

홀로그램 융합기술의 현황과 전망

□ 김남, 권기철, 임영태, Yu Zhao / 충북대학교

요약

최근 ICT분야에서 4차 산업혁명을 주도할 5G 무선통신의 실용화에 맞물려 AR/VR 기술에 대한 관심이 집중되고 있으며, 이에 따라 먼 미래의 기술로만 여겨졌던 홀로그램 기술이 모두의 기대보다 빨리 현실로 도래할지 모른다는 전망이 종종 등장하고 있다. 그러나 현실은 아직 기술개발을 통해 해결해야 할 난제들이 산적해 있다는 것이다. 홀로그램의 특성을 고려하여 우선적용 가능한 응용분야를 선택, 집중한다면 홀로그램의 기술진화를 더 가속화할 수 있을 것이다. 본 고에서는 홀로그램 기술의 현 주소를 통해 홀로그램 융합기술을 살펴보고자 한다.

I. 홀로그램 기술

최근 4차 산업 혁명 시대가 거론되면서 빅데이터, 인공지능, 로봇공학, 사물인터넷, 무인운송수단, 3차원 인쇄 및 나노기술이 주목을 받고 있다. 특히

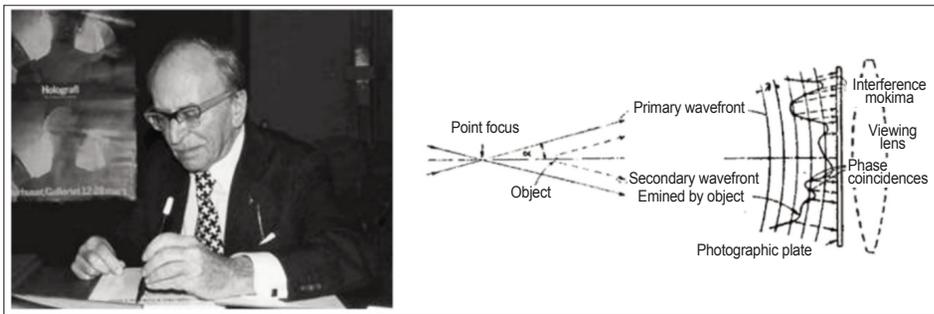
2016년 세계경제포럼(WEF) 이후 스스로 학습하고 진화하는 정보사회를 뜻하는 ‘초지능’, 사람과 사물의 경계가 없어지는 스마트한 사회를 뜻하는 ‘초연결’은 4차 산업혁명의 핵심 키워드로 떠올랐다. 정보통신기술(ICT)의 발달과 함께 지속적으로 확장되는 디지털 인프라는 가상 세계와 현실 세계 또는 디지털 세계와 물리적 세계와의 거리를 단축시키고 있으며 이를 통해 가상과 현실 사이의 경계가 사라지는 ‘초실감’ 사회 또한 주목받고 있다. 홀로그램 기술은 4차 산업 혁명 선도기술과의 융복합을 통해 의료, 교통, 디스플레이, 문화, 광고, 보안, 제조 등 다양한 분야에서 핵심적인 기술로 사용되고 있다.

