《연구논문》 Hankook Kwanghak Hoeji, Volume 20, Number 2, April 2009 DOI: 10.3807/HKH.2009.20.2.102

가변형 패럴랙스 배리어와 DDC 통신을 이용한 시점추적형 3D 디스플레이 시스템

채호병 · 유영록 · 김진수 · 이상훈 · 이승현†

광운대학교대학원 정보디스플레이학과
㉾ 139-701 서울 노원구 월계동 447-1

(2009년 2월 4일 받음, 2009년 4월 6일 수정본 받음, 2009년 4월 14일 게재 확정)

본 논문에서는 가변형 패럴랙스 배리어와 DDC 통신을 이용한 시점 추적형 3D 디스플레이 시스템을 구현하였다. 가변형 패럴랙스 배리어는 4개의 서브 배리어로 구성되며, 관찰자의 위치를 추출하기 위하여 웹 카메라를 이용하였다. 웹 카메라로 부터 추출된 관찰자의 좌표 값은 DDC 통신을 통해 모니터의 전면부에 장착된 가변형 패럴랙스 배리어를 시점에 맞게 전기적으로 이동시키게 된다. 실험을 통해 고정형과 가변형 패럴랙스 배리어 시스템의 성능을 비교하였다.

주제어: 패럴랙스 배리어, 무안경 스테레오 디스플레이, 시점추적시스템, DDC 통신

I. 서 론

입체 영상을 보기 위해 특별한 안경을 쓴다는 것은 귀찮은 일이다. 특수한 안경을 사용하지 않는 입체 디스플레이를 만드는 것은 입체에 관한 연구를 하는 사람들의 꿈이었으며, 일반적으로 좌우 시차 영상을 분리하여 두 눈으로 볼 수 있도록 패럴랙스 배리어(parallax barrier, PB)나 렌티큘러 스크린 등의 광학 판을 디스플레이 화면의 앞, 또는 뒤에 설치하는 방식을 사용한다.[1-3] 패럴랙스 배리어의 경우는 2D/3D 겸용으로 사용할 수 있는 장점으로 개인이 주로 사용하는 핸드폰, 노트북등과 같은 소형 디스플레이에 그 응용이 활발히 진행되고 있다.[5-8] 그러나 위치 고정적이란 고질적인 단점을 가지고 있어 사용자들이 3D 영상을 관찰하기 위해서는 시점을 좌우영상에 맞추어야 하는 단점을 가지고 있다. 즉, 사용자가 수평으로 움직일 경우 좌우영상이 역전되는 현상이 발생하게 되어 시점의 증가나 시점추적과 같은 해결책이 요구된다.[6,9]

패럴랙스 배리어를 사용하는 시점추적시스템의 경우, 카메라의 시점 추적 결과에 따라 좌우 눈의 위치가 바뀌게 되면 소프트웨어적으로 좌우 영상을 절환 하여 주게 되는데, 최적 시점이 아니어도 좌우 눈의 위치가 경계를 넘지 않는 다면 그대로 영상을 유지하게 된다. 즉, 수평으로 어느 범위 내에서는 좌우 영상이 바뀌지 않았어도 3D 영상을 관찰할 수 있으며, 이에 따라 최적 시점이 제한되는 단점을 지니게 된다. 이를 해결하는 방법으로 가변형 패럴랙스 배리어(variable parallax barrier, VPB)를 구성할 수 있다.[10]

본 논문에서는 DDC(Data Display Channel) 통신[12]과 가변형 패럴랙스 배리어(VPB) 패널을 이용한 시점추적시스템을 제안하였고, 기존의 다른 시스템들과 그 성능을 비교하였다. 웹 카메라를 이용하여 시점추적을 위한 관찰자의 위치를 파악하였고, DDC 통신을 통해 가변형 패럴랙스 배리어(VPB) 패널을 시점을 맞도록 구동 제어 하였다. 또한, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 일반적인 시스템과 성능을 비교 분석하였다. 가변형 패럴랙스 배리어(VPB)를 사용함으로써 제한된 최적 시점 수에 대한 문제를 해결할 수 있었고, 미세한 시점의 움직임에 대해 최적의 3D 시청 시점을 제공하여 자연스러운 스테레오 영상을 관찰자에게 제공할 수가 있었다.

†E-mail: shlee@kw.ac.kr

II. 가변형 패럴랙스 배리어

그림 1은 일반적인 고정형 패럴랙스 배리어(parallax barrier)의 구조이며, 그림 2는 가변형 패럴랙스 배리어(VPB) 패널을 보여준다.[10] 그림 2에서는 배리어와 슬릿을 각각 4개의 작은 라인으로 구성하였고,[10] 사용자의 이동에 따라 배리어를 이동하게 되면 어느 위치에서든 최적의 3D 영상을 시청할 수 있게 된다.

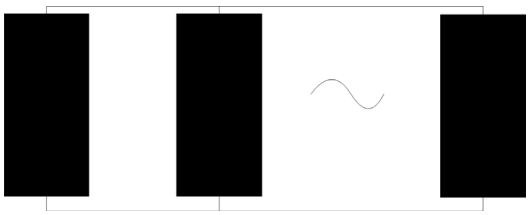


그림 1. 일반적인 고정형 패럴랙스 배리어(parallax barrier).

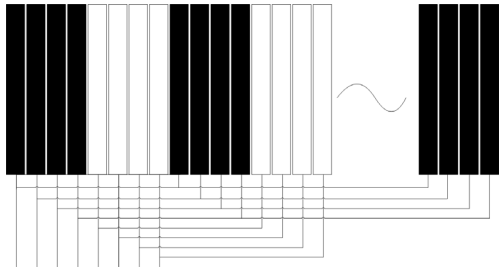


그림 2. 가변형 패럴랙스 배리어(parallax barrier).

