

대규모 가상공연 사용자 수용을 위한 메타버스 네트워크 설계에 관한 연구

유초롱, 길연희, 정일권

한국전자통신연구원

crryu@etri.re.kr, yhgil@etri.re.kr, jik@etri.re.kr

A Study on the metaverse network design for accommodating large-scale virtual performance users

Yu Cho Rong, Gil Youn Hee, Jeong Il Kwon

Electronics and Telecommunications Research Institute, Content Research Section

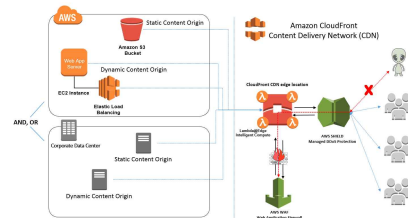
요 약

본 논문은 메타버스 환경에서 대규모 사용자를 대상으로 가상공연 서비스를 제공하기 위한 네트워크 설계에 대한 연구내용을 기술하였다. 이를 위해 먼저 기존 콘텐츠 제공 시스템들과의 차이점을 비교하고, 관련 기술동향들과의 연계점을 파악하여 네트워크 설계에 필요한 요구사항을 분석하였다. 이를 통해 도출된 네트워크 기능을 포함하여 메타버스 가상공연 네트워크 설계안을 제안하였다.

I. 서 론

코로나 19로 인해 비대면 환경에서 온라인의 한계인 현장성 부족을 해결하기 위해 몰입형 환경을 제공하는 메타버스가 많은 관심을 받고 있다. 로블록스, 마인크래프트와 같이 기본적인 메타버스 게임 외에도 다양한 산업분야에 메타버스를 적용하기 위한 연구와 시도가 활발하게 이루어지고 있다. 공연분야도 마찬가지로 게임 플랫폼을 활용한 뮤지션들의 가상 공연 이벤트 개최를 시작으로 가상공연 서비스에 대형 아티스트들의 참여가 가속화되고 있는 추세이다[1][2][3]. 또한 웨이브(WAVE)와 같이 아바타가 등장하는 라이브 콘서트를 개최할 수 있는 버추얼 콘서트 플랫폼 제공 스타트업 기업이 3,000만 달러 규모의 투자를 유치해 저스틴 비버와 같은 대형 아티스트 공연을 제작하는 등 콘텐츠를 확대해 나가고 있다. 국내에서도 2022년 7월 SKT가 초고화질 블루메트릭 콘텐츠를 메타버스 플랫폼 이프랜드(ifland)에 접목한 가상 콘서트를 개최하였다. 기존 가상공연 콘텐츠에 비해 블루메트릭 콘텐츠는 공연자의 실사 수준 아바타 재현이 가능한 장점이 있으나, 공연자와 사용자 상호작용이 메타버스 채널 내 실시간 동시접속 사용자 수 제한으로 수십 명 수준에 머물렀다. 본 논문에서는 이와 같은 문제를 해결하기 위해 수 만명 이상의 사용자가 실시간으로 가상공연에 참여해서 자유롭게 상호작용을 할 수 있는 메타버스 네트워크 구조를 설계하고자 한다. 2장에서는 관련된 기술동향과 본 논문에서 설계하고자 하는 메타버스 네트워크 구조에 대해서 설명하고, 3장에서는 본 논문의 결론을 맺고 당면한 이슈와 향후 연구주제에 대해 기술하고자 한다.

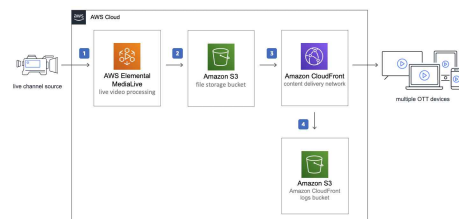
대처가 가능하다. 가상공연의 몰입감과 실재감을 위해서 메타버스 가상공연에서는 공연자와 사용자 간, 사용자와 사용자 간의 상호작용이 중요하고 이를 위한 양방향 데이터 채널 확보가 필수적이지만, 현재 CDN 구조로는 한계가 있다.



〈 AWS CDN 구조 〉

2. Internet broadcasting 시스템

숏폼의 비디오 콘텐츠와 라이브 스트리밍 플랫폼으로 진화하고 있는 인터넷 방송 서비스는 방송 호스트의 일방적인 영상 콘텐츠 제공을 소비하는 기존 방식에서 벗어나 다수의 참여자 양방향 소통 기능이 추가되는 형태로 진화하고 있어 메타버스 가상공연 서비스와 유사한 형태로 구성된다. 그러나 가상공연은 고품질 대용량 가상증강현실 콘텐츠를 실시간으로 제공해야 하고, 사용자의 기기(HMD 등)를 통해 전달되는 상호작용 피드백의 유형과 자유도에 따른 데이터 전송 및 렌더링까지 포괄하는 종합적인 플랫폼의 설계가 필요하다.



