

디지털 홀로그래픽 프린팅 기술 시장 및 저작권 보호 기술 동향에 관한 연구

김원빈*, 박경엽*, 조용준*, 신동명*†

A study on digital holographic printing technology market and copyright protection technology trends

Won-Bin Kim*, Kyung-Yeob Park*, YongJoon Joe*, Dong-Myung Shin*†

요 약

최근 3차원 입체 콘텐츠 시장이 빠르게 성장하고 있지만 기존의 기술들은 사용자가 3차원 입체 이미지를 식별하기 위해 별도의 장치를 착용해야만 하는 단점이 존재한다. 이는 3차원 입체 콘텐츠의 보급을 방해하는 문제로 이어질 수 밖에 없다. 반면, 디지털 홀로그래픽 기술은 사용자가 별도의 장치를 착용하지 않고도 3차원 입체 이미지를 식별할 수 있다는 장점이 존재한다. 따라서 3차원 입체 콘텐츠를 보급하기 매우 적합한 기술로 떠오르고 있다. 하지만 현재 디지털 홀로그래픽 기술 및 디지털 홀로그래픽 프린팅 기술은 보급이 느리게 진행되고 있는 실정이다. 이는 콘텐츠 보급에 필수적인 수요와 공급을 원활하게 연결해주는 기술이 부족한 것이 원인으로 해석되고 있다. 본 연구에서는 이러한 상황에 대한 현재 시장 상황을 조사하여 현재의 디지털 홀로그래픽 프린팅 시장이 직면하고 있는 상태와 문제점을 확인하며, 향후 디지털 홀로그래픽 프린팅 시장이 마주할 저작권 문제를 해결하기 위한 연구 방향 및 그에 따른 기대효과를 살펴본다.

Abstract

Although the three-dimensional content market has recently grown rapidly, existing technologies have the disadvantage of requiring users to wear separate devices to identify 3D images. This inevitably leads to a problem that hinders the distribution of three-dimensional content. On the other hand, digital holographic technology has the advantage of being able to identify a three-dimensional image without wearing a separate device. This inevitably leads to a problem that hinders the distribution of 3D content. On the other hand, digital holographic technology has the advantage of being able to identify a 3D image without the need for a user to wear a separate device. Therefore, it is emerging as a very suitable technology for distributing three-dimensional content. However, digital holographic technology and digital holographic printing technology are currently being distributed slowly. This is interpreted as the reason for the lack of technology that smoothly connects supply and demand essential for content distribution. This study examines the current market situation to identify the current state and problems facing the digital holographic printing market, and examines the research direction and expected effects of solving copyright problems facing the digital holographic printing market in the future.

한글키워드 : 디지털 홀로그래픽, 홀로그램 프린팅, 저작권, 디지털 콘텐츠 시장, 정보 보안

keywords : Digital Holographic, Hologram Printing, Copyright, Digital Contents Market, Information Security

* 엘에스웨어(주) 소프트웨어연구소 연구개발본부 접수일자: 2023.03.10. 심사완료: 2023.03.18.

† 교신저자: 신동명(email: roland@lsware.com) 게재확정: 2023.03.20.

1. 서론

디지털 홀로그래픽 프린팅 기술은 디지털 홀로그램 데이터를 현실세계의 사물에 인쇄하여 홀로그램을 표현하는 기술이다. 이렇게 인쇄된 홀로그램은 별도의 장치 없이도 3차원의 입체 이미지를 표현할 수 있는 특징을 갖는다. 이러한 특징은, 기존의 3차원 입체 이미지를 표현하는 기

술인 AR(Augmented Reality), VR(Virtual Reality), MR(Mixed Reality), XR(Extended Reality) 또는 3D 입체 안경과는 달리 별도의 장치를 이용하지 않고도 3차원 입체 이미지를 표현해낼 수 있다<표 1 참조>[1-3]. 하지만 현재 디지털 홀로그래픽 프린팅 기술은 매우 작은 시장을 가지고 있다. 이는 아직 디지털 홀로그래픽 프린팅 기술이 상용화를 할 수 있는 수준까지 성

표 1. 3차원 입체 이미지 표현 기술의 종류
Table 1. Types of three-dimensional image expression technology