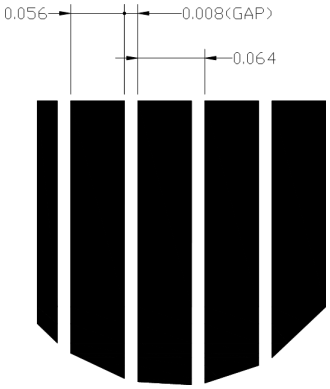


그림 3. 가변형 패럴랙스 베리어(parallax barrier)의 설계.

그림 3에서와 같이 각 서브 라인 사이의 간격을 8 μm로 제작하여 패널의 수명에 영향을 미치지 않을 정도의 전압을 걸어주면, 서브 라인 사이의 슬릿으로 빛이 새지 않을 정도로 라인 사이의 번짐 현상이 발생하며 각 라인간의 합선 현상은 발생하지 않는다.[10] 이와 같이 설계된 가변형 패럴랙스 배리어(VPB)의 전기적 접속은 8개를 1조로 하여 구성되며, 배리어 1번, 9번, 17번…이 전기적으로 서로 연결된다. 같은 방식으로 2번 배리어는 10번, 18번…째 배리어와 전기적으로 연결되어 동작하게 된다.

그림 4는 가변형 패럴랙스 배리어(VPB)의 원리를 보여준다.[10] 그림 4의 왼쪽 그림에서와 같이 처음에 1, 2, 3, 4번 라인이 구동되어 배리어가 형성 되었는데, 관찰자가 오른쪽 그림에서와 같이 우측으로 이동하게 되면 3, 4, 5, 6번 라인이 구동이 되어 마치 패럴랙스 배리어가 이동을 하는 것과 같은 효과를 주게 된다. 마찬가지로 관찰자가 좌측으로 이동하게 되면 상기의 경우와 반대로 작동을 하게 된다. 이러한 방법을 이용하여 관찰자의 위치를 추적하여 각각의 위치에 맞게 패럴랙스 배리어가 이동되도록 한다. 그림 4(참고문헌 [9], 98p)와 같은 가변형 패럴랙스 배리어(VPB)를 구동하기 위한 구동 투명전극(Indium- Tin Oxide, ITO) 라인은 그림 5와 같이 구성 되어야 한다.[10]

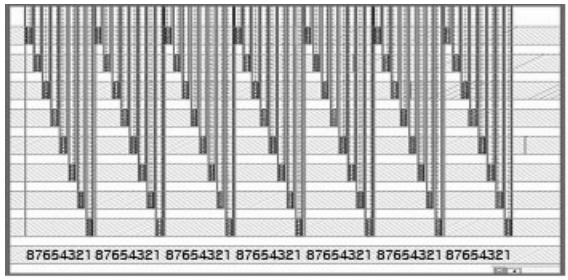


그림 5. 가변형 패럴랙스 배리어(parallax barrier) 패널의 도선 연결.

패널 설계에 있어서 패럴랙스 배리어(parallax barrier)의 각 서브 라인은 가격이 저렴한 TN-LCD기술을 이용하여 구성한다. 그림 5와 같은 구동 라인을 TN 패널에 적용하여 구성할 경우에는 고가의 TFT의 정밀한 기술력이 사용되어야 한다. 또한, 패널을 만들 때마다 그 패널에 맞는 새로운 구동라인을 구성해야 하기 때문에 단가 상승의 요인이 되고 이러한 구성은 매우 비효율적인 생산 구조를 갖게 된다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 640라인을 1개의 묶음으로 하는 정밀도가 높은 일반 TN 패널을 이용한 교차커넥터(crossing connector)를 제작하였다. 이 교차커넥터는 TFT 라인을 사용하지 않고, 모든 패널에 적용할 수 있는 장점을 제공한다.

III. 시점 추적 알고리듬

본 논문에서 제안한 가변형 패럴랙스 배리어(VPB) 패널은 눈의 위치가 변하는 것을 감지하여 그 위치에 따라 장벽(barrier)과 개구부(aperture)를 가변적으로 변화시킬 수 있어야 한다. 이것은 관찰자의 눈의 위치를 추적하여야 가능하며, 관찰자의 눈의 위치를 추적하는 알고리즘을 시점추적(view-point tracking) 알고리즘이라고 한다.[6,7] 본 논문에서는 제안한 가변형 패럴랙스 배리어(VPB)의 서브-배리어(sub-barrier)들을 연동시키기에 적합한 시점추적 알고리즘을 개발하였다.

시점추적 장치를 구현하기 위하여 관찰자의 눈의 위치를

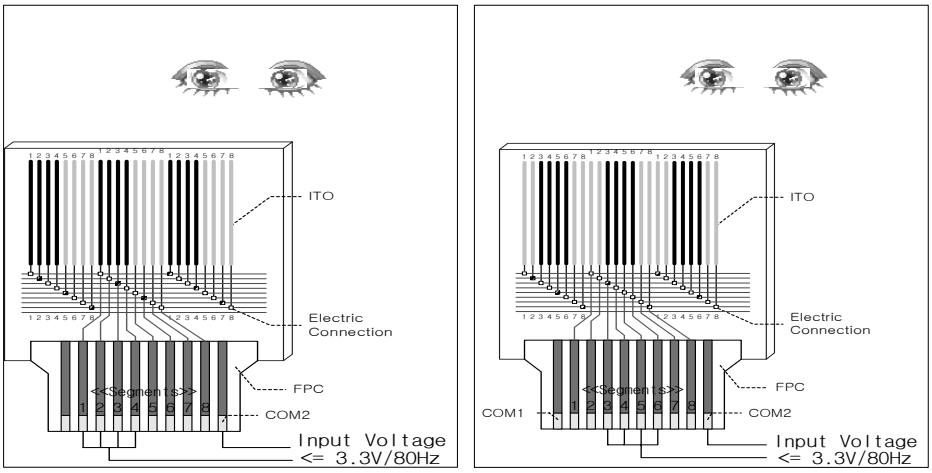


그림 4. 가변형 패럴랙스 배리어(parallax barrier) 패널의 구동원리.

