

논문97-2-2-09

## MPEG-4 영상의 화질 개선에 관한 연구

김 태 근\*, 신 정 호\*, 백 준 기\*

### Image Enhancement Techniques for MPEG-4

Tae-Keun Kim\*, Jeong-Ho Shin\*, and Joon-Ki Paik\*

#### 요 약

초고압축률, 내용기반 부호화, 객체 단위의 계층적 구조로 대표되는 MPEG-4 비디오의 화질 개선 기술에 관하여 논의한다. 화질 개선은 크게 두 가지로 나누어 압축과정에서 발생하는 화질 열화(degradation) 요인을 제거하고, 제한 되어 있는 공간 및 시간적 해상도를 향상시키는 기술을 제안한다.

첫째 화질 열화의 제거를 위해서, 다시 MPEG-4 비디오 압축 기술을 크게 MPEG-2와 공통되는 부분과 차별되는 부분으로 나눈 후, 전자에 대해서는 이미 개발되어 있는 화질 개선을 적용하고, 후자에 대해서는 새로운 수학적 모델을 제시하여 복원이 가능하게 한다.

둘째 공간적 해상도 향상을 위해서는 다채널 영상보간(multichannel interpolation) 기법의 구현을 위한 일반화된 구조를 제안하고, 시간 해상도 향상을 위해서는 기존의 프레임률 향상 기법을 정리한다.

MPEG-4 표준 제정 단계에서 매우 다양한 고려가 이루어지고 있지만, 가장 중요한 화질에 대해서는 상대적으로 제약이 많지 않기 때문에, 상용화 단계에서 화질 개선 기술의 추가가 매우 중요할 것으로 예상된다.

#### Abstract

In this paper, we propose and discuss about image enhancement techniques for MPEG-4, which represents very low bit-rate, content-based, and object-based hierarchical audio-visual coding standard. The proposed enhancement technique removes undesired artifacts arising in the compression procedure and increase resolution in both spatial and temporal domains.

In order to remove undesired artifacts, we divide the MPEG-4 video algorithm in two parts: MPEG-2 like part and the new part. For removing artifacts caused by the first part, we adopt the conventional blocking artifacts algorithm developed for MPEG-2. On the other hand for removing artifacts caused by the second part, we provide a new degradation model, and propose the corresponding image restoration method.

For increasing resolution of the MPEG-4 images, we propose a general framework of multichannel image interpolation process, which includes both spatial and temporal interpolations.

As the MPEG-4 standard is under development, various sophisticated techniques are considered, but research on image enhancement techniques is relatively underestimated. By this reason, additional image enhancement techniques will become very important issue in realization phase of MPEG-4.

\* 중앙대학교 전자공학과

Dept. of Electronic Engineering, Chung-Ang University.

※ 본 연구는 한국과학재단 주관의 특정기초연구과제(96-0102-14-01-3) 연구지원비 지원 하에 수행되었음.

#### I. 서 론

동영상 압축 표준은 MPEG-1과 MPEG-2를 거치면서,

기술적으로는 블록 단위의 움직임 추정 및 보상, 영상변환, 다중화, 통계적 부호화, 전송률 제어 등과 같은 현재 개발되어 있는 영상처리, 통신, 반도체 기술들을 종합하였고, 응용면으로는 방송, 통신, 저장 등을 통합하게 되었다. 사실 안정된 전송채널상에서 단방향으로 규격화 되어 있는 디지털 동영상을 주고 받기 위해서는 더 이상의 표준안이 필요하지 않다고도 생각할 수 있다. 그러나 멀티미디어 통신의 요구는 지속적으로 확장되어서 전화선과 같은 초저속의 전송채널이나, 이동통신과 같은 무선 채널 상의 전송을 요구하게 되었다. 한편, 내용면으로는 영상 내의 객체들을 독립적으로 처리하여 보다 높은 압축률과 사용자의 자유로운 편집을 가능한 멀티미디어 표준을 기대하게 되었다.

이와 같은 기대에 부응하기 위해서 MPEG 그룹은 1994년에 다음과 같은 네가지의 요구조건을 만족시킨다는 전제하에 MPEG-4 표준안 제정에 착수하였다[1,2].

- 가) 전송채널의 다양화 및 강건성(universal accessibility and robustness in error prone environment)
- 나) 사용자와의 호환 기능 향상(high interactive functionality)
- 다) 자연/인공 정보의 동시 부호화(coding of natural and synthetic data)
- 라) MPEG-1/2와는 차별되는 압축 효율의 향상(very low bit-rate coding)

위와 같은 요구 조건을 만족시키기 위한 MPEG-4의 구성은 비디오, 오디오, 인공/자연 복합부호화, 시스템 등과 같은 4 부분으로 나누어진다.

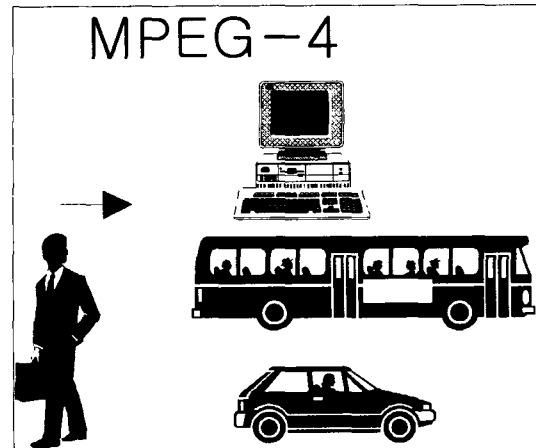
본 논문에서는 2절에서 MPEG-4 비디오의 알고리즘을 정리하고, 3절에서 MPEG-4를 사용한 영상압축 과정에서 발생하는 열화요인을 모델링하여 그 제거 방식을 제안한다. 4절에서는 MPEG-4 압축영상의 공간 및 시간 해상도 향상에 관련된 기술을 정리하고, 5절에서 결론을 맺는다.

## II. MPEG-4 비디오

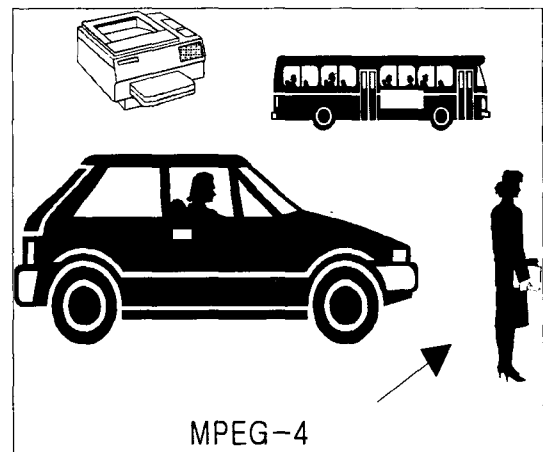
MPEG-4 비디오 코딩 알고리즘은 궁극적으로는 MPEG-1이나 MPEG-2가 갖는 다양한 레벨의 입력 포맷, 프레임율과 비트율에서 일련의 사각형 영상을 효율적으로 압축하는 기능을 포함하고 있다. 그리고 이에 더불어 content에 기반한 기능들을 포함하고 있다.

Content에 기반한 기능은 MPEG-4 기반 기술중 대표적인 기능이라 할 수 있다. MPEG-4에는 content를 선택적으로 부호하여 새로운 비디오 content를 재구성해 낼 수 있는 기능이 추가되어 있는데 이를 content에 기반한 scalability 라 한다. 이 기능은 content를 부호화 및 부호화 과정에서 각각 독립적으로 처리하므로 그림 1에서 보인 것과 같은 응용이 가능하게 되었다.

