

# 360 VR 비디오 스트리밍 서비스의 QoS 제어를 위한 MANE Cloud 시스템의 설계 및 구현

차 은 영\*, 조 복 연\*, 김 지 호\*, 서 덕 영°

## Design and Implementation of MANE Cloud System for QoS Control of 360 VR Video Streaming Service

Eun-young Cha\*, Bok-yun Jo\*, Ji-ho Kim\*, Doug-young Suh°

### 요 약

본 논문은 360 VR 영상과 같은 차세대 고용량 미디어 스트리밍에서 적용될 수 있는 클라우드 기반 QoS 제어 시스템에 대해 기술한다. MMT의 QoS 제어 기능을 수행하는 MANE는 네트워크 중간에서 네트워크의 상황을 전달하고 미디어의 특성에 따라 대역폭을 조절하는 역할을 수행 한다. 본 논문에서는 고용량 360 VR 영상을 저화질과 고화질 영상으로 계층 부호화하고 저화질 영상 품질 향상을 위한 보조정보를 포함하여 미디어 패키지의 비트율을 다양하게 구성할 수 있다. 시스템은 클라이언트에서 측정된 가용비트율을 적용하여 MANE의 QoS 적용 기능을 통해 기본적인 재산을 보장하면서 대역폭을 낭비 없이 사용하면서 전송을 수행할 수 있다.

**Key Words** : Video streaming, Cloud computing, Quality of service, Quality of experience, Virtual reality

### ABSTRACT

This paper describes a cloud-based QoS control system that can be applied to streaming next generation media such as 360 degree VR video. MANE, which performs QoS Control function of MMT, transmits network status in the middle of network and adjusts bandwidth according to the characteristics of media. In this paper, high capacity 360 degree video can be coded into enhance and base Layer and side information can improve quality of base layer. Thus, the bitrate of the media package can be various. System can perform transmissions without wasting bandwidth by MANE QoS Adaptation method with measuring available bit rate.

### I. 서 론

모바일 사용자의 영상 콘텐츠 소비 증가로 인하여 모바일 트래픽에서 영상 트래픽의 비중이 증가하고 있다. 영상 트래픽의 비중은 모바일 트래픽에서 과반 이상을 차지하고 있으며 시스코의 보고서<sup>[1]</sup>에 따르면

모바일 영상 트래픽은 2022년까지 모바일 트래픽의 80% 이상을 차지할 것이라고 한다. 또한 영상 트래픽의 증가가 피크타임의 트래픽 증가를 가속시킬 것으로 보고 있다. 한 편 VR(Virtual reality), AR(Augmented reality) 영상과 같은 고급 콘텐츠의 수요가 높아지면서 이러한 현상은 더욱 두드러질 것

\* “본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 Grand ICT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음” (IITP-2020-2015-0-00742)

• First Author : Kyunghee University Department of Electronic Engineering, eunyyy3@naver.com, 학생(석사), 학생회원  
° Corresponding Author : Kyunghee University Department of Electronic Engineering, suh@khu.ac.kr, 정교수, 종신회원

\* Kyunghee University Department of Electronic Engineering, jobokyun@naver.com

논문번호 : 202003-058-D-RN, Received March 19, 2020; Revised May 13, 2020; Accepted June 11, 2020

이다.

이러한 상황 속에서 VR 콘텐츠의 스트리밍을 위한 연구 및 개발로 영상 내 공간 정보를 활용하는 스트리밍 기법인 MPEG-DASH(Dynamic Adaptive Streaming over HTTP) SRD(Spatial Relationship Description)를 활용한 연구가 제안 되었다<sup>2,3)</sup>. 현재 대부분의 웹기반 스트리밍 서비스는 연결지향성 프로토콜인 HTTP/TCP를 사용하기는 하나, VR, AR 영상과 같은 고급 콘텐츠의 수요가 높아짐에 따라 비연결성 형태의 서비스인 UDP 기반의 스트리밍 서비스의 연구 및 개발이 필요한 상황이다.

고급 콘텐츠에서 QoS(Quality of Service)를 향상시키기 위해서는 대역폭 및 시스템 자원 등의 요구사항을 충족시킬 필요가 있다. SC29/WG11 MPEG에서 표준화 하고 있는 차세대 미디어 전송 기술 MMT(Mpeg Media Transport)는 다양한 네트워크 환경에서 QoS를 지원하는 표준이다. 이러한 고용량 콘텐츠를 스트리밍 할 때 MMT 표준을 이용한 자원 관리를 통해 서비스 제공자 및 사용자에게 비용의 절감 및 만족도 상승 효과를 얻을 수 있다. 본 논문에서는 MMT 표준을 따르는 360 VR 스트리밍 시스템에 적용시킬 수 있는 QoS 제어 시스템을 기술한다. 네트워크 중간의 가상 클라우드에 QoS 제어를 위한 개체를 도입하여 안정적인 서비스를 제공한다. 실시간 전송을 위한 TRAS(True Real-time Adaptive Streaming)<sup>4)</sup> 시스템 모델을 사용한다. MMT 표준을 따르는 TRAS 시스템은 멀티미디어 콘텐츠를 사용자에게 서비스 할 시에 데이터를 전송받아 플레이하는데 까지 걸리는 초기 지연 시간을 최소화으로 줄이는 기술이다. 따라서 2장에서는 MMT의 데이터 모델과 데이터 처리 및 전송에 필요한 기능을 설명하고 실시간 스트리밍을 위한 TRAS 시스템에 대하여 설명한다. 클라우드는 네트워크 중간에서 QoS를 제어하는 기능을 한다. 3장에서는 시스템 구조를 모델링하고 동작을 상세히 설명한다. 4장에서는 네트워크를 측정하고 대역폭을 확보하기 위한 QoS 기능에 대하여 설명한다. 5장에서는 결론과 향후의 전망에 대하여 설명한다.

