

## 동적 실물영상투사 카멜레온(다변) 멀티 서피스 콘텐츠 연구

홍성대

서경대학교 영화영상학과

# Development of Chameleonic Multi-Surface Display with Dynamic Projection Mapping

Sung-Dae Hong

Department of Film and Digital Media, Seokyeong University, Seoul 02713, Korea

### [요 약]

물리적 디스플레이 기술은 인간이 열망하는 궁극의 디스플레이 기술로서 전 세계가 레이저, 플라즈마 및 반사판 등을 이용한 다. 또한 양한 입체 디스플레이 기술개발을 활발하게 진행하고 있으나 광학식으로 인한 주변광의 영향, 밝기 등으로 온전한 물리적 표현에는 한계가 존재한다. 본 논문에서는 기존의 광학식과는 다른 물리적 변형을 이용한 디스플레이 기술을 문화 감성적인 측면의 접근법으로 다가선다. 2차원 평면적인 디지털 사이즈의 한계를 극복하여 물리적으로 다변화되는 스크린 위에 동적 영상을 투사하여 3차원 실감 입체 이미지를 만들어 낼 수 있는 카멜레온(다변)형 디스플레이 기술을 개발하고 이를 이용한 영상, 전시 및 공연에 적용이 가능한 방법을 연구하고자 한다.

### [Abstract]

The physical display technology is the ultimate display technology that human beings aspire, and the world makes use of laser, plasma and reflector plate. Besides, technology development of binocular stereoscopic display has been actively progressed, but there is a limitation to the intact physical representation such as influence of optical ambient light and brightness. In this paper, the display technology using physical deformation different from the existing optical display is approached as a cultural and emotional perspective. The purpose of this paper is to develop the multivariate display technology that can create 3D realistic stereoscopic images through projecting dynamic images on physically diversified screen by overcoming the limitations of 2D planar digital signage and study how to apply them to video, exhibition and performance.

**Key word** : Dynamic Projection Mapping, Chameleonic Skin, Multi-Surface, Cloth Simulation, Soft Body Dynamics

**색인어** : 동적프로젝션 매핑, 카멜레온 스킨, 멀티 서피스, 스킨 시뮬레이션, 동적 유연체

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2017.18.1.123>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Received** 8 February 2016; **Revised** 21 February 2016

**Accepted** 25 February 2017

**\*Corresponding Author; Sung-Dae Hong**

**Tel:** +82-02-940-7145

**E-mail:** [sungdaehong@gmail.com](mailto:sungdaehong@gmail.com)

## I. 서론

최근 공연 및 전시에 사용되는 영상기법은 평면적인 기법에 착시효과를 넣어서 3차원으로 보이게 하는 기법을 주로 사용한다.[1] 2차원 평면적인 디지털 사이즈의 한계를 극복하기 위하여 물리적으로 방법을 적용하여 다변형 되는 서피스(surface) 플랫폼을 연구한다. 다변화되는 스크린 위에 동적 프로젝션 영상을 투사하여 3차원 실감 입체 이미지를 만들어 내는 플랫폼 연구는 최근 국내외적으로 활발한 연구가 진행되고 있다.

최근 영국의 키네틱 아트 페어(Kinetic Art Fair) 같은 국제적인 전시행사에서 움직이는 조형물은 예술과 기술이 융합된 문화 콘텐츠로서 관람객에게 최상의 몰입도를 제공한다. 세계인의 관심을 집중적으로 받고 있으며, MIT Media LAB이나 수많은 우수 공학연구소들이 이러한 전시에 참여하고 있다.[2] 특히, 소치 올림픽 기간 동안 러시아 이동통신 사업자인 메가폰(Megafon)은 각각 돌출할 수 있는 픽셀로 이루어진 핀 토이(pin toy)방식의 대형 키네틱 옥외구조물인 메가페이스(MegaFaces)를 설치 운영하여 140,000명 이상의 참가자와 600번 이상의 전 세계 미디어 노출 효과로 브랜드의 인지도와 호감을 높이며 단번에 메가폰을 전 세계에 알렸다.[3] 이러한 문화 감성적 측면의 입체디스플레이인 다변형 서피스는 광고는 물론, 공연, 극장 등에도 확장 적용 가능하며 기존 공연 및 문화예술에서 보지 못했던 완전히 새로운 관객체험 및 새로운 패러다임을 제공할 것으로 보인다. 다변형 서피스 연구는 플랫폼 개발 기술이기 때문에 수많은 영상 콘텐츠와 광고 콘텐츠, 공연 콘텐츠 들을 탑재하여 문화 비즈니스로의 장점들을 발현 할 수 있는 매체로 성장 가능성이 매우 높다. 국내에는 다변형 서피스 기술을 활용한 사례가 적고 아직 초기단계로 여러 연구자들이 참여하고 있으나 명확한 개념과 구조가 정립되어 있지 않으며 비용 및 제작, 설치 공간의 문제로 산업화 한계가 뚜렷하기 때문에 이를 보완할 수 있는 새로운 다변형 서피스 기술개발 및 상용화 연구가 반드시 필요하다.

본 연구는 영상투사가 가능한 유연한 스크린용 스킨을 개발하고, 다변형 입체형상을 최적의 개수로 구성할 수 있는 다중변위의 메커니즘 보다 빠른 돌출이 가능한 액츄에이터(actuator) 모듈을 개발하며, 물리적으로 만들어진 최종 다변형 서피스 스크린에 동적 프로젝션 영상을 투사함으로써 보다 역동적이고 사실적인 표현이 가능한 문화 감성적 입체 디스플레이 플랫폼을 개발하는데 그 목적이 있다.

## II. 본론

### 2-1 물리적 디스플레이 사례 연구

고객의 감성을 불러일으키는 물리적 디스플레이 기술은 전

세계가 레이저, 플라즈마 및 반사판, 모터, 물 등을 이용한 다양한 입체 디스플레이 기술개발을 활발하게 진행하고 있다. 그러나 기존의 영상방식을 차용한 광학 방식으로는 주변광의 영향, 밝기, 특히 온전한 물리적 입장감 표현에는 한계가 존재한다.

