

특집논문-05-10-1-03

## 대화형 방송을 위한 3차원 오디오 방송단말

박기윤<sup>a)\*</sup>, 이태진<sup>a)</sup>, 강경욱<sup>a)</sup>, 홍진우<sup>a)</sup>

### A 3D Audio Broadcasting Terminal for Interactive Broadcasting Services

Gi Yoon Park<sup>a)\*</sup>, Taejin Lee<sup>a)</sup>, Kyeongok Kang<sup>a)</sup> and Jinwoo Hong<sup>a)</sup>

#### 요 약

본 논문에서는 사용자 제어에 따라 3차원 오디오 장면을 재구성할 수 있는 대화형 오디오 방송단말에 관하여 기술한다. MPEG-4 AudioBIFS 규격에 따라 계층적으로 표현한 오디오 장면의 속성을 사용자 제어에 따라 갱신하고, 주어진 속성을 참조하여 오디오 데이터를 3차원 공간 상에 재합성하는 방식을 취한다. 단말은 MPEG-4 Audio 최상위 노드와 몇몇 비디오 노드를 지원하며, 센서 노드와 라우트 요소를 이용하는 대신에 노드 유형에 따른 사용자 인터페이스를 미리 정의함으로써 필드 갱신 BIFS 명령어를 지원한다. 3차원 오디오 데이터를 재생하는 기능은 사용자의 입력에 대한 피드백을 풍부하게 하여 대화형 방송의 효과를 극대화하고, 사실감을 제고하는 데 중요한 역할을 담당한다. 본 단말에서는 3차원 오디오 기술을 이용하여 음상의 위치, 지향성, 모양, 잔향특성 등을 사용자가 제어할 수 있다. 본 논문에서는 가상 합주 프로그램 등의 서비스 예를 통해 대화형 방송단말의 서비스 모델을 제시한다.

#### Abstract

We implement an interactive 3D audio broadcasting terminal which synthesizes an audio scene according to the request of a user. Audio scene structure is described by the MPEG-4 AudioBIFS specifications. The user updates scene attributes and the terminal synthesizes the corresponding sound images in the 3D space. The terminal supports the MPEG-4 Audio top nodes and some visual nodes. Instead of using sensor nodes and route elements, we predefine node type-specific user interfaces to support BIFS commands for field replacement. We employ sound spatialization, directivity/shape modeling, and reverberation effects for 3D audio rendering and realistic feedback to user inputs. We also introduce a virtual concert program as an application scenario of the interactive broadcasting terminal.

Keywords: MPEG-4 AudioBIFS, interactive audio system

## I. 개 요

디지털 방송기술의 발전에 따라 좀더 현실적이고 좀더

사용자 제어가 가능한 방송 서비스에 대한 시청자들의 욕구가 증대되고 있다. 근래에 방송시스템의 전송 모듈을 확장하여 인터넷 등의 양방향 채널을 포함하는 소위 방송통신융합 현상으로 인해 대화형 방송을 위한 인프라가 확충되었다.

더불어 MPEG-4를 중심으로 활발하게 표준화가 진행되고 있는 객체지향 혹은 객체기반 시스템 기술을 방송분야에 도입하여 대화형 방송시스템을 구현하려는 노력이 세계

a) 한국전자통신연구원 디지털방송연구단 방송미디어연구그룹  
Broadcasting media research group at ETRI

\* 본 논문은 정보통신부의 연구사업인 "지능형 통합정보방송 기술개발" 과제의 일환으로 수행한 결과로서 정보통신부 담당자 및 관련 연구원들의 노력에 감사드립니다.

각국에서 이루어졌다. 본 연구팀에서 MPEG-4 시스템에 기반을 둔 방송시스템에 대한 연구를 수행한 바 있으며<sup>[1]</sup>, 일본 NHK에서도 대화형 방송서비스로 유아교육용 솜바꼭질 프로그램 등을 선보이기도 했다. 이들 시스템은 사용자의 의도에 따라 콘텐츠를 갱신해 줌으로써 콘텐츠 내에서 시청자의 자유도를 증대하는 효과를 거두었다. 특히 1960년대부터 꾸준히 연구가 진행되어 온 입체음향 기술은 사용자의 입력에 따라 오디오 장면의 공간적 구조를 재구성할 수 있는 수단을 제공함으로써 사용자 제어의 효과를 제고하여 대화형 방송시스템의 현실감을 극대화하는 데 공헌하였다.

MPEG-4 시스템 규격은 객체기반 시스템의 업계표준으로 자리잡고 있어 대화형 방송서비스의 원활한 촉진을 위해서는 호환성을 유지해야 한다. 더불어 방송환경에 맞추어 사용자 제어 인터페이스를 단순화할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 MPEG-4 시스템 규격을 대화형 방송시스템의 구현에 참조하되, 직관적인 사용자 인터페이스를 기술하는데 한계를 보이는 장면표현 도구를 사용하는 대신에 오디오 객체의 유형에 따라 재생단말 측에서 사용자 제어 인터페이스를 생성하게 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 대화형 서비스를 구성하는 요소기술로 MPEG-4 AudioBIFS (Audio binary format for scene) 규격과 입체음향 기술에 대해 II장과 III장에서 각각 기술하고, 방송단말의 구조 및 사용자 인터페이스에 대해 IV장에서 설명한다. 대화형 3차원 오디오 방송 단말을 이용한 서비스의 예를 V장에서 기술하고 VI장에서 결론을 맺는다.

