

論文2002-39SP-3-7

# POCS와 정규화를 기반으로한 프레임간 압축 영상의 후처리

## (Postprocessing of Inter-Frame Coded Images Based on Convex Projection and Regularization)

金成鎮\*, 鄭是昌\*, 黃仁京\*, 白俊基\*

(Sungjin Kim, Shichang Joung, Inkyung Hwang, and Joonki Paik)

### 요 약

본 논문에서는 프레임간 압축된 영상의 블록화 현상을 감소시키기 위해 재구성하기 전 차분 영상을 처리하는 새로운 복원 알고리즘을 제안한다. 프레임내 압축 영상의 블록화 현상은 오직  $8 \times 8$  DCT에 의해서 일어나는 반면에, 프레임간 압축된 영상에서는  $8 \times 8$  DCT뿐만 아니라 움직임 보상을 위해 사용한  $16 \times 16$ 의 매크로 블록에 의해서 발생된다. 이러한 이유로 본 논문에서는 차분 영상에 대한 새로운 열화모델을 제시하고, 블록 경계와 내부의 불연속에 대한 POCS를 이용한 복원 알고리즘을 제시한다. 제안된 알고리즘은 DCT계수의 일부를 이용해 블록 경계의 방향을 고려하는 공간 적응적 저대역 통과 필터를 포함하는 표준 정규화의 변환된 형태이다. 일반적인 비디오 압축 표준은 블록을 기준으로 하는 움직임 보상과 블록 이산 역전 변환(BDCT)을 이용한 혼성(hybrid) 구조를 채택하고 있다. 이러한 이유에서 블록화 현상은 블록 경계와 블록 내부에서 일어난다. 두 종류의 블록화 현상을 좀 더 완벽히 제거하기 위해서 복원된 차분 영상은 블록 경계와 블록 내부에서의 방향성 불연속과 같은 제약조건을 만족시켜야만 한다. 그러한 제약조건은 차분 영상을 복구하기 위한 convex set을 정의하는데 이용한다.

### Abstract

In order to reduce blocking artifacts in inter-frame coded images, we propose a new image restoration algorithm, which directly processes differential images before reconstruction. We note that blocking artifact in inter-frame coded images is caused by both  $8 \times 8$  DCT and  $16 \times 16$  macroblock based motion compensation, while that of intra-coded images is caused by  $8 \times 8$  DCT only. According to the observation, we propose a new degradation model for differential images and the corresponding restoration algorithm that utilizes additional constraints and convex sets for discontinuity inside blocks. The proposed restoration algorithm is a modified version of standard regularization that incorporates spatially adaptive lowpass filtering with consideration of edge directions by utilizing a part of DCT coefficients. Most of video coding standard adopt a hybrid structure of block-based motion compensation and block discrete cosine transform (BDCT). By this reason, blocking artifacts are occurred on both block boundary and block interior. For more complete removal of both kinds of blocking artifacts, the restored differential image must satisfy two constraints, such as, directional discontinuities on block boundary and block interior. Those constraints have been used for defining convex sets for restoring differential images.

**Keyword** : video parsing, motion analysis, object extracting and tracking

\* 正會員, 中央大學校 尖端映像大學院 映像工學科  
(Graduate School of Advanced Imaging Science,  
Multimedia, and Film Chung-Ang University)

※ 이 연구는 교육부 두뇌한국21 프로젝트 및 전자부품연구원의 산학공동연구비 지원에 의해서 수행되었습니다.

接受日字: 2000年12月14日, 수정완료일: 2002年4月10日

### I. 서 론

영상 통신의 수요가 증대해감에 따라서, 많은 효과적인 영상 압축 기술이 개발되었고 표준화되었다. 가장 널리 사용되는 정지 영상 압축 표준은 Joint Photographic Coding Expert Group(JPEG)이다. 이것은 블록 이산 역현 변환(BDCT)을 이용하는데 그 이유는 높은 에너지 집약 특성 때문이다. 그러나 BDCT를 이용한 압축 기술의 가장 큰 단점은 블록화 현상인데 이것은 블록의 화소들간의 상관관계를 생각하지 않은 블록의 독립적인 처리로 인해서 발생한다<sup>[1]</sup>. 그러나 단지 블록의 경계에서만 발생하는 정지 영상에 있어서는 동영상과 같은 프레임간 압축된 영상에 비해서 블록화 현상이 덜 심각하다. H.263이나 Moving Picture experts Group(MPEG)과 같은 대부분의 비디오 압축 표준은 매크로 블록을 기준으로 하는 움직임 보상과 BDCT의 혼합 구조를 채택하고 있다. 비디오 압축 표준들이 움직임 보상과 BDCT를 이용하므로, 블록의 불연속은 블록 경계와 블록 내부 두 곳에서 발생한다.

