

3D 디스플레이 기술

이승현 <광운대학교 대학원 정보디스플레이학과 교수>

1 서론

입체감이란 마치 그 장소에 있는 것 같이 느끼는 것이며, 높은 입체감을 실현하는데 있어서 디스플레이는 필수 불가결한 요소이다. 눈앞에 펼쳐진 입체 영상을 잡으려고 손을 내밀어 버리거나, 전방에서 다가오는 영상을 영겁결에 피하거나 할 만큼, 입체영상은 종래의 2차원 영상과는 전혀 다른 효과를 가지고 있다. 그러나 현재의 3D 디스플레이에서는 입체 영상 감상용 안경 같은 장치가 필요하다거나, 정해진 장소에 눈의 위치를 고정해야하는 필요가 있는 등 이래저래 사용하는 방법이 까다롭다고 할 수 있다. 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 패럴랙스배리어나 렌티큘러 스크린 등의 광학 판을 디스플레이 화면의 앞, 또는 뒤에 설치하는 방식을 사용한다. 이들 방식은 일반적으로 유효 시야가 상당히 좁고, 한 사람 밖에 이용하지 못했지만 최근 여러 명의 관찰자도 함께 시청할 수 있는 다시점 입체 디스플레이가 발표되는 등 차세대 디스플레이로써 주목을 받고 있다.

3D 디스플레이를 세분화 하면 표에서와 같이 스테레오스코픽 디스플레이와 3D 디스플레이로 분류할

수 있다. 이들을 구분하지 않고 3D 디스플레이라고 부르는 것이 일반적이지만 본고에서는 이해를 위해 구분하여 설명하기로 한다. 스테레오스코픽 디스플레이는 양안시차를 갖는 두 장의 2D 영상을 좌우의 눈에 따로따로 분리, 제시하여 입체시함으로써 화면의 전후에 깊이감 있는 공간을 재현하는 방식이다. 2안으로 촬영한 좌우 영상을 표시하기 때문에 한 방향의 시점에서의 입체 영상 밖에 볼 수 없다. 이와 달리 3D 디스플레이에서는 물체를 여러 방향에서 촬영한 입체 정보를 디스플레이하기 때문에 관찰자는 위치를 이동해도 서로 다른 입체 영상을 볼 수 있는 등 보다 자연스런 3D 영상을 볼 수 있다.

표. 3D 디스플레이의 분류

스테레오스코픽 디스플레이	안경식	HMD(Stereoscope)
		애너글리프 편광 방식 시분할 방식
	무안경식	패럴랙스배리어 렌티큘러
		3D 디스플레이

2. 스테레오스코픽 디스플레이

2.1 안경식 디스플레이

2.1.1 편광안경방식

2.1.1.1 프로젝터 방식

1852년에 W.B.Herapath에 의해 편광판이 발명되고 1891년에는 미국의 Anderton이 편광원리를 입체투영에 사용하는 방법을 제안하였다. 그 후 1935년에 E.H.Land가 편광판을 사용한 입체영화 방식을 발표하였다. 이것이 오늘날 널리 사용되고 있는 편광필터에 의한 스테레오스코픽 디스플레이 방식이다. 그림 2.1에는 2대의 디스플레이로서 프로젝터를 사용한 예를 보여준다. 두 대의 프로젝터 렌즈 출구에는 편광 필름이 장착되어 있고, 서로 직교한 빛이 편광 필름에 의해 만들어진다. 스크린 상에는 좌안용과 우안용의 2종류 영상이 확대 투영된다. 안경없이 스크린을 보면 단지 2종류의 영상이 겹쳐져서 보일 뿐이다.

그러나 편광안경을 쓰고 이 스크린을 보면 편광 안경의 작용으로 왼쪽 눈에는 수평 방향만의 빛인 왼쪽 눈 용의 프로젝터 영상만이 들어온다. 또한 오른쪽 눈

에는 수직 방향으로 편광된 오른쪽 눈 용의 영상만이 들어온다. 그 결과 우리는 두 눈에서 서로 다른 영상을 보게 되는 것이며, 양안시차를 이용해서 입체 영상을 볼 수 있는 것이다. 그림 2.1에서와 같이 직교하는 편광필터를 장착한 비디오 프로젝터로 좌우 영상을 스크린에 투사하고, 직교하는 편광필터가 달린 안경으로 관찰하는 것이 편광 프로젝터 방식의 스테레오스코픽 디스플레이이다. 대부분의 편광 필터방식에서는 선형 편광필터가 많이 사용되는데, 선형 편광필터를 사용하는 경우 머리를 기울이는 것과 같이 관찰자의 머리 위치가 부정확할 때에는 영상의 잔상 현상이 발생하게 된다. 잔상현상은 우안 영상이 좌안에, 좌안 영상이 우안에 나타나는 현상으로 시청 시에 눈의 피곤함을 유발시키게 된다. 이러한 현상은 원형 편광 필터를 사용하여 제거될 수 있다.

2.1.1.2 모니터 방식

선형 편광을 잘 이용한 것이 마이크로 폴을 사용한 스테레오스코픽 모니터 디스플레이 방식이다. 마이크로 폴의 구조를 그림 2.2에 보여주고 있다. LCD디스플레이의 수평 방향 화소 라인 패턴 마다 선형 편광 방향이 90도로 회전하고 있다. 그림 1.2 (a)에서, 사

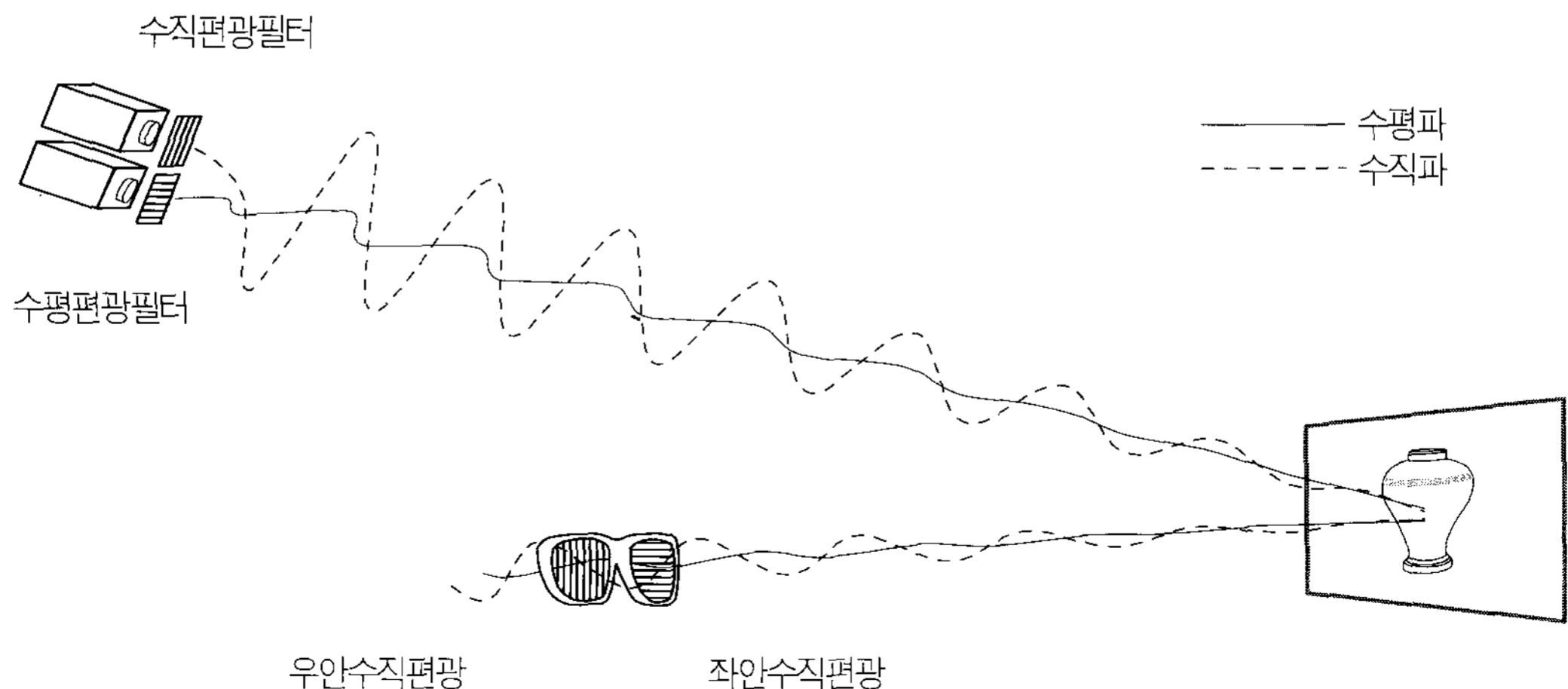


그림 2.1 편광안경 방식을 이용한 스테레오스코픽 프로젝션 디스플레이

특집 : 3차원 디스플레이

선으로 표시된 기수 라인의 열에서 입사광은 회전되어 90도 편광된다. 반대로 우수 라인의 입사광은 액정 패널로 부터의 편광 방향이 그대로 출력 된다. 즉 기수 라인과 우수 라인에서 나오는 빛은 편광 방향이 90도 다르다. 즉 마이크로 폴은 "1/2 파장판"으로 잘 알려져 있는 편광 판을 이용하여 디스플레이를 구성한 것이다. 라인의 열만이 아니고 모자이크 상으로도 구현 할 수 있다. 그림 2.2 (b)는 LCD패널과의 위치를 일치시킨 형태를 보여준 것이다. 액정 패널의 화소 폭은 마이크로 폴의 라인 폭 일치한다. 이 마이크로 폴을 액정 패널에 정확히 일치시켜 붙이면 스테레오스코픽 디스플레이가 완성된다.

결과적으로 액정 패널의 우수라인과 기수라인에서

는 편광 방향이 서로 직교한 빛이 나가게 된다. 이 액정 패널을 그림 2.1에서와 같은 편광안경을 쓰고 보면 좌우의 눈에 기수라인과 우수라인의 영상이 선별되어서 들어온다. 기수라인과 우수라인에 좌우의 영상을 각각 디스플레이 하게 되면 편광 안경방식 스테레오스코픽 디스플레이가 완성된다.

2.1.2 액정셔터 방식

안경의 렌즈 대신 액정의 ON-OFF동작을 이용한 셔터 방식이다. 물건을 볼 때 인간의 눈에 잔상이 남는 것은 잘 알려져 있는 사실이다. 약 1(ms)이라는 짧은 간격으로 순간순간의 영상을 펄스 적으로 보고 있지만 잔상작용 때문에 인간은 연속적으로 어색함



