

특집
06

무선 시스템에 적합한 3차원 메쉬 압축

목 차

1. 서 론
2. 3차원 메쉬 압축
3. 유선 시스템의 메쉬 압축 방식을 유선 시스템에 적용할 때의 한계
4. 무선 시스템에 적합한 메쉬 압축 방식의 고려 사항
5. 무선 시스템에 적합한 메쉬 압축 방식 사례
6. 결 론

김대영 · 이면재
(홍익대학교 · 백석대학교)

1. 서 론

최근 3차원 스캐닝 및 관련 기술의 급속한 발전으로 3차원 데이터의 생성, 편집, 디스플레이 등이 과거보다 상대적으로 용이하게 되었으며 대용량의 3차원 모델이 비교적 쉽게 생성되고 있다. 이미 유선시스템에서 3차원 데이터는 게임, 애니메이션, 과학시뮬레이션, 가상현실 등 다양한 응용분야에서 새로운 미디어로 자리잡고 있다. 아울러 무선 시스템에서도 음악, 이미지 및 동영상 등 1/2차원 데이터를 이용한 다양한 서비스가 제공되고 있으나, 기존 서비스 성장률이 정체되고 있는 실정인바 새로운 대안으로 3차원 데이터를 활용한 서비스에 대한 관심이 증가하고 있다.

그러나, 유무선 시스템 모두 인터넷을 통한 3D 모델을 원본 그대로 전송하려는 경우 요구되는 통신량과 저장 공간이 커질 수 있다. 따라서 효율적인 통신량 유지와 저장공간을 위해 3D 영상의 압축에 관한 연구가 진행되고 있다. 특히, 무선 시스템의 경우 사용 시간과 패킷량에 따라서 통신 비용이 요구되고, 네트워크 대역폭이 유선

시스템에 비해 적고, 하드웨어적인 사양 또한 유선 시스템에 비해 제약점이 많기 때문에 무선 시스템에 적합한 3D 압축 알고리즘의 개발이 요구된다.

무선 시스템 환경에 적합한 메쉬 알고리즘 개발 방법은 크게 두 가지 방법으로 구분될 수 있다. 첫째 방법은, 각 무선 시스템 환경에 적합한 새로운 메쉬 압축 알고리즘을 개발하는 것으로 최근에서와 같이 급속하게 다양한 무선 환경이 개발되는 경우 해당 환경에는 최적의 압축을 제공하지만, 개발 비용과 효율성 검증 측면에서 비효율적일 수 있다. 두번째 방법은 무선이나 유선이나 환경에 관계없이 메쉬 압축 과정은 비슷한 과정으로 압축되기 때문에 유선 시스템에서 이미 개발되어 효율성이 검증된 3D 메쉬 압축 알고리즘을 무선 시스템에 적용하는 것이다. 그러나, 시스템 자원이 풍부한 유선 시스템을 위한 3차원 데이터 처리기법을 메모리, CPU등의 자원이 상대적으로 부족하고 정수형 연산을 주로 사용하는 현재의 무선 시스템에 그대로 적용하기는 어렵다.

이에 본 고에서는 2장에서 3차원 메쉬 압축방

법을 설명하고, 3장에서 유선 시스템의 메시 압축방법을 유선 시스템에 적용할 때의 한계점들을 기술한다. 그리고, 4장에서 무선 시스템에 적합한 메시 압축 방식의 고려사항을 나열하고, 5장에서 무선 시스템에 적합한 메시 압축 사례를 살펴본다. 마지막 6장에서는 결론을 기술한다.

2. 3차원 메시 압축

3차원 메시는 3차원 공간상의 물체를 표현하기 위해 만들어진 데이터 구조이다. 3차원 메시는 일반적으로 다음과 같은 정보로 구성된다.

① 기하 정보(geometry)

3차원 공간상의 위치를 나타내는 정점 집합으로 x, y, z 세 개의 실수 좌표로 표현된다.

② 연결 정보(connectivity)

점과 점 사이의 연결 정보를 나타내며 보통 정점의 인덱스로 표현된다.

