

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2023.9.5.849>

JCCT 2023-9-103

## XR 콘텐츠 제작을 위한 볼류메트릭 스튜디오 활용 연구

### Research on Utilizing Volumetric Studio for XR Content Production

이석창\*, 최원호\*\*

Sukchang Lee\*, Won Ho Choi\*\*

**요약** 볼류메트릭 스튜디오는 XR 콘텐츠 시장의 성장을 견인하고 있다. 이에 따라, 볼류메트릭 캡처 기술에 관한 기술적 연구 수요가 증가하고 있다. 이 연구에서는 댄서들의 움직임을 3D 영상 이미지로 캡처하는 과정과 결과를 분석하였으며, 유의미한 결과를 얻기 위해 볼류메트릭 스튜디오의 인프라와 워크플로우를 평가하여 볼류메트릭 캡처 기술의 실제적 방법론에 대해 탐색하였다. 본 연구를 통해 볼류메트릭 스튜디오 내에서 영상 이미지 왜곡과 렌더링 시간과 관련된 제한사항들이 확인되었다.

**주요어** : 볼류메트릭 스튜디오, 볼류메트릭 캡처, XR 콘텐츠, 3D 이미지, 360도 비디오 캡처

**Abstract** Volumetric Studio is catalyzing the expansion of the XR content market. Consequently, there is a rising demand for in-depth research on volumetric capture technology. This research delves into the methodology and outcomes of capturing dancers' movements in the form of 3D video images. Furthermore, this research examines the practical applications of volumetric capture technology by assessing the infrastructure and operational workflow of the studio specializing in this domain, aiming to derive significant findings. Notably, this research highlights constraints associated with video image distortion and extended rendering durations within Volumetric Studio system.

**Key words** : Volumetric Studio, Volumetric capture, XR Contents, 3D Image, 360-Degree Video Capture

#### 1. 서론

영상 기술의 발전은 표현방식의 확장을 이끈다. 카메라 옵스큐라는 원근법과 입체감을 담보하면서 회화의 사실성을 높였고, 헬리오그래피는 주석판 위에 현실의 재현을 구현해내어 사진 매체의 탄생을 이끌었다. 환상적 표현을 현실로 끌어들이 영화는 필름의 탄생에서 비롯되었다. 이제 표현방식은 Immersive Technology를

통해 디지털 환경에서 논의되고 있다. 이러한 배경에서 XR 콘텐츠는 엔터테인먼트, 교육, 쇼핑 등 다양한 분야에서 중요한 촉매제로 주목받고 있다.

XR(확장현실, eXtended Reality)은 기술의 발전을 통해 디지털콘텐츠와 사용자의 상호 작용 방식을 변화시켜 확장된 경험을 제공한다. 이러한 경험은 사용자의 몰입감을 높여준다는 장점이 있다. 글로벌 IT기업들은 XR 콘텐츠를 미래 산업의 주요 콘텐츠로 인식하여 관

\*정회원, 건양대학교 디지털콘텐츠학과 조교수 (제1저자)

\*\*정회원, 동서대학교 일반대학원 영상콘텐츠학과 부교수 (교신저자)

접수일: 2023년 8월 12일, 수정완료일: 2023년 8월 30일

게재확정일: 2023년 9월 5일

Received: August 12, 2023 / Revised: August 30, 2023

Accepted: September 5, 2023

\*\*Corresponding Author: choiwh@dongseo.ac.kr

Dept. of Visual Contents, Graduate School, Dongseo Univ, Korea

런 기기와 콘텐츠 제작에 많은 예산을 투입하고 있다. 또한, XR 시장 선점과 자국의 XR 산업생태계 조성을 위해 한국, 미국, 영국 등의 국가들은 디지털 혁신을 추진하며 XR 콘텐츠 분야에 촉각을 곤두세우고 있다. 한국 정부는 XR 산업 확대를 위해 2021년도 XR 경제 발전 전략을 발표하였고, 부산정보산업진흥원은 한-아세안 ICT 융합빌리지를 개소하여 세계 최초로 한국의 5G 통신을 기반으로 하는 ICT산업 융합형 실감콘텐츠로 아세안 시장 개척 및 상호 동반성장을 추진하고 있다.

