

# 3차원 영상 기술로의 홀로그래피

□ 이 승 현 / 광학대연고 전자공학부 교수

## 1. 머리말

보통 사진 속의 한 점에는 그 점의 화상에 대한 밝기가 기록되어 있다. 그리고, 그 점의 3차원 화상 정보를 기록하기 위해서는 그 점을 어떤 한 방향에서 바라 볼 때의 밝기들을 기록해야 한다. 이런 기록은 평면에 3차원 화상 정보를 넣어두기 위한 필요 요인이다. 이러한 목적을 달성하기 위해서 Integral Photography 같이 미세한 렌즈가 사용될 수 있다.

이에 비해 그냥 평평한 건판을 사용하고 그 대신 건판면에 입사광의 간섭파를 기록함으로써 평면에 3차원 화상 정보를 넣어두는 것이 바로 홀로그래피이다. 이 경우 촬영할 때 간섭파를 만들기 위해서는 물체를 공간적, 시간적으로 위상이 갖추어진 가간섭성(可干涉性)의 코히어런트(coherent) 빛으로 조명하는 것이 필요하다. 홀로그래피의 재생시에는 건판을 역시 코

히어런트한 빛으로 조명하고, 기록된 간섭파가 회절 격자가 되어서 빛의 경로를 구부리는 것을 이용해서 보는 방향에 따라 다른 화상정보를 읽어낸다. 이러한 재생때에는 반드시 가간섭광일 필요는 없고, 많은 경우 단색광으로 충분하다.

홀로그래피가 발표되기 이전에 알려져 있던 종류의 3차원 영상 표시 기술은 모두 눈의 폭주(양안 시선의 교차각)와 양안시차(양안 결상이 엇갈려 보이는 현상)의 두 가지 요소에 기인하는 입체감 요인에 호소하는 것이었다. 이것에 반해서 홀로그래피는 처음으로 폭주와 양안시차 뿐만 아니라, 눈의 조절(수정체의 초점 맞춤)에도 모순이 없는 입체감을 주는 것을 가능케 했다. 그 결과, 많은 사람이 미래의 3차원 화상 기술의 유력한 발달의 방향은 홀로그래피, 또는 그 관련 기술 중에서 찾아 낼 것이라고 믿게 되었다.

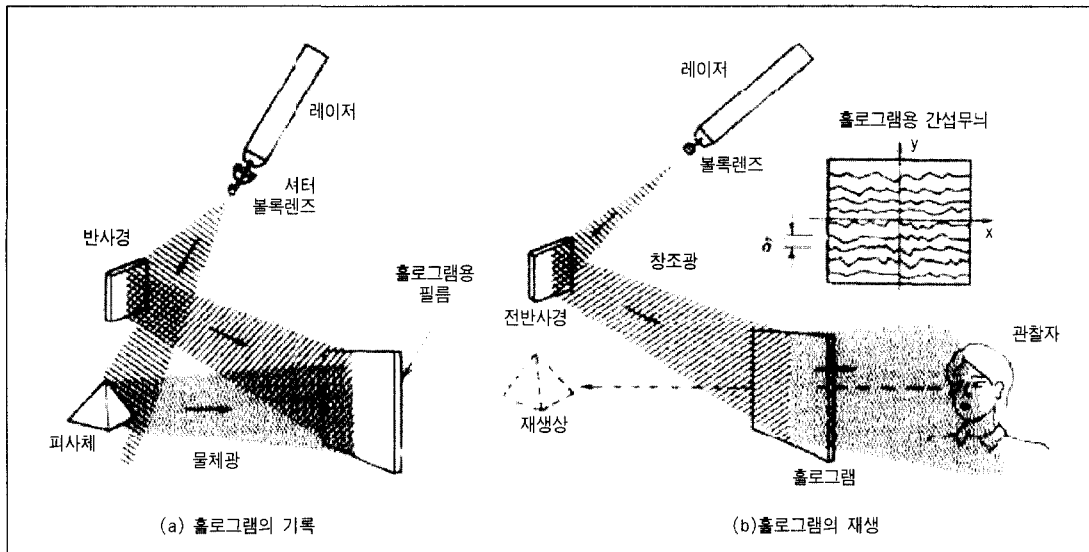


그림 1. 홀로그래피 원리에 의한 물체의 기록과 재생

그러나 3차원 화상 기술로서의 홀로그래피에는 몇 가지의 본질적인 단점이 있는 것을 알게 되었기 때문에, 이러한 낙관론은 급속도로 식어버리게 되었지만 오늘에 이르기까지 홀로그래피를 3차원 화상 디스플레이에 응용하려는 노력이 계속되어 왔다. 홀로그래피는 3차원 화상 정보의 기록을 위해서 뿐만 아니라 디지털 정보의 기록과 여러 가지 정보처리의 응용에도 큰 잠재성을 인정받았고, 많은 연구가 진행되고 있다. 레이저를 사용하지 않고 3차원 화상을 재생할 수 있는 기술이 잇달아 개발되었을 뿐 아니라, 보통의 사진에서도 홀로그래피를 합성할 수 있게 되었다. 그리고, 최근에는 실시간에 전자적으로 홀로그래피를 디스플레이 할 수 있는 전자동화상 홀로그래피 기술이 등장하여, 홀로그래피 TV로 향한 연구개발이 활발해지고 있다.

