효율적인 예측 SBR 구현

허소영 김인철

서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부

heyday000@naver.com

An Efficient Predictive-SBR Implementation

Heo, So-Young Kim, Rin-Chul

Dept, of Electrical & Computer Eng., University of Seoul

요약

본 논문에서는 MPEG-4 HE-AAC의 SBR 부호기의 효율을 개선하기 위해 예측 SBR(Predictive-SBR)을 제안한다. SBR 부호기는 주부호기(core encoder)와 결합하여 적은 비트량으로 고주파 성분을 복원할 수 있게 한다. 본 논문에서는 SBR 데이터의 약 70%를 차지하는 포락선 정보를 부호화하는 방법을 개선하여 효율성을 높이고자 한다. 기존 SBR은 포락선 정보의 전송을 위해 다음과 같은 방법을 이용한다. 먼저 고주파 대역의 에너지를 스케일팩터 밴드 단위로 계산한다. 다음으로, 전송 정보량의 감소를 위해 델타 코딩 방식을 이용하여 에너지 정보를 부호화한다. 본 논문에서는 SBR의 포락선 정보를 효과적으로 감축하기 위하여 고주파 대역의 에너지를 예측하는 방법을 이용한다. SBR 부호기의 입력 데이터가 SBR 복호기의 입력 데이터와 동일하다는 가정 하에 선형 회귀(linear-regression) 기법을 이용하여 고주파 대역의 에너지를 추정한다. 그 후에 추정된 에너지와 원래의 고주파 대역 에너지의 오차를 델타 코딩을 이용하여 부호화한다. 정보를 전송할 때는 고주파 대역 에너지의 델타 코드와 예측 SBR에서 계산한 오차의 델타 코드 중 부호화에 필요한 비트량이 적은 방식을 선택하여 부호화하도록 한다. 그 결과 약 10% 정도의 정보량 감축 효과를 얻을 수 있다.

1. 서론

SBR[3]은 Coding Technology사에서 개발한 대표적인 대역 확장(bandwidth extension)기법이다. SBR은 저주파 영역 신호와 적은 양의 부가 정보만을 이용하여 고주파 영역의 신호를 효과적으로 표현하는 기법이다. 즉, 오디오 신호에서 하모닉스를 포함한 파셜(partial)들은 저주파 영역에서부터 고주파 영역까지 일정한 패턴으로 반복적으로 나타난다. 이러한 점을 참조하여 SBR에서는 저주파 영역의 패턴을 고주파 영역에 모사(replication)시킨다. 그런 다음, 고주파 영역에 대한 포락선(envelope), 바닥 잡음(noise floor), 추가적인 고조파(harmonics), 역필터링 레벨(inverse filtering level)등의 부가 제어 정보를 이용하여 모사된 패턴을 수정함으로써 고주파 영역 오디오 신호를 충실히 근사화 시킨다.

SBR을 이용한 오디오 부호기에서 저주파 신호를 부호화할 때 MP3 혹은 AAC를 사용하며 이러한 오디오 부호기를 각각 mp3PRO[6] 및 HE-AAC(High-Efficiency Advanced Audio Coding)[1]라고 한다. 이 가운데 HE-AAC는 SBR과 AAC를 결합하여 48kbps 이하의 전송률로 방송 품질의 오디오를 표현할 수 있는 것으로 알려져 있다. SBR에서 고주파 영역 신호를 충실히 나타내기 위해 추가되는 부가 정보의 약 70%가 포락선 정보이다. 기존의 SBR이 포락선 정보를 부호화하기 위해 시간 혹은 주파수 영역에서 선택적으로 델타 부호화(delta coding)하지만 포락선은 여전히 많은 정보량으로 표현된다.

‡본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력 핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2007-S005-01, AV코덱 고도화를 통한 리치미디어방송기술개발.]

