

다목적 레이저 거리측정기(Laser Range Finder) 설계 및 개발

이재우^{1*}

¹경북대학 컴퓨터정보과

Design and Construction of Laser Range Finder for Many Purposes

Jae-Woo Lee^{1*}

¹Division of Computer Science & Information, Kyungbok College

요 약 오늘날 우리는 급속하게 발전하는 정보기술을 기반으로 하는 정보화 사회에 살고 있다. 이러한 정보기술의 발전에 힘입어서 정보산업은 급속하게 발전하고 있고 우리사회에 많은 변화를 가져오고 있다. 많은 정보기술 가운데 레이저 거리측정기는 여러 가지 어려운 상황에서 쉽게 거리를 측정할 수 있게 해주는 도구이다. 본 연구에서는 산업 현장이나 레저용 등 다목적으로 사용할 수 있는 레이저 거리측정기를 개발하였다. 개발된 레이저 거리측정기는 송신부와 수신부의 시간 차이를 이용하여 개발 되었으며 사람이 측정하기 어려운 여러 가지 환경에서 쉽게 사용이 가능하며 산업현장이나 일반 생활용으로 다양한 분야에 적용이 가능하다.

Abstract Nowadays, we live in the age of highly developed information technology. The information industry is growing rapidly and it is making remarkable changes in our life. Among the information technologies, laser range finder can be used to measure distance in difficult environment. In this paper, we have designed and constructed the laser range finder for many purposes such as industry or leisure in difficult environment. Using the proposed laser range finder enables us to measure distance easily using timing discriminator between transmitter and receiver for industry or leisure.

Key Words : Laser Range Finder, Fiber Optic

1. 서론

레이저거리 측정기는 미국과 유럽에서 이미 오래전부터 실용화되어 있는바, 산업현장은 물론이고 거리측정이 필요한 모든 곳에 적용되고 있다. 레이저는 발명된 때부터 많은 분야에서의 응용이 예상되었다. 레이저의 발전은 레이저 그 자체의 개량이나 새로운 개발뿐만 아니라 여러 가지 다른 분야의 기술 진보를 가져왔다. 레이저는 자연광 이외의 특정 파장이나 에너지를 갖는 광원을 만들어 굴절, 전송, 집중 분산해 각 용도에 맞게 적절히 활용되는 빛을 발생시키는 장치다.

활용분야로는 광통신, 광 기록 매체, 의료기기, 군사, 계측, 가공 등으로 전 산업 전반에 걸쳐 다양하게 적용되고 있다. 그리고 레이저 에너지를 한 곳에 집중시켜 레이

저가 주사된 부분이 제거되는 각인 방법과 표면 색상이 변하는 기술적 원리를 이용하여 바코드, 일련번호, 제조일자, 이미지, 로고 등과 관련한 응용기기 등도 산업에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 이러한 레이저 기술은 또 다른 분야에서 새로운 솔루션을 제시하고 있다. 바로 높은 정밀도를 요구하는 거리 측정 분야이다[1-3].

레이저거리측정기는 레이저를 발생하는 장치(Transmitter)와 표적에서 반사되어 되돌아온 레이저를 감지하는 광 검출기, 그리고 시간계산을 위한 계수기와 중앙처리장치와 디스플레이 처리 장치 등으로 구성된다. 원리적으로 거리측정은 측정기의 조준선과 레이저 광축을 일치시키고 지향성이 우수한 레이저를 발사한 뒤, 이 레이저가 표적으로부터 반사되어 돌아온 시간을 측정하여 거리를 계산하는 방식으로 진행된다. 즉, 광학식 거리측

*교신저자 : 이재우(jwlee@kyungbok.ac.kr)

접수일 10년 12월 22일

수정일 (1차 11년 03월 03일, 2차 11년 03월 14일)

게재확정일 11년 07월 07일

정방식은 두 지점 간에 광이 왕복하는 시간을 측정하여 계산 한다[1,3-5].

