論文
6-3-8

# LOG함수의 특성을 이용한 영상잡음제거(1)
# (A Study on Image restoration Algorithm using LOG function character)

권기홍(Kwon Kee Hong)[1)]

**<Abstract>**

This paper describes iterative restoration method of restoring blurred images using the LOG compansion function and Conjugate Gradient method.

Conventional restoration methods results satisfy the requirement performance for restoring blurred images. but iteration number and convergence velocity increase.

This paper proposed an opmtimised iteration restoration method for the images degraded by blurring effect, using the LOG compansion function and Conjugate Gradient method.

Here, the LOG compansion function used to improve local properties of the image being restored, made the visual chracter and convergence velocity of the restored image improved.

Throught the simulation results, the author showed that proposed algorithm produced superior performance results by conventional methods.

**<요 약>**

국부 반복 복원 처리는 영상 전체를 반복 복원하는 기존의 반복 복원과는 달리, 영상을 국부적으로 구분하여, 변화량이 큰 부분은 기존의 반복 복원으로 처리하고 변화량이 적은 부분은 LOG함수의 특성을 이용하여 신장 시킨 다음 처리하고, 다시 압축시키므로, 기존의 반복 복원 처리보다도 MSE(Mean Square Error)를 월등히 줄일 수 있을 뿐 아니라 변화량이 적은 부분도 처리가 잘되고, 또 기존의 반복처리 방법이 갖는, 적은 메모리 용량의 소요, 비선형 제약조건의 사용 가능, 약간의 변형으로 언제나 수렴성을 보장하는 등의 장점을 모두 가진다.

이 방법을 영상에 적용시킨 결과, MSE의 현저한 감소, 반복횟수 감소에 따른 반복시간 단축을 확인 할 수 있었다.

그러므로, 이 방법은 MSE를 줄이고 또한 처리 시간 단축을 목적으로 하는 영상의 복원에 적용될 수 있는 매우 우수한 방법임을 알 수 있다.

논문접수 : 2005. 7. 15.
심사완료 : 2005. 8. 22.

1)정회원 : 대구산업정보대학 정보통신과 교수

## Ⅰ. 서 론

電算망의 發達로 인하여 情報處理의 高速化, 大量化가 이루어 지고 있다. 특히 文書나 映像을 傳送하거나 映像에 여러가지 作業을 수행하는 경우가 빈번해지고 있는데 이러한 경우 雜音이 섞이거나 裝備의 光學的인 特性에 의하여 선명한 映像을 얻기가 어려울 때가 있다. 특히, 光學 시스템이 가지는 性能의 제한으로 인해 촛점이 맞지않아 생기는 흐려지는 現象(Burring)이 發生할수 있는데 흐려진 映像을 그대로 사용할 경우 映像의 認識이나 分析들의 과정에서 映像이 잘못 認識 되거나 分析될 可能性이
있다. 그러므로 認識이나 分析의 과정을 거치기 전에 映像을 復原하는 과정이必要로하게 된다.

영상의 복원에는 여러가지 방법이 있는데 일반적으로 그 원리가 간단하고 처리가 용이하며 속도가 빠른방법이 요구된다. 영상을 복원하는 방법에는 간단한 여러 가지 방법으로써 역(Inverse)필터를 사용하는 방법이 있으나 역(Inverse)필터를 사용하였을 경우 변환하는데 많은 시간이 소요될 뿐 아니라 역행열(Inverse matrix)이 존재하지 않거나 악조건(ill-condition)이 발생하는 경우 해를 구할수 없는등 실제 사용하기에 많은 어려움이 따르게 된다. 또, Wiener필터는 역(Inverse)필터가 가지는 단점을 해결한 필터로서 역행열이 존재하지 않거나 악조건이 있을 경우에도 복원이 가능하다. 그러나 이 필터는 선형적인 가정아래 확립된 필터로서, 비선형적인 인간의 시각과는 맞지 않고 S/N비가 낮을 경우 흐려지는 결점을 지니고 있다.