## II. 배경

### 2.1 MPEG Media Transport

MMT(MPEG Media Transport)는 차세대 인터넷 전송 영상 표준으로 다양한 종류의 네트워크 환경에서 사용자에게 안정적인 멀티미디어 서비스를 제공한다. MMT Package는 MMT 기반 서비스를 구성하기

위한 데이터 모델로써 하나 이상의 asset을 포함하고 있다. asset은 오디오, 비디오와 같은 독립적인 데이터의 스트림을 뜻한다. 본 시스템에서 사용하는 asset의 종류는 오디오와 계층 부호화된 영상인 BL (Base Layer), EL (Enhance Layer) 비디오, 미디어 처리를 위한 SI (Side Information)이 있다. asset은 하나 이상의 MPU (Media Processing Unit)로 이루어져 있다. MPU와 MFU의 구조는 그림 1을 통해 알 수 있다. MMT의 여러 기능 중에서 MPU 기능 영역은 MMT 표준 기반 실시간 데이터 전송을 위한 독립 재생 가능한 미디어 파일 인스턴스를 정의한다.

MPU는 ISO 기반 미디어 파일 포맷인 ISO BMFF를 따르며 전송에 필요한 정보를 제공하기 위한 메타데이터들을 포함한다. MPU는 MPU를 구성하기 위한 메타데이터와 미디어를 세분화한 MFU(Media Fragment Unit)를 구성하기 위한 정보를 포함한다.

MMT의 전송 기능은 인터넷 프로토콜 기반의 응용 계층 전송 프로토콜 및 페이로드 포맷을 담당한다. MMT 프로토콜 패킷의 구조는 그림 2와 같이 구성된다.

MMT 시그널링은 미디어 데이터의 전송 및 소비를 위한 각종 제어 정보를 담당한다. 그중에서 NAM(Network Abstraction for Media)은 응용 계층과 하위 계층 사이의 상호작용을 위해 사용된다. NAM의 구성요소는 표 1과 같다.

QoS 향상을 위해 개발된 기능 중 MANE(Media Aware Network Element)는 MMT 기반으로 설계되어 네트워크 중간에서 미디어의 특성에 맞는 자원 관리를 수행한다<sup>5)</sup>. MANE는 NAM메세지를 활용하여

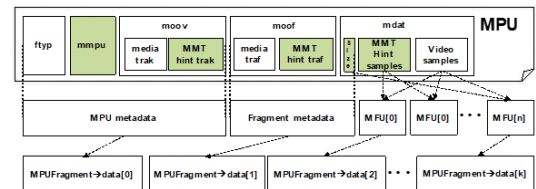


그림 1. MPU의 구조와 MFU를 저장하는 구조체 변수와의 관계  
Fig. 1. Structure of MPU and its relationship to variables that store MFU

V=0	C	FEC	r	X	R	RES	type	packet_id
							timestamp	
							packet_sequence_number	
							packet_counter	
							header_extension	
							payload_data	
							source_FEC_payload_ID	

그림 2. MMT 프로토콜 패킷의 구조  
Fig. 2. Structure of MMT protocol packet

표 1. NAM의 구성요소  
Table 1. Component of NAM

Syntax	size(bits)	Mnemonic
CLI_id	8	unsigned integer
available_bitrate	32	float
buffer_fulness	32	float
peak_bitrate	32	float
average_bitrate_period	16	unsigned integer
current_delay	32	float
SDU_size	32	unsigned integer
SDU_loss_ratio	8	unsigned integer
generation_time	32	unsigned integer
BER	32	float

네트워크의 상황을 보고하거나 미디어의 우선순위에 따라 처리를 차별화시킬 수 있다.

2.2 TRAS (True Realtime Adaptive Streaming)

기존 MMTP 클라이언트는 MPU 단위의 처리과정을 따라 동작했으며 1개 이상의 MPU를 처리하여 미디어를 재생하였다. TRAS 시스템은 미디어의 처리 단위를 재생 가능한 가장 작은 MFU 단위로 나누어 동작한다. 이를 통해 MPU 전체의 처리시간을 기다린 후 영상을 재생하던 방법과 달리 MFU 단위의 처리를 통해 재생을 가능하게 만들어 최초 세션이 시작된 후 재생이 시작되기까지의 시간을 단축하였다. 서비스 제공자는 Raptor Q 코드를 사용한 AL-FEC(Application Layer- Forward Error Correction) 기능을 사용하며 SB (Source Block) 단위의 전송을 수행한다. MFU에 대한 패킷화 과정을 수행한 후 SBN (Source Blcok

