

DCT 를 이용한 루프필터

신일홍*, 이영렬**, 박현욱*
 *KAIST 전자전산학과
 **세종대학교 인터넷 학과
 email : ylllee@sejong.ac.kr

Loop Filter based on DCT

Il-Hong Shin*, Yung-Lyul Lee**, Hyun_Wook Park*
 *Dept. of Electronic Engineering, KAIST
 **Dept. of Internet Engineering, Sejong University

요 약

손실압축을 사용하는 대부분의 표준 동영상 압축방법은 양자화에 의한 블록화 현상이 생긴다. 이 현상을 없애주고 비트율을 줄여주기 위해서 루프필터링이 사용된다. 본 논문은 DCT 계수를 사용하여 수평과 수직으로 블록화 현상을 제거하고 H.26L 의 테스트 모델인 TML-9 의 루프필터와의 성능 비교를 하였다. PSNR 은 비슷하고 제안한 루프필터의 속도는 평균 60%정도 빨라졌다.

1. 서론

최근 들어 인터넷과 통신기술의 비약적인 향상으로 멀티미디어 정보에 대한 요구가 증대되고 있다. 그 중 정보의 전달 측면에서 가장 중요한 것이 동영상 정보이다. 동영상 정보는 많은 저장공간과 전송을 위해서는 많은 대역폭이 필요하다. 따라서 동영상정보를 압축하기 위한 여러 가지 표준안이 제정되었다. 그 결과 MPEG(Moving Pictures Expert Group)-1, 2, 4, H.261, H.263 등의 국제표준이 탄생했다. 그러나 아직도 여러 가지 요구사항을 모두 충족시키기는 요원한 일이므로 지속적인 표준화 활동이 진행중이다.

ITU(International Telecommunication Union)-T 에서 저 비트율 부호화의 표준인 H.263 에 대해서 성능개선과 추가기능을 포함하는 H.263++ 을 발표하였으나 부호화 성능과 새로운 기능을 포함하고 기존의 여러 표준들보다 더욱 뛰어난 차세대 비디오 표준화 안으로 H.26L[1]을 탄생시켰다. 아직 표준화가 진행되고 있으나 대표적인 특성으로는 예전 H.261, H.263 이 표방하는 실시간 시스템을 포함하고 MPEG 같은 저장매체에 적합한 특성도 포함한다.

2001 년도에 발표된 TML(Test Model Long Term Number) 9.0 은 기존의 H.263 과 일견 비슷하지만 크게 바뀐 부분은 UVLC(Universal Variable Length Coding)와 1/8 까지의 화소를 이용한 움직인 추정, 최대 5 개 프레임까지의 참조를 통한 움직인 추정, 4x4

의 블록 크기와 정수변환(Integer Transform)의 사용, 움직인 추정을 가변적인 블록크기에 대해서 수행한다는 점이다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 DCT 기반의 루프필터[3]를 설명하고 3 장에서는 빠른 블록화 현상추출 알고리즘을 설명한다. 4 장에서는 몇 가지 영상에 실험을 통해서 성능을 비교하고 5 장에서는 결론을 맺는다.

2. DCT 기반 루프필터

TML 9.0 의 루프필터는 블록의 경계부분에서 4 개의 화소의 상호비교를 통해서 블록화 현상을 결정하고 적절한 필터링을 수행해준다. 그러나 DCT 기반의 루프필터[3]는 DCT 계수를 이용해서 블록화 현상의 유무를 판단하는 방법이다.

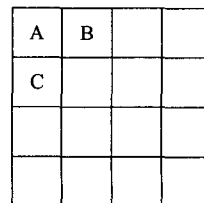


Fig. 1 4x4 quantized DCT block

H.26L[1]에 적용할 경우 그림 1의 양자화된 4x4 DCT 계수에서 A,B,C를 사용해서 블록화 현상과 ringing 현상을 판단한다.

예를 들어 A 위치에서만 0이 아닌 계수가 존재한다면 IDCT를 한다면 블록의 모든 화소는 같은 값을 가진다. 따라서 인접한 주변의 블록과 약간의 화소 세기의 차이가 있다면 사람의 눈에는 아주 잘 인지된다. 따라서 수평과 수직방향의 블록화 현상이 생기게 된다.

첫번째 행의 화소 중 하나라도 0이 아닌 계수를 가진다면 블록의 각 열들의 4개의 화소는 같은 값을 가지게 된다. 이 현상은 수직방향의 인접한 블록과 수직방향의 블록화 현상을 일으킨다.

