

## 관찰자의 위치 추적에 따른 3차원(3D) 디스플레이의 실시간 제어

허 경 무

단국대학교 공학대학 전자공학과

### Real-Time 3D Display Scheme with Viewer-Position Tracking Capability

HUH KYUNG-MOO

Dankook University

**Abstract** - 3차원 디스플레이에 있어서 여러 사람이 동시에 입체감 있게 3차원 영상을 볼 수 있게 하는 문제와, 관찰자가 움직이더라도 그 위치 변화를 추적하여 그에 따른 입체 영상의 변화를 반영함으로써 계속 양질의 3차원 영상을 볼 수 있도록 하는 문제들은 앞으로 해결해야 할 어려운 문제로 남아 있다. 본 논문에서는 이러한 문제들을 해결할 수 있는 방법을 제시하고 그에 따른 문제점 등을 살펴본다.

#### 1. 서 론

대부분의 영상 재생 장치들이 평면인 관계로 실재감을 느끼기에 가장 필요한 입체 영상을 만들어 내는 것에는 어려움이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 등장한 것이 바로 3차원 영상으로서 이를 구현하기 위해 stereoscopic과 holography 기술 등이 연구되어 왔다. 그러나 3차원 디스플레이가 입체감이 있고 실용적인 영상 매체가 되기 위해서는 여러 사람이 동시에 3차원 영상을 볼 수 있어야 함은 물론, 관찰자가 움직이더라도 계속 양질의 3차원 영상을 볼 수 있어야 한다. 따라서 관찰자의 위치 변화에 따른 고려가 입체 영상 형성에 반영되어야 하는데 이를 위해서는 관찰자의 위치를 추적하여 실시간 보상을 하는 것이 필수적이다. 즉 센서를 이용해 관찰자의 이동을 센싱하여 그에 따른 3D 디스플레이의 변화량을 계산하고 실시간 처리에 의해 계속적으로 입체감있는 3차원 영상을 형성할 수 있게 해야 하는 것이다. 본 논문에서는 여러 사람이 동시에 3차원 영상을 볼 수 있게 하고 또한 관찰자의 위치가 변하더라도 이를 추적하여 그에 따른 입체 영상의 변화를 반영함으로써, 3D 디스플레이가 실질적인 입체 영상의 능력을 갖출 수 있도록 실시간 제어할 수 있는 방법을 제시하고 그에 따른 문제점 등을 살펴본다.

#### 2. 관찰자의 위치 추적에 따른 3D 디스플레이

##### 2.1 3차원 영상의 구현

3차원 영상에 대한 이해를 하기 위해서 인간의 시각 인식 과정을 살펴 보면, 약간 떨어져 배치된 두개의 눈으로 들어오는 영상의 이미지를 하나로 합하는 과정에서 삼각 측량법에 의해 거리를 측정하게 된다. 물론 이러한 시각 인식 과정 중에는 좌우의 영상을 동시에 인식하지 않고 좌우를 번갈아가며 인식하는 binocular rivalry, 복잡한 물체는 주의를 기울이기 전까지 단순한 다각형으로만 인식하는 단순화, 주변 상황에 따른 즉각적이고 반사적인 반응, 그리고 잔상 현상 등의 과정을 통하여 인간의 뇌가 올바른 3차원 영상을 만들어 내게 되는 것이다.

3차원 영상을 구현하는 방법은 크게 나누어 두 가지로 분류할 수 있는데, 공간상에 입체 영상을 만들어 내는 방법과, 양쪽 눈에 서로 다른 화상을 보임으로써 입체 영상을 구현하는 방법으로 나눌 수 있다.

공간상에서의 입체 구현 방법의 대표적인 것은 홀로그래피로서, Denisjuk에 의한 반사형 홀로그램은 백색광에 의한 입체 영상 구현에 성공하였는데, 반사형 홀로그램은 파장선택성이 뛰어나 color를 표현할 수 있는 특징을 가지고 있었다. 1977년에는 Cross에 의해 stereo 홀로그램이 만들어졌는데 백색광으로 재현이 가능하며 물체의 여러 방향을 기록할 수 있었다.

