

첨단 영상 미디어 서비스와 영상복원 기술

白 俊 基

中央大學校 電子工學科

I. 머리말

1. 멀티미디어 기술 개요

인간에게 필요한 다양한 정보를 주고 받기 위한 노력은 끊임 없이 지속되어 왔다. 1980년대까지만 해도 전화를 통한 음성 정보, 텔레비전이나 VCR 등을 통해서 일방적으로 수신 되는 영상 정보, 그리고 컴퓨터들간의 전용 네트워크를 이용한 데이터 정보 등이 가장 발달된 형태의 매체였다. 그러나 1990년대에 들어서면서 다양한 정보의 매체들이 컴퓨터, 집적회로, 통신, 및 신호처리 기술의 발전에 힘입어서, 압축되고 다중화(multiplexing) 되면서 본격적인 멀티미디어의 시대가 열리게 되었다. 이렇게 잉태된 멀티미디어 기술은 여기에서 그치지 않고 디지털 고선명 텔레비전의 방송을 가능하게 한 데 이어서 초고속 정보통신망을 통한 미래의 정보처리 기술로 자리잡게 되었다.

2. 영상 미디어 서비스의 문제점

영상 신호는 음성이나 문자 등과 같은 다른 형태의 신호에 비해서 훨씬 많은 양의 정보를 갖고 있다는 점에서 그들과 대비된다. 양적인 차이외에도 영상신호는 인간의 고유한 시각 체계(human visual system)에 의해서 처리되는 2차원의 형태(pattern)로 구성되어 있기 때문에 다른 종류의 신호들과 그 성격이 다르다고 할 수 있다. 게다가 영상 신호에는 색(color)성분이 추가로 포함될 수 있기 때문에 보다 많은 정보량은 물론, 인간에게 보고 느끼는 즐거움까지도 선사할 수 있다.

이러한 중요성에도 불구하고 영상 신호를 우리가 원하는 대로 처리하는 데에는 다음과 같은 두가지의 어려운 문제가 존재한다.

- ① 방대한 정보량 때문에 처리, 전송, 저장을 하는데에 많은 시간과 비용이 든다.
- ② 일반적으로 영상 신호는 형성, 전송, 혹은 저장되는 일련의 과정에서 변형(distortion)을 피할 수 없고, 이는 화질의 열화(image degradation)로 연결되어 보는 즐거움을 반감시킴은 물론, 정확한 정보 전달의 기능까지도

상실하게 될 우려가 있다.

우리가 흔히 말하는 영상처리 기술이라 함은 위에서 언급한 문제들을 해결하기 위한 기술이라고 해도 틀린 말은 아닐 것이다. 보다 구체적으로, 첫째 정보량에 관한 문제를 해결하기 위한 방법으로서 JPEG, H.261, MPEG-1, MPEG-2 등으로 대표되는 영상압축(imagecompression) 기술을^[1], 둘째 화질 열화 문제의 해결을 위한 방법으로 영상복원(imagerestoration) 기술을^[2] 들 수 있다.

3. 영상복원 기술의 개요

카메라를 사용하여 정지영상 혹은 동영상을 촬영할 때 렌즈의 초점이 맞지 않았다면, 초점이 안맞은 영상을 사용하여 원래의 영상을 되찾을 수는 없을가? 혹은 높은 비율로 압축된 MPEG 동영상에서 나타나는 블록 현상과 같은 부작용을 최소화할 방법은 없는가? 이와같은 의문에 대한 해답을, 본 논문에서 제시할 영상복원 기술과 그의 응용에 관한 사례들을 통해서 구해보기로 한다.

II. 영상복원 기술의 이해

1. 영상복원 기술의 약사

일반적으로 영상처리(image processing)라는 용어는 비전문가들도 쉽게 접할 수 있는 반면, 영상복원이라는 용어는 그리 익숙하지 못한 용어임에 틀림 없다. 그러나 영상복원의 정의가, 일련의 영상처리 과정에서 발생하는 영상의 열화 요인을 찾아낸 후, 그 요인을 제거하여 영상의 품질을 개선하는 것이라는 결론에 도달하게 되면, 영상복원 기술이 영상처리 전반에서 차지하는 중요성을 누구라도 부인하지 못 할 것이다.

디지털 영상복원의 연구는 제2차 세계대전을 전후로 하여 주로 미국과 구 소련을 중심으로 군사 및 항공우주 분야의 응용을 목적으로 시작 발전되어 왔다. 예를 들면, 군사용으로 사용되는 적외선 영상이나, 지구로부터 멀리 떨어져 있는 달의 사진 등을 정확하게 복원하기 위한 기술을 들 수 있다.

그러나 1980년대에 들어서 동서의 냉전이 종식되자, 이념의 장벽이 무너지고, 전 세계가 기술 내지는 경제적인 면에서 무한 경쟁 상태에 놓이게 되면서 영상 복원 기술은 산업용이나 가정용 영상 기기로 그 응용이 확대되는 추세를 보이고 있다. 또한 급속하게 발전하는 반도체 기술도 고성능의 연산과 대용량의 기억 장치를 경제적으로 제공하여, 영상 복원 기술의 대중화를 뒷받침 할 것으로 기대된다^[3]. 특히 통합 미디어용 동영상 부호화 기술과 고선명 텔레비전의 기술이 디지털 영상처리 기술에 근거하여 규격화됨에 따라서, 대용량의 프레임 메모리와 고성능 혹은 병렬 처리에 의한 고속 연산 기능이 보편화되면서 영상복원 기술의 다양한 응용이 가능하게 될 전망이다.

