논문-98-3-2-08

Gradient-Projection 기법을 이용한 압축 영상의 블록화 및 링 현상 제거

홍 민 철*, 최 태 은*, 연 창 모*, 박 영 만*

Gradient-Projection Algorithm for Reducing Blocking Artifacts and Ringing Effects of Compressed Images

Min-Cheol Hong*, Tae-Eun Choe*, Chang Mo Yon*, and Young Man Park*

요 약

본 논문에서는 hybrid MC/DCT 기법을 이용한 압축 영상의 블럭화 및 링 현상을 동시에 제거하는 기법이 제안된다. 압축 영상의 블럭화 및 링 현상은 블럭간, 블럭 내에서 다른 특성이 있고, 수평, 수직 방향의 상관 관계에 따라 다를 수 있으며, 영상 사이의 일정 상관 관계에 따라 다르게 형성된다. 본 논문에서는 이러한 블럭간, 블럭 내부, 수평수직 방향성, 그리고 시간 영역의 정보를 이용하여 새로운 부가 완화 함수를 정의하며, 최적 해를 구하기 위해 gradient와 양자화 과정으로부터 설정할 수 있는 비선형 연산을 이용한 projection을 결합시킨 hybrid 형태의 기법이 제안된다. 또한, 정규화 계수들은 부호화단에서 이용 가능한 정보로부터 예측하여 기존 방식이 갖고 있던 계산량의 이득을 얻을 수 있다. 실험 결과로부터 제안된 방식의 주관적, 객관적 성능 향상을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, an algorithm simultaneously reducing the blocking artifacts and the ringing effects, which are the visually annoying phenomenon of the compressed image using hybrid MC/DCT mechanism, is proposed. A new functional to utilize the correlation of between-block, within-block, vertical and horizontal direction, and temporal direction is defined, and optimal solution is obtained by combining the gradient method and the projection operator which can be defined from quantization information available in decoder. Furthermore, the choice of the regularization parameter, which is critical in regularization restoration problem, is estimated from the available overhead information in decoder, resulting in reducing the computational cost. The experimental results show the capability of the proposed algorithm.

I. 서 론

동 영상 및 정지 영상의 압축 기법은 영상의 저장 또는 전송을 목적으로 제안되어 비디오 폰 또는 화상 회의 시스템용의 H261, H263, 그리고 동 영상 저장 전송용의 MPEG1, MPEG2등으로 표준화 되기에 이르렀다[1]. 위의 표준화 방식들은 공간적, 시간적 과잉 정보(redundancy)를 제거하기위해 hybrid MC(Motion Compensation)/DCT (Discrete Cosine Transform) 기법을 사용하며, 양자화 과정을 거쳐 압축 효율을 증가 시키게 된다. 이러한 양자화 과정으로 인해 블럭화 현상(blocking artifacts)과 링 현상(ringing effects)이라는 시각적으로 불편한 요소를 발생시키는데, 블럭화 현상은 저주파 영역의 DCT 계수들의 양자화에 의한 정보 손실로 발생되는 블럭 사이의 불균일 현상이며, 링 현상은 고주파 영역의 DCT 계수들의 양자화 오류로 인해 생성되는 현상이다. 이러한 현상을 제거하기 위한 방식으로는 크게 저역 통과 필터 기법[2][3] 과 정규화 영상 복원 (regularized image restoration) 방식[4][5]

* LG 전자, 미디어 통신 연구소
LG Electronics, Media Communication Research Lab..

으로 나눌 수 있다. 저역 통과 기법은 계산량 측면에서 장점이 있으나, 영상에 따라, 양자화 정도에 따라 블럭화, 링 현상을 적응적으로 처리 하지 못하는 단점이 있다. 반면에 기존의 정규화 복원 방식은 압축 영상의 시각적으로 불편한 현상의 완화 정도를 결정하는 정규화 매개 변수(regularization parameter)를 일괄적으로 모든 화소에 적용했으므로 화소의 위치에 대한 적응도가 낮고, 정규화 매개 변수 선택시 원영상에 대한 정보를 알고 있다라는 가정을 했으므로 실제 사용이 불가능하며, 시간 영역에서의 정보를 이용하지 않았으므로 영상들 사이의 불 균일을 적응적으로 처리하지 못했다.