## II. MPEG-4 AudioBIFS

MPEG-4 시스템은 자연/합성 AV 스트림에 객체기술자(object descriptor)를 붙여 객체화하고, AV 객체가 장면(scene)을 구성하는 구조를 별도로 기술하게 한다. 부호화하고자 하는 대상을 객체 단위로 분할하고 객체의 속성에 부호화기를 선정함으로써 압축률을 높임과 동시에, 사용자의 입력을 참조하여 객체 별로 서로 다른 효과를 줄 수 있다.

객체를 물리적 시공간에 배치하기 위해서는 객체 자체에 대한 정보 이외에 별도로 장면정보가 필요하다. 장면정보는 그래프로 표현되는 계층구조를 가진다. 각 노드

(node)에는 유형에 따라 미리 정의한 필드[2]가 하위 구조로서 속하며, 특정 유형의 필드는 노드를 값으로 취할 수 있어 한 노드가 다른 노드에 하위구조로 포함되는 관계를 에지(edge)로 표현할 수 있으며, 특정 유형의 필드를 이용해 객체기술자를 참조함으로써 해당 객체와 장면 그래프를 연결할 수 있다

장면그래프 중 오디오 노드로 이루어진 오디오 서브그래프(sub-graph)는 비디오 객체의 처리와 별도로 오디오 객체를 처리하는 과정을 SFG (signal-flow graph) 스타일로 표현할 수 있게 하였다 (그림 1 참조).

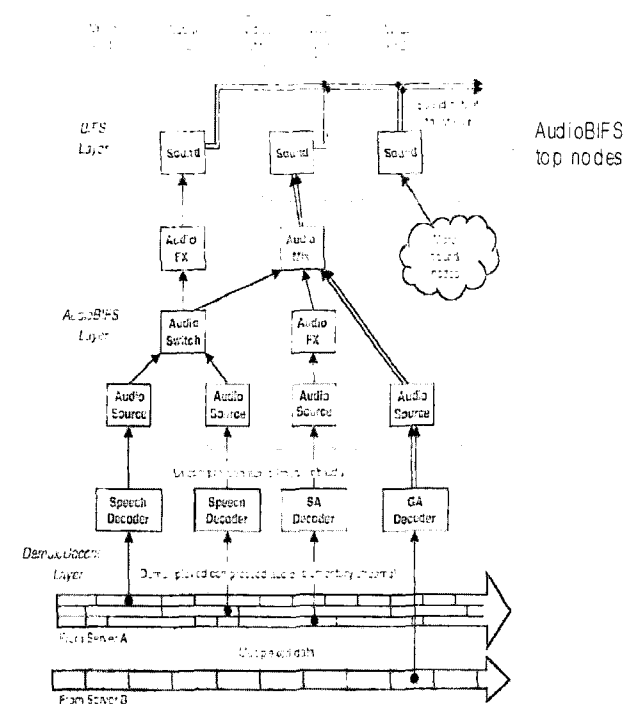


그림 1. MPEG-4 오디오 장면 합성의 예  
Fig. 1. An example of MPEG-4 audio scene composition

오디오 서브그래프는 delay, mixing, switch 등 물리적 의미와 상관없이 산술적인 연산을 표현하는 부분과 가상현실 효과를 나타내는 부분으로 나뉜다. 후자에 속하는 노드 인터페이스는 오디오 서브그래프의 최상위에 위치하며 필드를 의미에 따라 분류하면 표 1과 같다. 밑줄 친 필드는 사용자가 제어할 수 있도록 노출되어 있고, 나머지 필드는 단말 측에서 변경할 수 없다.

표 1. 오디오 서브그래프 최상위 노드 인터페이스  
Table 1. Top node interface of audio subgraph

Context Type	Overall	Spatialization	Directivity	Room effect	Sound shape
Sound2D	intensity source	spatialize location	-	-	-
Sound	intensity source	spatialize location	direction	-	-
	priority		maxBack maxFront minBack minFront		
Directive Sound	intensity source	spatialize location	direction	roomEffect PerceptualP arameters	-
		speedOfSound distance useAirabs	angels directivity frequency		
Wide Sound	intensity source	spatialize location	direction	roomEffect PerceptualP arameters	shape size density diffuseSelect decorrStreng th
		speedOfSound distance useAirabs			