본 논문은 SBR의 포락선 정보를 효과적으로 감축하기 위하여 예측 SBR(predictive-SBR)을 제안한다. 예측 SBR에서는 저주파 영역 포락선으로부터 고주파 영역 포락선을 선형 회귀(linear regression) 기법으로 추정한다. 그런 다음, 추정된 포락선과 원래의 고주파 영역 포락선의 차이를 시간 혹은 주파수 영역에서 델타 부호화 한다. 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 제 2장에서 기존 SBR의 포락선 정보를 예측하는 방식을 설명하고, 제 3장에서는 제안하는 예측 SBR의 포락선 정보를 예측하는 방식을 살펴보겠다, 그런 다음, 제 4장에서 제안하는 SBR의 성능을 실험으로 검증하고, 마지막으로 결론을 맺도록 한다.

2. 기존 SBR의 포락선 정보 예측 방식

2.1. 시간/주파수 그리드

시간/주파수 그리드(time/frequency grid)는 64 채널 QMF 필터뱅크를 통해 분해된 주파수 성분들을 시간 영역과 주파수 영역에서 그룹화 하는 정보를 제공한다. SBR은 시간/주파수 그리드를 기준으로 각 파라미터들을 표현한다. 주파수 영역에서는 주파수 밴드 테이블이 구성된다. 먼저 한 옥타브(octave)당 주파수 밴드 수를 정한 후, SBR에 의해 복원되는 구간을 선형 크기 또는 로그 크기로 고려하여 QMF 채널들을 그룹화 하여 주파수 밴드 테이블을 구성한다. 시간 영역으로는 오디오 신호의 급격한 변화인 트렌지어트(transient)[2][5] 성분을 기준으로 시간 분할(time segment)을 설정한다. 따라서 시간 영역에서는 시간 분할로 구분하고, 주파수 상으로는 주파수 밴드로 구분한다.

2.2. 포락선 정보 추정 및 양자화

부호기에서 전송하게 되는 고주파 대역의 포락선 정보는 앞 절에서 설명한 시간/주파수 그리드에 의해 정해진 스케일팩터 밴드의 평균 에너지이다. 즉, k_l 번째 채널부터 k_h-1 번째 채널까지의 대역 신호로 구성되는 p번째 주파수 구간에서 l번째 시간 구간의 평균 에너지 $E(p,l)$은 식 (1)과 같이 구한다.

$$E(p,l)=\frac{\sum_{i=RATE\cdot t_E(l)}^{RATE\cdot t_E(l+1)-1}\sum_{j=k_l}^{k_h-1}|X(j,i)|^2}{(RATE\cdot(t_E(l+1)-temp_l-t_E(l)))\cdot(k_h-k_l)} \quad (1)$$

식 (1)에서 $t_E(l)$은 l번째 포락선의 SBR 타임 슬랏(time slot) 테이블이다. 하나의 QMF 채널은 32개의 서브샘플들로 구성되고, 하나의 SBR 타임 슬랏 당 두 개의 서브샘플들로 정의된다. 그 비율을 RATE라 하고 그 값은 2가 된다. $temp_l$은 포락선 구간을 설정할 때, 특정 경우에 고려되는 값으로 0 또는 1이 된다. 마지막으로 $X(j,i)$는 현재 프레임의 i번째 타임 슬랏, j번째 QMF 채널에 해당하는 신호의 크기가 된다.

포락선을 추정한 다음에는 양자화 과정을 거친다. 포락선의 양자화는 현재 프레임의 시간 주파수 분해능에 따라 1.5 dB 또는 3.0 dB로 양자화 된다. 식 (2)는 포락선의 양자화를 설명한다.

$$\mathrm{E}_Q(k,l)=INT\left(a\cdot\max\left(\log_2\left(\frac{\mathrm{E}(k,l)}{64}\right),0\right)+0.5\right) \quad (2)$$

l번째 포락선의 k번째 QMF 채널에 해당하는 에너지의 양자화 된 값을 말한다. 식 (3)의 bs_amp_res는 시간 주파수 분해능을 말한다.

$$where\quad a=\begin{cases}2 & ,bs_amp_res=0\\ 1 & ,bs_amp_res=1\end{cases} \quad (3)$$

