

XR(eXtended Reality)과 VP(Virtual Production)

허 준 KBS TV기술국 조명감독

확장현실 : XR

XR(eXtended Reality)은 VR(Virtual Reality)과 AR(Augmented Reality), 그리고 MR(Mixed Reality)이 더해진 것이다. VR 헤드셋이나 스마트폰을 사용하지 않아도 홀로그램이나 4D 영화 같은 가상체험을 통틀어 말한다.

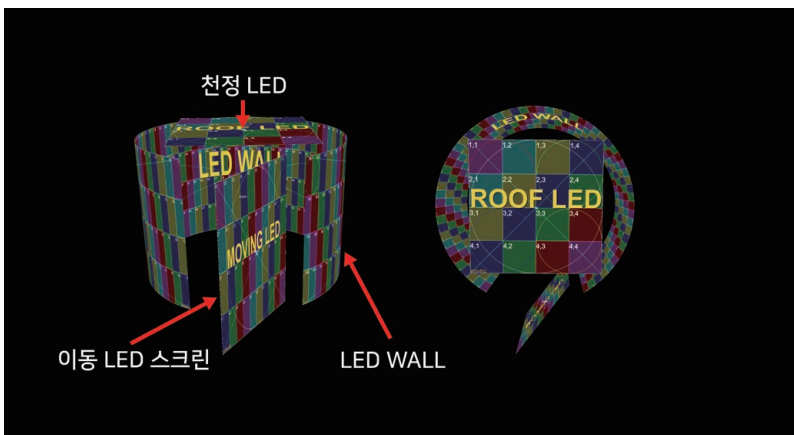
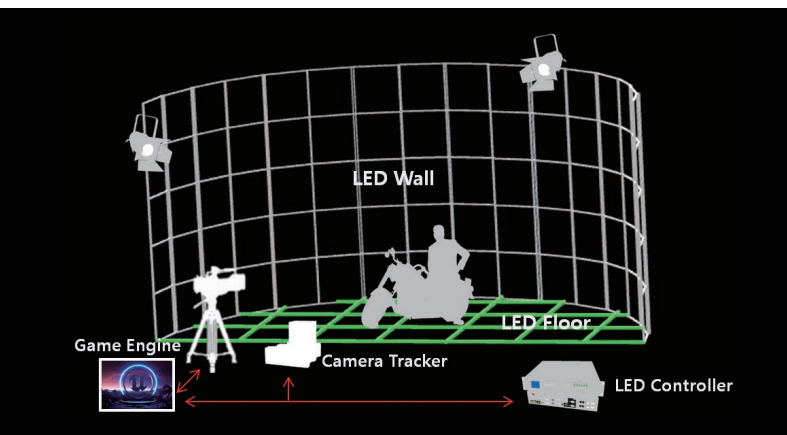
VR을 VR답게 하는 가장 중요한 기능 중 첫 번째가 ‘몰입감(immersion)’이다. 몰입감이란 VR을 실제인 양 생생하게 느끼는 감각 그 자체를 일컫는다. 그다음이 ‘임장감(presence)’이다. 이는 헤드셋 밖 실제 세계를 잠시 잊은 채 VR이 나를 둘러싼 진짜 세상이라고 느끼는 감각이다. 이런 개념은 처음에는 게임에서 유래되었으나 어느덧 미디어를 평가하는 주요 요소로 쓰이고 있다. 모든 메타버스 콘텐츠의 핵심은 가상세계와 현실세계가 이질감 없이 연결되는 것이다. 이런 면에서 몰입감과 임장감은 콘텐츠의 품질을 평가하는 핵심 요소다. 이는 XR에서도 마찬가지다. 또한 XR은 VP(Virtual Production)와 연관된다.