Sound2D 노드는 음원의 세기와 위치를 나타내는 필드를 포함하며, Sound 노드는 음원의 방향과 지향성을 나타내기 위한 속성을 추가로 포함한다. maxBack, maxFront, minBack, minFront 필드는 한 초점을 공유하는 2개의 타원으로 근거리 및 원거리 영역을 구분한다 (그림 2 참조). intensity 필드는 음원의 위치나 지향성 등의 처리에 앞서

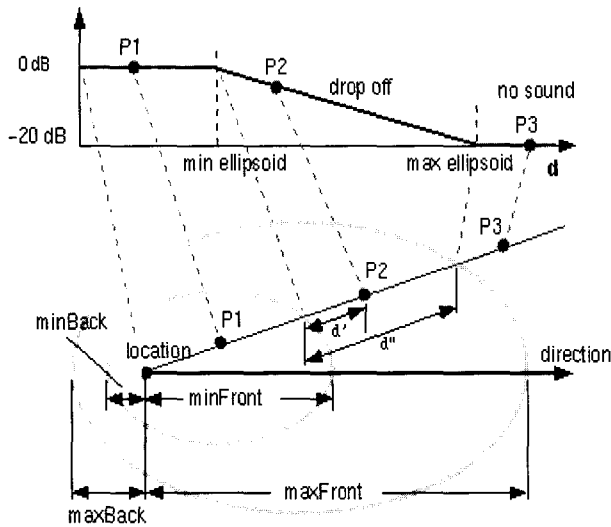


그림 2 음원의 지향성을 나타낸 타원모델  
Fig. 2. Elliptic sound model for source directivity

감쇄효과를 주기 위한 속성으로 0과 1 사이의 실수값을 취한다. DirectiveSound 노드는 타원모델을 확장하여 방위각에 따른 선형모델로 음원의 지향성을 나타내며, WideSound 노드는 음원의 방향성과 모양을 정의하기 위해 확장한 인터페이스를 제공한다. 이 외에 AudioBIFS 규격은 잔향모델을 표현하기 위한 노드로 AcousticScene 노드와 Perceptual Parameters 노드를 포함하고 있는데, 후자는 하나의 객체에 적용되는 반면 전자는 장면 내의 모든 객체에 적용되어 오디오 서브그래프의 최상위에 위치한다.

본 논문에서 제안하는 방송단말에서는 WideSound 노드 인터페이스에 따른 위치감 및 AcousticScene 노드 인터페이스에 따른 잔향모델을 통해 사용자가 음원의 위치 및 잔향을 조절할 수 있다 (그림 3 참조). 사용자는 직접음에 대한 초기 반사음의 세기와 지연시간을 나타내는 reverbLevel 및 reverbDelay 필드를 제어할 수 있다.

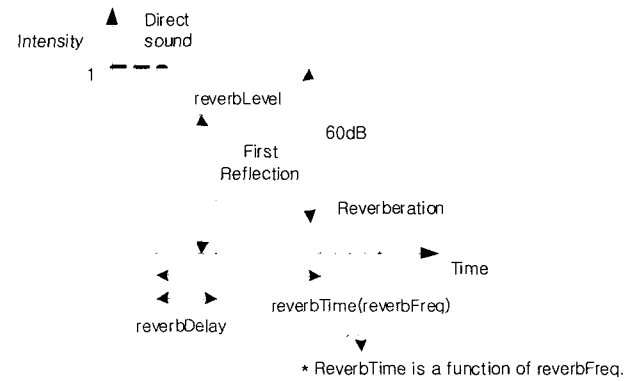


그림 3. AcousticScene 노드 인터페이스의 잔향모델  
Fig. 3. Reverberation model of AcousticScene node interface

### III. 입체음향 기술

AudioBIFS 노드 인터페이스를 통해 사용자에서 좀더 현실감 있는 음향을 제공하기 위해 입체음향 기술이 필요하다. 본 방송단말에서는 음상정위 (sound spatialization), 음원확장 및 잔향효과 제어 등의 입체음향 기술을 지원한다.

#### 1. 음상정위

사용자 제어에 따른 음상 정위를 위해 음원에서부터 청취자의 귀까지 이어지는 채널을 방위각(azimuth angle)에 따

른 선형 시스템으로 모델링한 HRTF (head-related transfer function)를 이용한다<sup>[3]</sup>. HRTF는 소리가 청취자에게 전달 되는 중에 일어나는 반사, 회절 등의 효과를 모델링하기 위해 가슴과 머리, 귓바퀴를 포함하는 상반신 모형을 이용하여 측정하였다.

