

연재

MPEG-4 합성영상 부호화(2)

호요성
광주과학기술원 정보통신공학과 교수

삼차원 모델 부호화 (3D Model Coding, 3DMC)

삼차원 물체는 일반적으로 다각형 메쉬 (Polygonal Mesh) 구조를 이용하여 표현하는데, 이것을 크게 기하학(Geometry) 데이터, 연결성(Connectivity) 데이터, 광도 측정(Photometry) 데이터로 분류할 수 있다. 기하학 데이터는 삼차원 물체를 구성하는 꼭지점들의 위치 정보를 나타내며, 꼭지점의 각 좌표를 보통 32비트의 유동 소수점으로 표현한다. 연결성 데이터는 주어진 점들이 어떻게 연결되어 다각형을 구성하는지에 대한 정보를 나타낸다. 그리고 광도 측정 정보는 삼차원 모델의 표면에 렌더링(Rendering)이나 셰이딩(Shading)을 하기 위한 정보로서, 각 다각형 메쉬의 꼭지점에 대한 색깔, 표면의 법선 벡터(Normal Vector) 성분, 이차원 영상을 매핑(Mapping)하는데 사용하는 텍스처(Texture) 좌표축 등의 정보를 나타낸다. 그러나

주어진 물체를 표현하는데 필요한 모델의 삼각형 수는 보통 10^5 에서 10^7 정도로 그 데이터의 양이 엄청나게 많다. 따라서 이러한 삼차원 데이터를 그대로 전송하거나 저장, 또는 렌더링하는데 많은 어려움이 따른다. 그러므로 이러한 응용에 삼차원 데이터를 효율적으로 압축하여 전송하거나 저장하는 것이 매우 필요하다.

그림 1은 일반적인 삼차원 모델 부호기의 기능 블록도이다. 삼차원 모델 부호기는 연결성 정보 부호기, 기하학 정보 부호기, 광도측정 정보 부호기,

엔트로피 부호기로 구성된다. 주어진 삼차원 모델에 대해 먼저 연결성 정보를 부호화하고, 기하학 부호기와 광도 측정 부호기에서는 연결성 정보를 이용하여 각각의 정보를 부호화한다. 압축된 정보들은 시스템 다중화기를 거쳐 비트열로 저장되거나 전송된다.

1. 표준화 작업의 내용

MPEG-4 SNHC그룹에서는 삼차원 모델 부호화에 관련하여, 표 1에 정리한 것처럼, 9종류의 Core Experiment를 정하여 표준화 작업을

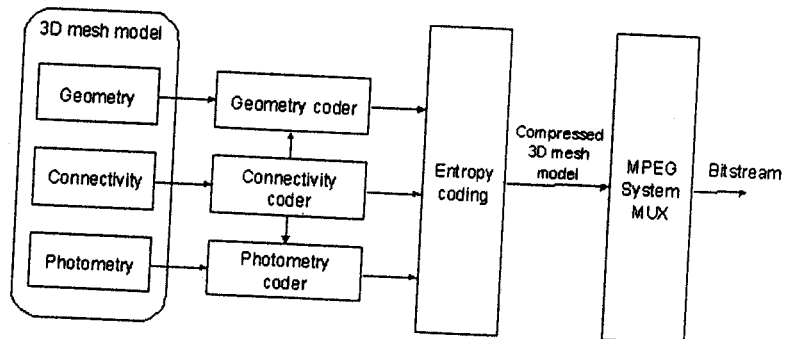


그림 1. 삼차원 모델 부호기

표 1. 삼차원 모델 부호화의 Core Experiment

CE 종류	작업 내용
M1	Mesh Topology/Connectivity Coding
M2	Mesh Geometry/Vertex Coding
M3	Progressive/Scalable 3D Mesh Coding
M4	Attribute Coding and Tool Integration
M5	Partitioning of Data for 3D Model Coding
M6	Generalized Dynamic 2D Mesh using 3D Mesh Coding Tools
M7	Color Property Coding
M8	Support for Non-manifold Meshes
M9	Support for Mirroring

진행하고 있다.

