

3차원 디스플레이 기술

이병호
서울대학교 전기공학부

3차원 디스플레이 기술은 입체 표시 방식에 따라 양안 시차 디스플레이 방식, 체적형 디스플레이 방식, 홀로그래피 방식 등으로 나눌 수 있다.

양안 시차 디스플레이 방식은 사람이 3차원을 인식하는 대표적인 요인인 양안 시차(binocular disparity)를 이용하는 방법으로서 왼쪽 눈과 오른쪽 눈에 각각 왼쪽과 오른쪽에서 바라본 2차원 영상을 보여 주어 관찰자가 입체감을 느끼도록 하는 것이 기본 원리이다. 이 방식은 표현할 수 있는 깊이감이 다른 방식들에 비해 크다는 중요한 장점을 갖는다. 양안 시차 디스플레이 방식은 특수안경을 착용하는 방식과 이를 사용하지 않는 방식으로 다시 구분할 수 있다. 전자의 경우 가장 초보적인 방법은 애너글리프(anaglyph)라고 불리는 방식이다. 빨간 색과 녹색의 안경을 사용하는 방법으로서, 칼라를 표현하는데 한계가 있지만, 최근에는 이를 이용한 아동용 DVD도 등장하였다. '당신의 TV에서 입체영상을 볼 수 있다'는 선전문구를 볼 수 있다. 특수안경을 사용하는 다른 방법으로는 액정 셔터 안경을 쓰는 방법이 있다. 우안과 좌안을 교대로 열면서 이에 동기시켜 우안 영상과 좌안 영상을 모니터에 싣는 방법이다. 또 다른 방법으로는 head-mount display가 있다. 우안 영상과 좌안 영상을 구별하여 제공할 수 있다. 안경식으로 가장 익숙한 방법은 놀이공원에서 볼 수 있는 편광 안경을 사용하는 방법이다. 우안과 좌안에 서로 직교 하는 (선형 편광일 수도 있고 원형 편광일 수도 있다.) 편광판을 붙이고, 스크린에 우안 영상과 좌안 영상을 해당 편광상태로 한꺼번에 조사하는 기법이다.

안경을 착용하지 않는 양안시차 방식으로는 렌티큘러(lenticular) 렌즈 방식과 패럴랙스 배리어(parallax barrier) 방식이 있다. 전자는 실린더 형태의 렌즈 열을 사용하고 후자는 슬릿(slot) 열을 사용하여 특정 위치에서 우안과 좌안이 보

는 화소들이 달리 배열되도록 만든 것이다. 그림 1은 일본 NHK에서 70인치 데모 시스템을 만드는데 사용한 투사형(projection type) 렌티큘러 렌즈 방식을 보여준다. 렌티큘러 시트(sheet)를 사용한 입체 영상 디스플레이는 광고판이나 장난감 등에서 흔히 볼 수 있다. 관측 위치를 한 곳이 아니라 여러 곳으로 확장 시킬 수도 있지만 그에 비례하여 해상도를 희생시켜야 한다. 또한 좌우 시차만 제공하고 수직 시차는 제공하지 못한다는 단점도 갖는다. 따라서, 누워서 볼 수 없다는 점이 입체 TV로 쓰이기 어려운 치명적 단점이기도 하다. 이러한 무안경식 양안 시차 방식을 이용하여 3차원 영상을 제공하는 휴대전화와 PDA 제품이 외국에서 선보이기도 했으며 우리나라 기업에서도 시작품이 제작되었다. 이러한 제품들에서는 디스플레이 시스템이 2차원/3차원 변환이 가능하도록 만들어져 있다.

체적형 디스플레이 기술은 3차원 공간 내에 실제로 입체 상을 구현하는 것으로서, 특수안경 착용의 불편함이 없으며, 양안 시차만을 이용하는 디스플레이 방식과는 달리, 여러 시각