VP(Virtual Production)

개념

버추얼 프로덕션(VP)은 영화, 드라마, 광고, XR 공연 등 다양한 가상 환경의 실감형 콘텐츠 기획·제작과 실시간 VFX(시각 효과 기술) 전반을 아우르는 기술이다. VR 혹은 크로마키로 불리는 블루·그린 스크린에서 진화한 LED 월(Wall) 기반의 버추얼 스튜디오에서 작업이 이루어진다. 핵심 요소는 2D 콘텐츠로 LED의 매핑을 해서 제작하는 것이 아니라, 실시간으로 3D 렌더링 결과물을 제공하는 ‘게임 엔진(Unreal Engine, Unity)’을 활용해 3D 가상 환경을 제작한 다음 그것을 LED 월에 재현하는 것이다. 피사체를 촬영하는 물리적인 카메라에 카메라 트랙커를 장착해서 카메라의 위치값을 게임엔진에 보내고, 게임엔진에서 생성한 카메라와 물리적인 카메라가 동기화해서 물리적인 카메라가 움직일 때 게임엔진의 콘텐츠도 같이 움직여 사용자가 바라보듯이 실시간으로 구현한다. 즉 버추얼 스튜디오에서 출연자가 퍼포먼스를 할 때 LED 배경이 되는 3D 콘텐츠가 카메라 변화에 맞게 동기화되어 같이 변하는 것을 말한다.

스튜디오 내의 LED는 배경이 되는 뒤쪽 월과 바닥 LED 그리고 필요에 따라 천장 LED를 사용한다. 또 소품이나 바닥을 실제 세트로 제작하고 배경은 LED 월의 이미지로 쓰기도 한다. 카메라 샷에 따라 LED 구조물의 바깥쪽은 AR로 채운다. 게임에서 사용자의 시점에 따라 주변 배경이 달라지듯 게임엔진의 환경을 LED와 실제 세트, AR을 같이 써서 스튜디오 내에 구현하고 제작하는 방식이다. 기존의 VR에서 제작하는 방식인 크로마키로 그린 혹은 블루 스크린을 배경으로 하였지만, 현재는 LED의 피치가 좋아지면서 크로마키에서 하는 방식을 LED에서 구현한다.



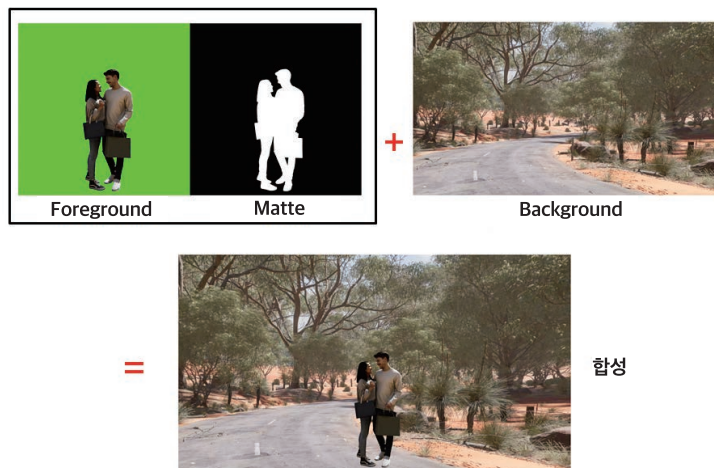
배경이 되는 LED 월과 바닥은 사각형과 삼각형과 같이 다양한 형태가 있다. 다만 여러 조건상 LED 월은 둥근 형태가 VP 제작에 가장 유리하다. 위의 그림과 같이 360° 완전히 두른 형태도 있다.

VP 제작은 프리 프로덕션(Pre-Production) 단계에서부터 최종에 가까운 장면을 실시간으로 구상하고 수정할 수 있다. 버추얼 스튜디오 현장에서는 협의가 필요한 장면을 제작 관계자들이 한 번에 확인하고 결정할 수 있어서 CG, 사운드 수정 등 포스트 프로덕션 단계에서의 후보정 작업을 최소화해 전체 공정의 작업 효율성을 높일 수 있는 장점이 있다.

XR과 ChromaKey 그리고 VP

크로마키

크로마 합성이란 카메라로 찍은 피사체를 다른 배경과 합성하는 화면합성기법의 하나이다. 크로마 합성은 TV가 흑백에서 컬러로 바뀌면서 카메라에서 얻을 수 있는 삼원색(赤·綠·靑) 신호를 이용해 그 색(크로마)의 차이를 검출하여 마스크에 해당하는 키 영상(Key Image)을 생성한다. 아래 그림과 같이 이 키 영상을 사용하여 빼내고 싶은 피사체와 배경을 분리하고, 그것을 다른 화면에 끼워 넣는 것이 그 원리이다. 빼내고자 하는 피사체가 인물인 경우, 살색과 보색인 Green(혹은 Blue) 배경 앞에 인물을 세워 카메라로 촬영하고, 그 출력에서 Green 성분을 제거하면 배경은 검게 되고 인물만을 뺀 신호를 만들 수 있다. 이렇게 만든 신호와 배경 신호를 합성한다.



