

MPEG 오디오의 채널 확장 기술

방 회 석^{a)‡}

Channel Expansion Technology in MPEG Audio

Hee-Suk Pang^{a)‡}

요 약

MPEG 오디오에서는 오디오 신호의 효율적인 압축을 위해서 마스킹 효과, spectral band replication을 이용한 고주파 성분 합성, parametric stereo를 이용한 채널 확장 등의 기술을 이용하고 있다. 본 논문에서는 이 중 최신 기술에 해당하는 채널 확장 기술에 대해서 소개한다. 또한, MPEG 오디오 코덱 중 이 기술을 이용하는 HE-AAC v.2, MPEG Surround, Spatial Audio Object Coding (SAOC), Unified Speech and Audio Coding (USAC)에 대해 기술 소개 및 방송의 적용 예를 기술한다.

Abstract

MPEG audio uses the masking effect, high frequency component synthesis based on spectral band replication, and channel expansion based on parametric stereo for efficient compression of audio signals. In this paper, we present an overview of the state-of-the-art channel expansion technology in MPEG audio. We also present technical overviews and application examples to broadcasting services for HE-AAC v.2, MPEG Surround, spatial audio object coding (SAOC), and unified speech and audio coding (USAC) which are MPEG audio codecs based on the channel expansion technology.

Keyword : MPEG audio, channel expansion, HE-AAC v.2, MPEG Surround, SAOC, USAC

1. 서 론

MPEG audio layer3 (MP3)와 advanced audio coding (AAC) 등의 초기 MPEG 오디오 코덱에서는 신호의 압축을 위해서 마스킹 효과 (masking effect)를 전통적으로 이용하였다^[1,2]. 이와 같은 방법들은 비트율이 충분할 때는 원본과 유사한 수준의 음질을 보장하지만, 비트율이 낮을 때에는 음질 열화가 발생한다. 저비트율 오디오 코딩에서 음질

을 높이기 위해서 MPEG 오디오는 고주파 합성 기술 및 채널 확장 기술을 사용하고 있다. 이 중 고주파 합성 기술은 spectral band replication (SBR)을 기반으로 하고 있는데, 즉 저주파 성분을 기존의 AAC 등을 이용해 전송하고 고주파 신호는 약간의 추가 정보를 이용하여 저주파 성분으로부터 합성한다^[2]. 또한, 채널 확장 기술은 parametric stereo (PS)를 기반으로 하여 두 개 이상의 채널 신호를 다운믹스하고 부가 정보를 추출하여 같이 전송하고, 다시 다운믹스 신호와 부가 정보를 이용하여 원래의 신호를 합성한다^[3].

MPEG 오디오에서 채널 확장 기술은 HE-AAC v.2부터 PS 기술로 적용되었는데, 이는 부호화부에서 스테레오 신호를 모노 신호로 다운믹스하고 스테레오 파라미터들을 추

a) 세종대학교 전자공학과

Dept. of Electronics Engineering, Sejong University

‡ 교신저자 : 방회석 (hspang@sejong.ac.kr)

· 접수일(2011년7월4일), 수정일(2011년8월8일), 게재확정일(2011년8월8일)

출하여 전송 및 복호화부에서 모노 다운믹스 신호와 스테레오 파라미터들을 이용하여 스테레오 신호를 복원하는 기술을 의미한다^[3]. MPEG Surround는 다채널 코딩을 위해서 채널 확장 기술을 적용하였는데, 이는 기존의 PS를 더욱 향상시킨 것으로써 특히 다채널 코딩에서 채널 확장 기술을 연속적으로 적용하여 5.1 채널 등의 신호를 스테레오 혹은 모노 신호 등으로 다운믹스하고 공간 파라미터를 추출하여 전송하고, 이 다운믹스 신호와 공간 파라미터를 이용하여 다시 다채널 신호를 생성하게 된다^[4]. MPEG Surround의 채널 확장 기술은 이후 MPEG 오디오 코덱 중 오디오 객체 코딩 기술인 SAOC와 저비트율에서 음성 및 오디오를 모두 지원하는 USAC에서도 사용되고 있다^[5,6].

본 논문에서는 MPEG 오디오의 채널 확장 기술을 우선 소개한 후, MPEG 오디오 코덱 중 채널 확장 기술을 사용하는 HE-AAC v.2, MPEG Surround, SAOC, USAC에 대해 기술 소개 및 방송 적용 예를 기술한다.