본 논문에서 제안하는 방식은 기존의 정규화 방식이 갖고 있는 문제를 적응적으로 처리할 수 있는 방식으로, 압축 영상의 블럭간, 블럭 내부, 수평, 수직 방향, 시간 영역의 상관 관계를 이용하여 적응적인 부가 완화 함수를 설정하고, 역 양자화으로부터 복원 영상의 영역을 설정하는 비선형 연산자를 정의하여 복원 영상에 강제 제약(hard constraint) 형태로 사용되었다. 또한, 정규화 복원 방식에서 문제점 중의 하나인 정규화 매개 변수를 부호화단에서 이용 가능한 정보(overhead information)로부터 예측함으로 기존의 정규화 복원 방식이 갖고 있던 계산량의 문제점도 해결할 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. II장에서는 시간적·공간적 영역에 따라 정의되는 새로운 완화 함수(smoothing functional)를 정의하며, III장에서는 정규화 매개 변수의 결정과 반복 해에 대해 분석하며, 반복 해로부터 복원된 영상의 DCT 계수들이 설정될 수 있는 영역과 각 DCT 계수들을 위한 projection operator에의 정의와 projection을 이용한 최종 복원 영상을 구하는 방식을 기술한다. 마지막으로, IV장과 V장에서는 실험 결과 및 결론에 대해 논의된다.

II. 블럭화 및 링 현상 제거를 위한 시·공간에 따른 적응적 완화 함수

표준화 방식으로 채택된 hybrid MC/DCT 기법은 M x M 크기의 영상을 일정 크기의 블럭으로 나누어서 각 블럭을 독립적으로 양자화하여 저장 또는 전송을 하게 된다. 복호화 부에서 재구성된(reconstructed) 압축 영상은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$g = f + n \tag{1}$$

식 (1)의 g, f 그리고 n은 scanning 순서로 재 배열된 MM x 1 크기의 압축 영상, 원 영상, 양자화에 의한 오차를 나타내는 열 벡터들을 의미한다. 블럭화 및 링 현상을 제거하기 위해 원 영상이 갖고 있는 일반적인 특성을 부가 함수에 제약(constraint) 함으로서 원 영상에 가까운 (블럭화 및 링 현상을 제거한) 복원 영상을 얻을 수 있다. 정규화 이론(regularization theory)은 일반적인 영상이 완화하다는 특성을 제약 함수로 사용하여 원 영상에 가까운 영상을 얻고자 사용되어 왔고[6][7][8][9], 최근에 멀티미디어용 영상에서 시스템 오류, 네트웍 혼잡에 의해 저하된 영상의 복원, 특히 영상의 해상도 개선(resolution enhance- ment)[10], 오류 은닉(error concealment)[11], 압축 영상의 블럭화 현상 제거 등의 응용 분야에 사용되어 왔다.

정규화 복원 방식을 이용한 블럭화 제거 방식은 참고문헌[5]에서 제안된 바와 같이 계산량의 문제점과 화소의 위치에 대해 적응적이지 못한 단점이 있었다. 더불어, 정규화 매개 변수 선택 시, 원 영상에 대한 정보를 알고있다라는 가정하에 설정되었으므로 실제 적용 시 어려움이 있고, 동 영상의 중요한 정보인 영상 사이의 상관 관계를 이용하여 이득을 추구하지 않았다. 압축 영상의 특성을 고려한 새로운 부가 완화 함수는 다음과 같다.