그림 2.2 마이크로 폴 (a) 패턴 (b) LCD 패널과의 접합

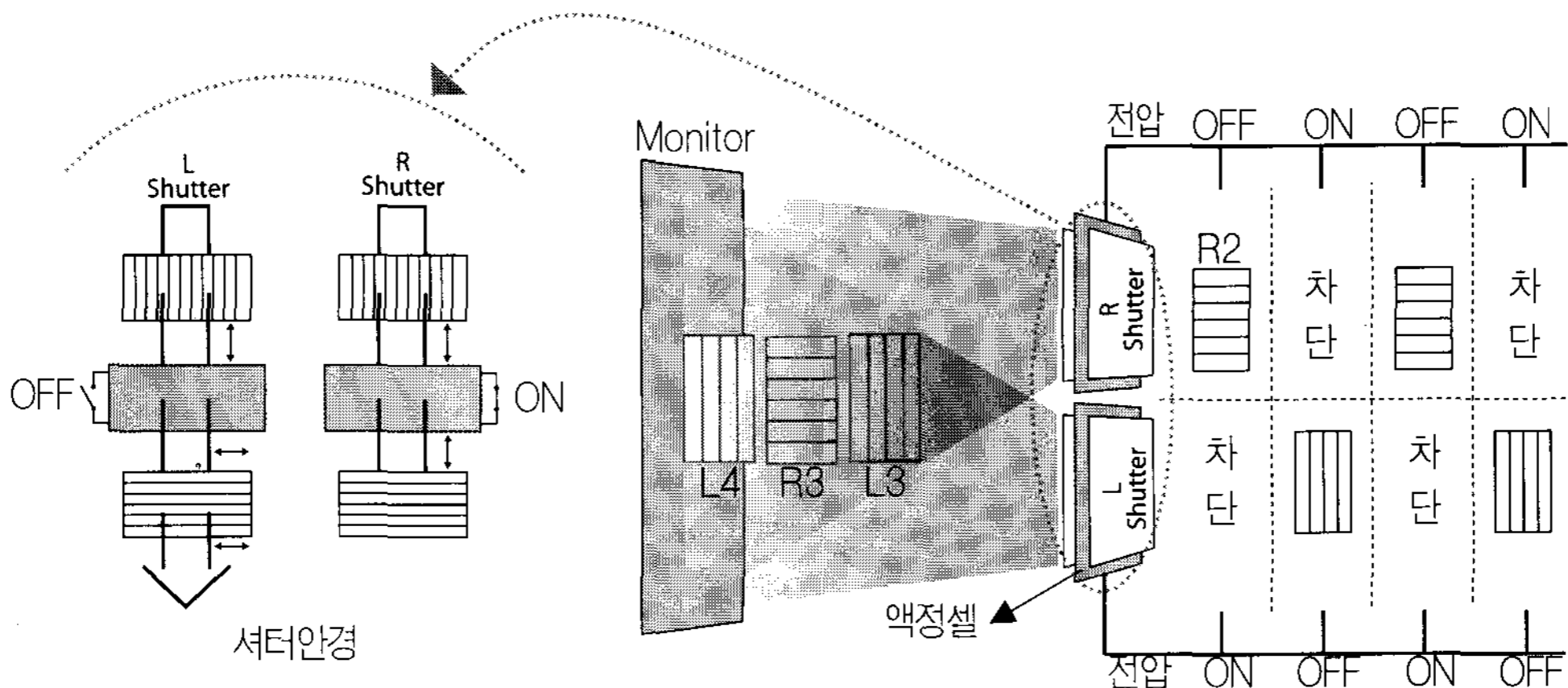


그림 2.3 셔터 안경 방식

없이 영상을 볼 수 있는 것이다. 이 원리를 이용하여 셔터 안경으로 어느 순간에는 오른쪽 눈에만 영상이 들어오게 하고 또 다른 순간에는 왼쪽 눈에만 영상이 들어오도록 빛을 ON-OFF 해주는 것이 액정셔터 방식이다. 우안에 들어오는 영상과 좌안에 들어오는 영상은 1대의 디스플레이에서 영상이 교대로 재생된다. 안경 없이 이 영상을 보면 2개의 영상이 겹쳐서 보일 뿐이지만, 이 액정 셔터 안경을 쓰고 보면 2개의 영상은 좌우의 눈에 선별적으로 따로 들어오게 되어 스테레오스코픽 영상을 인식할 수 있게 된다.

그림 2.3은 액정 셔터 안경의 구조에 대한 개념도이며, 입사광이라는 것은 디스플레이 영상에 해당하는 빛이다. 셔터의 구조는 2개의 편광 필름과 투명전극을 붙인 유리 판 사이에 액정이 주입된 상태의 액정 셀로 구성되며, 2개의 편광 필름은 서로 직교하는 방향으로 편광되어 있다. 디스플레이 화면으로부터 입사된 빛은 좌우 2개의 편광 필름으로 들어오게 되는데, 전압이 인가되지 않은 좌안용 액정 셀에 입사된 빛은 편광 방향이 90도 회전하여 직교한 방향으로 편광판이 놓여있는 좌안으로 빛이 들어오게 된다. 한편 우안용의 액정 셀에는 전압이 인가되고 있으므로, 입사광의 편광방향은 변하지 않고 그대로 편광 필름에 입사되어 편광 방향이 다르기 때문에 빛은 통과하지 않는다. 다음 순간 액정에 인가한 전압을 교대로 바꾸면, 좌안에는 빛이 들어오지 않고 우안에만 빛이 들어온다.

2.1.3 헤드 마운트 디스플레이 (Head Mount Display)

스테레오스코픽 디스플레이는 결국 좌우의 눈에 다른 영상이 들어오는 것 같은 구조를 만들어 좌우의 눈에 2개의 영상을 보여줄 수 있으면 된다. 가장 간단한 방법은 안경을 착용하고 안경에 영상이 비추어 나오면 된다. 다만 안경크기의 영상이 작아서 보기가 어렵

기 때문에 렌즈와 미러를 이용하여 확대한다. 이와 같은 시스템의 기본적인 원리를 그림 2.4에 나타냈으며 헤드 마운트 디스플레이라고 부른다. 소형 디스플레이(LCD등)와 확대용 렌즈를 장착한 마운트가 있고, 이것을 보면 렌즈로 확대된 허상을 볼 수 있다. 소형 디스플레이는 보다 작고, 보다 정교하여야 하며, 마운트도 보다 작게 만들어 안경 크기에 가깝게 할 수 있는지가 HMD에 있어서 가장 중요하다.

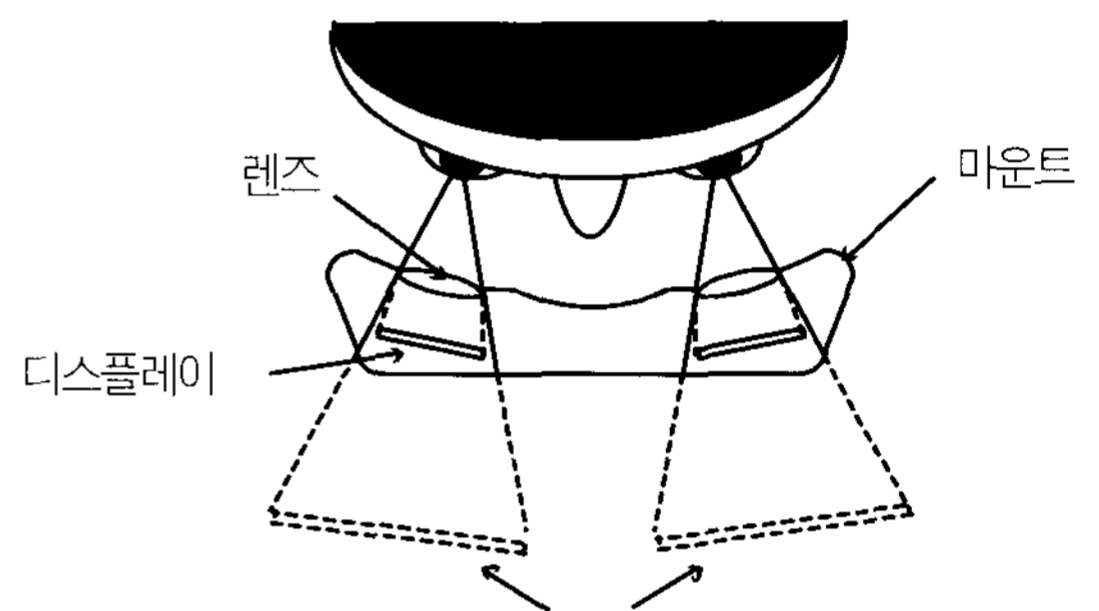


그림 2.4 HMD의 원리

2.2 무안경식 디스플레이

2.2.1 패럴랙스배리어 방식

패럴랙스배리어 방식이라고 부르는 것은 그림 2.5에서와 같이 슬릿 상의 광학적인 배리어에 의해 좌우 영상을 분리 하는 방법이다. 양안의 위치에서 보면 우안에서는 점 R만을 좌안에서는 점 L만을 볼 수 있다. 또 배리어의 크기를 제한하여 우안에서는 점 L을 볼 수 없도록 한 것은 그림에서 쉽게 이해할 수 있다. 점 L, R을 좌우 영상의 한 화소라고 가정하고 이 위치에 액정등의 평면 디스플레이를 사용하며 슬릿도 한 개가 아니고 등간격의 다수의 슬릿을 가지는 패널을 놓는 것으로 무안경 입체 디스플레이를 만들 수 있다.

점 L, R을 좌우 영상의 한 화소라고 가정하고, 이 위치에 LCD등의 디스플레이를 사용할 수 있다. LCD 앞면에 한 개의 슬릿이 아니고 동일 간격의 다

특집 : 3차원 디스플레이

수 슬릿을 가지는 패널을 놓는 것으로 그림 2.6에서와 같이 무안경 스테레오스코픽 디스플레이를 제작할 수 있다. 여기서 L은 왼쪽 눈의 영상을 분할하는 화소이며, R은 오른쪽 눈의 영상을 분할하는 화소이다.

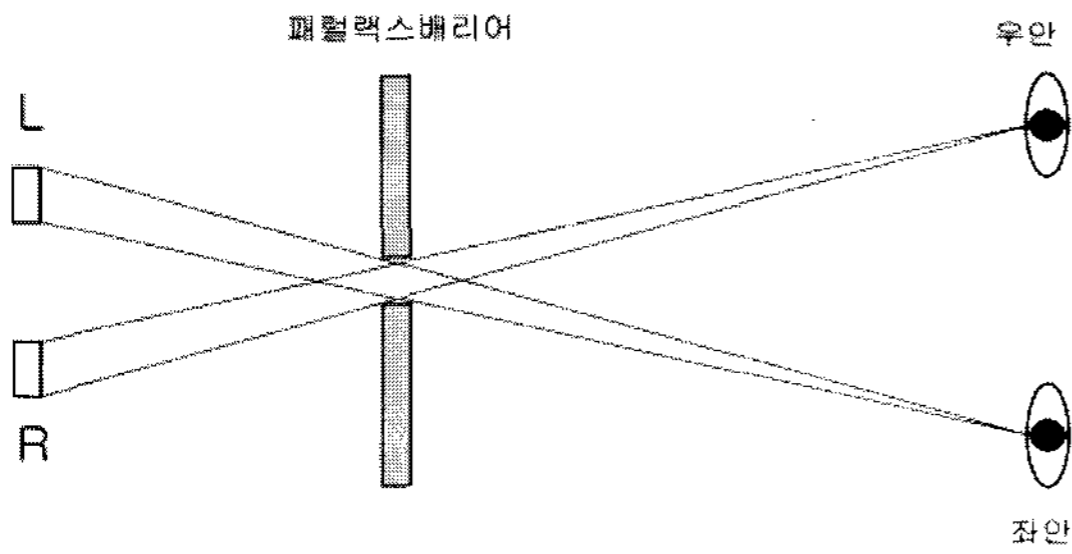


그림 2.5 패럴랙스배리어를 이용한 2점 L과 R의 분리

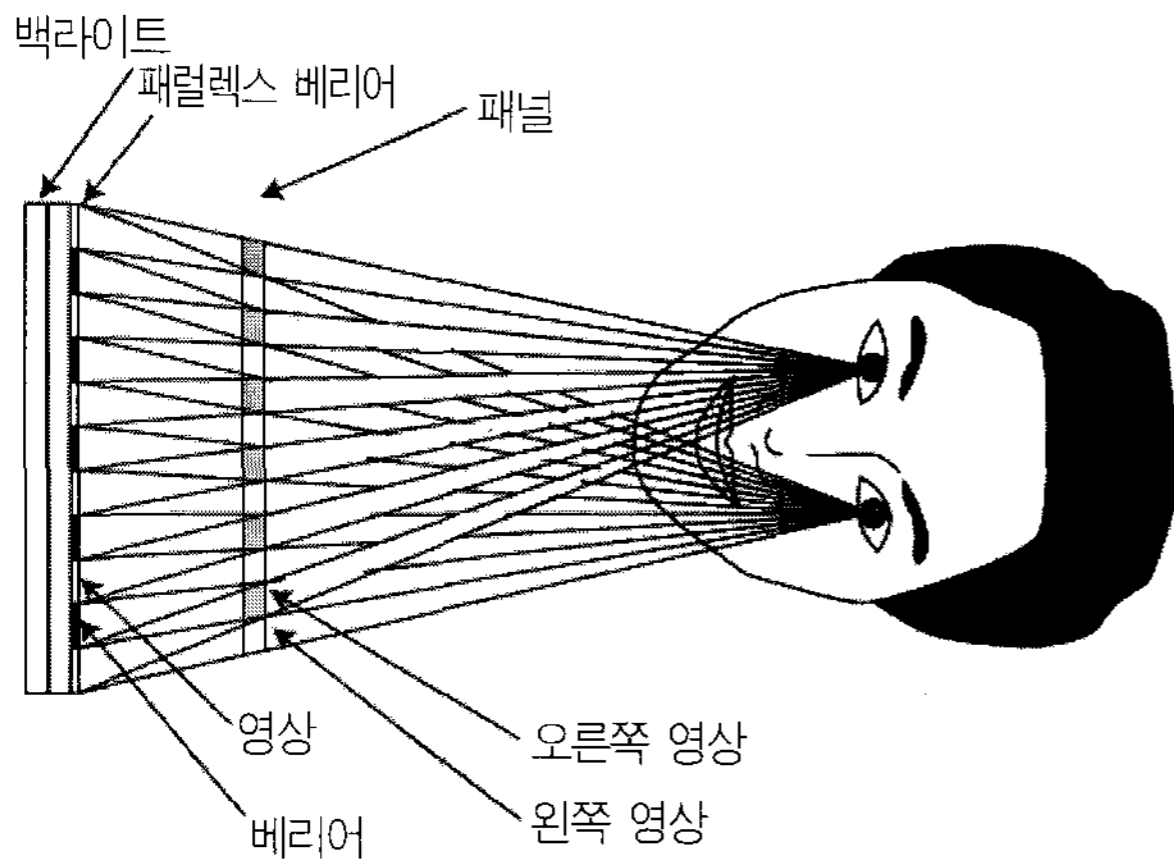


그림 2.6 패럴랙스배리어 방식의 무안경 스테레오스코픽 디스플레이

2.2.2 렌티큘러 스크린 방식

렌티큘러로 좌우의 영상을 분리할 수 있는 기본적인 원리는 그림 2.7과 같다. 그림 2.7 (a)는 x축 상의 점 A부터 나온 빛은 렌즈로 x축 상의 B점에 집속된다. 그림 2.7 (b)와 같이 x축부터 y방향으로 벗어난 점 A1과 A2부터 빛이 나오는 경우를 생각하면, y축 방향의 위쪽으로 벗어난 점 A1으로부터 나오는 빛은 y축 상의 아래쪽으로 벗어난 점 B1에 집속된다.

