

프로그레시브 메시 기반 실시간 증강 현실 스트리밍 서비스 기술 연구

노현민, 송황준
포항공과대학교

{hmnoh, hwangjun}@postech.ac.kr

A Study on Progressive Mesh-based Real-time Augmented Reality Streaming Service System

Hyunmin Noh, Hwangjun Song
Dept. of Computer Science, POSTECH

요 약

본 논문에서는 무선 네트워크를 통한 적응적 증강 현실 스트리밍 서비스 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 시변하는 무선 네트워크를 통해 저지연 고품질의 증강 현실 스트리밍 서비스를 제공하기 위해 프로그레시브 메시 기술을 적용하였고, 렌더링 및 디스플레이에 필요한 3D 객체의 다양한 속성을 포함하는 메타 파일 구조를 설계하였다. 뿐만 아니라 모바일 AR 단말의 카메라에 의해 검출된 마커 정보를 활용하여 AR 객체의 품질을 향상시키기 위한 스케줄링 기법을 제안한다. 제안된 시스템은 Nexus, Android, ARCore를 사용하여 구축되었으며, 실제 무선 네트워크 환경에서 성능을 검증하였다.

I. 서 론

최근 들어 ARCore, ARkit 등과 같이 모바일을 통한 증강현실 (Augmented Reality: AR) 서비스를 제공하기 위한 기술이 연구되고 있다. 이러한 기술들은 대부분 고정된 품질의 3D 객체를 현실 이미지와 합성하여 AR 서비스를 제공한다. 따라서, 시변하는 무선 네트워크 환경에서 고품질의 3D 객체를 전송할 때, 예측하지 못한 처리량 (Throughput) 저하가 발생하게 되면, 높은 전송 지연이 야기되며, 사용자의 QoS/QoE가 감소하게 된다. 본 논문에서는 이러한 기존 모바일 AR 서비스의 한계를 극복하기 위해 프로그레시브 메시 (Progressive Mesh) [1] 적용하였으며, 네트워크 상태에 적응적 AR 서비스를 효율적으로 제공하기 위한 메타 파일 (Meta file) 및 스케줄링 방법을 제안한다.

II. 본론

본 연구는 무선 네트워크를 통한 AR 스트리밍 서비스 시스템을 제안한다. 제안된 시스템의 목표는 불안정한 무선 네트워크에서 낮은 지연으로 고품질 모바일 AR 스트리밍 서비스를 제공하는 것을 목적으로 한다. 제안하는 시스템은 그림 1과 같이 AR 스트리밍 서버와 모바일 AR 장치로 구성된다. AR 스트리밍 서버는 AR 객체 및 MPD-AR (Media Presentation Description-Augmented Reality) 파일을 제공한다. AR 객체는 Progressive Mesh 청크로 분할되어 저장된다. Progressive Mesh는 3D 객체를 다수의 Level of Detail (LOD) 청크로 분할하며, 각 청크의 데이터를 활용하여 점진적으로 높은 품질의 3D 객체를 제공할 수 있다. 따라서, 3D 객체의 품질을 변경하기 위해, 변경된 품질의 3D 객체 전체를 다시 요청하는 것이 아니라, 현재 가지고 있는 3D 객체의 다음 단계의 LOD 청크만을

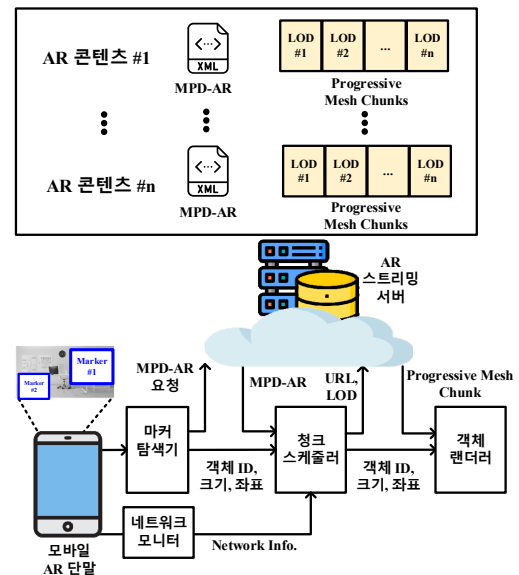


그림 1. 제안한 시스템 구조.