첫번째 열의 화소 중 하나라도 0이 아닌 계수를 가진다면 블록의 각 행들의 4개의 화소는 같은 값을 가지게 된다. 이 현상은 수평방향의 인접한 블록과 수평방향의 블록화 현상을 일으킨다.

A, B, C를 제외한 어느 위치에서든 0이 아닌 계수가 존재한다면 ringing 현상을 일으킨다. 수평방향, 수직방향의 블록화 정보와 ringing 정보를 이용해서 블록의 경계부분에서 수평방향과 수직방향의 strong and weak 필터링을 수행한다.

strong 필터링은 현재 블록과 인접블록이 모두 수평이나 수직방향의 블록화 현상이 발생할 때 강한 필터링을 해줌으로써 블록화 현상을 제거한다. 본 논문에서는 그림 2와 같이 인접블록과 현재 블록의 경계부근의 4 화소(A, B, C, D)를 (1, 2, 2, 2, 1)의 필터 계수로 처리하였다.

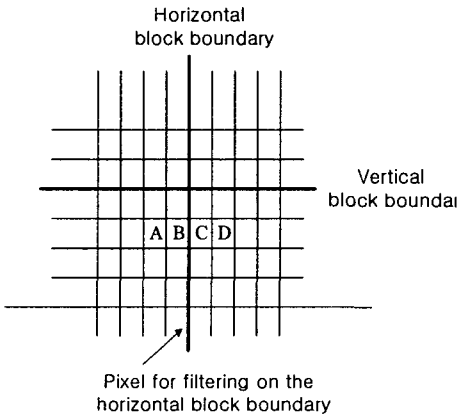


Fig 2. Horizontal Strong Filtering

weak 필터링은 strong 필터링이 아닌 경우 양자화에 의해서 생기는 잡음을 인접블록과 현재 블록의 경계부분의 두 화소 간에 차이를 가지고 그림 3과 같이 보상해준다. c의 값은 QP에 따라 정해진 상수이다.

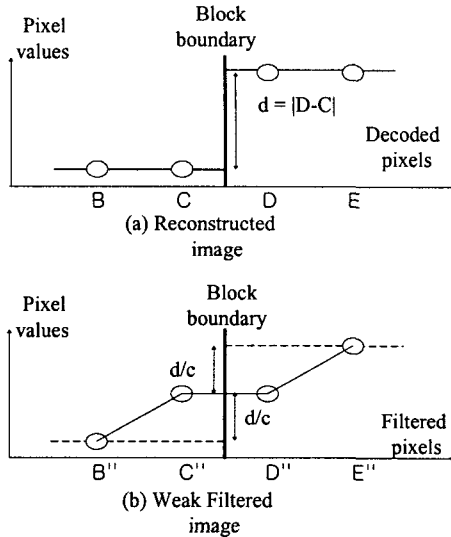


Fig 3. Weak Filtering

3. 블록화 현상을 추출하기 위한 알고리즘

DCT에 기반한 루프필터[3]는 인코더나 디코더에서의 DCT 정보를 이용한다. 즉 그림 4와 같이 루프 필터링을 수행하게 된다.

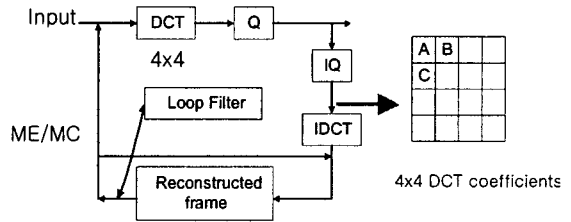


Fig 4. The DCT based loop filter

그러나 H.26L[1]은 모든 블록에서 intra prediction을 하므로 블록화 조건을 추출하기 위한 IQC(Inverse Quantized Coefficients)는 원래영상에서의 정보가 아닌 원 영상과 예측영상과의 오차영상에서의 IQC가 된다. 따라서 DCT 계수를 이용해서 블록화 조건을 추출한 후 루프필터링을 하기 위해서는 복구된 영상(reconstructed image)을 가지고 DCT를 수행한 후 양자화 과정이 필요하다. DCT, 양자화와 블록화 조건 추출을 수행하기 위하여 많은 계산량이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 간략화된 DCT와 양자화 과정을 제안한다.

