

Corner outlier artifacts를 제거하기 위한 비선형 필터 설계

김원균 김중호 정제창

한양 대학교 전자통신컴퓨터 공학과

wonkyun@ece.hanyang.ac.kr

Simple non-linear filter for reducing coner outlier artifacts

Wonkyun Kim Jongho Kim Jechang Jeong,

Department of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University

요약

블록기반의 비디오 부호화 표준은 비디오 신호의 압축방식으로 가장 널리 쓰이는 구조이지만 무선 환경과 같은 저 비트율 응용에서는 양자화에 의한 고주파 성분의 손실로 인해 블록킹 현상 및 링잉 현상이 두드러져 화질열화의 주된 원인이 된다. 이러한 화질열화를 제거하기 위해서 디블록킹 필터와 디링잉 필터를 사용하지만, 영상에 따라 블록 경계의 모서리 부분과 대각선 에지가 만나는 부분에서 나타나는 corner outlier 현상으로 인해 화질이 충분히 개선되지 못하는 경우가 발생한다. 본 논문에서는 저 비트율 비디오에서 에지의 방향과 그 에지를 포함하는 블록의 평탄한 정도를 이용하여 corner outlier 현상을 검출하고, 이를 제거할 수 있는 비선형 필터를 제안한다. MPEG-4 복호화 영상 및 MPEG-4 디블록킹 필터를 적용한 영상에 대해서 제안한 비선형 필터를 적용하여 주관적 화질이 개선됨을 실험을 통하여 보인다.

1. 서론

대부분의 비디오 부호화 표준은 블록 기반으로 처리하기 때문에 특히 저 비트율의 영상에 대해 블록킹 현상, 링잉 현상 및 corner outlier 현상과 같이 화질 열화의 원인이 되는 artifact가 발생하게 된다. 블록킹 현상은 영상의 상대적으로 평탄한 부분에서 양자화에 의한 고주파 성분의 손실로 블록 경계가 뚜렷하게 부이는 현상이다. 링잉 현상은 깁스 현상(Gibbs phenomenon)에 기인하는데 양자화에 의해서 고주파 성분이 손실되어 에지 주위에 원형모양으로 원하지 않는 고주파 성분이 발생하는 현상이다. 그리고 corner outlier 현상은 블록의 모서리 부분과 대각선 방향의 에지가 만날 때 발생하는 특별한 형태의 블록킹 현상이다 이러한 현상을 제거하기 위해서 디블록킹 필터[1-4]나 디링잉 필터[5]를 사용하지만 화질열화를 제거하기 위한 이러한 필터들도 corner outlier 현상은 제거하지 못한다[1].

본 논문에서는 저 비트율 비디오에서 corner outlier 현상을 제거하기 위한 간단하고 효과적인 비선형 필터를 제안한다. 먼저 블록 경계의 모서리 부분에서 대각선 방향의 에지가 존재하는지 판단하고 주변 블록의 특성을 이용하여 corner outlier 현상이 발생한 블록을 검출한다. 검출된 블록에 대해서 제안된 비선형 필터를 통해 corner outlier 현상을 제거한다. 실험을 통해 MPEG-4로 부호화된 영상과 부호화 된 영상에 디블록킹 필터를 적용한 영상에 각각 제안한 필터를 적용하여 PSNR 및 주관적 화질을 평가한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 대각선 에지가 존재하는 영상에서 corner outlier 현상이 발생하는 경우를 고찰하고 그 특성에 따라 artifact를 검출하는 방법을 기술한다. 3장에서는 검출된

블록에 대해서 화질개선을 위한 필터를 제안하고, 4장과 5장에서 각각 실험 결과 및 결론을 맺는다.

