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*, 장태정**
Kwang-Hyung Lee, Tae-Jeong Jang

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.

Key Words : stereoscopic display, beam projectors, rotary disk type beam shutter, stereo vision, shutter glasses

1. 서 론

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 무궁무진한데 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. 최근 입체영상 방송 등이 멀지 않은 미래에 가능해질 것이라는 전망 등이 잇따르면서 기술 개발 경쟁 또한 치열해지고 있는 추세이다.

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.

저자 소개
* 이광형: 강원대학교 대학원 전자통신공학과 석사과정
** 장태정: 강원대학교 전기전자공학부 교수

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, 그 밖에 각종 심리 및 기억에 의한 효과 등이 복합적으로 작용해 생긴다. 그 중에서도 사람의 두 눈이 가로 방향으로 약 6~7Cm 가량 떨어져 위치함으로서 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 망막을 통해 뇌로 전달되면 뇌는 이 두 개의 정보를 정확히 서로 융합하여 본래의 3차원 입체영상을 느낄 수 있는 것이다.

대표적인 입체 영상 디스플레이 장치로는 편광 필터를 사용하는 수동(passive) 방식과 셔터글래스(shutter glasses)와 이미터(emitter)를 사용하는 능동(active) 방식이 있다. 수동 방식은 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 스

크린이나 펄 스크린 같은 고가의 특수 스크린이 요구된다는 문제점이 있다. 또한 편광 필터를 2번 통과하면서 화면의 밝기가 현저히 감소하는 현상도 함께 나타난다.

능동 방식은 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 요구되므로 고가의 그래픽 카드와 빔 프로젝터 구입에 따른 비용 부담이 크다는 문제가 있다.

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 현실감 있는 가상환경을 제공할 수 있으며, 장치의 구성 특성상 밝기는 그다지 감소하지 않는다.

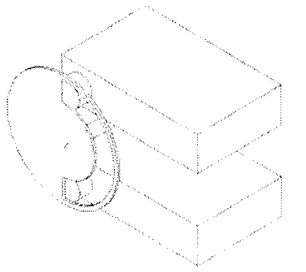

그림 1. 회전 디스크형 빔 셔터를 이용한 입체영상 디스플레이 시스템.

그림 1은 개략적인 시스템의 구성을 보여준다. 빔 프로젝터 전면에 설치된 디스크가 회전하면서 빔 프로젝터를 번갈아 차단함으로서 수동방식으로 구성된 빔 프로젝터로 능동방식의 스테레오 환경을 구현한다.

그래픽카드에서 능동방식 스테레오 그래픽 동기 신호를 출력할 때 3PIN DIN 단자를 사용하는데, 여기서 Stereo Sync 핀 신호는 좌우 영상 신호에 따라 High/Low를 반복한다. 그러나 수동방식에서는 두 대의 빔 프로젝터에 좌우 각각의 영상 신호를 동시에 연속적으로 출력하게 된다. 만약 수동방식의 입체영상 시스템에서 편광 필터를 제거하고 그림 1과 같이 회전 디스크형 빔 셔터를 설치했다고 하고 그림 2의 (a), (b) 및 (c)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 2에서 실선은 좌우 각각의 빔 프로젝터의 프레임 시작 기준점이고 점선은 빔셔터에 의한 이미터 동기기준점이다.

그림 2의 (a)는 한 영상 주기 동안 왼쪽 영상과 오른 쪽 영상을 번갈아 절반은 가려주고 절반은 열어주는 완전 동기 방식, 그림 2의 (b)는 한 영상 주기 동안 정확하게 정수배만큼 번갈아 가려주고 열어주는 과정을 고속으로 반복하는 완전 고속 동기 방식, 그리고 그림 3의 (c)는 가려주고 열어주는 과정이 빨라지면 정확하게 동기를 맞출 필요가 없다는 것을 보여주는 불완전 고속 동기 방식에 대한 설명 그림이다.