그림 1을 보게되면 그림 1a에 보여진 영상의 내용들이 1b에 서는 확대, 축소, 회전등의 응용이 일어났고, 또는 전에 없던 새로운 내용들이 추가됨을 볼 수 있다.



(a) 원영상



(b) 복호후 응용된 영상

그림 1. MPEG-4 영상에 대해서 content에 기반한 객체 응용의 예 Fig. Examples of content-based objects in MPEG-4 video; (a) original and (b) the processed images.

이러한 MPEG-4의 기능은 수신단측에서 더 이상의 영상분할이나 상호코딩이 필요없이 압축된 영역에서 영상이나 비디오의 content를 조작등이 가능하게 하는 가장 기본적인 개념을 제공한다. 이러한 content에 기반한 대화형의 기능을 보일 수 있도록 검증모델에서는 Video Object Plane (VOP)라는 개념을 제공한다. 이것은 입력된 일련의 영상에서 각각의 프레임이 임의의 형태를 가지고 있는 영상의 영역들로 분할된 것을 말한다. 이 VOP는 임의의

형태를 가지고 어느 위치에든 놓일 수 있으며, 또한 프레임과 프레임간에서도 형태가 변할 수 있다. 그리고 VOP에 대한 계층관계는 그림 2에 나타나 있다. 같은 객체에 속하는 연속적인 VOP들을 Video Object (VO)라하고, 같은 VO에 속하는 VOP의 형태, 움직임 등은 각각의 Video Object Layer (VOL)로 부호, 전송, 복호된다.

MPEG-1과 MPEG-2에 비하여 더 나은 기능을 부여하기 위해 많은 기능들이 추가되었는데, 그중에서도 흥미로운 것이 "스프라이트"라는 예측기능이다. 스프라이트는 주로 카메라 움직임에 의해 생겨난 배경 내용의 변화를 효율적으로 전송할 수 있는 기능이다. 그러므로 이는 수신단에 전송되고, 복호기와 부호기 양측에 가능한 큰 정지영상이 전송되게 된다. 그럼으로써 수신단에는 카메라 움직임에 대한 정보만을 보냄으로써 각프레임마다 적당한 화면을 구성해 낼 수 있으므로 효율적으로 영상을 재구성해 낼뿐더러 전송되는 데이터량을 줄일 수 있다.

### Ⅲ. 열화요인의 모델 및 제거 방법

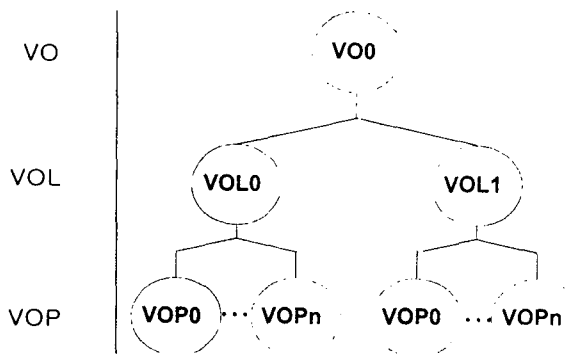


그림 2. MPEG-4 계층구조  
Fig. 2. Layered structure of MPEG-4 video

블록 이산 코사인 변환(DCT)은 정지영상과 동영상의 압축과정에서 널리 사용되어 온 압축 기법이다. 일반적으로, 높은 압축율은 양자화 과정을 거치면서 이산 코사인 변환 계수의 상대적으로 중요하지 않은 고주파부분이 버려짐으로써 가능해진다. 다수의 국제 표준(비디오폰 전화회의를 위한 H.261, 정지 영상을 위한 JPEG, 동영상과 디지털 저장 미디어에 관련한 MPEG-1, 디지털 HD TV를 위한 MPEG-2)은 높은 에너지 압축율을 위해 블록 이산 코사인 변환을 사용한다. 현 MPEG-4에 기반한 압축기법에서도 영상압축의 한 방법으로 블록 이산 코사인 변환을 사용하게 되었다. 그림 3에서는 실제 영상에서 어떠한 과정을 거쳐 압축되는가를 나타내었다. 3a에 보이는 원영상을 3b, 3c에 보여진것과 같이 각각의 VOP로 나누어 독립적으로 압축과정을 거친 뒤 다시 3d와 같은 영상으로 합성이 되었다.

그러나 이 영상에서 나타난 것과 같이 높은 압축율을 얻기 위해서는 필연적으로 영상의 열화의 일종인 블록화 현상이 수반된다. 그리고 content에 기반한 영상압축기술 때문에 영상과 영상이 합성되면서 그에따라 영상과 영상의 경계면에서도 서로가 단절된듯한 형상을 띄게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 MPEG-4 검증모델에서도 블록화 현상 제거 필터와 링현상 제거 필터를 후처리 과정에 포함시켰다 그러나 블록화 현상 제거 필터는 영상의 블록과 블록 경계면에대한 처리만을 고려하였고, 링현상 제거필터의 경우 단순한 저주파 통과필터만을 구현하였기 때문에 영상의 화질을 효율적으로 개선하기에는 부족한 면이 많이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 비트율을 늘리지 않으면서 동시에 블록화 현상과 영상경계면 부근에 대한 열화를 제거하기 위해 다음과 같은 방법을 제안하게 되었다.

아래는 제안된 알고리즘의 유도를 간단하게 하기 위해  $N \times N$  영상을  $x(m, n)$ 의 일차원 벡터로 나타낸 것이다.

$$x = [x_1, x_2, \dots, x_{\frac{N^2}{B^2}}], \quad (1)$$

여기서  $k = p(N/B) + q$ 인  $x_k$ 는 그림 4에서와 같이  $(p, q)$ 차 블록에서 사전 식으로 배열된  $B^2$ 요소들을 나타낸 것이다. 블록-이산 코사인 변환에 근거한 압축 복구 과정의 열화 모델은 아래와 같다.

$$y = C^{-1} D^{-1} Q C x, \quad (2)$$

$y$ 는 블록-이산 코사인 변환 계수의 양자화 때문에 블록화 현상이 발생한 복구 영상을 나타낸다.  $C$ 와  $C^{-1}$ 는 이산 코사인 변환 계수와 역 이산 코사인 변환 계수이고  $Q$ 와  $D^{-1}$ 는 각각

$$C = \begin{bmatrix} [c] & 0 & \dots & 0 \\ 0 & [c] & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & [c] \end{bmatrix} \quad \text{그리고, } C^{-1} = \begin{bmatrix} [c]^{-1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & [c]^{-1} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & [c]^{-1} \end{bmatrix} \quad (3)$$

양자화와 역 양자화 계수이다. 수식 (2)에 대응하는 블록 다이어그램을 그림 5에 나타냈다.

수식(2)에 주어진 영상 복원 모델에 근거하면 위에 언급한 행렬은 아래와 같이 표현될 수 있다.

$[c]$ 와  $[c]^{-1}$ 은 각각 이산 코사인 변환 행렬, 역 이산 코사인 변환 행렬을 표현한 것이고 크기는  $B^2 \times B^2$ 이다. 그리고 (2)에서  $Q$ 로 표현된 양자화 연산자는 나누기와 반올림의 연속 연산으로 나누어 질 수 있다.

$$Q = R D, \quad (4)$$

(4)에서 나누기 행렬  $D$ 는 아래와 같이 표현된다.

$$D = \begin{bmatrix} [d_1] & 0 & \dots & 0 \\ 0 & [d_2] & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & [d_{\frac{N}{B}}] \end{bmatrix} \quad (5)$$

여기서  $[d_k]$ 는 직교 행렬이다.