1. 아날로그 홀로그램

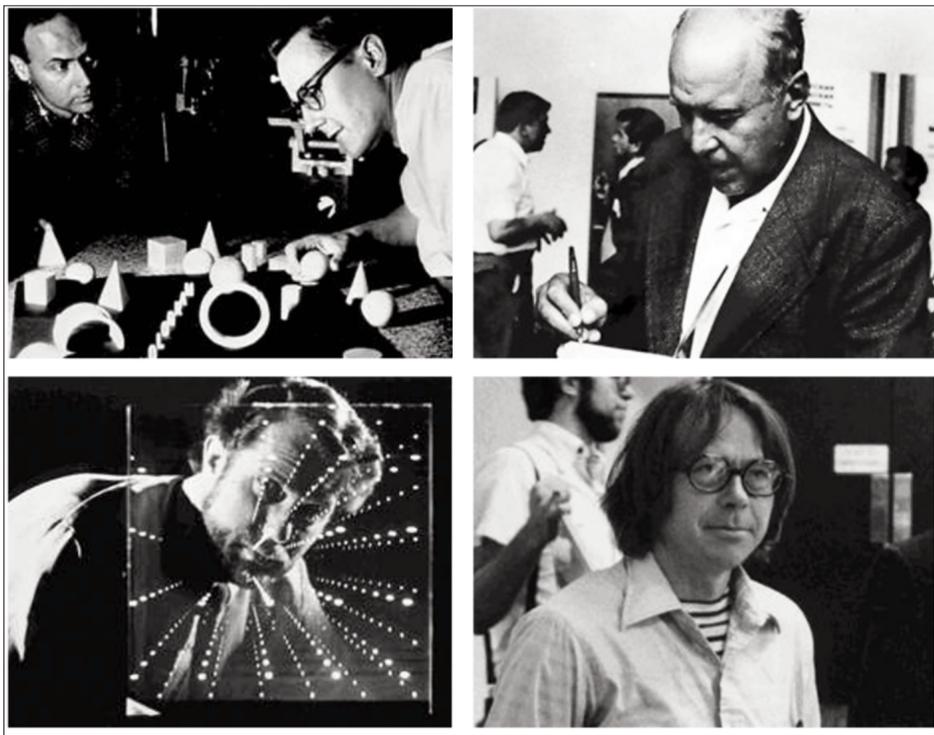
홀로그램 기술은 빛의 간섭 현상을 레이저를 이용하는 방법과 컴퓨터를 이용한 방법으로 기록 및

재생하는 기술로 정의할 수 있다. 1948년 헝가리 출신의 과학자 Dennis Gabor에 의해 개발된 홀로그램 기술은 당시 전자 현미경의 해상도 향상을 위해 개발되었으며 파면 복원(Wavefront reconstruction)을 목적으로 하는 기술이었다[1]. 당시의 홀로

그램을 기록하는 기술은 인라인(in-line)상에 빛이 투과가 가능한 시료를 이용해 간섭현상을 일으키는 실험이었고 빛의 간섭을 위해 사용되었던 광원은 수은 아크 램프를 이용하였기 때문에 간섭광 기록의 제약이 있었다. 1962년 632.8nm의 가시광선



〈그림 1〉 데니스 가보르와 홀로그램 실험[1]

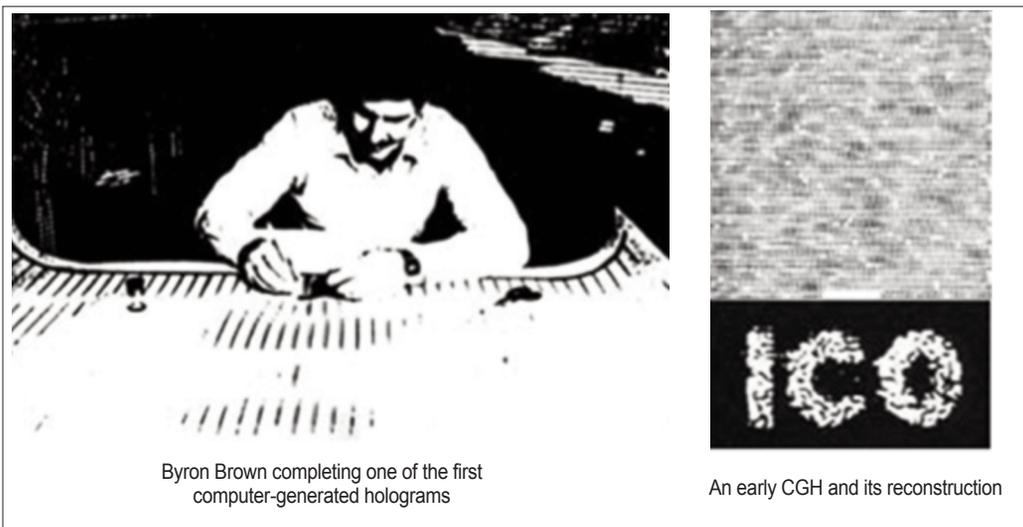


〈그림 2〉 E. Leith, J. Upatnieks, Y. Denisyuk, S. Benton 및 L. Cross(왼쪽 상단부터)[2]

