

HEVC 무손실 화면내 부호화를 위한 향상된 CABAC

최정아 호요성
 광주과학기술원 실감방송연구센터
 {jachoi, hoyo}@gist.ac.kr

Improved CABAC Design for HEVC Lossless Intra-frame Coding

Jung-Ah Choi Yo-Sung Ho
 Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

요 약

최근에 완료된 HEVC(High Efficiency Video Coding) 비디오 압축 표준은 H.264/AVC에 비해 2배 이상 향상된 압축 효율을 제공한다. 현재 진행 중인 HEVC 확장(extension) 작업에서는 손실 및 무손실 부호화에서 4:2:2 및 4:4:4 색차 포맷과 최대 12비트 깊이를 지원하는 고급 프로파일을 개발하고 있다. 현재까지 개발된 HEVC의 CABAC(Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding)은 손실 부호화 환경에 적합하게 설계되었기 때문에 무손실 부호화 환경에서 최적의 부호화 성능을 제공하지 못한다. 본 논문에서는 4:4:4 색차 포맷 영상의 무손실 화면내 부호화 환경에서 잔여 신호의 통계적 특성을 고려한 향상된 CABAC 잔여 데이터 부호화 방법을 제안한다. 실험 결과를 통해, 본 논문에서 제안하는 향상된 CABAC 방법이 무손실 화면내 부호화에서 기존의 CABAC 방법에 비해 평균 약 2.41%의 비트 수를 감소시키는 것을 확인했다.

1. 서론

MPEG과 VCEG은 고해상도 고화질 비디오에 효율적인 압축 표준을 제정하기 위해 공동으로 JCT-VC(Joint Collaborative Team on Video Coding)를 구성하고 최근 HEVC(High Efficiency Video Coding) version 1[1]을 완성했다. HEVC가 이전의 비디오 압축 표준인 H.264/AVC에 비해 월등히 향상된 압축 효율을 보여줌에 따라, 이를 통해 기존 영상 서비스의 품질 향상은 물론 새로운 UHD(Ultra High-definition) 영상 서비스가 가능할 것으로 예측된다.

표준 제정이 완료된 HEVC version 1의 Main 프로파일은 8비트 깊이의 4:2:0 영상을, Main 10 프로파일은 10비트 깊이의 영상을 지원한다. 그리고 정지영상을 위한 Main Still Picture 프로파일도 제공한다. JCT-VC는 HEVC 범위 확장(range extension) 작업을 계속해 4:2:2 및 4:4:4 색차 포맷의 12비트 깊이 영상 부호화까지 지원하는 프로파일을 개발할 계획이다. 현재 참조 소프트웨어에서 손실과 무손실 부호화에서 모두 확장된 색차 포맷 및 비트 깊이 부호화를 기본적으로 사용할 수 있다.

HEVC 표준은 현재까지 손실 부호화를 목표로 연구되었기 때문에 무손실 부호화에서의 부호화 성능 향상을 위해서는 무손실 부호화의 특성에 맞춰 부호기를 최적화시켜야 한다. 무손실 부호화의 경우, 부호기 및 복호기에서 변환 및 양자화 과정이 생략되므로 손실 부호화와 무손실 부호화의 잔여 신호에는 명확한 통계적 분포의 차이가 발생한다. 본 논문에서는 무손실 화면내 부호화에서 잔여 신호의 통계적 특성을 고려해 무손실 화면내 부호화 환경에서 향상된 CABAC(Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding) 잔여 데이터 부호화 방법을 제안한다.

