

홀로그래픽 3DTV

□ 이승현 / 광운대학교

1. 머리말

일상생활에서 접하는 자연스러운 3차원 세계를 표현하고자 하는 것은 인간의 소망이었으며, 19세기 중엽에서부터 입체사진을 비롯한 다양한 3차원 표현 방식의 원리에 대한 고찰이 이루어져 왔다. 우리가 생활하는 세계가 3차원 공간이기 때문에 표현의 기본 형태도 역시 3차원이 되어야 하지만, 3차원을 직접적으로 표현할 수 있는 수단이 제한되기 때문에 이를 해결하기 위한 다양한 방식이 연구 개발되어 왔으며 최근 3차원 영상에 대한 관심의 증가와 더불어 많은 제품이 등장하고 있다.

현재 가장 일반화 되어있는 스테레오스코픽(stereoscopic) 방식이 좌안과 우안에 조금 어긋난 영상을 제시하는 불완전한 3차원 표현 방식이며, 인간의 시각신경계에 악영향을 줄지도 모른다는 것은 개발 당시부터 예상된 일이었다. 입체는 보는 위치에 따

라 다른 것을 볼 수 있어야 하며, 현실의 입체 물에서 초점과 폭주가 서로 달라서는 안 된다. 그러나 스테레오스코픽 방식이 이러한 불완전한 방식임에도 불구하고 입체 표현에 대한 동경은 이 방식을 실용화의 우선 기술로 선택하였다. 이는 대형 입체 영상을 경험해본 사람의 감동과 기쁨이 눈의 피로를 잊어버릴 만큼 크다는 사실에서 이 방식의 효용성을 짐작할 수 있다.

눈의 폭주(양안 시선의 교차각)와 양안시차(양안 결상이 엇갈려 보이는 현상)의 두 가지 요소를 이용하는 기존의 3차원 영상처리 기술은 시각의 지각작용(perception)에 의존하는 것으로 근본적으로 눈의 피곤함을 제거할 수 없으며, 이와 같은 단점이 완전히 제거된 완전한 3차원 영상을 얻기 위해서는 물리적인 법칙(physical principle)에 근거한 기술이어야 한다. 일반인들이 알고 있는 바와는 달리 카메라, 인간의 눈과 같은 광학 센서 장치들은 주변 환경과 그 환경 내에 존재하는 물체에 대한 모든 정보를 실

제적으로 볼 수가 없다. 우리가 볼 수 있는 것은 단지, 우리 눈의 동공 속으로 들어오는 빛인 것이다. 빛은 그 장면에 대한 정보를 전달하고 있다. 정보가 들어있는 이 빛은 시각 시스템과 두뇌에 의해서 처리되어 우리는 그 환경을 지각할 수 있는 것이다. 따라서 주어진 공간의 3차원 정보가 담겨있는 빛이 모든 물리적인 특성들을 포함한 상태로 기록되어 질 수 있고, 기록된 정보로부터 재생된 빛이 본래의 물체가 없는 상태의 공간에 재생될 수 있다면, 본래의 빛을 재생할 수 있는 기능이 내장된 장치를 이용하여 본래의 장면을 볼 수 있을 것이다. 즉, 본래의 공간 정보가 담겨있는 빛과 다시 재생된 빛은 물리적으로 동일한 것이다. 이와 같이 동일한 빛이 우리의 동공으로 들어온다면, 우리는 같은 것을 보게 되는 것이다. 이것이 1948년도에 발표된 홀로그래피의 기본적인 원리이다[1][2].

스테레오스코픽 기술에 반해서 홀로그래피는 처음으로 폭주와 양안시차 뿐 만 아니라, 초점조절에도 모순이 없는 입체감을 주는 것을 가능케 했다. 그 결과, 많은 사람이 미래의 3차원 기술의 유력한 발달 방향은 홀로그래피, 또는 그 관련 기술 중에서 찾아낼 것이라고 믿게 되었다. 그러나 3차원 기술로서의 홀로그래피가 몇 가지의 근본적인 단점을 가지고 있다는 것을 알게 되고나서, 이러한 낙관론은 급속도로 식어 버리게 되었지만 오늘에 이르기까지 홀로그래피를 3차원 영상 기술로 응용하려는 노력이 계속되어 왔다. 홀로그래피는 3차원 영상 정보의 기록을 위해서 뿐만 아니라 디지털 정보의 기록과 여러 가지 정보처리의 응용에도 큰 잠재성을 인정 받았고, 많은 연구가 진행되고 있다. 레이저를 사용하지 않고 3차원 영상을 재생할 수 있는 기술이 잇달아 개발되었을 뿐 아니라, 실제 물체에 레이저 광선을 쬐이지 않고 컴퓨터를 이용하여 컴퓨터 그래