2. 영상 열화 과정의 모델링

이 세상에는 정확하게 영상이 형성되는 것을 방해하는 요소들이 수 없이 많이 존재한다. 대표적인 예로서, 인간의 시력 자체가 나빠진 경우, 대기 중의 안개나 먼지 등에 의해서 영상이 산란된 경우(atmospheric turbulence), 사진기의 초점이 부정확하게 맺힌 경우(out of focus) 등을 들 수 있다. 이와 같이 정확한 시각을 방해하는 과정들을 학문적으로는 불완전한 영상 시스템(non-ideal imaging system)이라 정의한다.

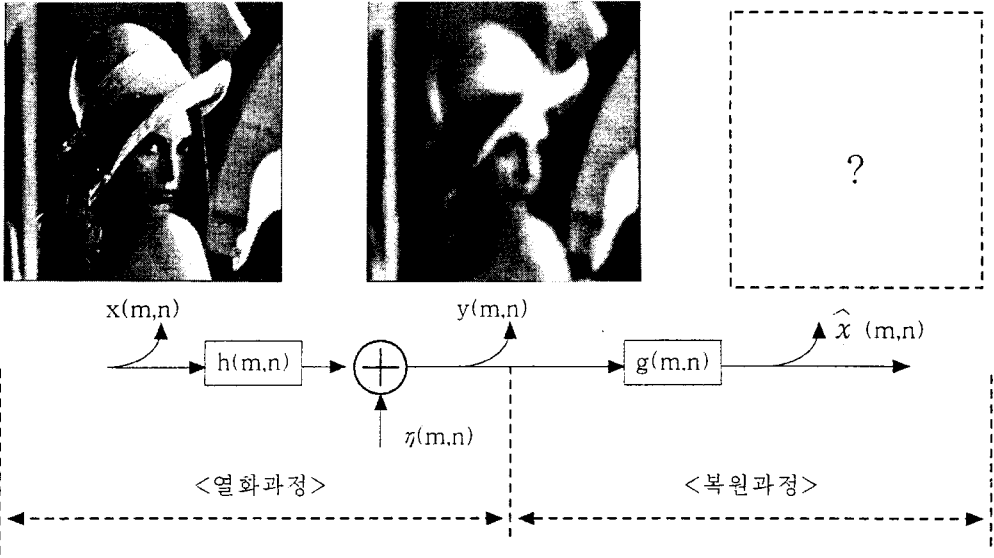
입력되는 원래의 2차원 영상 신호를 $x(m,n)$, 불완전한 영상 시스템의 임펄스응답 혹은 점 확산함수를 $h(m,n)$, 잡음 영상을 $\eta(m,n)$, 그리고 열화된 출력 영상을 $y(m,n)$ 이라 하면 이들간의 관계가 그림1의 왼쪽 “열화과정”에서 보여진다. 한편 2차원 영상을 벡터로, 2차원 점 확산함수를 행렬로 표시하면 영상의 열화 과정은

$$y = Hx + \eta \tag{1}$$

과 같이 나타낼 수 있다^[2].

3. 영상 복원의 정의

식 (1) 또는 그림 1에서 볼 때, 입력 영상 x 는 영상 시스템 H 를 통과하고, 부가적 잡음 η 가 더해



$x(m,n)$: 원 영상, $y(m,n)$: 열화된 영상, $\eta(m,n)$: 잡음 영상, $\hat{x}(m,n)$: 복원된 영상,
 $h(m,n)$: 불완전한 영상 시스템의 점확산 함수, $g(m,n)$: 영상복원 필터의 임펄스 응답.

<그림 1> 영상의 열화 및 복원 과정

저서, 열화된 영상 y 로 변하게 됨을 알 수 있다. 이번에는 열화된 영상을 새로운 필터 G 에 통과 시켜서 출력된 결과를 \hat{x} 라 하면

$$\hat{x} = Gy \tag{2}$$

와 같이 표현된다. 이 때 어떤 의미에서든, \hat{x} 를 x 에 보다 더 가깝게 만드는 필터 G 를 영상 복원 필터라 정의할 수 있다. 영상복원 과정은 그림 1의 오른쪽 “복원과정”에서 보여진다.

디지털 영상처리에 관한 연구가 시작된 이래, 매우 다양한 영상복원 기술 들이 연구되었는데, 다음 절에서 그 중요한 몇 가지를 정리해 보기로 한다.