II. MPEG 오디오의 채널 확장 기술

MPEG 오디오의 채널 확장 기술은 사용되는 코덱에 따라서 파라미터나 기술이 조금씩 상이하다. 크게 보아서 PS의 채널 확장 기술은 MPEG Surround에서 더욱 발전하였고 이를 SAOC와 USAC에서 채택한 형태로 볼 수 있으며

로, 본 논문에서는 MPEG Surround 채널 확장 기술을 기준으로 설명한다^[4]. 채널 확장 기술은 그림 1에서 보이는 바와 같이 부호화부에서 다운믹스 및 공간 파라미터 (PS에서는 스테레오 파라미터) 정보를 추출하고, 복호화부에서 다운믹스와 공간 파라미터 정보를 이용해 원신호를 합성한다. 공간 파라미터의 추출 및 합성은 서브밴드 도메인에서 이루어지는데, 우선 시간 신호는 quadrature mirror filter (QMF) 분석을 거쳐 QMF 서브밴드로 변환된다. 일반적으로 오디오 신호에서 많이 사용되는 32kHz, 44.1kHz, 48kHz 중 하나의 샘플링 주파수를 가지는 경우 QMF 밴드 수는 64가 사용된다. QMF 밴드는 대역폭이 일정하기 때문에, 저주파 부분에 민감한 인간의 청각 특성을 반영하기 위해서 추가적인 Nyquist 분석을 통해서 저주파 부분을 더욱 세분화하게 된다. 최종적으로 신호는 hybrid 서브밴드 영역으로 변환이 되며 이의 서브밴드 수는 MPEG Surround의 경우는 71개, PS는 71개 혹은 91개가 된다^[3,4]. Hybrid 서브밴드에서 부호화의 경우 다운믹스 및 공간 정보 추출이 수행되고, 복호화의 경우 다운믹스 신호 및 공간 정보를 이용하여 업믹스가 수행된다. Hybrid 서브밴드 신호는 다시 Nyquist 합성 및 QMF 합성 과정을 통해서 시간 신호로 변환되는데, QMF와 Nyquist 분석/합성에 의한 전체 과정의 충격 응답은 시간 지연만 있는 임펄스와 매우 유사하다.

한편, hybrid 서브밴드는 71개 혹은 91개가 사용되므로 이들 밴드에 대해 각각 공간 파라미터를 추출할 경우 데이

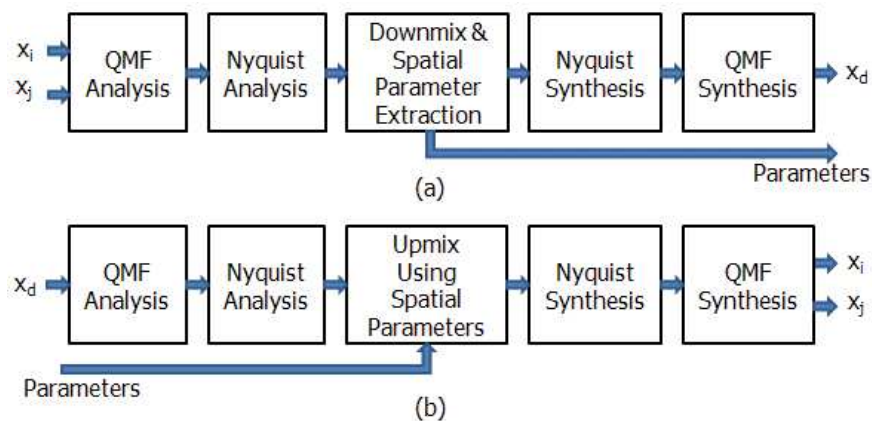


그림 1. 채널 확장 기술의 블록 다이어그램. (a) 부호화부. (b) 복호화부
 Fig. 1. Block diagram of channel expansion technology. (a) encoder. (b) decoder

터 양이 너무 많아진다. 따라서, 인접한 서브밴드들을 묶어서 하나의 파라미터 밴드로 설정하고 파라미터 밴드 당 하나의 공간 파라미터들을 추출 및 적용하게 된다. 파라미터 밴드 수는 PS에서 10, 20, 34개 중 하나를, MPEG Surround, SAOC, USAC에서는 4부터 28개까지 등 미리 지정된 값들 중 하나의 값을 사용하며, 이에 의해 모든 서브밴드에 대해 공간 파라미터를 추출하는 것에 비해 데이터 양을 적절한 수준으로 줄일 수 있다. 또한, 실제 사용될 파라미터 밴드 수는 부호화부에서 비트율에 따라서 하나를 정하여 사용하게 된다.

