https://doi.or.kr/10.23283/JKCT.2024.1.1.02

Journal of the Korea Convergence Technology, Vol 1, No, 1, pp. 9-14, June 30, 2024, ISSN 3058-3152

실시간 오브제 영상분석 및 프로젝션 포커싱 제어부 개발

안서영*, 홍성대**

Development of real-time object image analysis and projection focusing control

Seo-young Ahn* Sung-Dae Hong**

요 약

실시간 트랙킹과 프로젝션 매핑 기술의 수요가 세계적으로 증가하고 있으며, 엔터테인먼트, 교육, 광고, 예술 등에서 혁신적인 사용자 경험을 제공한다. 하지만 대부분은 해외 기술에 의존하고 있어, 비용이 높고 맞춤형 조정이 어려운 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 국내 개발을 통한 국산화, 실시간 고속 프로젝션 매핑 영상처리 기술의 모듈화, 호환성 향상과 저렴한 비용으로의 도입 등을 목표로 한다. 특히, 동적 무대의 실시간 인터랙션 트랙킹을 위한 비전머신 영상분석 모듈 개발이 목표이다. 이 기술은 경쟁력 향상과 산업 분야의 확대, 국내 기술의 위상 향상에 기여할 것이다. 본 논문은 이 기술의 개발과 성과를 상세히 다루며, 기술적 완성도와 실제 적용 가능성을 입증하고, 향후 연구와 상용화의 방향성을 제시한다.

☞ **주제어** :오브제, 영상분석, 프로젝션, 미디어아트

Abstract

The demand for real-time tracking and projection mapping technology is increasing worldwide, and it provides innovative user experiences in entertainment, education, advertising, and art. However, since most of them rely on foreign technologies, there is a problem that it is expensive and difficult to customize. To solve this problem, it aims to localize through domestic development, modularize real-time high-speed projection mapping image processing technology, improve compatibility, and introduce it at low cost. In particular, the goal is to develop a vision machine image analysis module for real-time interaction tracking of a dynamic stage. This technology will contribute to improving competitiveness, expanding the industrial field, and improving the status of domestic technology. This paper deals with the development and achievements of this technology in detail, demonstrates its technical completeness and practical applicability, and suggests future research and commercialization directions.

☞ **Keywords** : Object, image analysis, projection, media art

☆ 본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 연구개발지원사업으로 수행되었음(Rs-2024-00341886)

* 1저자: 서경대학교 디자인학부

** 교신저자: 서경대학교 디자인영상대학 디자인학부
・Corresponding Author: Sungdae Hong, sungdaehong@gmail.com

Received January 20, 2024 Revised February 17, 2024
Accepted March 20, 2024 Published June 30, 2024

1. 서 론

최근 오브제 혹은 출연자(이용자)의 움직임을 실시간으로 트랙킹하여 프로젝션 매핑으로 콘텐츠를 투영하는 기술에 대한 수요가 전 세계적으로 증가하고 있다. 이러한 기술은 엔터테인먼트, 교육, 광고, 예술 등 다양한 분야에서 혁신적인 사용자 경험을 제공하는 데 큰 기여를 하고 있다. 그러나 현재 이 기술의 대부분은 해외 기술에 의존하고 있는 실정이다. 이는 기술 도입 비용이 높고, 사용 환경에 따라 맞춤형 조정이 어려운 문제를 야기한다. 본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해 국내 자체 기술개발을 통해 해외 제품을 국산화하고, 실시간 고속 프로젝션 매핑 영상처리 기술을 기존 프로젝터에 모듈화하여 적용함으로써 호환성을 높이고 저렴한 비용으로 기술 도입이 가능한 사업화를 추진하고자 한다. 특히, 동적 무대 실시간 인터랙션 트랙킹을 위한 비전머신 영상분석 모듈을 개발하는 것을 목표로 한다. 국산화된 실시간 트랙킹 및 프로젝션 매핑 기술은 국내외 시장에서의 경쟁력을 높이는 데 크게 기여할 것이다. 또한, 저렴한 비용과 높은 호환성을 갖춘 이 기술은 다양한 산업 분야에서의 적용 가능성을 확대시킬 것이다. 이를 통해 국내 기술의 위상을 높이고, 관련 산업의 발전을 촉진할 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문에서는 이러한 배경과 목적을 바탕으로, 실시간 고속 프로젝션 매핑 영상처리 기술의 개발 과정과 성과를 상세히 다루고자 한다. 이를 통해 기술적 완성도와 실제 적용 가능성을 입증하고, 향후 연구 및 상용화에 대한 방향성을 제시하고자 한다.