추가 요청하거나 현재 전송된 품질만을 활용하여 객체를 변경된 품질을 제공할 수 있다. MPD-AR은 비디오 스트리밍 표준 중 하나인 HAS (http adaptive streaming) 시스템 [2]의 MPD 구조와 유사한 구조를 가지며, AR 객체의 URL뿐만 아니라 스케일 (Scale), LOD에 따른 Mean Square Model (MSE)를 포함한다. 그림 2는 AR 객체가 모바일 AR 단말의 화면에 표시되는 이미지의 LOD와 크기에 따른 MSE 값을 측정한 결과이다. Scale은 모바일 단말에서 AR 객체가 최대크기로 재생되는 값을 1로 정의하였으며, 0과 1 사이의 실수값을 가진다. MSE는 그림과 같이 동일

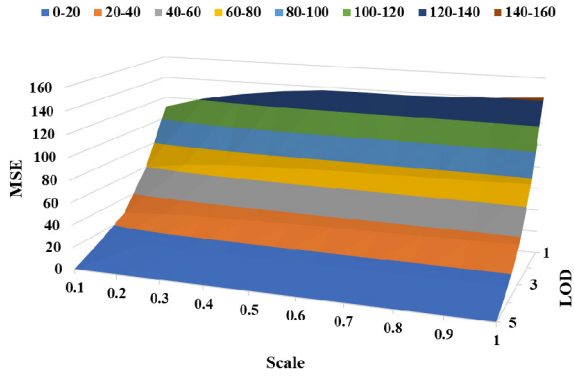


그림 2. Gargo[3]에서 LOD, Scale 에 따른 MSE 변화.

LOD 에서 Scale 이 작을수록 감소하며, Scale 이 작을수록 LOD 증가에 따른 MSE 감소량이 작아진다. 제한된 네트워크 환경에서 사용자가 다중 AR 객체를 요구할 때, 전체 MSE 합이 최소가 되는 LOD 를 상이하다.

모바일 AR 단말은 마커 검출기, 네트워크 모니터, 청크 스케줄러 및 객체 렌더러로 구성된다. 마커 검출기는 카메라 이미지에서 AR 마커를 지속적으로 검색합니다. AR 마커가 감지되면 마커 검출기는 해당 AR 콘텐츠의 ID, 좌표, Scale 및 URL 을 식별한다. 모바일 AR 단말은 식별된 객체에 대응되는 MPD-AR 파일을 AR 서버에 요청한다. 대응하는 MPD-AR 파일이 도착하면, 수신된 MPD-AR 파일은 파싱하여 AR 객체 정보를 추출한다. 청크 스케줄러는 각 청크의 MSE 정보와 객체의 Scale 에 따른 AR 객체 # i 의 가중치로 곱인 WMSE 를 최소화하는 AR 객체의 청크를 찾고, AR 서버에 요청한다.

문제정의: 요청할 AR 객체의 청크를 결정하기 위해 다음 비용 함수를 만족하는 AR 객체 # i ($1 \leq i \leq N_{AR}$) 를 결정한다.

$$\omega_i(s^{q*}) \cdot \frac{(MSE_i(s_i^{q*}, l_i^{trans}) - MSE_i(s_i^{q*}, l_i^{trans} + 1))}{c_{i,l_i^{trans}+1}^{byte}}, \quad (1)$$

$$\text{subject to } l_i^{trans} < L_i^{max}, \quad (2)$$

위 수식에서 $\vec{l}^{trans} = (l_1^{trans}, l_2^{trans}, \dots, l_{N_{AR}}^{trans})$ 는 수신 LOD 청크 벡터를 의미하며, l_i^{trans} 는 이미 수신된 AR 객체 # i 의 청크의 최대 LOD 를 의미한다. s^{q*} 는 마커 탐색기에서 제공하는 각 객체의 Scale 벡터를 의미하며, 는 Scale 에 따른 AR 객체 # i 의 가중치이다. MSE_i 는 Scale, LOD 에 따른 MSE 값이며, MPD-AR 를 통해 제공된다. $c_{i,l_i^{trans}+1}^{byte}$ 는 LOD # j 의 크기 (bytes) 이다.

