

+ 김 남 · 충북대학교 전자정보대학 교수

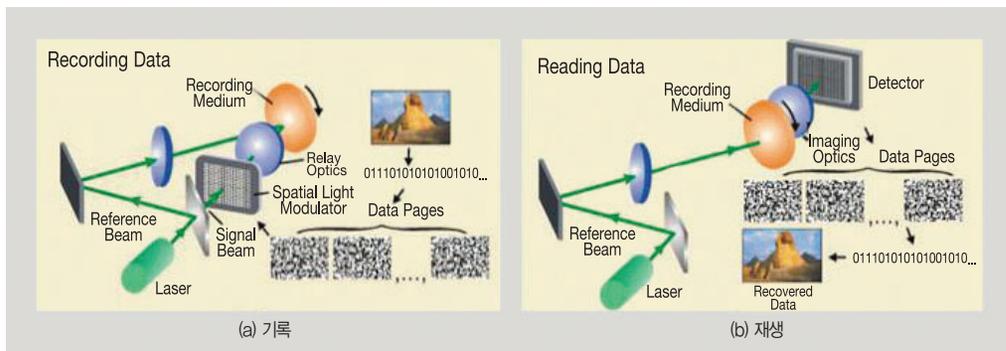
TECH&TREND

홀로그래피 기술 및 동향 : 홀로그래피 기술

1. 홀로그래피 메모리 기술

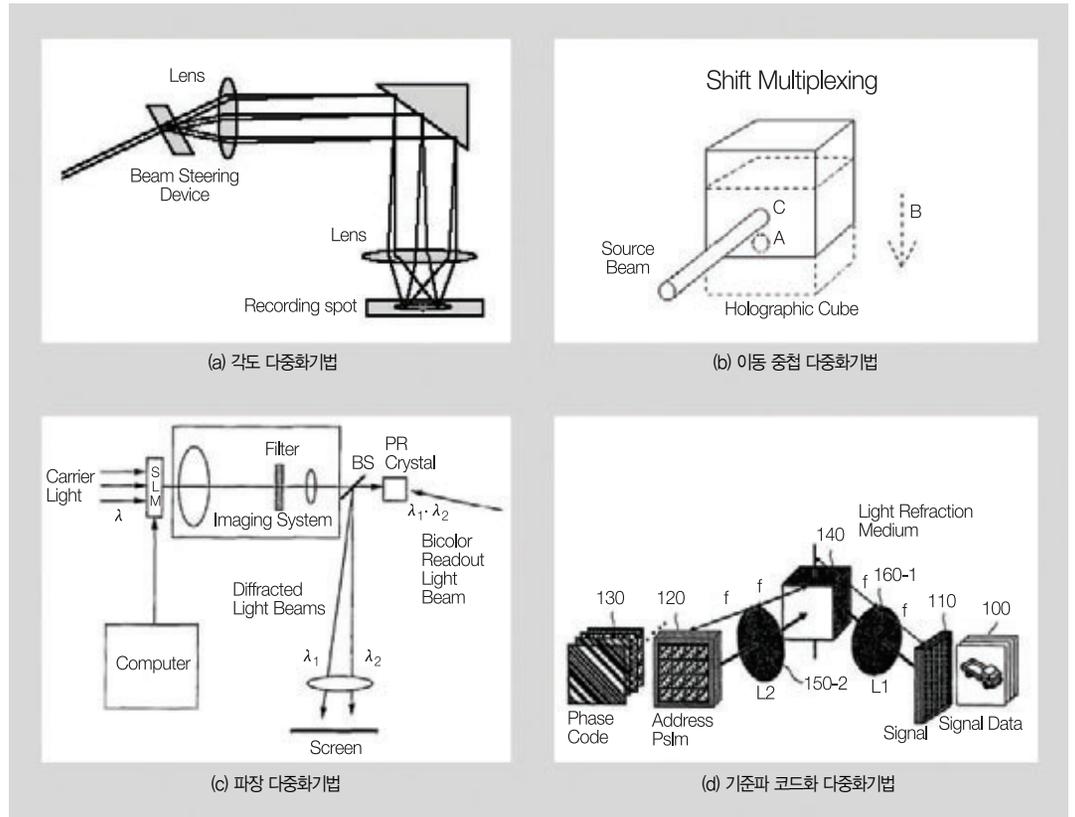
홀로그래피 메모리(holography memory) 기술이란 3차원의 세계를 2차원의 기록매질에 기록하고, 기록매질로부터 실제 3차원 물체영상을 재생하는 기록/재생하는 방법이다. [그림 1]에서 홀로그래피 메모리의 기록과 재생을 보여주고 있다.

