

논문 2010-47SP-3-10

여기신호의 상관관계 기반 joint coding을 이용한 MPEG-4 audio lossless coding 인코더 복잡도 감소 방법

(A Complexity Reduction Method of MPEG-4 Audio Lossless Coding Encoder by Using the Joint Coding Based on Cross Correlation of Residual)

조 충 상*, 김 제 우*, 최 병 호*

(Choong Sang Cho, Je Woo Kim, and Byeong Ho Choi)

요 약

오디오 신호를 무손실 압축하여 휴대용 멀티미디어 기기에서 최고의 오디오 품질을 제공하는 기기들이 등장하고 있으며, 무손실 오디오 압축을 위한 기술에서는 2006년 MPEG-4 audio lessless coding(ALS)와 MPEG-4 scalable lossless coding(SLS)가 국제 표준으로 채택 되었다. 2009년에는 MPEG에서 최대 스테레오 음원까지만 지원하는 MPEG-4 ALS simple profile을 정의하였다. 표준화된 무손실 오디오 코덱이 휴대용 멀티미디어 기기에서 널리 이용되기 위해서는 휴대용 멀티미디어 기기에서 가장 널리 쓰이는 스테레오 조건에서 낮은 복잡도를 보여야 한다. 하지만 기존 연구에서는 MPEG-4 ALS의 압축률을 향상시키거나, 혹은 다채널 환경에서의 복잡도를 개선하기 위한 연구들이 주로 이루어졌다. 본 논문에서는 MPEG-4 ALS 인코더의 복잡도와 압축률을 분석하고, 이를 바탕으로 MPEG-4 ALS simple profile 조건에서 MPEG-4 ALS 인코더의 복잡도를 개선하기 위한 방법을 제안한다. 분석 결과 MPEG-4 ALS 인코더의 analysis 블록에서 전체 복잡도의 75% 발생하므로, 기존의 연구에서 개발된 저 복잡도 필터를 인코더에 적용하여 복잡도를 감소시키며, joint coding의 압축 효율과 여기 신호의 상호상관계수의 관계를 기반으로 joint coding 결정 방법을 제안한다. 제안된 방법과 저 복잡도 필터가 포함된 MPEG-4 ALS 인코더의 성능은 MPEG-4 conformance test 파일과 일반 음악 파일을 이용하여 복잡도 및 압축률로써 평가된다. 실험 결과 제안된 방법이 적용되었을 경우 압축률은 유사하면서 인코더 복잡도가 24% 감소한다. 이를 통해 본 논문에서 제안된 방법이 MPEG-4 ALS 인코더의 복잡도 감소에 탁월한 성능을 가짐을 보였다.

Abstract

Portable multi-media products which can service the highest audio-quality by using lossless audio codec has been released and the international lossless codecs, MPEG-4 audio lossless coding(ALS) and MPEG-4 scalable lossless coding(SLS), were standardized by MPEG in 2006. The simple profile of MPEG-4 ALS, it supports up to stereo, was defined by MPEG in 2009. The lossless audio codec should have low-complexity in stereo to be widely used in portable multi-media products. But the previous researches of MPEG-4 ALS have focused on an improvement of compression ratio, a complexity reduction in multi-channels coding, and a selection of linear prediction coefficients(LPCs) order. In this paper, the complexity and compression ratio of MPEG-4 ALS encoder is analyzed in simple profile of MPEG-4 ALS, the method to reduce a complexity of MPEG-4 ALS encoder is proposed. Based on an analysis of complexity of MPEG-4 ALS encoder, the complexity of short-term prediction filter of MPEG-4 ALS encoder is reduced by using the low-complexity filter that is proposed in previous research to reduce the complexity of MPEG-4 ALS decoder. Also, we propose a joint coding decision method, it reduces the complexity and keeps the compression ratio of MPEG-4 ALS encoder. In proposed method, the operation of joint coding is decided based on the relation between cross-correlation of residual and compression ratio of joint coding. The performance of MPEG-4 ALS encoder that has the method and low-complexity filter is evaluated by using the MPEG-4 ALS conformance test file and normal music files. The complexity of MPEG-4 ALS encoder is reduced by about 24% by comparing with MPEG-4 ALS reference encoder, while the compression ratio by the proposed method is comparable to MPEG-4 ALS reference encoder.

Keywords : MPEG-4 ALS, Joint coding, Cross correlation, Low-complexity, Lossless audio coding

* 정희원, 전자부품연구원 멀티미디어IP 연구센터

(Korea Electronics Technology Institute, Multimedia IP research center)

접수일자: 2009년11월5일, 수정완료일: 2010년4월9일

I. 서론

현재 많은 휴대용 멀티미디어 기기에서 고품질 오디오에 대한 요구가 증대되고 있으며, 일부 휴대용 멀티미디어 기기에서는 무손실 오디오 코덱이 탑재되어 무손실 오디오 서비스가 이루어지고 있다^[1]. 오디오 코덱 표준 분야에서는 MPEG을 중심으로 무손실 오디오 압축을 위하여 선형예측 기반의 MPEG-4 audio lossless coding(ALS)와 MPEG-4 advanced audio coding(AAC) 기반의 MPEG-4 scalable lossless coding(SLS)를 표준화 하였다^[2~3]. 2006년에 표준화 완료된 MPEG-4 ALS는 채널 확장성이 높으며, 압축률을 높이기 위한 long-term prediction, multi-channels coding 모듈 등을 포함하고 있다. 2009년에는 최대 지원 채널 수 stereo, 최대 샘플링 주파수 48kHz, 최대 word length 16-bits, 최대 프레임 사이즈 4096, 최대 LPCs 차수 15차 조건을 갖는 simple profile이 정의되었다^[4]. 또한, 압축률 향상을 위해 도입된 recursive least square-least mean square(RLS-LMS) 방식과 Gilbert-Moore Code (BGMC) 방식의 엔트로피 코딩이 제외되었다^[4].

