

## 멀티 프로젝터를 이용한 실린더 환경의 파노라마 렌더링 시스템

기명석, 차지훈, \*권오석  
한국전자통신연구원, \*충남대학교  
serdong@etri.re.kr, jihun@etri.re.kr, \*oskwon@cnu.ac.kr

### Panorama Rendering System using Multi-Projector for Cylindrical environment

Myung Seok Ki, Jihun Cha, \*Oh-Seok Kwon  
ETRI, \*Chungnam National University

#### 요 약

본 논문에서는 사각 평면이 아닌 실린더나 구 형태의 비평면 스크린에 고품질 파노라마 영상을 렌더링 하기 위해 스틸 카메라를 이용한 자동 캘리브레이션과 멀티 프로젝터를 이용한 파노라마 렌더링 시스템을 제안한다. 스틸 카메라를 이용한 비평면 스크린 캘리브레이션은 특정 패턴을 스크린에 투사하고 이를 촬영하여 프로젝터의 투사 왜곡을 보정하고 멀티 프로젝터간의 중첩 영역에 대한 보정을 자동 수행한다. 캘리브레이션이 완료된 이후에 멀티 프로젝터를 이용하여 고품질의 파노라마 비디오를 렌더링 하기 위해서 본 논문에서는 복수의 멀티 시스템과 동기화 카드를 이용하여 렌더링 시스템간의 재생 동기화를 수행 하였다. 제안하는 렌더링 시스템을 적용하면 기존의 전문가의 수동작업에 의한 인력 및 보정 시간을 줄일 수 있으며, 시스템 환경이 변하더라도 쉽게 적용적으로 렌더링 환경을 구축하는 것이 가능하고 고품질의 파노라마 비디오를 렌더링 하는 것이 가능하다.

#### 1. 서론

최근 사용자의 고품질 실감 미디어에 대한 욕구와 영상 기술의 발전으로 미디어가 점차 대형화 및 실감화 추세로 진화되고 있으며, 단일 디스플레이로는 출력하기 힘든 대형 미디어를 표현하기 위해 복수의 디스플레이 또는 복수의 프로젝터 구성을 통한 재생 환경이 점차 늘어나고 있는 상황이다. 특히 프로젝터는 다른 디스플레이 출력장치에 비해 자연스러운 대화면 구성이 가능하며, 또한 렌더링 환경이 평면이 아닌 경우라도 적용이 용이하다는 장점 때문에 파노라마, VR 환경 구성에 많이 이용되고 있다.

기본적으로 복수의 프로젝터를 이용하여 대화면 렌더링 환경을 구성하기 위해서는 프로젝터 영상 왜곡 보정, 프로젝터 간의 중첩 영역에 대한 블렌딩, 컬러보정과 같은 영상처리들이 필요하다. 특히 이러한 기술들은 투사될 스크린의 형태가 평면이 아닌 실린더나 구와 같은 환경일 때는 더욱 복잡한 처리 과정이 요구된다.

현재 멀티 프로젝터를 이용하여 대화면 렌더링 환경을 구축하는 상용 SW 들은 프로젝터간의 겹침영역의 비율을 일정하게 하고, 전문가가 캘리브레이션 툴을 수동 방식으로 조작하여 눈으로 보면서 왜곡을 보정하거나 프로젝션 중첩 영역을 조정하여 멀티 프로젝터 환경을 구축하는 것이 대부분이다. 사람에게 의한 수동 캘리브레이션 방식은 눈으로 직접 확인 하기 때문에 정교한 캘리브레이션이 가능하다는 장점이 있지만, 전문가의 숙련도에 따라 시간 및 결과의 질이 달라질 수 있으며, 프로젝터마다 영상 보정을 수행하기 때문에

