

A Study on the Production Techniques of Indoor and Outdoor 3D Advertising Content

Byong-Kwon Lee*

*Professor, School of media contents, Seowon University, Chungbuk, Korea

[Abstract]

Digital advertising, both indoors and outdoors, is evolving from traditional 2D formats to more immersive 3D forms. 3D advertising involves creating 3D content and displaying it through large LED installations on two sides of a building's corner, or using 3D hologram projectors indoors. This study examines the production process of 3D hologram projectors used indoors and LED-based 3D content used outdoors, analyzing potential issues and considerations when creating 3D digital advertising content.

The findings reveal that while indoor hologram projector content provides 3D effects, the low resolution of the devices makes it challenging to implement complex content. However, they are cost-effective and easy to operate. On the other hand, LED-based 3D advertising content, produced in high resolution, requires more time for content creation and incurs higher hardware installation costs. Despite this, it effectively represents complex content and maximizes visibility due to its enhanced 3D effects. In conclusion, it is crucial to create tailored content that matches the resolution of the display device to maximize 3D effects in advertising. Specifically, when producing 3D billboard-style outdoor advertising content, the structure of the building on which it will be installed must be carefully considered.

▶ **Key words:** Billboard, Hologram, LED Billboard, Outdoor Advertising, 3D digital advertising

[요약]

실내외에서 표현되는 디지털 광고는 기존의 2D 방식에서 몰입감을 주는 3D 형태로 변화하고 있다. 3D 광고는 3D로 제작된 광고 콘텐츠를 영상화하여, 건물 모서리 두 면에 설치된 대형 LED 장치를 통해 광고하는 방식과 실내에서 활용되는 3D 홀로그램 프로젝터 방식이 있다. 본 연구에서는 실내에서 사용되는 3D 홀로그램 프로젝터와 실외에서 활용되는 LED 기반 3D 콘텐츠의 제작과정을 연구하고, 3D 디지털 광고 콘텐츠 제작 시 발생할 수 있는 문제점과 제작 방법을 분석했다. 연구 결과, 실내에서 3D 효과를 제공하는 홀로그램 프로젝터 콘텐츠는 장치의 해상도가 낮아 복잡한 콘텐츠 구현이 어렵지만, 설치비용이 저렴하고 운영이 간편하다는 장점이 있음을 확인했다. 반면, LED 기반 3D 광고 콘텐츠는 고해상도로 제작되어 콘텐츠 제작 시간과 하드웨어 설치비용이 많이 들지만, 복잡한 콘텐츠도 쉽게 표현할 수 있고, 입체효과로 인해 가시성이 극대화된다는 점을 확인했다. 결론적으로, 3D 광고 콘텐츠를 제작할 때는 장치의 해상도에 맞는 맞춤형 콘텐츠를 제작해야 3D 효과를 극대화할 수 있음을 확인했다. 특히, 3D 빌보드 형태의 실외 광고 콘텐츠를 제작할 때는 설치된 건물의 형태를 충분히 고려해야 한다.

▶ **주제어:** 광고, 홀로그램, LED 광고, 옥외광고, 3D 디지털광고

- First Author: Byong-Kwon Lee, Corresponding Author: Byong-Kwon Lee
- Byong-Kwon Lee (sonic747@daum.net), School of media contents, Seowon University
- Received: 2024. 08. 13, Revised: 2024. 09. 04, Accepted: 2024. 09. 05.

I. Introduction

3D 디지털 광고는 기업의 상품홍보에서 최근에 주목받고 있는 기술 중 하나이다. 광고를 시청하는 사용자는 평균적으로 약 8초 동안 집중한다고 알려져 있으며, 이 짧은 시간 동안 광고의 효과를 극대화하여 기억에 남게 만드는 것이 중요하다. 대표적인 3D 광고 방식으로는 LED 디스플레이 장치를 활용한 무안경 방식의 3D 입체 기술이 있으며, 이는 뉴 미디어아트와 한 형태로 자리 잡고 있다 [1][2]. 본 연구는 실내에서 사용하는 3D 홀로그램 프로젝터와 건물 외벽에 설치하여 사용하는 3D LED 빌보드에 대한 3D 콘텐츠 제작 방법을 연구한다. Table 1은 광고에 사용되는 3D 홀로그램 방식과 3D LED Billboard 서비스 형태를 비교한 것이다[3][4].

