

실시간 시분할 입체 복강경 시스템의 구현

최철호*, 서범석*, 권병헌**

*주식회사 플랫디스

**유한대학 정보통신과

전화 : (032)343-7525 팩스 : (032)343-7524

HP : 011-9974-5974

A Implementation Of Real-Time Field-Sequential Stereoscopic Endoscope System

Chul-Ho Choi*,Burm-Suk Seo*,Byong-Heon Kwon**

*FlatDis Co.,Ltd

**Dept of Information and Telecommunication, Yuhan College

E-mail : hbw075@hanmail.net

Abstract

In this paper we implemented a field-sequential stereoscopic endoscope system that can generate stereoscopic images with different perspective depth using LCD shutter. The stereoscopic image is generated from stereoscopic adapter that has LCD shutter. We have compared the stereoscopic depth of a field-sequential stereoscopic endoscope system with that of the conventional endoscope system. And the implemented system is verified by evaluation the field-sequential stereoscopic image on a Monitor. This system will be use to medical instruments in time.

한 수술 기구를 수시로 교체하면서 하는 수술 시스템이다. 미국과 일본 등, 구미 선진국에서는 이미 복강경 수술의 뛰어난 진단 및 치료효과가 증명되어 가장 발전되고 보편화된 수술 방법으로 인정받고 있다.



〈그림 1〉 복강경 수술 장면.

1. 서론

1.1 복강경 수술이란?

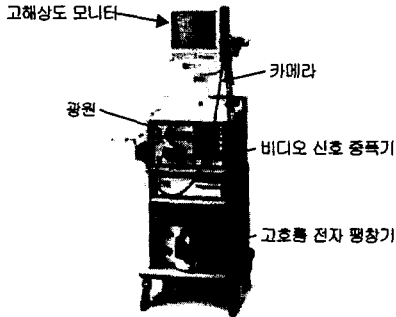
현재 의료 기술은 1989년에 미국의 한 의사에 의하여 복강경 자궁적출술이 이루어진 이래 복강경수술이 아주 많은 발전을 거듭해 왔으며, 같은 종류의 수술에 대하여 복강경수술과 개복수술을 비교한 논문이 세계적으로 많이 발표되고 있다. 이들 논문에서 거의 예외 없이 복강경수술이 개복수술에 비하여 월등하게 좋다는 결론이 보고되어 있고 과거에는 복강경으로 불가능하거나 매우 어렵다고 해왔던 수술들도 최근에는 이미 보편화가 되었거나 새로이 시도가 되고 있는 실정이다.

이러한 복강경 시스템은 비디오 모니터를 이용해서 질병을 진단하고 치료하는 최신 수술 시스템으로써 카메라(Camera), 스코프(Scope), 트로카(Trocar), 각종 수술기구(Instrument), 광원(Light Source)로 구성되어 있으며, <그림 1>과 같이, 복부에 1cm미만의 3~4개의 구멍을 트로카로 뚫고 트로카 사이로 스코프와 시술에 필요

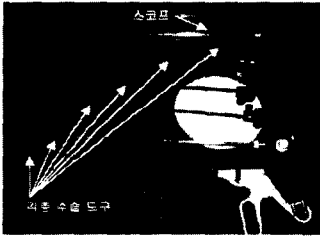
1.2 3차원 입체 복강경 시스템의 장점

복강경수술은 개복수술에 비하여 습득하기가 매우 어렵고 그 이유는 개복수술은 시야가 3차원이고 따라서 거리감, 원근감이 실제 눈에 보이는 그대로 나타나지만, 복강경 수술의 시야는 입체감이 없는 2차원으로써 복강 내부를 카메라로 통하여 모니터에 나타나게 하고 그 모니터에 나타난 복부 장기의 크기, 원근감, 위치 등을 파악해야 한다. 물체의 크기 같은 경우 개복수술의 경우에는 가까이 보든 멀리 보든 물체의 길이가 달라 보이지 않지만 복강경 수술의 경우에는 카메라로 수술 부위에 접근시키면 물체가 크게 보이고 멀리하면 작게 보인다. 따라서 물체의 크기를 가늠하는 것은 수술 기구와의 비교 또는 가늠자 등을 이용하여 계측하므로, 상당한 경험이 필요로 한다. 그러나 현실에 가까운 LCD 셔터를 이

용하여 양안에 들어오는 영상을 고정세도로서 원근감을 제공하게 되면 입체감을 자연스럽게 느끼게 되므로 집도의가 수술중에 장기 부위를 확인하기 위한 시간을 획기적으로 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 고정세 패럴렉스(양안시차)를 제공함으로써 집도의의 피로도 수술이 간편하고 수술 시간을 줄일 수 있게 된다. 이는 의도적으로 처리된 기존의 엔터테인먼트용과는 달리 오래 시술을 하여도 피곤함이나 부작용이 없는 방식이며, 화질 측면에서도 기존의 입체 편광방식을 이용한 것보다 2배 이상의 해상도를 가지는 우수성이 있다.