2. Corner outlier artifacts 검출 방법

블록의 모서리 부분에 대각선 방향의 에지가 지나갈 경우에 원 영상과 corner outlier가 발생한 복호된 영상을 그림 1에 나타내었다. 그림 1에서 블록 D와 같이 대각선 방향의 에지가 블록의 작은 부분을 지나고 블록의 나머지 부분이 상대적으로 평탄하다면 블록 D의 DCT AC계수는 d_0 를 나타내기 위해 존재하고 또한, 그 AC계수는 작은 값을 갖는다. 저 비트율의 비디오의 경우에는 양자화에 의해서 작은 값을 갖는 AC계수는 손실되고 따라서, 블록 D의 d_0 는 복호된 영상에서 원래대로 복원되지 않는다. 따라서 그림 1의 (b)에서처럼 계단모양의 artifact가 발생하게 된다. 이러한 현상을 corner outlier artifact라 한다.

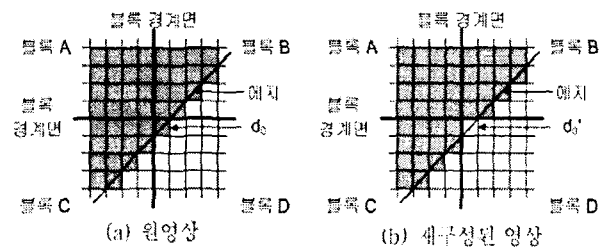


그림 1. corner outlier artifact

여기서 corner outlier 현상이 발생할 때 두 가지 특징을 발견할 수 있다. 첫 번째, 블록의 모서리 부분에 대각선 방향의 에지가

* 본 논문은 정보통신부의 출연근로로 수행한 IT SoC 핵심설계인력양성사업의 수행결과입니다.

지나간다는 것이다. 두 번째는 에지를 중심으로 각 영역들이 상대적으로 평탄하다는 것이다. 이 두 가지로부터 각 블록의 모서리 부분의 특성을 조사함으로써 corner outlier 현상을 검출할 수 있다.

그림 2는 대각선 에지의 방향에 따라 발생하는 corner outlier 현상의 네 가지 경우를 나타낸다. 첫 번째 사실로부터 corner outlier 현상을 검출하기 위해서 식 (1)과 같이 블록의 모서리 경계 부분의 네 픽셀 값의 평균을 구한다. 식 (1)에서 A_{avg} 는 그림 3의 블록 A를 의미하고, a_i 는 그림 3의 픽셀 값을 의미한다. 마찬가지로 B_{avg} , C_{avg} , D_{avg} 와 b_i , c_i , d_i 도 각각 그림 3의 블록과 픽셀을 의미한다.

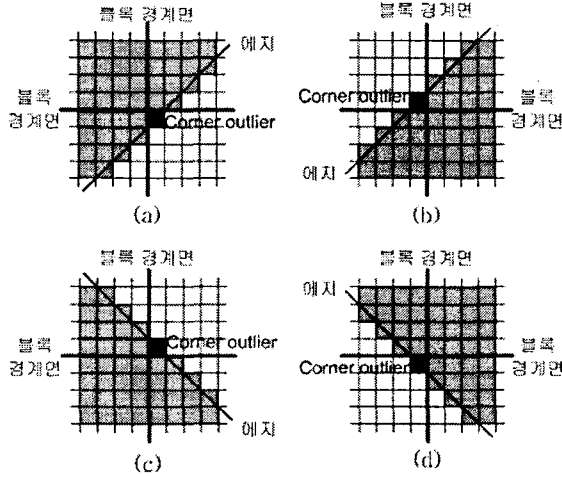


그림 2. 에지 방향에 따른 corner outlier 현상의 네 가지 경우

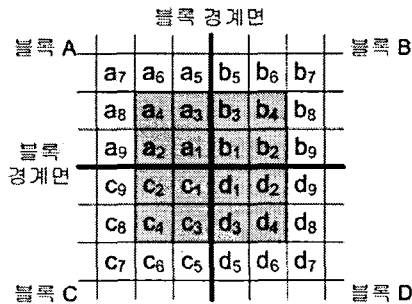


그림 3. corner outlier artifact 필터링과 검출을 위한 블록과 픽셀 값의 정의

$$A_{avg} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 a_i, \quad B_{avg} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 b_i, \quad (1)$$

$$C_{avg} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 c_i, \quad D_{avg} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 d_i$$

