

자동 시각 굴절력 곡률계 전자 부문에서의 효과적인 하드웨어 구성 방안

유강민*, 성 원**, 박중원***

*버추얼 아이 테크 (주)

충남대학교 **컴퓨터공학과, ***정보통신공학과

e-mail : gmryu@owl.virtualitech.com

An Effective Organization Method for Hardware in Automatic Refracto-Keratometer

Gang-Min Ryu*, Won Seong**, Jong-Won Park***

*Virtual i tech Co., Ltd.

**Dept. of Computer Engineering, Chungnam National University

***Dept. of Information and Communication Engineering, Chungnam National University

요약

최근 시각 관련 측정기 개발에 대한 관심이 높아지고 있다. 현재 국내의 시각 관련 전문가들이 일반적으로 사용하는 자동 시각 굴절력-곡률계(Auto Refracto-Keratometer)는 대부분 일본 제품들을 포함하는 외국산들이다. 최근 국내에서도 일부 기업에서 시각 측정기 부문에서의 개발을 행하고 있으나 아직 외국 제품들에는 정확도, 성능 등에서 크게 미흡한 수준을 보이고 있다. 이에 좀 더 개선된 성능의 광학 부문, 소프트웨어 부문, 전자 하드웨어 부문 등이 요구되고 있다. 이에 본 연구에서는 하드웨어의 변경 없이 전자 부문 소프트웨어의 다양한 변경을 가할 수 있도록 해 주어 개발 기간을 크게 줄일 수 있고 고객 데이터베이스 구축 등의 응용 확장도 가능하도록 범용성을 갖춘 자동 시각 굴절력 곡률계의 전자 부문 하드웨어를 설계하였다.

본 전자 부문 하드웨어 시스템은 동시 개발 중인 광학 부문, 전자 부문 소프트웨어와 연동되어 외국 제품에 비교시 정확도와 성능면에서 향상된 결과를 낼 수 있게 하였을 뿐 아니라 향후 발전 가능성도 크게 향상시킬 수 있었다.

1. 서론

일반적으로 안과 의사들이나 안경사들과 같은 시각 관련 전문가들이 일반적으로 사용하는 자동 시각 굴절력 곡률계는 현재 일본 제품을 포함한 외국산 제품이 거의 주류를 이루고 있다. 그러나 이러한 장비들은 시력 측정과 몇 가지 안과 질환의 진단에 그 기능이 국한되어 있으며, 또한 다른 다양한 기능을 추가하거나 성능의 개선을 위해선 하드웨어의 변경이 필수적이므로 긴 개발기간이 요구된다. 이러한 단점을 개선하기 위해 본 연구는 소프트웨어의 개선만을 통해 성능 개선 및 다양한 기능을 추가 할 수 있는 자동 시각 굴절력 곡률계의 전자 부문 하드웨어를 설계하였다.

본 논문에서는 전자 부문 하드웨어를 설계하기 위해 기존의 국산 제품 중에 사용된 전자 부문 하드웨어를 분석하였으며, 이 제품의 전자 부문을 대체할 수 있는 전자 부문 하드웨어를 설계하기 위해 기존

의 전자 부문과 광학 부문에서 사용된 인터페이스를 그대로 사용하였다. 또한 좀더 다양한 기능을 수행할 수 있도록 하드웨어를 설계하였으며 이를 기존 제품의 광학 부문과 연결시켜 테스트를 수행하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서 자동 시각 굴절력 곡률계의 간단한 동작 원리를 설명하고, 3 장에서는 기존의 국산 제품의 전자 부문을 분석하였다. 그리고 4 장에서는 본 연구에서 제안한 전자 부문 하드웨어의 구조와 특징에 대해서 설명하고, 6 장에서 결론에 대해서 살펴본다.

2. 자동 시각 굴절력 곡률계 동작 원리

자동 시각 굴절력 곡률계는 TV CRT 에 디스플레이 되는 피검자의 안구 영상을 보고 카메라를 피검자의 안구에 조준하고, 특정 광원을 통해 빛을 발사해 되돌아오는 반사광을 이용해 시력이나 그 밖의 다른 값들을 계산해 내고 이를 TV CRT 에 피검자의 안구 영상과 함께 디스플레이 하는 제품으로써 일반

적으로 피검자의 안구에 빛을 발사하고 안구 영상을 추출하며 결과를 보여주는 광학 부문 하드웨어, 피검자의 안구 영상처리를 위한 전자 부문 하드웨어 및 전자 부문 소프트웨어로 분류할 수 있다. 각각의 부문에 대해 간략히 살펴보면 다음과 같다.