〈 AWS 기반 스트리밍 플랫폼 〉

3. 대표적인 메타버스 플랫폼 : 로블록스

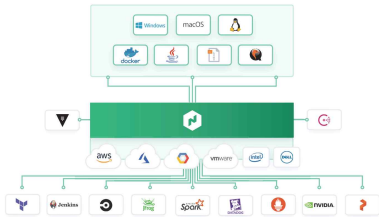
II. 본론

1) 기존 콘텐츠 제공 시스템과 메타버스 가상공연 시스템 비교

1. CDN(Content Delivery Network)

일반적인 CDN은 사용자에게 콘텐츠를 효율적으로 제공할 수 있는 서버의 분산 네트워크로, 최종 사용자와 가까운 POP(point-of-presence) 위치의 에지 서버에 캐시된 콘텐츠를 저장하여 대기 시간을 최소화, 에지 컴퓨팅 적용을 통해 서비스 유형에 따라 최종 사용자 상황인식 기반 능동적

로블록스는 전세계에 걸친 멀티플레이어를 대상으로 준수한 지연 속도를 제공하기 위해 하시코프(hashicorp)의 콘설(Consul), 노마드(Nomad), 볼트(Vault)를 통해 전세계에 분산되어 있는 18,000개의 서버와 170,000개 이상의 컨테이너들을 관리한다. 노마드는 복합적인 워크로드 유형과 이기종 환경 전반에서 일관적인 지원을 제공하고, 자동화된 중단간 애플리케이션 딜리버리 워크플로우를 실현한다. 가상공연에서도 분산환경을 고려한 글로벌 서비스를 실현할 때 로블록스 시스템을 참고할 필요가 있으나 가상공연 콘텐츠 전달의 실시간성 보장에 대한 검증이 반드시 선행되어야 한다.

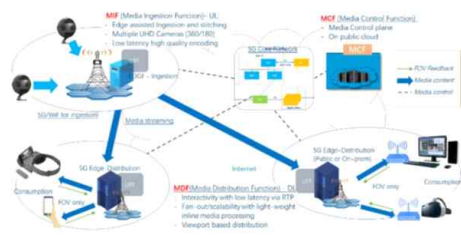


〈 하시코프 노마드 〉

2) 가상공연과 같은 몰입형 콘텐츠 서비스 관련 기술동향

1. XDN(eXperience Delivery Network)[6]

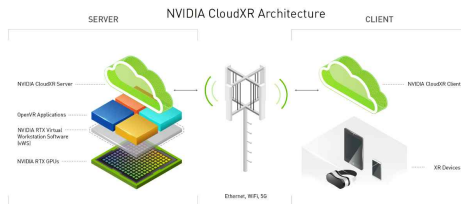
XDN은 Intel에서 개발한 OWT(Open WebRTC Toolkit) 및 에지 컴퓨팅 플랫폼을 사용하는 360 몰입형 미디어 솔루션으로 여러 카메라에서 5G 네트워크를 통한 미디어 수집하고 5G 네트워크를 통한 미디어 제어 및 360 미디어 배포[5]를 제공하는 구조를 가진다.



〈 XDN 구조 〉

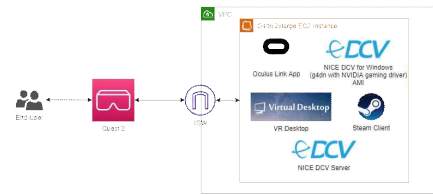
2. NVIDIA CloudXR with AWS

NVIDIA CloudXR은 클라우드를 포함한 원격 서버에서 풍부한 VR, AR 및 XR 애플리케이션의 실시간 GPU 렌더링 및 스트리밍을 구현할 수 있게 해주는 SDK이다. 일반적으로 테더링된 HMD가 필요한 애플리케이션은 성능 저하 없이 저전력 VR 장치 또는 태블릿에서 원격으로 연결하고 스트리밍할 수 있다.



3. Amazon NICE DCV

Amazon NICE DCV는 고성능 원격 디스플레이 프로토콜로 이를 통해 다양한 네트워크 조건에서 모든 클라우드 또는 데이터 센터에서 모든 장치로 원격 데스크톱 및 애플리케이션 스트리밍을 안전하게 전달할 수 있다. Amazon EC2에서 NICE DCV를 사용하면 Amazon EC2 인스턴스에서 원격으로 그래픽 집약적인 애플리케이션을 실행할 수 있다.