VP와 XR

VP는 리얼리티를 위해 실제 세트, 소품을 선호한다면, XR은 벽과 함께 LED 바닥을 사용하고 나머지 공간은 AR을 쓰는 경향이 크다. VP에서 예술팀(세트, 소품)과 게임엔진팀(3D CG, LED 운영)은 카메라에 담길 전체적인 뷰를 만들기 위해 긴밀하게 협력해야 한다. VP와 XR의 기본 개념과 시스템은 거의 일치한다.

VP

버추얼 스튜디오에서 다음과 같은 영화의 한 장면을 찍는다고 가정해 보자.



뒷배경은 LED 월을 쓰지만, 바닥은 실제 세트다. 바닥의 소품(여기서는 자동차)도 되도록 실물을 쓴다. 때에 따라 천장에도 LED 스크린을 설치하여 엠비언트를 보강한다. 즉 천장 LED에 하늘이나 태양의 이미지를 띄어 자동차에 반사되게 한다든지, 인물에 주변 환경의 엠비언트를 주는 것이다. VP에서 일반적으로 카메라 화각은 LED 볼륨(LED 배경, 천장, 바닥) 안에서 운용하지만, 범위를 벗어 나는 경우 AR로 공간을 확장하기도 한다. 위 그림에서 검은 부분이다. 카메라 샷을 인물 위주로 타이트하게 잡는다면 우측과 같은 그림이 될 것이다. 이해를 돕기 위해 다시 강조하지만, 카메라의 각도와 등장인물의 동선이 바뀔에 따라 배경도 거기에 맞게 같이 바뀐다.

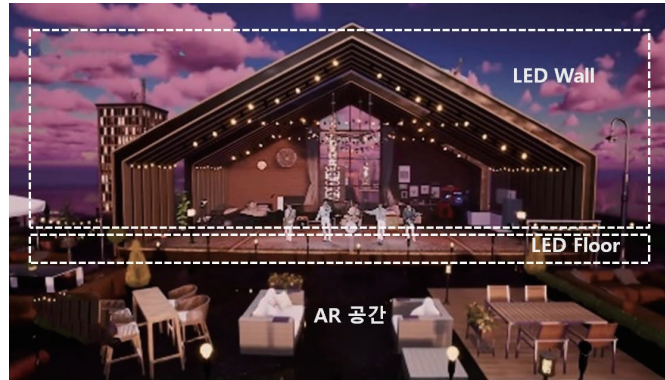
XR

XR을 이해하기 위해 먼저 QR 코드의 영상을 보기 바란다. 이 영상은 XR로 구현한 케이트 페리의 영상인데 여기서 의자를 제외하고 무대 앞 액자나 다른 소품들은 모두 AR로 구현한 것이다. 곡의 분위기를 표현하거나 공간의 변환 혹은 확장은 LED 볼륨을 통한 XR과 AR에 의해 만들어진 것이다. 비현실적 공간 변환이나 공연의 분위기를 표현하는 데 많은 장점이 있다. 최근 국내에서 제작되는 뮤직비디오 중 XR 제작이 늘어나는 추세다.



www.youtube.com/watch?v=9UcHvzG1III

다음 그림은 XR 음악 쇼의 한 장면이다. 배경과 바닥은 LED로 구현되었고, LED 볼륨 외의 공간은 AR로 처리했다.



현재 제작 환경상 XR과 VP로 나누지만 큰 차이가 없다는 것이 필자의 견해다.