2.1 광학 부문 하드웨어

광학 부문 하드웨어는 피검자의 안구를 보고 카메라 렌즈 및 광원을 피검자의 안구에 조준하기 위한 TV CRT 부분과 조이스틱 부분이 있으며 검사명령을 내리는 스위치 부분, 그리고 피검자의 눈에 빛을 발사하는 곡률계 및 굴절계 광원 부분이 있으며 반사되어 오는 빛을 받아들이는 곡률계 및 굴절계 카메라 부분이 있다[1][2]. 또한 내부적으로는 곡률계와 굴절계의 광원에서 나오는 빛을 안구로 보내고 반사되는 빛을 다시 분류해서 곡률계 카메라와 굴절계 카메라로 분리해서 보내주는 프리즘 부분이 있으며 피검자에게 눈의 수정체를 조절하여 초점을 맞출수 있도록 특정 영상을 보여 주는 영상 디스플레이 부분이 있다[1][2]. 이때 각각의 광원에서 보내지는 빛은 그 모양을 달리하는데, 곡률계의 경우 링모양의 빛을 발사하고, 굴절계의 경우 적외선을 둥근 원상의 동일 간격으로 위치하는 여섯 개의 점모양으로 빛을 발사하게 된다[1][2][3].

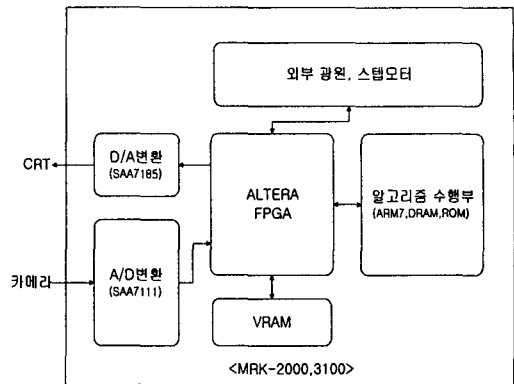
2.2 전자 부문 하드웨어 및 소프트웨어

전자 부문 하드웨어는 광학 부문 하드웨어로부터 요구 되는 검사 명령을 받아들여 카메라에 잡힌 영상을 캡처하는 영상 캡처 부분과 캡처된 영상을 처리하기 위해 일시적으로 영상을 저장해 놓는 영상 저장 부분, 그리고 저장된 영상에 대해 특정 측정 알고리즘 즉 전자 부문 소프트웨어를 수행해서 시력과 같은 결과를 도출해 내는 소프트웨어 수행 부분이 있다. 또한 부가적으로 피검자의 시력에 따라 피검자에게 보여주는 영상의 초점거리를 조절해주기 위한 렌즈 이동용 스텝 모터 및 곡률계의 눈동자 영상만을 추출해 내기 위한 조리개 동작용 스텝 모터 제어 부분이 있다[1][2].

3. 전자 부문 하드웨어 분석

본 연구에서는 기존의 제품에서 사용되는 전자 부문 하드웨어를 분석하기 위해 국산 제품인 M 광학에서 제작, 시판하고 있는 MRK-2000 및 MRK-3100을 분석하였다.

기존 제품의 전자 부문 하드웨어는 크게 여서가지로 분류될 수 있으며 간략한 블록도를 보면 다음과 같다.



[그림 1] MRK-2000, 3100의 블록도

첫 번째 부분은 광학 부문의 카메라에서 받아들여진 피검자의 아날로그 영상을 캡처해서 디지털 데이터로 변환시켜주는 영상 A/D 변환 부분으로 필립스사의 SAA 7111 칩을 사용하고 있다[4].

두 번째 부분은 이러한 디지털 영상을 저장해 둘 수 있는 메모리 부분으로 PC(Personal Computer)의 VGA 카드에서 널리 사용되는 비디오 램을 사용하고 있다.

세 번째 부분은 이러한 디지털 영상을 시력 측정용 알고리즘을 적용해 결과를 산출해 내는 알고리즘 수행 부분으로써 ARM7 계열의 CPU와 범용 D 램을 사용하고 있으며 알고리즘을 저장하고 있는 롬으로 구성되어 있다.