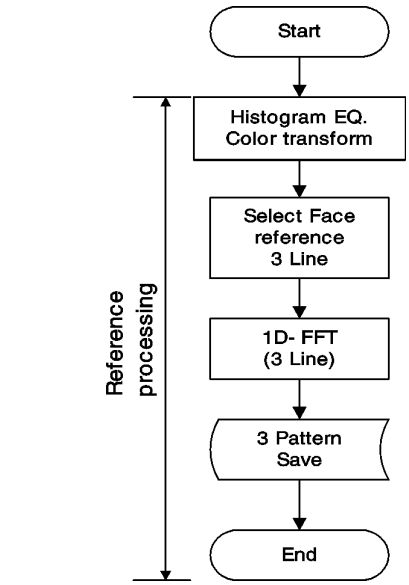
파악할 영상이 필요한데, 이를 위해 PC용 웹 카메라를 사용하였고 해상도는 320×240이다. 웹 카메라는 모니터의 상단 중앙에 고정시켜 사용하였는데, 그 이유는 패럴랙스 배리어(PB) 방식의 3D 모니터를 관찰하기 위해서는 모니터의 정중앙 위치에서 입체감이 가장 좋기 때문이다. 웹 카메라를 이용하여 배경과 관찰자의 얼굴윤곽을 실시간으로 추출하고 정확한 눈의 위치를 모니터의 TN으로 통신함으로써, 눈의 위치에 맞는 배리어를 형성시켜 자연스러운 입체 영상을 관찰할 수 있도록 하였다.

일반적으로 시점추적 장치는 인간의 시각체계와 유사한 색상정보(Hue Saturation Intensity, HSI) 좌표계 상에서 피부색에 대한 색상정보를 이용하여 안면영역 추출의 효율을 높인다. 인종에 따라 차이가 있지만 본 논문에서는 제한적으로 황인종만을 대상으로 얼굴영역의 추출을 시도하였다.

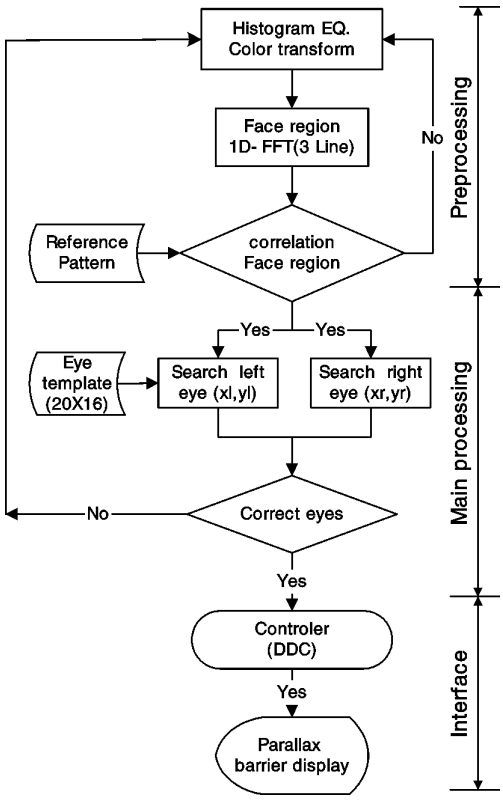
본 논문에서 제안하는 가변형 패럴랙스 배리어(VPB) 방식에 적합한 시점추적 알고리듬은 그림 6에 나타내었는데, 이 알고리즘은 참조처리 과정과 시점추적 과정으로 나누어진다. 그림 6(a)는 제안한 시점추적 알고리즘의 참조처리 과정을 나타내고 있다. 이 과정은 입체 영상의 정 위치에서 관찰자의 얼굴윤곽을 참조 값으로 처리하는 과정이다. 그 과정은 웹 카메라로부터 입력된 영상 데이터의 히스토그램(histogram)을 평활화(equalization) 하고 RGB의 색상정보를 HSI(Hue Saturation Intensity)로 변환하여 안면 영역을 분리해낸다.

본 추적 알고리듬에서는 얼굴의 수평 이동성 추적이 중요한데, 추적을 위해 안면영역 중 3개 라인만 수평방향으로 1차원 FFT를 수행한다. 이로써 적은 계산으로도 유사성 및 이동불변성에 대하여 강한 특성을 가지고 수행할 수 있다. 1차원 FFT 결과 안면영역에 대한 참조패턴을 추출하여 이 패턴들을 시점추적 과정에서 실제 눈의 위치를 추적하는데 사용된다.

