

계층적 깊이영상 정보의 압축 부호화를 위한 전처리 방법

윤승욱, 김성열, 호요성
광주과학기술원 정보통신공학과
전화 : 062-970-2263

Preprocessing of Depth and Color Information for Layered Depth Image Coding

Seung-Uk Yoon, Sung-Yeol Kim, and Yo-Sung Ho
Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)
E-mail : {suyoon, sykim75, hoyo}@gist.ac.kr

Abstract

The layered depth image (LDI) is a popular approach to represent three-dimensional objects with complex geometry for image-based rendering (IBR). LDI contains several attribute values together with multiple layers at each pixel location. In this paper, we propose an efficient preprocessing algorithm to compress depth and color information of LDI. Considering each depth value as a point in the two-dimensional space, we compute the minimum distance between a straight line passing through the previous two values and the current depth value. Finally, the minimum distance replaces the current attribute value. The proposed algorithm reduces the variance of the depth information; therefore, it improves the transform and coding efficiency.

I. 서론

지난 수년간 3차원 모델기반 렌더링 (model-based rendering) 기법에 관한 많은 연구가 진행되었으며, 그 결과 보다 현실감있는 영상을 얻는데 유용한 모델링과 렌더링 도구들이 개발되었다. 그러나 모델기반 렌더링 기법은 복잡한 모델의 경우 모델링이 어렵고, 처리 시간이 많이 걸린다는 단점을 가지고 있다. 이러한 문제

점을 해결하기 위해 컴퓨터 그래픽스 분야에 새롭게 등장한 것이 바로 영상기반 렌더링 (image-based rendering) 기법이다 [1].

영상기반 렌더링은 여러 시점의 2차원 영상을 이용하여 3차원 공간의 임의 시점에서 본 영상을 생성하는 방법이다. 이러한 접근 방식은 2차원 영상을 입력으로 사용하므로 생성하려는 영상의 복잡도와 무관하다. 또한, 원하는 장면을 생성하기 위해 복잡한 3차원 모델을 만드는 것보다 영상이나 사진을 얻는 것이 훨씬 쉽다. 하지만 영상기반 렌더링 데이터 역시 용량이 매우 크므로, 이에 대한 압축이 필수적이다.

최근에는 이러한 영상기반 렌더링 기법 중에서 계층적 깊이영상(layered depth image, LDI)에 관한 연구가 주목을 받고 있다 [2]. LDI는 여러 시점에서 생성된 깊이 영상을 합성하여 하나의 데이터 구조로 만든 것으로, 임의 시점의 영상을 간단한 변형 (warping) 함수를 사용하여 쉽게 생성할 수 있다. 반면, 한 LDI가 여러 계층의 깊이정보 데이터를 포함하므로 용량이 매우 큰 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 LDI 데이터의 깊이 및 색상 정보를 압축하기 위한 전처리 기법을 제안한다.

II. LDI 정보의 생성 및 데이터 구조

LDI 는 복잡한 기하 정보를 갖는 3 차원 물체나 장면을 영상기반 렌더링 기법을 이용하여 표현하는 기법 중의 하나이다. 다각형 메쉬를 사용해서 모델을 표현하는 방식과 달리, LDI 는 여러 시점에서 얻은 다수의 깊이 영상을 합성하여 하나의 데이터 구조를 생성한다. 따라서 각 LDI 화소는 색상 정보 외에 화소와 카메라 사이의 거리를 나타내는 깊이 정보와 LDI 의 렌더링을 지원하는 몇 가지 다른 특성 정보를 담고 있다. 또한, LDI 는 각 화소의 위치마다 다수의 계층을 가지므로, 새로운 카메라 위치에서 3 차원 물체를 효과적으로 렌더링할 수 있다. 그림 1 은 이런 특징을 갖는 LDI 의 생성 방식을 나타내고 있다 [3].