(1) M1: 삼차원 모델은 하나 또는 여러 개의 메쉬 표면(Face)으로 이루어지며, 이러한 표면은 꼭지점들의 인덱스로 구성된다. 이러한 삼차원 물체의 표면을 이루는 꼭지점의 인덱스 즉, 꼭지점들의 연결성 정보를 부호화하기 위한 기술이다. 연결성 정보는 전체적인 삼차원 모델의 위상학적인 특징을 가지고 있기 때문에 반드시 손실없이 부호화되어야 한다.

(2) M2: 삼차원 물체를 구성하는 각 점들의 위치 정보를 부호화하는 기술이다. 보통 각 점의 좌표들이 32비트의 유동 소수점으로 표현되는데, 이러한 기하학 좌표값을 손실 부호화나 무손실 부호화를 사용하여 표현한다.

(3) M3: 삼차원 모델의 연결성 정보나 기하학 정보를 점진적으로 표현하는 기술이다. 처음에는 주어진 삼차원 모델을 가장 낮은 해상도를 가진 기본적인 메쉬로 표현하고, 여기에 추가적으로 새로운 꼭지점이나 다각형 면을 더하거나 제거하는 개량(Refinement) 단계를 거쳐 더 좋은 해상도를 가진 물체로 표현한다. 일반적으로 멀리 위치하고 있는 물체는 낮은 해상도를 가진 메쉬 구조로 표현하고, 사

용자에게 가까이 있는 물체는 점차적인 개량 단계를 거쳐 높은 해상도를 가진 물체로 표현한다.

(4) M4: 다각형을 렌더링(Rendering)하거나 셰이딩(Shading)하기 위해 색깔, 법선 벡터(Normal Vector), 텍스처(Texture) 좌표축 정보를 효율적으로 부호화하는 방법이다. 색깔이나 법선 벡터는 각 꼭지점이나 면 당 하나씩 주어지는데, 이 정보를 이용하여 메쉬의 표면에 색깔과 명암을 입힌다. 텍스처 좌표축 정보는 2차원의 텍스처를 삼차원 메쉬의 표면에 입힐 때 사용된다.

(5) M5: 삼차원 모델은 삼각형 표면들로 이루어져 있기 때문에, 삼각형 조각들의 열(Strip)로써 표현할 수 있다. 그러나 이러한 삼각형 조각들은 매우 길어서 삼차원 모델의 표면을 렌더링하는데 많은 시간이 필요하다. 따라서 긴 삼각형 조각들을 여러 개의 부분으로 쪼개면 렌더링하는데 효과적이며, 점진적으로 삼각형 조각들을 렌더링하면서 삼차원 모델을 표현할 수 있다. 또 데이터를 전송하는데 있어서 전송 오류가 발생할 경우에 처음부터 전체 모델을 다시 전송하지 않고 오류가 발생한 부분부터 다시 데이터

를 전송하거나 렌더링할 수도 있다. M5는 이러한 기능을 지원하기 위한 기술이다.

(6) M6: MPEG-4 비디오에서 이차원 메쉬는 Intra-Coded Mesh와 Inter-Coded Mesh로 이루어져 있다. Intra-Coded Mesh는 이차원 메쉬의 기하학 정보를 가지고 있으며, Inter-Coded Mesh는 Mesh의 움직임 정보를 가지고 있다. Intra_Coded Mesh는 균일하거나 혹은 Delaunay 연결 구조를 가진다. 현재 MPEG-4 SNHC에서는 일반적인 연결성 구조를 가진 삼차원 부호화의 도구를 지원하고 있어, 이러한 기능을 이차원 메쉬의 부호화에 적용하기 위한 기술이다.

(7) M7: M4에서 정의된 광도 측정 정보 중, 색깔 정보를 좀더 효율적으로 부호화하기 위한 기술이다. M7에서는 인간의 시각 특성(Human Visual System)을 이용하여 압축 효율을 얻는다.