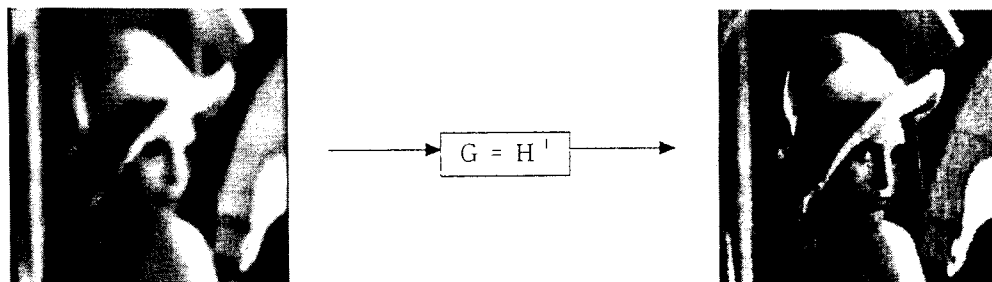
III. 영상복원 기술의 종류

1. 역필터(Inverse Filter)

그림 1에서 보는 바와 같이, 영상이 열화된 결과

는 보통의 경우 영상이 흐려지는 현상으로 나타난다. 다시 말해서 영상 신호의 고주파 성분이 감쇄된 결과를 보충하기 위해서는 열화 과정과는 정반대로 감쇄된 고주파 성분을 증폭시키는 방법을 생각할 수 있는데, 이를 역필터에 의한 영상복원 방식이라 한다. 그림 2에서 잡음이 없는 경우의 열화된 영상과 그것을 역필터로 복원한 예가 보여진다.

그러나 잡음이 존재하지 않는다는 가정은 이론 상으로나 성립할 수 있고, 실제로는 영상 센서에서 발생하는 shot-noise, 아나로그-디지털 변환 과정에서 발생하는 양자화 오차(quantization noise), 영상 시스템을 구성하는 전자회로에서 발생하는 열잡음(thermal noise) 등, 잡음의 존재를 피할 수 없고, 이 경우 역필터는 고주파 성분에 해당하는 잡음을 크게 증폭시키기 때문에 효과적인 복원 성능을 기대하기 어렵다. 이와 같이 열화된 영상에 잡음을 인가시킨 후 역필터로 복원한 예가 그림 3에 보여진다. 그림에서 잡음의 양을 표시하기 위하여 신호대잡음비(signal-to-noise ratio; SNR [dB])를 사용하였는데, 이 값이 클수록 인가된 잡음



$y = Hx$
11×11로 균일열화된 영상, 잡음 없음

\hat{x}
역필터를 사용하여 복원된 영상

(그림 2) 잡음이 없는 경우 열화된 영상과 역필터에 의해서 복원된 예

이 원 신호에 비해서 상대적으로 작음을 의미한다.

$$G_{Wiener}(k, l) = \frac{H^*(k, l)}{\sqrt{|H(k, l)|^2 + \frac{S_{mm}(k, l)}{S_{xx}(k, l)}}} \quad (3)$$

2. 위너 필터(Wiener Filter)

영상이 열화되는 과정을 다시 정리해보면, 첫째 영상의 선명한 부분이 영상 시스템의 움직임이나 부정확한 초점 등에 의해서 부드러워지는 현상을 보인다. 이것을 우리는 영상 시스템의 특성으로 정의했고, 이에 해당되는 임펄스 응답 $h(m, n)$ 혹은 열화 행렬 H 의 특성은 저주파 통과 필터에 해당한다. 둘째 영상 시스템을 통과한 영상은 잡음에 의해서 다시 열화되는데, 잡음은 일반적으로 고주파 성분을 갖고 있음에 유의하기로 한다.

따라서 위의 두 가지 열화 과정 중, 두 번째의 잡음을 무시한 역 필터에 의한 영상 복원이 좋은 결과를 기대할 수 없음을 쉽게 예상할 수 있다. 그렇다면 잡음의 영향까지 고려한 복원 필터는 영상 시스템에 의한 저주파 성분과 잡음에 의한 고주파 성분을 동시에 적절하게 제거하는 대역 통과 필터(bandpass filter)의 특성을 가져야 함을 알 수 있다. 이러한 대역 통과 특성을 가지면서 복원된 영상과 원 영상의 평균 오차를 최소화 시키는 것이 위너 필터이다^[2,4].

위너 필터의 주파수 특성은 다음과 같이 얻어진다.

여기에서 $S_{xx}(k, l)$ 과 $S_{mm}(k, l)$ 은 차례로 입력 영상과 잡음의 자기상관행렬을 푸리에 변환한 값이고, 이를 전력 스펙트럼(power spectrum)이라고 한다. 식 (3)을 간단히 해석해보면, 잡음이 없는 경우 잡음의 스펙트럼 S_{mm} 가 0이 되어, 위너 필터는 역필터와 같은 기능을 수행한다. 그러나 잡음 성분이 존재하게 되면 잡음의 스펙트럼이 0보다 큰 값을 가지면서 영상이 발산하는 것을 방지해 준다¹⁾.

열화되고 잡음이 부가된 영상과, 그것을 위너 필터로 복원한 예가 그림4에 보여진다. 이 예에서 입력영상의 스펙트럼은 입력영상의 피리오도그램으로 대치하여 사용하였고, 잡음의 스펙트럼은 상수로 가정하였다^[5].

