

Octree 기반 Point Cloud 분할에 따른 압축률 분석

이상민, 남귀중, 이민석 *김규현

경희대학교

posing1606@khu.ac.kr, nkj0427@khu.ac.kr, qsbmini@khu.ac.kr *kyuheonkim@khu.ac.kr

Analysis on different
compression rates of Octree-based Point Cloud Decomposition

Lee Sang Min, Nam Kwi Jung, Lee Min Seok, *Kim Kyu Heon

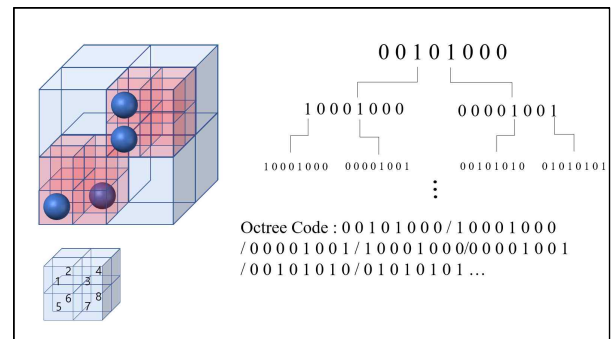
요 약

최근 컴퓨터 그래픽의 기술, 하드웨어의 발전으로 가상 및 3차원 그래픽으로 표현하는 기술의 연구가 활발히 진행되고 있다. 3차원 데이터인 포인트 클라우드는 콘텐츠의 표면을 다수의 포인트로 표현한 3D 콘텐츠로, 포인트 클라우드의 각 포인트는 x, y, z의 좌표 값을 지니는 기하 정보와 스칼라 또는 벡터 형태의 RGB 색상 정보, 반사를 정보를 속성 정보로 다수의 점으로 구성된다. 이러한 포인트 클라우드 데이터는 3차원 객체를 표현하는 기술로 2차원 미디어 데이터에 비해 많은 데이터의 크기를 가진다. Octree는 노드별로 8-bit의 형태의 Occupancy로 표현된다. 이러한 Octree 구조를 통해 각 노드는 기하 정보 및 속성 정보를 상대적으로 적은 양의 데이터로 표현할 수 있고 LOD(Level Of Detail)를 사용하여 정밀도를 설정하여 노드의 최소 크기를 제한 할 수 있어 메모리 효율성이 뛰어난 특징으로 포인트 클라우드를 표현하기에 적합하다. 본 논문에서는 이러한 Octree의 분포에 따라 포인트 클라우드의 압축률에 미치는 영향을 확인하기 위해 Octree의 특성 및 데이터 분할 방법에 따른 압축률을 분석하고자 한다.

I. 서 론

3차원 데이터인 포인트 클라우드는 콘텐츠의 표면을 다수의 포인트로 표현한 3D 콘텐츠로, 포인트 클라우드의 각 포인트는 x, y, z의 좌표 값을 지니는 기하 정보와 스칼라 또는 벡터 형태의 RGB 색상 정보, 반사를 정보를 속성 정보로 다수의 점으로 구성된다. 포인트 클라우드는 LiDAR(Light Detection And Ranging) 센서와 고정 RGBD 카메라 세트 로 획득할 수 있다. 획득된 포인트 클라우드의 활용처로 각종 컴퓨터 그래픽 기술에서 사용 도가 높아짐에 따라 공간 데이터 표현의 중요성이 확대 되었다. 이에 포인트 클라우드의 획득 방법 및 압축 기술이 각 분야에서 활발히 연구되고 있다.