이러한 MPEG-4 ALS의 simple profile은 현재 스테레오 오디오 음원을 주로 사용하고 있는 휴대용 멀티미디어 기기를 위해 적절한 profile이다. 이에 맞추어 무손실 오디오 코덱이 휴대용 멀티미디어 기기에서 널리 사용되기 위해서는 무손실 오디오 코덱의 복잡도가 감소되어야 하며, 음원을 저장하는 장치에서는 인코더의 복잡도 감소해야 한다.

하지만 MPEG-4 ALS에 대한 기존의 많은 연구에서는 MPEG-4 ALS simple profile 조건에서 복잡도를 감소시키기 위한 연구 보다는 추가적인 모듈에 의한 압축률 및 복잡도 개선 방향으로 연구되었다.

멀티채널 오디오 환경에서 MPEG-4 ALS의 압축률 개선하기 위하여 멀티채널 오디오 중 선정된 레퍼런스 채널과 주변 채널과의 차를 통한 방법이 연구되었고^[5], MPEG-4 ALS 멀티채널 코딩 방법의 계산량이 상당히 높은 단점을 보완하고자 멀티채널 코딩의 복잡도를 감소시키기 위한 연구가 이루어 졌다^[6].

또한 MPEG-4 ALS가 선형예측기반의 압축 방식을 고려하여 압축률 및 복잡도에 직접적인 영향을 미치는 MPEG-4 ALS의 linear prediction coefficients (LPCs) 차수를 낮은 복잡도에서 높은 압축률을 갖는 차수를 선정하기 방법이 연구되었다^[7].

본 논문에서는 MPEG-4 ALS simple profile 조건에서 MPEG-4 ALS 인코더의 복잡도를 감소시키기 위한 방법을 제안한다. MPEG-4 ALS short-term prediction filter의 복잡도를 감소시키기 위하여 기존에 연구된 저 복잡도 필터를 적용하고, 스테레오 신호에서 기본적으로 사용되는 MPEG-4 ALS 인코더의 joint coding의 복잡도를 감소시키기 위하여 joint coding의 사용 여부 판별 하는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 제 II장에서는 MPEG-4 ALS에 대한 설명과 MPEG-4 ALS의 복잡도와 압축률을 분석하고, 이를 바탕으로 제안된 방법의 필요성을 설명한다. 제III장에서는 MPEG-4 ALS 인코더의 복잡도를 감소시키기 위해 제안된 방법을 설명하며, 제 IV장에서는 실험을 통해 제안된 방법의 성능을 평가하며, 제 V장에서 결론은 맺는다.

II. MPEG-4 ALS 소개 및 복잡도/ 압축률 분석

본 장에서는 MPEG-4 ALS 구조를 설명하고, MPEG-4 ALS의 복잡도 및 압축률을 분석한다.

1. MPEG-4 ALS 구조도

MPEG-4 ALS는 2006년에 표준화가 완료된 무손실 오디오 국제 표준이다. MPEG-4 ALS는 최대 샘플링

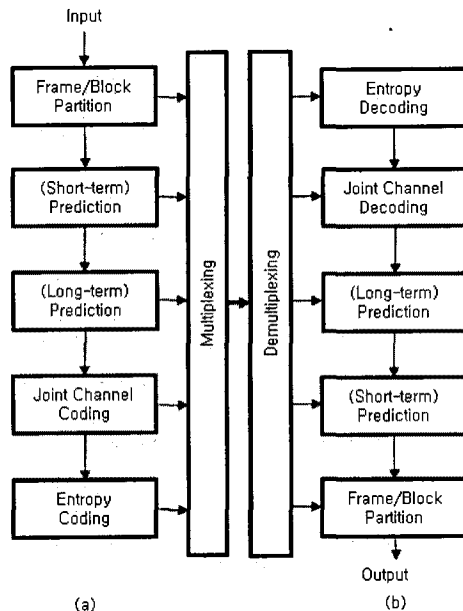


그림 1. MPEG-4 ALS의 구조도; (a) 인코더 (b) 디코더
Fig. 1. Structure of MPEG-4 ALS; (a) encoder and (b) decoder.

주파수 192kHz, 샘플 길이 최대 32-bits와 IEEE-754 32-bit 소수점 그리고 최대 65536채널을 지원한다. MPEG-4 ALS는 그림 1(a), 그림 1(b)와 같은 구조를 가지며, 크게 4개의 블록으로 나누어진다^[8~9]. MPEG-4 ALS는 선형 예측 기반의 무손실 압축 방식으로 기존의 스피치 코덱에서 많이 사용되고 있는 short-term prediction을 이용하여 오디오 신호에 포함되어 있는 예측 가능 성분을 제거하게 된다. 이를 위해 프레임 내에서 요구되는 필터 차수만큼 자기상관계수를 구하고 Levinson-Durbin recursion 알고리즘에 적용하여 LPCs를 얻는다. LPCs를 이용하여 프레임내의 신호가 예측 가능 하므로 LPCs의해 예측되지 않는 여기신호는 식 1과 같은 short-term prediction으로 얻어진다.

$$\hat{x}(n) = - \sum_{i=0}^K \alpha^{(K)}_i x(n-i) \quad (1)$$

여기서 $x(n)$ 는 입력 신호, α 는 LPCs, K 는 LPCs 차수 그리고 $\hat{x}(n)$ 는 여기신호 이다.

