

기술 특 집

편광방식 입체영상 디스플레이 시스템의 의료분야 응용기술 구현

권기철, 김 남 (충북대학교 전기전자컴퓨터공학부), 홍종면 (충북대학교 의과대학흉부외과)

I. 머리 말

인간은 외부로부터 수많은 정보를 오감에 의해 받아들이며, 그 중 시각을 통해 약 70%를 받아들인다. 이러한 시각을 바탕으로 한 영상기술은 TV 방송기술, 영상처리기술, 머신 비전(machine vision)기술 등으로 계속 확장되고 있다. 영상기술의 발달은 HDTV 방송의 실현과 더불어 급속하게 전개되고 있으며, 이러한 발전은 최근 인간이 보고 느끼는 실영상을 그대로 재현하고자 하는 고품질 3차원 입체영상의 구현에 대한 욕구를 충족시키고자 하는 방향으로 전개되고 있다. 3차원 입체영상은 평면영상에 비해 깊이감(sense of depth)의 표현에 의한 물체간의 상대적인 위치를 인식할 수 있는 현장감 때문에 차세대 방송기술의 목표일 뿐만 아니라 원격진료/진단/시술 등의 의료분야, 시뮬레이터에 의한 교육/훈련 분야, 가상현실을 이용한 게임 분야, 광고 분야에서 폭 넓게 적용할 수 있는 유용한 기술로 인식되고 있다^[1-3].

3차원 입체영상 시스템은 좌측 영상과 우측 영상을 획득하는 카메라 장치와 이를 표현하는 디스플레이 장치로 구성된다. 카메라 장치는 인간의 두 눈과 같이 두 대 이상의 카메라를 사용하여 영상을 입체적으로 획득하는 입체영상 카메라 장치를 말하며, 디스플레이 장치는 관측자가 입체적으로 관측할 수 있도록 입체영상을 표현하는 장치를 말한다. 입체영상을 구현하는데 있어 가장 큰 목표는 인간의 시각기능을 인공적으로 구현하는데 있으며, 이를 위해서는 우선적으로 입체영상의 획득에 있어 관측영상에 대한 3차원 공간의 인지가 우선적으로 이루어져야 한다.

인간의 시각은 좌, 우 두 눈으로 구성되어 있으며 양안시차(binocular parallax), 주시각 조절(vergence control), 운동시차(motion parallax), 초점조절(accommodation)의 4가지 기능과 두뇌에 미리 기억된 정보에 의해 주어지는 심리적인 현상의 도움에 의해 3차원 공간을 입체적으로 자연스럽게 인지하는 능력을 지니고 있다^[1-2]. 때문에 인간의 시각기능에 충실한 좌, 우 영상을 인공적으로 입체영상 카메라 장치를 통해 획득했다면, 이를 표현하는 3차원 입체영상

디스플레이 장치는 단순히 획득된 좌, 우 영상을 관측자의 좌, 우 눈으로 각각 독립적으로 보여줌으로써 관측자는 그 영상에서 현실감 있고, 자연스러운 공간감을 느낄 수 있다.

3차원 입체영상 디스플레이에 관한 기술은 인간에게 보다 현실감 있고, 자연스러운 시각정보의 전달을 위해 과거 수세기 동안 끊임없이 노력해오고 있다. 그러나 오랫동안의 연구기간과 무한한 응용 분야를 갖고 있는 반면, 현재 일부 분야에 한정되어서만 3차원 영상 디스플레이를 사용하고 있는 것이 현실이다. 본 연구에서는 지금까지 구현되었던 3차원 입체영상 디스플레이 방식에 대한 평가를 통해 산업분야 혹은 의료영상분야에 가장 가깝게 접근시킬 수 있는 편광방식 입체영상 디스플레이 시스템의 구현과 이에 따른 응용분야 분야인 미세현미경 입체영상 획득 장치 및 내시경 입체영상 획득 장치의 개발에 대해 기술하고자 한다. 또한 개발된 시스템의 의료 동물실험을 통한 평가에 대해 기술한다.

II. 편광방식 입체영상 모니터 시스템 개발

1. 3차원 디스플레이

지금까지 개발되었거나 연구되고 있는 3차원 디스플레이 기술은 기구적인 측면에서 크게, 관찰자가 특수한 안경을 착용해야 하는 안경식(stereoscopic)과, 안경을 착용하지 않고서도 3차원 영상을 관찰할 수 있는 무안경식(autostereoscopic)의 두 범주로 나누어진다^[4]. 안경식 3차원 디스플레이는 관측자의 왼쪽 눈과 오른쪽 눈에 서로 다른 시야각으로 획득된 영상 혹은 시차가 있는 영상을 보여주고 관측자의 뇌로 하여금 깊이감을 느끼게하는 방식이다. 좌, 우 영상을 분리하는 방식에 따라 편광 안경 방식, 셔터 안경 방식 등이 있다. 이 방식의 가장 큰 단점은 안경을 착용해야 하는 불편함과 낮은 광 효율 등이 있다.

안경식의 단점을 극복하기 위하여 연구되고 있는 무안경식 3차원 디스플레이에는, 관측자의 시차를 이용하는 다시점 양안 시차 디스플레이 방식과, 공간상에 실제로 3차원 영상을 형성하는 체적형 디스플레이 방식, 3차원 물체의 파면을

그대로 재현하는 홀로그래픽 방식 등이 있다¹⁵⁾. 다시점 디스플레이 방식은 디스플레이 패널 앞에 렌티큘러 렌즈(lenticular lens)나 시차 장벽(parallax barrier)등을 설치하여 안경을 착용하지 않고 좌, 우 영상을 분리하여 일정한 위치에 있는 관측자로 하여금 깊이감을 느끼게 하는 방식으로서, 안경을 착용하지 않고 입체영상을 디스플레이 할 수 있다는 점에서 장점이 있다. 그러나 관찰 시점이 증가 할수록 영상의 해상도가 떨어지고, 수직방향의 시차는 가질 수 없다는 단점이 있다.

최근 무안경 방식의 문제점들을 극복하기 위한 연구로 다시점 기술, 시점 추적 기술, 렌즈 어레이(array)를 이용하여 수평방향과 수직방향 모두 시차를 갖게 하는 직접적인 직접 영상(integral imaging) 기술이 널리 연구되고 있다.