2. 관련연구

2.1 프로젝션 매핑

미디어아트 분야에서는 공간 증강현실 기법을 프로젝션 매핑(Projection Mapping)으로 부르며, 이는 특정 객체의 3차원 특징을 분석하여 이미지를 투사하고 정확히 일치시켜 시각적 착시 효과를 유발하는 기술이다. 주로 건물의 외벽(facade)이나 조형적 오브제(objet)에 적용되어 미디어아트와 마케팅 분야에서 활발히 사용되고 있으며, 최근에는 공연예술 분야에서도 적극적으로 채택되고 있다. 그러나 기존의 프로젝션 매핑 기법은 고정된 대상에 대한 수동적 적용이 많아 배우의 의상 표면에 그대로 적용하기에는 한계가 있다.

프로젝션 매핑은 대상물에 따라 투사되는 영상 콘텐츠가 달라지므로, 이를 편의상 정적 프로젝션 매핑과 동적 프로젝션 매핑으로 분류할 수 있다. 정적 프로젝션 매핑은 고정된 위치의 대상물에 이미지나 동영상을 투영하는 일반적인 형태로, 주로 건물 외벽이나 연극 무대에서 사용된다. 이 방식에는 영상 콘텐츠 제작을 위한 컴퓨터 소프트웨어와 이를 투사하는 프로젝터 등 두 가지 요소가 필요하다.

프로젝션 매핑 기술이 발전하면서 움직이는 객체에 대한 매핑 시도가 이루어졌으며, 초기에는 일정한 움직임을 계산하여 만든 정적 프로젝션 매핑의 연장선이었다. 그러나 정보 처리 속도의 향상으로 매핑 대상이 다양해지면서, 기존의 프로젝션 매핑과는 다른 특성을 가지게 되었다. 실시간으로 객체의 상태를 계산하여 영상을 매핑하는 실시간 프로젝션 매핑(Real-time Projection Mapping)과 사용자 중심의 인터랙티브 프로젝션 매핑(Interactive Projection Mapping) 등이 등장하면서 기술이 더욱 발전하였다.

2.2 사례



Figure 1. Asai Nobumichi, <Project OMOTE>, 2015

일본의 아사이 노부미치와 그의 팀이 제작한 <Project OMOTE>는 얼굴을 가면처럼 표현하는 프로젝션 매핑 작품이다. 예술에서 신체에 대한 관심은 고대부터 이어져 왔으나, 신체 자체를 오브제로 주목하기 시작한 것은 소비사회 문화 이후로 볼 수 있다. 전후 경제 성장과 함께 소비사회로 변화하면서 신체는 대중화되고 상품화되었으며, 인간의 욕망과 욕구를 담아내는 오브제로 변모했다. 즉, 신

체를 꾸미는 행위를 통해 자아 정체성을 표현하는 것은 신체를 오브제로 본다는 의미이다.

프로젝트 오모테는 이러한 '표현'을 넘어서 '감추기'의 성격을 더하고 있다. 작품에서 모델의 얼굴은 움직임에 따라 기계 장치 같은 모습이 되기도 하고, 얼굴을 반으로 가르는 등 기괴한 장면을 연출한다. 감독의 인터뷰에 따르면, 이는 빠르게 진화하는 기술이 불러올 미래에 대한 불안감을 느끼도록 의도한 것이다.

