

## Parallax-Barrier 방식 입체영상 디스플레이 개발

### Development of Parallax-Barrier Autostereoscopic Display

이용범\*, 이남호\*, 안상호\*\*

\*한국원자력연구소 로보트핵심기술개발팀

Tel : 042-868-2929 ; Fax : 042-868-2082 ; E-mail : yblee2@nanum.kaeri.re.kr

\*\*인제대학교 전자공학과

Tel : 0525-20-3192 ; Fax : 0525-33-3261 ; E-mail : elecash@ijnc.inje.ac.kr

#### Abstracts

An Parallax-Barrier type autostereoscopic display system is implemented to overcome the handicap of current glass-type stereo imaging system which gives operators unnatural feeling and reluctance. This system is composed of image mixing part of two input images, A/D transformation part, scan conversion part to eliminate the rainbow interference phenomenon, and pin-hole type barrier lens. For the fine display the accurate slit width of barrier is calculated in consideration of retina size, and the samsung 10.4" TFT-LCD was used as flat display monitor.

**Keywords** Parallax-Barrier, Autostereoscopic, TFT-LCD, Scan Conversion, Pin-Hole

#### 1. 서론

원격작업은 작업현장에 설치되어 있는 카메라를 통해 전송되는 영상정보를 보면서 로보트나 메뉴플레이터와 같은 작업 툴을 조작함으로써 이루어진다. 그러나 일반적으로 원격작업에 사용되는 영상정보는 2차원의 평면영상으로 사람이 직접 보고 느끼는 실 영상과는 다를 수밖에 없으며, 이러한 2차원의 영상정보는 원격작업에서 작업실수 및 작업시간의 지연을 초래하는 등 작업의 효율을 저하시키는 요인이 된다. 따라서 원격작업의 효율을 극대화시키기 위해서는 작업자에게 현장감을 부여하는 것이 필수적이다.

입체영상은 기존 원격작업에 사용되고 있는 2차원 평면영상과는 달리 보다 실 영상에 가까운 영상정보, 즉 원근감, 거리감을 제공함으로써 작업자에게 현장감을 부여하는 등 원격작업 분야의 핵심 요소기술이다.

일반적으로 입체영상 디스플레이로는 편광, 전자셔터, 색분리 방식 등 안경식 입체영상 디스플레이 방식이 널리 사용되고 있다. 그러나 이 방식은 특수안경을 착용하여야 하기 때문에 안경 착용에 대한 거부감 및 불편함을 느낄 수 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 단점을 없애고 Lenticular 방식에 비해 렌즈를 간단하고 저렴하게 구현할 수 있는 무안경식 Parallax - Barrier 입체 디스플레이를 개발하였다.

Parallax-Barrier 입체 디스플레이는 두 대의 RGB 카메라로

부터 입력되는 좌, 우 영상을 단일화면에 디스플레이하기 위한 영상 합성부, 아날로그 영상신호를 디지털화 하는 A/D 변환부, 입체영상 관측시 발생할 수 있는 무지개 간섭현상을 없애기 위한 주사 변환부, LCD 구동부, 타이밍 발생부, 그리고 편홀형 Barrier 렌즈부로 구성된다. 영상 합성부에서는 좌, 우 영상신호를 수평방향으로 화소단위로 순차적으로 합성한다. 세로줄 무늬 형태의 편홀렌즈를 통해 영상을 관측할 경우 LCD의 화소를 이루는 RGB 색성분이 가로방향으로 되어 있기 때문에 무지개 간섭현상이 발생하는데, 주사 변환부에서는 이 현상을 없애기 위해 영상을 90도 회전시켜 LCD에 디스플레이 함으로써 LCD의 가로축으로의 화소성분이 동일성분이 되도록 한다. Barrier 렌즈는 디스플레이면에서부터 관측자까지의 거리, 디스플레이면과 렌즈 사이의 거리, 그리고 화소의 크기에 따라 결정되는데, 관측자의 눈의 크기를 고려하여 정밀하게 설계하였다. 디스플레이로는 화소크기가 0.33mm×0.33mm인 삼성 TFT-LCD를 사용하였으며, 렌즈와 영상면과의 거리를 균일하게 유지시키기 위해 plexiglass를 렌즈와 LCD 사이에 두었다.

입체영상 디스플레이는 극한작업 환경에서의 원격작업 뿐만 아니라, 입체 TV, 입체영화, 광고, 의학분야 등 산업 전반에 걸쳐 광범위하게 응용되고 있으며, 특히 의학분야 및 극한작업 환경의 원격작업에 있어 작업자에게 현장감을 제공하기 때문에 작업 효율을 극대화시킬 수 있다.