1. 새로운 완화 함수

블럭화 현상은 압축 영상의 블럭 경계 영역에서 생기며, 링 현상은 블럭 내부에 존재 하고, 영상에 따라, 수평, 수직 방향의 특성이 다르며, 이전 영상과 현 영상과의 상관 관계가 있는 점을 이용하여, 각 특성에 따라 집합 C_{VB}, C_{HB}, C_{VW}, C_{HW}, C_T를 정의하고, 위와 같이 정의된 집합을 이용하여 다음과 같은 함수를 정의한다.

$$\begin{aligned} M(f) = {} & M_{VB}(f) + M_{HB}(f) + M_{VW}(f) \\ & + M_{HW}(f) + M_T(f) \end{aligned} \tag{2}$$

식 (2)의 각 완화 함수들은 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} M_{VB}(f) &= \|g-f\|^2_{W1} + \alpha_{VB}\|Q_{VB}f\|^2, \\ M_{HB}(f) &= \|g-f\|^2_{W2} + \alpha_{HB}\|Q_{HB}f\|^2, \\ M_{VW}(f) &= \|g-f\|^2_{W3} + \alpha_{VW}\|Q_{VW}f\|^2, \\ M_{HW}(f) &= \|g-f\|^2_{W4} + \alpha_{HW}\|Q_{HW}f\|^2, \\ M_T(f) &= \|g-f\|^2_{W5} + \alpha_T\|Q_Tf\|^2 \end{aligned} \tag{3}$$

위 식의 $\|.\|$는 Euclidean norm을 나타내며, Q_{VB}, Q_{HB}, Q_{VW}, Q_{HW}, Q_T는 각 집합에 속한 화소들의 완화(smoothing)을 부가 시키기 위한 고주파 대역 통과 필터들을 나타낸다. 또한, α_{VB}, α_{HB}, α_{VW}, α_{HW}, α_T는 각 집합에 의해 정의된 함수의 완화 정도를 결정하는 정규화 매개 변수들을 의미하며, $W1$, $W2$, $W3$, $W4$, 그리고 W5는 각 집합의 원소들이 전체 영상의 신뢰도를 결정하는 항에 포함되어 있는 여부를 표현하는 MM x MM 크기의 대각 행렬이며, 위의 대각 행렬에서 영상의 각 화소가 해당 집합에 속해 있는 가에 따라서 1또는 0값을 갖는다. 위와 같이 정의된 함수로부터 블럭화 및 링 현상이

제거된 복원 영상을 식 (2)에gradient를 취함에 의해 구할 수 있다. 이는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}\nabla_f M(f) = {} & 2[\alpha_{VB} Q_{VB}^T Q_{VB} + \alpha_{HB} Q_{HB}^T Q_{HB} \\ & + \alpha_{VW} Q_{VW}^T Q_{VW} + \alpha_{HW} Q_{HW}^T Q_{HW} \\ & + \alpha_T Q_T^T Q_T] f - 2[W1(g-f) \\ & + W2(g-f) + W3(g-f) + W4(g-f) \\ & + W5(g-f)] = 0\end{aligned} \quad (4)$$

위 식에서 행렬 A^T는 A의 전치 행렬(transpose)을 의미한다. 이때, 식 (4)로부터 복원 영상 f를 직접 구할 수 있으나, 이는 계산량의 문제로 인한 비효율적인 문제가 발생하므로, 본 논문에서는 반복 기법에 의한 방식을 사용하기로 한다. 다음은 각 집합의 분류에 의한 원소들의 특성과 고주파 대역 통과 필터에 대한 설명을 기술한다 기술된다. 식 (3)의 각 함수는 convex이므로, 식 (2)에 표현된 새로운 완화 함수 또한 convex 함수가 된다.

