
회전 디스크형 빔 셔터를 이용한 입체영상 디스플레이 시스템에 관한 연구*

A Study on a Stereoscopic Display System Using a Rotary Disk Type Beam Shutter

이광형, Kwang-Hyung Lee¹, 장태정, Tae-Jeong Jang²
강원대학교 대학원 전자통신공학과 휴먼인터페이스연구실

Abstract – In this paper, a stereoscopic display system using a rotary disk type beam shutter and two beam projectors is proposed. It is a kind of active stereoscopic display and can be easily converted from passive stereoscopic system using polarizing filters. If it is possible to synchronize the revolution speed of the beam shutter with the integer multiple of the scanning frequency of the beam projectors, we can obtain a comparable performance with our system to an active stereoscopic system using one expensive high performance beam projector. Further, if we rotate the beam shutter at sufficiently high revolution speed, our active stereoscopic system works regardless of synchronization and thus the system is much easier to implement.

Keywords : *stereoscopic display, beam projectors, rotary disk type beam shutter, stereo vision, shutter glasses*

1. 서론

우리는 TV, 영화 등 수많은 미디어를 통하여 많은 것들을 보고 들음으로써 다양한 정보를 얻고 있다. 그러나 2차원 평면 디스플레이 환경에서의 간접체험은 직접체험에 비해 실감이 떨어질 수밖에 없다. 이러한 기존의 2차원 평면 디스플레이의 한계를 극복하기 위하여 3차원 입체영상 디스플레이에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔고, 여러 가지 방법이 제시되었다. 그러나 기술적 한계와 장치의 복잡함, 그리고 고가의 비용 등으로 인하여 활용도와 잠재성은 무궁무진한 데 비하여 보급은 제한적인 수준에 머물러 왔다.

3차원 입체 영상 디스플레이 기술은 방송, 의료, 교육, CAD, 게임, 애니메이션, 가상현실, 멀티미디어, 군용 장비 등 그 응용 분야가 매우 다양하며, 여러 분야에서 공통적으로 요구되는 차세대 정보통신 분야의 핵심 기술 중의 하나라고 할 수 있다.

본 논문에서는 입체영상을 제공하는 방법 중의 하나로서 범용 빔 프로젝터 2대와 편광 필터를 이용하는 수동

(passive) 방식의 입체영상 디스플레이 시스템 환경에서도 능동(active) 방식의 입체영상 디스플레이를 추가적으로 구현할 수 있는 회전 디스크형 빔 셔터를 이용한 입체영상 디스플레이 시스템을 제안한다. 제 2장에서는 입체영상 구현 장치의 개요에 대해 알아보고, 제 3장에서는 본 논문에서 제안하는 회전 디스크형 빔 셔터를 이용한 입체영상 디스플레이 시스템에 대해 기술한다. 그리고 제 4장에서는 제안한 장치를 이용한 실험 및 그 결과를 보이고, 제 5장에서 결론을 통해 본 논문을 마무리한다.

2. 입체영상 구현 장치의 개요

일반적으로 사람이 지각하는 입체감은 관찰하고자 하는 물체의 위치에 따른 수정체의 두께 변화 정도, 양쪽 눈과 대상물과의 각도 차이, 그리고 좌우 눈에 보이는 대상물의 위치 및 형태의 차이, 대상물의 운동에 따라 생기는 시차 및 명암, 그 밖에 각종 심리 및 기억에 의한 효과 등이 복합적으로 작용해 생긴다. 그 중에서도 사람의 두 눈이 가로 방향으로 약 6~7cm 가량 떨어져 위치함으로써 나타나게 되는 양안시차(binocular disparity)는 입체감의 가장 중요한 요인이라고 할 수 있다. 즉 양안 시차에 의하여 두 눈이 약간의 각도 차이를 갖고 하나의 대상물을 바라보게 되고, 이 차이로 인해 각각의 눈에 서로 다른 두 영상이 들어와서 망막

저자 소개

¹ 이광형: 강원대학교 대학원 전자통신공학과 석사과정

² 장태정: 강원대학교 전기전자공학부 교수

* 본 연구는 정보통신부 선도기반기술개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

을 통해 뇌로 전달되면 뇌는 이 두 개의 정보를 정확히 서로 융합하여 본래의 3차원 입체영상을 느낄 수 있는 것이다 [1-3].

