

HEVC에서 효율적인 비트율 제어를 위한 비트율-양자화 모델링

*이민호 **한종기

세종대학교

*lmalone99@naver.com **hjk@sejong.edu

R-Q model for efficient rate control in HEVC

*Lee, Min-Ho **Han, Jong-Ki

Sejong University

요약

ITU와 ISO/IEC가 공동으로 UHD(Ultra High Definition)급 영상 부호화를 위해 표준화를 진행하고 있는 HEVC(High Efficient Video Codec)는 H.264/AVC 대비 2배 이상의 압축 효율을 갖는 것을 목표로 정하고 있다. HEVC는 다수의 개선된 기술을 사용하고 있기 때문에 부호화효율을 크게 향상시켰는데 여기에 비트 할당 및 비트율 제어 기술사용은 비디오 코덱의 성능을 향상시킬 수 있는 중요한 요소들이다. 기존 H.264/AVC의 비트율 제어 기술에는 HEVC의 특성을 고려하지 못한 비트율-양자화 모델을 사용하여 HEVC의 성능을 최적화하기에 어려움이 있었다. 따라서 본 논문에서는 HEVC에서 효율적으로 비트 할당 및 비트율 제어를 할 수 있도록, 기존보다 향상된 비트율-양자화 모델을 제안한다. 그리고 실험을 통하여 제안하는 비트율-양자화 모델이 기존 기술에 비해 정확함을 보인다.

1. 서론

최근 3D 영상 서비스가 상용화되고 있으며 모바일 기기에서조차도 full-HD급 영상의 재생이 가능해지고 있다. 한편 기존 1080p 해상도를 크게 확장한 UHD(ultra high definition)급 콘텐츠의 생성 및 디스플레이가 가능한 장비들도 등장하고 있다. 이러한 신규 영상 서비스의 공통된 특징은 영상 압축이 적용되기 전의 데이터 량이 매우 크다는 점이다. 이러한 데이터 량의 증가에 대응하기 위해 ISO/IEC MPEG과 ITU-T VCEG이 공동으로 차세대 영상 압축 기술인 HEVC의 표준화를 진행하고 있다. HEVC의 부호화 효율의 목표는 H.264/AVC의 참조 소프트웨어인 JM 대비 2배 이상으로 고려되고 있다.[1][2]

기존 코덱들과 달리 HEVC에는 (a) CU, PU, TU 등을 고려한 계층적 코딩 블록 구조, (b) 34 가지 이상의 방향 모드들을 고려하는 인트라 예측 부호화, (c) 32×32부터 8×8 까지 다양한 크기의 변환 부호화, (d) ALF 사용, (e) 개선된 entropy coding 기법, (f) 효율적인 DPB 관리를 통한 인트라 코딩 기법의 성능 개선 등 부호화 효율을 향상시키기 위한 여러 가지 기술들이 채택되었다.[3][4]

비트할당 및 비트율 제어 기술은 비디오 코덱의 성능을 향상시킬 수 있는 주요한 요소로 많은 연구에서 효율적인 비트 할당과 비트율 제어 기술들을 제안하였다.[5][6] [5]에서는 MAD(Mean Absolute Difference)을 이용하는 비트-양자화 모델을 이용하여 비트 할당 및 비트율 제어 기술을 제안하였다. [5]의 비트율-양자화 모델은 (1)과 같

다.

$$\frac{V_i}{MAD} = \frac{X_1}{Q} + \frac{X_2}{Q^2} \quad (1)$$

[6]에서는 MAD와 함께 VOD(Variance of Difference)을 이용하는 비트-양자화 모델을 이용하여 비트 할당 및 비트율 제어 기술을 제안하였다. [6]의 비트율-양자화 모델은 (2)와 같다.

$$V_i = \xi_1 \times \sqrt{\frac{\sigma \cdot \sqrt{VOD} + \sqrt{MAD}}{Q}} + \xi_2 \quad (2)$$

하지만 기존 기술들은 H.264/AVC를 위한 기술들로 HEVC의 특성을 고려하지 못한 비트율-양자화 모델을 사용하여 HEVC의 성능을 최적화하기에 어려움이 있다.

