

論文99-36S-2-10

동영상의 필드불일치 보정 및 움직임열화 제거 시스템 개발

(Field Mismatch Compensation and Motion Blur Reduction System for Moving Images)

鄭維贊*, 白俊基*

(Yoo Chan Choung and Joon Ki Paik)

요 약

비월주사방식의 TV 방송은 전송대역폭을 효율적으로 사용할 수 있기 때문에 현재 방송표준에서 사용하고 있으며, MPEG-2와 같은 압축표준에서도 이를 지원하도록 되어있다. 본 논문에서는 이러한 비월주사방식을 사용하는 동영상의 화질개선을 위한 후처리기법으로 필드불일치 보정기법과 움직임열화를 제거하는 기법을 제안한다. 필드불일치 보정기법은 에지 분류를 기반으로하는 선형보간기법과 움직임을 추정하여 이를 보상하는 방법에 대해 설명한다. 선형보간을 위한 에지의 분류는 압축표준에서 가장 널리 사용되는 DCT의 계수를 이용함으로써 추가적인 계산과정 없이 단순히 계수의 비교만으로 이루어진다. 또한 움직임을 추정하여 이를 보상하는 방법은 움직임을 기반으로 하는 영상분할 기법을 적용하여 두 필드의 정보를 모두 이용하게 되므로 정보의 이용이라는 측면에서 매우 효율적이다. 동영상의 화질개선을 위한 움직임열화 제거기법은 제안되는 열화모델을 기반으로 공간적응적인 반복적 영상복원기법을 이용하여 화질개선 효과를 얻을 수 있다.

Abstract

In this research, we propose a field mismatch compensation method for interlaced scan image and an image restoration technique for removing motion blur. In order to compensate field mismatch, the edge classification-based linear interpolation technique and the method using the object-based motion compensation are described. We also propose an edge estimation method and an motion-based image segmentation algorithm. For removing motion blur, we adopt an adaptive iterative image restoration method using the motion-based segmentation result to improve the quality of restored image.

I. 서론

우리나라 및 북미와 일본에서 사용하고 있는 NTSC (National Television Systems Committee) 방식의 TV 방송은 전송대역폭을 효과적으로 사용하기 위하여 비월주사방식(interlaced scanning) 방식을 사용하고 있다. 유럽에서 사용하고 있는 PAL (Phase

Alteration Line)과 SECAM (Systeme Electronique Color Avec Memoire)방식 역시 비월주사방식을 채택하고 있다.

그러나, 비월주사방식은 영상내의 움직이는 물체나 카메라의 panning 등에 의해 주사선 깜박임(line flicker), 대영역 깜박임(large area flicker) 이나 필드불일치와 같은 여러 가지 왜곡(aliasing)을 유발하게 된다. 그리고 이러한 문제점들은 대형 화면에서는 더욱 두드러지게 된다.

따라서 필드불일치 현상을 제거하기 위하여 많은 연구가 진행되어 왔는데, 특히 주사선의 보간에 관한 연

* 正會員, 中央大學校 電子工學科

(Dept. of Electronic Engineering, Chung-Ang University)

接受日字:1998年6月26日, 수정완료일:1998年10月20日

구가 주를 이루었다^{1),2)}.

본 논문에서는 필드불일치 현상을 제거하기위하여 에지를 추정하여 이를 바탕으로 선형보간하는 방법과 움직임을 보상하여 필드불일치를 보정하는 방법을 제안한다. 선형보간방법에서는 DCT (Discrete Cosine Transform)계수를 이용하여 에지를 추정하는 기법이 사용되며, 움직임보상기법에서는 움직임 기반 영상분할 (motion-based image segmentation)을 사용한다.

또한, 동영상의 경우 일반적으로 카메라와 움직이는 물체의 상대적인 움직임으로 인해서 움직임열화 (motion blur)를 겪게 된다. 움직임열화는 공간가변적 (space-variant)인 특성이 있고, 영상의 화질을 떨어뜨릴뿐만 아니라 영상내의 중요한 정보도 손상시키게 된다³⁾. 본 연구에서는 이러한 움직임열화를 제거하기 위한 기법도 제안한다.