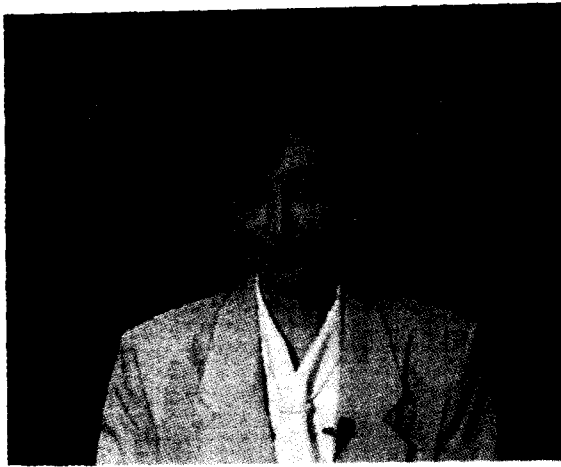
(4)에서  $R$ 로 표기된 반올림 연산은 전체 열화 과정이나 혹은 압축 복구 과정에서 비선형, 다대일 매핑 연산자이다. 그리고 이것은 입력 벡터의 각 요소에 반올림 연산

을 수행하는 직교 성분을 가진 직교행렬로 표시될 수 있다.  $D^{-1}$ 로 표시된 역 양자화 행렬은 나눔 행렬  $D$ 의 역행렬 표현이다.

위와같이 제안된 열화모델에대해서 다음과 같이 영상 복원과정이 이루어 질 수 있다.  $H = C^{-1}D^{-1}QC$  라고 하면 (2)를

$$y = Hx, \quad (7)$$

로 쓸 수 있다.



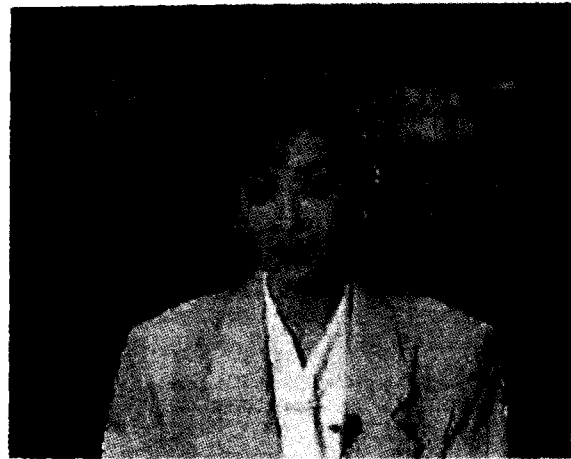
(a) 원영상



(b) 초저비트율로 압축된 VOP 1



(c) 초저비트율로 압축된 VOP 2



(d) 합성된 영상

그림 3. 초저비트율로 압축된 VOP의 예

Fig. 3. An example of very low bit-rate compressed image; (a) the original image, (b) VOP1, (c) VOP2, and (d) the composed image.

$H$  는 영상 열화 연산자로 볼 수 있다.

블록-이산 코사인 변환에 근거한 압축 영상에서 블록화 현상을 제거하기 위해 에지 분류의 제한적 최적화를 사용하는 고속 영상 복원 알고리즘을 제안한다.

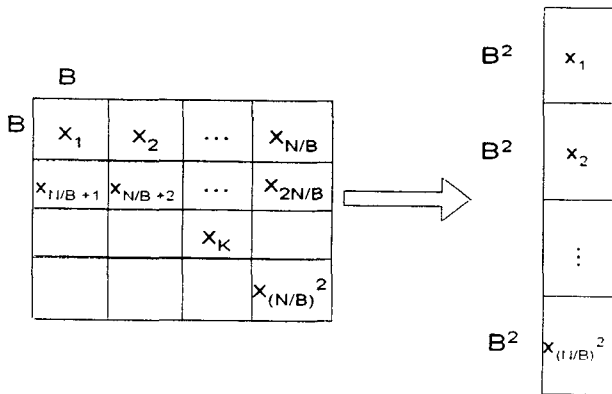


그림 4.  $B \times B$  크기 영상의 일차원 벡터 표현  
Fig. 4. One-dimensional representation of an  $N \times N$  image for  $B \times B$  block based processing

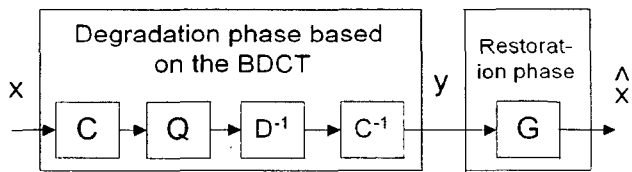


그림 5. 블록 이산 코사인 변환에 근거한 압축 복구 과정의 영상열화 복구 모델을 위한 블록 다이어그램  
Fig. 5. Block diagram of image degradation-restoration process for block-based DCT

제한적 최적화 접근 방법에 근거한 일반적인 영상복원 과정은

$$\|A\hat{x}\|^2 \leq e^2, \quad (8)$$

을 조건으로

$$\|y - H\hat{x}\|^2 = 0, \quad (9)$$

을 만족하는  $\hat{x}$  를 찾는 것이다.

여기서  $A$  는 고주파 통과 필터를 그리고 식 (9)는 에너지를 나머지를 나타낸다.  $H$  는 다대일 매핑 연산자이므로 (9)에서는 일반적인 여러 해가 나올 수 있다. 열화가 없는 원영상  $x$ , 블록화 현상이 있는 복구 영상  $y$ , 그리고 많은 다른 영상들이 (8)에 의해 정의된 해의 요소가 될 수 있다. 여러 가지 중 원 영상  $x$  와 가까운 것을 고르

기 위해서는 (9)에서 보이는 것처럼 블록 경계에서의 분산이 어떤 특정 값보다 작게 유지되어야 한다.

이 절에서 이미 언급한 것처럼 (9)식의 절대적인 해는 없다. 왜냐하면  $H$  는 비선형 연산이기 때문이다. 이러한 관점에서 제한적 최적화의 추정 기법을 제안한다. 이 기법은 아래 두 가정하에서

$$\|A_E \hat{x}\|^2 \leq e^2, \quad (10)$$

를 조건으로 하는  $\hat{x}$  에 대해

$$\|y - H_L \hat{x}\|^2 \quad (11)$$

을 최소화하는 방법이다.

가정 1  $H_L$  은 공간 불변 저주파 통과 필터이다.

가정 2  $A_E$  는 블록 적응적 방향성 고주파 통과 필터로써 그 방향은 블록 분류된 에지 정보에 의해 결정된다.

가정 1은 이산 코사인 변환 계수에서 고주파성분이 더 많이 양자화 된다는데 주목한 것이다. 따라서  $H$  를 간단한 저주파 통과 필터  $H_L$  로 볼 수 있다. 추가적으로 (9)의 최소화는 영상에서 경계가 아닌 부분 즉 블록화 현상이 없는 영상의 과도한 평탄화를 억제할 수 있다.

다음에서는 블록 적응적 방향성 고주파 통과 필터를 구현하기에 적합한 노벨 블록 분류기법을 기술한다.