콘텐츠 제작에서의 주요 과제는 리소스 획득이다. 양질의 리소스가 확보될 때, 양질의 콘텐츠가 생산되고, 콘텐츠 산업의 선순환 구조가 형성되기 때문이다. “현재, 3D 그래픽스 업계는 MAYA, 3D MAX 등의 3D 애니메이션 소프트웨어를 사용하여 XR 콘텐츠를 제작하고 있지만, 이 방식은 3D 모델 구현에 많은 인력과 시간이 들어가 예산 문제를 초래한다. 이러한 배경에서 새로운 기술인 볼류메트릭 캡처에 관한 활용 요구도가 증가하고 있다[1].” 볼류메트릭 캡처는 빠르고 정확하게 실물 기반의 3D 데이터 생성을 가능케 한다. 이러한 배경은 “피사체를 실물 기반으로 3D 모델화하여 Uncanny Valley 구간을 벗어나 실물과 가상의 차이를 극한으로 줄인다는 특징으로 볼류메트릭 캡처 기술을 발전적 도구로 활용할 필요가 있다”[2]는 주장과 무관하지 않다.

이제 볼류메트릭 캡처는 영화, VR·AR 콘텐츠, 메타 휴먼 등 XR 콘텐츠의 질적 도약을 위한 중요한 방법론으로 언급되고 있다. 이유는 볼류메트릭 캡처가 실재하는 피사체를 3D의 데이터로 생성하는 높은 효율성을 지니기 때문이다. 그러나, 볼류메트릭 캡처를 가능케 하는 볼류메트릭 스튜디오의 시설 구축과 유지 보수에는 많은 비용이 수반된다. 피사체의 움직임을 3D 데이터로 캡처하기 위해서는 수십 대의 카메라, 360° 전방위를 조명할 수 스튜디오, 대용량의 데이터를 전송, 저장할 수 있는 서버, 합성을 위한 소프트웨어 알고리즘 등을 갖추어야 하기 때문이다. 국내에는 대표적인 볼류메트릭 스튜디오로 부산정보산업진흥원 한-아세안 ICT 융합빌리지의 360° 볼류메트릭 스튜디오, SK텔레콤의 JUMP STUDIO, KoVAC공동제작센터의 K실감스튜디오, 엠앤앤에이치 스튜디오 등이 있다. 볼류메트릭 스튜디오는 하드웨어와 소프트웨어의 결합을 통해 가능하며, 현재에도 소프트웨어의 알고리즘이 개발되고 있는

단계이기에 산업적 적용, 제작 사례, 학술적 논의 등이 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 한-아세안 ICT 융합빌리지의 볼류메트릭 스튜디오(이하 ‘볼류메트릭 스튜디오’라 한다)를 중심으로 볼류메트릭 캡처의 특징과 한계를 살펴보고, 직접 수행한 시범콘텐츠의 질적 분석을 통해 볼류메트릭 스튜디오의 활용방안을 제시하고자 하였다. 보다 구체적으로 볼류메트릭 캡처의 한계를 파악하여 제작의 성공률을 제고하였고, 그럼으로써 XR 콘텐츠 제작과 활성화와 다양화에 기여하고자 하였다.

## II. 볼류메트릭 스튜디오

### 1. 볼류메트릭 캡처

볼류메트릭 캡처는 실재하는 인물의 움직임을 3D 데이터로 추출하는 기법이다. 피사체의 모양, 외형, 동작 등에 대한 이미지를 수십 대의 카메라를 통해 촬영하고, 이 데이터를 처리하여 3D 이미지를 생성한다. 이를 통해 제작자는 3D 데이터를 자유롭게 확대, 축소, 회전하거나 이동하여 모든 각도에서의 피사체 이미지를 활용할 수 있다. 다시 말해, 제작자는 볼류메트릭 캡처로 생성된 볼륨감이 있는 3D 콘텐츠를 기반으로 다양한 XR 콘텐츠에 적용할 수 있는 것이다.

“현재는 건설 분야를 비롯해 신속하고 정확한 3D 데이터 취득이 필요한 분야에서 볼류메트릭 캡처가 주로 활용되고 있다[3].” 또한, 절벽 등 사람이 직접 접근하기 어려운 환경에서 무인비행기 등을 통해 고품질의 3D 공간정보를 캡처하는 식으로도 활용되고 있다.

일반적으로 볼류메트릭 캡처는 포토그래메트리, 라이다(LiDAR), Depth-based 카메라 등 다양한 캡처 기반 기술을 사용한다. “모든 카메라의 출력은 3D 데이터를 만들기 위해 동기화되며, 이러한 3D 데이터는 디지털 시뮬레이션 환경이나 게임 엔진 등의 디지털 세계에서 에셋으로 활용된다[4].” 이미지 캡처 후에는 메시, 텍스처, 컬러, 폴리싱 등의 포스트 프로덕션 과정을 거쳐 최종 데이터가 생성되며 이는 스마트폰이나 HMD 등의 기기를 통해 XR 콘텐츠로 활용할 수 있다.

