

레이저 다이오드를 이용한 영상 투사용 프로젝션 시스템 구현

김기준* · 이영철*

*경남대학교 정보통신공학과

전파통신연구실

Implementation of a Projection System for Projecting an Image with Laser Diodes

Ki-Jun Kim* · Young-Chul Rhee*

*Div. of Information & Comm. Eng., Kyungnam University

E-mail : microsomes@empal.com , micropt@kyungnam.ac.kr

요 약

본 논문에서는 레이저 다이오드(Laser Diode, LD)를 배열시키고 회전 다면경(Polygon Mirror)의 반사각 및 회전다면경의 기하학적 프로젝션 시스템 설계를 통하여 2D-레이저 프로젝션 시스템을 구현하였다. 제한한 회전다면경과 레이저 다이오드 배열을 적용하여 영상 동기 시켜 레이저 배열을 적용한 레이저 디스플레이 시스템을 최종적으로 설계하고 실제 제작을 통해서 시스템을 검증하였다.

I. 서 론

기존의 레이저 디스플레이 시스템은 갈바노 미러(Galvano Mirror)에 의해서 입사된 레이저 광을 편향시켜 레이저 영상을 표출하게 하였다. 그러나 이러한 갈바노 미러에 의한 광 편향기는 구조적으로 가동코일이나 거울의 관성 때문에 응답속도를 어느 한계 이상 빠르게 할 수 없으며 거울의 진동 각도를 제어하는 전류의 대소나 파형, 반복주파수 등 어느 정도 임의의 상황에서도 편향이 가능하지만, 일정하게 반복되는 속도에서의 고속 편광을 필요로 할 경우에는 부적합하다 [1].

이러한 이유로 고화질의 레이저 영상을 표현하기에는 갈바노 미러는 실용성면에서도 부적합하다. 따라서 고화질의 레이저 영상을 획득하기 위해서 고속 편광을 위해서 회전 다면경(Polygon Mirror)을 적용하여 레이저 디스플레이 시스템을 구현하였다[2].

본 논문에서는 Laser의 원리 및 레이저의 동작 메커니즘과 광원의 구현 방식에 대하여 서술하며, 곡면 배열의 레이저 광원을 적용하여 레이저 디스플레이 시스템의 설계 내용을 기술하였으며, 레이저 디스플레이 시스템의 실험 및 결과를 분석한 내용을 수록하였다.

또한 레이저와 회전다면경의 해상도와 구현원리

를 실제 제작을 통해서 시스템을 검증하였다.

II. 레이저 디스플레이 시스템의 구성

반도체 레이저는 피사체에 레이저광이 일정한 간격으로 나란한 위치에 비추어지지 않기 때문에 레이저 다이오드 배열을 제작할 때 레이저광이 피사체에 일렬로 비추어 지기 위해서 다소 특별한 방법으로 단색의 집속된 빛을 만들어낸다.

그림1은 레이저 다이오드의 균일한 파장의 광원을 사용하기 위한 각각의 구성품과 그 구성품이 조립된 레이저 다이오드 모듈이다.

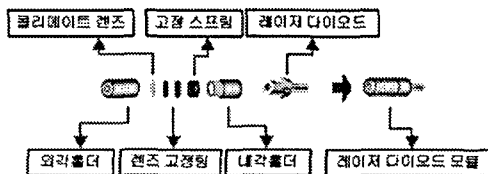


그림1. 레이저 다이오드 홀더의 구성

제작된 레이저 다이오드 모듈은 레이저 광의 가상의 초점을 중심으로 동일한 거리상에 일정간격으로 레이저 다이오드 배열을 형성하였다.