두 번째 방법인 autostereoscopic 방법은 최근에 영상 정보의 저장 능력 및 압축 기술, 디스플레이 소자 및 광변조기 등의 비약적인 발전, 그리고 편광 안경과 같은 부가적인 장치가 없이도 입체 영상을 즐길 수 있다는 장점으로 인해 각광받기 시작한 기술로서 그 기반 기술은 홀로그래피 광학 소자(holographic optical element, HOE)에 두고 있다. 이 HOE는 홀로그래피를 만들어 내는 모든 광학 소자를 통틀어 말하는 데, 광학 변조를 통하여

stereoscopic 영상을 만들어내는 광학 장치로서 대표적인 것들로는 lenticular 방식, parallax barrier 방식, dynamic parallax barrier 방식, diffraction grating을 이용한 방법 등이 있다. 현재 가장 널리 사용되는 평판 2D 표시 장치인 LCD를 이용하여, 인간의 두 눈 사이 거리만큼 떨어진 카메라로 찍은 두 가지 영상을 홀수 줄에는 오른쪽 영상, 짝수 줄에는 왼쪽의 영상을 표시하게 하는 방법으로 한 화면에 합쳐진 두 이미지를 HOE에 의해 화상을 회절시켜 다시 R-region과 L-region으로 나누어지도록 하는 방법으로서, HOE를 통과해 좌우로 분리된 빛이 LCD의 영상을 신고 공간상에 맺힘으로써 viewing-zone에 위치한 인간의 눈에서는 완벽한 입체 영상이 되는 것이다. 이 방법은 저렴한 가격, 쉬운 제작 공정, 임의의 크기로 제작 할 수 있는 특징, full color, 2D 영상과의 완벽한 호환성, 실시간 표시, 무안경 3D display 등의 많은 장점을 가지고 있는 반면에 깜빡임, 'picket fence' 효과, 좌우상의 뒤바뀔, 고른 밝기 유지의 어려움 등의 단점은 문제점으로 지적되고 있다.

현재로서 autostereoscopic 방법의 가장 큰 문제점은 일정하게 정해진 위치에서만 입체 영상을 감상할 수 있다는 것이다. 즉, 움직이고 있거나 다수의 사람에게는 입체 영상을 보여줄 수 없다는 점이다. 움직이고 있는 사람이 계속 입체 영상을 볼 수 있게 하기 위해서는 head tracking을 하여 움직임에 따른 입체 영상의 보상을 실시간 적으로 수행시켜야 한다. Head tracking에 의해 관찰자의 위치를 정확히 감지해 내면, 광원의 위치를 미세하게 바꿈으로써 해서 언제나 관찰자가 3D 영상을 볼 수 있도록 할 수 있을 것이다. 이런 방식으로 해결하기 위해서는 디스플레이 장치로 LCD를 사용할 수 밖에 없다는 사실을 쉽게 알 수 있다. 즉 광원을 움직여 3D 영상의 위치를 바꾸어 주어야 하므로 LCD와 같이 영상을 표시하는 필터 기능 외의 방법으로는 관찰자의 움직임에 맞추어 영상을 이동시키는 것이 불가능하기 때문이다.

## 2.2 Head Tracking 방법

Head tracking 기술은 인간의 머리 또는 눈의 움직임을 측정해 내는 기술로서, 처음에 head tracking을 필요로 했던 분야는 virtual reality 분야에서였다. 관찰자의 움직임을 추적해 낼수 있는 이 기술은 오래 전부터 연구가 계속되어 왔는데 그 구현 방법으로는 다음과 같은 여러 방식이 가능하다.

1) Mechanical 방식- 가변저항을 장치한 헬멧을 쓰

고 움직이는 것으로 머리의 좌우, 상하 움직임을 측정해 내는 것이었으나, 헬멧의 무게가 무겁고 움직임에 제한이 많은 단점이 있다.