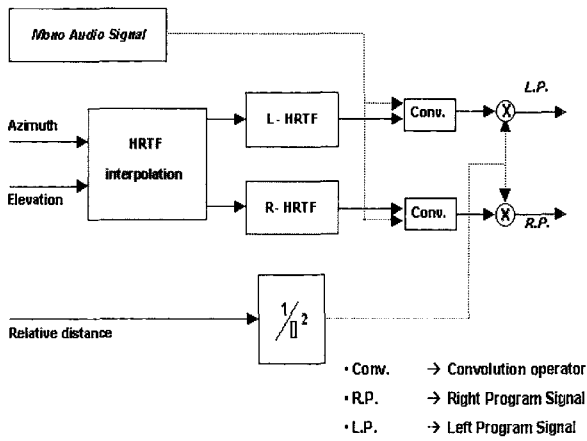


그림 4 음상정위 시스템의 블록 다이어그램  
Fig. 4. Block diagram of sound spatialization system

음상의 정위를 위해 HRTF를 입력 모노 신호와 콘볼루션 한 후, 음원과 청취자 사이의 거리에 따라 음압이 감소하는 현상을 역제곱의 법칙 (inverse-square law)<sup>[4]</sup>으로 모델링하였다 (그림 4 참조). HRTF를 이용하여 생성한 음원을 스피커를 통해 재생하기 위해 크로스토크 제거를 위한 역필터링을 수행하였다<sup>[5]</sup>.

## 2. 음원확장

음원확장 기술은 점음원이 모여 면적이거나 체적을 지닌

음원을 이루는 현상을 재현하기 위한 기술이다. 주어진 음원을 서로 인접한 위치에 합성하여 재생하되 소리의 확장감을 향상 시키기 위해 음상정위 이전에 각 음원 사이의 상관도(correlation)를 떨어뜨릴 필요가 있다<sup>[6]</sup>.

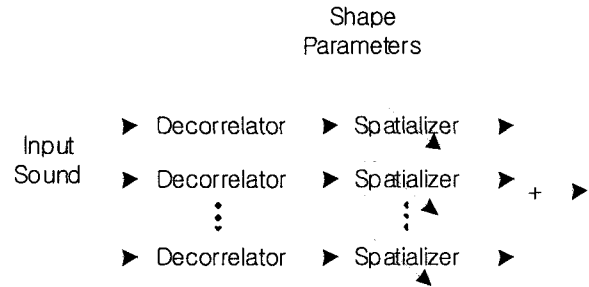


그림 5 음원모양 재현 시스템  
Fig. 5. Sound shaping system

입방체, 타원기둥 등 음원의 모양에 따라 모양 파라미터를 음상정위 모듈에(1 참조) 인가하고 점음원을 그림 5의 시스템으로 처리함으로써 선/면/체적 음원을 합성할 수 있다<sup>[7]</sup>.

## 3. 잔향효과

MPEG-4 AudioBIFS 중 AcousticScene 노드 인터페이스의 잔향모델을 그림 6과 같은 선형시스템으로 구현하였다. 후기잔향은 all-pass 필터의 일종인 comb 필터를 변형한 IIR 필터를 이용해 구현하였다<sup>[8]</sup>.

그림 6에서  $g_E$ 와  $g_L$ 은 각각 초기 반사이득 및 후기 잔향이득을 나타낸다.  $g_E$ 의 값과 함께 그 값을 곱하기 위해 취하는 필터 탭의 위치를 변경함으로써 초기반사 특성을 제어할 수 있다.

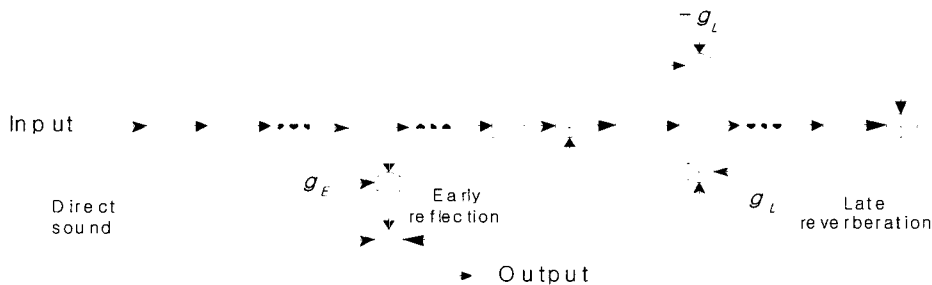


그림 6 인공 잔향기의 구조  
Fig. 6. Structure of artificial reverberator

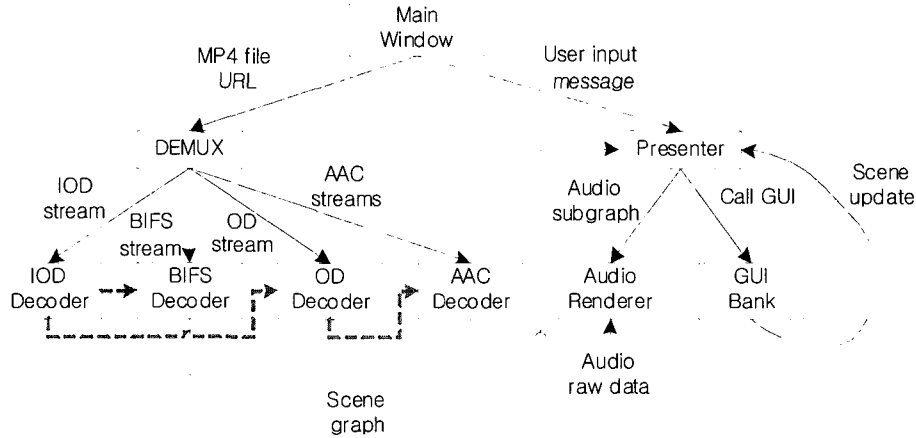


그림 7 재생단말의 데이터 흐름 (파선과 실선은 각각 모듈 생성신호와 메시지의 흐름을 명시)  
 Fig. 7. Data flow of playing terminal (dashed lines: module instantiation, solid lines: message passing)