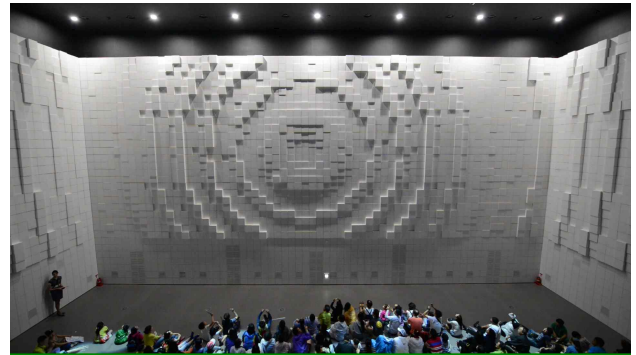


그림 1. 하이퍼 매트릭스(hyper matrix), 2012

2012 여수엑스포 현대관의 ‘하이퍼매트릭스(HyperMatrix)’, 싱가포르 국제공항의 ‘Kinetic Rain’등과 같이 다양한 형태의 액츄에이터 기술을 활용하여 기존의 광학적 입체영상 디스플레이와는 차별되는 키네틱 아트를 문화 감성적 측면의 새로운 입체 디스플레이 장치들의 개발이 많이 시도되고 있다.[4]



그림 2. 소치 올림픽 ‘메가페이스’, 2014

특히, 소치 올림픽 기간 동안 러시아 이동통신 사업자인 메가폰(Megafon)은 각각 돌출할 수 있는 11,000개의 픽셀로 이루어진 핀 토이(pin toy)방식이다. 즉, 11,000개의 액츄에이터 모터, 대형 LED 조명, 이더넷 방식의 통신제어 그리고 전체를 통합 제어할 수 있는 기술의 조합으로 구성되었다.[5] 이러한 대형 키네틱 옥외구조물인 메가페이스(MegaFaces)를 설치 운영하여 문화 감성적 측면의 새로운 디지털 사이즈의 가능성으로 부각되고 있다.

MIT Media Lab의 텐저블 미디어 그룹(Tangible Media Group)에서는 원격으로 디지털 정보 및 콘텐츠의 물리적인 상호 작용이 가능한 동적 다변형 디스플레이인 30x30픽셀의 인폼(InFORM)을 개발하였다.



그림 3. MIT 미디어랩 ‘인폼(InFORM)’

이 디스플레이는 사람의 손동작을 실시간 3D데이터로 변환시켜 원격지모니터 앞에서 작동시켜 준다. 키넥트 모션센서를 이용해 몸의 움직임을 스캔하고 이를 멀리 떨어져 있는 모니터로 보내면 그 앞의 물리적 픽셀테이블 위에서 3D로 된 손이 움직이게 되는 원리다. 마술 같은 이 기술의 비밀은 원격제어기술에 필요한 인폼 테이블에 있다. 테이블은 모터로 돌아가는 900개의 폴리스티렌 핀으로 구성돼 있으며 표면에서 10cm까지 위아래로 움직일 수 있도록 설계돼 있다. 그리드는 컴퓨터로 제어되는 정교한 연계시스템으로서 맨 아래쪽 액츄에이터로 작동된다. 머리 위의 키넥트 카메라센서와 프로젝터는 사용자의 움직임 데이터를 시스템으로 전달해 주며 피드백데이터가 테이블로 전달된다. 인폼은 인터페이스와 디스플레이로서 작용하는데 교육, 3D 원형 만들기, 의료용 시뮬레이션에서 도시계획, 건축, 지도 제작에 이르기까지 다양하게 응용될 수 있는 잠재력을 보여준다.[6], [7]

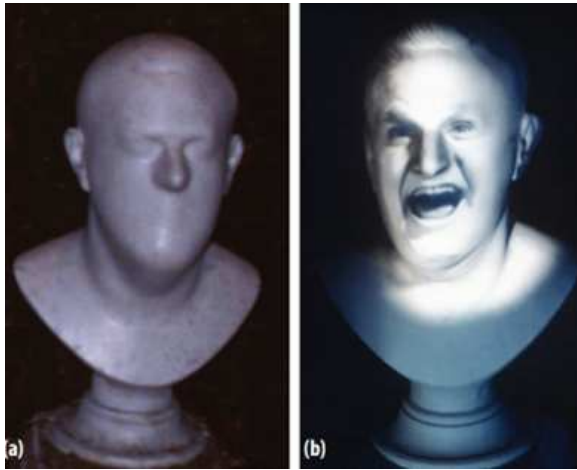


그림 4. 디즈니랜드 ‘애니메트로닉스 퍼핏 프로젝트션 매핑’

디즈니랜드는 애니메트로닉스 퍼핏(antinarco Puppets)의 얼굴 표정에 영상매핑투사 기법을 사용하여 기계적인 몸의 움직임과 영상투사 얼굴표정을 조합하여 자연스러운 동작을 연출하였으며, 샌드박스(Sand Box)라는 관람객 상호작용 모래 놀이에도 영상매핑투사 기법을 이용하여 실시간으로 변화하는

모래 형상에 등고선이나 강물 영상을 매핑투사 하여 시각적 흥미 유발로 교육적 효과를 높이는 시도를 하였다. [8]

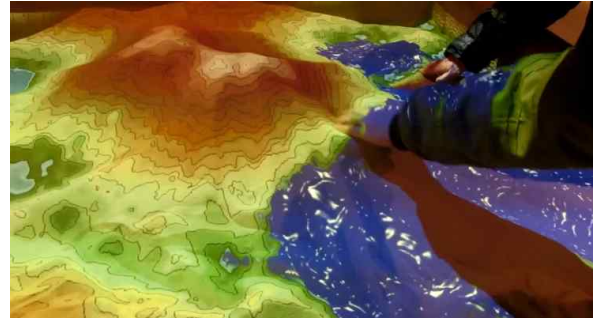


그림 5. 동적프로젝션매핑 ‘샌드 박스’

움직이는 사물에 대한 영상매핑투사는 시간에 따라 변화하는 사물의 기하정보 및 공간정보를 정확하고 빠르게 획득할수록 고품질의 동적 영상매핑이 되기 때문에 이와 관련된 현재 센서 및 인식 기술의 한계, 3차원 공간으로의 영상 매핑의 까다로움 및 비용적 문제로 정적 영상매핑투사만큼 산업계 적용이 활발하지는 않다.[9] 하지만 정적인 사물에 영상을 매핑하고 투사하는 기술은 공연/전시, 증강현실 게임, 광고 분야 등에서 현재에도 활발히 활용되고 있다.

