

HEVC 근접 무손실 깊이 영상 부호화를 위한 향상된 CABAC 설계

최정아 호요성

광주과학기술원 실감방송연구센터

{jachoi, hoyo}@gist.ac.kr

Improved CABAC Design for Near Lossless Depth Coding in HEVC

Jung-Ah Choi Yo-Sung Ho

Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

요약

깊이 영상은 가상 시점 영상을 합성할 때 사용되는 3차원 거리 정보로 깊이 영상 기반 렌더링에서 가상 시점을 합성할 때 사용한다. 따라서, 깊이 영상 부호화에서는 부호화 효율 못지않게 합성 영상의 화질이 중요하다. 깊이 영상의 화질은 합성된 가상 시점 영상의 화질에 큰 영향을 미친다. 따라서 고품질 깊이 영상이 필요한 경우, 부호화 손실이 적은 무손실 부호화를 사용한다. 하지만, 이와 같은 무손실 부호화 방법은 복호를 통해 원래의 깊이 영상을 그대로 복원할 수 있지만, 압축률이 낮다는 단점이 있다. 본 논문에서는 복호된 영상의 화질과 부호화 비트의 균형을 모두 고려하기 위해 근접 무손실 HEVC(high efficiency video coding)와 향상된 CABAC(context-based adaptive binary arithmetic coding)을 이용한 새로운 깊이 영상 부호화 방법을 제안한다. 실험을 통해 제안한 방법이 합성된 가상 시점 영상의 화질 손실 없이, 기존의 무손실 및 근접 무손실 방법보다 더 나은 부호화 성능을 제공할 수 있음을 알 수 있었다.

1. 서론

최근 다양한 3차원 디스플레이의 출시로 인해 일반 가정에서도 3차원 콘텐츠를 즐길 수 있게 됨에 따라, 3차원 비디오가 차세대 방송 서비스로 각광을 받고 있다 [1]. 이와 관련해 3차원 비디오 부호화의 표준화 작업이 활발하게 이뤄지고 있으며, 현재 진행 중인 표준화 작업은 크게 입력 영상을 부호화하는 방법, 깊이 영상을 부호화하는 방법, 깊이 영상을 이용해 가상시점 영상을 생성하는 방법이 있다.

깊이 영상은 영상 내에 존재하는 객체들의 3차원 거리 정보를 나타내는 영상으로, 카메라와 객체 간의 실제 거리를 정수단위로 표현한 것이다. 이를 이용해 입력된 색상 영상 이외의 가상 시점을 시점 보간 방법을 통해 생성할 수 있다 [2]. 깊이 영상은 기존의 색상 영상과는 다르게 상당히 완만하고 단조로운 특성을 나타낸다.

3차원 비디오 부호화 표준에서 색상 영상은 다시점 비디오 부호화 표준을 이용해 부호화하지만, 아직 깊이 영상을 부호화하기 위한 표준은 제정되지 않았다. 따라서 깊이 영상 부호화를 위한 다양한 알고리즘이 제안되고 있다. 깊이 영상은 색상 영상과 특성이 다르므로 깊이 영상의 특성에 적합한 부호화 방법이 필요하다.

본 논문에서는 압축률 및 복호 후의 화질을 모두 고려한 새로운 깊이 영상 부호화 방법을 제안한다. 제안한 알고리즘에서는 HEVC (high efficiency video coding) 근접 무손실 부호화[3]와 잔여 신호의 특성을 이용해 새롭게 설계한 CABAC(context-based adaptive binary arithmetic coding)을 사용한다. 제안한 방법은 합성 영상의 화질 손실 없이, 기존의 H.264/AVC 무손실 부호화, JPEG-LS와 비교해 더 나은 부호화 효율을 제공한다.

2. 향상된 CABAC 부호화 방법

다양한 압축 방법에서 잔여 데이터의 통계적 분포 차이는 변환과 양자화 유·무에서 기인한다. HEVC 근접 손실 부호화[3]의 경우, 예측의 효율이 좋고, 양자화를 수행하지 않으므로 잔여 데이터의 분포가 변환 블록의 스캔 위치에 독립적이고 잔여 데이터의 절대값이 고주파 쪽으로 이동해도 작아지지 않는다.

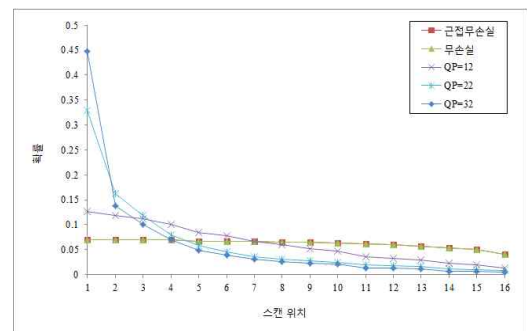


그림 1. 스캔 위치에 따른 0이 아닌 계수의 존재 확률

그림 1은 *Newspaper* 영상을 다양한 압축 환경에서 부호화했을 때, 4x4 블록에서 스캔 위치에 따른 0이 아닌 계수의 존재 확률을 나타낸다. 예상한 것처럼 0이 아닌 계수의 발생 확률은 스캔 위치에 독립적이다. 즉, 그림 1을 통해 근접 무손실 압축에서 잔여 데이터의 통계적 특성은 손실 압축의 경우와 다르며, 오히려 무손실 압축의 경우와 비슷함을 확인할 수 있다.