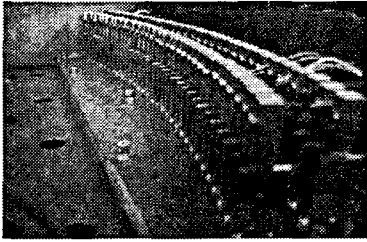


그림2. 레이저 다이오드 배열의 구성

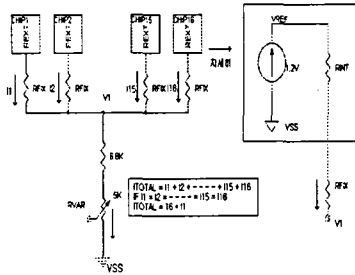


그림3. 레이저 다이오드의 구동회로

일정하게 반복되는 속도에서의 고속 편광을 필요로 할 경우는 회전 다면경을 쓴다. 회전 다면경은 그림 4에 표시한 것 같이 두꺼운 알루미늄이나 유리판을 회전축에 평행한 정다면체로 잘라 각 면을 반사면으로 만든 것이다. 반사면의 면수는 8, 12, 24, 25, 36, 48면 등이 있고 편향의 목적에 따라 선택하여 쓴다. 그림 5에 표시한 것 같이 회전 다면경 한 면의 회전각을 θ 라 하면 편향각은 2θ 가 된다. 또 회전다면경은 한 쪽 방향으로 회전하기 때문에 입사 레이저빔이 한 개의 면을 통과할 때 1회 편향되어 다음 면이 오는 순간에 편향된 빔은 원상 복귀한다. 다시 말해 한 방향으로 편향된다. 이때의 최대 편향각이 θ 는 거울의 면수를 a 라고 하면 편향각은 회전각의 2배이므로

$$\theta = \frac{720}{a} [\text{도}]$$

로 된다[1].

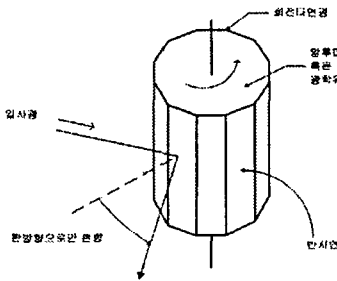


그림4. 회전 다면경에 의한 편향

또, 회전 다면경의 회전수를 n 회/분(rpm)이라 하면 스캐닝주파수 ν_s 는

$$\nu_s = 60 a n [\text{Hz}]$$

이 되어 면수가 많을수록 스캐닝 주파수는 커지지만, 최대 편향각은 작아진다[1].

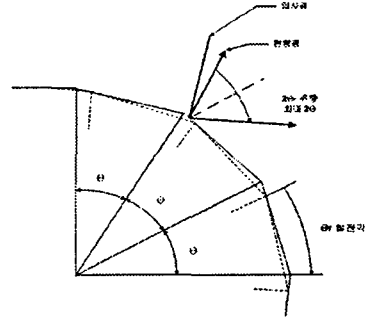


그림5. 회전각과 편향각의 관계

회전 다면경에 의한 편향에는 몇 가지의 문제점이 있다. 첫 번째 문제는 그림 5에 표시하듯이 회전하는 회전 다면경의 한 면에 레이저빔이 입사하면 빔은 거울의 회전과 함께 편향되지만, 빔이 반사면 모서리에 도달하여 다음 면과의 경계를 통과할 때, 모서리를 통과하기 직전의 반사면에서 반사광량이 감소하면서 모서리를 통과한 후의 면에서는 반사광이 증가하며 다음 편향으로 넘어간다. 다시 말해 반사면의 경계에서 분할반사 손실이 일어나는 것이다. 이런 반사손실에 의한 편향각과 반사광의 강도분포는, 빔을 가우스 분포라 가정할 경우, 그림6처럼 되어 반사면의 유효범위가 좁아지고 결과적으로 유효 편향각이 작아지게 된다. 특히 이 같은 반사손실은 입사레이저 빔의 반경이 클수록 면수 a 가 많을수록 문제가 된다.

본 논문에서는 분할반사 손실범위를 피하기 위해서 레이저 빔을 표출할 때 유효 범위내에서 표출하며 회전 다면경의 면수는 최대 16면으로 하였다.

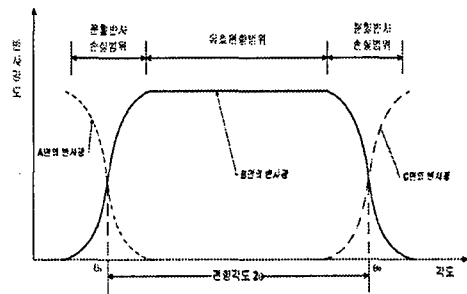


그림6. 회전 다면경의 분할 반사에 의한 손실

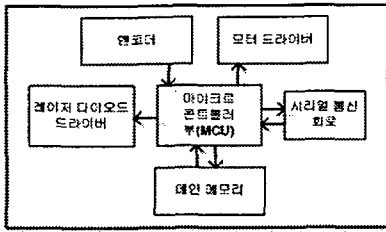


그림7. 레이저 디스플레이 시스템의 제어부

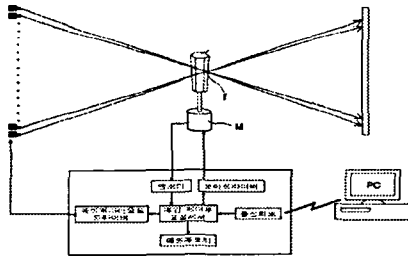


그림8. 레이저 디스플레이 시스템의 구성

그림 8은 레이저 다이오드를 광원으로 이용하여 구성한 디스플레이 시스템의 장치도이다.

