

# MPEG의 3D Graphics 표준화 동향

안정환, 한만진 (삼성종합기술원, 컴퓨팅랩)

## I. 서론

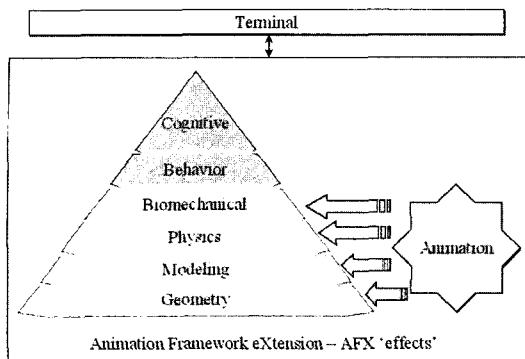
3D 그래픽에 대한 관심이 높아지면서 CAD, 3D 애니메이션, 가상현실, 멀티미디어 콘텐트, 실시간 3D게임, 영화, 3D입체영상, 의료, 군사훈련 시뮬레이터, 엔터테인먼트분야 등 다양한 분야에서 3D그래픽 기술이 활용되고 있다. 이렇게 3D 그래픽 데이터가 널리 사용됨에 따라 1995년 동경 미팅에서 처음으로 MPEG-4 SNHC(Synthetic and Natural Hybrid Coding) 그룹 활동이 시작됐다. 이후 1999년 발표된 MPEG-4 Visual 버전[1]에서 얼굴 애니메이션(Face animation), 2D Mesh 압축, View-Dependent Coding기술이 포함되었고, 2000년에는 몸통 애니메이션(Body animation)과 3D 정지 모델 압축(3DMC, 3D Mesh Coding)방식이 MPEG-4 Visual 버전2에 추가 되었다.

그러나 정지 모델 압축뿐만 아니라 애니메이션 모델 압축, 다양한 텍스처 표현 등 그래픽 기술에 대한 요구로 2000년 AFX(Animation Framework eXtension)<sup>[2]</sup>이 시작되어 2004년 ISO/IEC 14496-16 표준안이 완료됐다. 2005

년 7월에는 Multi-texture, Morphing등이 추가된 AFX Amendment 1의 FDAM(Final Draft of Amendment)이 완료 됐고, 현재 3DMC extension, Foot-print based Representation등이 추가된 Amendment 2에 대한 WD(Working Draft)가 진행 중이다. 이와 더불어 오디오/비디오와 2D/3D 그래픽이 하나의 장면에서 결합되어 인터랙티브 멀티미디어가 가능한 MPEG-J Application Engine에 대한 요구로 JAVA에 기반을 둔 GFX(Graphical Framework eXtension)<sup>[3]</sup> 표준이 진행 중이다. GFX는 2005년 7월 현재 14496-21 표준안의 FCD(Final Committee Draft)단계로, 2006년 1월 미팅에서 FDIS(Final Draft of International Standard)가 될 예정이다.

그림 1은 AFX의 전체적인 개념 구성도로 그림과 같이 크게 6레벨로 분류된다.

1. 기하 레벨(Geometric models): 3차원 모델의 형태나 외형 등을 정의한다. Low-level에서 애니메이션이나 게임에 사용되는 캐릭터들에 대해 key-framing



〈그림 1〉 AFX 개념 구성도

이나 모션 캡쳐 데이터를 주어 애니메이션을 하게 한다.

2. 모델링 모델(Modeling models): Geometric model의 확장으로 선형 혹은 비 선형 변형(Deformation)등을 더할 수 있어, 원래 형태의 변화 없이 모델의 Transformation을 한다. Geometric 모델과는 독립적인 변형 파라메터를 변화시켜 애니메이션이 가능하다.
3. 물리 모델(Physical models): 객체의 관성과 같이 물리적인 특성을 가지며, 중력과 같은 외부 힘에 반응할 수 있게 한다. Physical model을 사용하면 자동적으로 실감나는 애니메이션을 표현할 수 있다. 따라서, 충돌에 대한 반응, Deformable body, Rigid-articulated body와 같은 응용에 사용된다.
4. 생체 역학 모델(Biomechanical models): 실제 생물들은 근육을 가지고 있어 관절을 기준으로 힘을 내거나 비틀림(Torque)를 발휘할 수 있다. 생체 역학 모델은 이러한 것들을 정의한다.
5. 반응 모델(Behavioral models): 현재 상황에 대한 반작용(Reactive behavior)

과 같은 특징을 정의한다. 반작용은 Stimulus-response 규칙을 이용해 구현할 수 있는데, FSM(Finite States Machines)가 주로 사용된다.