대표적인 입체 영상 디스플레이 장치로는 편광 필터를 사용하는 수동(passive) 방식과 셔터글래스(shutter glasses)와 이미터(emitter)를 사용하는 능동(active) 방식이 있다 [2]. 수동 방식(그림 1)은 서로 직교하는 편광 필터를 장착한 프로젝터를 이용하여 좌우 화상을 하나의 스크린에 동시에 투사하고, 동일한 방향의 편광 필터를 각각 장착한 편광 안경을 통해 좌우 각각의 독립적인 영상을 봄으로써 입체감을 느끼는 방식이다. 이러한 수동 편광 필터 방식은 동시에 다수의 사람에게 쉽게 입체 영상을 보여줄 수 있다는 장점이 있다. 그러나 이 방식은 편광 기능이 낮은 필터를 사용할 경우 입체감이 떨어질 수 있다는 한계가 있고, 편광 간섭을 방지하기 위해 실버 스크린이나 펄 스크린 같은 고가의 특수 스크린이 요구된다는 문제점이 있다. 또한 편광 필터를 2번 통과하면서 화면의 밝기가 현저히 감소하는 현상도 함께 나타난다.

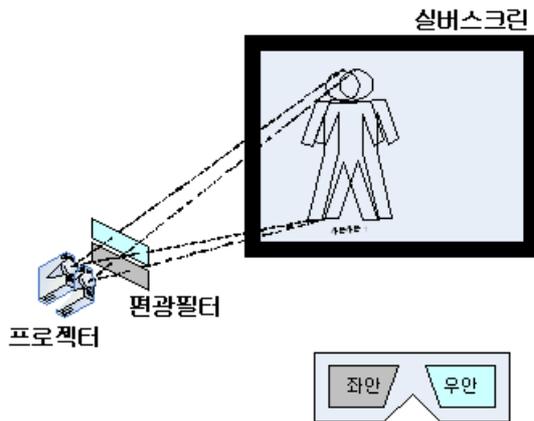


그림 1. 편광필터 방식의 시스템 구성.

능동 방식(그림 2)은 한 대의 빔 프로젝터에서 좌우 두 가지 영상을 일정한 주기를 가지고 번갈아 스크린으로 투사하고, 이미터에서 이 동기 신호를 받아 셔터글래스에 적외선 방식으로 재전송하면 셔터글래스에서 이 동기 신호에 대응하여 좌우 영상을 각각 독립적으로 볼 수 있도록 한쪽 눈씩 번갈아 시야를 차단함으로써 입체감을 느낄 수 있도록 한다. 이 방식은 편광 필터를 이용한 수동방식과 비교하여 2배 이상의 속도로 화면을 전환시켜 줄 수 있는 그래픽 카드와 빔 프로젝터가 요구되는데, 대부분의 상용 빔 프로젝터의 수직 동기 신호 주파수가 40~90Hz 정도여서 이의 절반인 20~45Hz로는 화면의 깜박거림이 사라지지 않아 특수 제작된 고가의 고속 빔 프로젝터가 필요하므로, 고가의 빔 프로젝터 구입에 따른 비용 부담이 크다는 문제가 있다.

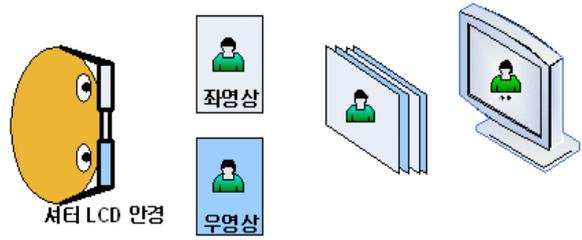


그림 2. 셔터 글래스 방식의 시스템 구성.

3. 회전 디스크형 빔 셔터를 이용한 입체영상 디스플레이 시스템

본 논문에서는 수동방식의 장점과 능동방식의 장점을 동시에 살려 저렴한 비용으로 양질의 입체영상을 구현하는 디스플레이 시스템을 제안한다. 이 시스템은 수동형 입체영상 디스플레이 시스템에서만 요구되었던 고가의 실버 스크린을 대신하여 일반스크린을 사용해도 입체영상을 표현할 수 있으며, 비교적 저렴한 비용으로 시스템을 구현 할 수 있다는 장점이 있다. 또한 좌우 영상을 완전하게 차단하므로 좀 더 깨끗한 화질의 입체영상으로 현실감 있는 가상환경을 제공할 수 있으며, 장치의 구성 특성상 밝기는 그다지 감소하지 않는다.