3. 예측 SBR

본 논문은 SBR 데이터 중 포락선 정보 양을 줄여 SBR 파트의 부호화 효율을 높이기 위해 예측 SBR을 제안한다. 기존 SBR의 포락선 정보 전송 과정은 다음과 같다. 먼저 각 대역의 에너지를 구한 후, 시간/주파수 그리드 단위로 평균 에너지를 계산한다. 평균 에너지는 델타 부호화(delta coding)를 하게 되는데, 시간 영역의 델타 부호화와 주파수 영역의 델타 부호화로 나눌 수 있다. 그림 1은 델타 부호화 방식을 설명한 것이다. 시간 영역의 델타 부호화는 이전 포락선의 동일한 주파수 밴드의 에너지를 기준으로 현재의 에너지 변화량을 구한다. 주파수 영역의 델타 부호화는 동일한 포락선에서 이전 스케일팩터 밴드의 에너지를 기준으로 현재 스케일팩터 밴드의 에너지 변화량을 구한다. 두 가지 방식의 델타 부호화에 필요한 비트량을 각각 구한 후, 비교하여 적은 양을 필요로 하는 델타 코딩 방식으로 부호화한다. 포락선 정보의 델타 코드는 허프만 코드 테이블(Huffman code table)에 의해 부호화하여 비트스트림(bitstream) 형태로 전송된다.

제안한 예측 SBR은 포락선 정보량을 줄이기 위해 스케일팩터 밴드 각각의 평균 에너지를 전송하는 대신, 포락선 예측 모듈에서 예측한 에너지와 원본 에너지의 오차를 델타 부호화한다. 제안한 SBR의 고주파 대역 복원 과정은 그림 2와 같다. 먼저 부호기와 복호기에 동일한

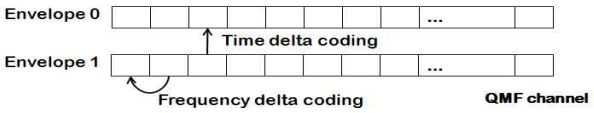

그림 1. 델타 부호화 방식

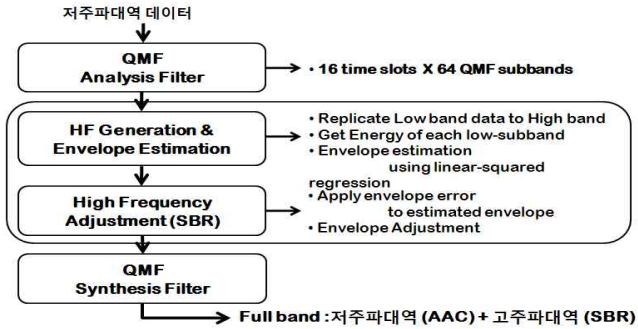

그림 2. 예측 SBR 복호기 블록선도

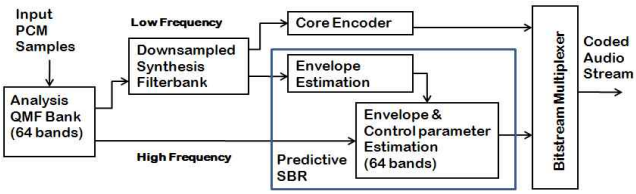

그림 3. 예측 SBR 부호기 블록선도

방식으로 동작하는 포락선 예측 모듈을 구현한다. SBR 복호기는 주 복호기가 복호화 한 저주파 대역 데이터를 입력으로 한다. 입력 신호에 대해 선형 회귀 분석(linear-regression analysis)을 적용하여 고주파 대역의 포락선을 예측한다. 예측된 포락선에 부호기로부터 전송된 포락선 오차 정보를 더하여 포락선을 조정하고 부가적 제어 정보를 적용하여 고주파 대역을 복원한다. 이러한 방식으로 SBR 정보가 전송되는 구간까지 복원한 다음, 그 이후 구간에 대해서는 선형 회귀 분석으로 예측한 포락선에 의해서만 고주파 대역을 복원한다.