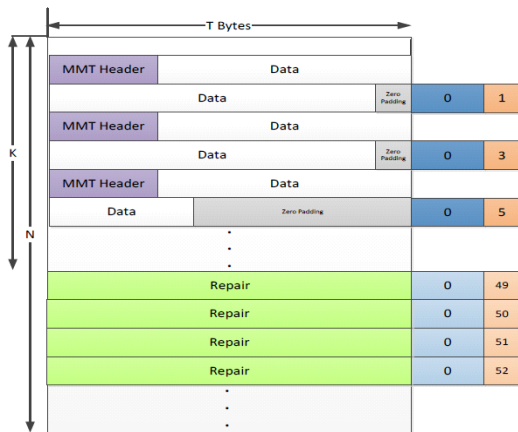


그림 3. SB의 구조  
Fig. 3. Structure of SB

Number), ESI (Encoding Symbol Identifier)를 FEC Tail로써 추가한다.

그림 3은 SB의 구조이다. T는 MTU이며 K는 영상 심볼의 개수, N은 K에 리페어 심볼을 더한 개수이다. 리페어 심볼은 Raptor Q 코드로 인코딩한 정보이다. 제로 패딩을 통해서 MTU를 채우고 끝부분에 SBN과 ESI를 추가한다.

2.3 클라우드 컴퓨팅

클라우드 컴퓨팅은 네트워크상에 가상화된 컴퓨터의 시스템 자원을 인터넷을 통해 공유하는 컴퓨팅 방식을 뜻한다. 사용자는 자신의 시스템 자원을 사용하지 않고도 인터넷상에 연결된 가상 머신에서 프로그램을 실행시키고 필요한 데이터를 처리할 수 있다. 멀티미디어 표준화 단체인 SC29/WG11 MPEG은 네트워크상의 클라우드에서 미디어 처리를 담당하고 사용자 단말에 제공하기 위한 차세대 미디어 기술인 Network Based Media Processing (NBMP)에 대해 정의하고 있다. 그림 4는 NBMP의 개념도이다. 미디어 데이터와 미디어 처리를 위한 처리 동작 명세서(workflow description)를 미디어 처리 개체에 전송하고 처리가 완료된 미디어는 사용자 단말로 전송된다. 일반적인 스트리밍 서비스의 성능은 네트워크 조건 또는 컴퓨팅 자원에 의존하지만, 미디어 처리를 위한 가상 기능을 수행하는 클라우드에 접속하는 것으로 성능 제약을 줄일 수 있다.

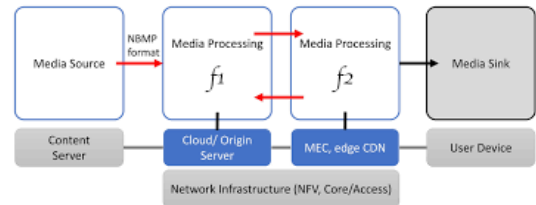


그림 4. NBMP 개념도  
Fig. 4. NBMP

III. 360 VR MANE 클라우드 스트리밍 시스템의 설계 및 구현

기존의 MANE는 앞서 설명한 바와 같이 QoS 향상을 위한 미디어 전송 시스템이다. NAME는 일반적으로 다양한 형태의 미디어에 활용될 수 있으나 VR 콘텐츠의 경우 일반적인 영상과 달리 공간적 특성과 사용자의 시야에 따른 영상의 특성이 생성되기 때문에 이를 활용하여 QoS를 조절 할 수 있다. 본 장에서는

제안하는 전체적인 시스템에 대한 설명과 MANE 시스템의 구현, 360 VR 콘텐츠의 스트리밍을 위한 추가적인 기능에 대하여 설명한다.

### 3.1 시야각(Field of View:FOV)

본 시스템에서 EL의 360 VR 콘텐츠는 그림 5와 같이 128개의 패치로 분할되며, 사용자의 시야각(Field of View: FOV)에 따라 BL(1280X720), EL(2560X1440) SI로 계층 부호화 된다. 클라이언트는 FOV 정보를 MMT 시그널링을 통해 MANE를 거쳐 서버에게 전달하며, 서버는 전달받은 FOV 정보를 통해 적절한 패치를 4개에서 최대 6개 까지 클라이언트에게 전달 할 수 있다. EL 이외의 영역은 BL 해상도의 영상으로 재생된다.

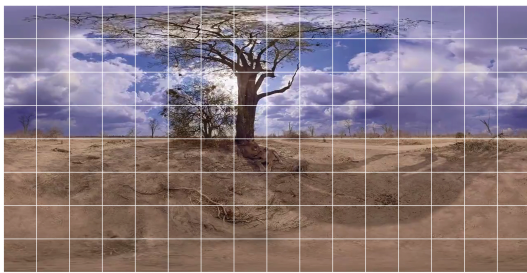


그림 5. 시야각 기반의 360 VR 콘텐츠  
Fig. 5. 360 VR contents based on FoV

### 3.2 시스템 구조

그림 6은 360 VR 스트리밍을 위한 MANE 클라우드 스트리밍 시스템의 구조를 보여준다. 서버, MANE, Client는 MPEG MMT/MBNP 표준 기술이 적용되어 있다. 대역폭 대비 최대한의 QoS를 제공하기 위하여 영상을 BL, EL로 계층 부호화하고 EL은 전체 영역을 분할 하여 단말기 화면에 표시되는 일부 영역만을 전송한다. EL 화면을 구성하기 위해 사용자는 서버가 사용자의 시선을 인지할 수 있도록 FOV를 전송한다. 사용자는 패킷을 수신하여 미디어를 구성하

