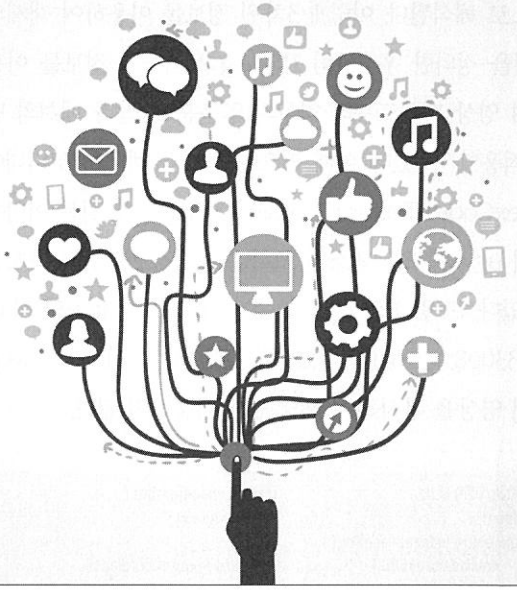


# 3D 그래픽스 압축 기술 및 표준화 동향

이 승 욱 ETRI 차세대콘텐츠연구소 선임연구원



## 1. 머리말

본 고에서는 3D 그래픽스 콘텐츠와 관련하여 콘텐츠의 압축, 복원에 관한 기술과 관련 국제표준화 진행 현황을 기술한다. 3D 그래픽스 콘텐츠는 방송, 영화 등의 영상 서비스와 게임, 가상현실 등의 다양한 응용분야에 적용되고 있으며, 파일의 크기가 상대적으로 커서 압축, 복원 및 전송하는 기술이 중요한 이슈로 부각되었다. 더욱 최근 가상세계 등의 응용에 따르면, 한 명의 사용자가 생성한 아바타, 의류, 아이템 등 모든 가상의 3D 객체를 실시간으로 다른 사용자에게 전송할 필요성이 증가함에 따라 압축, 복원 및 전송 관련 기술이 더 필요해지고 있다.

먼저 3D 그래픽스 콘텐츠가 어떻게 구성되어 있고, 압축 복원을 수행할 때 어떤 부분을 압축할 수 있는지에 대해 살펴본다. 또 3D 그래픽스 콘텐츠와 관련하여 가장 활발하게 압축에 대한 표준을 정의하는 국제표준 기구인 MPEG(Moving Picture Expert Group: ISO/IEC JTC1 SC29 WG11)에서 진행해 완성됐으며, 지금도 진행 중인 대표적인 그래픽스 압축 표준 기술인 AFX에 대해 살펴본다.

## 2. 3D 그래픽스 데이터의 구성

3D 그래픽스 데이터는 각각의 정점(Vertex) 위치를 나타내는 3차원 좌표와 이러한 3차원 정점 좌표로 구성되는 면(Face)의 표면에 그려지는 텍스처 정보를 정의하는 텍스처 좌표 및 텍스처를 기본으로 이뤄진다. 이를 기반으로 렌더링을 사용자의 의도에 따라 더욱 사실적으로 혹은 비사실적으로 나타내는 데 필요한 부가 정보, 예를 들어, 노멀 정보, 맵 정보 등으로 구성된다. 텍스처 정보의 경우, 실제 텍스처 이미지를 사용하지 않고 칼라필드를 이용해 정의할 수 있다. 정점 좌표나 칼라 정보 등을 이용하여 면 정보를 만들기 위해 이 정점의 좌표가 어떻게 연결되는지를 정의하는 인덱스 정보도 중요하다.

[그림 1]을 보면 일반적인 3D 그래픽스 콘텐츠가 어떻게 구성되는지를 알 수 있다. 코디네이트(Coordinate) 필드에 정의되어 있는 점들은 3차원 정점 좌표이며 이 값을 0, 1, 2 등의 순서로 인덱싱하고, 이 인덱스의 정보를 이용해 면을 만들 수 있다. [그림 1]의 e.g 1은 10번째, 0번째, 11번째의 세 점을 이용하여 삼각형의 면을 만든다. 컬러필드의 정점 좌표(Color Coordinate) 정보도 같은 방