음성 신호와 오디오 신호는 vocal cord movement나 악기의 울림에 의해 fundamental frequency를 갖으며, 일정한 간격을 두고 주기성을 갖는다^[10]. 이러한 오디오/음성 신호의 특성으로 한 프레임 내에서 긴간격의 주기적인 성분을 제거하기 위해서는 LPCs 차수를 상당히 늘려야 한다. 하지만 LPCs차수의 증가는 복잡도를 상당히 증가 시키므로 MPEG-4 ALS에서는 주기적인 성분을 제거하기 위하여 Long-term prediction을

사용한다.

스테레오와 멀티채널 오디오신호의 압축률을 높이기 위하여 MPEG-4 ALS에서는 joint coding을 사용한다. 스테레오 신호에 대해서는 그림 2에서와 같이 두 채널의 상관관계를 제거하기 위하여 식 2와 같이 두 채널의 차이 값을 구한다^[8].

$$d(n) = x_2(n) - x_1(n) \quad (2)$$

여기서 $x_2(n)$ 는 왼쪽 채널 신호이고 $x_1(n)$ 는 오른쪽 채널 신호이며 $d(n)$ 는 두 채널의 차이 값이다.

두 채널에 대한 압축을 통하여 얻어진 비트스트림 사이즈 정보와 두 채널의 차이값 압축으로 얻어진 비트스트림 사이즈 정보를 비교하여 가장 큰 사이즈를 갖는 경우를 제거 한다. 다채널 오디오의 joint coding 방식인 multi-tap finite impulse response(FIR) 필터를 기반의 적응형 차감 구조를 갖고 있다. 즉, 멀티채널의 신호와 가중치가 적용된 레퍼런스채널 신호의 차를 얻는 방식이다. 예를 들어 3개의 탭으로 구성된 경우 식 3과 같이 3개의 가중치, $\eta(n)$,가 레퍼런스채널 신호, $e^r(n)$,에 적용된 다음 코딩될 멀티채널의 신호, $e^c(n)$,와의 차이 값을 얻는 방법이다^[7~8].

$$\hat{e}^c(n) = e^c(n) - \left[\sum_{j=-1}^1 \eta(j)e^r(n+1) \right] \quad (3)$$

여기서 $\hat{e}^c(n)$ 는 멀티채널 코딩의 결과값 이다.

MPEG-4 ALS는 두 가지 방식의 엔트로피 코딩을 포함하고 있다. 첫 번째 Rice 코딩은 블록에 속하는 여기신호의 절대값 평균을 기반으로 rice 파라미터를 획득하여 엔트로피 코딩을 수행한다. 두 번째 BGMC 는 블록내의 여기신호가 가우시안 분포를 갖는다는 가정을 기반으로 두 그룹으로 나눈다. 가우시안 분포의 양쪽 사이트에 속하는 여기신호는 rice 코딩을 통해 엔트로피 코딩되고, 가우시안 분포의 중앙에 속하는 여기신호는 least significant bits(LSBs) 와 most significant bits(MSBs)로 분할 되어, MSBs는 BGMC방식으로 코딩되고 LSBs는 고정길이 부호화 방식으로 코딩된다.

2. MPEG-4 ALS의 복잡도 및 압축률 분석

기존 연구들에서 MPEG-4 ALS와 다른 무손실 압축 코덱간의 성능 비교를 통한 다양한 실험들이 수행하였다^[10~12]. 이러한 연구에 따르면 MPEG-4 ALS 인코더

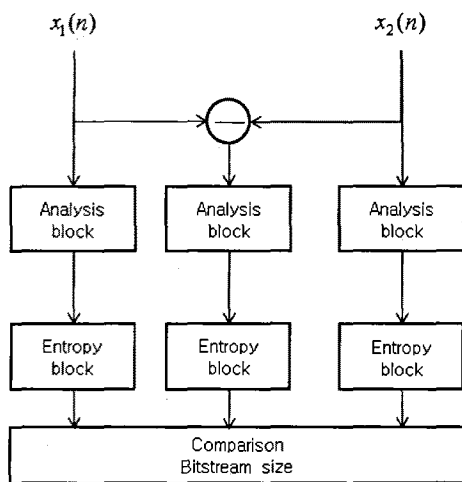


그림 2. MPEG-4 ALS joint coding에서의 두 채널의 오디오 신호 차이값 코딩 방식

Fig. 2. Difference coding method of MPEG-4 ALS joint coding.

의 복잡도가 디코더의 복잡도보다 약 2배 높다^[12]. 이는 선형예측 기반의 MPEG-4 ALS는 LPCs를 얻기 위한 신호 분석 작업이 인코더에서 이루어지며, 디코더에서는 복원된 LPCs를 이용한 short-term prediction을 수행하면 되므로 복잡도에서 차이가 발생한다.