2) Ultrasonic 방식- 초음파를 단속적으로 내는 장치가 달린 헬멧을 쓰고 네 군데에 장치된 센서에 소리가 도달하는 시간차를 이용한 위치 측정 방식으로 사용자가 자유로울 수 있으나, 거리가 멀거나 장애물이 헬멧과 센서 사이에 있을 때에는 측정이 불가능하고 정확한 위치나 방향 측정이 어렵다는 단점이 있다.

3) Magnetic 방식- 사용자의 머리에 자석을 부착하고 xyz 축으로 구성된 코일 내부에서 움직여야 하는 이 장치는 신호 전달 시간이 오래 걸린다는 것과 부정확한 작동을 하는 단점을 가지고 있다.

4) Optical 방식- LED와 video 카메라를 이용한 이 방법은 헬멧에 LED를 부착하고 주변에 장치된 4개의 카메라로 위치를 파악하거나, 헬멧에 카메라를 장착하고 주위에 LED를 장치하는 두 가지 방식이 있으나, 전자는 정확도에 문제가 있고 후자는 엄청난 헬멧의 무게가 문제가 되었으나 0.08 inch, 0.2도의 움직임을 측정할 수 있었다.

5) Image processing 방식- video 카메라로 사용자의 움직임을 감지하는 이 장치는 사용자에게 무척 편리하고 자유스럽다는 특징이 있으나 시스템에 엄청난 부하를 주게 되는 문제점이 있다.

6) Reflection 방식- 본래는 지체부자유자의 mouse pointing을 돕기 위해 개발된 이 방식은 사용자의 이마에 반사판을 붙이고 모니터 주변에 장치된 8개의 적외선 센서로 움직임을 감지하는 방식으로, 비록 한정된 영역에서의 움직임을 감지하기는 하나 시스템 제작이 쉽고 이용이 편리하다.

7) 자이로스코프를 이용한 방식

8) 이 외에 눈동자의 움직임을 감지하는 방식은 일부 제한적인 상태(카메라의 view finder 등)에서 사용되어지고 있는 방식으로 동공의 움직임을 적외선 센서로 감지하는 것이다. 하지만 먼 거리에서 눈동자의 움직임을 감지하기가 어려운 단점이 있다.

## 2.3 다수의 관찰자의 위치 추적에 따른 3D 디스플레이 방법

Autostereoscopic 방식에 의해 다수의 관찰자가 움직이고 있는 상태에서도 3차원 영상을 볼 수 있는 방법으로서 다음의 두 가지 방법을 제시한다.