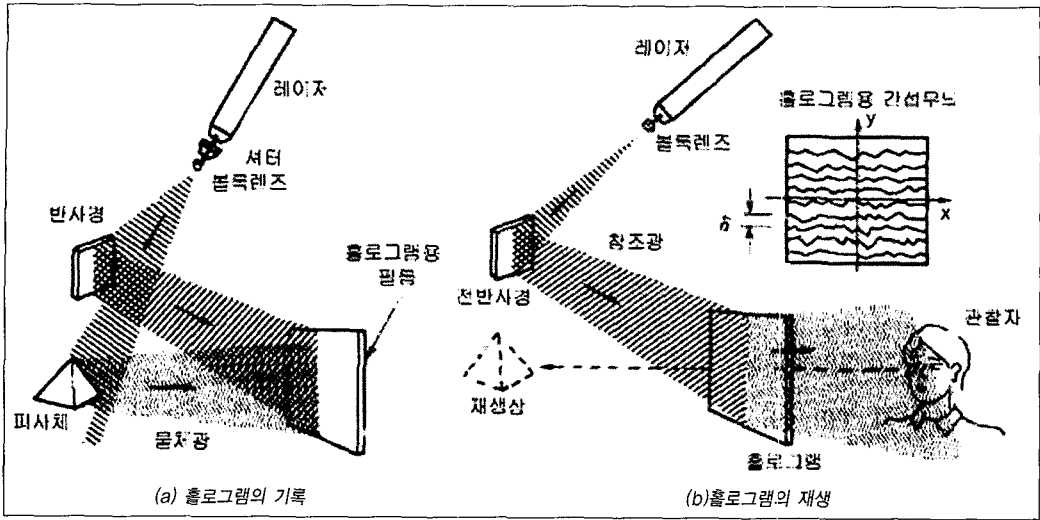
픽이나 가상정보 물체로부터 파면을 계산하고, 그 간섭 패턴을 계산하여 출력하는 컴퓨터 생성 홀로그램(computer generated hologram : CGH)이 많은 발전을 보이고 있다[3][4]. 그리고 최근에는 실시간으로 홀로그램을 디스플레이 할 수 있는 전자동화상 홀로그래피 기술이 등장하여, 홀로그래픽 TV로 향한 연구개발이 활발해지고 있다[5-7].

본 고에서는 먼저 홀로그래피의 원리 및 장점과 단점에 대해 언급한 다음, 컴퓨터 형성 홀로그램, 홀로그래픽 TV에 대한 연구 동향을 설명한다, 이를 통해 궁극적인 3차원 표시 방법으로서 홀로그래피에 대한 문제점과 연구 방향을 제시하고자 한다.

II. 홀로그래피의 원리

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 바라볼 때의 밝기들을 기록해야 한다. 이런 기록은 평면에 3차원 영상 정보를 넣어두기 위한 필요 요인이다. 이러한 목적을 달성하기 위해서 인테그럴 포토그래피(Integral Photography) 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. 이 경우 촬영할 때 간섭파를 만들기 위해서는 물체를 공간적, 시간적으로 위상이 갖추어진 가간섭성(可干涉性)의 코히어런트(coherent) 빛인 레이저로 조명하는 것이 필요하다. 홀로그래피의 재생 시에는 기록된 간섭파의 회절격자 패턴이 저장된 필름을 역시 레이저로 조명하고, 격자 패턴의 필름



〈그림 1〉 홀로그래피 원리에 의한 물체의 기록과 재생

이 빛의 경로를 바꾸는 것을 이용해서 보는 방향에 따라 다른 영상정보를 읽어낸다. 이러한 재생 때에는 반드시 레이저 빛일 필요는 없고, 많은 경우 자연 광으로도 가능하다.

홀로그래피에 의한 가장 간단한 물체의 기록과 재생의 원리를 〈그림 1〉에 제시하였다. 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, 현상 처리한 것을 홀로그래프라고 한다.

이 때, 홀로그래프에 기록된 간섭무늬는 그림에서 보는바와 같이 흠어진 줄무늬가 되는데, 그 무늬 간격의 평균값 δ 는 다음의 식으로 제시된다.

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

여기서, λ 는 광파의 파장, θ 는 물체파와 참조파가 진행 방향에 대하여 이루는 각도, $1/\delta$ 는 간섭무늬의 공간 주파수이다. 만일 He-Ne레이저의 적색광(파장 $\lambda=0.63\mu\text{m}$)을 광원으로 하고, 각도 θ 를 30° 로 하면 δ 는 $1.3\mu\text{m}$ 가 된다. 이것은 공간주파수가 1260개/mm인 간섭무늬에 해당한다. 따라서 이 간섭무늬를 기록하기 위해서는 매우 높은 해상력을 갖는 감광재료(사진 필름 또는 건판)가 필요하게 된다. 다음, 이 홀로그래프를 작성할 때 참조파로 사용한 것과 같은 평행 레이저광을 같은 방향에서 입사시켜서 홀로그래프를 조명하면, 본래 피사체가 있었던 것과 같은 위치에 마치 피사체가 거기에 있는 것처럼 상이 재현된다. 이와 같이 홀로그래피는 물체의 3차원적 구조나 위치를 그대로 기록, 표시할 수 있는 특징이 있으며, 이 점이 보통의 사진과 크게 다른 점이다.