3.1. 예측 데이터의 일치

SBR은 입력 신호를 다음과 같은 과정으로 그룹화 하여 SBR 데이터를 만든다. 먼저 한 프레임의 입력 신호인 2048개의 샘플을 64 채널 QMF 필터를 통하여 주파수 전 대역을 64 개의 동일한 채널 구간으로 나눈 후 시간/주파수 그리드를 만든다. 기존의 SBR은 64 채널 QMF 필터를 통과한 주파수 영역 데이터를 스케일팩터 밴드 단위로 그룹화 하여 각 스케일팩터 밴드의 포락선 정보 및 부가 제어 파라미터들을 예측하여 전송한다. 그러나 제안한 SBR은 부호기가 예측하는 포락선이 복호기가 예측하는 포락선과 일치해야한다는 전제 조건을 가지므로 64 채널 QMF 필터를 통과한 이후에 다른 과정이 더 필요하다. 복호기가 고주파 대역의 복원을 위해 이용하는 데이터는 주 복호기의 출력으로 즉, 저주파수 대역 성분들로 다운샘플링 된 시간 영역 신호이다. 그러므로 부호기는 복호기와 동일한 입력 신호를 이용하기 위하여 그림 3의 과정으로 포락선을 예측한다. 제안한 SBR 부호기는 그림 3의 첫 번째 블록인 64 채널 analysis QMF 필터의 결과 중 주 부호기인 AAC의 입력이 될 저주파 대역의 32 채널 구간 성분들만 시간 영역의 신호로 변환한다. 그 후 이 신호를 다시 32 채널의 주파수 영역 신호로 변환을 한 후 포락선 및 부가 제어 파라미터들을 예측한다. 부호기는 블라인드 방식으로 고주파 대역의 포락선을 예측하여 원래 포락선과

의 오차를 전송한다. 복호기는 부호기의 예측 모듈과 동일하게 포락선을 예측하고 부호기로부터 전송된 오차 정보 및 부가 제어 파라미터를 적용하여 고주파 대역을 복원한다.

3.2. 포락선 예측 및 전송

제안한 SBR은 주 부호기에 의해 부호화되지 않는 고주파 대역을 두 개의 구간으로 구분하여 각 구간에 대하여 두 번의 예측을 한다. 첫 번째 구간은 기존 SBR 부호기에서 SBR 정보가 전송되는 구간이고, 두 번째 구간은 SBR 정보를 이용하여 복원하는 구간 이후 대역 즉, 복원 구간에 대한 정보가 없는 구간이다. 각 구간의 포락선 예측을 나누어 살펴보겠다.

3.2.1. 1차 포락선 예측

SBR 정보가 전송되는 구간에 해당하는 포락선의 예측은 식 (4)를 기본으로 한다[4].

$$y = a_1 e^{b_1 x} \quad \Rightarrow \quad \ln y = \ln a_1 + b_1 x \tag{4}$$

주파수 영역의 신호를 dB 스케일로 나타내면 지수함수 형태와 비슷한 양상을 보이기 때문이다. 식 (4)는 각 주파수 대역의 에너지를 예측하는 것으로 y는 각 QMF 채널의 로그 크기 에너지이고, x는 QMF 채널이다. 주파수 영역에서의 신호는 일반적으로 고주파 대역으로 갈수록 감소 경향을 보이므로 기울기는 음수일 때만 취하고 양수일 때는 0으로 둔다. 그리고 포락선 예측을 위한 연산의 복잡도(complexity)를 낮추기 위해 지수함수형 모델을 선형 모델로 변환하여 이용한다. 고주파 대역의 포락선 예측에 이용하는 구간은 SBR로 복원이 시작되는 대역으로부터 이전 약 2kHz 구간을 이용한다. 식 (4)에 의해 각 QMF 채널의 에너지를 구한 뒤 각 스케일팩터 밴드의 평균 에너지를 구한다. 원본 평균 에너지와 예측한 평균 에너지는 식 (2)에 따라 양자화 된다. 양자화 된 에너지들의 오차를 주파수 영역과 시간 영역에 대해서 두 가지 방식으로 델타 코딩을 하여 포락선 정보의 부호화에 필요한 비트량을 각 경우에 대해서 계산한다. 두 경우에 필요한 비트량을 비교하여 더 적은 비트량을 필요로 하는 델타 부호화 방식으로 델타 코드를 만든다. 포락선 정보는 선택된 방법으로 델타 코딩 과정을 거친 후 허프만 코드 테이블을 이용하여 코드화되어 비트스트림 형태로 전송된다. 이와 같이 포락선 오차의 델타 코드를 전송할 때 포락선 구간 내의 첫 번째 스케일팩터 밴드에 해당하는 양자화 된 원래의 에너지와 예측 된 에너지는 거의 유사하다. 따라서 델타 코드의 기준 값이 되는 첫 번째 스케일팩터 밴드의 오차를 그대로 부호화하기 위해 별도의 비트량을 지정해 놓을 필요는 없다. 복호기는 SBR 정보가 전송되는 구간에 대하여 부호기와 동일하게 식 (4)의 지수함수형 모델을 이용한 예측을 한다.