(8) M8: Non-manifold 메쉬는 Singular 에지(Edge)나 꼭지점을 가지고 있다. 일반적으로 이러한 non-manifold 메쉬는 여러 개의 Manifold 메쉬 구조로 나누어서 각각 따로 부호화한다. 따라서 원래 메쉬 사이의 연결 관계를 보존하고, 중복되는 Singular 꼭지점의 부호화를 피하여 부호화 효율을 높이는 기술이다.

(9) M9: 대부분의 삼차원 모델들은 일반적으로 대칭 구조를 가지고 있다. 예를 들면 사람의 얼굴, 인체 구조, 기계, 가구 등은 왼쪽과 오른쪽이 같은 형태를 가지고 있다. 따라서 이렇게 대칭되는 반대편 구조를 미러링(Mirroring) 한다면 데이터의 양을 줄일 수 있다.

현재 가장 기본이 되는 M1부터 M4까지의 부호화 과정은 거의 마무리되어가고 있으며, M5부터 M9까지는 아직 표준화 작업이 진행중이다.

2. Mesh Topology/Connectivity Coding (M1)

연결성 부호화 방법은 손실이 없는 무손실 부호화(Lossless Coding)를 수행해야 한다. 즉, 원래의 모델과 복원된 모델의 위상학 특성은 변하지 않고, 서로 동일해야 한다.

연결성 정보를 부호화하기 위해, 먼저 계층분할(Layered Decomposition) 방법을 이용하여 주어진 삼차원 모델을 긴 삼각형 띠(Strip) 형태로 만든다. 그리고 잘려진 삼차원 메쉬 구조를, 그림 2에서 나타낸 것과 같이, Vertex Spanning Tree와 Triangle Spanning Tree로 표현한다. 그림 2(a)에 나와있는 Cut Edge를 따라 잘려진 Edge에 존재하는 꼭지점들이 그림 2(b)와 같이 Vertex Spanning Tree의 노드(Node)가 된다.

여기서 노드가 자식 노드(Child Node)를 가지고 있는지의 여부에 따라 가지 노드(Branch Node)가 결정되며, 단말 노드(Terminal Node)인지의 여부에 따라 잎 노드(Leaf Node)로 분류된다. 그림 2의 경우에는 1개의 Branch Node가 있고, 4개의 Leaf Node, 1개의 뿌리 노드(Root Node)가 있다. 여기서 Root Node는 각 Tree의 시작 노드를 의미한다. 하나의 Branch Node에서 나뉘어진 각각의 꼭지점들을 Vertex Run이라 한다. 그림 2(c)에는 Triangle Spanning Tree를 나타내었

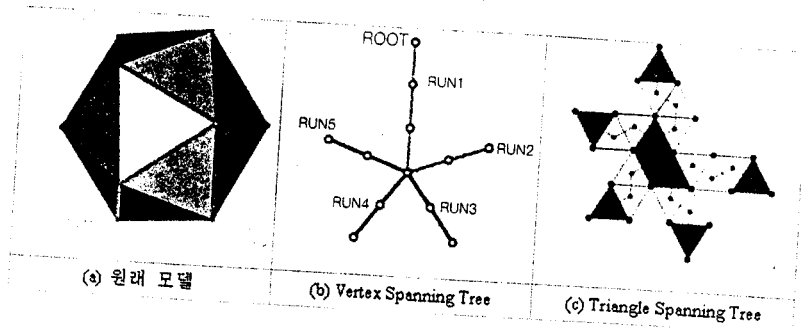


그림 2. Spanning Tree

다. Triangle Spanning Tree에서 각 Node는 하나의 삼각형 면을 가리킨다. 여기서 각 런(Run)은 Run의 길이와 Leaf Node의 여부, 그리고 다음 삼각형이 오른쪽에 연결이 되어 있는지 왼쪽으로 연결되어 있는지 나타내는 진행 비트(Marching Bit)로 구성된다.