## 2. 본론

### 2.1 Parallax-Barrier 방식 입체구현

#### 2.1.1 기본원리

Parallax-Barrier 방식은 좌, 우 각 눈에 해당하는 L, R 영상 앞에 세로격자 형태의 개구(Aperture)를 뚫으로써 좌, 우 눈에 각각 좌, 우 영상만을 보이게 하는 입체영상 구현방식으로, 이 방식은 영상개수, 관측거리, 영상의 폭에 따라 개구의 위치, 슬리트의 폭이 결정되는데 이들의 상호관계는 그림 1과 같다.

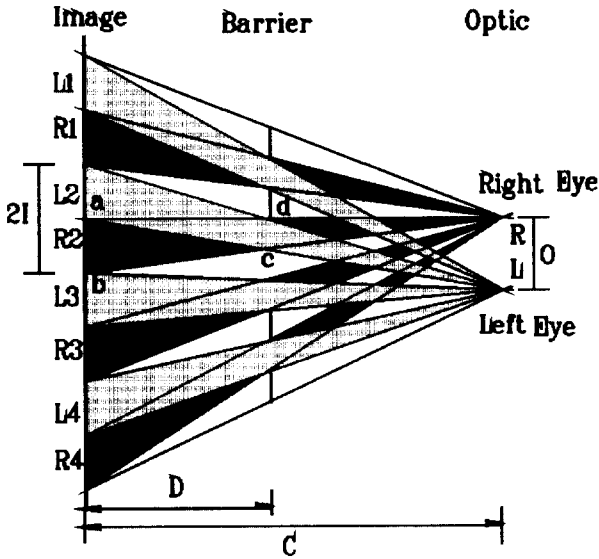


그림 1. Parallax-Barrier의 원리  
Fig 1. Principle of Parallax-Barrier

여기에서 D는 Barrier와 합성된 영상이 놓이는 영상면과의 간격, C는 관측거리, I는 영상의 폭, B'는 Barrier의 슬리트 폭, 그리고 O는 사람의 눈의 이격거리를 나타낸다. 일반적으로 성인의 평균 눈의 이격거리 O는 65mm이며 C, I, 그리고 D에 대한 B'의 상호관계는 아래의 수식과 같이 전개되어 진다. 그림 1의 닦은 삼각형 abc와 RLc로부터 Barrier와 합성된 영상이 놓이는 영상면과의 간격 D를 구하면

$$D = \frac{IC}{O+I} \quad (1)$$

닦은 삼각형 aRL과 acd로부터 Barrier의 슬리트 폭을 구하면

$$B' = \frac{DO}{C} \quad (2)$$

식 (1)에서

$$O = \frac{I(C-D)}{D} \quad (3)$$

따라서, 식 (3)을 식 (2)에 대입하여 Barrier의 슬리트 폭 B'를 구하면 다음과 같다.

$$B' = \frac{D}{C} \frac{I(C-D)}{D} = \frac{(C-D)}{C} I \quad (4)$$

#### 2.1.2 정밀 입체영상의 구성

Parallax Barrier 방식은 슬리트를 통해 합성된 입체영상을 분리, 관측함으로써 입체감을 느끼게 되는데, 두 영상소스를 사용하는 경우 Barrier의 피치는 슬리트 폭의 2배인  $P = 2B'$ 가 된다.