기술명	구현 방식
	상세 내용
AR (Augmented Reality)	(현실 세계 기반 + 가상 요소 구현)
	<ul style="list-style-type: none"> 현실 세계 위에 디지털로 구현된 별도의 요소(Object)를 덧입혀 투사하는 기술 현재의 기술로는 허공에 디지털 요소를 투사할 수 없기 때문에 별도의 디스플레이 장치를 이용함 디스플레이 장치를 통해 현실 세계 위에 디지털 요소만을 추가하여 보여주거나(투명 디스플레이), 현실 세계의 상을 디지털 이미지화한 뒤, 디지털 요소가 추가된 이미지로 가공하여 출력하는 방식(불투명 디스플레이)으로 동작함
VR (Virtual Reality)	(가상 세계 기반 + 가상 요소 구현)
	<ul style="list-style-type: none"> 디지털로 가상 세계 자체를 구현하여 가상 세계만을 투사하는 기술 현실 세계와는 독립된 가상의 공간을 구현하여 모든 요소의 투사와 상호작용을 가상 환경에서 수행함 따라서 현실세계와 완전히 분리된 가상 세계를 투사하기 위해 현실 세계의 시야를 차단하고, 가상 세계의 상을 출력하는 형태의 디스플레이 장치가 이용됨
MR (Mixed Reality)	(현실 세계 및 가상 세계 상호 연결 + 가상 요소 구현)
	<ul style="list-style-type: none"> AR과 VR이 결합된 형태로, 현실 세계와 가상 세계를 넘나들며 디지털로 구현된 별도의 요소를 투사하는 기술 AR은 현실 세계 위에 가상 요소가 덧입혀지는 형태이며, VR은 가상 세계 위에 가상 요소가 덧입혀지는 형태로 현실 세계와 가상 세계가 독립된 공간으로 분리되어 있음 하지만 MR은 현실 세계와 가상 세계의 경계를 없애고 현실 세계의 활동 중에 자연스럽게 가상 세계와 상호작용 할 수 있음 따라서 디지털 요소와 가상 세계를 출력하는 형태의 디스플레이 장치가 이용됨
XR (Extended Reality)	<ul style="list-style-type: none"> XR은 AR, VR, MR을 포괄하는 개념으로 현실을 확장하여 현실과 가상의 요소가 결합하여 투사되는 기술을 의미함
3D 입체 안경	(디스플레이 출력 + 가상 요소 구현)
	<ul style="list-style-type: none"> 양안시차를 이용하여 양쪽 눈에 각각 다른 이미지를 투사하는 기술 (능동형) 디스플레이와 동기화된 셔터 글래스(액티브 글래스)를 이용하여 양쪽 눈에 번갈아가며 서로 다른 이미지를 투사하는 방식을 이용함 (수동형) 편광 필터 또는 적·청색 필터를 이용하여 디스플레이에 출력되는 이미지의 내용이 양쪽 눈에 다르게 투사되도록 필터링함 입체 이미지를 출력할 디스플레이와 디스플레이에서 출력된 이미지를 필터링하여 양쪽 눈에 다르게 투사하기 위한 안경이 이용됨

장하지 못한 것과, 기술의 보급을 위한 기반 기술이 마련되지 못하는 것을 원인으로 꼽을 수 있다. 어떠한 기술이던 시장이 성장하기 위해서는 해당 기술이 보급되고 활용될 수 있는 방법이 마련되어야만 하지만 디지털 홀로그래픽 프린팅 기술은 제작, 유통, 제품 생산 등의 모든 과정에서 아직 연구가 진행중인 상태이다.

본 연구팀에서는 이러한 디지털 홀로그래픽 프린팅 기술이 보급되어 시장이 더욱 활성화 될 수 있도록 하는 연구를 수행중이다[4, 5]. 이에 따라 본 연구에서는 디지털 홀로그래픽 프린팅 기술 및 관련 기술들이 더욱 활성화되고 보급될 수 있도록 하기 위해 디지털 홀로그램 프린팅 기술의 동향을 조사하였다. 또한, 더 나아가서는 디지털 홀로그래픽 프린팅 기술을 더욱 안전하고 효율적으로 이용하기 위한 보안 기술에 대한 필요성과 향후 디지털 홀로그래픽 프린팅 기술을 위한 보안 기술의 방향을 제시한다. 이를 위해 본 논문의 2장에서는 3차원 입체 이미지 표현 기술 및 디지털 홀로그래픽 프린팅을 위한 호겔(hogel; holographic and element) 이미지 등 관련연구를 살펴본다. 3장에서는 디지털 홀로그래픽 콘텐츠와 프린팅 시장을 분석한다. 4장에서는 현재 시장의 문제점을 살펴봄, 5장에서는 이에 따른 기술의 전망과 기대효과를 제시한다. 그리고 6장에서는 결론으로 마무리한다.

2. 관련 연구

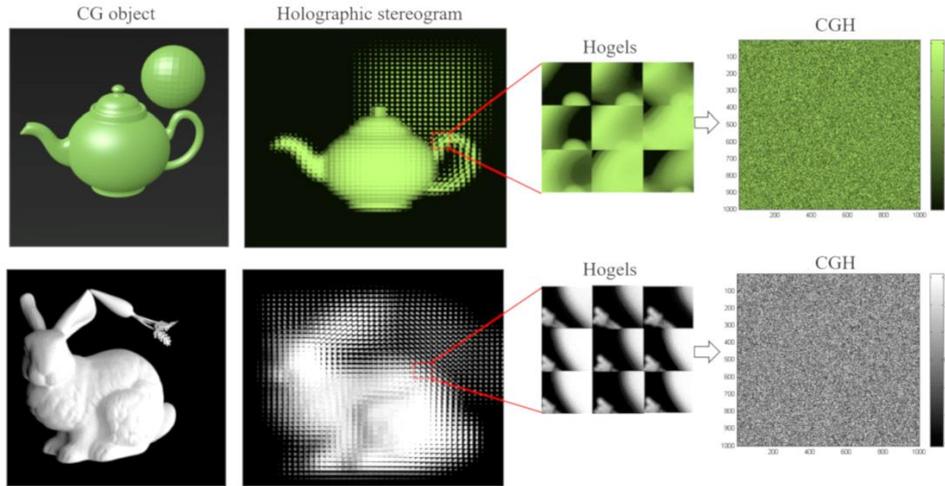
2.1 3차원 입체 이미지 표현 기술

입체 사물 이미지를 3차원 형태로 표현하기 위해 다양한 방법이 이용될 수 있다. 대표적으로 1장에서 서술한 AR, VR, MR, XR 그리고 3D 입체 안경이 사용될 수 있다. 표 1과 같이 현재 다양한 3차원 입체 이미지 표현 기술은 서로 다른 특징을 가지고 있지만, 공통적으로 모두 별도의