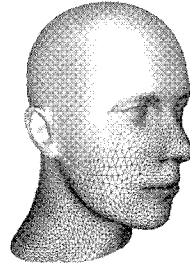
③ 특성 정보(attribute)

색상(color), 법선벡터(normal), 텍스처 좌표(texture coordinate) 등이 있으며 각 정점마다 특성 정보를 가진다.

3차원 메시는 연결 정보에 의해 구성되는 면의 종류에 따라 크게 삼각 메시, 사각 메시, 폴리곤 메시로 나뉘는데 일반적으로 삼각 메시와 사각 메시가 널리 사용된다. (그림 1)은 메시 모델의 한 예를 보여준다.

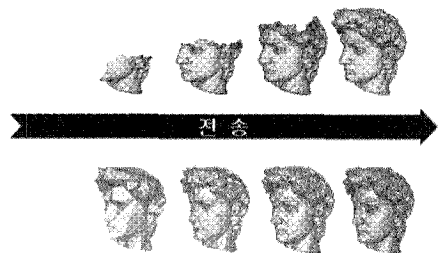
이러한 3차원 메시 모델은 컴퓨터 그래픽스, 애니메이션, 3차원 모델링, CAD, 3차원 게임 등의 다양한 멀티미디어 응용 분야에서 광범위하게 사용되고 있다. 특히, 컴퓨터 그래픽스 응용 분야에서는 물체를 현실감 있고 입체적으로 표현하기 위해 고해상도를 가진 복잡한 3차원 메시 모델을 필요로 한다. 그러나, 이렇게 복잡하고 상세한 고해상도의 모델은 용량이 크기 때문에 전송을 위해 넓은 대역폭이 요구되고, 이를

저장 및 처리하기 위해서는 대용량의 저장 및 메모리 공간이 요구되는 등 많은 어려움이 있다. 따라서, 저용량의 저장 공간과 빠른 전송을 요구하는 응용분야는 이러한 문제점을 해결하기 위해 3차원 메시 모델을 효율적으로 압축하기 위한 다양한 3차원 메시 부호화 기술이 개발되었다.



(그림 1) 3차원 메시 모델

3차원 메시를 압축하는 방법은 크게 단일 압축 방법(single-rate coding)과 점진 압축 방법(progressive coding)이 존재한다. 단일 압축 방법은 원본 모델의 해상도를 그대로 압축하여 전송하는 방식으로 복호화시 부호화된 전체 데이터를 복호화해야만 전체 원본 모델을 확인할 수 있다. 점진 압축 방법은 원본 모델을 최저 해상도 데이터와 다수의 정제(refinement) 데이터로 변환하여 점진적 전송을 지원하는 부호화 방법으로 압축률과 전체 전송 시간은 단일 부호화 방식에 비해 떨어지지만 수신측에서 전체 데이터를 다 복원하지 않고도 원본 모델의 대략적인 윤곽을 빨리 확인할 수 있다는 장점이 있다. (그림 2)를 통해 두 가지 압축 방식의 차이를 확인할 수 있다.



(그림 2) 단일 압축과 점진 압축

3. 유선 시스템의 메시 압축 방식을 무선 시스템에 적용할 때의 한계

유선시스템에서도 3차원 데이터는 게임, 애니메이션, 과학시뮬레이션, 가상현실 등 다양한 응용분야에서 새로운 미디어로 부각되고 있다. 3차원 스캐닝 기술의 발달은 대용량의 3차원 데이터를 등장시켰고 그 결과로 3차원 메시 압축에 대한 연구가 활발해졌으며, 저장 공간과 전송 시간을 줄이기 위한 다양한 압축 알고리즘들이 발표되었다. 이 알고리즘들은 대부분 압축률을 줄이는 것에 초점을 둔 반면 최근에는, 효율성, 회복력(resiliency), 외부메모리 기법, 임의 접근성과 같은 다양한 특성을 가진 압축 알고리즘도 등장하고 있다. 하지만, 적은 메모리, 느린 CPU 속도, 저전력, 부동소수점 처리 장치의 부재 등 제한된 자원을 가진 무선 시스템에 풍부한 자원을 가진 유선 시스템의 3차원 데이터의 압축 알고리즘을 그대로 적용하는 데에는 한계가 있다. 이에, 본 절에서는 유선 시스템의 메시 압축 방식을 무선 시스템에 적용할 때의 한계점에 대해 간략히 살펴보고자 한다.