그림 6(a)의 처리는 또한 외형의 큰 변화가 없을 경우 한사람이 한 번의 참조영상만 추출하면 되는데, 이 방법은 색상성분으로 분리된 얼굴영역의 좌/우 이동의 상대적인 근거 좌표만 필요하기 때문이다. 시점추적 과정은 그림 6(b)에 나타내었으며, 인식과정 중에 얼굴영역이 변화하였을 때 새로운 얼굴영역을 찾기 위해 참조처리 과정과 동일한 과정을 전처리 과정에서 수행한다. 즉, 히스토그램 평활화와 색상정보 변환을 수행하고 3개 라인에 대한 1차원 FFT를 수행한다. 이 결과는 참조처리 과정에서 추출한 참조패턴과 비교하여 그 상관도(correlation)에 의해 얼굴영역을 검출하고 그 이동(shift) 성분을 추출한다. Fourier 변환은 이동불변(shift invariant)의 특징을 갖고 있기 때문에 움직이는 물체에 대한 패턴인식 분야에서 이미 널리 사용되고 있다. 본 논문에서는 색상성분으로 필터링 된 얼굴영역의 이동성분 중 수직(y축) 이동은 사용하지 않고 수평(x축) 성분만 필요하기 때문에 수평 성분의 1차원 FFT만을 이용함으로써 얼굴의 좌/우 이동 값을 쉽게 찾을 수 있었다. 추출된 안면영역에서 얼굴 인식률 개선을 위해 눈 모양의 템플릿 매칭(template matching)을 사용한다. 이 템플릿은 미리 만들어진 눈 모양에 대한 참조 데이터이며, 이 템플릿과 비교하며 좌/우 눈을 판별하여 정확한 눈의 위치를 추적한다. 템플릿 매칭은 일반 매칭, 변형 템플릿 매칭, 대칭 변환 등이 있으나, 패럴랙스 배리어를 통해 입체를 관찰하기 위해서는 특정 거리(여기서는 60 cm ± 10 cm)에서만 관찰이 가능하므로 일반적인 템플릿 매칭을 사용하였다. 본 논문에서 템플릿은 20×16[pixel]의 크기로 사용하였다. 템플릿 매칭은 좌측 눈의 후보영역에서 눈의 위치를 찾



(a) 얼굴영역 추출을 위한 참조처리 과정



(b) 시점추적을 위한 전처리 및 주처리 과정

그림 6. 시점추적 흐름도.

표 1. TN 구동부의 전달 데이터

0R=1, 1R=1, 2R=1, ...
98R=3, 99R=3, 0L=3, 1L=3, ...
97L=2, 98L=2, 99L=2

은 후 우측에서 우측 눈을 찾는 방법을 사용하였다. 이때 우측에 정합되는 데이터가 없으면 정확한 얼굴을 인식하지 못한 것으로 간주하고 x 좌표 값을 교체하지 않은 상태로 프로그램의 시작 위치로 돌아간다. 상관도에 의해 눈의 영역으로 추출되면 좌측 눈과 우측 눈 각각을 찾는데, 이 때 좌/우측 눈이 정합되지 않으면 좌/우측 눈을 교체한다. 두 눈의 위치가 확인되면 x 좌표값을 DDC통신을 통해 패럴랙스 배리어 구동회로인 one-chip 프로세서로 보낸다. 여기서 TN구동부로 보내는 데이터는 배리어를 이동시키기 위한 정보로 변형하여 전달된다. 변형된 데이터는 표 1과 같은 형태로 만들어진다. 여기서 “0R = 1”로 표현된 것은 카메라에서 얻은 좌표값이 “0R”로 표현되는데 오른쪽 가장 끝 부분을 의미한다. 또한, 가운데 좌표는 “0L”로 그리고 좌측 가장 끝의 좌표는 “99L”이며 각각의 표기 우측의 숫자는 가변형 패럴랙스 배리어의 시작 위치를 의미한다. 예를 들어 DDC로 전달되기 위해 변형될 데이터 값이 “0R = 1”로 표현되면 TN 콘트롤러에서는 서브 배리어의 1, 2, 3, 4번의 라인에만 구동 신호를 보내어 배리어를 형성시키고 5, 6, 7, 8번 서브 배리어는 투명하게 유지 시킨다.

IV. DDC/CI를 이용한 인터페이스 구현

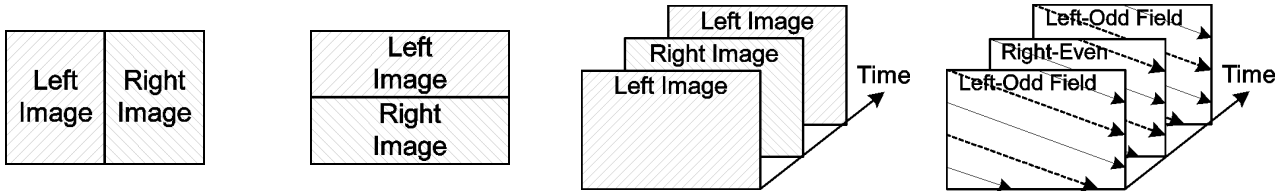
웹 카메라를 이용하여 관찰자의 위치를 알아내고 위치정보에서 시점정보를 추출한 후, 추출된 좌표 값을 확보하여 모니터의 전면부에 장착된 가변형 패럴랙스 배리어(VPB)를 시점에 맞게 전기적으로 이동 시키게 된다. 이와 같은 동작의 가변형 패럴랙스 배리어(VPB)의 구동 제어는 DDC 통신을 이용하였다.

