픽을 구현하기 위해 정밀한 scanner의 설계보다는 PC 기반의 사용자 인터페이스와 87C196CA를 통한 제어 알고리즘의 기초를 다지고자 한다. 자작하여 사용한 구동부는 두 개의 모터로 구동되는 유니버설 관절로 pen-type diode laser를 장착하였다. PC 사용자 인터페이스로는 비주얼 베이직로 작성하였으며 여기서 그래픽을 그리고 이를 제어 신호로 변환하여 시리얼 통신으로 제어 보드에 명령을 내리는 방식을 사용하였다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

시스템의 구성은 크게 세 부분으로 나누어 진다. 영상을 그리는 PC, 플랜트를 제어하는 보드, 그리고 레이저 포인터를 구동하는 유니버설 관절로 구성된다. PC에서는 그래픽을 제어 보드에 전달한 명령으로 변환하고 RS-232 통신을 이용하여 전송한다. 제어 보드는 이 명령을 받아 1/25[sec]마다 모터를 구동하게 된다. 그림 1은 전체 시스템 구성도이다.

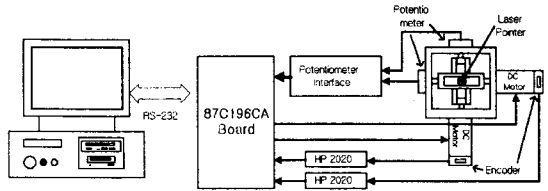


그림 1 레이저 영상 시스템 구성도

Fig. 1. The block diagram of the laser imaging system

레이저 영상 제어기는 HP사에서 만든 2020펄스 카운터를 통해 Encoder의 값을 피드백하여 모터에 가해질 듀티비(duty ratio)를 결정한다. 이것을 사용하여 PWM 파형을 만들어 내고 모터를 제어한다. 제어방법은 PID 제어를 사용하였다. 유니버설 관절의 포텐서미터는 미세한 전압을 증폭하여 레이저 포인터의 원점을 찾는 데 사용된다.

2.2 PC 제어 소프트웨어와 제어기

비주얼 베이직으로 구현된 프로그램을 통하여 그래픽 구현의 인터페이스를 제공한다. 그림 2는 레이저 영상을 구현하기 위한 '레이저 제어 프로그램'이다.

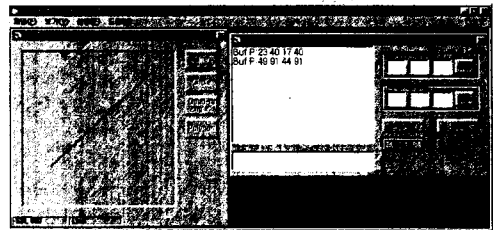


그림 2. 레이저 영상 제어 프로그램

Fig. 2. The Control program of laser imaging

왼쪽의 창은 사용자가 그래픽을 그리는 부분이다. 이 가상스크린에 마우스를 클릭하여 직선, 원, 직사각형, 다각형 등의 그래프를 그리고 그래픽의 양말 또는 모서리만을 취하게 된다. 그래픽의 각 좌표는 2.2절에서 소개될 알고리즘에 의해 레이저 포인터를 구동하게 될 모터의 이동거리 및 시간을 계산하도록 하였다. 이 값은

그림 2의 오른쪽 창의 통신창을 통해 PID 이득 값, 동작, 정지 명령등과 함께 제어 보드로 전송된다.

모터의 좌표 이동은 가속 구간, 등속 구간, 감속 구간을 가진다. 이 때문에 다음 좌표로의 이동시간이 충분히 빨라지지 않게되어 영상이 정지하는 것처럼 보여 영상의 밝기가 다르게 나타나게 된다. 이를 해결하기 위해서 모터의 이동 시간을 피드백하여 현재의 명령이 끝나기 직전 다음 명령을 주도록 하였다. PC 제어 프로그램은 각 구간의 이동시 20[ms]의 샘플시간마다 현재 명령의 완료 시간을 제어기에 요청한다. 완료 시간을 계산하여 20[ms]보다 작은 위치에 도달하였을 경우 다음 명령을 전송하게 되고 제어기는 다음 명령이 준비되지 않아 정지하고서 명령을 기다리는 시간을 줄였다..