3.1 기하 정보 압축

메시 압축은 크게 점(vertex)의 위치를 압축하는 기하 압축과 점 간의 연결 정보를 압축하는 연결 압축으로 구성된다. 기하 정보를 압축하는 기존의 방법들을 대부분 예측점(Prediction Point)를 구하고 실제점과의 차이 정보를 부호화하는 방법을 사용한다. 예측점을 구하기 위해서 가장 많이 사용되는 방법은 [1]에서 제안한 평행사변형 예측(Parallelogram Prediction)이다. 이 방법을 사용하게 되면 부호기는 복호기에게 예측점과 실제점과의 차이만을 보내주기 때문에 복호기에서도 부호기와 같이 예측점을 계산하는 과정이 필요하여 연산시간이 오래 걸린다는 단점이 있다.

3.2 연결 정보 압축

연결 정보 압축은 크게 방향이 주어진 선분(edge)인 게이트(gate) 기반의 라벨(label) 코딩 방식과 한 점에 연결된 선분의 수인 베일런스(valence) 코딩 방식으로 나뉜다. 초기의 대표적인 라벨 코더로는 Edgebreaker[2]가 있다. 라벨 코더는 메시의 면을 순회하면서 게이트 리스트(gate list)를 생성한다. 이 리스트 중 하나의 게이트를 선택하여 이 게이트와 삼각형을 이루는 나머지 한 점간의 연결 관계를 부호화하는 방식이다. 최근 발표된 라벨 방식으로 메시의 기하학적 특성에 기반한 적응형메시 순회 방식을 도입하여 압축률을 향상시킨 Angle-Analyzer[3]가 있다.

베일런스 코더는 1998년에 발표된 Touma-Gotsman[1]의 full-valence 코더가 유명하며, 이후로 변형되고 개선된 많은 알고리즘들이 나왔다. 이 코더도 메시의 면을 순회하면서 하나의 포커스 점(focus vertex)을 선택하여 이 점의 full valence를 부호화한다. 현재까지 가장 높은 압축률을 보이는 부호화 방식은 FreeLence[4]이다. 이 방식은 현재 선택된 포커스에 연결된 점들 중 아직 방문하지 않은 이웃 점(free valence)들의 개수를 부호화 한다. 메시 순회는 Angle-Analyzer의 적응형 메시 순회 기법을 사용하여 포커스의 양쪽 게이트가 이루는 각도가 가장 작은 것을 선택한다. 또한 각 포커스의 각도를 컨텍스트(context)로 사용하여 압축률을 더 향상시켰다.

위에 소개된 모든 메시 연결 데이터 압축 방법은 자원이 풍부한 유선 시스템만을 위한 알고리즘이다. 따라서 압축률 향상을 위해 적응형 메시 순회를 위한 조건 계산이나 컨텍스트를 찾기 위한 확률계산 등을 위한 많은 실수형 연산이 필요하고 다수의 게이트 리스트 및 게이트 리스트 선택의 생성과 관리를 위한 동적메모리 할당 등을

사용하므로 메모리가 부족하고 정수형 연산만을 사용해야 하는 무선 시스템에 그대로 적용하는 것은 어려울 수 있다.

