

## POCS 기반의 블록화 현상 제거를 위한 적응적 후처리 기법

\*정재현 \*\*김명진 \*\*\*홍민철

숭실대학교

\*[nosod12@ssu.ac.kr](mailto:nosod12@ssu.ac.kr) \*\*[webzealer@ssu.ac.kr](mailto:webzealer@ssu.ac.kr) \*\*\*[mhong@ssu.ac.kr](mailto:mhong@ssu.ac.kr)

### A Spatially Adaptive Post-processing Filter to Remove Blocking Artifacts based on POCS

\*Jeong, Jae-Hyun \*\*Kim, Myoung-Jin \*\*\*Hong, Min-Cheol

Soongsil University

#### 요약

영상 정보의 정확성을 필요로 하는 다양한 서비스 및 여러 학문 분야의 적용성으로 인해 물리적인 한계성을 극복할 수 있는 고해상도 영상처리 기법의 요구가 대두되고 있다 뿐만 아니라, 인터넷 상의 디지털 콘텐츠 중의 하나인 동영상 UCC의 제작환경이 보편화됨으로써 비전문적인 제작으로 인한 다양한 형태의 해상도 저하 및 영상의 왜곡 현상이 발생하여 고품질의 영상을 추구하는 사용자들의 요구를 충족시키지 못하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 압축 동영상의 개선 된 영상 정보를 획득하기 위한 연구가 이루어지고 있지만 다음과 같은 문제점이 있다. 기존의 방법은 일반적으로 저역 통과 필터 기법과 정규화 영상 복원 방식으로 구분되어 연구되고 있으며, 저역 통과 기법은 계산량 측면에서 장점이 있으나, 영상과 양자화 정도에 따라 적응적이지 못한 단점이 있다. 또한 정규화 복원 방식은 압축 영상의 시각적으로 불편한 현상의 완화 정도를 결정하는 정규화 매개변수를 일괄적으로 모든 화소에 적용해, 화소의 위치에 대한 적응도가 낮고 정규화 매개 변수 선택 시 원 영상에 대한 정보를 알고 있다는 가정을 사용했으므로 실제 사용이 불가능하며, 영상들 사이의 불균일로 인해 적응적으로 처리하지 못하는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 극복할 수 있도록 압축 정보 활용을 통한 POCS 방식을 사용한 coding artifact 제거 방식에 대해 기술한다.

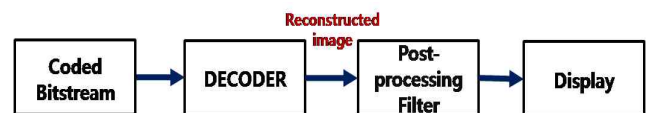
#### 1 서론

일반적인 디지털 정지 영상 및 동영상 정보는 정보량이 방대한 이 유료 이들을 활용한 응용이 국한되었고, 이에 따라 영상 정보량을 줄이기 위해 다양한 부호화 방식 연구가 진행되어 왔다 대표적인 영상 부호화 방식은 ISO/IEC가 발표한 MPEG 계열의 부호화 방식과 ITU-T에 의해 개발된 H26x 계열의 부호화 방식이 있다 H264, MPEG4, JPEG과 같은 영상 부호화 방식의 개발로 통신 및 저장 대역폭 제한이 완화되었고, 이로 인해 영상 기반의 다양한 멀티미디어 서비스가 가능해졌다 이와 같은 대부분의 영상 부호화 방식들은 에너지 압축률(energy compaction)이 높으며, Karhune-Loeve 변환 및 Fourier 변환과 비교해 추가 정보를 요구하지 않는 블록기반의 이산여현변환(Blok-based Discrete Cosine Transform)을 사용한다[1] 그러나 이와 같은 BDCT의 장점에도 불구하고, BDCT를 채택한 대부분의 부호화 방식들은 블록화 현상(blocking artifacts) 및 링 현상(ringing artifacts)과 같은 화질을 저하시키는 요소들을 발생시킨다

압축률을 높이기 위한 핵심 과정인 DCT 도메인에서의 양자화 과정은 저주파 및 고주파 성분들을 손상시킨다 따라서 손상된 양이 많으면 많을수록 압축률은 높아지는 반면 화질은 저하되게 된다 특히 DC

