

# 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 기술개발 동향

R&D Trends of Digital Holographic Content

이범렬 (B.R. Lee)	차세대영상연구팀 책임연구원
손옥호 (W.H. Son)	차세대영상연구팀 책임연구원
오승택 (S.T. Oh)	차세대영상연구팀 선임연구원
서호용 (H.Y. Seo)	차세대영상연구팀 연구원
황치영 (C.Y. Hwang)	차세대영상연구팀 연구원
정일권 (I.K. Jeong)	차세대영상연구팀 팀장

\* 본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2011년 선정 콘텐츠산업기술지원사업(지정 공모)의 일환으로 수행하였음(과제번호: R2011050107, 과제명: 디지털 홀로그래픽(DH) 콘텐츠 기반 기술 개발).

본고에서는 디지털 홀로그래피 기술을 디지털 콘텐츠 관점에서 다룰 수 있는 연구 개발 결과를 다루었다. 디지털 홀로그래피(DH: Digital Holographic) 기술을 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 관점으로 접근하기 위한 기반 기술 분야로서 DH 콘텐츠 저작도구 기술, 매니지먼트 기술, 공간 인식 기반 인터랙션 기술, 화질 평가 및 휴먼팩터 기술 및 응용 콘텐츠 제작 기술 등으로 분류하여 기술하였다. 또한 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 제작을 위한 연구 개발 결과로서 3차원 영상정보 획득, 홀로그래픽 프린지 데이터 생성과 DH 콘텐츠의 광학적·수치적 복원 및 DH 콘텐츠의 운용 테스트베드 등의 구현 결과를 제시하였다. 본고에서 제시한 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 제작을 위한 기반 기술을 향후 실용화된 디지털 홀로그램의 광학적 복원 장치와 접목한다면 새로운 형태의 홀로그래픽 실감형 콘텐츠가 활성화될 수 있을 것으로 예상된다.

2012  
Electronics and  
Telecommunications  
Trends

사용자 중심  
차세대콘텐츠기술 특집

- I. 서론
- II. 홀로그래피 기술 현황
- III. 디지털 홀로그래픽  
콘텐츠 기술
- IV. DH 콘텐츠 개발 현황
- V. 결론

## I. 서론

하나의 기술은 새로운 기술을 만나 또 다른 새로운 기술 발전의 동인이 되고, 인간의 상상력을 만나 그 한시적 한계를 넘어 변화되어 간다. 또한 당장의 사람의 필요를 만족하는 기술부터 미래의 소비자를 예상하며 시도하는 기술, 또한 전혀 사용처를 예상하지 못한 기술들이 우리의 삶을 어느 순간에 다른 세계로 옮겨 놓는다. 특히 사람의 오감과 근접 거리를 유지하는 아날로그적인 IT 환경은 디지털 기술을 만나 새로운 가치와 함께 새로운 IT 생태계를 형성하게 되고, 그 변화의 불륨은 항상 우리의 예상을 넘는 경우를 경험하게 된다.

홀로그래피 기술 역시 1948년 영국의 물리학자 Dennis Gabor의 전자현미경의 상을 개선하기 위한 방법으로 전자선의 파면을 기록하고, 전자선보다 긴 파장의 빛으로 상을 확대하여 재생하는 방법을 생각하였는데, 1963년 미국의 과학자 Emmett Leith의 레이저 발명으로 가간섭성 빛을 사용할 수 있게 됨으로써 홀로그래피 기술 연구의 새로운 국면으로 연결되고, 그간 전 세계적으로 폭넓은 연구활동과 실험적 시도가 진행되어 왔다[1],[2].

그러나 한편으로 현재 국내외적으로 홀로그래피 기술 연구는 스테레오스코픽 3D 기술을 대체하는 궁극적인 영상 미디어로서 산업적 의미와 관심은 촉발시켰으나, 아직은 또 하나의 영상 미디어로서의 관점에서 디지털 홀로그래픽 콘텐츠를 다루기에는 물리적인 광학적 디스플레이 디바이스의 한계로 인하여 정체되고 있는 것으로 보인다[3].

이러한 국내외적 홀로그래피 기술의 연구여건하에서 본고에서는 제Ⅱ장 홀로그래피 기술 현황에서 디지털 홀로그래픽 콘텐츠의 개념을 언급하고, 그간 국내외 연구결과를 분석하였으며, 제Ⅲ장에서는 디지털

홀로그래피 기술을 디지털 콘텐츠 관점에서 다룰 수 있는 기술 분야를 정리하였다. 제Ⅳ장에서는 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 관점에서 연구 개발된 결과물을 기술하였으며, 향후 실용적 발전 방향에 대하여 언급하였다.