반복 복원 방법에는 시간이 많이 걸리고 처리가 어려운 변환영역(Frequency domain)에서 처리하는것이 아니고 단순히 공간영역(Spatial domain)에서 처리하는 방법으로써 역행열을 구할 필요가 없고 악조건에서도 해를 구할수 있다는 장점이 있다.

일반적으로 반복 복원시 변화량이 큰 부분의 경우 반복횟수에 따른 개선 효과가 크나 변화량이 작은 부분의 경우 반복 횟수에 따른 개선 효과가 적다. 이에 영상의 정보에따라 선택적(adaptive)으로 반복횟수를 달리 적용 반복 복원 처리하는 선택적 반복복원 방법을 제시 한다. 이는 변화량이 큰 부분의 경우 반복횟수를 적게 하여도 개선효과를 볼수 있고 변화량이 적은 부분의 경우 그 값을 신장 시킨 다음 반복 복원 방법으로 처리 한 다음 다시 압축시키는 방법을 제시 함으로써 반복 횟수를 적게하여 전체적으로 처리 시간을 절약할수 있는 방법으로써 처리시간 단축과 변화량이 작은부분의 복원에는 적합한 방법임을 알수 있다.

본 논문에서는 선택적 반복복원 방법의 기본적인 이론과 사용 방법에 따른 개선효과를 제시, 선택적 반복복원 방법의 적합성을 설명 하고자 한다.

일반적으로 영상이 공간적으로 훼손 되었다고 하는 것은
PSF(Point Spread Function) h(x,y,x,y)가
공간 - 불변 (spatially - invariant)이라 하면 식은,

$$g(x,y) = f(x,y) \, h(x-x,y-y) \, dx \, dy$$

$$= f(x,y) * h(x,y) \qquad (1)$$

가 된다.

만약, 영상 처리 시스템의 특성 h(x,y)가 이상적인 전달 특성인 Impluse 함수와 같다면 출력 영상은 원 영상의 모든 주파수 특성을 보존한 훼손 되지 않은 영상을 얻을수 있다. 이를 1 차원적으로 고려해 보면 다음과 같다.

$$g(x) = f(x) * (x) \qquad (2)$$

그러므로 주파수 영역(Fregerency domain)

에서는,

$$G(X)= F(X) \qquad (3)$$

과 같다. 즉, 시스템의 주파수 특성이 All-pass filter의 성격을 나타 내므로 출력 영상은 입력 영상과 동일한 주파수 특성을 나타내게 된다. 그런데 실제 시스템의 경우 주파수 대역이 입력 영상 보다 좁게 나타나므로 출력 영상 G(u,v)의 주파수 대역은 입력영상 F(u,v)보다도 더욱 좁아져 영상의 고역부분이 감쇄하게 된다. 그러므로 고역 주파수 성분으로 이루어진 영상의 Edge부분은 감쇄가 많이 일어나 흐려짐(Blurring) 현상이 나타나게된다.

