

---

# 망막 촬영 장치 및 16 채널 영상 획득 장치 개발

양근호\*

## Development of Retina Photographing System and 16 Channels Image Acquisition System

Keun-Ho Yang\*

### 요 약

망막 두께 측정은 망막을 3차원으로 촬영하고 고속으로 신호처리를 할 수 있는 시스템을 필요로 한다. 본 논문에서는 망막을 촬영하여 3차원 영상으로 구성하기 위한 촬영장치 및 16채널 고속 영상 획득 시스템 개발 내용을 소개한다. 망막에 HeNe 레이저를 투사하여 망막에서 반사되어 돌아오는 레이저의 양을 array photo diode로 감지한 후에 이를 3차원으로 형상화함으로써 망막의 두께를 측정한다. 망막에 레이저를 투사하는 장치, APD 광 센서를 이용한 망막 영상화 장치, 16 채널 실시간 A/D 변환 장치 및 PCI 마스터 인터페이스 장치를 개발하였다.

### ABSTRACT

In order to measure the retina thickness, there are to need the 3-D retina photographing and the high speed signal processing system. In this paper, we introduced the retina photographing system and the 16-channel high speed image data acquisition system. There are able to measure the retina thickness with sensing image the returned laser signal to APD sensor after there were projected the HeNe laser on retina. We developed the laser projection system to sense a reflected image of the retina using APD sensor, the 16-channel high speed A/D converter and PCI master interface card for image transmission into computer.

### 키워드

Retina, Thickness, HeNe, APD, PCI

### I. 서 론

영상처리에서는 사람이 인지할 수 있는 사진뿐만 아니라 다중 센서 등에서 취득된 신호 자료도 처리 대상으로 사용하고 있으며, 최근에서는 레이저를 이용한 3차원 범위 영상, 여러 개의 카메라로부터 얻어진 입체 영상, 다중 센서에서 얻어진 다중 대역 영상에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 인간의 눈은 사물을 인식하고, 판단하는데 있어서 가장 중요한 요소이며, 특히 망막의 손상에

의한 시력상실은 회복하기 매우 어렵다. 따라서, 망막질환을 조기에 발견하고 치료하는 것이 매우 중요하다. 망막은 사진기의 필름에 해당하기 때문에 망막의 표면이 균일하지 않으면 정상적으로 사물을 인식하는 것이 불가능해진다. 이러한 망막 표면의 불균일 현상은 망막에 질환이 있는 경우에 발생한다. 특히 망막 표면의 불균일 현상은 망막의 두께가 일정하지 않는 것이 원인이므로, 망막의 두께 측정은 망막질환 진단에 중요한 단서가

---

\* 한려대학교 멀티미디어정보통신공학과

접수일자 : 2003. 10. 10

된다.

현재 망막두께 측정 방법은 레이저 빔을 안구의 망막에 투사한 후, 반사되어 되돌아오는 레이저 빔의 양을 센서를 통해 전기적인 신호로 변환하여 영상신호로 얻을 수 있다. 2차원 영상으로 표현하는 방법은 많이 활용되고 있으나, 실시간으로 3차원 영상을 구성하여 망막두께를 측정하는 기술 개발은 매우 미흡한 실정이다. 현재 임상에서 이용하고 있는 망막 영상화 장치는 RTA(retina thickness analyzer), SLO(scanning laser ophthalmoscope), OCT(optical coherence tomography) 및 HRT(heidelberg retinal tomography) 등이 있으며, 이들은 2차원 영상처리 장치로써 진단과 치료에 이용하고 있다.

망막 두께 측정을 위하여 3차원 영상을 획득하기 위해서는 다채널 고속 A/D 변환기술 및 전송기술이 필요하다. 본 연구에서는 실시간으로 망막의 두께를 측정하기 위하여 레이저를 이용한 망막 영상화 및 망막 영상 획득 장치를 개발하였으며, 16채널 A/D 변환기 및 PCI 인터페이스를 개발하여 컴퓨터로 망막 영상을 전송하여 3차원 영상화하기 위한 장치를 개발하였다.