영역의 He-Ne 레이저가 개발되면서 홀로그램 기술은 현재까지 활발한 연구가 이루어지게 되었다. 특히 미국 미시간 대학의 Emmett Leith와 Juris Upatnieks에 의해 비광축(off-axis) 홀로그램이 개발되면서 Gabor 실험의 문제점인 twin image에 대한 해결책이 제시됨과 동시에 정제되었던 홀로그램 기술에 대한 연구가 가속되었다. 1962년 소련의 Yuri N. Denisyuk은 백색광에서도 재생이 가능한 반사형 홀로그램 기술을 제안하였고 1968년 미국 MIT 대학의 Stephen A. Benton은 백색광에서 재생이 가능한 투과형 방식의 레인보우 홀로그램 기술을 개발하였으며 1972년 L. G. Cross는 2-D 영상의 프레임을 순차적으로 홀로그램 기록 필름에 기록하여 움직이는 3차원 영상 재생 기술인 Integral Hologram 기술을 개발하였다[2]. 이 시기의 기술들은 한 번 홀로그램을 기록하면 재사용이 불가하며 이미지 기반의 정적인 홀로그램 기술이었다.

2. 디지털 홀로그램

1966년 B. R. Brown, A. W. Adolf는 실물의 물체를 기록하는 아날로그 홀로그램 기술 대신 컴퓨터를 이용해 3차원 디스플레이를 위한 컴퓨터 생성 홀로그램(Computer-Generated Hologram) 알고리즘을 제안하였다. 이는 기존의 홀로그램과 달리 실재 물체를 사용할 필요가 없으며 회절 이론을 기초로 하여 이상적인 파동을 컴퓨터 연산을 통해 홀로그램으로 생성할 수 있게 되었다. 당시의 컴퓨터 생성 홀로그램을 재현하기 위해서는 plotting 방식을 이용한 회절 개구를 만들어 binary 방식으로 홀로그램을 구현하였다. 이는 이후 컴퓨터 생성 홀로그램에 대한 광학 시스템, 영상처리 방법 및 디스플레이에 대한 관심을 불러 일으켰고 이후 파동광학을 이용한 홀로그램 모델링에 대한 이론, 생성된 홀로그램을 광굴절 소자를 이용해 기록하거나 가시광을 이용해 재생하는 방법으로 세분화되어 연구가



〈그림 3〉 B. Brown의 첫 번째 컴퓨터 생성 홀로그램 및 복원 영상[3]

진행되었다. 1990년대 들어 고해상도 CCD 카메라와 고속 산술 처리가 가능한 컴퓨터 시스템의 발전과 함께 컴퓨터 생성 홀로그램은 디지털 홀로그램 기술로 확장되어 영상의 획득, 모델링, 이미지 프로세싱, 디스플레이에 대한 연구분야로 확장되어 현재까지 활발히 연구되고 있다. 또한 회절 광학소자, 간섭 측정기, 광 메모리 등 다양한 응용 분야의 핵심 기술로 발전되었다.

