



# 홀로그램 기본 원리와 종류

+ 박성환 미래방송연구회 부회장

미래창조과학부는 2014년 8월 27일 국무총리 주재로 개최된 제2회 '정보통신 전략위원회'를 통해 정보통신분야의 새로운 성장 동력인 홀로그램 산업을 활성화하기 위한 「홀로그램 산업 발전전략」을 확정하였으며 이를 계기로 일반인들도 홀로그램에 관심이 고조되고 있다. 홀로그램(Hologram)은 차세대 영상기술로서 이미 2013년 10월, 미래부 「ICT R&D 중장기전략」의 10대 핵심기술 중 하나로 선정된 바 있다. 정부에서는 산·학·연 전문가가 참여하는 태스크포스를 2014년 3월 구성하여 동 전략을 마련하고, 6월 27일 정보통신융합 전문위원회 및 7월 17일 공청회 등을 통해 다양한 의견 수렴하였다.

최근 유사 홀로그램 기술을 이용하여 클라이브(Klive)라는 홀로그램 K-pop 콘서트 무대를 마련하여 한류 관광객의 높은 호응을 얻고 있는데 2014년 7월 말 기준으로 Klive는 7개월간 관람객이 30,000명, 에버랜드의 홀로그램관 관람객은 1년간 756,000명에 이르는 것으로 집계되었다. K-pop을 계기로 홀로그램이 대중 생활



그림 1. 홀로그램 LIVE 전략  
출처: 홀로그램산업발전전략 보도자료(2014.8.28., 미래부 보도자료)

에 밀접하게 자리 잡아가고 있다.

방송계에서는 HDTV 방송으로 전환 이후 UHDTV라는 고화질 영상과 2009년 영화 '아바타'의 성공 이후 3D 영화 및 방송에 대한 경험으로 어느 때보다 사실감과 실재감을 제공하는 실감형 방송에 대한 요구가 증가하고 있다. 기존의 3D 방송은 안경을 이용하여 입체감을 느낀다는 불편한 점과 카메라를 인간의 눈과 근사하게 배치하여 제작하는 양안식 3D 콘텐츠라는 점에서 자연스러운 3차원 영상을 느끼기에 부족하였다. 홀로그램은 안경 착용의 불편함을 해소하고 입체감을 그대로 느낄 수 있는 완전 입체



그림 2. 3D 입체영상기술의 발전 방향  
출처: 홀로그램 기술 현황과 전망, KCA, 2013-제4권 이슈6 (2013.12)

영상이라는 측면에서 실감 서비스를 한층 앞당기는 서비스이다.

정부에서는 홀로그램산업 발전전략에서 '新ICT 산업생태계를 여는 홀로그램 창의국가 실현'을 비전으로 정하고, 기술/표준화 선도 (Leading Technology & Standard), 미래 유망서비스 활성화(Immersive Service), 혁신 인프라 구축(Vitalizing Innovative Infrastructure), 지속 발전 가능한 생태계 조성(Establishing Holo-Eco System) 등 '홀로그램 LIVE 전략'을 마련하여 발표하였다.

본 원고에서는 융합 콘텐츠 산업 측면에서 완전한 입체영상으로 불리는 홀로그램 기술 현황을 알아보고 차세대 유망 분야로서 입체영상 콘텐츠 산업을 새로운 차원으로 승격시킬 홀로그램 응용 분야를 다루고자 한다.