볼류메트릭 캡처는 피사체의 형상을 360°로 스캔하여 2D의 디지털 이미지를 3D 이미지로 생성하여 사용자에게 현장감과 몰입감을 제공한다. 이를 위해 RGB 센서, 적외선 센서, 광학 카메라 등을 사용하여 피사체



그림 1. 볼류메트릭 스튜디오, 컨트롤 룸, 렌더팜

Figure 1. Volumetric Studio, Control Room, Render Farm Room

의 이미지를 기록하고, 이를 3차원 볼륨으로 생성한다. 이러한 방식은 움직이는 피사체의 형상을 3D 데이터로 생성할 수 있기 때문에 3D 데이터가 필요한 분야에서 다양하게 활용할 수 있다.

볼류메트릭 캡처의 기본 개념에 해당하는 포토그래메트리는 비교적 저비용으로 사실적인 3D 모델링의 데이터를 생성할 수 있지만, 움직임을 캡처할 수 없는 한계를 가지고 있다. 반면, 볼류메트릭 캡처 기법은 피사체의 형상 이미지뿐만 아니라 움직임까지 3D 데이터로 추출할 수 있다. 그렇기 때문에 3D 모델링이 아닌 실재하는 인물 등을 XR 콘텐츠의 제작에 적용할 수 있는 중요한 제작기법으로 대두되고 있다.

최근의 XR 콘텐츠는 가상과 실제의 경계를 더욱 허물면서 확장된 경험을 강조하고 있기에 고품질 3D 데이터의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 움직이는 인물의 찰나들을 3D 데이터로 캡처할 수 있는 기법의 탁월성이 드러나는 이유이다.

## 2. 볼류메트릭 스튜디오

피사체의 전방위 이미지를 정밀하게 캡처하기 위해서는 높은 수준의 볼류메트릭 스튜디오 인프라가 요구되는데, 볼류메트릭 스튜디오 인프라는 그림 1과 같이 크게 세 부분으로 나누어진다.

첫째는 촬영 스테이지이다. 이 스테이지는 크로마키로 구성된다. 크로마키 방식으로 배경을 제거할 수 있어, 피사체를 독립적인 정보로 획득할 수 있다. 여기에는 여러 카메라가 특수 제작된 카메라 리그에 마운트되어 있으며, 각 리그에는 최대 6대의 카메라가 배치된다. 현재 해당 스테이지에는 리그 당 4대의 카메라를 세팅하여 사용 중이며, 총 40대의 카메라가 천장, 리그, 바닥에 배치되어 있다. 이를 통해 피사체의 전방위를 촬

영하게 되는데, 직경 6m 내에 인접한 카메라들이 피사체를 중복하여 촬영한다.

카메라 리그는 카메라 조합과 촬영반경 조절을 가능하도록 한다. 리그 이동을 통해 촬영 범위를 최소 2m 직경에서 최대 6m 직경으로 조정할 수 있다. 이 스테이지는 카메라 리그를 최대로 후퇴시키면 가로 6m, 세로 6m, 높이 2.5m의 공간이 확보되며, 카메라 리그를 최대한 전진시키면 가로 3m, 세로 3m, 높이 2.5m의 공간이 확보된다. 카메라 리그의 전진 및 후진 배치에 따라 이미지 품질의 정도와 피사체의 활동 반경이 달라질 수 있다. 카메라 리그를 전진시킬수록 이미지의 품질이 높아지나 활동 반경이 좁아지는 특징이 있는 것이다.

둘째, 볼류메트릭 통제실이다. 통제실은 볼류메트릭 스테이지에서 촬영된 이미지를 모니터링하고, 연출하는 중앙 시설이다. 이 공간에서는 모니터링 제어 소프트웨어와 함께 볼류메트릭 합성 소프트웨어, 후보정 및 편집 소프트웨어, 다중서버 및 클라우드 소프트웨어 등 다양한 소프트웨어를 제어할 수 있다. 또한, 통제실은 볼류메트릭 스테이지에 있는 피사체와 대화를 할 수 있도록 설계되어 있다.

모니터링 시스템은 피사체 촬영에 매우 중요하다. 통제실의 모니터링 시스템은 카메라의 상태, 설정, 저장공간 등을 확인하고 제어할 수 있다. 따라서, 통제실에서는 이미지의 품질을 감시하고 필요에 따라 카메라의 설정을 조정하여 최상의 결과물을 얻을 수 있도록 한다. 또한, 통합 관리 프로그램은 데이터 통신 장비, 렌더팜, 미디어 스토리지, 그리고 클라우드 등을 통합하여 볼류메트릭 스튜디오 전체를 연동할 수 있는 시스템으로 운용된다. 즉, 전체 시스템을 통합적으로 관리할 수 있어서 보다 효율적인 운영이 가능하다.