#### IV. 대화형 오디오 방송단말

대화형 오디오 방송 서비스 구현을 위한 방송단말의 동작흐름을 위주로 구현절차를 기술한다.

##### 1. 구조

객체지향 프로그래밍 언어로 단말 시스템을 구현하기 위한 데이터 구조와 처리흐름에 대해서 설명한다.

재생단말은 콘텐츠로부터 AV (audiovisual) 스트림과 BIFS/OD (object descriptor) 스트림을 추출하기 위한 역다중화기 (DEMUX), 장면을 합성 및 재생하기 위한 Presenter, 그리고 IOD (initial OD)를 복호하여 재생작업을 구동하기 위한 IOD 복호기 (decoder)를 생성 및 제어한다(그림 7 참조).

역다중화기가 추출한 IOD 데이터를 IOD 복호기를 통해 파싱 (parsing)하여 BIFS/OD 복호기를 초기화함으로써 재생작업이 시작된다. 장면그래프 (scene graph)를 구성하는 노드와 객체기술자는 MPEG-4 시스템 규격에 정의되어 있는 구조체로서 고유한 이진표현을 가진다. BIFS 복호기는 상기 구조체의 정의를 참조하여 비트 스트림으로부터 장면그래프를 복원하여 Presenter에게 전달하고, OD 복호기는 객체가 참조하는 스트림을 처리하기 위한 복호기를 구동하여 원시 데이터를 장면그래프의 입력 노드에 인가한다. 오디오 스트림의 부호화 도구로는 MPEG-4 AAC (advanced audio coding)를 사용하였다.

Presenter는 장면그래프를 참조하여 AV 데이터를 처리하여 스피커와 화면으로 출력 신호를 내보낸다. 특히 오디오 서브그래프는 Audio Renderer에게 전달하여 오디오 장면을 합성하게 하고, 비디오 서브그래프를 이루는 노드 인터페이스에 따라 정지 및 동영상 등을 화면을 통해 출력한다 (표 2 참조).

표 2 비디오 노드 인터페이스와 출력 영상  
 Table 2. Visual node interfaces and rendered images

Visual node interface	Rendered image
MovieTexture	Moving pictures
ImageTexture	Still image
Background	Multiview imagewith top/bottom/front/back/left/right textures
Hierarchical3DMesh	3D mesh graphics

또한 사용자가 입력한 메시지를 메인 윈도우로부터 넘겨 받아 GUI बैं크로부터 사용자 인터페이스를 호출함으로써 사용자로 하여금 장면을 갱신할 수 있게 하는 기능도 수행한다. 갱신된 장면그래프에 따라 AV 장면을 다시 합성 및 출력함으로써 사용자의 입력을 실시간으로 반영한다.

AV 및 BIFS/OD 스트림 복호과정 및 3차원 오디오 기술에 대해서는 각각 II장과 III장에서 다루었으므로 대화형 방송의 구현을 위한GUI बैं크에 대해 이어지는 절에서 상술함으로써 본 장을 마무리 한다.

## 2. 사용자 인터페이스

MPEG-4 시스템 규격에 따르면 스크립트, 센서 노드, Route 메커니즘 등을 이용해 사용자 인터페이스를 장면그래프에 포함할 수 있지만, 인터페이스 데이터를 보호하기 위한 계산 상의 부담과 함께 복잡한 인터페이스를 표현함에 한계가 있다. 이에 본 재생단말에서는 버튼, 리스트 박스 등을 통한 GUI (graphical user interface)를 AudioBIFS의 각 노드에 따라 정의해 두고 호출하여 사용하는 방법을 취했다. 또한 방송환경에 적용하기 위해 입력도구로서 TV 리모콘 등 간단하고 직관적인 형태를 고려하였다.