본 논문의 구성은 II장에서 망막 영상 촬영장치의 구성 및 전반적인 시스템 개발내용을 간략하게 설명하며, III장에서는 PCI 인터페이스 및 16 채널에 실시간 A/D 변환장치개발에 대하여 소개하고, IV장에서는 실험한 결과를 보인다. 마지막으로 V장에서는 결론 및 차후 연구에 대하여 서술한다.

## II. 망막 영상 촬영 장치

### 2.1 눈의 모델링

인간의 안구를 모델링하면 그림 1과 같이 외형이 약 24[mm]이고 렌즈의 초점거리는 약 22[mm]이다. 수광면인 망막은 구상형태이므로 넓은 시야를 커버할 수 있으며, 화각은 약 200. 이상에 달한다. 망막은 사진의 필름과 같아서 망막에 질병이 발생하여 망막의 표면이 균일하지 않으면, 상이 깨끗하게 맺히지 않는 원인이 된다. 따라서, 망막에 레이저 빔을 투사하여 반사되는 레이저 신호

를 감지하면 망막의 두께 및 균일성에 대한 정보를 얻을 수 있다.

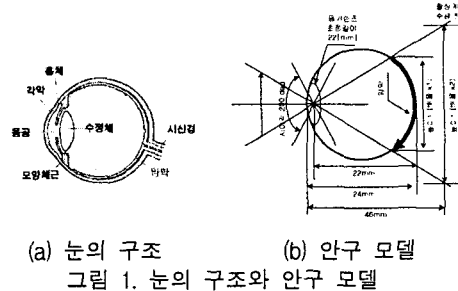


그림 1. 눈의 구조와 안구 모델  
Fig. 1 The eye structure and the eye ball model

### 2.2 망막영상 촬영장치

레이저 발생장치로부터 주사된 레이저 빔(HeNe laser)을 24개의 mirror로 구성된 polygon mirror를 656[rpm]으로 회전시킴으로써 수평주사를 시키고, galvano mirror를 60[Hz]로 상하로 동작시켜 평면 투사신호를 만들어 망막에 투사한다. 평면 레이저가 반대편 mirror를 통하여 반사되어 되돌아오면 polygon mirror의 우측에서 망막 영상을 얻는다. 여기서 얻어진 레이저 신호를 독일의 Silicon Sensor사의 APD(Avalanche Photo Diode) 광 센서를 통해 망막의 각 층을 분리한다 [1,2,3]. APD를 통해 얻어진 전기적인 영상신호를 비디오 신호 형식으로 전환하여 망막의 각 층에 대한 영상신호를 얻을 수 있다.

망막영상을 얻기 위한 전체적인 시스템 구성은 그림 2에 나타낸바와 같으며, galvano mirror를 지나 polygon motor의 24개의 mirror 중 망막에 투사되는 레이저를 반사하는 mirror의 반대편의 mirror를 이용하여 반사시킴으로써 polygon mirror의 우측에서 망막의 영상을 얻어낸다. 여기서 얻은 감지 레이저를 APD 센서를 통해 나오는 신호를 비디오 신호로 바꾸어 3차원 영상을 만들어 낼 수 있다. 그림 3은 HeNe 레이저를 순차주사 방식으로 망막에 투사하여 영상신호를 얻는 실험장치를 보인 것이다.