그 다음 에지가 지나는 블록을 결정하기 위해 표 1과 같이 corner outlier 현상이 발생할 후보 블록과 이웃한 세 블록간의 식 (1)의 평균값을 비교한다. 표 1에서 QP는 양자화 파라미터를 나타내고, 블록의 모서리 경계 부분에서 픽셀 값이 아닌 평균값을 사용하는 것은 복잡한 영상에서 후보 블록을 잘못 검출할 확률을 줄이기 위해서이다. 또한 표 1과 같이 네 경우에 대해서만 비교하는 이유는 본 논문에서는 그림 2와 같이 네 가지 방향에 대해서 corner outlier 현상이 뚜렷하게 발생한다고 가정하였기 때문이다.

이외의 방향에 대해 모두 검사할 경우 artifact의 양에 비해 복잡도가 굉장히 증가하고 완만한 각도의 대각선이 지날 경우에는 디블록킹 필터에 의해 충분히 제거할 수 있다.

표 1. 에지 방향에 따른 corner outlier artifact 검출 조건

후보 블록	분류	검출 조건
A	vs. {B,C,D}	$ A_{avg} - B_{avg} > 2QP$ and $ A_{avg} - B_{avg} > 2QP$
B	vs. {A,C,D}	$ B_{avg} - A_{avg} > 2QP$ and $ B_{avg} - D_{avg} > 2QP$
C	vs. {A,B,D}	$ C_{avg} - A_{avg} > 2QP$ and $ C_{avg} - D_{avg} > 2QP$
D	vs. {A,B,C}	$ D_{avg} - B_{avg} > 2QP$ and $ D_{avg} - C_{avg} > 2QP$

두 번째 사실로부터, 표 1의 조건을 만족하는 블록이 모서리 부분의 픽셀을 제외하고 나머지 부분이 평탄한지를 조사한다. corner outlier artifact가 발생할 후보 블록이 A이면 식(2-1)을 이용하여 블록의 평탄한 정도를 평가한다.

$$A_{flat} = \sum_{i=2}^9 |a_1 - a_i| \leq QP \quad (2-1)$$

다른 블록이 후보 블록일 경우에도 같은 방식으로 평탄한 정도를 평가한다.

$$B_{flat} = \sum_{i=2}^9 |b_1 - b_i| \leq QP,$$

$$C_{flat} = \sum_{i=2}^9 |c_1 - c_i| \leq QP, \quad (2-2)$$

$$D_{flat} = \sum_{i=2}^9 |d_1 - d_i| \leq QP$$

표 1에서 구한 후보 블록에 대해 식(2)의 조건을 만족하면, 그 블록을 corner outlier 현상이 발생하는 것으로 결정한다.

3. Corner outlier 현상을 제거 하기 위한 비선형 필터

앞에서 언급한 바와 같이 본 논문에서는 네 가지 대각선 에지 방향만을 고려한다. 계산의 복잡도를 낮추기 위해서 대부분의 corner outlier 현상은 수평이나 수직 방향이 아닌 대각선 방향에서 발생하고, 수평 수직 방향은 디블록킹 필터에 의해 충분히 개선되기 때문이다.

그림 2의 (b)에서와 같이 corner outlier 현상이 블록 A에서 발생했을 때, 블록 A의 각 픽셀 값을 식(3)에 의해 대체한다.

$$a_1' = (b_1 + b_2 + c_1 + d_1 + d_2 + c_3 + d_3 + d_4) / 8$$

$$a_2' = (a_2 + a_1' + b_1 + c_2 + c_1 + d_1 + c_4 + c_3 + d_3) / 9$$

$$a_3' = (a_3 + b_3 + b_4 + a_1' + b_1 + b_2 + c_1 + d_1 + d_2) / 9$$

$$a_4' = (a_4 + a_3' + b_3 + a_2' + a_1' + b_1 + c_2 + c_1 + d_1) / 9$$

$$a_5' = (a_5 + b_5 + b_6 + a_3' + b_3 + b_4 + a_1' + b_1 + b_2) / 9$$

$$a_9' = (a_9 + a_2' + a_1' + c_9 + c_2 + c_1 + c_8 + c_4 + c_3) / 9$$

블록 B, C, D가 corner outlier 현상을 포함할 경우에도 마찬가지로

로 식 (4), (5), (6)에 의해 픽셀 값을 대체한다.

