

# 에지 정보 가중치를 적용한 에지 강조 오차 확산 방법

## The Edge Enhanced Error Diffusion Aplpling Edge Information Weights

곽내정

충북대학교 정보통신공학과

양운모

충북대학교 정보통신공학과

유창연

충북대학교 정보통신공학과

한재혁

충북대학교 정보통신공학과

Nae-Joung Kwak (knj0125@lycos.co.kr)

Dept. of Computer and Communication Engineering,  
Chungbuk National University

Wun-Mo Yang (ebaot@hanmail.net)

Dept. of Computer and Communication Engineering,  
Chungbuk National University

Chang-Yeon Yoo (kda99@hanmail.net)

Dept. of Computer and Communication Engineering,  
Chungbuk National University

Jae-Hyuk Han (eoage@hanmir.com)

Dept. of Computer and Communication Engineering,  
Chungbuk National University

중심어 : 해프톤닝, 오차확산방법, 에지 강조

Keyword : Halftoning, Error Diffusion, Edge Enhancement

### 요 약

### Abstract

오차 확산 방법은 연속 계조 영상을 이진 영상으로 표현할 때 우수한 화질을 보이지만 에지 영역에서는 에지 정보가 흐려지는 특성이 있다. 이를 개선하기 위해 원영상의 국부적 특성을 고려하여 에지 강조 가중치를 다르게 적용하는 방법을 제안한다. 제안방법은 국부적 특성의 척도로 3×3 소벨 연산자를 이용한 에지 정보를 사용했다. 먼저 원영상을 소벨 연산자를 이용해 에지를 검출한다. 검출된 에지 정보의 정규화 값을 입력으로 하는 정현파 함수로 에지 정보에 따라 에지 정보 가중치 함수를 구한다. 구해진 에지 정보 가중치 함수와 입력 화소 값을 곱하여 에지 강조 가중치를 구하여 해프톤 영상의 에지를 강조한다. 제안 방법의 성능은 에지 상관도 평가 함수와 해프톤 영상의 역해프톤 영상을 이용하여 기존의 방법과 비교했다. 제안방법을 적용한 결과 영상은 에지가 강조되어 시각적으로 선명한 결과를 보이고 미세한 에지도 잘 표현되어졌다. 또한 기존의 방법에 비해 에지의 재현성이 개선되었다.

Error diffusion is a procedure for generating high quality bilevel images from continuous-tone images but blurs the edge information. To solve this problem, we propose the improved method applying edge enhanced weights based on local characteristic of the original images. We consider edge information as local characteristic. First, we produce edges by applying 3×3 sobel operator to the original image. The edge is normalized from 0 to 1. Edge information weights are computed by using sinusoidal function and the normalized edge information. The edge enhanced weights are computed by using edge information weights multiplied input pixels. The proposed method is compared with conventional methods by measuring the edge correlation and quality of the recovered images from the halftoned images. The proposed method provides better quality than the conventional method due to the enhanced edge and represents efficiently the detail edge. Also, the proposed method is improved in edge representation than the conventional method.

## I. 서론

영상의 출력장치에서 연속 계조를 제한된 계조 및 칼라로 표현해야 하는 경우 주어진 연속 계조 영상을 이진 영상으로 근사화 시키는 처리를 해프토닝이라 한다. 해프토닝 방법은 크게 디더링 방법[1], 오차 확산 방법[1],[2], 최적화 기법[3-6]을 이용한 방법등으로 구분할 수 있다. 디더링 방법은 이진 계조를 결정하는 이진 문턱값(threshold value)들을 일정한 순서로 배치하여 이진 문턱 배열을 생성한 후 문턱값 배열에 의해 영상을 마스크(masking)하여 이진 영상을 생성하는 방법이다. 오차 확산 방법은 이진화를 수행한 후에 발생하는 이진화 오차(quantization error)를 주변의 인접 화소로 전파하게 된다. 이와 같이 오차값의 전파에 의해 영상의 계조값이 수정되고 수정된 계조값을 이용하여 이진화를 수행한다. 이때 전파하는 오차의 양과 화소값이 수정될 주위 화소의 위치는 오차 확산 계수에 의해 정해지게 된다. 최적화 기법은 영상의 화질을 나타내는 평가 함수를 먼저 정의하고 평가함수가 최소가 되도록 최소제곱법[4], 신경회로망[5], 유전 알고리즘[6]등을 이용하여 이진 영상을 생성하는 방법이다.