### 홀로그램 개념 및 기본 원리

최근 인기를 끌고 있는 3D 영상의 대부분이 양안시차 방식으로 입체 영상을 구현하는 것이다. 이 기술의 한계점으로 회자되는 것은 자연 영상과는 달리 수평, 시차, 왜곡 등으로 시청 시 어지러움을 유발한다는 것이다. 이러한 한계점을 극복한 무안경 방식의 완전한 3차원 영상기술이 바로 홀로그래피이다. 홀로그래피 영상의 가장 큰 특징이면서 장점은 스테레오 3D 및 다시점 3D 영상 재현 기법에서 대두 되는 문제점인 초점과 수렴각의 불일치가 없기 때문에 시각피로로 인한 어지러움 현상이 없는 편안한 입체 3D 영상을 구현할 수 있다는 것이다. 또한 촬영과정에서도 물체파와 기준파를 통해서 빛이 가지는 모든 정보인 파동과 위상을 동시에 간섭무늬 형태로 기록하기 때문에 시각적인 불편함을 없앨 수 있다. 아날로그 홀로그래피를 알기 쉽게 정의한다면 레이저로 촬영한 3차원 영상 이미지 생성 기술에 대한 총칭이라고 하겠다. 디지털 홀로그래피는 CCD 카메라나 CMOS 센서 등의 이미지센서로 촬영한 3차원 디지털 데이터를 획득하여 홀로그램을 생성하고, 저장과 처리 및 편집이 가능한 기술을 말한다. 홀로그램이란 홀로그래피에 의한 기록 매체를 말한다. 즉, 홀로그래피 기술을 적용한 사례가 바로 홀로그램(Hologram)이다. 홀로그램은 그리스어로 전체(Holos)라는 의미와 정보, 메시지(Gramma)를 나타내는 합성어로서 '전체의 정보를 기록하는 것'이라는 의미를 담고 있어서 피사체에 대한 모든 정보를 기록하는 기술을 의미한다. 홀로그램은 레이저의 광원으로부터 빛의 반사·회절을 이용한 것이다. 즉, 물체로부터 반사되어 우리 눈에 들어오는 빛을 파동으로 이해하고, 이 파동에 대한 모든 정보를 빛의 간섭무늬로 기록하는 것이다. 홀로그램의 개념을 요약 정리한다면, 기존의 3D 영상이 가지고 있는 안경 착용에 대한 불편함, 시각적 피로에 따른 어지러움 증상, 양안식 카메라 촬영으로 발생하는 공간 왜곡 현상을 해결하면서도 완전한 입체 영상을 구현하는 기술이라고 하겠다. 이처럼 불편함 없이 입체감과 현실감을 느낄 수 있다는 점에서 인간의 눈으로 직접 보는 효과를 가장 잘 구현하기 때문에 차세대 미래 실감형 방송으로 홀로그래픽TV가 관심을 받고 있다.

홀로그램의 원리를 살펴보면, 홀로그램의 기록과 재생 실험에서는 레이저 광원 앞에 빔 스플리터를 두고 하나의 경로는 물체로 비추면 물체는 이를 반사해 물체파 파장을 생성하고, 다른 하나의 경로는 물체에 닿지 않은 빛의 파장을 거울을 통해서 물체파와 일정한 각도를 이루도록 한 기준파를 발생시키게 된다. 물체파와 기준파라는 두 파장이 합쳐지면서 간섭무늬를 형성하는 것을 기록·저장하여 사용하게 된다. 이 기록 저장을 어떤 매질에 어떻게 하느냐에 따라서 다양한 응용 분야가 가능해진다.

레이저에서 나온 광선을 반사경을 통해서 둘로 나눈다. 하나의 빛은 직접 스크린에 비추는데 이것을 참조광 (Reference Beam, 기준광)이라고 한다.

그리고 다른 하나의 빛은 물체에 비추게

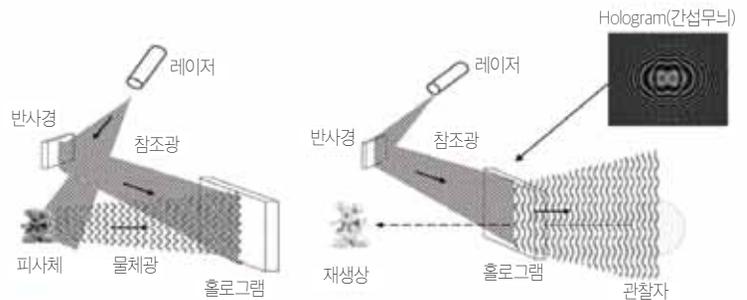


그림 3. 아날로그 홀로그램의 생성 원리 / 출처 : ETRI 창의연구본부 (2010.9)

된다. 피사체를 비추어 스크린으로 반사되는 광을 물체광(object beam)이라고 한다. 이 물체광은 물체의 모양에 따라서 물체 표면에서 반사되어 나오는 빛으로 물체 표면에 따라서 위상차가 각각 다르게 나타나게 된다. 여기서 위상은 물체 표면에서 스크린까지의 거리가 각각 다르게 도달된다는 의미이다.