장치를 이용해야만 사람의 눈에 3차원 입체 이미지를 전달할 수 있다. 따라서 3차원 입체 이미지 표현 기술을 이용하기 위해 별도의 장치를 마련하고, 각 장치에 적합한 콘텐츠를 제작해야하며, 기술에 따라 콘텐츠를 이용하는 과정에서 안전성 문제가 발생할 가능성이 존재한다. 반면, 홀로그램 기술은 위에서 설명한 것과 같이 별도의 디스플레이 장치 없이도 홀로그램이 인쇄된 매질 자체의 광학적인 특성을 이용하여 3차원 입체 이미지를 사람의 눈에 투사할 수 있다. 현재 홀로그램을 더욱 얇고, 작은 부피의 매질에 더욱 선명하고 다양한 색을 표현할 수 있도록 하는 연구가 진행되고 있다. 홀로그램 기술의 발전이 거듭될수록 다양한 평면 인쇄 매체(신문, 책, 신분증 등) 뿐만 아니라 더욱 다양한 산업(콘서트, 시뮬레이션, 우주항공 산업 등)에 홀로그램이 적용될 수 있다[6].

2.2. 호겔 이미지

홀로그램 기술은 다양한 방법으로 활용이 가능한 기술이다. 하지만 기술이 보급되고 발전하기 위해서는 기술이 이용될 수 있는 환경이 마련되어야만 한다. 홀로그램 기술은 디지털 홀로그래픽 데이터를 현실 세계의 매질에 출력하는 기술이다. 따라서 디지털 홀로그래픽 데이터를 생산하고 출력하기까지 데이터의 형태를 정의하고, 데이터의 전달과 관리가 가능하게 하는 기술이 요구된다. 이를 위해, 디지털 홀로그래픽 이미지를 홀로그램 프린터를 통해 출력할 수 있도록 하는 데이터 형태인 호겔(hogel; holographic and element) 이미지가 이용된다[7]. 호겔 이미지의 형태 예시는 그림 1과 같으며[8], 매질에 광학적인 특성을 나타내기 위한 데이터로 구성되어있다. 이러한 호겔 이미지는 X, Y 좌표에 각 색상을 표현하는 2차원 평면 이미지와는 달리, X, Y, Z의 3차원 좌표에 색상 뿐만 아니라 양쪽 눈에



출처: Dashdavaa, Erkhembaatar, et al.

,Efficient Hoxel-Based Hologram Synthesis Method for Holographic Stereogram Printing, 2020.

그림 1. 호겔 이미지의 예시
Figure 1. Example of Hoxel Image

다른 이미지를 투사하기 위한 광학적 특성 정보와 매질을 바라보는 시점에 따라 서로 다른 이미지가 표현되도록 하는 정보가 중첩되도록 데이터가 구성된다. 따라서 일반적인 2차원 평면 이미지에 비해 더욱 큰 데이터 크기를 가지며, 일반적으로 A4용지 크기의 홀로그램을 출력하기 위해 약 10TB(Tera Bytes)의 데이터 용량을 차지한다. 따라서 홀로그램 프린팅을 위한 호겔 이미지 원본의 부가가치는 매우 높으며, 많은 양의 데이터를 출력하기 위해 복제하고 전달하는 과정은 호겔 이미지의 가치를 보존하는데 매우 중요한 역할을 한다.

국내 홀로그램 시장의 경우 표 2와 같이 연평균성장률 10%로 2021년 약 9,000억원 규모에서 2024년 약 1조 2천억원까지 성장할 것으로 예측되고 있다[9]. 국내 홀로그램 시장은 아날로그 홀로그램을 중심으로 성장하였으나, 최근 VR/AR 등 가상현실 기술이 주목받으며 영역을 키워나가고 있다.

표 2. 국내 홀로그램 시장 규모
Table 2. Domestic hologram market size (단위: 억 원)

항목	년도	2021년	2022년	2023년	2024년	CAGR (%)
국내 홀로그램 시장 규모		9,091	10,142	11,323	12,764	10.0

* 출처: 디지털 라이프 서비스 실현을 위한 홀로그램 기술개발 사업 예비타당성조사 보고서, 한국과학기술평가원, 2019

3. 시장 동향 분석

본 장에서는 디지털 홀로그래픽 프린팅 및 관련 시장 동향을 분석한다.

3.1 홀로그램 시장 규모

3.1.1 국내 홀로그램 시장 규모

3.1.2 국외 홀로그램 시장 규모

국외 홀로그램 시장은 표 3과 같이 연평균성장률 19.8%로 2021년 약 32억 달러에서 2024년 약 54억 달러까지 성장할 것으로 예상된다[10]. 이와 같은 전망에서 홀로그램 시장의 주요 성장 요인은 해당 기술이 의료나 상업 등의 다양한 부분에서

서 활용되고 금융 부문에서의 보안 목적으로 채택되어 사용되기 때문인 것으로 추정된다.

표 3. 국외 홀로그램 시장 규모
Table 3. Overseas hologram market size
(단위 : 십억 달러)

항목	년도	2021년	2022년	2023년	2024년	CAGR (%)
국외 홀로그램 시장 규모		3.2	3.8	4.6	5.4	19.8

* 출처: Holography for industrial applications, Global Industry Analysts. 2020
[산출근거] 연평균 CAGR을 활용

또한 홀로그램 시장 뿐만이 아닌 표 4와 같이 홀로그램 데이터를 활용할 수 있는 기술(홀로그램 디스플레이 등)과 응용 분야도 빠른 속도로 성장하고 있다[11, 12].