이러한 방법 중 오차 확산방법은 최적화 방법에 비해 적은 계산량으로 사람의 시각특성에 적합한 우수한 화질의 이진 영상을 생성하지만 원영상의 평균 계조도를 유지하도록 설계되므로 이를 사용하여 처리된 이진 영상은 고주파 성분을 포함하는 에지 정보의 열화를 수반하게 된다.

이런 단점을 개선하고자 에지를 강조하여 보다 선명한 이진 영상을 얻기 위한 에지 강조 오차 확산 방법이 Eschbach 등[7]에 의해 제안되었다. 이 방법은 처리하는 현재 화소의 밝기 값과 확산되는 오차를 더하는 과정에서 현재 화소의 밝기 값에 가중을 주어 더함으로 에지를 강조하는 방법이다. 이 방법은 현재 화소의 밝기값에 일정한 상수를 가중값으로 줌으로 영상의 국부적 특성을 고려하지 못하는 단점을 가진다. 강 태하 등[8]은 전처리 필터를 추가하여 영상의 에지를 강조하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 원영상의 수평 및 수직 방향의 미분값을 이용하여 필터의 가중치 함수를 구한다. 그리고 오차확산방법의 양자화기에 입력되는 신호에 이를 추가하여 에지를 강조한다. 이 방법은 영상의 공간적 특성을 고려하여 에지를 강조함으로 기존의 오차 확산 방법보다 명확한 이진 영상을 재현할 수 있지만 거짓에지가 나타나거나 평탄영역에서 뭉쳐짐 현상등이 발생하는 단점을 가진다.

본 논문은 영상의 국부적 특성을 고려하여 에지 강조 가중치를 다르게 적용하여 영상의 에지를 강조하는 방법을 제안

한다. 제안방법은 공간적 변화량의 척도로서 에지 정보를 이용하여 에지를 구하기 위해 3×3 소벨 마스크를 이용한다. 제안 방법은 먼저 소벨 연산자를 이용하여 에지를 구한다. 구해진 에지 정보를 정규화한 후 정현파 함수를 이용해 영상의 국부적 특성을 고려한 에지 강조 계수를 구한다. 구해진 에지 강조 계수를 입력 화소값에 곱하여 양자화기 입력 신호에 더함으로 에지를 강조한다.

2장에서는 기존의 오차확산방법에 대해 알아보고 3장에서는 제안 방법인 국부적 특성에 따른 에지 강조 오차 확산 방법을 설명한다. 4장은 기존의 오차확산방법과 제안한 방법에 의해 생성된 이진영상을 에지 상관도를 이용해 성능을 분석하며 5장에서 결론을 제시한다.

## II. 오차 확산 방법

Floyd-Steinberg 등에 의해 제안된 오차 확산 방법은 그림 1에서 점선 부분을 제외한 형태로 표현된다. 이것은 입력  $x(i, j)$  를 양자화기  $Q(\cdot)$ 를 이용해 이진값  $b(i, j)$  를 생성하는 과정과 이진화 오차  $e(i, j)$  를 주위 화소로 전파하여 주위 화소의 계조값을 수정하는 과정으로 이루어진다. 이때 오차의 전파에 의해 계조값이 수정될 주위 화소의 위치와 오차의 전파 가중치는 오차확산 계수  $h(k, l)$  에 의해 결정된다.

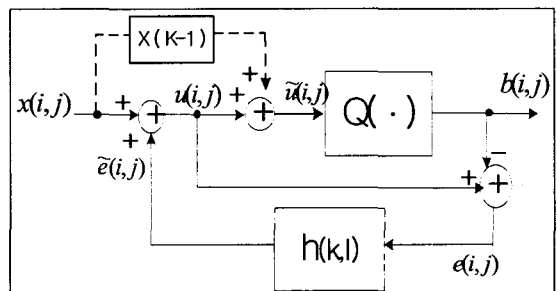


그림 1. 오차확산 방법의 블록도

이를 식으로 표현하면 다음과 같다. 입력  $x(i, j)$  에 인접 화소의 오차를 뺀 값을 구한다.

$$u(i, j) = x(i, j) + \tilde{e}(i, j) \quad (1)$$

이때  $\tilde{e}(i, j)$  는 주변화소로부터 전파된 오차의 합으로 다음과 같다.