본 논문에서는 제 2장에서는 향상된 비트율-양자화 모델을 소개하고, 제 3장에서는 계수를 위한 비트율-양자화 모델 적용 방법을 설명한다. 제 4장에서는 실험결과를 보이고, 마지막 제 5장에서는 결론을 도출한다.

2. 향상된 비트율-양자화 모델

기존 기술에서 사용하는 (1)은 MAD기반, (2)는 거기에 VOD를 적용한 비트율-양자화 모델이다. 이 두 모델은 모두 H.264/AVC 부호화기에서 발생하는 계수의 비트만을 반영하고 있다. 본 논문에서는 부호화 효율을 향상시키기 위해 여러 가지 기술들을 채택한 HEVC에 효율적인 새로운 비트율-양자화 방법을 제안한다.

$$V_i = F_{coeff} + F_{header} \quad (3)$$

HEVC에서는 기존 코덱과 달리 계층적 코딩 블록 구조 및 다양한

1) 연락처: 한종기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(과제번호: 2011-0011401)

코딩 모드 등 여러 가지 기술들이 채택되었다. 때문에 이 모드들을 위한 헤더 비트의 코딩이 중요한 부분이 되었다. 뿐만 아니라 H.264/AVC와 다른 경향을 띄게 되어 HEVC의 경향에 맞는 새로운 비트율-양자화 모델을 제안한다.

$$F_{coeff} = \frac{\sqrt{MAD} + CU_{index}}{Q} \quad (4)$$

(4)는 (3)에서 제안한 비트율-양자화 방법에서 계수를 위한 비트율-양자화 모델이다. 아직 헤더를 위한 비트율-양자화 모델은 연구 중에 있다. (4)에서 CU_{index} 는 코딩된 블록의 최종 블록 사이즈의 한 프레임에 평균으로 Intra 모드는 64x64에서 4x4까지의 크기를 고려하고 Inter와 Merge/Skip 모드는 4x4크기로 코딩을 하지 않기 때문에 64x64에서 8x8까지 고려하였다. CU_{index} 는 (5)와 같이 구한다.

$$CU_{index} = \frac{\sum b_{ppp_i} \times NP}{Total\ pixel\ number} \quad (5)$$

(5)에서 b_{ppp_i} 는 코딩된 블록이 사용한 모드와 그 코딩된 블록의 크기에 따른 인덱스이다. 그리고 NP는 코딩된 블록의 pixel수를 나타낸다. 그러므로 CU_{index} 는 한 프레임에서 코딩된 블록의 크기와 사용 모드에 따른 평균값이 되겠다.

(4)의 F_{coeff} 와 프레임단위로 발생한 계수 비트에 관계는 그림 1과 같이 선형임을 확인 할 수 있다. 발생 계수 비트 S_{coeff} 와 F_{coeff} 의 선형 관계를 이용하여 발생 계수의 비트 S_{coeff} 값은 다음과 같이 예측 할 수 있다.

$$S_{coeff}' = \alpha \times F_{coeff} + \beta \quad (6)$$

S_{coeff}' 는 발생 계수 비트 S_{coeff} 의 예측 값을 나타내며, α 와 β 는 선형 모델의 파라미터이다.

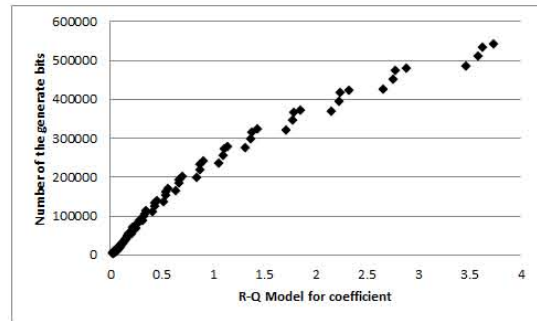
3. 계수를 위한 향상된 비트율-양자화 모델의 적용 방법

제 2장에서 제안한 계수를 위한 비트율-양자화 모델을 이용하여 양자화 파라미터를 결정하기 위해서는 실제 발생 계수 비트 S_{coeff} 와 예측한 발생 계수 비트 S_{coeff}' 의 오차인 수식 (7)을 최소화하는 파라미터 α 와 β 를 각각 계산해야 한다.