셋째, 렌더팜 서버실이다. 볼류메트릭 합성은 렌더팜 서버실에서 이루어진다. 이 시스템은 카메라에서 촬영

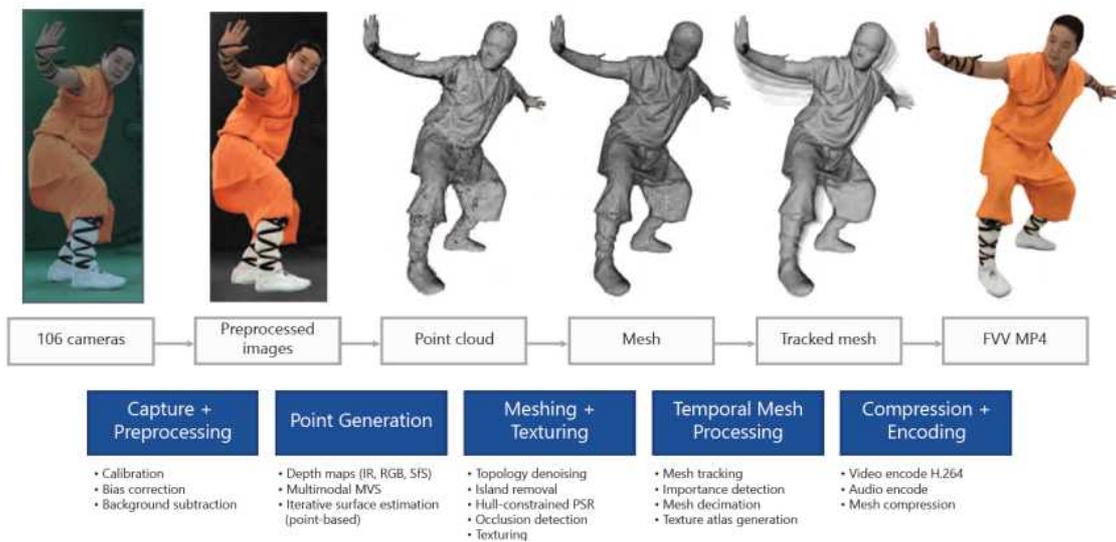


그림 2. 볼류메트릭 캡처 프로세스 파이프라인

Figure 2. Volumetric Capture Processing Pipe-line (Source: hhoppe.com)

된 피사체의 이미지를 합성하여 포인트 클라우드를 생성하고, RGB 데이터를 활용하여 이미지를 정합시키게 된다. 3D 오브젝트는 총 88대의 서버에서 CPU를 기반으로 고속 연산하고, 렌더팜 시스템과 중앙서버는 10G 이더넷라인을 통해 데이터를 전송한다.

### 3. 포인트 클라우드

3D 데이터를 위해 피사체를 볼류메트릭 캡처할 때는 여러 각도에서 카메라와 센서를 사용한다. 이 과정을 거쳐 생성된 이미지는 소프트웨어 알고리즘을 통해 밀집된 포인트 클라우드를 기반으로 피사체의 외형을 드러낸다. 이러한 이유로 포인트 클라우드는 볼류메트릭 캡처에서 중요한 개념이다.

수많은 포인트의 집합체로서 포인트 클라우드는 사실적인 데이터를 형성하고, 실제하는 피사체를 3D로 모델링한 것과 같은 데이터를 제공한다. 볼류메트릭 캡처를 통한 데이터는 HMD, VR 등에서 높은 몰입감을 제공한다. “포인트 클라우드는 고속 카메라와 크로마키 배경의 스튜디오 환경에서 배경 분할을 지원하는 배경 이미지, 카메라 파라미터를 계산하기 위한 보정 대상의 이미지 그리고 일관된 텍스처링을 위해 카메라 전체의 픽셀 응답을 정규화하는 색상 보정 이미지를 획득하고 해당 이미지를 전처리하여 편향을 수정하고 배경을 분할하는 과정을 거친다[5].”

그림 2에서 나타나듯이 포인트 클라우드는 3D 데이터의 결과물로 나아가는데 구조를 형성하는 근간이 된

다. 하지만 포인트 클라우드만으로는 3D 데이터가 충분하지 않다. 때문에 볼류메트릭 캡처는 Meshing과 Texturing 과정을 통해 3D 모델을 생성한다. 이 과정에서 포인트 클라우드는 3D 데이터를 위한 중심 역할을 한다. 포인트 클라우드는 볼류메트릭 캡처 프로세싱 파이프라인에서 중요한 단계이며, 다양한 애플리케이션에서 사용되는 3D 모델 생성에 필수적인 것이다.