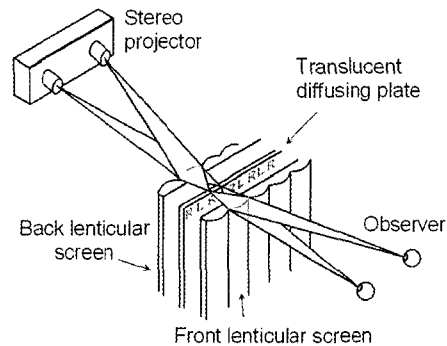


그림 1. 렌티큘러 렌즈를 사용한 투사형 3차원 디스플레이의 원리

요소들에 의해 보다 자연스러운 입체감을 느낄 수 있도록 하는 기술이다. 또한, 체적형 방식은 일반적으로 관찰 가능한 시역이 넓어서 여러 명의 관찰자가 다양한 방향에서 입체 영상을 볼 수 있다는 장점이 있다. 체적형 입체 영상 디스플레이를 구현하기 위하여 여러가지 방법들이 제안된 바 있다. 두 적외선 레이저의 교차점에서 가시광의 빛을 방출하는 비선형광학 매질을 사용하여 그 내부에 두 레이저 빔을 주사(scanning)하면서 잔상효과에 의해 3차원 영상을 디스플레이 하는 방법이 고안되었으나 상용화되지는 못했다. 상용화된 체적형 깊이 표현 방식으로는 높은 속도로 표시 면을 진동 또는 회전시키는 방법이나 표시면 적층식이 있다. 표시면 진동 방식의 대표적인 예로는, 진동하는 거울에 영상을 반사시켜서 입체영상을 보여주는 가변 초점 거울 방식이 있다. 이 시스템에서는 거울을 진동시키고, 그것에 동기된 화상을 디스플레이 화면에 띄움으로써 거울에서 반사된 상이 입체 상으로 관찰되게 한다. 거울로는 유연성이 있는 폴리에스테르 필름 등이 사용되며, 바깥쪽의 면에는 알루미늄과 같은 금속이 도금되어 있다. 거울의 진동은 눈의 잔상 특성을 이용하는 관계상 약 30~60Hz가 이용되고 있다. 이 방식에 따른 3차원 화상에서는 거울의 진동 진폭의 100배 이상의 깊이감이 얻어지지만, 거울의 곡면 변화에 의해 상이나 배율이 변화하는 따위의 문제가 있다. 이밖에도 회전 스크린식으로 불리는 방법이 있다. 이 방법은 레이저광을 주사하여 움직이는 스크린 상의 원하는 위치에서 빛이 산란 되게 하는 것이다. 표시하고자 하는 비디오 신호로 휘도 변조된 레이저 광을 하부로부터 조사하는데, 이는 회전하는 평면형 또는 나선형의 스크린에 동기되어 있다. 또한, LED 어레이를 막대 모양들로 만들어 회전시키면서 원하는 위치에서 발광하게 하는 체적형 디스플레이 방식도 있다. 이러한 체적형 디스플레이의 공통적인 문제점은, 앞에 있는 영상에 의해 뒤의 영상이 가려져야 하는 현상, 즉 가려짐 현상(occlusion)이 생기지 않는다는 것과, 대부분 사람 눈의 잔상 효과를 이용하기 때문에 빠른 기계적 움직임이 필요하다는 점이다.

또 한가지의 중요한 체적형 디스플레이 방식으로서 표시면을 적응한 3차원 화상표시 방식이 있다. 그림 2의 LightSpace사의 DepthCube가 이러한 시스템이다. 액정 패널을 일정 간격으로 여러 장 포개서 배치하고 영상을 거울을 이용하여 액정 적층 패널에 투영한 다음, 빛을 산란시키는 액정 표시면을 전자적(electronic)으로 선택하는 방식이다. 이 방식은 기계적인 가동부가 없다는 장점을 갖지만, 화상의 밝기가 셀의 통과 장

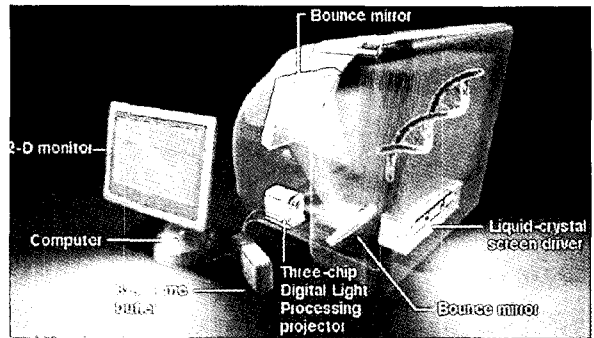


그림 2. LightSpace사의 DepthCube 체적형 3차원 디스플레이

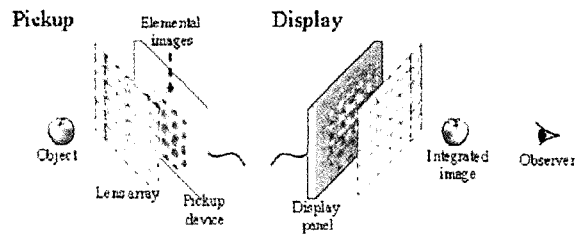


그림 3. 집적영상의 개념도

수에 비례해서 어둡게 되는 결점이 있다. 20개의 액정 층으로 15 백만개(1024×748×20층)의 물리적 체적소(voxel)를 구현하였는데, 이웃한 층간에 산란 정도를 조절하여 이웃한 층 사이에 영상이 있는 것처럼 표현하는 기술을 이용해 실제로는 465 백만개(1024×748×608)의 체적소를 구현할 수 있다고 주장한다.