Octree는 <그림 1>에서 보는 바와 같이 3차원 포인트 클라우드 데이터를 위치에 따라서 나눈 계층 구조의 표현 방법으로 점의 위치를 탐색하는데 활용된다.[1] Octree의 계층 구조를 이루는 방식은 3차원 공간을 가로, 세로, 높이 방향으로 각각 양분하여 8개의 동일한 크기의 공간을 구하고 작아진 노드에서 동일하게 8개의 크기로 양분을 반복하여 구조를 이룬다. 양분된 각 서브 노드에 포인트의 존재 여부가 8-bit의 Occupancy로 표현된다. 포인트가 한 개 이상 존재하는 서브 노드의 Occupancy는 1, 포인트가 존재하지 않는 서브 노드의 Occupancy는 0의 값을 갖는다. BFS 탐색 순서로 서브 노드의 크기가 $1 \times 1 \times 1$ 에 도달할 때까지 Octree 분할을 수행한다. 이러한 방식으로 만들어진 Octree를 통해 각 노드는 기하 정보 및 속성 정보를 상대적으로 적은 양의 데이터로 표현할 수 있고 LOD(Level Of Detail)[2]를 사용하여 정밀도를 설정하여 노드의 최소 크기를 제한 할 수 있어 메모리 효율성이 뛰어난 특징으로 3차원 데이터를 표현하기에 적합하여 G-PCC[3] 및 포인트 클라우드 압축 등에서 활용되고 있다. 본 논문에서는 이러한 Octree의 분포에 따라 포인트 클라우드의 압축률에 미치는 영향을 확인하기 위해 Octree의 특성 및 데이터 분할 방법에 따른 압축률을 분석하고자 한다.

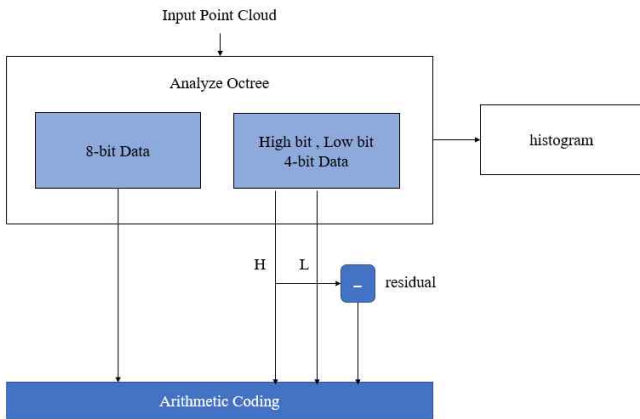


〈그림 1〉 Octree 구조

II. 본론

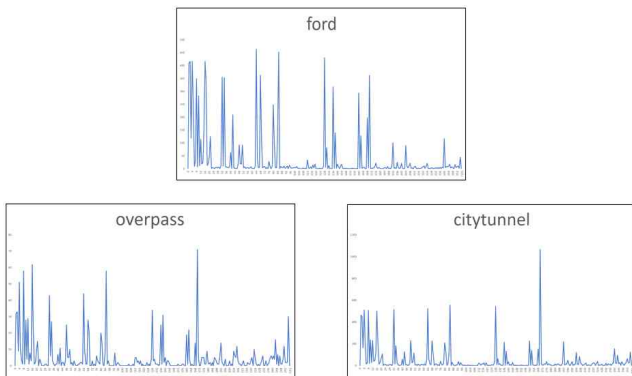
LiDAR 센서는 주로 Scene 데이터의 획득에 사용된다. LiDAR 센서로 획득된 포인트 클라우드 데이터는 지표면의 가장 많은 부분을 차지하고 그 외에 객체는 수직 형태의 모양으로 획득한다. 이러한 LiDAR로 취득된 포인트 클라우드의 특성으로 Octree의 모양이 특정 모양으로 분포될 것으로 추정된다. 이에 본 논문에서는 LiDAR 기반 포인트 클라우드의 특성에 따른 Octree의 분포가 압축률에 미치는 영향을 확인하기 위해 Octree 데이터의 분포에 따른 압축률 비교 실험을 진행하고자 한다. 실험에서는 포인트 클라우드의 분포도에 따라 진행하기 위해 포인트 클라우드를 Quantize한 Octree를 6단계로 설정하여 진행하였다. 조건으로는 기존의 Octree 형태인 8-bit와 Octree 형태를 4-bit 형식으로 high bit와 low bit로 분할한 형태, high bit와 low bit의 간차를 이용한 방식을 설정하였다. 본 논문에서는 히스토그램을 사용하여 데이터의 분포도와 히스토그램의 분포가 몰려 있을수록 Entropy Coding 효율을 높이는 특성을 고려하여 압축률에 미치는 영향을 분석하였다.