Table 1. Type of 3D Billboard Media

3D Hologram Projector (3D Projector Pan)	3D LED Billboard (3D Advertising Media Fashad)
3D projection 	

기본원리는 빛을 반사는 방식, 실외 조명의 영향을 받는 지 아닌지, 각도와 거리가 필요한지 아닌지 따라 다르며, 애플리케이션으로 사용하는 방식인 실내 및 실외 방식에서 차이를 보인다. 또한, 비용면에서 3D 홀로그램 프로젝터 방식이 저렴하며, 3D LED 빌보드 방식은 높은 비용과 설치의 복잡함 및 3D 콘텐츠 제작 시 고려해야 할 사항이 많다. 하지만 광고 효과는 높다. 특히 이러한 광고 솔루션을 제작하기 위해서는 주사율, 동영상 콘텐츠, 시각효과 및 비용을 고려해 설계 및 제작되어야 한다[5][6].

본 연구에서는 2가지 방식에 대한 설계, 구성 및 제작 방법을 연구하고 장단점을 비교 분석해 3D 입체 광고 시장에 진입을 위한 차세대 뉴-미디어아트 제작에 대한 방향을 제시하고자 한다.

II. Preliminaries

1.1 3D stereoscopic imaging technology

3D 입체 영상 기술은 Fig 1과 같이 구분된다. 3D 입체 영상 기술은 콘텐츠와 전송기술(제작, 저장, 전송), 디스플레이 기술(스테레오코스코픽, 멀티뷰)로 구분된다[7][8][9]. 본 연구에서는 멀티뷰에서 파랄랙스 바리어(Parallax-barrier) 기술이 적용된 하드웨어를 사용한다.

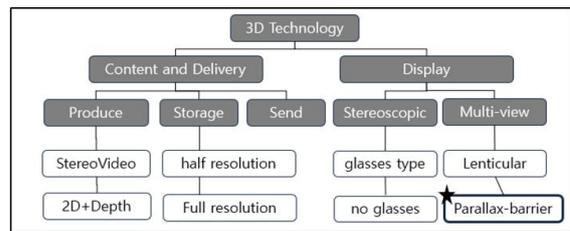


Fig. 1. 3D Stereoscopic Technology

파랄랙스 바리어 기술은 3D 디스플레이의 한 유형으로, 사용자에게 깊이감 있는 이미지를 제공하는 데 사용하고, 일반적으로 LCD(액정 디스플레이)나 OLED(유기 발광 다이오드 디스플레이)와 같은 디스플레이 사용한다. 파랄랙스 바리어는 특수한 바리어 스크린이나 필름으로 구성되고 바리어는 각 눈에 해당하는 이미지를 교차되는 방식으로 생성하고, 이를 통해 깊이감 있는 3D 이미지 표현하는 방식이다[9][10].

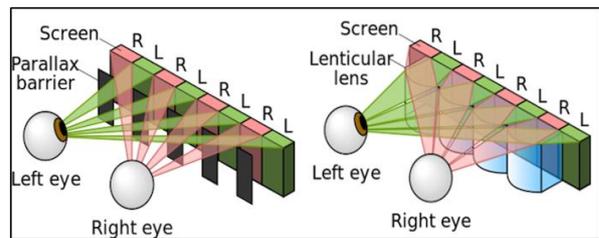


Fig. 2. Parallax-barrier and Lenticular Lens

Fig. 2에서 언급한 방법은 입체영상을 구현하는 방법은 하드웨어적인 방법이다. 또한, 소프트웨어적인 방법은 Table 2과 같은 원리를 이용한다. (a) 크기예의한 원근, (b) 겹침에 의한 원근, (c) 밝기에 의한 원근, (d) 선명도에 의한 원근, (e) 시점의변화차, (f) 원근감에 따른 변화, (g) 줌인줌아웃의 변화, (h) 컬러의 색상 차와 같은 방법이 있다.