정지 영상에서 블록화 현상을 제거하기 위해서, 다음과 같은 방법들이 제안되었다. (i) 블록 경계 영역에서의 저대역 통과 필터,<sup>[2]</sup> (ii) POCS나 CLS의 이론을 기초로 하는 반복적 영상 복원 형태,<sup>[3]</sup> (iii) 근방 화소들 사이의 MSDS를 이용한 AC계수 추정,<sup>[4]</sup> (iv) 경계 정규화된 직교 함수를 이용한 최적화 방법<sup>[5-6]</sup> 등이다. 그리고 최근에는 계산량을 고려해 공간주파수와 압축된 데이터로부터 추출한 정보를 선택적으로 적용해 블록화 현상을 제거하는 방법<sup>[7]</sup> 등이 있다. 그러나 종래의 블록화 현상 제거 기술들은 BDCT에 의해서 발생하는 블록 경계의 블록화 현상에 초점을 두어서 프레임간 압축에서의 움직임 추정이나 보상에 의해서 발생하는 블록 내부의 블록화 현상은 고려하지 않았다. 그러므로, 최적화된 결과를 제시할 수 없었다.

본 논문에서는 프레임간 압축된 영상의 블록화 현상 제거를 위한 새로운 알고리즘을 제안한다. 이것은 재구성하기 전의 차분 영상을 직접 처리한다. 제안된 알고리즘은 DCT계수의 일부를 이용해 블록 경계의 방향을 고려하는 공간 적응적 저주파 통과 필터를 포함하는 표준 정규화의 변환된 형태이다. 그리고 프레임간 압축된 영상은 두 종류의 불연속이 존재한다는 사실에 따라서, 차분 영상을 복원하기 위한 두 개의 convex set

을 정의한다. 본 논문에서는 프레임간 압축된 영상의 블록화 현상 제거를 목적으로 하기 때문에 계산량에 대해서는 고려하지 않는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 프레임간 압축된 영상의 블록화 현상에 대한 열화 모델을 제시한다. 3장에서는 동영상에서의 블록화 현상을 제거하기 위한 정규화된 영상 복원 알고리즘을 제시한다. 4장에서는 차분 영상에 대한 새로운 제약 조건을 제시한다. 5장과 6장에서는 실험 결과와 결론을 도출한다.

### II. 프레임간 압축된 영상에서의 블록화 현상 열화 모델

열화 모델을 간단히 나타내기 위해서  $N \times N$ 의 영상  $x(m, n)$ 을  $B \times B$ 의 블록으로 하는 일차원 벡터형태로 나타내면<sup>[8-9]</sup>,

$$x = \left[ x_1^T \ x_2^T \ \dots \ x_{\frac{N}{B}}^T \right]^T, \quad (1)$$

여기서  $k = (p-1) \cdot (N/B) + q$ 이고,  $x_k$ 는  $(p, q)$ 번째 블록의 밝기값을  $B^2 \times 1$ 차원의 행배열 벡터(row-ordered or lexicographically ordered vector)로 나타낸 것이다.

그림 1은 일반적인 동영상 압축 시스템에서의 프레임간 부호화 과정을 보인다. 여기서  $C$ 와  $C^{-1}$ 은 블록 기반 순방향, 역방향 DCT 변환 행렬을 나타내고  $Q$ 와  $D^{-1}$ 은 양자화와 역양자화 행렬을 나타낸다. 그리고  $M/D$ 는 움직임 보상과 프레임 지연을 나타낸다<sup>[10-11]</sup>.

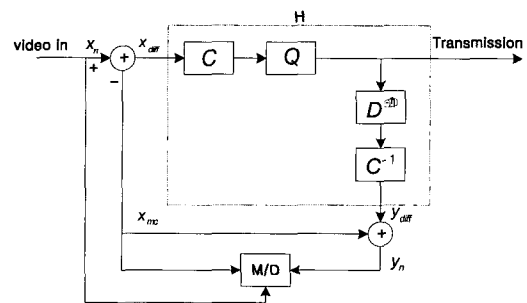


그림 1. 프레임간 압축영상의 열화 모델  
Fig. 1. Block diagram of the degradation model for inter-frame coded images.