3.2.2. 2차 포락선 예측

SBR 정보가 전송되는 구간에 대해서는 식 (4)를 이용하여 포락선을 생성한 후에 부호기로부터 전송된 부가 제어 파라미터들을 이용하여 포락선을 조정한다. 이후의 고주파 대역은 복원을 위한 정보가 없으므로 포락선 예측 모듈에서 예측한 포락선에 의해서만 복원하게 된다. 이 구간은 SBR 정보에 의한 복원 구간에 비하여 포락선의 감소 경향이 두드러지지 않으므로 지속적인 감소 경향보다는 어느 상태로 근접

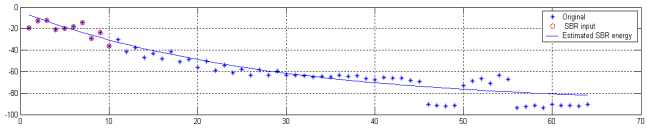

그림 4. 선형 예측을 이용한 1차 포락선 예측 결과

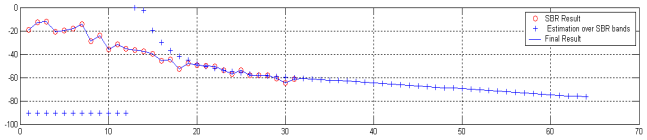

그림 5. 예측 SBR 결과와 2차 포락선 예측 결과

해가는 형태를 가지는 포화형 모델인 식 (5)를 이용하여 예측된다[4].

$$y = \frac{b_2 x}{a_2 + x} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{y} = \frac{1}{b_2} + \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{1}{x} \tag{5}$$

식 (5)를 이용하여 각 QMF 채널에 해당하는 포락선을 예측하여 복원한다.

4. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 SBR 알고리듬은 3GPP aacPlus CODEC의 SBR 파트에 블라인드 방식 예측 모듈을 추가하여 구현하였다. 구현 환경은 Window XP 환경의 PC에서 MS Visual C 6.0을 이용하여 구현하였다. SBR은 독립적 부호기가 아니므로 주 부호기에 의해 복호화된 저주파 대역을 이용하여 고주파 대역을 복원한다. 따라서 주 부호기의 성능에 의한 영향을 제거하기 위해, SBR 모듈의 입력으로는 analysis&synthesis QMF 필터링 처리만 한 원본 wav 오디오의 저주파 대역을 이용하고, 14kbps의 모노(mono) 형식으로 부호화하였다. 입력 오디오인 'royal march.wav'는 표본화 주파수(sampling frequency)가 44.1kHz인 클래식 음악이다.

제안한 SBR 알고리듬의 예측 및 복원 결과를 원본 오디오와 기존 SBR 알고리듬의 복원 결과와 비교하여 성능을 평가하겠다. 그리고 부호화에 필요한 비트량을 기존 SBR의 결과와 비교하여 효율성을 평가하겠다.

