

함수 발생기용 IC를 이용한 레이저 패턴 제어기 구현

이석원, 이태진, 남윤석*
 우송대학교 컴퓨터전자정보공학부, 한국산업기술대학교 제어계측공학과

Implementation of Laser Pattern Controller Using Function Generator IC

Seok-Won Lee, Tea-Jin Lee, Yun-Seok Nam*
 School of Computer, Electronic and Communication Engineering, Woosong University
 Department of Control and Measurement Engineering, Korea Polytechnique University

Abstract - In this study, we implement the laser pattern controller using function generator IC. Overall system consists of : (1) laser excitation circuit and laser tube, (2) two small mirrors to reflect laser beam on the screen, (3) two small motors for X, Y axis enabling each attached mirrors to rotate, (4) controller for motor control and user interface, (5) system power. We explain the architecture of the system and required theory to implement the system. Finally, experimental results are illustrated to show the performance of the system.

담당하는 제어기와 5) 제어기에 전원을 공급하는 전원부로 구성되어 전체 시스템의 실물사진은 그림 1과 같다.

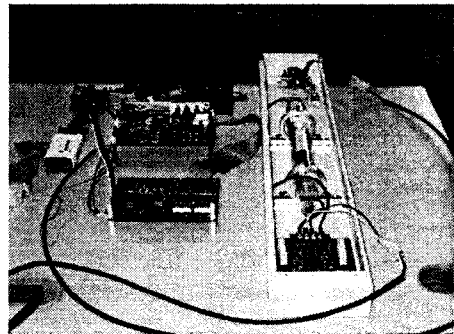


그림 1. 전체 시스템의 구성

1. 서 론

레이저(laser) 광선은 단일 파장을 가지고 있고 에너지 밀도가 높으며 직진성이 뛰어나다는 물리적 특성으로 인해 홀로그래피와 같은 입체 사진 기술, 반도체 장비나 특수 재료 절단 등에 필요한 레이저 가공 기술, 레이저의 높은 주파수 대역을 이용하는 레이저 통신, 의료 분야의 치료 기기 등 많은 분야에서 응용되고 있다. 이상에서 열거한 레이저 응용 분야에서 레이저 소스의 위치를 고정시킨 상태에서 원하는 위치의 대상물 또는 스크린에 레이저 패턴을 다양하게 생성할 수 있는 기술은 광범위하게 필요한 기반 기술이라 할 수 있다. 다양한 레이저 패턴의 생성을 위해서는 레이저 광선을 집광시키거나 반사시켜 주는 렌즈나 거울과 같은 광학용 부품 등을 원하는 각도만큼 정해진 속도로 반복 운동시킬 수 있는 제어 시스템이 필요하다. 이러한 레이저 패턴 제어 시스템의 국내 적용 사례들을 조사해 보면 거의 수입 시스템에 의존하고 있고 그 가격도 높게 형성되어 있어 가격 및 기술 경쟁력 확보를 위하여 국산화가 필요한 실정이다[1]. 그러나, 고속, 고정도 제어 시스템은 광학용 부품 등을 대상으로 한 정밀 기계 설계 및 정밀 제어 회로 설계 기술 등이 필요하여 단기간에 적은 비용으로 개발하기에는 어려움이 예상되므로, 저속, 저가형 제어 시스템의 개발을 목표로 하여 관련 기반 기술 및 연구 성과 등을 축적하는 과정이 필요하다고 할 것이다. 그러므로, 본 논문에서는 소형 거울이 구동축에 장착되어 있는 소형 모터를 함수 발생기용 IC를 사용하여 구동함으로써 다양한 레이저 패턴을 생성할 수 있는 기술 개발 및 시스템 구현에 관한 결과를 제시한다.