$B \times B$  영상을 고려할 때, 이산 코사인 변환 계수는 (12)와 같이 표현된다.

$$C_x(k_1, k_2) = \begin{cases} \sum_{n_1=0}^{B-1} \sum_{n_2=0}^{B-1} 4x(n_1, n_2) \cos \frac{\pi}{2N_1} k_1(2n_1+1) \\ \quad \times \cos \frac{\pi}{2N_2} k_2(2n_2+1) \\ \quad , 0 \leq k_1 \leq B-1, 0 \leq k_2 \leq B-1 \\ 0 \quad , otherwise \end{cases} \quad (12)$$

블록의 크기가  $8 \times 8$ 일 때 64개의 기본 함수로부터 64개의 이산 코사인 변환 계수가 발생한다. 그러나 여기서  $C(0,1)$  과  $C(1,0)$  계수만을 사용한다. 이것은 각각 수평 수직 에지를 나타낸다. 이 계수는 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} C_{ver} &= C(0,1) = \sum_{n_1=0}^7 \sum_{n_2=0}^7 4x(n_1, n_2) \\ &\quad \times \cos \frac{\pi}{2 \cdot 8} (2n_2+1), \\ C_{hor} &= C(1,0) = \sum_{n_1=0}^7 \sum_{n_2=0}^7 4x(n_1, n_2) \\ &\quad \times \cos \frac{\pi}{2 \cdot 8} (2n_1+1), \end{aligned} \quad (13)$$

이 두 계수를 사용하여 각 블록의 에지 방향을 결정한

다. 더 자세히 말하면 에지의 8×8 블록은 각각 단조, 수평, 수직, 0° ~ 45°, 45° ~ 90°, 90° ~ 135° 그리고 135°~180° 에지로 분류된다.

에지를 분류하는 알고리즘은 그림 6에 도시되어 있다. 위에서 주어진 두 가정에 따르면,

$$H_L(m, n) = \frac{1}{22} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 10 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}, \quad (14)$$

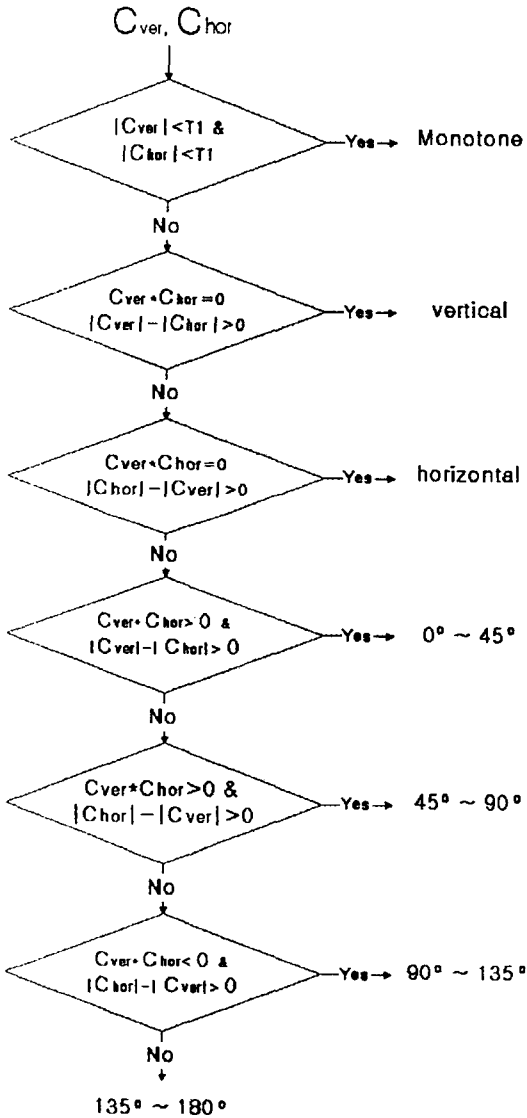


그림 6. 이산 코사인 변환 계수를 사용하여 에지를 분류하는 알고리즘  
 Fig. 6. The proposed edge classification algorithm using DCT coefficients.

를 추정된 선형 공간 불변 저주파 통과 필터라고 할 수 있다.

아래첨자 E로 표기된 어떤 에지 형태의 특정 블록에 대해 주파수 응답의 방향성 Constrained Least Square (CLS) 필터를 아래와 같이 구현할 수 있다 [6].

$$G_E(k, l) = \frac{H_L^*(k, l)}{|H_L(k, l)|^2 + \lambda |A_E(k, l)|^2}, \quad (15)$$

여기서 방향성 고주파통과 필터 A\_E는 다음과 같은 과정을 거쳐 결정된다. 먼저 다섯 개의 방향성 고주파통과 필터를 정의한다. 각각은 단조, 수직, 수평, 45° 그리고 135°의 참조방향에 해당한다. 다섯 개의 방향성 고주파통과 필터는 다음과 같이 주어진다.

$$D_m(m, n) = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix},$$

$$D_v(m, n) = \frac{1}{48} \begin{bmatrix} -1 & -10 & -1 \\ 0 & 24 & 0 \\ -1 & -10 & -1 \end{bmatrix},$$

$$D_h(m, n) = \frac{1}{48} \begin{bmatrix} -1 & 0 & -1 \\ -10 & 24 & -10 \\ -1 & 0 & -1 \end{bmatrix}, \quad (16)$$

$$D_{45}(m, n) = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 2 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$D_{135}(m, n) = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

제안된 방향성을 가진 고주파 통과 필터는 에지에 방향에 따른 영상특성을 유지함과 동시에 블록화 현상을 제거하기 위해 구현이 되었다. 특히 수직과 수평 에지에 적용되는 필터의 경우 블록화 현상이 수직과 수평으로 나타나므로 이의 제거를 위해서 대각선 방향의 계수값에 -1의 값을 추가함으로써 이러한 문제를 해결할 수 있었다.

다음으로 그림 7에 보인 알고리즘에 의하여 두 개의 임시 고주파통과 필터 D\_1과 D\_2을 결정한다. 마지막으로 방향성 고주파통과 필터는 (17)식에 의해 결정된다.

$$A_e = \frac{|C_{ver}| \cdot D_1 + |C_{hor}| \cdot D_2}{|C_{ver}| + |C_{hor}|}, \quad (17)$$

역 이산 푸리에 변환을 사용하여 (15)의 복원 필터에 대응하는 공간영역 임펄스 응답을 구할 수 있다. 임펄스

응답은 2차원 올림형 코사인 윈도우를 사용하여 임펄스 응답을 적당한 크기로 자른다. 이로써 구해진 필터를 이용해 적응적으로 필터를 처리하였다. 이렇게 처리된 영상에 대해서 식(9)에서 주어진 조건을 만족하기 위해서 다음과 같은 제약조건을 제안하였다. 이 모델은 다음과 같이 정의 될 수 있다.

$$\hat{x} = C^{-1}UCGy = C^{-1}UC\hat{x} \quad (18)$$

여기서  $U$ 는 제약조건 연산자를 나타내며,  $C$ 와  $C^{-1}$ 는 각각 순방향과 역방향 이산 코사인 연산자를 나타내며,  $G$ 는 제안된 영상복원 필터과정을 나타낸다. 제안된  $U$  연산자는 양자화 범위를 벗어난 계수들을 가까운 경계면 값으로 투영시킨다. 식 (18)에 제안된 영상복원필터에 기반한 복원 모델은 다음과 같이 표현되어 질 수 있다.

$$U = \begin{bmatrix} [u_1] & 0 & \dots & 0 \\ 0 & [u_2] & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & [u_{\frac{N^2}{B^2}}] \end{bmatrix}, \quad (19)$$

여기서  $[u_k]$ 는 사전적 배열인  $B \times B$  영상 블록에 대한  $B^2 \times B^2$ 크기를 가진 연산자다. 여기서  $k$ 번째 부행렬  $[u_k]$ 는 다음과 같은 과정을 통해서 결정되어 질 수 있다. 예를 들어서 계수값들이 양자화 영역을 벗어날 경우에는 그 경계값으로 투영시키고, 만일 벗어나 있지 않다면, 그 값들을 변화시키지 않는다. 그러나 특히 이러한 제약 조건은 예측적 압축이 사용되지 않은 경우에는 쉽게 구현이 가능하므로, 예측적 압축이 사용된 경우에는 이러한 제약조건을 사용하지 않아, 시스템의 복잡도를 줄이도록 하였다. 예지에 따라 분류된 영상은 그림 8에 나타나 있고, 이렇게 구해진 필터를 이용해 그림 2.(d)에 보여진 영상에 적용해 본 결과 그림 9에서 보여진 것과 같은 출력을 얻을 수 있었다.