1. 3차원 영상 기술로서 홀로그래피의 장점

(1) 홀로그래피는 양안시차와 폭주 뿐만 아니라, 눈의

조절에도 모순이 없는 입체감을 줄 수 있다. 현재 알려져 있는 유일한 기술이다.

- (2) 홀로그래피에서는 영상 각 점의 정보가 홀로그램 면 전체에 걸쳐 흩뿌린 모양으로 분산되어 있다. 따라서 홀로그램 면의 어떤 일부분의 훼손은, 재생 영상의 일부를 못쓰게 하는 것이 아니라, 재생 영상의 화질을 전반적으로 저하시킨다. 따라서 홀로그래피는 흠이나 더러워짐에 대해서 강한 기록 방식이라고 할 수 있다.
- (3) 홀로그래피는 지극히 높은 정보 기억 밀도를 가능하게 한다. 즉, 3차원 영상은 일반적으로 막대한 정보량을 가지고 있기 때문에 3차원 영상 기록 기술로서 홀로그래피는 본질적으로 유리하다.

2. 3차원 영상기술로서 홀로그래피의 단점

- (1) 기록·재생에 레이저를 사용하는 것에 기인하는 단점
 - 기록(촬영)에 암실을 요한다.
 - 물체는 통상 정지하고 있는 것이 요구된다.
 - 인물은 투사체로서 그다지 적격이 아니다.
 - 현장에서는 레이저의 출력·가격의 제약이 크고, 큰 물체, 대각선상은 그다지 실제적이지 못하며 재생시의 효율이 떨어진다.
 - 스펙클(spackle) 잡음이 존재한다.
- (2) 위에서 기록한 것 이외에 기인하는 단점
 - 고가이고, 대화면을 만들기 어려운 고해상도의 기록 매질을 필요로 한다.
 - 넓은 시야·넓은 시역의 홀로그램은 경제적으로 실현할 수 없다.
 - 홀로그램이 가지는 정보량이 방대하여 정보의 기록과 전송이 어렵다.

III. 컴퓨터 생성 홀로그램

컴퓨터에 의한 홀로그램의 제작은 1960년대 중반 이후부터 시작된 것으로, 근본적으로 주어진 물체파와 기준파의 간섭에 의해 생성되는 간섭 항을 계산함으로써 제작된다[8][9]. 현실에서는 불가능한 이상적인 특성을 가진 부품을 제작하거나 이상적인 부품특성에 대비되는 실제부품의 특성시험 등을 위해 개발되었고, 현재 여러 가지 방식들이 고안되어 있다. 기본적으로 홀로그램은 실제 물체에 레이저 광선을 쬐어서 기록하므로 기록할 수 있는 대상이 한정된다. 또한, 컴퓨터로 합성한 화상과 같은 것이 CRT나 LCD 디스플레이에 비쳐진 것을 기록하는 것도 곤란하고, 가상물체를 기록, 재생하는 것도 곤란하다. 이와는 달리 CGH는 컴퓨터 처리에 의해 제작하는 홀로그램이므로 가상 물체를 상상해서 작성하고, 그것을 입체적으로 재생할 수 있다. 또한, 광학적 정보처리 분야에서는 복잡한 공간 필터의 합성이나 인터커렉션 용 소자로서 응용되고 있다. CGH의 작성 방법에는 광학적으로 홀로그램 면 위에 기록된 간섭 패턴을 계산으로 구하고 간섭 패턴을 정확히 그리는 방식, 재생용 조명파가 홀로그램 건판에 기록된 홀로그램을 통과한 직후의 파면을 계산으로 구하고 그 복소 진폭분포를 만들어 내는 방식, 어느 정도의 재생 영상을 얻을 수 있으면 좋겠다는 생각으로 재현해야 하는 복소 진폭분포 가운데 위상성분에만 주목하고 합성하는 방식 등이 있다.