기준광과 물체광의 간섭을 일으키는 각도가 매우 중요하며, 두 광이 간섭을 일으키고 간섭무늬가 스크린에 저장되는데 실험에서는 유리 로 된 스크린에 감광 물질을 바른 필름을 밀착하여 간섭무늬 패턴을 저장하게 되는 것이다. 이렇게 저장되면 일단 홀로그램이 완성되는 것이다. 다음 순서는 홀로그램의 재생 절차이다. 저장된 영상을 볼 때에도 기록할 때 사용한 기준파 광원을 동일한 방향에서 스크린에 비추어야 한다. 물론 경우에 따라서는 반대 방향에서 위상 공액파를 입사시키는 것도 가능하다. 재생 시의 광원은 기록할 때의 광원과 반드시 같은 진동수를 가진 파동이 가해져야 3차원 영상을 재현할 수 있다. 이러한 아날로그 홀로그램은 아직도 암실에서 작업해야 하는 단점이 있다. 물론 촬영 시 주의사항으로 무진동 받침대를 사용하여 물체와 레이저 진행 방향, 필름 등이 흔들림이 없어야 정밀한 홀로그램 촬영이 가능하다. 자연광 상태에서 자유롭게 홀로그램의 장점을 이용할 수 있는 기술들도 속속 발전하고 있다.

### 홀로그래피의 역사

홀로그래피 기술은 헝가리 출신의 영국 런던 임페리얼 대학의 물리학자 데니스 가보르(Dennis Gabor)가 전자현미경의 해상도를 개선하던 중 최초로 발명하였으며, 데니스 가보르는 물체의 영상을 명암으로 기록하는 사진술과는 다르게 물체에서 방출되는 빛의 파면에 대한 정보를 필름에 기록하는 방법으로 물체파와 기준파가 동일 선상에 위치하는 On-axis 홀로그래피를 1948년에 공식 제안하였다. 이 기술을 인정받아 1971년 노벨 물리학상을 수상하였다. 그는 전자 현미경의 상을 개선하는 방법으로 이전까지 사용하던 전자렌즈 대신에 전자선의 파면을 기록한 방법을 고안하였다. 재생 시에는 전자선보다 파장이 긴 빛으로 상을 확대하여 재생하는 것이다. 당시에는 간섭성이 좋은 가(可)간섭성(coherence)의 전자선을 얻을 수 없었으므로 수은 등을 이용하여 기록과 재생실험을 하였다. 이때에는 기록 가능한 피사체에 한계가 있었으며, 재생된 상에는 불필요한 재생상이 초점에 어긋난 상태로 중첩되어 화질이 좋지 않았다. 이후 1960년대에 레이저 광선이 발명되어 미국의 Emmett Leith 교수는 가간섭성의 빛으로 레이저를 사용할 수 있게 되어 3차원 기록 관련하여 비약적인 발전이 일어났다. Emmett Leith 교수와 Juris Upatnieks는 1958년~1962년 사이에 레이저를 이용한 Off-axis 홀로그래피를 제안하였으며 첫 번째 레이저 전송 홀로그램은 1962년 발명되었다. 레이저를 광원으로 사용하는 Off-axis 홀로그래피의 사용으로 가보르의 실험에서 재생상의 질을 저하 시킨 공액상은, 재생위치를 옆으로 비켜놓는 방법으로 중첩되지 않도록 하고, 일반적인 3차원 물체로부터의 파면을 기록하여 이로부터 다시 3차원 입체상이 재생 가능하게 되었다.