## 2-2 국내외 시장성 동향 및 분석

디지털 사이니즈 시장 규모는 약 10% 이상의 연평균 성장률을 예상하고 있으며, 시장 조사 기관 IHS에 따르면 디지털 사이니즈 시장규모는 지난해 150억 달러에서 해마다 5.6% 성장하여 2020년에는 약 200억 달러 규모로 성장 할 것으로 전망하고 있다. 또한 국내 사이니즈 시장은 “스마트미디어 산업 육성 계획”에 따르면 2020년까지 약 2조 규모로 성장을 전망하고 있다. 디지털 사이니즈 콘텐츠는 옥외광고(Out of Home: OOH)를 중심으로 지속적으로 성장할 것으로 보이며, 모바일 광고를 제외한 대부분 광고 시장의 하락세에도 불구하고 약 4% 이상 지속 성장하였다. [10]

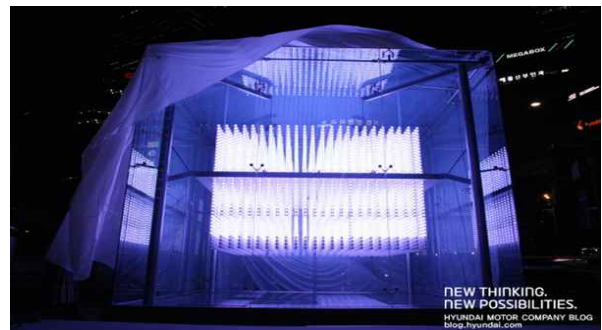


그림 6. 현대자동차 ‘브릴리언트 큐브’, 2013



최근 예술을 마케팅에 접목하여 제품 및 서비스에 문화적 부가가치를 부여함으로써 기업 브랜드 인지도를 향상시키고 궁극적으로 기업의 경쟁력을 높이는 전략으로 아트 마케팅을 활용하는 사례가 증대되고 있다. 이러한 아트 마케팅 전략의 일환으로서 키네틱 아트를 활용한 새로운 미디어 광고 시장이 성장하고 있다. 2013년 현대차는 서울 강남역 엠스태이지 광장에 미디어 조형물인 ‘브릴리언트 큐브’를 설치하여 새로운 차원의 아트 마케팅 방식으로 광고를 하였다.[11]

최근의 사물인터넷, 웨어러블 디바이스(Wearable Device), 3D 프린트 등의 트렌드는 첨단 기술의 융합을 기반으로 직접 만지고, 보고, 느끼고자 하는 인간의 실제 체험 본능의 수요를 충족시킴으로써 새로운 성장 동력을 창출하고자 하는 흐름이라 할 수 있다. 이러한 트렌드에 따라 전시/공연/테마파크 분야에서도 기존의 광학식 2/3차원 영상 한계를 벗어나서 실제 물리적 오브제와 영상을 융합하는 새로운 시도가 증가하고 있으며 관련 신시장이 국제적으로 매우 확대되고 있다.

### III. 동적 투사 다변형 서피스 연구

#### 3-1 다변형 서피스 플랫폼 기획

키네틱 아트 효과를 이용한 동적 실물영상투사 다변형 서피스 기술은 물리적으로 빠르게 변형할 수 있는 서피스 기술과 변형된 서피스에 세부적인 묘사와 사실적인 색을 입히는 영상매핑투사 기술을 융합하는 기술이다. 변화하는 실제 물리적인 입체 형상으로부터 느끼는 감성과 다양한 착시효과를 제작할 수 있는 실감영상 콘텐츠를 함께 제공하여 기존에 볼 수 없었던 새로운 문화 감성적 입체 디스플레이가 가능하도록 하는 기술이다.

현재 다변형 서피스 기술과 관련된 국내의 기술 수준은 액추에이터를 제어하는 자동화 시스템에 한해서만 국제적으로 상위 수준에 해당한다. 본 연구에서 중요한 다변형 서피스의 새로운 핵심 요소기술들은 고신장 서피스 스킨, 대변위 액추에이터 모듈, 대량의 액추에이터 연동 제어 및 동적영상매핑 기술, 동적 프로젝션 영상 콘텐츠와 다변형 서피스의 저작도구 및 통합 운영기술을 확보할 경우, 관련분야 기술의 세계적 선도가 가능하며, 그 결과를 이용하여 전시/공연, 디지털 사이니즈 콘텐츠에 적용하여 세계적인 디지털콘텐츠 시장을 선점하는 효과가 있다.

#### 3-2 서피스 스킨 기술

동적 다변형 서피스 스크린용 스킨 재료의 특성 분석 및 물성 평가를 통하여 만족하는 소재를 위한 재료는 서피스 변형시간 5초간 유지 시 스킨층의 표면변형 및 균열, 갈라짐 등의 발생이 없으며, 액추에이터 모듈의 최대 돌출높이 0.5m까지 5초간 신장 후 원단의 탄성회복이 있어야 한다. 또한 최대신장률

150%를 만족하는 서피스 스킨은 신장 가능한 소재로 기술개발이 되어야 한다. 따라서 서피스 스킨 기술은 원단과 액추에이터의 연결하는 방법으로 접착제를 사용하여 서피스 스킨층과 액추에이터를 접합하는 화학적방법과 접착제를 사용하지 않고 물리적인방법에 의하여 결합하는 방법이 있다.

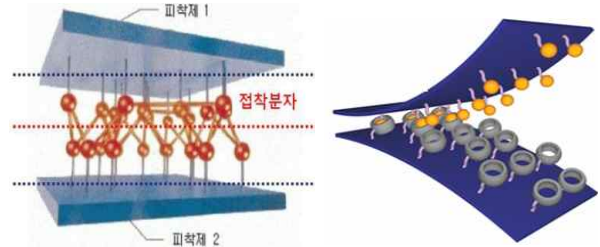


그림 7. 화학적 방법에 의한 접착(좌), 물리적 방법에 의한 접착(우)

2차원 배열로 이루어진 액추에이터간 원단의 곡면유지방법으로는 액추에이터 끝단에 유연한 소재의 패드를 부착하여 서피스 스킨이 액추에이터에 따라 급격히 꺾이지 않고 완만한 곡선을 이루도록 하는 방법과 탄성소재를 이용하여 스킨을 지탱해주는 방법이 있다.



