

산업용 거리 측정기를 위한 오차 보정 기법

김은주, 배영철*

한국과학기술정보연구원, *전남대학교

Error Correction Technique for Industrial Distance measurement

Eunju Kim, Youngchul Bae*

KISTI, *Chonnam National University

Abstract - 본 연구에서는 산업용 거리 측정기에서 정밀한 측정에 요구되는 오차 보정 기법을 제시하였다. 제시한 기법은 본 연구에서는 산업용 거리 측정기에서 보다 정밀한 측정을 위한 방법으로 측정하고자 하는 기법을 전원회로에서의 잡음, 공급 전원의 잡음, 공통모드에서의 잡음, 중간주파수에 섞여 있는 잡음 및 비교기에서의 오차 저감 기법을 제시하고자 한다.

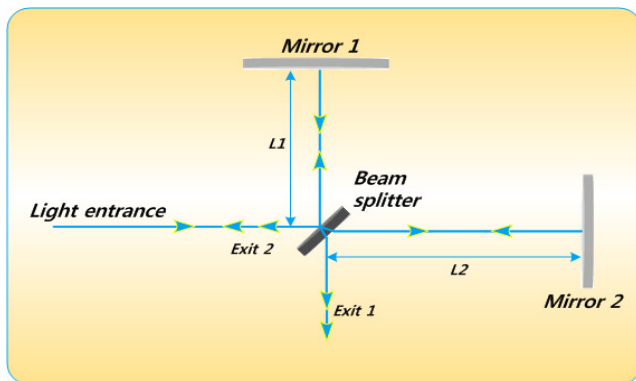
1. 서론

공장자동화 등에서 사용하는 레이저 거리 측정 기술은 측정하고자 하는 표적으로 레이저를 발생 시킨 후 표적에서 되돌아오는 레이저의 파장을 측정하여 레이저를 발생시킨 장소와 목표물까지의 거리를 원격으로 측정하는 기술을 말한다. 레이저 측정 기술은 산업용, 레이저 측정 기술은 주로 군사용 목적으로 사용되었으나 산업 현장에서 자동화 및 무인화의 영향으로 산업용에 적용하고자 하는 노력이 진행되고 있다. 산업용의 경우 무인화 시스템, 선박 접안 시 배의 파손을 막기 위한 거리 측정, 무인 과속 감지기, 차량 충돌 방지 시스템, 토목 공사 현장에서의 측량 등에 적용 가능하며 이에 대한 수요도 증가하고 있는 추세이다. 레이저 거리 측정기를 산업용으로 이용하기 위해서는 초고 정밀성, 높은 신뢰성, 소형화 및 경량화가 필수적으로 요구되고 있다. 산업용 레이저 거리 측정기의 경우 거리가 1km 이내, 측정 오차도 1-10 mm 이내를 요구하고 있다[1].

레이저 거리 측정에서 전자 회로에서의 잡음은 레이저 거리 측정기 오차의 큰 원인이 되어 정밀도를 떨어뜨리게 된다.. 이에 본 연구에서는 산업용 거리 측정기에서 보다 정밀한 측정을 위한 방법으로 측정하고자 하는 기법을 전원회로에서의 잡음, 공급 전원의 잡음, 공통모드에서의 잡음, 중간주파수에 섞여 있는 잡음 및 비교기에서의 오차 저감 기법을 제시하고자 한다.

2. 거리 측정기의 기본 원리[2,3]

1871년 Albert Abraham Michelson에 의해 마이켈슨 간섭계가 고안되었다[2]. 이는 광파장의 단위에서 기본적인 측정기를 결정하는데 사용되었다. 마이켈슨의 기본적인 블록 다이어그램을 그림 1에 나타내었다.



〈그림 1〉 마이켈슨 간섭계의 기본 원리

〈Fig. 1〉 The Basic principle of Michelson interferometer

3. 잡음 오차 보정 기법

레이저 거리 측정기에서 발생하는 잡음의 발생원은 분석하고 이를 제거함으로써 잡음에 의한 오차를 보정하였다.

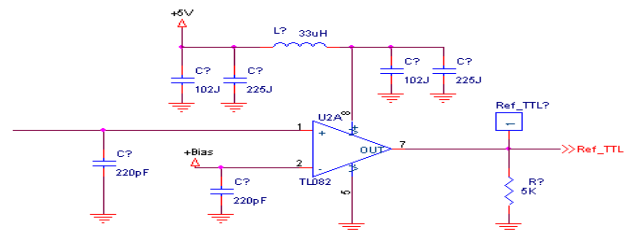
3.1 전원 회로에서의 잡음

제품을 소형 경량으로 제작코자 할 때 필히 스위칭 방식의 전원을 채택하여야 하나, 이로부터 발생하는 스위칭 잡음은 미약한 신호를 다루는 아날로그 회로에는 매우 큰 악 영향을 끼치게 된다. 시판되고 있는 일반적인 스위칭 방식의 전원으로는 이 문제를 근본적으로 해결할 수 없으므로 약 100KHZ 주파수의 사인파 발진 방식을 사용하여 사용하고자 하는 전압보다 약 3V 높은 전압을 2차 측에 만들어서 다시 원하는 전압으로 레귤레이션하여 사용하여야 한다. 그리고, 전체 회로의 사용 전압을 단전원, 동일 전압으로 사용가능하도록 모든 기능의 회로의 전원을 통일함이 바람직하다. 이러한 기준으로 본 연구에서는 설계 전원을 +5V, 1A/MAX, 6W, 사인파 스위칭 방식 사용, 열 발생을 최소화하기 위한 설계 방법을 이용하였다.