수많은 3차원 입체영상 디스플레이 기술이 구현되거나 혹은 제안되어 오고 있지만, 이러한 모든 방식들에는 안경 착용의 불편함, 해상도 저하, 구현의 어려움 등, 각각에 대한 단점을 갖고 있다. 본 연구에서는 의료분야 혹은 산업분야 등의 특정 분야에서 고해상도와 안정적인 입체영상을 제공할 수 있다고 판단되는 편광방식 입체영상 모니터 시스템을 구현에 대해 기술한다.

2. TFT-LCD를 이용한 편광방식 입체영상 디스플레이 구현

1) 편광방식 입체영상 모니터의 광학적 특성 편광방식 입체영상 모니터는 빛의 파동성을 이용한 것으

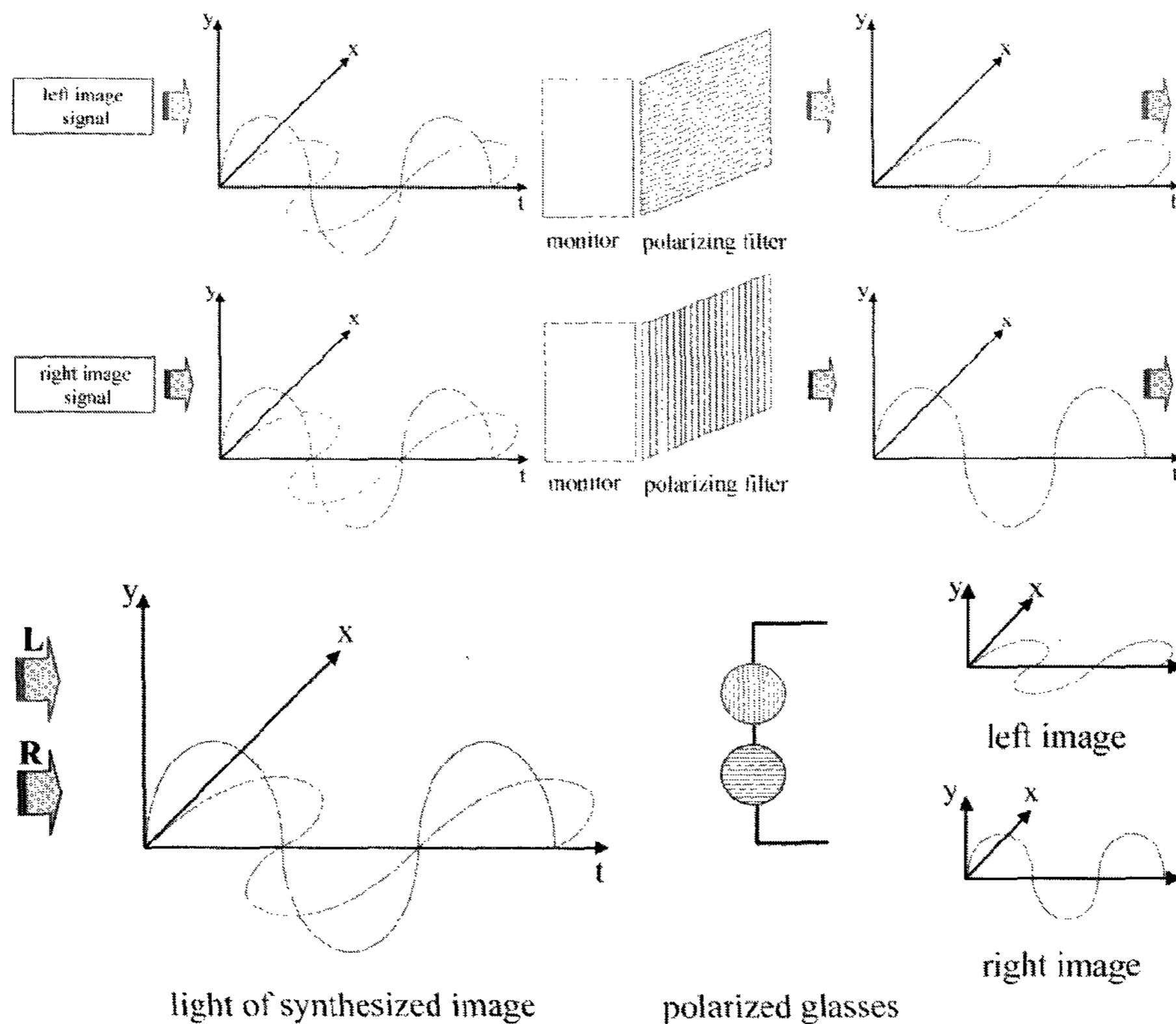
로 편광필터를 사용하여 좌, 우 영상을 관측할 수 있게 한 장치이다. [그림 1]에서와 같이 두 개의 편광필터를 서로 2개의 편광필터를 서로 90°의 위상차가 발생하도록 하여 좌, 우 영상의 출력모니터에 각각 부착하여 좌, 우 영상을 편광시키고, 다시 하나의 영상으로 광학적 합성한 후 관측자에게 보여 주게 되는데, 관측자는 좌, 우 모니터에 부착된 편광필터와 동일한 위상차를 갖는 편광안경을 착용함으로써 좌, 우 영상을 각각 좌측 눈과 우측 눈에 완전히 분리시켜 관측할 수 있다. 2개의 모니터에서 서로 90°의 위상차를 갖는 방향으로 편광되어 출력된 영상은 하프미러(half beam splitter)에 의해 반사 또는 투과되어 하나의 단일 영상으로 다시 합성된다.

좌, 우 영상의 광학적 합성을 위한 하프미러는 45°의 입사각으로 입사된 빛의 50%는 투과하고, 50%는 반사하는 특성을 가지고 있어 두 대의 모니터를 서로 90°기 되도록 배치하고 하프미러를 각 모니터에 대하여 45°의 각도로 설치하면 두 모니터에서 출력되는 영상을 합성할 수 있다.