그림 8. 완만한 곡선을 이루도록 하는 방법

#### 3-3 서피스 스킨 링크타입 제어

MIT 미디어랩의 인품의 경우 별도의 서피스 스킨 없이 개별 대변위 액추에이터 끝단들이 모여 서피스 형상을 구성하는 방식으로 결국 액추에이터 개수가 해상도를 결정한다.

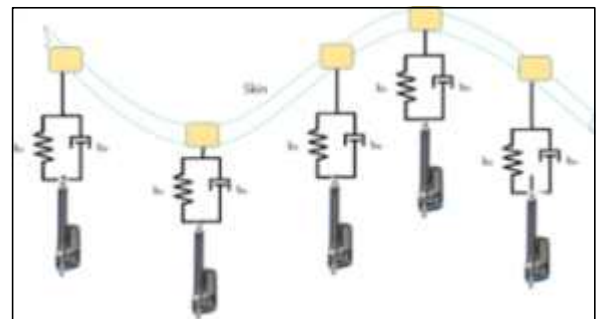


그림 9. 2D 스킨 탄성 제어 개념

본 연구에서 제안되는 다변형 서피스 하드웨어 모듈 기술의 경우, 별도의 서피스용 스킨막을 두고 스킨막 뒤에서 개별 다변위 액추에이터 끝단들을 최적화된 배치와 동작으로 보다 적은 수의 액추에이터로도 동일한 해상도의 서피스 입체 형상을 만들 수 있는 기술이다.[12] 이 경우, 적용되는 액추에이터와 동작 구조가 각각 다르기 때문에 각각의 형태와 동작에 특화되어서 개발이 이루어진다.

실시간 통신 구동 2D 스킨 탄성 제어기 설계에 따라서 텔레스코픽 액추에이터(telescopic actuator) 모듈의 3D 스킨 탄성 제어설계에 따른 구동 제어 기술이 적용되며, 동역학 기반의 모션 시뮬레이션으로 슬립 텔레스코픽 액추에이터의 메커니즘으로 최적화된 상태로 구동되는 기술이 사용된다. 또한 동작영역 진동 분석 및 역학적 구조 해석을 통한 고정밀, 고신뢰성의 다변형 서피스용 다중 다변위 구동 메커니즘 기술을 개발하고 서피스 스크린 재료의 특성과 다중 변위 구동 메커니즘의 기하관계와 특성을 고려한 최적의 서피스 입체형상 제어 알고리즘이 적용된다.

**3-4 동적 프로젝션 매핑 기술**

다중소스 실시간 매핑영상 그리드기반 지오메트릭 정합 기술로써 다면 프로젝션에 의하여 영상이 겹치는 부분을 자연스럽게 인지할 수 있는 그리드기반 소프트 엣지 블렌딩 기술을 적용하여 다음과 같이 2차원적으로 다면에 대한 처리와 그에 따른 상하, 좌우에 동등하게 처리가 가능해야한다.

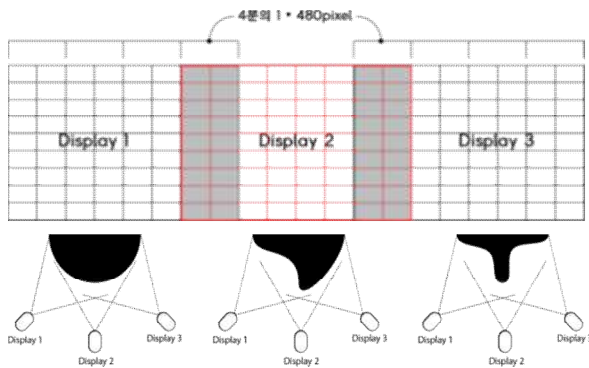


그림 10. 시각지역 발생에 따른 다중 매핑 개념도

동적 다변형 디스플레이에 2차원 프로젝션 매핑을 위한 캘리브레이션(calibration) 기술과 특정 패턴 투사형 그리드 정합 기술에 대한 개발이 필수적이다. 따라서 기존의 정적인 프로젝션 매핑 기법이 아니라 입체형상이 지속적으로 움직이는 서피스 곡면에 영상을 투사하는 방식으로 스킨 스크린으로 감싸진 액추에이터와 액추에이터 사이에 사각지역(dead zone)발생으로 그에 따른 다중 프로젝션 지오메트릭 소프트 엣지 블렌딩(soft-edge blending) 기술이 필요하다.[13], [14]

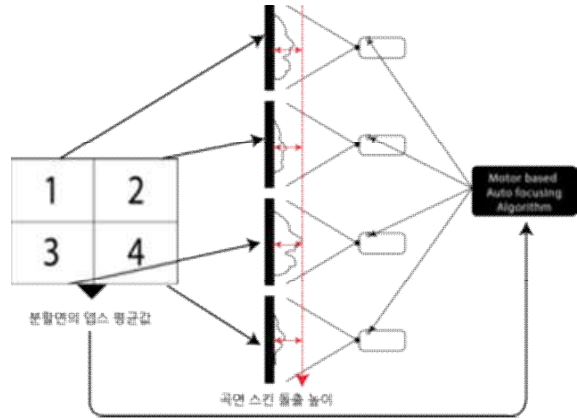


그림 11. 모터기반 스킨 굴곡 및 깊이에 따른 프로젝터 오토포커싱 개념도

동적 프로젝션 매핑은 시공간 환경에 따라서 입체형상을 투사하므로 투사거리가 불분명하고 현장상황에 따라서 변질되는 상황이 발생한다. 그에 맞추어서 기존 제안된 거리에서 초점(focus)을 맞추는 방식에서 움직이는 서피스 입체면 환경에 맞추어서 지속적으로 프로젝터의 초점을 조절할 수 있는 메커니즘 기술이 적용되어야 한다.

**3-5 가상시뮬레이션 및 통합 운용 시스템**

각 액추에이터간의 높이에 따라서 스킨 스크린의 인장 강도, 회복률 등의 정보를 사전에 얻는 것이 필수적이다. 따라서 유연체 가상 시뮬레이션에 얻은 정보와 그에 따른 실시간 지오메트릭 메시 정보는 다면 프로젝션 매핑에도 적용되어야 한다.