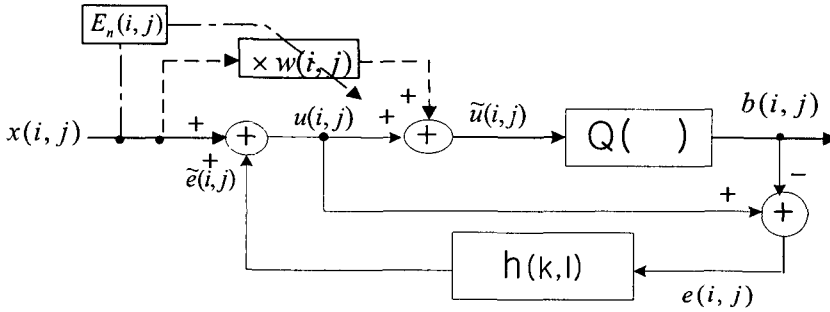


그림 2. 제안 방법 블록도

$$\tilde{e}(i, j) = \sum_{(k, l) \in R} h(k, l) e(i - k, j - l) \quad (2)$$

여기서 R은 오차가 전파될 주위 화소들의 집합이다. 양자화기  $Q(\cdot)$ 는 임계값을 이용하여  $u(i, j)$ 를 이진값 0과 255으로 변환한다.

$$b(i, j) = \begin{cases} 255, & u(i, j) \geq 128 \\ 0, & u(i, j) < 128 \end{cases} \quad (3)$$

이진화 오차는 다음식으로 구한다.

$$e(i, j) = u(i, j) - b(i, j) \quad (4)$$

식 (5)는 Floyd-steinberg 의 오차확산 계수이다.

$$\begin{bmatrix} h(0,0) & h(0,1) & h(0,2) \\ h(1,0) & h(1,1) & h(1,2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/16 & 5/16 & 3/16 \\ 7/16 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

이러한 오차 확산 방법은 평균 계조도를 유지하지만 에지 정보는 열화되는 단점이 있다. 이를 개선하기 위해 Eschbach [7]는 처리하는 현재 화소의 계조에 확산되는 오차를 더하는 과정에서 현재 화소의 가중값을 더해줌으로 에지를 강조하는 방법을 제안했다. 이것은 그림 1에서 굵은 점선부를 추가한 것으로 다음식으로 표현할 수 있다.

$$\tilde{u}(i, j) = u(i, j) + (k-1) \cdot x(i, j) \quad (6)$$

여기서  $(k-1) \cdot x(i, j)$ 는 에지 강조 가중치로 입력화소의 밝기값과  $k$ 의 값에 의해 결정된다.  $k$ 는 정수로 값이 커지면 에지가 더 많이 강조된다. 식(6)에 의해 구해진  $\tilde{u}(i, j)$ 를 식(3)에서  $u(i, j)$  대신 임계값과 비교하여 양자화함으로써, 출력 값은 입력 화소값과  $k$ 에 의해 결정된다.

### III. 제안한 오차 확산방법

Eschbach가 제안한 방법은 일정한 상수를 이용하여 입력 영상에 곱한 값을 양자화전에 더함으로 에지를 강조한다. 그러나 이 방법은 입력영상의 국부적 특성을 고려하지 않고 동일한 경계 강조 가중치를 적용함으로 일부 경계 영역은 지나치게 강조되며 미세한 경계 영역은 뭉개짐으로 해프톤 영상의 화질이 저하된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 단점을 개선하여 영상의 국부적 특성을 고려한 에지 강조 오차 확산 방법을 제안한다.