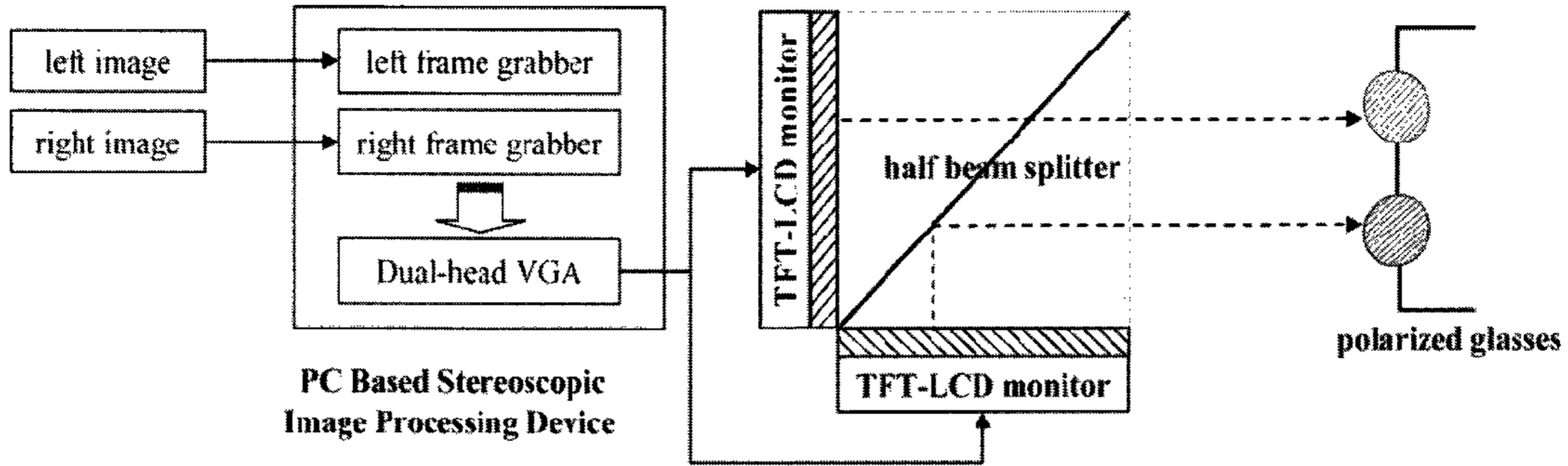
기존 CRT(Cathode-ray Tube)를 이용한 편광방식 입체영상 모니터의 경우에는 편광필터를 좌, 우 모니터 전면면에 부착하였으나 TFT-LCD의 경우에는 LCD 양단에 편광필터가 부착되어 있어 LCD자체의 편광성분을 사용함으로써 편광필터에 의한 빛의 손실을 많이 줄일 수 있다.

2) TFT-LCD를 이용한 편광방식 입체영상 모니터의 구현

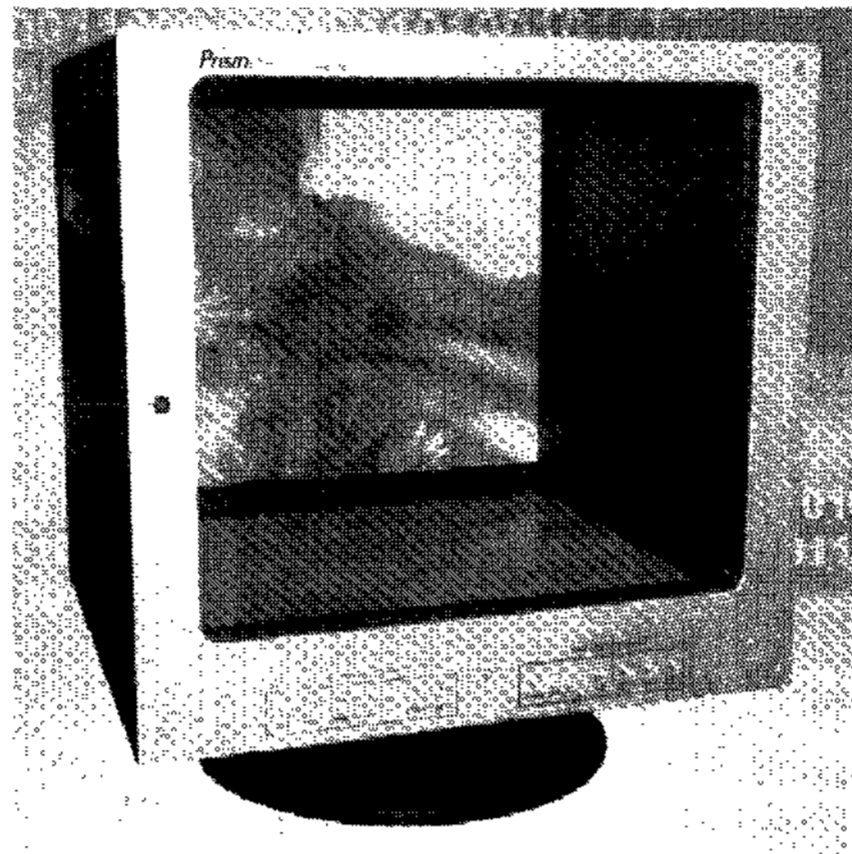
2대의 15인치 TFT-LCD 모니터와 하프미러를 이용하여



[그림 1] 편광방식 입체영상모니터의 광학적 원리



(a) Block diagram of TFT-LCD polarized-light stereoscopic monitor



(b) Manufactured polarized-light stereoscopic monitor

[그림 2] 편광방식 입체영상모니터의 설계 및 구현

고화질 입체영상 디스플레이용 편광방식 입체영상 모니터를 설계/제작하였다. CRT 모니터와 달리 TFT-LCD 모니터를 사용함으로써 모니터의 전면에 편광필터가 필요하지 않으며, [그림 2](a)와 같은 구조에서 좌, 우 모니터의 출력영상의 광학적 합성을 위한 하프미러만 배치된 아주 간단한 구조로 설계/구현하였다. 구현된 입체영상 모니터는 전기적 입력신호는 PC기반 입체영상 처리장치에서 출력되는 2채널 디지털 영상신호인 DVI(Digital Video Interface)신호를 기본으로 하여 입체영상의 디스플레이에 있어 완전한 디지털 신호만을 사용하도록 하였다. 이는 아날로그 영상신호를 사용할 때 나타나는 여러 가지 잡음을 제거할 수 있어 선명한 입체영상을 제공할 수 있게 한다.