좀 더 세부적으로 MPEG-4 ALS의 복잡도를 분석하기 위하여 상대적으로 복잡도가 높은 인코더의 복잡도 분포를 MPEG-4 ALS simple profile 구성에 맞추어 10차의 LPCs와 추가적인 옵션 없이 MPEG-4 ALS conformance test file을 이용하여 분석하였다. 표 1은 MPEG-4 ALS 인코더의 복잡도 분포를 보여 준다. 분석 결과 전체 복잡도에서 analysis 블록이 75%를 차지하며, Rice 코딩 블록이 25%를 차지한다. 또한 Analysis 블록에서 short-term prediction 필터와 LPCs 획득은 전체 복잡도에서 각각 33%, 42%의 차지한다. Short-term prediction 필터는 디코더에서도 사용되는 부분으로 전체 복잡도에서 차지하는 비율이 33%로 높은 복잡도를 차지한다. 분석된 복잡도 분포에서 인코더에서만 사용되는 LPCs 획득을 제외 하였을 경우 복잡도가 약 58%로 MPEG-4 ALS 인코더의 복잡도가 디코더의 약 2배라는 기존 연구와 부합함을 알 수 있다.

MPEG-4 ALS는 선형 예측 기반이 압축 방법으로 LPCs 차수와 압축률, 복잡도의 상관관계가 높다는 사실이 기존 연구들에서 보이고 있다^[12~13]. LPCs 차수가 증가할수록 LPCs를 통한 예측 정확도가 높아짐으로 여기신호의 크기가 감소하여 압축률은 향상되고, 복잡도는 증가한다. 하지만 이러한 압축률 증가도 일정 LPCs 차수를 넘어서면 압축률이 더 이상 향상되지 않는 상태에 이른다. 그림 3은 MPEG-4 ALS conformance test file을 이용하여 LPCs 차수 증가에 따른 압축률을 조사한 결과이다. 그림 3을 보면 24차 LPCs를 넘으면서 압축률 향상이 없음을 알 수 있다.

표 1. MPEG-4 ALS 인코더 복잡도 분석
Table 1. Complexity analysis of MPEG-4 ALS encoder.

블록명	하위 블록	복잡도 비율[%]
Analysis	LPCs 획득	42
	short-term prediction 필터	33
Entropy	Rice 엔트로피	25
합계		100

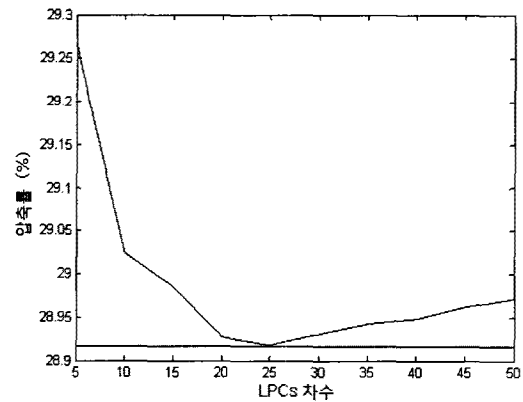


그림 3. 필터 차수에 따른 MPEG-4 ALS 압축률
Fig. 3. Compression ratio of MPEG-4 ALS encoder according to the order of LPCs.

이에 대한 기존 연구에서도 ARM CPU 기반에서 LPCs 차수 증가에 따른 압축률을 측정하였다^[14]. 기존 연구의 결과를 보면 어떠한 옵션을 적용하지 않았을 경우와, 다양한 옵션을 적용하였을 경우 복잡도에서만 차이를 보일 뿐 차수 증가에 따른 압축률 향상이 포화되는 같은 경향을 보였다.

III. MPEG-4 ALS 인코더 복잡도 개선 방법

본 장에서는 MPEG-4 ALS 인코더의 복잡도를 감소시키기 위한 방법을 설명한다.

1. 저 복잡도 short-term prediction 필터

MPEG-4 ALS 인코더는 앞장에서 언급한 것과 같이 short-term prediction 필터가 전체 복잡도의 33% 차지한다. 이를 개선하기 위하여 기존 연구에서 개발된 MPEG-4 ALS 디코더를 위한 저 복잡도 필터를 인코더의 short-term prediction 필터에 적용함으로써 복잡도를 개선한다^[15].

기존에 연구된 저 복잡도 필터는 필터 차수가 짝수인 경우는 Radix-2 알고리즘 이용하여 복잡도를 감소시키며, 필터 차수가 홀수인 경우는 식 4와 같이 마지막 필터 계수와 나머지 필터 계수로 분리하여 구성하는 방식을 사용한다.

$$y(n) = \hat{y}(n) + h(N-1)x(n-N+1) \quad (4)$$

$$\hat{y}(n) = \sum_{k=0}^{N-2} h(k)x(n-k)$$

여기서 N 은 필터 차수이고, $h(n)$ 은 필터 계수이며

$y(n)$ 필터 출력이다.

기존에 연구된 저 복잡도 필터를 인코더의 short-term prediction 필터에 적용하여 복잡도가 컨벌루션 구조의 short-term prediction 필터와 비교하여 약 25%의 감소한다.