Spanning Tree를 부호화하기 위해 고정된 크기를 가진 부가 정보와 더불어, 다음의 정보를 전송한다.

- (1) VTREE: 꼭지점 나무 구조 테이블 (런의 길이, 가지 비트, 잎 비트로 구성)
- (2) VCOR: 과거 값을 가지고 현재 값을 예측한 것과 실제 현재 값과의 차이를 부호화한 꼭지점 좌표값
- (3) TTREE: 삼각형 나무 구조 테이블 (런의 길이, 잎 비트로 구성)
- (4) MARCH: 삼각형 나무의 Marching 유형

위의 VTREE에서 런의 개수, 가지 노드의 여부, 자식 노드의 개수로 분류하여 이진수로 나타낸다.

TTREE는 런의 개수, 잎 노드인지의 여부, 다음 삼각형이 삼각형의 오른쪽에 연결이 되어 있는지 왼쪽으로 연결이 되어 있는지 나타내는 진행 비트를 이진수로 표현하여 산술 부호화를 사용하여 압축한다.

3. Mesh Geometry/Vertex Coding (M2)

기하학 정보의 부호화 기술은 삼차원 메쉬의 기하학 정보를 압축하는 방법으로 크게 양자화 과정, 예측 과정, 엔트로피 부호화 과정의 세 단계로 이루어진다.

(1) Triangle Spanning Tree를 이용한 평행사변형 예측 방법
이 방법은 Triangle Spanning Tree에 기반을 둔 예측 방법으로, 그림 3에 그 원리를 나타내었다.

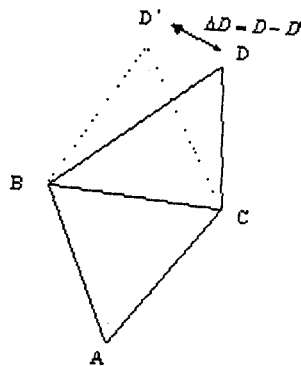


그림 3. 평행사변형 예측 방법

예측하고자 하는 꼭지점 D는 선행되는 3개의 꼭지점 A, B, C를 가지고 있을 때, 평행사변형의 관계를 이용하여 예측값을 구한다. 이 값을 이용하여 예측 오류를 구한다.

(2) Bounding Box 양자화 방법

그림 4는 Bounding Box 양자화 과정을 나타낸다.

부호화 과정은 Bounding Box계산, 균일 양자화 (Uniform Quantization), 예측 과정, 엔트로피 부호화 단계로 이루어져 있다. 먼저 Bounding Box계산 단계에서는 삼차원 모델의 각 꼭지점의 좌표 (x, y, z) 입력 값에 대한 최대값과 최소값, 그리고 최대값에서 최소값까지의 거리를 구한다.

양자화 과정에서는 유동 소수점 값을 주어진 양자화 레벨만큼 균등 양자화기를 이용하여 정수값으로 양자화한다. 정수값으로 표현된 꼭지점들은 X, Y, Z 좌표별로 평행사변형 예측을 거쳐 예측 오류를 계산한다. 여기서 구해진 예측 오류는 그림 5과 같이 Bit Plane Scanning하여 이진수로 나타내고 각 Bit Plane별로 QM부호기를 이용하여 부호화한다.

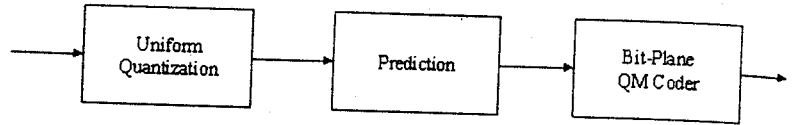


그림 4. Bounding Box 양자화 방법

	b0	b1	b2	b3	b4	b5	b6
a0	0	0	0	0	1	0	1
a1	1	1	0	1	1	1	1
a2	0	0	0	1	0	0	0
a3	0	0	0	0	0	0	0