## II. 홀로그래피 기술 현황

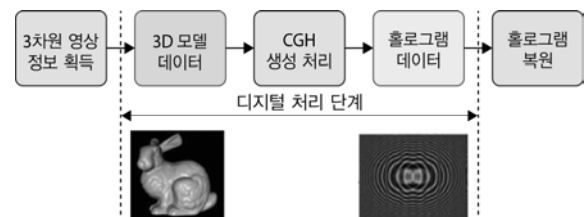
### 1. 기술 개요

홀로그래피는 빛의 회절과 간섭 현상을 이용하는 것으로 실사 영상으로부터 반사 또는 회절되어 전파되는 빛의 분포를 기록하고 재현하는 기술로써 빛의 진폭정보만을 기록하는 사진과는 달리 빛의 진폭뿐만 아니라 위상정보까지 활용함으로써 공간 상에 실사에 대한 영상을 완벽하게 재현하여 관찰자에게 실제 사물을 보는 것과 같은 입체감과 공간감을 제공하는 기술이다[1],[3].

디지털 홀로그래피는 이러한 홀로그래피 기술을 전자기기 및 광전자기기를 이용하여 구현하고, 광정보 처리를 통해 홀로그래픽 데이터를 처리하는 기술이다 [4].

디지털 홀로그래피에 대비하여 아날로그 홀로그래피라고 지칭하게 되며, 홀로그래피 기술을 통해 만들어진 상을 홀로그램이라고 한다[5],[6].

아날로그 홀로그래피 기술과 달리 디지털 홀로그래피 기술의 처리 단계는 (그림 1)과 같이 구분해 볼 수



(그림 1) 디지털 홀로그래피 기술 처리 단계

〈표 1〉 아날로그 · 디지털 홀로그래프의 비교

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

있고, 아날로그와 디지털 홀로그래프의 특징을 비교하면 〈표 1〉와 같이 볼 수 있다.

디지털 홀로그래픽(DH: Digital Holographic) 콘텐츠는 CCD(Charge Coupled Device) 및 CMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor)를 포함하는 광전자기기에 의해 획득 또는 수학적 모델에 의해 생성된 홀로그래픽 프린지 패턴이며, 실사 영상 또는 3차원 객체 데이터에 대한 정보를 포함하는 디지털 콘텐츠라고 할 수 있다[7].

디지털 홀로그래픽 콘텐츠는 실사 영상 및 3차원 객체를 완벽하게 재현할 수 있는 홀로그래피의 특성에 맞게 제작된 디지털 영상 미디어로서 홀로그래픽 정지 영상 콘텐츠 및 홀로그래픽 비디오 콘텐츠를 포함한다고 할 수 있다.

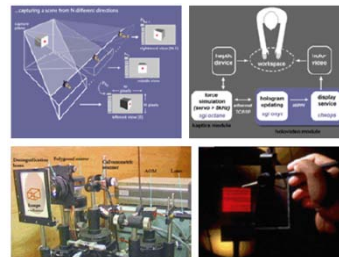
또한 홀로그래픽 카메라에 의해 획득된 디지털 홀로그래픽 콘텐츠를 관리 및 처리할 수 있는 홀로그래픽 콘텐츠 매니지먼트 기술과 디지털 홀로그래픽 콘텐츠의 저작 및 제작 기술을 포함하며, 콘텐츠 평가를 위한 홀로그래픽 콘텐츠의 화질 평가 및 인간의 시각계에 미치는 영향 분석 기술과 디지털 홀로그래픽 콘

텐츠와 사용자 인터랙션 기술을 포함한다고 볼 수 있다[7].

## 2. 홀로그래피 기술개발 현황

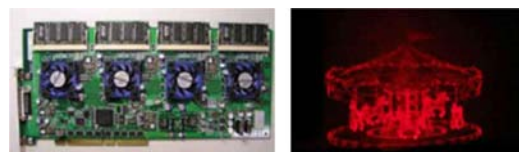
### 가. 국외 기술개발 현황

미국 MIT는 다채널 AOM(Acousto-Optic Modulator) 광학변조기와 LCD를 이용한 5인치급 디지털 홀로그래프 동영상 재생 시스템인 HoloVideo를 개발하였다(그림 2) 참조[8]. 또한, MS사의 Kinect 카메라에서 실시간으로 획득한 3차원 정보를 이용하여 15fps 연속동작을 위한 실시간 홀로그래프를 생성하는 시스템을 제안하였으며, 햅틱 기술을 이용한 홀로그래프 인터랙션 연구를 진행 중이다.



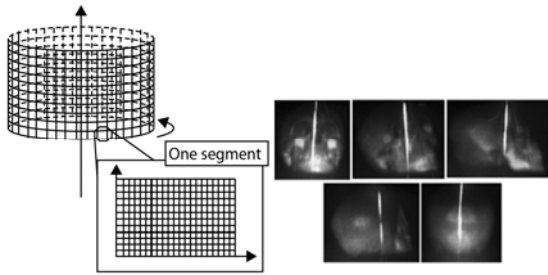
(그림 2) 미국 MIT Media Lab.의 홀로그래피 관련 기술

일본의 치바대에서는 AMD GPU(Graphics Processing Unit) 기반의 고성능 컴퓨터인 HORN6 클러스터 시스템을 이용하여 1,920×1,080 10fps 수준으로 3차원 이미지의 CGH(Computer Generated Hologram)를 생성하였고, RGB LED를 이용한 컬러 홀로그래픽 디스플레이를 개발하였다(그림 3) 참조.