표 4. 국외 홀로그램 디스플레이 및 의료분야 시장 규모
Table 4. Overseas hologram display and medical field market size
(단위 : 십억 달러)

항목	년도	2021년	2022년	2023년	2024년	CAGR (%)
홀로그램 디스플레이 시장 규모*		0.0018	0.0023	0.0031	0.0040	29.7
의료분야 홀로그램 시장 규모**		1.3750	1.8012	2.3596	3.0909	31.0

* 출처: INDUSTRY ARC, Holographic Display Market. 2018
** 출처: GRAND VIEW RESEARCH, Medical Holography Market Analysis Report. 2018
[산출근거] 연평균 CAGR을 활용

3.2 디지털 홀로그래픽 기술 동향

3.2.1 디지털 홀로그래픽 데이터 획득 관련 기술

디지털 홀로그래픽 데이터 획득은 3차원 공간 상 객체에 대한 3차원 정보를 위해 디지털화된 홀로그래픽 데이터를 획득 및 분석하는 기술을 의미한다. 이 기술에 대한 연구·개발을 수행하는 기업은 표 5와 같다.

표 5. 디지털 홀로그래픽 데이터 획득 기술 보유 기업
Table 5. Companies with Digital Holographic Data Acquisition Technology

기업명	개발국	내용
ZYGO	미국	Coherence scanning과 Phase-shifting 간섭계 기술 기반 구조 표면의 미세한 형상과 조도를 비접촉 방식으로 측정할 수 있는 장비를 제공
D4D Technologies	미국	OCT 원리를 이용한 치과용 구강스캐너 E4D Dentist를 개발하여 해당 기술을 통해 환자의 치아를 직접 촬영 가능
Leica micro-systems	독일	OCT 기술 기반의 수술용 현미경, 의료 연구용 측정장비 및 안과용 장비 등을 판매
Optimet	이스라엘	Conoscopic Holography 기술(비등방성 매질에서의 복굴절(Birefringence)을 활용)로 여러 표면 제질의 3차원 데이터를 획득할 수 있는 3차원 스캐너를 개발
Mitsubishi Electric	일본	Doppler LiDAR 개발을 통해 대기 중의 풍속과 방향을 측정
한국 과학기술 연구원	한국	간유리를 렌즈로 이용한 홀로그래픽 카메라를 개발하여 기존 대비 2000배 이상의 성능 향상을 이루었으며, 해당 기술을 통해 영상 크기 및 시야각을 향상시킬
㈜히스컴피니	한국	DHM 기술 기반의 나노 눈금 줄자를 생성하는 Nano Depth Measurement 통합 솔루션 개발

3.2.2 디지털 홀로그래픽 데이터 처리 관련 기술

획득한 3차원 데이터를 이용하여 가상 객체를 얻고 이를 실객체와의 정밀한 정합을 제공하는 기술로써 실감 콘텐츠와 같은 다양한 분야에서 활용 중이며, 해당 기술을 보유한 기업은 표 6과 같다.

표 6. 디지털 홀로그래픽 데이터 처리 기술 보유 기업
Table 6. Companies with Digital Holographic Data Processing Technology

기업명	개발국	내용
마이크로소프트	미국	HoloLens를 개발하여 실제적인 변화없이 제품 진열과 매장의 레이아웃을 확인할 수 있는 홀로그램 이미지 기술 제공
Stryker	미국	홀로그램 영상을 통해 손짓으로 수술실 기구 배치를 옮겨 의료진이 원하는 최적의 수술실을 설계할 수 있도록 하는 3D 수술실 구현
치바대학교	일본	CGH 생성 시 사용되는 여러 광회절 기법을 알고리즘화하고 이를 API로 제공할 수 있는 CWO++ 개발
GATE-BOX	일본	인공지능 플랫폼 기반 스피커에 홀로그램 기술을 접목하여 인공지능 아바타와 얼굴을 마주보고 대화할 수 있는 서비스를 제공
Innoviz	이스라엘	기존 LiDAR 대비 낮은 가격과 크기를 줄인 LiDAR를 개발
SKT	한국	초단초점(Ultra Short Throw) 프로젝션 도입을 통해 HOLOBOX 시스템의 아바타를 HD 고화질 이미지로 구현할 수 있는 기술 확보

3.2.3 디지털 홀로그래픽 프린팅 관련 기술

홀로그램 프린팅은 컴퓨터 처리된 3차원 이미지 데이터를 재생하는 기술로써 대표적으로 홀로그래픽 스테레오그램 프린팅 기술과 홀로그래픽 파면 프린팅 기술로 구성되어 있다. 디지털 홀로그래픽 프린팅 기술을 보유한 기업은 표 7과 같다.