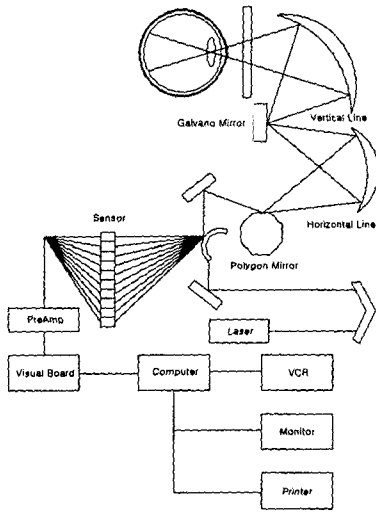


그림 2. 망막영상을 얻기 위한 시스템 구성도  
Fig. 2 The block diagram for retina image Acquisition



그림 3. HeNe 레이저를 이용한 망막영상 촬영장치  
Fig. 3 The retina photographing system using HeNe laser

APD 광 센서의 출력신호를 매우 미약한 신호이다. 암전류(dark current)가 5[nA]로써 최대 출력 전류가 250[nA]이지만 망막에 투사되는 레이저를 강하게 할 수 없기 때문에 실제 수십[nA] 이하의 신호가 출력된다.

### III. 16채널 A/D 변환 및 PCI 인터페이스

#### 3.1 16채널 실시간 A/D 변환

컴퓨터 인터페이스는 망막 영상 촬영장치의 출력신호를 A/D 변환하여 취득한 영상데이터를 컴퓨터로 전송하기 위하여 PCI 버스를 이용하였으며, 실시간 전송을 실현하기 위하여 DMA 기능을 가진 Plx Tech.의 PCI9054를 이용하였다[4-8]. 전

송된 데이터는 컴퓨터 모니터에 디스플레이 되며, 필요에 따라 컴퓨터에 파일로 저장할 수 있도록 설계하였다. 구현한 16 채널 실시간 영상획득 시스템의 블록 다이어그램을 그림 4에 나타내었다. 이 시스템의 동작제어는 PCI 마스터 인터페이스 방식으로 사용자가 제어할 수 있으며, Visual C++을 이용하여 사용자가 편리하게 사용할 수 있도록 윈도우 프로그래밍으로 구현하였다.

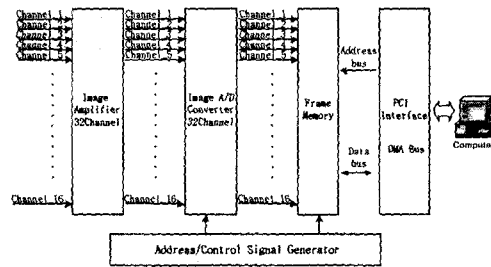


그림 4. 16채널 고속 데이터 획득 시스템  
Fig. 4 16-channel high-speed data acquisition system

PCI9054는 PCI 버스와 사용자 인터페이스 버스를 연결하는 것으로 외부 메모리를 입출력하기에 매우 편리하다. 32비트 크기의 데이터버스 입출력이 가능하며, 32비트의 외부 주소버스를 제공한다. DMA 기능을 갖고 있기 때문에 대용량 영상 데이터를 실시간으로 전송이 가능하다.

초고속 16채널 A/D 변환기를 구현하기 위하여 각 채널당 A/D변환기와 프레임 메모리를 할당하여 초고속 데이터 변환이 가능하도록 한다. 제어 신호는 CPLD와 VHDL을 이용하여 단순화하였다 [9-10].

센서부에서 얻어진 영상신호와 polygon motor 및 galvano motor의 구동부에서 사용한 수평 및 수직 동기신호를 A/D변환기와 프레임 메모리 제어신호로 이용한다. 24.576[MHz] 마스터 클럭을 발생하여 각각 A/D변환기의 샘플링 주파수 및 메모리 주소, 메모리 write 인에이블 신호, A/D 변환 데이터의 출력 인에이블 신호로 사용한다. 사용자 프로그램에서 A/D 변환 시작신호를 인가하면 시스템의 리셋신호를 만든다. 이 리셋신호는 시스템을 초기화한다. 리셋신호에 의해 시스템이 초기화되면 수직 동기신호로부터 1 프레임의 영

상신호를 받아들일 수 있는 A/D 데이터 출력 인에이블 신호를 만든다. 주소버스 신호는 수평 및 수직 동기신호에 동기화 되어 주소를 발생한다. 마스터 클럭으로부터 얻어진 A/D변환 클럭은 주소버스 발생기의 클럭으로 인가된다. 주소버스 발생기가 프레임 메모리의 주소를 지정하면 지정된 메모리 주소에 A/D 변환된 영상데이터가 기록한다. 이때 A/D 변환기의 데이터 출력은 해당 주소버스 신호, 메모리 선택 신호와 write 인에이블 신호에 의해 기록된다. 그림 5는 제어신호를 측정한 것이다.