1958년 러시아의 과학자인 유리 데니슈크(Yuri Denisyuk)는 이제까지의 투과형(Transmission type) 대신 반사형(Reflection type) 홀로그램을 제작하는 기술을 개발하였다. 그는 광원으로 수은 아크등을 사용하였으며 백색광 홀로그램을 사용하는 volume holography를 발명하였다. 이로부터 백색광원을 이용한 홀로그램을 재생할 수 있게 되었으며, 그가 개발한 반사형 홀로그램은 파장 선택성이 뛰어나 컬러로 재현할 수 있다는 획기적인 특징을 지니고 있다. 그는 1970년 러시아에서는 노벨상과 동등한 가치가 있다는 레닌상을 수상하였다. 1968년 미국의 스테반 벤톤(Stephen Benton)은 무지개 홀로그램 기술을 개발하였다. 무지개 홀로그램은 좁은 간격의 슬릿을 물체의 상과 같이 기록하게 되는데 재생 시에 홀로그램 앞에 슬릿의 영상이 같이 재생되어 이 슬릿을 통해서 물체의 상을 관찰하게 되므로 상의 밝기가 뛰어나고 슬릿을 통해서 빛이 분산되므로 컬러로 재현된다는 점뿐만 아니라 밝은 실내에서도 보통의 조명으로 홀로그램을 볼 수 있다는 특징을 가지고 있다. 1970년대 후반 Mike Foster는 첫 번째로 기계적으로 생성하는 홀로그램을 만들었다. 이것은 표면 경감 패턴에서 레인보우 홀로그램의 간섭 라인을 컨버팅하는 것이다. 1977년에는 미국의 크로스(Cross)에 의해 멀티플렉스 또는 스테레오 홀로그램을 개발하였다. 스테레오 홀로그램은 감광을 슬릿 형태로 분할하여 사진으로 찍은 물체를 여러 방향에서 본 영상을 동시에 홀로

그램화한 것이다. 이것도 무지개 홀로그램과 같이 백색광으로 볼 수 있을 뿐만 아니라 물체의 여러 방향의 모습을 기록할 수 있어 입체감이 뛰어나다는 특징을 지니고 있다. 1980년대에 비로소 물체의 원색을 재현할 수 있는 자연색 홀로그램 제작 기술이 개발되어 3차원 영상 기술의 급속한 발전과 상업용 사용으로 본격적으로 확장되기에 이르렀다. 1984년 조니워커 스카치 위스키사는 가짜 양주와의 전쟁에 홀로그램을 사용한 최초의 거대 브랜드라는 재미있는 기록도 있다. 그리고 지폐에 홀로그램이 처음 등장한 것은 1989년으로 오스트리아의 500실링이었다. 1990년대에는 비선형 물질을 이용한 수백 가지의 홀로그램을 동시 기록 및 실시간 재생, 컴퓨터에 의한 프로그램 제작이 진행되고 있다. 1991년 도트 매트릭스 홀로그램 형태의 디지털 홀로그래피가 처음으로 등장했다. 1995년에는 이라크에서 표준 여권에 홀로그램을 도입했다. 1990년대 미국의 MIT 미디어랩의 공간 이미징 그룹이 실시간으로 홀로그램 영상을 생성하는 시스템(당시 홀로그램 영상 사이즈는 25x25x25mm<sup>3</sup>, 디스플레이 속도는 초당 20프레임)을 개발한 이후 지속적인 연구가 이루어지고 있다. 국내에도 ETRI, KETI 등의 연구기관과 광운대, 서울대, 고려대, 세종대 등 대학에서 실용화를 위한 연구에 매진하고 있다.

### 홀로그램의 종류

홀로그래피 기술을 활용하여 만들어 내는 홀로그램은 생성하고 재생하는 방식에 따라 크게 3가지로 분류한다. 1) 사진 촬영을 응용하여 광원으로 레이저를 사용하여 촬영한 3차원 영상 이미지 생성 기술에 대한 총칭을 아날로그 광학 홀로그래피(Optical Holography)라고 하고, 2) CCD 카메라나 CMOS 센서 등의 이미지센서로 촬영한 3차원 디지털 데이터를 획득하여 홀로그램을 생성하고, 저장과 처리 및 편집이 가능한 형태에 대한 기술적 총칭을 디지털 홀로그래피(Digital Holography)라고 한다. 이러한 홀로그래피 기술을 적용하여 만들어진 것을 홀로그램(Hologram)이라고 한다. 3) 완전한 홀로그램은 아니지만 초다시점 입체영상을 촬영하여 홀로그램 효과를 만들어내는 기술과 특수한 반투과형 스크린을 통해서 영상을 투영하여 홀로그램 영상 효과를 모방하여 내도록 하는 유사 홀로그램(슈도 홀로그램,