이러한 방법을 적용한 결과 전체적인 회로 실험을 할 때 시리즈 레귤레이션 방식의 잡음이 없는 전원을 사용하여 전체적인 신호 상태를 분석하고, 소비전력을 최소화 하도록 각 기능별로 설계 변경 및 실험을 거쳐 최종 단계에서 이에 적합한 전력 소비를 감당하면서 발열이 최소화 될 수 있도록 설계하여 적용하였다.

3.2 각 부분의 공급전원의 잡음

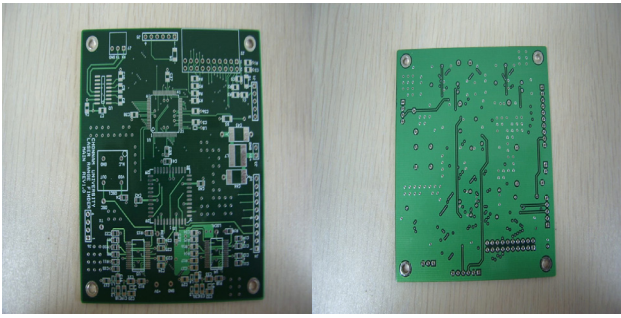
전원 라인에 유도되어 들어오는 각종 고주파의 잡음은 LC 필터로 제거한다. 그림 2과 같은 LC 필터를 사용하여 제거하였다.



〈그림 2〉 잡음 저감용 LC 필터
〈Fig. 2〉 LC filter for noise reduction

3.3 공통 모드(Common mode) 잡음

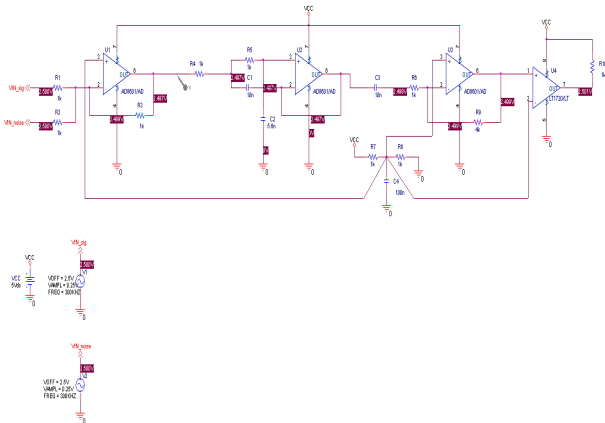
회로의 접지선이 공통으로 사용됨으로써 각 부분마다 접지 저항 값이 다르게 나타난다. 이 접지 저항 값의 편차에 따라 외부 또는 내부에서의 각종 신호원으로부터 잡음이 유도되어 들어온다. 접지의 저항 값을 최소화, 동일 값으로 회로를 제작하면 이러한 원인에 의한 잡음을 제거할 수 있다. 이를 위해 그림 3과 같이 PCB 설계 시 접지 층을 상부면(부품실장 면)과 하부면에 through hole을 이용하여 분포도가 균일하게 연결하고, 주요 민감한 회로부품부근에는 접지를 동박 처리한다.



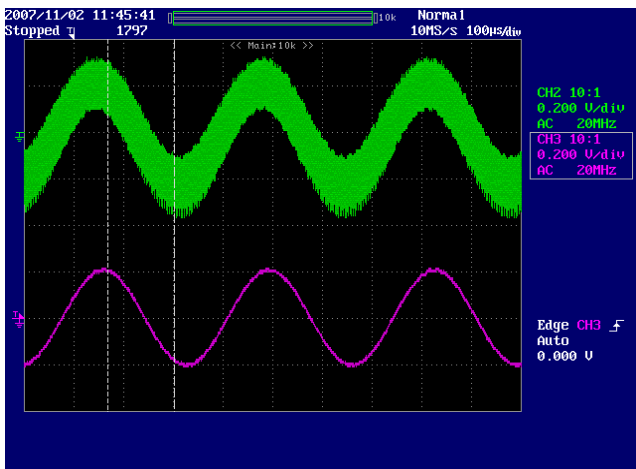
〈그림 3〉 공통 모드 잡음 저감
 〈Fig. 3〉 Common mode noise LC reduction