6. 인지 모델(Cognitive models): 인공지능과 비슷한 개념으로 만일 캐릭터가 3D World로부터 자극을 통해 학습할 수 있다면, 그 캐릭터가 적응적으로 행동하게 할 수 있다.

6레벨의 기본 구성도를 기반으로 가장 하위 레벨부터 상위 레벨로 3D 아바타(Avatar)를 만든다고 가정하면, 가장 먼저 다리, 팔, 머리 등을 만들기 위한 기하 정보가 필요할 것이다. 이 기하 정보는 좀더 현실감을 줄 수 있게 변형(Deformed)될 수 있도록 모델링되고, 피부, 머리, 옷과 같은 물리 모델이 기하 정보에 덧붙여 질 수 있다. 만일 기하 정보에 변형이 일어나면 물리 기반 모델도 물리적인 특성에 따라 같이 변형되어 주름과 같은 특징을 표현할 수 있다. 그리고 움직임이나 외부 충돌 등을 표현하기 위해 생체 역학 모델이 사용될 수 있다. 이렇게 생성된 아바타는 가상 공간상에서 어떤 다른 객체와 인터랙션(Interaction)해서 생길 수 있는 특별한 행동 등을 표현할 수 있다. 또한 경험으로부터 어떤 행동을 배울 수도 있다. 예를 들어 아바타가 뜨거운 표면을 만진다면, 손상을 입을 것이고 다음부터는 이런 뜨거운 면을 만나면 피할 것이다. 역으로 가장 상위 레벨부터 하위 레벨까지의 순서로 구조를 생각할 수도 있다. 만약 아바타가 뜨거운 표면을 만진다면, 이 행동은 손에 달라르고, 생체 역학적인 패턴에 따라 손은 놀라 뒤로 피하는 행동을

취할 것이다. 그 움직임의 속도는 몸에 연결된 물리적인 특성에 따라 달라질 것이고, 손을 정의하고 있는 기하정보의 특성을 변화시킬 것이다.

이중에서 상위에 있는 인지 모델과 반응 모델은 응용 프로그램에 따라 다르고, 각 응용 프로그램에 대해 최적화된 기술이 필요하

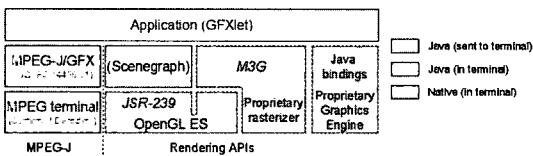
므로 AFX에서는 정의하지 않는다.

표 1<sup>[14]</sup>은 현재 AFX에서 제공하는 대표적인 기술에 대한 리스트이다. 크게 3D 그래픽 모델을 형성하는 가장 기본적인 기하정보 레벨(Geometry)부터 모델링 레벨, 생체 역학 레벨로 나누었으며 각 레벨에 정의된 기술과 그에 대한 목적을 기술하였다.

〈표 1〉 AFX 기술 리스트

기술	목적	예제
기하 레벨		
Parametric curve and surface representations	Delivering smooth shapes with a high level deformation control	
Subdivision Surfaces	Simplification and progressive transmission of large scale models	
MeshGrid Surface	Representing generic models preserving volume information, and offering versatile manipulation features	
Depth Image-Based Representation	3D photorealistic display of objects from a set of images	
Depth Image-Based Representation Version 2	High-quality rendering of image- and point-based objects	
Multi-Texture	Provide multiple textures for natural appearance together with view-adaptive real-time weighting	
Morphing space	Combining by linear interpolation of several target shapes with a base shape in order to obtain precise deformations and smooth animation.	
Solid Modeling	Combining simple 3D primitives for a compact and exact analytical representation of manufactured and architectural models	
모델링 레벨		
Deformers	Enabling controlled non rigid displacements	
생체 역학 모델		
Bone-Based Animation	Modeling and animation of generic articulated 3D objects	