1. 컴퓨터 생성 홀로그램의 종류

컴퓨터 생성 홀로그램으로 제일 먼저 개발된 것은 Brown과 Lohmann에 의한 “Detour Phase”방

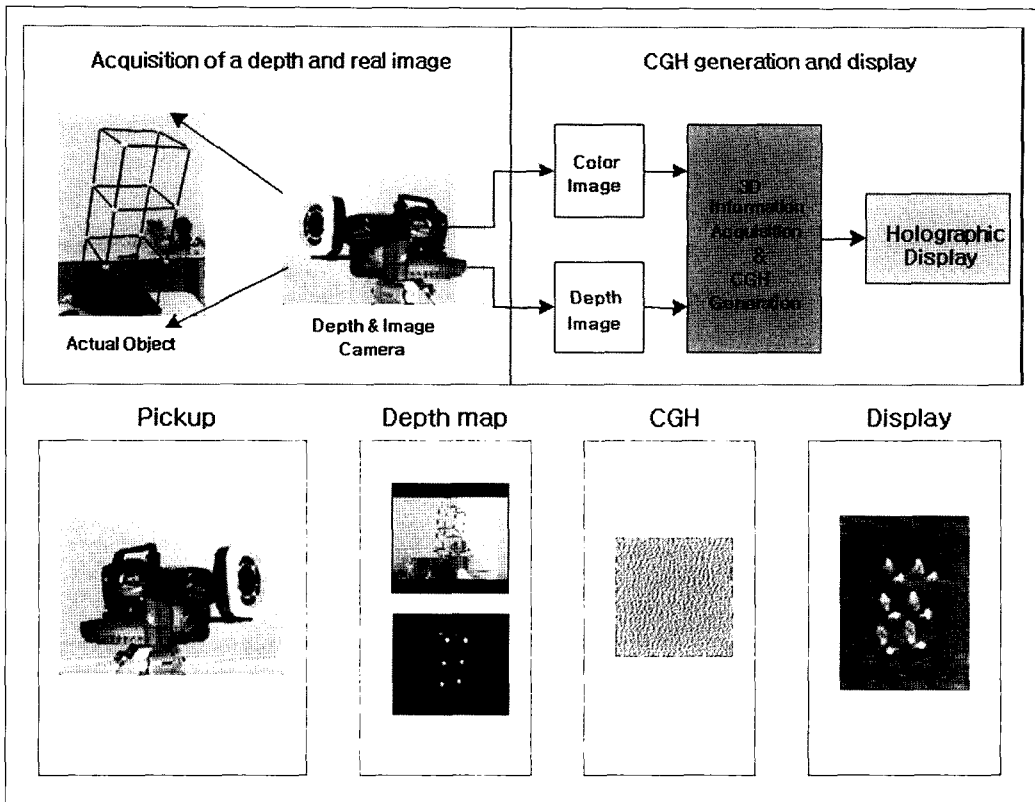
식이다. 이것은 홀로그램을 동일하게 구획된 셀로 분할하고, 각 셀 내에 사각형의 개구를 만들어, 이 개구의 크기와 위치를 홀로그램의 위상과 진폭에 대응하게 조정하여 제작하는 것이다. 기준파가 없이 물체파의 푸리에 변환에 의한 회절광의 성분만을 이용하므로, 원리상 평면의 패턴과 같은 단순 2차원적 물체의 홀로그램 제작만 가능하며 광 신호 처리를 위한 공간 필터 제작 등에 응용된다. 그 다음이 Lee에 의해 개발된 ① 간섭항의 복소 진폭 및 위상을 “detour phase” 방식에서와 같이 각 셀을 4개의 등 간격 칸으로 분리하고 각 칸에 복소 진폭 및 위상의 크기와 부호를 고려하여 개구를 만드는 방식과 ② 간섭항의 진폭을 평준화(normalize) 시킨 후, 1/2을 더하여 진폭 투과율 분포로 하여 주어진 임계 값(threshold value) 보다 크거나 같은 경우는 1 그 외는 0으로 하여 간섭무늬를 그리는 방식, 그리고 ③ 간섭항의 기준파 위상을 일정하다고 하고, 피사체의 형태에 관한 좌표를 이용하여 물체파를 직접 계산하는 “phase” 방식이 있다. 이 phase 방식은 홀로그램 상에 기록되는 실질적인 정보인 위상을 기하 광학적인 방법으로 계산하기 때문에 이전의 방식에 비해 많은 계산 시간을 필요로 하나, 피사체의 형태에 관계없이 적용이 가능하며 가장 실질적인 홀로그램에 근사하는 방식이므로 홀로그래픽 비디오 홀로그램 제작에 많이 응용되고 있다. 그 외 키노폼은 위상에 의해 주어지는 간섭항의 진폭 변화를 필름의 표면 요철로 하여 기록하는 방식이어서 디지털적 홀로그램의 제작이 가능하므로, 프린팅 방식을 이용한 각종 엠보싱 홀로그램의 제작에 많이 이용된다.