XR과 ChromaKey의 장단점

	LED XR	ChromaKey
장점	• 포스트프로덕션 최소화 : 제작 시간, 비용 단축 - 용이한 수정 : 제작 초기부터 콘텐츠 확인 가능 • 로케이션 비용, 시간 단축 - 크로마와 동일 • 배우의 몰입감 강화 • 리얼한 조명 - Interactive Lighting - 반사	• 후반작업으로 고퀄리티 보장 • 다양한 아웃풋 가능 • 로케이션 비용, 시간 단축
단점	• 비용 : XR 시스템, LED 월 • 고사양의 장비 필요 : 모아레, 딜레이, 이중 프레임 • 정교한 조명 • Color 보정 과정 필요	• 포스트 프로덕션 과정 필수 : 시간, 비용 • Spill • 장기간 프리프로덕션과 수정 어려움 - 최종단계에서 결과 확인 가능

둘의 공통적인 장점은 로케이션 비용과 시간이 단축된다는 점이다. 특히 코로나 팬데믹 상황에서 해외 로케이션이 불가능한 경우 배우와 배경을 분리해서 촬영하여 현지 장면을 합성하는 식으로 많은 콘텐츠가 제작되었다. 또한 안전상 위험한 장면이나 비현실적 장면들도 찍을 수 있다.

XR과 크로마키의 결정적 차이점은

첫째, 출연자 본인이 어떤 배경에서 어떤 상황인지를 알 수 있다는 점이다. 기존의 크로마키는 배우가 배경을 모르는 상태에서 감독의 지시나 상상력으로 그 장면을 찍어야 했다. 하지만 XR은 LED 월에 현재의 배경이 그대로 구현되어 배우가 더욱 연기에 몰입하는데 도움이 된다.

둘째, 포스트 비용의 감소다. 크로마키는 배우의 연기를 찍은 다음 후반에 배경을 입히는 방식으로 진행된다. 이 후반작업이 만만치 않은 경우가 많다. 현대 디지털 시각 효과 기술의 발전과 초당 수십억 개의 처리가 가능한 시스템에도 불구하고 포스트 프로덕션 프로세스는 프레임당 최대 12시간 이상이 소요될 수 있다. LED XR은 크로마키에 비해 포스트 프로덕션 과정의 시간과 비용이 절감되고 제작 과정에서 더 직관적이어서 향후 수요가 많아질 전망이다.

셋째, 엠비언트의 문제다. XR은 LED 스크린을 사면으로 설치하여 그 안에서 제작한다면 LED의 이미지가 비추어 자연스럽게 엠비언트를 해결할 수 있다. 그러나 크로마키는 엠비언트를 후보정으로 처리해야 한다. 거기다 ‘Spill’ 같은 문제가 일어난다.

※ 스텔(Spill)

스텔은 배경이 Green 혹은 Blue 크로마 앞에서 피사체를 찍으면 엠비언트가 피사체에 묻어 합성에 방해가 되는 빛을 말한다. 예를 들면 Green 배경에서 인물을 뺄 경우 인물에 Green 빛이 묻어 인물의 형태가 지저분하게 나온다. 이를 제거하기 위해서는 조명을 보강하던가 후반 제작 과정에서 보정해야 한다.

디즈니의 ‘The Mandalorian’의 성공 이후 영화/TV/CF/Event 등에 지속해서 쓰임이 확장될 예정이다. 현재 전 세계 120여 개의 VP 스튜디오가 있고 빠르게 숫자가 늘어나는 추세다. 영상 산업의 ‘게임 체인저’가 될지 지켜보아야 할 것이다.

XR 스튜디오 구성

LED 볼룸

가. LED 스크린이 설치되어 있는 메인 촬영공간이다.

나. LED 볼룸에 필요한 패널 수와 배치 방식에 따라 나머지 하드웨어 구성이 결정된다.

a. LED 패널은 배우 주위로 둥글게 배치하는 것이 엠비언트

라이팅과 피사체의 반사를 재현하는 데 도움이 된다.

b. 엠비언트와 반사를 보강하기 위해 LED 천장을 구축하는 것도 유용하다.