홀로그래피는 빛의 세기뿐만 아니라, 파동으로서의 빛이 갖는 위상까지 기록하기 때문에 3차원 상을 재현할 수 있다. 특정 좌표의 밝기정보를 한 점(Bit)씩 일일이 저장하던 기존 방식과 달리 홀로그래피 메모리는 평면의 전체 정보를 한 점에 기록하는 페이지 지향 메모리(Page-Oriented Memory) 방식을 사용한다. 물체의 2차원적인 정보를 완벽하게 가지고 있는 이러한 한 점 정보들을 회전거울을 이용하여 다각도로 수집하여 저장함으로써 대용량의 3차원 세계를 저장할 수 있게 된다.



[그림 1] 홀로그래피 메모리

홀로그래피 메모리의 또 다른 중요한 특징은 물체의 여러 가지 모습을 한 필름에 동시에 중첩하여 기록한 후 다시 각각의 물체를 재생할 수 있다는 것이다. 이러한 다중기록 방법에는 여러 가지가 있는데 홀로그램을 감광재료에 기록할 때, 홀로그램이 기록되는 각도를 변화 시키는 방법, 이동 중첩 다중화 방법, 파장 다중화 방법, 기준파를 가간섭하여 기준파의 기록 조건을 변화시키는 방법 등이 있다. [그림 2]에서 여러 가지 다중기록 방법을 보여준다.



[그림 2] 홀로그래피 다중 기록방법

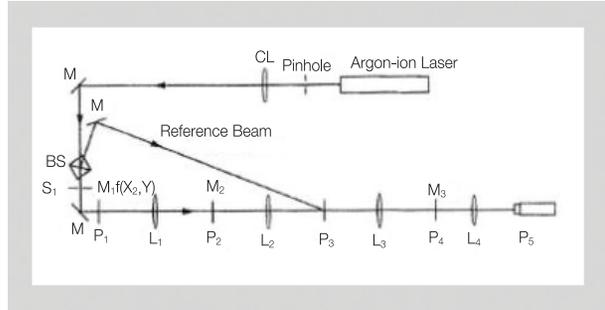
2. 홀로그래피 광 암호화 기술

광 암호화를 적용한 응용 분야는 초고속 정보통신 분야, 초고속 대용량 광 정보저장 분야 및 광 정보처리 분야 등과 맞물려 있는 핵심 기술로서 정보통신 산업, 멀티미디어 산업, 광 산업 등에만 국한되는 것이 아니고 다양한 응용 분야로 전개될 가능성이 높은 기술로 파악되고 있다.

광 암호화를 이용한 암호화된 광 메모리 기술과 보안 인증 기술에 관한 가장 대표적인 방식에는 푸리에(Fourier) 영역에서 랜덤 위상 마스크를 곱한 후, 다시 역푸리에 변환하여 암호화된 광 메모리 기술은 백색잡음으로 영상이 암호화된다. 그러므로 암호화 효과가 크지만 키로써 복소 공역의 위상 마스크를 사용하므로 시스템의 정교한 정렬과 정밀한 마스크 제작이 요구된다는 특징을 지닌다. XOR 연산을 이용한 암호화된 광 메모리 기술은 암호화 방법은 간단하지만 광학적인 구현이 복잡하다는 특징을 지닌다. 광학적 간섭을 이용한 암호화된 광 메모리 기술은 키와 암호화된 영상이 세기 검출기로는 확인이 되지 않아 복제가 어렵고 단순한 시스템이 구현된다는 특징이 있다.