이 외에도 단순히 격자벡터의 방향과 주기가 다른 격자의 조각으로 합성시킨 격자 홀로그램도 CGH의 하나이다. Phase 방식의 경우, 파면의 간

격이 시간과 공간에 걸쳐 일정하게 유지되는 가 간섭성 광이 어떤 형태를 가진 물체에 부딪쳐 반사될 때는 그 반사된 광의 파면은 물체의 형태에 비례하여 달라진다. 즉 파면의 위상 변화가 물체의 형상에 따라 변화하게 된다. 그러므로 물체의 형상에 관한 좌표의 정보가 있으면, 형상에 따라 변화하는 파면의 위상변화는 기하 광학적인 광선추적에 의해 쉽게 계산된다. 그 계산 과정의 순서는 다음과 같다. ① 계산하고자 하는 물체의 표면을 3차원 좌표 내에 나열된 점들로 표시하고, 각 점에서부터 홀로그램판상의 각 점까지의 거리를 계산한다. ② 호이겐스 원리에 따라 물체 표면의 한 점에서 고유 위상을 가진 광파가 나온다고 가정할 수 있으며, 홀로그램 상의 한 점에 입사하는 물체로부터의 광파는 물체의 전 표면에서 오게 되므로 먼저 계산한 물체의 각 점에서 이 점까지의 거리를 각 광파의 위상으로 변환하여 각 점으로부터의 광파를 합치게 되면 홀로그램의 한 점에서 물체파가 계산된다. ③ 기준파의 경우는 평면 기준파가 홀로그램의 수직방향에 대해서는 수직으로 입사하고, 수평방향에 대해서는 어떤 각을 가지고 입사한다고 가정하면, 기준파는 수평방향으로만 위치별로 위상차를 가지게 된다.

2. RGB 영상과 깊이 정보를 이용한 CGH 제작

〈그림 2〉에서와 같이 능동형 센서를 부착한 카메라를 사용하여 CGH를 생성할 수 있다. 이 과정은 실사 물체에 대한 RGB 영상 및 깊이 정보를 분리하는 과정과 획득된 두 가지 정보로부터 구해진 3차원 정보로 CGH를 생성하는 과정의 두 단계로 구성된다[10].



〈그림 2〉 능동형 센서 카메라를 이용한 CGH 제작

기존에는 CGH를 생성하기 위하여 컴퓨터그래픽에 의해 만들어진 3차원 모델을 주로 이용하였다. 이와 같이 3차원 모델을 이용하는 대표적인 이유는 3차원 모델로부터 CGH를 생성하기 위한 정보를 쉽게 얻을 수 있다는 이점이 있기 때문이다. 최근에는 실사에 대한 칼라영상과 깊이 정보를 획득할 수 있는 능동형 센서 장비가 등장하였다. 이를 활용하여 획득된 칼라 영상과 깊이 정보는 CGH를 생성하기 위한 정보로 사용될 수 있다. 능동형 센서 카메라를 사용함으로써 실사에 대한 칼라 정보 및 깊이 정보를 얻을 수 있으며, 획득된 실사 영상 데이터는 대상 객체의 RGB 칼라 정보와

RGB 칼라에 일대일 대응하는 깊이 정보를 갖는다. 이로부터 3차원 좌표정보를 추출할 수 있으며 공간 좌표 데이터를 이용하여 CGH를 생성할 수 있다. 따라서 컴퓨터그래픽 모델 뿐만 아니라 카메라로 획득된 실사 영상을 이용하여 CGH를 생성하고 디스플레이 할 수 있고 생성된 CGH는 고해상 LCD를 SLM으로 사용한 홀로그래픽 디스플레이 시스템을 구성하여 재생할 수 있다. 카메라로 획득되는 실사 영상에 대한 CGH의 제작이 실시간으로 이루어지고, 재생에 사용되는 SLM이 충분한 해상도를 갖는다면 홀로그램의 실시간 디스플레이가 가능하게 될 것이다.