본고에서는 홀로그래피의 원리에 대해 먼저 언급한 다음, 3차원 영상 기술로의 장점과 단점

및 이를 극복하기 위한 홀로그래피의 종류에 대한 설명을 한다. 그리고 이를 통해 궁극적인 3차원 표시 방법으로서 홀로그래피에 대한 문제점과 연구 방향을 제시하고자 한다.

## 2. 홀로그래피의 원리

홀로그래피에 의한 가장 간단한 물체의 기록과 재생의 원리를, 그림 1에 제시한다. 레이저에서 나온 가느다란 빔을 렌즈로 퍼서 구면파로 하고, 이 구면파가 피사체에 부딪혀서 반사한 산란파(물체파)와 거울로 반사시킨 흠어짐이 없는 평행파(참조파)를 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, 현상처리한 것을 홀로그래피라고 한다.

이 때, 홀로그램에 기록된 간섭무늬는 그림에서 보는바와 같이, 흩어진 줄무늬가 되는데, 그 무늬 간격의 평균값  $\delta$ 는 다음의 식으로 제시된다.

$$\delta = \frac{\lambda}{\sin \theta}$$

여기서,  $\lambda$ 는 광파의 파장,  $\theta$ 는 물체파와 참조파가 진행 방향에 대하여 이루는 각도이다.

또, 간섭무늬의 공간 주파수는  $1/\delta$ 이다. 이제 He-Ne레이저의 적색광(파장  $\lambda=0.63\mu\text{m}$ )을 광원으로 하고, 각도  $\theta$ 를  $30^\circ$ 로 하면  $\delta$ 는  $1.3\mu\text{m}$ 가 된다. 이것은 공간주파수가  $1260\text{개}/\text{mm}$ 인 간섭무늬에 해당한다. 따라서, 이 간섭무늬를 기록하기 위해서는 매우 높은 해상력을 갖는 감광재료(사진 필름 또는 건판)이 필요하게 된다. 다음, 이 홀로그램을 작성할 때, 참조파로 사용한 것과 같은 평행 레이저광을 같은 방향에서 입사시켜서 홀로그램을 조명하면, 본래 피사체가 있었던 것과 같은 위치에 마치 피사체가 거기에 있는 것처럼 상이 재현된다.

이와 같은 홀로그래피는, 물체의 3차원적 구조나 위치를 그대로 기록, 표시할 수 있는 특징이 있으며, 이 점이 보통의 사진과 크게 다른 점이다.

### (1) 3차원 영상 기술로의 홀로그래피의 장점

- 홀로그래피는 양안시차와 폭주뿐만 아니라, 눈의 조절에도 모순이 없는 입체감을 줄 수 있다. 현재 알려져 있는 유일한 기술이다.
- 홀로그래피에서는 상의 각 점의 정보가 홀로그램 상의 상당한 넓이의 면에, 말하자면 흩뿌린 모양으로 산적되어 있다. 따라서 홀로그램 면의 어떤 일부분의 훼손은 재생상의 일부를 못쓰게 하는 것이 아니라, 재생상의 전면의 화질을 전반적으로 저하시킨다. 따라서, 홀

로그래피는 흠이나 더러워짐에 대해서 강한 기록 방식이라고 할 수 있다.

- 홀로그래피는 지극히 높은 정보 기억 밀도를 가능하게 한다. 즉, 3차원 화상은 일반적으로 방대한 정보량을 가지고 있기 때문에 3차원 화상 기록 기술로서 홀로그래피는 본질적으로 유리하다.

### (2) 3차원 영상기술로서의 홀로그래피의 단점

- 기록·재생에 코히어런트 광 혹은 단색광을 사용하는 것에 기인하는 단점
  - 기록(촬영)에 암실을 요한다.
  - 물체는 통상 정지하고 있는 것이 요구된다.
  - 인물은 투사체로서 그다지 적격이 아니다. (움직이기 쉽다라는 문제와 레이저광에 의한 눈의 방해라는 문제가 있다.)
  - 현장에서는 레이저의 출력·가격의 제약이 크고, 큰 물체, 대각선상은 그다지 실재적이지 못하다. 그리고 재생시의 효율은 위상형 홀로그램에서 보통 20% 이하, 진폭형 홀로그램에서는 1/10 정도이하로 그다지 높지 않다.
  - Spackle 잡음이 존재한다.
- 위에서 기록한 것 이외에 기인하는 단점
  - 고분해능 건판을 필요로 한다. 그것들은 고가이고, 대화면을 만들기가 어렵다.
  - 통상의 허상 재생형의 홀로그램에서는 시야 및 지역의 어느 것이나 작은 쪽보다는 반드시 커다란 홀로그램이 요구된다. 따라서 넓은 시야·넓은 지역의 홀로그램은 경제적으로 실현할 수 없다.
  - 홀로그램이 가지는 정보량은 통상 방대한 값에 이른다. 다시 말하면, 용장도가 크다. 이것은 화상정보의 기억(또는 전송)때에는 치명적이다.

### 3. 홀로그래피의 종류

위에서 기록한 단점을 극복하기 위해서, 1964년 이래 해왔던 많은 연구에 대해서 대표적인 방식들을 소개한다.