밑면의 좌 영상을 디스플레이 시키기 위한 TFT-LCD 모니터에서는 영상의 좌, 우 반전(미러 영상)이 필요하다. 본 설계에서는 영상의 좌, 우 반전을 PC기반 입체영상 처리장치에서 소프트웨어적으로 처리하도록 설계하였다.

설계도를 바탕으로 입체영상 모니터의 케이스를 알루미늄을 소재로 제작하고, 2대의 TFT-LCD 모니터를 각각 밑면부와 후면부에 배치하고, 중앙에 하프미러를 정확하게 45°의 기울기를 갖도록 설치하였다. 여기서 TFT-LCD 모니터의 구동을 위한 DVI신호의 입력이 가능한 A/D 보드는 밑면의 모니터의 아래에 나란히 배치하여 동일전원으로 구동할 수 있게 하였다. [그림 2](b)는 제작된 편광방식 입체영상 모니터를 보여준다.

3) 입체영상 처리장치

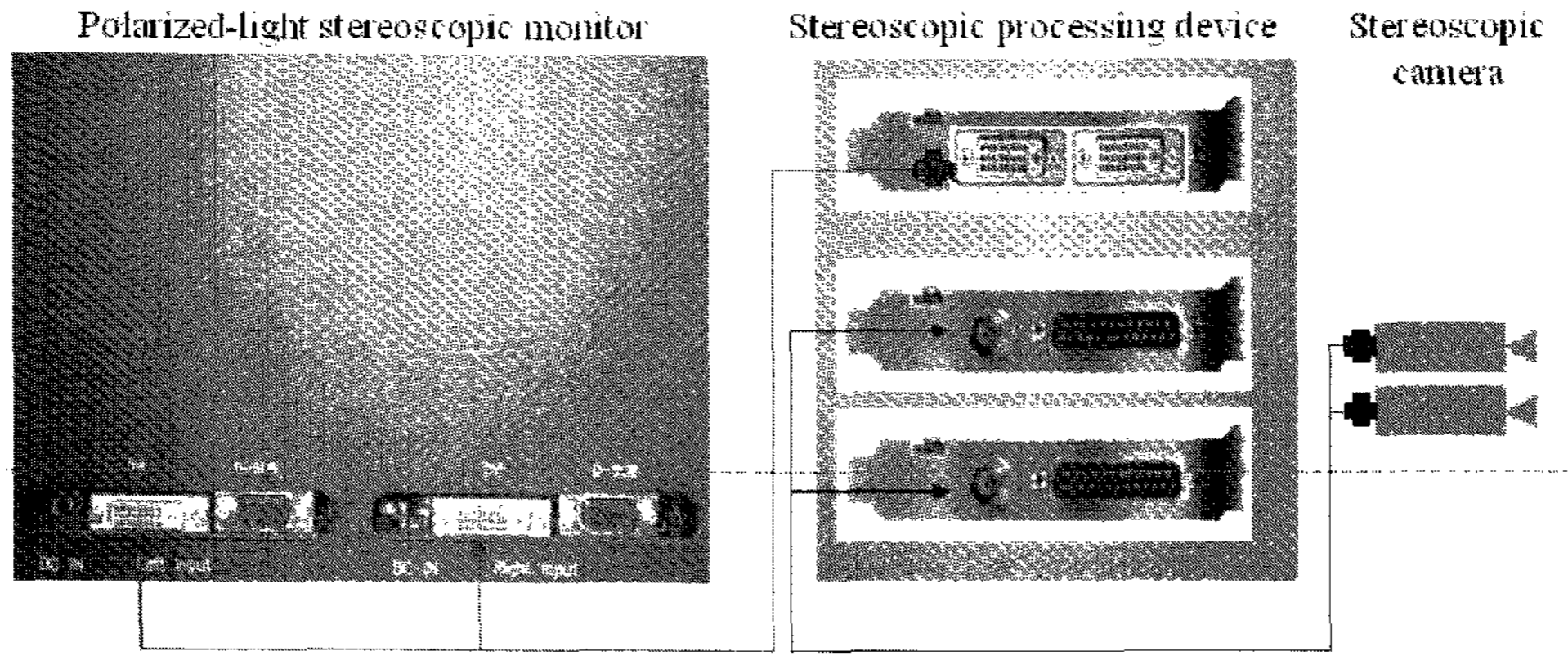
(1) PC기반 입체영상 처리장치

본 논문에서 제작된 수평이동방식 입체영상 카메라 및 편광방식 입체영상 모니터의 구동을 위해 PC기반의 입체영상 처리장치를 설계/제작하였다. PC기반 입체영상 처리장치는 좌, 우 영상을 획득하여 제작된 편광방식 입체영상 모니터 디스플레이 시키는 기능을 수행하도록 설계/제작하였다. [그림 3](a)와 같이 장치의 구성은 PC기반으로 실시간 입체영상의 획득을 위한 2대의 영상획득 보드와 2채널 디스플레이를 위한 듀얼헤드 그래픽보드로 되어 있다.