그리고 네 번째 부분은 알고리즘 수행 결과와 디지털 영상을 합성하고 이를 다시 아날로그 영상으로 변환하여 TV CRT 쪽으로 디스플레이 해주는 D/A 변환 부분이 있으며 이 부분에는 필립스사의 SAA7185 칩을 사용하고 있다[5].

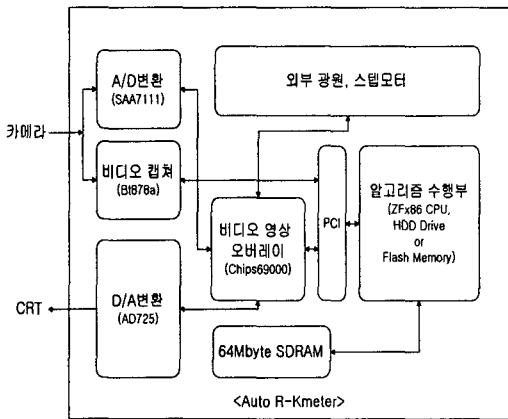
마지막으로 각각의 부분들간에 인터페이스를 제공해 주고 외부 광원이나 스텝 모터를 제어해주는 기능을 수행하는 인터페이스 및 제어부분은 Altera사의 FPGA 칩을 이용해 구현하고 있다.

4. 전자 부문 하드웨어 설계

본 연구에서는 M 광학의 MRK-3100에서 사용하고 있는 광학 부문 하드웨어를 이용하기 위해 기존의 광원이나 스텝 모터 제어 인터페이스, 그리고 아날로그 영상 데이터에 대한 인터페이스를 그대로 사용하고 있으며 내부적으로는 x86 계열의 범용 CPU를 사용함으로써 일반 범용 운영체제(Windows, Linux 등)를 사용 가능하도록 하였다. 그에 따라 소프트웨어 개발을 더욱 용이하도록 하였으며 여러 가지 다양한 소프트웨어를 처리할 수 있는 유연성을 갖도록

하였다. 또한 TV CRT 에 계속해서 피검자의 안구영상을 보여주면서 계산된 결과 값이 안구 영상과 함께 보여질 수 있도록 일반 VGA 제어칩을 사용, 칩의 오버레이 기능을 이용해서 디스플레이하고 있으며, 곡률계 및 굴절계 쪽의 입력 영상을 캡처하기 위해 따로 영상 캡처 칩을 사용하고 있다.

본 연구에서 제안하고 있는 하드웨어의 간략한 블록도를 보면 다음과 같다.



[그림 2] 제안하는 하드웨어 블록도

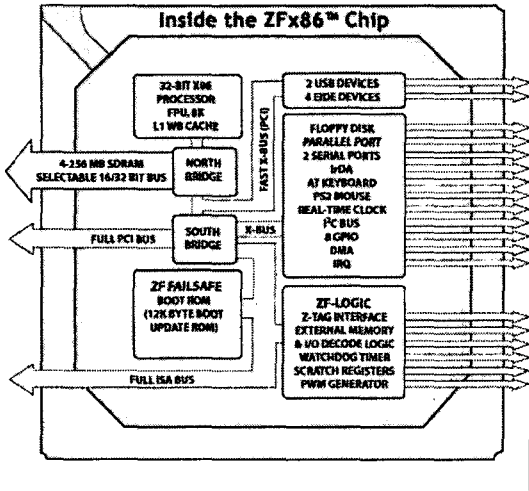
제안된 하드웨어의 구성 및 동작 원리를 살펴보면 다음과 같다.

첫 번째 부분은 A/D 변환 부분과 영상 오버레이 부분으로 광학 부분의 카메라에서 입력된 아날로그 영상은 SAA7111 칩을 통해 A/D 변환된다[4]. 그리고 이 변환된 영상 데이터를 계속해서 보여주고, 시력 측정 시에는 측정 결과와 함께 입력 영상을 합쳐서 보여주기 위해 일반 노트북이나 LCD 패널용 VGA 제어칩으로 널리 사용되고 있는 Chips and Technologies 사의 CHIPS69000 칩을 사용하였다. 이 칩은 2Mbyte 의 비디오 램을 내장하고 있어 기존의 전자 부문 하드웨어를 대체할 수 있는 소형 보드 제작에 유리한 점을 갖고 있다[6].