및 저주파 성분의 손실은 블록경계에서의 불연속한 현상인 블록화 현상을 초래하며, 고주파 성분의 손실은 테두리 주변에서의 물결현상인 링 현상을 초래한다 일반적으로 압축률이 높을수록 손실되는 성분들이 증가하여 블록화 현상과 링 현상은 더욱 심해지므로 시각적으로 더욱 불편한 현상을 일으키며 화질을 더욱 저하시킨다[1,2]

블록화 현상을 제거하기 위한 접근 방식으로 처리하는 위치에 따라 크게 부호기내 처리 기법(loop filter)[3]과 후처리 기법(post-processing)[4,5]으로 나눌 수 있다 loop filter는 부호화기와 복호화기 내부에 쌍으로 존재하는 형태로써 주어진 특정 부호화 방식에 고정된 방식이다 반면 후처리 기법은 복호화기에서만 복원된 영상을 처리해주는 형태로써 여타 영상 부호화 방식의 분석 및 수정 없이 손쉽게 적용할 수 있는 큰 장점을 갖고 있다[1,2]



[그림 1-1] 후처리 방식의 위치

본 연구에서는 연산량 문제를 해결하고, 압축 동영상의 블록화 및

링 현상을 동시에 제거 하여 동영상의 화질 개선과 이를 통한 디지털 콘텐츠 상에서 현실적으로 문제화되는 내용을 인간 시각 시스템의 특성을 반영하여 효율적으로 개선시킬 수 있도록 압축 정보와 영상의 국부 정보를 이용한 POCS 방식을 이용한 양자화 노이즈 제거 기법을 연구하였다

### 2 기존의 후처리 기법

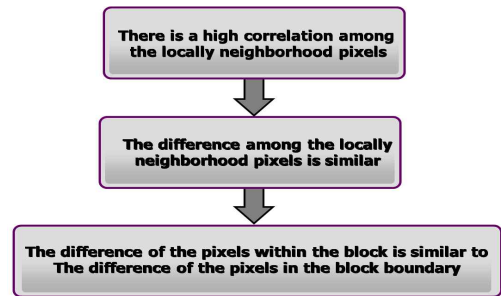
Zakhor[6]는 블록 현상의 제거를 위해 POCS 이론을 처음으로 도입하였으며 이의 적용을 위해 SCS와 QCS의 두 제한 집합을 정의하였다. 그러나 SCS를 convex 집합으로 정의하지 않고 블록 현상의 특성이 수직, 수평으로 존재한다는 성질을 이용하여 FIR 저역 통과 필터를 투영자로 정의하였다. 그리고 필터링에 의한 경계선 정보의 손상을 보상하기 위해 복호화된 영상의 DCT 계수를 중심으로 원 영상의 데이터의 범위를 QCS로 정의한 후, 각 반복 단계에서 이 범위를 벗어나는 값을 QCS 내로 clipping시키는 연산을 투영자로 이용하였다. 그러나 저역 통과 필터링이 convex 집합으로의 투영자가 아니기 때문에 Zakhor의 방법은 POCS이론 관점에서 수렴을 보장할 수가 없으나 그 기본적인 접근 방식은 대부분의 후처리 알고리즘에서 이용되고 있다.

Yang[7]은 Zakhor의 방법에서 SCS를 개선하여 영역 가변적인 새로운 투영자를 제안하였다. 즉 블록 현상이 블록의 경계에서 발생한다고 생각하여 영상의 블록 경계 화소들의 차의 에너지가 전체 영상의 평균적인 변화도보다 작도록 하는 convex 집합을 정의하였다. 그리고 이로 인한 경계선의 손상을 보호하기 위해 블록의 통계적인 특성을 SCS로의 투영을 위한 가중치로 사용 하였다. 즉 밝고 평탄한 영역은 블록 현상이 두드러지게 나타나므로 blurring 효과를 크게 하였고 어둡고 변화가 많은 영역은 상대적으로 블록 현상이 잘 나타나지 않으므로 경계선을 보호하기 위해 blurring 정도를 작게 하였다. 그러나 블록 현상은 단지 블록의 경계 화소에 의해서만 생기는 것이 아니라 블록 내 모든 화소들의 전체적인 경향과 영상 전체에서의 블록 현상의 패턴에 의해서 생기게 되므로 이 방법은 블록 내에 새로운 고주파 성분을 만드는 단점이 있다.