(그림 3) 일본 치바대의 HORN6 시스템 및 홀로그래프 영상

또한 일본의 니혼대에서는 원통형 홀로그래픽 기술을 이용한 복원 방식을 제시하고, 컬러 홀로그래픽 디스플레이 기술, 프린지 프린팅 기술과 AOM 및 LCD 방식을 이용한 홀로그램 동영상 재생 시스템을 구축하였다(그림 4) 참조).



(그림 4) 일본 니혼대의 원통형 홀로그래피 기술 및 복원 영상

일본 NHK에서는 Integral 3DTV를 기반으로 홀로그램 방송을 위한 기본 원리에 대한 시험작업을 완료하고, 2016년 홀로그램 TV 장비 개발, 2022년 홀로그램 방송을 개시할 목표로 연구 중이다(그림 5) 참조).



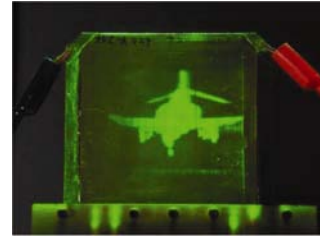
(그림 5) NHK의 Integral 3DTV

터키의 빌켄트대를 중심으로 유럽 7개국이 참여하는 FP7의 Real3D 프로젝트 수행[9]을 통하여 디지털 홀로그래픽 신호처리 및 기술개발을 주도하였다(그림 6) 참조).



(그림 6) 터키 빌켄트대의 LED 컬러 홀로그래픽 3D 영상

미국의 아리조나대에서는 2010년에 기록과 재생의 반복이 가능한 포토폴리머를 이용하여 홀로그래픽 동영상을 2fps로 구현하는 기술을 개발하였다(그림 7) 참조).



(그림 7) 미국 아리조나대의 포토폴리머 기반의 홀로그래픽 동영상

독일의 SeeReal사에서는 세계 최초로 20인치 홀로그래픽 프로토타입 디스플레이 장치인 VISIO20을 개발하였다(그림 8) 참조).



(그림 8) 독일 SeeReal사의 VISIO20 시스템

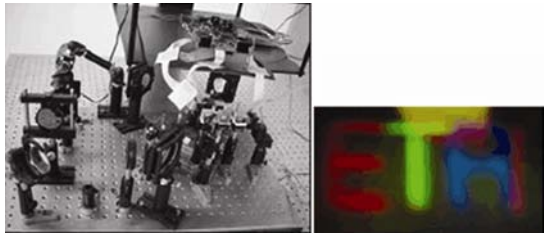
영국의 QinetiQ사에서는 홀로그램을 순차적으로 OASLM(Optical Addressed SLM(Spatial Light Modulator))에 축소 기록하는 방식으로 고해상도 홀로그램 입체영상을 재생할 수 있는 Active Tiling형 디스플레이 시스템을 개발하였다(그림 9) 참조).



(그림 9) 영국 QinetiQ의 Active Tiling 기반 홀로그래픽 디스플레이 시스템

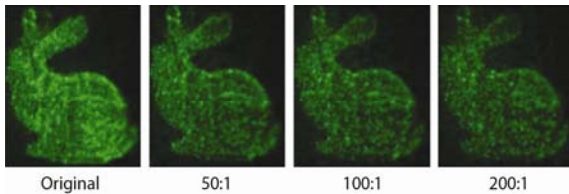
나. 국내 기술개발 현황

ETRI에서는 Z-cam을 기반으로 실사 영상의 디지털 홀로그램 생성 및 컬러 디지털 홀로그래피에 대한 연구 개발을 진행하였고(그림 10) 참조), 홀로그래피 TV 및 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 저작도구 등을 개발 중에 있다.



(그림 10) ETRI의 홀로그래픽 디스플레이시스템 및 복원 영상

광운대에서는 동영상 표준 코덱이나 MCTF(Motion Compensated Temporal Filtering) 기법 등을 이용한 디지털 홀로그래픽 압축 방식과 디지털 홀로그래픽 보호 및 보안 기술 연구를 수행하였다(그림 11) 참조).



(그림 11) 광운대의 MCTF 기반의 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 압축 방식

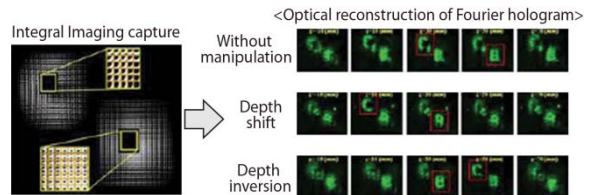
서울대에서는 렌즈어레이 집적영상 기술을 기반으로 한 다양한 실사 및 객체의 3차원 정보를 획득 및 분석하는 연구를 수행하였고, CGH 합성 알고리즘 및 다수의 가로 방향 해상도가 향상된 위상 공간광변조기를 원통형 어레이로 배열하여 광시야각을 갖는 홀로그래픽 3D 디스플레이 프로토타입을 개발하였다(그림 12) 참조).