아날로그 홀로그램	유사 홀로그램	디지털 홀로그램
		
<p>(예시) 홀로그램 사진, 유물, 전시 등 (핵심기술) 홀로그램 필름, 광원 및 광학 소자 기술</p>	<p>(예시) Tele-conference, 공연, 홍보 등 (핵심기술) 반투과형 스크린 영상 및 초다시점 콘텐츠 획득·생성·전송·재현 기술</p>	<p>(예시) H-HMD, H-HUD, H-Mobile, H-게임 등 (핵심기술) 디지털 홀로그램 획득·생성·전송·재현 기술</p>

\* HMD(Head Mounted Display) : 머리에 착용하는 형태의 가상현실 디스플레이  
\* HUD(Head-UP Display) : 자동차, 비행기 등의 유리에 투시하는 전방 표시 화면

표 1. 주요 홀로그램 기술 범위  
출처 : 미래부, 홀로그램 시대를 준비한다. 보도자료(2014.7.17)

Pseudo Hologram)이 있다.

### 아날로그 홀로그램

아날로그 홀로그램의 원리는 빛을 통한 광학현상이라는 사진과 매우 유사하다. 그래서 레이저 입체 사진술이라고 부르기도 한다. 사진의 원리는 찍고자 하는 사물의 형상이 있으면 그 대상에 빛을 비춘다. 여기에 사용하는 빛은 태양광이거나 일반 조명 광원이다. 광원이 대상에 닿아 다시 반사되어 나온 빛이 사진기의 렌즈에 반사된다. 이때 셔터와 조리개를 조작하여 사물의 형상을 사진기의 뒤에 있는 감

광 필름에 찍는 것이다. 이처럼 빛의 화학적 반응을 필름에 기록하는 경우를 아날로그 사진이라고 한다. 반면 디지털 사진은 전기적 변화를 CCD를 통해서 컴퓨터 영상으로 기록하는 경우를 디지털 방식이라고 한다. 아날로그 사진술과 아날로그 홀로그래피 기술은 감광 필름에 기록한다는 점은 유사하지만, 사용하는 광원의 차이와 영상을 재생하는 방법에서 차이점이 있다. 아날로그 광학 홀로그래피는 광원으로 레이저를 사용하고 기록재료로 홀로그램 필름이나, 포토 폴리머 등을 사용하여 대상 물체의 간섭 패턴을 기록재료에 기록하고 재생하는 방식이다. 광학 홀로그램의 기록 원리를 요약하면, 광학 홀로그램 기록을 위해서는 파장 및 위상에 일관성이 있는 결맞는 성질(coherent)을 가진 레이저 광원을 주사하여 빔스플리터를 통해서 둘로 나누고 하나는 물체파라하며 레이저가 물체를 향하게 한다. 물체 파가 피사체에 부딪혀 반사되는 빛은 필름으로 향하게 한다. 다른 하나는 기준파라 하며 경로는 기록재료인 필름판 위에 직접 코히어런트 광원을 입사하게 한다. 피사체에서 반사된 밝기와 위상정보 가진 빛인 물체파와 필름판에 직접 주사된 기준파의 빛이 만나 일으키는 회절과 간섭무늬를 기록하면 3차원 입체 정보를 가진 홀로그램이 된다. 이것을 재생하기 위해서는 동일한 레이저 광원을 비추어 보는 것이 가장 좋은 재생 특성을 가진다. 이러한 기본 원리를 가진 아날로그 홀로그램은 주로 전시, 광고 및 예술 분야 등에 다양하게 활용하고 있다.

기록된 내용을 재생하여 보는 방법으로는 사진은 현상한 필름을 확대 인화하여 볼 수 있으나 광학 홀로그램은 홀로그래피로 촬영한 필름을 현상만 하면 된다. 현상한 필름에 기록 때와 동일한 광원을 비추면 3차원 입체영상을 재현할 수 있다. 실제 촬영을 해보면 필름의 일부 조각만 있어도 3차원 입체영상을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다.