식으로 해석된다. 이렇게 3차원 정보를 이용하여 객체의 외형을 정의한 후, [그림 1]의 e.g 2 텍스처 정보를 이용하여 영상 파일로부터 영상의 일부분을 잘라 메쉬의 면에 적용할 수 있다. 이때 필요한 정보가 텍스처 코디네이트(textureCoord TextureCoordinate) 정보이다. 원본 이미지에서 u, v 좌표를 텍스처 코디네이트 정보로부터 가져올 수 있다. [그림 1]의 e.g. 2는 (0.333008, 1.13184)의 좌표, (0.333008, 1.11621)의 좌표 및 (0.192387, 1.11323)의 좌표에서 영상을 복사하여 해당 면에 적용하면 된다.

```
#VRML V2.0 utf8
Shape {
  geometry IndexedFaceSet {
    coord Coordinate {
      point [
        0 0 -0.55
        0 0.12 -0.5
        0 0 0
      ]
    }
  }
  coordIndex [
    10 0 11 -1
    1 11 0 -1
    1 12 11 -1
  ]
  Color ...
  ColorIndex.....
}

texture ImageTexture {
  url "texture.jpg"
}
texCoord TextureCoordinate{
  point [
    (0.333008 1.13184) (0.333008, 1.11621)
    (0.192387 1.11323) ...
  ]
}
coordIndex [
  0,1,2 -1,
  1,4,5 -1 ...
]
```

VRML e.g. 1

VRML e.g. 2

[그림 1] VRML 기반 3D 그래픽스 콘텐츠 예제

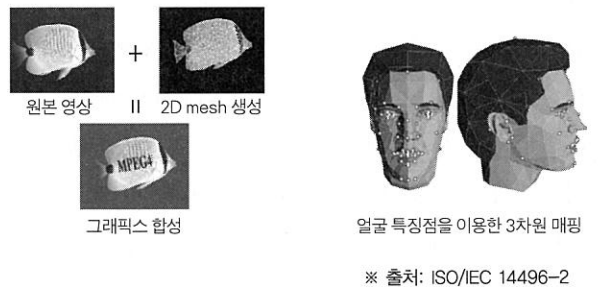
[그림 1]에서 보면 정점 좌표와 연결 정보(CoordIndex), 텍스처 코디네이트 등은 실수의 값으로 정의된다. 이 값들은 비슷한 값을 가지므로 압축될 수 있으며, 대부분의 압축 기술은 이 정보를 압축한다. 키프레임 애니메이션도 각 키프레임에서 각 조인트의 위치가 3차원 정점으로 정의되며, 이 조인트 정보를 다음 키프레임의 조인트 정보와 비교할 경우 비슷한 값을 가지므로 압축이 가능하다.

이렇게 압축이 가능한 속성 정보가 정의되면, 시공간적인 중복성을 제거하여 각 필드 정보의 엔트로피를 극대화하는 방법으로 압축을 진행한다. 이는 일반적으로 비디오, 오디오, 영상 등의 콘텐츠에 적용하는 압축 기법과

유사한 방법으로 정의된다. 다른 멀티미디어 데이터와의 차이점은 예측을 어떻게 하는가에 대한 차이와 초기 3차원 메쉬 모델을 해석하는 방법 정도이다. 주의할 것은 일반적인 멀티미디어 압축 기법은 약간의 복호화 오류를 허용하는 로씨(Lossy) 압축 기법을 사용한다. 그래픽스의 경우 정점좌표는 로씨 압축이 허용될 수 있으나, 연결 정보의 경우 로씨 압축이 허용되면 메쉬의 토폴로지가 변하기에 애니메이션 등을 적용할 시 중대한 오류가 발생할 수 있으므로, 일반적으로 로씨 기법을 허용하지 않는다.

### 3. 초기의 그래픽스 기술 표준

초기의 그래픽스 표준은 MPEG-4 part 2인 비주얼(ISO/IEC 14496-2)에 포함되어 있다. [그림 2]와 같이 비디오 영상에 그래픽스 객체를 오버레이 하는 2D 메쉬 애니메이션 기술과 인체의 얼굴 및 몸의 애니메이션 및 표현을 정의하는 표준이 제정되었다. 이때 적용되는 애니메이션을 파라미터를 정의하고 이 파라미터로 모든 움직임을 정한다. 메쉬의 압축을 위해 향후 3DMCe로 변경되는 3DMC 기술이 표준화되었다. 비주얼에 정의된 3DMC 기술은 면의 순서 정보가 변경되는 단점이 있다.