3. CLS 필터(Constrained Least Squares Filter)

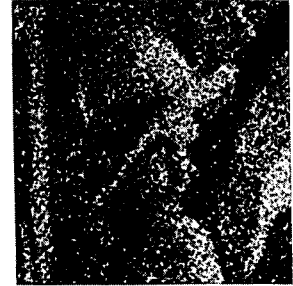
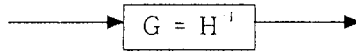
앞 절에서 우리는 위너 복원 필터가 잡음이 부가

1) 영상의 발산이라 함은 원하지 않는 고주파 성분의 지나친 증폭을 의미하고, 이것이 복원된 결과 영상에서는 그림3과 같은 현상으로 나타난다.



$$y = Hx + n$$

11×11로 균일열화된 영상, SNR=10dB



$$\hat{x}$$

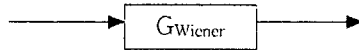
역필터를 사용하여 복원된 영상

〈그림 3〉 열화되고 잡음이 부가된 영상을 역필터로 복원한 예



$$y = Hx + n$$

11×11로 균일열화된 영상, SNR=40dB



$$\hat{x}$$

위너필터를 사용하여 복원된 영상

〈그림 4〉 열화되고 잡음이 부가된 영상을 위너필터로 복원한 예

된 영상에 대해서도 만족할 만한 복원 성능을 보였음을 확인한 바 있다. 그러나 실제로 위너 필터를 구현하기 위해서 식 (3)에 주어진 주파수 특성을 살펴 보면, 입력 영상의 스펙트럼 정보를 사용해야 함을 쉽게 알 수 있다. 이때 원 영상의 추정치를 구해야 하는 영상 복원 필터를 구현하기 위해서 원 영상의 정보를 사용한다는 것은 큰 모순이라 할 수 있다.

원 영상의 스펙트럼 정보를 사용하지 않고, 잡음의 통계적 특성과 영상이 단지 대역 제한되어 있다는 조건만 가지고 복원을 수행할 수 있는 것이 CLS 필터인데, 그의 주파수 특성은 다음과 같다.

$$G_{CLS} = \frac{H^*(k, l)}{\sqrt{|H(k, l)|^2 + \lambda|C(k, l)|^2}} \quad (4)$$

여기에서 $C(k, l)$ 은 고주파통과 필터를 의미하고, 이것이 분모에 위치하기 때문에 CLS 필터는 고주파를 제한하는 성격을 지님을 알 수 있다.

이를 다시 식 (3)에 주어진 위너 필터와 비교하면, 단지 분모의 오른쪽 항이 고주파 통과 필터로 대체되었음을 알 수 있고, 여기에 곱해진 상수 λ 는 고주파 필터를 얼마나 강하게 적용할 것인가를 결정하는 매개변수를 나타낸다.

식 (4)에 주어진 CLS 필터는 원 영상이나 잡음의 정보를 사용하지 않고 구현이 가능하며, 그 성능도 위너 필터와 매우 비슷하기 때문에, 널리 실

용화되고 있는 복원 기술 중의 하나이다^[6].

4. 반복적 영상복원

식(1)에서 보여진 열화 모델에 근거하면, 영상 복원 과정은 수치적 오차(numerical error)가 존재하는 상태에서 선형시스템의 해(solution)를 구하는 과정이라 할 수 있고, 이 해를 반복적으로 구하는 방식이 반복적 영상복원이다. 구체적으로 설명하자면 열화 시스템 H, 혹은 이의 정칙화된 형태가 시스템 행렬이 되고, 잡음 η 가 수치적 오차라고 가정할 때, 복원할 영상 \hat{x} 가 바로 선형 시스템의 해가 된다.

반복적 영상복원은 다음과 같은 장점이 있기 때문에 영상복원 분야에서 가장 넓은 응용분야를 가지고 있다.

- ① 선형시스템의 역행렬을 직접 구할 필요가 없기 때문에 경제적인 구현이 가능하다.
- ② 역필터, 위너필터, CLS필터 등을 구현함에 있어서, 열화가 선형공간불변적(linearspace-invariant)이라는 가정하에 시스템 행렬을 블록순환적(block circulant)으로 보고, 이산 푸리에변환(discrete Fourier transform; DFT)을 사용하였으나, 반복적 영상복원을 구현할 때는 이러한 가정에 제약을 받지 않는다.
- ③ 반복 과정이 진행되는 동안 해가 수렴해가는 추세를 관찰할 수 있고, 동시에 매 반복 과

정에서 호환적으로 매개변수들을 적응적으로 변화시키는 것이 가능하다.

- ④ 적응적인 영상복원의 구현을 가능하게 한다. 이 때, 적응적이라는 용어는 복원 과정에서 사용되는 매개변수들이 시간(반복과정), 공간(2차원 영상공간), 주파수(2차원 주파수공간)들 중 하나 혹은 모두에 따라서 변화할 수 있음을 의미한다.

반복적 방식으로 열화된 영상을 복원하는 과정이 그림 5에 보여진다. 반복적 방식의 또 하나의 장점은 일단 수렴성이 보장되면, 초기 영상에 무관하게 원하는 복원 영상으로 수렴한다는 것인데, 이 경우의 예를 그림 6에 보였다.

한편, 반복적 방식의 단점으로는 수렴에 이르기까지 많은 반복 과정을 되풀이해야 하므로, 시간이 많이 걸린다는 점을 들 수 있다. 그 이외에도 반복적 영상복원의 구현 방식에 따라 그것이 수렴할 수도 있고, 발산할 수도 있기 때문에, 수렴을 보장하기 위한 주의가 필요하다^[7].