두 번째 부분은 D/A 변환 부분으로 피검자의 안구 영상과 시력 측정 결과 영상을 합친 최종 영상을 자동 시각 굴절력 곡률계의 TV CRT 에 출력하기 위해 VGA 제어칩의 디지털 영상에 대해 D/A 변환을 수행하는 부분이다. 이 부분을 위해서 TV Encoder 칩인 AD725 칩을 사용하고 있다[7].

세 번째 부분은 비디오 캡처 부분으로써 입력 영상의 캡처를 위해 일반 TV 수신카드에 많이 사용되고 있는 Bt878a 칩을 사용해 원하는 시간에 영상을 캡처하고, 이 캡처 화면을 PCI 버스를 통해서 메모리에 저장되게 된다. 부가적으로 Bt878a 칩이 갖고 있는 24 개의 GPIO 를 이용해서 광학 부분의 광원과 스텝 모터를 제어하게 된다[8].

네 번째 부분은 알고리즘 수행부으로써 다음의 그림 3 에서 소개하고 있는 x86 계열의 ZF86 CPU 를 이용하여 플래시 메모리나 일반 하드디스크 드라이브에 저장되어 있는 Embedded Linux 기반의 영상처리 알고리즘을 수행하게 된다.



[그림 3] ZF86 CPU 블록도

특히, ZF86 CPU 는 그림 3 에서 보는 바와 같이 x86 계열의 32-Bit CPU 로서 일반 IBM 계열의 범용 컴퓨터에 구현된 인터페이스를 모두 칩 내에 내장하고 있어 소형 컴퓨터나 특정 목적의 소형장비를 개발하는데 많은 장점을 가지고 있다[9].

본 연구에서 제안된 하드웨어는 기존 제품의 광학 부문에 연결하여 테스트하였으며, 본 테스트에서는 함께 개발된 전자 부문 소프트웨어를 수행시켰으며 입력 영상 처리를 위한 모든 동작을 성공적으로 수행하였다.

본 시스템은 x86 계열의 범용 CPU 를 사용하고 있다. 기존의 시스템은 비 x86 계열의 CPU 를 사용함으로써 해당 CPU 에 맞게 변환된 운영체제나 응용프로그램 외에 일반 개인용 컴퓨터(PC)에서 사용하고 있는 운영체제나 응용프로그램을 사용할 수 없는 환경이다. 또한 기존 시스템의 입출력 장비의 인터페이스 부분은 다른 장비와의 호환성을 갖고 있지 않기 때문에 입출력 장비를 교체할 경우 시스템 보드 전체를 다시 제작해야 하는 불편함을 가지고 있다. 그러나 본 시스템은 범용 CPU 를 사용함으로써 일반 개인용 컴퓨터에서 사용하는 운영체제나 응용 프로그램을 그대로 사용할 수 있는 개발 환경을 제공하며 기존의 개인용 컴퓨터에서 지원하는 입출력 장비를 대부분 지원하고 있으므로 개발 완료 후 필요 없는 입출력 장비와 인터페이스 부분은 사용하지 않으면 된다.

또한 하드웨어적으로 기존의 시스템에서는 보드의 톰에 삽입된 프로그램을 디버깅하거나 업그레이드 할 경우, 또는 다른 기능을 갖는 프로그램을 추가하고자 할 경우, 일반 범용 시스템에서 새로운 프로그램을 개발하고 개발된 프로그램을 기존 시스템에서 사용한 CPU 에 맞도록 고가의 크로스 컴파일러를 이용해 변환시켜 준 후, 시스템을 정지시키고 시스템 보드의 톰을 톰 라이터와 같은 장비를 이용해서 개선된 프로그램으로 다시 프로그래밍 한 다음, 시스템에 톰을 다시 장착한 후, 구동시키고 테스트 해 보는 등의 일련의 복잡한 과정을 거쳐야 한다.