DDC/CI(Data Display Channel / Command Interface) 통신은 국제 표준 기구인 VESA(Video Electronics Standards Association)에서 정의한 DDC 통신의 확장 프로토콜로 컴퓨터 그래픽카드와 디스플레이의 디지털적 결합으로 각종 기능(brightness, contrast, color balance, pivot)을 조절할 수 있게 디자인된 프로토콜이다.[11] DDC는 크게 DDC1과 DDC2 규격으로 구성되는데 DDC1은 시스템이 시작(booting)할 때 VGA카드가 모니터 정보를 읽어 들여 화면을 최적화 하는 기능을 목적으로 만들어 졌고 DDC2는 PC 시스템이 이미 가동 중일 때 VGA카드가 모니터의 정보를 읽어서 모니터 상태를 새로이 설정할 수 있는 기능이 추가되었다. 일반 TV 모니터에서는 DDC 제어 단자가 포함되어 있지 않아 수직/수평 동기화, RGB 정보 외에는 그래픽카드와 모니터사이의 정보를 효과적으로 동기화 시킬 수 없어서 사용자가 모니터를 조절하기 위해서는 모니터에 부착된 외부 제어 장치를 통해서만 제어가 가능하다. DDC 규격은 모니터와 VGA 카드간의 PnP(Plug and Play) 기능을 말한다. 즉, DDC 규격을 지원하는 모니터라고 하면 VGA 카드와 서로 통신을 통해 모니터의 해상도나 색상정보 등 어떤 종류의 모니터인지 분석 후 자동으로 최적의 상태 설정이 가능하다. PC에서 비디오 신호가 없을 경우 모니터의 파워를 절전 모드로 잔환 하는 경우도 이에 해당한다. DDC의 전기적 통신방식은 클럭(clock)과 데이터(Data)의 두 라인을 사용하고 8 bit의 데이터 길이(length)를 사용한 표준 I^2C 방식을 채택하고 있으며, 모니터 내부에는 표시 가능한 그래픽 모드(해상도, 색상, 주파수)에 관한 정보와 제조업체 정보 등이 기록된 ROM(Read Only Memory) 또는 EEPROM이라는 메모리를 내장하고 이 메모리와 통신하는 방식을 DDC 통신이라 한다. DDC는 특정 명령으로 모니터를 제어하는 모니터 제어 명령 세트(MCCS-Monitor Control Command Set)가 표준으로 정의되어 있다. 몇몇 예를 들면 08h - 09h번지에는 “Vendor/Product ID”를 사용하고 10h - 11h번지는 “Manufacturing date, Week/Year”를 사용하고 있다.

본 논문에서는 DDC 프로토콜을 사용하여 패럴랙스 배리어를 사용자의 의도에 따라 온/오프(On/Off)함과 동시에 모니터에 내장된 입체 영상 변환 포맷터(Formatter) 보드를 제어하기 위해 DDC 통신에서 표준으로 사용되지 않는 번지로 할당된 f0h번지에 값을 입력하여 모니터를 제어 하였다. 모니터를 제어하기위해 과거에는 시리얼(RS232)통신 또는 외부 버튼을 사용하였으나 사용자의 편리성과 비용 절감을 위해 외부에 부가적인 장비를 장착 하는 것이 비효율적이므로 모니터에 적용된 DDC통신을 사용하였다.

모니터에 내장된 포맷터는 TFT 패널을 동작 시키고 각종 제어 명령을 수행하는 기능을 포함 하고 있다. 기본적으로 TFT 패널에 영상을 디스플레이 하는 방식은 입력된 아날로그 신호를 디지털화(ADC) 한 후 화면에 래스터(raster) 방식으로 뿌려주고 입력 영상이 디지털인 경우는 적절한 신호 처리 후 화면에 디스플레이 하게 된다.

모니터로 입력되는 4가지 모드는 그림 7에 나타낸 바와 같



(a) LR 모드(Left/Right Mode) (b) TD 모드(Top/Down Mode) (c) 페이지 플립(Page Flip Mode) (d) 인터레이스(Interlace Mode)

그림 7. 4가지 입력 영상의 종류.

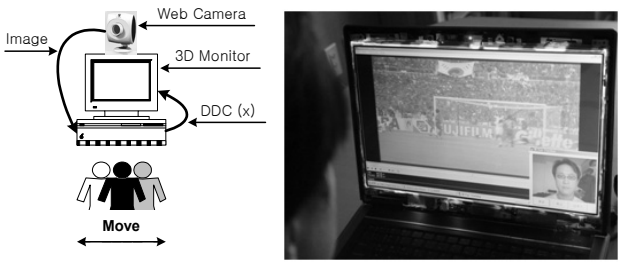
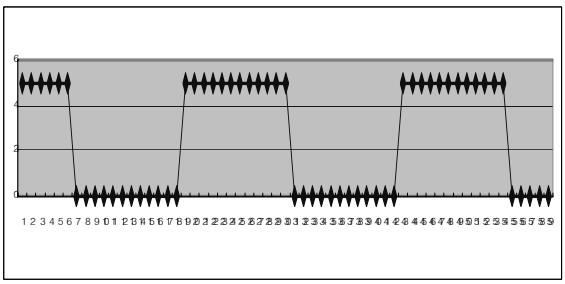


그림 8. 시점추적 3D 디스플레이 시스템 블록도 및 사진.

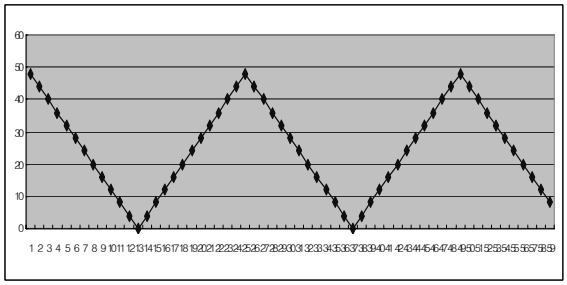
다. 모니터의 상태 제어 방식의 정의는 f0h번지에 DDC 프로토콜을 이용하여 일반 모니터와 같은 상태의 2D 모드를 위한 데이터 값으로 0×00을 할당 하였고, 데이터 0×01은 입력 영상이 좌측영상 반과 우측영상 반이 한 화면으로 구성된 LR 모드(Left/Right), 데이터 0×02는 입력 영상이 TD모드(Top/Down), 데이터 0×03은 영상이 페이지 플립(Page Flip) 모드로 입력될 때이고 데이터 0×04는 입력 영상이 인터레이스(Interlace) 모드로 두 번의 영상 필드로 한 개의 화면 구성이 된다. 또한 좌우 영상을 서로 바꾸는 데이터 값으로 0×05를 할당하였다. 또한 본 논문에서 사용한 DDC 통신은 입력되는 4종류의 입체 영상의 종류에 따라 패럴랙스 배리어에 맞게 영상을 변환한 후 모니터로 출력해 주며, 가공된 시점 추적한 데이터에 맞게 좌우의 영상을 적절히 바꿔줌으로써 자연스런 입체 영상 관람을 가능하게 하였다.