〈 Quest2 AR/VR on Amazon NICE DCV 〉

3) 메타버스 가상공연 네트워크 구조

1. 콘텐츠 및 서비스 특성에 따른 네트워크 요구사항 도출

메타버스 가상공연 네트워크 구조를 설계하기 전에 콘텐츠와 서비스에 특화된 요구사항 분석이 선행되어야 한다. 우선 가상공연 콘텐츠는 초실감 몰입감을 제공하기 위해 유니티 또는 언리얼 엔진 기반 VR 콘텐츠로 제작되어야 한다. 또한 공연자와 사용자는 모두 실사 수준의 3D 아바타로 공연에 참여할 수 있어야 한다. 가상공연은 실시간 서비스를 주 목적으로 하고, 본 논문에서는 수 만명이 동시참여가 가능한 가상공연장을 구성하고, 가상공연장 내에서 공연자와 사용자 간, 사용자와 사용자 간의 자유로운 상호작용을 보장할 수 있는 환경을 가정하고자 한다. 현재 기술수준으로는 메타버스 채널에서 물리적 서버 1개를 기준으로 최대 100명의 가입자의 동시접속과 상호작용을 제공할 수 있다. 동시접속 사용자 중 절반 이상은 상호작용이 불가능하고 단방향 콘텐츠 제공만으로 참여 가능하다.

2. 요구사항 분석 기반 네트워크 기능 도출

분류	요구사항	네트워크 기능 도출
초실감 콘텐츠 전송	고품질 대용량 콘텐츠의 실시간 스트리밍	- 데이터 압축 기반 효율적인 스트리밍 속도 보장 (압축 대비 품질 문제) - 실시간성 데이터 분리 스트리밍 (렌더링 지점 데이터 동기화 문제)
대규모 사용자 수용	메타버스 가상공연 단위 수만 명 수준의 동시접속 사용자 허용	- 가상공연을 하나의 채널로 가정하고, 물리적 채널 복수 개를 하나의 가상 채널로 관리
양방향 상호작용	사용자와 사용자간, 공연자와 사용자간 인터랙션 가능	- 상호작용을 위한 데이터 채널 분리 - 분리된 데이터 채널에서 해당하는 공연 채널(가상 채널, 물리적 채널) 식별, 채널 내 사용자 식별
상호작용 종류	사용자 모션 정보(관절 변위), 이모티콘을 통한 감정 표현, 텍스트 메시지, 음성 등 가능	- 단계별 제공 가능 상호작용 선정 및 데이터 구조 정의 필요 - 3차원 벡터 형태 관절 변위 정보는 데이터 스트리밍으로 전달
실시간 공연 기획	사전정의된 공연 순서 내에서 기획자의 의도에 따라 변주	- 사전정의된 공연 콘텐츠 시나리오와 동기화되는 비동기적 이벤트 호출 기능 추가 필요 - 공연 콘텐츠 렌더링 시 동기화가 가장 중요

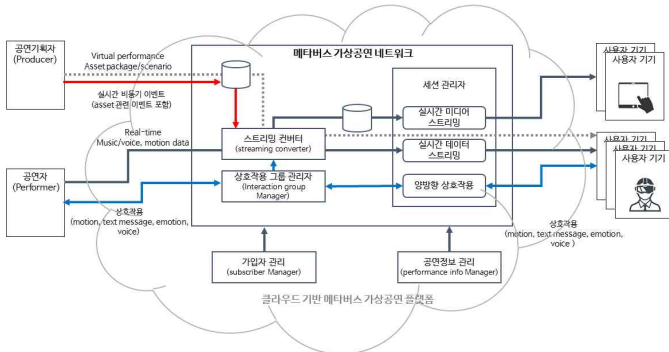
3. 메타버스 가상공연 네트워크 설계

요구사항 분석에 기반한 네트워크 기능 도출이 완료되었다면 이제 네트워크 구성을 시작할 수 있다.

메타버스 가상공연 플랫폼은 가입자 관리와 공연정보 관리를 통해 역할 구분에 따라 가입자가 플랫폼에 접속해서 원하는 가상공연 서비스 채널에 참여할 수 있게 한다. 또한 메타버스 가상공연 플랫폼은 클라우드를 기반으로 동시접속 사용자 수가 증가함에 따라 물리적인 가입자 서버의 개수가 가변적인 로드밸런싱 기능 제공을 제공해야 한다.