2. 무손실 화면내 부호화를 위한 향상된 CABAC

무손실 부호화는 변환 및 양자화를 수행하지 않으므로 무손실 부호화의 잔여 데이터는 양자화된 변환 계수가 아닌 원 영상과 예측된 영상의 차분 화소값이다. 따라서 무손실 부호화의 경우 손실 부호화에 비해 다양한 크기의 잔여 데이터가 발생한다. HEVC는 잔여 데이터의 레벨을 부호화하기 위해 $coeff_abs_level_greater1_flag$, $coeff_abs_level_greater2_flag$, $coeff_abs_level_remaining$ 을 사용한다. 여기서 앞의 두 플래그는 각각 현재 위치의 잔여 데이터의 레벨 값이 1보다 큰지, 2보다 큰지 여부를 알려주며, $coeff_abs_level_remaining$ 은 플래그 부호화 후의 남은 레벨 값을 부호화하는 구문 요소이다. 즉, $coeff_abs_level_remaining$ 값은 $coeff_abs_level_greater1_flag$ 와 $coeff_abs_level_greater2_flag$ 의 값에 따라 변한다. 잔여 데이터 레벨 값을 s 라 할 때, 구문요소들의 관계는 식 (1)과 같다.

$$s = coeff_abs_level_greater1_flag + coeff_abs_level_greater2_flag + coeff_abs_level_remaining \quad (1)$$

CABAC의 이진화 단계에서 $coeff_abs_level_greater1_flag$ 와 $coeff_abs_level_greater2_flag$ 는 이진 값을 갖는 구문요소이므로 각각 한 비트로 이진화 되고, $coeff_abs_level_remaining$ 은 Golomb-Rice 코드[2]를 이용해 이진화 된다. 그러므로 임의의 잔여 데이터의 레벨 값 s 의 코드 길이는 식 (2)와 같다.

$$l(s,k) = \begin{cases} s, & s < 3 \\ 2 + \left\lfloor \frac{(s-3)}{2^k} \right\rfloor + 1 + k, & s \geq 3 \end{cases} \quad (2)$$

잔여 데이터의 레벨 값 s 가 3보다 작을 때에는 플래그만으로 부호화되므로 코드워드의 길이는 s 가 되지만, 3보다 큰 경우의 코드워드의 길이는 플래그의 길이 2와 $coeff_abs_level_remaining$ 값에 해당하는 Golomb-Rice 코드의 길이를 더한 것이다. $coeff_abs_level_greater1_flag$ 와 $coeff_abs_level_greater2_flag$ 는 1 또는 2의 레벨 값을 효율적으로 부호화하기 위한 것이다. 만약 이 두 플래그를 이용하지 않고 레벨 값을 Golomb-Rice 코드로 바로 부호화하는 경우 레벨 값 s 의 코드 길이는 식 (3)과 같다.

$$l_p(s, k) = \left\lceil \frac{(s-1)}{2^k} \right\rceil + 1 + k \quad (3)$$

s 가 1 또는 2인 경우를 제외하면 $l_p(s, k)$ 가 $l(s, k)$ 보다 더 작다. 무손실 부호화에서는 그 외의 레벨 값들이 많이 발생하기 때문에 제안한 방법에서는 플래그를 사용하지 않고, 레벨 값을 Golomb-Rice 코드로 그대로 부호화한다.

그림 1은 무손실 부호화와 손실 부호화에서 잔여 데이터의 평균 레벨 값을 비교한 것이다. 그림 1을 통해 무손실 부호화에서의 잔여 데이터의 평균 레벨 값은 스캔 위치에 독립적이고 스캔 위치가 커져도, 즉 고주파 영역에서도 작아지지 않는다는 사실을 확인할 수 있다.

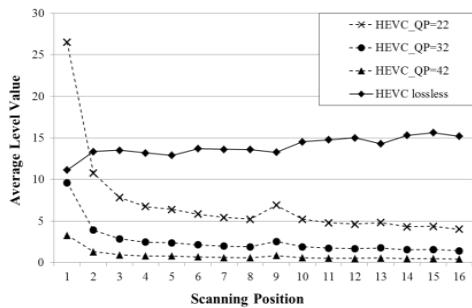


그림 1. 무손실 및 손실 부호화 환경에서 잔여 데이터의 평균 레벨 값 비교

무손실 부호화의 레벨 부호화에서는 다음 부호화할 잔여 데이터의 레벨 값이 현재 부호화한 잔여 데이터의 레벨 값보다 크다고 가정할 수 없다. 다음에 부호화할 잔여 데이터의 레벨 값이 증가할지 혹은 감소할지 예측할 수 없으므로 제안한 방법에서는 이전에 부호화된 잔여 데이터들의 절대값의 가중합을 사용해 Golomb-Rice 코드 표를 결정한다 [3].