Table 2. Perspective for 3D effect expression

(a) Size	(b) Overlapping	(c) Brightness	(d) Clarity
(e) Point of view	(f) Focus of view	(g) Zoom In Zoom Out	(h) Color difference

1.2 3D Hologram Projector

3D 홀로그램 프로젝터는 착시현상을 이용해 3D 효과를 볼 수 있는 광고 솔루션이다. 3D 홀로그램 프로젝터는 공간에 떠 있는 것처럼 보이는 3D 영상을 투사하는 장치로 홀로그램 프로젝터의 유형 및 광고를 위한 장치로 저렴한 가격에 3차원 홀로그램을 통한 광고에 자주 사용하고 있다[11][12].

Table 3. Type of 3D Hologram Projector

Type	Product information
	Resolution:1600*516px Imaging size:52*52cm Support format:MP4/JPEG Viewing angle : 170
	Resolution:1024*234px Imaging size:310*310cm Support format:MP4/JPEG Viewing angle : 360

3D 홀로그램 프로젝터는 일반 프로젝터보다 훨씬 넓은 시야각을 제공하며, 프로젝터 전면에서 입체 이미지를 볼 수 있다. 또한, 3D 홀로그램 프로젝터를 사용하여 사용자가 비접촉 방식으로 리모컨을 이용해 3D 이미지와 제어를 할 수 있다. 응용 분야로 게임, 교육 및 의료 응용 분야에 광고에 사용할 수 있다. 또한, 3D 홀로그램 프로젝터는 점점 더 작고 휴대성이 우수하다. 본 연구에서는 홀로그램 프로젝터에 표시되는 3D 모델 제작 방법 분석과 및 어떻게 하면 고품질의 콘텐츠를 제작할 수 있는지에 대한 방법을 제시했다.

1.3 3D LED Billboard

3D LED 광고판(Billboard)은 첨단 LED 기술과 3D 영상 기술을 접목해 구현되는 혁신적인 광고 매체이다. 기존 2D 광고와 차별화된 입체적인 영상을 통해 사용자에게 강렬한 시각적 경험을 제공하며, 몰입감 넘치는 광고 경험을 제공한다[13][14].

Table 4. Type of LED Billboard

2D Billboard	3D Billboard	Dom Billboard
Modul Size :250*250mm, Modul Resolution:96*96dots, Working Voltage:110, 240V, Pixel:2.6mm, Color:RGB		

Table 4의 3D LED Billboard는 대형 LED 패널로 이루어진 3D 광고로 건물 외부나 광장 등에 설치되어 도시의 유휴공간에 설치되어 운영된다. 한 예로 쇼핑몰이나 백화점 내부에 설치해 3D 광고, 행사나 전시회에서 사용한다. 이러한 3D 광고의 콘텐츠 제작은 그래픽 소프트웨어를 사용해서 설계 및 디자인을 진행해야 한다. 주요 원리는 그림3과 같이 LED 디스플레이를 2개의 패널을 연결해 곡면 만들고 3D 화면을 구성한다[15][16][17].

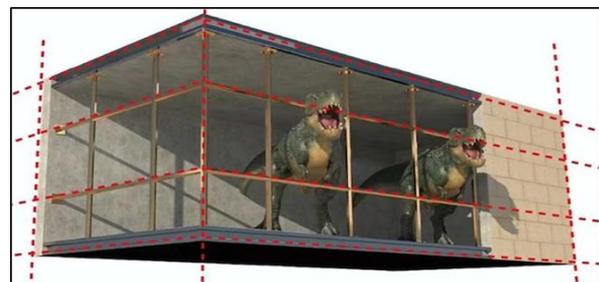


Fig. 3. 3D Screen Composition for Billboard

또한, 3D 광고 콘텐츠 제작은 기획단계(컨셉 설정, 스토리보드제작, 각본 작성, 캐릭터 및 배경설정, 기술적 사양 설정), 제작단계(3D모델링, 텍스처링, 리깅, 애니메이션, 라이팅, 렌더링), 후반 작업단계(편집, 음향작업, 색상교정, 검토)로 구성된다. 본 연구에서는 위 과정 중 제작단계를 진행해 봄으로써 입체감을 극대화하는 방법을 제시하고자 했다.

III. The Proposed Scheme

본 절에서는 3D 광고에 사용하는 콘텐츠 제작하는 과정을 3D 모델링 도구인 블렌더(Blender),유니티, 포토샵을 사용해 그래픽 디자인 모델링을 진행했다. Table 5는 콘텐츠 제작에 사용한 환경을 정의한 것이다. 또한 시험으로사용된 장치는 “Y27-3D FAN”, “P3mm indoor Full Color Led”를 사용했다.