2. 시·공간 정보에 따른 집합 및 고주파 대역 통과 필터

hybrid MC/DCT기법을 사용한 압축영상은, 예를 들어, H263 비디오 codec 시스템의 경우, 원 영상은 GOB (Group Of Blocks) 단위로 나누어 지고, 1 GOB는 일정 macro block들로 구성되고, 1 macro block은 4개의 8 x 8 luminance, 2개의 8 x 8 크기의 chrominance 신호로 구성되어 있는 계층적 구조 형태를 취하게 된다. 그러므로, 블럭화 현상은 수평·수직 방향으로 8 x 8 블럭 사이에 주기적으로 발생하고, 링 현상은 블럭 내부에서 특히, 움직임이 많은 블럭의 edge부근에 주로 발생하는 특성이 있다. 또한, 영상의 수평·수직 방향의 aspect ratio에 따라, 수평·수직 방향의 상관 관계 정도가 다르게 되므로, 제안된 방식에서는 압축 영상을 공간 영역에서 수평·수직 방향에 따라 각각 블럭 내부와 블럭 사이의 영역으로 구분한다. 위의 8 x 8 크기의 블럭으로 나누어진 압축 영상에 대해 각 집합은 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned}C_{VB} &= \{ f(i,j): i \bmod 8 = 0,1, \text{and } j = 0,1,\ldots, M-1\} \\ C_{HB} &= \{ f(i,j): j \bmod 8 = 0,1, \text{and } i = 0,1,\ldots, M-1\} \\ C_{VW} &= \{ f(i,j): i \bmod 8 \neq 0,1, \text{and } j = 0,1,\ldots, M-1\} \\ C_{HW} &= \{ f(i,j): j \bmod 8 \neq 0,1, \text{and } j = 0,1,\ldots, M-1\} \\ C_T &= \{ f(i,j): f(i,j) \in MB_{inter} \text{ or } f(i,j) \in MB_{not\ coded}\}\end{aligned} \quad (5)$$

식 (5)의 (i, j)는 영상의 수직·수평의 위치를 표현하는 2차원 축을 나타내며, C_{VB}, C_{HB}는 수직, 수평 방향의 블럭 간에 위치한 화소 들의 집합들을, C_{VW}, C_{HW}는 수직,수평 방향의 블럭 내부(블럭 경계 영역을 제외한) 화소들로 구성된 집합들을 말한다. MC/DCT 압축 기법은 영상의 상관 관계를 움직임 정보(motion vector)로 표현하여 시간적 과잉 정보를 제거하는데, macro block의 형태가 'inter' 또는 'not coded'인 화소들로 집합 C_T를 구성한다.

$$\begin{aligned}\| Q_{VB} f \|^2 &= \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m} (f(m,n) - f(m-1,n))^2, m = 0,8,16,\ldots \\ \| Q_{HB} f \|^2 &= \sum_{n} \sum_{m=0}^{N-1} (f(m,n) - f(m,n-1))^2, n = 0,8,16,\ldots \\ \| Q_{VW} f \|^2 &= \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m} (f(m,n) - f(m-1,j))^2, m \neq 0,8,16,\ldots \\ \| Q_{HW} f \|^2 &= \sum_{n} \sum_{m}^{N-1} (f(m,n) - f(m,n-1))^2, n \neq 0,8,16,\ldots \\ \| Q_T f \|^2 &= \sum_{n} \sum_{m} (f_{MC}(m,n) - f(m,n))^2.\end{aligned} \quad (6)$$

III. 반복해 및 정규화 매개 변수

식 (2)에 gradient를 취한 식 (4)는 반복 해의 residual error이므로 반복 해는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$f_{k+1} = f_k + \beta[I + W5)g - (I + W5 + A)f_k - \alpha_T f_{MC}] \quad (7)$$

식 (7)의 I는 단위 행렬(identity matrix)을 나타내고, β는 위 반복해가 수렴할 수 있는 특성을 만족하는 반복 이완 계수(relaxation parameter)이며, f_{MC}는 이전 영상으로부터 이동 보상된 영상을 의미하며, $A = \alpha_{VB} Q_{VB}^T Q_{VB} + \alpha_{HB} Q_{HB}^T Q_{HB} + \alpha_{VW} Q_{VW}^T Q_{VW} + \alpha_{HW} Q_{HW}^T Q_{HW} + \alpha_T I$), $Q_T f = f - f_{MC}$.
위의 반복 해가 수렴하는 조건을 찾기 위해 contraction mapping 이론[8]을 적용하면, 다음 조건을 만족 시킬 때, 위 식은 수렴한다.

$$0 < \beta < \frac{2}{2 + \lambda_{\max}(A)} \quad (8)$$

위 식의 $\lambda_{\max}(Z)$는 행렬 Z의 최대 eigen value를 나타낸다.