(그림 12) 서울대 집적영상 3D 디스플레이

세종대에서는 광주사 홀로그래피를 이용한 홀로그램 정보추출 기술과 추출한 복소수 홀로그램을 변환하여 데이터 양을 줄이는 디지털 변화 처리 기술 및 홀로그램 복원 기술을 진행 중이다.

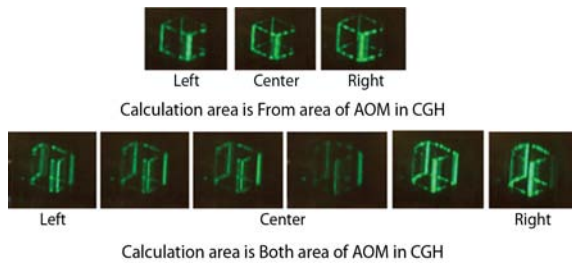
충북대에서는 직접 광학계를 이용해 촬영한 객체의 요소영상을 합성하여 객체의 홀로그램을 생성하는 연구를 진행 중이다. 또한 집적영상 기술을 이용한 실사 영상 홀로그램의 인코더러런트 획득 기법, 홀로그래픽 3차원 마이크로스코피 해상도 향상 기술, wavelet bandlet 변환을 이용한 데이터 압축 기술, GPU를 이용한 디지털 홀로그램 고속 생성 및 재생 기술을 연구 개발하였다(그림 13) 참조).



(그림 13) 충북대 집적영상 기반 홀로그램 획득 기술

인천대에서는 프로젝션 홀로그래피를 이용하여 대화면 입체 3D 동영상을 재현할 수 있는 시스템을 개발하였고, 홀로그래피 영화 기술에 적용 가능한 영상 장치에 대하여 연구 중이며, 시청자 여러 명이 동시에 입체영상을 관람할 수 있게 시역을 확대하는 디스플레이 시스템에 관한 연구도 수행 중이다.

KAIST에서는 미국 MIT의 방식을 발전시켜 다채널 AOM을 수평 방향으로 배열하고 펄스 레이저 이용 방식으로 해상도가 향상된 홀로그래픽 동영상 디스플레이



(그림 14) KAIST의 AOM 기반 홀로그래픽 동영상 디스플레이 장치

이 장치를 개발하였으며, 현미경을 통해 얻어진 실제 영상과 디지털 홀로그래프를 통해 얻어진 3차원 정보를 정합하여 실제 영상과 결합된 사실적인 3차원 물체 영상 및 표현 관련 연구 개발을 진행 중이다(그림 14) 참조).

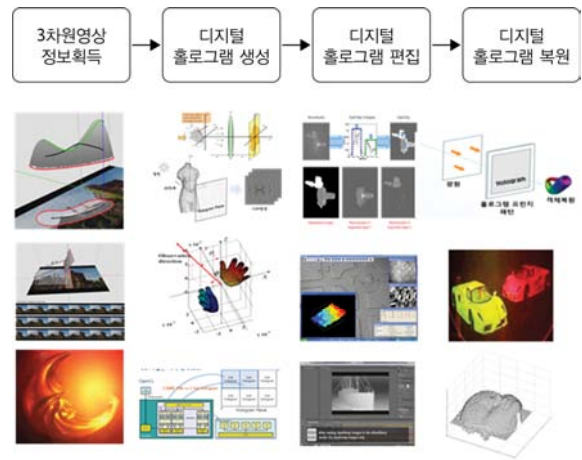
### III. 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 기술

#### 1. 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 저작도구

디지털 홀로그래픽 콘텐츠의 기반이 되는 객체정보를 생성하고, 재생하며, 각 홀로그래픽 데이터 객체의 편집 및 합성을 가능하게 하는 기술로서 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 생성과 편집을 담당하는 기술을 포함한다[7].

디지털 홀로그래픽 콘텐츠의 사용자와 제작자가 디지털 홀로그래프를 활용한 창작물을 만들 수 있는 환경을 구축하여 다양한 디지털 홀로그래픽 콘텐츠를 저작할 수 있는 토대를 마련하게 되며, 영화, 게임, 광고, 전시 등 디지털 콘텐츠의 전 분야에 활용 가능한 기술이다(그림 15).

또한, 실제 객체의 디지털 홀로그래프와 컴퓨터 생성 3D 모델 데이터의 디지털 홀로그래프를 병합 활용하게 함으로써 보다 창의적이고 다채로운 디지털 콘텐츠 제작의 기반을 되는 기술로 활용할 수 있다.