### 3. 제안하는 POCS 기법

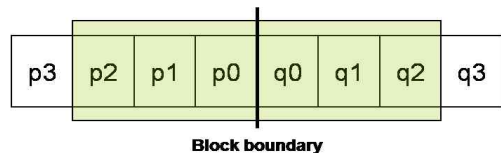
DCT(Discrete Cosine Transform) 기반의 코덱을 이용하여 영상을 압축하는 경우 낮은 압축률에서 열화 발생은 불가피하다. 이는 압축 효율을 결정하는 주요인자인 양자화 과정에서 양자화 스텝 크기(Quantization Step Size)에 영향을 받으며, 스텝 크기가 클수록 화질 저하 현상은 심하게 나타난다. 화질 저하 현상은 블록화 현상 및 링 현상의 두 형태로 분류할 수 있다. 블록화 현상은 영상을 블록 단위의 독립적인 처리로 인한 블록간의 상관관계가 배제되고 양자화 과정에 의한 저주파 성분의 정보 손실로 인해 발생한다. 본 연구에서는 블록 내부와 블록 경계에서의 각각의 인접 화소들간의 차이값과 양자화 스텝 크기를 이용하여 POCS를 정의 하였으며, 이를 이용하여 블록화 현상을 제거하는 방안에 대해 연구한다.

투영 기법을 적용하기 위해 먼저 투영 집합을 정의해야한다.



[그림 3-1]

투영 집합을 정의하기 위해 가정을 [그림 3-1]에 나타내었다. 일반적으로 국부 화소들간의 상관관계는 높다. 그러므로 블록 경계 화소들의 차는 블록 내부 화소들의 차와 높은 상관관계를 갖는다. 이와 같은 특성을 투영 집합을 정의하는데 사용한다. 투영 집합의 제약 조건을 결정하기 위한 국부 정보로써 블록 경계 주변 화소들의 차이값 평균을 이용한다. [그림 3-2]에서 블록 경계가 p0와 q0 사이라고 가정하면, 블록 경계에 위치한 p0와 q0의 이웃 화소들의 차이값 평균 MPD, p0과 q0를 포함한 전체 이웃 화소 차이값 평균 MAD 그리고 블록 경계의 차이값 BD는 각각 [식 3-1], [식 3-2], [식 3-3]과 같다. MPD는 주변 화소들의 국부 활동성을 나타내는 요소로써 MPD가 크면 클수록 해당 영역은 복잡한 영역이라고 결론지을 수 있다. 반대로 MPD가 작으면 해당 영역은 평탄한 영역이라고 결론지을 수 있다.



[그림 3-2]

$$MPD = \frac{1}{4} \left[ \sum_{i=0}^1 (|p_i - p_{i+1}| + |q_i - q_{i+1}|) \right] \quad [식 3-1]$$

$$MAD = \frac{1}{5} (4 \times MPD + BD) \quad [식 3-2]$$

$$BD = |p_0 - q_0| \quad [식 3-3]$$

블록 경계의 이웃 화소들간의 차가 크면 클수록 해당 영역은 활동성이 큰 영역이므로 블록 경계 차이값 BD가 존재할 수 있는 범위가 넓어진다. 반면 블록 경계의 이웃 화소들간의 차가 작으면 작을수록 해당 영역은 활동성이 작은 영역으로 블록 경계의 차이값이 존재할 수 있는 범위가 좁아지게 된다. 이러한 특성을 고려하여 [식 3-1],[식 3-2],[식 3-3]를 이용해 블록 경계 차이값 BD에 대한 투영 연산자 P를 다음과 같이 정의하였다.

$$P(BD) = \begin{cases} BD - BOUND & \text{if } BD > BD - BOUND \\ BD & \text{else} \end{cases}$$

$$\text{where } \begin{cases} BD - BOUND = (1 - \gamma) \times MAD + \gamma \times BD \\ \gamma = \frac{T \times MPD^2}{T \times MPD^2 + 1} \end{cases} \quad [식 3-4]$$

$$T = \begin{cases} (\mu / QP \times 2) & \text{블록 내부 화소} \\ (\mu / QP \times 1) & \text{블록 경계 화소} \end{cases}$$