#### (1) 백색광 재생 홀로그램

홀로그램의 재생은 레이저광보다도 백색광이 사용하기 쉽고 또 용도도 확대되므로, 백색광으로 홀로그램을 재생하는 방법이 고안되었다. 그러나, 홀로그램을 백색광으로 조명하면 빛의 파장에 의해 회절광의 방향이 변화해서 상이 희미해지기 때문에, 여러 가지 방법이 고안되어 있다. 예컨대, 물체를 홀로그램에 아주

가깝게 놓고, 희미해지는 것을 줄이는 이미지 홀로그램, 수직방향으로의 관찰방향을 제한해서 빛의 파장을 단색화 하는 레인보우 홀로그램, 홀로그램 자신에게 파장선택성을 주는 리프 맨 홀로그램 등이 있다. 여기서는 이하의 대표적인 2가지 방법에 대해 설명한다.

#### ① 레인보우 홀로그램

레인보우 홀로그램은, 1969년에 미국 폴라로이드사의 Benton(현재 MIT교수)에 의해 고안된 것인데, 재생상이 무지개색으로 변화해서 보인다는 뜻에서 이같이 불리고 있다. 레인보우 홀로그램의 원리를 그림 2에 제시한다.

이 홀로그램은 이미지 홀로그램(Image

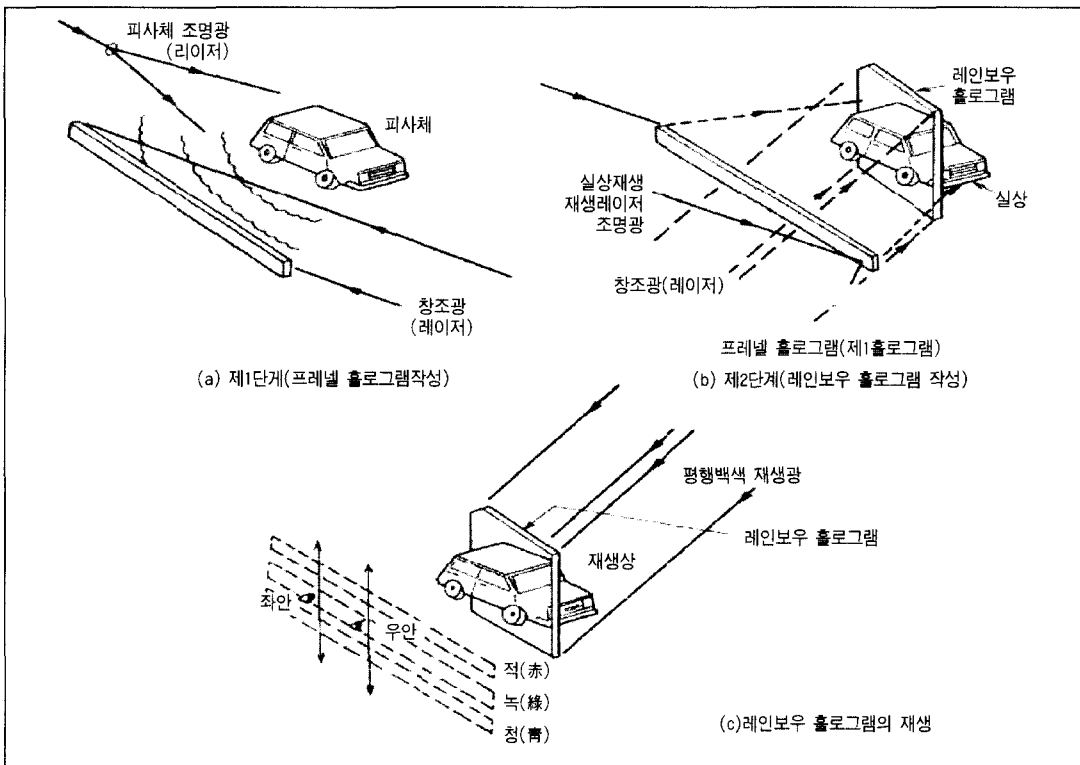


그림 2. 2단계 방법에 의한 레인보우 홀로그램의 작성과 재생

Hologram)의 하나인데, 보통 2단계의 촬영 수순으로 만들어진다. 이 그림(a)에 나타내듯이, 제 1단계에서 레인보우 홀로그래피화 하고 싶은 피사체의 프레넬 홀로그래피(Fresnel Hologram)을 작성한다. 이것은 레이저 재생홀로그래피와 같다. 이 경우, 최종적으로 얻어지는 홀로그래피의 시역(재생상 전체가 보이는 공간범위)을 넓게 하기 위해, 가로로 긴 홀로그래피를 촬영하는 것이 특징이다.

다음으로, 이것을 실상재생해서, 제 2단계로 레인보우 홀로그래피를 작성한다. 이때, 최초에 촬영된 프레넬 홀로그래피는 수 mm정도 가로로 긴 슬릿으로, 상하방향의 치수를 제한한다. 또, 제 2단계의 레인보우 홀로그래피 기록재료는, 실상이 생기는 물체근처에 배치한다. 이리하여, 작성된 레인보우 홀로그래피를 배후에서 백색광으로 조명하면, 퇴색이 적은 양질의 재생상을 관찰할 수가 있다.