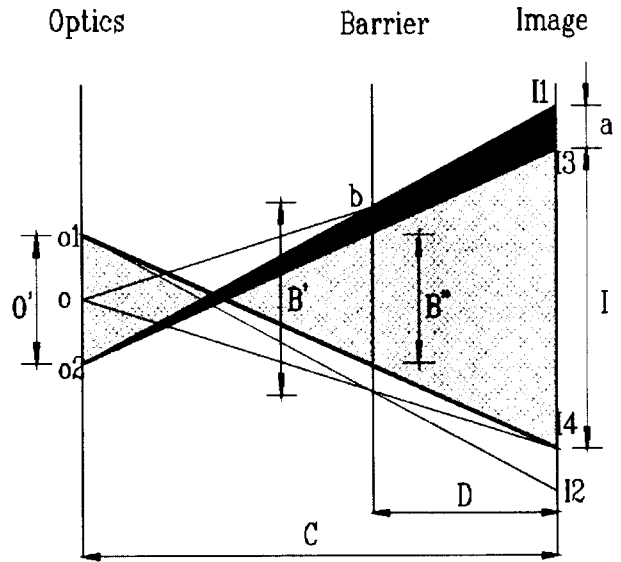


그림 2. 정밀 슬리트 폭의 효과  
Fig 2. Effect of delicate slit width

따라서, 두 영상소스를 사용하는 경우 관측자의 좌, 우 눈은 동일한 슬리트를 통해 각각 서로 다른 영상(좌, 우)을 보게 되며, 이때 각각의 영상으로부터 얻어지는 시차를 통해 입체감을 느끼게 된다. 그러나 식(4)에서 얻어진 슬리트 폭을 사용하여 입체영상을 구현할 경우 수직성분이 흐려지는 Blurring 현상이 발생한다. 이러한 현상은 위의 수식 전개과정에서 사람의 눈을 단일점(point source)으로 가정하였기 때문이다. 실제 사람의 망막은 일정한 크기를 가지고 있어 그림 2에서와 같이 슬리트 폭 B'을 통해 특정영상을 볼 때 특정영상에 인접해 있는 다른 영상과 a 간격만큼 겹쳐 보이게 된다. 이 현상은 B'로 설계된 Barrier를 통해 영상을 볼 때 영상이 흐리게 보이게 되는 주된 원인이다. 이와 같은 현상을 없애기 위해서는 겹쳐져 보이는 부분을 제거하여야 하는데 이것은 슬리트 폭 B'을 적당히 줄여줌으로써 가능하다. 그림 2에서 O는 눈의 망막의 크기를 나타내며, B'는 새로 설계된 정교한 Barrier 슬리트의 폭, a는 인접한 영상과 겹쳐지는

정도, b는 B'와 폭 B'' 차의 반, 그리고 I는 영상의 폭을 나타낸다.

그림 2에서 정밀 슬리트 폭 B''를 구하면, O, I1, I2와 O, B'의 값은 삼각형으로부터

$$I : B' = C : C - D \quad (5)$$

의 관계를 구할 수 있으며, B'와 B''는  $B' = 3b + B''$ 의 관계가 있으므로 B''는 식(6)과 같이 구해진다.

$$B'' = \frac{I(C-D)}{C} - 2b \quad (6)$$

또한 값은 삼각형 O, O2, I3과 b, I3으로부터

$$C : \frac{O'}{2} = D : b$$

따라서 b는 다음식과 같이 구해진다.

$$b = \frac{O'D}{2C} \quad (7)$$

따라서 정교한 입체영상의 관측을 위해 새로이 설계된 Barrier 슬리트의 폭 B''는

$$B'' = \frac{I(C-D)}{C} - \left(\frac{D}{C}\right)O \quad (8)$$

사람 눈의 망막크기 O'는 특정 거리의 물체를 눈에 가늠 차게 볼 때 물체의 높이를 알면 간단히 구해질 수 있는데 눈의 수정체에서 망막까지의 거리는 평균 17mm 정도이므로 망막의 크기는 보통 성인의 경우 약 2.5mm이다. 따라서 두개의 영상소스를 사용하는 경우 Barrier 피치 P는 2B', 슬리트의 폭은 B''으로 Barrier는 2B'-B'' 폭의 검은 띠와 B'' 폭의 투명 띠가 반복되는 형태이다.

N개의 영상소스를 사용하는 Parallax Barrier 입체영상의 경우 Barrier는 식 (9)와 같이 빛을 차단하는 검은 띠(BI)와 투명 띠(B'')로 반복되어 있는 줄무늬 형태이다.

$$P = BI + B''$$

$$BI = NB' - B'' \quad (N : \text{사용된 영상의 수}) \quad (9)$$

### 2.2 Parallax-Barrier 입체 디스플레이 개발

Parallax-Barrier 입체 디스플레이의 전체 블록도는 그림 3에서와 같으며, 2대의 RGB 스테레오 카메라, 멀티플렉서, A/D 변환기, 디지털스캔 변환부, LCD 및 타이밍발생부로 구성된다.

2대의 RGB 비디오카메라로부터의 R, G 및 B 비디오신호를 각각 아날로그 멀티플렉서를 사용하여 스위칭한다. 우측카메라와 좌측카메라 각각의 R, G 및 B 색상별로 스위칭하며 스위칭 주파수는 10[MHz]를 사용하였다. 스위칭된 각 RGB비디오신호는 3개의 A/D 변환기를 이용하여 8비트의 해상도와 10[MHz]의 샘플링 주파수를 가진 디지털 신호로 변환된다. 변환된 신호는 영상을 90° 회전시키고 비월주사를 순차주사로 변환하기 위한 스캔변환을 행하여 LCD에 디스플레이한다. 타이밍 발생기는 두 대의 RGB 카메라를 동기화(gen-lock)시키는 복합동기신호(composite sync signal)로부터 수평 및 수직동기신호를 분리하여 발생시키고 각 단계에 필요한 클럭은 수정발진기를 이용하여 발생시킨다. 이들 동기 및 클럭신호는 스캔변환부 및 LCD 구동용 제어신호로 이용된다.