$$\begin{aligned}
 c_1' &= (d_1 + d_2 + a_1 + b_1 + b_2 + a_3 + b_3 + b_4) / 8 \\
 c_2' &= (c_2 + c_1' + d_1 + a_2 + a_1 + b_1 + a_4 + a_3 + b_3) / 9 \\
 c_3' &= (c_3 + d_3 + d_4 + c_1' + d_1 + d_2 + a_1 + b_1 + b_2) / 9 \\
 c_4' &= (c_4 + c_3' + d_3 + c_2' + c_1' + d_1 + a_2 + a_1 + b_1) / 9 \\
 c_5' &= (c_5 + d_5 + d_6 + c_3' + d_3 + d_4 + c_1' + d_1 + d_2) / 9 \\
 c_9' &= (c_9 + c_2' + c_1' + a_9 + a_2 + a_1 + a_8 + a_4 + a_3) / 9
 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned}
 b_1' &= (a_1 + a_2 + d_1 + c_1 + c_2 + d_3 + c_3 + c_4) / 8 \\
 b_2' &= (b_2 + b_1' + a_1 + d_2 + d_1 + c_1 + d_4 + d_3 + c_3) / 9 \\
 b_3' &= (b_3 + a_3 + a_4 + b_1' + a_1 + a_2 + d_1 + c_1 + c_2) / 9 \\
 b_4' &= (b_4 + b_3' + a_3 + b_2' + b_1' + a_1 + d_2 + d_1 + c_1) / 9 \\
 b_5' &= (b_5 + a_5 + a_6 + b_3' + a_3 + a_4 + b_1' + a_1 + a_2) / 9 \\
 b_9' &= (b_9 + b_2' + b_1' + d_9 + d_2 + d_1 + d_8 + d_4 + d_3) / 9
 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
 d_1' &= (c_1 + c_2 + b_1 + a_1 + a_2 + b_3 + a_3 + a_4) / 8 \\
 d_2' &= (d_2 + d_1' + c_1 + b_2 + b_1 + a_1 + b_4 + b_3 + a_3) / 9 \\
 d_3' &= (d_3 + c_3 + c_4 + d_1' + c_1 + c_2 + b_1 + a_1 + a_2) / 9 \\
 d_4' &= (d_4 + d_3' + c_3 + d_2' + d_1' + c_1 + b_2 + b_1 + a_1) / 9 \\
 d_5' &= (d_5 + c_5 + c_6 + d_3' + c_3 + c_4 + d_1' + c_1 + c_2) / 9 \\
 d_9' &= (d_9 + d_2' + d_1' + b_9 + b_2 + b_1 + b_8 + b_4 + b_3) / 9
 \end{aligned} \quad (6)$$

식 (3)-(6)에서 프라임(가령 a_1')은 먼저 필터링이 이루어진 픽셀을 의미한다. 또한 각 식에서 사용된 문자는 그림 3의 인덱스와 같다.

4. 실험 결과

본 논문에서 제안한 필터의 성능을 평가하기 위해 사용된 테스트 영상은 QCIF(176×144)크기의 Hall Monitor, Mother & Daughter, Container Ship, Foreman, Coastguard, News이다. 또한 각 테스트 영상에 대해 MPEG-4 VM(Verification Model)[6]을 이용하였고, 여러 비트율로 부호화 한 후 복호된 영상에 대해 필터를 적용하였다. 부호화 타입은 IPPP... 즉, 첫 번째 프레임만 인트라 부호화 하고 나머지 프레임은 인터 부호화 한 영상과 I-only 즉, 모든 프레임을 인트라 부호화 한 영상을 사용하였고, 각 모드에 대해서 디블록킹 필터를 적용한 영상과 그렇지 않은 영상에 제안한 필터를 적용하여 성능을 평가하였다.