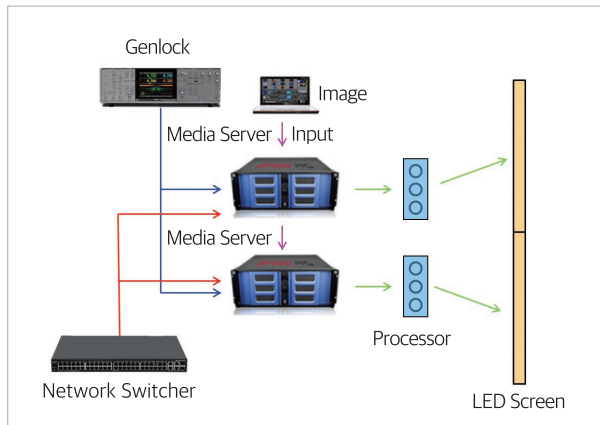
다. LED 프로세서(LED processor)는 여러 LED 패널을 단일 이미지를 디스플레이하는 배열로 결합하는 하드웨어 및 소프트웨어이다. 대형 LED 스테이지에서는 10개 이상의 LED 프로세서가 하나의 LED 벽을 구현할 수도 있다. LED 프로세서의 성능이 우수해야 제작 과정이 원활해진다.

라. LED의 해상도 즉 픽셀 피치(pixel pitch)는 LED 패널 내 픽셀의 밀도를 나타내며, 전체 해상도와 연관된다. 픽셀 피치는 보통 밀리미터로 표현되며, 각 LED 소자 사이의 거리를 나타낸다. 픽셀 밀도가 높으면 해상도와 품질이 증가하고 LED 패널의 비용도 증가한다. 밀도가 높을수록 유리하나 LED 패널의 반사도와 시야각, 색 변화, 색 일관성, 발열 등의 요소도 고려되어야 한다.

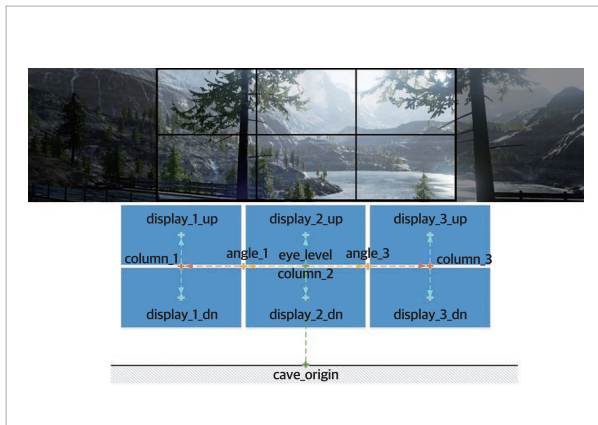


미디어 서버와 nDisplay

미디어 서버와 nDisplay는 렌더링 PC와 카메라 트래킹을 통합하고 영상 데이터를 LED 볼룸에 분배하는 시스템이다. 미디어 서버는 디스카이즈 등의 장비를 사용하여 LED 스크린을 분배한다면, nDisplay는 프로세서 용량에 맞게 LED 스크린을 나누는 방식이다. LED 스크린이 고정된 시설에 사용하기에는 nDisplay 방식이 유리하고, 스크린의 형태가 다양하게 변하는 환경에서는 미디어 서버 방식이 유리하다.



미디어 서버

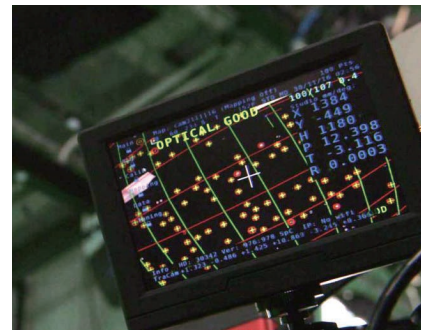


nDisplay

카메라 트래킹

LED의 가상 환경이 현장 카메라와 연동되어 카메라 앵글 및 움직임을 XR에서 실제처럼 구현하는 것이다. 실제 카메라의 위치와 움직임을 현실에서 가상세계로 전달하여 실제 카메라의 정확한 시점이 가상 환경에 맞춰 렌더링된다.

가장 흔히 쓰이는 카메라 트래킹 방법은 다음과 같다.



첫째, **광학 트래킹(Optical Tracking)** : 광학 트래킹 시스템은 IR에 민감한 특수 카메라로 사전 설치된 리플렉티브 또는 액티브 IR 마커를 추적하여 프로덕션 카메라의 위치를 판정한다.

