

오디오 부호화의 성능 향상을 위한 가변 LPC 기술

*함우규 *구자성 *김기준 **강경옥 *박호중

*광운대학교 **한국전자통신연구원

*hamwk@kw.ac.kr

Adaptive LPC for Performance Enhancement of Audio Coding

*Ham, Woo-Gyu *Ku, Ja-Seong *Kim, Ki-Jun **Kang, Kyeongok *Park, Hochong

*Kwangwoon University **Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

저전송률 오디오 부호화기의 성능 향상을 위해 가변 LPC 기반으로 스펙트럼을 평탄화 하는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 대역별 scale factor를 동일하게 하여 비트 효율을 증가시키고 spectral hole이 발생하는 문제점을 해결할 수 있다. 또한, 가변 LPC 필터를 사용하여 프레임 특성에 따라 스펙트럼 평탄화 강도를 가변적으로 조절하여 성능 향상을 제공한다. 제안한 방법이 일반 LPC 필터 방법보다 저대역의 부호화 성능을 향상시키고 스테레오 왜곡을 감소시키는 것을 확인하였다.

1. 서론

MPEG AAC는 다양한 오디오에 대하여 우수한 성능을 제공하지만 저전송률에서 성능이 저하되는 문제점을 가진다 [1]. 본 논문에서는 저전송률 AAC 부호화기의 성능 향상을 위해 가변 LPC 기반의 스펙트럼 평탄화 기술을 제안한다. AMR-WB+와 USAC의 TCX 에서는 입력 신호에 LPC 필터를 적용하여 스펙트럼이 평탄한 LPC 잔여 신호로 변환 한 후 주파수 계수를 양자화 하는 구조를 사용한다 [2, 3]. 평탄화된 스펙트럼에 대한 양자화를 수행하면 대역별 scale factor를 동일하게 할 수 있어 비트 효율이 증가하고, 저전송률에서 spectral hole 문제를 해결할 수 있다. 그러나 스펙트럼이 평탄화 되면 주로 저대역의 에너지가 감소하게 되고 이 상황에서 기존 방식으로 계수 양자화를 하면 저대역의 왜곡이 증가하는 문제점을 가진다. 이 문제를 해결하기 위하여 기존에는 저대역에 일정 크기의 이득을 미리 곱하고 양자화 하는 pre-shaping 방법을 사용한다. 그러나 이 방법은 항상 동일한 방법으로 이득을 적용하므로 신호 특성에 따라 성능이 가변적인 문제를 가진다.

본 논문에서는 LPC 기반의 스펙트럼 평탄화 과정에서 신호 특성에 따른 가변 LPC 필터를 적용하는 방법을 제안한다. 입력 스펙트럼을 분석하여 특성을 추출하고, 이를 기반으로 LPC 필터에 가중치를 적용하며, 이에 따라 신호 특성에 가변적으로 스펙트럼 평탄화 강도가 변하도록 한다. 즉, 기존 평탄화 방법은 최대 평탄화를 얻은 후에 인위적인 저대역 강도를 실시하지만 제안한 방법은 신호 특성에 따라 평탄화 강도를 조정하여 성능의 향상을 제공한다.

2. 가변 LPC 필터를 이용한 스펙트럼 평탄화

본 논문에서는 저전송률 AAC 성능 향상을 위해 기존 AAC에 LPC 기반의 스펙트럼 평탄화를 적용한 후 MDCT 계수를 양자화 하는

구조를 제안하며, 특히 LPC 필터의 동작을 신호 특성에 가변적으로 조정하여 부호화 성능의 향상을 얻도록 한다. LPC 기반 주파수 평탄화는 입력 MDCT 계수를 구한 후, MDCT 영역에서 LPC 필터를 적용하는 과정으로 진행된다. 먼저, 2048 샘플의 입력 신호에 대한 LPC 계수를 구한다. 다음, LPC 계수를 2048-point DFT 하여 LPC 스펙트럼 크기를 구하고, 이것의 역 스펙트럼을 MDCT 계수에 적용하여 스펙트럼 평탄화를 수행한다. LPC 필터 정보 전송을 위해 LPC 계수를 LSP로 변환한 후 LSP 계수를 양자화 하여 bit-stream으로 전송한다. 본 연구에서는 16차 LPC 계수를 사용하고, AMR의 LSP 양자화기를 사용하여 프레임당 46bit로 LPC 정보를 전송 한다 [4].