3. 플로팅 홀로그램

1977년 영화 스타워즈에서 등장한 드로이드 캐릭터인 R2-D2가 공주 레아의 메시지를 재생하는 장면[4]은 대중적으로 홀로그램을 인식시키는 계기가 되었다. 특정 공간에 빔이 투사되며 이 때 공간상에 3차원 형태의 영상이 재생되며 홀로그램의 대중적 개념이 정립되었다고 할 수 있다. 앞서 언급한 홀로그램 기술과 달리 영화적 상상력이 가미된 영상이

라 할 수 있다. 영화에서 표현되는 홀로그램과 가장 유사한 표현 방식으로 Pepper's ghost 또는 플로팅 홀로그램 기술이 있다. Pepper's ghost는 1862년 영국의 과학자 John Henry Pepper가 제안한 기술로 어두운 공간에서 재생하고자 하는 물체에 빛을 입사 시킨 후 유리 또는 투명한 재질의 스크린에 반사 영상이 부유(floating)되어 보이게 하는 기술이다. 국내에서는 1998년 한국의 SM 엔터테인먼트는 대표 남성 그룹인 H.O.T의 데뷔를 플로팅 홀로그램 기술을 이용하여 처음 시도하였고 2004년 보아의 일본 투어 공연의 일부에 사용되었다. 2008년 일본의 록그룹 X-Japan의 멤버였던 히데의 모습을 재현하거나 2012년 일본 도쿄에서 증강현실 가수 하츠네 미쿠 콘서트[5] 등 홀로그램 콘서트라는 명칭으로 불리워지게 되었다. 유사한 방법으로 2008년 미국 CNN에서는 홀로그램 TV[6], 2011년 Cisco사의 원격화상회의[7], 그리고 2015년 스페인에서는 플로팅 홀로그램을 이용한 시위[8] 등 다양



〈그림 4〉 영화 스타워즈의 홀로그램 재생 장면[3]



〈그림 5〉 다양한 분야에 적용된 플로팅 홀로그램[5][6][7][8]

한 분야에서 디지털 콘텐츠를 시각화하는 방법으로 사용되고 있다.

II. 홀로그램 융합기술 현황

홀로그램 기술은 4차 산업 혁명 선도 기술과 융합을 통해 다양한 분야에서 초실감 콘텐츠 서비스를 주도할 수 있다. 또한 산업 전반에 걸쳐 문제점 해결을 위한 핵심 기술로도 사용이 가능하다. 현실 세계와 가상의 세계간의 거리를 줄이며 인간에게 실감 정보를 제공할 수 있는 산업과 4차 산업의 핵심 기술과의 융합을 통해 새롭게 창출될 수 있는 산업을 중심으로 살펴보고자 한다.

1. 가시화

홀로그램 기술은 안경을 쓰지 않고 완전시차정보

를 제공할 수 있어 사용자에게 보다 효율적으로 정보를 전달한다. 그러나 완벽한 3차원 정보를 제공하기 위해서는 해상도, 시야각 및 연산처리 등 다양한 제약이 따른다. 현재까지 완벽한 홀로그램 디스플레이는 개발되지 않고 있지만 몇 가지 특징이 강조된 홀로그램 기술을 적용한 가시화 연구가 활발히 이루어지고 있다. 최근까지 출시된 홀로그램 디스플레이 제품을 살펴보면 휴대용 또는 대형 단말기에 적용 가능한 플로팅 홀로그램 디스플레이[9], 회전하는 팬에 시분할 동기화를 통해 3차원 정보를 재생하는 3차원 홀로그램 LED 팬 디스플레이[10], 라이트필드와 볼륨 디스플레이가 결합된 Looking glass[11], 사용자 관심 영역에만 홀로그램 영상을 생성하는 독일의 Seereal 사의 VISO20[12] 등이 있으며 전시나 설계 등을 목적으로 사용되고 있다.

리투아니아 GEOLA 홀로그램 이미지 프린팅 시스템[13]과 인도의 holTECH사는 의료, 건축 및 군사 등 다양한 분야에 적용 가능한 홀로그램 프린



피라미드 홀로그램

3차원 홀로그램 LED 팬 디스플레이

〈그림 6〉 상용화된 홀로그램 디스플레이의 종류



Geola 사의 홀로그램 프린팅 시스템

Holotech 사의 홀로그램 프린팅

〈그림 7〉 디지털 홀로그램 프린팅

팅 서비스를 제공하고 있다[14]. 기존의 아날로그 이미지 홀로그램과 달리 실물이 아닌 디지털 콘텐츠로 제작된 정보를 기록할 수 있어 기존의 2차원 이미지에서 발생할 수 있는 오류를 줄이며 작업의 효율성을 향상시킬 수 있다. 최근 가상현실 및 증강현실 분야가 주목받으며 다양한 형태의 디바이스들