둘째, **픽처 트래킹(Picture Tracking)**: 광학 트래킹 시스템이 사용하는 커스텀 마커를 추적하는 대신, 실제 오브젝트의 특정 이미지 패턴을 식별하여 트래킹 소스로 사용한다.

셋째, **관성 트래킹(Inertial Tracking)** : 관성 트래킹 유닛(IMU)은 자이로스코프와 가속도계를 탑재하여 카메라의 위치와 방향을 판정한다. IMU는 광학 및 피쳐 트래킹 시스템과 함께 쓰일 때가 많다.

게임엔진(언리얼 엔진)

게임엔진은 가상 환경을 제작하는 실시간 렌더링 그래픽 툴이다. VFX와 카메라 트래킹 정보를 연동 및 통제하여 건축부터 라이브 방송, 시뮬레이션, 게임 그리고 영화제작까지 다양하게 활용되고 있다. XR 제작환경에서는 3D 그래픽 제작에서 현장의 제작 운용까지 핵심 역할을 수행하고 있다. 어마어마한 데이터를 실시간으로 처리해야 해서 고성능 컴퓨터가 필수이고, 현실의 데이터와 가상 환경 데이터들의 동기를 맞추는 제너럴 락 시스템(General Lock System)의 신뢰도가 보장되어야 한다. 에픽 사의 '언리얼 엔진'이 주로 쓰이는 추세다.

XR 제작 관련 주요 이슈

프로스텀(Frustum)

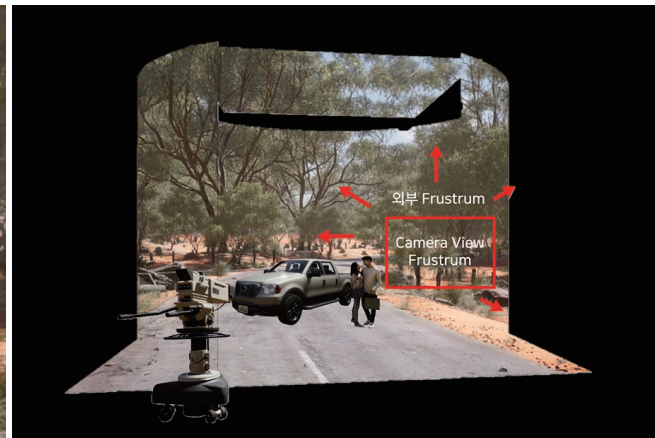
프로스텀은 XR LED 볼륨에서 제작할 때 실질적으로 카메라에 잡히는 LED 배경 뷰를 말한다.



위 그림은 LED 볼륨(LED volume)에서 In-Camera VFX를 사용 중인 세트이다. 메인 LED 벽에 나타난 사각형은 카메라의 내부 프러스텀(inner frustum) 렌더로 불리는 카메라 뷰이다. 이 내부 프러스텀은 현재 렌즈 초점 길이를 바탕으로 카메라의 시점에서 나타나는 필드 오브 뷰(FOV, Field of View)를 보여준다. 내부 프러스텀에 표시되는 이미지는 카메라가 썬 안에서 움직임에 따라 물리적 카메라를 추적하며, 해당 카메라가 항상 언리얼 엔진 환경에서 보고 있어야 할 대상을 표시한다. 즉 카메라 화각의 변화에 따라 연동하여 같이 움직인다는 말이다. 실제 카메라로 보면, 시스템은 평평한 배경 월 대신 가상 3D 세계를 활용하여 현실에서 촬영하는 것 같은 시차 효과를 발생한다. 프러스텀의 크기는 조정할 수 있는데, 클수록 데이터가 많아져 딜레이 또는 과부하가 일어난다. 이는 제작 과정에서 많은 문제를 일으킨다.



실제 카메라 뷰



카메라의 FOV 바깥 LED 볼륨에 표시된 콘텐츠는 외부 프러스텀(outer frustum)이라고 한다. 외부 프러스텀은 해상도를 낮추거나 밝기를 조절할 수 있다. 이를 이용해서 LED 패널을 물리적 피사체의 엠비언트 라이트와 반사체 소스로 사용할 수 있다. 즉 외부 프로스텀은 마치 현실에서 엠비언트나 조명 소스처럼 실제 피사체와 소품을 비춘다. 샷 구성은 언리얼 엔진 환경 내의 원하는 위치에 배치하여 외부 프러스텀이 세트에서 어디에 조명을 비출지 결정할 수 있으며, 외부 프러스텀만으로 조명을 구성할 수 있다.