프로젝터의 개수에 비례하여 캘리브레이션 시간이 증가한다는 문제점이 있다. 또한 이러한 수동 방법은 한번 캘리브레이션을 수행한 후 외부 환경에 의해 렌더링 환경이 변화 되었을 때 다시 사람의 개입이 필요하기 때문에 환경 변화에 대응이 어렵고 번거롭다는 단점도 존재한다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 자동 캘리브레이션에 대한 연구는 주로 평면 스크린 환경을 중심으로 주로 연구되어 왔는데 Ramesh Raskar, Michael Brown 등은 복수대의 프로젝터를 사용한 렌더링 환경을 구현하기 위해 카메라를 이용한 캘리브레이션 방법을 사용했으며 [1] [2], 미국의 프로젝터 솔루션 회사인 Christie 에서는 카메라와 자사의 프로젝터들을 이용하여 평면 스크린 환경에 대화면을 구현하는 캘리브레이션 솔루션을 선보인바 있다. 그러나 이러한 방법들은 앞서 말한바와 같이 대부분 평면 스크린을 대상으로 하고 있기 때문에 실린더나 구와 같은 렌더링 환경에는 적용이 어렵다는 단점이 존재한다.

본 논문에서는 이상의 문제점을 해결하기 위해 복수의 프로젝터들과, 한대의 스틸 카메라를 이용하여 실린더 형태의 스크린에 대해 자동 캘리브레이션을 수행하고, 고품질 파노라마 영상을 병렬 렌더링하기 위해 동기화 카드를 이용하여 복수의 시스템에서 동기화 재생을 수행하는 파노라마 렌더링 시스템을 제안한다.

이를 위하여 2 절에서는 렌더링 시스템 구성 및 세부 모듈 설명을, 3 절에는 시스템 구성을 통해 실제 구현된 파노라마 렌더링 시스템 실험 결과와 본 논문에 대한 결론으로 끝을 맺는다.

## 2. 파노라마 렌더링 시스템

본 절에서는 실린더 형태의 스크린에 고화질 파노라마 영상을 재생하기 위해 멀티 프로젝터를 이용한 파노라마 렌더링 시스템에 대해 기술한다. 렌더링 시스템은 크게 스틸 카메라를 이용한 디스플레이 보정모듈, 그 결과에 따라 생성된 기하학/블렌딩 파라미터들을 실제 투사하고자 하는 영상에 적용하는 파노라마 미디어 처리모듈 그리고 동기화 정보에 따라 실제 프로젝터에 병렬 렌더링을 수행하는 미디어 렌더링 모듈로 구성되며 그 구조도는 그림 1 과 같다.

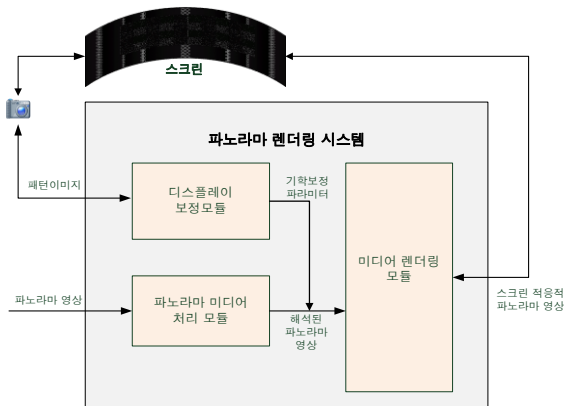


그림 1. 파노라마 렌더링 시스템 구조도

### 2.1. 디스플레이 보정

디스플레이 보정모듈은 스틸 카메라를 이용하여 실린더 형태의 스크린에 대한 영상 보정을 수행하는 모듈로써 세부 구성은 다음과 같다.