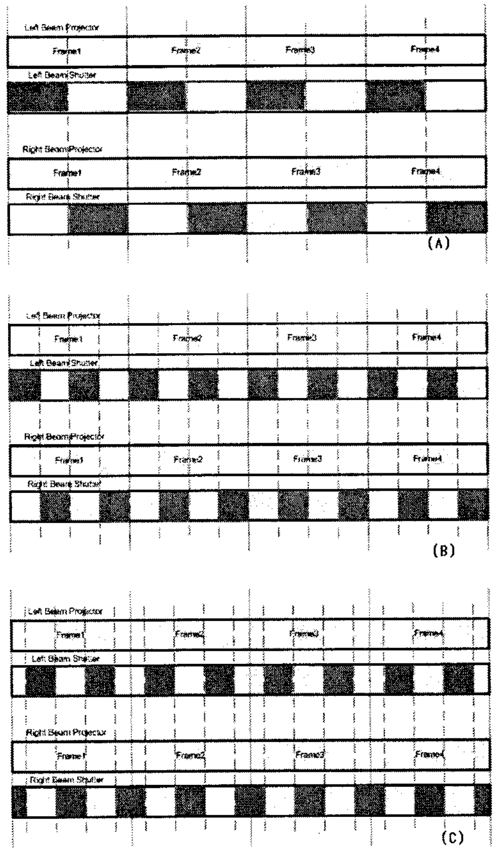

그림 2. 회전 디스크형 빔 셔터를 이용한 입체영상 디스플레이 시스템의 셔터 타이밍 개념도. (a) 완전 동기 방식 (b) 완전 고속 동기 방식 (c) 불완전 고속 동기 방식.

완전 동기와 완전 고속 동기는 VGA 출력신호에서 수직 Sync 신호를 기준으로 모터의 회전 속도 및 위치를 동기화하고 이미터 동기 신호와 위상을 디스크의 회전에 맞추어야 한다. 반면, 불완전 고속 동기는 VGA 출력 수직 Sync 신호를 사용하지 않고 오로지 빔셔터와 이미터 셔터글래스의 동기를 맞추어 주는 시스템만 필요하다. 빔셔터의 회전에 의한 동기신호를 받아 이미터가 셔터글래스에 적외선 방식으로 재전송하면 셔터글래스에서 이 동기 신호에 대응하여 그림 2의 (c)와 같이 좌우 LCD를 번갈아 차단하여 입체감을 느낄

수 있도록 하는 것이 불완전 고속 동기의 개념이다.

불완전 고속 동기 시스템에서 가장 중요한 것은 빔 프로젝터가 빔셔터에 의하여 차단되거나 개방될 때 정확한 이미터 동기 신호를 만들어 내는 것이다. 따라서 그림 3과 같이 광센서를 디스크에 부착하여 이미터 동기신호를 만들어 내기 위한 구조가 필요하다. 이와 같이 디스크 회전에 맞춰 광센서가 ON/OFF됨에 따라 발생하는 펄스를 동기 신호로 하여 이미터와 셔터 글래스를 구동할 수 있다.

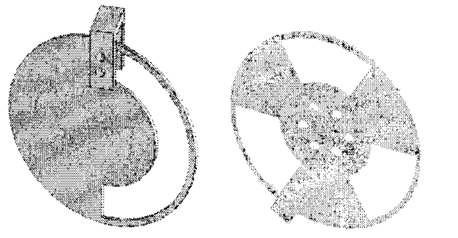

그림 3. 여러 가지 디스크 형태 및 광센서 부착
(a) 1 회전 당 1 주기 (b) 1 회전 당 3 주기

그림 3의 (a)와 같은 방법으로는 빔 프로젝터의 투사 영상을 가릴 수 있기 때문에 그림 3의 (b)와 같이 센싱 위치를 바꾸어 주거나 중앙에 Index 홀을 만들어 사용하는 방법을 생각해 볼 수 있다. 이때, 감지를 위한 광센서의 위치에 따라 입체감이 가감 될 수 있다. 실험에서는 빔 셔터의 개폐 시기와 동일한 시간에 ON/OFF 펄스를 생성할 수 있게 센서를 배치하는 것이 가장 효율적이었다.