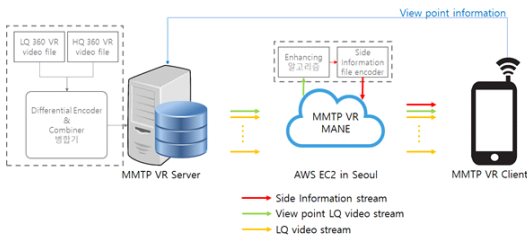


그림 6. 시스템 개요  
Fig. 6. System overview

고 재생을 수행한다. Player는 미디어를 재생하기 위한 기본적인 기능(media decoder, A/V renderer)을 갖춰야 한다. 프레임 단위 디코딩을 지원하는 오픈 소스 디코더 ‘ffmpeg’을 사용했다. 단말기 화면은 Google VR Sdk를 기반으로 EL 해상도에 맞춰 360 파노라마 뷰를 구성한다.

### 3.3 360 VR MANE의 설계 및 구현

MANE는 클라우드에 위치하며 서버로부터 수신받은 패킷을 클라이언트로 전송하고 네트워크 상황에 적응하여 QoS 기능을 수행한다. 그림 7은 360 VR 스트리밍을 위한 NAME의 동작을 나타낸다. MANE는 클라이언트의 연결 요청을 서버로 전달하고 서버, 클라이언트와 연결을 생성하는 Call-Setup Manager, 클라이언트의 시그널링을 수신하여 처리하고 서버로 전달하기 위한 QoS Manager, 서버에서 전송한 패킷을 수신하는 Receiver와 클라이언트에게 전달하기 위한 Sender, 각 모듈의 동작을 관장하는 Session으로 구성된다. Si File Encoder는 기존의 NAME에는 없는 360 VR 스트리밍의 QoS를 위한 추가적인 기능이므로 업 샘플링 알고리즘을 통해 SI 데이터를 생산해 낸다. SI는 EL 영상의 경계 정보를 압축하여 구성한다. SI File Encoder는 미디어 콘텐츠 서버 혹은 콘텐츠 서버와 연결된 클라우드에서 작동할 수 있다. 클라우드의 미디어 처리 개체는 저장된 EL 비디오 데이터에서 영상의 경계 영역을 검출하고 경계값의 좌표를 엔트로피 코딩을 통해 압축하여 저장하는 기능을 수행한다. 저장한 정보는 시스템에서 SI의 asset id를 할당받는다. SI는 미디어 전송 과정에서 MPU와 함께 전송될 수 있다. SI를 사용하면 시선 변화에서 발생하는 일시적인 화질 저하를 보정 하여 사용자의 QoE를 높일 수 있다. 이때 실시간 SI 생성을 통한 전송을 수행하기

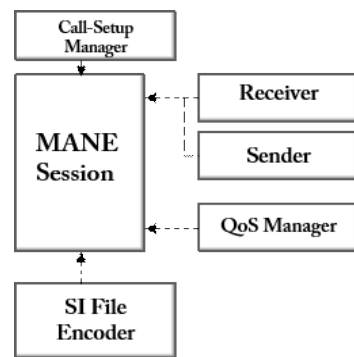


그림 7. MANE의 구조도  
Fig. 7. Structure of MANE

위해서는 SI File Encoder 모듈이 필요하지만 본 논문에서는 오프라인 방식을 통해 SI를 미리 생성하고 MMT packet으로 전송하기 때문에 해당 모듈은 사용하지 않는다. 오프라인 방식의 경우 동작은 다음과 같이 진행 된다. 서버는 QoS Manager 모듈을 통해 FOV정보를 수신하고 전송할 SI 패치를 결정한다. SI 패치는 MMTP모듈에 의해 패킷화 된다. FEC Encoding 과정을 거쳐 Sender를 통해 Repair block에 실려 전송된다.

SI를 실시간으로 생성할 경우 360 VR MANE는 서버로부터 클라이언트의 FOV에 따른 EL영상을 전송 받는다. 이때 EL 패치를 둘러싸는 부분에 대해 SI를 생산, 부호화 하여 클라이언트에게 전송한다. 그림 8은 FOV에 따라 EL, BL, SI의 영역이 나뉘는 모습을 나타낸다.



그림 8. FoV에 따른 차등 부호화 영역  
Fig. 8. differential encoding region

### 3.4 서버, 클라이언트의 설계

그림 9를 통해 서버와 클라이언트의 구조를 볼 수 있다. 서버는 모든 동작을 관리하는 Session, 클라이언트 또는 MANE와의 연결 및 상태를 관리하는 Call-Setup Manager, MPU를 읽어 MFU로 처리하는 MPU Loader, MMT 패킷화 과정을 수행하는 MMTP 모듈, FEC Encoder, 피드백 메시지를 수신 및 처리하는 QoS Manager, 패킷을 전송

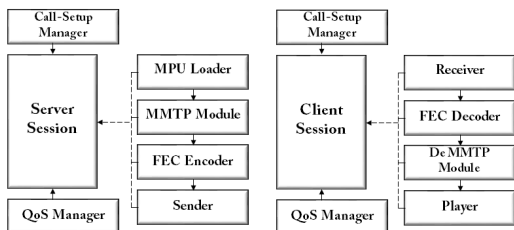


그림 9. 서버-클라이언트 구조도  
Fig. 9. structure of server-client

하는 Sender로 이루어져 있다.