2.1 시스템 제어기 구조

시스템 제어기는 전체 제어를 담당하는 8031 마이크로프로세서 주변 회로[2]와 사용자 인터페이스용 회로, 마이크로프로세서로부터 X, Y 각 축에 출력되는 사인파의 주파수 명령을 아날로그 전압 신호로 변환시켜 주는 D/A 컨버터, D/A 컨버터에서 출력되는 아날로그 전압 신호에 따라 주파수가 조절되는 사인파를 생성시켜 주는 함수 발생기용 IC 주변 회로, 사인파의 진폭 명령을 마이크로프로세서로부터 받고 함수 발생기용 IC에서 출력되는 사인파의 전압 신호를 기준 전압으로 입력 받아 두 신호를 곱해줌으로써 사인파의 진폭을 조절해 주는 곱셈용 D/A 컨버터, 최종적으로 생성된 사인파 신호의 전류를 증폭하여 소형 모터로 공급해 주는 전류 증폭 회로 등으로 구성되어 있으며, 시스템 블록도는 그림 2와 같다.

2. 시스템 구성

전체 시스템은 1) 레이저 광선을 생성하는 레이저 발진 회로 및 레이저 튜브, 2) 레이저 조사 방향 중심축과 수평 방향 및 직교 방향으로 운동하며 레이저를 반사시켜 레이저 패턴을 피사체에 형성하는 2개의 소형 거울, 3) 소형 거울이 부착되어 소형 거울의 회전 운동을 가능하게 하는 X, Y축 소형 모터, 4) 사용자 인터페이스 및 모터 구동을

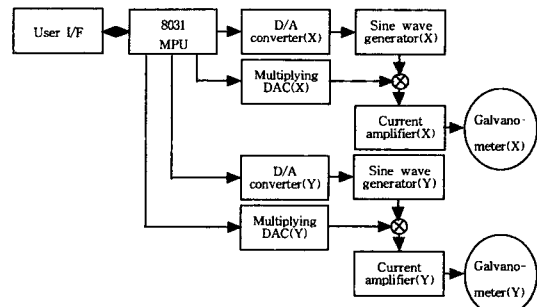


그림 2. 시스템 제어기 블록도

2.2 시스템 Hardware 구조

시스템 Hardware는 모두 2장의 보드로 구성되어 있으며, 한 장은 17개의 Push-button 스위치, 7개의 LED, 4개의 FND가 배치되어 사용자 인터페이스를 담당하는 조작 판넬용 보드이고 다른 한 장은 마이크로프로세서 주변 회로, 모터 구동을 위한 사인파 발생 및 전류 증폭 회로, 전원부가 포함된 주 제어 보드이다. 이 두 장의 보드는 서로 30핀 플랫 케이블로 연결되어 있으며 시스템 리셋 및 사용자 인터페이스에 필요한 신호들을 주고 받는다. 보드에 사용되는 전원은 $\pm 12V$ 와 $\pm 5V$ 이며 $\pm 12V$ 는 외부 SMPS로부터 직접 공급 받고, $\pm 5V$ 는 $\pm 12V$ 로부터 voltage regulator인 LM2575T-5와 7905를 이용하여 생성한다. 이 상에서 설명한 보드의 외형은 그림 3과 같다.

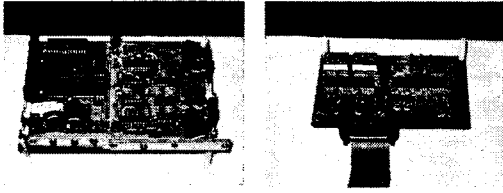


그림 3. 시스템 Hardware 외형

레이저 광선을 반사시켜 패턴을 형성하는 거울이 부착된 소형 모터는 사인파로 구동 가능하고, 사인파의 진폭에 비례해서 모터 축의 반복 회전 각도가 결정되며 사인파의 주파수에 비례해서 모터 축의 회전 속도가 결정된다. 본 연구에서는 사인파를 생성하기 위하여 함수 발생기용 IC인 MAXIM사의 MAX038 2개를 사용하였으며 X, Y 각 축의 모터 구동을 담당한다.

