



국내 홀로그램 연구 동향과 응용 분야

+ 박성환 미래방송연구회 부회장

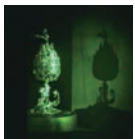
지난 호에서는 홀로그램 개념 및 기본 원리에 대해서 알아보고 홀로그램의 주요 역사에 대하여 정리하였다. 그리고 홀로그램의 생성 및 재생하는 방식에 따라 크게 3가지로 분류하여 소개하였다. 첫 번째는 사진 촬영을 응용한 광학적 특성을 이용하는 아날로그 홀로그램, 두 번째는 완전한 홀로그램은 아니지만 특수한 반투과형 스크린을 통해서 영상을 투영하여 홀로그램 영상 효과를 내는 기법으로 한류 스타의 공연 현장에서 많이 활용하고 있는 유사 홀로그램(슈도 홀로그램, Pseudo Hologram), 세 번째는 CCD 카메라나 CMOS 센서 등의 이미지센서로 촬영한 3차원 디지털 데이터를 획득하여 홀로그램을 생성하고, 저장과 처리 및 편집이 가능한 형태에 대한 디지털 홀로그램에 대하여 소개하였다.

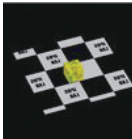
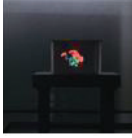
이번 호에서는 연속적으로 국내 홀로그램의 연구 동향 요약과 홀로그램 응용 분야에 대하여 살펴본다.

국내 홀로그램 연구 동향 요약

정부는 2014년 8월 27일 제2회 「정보통신전략위원회」를 통해서 「홀로그램 산업 발전전략」을 확정하고 2020년까지 7년간 홀로그램 산업 육성에 2,400억 원을 투입하기로 하였다. 정부의 비전은 2020년까지 홀로그램 단말 관련 특허출원을 현재 세계 4위에서 2위로 끌어 올리고, 생산 유발 효과를 1.7조 원으로 예측하였으며 국내 일자리 8천여 개를 창출한다는 것이다.

아래 표는 7월 17일 미래부 주관으로 열린 「홀로그램 산업 발전전략」 공청회 때 전시한 우리나라 홀로그램 관련 연구의 전시 및 시연 자료로 정리된 것이다.

	전시품명	이미지	주요내용	시연기관
1	홀로그래픽 디스플레이용 공간광변조기 (SLMoG)		- 고해상도와 대화면이 동시에 요구되는 홀로그래픽 디스플레이용 공간광변조기 1차 시작품 - 픽셀 피치 20um, 크기 2인치급 SLMoG (SLM on Glass)	한국전자통신연구원
2	아날로그 홀로그램		- 레이저를 직접 대상 물체에 비추어 반사되는 빛의 간섭무늬를 기록 - 간섭무늬가 기록된 특수 필름에 일반광을 비추므로써 3차원 영상을 재생하는 기본적인 반사형 아날로그 홀로그램	(주)한교아이씨
3	정반사형 홀로그램		- Collimated 광원을 이용하여 재생할 수 있는 정반사형 홀로그램 - 곡선 형태의 슬릿에서 빛이 회절하는 현상에 기반한 홀로그램으로 제작이 간편하고 광원에 제약이 없는 장점이 있음	경북대