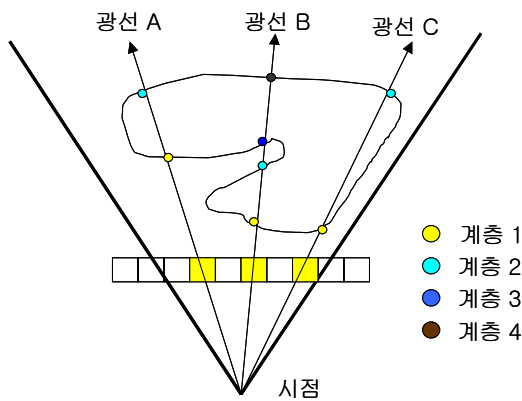


그림 1. 광선 투과를 이용한 LDI 생성

LDI 를 생성하기 위해 그림 1 에서 보는 바와 같이, 기준 시점에서 물체를 향해 광선을 투과시킨다. 이때, 광선 A 는 물체와 두 곳에서 만나게 되며, 광선 B 는 네 곳에서 만난다. 따라서 광선 A 가 통과하는 LDI 화소에는 두 개의 계층이 생성되며, 광선 B 가 통과하는 화소에는 네 개의 계층이 형성된다. 이처럼 모든 화소 위치에 같은 수의 계층이 형성되는 것이 아니라, 광선과 물체의 교차점의 개수에 따라 생성되는 계층의 수가 달라진다. 다른 생성 방식으로는 여러 시점에서 깊이 영상을 획득하여 이를 변형하거나, 복셀 렌더링 기법을 응용하여 LDI 를 생성할 수 있다. 그림 2 는 LDI 의 데이터 구조를 보여준다 [2].

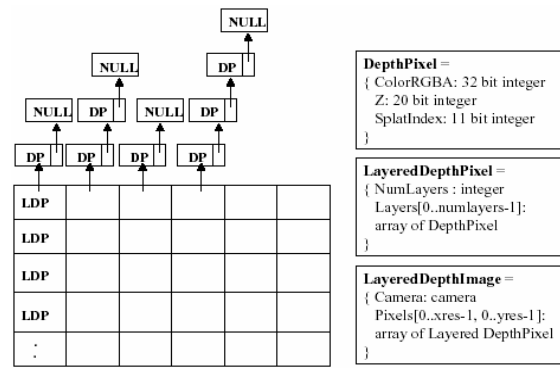


그림 2. LDI 데이터 구조

III. 기존의 LDI 압축 방법

고해상도의 LDI 는 방대한 양의 데이터를 포함한다. 휘도와 색상 정보만으로 이루어진 일반적인 영상과 달리, 각 LDI 화소는 63 비트의 정보를 포함하고 있다. 우선 R, G, B, 알파 채널에 각각 8 비트씩이 할당되며, 20 비트는 깊이 값에 할당된다. 또한, 11 비트는 렌더링을 위한 부가 정보인 스플랫 테이블(splat table)에 할당된다. 예를 들어, Cathedral LDI 는 총 14MByte 의 데이터를 포함하고 있으며, 해상도는 1024 x 1024 이고 1,588,812 개의 깊이 값을 가지고 있다.

그림 3 은 다양한 LDI 를 나타낸다. 사실적인 장면을 묘사하려면 더 높은 샘플링 레이트가 요구되므로, 추가적인 데이터가 필요하다. 표 1 은 다양한 LDI 의 해상도와 그에 따른 총 데이터량을 보여준다 [3].

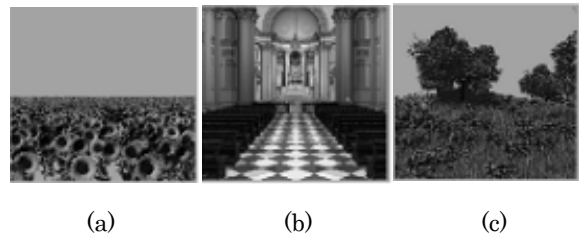


그림 3. LDI: (a) Sunflower, (b) Cathedral, (c) Stream

표 1. 해상도에 따른 LDI 의 용량

LDI	해상도	계층수	화소수	용량(MB)
Sunflowers	1024x1024	6	463,821	5.55
Cathedral	1024x1024	12	1,125,690	10.86
Stream	1024x1024	24	1,588,812	14.10

LDI는 다중 계층구조를 가지며, 후미의 계층으로 갈수록 낮은 화소 밀도를 가진다. 또한, 각 화소는 색상 정보, 깊이 정보, 스플랫 테이블 인덱스 등 다수의 속성값을 가지고 있다.