채널 확장 기술에서는 몇 가지의 공간 파라미터를 부가 정보로 이용하는데, 이는 각각 channel level difference (CLD), inter-channel correlation/coherence (ICC), channel prediction coefficient (CPC), inter-channel phase difference (IPD)와 overall phase difference (OPD) 등이 해당된다. 두 채널 사이의 레벨 차이를 의미하는 CLD는 모든 채널 확장 기술에서 공통적으로 사용되며, PS 틀에서는 inter-channel intensity difference (IID)의 명칭으로 사용된다. Hybrid 서브밴드 신호 $X_{i,k}(m)$ 에 대해 채널, 서브밴드 인덱스, 시간을 각각 i, k, m 라 하면, 채널 i 와 j 에 대한 b 번째 파라미터 밴드의 CLD는 다음과 같이 정의된다.

$$CLD(b) = 10 \log_{10} \left(\frac{\sigma_{X_{i,b}}^2}{\sigma_{X_{j,b}}^2} \right). \quad (1)$$

단, $\sigma_{X_{i,b}}^2$ 은 다음과 같이 정의되며, 여기에서 *는 켈레복소수를 의미한다.

$$\sigma_{X_{i,b}}^2 = \sum_m \sum_{k=k_b}^{k_{b+1}-1} X_{i,k}(m) X_{i,k}^*(m). \quad (2)$$

위 식 (2)에서 k_b 는 b 번째 파라미터 밴드의 시작 서브밴드 인덱스를 의미하며, 따라서 식 (2)는 b 번째 파라미터 밴드에 해당되는 서브밴드들에 대해 계산을 수행하여 합하고, 이를 다시 시간에 대해 합하는 형태가 된다.

공간 파라미터 중 ICC는 두 채널 신호 사이의 상관관계 정보를 의미하며, 이 역시 채널 확장 기술에서 공통적으로

사용된다. 채널 i 와 j 에 대한 b 번째 파라미터 밴드에 대해 $e_R(b)$ 를 다음과 같이 정의할 때

$$e_R(b) = \sum_m \sum_{k=k_b}^{k_{b+1}-1} X_{i,k}(m) X_{j,k}^*(m), \quad (3)$$

이 밴드의 ICC는 다음과 같이 정의된다.

$$ICC(b) = Re \left\{ \frac{e_R(b)}{\sigma_{X_{i,b}} \sigma_{X_{j,b}}} \right\}. \quad (4)$$

공간 파라미터 중 CPC는 MPEG Surround 및 SAOC에서 다음과 같이 스테레오 다운믹스 신호 (X_L, X_R)로부터 좌우 채널 및 센터 채널 신호 (X_L, X_R, X_C)를 생성하기 위해서 주로 사용된다^[4].

$$\begin{bmatrix} X_L \\ X_R \\ X_C \end{bmatrix} = M_{CPC} \begin{bmatrix} X_{L, Downmix} \\ X_{R, Downmix} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

여기에서 M_{CPC} 는 다음과 같이 정의되며

$$M_{CPC} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} c_1 + 2 & c_2 - 1 \\ c_1 - 1 & c_2 + 2 \\ 1 - c_1 & 1 - c_2 \end{bmatrix}, \quad (6)$$

c_1 과 c_2 는 CPC 파라미터들로서, 생성된 좌우 채널 및 센터 채널 신호 (X_L, X_R, X_C)가 원래의 신호와 가장 유사하도록 부호화부에서 그 값들이 선택된다.

한편, PS와 USAC에서는 공간 파라미터로서 위상 정보를 사용한다^[3,6]. 좌우 신호를 각각 X_L, X_R 라고 하고 이 둘을 합한 신호를 X_M 라고 할 때, X_M 으로부터 좌우 신호를 합성하기 위해서는 X_L 과 X_R 의 위상 차이 및 X_M 과 X_L 의 위상 차이가 필요하다. 따라서, 이를 위해 각각 IPD와 OPD를 사용한다. 이 중 IPD는 좌우 채널 신호의 위상 차이를 의미하며 b 번째 파라미터 밴드에 대해

$$IPD(b) = \angle (e_R(b)), \quad (7)$$

와 같이 구하며, 단 여기에서는 X_i 와 X_j 대신에 X_L 과 X_R 을 사용한다. OPD는 모노 다운믹스 신호와 왼쪽 신호의 위상 차이를 의미하며

$$OPD(b) = \angle(e_o(b)), \quad (8)$$

로 구해지며, 여기에서 $e_o(b)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$e_o(b) = \sum_m \sum_{k=k_0}^{k_0+1-1} X_{L,k}(m) X_{M,k}^*(m), \quad (9)$$

복호화부에서 CLD는 서브밴드 영역에서 다운믹스 신호로부터 업믹스 과정을 수행하면서 출력 채널의 레벨 차이를 주는 것으로 사용된다. ICC는 그림 2에서 보이는 비상관기 (decorrelator)를 이용해 원래의 신호 대비 비상관 신호를 생성한 후에, 이를 원래의 신호와 적절한 비로 섞어서 최종적으로 생성되는 2채널 신호의 ICC가 전송된 값과 같은 값을 가지도록 한다. IPD와 OPD의 경우는 전송된 값을 이용하여 신호의 위상 정보를 변경하는 데 사용된다.