4	테이블 형태의 CGH 관측 시뮬레이션		- 경사면 CGH 생성 및 관측 시뮬레이션 툴 제작 - Color CGH 및 accommodation effect 구현	고려대
5	전방향 시청 가능한 원통형 공간영상 디스플레이		- 프리즘 어레이를 이용한 전방향 시청 가능한 홀로그래밍 원통형 공간영상 디스플레이 - 기존의 Half-mirror 기반의 공간영상 디스플레이의 문제점 개선	광운대
6	전방향 시청 가능한 큐브형 공간영상 디스플레이		- 프리즘 어레이를 이용한 전방향 시청 가능한 홀로그래밍 큐브형 공간영상 디스플레이 - 기존의 Half-mirror 기반의 공간영상 디스플레이의 문제점 개선	광운대
7	전방향 시청 가능한 플로팅 디스플레이		프레넬 렌즈/투명 반구를 이용한 전방향 시청 가능한 홀로그래밍 공간영상 디스플레이	광운대
8	홀로그램 프린터 기록물		- 디지털 홀로그램 wave-front printer를 이용한 기록물 제작 - RGB Color 구현 및 120K 해상도로 구현	전자부품연구원
9	다시점 카메라 배열에 따른 기하학적 공간 왜곡 분석		홀로그램 획득 생성을 위한 다시점 영상 정렬 방법으로 카메라의 내부파라미터와 외부 파라미터를 이용하여 다양한 카메라 배열 형태에 따른 기하학적 왜곡 분석	한국과학기술연구원
10	디지털 프린팅 홀로그램 (Zebra Imaging)		3차원 모델의 디지털 데이터를 호겔(홀로그래픽 엘리먼트) 단위로 입력하여 도트프린터와 유사한 방식으로 프린팅한 홀로그램	Zebra Imaging社, 미국 (전자부품연구원 전시)
11	홀로그램 미라지 (Mirage)		홀로그램처럼 3차원의 완벽한 영상을 얻기 위해 포물경 두 개를 위아래로 겹쳐서 빛을 다시 모아 영상을 재현	3-D Hologram Maker, 미국 (한국전자통신연구원 전시)

※ 약어 및 해설

- accomodation effect	수정체의 초점 조절을 통해 입체감을 느끼는 효과
- CGH	Computer Generated Holography, 컴퓨터 생성 홀로그래피
- Collimated 광원	평행한 전자 빔 형태의 광원
- RGB	Red, Green, Blue 색상
- SLMoG	Spatial Light Modulator on Glass, 유리 기반 공간광변조기
- Wave-front printer	홀로그램의 파면을 기록하는 프린터

표 1. 홀로그램 기술 및 제품 전시 / 출처: 미래부, 홀로그램 산업발전전략 공청회, 2014.7.17

홀로그래프 응용 분야

홀로그래피 기술은 빛의 간섭을 기반으로 피사체에 대한 정보의 획득, 복원, 생성 기술에 대한 분야와 디스플레이 기술로 구성되어 있다. 이러한 홀로그래피 기술을 다양하게 적용한 파생 산업의 분야를 간략히 살펴보면 빛의 간섭이라는 물리적 원리를 응용하는 아날로그 간섭 패턴을 이용하는 분야로 의료, 정밀측정 산업에의 적용이 가능하다. 응용제품으로는 정밀 측정기기, 현미경 등의 의료기기, 비파괴 검사기 등이 있다. 디지털 간섭 패턴을 이용하는 생성 기술의 적용 산업 분야로는 디스플레이 분야, 홀로그래피 보안 분야가 부각되고 있으며, 회절 및 굴절 기술을 이용한 산업 분야로는 정적 디스플레이와 동적 디스플레이로 구분할 수 있다. 정적 디스플레이 적용 산업으로는 보안, 교육, 문화, 에너지 특히 태양광분야, HOE(홀로그래픽 광학소자 : Holographic Optical Element), 그리고 동적 디스플레이 관련 산업으로 동영상 디스플레이, 방송과 통신 분야 등이 있다. 의료기기 관련 산업 분야는 홀로그래픽 스캐너, 산업용 테스트 장비 등이 가능하다. 홀로그래피 기술을 현미경, 내시경 등에 적용하여 미세 생물, 세포에 대한 홀로그램 패턴을 획득하여 고해상도의 3차원 정보를 생성하는 의료장비(응용 예 : 토모그래피, OCT) 분야가 있다. 홀로그래픽 스캐너는 밀리미터파를 피사체에 비추어 반사되는 반사파를 수신·분석하여 옷 등으로 가려진 부분의 이미지를 홀로그래픽 3D로 복원하는 시스템이 있고, 홀로그래픽 산업용 테스트는 기존의 CAT(Computer-Assisted Tomography, 컴퓨터단층촬영) 스캔이나 엑스레이 또는 초음파 검사가 성공적이지 않은 분야에 적용할 수 있는 비파괴 검사 분야에 적용 가능하다. 보안 및 인증 분야는 지폐, 교통카드, 공연티켓, 여권, 신분증, 운전면허증, 기업의 신분증, 신용카드, 상품의 라벨 인증서 등에 보안 및 인증을 목적으로 적용되고 있으며, 홀로그래피 인쇄 분야는 포장, 의류, 장식용, 사진, 출판 등으로 활용되는 홀로그래피가 가능하다. 신용카드의 위조 및 변조 방지를 위하여 홀로그램이 처음 사용된 것은 1983년이다. 이것은 매우 얇은 홀로그램의 대량 복제가 가능함을 보여준 것이다. 이러한 종류의 홀로그램은 표면 요철형의 레인보우 홀로그램이며 뒷면에 반사층이 붙어 있다. 아래는 신용카드와 신분증의 홀로그램 사례이다.