MAX038은 AO(Pin 3), AI(Pin 4)의 입력상태에 따라 사인파, 삼각파, 삼각파 등을 출력할 수 있으며 본 연구에서는 사인파 만을 필요로 하기 때문에 AI는 +5V에, A0는 GND에 연결하였다. MAX038에서 출력되는 파형은 종류에 관계없이 진폭은 2[V]로 고정되어 있으며 주파수 f_0 는 다음 식 (1)에 의해 0.1[Hz] ~ 20[MHz] 범위에서 조절할 수 있다.

$$f_0[\text{MHz}] = 2 \cdot \frac{I_{IN}[\mu\text{A}]}{C_F[\text{pF}]} \quad (1)$$

위 식에서 I_{IN} 은 IIN(Pin 10)으로 흘러 들어가는 전류의 크기이며, C_F 는 COSC(Pin 5)와 GND(Pin 6) 사이에 연결되는 커패시터의 정전 용량이다.

본 연구에서는 생성되는 사인파의 주파수를 마이크로프로세서의 명령에 의해 디지털적으로 조절할 수 있도록 하기 위하여 8-bit 분해능을 갖는 D/A 컨버터 DAC0800으로 아날로그 전압 V_{IN} 을 발생시키고 저항 R_{IN} 을 통과시켜 MAX038의 IIN(Pin 10)에 공급하였다. 그러므로, 사인파의 주파수 조절식인 식 (1)은 다음 식 (2)와 같이 표현되어진다.

$$f_0[\text{MHz}] = 2 \cdot \frac{V_{IN}[\text{mV}]}{R_{IN}[\text{K}\Omega]C_F[\text{pF}]} \quad (2)$$

그리고, MAX038의 data sheet[3]에 의하면 권장하는 I_{IN} 과 C_F 의 설정 범위는 다음 식 (3)과 (4)와 같으며, 생성 파형의 왜곡이 발생하지 않는 I_{IN} 의 최적 범위는 10[μA] ~ 400[μA]이고, C_F 값은 설정 범위 내에서 작을수록 파형의 주파수 조절 성능이 좋아진다.

$$2[\mu\text{A}] < I_{IN} = \frac{V_{IN}}{R_{IN}} < 750[\mu\text{A}] \quad (3)$$

$$20[\text{pF}] < C_F < 100[\mu\text{A}] \quad (4)$$

본 연구에서는 Circle, Ripple을 포함한 패턴과 BAR의

생성을 목표로 하였는바, 마이크로프로세서의 명령에 의해 D/A 컨버터 DAC0800에서 발생하는 아날로그 전압 V_{IN} 의 범위가 0.1 ~ 10[V]인 상태에서 R_{IN} 과 C_F 값을 변화시켜 가면서 레이저 패턴을 관측한 결과 Circle이나 Ripple과 같은 패턴은 X, Y축 모두 100[Hz] 근처의 비스한 주파수를 가진 사인파에 의해 구동될 때 생성되는 것을 알 수 있었으며, 한 축의 구동 주파수가 다른 축의 구동 주파수에 비해 상대적으로 작은 1[Hz] 근처의 값을 가질 때 안정적인 Bar 형태를 생성할 수 있음을 알게 되었다. 실험 결과를 바탕으로 $R_{IN} = 100[\text{K}\Omega]$ 으로 고정시키고, C_F 값은 릴레이를 사용하여 0.5 [μF]과 47 [μF]의 두 값들 중 원하는 패턴에 따라 선택적으로 사용할 수 있도록 설계하였다. 제시한 R_{IN} 과 C_F 값을 식 (2)에 대입하면 C_F 값이 0.5 [μF]인 경우에는 생성 사인파의 주파수 조절 가능 범위가 약 4 ~ 400[Hz] 이고, C_F 값이 47 [μF]인 경우에는 주파수 조절 가능 범위가 약 0.1 ~ 4[Hz]인 것을 알 수 있다.