레인보우 홀로그래피에서 기록 때 사용한 레이저광의 파장과 같은 색으로 재생할 수 있는 것

은 관찰자가 제 1홀로그래피의 슬릿이 있었던 위치에 눈을 둔 경우이며 눈을 상하로 이동시키면, 재생상은 적에서 청으로, 무지개색으로 변화한다. 또, 눈을 상하방향으로 이동해도 재생되는 입체상의 각도는 변화하지 않는다. 즉, 가로 방향의 긴 슬릿을 사용하므로 재생상의 세로방향의 입체감을 버리고, 그 대신 통상의 백색광에 의한 재생을 가능케 하고 있다. 레인보우 홀로그래피는, 인쇄기술로 대량 복제가 가능하기 때문에, 신용카드나 지폐의 위조 방지, 전화카드 등에 널리 사용되고 있다.

### ② 리프만 홀로그래피

리프만 홀로그래피는, 1962년에 구소련의 Y.N.Denisyk에 의해 고안된 방법인데, 19세기의 프랑스의 물리학자 G.Lippmann이 제안한 일종의 천연색 사진기술의 원리를 응용했다는 뜻에서 이같이 명명되어 있다. 데니슈크 홀로그래피라는 별명도 있다. 이 방법은, 그림 3(a)에 나타낸 바와 같이, 홀로그래피용 사진건판에 직접

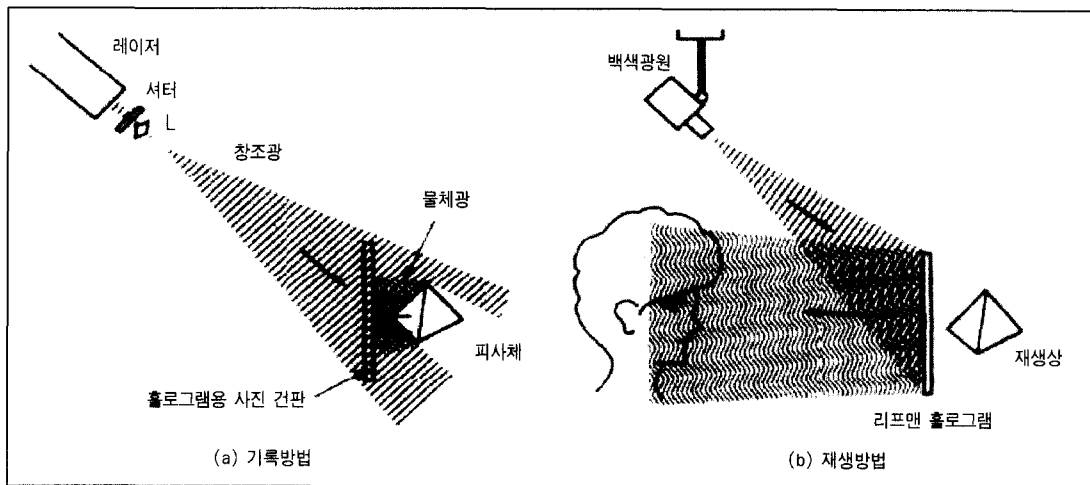


그림 3. 리프만 홀로그래피의 기록과 재생

닿는 빛을 참조광으로 하고, 건판을 빠져 나와 건판 뒤쪽에 있는 물체에서 반사하여, 건판의 뒤쪽에서 입사하는 빛을 물체광으로 해서 간섭 무늬를 작성한다. 즉, 건판의 양면을 이용해서 홀로그램을 만든다. 이렇게 하면, 간섭무늬는 유체의 두께 방향에 층상으로 형성되어, 체적형의 두터운 홀로그램이 된다.

이 홀로그램은 백색광으로 그림 3(b)의 방향에서 조명하면, 홀로그램 자신이 적당한 파장의 빛을 선택적으로 회절해서, 단색의 재생상을 만든다. 리프먼 홀로그램은 넓은 시역을 얻을 수 있고 빛의 이용율도 좋으므로 상이 밝다는 특징이 있다. 중크롬산 젤라틴 감광재료의 진보로 50×50cm 정도의 크기까지 작성할 수 있다. 리프먼 홀로그램은 오형이나 질감의 충실한 재현에

뛰어나므로 정확성이 요구되는 서적이나 카탈로그 등의 정밀한 화상재현, 펜던트나 장식품, 디스플레이용의 홀로그램 등에 널리 사용되고 있다.

### ③ 멀티플렉스 스트레오그램

이제까지 설명한 홀로그램은, 피사체를 레이저광으로 조명해서 기록하는 방법이었으나, 이것과는 별도로, 보통의 카메라로 피사체를 다방면에서 촬영한 사진필름에서 홀로그램을 작성하는 방법을 인테그럴 홀로그램(Integral Hologram)이라고 한다. 이것에는 ㉔홀로그래픽 스테레오그램(Holographic Stereogram)과 ㉕멀티플렉스 홀로그램(Multiplex Hologram)이 있다. 이런 방법들은, 종래의 방법으로는 곤란하였던 인물, 풍경, CG화상 등의 입체물에서