### 4. 볼류메트릭 스튜디오의 워크플로우

볼류메트릭 스튜디오의 워크플로우는 사진 3과 같이 4단계로 구성된다. 첫 번째로 ‘촬영 및 볼류메트릭 캡처’ 단계에서 연출자는 볼류메트릭 스테이지에서의 피사체 움직임을 관찰하고, 중앙 통제실로 전송된 이미지를 모니터링하며 볼류메트릭 캡처를 연출·진행한다.

볼류메트릭 스튜디오는 40대의 광학식 DSLR 카메라를 사용하고 있으며, 1초당 120프레임으로 촬영된 데이터는 각 프레임마다 서버로 전송된다. 다수의 카메라에 대한 동기를 위해 Light Sync를 사용하며, 120 프레임, 모션 블러를 최소화하기 위해 충분한 조명이 공급되어야 한다. DSLR로 4K, 120프레임으로 촬영된 데이터와 함께 키네틱 카메라를 통해 획득된 데이터는 리깅을 위한 데이터로 사용된다.

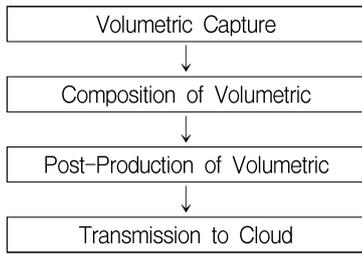


그림 3. 볼류메트릭 스튜디오 워크플로우  
 Figure 3. Workflow of Volumetric Studio

두 번째인 ‘볼류메트릭 합성’ 단계에서는 녹화된 영상, 40대의 카메라를 통해 저장된 데이터를 렌더링하여 합성하게 된다. 이때, 프레임 단위로 싱크를 맞추어 피사체의 포인트 클라우드를 형성하고, 나아가 3D 데이터를 생성하게 된다.

이 볼류메트릭 스튜디오에서는 88대의 렌더팜을 통해 연산을 수행하고, 네트워크로 연결된 중앙서버와 스위칭 허브가 동시에 명령이 수행된다. 그림 4와 같이 중앙 서버는 대용량의 데이터를 스위칭 허브를 통해 분산하고, 각각의 렌더팜 유닛들은 이미지를 합성한 후, 미디어 서버로 전송하게 된다. 이 과정에서 렌더의 품질을 조절하여, 프리뷰 이미지를 생성할 수 있으며, 고품질의 렌더링을 통해 볼류메트릭 후반작업을 위한 데이터를 생성하게 된다. 약 1분의 영상을 기준으로 프리뷰를 위한 렌더링은 한 시간에서 수 시간까지 걸리고, 고품질을 위한 렌더링은 하루에서 수일까지의 시간이 필요하다.

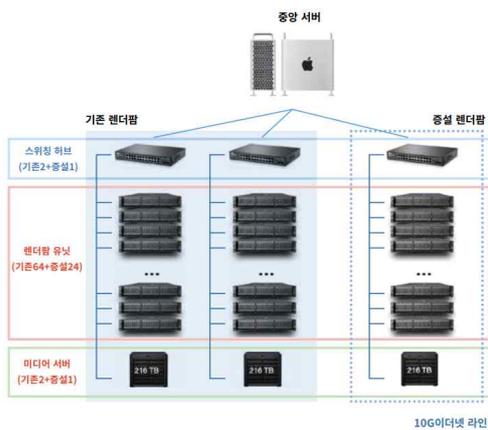


그림 4. 렌더팜 구조

Figure 4. Structure of Render Farm  
 (Source: 2021 KOR-ASEAN Convergence Village's Educational Material)

세 번째 단계는 ‘볼류메트릭 포스트 프로덕션’으로서 리깅, 머티리얼 분석, 얼굴 형상 개선 등의 작업을 수행한다. 이때 결과물은 다양한 포맷으로 출력될 수 있다. 3D 그래픽스 분야에서 일반적으로 사용되는 폴리곤 메시 형태로도 출력이 가능하며, OBJ 파일 형태로 출력하여 3D 편집 툴에서 활용될 수 있다. OBJ 파일은 상용 툴에서 FBX, PLV, DAE 등의 여러 포맷으로 변환이 가능하다.

마지막은 ‘클라우드 전송’ 단계이다. 볼류메트릭 포스트 프로덕션 과정에서 생성된 결과물은 스마트폰, VR·AR 기기 등에서 XR 콘텐츠를 쉽게 활용할 수 있도록 최적화된 후 클라우드를 통해 전송된다. 유니티, 언리얼 엔진 등의 소프트웨어에서 최종적으로 제작된 XR 콘텐츠는 컬 NAS에 저장되거나 클라우드로 전송되어 클라이언트 프로그램을 통해 XR 기기에서 재생할 수 있게 된다.