III. 실험 결과

본 연구에서는 상용 안드로이드 단말에서 Nexus[4]를 활용하여 실제 시스템을 구축하였으며, 그림 10~15Mbps 로 에뮬레이션 된 실제 WiFi 환경에서 제안한 스케줄링 기법과 Full-LOD-스케줄링, Round-Robin-스케줄링 방법을 비교하였다. 그림 3 은 각 스케줄링 방법에 따른 WMSE 변화를 나타낸다. Full-LOD-스케줄링 방법은 AR 콘텐츠의 모든 LOD 청크를 한번에 AR 서버에 요청한다. 따라서, 요청된 3D 객체를 고품질로 빠르게 표시할 수 있지만, 모든 3D 객체를 모바일 AR 단말의 화면에 표시하는 위해서 오랜 시간이 요구된다. Round-Robin-스케줄링 방법은 모바일 AR

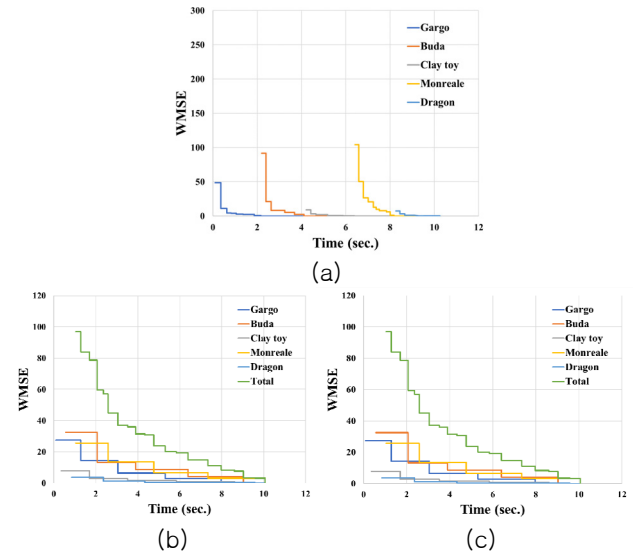


그림 3. WMSE 변화: (a) Full-LOD-스케줄링 기법, (b) Round-Robin-스케줄링 기법, (c) 제안된 스케줄링 기법.

단말이 각 3D 객체의 Progressive Mesh 청크 단위를 순차적으로 요청한다. 따라서, 모든 3D 객체가 화면에 표시될 때까지의 초기 지연 시간은 Full-Request 스케줄링 보다 빠르다. 한편, 제안된 스케줄링 기법은 WMSE 감소량을 최대화하는 다음 청크를 항상 요청함으로써, 다른 스케줄링 방법 보다 효과적으로 WMSE 값을 감소시키며, 모든 요청 객체가 재생되는 초기 지연 시간 역시 작은 것을 확인할 수 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 시간에 따라 변하는 무선 네트워크에서 고품질 AR 서비스를 제공하기 위한 시스템을 제안하였다. Progressive Mesh 를 적용함으로써 적응적 AR 스트리밍을 제공하며, 이를 지원하기 위한 MPD-AR 구조를 제안하였다. 실험을 통해 제안된 시스템이 낮은 초기 지연 시간을 가지며, AR 객체의 품질을 빠르게 향상시킬 수 있음을 검증하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2021 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2020-0-00936,5G 초저지연 서비스를 위한 무선 단말용 블록체인 기술 개발)

참 고 문 헌

- [1] H. Hoppe, "Progressive meshes," in Proc. SIGGRAPH, 1996, pp.99- 108.
- [2] O. Oyman and S. Singh, "Quality of experience for HTTP adaptive streaming services," IEEE Communications magazine, vol. 50, no. 4, Apr. 2012.
- [3] Nexus 3D Object. [Online]. Available: <http://vcg.isti.cnr.it/nexus>.
- [4] F. Ponchio and M. Dellepiane, "Multiresolution and fast decompression for optimal web-based rendering," Graphical Models, vol. 88, pp. 1-11, Nov 2016.