

MPEG AFX: 애니메이션 압축 기술

안정환
삼성종합기술원

요약

본 고에서는 MPEG 3DGC(3D Graphics Compression)서브 그룹에서 진행중인 ISO/IEC 14496-16 AFX(Animation Framework eXtension)중 Animation과 관련된 동향에 대해 기술한다. 가상 공간에서의 bone-based, 모델과 같은 캐릭터 애니메이션의 표현과 압축, 소스 모델과 타겟 모델로부터 일련의 연속적인 중간 모델들을 만들어서 부드러운 애니메이션이 가능하도록 하는 모핑 애니메이션, 키 프레임 애니메이션의 압축에 대해 살펴보고, 현재 진행중인 Frame-based Animation Compression 대해 살펴본다. 마지막으로, 이러한 압축 틀을 사용하여 압축한 3D 비트 스트림을 다중화(Multiplexing)하여 저장하는 m3d 데이터 포맷에 대해 살펴본다.

1. Introduction

3D 그래픽에 대한 관심이 높아지면서 CAD, 3D 애니메이션, 가상현실, 멀티미디어 콘텐츠, 실시간 3D게임, 영화, 3D 입체영상, 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 시작됐으며 MPEG-4 Visual, AFX, GFX 등 다양한 3D 표준을 만들어 왔다. 2005년 10월

Nice미팅에서는 향후 중점적으로 추진하고자 하는 일을 잘 드러내기 위해 SNHC 그룹의 이름을 3D Graphics Compression (3DGC)으로 변경하였다.

1999년 발표된 MPEG-4 Visual 파트[1]에서 얼굴 애니메이션(Face animation), 2D Mesh 압축, View-Dependent Coding기술이 포함되었고, 2000년에는 몸통 애니메이션(Body animation)과 3D 정지 모델 압축(3D Mesh Coding)방식이 MPEG-4 Visual 차기 버전에 추가 되었다.

그러나 정지 모델 압축뿐만 아니라 애니메이션 모델 압축, 다양한 텍스처 표현 등의 그래픽 기술에 대한 요구로 2000년 AFX(Animation Framework eXtension)[2]이 시작되어 2004년 ISO/IEC 14496-16 표준안이 완료됐다. 2005년 7월에는 Multi-texture, Morphing과 3D Graphics Profile등이 추가된 AFX Amendment 1의 FDAM(Final Draft of Amendment)[6]이 완료 됐다. 그리고 Amendment1과 기존 AFX 스펙이 하나로 통합되어 AFX version2가 출간됐다. 이후 2007년 1월 3DMC extension, Foot-print based Representation등이 추가된 Amendment 1에 대한 FDAM가 완료됐다[7]. 현재는 매 프레임 애니메이션 데이터를 압축하는 Frame-based Animated Mesh Compression으로 WD(Working Draft)[11]가 진행 중으로 2008년 4월 FDAM이 나올 예정이다.

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)[3] 표준이 진행됐다. GFX는 2005년 7월 14496-21표준안의 FCD(Final Committee Draft)단계가 됐고, 2006년 1월 미팅에서 FDIS(Final Draft of

International Standard)가 되었다. 3D Graphics Compression 그룹과 관련된 표준화 진행 상황은 <표 1>과 같다.