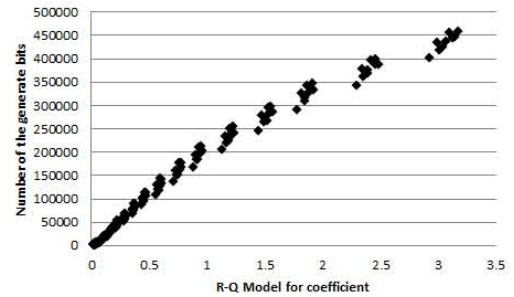
$$E = \sum_{j=0}^{N-1} \left[S_{coeff} - \left\{ \alpha \times \frac{\sqrt{MAD} + CU_{index}}{Q} + \beta \right\} \right]^2 \quad (7)$$

예측 오차를 최소화하기 위해서는 E 를 각 파라미터 α 와 β 에 관하여 편미분을 수행하여야 한다. 그리고 α 와 β 의 최적화 된 값을 계산한다.

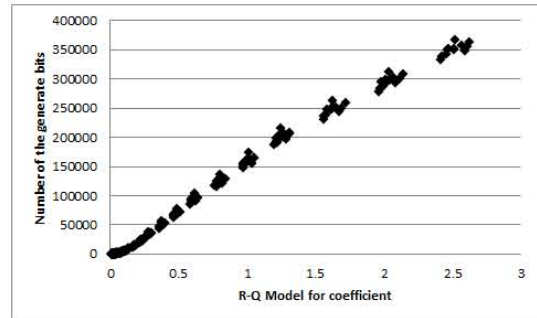
각 파라미터가 최적화 된 후, (6)에서 구한 목표 계수 비트 량을 대입하여 Q 를 계산한다. 그 후 계산된 Q 에 대응하는 양자화 파라미터를 결정 하여 현재 프레임에 할당한다.



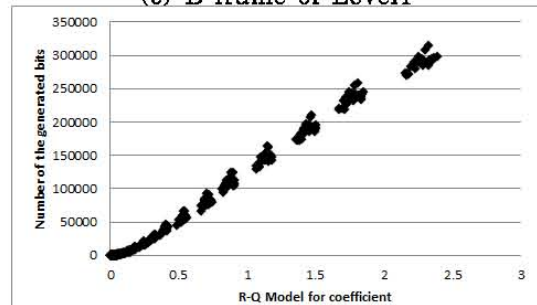
(a) I frame



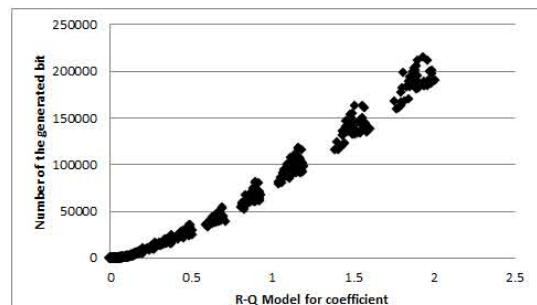
(b) B frame of Level0



(c) B frame of Level1



(b) B frame of Level0



(c) B frame of Level1

그림 1. 향상된 비트율-양자화 모델과 발생비트의 관계 (Random Access High Efficiency)

4. 실험 결과

본 실험에서는 HEVC참조 소프트웨어인 HM 5.0[7]을 사용하였다. Random access의 High-efficiency환경에서 실험을 했으며, 테스트 시퀀스는 Class B, Class C, Class D의 모든 시퀀스를 사용하였다. 아직 헤더를 위한 비트율-양자화 모델에 연구가 끝나지 않아 비트율-양자화 모델의 정확도를 실험하지 못하였다.