4. 무선 시스템에 적합한 메쉬 압축 방식의 고려사항

4.1 전력 소모의 최소화

무선 시스템은 유선 시스템에 비해 전력의 공급이 제한적이다. 최근 배터리 기술이 발전하고 있지만 무한정의 전원을 공급받을 수 있는 유선 시스템과는 달리 무선 시스템의 전력 사용은 내장된 배터리의 용량에 좌우된다. 따라서, 무선 시스템에서는 전력 소모를 최소화하는 것이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 최근의 모바일 플랫폼은 정수연산을 담당하는 ALU와 실수 연산을 담당하는 FPU를 탑재하고 있지만 ALU만을 탑재하고 실수 연산은 소프트웨어적으로 처리하는 시스템도 존재한다. 실수 연산은 정수 연산에 비해 많은 처리 시간과 자원을 소모하게 되고 이에 비례하여 전력 소모량도 증가하게 된다. 따라서, 되도록 실수 연산을 줄이고 정수 연산만을 사용하는 것이 무선 시스템에 적합한 압축 알고리즘이라 할 수 있다.

4.2 사용자의 대기 시간 최소화

3차원 데이터는 1/2차원 데이터에 비해 크기가 크기 때문에 일반적으로 전송후 전체 데이터가 복원되는데 시간이 많이 소요된다. 일반적으로 모바일 폰 같은 경우에도 무선 인터넷을 이용하여 2차원의 사진 이미지를 다운로드 받을 경우 이미지를 모두 전송받고 나서야 전체 이미지의 윤곽을 확인할 수 있다. 만약 이 이미지가 사용자가 원하는 이미지가 아닐 경우에는 사용자는 다운로드에 소요된 시간을 낭비하게 되고 원치 않는 회선 사용료를 지불한다. 따라서, 압축된 데이터를 복원할 때 사용자에게 3차원 메쉬

모델의 전체 윤곽을 빨리 확인할 수 있도록 하여 사용자에게 선택의 기회를 더 주는 것이 중요하다. 이를 위해서는 단일 압축 방식보다 점진 압축 방식을 사용하는 것이 무선 시스템에 보다 적합할 수 있다.

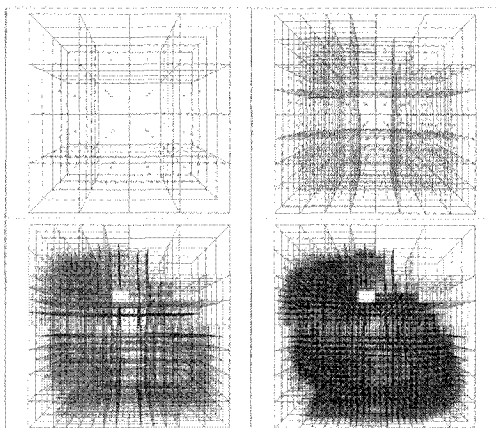
4.3 효율적인 압축률

앞에서도 언급한 바와 같이 3차원 데이터는 용량이 비교적 크기 때문에 전송시간이나 저장 공간을 줄이기 위해서는 앞의 고려사항을 만족시키면서도 동시에 효율적인 압축률이 보장되어야 한다. 유선 시스템에서의 압축률이 2% 내외인 것을 고려할 때 3~5% 정도의 압축률이면 적당하다.

5. 무선 시스템에 적합한 메쉬 압축 방식 사례

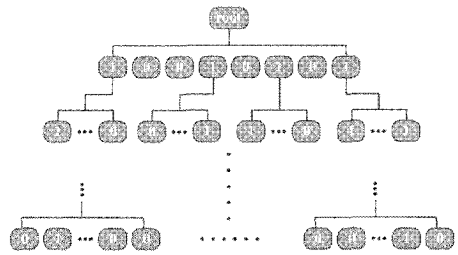
본 절에서는 유선 시스템의 압축방법을 무선 시스템에 적용한 3D 메쉬 압축방법으로 [5]의 경우를 예로 들어 설명한다. 무선 시스템은 유선 시스템에 비해 전송시간, 압축된 데이터의 복원 및 디스플레이 시간 등이 오래 걸리게 된다. 일반적으로 유선 시스템에 비해 작은 화면을 갖고 있기 때문에 모델의 상세한 부분을 자세히 표현하는 것보다는 전체적인 윤곽을 빨리 보여줌으로써 사용자의 대기 시간을 최소화하는 것이 중요하다. 아울러 무선 시스템의 제한된 전력을 고려하여 전력 소모를 최소화하는 것도 고려해야 한다. [5]에서는 이러한 특성을 고려하여 단일 압축 방식보다 점진 압축 방식을 도입하였다. 점진 압축 방식은 단일 압축 방식에 비해 압축 효율은 떨어지지만 처음부터 모델의 대략적인 윤곽을 확인할 수 있다는 장점을 갖고 있다. [5]에서는 기하 정보만을 점진적으로 압축하고 마지막에 연결 정보만 단일 압축을 하는 혼합형 압축 방식을 제안하여 압축효율도 고려하면서 사용자의 대기 시간을 최소화하도록 하였다.

