

모델 분할 및 중복성 제거 기법을 이용한 3차원 메쉬 압축 기술

*김성제 **정진우 ***윤주홍

한국전자기술연구원

*sungjei.kim@keti.re.kr

3D mesh compression using model segmentation and de-duplications

*Kim, Sungjei **Jeong, Jinwoo ***Yoon, Ju Hong

Korea Electronics Technology Institute

요약

본 논문은 모델 분할 기법과 중복성 제거 기법을 통한 대용량 3차원 메쉬 모델의 고속 압축 기술에 관한 내용이다. 대용량 3차원 메쉬 모델의 비실시간 압축은 실시간 스트리밍 응용 시나리오에서 제약점으로 작용하고 있고, 본 논문에서는 인코딩 시간을 줄이기 위해 경량 메쉬 분할 방법을 통해 대용량 메쉬를 여러 개의 작은 메쉬로 분할하고, 각각의 분할된 메쉬를 병렬적으로 인코딩하여 처리 속도를 개선하였다. 또한, 메쉬 모델 내의 같은 기하학적 정보를 가진 중복된 정점들이 존재할 수 있으며, 중복된 정보를 제거하고 제거된 정점과 삼각형 표면 간의 연결 정보를 갱신하는 과정을 통해 메쉬 모델의 기하학적 정보를 유지하면서 압축 성능을 확보하였다.

1. 서론

최근 컴퓨터 그래픽 및 애니메이션, 게임 등 다양한 멀티미디어 분야에서 몰입감과 현장감을 충분히 제공하는 3차원 메쉬 모델이 사용되고 있지만, 3차원 메쉬 모델이 점차 대용량으로 커지면서 저장 및 전송을 위한 다양한 압축 기술들이 제안되어 왔다. [1] 특히, 대용량 3차원 메쉬 모델은 인코딩 시간이 오래 걸려, 처리 속도를 개선하기 위한 기술이 요구되고 있다. 본 논문에서는 기존 Draco3D 압축 기법 [2]에 모델 분할 기법과 중복성 제거 기술을 도입하여 인코더의 병렬 처리 효율을 높이고, 압축률을 개선하였다. 실험 결과를 통해 제안하는 알고리즘이 정점 67만개와 삼각형 23만개를 갖는 고화질 인체 모델에 대해서 실시간 처리 속도인 31.3fps를 달성하면서도, 압축률은 원본 대비 약 24배 달성하였다.

2. Draco3D 압축 기법

Draco3D는 3차원 메쉬 또는 포인트 클라우드 모델을 압축 및 복원할 수 있는 코덱 라이브러리로 높은 압축 성능과 낮은 처리 속도를 동시에 고려해서 설계하였다. 기하학적 정보와 컬러 속성 정보만을 담고 있는 포인트 클라우드와는 달리 메쉬 데이터는 기하학적 정보 (정점: Vertex) 및 컬러 속성 정보, 정점의 연결 정보 (삼각형)를 가지고 있으며, 입력 모델 유형에 따라서 다른 압축 알고리즘으로 인코딩을 수행한다. 3차원 메쉬 모델의 압축에 있어서 핵심이 되는 알고리즘은 1999년에 조지아 공대의 Jarek Rossignac 교수가 제안한 Edge breaker [3]로 정점의 연결 정보인 삼각형의 모서리 (Edge)를 탐색하면서 연결된 정점과 표면을 압축하는 알고리즘으로 연결 정보를 압축하는데 효율적으로 알려졌지만, 삼각형의 모서리를 순차적으로 탐색하기 때문에 병렬처

리가 어렵다는 문제점을 가지고 있다.

3. 모델 분할 및 중복성 제거 기반 압축 기법

Edge breaker 알고리즘은 연결 정보 (삼각형)를 따라 순차적으로 인코딩을 수행하기 때문에 3차원 메쉬 모델의 용량이 커질수록, 처리 속도가 현저하게 느려지는 한계가 있다. 이런 대용량 메쉬 데이터를 효율적으로 압축하기 위해서 대용량 메쉬 데이터를 적절하게 분할하고, 분할된 영역 내에 중복 요소를 최대한 제거하여, 인코더가 병렬로 수행할 수 있도록 그림 1과 같이 제안한다.