## Ⅱ. 영상의 복원

식 (1)와 같이 훼손된 영상은 여러 가지 영상의 복원 방법에 의해 복원할수 있다. 식 (1)를 주파수 영역으로 변환하면,

$$G(x,y) = F(x,y)\ H(x,y) \qquad (4)$$

과 같이 표현 된다. 그러므로 식(4)의 양변에 1/H(x,y)를 곱하여 원래의 신호를 얻을수 있다. 즉,

$$G(x,y) = F(x,y) / H(x,y) \qquad (5)$$

이와 같은 방법을 Inverse필터에 의한 영상의 복원이라고 한다. 그런데 위 방법은몇가지 문제를 가지고 있다. 특히,
(1)H(x,y)의 역행열이 존재하지 않을경우
(2)H(x,v)의 singular point를 가지고 있을때
(3)1/H(x,v)를 구하는 문제가 악조건(ill-condition) 일때 해를 구할수 없게 된다. 또, 퓨리에 변환(Fourier transform)을 하거나 역 변환을 하는 과정에서 많은 시간과 컴퓨터의 메모리가 필요하게 된다. 반복복원 방법으로이러한 문제를 해결 할 수 있다. 이 방법의 장점은 다음과 같다.
(1) H(x,v)의 역 행열을 구할 필요가 없고
(2) 비선형 또는 shift-variant에 의한 훼손도 복원이 가능하고
(3) 비선형 constrain를 사용 잡음의 증폭을 억재 할 수 있으며
(4)약간의 변형으로 언제나 수렴성을 보장할 수 있다.
그외에 단지 공간 영역에서 영상을 처리하기 때문에 Fourier의 변환이나 역변환을 할 필요가 없으며 singular나 악조건 하에서도 해를 구할수 있다는 것도 장점으로 작용하고 있다. 또, 반복복원 방법은 point spread function이 spave할 경우 매우 실용적인데 이는
(1)짧은 시간 계산과
(2)컴퓨터의 적은 기억 용량만이 필요하기 때문이다.
그런데 실제 영상 복원의 경우 point spread function은 매우 spare 하다.
Jacobi 방법이나 Gauss-seidel 방법은 수학적인 모델이 비교적 간단하고 복원효과도 우수한 매우 실용적인 방법이나. steepest-Descent방법이나 Conjugate-Gradient방법은 수렴속도가 매우 빠르다는 장점을 가지고 있다.

## Ⅲ. 반복 복원 방법

1. Jacobi방법 ,Gauss-seidel방법.

$$y = H \cdot x \qquad (6)$$

여기서 $y$는 출력신호, $x$는 원신호, $H$는 시스템함수 이다.

만약 시스템에 가산잡음이 없다면 다음 식과 같이 되어 간단한 역 필터(inverse filter)를 사용하여 복원이 가능하다.

그러나 이 방법은 역행렬이 존재하지 않으면 해를 구할 수 없다. 이 문제를 해결하는 방법으로 Jacobi 반복 처리 방법이 있는데 이 방

법은 0이 아닌 대각선 요소를 갖는 행렬에 적용한다.

지금 흐림 훼손 영상인 식(6)와 동일한 형태의 식을 반복 처리하는 경우를 고찰한다.

$$\begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} \quad (7)$$

이 식의 첫번째 반복처리결과는

$$x_1 = (y_1 - h_{12}, x_2 - h_{13,} x_3)/h_{11}$$
$$x_2 = (y_2 - h_{21}, x_1 - h_{23,} x_3)/h_{22}$$
$$x_3 = (y_3 - h_{31}, x_1 - h_{32,} x_2)/h_{33}$$

(8)

와 같이 되므로 다음과 같은 처리 알고리즘으로 정의할 수가 있다.

$$X_i^{(k+1)} = \frac{(y_i - \sum_{j=1}^{i-1} h_{ij} * x_j^{(k)} - \sum_{j=i-1}^{n} h_{ij} * x_j^{(k)})}{h_{ii}} \quad (9)$$

$$For \quad i = 1, 2, 3, \cdots\cdots, n.$$

이 알고리즘은 대각선요소가 0이면 처리불가능하고 또한 $x_2^{(k+1)}$ 의 해를 구할 경우 최근에 구하여진 해 $x_1^{(k+1)}$ 을 사용하지 않기 때문에 처리된 결과에 대한 직전화소의 정보를 활용하지 못하고 있다.

이러한 단점을 보완한 것이 다음과 같은 알고리즘의 Gauss-Seidel방법이다.

$$X_i^{(k+1)} = \frac{(y_i - \sum_{j=1}^{i-1} h_{ij} * x_j^{(k+1)} - \sum_{j=i-1}^{n} h_{ij} * x_j^{(k)})}{h_{ii}} \quad (10)$$

$$For \quad i = 1, 2, 3, \cdots\cdots, n$$

이 방법은 $x_i^{(k+1)}$가 계산과정에 포함되기 때문에 처리된 결과에 대한 직전화소의 정보를 이용할 수가 있어서 수렴 속도가 빠르다.

## Ⅳ.Conjugate Gradient방법

여기서 영상의 반복 복원횟수를 줄임으로써 속도를 기존의 Gauss_seidel방법보다. 속도를 향상시킨 방법으로써 Conjugate Gradient 방법이 있다.