<표 1> 2007년 1월 기준 MPEG-4 AFX 표준화 진행 현황

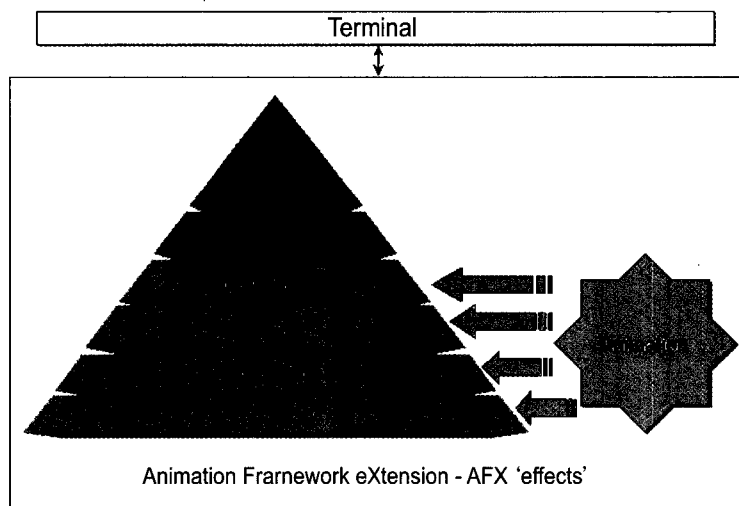
Pt	Project	명 칭	CIP	WD	CD PDAM DCOR	FCD FPDAM	FDIS FDAM COR
4	Amd.16	MPEG-J GFX conformance			06/04	06/10	07/04
4	Amd.21	Geometry and Shadow conformance		06/07	06/10	07/04	07/10
5	Amd.11	MPEG-J GFX reference software		06/01	06/04	06/07	07/04
5	Amd.13	Geometry and Shadow reference software		06/07	06/10	07/04	07/10
16	Amd.1	Geometry and Shadow		05/04	06/04	06/07	07/01
16	Amd.2	Frame-based Animated Mesh Compression		07/01	07/07	07/10	08/04

(그림 1)은 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-framing이나 모션 캡처 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 파라미터를 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. 반 작용은 Stimulus-response 규칙을 이용해 구현할 수 있는데, FSM(Finite-States Machines)이 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.




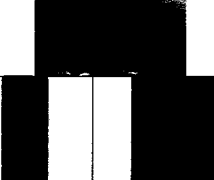

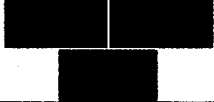







(그림 1) AFX 개념 구성도

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 다다르고, 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 필요하므로 AFX에서는 정의하지 않는다.

<표 2> AFX 기술 리스트

		예	
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	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 방법			
Deformers	Enabling controlled non rigid displacements		
생체 역학 모델			
Bone-Based Animation	Modeling and animation of generic articulated 3D objects		

〈표 2〉는 현재 AFX에서 제공하는 대표적인 기술에 대한 리스트이다[8]. 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.

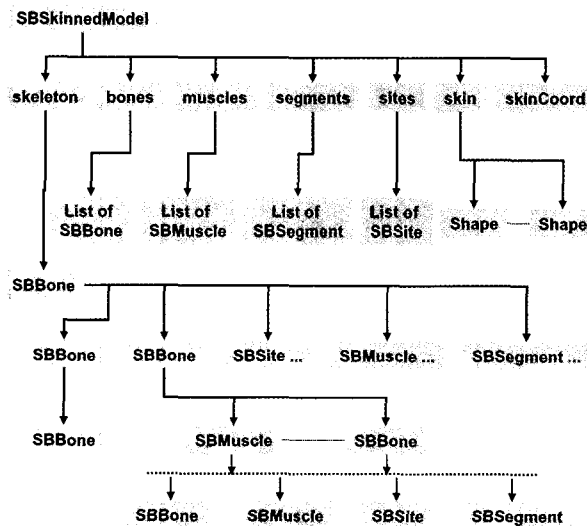
본 고에서는 ISO/IEC 14496-16 AFX에 있는 기술 중 Animation에 관련된 기술의 동향에 대해 기술한다. 제 2절에서는 캐릭터 애니메이션의 표현과 압축, 모핑 애니메이션, 키 프레임 애니메이션의 압축에 대해 살펴본다. 그리고, 현재 진행중인 Frame-based Animation Compression 대해

살펴본다. 마지막으로, 이러한 압축 틀을 사용하여 압축한 3D 비트 스트림을 다중화(Multiplexing)하여 저장하는 m3d 데이터 포맷에 대해 살펴본다.