LPC 필터를 적용하여 스펙트럼을 평탄화 시키면 주로 저대역 에너지가 감소하고, 그에 따라 복원된 신호의 저대역에 양자화 오차가 증가하고 프레임 에너지에 큰 오차가 발생할 확률이 높다. 특히 다채널 신호에서는 이와 같이 양자화 오차로 인하여 신호 에너지에 오차가 발생하면 채널 사이의 panning에 큰 왜곡이 발생하고, 그로 인하여 스테레오 image가 왜곡되는 문제가 발생한다. 따라서 스펙트럼 평탄화 이후에 저대역에서의 양자화 성능 향상을 위한 추가 방법이 필요하다. 본 논문에서는 이를 위해 LPC 필터를 프레임 신호 특성에 따라 차등적으로 적용하여 스펙트럼 평탄화 강도를 조정하는 방법을 제안한다.

LPC 필터의 강도 조정은 LPC 필터 스펙트럼의 평탄화를 통하여 구현할 수 있다. 즉, 음성 부호화기에서 널리 사용하는 가중치가 적용된 LPC 필터를 사용한다 [4]. 가중치가 적용된 LPC 필터 계수는 원 계수인 $A(z)$ 에 특정값 r 을 적용하여 $A(z/r)$ 로 표현되고, $r = 1$ 인 경우는 원 LPC 필터를 의미하고, $r = 0$ 인 경우에는 LPC 필터를 수행하지 않는 것을 의미한다. 따라서 제안한 방법에서 최종 성능을 결정하는 중요한 요소는 r 값이며, 신호의 특성에 맞는 r 값을 결정하는 과정을 개발해야 한다.

앞에서 언급하였듯이 LPC 필터에 의하여 저대역의 에너지가 많

이 감소할 경우에 성능 저하가 발생하므로 저대역 에너지의 상대적 크기에 따라 r 값을 결정한다. 즉, LPC 필터 스펙트럼이 신호의 스펙트럼 포락선을 나타내므로 LPC 필터 스펙트럼으로부터 대역별 에너지를 구하고, 저대역 에너지 특성으로부터 최종 r 값을 결정한다. 특히, 이와 같이 구한 r 값은 LPC 계수로부터 직접 구해지므로, 추가 전송이 필요 없고 decoder에서도 전송된 LPC 계수로부터 동일한 값을 구할 수 있다.

3. 성능 평가

제안한 방법의 성능을 검증하기 위해 밴드별 SNR을 측정하였고, 원본 신호의 Pan Image를 비교 분석하였다. 실험에 사용하는 원본 신호의 샘플링 주파수는 48kHz 이고, 전송률 32k bps에서 성능 평가를 진행하였다. 그림 1은 일반적인 LPC 필터(pre-shaping 포함)와 제안한 가변 LPC 필터를 적용한 신호의 대역별 양자화 SNR을 나타낸다. 일반적인 LPC 필터에 비하여 가변 LPC 필터를 사용한 경우의 평균 SNR이 향상되고, 특히 저대역에서 많은 성능 향상이 나타나는 것을 확인할 수 있다.

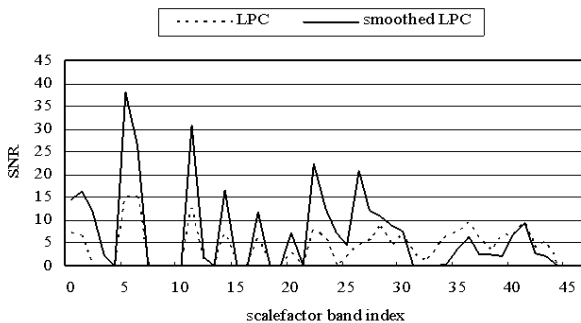


그림 1. 기존 LPC 필터(점선)와 제안한 가변 LPC 필터(실선)에 대한 밴드별 SNR 비교.