클라이언트는 패킷을 수신하는 Receiver, AL-FEC를 위한 FEC Decoder, MMT 역 패킷화 과정을 수행하는 DeMMTP 모듈, 미디어 데이터를 소비하는 Player (Decoder, Renderer), 수신 상태 및 기타 사용자의 이벤트까지 피드백 메시지를 전달 할 수 있는 QoS Manager, 모든 동작을 관장하는 Session으로 구성된다.

Call-Setup 모듈은 서버와 클라이언트의 접속을 관리하며 미디어를 전송하기 위한 세션을 생성하는 기능을 수행한다. 서버는 연결 요청을 수신하기 위한 TCP 소켓을 생성하고, 클라이언트는 서버에 접속하기 위한 TCP 링크를 통해 연결 요청 메시지를 보낸다. 서버는 연결 요청을 처리하고 클라이언트의 상태 정보를 수신한다. 상태 정보는 클라이언트의 IP와 네트워크 타입 및 클라이언트 식별 번호로 이루어져 있다. 이후 클라이언트와 UDP 연결을 생성하고 해당 UDP 연결을 통해 전송을 위한 세션을 생성하여 클라이언트와 연결한다. MANE가 존재할 경우 서버와 클라이언트가 직접 연결하는 대신 MANE와 연결된다.

MPU Loader는 MPU 데이터를 읽고 MFU 단위로 처리하기 위한 과정을 수행한다. MPU 데이터는 오디오 데이터와 계층 부호화된 BL, EL 비디오 데이터가 있으며 각각을 asset id로 구분한다. 시그널링의 FOV 배열을 확인하여 화면에 표시되는 EL의 asset만 불러온다. MPU Loader는 오디오와 BL, EL asset의 MPU 파일을 읽어오기 위한 파일 객체를 생성하고 그림 1에 의거하여 프래그먼트 단위로 MPU 파일을 처리한다. 하나의 미디어 프래그먼트가 생성되면 MMT 프로토콜 전송을 위하여 표준에 따라 헤더를 생성하고 그림 9과 같이 패킷으로 만든다. 이후 SBN 단위의 동작을 위해 그림 4와 같이 FEC Tail을 추가한다. SBN 단위로 동작하는 본 시스템의 경우에는 패킷화 과정 후 영상 패킷을 먼저 보낸 후 AL-FEC를 통해 각 asset에 대한 리페어 패킷을 생성해 패킷화 하여 전송하고 다음 미디어 프래그먼트를 준비한다.

클라이언트의 Receiver 모듈은 패킷들을 수신하고 asset id를 확인하여 asset 별로 패킷의 FEC Tail을 처리하고 SBN 단위로 버퍼에 저장한다. SB는 역 FEC 과정을 통해 리페어 심볼을 처리하고 영상 패킷들로 재구성한다. MFU를 완성할 수 있는 만큼 SB의 영상 패킷들이 저장되면 MMTP 역 패킷화 모듈에서 MFU를 생성한다. MPU 파일의 두 번째 MFU 까지 메타데이터를 저장하고 있다. 세 번째 MFU부터 미디어를 디코딩한다. 화면은 EL과 같은 해상도이기 때문에

표 2. NAMF의 구성요소  
Table 2. Component of NAMF

Syntax	size(byte)	Mnemonic
CLI_id	1	unsigned integer
available_bitrate	4	float
buffer_fulness	4	float
peak_bitrate	4	float
average_bitrate_period	2	unsigned integer
current_delay	4	float
SDU_size	4	unsigned integer
SDU_loss_ratio	1	unsigned integer
generation_time	4	unsigned integer
BER	4	float
FOV	64	bool

BL 프레임은 EL과 같은 해상도로 업샘플링을 수행한다. 업샘플링한 BL 프레임은 EL과 같은 방식으로 분할한다. 분할 한 화면에 맞게 BL 또는 EL 프레임을 배치한다. 버퍼에 배치가 끝나면 미디어를 렌더링한다. 하나의 프레임이 재생된 후 다음 프레임을 요청하여 재생을 이어간다.

클라이언트의 QoS Manager 모듈은 QoS를 위해 네트워크를 측정하여 NAM 필드에 FOV 정보가 추가된 NAMF 메시지를 작성한다. 이후 NAMF 메시지를 서비스 접속에 사용한 TCP 링크를 통해 1초 단위로 전송한다. 표 2는 NAMF 메시지의 구성 요소를 보여준다. NAMF 메시지의 FOV는 NAM 메시지 끝에 EL 분할 화면 개수와 같은 크기의 bool 타입 배열을 추가하여 시선 영역을 구분한다. Google VR sdk<sup>[6]</sup>의 헤드 트래킹 기능을 사용하여 단말기의 화면 이동을 감지한다. 360 VR MANE의 QoS Manager는 클라이언트의 NAMF 메시지를 확인하고 사용자 화면 배열을 서버에게 전달한다.