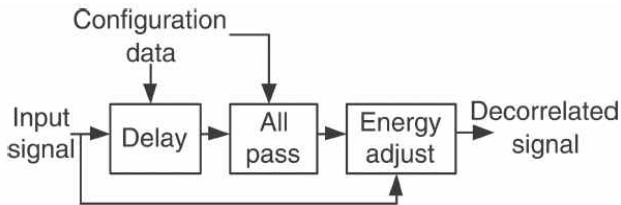


그림 2. MPEG Surround의 역상관기^[7]
Fig. 2. Decorrelator of MPEG Surround

한편, 공간 파라미터들은 한 프레임 내에 다수가 사용될 수 있으며, 코덱의 종류에 따라서 미리 지정된 시간 위치 혹은 전송된 시간 정보 위치에서 공간 파라미터가 적용된다. 그림 3에서 한 프레임 내에 2번 공간 파라미터가 적용되는 예를 보이고 있는데, 특정 시간에서 파라미터 밴드 단위로 공간 파라미터가 적용되고 있다. 적용되는 시간 외의 지점에서는 전송된 정보를 보간한 값으로 공간 파라미터가 적용된다.

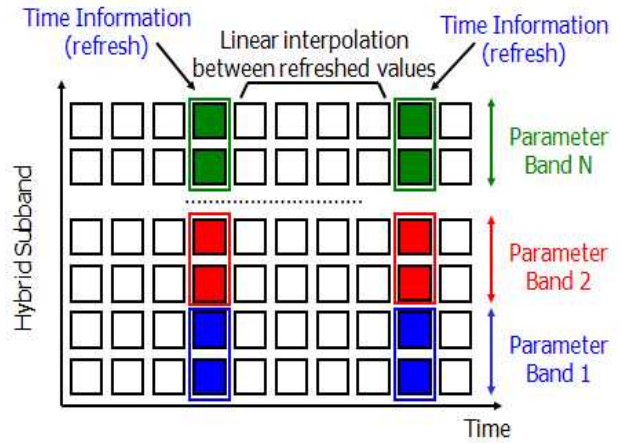


그림 3. 서브밴드에서의 공간 파라미터 적용
Fig. 3. Applications of spatial parameters in the subband domain

III. 채널 확장 기술을 사용하는 MPEG 오디오 코덱

채널 확장 기술을 사용하는 주요 MPEG 오디오 코덱은 HE-AAC v.2, MPEG Surround, SAOC, USAC 등이 있다. 다음에서는 각각의 코덱에 대한 소개 및 이들의 방송 시스템에서 사용 예를 간단히 기술한다.

1. HE-AAC v.2

HE-AAC에서는 기존의 AAC에 SBR 툴을 추가하여 비교적 낮은 비트율에서의 음질을 지원하였으며^[2], HE-AAC v.2에서는 HE-AAC에 PS를 다시 추가하여 더욱 낮은 비트율에서 괜찮은 수준의 음질을 지원하였다^[3]. 다음 그림 4에서 HE-AAC v.2의 구조를 보이고 있는데, 부호화부에서 스테레오 신호는 모노 신호로 다운믹스되고 동시에 PS 부호화부에 의해 스테레오 파라미터를 추출하여 부호화한다. 모노 다운믹스 신호는 SBR 부호화부에 의해서 고주파 부분의 정보가 부호화되고, 저주파 성분은 AAC에 의해 부호화된다. 복호화부에서는 우선 AAC 비트열을 이용하여 저주파 성분의 모노 신호를 복호화하고 SBR 비트열을 이용해 고주파 성분을 합성한다. 그 후 스테레오 파라미터 정보

를 이용하여 스테레오 신호를 합성한다. PS에 대한 일반적인 내용은 참고문헌 [3,8-10]을 참고하기 바란다.