이 개발되고 있다. 각각의 디바이스들은 3차원 정보를 인간에게 얼마나 현실감 있게 전달하거나 또는 도움이 되는 정보를 자연스럽게 표현할 수 있는가에 중점을 두고 개발되고 있는 추세이다. 현재 미국 Microsoft 사를 포함하여 Facebook, Google, Apple, Magic leap, ODG, LUMUS, DIGILENS,

WAVEOPTICS 등 다양한 회사들이 자연스럽게 물 입감 높은 디바이스 및 콘텐츠를 제작하고 있으며 공학, 관리, 공공 서비스, 의료, 엔터테인먼트 등 다양한 분야에 적용 가능한 환경을 개발하고 있다.

2. 4차산업 혁명과 홀로그램 융합 기술

홀로그램 기술은 제어 계측, 의료, 에너지 자동차 문화/관광 및 보안 등 4차 산업 혁명의 핵심 융합 기술로 다양한 분야에 적용될 수 있다. 미국 Zygo 사는 홀로그램 정밀 계측 시스템을 개발하여 반도체, 3차원 프로파일 및 광전지 패널 계측 등에 사용되고 있다. 스위스의 Lynceotec은 스웨덴의 Phase Holographic Imaging AB사는 세포 활동의 3차원 영상 재생과 프로파일을 분석할 수 있는 시스템을 개발하여 출시하였다. 일본의 Topcon사와 Nidex 사 그리고 독일의 Zeiss 사의 경우 OCT(Optical Coherence Tomography)기술을 이용해 조직 내부 검사가 가능한 시스템을 출시하여 제어 계측, 의료 및 정밀 검사 분야에 활발히 응용되고 있다.

또한 에너지를 효율적으로 사용하기 위한 산업 분야에도 홀로그램 기술이 사용되고 있다. 입사되는 빛을 홀로그램 기술을 이용하여 설계된 방향으로 회절 시키는 방식을 이용하고 있다. 대표적으로 미국의 Prism Solar사와 Luminit 연구소는 태양광 집광을 위해 홀로그램 기술이 적용된 시스템을 연구 개발하고 있으며 미국의 GE 사는 풍력발전 기술에 홀로그램 기술을 적용하여 에너지 효율을 20% 증가시키는 연구를 진행하고 있다. 국내의 경우 (주)경동솔라와 STX 에이프릴리스 공동으로 태양광 집광형 모듈 개발을 진행하였다. 홀로그램의 특성 상 위조 및 변조가 쉽지 않기 때문에 현재까지 화폐, 신용카드 및 ID카드 등에 홀로그램 기술이 적용되어 널리 사용되고 있다. 1983년 엠보싱 홀로그램이 적용된 마스터카드를 시작으로 영국의 De La Rue, 일본의 Dai Nippon Printing 사에서 위 변조에 강화된 제품과 립만 홀로그램 형태의 플라스틱 카드를 개발하였다[13]. 홀로그램 광학소자와 도파관 방식을 이용하여 전방에 제공되는 실제 환경에 GPS로 매핑한 3차원 정보를 제공하여 운전자의 편



(그림 8) 4차 산업 혁명과 홀로그램 융합 기술



〈그림 9〉 홀로그램 기술이 융합된 분야

안한 정보 인식을 돕기 위해 스위스의 Wayray 사, 독일의 BMW 사는 자동차 및 motosai클용 헤드업 디스플레이 시스템을 개발하였다.