표 7. 디지털 홀로그래픽 프린팅 기술 보유 기업
Table 7. Companies with Digital Holographic Printing Technology

기업명	개발국	내용
Ultimate	프랑스	continuous RGB 레이저를 이용한 홀로그래픽 스테레오그램 프린터 개발
Geola	리투아니아	Pulse laser를 활용한 대형 홀로그래픽 스테레오그램 프린터(광학 테이블 크기) 개발
Zebra Imaging	미국	
한국전자기술연구원	한국	홀로그래픽 스테레오그램 및 풀컬러 파면 프린터 개발하였으며, 이를 통해 디지털 홀로그램 데이터의 생성과 저장 및 출력에 대한 원천 기술을 확보 중에 있음
삼성종합기술원	한국	호ئل 이미지를 증첩하여 기록함으로써 해상도를 향상시킬 수 있는 단색 홀로그래픽 스테레오그램 프린터 개발
한교아이씨	한국	마스터 홀로그램(스테레오그램 기법 적용)을 제작하여 금속 원판을 활용해 홀로그램을 복제하는 기술 보유
충북대학교	한국	디지털 콘텐츠를 제작하고 제어 시스템과 광학 시스템의 일원화를 통해 단색 홀로그래픽 스테레오그램 프린터 개발

3.3 디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠 활용 분야

홀로그래픽 프린팅 기술을 활용한 콘텐츠는 표 8과 같이 다양한 산업 분야에서 활용될 수 있다. 하지만 다양한 분야에서 적용될 수 있는 장점에도 불구하고 홀로그래픽 프린팅 시장은 몇 가지 문제점으로 인해 아직 활성화되지 못하고 있다.

- 프린팅 장치의 부피와 고해상도 콘텐츠 제작 시 높은 비용
- 대용량의 디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠 원본의 암호화 기술 부재
- 디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠 원본의 유통 플랫폼의 부재

표 8. 디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠의 예상 활용 분야
Table 8. Anticipated application of digital holographic printing content

분야	내용
아이들 상품 제작	<ul style="list-style-type: none"> • 홀로그램 스티커를 이용하여 아이들의 얼굴, 로고, 캐릭터 등을 다양한 형태로 활용 가능하며, 실제로 뉴진스, BTS 등 인기 아이들의 홀로그래픽 스티커가 현재 거래 중에 있음 • 향후 홀로그램 스티커만이 아닌 3D 홀로그램 사진 액자를 통한 새로운 상품 개발이 가능함
문화/예술/공연/관광 기념품	<ul style="list-style-type: none"> • 관광지의 유명 건축물이나 자연경관을 홀로그램 이미지로 제작할 수 있으며 관광 지도, 스티커 등에 활용 가능함 • 홀로그래픽 프린팅 기술을 적용한 청자 액자 등 빛과 시선의 이동에 따라 원하는 방향의 문화재를 감상할 수 있는 3D 볼륨 홀로그램 액자로 활용 가능 • 또한 전시 및 미술 작품을 입체적으로 표현할 수 있으며, 콘서트의 무대 연출 등에서도 사용 가능함
게임/애니메이션 캐릭터	<ul style="list-style-type: none"> • 유명 애니메이션의 캐릭터를 홀로그램 스티커화하여 소유할 수 있으며, 실제로 짱구 등 인기 캐릭터의 홀로그램 스티커는 판매 중에 있음 • 또한 게임 내의 사용자 자신의 캐릭터를 홀로그램화하는 서비스로의 확장을 기대할 수 있음
교육 자재	<ul style="list-style-type: none"> • 홀로그램 프린팅 이미지를 사용하여 기존 평면자료에서 제공할 수 없던 시각적 자료의 보완이 가능함 • 예를 들어, 분자 구조나 실제로 접할 수 없는 문화재 및 미술품 등을 홀로그램으로 프린트하여 제공할 경우 해당 교육에 대한 이해도를 높일 수 있음
상품 광고	<ul style="list-style-type: none"> • 홀로그래픽 프린팅 이미지를 상품 설명 카탈로그 등에 적용하여 상품에 대한 상세하고 객관적인 설명을 제공할 수 있음 • 뿐만 아니라 이벤트 홍보 시에 홀로그래픽 프린팅 이미지를 사용할 경우 소비자에게 시각적으로 더욱 많은 정보를 줄 수 있음
기타 활용 분야	<ul style="list-style-type: none"> • 이 외에도 홀로그램 데이터 획득 및 프린팅 기술의 발전을 통해 의료, 교육, 산업 기기 부품 스캐닝, 군수 등 다양한 분야에서 활용 가능함

3.4 홀로그래픽 프린팅 저작권 침해 사례

홀로그래픽 프린팅 콘텐츠는 다양한 분야에서 적용되어 있으나, 해당 분야에 대한 저작권 침해 사례는 현재까지 나타나고 있지 않다. 이는 홀로

그래픽 프린팅 콘텐츠를 온라인으로 유통할 수 있는 유통 플랫폼이 존재하지 않은 것이 원인으로 보여진다. 또한 온라인 전송 시에 디지털 홀로그래픽 콘텐츠를 효율적으로 보호할 수 있는 기술의 부재로 인해 콘텐츠 원본이 유출될 수 있기 때문에 현재에는 대부분이 오프라인 전달 방식으로 유통이 이루어지고 있는 것으로 판단된다. 하지만 보안 분야(정품인증)에서 사용되는 엠보싱 홀로그램 기술은 보호 기술이 존재하지 않아 다음과 같은 무단 복제가 심각한 상황이다.

- 홀로그램을 부착하여 제품의 진위여부를 확인하는 안전 기술을 위조하여, 불법적으로 제품을 판매
- 운전면허증, 신분증, 여권 등의 문서에 추가되는 홀로그램을 위조하여 불법으로 신분증 제작

또한 현재까지 저작권 침해 사례는 존재하지 않지만 홀로그램 프린팅 기술은 향후 의료, 방송통신, 제조, 취미오락 등 더 많은 분야로의 확장이 가능하여 저작권 보호 기술의 부재로 인한 저작권 침해 문제가 대두될 것으로 예상된다.