이상에서 설명한 대로 회로를 구성한 후 프로그램 상에서 설정된 레이저 패턴 종류에 따라 각 축의 구동용 MAX038 주변 회로의 C_F 값을 릴레이로 선택, 사용함으로써 원하는 패턴을 생성할 수 있다. 즉, Circle과 Ripple을 포함한 Shape 패턴 모드에서는 X, Y축 회로 모두 0.5 [μF]의 C_F 값을 선택하고, Horizontal Bar(X Bar) 모드에서는 X축은 0.5 [μF], Y축은 47 [μF]의 C_F 값을 사용하며, Vertical Bar(Y Bar) 모드에서는 X축은 47 [μF], Y축은 0.5 [μF]의 C_F 값을 사용한다.

한편, Horizontal Bar와 Vertical Bar가 스캐닝(scanning) 동작을 할 때, 스캐닝의 폭을 조절하기 위해서는 생성한 사인파의 진폭을 조절할 수 있어야 하는데 MAX038에서 출력되는 사인파는 진폭이 2[V]로 고정되어 있으므로 추가 회로가 필요하다. 8-bit 분해능을 갖는 곱셈용 D/A 컨버터(multiplying DAC) AD7524의 기준 전압(reference voltage)을 MAX038에서 출력한 사인파로 공급함으로써 마이크로프로세서에서 AD7524에 전달한 8-bit 데이터의 크기에 따라 진폭이 조절된 사인파를 AD7524의 출력단에서 얻을 수 있다. 1차 보드 제작시에는 AD7524 대신 DAC0800을 사용하였으나, DAC0800은 음의 기준 전압이 공급될 때 기준 전압과 입력 데이터 사이의 곱셈 기능을 수행하지 못함을 실험을 통해 발견하고, AD7524로 설계 변경하여 최종적으로 마이크로프로세서의 프로그램 상에서 사인파의 진폭을 조절할 수 있게 되었다.

2.3 시스템 Software 구조

2.3.1 사용자 인터페이스부 Software

Power-ON 리셋이 걸리거나 리셋 스위치가 눌러지면 시스템은 STOP 모드로 진입하고, START/STOP 스위치에 의하여 언제라도 STOP 모드와 START 모드 사이의 전환이 가능하다. STOP 모드에서는 타이머의 동작 및 Bar의 스캐닝 동작이 정지한 상태에서 START 스위치를 포함하여 입력 가능한 스위치들의 입력을 polling 방식으로 체크하고, 특정 스위치가 입력되면 해당 루틴을 수행한 후 다시 스위치 polling을 계속한다. START 모드로 전환 되면 타이머 및 Bar의 스캐닝 동작이 시작되고, 타이머 구현 루틴 내에서 10[msec] 주기로 START 모드에서 입력 가능한 스위치들의 polling이 이루어진다. 타이머의 시간 설정용 스위치를 제외하고 모든 스위치들의 입력시 부저가 울리고, 타이머의 초기 설정 시간은 5분이며 START 모드에서 설정한 타이머 동작이 완료되면 연속 3번의 부저음을 울리며 Dot 패턴 모드로 전환한다.

2.3.2 모터 구동부 Software

레이저 패턴의 형상을 결정하는 요소는 각 축 모터의 반복 운동 회전각과 회전 속도이고 모터 구동은 MAX038에서 생성되는 사인파에 의해서 이루어지므로 최종적으로 모터 구동 및 그에 따른 생성 패턴을 제어할 수 있는 요소는 사인파의 주파수와 진폭이다. 그러므로, 원하는 레이저 패턴 종류마다 실험을 통해 얻어낸 사인파의 주파수와 진폭 명령 값들을 참조용 테이블(LUT : Look-Up Table)화 하여 프로그램 메모리에 ROM화 시켜 놓고, 현재 설정 모드에 맞는 값들을 참조하여 해당 D/A 컨버터에 출력한다. 즉, 각 축의 주파수 명령은 MAX038 앞단에 위치한 DAC0800으로, 각 축의 진폭 명령은 곱셈용 D/A 컨버터인 AD7524로 MOVX 명령어를 사용하여 출력한다.