#### IV. MANE Cloud의 성능 실험

##### 4.1 영상 품질에 따른 비트전송률 측정

시스템은 끊임없는 스트리밍 서비스를 제공하기 위하여 기본적인 영상 재생을 위한 오디오 및 BL 영상의 재생을 보장해야 한다. MANE는 네트워크 중간에서 패킷이 어떤 미디어인지를 인지하고 할당된 네트워크 자원에 따라 EL 패킷 위주로 손실시켜 대역폭을 확보하는 기능을 수행한다. 한 편, 사용자의 QoE 향상을 위해서 고품질 영상인 EL 영상이 재생되려면 네트워크 크가 추가적인 비트 전송률을 감당할 수 있어야 한다.

표 3. 실험 환경  
Table 3. Experiment environment

equipment	server	mane	client
model	Ubuntu PC	AWS EC2 cloud t2.xlarge	Galaxy s7 edge mobile device
CPU	Intel i7-7700	Intel Broadwell E5-2686v4	Exynos 8890
memory	16 GB	16 GB	16 GB

3장에서 기술한 시스템에서 360 VR 콘텐츠의 스트리밍을 테스트한다. MMT 서버와 MANE는 Ubuntu 14.04.5 환경에서 제작되었고 클라이언트 제작은 안드로이드 스튜디오 2.3.3 버전을 사용했다. 실험에는 표 3과 같은 장비를 사용했다.

미디어 패키지는 오디오, BL, EL, SI asset을 포함한다. 미디어 파일은 1280X720, 2560X1440 화질의 영상을 BL, EL로 사용하였다. 위와 같은 미디어 패키지를 통해 360 VR 스트리밍의 시나리오를 세 가지로 나눌 수 있다.

- 시나리오1. 영상 전체를 BL로 전송
- 시나리오2. 영상 전체를 EL로 전송
- 시나리오3. FOV를 통한 BL, EL, SI영상 전송

그림 10은 시나리오 1,2를 바탕으로 측정된 네트워크의 비트 전송률을 보여준다. 각 미디어 asset별 평균 비트 전송률은 1.37 Mbps, 3.90 Mbps로 고화질의 영상을 전송할수록 비트전송률이 증가함을 알 수 있다. 시나리오 1의 의 경우 비트전송률이 시나리오 2의 절반 수준으로 네트워크 자원 사용량의 절감 효과를 얻을 수 있지만 영상 품질 측면에서 시나리오2 대비 낮은 수준의 QoE를 보여줄 것이다. 그림 12는 시나리오 1, 2에 사용된 영상의 화면이다. 영상 품질을 시각적인 관점에서 비교하여 시나리오 1의 경우 시나리오 2 대비 낮은 품질의 QoE를 보임을 알 수 있다. 시나리오 3의 EL 패치의 개수는 8개로 FOV 영역에 해당하며 FOV 영역을 둘러싸는 SI 패치의 개수는 16개로 설정하였다. 그림 11은 시나리오 3을 바탕으로 측정된 비트 전송률을 보여준다. 평균 비트 전송률은 2.65Mbps로 시나리오1 보다는 높은 수준의 비트 전송률을 보이지만 FOV에 따른 차등 부호화를 통해 비디오 품질에 대한 QoE는 높을 것이다. 특히 시나리오 3은 SI를 사용하여 사용자가 시선을 이동하여 EL에서 BL 품질의 영상을 시청하게 되는 시점부터 FOV 영역의 EL 패치가 도착하여 재생되는 순간까지의 품질

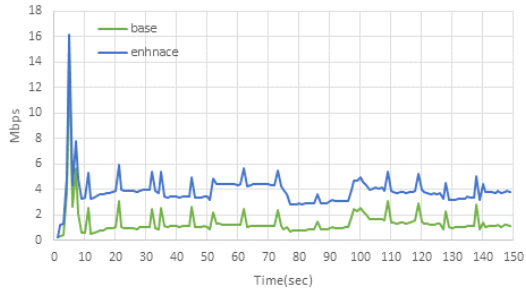


그림 10. BL 과 EL의 비트 전송률 비교  
Fig. 10. Comparison of bitrate between BL and EL

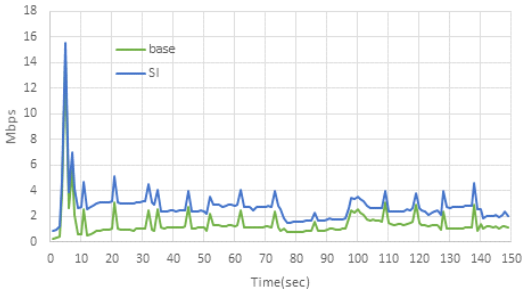


그림 11. BL 과 SI의 비트 전송률 비교  
Fig. 11. Comparison of bitrate between BL and SI

저하 및 지연을 줄 일 수 있다.

