

# 공간활성도를 이용한 에지 강조 오차확산법

곽내정<sup>\*</sup>, 안재형<sup>\*\*</sup>

## 요약

연속 계조 영상을 이진 영상으로 변환하는 방법을 해프토닝이라 한다. 이와 같은 해프토닝 방법 중 오차확산법은 연속 계조 영상을 이진 영상으로 표현할 때 우수한 화질을 보이지만 에지 영역에서는 에지 정보가 흐려지는 특성이 있다. 이를 개선하기 위해 원영상의 국부적인 공간 정보를 이용하여 에지를 강조하는 방법을 제안한다. 제안 방법은 인간의 시각이 한 점을 인식하지 않고 국부 평균을 인식함을 고려하여 한 화소와 인접 화소의 평균을 이용한 비율 값을 국부 평균에 가중치로 적용하고 에지 강조 정보량(EEI : Edge enhancement information)을 구한다. 이때 국부 평균에 적용되는 가중치는 원 화소와 3×3 블록의 평균과의 차이 값과 공간 활성도(LAM : Local activity measure)의 비율을 이용하여 계산된다. 공간 활성도는 국부 공간의 변화량을 표현하는 척도로 3×3 블록의 평균과 블록의 화소의 차이 값의 제곱의 합으로 구한다. EEI를 양자화기 입력에 더하여 해프톤 영상의 에지를 강조한다. 제안 방법의 성능은 에지 상관도 평가 함수로 평가했으며 제안 방법을 영상에 적용한 결과 이진 영상의 에지가 강조되어 시각적으로 선명한 결과를 보이며 미세한 에지도 잘 보존되었다. 또한 눈에 거슬리는 규칙적 패턴도 줄어 개선된 화질을 보여주었다.

## Edge Enhanced Error Diffusion Halftoning Method Using Local Activity Measure

Nae-Joung Kwak<sup>\*</sup>, Jae-Hyeong Ahn<sup>\*\*</sup>

## ABSTRACT

Digital halftoning is a process to produce a binary image so that the original image and its binary counterpart appear similar when observed from a distance. Among digital halftoning methods, error diffusion is a procedure for generating high quality bilevel images from continuous-tone images but blurs the edge information in the bilevel images. To solve this problem, we propose the improved error diffusion using local spatial information of the original images. Based on the fact that the human vision perceives not a pixel but local mean of input image, we compute edge enhancement information(EEI) by applying the ratio of a pixel and its adjacent pixels to local mean. The weights applied to local means is computed using the ratio of local activity measure(LAM) to the difference between input pixels of 3×3 blocks and theirs mean. LAM is the measure of luminance changes in local regions and is obtained by adding the square of the difference between input pixels of 3×3 blocks and theirs mean. We add the value to a input pixel of quantizer to enhance edge. The performance of the proposed method is compared with conventional methods by measuring the edge correlation. The halftone images by using the proposed method show better quality due to the enhanced edge. And the detailed edge is preserved in the halftone images by using the proposed method. Also the proposed method improves the quality of halftone images because unpleasant patterns for human visual system are reduced.

**Key words:** Halftone(해프톤), Error Diffusion(오차확산법), Edge-Enhancement(에지 강조), Binary Image(이진 영상), Local Activity Measure(공간 활성도)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 안재형, 주소 : 충북 청주시 흥덕구 개신동 산 48번지(361-763), 전화 : 043) 261-2483, FAX : 043)271-8085  
E-mail : jhahn@vod.chunbguk.ac.kr

접수일 : 2004년 4월 1일, 완료일 : 2004년 10월 20일  
<sup>\*</sup> 준회원, 목원대학교 정보통신공학부 프로그래밍 전문강사  
(E-mail : knj0125@lycos.co.kr)

<sup>\*\*</sup> 정회원, 충북대학교 전기 전자공학부 교수

## 1. 서 론

영상의 출력 장치에서 연속 계조를 제한된 계조 및 칼라로 표현해야 하는 경우가 있다. 예로서 프린터, 팩스 등의 해프토닝 신호 처리 장치에서 기술적, 경제적으로 영상 표현을 위한 계조수가 제한되는 경우에 효과적인 표현 방법이 요구된다. 이와 관련된 처리 방법을 해프토닝이라 한다[1,2]. 이것은 주어진 연속 계조 영상을 해프토닝 영상으로 근사화 시키는 처리로서 일정한 거리에서 관측시 원영상과 유사하게 보이도록 하는 방법이다.

