

레터논문 (Letter Paper)

방송공학회논문지 제23권 제1호, 2018년 1월 (JBE Vol. 23, No. 1, January 2018)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2018.23.1.162>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

장면전환 전처리 정보 기반의 HEVC 화면 간 예측 부호화 효율 및 속도 향상 기법

이 흥 래^{a)}, 원 광 은^{a)}, 서 광 덕^{a)‡}

Improvement of Coding Efficiency and Speed for HEVC Inter-picture Prediction Based on Scene-change Pre-processing Information

Hong-rae Lee^{a)}, Kwang-eun Won^{a)}, and Kwang-deok Seo^{a)‡}

요 약

본 논문에서는 초고해상도 영상의 효율적인 부호화를 위해 공간적 다운스케일된 입력영상을 이용하여 장면 전환 정보를 획득하기 위한 전처리(pre-processing)과정과 이 정보를 기반으로 화면 간 예측 과정에서 참조 픽처 리스트를 재구성하는 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 전처리 과정을 통해 얻어진 정보를 기반으로 참조 픽처 리스트를 재구성하였을 때 기존의 HM 16.12 대비 0.44%의 BD-Rate 개선과 동시에 12.46%의 부호화 속도 향상을 얻을 수 있다.

Abstract

In this paper, we propose a pre-processing procedure to obtain scene change information using spatial down-scaled input image for efficient encoding of super-high resolution image and propose a reconstruction of reference picture list in inter-picture prediction using this information. The experimental results show that the proposed method improves the BD-Rate by 0.44% and reduces encoding time by 12.46% when compared to HM 16.12.

Keywords: coding efficiency, pre-processing, HEVC, decoded picture buffer, reference picture list

a) 연세대학교 컴퓨터정보통신공학부(Division of Computer and Telecommunications Engineering, Yonsei University)

‡ Corresponding Author : 서광덕(Kwang-deok Seo)

E-mail: kdseo@yonsei.ac.kr

Tel: +82-33-760-2788

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5823-2857>

※This research was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(NRF-2015R1D1A1A01058873), and by the grant 'Biotechnology & GMP Training Project' from the Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT), funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy(MOTIE) of the Republic of Korea (N0000961).

· Manuscript received September 28, 2017; received January 2, 2018; Accepted January 2, 2018.

Copyright © 2017 Korean Institute of Broadcast and Media Engineers. All rights reserved.

“This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and not altered.”

1. 서론

최근 실감미디어를 위한 4K 및 8K 크기의 해상도를 갖는 초고화질 비디오 서비스의 수요가 증가하고 있다. 이에 따라 기존 비디오 압축 표준인 H.264/AVC보다 더 좋은 성능의 압축 표준을 제정하기 위하여 ISO/IEC의 JCT-VC는 차세대 비디오 부호화 표준인 HEVC(High Efficiency Video Coding)를 2013년 1월에 표준화를 완료하였다^[1]. HEVC는 기존 압축 표준인 H.264/AVC에 비해 동일한 주관적 화질 측면에서 약 50% 이상, 동일한 객관적 화질 측면에서 약 40% 이상의 부호화 효율을 가진다^[2]. 그러나 높은 압축 효과를 얻기 위하여 복잡한 연산이 필요한 기법들이 많이 도입되어 HEVC의 부호화 복잡도는 H.264/AVC보다 크게 증가되었다. 특히 부호화 과정에서의 화면 간 예측은 HEVC 전체 부호화 복잡도의 68.4-89.1% 가량을 차지할 정도로 높은 계산 복잡도를 나타낸다^[3].

HEVC 화면 간 예측은 현재 픽처 내의 부호화된 인접 픽셀들로부터 코딩하려는 블록에 대한 예측 값을 생성하는 기술로써 한 픽처 내에서 인접하는 픽셀 간에 높은 상관성이 존재하는 특징을 기반으로 한다. 하지만 인접한 픽셀이 장면 전환이 되는 경우 픽처 간의 상관성은 매우 낮아지게 되지만, 이러한 정보는 이용되지 않고 GOP 내에서 복원된 픽처들을 이용하여 참조 픽처를 구성하고 있다.

본 논문에서는 공간적 다운스케일링한 입력영상을 이용하여 장면 전환 정보를 얻는 전처리(pre-processing)과정을 제안하고 이를 기반으로 부호화 계산 복잡도를 줄인다.