V. 실험 및 결과 고찰

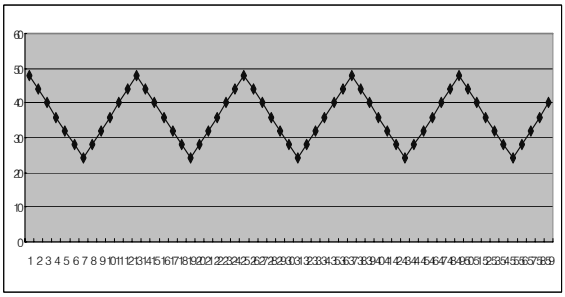
본 실험에서는 무안경 방식 입체 디스플레이 장치인 패럴랙스 배리어(parallax barrier)의 관찰자 위치 고정이라는 단점을 보안하기 위해 시점 추적을 적용하면서 그 특성을 조사하였다. 가변형 배리어와 시점추적을 이용한 3D 디스플레이의 블록도와 사진은 그림 8과 같으며 카메라는 320×240의 해상도인 일반 웹캠을 사용하였다. 3D 모니터는 본 논문에서 제안한 가변형 패럴랙스 배리어(VPB)와 TN 구동 회로로



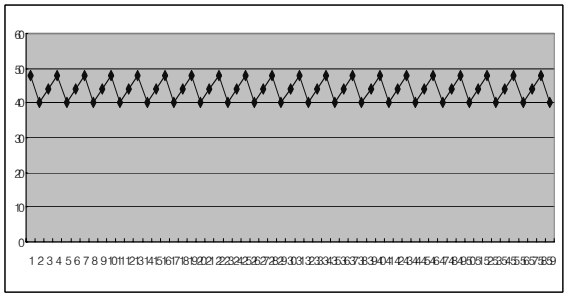
(a) 고정형 패럴랙스 배리어



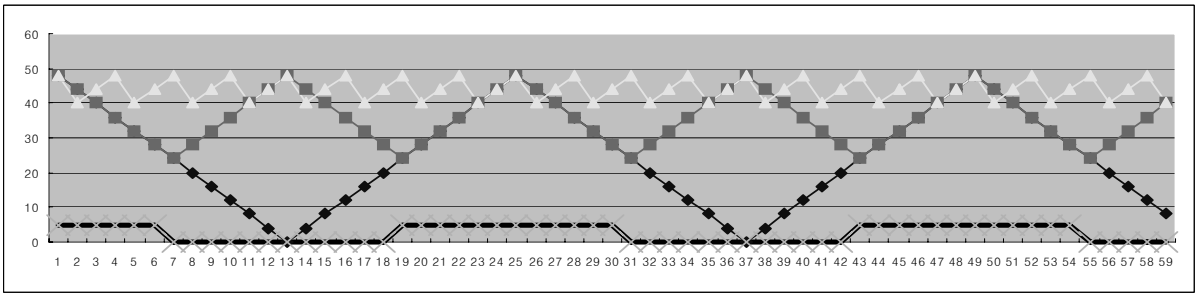
(b) 시점이동에 따른 고정형 패럴랙스 배리어



(c) 시점 추적 고정형 패럴랙스 배리어



(d) 시점 추적 가변형 패럴랙스 배리어



(e) 각 패럴랙스 배리어의 광 투과 비교

그림 9. 시점추적에 의한 각 패럴랙스 배리어의 광 투과 비교.

구성하였고 관찰자는 60 cm ± 10 cm 이내의 거리에서 특수 안경 없이 입체 영상을 관찰하며 좌우로 이동도 가능하게 구성 하였다.[10]

고정형 패럴랙스 배리어(parallax barrier)와 가변형 패럴랙스 배리어(VPB) 두 종류를 가지고 시점 이동시의 투과도를 조사하였다. 제작된 TN 패널의 구동 특성은 빛의 투과 량을 이용하여 가상적인 시점 이동 방식으로 컴퓨터 시뮬레이션 하여 표현 하였다.

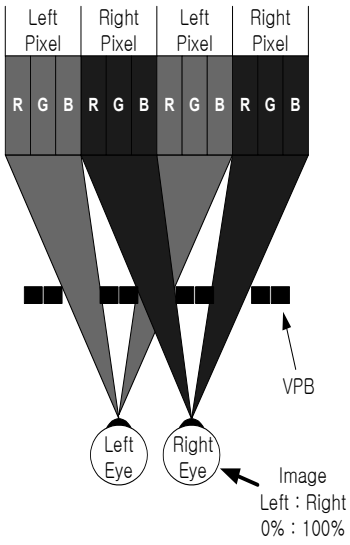
가변형 패럴랙스 배리어(VPB)는 그림 9의 결과와 같이 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 관찰자의 이동과 상관없이 개선된 입체 영상을 볼 수 있음을 확인하였으며, 실험은 제작된 가변형 패럴랙스 배리어(VPB)의 평가를 위해 여러 관찰자가 좌-우로 이동하면서 입체 영상의 왜곡상태를 관찰하였고 시뮬레이션 결과와 유사하다는 평가를 받았다.

반면, 사람의 관찰은 매우 주관적이기 때문에 디스플레이 상태를 카메라로 캡처한 후 그 측정량을 그래프로 표현해야 하지만 카메라와 디스플레이의 수직, 수평 싱크의 불일치 및 해상도 저하 등 기술적인 문제로 데이터를 직접 받아서 처리하는 방식은 추후에 처리해야할 과제이다.