정규화 이론을 사용할 때, 정규화 매개 변수의 선택은 주어진 부가 완화 함수의 성능을 결정하는 중요한 문제이다. 이를 선택하기 위한 많은 방식들이 제안되어 왔으나[12][13][14], 본 논문에서는 기존의 방식이 갖고 있는 계산량의 문제점을 해결하기 위해 다음과 같은 가정을 설정하고, 반복 기법 초기에 복호화 부에서 이용 가능한 정보로부터 예측한다. 첫째, DCT 영역의 양자화 과정에서 생기는 양자화 오류의 최대 오차가 QP이므로, 각 macro block의 DCT 계수들의 최대 양자화 오류를 QP로 일정하게 정한다. 둘째, DCT 양자화 오류들이 공간 영역에서 Gaussian 분포의 특성을 갖는다고 가정한다. 위와 같은 가정하에 Parseval 이론을 이용하면, 참고문헌 [7]에 의해, 다음과 같이 각 정규화 매개 변수 들을 결정할 수 있다.

$$\alpha_{LR}=\frac{\|g-f\|_{W1}^2}{\|Q_{LR}f\|^2}=\frac{\|g-f\|_{W1}^2}{\|Q_{VR}g\|^2}=\frac{\sum\sum w1(m,n)QP^2(m,n)}{\|Q_{VR}g\|^2}$$
$$\alpha_{HR}=\frac{\|g-f\|_{W2}^2}{\|Q_{HR}f\|^2}=\frac{\|g-f\|_{W2}^2}{\|Q_{HR}g\|^2}=\frac{\sum\sum w2(m,n)QP^2(m,n)}{\|Q_{HR}g\|^2}$$
$$\alpha_{VR}=\frac{\|g-f\|_{W3}^2}{\|Q_{VR}f\|^2}=\frac{\|g-f\|_{W3}^2}{\|Q_{VR}g\|^2}=\frac{\sum\sum w3(m,n)QP^2(m,n)}{\|Q_{VR}g\|^2} \quad (9)$$
$$\alpha_{DFR}=\frac{\|g-f\|_{W4}^2}{\|Q_{DFR}f\|^2}=\frac{\|g-f\|_{W4}^2}{\|Q_{DFR}g\|^2}=\frac{\sum\sum w4(m,n)QP^2(m,n)}{\|Q_{DFR}g\|^2}$$
$$\alpha_I=\frac{\|g-f\|_{W5}^2}{\|Q_If\|^2}=\frac{\|g-f\|_{W5}^2}{\|Q_Tg\|^2}=\frac{\sum\sum w5(m,n)QP^2(m,n)}{\|Q_Tg\|^2}$$

위 식의 $QP(m,n)$은 2차원 영상의 (m,n)번째 화소를 포함하는 macro block의 양자화 변수이다.

식 (7)에 의해 k번째 반복 후, 복원 영상의 2차원상의 (u,v)번째 DCT 계수는 양자화 과정의 특성에 따라 다음과 같은 영역 내에 존재하여야 한다.

$$G(u,v)-QP\le F_{k+1}(u,v)<G(u,v)+QP \quad (10)$$

위 식의 G,F는 g,f의 Block DCT(BDCT)화한 2차원 DCT 배열을 의미한다. 그러므로, $F_{K+1}(u,v)$가 식 (10)에 의해 정해진 영역을 벗어나게 되면 다음과 같이 투영(projection)되어야 한다.

$$P(F_{k+1}(u,v))=\begin{cases}G(u,v)-QP, & \text{if } F_{k+1}(u,v)<G(u,v)-QP\\ G(u,v)+QP, & \text{if } F_{k+1}(u,v)>G(u,v)+QP\\ F_{k+1}(u,v), & otherwise\end{cases} \quad (11)$$

식 (12)와 같이 gradient 기법에 의한 반복해로부터 각 DCT 계수의 projection 연산자를 P라 정의하면, 식 (7), (11)로부터 최종 복원 영상은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$f_0=g$$
$$f_{k+1}=B^TPBRf_k \quad (12)$$

위에서 B는 BDCT를 의미한다. 제안된 방식을 요약해서 그림 1에 나타내었다.