이 작품에서 작가는 실시간으로 변하는 정보를 추적하기 위해 광학식 모션 캡처 기술을 사용한다. 얼굴에 부착한 마커를 외부에 설치된 적외선 카메라의 센서로 인식하고 캡처하여, 얼굴의 위치와 방향을 추정한다. 이 데이터를 기반으로 애니메이션 텍스처가 있는 CG를 렌더링하고, 이를 프로젝터를 통해 모델에 투사한다. 더 빠른 렌더링을 위해 페이스 매핑 소프트웨어인 Live Mapper를 개발하여, 실시간으로 얼굴 추적과 매핑이 동시에 이루어지도록 통합했다. 이를 통해 기존 동적 프로젝션 매핑에서 발생하는 딜레이를 줄일 수 있었다.

3. 실험

3.1 고속 비전 카메라 시스템을 활용한 실시간 물체 추적 및 IR 노이즈 제거 방법



Figure 2. GNN

본 연구에서는 고속 실시간 오브제 영상 추적을 위한 비전 카메라 시스템의 설계와 구현에 대해 다루고자 한다. 빠른 물체를 정확하게 감지하고 추적하기 위해서는 높은 프레임 속도(FPS)와 대역폭이 필수적이다. 따라서 우리는 800 FPS 이상의 고속 카메라를 필요로 하며, 이를 위해 USB 3.0 인터페이스 이상을 요구한다. USB 3.0은 높은 대역폭을 제공하여 빠른 이미지 전송을 가능하게 한다.

본 연구에서 요구되는 최소 대역폭을 계산하였다. 카메라의 해상도는 640 × 640이며, 흑백 이미지이므로 8비트로 표현된다. 또한 초당 최소 800프레임의 속도를 유지해야 한다. 이에 따라 최소 대역폭은 2.6 Gbps로, USB 3.0 이상의 인터페이스를 필요로 한다.

선정된 카메라는 해상도가 640 × 480이며, 흑백 이미지를 지원한다. 최대 FPS는 815로, 우리의 요구 사항을 충족한다. 또한 프로젝터에서 나오는 광원 노이즈를 해결하기 위해 IR 대역을 사용하였다.

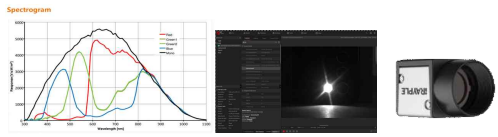


Figure 3. GNN

IR 렌즈의 정상 동작을 확인하기 위해 실내에서 IR 광원만이 이미지에 표출되는지를 확인하였다. 이를 통해 IR 대역을 활용하여 노이즈를 효과적으로 제거할 수 있음을 확인하였다.

3.2 카메라 컨트롤러 및 이미지 처리 모듈

카메라 이미지 Grab 모듈은 고속 연산을 위해 병렬처리와 SIMD 방식을 사용한다. 이는 이미지를 효율적으로 캡처하는 데 도움이 된다. 카메라에서 받은 데이터는 고속 처리를 위해 행렬 형태로 변환되어 사용된다. 이미지 읽기 속도는 평균 0.01 ~ 0.13 ms로 측정되며, 800 FPS 기준 이미지 읽기 시간은 약 1.25ms 정도이다. 원본 이미지의 해상도는 가로 640, 세로 480이지만, 다이크로익 미러 설치 위치와 왜곡으로 인해 일부 영역이 잘려나간다. 따라서 가로 480, 세로 480의 이미지 해상도만을 사용한다. 카메라 모듈은 하드웨어인 카메라로부터 스트림 상에서 이미지 요청에 따른 이미지 획득 및 변환에 소요되는 시간을 측정한다.

이미지 처리 모듈에서는 하드웨어(카메라)로부터 받은 이미지를 전처리 → 이미지 처리 → 파라미터 추출 → 이미지 후처리의 순서로 처리한다. 전처리 단계에서는 임계값(Adaptive_ThresHold) 처리와 가우시안(Gaussian) 방식 처리를 개발하여 이미지를 준비합니다. 이러한 절차를 통해 이미지 처리 모듈은 입력 이미지를 사전 처리하여 필요한 정보를 추출하고, 최종적으로는 후속 처리가 완료된

이미지를 출력한다.