그림 5. Bit Plane 스캔 방법

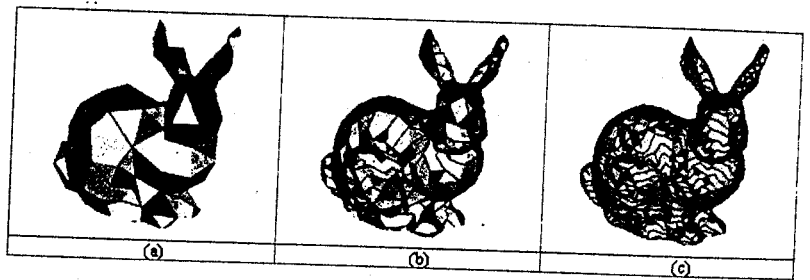


그림 6. 점진적 메쉬 부호화

4. Progressive/Scalable 3D Mesh Coding (M3)

삼차원 모델을 점진적으로 전송하기 위하여 PFS(Progressive Forest Split)라는 방법이 제안되었다. 그림 6(a)에 보인 것처럼, 처음에는 기본적인 메쉬 구조를 가진 삼차원 모델을 만들고, 여기에 점진적으로 꼭지점과 면의 개수를 늘려나가는 Split 과정을 거쳐 그림 6(b)와 그림 6(c)와 같이 높은 해상도를 가진 모델을 만드는 방법이다.

5. Properties Coding (M4)

M4에서는 삼차원 모델의 색상 (Color), 텍스처(Texture) 좌표축, 법선 벡터(Normal Vector)를 부호화하는 방법이다.

여기서 색상은 RGB의 삼차원 벡터로 좌표축 별로 먼저 양자화하고, 양자화된 값의 예측 오류를 구하여 부호화한다. 텍스처 좌표축은 이차원 영상을 다각형의 면에 매핑(Mapping)하기 위한 좌표축으로 색상과 같은 방법으로 부호화한다. 법선 벡터는 단위 길이를 가진 삼차원 벡터로 그림 7과 같이 정팔면체의 표면을 분할하고, 그 인덱스를 전송한다.

6. Partitioning of Data for 3D Model Coding (M5)

M5는 삼차원 모델을 전송할 때 데이터를 분할하여 점진적 렌더링과 전송 오류에 강인하게 만드는 방법이다. 이 방법은 IBM의 Spanning

Tree 부호화에 기반을 두고 있는데, 그림 8에 보인 것처럼, Triangle Spanning Tree에서 Y Vertex를 기준으로 주어진 패킷의 크기만큼 삼각형 단위로 Tree를 잘라 부호화한다.

따라서 삼각형 단위로 점진적인 렌더링이 가능하며, 중간에 하나의 패킷이 손실되더라도 다른 삼각형들을 제대로 복원할 수 있다.

7. Generalized Dynamic 2D Mesh using 3D Mesh Coding Tools (M6)

M6는 MPEG-4 비주얼(Visual)의 1차 버전에 기술된 동적인(Dynamic) 이차원 메쉬를 3DMC에서 정의한 방법을 이용하여 부호화하는 방법이다.