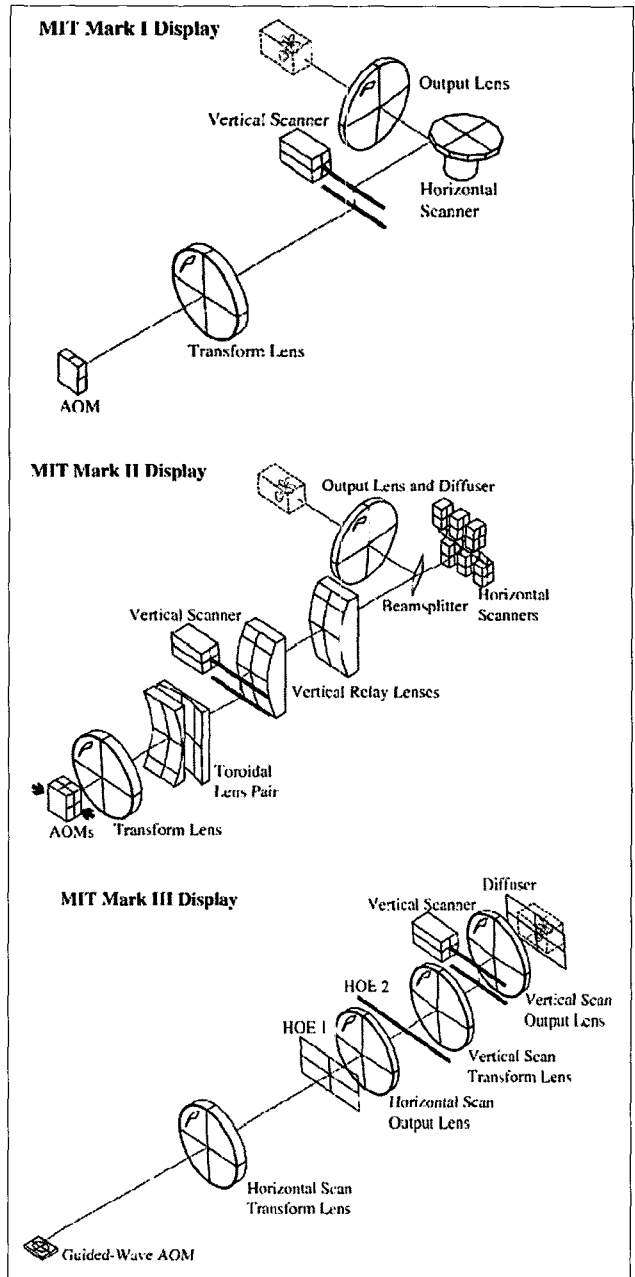
IV. 홀로그래픽 TV

홀로그래픽 TV에 대한 응용가능성에 대해서도 일찍부터 연구되고 있었다. 1966년에 E.N.Leith등은, 홀로그램을 TV신호로 전송했을 경우 얼마만큼의 대역폭이 필요함을 검토하였다[11]. 또 1966년에 미국 Bell연구소의 Enrole 등은 BTL의 3글자를 기록한 슬라이드를 대상으로 간섭무늬를 작성하여, 비디오크관의 코어 전면으로 받아 TV신호로 하고, 이것을 필름에 기록해서 홀로그램을 작성한 다음, He-Ne레이저로 재생 상을 얻었다 [12]. 이 밖에 1971년에는 CBS연구소에서 2차원 영상의 인라인형 홀로그램을 촬상관에서 촬영하여, Lumatron이라는 장치에 표시하는 전자식 홀로그램 시스템을 개발하였다. 그 후, 홀로그래픽 TV의 연구에는 큰 진전이 없었으나, 1990년에 미국 MIT의 Benton교수 등의 그룹이 초음파 광변조기와 회전 미러를 사용해서, 컴퓨터 합성홀로그램을 거의 실시간에 전자적으로 표시하는데 성공하여 큰 화제가 되었다. 최근의 홀로그래픽 TV연구는 ① 초음파 광변조기(AOM: Acousto-Optic Modulator)를 사용하는 방식 ② 액정디바이스를 사용하는 방식으로 크게 나누어진다.

1. 초음파 광변조기를 사용하는 방식

레인보우 홀로그램의 발명자인 미국 MIT의 Benton교수의 그룹이, 1990년

에 발표한 방식이다[13]. 이 기본적인 아이디어를 바탕으로, 일본에서도 1992년부터 통신방송기구(TAO)에서도 이 방식이 연구되고 있다[5]. 컬러표시



(그림 3) MIT의 홀로그래픽 비디오 디스플레이 시스템의 발전

를 위해서는 3원색 레이저광(파장:633mm, 532mm, 442mm)을 사용하게 된다. 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 영상신호를 만들고, 수직방향에 대해서는, 갈바노미러를 진동시키면서 주사하여, 영상을 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. 이후 축소렌즈를 통해서, 영상의 시역을 확대함으로써, 3차원 영상을 볼 수가 있다. 따라서, 이 방식은 수직방향에 시차정보가 없다. 상 사이즈는 과히 크지 않지만 완전컬러의 동영상 표시에 성공하고 있으며, 실시간의 재현 성능은 슈퍼컴퓨터의 계산 속도에 의존하고 있다. 이 같은 제 1세대의 MIT방식인 MARK I 은 “기계 주사식 홀로그래픽 TV”이다. 이 기계 주사식이라는 것, 슈퍼컴퓨터를 필요로 한다는 것, 수직방향에 시차를 갖지 않는 표시방식이라는 것 등 많은 한계가 있었지만 실시간 재현의 홀로그래픽 TV를 구현화 한 의의는 매우 크다고 말할 수 있을 것이다[13]. 이 후 시역을 넓히고 재현 영상의 크기를 증대시킨 MARK III[14], 그래픽카드와 게임 콘솔을 갖는 범용의 PC를 이용한 홀로그래픽 비디오시스템인 MARK III가 소개되어 홀로그래픽 TV의 등장 가능성을 밝게 하여 주고 있다[7]. <그림 3>은 MIT 미디어 연구실의 홀로그래픽 비디오 디스플레이 발전에 따른 시스템도이다.