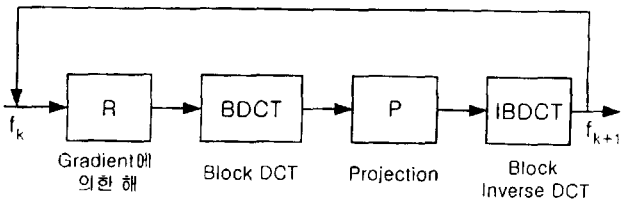

그림 1. 제안된 방식의 요약 도표
Figure 1. Flow of the proposed method

IV. 실험 결과

제안된 방식을 여러 영상에 대해, H263+ codec을 사용하여 각기 다른 QP 및 비트율로 처리하여 실험하였다. 본 논문에서 제안된 방식을 176 x 144 QCIF크기의 foreman, mother and daughter, 그리고 hall monitor 영상에 대해, QP=5,15,25및 frame skip=2를 사용하여, 300 frame에 대해 적용하였다. 제안된 방식의 성능 측정을 위해 PSNR(Peak to Signal to Noise Ratio)을 사용했으며, PSNR은 M x M 크기의 영상에 대해 다음과 같이 정의된다.

$$PSNR=10\log\frac{MM\,255^2}{\|f-f_{k+1}\|^2} \quad (13)$$

반복해 (12)는 다음 조건을 만족할 때 반복을 종료하게 된다.

$$\frac{\|f_k-f_{k-1}\|^2}{\|f_k\|^2}\le 10^{-6} \quad (14)$$

표 1. QP에 따른 평균 PSNR 비교
Table 1. PSNR comparison as a function of QP

Image Seq.	QP	Bit Rate	압축 영상의 평균 PSNR(dB)			제안된 방식의 평균 PSNR(dB)		
			Y	Cb	Cr	Y	Cb	Cr
Foreman	5	204.87	36.37	40.65	41.24	36.57	40.85	41.50
	15	51.33	30.09	36.38	36.34	30.09	36.57	36.53
	25	30.66	27.81	34.93	34.33	27.76	35.08	34.52
Hall Monitor	5	73.11	37.82	39.90	41.72	38.24	40.62	42.41
	15	17.49	30.83	36.45	39.62	31.02	36.93	39.85
	25	9.76	27.93	35.05	39.24	28.03	35.20	39.38
Mother & Daughter	5	120.63	36.37	39.83	39.62	36.53	40.02	39.79
	15	20.90	30.06	35.56	35.49	30.04	35.70	35.67
	25	10.24	27.93	33.79	33.88	27.88	33.92	34.02

제안된 방식을 반복 이완 계수, $\beta = 1/(1+\lambda_{max}(A))$로 고정해서 실험했을 때, 평균 7-8회 반복 후에 복원 영상을 얻을 수 있었다.

그림 2. Foreman Sequence의 첫 번째 압축 영상(QP=15,PSNR; 31.22dB)
Fig. 2. Compressed 1st frame of Foreman sequence(QP=15,PSNR; 31.22dB)

그림 3. 제안된 방식을 사용한 그림 2의 복원 영상(PSNR; 31.68dB)
Fig. 3, Restored frame of Fig. 2(PSNR; 31.68dB)

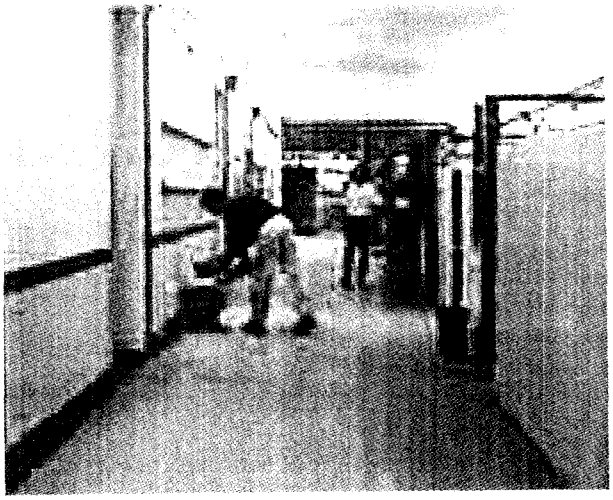

그림 4. Hall Monitor Sequene의 110번째 압축 영상(QP=15, PSNR; 30.70 dB)
Fig. 4. Compressed 110th frame of Hall Monitor sequence (QP=15, PSNR; 30.70dB)