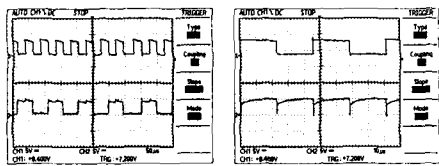


그림 5. 제어신호  
Fig. 5 Control signals

3.2 PCI 인터페이스

PCI 버스는 고속의 데이터를 요구하는 경우에 적합하며 안정적인 PnP(plug and play)기능을 제공한다. 또한 데이터의 획득 및 조작을 간편하게 할 수 있으며, 응용 범위 또한 넓다. PCI는 ISA와 달리 특별한 회로가 필요 없기 때문에 PCI를 기본적으로 동작시키기 위한 최소한의 일만 해주면 되며, 그림 6에 PCI 버스 구조를 나타내었다.

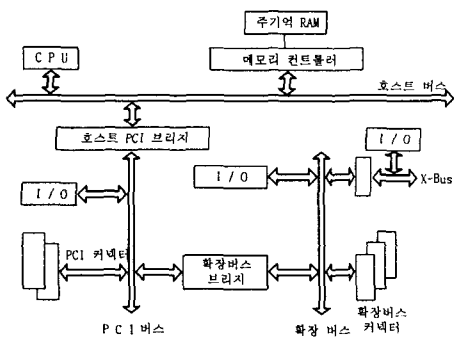


그림 6. PCI 버스 구조  
Fig. 6 The structure of PCI bus

PCI 버스 클럭은 주파수가 0에서 33[MHz]까지

이다. 데이터 버스는 다중화되어 있으며, 커넥터 핀들이 교대로 주소 선과 데이터 선으로 사용된다. PCI 전송은 시스템 버스의 제어를 취하는 마스터 장치와 액세스 요청에 응답만 하는 타겟 장치 사이에 일어난다.

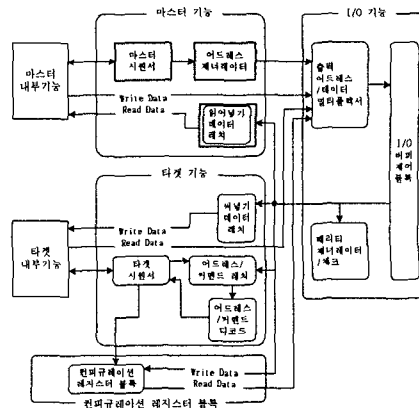


그림 7. PCI 인터페이스 블록도  
Fig. 7 The block diagram of PCI interface

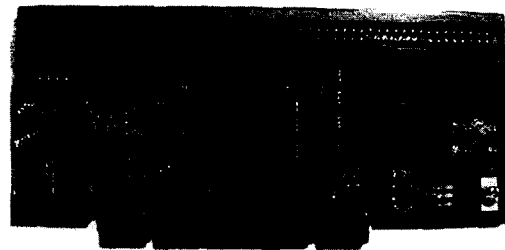


그림 8. 개발한 PCI 인터페이스 제작  
Fig. 8 The Developed PCI interface 제작

PCI는 버스트 모드가 있어서 PCI 브리지가 단일 프로세서 액세스를 단일 버스트에 결합하여 잠재적인 병목현상을 없애며, 또한 단일 버스트에서 무한개 수의 바이트를 전송할 수 있다. 그리고 하나의 PCI 장치가 PCI 버스를 독식하는 것을 막기 위하여 각 장치에는 그 장치가 버스를 제어하는데 허용된 가장 긴 시간 주기를 정의하는 잠복 타이머가 있다. 그림 7에 PCI 인터페이스 블록도를 나타낸 것이며, 그림 8은 제작한 PCI 인터페이스 보드이다.