<그림 2>는 본 논문에서 수행한 Octree 분석 실험의 구조도이다. 실험은 <그림 2>에서 보는 바와 같이 Analyze Octree, Histogram, Arithmetic Coding 단계로 구성된다. Analyze Octree 단계에서는 입력받은 포인트 클라우드를 통해 8-bit Octree Data와 High bit, Low bit 4-bit Data를 생성한다. Histogram 단계에서는 상기 단계에서 생성된 데이터를 히스토그램을 통해 분석한다. Arithmetic Coding 단계에서는 상기 단계에서 생성된 데이터를 Arithmetic Coding을 통해 압축률을 분석한다.



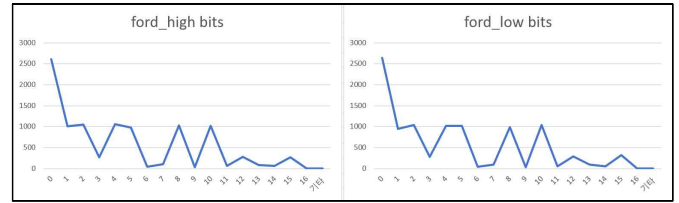
〈그림 2〉 Octree 분석 구조도

본 논문에서는 MPEG의 CTC(Common Test Condition)[4]인 Ford 01 q1mm, overpass, citytunnel을 사용하여 실험을 진행하였다. <그림 3>은 실험 데이터의 Octree 값을 히스토그램으로 분석한 결과를 나타낸다. 히스토그램을 확인했을 때 특정 값에서 높은 분포가 모여 있는 것으로 보아 Entropy Coding 효율이 높을 것으로 추정된다. 또한 콘텐츠에 상관없이 특정 값에서 피크가 발생하고 피크가 발생한 값을 3차원으로 분석 시 수직 수평의 모양을 이루고 있다. 하지만 이러한 값들의 분포는 콘텐츠마다 상이한 것을 나타낸다.

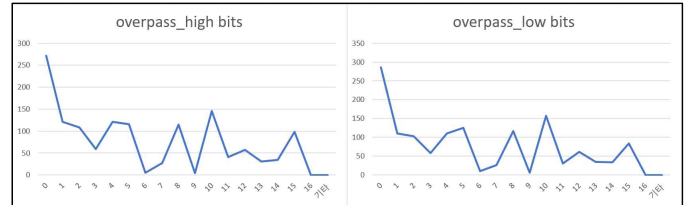


〈그림 3〉 8-bit 히스토그램

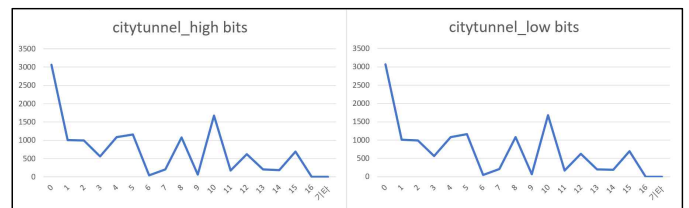
<그림 4>는 Ford 01 q1mm의 4-bit(high bit, low bit) 히스토그램 분석 결과를 나타낸다. <그림 5>와 <그림 6>은 각각 overpass의 4-bit(high bit, low bit) 히스토그램 분석 결과를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 4-bit(high bit, low bit) 히스토그램은 데이터와 상관없이 high bit와 low bit는 유사성을 나타내었다. 또한 이러한 4-bit(high bit, low bit)의 유사성을 같은 특성이 CTC(Common Test Condition)의 다른 데이터에서도 동일하게 확인되었다.



