

# 광 신호를 이용한 위치 및 속도 정보 추출에 관한 연구

조 형식

호서 대학교 벤처 전문 대학원

gon1023@hotmail.com

## A Study of Distance and Speed Measurement Algorithm Using LASER.

Jo Hyeung-Sik

Hoseo Graduate of Venture University

### 요 약

저전력형의 거리 및 속도측정기를 구현하였다. 매우 짧은 펄스의 높은 분해능을 요구하는 기기의 특성을 구현하기 위하여 측정 펄스를 White Noise가 인가된 신호를 이용하여 구현하였으며, 1초 내에 속도 및 거리가 측정되도록 하였다. 실제로 3~400m정도에서 사용되는 경우가 많으나 LASER의 신호로 2~3km 연장가능하도록 하여 여러 방면에 사용되도록 하였다.

### I. 서론

레이저 광원을 이용한 거리 및 속도측정기를 이동이 용이하며 전지를 사용하여 구동이 가능한 저전력형으로 구현하였다.

강한 레이저는 신체에 피해를 줄 우려가 있고, 레이저 발생장치에 많은 전력이 필요함으로써 가능한 적은 전력을 사용하도록 적은 수의 짧은 pulse의 레이저 신호를 발생시키며 저 전력으로 구동하도록 구성하였다.

기기의 분해능은 실제로는 충분한 측정 정도를 구현하기 위하여 0.5cm의 위치를 1초에 측정하도록 구현하였고, 속도의 분해능은 0.5초의 측정으로  $\pm 1\text{km}$  이내가 되도록 구현하여, 실생활에 적합하도록 하였다.

### II. 본론

#### 1. 동작 원리

짧은 주기의 임펄스 LASER의 광원을 목표하는 물체에 발사한

후 광원은 목표물에 반사되어 돌아온다.

이 반사된 빛이 다시 광원까지 오는 경로는 거의 직선의 경로로 돌아오게 된다. 이때 광원은 공간상을 진행하는 관계로 그 소요시간은 광원과 목표물과의 거리에 비례하게 된다. 이때 LASER 빛의 왕복에 소요된 시간은 광원과 목표물까지의 거리에 2배로 비례하게 된다.

즉 빛의 왕복에 소요된 시간을 정확히 측정하면 광원과 물체와의 거리를 구하는 것이 가능하게 된다.

여기서는 Random Pulse을 이용한 통계적인 방법에 의하여 그 주기를 측정하였고 그 측정방법이 충분한 분해능을 가졌음을 보였고 실험을 통하여 검증하였다.

이때 측정하고자 하는 거리의 분해능은 소요된 시간의 분해능과 비례한다.

즉 1ns의 분해능은 15cm의 분해능을 가지게 되고, 0.5cm는 33.3psec의 분해능이 필요하게 된다.

33.3psec의 분해능을 구현하려면 30GHz의 주파수를 이용한 주기측정회로를 구현하여야 한다.

따라서 본 연구에서 측정하고자 하는 피 측정 pulse의 폭은 매우 좁은 pulse폭을 가지며, 또한 펄스폭의 분해능 역시 매우 높은 정도를 요한다. 기기 구현에 사용된 LASER는 1초에 250pulse의 10ns의 LASER pulse 신호를 이용하였다.

따라서 6m이내의 거리를 측정할 경우에는 송신되는 LASER 신호와 수신되는 LASER신호의 거리가 중첩된다.

이러한 짧은 pulse의 주기를 정밀하게 측정할 수 있는 방법은 난수를 이용하여 통계적인 방법으로 측정하는 알고리즘을 적용하였다.

2. 측정 원리

(1). 난수를 이용한 통계적 측정

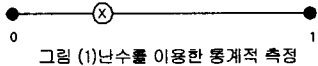


그림 (1)난수를 이용한 통계적 측정

그림(1)에서의 X의 위치를 측정하는 방법은 0.0부터 1.0사이에서 고른 분포를 갖는 난수를 발생시켜 X보다 작은 난수의 개수와 총 난수의 개수를 세어 통계를 내는 방법을 사용하면 x의 위치를 측정할 수 있다.

