

화면 간 예측에서의 CTU-Level 기반 Discrete Sine Transform 보간 필터

김명준
세종대학교
mjkim@sju.ac.kr

임성창
한국전자통신연구원
sclim@etri.re.kr

이영렬
세종대학교
yllee@sejong.ac.kr
교신저자

CTU-Level based Discrete Sine Transform Interpolation Filter in Inter Coding

MyungJun Kim
Sejong University

Sung-Chang Lim
ETRI

Yung-Lyul Lee
Sejong University

요 약

HEVC 표준은 정수 화소로 표현된 신호에 DCT-II 를 기반으로 하는 보간 필터를 사용하여 부화소 신호를 생성한다. 움직임 보상 및 예측의 성능 향상을 위해서 부화소 신호를 생성하는 방법을 이용한다. HEVC 표준은 부화소를 각각 1/4-화소 단위로 생성을 하며, 부화소를 생성하기 위해서 길이가 다른 각각의 DCT 보간 필터를 사용하고 있다. 1/2-화소를 생성하는 경우에는 필터의 길이가 8 인 DCT 기반 보간 필터를 사용하며, 1/4-화소와 3/4-화소의 경우에는 필터의 길이가 7 인 DCT 기반 보간 필터를 사용한다. 본 논문에서는 DST-VII 을 기반으로 하는 보간 필터를 제안하여, CTU-Level 단위로 RDO 과정을 통해 최적화된 보간 필터를 선택하여 사용한다. 본 논문에서 제안하는 방법은 HEVC 표준보다 BD-rate 가 Low Delay B 와 Random Access configurations 에서 각각 0.6%와 0.6%의 성능 향상을 가져오며 Low Delay P configuration 에서 0.5%의 성능 감소를 보인다.

1. 서론

JCT-VC(Joint Collaborative Team on Video Coding) [1]는 ITU-T VCEG(Video Coding Expert Group)와 ISO/IEC MPEG(Moving Picture Expert Group)에 의해 공동으로 만들어진 그룹이다. JCT-VC 그룹은 2010 년 1 월에 결성되었으며 2010 년 4 월 독일 드레스덴의 1 차 회의를 시작으로 차세대 표준화 비디오 코덱인 H.265/HEVC(High Efficiency Video Coding) [2]의 개발을 진행하였다. HEVC 표준 기술에서의 움직임 예측 및 보상(MCP, Motion Compensation Prediction)이 영상 신호의 중복을 줄여 줌으로써 화면 간 예측 성능에 많은 영향을 준다. PU(Prediction Unit) 단위로 움직임 예측 및 보상을 수행하며 현재 PU 와 가장 유사한 블록을 참조된 픽처들 내에서 찾는다. 이러한 유사한 블록을 찾는 과정에서 정수 화소 단위로 먼저 찾은 후, 정확한 위치의 움직임 벡터를 찾기 위해서 HEVC 표준 기술은 정수 화소로 표현된 신호에 DCT 기반 보간 필터 [3] [4] [5]를 사용하여 부화소 신호를 생성한다. 그리하여 더 정확한 위치의 움직임 벡터를 찾아 최소의 SATD (Sum of Absolute Transform Difference)를 갖는 참조 픽처의 블록을 찾아낸다. 본 논문에서는 DST-VII[6]을 활용한 기반 보간 필터를 제안한다. CTU-Level 에서 DST 기반 보간 필터와 DCT 기반 보간 필터를 RDO(Rate Distortion Optimization)

경쟁을 시켜 최적화된 보간 필터를 선택한다. 제안된 방법은 HEVC 시험 모델인 HM16.6 보다 BD-rate(Bjontegaard Delta-rate) [7]이 Low Delay B(LDB) 와 Random Access(RA) configurations 에서 각각 0.6%와 0.6% 감소하였다. 하지만 Low Delay P(LDP) configuration 의 경우 BD-rate 가 0.5% 증가하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 HEVC 내에서 사용되는 기존 연구에 관하여 설명하며, 3 절에서는 본 논문에서 제안 하는 방법을 설명한다. 4 절에서는 실험 및 결과, 5 절에서는 결론으로 이루어진다.

2. HEVC 기존 연구

표준화 비디오 코덱인 HEVC 에서는 DCT-II 기반 보간 필터를 적용한다. HEVC 에서 사용되는 DCT 기반 보간 필터를 구하기 위해선 필터의 길이를 각각 8 인 경우와 7 인 경우를 나누어서 구해준다. 필터 길이에 따라 다르게 구한 DCT 보간 필터는 다음 <표 1>과 같이 나타낼 수 있다.