〈그림 4〉 Ford 01 q1mm data 4-bit 히스토그램 분석

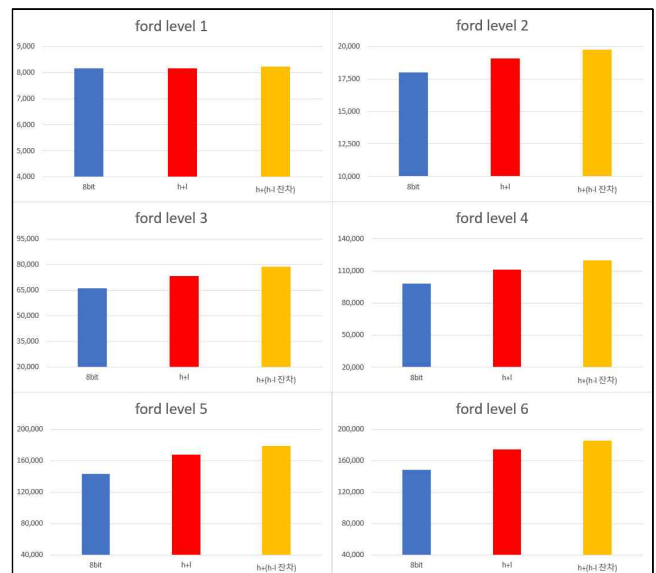


〈그림 5〉 overpass data 4-bit 히스토그램 분석



〈그림 6〉 citytunnel data 4-bit 히스토그램 분석

<그림 7>은 Ford 01 q1mm 데이터의 Arithmetic 압축 분석 결과이다. 실험은 Arithmetic 압축을 Octree의 Level 별로 수행하였으며, 8-bit, 4-bit(high bit, low bit), 4-bit(high bit, high bit와 low bit의 잔차)의 압축 데이터 크기를 비교하였다. 모든 Level에서 8-bit의 압축 결과가 가장 높은 것을 확인할 수 있었다. 8-bit의 결과가 가장 좋은 이유는 4-bit로 분할 시 각각 분할된 옥트리 정보에 대한 압축 효율은 향상되었으나, 분할로 인해 압축되는 심볼의 수가 2배로 증가하였기 때문에 8-bit 압축에 비해 낮은 압축 효율을 나타내는 것으로 보인다. 또한 Level이 높아질수록 포인트의 수가 증가함에 따라 Octree도 같이 증가하게 된다. 따라서 Level이 변화해도 심볼 수 및 데이터의 증가로 모든 결과에서 8-bit 결과가 압축 효율이 뛰어난 것으로 나타난다.



〈그림 7〉 level별 Arithmetic Coding 결과물

IV. 결론

본 논문에서는 LiDAR 기반 포인트 클라우드의 Octree 특성을 이용하여 8-bit 방식과 4-bit(high bit, low bit) 방식의 Arithmetic 압축 결과를 비교 분석하였다. 4-bit(high bit, low bit) 형식의 데이터 압축 결과는 8-bit의 압축 결과보다 모든 Level에서 낮은 압축 결과를 보였다. 4-bit(high bit, low bit) 방식을 히스토그램의 유사성을 활용하면 좋은 압축률을 보일 것으로 추정했지만, 4-bit(high bit, low bit) 방식보다 8-bit의 결과가 좋은 것으로 확인되었다. 이는 4-bit(high bit, low bit) 방식에서는 기존의 모양으로 복원하기 위한 정보들과 잔차로 인해 늘어나는 심볼 수와 같은 이유로 8-bit의 Arithmetic Coding보다 떨어지는 것으로 추정된다. 최적의 압축을 위해서는 데이터 간의 유사도 외에도 데이터의 특성을 고려해야 하는 것을 확인할 수 있었다. 이점을 고려하여 Octree를 이용한 최적의 압축 구조를 연구한다면 더 높은 효율의 압축률을 내는 방안을 찾을 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by Institute of Information & communications Technology Planning & Evaluation(IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (No.2020-0-00452, Development of Adaptive Viewer-centric Point cloud AR/VR(AVPA) Streaming Platform)

V. 참고문헌

- [1] Ruwen Schnabel and Reinhard Klein, "Octree-based point-cloud compression," in Eurographics, 2006.
- [2] Tan Kim Heok and D. Daman, "A review on level of detail," Proceedings. International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization, 2004. CGIV 2004., 2004, pp. 70-75, doi: 10.1109/CGIV.2004.1323963.
- [3] "Geometry-based Point Cloud Compression," ISO/IEC 23090-9, May. 2020
- [4] "Common Test Conditions for G-PCC," ISO/IEC JTC1/SC29/WG07 N00032, Virtual, October. 2020.