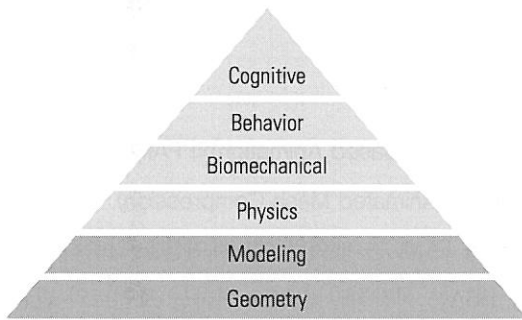
[그림 2] MPEG-4 Part 2의 그래픽스 기술

### 4. AFX 압축 기술 표준

3D 그래픽스에 관한 관심이 고조됨에 따라 MPEG에서는 1995년 동경 회의에서 비디오, 이미지 등의 실

사 영상이 아닌 가상의 합성 영상을 표현할 수 있는 SNHC(Synthetic and Natural Hybrid Coding)라는 그룹을 만들어 초창기 표준을 시작했다. 이 표준 그룹을 통해 MPEG-2 Visual, AFX, GFX 등의 관련 표준을 제정하며 활동했다. 이 SNHC는 2005년 Nice 회의에서 3D 그래픽스에 더욱 특화된 작업을 수행하기 위해 3DGC(3D Graphics Compression)로 이름을 변경하고, 현재까지 지속하고 있다.

이 SNHC 및 3DGC 그룹에서 다양한 표준 기술을 취합 및 제정하여 2004년에 1차 AFX 버전을 공식 발표했다. 이후 버전 2, 3 등이 공표되며, 2011년 10월에 SC3DMC(Scalable Complexity 3D Mesh Compression) 등의 기술이 추가된 4차 버전이 출간되었다.



※ 출처: ISO/IEC 14496-16: 2011

[그림 3] 게임과 애니메이션의 모델

[그림 3]은 AFX의 디자인 모델이다. AFX 툴로 게임 등 모든 3D 그래픽스 응용을 지원할 수 있게 디자인되었다.

- 기하 레벨: 3D 콘텐츠의 외형을 정의한다. 애니메이션을 위해 모션캡처 등의 장비를 이용하여 움직임 정보를 제공하여 애니메이션을 수행할 수 있게 한다.
- 모델 레벨: 기하 레벨을 확장하며, 파라미터를 이용한 트랜스포메이션, 외형 변형 등을 지원한다.
- 물리 레벨: 중력, 충돌 등의 물리적인 힘에 의한 변형, 동작 등을 정의한다.

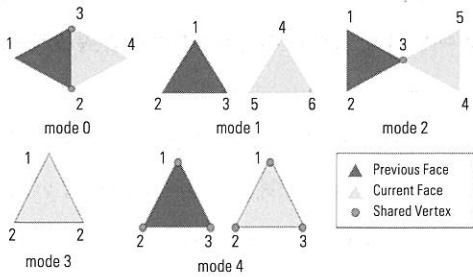
- 생체역학 레벨: 실제 생물같이 근육의 움직임에 따른 관절 및 외형의 움직임 등을 정의하며, 비틀림 등이 지원된다.
- 행동 레벨: 현재 상황에 대한 반작용 모델을 정의하며, 자극-반응 규칙을 이용하여 정의할 수 있다.
- 인지 레벨: 인공지능을 의미하며, 외부 3D 세계의 자극에 따른 학습으로 생성되는 일련의 결과를 정의한다.

#### 4.1 3DMCe

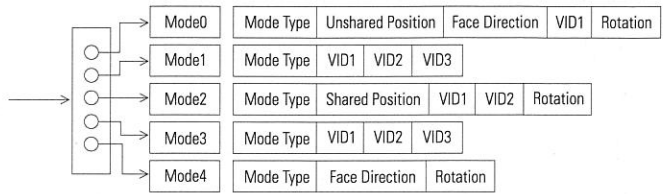
3DMCe(3D Mesh Coding extension)는 MPEG-4 Visual에 속한 3DMC(3D Mesh Coding)의 확장 기술이며 [그림 3]의 기하레벨에 속하는 기술이다. 토폴로지컬 서저리라는 기술을 이용하여 초기 메쉬를 분석해 메쉬의 인덱스 정보를 효율적으로 압축할 수 있으며, 면의 순서 정보를 보존할 수 있게 하려고 면의 순서 정보를 따로 압축·복원하는 모듈이 존재한다. 압축 효율을 극대화하기 위해 산술부호화(Arithmetic coding) 계열의 엔트로피 코더를 이용한다. 노멀 속성은 일반적인 예측부호화를 사용하지 않고, 노멀 정보의 방향을 3차원 구에 매핑시켜 양자화하는 방법을 사용한다.