$H = C^{-1}D^{-1}QC$ 라고 하면, 그림 1을 행렬식으로 표현하게 되면,

$$y_n = H(x_n - P y_{n-1}) + P y_{n-1}, (n=1, \dots, M) \quad (2)$$

여기서  $M, y_n, x_n, y_{n-1}$  그리고  $P$ 는 각각 프레임간 압축된 영상의 개수, 블록화 현상을 가진 현재 재구성된 영상, 현재 원 영상, 이전에 재구성된 영상 그리고 움직임 보상 과정을 나타낸다.  $P y_{n-1}$ 은 이전 프레임과 움직임 보상된 영상을 나타내며, 간단히  $x_{mc}$ 로 나타낸다. 영상통신 시스템의 수신부에서  $x_{mc}$ 는 간단히 나타낼수 있다. 수식 (2)를 간단히 나타내면,

$$y_{diff} = Hx_{diff}, \text{ 이고 } y = x_{mc} + y_{diff}, \quad (3)$$

여기서  $y_{diff}$ 와  $x_{diff}$ 는 압축 영상의 차분 영상과 원 영상의 차분 영상  $x - x_{mc}$ 를 나타낸다. 그림 2는 프레임간 압축된 영상의 열화모델의 블록도이다. 그림 2와 식 (3)에서 알 수 있듯이, 열화 과정은 차분 영상에서만 일어나게 되고, 재구성된 블록화 영상은 움직임 보상된 영상에 열화된 차분 영상을 더하여 얻어진다.

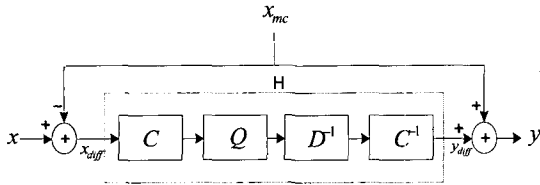


그림 2. 프레임간 압축 영상의 열화 과정  
Fig. 2. Degradation model for inter-frame coded image.

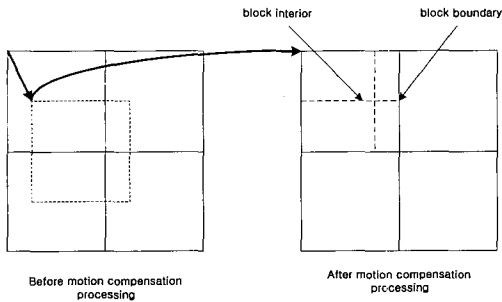


그림 3. 블록 경계와 블록 내부에서의 블록화 현상 :  
(a) 움직임 보상 이전, (b) 움직임 보상 후  
Fig. 3. Blocking artifact on block boundary and block interior : (a)before motion compensation and (b)after motion compensation.

이전 프레임의 재구성된 영상에서 블록 경계에 불연속이 존재한다면, 이전 프레임의 재구성된 영상으로부터 움직임 보상된 영상  $x_{mc}$ 은 블록 경계와 블록 내부

두 곳에서 불연속이 존재하게 된다. 블록의 크기를  $8 \times 8$ 로 한다고 가정하고,  $(i, j)$ 번째 블록을 포함하는 매크로 블록의 움직임 벡터를  $(a, b)$ 라고 하면, 영상의 불연속은  $(i, j)$ 번째 블록 내부의  $a'$ 번째 행과  $b'$ 번째 열에서 발생한다. 이것을 수식으로 표현하면,

$$a' = (8 - a) \bmod 8, b' = (8 - b) \bmod 8. \quad (4)$$

그리고 인접하는 두 매크로 블록의 움직임 벡터가 일치하지 않는다면, 불연속은 매크로 블록 경계에서도 발생한다. 그림 3은  $x_{mc}$ 가 블록 경계와 블록 내부에 모두 불연속을 가지는 것을 보이는 예이다

### III. 개선된 정칙화 영상 복원

본 장에서는 전 장에서 설명한 열화 모델이 적용된 프레임간 압축된 영상의 반복적 영상 복원 알고리즘에 대해서 설명한다. 제안된 알고리즘에 따라서, 복원 과정은 차분 영상에서만 이루어진다. 그림 4는 적당한 복원 과정을 거쳐 디코딩 되는 과정을 나타낸다.

3.1절에서는 정지 영상에서의 일반적인 정칙화된 반복적 영상 복원 알고리즘을 간단히 살펴보고, 어떻게 그러한 알고리즘이 변경되어 프레임간 압축된 영상에 적용될 수 있는지를 설명한다. 3.2장에서는 공간 적응적 분야에서 제안된 블록 분류 방법에 대해서 설명한다.

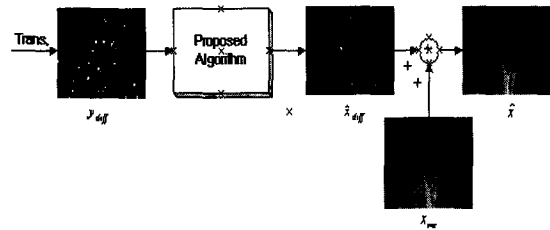


그림 4. 제안된 알고리즘을 이용한 복원 과정  
Fig. 4. Decoding process with the proposed restoration algorithm.