II. 효율적인 부호화를 위한 전처리 과정

본 논문에서 전처리 과정을 통하여 얻는 장면 전환 정보는 비디오 데이터를 관리하기 위한 색인, 검색, 편집 등을 위해 필수적으로 사용되고 있다^[4]. 장면 전환은 크게 급진적인 장면 전환과 점진적인 장면 전환으로 분류되며, 급진적인 장면 전환에는 컷(cut)이 있으며, 점진적인 장면 전환에는 페이드(fade), 디졸브(dissolve), 와이프(wipe) 등이 있다.

본 논문은 [4]의 복호화기에서 사용했던 HEVC 부호화 부가정보를 이용한 I-프레임 장면전환 검출 방법 중 픽셀 기반의 장면전환 검출 방법을 부호화기에서 사용하도록 적용하여 컷(Cut) 장면 전환 정보를 검출하는데 사용하였다. [4]의 경우 디코더에서 압축된 영상의 I-픽처 간의 차이를 이용하였지만 본 논문에서는 부호화기에서 압축되기 전의 영상을 이용하므로 전체 픽처를 대상으로 각 픽처 간의 픽셀 차이를 이용하였다. 픽셀 기반의 장면전환 검출 방법에 사용되는 식은 아래와 같다.

$$D_{ij} = \sqrt{(P(n)_{ij} - P(n-1)_{ij})^2} > 35 \quad (1)$$

$$Count(D_{ij}) > T \quad (2)$$

식 (1)에서 n 은 현재 픽처를 $n-1$ 은 이전 픽처를 나타내고 i, j 는 각 픽처 내에서 픽셀의 위치를 나타낸다. 식 (2)에서 D 는 두 픽처의 동일한 위치에 있는 픽셀의 밝기 값의 차이가 35보다 큰 픽셀의 수를 나타내며 이들의 총 합이 임계값 T 보다 크다면 장면전환으로 판단하였다. 장면전환 검출 성

표 1. 다양한 해상도 별 장면전환 검출 정확도 및 소요 시간에 관한 실험 결과

Table 1. Experimental results for various resolutions in terms of scene-change detection accuracy and processing time

width	height	T	Scene Change	NC	NF	NM	precision	recall	F1	Scene-change detection time (seconds)	Down-scaling time (seconds)
3840	2160	4000000	14	12	0	2	1.00	0.86	0.92	63.70	N/A
3840	2160	1000000	14	14	0	0	1.00	1.00	1.00	63.38	
1920	1080	1000000	14	12	0	2	1.00	0.86	0.92	13.88	559.53
1920	1080	250000	14	14	0	0	1.00	1.00	1.00	14.00	
960	540	250000	14	12	0	2	1.00	0.86	0.92	3.00	232.62
960	540	62000	14	14	0	2	1.00	0.88	0.93	2.98	
480	270	64000	14	11	0	3	1.00	0.79	0.88	0.75	108.49
480	270	16000	14	14	0	0	1.00	1.00	1.00	0.75	
240	136	16000	14	11	0	3	1.00	0.79	0.88	0.20	54.33
240	136	4000	14	14	0	0	1.00	1.00	1.00	0.19	
120	68	4000	14	11	0	3	1.00	0.79	0.88	0.05	31.10
120	68	1000	14	14	0	0	1.00	1.00	1.00	0.05	

능 평가를 위해 장면전환 검출의 척도로 널리 알려진 precision, recall, F1을 사용하였다.

표 1은 픽셀 기반의 장면전환 검출 방법을 이용한 실험 결과이다. NC는 정확하게 검출한 장면의 개수, NF는 잘못 검출한 장면전환 개수, NM은 검출하지 못한 장면전환 개수를 의미한다. Precision은 임의의 알고리즘에서 장면전환 검출을 수행한 결과 중에서 정확한 검출의 비율을 의미하고, Recall은 실험 영상의 실제 장면 전환 결과 중에서 해당 알고리즘이 정확하게 검출한 비율을 의미하며, F1은 정확도를 판단하는 종합적인 척도로서 Precision과 Recall의 조화평균으로 정의된다.