2-1. 두 개의 랜덤 위상 마스크를 이용한 암호화된 광 메모리 기술

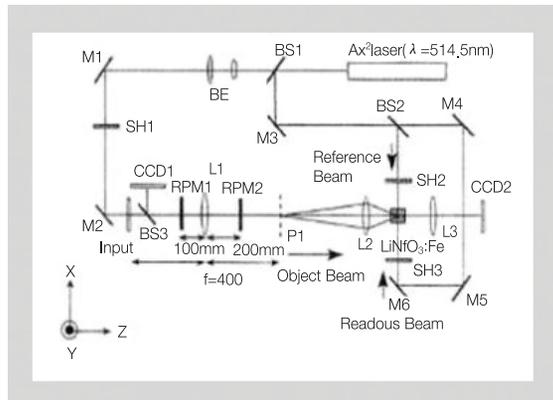
광 메모리 암호화 기술을 실현하기 위한 광학적 구성은 [그림 3]과 같다[1]. 파장이 514.5nm인 레이저 광원을 이용하고, 랜덤 위상 마스크는 32×32셀로 구성되며, 두 개의 랜덤 위상 마스크를 입력 평면과 퓨리에 평면에 각각 위치시킨다. 대부분의 광 암호화 시스템에서 암호화키로서 주로 이용되는 복소 위상/진폭 인코딩 패턴은 볼 수도 없고, CCD 카메라와 같은 세기측정 검출기에 의해 복사될 수도 없다.



[그림 3] 광메모리 기술을 이용한 암호화 시스템

2-2. 프레넬 영역에서 3차원 키를 이용하여 암호화된 광 메모리 기술

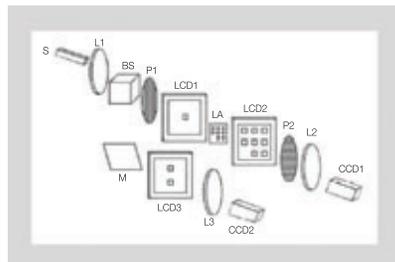
프레넬 영역에서 두 개의 랜덤 위상 마스크와 그들의 위치는 이미지를 암호화시키는 3차원 키로 이용되었고, 원래의 데이터를 복구하는 키로서 이용되었다. [그림 4]는 실험 구성으로서 두 개의 랜덤 위상 마스크가 입력 이미지를 해독하기 위한 3차원 키로서 제공되며 프레넬 영역에 위치하기 때문에, 위상 변조는 광축에 따른 위상 마스크의 위치에 의존한다. 따라서, 위상 정보와 더불어 3차원 키에 대한 정보가 없으면 해독을 어렵게 만드는 것이다[1].



[그림 4] 프레넬(Fresnel) 영역에서 3차원 키를 이용한 광 암호화 시스템

2-3. XOR 연산을 이용한 암호화된 광 메모리 기술

[그림 5]는 제안된 광학적 보안 시스템으로서, 디지털 암호화 알고리즘으로 만들어진 키 비트(key bit stream)와 비트 평면들을 나타내는데, 두 LCD(Liquid crystal display)를 사용하고, 결합 변환 상관기(JTC: Joint transform correlator)를 구성하기 위하여 또 다른 LCD를 사용한다. LCD1, LCD2, 두 개 편광기(P1과 P2), 렌즈 L2, CCD1을 이용하여 XOR 연산이 수행된다[1].



[그림 5] 제안된 보안 인증 시스템



3. 홀로그래피 프린팅

홀로그래피 프린팅 프로젝트는 융통성 있는 이미지를 생성하고 저장하는 기술을 개발하여 디스플레이 홀로그램의 신속한 프린팅을 가능토록 하는 것이다. 특히, 복잡한 3D 정보, 자동차 디자인, 의료 영상, 과학적 비주얼라이제이션, 광고 등에 적용하는 고품질의 공간 디스플레이를 개발하는 것이 목적이다. 따라서, 홀로그래피 프린팅 시스템의 개발, 새로운 저장 미디어의 개발, 새로운 컴퓨터 그래픽 표현 기술의 개발을 시도하고 있다[2].