본 논문의 내용은 다음과 같다. 필드불일치를 보정하는 기법과 움직임열화를 제거하는 기법은 각각 II절과 III절에서 설명되고, IV절에서는 실험결과가 제시된다. 그리고 V절에서 결론을 맺는다.

II. 제안된 필드불일치 보정 기법

1. 에지 분류 기반 선형보간 기법(Edge classification-based linear interpolation)

보간기법은 비월주사방식의 프레임에 존재하는 여러 가지 왜곡을 보상하기위하여 가장 많이 사용되는 방법이다. 기존의 보간기법에는 선형보간으로는 0차보간, 1차보간등이 있고, 비선형 보간으로는 median 필터링 등이 있다. 이중 0차보간은 실제로 LCD 프로젝터나 PC용 멀티미디어 카드등에 사용되고 있는데, 하드웨어가 간단하고 메모리사용이 적은 반면 영상의 화질면에서 보면 성능이 상당히 떨어지는 단점이 있다. 1차보간 역시 수평 및 수직이외의 에지가 포함되는 영역에서는 열화가 발생하여 영상이 흐려지게 되고, 비용면에서도 0차보간보다 메모리를 많이 필요로 한다⁴⁾.

본 논문에서는 보간기법의 대표적인 단점인 영상의 흐려짐을 방지하기 위하여 에지의 방향에 따른 블록 분류를 기반으로 하는 보간기법을 제안하기로 한다.

보간에 앞서 에지를 추정하는 과정이 선행되어야 하는데, 본 연구에서는 DCT 계수를 이용하는 방법을 사용하였다. DCT 영역에서 에지를 추정하는 방법으로는 DCT 계수 중 첫 번째 수직 및 수평주파수 성분

의 부호와 수직 및 수평 방향의 주파수 성분의 평균에너지를 이용하여 크기와 방향을 구하는 방법이 제안된 바 있다⁵⁾.

필드편차를 보정하기 위한 보간의 경우 한 라인만을 보간하면 되므로 [5]에서 제안된 방법처럼 정확한 에지의 방향을 필요로 하지 않는다. 따라서 본 연구에서는 [6]에서 제안되었던, DCT 계수를 이용하여 블록의 에지를 5가지로 분류하는 기법을 사용하였다.

$N \times N$ 영상을 $B \times B$ 블록으로 나누고, 각각의 블록에 대해서 DCT를 수행하게 되면, 다음과 같은 DCT 계수를 얻게 된다.

$$C(k_1, k_2) = \alpha(k_1) \cdot \alpha(k_2) \sum_{n_1=0}^{B-1} \sum_{n_2=0}^{B-1} x(n_1, n_2) \cos \frac{\pi}{2B} k_1 (2n_1 + 1) \times \cos \frac{\pi}{2B} k_2 (2n_2 + 1),$$

$$\text{where } \alpha(k) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{B}}, & k=0 \\ \sqrt{\frac{2}{B}}, & k=1, 2, \dots, B-1 \end{cases}$$
(1)

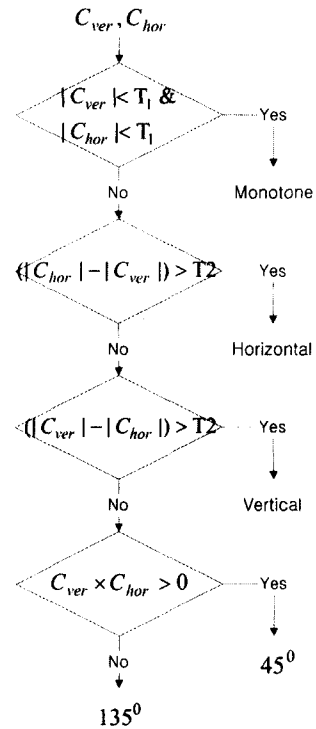


그림 1. DCT 계수를 이용하여 에지를 분류하는 알고리즘

Fig. 1. Edge classification algorithm using two DCT coefficients.