즉

$$X \approx \frac{X\text{보다 작은 난수의 갯수}}{\text{총 발생한 난수의 갯수}} \quad \text{--- 식 1}$$

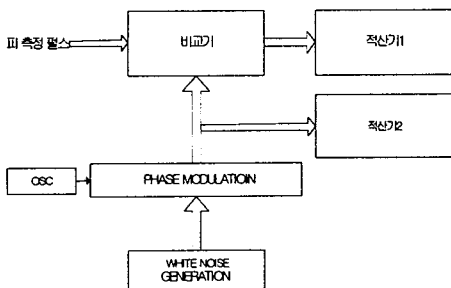
으로 생각할 수 있다.

이 분해능은 0.0부터 1.0사이의 난수가 10개가 된다면 약0.1정도로 추정이 가능 하고, 100개가 된다면 x의 위치는 0.01의 정도로 추정이 가능하다. 따라서 가능한 난수의 개수가 많으면 많을수록 정확한 측정이 가능하다.

여기에서는 이 방법을 적용하기로 한다.

이를 구현하는 기기의 구성은 그림 (2)와 같다.

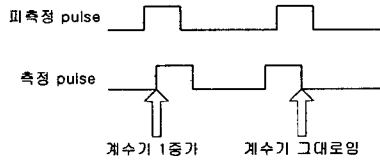
(2). 펄스의 측정



그림(2). 통계적PULSE 측정 회로 원리도

즉 측정 pulse의 위상이 피 측정 펄스의 위상과 상호 관계없이 동작되므로 피 측정 펄스 logic이 1인 경우에만 측정 펄스의 신호가 계수된다.

이 펄스의 측정관계를 살펴보면 그림 (3)과 같다.



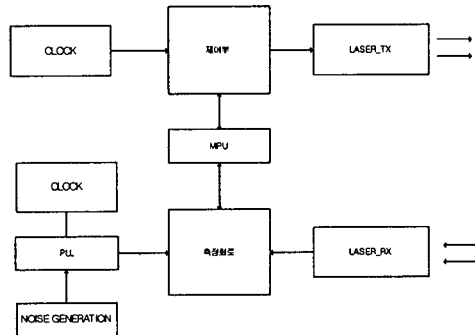
그림(3) 측정회로의 pulse계수관계

즉 피측정 pulse가 1인 상태에서 측정 pulse의 상승면이 있는 조건에서만 계수기가 증가 된다고 하면 측정 pulse의 상승면(rising edge)이 전 시구간에 걸쳐 고른 확률 밀도 함수를 가지면 계수에 계수되는 측정 pulse의 숫자는 식 1과 같은 관계를 가진다.

이 위상은 NOISE GENERATION에서 발생된 백색 잡음(AWGN)의 NOISE에 비례된 위상의 불규칙성을 가지도록 한다. 이 회로의 구체적인 형상은 다음에 소개 한다.

i. 하드웨어 구성도

이 논문에서 설계한 전체적인 하드웨어의 구조는 다음과 같다.



그림(4).Laser 광원을 이용한 거리및 속도측정기 구성

FPGA(Field programmable Gate Array)를 사용하여 LASER 광원의 송신과 수신을 하고 그 정보를 MPU에서 처리하는 방식으로 설계 하였다.

다음은 전체 구성도에서 송신 측과 수신 측의 부분을 나누어진 부분의 구성도 이다.

(1). 송신측 하드웨어 구성

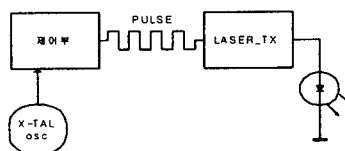
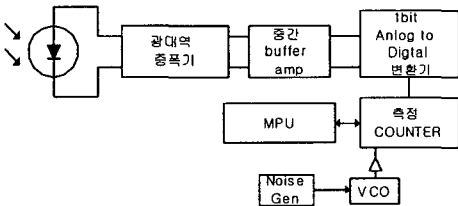


그림 (5) 송신부

Xilinx사의 FPGA인 XCL30XL를 사용하여 내부의 GATE를 이용하여 LASER DRIVER에 Pulse를 입력하여 LASER의 광원을 발사하는 부분이 송신측이 하는 부분이다.

이 광원은 10ns의 매우 좁은 펄스 주기를 가지며 20A에 이르는 순간전력을 공급하는 회로로 구성되어 있다. 이 순시치는 높은 전류량이지만 10ns의 pulse폭과 4ms의 주기를 고려하면 LASER Diode에서 발생되어 송출되는 LASER광의 세기는 미약한 신호로 간주될 수 있다.