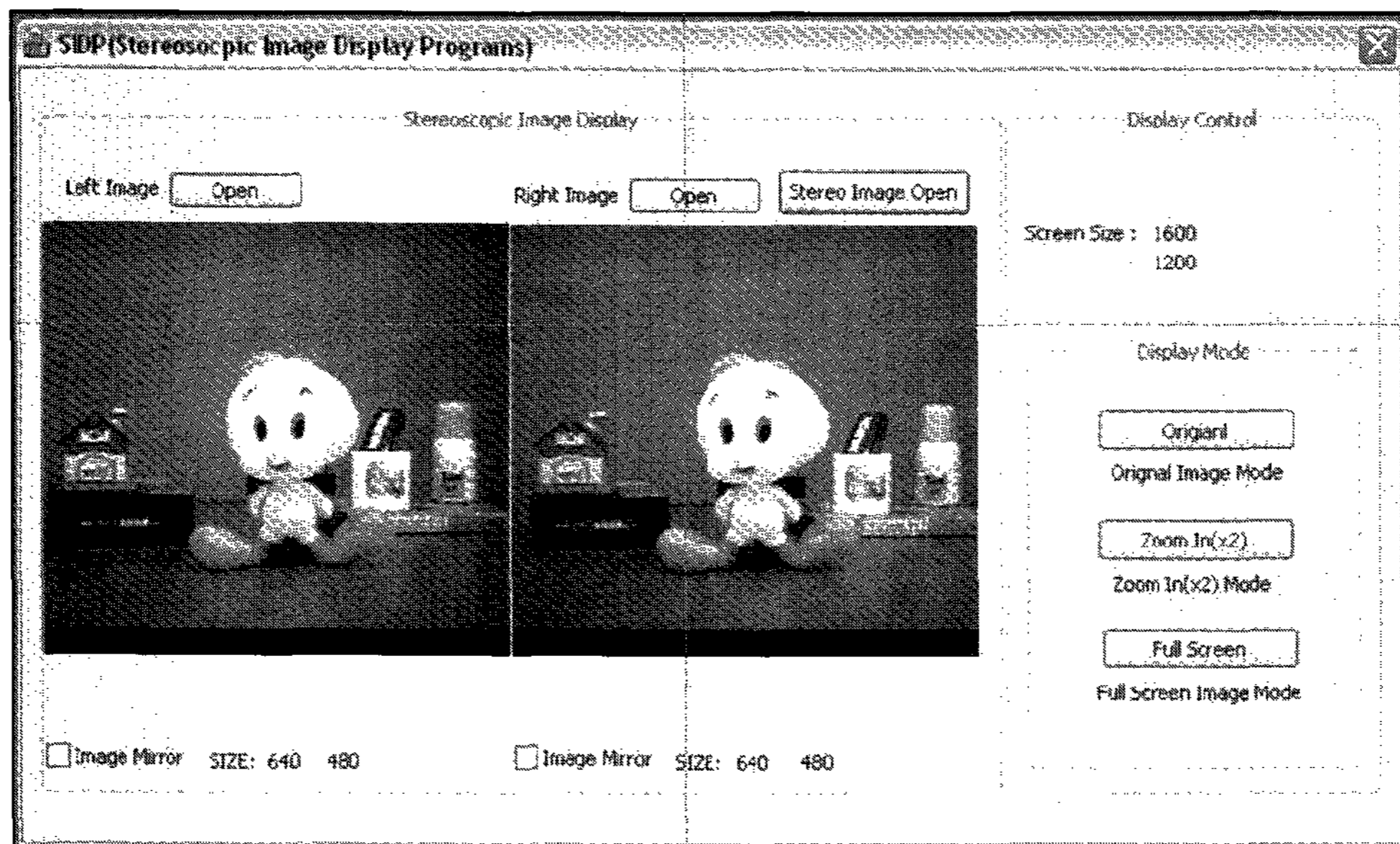
(2) 관련 소프트웨어

모든 기능들은 소프트웨어를 작성하여 제어할 수 있도록 하였으며, 여기에는 실시간 입체영상의 획득 및 디스플레이 기능 외에 입체영상의 저장, 재생, 저장된 입체영상의 슬라이드 쇼 기능의 함수를 추가하였다. [그림 3](b)는 입체영상 획득 및 저장, 재생에 관한 기능을 소프트웨어 작성한 프로그램 실행 화면을 보여준다.

본 논문에서 구현된 편광방식 입체영상 모니터 시스템은 TFT-LCD 모니터를 사용함으로써 추가적인 편광필터에 의한 빛의 손실을 최소화 하고, 입체영상 처리장치를 통해 아날로그 입체영상 신호를 획득하고 다시 그래픽 보드를 통해



(a) Concept of stereoscopic image processing device



(b) Program for stereoscopic image display

[그림 3] 입체영상 처리장치

디지털 영상신호를 디스플레이 시킴으로써 영상의 고품질의 입체영상을 제공할 수 있기 때문에 장시간 입체영상의 관측에 유리하도록 구현된 시스템이다.

III. 의료영상분야의 응용기술 구현

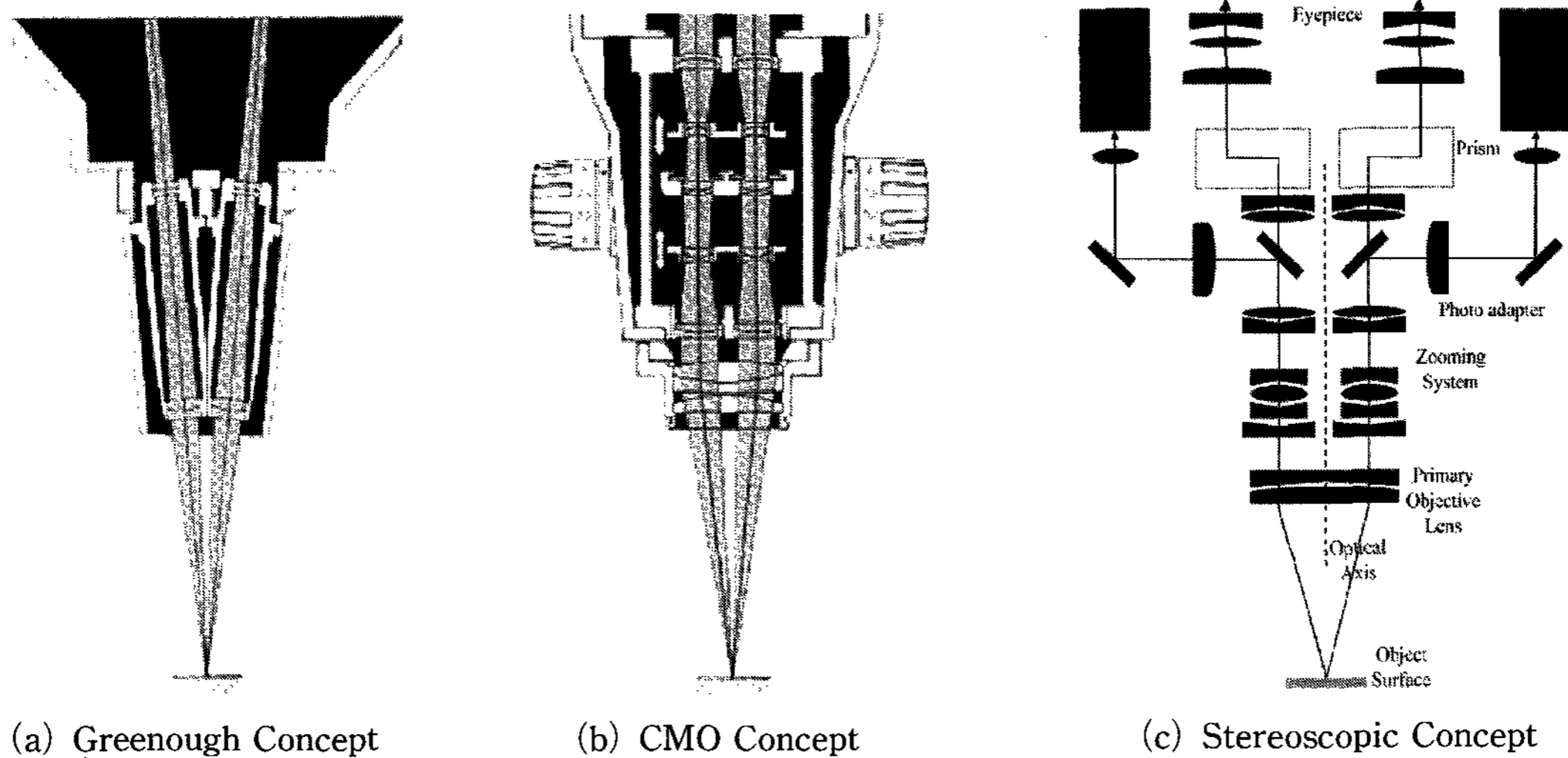
의료영상 분야에서 계속적으로 시도되고 있는 3차원 입체영상 기술의 도입은 스테레오 미세 현미경 혹은 내시경 등을 사용하는 의료검사 혹은 수술에서 정확성 및 시술시간의 단축에 많은 도움을 줄 수 있다. 현미경 혹은 내시경을 적용한 의료영상 분야에서는 현재 대부분 정확한 깊이감이 제공되지 않는 2차원 영상을 사용하기 때문에 잘못된 시술 혹은 오진에 대한 가능성이 높다. 단지 영상에만 의존하는 의료수술 혹은 진단 분야에 3차원 입체영상 기술의 도입은 깊이정보를 제공함으로써 시술시간의 단축 및 정확성을 높일 수 있다. 때문에 의료영상 분야에 3차원 입체영상 기술의 도입