5. 적응적 영상복원

지금까지 서로 다른 영상복원 기술들을 소개하고 비교해보았는데, 이제 잠시 눈을 돌려 다음의 물음에 답해 보기로 하자. 즉, 서로 다른 복원 기술들을 평가하는 기준은 무엇이 되어야 할까? 다시 말해서 여러 가지 방법으로 복원된 영상들 중 어느 영상이 과연 좋은 영상일까? 그 답은 한 마



초기영상

1회 반복

20회 반복

(그림 5) 반복적 영상복원 과정



초기영상



1회 반복



20회 반복

〈그림 6〉 임의의 초기 영상을 사용한 반복적 영상복원 과정

다로 말해서 인간의 눈에 보기 좋은 영상이라 할 수 있다.

참고적으로 인간의 귀는 여러 개의 대역 통과 필터가 모여 있는 것이라고 한다. 따라서 인간의 가청 주파수는 20에서 20,000Hz 사이로 정해져 있다. 마찬가지로 인간의 눈도 일종의 대역 통과 필터이기 때문에, 영상의 2 차원 공간 주파수 대역을 선택적으로 통과시킨다. 게다가 인간의 시각은 주변 화소와 상관 관계가 있고, 경험적인 지식까지 더해지게 되어, 청각과는 비교할 수 없을 만큼 복잡한 과정을 거치게 된다.

이와 같이 복잡한 인간의 시각 특성을 규명하기 위하여 많은 종류의 실험이 행해졌는데, 그들 중 영상 복원과 관계가 있는 정신물리학(psychophysics)적인 실험 결과를 다음에 소개한다.

「잡음에 대한 시각 특성」 인간의 시각은 밝기 값의 변화가 없는 평탄한 부분에서는 잡음에 매우 민감한 반면, 밝기 값이 급격하게 변화하는 부분에서는 잡음에 둔감하다.

이 실험 결과를 그림 3의 열화된 영상을 가지고 설명하면, 여인의 머리카락이나 모자의경계선 부분에 존재하는 잡음은 눈에 잘 띄지 않는 반면, 뒷부분의 평탄한 배경에 존재하는 잡음은 매우 눈에 거슬리게 보임을 알 수 있다. 이 실험 결과를 영상 복원에 적용하면, 식 (4)에 주어진 CLS 필터를 2 차원 공간상에서 구현할 때 영상의 부분마다 서로

다른 매개변수 λ 를 사용하는 방법을 생각할 수 있다. 보다 구체적으로는, 영상의 평탄한 부분에서는 λ 를 크게하여 고주파 성분인 잡음의 증폭을 많이 억제한다. 반대로 영상의 윤곽 부분에서는 λ 를 작게하여 선명도를 높이게 된다.

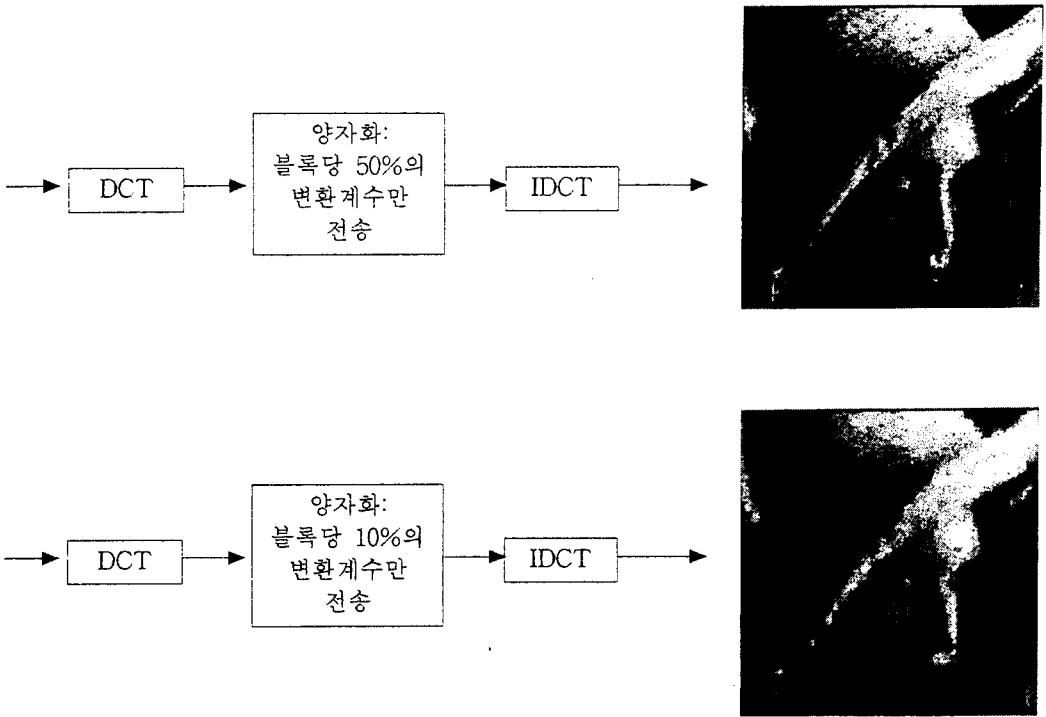
본 절에서 설명한 적응적 영상 복원 기술은 비적응적 방식에 비해서 매우 우수한 복원 화질을 제공하는 반면, 그 구현이 복잡해지고, 수렴에 대한 이론적 근거가 확립되어 있지 못함이 단점으로 지적되고 있다.