생활 속의 홀로그램 적용 사례



그림 1. 신용카드, 신분증 적용 사례
출처: <http://blog.daum.net/hoho21c/13794448>



그림 2. 지폐에 적용한 떠형 홀로그램
출처: <http://blog.hanabank.com/406>

그림 3. 정품 인증용 홀로그램 라벨 / 출처: <http://blog.daum.net/hoho21c/13794448>

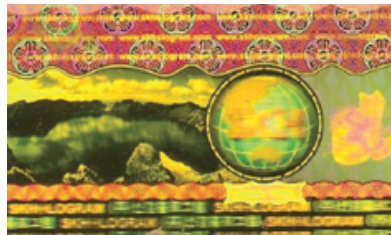
각종 공업용 제품의 경우 비인가 물품이 증가로 정품인증용 홀로그램 라벨이 많이 사용되고 있다. 홀로그램 기술을 이용하여 각사의 독특한 디자인 및 효과를 적용하여 정품임을 나타내게 되며 부정사용 시 확인용으로 매우 유용하다. 보통 스티커 형태로 제작되며 스티커 라벨은 자동 라벨기 부착용인 롤 타입과 일반 시트형 스티커 타입으로 사용된다.



그림 4. 넘버링 홀로그램 라벨과 바코드 홀로그램 라벨
(제품인증 및 물류용)
출처: <http://blog.daum.net/hoho21c/13794448>

홀로그램을 통한 정품인증이란 인증이 필요한 제품이 존재한다는 것이고 인증된 제품의 신속 정확한 유통을 동시에 처리하기 위하여 라벨에 일련번호 및 코드 등을 삽입함으로써 정품인증용 라벨에 물류관리 기능까지 부여한 제품도 있다. 바코드 홀로그램 라벨은 홀로그램을 고난위도 보안수준에 바코드의 물류기능을 접목시킨 경우이다.

파괴전



파괴후



그림 5. 봉인용 파괴형 홀로그램 라벨
출처: <http://blog.daum.net/hoho21c/13794448>

또한 보안성 강화를 위하여 각종 소프트웨어나 하드웨어 제품에 부착하는 파괴형 홀로그램 라벨도 있다. 사용자가 임의로 떼어낼 경우, 홀로그램 자체가 파괴되어 재사용이 불가능하거나 무상 유지보수 지원을 받을 수 없도록 강화한 봉인용 홀로그램 라벨이다. 2004년 가짜 휴대폰 배터리의 위험으로부터 일반 소비자들을 보호하고자 LG전자와 노키아 등에서 배터리에 홀로그램을 적용한 사례가 있다. 홀로그램에 새겨진 로고로 일반 소비자들도 쉽게 정품 확인을 할 수 있기 때문에 위조방지 효과가 뛰어나다.



그림 6. 홀로그램 스티커 라벨/셀
출처: <http://www.google.com/search?q=hologram+images&hl>

이른바 가짜 양주에 대한 언론 보도가 등장하고 있는 시대이기 때문에 주류에 진품 확인용 홀로그램 셀을 부착하고 있다. 홀로그램 셀은 주류 병뚜껑을 감싸고 있는 캡 실 내부에 부착돼 홀로그램 효과를 나타내며 누구나 쉽게 그 진품 여부를 확인할 수 있게 고안되었다. 이처럼 평면이 아닌 둥근 병마개의 봉인을 위하여 필름 수축 기능을 접목한 홀로그램으로 수축 슬리브라는 뜻으로 Shrink Sleeve라고 부르고 있다.