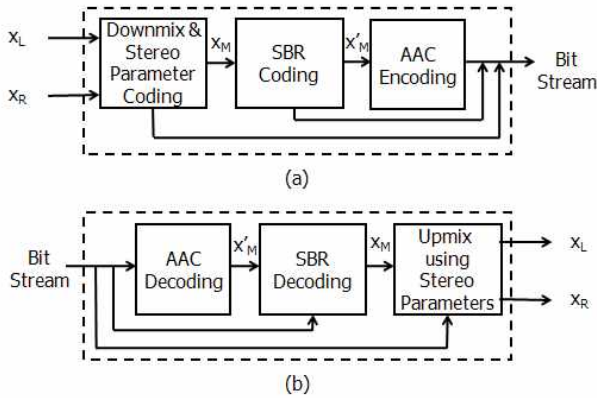


그림 4. HE-AAC v.2의 구조 (a) 부호화부. (b) 복호화부
 Fig. 4. Structure of HE-AAC v.2. (a) encoder. (b) decoder

HE-AAC v.2는 약간의 수정을 거쳐 3GPP에서 enhanced aacPlus 기술로 표준화되어 무선통신에서 사용되고 있다^[11]. HE-AAC v.2는 24kbps-48kbps 등의 저비트율에서 꽤 낮은 수준의 음질을 보장하므로 대역폭의 제한이 많은 방송 시스템에서 오디오 코덱으로서 적합하다.

2. MPEG Surround

MPEG Surround는 부호화부에서 5.1채널 등 다채널 신호로부터 모노, 스테레오 등의 다운믹스 신호를 생성하고

공간 파라미터를 추출하여 함께 전송한다. 다운믹스 신호는 기존의 오디오 코덱을 이용하여 다시 부호화되는데, 예를 들어 MP3나 AAC와 같은 코덱을 사용할 수 있다. 복호화부에서는 다운믹스 신호를 복호화한 후 공간 정보를 이용하여 다시 다채널 신호를 생성한다. MPEG Surround의 전체 구조는 그림 5에 표시되고 있다. MPEG Surround에서는 이상의 다채널 복호 모드 이외에도 기존의 오디오 재생 기기에서 헤드폰이나 이어폰을 이용한 가상 5.1 채널 재생이 가능하게 하는 바이노럴 모드 (binaural mode)를 지원한다. 즉, 바이노럴 모드에서는 5.1채널 신호를 생성하는 대신에 HRTFs (head-related transfer functions)를 이용하여 가상의 위치에 대한 신호를 생성하게 되는데, 이에 의해 사용하는 헤드폰이나 이어폰을 이용해서 가상의 5.1채널 스피커 소리를 들을 수 있다. MPEG Surround에 대한 기술적인 세부 내용은 참고문헌 [4,7,12-17]을 참고하기 바란다.

MPEG Surround는 5.1채널 신호에 대해 AAC와 같이 사용하여 전체 128kbps 내외의 비트율에서 좋은 음질을, HE-AAC와 같이 사용하여 64kbps 내외의 비트율에서 괜찮은 수준의 음질을 재현하기 때문에 다채널 방송에서 유용하게 사용될 수 있다. 특히 사용자는 동일 비트율에 대해 재생 기기에 따라서 다른 디코딩 모드를 사용할 수 있는데, 예를 들어 가정의 홈씨어터 시스템이나 차량의 다채널 스피커 시스템을 이용할 때는 5.1채널 재생을 선택할 수 있고 혹은 휴대용 기기의 경우는 바이노럴 재생을 선택하여 휴대폰이나 이어폰으로 가상 5.1채널 재생을 선택할 수 있다.

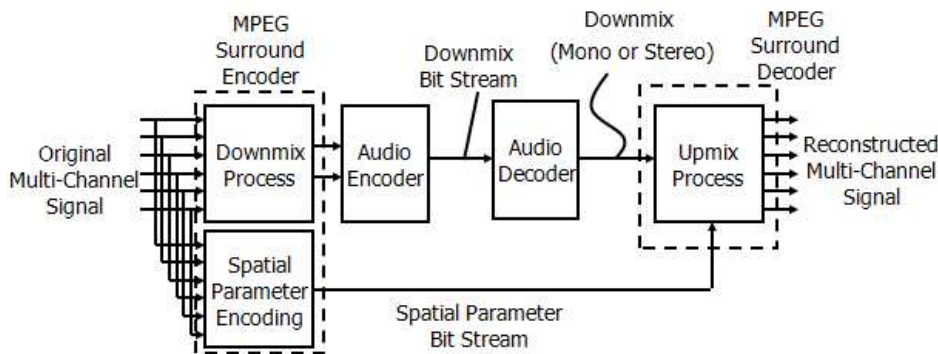


그림 5. MPEG Surround의 구조
 Fig. 5. Structure of MPEG Surround

MPEG Surround는 공간 파라미터를 무시할 경우 다운믹스 신호만으로 재생이 가능한 하방 호환성 (backward compatibility)을 보장하기 때문에, 기존 방송 인프라의 부가 서비스로 도입이 가능하다.