3. 실험 결과

Horizontal Bar는 X축 모터의 동작 주파수가 Y축 모터의 동작 주파수보다 상대적으로 높을 때 생성됨을 알 수 있었다. 즉, 상대적으로 빠른 속도로 회전 운동을 하는 X축 모터에 의해 Horizontal Bar가 형성되고, 이 Horizontal Bar가 천천히 움직이는 Y축 모터에 의해 일정한 폭의 스캐닝 동작을 하게 된다. 소프트웨어적인 튜닝 실험 결과 Horizontal Bar의 길이는 X축 모터 구동용 사인파의 주파수에 반비례하고, Horizontal Bar의 스캐닝 진폭은 Y축 모터 구동용 사인파의 진폭에 비례함을 알 수 있었다. 그리고, 스캐닝 속도는 Y축 모터 구동용 사인파의 주파수에 비례함을 찾아 내었다.

반면에, Vertical Bar는 Horizontal Bar와는 반대로 X축 모터의 동작 주파수가 Y축 모터의 동작 주파수보다 상대적으로 낮을 때 생성됨을 알 수 있었다. 그리고, 두 축의 구동 주파수가 100[Hz] 근처 영역에서 비슷한 값을 가질 때 Circle을 중심으로 한 다양한 패턴이 생성되는데, Circle과 Ripple 패턴 생성시 X, Y축의 주파수 명령을 비

4. 결 론

본 연구에서는 마이크로프로세서를 이용하여 다양한 레이저 패턴을 생성할 수 있는 시스템의 설계 및 제작, 성능 검증 등을 수행하였다. 고속 반복 회전 운동이 가능한 소형 모터 2 set(X/Y 축)에 거울을 부착하여 레이저 광선을 반사시킬 수 있도록 하고, X, Y축용 모터를 서로 직각이 되도록 배치하여 구동함으로써 Circle, Ripple 등을 포함한 Shape 패턴, Horizontal Bar, Vertical Bar 등을 구현할 수 있었다. 이 소형 모터는 사인파 신호를 이용하여 구동하였으며, 사인파의 주파수는 모터의 회전 속도와, 사인파의 진폭은 회전각과 비례함을 알 수 있었다. 본 연구를 통해 개발한 시스템은 레이저를 이용한 물리 치료기 및 디스플레이 시스템에 직접 이용될 수 있으며, 소형 모터의 고속 스캐닝이 필요한 프린터, 스캐너 등의 시스템에도 기술적으로 응용할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이석원, "함수 발생기용 IC를 이용한 레이저 패턴 제어기 개발", 우송대학교 산학협력과제 연구보고서, 2003.
- [2] 정상봉, *마이크로프로세서 8051*, 도서출판 세화, 2001.
- [3] <http://www.maxim-ic.com>

Shape Size	Circle 패턴		Ripple 패턴	
	X축	Y축	X축	Y축
	주파수 명령	주파수 명령	주파수 명령	주파수 명령
2*2	38H	38H	38H	32H
4*4	4AH	4AH	4AH	46H
8*8	58H	58H	5AH	57H
15*15	5FH	5FH	60H	5CH
23*23	64H	64H	65H	63H

교하면 다음 표 1과 같고, 생성된 패턴의 한 종류를 그림 4에서 보여 주고 있다.

표 1. Circle/Ripple 패턴 생성시 X,Y축 구동 명령 테이블

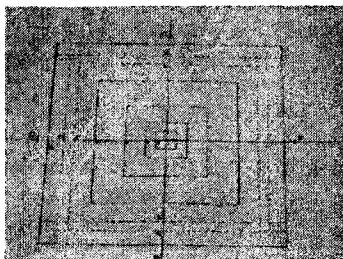


그림 4. 생성된 패턴의 예(Ripple)