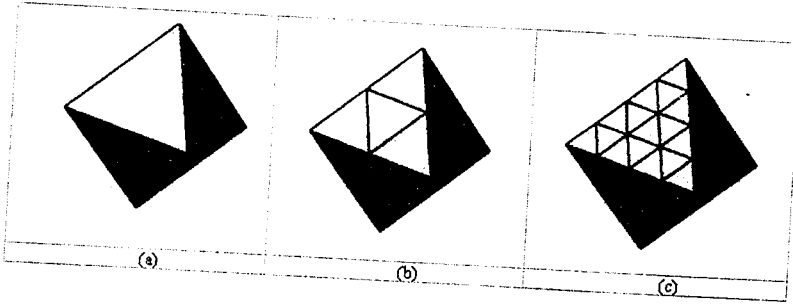


그림 7. 법선 벡터의 부호화

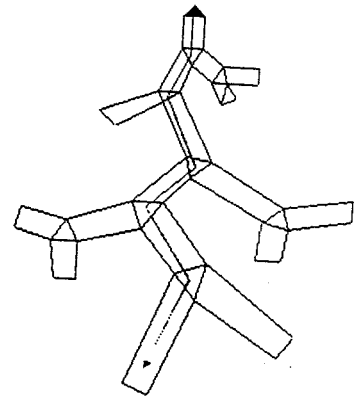


그림 8. 삼차원 모델의 데이터 분할

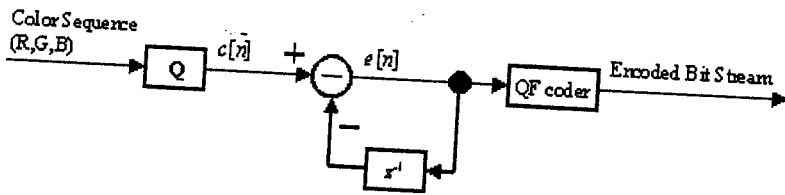


그림 9. 색상 부호기

8. Color Property Coding (M7)

M7은 M4에서 제안한 방법 중에서 색상의 부호화 효율을 높이는 방법이다. M1에서 정의한 Traversal Order는 색상 정보 사이의 상관 관계를 줄여 오히려 부호화 효율을 낮춘다. 따라서 그림 9처럼 1차(First Order) 예측 방식을 사용하여 부호화 효율을 높인다.

9. Support for Non-manifold Meshes (M8)

Non-manifold 메쉬는 Singular 에지와 꼭지점을 가지고 있는데, 이러한 Non-manifold 메쉬는 여러 개의 Manifold 메쉬 구조로 나뉘어져서 각각 부호화된다. 따라서 Singular 꼭지점은 다른 Manifold 메쉬에서 중복 부호화되므로 부호화 효율이 떨어진다. IBM에서는 Non-manifold 메쉬 사이에 Cutting과 Stitching이라는 기법을 제안하여 중복 부호화를 방

지고 원래의 연결 정보를 유지한다.

10. Support for Mirroring (M9)

대부분 삼차원 모델들은 일반적으로 대칭 구조를 갖고 있다. 예를 들면, 사람의 얼굴, 인체 구조, 기계, 가구 등은 왼쪽과 오른쪽이 같은 형태를 갖고 있다. 따라서 이렇게 대칭되는 반대편 구조를 미러링(Mirroring) 하여 데이터 양을 줄인다. 대칭되는 구조에 대한 Affine 변환 관계와 꼭지점에 대한 차이의 정보를 복호기에 전송하는 방법이 제안되었다.

결론

본 기고서에서는 MPEG-4 SNHC 그룹의 표준화 작업 내용을 기술하였다. MPEG-4 SNHC 그룹에는 FBA와 3DMC라는 두 개의 소그룹이 있는데, 현재 표준화 작업이 거의 마무리 단계에 와 있다. FBA 소그룹에서는 얼굴(Face)과 몸통(Body)에 대

한 정의, 애니메이션, TTS(Text-to-Speech) 등의 작업을 진행해 왔으며, 3DMC 소그룹에서는 삼차원 모델의 정보를 효율적으로 부호화하여 저장하거나 전송하는 방법들을 다루어 왔다.

최근에는 삼차원 애니메이션과 같은 움직이는 삼차원 모델을 부호화하기 위한 동적인 삼차원 메쉬(Dynamic 3D Mesh) 부호화 작업에 관심을 가지고 있다.

MPEG-4 SNHC 그룹의 표준화 작업은 기존의 자연영상 부호화의 테두리를 벗어나 가상 공간상에서 삼차원 모델을 표현하고 처리하는 기술로서, 네트워크를 통한 삼차원 가상 환경에서의 통신과 여러가지 혼합된 미디어 산업의 발전에 크게 이바지하여 이상적인 멀티미디어 통신 서비스의 세계를 앞당길 것이다. **EE**



저작권 기사는 본지의 웹사이트를 통해서도 보실 수 있습니다.
http://www.chamdan.co.kr