[식 3-4]에서 MAD와 BD 사이의 기여도를 나타내는  $\gamma(MPD, T)$ 에 의해 투영 집합의 범위가 결정된다. 상대적으로 MPD가 클수록  $\gamma(MPD, T)$ 는 1에 가까워지고 결국 투영 집합의 범위가 넓어지게 된다. 또한 QP가 클수록 블록화 현상이 심해지는 현상을 반영하기 위한 튜닝 매개변수 T가 상대적으로 클수록  $\gamma(MPD, T)$ 는 1에 가까워지고 결국 투영 집합은 완만한 한계를 갖는다. 반대로 T가 작을수록 투영 집합은 엄격한 한계를 갖는다. 또한 매개 변수  $\mu$ 를 조절하여 투영 집합의 범위를 정할 수 있다. [식 3-4]는 [식 3-5]와 같이 간단히 정리될 수 있다.

$$BD-BOUND = \begin{cases} \frac{QP \times MAD + \mu \times MPD^2 \times BD}{QP + \mu \times MPD^2} & \text{블록내부화소} \\ \frac{QP \times MAD + \mu/2 \times MPD^2 \times BD}{QP + \mu/2 \times MPD^2} & \text{블록경계화소} \end{cases}$$

[식 3-5]

$P(BD)$ 를 이용한 최종 투영하는 [식 3-6]과 같다. 블록 경계화소들에 대해 먼저 투영 시킨 후, 블록 내부 화소들에 대해 투영시킨다.

$$P_f(p0) = \begin{cases} P_f(p0) = p0 + P(BD), P_f(q0) = q0 - P(BD) & \text{if } (p0 < q0) \\ P_f(p0) = p0 - P(BD), P_f(q0) = q0 + P(BD) & \text{else} \end{cases}$$

[식 3-6]

#### 4 실험 결과

본 논문에서 제안된 디블록킹 필터의 성능을 측정하기 위하여 다양한 영상과 양자화 크기에 대해서 실험하였다. 객관적인 성능 평가를 위하여 PSNR을 사용하였다. M×N 크기의 8bit 영상에 대한 PSNR은 식 [4-1]과 같다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left( \frac{MN \times 255^2}{\|x - \hat{x}\|^2} \right)$$

[식 4-1]

위 식에서  $\| \cdot \|$ 는 유클리드 노름(Euclidean Norm)을 나타내고,  $x$ 는 원영상을  $\hat{x}$ 은 복원된 영상을 나타낸다. [표 4-1]에 Foreman sequence의 PSNR 결과를 제시하였다. 루프 필터는 부호화기에서 화질이 개선된 영상을 참조영상으로 이용하여 화면간 예측(inter prediction)을 하므로 상대적으로 작은 예측 에러(residual)값을 생성함에도 불구하고, 복호화기에서만 처리된 제안된 방식이 H.264의 루프 필터보다 우수한 PSNR을 보임을 알 수 있다. 특히 QP가 클수록 제안된 방식으로 처리된 결과의 PSNR 성능이 더욱 우수함을 확인할 수 있다.

QP	filter type	SNRY	SNRU	SNRV
QP31	no filter	34.42	39.83	41.25
	loop filter	34.60	39.91	41.35
	proposed filter	34.51	39.89	41.28
QP36	no filter	31.41	38.34	39.48
	loop filter	31.63	38.51	39.62
	proposed filter	31.62	38.47	39.60
QP41	no filter	28.60	37.47	38.27
	loop filter	28.81	37.67	38.48
	proposed filter	28.89	37.68	38.51
QP46	no filter	25.77	36.40	36.86
	loop filter	26.06	36.65	37.17
	proposed filter	26.14	36.66	37.21

[표 4-1]