HOE 산업 분야는 에너지, 부품, 소재 관련하여 홀로그램 패턴을 이용하여 제작된 광학소자로서 광필드의 제어가 가능하고, 레이저빔과 같은 빛의 파장을 이용하거나 디스플레이를 개선하기 위한 빛의 필터링에 활용 가능하다. 또한 차량용 HUD, 형광 조명 기구의 light control에 활용이 진행 중이다. 건물의 창을 통해 들어오는 빛을 건물 안으로 끌어오는 에너지 관련 부분 등에 활용도 연구가 되고 있다. 그리고 실생활에 가까이 다가오고 있는 홀로그래피 디스플레이 분야에서는 홀로그래피의 간섭 및 회절 원리를 이용하여 디스플레이를

통하여 이용자에게 3차원 완전 입체 영상을 제공하는 홀로그래피 HMD, 홀로그래픽 모바일 단말, 홀로그래픽 TV, 디지털 사이니지, 영상 회의 시스템 등으로 응용이 가능하다.



그림 8. 3D 게임용 HMD, 5.7" Super AMOLED 1080P Display 채택
출처: <http://3dvision-blog.com/category/3d-ar-vr-hmd/>

그림 7. HUD(헤드업 디스플레이) 예
출처: <http://muse87.blog.me/20170467717>



공연/예술 분야 홀로그램 적용 사례

공연 분야에서는 홀로그래피 기술을 이용하여 배경화면 및 전경의 가상 물체를 실사에 영상을 합성하여 무대를 꾸미는 것으로 이용된다. 이것은 무대 장치 전체를 교체하는 기존 방식과 비교하여 간편하게 전환할 수 있는 장점이 있다. 2010년부터 공연계에서는 홀로그램을 적극 활용하기 시작하였으며 태양의 서커스의 경우 마이클 잭슨을 홀로그램으로 만들어 2011년 10월부터 월드투어 프로그램을 진행한 바 있다. 국내에서는 지난 2010년 '죽은 나무 꽃 피우기'라는 제목의 김덕수 사물놀이패 공연에서 기존의 공연에 홀로그램 기술을 접목한 디지털 공연을 선보인 바 있다.



그림 9. '죽은 나무 꽃 피우기' 공연 장면-홀로그램으로 꽃잎이 날리는 모습 연출
출처: 한국콘텐츠진흥원, 문화기술(CT) 심층리포트, 2011.12.

이외에도 예술 공연에서는 공간에 떠 있는 재생 상으로 다양하게 활용 가능하며, 이와 비슷한 효과로 대형 광고, 장식에 쓰인다. 또한 오래된 문화재를 홀로그램으로 재생하면 문화재의 기록·보존에 기여할 수 있다. 이를 응용하면 건축, 토목에서의 건조물, 수학 입체도형, 물



그림 10. 싸이 유사 홀로그램 공연, k-pop 홀로그램 전용관 Klive
출처: <http://www.klive.co.kr/>

리, 화학, 생물의 결정구조, 분자 모형, 동물, 식물의 표본과 같이 교육·연구에 폭넓게 사용할 수 있다. 디지털 홀로그램으로 실시간 공연 영상을 처리하기에는 아직은 기술적으로 대용량 데이터의 실시간 처리 측면에서 어려운 실정이다. 그래서 연예인이 현장에 있는 듯한 효과를 주기 위하여 사전 제작한 영상을 홀로그램 효과를 내는 슈도 홀로그램 공연이 사용되고 있다.

마무리

현대 사회의 기술 접목은 산업적 측면에서 많은 부분이 영향을 받고 있다. 이것은 기술적으로 뛰어난 제품이거나 서비스라고 하더라도 사회경제적인 여건과 시대 상황을 반영해야 한다는 것을 의미한다. 아날로그 홀로그래피 산업은 지폐, 교통카드, 공연티켓, 여권, 신분증, 운전면허증, 기업의 신분증, 신용카드, 상품의 라벨 인증서 등 보안 및 인증 분야에서 이미 매우 넓은 분야에 활용되고 있다. 포장, 의류, 장 식용, 사진, 출판 등으로 활용되는 홀로그래피 인쇄 분야에서도 그 중요성이 입증되고 있으며, 의료기기 분야에서는 고해상도의 3차원 정보를 생성하는 홀로그래픽 3D 복원 시스템과 같은 디지털 홀로그래피 응용이 필요한 분야로 예측된다.