BIFS 스트림을 복호할 때 Sound, DirectiveSound, WideSound 등 AudioBIFS 최상위 노드의 목록을 저장해 두고, 사용자가 숫자 키 패드(key pad)의 숫자 키를 누르면 해당 인덱스의 객체의 속성을 제어할 수 있는 대화 창이 뜬다(그림 8 참조). Location 및 direction 필드는 객체의 위치와 방향을 나타내는 3차원 벡터이다. 체크 박스 형태의 spatialize, widen, room effects 필드는 각각 음상 정위

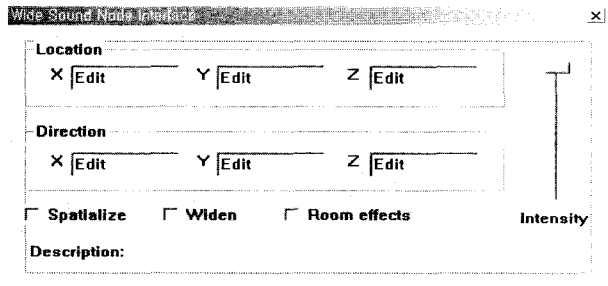


그림 8 WideSound 노드의 속성을 제어하기 위한 사용자 인터페이스  
Fig. 8. User interface for WideSound node interface

및 확장, 잔향효과를 해당 객체에 적용할 것인지 여부를 제어하는 데 사용한다. Track bar 형태의 intensity 필드를 통해 소리의 세기를 조절할 수 있다.

특히 숫자 키 '0'은 객체가 위치한 공간의 잔향특성을 제어하기 위한 사용자 인터페이스를 호출하기 위한 목적으로 예약되어 있다(그림 9 참조). 우측의 track bar 리소스를 이용해 직접음에 대한 초기 반사음의 상대적 세기와 지연 시간을 제어할 수 있다.

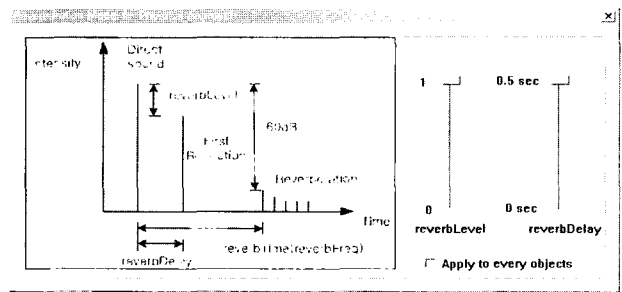


그림 9 잔향특성을 제어하기 위한 사용자 인터페이스  
Fig. 9. User interface for reverb effect control

장면그래프 내에 Transform 노드가 존재하는 경우 별도로 GUI를 출력하지 않고 방향키를 이용해 지역좌표계를 회전할 수 있다. Transform 노드의 자식노드로 존재하는 비디오 노드 역시 변환된 좌표계에 따라 재합성된다.

## V. 서비스 예

대화형 합주 및 합창 방송 서비스 시나리오를 소개한다. 합

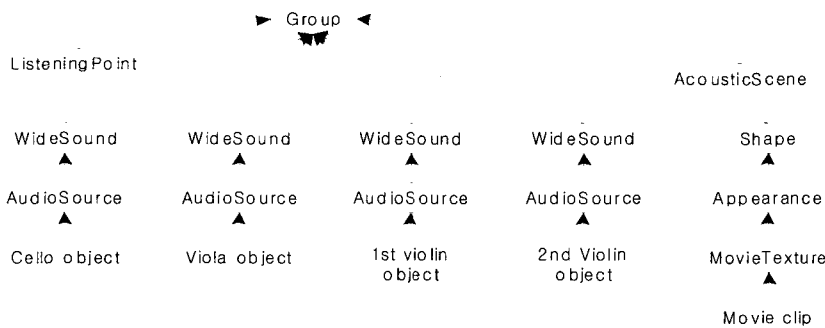


그림 10 합주장면 그래프 (음영이 있는 블록은 GUI를 가지는 노드 인터페이스)  
Fig. 10. Scene graph for a concert (shaded blocks: node interfaces having GUI)

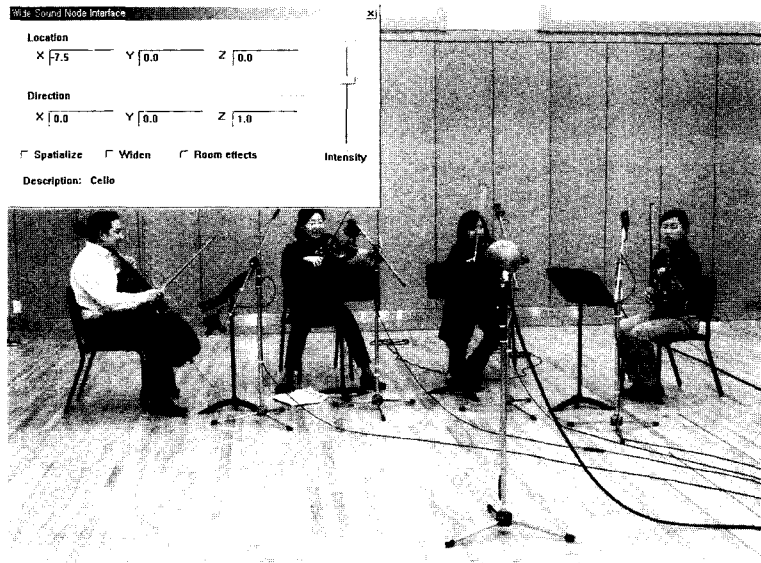


그림 11 재생단말 실행 화면 예  
Fig. 11. Screen shot of playing terminal

주에 참여한 각 악기소리에 물리적 특성, 연주자에 대한 정보 등의 기술자(descriptor)을 부가하여 오디오 객체를 구성한다.