#### 3.1 공간 적응적 영상 복원 정지 영상에서의 열화 모델은

$$y = Hx \quad (5)$$

이고 여기서  $y, H$ 와  $x$ 는 각각 블록화 된 영상, 열화 과정, 원 영상을 나타낸다. 제약적 최적화 접근을 근간

으로 하는 영상 복원 과정은 다음의 목표함수(Objective Function)를 최소화시키는  $\hat{x}$ 를 찾는 것이다. 여기서 목표함수는

$$f(\hat{x}) = \|y - H\hat{x}\|^2 - \lambda \|A\hat{x}\|^2 \quad (6)$$

이고, 여기서  $A$ 와  $\lambda$ 는 각각 전처리 smoothness constraint를 포함하기 위한 고주파 통과 필터와 원 영상의 효용과 복구된 영상의 smoothness를 조절하는 매개 변수이다. 정착화된 반복적 방식은

$$x^k = x^{k-1} + \beta(H^T y - (H^T H + \lambda A^T A)x^{k-1}) \quad (7)$$

이고<sup>[12]</sup>, 여기서  $x^k$ 와  $\beta$ 는 각각  $k$ 번째 복원 결과와 수렴 속도를 조절하는 단위 길이를 나타낸다.

BDCT 계수의 양자화로 인해 생겨난 블록화 현상을 제거하는 경우, 수식 (7)의  $H^T H$ 은  $(C^{-1}D^{-1}QC)^T (C^{-1}D^{-1}QC)$ 이고 이것은 다시  $C^{-1}QD^{-1}D^{-1}QC$ 로 나타낼 수 있다. 여기서  $QD^{-1}D^{-1}Q$ 는  $D^{-1}Q$ 의 과정을 거친 영상에 대해서  $QD^{-1}$ 을 적용하더라도 전혀 영향을 주지 못하기 때문에  $D^{-1}Q$ 로 나타낼 수 있어  $H^T H$ 는  $H$ 로 대신할 수 있다.  $\lambda A^T A$ 로 나타낸 정착화 부분은 각각의 반복 단계에서 저주파 통과 필터로 대신할 수 있다. 따라서

$$x^k = L\{x^{k-1} + \beta(y - Hx^{k-1})\} \quad (8)$$

이고, 여기서  $L$ 은 공간 적응적 저주파 통과 필터를 나타낸다<sup>[8]</sup>.

프레임간 압축된 영상에 있어서는, 2장에서 설명한 것에 따라서, 수식 (6)의 목적함수(Objective function)는

$$f(\hat{x}_{diff}) = \|y_{diff} - H\hat{x}_{diff}\|^2 + \lambda \|A\hat{x}_{diff}\|^2 \quad (9)$$

와 같이 표현된다. 다시 말해서  $\hat{x}$  대신에 복구된 차분 영상  $\hat{x}_{diff}$ 를 찾기 위해 수식이 변한다. 수식 (7)과 수식 (8)은

$$x^k_{diff} = x^{k-1}_{diff} + \beta(H^T y_{diff} - (H^T H + \lambda A^T A)x^{k-1}_{diff}) \quad (10)$$

$$x^k_{diff} = L\{x^{k-1}_{diff} + \beta(y_{diff} - Hx^{k-1}_{diff})\} \quad (11)$$

이고, 여기서  $\hat{x}_{diff}$ 는  $k$ 번째 반복 단계에서의 복구된 차분 영상을 나타낸다. 저주파 통과 필터가 차분 영상의

블록화 현상을 제거한다고 하지만, 블록화가 없는 차분 영상이 이전의 움직임 보상 영상에 더해지면 블록화 현상이 여전히 생기게 된다. 그러므로 차분 영상이 이전의 움직임 보상 영상의 불연속과 반대의 방향으로 불연속을 가져야 하는 추가적인 제약 조건을 이용해야 한다. 더 정확히 말해서,  $P$ 는 차분 영상을 이전의 움직임 보상 영상의 불연속과 반대 방향으로 불연속으로 만드는 연산자라고 하고, 차분 영상에 있어서의 각각의 반복의 단계를 나타내면

$$\tilde{x}^k_{diff} = L\{x^{k-1}_{diff} + \beta(y_{diff} - Hx^{k-1}_{diff})\}, \quad (12)$$

$$x^k_{diff} = P\tilde{x}^k_{diff} \quad (13)$$

이고, 마지막으로 각각의 반복단계에서 재구성된 영상은

$$x^k = x_{mc} + x^k_{diff} \quad (14)$$

이다.

Projection 연산자  $P$ 는 4장에서 더 자세히 설명한다.