홀로그래피 산업은 미디어 분야의 활용에서도 기대가 매우 크다. 사람의 눈으로 직접 보는 것처럼 불편함과 어색함이 없는 완전 3차원 입체 영상을 구현할 수 있는 방법이 바로 홀로그램이기 때문이다. 이를 위해서는 홀로그래피의 간섭 및 회절 원리를 이용하면서도 시청자는 느끼지 못하는 사이에 디스플레이를 통해서 제공하는 기술이 필요하다. 홀로그래픽 TV가 상용화되기 위해서는 첫 번째로 동영상 홀로그램을 획득하고 이 영상을 생성, 저장할 수 있어야 한다. 다음으로는 이렇게 생성 저장된 대용량 홀로그램 데이터를 압축하고 전송하는 기술 영역이다. 그리고 전송된 홀로그램 데이터를 수신하여 이를 완벽한 3차원 입체영상으로 디스플레이 해주는 기술이라는 삼박자가 갖추어져야 한다. 현재까지의 기술로는 10년 이상 기술 발전이 이루어져야 방향성이 보일 정도로 매우 요원한 상황이다. 하지만 완전 입체체에 대한 연구는 계속되고 있고 실현 가능한 분야부터 응용 제품이 상용화되고 있어서 낙담만 할 처지는 아니라고 하겠다. 우선 게임 분야에서는 홀로그래피 HMD를 통해서 가상과 현실세계를 착각할 정도의 제품으로 구현하는 노력이 가시화되고 있다. 그리고 디지털 사이니지를 통한 광고 분야, 홀로그래픽 모바일 단말, 더 나아가서 궁극적으로 홀로그래픽 TV로 우리 생활에 다가올 것으로 기대된다.

일본 NHK는 2022년 월드컵 중계방송을 홀로그래피 기술을 활용하여 실시한다는 계획을 발표한 바 있다. 우리나라는 미래창조과학부 주관으로 모바일 홀로그램 서비스, 홀로그램 스포츠·게임 서비스, 스마트월(Smart wall) 서비스 등 미래의 유망 서비스를 발굴한다는 의지와 아울러 2018년 평창 동계올림픽에서 기가급 무선 통신(5G) 환경에서 양방향 실감 상호작용이 가능한 홀로그램 시범 서비스를 추진한다는 계획을 발표하였다. 완전 입체 영상 구현을 위한 릴레이는 이미 오래전에 시작되었으며 지금은 가까이에 달성해야 하는 단기 목표가 세워졌다. 이를 달성하기 위해서는 홀로그래피 기술 자체뿐만 아니라, 영상의 압축-전송을 위한 기반 기술, 차세대 저장 매체와 처리 속도 문제, 디스플레이 분야 등 관련 기술의 획기적인 발전이 동반되어야 한다는 점에서 엔지니어의 하루하루는 너무도 바쁜 일과가 되었다. 결과로만 평가하기보다는 이 길을 같이 달리며 신세계를 앞당기기 위한 노력을 하고 있는 많은 이들에게 어려움을 이겨나갈 수 있는 격려와 응원이 함께하기를 기대해 본다. 

참고자료

- 3차원 영상 기술로의 홀로그래피, 방송공학회지 제6권 3호, 이승현, 2001.9

- 홀로그래픽 기술 개요, 방송공학회지 제16권 2호, 김남외 3명, 2011.6

- 홀로그래픽 3DTV 기술개발동향, TTA Journal Vol. 140, 김진웅외 5명, 2012.4

- 홀로그래피 기술 현황과 전망, 한국방송통신전파진흥원, 2013-제4권 이슈6, 2013.12.31.

- 홀로그래피 입문 원리와 실제, 구보타 토시히로 저, 이승현 역, 진샘미디어, 2012.8

- 문화기술(CT) 심층리포트, 한국콘텐츠진흥원, 2011.12

- 서울대학교 행정대학원 정보통신방송정책과정 보고서, 박성환, 2013.2

- 프로젝트 홀로그램을 이용한 전시 광고 서비스 모델연구, 3차원 방송영상학회 논문지, 제5권 1호, 이원영 외 1명, 2014. 5

- 네이버 지식백과

- 위키백과, <http://ko.wikipedia.org/wiki/>

- <http://www.ihma.org/>