기하 정보를 점진 압축하기 위해 옥트리를 사용하였다. 옥트리는 3차원 공간을 분할하는데 사용되는 트리 자료구조로 점진적인 기하 정보 압축에 주로 사용된다. (그림 3)에서 볼 수 있듯이 옥트리의 레벨은 자연스럽게 점진성 (progressiveness)과 LOD(Level of Detail)을 제공한다는 특징을 갖는다. 옥트리의 각 노드는 8개의 자식 노드를 가지며 점을 포함한 노드만을 계속 분할(subdivide)해 나간다. 분할은 사용자가 지정한 레벨까지만 진행된다. (그림 3)은 bunny 모델에 대하여 레벨 2에서 레벨 5까지 생성된 옥트리와 기하 정보에 해당하는 정점의 근사값을 보여준다. 옥트리는 실수로 표현된 정점의 세 좌표값(x, y, z)을 정수로 표현된 가까운 단말 노드의 격자점 좌표(i, j, k)로 변환함으로써 기하 정보를 양자화(quantization)하는데에도 사용된다. 일반적으로 압축률은 12비트 양자화의 왜곡율(distortion rate)로 표현되므로 이는 옥트리의 레벨을 12까지 내림으로써 달성할 수 있다. 실수로 표현된 점의 좌표를 정수로 표현함으로써 무선 시스템에서 압축된 기하정보(옥트리)를 복원할 때 실수 연산은 전혀 사용하지 않고 정수 연산만을 사용함으로써 전력 소모도 줄일 수 있다는 장점을 지닌다.



(그림 3) bunny 모델에 대한 레벨 2-5까지의 옥트리

옥트리를 압축하기 위하여 [6]은 확률계산을 통한 컨텍스트 모델링을 도입하고 점을 포함하는 자식 노드의 위치를 나타내는 3비트를 추가로 제공하였다. [7]은 단순히 0과 1로 적응형 옥트리를 부호화 하였고 점이 포함된 단말 노드에서 예측점과 실제점간의 차이를 압축하였다. [5]에서는 무선 시스템을 위한 단순화된 기하 정보 압축 방법으로 12 레벨까지 옥트리를 생성한 후 (그림 4)와 같이 점을 포함한 셀은 1, 그렇지 않은 셀은 0으로 단순하게 2진 부호화를 수행하는 방법을 선택하였다. 결과적으로 복잡한 컨텍스트 모델링과 예측점과 실제점간의 차이 계산을 피하여 실수형 연산을 제거하고 정수형 연산만을 사용하여 압축함으로써 무선 시스템에 적합하도록 하였다.



(그림 4) 옥트리의 이진 부호화

대부분의 압축 알고리즘은 기하 정보와 연결 정보를 동시에 압축하는 방식이지만 [5]에서는 옥트리를 통해 이미 모든 기하 정보를 알고 있는 상태이다. 즉, 기하 정보를 모든 부호화하고 나서 그 기하 정보를 이용해 연결 정보를 부호화하는 방식이다. 따라서, [5]에서는 첫 번째로 옥트리를 통해 모든 점의 위치 정보를 알고 있다는 것과, 두 번째로 삼각형의 한 점은 나머지 두 점과 가까운 거리에 있다는 두 가지 사항을 고려하여 거리에 기반해 연결 상태를 부호화하는 새로운 방법을 제시하였다. 연결 정보 부호화에도 저전력의 무선 시스템에 적합하도록 복잡한 계산이나 연산을 피하도록 설계되었다. 자세한 알고리즘은 [5]를 참고하기 바란다.