#### 4.2 글로벌 네트워크 스트리밍 서비스

전세계 다양한 장소 서비스하는 상용 클라우드 서버인 AWS를 활용하여 다양한 조건에서 스트리밍 서비스 성능을 평가한다. 서울을 포함하여, 도쿄, 캘리포니아, 프랑크푸르트의 AWS 데이터 센터에 NAME 클라우드를 설치 한다. 한국의 서버에서 전송된 미디어 패킷은 각 데이터 센터를 거쳐 클라이언트에게 전송된다. 그림 13은 MANE 시스템의 실시간 ABR (Available Bit Rate)을 보여준다. ABR은 서비스에



그림 12. BL(왼쪽) 과 EL(오른쪽)의 화질 비교  
Fig. 12. Comparison of picture quality between BL(left) and EL(right)

할당된 네트워크 대역폭을 최대한으로 활용하기 위한 전송률이다. 실험을 위해 서버-클라우드-클라이언트의 경로를 통해 미디어를 전송하였다. 각 국가별 ABR은 서울, 도쿄, 캘리포니아, 프랑크푸르트 순서로 12.91Mbps, 14.88Mbps, 5.78Mbps, 4.18Mbps이다. 국가별로 평균 9.43Mbps 이상의 네트워크 대역폭 성능을 나타내는 것을 확인할 수 있으며, 4.1질의 실험 결과에서 각 시나리오별 평균 전송 비트율이 1.37Mbps에서 최대 3.90Mbps를 넘지 않는 점을 미루어 볼 때 안정된 전송 서비스를 제공 할 수 있음을 확인할 수 있다.

그림 14는 국가별 ABR 누적 분포 함수를 보여주며, 표 4를 통해 90%의 확률로 전송 가능한 대역폭을 확인할 수 있다. ABR은 국가의 위치에 따른 거리에 반비례하여 선형적으로 감소하는 모습을 보여주긴 하나 도쿄의 경우 서울보다 ABR이 높게 측정 되었다. 이러한 점은 물리적 거리, 시간, 각 나라별 네트워크 방화벽, 프록시 정책 등 다양한 변수에 의해 서비스 성능에 변화가 있을 수 있다는 것을 시사한다.

또한, 국가별 초기 접속 속도(initial delay)와 시선 이동에 따른 고해상도 패치 변경에 따른 채널 변경 지연(zapping delay)은 표 5를 통해 확인할 수 있다. 초기 접속 속도는 평균 580ms이다. 채널 변경 지연은 평균 1.2 sec이다. 시선이 이동함에 따라 보내야 하는 영상 패치가 달라져야 하므로 이를 채널 변경으로 판단하여 실험을 진행하였다. 국가의 위치에 따른 거리에 비례하여 지연시간이 선형적으로 증가하는 모습을 보여주며 이러한 결과는 물리적 거리의 한계와 실시간으로 변화하는 네트워크 상황에 따른 결과라 할 수 있다. 채널 변경 지연 시간 또한 QoE의 중요한 요소로 DLS 포럼의 QoE 요구 사항에 따르면 채널 변경 시간은 최대 2초로 제한을 두고 있으며 ITU FG IPTV에서는 채널 변경 지연 시간은 MPEG-TS의 경우 최대 1초가 요구되며, H.264/MPEG-4 AVC의 경우 2초가 요구된다<sup>7,8)</sup>

표 4. 국가별 90%의 확률로 전송 가능한 대역폭  
Table 4. bandwidth that can be transmitted at 90%

Region	ABR(Mbps)
Seoul	24.1
Tokyo	26.4
California	13.6
Frankfurt	9.3

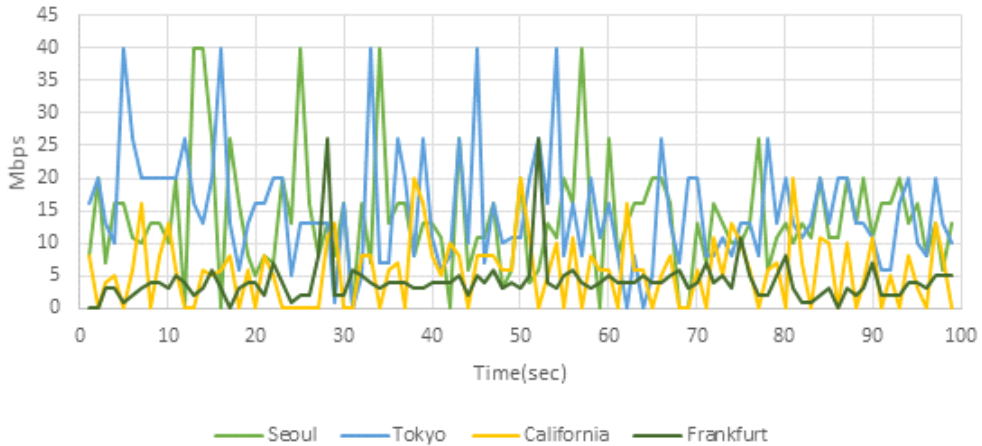


그림 13. 국가별 ABR  
Fig. 13. ABR by country

표 5. 국가별 Initial delay와 Zapping delay  
Table 5. Initial delay and zapping delay by country

Region	Initial delay(ms)	Zapping delay(ms)
Seoul	308	842
Tokyo	311	846
California	446	948
Frankfurt	726	1757