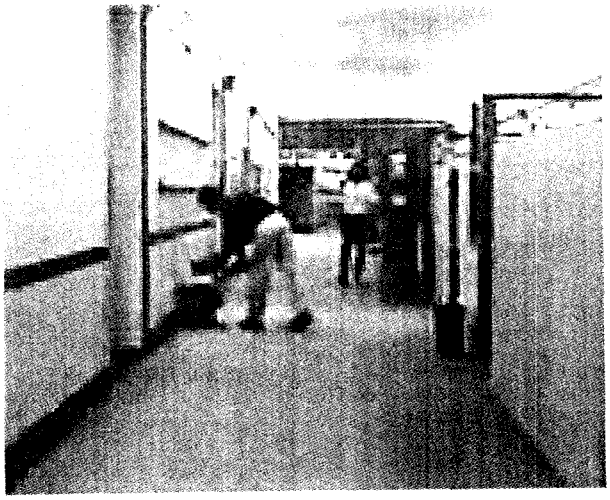

그림 5. 제안된 방식을 사용한 그림 4의 복원 영상(PSNR; 30.87 dB)
Fig. 5. Restored frame of Fig. 4(PSNR; 30.87 dB)

제안된 방식의 성능은 두 가지 형태로 분석할 수 있다. 먼저, 객관적 평가중의 하나인 표 1에 제시된 평균 PSNR 측면에서 보면, 제안된 방식의 성능은 QP가 작은(고 비트율) 경우에 만족스러운 결과를 얻을 수 있다. 이는 제안 방식이고 비트 율에서는 상대적으로 많은, 링 현상 제거에 효율적임을 의미한다. 또한, 주관적 화질면에서도 우수하게 나타났다. 반면에 QP가 큰 경우(저 비트율)에는

PSNR 측면에서는 압축 영상과 큰 차이는 없으나, 주관적 화질 개선이 뚜렷하게 (특히 블럭화 제거) 나타났음을 알 수 있었다. QP가 큰 경우에 평균 PSNR의 이득이 많지 않은 이유는 다음과 같이 설명될 수 있다. 정규화 매개 변수 결정시 두 가지 가정을 하였다. QP가 작은 경우는 위의 가정하의 정규화 매개 변수 선택이 적합했지만, QP가 큰 경우는 식 (9)의 분모에서의 오차가 크게 나타났다.

그림 6. Mother and Daughter sequence의 첫 번째 압축영상 (QP=25, PSNR; 28.13 dB)
Fig. 6. Compressed 1st frame of Mother and Daughter sequence(QP=25, PSNR; 28.13 dB)

그림 7. 제안된 방식을 사용한 그림 6의 복원 영상(PSNR; 28.49 dB)
Fig. 7. Restored image of Fig. 6(PSNR; 28.49 dB)

Foreman sequence의 첫 번째, Hall Monitor sequence의 110번째, Mother and Daughter sequence의 첫번 째 압축 luminance영상과 제안된 방식을 사용한 복원 영상을 그림 2와 3에, 그림 4와 5에, 그림 6과 7에 각기 나타 내였다.

위의 결과로부터 제안된 방식을 사용한 복원 영상으로부터 압축 영상에 존재하는 블럭화 및 링 현상이 효과적으로 제거되었음을 알 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 압축 동 영상의 시.공간의 따른 특성을 이용하여 새로운 완화 함수를 설정하고, gradient와 projection기법을 이용한 블록화 및 링 현상 제거 기법을 제안하였다. 제안된 방식을 사용하여 주관적, 객관적 성능 향상이 있었음을 확인할 수 있었다.

제안된 방식의 부가 함수는 시·공간의 각 부가 함수들이 같은 비로 합쳐진 형태를 갖고 있다. 좀 더 적응적인 효과를 얻기 위해, 압축 영상의 특성에 따른 각 함수를 다른 비율로 정의하는 방식이 현재 연구 중이며, 이러한 방식을 사용했을 때 좀더 나은 결과가 기대된다.