마찬가지로 A2부터 나온 빛은, y축 상의 B2에 집속될 것이다. B1과 B2의 거리를 사람의 좌우의 눈의 간격으로 만들고, B1, B2의 위치에 눈을 맞추면, 왼쪽 눈은 A1으로부터의 빛만을, 오른쪽은 A2로부터의 빛만을 특수한 안경의 작용을 빌리지 않고 보게 된다. 그림 2.7 (c)에서와 같이 A1, A2의 쌍을 많이 만들고, 렌즈도 반구 실린더형 렌즈를 다수 늘어놓은 형태인 렌티큘러 스크린으로 구성하면, 무안경 입체 디스플레이가 될 수 있다는 것을 알 수 있다.

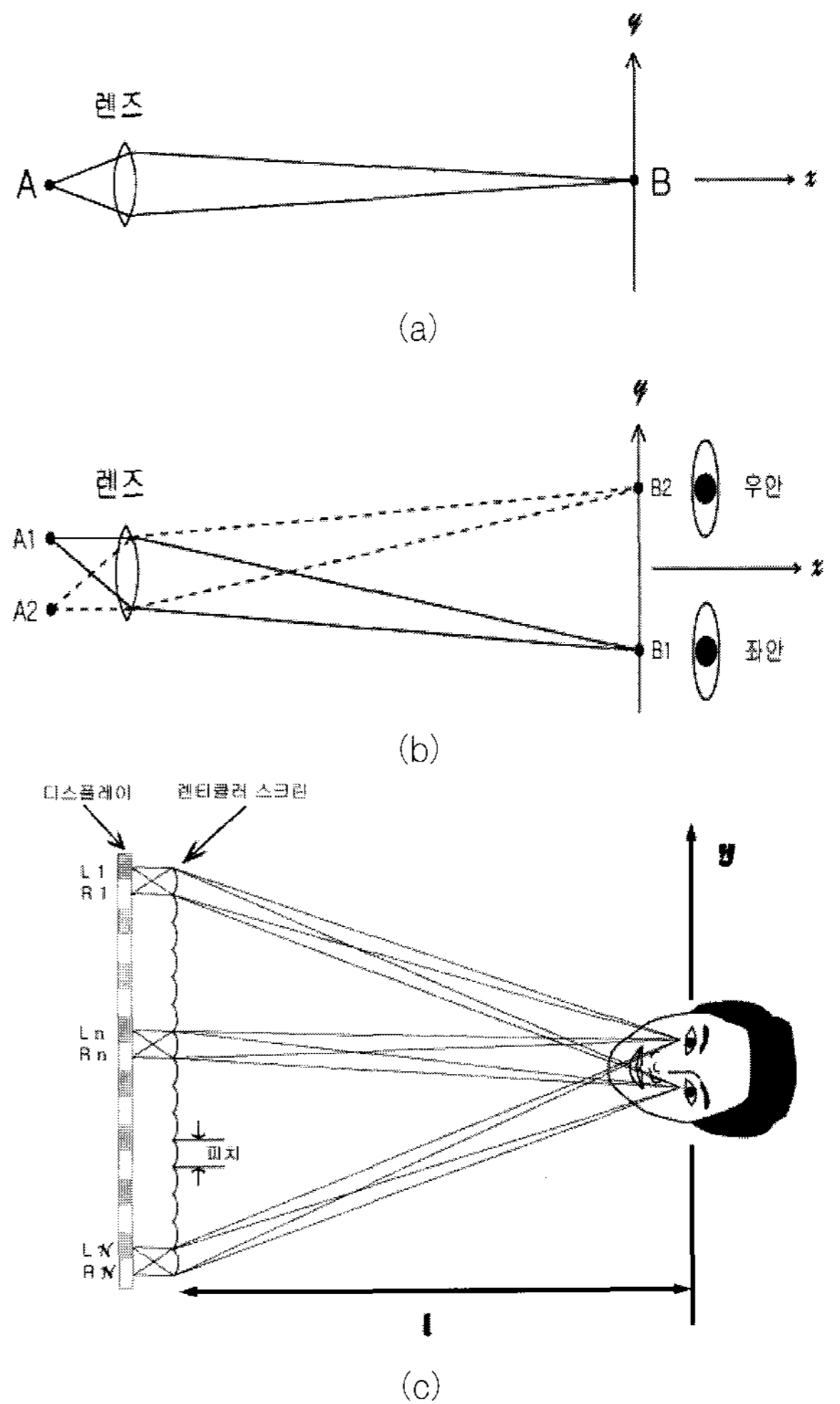


그림 2.7 렌티큘러 스크린을 이용한 입체 영상 디스플레이의 원리

3. 3D 디스플레이

3.1 다시점 무안경 디스플레이

3.1.1 다시점 패럴랙스배리어 방식

1918년에 미국의 C.W.Kanolt는 시점을 바꾸어도 연속적으로 3차원 영상을 볼 수 있는 패럴랙스 파노라마그램(parallax panoramagram)을 제안하였다. 이 방법은 패럴랙스 배리어의 슬릿 간격을 바꾸어 개구비를 낮추고 그 대신 화상 표시 면에 여러 방향에서 촬영한 다안 상을 배치하는 것이다. 그림 3.1은 5안식 디스플레이의 원리를 보여주고 있다.

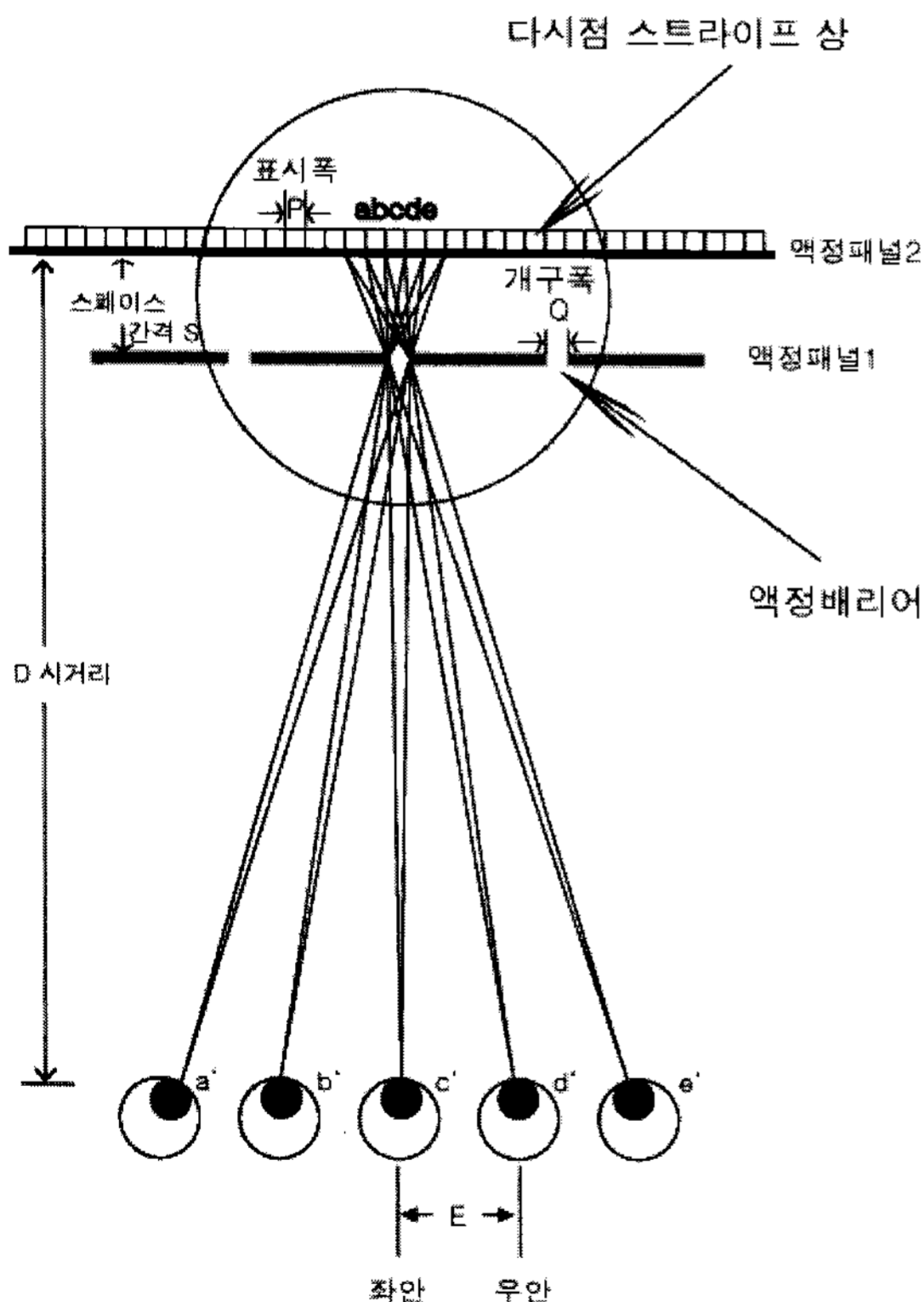


그림 3.1 5안식 패럴랙스배리어 디스플레이의 원리

다시점 디스플레이 중에서 9시점 디스플레이의 경우엔 해상도가 1/9로 줄어들게 되기 때문에 깨끗한 영상의 제공이 어려워진다. 이러한 문제점을 해결하

기 위하여 고안된 입체 디스플레이중 하나가 WSFA (Wavelength-Selective Filter Array) 방식의 디스플레이이다. 기존의 입체 디스플레이 장치는 수직해상도가 동일하게 유지되면서 수평해상도는 반 이상으로 줄어들게 되는데, WSFA 방식은 수직해상도를 감소시키면서 수평해상도를 보상해주는 방법을 이용하고 있다.