2. 상호 상관계수를 이용한 Joint coding 결정 방법

MPEG-4 ALS simple profile에서 추가적인 옵션 설정이 없을 경우 joint coding 방식은 두 채널의 입력 오디오 신호의 차이 값을 이용한다. 이러한 구조는 그림 2에 보이는 바와 같이 두 채널과 두 채널의 차이 값을 압축해야 하므로 50%의 복잡도가 증가하며, 두 채널이 유사할 경우는 차이 값이 작아지므로 높은 압축효율을 보인다. 본 논문에서는 차이 값 코딩 방식을 사용하여 압축 효율을 유지하면서 복잡도를 감소시키기 위한 방법을 제안한다.

MPEG-4 ALS는 선형 예측기반의 압축 방식으로 MPEG-4 ALS에서 예측 가능한 신호 부분은 LPCs에 의해 압축되지만, 여기신호 부분을 압축하기 위해서는 한 블록의 샘플 개수만큼 엔트로피 코딩을 수행해야 하므로 여기신호가 압축률에 지대한 영향을 미친다.

이를 바탕으로 본 논문에서는 일반 음악 음원을 이용하여 joint coding에 입력되는 오디오 신호기반의 상호 상관계수 계수와 joint coding의 성능 향상 관계, short-term prediction 결과인 여기신호 기반의 상호 상관계수 계수와 joint coding의 성능 향상 관계를 조사하였다.

그림 4. 5에서 파란색 선이 0.5인 부분은 joint coding에 의한 압축률 향상이 없는 부분이고, 0인 부분

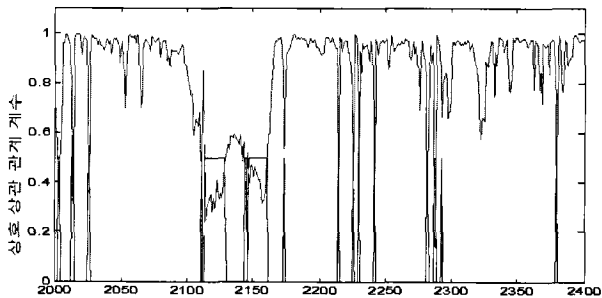


그림 4. Joint coding에 의한 압축률 향상과 여기신호 기반의 상호 상관계수와의 관계

Fig. 4. Relation between cross-correlation based on residual signal of two channels and improvement of compression ratio of joint coding.

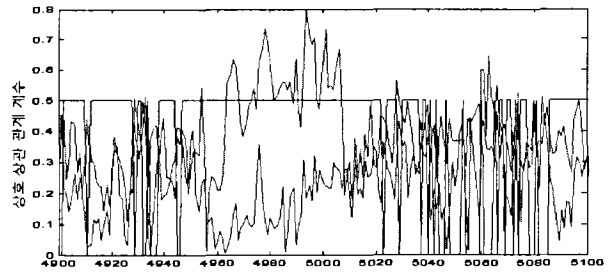


그림 5. Joint coding에 의한 압축률 향상과 입력 오디오 신호기반의 상호 상관계수관계의 관계

Fig. 5. Relation between cross-correlation based on input audio signal of two channels and joint coding.

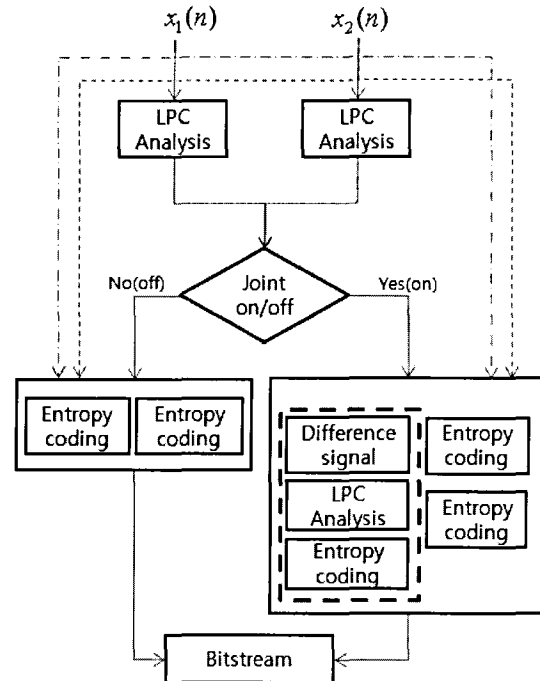


그림 6. 상호 상관계수를 이용한 저 복잡도 joint coding 구조도

Fig. 6. Structure of low-complexity joint coding by using the cross-correlation of residuals of two channels.

은 압축률 향상이 있는 부분이다. 조사 결과 여기신호를 이용한 경우 그림 4처럼 여기신호의 상호 상관계수가 높은 부분에서 joint coding에 의한 압축률 향상이 발생한 반면, 입력 오디오 신호를 이용한 경우 두 채널의 상관계수와 joint coding의 압축률 향상에서 어떠한 관계도 찾을 수 없었다. 이는 입력 오디오 신호에는 LPCs로 제거될 예측 가능성분들이 포함되어 있기 때문이다.

본 논문에서는 두 채널의 여기신호 기반의 상호 상관

계수를 이용하여 joint coding에 의한 복잡도를 감소시키면서 압축 효율을 유지하기 위하여 그림 6과 같은 구조의 joint coding을 설계하였다. 설계된 joint coding은 두 채널의 차이값 압축이 압축률을 개선하는지 판별한 후 압축률이 향상될 것으로 판별되면 그림 6에서와 같이 joint coding이 활성화되어 두 채널의 오디오 입력신호의 차이 값을 부호화 하며, 반대의 경우는 두 채널의 차이 값을 압축하지 않는다.