IV. 영상 미디어 서비스의 문제점과 영상복원의 응용

향후 본격적으로 활용될 영상미디어 서비스의 문제점들 중에서, 영상복원 기술과 관련이 있는 몇 가지를 이 절에서 정리하기로 한다.

1. 영상변환 및 양자화

현재 널리 사용되고 있는 정지영상이나 동영상의 압축 표준인 JPEG, H.261, MPEG-1, MPEG-2들은 모두 정보원(source image)의 데이터를 압축시키기는 방식으로 이산코사인변환(discrete cosine transform; DCT)과 적응적 혹은 가변



〈그림 7〉 8×8 블록별로 DCT와 양자화를 사용하여 압축-재생된 영상의 예

적인 양자화(adaptive quantization) 기술을 병행하여 사용하고 있다^[1]. 다시 말해서 DCT에 의해서 주파수 성분별로 나뉘어진 변환계수들을 저주파 성분을 중심으로 양자화 하고, 이 때 고주파 성분의 정보를 왜곡 혹은 손실시킴으로써 데이터량을 압축시키고 있다. 따라서 압축률이 낮은 경우(데이터량을 많이 사용하는 경우)에는 재생된 영상의 화질 저하가 거의 없는 반면, 압축률이 높아지면 그에 따른 부작용이 생기는데, 이를 블록 현상(blocking artifacts)라 하고, 그 예가 그림 7에 보여진다.

그림 7에서 압축률이 높은 경우(변환계수를 10%만 사용한 경우), 블록 현상에 의해서 화질이 저하되었음을 볼 수 있는데, 이의 중요한 원인은 8x8 크기의 블록마다 고주파 성분이 왜곡 혹은 손실되었기 때문이다. 이 과정을 영상복원의 이론상의 열화 모델로 설명할 수 있다. 따라서 잡음을 억제하면서, 블록 현상을 제거하는 영상복원 방식들이 활발하게 연구되고 있다^[8].

2. 동영상의 잡음 제거

영상 미디어를 전송 및 저장하기 위해서 압축과 재생의 기술을 사용함은 이미 잘 알려져있다. 그러나 압축하고자 하는 영상에 원하지 않는 잡음이 인가된 경우, 효율적인 압축이 불가능함은 물론, 화질까지도 심각하게 열화시키는 요인이 된다. 또한 일련의 압축-재생 과정을 거친 영상의 경우에도 양자화 및 수치적인 오차에 의한 잡음이 남아 있게 된다.

위의 두 가지 경우에 대한 잡음 제거를 각각 영상 압축-재생 과정의 전처리 및 후처리라 할 수 있다. 잡음 제거라는 공통적인 목표를 가짐에도 불구하고, 전처리와 후처리 과정에서는 각기 제거하고자 하는 잡음의 통계적 특성에 따라 서로 다른 최적의 영상복원이 수행되어야 함은 말할 나위도 없다.

덧붙여서 언급할 것은, 영상미디어의 대부분이 컬러 동영상이기 때문에 다채널 영상복원 이론에 의한 잡음제거 기법에 대한 연구가 매우 중요하다고 하겠다^[9].

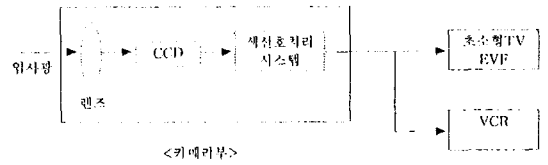
3. 디지털 캠코더의 영상 복원

영상 미디어 서비스를 위한 중요한 기술들 중의 하나가, 동영상 데이터를 획득하는 과정인데, 이를 현실적으로 가능하게 하는 영상 기기가 캠코더라 할 수 있다. 보통 캠코더라 하면 일반인들이 가정에서 사용하는 비디오 카메라를 말한다. 이 캠코더와 방송국에서 사용하는 전문용 카메라와의 가장 큰 차이점은 빛 에너지를 전기적 에너지로 변환시켜 주는 고체 촬상 소자(charge-coupled device; CCD)의 수가 각기 1개와 3개라는 점이다.