본 논문에서는 파이버컴과 공동으로 실험제작을 통하여 정밀 다목적 레이저 거리측정기 개발을 목표로 하였다. 즉, 표적을 향해 레이저를 발사한 뒤 반사되어 되돌아오는 레이저를 검출하여 정확한 거리를 측정하는 장비이다. 이 기술은 역사적으로는 군사용 목적으로 개발되어 온 기술이나 오늘날에는 산업과 레저용으로 개발되어 건설, 골프, 사냥 등에도 활용되고 있다.

2. 레이저 거리측정 기술

레이저 거리측정기술은 레이저를 발생시키는 장치(Transmitter) 지향성이 우수한 레이저를 발사한 뒤, 이 레이저가 표적으로부터 반사되어 돌아온 시간을 측정하여 거리를 계산하는 방식인데 두 지점 간에 광이 왕복하는 시간을 측정 한다. 다시 말해 "거리=광의 속도 * 시간"의 원리를 이용하면 반사된 광의 왕복 시간을 T 라고 하면 거리 D는 $2D = S \times T$ 로 나타낼 수 있다. 여기서 S는 빛의 속도이다. 이 방식을 그대로 사용하면 1mm의 거리 정밀도를 얻기 위해서는 왕복 거리는 2mm가 되고 빛의 속도 299,792,458m/sec를 적용하면 시간은 $T = 2\text{mm} \div 299792458 \text{ m/sec} = 6.67 \times 10^{-7} \text{ sec}$ 가 된다.

따라서 고 정밀 거리측정은 pico-sec 이하의 시간을 측정해야만 한다. 이러한 측정이 불가능한 것은 아니지만 저가격의 전자회로로 구현은 어려움을 안고 있다. 따라서 기준 신호와 측정신호의 위상차로 두 지점간의 거리를 측정한다 [1,5-8].

$V = f \times \lambda$ 이다. 여기서 v: 파의 진행 속도 m/s 이고, f: 파의 주파수 Hz이고, λ : 파장의 길이 m (변조주파수의 파장)이다. 1회 파동으로 λ m 진행하는 광을 이용하여 1초간 f회 진동을 했다면 1초간에 $f \lambda$ m 거리를 진행했다고 표시할 수 있다.

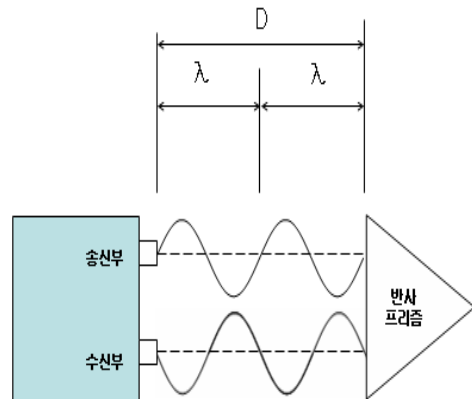
이것은 λ m 진행하기 위해서는 $1/f$ 초의 시간이 필요하다고 할 수 있다. 한편 군사적으로 이용되는 고부가가치 전차의 레이저거리측정기는 주행 중에도 정확한 조준과 사격을 할 수 있도록 돕는 안정화 장치, 주간관측용 광학장치, 야간 관측을 위한 열 영상장치 등과 함께 포수용 조준경으로 구성한다. 한국의 최신 전차인 K1A1은 우리나라의 국방과학연구소와 미국에서 수입하여 조립된 삼성탈레스(주)가 개발한 라만 레이저거리측정기를 장착하였다. K1 전차의 레이저거리측정기는 1.06 μm 주파수대역 Nd-YAG 레이저를 사용하여 시력을 나쁘게 하거나 10.6 μm 주파수대역의 탄산가스(Co2) 레이저를 사용하여 짙은 안개가

끼거나 비가 내릴 때 투과력이 부족하였다. 그러나 1.54 μm 주파수대역의 라만레이저를 사용하는 K1A1 전차의 레이저측정기는 값이 저렴할 뿐만 아니라 눈에 안전하고 투과력도 우수하다. 프랑스의 르클레르, 독일의 레오파드 등도 라만 레이저거리측정기를 채용하였다. 그러나 고 정밀 레이저 거리 측정기는 용도에 따라 다양하며 국내개발품이 전무하고 이들 대부분은 외국제품을 수입하여 사용되고 있는 실정이다.