2. 액정 디바이스를 사용하는 방식

1991년에 시티즌 시계의 하시모토씨 등은 일반적으로 감광재료로 행해지고 있던 홀로그래피의 간섭무늬를 고해상도의 CCD 카메라에 기록하여, 이것을 비디오 신호로 해서 전송하고, 수신측에서 액정 TV용의 고화질 액정 패널에 레이저광을 조사해서 실시간의 전자식 동영상 홀로그래피 장치를 구현하였다[15]. 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 제어하는 소자를 말한다. 액정은 SLM으로서 뛰어난 특성을 갖는 디바이스이다. <그림 4>는 시티즌 시계가 발표한 전자식 홀로그래픽 TV 시스템의 구성도이다. 기록계는 종래의 사진기술에 의한 홀로그래피와 기본적으로 같다. 레이저광을 집광 렌즈를 이용하여 평행광으로 만든 후 하프 미러로 2개의 광으로 나누고, 한쪽은 물체광으로 하여 피사체를 조명한다. 다른 하나는 참조광으로 직접 CCD 카메라에 조사되어 CCD 소자로 간섭무늬를 형성한다. CCD에 형성되는 간섭무늬의 기본 공간 주파수는 물체광과 참조광이 CCD에서 이루는 각도에 의해 정해진다. 이 각도를 크게 잡으면 공간주파수가 커지며 현재의 CCD로는 해상도가 부족해서, 간섭 무늬를 촬영할 수 없다. 따라서 CCD 카메라 앞에 하프 미러를 놓고, 물체광과 참조광이 이루는 각도를 0.3~0.7°로 작게 하고 있다. CCD카메라로 촬영된 비디오 신호는 액정 TV-SLM에 공급되고, 이것에 평행 레이저광을 조명하면 1차 회절광이 발생하여, 실시간에 3차원의 물체를 재생할 수 있다. 이상과 같이 LCD를 사용한 직접방식으로 광학적 홀로그램의 간섭무늬를 기록하

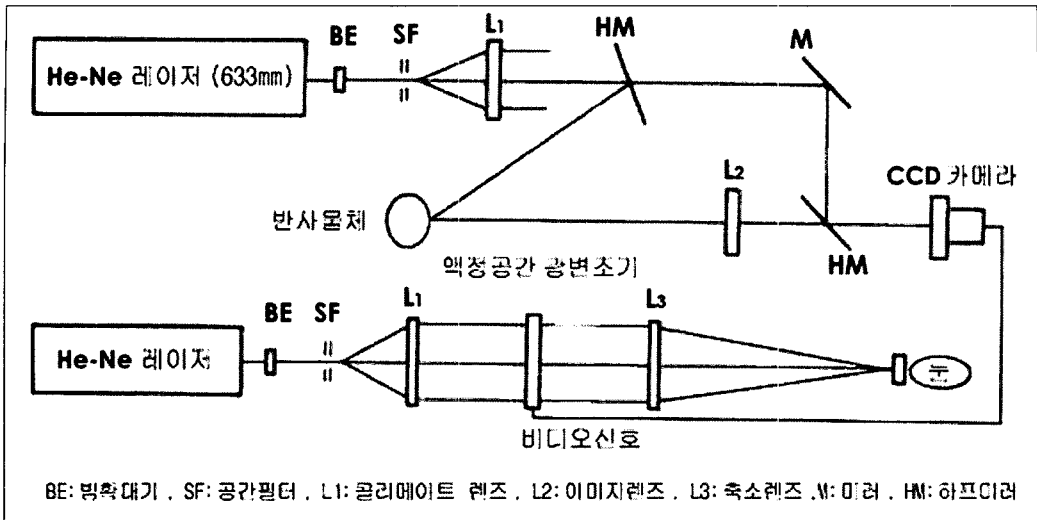


그림 4. 액정 공간 광변조기를 사용한 전자식 홀로그래픽 TV

기 위해서는 고해상도의 LCD가 필요하게 된다. 이 때문에, 본격적인 홀로그래픽 TV를 지향한 연구는 아직 적은 상태이다. 또한, 기본적으로는 홀로그램의 일종인 키노폼(kinofom)이 착안되어 호모지니어스형 및 TN형 LCD의 위상변조 특성을 이용한 컬러 입체 동영상 디스플레이의 연구가 일본의 엡슨, 쇼난공과대학 등에서 이루어지고 있다. 키노폼은 참조광에 의한 공간캐리어를 필요로 하지 않는 만큼, 홀로그램보다는 화소 수 · 화소 피치에서 유리하다.