GFX는 인터랙티브 멀티미디어가 가능하도록 Java에 기반을 둔 MPEG-J를 확장한 것이다. 따라서 GFX 애플리케이션은 또한 Mobile과 같은 Embedded System에서 사용될 수 있도록 그림 2와 같이 Lower-level로는 OpenGL ES를 Higher-level로는 JSR-184 (M3G) API를 혹은 Proprietary한 Rendering 엔진을 수용할 수 있는 구조를 가지고 있다.



〈그림 2〉 GFX의 전체 블록도

본 고에서는 현재 관심이 고조되고 있는 MPEG에서의 3D 그래 기술에 대한 전반적인 현황과 그 전망에 대해 알아보고자 한다. 특히 현재 표준화가 진행중인 AFX에 중점을 두며, 제 II절에서는 I절에서 설명했던 AFX의 각 기술에 대한 이해를 돋기 위해 각 기술별로 자세히 살펴보고, 제 III절에서 AFX의 기술동향 및 향후 전망에 대해 살펴본다.

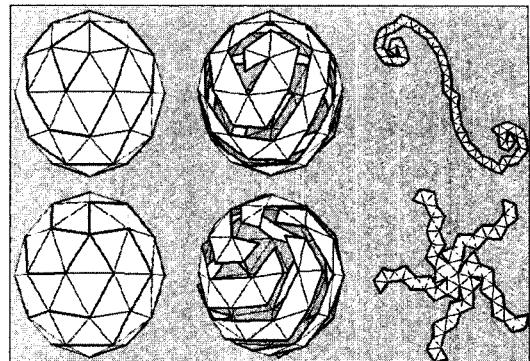
## II. AFX 기술

### 1. Geometry Model

#### 1) 3D 메쉬 압축

3DMC는 그림 3에 나와 있는 Topological Surgery에 기반을 두고 있으며 모델 압축뿐 아니라 점진적인 렌더링 (Incremental rendering), non-manifold 모델 지원, error resilience, Progressive 메쉬와 같은 기능을

지원한다.<sup>[1]</sup>



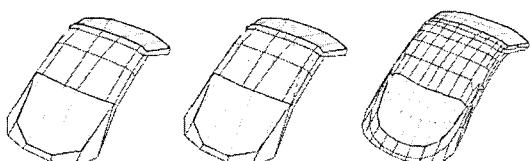
〈그림 3〉 Topological Surgery기반 3D 메쉬 압축

- 압축: VRML ASCII 파일 대비 30~40배 정도의 압축효율을 얻을 수 있다.
- 점진적 렌더링(Incremental rendering): 압축 비트 스트림을 전송하거나 로딩할 때 모든 비트 스트림을 받아서 디코딩 할 필요 없이 전송받은 부분만을 디코딩하여 렌더링이 가능하여 대기 시간을 줄일 수 있다.
- Nonmanifold 모델 지원: Stitching이라는 과정을 통해 nonorientable 혹은 nonmanifold 모델의 압축을 지원한다.
- 에러 강인성(Error Resilience) : 압축된 비트 스트림에 오류가 나도 그 비트 스트림을 버리지 않고, 오류가 없는 부분에 대해서는 복호가 가능한다.
- 점진적 렌더링(progressive transmission): 관찰자와의 거리에 따라 Level-Of-Detail 을 지원한다.