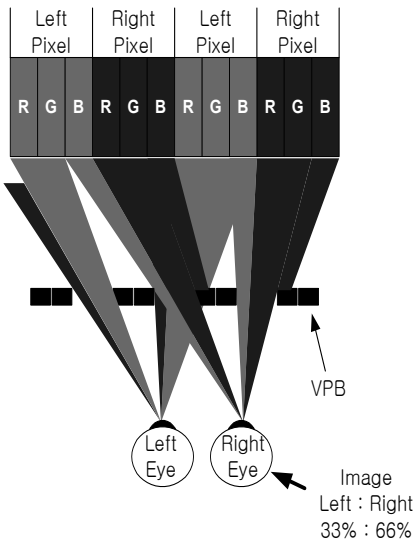
그림 9는 시점을 이동하면서 개구부(aperture)를 통과한 빛의 투과량을 구한 그래프이다. 이 그래프를 통해서 좌안과 우안에 각각 어떤 영상이 보여 지게 되는지 알 수 있다. 시뮬레이션은 입체영상의 평가를 위해 흰색과 검정색을 1픽셀씩 칼럼-인터리브(column interleave)하여 좌안에는 흰색 영상을, 우안에는 검정 영상이 보여지도록 만들어 놓은 후 실험 하였다. 흰색 영상은 빛을 내고 검정 영상은 빛이 없는 상태를 의미하는데, 패럴랙스 배리어(parallax barrier)의 개구부(aperture)를 통해 보인 영상에서 흰색은 빛이 있고 검정 정상은 빛이 없는 것으로 처리하여 빛의 투과량을 산출하였다. 정상적인 입체 영상에서 좌측 눈으로 들어온 영상의 경우 패럴랙스 배리어(parallax barrier)의 개구부(aperture)를 통과한 흰색 영상의 수는 전체 영상의 50%에 해당되며, 관찰자 이동에 따른 좌.우 영상이 바뀐 경우 좌측 눈에는 검정 영상만 보이게 되어 빛의 투과량은 0%가된다.

그림 9(a)는 일반적인 고정형 패럴랙스 배리어(parallax barrier) 패널의 동작 상태이며, 위쪽의 수평 부분은 빛을 투과 하는 개구부이고 아래쪽의 수평 성분은 빛을 막는 배리어(barrier) 기능을 한다. 그림 9(b)는 패럴랙스 배리어(parallax barrier)에서 한쪽 눈에 보여 지는 빛의 투과 량을 실험한 결과를 나타낸 그래프이다. 최초 관찰자의 좌안에 흰색 영상만 보여지게 되고, 점차 우측으로 이동 하게 되면 흰색은 줄어들고 검정색 영상이 더 많이 보여 지게 된다. 이는 좌안으로 봤을 때 빛의 양이 점점 줄어드는 것으로 표현 할 수 있다. 이후 좌안에 검정색 영상이 보이게 되고, 더 이동하게 되면 다시 흰색 영상이 보여지게 되는데, 이러한 현상을 그림 9(b)에서 그런 현상을 나타내고 있다.

그림 9(c)는 그림 9(b)에서 시점 추적을 병행 했을 때의 현상을 나타내고 있는데, 관찰자가 우측으로 이동할 때 흰색과 검정색의 비율이 50:50으로 보이는 위치를 지나게 되는 시점에서 좌영상과 우영상이 서로 스왑(swap)되어 보여지기 때문에 빛의 투과 량이 0%까지 떨어지지 않고 25%되는 지점에서 빛의 투과 량이 다시 상승하게 된다. 그림 9(d)는 가변형 패럴랙스 배리어(VPB)에서 시점 추적을 하면서 빛의 투과량을 측정한 결과를 나타내고 있는데, 관찰자가 우측으로 이동할 때 흰색과 검정색의 비율이 25:75가 되는 시점을 지나게 되면 가변형 패럴랙스 배리어(VPB)가 이동하여 빛의 투과 량은 다시 상승하게 된다. 이렇게 패럴랙스 배리어(parallax barrier)가 이동하는 효과를 줌으로써 좌안과 우안의 영상이 서로 뒤바뀌어 관찰시 눈의 피로감을 주는 현상을 방지 할 수 있게 된다. 그림 9(d)는 가변형 패럴랙스 배리어(VPB)에서 시점 추적을 하면서 광 투과를 측정한 결과인데, 한 개의 픽셀(pixel)을 4등분하였기 때문에 서브 배리어(sub-barrier)가 한개 이동할 경우 25%의 광량 변화로 투과량은 값이 50에서 37.5로 떨어진 결과를 알 수 있다. 즉, 시점 추적을 이용함으



(a) 관찰자가 최적의 위치에 있는 경우



(b) 관찰자가 우측으로 두 눈의 간격의 1/3만큼 이동한 경우

그림 10. 시점의 위치 변화에 따라 양안에 입력되는 광세기.

로써 최대 투과 광량의 75% 이상을 유지함을 알 수 있고 결국 무안경 입체 영상의 관람이 비교적 자연스럽게 된다는 것을 확인 할 수 있었다.

그림 9(e)는 일반적인 패럴랙스 배리어(parallax barrier)와 가변형 패럴랙스 배리어(VPB)의 각 특성과 시점 추적을 병행한 결과로써 그림 9(a), 9(b), 9(c), 9(d)의4개를 겹쳐서 비교한 그래프이다. 그래프에서 알 수 있듯이 그림 9(b)의 일반적인 고정형 패럴랙스 배리어(parallax barrier) 에서 시점 추적을 하지 않을 때는 값이 "0"인 경우가 발생하게 된다. 이 값은 실제 관찰에서는 좌우의 영상이 정확히 바뀐 상태를 의미한다. 반면 9(c)와 같이 고정형 패럴랙스 배리어(parallax barrier)라도 시점 추적을 병행할 경우 빛의 투과량이 최대치의 50%까지 만 떨어짐을 알 수 있는데 실제 입체 영상관측 시 어지러움 증을 다소나마 해소할 수는 있으나 좌우 영상이 최대 50%까지 겹치는 현상이 있을 수 있다.