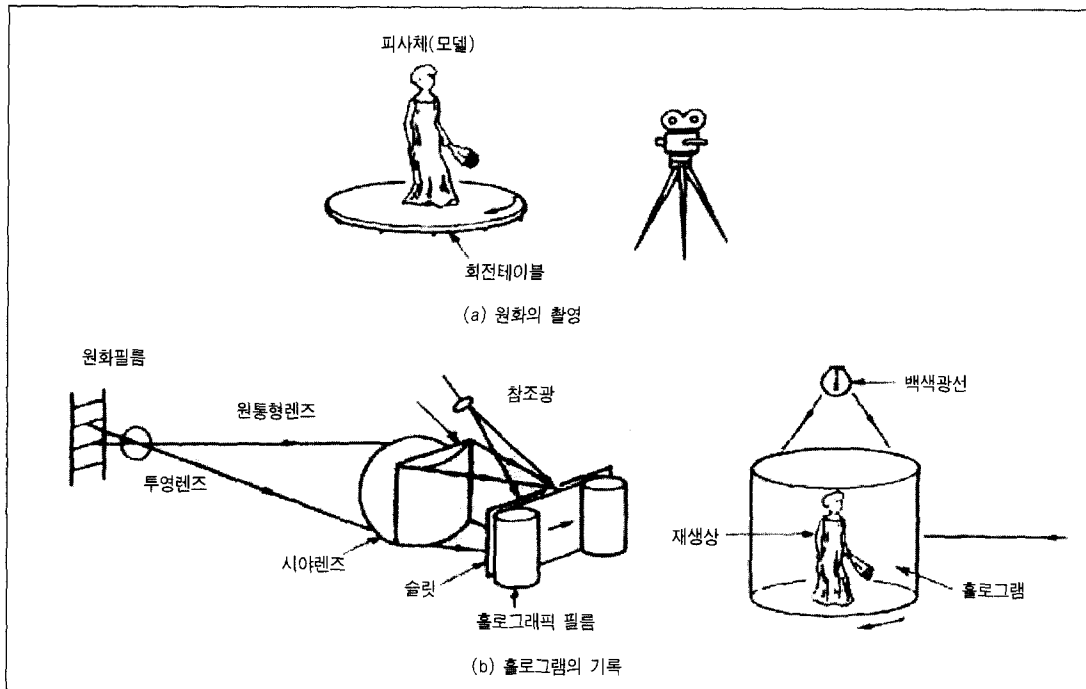


그림 4. 멀티플렉스 홀로그램의 기록과 재생

도 홀로그래프를 작성할 수 있다는 점에 큰 특징이 있다. 여기서는, 백색광 재생형의 홀로그래픽 스테레오그램인 멀티플렉스 홀로그래프(Multiplex Hologram)에 대해 설명한다.

이 멀티플렉스 홀로그래프는, 1977년에 미국 멀티플렉스사의 L.Cross에 의해 개발된 것인데, 홀로그래픽 스테레오그램과 레인보우 홀로그래프의 제작방식을 융합해서 구성된 원통형 홀로그래프이다. 이 멀티플렉스 스테레오그램의 구체적인 작성방법은, 그림 4(a)에 나타낸 바와 같이, 회전 테이블에 피사체를 얹고, 회전하는 모양을 360°의 각도에서 35mm 필름에 1,000~3,000 프레임 정도로 촬영한다. 이렇게 촬영된 원화 필름은, 차례차례 한 프레임씩 투영렌즈와 원통형 렌즈에 의해 세로로 가느다랗게 확대되고, 그 뒤의 적당한 위치에 세로로 긴 슬릿을 위치시킨 다음, 참조파를 더하여, 홀로그래프로서 제작된다. 이 과정은, 전용의 합성장치에 의해 자동적으로 할 수 있다.

이같이 작성된 홀로그래프를 원통상으로 하고, 백색광으로 조명하면, 원통내부에 입체상이 떠올라 보인다. 멀티플렉스 홀로그래프의 특징은, 백색광에 의한 조명으로 간단히 재생된다는 점 외에, 피사체의 간단한 움직임도 기록 재생할 수 있다는 점에 있다. 현재, 지름이 40cm, 높이가 20cm 정도인 것이 만들어지고 있다. 세로방향의 시역은 레인보우 홀로그래프와 같지만, 가로방향의 시역은, 360°로 넓게 잡을 수 있으므로, 장식이나 광고 등 디스플레이 용도에 널리 보급되어 있다. 대체로 홀로그래피는 시각의 양안시차, 폭주, 핀트조절, 운동시차 등의 중요한 입체시 요인을 갖추고 있으나, 멀티플렉스 홀로그래프에 의해 얻어지는 입체감은, 시차정보에 의한 것뿐이다.

## (2) 동화상 홀로그래피

홀로그래피에 의한 동화상의 기록재생에 대해서는 홀로그래피의 발전초기부터 많은 연구가 실시되어 왔으나, 이제까지 실용된 것은 없었다. 그러나, 최근에 미국 MIT의 Benton 교수 등이 새로운 발상하에 홀로그래픽 비디오의 연구를 시작함에 따라, 이것에 자극을 받은 일본에서도 많은 그룹에 의해 동화상 홀로그래피의 연구가 활발해졌다. 이것에는 홀로그래피와 그 주변기술의 현저한 진보에 따르는 바가 크다. 동화상 홀로그래피는, 다루는 대상에 따라 다음과 같이 분류된다. ① 사진기술로 동화상을 다루는 홀로그래피 영화 ② 전자기술로 동화상을 다루는 홀로그래픽 TV

### ① 홀로그래피 영화

홀로그래피 영화의 연구는, 1960년대 후반부터 E.N.Leith, D.J.De Bitetto 등에 의해 시작되었으며, 일본에서도 1970년대 초에 오코시, 쯔노다 등의 선구적인 연구가 있다. 또, 이 분야에서는 구소련의 연구가 알려져 있다. 구소련의 국립영화 사진연구소에서는, 이미지 홀로그래프 75mm 폭의 필름에 펄스레이저를 사용해서 1 프레임씩 촬영한 것을, 백색으로 재생해서 보는 시스템을 개발한 바 있다. 이밖에 프랑스에서도 연구되었으나, 오늘날에는 홀로그래피 영화를 볼 수 있는 기회가 드물다.