#### 2) Shaping Objects

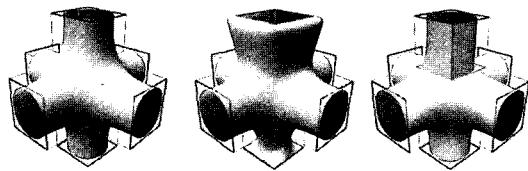
일반적으로 VRML(Virtual Reality Modeling Language)에서의 3D 객체는 IndexedFaceSet

노드로 표현되는 폴리곤 메쉬 형태로 표현된다. AFX에서는 NURBS<sup>[4] [5]</sup>, Subdivision Surface<sup>[6]</sup>, MeshGrid<sup>[7]</sup>가 있어 폴리곤 메쉬 뿐 아니라 Curved Surface와 Grid 형태로 3D 그래픽 모델을 표현할 수 있다. Subdivision surface는 잘 알려진 Loop<sup>[8]</sup>와 Catmull-Clark<sup>[9]</sup>를 지원하고 Normal control 혹은 Edge sharpness와 같은 것을 사용한 좀더 개선된 방법도 제공한다. Extended Loop 알고리즘은 Quadrangulated 메쉬가 분할될 때, 커브가 부드럽게 변할 수 있게 한다. 그림 4는 Extended Loop 알고리즘을 보여주는데, 그림 4(a)와 같은 Quad모델이 주어지면 삼각형화를 통해 그림 4(b)와 같이 가상 에지를 생성한다. 이 가상 에지를 사용하여 Subdivision을 하여 얻은 최종 결과는 그림 4(c)로 전체적인 Curvature를 잘 보존한 것을 알 수 있다. 그림 5는 사용자가 서로 다른 Normal을 주었을 때 얻은 Subdivision 결과이다. Hierarchical subdivision 방법은 그림 6과 같이 wavelet 기법을 사용하여 점진적으로 각 레벨에 자세한 정보를 추가할 수 있게 한다.



〈그림 4〉 extended Loop Subdivision surfaces: (a) Quad (b) Triangulation으로 생성한 invisible edges (c) subdivision 결과

Modeling에 사용되는 또 다른 기법으로 MeshGrid<sup>[7]</sup>라는 기술이 있다. 여기서는

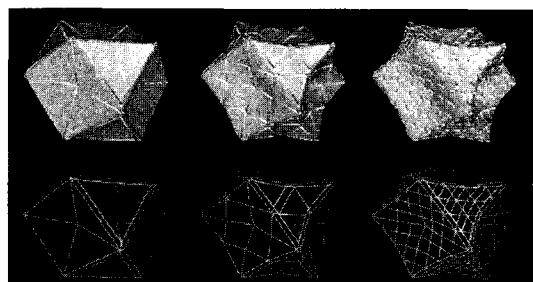


〈그림 5〉 Normal 조절을 한 Subdivision surfaces



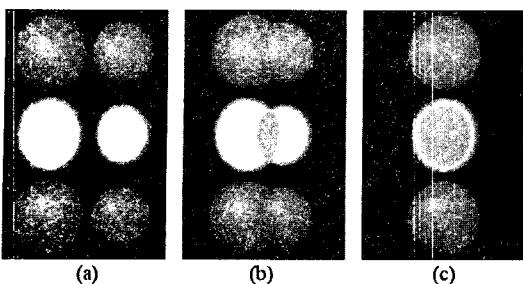
〈그림 6〉 Hierarchical subdivision surfaces

Reference grid라고 하는 3차원 격자 구조와 Connectivity wireframe이라고 하는 연결성 정보를 가지고 Grid구조로 모델을 표현하는 방법이다. 따라서 그림 7과 같이 Multi-resolution이나 애니메이션이 자연스럽게 이루어질 수 있도록 할 수 있다.



〈그림 7〉 MeshGrid deformations

AFX에서 Solid모델에 대한 표현도 가능하여 그림 8과 같이 다양한 Volumetric 연산을 통해 복잡한 모델을 생성할 수도 있다. 그림 8과 9는 이렇게 생성한 Solid 모델링을 보여 준다.<sup>[10]</sup>



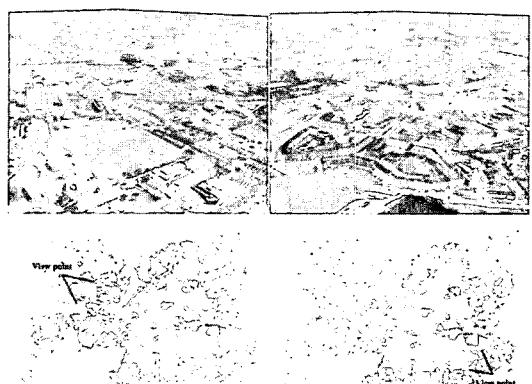
〈그림 8〉 밀도를 가진 Solid 모델링 모델의 연산:  
(a) two separate spheres, (b) intersecting spheres, (c) overlapping spheres.