장면 전환 검출 실험을 위하여 상하이 자오퉁 대학의 Media Lab에서 제공하는 “The SJTU 4K video sequence dataset”의 1-12의 각 영상에서 임의의 수의 픽처를 잘라 붙여서 총 190 프레임으로 제작된 영상 파일을 이용하였다. 표1의 결과로부터 임계값 T는 입력영상의 총 픽셀 수의 약 1/8로 설정하였을 때 검출확률이 가장 높았다. 초고해상도의 영상을 매우 낮은 해상도로 다운스케일링하여도 픽처 전체가 가지는 이미지 구조는 비슷하게 유지되는 특성을 통해 공간적 다운스케일링함으로써 장면 전환 검출에 소요되는 전체 시간과 복잡도를 줄일 수 있다. 3840x2160의 해상도를 가진 영상에 대해 장면검출을 적용할 경우 총 63초의 시간이 소요되지만 120x68로 다운스케일링할 경우 다운스케일링에 31.1초, 장면전환 검출에 0.05초만이 소요되어 총 31.15초로써 처리 시간을 50% 이상 줄일 수 있다.

III. 전처리 과정을 통해 얻어진 정보를 이용한 화면 간 예측 방법

HEVC의 참조 픽처 리스트는 현재 부호화되는 픽처를 기준으로 디스플레이 순서가 이전인 픽처들로 구성하는 L0와 디스플레이 순서가 이후인 픽처들로 구성하는 L1로 구분된다. L0는 부호화되는 픽처를 기준으로 디스플레이 순서가 이전이면서 시간적으로 가까운 픽처부터 저장한다. L1은 L0의 구성이 끝난 뒤에 구성되며 L0와 반대로 부호화되는 픽처를 기준으로 디스플레이 순서가 이후이면서 시간적으로 가까운 픽처부터 저장된다. 저장된 픽처의 수가 참조 픽처 리스트의 크기보다 적은 경우 디스플레이 순서가

이전이면서 시간적으로 가까운 픽처부터 저장된다.

본 논문에서는 전처리 과정에서 얻은 정보를 기반으로 복원된 픽처 간의 상관관계에 따른 참조 픽처 리스트를 재구성하는 방법을 제안한다. 각 픽처들은 POC (Picture Order Counter)와 함께 Group이라는 값을 가지게 되며(초기값 0) 전처리 과정을 통하여 장면전환이 발생될 때 그 값을 1씩 증가하게 된다. 전처리 과정을 통해 부여 받은 Group 값은 참조 픽처 리스트를 재구성하는데 사용된다. 그림 1은 전처리 과정을 통해 얻은 Group 값들을 이용하여 참조픽처 리스트를 재구성하기 위해 제안된 순서도를 나타낸다. 그림에 표현된 알고리즘은 현재 픽처의 깊이가 1보다 큰 경우에만 실행한다. 현재 픽처의 POC의 Group 값과 참조픽처 리스트 내에 있는 POC의 Group 값을 비교하여 같은 경우 참조 픽처 리스트 내에 두고 그렇지 않은 경우 참조픽처 리스트에서 제거하고 남겨진 픽처를 가지고 L0와 L1을 구성한다. 이렇게 재구성된 참조픽처 리스트를 사용하면 상관관계가 없는 픽처에 대한 불필요한 움직임 추정 및 움직임 보상 과정을 줄임으로써 복잡도를 낮출 수 있다.

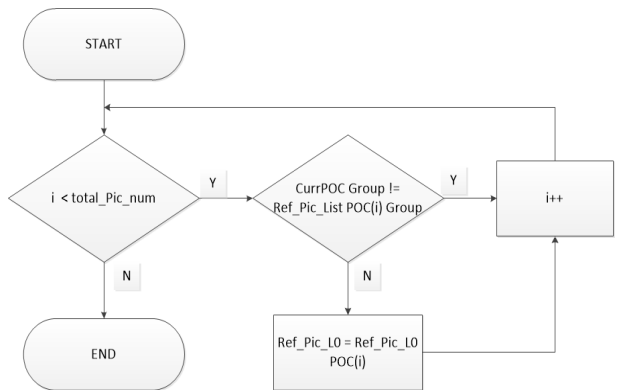


그림 1. 전처리 결과를 이용한 참조 픽처 리스트 재구성을 위한 순서도
Fig. 1. flow chart for the reference picture list reconstruction using the pre-processing results

IV. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 검증하기 위하여 전처리에서 사용되는 다운스케일링은 SHM-9.0에서 사용되는 DownConvert 과정을 사용하였으며 이와 함께 장면 전환 검출 과정을 HEVC 참조 소프트웨어인 HM 16.12에

표 2. HM 16.12과 제안하는 알고리즘간의 BD-PSNR 및 BD-Rate 성능 비교

Table 2. Performance comparison between the proposed algorithm and HM 16.12 in terms of BD-PSNR and BD-Rate