(a) 복강경 수술 시스템



(b) 스코프와 각종 수술 도구
<그림 2> 복강경 수술 장비

복강경 수술 시스템은 <그림 2>에서처럼 복강경 수술 도구인 스코프를 통해 모니터에 관측되는 영상을 의사가 보면서 수술을 진행하는데, 이 영상은 2차원 영상이라 세밀한 혈관이나, 내장을 수술도구로 수술하는데 무리가 있다. 따라서 현재까지 복강경 전문의들은 오랜 경험을 통해서 수술을 해왔고, 오랜 경험이 없는 일반의사들은 복강경을 사용하여 수술을 하는데 큰 무리가 있었다. 따라서, 본 논문에서는 일반복강경에 LCD 셔터를 이용하여 입력되는 영상을 시분할하여 3차원 입체 영상으로 모니터에 디스플레이하는 시분할 입체 복강경을 구현하였다.

2. 일반 복강경 시스템

현재 의료기관에서 사용하는 일반 복강경 시스템의 구성은 <그림 2>에서 보는 것처럼 다음과 같다.

가. 고해상도 모니터(High Resolution Monitor)

→ 보통 19인치 모니터를 주로 사용하며, 집도용과 보조용 모니터로 2대가 사용.

나. 카메라와 비디오 신호 증폭기 (Camera and Video Signal Enhancer)

→ 현재 CCD를 채용한 전자 카메라를 주로 사용하며, 화면의 색상 및 밝기를 제어할 수 있는 비디오 신호 증폭기가 사용됨.

다. 스코프 및 각종 수술 도구 (Scope and Instrument)

→ 스코프는 카메라 앞단에 연결되어 트로카에 의하여 개봉된 부분으로 직접 삽입되어 스코프 내부의 렌즈를 통하여 영상이 카메라에 전달됨.

라. 광원 및 광케이블 (Light Sources and Light Cord)

→ 광원으로는 300W 제논(Xenon) 광을 주로 사용하며, 빛은 신축성있는 광섬유 다발에 의하여 스코프에 전달됨.

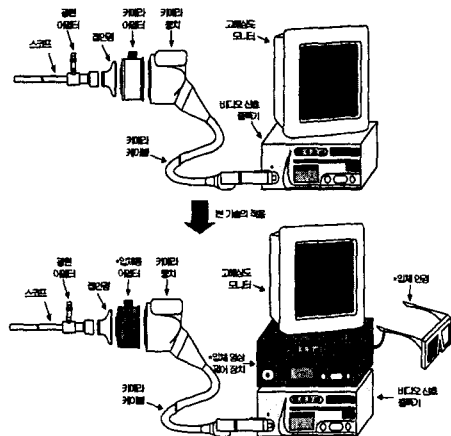
마. 고흐름 전자 팽창기 (High Flow Electronic Insufflator)

→ 수술 시 복강 내 공기 주입을 목적으로 CO2 펌프를 사용하며, 복압을 12mmHg ~ 18mmHg로 일정하게 유지시키는 데 사용됨.

3. LCD 셔터를 이용한 시분할 입체복강경 시스템

3.1 LCD 셔터를 이용한 시분할 입체 복강경 시스템의 구성

본 논문에서 제안한 LCD 셔터를 이용한 시분할 입체 복강경 시스템은 입체 영상 획득부, 입체영상처리부, 입체영상 출력부로 구성되어 있다. 입체 영상 획득부는 영상의 시차각도를 유발하는 LCD 셔터와 입체용 교대렌즈(Relay Lens)를 사용하여 일반영상을 시분할한 영상을 획득하게 되고, 입체영상 처리부는 디지털 입체 영상 제어보드와 DRAM 제어 장치에 의해 입체 영상 캡처 및 DSP 기능을 수행하게 된다. 입체 영상 출력부는 화면의 플리커(Flicker)를 제거하기 위한 싱크 더블링(Sync Doubling : 1초당 60 field의 영상을 120 field로 변환하는 기술)을 수행하며, 또한 시분할 입체 영상을 위한 LCD 셔터 고글 제어장치를 포함하고 있다.



<그림 3> LCD 셔터를 이용한 시분할 입체 복강경 시스템의 구성

<그림 3>과 같이, 본 논문에서는 기존의 복강경 시스템 중에서 영상 입력력 부에 입체용 어댑터, 입체 영상 제어장치, 그리고 입체 안경(LCD 셔터 안경)을 적용하여 입체 복강경 시스템을 구현하였다.