- 디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠 무단 복제 및 유통
- 디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠의 수정 및 파생물 작성
- 디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠의 불법 전시 등

4. 문제점 및 대응 방안

본 장에서는 현재의 디지털 홀로그래픽 프린팅 및 콘텐츠 기술의 문제점을 제시하며, 이러한 문제점에 대한 대응 방안을 제시한다.

4.1 현 기술의 문제점

홀로그래픽 프린팅 기술의 응용 잠재력에 불구하고 저작권 보호 기술 부재로 인해 선제적 기술 개발이 필수적인 상황이다. 현재 디지털 홀로그래픽 프린트 콘텐츠 보호 기술로는 광학 파장을 이용한 디지털 홀로그래픽 프린트 콘텐츠 암호화 및 저작권 연구는 있으나, 디지털 홀로그래픽 프린트 콘텐츠 자체를 보호하는 암호화 등의 저작권 기술은 아직 연구되지 않는다.

국내외 현황을 살펴보았을 때 디지털 홀로그래픽 프린트 콘텐츠에 대한 암호화 연구는 많지 않으며, 대부분 홀로그램 기반의 인증과 관련된 보안 연구들이 주를 이루고 있다. 때문에 암호화에 대한 연구 내용도 결과에 대해 비교할 수 있는 항목과 수치 기준이 불확실하며, 디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠의 저작권 개념까지 포함한 보안 관련 연구는 확인할 수 없는 상황이다. 디지털 홀로그래픽 프린트 콘텐츠는 작은 크기에도 많은 크기의 정보를 담고 있어 제작 시 큰 비용이 소요되기 때문에 저작권 보호 기술이 적용되지 않아 원본 콘텐츠의 유출을 방지하는 기술 개발이 시급하다.

또한, 상용화에 걸림돌로 작용하는 대용량의 호겔 이미지가 포함된 디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠에 대한 고속 암호화 기술은 존재하지 않은 상황이다. 기존 암호화 기술은 단순한 문서나 형식이 있는 데이터의 암호화에 최적화 되어있어, 홀로그램, 영상 등의 일정한 형식이 없는 비정형 대형 데이터를 암호화하기엔 연산이 복잡해지고 연산량이 급증하는 단점 또한 존재한다. 기존 홀로그램 기술은 디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠 획득과 이를 시각화할 수 있는 디스플레이 기술에 중점을 두고 있어 디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠의 온라인 거래 및 유통에 대한 연구 및 기술은 존재하지 않는다.

4.2 대응 방안

디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠 외에도 상기 언급된 압·복호화가 적용될 수 있는 데이터 중 저작권을 가진 시각 자료들에 대해 사용자가 확인할 수 있는 인증 방법을 제공하는 방법이 적용될 수 있다. 대표적으로 워터마크나 QR코드를 통한 저작권 정보 확인 등의 방법이 이용될 수 있다. 또한, 홀로그램 파면 프린팅 기술개발을 통해 입체 이미지 프린팅과 홀로그래픽 광학소자(HOE; holographic optical elements) 등의 광학 부품 제작 서비스를 통해 디지털 홀로그래픽 프린팅의 기술적 성장과 사업성을 확보할 수 있다.

디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠 원본의 보호 측면에서는 최근 빠르게 발전하는 GPU(graphics processing unit)의 성능을 활용하여 압복호화 병렬화 방식 기반의 대용량의 디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠를 고속으로 압복호화 하는 방법을 이용할 수 있다. 해당 기술은 디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠 뿐만 아니라 대용량 데이터를 유통해야 하는 서비스 전반에서 사용 가능하기 때문에 디지털 홀로그래픽 프린팅 시장을 벗어나 다양한 분야에서 수익성을 가질 수 있을 것으로 보여진다.

디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠의 유통 및 관리 측면에서는 블록체인 기술을 활용하여 고부가가치의 디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠의 불법복제 방지 및 저작권 보호 및 홀로그램 생산체인을 구축하는 방법을 도입할 수 있다. 디지털 홀로그래픽 프린팅 시장에서 저작권자와 사용자 간의 신뢰성 있는 정산 및 거래 시스템으로 활용될 수 있다.

마지막으로 컴퓨터에서 생성된 홀로그래픽 정보가 아닌 실사 물체의 홀로그래픽 정보가 필요한 분야로의 적용을 통해 시장을 더욱 확대할 수 있다. 예를 들어, 디지털 트윈과 같은 신기술 분야와 결합하여 현실 세계의 사물과 가상 세계의

사물이 실시간으로 동기화되는 형태로 접근할 경우, 현실 세계의 실사 물체가 가진 홀로그래픽 정보가 더욱 중요해질 수 있다. 따라서 이러한 조건을 충족하기 위해 실사 물체를 디지털 홀로그래픽 데이터화 하는 기술의 연구가 진행될 수 있을 것이다.

5. 기술 전망 및 기대 효과

본 장에서는 디지털 홀로그래픽 프린팅 및 저작권 보호 기술 연구를 통한 기술 전망과 기대 효과를 서술한다.

5.1 디지털 홀로그래픽 프린팅 저작권 관리 시장 개척/활성화

4장에서 제시된 고속 암호화 기술, 복제 방지 기술은 영상의 진위여부를 판별하는 인증 시스템과 정보 보안 시스템에 응용될 수 있다. 또한 클라우드 기반의 관리 시스템으로 디지털 홀로그래픽 프린팅의 신기술을 확보하고 실시간 콘텐츠를 관리할 수 있는 생산 체인을 제공할 수 있다.