Table 5. Environment of Contents

Category	Environment
OS	Microsoft Windows [Version 10.0.22631.3880]
3D Model Tool	Blender 3.12, Photoshop, Unity
3D Display Hardware	Hologram Display Y27-3D FAN P3mm indoor Full Color Led
Resolution	332*332, 1549*1549

1.1 Design of 3D Hologram Projector

본 절에서는 3D Hologram Projector를 위한 광고 콘텐츠를 제작하는 과정이다. Table 6은 Layout, Modeling, UV Editing, Shading 및 Animation 과정이다.

Table 6. 3D Hologram Projector Contents

Layout	Modeling
UV Editing	Shading
Animating(for 3D View to Billboard)	
Render Properties	Out Properties
Render Engine : Eevee Sampling : Render 64 Viewport, Denoising Film: Filter Size 1.50px Shadow Cube Size 512px	Resoution:1,820px Frame : 90 Frame Late: 30fps File Format:PNG Processing:Continus
Render Properties	Out Properties
Render Engine : Eevee Sampling : Render 64 Viewport, Denoising Film: Filter Size 1.50px Shadow Cube Size 512px	Resoution:1536px Frame : 280 Frame Late: 24fps File Format:FFmpeg Processing:Pipeline

1.2 Design of 3D LED Billboard

본 절에서는 3D LED Billboard 콘텐츠 제작과정으로 주로 실외에 설치해 건물의 방향과 형태를 고려해서 제작

한다(입체효과 극대화). 특히, 건물의 모서리 부분에 설치되므로 건물의 모양을 분석해 최대한의 시야각을 갖도록 구성한다. 그래서 건물의 형태를 3D 모델에 포함 시키고 표시될 위치만 따로 추출한다(동영상으로 저장함).

Table 7. 3D LED Billboard Contents

Layout	Modeling
UV Editing	Shading
Animating(for 3D View to Billboard)	
Render Properties	Out Properties
Render Engine : Eevee Sampling : Render 64 Viewport, Denoising Film: Filter Size 1.50px Shadow Cube Size 512px	Resoution:1,820px Frame : 90 Frame Late: 30fps File Format:PNG Processing:Continus

Table 7은 3D LED Billboard 콘텐츠 제작과정으로 실외 건물을 함께 디자인하고, 실제 보여줄 광고 콘텐츠를 삽입하는 과정을 포함한다. 또한, 애니메이션 기능을 이용해서 시각화 효과를 극대화하도록 구현한다. 최종적으로 제작된 콘텐츠는 동영상으로 저장해, LED광고 디스플레이에 표시한다.

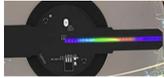
IV. Experiment and analysis

본 절에서는 앞에서 언급한 3D 입체 Billboard 시스템에 대한 3D Hologram Projector와 3D LED Billborad 시스템에 운영되는 3D 콘텐츠 제작 과정을 제시했다. 두 개의 플랫폼은 하드웨어 형태가 달라서 3D 모델링을 통한 광고 콘텐츠 제작 방법이 다르다.

1.1 Design of 3D Hologram Projector

3D Hologram Projector에 사용되는 3D콘텐츠 제작은 하드웨어 LED의 Dots수에 맞도록 설계 및 제작해야 한다. 또한, 3D 효과를 극대화가 되려는 방법으로 배경을 투명하게 처리하고, 애니메이션 적용(축소, 확대)으로 동영상 형태(MP4)로 진행했다. 또한, 3D 콘텐츠 제작은 블레이드 폭을 고려해 작성한다. 1 pixel (X) = 0.0264583333 cm, 1 cm = 37.7952755906 pixel (X)) 이와 같이 계산한다면 디자인시 오류(width not divisible by to size) 발생해 Table 8과 같이 Re-Resolution을 변경해야 한다.