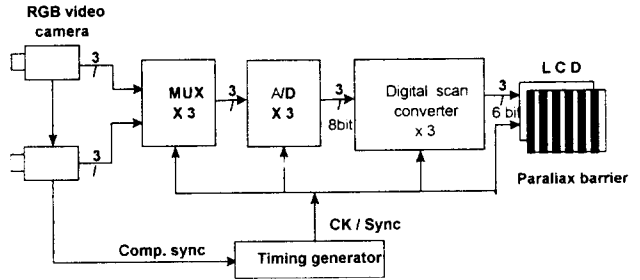


그림 3. Parallax-Barrier 입체 디스플레이 블록도  
Fig 3. Blockdiagram of Parallax-Barrier stereo display

영상을 90° 회전시키기 위해서 본 연구에서는 디지털 스캔변환 방식을 사용하였으며, 이의 블록도는 그림 4에서와 같다. 필드 메모리를 이용하여 1필드의 영상을 정상적 주사방식으로 메모리에 저장시키고 메모리로부터 읽을 때는 90° 회전되는 스캔방식으로 읽어낸다. 필드메모리는 최대 액세스시간(access time)이 7[nsec]이고 512K×8[bit]인 SRAM을 사용하였으며 1개의 데이터포트를 가지므로 저장하고 읽기를 동시에 할 수 없다. 따라서 두 개의 필드메모리를 사용하여 1개의 메모리에 데이터를 저장하는 동안 다른 1개의 메모리에서는 스캔변환한 데이터를 읽어내도록 설계하였다. 메모리에 데이터를 저장하고 읽을 때의 데이터 충돌을 방지하기 위해 각 메모리당 2개의 버퍼를 사용하였다. 즉, 버퍼 1 및 버퍼 4가 ON되고 버퍼 2 및 버퍼 3이 OFF될 때는 메모리 1에 데이터를 저장하고 메모리 2의 데이터를 읽는다. 반대로 버퍼 2 및 버퍼 3이 ON되고 버퍼 1 및 버퍼 4가 OFF될 때는 메모리 2에 데이터를 저장하고 메모리 1의 데이터를 읽는다.

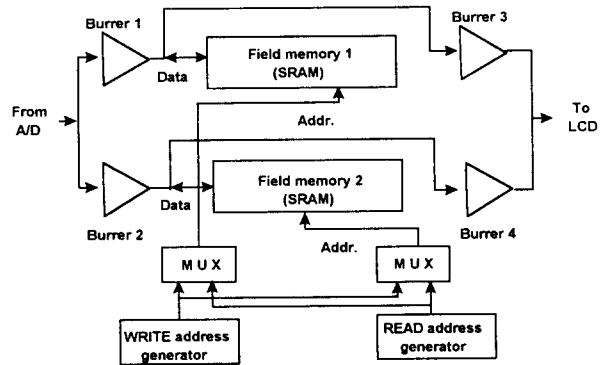


그림 4. 디지털스캔 변환기의 블록도  
Fig 4. Blockdiagram of Digital Scan Conversion

스캔변환은 메모리의 메모리에 데이터를 저장하고 읽을 시의 메모리 주소발생을 달리하여 이루어지므로 메모리 읽음 및 저장 주소발생기를 각각 설계하였다. 메모리 1 및 2의 읽음과 저장의

동작은 필드단위로 변하며 이에 해당하는 메모리 주소를 공급해 주기 위해 메모리 읽음 및 저장주소를 선택할 수 있는 스위치(MUX)를 사용하였다.

그림5는 RGB중 한 개의 색상에 대한 필드메모리에 데이터를 저장 및 읽을 때의 스캔방향을 나타낸 것이다.

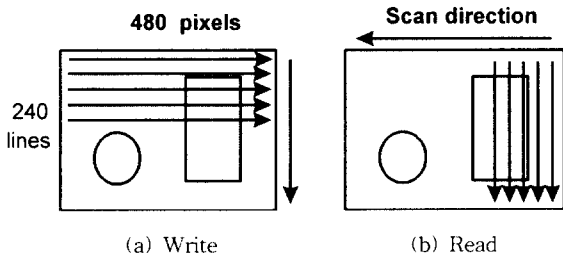


그림 5. 필드메모리의 (a) 저장 및 (b) 읽을 때의 스캔방향  
Fig 5. Scam direction of (a)write / (b)read of field memory