최근에는 일정 시야각 내에서 시점의 이동이 자유롭고 수평과 수직 방향으로 완전 패럴랙스를 갖는 집적영상(integral imaging) 기술이 큰 주목을 받고 있다. 이 방식은 2차원 기초 영상 집합으로부터 특정 깊이를 갖는 3차원 영상을 일정한 체적 내에서 표현하는 방식으로서 다시점 양안 시차 방식들과 차별화되며, 분류에 따라서는 이를 체적형 디스플레이 방식으로 취급할 수도 있다. 직접영상은 그림 3에서와 같이 픽업(pick up)과 재생(디스플레이), 두 단계로 이루어 진다. 이 방식은 잠자리 눈처럼 렌즈 어레이로 구성된 렌즈 판을 사용한다. 픽업 과정에서는 3차원 물체를 여러 방향에서 바라본 서로 다른 영상들을 렌즈 어레이를 통하여 기초영상 형태로 저장하고, 디스플레이 과정에서는 이들 기초영상들이 렌즈 어레이를 통하여 3차원 영상으로 집적되게 된다. 픽업한 기초 영상들은 디스

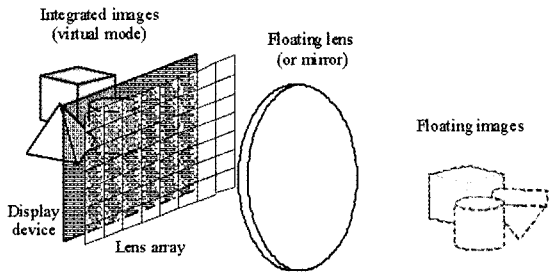


그림 4. 집적영상과 부유형 시스템을 결합한 입체 동영상 시스템

플래이에 이용되기 전 적절한 신호 변환 과정을 거쳐야 한다.

그림 4는 최근에 제안된 집적영상과 부유형 (floating) 디스플레이 방식을 결합한 구조이다. 집적영상 시스템으로 구현된 3D 영상을 부유형 시스템을 통해 앞으로 당긴 구조이다. 통상의 부유형 디스플레이 방식은 실제 물체를 이용하거나 평면 동영상을 이용하는데 반해, 이 방식에 의하면 입체 동영상을 부유형 형태로 구현할 수 있다.

전형적인 홀로그래피 방식은 필름을 이용하기 때문에 실시간으로 동영상을 전송 받아 디스플레이 하는 것이 불가능하지만, 음향광학소자나 위상변조 액정 광변조기를 써서 입체 동영상

상을 디스플레이 하는 전자홀로그래피(electro-holography) 기술에 대한 연구도 꾸준히 이루어지고 있다.

3차원 디스플레이 기술은 그 응용목적에 어떤 것으로 삼느냐에 따라 적용기술과 개발 목표가 달라진다. 예를 들어 놀이 공원에서 짧은 시간 즐기기에 편광안경을 사용한 양안시차 방식이 적합하지만, 게임용이나 종국적으로 3차원 TV를 목표로 하는 시스템을 위해서는 장시간 관측시에도 피로감이 없어야 한다는 것이 매우 중요한 요구 조건이다. 또한, 시야각이 넓어야 하고 2차원 영상 표현과 3차원 영상 표현 사이의 변환이 가능하도록 만들어져야 한다. 이는 현재의 2차원 TV와의 호환성이 있어야 3차원 TV가 시장에 진입할 수 있기 때문이다. LCD나 PDP와 같은 평판 디스플레이 기술의 놀라운 발전은 3차원 디스플레이 시스템의 개발에 있어서 큰 도움이 되기도 하지만, 반면에 고화질 2차원 영상과 비교할만한 해상도 및 색 표현이 가능한 3차원 영상 시스템을 만들어야 한다는 커다란 부담감도 주고 있다. 하지만, 언젠가는 공상과학영화에서 보는 기술이 실현될 수 있을 것이며, 아직 갈 길이 멀기 때문에 더욱 도전해 볼 가치가 있는 흥미로운 연구 분야이다.