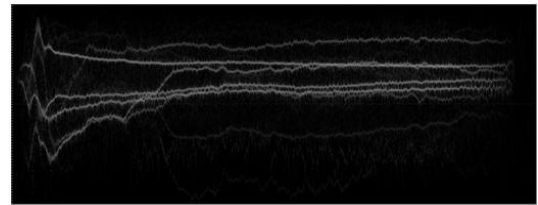
Fig. 2. Comparison of band SNR between conventional LPC Filter and the proposed adaptive LPC Filter.

저대역 SNR이 향상되면 스테레오 부호화에서 panning 왜곡의 감소를 얻을 수 있다. 그림 2(a)는 원본 스테레오 신호의 pan image이고, (b)는 기존 LPC 필터를 적용한 경우의 pan image이고, 저대역 에너지 왜곡에 의하여 pan image에 많은 왜곡이 나타난다. (c)는 제안한 가변 LPC 필터를 적용한 경우의 pan image이며, (b)에 비하여 왜곡이 감소한다. (c)와 (a)를 비교하면 여전히 pan image 왜곡이 나타나는데, 이는 두 채널 사이의 에너지 차이에 오차가 나타났기 때문이며, 신호 음질에 추가하여 이 문제를 해결하기 위하여 채널 에너지를 보상하는 추가 방법이 필요하다.

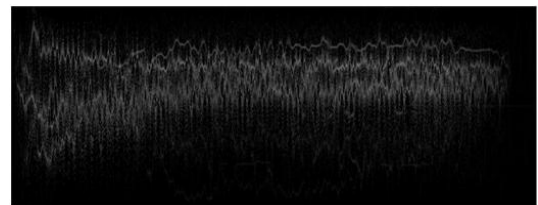
4. 결론

본 논문에서는 저전송률 오디오 부호화기의 성능 향상을 위해 가변 LPC 필터에 의한 스펙트럼 평탄화 방법을 제안하였다. LPC 스펙트럼으로부터 대역별 에너지를 구하고, 이로부터 LPC 필터의 가중치를 결정하고, 가중치가 적용된 LPC 필터를 사용하여 스펙트럼을 평탄화

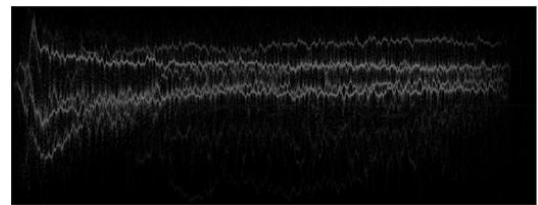
한다. 이에 따라 신호 특성에 따라 가변적으로 스펙트럼 평탄화 강도가 조정되고 부호화 성능이 향상된다.



(a)



(b)



(c)

그림 2. Pan Image 비교. (a) 원본 신호. (b) 기존 LPC 필터 사용. (c) 제안한 가변 LPC 필터 사용.

Fig. 2. Comparison of pan image. (a) Original Signal. (b) Using conventional LPC Filter. (c) Using adaptive LPC Filter.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부가 지원한 2013년 정보통신·방송(ICT) 연구개발사업의 연구결과로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] ISO/IEC 14496-3, "Coding of Audio-Visual Objects - Part 3 : Audio, Subpart 4 : General Audio Coding - AAC, TwinVQ, BSAC," 2001.
- [2] 3GPP TS 26.290, "Extended Adaptive Multi-Rate Wideband (AMR-WB+) codec ; Transcoding Functions," 2005.
- [3] ISO/IEC FDIS 23003-3:2011, "Information technology Part 3: Unified Speech and audio coding," International Standards Organization, 2011.
- [4] 3GPP TS 26.190. "Adaptive Multi-Rate Wideband (AMR-WB) Speech Codec : Transcoding Functions," 2001.