해프토닝 방법은 크게 순차적 디더법(ordered dither method)[1], 청색 잡음 마스크(blue noise mask)를 이용한 방법[2], 오차확산법(error diffusion)[3] 등이 제안되어 있다. 순차적 디더법은 이진화 되어야 할 화소의 계조값을 미리 정해진 문턱값 배열과 비교하여 이진화하는 방법이다. 이 방법은 오차확산법에 비해 속도는 빠르나 좋지 않은 화질을 나타낸다. 청색 잡음 마스크를 이용한 방법은 주파수 영역에서 이진 영상이 청색 잡음 특성을 갖도록 하는 청색 잡음 마스크를 설계하여 청색 잡음 마스크와 연속 계조 영상을 순차적 디더법과 같이 화소대 화소로 비교하여 이진화 한다. 이 방법은 순차적 디더법과 같이 계산량이 적지만 메모리의 요구량이 많고 연속 계조 영상의 지역적 특성(local characteristic)을 잘 표현하지 못한다. 따라서 이진 영상이 양자화 잡음에 의해 흐려진다.

오차확산법은 연속 계조 영상을 이진 영상으로 이진화 하는 과정에서 생기는 오차를 인접한 화소들에 분배하여 이진 영상에서의 평균 오차를 최소화하도록 설계되므로 연속 계조 영상의 재현성이 우수하다. 이 방법은 순차적 디더법에 비해 계산량이 다소 많으나 프로세서의 발달에 따라 보편적인 이진 부호화 방법으로 활용되고 있다. 그러나 오차확산법의 필터는 원영상의 평균 계조도를 유지하도록 설계되므로 고주파 성분을 포함하는 에지 정보의 열화를 가져온다. 또한 연속 계조 밝기값에 대해서 규칙적인 패턴(모아레)이 생기며 영상의 에지 부분이 흐려지는 단점이 있다.

오차확산법은 규칙적인 패턴을 제거하기 위하여 오차확산 필터의 변형된 설계[4]와 국부 영역의 오차를 최소화 하도록 필터 계수를 적응적으로 조정[5], 인간의 시각체계(Human Visual system:HVS)의 특

성 도입[6], 프린터 모델의 적용[7] 등 다양한 연구가 수행되었다. 그리고 에지를 강조하여 보다 선명한 이진 영상을 얻기 위한 에지 강조 오차확산법이 Knox [8] 등에 의해 제안되었다. 이 방법은 처리하는 현재 화소의 계조에 확산되는 오차를 더하는 과정에서 현재 화소의 가중값을 줄므로 에지를 강조하는 방법이다. 또한 강태하 등[9]은 원영상의 기울기 정보를 이용하여 에지를 강조하는 오차확산법을 제안한다. 이 방법은 원영상의 공간 영역에 대한 수평 및 수직 방향의 2차 미분값 및 이를 활용하는 필터의 가중치 함수로 구성된다. 원영상의 수평 및 수직 방향의 2차 미분값은 현재 화소를 중심으로 3×3 인접 화소에서 원영상의 기울기 변화율을 수평 및 수직 방향으로 얻는다. 필터의 가중치 함수는 얻어진 2차 미분의 크기를 포함하는 함수와 미분의 부호로 구성된다. 최종적으로 양방향에서 얻어진 전처리 출력을 합산한 후 이들간의 크기 비율에 관련된 함수를 곱하여 오차확산법의 양자화기에 입력되는 신호에 추가하여 에지를 강조한다. 이 방법은 영상의 공간적 정보를 고려하는 방법으로 Knox의 방법보다 더 개선된 결과를 보여주었다.