참고문헌

[1] V. Bhaskaran and K. Konstantinides, *Image and Video Compression Standards: Algorithm and Architectures*, Kluwer Academic Publishers, 1995.

[2] B. Ramamurthi and A. Gersho, "Nonlinear space-invariant post processing of block coded images," *IEEE Trans. on ASSP.*, vol. ASSP-34, pp. 1258-1268, Oct. 1986.

[3] R. Rosenholtz and A. Zakhor, "Iterative procedure for reducing of blocking effects in transform image coding," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 2, pp. 91-94, Mar. 1992.

[4] R. L. Stevenson, "Reduction of coding artifacts in transform image coding," *IEEE Proc. of Int. Conf. Acoust., Speech, Signal Processing*, pp. 401-404, 1993.

[5] Y. Yang, N. P. Galatsanos, and A. K. Katsaggelos, "Regularized image reconstruction from incomplete block discrete cosine transform compressed images," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 3, pp. 421-432, Dec. 1993.

[6] H. C. Andrews and B. R. Hunt, *Digital Image Restoration*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1977.

[7] A. K. Katsaggelos, "Iterative image restoration Algorithms," *Optical Engineering*, vol. 28, pp. 735-748, Jul. 1989.

[8] M. R. Banham and A. K. Katsaggelos, "Digital image restoration," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 14, pp. 24-41, Mar. 1997.
[9] M.-C. Hong, *Adaptive Regularized Image and Video Restoration*, Ph. D Thesis, Northwestern University, Dept. ECE, Dec. 1997.
[10] M.-C Hong, M. G. Kang, and A. K. Katsaggelos, "Regularized multichannel restoration approach for global optimal high resolution video sequence," SPIE Proc. Of Visual *Communication and Image Processing*, pp. 1306-1316, Feb. 1997.
[11] M.-C Hong, H. Schwab, L. Kondi, and A. K. Katsaggelos, "Error concealment algorithms for compressed video," to appear in Signal Processing : *Image Communication*, Jan. 1999.
[12] N. P. Galatsanos and A. K. Katsaggelos, "Method for choosing the regularization parameter and estimating the noise variance in image restoration and their relationship," *IEEE Trans. On Image Processing*, vol. 1, pp. 322-336, Jul. 1992.
[13] G. Archer and D. M. Titterington, "On some bayesian/regularization methods for image restoration," *IEEE Trans. On Image Processing*, vol. 4, pp. 989-995, Jul. 1995.
[14] M. G. Kang and A. K. Katsaggelos, "General choice of the regularization functional in regularized image restoration," *IEEE Trans. On Image Processing*," vol. 4, pp. 594-602, May. 1995.

저 자 소 개

홍 민 철

1988년 2월 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1990년 8월 연세대학교 전자공학과(공학석사)
1990년 7월 ~ 1991년 7월 LG정보통신 연구원
1991년 8월 ~ 1993년 3월 연세대학교 산업기술연구소, 연구 조교
1997년 9월 Northwestern University 전기 및 컴퓨터 공학과(공학박사)
1997년 9월 ~ 1998년 8월 Northwestern University 전기 및 컴퓨터공학과, Post Doctoral Research Scientist
1998년 9월 ~ 현재 LG전자 선임연구원
주관심분야 : 영상복원, 비선형 영상신호처리, 통계적 영상신호처리, 영상통신

최 태 은

1996년 2월 부산대학교 컴퓨터공학과(공학사)
1998년 2월 포항공과대학교 전산학과(공학석사)
1998년 2월 ~ 현재 LG전자 연구원
주관심분야 : 영상복원, 3차원 스테레오 비젼, 3차원 모델링, 3차원 물체의 움직임 추정

연 창 모

1986년 2월 연세대학교 전자공학과(공학사)
1988년 2월 연세대학교 전자공학과(공학석사)
1998년 1월 ~ 1993년 12월 LG통신 연구원
1994년 1월 ~ 현재 LG전자 책임연구원
주관심분야 : 영상 통신

박 영 만

1976년 6월 서울대학교 전자공학과(공학사)
1979년 6월 ~ 현재 LG전자미디어 통신연구소 MPC Gr.장
주관심분야 : 멀티미디어 시스템, 영상통신