#### IV. 공간 및 시간 해상도 향상

MPEG-4등의 동영상 압축 표준은 초저비트 압축(very low bit-rate coding)을 수행하기 위해서 영상 시퀀스를 공간적으로나 시간적으로 샘플링을 수행하게 된다. 이로인하여 영상은 송신단에서 몇 개의 프레임을 생략하고 전송하거나 공간상의 영상중 일부 행이나 열을 생략하고 전송한다. 이러한 문제를 극복하기 위한 기술인 영상 보간 기법은 영상 통신의 후처리 기술 및 압축 기술, 고해상도 또는 다해상도 영상 처리 분야에서 매우 중요한 역할을 한다. 구체적으로 말하자면 영상 보간 기술은 여러가지 종류의 영상과 비디오의 형태를 변화시키거나 영상의 해상도

를 증가시키는 방법으로 사용할 수 있다.

#### 1. 공간 해상도 향상을 위한 다채널 영상 보간 기법의 일반화된 구조

본 절에서는 고해상도 비디오의 시공간 보간 기법에 관한 일반적인 구조를 제안한다[3]. 제안한 보간 알고리즘은 일반적인 보간 과정, 이웃하는 프레임간의 화소들의 움직임 추정, 장면 전환의 검출 및 움직임 보정 시간 필터링(motion compensated temporal filtering) 과정등으로 구성 되어 있다. 제안한 알고리즘은 위의 각 과정에 대하여 구체적인 구현 방법을 제시한다. 앞서 언급했던 것처럼 하드웨어와 소프트웨어의 복잡성을 증가시키지 않으면서 고해상도의 비디오를 얻기 위한 시공간 보간 알고리즘을 제안한다. 구체적으로 말한다면 본 논문에서 제안한 알고리즘은 움직임 보상 시간축 유한 임펄스 응답 필터링(motion compensated temporal IIR filtering)을 사용하여 영상 시퀀스의 해상도를 증가시키는 기법이다.

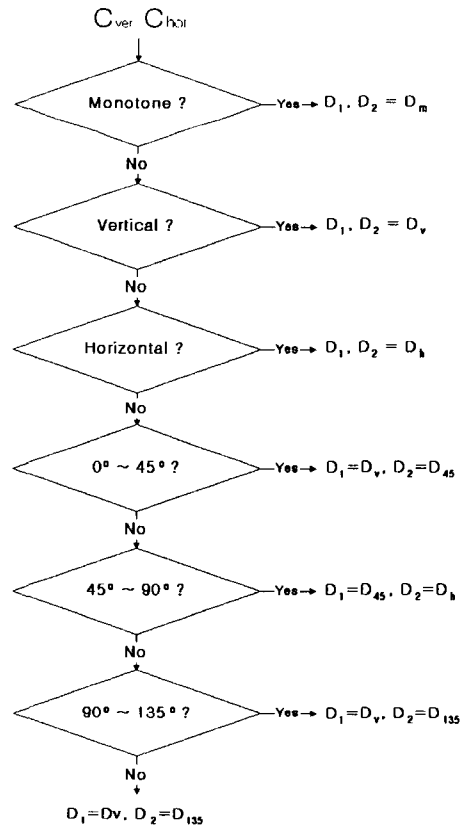


그림 7. 고주파 통과 필터를 분류하는 알고리즘  
Fig. 7. The proposed highpass filter assignment algorithm

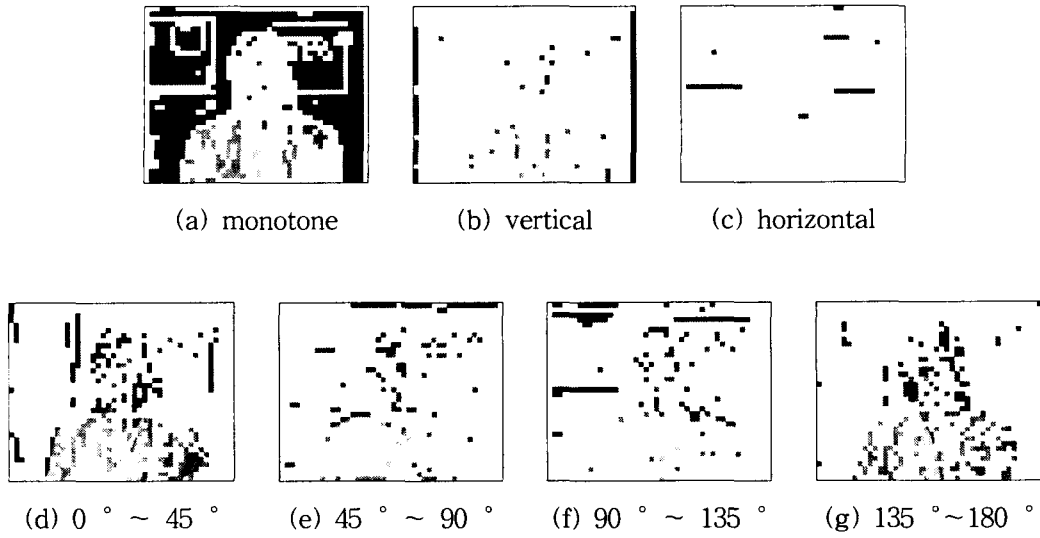


그림 8. 제안된 방식으로 에지의 예: (a) 평탄영역, (b) 수직, (c) 수평, (d) 0° ~ 45°, (e) 45° ~ 90°, (f) 90° ~ 135°, (g) 135° ~ 180°  
 Fig. 8. Edge classification results: (a) monotone, (b) vertical, (x) horizontal, (d) 0° ~ 45°, (e) 45° ~ 90°, (f) 90° ~ 135°, (g) 135° ~ 180°

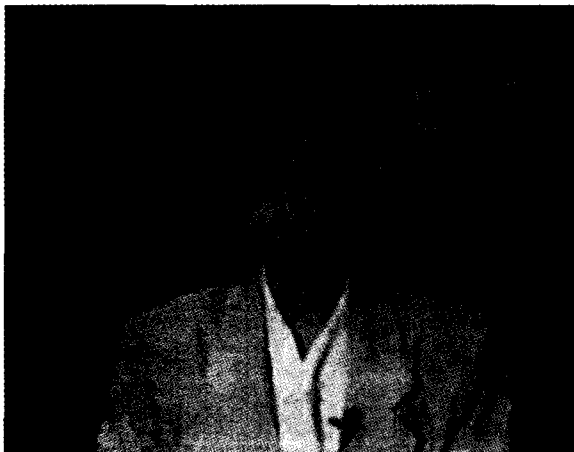


그림 9. 제안된 방식으로 처리된 영상  
 Fig. 9. The restored image by using the proposed filtering

제안한 알고리즘을 요약하면 다음과 같다.

알고리즘: 시공간 영상 시퀀스 보간 알고리즘

단계1 : 기준 영상을 배열  $x^0$ 에 할당하고, 영상 시퀀스의 지수(index),  $k$ 를 0으로 둔다.

$$x^0(0:N_1-1, 0:N_2-1) \leftarrow \text{기준영상}; k=0, \quad (20)$$

여기서  $N_1$ 과  $N_2$ 은 각각 수평방향과 수직방향의 영상 크기를 나타내고, 일반적으로 2의 멱수가 된다.