(2).수신측 하드웨어 구성



그림(6). 수신부

수신측은 미약한 신호를 검출하기위한 저 잡음 회로로 수신회로가 구성되어 있다. 송신pulse의 주파수가 광대역이므로 이 수신증폭기 역시 광대역 수신기가 사용되었다.

이 수신된 신호는 analog증폭기가 허용하는 증폭도로 거쳐 1bit A/D Converter로 입력되어 Digital신호로 변환된다.

이 digital 신호는 송신 측과 마찬가지로 FPGA를 사용하여 FPGA와 MPU의 software로 정밀 측정되며, 이 측정과정의 광원의 수를 COUNTER하고 그 결과를 MPU에 넘겨주는 역할을 한다.

여기서의 FPGA와 MPU의 역할 부담은 다음과 같다.

MPU 역할은 다음과 같다.

- (i) 매 1/300SEC마다 FPGA에 TX신호를 주고, FPGA는 이 신호를 받아 20ns의 PULSE를 이용하여 LASER의 발사를 한다.
  - (ii) FPGA에 COUNTER(M)의 값을 LASER발사 후 20μs 후에 읽는다.
  - (iii) 송수신 완료 후 MPU내부에 설정된 변수N을 1증가 시키고  $\sum P_N = \sum P_N + \text{COUNTER}(M)$ 을 한다.
  - (iv) 수신신호가 없을 경우, 즉 반사되어서 입력된 신호가 없을 경우 N,  $\sum P_N$  을 증가시키지 않는다.
  - (v) SYSTEM을 RESET시킨다.
- ⇒ COUNTER (M)=0

⇒ LASER입력 회로를 초기화 시킨다.

(vi) (1)~(5)항목의 동작을0.4sec간격으로 하여 약100번 측정을 한다.

(vii) N,  $\sum P_N$  을 이용하여 거리 L을 계산한다. FPGA역할은 다음과 같다.

- (i). PLL을 구성하여 측정 pulse를 구현한다.
- (ii). 이 목적에 적합한계수기를 구현하여 이 값을 MPU가 읽을 수 있는 회로로 만든다.
- (iii). 10ns의 zitter가 적은 송신 pulse를 구현한다.
- (iv). 수신신호가 범위 내에서 입력되는지를 가미하여 계수의 동작이 정확하도록 한다.

(3). 기기의 구현

기기는 ARM사에서 발매한 ARM7TDMI core를 채용한 삼성반도체의 S3F441FX를 사용하였고, FPGA는 Xilinx사의 SPARTAN 30XL을 이용하여 구현 하였다.

기준 Clock은 10MHz을 이용하였으며 PLL은 100~200MHz의 VCO를 이용하여 구현 하였다.

FPGA의 구성에 Counter는 교과서에는 동기형으로 구성 하라고 추천 하였으나 가능한 고속의 Counter가 필요하여 Ripple형 Counter를 구현하여 200MHz에서도 무리가 없게 계수가 가능한 계수기를 구현하였다.

White Noise는 의사잡음신호로 그 성분이 시스템의 Clock을 따라가는 경향이 짙어, Diode의 Aualmch현상에서 나오는 잡음을 이용하여 noise를 구현하였다.

즉 자연계의 잡음으로 피측정 펄스와 상관관계가 전혀 없는 잡음 신호가 만들어지며, 이 잡음은 PLL의 Loop에 혼재되어 VCO의 출력의 펄스가 위상변조가 일어나게 하였다.

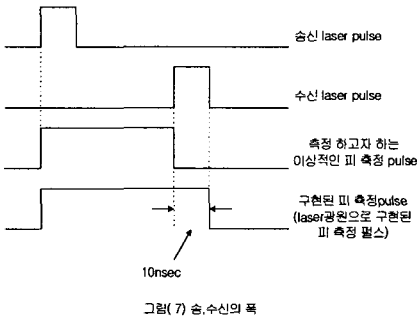
4. 실험 및 실험결과

PLL을 이용하여 White Noise로 위상 변조된 측정펄스를 160MHz로 구현 하였다. 즉 측정 펄스의 주기는 6.25ns의 평균값을 가진다. 이 기기로 1초 동안 측정하면 250번의 적외선 LASER광원이 발사되며, 이 평균값은 약25psec이 된다. 1초 동안에 인가된 측정 pulse의 숫자는  $1.6 \times 10^8$  으로 실제로 측정하면 ±1 정도의 측정pulse의 오차가 측정된다.