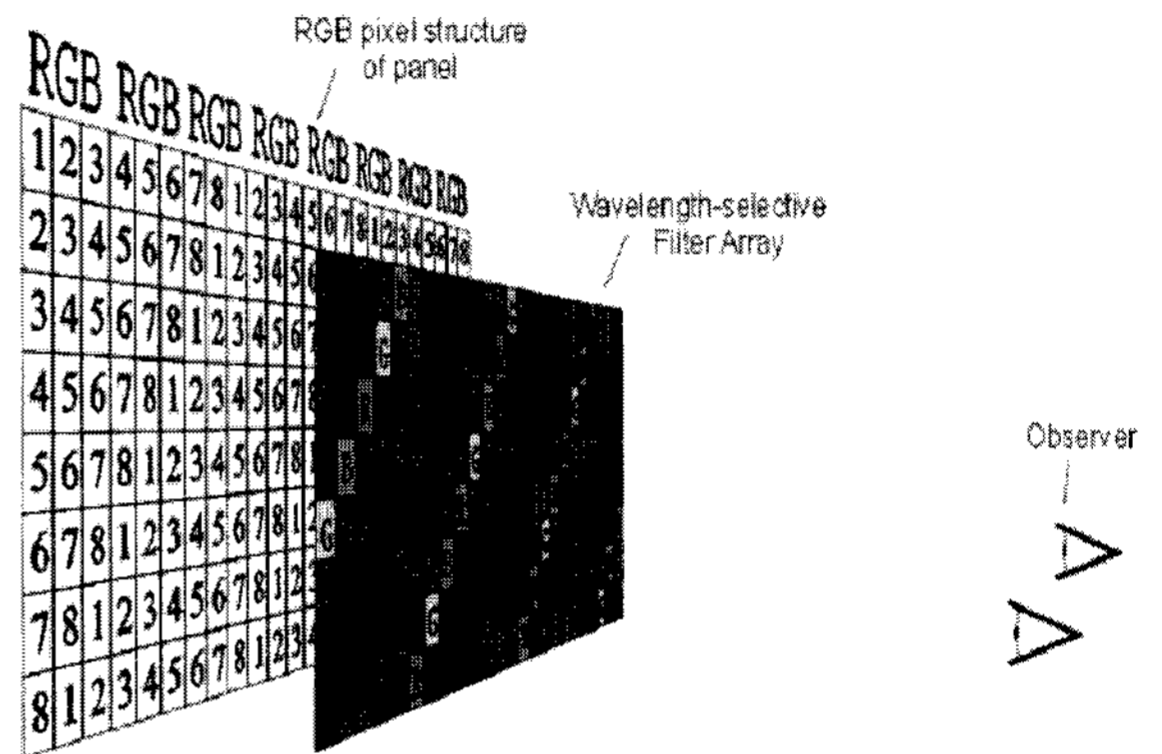


그림 3.2 8시점 스텝 배리어 방식 디스플레이의 영상배치와 기본원리

스텝 배리어의 기본 원리는 그림 3.2와 같이 FPD의 전면부에 WSFA가 배치되는데, 기존의 다시점 패럴랙스 배리어는 직선형인 반면에 WSFA는 사선으로 형성이 되지만 계단형태를 이루어 구성이 된다. 그림 3.2에서 관찰자의 한 시야에 5번 영상이 관찰되는 모습을 나타내는데, 화면 전체에서 관찰자의 한 시야에는 5번 영상만 관찰된다. 이러한 방법으로 다른 눈에는 5번이 아닌 다른 영상이 보여지게 되어 입체영상을 관찰할 수 있게 된다. 또한 관찰자가 좌측으로 이동하게 되면 5번 영상이 보였던 시야에 4-3-2... 순으로 영상이 바뀌어 관찰되게 되고, 반대로 우측으로 이동하게 되면 6-7-8... 순으로 영상이 바뀌어 관찰되어 시점이 여러 개인 다시점 디스플레이를 구성하게 된다.

3.1.2 다시점 렌티큘러 스크린 방식

렌티큘러 스크린을 사용한 8안식 다시점 입체 디스플레이의 원리를 그림 3.3에 보여준다. 렌티큘러 스크린의 1개의 볼록렌즈에 a, b, c, d, e, f, g, h의 8개의 영상의 정보가 대응하고 있다. 우측에 관찰자의 눈을 보여준다. 예를 들면 h'g'의 위치에 왼쪽 눈과 오른쪽 눈이 올 때, h와 g의 영상 정보를 본다. 눈의 위치를 순차적으로 변화시키면 이와 같이 서로 다른 8종류의 영상을 볼 수 있다.

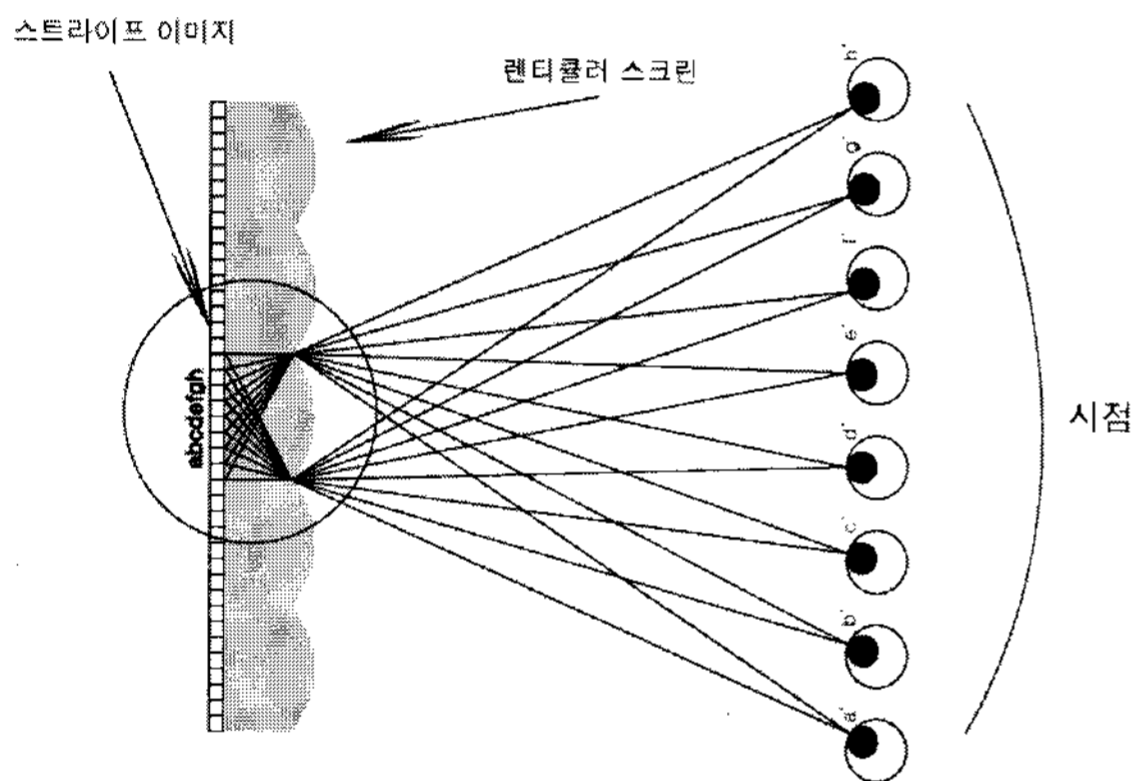


그림 3.3 다안식 렌티큘러 디스플레이의 원리

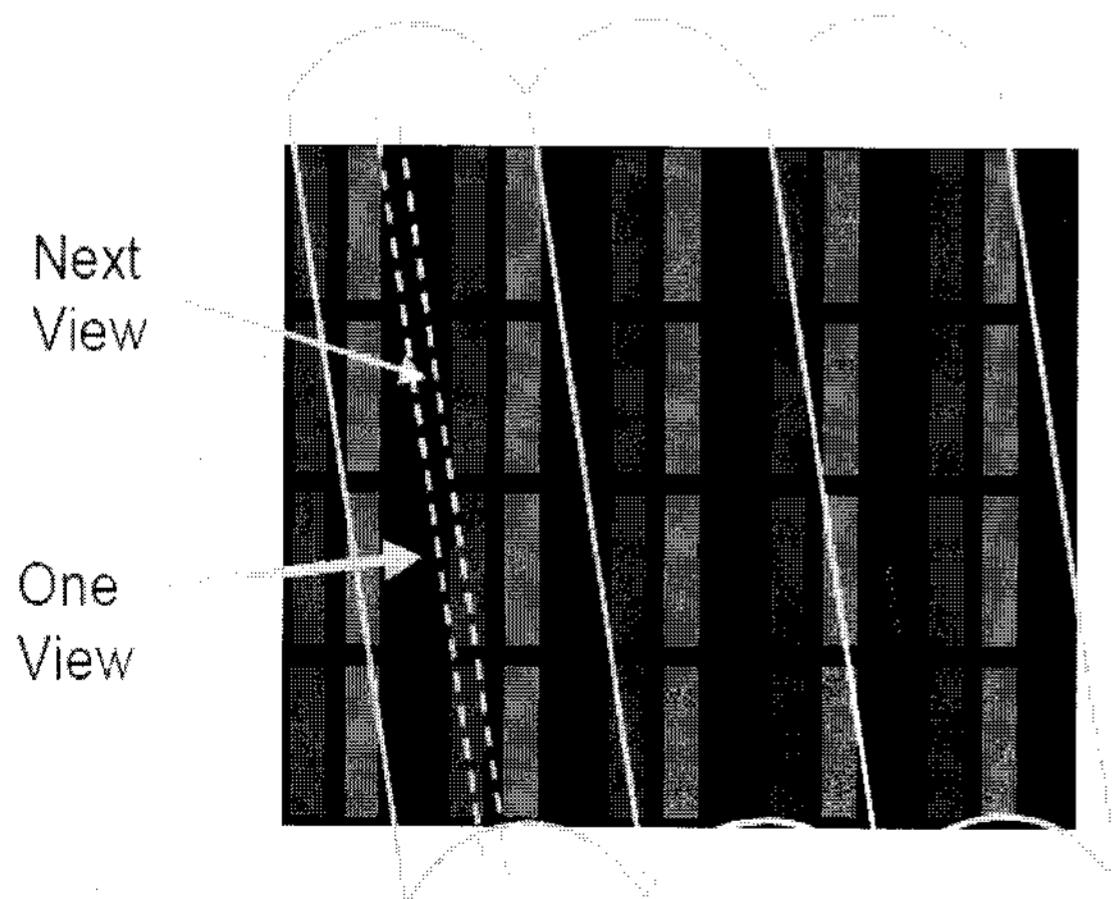


그림 3.4 렌티큘러 스크린과 FPD의 배치

필립스사에서는 시점수의 증가에 따라 해상도가 줄어드는 단점을 해소하기 위한 방법으로 사선형 렌티큘러 시트를 장착한 다시점 디스플레이를 출시했다. 사선형 렌티큘러 디스플레이는 FPD의 전면부에 사선형 렌티큘러 시트를 부착하여 그림 3.4와 같은 형태로 제작된다.

렌티큘러 시트는 FPD의 픽셀 배열 방향보다 약간 틀어져 있고, 2개의 렌티큘러 시트는 9개의 서브-픽셀에 대응하게 되어 결과적으로 3개의 픽셀에 9개의 영상이 나열된다. 그림 3.4에서 One view와 Next View로 표시되어 있는 점선은 2개의 시점에서 보이는 영상을 나타내고 있다. One View 위치에서는 두 번째 열의 Blue 영상, 네 번째 열의 Red 영상이 보이게 된다. Next View 위치에서는 첫 번째 열의 Blue 영상, 세 번째 열의 Red 영상이 보이게 된다. 이렇게 각 시점은 렌티큘러 시트의 방향과 평행한 시점 라인들이 존재하게 되고, 각 시점 라인들에서는 위에서 아래 방향으로 R-G-B가 순서대로 보이게 된다.

최근에는 액정 능동형 렌티큘러 렌즈 방식을 사용하여 2D/3D를 겸용으로 사용할 수 있는 방식이 발표되었다. 그림 3.5에서와 같이 능동형 렌티큘러 렌즈는 마이크로 렌즈 모양의 투명한 틀 안에 액정이 채워져 있고 외부에는 전압이 가해진 상태의 액정분자와 동일한 굴절률을 갖는 물질로 이루어진 Replica로 구성되어 있다. 이 구조의 마이크로 렌즈 상하에는 ITO 전극이 위치하여 전압을 인가할 수 있도록 하였다. 전압이 인가되지 않는 3D 모드에서는 내부의 액정 분자와 외부의 Replica 사이에 굴절률 차이가 발생하게 되어 렌티큘러 렌즈를 통과하는 효과를 나타낸다. 반면 ITO 전압이 인가되는 2D 모드에서는 액정의 상태가 변화하여 외부의 replica와 동일한 굴절률을 갖게 되고 입력된 빛을 그대로 통과시키게 된다. 필립스사는 렌티큘러 방식의 2D/3D 겸용 디스플레이 분야에서 세계최고의 기술을 보유하고 있다.