블록의 크기가 8×8 이라면, 64개의 DCT 계수를 얻게되는데 이들 중 $C(0,1)$ 과 $C(1,0)$ 의 두 계수만을 사용한다.

$$C_{hor} = C(0, 1) = \sum_{n_1=0}^1 \sum_{n_2=0}^1 \frac{\sqrt{2}}{8} x(n_1, n_2) \cos \frac{\pi}{2 \cdot 8} (2n_2 + 1), \quad (2)$$

$$C_{hor} = C(1, 0) = \sum_{n_1=0}^1 \sum_{n_2=0}^1 \frac{\sqrt{2}}{8} x(n_1, n_2) \cos \frac{\pi}{2 \cdot 8} (2n_1 + 1).$$

이 두 계수는 각각 블록의 수직성분과 수평성분의 양을 나타낸다. 이를 이용하여 에지를 분류하는 알고리즘과 분류된 에지의 형태가 그림 1과 2에 각각 나타나있다.

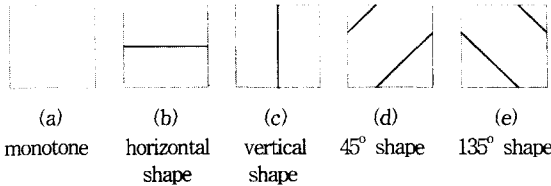


그림 2. 분류된 에지의 형태
Fig. 2. Five prototype edges.

보간하고자 하는 각 화소에 대해 기존 필드에서의 인접위치 화소를 이용하여 에지를 판별하고 그 형태에 따라서 다음과 같이 보간을 수행한다.

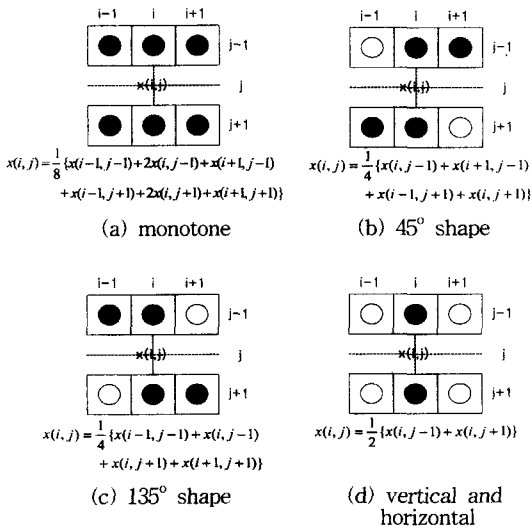


그림 3. 분류된 에지에 따른 보간
Fig. 3. Interpolation based on the classified edge direction.

그림 3에서 알 수 있듯이, 수평에지의 경우에는 수직에지와 마찬가지로 위,아래 화소만을 이용하였다.

위와 같이 DCT 계수를 이용하는 방식은 DCT 기반으로 압축, 재생되는 영상의 경우 추가적인 계산없이 에지를 추정해 낼 수 있는 장점이 있다. 예를 들어 HDTV 이상의 고품질 디지털영상에서 사용될

MPEG-2의 경우 효율적인 부호화 및 비월주사 영상 처리를 위하여 필드 단위의 부호화와 처리가 가능하도록 되어있다^[7]. 따라서 이러한 분야에서의 응용은 좋은 예가 될 수 있다.

2. 움직임 보상 필드불일치 보정 기법

필드불일치를 보정하기 위한 방법에는 두 필드의 어긋남을 측정하여 이를 보상하는 방법도 있다. 움직임 보상기법을 적절하게 사용하게 되면 두 필드의 정보를 모두 사용하기 때문에 보간기법을 사용하는 것보다 향상된 화질의 영상을 얻을 수 있다.

그러나 동영상의 특장상 움직이는 물체가 있는 경우 두 필드가 어긋나는 정도는 영상의 위치에 따라 다르게 되므로, 이러한 점이 고려되어야만 한다.

움직임 보상 필드불일치 보정 기법은 두 필드의 어긋남에 해당하는 움직임을 추정하는 과정과 추정된 움직임을 기반으로 영상을 분할하는 두 가지의 과정으로 나눌 수 있다. 우선 움직임추정의 경우 블록정합 움직임 추정기법(block matching motion estimation)을 사용하였다. 블록정합 움직임 추정기법은 하드웨어의 복잡도가 낮아서 영상압축분야에서는 가장 폭넓게 사용되고 있다.

본 연구에서는 두 필드를 연속된 영상시퀀스로 가정하고 각각의 필드를 8×8 크기의 블록으로 나누고 각 블록에 대해 움직임을 추정하였다.