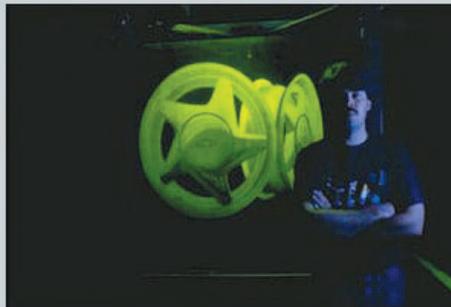
[그림 6(a)]는 본 프로젝트 팀이 개발한 종합적인 홀로그램의 이미지이다. 10×8인치의 2단계 완전 풀 컬러를 반영한 홀로그램으로 하나의 647나노 싱글 레이저 파장(a single laser wavelength)으로 만든 Acura NSX라는 자동차 이미지이다. 이 컬러는 본 프로젝트 팀의 Julie Parker가 개발한 “In-Situ”라는 컬러 컨트롤 기술을 사용하여 만들었으며, 이에 필요한 데이터는 Alias 연구소와 혼다(Honda) 연구소가 제공하였다.

[그림 6(b)]는 가장자리를 조사한 홀로그램이다(an Edge-Illumination hologram). 이 샘플은 10×4인치 크기로 1.5인치 두께의 크리스털 주초(crystal plinth) 위에 만든 것이다. Illumination은 HP의 3가지 고밀도 LEDs(Light Emitting Diodes, 발광 다이오드)를 이용하여 만든 것이다. 이 이미지는 매년 실시하는 올해의 혁신 및 창안상인 Lemelson-MIT상을 수상하였다.

[그림 6(c)]는 대용량 크기의 1단계 홀로그램 입체 그림이다. 이 필름은 1×1미터 크기로, 이미지의 볼륨을 대략 1미터 정도의 깊이(Depth)이다. 이 홀로그램은 GM과 공동으로 만들었는데, 1,000개의 별도 노출(Exposures)과 45도 각의 디스플레이로 구성되어 있다.



(a)



(c)



(b)

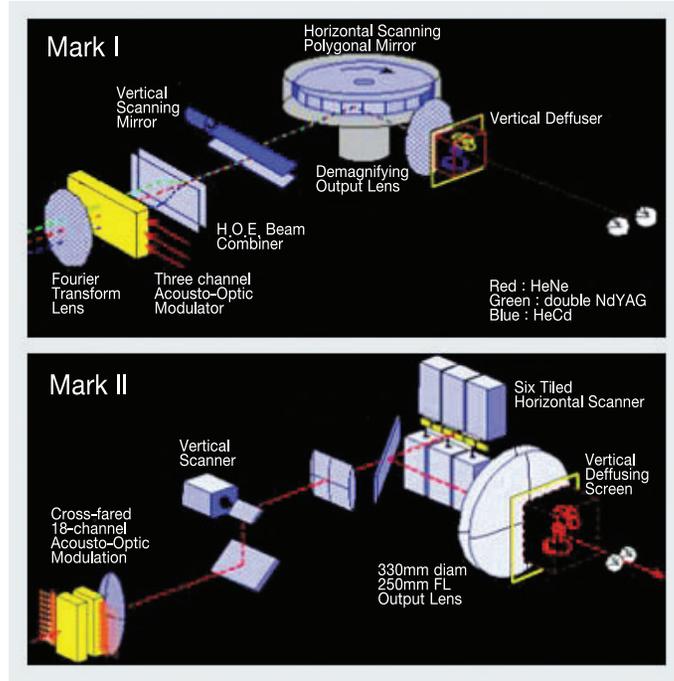
[그림 6] 홀로그래피 프린팅 예

4. 홀로그래피 비디오

홀로그래피 비디오 프로젝트는 리얼 타임 이미징 시스템을 개발하는 것이다. 컴퓨터가 생성하는 홀로그램을 비디오 속도처럼 디스플레이하는 시스템을 개발하는 것이다. 아직까지는 2개의 시제품(Prototype) 디스플레이를 개발했는데, 하나는 Mark-I이고, 다른 하나는 Mark-II이다. Mark-I은 초당 20개의 프레임(Frames) 속도에 36도의 시야각으로 풀 컬러 25×25×25mm의 이미지를 디스플레이 한다. 반면 Mark-II는 초당 2.5개의 프레임 속도에 36도의 시야각으로 150×75×150mm의 이미지를 디스플레이 한다.

지속적인 연구를 통해 컴퓨팅의 시간을 줄이고 보다 실제적인 이미지를 영상화하고, 홀로그램의 압축 및 인코딩 스킴을 개발하고 optical modulation과 컴퓨팅을 위한 특수한 하드웨어를 개발하여 새로운 디스플레이 아키텍처를 개발한다는 것이 최종 목표이다. [그림 7]에서는 미국의 MIT 미디어랩에서 개발한 홀로그래피 비디오 프로젝션 시스템을 보여준다[2].