현재 입체영상 디스플레이가 가능한 상용화된 그래픽카드에서는 능동 방식과 수동 방식을 동시에 지원하고 있는 제품이 많다. 이러한 그래픽카드에서 능동 방식 스테레오 그래픽 동기 신호를 출력할 때는 3PIN DIN 단자를 사용하는데, 여기서 Stereo Sync 핀 신호는 좌우 영상 신호에 따라 High/Low를 반복한다. 그러나 수동 방식으로 사용할 때는 그래픽카드에 구비된 두 개의 독립된 영상출력 단자를 통해 좌우 각각의 영상 신호를 동시에 연속적으로 출력하게 되며, 이 신호는 그림 3과 같이 서로 직교하는 두 개의 편광필터가 장착된 두 대의 빔 프로젝터에서 좌우 영상을 스크린으로 투사하게 된다.

만약 수동방식의 입체영상 시스템에서 편광 필터를 제거하고 그림 4와 같이 회전 디스크형 빔 셔터를 설치했다고

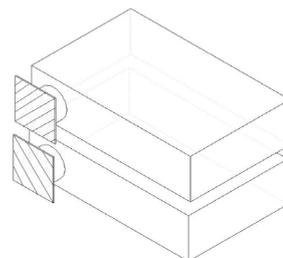


그림 3. 편광 필터를 장착한 입체영상 시스템의 주사부.

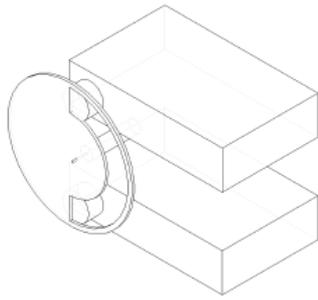


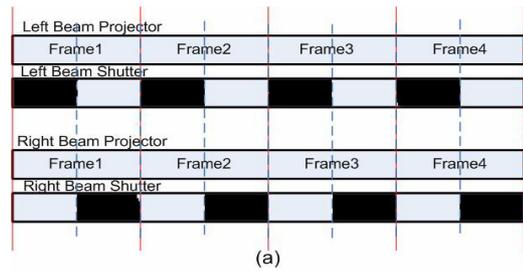
그림 4. 회전 디스크를 장착한 입체영상 시스템의 주사부.

하고, 그림 5의 (a), (b), (c), 또는 (d)에서와 같이 좌우 영상을 번갈아 가려주고 동시에 셔터글래스도 이에 맞춰 좌우 안을 번갈아 가려줄 수 있다면 2대의 빔 프로젝터를 이용하는 능동형 입체영상 시스템을 구성할 수 있다. 그림 5에서 실선은 좌우 각각의 빔 프로젝터의 프레임 시작 기준점이고 점선은 빔셔터에 의한 이미터 동기기준점을 나타내며, 검은 색은 회전 디스크에 의한 빔의 차단, 흰색은 개방을 나타낸다.

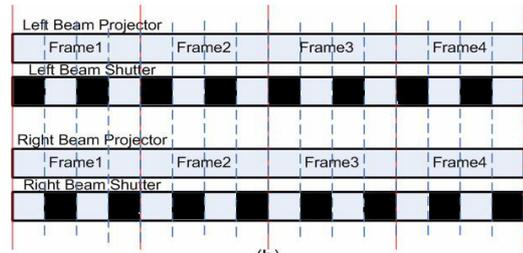
그림 5의 (a)는 한 영상 주기 동안 왼쪽 영상과 오른쪽 영상을 번갈아 절반은 가려주고 절반은 열어주는 완전 동기 방식, 그림 5의 (b)는 한 영상 주기 동안 정확하게 2 이상의 정수배만큼 번갈아 가려주고 열어주는 과정을 고속으로 반복하는 완전 고속 동기 방식, 그림 5의(c)는 위상 동기가 맞지 않지만 매 프레임마다 가려주고 열어주는 비율을 각각 50%를 유지하는 불완전 동기 방식, 그리고 (d)는 위상 동기가 일치하지 않지만 가려주고 열어주는 비율을 50%로 유지하면서 고속으로 반복하는 불완전 고속 동기 방식에 대한 설명 그림이다.