추정된 움직임을 기반으로 하는 영상분할은 다음과 같은 알고리즘으로 이루어졌다. 우선 각 블록에 대해서 추정된 움직임의 안정성 여부를 확인하는데 이는 한 블록내에 서로 다른 움직임이 포함되어있는 경우 그 블록의 움직임 벡터는 부정확하므로 다음 단계의 분할 과정에서 제외하기 위해서이다. 움직임 벡터가 안정적이라고 판별된 블록들에 대해서 블록 단위의 K-means 분할을 수행한다. 이 과정에서 분할되는 수에 해당하는 K는 실험적으로 결정한다. 움직임이 안정적이지 못하다고 판별된 블록에 대해서는 부블록 단위로 움직임 추정을 한후 K-means 분할을 수행하게 되는 데 이 과정에서는 평균값의 갱신과정은 생략된다. 이 알고리즘은 그림 4에 정리되어있다. 그림 4에서 smoothness constraint는 한 물체 내에서의 움직임은 동일하거나 변화량이 작다는 제약조건으로서 잘못된 추정된 움직임이나 분할 기법의 불완전성으로 인한 오류를 보정하는 데 사용된다.

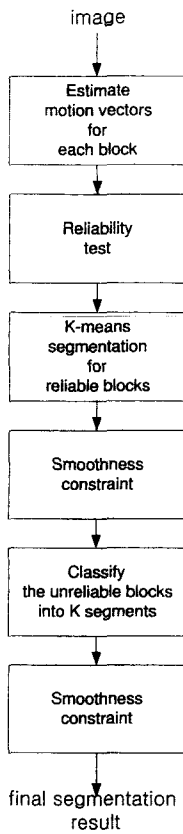


그림 4. 움직임 기반 영상분할 알고리즘
Fig. 4. Image segmentation algorithm based on block motion vectors.

실제 필드의 불일치현상을 보정하는 과정은 이러한 움직임 기반 영상분할과정이 수행된 후 한 필드에서 각 영역의 움직임 만큼 영역에 속한 화소들을 이동시켜 다른 필드와 끼워맞춤으로써 완전한 하나의 프레임을 생성하게 된다.

III. 동영상에 존재하는 움직임열화 제거 기법

1. 움직임열화 모델

공간불변적(space-invariant)인 움직임에 의해서 영상이 열화된 경우, 이산적 영상열화모델은 다음과 같다.

$$y = Hx + \eta, \tag{3}$$

여기서 x 와 y 는 각각 사전적(lexicographical)으로 나열된 원영상과 열화된 영상의 벡터를 나타내고, H

와 η 는 각각 열화과정과 추가적인 잡음을 나타낸다. 그러나 식(3)에서의 공간불변적인 열화모델은 공간가변적인 움직임열화, 예를 들어 정지된 배경에서 움직이는 물체에 의한 열화과정을 설명할 수가 없다. 그 이유는 움직이는 물체의 경계영역은 배경이나 다른 겹쳐있는 물체와 섞이기 때문이다. 따라서 이러한 공간가변적인 움직임열화를 설명하기위한 새로운 열화모델이 필요하다.

$b(i)$ 와 $o(i)$ 를 각각 배경과 물체의 i -번째 행이라고 하자. 이 때 영상의 한 행의 움직임열화는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$y(i) = H_b b(i) + H_o o(i), \text{ for } 0 \leq i \leq M-1, \tag{4}$$

여기서 M 은 영상의 크기를 나타내고, H_b 와 H_o 는 각각 배경과 움직이는 물체의 열화과정을 나타내며, 그림 5에 나타나있다 [3].