IPPP...취도 신호에 대한 PSNR 결과는 표 2, 표 3과 같다. 각 영상에 대해서 약 0.02dB정도 PSNR이 증가한 것을 볼 수 있다. 대부분의 영상에서 corner outlier 현상 검출 조건을 만족하는 부분에 대해서만 제안된 필터가 적용되기 때문에 PSNR 증가는 미약하지만 대각선 방향의 에지가 두드러지는 Hall Monitor, Mother & Daughter와 Foreman의 경우에는 주관적 화질이 크게 향상됨을 볼 수 있다.

표 2. No filtering/IPPP...모드에 대한 PSNR 결과

영상	QP	비트율 (kbps)	No filtering	No filtering + 제안한 방법
Hall	18	9.39	29.8728	29.8851

M&D	16	9.45	32.2256	32.2469
Container	17	9.8	29.5072	29.5082
Hall	9	24.29	34.0276	34.0325
M&D	8	23.83	35.3303	35.3316
Container	10	21.61	32.5701	32.5711
Foreman	14	46.44	30.6237	30.6252
Coastguard	14	44.68	29.0698	29.0763
Hall	12	47.82	33.8216	33.8236
News	19	47.21	31.2192	31.2202
Foreman	12	64.65	31.4786	31.4798
News	16	63.14	32.0648	32.0658

*Hall : Hall Monitor, M&D : Mother & Daughter, Container : Container Ship

표 3. Deblocking Filter/IPPP...모드에 대한 PSNR 결과

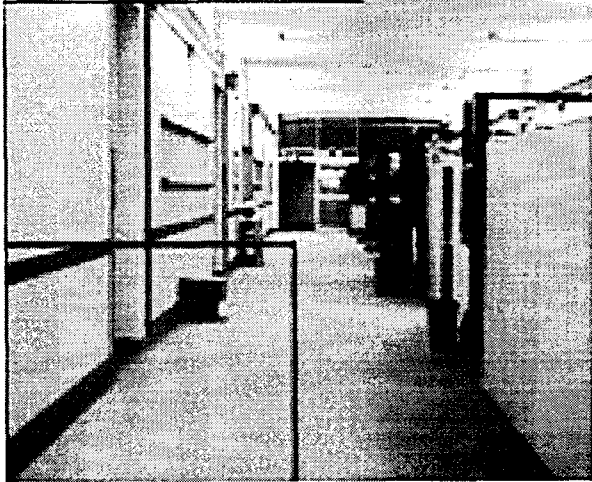
영상	QP	비트율 (kbps)	디블록킹	디블록킹+ 제안한 방법
Hall	18	9.39	30.1957	30.2090
M&D	16	9.45	32.3684	32.3894
Container	17	9.8	29.7281	29.7291
Hall	9	24.29	34.1726	34.1835
M&D	8	23.83	35.2686	35.2708
Container	10	21.61	32.6003	32.6013
Foreman	14	46.44	31.0727	31.0739
Coastguard	14	44.68	29.1562	29.1586
Hall	12	47.82	34.0921	34.0948
News	19	47.21	31.3516	31.3528
Foreman	12	64.65	31.7587	31.7598
News	16	63.14	32.1233	32.1243

표 4는 I-only 모드에 대한 PSNR 결과이다. I-only 모드 역시 IPPP... 모드와 유사한 결과를 얻을 수 있다. Hall Monitor와 같이 상대적으로 평탄한 영상의 경우에는 낮은 양자화 파라미터에서도 제안한 필터조건을 만족한다. 하지만 Foreman과 같이 좀 더 복잡한 영상의 경우에는 상대적으로 높은 양자화 파라미터에서 조건을 만족한다.