그림 10은 시점의 위치에 따라 변하는 영상이 어떻게 눈으로 들어오는지 구체적인 형태를 보여주고 있다. 그림 10(a)의 경우 좌측 눈에는 좌측영상이 100%, 우측 눈에는 우측영상이 100% 관찰되는 형태를 보여주며, 그림 10(b)의 경우는 편의상 관찰자가 우측으로 두 눈의 간격의 1/3만큼 이동한 경우를 나타내는데 이상태에서의 우측 눈에 들어오는 영상은 좌측영상 33%와 우측영상 66%가 관찰되고 에러(error) 율은 33%라고 할 수 있다.

본 논문에서는 영상 한 개의 픽셀을 4등분한 가변형 패럴랙스배리어(VPB)를 사용했기 때문에 관찰자의 이동에 따른 배리어의 이동은 두 눈 사이 간격의 1/4에 해당하는 약 16 mm 이동시 배리어를 관찰자 이동 방향에 따라 조절함으로써 에러율 50%인 고정형 패럴랙스배리어에서 나타난 그림 9(c)의 현상을 그림 9(d)에서와 같이 에러율 25%까지 개선됨을 알 수 있었다.

VI. 결 론

본 논문에서는 가변형 패럴랙스 배리어(VPB) 패널을 이용한 시점추적형 3D 디스플레이 시스템을 제안하였다. 웹 카메라를 이용하여 시점추적을 위한 관찰자의 위치를 파악하였고, DDC 통신을 통해 가변형 패럴랙스 패널을 시점을 맞도록 구동 제어 하였다.

가변형 패럴랙스 배리어(VPB)를 이용한 시점추적시스템의 경우는 전통적인 고정형 패럴랙스 배리어(parallax barrier)를 4등분하여 사용하게 되므로, 눈의 움직임에 따라 보다 빠르고 자연스러운 입체 영상을 획득할 수 있는 가능성을 제시해 주었다. 본 논문에서는 일반적인 시스템과의 성능 비교를 위해 컴퓨터 시뮬레이션으로 객관화 하였으나, 결국 입체 영상의 관찰은 다분히 주관적인 측면이 무시될 수 없어 보다 명확한 평가 방법의 연구가 진행되어야 할 과제이다.

감사의 글

The present Research has been conducted by the Research Grant of Kwangwoon University in 2007.

참고문헌

[1] S. H. Kaplan, "Theory of parallax barriers," *J. SMPTE*, vol. 59, no. 7, pp. 11-21, 1952.

[2] D. J. Sandin, E. Sandor, W. Cunnally, M. Resch, T. DeFanti, and M. Brown, "Computer-generated barrier-stripe autostereography," Proc. SPIE, vol. 1083, pp. 65-75, 1989.

[3] H. Isono, M. Yasuda, and H. Sasazawa, "Autostereoscopic 3D LCD display using LCD-generated parallax barrier," Proc. the 12th Int. Display Research Conf., Japan, Display'92, pp. 303-306, 1992.

[4] 김은수, 이승현, *3차원 영상의 기초* (기다리/오옴사 공동출판, 서울, 1998), pp. 129-173.

[5] K. Perlin, S. Paxia, and J. S. Kollin, "An autostereoscopic display," Proc. the 27th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, pp. 319-326, July 2000.

[6] A. Markus, H. Siegbert, E. Thorsten, and F. Eduard, "Eye-tracking for auto stereoscopic displays using web cams," Proc. SPIE, vol. 4660, pp. 200-206, 2002.

[7] A. Jacobs, J. Mather, R. Winlow, D. Montgomery, G. Jones, M. Willis, M. Tillin, L. Hill, M. Khazova, H. Stevenson, and G. Bourhill, "2D/3D switchable display," *Sharp Technical Journal*, vol. 85, no. 4, Apr. 2003.

[8] D. S. Kim, S. D. Se, K. H. Cha, and J. P. Ku, "2D/3D compatible display by autostereoscopy," Proc. K-IDS Three-Dimensional Display Workshop, pp. 17-22, 2006.

[9] O. H. Willemsen, S. T. de Zwart, M. G. H. Hiddink, D. K. G. de Boer, and M. P. C. M. Krijin, "Multi-view 3D display," Society for Information Display 2007 International Symposium Digest of Technical Paper, pp. 1154-1157, 2007.

[10] 위성민, 이승현, "가변형 패럴랙스 배리어를 이용한 무안경 디스플레이 시스템," *한국광학회지*, 제 19권 2호, pp. 95-102, 2008.

[11] VESA Standards Summaries: Display Data Channel Command Interface (DDC/CI) Standard, Version 1.1, 2004.

Eye-Tracking 3D Display System Using Variable Parallax Barrier and DDC/CI

Ho-Byoung Che, Young-Rok Yoo, Jin-Soo Kim, Sang-Hun Lee, and Seung-Hyun Lee†

Dept. of Information Display, KwangWoon Graduate School, 447-1 Wolge-Dong, Nowon-Gu, Seoul 139-701, Korea

†*E-mail: shlee@kw.ac.kr*

(Received February 4, 2009; Revised manuscript April 6, 2009; Accepted April 14, 2009)

In this paper, we introduce an eye-tracking 3D display system using variable parallax barrier and DDC communication. A barrier of variable parallax barrier composed of 4 sub-barriers and a commercially available web camera is utilized to implement the eye-tracking system. The coordinates of a viewer is extracted from the web camera transfer to 3D display via DDD/CI communication. The variable barrier attached to the LCD moves electrically according to the right eye position for 3D images. This system is compared experimentally with the commercial parallax barrier methods.

OCIS codes: (100.6890) Three-dimensional image processing; (150.6910) Three-dimensional sensing; (110.6880) Three-dimensional image acquisition.