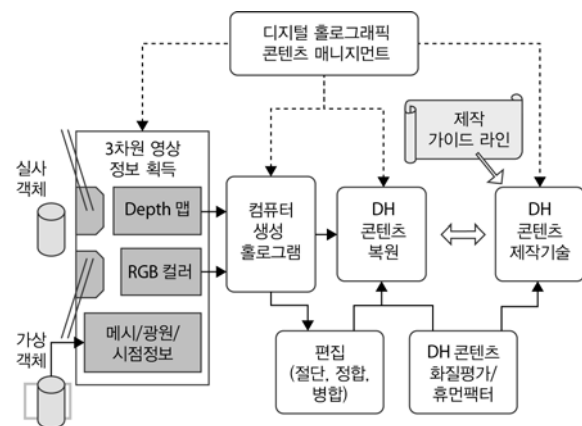


(그림 15) 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 저작

#### 2. 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 매니지먼트 기술

디지털 홀로그래픽 콘텐츠를 생성, 편집, 디스플레이 및 검증 등 제작 과정 전반의 처리 절차에 필요한 기술로 구성된다[7]. 각 단계의 기술 요소별 처리 과정에 필요한 데이터 및 처리 프로세스를 정의하고, 관리하는 기술로서 디지털 홀로그래픽 콘텐츠의 전 주기적 제작 공정을 구성하고, 각 요소별 처리 과정의 시험, 검증 및 관리 기술을 다룬다[9].

디지털 홀로그래픽 콘텐츠의 제작 전 과정에 대한 관리 공정 시뮬레이션을 통하여 콘텐츠 제작 공정에 대한 개발자 간 협업을 가능하게 하며(그림 16) 참



(그림 16) 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 매니지먼트

조), 또한 제작 공정에 기반한 디지털 홀로그래픽 콘텐츠의 저장과 전송을 위한 물리적 파라미터를 정리하여 데이터 파일 포맷을 정의하게 되고, 이는 콘텐츠 디스플레이 시스템에 독립적인 데이터 관리를 가능하게 한다. 또한, 디지털 홀로그래픽의 획득, 처리 및 디스플레이에 이르기까지 콘텐츠 제작의 전 과정에서의 기술적 파라미터 정의와 콘텐츠 처리 기술 및 관리 기술을 포함하게 된다.

이러한 콘텐츠 제작 공정 관리 기술은 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 개발의 보편적 제작 및 관리 환경을 제공하게 되어 디지털 홀로그래픽 콘텐츠의 양적 팽창 및 그 활용 분야의 확대에 기여할 수 있을 것으로 본다.

### 3. 디지털 홀로그래픽 공간 인식 기반 인터랙션 기술

디지털 홀로그래픽 콘텐츠의 동작 플레이 환경에서 실사용자 공간과 디지털 홀로그램 디스플레이 공간 간의 직관적이고 자연스러운 인터랙션 공간을 사용자에게 제시하기 위한 기술이며, 또한 다양한 사용자 인터페이스를 만족하는 멀티 모달 인터페이스 통합 기술을 포함한다[7].

디지털 홀로그램이 디스플레이되는 공간에서 각 홀로그램 객체의 공간정보 인식과 홀로그램 디스플레이 공간과 사용자 실제 공간 내의 공간정보 정합의 정확성이 핵심이 되는 기술 요소이다.

기존에 다양하게 개발되어 활용되고 있는 컨트롤러 없는 사용자 동작인식 기술과 손 제스처 인식 기술이 활용 가능하지만, 디지털 홀로그램 디스플레이 공간과 사용자 공간의 정합도를 높이기 위한 기술과 디지털 홀로그램 디스플레이 공간 정보를 인식하기 위한 기술이 포함된다(그림 17) 참조).

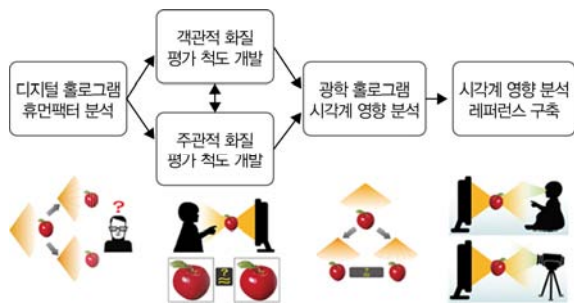


(그림 17) 공간정보 인식 및 공간 정합

### 4. 디지털 홀로그램 화질 평가 및 휴먼팩터 기술

디지털 기반의 홀로그래픽 콘텐츠에 대한 수학적 모델 기반의 객관적 화질 분석 및 평가 기술과 정성 분석 기반의 주관적인 화질평가의 척도를 개발하고, 콘텐츠의 화질평가를 진행하기 위한 방법을 다루며, 디지털 홀로그래픽 콘텐츠의 광학적 디스플레이 영상에 대한 인간 시각계에 미치는 영향을 분석하고 평가하기 위한 기술이다[7].