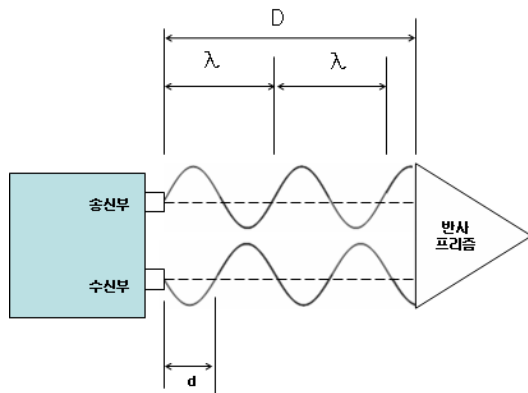
본 연구에서는 이와 같은 고정밀의 산업용 레이저 거리 측정기를 국산화하여 저가의 상품화 시제품 개발을 목표로 하여 수행 되었다.

휴대용 레이저거리측정기(Laser Distance Meter 또는 Laser Range Finder)는 과학 및 군사 분야에서는 이미 오래전부터 레이저광선이 거리측정에 사용되었으나, 일반 생활에서 활용되기 시작한 것은 약 10년전부터 이고, 간편한 휴대성을 겸비한 레이저측정기는 이미 건설 및 엔지니어링, 시설 관리 등의 현장에서 적용되고 있으며, 간이 레저용으로 골프장에서 비거리 측정이나 파 거리 측정에 사용되고 있기도 하다[1,8-11].

최근 기술발전 추세는 레이저측정기를 컴퓨터와의 접목, 그리고 나아가 On-Line 현장점검 및 원격지 측정으로 응용되며, 광파기와 레벨을 일부 대체할 수 있는 간이 측정방법 등도 대치되고 있다. 그러나 이들 레이저측정기 관련 기술 및 제품 전망이 국내에서는 아직 생산되지 않으며, 미국과 일본 스위스 등 유럽의 측량기 전문회사에서 생산하고 있다. 기본 적인 기반기술의 원리는 그림 1과 같이 광원을 떠난 레이저 신호 빔이 측정 광이 2점을 왕복한 경우의 기술구성과 반사 프리즘을 이용하는 경우의 기술 구성으로 나누어져서 상품화로 개발되고 있다.



측정광이 2점을 왕복하는 경우



반사 프리즘을 이동한 경우

[그림 1] 레이저 신호 빔의 기술구성 모델
[Fig. 1] Configuration model of laser signal beam

가장 중요한 핵심기술은 광원의 파장을 다루는 기술이며 이는 선진국에서도 기반기술로 다루는 분야이어서 국내의 자족 기술로 확보해야 이 분야 산업 발전에 기여 할 수 있다.

이 기술은 기계적으로 형상이나 구조를 움직여서 제어하지 않으며 단지 전류 제어에 의해 파장 가변을 한다. 따라서 개발된 기술들 중에 파장 가변 속도가 가장 빠르고 신뢰성과 안정성이 보장되는 방법이다. 파장 가변 속도가 빠르므로 광 패킷 스위칭 분야에도 적용 가능성이 있다. 또한, 단순히 레이저빔을 발산하여 먼 거리의 되돌아오는 빔을 찾기에는 여러 가지 어려움이 존재 한다. 미세 신호 제어하는 방식보다 훨씬 큰 가변 파장 범위를 갖는다.