### 2.3.1 광원의 위치 제어에 의한 방법

특별한 장치 없이 display 장치만으로 입체 영상을

즐길 수 있다는 것만으로도 autostereoscopic 기술은 여러 가지 용도로 쓰일 수 있지만, 최종적으로는 움직이는 관찰자에게 양질의 입체 영상을 계속적으로 제공하는 것이 목표가 된다. 이러한 목적으로 먼저 관찰자들의 위치를 head tracking에 의해 추적하고 그에 따라 다수의 광원을 움직여 줌으로써 3D 영상의 위치를 바꾸어 주도록하는 방법을 제시한다. Head tracking을 하고 영상을 이동시켜 주는 것은 수평 이동만 고려하는데, 그 이유는 관찰자들의 눈 높이가 대개 일정한 편이고 수직 이동은 수평 이동에 비해 상대적으로 매우 적은 편이며, 또한 수직방향으로는 화상이 어떠한 인위적인 가공도 받지 않고 그대로 퍼져 나가게 됨으로, 수평 방향에서 생길 수 있는 overlap, picket fence, pseudoscopic stereo 와 같은 현상을 감안하지 않아도 되기 때문이다. 관찰자의 수를 10명 이내라고 가정한다면 관찰자가 위치할 수 있는 공간을 수평 방향으로 10개로 분할하고, 각각의 공간에 한 개씩의 광원을 할당한다. 그리고 각각의 공간에 위치한 관찰자의 head tracking에 의해 센싱된 신호를 피드백 받아, 그 공간에 해당하는 광원의 위치를 제어하여 viewing zone을 이동시킴으로써 해당 관찰자에게 계속 3차원 영상이 보이도록 한다. 예를 든다면 굴절 부파형의 회절격자의 경우에는 입사되는 빛의 각과 굴절각과의 관계는  $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = n_{21}$  의 기본 식으로부터 유도될 수 있으므로, 광원의 위치 변화로써, 관찰자에게 일정한 수준의 입체 영상을 계속적으로 제공할 수 있게 된다.(여기에서  $\theta_1$ 는 입사각,  $\theta_2$ 는 굴절각,  $n_{21}$ 은 매질1에 대한 매질2의 굴절률이다) 또한 이러한 계산 과정을 매번 연산하는 것보다 table 형태로 미리 정해 놓을 수 있다면, 처리 속도는 더욱 빨라질 것이다. 이런 방식으로 10명 이내의 움직이고 있는 관찰자들에게 하나의 3차원 영상(autostereoscopic image)만으로 동시에 계속 보여주는 것이 가능하게 되며, 이 때 관찰자의 수평방향 이동량과 해당 광원의 위치 이동량 간의 관계가 선형적 관계가 되도록 설계하는 것이 중요하고 또한 비선형 관계를 피할 수 없을지라도 선형화(linearization)시켜 제어함으로써 이동에 따른 영상의 훼손을 최소한으로 할 수 있다. 참고로 [2]에서는 서보모터를 이용한 image shifting optics를 LCD 화면 앞에 평행하게 설치하여, 이미지를 이동시키도록 하는 방법을 제안하였으나, 이는 한사람의 관찰자에게 대해서만 가능한 scheme이다.

### 2.3.2 소프트웨어에 의한 이미지 보상 방법

이 방법은 head tracking에 의해 10명 이내의 관찰자들에게 3차원 영상을 보여 주도록 하는 과정이 앞의 2.3.1절의 방법과 같되, 다만 각 공간 내에서의 관찰자의 움직임이 빠른 속도가 아니라는 가정 하에, 움직임에 따른 영상의 변화 부분과 변화량을 계산하여 실시간적으로 보상해 주도록 하는 방법이다. 역시 관찰자의 수평 이동만을 고려하기 때문에, 그 이동량과 영상의 변화와의 관계를 kinematics, 잔상, 선명도 등이 고려된 알고리즘에 의해 보상하도록 설계하고 실시간적으로 처리되도록 한다. 이에는 수평방향의 시차 보상 예측과 시간축 방향의 움직임 보상 예측 및 추정 등의 방법들도 최대한 이용하도록 한다. 관찰자의 움직임이 느린 속도일 경우 그에 따른 영상의 변화는 그리 크지 않을 것이다. 다만 이 경우 영상을 보상하여 변화시키는데 걸리는 시간이 문제가 될 수 있으나, 예상되는 영상 신호 처리의 고속화 추세와 사람 눈의 잔상 현상을 고려할 때 적절한 절충점을 찾을 수 있을 것으로 판단된다.

## 3. 결 론

여러 사람이 동시에 3차원 영상을 볼 수 있게 하고 또한 관찰자의 위치가 변하더라도 이를 추적하여 그에 따른 입체 영상의 변화를 반영함으로써, 3D 디스플레이가 실질적인 입체 영상의 능력을 갖출 수 있도록 실시간 제어할 수 있는 방법을 제시하였는 바, 이와 같은 방법으로 선명한 3D 디스플레이를 얻기 위해서는 LCD 등 표시장치의 high resolution 화, 영상 처리의 고속화, head tracking 기술과 HOE 설계 기술의 향상이 뒤따라야 될 것으로 생각된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] David Trayner and Edwina Orr, "Autostereoscopic Display Using LCD and Holographic Optical Element with Full Backwards Compatibility", IDW'96, PP.469-472, 1996
- [2] Hiroshi Imai, Masao Imai, Yukio Ogura, "Eye-Position Tracking Stereoscopic Projector Using Image shifting Optics", proceedings of the third International Display workshops, IDW'96, PP. 449-452 Kobe, Japan, Nov. 1996