3. SAOC

SAOC는 MPEG Surround의 기술들을 기반으로 음악을 오디오 객체의 조합으로 구성하고 이를 기반으로 각 객체를 사용자가 제어할 수 있도록 하였다. 그림 6에서 SAOC의 구조를 보이고 있는데, 우선 부호화부에서는 오디오 객체들이 입력된 후 각각의 객체들을 다운믹스하여 다운믹스 신호를 생성하고, 동시에 각 객체들로부터 객체 파라미터 (object parameter)들을 추출한다. 이 둘은 부호화되어 비트열을 구성하고 전송되며, 복호화부에서는 이들을 이용하여 각각의 오디오 객체들을 합성하게 된다. 이 오디오 객체들을 사용자가 듣기 위해서는 최종적으로 채널 신호로 구성이 되어야 하므로 복호화부의 믹서에서의 믹싱 작업을 통해 객체 신호들은 채널 신호로 변환된다. 객체 기반 오디오 코딩이 다채널 오디오 코딩과 다른 점은 우선 객체 기반

오디오 코딩의 입력 신호는 음악을 구성하는 각각의 악기음, 음성, 혹은 이들의 조합으로 이루어진 신호 등의 오디오 객체이며, 이는 다채널 오디오 코딩에서 입력신호가 이미 객체들이 믹싱된 채널 신호라는 것과는 구별된다는 점이다. 또한, 다채널 오디오 코딩에서는 출력 신호를 바로 채널별로 재생함에 반해, 객체 기반 오디오 코딩에서는 믹싱이라는 과정이 추가로 존재하며, 이 과정 중에서 사용자가 렌더링 행렬 (rendering matrix) 등의 기술을 사용하여 믹싱 파라미터 등을 조절하거나 입력하여 최종 출력 신호를 객체 단위로 제어할 수 있다. SAOC 복호화부에서는 디코딩 모드를 선택하여 휴대용 오디오를 이용한 모노, 스테레오, 바이노럴 신호 재생 및 다채널 오디오 재생이 모두 가능하다. SAOC에 대한 자세한 내용은 참고문헌 [5,18-22]을 참고하기 바란다.

방송 시스템에서 SAOC를 사용할 경우 방송 신호에 대해 사용자가 마치 프로듀서가 된 것처럼 각각의 오디오 객체에 대해 독립적인 리믹스 기능을 제공한다. 예를 들어, 어학 학습용 방송에서 한국어와 외국어의 음성을 선택적으로 청취하거나, 스포츠 중계에서 관중의 소리와 캐스터의 음성 크기의 비율을 취향에 맞게 조절하거나, 영화/드라마 등에서 대화와 효과음을 조절하거나 등이 가능하다. 극단적으로는 SAOC 내의 잔류신호 코딩 틀을 이용하여 음악 청취시에 보컬 객체를 제거하여 가라오케에 활용하는 등 특정 오디오 객체의 신호를 제거하는 것도 가능하다. SAOC 또한 객체 파라미터를 무시할 경우 다운믹스 신호만으로 재생이 가능한 하방 호환성을 보장하기 때문에, 기존 방송 인프라의 부가 서비스로 도입이 용이하여 차세대 방송 서비스로의 다양한 활용을 기대할 수 있다.

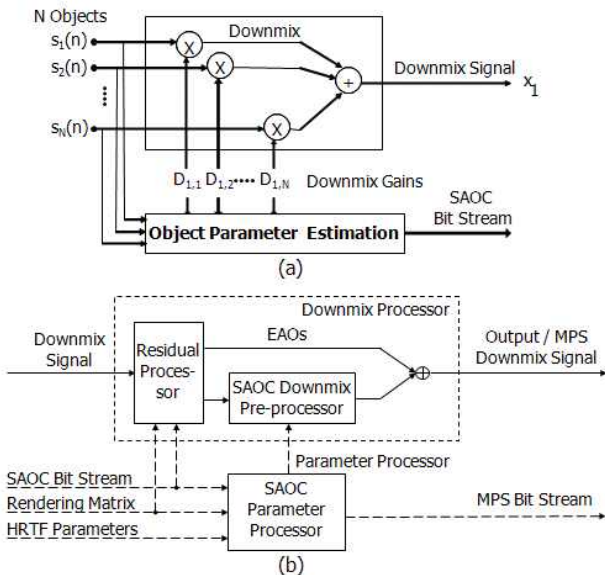


그림 6. SAOC 구조도^[6]. (a) 부호화부. (b) 복호화부
Fig. 6. SAOC structure. (a) encoder. (b) decoder