#### IV. 실험 및 검토

망막에 레이저를 투사하여 반사되어 돌아오는 신호를 APD array 센서로 전기적인 신호로 변환한다. APD 센서는 암전류가 5[nA]이며, 최대 250[nA]의 전류를 출력한다. 망막에 투사하는 레이저가 강하면 망막을 손상하기 때문에 아주 약하게 투사를 이용하여 얻는다. 이 출력신호는 수십 [nA] 크기의 전류신호로써 전류신호를 전압신호 변환·증폭해야한다. 따라서, 센서의 출력신호를 A/D 변환기에 적합한 신호범위(-10[V]~0[V])로 증폭하기 위하여 고효율 증폭기로 증폭해야한다. 그림 9는 레이저 빔이 투사되었을 때의 출력신호를 나타내었다. 센서에 공급하는 anode 전압이 높으면 센서의 감도는 증가하고, 공급전압을 낮추면 감도는 감소한다. 레이저 빔의 투사량을 조절하면서 센서의 감도를 조정하였으며, 망막에 투사하는 레이저의 적정 투사량에 대한 적정 공급전압은 약 200[VDC]이다.

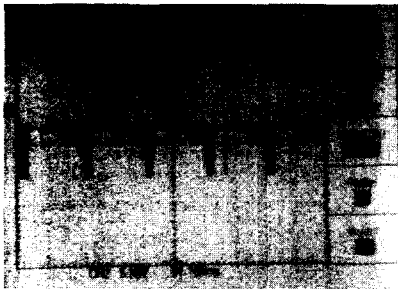


그림 9. APD 센서 증폭기의 출력신호  
Fig. 9 The output signal of APD sensor amplifier

32채널 고속 데이터 획득 보드와 컴퓨터 인터페이스는 PCI bus를 이용하였으며 PCI bus 제어는 PLX9054 Chip을 이용하였다. 32비트 33[MHz]로 동작하며 버스 마스터 제어기는 최대 132 [MB/sec]의 PCI 버스트 전송을 가능하게 한다. PCI9054 로컬 버스는 다양한 메모리, I/O 주변장치 및 CPU 등을 간단하게 연결해 주며, PCI 버스와 사용자 인터페이스 버스를 연결하는 것으로 외부 메모리를 입출력하기에 매우 편리하다. 또한 8, 16, 32 비트 크기의 데이터 버스 입출력이 가능하며 32비트의 외부 주소 버스를 제공하기 때문에

대용량 데이터를 입출력 할 수 있다.

PCI 버스는 사용자가 응용을 쉽게 할 수 있도록 새로운 인터페이스를 추가한 전체적인 모듈의 형태를 가지는 것이다. 이것을 이용하여 사용자는 원하는 디바이스에 인터페이스를 구현할 수 있다. PCI 마스터기능과 타겟기능 두 기능관점에서 보면 마스터 방식으로 시스템을 구현했을 때 회로 구성은 복잡하고 어렵지만, 기능성, 효율성 등에 있어서 매우 우수하다. 버스 마스터 방식은 본 논문의 특성에 맞는 고속, 대용량의 데이터 전송 처리하는 환경에 적합하다.

타겟 방식으로 시스템을 구현했을 때에는 DMA 기능을 사용할 수 없기 때문에 CPU 자원을 많이 사용함으로써 CPU가 타겟 시스템에 종속되는 결과로 나타난다. 따라서, I/O 전송속도가 마스터에 비해 급격히 저하되기 때문에 영상데이터와 같은 대용량의 데이터를 입출력하는데에는 부적합하다. 그러나, 버스 마스터에 의한 영상 데이터 전송은 I/O 디바이스가 버스 마스터로써 버스를 제어하고 직접 메모리를 액세스하기 때문에 CPU의 성능 저하를 최소화하므로 멀티태스킹 환경에서 특히 적합하다.