여기서 주의해야 할 것은 두 가지가 있다.

첫째, LED 스크린은 ‘면광원’이다. 조명에서 광원은 스포트로 대표되는 점광원과 소프트광을 발산하는 면광원이 있다. 면광원으로는 빛의 지향성을 보여주지 못한다. 필요에 따라서 프로스텀 바깥에서 스포트 광을 설치해야 한다. 예를 들면 태양이 뜨는 일출을 배경으로 사람이 서 있는 장면을 촬영한다고 하자. 태양은 서서히 떠오르고 머리와 어깨 팔, 다리를 비춘다. 태양 빛에 의한 직사광선이 인물을 비추는 선명한 그림자와 빛의 방향성 같은 느낌, 빛에 의한 그림자의 변화는 LED 영상의 빛만으로는 표현하기 힘들다. 또 원하는 곳만을 비출 때는(부분 조명) 거기에 맞게 조명을 배치해야 한다. 이는 때에 따라 LED 스크린 중간 공간을 만들어 거기에도 조명을 설치해야 한다는 말이다. 따라서 LED 볼륨을 설계할 때 필요한 부분의 LED 패널을 제거하고, 그곳에 조명 설치를 할 수 있는 가변적 운용을 고려해야 한다.

둘째, 외부 프러스텀의 밝기와 연색성이다. 해상도를 떨어뜨려도 중요한 외부 광원 혹은 피사체의 반사 형태가 표현되어야 하며, 외부 프러스텀의 밝기를 어느 정도로 해야 자연스러운 영상이 구현되는지, 그리고 피사체에 묻는 외부 프러스텀의 컬러가 사실적인지 판단해야 한다. LED 스크린으로 조명을 대신하여도 때에 따라 모자라거나 부족한 면이 있다. 왜냐하면 LED 스크린은 디스플레이 장치이지 조명기기가 아니다. 광원의 품질은 색온도와 연색성이다. 연색성이 안 좋으면 눈으로 보이는 컬러와 피사체를 비췄을 때의 컬러가 다르다. 이럴 때는 실제 조명기기로 보강해주어야 한다.

모아레(Moire), 하레이션(Halation) 그리고 LED 픽셀

가. 물결무늬가 나타나는 ‘모아레 현상(moiré pattern)’을 주의해야 한다. 모아레는 카메라와 LED 스크린의 거리와 픽셀 피치와 연관이 있다. 픽셀 피치의 밀도가 높을수록, 카메라와 스크린의 거리가 멀수록 유리하다.

나. 조명이 LED 스크린에 의해 반사되는 ‘하레이션 현상’을 피해야 한다. 이는 피사체와 스크린과의 거리와 조명의 각도와 LED 스크린의 반사율에 많이 좌우된다. 정교한 조명이 필요하다. 다. 카메라가 피사체를 잡을 때 배경의 LED 스크린에서 픽셀의 입자가 보이는 것을 주의해야 한다. 스튜디오 내에서 어떤 카메라와 어떤 렌즈를 쓸지 충분히 실험하고 제작에 임해야 한다.

피사체와 스크린의 거리를 상황에 따라 어떻게 결정할지, 그럴 땐 어떤 카메라 기종을 쓸지, 어떤 상황에서 어떤 렌즈를 사용할지 같은, 각 스튜디오 상황에 맞는 별도의 데이터를 축적해야 한다. 물론 픽셀 피치가 높을수록 유리하다.