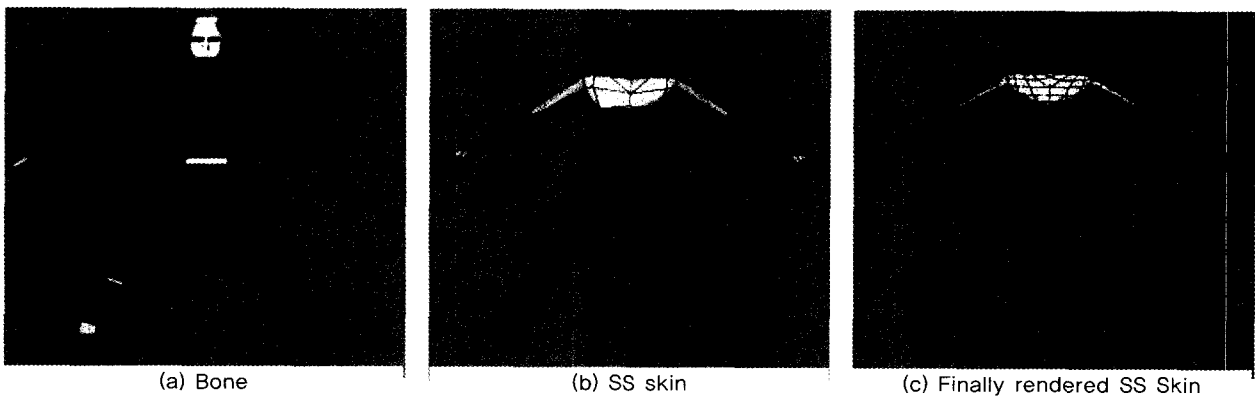
II. Animation 기술 동향

2.1 Bone-based Animation

Face/body animation을 Humanoid가 아닌 generic



(그림 2) "SBSkinnedModel" scene graph 계층구조



(그림 3) Skin과 Bones의 예

articulated 3D objects로 확장하여 모델링과 애니메이션이 가능하도록 Skin과 Skin에 연결된 Bone의 구조로 애니메이션을 표현하는 기술로 H-Anim 2001 [9] 규격에 근거하고 있다. Virtual Character (VC)를 표현하기 위해 BIFS에는 SBSkinnedModel 노드를 정의했으며, (그림 3)과 같이 정의되어 있다.

Skinned 모델은 모델의 unique ID를 가지고 있는 "skin"에 포함된 꼭지점(vertices)로 이루어져 있다. 애니메이션 동안 skin 사이의 seam(줄짐)을 피하기 위해, skin을 생성하는 모든 shape은 같은 꼭지점을 갖는 리스트를 공유한다. Skinned 모델의 애니메이션 행동은 skeleton으로 정의되며, skeleton은 SBBone 노드로 표현되는 bone들의 계층구조로 구성된다. Bone 계층구조 상에서 unique한 parent를 갖고 있으며, 하나 혹은 여러 개의 children을 가지고 있을 수 있다. Children은 또다른 bone (SBBone), muscle(SBMuscle), 상대적 3D 위치(SBSite), 3D object 그룹 노드(SBSegment)가 될 수 있다.

2.1.1 Animation Parameter Encoding

MPEG-4 표준에서 FBA (Face and Body Animation)프레임은 predictive와 DCT-based의 부호화 방식을 제공한다. 즉, (그림 4)와 같이 입력되는 Rotation 등의 애니메이션 파라미터를 부호화 한다.