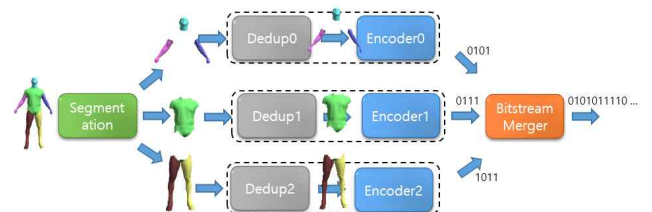


그림 1 모델 분할 및 중복성 제거 기반 3차원 메쉬 압축, segmentation: 모델 분할, Dedup: 중복성 제거 (Deduplication), Encoder: 인코더, Bitstream Merger: 비트 스트림 통합기

우선, 입력 메쉬 모델은 모델 분할 기법에 의해서 여러 개의 작은 영역으로 분할된다. 그리고 분할된 영역은 여러 개의 인코더 인스턴스에 의해서 병렬적으로 중복성 제거 과정 후, 인코더 인스턴스에서 인코딩이 수행된다. 인코딩이 끝난 이후 출력 비트스트림은 비트스트림 통합기

(Bitstream merger)에 의해서 하나의 비트스트림으로 합쳐진다.

메쉬 분할 기법은 분할된 영역이 연관 관계를 갖도록 구성하는 의미론적 분할, 경계의 급격한 변화 등을 기반으로 하는 분할 등 여러 기법이 제안됐다. [4] 포인트 클라우드 모델과는 달리 메쉬 모델의 분할에서 가장 중요한 핵심은 메쉬 경계에서 분할된 연결 정보들이 손실되지 않아야 해서 분할되는 영역에서는 경계에 해당하는 정점을 중복해서 확보해야 한다. 분할 기반 메쉬 인코딩 기법은 인코딩 속도는 확보할 수 있지만, 분할 영역의 개수가 많아질수록 압축 효율이 떨어지는 한계점도 가지고 있다. 본 인코더에 사용되는 메쉬 분할 방법은 다양하게 사용할 수 있으나, 처리 속도가 많이 증가하지 않도록 간단한 메쉬 분할 알고리즘을 다음과 같이 제안하였다.

- 입력 메쉬의 삼각형 (faces) 개수를 총 인코더 인스턴스 개수로 나눠, 분할 영역 당 가능한 균등한 삼각형 개수를 갖도록 분할한다.
- 균등 분할 이후, 분할 영역 내에 모든 삼각형을 구성하는데 누락되는 꼭지점이 없도록 연결 정보를 재구성한다.

메쉬 모델 생성 과정에서 동일한 기하학적 정보를 가진 중복된 정점들이 존재할 수 있으며, 이 정점들로 인해 압축 측면에서는 압축해야 할 양이 증가하고, 압축 시간 측면에서는 처리 시간이 증가하는 문제를 초래한다. 3차원 메쉬 모델 내에서 이런 중복된 정점을 제거하고, 제거된 정점과 표면 간의 연결 정보를 갱신하는 과정을 중복성 제거 (de-duplication)라고 한다. 기존에 중복성 제거 기법은 압축 전에 전처리 과정으로 많이 사용되었는데, 대용량 모델의 경우 전처리 과정에서 많은 연산량을 소비해야 하는 제약점이 있었다. 본 논문에서는 처리 속도에서 손해보지 않으면서 이러한 제약점을 완화하기 위해서 그림 1과 같이 메쉬 분할 이후에 영역 별 중복성 제거 (dedup)를 수행해서 병렬적으로 수행할 수 있게 재배치하였다. 이 과정에서 모델 내의 중복성을 제거하게 되고, 이로 인해 압축률을 확보할 수 있었다.

4. 실험 결과

제안 알고리즘의 성능 평가를 위해 다음과 같은 실험 조건에서 실험을 수행하였다.