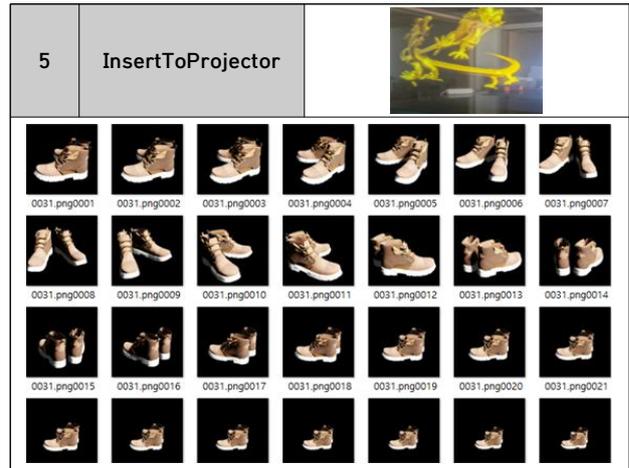
Table 8. 3D Hologram Projector for Billboard

Product 3D Hologram Projector	Real Resolution	Blade
	Re-Resolution	Diameter
	Viewing angle	Dots
	332*332	1
	320*320	8.8
	170	120
	1549*1549	2
	1536*1536	41
	170d	224
	929*929	2
	928*928	24.6
	360d	160

이러한 문제를 해결한 방법으로 "Width" 및 "Height" 값을 2의 거듭제곱으로 변경한다. 예를 들어 1536x1536(2^9=1536) 변경한다. 이러한 이유는 미프맵 생성의 문제로 미프맵은 텍스처를 저장하는 방식으로 렌더링 속도 및 품질향상에 도움을 주는 방식이다. 또한, 텍스처 샘플링의 경우 2의 거듭제곱이면 수학적으로 계산하기 간편하다. 이러한 제약점이 많아서 블렌더 그래픽 제작 도구에서는 거듭제곱에 해당하는 해상도(512x512, 1024x1024, 2048x2048)를 지원하도록 설계됐다. Table 9은 3D 홀로그램에 사용한 콘텐츠 제작이다.

Table 9. Contents process for 3D Hologram

Step for Contents		Design of content
Env	Frames	280 Frame
	Play Time	1.1 SEC
	Data Speed	5862 KBPS
1	Shoes Model	
2	Render Properties	Render Engine : Eevee Film : Transparent
3	Output Properties	Resolution : 2^n FileFormat : FFMpeg(MP4) Video Codec :H.264
4	OutData	



1.2 Design of 3D LED Billboard

3D LED Billboard는 대형 LED 디스플레이 장치를 이용해 광고 영상을 3D 형태로 표시하는 장치이다.

Table 10. 3D Billboard Product Environment

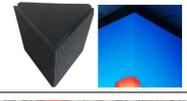
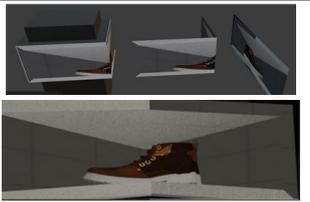
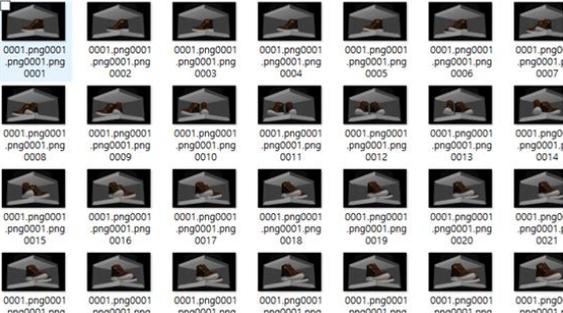
Product 3D LED Billboard	Pixel Pitch	Pixel Density
	Module Size	LifeSpan
	View Distance	Refresh Rate
	3.91mm	65,410P/m^2
	250*250mm	100,000hrs
	2m	1920~3840hz
	4.81mm	43,264P/m^2
	250*250mm	100,000hrs
	2m	1920~3840hz
		

Table 11. Result of the 3D Contents for Billboard

Step for Contents		Design of content
Env	Frames	90 Frame
	Play Time	1.1 SEC
	Data Speed	5862 KBPS
1	Shoes Model	
2	Import to buiding	
3	Display flattening	
2	Render Properties	Render Engine : Eevee Film : Transparent