이 절실히 요구되고 있다¹⁶⁾. 현재 의료영상 분야에서 사용하기 위한 입체영상 기술은 화질의 개선, 실시간 입체영상 획득 및 처리, 그리고 안정된 디스플레이 기술이 선행되어야 한다. 본 절에서는 의료수술 혹은 진단을 목적으로 하는 미세현미경 장치와 내시경 장치에 대한 입체영상 디스플레이 시스템의 구현에 대해 기술한다.

1. 미세현미경 입체영상 디스플레이 시스템

1) 스테레오 현미경의 구조분석

스테레오 현미경은 관측하고자 하는 물체에 대해 약간의 시야각을 두어 좌, 우 눈에 서로 다른 영상을 보여준다. 즉 인간이 두 눈으로 입체영상을 보는 것과 같은 원리로 되어 있다. 현재 스테레오 현미경의 디자인에는 [그림 4]와 같이 가격이 싸고, 단순한 형태의 Greenough 개념과 확장이나 모듈화로 디자인된 CMO (Center Mounted Object) 개념의 두 가지가 있다¹⁷⁾. CCD 카메라 및 기타 장비를 부착하기



[그림 4] 스테레오 현미경 개념도 및 입체영상 획득을 위한 현미경의 구조도

위해서는 일반적으로 CMO 개념을 사용한 현미경을 사용해야 한다.

소화 되도록 현미경 입체영상 획득 시스템을 구현하였다. [그림 4](c)는 CMO 개념의 스테레오 현미경을 사용한 입체영상 획득장치의 개념도를 보여 준다.