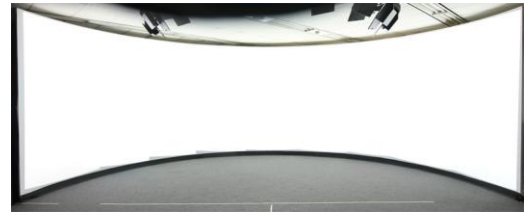
- 영상 패턴 촬영 및 분석

멀티 프로젝터를 이용한 렌더링 환경을 파악하고, 비평면 형태의 스크린으로 인해 발생하는 기하학 왜곡 보정 및 프로젝션 영역의 겹침 영역 처리를 위해서는 일정 패턴을 지닌 영상을 멀티 프로젝터를 이용하여 각각 스크린에 투사하고 이를 촬영하는 과정이 필요하다.[3] 이를 위하여 본 연구에서는 포인트들의 집합으로 구성된 패턴 영상을 투사하고 광각 렌즈를 장착한 스틸 카메라를 통해 이를 촬영하는 방법을 사용하였다. 이때 패턴으로 사용되는 포인트가 너무 클 경우는 영상의 왜곡 보정율 및 블렌딩의 정밀도가 떨어지며, 포인트가 너무 작을 경우는 특징점 추출이 어려워져 사용되는 포인트의 크기를 적절하게 선택하는 것은 캘리브레이션의 성능에 중요한 영향을 미친다.

- 실린더 보정

스크린에 멀티 프로젝터를 이용하여 영상을 투사할 경우, 프로젝터의 투사위치, 스크린의 형태에 따라 투사 영상의 왜곡이 발생한다. 이를 정확하게 보정하기 위해서는 패턴뿐만 아니라, 스크린의 형태를 카메라로 촬영하고, 촬영된 영상이 가장 자연스러운 형태로 투사될 수 있도록 변형하는 과정이 필요하다. 본 연구에서는 앞서 패턴 영상과 함께 촬영된 스크린의 형태 영상을 이용하여 스크린의 모양이 사용자가 보는 가장 자연스러운 형태인 사각형으로 보일 수 있도록

영상을 보정하는 과정을 진행한다. 실린더 보정 전과 보정 후의 스크린 영상을 그림 2 에 보인다.



(a) 스크린 촬영 영상



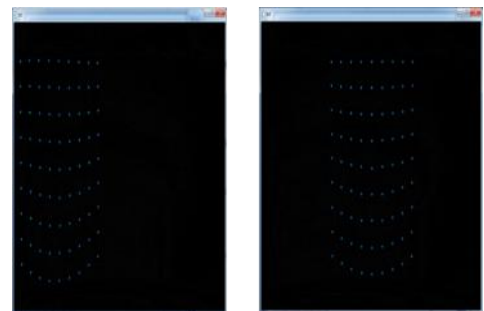
(b) 실린더 보정 영상

그림 2. 실린더 보정 일 예

- 블렌딩(Blending) 보정

실린더 보정이 완료된 이후에는 패턴 이미지와 실린더 보정 영상을 이용하여 영상 왜곡 및 블렌딩 보정이 이루어진다. 블렌딩 처리를 하는 이유는 프로젝터간의 겹침 영역의 중복 영상 투사 문제와, 겹침 영역의 경우 비 겹침 영역에 비해 빛의 세기가 매우 밝기 때문에 영상이 자연스럽게 보이기 위해서는 프로젝션 겹침 영역에 대한 처리가 필요하기 때문이다.

그림 3 에서는 패턴 영상(a)과, 스크린 정보 분석을 통해 생성된 블렌딩 마스크 이미지(b)를 보인다.



(a) 블렌딩 및 기하학 보정 처리를 위한 패턴 분석 이미지



(b) 생성된 블렌딩 마스크 이미지

그림 3. 블렌딩 마스크 생성 일 예

## 2.2. 파노라마 미디어 처리

파노라마 영상을 실린더 형태의 스크린에 투사하기 위해서는 앞서 수행한 캘리브레이션의 결과인 기하학\블렌딩 보정 파라미터들을, 실제 투영할 영상에 적용해야 하며 그 방법을 다음과 같다 먼저 입력된 파노라마 영상은 캘리브레이션 결과로부터 획득된 스크린 정보에 따라 프로젝터의 개수만큼 겹침 비율에 따라 분할된다. 그 후 각각의 분할된 영상 데이터에는 기하학 보정 파라미터가 적용되어 스크린에 투영될 때 발생하는 영상의 왜곡을 막아주며, 다음 단계로 역시 캘리브레이션의 결과인 블렌딩 마스크가 각각의 분할 영상에 적용되어 프로젝터간의 중첩영역에 대한 중복 투사 및 밝기 문제를 해결한다.