III. 결론 및 전망

3D 영화, 홀로그램 프린팅, 유사 홀로그램, HUD 등, 홀로그램 응용에 대한 니즈가 높아지고 있으나, 현실은 광학소자의 성능, 프로세서 속도, 저장장치

의 용량 등의 기술적 난제를 해결하기 위한 원천기술 연구단계에 있다. 우리가 기대하고 있는 영화 속 홀로그램 서비스를 위한 디스플레이, 광학소자, 미디어 등 다양한 분야의 기술을 융합, 장기적 연구개발이 필요하다. 4차 산업혁명과 5G 통신기술을 기반으로 다양한 산업과 융합을 통한 활용도를 더 높일 수 있는 전략적인 접근을 통해 우선, 홀로그램 기술은 3D 실감영상 뿐만 아니라 의료 및 산업장비, 보안 및 인쇄 등의 다양한 분야에서 활용될 수 있어 경제적 파급효과를 높일 것으로 기대된다.

참고 문헌

[1] <https://www.nature.com/physics/looking-back/gabor/index.html#f1>
 [2] <http://www.holophile.com/html/history.htm>
 [3] A. Lohmann, "A prehistory of computer-generated holography," Opt. Photon. News 19(2), 36-41 (2008).
 [4] <https://www.computerworld.com/article/3249605/the-future-of-3d-holograms-comes-into-focus.html>
 [5] <https://www.geek.com/geek-cetera/hatsune-miku-hologram-performs-to-live-audiences-1294546/>
 [6] <http://www.youjustmademylist.com/?p=3055>
 [7] <https://www.cio.com/article/2368448/videoconferencing-in-action--from-skype-to-3d-holograms.html>
 [8] https://www.huffingtonpost.kr/2015/04/13/story_n_7052500.html#gallery/417306/1
 [9] <https://www.interactive-studio.fr/en/our-services/3d-holograms/pyramid-holographic-interactive-3d-hologram-supernova>
 [10] <https://www.360digitalsignage.com/product-item/3d-hologram-fan-displays/>
 [11] <https://lookingglassfactory.com/>
 [12] <https://www.seereal.com/technology/>
 [13] 김 남, 임영태, '홀로그램 융합 산업기술 최근 연구동향', 한국통신학회지 (정보와통신) 제34권 제2호, 2017.1, 35-41

필자 소개



김 남

- 1981년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학사)
- 1983년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학석사)
- 1988년 8월 : 연세대학교 전자공학과(공학박사)
- 1992년 8월 ~ 1993년 8월 : 미국 Stanford 대학교 방문교수
- 2000년 3월 ~ 2001년 2월 : 미국 California Technology Institute 방문교수
- 1989년 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수
- 주관심분야 : 광정보처리, 광통신, 이동 통신 및 전파, 전파, 마이크로파 전송 선로 해석, EMI/EMC 및 전자파 인체보호 규격



권기철

- 1996년 2월 : 상주대학교 전기전자공학과(공학사)
- 2000년 2월 : 충남대학교 전자공학과(공학석사)
- 2005년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학박사)
- 2002년 ~ 2008년 : 프리즘테크 부설연구소 연구원
- 2008년 ~ 현재 : 충북대학교 연구교수
- 주관심분야 : 3D 디스플레이, 홀로그램 디스플레이, 디지털 영상처리 및 의료영상처리



임영태

- 2005년 2월 : 충북대학교 공학사
- 2007년 2월 : 충북대학교 공학석사
- 2012년 2월 : 충북대학교 공학박사
- 2012년 8월 ~ 2015년 8월 : ㈜와이티정보시스템 대표
- 2015년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 홀로그램 융합기술 연구센터 연구교수
- 주관심분야 : 3차원 현미경, 집적영상, 홀로그램 광학소자, 홀로그램 디스플레이

필자소개



Yu Zhao

- 2011년 6월 : 연태대학교 공학사
- 2014년 8월 : 충북대학교 공학석사
- 2018년 8월 : 충북대학교 공학박사
- 2018년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 박사후연구원
- 주관심분야 : 컴퓨터 생성 홀로그램, 홀로그램 디스플레이