#### 4.2 SC3DMC(Scalable Complexity 3D Mesh Coding)

가장 최근에 완성된 표준으로 4차 버전에 포함된 정지 메쉬에 대한 압축 기법이며, 압축·복원 속도와 압축률을 사용자가 선택하여 만들 수 있게 하는 스케일러블 메쉬 코딩이다. 초기에 표준을 시작할 때는 저복잡도 메쉬 코딩(Low Complexity Mesh Coding)으로 시작하였으나, 표준의 작업 과정에서 SC3DCM(Scalable Complexity 3D Mesh Coding)로 이름이 변경되었다. 핵심이 되는 기술로는 단순 양자화를 기반으로 하는 QBCR(Quantization Based Compact Representation), 이전 페이스 정보와의 공유 정점을 분석하여 인덱스를 압축하는 SVA(Shared Vertex Analysis) 그리고 속도는 조금 느리지만 높은 압축률을 가지는 TFAN(Triangle-



(a) 공유정점 분석의 4가지 모드



(b) 모드별 할당되는 비트 정보

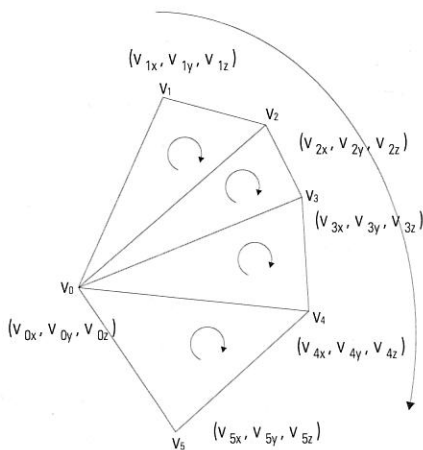
※ 출처: ISO/IEC 14496-16: 2011

[그림 4] SVA의 공유정점 분석 방법

FAN) 기술로 이뤄져 있다.

[그림 4]는 SVA의 핵심 기술인 공유정점을 분석하는 기술을 설명한다. [그림 4]의 (a)와 같이 공유 정점의 개수에 따라 5가지의 모드를 정의하고, [그림 4]의 (b)와 같이 각각의 모드별로 인코딩되는 정보를 전송한다. 공유정점 분석은 비교적 속도가 빠르면 압축률도 높아 SC3DMC에서 가장 범용적으로 사용될 수 있는 기술이다.

[그림 5]는 TFAN의 기술을 설명한다. [그림 5]와 같은 구조를 일반적으로 표현할 때는  $[v_0, v_1, v_2]$ ,  $[v_0, v_2, v_3]$ ,  $[v_0, v_3, v_4]$ ,  $[v_0, v_4, v_5]$ 의 형식으로 저장해야 하지만, 이 전체



※ 출처: ISO/IEC 14496-16: 2011

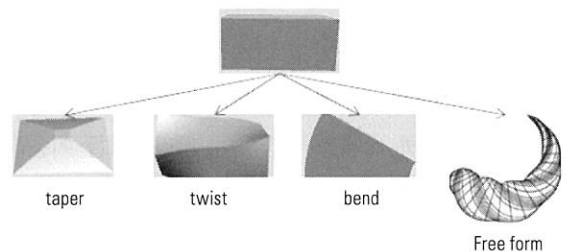
[그림 5] TFAN의 삼각형 메쉬 분석 구조

를 하나의 면으로 가정하여  $[v_0, v_1, v_2, v_3, v_4, v_5]$ 로 전송하는 구조이다. 이 경우 압축률은 높으나, 메쉬를 분석하고, 인덱스의 순서 정보를 따로 전송해야 하는 추가 작업이 존재한다.

### 4.3 BBA(Bone Based Animation)와 FAMC(Frame-based Animated Mesh Compression)

BBA와 FAMC는 메쉬의 애니메이션을 압축하는 표준이다. BBA는 시간적인 순서로 변하는 조인트의 변환 값을 압축하는 것이다. 기존의 비디오 압축 기술과 비슷하게 I-P 프레임 구조를 가지며, 양자화, 산술부호화, 예측기 등의 기술을 사용한다. BBA에서 사용되는 인체 모델의 구조는 H-Anim을 기반으로 동작한다.