$$T(s_i) = \frac{1}{w_i + 1} \{w_i \cdot avg_i + s_i\} \quad (4)$$

$$w_i = \begin{cases} a, & i = lastcoeff \\ a + 1, & i = lastcoeff - 1, lastcoeff - 2 \\ a + 2, & otherwise \end{cases} \quad (5)$$

$$avg_i = \frac{1}{(lastcoeff - i + 1)} \left\{ \sum_{k=lastcoeff}^i s_k \right\} \quad (6)$$

여기서 w_i 와 s_i 는 i 번째 가중 인자와 잔여 데이터의 i 번째 레벨

값을 나타낸다. a 는 실험적으로 정해진 계수이다. 그리고 $T(s_i)$ 와 $lastcoeff$ 는 Golomb-Rice 코드 표를 선택하기 위한 새로운 문턱 값과 마지막 0이 아닌 계수의 위치를 나타낸다.

3. 실험 결과

제안한 방법의 부호화 성능을 평가하기 위해 HM10.0_RExt2.0에 제안한 알고리즘을 구현하고, HEVC 무손실 부호기와 부호화 성능을 비교했다. 표 1은 부호화 성능 평가 결과를 보여준다. 여기서 클래스 A는 2560x1600, 클래스 B는 1920x1080 해상도의 영상을 의미한다. 실험 결과를 통해, 제안한 방법이 HEVC 무손실 부호기에 비해 평균 약 2.41%의 부호화 비트율을 줄일 수 있음을 확인했다.

표 1. 제안한 방법의 성능 평가 (RGB 4:4:4)

| 클래스 | 영상 | HEVC (kbps) | 제안한 방법 (kbps) | Δ비트율 (%) |
|-----|--------------------|-------------|---------------|----------|
| A | Traffic | 1586609.8 | 1546135.4 | -2.55 |
| B | EBULupoCandlelight | 1176042.8 | 1158025.2 | -1.53 |
| | EBURainFruits | 1255419.2 | 1226230.0 | -2.33 |
| | VenueVu | 709206.2 | 671318.2 | -5.34 |
| | DucksAndLegs | 1125103.9 | 1121760.5 | -0.30 |
| 평균 | | | | -2.41 |

4. 결론

본 논문에서는 HEVC (high efficiency video coding) 무손실 부호화 환경과 손실 부호화 환경에서의 잔여 데이터 특성 차이를 살펴보고, 무손실 화면내 부호화를 위한 향상된 CABAC 잔여데이터 부호화 방법을 제안했다. 실험을 통해 제안하는 방법이 기존의 CABAC 방법에 비해 평균 약 2.41%의 부호화 성능을 향상시키는 것을 확인했다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NO. 2012-0009228).

참고 문헌

- [1] 호요성, 최정아, UHD 고화질 영상 압축 기술: HEVC 알고리즘 이해와 프로그램 분석, *진샘미디어*, 2013.
- [2] T. Nguyen, D. Marpe, H. Schwarz, and T. Wiegand, "Reduced-Complexity Entropy Coding of Transform Coefficient Levels using Truncated Golomb-Rice Codes in Video Compression," *Proc. of IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pp. 753-756, Sept. 2011..
- [3] J. Heo, S. Kim, and Y. Ho, "Improved CAVLC for H.264/AVC Lossless Intra-Coding," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech.*, vol. 20, no. 2, pp. 213-222, Feb. 2010.