3	Output Properties	Resolution : 2^n FileFormat : FFMpeg(MP4) Video Codec :H.264
4	OutData	
5	Insert To 3D Billboard	
		

3D 빌보드에서 시야각에 따른 입체감에 대한 계산은 3D 빌보드는 실제 3D 객체가 아닌 평면 이미지를 사용하여 3D 공간에서 입체감을 고려해 한다. 입체감을 좌우하는 요소는 1. 빌보드 설치 위치 및 설치 방향 확인해서 위치(position) 및 방향(direction)을 정한다. 2. 사용자에게 눈에 해당하는 카메라 위치(cameraPosition) 및 방향(cameraDirection) 정한다. 3. 빌보드 평면과 카메라 방향의 벡터 내적 계산한다 (벡터 내적은 두 벡터가 얼마나 일치하는지 나타내는 값, 내적이 0에 가까울수록 두 벡터는 서로 수직) 다시 말해, 빌보드 평면의 법선 벡터 계산하고 billboardNormal = cross(direction, up), 계산된 법선 벡터를 기준으로 법선 내적을 계산한다. dotProduct = dot(billboardNormal, cameraDirection) 최종적인 4. 시야각계산은 아크 코사인 함수를 사용하여 벡터 내적 값을 기반으로 시야각을 계산한다. viewingAngle = acos(dotProduct), 이러한 입체감 계산(시야각과 빌보드 크기를 사용하여 입체감 값을 계산)은 입체감 값은 일반적으로 0에서 1 사이의 값으로 표현되며, 0은 빌보드가 입체감 없이 평면으로 보이고, 1은 빌보드가 완전히 입체적으로 보이는 것을 의미한다. Table 12은 본 연구를 통해서 제작된 콘텐츠를 실제 장치에 넣어 테스트한 것이다. 3D Hologram Projector은 앞 절에서 언급한 것과 같은 장비를 사용해서 시험을 진행했으며, 3D LED Billboard는 장치의 수급이 어려워 실험실 모델링 형태로 제작하고, 시뮬레이션(Immensity AI and Depth Map Simulator_ <https://app.immensity.ai/image/depth-map>)을 통해 확인했다. Table 12에서 3D LED Billboard의 경우 앞으로 도출되어 보이는 부분이 흰빛으로 표시됨을 확인할 수 있었다.

Table 12. Result of the 3D Hologram Projector

3D Hologram Projector		
		
3D LED Billboard		
Original	Depth Map	Overlay
		

Table 13은 3D Hologram Projector와 3D LED Billboard의 비교 분석한 것으로 실내에 주로 사용하는 3D Hologram Projector와 실외 광고용으로 사용하는 3D LED Billboard이다.

Table 13. Research results for 3D content device display

Featured items	3D Hologram Projector	3D LED Billboard
Principle	Reflection of Light	Parallax Barrier
Affected outdoor light	●	×
Viewing distance	2~10m	10~100m
Application Field	Indoor	outdoor Indoor
Installation cost	Low	Height
	\$500	\$200,000
Product Size	Small	Big
	30 x 30cm	10m x 5m
View angle	Horizontal Viewing Angle	
	120~180	120~160
	Vertical Viewing Angle	
	120~180	120~160

Table 14은 시각적 효과, 주목도, 표현방식, 제작비용, 유지보수 및 활용도에 대한 2D 광고와 본 연구에서 진행한 3D 광고의 장단점을 비교 분석한 것이다. 2D 광고의 경우 장점은 간결하고, 익숙하며, 저렴하다는 특징을 가지고 있지만, 단점으로 단순한 광고, 차별화가 어려움 및 제한적인 표현 있었다. 이에 반에 3D 광고의 경우 장점으로 는 입체감 및 현실감이 좋다. 높은 집중도 및 다양한 연출이 가능하다. 하지만 단점으로 제작비용이 많이 들고, 제작 기간이 길다. 특히 고장 수리에 대한 비용이 많이 든다는 문제점을 가지고 있다. 이러한 장단점을 확인한 결과 2D 광고의 경우 단순한 광고 위주의 기획 및 연출에 적합하고, 비용이 많이 들더라고 광고 최대효과를 얻으려면

3D 광고 연출 및 기획으로 진행되는 것이 좋은 것으로 분석된다.