두 채널의 joint coding 성능을 판별하기 위하여 본 논문에서는 식 5를 이용하여 판별 한다.

$$\frac{\left| \sum_{i=0}^{N-1} e_1(i) \times e_2(i) \right|}{\sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} e_1^2(i)} \times \sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} e_2^2(i)}} = CR \quad (5)$$

여기서 N 은 샘플의 개수, $e_1(i)$ 는 첫 번째 채널의 여기신호, $e_2(i)$ 는 두 번째 채널의 여기신호, 그리고 CR 은 여기신호 기반의 상호 상관계수이다.

식 6에서와 같이 두 채널의 상호 상관계수, CR ,가 임계값 보다 클 경우 두 채널의 여기신호가 높은 유사도를 가지므로 두 채널의 차이값 부호화를 통해 압축률이 향상될 것으로 판별되고, 임계값 보다 작을 경우 두 채널의 유사도가 낮으므로 joint coding에 의한 압축률 향상이 없을 것으로 판별한다.

$$\begin{aligned} & \text{if } CR > \text{Threshold} \\ & \quad \text{joint coding} \\ & \text{else} \\ & \quad \text{no joint coding} \end{aligned} \quad (6)$$

IV. 실험

본 장에서는 제안된 방법을 실험하기 위한 방법 및 설정을 설명하고, 실험을 통해 얻은 결과를 바탕으로 MPEG-4 ALS 인코더의 복잡도를 감소함을 보인다.

1. 실험 설정 및 조건

본 논문에서 제안된 방법의 성능을 평가하기 위하여 MPEG-4 ALS simple profile을 기준으로 LPCs 차수 10, 프레임 사이즈 2048, 그리고 그 밖의 옵션은 설정하지 않았다. 성능 측정 데이터로 샘플 길이 16-bits, 48kHz, stereo의 MPEG-4 ALS conformance test file^[16]과 샘플 길이 16bits, 44.1kHz, stereo의 일반 음악

음원을 사용하였다. 특히 joint coding에서 음원의 특성에 따라 많은 성능 차이를 보이므로, 서로 다른 특성의 음원을 실험하기 위하여 일반 음악을 구성하는 보컬, 드럼, 기타 음원을 실험에 각각 5개씩 사용하여 평균값을 얻었다.

제안된 방법의 성능을 평가하기 위하여 압축률과 복잡도를 측정하였다. 압축률 연산을 위하여 식 7와 같이 연산 하였다.

$$\frac{\text{compressed size}}{\text{uncompressed size}} \times 100 = CMR \quad (7)$$

여기서 CMR 은 압축률을 나타낸다.

MPEG-4 ALS 인코더의 복잡도를 측정하기 위하여 추가적인 옵션이 없는 MPEG-4 ALS 인코더(RM 22)의 weighted millions of operation per seconds(WMOPS)를 기준으로 식 8과 같이 각 경우에서의 복잡도 개선률을 측정 하였다^[17].

$$IMR = \frac{(WMOPS \text{ Case } 1 - WMOPS \text{ Case } k)}{WMOPS \text{ Case } 1} \times 100 \quad (8)$$

$k = 2, 3, \dots$

여기서 IMR 복잡도 개선 비율이다.

또한 기존 연구결과가 적용된 short-term prediction 필터 성능 비교에서 기존에 fast fourier transform (FFT) 기반에 fast FIR 필터가 연구 되었으나, FFT 기반의 FIR 필터는 100차 이내의 필터링에서는 컨벌루션 기반의 FIR 필터보다 복잡도가 높으므로 비교하지 않았다^[18].

2. 실험 결과

표 2는 본 논문에서 제안된 방법에 의한 복잡도 변화를 보여 주고 있다. 기존의 joint coding을 포함하고 있는 MPEG-4 ALS reference code(case 1)의 복잡도를 기준으로 joint coding이 제거 되었을 경우(case 2) 두 채널의 차이 값을 압축하지 않으므로 33.3%의 복잡도 향상을 보인다. 또한 기존에 연구된 저 복잡도 필터를 case 1에 적용하였을 경우(case 3) 평균 8%의 복잡도 개선효과를 보였다. 본 논문 제안한 joint coding decision 방법을 case 3에 적용한 결과 임계값을 0.3으로 설정한 경우(case 4) 평균17.50%, 임계값을 0.35으로 설정한 경우(case 5)는 평균20.53%, 임계값을 0.40으로 설정한 경우(case 6)는 평균23.00%, 임계값을 0.45로 설정한 경우(case 7)는 평균 24.24%의 복잡도가 개

표 2. 제안된 방법을 통한 복잡도 향상

- case1: reference code에서 joint coding이 동작하는 경우
- case2: reference code에서 joint coding이 동작하지 않는 경우
- case3: case1 + 저 복잡도 short-term prediction 필터
- case4: case3 + joint coding decision(threshold 0.3), case5: case3 + joint coding decision(threshold 0.35)
- case6: case3 + joint coding decision(threshold 0.4), case7: case3 + joint coding decision(threshold 0.45)

Table 2. Complexity reduction of MPEG-4 ALS encoder by using the proposed methods.