동적 메쉬를 압축하는 FAMC는 매 프레임 메쉬를 가지는 모델에 대한 압축을 지원한다. 프레임마다



[그림 6] AFX에서 지원하는 변형 예제

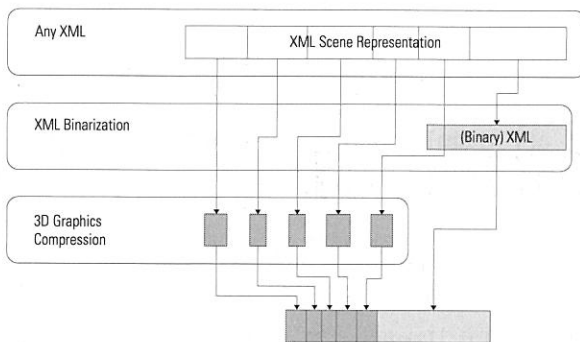
AnimationSegmentHeader와 AnimationSegmentData를 가지며, 이 데이터 세그먼트에는 스킨닝(Skinning)이라 불리는 시간적 예측 모델 정보가 포함되어 있다. 이 스킨닝 정보는 파티션 정보와 애니메이션 웨이트 정보 그리고 3차원 어파인 변환 정보를 포함한다. 예측 오류 값은 이산코사인 변환이나, 웨이브릿 변환, 레이어 기반 디코덱지션 기법 등으로 인코딩된다.

이외에도 [그림 6]과 같이 애니메이션과 유사한 선형·비선형·자유 변형 등을 지원한다.

## 5. MPEG의 응용 기술 표준

### 5.1 MPEG-4 Part 25: 3DGCM(3D Graphics Compression Model)

일반적으로 MPEG은 VRML에서 사용하는 IFS (Indexed Face Set) 기반의 데이터를 처리한다. 그러나 소니 등의 업체와 많은 게임 업체에서 사용되고 있는 형태는 COLLADA 파일 형태이므로 이를 MPEG의 기술로 적용하기 어려움에 따라, [그림 7]과 같이 XML 기반의 모든 파일에 대한 압축을 지원하기 위해 개발된 표준이다. XML 데이터를 파싱해 실제 정점 좌표, 연결 정보 등의 데이터를 추출하여 그래픽스 압축 툴에 적용하게 하는 방법으로 2011년에 SC3DMC 기술을 추가해 2차 버전을 공표하였다.



※ 출처: ISO/IEC 14496-16: 2011

[그림 7] XML 파일 분석 및 MPEG 압축 기술 적용

## 5.2 MPEG-M

MPEG-M은 MXM(MPEG eXtensible Middleware)로 불리며 기존의 MPEG 코덱을 API화 하여 사용자에게 제공하게 하는 표준이다. 예를 들어 영상, 비디오, 오디오, 그래픽스 콘텐츠가 혼합된 장면을 디코딩하기 위해서 사용자는 MPEG의 해당 표준 전체를 참조하여 플레이어 구현해야 하지만, MXM에서 제공하는 API 리스트만 알면 함수의 호출만으로 이 전체를 구현할 수 있다. 현재 MXM에는 오디오, 비디오, 그래픽스의 일부분 기술이 API화 되어 있으며, 그래픽스의 경우 애니메이션 정보를 얻을 수 있는 GetAnimation 함수, 텍스처 관련된 외형 정보를 얻을 수 있는 GetAppearance 함수 그리고 정점 정보를 얻을 수 있는 GetGeometry 함수 등이 정의되어 있으며, 이들은 Graphics3D 패키지에 포함되어 있다.

## 6. 맺음말

본 고에서는 3D 그래픽스 콘텐츠의 압축 기술과 관련 표준화를 MPEG을 중심으로 살펴보았다. 콘텐츠를 통해 다양한 경험을 원하는 사용자에게 3차원 그래픽스 콘텐츠는 사용자 임의의 시점 변경, 크기 변경, 씬의 구성 변경 등 다양한 장면을 연출할 수 있으므로 더욱 발전할 전망이다. 이와 함께 관련 기술 및 표준화도 발전될 전망이다. 관련 표준 기술도 시장의 요구사항에 맞게 더욱 발전하여, 3차원 영상 산업 발전에 큰 기여를 할 것으로 기대된다. 