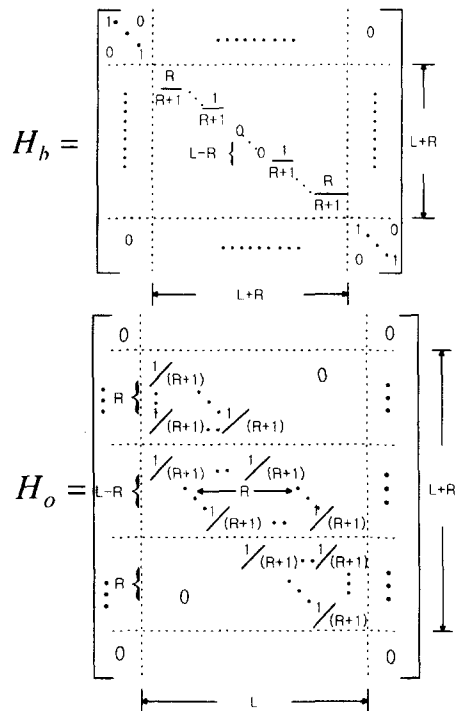


그림 5. 배경과 길이 L인 물체에 대한 열화행렬 (움직임 길이: R)

Fig. 5. Motion blur matrix representing an object with length L and motion with length R.

2. 공간적응적인 움직임열화 제거 기법

동영상에 존재하는 움직임열화를 제거하기 위하여, 본 연구에서는 [3]에서 제안되었던 공간 적응 반복

적 영상복원 기법(spatially adaptive iterative image restoration method)를 변형하여 사용하였다.

우선, 앞절에서 설명된 것처럼 분할된 K개의 세그먼트에 대해 이산적인 2차원 점확산 함수(point spread function)를 생성해야 한다. 각 세그먼트에 대한 영상복원 과정은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$x^{k+1}(p) = x^k(p) + \beta [e_p^T H_s y - e_p^T T_s x^k], \quad (5)$$

for $p = (i-1) \times M + j, 0 \leq s \leq K-1,$

여기서 H_s 는 $x(i, j)$ 를 포함하는 세그먼트의 점확산 함수를 부분적으로 갖는 블록행렬을 나타낸다. 영상의 크기가 $M \times N$ 이라면 H_s 의 크기는 $MN \times MN$ 이 된다. e_p 는 p -번째 단위 행렬을 나타내는데, $H_s y$ 의 결과에서 p 위치에 해당하는 값만을 표현하기 위하여 사용하였다. 식(5)에서 T_s 는 H_s 에 의해 다음과 같이 결정된다.

$$T_s = H_s^T H_s + \lambda C_s^T C_s, \quad (6)$$

여기서 C_s 는 제약조건을 의미하며, λ 는 최적화매개 변수로서 해의 평활도(smoothness)를 결정한다. λ 의 역할은 해의 평활도를 결정하기 때문에 λ 가 크게 되면 저주파 통과필터의 효과가 커지므로 결과영상이 전체적으로 흐려지게 되고 λ 가 작게 되면 고주파 통과필터의 효과가 커지므로 잡음이 강조되게 된다.

IV. 실험결과

그림 6에 필드불일치된 원영상의 일부를 보이고 있다.



그림 6. 필드불일치된 원영상의 일부
Fig. 6. A part of original interlaced frame.

그림 6에서 알 수 있듯이 배경부분에는 필드간의 어긋남 현상이 보이지만 중앙의 버스는 그 움직임이 공교롭게도 필드편차와 일치하여 본래의 모습을 나타내고 있다.

그림 6의 영상을 필드를 대표하는 단일한 움직임만큼 보정한 영상이 그림 7에 나타나있다. 이러한 경우에 배경부분의 필드불일치는 보정될 수 있지만, 다른 형태의 움직임을 가지고 있는 버스부분의 경우 새로운 필드불일치현상이 발생하게 된다. 따라서 이런 현상을 해결하기위한 처리가 필요하다.

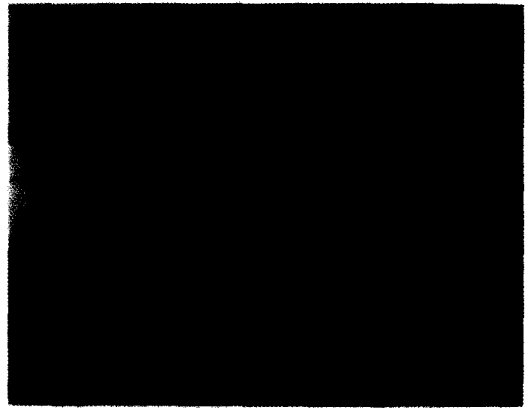


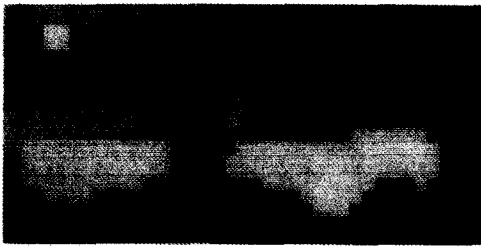
그림 7. 배경의 어긋남만큼 전체를 보정한 영상
Fig. 7. Compensated image by using one field motion vector.