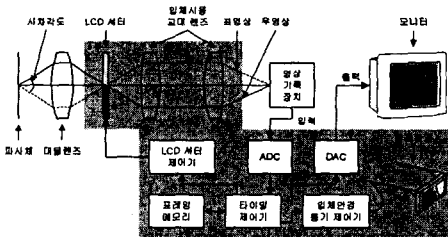
3.2 구현한 기술의 방법

3.2.1 입체 영상 획득 부

3차원 입체 영상을 획득하기 위해서는 하나의 물체를 바라보는 양안의 시선이 이루는 시차 각도와 각각의 좌/우안에 제시하기 위한 서로 다른 두 개의 상이 필요하다 [1]. 따라서 시차각도 유발용 LCD 셔터가 필요하며 복강경 대물렌즈에 의해 형성된 상은 일차로 복강경 외부에서 허상으로 형성되고, 통상 접안경(eye-piece)이라 칭하는 앞쪽 교대 렌즈에 의해 복강경의 출사동으로 모아지게 되는데 이 때, 이 출사동 위치에 LCD 셔터를 위치시켜 출사동을 이등분하여 복강경 대물렌즈에 입체영상을 위한 시차 각도를 유발시키게 된다. LCD 셔터는 전기적 신호에 의해 출사동을 반으로 나누어 좌/우를 교대로 ON/OFF하여 입체 영상에 필요한 좌/우안 영상을 시분할 한다.

3.2.2 입체 영상 처리 부

입체 영상 처리 부는 <그림 4>과 같이, 입체용 교대 렌즈 (Relay Lens)를 통하여 얻어진 좌/우 영상을 전기 신호로 변환하고, 전기적 신호로 변환한 아날로그 영상 신호를 디지털 신호로 변환하기 위하여 ADC를 사용하였다. 타이밍 제어기에서는 화면의 플리커를 없애기 위해 60Hz의 속도로 입력되는 디지털영상 신호를 프레임 메모리에 저장하고, 이를 120Hz의 속도로 출력하며, LCD 셔터 및 입체 안경을 제어하기 위한 신호를 LCD 셔터 제어기 및 입체 안경 동기 제어기에 각각 보내주기 위하여 FPGA를 이용하여 구현하였다. 또한, 60Hz의 속도로 입력되는 디지털 좌/우 영상을 타이밍 제어기에 의하여 저장하기 위하여 DRAM을 사용하였다.



<그림 4> LCD 셔터를 이용한 시분할 입체 복강경의 전체 구성도

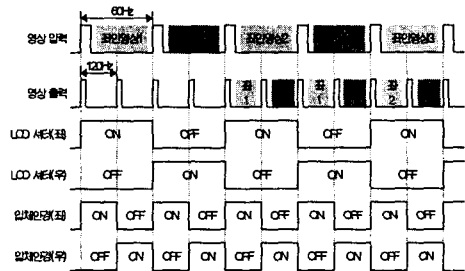
3.3.3 입체 영상 출력 부

입체 영상 출력 부는 <그림 4>에서처럼 프레임 메모리에 저장된 디지털 좌/우영상을 원래의 아날로그 신호로 변환하기 위하여 DAC를 사용하였고, 입체 안경 동기 제어기는 입체 영상 타이밍 제어기로부터 추출된 수직 동기 신호를 이용하여 LCD 셔터 제어기로부터 생성된 좌/우 ON/OFF 신호와 동기한 입체안경 좌/우 ON/OFF 신호

호를 생성하기 위하여 FPGA를 이용하여 구현하였다.

3.3.4 LCD 셔터를 이용한 시분할 입체 복강경의 타이밍

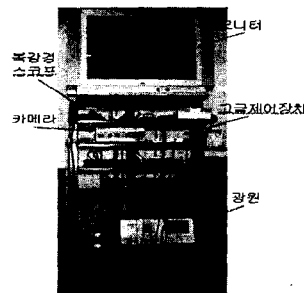
<그림 5>에서처럼 좌/우 LCD 셔터의 ON/OFF에 의하여 생성된 좌/우 입력 영상은 영상 기록 장치에 의해서 60Hz의 속도로 입력되고, 영상 출력은 타이밍 제어기에 의하여 60Hz의 속도로 입력된 좌/우 영상을 프레임 메모리에 저장하고, 그 다음 좌/우 영상이 입력될 때 120Hz의 속도로 이전에 저장했던 좌/우영상을 출력한다. 관찰자의 좌안은 좌측 LCD 셔터가 ON인 상태에서 입체 안경을 통하여 좌안 영상을 보며, 우안은 우측 LCD 셔터가 ON인 상태에서 입체 안경을 통하여 우안 영상을 플리커 없이 볼 수 있다.



<그림 5> LCD 셔터를 이용한 시분할 입체 복강경의 타이밍 도

4. LCD 셔터를 이용한 시분할 입체 복강경 구현

LCD 셔터를 이용한 시분할 입체 복강경 시스템은 일반 카메라 어댑터에 LCD 셔터를 장착하여 입체용 어댑터를 구성된다. <그림 6>은 구현한 입체 복강경 시스템의 전체 모습이다.