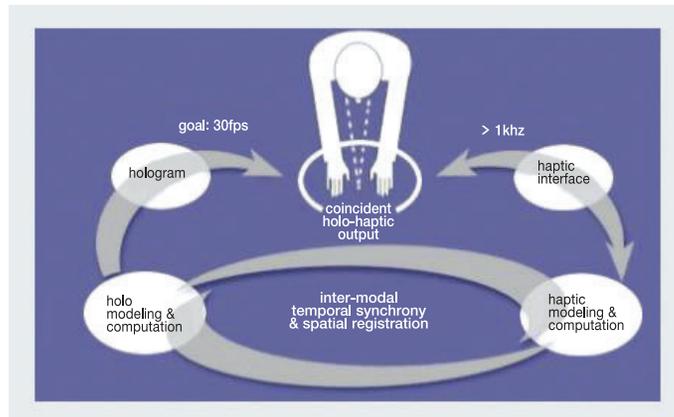
Mark-I 디스플레이는 초기 개발 전자 홀로그래피 시스템으로 모노크로마틱(Monochromatic)이나 완전 풀 컬러 디스플레이를 가능케 한다. Mark-II 디스플레이는 보다 큰 이미지 볼륨 및 보다 넓은 공간을 다룬다. 따라서, 이는 보다 컴팩트한 스캐닝 어셈블리의 하나의 디스플레이 아키텍처로 구성된다.



[그림 7] 홀로그래피 비디오 시스템

5. 햅틱 홀로그래피 디스플레이

햅틱(Haptic, 촉각) 홀로그래피 디스플레이는 Force Feedback Technology를 이용한, 그리고 Force Feedback 디바이스를 이용하여 사람의 오감 중 보고 느끼고 조작하는 것을 하나의 이미지 모델로 디스플레이 하는 기술을 개발하는 것이다. 햅틱 디스플레이 개발을 위해 사용한 기술은 감각의 기술(Sensable Technologies)로 이를 팬텀 햅틱 인터페이스(Phantom Haptic Interface)라고 한다. 시각적인 비주얼 디스플레이를 위해 optical 프린트된 홀로그래피 입체 기술과 이미 개발한 Mark-II의 홀로그래피 비디오 시스템을 이용한다. 목표는 초당 30fbps에 서비스 속도는 1Khz 이상이다. [그림 8]은 햅틱 홀로그래피 디스플레이 구성도를 보여주고 있다[2].



[그림 8] 햅틱 홀로그래피 디스플레이 구성도

6. 소결론

본 장에서는 홀로그래피의 몇 가지 기술에 대해 서술하였다. 홀로그래피 기술은 디스플레이 분야, 광학소재 분야, 메모리 분야에서 많이 사용되고 있다. 현재 홀로그램은 광고 및 전시, 예술 분야에 폭넓게 사용되고 있다. 특히, 예술 분야의 경우 각종 회화작품과 조각품을 홀로그램의 영상으로 표현할 수 있게 되었으며, 무대설치 미술에도 이용되어 무용 및 연극, 광고 등에 많은 관심을 끌고 있다.

그러나, 텔레비전으로 전송되어 집에서 시청하거나, SF영화에서 자주 등장하는 수준이 되리라 기대하기에는 아직은 쉽지는 않을 것으로 생각된다. 홀로그래피 입체영상 텔레비전 등이 상용화되려면 이를 촬영하고 재생하는 광학 기술, 홀로그램을 기록하고 저장할 매체 관련 기술, 3차원 동영상 정보를 압축, 송신하는 신호처리 기술 및 TV전송 기술 등 모든 것들이 현재 수준보다는 높은 수준의 과학 기술이 요구된다.

12월호에서는 해외의 홀로그래피 디스플레이 기술 및 동향을 살펴보고자 하겠다.

참고 문헌

[1] 윤진선, 김남, “광기술을 이용한 차세대 정보보안 기술”, 한국통신학회지(정보통신), 제19권 8호, 2002,9, pp.137-145.

[2] MIT Midea: <http://www.media.mit.edu/spi/index.html>