색 조정

VP는 게임엔진 환경에서 제작되는 시스템이다. 또 게임엔진의 조명 환경은 6,500°K로 되어 있다. 다른 환경에서 제작된 영상물을 합성하려면 컬러톤이 안 맞을 수 있다. XR을 구성하는 LED 이미지와 AR, 실제 소품, 인물의 컬러가 잘 맞아야 몰입감과 임장감을 주는데, 색온도가 다른 환경뿐 아니라 각각 제작된 소스가 다른 색 공간에서 제작되었다면 상당한 난제가 될 것이다. 예를 들어 동일 종류의 물체가 소스에 따라 다른 컬러로 표현된다면 같은 공간이라는 설득력이 떨어져 매우 부자연스러운 영상이 될 것이다. 특히 실사 세트와 같이 촬영하는 환경에서 컬러의 매칭 문제는 핵심적인 요소가 된다.



vimeo.com/540152427

Interactive Lighting or Ambient Lighting

먼저 QR 코드의 영상을 보기 바란다. 이 동영상은 전부 XR 환경에서 제작된 것이다. 밤거리를 걷다가 차를 몰고 가는 간단한 영상이지만 주의 깊게 보아야 할 것은 거리의 네온사인과 가로 등 같은 빛들이 배우의 얼굴에 묻으면서 변화하는 것과 차를 몰 때 차에 반사되는 빛과 형태의 변화다. 이 장면은 단순히 LED 월만으로 구현되지 않는다. 씬의 변화에 따라 조명도 같이 변화를 준 것이다. 프로스텀 밖에 조명을 설치하여 운영했다. 이렇게 무빙 라이트, LED 조명, 컨벤셔널 라이트를 조합하여 변화하는 환경에 맞추어 조명을 운영하는 것을 인터랙티브 혹은 엠비언트 라이트라 한다. 드라마나 음악 쇼같이 변화하는 환경과 조명을 통해 현실감과 극적인 변화를 추구한다면 많이 연구해야 할 부분이다. 핵심은 가상 환경의 빛의 환경과 실사의 환경이 동일하게 느껴져야 한다.



www.youtube.com/watch?v=WJgNEmhK4sk

실사 세트(바닥 포함)와 LED 영상의 일체감

바닥을 포함한 실사 세트와 LED 영상의 일체감을 주려면 빛 환경 외에도 색, 질감과 반사, 그림자를 표현해야 한다. 또한 배경이 되는 영상과 실제 세트가 같은 공간으로 느껴질 만큼 이질감이 없어야 한다. 이는 현장에서 매우 심각한 문제가 될 수 있다. QR 코드의 동영상을 감상해 보자.

동굴을 탐험하는 장면을 찍는다고 가정하자. 출연자는 역광이 들어오는 어두운 동굴 안으로 들어온다. 빛은 동굴 벽과 바닥을 비추어 선명한 그림자를 보인다. 동굴 바닥은 바위로 울퉁불퉁하다. 역광을 받으며 들어오는 출연자가 동굴 중간으로 오면 동굴 벽에서 반사되는 엠비언트 조명에 의해 어둡게 화면에 비춰진다. 영상에서 표현되는 역광과 실제 세트인 바닥에 비추는 역광 그리고 영상에 표현된 동굴 내부의 뷰와 실제 세트의 뷰가 동일하게 보여야 한다. 그리고 걸어들어오는 인물의 조명 조건에 따라 조명도 같이 변화해야 한다. 이는 단순히 조명만이 아니라 가상 세트, 실제 세트가 하나의 뷰로 통합하여 제어되어야 하고, 각각의 전문가가 사전에 충분한 협의를 통해 각자의 파트에서 결과물을 만들어 제작 현장에서 작업해야 한다.

마무리하며

이외에도 프리 프로덕션 단계의 Virtual Art, Digital Asset 문제 같은 가상의 공간을 제작하는데 많은 이슈가 있다. 결국, 얼마나 많은 가상의 공간과 가상의 소품을 축적하느냐, 혹은 필요한 것을 구매할 수 있느냐의 문제다. 여기서 저작권 문제가 많이 대두될 것이다. 무엇보다 결과물에 수용자가 만족해야 한다. 그 핵심은 역시 몰입감과 임장감이라 생각한다. 그것을 위해 빛을 어떻게 설계하고 다뤄야 가상세계와 실제세계가 자연스럽게 연결되느냐를 연구하고 보여주어야 한다. 여기서 다른 내용은 낯선 분야인 XR을 이해하는 데 도움이 되고자 조명 외의 부분도 설명했다. 그리고 XR을 조명의 관점에서 들여다보았다. 결국 빛을 이해하고, 잘 활용하는 것이 중요 포인트라는 것이 필자의 견해다. 📖