6. 결론

무선 시스템에 적합한 압축 알고리즘을 개발하는 방법은 유선 시스템에서 이미 검증된 압축 알고리즘을 무선 시스템에 적용하는 것이 개발 비용면에서 보다 효율적이다.

본 연구에서는 무선 시스템의 특징, 즉 제한된 자원(낮은 전송 대역폭, 적은 메모리, 느린 CPU, 적은 저장 공간, 제한된 전력 공급, 부동소수점 처리 장치의 부재 등)의 한계 사항을 기술하고, 3차원 메쉬 압축 방식을 설명하였다. 그리고, 무선 시스템에 적합한 메쉬 압축 방식의 고려사항으로 전력 소모의 최소화, 사용자의 대기 시간 최소화, 그리고 효율적인 압축률을 나열하고, 무선 시스템에 적합한 메쉬 압축 방법의 사례로 사용자에게 빠른 정보를 제공하면서도 동시에 복잡한 실수 연산을 사용하지 않고 간단한 정수 연산만을 사용하기 위해 [5]에서 제안한 옥트리를 이용한 점진적인 기하 정보 압축 방식을 소개하였다. 옥트리를 활용한 압축 방식은 LOD(Level of Detail)의 특성뿐만 아니라 특정 레벨의 데이터만 먼저 보내주고 사용자가 원하는 부분만을 선택해서 복원시키는 임의 접근성(Random Accesibility)도 제공할 수 있으므로 무선 시스템에 압축 방식으로 매우 적합하다고 할 수 있고 이를 응용한 압축 기술이 많이 개발되리라 기대한다.

참고문헌

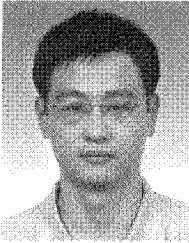
[1] Tourna, C. and Gotsman, C. "Triangle Mesh Compression," Graphics Interface 98 Conference Proceedings, pp. 26-34, 1998.

[2] Rossignac, J. "EdgeBreaker : Connectivity Compression for Triangle Meshes," IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 5, no. 1, pp. 47-61,

1999.

- [3] Lee, H. and Alliez, P. and Desbrun, M. "Angle-Analyzer : A Triangle-Quad Mesh Codec," Computer Graphics Forum (Proc. Eurographics'02), vol. 22, no. 3, pp. 383-391, 2002.
- [4] Kalbere, F. and Polthier, K. "FreeLence : Coding with Free Valences," Computer Graphics Forum (Proc. Eurographics'05), vol. 24, no. 3, pp. 469-478, 2005.
- [5] Kim, D., Lee, S., Lee, H. and Cho, S. "A Distance-Based Compression of 3D Meshes for Mobile Devices", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 54, No. 3, AUGUST 2008.
- [6] Peng, J. and Kuo, J. "Geometry-guided progressive lossless 3D mesh coding with octree (OT) decomposition," ACM Transactions on Graphics(Proc. Siggraph '05), vol. 24, no. 3, pp. 609-616, 2005.
- [7] Lee, H. and Desbrun, M. and Schröder, P. "Progressive encoding of complex isosurfaces," In ACM SIGGRAPH, 2003.

저자약력



김대영

1998년 홍익대학교 컴퓨터공학과(학사)
2001년 홍익대학교 전자계산학과(석사)
2010년 홍익대학교 컴퓨터공학과(박사)
관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 모바일 시스템,
3차원 메쉬 처리

이 메 일 : dykim99@gmail.com



이면재

2007년 남서울대학교 멀티미디어학과 전임강사
2009년 백석대학교 정보통신학부 멀티미디어 전공 조교수
관심분야 : 게임 엔진, 게임 프로그래밍, 게임 인공지능
이 메 일 : davidlee@bu.ac.kr