4. USAC

최근 방송과 통신이 융합하는 방향으로 기술이 발전하면서 USAC는 음성 및 오디오를 모두 처리할 수 있는 범용 오디오/음성 부호화 기술을 지원한다. USAC 부호화기는 그림 7에서 보이는 바와 같이 스테레오 신호에 대해서 MPEG Surround 틀을 이용하여 다운믹스하고 동시에 공간 파라미터를 추출하여 부호화하고, 모노 다운믹스 신호에

대해서 enhanced SBR (eSBR) 틀을 이용하여 고주파 생성을 위한 정보를 추출하여 부호화한다. 그 후 저주파 성분의 다운믹스 신호는 신호 분류기를 거쳐서 입력 신호의 특성에 따라 algebraic code excited linear prediction (ACELP), transform coded excitation (TCX), 컨텍스트 기반의 arithmetic 코딩을 사용하는 AAC 틀 중 하나에 의해 부호화된다. USAC의 복호화부는 그림 7에서 보이는 바와 같이 부호화부의 역순으로 복호화를 진행한다. USAC는 HE-AAC v.2, MPEG Surround, AMR-WB+ 등의 기술을 조합하고 각각의 세부 기술들에 대해 더욱 향상시킨 것으로 볼 수 있다. USAC에 대한 자세한 내용은 참고문헌 [6,23-26]을 참고하기 바란다.

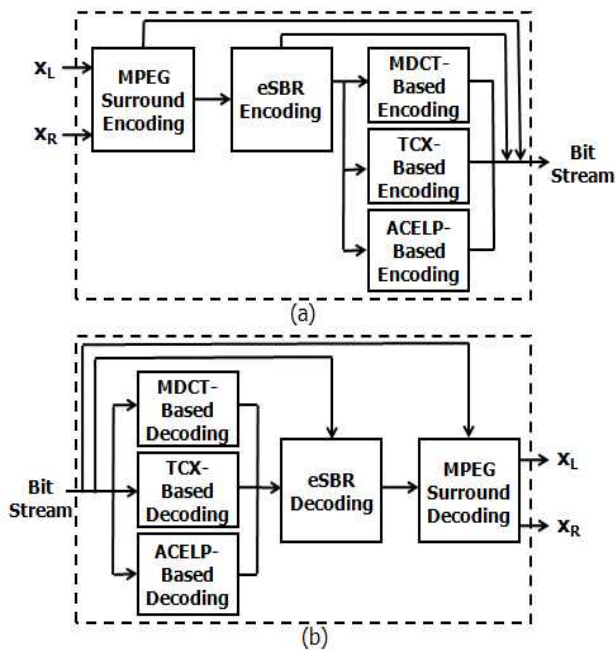


그림 7. USAC 구조. (a) 부호화부. (b) 복호화부
Fig. 7. USAC structure. (a) encoder. (b) decoder

USAC은 2012년경에 국제 표준으로 등록될 예정이다. USAC는 12kbps 모노, 16kbps 스테레오까지 지원하는 등 매우 낮은 비트율에서 HE-AAC v.2에 비해 더 나은 성능을 지원하기 때문에 대역폭 제한이 매우 큰 방송 서비스에 적합할 것으로 판단된다. 또한, 음성 신호에 대해서는 ACELP

기반의 기술이 오디오 코딩 기반 기술보다 일반적으로 성능이 더 좋음을 고려하면 음성 위주의 방송에 대해서도 높은 음질을 보장할 것으로 판단된다.