Eschbach 방법은 에지 강조 가중치가 입력 화소의 밝기값과 상수의 곱으로 결정된다. 제안방법은 영상의 국부적 특성을 에지 정보로 표현하며 에지 정보에 의한 에지 정보 가중치(Edge information weight)를 구한다. 구해진 에지 정보 가중치를 입력에 곱함으로 에지 강조 가중치를 구하여 이진화 오차가 더해진 입력에 더함으로 에지를 강조한다.

제안방법은 에지의 크기를 0~1로 정규화하여 정규화 에지의 값에 따라 에지 정보 가중치가 변화되도록 했다. 이때 정규화 에지의 값이 작거나 큰 경우는 에지 정보 가중치를 작게 주어 에지가 지나치게 강조되지 않도록 했다. 정규화 에지의 값이 0에서 점차 증가하여 감에 따라 에지 정보 가중치는 커지며 중앙값이 될 때 최대로 된다. 그리고 정규화 에지의 값이 중앙값보다 커질수록 에지 정보 가중치는 감소한다. 이것은 영상내 존재하는 미세한 에지를 적절히 보존하며 값이 큰 에지에서 에지 정보 가중치를 작게 줌으로 에지가 너무 두드러져 보이지 않도록 하기 위함이다. 본 논문에서는 정현파 함수(sin 함수)를 이용해 정규화 에지에 따라 다른 계수가 선택되도록 했다.

제안 방법은 먼저 영상의 에지를 3×3 소벨 연산자를 이용하여 구한다[9]. 소벨 연산자는 영상 잡음에 대하여 강한 면을 보이며, 대각선 검출에도 좋은 성능을 나타낸다. 다음은 수평 마스크를 이용해 수평방향 에지 정보를 구하는 식이다.

$$S_h(i, j) = \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 h_m(k, l) x(i+k, j+l) \quad (7)$$

$h_m$  는 소벨 연산자의 수평마스크이다. 이와 같은 방법으로 수직 마스크를 이용해 수직방향 에지정보  $S_v(i, j)$  값을 구하여  $(i, j)$  위치의 에지정보를 구하면 다음과 같다.

$$S(i, j) = \sqrt{S_h(i, j)^2 + S_v(i, j)^2} \quad (8)$$

소벨 연산자를 이용해 구해진 에지 정보를 이용해 에지 정보 가중치 ( $W(i, j)$ ) 를 구하는 식은 다음과 같다.

$$W(i, j) = (\alpha + \beta \sin(\pi \times E_n(i, j))) \quad (9a)$$

$$E_n(i, j) = \frac{S(i, j)}{S_{\max}} \quad (9b)$$

여기서  $S_{\max}$ 는 에지의 최대 값이며  $E_n(i, j)$ 는  $(i, j)$  위치의 에지  $S(i, j)$ 를 0~1 사이의 값으로 정규화 시켜준 값이다.  $\sin(\cdot)$ 는  $E_n(\cdot)$ 의 값에 따라 0~1의 값을 갖는다. 따라서  $W(i, j)$ 는 평탄 영역과 에지의 값이  $S_{\max}$ 일 때는  $\alpha$ , 에지의 값이 중앙값일 때는  $\alpha + \beta$ 그 외의 영역에서는

#### IV. 실험 및 고찰

제안방법의 성능을 평가하기 위해 본 논문에서는 Floyd Steinberg 방식과 Eschbach에 의해 제안된 에지강조 오차 확산 방법, 강태하에 의해 제안된 에지 강조 오차 확산 방법을 적용한 결과를 비교한다. 테스트 영상은 256×256 lena, bridge, airplane 영상을 사용했다. 이때 Eschbach 방법은  $k=2$ , 강태하 방법은  $a=1.25, b=0.05$ . 제안방법은  $\alpha=1.7, \beta=2.5$ 를 적용하여 결과를 구했다. 이때  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 실험에 의하여 결정된다.