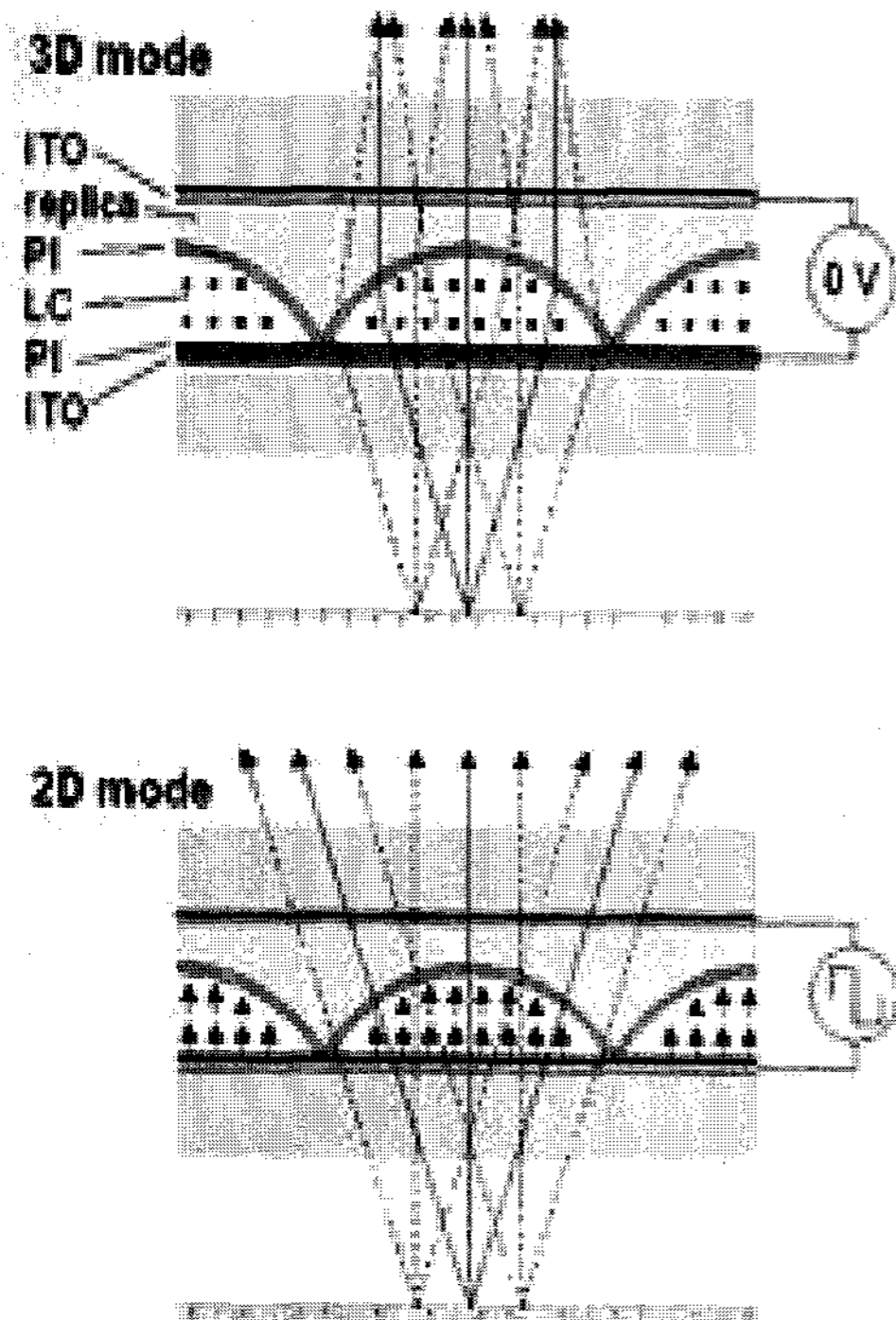


그림 3.5 능동형 렌티큘러 렌즈의 원리

3.1.3 인테그럴 포토그래피 방식

집적영상 기술은 1908년 Lippmann에 의하여 인테그럴 포토그래피란 이름으로 제안되었다. 집적영상(integral imaging) 방식의 기본적인 원리는 그림 3.6에 도시되어 있다. 집적 영상 방식은 영상 획득과 디스플레이 두 단계로 이루어지며, 영상 획득 과정에서는 3D 물체를 여러 방향에서 바라본 서로 다른 영상들을 렌즈 배열을 이용하여 요소 영상(elemental images) 형태로 저장한 다음, 디스플레이 과정에서 이들 요소 영상을 렌즈 배열을 통하여 원래의 광파로 재생하게 된다.

집적영상 방식의 주요한 특징은 요약하면 다음과 같다.

- 입체 영상을 관측하는데 안경이나 기타 도구가 필요 없다.
- 시점이 아니라 일정한 시야각 내에서 연속적인

- 시차를 제공한다.
 - 수평뿐 아니라 수직방향 시차도 제공한다.
 - 천연색 실시간 칼라 디스플레이가 가능하다.
 - 기존의 평면 디스플레이와 호환성이 뛰어나다.
- 특히 이 방식은 2차원 디스플레이 장치와 렌즈배열만을 이용하는 간단한 구조이므로, 고해상도 CCD를 통한 기초 영상의 실시간 전송이 가능해지면 입체 TV 등에서의 응용에 적합한 방식으로 예상되고 있다. 그러나 이러한 집적영상 방식은 앞에서 기술한 바와 같이 많은 장점들을 가지고 있음에도 불구하고 아직 완전한 상용화를 이루기 위해서는 많은 개선이 요구되고 있다. 이들 단점을 다음과 같다.
- 관측 시야각이 좁다.
 - 3D 영상의 표현 가능한 깊이감이 제한된다.
 - 해상도가 낮다.
 - 요소영상이 대용량이다.

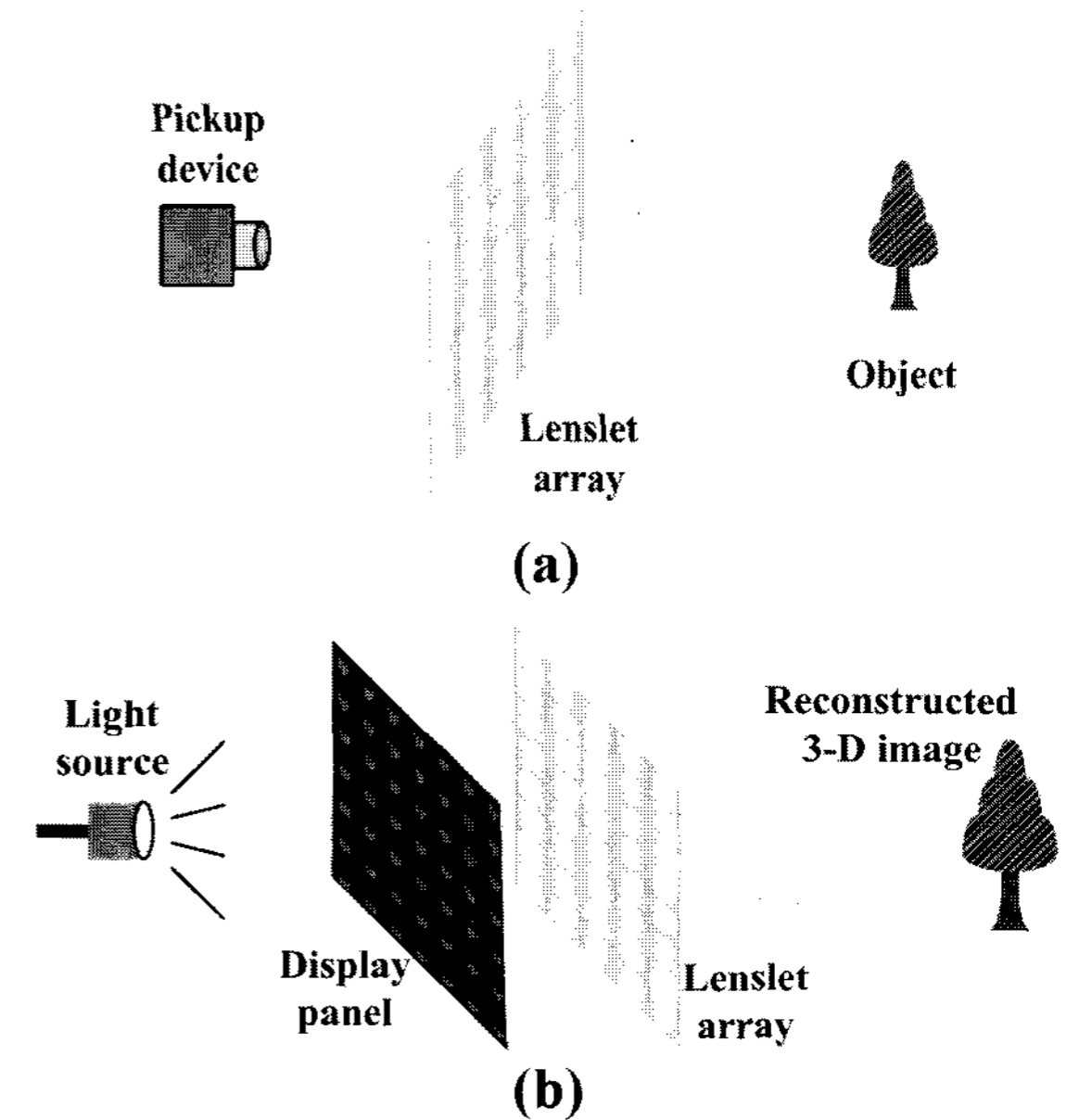


그림 3.6 집적영상 방식 3D 디스플레이의 원리
(a) 픽업과정 (b) 디스플레이 과정

3.2 체적형 디스플레이

이상적인 3D 디스플레이는 안경을 착용하지 않고 다수의 사용자가 모든 방향에서 관찰할 수 있어야 하며, 스테레오 비전과 운동시차 같은 모든 깊이 요인을 만족하여야 한다. 체적형 디스플레이는 대부분의 이러한 요인을 만족시키면서 고정된 면이 아닌 실제적인 공간에 3D 영상을 재생한다. 따라서 실제적이지 않은 영상 공간에 관찰자가 존재하는 가상현실 시스템이 아니고 관찰자의 실제 세계에 영상이 놓여있게 된다. 체적형 디스플레이는 모든 단층영상의 디스플레이를 눈의 잔상 시간 이내에 완료하지 않으면 플리커가 지각될 뿐 아니라 앞쪽의 재생영상에 숨겨져 있을 뒤쪽 또는 내부의 상이 비쳐서 보인다. 소위 팬텀 이미지(Phantom image)가 생긴다. 따라서 팬텀 이미지가 허용되는 용도, 즉 CT화상, 항공관제, 컴퓨터 처리 영상 등의 3D 디스플레이에 적합하다.