4.1. 1차 포락선 예측

먼저, 블라인드 방식을 통해 예측한 포락선과 부호기로부터 전송된 SBR 정보를 이용하여 복원되는 고주파 대역이다. 이 구간은 지수함수형 모델인 식 (4)를 기본으로 포락선이 예측되는데, 그림 4는 그 결과이다. 가로축은 전체 주파수 대역을 64개의 QMF 채널로 분할한 것이고, 세로축은 각 QMF 채널의 평균 에너지를 dB 스케일로 나타낸 것이다. '*'로 나타낸 것은 각 채널의 원래 에너지이다. 'o'는 SBR의 입력, 즉 주 부호기가 부호화하는 저주파 대역으로 그림 4에서 1~10번 채널 구간이다. 복원을 위해 예측에 이용되는 구간은 3~9번 채널 구간이며 SBR을 통해 복원되는 고주파 대역은 11~31번 채널 구간이다. 실선으로 나타낸 것이 예측된 포락선이며, 이는 QMF 채널에 따른 포락선 변화의 전반적인 경향을 잘 나타내고 있음을 확인할 수 있다.

4.2. 2차 포락선 예측

SBR에 의해 복원되는 구간 이후의 고주파 대역은 식 (5)의 포화

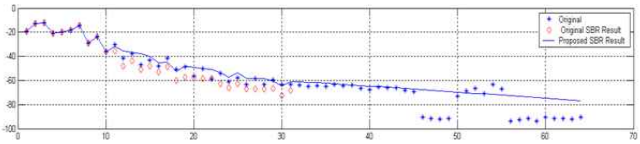

그림 6. 기존의 SBR의 복원 결과와 제안한 SBR의 복원 결과

형 모델을 이용하여 예측한 포락선에 따라 복원된다. 그림 5는 그 결과를 나타낸다. 가로축은 64개의 QMF 채널이고 세로축은 dB 스케일로 나타낸 각 채널의 평균 에너지이다. 31번째 채널 이후 구간의 예측 결과가 그림 4의 예측 결과보다 원본 대역 에너지에 가까운 것을 확인할 수 있다. 'o'은 SBR에 의해 복원된 영역을 나타내고, '+'은 그 이후 구간을 예측한 것이며, 실선은 블라인드 방식을 이용하여 예측 한 포락선에 따라 복원한 최종 결과를 나타낸다. SBR 구간 이상 대역에 대한 예측 역시 급격한 에너지 변화가 없다면 전반적인 감소 경향을 잘 나타내고 있다고 볼 수 있다.

4.3. 기존 SBR과 비교

그림 6은 기존의 SBR의 고주파 대역 복원 결과와 제안한 SBR의 복원 결과를 원본 포락선과 비교한 것이다. '*'은 원본 포락선이고, '◇'은 기존 SBR의 고주파 복원 결과이다. 실선으로 나타낸 것이 제안한 SBR의 결과로 전반적으로 대역별 원본 에너지의 변화 경향을 잘 나타내고 있는 것을 확인 할 수 있다. 그러나 SBR 이후 구간에 대해서는 이전 대역을 통하여 예측한 에너지 정보 외의 다른 제어 정보가 없어 구간의 특성을 살리지 못하고 단순한 감소 경향만을 보이는 것을 알 수 있다. 45번 채널까지는 원래의 포락선 감소 경향과 비슷하게 복원되었으나 그 이후에 나타난 급격한 감쇠와 증가 현상에 대해서는 그 변화를 전혀 반영할 수 없다는 단점을 확인할 수 있다. 이것으로 보아 SBR 구간에 대해서는 블라인드 방식을 이용한 포락선의 예측에 무리가 없다고 볼 수 있으며, SBR 구간 이상의 고주파 복원에 대해서도 고주파대역의 급격한 변화 특성을 충실히 반영하지는 못하더라도 대역제한 신호 특유의 공간감을 보완하고 보다 부드러운 소리를 제공하는데 도움이 된다. 그림 7, 8, 9는 특정 시점에서 각 경우의 스펙트럼을 보여준다. 약 3kHz 구간까지는 원본 저주파 대역을 이용한 것이고, 그 이후부터 약 10.7kHz 지점까지가 SBR 정보가 전송되는 구간이다. 그림 9를 보면 SBR 정보를 이용하여 복원하는 구간 이상의 대역에서 필요 이상의 하모닉 구조가 존재하는 것을 볼 수 있다. 이는 저주파 대역의 신호를 고주파 대역으로 복사해서 고주파 대역을 생성함으로 인해 발생하는 현상이다.

