

StrongArm(SA1110)기반의 Laser 거리측정

이 상 신, 김 영 길
아주대학교

Laser distance measurement by StrongArm(SA1110) Platform

Sang-Sin Lee, Kil-Young Kim
AJOU UNIVERSITY
E-mail : lee-sang-sin@hanmail.net

요 약

본 논문은 Laser의 특성인 단색성(monochromaticity), 지향성(directionality), 간섭성(interference), 에너지 집중도 및 고휘도(brightness), 위상의 균일성(응집도, coherence) 등을 이용한 여러 응용 중에서 거리측정에 관한 것이며, Laser를 이용한 거리측정은 빛의 파장, 빛의 진직성, 삼각측량, 변조 빛의 파장에 의한 방법 등이 있다. 본 논문에서는 기존의 삼각측량법을 개선한 삼각측량법으로 일정한 거리에 위치한 두 개의 Laser를 CPU가 0~90°까지 Laser 각도를 움직여 측정 대상 물체에 비춰지는 상을 가지고 거리를 측정한다. Laser의 정확한 각도제어, 빠른 거리 계산, 필요에 따라 이미지 처리까지 필요함으로 Intel사의 고성능 마이크로 프로세서인 StrongArm (SA1110)을 기반으로 한 하드웨어를 구상하였다.

Abstract

This paper is about distance measurement in various applications using Laser characteristics(monochromaticity, directivity, interference, brightness, coherence). There are many kinds of methods such as light wavelength, light straight, light triangulation in distance measurement that use Laser. The measurement in this paper reforms a previous triangulation. This method define two Lasers place on regular distance control from 0° to 90°. They have each phase which is shined a target.

키워드

Laser, 거리측정, StrongArm(SA1110), 삼각측량법

1. 서론

레이저(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)는 다른 광원에 비해 우수한 특성을 많이 가지고 있다. 철관을 절단하거나 용접하는데 이용되기도 하고, 광통신분야, 의학분야, 계측분야, 정보처리분야에서 널리 이용되고 있다. 레이저는 의학분야에서 많이 이용되는데, 주로 치료나 수술시에 환자에게 좋은 느낌을 줄 수 있고, 특히 계측분야에서 불 때 종래의 방법에 비해 정밀도의 향상, 측정시간의 단축 등 우수한 점이 많으며, 또 이전에는 불가능했던 분야에 새로운 계측수단을 제공하고 있다. 레이저는 다른 일반 광보다 대단히 높은 coherence를 가지고 있다. 그리

고 레이저를 속도측정에 이용하면 고체상태의 물질, 액체 상태의 물질의 유체속도를 측정할 수 있으며, 비접촉적으로 신속하고 정확한 측정을 할 수 있다.

본 논문에서는 간단한 레이저의 원리 및 특징을 기반으로 기존의 빛의 파장, 빛의 진직성, 삼각측량, 변조 빛의 파장에 의한 거리측정 법을 간단히 서술하고 삼각측량 측정 법을 변형하여 기존의 고가 장비와 기술적 구현이 힘든 문제점을 보완해 보았다. 메인 CPU로는 정확한 각도제어, 빠른 거리 계산을 위하여

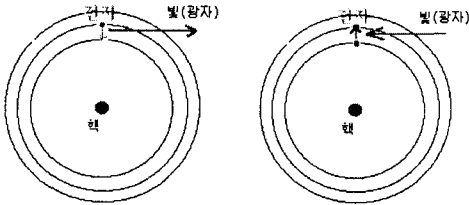
Intel사의 200MHz의 RISC 프로세서 SA1110를 사용하여 Platform을 구성하였다.

2. Laser의 원리 및 특징

2-1 Laser의 원리

일반적인 레이저 발진은 반전분포를 필요로 한다.

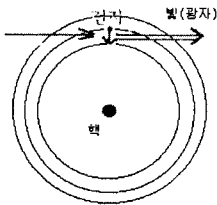
원자가 천이할 경우, 기저상태(E0)에서 여기상태(E1)로 천이할 때 그 에너지차 $E = E1 - E0$ 의 에너지를 흡수하며, 기저상태로 천이할 때는 그 에너지를 방출한다. 보통 여기상태에 있는 원자의 수는 여기



[그림2-1] 빛의 자연방출

되지 않은 원자의 수보다 적다. 외부적인 원인이 아닌 보다 낮은 에너지준위로 천이할 때의 원자의 자발적인 에너지 방출과정을 자연방출 또는 자발방출 (Spontaneous Emission)이라 부른다. 자연방출에서 방출된 빛은 여러가지 빛이 혼합되어 있기 때문에 파장이나 위상도 일치하지 않는다. 그러므로 넓은 스펙트럼을 갖게 되는데 이것을 Incoherent 방사라 한다.