파장 가변 레이저는 크게 이득(gain) 부분, 격자(grating) 부분, 위상(phase) 제어 부분으로 나누어진다. 각 부분에는 전류 제어 포트가 연결되어 있으며 이곳을 통해 각 전류를 제어함으로써 원하는 파장을 만든다. 각 부분에 전류를 증가시키면 캐리어 밀도가 증가하여 굴절률을 변화시키므로 출력 파장에 변화가 일어난다. 즉 전류가 증가함에 따라 굴절률이 작아지므로 파장이 짧은 쪽으로 움직이게 되는 것이고 이때 초정밀의 정확도를 가진 거리측정의 신호를 받게 된다.

따라서 본 연구에서는 독자적인 가변파장을 가진 광원부와 정교한 수광부를 지닌 고정밀 레이저 거리측정기 국산화 기반 기술개발과 응용할 수 있는 관련 상품의 기술 확보를 교두보로 하여 이 분야 제품의 순수 국화 화에 역점을 두고 수행되었으며 본 논문에서는 광 전송기술을 기반으로 하여 다목적 레이저 거리측정기의 국산화 개발

을 이루고자 하였다.

3. 기술개발의 목표 및 범위

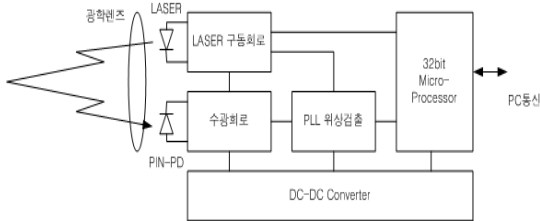
3.1 레이저 거리측정기 기술개발의 목표

고 정밀 다목적 레이저 거리측정기 개발 기술에서 핵심내용으로 개발되어야 하는 기술사항은 레이저 거리측정 수신기는 반사 펄스를 검출하고 그것을 지시하는 출력 신호를 제공하며 단일 칩 마이크로컨트롤러는 수신기 동작을 제어하고, 특히, 수신기를 재 측정하는 기술이다. 수신기는 APD 광 검출기의 바이어스를 조정하기 위하여 마이크로컨트롤러로부터 상승 및 하강 전류 제어 신호(IUP, IDN)에 응답한다. 오프셋 전압과 수신기 오경 보율은 광 검출기 상에 빛이 없음을 따라 감소되고 그동안 측정 전압은 수신기를 재측정하기 위해 조정된다. 마이크로컨트롤러는 온도 센서를 통해 광 검출기 온도를 더 감소하고, APD 바이어스 조정과 온도 변화에 따른 수신기 재측정을 수행할 수 있어 광범위한 온도에서도 동작을 수행 한다. 그림 2는 고 정밀 다목적 레이저 거리측정기의 개발에 관한 기술 개요도 이다. 그림 3은 위상측정원리를 겸비한 다목적 활용 기술도 이다.

이들 사양에 대한 세부적인 기술 개요 항목과 내용은 아래와 같다. 먼저 광원에 해당하는 레이저와 그 구동회로, 목표물에 반사된 신호를 재처리하는 수광 소자부와 신호 복원회로, 그리고 이두 부분의 효율도와 정밀도를 높이는 광학계 설계, 이들의 신호를 부호화하여 해석하고, 분석하는 마이크로 프로세서와 이들 운영 및 구동 프로그램 개발, 그 외에 안정된 전원을 장시간 쓸 수 있는 DC 전원부 설계 및 디스플레이부분 설계와 회로구축, 아울러 방수와 내환경성을 가진 케이스 디자인부분이다. 이들 내용에 대한 주요 주석은 다음과 같다.