2.1.2 SBVCAAnimationV2

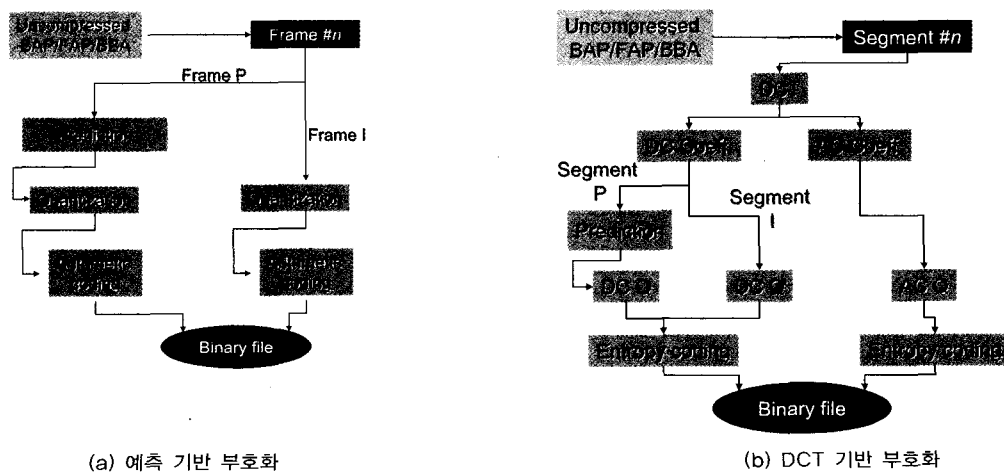
이 노드는 기존에 있던 SBVCAAnimation의 확장노드로 스트리밍 제어 등이 추가되었다. BBA 스트림은 elementary media 스트림으로 제어될 수 있고, MediaControl 노드와 결합되어 사용될 수 있다.

2.2 MorphSpace

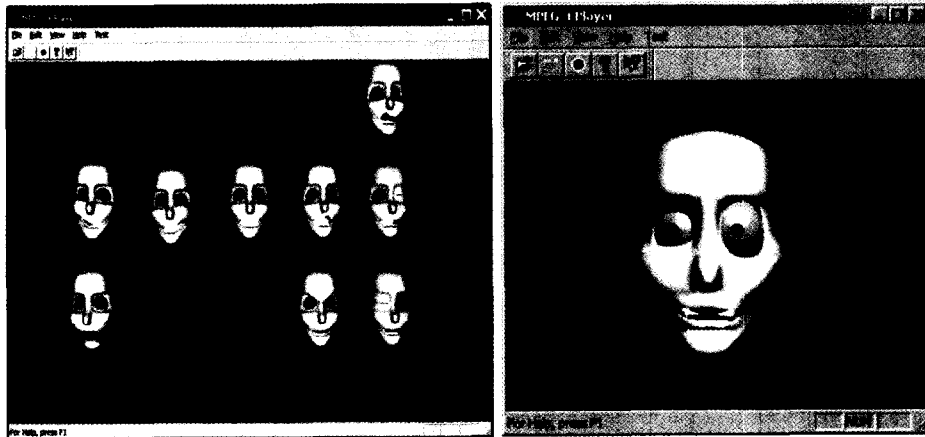
일반적으로 모핑(Morphing)이라 하면, 두 개의 모델 즉, 소스 모델과 타겟 모델로부터 일련의 연속적인 중간 모델들을 만들어서 부드러운 애니메이션이 가능하도록 하는 것이다. AFX에서는 소스 모델과 다수로 구성된 타겟 모델로부터 일련의 연속적인 중간 모델들을 만드는 것이 가능하다. (그림 5)에서 보듯이 중간 영상 또는 모델을 만들 때 소스 모델과, 각각 다른 Weighting Factor를 갖는 다수의 모델을 혼합함으로써 일반적인 모핑방법보다 더 자유도가 높은 중간 영상들을 생성할 수 있다.

2.3 Interpolator Compression

AFX의 interpolator compression 툴은 매우 효율적인 데이터 압축을 제공하고 있으며, 3가지 타입의 coordinate, orientation, position interpolator를 지원한다. Interpolator compression은 key preserving mode와 path preserving mode 두 종류의 압축 모드가 있다. Interpolator encoder는



(그림 4) 애니메이션 값의 부호화 방식



(그림 5) Morphing: (a) 다수의 소스 모델 (b) 타겟 모델

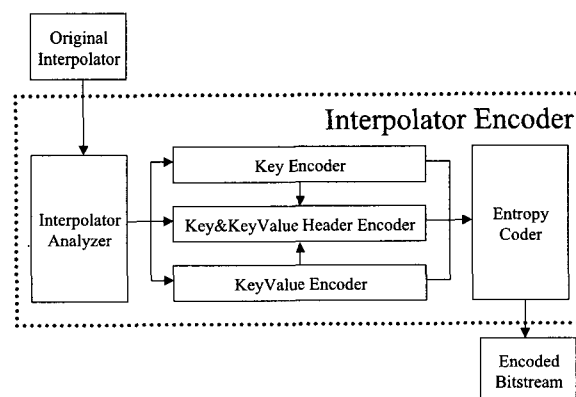
아래 (그림 6)에서 보이는 것과 같이 interpolator analyzer, Key & Key Value encoder 그리고 entropy coder로 구성되어 있다. Interpolator analyzer는 원래 interpolator의 key의 수와 key값을 줄여주고, 이 결과가 Key & Key Value encoder에 입력되어 압축이 수행된다.