Table 14. Feature Comparison 2D and 3D Billboard

Feature	2D Billboards		3D Billboards	
	Adv.	Disadv.	Adv.	Disadv.
Visual Impact	Clear and concise message delivery	Simple expression	Immersive and realistic expression	High production and installation costs
Attention Grabbing	Familiar and stable visual experience	Difficulty in differentiation from other ads	High level of visual focus and memorability	Potential for technical issues
Expression	Utilization of various designs and colors	Difficulty in dynamic expression	Various productions and interactions possible	Production time may be long
Production Cost	Relatively low production cost	Simple expression	High production cost	Complex production process requiring technical expertise
Maintenance	Simple maintenance	Aging over time	Complex maintenance	High repair costs in case of failure
Utilization	Can be installed in various spaces	Limited expression	Limited to specific spaces	Limited utilization due to technical constraints

V. Conclusions

광고 시장에서는 실내외를 막론하고 기업의 상품을 효과적으로 홍보하기 위해 영상을 활용한 옥외 및 실내 광고를 진행하고 있다. 이러한 광고의 시각적 효과를 극대화하기 위해 기존의 2D 광고보다는 더 강렬한 이미지를 전달할 수 있는 3D 광고 방식을 사용한다. 실내에서는 3D 홀로그램 프로젝터를 이용해 광고를 진행하고, 실외에서는 3D LED 빌보드를 이용해 광고를 진행한다. 본 연구에서는 실내에 사용되는 3D 홀로그램 프로젝터용 3D 광고 콘텐츠를 제작하고 그 장단점을 비교 분석했다. 또한, 실외에서 사용되는 3D LED 빌보드용 콘텐츠를 제작하고 시뮬레이션을 통해 제작 시 주의사항과 제작과정에서 발생하는 요구사항을 분석했다. 이를 통해 실내외 광고에 사용하는 콘텐츠를 하드웨어 사양에 맞게 적절히 제작해야 함을 확인했으며, 입체효과를 극대화

하기 위한 기준이 될 수 있음을 확인했다. 향후 연구 방향으로는 인공지능 기술을 이용한 콘텐츠 자동생성이 필요할 것으로 보이며, 생성형 인공지능을 활용한 맞춤형 서비스 역시 중요한 연구 분야가 될 것이다.

REFERENCES

- [1] Joo Ki-nam, "A case study of production using 3D animation technology in modern advertising", Cheongju University Graduate School, 2021, 1804:43007-200000363701
- [2] Bae, Jae-Hwan. "Development of an Object-Type Indirect Advertisement System Based on 3D Contents" *Journal of Digital Art and Engineering Multimedia* 5, no.2 (2018) : 159-164. doi: <http://dx.doi.org/10.29056/idaem.2018.12.08>
- [3] Lee Dong-hwan and Jeon Jong-woo. "3D Advertising Activation Factors: Focusing on In-depth Interviews with 3D Content Producers" *Journal of Social Sciences* 14, no.2 (2021): 187-208.
- [4] Craft, Jo Young, Choi Mi Yeon and Shim Seong Wook. "A Comparative Study on the Advertising Effects of Outdoor 2D and Outdoor 3D Advertising: Focusing on the Interactivity, Presence, and Flow of Outdoor 3D Advertising" *OOH Advertising Research* 20, no.3 (2023): 41-65.
- [5] T. Shin, N. Kasuya, I. Kitahara, Y. Kameda and Y. Ohta, "A comparison between two 3D free-viewpoint generation methods: Player-billboard and 3D reconstruction," 2010 3DTV-Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D Video, Tampere, Finland, 2010, pp. 1-4, doi: 10.1109/3DTV.2010.5506605.
- [6] Yanbin Wang and Eng Tat Khoo, "Real-time stereoscopic rendering of realistic avatar for interactive 3D telepresence system," 2017 2nd International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC), Chengdu, 2017, pp. 577-581, doi: 10.1109/ICIVC.2017.7984621.
- [7] K. Nonaka, Q. Yao, H. Sabirin, J. Chen, H. Sankoh and S. Naito, "Billboard deformation via 3D voxel by using optimization for free-viewpoint system," 2017 25th European Signal Processing Conference (EUSIPCO), Kos, Greece, 2017, pp. 1500-1504, doi: 10.23919/EUSIPCO.2017.8081459.
- [8] L. Sawalha, M. P. Tull, M. B. Gately, J. J. Sluss, M. Yeary and R. D. Barnes, "A Large 3D Swept-Volume Video Display," in *Journal of Display Technology*, vol. 8, no. 5, pp. 256-268, May 2012, doi: 10.1109/JDT.2012.2183339.
- [9] D. Rossi, "A hand-held 3D-printed box projector study for a souvenir from a mixed-reality experience," 2015 Digital Heritage, Granada, Spain, 2015, pp. 313-316, doi: 10.1109/DigitalHeritage.2015.7413890.
- [10] A. Wicaksono, A. S. Prihatmanto and A. Harsoyo, "Case study:

