

H.264/AVC 영상의 무참조 PSNR 추정기법

류지우 이선오 심동규

광운대학교 컴퓨터공학과

jwRyu@kw.ac.kr seon-oh@kw.ac.kr dgsim@kw.ac.kr

No-reference PSNR estimation of H.264/AVC video

Ji-Woo Ryu Seon-Oh Lee Dong-Gyu Sim

Dept. of Computer Engineering, Kwangwoon University

요약

비디오 전송시스템에서 사용자가 시청하는 비디오의 화질을 측정하는 것은 중요한 작업이다. 압축된 비디오 스트림에서는 원본 영상이 없어 PSNR을 구할 수 없기 때문에 비디오 스트림 내 정보의 통계적 특성을 이용한 무참조(no-reference) PSNR 추정기법이 사용된다. 그러나 이 알고리즘은 인터 프레임에서의 성능이 매우 떨어지는 단점이 있기 때문에 신뢰도가 떨어지며 ML방법을 이용해 이 문제를 개선한 알고리즘이 있지만 복잡도가 증가하여 상용화에는 부적합하다. 본 논문에서는 이전 프레임의 PSNR과 인터 블록의 통계적 특성을 고려한 새로운 알고리즘을 제안하여 복잡도의 증가 없이 인터 프레임에서의 PSNR 추정 성능을 향상시켰다.

키워드 : PSNR estimation, H.264/AVC, video quality measurement

1. 서론

비디오 전송 시스템에서 수신단말에 전송된 비디오가 어떤 화질로 수신자에게 제공되고 있는지를 실시간으로 모니터링하는 작업은 비디오 전송시스템의 품질관리에 있어 중요한 작업이므로, 객관적 화질 모니터링 알고리즘을 통한 자동화가 필수적이다.

본 논문에서는 H.264/AVC로 인코딩 된 비디오 스트림을 대상으로 NR 범주의 PSNR 추정 알고리즘을 제안한다. 기존의 연구에서는 영상의 압축 과정 중 양자화에 사용되는 계수분포 추정 모델을 이용하여 원본 영상의 계수 분포를 예측하고 이를 품질 평가에 이용하는 방법들이 제안되었다^{[1][2][4]}. 그러나 계수 분포 모델을 찾기 위해서는 통계적으로 충분한 수의 양자화 계수가 필요하다. 따라서 차분 이미지의 에너지가 적은 인터 프레임의 경우 0이 아닌 양자화 계수가 소수만 남아있는 경우가 많기 때문에 인터 프레임에서는 계수 모델링 방법이 I 프레임에 비해 만족할만한 결과를 얻지 못한다^{[1][2]}. ML방법을 사용한 더 정확한 계수 모델링을 통해 이 문제를 해결하는 방법도 제안되었지만 복잡도가 5~6배 이상 증가하기 때문에 상용화에는 부적절하다. 본 논문에서는 A.Eden의 알고리즘에 기반을 두어 인터 프레임에서의 단점을 보완해 복잡도 증가 없이 ML 방법 기반 알고리즘에 가까운 정확도를 지닌 새 추정 알고리즘을 제안한다.

2. 제안 알고리즘

이 절에서는 기존의 NR 알고리즘을 소개하고 그것을 기반으로 한 새로운 NR 추정 방법을 제안한다. 가.에서는 A.Eden의 계수 분포 모델링 PSNR 추정 알고리즘을 설명하고 나.에서는 가.의 단점을 보완하는 새로운 방법을 제안한다.

가. 계수 분포 모델링

이미지 픽셀의 표현범위가 [0,255]일 때, 영상의 PSNR은 (1)의 식으로 정의된다.

$$PSNR = 10\log_{10}(255^2/MSE) \quad (1)$$

MSE(Mean Squared Error)는 압축 영상의 오차의 크기이다. 변환 계수가 라플라스 분포 또는 코시 분포 모델을 따르므로^[3] 변환계수의 확률밀도함수로부터 (2)와 같이 MSE를 계산할 수 있다^{[1][2]}.

$$MSE = 2 \left[\sum_{i=1}^{\infty} \int_{(i-\Delta)Q}^{(i-\Delta+1)Q} (\omega - iQ)^2 p(\omega) d\omega \right. \\ \left. + \int_{-(i-\Delta)Q}^{(i-\Delta)Q} \omega^2 p(\omega) d\omega \right] \\ \Delta = \begin{cases} \frac{1}{3} & \text{for } I \text{ frames} \\ \frac{1}{6} & \text{for } P \text{ frames} \end{cases} \quad (2)$$