홀로그래피 기술은 인간의 시각으로 인식하는 완전한 3D 영상을 제시하게 되지만, 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 제작에서는 디지털 홀로그램의 고속 생성 알고리즘을 적용 등 다양한 방식의 최적화 방안을 적용하게 됨으로써 완벽한 3D 영상이 아닌 홀로그램 복원에 최적화된 영상을 디스플레이하게 된다(그림 18) 참조). 그러므로 홀로그램 디스플레이 영상에 대한 화질평가가 필요하게 되며, 객관적인 방법과 주관적인 방법의 화질 평가 척도의 개발과 함께 인간의 시각에



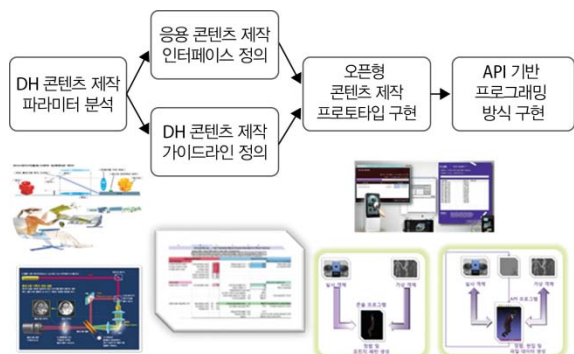
(그림 18) 디지털 홀로그램의 휴먼팩터, 화질 평가·분석

영향과 홀로그램 디스플레이 환경까지 영향을 주게 되는 휴먼팩터의 영역까지 기술적으로 다룰 필요가 있다.

### 5. 디지털 홀로그래픽 응용 콘텐츠 제작 기술

다양한 3D 멀티미디어 환경에 최적화된 디지털 홀로그래픽 콘텐츠의 제작 가이드라인을 구축하고, 디지털 홀로그래픽 콘텐츠의 특성을 활용한 응용 콘텐츠 제작 기술 및 응용 콘텐츠 제작을 위한 하이레벨 프로그래밍 기술을 포함한다[7].

문화, 예술, 교육 등의 문화 기술 전반의 3D 영상 산업에서 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 분야를 모든 3D 영상 산업 분야로 확장을 가능하게 하며(그림 19) 참조), 디지털 홀로그래픽 콘텐츠의 대중화에 크게 기여할 기술로 평가될 수 있는 기술 분야이다.



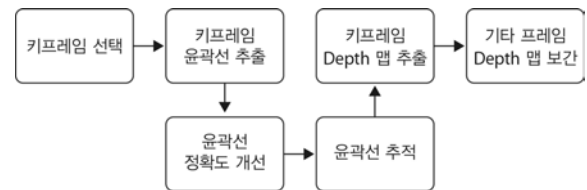
(그림 19) DH 콘텐츠 응용 콘텐츠 제작 가이드라인

## IV. DH 콘텐츠 개발 현황

### 1. 3차원 영상정보 획득

디지털 홀로그래픽 콘텐츠의 소스가 되는 3차원 영상정보를 획득하기 위한 방법은 뎀스 카메라나 스테레오 카메라 영상, 슈퍼-멀티뷰 영상 등을 활용할 수도 있으나 여기서는 기존에 다양하게 확보된 영상 콘텐츠를 활용한다는 입장에서 영상 시퀀스로부터 영상 정보와 뎀스정보를 추출하는 실사객체로부터 3차원 영상을 획득하는 방법과 각종 3D 영상 편집 툴로부터 생성할 수 있는 가상객체로부터 3차원 영상정보를 획득하는 방법을 활용한다.

(그림 20)은 실사객체에 대한 3차원 영상정보 획득의 과정을 나타내고 있다.



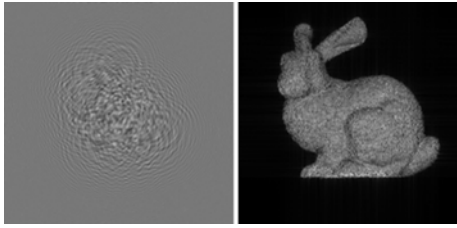
(그림 20) 실사객체에 대한 3차원 영상정보 획득

### 2. 홀로그래픽 프린지 데이터 생성

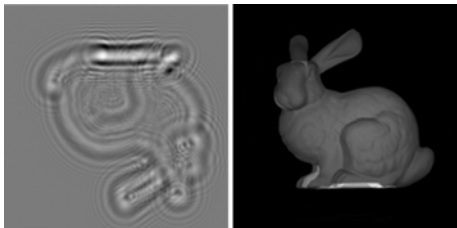
디지털 홀로그램 데이터인 CGH를 생성하기 위해 광파의 회절 적분식을 이용하며, 3차원 객체의 삼각형 메시 모델을 기반으로 각스펙트럼 모델을 활용한다[10],[11]. 광파의 회절 현상에 대한 물리적, 수학적 모델링 분석을 기반으로 CGH 생성 알고리즘을 구현한다[12].

1만 포인트 모델에 대한 2K×2K 홀로그램을 2fps의 속도로 계산하는 성능을 보였으며, 이때 사용한 컴퓨터 사양은 Intel Xeon 3.47GHz, Tesla C2075(448 CUDA Core)이다. 홀로그램의 생성 및 복원 예로서(그림 21)는 약 35K 샘플링 포인트를 갖는 포인트 기





(그림 21) 포인트 기반 Bunny 모델의 홀로그램 생성 및 복원 이미지



(그림 22) 각스펙트럼 기반 Bunny 모델의 홀로그램 생성 및 복원 이미지

반, (그림 22)는 약 35K 삼각형 개수를 갖는 각스펙트럼 기반의 Bunny 모델에 대한 생성 및 복원 예이다.