이와는 달리 외부양자의 작용에 의해 강요된 에너지를 방출하는 과정이 있다. 흡수할 경우 에너지는 원자가 높은 에너지준위로 천이함에 따라 없어지지만, 이 경우에는 새로운 에너지가 발생하게 된다. 이와같은 방출을 강제방출 또는 유도 방출 (Stimulated Emission)이라 한다.



[그림2-2] 빛의 유도방출

유도방출의 경우 입사된 에너지와 방출된 에너지의 파장이나 위상은 모두 동일하다. 따라서 이때의 방사는 Coherent이며 스펙트럼도 좁다. 유도방출에서는 한개의 광자에 대해 두개의 광자가 나타난다. 만일 다시 여기상태에 있다면 이 두개의 광자는 다음의 유도방출로 되며 이것이 계속 반복되어 발생한다. 즉, 빛이 여기된 내를 통과하면 그 빛은 증폭되지만 이 증폭은 매질이 여기상태에 있을 때에만 가능하다.

기저상태에서 여기된 원자가 여기상태에서 비교

적 수명이 길므로 E0의 원자수보다 E1의 원자수가 더 많게 된다. 이와 같은 상태를 반전분포 또는 부도상태라고 한다. 방출된 에너지 $E = hv$ 로서 각 주파수 ν 의 전자파(빛 또는 광자)를 방사하며, 입사된 빛은 증폭된다. 이것이 바로 레이저발진의 원리이다.

2-2 Laser의 특징

첫째 단색성(monochromaticity)으로 순수한 단일 주파수로 한 개의 주파수에 광선이 집중하는 것이다. 주파수의 선포(Δf)이 작을수록 단색성이 높다.

$$\begin{aligned} - \Delta f &= - (C/\lambda^2)\Delta\lambda \quad \therefore \Delta\lambda: \text{파장 선포,} \\ C &= \nu\lambda(\text{광속}), \quad \lambda: \text{빛의 파장} \end{aligned}$$

둘째는 지향성(directionality)으로 일정방향으로 어느 정도 직진하는가의 여부를 나타내는 것으로 빛이라면, 빛의 회절(diffraction) 때문에 발산각을 "0"로 만드는 것이 불가능하다.

$$- \text{발산각 } \alpha \approx 1.22\lambda/D$$

셋째는 간섭성(interference)으로 위상의 차이에 따라 명암의 무늬가 나타나는 현상이다.

- 보강간섭 : $d\sin\theta = m\lambda \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots$
- 소멸간섭 : $d\sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda \quad m = 0, 1, 2, \dots$
- coherent의 정도 : $L = I_{\text{max}} - I_{\text{min}}$ (I : 빛의 강도) $I_{\text{max}} + I_{\text{min}}$
- coherent 길이 : $L = c/\Delta\nu$
- $\therefore c$: 광속 $\Delta\nu$: 레이저 선포
- coherent time(t) : $t = L/C = 1/\Delta\nu$

단일 주파수이면 coherence가 길고, 레이저의 선포가 좁고 혼합 주파수이면, 정반대의 현상이 일어난다.

넷째 에너지 집중도 및 고휘도(brightness)로 에너지 집중도와 휘도로 나뉜다.

- * 에너지 집중도 : 광자(photon) 1개당 $\approx 10^{-19}$
- He-Ne laser(1mW) : 초당 1016개
- 흑체(표면적 1cm², 1000°C): 초당 1012개
- * 휘도 : 단위 입체각에서 나오는 빛의 출력밀도
- 태양 : 1.5×10^5
- He-Ne laser(발산각: 1mrad, 출력: 1mW=0.16 lumens)

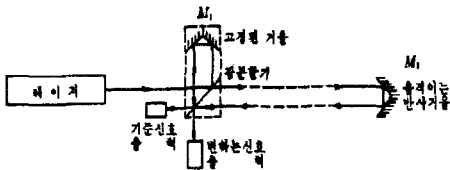
마지막 다섯째 위상의 균일성(응집도, coherence)이다. 시간적으로도 coherent 하며 공간적으로도 coherent하다는 것을 뜻한다.

$$\begin{aligned} - E(x, y, z) &= A(x, y, z)\cos[\omega t + \theta(x, y, z)] \\ \therefore \theta(x, y, z) &: \text{공간적으로 변하는 위상} \\ \omega &: \text{각주파수,} \quad A: \text{위치의 함수} \\ t &: \text{입의 시간,} \quad E: \text{공간의 모든 점} \end{aligned}$$