영상의 중요한 정보는 대부분 에지 부분에 존재한다. 따라서 원영상과 해프톤 영상간의 에지 상관도(edge correlation)를 측정하는 것이 객관적인 화질 평가의 의미를 지닌다. 이의 에지 상관도 함수는 다음과 같다[10].

$$C_E = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} \left( \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 W_{kl} D_A(k, l) D_B(k, l) \right) \quad (10)$$

여기서 가중치  $W_{kl}$ 은 수평과 수직, 대각 방향에 대한 가중값으로 수평과 수직에 대한 대각방향 비를  $1:\sqrt{2}$ 가 되도록 하고, 계수의 합이 10이 되도록 정규화 하였다. 이때 수평, 수직 방향은 0.1465, 대각 방향은 0.1035의 값을 갖는다. 또한  $D_A(k, l)$ 와  $D_B(k, l)$ 는 다음과 같이 구한다.

표 1. 기존 방법과 제안방법의 에지 상관도

관측거리 (inch)	방법	Floyd	Eschbach	강태하	제안방법
	영상				
10	lena	105.43	107.93	107.76	109.10
	bridge	110.23	114.66	114.69	116.71
	airplane	121.83	124.69	124.58	126.50
20	lena	71.08	72.30	72.4	73.05
	bridge	73.72	75.75	75.33	77.05
	airplane	81.24	82.83	82.65	84.33

$\alpha + \beta \sin(\cdot)$ 의 값을 갖는다. 즉, 에지 정보가 매우 큰 영역이나 작은 영역은  $\alpha$ 의 값에 가까운 경계 강조 가중치를, 에지 정보가 중앙값에 가까울 경우는  $\alpha + \beta$ 에 근사한 값이 되어 영상의 에지 정보에 의해 에지 정보 가중치가 다르게 결정된다. 그림 2는 제안방법의 블록도이다.

$$D_A(k, l) = I_h(i, j) - I_h(i-k, j-l) \quad (11a)$$

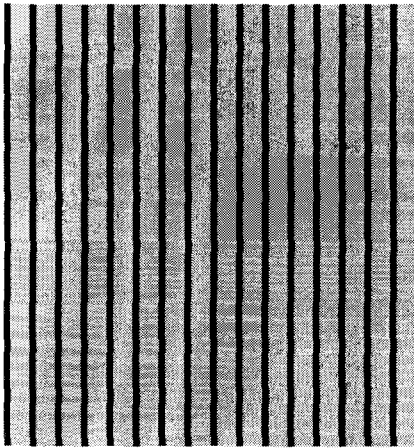
$$D_B(k, l) = B_h(i, j) - B_h(i-k, j-l) \quad (11b)$$

여기서  $I_h(m, n)$ 은 원영상,  $B_h(m, n)$ 은 HVS(human visual system) 특성을 고려하여 7×7 윈도우의 지역 통과 필터

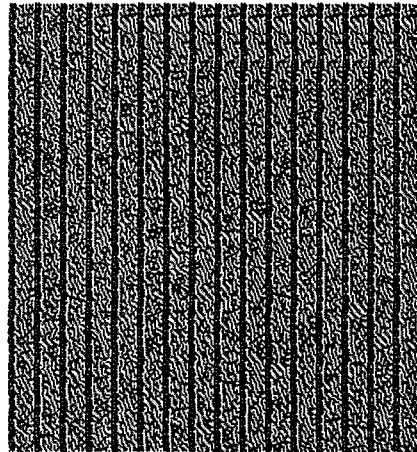
터를 구성하고, 이로서 이진 영상을 필터링하여 복원한 영상이다. 에지 상관도는 원영상과 이진영상에 대한 에지 부분의 표현 능력을 평가하는 함수로서  $C_E$ 의 값이 클수록 에지 부분이 잘 일치한다고 판단할 수 있다.

표 1은 테스트 영상을 식(10)에 의해 원영상과 해프톤 영상의 복원 영상의 에지 상관도를 구한 결과이다. Eschbach 방법과 강태하의 방법은 floyd 방법에 비해 에지 상관도에서 개선되었으며 두 방법은 비슷한 에지상관도를 보인다. 제안 방법은 기존의 세 방법보다 에지 상관도가 더 높은 결과를 보인다. 이것은 제안 방법의 해프톤 영상이 기존 방법의 해프톤 영상보다 경계영역에서 잘 재현됨을 의미한다.