$p(\omega)$ 는 원본 영상의 변환 계수 ω 에 대한 확률 밀도 함수이고 iQ 는 i 번째 양자화 단계를 나타내며, Δ 는 참조 소프트웨어에 사용되는 양자화 오프셋 값이다. 확률밀도함수는 (3)의 코시 분포 모델이 선택되었다.

$$p(\omega) = \frac{1}{\pi} \frac{\gamma}{\omega^2 + \gamma^2} \quad (3)$$

0으로 양자화된 계수의 비율을 통해 모델 인자 γ 를 (4)와 같이 유도할 수 있다.

$$\gamma = \frac{(1 - \Delta)Q}{\tan\left(\frac{\pi N_0}{2N}\right)} \quad (4)$$

Q 는 양자화 단계, N 과 N_0 은 각각 양자화 계수의 개수와 0으로 양자화된 계수의 수를 나타낸다.

나. 인터 프레임의 PSNR 추정

계수 분포 모델링 알고리즘의 단점은 $N_0 \cong N$ 인 경우 추정이 불가능하거나 정확도가 떨어지는 것이다^[1], 정확도를 높이기 위해 (5)의 수식을 이용한 알고리즘이 적용된다.

$$MSE_{est} = \begin{cases} \frac{(N-n)MSE_{\alpha} + nMSE_{\beta}}{N} & n \leq N \\ MSE_{\beta} & n > N \end{cases} \quad (5)$$

MSE_{α} 는 I 프레임 이후의 N 개의 인터 프레임들에 대한 MSE 추정 모델이며, γ 의 계수 분포 모델링과 이전 프레임으로부터의 예측 MSE 의 가중 평균으로 계산된다. MSE_{β} 는 I프레임으로부터 N 프레임 이상 떨어진 인터 프레임들에 대한 MSE 추정 모델이다. 이 모델 역시 계수 분포 모델링과 예측 MSE 를 이용해 계산되지만 I 프레임과 떨어져 있기 때문에 다른 가중치를 적용해 계산된다.

(5)에서 최종 MSE_{est} 를 구한 후, 이것을 식 (1)에 대입하여 추정 PSNR이 계산된다.

3. 실험결과

CIF 사이즈의 foreman, deadline, container 영상이 실험에 사용되었다. 부호화에 사용된 소프트웨어는 JM 16.1 참조소프트웨어이다. I 프레임의 PSNR 추정 성능을

테스트하기 위해 I only로 인코딩한 영상을 사용하였고 인터 프레임의 경우엔 IPbPbP로 인코딩한 영상을 사용하였다. 비교를 위해 A.Eden의 알고리즘을 원래의 성능에 근사하게 구현해 실험하였다. 실험결과, A.Eden의 알고리즘은 I 프레임에서의 상관계수가 평균 0.99정도로 매우 높지만 P프레임과 B 프레임에서 상관계수가 평균0.03 정도 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 반면, 제안된 알고리즘은 모든 프레임에서 0.98이상의 높은 상관계수를 유지함으로써 인터 프레임에서 더 정확한 추정 성능을 보이는 것으로 나타났다.

4. 결론

참조 영상 없이 H.264/AVC 비디오 스트림의 PSNR을 추정하는 알고리즘을 제안하였다. 기존 알고리즘이 인터 프레임에서의 정확성이 크게 떨어지는 반면 제안된 방법은 인터 프레임 추정 성능을 I 프레임과 동등한 수준으로 끌어올렸다.

감사의 글

본 연구는 서울시 산학연협력사업(10570)으로 구축된 서울 미래형콘텐츠컨버전스 클러스터 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] A.Eden, "No-Reference Estimation of the Coding PSNR for H.264-Coded Sequences," International Conference on Consumer Electronics (ICCE 2007), pp.1 - 2, Jan., 2007
- [2] T. Brandao and M. P. Queluz, "No-reference PSNR estimation algorithm for H.264 encoded video sequences," 16th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2008), Aug., 2008
- [3] Edmund Y. Lam, "A Mathematical Analysis of the DCT Coefficient," IEEE Transactions on Image Processing, Vol.9, Issue10, pp.1661 - 1666, Oct., 2000
- [4] S.-Y. Shim, "PSNR estimation scheme using coefficient distribution of frequency domain in H.264 decoder," Electronics Letters, Vol.44 Issue.2, pp.108 - 109, Jan., 2008