### III. 볼류메트릭 콘텐츠의 제작

연구자는 볼류메트릭 캡처의 실제적 가능성과 효율성을 검증하기 위해 시범콘텐츠를 통해 결과물의 질적 분석을 실시하고자 하였다. 이론적 연구를 통해 볼류메트릭 캡처의 난점을 파악하였고, 이에 대한 수준을 검증하기 위해 댄스팀을 볼류메트릭 캡처하였다. 댄스 팀은 3명으로 구성되었으며, 볼류메트릭의 한계를 검증하기 위해 3인 촬영, 1인 촬영, 의상, 메이크 업, 움직임의 속도 등에 각각 변수를 적용하면서 촬영하였다.

결과물에 대한 검증을 위해 피사체의 움직임을 캡처하였고, 렌더링을 통해 3D 이미지를 생성한 후 분석하는 과정을 거쳤다. 볼류메트릭 캡처의 생성 방식 방식, 워크플로우 등을 토대로 프로덕션을 수행하였으며 이를 위해 DSLR 카메라, 키네틱 카메라, 트래킹 차트 등의 촬영 시스템과 합성 소프트웨어, 렌더링 소프트웨어를 사용하였다.

볼류메트릭 스튜디오는 최대 6m의 직경 내에서 촬영이 가능하다. 그러나 반경이 넓어질수록 이미지의 품질은 낮아진다. 첫 번째로 볼류메트릭 캡처의 품질에 대한 질적 평가를 위해 그림 5와 같이 6m의 직경에서 1 Shot과 3 Shots을 각각 캡처하였다.



그림 5. 볼류메트릭 그룹샷 캡처

Figure 5. Volumetric Group Shot Capture

볼류메트릭 캡처는 피사체의 움직임을 다수의 카메라가 촬영하고, 각 지점을 3D 이미지로 추출하는 방식이다. 이 때문에 하나의 지점이 다양한 장면에서 촬영되어야 한다. 그림 5처럼 한 공간에서 다수의 인물을 캡처할 경우에는 인물들 간의 중첩으로 인해 이미지의 손실이 발생하였고, 그림 6의 좌측 이미지(왼쪽 팔)처럼 합성에서의 오류로 이어지게 되었다. 반면, 그림 5의 아래 사진과 같이 1 Shot으로 볼류메트릭 캡처된 이미지는 피사체의 각 지점이 모든 카메라에 적절히 촬영되어 그림 6의 우측 이미지와 같이 정합에서의 효율성이 확보되었다. 즉 볼류메트릭 캡처에서 다수 피사체의 촬영은 이미지의 중첩 등으로 합성에서의 오류를 야기할 수 있었다.



그림 6. 볼류메트릭 캡처 구성

Figure 6. Composition of Volumetric Capture

두 번째는 의상의 선택이다. 앞에서 언급한 것과 같

이 볼류메트릭 캡처는 피사체의 한 지점을 다수의 카메라가 촬영한 후, 3D 이미지로 합성하는 방식이다. 그런데 그림 7과 같은 헐렁한 종류의 의상에서는 각 카메라에서 촬영된 이미지가 다르게 나타날 수 있어, 합성에서 오류를 발생시키는 원인이 될 수 있다. 즉 한 측면에서 ‘좁게’ 보인 지점이, 다른 측면에서 ‘넓게’ 보인다면, 합성 소프트웨어에서 각각의 이미지를 다르게 인식할 수 있는 것이다. 이와 같은 현상은 의상이 얇을수록 그리고 빠른 동작이 수반될수록 심해질 수 있다.

따라서 볼류메트릭 캡처에서는 피사체의 움직임에 따라 일정하게 변화하는 의상의 선택이 효과적이며, 비교적 두께가 있으며, 빠르지 않은 동작에서 합성의 효율성이 높아질 것이다.



그림 7. 헐렁한 옷 볼류메트릭 캡처

Figure 7. Loose Clothes Volumetric Capture

세 번째는 움직임이다. 볼류메트릭 캡처의 합성 알고리즘은 점차 발전 및 개선되고 있어 초기의 합성 소프트웨어와 비교하면 움직임에 대한 캡처가 크게 개선되었다. 그러나 그림 8과 같이 피사체의 빠른 움직임에 대한 문제는 여전히 잠재되어 있다. 높은 조도, 초당 120프레임의 촬영에도 불구하고, 이를 넘어서는 빠른 동작, 손가락의 움직임 등은 여전히 합성에서의 품질을 저하시킬 수 있다. 이는 각각의 볼류메트릭 스튜디오의 특성, 합성 소프트웨어의 알고리즘 등에 따라 영향을 받기에, 제작하는 시스템의 성능을 사전에 테스트할 필요가 있다.