유연체 가상 물리 시뮬레이션 기술은 Soft Body Dynamics 및 Cloth Simulation이 적용 가능한 상용소프트웨어, 오픈 라이브러리 및 게임 엔진 조사 및 성능 분석이 필요하다. 액추에이터 모션 연동이 가능한 유연체 역학 모델링 그리고 시각화 방안과 기존 제품 분석을 통한 물리 시뮬레이션의 기본요소, 데이터 구조, UI/UX, 시각화 요구사항 분석 등 기존 관련 오픈라이브러리 및 게임 엔진 도구를 토대로 구현되는 사전시각화 기술이 필요하다.

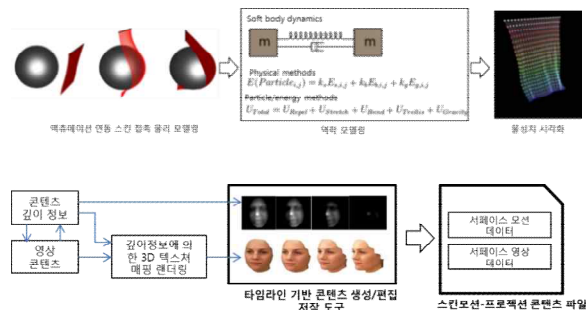


그림 12. 타입라인기반 가상시뮬레이션 개념도

타임라인 기반 깊이 정보 및 영상 콘텐츠 동기화 기능과 서피스 모션 및 영상 콘텐츠 복합 관리 파일 구조가 디코딩 알고리즘으로 처리를 한다. 또한 다축 액추에이션 연동 스킨 변동 알고리즘 개발을 위해서 사용자의 UX 분석을 통한 직관적인 UI를 디자인하고 동적영상투사 다변형 서피스 콘텐츠 제작의 생산성을 극대화 할 수 있는 최적의 공정기술이 적용된 타임라인 기반 저작도구를 개발하고 실시간 사전 시각화 검증은 물론 다변형 서피스 장치의 물리 시스템을 컴퓨터 상에 구현하여 다변형 서피스 장치의 안전 진단, 동작 한계를 사전에 실시간으로 검증할 수 있는 가상 물리 시뮬레이션 기술을 탑재한다. 또한 타 프로그램 및 시스템과의 확장이 가능한 통합 운영 시스템 기술을 적용하여 지역뿐만 아니라 원격으로도 제어와 관리가 가능한 기술로 구현한다.

#### IV. 콘서트 공연 시뮬레이션 및 시연

##### 4-1 콘서트 기획 및 연출

다변형 서피스 디스플레이 기술은 2016년말 기준으로 현재 개발이 완성적이지 않다. 그러나 개발이 진행중인 융복합 문화 콘텐츠 기술에도 불구하고 문화산업에서 매우 필요로 하고 있다.

본 공연에서 최종 목표로 생각하는 콘텐츠기술을 접목하는 것이 아니라 각 해당 영역에서 일부 개발기술을 사용하여 공연에 적용한다. 또한 실시간 공연이므로 단계별 문제점이 발생하는 부분과 실제 현장에서 요구하는 기술 또는 콘텐츠 영역을 지속적으로 보충하여 점차적으로 적용하는 단계를 거친다.

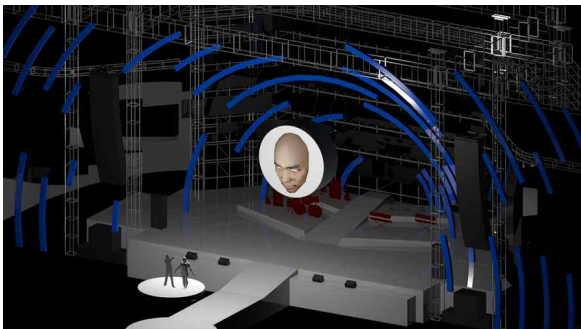


그림 13. 다변형 서피스가 적용된 무대 설계 디자인

본 플랫폼은 가수 ‘이적’ 연말 콘서트에 적용하며, 입체 형상은 이적 얼굴, UFO 우주선 등을 3차원 데이터로 제작하여 UFO 노래에서 나오는 나레이션에 맞추어서 가수 이적과 동기화를 갖는다. 현 방법에서는 이적 얼굴을 3차원 스캐닝과 실사 영상을 촬영하여 사실적인 형태로 매핑하여 가상과 실체가 상호작용할 수 있도록 구성안을 잡았다.

본 연구의 적용되는 영상의 Z-맵스(z-depth) 값을 추출하여

배열에 맞게 해당하는 액추에이터가 축이 나오거나 들어가는 방식을 취한다.[15] 이에 맞추어서 3차원 메시(mesh)는 점, 선, 면을 조합하여 3차원 형상을 만들어 관객에서 보여주며, 대량의 액추에이터와 스킨의 조합으로 구성되는 시스템은 3차원 입체의 형상을 만들어서 보여주는 것이 가능하다. 또한 3차원 스캐닝으로 제작되는 가상의 얼굴은 페이스 애니메이션 기법으로 가수 이적의 나레이션을 구현하여 가상의 메쉬와 액추에이터의 움직임을 동기화한다. 또한 그에 맞추어서 촬영된 실사의 영상은 동적 프로젝션 매핑에 탑재되어 움직이는 서피스 스킨에 투사하여 사실적 영상으로 비추어서 관객에게 다가선다.

##### 4-2 자동화 서피스 스킨 구현

서피스 스킨과 액추에이터 기술은 물리적인 운동과 그에 맞는 스킨소재가 적절하게 융합되어야 본 프로젝트에서 사용되는 움직이는 면에 동적 프로젝션이 가능하다.

실제 콘서트에 사용되는 서피스 크기 4X4 (M)의 직물소재는 기존소재로는 구현할 수 없는 크기이므로 대면적의 스킨을 제작하기 위해서는 직물을 접합하여야한다. 화학적, 물리적, 복합적인 방법을 응용하여 두 스킨층을 접합하는 방법을 사용한다.



그림 14. 액추에이터와 서피스 스킨이 결합된 1차 플랫폼

본 프로젝트에서는 물리적, 복합적인 방법을 이용하여 대형 스킨을 제작한다. 또한 서피스 스킨은 액추에이터가 추출되면서 스킨의 역할이 매우 중요한 부분으로 액추에이터간의 곡면과 직면을 어떻게 적절하게 유지하는지에 대한 기술이 중요하다.