- Three dimensions biomedical visualisation on a full parallax hologram display," 2012 International Conference on System Engineering and Technology (ICSET), Bandung, Indonesia, 2012, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICSEngT.2012.6339337.
- [11] D. Baktiar, F. A. Damastuti and A. Nurindiyan, "3D Visualization and Emerge 3D Model Human Body of Javanese Dance," 2018 International Electronics Symposium on Knowledge Creation and Intelligent Computing (IES-KCIC), Bali, Indonesia, 2018, pp. 210-217, doi: 10.1109/KCIC.2018.8628605.
- [12] L. Coria, Di Xu and P. Nasiopoulos, "Automatic stereoscopic 3D video reframing," 2012 3DTV-Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D Video (3DTV-CON), Zurich, 2012, pp. 1-4, doi: 10.1109/3DTV.2012.6365428.
- [13] Siu-Ming Choy, Kwok-Ho Chiu, E. Cheng and I. Burnett, "3D fatigue from stereoscopic 3D video displays: Comparing objective and subjective tests using electroencephalography," TENCON 2015 - 2015 IEEE Region 10 Conference, Macao, China, 2015, pp. 1-4, doi: 10.1109/TENCON.2015.7372870.
- [14] S. -I. Park, S. -G. Yoo and Y. -W. Lee, "A novel single lens stereoscopic 3D camera system for Ultra High-Fidelity Definition(UHD) broadcasting," 2014 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting, Beijing, China, 2014, pp. 1-4, doi: 10.1109/BMSB.2014.6873541.
- [15] J. Lee, K. -y. Chae and S. Ji, "The 3D video processing method in the stereoscopic camera for mobile devices," 2012 IEEE International Conference on Emerging Signal Processing Applications, Las Vegas, NV, USA, 2012, pp. 139-142, doi: 10.1109/ESPA.2012.6152465.
- [16] Spencer Grey, *Mind-Melding Unity and Blender for 3D Game Development: Unleash the power of Unity and Blender to create amazing games*, Packt Publishing, 2021.
- [17] Kumsal Obuz, *Game Development with Blender and Godot: Leverage the combined power of Blender and Godot for building a point-and-click adventure game*, Packt Publishing, 2022.
- [18] B. Sheng, F. Zhao, C. Zhang, X. Yin and Y. Shu, "3D Rubik's Cube – online 3D modeling system based on WebGL," 2017 IEEE 2nd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC), Chengdu, China, 2017, pp. 575-579, doi: 10.1109/ITNEC.2017.8284798.
- [19] S. Usui, Y. Noborimoto, Y. Watanabe and H. Furukawa, "An Examination of Learning 3D Modeling Software and Creating 3D Data Using Online Video in a 3D Printer Workshop for High School Students," 2021 10th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI), Niigata, Japan, 2021, pp. 924-925, doi: 10.1109/IIAI-AAI53430.2021.00165.
- [20] A. Adan and D. De La Rubia, "Reconstruction of As-is Semantic 3D Models of Unorganised Storehouses," 2019 International Conference on 3D Vision (3DV), Quebec City, QC, Canada, 2019, pp. 367-375, doi: 10.1109/3DV.2019.00048.
- [21] Y. Sun, R. Li, C. Wan and X. Zhang, "A method for customizing 3D virtual human body models based on Multi-class Support Vector Machine," 2011 Seventh International Conference on Natural Computation, Shanghai, China, 2011, pp. 344-347, doi: 10.1109/ICNC.2011.6022036.

Authors



Byong-Kwon Lee received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science and Engineering from Hanbat, Hannam and Chungbuk University Korea, in 2000, 2003 and 2007, respectively.

My main areas of interest are embedded systems, virtual and augmented reality(VR.AR), and artificial intelligence(AI). The field currently being studied is the construction of an exhibition hall using virtual reality. It is a technology that combines AI with cultural uniform restoration technology as a future research field.