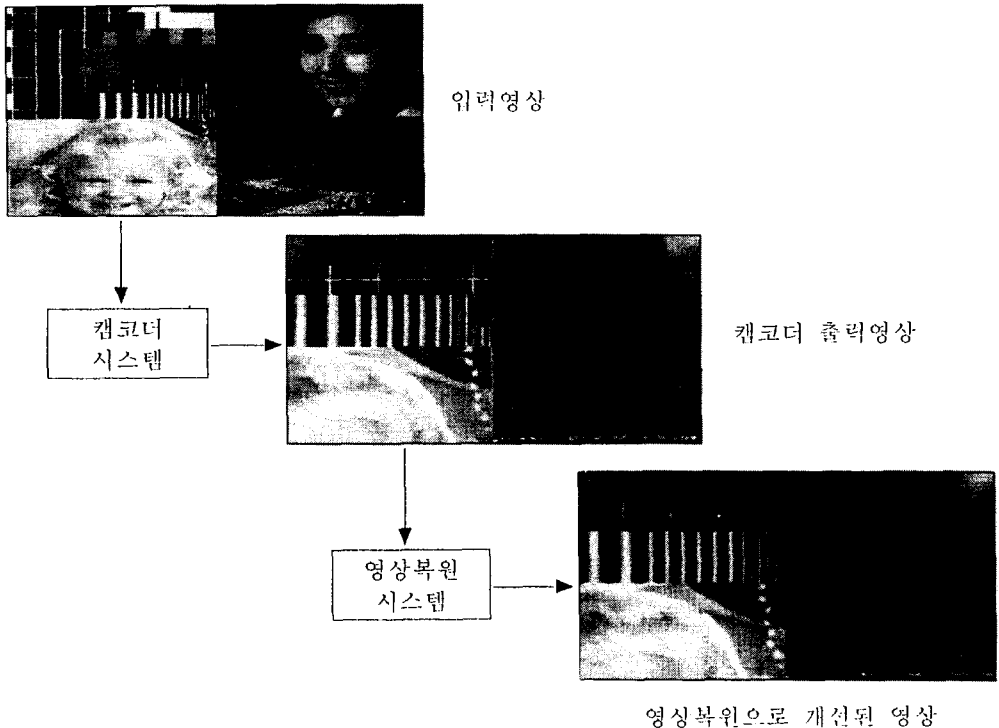
일반적인 컬러 영상은 RGB의 색 성분으로 표현이 가능하기 때문에, 각 성분당 1개씩 도합 3개의 CCD를 사용하는 방송용 카메라는 색 성분의 간섭에 의한 열화가 거의 없다고 할수 있다. 그러나 가정용 캠코더는 가격 문제 때문에 1개의 CCD를 가지고 각 색 성분을 번갈아 가며 입력시키기 때문에

샘플링 주파수가 낮아지는 결과를 낳게 되고, 색 성분들이 간섭을 일으켜 색상이 열화된다. 주말 텔레비전의 오락 프로그램에서 가끔 시청자가 보낸 비디오를 보면, 방송국에서 제작한 영상과 비교할 때 그 선명도나 색상이 많이 저하되어 있음을 기억할 수 있을 것이다.

그림 8에서 가정용 캠코더의 개략도를 소개한다. 캠코더는 크게 영상을 받아들여 복합 비디오 신호로 변환하는 카메라부, 촬영 상태를 감시하는



<그림 8> 캠코더 시스템의 개략도



<그림 9> 단일 CCD를 사용한 캠코더에 의해서 처리된 영상과, 그것을 영상복원에 의해서 개선한 영상(2번째와 3번째 영상은 정확한 비교를 위해서 2배 확대하였음).



〈그림 10〉 불규칙한 움직임 열화가 존재하는 영상 필드와, 적응적인 영상복원으로 움직임 열화가 제거된 영상.

소형 텔레비전에 해당하는 TV부, 그리고 복합 비데오 신호를 테이프에 기록하는 VCR부의 세 부분으로 나눌 수 있다. 이들 중 캠코더의 특성을 결정하는 것은 당연히 카메라부가 되고, 여기에서 영상 열화 요인을 분석하여 영상 복원을 수행한 영상이 그림 9에 보여진다. 본 논문에서는 컬러 영상을 제공할 수 없는 관계로 그림 9를 통하여 색성분의 간섭과, 그것이 제거된 결과를 정확하게 제시할 수는 없으나, 휘도 영상을 통해서 잘못 처리된 윤곽 정보 등이 바로잡힌 정도를 관찰할 수 있다^[10].

4. 동영상의 움직임 열화(motion blur)와 그의 제거 기법

동영상 미디어에서 화질을 열화시키는 다른 요인으로서 카메라와 피사체간의 상대적인 운동과, 카메라의 유한한 셔터 속도에 기인한 움직임 열화를 들 수 있다. 이를 제거하기 위한 방법으로서, 인접 영상 프레임 혹은 필드들로부터 움직임 벡터를 추정하여, 이와 비례하는 움직임 열화의 2차원 점확산함수를 발생시키고, 공간가변적 움직임 열화를 적용적으로 복원하는 방식이 연구된 바 있다^[11].

그림 10에서 동영상 내의 임의의 한 필드와, 이것을 「11」에서 제안된 방식으로 복원하여 움직임 열화를 제거한 결과를 보인다. 참고로 복원된 영상에서 운동선수의 왼쪽 팔에 적힌 "19"라는 숫자가 선명하게 드러남으로써, 움직임 열화를 제거함으로써 중요한 정보를 복원할 수 있다는 가능성을 제시할 수 있다.

V. 맺음말.

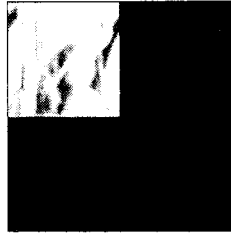
지금까지 우리에게 고전적인 영상처리 이론 중의 하나로만 알려져 왔던 영상복원 이론을, 영상 미디어 서비스 기술과 관련지어 발전 동향 및 응용분야 중심으로 간략하게 정리해보았다.

어떠한 형태의 영상이건 그것이 형성되고, 처리되는 과정에서 필연적으로 화질의 열화를 수반하게 되는데, 이같은 열화를 근본적으로 제거할 수 있는 이론적인 근거를 제시한다는 점에서 영상복원 기술의 중요성을 강조할 수 있다. 또한 이론적인 면을 넘어서, 실제 구현 및 응용에 관한 연구가 활발하게 진행되어, 동영상의 잡음 제거, 압축-재생 과정에서 발생하는 블록 현상 제거, 캠코더 시스템의 성능 개선, 움직임 열화의 제거를 통한 중요한 정보의 복원 등 현실적인 구현이 가능하게 된 점을 주목하고자 한다.