3D 영상객체 획득의 결과로부터 디지털 홀로그램을 생성하고, 복원하며, 편집을 수행한다. Fresnel 변환 및 각스펙트럼 방식을 기반으로 한 CGH 생성 알고리즘을 통합 활용하고, GPU 기반의 FFT(Fast Fourier Transform)를 이용하여 CGH 생성 속도를 향상시킬 수 있도록 구현하도록 하였다

### 3. DH 콘텐츠 복원

디지털 홀로그램을 복원하는 방법에는 SLM과 광학계를 셋업하여 광학적 복원을 하는 방법과 수치적 복원 알고리즘을 수행하는 CG 복원을 통한 시뮬레이션 방법을 사용할 수 있고, 또한 디지털 홀로그램 프린지 데이터를 아날로그 홀로그래픽 필름에 프린팅하여 아날로그 홀로그램을 광학적 재생방법으로 복원하는 방법이 있다. 여기에서는 CGH 복원 품질을 향상

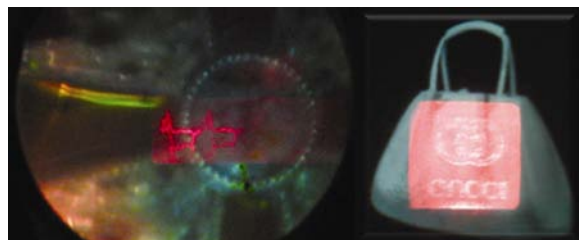


(그림 23) 자동차 모델에 대한 홀로그램 복원 생성

시키는 방법을 적용하여 CG 복원을 수행하며, LCoS(Liquid Crystal on Silicon)와 DMD(Digital Micro-mirror Device) 등의 SLM을 활용한 광학적 복원을 진행한다.

DH 콘텐츠의 CG 복원 기능은 카메라 시뮬레이션을 통한 시점 기반 복원 기술을 적용하여 단순한 특정 평면에서의 광파복원이 아닌 카메라 기반의 관측 시뮬레이션을 이용한 복원 방식을 채택하였다(그림 23) 참조).

DH 콘텐츠의 광학적 복원을 위해서는 입력은 컴퓨터 홀로그램 방식이며 출력은 프로젝션 기반 디스플레이 방식의 설계를 통하여 복원 영상의 공간 부양 효과와 디스플레이 영상의 크기를 확대하도록 하였다. 광원 소스를 아날로그 홀로그램에 인가하고 오브젝트 렌즈를 통해 스크린(구면거울) 상에 투사 시킨 후 하프미러를 통해 관찰자가 볼 수 있도록 백그라운드 영상을 생성하였다. 또한 디지털 홀로그램 프린지 영상을 DMD 장치에 순차적으로 인가함으로써 백그라운드 영상 위에 디지털 패턴의 복원 영상이 오버레이되도록 투사하였다(그림 24) 참조).



(그림 24) 광학적 복원된 홀로그램 패턴 영상

#### 4. DH 콘텐츠 운용 테스트베드

DH 콘텐츠를 제작하기 위하여 디지털 홀로그램 생성, 복원, 편집 등 과정의 시험검증용 테스트베드를 구축하였으나 현 수준의 광학적 복원의 기술적 한계로 인하여 복원되는 홀로그램 영상의 크기와 시야각의 한계가 존재하고 있다[13].

DH 콘텐츠를 제작하고 관리하기 위한 시험용 테스트베드를 구축하여 DH 콘텐츠의 실용화 가능성을 검토하였다. DH 콘텐츠의 서비스 응용 분야로서 전시/광고 등의 방안을 제시하여 DH 콘텐츠의 사업 활용에 대한 가능성을 보였다. 특히 전시/광고를 위한 키오스크 타입의 DH 콘텐츠 제시 플랫폼을 제안하여 디지털 홀로그램을 활용한 사용자 인터랙션 기반의 홍보 영상을 시험하였다.

특히 키오스크 타입의 홀로그램 재생장치는 사용자에게 제시하는 홀로그램 영상의 디스플레이를 위하여 3레이어로 구성하여 아날로그 홀로그램, 디지털 홀로그램 및 디지털 영상 콘텐츠와 사용자 인터랙션을 통합함으로써 컴포지트 영상 플랫폼의 프로토타입을 구현하였고, 실용화 가능성을 검증하였다((그림 25) 참조).



(그림 25) 3레이어 기반 시험용 콘텐츠 및 키오스크형 운용장치

#### V. 결론

본고에서는 홀로그래픽 기술에 대하여 디지털 홀로그래피 기술 관점으로 접근하여 디지털 홀로그래픽 콘텐츠까지로 연구 영역을 확대하여 봄으로써 디지털 콘텐츠 관점에서 필요한 기술 내용들을 분석하고, 또한 멀티미디어 콘텐츠 관점에서 새롭게 시도되는 기술 영역에 대한 연구 개발 및 그 구현 결과에 대하여 기술하였다.