이와 같이, 전자식 홀로그래픽 TV의 기초 연구가 활발히 이루어지게 되었으나 이후 실용화되기 까지 입력계, 전송계, 표시계의 전반에 걸쳐 가장 중요한 기술적인 문제는 액정의 고화질화일 것이다. 현재 시판되고 있는 액정패널을 사용해서는 매우 작은 영상을 멀리서 관찰하게 된다. 큰 영상을 가까이에서 보기 위해서는 고해상도이고 큰 사이즈인 액정패널이 반드시 필요하다. 현재, 액정기술이 급속히 진보되고 있어, 앞으로 홀로그래피에 의한 영상재생에 필요한 화소피치 $1\mu\text{m}=1000\text{개}/\text{mm}$ 정도의 고화

질 액정 패널도 등장할 것이다. 이 디바이스들의 진보와 홀로그래픽 TV 연구의 진전이 기대된다.

V. 결론

홀로그래픽 TV는 이제까지 알려져 있는 양안시차나 폭주를 이용하는 방식과는 전혀 다른 3DTV 구현 방식이다. 마치 거기에 공간적으로 상이 실존하고 있는 것처럼, 필요한 광학적 정보가 모두 재생된다. 따라서 조절과 폭주의 모순이 생기지 않는 궁극적인 3DTV 로서의 기대가 매우 높다. 그러나 실시간으로 홀로그래픽 TV를 구현하기 위해서는 사진 건판을 대신할 수 있는 고밀도, 고속응답의 광변조 소자와 같은 재료, 소자 분야에서의 해결책이 요구된다. 또한, 제작 현장에서의 레이저 조사가 불가능하므로, CGH 기술, 동영상 촬영 기술의 확립이 필요하다. 아울러 방대한 데이터의 전송을 위한 홀로그래픽 데이터 압축기술 등에 대한 연구도 수반되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Dennis Gabor, "A new microscopic principle," Nature, vol. 161, pp.777-778, 1948.
- [2] E. N. Leith and J. Upatnieks, "Reconstructed wavefronts and communication theory," Journal of the Optical Society of America, vol. 52 #10, pp. 1123-1130, Oct. 1962.
- [3] P. Hariharan, Optical Holography. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- [4] G. Tricoles, "Computer generated holograms: a historical review," Applied Optics, vol. 26, pp. 4351-4360, 1987.
- [5] Final Report of "Advanced 3-D Tele-Vision Project", Telecommunication Advancement Organization (TAO) of Japan, 2002.
- [6] Michael Huebschman, Bala Munjuluri, and Harold R. Garner, "Dynamic holographic 3-D image projection", Optics Express, Vol. 11, No. 5, pp. 437 - 445, March 2003.
- [7] D. E. Smalley, Q. Y. J. Smithwick, and V. M. Bove, Jr., "Holographic Video Display Based on Guided-Wave Acousto-Optic Devices," Proc. SPIE Practical Holography XXI, v. 6488, 2007.
- [8] A. W. Lohmann and D. P. Paris, "Binary fraunhofer holograms, generated by computer," Applied Optics, vol. 6, no.10, pp. 1739-1748, 1967.
- [9] James P. Waters, " Three-dimensional Fourier-transform method for synthesizing binary holograms," J. Opt. Soc. Am. vol.58, p.386, 1968.
- [10] 김상진, 강훈중, 유지상, 이승현 "능동형 센서의 깊이 정보를 이용한 컴퓨터 형성 홀로그램", 대한전자공학회 논문지, vol.43-SD, no.10, pp.22-27, 2006.
- [11] E.N.Leith, J.Upatnieks, B.P.Hidebrand and K.Haines,"Requirements for a wavefront reconstruction television and facsimile system", J. Soc. Motion Picture Televis. Eng., vol.74, pp.893-896, 1966.
- [12] L.H.Enrole, et al., "Holographic transmission via TV", Bell Syst. Tech. J., vol.45-2, pp.335-339, 1966
- [13] S.A.Benton, et al., "Electronic display system for computational holography", Proc. SPIE Practical Holography IV, vol.1212, pp.174-182, 1990.
- [14] P.St.-Hilaire, S.A.Benton, M.Lucente, J.D.Sutter and W.J.Plesniak, "Advances in holographic Video", Proc. SPIE Practical Holography VII, vol.1914, pp.188-196, 1993.
- [15] N.Hashimoto, S.Morokawa and K.Kitamura, "Real-time holography using the high-resolution LCTV-SLM", Proc. SPIE Practical Holography V, vol.1461, pp.291-302, 1991.

필자소개



이승현

- 광운대학교 대학원, 공학박사(1993)
- 현재 : 광운대학교 대학원 정보디스플레이학과 교수
- 현재 : (사)3차원 영상학회 이사
- 현재 : International Stereoscopic Union 한국대표
- 주관심분야 : 3차원 디스플레이, 홀로그래픽, 3D 방송기술