본 연구에 사용한 LCD는 640\*480 화소이며 LCD는 순차주사 방식이므로 90° 스캔변환 하였을 경우 최대 480\*480의 정방화면을 얻을 수 있다. 그러나 비디오카메라로부터의 출력신호는 비월주사방식으로 필드단위로 출력되며 유효라인은 약 240라인이다. 일단 필드단위로 480\*240화소를 메모리에 저장하고 스캔변환한 240\*480으로 읽는다. 이 때 가로방향의 240개의 화소를 읽을 때는 저장할 때의 속도보다 2배의 속도인 20[MHz]로 읽어낸다. 즉, 한 화소를 두 번 읽어 480개의 화소로 재배열하여 전체 480\*480의 화소로 재구성하였다. 메모리로부터 데이터를 읽을 때 속도를 2배로 하는 이유는 1/60초의 필드주기 동안에 저장한 총 화소수는 480\*240개이지만 동일한 필드주기에 2배의 화소수인 480\*480개를 만들기 위해서이다. 그림 5에서의 영상을 90° 회전하여 LCD에 재구성한 영상은 그림 6에서와 같다. 이 경우는 두 영상을 스위칭하지 않고 스캔변환한 경우의 영상이며 스위칭한 경우는 세로방향으로 좌우의 비디오카메라 영상이 스위칭되어 재구성된다. 그러나 LCD는 두 카메라 영상을 각 라인 단위로 스위칭되어 디스플레이한다.

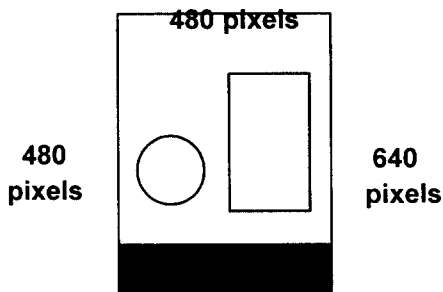


그림 6. LCD(640×480)에 재구성한 영상  
Fig 6. Reconstructed Image on the LCD(640×480)

### 3. 결론

기 개발한 입체영상시스템 영상디스플레이부의 단점인 특수안경 착용의 불편함을 없애기 위해 자동 입체 디스플레이장치 개발에 관한 연구를 수행하였다. 본 논문에서는 Lenticular 방식에 비하여 렌즈구현이 간단하고 가격이 저렴하며, LCD 패널 사이즈에 대해 적응성이 좋은 줄부너 Pin Hole 렌즈의 원리를 이용하는 Parallax Barrier 방식으로 시스템을 개발하였다. 본 시스템은 4층의 PCB 기판으로 제작하였으며, 두 카메라의 영상을 각각 선택할 수 있고 두 영상을 화소별로 번갈아 스위칭할 수 있게 설계하였다. 추후 더욱 고해상도의 LCD를 이용하여 고해상도의 입체시스템을 제작할 예정이며, RGB 카메라가 아닌 일반 복합비디오신호(Composite video signal)를 출력하는 비디오카메라를 사용할 수 있도록 복합비디오신호를 RGB신호로 변환할 수 있는 시스템을 제작할 계획이다. 또한 본 시스템은 논리회로로 구성된 메모리 주소발생부 및 LCD 구동부 등을 FPGA(field programmable gate arrays), 또는 EPLD(erasable programmable logic devices) 등으로 제작할 경우 시스템의 부피를 크게 줄일 수 있다.

### 참고문헌

- [1] Roy S. Kalawsky, "The Science of Virtual Reality and Virtual Environment", 1993
- [2] N. H. Lee, S. Y. Park, J. W. Cho, Y. B. Lee, and J. M. Lee, "Evaluation of Remote Handling Performance with the Polarized Stereo Monitoring System", 1st International Workshop on Advanced Mechatronics, Vol.1, pp. 308-312, 1995
- [3] Robert E. Cole. and Dinna L. Parker, "Stereo TV improves manipulator performance", SPIE Vol. 1, pp. 1083, 1989
- [4] 이종민 외, 증기발생기 노즐دم 장탈착 작업의 원격화 기술분석, 한국원자력연구소, KAERI/TR-376/93, 1993
- [5] 박순용 외, "원격조작성 향상을 위한 스테레오 영상시스템 개발", 영상처리 및 이해에 관한 워크샾 발표 논문집, Vol. 1, pp. 43-49, 1994
- [6] David J. Combs and Christopher M. Brown, "Cooperative Gaze Holding in Binocular Vision", IEEE Control System, pp. 24-33, 1991
- [7] 이용범 외, "무안경식 입체영상 디스플레이 연구", 대한전자공학회 논문집, 제 19권 1호, pp. 523-526, 1996