그림 15. 액추에이터와 스킨 사이를 연결 방식



액추에이터와 스킨 사이를 연결하는 방법으로 링스냅(ring snap)방식과 나사못 방식으로 시연하였으며, 두 가지의 특성은 액추에이터가 지속적으로 움직이는 상태에서 회복율과 인장력, 내구성 그리고 스킨 교체까지 고려하여 최종으로 링스냅 방식을 최종으로 선택하였다.

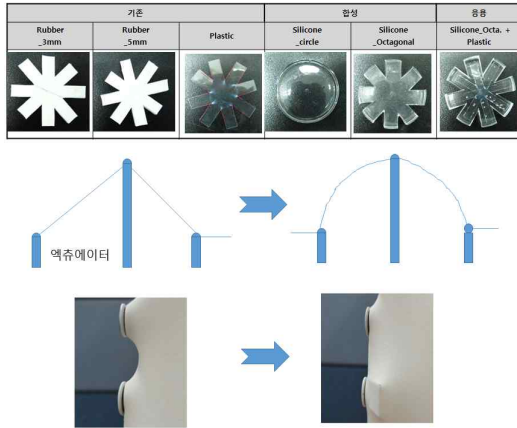


그림 16. 액추에이터 끝단 스킨 나비 서포터

또한 다양한 소재와 모양으로 곡면유지를 위한 연구로써 나비형식으로 액추에이터와 스킨 사이에 접합하여 곡면을 구성하였다. 그러나 대형 플랫폼으로 갈수록 곡면에 대한 나비의 역할의 손실이 심하여 그에 따른 다양한 소재 및 시스템을 지속적으로 개발이 필요하다. 본 플랫폼에는 액추에이터 끝단에 스킨에 파손을 주지 않고, 탄성을 유지하는 단계의 우레탄 소재의 서포터를 적용하였다.

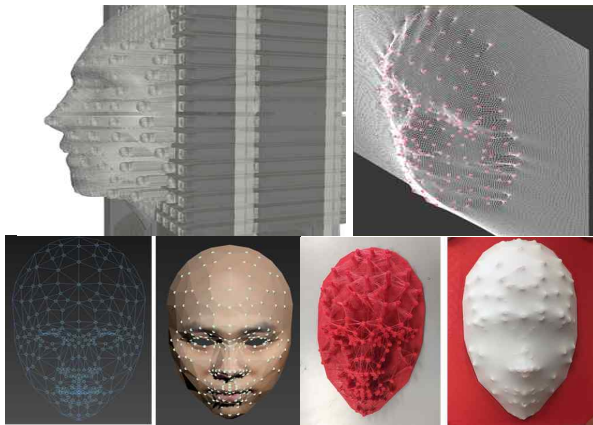


그림 17. Face Vertex 분석 및 3차원 서피스 시뮬레이션

본 연구에서 중요한 부분으로 3차원 시뮬레이션에 맞추어서 액추에이터, 곡면 스킨이 정확하게 매칭되어 영상을 투사했을 때 정확하게 표현이 되어야 한다. 이러한 방법을 가상 시뮬레이션을 통하여 실제 움직임과 스킨의 형태를 예측하여 실제에 사용할 수 있도록 3D max Plugin 형태로 개발하였다.

또한 가상 시뮬레이션에 추출된 데이터를 토대로 미니어처 시스템을 구축한다. 가상 시뮬레이션에서 추출된 3차원 액추에이터 높낮이를 3차원 프린터로 출력하여 스킨을 입혀 실제와 가상의 차이를 보며, 특히 미니어처 시스템에 프로젝션을 투사하여 영상과 곡면 서피스가 일치되는 과정을 거친다. 이러한 방법은 적은 액추에이터의 수량으로 최대의 효과를 찾기 위한 방법으로 인물 또는 오브제의 특정 좌표(vertex)를 찾아 실물로 구현하면서 부족한 부분을 채우는 방식으로 대형 디스플레이를 실제 구축에 앞서서 가상의 모습을 실제 모습을 미니어처 시스템을 거치는 과정이다.

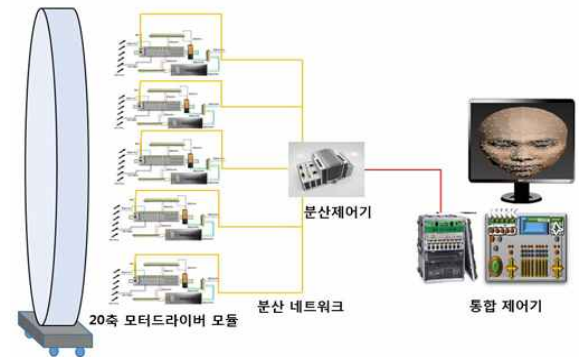
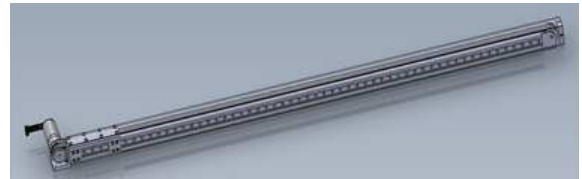


그림 18. 액추에이터 시스템 개념도

선형 액추에이터 메커니즘 1초에 100cm가 나오는 형태가 최종 목표이다. 본 플랫폼에서 사용되는 슬림 텔레스코픽 액추에이터의 메커니즘은 초당 50cm 나오는 정량적인 수치를 갖고 있다. 지속적인 신뢰성 테스트를 거쳐 약 1초당 70cm가 나오는 기술을 적용하였으며, 약 6cm의 가로세로 폭으로 235개의 액추에이터를 적용하여 스크린 스킨과 접합되어 최종 하드웨어 플랫폼을 구성하였다.

#### 4-3 다면 동적프로젝션 매핑



그림 19. 다면 프로젝션 매핑 저작도구

실시간 다변형 스킨에 적합한 동적 영상매핑투사 및 저작 기술은 자동화된 오브제나 무대의 영상매핑에 직접 활용된다. 특히 기존의 정적인 프로젝션 매핑 기술을 기반으로 동적 프로젝션 투사에 추가적인 요소기술이 필요하다.