- case1: reference code with joint coding
- case2: reference code without joint coding
- case3: case1+low-complexity short-term prediction filter
- case4: case3 + joint coding decision(threshold 0.3), case5: case3 + joint coding decision(threshold 0.35)
- case6: case3 + joint coding decision(threshold 0.4), case7: case3 + joint coding decision(threshold 0.45)

Test file	case 1[%]	case 2[%]	case 3[%]	case 4[%]	case 5[%]	case 6[%]	case 7[%]
conformance	0	33.3	8	19	28	34.5	36.2
보컬	0	33.3	8	10.2	10.4	10.8	11.06
기타	0	33.3	8	21	23.1	25.2	27.2
드럼	0	33.3	8	19.8	20.6	21.5	22.5
평균	0	33.3	8	17.50	20.53	23.00	24.24

표 3. 제안된 방법에 의한 압축률 변화

- case1: reference code에서 joint coding이 동작하는 경우
- case2: reference code에서 joint coding이 동작하지 않는 경우
- case3: case1 + 저 복잡도 short-term prediction 필터
- case4: case3 + joint coding decision(threshold 0.3), case5: case3 + joint coding decision(threshold 0.35)
- case6: case3 + joint coding decision(threshold 0.4), case7: case3 + joint coding decision(threshold 0.45)

Table 3. Compression ratio of MPEG-4 ALS encoder by using the proposed methods.

- case1: reference code with joint coding
- case2: reference code without joint coding
- case3: case1+low-complexity short-term prediction filter
- case4: case3 + joint coding decision(threshold 0.3), case5: case3 + joint coding decision(threshold 0.35)
- case6: case3 + joint coding decision(threshold 0.4), case7: case3 + joint coding decision(threshold 0.45)

Test file	case 1[%]	case 2[%]	case 3[%]	case 4[%]	case 5[%]	case 6[%]	case 7[%]
conformance	29.02	29.03	29.02	29.02	29.02	29.02	29.02
보컬	41.60	47.39	41.60	41.60	41.60	41.60	41.61
기타	32.90	33.57	32.90	32.90	32.90	32.92	32.95
드럼	35.54	36.60	35.54	35.54	35.54	35.55	35.56
평균	34.77	36.65	34.77	34.77	34.77	34.77	34.79

선되었다.

복잡도 개선 효과에서 보컬 음원이 드럼과 기타 음원 보다 낮은 개선 효과를 보였다. 이는 보컬 음원이 두 채널의 유사도가 높아서 joint coding이 선택되는 경우가 드럼과 기타 음원에 비해 많이 발생하여 두 채널의 차이 값을 압축하는 경우가 많았기 때문이다.

표 3은 본 논문에서 제안된 방법에 의한 압축률 변화를 보여주고 있다. 압축률 평가에서 기존의 joint coding을 포함하고 있는 MPEG-4 ALS reference code(case 1)는 두 채널의 압축된 비트스트림 크기와 두 채널의 차이값을 압축한 비트스트림 크기를 비교

하여 가장 큰 크기를 제거하므로 평균 34.77%의 가장 높은 압축률을 갖는다. 반면 MPEG-4 ALS reference code에서 joint coding을 제거하였을 경우(case 2)는 가장 낮은 압축률 36.65%를 보였으며, joint coding에 의해 평균 1.88%의 압축률 개선효과를 보였다. 기존에 연구된 저복잡도 필터를 case 1에 적용하였을 경우(case 3) 기존의 short-term prediction filter와 같은 출력 가지므로 압축률에서는 case 1과 동일한 값을 갖는다. 본 논문에서 제안한 joint coding 결정 방법을 case 3에 적용한 결과 임계값이 0.30인 경우(case 4), 임계값이 0.35(case 5), 임계값이 0.40(case 6) 경우는

case 1와 동일한 압축률을 보였으며, 임계값이 0.45인 경우(case 7)에는 0.02%의 압축률 감소를 보였다.

Joint coding에 의한 압축률 향상을 보면 보컬 음원에서 약 5%이상의 압축률 개선 효과가 있으며, 기타와 드럼 음원에서 각각 0.60%, 1.06%의 압축률 개선 효과를 보였다.

본 논문에서 제안한 joint coding 결정 방법과 기존에 연구된 저 복잡도 필터를 MPEG-4 ALS 인코더에 적용한 결과 reference code에서 joint coding을 사용한 경우와 압축률 측면에서 유사한 반면, 복잡도 측면에서는 약 24%의 개선 효과를 보였다.

V. 결 론

본 논문에서는 MPEG-4 ALS의 구조를 설명하였으며, MPEG-4 ALS의 복잡도 및 LPCs 차수에 따른 압축률을 분석하였다. 이를 통해 MPEG-4 ALS simple profile에서 MPEG-4 ALS 인코더의 복잡도를 감소시키기 위한 방법을 제안하였다.

MPEG-4 ALS 인코더의 short-term prediction 필터의 복잡도를 감소시키기 위하여 기존에 연구된 MPEG-4 ALS 디코더를 위한 저 복잡도 필터를 적용하였다. 또한 MPEG-4 ALS의 simple profile에서 스테레오 오디오를 위해 사용되는 joint coding의 복잡도를 감소시키기 위한 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 두 채널의 여기신호를 분석하여 유사성을 판별한 다음 joint coding의 사용여부를 판별하였다.