일반 사용자에게 완전한 3D 입체영상을 제공하려면 광학적 홀로그램 디스플레이 장치에 대한 하드웨어 디바이스부터 실용화 수준의 급격한 진보가 선행되어 하는 입장이지만, 디지털 영상 미디어 관점에서 DH 콘텐츠의 제작과 관리를 위한 기반 기술로서 DH 콘텐츠의 저작도구, 매니지먼트 기술, 공간인식 기반 인터랙션 기술, 화질평가 및 휴먼팩터 기술, 응용 콘텐츠 제작 기술을 제시하였다.

또한 각 기술 분야에 관한 연구 개발 결과를 3차원 영상정보 획득, 홀로그래픽 프린지 데이터 생성과 DH 콘텐츠 복원 및 DH 콘텐츠 운용 테스트베드로 구분하여 그 구현 결과를 기술하였다.

향후, 디지털 홀로그램의 광학적 복원 장치의 실용화 수준의 기술 향상과 더불어 본 연구결과를 토대로 또 하나의 영상 미디어가 아닌 홀로그래피 기술 고유의 특성을 살린 킬러콘텐츠가 대중화될 수 있도록 프로슈머 관점의 사용자 제작 홀로그래픽 콘텐츠가 사용자 서비스로 자리잡길 기대한다.

##### 용어해설

**홀로그램(Hologram)** 물체 표면의 형태를 조명광 파면의 위상 변화로 변환시켜 간섭무늬 형태로 기록한 완벽한 3차원 사진임.

**컴퓨터 생성 홀로그램(CGH: Computer Generated Hologram)** 수학적 모델에 의해 생성된 홀로그래픽 프린지 패턴을 컴퓨터를 이용해 계산하는 방법

**공간광변조기(Spatial Light Modulator)** 컴퓨터에 디지털 형태로 저장된 홀로그램 데이터를 광주사에 의해 3차원 영상으로 복원 및 재생하는 장치

## 약어 정리

AOM	Acousto-Optic Modulator
CCD	Charge Coupled Device
CG	Computer Graphics
CGH	Computer Generated Hologram
CMOS	Complementary Metal-Oxide Semicon- ductor
DH	Digital Holographic
DMD	Digital Micro-mirror Device
FFT	Fast Fourier Transform
fps	Frame per second
GPU	Graphics Processing Unit
LCD	Liquid Crystal Display
LCoS	Liquid Crystal on Silicon
LED	Light Emission Diode
MCTF	Motion Compensated Temporal Filtering
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MS	Microsoft
NICT	National Institute of Information and Communications
OASLM	Optical Addressed SLM
SLM	Spatial Light Modulator
SoC	System on Chip

## 참고문헌

[1] T.-C. Poon, Digital Holography and Three-

Dimensional Display - Principles and Applications, Springer 2006.

- [2] “특집: 홀로그래피 기술,” 방송공학회지, vol. 16, no. 2, 2011. 6.
- [3] 손정영, 홀로그래피의 원리와 응용, 봉명, 2004. 6.
- [4] J.W. Goodman, Introduction to Fourier Optics, 2nd ed., The McGraw-Hill Companies, INC., 1996.
- [5] 손욱호, “홀로그래피 : 완전 입체영상 기술의 전망”, *TTA J.*, vol. 133, 2011, 2. pp. 69-74.
- [6] 서호용 외, “디지털 홀로그래피 기술 동향 및 전망,” 한국정보기술학회지, vol. 9, no. 3, 2011. 12, pp. 17-28.
- [7] 한국콘텐츠진흥원, “2011년도 콘텐츠산업기술지원사업 (지정공모) 사업안내서-제안요청서(RFP),” 2011. 4, pp. 29-43.
- [8] 최현준 외, “디지털 홀로그래픽 디스플레이 연구 개발 동향,” 주간기술동향, 정보통신연구진흥원, vol. 1406, 2009. 7. 22.
- [9] Real3D. <http://www.digitalholography.eu>
- [10] M. Paturzo, et al., “Synthesis and Display of Dynamic Holographic 3D Scenes with Real-world Objects,” *Opt. Express*, vol. 18, no. 9, Apr. 26th, 2010
- [11] Y.-Z. Liu, et al., “High-speed Full Analytical Holographic Computations for True-life Scenes,” *Opt. Express*, vol. 18, no. 4, Feb. 15th, 2010.
- [12] H. Kim, J. Hahn, and B. Lee, “Mathematical Modeling of Triangle-mesh-modeled Three-dimensional Surface Objects for Digital Holography,” *Appl. Opt.*, vol. 47, no. 19, 2008, pp. D117-D127.
- [13] 한준구, “디지털 홀로그래피의 공간 대역폭”, 한국방송공학회 방송공학회지 vol. 16, no. 2, 2011.6.