본 논문은 에지 강조 오차확산법에 관련된 연구로서 해프톤 영상의 공간 정보를 고려하여 영상의 에지를 강조하는 방법을 제안한다. 공간 정보로서는 3×3 블록의 평균과 입력 화소의 차이 값을 이용한 공간 활성화도(LAM:Local activity measure)를 이용하였다. 이 입력 화소값과 평균값의 차이에 공간 활성화도의 비율값을 곱하여 평균값에 가중치로 적용함으로써 에지 강조 정보량을 구한다. 이 값을 수정된 화소값에 더함으로 에지를 강조한다.

2장에서는 기존의 오차확산법을 설명하였고 3장에서는 제안하는 오차확산법을 설명하였다. 4장에서는 기존 방법과 제안 방법의 결과를 비교하였고 5장에서는 결론을 제시하였다.

## 2. 오차확산법

Floyd-Steinberg 등에 의해 제안된 오차확산법은 그림 1에서 점선 부분을 제외한 형태로 표현된다. 이것은 입력  $i(m,n)$ 를 양자화기  $Q(\cdot)$ 를 이용해 이진값  $b(m,n)$ 를 생성하는 과정과 이진화 오차  $e(m,n)$ 를 주위 화소로 전파하여 주위 화소의 계조값을 수정하는 과정으로 이루어진다. 이때 오차의 전파에 의해 계조값

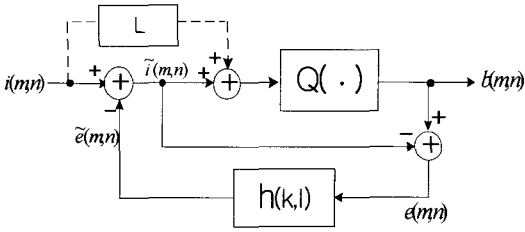


그림 1. 오차확산법 블록도

이 수정될 주위 화소의 위치와 오차의 전파 가중치는 오차 확산 계수  $h(k,l)$ 에 의해 결정된다. 이를 식으로 표현하면 다음과 같다. 먼저 입력  $i(m,n)$ 에 인접화소의 오차를 뺀 값을 구한다.

$$\tilde{i}(m,n) = i(m,n) - \tilde{e}(m,n) \quad (1)$$

이때  $\tilde{e}(m,n)$ 는 주변 화소로부터 전파된 오차의 합으로 다음과 같다.

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

여기서 R은 오차가 전파될 주위 화소들의 집합이다.

양자화기  $Q(\cdot)$ 는 임계값을 이용하여  $\tilde{i}(m,n)$ 를 이진값으로 변환하며 연속 계조 영상이 0에서 1사이 분포할 경우 다음과 같이 이진값이 결정된다.

$$b(m,n) = \begin{cases} 1, & \tilde{i}(m,n) \geq 0.5 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

이진화 오차는 다음식으로 구한다.

$$e(m,n) = b(m,n) - \tilde{i}(m,n) \quad (4)$$

식 (5)는 Floyd-steinberg 의 오차 확산 계수이다.

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

식 (1),(2)와 (5)를 결합하여 주파수 영역에서 표현하면 다음과 같은 수식을 얻는다.

$$E(u,v) = I(u,v) + F(u,v)E(u,v) \quad (6)$$

여기서  $F(u,v)$ 는 Floyd가 제안한 계수들의 합으로 표현되는 고역 통과 필터와 같다.

$$F(u,v) = 1 - \sum_{k,l} h(k,l)\exp[-i(uk+vl)] \quad (7)$$

따라서 식 (6)에서 이진 영상은 입력 화소 밝기

값에 고역 통과한 오차가 더해짐을 알 수 있다.