단계2 : 확대할 부영상의 위치와 크기를 결정하고  $x_M^0$ 에 부영상의 배열을 할당한다.

$$x_M^0 \left( 0: \frac{N_1}{M} - 1, 0: \frac{N_2}{M} - 1 \right) \leftarrow x^0 \left( n_1: n_1 + \frac{N_1}{M} - 1, n_2: n_2 + \frac{N_2}{M} - 1 \right), \quad (21)$$

여기서  $M$ 은 확대 배율을 나타내고,  $(n_1, n_2)$ 은 확대할 부영상의 시작점을 나타낸다.

단계3 : FFT와 영채우기(zero padding)를 사용하여  $x_M^0$ 로 표시한 기준 영상을 보간하고, 다음과 같이  $x_M^0$ 의 내용을 보간한 영상으로 대체시킨다.

$$x_M^0(0:N_1-1, 0:N_2-1) \leftarrow F^{-1} \left[ F \left\{ x_M^0 \left( 0: \frac{N_1}{M} - 1, 0: \frac{N_2}{M} - 1 \right) \right\}, z \left( \frac{N_1}{M}: N_1 - 1, \frac{N_2}{M}: N_2 - 1 \right) \right], \quad (22)$$

여기서  $F^{-1}$ 와  $F$ 는 각각 역방향과 순방향의 FFT를 나타내고,  $z(p, q)$ 는  $p \times q$ 크기의 영채우기를 나타낸다.



단계4 : 1씩  $k$ 를 증가시키고  $k$ -번째 영상을  $x^k$ 의 배열에 할당한다.

$$k \leftarrow k+1; x^k \leftarrow k\text{-번째 영상 프레임.} \quad (23)$$

단계5 : 장면 전환을 검출한다. 만약 장면이 전환되었다면  $x^k$ 를 새로운 기준영상으로 설정하고 단계 1부  $x^k$ 부터 수행한다. 장면의 변화가 없다면 다음 단계를 계속 수행한다.

단계6 :  $x^0$ 와  $x^k$  간의 정수 움직임 벡터  $(l, m)$ 를 추정하고, 그에 해당하는 움직임 보상을 수행한 배열  $x^k$ 를  $x_M^k$ 에 할당한다.

$$x_M^k(0: \frac{N_1}{M}-1, 0: \frac{N_2}{M}-1) \leftarrow x^k(n_1+l, n_1+l+\frac{N_1}{M}-1, n_2+m, n_2+m+\frac{N_2}{M}-1). \quad (24)$$

단계7 :  $k$ -번째 부영상을 영채우기와 FFT를 사용하여 보간하고  $x_M^k$ 로 나타낸다. 그리고  $x_M^k$ 을 보간한 영상으로 대체한다.

$$x_M^k(0: N_1-1, 0: N_2-1) \leftarrow F^{-1} \{ F \{ x_M^k(0: \frac{N_1}{M}-1, 0: \frac{N_2}{M}-1) \} \} \quad (25)$$

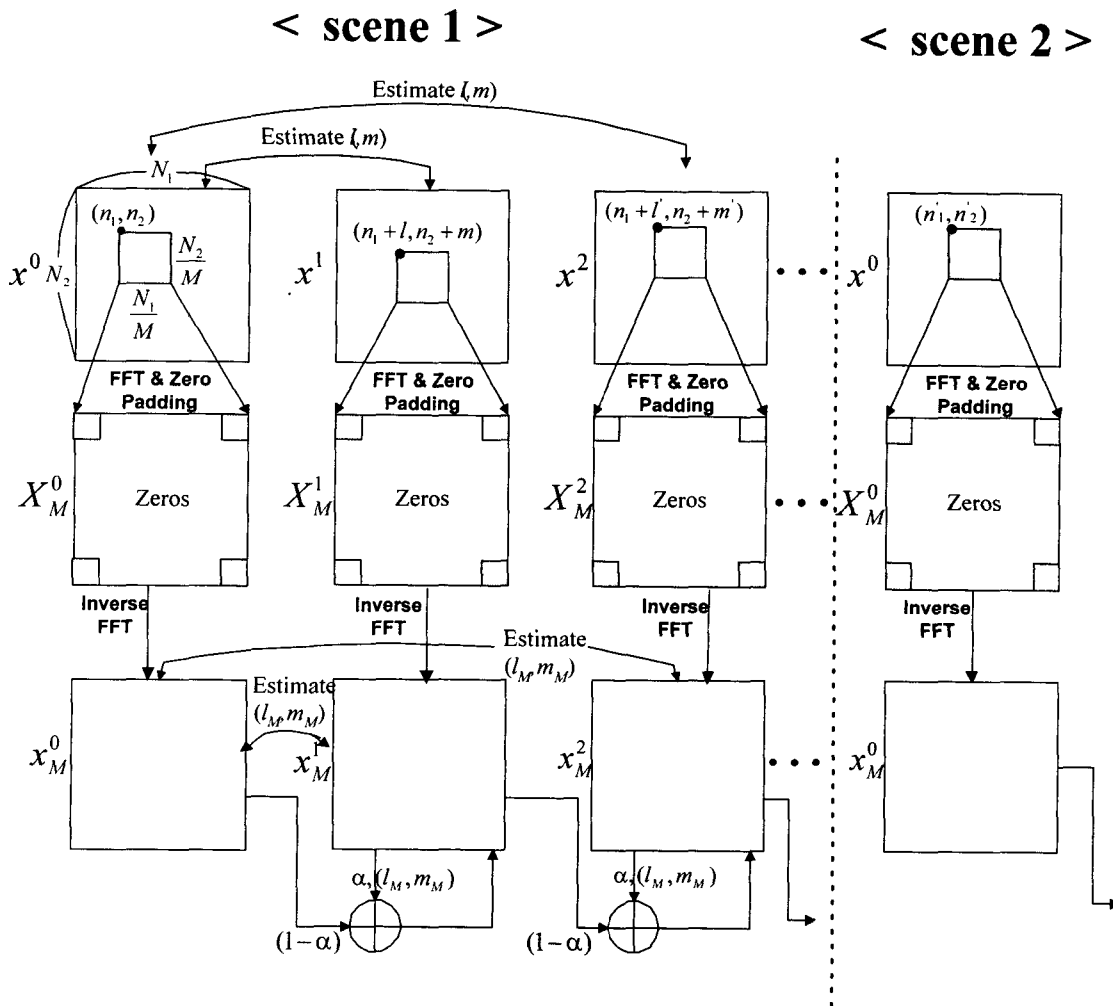


그림 10. 제안한 알고리즘에서 사용한 여러 배열들간의 관계  
Fig. 10. Relationships between various arrays used in the proposed interpolation algorithm

$$z\left(\frac{N_1}{M}:N_1-1, \frac{N_2}{M}:N_2-1\right)$$

단계8 :  $x_M^0$ 과  $x_M^k$ 간의 부화소 움직임 벡터  $(l', m')$ 를 추정한다.

단계9 :  $x_M^{k-1}$ 과 부화소 움직임 보상을 수행한  $x_M^k$ 를 조합하여  $x_M^k$ 를 갱신한다.

$$x_M^k(i, j) = (1-a)x_M^{k-1}(i, j) + ax_M^k(i+l', j+m'), \quad (26)$$

for  $i=0, 1, \dots, N_1-1$  and  $j=0, 1, \dots, N_2-1$ .

단계10 : 더이상의 처리할 영상 시퀀스가 없다면 알고리즘을 종료하고, 그렇지 않다면 단계 4를 수행한다.

제안한 알고리즘을 사용한 여러가지 배열들간의 관계를 그림 10에 나타내었다.