최근에는, 나고야에서 1989년에 개최된, [시간과 공간의 이미지]전에 출품된 프랑스의 작품(HOLO3)이 있지만, 이것은 단색화상을 들여다보는 타입의 것이었다. 최근에 들어, NTT와 다마예술 학원의 그룹이 홀로그래피 TV의 여러 파라미터를 검토하기 위한 도구로서, 홀로그래피 영화의 실험장치를 개발하고 있다.

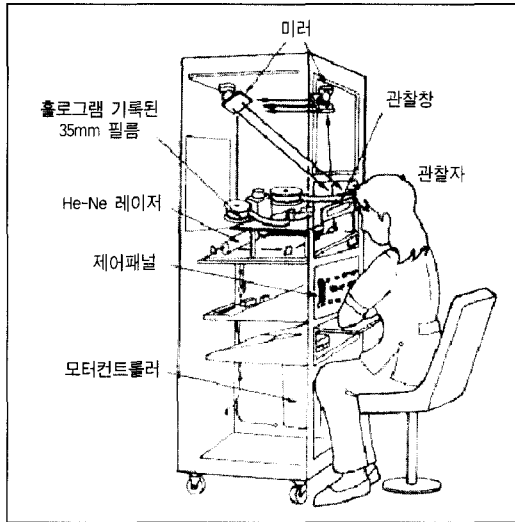


그림 5. 홀로그래피 영화 재생장치의 구조

그림 5는 개발된 홀로그래피 영화 재생장치의 구조인데, 셔터 및 퍼포레이션(perforation)이 있고, 35 mm 홀로그래피 필름을 사용한 간헐구동방식에 따라, 레이저 재생 프레넬 홀로그램을 기록하여, 75 sec 정도의 간단한 영화를 상영하였다. 그들은 이 장치를 사용해서 홀로그래피 영화에서의 최적 필름 이송속도(프레임 주파수)를 구하는 실험을 하여, 매초 12프레임이 최적 속도라고 보고하고 있다.

## ② 홀로그래피 TV

홀로그래피 TV에 대한 응용가능성에 대해서도 일찍부터 연구되고 있었다. 1966년에 E.N.Leith등은, 홀로그램을 TV신호로 전송했을 경우, 얼마만큼의 대역폭이 필요한가를 검토하고 있다. 또 1966년에 미국 Bell연구소의 Enrole등은 BTL의 3글자를 기록한 슬라이드를 대상으로 간섭무늬를 작성하여, 비디콘관의 코아전면으로 받아 TV신호로 하고, 이것을 필름에 기

록해서 홀로그램을 작성한 다음, He-Ne레이저로 재생상을 얻었다. 이 밖에 1971년에는 CBS연구소에서 2차원화상의 인라인형 홀로그램을 촬상관에서 촬영하여, Lumatron이라는 장치에 표시하는 전자식 홀로그램 시스템을 개발하였다. 그 후, 홀로그래피 TV의 연구에는 큰 진전이 없었으나, 1990년에 미국 MIT의 Benton교수 등의 그룹이 초음파 광변조기와 회전미러를 사용해서, 컴퓨터 합성홀로그램을 거의 실시간에 전자적으로 표시하는데 성공하여 큰 화제가 되었다. 이 이후, 일본에서도 홀로그래피 TV가 급격히 전개되게 되었다. 최근의 홀로그래피 TV연구는 ㉔초음파 광변조기(AOM: Acousto-Optic Modulator)를 사용하는 방식 ㉕액정디바이스를 사용하는 방식으로 크게 나누어진다.

### ㉔ 초음파 광변조기를 사용하는 방식

레인보우 홀로그램의 발명자인 미국MIT의 Benton교수 그룹이, 1990년에 발표한 방식인데, 현재로서는 직접 입체상을 관찰할 수 있는 유일한 방식이다. 이 기본적인 아이디어를 바탕으로, 그림 6과 같이 일본에서도 1992년부터 통신방송기구(TAO)에서 이 방식이 연구되고 있다. 통신·방송기구에서는 컬러표시를 위해 3원색 레이저광(파장:633nm, 532nm, 442nm)을 사용하고 있다. AOM을 사용한 MIT의 방식은, 고속의 슈퍼컴퓨터를 사용해서 간단한 구조의 물체를 움직였을 때의 화상정보를 계산하고, 이것을 비디오 신호로 하여 AOM을 구동한다.