기존의 압축 방식은 이런 LDI의 특성을 이용하기 위해 LDI를 8개의 구성요소로 분리하고, 각 구성요소를 독립적으로 압축하였다. 분리된 구성요소는 R, G, B, 알파, 깊이, 스플랫 테이블 인덱스이며, 스플랫 테이블 인덱스는 다시 세가지 성분으로 분리된다. LDI 구성요소 영상은 후미 계층으로 갈수록 낮은 화소 밀도를 가지며, 사각형 형태를 갖지 않는다. 따라서 기존의 MPEG이나 JPEG과 같은 압축기법을 그대로 적용하기가 어렵다. 그러므로 각 계층별로 데이터를 한 곳으로 모으기 위한 전처리 단계가 필요하다.

데이터 모으기 연산을 통해 수평 방향으로 데이터를 모으고, 모인 데이터를 압축하기 위해서 VOW (Video Object Wavelet) 코덱을 사용한다. 구성요소 영상을 정확한 웨이블릿 계수로 변환하기 위해 VOW의 SAWT(Shape Adaptive Wavelet Transform)가 사용된다. 웨이블릿 계수는 양자화되고 비트평면 부호기와 함께 엔트로피 부호화된다 [3].

IV. 제안된 전처리 알고리즘

LDI는 각 화소마다 색상, 깊이, 스플랫 인덱스 정보를 포함하고 있으며, 어떤 위치에는 화소가 존재하지만 다른 위치에는 존재하지 않을 수 있다. 특히, 계층이 늘어날수록 화소의 분포가 희박해지는 특성이 있다. 기존 알고리즘은 이러한 LDI의 특성을 이용하기 위해 전처리 과정에서 데이터 모으기 기법을 사용하여 웨이블릿 변환의 효율을 향상시켰지만, 구성요소별로 인접한 화소간의 유사성은 전혀 고려하지 않은 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 이런 문제점을 해결하기 위해 새로운 전처리 방법을 제안한다.

화소에 대한 x, y 좌표 값과 깊이를 나타내는 z 값을 살펴보면, y 축을 고정하였을 때 (x, z) 값이 변하는 것을 확인할 수 있다. 따라서 1차원인 속성 정

보를 2차원 공간상의 한 점으로 해석할 수 있게 된다. 본 논문에서는 깊이 및 색상 구성요소에 대해 인접한 값 사이의 유사도를 판별하는 기준으로 유클리드 거리를 사용한다. 즉, 이전의 두 깊이 및 색상 값을 연결하는 직선과 현재의 값 사이의 최단 거리를 계산하여, 현재 화소의 속성 값을 계산된 최단 거리로 대체한다. 이를 그림 4에 나타내었다.

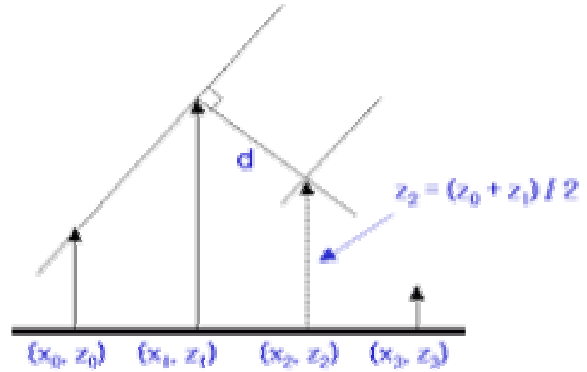


그림 4. 최단 거리 계산

이전 두 점을 A, B라 하고, 현재 점을 C라 할 때, A와 B를 잇는 직선과 C사이의 최단거리 d는 다음과 같이 계산된다.

$$d = \frac{|(A-B)^\perp \cdot (C-A)|}{|A-B|} \quad (1)$$

이때, A^\perp 는 A에 수직인 벡터를 나타낸다. 제안된 알고리즘은 현재 값을 예측하여 최단거리로 대체하므로, 개념상 차분 부호화 방식과 유사하다. 하지만 차분 부호화의 경우 현재 값을 이전 값과 동일하다고 가정하는데 반해, 제안한 방식은 유사도가 증가하거나 감소하는 방향에 현재 값이 위치한다고 생각하는 차이가 있다. LDI는 인접한 화소가 항상 존재하는 것은 아니므로 제안한 방식이 더 적합하다.