본 알고리즘은 M으로 표시한 확대 배율을 자유롭게 설정할 수 있으며, 확대 배율이 반드시 정수일 필요는 없다. 또한 보간할 부영상의 위치도 자유롭게 결정할 수 있다. 단계 5에서 장면 전환을 검출하기 위해서 영상의 분산값을 사용한다. 분산값은 영상의 특성을 결정하는 중요한 요소가 될 수 있다. 연속적인 프레임들의 분산값의 차이가 크다면 장면이 전환되었다고 가정할 수 있다. 이러한 분산값의 한계치는 실험적으로 결정할 수 있다. 이 방법을 사용함으로써 장면 전환을 효율적으로 검출할 수 있다. 또한 단계 3과 7에서는 공간상의 보간을 수행하기 위한 방법으로 영채우기를 수행한 FFT를 사용하는데, 그 이유는 0차 보간이나 선형 보간의 경우와는 다르게 잘못된 주파수 성분을 발생시키지 않기 때문이다.

해상도의 개선과 잡음 제거는 단계 9에서 움직임 보상 시간 필터링을 통하여 수행한다. 본 알고리즘은 연속적인 영상 프레임들이 단지 프레임 움직임만을 갖는다고 가정한다. 개별적인 피사체의 움직임이 커서 동일한 피사체로 인식할 수 없거나 완전히 다른 장면이 시작된다면, 단계 5에서 일시적으로 해상도가 저하될지라도 두개의 프레임을 분리한다.

마지막으로 정수화소 및 부화소의 움직임 벡터 추정은 투영 정합 알고리즘(projection matching algorithm : PMA)을 사용하며, 이 알고리즘은 의도한 움직임 벡터를 실시간으로 추정할 수 있다.

본 절에서는 확대한 영상의 해상도를 향상시키고 동시에 시공간(spatio-temporal) 처리를 사용하여 잡음을 감소시키는 비디오 보간의 구조를 제안하였다. 제안한 알고리즘은 정지영상보다 연속적인 프레임이 훨씬 많은 양의 정보를 갖고 있다는 사실에 착안하였다. 서로 다른 프레임들간에 상대적인 움직임이 존재하기 때문에 상호 프레임간

의 움직임 벡터를 추정해야하고, 추정한 움직임에 따라서 두개의 이웃한 프레임간의 상이한 움직임을 보정한다.

제안한 확대 알고리즘은 저해상도 영상 시퀀스의 피사체 및 표적 인식, 디지털 캠코더에서의 디지털 영상 확대, 저해상도 CCD를 사용한 고해상도 캠코더등의 다양한 영상 처리 응용분야에서 사용할 수 있다.

## 2. 시간 해상도 향상을 위한 프레임률 향상 기법

많은 비디오 압축 구조들 중에서 특히 초저비트 전송의 경우는 영상 시퀀스를 공간과 시간상의 서브 샘플링을 수행하게 된다. 이러한 영상 시퀀스를 사용하여 개선된 화질의 영상 시퀀스를 얻기 위해서, 수신단에서는 건너뛴 프레임들을 움직임 보상 프레임간 보간을 수행하여 자연스러운 영상 시퀀스를 재구성할 수 있다. 또한 영상 시퀀스의 시간 해상도 향상을 위한 기법으로는 위에서 언급한 프레임 기반 움직임 보상 보간이외에도 필드 기반 보간도 사용한다.

움직임 보상 프레임간 보간은 두장의 기준 프레임 사이에 하나 이상의 프레임을 삽입하는 기법으로, 동영상 압축이나 프레임률 변환 또는 느린 화면 재생을 위한 목적으로 사용될 수 있다.

Huang은 영상의 분할과 보간 두가지의 구조를 갖는 프레임 기반 보간 방법을 제안하였다. 영상 분할 구조는 두개의 연속적인 프레임간의 차이를 변화하는 영역과 변화하지않는 영역으로 분할한 후 변환영역은 다시 피사체의 움직임 영역과 가려지는 영역, 드러나는 영역으로 구분한다. 영상 보간의 구조는 변환 영역을 채우기 위해서 직·간접 움직임 보상 기법을 사용하고, 가려지는 영역과 드러나는 영역을 채우기 위해서 전/후방 삽입 기법을 사용한다[4].

또한 Csillag는 시간 해상도 향상을 위해서 가속 움직임 모델과 움직임 기반 분할기법을 사용하는 움직임 보상 보간 기법을 제안하였다[5]. 이 방법은 가속 움직임 모델을 정의하여 보간을 수행하기 때문에 인체의 움직임 모델이나 등속 움직임만을 가정한 경우보다는 폭넓은 적용이 가능하고,보간된 영상 시퀀스의 움직임 열화를 제거 하기 위한 방법으로도 사용할 수 있다.

## 3. 실험 결과

256×240 크기의 방법 영상 시퀀스의 기준 프레임과 두 배 확대한 영상을 그림 11와 그림 13에 각각 나타내었다. 그림 13에서와 같이 확대한 영상은 해상도의 향상은 존재하지 않는다. 더욱이 원영상에서 존재하지 않았던 잡음이 나타난다.

그림 15은 9개의 프레임을 사용하여 제안한 시공간 보간 알고리즘을 사용한 2배 확대한 영상이다. 이 프레임들

간에는 피사체와 프레임 전체의 움직임이 존재하지 않는다. 이 결과 영상들을 비교해 볼 때, 방법대원은 잘 복원되었고 잡음 또한 거의 보이지 않는다. 그러나 카메라 움직임을 추정하기가 어렵기 때문에 배경영상은 약간 흐려져있다.

또다른 실험을 위하여 신문 영상 시퀀스를 그림 12에 나타내었다. 한 개의 프레임과 9개의 프레임을 사용하여 4배 확대한 영상이 각각 그림 14와 그림 16에 있다. 그림 16에 나타난 글자는 그림 14과 비교해볼 때 더욱 명확히 볼 수 있고 또한 잡음도 거의 존재하지 않는다. 신문 영상 시퀀스에서 각각의 프레임은 일정한 움직임을 갖고있으며 이 프레임들을 시공간 보간 기법을 사용하여 보간할 경우 해상도의 향상을 보여주고 있다.

그림 19에는 프레임 수와 정규화된 차이(normalized difference)를 그래프로 나타내었다. 이 영상 시퀀스는 신문, 방법 및 CD 시퀀스들로 구성되어 있으며, 장면 전환의 발생을 위해 다른 영상 시퀀스들을 이어서 사용하였다. 제안한 알고리즘의 평가를 위해서 각각의 프레임에 대하여 정규화 차이를 다음식과 같이 정의하였다.

$$\text{normalized difference} = \frac{\|x^i - x^m\|^2}{\|x^i\|^2}, \quad (27)$$

여기서  $x^i$ 와  $x^m$ 는 각각  $i$ -번째 원영상과 확대한 영상의 프레임을 나타낸다.

정규화된 차이를 얻기 위해서, 원영상의 프레임들을 샘플링하였고 두배 확대하였다. 부영상화된 영상과 확대한 영상의 시퀀스들이 각각 그림 17와 그림 18에 나타나있다. 그림 19에 나타난 것처럼 정규화 차이는 같은 장면에서는 감소하는 경향을 갖으며 장면 전환이 발생할때에는 급격히 증가한다.



그림 11. 방법 영상 시퀀스의 첫 번째 프레임(256×240)  
Fig. 11. The first frame in 256×240 "police" sequence.

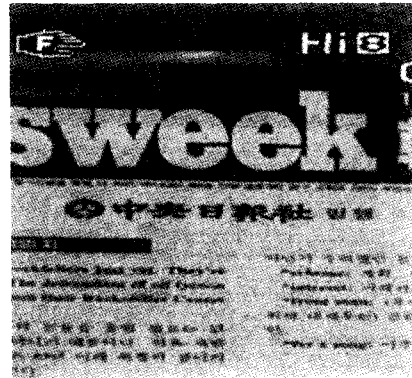


그림 12. 신문 영상 시스템의 첫 번째 프레임(256×240)  
Fig. 12. The first frame in 256×240 "newspaper" sequence.