그림 4-1 QCIF Foreman(QP31) 1번째 부호화 영상



그림 4-2 QCIF Foreman(QP31) 1번째 제안된 방식 처리된 영상

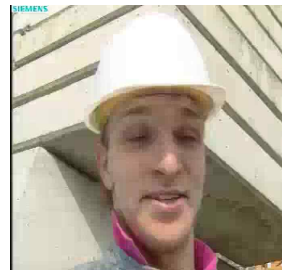


그림 4-3 QCIF Foreman(QP36) 1번째 부호화 영상



그림 4-4 QCIF Foreman(QP36) 1번째 제안된 방식 처리된 영상

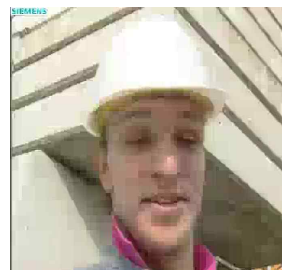


그림 4-5 QCIF Foreman(QP41) 1번째 부호화 영상

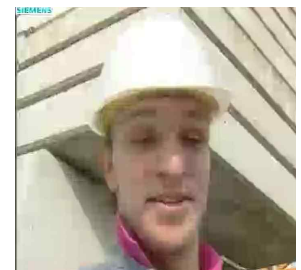


그림 4-6 QCIF Foreman(QP41) 1번째 제안된 방식 처리된 영상

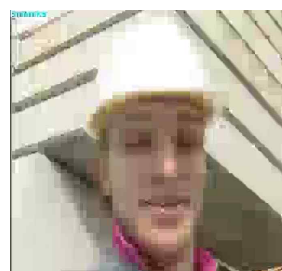


그림 4-7 QCIF Foreman(QP46) 1번째 부호화 영상

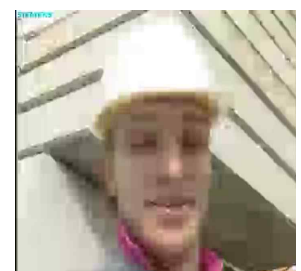


그림 4-8 QCIF Foreman(QP46) 1번째 제안된 방식 처리된 영상

#### 5 결론

본 논문에서는 압축 영상에 존재하는 블록화 현상 제거를 위한 후처리 기법을 제안하였다. 투영 기법의 투영 집합을 정의하기 위해 국부 화소간의 상관관계가 높다는 특성을 이용하였으며, 화소간의 상관관계를 나타내기 위한 국부 활동성 정보로써 블록 경계 주변 화소들 간의 차이값을 활용하였다. 또한 H.264/AVC 디블록킹 필터에서 발생하는 영상이 과도하게 평활화되고 영상이 원래 가지는 유클리드 정보인 에지를

필터처리 함으로 영상의 화질을 저하시키는 단점을 개선하기 위해 강한 필터 처리를 하는 곳과 약한 필터 처리를 해야 되는 곳을 국부 활동성과 QP에 의해 결정하였다. 기존 H.264/AVC 디블록킹 필터의 성능과 제안한 방법의 적용결과를 객관적인 화질 평가와 주관적인 화질 평가를 이용하여 분석하였다. 실험 결과 제안방법은 사람의 눈으로 보는 주관적이 화질과 객관적인 화질 모두 향상된 것을 볼 수 있었다.

## 감사의 글

\* 본 연구는 서울시 산학연협력사업(10544)으로 구축된 SUITE 클러스터 지원 및 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2009-0079776).

## 참고 문헌

- [1] M. -Y. Shen and C.-C. J. Kuo, "Review of postprocessing techniques for compression artifact removal," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 9(1), Mar. 1998, pp.2-14.
- [2] Z. Li, E. J. Delp, "Blocking Artifact Reduction Using a Transform-Domain Markov Random Field Model," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.* vol. 15, no. 12, pp.1583-1593, Dec. 2005.
- [3] 홍민철, "블록화 현상 제거를 위한 H.26L 루프 필터," *한국방송공학회, 방송공학회지* 제7권 제3호, pp. 65 ~ 74, 2002. 9.
- [4] M. -C. Hong, "Low computing post processing to suppress annoying artifacts of compressed video sequences," *IEICE Trans. Info. ans Sys.*, vol. E89D, no. 3, pp.1214-1220, March 2006.
- [5] Jin Wang; Heechang Kim; Jongho Kim; Jechang Jeong; Adaptive Spatially Postprocessing Technique to Remove Blocking Artifacts for DCT Coded Image  
*Information Assurance and Security. IAS '09. Fifth International Conference on Volume: 2 Page(s): 517 - 520, 2009*
- [6] A. Zakhor, "Iterative procedures for reduction of blocking effects in transform image coding," *IEEE Trans. CAS Video Tech.*, Vol. 2, No. 1, pp. 91~5, Mar. 1992.
- [7] Y. Yang, N. P. Galatsanos, and A. K. Katsaggelos, "Regularized reconstruction to reduce blocking artifacts of block discrete cosine transform compressed images," *IEEE Trans. CAS Video Tech.*, Vol. 3, No. 6, pp. 421 ~432, Dec. 1993.