레이저 디스플레이 시스템은, 스크린에 투사하려는 영상 데이터가 프로세서로 입력이 되면, 회전하는 거울의 위치를 인식하고, 그 거울의 위치 정보에 따라 영상을 스크린에 디스플레이하기 위한 데이터 및 제어신호를 발생하는 콘트롤러와, 콘트롤러에서 발생된 제어신호에 따라 거울의 위치를 제어하고, 콘트롤러에서 발생된 데이터에 대응하는 레이저 빔을 생성한 후 스크린에 투사하는 레이저 다이오드 광원으로 구성된다.

III. 레이저 영상의 표출

동영상 이미지 파일을 컴퓨터로 전송하기 위해서 160 * 64해상도를 가지는 단색의 비트맵 파일을 레이저 디스플레이의 표출된 영상과 겹칠수 있는 PC인터페이스 화면을 구성하였다.

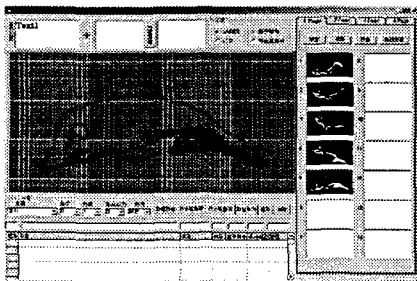


그림 9. PC에서의 이미지 선택 및 전송 화면

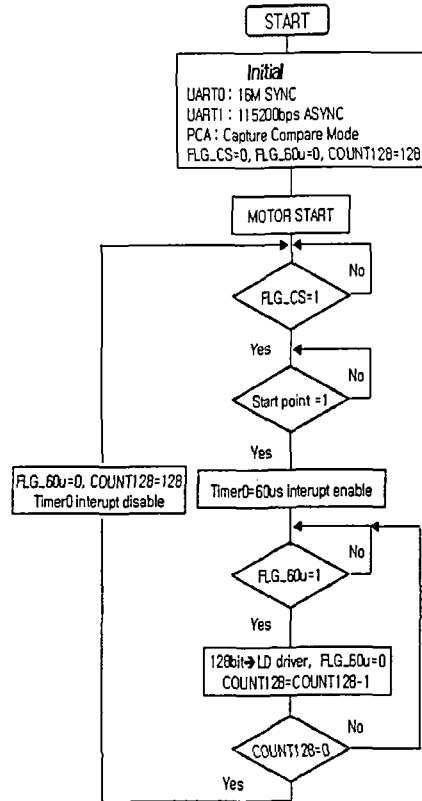


그림 10. PC 프로그램의 메인 플로차트

컴퓨터에서 레이저 디스플레이 프로그램을 통해서 각종 이미지파일이나 동영상 파일을 입력해서 전송을 하면 마이크로 콘트롤러는 모터의 회전각도를 실시간으로 감지하면서 모터 드라이버 쪽으로 모터의 회전각도 및 속도를 실시간으로 전송하게 된다. 이때 영상 신호처리부는 프레임 분할되어 전송된 데이터를 저장, 로드, 이미지 데이터의 레이저빔 표출 및 프레임 분할된 이미지를 거울 면에 순차적으로 반사시켜 피사체에 표출하게 된다 이때 스크린에 표출된 이미지 데이터는 스크린에 상이 맷집과 동시에 원 이미지로 복원하게 된다.

IV. 실험 및 분석

실험에서는 그림8에서 언급된 레이저 시스템 구성도를 이용하였다. 레이저 디스플레이 시스템의 해상도를 높이기 위해 여러면의 회전다면경이 사용되었으면 이러한 회전다면경의 변화에 따라 영상을 레이저 빔으로 구현하기 위하여 PC통신 인터페이스 및 그래픽 소프트웨어를 추가로 개발하였다.