완전 동기와 완전 고속 동기는 VGA 출력 신호에서 수직 Sync 신호를 기준으로 이미터 동기 신호뿐만 아니라 모터의 회전 속도와 위상의 동기를 맞추어 주어야 한다. 반면, 불완전 동기와 불완전 고속 동기는 VGA 출력 수직 Sync 신호를 사용하지 않고 오로지 빔셔터와 이미터 및 셔터글래스의 동기를 맞추어 주는 시스템만 필요하다. 센서를 이용하여 빔셔터의 회전에 의한 동기 신호를 검출하여 이미터로 보내고, 이미터에서 셔터글래스로 이 신호를 재전송하면 셔터글래스에서 이 동기 신호에 대응하여 그림 5의 (c) 및 (d)와 같이 좌우 LCD를 번갈아 차단하여 입체감을 느낄 수 있도록 하는 것이 불완전 동기 및 불완전 고속 동기의 개념이다.

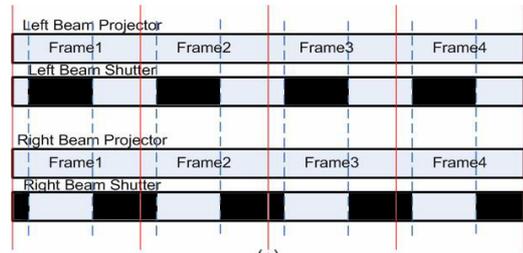
불완전 (고속) 동기 시스템에서 가장 중요한 것은 빔 프로젝터를 차단하거나 개방하기 위한 빔셔터의 구조와 빔 프로젝터가 빔셔터에 의하여 차단되거나 개방될 때 정확한 이미터 동기 신호를 만들어 내는 방법이다. 그림 6에 몇 가지 빔셔터를 위한 디스크의 구조와 이러한 디스크에 설치할 수 있는 광센서 부착 방법의 예를 보였다. 이와 같이 디스크 회전에 맞춰 광센서가 ON/OFF됨에 따라 발생하는 펄스를 동



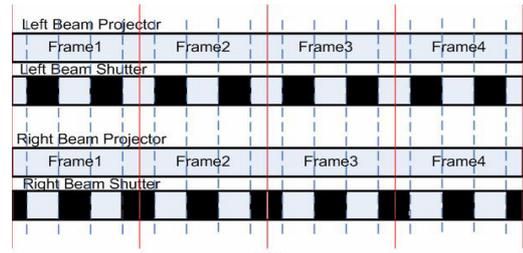
(a)



(b)

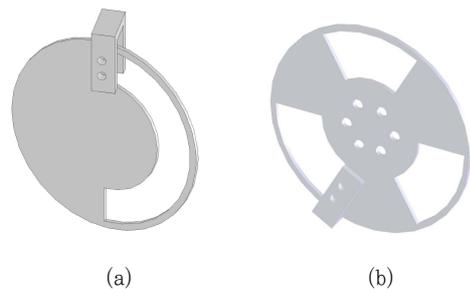


(c)



(d)

그림 5. (a)위상 동기를 맞춘 완전 동기
(b)위상 동기를 맞춘 완전 고속 동기
(c)위상 동기가 맞지 않는 불완전 동기
(d)위상 동기를 맞지 않는 불완전 고속 동기.



(a)

(b)

그림 6. 여러 가지 디스크 형태 및 광센서 부착

(a) 1회전당 1주기 (b) 1회전당 3 주기.

기 신호로 하여 이미터와 셔터글래스를 구동할 수 있다. 그림 6의 (a)와 같은 방법으로는 빔 프로젝터의 투사 영상을 가릴 수 있기 때문에 그림 6의 (b)와 같이 센싱 위치를 바꾸어 주거나 중앙 부근에 Index 홀을 만들어 사용하는 방법을 생각해 볼 수 있다. 이때, 감지를 위한 광센서의 위치에 따라 빔셔터의 위상 동기가 조정되며, 이 센서의 위치가 부적절하면 입체감이 떨어질 수 있으므로 광센서 위치에 대한 정밀한 조정이 필요하다.