그림 13. 한 개의 프레임을 사용하여 2배 확대한 영상(256×256)  
Fig. 13. The 2 times magnified image by using the first frame of police sequence.

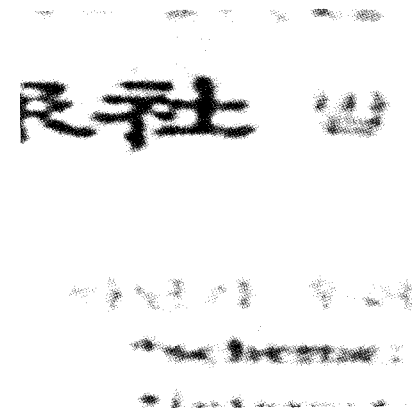


그림 14. 한 개의 프레임을 사용하여 4배 확대한 영상(256×256)  
Fig. 14. The 4 times magnified image by using the first frame of newspaper sequence.



그림 15. 9개의 프레임을 사용하여 2배 확대한 영상(256×256)  
 Fig 15. The 2 times magnified image by using the nine frames of police sequence

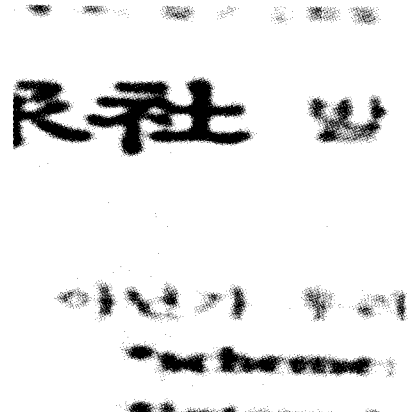


그림 16. 9개의 프레임을 사용하여 4배 확대한 영상(256×256)  
 Fig 16. The 4 times magnified image by using the nine frames of newspaper sequence

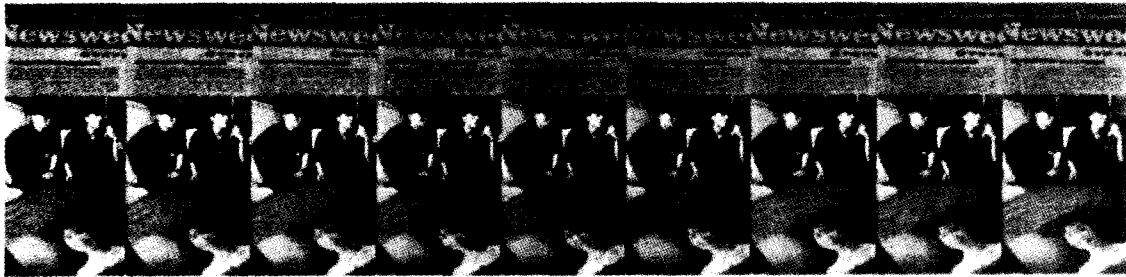


그림 17. 세 개의 다른 장면들로 구성된 영상 시퀀스와 부영상화된 영상 시퀀스  
 Fig 17. The subsampled sequence composed by three different scenes



그림 18. 제안한 알고리즘을 사용하여 그림 16를 2배 확대한 영상 서비스  
 Fig 18. The two times magnified sequence by using the proposed interpolation algorithm

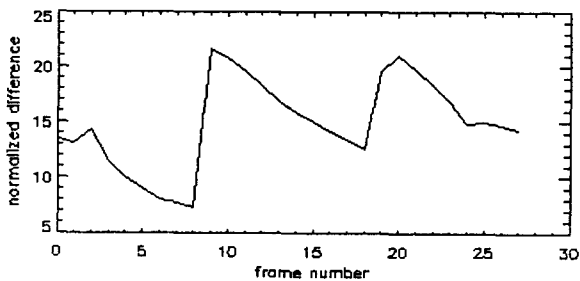


그림 19. 프레임수와 정규화치의 관계 그래프  
 Fig. 19. The normalized difference versus frame number

### V. 결 론

지금까지 초고압축률, 내용기반 부호화, 객체 단위의 계층적 구조로 대표되는 MPEG-4 비디오의 화질 개선 기술에 관하여 논의되었다. 첫째로, 영상 압축과정에서 필연적으로 생길 수밖에 없는 화질열화를 개선하기 위한 필터구현과 영상복원을 제안하였고 둘째, 공간적 해상도 향상을 위해서는 다채널 영상보간(multichannel interpolation) 기법의 구현을 위한 일반화된 구조를 제안하고, 시간 해상도

향상을 위해서는 기존의 프레임률 향상 기법을 제안하였다. 특히 공간해상도 향상은 객체를 처리함에 있어서 중요한 요소기술로 사용될 수 있을 것으로 예상된다.

위에서 제안된 기술 2가지는 MPEG-4 기반한 영상 압축에서 생길 수 있는 열화를 극복할 수 있으며 또한 MPEG-4의 특징인 객체를 처리함에 있어서 필요한 영상 확대라는 부분에 대해서 논하였다. MPEG-4 기술이라 함은 영상 내의 객체들을 독립적으로 처리하여 보다 높은 압축률과 사용자의 자유로운 편집을 가능한 멀티미디어 표준으로 자리잡을 것으로 예상되기 때문에 이러한 영상 처리 기술을 앞으로의 MPEG-4 기술의 요소 기술로 자리잡힐 것으로 예상된다.

**참 고 문 헌**

[1] L. Chiariglione, "MPEG and multimedia communications," *IEEE Trans. Circuits, Systems, Video*

*Technol.*, vol. 7, no. 1, pp. 5-18, Feb. 1997.  
 [2] T. Sikora, "The MPEG-4 video standard verification model," *IEEE Trans. Circuits, Systems, Video Technol.*, vol. 7, no. 1, pp. 19-31, Feb. 1997.  
 [3] J. H. Shin, Y. C. Choung, and J. K. Paik, "A general framework of image sequence interpolation," *Proc. IEEE Visual Comm. and Image Proc.*, submitted for publication, Jun. 1997.  
 [4] C. L. Huang and T. T. Chao, "Motion-compensated interpolation for scan rate up-conversion," *Optical Engineering*, vol. 35, no. 1, pp. 166-176, Jan. 1996.  
 [5] P. Csillag and L. Baraczky, "Enhancement of video data using motion-compensated postprocessing techniques," *Proc. IEEE ICASSP*, vol. 4, pp. 2897-2900, Apr. 1997.  
 [6] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, 1992.

저 자 소 개



**김 태 근**

1997년 2월 중앙대학교 전자공학과 졸업  
 1997년 3월 중앙대학원 전자공학과 입학  
 현 재 중앙대학교 전자공학과 재학  
 주관심분야 : 영상복원, 공간 가변적 히스토그램 확장, MPEG 기반 압축영상에서의 화질개선 기술



**신 정 호**

1994년 2월 중앙대학교 전자공학과 졸업  
 현 재 중앙대학교 전자공학과 석사과정 재학중  
 1993년 12월 ~ 1995년 8월 (주)기아자동차 연구원  
 주관심분야 : 다채널 영상 복원 및 영상 확대, 영상 처리, VLSI 설계 등



**백 준 기**

1980년 3월 ~ 1984년 2월 서울대학교 공과대학 제어계측공학과 학사  
 1985년 9월 ~ 1987년 6월 Northwestern Univ. 전기공학 석사  
 1987년 9월 ~ 1990년 6월 Northwestern Univ. 전기공학 박사  
 현 재 중앙대학교 전자전기공학부 부교수  
 주관심분야 : 영상복원