〈그림 9〉 Solid 모델링의 예

Multiresolution urban representation 기술은 네트워크 기반에서 상호 작용이 되는 3차원 네비게이션을 목표로 한다. 장점으로는 자유롭게 비행기 시점에 보는 듯한(flying-over) 네비게이션이 가능하다는 것이다. 이 기술에서 사용하는 지리적인 컨텐츠로는 지형, 건물, 나무/초목, 교통망 등이 있다. 특징으로는 이러한 지리적인 컨텐츠를 적응적으로 스트리밍하고 렌더링할 수 있다. 따라서, 지리적인 컨텐츠를 Coarse한 장면에서 점

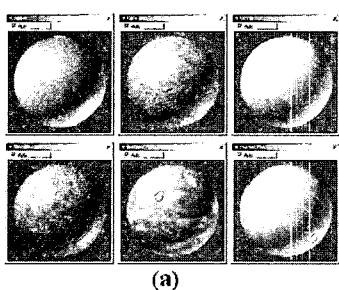
차 Refine된 장면으로 점진적으로 보여줄 수 있다. 그림 10과 같이 네트워크 상태/대역폭(bandwidth)과 단말기 성능에 따라 적응적으로 동작하는 Scalability 기능이 있고, 시점에 따라 렌더링을 하므로 view-dependence 기능이 있다. 또한, 웨이블렛기반으로 기하 정보와 텍스처 정보를 압축하는 기능이 있다.



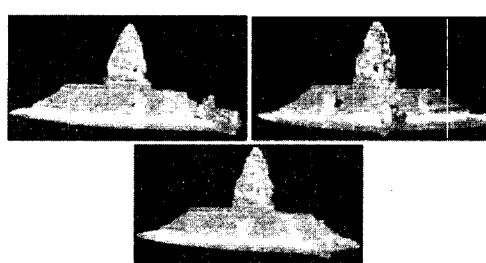
〈그림 10〉 다중 해상도 도시 표현

### 3) Texturing models

AFX에서는 Fractal plasma에 기반한 Procedural texture부터 멀티 텍스쳐링(Multi-texturing), 이미지 기반 렌더링(Image-based rendering) 등 텍스쳐를 생성하는 새로운 툴이 있다. Procedural Texture는 적은 파라미터의 조절만으로 그림 11(a)와 같이 다양한 효과의 텍스쳐를 생성할 수 있



(a)



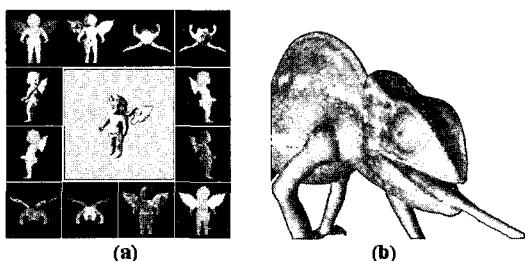
(b)

〈그림 11〉 텍스처 모델링: (a) Procedural Texture (b) Multi-Texture



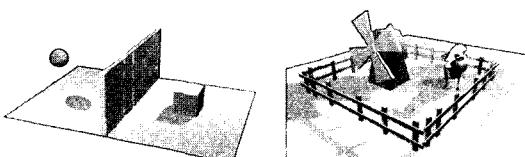
다. 기본적인 개념은 Fractal Plasma를 지정하고, 이들을 여러 셀들로 나뉘어진 텍스쳐에 적절히 Subdivide시킨 후 텍스쳐에 공간적인 왜곡을 준 다음 색을 뿌리는 방법이다.

깊이 이미지 기반 렌더링(Depth Image-based Rendering)은 그림 12(a)와 같이 메쉬와 같은 기하 정보없이 여러 방향에서 취득한 실제 영상과 그에 따른 깊이 정보를 이용하여 3차원 영상을 렌더링한다.<sup>[11]</sup> 이후 그림 12(b)와 같이 고화질의 영상을 렌더링 할 수 있는 DIBR version 2가 개발되었다.