그림 3의 편광 필터를 장착한 수동 방식 시스템에서는 상단과 하단에 설치된 편광필터에서 약 60%의 빛이 차단되고 단지 40%만이 통과한다. 그리고 사용자가 착용하는 편광안경에서도 같은 비율의 빛만이 통과되므로 전체적으로 16%의 빛이 사용자에게 전달된다고 할 수 있다. 수동 방식을 개조한 그림 4와 같은 회전 디스크형 빔셔터를 이용한 능동 방식 시스템의 경우 회전 디스크에 의해 50% 빛이 통과되는 것으로 볼 수 있으며, 셔터 글래스에서 약 40%의 빛을 통과시킨다고 가정하면 전체적으로 약 20%의 빛이 사용자에게 전달되므로 수동 방식 시스템보다 빛 전달율이 약간 높다고 할 수 있다. 그러나 편광필터와 달리 셔터글래스는 앞으로 빛 투과율이 좀 더 높은 제품이 나올 가능성이 높으므로 전체적인 빛 전달율이 앞으로 더 높아질 가능성이 있다. 그리고 수동 방식과 달리 제한한 능동 방식 시스템에서는 불완전한 편광에 의한 Ghost 현상이 생기지 않으며, 수동형 입체영상 디스플레이 시스템에서만 요구되었던 고가의 실버 스크린을 대신하여 일반스크린을 사용해도 입체영상을 표현할 수 있으며, 비교적 저렴한 비용으로 능동 방식의 입체영상 시스템을 구현 할 수 있다는 장점이 있다.

빠르게 회전하는 디스크에 광센서 등의 소자를 사용하여 Duty Ratio 50:50의 이미터 동기 신호를 만들어 주면 불완전 고속 동기가 가능하다. 모터의 회전이 빠르면 빠를수록 위상 동기까지 맞추어주는 완전 동기 방식의 필요성은 감소하고 화면의 리프레쉬(refresh) 비는 높아진다. 결과적으로 불완전 고속 동기에서도 사용자는 깜박거림(flicker)을 거의 느낄 수 없다. 낮은 주사 주파수를 갖는 빔 프로젝터에서 높은 주사 주파수를 갖는 빔 프로젝터의 효과를 내기 위해서는 모터의 회전이 빠르거나 그림 6의 (b)처럼 많은 수의 빔셔터 날개를 가지고 있어야 한다. 그러나 모터의 회전이 너무 빨라지게 되면 소음 문제가 발생할 수 있고, 셔터 날개가 많아지게 되면 완전히 닫히지도 열리지도 않은 과도상태 구간의 비중이 늘어나게 되므로 입체영상의 품질저하 문제가 있을 수 있다. 따라서 모터의 회전 속도와 빔셔터 날개의 개수는 적절한 범위에서 조정을 해야 한다.

4. 실험 및 결과

두 대의 빔 프로젝터를 배치함에 있어 가로축이나 세로축으로 렌즈의 중심이 정렬되어야 하고, 구현 원리상 한쪽 셔

터가 열릴 때 나머지 한쪽의 셔터가 닫혀야 하므로 기계식 빔 셔터의 날개는 $2n$ (n 은 홀수 자연수) 등분으로 분할하여 차단부와 개방부를 번갈아가며 회전 디스크를 구성하여야 한다. $2n$ 등분된 회전 디스크에 의하여 발생하는 이미터 동기 신호의 주파수는 다음과 같이 표현 할 수 있다.

$$\begin{aligned} & \text{이미터 동기 주파수(Hz)} \\ & = \text{디스크 회전 속도(RPM)} \times n / 60 \end{aligned}$$

본 논문에서는 제시된 방법의 유효성 증명을 위하여 불완전 동기 및 불완전 고속 동기의 개루프 제어 실험을 수행하였다. 실험은 1024*768, 수직 동기 주파수가 60Hz인 빔 프로젝터 2대와 6 균등 분할된 빔 셔터를 그림 7과 같이 설치하고 모터를 1200 RPM으로 회전시켜 60Hz의 불완전 동기 방식을 구현하였고, 2400 RPM으로 회전시켜 120Hz의 불완전 고속 동기 방식을 구현하였다. 셔터글래스를 통하여 사용자가 인지하는 입체영상에서는 떨림을 거의 느낄 수 없었으며 구현된 입체영상은 기존의 수동 편광방식 입체영상에 비하여 밝았다.