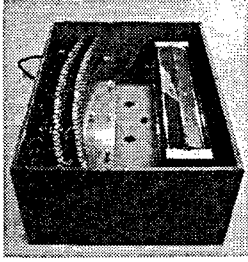


그림11. 제작된 레이저 디스플레이 시스템

그림 8과 같이 레이저 디스플레이 시스템을 구성하고 레이저 광원의 소자 개수는 64개 각각의 광원의 출력이 20mW이고 스크린과 레이저 디스플레이 장치와의 거리는 2M이며, 회전 다면경의 모터 회전 속도는 160rpm에서 스크린에 레이저 광이 산란되어 돌아온 광을 관측하였다.

그림 10은 8면의 회전 다면경을 사용하여 레이저 디스플레이 시스템을 구현한 것이다.

8면의 회전 다면경을 사용하여 회전다면경이 1회전 할때 하나의 Image를 표현하는 방법으로 첫 번째 거울과 두 번째 거울이 순서대로 레이저빔 주사 위치의 시작점에 도달하면 같은 화면을 8면의 거울에 거쳐 8면 주사하는 방법으로 하나의 화면을 구성하였을 때 레이저 빔의 전체적인 주사 간격이 넓어지는 단점이 있었다.

애니메이션을 구현하였을 경우에는 주사 간격이 넓으므로 애니메이션 자체의 밝기가 감소하였다.

16면 회전 다면경을 사용하였을 때는 주사시간을 단일 8면의 회전다면경의 주사시간과 같게 설정하기 위하여 이때의 회전다면경의 회전속도는 320rpm으로 설정하였다.

회전다면경이 1회전할 때 하나의 화면이 구성되게 하므로 단일 회전다면경의 표출된 영상보다 밝기가 2배 정도 밝아지며, 애니메이션 또한 전체적으로 해상도가 증가하여 스크린에 주사된 영상이 뚜렷하게 관측할 수가 있었다.

또한 같은 길이의 선을 만드는데 많은 점을 찍으면 더욱 밝고 (레이저가 한 곳에 머무르는 시간이 길어진다) 그것이 지나치면 영상이 느려지게 되어 부자연스러운 형태를 만들게 된다. 점을 찍는 간격과 횟수는 회전 다면경의 속도에 따라서 다른 것을 확인하였다.

V. 결론

본 연구에서는 기존의 갈바노 미러와 단일 레이저 다이오드 광원을 적용한 레이저 디스플레이의 단점을 보완하고자 다수의 레이저 다이오드 배열 광원과 회전 다면경을 적용한 레이저 디스플레이 시스템을 제안하였으며, 64개의 레이저 다이오드와 8면과 16면의 회전 다면경을 각각 사용하여 64*128의 해상도를 갖는 영상을 구현할 수가 있

었다. 실제 제작을 통해서 레이저의 디스플레이 장치의 단점이었던 선의 이미지 형태를 면의 이미지로 표현하면서 점이 찍히는 간격과 횟수는 회전 다면경의 속도에 따라서 달라지는 것을 확인할 수 있었다.

점이 찍히는 회수로 명암관계를 나타내면 원근감을 표현하는 원리를 레이저영상에도 적용 가능하므로 이미지가 밝은 부분이라면 레이저빔의 횟수를 짧게 많이 주사하므로 계조 변화도 가능하게 된다.

본 연구를 토대로 향후 레이저 디스플레이 시스템을 세부 분야별로 체계적인 연구 개발이 지속적으로 이루어져야 한다.

참고 문헌

- [1] 김병태, "Laser Engineering", 상학당, 2001 Page(s):198-202
- [2] Kranert, J, Deter, C, Gessner, T, Dotzel,W, "Laser display technology", Micro Electro Mechanical Systems, 1998. MEMS 98. Proceedings., The Eleventh Annual International Workshop on 25-29 Jan. 1998 Page(s):99-104
- [3] C. Deter, J. Wunderlich, "Video Projection System Using Picture and Line Scanning", United States Patent 5,485,225
- [4] Thornton, R.L,"Vertical Cavity Lasers for Printing" Vertical-Cavity Lasers, Technologies for a Global Information Infrastructure, WDM Components Technology Advanced Semiconductor Lasers..., Gallium Nitride materials, Processing..., 1997 Digest of the IEEE/LEOS Summer Topical Meetings 11-15 Aug. 1997 Pages(s):71-72
- [5] In Hoe Kim, Kwang Bum Park, Hyun Chan Moon, "High efficiency 400 dpi AlGaAs LED array fabrication for PMS(polygon mirror scanning)", Information Display,1999. ASID '99.Proceedings of the 5th Asian Symposium on 17-19 March 1999 Page(s):151-155