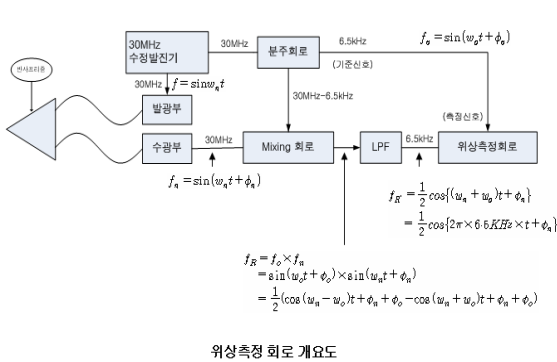
- 개발내용 : 고 정밀 다목적 비접촉 Laser를 이용한 거리 측정 장비
- Laser 및 구동회로 : Laser광을 출력하고 CW 신호를 발생하는 회로
- PIN-PD, 수광회로 : 반사된 Laser광을 전기신호로 바꾸는 회로
- 광학렌즈 : 반사된 Laser광을 집광하는 광학계
- PLL 위상검출 : 송출된 CW광과 반사된 CW광의 위상차를 검출하는 회로
- Microprocessor : 검출된 위상차를 디지털처리하고, PC 통신을 하는 회로

- DC-DC Converter : 광범위한 외부 전원을 공급받아 안정된 전원을 공급하는 회로



[그림 2] 고 정밀 다목적 레이저 거리 측정기의 개발에 관한 기술 개요도

[Fig. 2] Summary of technology about laser range finder



[그림 3] 고 정밀 다목적 레이저 거리 측정기의 다목적 활용 기술도

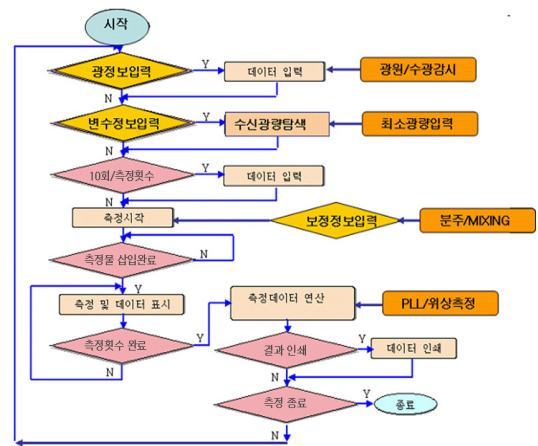
[Fig. 3] Technical outline of laser range finder for many purposes

고 정밀 다목적 레이저 거리 측정기는 레이저를 발생하는 장치(Transmitter)와 표적에서 반사되어 되돌아온 레이저를 감지하는 광 검출기, 그리고 시간계산을 위한 계수기와 중앙처리장치 그리고 디스플레이 처리 등으로 구성하고 정확한 Pin-Point 측량을 위한 미세한 가시레이저를 이용하여 비 접촉 정밀측정과 거리측정 한 결과는 아날로그 또는 디지털 데이터 형태의 출력기능을 갖는 제품으로 고 정밀 다기능의 보급형 기기로 국산화하고자 하여 본 논문에서는 아래와 같은 세부개발 사양 목표로 수행 되었다.

- 측정거리 최대 150m
- 측정 정밀도 ± 10 mm 이내
- 측정 속도 50Hz
- Data Interface : RS232/ 422
- 사용환경 : -40℃ to 70℃/눈, 비, 악천시 가능

3.2 레이저거리 측정 프로세스

본 논문에서 실험평가로 제작된 레이저거리 측정기에서의 광 송수신에 대한 제어흐름은 그림 4와 같이 나타낼 수 있다. 그림 4는 고 정밀 다목적 레이저 거리측정기의 내부 프로그램의 동작 순서 및 측정 순서를 알 수 있는 플로우차트 이다. 본 프로그램의 핵심은 광원과 수광기의 전류제어로 인한 안정된 에너지 방출과 측정오차범위를 최소화하는 것과 각종 광 정보를 통한 입력신호의 해석 프로그램이 중요한 과제로 나타난다. 그외에 LPF회로 데이터, 위상측정회로데이터, 분주회로데이터, 신호 MIXING회로 데이터의 처리가 중요한 과제이다.