그래서 계수를 위한 비트율-양자화 모델의 정확도 측정을 위해 R^2 함수를 이용하여 정확도를 측정하였다.[6]

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_k (X_k - \hat{X}_k)^2}{\sum_k (X_k - \bar{X})^2} \quad (8)$$

(8)에서 X_k 는 그림 1에서의 프레임단위로 발생한 계수 비트에 따른 실제 F_{coeff} 값들이고 \hat{X}_k 는 예측된 F_{coeff} 의 값들이다. 그리고 \bar{X} 는 모든 값들의 평균을 나타낸다. (8)을 이용하여 구한 R^2 의 실험 결과는 표와 같다.

B frame of Level0	Values of R^2		
	[5]	[6]	Proposed Scheme
Class B	0.631	0.974	0.979
Class C	0.446	0.975	0.975
Class D	0.223	0.956	0.964

표 1 R^2 value of B Frame of Level0

B frame of Level1	Values of R^2		
	[5]	[6]	Proposed Scheme
Class B	0.804	0.976	0.981
Class C	0.723	0.982	0.982
Class D	0.563	0.966	0.971

표 2 R^2 value of B Frame of Level1

B frame of Level2	Values of R^2		
	[5]	[6]	Proposed Scheme
Class B	0.843	0.972	0.975
Class C	0.751	0.978	0.979
Class D	0.664	0.964	0.967

표 3 R^2 value of B Frame of Level2

B frame of Level3	Values of R^2		
	[5]	[6]	Proposed Scheme
Class B	0.911	0.943	0.941
Class C	0.7738	0.959	0.951
Class D	0.758325	0.939	0.937

표 4 R^2 value of B Frame of Level3

표 1에서 표 4까지는 (8)로 측정된 계수를 위한 비트율-양자화 모델의 정확도를 보여준다. HEVC는 계층적 부호화 구조로 각 Level에 따라 실험결과를 도출하였고 I frame은 기존방법들이 비트율-양자화 모델로 예측하지 않았기 때문에 비교하지 않았다. 실험결과에서 Level 3일 때의 B frame을 제외하고 제안하는 방법이 정확도가 향상된 것을

확인 하였다.

5. 결론

본 논문에서는 HEVC에서 효율적인 비트 발생량을 예측할 수 있는 계수를 위한 비트율-양자화 모델을 제안하였다. 또한 실험을 통해 제안하는 계수를 위한 비트율-양자화 모델이 Level 3일 때의 B frame을 제외하고 비트율 제어의 정확도를 높이는 것을 보였다. 앞으로 연구를 더 진행하여 헤더를 위한 비트율-양자화 모델을 제안하고, 계수를 위한 비트율-양자화 모델을 향상시킬 것이다.

6. 참고문헌

- [1] S. Sekiguchi, Y. Yamada, Y. Kato, K.Asai and T. Murakami, "Requirements for next-generation video coding standard," M15577, July 2008, Hannover, Germany
- [2] J. Seo, K. Seo, "Industry Trends around Video Coding," M15682, July 2008, Hannover, Germany
- [3] 서찬원, 한종기, "계층적 부호화 구조 및 변환 블록 구조에 따른 비디오 압축 성능," 방송공학회지, pp.23 - 34, 12월, 2010년
- [4] ITU-T and ISO/IEC JTC 1, "Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services," ITU-T Recommendation H.264 and ISO/IEC 14496-10, Sep. 2008.
- [5] Z. Li, F. Pan, K. Pang, "Adaptive Basic Unit Layer Rate Control for JVT", Joint Video Team of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG, JVT-G012, Mar. 2003.
- [6] C. Seo, J. Han, "Efficient Bit Allocation and Rate Control Algorithms for Hierarchical Video Coding", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 20, no. 9, Sep. 2010
- [7] HEVC reference software (HM5.0) [Online]. Available : <http://hevc.kw.bbc.co.uk/trac/browser/tags/HM-5.0>