Figure 4. GNN

본 연구에서는 이미지 전처리 모듈을 추가하여 가우시안 블록 크기 (Gaussian Block Size)에 따른 전처리 이미지 변화를 분석하였다. 이를 통해 극단적인 블록 크기 값을 테스트하였으며, 그 결과를 [그림 2-5]에 나타냈다. 가우시안 블록 크기에 따른 전처리 이미지의 변화는 다음과 같이 원본 이미지와 블록 크기 3, 5, 7, 9, 11에 해당하는 이미지 순서로 제시된다.

블록 크기가 너무 커질 경우 주변부의 값 평균을 가져오는 비율이 높아지므로 경계선의 분류가 명확해지지 않는 단점이 있다. 이는 블록 크기가 7에서 15 사이일 때 가장 적절한 결과를 나타낸다. 따라서, 본 연구에서는 가우시안 블록 크기를 7에서 15 사이의 값을 사용하는 것이 적합하다는 결론을 도출하였다.



Figure 5. GNN

전처리된 이미지를 바탕으로 검출된 물체를 추적한 뒤, 경계선 검출을 진행하였다. 검출된 경계선을 기준으로 중앙점을 추출하고, 이를 좌표 파라미터로 변환하였다. 이러한 과정은 카메라에 다이크로익 미러가 없는 상태에서 기본 영상을 해상도에 따라 좌표를 추출하는 방식으로 이루어졌다.

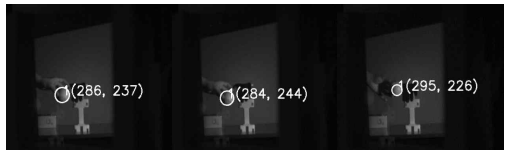


Figure 6. GNN

본 연구에서는 검출된 이미지를 바탕으로 내부 파라미터를 추출하였다. 경계선 검출은 컨투어(Contour) 기법을 사용하여 주변 배경과 구분되는 픽셀값을 분리해내는 방식으로 이루어졌다. 이를 통해 더욱 정확한 경계선 검출이 가능하게 되었다. 다이크로익 미러를 사용하여 IR 광원을 조사하고, 이를 통해 IR 영상을 처리하였다. 다이크로익 미러는 특정 파장의 빛만을 반사하거나 투과시키는 성질을 가지고 있어, IR 광원의 정확한 조사 및 처리가 가능하다. 이를 통해 IR 영상에서 객체의 검출 및 좌표 추출의 정확성을 높일 수 있었다. 각 카메라에서 객체가 정확하게 검출되고, 해당 객체의 좌표가 올바르게 추출되는지 여부를 확인하였다. 이를 통해 카메라 시스템의 신뢰성을 검증하였으며, 각 단계에서의 정확한 검출과 좌표 추출이 가능함을 확인하였다.

4. 결론

본 연구는 컨소시엄 간의 긴밀한 협업을 통해 과제를 수행하였으며, 개발 일정 및 사업화 일정을 고려하여 설계 단계부터 다수의 미팅을 진행하였다. 이를 통해 프로젝트의 각 단계에서 의견을 공유하고 문제를 해결하며, 최적의 결과를 도출하기 위해 노력하였다. 특히, 개발 콘텐츠의 통합화에 주력하여 사업화 및 상품화의 완성도를 높이는 방향으로 프로젝트를 진행하였다. 이러한 접근은 단순한 기술 개발을 넘어 실제 시장에서의 적용 가능성을 극대화하는 데 중점을 두었다.

비전머신 카메라의 처리 속도 개선을 통해 오브제의 좌표 분석 정확성을 크게 향상시켰다. 이는 기존의 처리 속도 한계를 극복하고, 보다 정밀한 좌표 추적이 가능하도록 하였다. 또한, 칼만 필터를 적용하여 최소한의 레이턴시를 보장하는 개선 모듈을 도입함으로써, 시스템의 반응 시간을 크게 줄였다. 이러한 개선은 실시간 처리의 필수 요소로, 프로젝션 매핑의 정확성과 신속성을 동시에 확보하는

데 기여하였다.