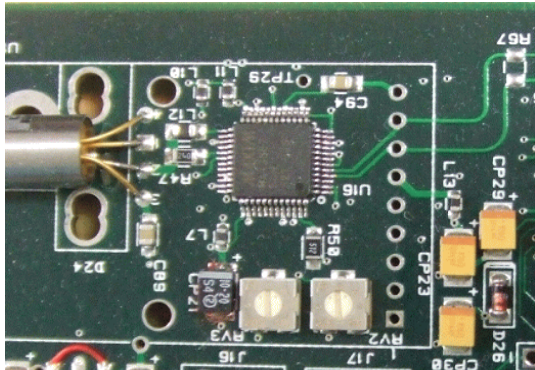
[그림 4] 프로그램의 동작 순서 및 측정 순서 플로우차트 [Fig. 4] Flow chart about movement and measurement of laser range finder

수광부의 수신된 광 레벨 탐색과정은 측정 대상물의 반사광 레벨이 어느 정도 레벨인 지를 탐색하는 과정이다. 미 소광 레벨의 측정일 경우에는 생략 가능한 과정이다. 측정과정에서의 연산결과와 표시 내용으로는 10회 반복, 저장, 샘플링 측정방법이나 설정한 횟수만큼의 데이터에 대한 연산결과 값들을 비교하여 분석하였다.

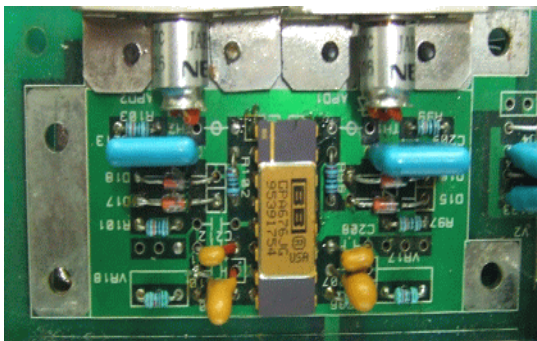
개발 된 본 장비인 레이저 거리측정기의 성능시험 평가를 위하여 국내 성능평가 기관인 ‘(주)에스지에스 테스트코리아’ 에 성능시험 평가를 의뢰하여 개발 규격에 따른 기준별 성능시험성적 평가결과로 장비의 성능에 대하여 평가하였다.(발급번호:AT-07-2-R1)

본 논문에서 실험 제작된 핵심 회로들을 보면그림 5는 고 정밀 산업용 다목적 레이저 거리 측정기에 있어서 신호를 발진하는 핵심레이저 구동회로의 사진이고, 그림 6은 빔 변조된 반사 신호를 수광기에서 받아서 위상측정과 각중신호와 데이터를 혼합시키는 믹싱(Mixing) 회로이

다. 여기에 신호를 정교한 계산을 위한 개발된 프로그램이 탑재된다. 이것이 PD 및 수광 회로 그리고 중앙처리장치 회로 사진이다.



[그림 5] Laser 구동 회로 및 Laser
[Fig. 5] Laser operation circuit and laser



[그림 6] PD 및 수광 회로 그리고 중앙처리장치 회로
[Fig. 6] PD optical integrated circuit and central processing circuit

4. 결론

본 논문에서 실험평가로 제작된 레이저 거리측정기 개발을 값비싼 외국산 제품에 의존하고 있는 광통신 장비를 국산화 하여 수입대체 및 다양한 분야 적용을 위하여 연구개발 하고자 하였다. 본 연구를 통하여 개발된 레이저 거리측정기는 산업전반에 걸쳐 다양하게 사용될 수 있도록 설계된 고정밀 다목적 산업용 레이저 거리측정기이다. 이것은 표적을 향해 레이저를 발사한 뒤 반사되어 되돌아오는 레이저를 검출하여 정확한 거리를 측정하는 장비로서 주로 산업용으로 사용되고 있으나 오늘날에는 산업과 레저용으로 개발되어 건설, 골프, 사냥 등에도 활용되고 있다.