첫 번째로 각각 프로젝트에 해당하는 다면의 분리와 프로젝터 위치에 따른 키스톤 조정의 기술이 필요하다. 두 번째로 영상이 하나로 중첩될 수 있도록 프로젝터와 프로젝터 사이를 연결하는 소프트웨어 블렌딩 기술이 필요하다. 세 번째로 대량의 액추에이터와 3차원 곡면 메시에 적용될 Z-맵스 추출하여 각각의 영역으로 제공되는 기술이 필요하다.[16] 특히 액추에이터에는 네트워크 방식으로 실시간 통신을 갖으며, 메시에는 각 버텍스를 움직일 수 있는 Z-맵스 매트릭스 데이터값이 필요하다. 넷번째로는 영상관리 그리고 다면의 모니터링과 외부 소프트웨어와 호환될 수 있는 개방이 필요하다. [17]

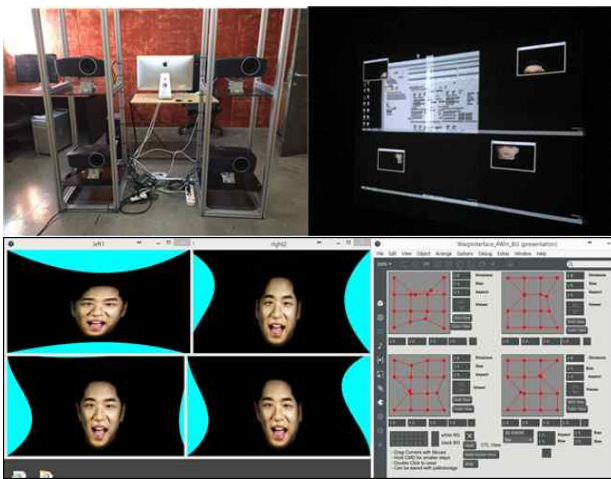


그림 20. 다면 프로젝션 매핑 ‘와핑, 키스톤 시스템’

따라서 동적 프로젝션 매핑 서버에 담긴 영상 자료를 고려하여 네임별 폴더지정 및 드래그 하여 넣을 수 있도록 설계하였으며, 또한 연속적으로 30fps 속도를 유지하여 플레이가 가능하도록 메뉴를 구성하여 개발되었다.

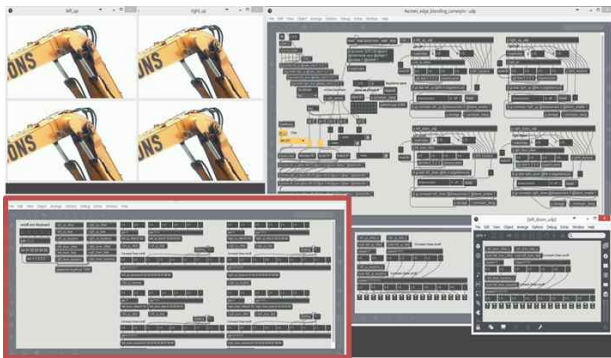


그림 21. UDP 통신에 따른 다면 스크린 원격 통신 및 제어

관리자가 프로젝션 매핑 영상을 모니터링 할 수 있도록 프리뷰 화면을 제공하고 또한 매핑 영상이 실행 후 반복 재생이 되지 않도록 알고리즘 설계를 하고, 다면(4면)을 스크린을 기준하여 입력된 영상의 텍스처 오프셋(off set) 설계하여 적용되었다. 또한 프로젝션 매핑 제어기의 성능을 고려하여 hap Codec 플러그인을 적용하여 CPU, GPU를 최소한의 부하를 줄여주는 형태로 실시간 처리속도 4K기준 30fps 이상이 되도록 적용하여 제어 기능을 향상시켰다. 현장에서 계산적인 수치보다는 실시간으로 조정이 가능한 키스톤 와핑 기능을 추가하여 다면 프로젝션 매핑을 실현하는데 디테일한 기능 구현을 하였다.

UDP 통신에 따른 다면 스크린 원격 통신을 제어할 추가하여, 관리자 입장에서 쉽게 컨트롤 및 제어가 가능하도록 기술구현을 되었다.[18]

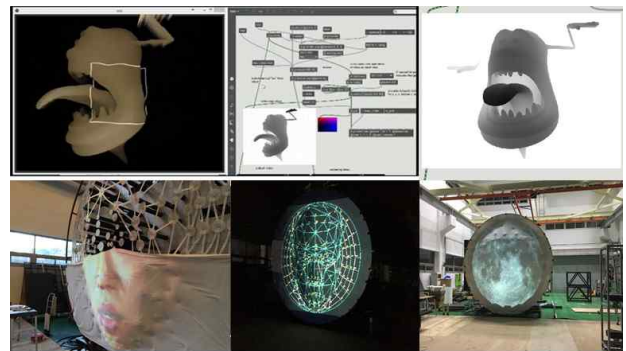


그림 22. Z-depth에 따른 동적 서피스 프로젝션 매핑

액추에이터의 높이를 책임지는 Z-Depth 영상과 실시간 렌더링 영상의 조합으로 동적 메시 서피스에 적용하여 실시간 동적 매핑을 최종으로 구현하였다.[19] 이러한 기술개발이 이루어졌음에도 불구하고 이적 콘서트에서 적용하는 방식은 사실적 영상을 토대로 실시간 매핑을 근간하여 싱글모드 프로젝터 사용을 목적으로 하였다. 예산, 시간, 현장 상황 등의 조건에 의하여 서피스 크기 4 X4 (M)에 맞게 구성된 화면비를 고려하여 키스톤, 매트릭스기반 와핑(warping), 그리고 외부에서 큐시트를 주기위한 DMX 및 LTC포트를 확장하는 부분의 기술까지 개발되었다.

## V. 결 론

본 연구는 아직 완성적이지 않은 문화콘텐츠기술이다. 그러나 문화산업에서 많은 수요를 일으키고 있다. 특히 공연외 테마파크, 전시, 이벤트 등에서 많은 요청이 있다. 즉, 기존에 볼 수 없었던 새로운 감성적 입체 디스플레이가 가능하도록 하는 문화콘텐츠기술이기 때문으로 판단된다. 특히, 본 연구의 기초가 되는 소치 올림픽에서 사용하였던 메가페이스(mega face)와의 차별화는 동적 움직임에 적합한 스킨의 적용과 그에 맞게 투사하는 동적 실물매핑에 있다고 판단된다.