실제로 N Counter의 값은 변동이 거의 없으므로 Counter M의 값을 측정 하면 된다. Counter M에는 측정시에 10ns의 LASER의 pulse폭만큼 보정해주어야만 한다. 실제로 근거리에서

는 LASER신호의 폭이 이상적인 pulse의 경우에는 매우 짧게 구현된다. 즉 15cm의 경우에는 1ns의 pulse가 송신부에 수신된 신호와 구현된 이상적인 pulse폭이 되며 이 pulse는 FPGA내부에서 생성되기 어려운 pulse가 된다.

따라서 실제의 회로에서는 송수신 LASER pulse의 폭만큼 증가시킨 시스템을 구현하였으며, 이 증가된 펄스의 길이는 소프트웨어로 빼주어 그 값을 보정하게 하였다. 그 그림은 그림 7에서 보여주고 있다.



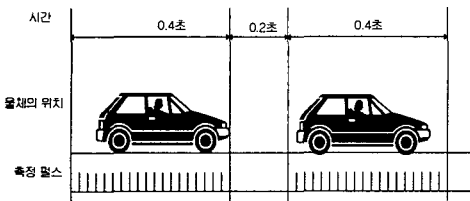
그림(7) 송,수신의 폭

그 결과 근거리에서도 정확한 거리 측정이 가능하게 되었다. 약 30cm이후는 비교적 정확하게 측정이 가능하게 되었다.

(1). 속도의 측정

속도는 다음과 같은 algorithm을 이용하여 측정하였다. 1초 동안에 전방 100개의 LASER광원pulse를 측정하고(0.4초), 0.2초 후에 다시 100개의 LASER광원pulse를 이용하여 측정하였다.

이때 목적하는 목표물이 정속으로 주행하고 있다면 전방 100개의 pulse를 이용하여 측정된 물체의 위치는 대략 중간 정도의 평균값의 거리가 나온다.



그림(8) 속도 측정의 원리

2번째 100개의 LASER광원pulse를 이용하여 측정하면 2물체의 거리는 약0.6초 동안 이동한 거리를 측정할 수 있다.

즉 거리의 차와 시간을 이용하면 속도를 측정할 수 있다.

$$V = \frac{l_1 - l_2}{\tau} \cong \frac{\Delta l}{0.6}$$

식 - 2

이때 분해능은 100개의 LASER pulse를 이용하므로 약

0.45Km/h의 오차가 측정된다, 실제의 시스템은 측정오차로 약 1Km/h 정도로 측정된다.

(1)-1. 실험결과

<근거리 실험>

실험거리	Counter M	유효 Counter값	측정거리
50cm	533	133	49.9
100cm	666	266	99.8
150cm	800	400	149.8
200cm	933	533	199.9
250cm	1066	666	249.8

<장거리 실험>

실험거리	Counter M	유효 Counter값	측정거리
100m	27066	26666	100.0m
200m	53733	53333	200.0m
300m	80400	80000	299.9m
400m	106666	107066	400.0m

I. 결론

거리 및 속도를 1초 이내에 측정하는 시스템을 구현하였다. 이 시스템은 비교적 정확하게 거리를 측정함은 물론 물체의 거리변화를 1초 동안 측정하여 기기의 속도를 측정 할 수 있다. 이 기기의 측정은 ECL등 고속의 전력을 많이 사용하는 부품을 저 전력의 CMOS GATE를 이용하여 이동성이 우수한 기기를 구현하였다. 참고문헌.

[1]. Samsung Semiconductor. Document No.22-S3-F441FX-022001 "User's Manual"  
 [2]. Xilinx Document No. DS060 "Spartan-XL (3.3V) and Spartan (5V) FPGAs Complete Data Sheet"  
 [3]. "Lasers Principles And Applications" J. Wilson/J.F.B HAWKES  
 [4]. 최연경, 임종석 "Reconfigurable FPGA 시스템을 위한 위상기반 회로분할" 대한전자공학회1998년도 추계종합학술대회 논문집 1998v.1998, n.대한전자공학회 1998년도 추계종합학술대회 논문집, pp.1061-1064  
 [5]. 최태영 "광학적신호처리", 전자공학회잡지 1985,10 v.012, n.005, pp.47-52