2.4 2차원 그래픽 알고리즘

제한된 시스템의 한계를 고려하여 레이저 포인터 구동 반경을 10°로 제한하기로 하였다. 반경이 10°일 때 직선 하나를 프레임당 1/25[sec]로 그릴 경우 모터속도는 약 40[rpm]이 필요하다. 이러한 시스템으로 10[m]의 거리의 스크린 상에는 그림 1과 같이 1.7[m] 크기의 영상이 구현된다.

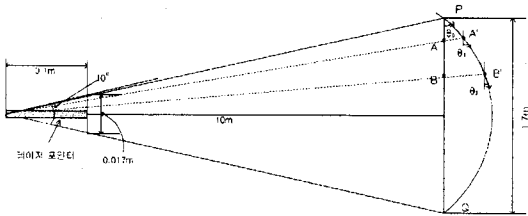


그림 3 실제 스크린과 가상 스크린의 비유과 속도 관계
Fig. 3. The ratio and speed of a real screen and virtual screen

직선을 스크린에 그릴 할 경우 레이저 포인터의 움직임이 원호를 그리기 때문에 평면의 스크린에는 일정한 밝기로 나타나지 않는다. 그림 1에서 $\theta_1 > \theta_2$ 이기 때문에 원호를 정속도 n [rpm]으로 회전한다면 선분 PQ를 지나는 A'점과 B'점의 속도는 각각 $n \cos \theta_1$, $n \cos \theta_2$ 이 되고 A'점을 지나는 속도는 B'점을 지나는 속도보다 느리게 된다. 따라서 평면에 그려지는 영상의 속도를 일정하게 하기 위해서는 A점과 B점을 지나는 순간의 모터 속도를 각각 $n / \cos \theta_1$, $n / \cos \theta_2$ 로 증가시켜야 한다. 그러나 그림 3에서 보는 바와 같이 모터 구동 변위를 작기 때문에 $\cos \theta_0 = \cos 1.5^\circ = 0.9997 \approx 1$ 이 되어 모터의 속도 변화를 고려하지 않아도 된다.

레이저 영상 기구부를 그림 4과 같이 레이저 포인터를 z축상에 수직으로 놓고 가상 스크린을 2차원 좌표로 표현하였다. 가상 스크린과 레이저 포인터 구동축과의 거리를 10[cm]로 정하였다. 직선을 그리기 위해서는 직선의 양 끝 좌표만을 취하여 x축과 y축 모터의 이동 각도 및 시간을 계산한다. 계산식은 다음과 같다.

모터 기본 속도 $n = 40$ [rpm]

선분 AB의 기울기 $\alpha = \tan^{-1} \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2}$

x축 변위 $S_x = |x_1 - x_2|$

y축 변위 $S_y = |y_1 - y_2|$

x축과 y축 모터의 이동 각도는 가상 스크린의 각 좌표와 레이저 포인터의 고정축의 거리를 계산하고 제2코사인 법칙으로 계산한다.

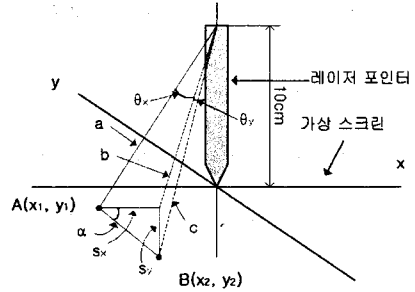


그림 4 레이저 영상 가상 스크린

Fig. 4. The virtual screen of a laser imaging

a의 길이 $a = \sqrt{x_1^2 + y_1^2 + 10^2}$

b의 길이 $b = \sqrt{(x_1 + s_x)^2 + y_1^2 + 10^2}$

c의 길이 $c = \sqrt{(x_1 + s_x)^2 + (y_1 + s_y)^2 + 10^2}$

x축 모터의 이동 각도 $\theta_x = \cos^{-1} \frac{a^2 + b^2 - s_x^2}{2ab}$

y축 모터의 이동 각도 $\theta_y = \cos^{-1} \frac{b^2 + c^2 - s_y^2}{2bc}$

각 모터의 이동 속도는 다음의 벡터계산을 사용한다.