<표 1>은 HEVC 에서 사용되는 DCT 기반 보간 필터의 계수들의 값이다. (그림 1)은 움직임 보상 및 참조 샘플 생성하는 과정을 설명해주는 예시이다. (그림 1)에서의 A_0, A_1, \dots, A_7 은 정수 화소 위치를 나타내며, a_0, b_0, c_0 는 각각 1/4,

1/2, 3/4 화소 위치를 나타낸다. <표 1>의 DCT 기반 보간 필터를 사용하여 (그림 1)에 나타낸 b_0 를 식 (1)로 나타낼 수 있다.

<표 1> DCT-II 기반 보간 필터 계수

인덱스 i	0	1	2	3	4	5	6	7
1/2-화소 필터[i]	-1	4	-11	40	40	-11	4	-1
1/4-화소 필터[i]	-1	4	-10	58	17	-5	1	

(그림 1) 움직임 보상 및 참조 샘플 생성에서의 부화소 위치

$$b_0 = (-1 \cdot A_0 + 4 \cdot A_1 - 11 \cdot A_2 + 40 \cdot A_3 + 40 \cdot A_4 - 11 \cdot A_5 + 4 \cdot A_6 - 1 \cdot A_7 + 32) \gg 6 \quad (1)$$

3. CTU-Level 기반 DST 보간 필터

본 논문에서는 DST 기반 보간 필터를 제안한다. (2)와 (3)의 식은 각각 DST-VII 과 IDST-VII(Inverse DST-VII)을 나타낸다.

$$X(k) = \sqrt{\frac{2}{N+1/2}} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \sin \frac{(n+1)(k+1/2)\pi}{N+1/2} \quad (2)$$

$$x(n) = \sqrt{\frac{2}{N+1/2}} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) \sin \frac{(n+1)(k+1/2)\pi}{N+1/2} \quad (3)$$

식 (2)에서 $X(k)$ 는 DST-VII 계수를 나타내며, $x(n)$ 은 IDST-VII 계수를 나타낸다. 본 논문에서 제안하는 DST 기반 보간 필터를 적용하기 위해선 식 (2)를 식 (3)에 대입한다. DCT 기반 보간 계수를 구하는 과정과 유사하다. 식 (2)가 대입된 식 (3)은 식 (4)와 같이 표현할 수 있다.

$$x(n) = \frac{2}{N+1/2} \sum_{m=0}^{N-1} x(m) \sum_{k=0}^{N-1} \sin \frac{(m+1)(k+1/2)\pi}{N+1/2} \sin \frac{(n+1)(k+1/2)\pi}{N+1/2} \quad (4)$$

예를 들어, 식 7 에서 1/2-화소 필터 계수를 구하기 위해서 $N=8$, $n=3.5$ 가 사용된다. 그리고 1/4-화소 필터 계수를 구하기 위해서 $N=7$, $n=3.25$ 가 사용된다. 위와 같은 과정을 수행하면 DST 기반 보간 필터에 사용되는 계수들 <표 2>로 나타낼 수 있다.

<표 2> DST-VII 기반 보간 필터 계수

인덱스 i	0	1	2	3	4	5	6	7
1/2-화소 필터[i]	-2	6	-13	41	41	-13	6	-2
1/4-화소 필터[i]	-2	5	-11	58	18	-6	2	

본 논문에서 제안하는 방법은 DST 기반 보간 필터와 DCT 기반 보간 필터를 CTU 단위로 각각 적용한다. 각각에

적용된 CTU 를 RDO 과정에 RD-cost 를 비교하여 최소 값을 갖는 CTU 를 선택한다. DST 기반 보간 필터 또는 DCT 기반 보간 필터가 선택된 CTU 를 디코더에 플래그를 전송한다.

4. 실험 결과

본 논문은 HEVC 참조 소프트웨어인 HM 16.6 에서 구현되었으며, 제네바에서 발표된 HEVC 공통 실험조건 [8]에 맞추어 실행하였다. LDP 와 LDB 와 RA Configurations 에 맞추어 실험을 진행하였으며 사용한 QP는 22, 27, 32, 37 이다. B,C,D 클래스에 있는 시퀀스들을 실험 하였으며, 각각의 해상도는 1080p, 832x480, 416x240 에 해당된다. 또한, 각 시퀀스에 해당하는 프레임은 전체 분량으로 정하여 실행하였다. 본 논문에서의 실험 결과를 BD-rate [7]로 표현하며 성능의 향상을 음의 값으로 표현하였다.