기존 디지털 홀로그래픽 프린팅 저작권 유통 체계는 저작권 보호에 대한 수단이 없었으나 위의 연구를 통해 새로운 저작권 보호 디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠 유통 체계를 개척할 수 있다. 이러한 유통 체계는 고부가가치의 디지털 홀로그래픽 프린팅 저작권을 국·내외 시장에 안전하고 빠르게 유통하여 시장 활성화에 긍정적인 영향을 제공할 수 있을 것이다.

5.2 홀로그래픽 프린팅 서비스용 저작도구 활용

디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠 저작권 보호 기술 연구를 통해 개발된 결과물은 전시, 3D 지도, 완구 조감도 및 아이돌 상품 등을 보호할 수 있기 때문에 신산업 창출에 걸림돌이 되는 저

작권 피해를 최소화 하는데 도움이 될 수 있다. 또한 개발된 결과물은 ‘디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠 저작도구’ 등으로 콘텐츠를 확보한 콘텐츠 기업(예; SM Entertainment, Locus, EBS 등)에 풀턴키(full turn key) 방식으로 판매 혹은 기술이전이 가능하여 지속적인 수익 창출이 가능하다.

인기 게임 캐릭터 혹은 라인 카카오 프렌즈와 같은 대중적인 캐릭터를 사용하여 홀로그래픽 프린팅 사업화를 진행할 수 있으며, 추후 BTS와 같은 유명 아티스트들의 실사를 이용한 디지털 홀로그래픽 프린팅 서비스를 통해 다양한 시장 창출을 통한 사업화로 이어질 수 있다.

기존의 엠보싱 홀로그램과 같이 정품인증을 위한 복사방지용 홀로그램 스티커와 같은 서비스에 응용이 될 수 있도록 디지털 홀로그래픽 프린팅을 이용한 고급화 전략의 서비스를 개발하여 제공할 수 있다. 또한 전자제품의 매장 진열용으로 활용이 가능한 3차원 입체 프린팅 광고 등의 방법으로도 활용 가능하다.

5.3 대용량 콘텐츠 암복호화 기술 활용

디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠 보호를 위한 고속 암복호화 기술은 차후 디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠 외에 빅데이터를 다루는 다른 분야에서도 응용이 가능하다. 이를 통해 차세대 데이터 기반 산업들의 보안 가이드 라인 및 원천 기술 확보로 기술 확장 기대할 수 있다.

GPU 기반 시스템은 CPU 기반 시스템과 비교하여 병렬 처리 부문에서 차별성을 가지고 있으며, 향후 다양한 하드웨어 아키텍처에 응용이 가능할 것으로 보인다. 때문에, 향후 연구, 산업에서의 하드웨어 자유도를 높임과 동시에 분야 접근성을 낮추는 효과를 가져다 줄 수 있다.

5.4 다양한 분야의 디지털 홀로그래픽 프린팅 저작권 유통

디지털 홀로그래픽 프린팅 문화/예술 콘텐츠의 암호화 및 복호화를 통한 안전한 유통망을 구축할 수 있다. 또한 반도체, PCB, 디스플레이 검사 등 디지털 홀로그래픽 프린팅 보안, 유통, 보안보관, 보안분석 등 디지털 홀로그래픽 프린팅 콘텐츠 보안에 적용할 수 있다.

6. 결론

디지털 홀로그래픽 프린팅 시장은 콘텐츠의 생성, 거래, 전송, 출력과 함께 저작권까지를 포괄하는 영역으로 볼 수 있다. 따라서 단순히 콘텐츠를 생성하고 출력하기 위해 데이터를 전달하는 과정만을 고려하는 것이 아닌 디지털 홀로그래픽 프린터를 통해 출력할 수 있는 콘텐츠를 생성하는 방법, 콘텐츠를 안전하게 거래하여 수익을 정산받는 방법, 거래가 완료된 콘텐츠를 안전하게 전달하는 방법, 거래를 통해 수신한 콘텐츠를 출력하는 방법, 거래된 콘텐츠의 저작권을 관리하는 방법 등이 모두 고려되어야만 한다. 하지만 현재의 디지털 홀로그래픽 프린팅 시장은 디지털 홀로그래픽 콘텐츠를 출력하여 평면 상에 홀로그램을 출력하는 방법에 대한 연구만이 진행되고 있다.

어떠한 기술이던 시장이 성장하기 위해서는 수요와 공급이 적절히 발생해야 하며, 수요와 공급 사이를 연결해줄 수 있는 기술이 뒷받침되어야만 한다. 하지만 현시점의 디지털 홀로그래픽 프린팅 시장은 인쇄 기술에만 초점이 맞춰져 있기 때문에 현 시점에서 시장이 활성화 될 경우 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 원본의 유출, 오남용, 저작권 침해, 무단 복제 등의 문제가 발생할 수밖에 없다. 따라서 이러한 문제를 막기 위해 시