### 3.2 블록기반 에지 분류

본 절에서는 DCT계수를 이용한 간단한 블록 분류 알고리즘을 설명한다. 이것은 수식 (8)과 (12)에서 사용된 블록 방향에 대한 저주파 통과 필터를 적용하는 곳에 이용한다.

일반적으로 DCT의 블록 크기는  $8 \times 8$ 이고, 여기서 64개의 DCT 개수중  $C(0,1)$ 과  $C(1,0)$ 만을 이용한다. 이 두 개수들은 수직과 수평의 에지의 요소들의 분포를 나타낸다. 이 개수들을 이용하여 각각의 블록을 단조, 수직, 수평,  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ 의 에지로 분류할 수 있다. 그림 5는 에지 분류 알고리즘을 나타낸다.

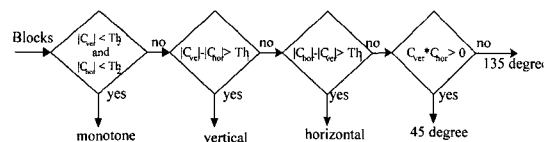


그림 5. 블록 기반 에지 분류 알고리즘  
Fig. 5. Block-based edge classification algorithm.

### IV. 차분 영상을 위한 새로운 제약조건

정지 영상에 있어서 일반적인 convex set은 BDCT 개수에 관한 선지식과 원하는 영상의 smoothness특징

들로부터 정의된다<sup>[3]</sup>. 이 장에서는 새로운 제약조건과 2장에서 설명했던 열화 모델을 기반으로 하는 프레임간 압축된 영상을 위한 투영 연산자를 설명한다.

BDCT개수를 기반으로 하는 집합  $C_1$ 은

$$C_1 = \left\{ x_{diff} : Cy_{diff} - \frac{a}{2} < Cx_{diff} \leq Cy_{diff} + \frac{a}{2} \right\}, \quad (15)$$

$$= \{ x_{diff} : QC_{diff} = Cy_{diff} \},$$

이고,  $a$ ,  $Q$ ,  $C$ 는 각각 각각의 요소들에 대한 양자화 간격, 양자화 과정, BDCT 행렬을 나타낸다. 이것은  $C_1$ 에 투영된 영상의 양자화된 개수들은  $y_{diff}$ 의 것과 같다는 것을 의미한다. 그리고  $C_1$ 이 닫힌 계이고 타원형이라는 것은 쉽게 설명 할 수 있다.

2장에서 언급했던 것처럼, 프레임간 압축 과정에서 움직임 보상 영상  $x_{mc}$ 은 블록 경계와 블록 내부가 불연속하다. 이러한 특성들이 차분 영상에서의 convex set을 정의하는데 사용한다.

집합  $C_2$ 와  $C_2'$ 는 차분 영상의 블록 경계에서 정의된다.  $Fx$ 를 영상  $x$ 의 블록 경계에서 접하는 열사이의 차분을 나타낸다고 하면<sup>[1, 3]</sup>

$$x = [x_1, x_2, \dots, x_N], \quad (16)$$

$$Fx = \begin{bmatrix} x_8 - x_9 \\ x_{16} - x_{17} \\ \vdots \\ x_{N-8} - x_{N-7} \end{bmatrix} \quad (17)$$

이고,  $x_i$ 는 영상의  $i$ 번째 열을 나타낸다. 집합  $C_2$ 는 블록 경계에서의 열 사이의 밝기 변화를 나타내고, 수식으로는

$$C_2 = \{ x_{diff} : -Fy_{mc} - \epsilon < Fx_{diff} \leq -Fy_{mc} + \epsilon \}, \quad (18)$$

이고 여기서  $\epsilon$ 는 집합의 크기를 결정하는 스칼라 경계 값을 나타낸다. 비슷한 방식으로 블록 경계에서의 행 사이의 밝기 변화를 나타내는  $C_2'$ 를 정의 할 수 있다.  $C_2$ 와  $C_2'$ 는 이전 움직임 보상 영상과 반대 방향으로 불연속을 가지는 차분 영상의 집합이다.

집합  $C_3$ 와  $C_3'$ 는 차분 영상의 블록 내부에서 정의된다.  $x_{mc}$ 는 각 블록의 움직임 벡터에 따라 블록 내부에도 불연속이 존재하게된다. 집합  $C_3$ 와  $C_3'$ 을 정의하기 위해

$$F'x = \begin{bmatrix} D^1 \\ D^2 \\ \vdots \\ D^{\frac{N}{8}} \\ D \end{bmatrix}, \quad D^i = \begin{bmatrix} d^{i1} \\ d^{i2} \\ \vdots \\ d^{i\frac{N}{8}} \end{bmatrix} \quad (19)$$