4.4. 부호화를 위해 필요한 비트량 비교

비트량을 측정한 결과는 표 1과 같다. 'canoe1'은 남성의 음성 오디오 파일로 표본화 주파수가 48kHz인 wav파일이다. 제안한 SBR은 대개 일정한 경향을 가지는 클래식 음악에 대해서는 좋은 효율을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 그러나 일정한 경향이 없고 개개인마다 다른 특성을 가지는 음성 신호에 대해서는 오차가 커져서 효율의 향상을 확인할 수 없었다.

	(단위 bit)	기존SBR	예측SBR	감소량
royal march	Envelope data	51	46	5
canoe1	Envelope data	67	66	1

표 1. 부호화에 필요한 비트량 비교

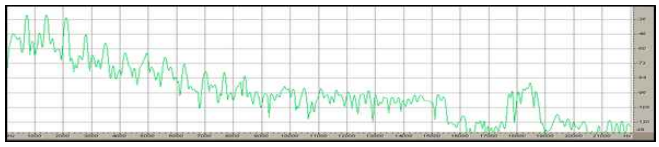

그림 7. 원본 오디오 스펙트럼

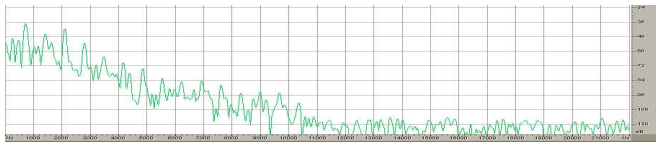

그림 8. 기존의 SBR 스펙트럼

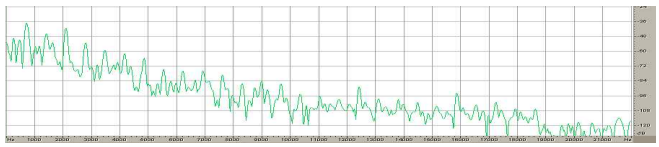

그림 9. 제안하는 예측 SBR 스펙트럼

5. 결론

본 논문은 기존 SBR의 효율을 높이기 위해 추정을 통한 대역 확장 기법을 결합한 예측 SBR을 제안하였다. 기존의 SBR과 제안한 SBR의 가장 큰 차이는 포락선을 복원하는 방식이다. 제안한 SBR은 고주파 대역의 포락선을 예측한 후, 부호기로부터 전송된 예측 된 포락선과 원본 포락선의 오차를 적용하여 포락선을 조정한다. 실험으로 제안한 SBR을 통해 고주파 대역의 포락선을 복원한 결과가 SBR 정보가 전송되는 구간에 대해서는 원본 고주파 대역의 포락선의 경향을 크게 벗어나지 않음을 확인할 수 있었다. 또한 SBR 정보가 전송되지 않는 고주파 대역에 대해서도 포락선의 갑작스런 큰 변화만 없다면 무리 없이 복원할 수 있다. 따라서 제안한 SBR은 주파수 영역에서 규칙성을 가지고, 에너지의 급격한 변화가 없다면 성능과 효율적 측면에서 기존 SBR보다 향상된 결과를 보여준다고 할 수 있다.

참고문헌

[1] ISO/IEC 14496-3, Information Technology - Generic Coding of Audiovisual Objects Part 3: General Audio(GA) Coding: AAC/TwinVQ/ BSAC, 2001.

[2] J. Kliewer, A. Mertins, "Audio Subband Coding With Improved Representation Of Transient Signal Segments," European Signal Processing Conference, pp. 1245-1248, Rhodes, Greece, Sept. 1998.

[3] M. Dietz, L. Liljeryd, K. Kjorling, and O. Kunz, "Spectral Band Replication, a novel approach in audio coding" at the 112th AES Convention, Munich, Germany, May 10 - May 13, 2002.

[4] Rao, S. Singiresu , Applied Numerical Methods For Engineers And Scientists, Prentice Hall, 2001.

[5] V. Renat, H. Richard, van de Par. Steven, W. B. Kleijn, " Improved Modeling Of Audio Signals By Modifying Transient Locations," 2001 IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics, pp143-146, NY, USA, Oct 21- Oct 24, 2001.

[6] www.mp3prozone.com