주어진 악기 소리의 음감을 확장하여 연주자의 수를 늘리는 효과를 기대하여 WideSound 노드를 통해 악기 객체를 장면그래프에 입력한다. 또한 공연장의 크기, 벽면의 재질 등에 따른 잔향 특성을 제어할 수 있도록 AcousticScene 노드를 장면그래프에 포함하여(그림 10 참조) 콘텐츠를 제작한다. ListeningPoint 노드는 콘텐츠 안의 청취점을 나타내는데 사용한다. 재생단말에서는 장면그래프를 복원하여 초

기 장면을 구성하고, 사용자의 입력에 따라 악기의 숫자 및 배치와 공연장의 잔향특성 등을 갱신함으로써 대화형 합주 또는 합창 장면을 재현할 수 있다.

그림 11은 재생단말의 수행 예를 보인 그림으로서 현악 4중주 콘텐츠에서 첼로의 세기를 조절하는 장면을 나타낸다.

다시점(multiview) 이미지 등 좌표계의 변화에 따라 화면에 변화가 가해지는 비디오 노드를 사용할 경우 Transform 노드를 이용할 수 있다(그림 12, 그림 13 참조).

그림 12는 자동차를 모델링 한 비디오 객체의 모서리에

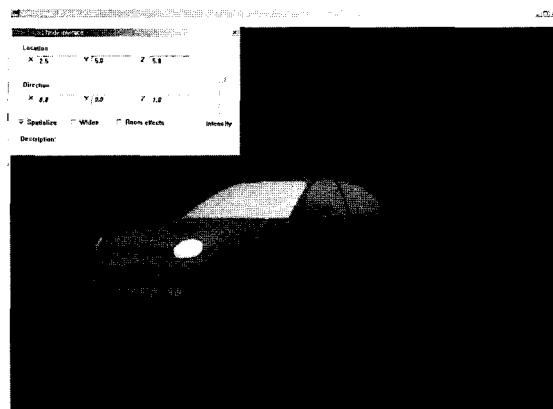
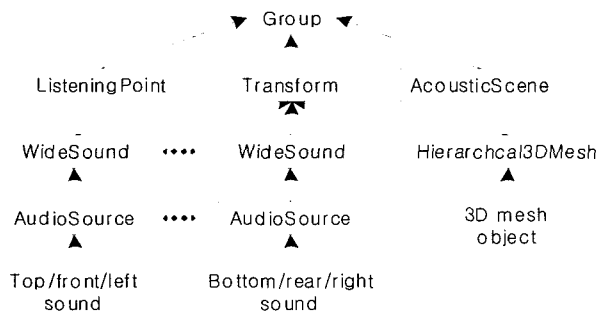


그림 12 AV 객체의 회전을 지원하는 장면구조 및 출력화면 예  
Fig. 12. Scene graph and screen shot of multi-view contents (convergent)

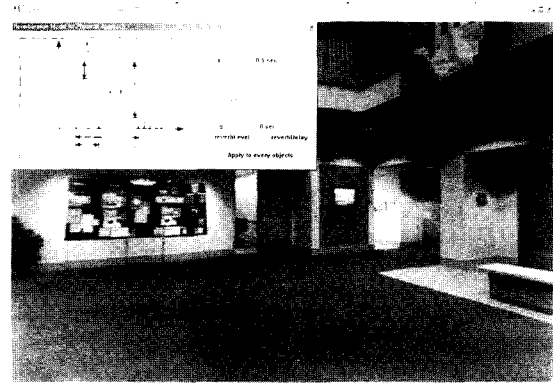
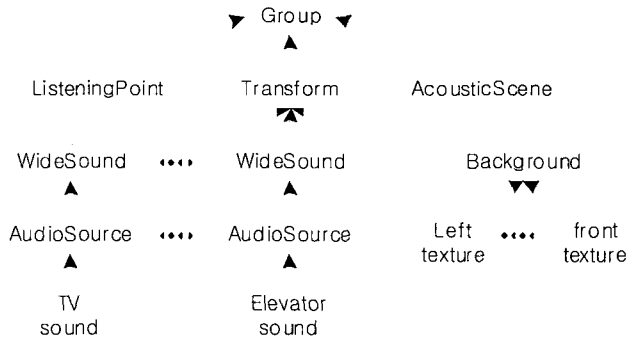


그림 13 시점의 회전을 지원하는 장면구조 및 출력화면 예  
 Fig. 13. Scene graph and screen shot of multi-view contents (divergent)

오디오 객체가 위치한 콘텐츠의 장면구조 및 출력화면을 나타낸다. 방향키를 이용해 AV객체가 위치한 좌표계를 회전하고 각 오디오 객체의 속성을 제어하는 것이 가능하다.