- Baseline : Google Draco3d v1.3.1 (compression level: 7)
- Datasets : 초고화질 인체 모델 (Vertex: 2.9M, Face: 975K), 고화질 인체 모델 (Vertex: 670K, Face: 225K), 저화질 인체 모델 (Vertex: 150K, Face: 50K)
- HW 구성 : Intel i9-9980XE @ 3.0GHz, DDR4 64GB RAM, Nvidia RTX Titan, Windows 10 Pro

표 1에서는 제안 기법에 따른 인코딩 속도 및 압축률 변화를 측정하였다. 모델 분할 기법 (이 실험에서는 하나의 모델을 8개로 분할)만 적용하였을 때는 초고화질 인체 모델의 경우 5.50fps와 원본 대비 5.14배의 압축률을 달성하였다. 중복성 제거 기법을 인코딩 전 단계에서 전처리 기법 형태로 적용하면, 속도는 2.97fps로 떨어지지만 압축률을 약 5배 정도 향상된다. 초고화질 인체 모델의 경우는 정점에 중복된 성분이 많아 중복성 제거 기법을 적용할 때 압축 성능이 크게 향상 된다. 모델 분할 기법과 중복성 제거 기법을 그림 1과 같이 제안하는 형태로 구현하면 압축 속도는 약 6fps로 모델 분할 기법만 적용했을 때 비해서 1fps 정도 향상되었고, 압축률은 중복성 제거 기법을 전처리 기법으로 적용했을 때

압축률을 확보할 수 있게 되었다. 고화질/저화질 인체 모델에 대해서 비슷한 경향을 보이는 것을 실험을 통해 확인할 수 있다.

실험 결과를 통해 제안하는 알고리즘이 Vertex 67만개와 Face 23만개를 갖는 고화질 인체 모델에 대해서 실시간 처리 속도인 31.3fps를 달성하면서도, 압축률은 원본 대비 약 24배 달성하였다.

<표 1> 제안 기법에 따른 인코딩 속도 및 압축률 변화

	모델 분할 기법 적용		중복성 제거 기법 적용		모델 분할 및 중복성 제거 기법 적용	
	속도 (fps)	압축률(배)	속도 (fps)	압축률(배)	속도 (fps)	압축률(배)
초고화질 인체 모델	5.50	5.14	2.97	27.61	6.08	27.61
고화질 인체 모델	28.86	4.71	15.34	24.28	31.30	24.28
저화질 인체 모델	31.39	5.18	24.49	14.13	32.95	18.03

5. 결론

본 논문에서는 Draco3D의 인코딩 성능을 향상하고, 압축 성능을 개선하기 위해 메쉬 모델의 분할 기술과 정점 간 중복성 제거를 통해 인코더에 부담을 줄이고, 병렬적으로 인코딩을 수행할 수 있도록 하는 압축 방식을 제안하였다. 제안 방법은 67만개의 vertex를 갖고 23만개의 face를 갖는 고화질 인체 모델에 대해서 실시간 압축 속도 (31.30fps)를 달성하면서도 압축률은 원본 대비 약 24배 달성하였다.

Acknowledgements

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 '범부처 Giga KOREA 사업'의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.GK20P0200, (4D실감-총괄/1세부) 4D 복원 및 동적 변형 거동 모델 기반의 초실감 서비스 기술 개발)

References

- [1] A. Maglo, G. Lavoue, F. Dupont, and C. Hudelot, "3D mesh compression: Survey, comparisons, and emerging trends," ACM Comput. Surv., vol. 47, no. 3, pp. 44:144:41, Feb. 2015.
- [2] Draco 3D Graphics Data Compression, [Online]. Available: <https://google.github.io/draco/>
- [3] J. Rossignac. "Edgebreaker : Connectivity compression for triangle meshes," IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 5, no. 1, pp. 4761, 1999.
- [4] D. LaSalle and G. Karypis, "A Parallel Hill-Climbing Refinement Algorithm for Graph Partitioning," 45th International Conference on Parallel Processing (ICPP), 2016.
- [5] E. Rodola, S. Rota Bulo and D. Cremers, "Robust Region Detection via Consensus Segmentation of Deformable Shapes," In Computer Graphics Forum, Wiley, vol. 33, no. 5, 2014.