x축 모터의 속도 $n_{Ax} = n \cos \alpha$

y축 모터의 속도 $n_{Ay} = n \sin \alpha$

단 S_x 와 S_y 가 0인 특수한 경우 각 모터의 속도는 40[rpm]으로 정의하여 사용하였다. 모터의 이동시간은 다음 공식으로 각도변위와 [rpm]단위의 모터 속도를 사용하여 [ms]단위의 시간을 계산한다.

x축 모터의 이동 시간 $t_x = \frac{\theta_x \times 10^3}{n_{Ax} \times 6}$ [ms]

y축 모터의 이동 시간 $t_{Ay} = \frac{\theta_y \times 10^3}{n_{Ay} \times 6}$ [ms]

두 모터의 이동 시간은 같게 나타나지만 α 값이 0일 때와 90일 때의 특수한 경우를 고려하여 $\tan \alpha > 1$ 인 경우 이동속도는 t_x 를 사용하고 $\tan \alpha \leq 1$ 인 경우 t_y 를 사용하였다.

직사각형의 도형은 각 꼭지점의 좌표를 얻어 내어 위와같은 방법으로 4개의 직선을 그려서 구현하였다.

3. 실험

2.1 실험 장치와 방법

본 논문의 실험장치는 복잡한 그림을 그리는 것보다는 단순한 이미지를 그려 레이저 영상 기초를 다지는 것이 목적이므로 기구제작을 간단히 하였다. 레이저 포인터 구동부는 엔코더를 장착한 모터 두 개와 포토미터로 구성된 유니버설 관절을 사용하였고 이를 87C196CA 제어 보드를 사용하여 제어하였다. 레이저 빔은 시중에서 쉽게 구입할 수 있는 펜 타입 레이저 포인터이다. 그림 5은 본 실험 장치의 사진이다.

먼저 PC에서 비주얼 베이직 인터페이스 프로그램으로 도형을 그리고 이를 제어기 보드의 명령으로 변환하여 RS-232 케이블을 통해 제어 보드로 전송한다. 직렬 통신의 9600(bps)의 속도를 고려하여 매우 짧은 시간을 필요로 하는 그래픽은 그리지 않기로 하였다.

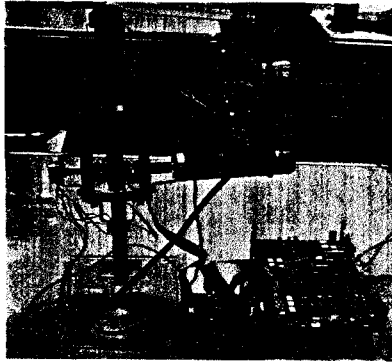


그림 5 유니버설 관절과 구동 제어기
Fig. 5. The universal joint and the controller of a laser imaging

한 방향으로 직선이 그려진 후 다음 방향으로의 전환은 20[ms]마다 현재의 레이저의 이동 시간을 얻어내어 PC에서 현재 실행 중인 명령이 끝나기 20[ms] 직전 다음 명령을 전송한다. 이렇게 명령을 계속 전송하면 원하는 도형의 그래프를 약 50[ms]의 속도로 레적을 그릴 수 있다.

2.1 실험 1

레이저 영상 제어 프로그램에서 A(-0.17, 0.17)과 B(0.17, -0.17)의 직선을 그리고 이를 제어기에 전송할 명령의 데이터로 변환하였다. 변환된 데이터는 다음과 같다. 앞의 두 숫자는 각각 x, y축 모터를 구동할 각도로 10배한 값을 사용하였고 세 번째 숫자는 [ms] 단위의 모터이동 속도이다.

P:19 -20 46 P:-19 20 46

그림 6은 유니버설 관절을 통해 그린 대각선 영상으로 왕복 운동의 정밀도를 보기 위해 카메라의 노출시간을 길게하여 촬영하였다. 그림 6의 모습은 두 점의 직선이 3.5번 왕복하는 모습이 촬영된 것이다.