그림 7에서 보는 바와 같이 부분적으로 필드간의 불일치가 새로 발생하는 단점을 없애기 위해서 하나의 필드만을 이용하여 제안된 보간기법으로 전체 프레임을 생성한 영상을 그림 8에 보이고 있다. 그림 7과 비교해 볼 때 중앙의 버스부분의 필드 불일치가 효과적으로 보정된 것을 볼 수 있다.

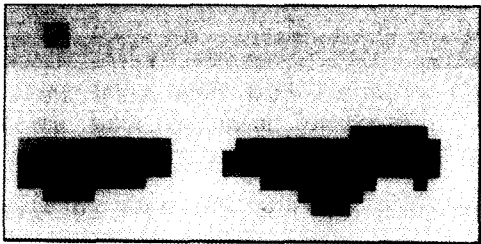


그림 8. 제안된 보간기법으로 보간된 영상
Fig. 8. Compensated image by using the proposed interpolation method.

움직임 보상기법의 경우, 추정된 움직임을 기반으로 한 영상을 분할한 결과를 그림 9에 보이고 있다. 그림 9에서 알 수 있듯이 영상분할 된 결과는 배경부분과 버스 주요부분의 두 부분으로 나뉘었다. 그 후 각 영역에 해당하는 움직임만큼 보정한 결과가 그림 10에 나타나있다. 그림 8과 비교하여 블록기반 영상분할기법의 특성 때문에 영역의 경계부분에서 약간의 필드편차가 남아있지만 원영상과 비교하여 볼 때 비교적 정확하게 필드불일치 현상이 보정되어있음을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 9. 영상분할된 결과; (a) 배경영역, (b) 버스영역
Fig. 9. Motion-based image segmentation results; (a) background segment (b) "bus" segment.

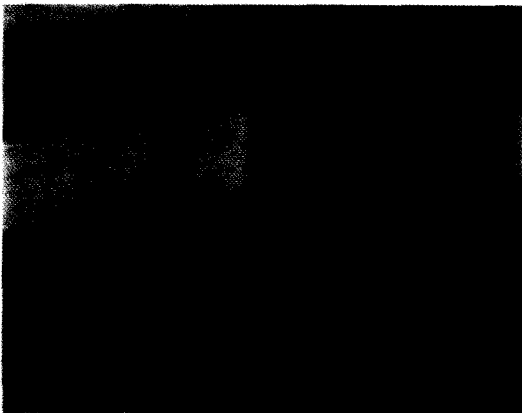


그림 10. 제안된 움직임보상기법으로 필드불일치를 보정한 영상
Fig. 10. Compensated image by using the proposed motion compensation method.

마지막으로, 그림 10의 영상에 대해 3절에서 제안한 반복적 움직임열화 제거를 수행한 결과가 그림 11에 나타나있다. 이때 정규화 매개변수 $\lambda=0.1$ 을 사용하였고 반복횟수는 10회였다. 움직임열화 현상은 일종의 저주파통과 필터링이므로, 그림 8이나 10에 보여진 필드불일치가 보정된 영상들을 그림 11과 비교할 때 움직임열화가 제거된 영상의 글자나 윤곽부분이 선명해져 있음을 알 수 있다.

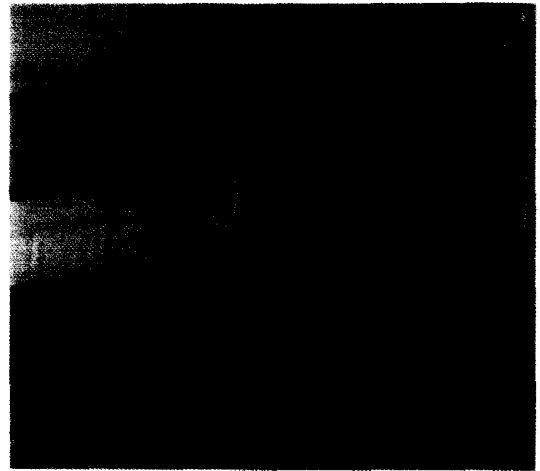


그림 11. 그림 10의 필드불일치가 보정된 영상을 반복적 방법으로 움직임열화를 제거한 영상
Fig. 11. Motion blur removed image from motion compensated image shown in Fig. 10.