〈그림 12〉 Depth image-based rendering: (a) DIBR (b) DIBR Ver 2

또한 그림 13과 같이 3차원 장면의 현실성을 높이기 위해 장면에 그림자를 넣을 수 있는 기술도 있으며, 현재 Amd2에 채택되었다.

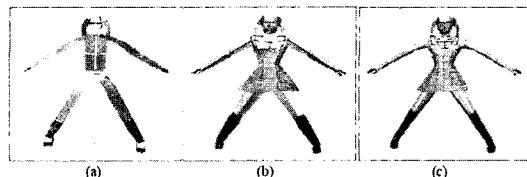


〈그림 13〉 그림자 효과

## 2. AFX animation tools

AFX 이전에 Visual Tool로서 FBA(Face and Body Animation) 기술이 있었지만 이것

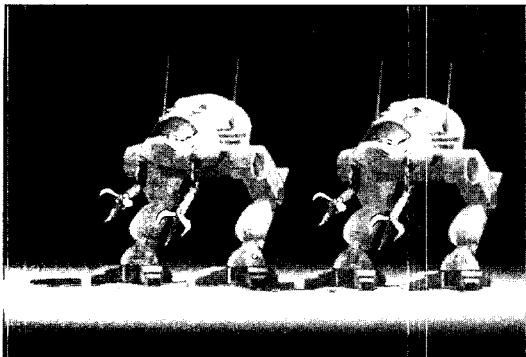
은 사람 모델에 한정된 것으로 다양한 뼈대(Bone)기반 애니메이션을 지원할 수 없었다. 따라서 AFX에서는 Bone-based Animation (BBA) 을 지원하여 Skeleton 기반 애니메이션을 지원할 수 있다.<sup>[12]</sup> 일반적으로 Skin 메쉬에 Bone이 연결되고 Bone이 움직이면 Skin도 이에 따라 변형될 수 있다. BBA는 생체 역학 툴로써 인간뿐만 아니라 Skeleton을 갖고 있는 다양한 형태에 대해 사용될 수 있다. Skin 모델은 그림 14처럼 간단한 메쉬 뿐만 아니라 Subdivision Surface와 같은 복잡한 모델이 사용될 수 있다. 물론 Skeleton이 움직이면 이에 따라 subdivision된 skin도 같이 애니메이션 된다.



〈그림 14〉 Skeleton 애니메이션 : (a) Skeleton structure, (b) subdivision을 사용한 skin, (c) 최종 subdivision 적용 skin

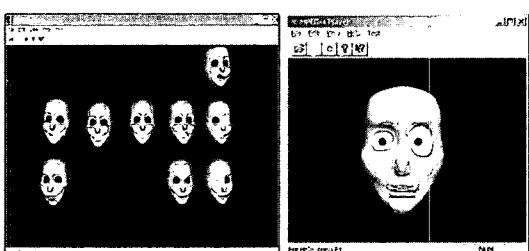
또한 일반적으로 사용되는 애니메이션으로 Key-frame기반 애니메이션이 널리 사용되고 있는데, 이러한 정보들은 상당히 방대해서 이와 같은 애니메이션이 있을 경우 전체 데이터의 대부분을 차지한다. 따라서 PositionInterpolator, CoordinateInterpolator, OrientationInterpolator와 같은 Key-frame 기반 애니메이션에 대한 압축이 필수적이다.<sup>[13]</sup> AFX에서는 이러한 애니메이션 데이터에 대해 20~30:1의 압축 효율을 보이고 있다. 그림 15는 3DMC로 원래 모델을 40:1로 압축하고 CoordinateInterpolator 애니메이션 데이터

터를 17:1로 압축한 결과로 Visual Quality는 원본과 비슷한 것을 알 수 있다.