그리고 마지막으로 binary arithmetic 코딩을 수행하는 entropy coder에 의해 bitstream이 생성된다. AFX의 새로운 interpolator compression은 (그림 7)의 결과에서 보듯이 VRML과 비교하여 최소 50:1의 압축률을 보여주며, advanced BIFS 코딩보다는 최소 30%이상 향상된 압축 성능 향상을 보여준다.

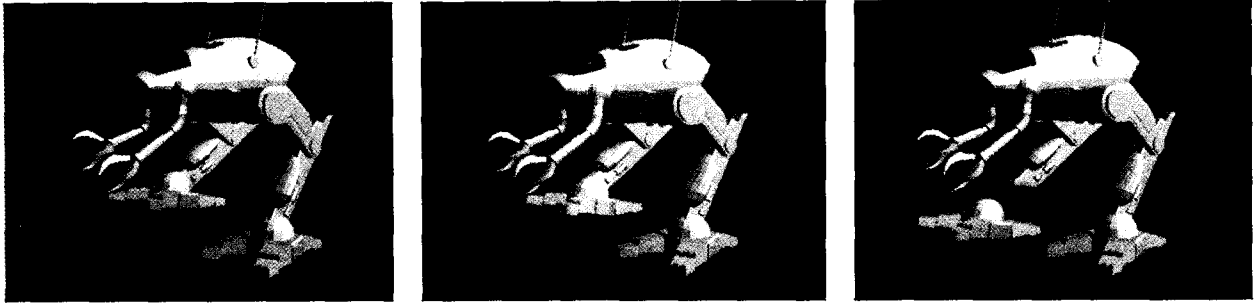
2.4 Frame-based Animation Compression

Skinned 기반 애니메이션이나 Key Frame 애니메이션과 달리 매 프레임에 해당하는 Geometry를 갖고 있는 시퀀스의 압축 방법이다 [11]. 즉, 시간 축 상으로 연결성 정보는 변하지 않고 매 프레임마다 Geometry 데이터를 가진 애니메이션을 표현하는 경우 효과적인 압축 방법으로 '07년 1월달에 처음으로 WD가 되었다. 이 방법은 이러한 시퀀스를 Skinning 기반 모델로 표현하고 각 segment에 해당하는 움직임 벡터를 3D affine transform으로 표현한 후 residual 값을 temporal DCT나 wavelet으로 압축하는 방법이다.

(그림 8)은 애니메이션 시퀀스로 매 프레임마다 Anima-



(그림 6) Interpolator encoder 구조

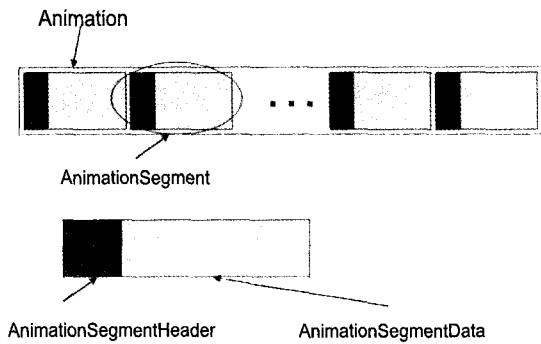


(a) Original VRML

(b) Interpolator Compression (50:1)