3. Laser 거리 측정 원리

3-1 간섭을 이용하는 방법

레이저 빛이 광분할기에 의해 두 개의 빔으로 나뉜다. 그들은 각각 거울로 간 다음 반사되어 다시 광분할기로 돌아와 거기서 투과된 빛과 반사된 빛이 광검출기에서 간섭한다. 이들이 광검출기 위에서 같은 위상을 가지면 밝은 점을 보일 것이다. 그 상태에서 하나의 거울을 1/4 파장만큼 레이저로부터 이동하면 그로부터 반사된 빛은 반 파장만큼 경로가 길어져서 두 빛은 180°의 위상차를 갖게 되어 소멸



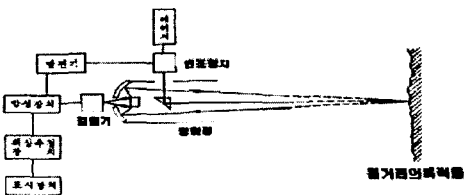
[그림3-1] Laser 간섭계의 원리

간섭을 하고 광검출기에는 어두운 점이 보인다. 거울을 더 움직이면 다시 밝은 점이 보이고 어두운 점이 보이는 것을 되풀이할 것이다. 그러므로 밝고 어두운 횟수를 기록하면 거울의 이동거리를 레이저 빛의 파장의 1/4정도로 정밀하게 측정할 수 있다. 예를 들어 헬륨-네온 레이저의 632.8mm 빛을 사용한다면 그 1/4인 158.2mm의 정밀도를 얻을 수 있다

단점으로 coherence의 제한을 받아 수십m 정도의 거리 측정방법으로 사용한다.

3-2 빔(Beam) 변조법

수십m이상의 거리를 측정하기 위해서 laser beam의 진폭을 변조시켜 이 변조된 beam을 측정하고자 하는 거리에 있는 표적물에 보내 반사되어 되돌아오는 빛을 망원경으로 검출하여 빛이진행했



[그림3-2] Laser 빔 변조를 이용한 거리측정 원리

다가 돌아오는데 소요되는 시간에 해당하는 위상의 변화를 측정함으로써 거리를 측정하게 된다.

간섭에 의한 측정에 비하여 수백만 Km까지의 거리측정에 가능하고, 높은 주파수로 변조된 가시광선을 사용할수 있으므로 분해능(resolution)을 높일 수 있다. 레이저 출력 스펙트럼이 좁아 S/N비

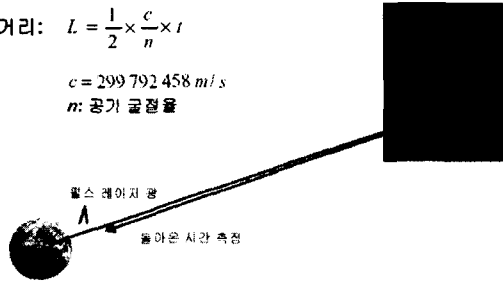
가 커 낮에도 사용할 수 있다.

3-3 반사 펄스 법

고출력의 펄스 레이저를 사용하여 신호를 보내서 돌아 오기까지의 시간을 측정하여 이 시간의 1/2에 굴절율, 압력, 온도, 습도 등을 고려한 빛의 속도를 곱함으로써 표적물까지의 거리를 정확히 측정한다.

$$거리: L = \frac{1}{2} \times \frac{c}{n} \times t$$

$c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$
 n : 공기 굴절율

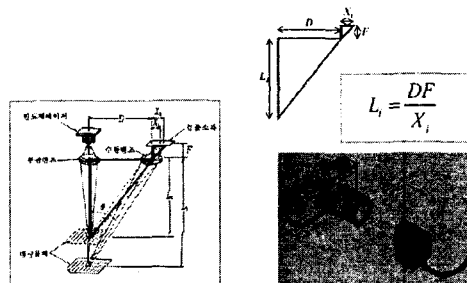


[그림3-3] 반사 펄스 법을 이용한 거리측정 원리

원거리 및 근거리 측정이 가능하지만 근거리 측정시 시간을 측정하기 위한 전자적(디지털) 장치를 구현하기가 힘들다. 가령 100m거리 대상 물체의 거리 측정시 $t = (100^2)/299792458 = 667 \times 10^{-9} \text{ s}$ 걸리는데 이 시간을 전자장치에 의해 측정하기엔 많은 노력이 필요할 것이다.