그림 13은 방향키를 사용자 주위의 이미지를 회전할 수 있게 함으로써 시점을 회전하는 효과를 주는 콘텐츠의 장면구조 및 출력화면의 예를 나타낸다. 이미지와 동일한 좌표계 상에 위치한 오디오 객체 역시 시점의 변화와 함께 갱신된다.

## VI. 결론

본 논문에서는 MPEG-4 시스템 규격에서 지원하는 상호작용성과 음상정위 기술 등의 입체음향 기술을 이용하여 구현한 대화형 오디오 재생 시스템의 구조와 동작흐름 등을 기술하였다. 특히 방송 환경에 활용하기 용이하도록 사용자 인터페이스를 재생 단말에서 미리 정의하여 두고 사용자의 입력에 따라 호출하여 활용하게 하였으며 콘텐츠 내에 지역좌표계가 존재하는 경우 방향키를 이용해 좌표계를 회전할 수 있는 기능을 구현하였다.

또한 상기 대화형 방송단말을 이용한 서비스의 예로 각 악기 소리의 속성과 잔향효과를 제어할 수 있는 합주 콘텐츠 등을 제시하였다. 본 대화형 방송단말을 통해 향후 사용자 제어에 따른 음원의 방향/세기 및 잔향 등의 제어가 가능한 대화형 실감 오디오 방송 서비스가 가능하며, 비디오와 연동을 통해 대화형 실감 방송 서비스 등에 응용할 수 있다.

## 참고문헌

- [1] J. Seo, G. Y. Park, D. Jang, and K. Kang, "Implementation of Interactive 3D Audio Using MPEG-4 Multimedia Standards," Proc. 115th AES Convention, Oct. 2003.
- [2] ISO/IEC 14496-1, "Information technology Coding of audio-visual objects Part 1: Systems," 2002.
- [3] R. O. Duda, "Modeling Head Related Transfer Functions," Proc. Conf. Signals, Systems and Computers, vol. 2, pp. 996-1000, 1993.
- [4] D. Halliday, R. Resnick, and J. Walker, Fundamentals of Physics 4th ed., John Wiley & Sons, 1993.
- [5] PCT WO97/30566, "Sound recording and reproduction systems," 21 Aug. 1997.
- [6] G. S. Kendall, "The Decorrelation of Audio Signals and Its Impact on Spatial Imagery," Computer Music Journal, vol. 19, no. 4, pp. 7187, winter, 1995.
- [7] G. Potard, I. Burnett, "A Study on sound source apparentshape and wideness," Proc. Int. Conf. Auditory Display, Boston, MA, USA, July 2003.
- [8] M. R. Schroeder, "Natural Sounding Artificial Reverberation," Journal of the Audio Engineering Society, vol.no,pp.233, 1962.



---

 저 자 소 개
 

---

**박 기 윤**

- 2000년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과 졸업 (학사)
- 2003년 2월 : 동 대학원 졸업 (석사)
- 2003년 2월~현재 : 한국전자통신연구원 근무
- 주관심분야 : MPEG-4 systems, speech recognition, and error-correction coding

**이 태 진**

- 1996년 2월 : 전북대학교 전자공학과 졸업 (학사)
- 1998년 2월 : 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (석사)
- 1998년 2월~2000년 5월 : (주)모벤스 영상음성기술연구팀 연구원
- 2002년 10월~2003년 9월 : 일본 Tokyo Denki Univ. 객원연구원
- 2000년 5월~현재 : 한국전자통신연구원 방송미디어연구그룹 선임연구원
- 주관심분야 : 오디오 신호처리, 대화형 방송

**강 경 옥**

- 1985년 2월 : 부산대학교 물리학과 졸업 (학사)
- 1988년 2월 : 부산대학교 대학원 물리학과 졸업 (석사)
- 2004년 2월 : 한국항공대학교 대학원 항공전자공학과 졸업 (박사)
- 1991년 2월~현재 : 한국전자통신연구원 방송미디어연구그룹 3D미디어연구팀장, 책임연구원
- 주관심분야 : 오디오 신호처리, MPEG-7과 TV-Anytime 기반 맞춤형 방송

**홍 진 우**

- 1982년 2월 : 광운대학교 응용전자공학과 졸업 (학사)
- 1984년 2월 : 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업 (석사)
- 1993년 8월 : 광운대학교 대학원 전자계산기공학과 졸업 (박사)
- 1998년~1999년 : 독일 프라운호퍼연구소 (교환연구원)
- 1984년 3월~현재 : 한국전자통신연구원 방송미디어연구그룹장, 책임연구원
- 2000년 1월~현재 : 한국방송공학회 학술위원 및 편집위원
- 1993년 1월~현재 : 정보통신표준화연구단 방송기술위원회 위원
- 주관심분야 : 오디오 신호처리 및 부호화, 디지털 콘텐츠 보호 및 관리, 디지털 오디오 방송