앞으로도 영상복원 기술과 관련된 연구는, 자체의 이론적인 성능 향상을 도모하는 방향과 그의 응용분야를 과감하게 개척하여 적용하는 방향이 병



(a)



(b)



(c)



(d)

- (a) 11x11로 열화되고 40dB의 잡음이 인가된 영상
 (b) 영상(a)를 웨이브릿 변환을 이용하여 수평 및 수직 방향으로 각각 저주파와 고주파 대역으로 분할한 영상. 영상(a)에서 고주파 성분이 손실되었기 때문에 영상(b)에서 저주파 대역에 해당되는 1사분면을 제외하고는 2, 3, 4사분면에서는 신호의 성분이 거의 존재하지 않음.
 (c) 영상 (b)의 분할된 네 개의 대역에 각기 최적의 영상복원을 수행한 결과. 영상복원에 의해서 손실되었던 고주파 성분이 복원되었기 때문에 2, 3, 4사분면에 신호 성분이 존재함.
 (d) 영상(c)를 역 웨이브릿 변환하여 복원된 영상을 재구성한 결과.

<그림 11> 열화된 영상과 열화 시스템을 다해상도로 분할하여, 다채널 영상복원 기법에 의해서 복원한 예

행되어야 할 것으로 믿는다. 이 두가지를 대표할 수 있는 좋은 예가 다채널 영상복원 기술의 연구라 할 수 있는데, 향후 이것을 통하여 컬러 영상, 다해상도 영상, 동영상의 개선을 위한 획기적인 기술이 개발될 수 있으리라 믿는다. 특히 웨이브릿 변

환(wavelet transform)을 이용한 다해상도 영상 복원 기술은, 분할된 대역 내의 상관도(correlation)와 정체성(stationarity)을 증가시키기 때문에, 위너필터와 같이 영상 신호의 정체성을 가정하고 있는 복원 기법의 성능을 향상시킬 수 있음이 알려져 있다. 마지막으로 영상을 다해상도로 대역 분할하여 복원한 예를 그림 11에 제시하면서 본 논문을 맺기로 한다^[12].

참 고 문 헌

- [1] 후지와라 히로시 감수, 정제창 번역, 최신 MPEG, 교보문고, 1995년 12월
- [2] H. C. Andrews and B. R. Hunt, Digital Image Restoration, Prentice-Hall, 1977.
- [3] J. K. Paik, "New application areas of image restoration: a perspective," Proc. Asia-Pacific Conf. Comm., vol.2, pp.775-778, August 1993.
- [4] A. K. Jain, Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice-Hall, 1989.
- [5] W. Na and J. K. Paik, "Image restoration using spectrum estimation," Proc. 1994 Visual Comm., Image Processing Conf., vol.2308, no.2, pp.1313-1321, September 1994.
- [6] 백 종호, 문 준일, 백 준기, 양 원영, "영상 복원을 위한 제약적 최소제곱오차 필터에 관한 연구," 제 7회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 논문집, pp.149-155, 1995년 2월
- [7] J. I. Moon and J. K. Paik, "A study on improving iterative image restoration based on preconditioning," Proc. Visual Comm., Image Processing Conf., vol.2727, no.3, pp.1450-1461, March 1996.
- [8] Y. Yang, N. P. Galatsanos, and A. K. Katsaggelos, "Regularized reconstruction to reduce blocking artifacts of block dis-

- crete cosine transform compressed images," IEEE Trans. Circuits, Systems for Video Tech., vol.3, no.6, pp.421-432, December 1993.
- [9] J. C. Brailean, R. P. Kleihorst, S. Efstratiadis, A. K. Katsaggelos, and R. L. Lagendijk, "Noise reduction filters for dynamic image sequences : a review," Proc. IEEE, vol.83, no.9, pp.1272-1292, September 1995.
- [10] W. Na, J. K. Paik, and C. H. Lee, "An image restoration system for a single-CCD color camcorder," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol.40, no.3, pp.563-572, August 1995.
- [11] K. P. Hong and J. K. Paik, "Image sequence restoration for removing space-variant motion blur," Proc. 1996 European Signal Processing Conf., to appear, September 1996.
- [12] M. R. Banham, N. P. Galatsanos, H. L. Gonzalez, and A. K. Katsaggelos, "Multi-channel restoration of single channel images using a wavelet-based subband decomposition," IEEE Trans. Image Processing, vol.3, no.6, pp.821-833, November 1994.

저 자 소 개



白 俊 基

1960年 7月 10日生

1984年 2月 서울대학교 공과대학 제어계측공학과 졸업

1987年 6月 Northwestern University 전기 및 컴퓨터공학과 석사

1990年 6月 Northwestern University 전기 및 컴퓨터공학과 박사

1984年 1月~1984年 7月 금성계전 중앙연구소 연구원

1988年 6月~1989年 8月 Northwestern University 연구조교

1990年 7月~1993年 1월 삼성전자주식회사 반도체 선임연구원

1993年 3月~현재 중앙대학교 공과대학 전자공학과 조교수

주관심 분야 : 영상처리, 영상복원, 디지털 비디오시스템(VLSI 설계)