Conjugate Gradient 방법은 Krylov Subspace에서 시스템 적으로 검색하여 x를 발견하는 것이다. Krylov Subspace에서 오차를 최소화하기 위한 수학적 공리와 해석은 등식 (11)과 같다.

$$\begin{aligned} x &= x_{k-1} + \alpha_k p_k \\ r_k &= b - Ax_k \\ &= b - A(x_{k-1} + \alpha_k p_k) \\ &= (b - Ax_{k-1}) + \alpha_k p_k \\ &= r_{k-1} - \alpha_k p_k \end{aligned}$$

$$p_1 = r_0 = b$$
$$p_{k+1} = r_k + \frac{||r_k||_2^2 p_k}{||r_k||_2^2}$$
$$\alpha_k = \frac{||r_k||_2^2}{p_k^t A p_k} \quad (11)$$

식 (11) 에 대한 알고리즘은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} k &= 0 \; 1) \\ initialize x_0 \; 2) \\ r_0 &= b - Ax_0 \; 3) \\ \Phi_0 &= r_0^T r_0 \; 4) \\ while \; (\Phi > \delta) \; do \; 5) \\ k &= k + 1 \; 6) \\ p_k &= r_{k-1} + \Phi_{k-1} p_{k-1} / p h_{k-1} \text{or} \; p_1 = r_0 \; 7) \\ w_k &= A p_k \; 8) \\ \beta_k &= p_k^T w_k \; 9) \\ \alpha_k &= \Phi_{k-1} / \beta_k \; 10) \\ x_k &= x_{k-1} + \alpha_k p_k \; 11) \\ r_k &= r_{k-1} - \alpha_k w_k \; 12) \\ \Phi_k &= r_k^T r_k \; 13) \\ end \; while \; 14) \\ x &= x_k \; 15) \end{aligned} \quad (12)$$

본 논문에서는 Conjugate Gradient방법을 이용하고 또한 LOG함수의 압신(compress and expansion)특성을 이용한 반복 복원 방법을 적용하여 기존의 Conjugate Gradient 반복복원보다 우수한 복원 효과를 가진 방법을 제안하고 이를 Simmulation을 통하여 입증 하고자 한다.

## V. 제안된 방법

반복 복원 방법이 여러면에서 우수함에도 불구하고 그 동안 영상의 복원에 이용되지 못했던 가장 큰 이유는 항상 수렴하지 않는다는 것이다. Gauss-seidel방법으로 흐려진 영상을 복원시 변화가 큰 부분은 적은 회수로도 복원이 잘 되나 변화가 적은부분은 반복 회수를 많이 함에도 불구하고 복원이 잘되지 않는 단점이 있다.
따라서 본 논문에서는 변화가 적은 부분도 적은 반복 회수로도 복원이 잘 되게 하기위하여 PCM(pulse coded modulation)에서 사용된 μ-law에 의한 압신 방법을 도입하고자한다. PCM에서 사용된 -law의 수학적 모델은 아래와 같다.

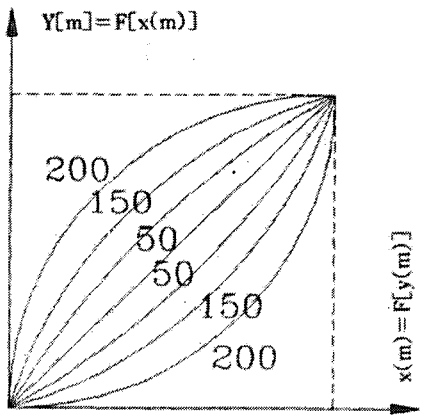



Fig.1 Log Function

system에서의 고속 신호를 가능하게 위해서는 다음과 같은 조건이 필요하다.

① 신호 처리 알고리즘이 간략해야 한다.
② 적은 기억 공간을 사용해야 한다.
③ 빠른 수렴성이 보장되어야 한다.
④ 큰 MSE(Mean Square Error)의 개선도를 요구한다.