장이 형성되기 전에 이와 관련된 연구를 통해 기반 기술이 마련되어야만 한다. 본 연구에서는 향후 개척될 디지털 홀로그래픽 프린팅 시장의 원활한 성장을 위해 현 시점에서의 시장 규모와 상황을 살펴보았으며, 현재 시점의 문제점을 분석하고 이를 해결할 수 있는 방향을 제시하였다. 이를 통해 디지털 홀로그래픽 프린팅 기술이 가지고 있는 잠재력과 향후 개척될 시장의 형태를 단편으로나마 확인해볼 수 있었으며, 앞으로 나아가야 할 방향에 도움이 될 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2023년도 저작권기술 연구개발사업으로 수행되었음
 (과제명 : 디지털 홀로그래픽 프린터용 콘텐츠 저작권 보호 및 응용 기술 개발,
 과제번호 : CR202104002, 기여율: 100%)

참 고 문 헌

- [1] Carmigniani, Julie, et al. "Augmented reality technologies, systems and applications." *Multimedia tools and applications* 2011: 51: 341-377. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11042-010-0660-6>
- [2] Jayaram, Sankar, et al. "Assessment of VR technology and its applications to engineering problems." *J. Comput. Inf. Sci. Eng.* 2001: 1(1): 72-83. DOI: <https://doi.org/10.1115/1.1353846>
- [3] de la Fuente Prieto, Julián, Pilar Lacasa, and Rut Martínez-Borda. "Approaching metaverses: Mixed reality interfaces in youth media platforms." *New Techno Humanities*, 2022: 2(2): 136-145. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techum.2022.04.004>
- [4] W-B Kim, K-Y Park, Y.J Joe and D-M Shin. (2022). Design of Proxy Re-encryption Based Market System for Copyright Protection of Digital Holographic Printing Content. *Journal of Software Assessment and Valuation (JSAV)*. 18(1). 25-35. DOI: <http://doi.org/10.29056/jsav.2022.06.04>
- [5] W-B Kim, Y.J Joe and D-M Shin. (2022). A Technique for Proof of Ownership of Metaverse Works without Providing Source Data. *Journal of Software Assessment and Valuation (JSAV)*. 18(2), 37-46. URL: <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artiId=ART002908079>
- [6] K.S KIM, Y.S Chang, E.J Cho, S.H Shin and I.S Jang. (2022). A Study on Collaborative Support for 3D City Models using Mixed Reality. *Journal of Software Assessment and Valuation (JSAV)*. 18(2), 209-219. URL: <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artiId=ART002908102>
- [7] Su J, Yan X, Huang Y, Jiang X, Chen Y, Zhang T. Progress in the Synthetic Holographic Stereogram Printing Technique. *Applied Sciences*. 2018; 8(6):851. DOI: <https://doi.org/10.3390/app8060851>
- [8] Dashdavaa E, Khuderchuluun A, Wu H-Y, Lim Y-T, Shin C-W, Kang H, Jeon S-H, Kim N. Efficient Hogel-Based Hologram Synthesis Method for Holographic Stereogram Printing. *Applied Sciences*. 2020; 10(22):8088. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10228088>
- [9] Korea Institute of Science & Technology Evaluation and Planning(KISTEP). (2019). Hologram Technology Development Project Preliminary Preliminary Division Survey Report to Realize Digital Life Service. URL: https://www.kistep.re.kr/board.es?mid=a10305080000&bid=0002&act=view&list_no=25513&tag=&nPage=19

- [10] Global Industry Analysts. (2020). Holography for industrial applications, URL: <https://www.marketresearch.com/Global-Industry-Analysts-v1039/Holography-Industrial-Applications-33246718/>
- [11] INDUSTRY ARC. (2018). Holographic Display Market. URL: <https://www.industryarc.com/Report/15041/holographic-display-market.html>
- [12] Grand Review Research. (2018). Medical Holography Market Analysis Report. URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/medical-holography-market>

저 자 소 개



김원빈(Won-Bin Kim)

2015.2 순천향대학교 소프트웨어공학과 졸업
2017.2 순천향대학교 컴퓨터학과 석사
2022.2 순천향대학교 소프트웨어융합학과 박사
2022.1-현재 : 엘에스웨어 소프트웨어연구소
연구개발본부 팀장(수석연구원)
<주관심분야> 저작권 보호, 디지털 홀로그래픽 프린팅, 암호프로토콜, 암호학, 클라우드 보안, 프록시 재암호화, 암호데이터 중복제거



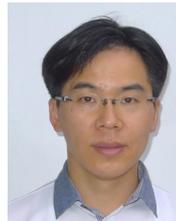
박경엽(Kyung-Yeob Park)

2019.2 서울과학기술대학교 컴퓨터공학과 석사
2019-현재 : 엘에스웨어(주) 선임
<주관심분야> IoT 보안, 블록체인, 빅데이터, 메타버스



조용준(YongJoon Joe)

2011.3 큐슈대학교 전기정보공학과 졸업
2013.3 큐슈대학교 정보학부 석사
2016.3 큐슈대학교 정보학부 박사과정 수료
2013.4-2016.3 일본 학술진흥원 특별연구원
2016.4-현재 : 엘에스웨어 이사
<주관심분야> 병렬·분산 컴퓨팅, 게임이론, 분산 제약 최적화 문제



신동명(Dong-Myung Shin)

2003.2 대전대학교 컴퓨터공학과 박사
2001-2006 한국정보보호진흥원
응용기술팀 선임연구원
2006-2014 한국저작권위원회
저작권기술팀 팀장
2014-2016 한국스마트그리드사업단
보안인증팀 팀장
2016-현재 엘에스웨어(주) 소프트웨어연구소
연구소장/상무이사
<주관심분야> 오픈소스 라이선스, 저작권기술, 시스템/네트워크보안, SW취약점분석·감정, 블록체인 기술, 홀로그램