<표 3> CTU-Level RDO 최적화된 기반 보간 필터

Classes	Sequences	LDB (%)	LDP (%)	RA (%)
B	Kimono	0.4	0.9	0.6
	ParkScene	0.1	0.7	0.2
	Cactus	0.3	0.9	0.4
	BasketballDrive	-0.1	0.7	0.1
	BQTerrace	0.1	1.0	0.2
C	BasketballDrill	-0.6	0.4	-0.1
	BQMall	-0.5	0.6	-0.4
	PartyScene	-1.5	0.3	-2.3
	RaceHorses	-0.2	0.2	-0.1
D	BasketballPass	-0.2	0.3	-0.3
	BQSquare	-3.4	0.4	-4.7
	BlowingBubbles	-1.2	0.3	-1.5
	RacesHorses	-0.2	0.3	-0.1
Averages	Class B	0.2	0.8	0.3
	Class C	-0.7	0.4	-0.7
	Class D	-1.3	0.3	-1.7
	All	-0.6	0.5	-0.6

<표 3>은 CTU-Level 에서 DST 기반 보간 필터와 DCT 기반 보간 필터를 RDO 경쟁을 시켜 최적화된 보간 필터를 선택한 실험 결과이다. LDB 와 RA 의 경우 각각 0.6%와 0.6%의 BD-rate 측면에서 성능 향상을 가져왔지만, 영상의 크기가 작을수록 더 많은 성능 향상을 가져온다. 하지만 LDP 의 실험 결과에서는 0.5%의 성능하락을 가져왔다. LDP 의 경우 LDB 와 RA 와 다르게 단방향 예측(Uni-directional Prediction)만을 수행한다. LDP 의 경우 DCT 보간 필터가 RDO 과정에서 선택되었지만 CTU-Level 에서의 플래그 전송에 들어가는 비트량의 증가로 성능 하락을 가져온다. 본 실험과 유사한 방법으로 CU-Level 에서의 RDO 경쟁을 통한 보간 필터 선택하는 방법을 실험하였지만, CU-Level 에서의 플래그 전송 비트량에 의하며 모든 configuration 에서 성능 감소를 가져왔다.

5. 결론

본 논문에서는 DST 기반 보간 필터를 적용하는 방법을

제안하였다. CTU-Level 에서 DST 기반 보간 필터와 DCT 기반 보간 필터와 RDO 경쟁을 시켜 최적화된 보간 필터를 선택한다. 본 논문에서 제안하는 CTU-Level 기반 보간 필터는 LDB 와 RA 에서 각각 0.6%와 0.6%의 성능 향상을 가져왔으며 LDP 에서 0.5%의 성능 감소를 보인다.

감사의 글

이 논문은 일부 2017 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2016-0-00572, 초고실감 미디어 서비스 실현을 위해 HEVC/3DA 대비 2 배 압축을 제공하는 5 세대 비디오/오디오 표준 핵심 기술 개발 및 표준화)

참고문헌

- [1] B. Bros, W.-J. Han, J.-R. Ohm, G. J. Sullivan, Y.-K. Wang, T. Wiegand, "High Efficiency Video Coding (HEVC) text specification draft 10 (for FDIS & Consent)," document JCT-VC-L103, Jan. 2013.
- [2] Gary J. Sullivan, Jens-Rainer Ohm, Woo-Jin Han, and Thomas Wiegand, "Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard," IEEE Transactions on Circuits and Systems, no. 12, Dec. 2012.
- [3] Kemal Ugur, Alexander Alshin, Elena Alshina, Frank Bossen, Woo-Jin Han, Jeong-Hoon Park, Jani Lainema, "Motion Compensated Prediction and Interpolation Filter Design in H.265/HEVC", IEEE in Signal Processing, vol. 7, no. 6, Dec.2013.
- [4] Mathias Wien (2015). "High Efficiency Video Coding - Coding Tools and Specification," Springer, Berlin Heidelberg.
- [5] Vivienne Sze, Madhukar Budagavi, Gary J. Sullivan (2014). "High Efficiency Video Coding (HEVC) - Algorithms and Architectures," Springer, Switzerland.
- [6] Stitch (2013), "Discrete Sine Transform," <http://planetmath.org/sites/default/files/texpdf/39764.pdf> (accessed Sept, 2016).
- [7] G. Bjøntegaard, "Calculation of Average PSNR Differences between RD-curves", ITU-T VCEG Meeting, Austin, TX, USA, Tech. Rep. SG16 Q.6 Doc., VCEG-M33, Apr. 2001.
- [8] Frank Bossen, Common test conditions and software reference configurations, ITU-T/ISO/IEC Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) document JCTVC-L1100, Jan. 2013.