

3차원 레이저스캐너의 거리측정 정밀도 향상을 위한 시스템의 구조분석과 신호처리

Structure analysis and signal process to improve distance measuring accuracy of 3D laser scanner

오동근¹⁾ · 유현국²⁾ · 김호섭³⁾

Oh, Dong Geun · Yoo, Hyun Kuk · Kim, Ho Seop

¹⁾ (주)이오시스템 핵심기술팀 전임연구원(E-mail : dgoh@eosystem.com)

²⁾ (주)이오시스템 핵심기술팀 연구원(E-mail : yhk81@eosystem.com)

³⁾ (주)이오시스템 핵심기술팀 책임연구원(E-mail : sangkhs@eosystem.com)

Abstract

This research presents both system structure analysis to improve performance of 3D laser scanner, which has time of flight method, and scheme to minimize distance measurement errors during signal process. With the help of reference source, we minimized the instability of electronic signal processing time and possibility of distance measurement errors. Furthermore, it helps easy alignment and accuracy of system by using fiber delay line and coupler.

keyword : 3D laser scanner, time of flight, distance accuracy, distance measurement error

1. 서론

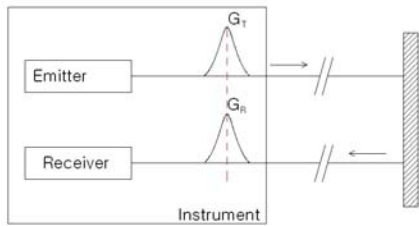
정밀한 거리 측정의 필요성이 늘어남에 따라 레이저를 이용하여 정밀한 거리정보를 취득하는 기술들이 높은 활용도를 보이고 있다. 이러한 기술들을 이용하여 3차원 공간 정보를 데이터화하여 현장에서 직접 작업을 하지 않고 사무실에서 건설, 토목 등의 설계 및 문화재 복원 등의 작업을 3차원 공간정보를 이용하여 좀 더 정밀하고 효율적인 작업이 가능하게 하는 3차원 레이저 스캐너의 활용도 역시 높아지고 있다. 본 연구는 3차원 레이저 스캐너의 핵심기술 중 하나인 광파거리 측정기의 측정방식 중 Time of Flight(이하TOF) 방식을 사용할 경우 레이저 신호 처리를 용이하게 하는 광학 시스템 구성과 그로 인해 발생할 수 있는 오차를 최소화 할 수 있는 방안에 대한 연구이다.

2. 본론

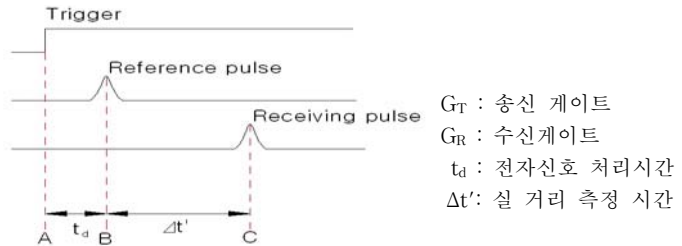
본 연구에서 사용되는 거리측정 방식은 레이저 펄스가 목표물까지 왕복한 시간을 측정하여 거리 정보를 산출하는 방법으로 일반적인 거리측정의 개념은 [그림 1]과 같다. 이러한 구조에서 거리측정을 위한 함수는 식 (1)에 의해 결정된다.

$$2d = c\Delta t' = c(t_R - t_T) \quad (1)$$

여기서 d 는 측정 거리, c 는 빛의 속도, Δt 는 빛이 진행한 시간 t_T 와 t_R 은 레이저 펄스가 게이트를 통하여 출발, 도달한 시간이다. 그러나 실제 이 시스템을 구현할 경우 시작 신호로부터 실제 레이저 펄스가 방출되기까지의 시간과 목표물로부터 되돌아온 수신부에 도달하여 펄스신호로 변환되는 과정의 전자적인 소요시간이 발생한다.