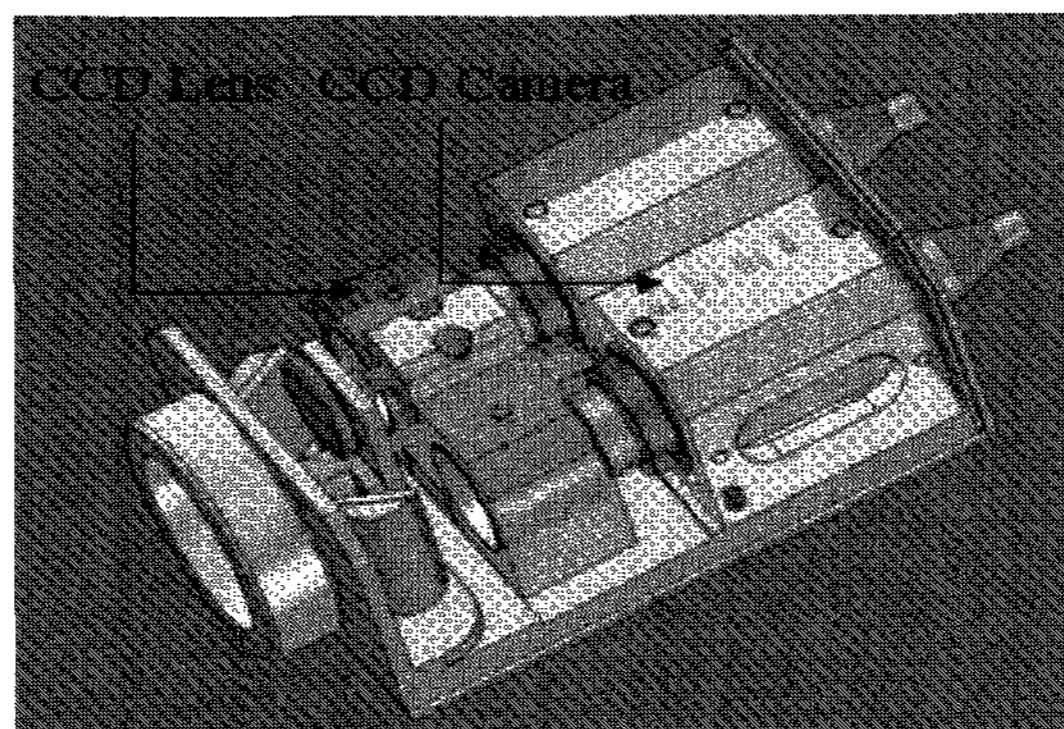
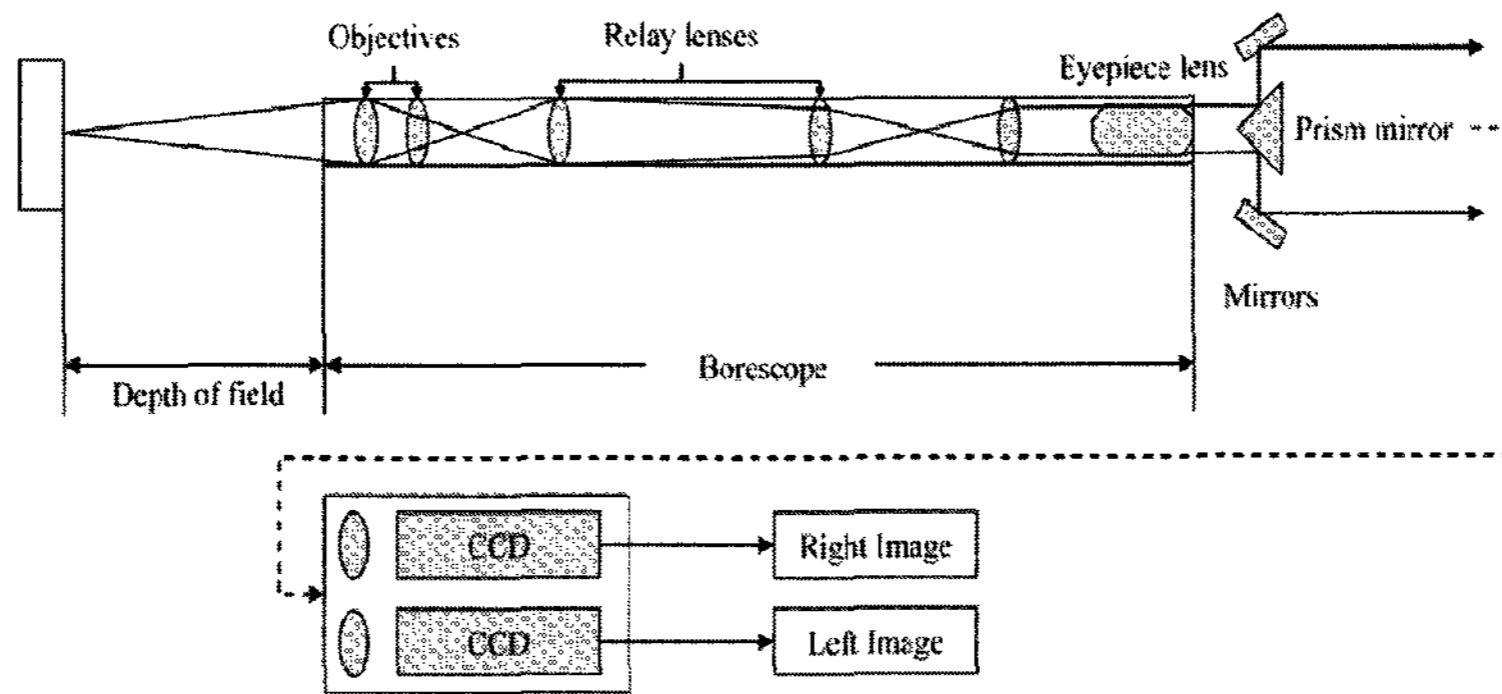
2) 현미경 입체영상 획득 시스템 구현

입체영상을 획득 원리는 스테레오 현미경의 대물렌즈에서 좌, 우 대안렌즈를 통하는 두 광축에 각각의 포토 어댑터 (beam splitter)를 설치함으로써 대안렌즈에 맺히는 영상과 동일한 좌, 우 영상이 CCD 카메라에 획득되도록 하는 것이다. 입체영상의 관측의 피로를 최소로 하기위해 좌, 우 두 개의 접안렌즈를 통해 보이는 영상과 동일하게 CCD 카메라에서 입체영상이 획득되게 함으로써, 입체영상의 왜곡이 최

2. 내시경 입체영상 디스플레이 시스템

1) Rigid Type 내시경을 사용한 입체영상 획득 시스템 구현

Rigid type의 내시경은 일정한 화각의 영상을 릴레이 렌즈(relay lens)들을 통해 대안렌즈 혹은 CCD 카메라로 보내도록 설계되어 있다. 이러한 내시경을 이용하여 입체영상