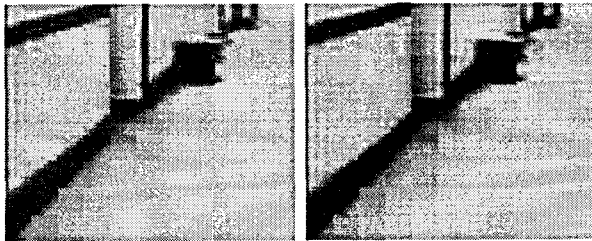
표 4. I-only 모드에 대한 PSNR 결과

영상	Hall Monitor			
	No filtering	No+ 제안한 방법	Deblocking	Deblocking + 제안한 방법
QP=12	32.8170	32.8396	33.2223	33.2422
QP=17	30.5284	30.5381	30.9624	30.9848
QP=22	28.9326	28.9374	29.4025	29.4052
QP=27	27.6323	27.6344	28.1188	28.1230
영상	Foreman			
QP=12	32.1830	32.1862	32.5741	32.5760
QP=17	30.0531	30.0606	30.5267	30.5316
QP=22	28.6406	28.6540	29.1635	29.1745
QP=27	27.5515	27.5684	28.1405	28.1526

그림 4에서는 Hall Monitor영상의 첫 번째 프레임에 대해 제안된 필터의 결과를 보이고 있다. 그림 4의 (a)는 원 영상을 나타내고 있으며 왼쪽 아래 부분을 제안된 필터가 주로 적용될 부분을 나타낸다. 그림 4의 (b)와 (c)는 (a)의 왼쪽 아래 부분을 확대한 영상으로, 디블록킹 처리를 하지 않은 영상(b)에 따라 제안된 필터를 적용한 영상(c)이고, 그림 4의 (d)와 (e)는 디블록킹 처리를 한 영상(d)에 대해 제안된 필터를 적용한 영상(e)이다.

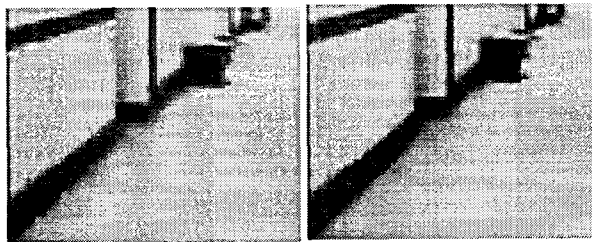


(a)



(b)

(c)



(d)

(e)

그림 4. Hall Monitor 영상 (QCIF and QP=17); (a) 원 영상, (b) No-filtering, (c) No-filtering + 제안한 방법, (d) Deblocking-filter, (e) Deblocking-filter + 제안한 방법

5. 결론

본 논문에서는 저 비트율 영상에서 한정된 영역에서 발생하지만 주관적 화질열화의 원인이 되는 corner outlier 현상을 제거하기 위한 검출 방법과 간단하고 효과적인 비선형 필터를 제안하였다. 제안한 방법은 한정된 영역에 대해서 적용되기 때문에 PSNR

은 조금 증가했지만 실험 결과에서와 같이 corner outlier 현상이 제거되어 주관적 화질이 향상됨을 확인할 수 있었다. 또한 실험 결과에 의해 디블록킹 필터나 디링잉 필터와 같이 사용하면 화질이 더욱 개선됨을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] H. park and Y. Lee, "A postprocessing method for reducing quantization effects in low bit-rate moving picture coding," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 9, no. 1, pp. 161-171, Feb. 1999.
- [2] S. Kim, J. Yi, H. Kim, and J. Ra, "A deblocking filter with two separate modes in block-based video coding," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 9, no. 1, pp. 156-160, Feb. 1999.
- [3] T. Kim, J. Paik, C. Won, Y. Choe, J. Jeong, and J. Nam, "Blocking effect reduction of compressed images using classification-based constrained optimization", *Signal Processing: Image Communication*, vol. 15, no. 10, pp. 869-877, Aug. 2000.
- [4] C. Wang, W.-J. Zhang, and X.-Z. Fang, "Adaptive reduction of blocking artifacts in DCT domain for highly compressed images," *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 50, no. 2, pp. 647-654, May. 2004.
- [5] A. Kaup "Reduction of ringing noise in transform image coding using simple adaptive filter," *IEE Electron. Lett.*, vol. 34, no. 22, pp. 2110-2112, Oct. 1998.
- [6] Text of MPEG-4 video verification model v.18.0, ISO/IEC N3908, Jan. 2001