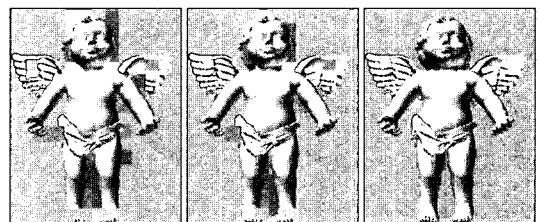
〈그림 15〉 3DMC 및 Coordinate Compression 결과. (왼쪽): 원래 모델, (오른쪽): 복원 모델

일반적으로 모핑(Morphing)이라 하면, 두 개의 모델 즉, 소스 모델과 타겟 모델로부터 일련의 연속적인 중간 모델들을 만들어서 부드러운 애니메이션이 가능하도록 하는 것이다. AFX에서는 소스 모델과 다수로 구성된 타겟 모델로부터 일련의 연속적인 중간 모델들을 만드는 것이 가능하다. 그림 16에서 보듯이 중간 영상 또는 모델을 만들 때 소스 모델과, 각각 다른 Weighting Factor를 갖는 다수의 모델을 혼합함으로써 일반적인 모핑 방법보다 더 자유도가 높은 중간 영상들을 생성할 수 있다.



〈그림 16〉 Morphing: (a) 다수의 소스 모델 (b) 타겟 모델

DIBR 노드 중에 PointTexture 노드가 있는데 이는 3차원 공간상에 Point로 3차원 모델을 표현한다. 따라서 그 양이 방대하여 압축 기술이 반드시 필요하다. 따라서 AFX에서는 PointTexture Node에 대한 압축기술이 있는데 각 Point의 주변 값에 대한 상관관계를 이용하여 압축하여 원래 크기의 40%까지 크기를 줄일 수 있다. 또한 점진적인(Progressive) 압축이 가능하기 때문에, 그림 17에서 보는 것처럼 점진적인 복원이 가능하다.



〈그림 17〉 PointTexture 압축

### 3. 3D Compression Profile

AFX에는 3D 그래픽 데이터의 효과적인 전송 및 저장을 위한 3D Compression 프로파일과 레벨을 정의했다. 표 2와 같이 6개의 기본적인 툴이 정의되었고 각각의 특징은 다음과 같다.

- Simple 3DMC: Progressive나 Stitch 기능을 제외한 폴리곤 메쉬 모델의 압축과 여러 강인성을 준다.
- Simple CI: Coordinate Interpolator 애니메이션을 압축한다.
- Simple PI: Position Interpolator 애니메이션을 압축하고 Key-Preserving과 Path-Preserving 2가지 모드를 지원한다.



- Simple OI: Orientation Interpolator 애니메이션을 압축하고 Key-Preserving과 Path-Preserving 2가지 모드를 지원한다.
- Simple WSS: 3차원 모델의 LOD(Level-Of-Detail)을 지원한다. 단, 기본 메쉬는 IFS 형태의 모델만 허용한다.
- Simple BBA: 뼈로 구성된 Skeleton 애니메이션을 지원한다. 단 근육은 지원하지 않는다.

〈표 2〉 Tools for 3D Compression Object Types

AFX Tools	3D Compression Object Types					
	Simple 3DMC	Simple CI	Simple PI	Simple OI	Simple WSS	Simple BBA
3D Mesh Compression (3DMC)						
• Basic	x					
CoordinateInterpolator (CI)		x				
PositionInterpolator (PI)			x			
• Key Preserving						
• Path Preserving						
OrientationInterpolator (OI)				x		
• Key Preserving						
• Path Preserving						
Wavelet Subdivision Surface (WSS)					x	
• IndexedFaceSet for base mesh						
BBA						x
• Without Muscle						

모바일 단말이 진화함에 따라 얼마 전까지도 불가능했던 3D 게임, 3D 아바타, 3D GUI 와 같은 서비스가 가능하게 되었다. 그러나 모바일 단말은 컴퓨팅 파워나 전력 소모면에 제한이 있고, 무선 망과 같은 네트워크 대역폭의 제한으로 3D 모델을 전송 및 저장에 있어 압축이 필수적인 기술이다. 따라서 모바일 단말에서의 응용 프로그램을 위한 Core Profile을 정의했으며, 이것은 다음과 같이 6개의 Object type을 갖는다.