PCI9054는 고수준의 성능을 가졌으며 이를 이용하여 다채널 A/D보드의 프레임 메모리에 각각 저장된 영상 데이터를 컴퓨터로 PCI 버스방식을 이용하여 고속으로 입출력이 가능하고 33[MHz]의 PCI 버스 clock을 이용할 때 최대 132[MB/sec]의 PCI 버스트 전송을 가능하게 한다. 고속의 데이터 전송이 가능하므로 촬영된 영상 데이터를 실시간 영상처리 시스템 구현할 수 있다



그림 10. 16 채널 A/D 변환장치  
Fig. 10 16 channel A/D converting system

PCI 인터페이스를 통한 다채널 A/D 변환장치의 제어 및 망막영상을 촬영하여 영상 데이터로 변환하였다. 그림 10은 본 연구에서 개발한 16 채널 실시간 A/D 변환 실험 장치를 보인 것이다.

## V. 결론

영상정보는 의료, 통신, 정보처리 등 다양한 분야에서 광범위하게 활용되고 있다. 기존의 2차원 망막영상으로는 망막에 관한 질환에 대하여 정확한 판단을 할 수 없다. 본 연구에서 개발한 망막영상 촬영 및 16 채널 고속 영상 데이터 획득 시스템은 망막질환 치료에 크게 기여할 수 있다. 특히 본 연구에서 개발한 시스템은 의료영상과 같은 특수한 분야뿐만 아니라, 산업분야의 3차원 영상의 형상화, 깊이 측정 등과 같은 고도의 영상 신호처리 기술에 기여할 수 있다.

본 논문에서는 망막 두께 측정을 위하여 레이저를 이용한 다시점 망막 촬영장치, APD 광 센서 출력 증폭장치, 16 채널 실시간 A/D 변환장치 및 PCI 인터페이스 장치를 개발하였으며, 그 실험결과를 부분적으로 보였다. 현재 개발된 기술을 상품화하기까지는 보완해야할 점이 많다. 하드웨어 부분은 개발이 완료되었으나, 3차원 디스플레이 및 망막의 두께측정을 위한 소프트웨어는 개발 중이며, 향후 3차원 영상 디스플레이 및 두께측정 프로그램이 완성되어 상품화된다면 국내 수요 및 해외수출에 크게 기여할 것이다.

## 참고 문헌

- [1] "Avalanche Photodiode Array", Silicon Sensor Co., Oct. 2002.
- [2] "Amplifier Module M7279", Hamamatsu Co, Sep. 2001.
- [3] "Photodiodes", Hamamatsu Co, Oct. 1999.
- [4] "PCI 버스 해설과 인터페이스 카드 설계", 국제테크노 정보연구소, 2002
- [5] "PCI System Architecture", by Tom Shanley and Don Anderson(Mind share Inc, USA)
- [6] "PCI Hardware and Software, Architecture &

Design", by Edward Solari and George Willse(Anna books)

- [7] "PCI9054 Data Book", PLX Technology, Jan. 2000.
- [8] "PLX SDK Software Development Kit, Programming Reference Manual", PLX Technology, Mar. 2001.
- [9] Chan, Pak, and Samiha Mourad, "Digital System Design Using Field Programmable Gate Arrays", Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1994
- [10] K. Skahill, "VHDL for Programmable Logic", Addison Wesley, 1996

## 저자 소개



### 양근호(Keun-Ho Yang)

1991년 8월 전북대학교 전자공학과, 석사

1999년 8월 전북대학교 전자공학과, 박사

1995년 3월~현재 한려대학교 멀티미디어정보통신공학과

※ 관심분야 : 영상신호처리 및 영상통신, 의료영상 처리, 디지털신호처리, DSP 응용