3-4 삼각 측정 법

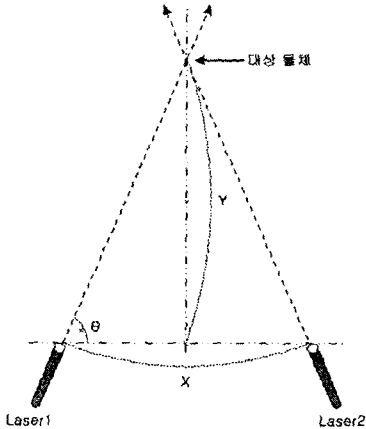
삼각 측정법은 [그림3-4]에서 보는 바와 같이 Laser를 발사해 측정대상 물체에 맞고 반사되어 돌아오는 Laser의 상의 닦은꼴을 이용하여 계산하는 방식이다.



[그림3-4] 삼각측정 법을 이용한 거리측정 원리

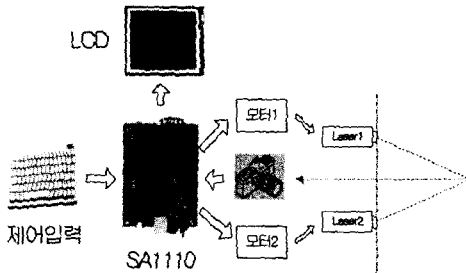
단점은 대상 물체에서 반사되어 돌아오는 각이 일정하지 않아 D, θ, ξ , 값이 정확하지 않아 L_1 값을 측정하기가 힘들다.

4. 삼각측량 법 개선 및 구현



[그림4-1] 개선된 삼각측량을 이용한 거리측정

앞에서도 언급했듯이 기존의 삼각측정 법은 대상 물체의 노면 때문에 반사각이 정확하지 않아 거리측이 힘들며, 전자적 구현 또한 힘들다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 [그림4-1]과 같이 구조를 변경 하였다. 원리는 다음과 같다. 만약 X값과 각 θ 만 안다면 $Y = (X/2) * \tan\theta$ 에 의해서 원하는 거리값 Y를 알 수 있다. Laser1과 Laser2는 정밀 모터와 연결되고 모터는 CPU(SA1110)에 의해 제어 된다. SA1110가 각 Laser의 θ 를 좁히거나 넓혀 원하는 대상물체에 두 Laser에서 발사된 빛의 초점이 맞게되면 그때 SA1110은 그 각을 기억한다. X값은 당연히 정해진 상수 값이고 CPU(SA1110)은 바로 $Y = (X/2) * \tan\theta$ 공식에 의해 거리 값을 계산하고 그 결과 값을 LCD나 다른 표시장치로 출력해 Display함으로 사람이 알아볼 수 있게된다.



[그림4-2] 블록도

[그림4-2]는 SA1110 Platform 기반으로 구상된 블록도 이다. SA1110에 의해서 모터에 연결된 Laser의 각을 조정하고 카메라는 대상 물체에 정확히 초점이 맞춰졌지를 검사하기 위해 이미지를 만들어 SA1110 보드에 보낸다. SA1110은 대상 물체에 초점이 일치했지 검사하고 일치하지 않았을 경우 Laser의 각을 움직인다. 만약 일치하면 연산(Y

$= (X/2) * \tan\theta$)을 해서 그 결과를 LCD에 출력하게 된다.



[그림4-2] SA1110 Platform

[그림4-2]는 실제 사용될 SA1110 Platform 사진이다.

5.결 론

지금까지 Laser의 원리와 특징을 살펴보고 이를 통해 몇 가지 거리측정 원리를 알아 보았다. 기존의 삼각 측량법은 측정, 구현이 힘들어 삼각 측량법을 개선해 새로운 삼각 측량법을 SA1110 Platform을 기반으로 구상해 보았다. 이는 기존의 방식보다 측정 및 구현이 쉽지만 각이 커질 수록 거리의 오차가 많이 생겨 정밀제어 할 수 있는 모터와 먼 거리까지 이미지를 출력 할 수 있는 카메라가 필요하다. 이러한 문제를 해결해 정확한 거리측정기를 구현한다면 측정 기술의 정밀도 향상, 측정 감도의 개량, 측정 범위의 확대, 측정 거리의 단축, 측정 환경의 자유도 증대, 취급의 간편화 등을 초래했다.

참고 문헌

- [1] 장수 (저) 레이저 원리 동역학 도서출판 테크 미디어 2003, 04, 20
- [2] 송순달 (저) 레이저의 기초원리와 응용 도서출판 청문각 1999, 11, 25
- [3] Intel® StrongARM® SA-111 Microprocessor Developer s Manual October 2001