위와 같이 system에서의 고속 신호처리를 가능하게 하기 위해서 본 논문에서는 2개의 constrained parameter를 이용하며, MSE(Mean Square Error)의 개선도를 위하여 시각특성(log 함수)을 이용한 고속 신호 처리 algorithm을 다음과 같이 제시하고자 한다.
최적화 신호 처리를 위해 식 (13), (14)를 적용시킨 방법은 다음과 같다.

### V-I .LOG 함수를 이용한 압신신호

반복신호처리 방법이 여러면에서 우수함에도 불구하고 영상신호처리에서 생기는 단점으로서는 영상신호 처리시 고역특성을 지닌 gray level부분은 적은 반복처리 횟수로도 큰 개선도를 가져오나 저역특성을 지닌 gray level부분은 처리 반복 횟수가 증가하여도 큰 개선 효과를 얻을 수가 없다는 점이다.
그래서 본 논문에서는 저역특성의 graly level의 개선도를 증가시키기 위하여 PCM(Pulse Coded Modulation)에서 사용되는 LOG 함수의 압신 특성을 이용한다. PCM에서 사용된 압신 특성의 수학적 모델은 아래와 같다.

$$Y(n_1,n_2)=F[X(n_1,\ n_2)]=X\max\frac{\log[1+\mu\frac{X(n_1,n_2)}{X\max}]}{\log[1+\mu]} \quad (13)$$

여기에서 $X(n_1,\ n_2)$는 관측 신호, $Y(n_1,\ n_2)$는 신호 처리할 신호가 되며, Fig. 3과같이 x의 값이 적은 부분은 크게 증가

시키고, X의 값이 큰 부분은 조금 증가시킨다는 의미이다.

이 방법을 영상신호에 적용시킨 다음 반복처리후 역변환을 하면 개선된 저역 신호를 얻을 수가 있다. 식 (13)의 역변환 함수는 아래와 같다.

$$X(n_1, n_2) = \frac{\text{Xmax}}{\mu}(10^{\frac{Y(n_1,n_2)}{\text{Xmax}}} \cdot \log(1 \quad (14)$$

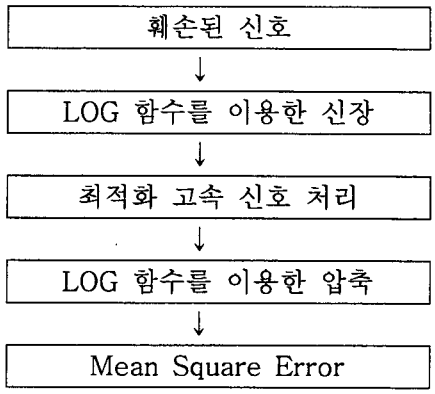
LOG함수의 압신 특성을 이용하여 고역신호는 조금 신장시키고, 저역 신호는 크게 신장시킨후 반복처리한 다음 다시 원래값으로 압축하는 방법이다. 위의 방법을 반복 신호처리 방법에 적용하면, 기존의 신호처리 방법이 가지는 장점뿐만 아니라 저역 신호성분의 개선으로 MSE(Mean Square Error)를 크게 줄일 수 있고, 시각특성을 향상시키며, 처리시간도 단축시킬 수 있는 장점이 있다. 시각특성(log 함수)을 이용한 고속 신호 처리 algorithm을 다음과 같이 제시하고자 한다.

최적화 신호 처리를 위해 식 (13), (14)를 적용시킨 방법은 다음과 같다.

$$f_i^{(k+1)} = f_i^{(k)} - a_i^{(k)} \cdot R_i^{(k)} \cdot \nabla f(\lambda$$
$$= f_i^{(k)} - a_i^{(k)} \cdot P_i^{(k)} \quad (15)$$

제안된 신호 고속처리 알고리즘은 식 (13), (14)과 식 (15)을 정리하여 다음과 같다

**Table. 1 Image restoration using proposed an optimal s Conjugate Gradient and Log character function.**




## Ⅵ. 실험 결과 및 분석

공간 영역에서 훼손된 훼손신호에 대한 신호처리 방법은 많이 연구되어 왔다. 그 중 대표적인 신호처리방법은 Jacobi방법, Gauss-Seidel 방법 등이 있으나 전체 신호 처리시간이 오래 걸린다는 단점에 system에서의 실시간 고속신호처리를 구현하기에는 부적합했었다. 이러한 단점을 해결하기 위해서는 최적화 초기치를 이용한 고속 알고리즘이 필요하게 되었다.