제안된 방법이 MPEG-4 ALS 인코더에 적용되었을 때 압축률에서는 joint coding이 적용되었을 경우와 거의 동일하게 나왔으나, 복잡도 측면에서는 약 24%의 복잡도 감소 효과를 보였다. 제안된 방법을 통해 데이터의 특성에 따라 joint coding의 압축성능이 다른 데이터에 대해서도 항상 joint coding에 의한 압축률과 유사하였고, 복잡도 측면에서는 joint coding을 사용한 경우에 보다 전체 MPEG-4 ALS 인코더의 복잡도가 24% 감소함을 보였다.

참 고 문 헌

[1] T. Ricker, Zune vs. iPod specification smackdown, available at <http://www.engadget.com/2007/10/03/zune-vs-ipo>

- d-specification-smackdown/, Oct. 2007.
- [2] ISO/IEC 14496-3:2005/Amd 2 : 2006, Information technology-Coding of audio-visual object, Part3: Audio Lossless Coding(ALS), new audio profiles and BSAC extensions, Mar. 2006.
- [3] ISO/IEC 14496-3:2005/Amd 2 : 2006, Information technology-Coding of audio-visual object, Part3:Scalable Lossless Coding(SLS), June 2006
- [4] Information technology- Coding of audio-visual simple profile and transport of SAOC, July 2009
- [5] Y. Kamamoto, N. Harada, T. Moriya, "An efficient lossless compression of multichannel time-series signals by MPEG-4 ALS," in Proc. of *ISCE2009*, pp. 159-163, May 2009.
- [6] Y. Kamamoto, N. Harada, and T. Moriya, "Multichannel Linear Prediction Method Compliant with the MPEG-4 ALS," in Proc. of *IEICE Trans. Fundamentals*, vol. E91, no. 3, pp. 756-762, Mar. 2008.
- [7] C. S. Cho, B. H. Choi, J. A. Kang, H. K. Kim, J. W. Lee, and S. P. Lee, "An efficient forward prediction order selection method for MPEG-4 audio lossless coding," in Proc. of *AES 34th international conference*, Aug. 2008.
- [8] T. Liebchen, Y. Reznik, T. Moriya, D.T. Yang, "MPEG-4 Audio Lossless Coding," in Proc. of *116th AES Convention*, Preprint No. 6047, May 2004.
- [9] T. Liebchen, T. Moriya, N. Harada, Y. Kamamoto, and Y. Reznik, "The MPEG-4 Audio Lossless Coding(ALS) Standard-Technology and Applications," in Proc. of *119th AES Convention*, Preprint No. 6589, Oct. 2005.
- [10] Wai C. Chu, *Speech Coding Algorithms Foundation and Evolution of Standardized coders*, Wiley- Interscience 2003.
- [11] F. Ghido, I. Tabus, "Adaptive design of the preprocessing stage for stereo lossless audio compression," in Proc. of *122nd AES Convention*, Preprint No. 7085, May 2007.
- [12] T. Liebchen, "An introduction to MPEG-4 audio lossless coding," in Proc. of *ICASSP. 2004*, vol.3, pp. 1012-1015, May 2004.
- [13] T. Moriya, N. Harada, and Y. Kamamoto, "An enhanced encoder for the MPEG-4 ALS Lossless Coding standard," in Proc. of *121st AES Convention*, Preprint No. 6869, Oct. 2006.
- [14] N. Harada, T. Moriya, and Y. Kamamoto, "An implementation of MPEG-4 ALS standard compliant decoder on ARM core CPUs," in Proc. of *125th AES Convention*, Preprint No. 7625, Oct. 2008.

[15] 조충상, 김제우, 신화선, 최병호, "MPEG-4 ALS 복호화기를 위한 고성능 필터링 방법," 2008년도 대한전자공학회 추계학술대회, 제31권 2호, pp. 741-742, Nov. 2008

[16] ISO/IEC 14496-4:2004/FDAM 19:2007(E), Informationtechnology - Coding of audio-visual objects - Part 4: Conformance testing, Amendment 19: Audio lossless coding (ALS), Apr. 2007.

[17] ITU-T Recommendation G.191, Software tools for speech and audio coding standardization, Oct. 2005.

[18] A. Zergainoh, P. Duhamel, and J.P. Vidal, "DSP implementation of fast FIR filtering algorithm using short FFT's,"in Proc. of ISCAS, vol. 1, pp. 219-222, May 1995.

저 자 소 개



조 충 상(정회원)-교신저자
 2006년 수원대학교 전자공학과
 학사.
 2008년 광주과학기술원 정보통신
 공학과 석사.
 2010년 현재 전자부품연구원 멀티
 미디어IP연구센터
 전임연구원

<주관심분야 : 오디오/음성 압축, 다채널 오디오 신호처리, 오디오 신호처리>



김 제 우(정회원)
 1997년 서울시립대학교 제어계측
 공학과 학사.
 1999년 서울시립대학교 제어계측
 공학과 석사.
 2010년 현재 전자부품연구원 멀티
 미디어IP연구센터
 책임연구원

<주관심분야 : A/V 신호처리, 멀티미디어 코덱, 코덱 알고리즘 및 최적화>



최 병 호(정회원)
 1991년 한양대학교 전자공학과
 학사.
 1993년 한양대학교 전자공학과
 석사.
 2010년 중앙대학교 첨단영상
 대학원 영상공학과
 박사 졸업예정.

2010년 현재 전자부품연구원 멀티미디어IP 연구센터장

<주관심분야 : 영상처리, 3D 방송, 반도체>