XY 미러 제어 시간 단축을 통해 전체 시스템의 지연 시간을 최소화하였다. 이는 실시간 고속 프로젝션 매핑 영상 처리 기술의 효율성을 극대화하는 결과를 낳았으며, 사용자 경험의 품질을 높이는 중요한 요소로 작용하였다. 이를 통해 실시간 동적 무대에서의 인터랙션 트랙킹이 보다 정교하고 원활하게 이루어질 수 있었다.

결론적으로, 본 연구는 실시간 고속 프로젝션 매핑 영상 처리 기술의 실용화를 앞당기는 데 중요한 기여를 하였다. 동적 무대 실시간 인터랙션 트랙킹을 위한 비전머신 영상 분석 모듈 개발은 향후 다양한 응용 분야에서 그 활용 가능성을 확대할 수 있을 것이다. 예를 들어, 공연 예술, 엔터테인먼트, 광고, 교육 등 다양한 분야에서 본 기술의 적용이 기대되며, 이는 새로운 형태의 시각적 경험을 제공함으로써 시장 경쟁력을 높이는 데 기여할 것이다.

향후 연구에서는 이 기술을 다양한 응용 분야에 확대 적용하여 보다 폭넓은 활용 가능성을 탐구할 예정이다. 또한, 기술의 안정성과 정확성을 지속적으로 개선하고, 사용자 피드백을 반영하여 더욱 완성도 높은 시스템을 개발하는 데 주력할 것이다. 이를 통해 본 연구에서 개발된 기술이 다양한 산업 분야에서 실질적인 가치를 창출할 수 있도록 지속적인 노력을 기울일 것이다.

참고문헌(Reference)

[1] 이재운, 김연진, 김동호. (2014-02-12). 유연한 형태를 갖는 동적 객체 대상의 실시간 프로젝션 매핑. 한국HCI학회 학술대회, 강원도.

[2] 이혜준, 김형기. 오브제 움직임에 반응하는 프로젝션 매핑 연구. 디지털콘텐츠학회논문지, 22(9), pp . 1459-1466, 2021

[3] W. W. Lee, A Study on the direction of fashion display by objet production technique, MA dissertation, Chung-Ang University, Seoul, 2000.

[4] S. G. Kang, “A Study on Trend of Object Represented in Pop-Art”, Korea Society of Basic Design & Art, Vol. 7, No. 1, pp. 37-48, 2006.

[5] S. D. Hong, "Development of Chameleonic Multi-Surface Display with Dynamic Projection Mapping", Digital Contents Society, Vol 18, No. 1, pp. 123-132, 2017, https://doi.org/10.9728/dcs.2017.18.1.123.

[6] R. Raskar et al., "Shader Lamps: Animating Real Objects with Image Based Illumination," Proc. 12th Eurographics Workshop on Rendering Techniques (EGWR 01), Springer, 2001, pp.89-102

[7] 이재운, 3D 프로젝션 매핑에 나타나는 확장된 가상성에 관한 연구, 숭실대학교대학원, 미디어학과 석사학위논문, 2011

저 자 약 력

안 서 영(Seo-young Ahn) [정회원]



- 2023년 2월 : 서경대학교 대학원 디자인학과 (디자인학사)
- 2024년 2월 : 서경대학교 대학원 디자인학과 (석사 재학중)

관심분야: 미디어아트, 정보통신, 서비스디자인, 영상

홍 성 대(Sung-Dae Hong)



- 2004년 8월 : 중앙대학교 첨단영상대학원(예술공학전공 석사)
- 2008년 8월 : 중앙대학교 첨단영상대학원(예술공학전공 박사)
- 2008년 9월 ~ 2009년 9월 : 중앙대학교 문화기술연구소전임연구원
- 2009년 8월 ~ 2012년 2월 : 숭실대학교 미디어학부 연구교수
- 2012년 3월 ~ 현재 : 서경대학교 디자인학부 교수

관심분야: 정보통신, 미디어아트, 서비스디자인, 영상