본 논문에서는 system에서 실시간 고속 신호처리를 구현하기 위하여

① 식 (15)의 최적화 Conjugate-Gradient 방법 LOG 함수를 이용하여 시각특성을 더욱 개선시킬 훼손 신호의 고속 처리 알고리즘과

② 기존의 반복처리신호 방법인 Conjugate-Gradien 방법

을 비교 분석함으로서 본 논문에서 제안한 알고리즘의 우수성과 그 실용성을 입증하여 보겠다. 위의 실험적 평가는 MSE(Mean Square Error)과 처리시간, 오차 화상, 처리된 신호의 Profile을 보이면서 비교, 분석하였다. 그리고 입력 영상신호는 8bit의 512×512 lena영상신호를 personal computer를 사용하여 신호를 처리 하였다.

## Ⅶ. 실험결과 및 분석

### 1. 신호의 훼손

본 논문에서 사용된 훼손 system은 Gaussian funcion으로 이루어져 있으며 5*5의 pixel을 가진다. 그 수학적 모델은 다음과 같다.

$$h(x,y) = \frac{\exp\left(\frac{-(x^2+y^2)}{2.0\cdot\sigma^2}\right)}{2.0\cdot\pi\cdot\sigma^2} = 1.25\cdot\nabla xy \qquad (16)$$

여기에서 $\nabla xy$는 sampling interval이 된다. 이러한 훼손 system을 통하여 원 신호가 공간훼손된다.

### 2. 처리된 신호의 객관적 측정방법

① 평균 자승 오차

$$\mathrm{MSE} = \frac{1}{MN}\sum_{i=0}^{M-1}\sum_{j=0}^{N-1}\left(f(i,j)-f^{(k)}(i,j)\right)^2 \qquad (17)$$

## Ⅵ. 고 찰

본 논문에서 제안된 알고리즘을 Blurred image에 적용시킨 결과 Table 1과 같이 같은 반복 횟수에서 본 논문에서 제시한 알고리즘이 우수한 MSE를 나타내고 있다.

또한 Table 1을 보면 기존의 Conjugate-Gradient 방법은 7회의 신호 처리과정으로 71.003의 MSE를, 제안된 방법은 1회처리로써 72.80602의 MSE를 생산하였다.

이것은 곧 제안된 방법은 처리시간을 단축중이고 있다. 이러한 신호 처리시간의 단축은 정보의 고속 전송과 더불어 중요한 분야가 된다. 처리 시간이 단축된다면 이는 신호 처리 분야의 범위를 확대시키고 범용화 시키는 길이 되며, system에서의 신호처리가 가능하게 된다.

Table2. Comparison of MSE(Mean Square Error)

| 종류 / 반복횟수 | Conjugate-Gradientt | Proposed method |
|---|---|---|
| 1 | 114.63489 | 71.80602 |
| 2 | 95.88498 | 65.02483 |
| 3 | 86.34521 | |
| 4 | 80.44131 | |
| 5 | 76.36251 | |
| 6 | 73.34415 | |
| 7 | 71.00210 | |
| 8 | 69.12096 | |
| 9 | 67.57188 | |
| 10 | 66.26893 | |

(a) original image.

(b) blurred image.

(c) result of 1 iterative restoration by Conjugate-Gradienl method.

(d) result of 1 iterative restoration by proposed method.

(e) result of 2 iterative restoration by Conjugate-Gradienl method.

(f) result of 2 iterative restoration by proposed method.

(g) result of 4 iterative restoration by Conjugate-Gradienl method.

(h) result of 10 iterative restoration by Conjugate-Gradient.

위에서 보는 바와 같이 (a)는 기존의 신호 처리 방법인 Conjugate-Gradient방법으로 얻은 영상이며, (d)는 본 논문에서 제시한 알고리즘으로서 (a)와 같은 기존의 신호 처리보다 적은 반복 횟수로도 좋은 결과를 보여주고 있다.