3.4 Mixer 출력단에서의 중간 주파수에 섞여 있는 고주파 신호 저감

위상 편차 값을 측정하는데 있어서 중간주파수(3KHZ, 사인파) 신호를 고속 비교기를 이용하여 구형파로 변환해야 하며 변환과정에서 이 고주파 신호에 의하여 위상 변동이 발생한다. 위상의 변동은 곧 거리 측정의 오차로 나타난다. 그러므로, 중간주파수 신호에 섞여 있는 고주파 신호를 제거하는 방법으로 주로 BPF(대역통과 필터) 또는 LPF(저역통과 필터)를 사용한다. 본 거리계의 중간주파수는 3KHZ이며, LCR로 구성된 필터는 L 값이 매우 커서 부품 실장 상 적용하지 않았고, active 필터로 설계하기로 하였다. 중간주파수 신호만을 추출하기에는 BPF가 단연 우수한 면이 있으나, BPF는 Q가 높을 때 그 성능의 효과가 있지만, 반면 Q가 높으면 자체 발진이 발생하므로 능동 LPF 2차 필터를 적용하기로 하고 설계, 실험하였다.



〈그림 4〉 능동 2차 저역통과 필터 회로도
 〈Fig. 4〉 Active second-order Low pass filter circuit

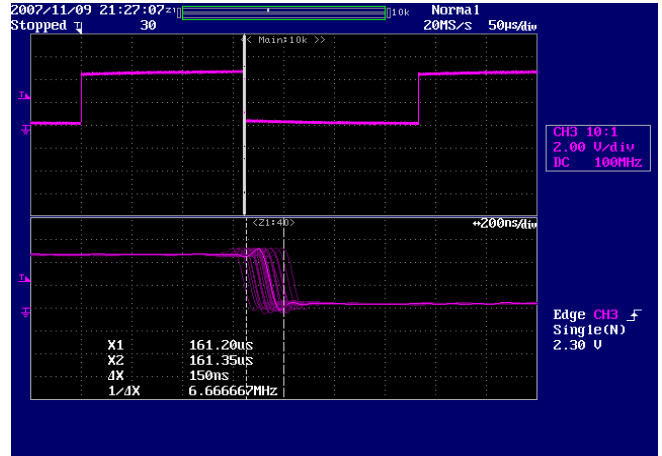


〈그림 5〉 능동 2차 저역통과 필터 실험 결과
 〈Fig. 5〉 Experiment result of active second-order Low pass filter circuit

4. 비교기에서의 오차 저감 기법

고속 비교기에서 오차의 원인을 분석하고 이를 해결하기 위한 기법을 제시하였다. 그림 6을 통하여 150~200ns의 지터 파형 측정 결과를 오차가 있음을 확인할 수 있다.

그림 6에서 보는바와 같이 Jitter 측정 결과 설계 사양이 60ns 이하인데 실 측정 결과는 약 200ns였다. 이러한 오차가 발생한 원인을 분석해 보면 다음과 같다.



〈그림 6〉 지터 잡음
 〈Fig. 6〉 Jitter noise

4.1 비교기 전단의 신호 증폭회로의 V_{os} 의 변동에 의한 원인

EL2044의 V_{os} 특성을 실 측정된 결과 데이터 시트에서의 V_{os} 변동 값(4mV)보다 큰 10mV 있음을 알 수 있다. 이를 개선하기 위하여 V_{os} 변동 값이 1mV 이하인 증폭 소자를 사용하여 해결하였다.

4.2 실험용 기관 제작상의 문제점

만능 기관에 고주파의 민감한 회로를 제작하기 위해서는 가능한 회로 소자간의 거리를 짧게 하여야만 한다. 그러나, Main 기관과 연결된 동축 신호선이 길기 때문에 고주파 영향과 공통 접지 잡음이 존재하는 것으로 판단되었다. 비교기 전단의 증폭회로에서 잡음 신호로 증폭된 고주파의 영향으로 지터의 폭이 크게 측정되었다. 이를 개선하기 위하여 PCB 설계할 때 이 문제점을 고려하여 설계한 후, PCB 제작 후에 적용하였다.

4.3 설계 사양이 60ns 이하인 이유

카운터 클럭이 33.333ns이며 1카운터 당 측정거리의 오차가 정해진다. 지터 폭은 클럭 카운터의 2배 이하 일 때가 가장 이상적이기 때문에 60ns를 설정하였다.

5. 결 론

본 연구에서는 산업용 거리 계측기에서 정밀한 측정에 요구되는 오차 보정 기법을 기법을 전원회로에서의 잡음, 공급 전원의 잡음, 공통모드에서의 잡음, 중간주파수에 섞여 있는 잡음 및 비교기에서의 오차 저감 기법을 제시하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

[참 고 문 헌]

1. Dukhyeon Kim, Hyunki Cha, Kyuseok Song, Kiho Yang, "Development of Time Counter for Range Finder Using Pulsed Diode Laser," THE Journal of KASBIR Vol.3, No.1, pp205-211, 2003.
2. Introduction of Michelson Interferometer, www.en.wikipedia/wiki/Albert_Abraham_Michelson.
3. Yuffeng Han, "Design and validation of laser-interferometry-based displacement sensor with nanometer resolution", Ph. D Thesis, Illinois Institute of Technology, 2005.