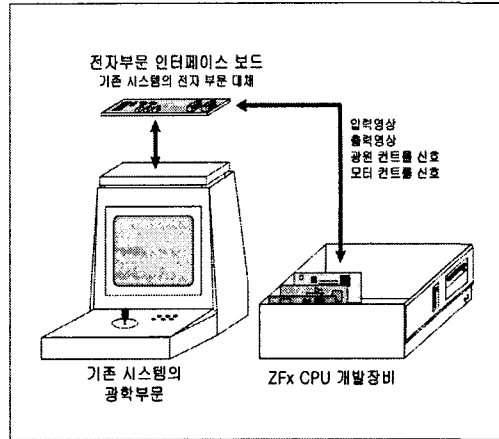
본 연구에서 사용한 시스템은 이러한 일련의 복잡한 과정 대신 개발 장비 자체가 개발자의 PC 환경과 같은 개발환경을 제공해 주고 있으므로 개발 장비 상에서 프로그래밍을 하고 결과를 그 자리에서 볼 수 있으며 개발 완료된 프로그램을 바로 시스템 보드에 삽입할 수 있다. 또한 보드상에서 개발자의 프로그램을 저장할 수 있는 장치로는 일반 톰이나 컴팩트 플래시카드, 일반 하드디스크 등의 다양한 장비를 사용할 수 있다.

이러한 환경을 통해 개발된 본 시스템은 개발자가 프로그램을 구현하고 이를 디버깅한 후 최종 마무리하는 단계까지의 개발기간이 상당히 단축되며, 개발된 시스템 보드에서는 일반 PC 에서 사용하는 범용 운영체제나 응용프로그램을 구동시킬 수 있으므로 추후의 프로그램의 개선을 위한 업그레이드 작업 저비용으로 신속하게 수행할 수 있다. 즉 범용 입출력 장비 대부분을 지원함으로써 메인 보드의 변화 없이 주변 입출력 장비의 변화에 대처 할 수 있으며, 개발자가 일반 시스템에서 개발한 응용프로그램 대부분을 고가의 크로스 컴파일러를 통한 변경 없이 구동시킬 수 있다.

5. 연동 실험

본 논문에서 제안한 하드웨어는 기존 제품의 광학 부문에 연결하여 테스트하였다. 테스트 환경은 그림 4 와 같이 집안기 광학부문, ZFx CPU 개발장비 부문 그리고 전자부문 인터페이스 보드로 구성하였으며, 굴절력 곡률계에서의 광학부문은 기존 제품 중에서 입력 영상을 처리하여 시력 측정 알고리즘을 수행하는 전자 부문을 제거한 것으로 제거된 전자 부문은 전자부문 인터페이스 보드 및 본 논문에서 제안한 시스템으로 대체하였다.

본 테스트에서는 함께 개발한 전자 부문 소프트웨어를 수행 시켰으며 입력 영상에 대한 처리 및 시력 측정 결과 영상 출력을 성공적으로 수행하였다.



[그림 4] 인터페이스를 통한 연동 테스트

6. 결론

본 논문에서 제안된 전자 부문 하드웨어는 기존의 자동 시각 굴절력 곡률계의 전자 부문에 비해 월등히 유리한 소프트웨어 개발 환경을 가지고 있으며, 추후에 기능 개선 및 새로운 기능의 추가에도 유리한 환경을 제공하고 있다. 실제로 현재 안경점에서는 고객 관리용 일반 PC 와 자동 시각 굴절력 곡률계를 번갈아 오가며 시력 측정과 고객 관리 작업을 수행하고 있으나, 본 연구의 경우 자동 시각 굴절력 곡률계 내부에 기존의 PC 에서 개발된 고객 DB 용 소프트웨어를 수행할 수 있으므로 공간 절약 및 비용의 절감을 이룰 수 있으며, 또한 안구 영상을 통해 여러 가지 질병을 진단할 수 있는 방법이 제안되었을 경우, 이를 소프트웨어만으로 구현, 추가함으로써 전체 기능을 확장시킬 수 있다.

참고 문헌

- [1] 미래광학, Auto Ref/Keratometer MRK-2000 서비스 매뉴얼 Revision 1.0, 미래광학.
- [2] 미래광학, Auto Ref/Keratometer MRK-3100 사용설명서 Revision 1.0, 미래광학
- [3] 성풍주, "안경광학[I]," 대학서림, 1989.
- [4] Philips, SAA7111 Data Sheet, Philips, May, 1998.
- [5] Philips, SAA7185 Data Sheet, Philips, Jul, 1996.
- [6] Chips and Technologies, 69000 HiQVideoTM Accelerator with Integrated Memory Data Sheet, Chips and Technologies, Aug, 1998.
- [7] Analog Device, AD725 Data Sheet, Analog Device.
- [8] Conexant, FusionTM878A Data Sheet, Conexant, Dec, 1999.
- [9] ZF Micro Device, ZFx86TM System-on-Chip Data Book, ZF Micro Device, May, 2001.