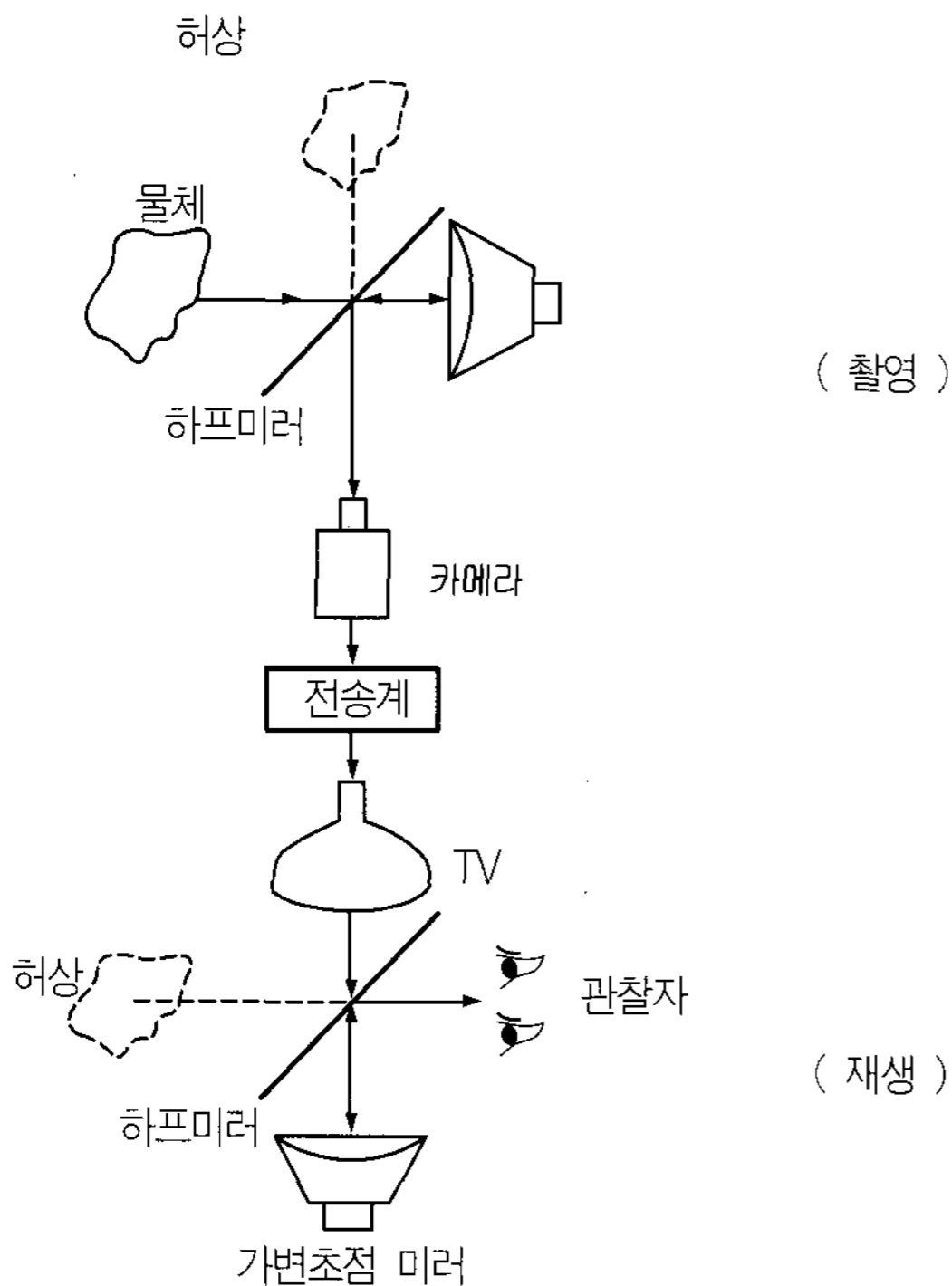


그림 3.7 가변 초점 미러 방식의 촬영과 재생 원리

3.2.1 스윕트 체적 디스플레이 방식

3.2.1.1 가변 초점 · 미러 방식

그림 3.7과 같이 시스템에서는 반사 미러를 전기신호로 진동시키고, 그것에 동기한 영상을 LCD화면에 디스플레이시킴으로써, 미러에서 반사한 영상을 입체상으로 관찰할 수가 있다. 미러는 유연성이 있는 폴리에스테르 필름 등이 사용되며, 바깥쪽의 면에는 알루미늄 등의 금속도금이 되어 있다. 미러의 진동은 눈의 잔상특성을 이용해야 하므로 약 30~60[Hz]가 이용되고 있다. 가변초점 · 미러 방식에 따른 3차원 영상은 미러 진동 진폭의 100배 이상의 깊이감이 얻어지지만 가동 미러의 곡면 변화에 의해 영상의 변형이나 배율이 변화하는 따위의 문제를 해결해야 한다.

3.2.1.2 이동스크린 방식

그림 3.8은 레이저광을 스캔하여 이동하고 있는 스크린에 투사를 하는 이동 스크린 방식이다. 단층 영상의 깊이와 이동 스크린의 위치에 대응해서 눈의 잔상 시간 이내에 물체의 단층 영상을 순차적으로 투사하는 것이다. 스크린의 속도가 충분히 빠르고 깊이에 따른 단층 영상과 스크린의 동기를 맞추어 주면 눈의 잔상에 의해 [스크린의 면적×운동의 스트로크]로 구성되는 공간에 3차원 영상이 인식된다.

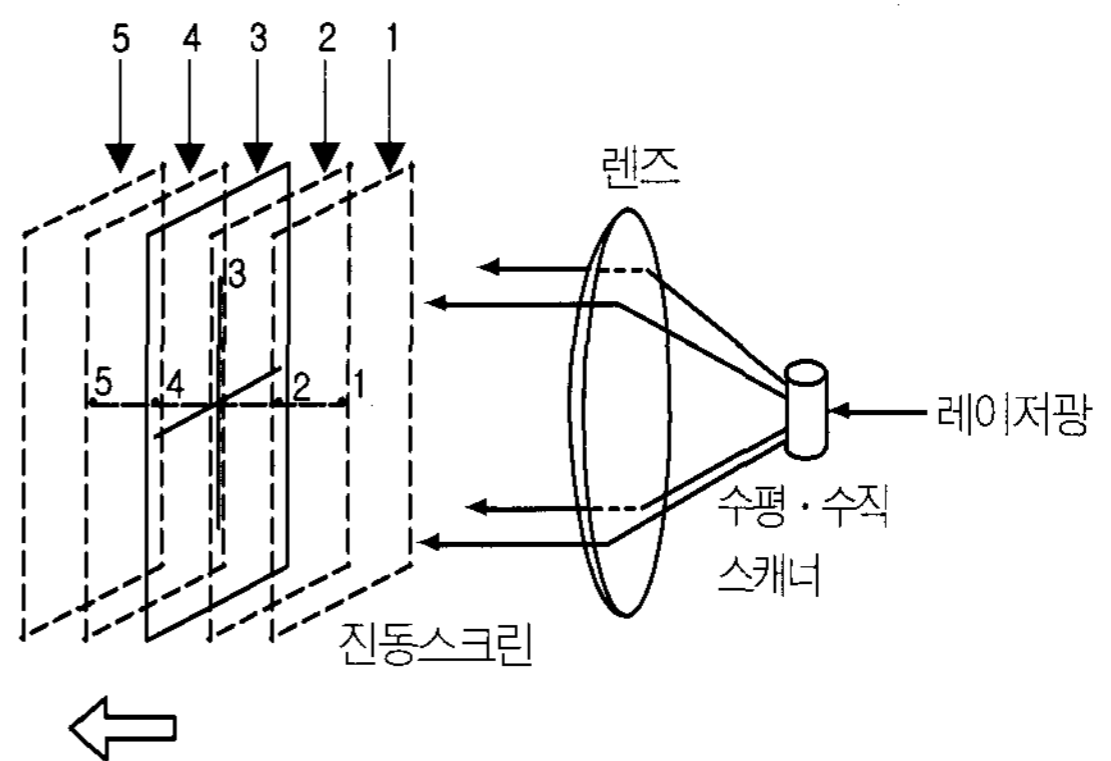


그림 3.8 이동 스크린 방식의 원리

3.2.1.3 회전 LED 배열 스크린 방식

그림 3.9는 2차원 LED 배열 스크린을 이용한 방식이다. 이 방식은 2차원 LED 가 배열된 패널 스크린을 고속으로 회전시키면서, 동기를 맞추어 물체의 깊이에 따른 단층 영상을 스크린 좌표 공간에 순차적으로 표시하는 방법이다. 빠른 속도로 회전을 함으로써 관찰자가 스크린을 의식하지 않게 되며, LED의 발광 간격은 컴퓨터로 조절된다.

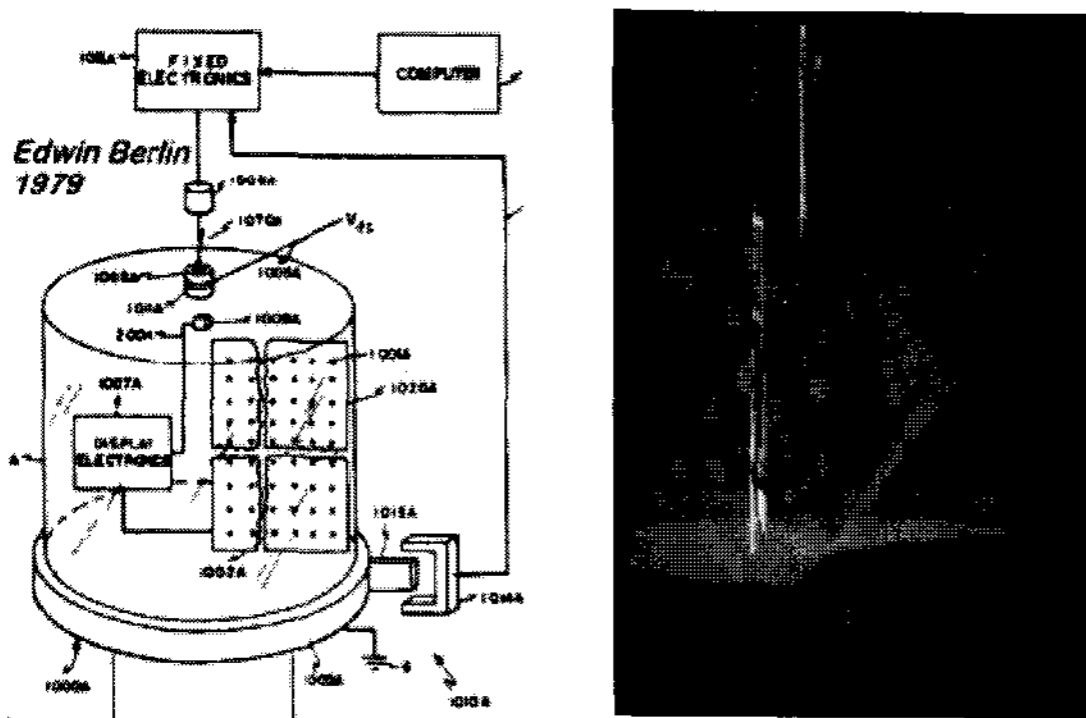


그림 3.9 회전 LED 배열 스크린 방식

3.2.1.4 회전 나선형 스크린 방식

그림 3.10에서와 같이 회전 나선형 스크린 방식은 회전 나선형의 반 투과형 스크린, 레이저나 램프 시스템, 컴퓨터 제어부의 3부분으로 구성된다. 회전되는 나선형의 날개는 투명한 원통 혹은 반원의 스크린 형태를 띠며, 여기에 스캔된 펄스 형태의 빛을 투사하게 되면 체적형 디스플레이 매체로 동작하게 된다. 높은 회전 속도 때문에 관찰자에게 스크린은 보이지 않지만, 투사 빔으로부터 회전되는 표면과 일치되어 산란되는 빛은 복셀(volume pixel)이라 부르는 점으로 나타나게 되어 볼 수 있게 된다. 디스플레이에서 빛이 발산하게 되는 복셀의 공간적인 위치는 투사 빔과 회전되는 나선형 구조물의 순간적인 교차점에서 결정된다. 이러한 방법으로 공간의 물체가 높이, 두께, 깊이를 가지고 실제적인 공간을 차지하며 디스플레이 될 수 있다. 칼라 영상은 적색, 청색, 녹색 레이저를 조합하여 강도를 조정함으로써 구현할 수 있다. 광원의 변조와 편향 제어는 PC를 사용하여 제어한다.