(c) Advanced BIFS coding

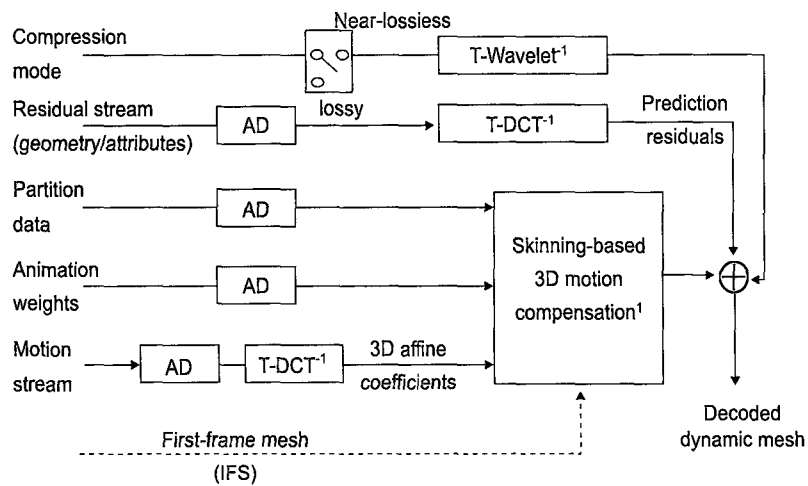
(그림 7) Interpolation 압축의 예



(그림 8) Animation stream structure

tionSegment를 가지고 있으며, AnimationSegment는 Header와 실제 데이터로 이루어진다. 여기서, 맨 처음 프레임은 IFS(IndexedFaceSet)로 geometry뿐만 아니라 attribute도 갖고 있다.

- Header: animation에 대한 전체적인 정보로 프레임 수, 움직임을 고려해야 할 attribute 등의 정보를 갖고 있다.
- Data:
 - 3D motion compensation을 위해 사용되는 정보를 가지고 있다. 즉, segment에 대한 정보, IFS내 각 vertex의 animation weight 값을 갖는다.
 - 매 프레임의 각 cluster에 움직임 데이터를 3D affine



(그림 9) The skinning-based decoder and the individual bitstreams

transform으로 표현하고 이 값을 temporal DCT로 부호화한 움직임 데이터를 갖는다.

- DCT 혹은 integer-to-integer wavelet 변환으로 부호화한 prediction residual error 값을 갖는다.

2.5 Multiplexing of 3D Compression Streams: the MPEG-4 3D Graphics stream (.m3d) syntax

AFX에 정의되어 있는 3D 압축 스트림은 MPEG-4 시스템을 거쳐 "mp4" 형태로 저장될 수도 있지만, MPEG-4 시스템 없이 운반 혹은 저장되는 경우 3D 모델 elementary stream(ES)은 "m3d"라는 포맷으로 저장된다. (그림 10)은 여러 개의 3D 압축 스트림들이 하나의 3DObjectSequence로 구성되는 예를 보여준다.

3DObjectSequence는 3DObjectSequence Header와 3DObject로 구성된다. 3DObjectSequence Header에는 "m3d" 비트 스트림에 대한 profile_and_level_indication가 있어 프로파일과 레벨에 대한 정보를 정의한다. 현재는 Core Profile/Level 1과 Core Profile/Level 2이 정의되어 있다. User data에는 특정 Application을 위해 사용자가 임의의 데이터를 저장할 수 있다. 예를 들어 3D Game을 만들고 여기에 사용되는 각 모델을 압축해서 저장하는 경우 전체 Scene과 모델에 대한 정보 등을 포함시킬 수 있다.

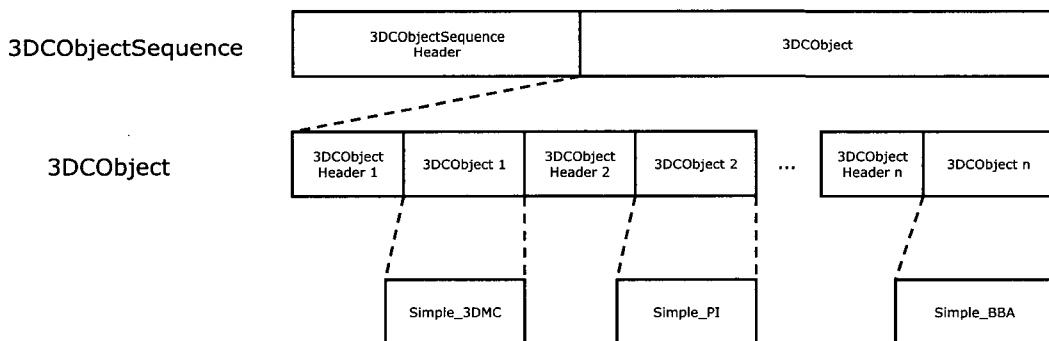
3DObject는 3DObject header와 3D Compression Profile에서 정의한 3D Mesh Compression (3DMC), Interpolator