스마트 플랫폼 분야와 마찬가지로 콘텐츠를 확장 시킬 수 있는 디스플레이 플랫폼 개발은 문화콘텐츠의 개발과 항상 함께 발전 되어야하기 때문에 손쉽게 직관적으로 사용할 수 있는 저작도구의 개발도 매우 중요하다. 또한 다변형 서피스 기술의 다중/대변위 액츄에이터 모듈은 다양한 키네틱 아트 분야에 활용될 수 있으며 대량의 액츄에이터 연동 제어기술은 산업용 자동화 기술에 활용될 수 있다. 동적 영상매핑투사 및 저작도구 기술은 자동화된 오브제나 무대의 영상매핑에 직접 활용될 수 있어 국내의 전시관, 테마파크 및 공연분야의 기술적 성장에 직접적으로 기여할 수 있다.

이러한 실제 물리적 변형을 이용한 입체디스플레이 기술은 문화 감성적인 측면의 새로운 접근법을 제공되고, 광고, 영화, 전시, 국제적 이벤트 등에 적용되며 다양한 IT 기술 및 콘텐츠와 융합되어 새로운 실감 콘텐츠 미디어로의 가능성이 매우 높다. 향후 기초 연구단계인 다변형 서피스 디스플레이에 대한 연구를 점차적으로 개발하여 문화콘텐츠 산업에 기여하고자 한다.

### 감사의 글

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2016년도 문화기술 연구개발 지원 사업으로 수행되었음.

### 참고문헌

[1] M. W. Kim, D. J. Kim, H. K. Kim, "A study on Space and Object Expression using Projection Mapping", *The Journal of Korea Digital Design Council*, Vol. 11, No. 1, pp. 561-570, January 2011.

[2] Kinetica Art Fair [Internet]. Available: <http://www.kinetica-artfair.com/>

[3] Asif Khan designs a "Mount Rushmore of the digital age" for the Sochi Winter Olympics analysis project [Internet]. Available: <https://www.dezeen.com/2014/01/10/asif-khan-mount-rushmore-of-the-digital-age-sochi-winter-olympics/>

[4] Hyundai Motor Group Pavilion, "Hyper-Matrix", YEOSU EXPO 2012 [Internet]. Available: <http://jonpasang.com/?portfolio=hypermatrix>

[5] MegaFaces Pavilion and kinetic facade, Sochi Winter Olympics 2014 [Internet]. Available: <https://vimeo.com/99030884>

[6] MIT Media Lab Tangible Media Group inFORM Project [Internet]. Available: <http://tangible.media.mit.edu/project/inform>

[7] Hyogeun Song, Jaekyun Kang, Junghwan Sung, "A Study on

the Making New Media Art Using Tangible Media", in *PROCEEDINGS OF HCI KOREA 2016*, Jeong Seon, pp.929-931, 2014

[8] Augmented Reality Sandbox Project [Internet]. Available: <http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/>

[9] S. G. Jang, S. W. Kim, "A Design of Audience Interactive 3D Projection Mapping in Public Place", *The Journal of Korea Digital Design Council*, Vol. 13, No. 3, pp. 553-558, July 2013.

[10] Jung Hyuk Ju, Yeon Bo Young, "The condition of digital signage Industry and direction of improvement", *PROCEEDINGS OF KICS 2016*, ICC Jeju, pp. 685-686, 2016.

[11] Gang-Nam station M-stage Square, "Brilliant Cube", 2013 [Internet]. Available: <http://jonpasang.com/?portfolio=brilliant-cube>

[12] S. M. Choi, J. K. Park, J. H. Park, J. H. Park, O. H. Kwon, D. H. Won, "Minimization of Impact Force Of Wire Flying System Using Impedance Control," in *Proceeding of the 26th ICROS Korea 2011*, GWANG JU, pp. 730-734, 2011.

[13] Jaewoon Lee, Yeonjin Kim, Dongho Kim, "Realtime Projection Mapping on Flexible Dynamic Objects," in *Proceeding of the HCI Korea 2014*, Jeong Seon, pp. 187-190, 2014.

[14] T. Y. Kim, G. J. Ra, J. H. Sung, "The Theoretical Definition and a Systematic Analysis of Transforming Dress", *The Journal of Korea Digital Design Council*, Vol. 14, No. 2, pp. 555-563, April 2014.

[15] J. H. Sung, H. B. Yu, G. J. Ra, "Design Transforming Dress based on pneumatic systems", *TechArt: Journal of Arts and Imaging Science*, Vol. 1, No. 2, pp. 553-558, May 2014.

[16] J. Y. Kim, H. I Jo, S. M. Kim, J. H. Sung, "Design and Development of the Dynamic Mesh Warping System", in *PROCEEDINGS OF HCI KOREA 2013*, Jeong Seon, pp. 1184-1186, 2013.

[17] J. Y. Kim, H. I Jo, S. M. Kim, J. H. Sung, "A Survey on the Convenient Way of Expression of 'Sense of Depth' in Producing Moving Image Contents", *The Journal of Korea Digital Contents Society*, Vol. 9, No. 2, pp. 187-192, 2008

[18] CYCLING '74: TOOLS FOR SOUND, GRAPHICS, AND INTERACTIVITY Project [Internet]. Available: <https://cycling74.com/>

[19] Gaku Narita, Yoshihiro Watanabe, Masatoshi Ishikawa, "Dynamic Projection Mapping onto Deforming Non-Rigid Surface Using Deformable Dot Cluster Marker", the *Journal of IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 23, No. 3, pp. 1235-1248, March 2017.



**홍 성 대 (Sung-Dae Hong)**

2002년 : 우송대학교 컴퓨터디자인학과 (디자인학사)

2004년 : 중앙대학교 첨단영상대학원 (영상공학석사-예술공학)

2008년 : 중앙대학교 첨단영상대학원 (영상공학박사-예술공학)

2008년~2009년: 중앙대학교 문화기술연구소 전임연구원

2009년~2012년: 숭실대학교 미디어학부 연구교수

2012년~현 재: 서경대학교 예술대학 영화영상학과 교수

2016년~현 재: 서경대학교 VR미래융합센터 센터장

※ 관심분야 : 시각효과, 미디어아트, AR, VR, 인터랙티브 영상, 인터랙티브 스토리텔링 등