그 후에 데이터 모으기와 웨이블릿 변환을 수행한다. 이때, 각 계층별로 깊이 및 색상 값이 존재하지 않는 경우도 존재하므로, 이를 해결하기 위해 비어있는 화소에 대해서는 이전 두 점의 평균값을 삽입하고, 최종적으로 데이터 모으기 연산을 수행하기 전에 임시로 삽입된 평균값을 제거한다.

V. 실험 결과

본 논문에서는 LDI의 깊이 및 색상 정보를 압축하기 위해, 화소의 깊이 및 색상 값을 제안된 알고리즘을 통해 계산한 최단 거리로 대체하였다. 실험 데이터는 그림 5에 나타낸 두 장의 LDI를 사용하였다. Ball 영상은 246 x 246, Flower 영상은 690 x 476의 해상도를 가지며 모두 세 계층으로 구성되어 있다.



(a) (b)
그림 5. LDI 실험 데이터: (a) Ball, (b) Flower

표 2는 원본 LDI와 전처리 후 LDI에 대해 깊이 값의 표준편차를 비교한 결과이다. 여기서 원본은 전처리를 수행하기 전 영상을 말한다. 전처리 후 최단 거리로 대체된 값들의 표준편차가 원본 LDI에서의 표준편차보다 적어도 40% 이상 감소하였다.

표 2. 깊이 값의 표준편차 비교

	Ball		Flower	
	원본	전처리 후	원본	전처리 후
계층 1	51.98	27.06	1815.07	364.46
계층 2	118.14	49.81	3080.90	609.16
계층 3	160.31	74.16	3749.96	769.95

표 3은 웨이블릿 변환과 가변길이 부호화를 거친 후 깊이 정보의 데이터량을 보여준다. 제안한 알고리즘을 적용한 경우에 데이터간 차이가 감소하여 변환 효율이 증가하므로, 총 데이터량이 감소했음을 확인할 수 있다.

표 3. 깊이 정보의 데이터량 비교 [단위: KBytes]

Ball		Flower	
원본	전처리 후	원본	전처리 후
78.62	67.54	415.66	363.78

VI. 결론

본 논문에서는 LDI의 깊이 및 색상 정보를 압축하기 위한 전처리 알고리즘을 제안하였다. LDI에서는 계층이 늘어날수록 후미 계층에서 화소의 밀도가 낮아지는 특성이 있으므로, 데이터 모으기를 사용하여 변환 효율을 높일 수 있었다. 여기에 추가적으로 구성요소 영상별로 인접한 화소간의 유사성을 고려하면 변환 효율이 더욱 향상된다. 유사성을 판단하는 기준으로 유클리드 거리를 이용하였으며, 1차원 깊이 정보를 2차원 공간상의 점으로 해석하여 최단 거리를 계산하였다. 현재 화소 위치의 속성 값을 이 값으로 대체시켜 계층별로 속성 값 사이의 표준편차를 줄일 수 있었고, 결과적으로 변환 효율을 증가시켜 LDI 데이터의 대부분을 차지하는 깊이 및 색상 정보를 효과적으로 압축하였다.

감사의 글

본 연구는 광주과학기술원(GIST)과 광주과학기술원 실감방송 연구센터를 통한 대학 IT 연구센터(ITRC), 그리고 교육부 두뇌한국 21(BK21) 정보기술사업단의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

[1] H. Shum and S. Kang, "A Review of Image-Based Rendering Techniques," Proceedings of VCIP, pp. 2-13, June 2000.

[2] J. Shade, S. Gortler, and S. Szaliski, "Layered Depth Images," Proceedings of ACM SIGGRAPH, pp. 291-298, July 1998.

[3] J. Duan and J. Li, "Compression of the Layered Depth Image," IEEE Trans. On Image Processing, Vol. 12, pp 365-372, March 2003.