IV. 결 론

MPEG 오디오의 채널 확장 기술 및 이를 사용하는 주요 MPEG 오디오 코덱 기술을 간단하게 살펴보았다. 조만간 이들 기술을 이용한 다양한 형태의 방송 서비스가 지원되어 사용자들의 선택이 다양화되기를 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] ISO/IEC 13818-3, Information Technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information - Part 3: Audio, 1998.
- [2] ISO/IEC 14496-3, Information Technology - Coding of Audio-Visual Objects - Part 3: Audio, Subpart 4: General Audio Coding - AAC, TwinVQ, BSAC, 2009.
- [3] ISO/IEC 14496-3, Information Technology - Coding of Audio-Visual Objects - Part 3: Audio, Subpart 8: Technical Description of Parametric Coding for High Quality Audio, 2009.
- [4] ISO/IEC 23003-1, Information Technology - MPEG Audio Technologies - Part 1: MPEG Surround, 2007.
- [5] ISO/IEC 23003-2, Information Technology - MPEG Audio Technologies - Part 2: Spatial Audio Object Coding (SAOC), 2010.
- [6] ISO/IEC DIS 23003-3, Information Technology - MPEG Audio Technologies - Part 3: Unified Speech and Audio Coding, w11863, 2011.
- [7] J. Breebaart et al., "Background, concept, and architecture for the recent MPEG Surround standard on multichannel audio compression," J. Audio Eng. Soc., vol. 55, no. 5, pp. 331-352, 2007.
- [8] E. Schuijers et al., "Advances in parametric coding for high-quality audio," 114th Audio Engineering Society Convention, paper no. 5852, 2003.
- [9] H. Purnhagen, "Low complexity parametric stereo coding in MPEG-4," Proc. of the 7th International Conference on Digital Audio Effects, pp. 163-168, 2004.
- [10] J. Breebaart et al. "Parametric coding of stereo audio," Eurasip Journal on Applied Signal Processing, vol. 2005, no. 9, pp. 1305-1322, 2005.
- [11] 3GPP TS 26.401, Enhanced aacPlus General Audio Codec; General Description, v.10.0.0., 2011.
- [12] J. Herre et al., "MPEG Surround - the ISO/MPEG standard for efficient and compatible multichannel audio coding," J. Audio Eng. Soc., vol.

- 56, no. 11, pp. 932-955, 2008.
- [13] S. Quackenbush and J. Herre, "MPEG Surround," IEEE Multimedia, vol. 12, no. 4, pp. 18-23, 2005.
- [14] J. Hilpert and S. Disch, "The MPEG Surround audio coding standard," IEEE Signal Proc. Mag., vol. 26, no. 1, pp. 148-152, 2009.
- [15] G. Hotho, L. F. Villemoes, and J. Breebaart, "A backward-compatible multichannel audio codec," IEEE Trans. Audio, Speech, Lang. Process., vol. 16, no. 1, pp. 83-93, 2008.
- [16] 방희석, "다채널 오디오 코딩을 위한 MPEG Surround-1부: 기본 구조," 한국음향학회지, 28권, 7호, pp. 599-609, 2009.
- [17] 방희석, "다채널 오디오 코딩을 위한 MPEG Surround-2부: 다양한 모드 및 톨들," 한국음향학회지, 28권, 7호, pp. 610-617, 2009.
- [18] J. Engdegard et al., "Spatial audio object coding (SAOC) - the upcoming MPEG standard on parametric object based audio coding," 124th Audio Engineering Society Convention, paper no. 7377, 2008.
- [19] J. Engdegard et al., "MPEG spatial audio object coding - the ISO/MPEG standard for efficient coding of interactive audio scenes," 129th Audio Engineering Society Convention, paper no. 8264, 2010.
- [20] 정양원, 오현오, "오디오 객체 부호화 표준 - MPEG SAOC," 한국음향학회지, 28권, 7호, pp. 630-639, 2009.
- [21] 서정일, 강경욱, "파라메트릭 다객체 오디오 부호화 기술," 전자공학회지, 36권, 4호, pp. 47-55, 2009.
- [22] 오현오, 정양원, "객체 오디오 부호화 표준 SAOC 기술 및 응용," 전자공학회논문지, 47권 SP편, 5호, pp. 45-55, 2010.
- [23] M. Neuendorf et al., "A novel scheme for low bitrate unified speech and audio coding - MPEG RM0," presented at the 126th AES convention, paper no. 7713, 2009.
- [24] 이태진, 강경욱, 김환우, "MPEG-D USAC: 통합 음성 오디오 부호화 기술," 한국음향학회지, 28권, 7호, pp. 589-598, 2009.
- [25] 박호중, 박영철, "MPEG 오디오 표준 기술: USAC," 방송공학회지, 14권, 2호, pp. 63-74, 2009.
- [26] 송정욱, 오현오, 강홍구, "통합 음성/오디오 부호화를 위한 새로운 MPEG 참조 모델," 전자공학회논문지, 47권 SP편, 5호, pp. 74-80, 2010.

저 자 소 개



방 희 석

- 1994년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (공학사)
- 1996년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2001년 2월 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 (공학박사)
- 2001년 3월 ~ 2008년 2월 : LG전자 DM연구소 선임/책임연구원
- 2008년 3월 ~ 현재 : 세종대학교 전자공학과 조교수
- 주관심분야 : 오디오 코딩, 오디오 신호처리