LOG함수의 압신 성질의 이용하여 저역 신호 성분이 개선되어 10회 신호 처리한 (h)결과와 (d)결과의 차이는 거의 구별할 수가 없을 정도로 단 한번 신호 처리하여도 훌륭한 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 LOG함수의 특성을 이용한 제안된 방법에서 사용되는 가속변수는 윤곽부분의 오차 정도에 의해 민감하게 처리된다. 이렇게 주변의 화소간의 정보를 가진 가속변수의 적용은 그 실용성을 확대 시킨다.

## Ⅶ. 결 론

system에서의 신호를 실시간에 처리하기 위해서 고려되어야 하는 사항은 기억공간의 사용도와 처리 시간을 들 수가 있다. 그러나 기존의 반복 처리 방법은 기억 공간의 사용도와 수렴성의 안정도는 훌륭하나 처리시간이 오래 걸린다는 단점으로 system에서의 실용성이 걸여되었다.

그러나 본 논문에서 제시한 알고리즘은 신호처리의 고속이 가능해짐으로서 신호처리의 범용성을 확대 시킬 수가 있다는 장점이 있다.

본 논문에서는 다음과 같은 고려 사항을 filter 제작시 적용 시켰다.

① 정상적인 신호혹은 비정상적인 신호이든지 상관없이 사전정보가 없이도 처리가 가능한 filter가 요구된다.
② 악조건, 특이점에서도 수렴속도가 늦어지지 않는 filter가 요구된다.
③ 각 화소간의 경계상태에 대한 정보를 최대한 유지하여 원신호의 복원이 가능한 filter가 요구된다.
④ 선형 filter와 같이 수행이 간단히 되는 filter가 요구된다.
⑤ hardware의 구형이 용이한 filter가 요구된다.

위의 같은 사항을 고려하여 시각 특성을 이용한 최적화 고속 신호처리 알고리즘을 제시함으로서 system에서의 실용성과 가능성을 보였다.

본 논문에서는 적은 기억 공간의 사용도와 고속 처리에 중점을 두었으며 MSE에 대한 처리 시간을 비교함으로서 제시한 알고리즘이 실시한 고속 신호처리에 적용한다면 우수한 성능을 발휘할 것을 알 수 있다.

## 참 고 문 헌

1. J S Lim "Two-Dimensional Signal and Image Processing", pp.524-561, Prentice-Hall 1990.

2. Satoshi Kawata,Yoshiki Ichioka,"Iterative Image Restoration for Linearly degraded images I. Basis", J. Opt. Soc. Am. vol. 70, No. 7, pp.762-768, July, 1980.

3. J S Lim, "Two-Dimensional Signal and Image Processing", pp.278-285, Prentice-Hall 1990.

4. S. J. Leon, "Linear Algebra with Applications", pp.301-336, Macmillan 1989.

5. Yoshiki Ichioka, "Iterative image restoration by a method of steepest-descent", J. Optics, vol. 12, No. 1, pp.35-41, 1981.

6. Gonzalez, Wintz, "Digital Image Processing", Addison-wesley Publishing Company, 1977.

7. S. Kawata, O. Nalcioglu, "Constrainted iterative reconstruc-tion by conjugate gradient method", IEEE Transc. on Medical Images, No. 2, pp.65-71, June, 1985.

8. Craing. E. Morris and M. A. Richards, Monson H. Hayes "Fast Restruction of Linearly Distorted Signals". IEEE Trans. Acous. Speech and Signal Proc, Vol. 36. No. 7. July, 1988.

9. Reginald L. Lagendijk, Russel M. Merserau and Jan Biemond,"On Increasing the Convergence Rate of Regulari-zed Iterative Image Restoration Algorithm", ICASSP, pp. 1183-1186, 1987.

권기홍(Kwon Kee Hong)
1989년 영남대학교 전자과 공학사
1991년 영남대학교 전자공학과공학석사
1995년 영남대학교 전자공학과공학박사
1991년 ~ 대구산업정보대학보통신과 교수

주관심분야 : 디지털 신호처리, 영상신호처리