일 차원 DCT 정수 변환식은 아래와 같다.

$$\begin{aligned} A &= 13a + 13b + 13c + 13d \\ B &= 17a + 7b - 7c - 17d \\ C &= 13a - 13b + 13c + 13d \\ D &= 7a - 17b + 17c - 7d \end{aligned}$$

Pixel a, b, c, d는 위식에 의해 A, B, C, D의 DCT 계수를 가진다. 계산시간을 줄이기 위해 아래와 같은 Reduced DCT 변환을 사용한다.

$$\begin{aligned} A &= a + b + c + d \\ B &= 17a + 7b - 7c - 17d \\ C &= a - b + c + d \\ D &= 7a - 17b + 17c - 7d \end{aligned}$$

그림 5에 보인 것같이, Reduced DCT와 DCT의 관계는 아래와 같다(곱하기는 matrix 연산이 아닌 point to point 연산이다). e, f, g, h는 reduced DCT의 결과이고 A,B,C,D는 원래의 DCT의 결과이다. 양자화 상수일 경우도 마찬가지이다.

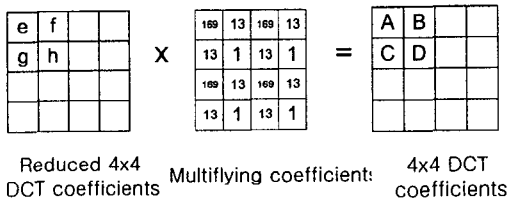


Fig 5. The coefficients relation of original DCT and reduced DCT

H.26L의 양자화기는 아래식과 같다. LEVEL은 양자화된 계수이고 K는 변환된 계수이다. A(QP)와 f는 상수이다.

$$LEVEL = (K \times A(QP) + f \times 2^{20}) / 2^{20}$$

블록화 현상이 발생하는 블록을 찾아낼 때 IQC(Inverse Quantized Coefficients)를 가지고 계수가 0인지 아닌지를 조사하므로 양자화는 아래와 같이 간략화 될 수 있다.

If $K < (2^{20} - f \times 2^{20}) / A(QP)$ LEVEL=0
Else Quantized Transform Coefficients exist

즉 K와 $(2^{20} - f \times 2^{20}) / A(QP)$ 의 비교를 통해 K가 작다면 양자화 후 LEVEL은 0의 값을 가진다. 다른 경우 0이 아닌 다른 계수 값이 존재하게 된다. 따라서 각 QP에 대해 $(2^{20} - f \times 2^{20}) / A(QP)$ 값을 먼저 계산해 놓으면 단순한 비교를 통해서 양자화 후의 계수의 유무를 알 수 있다.

DCT는 separability 특성을 갖기 때문에, 4x4 DCT는 각 행에 대하여 일차원 1x4 DCT를 수평으로 수행한 후, 각 열에 대하여 수직으로 1x4 DCT를 수행한다. 이와 같은 separability 특성을 이용해서 DCT 계수위치로부터 블록화 현상을 조사하는 과정을 줄일 수 있다.

각 4x4 블록의 블록화 현상을 탐지하는 과정은 그림 7과 같은 4개의 과정으로 분리될 수 있다. DC Checking 과정에서 1 위치의 계수(DC)를 먼저 Vertical DCT를 하여 구하고, 간략화 된 양자화기에서 비교를 통해 계수가 0인지 아닌지 조사한다. Horizontal Checking 과정에서 1 위치의 계수를 먼저 DCT한 후, 비교하여 계수가 0이 아니면 수평방향의 블록화 현상이 발생했음을 알 수 있으므로 Horizontal Checking 과정을 끝낸다. 반대의 경우 2 위치의 계수를 DCT하고 비교하여 같은 과정을 거친다. Vertical Checking도 Horizontal Checking 과정과 유사하게 수행할 수 있다. Ringing Checking일 경우 zigzag scan 순서대로 같은 과정을 거친다. 위의 4개의 과정의 결과를 이용하여 수평과 수직방향의 블록화 현상을 알 수 있다.