유사 홀로그램

유사 홀로그램은 슈도 홀로그램(Pseudo Hologram)이라고도 한다. 유사 홀로그램은 크게 2가지로 나눈다. 일반 3D 입체영상이 좌안과 우안이라는 2대의 카메라를 사용하는 것에서 발전하여 보통 9대 이상의 카메라를 배치, 초다시점 입체영상을 촬영하여 홀로그램과 유사한 입체 효과를 구현하는 기술과 미리 촬영한 입체 영상을 반투과형 스크린을 활용하여 홀로그램 효과를 내는 플로팅(Floating) 방식이 있다. 2014년 1월에는 이러한 유사 홀로그램을 활용하는 K-pop 홀로그램 전용관인 클라이브(Klive)를 개관하여 ‘홀로그램 K-pop 콘서트’를 상설 운영하여 한류 관광객의 호응을 얻고 있다. 현재 BIG BANG, 2NE1, PSY 콘서트를 홀로그램으로 즐길 수 있다. 또한 에버랜드에서도 2013년 7월부터 ‘K-pop 홀로그램관’을 선보여서 많은 관람객들이 찾고 있다.

플로팅 방식은 1862년 영국의 발명가 헨리 더크(Henry Dirck)가 고안한 ‘페퍼의 유령’이라는 연극 무대 장치의 원리에서 시작되었다. 현재 상용화된 플로팅 홀로그램 기술 원리를 설명하면 우측과 같다. [그림 4]와 같이 상단에 설치된 프로젝터를 통해서 미리 촬영한

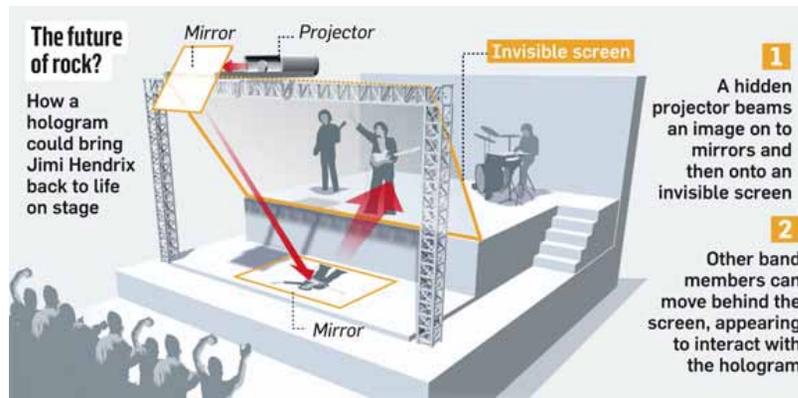


그림 4. 플로팅 방식의 프로젝션 홀로그램의 원리  
출처 : <http://englischlehrer.de/texts/hendrix.php>

3D 영상을 반사 표면이 있는 바닥으로 영사하고, 반사된 영상은 45도 기울기로 설치된 투명 포일(Transparent foil)이라는 투영필름에 반사된다. 앞에서 보는 관객에게는 영상이 허공에 뜬 것처럼 투영된 영상을 통해서 입체감을 느끼는 영상 기술이다. 이 플로팅 방식의 장점은 프로젝터를 통해서 투영하는 홀로그램 영상과 실제로 무대 뒤에 등장하는 공연자나 진행자와 상호 작용이 가능하다는 것이다. 현재 공

연이나 광고에서 많이 사용하는 영국 Musion 사의 프로젝션 시스템은 1400×1050 해상도와 700루멘즈 이상의 밝기를 지원하는 DLP 프로젝터이다.

### 디지털 홀로그램

디지털 홀로그래피는 CCD 카메라나 CMOS 센서 등의 이미지센서로 촬영한 3차원 디지털 데이터를 획득하여 홀로그램을 생성하고, 저장과 처리 및 편집이 가능한 형태이다. 또한 광학 홀로그래피로 필름에 기록한 아날로그 홀로그램은 압축·전송이 불가능하지만 디지털 홀로그래피는 압축·전송이 용이하다. 디지털 홀로그램의 재생을 위해서는 고해상 공간광변조기(SLM, Spatial Light Modulator)가 필요하다.