〈표 3〉 Core 3D Compression Profile

Profiles	3D Compression Object Types					
	Simple 3DMC	Simple CI	Simple PI	Simple OI	Simple WSS	Simple BBA
Core profile	x	x	x	x	x	x

### III. Conclusion and future work

AFX는 렌더링, 애니메이션, 인터랙션이 가능한 응용프로그램을 위한 범용적인 멀티미디어 프레임워크로 설계 되었다. 2004년 ISO/IEC 14496-16의 표준이 나온 이래 꾸준하게 많은 기술들이 소개되어 최근 2005년 7월 미팅에서는 Amendment 1에 대한 FDAM이 완료됐다. 현재 3차원 모델 압축의 확장과 그림자 지원, Foot-print based representation 등으로 표준화가 계속 진행 중이다.

#### 参考 문헌

- ISO/IEC 14496-2, *Coding of Audio-Visual Objects: Part 2: Visual*, January 2001.
- ISO/IEC 14496-16, *Coding of Audio-Visual Objects: Part 16: Animation Framework eXtension (AFX)*, December 2003.
- ISO/IEC 14496-21, *Coding of audio-visual objects, Part 21: MPEG-J Graphics Framework extension (GFX)*, July 2005.
- Piegl and Tiller. *The NURBS book*. Springer-Verlag. 1997.
- Blaxxun Interactive. *NURBS extension for VRML97*. <http://www.blaxxun.com/developer/contact/3d/nurbs/overview.html>. April 1999.
- Biermann H., Levin A., Zorin D., "Piecewise-smooth subdivision surfaces," SIGGRAPH 2000 Conference Proceedings, pp. 113-120, July 2000.
- Salomie A., Deklerck R., Cornelis J., "TriScan

- Surface Extraction & Coding Method”, Contribution m6747 to ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 (MPEG), January 2001.*
8. Loop C. *Smooth subdivision surfaces based on triangles.* Master’s thesis, Department of Mathematics, University of Utah, August 1987.
9. Catmull E. and Clark J, “*Recursively generated B-spline surfaces on arbitrary topological meshes,*” Computer-Aided Design, pp. 350-355, September 1978.
10. A.Mignot and P.Garneau, “MPEG-4 toward Solid Representation,” *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol 14, pp.967-974, July 2004.
11. L. Levkovich-Maslyuk, A. Ignatenko, A. Zhirkov, A. Konushin, I.K. Park, M. Han and Y. Bayakovski, “Depth Image-Based Representation and Compression for Static and Animated 3-D Object,” *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol 14, pp.1032-1045, July 2004.
12. M. Preda and F. Preteux, “*Virtual Character Within MPEG-4 Animation Framework eXtension,*” *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol 14, pp.975-988, July 2004.
13. E. S. Jang, J. D. K. Kim, S. Y. Jung, M.-J. Han, S. O. Woo and S.-J. Lee, “Interpolator Data Compression for MPEG-4 Animation,” *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol 14, pp.989-1008, July 2004.
13. Marcos Avilés Rodrígálvarez, “SNHC FAQ (Frequently Asked Questions) 14.0”, Contribution m7406 to ISO/IEC JTC1/SC29/WG11(MPEG), July 2005.
14. Marcos Avilés Rodrígálvarez, “SNHC FAQ(Frequently Asked Questions) 14.0”, Contribution m7406 to ISO/IEC JTC1/SC29/WG11(MPEG), July 2005.

## 저자소개



안정환

2003년 3월 – 현재 삼성종합기술원 컴퓨팅랩 전문연구원  
 2005년 1월 – 현재 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 (MPEG) Co-chair of Ad Hoc Group on AFX 주관심 분야 3D Graphics, MPEG SNHC, 3D Model & Animation Compression



한만진

1996년 3월 – 1998년 09월 삼성종합기술원 수퍼컴 용융 Lab  
 1998년 9월 – 현재 삼성종합기술원 컴퓨팅랩 전문연구원  
 2005년 1월 – 현재 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 (MPEG) SNHC 의장  
 주관심 분야 3D Graphics, MPEG SNHC, 3D Model & Animation Compression, Image-based Rendering