이 AOM은 1차원의 광파면변조 디바이스인데, 이것에 레이저광을 조사하여 빛을 회절시킨 다음, 수평방향의 화상신호를 만들고, 수직방향에 대해서는, 갈바노미러를 진동시키면서



주사하여, 화상을 합성 재현한다. 이때, 초음파가 AOM 속을 나아갈 때 광파면이 가로방향으로 이동(약 200m/sec)하는 것을 방지하며, 이것을 거의 정지시키기 위해, 폴리곤미러를 일정한 속도로 역방향으로 회전시키고 있다. 다음 축소렌즈를 통해서, 화상의 시역을 확대함으로써, 3차원 화상을 볼 수가 있다. 따라서, 이 방식은 수직방향에 시차정보가 없다. 현재로서는, 상 사이즈는 과히 크지 않지만 완전컬러의 동화상 표시에 성공하고 있다. 실시간의 재현 성능은 슈퍼컴퓨터의 계산 속도에 의존하고 있다. 이같이 MIT방식은, 말하자면 [기계 주사식 홀로그래피 TV]이다. 이 기계 주사식이라는 것, 슈퍼컴퓨터를 필요로 한다는 것, 수직방향에 시차를 갖지 않는 표시방식이라는 것 등이 미래적으로는, 홀로그래피 TV로서의 기본적인 한계가 될 가능성이 있다. 그러나, 현시점에서

이용 가능한 기술을 결집해서, 실시간 재현의 홀로그래피 TV를 구현화한 의의는 매우 크다고 말할 수 있을 것이다.

⑩ 액정 디바이스를 사용하는 방식

1991년에 시타즌 시계의 하시모토 등은, 종래 감광재료로 행해지고 있던 홀로그래피의 간섭 무늬를, 고해상도의 CCD 카메라에 기록하여, 이것을 비디오 신호로 해서 전송하고, 수신측에서 액정 TV용의 고화질 액정 패널에 레이저광을 조사해서 실시간의 전자식 동화상홀로그래피 장치를 실현하였다. 하시모토 등은, 액정을 공간 광변조기(SLM: Spatial Light Modulator)로 사용하기 위해 독자적으로 고밀도 액정 TV-SLM을 개발하였다. 여기서 공간광변조기란, 전기, 빛 등의 입력신호에 의해 광파의 진폭, 위상, 편광상태, 진행방향 등을 공간적으로