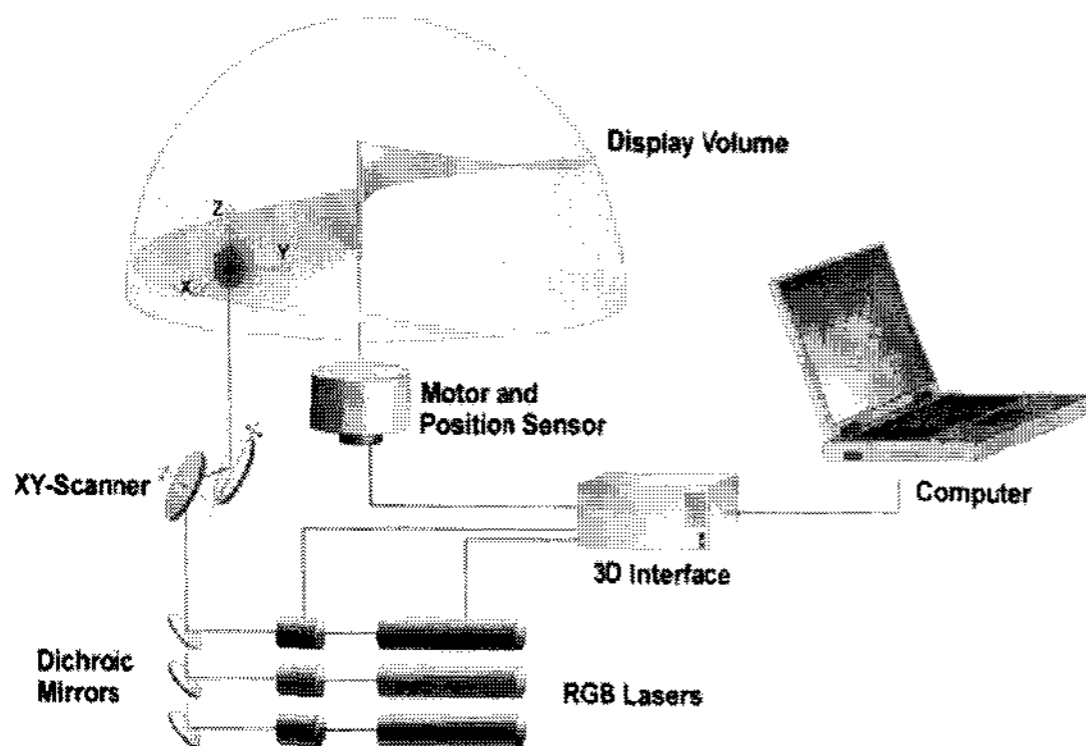


그림 3.10 회전 나선형 스크린 방식의 디스플레이 (FELIX)

템, 컴퓨터 제어부의 3부분으로 구성된다. 회전되는 나선형의 날개는 투명한 원통 혹은 반원의 스크린 형태를 띠며, 여기에 스캔된 펄스 형태의 빛을 투사하게 되면 체적형 디스플레이 매체로 동작하게 된다. 높은 회전 속도 때문에 관찰자에게 스크린은 보이지 않지만, 투사 빔으로부터 회전되는 표면과 일치되어 산란되는 빛은 복셀(volume pixel)이라 부르는 점으로 나타나게 되어 볼 수 있게 된다. 디스플레이에서 빛이 발산하게 되는 복셀의 공간적인 위치는 투사 빔과 회전되는 나선형 구조물의 순간적인 교차점에서 결정된다. 이러한 방법으로 공간의 물체가 높이, 두께, 깊이를 가지고 실제적인 공간을 차지하며 디스플레이 될 수 있다. 칼라 영상은 적색, 청색, 녹색 레이저를 조합하여 강도를 조정함으로써 구현할 수 있다. 광원의 변조와 편향 제어는 PC를 사용하여 제어한다.

3.2.2 정적 체적 디스플레이 방식

3.2.2.1 SOLID FELIX

전자 전이와 공진 주파수를 갖는 두 개의 상이한 주파수의 방사가 존재할 때 2단계 상향전이가 발생하며, 이 현상은 독립된 형광성의 복셀을 만든다. 즉 한 이온에 대한 두 적외선 광자의 흡수에 의해 가시광선의 광자가 방사되게 된다. 디스플레이 매체로 가스, 액체, 고체가 사용될 수 있다. 그림 3.11은 서로 다른 파장을 갖는 두 개의 Ir 레이저를 이용하여 형광 여기

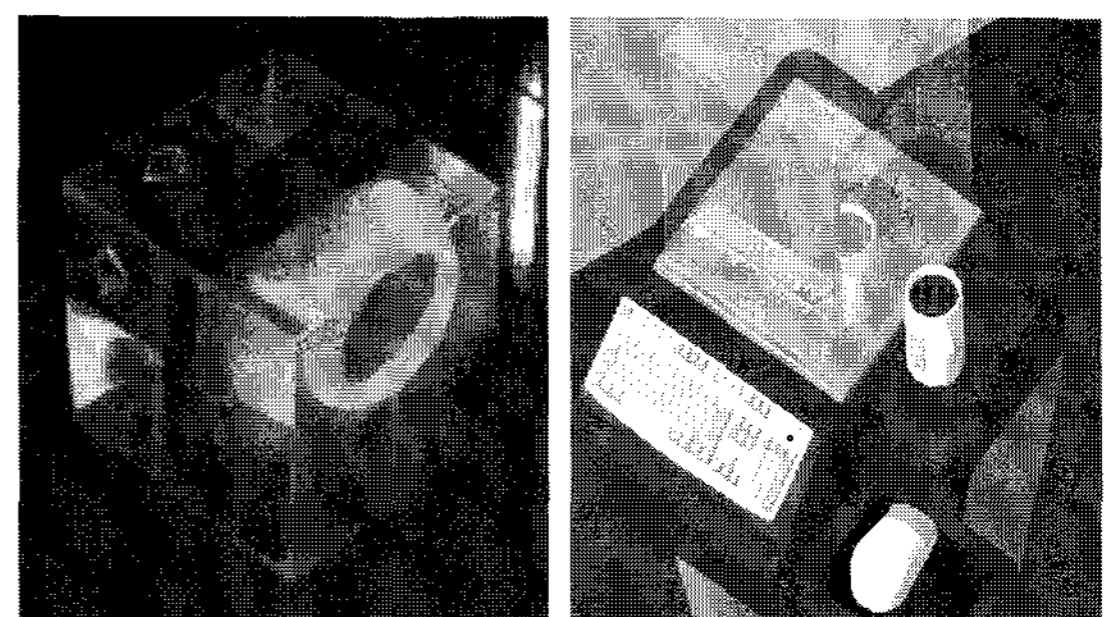


그림 3.11 ZBLAN-Glass 와 SOLID FELIX

특집 : 3차원 디스플레이

를 발생시킨 SOLID FELIX의 사진이다. 복셀 구성을 위한 매체로는 투명 크리스탈, ZBLAN-Glass, 플라스틱 등이 사용 가능하다.

3.2.2.2 공중 부양 시스템

공간에 휘점을 만드는 기술이다. 레이저 빛을 공간 중의 한 곳에 강하게 쏘여 초점 주변 가까이에 있는 공기를 플라즈마화해서 발광시키는 기술을 사용하여 휘점을 연속해 만들어내는 방법으로 공간상에 3D 영상을 디스플레이할 수 있다.

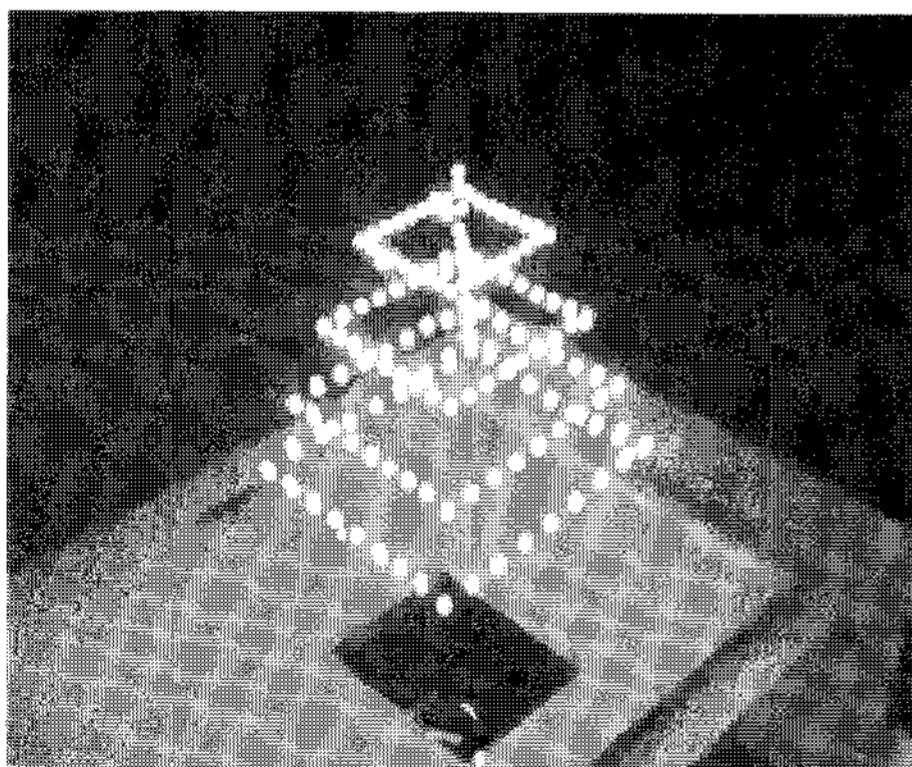
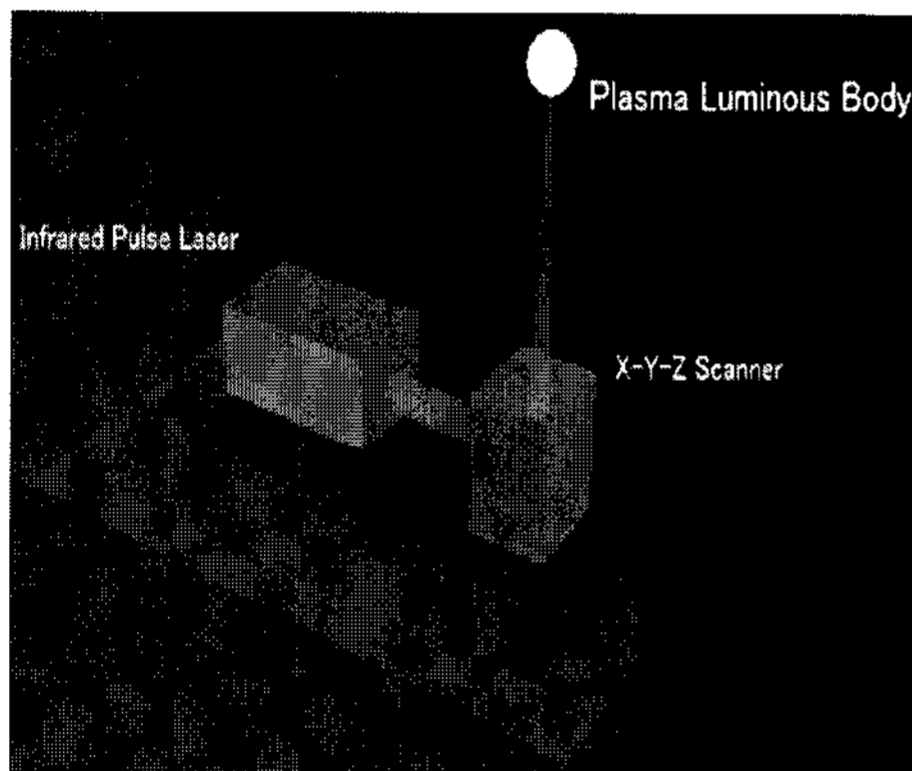


그림 3.12 공중부양시스템의 개략도와 디스플레이된 물체의 사진

여기서 레이저 빔은 눈에 보이지 않지만, 레이저 펄스의 강도를 임계치 이상으로 주사하면 플라즈마가

발광하여 보이게 된다. 이를 위해 요구되는 빔의 강도는 매우 짧고 강하며, 플라즈마의 발광 점은 약 나노초 동안만 지속된다. 결과적으로 구성된 영상은 시각이 지속될 정도로 길게 나타난다. 그림 3.12에 공중부양시스템의 개략도와 디스플레이된 물체의 사진을 보여준다.

3.2.2.3 표시면 적층방식

스위칭이 가능한 20장의 LCD 셔터를 적층하여 체적형 스크린으로 이용하고 여기에 DLP 2D 영상을 투사하는 방식으로 3D 영상을 재생하는 방식이다. 전면에서 xyz 공간 좌표를 가지는 15비트 칼라 영상을 다수의 관찰자가 안경 없이 시청할 수 있다. 그림 3.13은 LightSpace Technologies사의 DepthCube이다. 초당 1,000개의 2D 영상을 보내면 체적 디스플레이에서는 초당 50번의 재생하며, 90[°]의 FOV 를 갖는 3D 비디오 영상을 20(fps)까지 제공할 수 있다.