본 논문에서는 아래 그림에서 보는 바와 같이 가상공연장 구성과 무대장치에 대한 기획과정에서 사전정의된 고정 무대관련 애셋들을 실시간 공연 이전에 다운로드 받고, 실시간 공연에서는 공연자로부터 제공되는 실시간 데이터만 스트리밍되는 형태로 구성된다. 개별 가상공연은 하나의 가상 채널에 사용자가 접속하는 형태로 가상 채널은 사용자 수에 따라 물리적

채널 수가 가변적으로 변화할 수 있으며 가상 채널 내 물리적 채널을 관리하고 제어하는 기능이 세션 관리자 내에 포함되어야 한다. 공연기획자는 공연 중에 비동기적으로 발생하는 이벤트에 따라 공연무대장의 제어, 음향 데이터 제어, 시나리오 변경 등을 수행할 수 있다. 공연자와 사용자는 양방향으로 상호작용 데이터를 생성해서 전달할 수 있으며 모션 데이터 생성이 어려운 사용자 기기의 경우에는 실시간 미디어 스트리밍을 선택적으로 제공하도록 구성할 수 있다.



〈 본 논문의 메타버스 가상공연 네트워크 설계안 〉

본 논문에서 제안하는 네트워크 설계와 기존의 메타버스 기반 가상공연 시스템의 네트워크 구성의 가장 큰 차이점은 가상 채널 관리와 상호작용 데이터 채널 분리이다. 기존 가상공연 사용자 규모를 대규모로 확장하면서 가상공연 채널에 접속하는 사용자 수가 기하급수적으로 늘어나는 문제를 해결하기 위해서 물리적인 채널을 가상 채널화하고 관리하는 기능이 필요하다. 또한 물리 채널 수가 가변적으로 변화하는 상황에서도 상호작용 데이터가 가상공연 채널에 잘 동기화하여 표현될 수 있도록 양방향 상호작용 데이터 채널을 분리하고, 가상 채널과 상호작용 대상을 식별하기 위한 추가 정보를 포함하여 제공하는 방법을 제안한다. 메타버스 가상공연 플랫폼의 최종 사용자(공연기획자, 공연자, 사용자)로부터 연결되는 각 네트워크 기능 간의 통신 인터페이스[4]는 본 논문에서 다루지 않는다. 이는 가상공연 콘텐츠와 최종 사용자 기기 및 환경에 따라 달라질 수 있어서 실제 가상공연 콘텐츠와 콘텐츠 렌더링 클라이언트 개발환경과 연계하여 선정할 예정이다.

III. 결론

지금까지 메타버스 환경에서 대규모 사용자를 대상으로 가상공연 서비스를 제공하기 위한 네트워크 설계에 대한 연구내용을 기술하였다. 본 논문에서는 상기 요구사항을 기반으로 네트워크 기능을 도출하고, 도출된 네트워크 기능을 포함하는 네트워크를 구성하고 설명하였다. 아직 본 논문에서 가정하고 있는 요구사항을 충족하는 가상공연 사례가 존재하고 있지 않은 바 향후 본 논문에서 제안하는 네트워크 구성을 기반으로 각 기능을 에뮬레이터로 구현해 사전검증을 수행하고 유사한 네트워크 환경을 구성하여 예시 가상공연 콘텐츠를 대상으로 성능 추정을 수행하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2022년도 문화기술 연구개발 사업으로 수행되었음 (과제명 : 대형 공연장 규모의 실시간 양방향 메타버스 체험 플랫폼 기술 개발, 과제번호 : R2022050002, 기여율: 100%)

참 고 문 헌

[1] 고병수, “메타버스 기반의 실감 콘텐츠 연구개발 지원 사업 동향”, 방

송과미디어 제27권1호, pp. 21-26, Jan. 2022.

[2] 김광집, “메타버스 사례를 통해 알아보는 현실과 가상 세계의 진화”, 방송과미디어 제26권 3호, pp 10-19, Jul. 2021.

[3] 임한나, “메타버스와 공연예술의 통섭:재매개 이론을 중심으로”, 한국엔터테인먼트산업학회논문지 Vol. 16, No. 3, pp. 107-124, Apr. 2021.

[4] Vikberg, “Optimizing WebRTC for Cloud Streaming of XR”, Aalto University Master’s theses, Aug. 2021.

[5] Pablo Perez, “Live Free-Viewpoint Video in Immersive Media Production Over 5G Networks”, IEEE Transaction on Broadcasting, Vol. 68, No. 2, pp. 439-450, Jun, 2022.

[6] Gang Shen, “5G and Edge Computing Enabling Experience Delivery Network (XDN) for Immersive Media”, IEEE 22nd International Conference on High Performance Switching and Routing (HPSR), Jun. 2021.