빠르게 회전하는 디스크에 광센서 등의 소자를 사용하여 Duty Ratio 50:50의 이미터 동기 신호를 만들어 주면 불완전 고속 동기가 가능하다. 모터의 회전이 빠르면 빠를수록 싱크의 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 3의 (b)처럼 많은 수의 빔 셔터 날개를 가지고 있어야 한다. 그러나 모터의 회전이 너무 빨라지게 되면 소음 문제가 있고, 셔터 날개가 많아지게 되면 완전히 닫히지도 열리지도 않은 과도상태 구간이 많아지게 되므로 영상의 품질저하 문제가 있을 수 있다. 따라서 적절한 범위에서 선택을 해야 한다.

완전 동기 또는 완전 고속 동기 구동을 위해서는 폐루프 제어 시스템이 필요하다.

4. 실험 및 결과

두 대의 빔 프로젝터를 배치함에 있어 가로축이나 세로축으로 렌즈의 중심이 정렬되어야 하고, 구현 원리상 한쪽 셔터가 열릴 때 나머지 한쪽의 셔터가 닫혀야 하므로 기계식 빔 셔터는 2n(n은 홀수 자연수)으로 분할하여 회전 디스크를 구성하여야 한다. 2n 등분된 회전 디스크에 의하여 발생하는 이미터 동기신호의 주파수는 다음과 같이 표현 할 수 있다.

$$\text{Emitter Sync Frequency} = \text{Disk RPM} \times n / 60$$

본 논문에서는 제시된 방법의 유효성 증명을 위하여 불완전 고속 동기의 개루프 제어 실험을 수행하였다. 실험은 1024*768, 60Hz의 빔 프로젝터 2대와 6 균등 분할된 빔 셔터를 그림 4와 같이 설치하고 모터를 고속으로 회전시켜 불완전 고속 동기 방식을 구현하였다. 셔터글래스를 통하여 사용자가 인지하는 입체영상에서는 떨림을 거의 느낄 수 없었다. 구현된 스테레오 영상은 기존의 수동방식 스테레오에 비하여 밝았으며 기존의 능동방식 스테레오 환경과 견주어도 손색이 없었다.

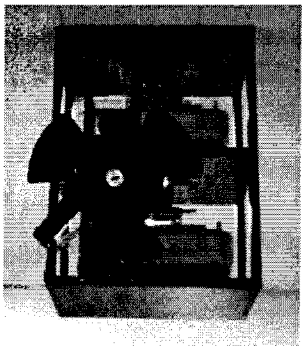

그림 4. 회전 디스크를 설치한 입체영상 시스템

5. 결 론

빔 셔터의 회전 속도를 빔 프로젝터 주사 주파수의 정수배로 동기를 맞출 수 있다면, 디스크의 회전 속도를 높여 저가의 프로젝터 2 대로 고가의 프로젝터를 사용하는 환경과 비슷한 결과를 도출할 수 있다. 그리고 빔 셔터가 고속으로 회전하게 되면 굳이 동기를 맞춰 주지 않아도 입체영상을 구현하는 데는 크게 문제가 되지 않는다.

구현된 방법은 비용 부담이 큰 능동방식의 단점과, 고가의 실버 스크린이나 펄 스크린이 필요하고 밝기가 어두워지는 수동방식 입체영상 디스플레이 장치의 단점을 모두 극복하여 보다 우수한 입체영상 환경을 보다 쉽게 구현할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 비슷한 원리의 전자식 셔터를 사용하는 장치보다 설계비용이 저렴하며 좌우 각각의 영상을 완전하게 차단하여 영상의 품질을 높일 수 있다는 장점이 있다. 또한 필요시 수동 입체영상 디스플레이 장비로의 전환도 가능하여 다양한 연구 환경을 조성할 수 있다는 장점도 함께 갖고 있다.

참 고 문 헌

[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] 감기택, 정찬섭, "상의 대응 문제 해결에 미치는 밝기 대비의 영향," 한국인지과학회논문지, 제 12권, 제 4호, pp. 49-56, 2001.