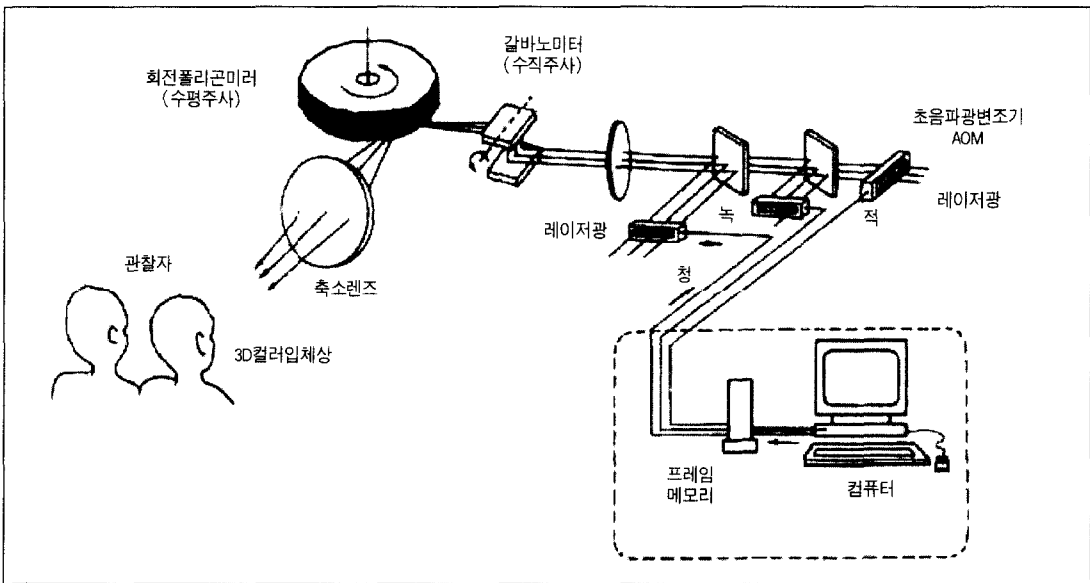


그림 6. 초음파 광변조기를 사용한 전자식 동화상 홀로그래피

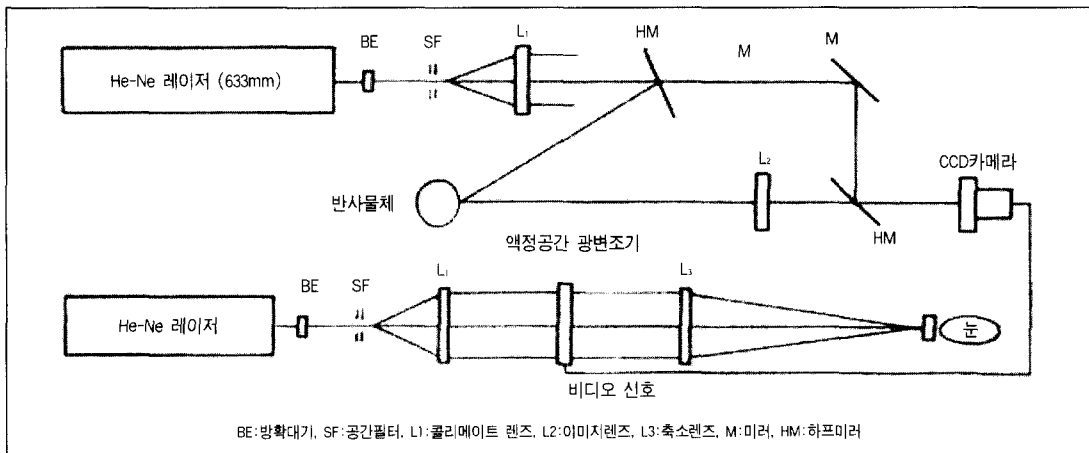


그림 7. 액정 공간 광변조기를 사용한 전자식 홀로그래피 TV

제어하는 소자를 말한다. 액정은 SLM으로서 뛰어난 특성을 갖는 디바이스이다. 그림 7에 시 티즌 시계가 발표한 전자식 홀로그래피 TV 시 스템의 구성을 제시한다.

기록계는 종래의 사진기술에 의한 홀로그래 피와 기본적으로 같다. 레이저광을 콜리메이팅 렌즈로 평행광으로 한 후, 하프미러로 2개의 광 으로 나누고, 한쪽은 물체광으로 하여 피사체 를 조명한다. 다른 하나는 참조광으로 하여 직 접 CCD카메라에 조사되어, CCD소자로 간섭 무늬를 형성한다. CCD에 형성되는 간섭무늬의 기본공간 주파수는 물체광과 참조광이 CCD에 서 이루는 각도에 의해 정해진다. 이 각도를 크 게 잡으면 공간주파수가 커지며 현재의 CCD로 는 해상도가 부족해서, 간섭 무늬를 촬상할 수 없다. 따라서 CCD카메라 앞에 하프미러를 놓 고, 물체광과 참조광이 이루는 각도를 0.3~ 0.7°로 작게 하고 있다. CCD카메라로 촬영된 비디오 신호는 액정 TV-SLM에 공급되고, 이 것에 평행 레이저광을 조명하면, 1차 회절광이

발생하여, 실시간에 3차원의 물체상을 재생할 수 있다. 그리고, 같은 연구는 쇼난 공과대학, NTT등의 그룹에 의해 이루어지고 있다.

이상과 같이 LCD를 사용한 직접방식으로 광학적 홀로그래피의 간섭무늬를 기록하기 위해 서는 고해상도의 LCD가 필요하게 된다. 이 때 문에, 본격적인 홀로그래피 TV를 지향한 연구 는 아직 적은 상태이다. 또한, 기본적으로는 홀 로그래피의 일종인 키노폼(kinoform)이 착안되 어, 호모지니어스형 및 TN형 LCD의 위상변조 특성을 이용한 컬러 입체 동화상 표시의 연구 가 세이꼬 엡슨, 쇼난 공과대학 등에서 이루어 지고 있다. 키노폼은 참조광에 의한 공간캐리어 를 필요로 하지 않는 만큼, 홀로그래피보다는 화 소수·화소피치에서 유리하다.

이상과 같이, 전자식 홀로그래피TV의 기 초 연구가 활발히 이루어지고 있으나 앞으로 금후 실용화 되기까지 입력계, 전송계, 표시 계의 전반에 걸쳐 가장 중요한 기술적인 문 제는, 액정의 고화질화일 것이다. 현재 시판

되고 있는 액정패널을 사용해서는 매우 작은 상을 멀리서 관찰하게 된다. 큰상을 가까이에서 보기 위해서는 고해상도이고, 큰 사이즈인 액정패널이 반드시 필요하다. 이 점에 관해서, 최근 IC vision으로 이름 붙여진 디바이스가 주목되고 있다. 이것은 LSI 표면에 전극을 붙이고, 그 위에 직접 액정층을 붙이는 방법이다. LSI기술로 미세화 할 수 있고, 1cm각의 LSI칩을 2차원 형태로 배열하게 되면 대화면화도 가능하다고 한다. 현재, 액정기술이 급속히 진보되고 있어, 앞으로 홀로그래피에 의한 화상재생에 필요한 화소피치  $1\mu\text{m} = 1000\text{개}/\text{mm}$  정도의 고화질 액정 패널도 등장할 것이다. 이 디바이스들의 진보와 홀로그래피 TV 연구의 진전이 기대된다.

#### 4. 결 론

홀로그래피는 이제까지 알려져 있는 양안시차나 폭주를 이용하는 방식과는 전혀 다른 3차원 표시방식이다. 마치 거기에 공간적으로 상이 실존하고 있는 것처럼, 필요한 광학적 정보가 모두 재생된다. 따라서 조절과 폭주의 모순이 생기지 않는 궁극적인 3차원 표시 방법으로서의 기대가 매우 높다. 그렇지만 이것을 방송용 TV에 응용한다고 하면, 사진 건판에 대신하는 고밀도, 고속응답의 광변조 소자를 필요로 하는 등 재료, 소자 분야에서의 해결책이 요구된다. 또한, 제작 현장에서의 레이저 조사는 불가능하므로, 동화상 촬영 기술의 확립에 대한 연구도 필요하다.

#### 필자소개



#### 이 승 현

- 1993년 : 광운대학교 대학원, 공학박사
- 현재 : 3차원 방송영상학회 상임이사, 광운대학교 전자공학부 부교수
- 관심분야 : 3차원 디스플레이, 홀로그래픽 메모리, 3D방송기술