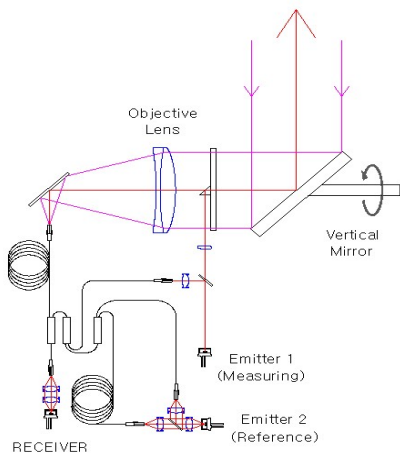


[그림 1]

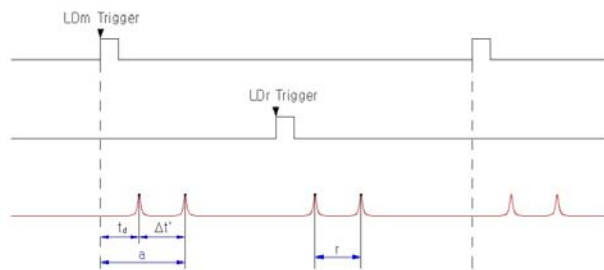


[그림 2]

그러므로 실제 시스템 구현시 거리측정은 [그림 2]에서와 같이 신호처리가 이루어진다. 그림에서 거리측정을 위한 함수는 $2d = (AC - AB)$ 가 되며 여기서 t_d 는 레이저 펄스를 전자적인 신호로 처리하는 시간으로 구동장비의 내부온도에 따라 변화되는 값을 보여준다. 이와 같은 오차를 제거하기 위해 Δt 를 직접 측정하는 방식으로 아래 [그림 3]과 같은 시스템을 구현하였다.



[그림 3]



[그림 4]

[그림 3]은 이러한 문제를 해결하기 위해 광 커플러를 이용한 광학계 구성도이다. [그림 4]에서 $2d = a - t_d$ 로 거리를 측정하게 된다. 그러나 t_d 가 불안정하므로 별도의 광 펄스 신호 처리 모듈을 이용하여 t_d 가 변화하는 시간 r 을 매번 측정하여 t_d 에 적용하도록 하였다. 이때 Emitter 2에서 나온 2개의 광 펄스 신호는 서로 중첩되지 않으면서, 일정한 거리를 측정할 수 있도록 충분히 길도록 제작한다. 그리고 2개의 Emitter에서 발생된 3개의 레이저 펄스 신호와 수신된 레이저 펄스 신호는 하나의 Receiver에 입사하도록 구성하기 위해 광 파이버 커플러 3set을 위의 그림과 같이 조합하여 사용한다. 이때 광파이버를 사용함으로써 발생 가능한 문제는 다음과 같다. 첫째, 장비 내 온도 변화에 따른 광파이버의 길이의 변화이다. 그

러나 광 펄스 간섭 현상을 피하기 위해 길게 제작한 광파이버를 같은 곳에 위치시켜 온도변화에 대해 동일한 영향을 받을 수 있도록 하여 오차량을 서로 상쇄 시킬 수 있다. 둘째로는 굴절률 변화로 인한 측정 시간 변화가 있다. 이 경우는 레이저 펄스 간섭 현상을 피하기 위해 제작된 파이버의 길이 때문에 발생하므로, 수신부로 제작된 파이버 길이와 Emitter 2 에 사용되는 파이버 길이를 같게하여 오차량을 서로 상쇄 시킬 수 있다.

3. 결론

레이저 스캐너 구조 분석 및 거리측정의 정밀도 향상을 위한 방법으로 임의의 기준신호를 사용하고 Optical fiber coupler와 Delay line의 적용에 대한 효과는 결과적으로 전자적인 시간 지연현상을 보상하고 측정의 정밀도를 높인다. 그러나 실제 시스템 구현 시 외부환경적인 요소에 의해 거리측정 오차를 발생시킬 수 있으며 이러한 문제들은 시스템 최적화를 통해 최소화할 필요가 있다. 본 연구에서는 레이저스캐너의 장비개발을 위한 기초 핵심기술 중 하나인 실시간 TOF측정방식에 대한 구성과 오차발생 요인에 대해 분석하였으며 추가적인 연구를 통하여 측정오차를 최소화 할 수 있는 기술의 확보가능성을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술 개발사업-지능형 국토정보 기술혁신 사업과제의 연구비지원 (과제번호07국토정보C02-2-2-03)에 의해 수행되었음

참고문헌

- J.M. Rüeger (1996), Electronic Distance Measurement, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, pp. 12-25.
- Gregory R. Osch (2002), Optical Detection Theory, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey pp. 68-87.