이고, 여기서  $d^{ij}$ 는 움직임 보상에 의한  $(i, j)$ 번째 블록에서의 열 사이의 밝기 변화를 의미하는  $8 \times 1$  벡터를 나타낸다. 다시 말해서  $(i, j)$ 번째 블록의 움직임 벡터가  $(a, b)$ 라고 하면,

$$d^{ij} = \begin{bmatrix} x(8i+a', 8j) - x(8i+a'+1, 8j) \\ x(8i+a', 8j+1) - x(8i+a'+1, 8j+1) \\ \vdots \\ x(8i+a', 8j+7) - x(8i+a'+1, 8j+7) \end{bmatrix}$$

이다. 집합  $C_3$ 은 블록 내부에서 열 사이의 밝기 변화를 나타내고, 수식으로 나타내면

$$C_3 = \{ x_{diff} : -F'y_{mc} - \epsilon < F'x_{diff} \leq -F'y_{mc} + \epsilon \}$$

이다. 비슷한 방법으로 집합  $C_3'$ 는 블록 내부에서 행 사이의 밝기 변화를 나타낸다. 이 철면 집합은  $x_{mc}$ 는 블록 내부에서 이전 움직임 보상 영상과 반대 방향으로 불연속을 가진다는 것을 의미한다.  $C_3$ 와  $C_3'$ 는 닫힌 계이고 타원형이다. 여기서 이전에 정의한  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_2'$ ,  $C_3$ 와  $C_3'$ 는 모두 타원형이다.  $P_i$ 와  $P_i'$ 는 convex set  $C_i$ 와  $C_i'$ 로 투영되는 것을 나타내고  $T_i$ 를 다음과 같이 정의한다.

$$T_i = I + \lambda_i(P_i - D), \quad \text{여기서 } 0 < \lambda_i \leq 2, \quad (20)$$

이고  $I$ 는 단위 행렬을 나타낸다. 수식 (13)에서 투영 연산자는 다음과 같이 정의된다.

$$P = T_1 T_3 T_3 T_2 T_2 \quad (21)$$

## V. 실험 결과

실험에 있어서, 양자화 레벨을 30으로 한 CIF Akiyo 영상과 QCIF foreman영상을 사용하였다. 영상 압축은 H.263을 사용하였다. 제안된 알고리즘과의 비교를 위해서 H.263 표준안에 제안된 deblocking 필터의 post 필터 결과를 이용하였다<sup>[13]</sup>.  $\lambda$ 와  $\beta$ 는 실험적으로 선택하였다. 그림 6(a)와 6(b)는  $x$ 로 나타낸 원 영상에서의

두 번째 프레임과  $x_{mc}$ 로 나타내었던 첫 번째 프레임의 압축영상으로부터의 움직임 보상된 영상이다. 그림 7(a)와 7(b)는 그림 6(a)와 6(b)를 이용해 각각  $y_{diff}$ 로 나타낸 차분 영상을 압축한 영상과  $y$ 로 나타낸 전체 영상을 프레임간 압축한 영상이다. 그림 7(b)에서 블록 경계와 블록 내부의 불연속을 볼 수 있다.

반복의 과정에서 각각의 블록은 3.2장에서 설명한 것처럼 다섯 종류의 에지 블록으로 분류할 수 있다. 에지 정보의 분류에 따라서 저주파 통과 필터의 방향성을 선택한 후, 수식 (12)와 (13)에서 제안된 적응 반복적 영상 복원이 수행된다. 블록 에지 분류를 위한 두 가지 파라미터로  $Th_1 = Th_2 = 2q$ 가 사용되고, 여기서  $q$ 는 양자화 레벨을 나타낸다. 제안된 알고리즘에 의해서 복원된 차분 영상은 그림 8(a)이다. 더 정확한 비교를 위해서 10을 곱해서 절대값으로 나타낸 영상은 그림 7(a)와 8(a)이다. 그림 8(b)는 복원된 차분 영상과 이전 움직임 보상된 영상을 합쳐서 얻은 최종 복원 영상이다. 그림 8(b)에서 두 종류의 블록화 현상은 충분히 제거되었고, PSNR은 0.5dB이상 증가하였다. 그림 9는 H.263의 표준안에 제안된 deblocking filter를 이용해 실험한 영상이다. 여기서 블록화 현상은 약간 줄어든 것을 볼 수 있지만 블록 내부에서의 블록화 현상은 제거되지 않은 것을 볼 수 있다. PSNR은 약 0.13dB증가하였다.

그림 10(a)와 10(b)는 foreman영상의 두 번째 프레임과 움직임 보상된 영상이다. 그림 11(a)와 11(b)는 차분 영상의 압축 영상과 프레임간 압축된 영상이다. 이 영상들을 제안된 알고리즘을 이용해 복원한 영상은 그림 12(a)와 12(b)와 같다. 제안된 알고리즘을 통해서 PSNR은 약 0.55dB증가하였다.