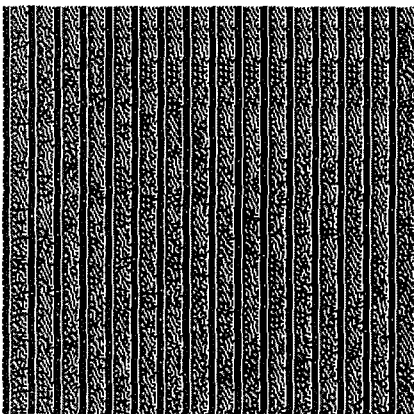
그림 3은 두 개의 그레이 레벨을 이용하여 반복적인 패턴 영상을 생성하고 제안방법과 기존의 방법을 적용한 결과 영상이다. Eschbach 방법의 결과영상은 일부 에지 영역에서 뭉개짐이 나타나는 것을 볼수 있다. (c)의 강태하 방법의 결과 영상은 Eschbach 방법의 영상보다는 더 개선된 결과를 보여 준다. 그러나 어두운 영역에서 밝은 영역으로 변하는 에지 영역에서는 너무 두각된 에지를 생성하여 자연스럽지 못하다. 또한 밝은 영역에서 어두운 영역으로 변하는 에지 영역에서 검은 화소의 뭉쳐짐 현상이 두드러져 에지 영역이 잘 표현되지 못한다. 제안 방법의 결과 영상은 기존의 방법에



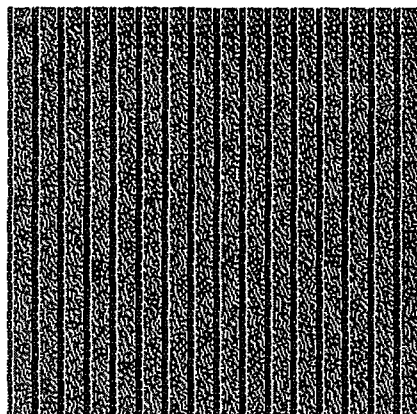
(a) 원영상



(b) Eschbach의 방법



(c) 강태하의 방법



(d) 제안방법

그림 3. 테스트 영상의 해프톤 영상



(a) 원영상



(b) Eschbach의 방법



(c) 강태하의 방법



(d) 제안방법

그림 4. 기존 방법과 제안방법의 결과 영상

비해 화소 분포 균일하며 에지 영역이 자연스럽게 표현되어졌다.

그림 4는 lena 영상의 일부 영역에 기존의 방법과 제안 방법을 적용한 결과 영상이다 (a)는 256×256 크기의 원영상이다. (b)는 Eschbach 방법에 의한 결과 영상으로 모자 영역의 미세한 에지가 보존되지 못하였고 모자의 경계 영역도 경계 재현성이 부족함을 보여준다. (c)는 영상의 공간적 특성을 고려한 방법으로 모자 영역의 미세한 에지는 잘 보존되었으나 눈 영역과 윗입술 영역에서 거친 에지가 형성됨을 보여준다. 또한 얼굴 등의 평탄 영역에서 눈에 거슬리는 패턴이 나타난

다. 제안 방법은 모자의 에지 영역을 잘 재현하고 미세한 에지도 잘 보존되었다. 또한 평탄영역에서도 뭉쳐짐이나 눈에 거슬리는 패턴이 줄어들었다. 에지 재현성을 평가하기 위해 해프톤 영상을 3×3 평균 필터를 이용해 역해프토닝하여 경계 영역의 보존 정도를 살펴보았다. 그림 5는 그림 4의 역해프토닝 영상으로 제안방법에 의한 역해프톤 영상은 모자의 미세 영역과 얼굴의 입과 눈 등의 에지 영역이 잘 복원됨을 볼 수 있다. 따라서 제안 방법이 다른 에지 강조 방법에 비해 에지 영역을 잘 보존하며 강조함을 알 수 있다.



그림 5. 역해프토닝 영상

## V. 결론

오차확산 방법은 영상의 출력 장치에서 제한된 계조로 자연색 영상을 출력할 경우 일정한 거리에서 관측시 원영상과 이진 영상이 유사하게 보이도록 하는 기법이다. 본 논문에서는 기존의 오차확산방법의 에지가 흐려지는 특성을 개선하기 위한 방법을 제안한다. 제안방법은 영상의 국부적 특성에 따라 영상의 에지 강조 가중치를 다르게 적용하는 방법을 제안했다. 이를 위해 국부적 특성으로 에지 정보를 이용했으며 에지 정보에 따라 에지 정보 가중치를 구하기 위해 정현파 함수를 사용했다. 입력 화소의 밝기값과 구해진 에지 정보 가중치를 곱하여 에지 강조 가중치를 구함으로써 에지를 강조한다.