Compression (IC), Wavelet Subdivision Surface (WSS), Bone-based Animation (BBA) 등의 3D 압축 비트스트림을 저장한다.

3DObject Header에도 User data 영역이 있어 Object Sequence에 대한 이름 등 각 3D 압축 모델에 대한 특정 정보를 넣을 수 있다. "3dc_object_verid"에는 3D compression object type의 툴 리스트에 대한 버전 정보를 넣는다. 그리고, "3dc_object_type_start_code"는 어떤 3D compression object type stream이 저장되어 있는지 이에 해당하는 디코더에 대한 정보를 넣는다. 오류! 참조 원본을 찾을 수 없습니다. 이는 3dc_object_type_start_code에 대한 값으로, 이 값이 3DMC 비트스트림을 의미하는 값을 가지고 있다면 3DMC 디코더가 압축 비트스트림을 복호한다.

III. 결 론

AFX는 렌더링, 애니메이션, 인터랙션이 가능한 응용프로그램을 위한 범용적인 멀티미디어 프레임워크로 설계되었다. 2004년 ISO/IEC 14496-16의 표준이 나온 이래 꾸준히 많은 기술들이 소개되어 최근 2005년 7월 미팅에서는 Amendment 1에 대한 FDAM이 완료됐다. 현재 3차원 모델 압축의 확장과 그림자 지원, Foot-print based representation 등으로 AMD2에서 표준화가 완료됐고, Frame-based



(그림 10) Syntax of the MP4 3D stream

Animation으로 WD가 진행중이다.

참 고 문 헌

[1] ISO/IEC 14496-2, *Coding of Audio-Visual Objects: Part 2: Visual*, January 2001.

[2] ISO/IEC 14496-16, *Coding of Audio-Visual Objects: Part 16: Animation Framework eXtension (AFX)*, December 2003.

[3] ISO/IEC 14496-21, *Coding of audio-visual objects, Part 21: MPEG-J Graphics Framework extension (GFX)*, July 2005.

[4] Web3D Consortium - Open Standards for Real-Time 3D Communication, 21 April 2005, <http://www.web3d.org>

[5] ISO/IEC 14496-16, *Coding of Audio-Visual Objects: Part 16: Animation Framework eXtension (AFX)*, December 2003.

[6] Text of ISO/IEC 14496-16/FDAM1 (Morphing & Textures), ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N7400, July 2005.

[7] WD 3.0 of 14496-16/AMD2 (Geometry & Shadow), ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N7625, October 2005.

[8] 3D Graphics Compression FAQ 17.0, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N8735, January 2007.

[9] H-anim, <http://www.h-anim.org/>

[10] Text of ISO/IEC 14496-16/FDAM1 (Morphing & Textures), ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N7400, July 2005.

[11] WD 1.0 of ISO/IEC 14496-16:2006/AMD2 (Frame-based Animated Mesh Compression), ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N8732, January 2007.



안 정 환

1992년 ~ 1998년 한국 항공대학교 항공통신정보공
 1998년 ~ 1998년 광주과학기술원 정보통신공
 1998년 ~ 2003년 광주과학기술원 정보통신공
 2003년 ~ 현재 삼성종합기술원 Computing & intelligence LAB
 전문연구원
 2005년 ~ 현재 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG-4 Part 16
 Co-Chair and Editor of Ad Hoc on AFX
 2005년 ~ 현재 한국 모바일 3D 표준화 포럼 Game WG장
 관심분야 : 3D Graphics, Video Coding