그림 8. 빠른 움직임 볼류메트릭 캡처  
Figure 8. Fast Movement Volumetric Capture

네 번째는 텍스처의 재질이다. 그림 9처럼 반짝임이 심한 의상, 반짝이는 소품, 반사율이 높은 메이크업 등은 동일한 지점에 대한 정보(반사된 이미지)가 상이할 수 있어, 역시 합성에서의 문제를 발생시키게 된다. 또한, 검은 옷, 반사율이 극단적인 의상(흰 상의와 검은 바지) 등도 문제가 될 수 있다.



그림 9. 반짝이는 소품 볼류메트릭 캡처  
Figure 9. Glittering Props Volumetric Capture

볼류메트릭 스튜디오의 메커니즘은 피사체의 움직임을 영상으로 촬영한 후, 중복된 각 지점의 데이터를 합성하여 3D의 이미지로 변환하는 것이다. 그러므로 촬영 이미지의 품질, 각각의 이미지들의 오차를 발생시킬 수 있는 피사체, 텍스처 등은 합성에서의 효율성을 낮추거나 오류를 발생시킬 수 있다.

이처럼 볼류메트릭 스튜디오는 움직이는 실제의 피

사체를 3D 데이터로 취득할 수 있다는 큰 장점과 촬영에서의 주의점을 함께 가지고 있다. 즉 피사체의 움직임, 의상, 소품, 동작 등을 기획단계에서 면밀히 준비하고, 볼류메트릭 캡처의 특성에 부합하는 소재를 선택할 때 더욱 효과적인 콘텐츠를 제작할 수 있는 것이다.

#### IV. 볼류메트릭 합성

볼류메트릭 캡처는 VR·AR 등에 3D 데이터의 형태로 적용할 수 있어 XR 콘텐츠 제작을 위한 효과적인 방법론으로 각광받고 있다. 그러나 이 방법은 기존의 촬영과 같이 모든 조건에서 촬영 및 캡처를 할 수 있는 것이 아니라 본 연구가 앞서 도출한 난점 파악과 수준 검증과 같이 의상, 소품, 동작, 메이크업 등의 요소에서 한계를 보였다. 이러한 점들을 고려해 본 연구에서는 볼류메트릭 캡처가 원활하게 적용될 수 있는 조건에서 콘텐츠를 제작 및 후반 작업을 수행하였다.

먼저 그림 10에서 위의 이미지와 같이 볼류메트릭 캡처를 통해 획득한 데이터를 기반으로 3D 메시를 렌더링을 통해 형성하였다. 이로써 피사체의 움직임이 적용된 3D 모델 데이터를 획득할 수 있었다. 이후 그림 10의 아래 이미지와 같이 촬영된 이미지의 텍스처를 적용하여 더욱 실제적인 이미지를 구현하였다.



그림 10. 메쉬와 텍스처 생성  
Figure 10. Generate of Mesh and Texture

그림 11은 댄스팀의 움직임을 캡처한 데이터를 XR 콘텐츠로 확장한 결과를 보여준다. 그림 11의 위 이미지

는 3D 소프트웨어에서 가상의 배경을 합성하여 영상의 형태로 출력한 이미지다. 또한, 그림 11의 아래 이미지는 직접 이용자가 HMD를 쓰고 XR 콘텐츠를 경험할 수 있도록 볼류메트릭 캡처로 형성된 피사체의 3D 데이터를 엔진에서 구현한 결과다.



그림 11. 볼류메트릭 캡처 구성

Figure 11. Composition of Volumetric Capture

이처럼 볼류메트릭을 통해 피사체를 캡처하면 확대, 축소, 전환 등 3D 모델링 데이터와 동일한 작업을 수행할 수 있다. 그렇기 때문에 전통적인 영상의 형태는 물론 다양한 XR 디바이스에 대응할 수 있는 콘텐츠로 확장될 수 있다.

한편, 또 다른 주의할 점은 볼류메트릭 캡처 과정에서 고용량과 긴 렌더링 시간이란 이슈가 발생한다는 것이다. 볼류메트릭 캡처 시 많은 수의 카메라를 사용하여 이미지 생성에 사각지대를 없애고 이미지 품질을 높이기 위한 조건을 고려해야 한다. 포인트 클라우드 기반의 볼류메트릭 영상은 3차원 공간에 포인트 데이터가 존재하며 각 포인트마다 3차원 좌표 정보와 색상 정보를 가지므로 영상의 용량이 크다. 예를 들어, “평균 100만 개의 포인트로 구성된 볼류메트릭 객체를 한 프레임으로 영상을 구성하면, 30fps의 10초 길이의 영상에 해당하는 데이터 용량은 약 4.19GB가 되어 3D 모델링에 고용량이라는 이슈가 발생하여 활용성에 문제가 나타날 수 있다 [6].” 그리고 피사체의 촬영 단계에서는 수십 대의 카메라가 동시에 녹화되더라도 긴 시간이 소요되지 않으나, 볼류메트릭 합성 과정은 3D 이미지 데이터의 생성을 위

해 긴 렌더링 시간이 요구된다.