본 연구에서는 이러한 레이저 거리측정기의 국산화 개발을 통한 기술적, 경제적인 효과를 달성하기 위하여 수행되었으며 현재 레이저 거리 측정기로 2000M 이내 거리를 정밀 측정하고자 하는 시장의 규모는 국내에서 급속히 팽창하고 있다. 외국산 제품의 수입물량을 살펴보면 매년 꾸준히 증가하고 있으며, 따라서 향후에는 상당한 규모로 성장 되리라 판단되어 수입대체 효과가 있을 것으로 전망된다. 이러한 효과는 국내 산업 중 건설 분야는 물론이고 중공업과 산업기계 제작 분야에도 파급될 것으로 기대되고 있다.

광기술 제품의 용도는 통신, 정보처리, 정보저장, 정밀 군사 분야, 철강, 조선 및 원자력 분야에서의 수요 시장이 매우 빠르게 성장하고 있으며 또한 계측, 의료, 우주과학, 방위산업, 오락 등에 다양한 상업적 응용에 활용이 가능하여 따라서 이러한 레이저 거리측정기를 사용하는 관련 산업분야의 괄목한 성장과 발전을 이룩하게 될 것으로 기대된다.

References

- [1] Ho-Joong Kim, Heung-Goo Jun, Dong-Hak kim, Sun Heum Lee, Kwan Sun Choi, "A study on the development of a distance measuring instrument using laser," KISPS SUMMER CONFERENCE, pp.85-88, 2001
- [2] K.W. Choi, Pulsed Time-of-Flight Laser Range Finder, Master's Thesis, Honam University, 2009
- [3] B.H.Yoo, S.H.Cho, W.S.Chang, J.G.Kim, K.H.Whang, "Distance Measurement Counter for Pulsed Laser Range Finder," KSPE CONFERENCE, pp.180-182, 2004
- [4] M.S. You, A study on the receiver for Pulsed Laser Range Finder, Master's Thesis, Hallym University, 2002
- [5] H.K. Lee, A study on the pulsed-laser diode transmitter for Pulsed Laser Range Finder, Master's Thesis, Hallym University, 2002
- [6] Yang, Dong-Won, "A DLRF(Diode Laser Range Finder) Using the Cumulative Binary Detection Algorithm," KIMST Journal, Vol.10, No. 4, pp.152-159, 2007
- [7]Byung Heon Yoo, Bo Sung Shin, Won Seok Chang, Jae Gu Kim, Kyung Hyun Whang, "Development of range finder using long wavelength laser," KSPE Spring CONFERENCE, 2003
- [8]Young Soo Choi, Yong Chan Park, Eung Cheol Kang, "Pulsed 15 Hz Laser System for Ranging," OSK

Journal, Vol.6 No.1, 1995

- [9]B.H.Yoo, S.H.Cho, W.S.Chang, J.G.Kim, K.H.Whang, D.J.Lee, "Distance measurement using pulsed eye-safe laser," KSPE FALL CONFERENCE, 2004
- [10]Lee, Kil-Jae, Chai, Sang-Hoon, "Fabrication and Operating of 155.52 Mbps CMOS Receiver for Fiber Optic Modules," KAIS FALL CONFERENCE, pp.199-202, 2000
- [11] <http://www.fibercom.co.kr/index1.htm>
-

이재우(Jae-Woo Lee)

[정회원]



- 2004년 8월 : 고려대학교 컴퓨터학과 (이학박사)
- 1987년 1월 ~ 1999년 2월 : 쌍용정보통신 선임연구원
- 1996년 12월 : 정보관리기술사
- 1999년 3월 ~ 현재 : 경북대학교 컴퓨터정보과 교수

<관심분야>

SI프로젝트관리, 정보통신