QP	Reference			Proposal			BD-PSNR 개선 (%)	BD-Rate 개선 (%)	TS(%)
	Bitrate	PSNR	Time	Bitrate	PSNR	Time			
QP22	4000.6	41.9	65526.0	3986.3	41.9	57840.2	0.02	-0.44	11.73%
QP27	2015.5	38.6	57170.5	2012.6	38.6	50025.8			12.50%
QP32	1012.5	35.5	51773.5	1011.8	35.5	45165.7			12.76%
QP37	521.4	32.8	48291.3	520.9	32.8	42092.3			12.84%

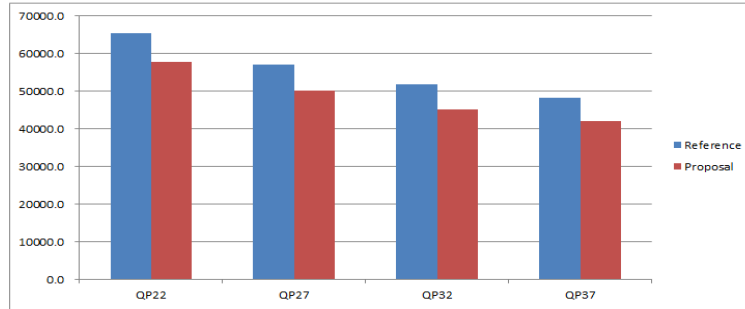


그림 2. HM 16.12과 제안하는 알고리즘의 부호화 처리 속도 비교

Fig. 2. Processing time comparison between the proposed algorithm and HM 16.12

함께 구현하여 HM 16.12와 비교실험을 수행하였다. 제안한 알고리즘은 화면 간 압축 기법을 사용하기 때문에 Random-access 환경에서 구현하였으며, 입력영상은 표 1의 실험을 위해 제작한 총 190 프레임으로 구성된 영상을 사용하였다. 부호화 속도 개선을 측정하기 위한 TS는 아래의 식 (3)을 이용하였다.

$$TS = \frac{T_{HM16.12} - T_{proposed}}{T_{HM16.12}} \quad (3)$$

표 2는 기존의 HM16.12와 제안하는 알고리즘 간의 BD-PSNR 및 BD-Rate 성능 비교 결과를 나타내며, 그림 2는 제안하는 알고리즘을 사용했을 때의 처리 속도 결과를 나타낸다. 본 논문에서 제안한 알고리즘을 사용했을 때 BD-PSNR에서 약 0.020%의 향상과 동시에 0.44%의 BD-Rate의 개선이 있고, 평균적으로 12.46% 처리 속도 향상이 있었다. 이는 전처리에서 사용되는 다운스케일링 시간과 장면 전환 검출 시간이 더해짐에도 불구하고 HM16.12의 부호화 시간보다도 부호화 처리 속도가 향상됨을 의미한다.

V. 결론

본 논문에서는 초고화질 해상도 영상의 효율적인 부호화

를 위해 공간적 다운스케일링한 입력영상을 이용하여 장면 전환 정보를 얻는 전처리(pre-processing)과정을 제안하고 이 정보를 기반으로 화면 간 예측을 수행하여 복잡도를 줄이는 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 전처리를 통해 얻어진 정보를 기반으로 참조 픽처 리스트를 구성하였을 경우 0.44%의 BD-Rate의 개선과 동시에 평균적으로 12.46%의 부호화 처리 속도 향상 효과를 얻을 수 있었다. 제안한 기법은 장면전환이 빈번한 입력 시퀀스에 대해 향상된 부호화 결과를 나타낸다.

참고 문헌 (References)

- [1] B. Bross, "High efficiency video coding (HEVC) text specification draft 10," Doc. JCTVC-L1003, Jan. 2013.
- [2] Y. Ahn and D. Sim, "Intra block copy analysis to improve coding efficiency for HEVC screen content coding," Journal of Broadcast Engineering, Vol. 20, No. 1, pp. 57-67, Jan. 2015.
- [3] F. Bossen, B. Bross, K. Suhring, and D. Flynn, "HEVC complexity and Implementation Analysis," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 22, No. 12, Dec. 2012.
- [4] Y. Eom, S. Park, and C. Chung, "An analysis of scene change detection using HEVC coding additional information," Journal of Broadcast Engineering, Vol. 20, No. 6, pp. 871-879, Nov. 2015.