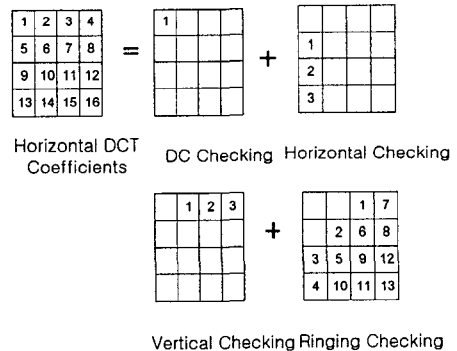


Fig 7. Vertical Sequential DCT and Blocking condition check

제안한 루프필터의 구조는 그림 8과 같다. 인코더나 디코더에서 복구된 영상을 먼저 각 행 방향으로 일차원 reduced DCT를 수행한 후, 각 열 방향으로 reduced DCT를 하면서 순차적으로 DC, horizontal checking, vertical checking, ringing checking을 거친다. 변환된 DCT 계수는 제안된 간략화 된 양자화 비교식에 의해 QC가 0인지 아닌지 조사한다. 즉 조건을 만족할 때 나머지 위치에서의 DCT를 수행할 필요 없으므로 상당한 계산량 이득을 보게 된다.

4. 실험결과

실험은 foreman, new, silent (qcif)와 paris(cif)영상을 QP 12,16,20,24에 대해서 수행하였다. 그림 9는 Y성분의 RD 곡선을 보여준다. PSNR은 비슷하고 비트율은 평균 0.3%정도 증가하였다.

4개의 영상에 대한 계산량은 표와 같다. TML

9.0 loop filter의 계산량을 1으로 놓았을 때의 제안된 루프필터의 계산량 비이다. 계산량은 제안된 알고리즘이 TML9.0의 loop filter에 비하여 평균 60% 정도 더 빨라짐을 보여준다.

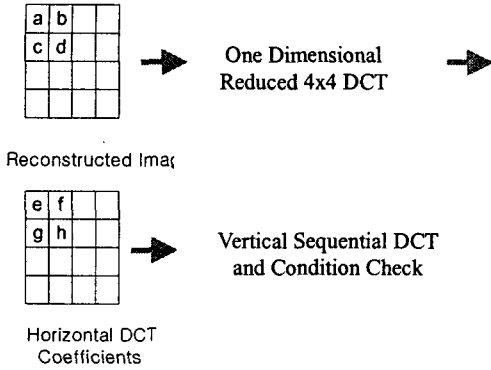


Fig 8. The proposed loop filtering block diagram

Sequences	TML 9.0	Proposed Method
Foreman	1	0.60
News	1	0.67
Silent voice	1	0.64
Paris	1	0.63

Table 1. Computational complexity

5. 결론

기존의 H.26L 루프필터에 비해서 제안된 DCT 기반 루프필터는 성능의 저하는 거의 없고 속도는 상당히 개선되었다. Intra prediction 되는 영상에서 제안한 블록화 조건추출 사용함으로써 상당한 계산성능의 향상을 보았다. 앞으로도 H.26L의 표준화 과정에 지속적으로 참여함으로써 성능을 향상시킬 것이다.

참고문헌

[1] ITU-T, "H.26L Test Model Long Term Number 9(TML-9) draft 0", Dec. 2001
 [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG/11 N2459, "MPEG-4 Overview", Oct. 1998.
 [3] Y. L. Lee and H. W. Park, "Loop filtering and post filtering for low bitrates moving picture", Signal Processing :Image Communication 16 (2001), P 871-890, September 2001.
 [4] ITU-T(CCITT), "Video Coding for Low Bitrate Communication", Draft Recommendation H.263, Dec. 1995.
 [5] K.R.Rao and P.Yip, "Discrete Cosine Transform", New York, Academic, 1990

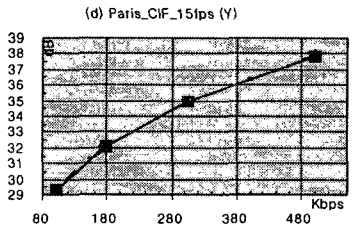
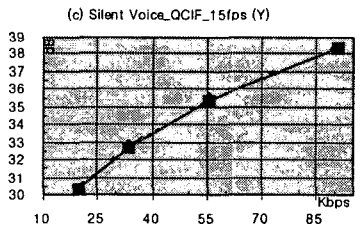
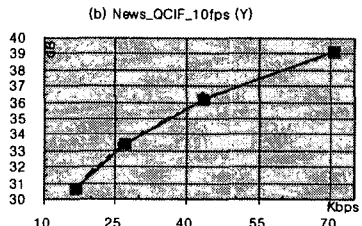
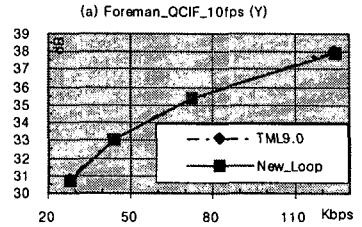


Fig 9. RD curves of the TML 9.0 loop filter and the proposed loop filter