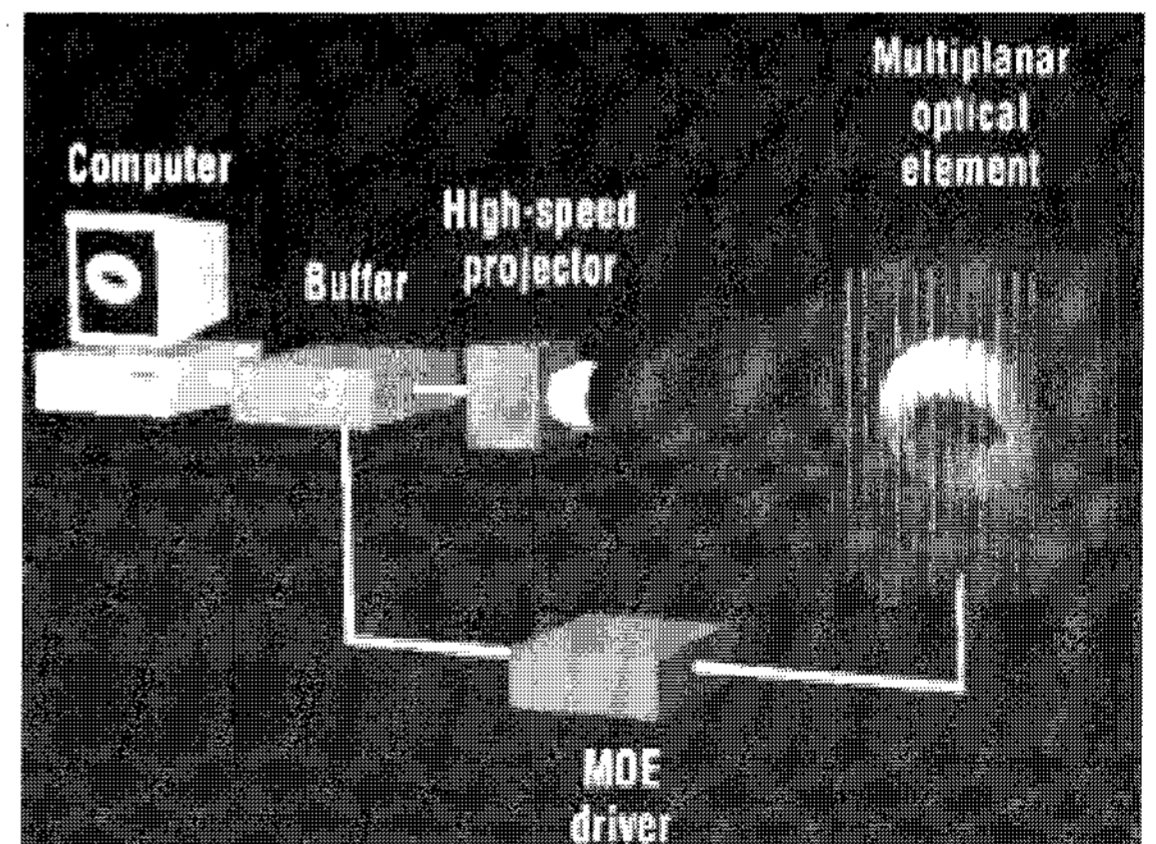


그림 3.13 LightSpace Technologies 사의 DepthCube

3.3 홀로그래피

보통 사진 속의 한 점에는 그 점의 영상의 밝기가 기록되어 있다. 그리고 그 점에 대한 3차원 영상 정보를 기록하기 위해서는 그 점을 어떤 한 방향에서 바라

볼 때의 밝기들을 기록해야 한다. 이런 기록은 평면에 3차원 영상 정보를 넣어두기 위한 필요 요인이다. 이러한 목적을 달성하기 위해서 인테그럴 포토그래피 같이 미세한 렌즈가 사용될 수 있다. 이에 비해 그냥 평평한 건판을 사용하고 그 대신 건판 면에 입사광의 간섭파를 기록함으로써 평면에 3차원 영상 정보를 넣어두는 것이 바로 홀로그래피이다. 홀로그래피에 의한 가장 간단한 물체의 기록과 재생의 원리를 그림 3.14에 제시하였다. 레이저에서 나온 가느다란 빔을 렌즈로 퍼서 구면파로 하고, 이 구면파가 피사체에 부딪혀서 반사한 물체파와 거울로 반사시킨 홀어짐이 없는 참조파를 고해상도 사진 필름에 닿게 하여 중첩시킨다. 이 때 두 개의 빛이 겹쳐진 부분에서는, 두 개의 광파가 이루는 각도에 대응한 간섭무늬가 생긴다. 이 간섭무늬를 사진 필름에 노광한 다음 기록하여, 현상 처리한 것을 홀로그램이라고 한다.

홀로그래피는 이제까지 알려져 있는 양안시차나 폭주를 이용하는 방식과는 전혀 다른 3D 디스플레이 구현 방식이다. 마치 거기에 공간적으로 상이 실존하고 있는 것처럼, 필요한 광학적 정보가 모두 재생된다.

따라서 조절과 폭주의 모순이 생기지 않는 궁극적인 3D 디스플레이로서의 기대가 매우 높다. 그러나 실시간으로 홀로그래픽 디스플레이를 구현하기 위해서는 사진 건판을 대신할 수 있는 고밀도, 고속응답의 광변조 소자와 같은 재료, 소자 분야에서의 해결책이 요구된다. 또한 제작 현장에서의 레이저 조사가 불가능하므로, CGH기술, 동영상 촬영 기술의 확립이 필요하다.

4. 결 론

현재까지 연구, 개발되고 있는 여러 가지 방식의 3D 디스플레이를 스테레오스코픽 디스플레이와 3D 디스플레이로 분류하여 간단하게 소개했다. 이외에도 많은 입체 디스플레이가 제안되고 있지만, 어느 방식의 입체 디스플레이가 가장 적합한 것 인지에 대한 예측은 어렵다. 입체 디스플레이의 현재 동향 및 발전 방향에 대해 전망해보면 다음과 같다.

- ① 액정 기술 등 FPD의 발전이 각종 입체 디스플레이를 크게 발전시키고 있다.

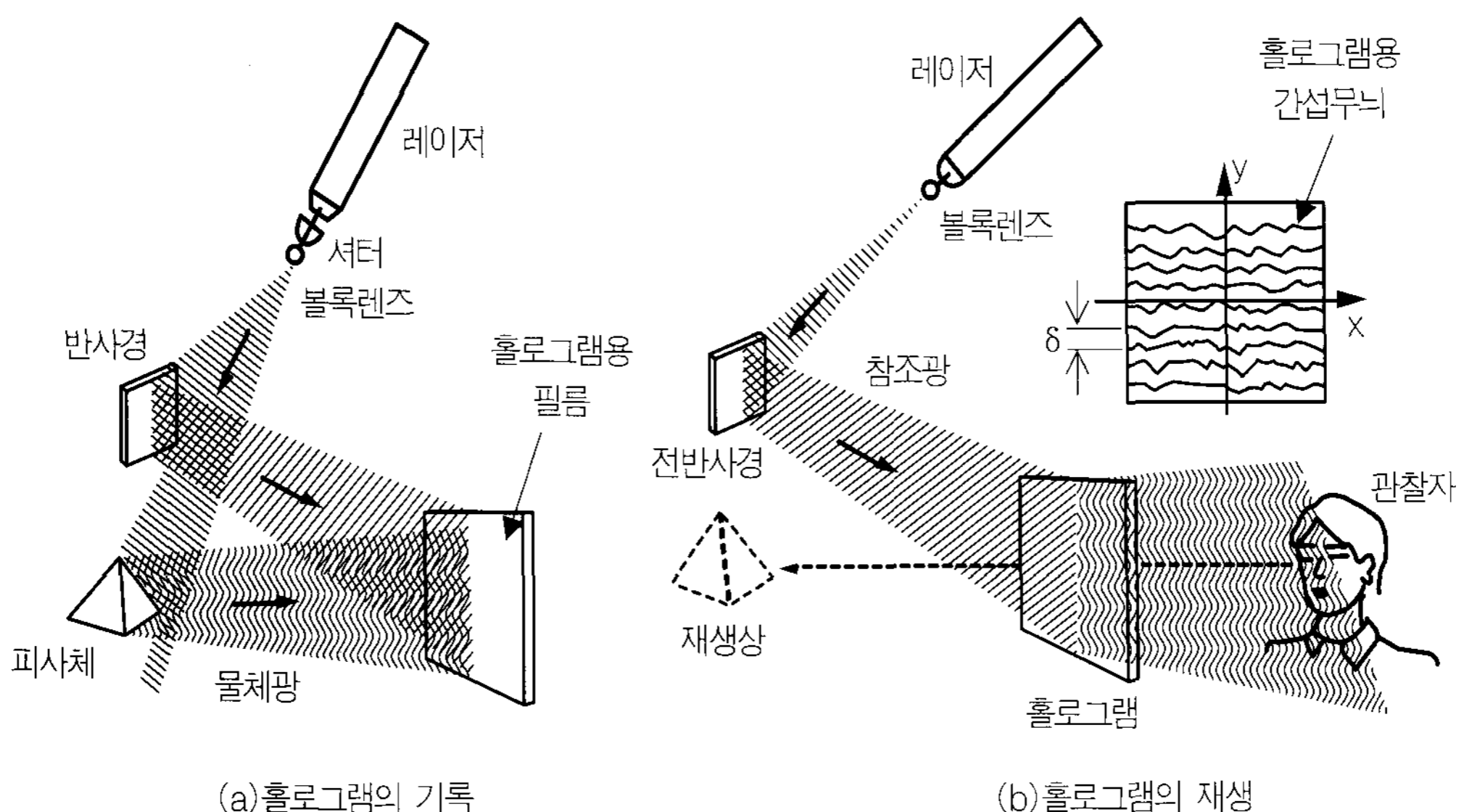


그림 3.14 홀로그래피 원리에 의한 물체의 기록과 재생

- ② 편광안경이나 액정 셔터 안경 방식은 기술의 완성도는 높고, 큰 화면에 많은 사람을 대상으로 하는 이벤트 등의 입체에 적당하다.
- ③ 장착이 번거로운 특수한 안경을 사용하지 않는 패럴랙스배리어나 렌티큘러 스크린 방식의 입체 디스플레이는 비교적 소형으로 개인적 사용의 응용 분야에 적합하다. 2006년 LG와 MBC는 3D DMB를 소개하였으며, 2007년에 삼성전자에서는 3D 핸드폰(SCH-B710)을 출시하였다. 소형화에서의 문제는 입체관찰 영역이 협소하다는 점이다. 입체시 영역을 넓힐 수 있는 기술이 제안되고 있고 기술적으로 아직 미완성적인 부분이 있지만 앞으로의 발전이 기대된다.
- ④ 다안식 디스플레이는 안경이 없어도 관찰 영역도 넓지만, 시스템이 크고 가격이 비싸게 된다. 다안식 디스플레이는 필립스를 선두로 최근 국내에서는 LG전자가 다시점 디스플레이를 발표하였다. 입체이므로 커도, 비싸도 좋다고 하는 것은 아마 사용자들로 부터 용이하게 받아들여 지지는 않을 것이다. 시스템의 소형화 저가격화가 필요하다.

참고문헌

- [1] 김은수, 이승현 “3차원 영상의 기초” 기다리&오옴사, 1998.
- [2] T.Okoshi, “Three-Dimensional Imaging Techniques”, Academic Press, New York, 1976.
- [3] S.H.Lee, “Current research and development activities for 3D applications in Korea”, OSA Optics and Photonics Congress, DWA6, St. Petersburg, Florida, USA, 2008.
- [4] Insight Media Report, “3D Technology and Markets : A Study of All Aspects of Electronic 3D Systems, Applications and Markets”, 2007.
- [5] SH. Kaplan, “Theory of parallax barriers”, Journal of SMPTE, vol.59, pp.11-21 1952.
- [6] D.J.Sandin, et al., “Computer-generated barrier-strip autostereography”, Proc.SPIE, vol.1083, p.65, 1989.
- [7] H. Isono, M. Yasuda and H. Sasazawa, “Autostereoscopic 3D LCD display using LCD-generated parallax barrier”, 12th Int. Display Research Conf., Japan, Display'92, pp. 303-306, 1992.
- [8] Philips 3D Solutions, 3D Interface Specifications White Paper, Dec. 2006.
- [9] Bahram Javidi and Fumio Okano, “Three-Dimensional Video and Display : Devices and Systems”, SPIE Optical Engineering Press, Boston, 2000.
- [10] Oliver Schreer, Peter Kauff and Thomas Sikoro, “3D Video-communication”, Wiley, 2005.
- [11] K. Mashitani, G. Hamagishi, M. Higashino, T. Ando, and S. Takemoto, “Step barrier system multiview glassless 3D display”, Proc. SPIE, Vol.5291, pp.265-272, 2004.
- [12] SOLID FELIX (<http://www.felix3d.com/>)
- [13] 공중 부양 시스템(http://www.aist.go.jp/aist_e/latest_research/)
- [14] 표시면 적층방식(<http://www.lightspacetech.com/index.html>)

◇ 저자 소개 ◇



이승현 (李丞玄)

1961년 12월 25일생. 1992년 3월~ 현재 광운대학교 교수.

관심분야 : 3D 디스플레이, 컴퓨터형성 홀로그램