## V. 결 론

글로벌 빅테크 기업들과 IT 회사들은 XR 콘텐츠 시장에 주목하고 있으며, 이에 스마트폰뿐만 아니라 VR·AR Glass와 같은 새로운 기기를 대상으로 다양한 XR 콘텐츠를 개발하여 XR 시장을 선점하기 위한 전략을 수립하고 있다. 애플은 오랜 개발 끝에 XR Headset ‘리얼리티 프로’를 출시하였으며, 에픽게임즈는 XR 콘텐츠 제작을 위한 ‘언리얼 엔진’ 소프트웨어를 제공하고 있다. 이러한 배경 속에서 실재하는 인물을 대상으로 3D 이미지를 캡처할 수 있는 볼류메트릭 캡처는 3D 데이터를 획득하기 위한 잠재력 있는 방법론으로 부상하고 있다.

현재 국내에서는 볼류메트릭 스튜디오의 구축으로 인해 볼류메트릭 캡처 기술에 관한 연구 수요가 증가하고 있으며, 라즈베리파이 등을 활용한 중·저 예산의 볼류메트릭 캡처 방식도 고려되고 있다. 따라서, 볼류메트릭 캡처 기술을 활용하여 실제 대상을 기반으로 하는 3D 영상 이미지 생성은 관련 기술의 발전에 따라 XR 시장에서 더욱 주목받을 가능성이 크다. 이에 본 연구에서는 볼류메트릭 시범콘텐츠의 제작을 통해 볼류메트릭 스튜디오의 한계점을 검증하였고 효과적인 콘텐츠 제작방안을 제시하였다.

볼류메트릭 스튜디오는 캡처의 한계, 렌더링의 시간, 합성에서의 난점 등으로 인해 짧은 시간의 콘텐츠, 즉 숏폼, 광고, 뮤직비디오 등의 분야에서 적극적으로 활용될 수 있을 것이다. 또한, 볼류메트릭 스튜디오는 AR Glass와 같이 현실을 기반으로 한 공간에 가상 이미지를 투영하는 방식에서 활용될 수 있기에 XR 콘텐츠의 제작에 큰 도움을 줄 수 있을 것이다.

볼류메트릭의 캡처를 위한 시스템은 점차 개선되고 있다. 특히 합성을 위한 소프트웨어 알고리즘은 더욱 빠르게 발전하고 있다. 더불어 XR 콘텐츠의 종류와 디바이스도 발전 및 개선되고 있다. 이러한 배경에서 볼류메트릭 캡처, 제작 사례에 관한 지속적인 연구가 필요하다. 이러한 연구는 미래콘텐츠 분야의 발전에 기여하고 더욱 창의적인 XR 콘텐츠의 활성화를 견인할 수 있을 것이다.

## References

- [1] W. Choi, S. Cho, and S. Lee, 360° Volumetric Studio, Busan IT Industry Promotion Agency, Busan, pp. 16, 2021.
- [2] M. Oh, G. Han, and Y. Seo, “3D Volumetric Capture-based Dynamic Face Production for Hyper-Realistic Metahuman,” *Journal of Broadcast Engineering*, Vol. 27, No. 5, pp. 752–753, 2022. DOI: 10.5909/JBE.2022.27.5.751
- [3] D. Kim, K. Back, and S. Kim, “Production and Accuracy Analysis of Topographic Status Map Using Drone Images,” *Journal of the Korean Geo-Environmental Society*, Vol. 22, No. 2, pp. 35–36, 2021. DOI: 10.14481/jkges.2021.22.2.35
- [4] Devocean, Expression of the Metaverse world: Volumetric Capture Technology(2022). <http://www.devocean.sk.com>
- [5] Y. Seo, “Volumetric Real 4D Video Technology,” *Korea Society Broadcasting Media Magazine*, Vol. 26, No. 2, pp. 170–171, 2021.
- [6] A. Seo, E. An, and K. Seo, “Design and Implementation of a Point Cloud-Based Volumetric Video Player,” *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol. 47, No. 10, p. 1662, 2022. DOI : 10.7840/kics.2022.47.10.1660

<p>※ This research was supported by The Konyang University Research Fund in 2022 and Future Visual Contents for Innovative Convergence Education Research Group(BrainKorea 21 Four) in Dongseo University</p>
---