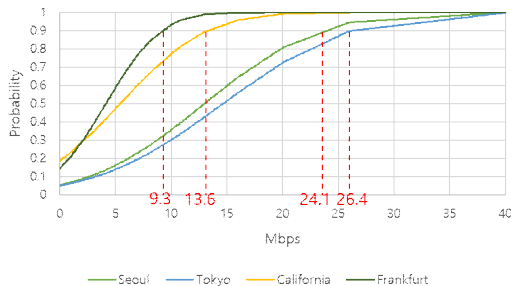


그림 14. 국가별 ABR 누적 분포 함수  
Fig. 14. ABR cumulative distribution function by country

### V. 결 론

본 논문에서는 MMT 표준을 따르는 360 VR 스트리밍 서비스의 QoS 제어를 위한 Cloud 시스템을 구현하였다. 먼저 기존의 MMT 기반 스트리밍 시스템의 미디어 데이터 처리 단위를 효율적으로 개선한 TRAS 시스템을 360 VR 콘텐츠에 적용하였다. 본 논문에서 제안된 시스템은 사용자의 시선(FOV)에 따른 차등 부호화 전략으로 대역폭을 효율적으로 사용하여 QoS

를 향상시켰으며, SI 업샘플링 알고리즘을 도입하여 시선 변화에 따른 사용자의 QoE 저하 문제를 개선할 수 있었다. 또한, MANE Cloud 시스템의 글로벌 네트워크 스트리밍 서비스 실험을 통해 제안한 시스템의 기능을 성능적으로 입증하였다.

한편 MMT가 제공하는 서비스 방식에는 노력형 (best-effort) 서비스를 비롯하여 QoS를 향상시키기 위한 다양한 방법이 존재한다. 이러한 MMT의 서비스 방식 기초로 한 MANE 시스템은 다변화하는 미디어 콘텐츠의 다양한 특성에 적응하여 사용될 수 있다. 특히 이번 논문에서는 360 VR 콘텐츠의 특성을 활용하여 시선 이동 시 고화질 패치의 변경에 따른 지연시간을 측정하여 VR 콘텐츠의 특성을 이용한 QoE에 영향을 미치는 변수를 측정하는 방법을 제시하였다. 본 시스템은 이를 비롯한 다양한 방면에서 활용의 여지가 있으며 이를 위한 추가적인 연구가 진행될 수 있다.

### References

- [1] Cisco Systems Inc., “Cisco visual networking index: global mobile data traffic forecast update, 2017-2022,” Feb. 18, 2019, from <http://www.cisco.com>.
- [2] M. Hosseini and V. Swaminathan, “Adaptive 360 VR video streaming: Divide and conquer!,” 2016 IEEE ISM, San Jose, CA, USA, Jan. 2017.
- [3] H. W. Kim, U S. Choi, and S. H. Yang, “Implementation of high quality 360 VR video



low-latency live streaming system using multi level tile caching based on MPEG DASH SRD,” *J. Korea Multimedia Soc.*, vol. 21, no. 8, pp. 942-951, Aug. 2018.

- [4] Y. Heo, H. Kim, J. Yun, Y. Cho, S. Cho, J. Lee, and D. Y. Suh, “True realtime multimedia streaming system based on MMT,” *2015 IEEE ICMEW*, pp. 1-4, Jul. 2015.
- [5] B. Jo, D. Lee, and D. Y. Suh, “Adaptive QoS study for video streaming service in MMT Protocol,” *J. Broadcast Eng.*, vol. 20, no. 1, Jan. 2015.
- [6] Google VR, “360 media(2018),” Jun. 26, 2018, from <https://developers.google.com/vr>
- [7] DSL Forum, “Triple-play services quality of experience (QoE) requirements,” *DSL Forum Tech. Rep. TR-126*, Dec. 2006.
- [8] K. Link and W. Sun, “Switch delay analysis of a multi-channel delivery method for IPTV,” *2008 4th IEEE ICCSC*, no. 4536798, pp. 471-476, 2008.

**차 은 영 (Eun-young Cha)**



2020년 2월: 경희대학교 전자공학과 학사 졸업  
 2020년 3월~현재: 경희대학교 전자공학과 석사과정  
 <관심분야> Media processing, Networked Media, AI

[ORCID:0000-0002-7734-6697]

**조 복 연 (Bok-yun Jo)**



2013년 2월: 경희대학교 전자전파공학과 학사 졸업  
 2015년 2월: 경희대학교 전자전파공학과 석사 졸업  
 2020년 2월: 경희대학교 전자공학과 박사 졸업  
 <관심분야> Multimedia vision, AI, MEC, Network optimization

[ORCID:0000-0003-0756-5912]

**김 지 호 (Ji-ho Kim)**



2017년 8월: 경희대학교 전자공학과 학사 졸업  
 2020년 2월: 경희대학교 전자공학과 석사 졸업  
 <관심분야> Communication, Networked Media

[ORCID:0000-0002-7069-2749]

**서 덕 영 (Doug-young Suh)**



1990년: 미국 조지아텍 전기 및 컴퓨터공학과 박사  
 1992년~현재: 경희대학교 전자정보대학 교수  
 <관심분야> Networked Media, Mobile Multimedia, MPEG/3GPP Standardization

[ORCID:0000-0003-3120-0737]