디지털 홀로그래피 기술은 피사체의 위상 정보나 3차원 정보에 대한 기록이 가능하고 피사체의 정량적인 해석이 가능하며 현상 처리가 불필요한 특징을 가지고 있다. 디지털 홀로그래피에서는 참조광을 이미지 센서에 대하여 거의 수직으로 조사하는 인라인 홀로그램을 사용하여 미세한 간섭 패턴을 기록하는 것을 실현하고 있다. 인라인 홀로그램에서는 한 장의 간섭무늬 영상을 촬영하는 것으로 피사체의 3차원 영상에 대한 정보를 기록·재생하는 것이 가능하다. 따라서 움직이는 피사체에 적용이 가능하다. 또한 디지털 홀로그래피는 실제로 존재하지 않는 피사체를 컴퓨터 그래픽으로 생성 및 촬영하여 구현하는 것이 가능하다. 현재 디지털홀로그래피 기술에서는 3차원 영

	아날로그	디지털
생성/기록/디스플레이	광학계/필름	CCD/SLM/컴퓨터
편집	편집 불가	편집 용이
압축/전송	압축/전송 불가	압축/전송 용이

표2. 아날로그 홀로그램과 디지털 홀로그램 차이

상 획득 방법을 사용하여 3차원 좌표와 그 점에서의 색상정보를 얻은 후 3차원 영상을 표현하는 수학적 모델에 따라 홀로그램을 계산하여 합성하는 CGH(Computer Generated Holography) 기술을 통해 홀로그램을 생성한다.

디지털 홀로그램 생성의 궁극적 목적은 실제와 동일한 3D 영상 데이터를 담은 CGH를 실시간으로 생성하는 것이다. 이를 위해 방대한 계산량 처리를 위한 알고리즘 개발, 고속화 그래픽 프로세싱 알고리즘 개발이 진행되고 있다. 디지털 홀로그래피 기술을 활용하면 다양한 형태의 활용 서비스로 발전이 예측된다. 디지털 홀로그래피에서는 기존의 CCD(Charge Coupled Device) 카메라를 이용하여 홀로그램을 촬영하고 컴퓨터를 이용하여 영상을 재생하는 방식과 기존의 프린팅 기술을 이용하여 Embossed 홀로그램을 제작하는 방식을 통틀어 지칭한다. Embossed 홀로그램이란 레이저로 기록되는 간섭무늬를 화학적인 소재에 기록하는 방법인데 표면에 수 마이크로 단위 의 요철로 기록하는 것으로 이러한 요철을 이용해 홀로그램을 복제 또는 대량생산하는 방법을 말한다. 기록 소재의 개발로 홀로그램의 대량 생산의 길이 열려서 산업적으로 큰 의미를 가진다.

### 해썹호에는 이어지는 내용으로 『국내 홀로그램 연구 동향과 응용 분야』가 계속됩니다.

- 3차원 영상 기술로의 홀로그래피, 방송공학회지 제6권 3호, 이승현, 2001.9
- 홀로그래피 기술 개요, 방송공학회지 제16권 2호, 김남 외 3명, 2011.6
- 홀로그래피 3DTV 기술개발동향, TTA Journal Vol. 140, 김진용 외 5명, 2012.4
- 홀로그래피 기술 현황과 전망, 한국방송통신전파진흥원, 2013-제4권 이슈6, 2013.12.31.
- 홀로그래피 입문 원리와 실제, 구보타 토시히로 저, 이승현 역, 진셈미디어, 2012.8
- 문화기술(CT) 심층리포트, 한국콘텐츠진흥원, 2011.12
- 서울대학교 행정대학원 정보통신방송정책과정 보고서, 박성환, 2013.2
- 프로젝션 홀로그램을 이용한 전시 광고 서비스 모델연구, 3차원 방송영상학회 논문지, 제 5권 1호, 이원영 외 1명, 2014. 5
- 네이버 지식백과
- 위키백과, <http://ko.wikipedia.org/wiki/>
- <http://www.ihma.org/>