V. 결 론

본 논문에서는 비월주사된 영상에서 흔히 발생하는 필드불일치현상과 동영상에 존재하는 움직임열화를 제거한 동영상의 화질을 개선하는 기법을 제안하였다. 제안된 기법들중 에지를 기반으로 하는 보간기법은 DCT 계수를 이용하여 간단하게 에지를 판별, 필드를 보간하여 프레임을 생성하였다. 그러나 두 필드중 하나만을 이용하였으므로 정보의 이용이라는 측면에서는 비효율적이라 할 수 있다. 이에 비해 움직임을 보상하는 기법은 블록정합 움직임 추정기법을 이용하여 두 필드의 어긋남을 측정하여 보상하였으므로 효율적이며 그 구현이 쉽게 이루어질 수 있다.

보다 구체적으로, 우선 에지 적응적 보간 기법의 결과는 완벽한 필드편차 보정을 가능하게 하는 반면, 사용되지 않은 필드의 정보를 손실하게 되는 단점이 있다. 따라서 이 방식은 문자와 같은 의미있는 정보가

없는 영상을 자연스럽게 만드는 경우에 적합하다.

둘째, 움직임보상 기법에 의한 필드편차 보정방식은 블록단위 움직임 추정 결과에 근거한 영상분할을 사용하기 때문에 분할된 영역간의 경계에서는 불완전한 보정에 의한 편차가 남아 있기도 하는 반면, 정확하게 움직임을 추정된 영역에서는 두 필드의 정보를 모두 사용하여 완벽한 보정을 가능하게 하는 장점이 있다. 이 방식은 문자인식이나 범인의 인식등과 같은 인간의 주관적 평가보다는 객관적 정보의 복원이 중요한 응용에 적합하다.

또한, 움직임열화제거 기법을 선택적으로 추가적용함으로써 동영상의 전체적인 화질을 높일 수 있었다. 반복적인 방법을 사용하기 때문에 실시간 구현은 어렵지만, 그 응용분야로서 비디오프린터, 폐쇄회로 TV, 추적감시용 영상처리등을 들 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Y. T. Kim, "Deinterlacing Algorithm Based on Sparse Wide Vector Correlations", *Proc. 1996 Visual Comm., Image Processing*, vol. 2727, no. 1, March 1996.
- [2] C. J. Kuo, C. L. Liao, and C. C. Line,

"Adaptive Interpolation Technique for Scanning Rate Conversion," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Techno.*, vol. 6, no. 3, pp. 317-321, June 1996.

- [3] Y. C. Choung, J. H. Shin and J. K. Paik, "A Generalized Image Degradation Model for Removing Motion Blur in Image Sequence," *Proc. 1998 Visual Comm., Image Processing*, vol. 3309, no. 1, pp. 278-286, January 1998.
- [4] 권병현, 장광수, 황병원, "Pseudomedian 필터를 이용한 주사선 보간기법," 한국통신학회논문집, vol. 19, no. 10, pp. 1900-1909, 1994년 10월
- [5] 최진수, 하영호, "주파수 영역에서의 블록 분류를 이용한 프랙탈 영상 압축," 한국통신학회 논문집, vol. 20, no. 4, pp. 1049-1060, 1995년 4월
- [6] Y. C. Choung and J. K. Paik, "A Fast Adaptive Image Restoration Filter for Reducing Block Artifact in Compressed Images," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 43, no. 4, pp. 1340-1346, November 1997.
- [7] 정제창, 그림으로 보는 최신 MPEG, 교보문고, pp. 159-195, 1996년 10월

저 자 소 개

鄭 維 贊(正會員) 第 35 卷 第 12 號 參照

白 俊 基(正會員) 第 35 卷 第 11 號 參照