### VI. 결 론

본 논문에서는 프레임 압축 영상의 블록화 현상은 오직  $8 \times 8$  DCT로 인해서 발생하지만, 프레임간 압축된 영상의 블록화 현상은  $8 \times 8$  DCT와 매크로블록을 기반으로 한 움직임 보상으로 인해 발생한다는 것을 설명하였다. 관찰을 통해서 차분 영상 열화모델과 추가적인 제약조건과 절면집합을 이용해 블록 내부의 블록화 현상을 제거하는 복원 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 프레임간 압축된 영상의 열화과정을 생각하지 않은 일반적인 방법과 비교했을 때 향상된 복원 결

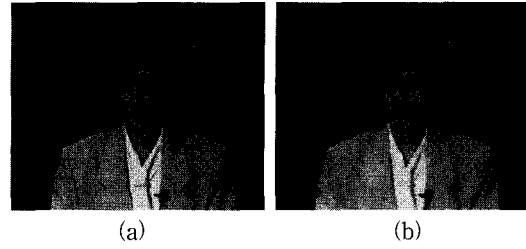


그림 6. (a) Akiyo 영상, (b) 움직임 보상된 영상  
Fig. 6. (a)Original Akiyo sequence and (b) motion compensated image.

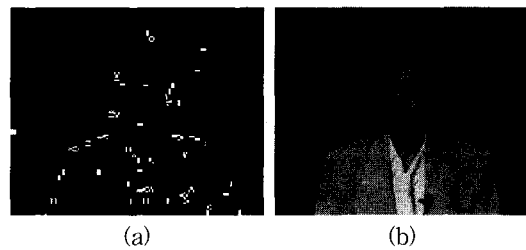


그림 7. (a) 압축된 차분영상, (b) 프레임간 압축 영상  
Fig. 7. (a) Decompressed differential image and (b) the reconstructed image from inter-frame coding.

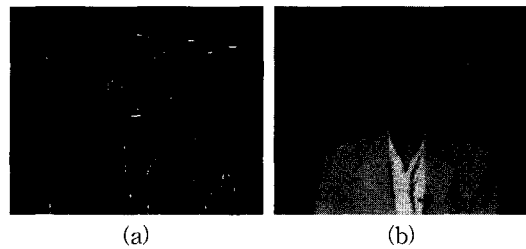


그림 8. (a) 제안된 알고리즘에 의한 차분 영상의 복원 영상, (b) 복원된 프레임간 압축된 영상  
Fig. 8. (a) Restored differential image by proposed algorithm and (b) the finally reconstructed image.

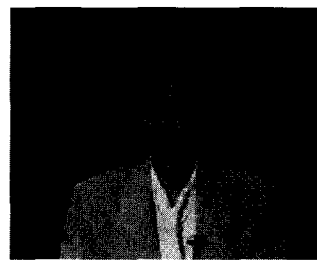


그림 9. deblocking filter를 이용한 복원 결과  
Fig. 9. Restored image by deblocking filter.

과를 나타낸다. 제안된 방법은 디지털 VCR과 디지털 HDTV시스템과 같은 동영상 압축시스템의 디코더에서 후처리 과정으로 사용될 수 있을 것이다.

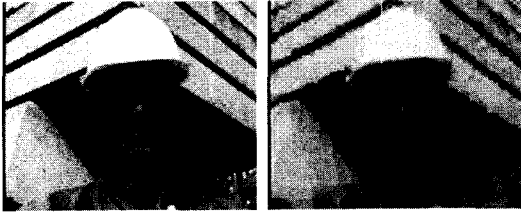


그림 10. (a) foreman 영상, (b) 움직임 보상된 영상  
Fig. 10. (a) Original Foreman Sequence and (b) motion compensated image.

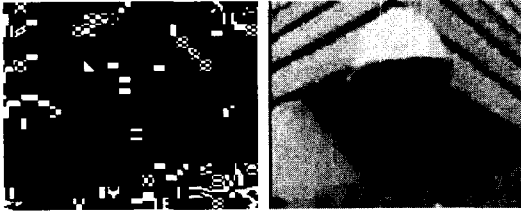


그림 11. (a) 압축된 차분영상, (b) 프레임간 압축 영상  
Fig. 11. (a) Decompressed differential image and (b) the reconstructed image from inter-frame coding.

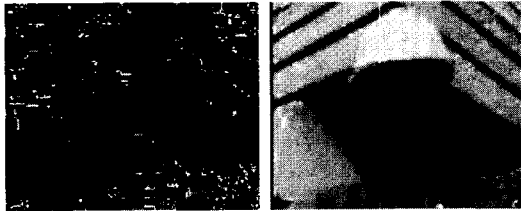


그림 12. (a) 제안된 알고리즘에 의한 차분 영상의 복원 영상, (b) 복원된 프레임간 압축된 영상  
Fig. 12. (a) Restored differential image by proposed algorithm and (b) the finally reconstructed image.