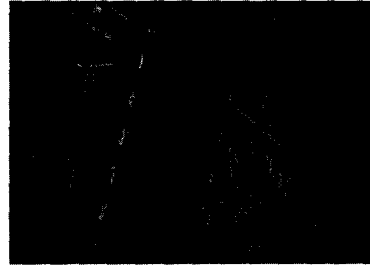
<그림 6> LCD 셔터를 이용한 시분할 입체 복강경 시스템

5. 실험 및 결과

실험은 임상실험을 할 수 있는 여건이 되지 못해 종이 박스 속에 전자부품들을 삽입하여 구멍을 통해 복강경 스코프를 삽입하여 모니터를 통하여 관찰하였다. 결과 영상은 디지털 카메라로 촬영하였으며, 그 결과 일반 복강경에 비하여 픽셀 쉬프트된 영상을 볼 수 있으며 이 영상은 아주 미세한 픽셀 쉬프트로서 LCD 셔터 고글을 착용하지 않은 사람은 일반 2차원 영상으로 볼 수가 있는 장점이 있다[2][3]. 또한 일반 엔터테인먼트처럼 과도

한 픽셀 쉬프트가 적용되지 않아 장시간 관측하여도 사용자의 눈의 피로감이나 어지러운 현상이 일어나지 않는 장점이 있다. <그림 7>은 일반 복강경 시스템의 출력영상이며, <그림 8>는 LCD 셔터를 이용한 시분할 입체 복강경 시스템의 출력영상이다.

두 그림을 비교해 보면 <그림 7>은 아주 깨끗한 영상을 볼 수 있으며, <그림 8>에서 타원으로 표시한 부분 이외에도 LCD 셔터가 입력되는 영상을 시분할 하여 픽셀 쉬프트된 영상을 출력하는 것을 볼 수 있다. <그림 9>, <그림 10>도 위와 동일한 방법으로 촬영하였으며 그 결과 픽셀 쉬프트된 3차원 영상이 출력됨을 볼 수 있다.



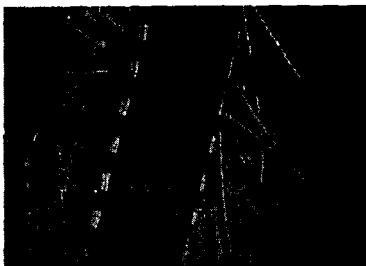
<그림 10> LCD 셔터를 이용한 시분할 입체복강경으로 측정된 3차원 영상



<그림 7> 일반 복강경으로 촬영한 2차원 영상



<그림 8> LCD 셔터를 이용한 시분할 입체복강경으로 측정된 3차원 영상



<그림 9> 일반 복강경으로 촬영한 2차원 영상

6. 결론

본 논문에서는 복강경 스코프로 입력되는 광학적 신호를 LCD 셔터의 ON/OFF를 이용하여 시분할한 다음 좌우영상을 복강경 모니터에 출력시킴으로써 픽셀 쉬프트된 영상을 얻어 LCD 셔터 고글을 착용하여 그 영상을 볼 경우 3차원으로 볼 수 있게 하였다. 본 논문에서 구현한 시분할 입체 복강경 시스템은 아주 미세한 픽셀 쉬프트만 적용하였기 때문에 복강경 수술시 의사는 3차원으로 볼수도 있고, LCD 셔터 고글을 착용하지 않았을때는 2차원 영상으로도 볼 수 있는 장점이 있다. 결론적으로 시분할 입체 복강경 시스템은 현재까지 오랜 경험으로 복강경 수술을 해온 복강경 전문의들과 복강경 수술 초보자들에게 아주 유용한 의료장비가 될 것이며, LCD 셔터를 이용한 시분할 기술은 복강경 이외에도 전자현미경 등 그 응용범위가 넓다고 볼 수 있다. 또한 수술시 복강경 수술장비로 미세한 혈관이나 장기를 잘못 건드려 실수할 확률을 일반 복강경 수술에 비하여 훨씬 감소시킬 수가 있다.

7. 참고문헌

- [1] Y. Matsumoto, et al., Conversion System of Monocular Image Sequence to Stereo using Motion Parallax, *SPIE Photonic West*, vol. 3012, pp 108-115, 1997.
- [2] B. J. Garcia, Approaches to Stereoscopic Video Based on Spatio-Temporal Interpolation, *SPIE Photonic West*, vol. 2635, pp. 85-95, San Jose, 1990.
- [3] H. Murata, et al., A Real-Time 2-D to 3-D Image Conversion Techniques Using Computed Image Depth, *SID98 DIGEST*, pp. 919-922, 1998.