여기서 불완전 고속 동기 방식으로 120Hz의 개방/차단을 구현해 주더라도 실제 화면은 60Hz로밖에 바뀌지 않는다. 그러나 만약 동일한 60Hz의 빔 프로젝터 한 대를 이용하는 능동 방식 시스템을 구현했다면 좌우 각각 30Hz의 속도로 입체영상을 구현할 수밖에 없었을 것이다. 따라서 본 논문에서는 일반 빔 프로젝터 2대를 사용함으로써 2배 속도까지의 능동 방식 입체영상 시스템을 구현할 수 있는 구조를 제시한 셈이다.

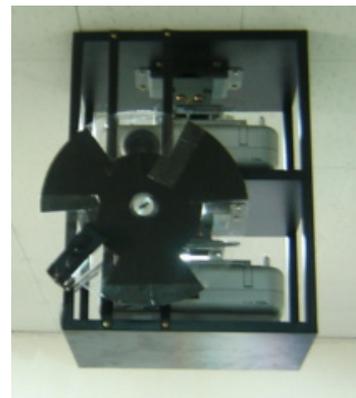


그림 7. 빔 셔터를 설치한 입체영상 시스템.

5. 결 론

본 논문에서는 범용 빔 프로젝터 2대와 편광 필터를 이용하는 수동(passive) 방식의 입체영상 디스플레이 환경에서도 간단한 장치를 추가함으로써 능동(active) 방식의 입체영상 디스플레이를 부가적으로 구현할 수 있는 회전 디스크형

빔 서터를 이용한 입체영상 디스플레이 시스템을 제안하였다. 빔 서터의 회전 속도를 빔 프로젝터 주사 주파수의 정수 배로 동기시킬 수 있다면, 디스크의 회전 속도를 높여 저가의 프로젝터 2 대로 고가의 프로젝터 한 대를 사용하여 능동 방식의 입체영상을 만들어내는 환경과 비슷한 결과를 도출할 수 있었다. 현재까지 전자식 서터 방식으로 빔 프로젝터 2대를 사용하는 능동 방식 입체영상 시스템을 구현한 시스템은 나와 있으나 본 논문에서 제안한 것과 같은 회전 디스크를 이용한 빔서터 방식은 제시된 것이 없었으며, 저가의 고속 빔 프로젝터가 일반화될 때까지는 상당히 유용한 입체영상 구현 방법이 될 수 있을 것으로 보인다.

제안한 방법을 이용하면 비용 부담이 큰 능동 방식의 단점과 고가의 실버 스크린이나 펠 스크린이 필요하고 밝기가 현저히 어두워지는 수동 방식의 단점을 어느 정도 극복하여 보다 우수한 입체영상 환경을 보다 저렴하게 구현할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 비슷한 원리의 전자식 서터를 사용하는 장치보다 비용이 저렴하며 좌우 각각의 영상을 완전하게 차단하여 입체영상의 품질을 높일 수 있다는 장점이 있다. 또한 필요시 쉽게 수동 방식의 입체영상 디스플레이 장치로의 전환도 가능하여 다양한 입체영상 환경을 조성할 수 있다는 장점도 함께 갖고 있다. 보다 효율적인 서터의 모양과 모터의 고속 회전으로 인한 소음 문제에 관해서는 앞으로 좀 더 심도 깊은 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

6. 참고문헌

- [1] U. R Dhond and J. K. Aggarwal, "Structure from Stereo - A Review," *IEEE Trans. Systems, Man & Cybernetics*, vol. 19, no. 6, pp. 1489-1510, Dec. 1989.
- [2] Sei Miyake *et al.*, *Basics of 3D Images*, NHK Science and Technical Research Laboratories, Ohmsha, Ltd. and Kidary, in Korean (originally in Japanese), 2nd edition, 2000.
- [3] Lenny Lipton, "The StereoGraphics Developers' Handbook," white paper, Available at http://www.reald.com/3dhandbook_signup.asp.