### 참 고 문 헌

- [1] Y. Yang, N. P. Galatsanos, and A. K. Katsaggelos, "Projection-based spatially adaptive reconstruction of block-transform compressed images", *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 4, no. 7, pp. 896-908, July 1995.
- [2] H. Reeve and J. S. Lim, "Reduction of blocking effects in image coding", *Optical Engineering*, vol. 23, no. 1, pp. 34-37, January 1984.
- [3] Y. Yang, N. P. Galatsanos, and A. K. Katsaggelos, "Regularized reconstruction to reduce blocking artifacts of block discrete cosine transform compressed images", *IEEE Trans. Circuits, Syst., Video Technol.*, vol. 3, no. 6, pp. 421-432, December 1993.
- [4] S. Minami and A. Zakhor, "An optimization approach for removing blocking effects in transform coding", *IEEE Trans. Circuits, Syst., Video Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 74-82, April 1995.
- [5] B. Jeon, J. Jeong, and J. Jo, "Blocking artifacts reduction in image coding based on minimum block boundary discontinuity", *Proc. 1995, Visual Commun., Image Processing*, pp. 198-209, May 1995.
- [6] J. Jeong and B. Jeon, "Use of a class of two-dimensional functions for blocking artifacts reduction in image coding", *Proc. 1995 Int. Conf. Image Processing*, pp. 478-481, October 1995.
- [7] H. W. Park and Y. L. Lee, "A Postprocessing method for reducing quantization effects in low bit-rate moving picture coding", *Proc. 1999 IEEE Trans. Circuits, Syst., Video Technol.*, vol. 9, no. 1, pp. 161-171, February 1999.
- [8] T. K. Kim and J. K. Paik, "Fast image restoration for reducing block artifacts based on adaptive constrained optimization", *J. Visual Comm., Image Representation*, vol. 9, no. 3, pp. 234-242, September 1998.
- [9] T. K. Kim and J. K. Paik, "Blocking artifacts reduction based on regularized iterative image restoration", *Proc. 1998 Int. Tech. Conf. Circuit, Systems, Computers, Communications*, vol. 1, pp. 55-58, July 1998.
- [10] S. C. Joung and J. K. Paik, "Modified regularized image restoration for postprocessing inter-frame coded images", *Proc. 1999 Int. Conf. Image Processing*, vol. 3, pp. 474-478, October 1999.

- 1999.
- [11] S. C. Joung, H. B. Woo, J. K. Paik, and Y. W. Choi, "Enhancement of inter-frame coded images based on convex projections", Proc. 1999 IEEE Region 10 Conf., vol. 2, pp. 1275-1278, September 1999.
- [12] A. K. Katsaggelos, J. Biemond, R. W. Schafer, and R. M. Mersereau, "A Regularized iterative image restoration algorithm", Proc. 1991 IEEE Trans. Signal Processing., vol. 39, pp. 914-929, April 1991.
- [13] "Video coding for low bitrate communication," Draft ITU-T Recommendation H.263, December 5, 1995.

저 자 소 개

金 成 鎮(正會員)

2000년 2월 : 중앙대학교 전자전기공학부 졸업(공학사).  
 2000년 3월~2002년 2월 : 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 졸업(석사). 현재 : 인터매직 연구원. <주관심 분야 : 영상 압축, 영상 통신, 영상 복원>

黃 仁 京(正會員)

1995년 2월 : 중앙대학교 전자공학과 졸업(공학사).  
 1999년 9월~2001년 8월 : 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 졸업(석사). 1995년 1월~1996년 : LG반도체 연구원. 1999년~현재 : I&C 테크놀로지 연구원. <주관심분야 : 영상 압축, 영상 통신>

鄭 是 昌(正會員)

1999년 2월 : 중앙대학교 전자공학과 졸업(공학사).  
 1999년 3월~2001년 2월 : 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 졸업(석사). 현재 : 삼성탈레스 연구원. <주관심분야 : 영상 압축, 영상 통신>

白 俊 基(正會員)

1984년 : 서울대학교 제어계측공학과 졸업(공학사). 1990년 : Northwestern University 전기공학과 졸업(석사, 박사). 1990년 : 삼성전자 선임연구원. 1993년 : 중앙대학교 전자공학과 조교수. 1999년 : 중앙대학교 첨단영상대학원 부교수. 2001년 : 테네시주립대학 방문교수. <주관심분야 : 영상통신, 영상복원, 3차원영상처리, 영상감시 시스템>