제안방법은 영상의 에지 영역의 재현성이 기존의 방법에 비해 개선되었다. 특히 미세한 에지도 잘 보존되어졌으며 기존의 방법을 적용할 경우 에지가 두드러지게 강조되어 부자연스럽게 표현되었던 부분도 자연스럽게 표현되어졌다. 또한 국부적 특성을 고려함으로써 뭉쳐짐도 줄었다. 그리고 기존의 방법에서 나타났던 거짓 에지도 제거되어 화질이 개선되었다.

## 참고 문헌

- [1] R. A. Ulichney, Digital Halftoning, MIT Press, 1987.
- [2] R. W. Floyd and L. Steinberg, "An adaptive algorithm for spatial scale," Proc. Soc. Inf. Disp., 17, pp. 75-77, 1976.
- [3] J. Sullivan, L. Ray and R. Miller, "Design of Minimum Visual Modulation Halftone Patterns," IEEE Trans. on System, Man and Cybernetics, Vol. 21, No. 1, pp. 34-39, Jan./Feb. 1991.
- [4] P. W. Wong, "Error diffusion With Dynamically Adjust kernel," IEEE Int. Conf. on ASSP, pp. V113-V116, April 1994.
- [5] D. Anastassiou, "Neural net based digital halftoning of images," IEEE International Symposium on. Circuits and Systems, Vol. 1, No. 4, pp. 507-510, 1988.
- [6] N. Kobayashi and H. Saito, "Halftoning technique using genetic algorithm," ICASSP, Vol. 5, pp. V/105 -V/108, 1994.
- [7] R. Eschbach and K. Knox, "Error diffusion algorithm with edge enhancement," J. Opt. Soc. Am. A, Vol. 8, No. 12, pp. 1844-1850, 1991.
- [8] 강태하, 황병원, "전처리 필터를 추가한 오차확산 하프토닝 영상의 에지 특성", 전자공학회 논문지, 제 37권 SP편, 4호, pp. 20-28, 2000.
- [9] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley, pp. 458-465, 1992.
- [10] 이을환, 박장식, 박창대, 김재호, "청색 잡음 마스크 임계값 변조를 이용한 에지강조 오차 확산법", 전자공학회 논문지, 제 36권 S편, 10호, pp. 72-82, 1999.

곽 내 정(Nae-Joung Kwak)

정회원



1993년 2월 : 충북대학교  
정보통신공학과(공학사)  
1995년 2월 : 충북대학교  
정보통신공학과(공학석사)  
1997년 9월 ~ 현재 : 충북대학교  
정보통신공학과(박사과정)

<관심분야> : 영상정보처리, 해프토닝, 양자화, 영상분할

양 운 모(Wun-Mo Yang)

준회원



2001년 2월 : 충북대학교  
전자공학과(공학사)  
2001년 3월 ~ 현재 : 충북대학교  
정보통신공학과(석사과정)

<관심분야> : 영상정보처리, 해프토닝, 영상분할, 영상압축

유 창 연(Chang-Yeon Yoo)

준회원



2001년 2월 : 충북대학교  
정보통신공학과(공학사)  
2001년 3월 : 충북대학교  
정보통신공학과(석사과정)

<관심분야> : 영상정보처리, 해프토닝, 영상인식

한 재 혁(Jae-Hyuk Han)

정회원



1998년 2월 : 충북대학교  
정보통신공학과(공학사)  
2000년 2월 : 충북대학교  
정보통신공학과(공학석사)  
2000년 3월 ~ 현재 : 충북대학교  
정보통신공학과(박사과정)

2000년 10월 ~ 현재 : (주)임베디드 솔루션선임연구원  
(소프트웨어개발부)

<관심분야> : 영상정보처리, 해프토닝, 영상인식, 워터마킹