기술과 세부적인 설정에 기존의 수동 설정이 결합 된다면 현재 대부분이 외산 기술인 블렌딩 SW 를 대체할 수 있을 뿐만 아니라 대용량 파노라마 시장을 앞 당길 수 있을 것이다.



그림 4. 카메라와 멀티 프로젝터 구조체

## 2.3. 미디어 렌더링

7kx1k 이상의 대용량 파노라마 영상을 현대의 PC 나 워크스테이션만을 이용하여 30 fps 속도로 재생하기에는 영상처리의 복잡성, 데이터의 대역폭, 그래픽 카드의 출력 부족 등의 많은 문제점이 존재한다.

이를 해결하기 위해서는 복수의 시스템을 이용하여 대용량 영상 데이터를 분할한 뒤, 해당 영상들을 각각의 시스템에서 병렬 렌더링 처리하는 작업이 필요하다. 병렬 렌더링시 시스템간의 데이터 재생 동기화를 맞추는 것은 매우 중요한 요소이며, 복수의 시스템의 동기화를 맞추는 방법은 NTP(Network Time Protocol)을 사용하는 방법 또는 별도의 동기화 카드를 사용하여 시스템간의 프레임 재생에 대한 클럭을 공유하는 방법 등이 존재한다. NTP 를 사용하는 방법은 별도의 하드웨어 없이 적은 비용으로 동기화를 구성할 수 있다는 장점이 있지만 ms 단위 이하의 정확한 동기화를 맞추기 어렵다는 단점이 있기 때문에, 본 연구에서는 복수의 워크스테이션의 영상 재생 동기화를 위해 그래픽 카드 및 이와 호환되는 동기화 카드를 하여 정확한 재생 동기화를 맞추었다.



그림 5. 파노라마 비디오 렌더링 화면

## 3. 실험 및 결론

본 연구에서는 상기 기술한 기술 및 렌더링 시스템 절차를 토대로 가로 지름 7.2m, 높이 2.7m 의 실린더 형태의 스크린에 9 대의 Full HD 프로젝터와 현대의 스틸 카메라를 이용하여 실린더 형태의 파노라마 환경을 구축하였으며, 파노라마 병렬 렌더링을 위해서는 두 대의 워크스테이션에 AMD 그래픽 카드와 동기화 카드를 이용한 재생 환경을 구축하였다. 구현된 시스템은 8kx2k 해상도의 파노라마 영상을 30 fps 로 재생하는 것이 가능하며, 그림 4 에는 스틸 카메라 및 멀티 프로젝터 구조체를, 그림 5 에는 실제 파노라마 영상 재생 화면을 보인다.

대용량 VR 콘텐츠 또는 실감 콘텐츠를 재생하는 기술은 현재, 전시관, 박람회 등을 중심으로 일반화 되고 있으며, 이를 위하여 프로젝터들의 겹침 영역 처리를 위한 블렌딩 SW 및 하드웨어 상용기술 또한 발전하고 있는 상황이다. 그러나 대부분의 블렌딩 처리를 위한 하드웨어 기술은 고가일 뿐만 아니라 특정 환경에 제한적인 경우가 많으며, 대부분 사람의 수동 조작에 의해 렌더링 환경이 구축되는 경우가 대부분이다. 만약 본 연구의 스틸 카메라를 이용한 자동 캘리브레이션

## Acknowledgement

본 연구는 지식경제부와 ETRI 의 IT R&D 프로그램 (13ZR1110, 휴먼융합형 파노라마 기술 개발)의 지원으로 진행되었습니다.

## 참 고 문 헌

- [1] 구형스크린 프로젝션 시스템의 전시 및 공연에서의 활용 /원광연(Wohn, Kwang-Yun); 안명욱(An, Myoung-Uk) (한국과학기술원, 2010)
- [2] Brown M, Majumder, A, and Yang, R “ Camera-Based Calibration Techniques for Seamless Multiprojector Displays”, IEEE Transactions on visualization and Computer Graphics, 193-206, 2005
- [3] Han Chen, Rahul Sukthankar, Grant Wallace and Tat-jen Cham, “ Calibrating Scalable Multi-Projector Display Using Camera Homography Trees”, IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2001.