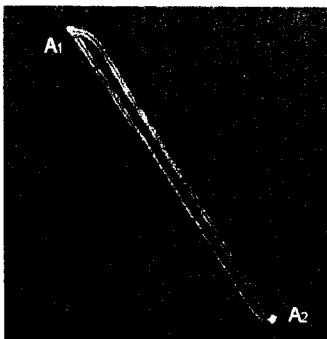


그림 6 대각선 레이저 영상 사진
Fig. 6. A diagonal laser image

왕복하여 나타나는 각 직선이 일치하지 않고 히스테리시스 곡선의 모양으로 나타나는 이유는 레이저 포인터가 정밀하게 고정되지 않아 기어의 백래쉬(Backlash)와 같은 현상이 나타나기 때문이다. 양끝의 밝은 점은 모터의 가속제어로 인해 감속 구간의 영역에서 레이저 빔이 등속구간보다 오랫동안 머물러 있기 때문이다. 이에 비해 등속운동을 하는 직선 구간의 영상은 밝기가 일정

하게 나타나고 있다.

2.1 실험 2

그림 7의 직사각형 레이저 영상 사진은 가상스크린의 네 점, $A_1(-0.3, 0.1)$, $A_2(0.3, 0.1)$, $A_3(0.3, -0.25)$, $A_4(-0.3, -0.25)$ 을 연결하여 레이저 영상으로 그린 모습이다. 이에 변환된 데이터는 다음과 같다.

"P:34 0 57", "P:0 -22 33", "P:-34 0 57", "P:0 22 33"

위의 각 데이터는 차례대로 A_1 에서 A_2 , A_2 에서 A_3 , A_3 에서 A_4 로 그리고 다시 A_1 로 레이저 포인터를 이동 시키는 명령이다.

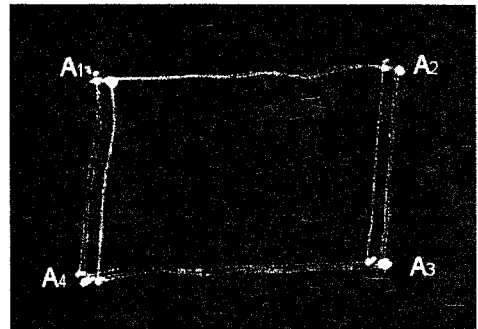


그림 7 직사각형 레이저 영상 사진

Fig. 7. A rectangular laser image

직사각형의 영상도 대각선과 마찬가지로 백래쉬(Backlash)의 영향이 나타났다. 그리고 각 모서리마다 밝은 점도 같은 이유로 나타났다.

이렇게 밝기가 다르게 나타나는 문제는 다음 좌표로 이동할 때, 감속 구간을 거쳐 정지한 후 다시 가속 하기 때문에 나타나는 현상으로 다음 좌표가 존재하는가를 인식하고, 존재할 경우 감속 하지 않고 등속구간을 연장해서 이동함으로써 이동시간을 줄이고 부분적인 색상의 차이를 막을 수 있다. 차후에 이러한 룩-어헤드(Look-ahead) 알고리즘을 적용한다면 균일한 색상의 영상을 얻어 낼 수 있을 것이다.

3. 결 론

본 논문은 2차원 영상 레이저 구현을 위한 컴퓨터 기반의 제어 프로그램 개발과 제어기를 설계하였다. 실험 결과 매끄러운 대각선과 직사각형의 도형을 그리지 못했지만 영상 구현을 위한 알고리즘과 제어 프로그램의 구동을 확인하여 레이저 영상 제어기의 기초를 다질 수 있었다. 제작한 기구부의 백래쉬(Backlash)를 제거하고 모터제어에 좀더 정확한 룩-어헤드(look-ahead) 알고리즘을 추가하면 다소 복잡한 영상을 구현할 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] <http://www.ilda.wa.org/>
- [2] Y. Matsui, "Speed control of 2-mass system by PID controller", Trans. IEE-Jpn, vol. 116-D, no. 4, pp 441-447, 1996.
- [3] K.J.Aström and T.Hägglund, "PID Controller : Theory, Design, and Tuning", Instrument Society of America, pp 70-79, 93-103, 1996
- [4] N. Matsui and Y. Hori, "Advanced technologies in motor control", Trans. IEE-Jpn, vol. 113-D, no. 10, pp 1122-1137, 1993.