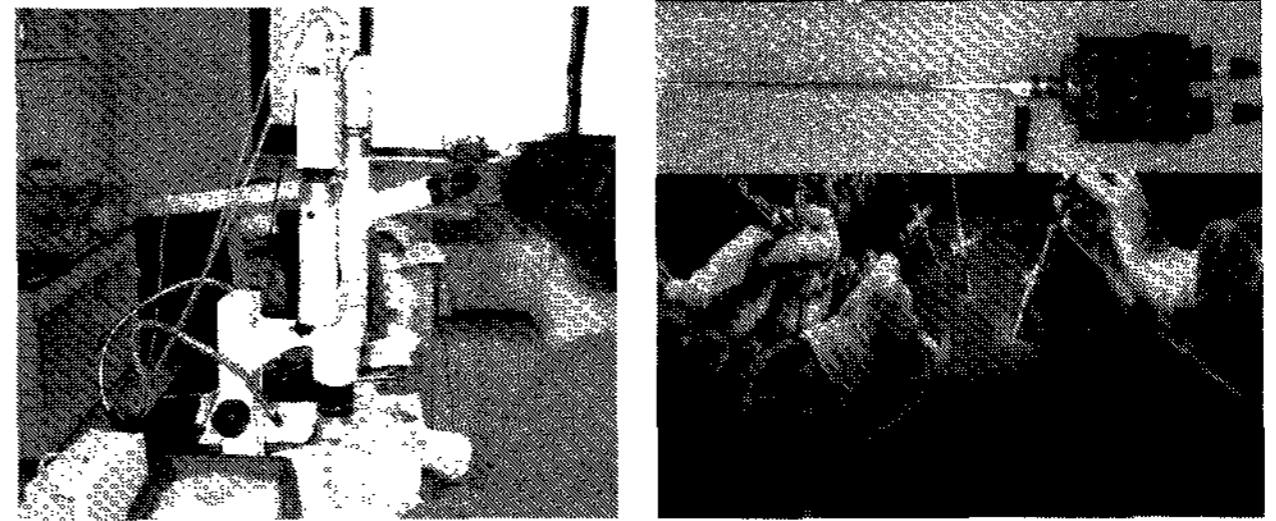
[그림 5] 내시경 입체영상 획득장치의 구성도

을 획득하기 위해서는 일정한 화각을 좌, 우로 분리시키기 위한 광학분리 장치와 입체영상 카메라가 필요하다. 본 연구에서는 내시경의 대안렌즈 뒷부분에 prism mirror와 mirror를 조합하여 광학분리 장치를 만들고, 뒷단에는 두 대의 CCD 렌즈와 CCD 카메라 장착하여 좌, 우 영상이 획득되도록 입체영상 내시경 획득장치를 구현하였다. 이러한 원리는 입체영상 카메라의 디자인과 관련하여, single-lens, multi-sensor¹⁸⁾ 디자인을 사용한 것이다. [그림 5]는 내시경 입체영상 획득장치의 구성 및 개념을 보여준다.

IV. 평 가

구현된 입체영상 시스템을 의료용으로 적용하기 위한 적용 평가 및 성능실험을 하였다. 적용 평가 및 성능실험은 [그림 6]과 같이 구현된 현미경 및 내시경의 입체영상 디스플레이 시스템을 사용한 동물실험으로 적용분야의 선정 및 보완점에 대한 평가를 수행하였다.

먼저 적용평가에서는 의과대학과의 동물실험을 통한 조사에서 의료분야의 흉부외과, 이비인후과, 내과, 비뇨기과 등에서 의료 시술 및 검사에 많은 도움이 기대될 것으로 적용가능성을 인정받았다. 또한, 보완점으로는 입체영상획득용 CCD 카메라의 성능개선이 필요하며, 디스플레이 모니터의 해상도 및 크기가 개선 등이 지적되었다. [표 1]은 구현된 시스템의 평가 결과를 보여준다.



[그림 6] 구현된 의료용 현미경 및 내시경의 입체영상 디스플레이 시스템

[표 1] 구현된 입체영상 시스템의 평가

안정성	편리성	상용화 가능성	적용분야	기 타
48시간 이상 동작 이상 없음	기존 2D영상에 비해 작업효율 증가됨	몇몇 보완점 개선시점에서 상용화 가능	흉부외과 내과 등 내시경 사용분야	시제품의 제품화 가능성이 높음

V. 결 론

3차원 입체영상을 의료분야에 적용하기 위한 노력으로 본 연구에서는 입체영상 디스플레이 방식 중 가장 안정적이라고 판단되는 편광방식 입체영상 디스플레이 시스템을 구현하고, 미세현미경 및 내시경의 3차원 입체영상 디스플레이 시스템을 개발하였다. 그리고 개발된 시스템을 적용한 동물 실험을 수행하였다.

현미경 입체영상 획득 시스템에서는 기존의 스테레오 현미경 장치를 그대로 이용하고 단지 두 대의 CCD 카메라를 장착함으로써 간단히 안정된 품질의 입체영상을 획득할 수 있는 시스템을 구현하였다. 다음은 Rigid type의 내시경을 사용한 내시경 입체영상 획득장치를 구현하였다. 이를 위해 하나의 경로를 통해 들어오는 빛을 좌, 우 영상으로 나누어 주기 위한 광학 분배장치를 구현하고 두 대의 CCD 카메라를 통해 내시경의 영상을 입체영상으로 획득되도록 시스템을 개발하였다.

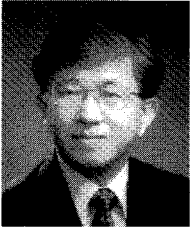
마지막으로 의과대학과의 동물실험을 통한 개발 시스템의 적용 및 성능평가 실험을 수행하였다. 실험에서는 의료 적용 시 의료영상을 사용하는 분야에서 적용의 많은 장점이 있음을 확인하였고, 일부 시스템의 성능을 개선한다면 의료분야에서의 편리하게 사용할 수 있음을 확인하였다. 현재 계속적으로 의과대학 혹은 병원에서 시스템의 성능을 평가하고 있

으며, 추후 평가 결과에 따른 개선작업이 계속적으로 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] I. P. Howard and B. J. Rogers, Oxford Psychology Series No.29, Binocular vision and Stereopsis, Oxford University press, 1995.
- [2] 손정영, 천유식, "3차원 영상기술 현황 및 전망". 광학기술, Vol.5, No.2, 2001.
- [3] A. Dumbreck, C. Smith, and S. Murphy, "The development and evaluation of a stereoscopic television system for remote handling", Image Technology Journal of BKSTS, pp.8-12, Jan. 1990.
- [4] T. Okoshi, "Three-dimensional displays", Proc. IEEE, Vol.68, pp.548-564, 1980.
- [5] 이병호, "3차원 디스플레이 기술 개발 동향", 광학기술, Vol.7, No.4, pp.26-35, 2003.
- [6] 권기철외, "의료용 내시경 입체영상 디스플레이 시스템 구현", 한국광학회 2004년도 하계학술발표회 논문집, pp.148-149, 2004.
- [7] <http://www.zeiss.com/>
- [8] D. J. Montgomery, C. K. Jones, J. N. Stewart, and A. Smith, "Stereoscopic Camera Design", Proc. of SPIE, Vol.4660, 26-37, 2002.

저 자 소개

**김 남**

received his Ph.D. degree in Electronic Engineering from Yonsei University, Seoul, Korea in 1988. Since 1989, he has joined as a professor in the department of Computer & Communication Engineering, Chungbuk National University. From 1992 to 1993, he spent for one year as a visiting professor in Dr. Goodman's group at Stanford University. Also, he had gone to the Caltech in USA as a visiting professor from 2000 to 2001. He is interested in the applications of holography, diffractive optics, optical interconnection, and optical memory system.