HEVC 손실 부호화에서의 CABAC 신택스 요소 중 $last_significant_coeff_x$ 와 $last_significant_coeff_y$ 는 현재 변환 블록에서 스캔 위치상 마지막 0이 아닌 계수의 (x, y) 좌표를 나타낸다. 손실 부호화의 경우 0이 아닌 계수의 발생이 저주파 영역에 존재할 가능성이 크므로, 이 두 신택스 요소가 효율적인 중요맵 부호화를 가능하게 한다. 하지만, 근접 무손실 부호화의 경우 두 신택스 요소의 부호화는 압축 효율을 저하시킨다. 따라서, 제안한 중요 맵 부호화에서는 $last_significant_coeff_x$ 와 $last_significant_coeff_y$ 부호화 과정을 제거하고, 블록의 끝까지 모든 0이 아닌 계수를 부호화한다.

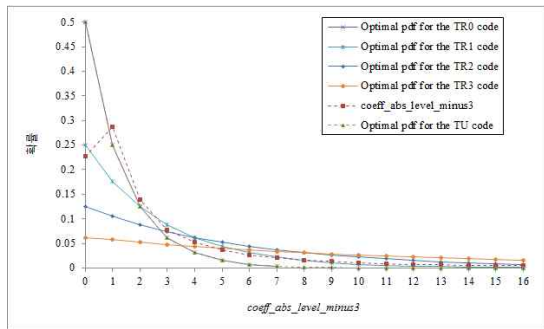


그림 2. $coeff_abs_level_minus3$ 의 확률 분포 및 Golomb-Rice 부호의 최적 확률 밀도 함수

그림 2는 근접 무손실 부호화를 수행했을 때 레벨의 절대값 ($coeff_abs_level_minus3$)의 확률 분포와 현재 HEVC의 레벨 절대값 부호화에서 사용하는 Golomb-Rice (GR) 부호[4]의 접두사(prefix)인 truncated Rice (TR) 부호의 최적 pdf를 보여준다. 여기서 k는 TR 부호의 Rice 파라미터이다. 근접 무손실 부호화에서 레벨의 절대값의 통계적 특성은 0차 TR (TR0) 부호의 최적의 pdf에 근접하다.

이 TR0 부호의 최적 pdf는 단항 (unary) 부호와 동일하다. 차이점은 HEVC에서 사용하는 GR 부호는 절삭형 부호이므로 $k = 0$ 인 경우, 7까지만 TR 부호를 사용하고, 8부터는 Golomb 부호를 이용해 부호화한다는 점이다. 하지만, 그림 2에서 볼 수 있듯이, 근접 무손실 부호화의 레벨의 절대값은 7 이후에도 TR0의 pdf, 즉 단항 부호의 pdf에 근접하다. 따라서, 제안하는 방법에서는 단항 부호를 이용해 레벨 절대값의 이진화를 수행한다.

3. 실험 결과

본 논문에서는 HM (HEVC test model) 4.0[5]에 제안한 알고리즘을 구현했다. 성능 평가를 위해 제안한 방법과 기존 무손실 방법의 압축비(compression ratio, CR)를 측정해 비교했다. 표 1은 압축비 성능 평가 결과를 보여준다.

깊이 영상 부호화에서는 깊이 영상의 화질보다 이를 이용해 합성한 가상 시점 영상의 화질이 중요하다. 그림 3은 제안한 방법과 무손실 부호화 방법들을 이용해 압축 및 복호 후 이를 이용해 합성한 가상 시점 영상을 보여준다. 또한, 표 2에 합성 영상의 화질을 PSNR로 객관적 평가한 결과 및 SSIM(structural similarity)으로 객관적 평가한 결과도 나타났다. 결과적으로, 제안한 방법은 무손실 방법과 동일한 화질의 합성 영상을 제공하면서 더 나은 압축율을 보임을 확인할 수 있었다.

표 1. 제안한 알고리즘의 압축비

실험 영상	H.264/AVC	JPEG-LS	제안한 방법
Book Arrival	13.352	8.577	13.973
Newspaper	14.810	7.572	15.383
Cafe	42.518	20.502	44.508
Poznan Street	12.604	7.040	12.826

표 2. 합성 영상의 화질 평가

실험 영상	무손실 압축 방법		제안한 방법	
	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
Book Arrival	36.69	0.9356	36.69	0.9356
Newspaper	32.41	0.9472	32.41	0.9472
Cafe	32.60	0.9360	32.60	0.9360
Poznan Street	24.34	0.6784	24.34	0.6784



(a) 무손실 방법 (b) 제안한 방법

그림 3. 시점 합성 결과

4. 결론

본 논문에서는 HEVC (high efficiency video coding) 근접 무손실 부호화와 향상된 CABAC(context-based adaptive binary arithmetic coding)을 이용해 깊이 영상을 효율적으로 부호화하는 방법을 제안했다. 제안한 방법에서는 기존의 CABAC에서 근접 무손실 부호화에 불필요한 신택스 요소를 제거하고, 잔여 데이터의 확률 분포에 따라 레벨 부호화를 위해 단항(unary) 부호를 이용하는 방법을 제안했다. 실험을 통해 제안하는 방법의 성능을 확인했다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음. (NIPA-2011-(C1090-1111-0003))

참고 문헌

- [1] A. Smolic, K. Mueller, P. Merkle, C. Fehn, P. Kauff, P. Eisert, and T. Wiegand, "3D video and free viewpoint video-technologies, applications and MPEG standards," *ICME*, pp. 2161-2164, July 2006.
- [2] ISO/IEC JCT1/SC29/WG11, "Applications and requirements on 3D video coding," doc. N10358, Feb. 2009.
- [3] ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Near lossless coding for screen content," doc. JCTVC-F564, July 2011.
- [4] S. Golomb, "Run-length encoding," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 12, no. 3, pp. 399-401, July 1966.
- [5] <https://hevc.kw.bbc.co.uk/git/w/jctvc-a124.git/heads>, HEVC test model (HM) software version 4.0.