임계값 변조 오차확산법은 임계값을 상수로 두지 않고, 공간 영역에서 처리되는 화소에 따라 변화도록 하여 특정한 목적에 이용하는 오차확산법이다. Knox는 오차확산법에서 임계값을 변화시키는 효과를 등가 영상 개념을 이용하여 수학적으로 분석하였다[10]. 등가 영상  $I_e(u,v)$ 를 입력영상과 임계값으로 표현하면 다음과 같다.

$$I_e(u,v) = I(u,v) + F(u,v)T(u,v) \quad (8)$$

즉 오차확산법에서 임계값을 변화시키는 효과는 입력 영상과 임계값을  $F(u,v)$ 로 필터링한 값과의 합을 입력 영상으로 구성한다면, 고정된 임계값을 갖는 표준 오차확산법과 동일하다. 임계값  $T(u,v)$ 를 적절히 선정함으로써 원하는 이진 영상을 얻을 수 있게 된다. 에지 강조 오차확산법은 Knox가 제안한 바와 같이 그림 1에서 점선부를 추가한 것으로, L은 입력×L로 정해지며 임계값을 입력 영상을 사용하여 변조한 것이다. 즉, 임계값  $T(u,v)$ 를

$$T(u,v) = cX(u,v) \quad (9)$$

로 한 것인데 이를 식 (8)에 대입하면 다음과 같다.

$$I_e(u,v) = (1 + cF(u,v))X(u,v) \quad (10)$$

이것은 등가 영상  $I_e(u,v)$ 는 입력 영상을  $c$ 값에 따라서 필터링한 것이 된다.  $c > 0$ 인 경우 입력 영상을 고역 통과 한 것이 등가 영상이 되고 이 등가 영상을 표준 오차 확산하는 것이 되어 에지를 강조하는 효과를 갖는다.

### 3. 제안방법

Knox [8]가 제안한 에지 강조 오차확산법은 임계값 변조 방법을 이용하여 에지를 강조하고 규칙적인 패턴(모아레)을 줄이고자 했다. 그러나 공간정보를 고려하지 않으므로 국부적으로 에지가 과도하게 강조되거나 미세한 에지는 묻게지는 단점을 가진다. 강태하 등[9]은 원영상의 기울기 정보를 이용하여 전처리 필터를 추가하여 에지를 강조하는 오차확산법을 제안한다. 전처리 필터는 원영상의 공간 영역에 대한 수평 및 수직 방향의 2차 미분값 및 이를 활용하는 필터의 가중치 함수로 구성된다. 이 방법은 공간적 정보를 고려함으로써 Knox의 방법에 비해 좋은 결과

를 보인다. 그러나 전처리 필터를 구할 때 원영상의 2차 미분값을 이용하므로 잡음의 영향에 민감할 수 있다. 우리는 이러한 단점을 개선하기 위해 국부적 공간 정보를 고려한 에지 강조 오차확산법을 제안한다.

그림 2는 공간 정보를 고려한 에지 강조 정보량 (EEI: Edge enhancement information)을 결정하는 알고리즘의 블록도이다. 먼저 영상을 입력 받아 영상의 국부적 공간 정보를 계산한다. 공간 정보로는 공간 활성화도(LAM: Local activity Measure)를 이용했다. 이 공간 활성화도와 우리 눈이 인지하지 못하는 오차값을 이용하여 에지 강조 정보량을 결정한다.

오차확산법은 인간의 시각이 한 점을 인식하지 않고 국부 평균을 인식한다는 것을 이용하여 흑과 백의 두 값으로 원 영상의 평균 계조도를 유지하도록 하는 방법이다. 제안 방법은 이 성질을 이용하여 (m,n) 위치의 LAM을 주변 화소의 평균과 주변 화소의 차를 이용하여 계산했다. 현재 (m,m) 위치의 화소와 8 인접 화소의 평균을 다음과 같이 계산한다.

$$mean(m,n) = \frac{1}{k} \sum_{k=-l}^l \sum_{l=-1}^1 i(m+k,n+l) / 9 \quad (11)$$

(m,n) 위치에서의 평균 값 (mean(m,n))이 우리 눈에 보여진다고 할 때 원 화소의 값 i(m,n)과 평균과의 차이가 우리 눈이 인식하지 못하는 오차이다. 이때 이 오차의 값이 작으면 현재 화소는 주변의 영역과 비슷한 값으로 공간적 변화가 적은 영역에 존재함을 의미한다. 또한 오차값이 크면 현재 화소는 주변 화소와는 다른 값으로 공간적으로 변화가 많은 고주파 영역임을 의미한다. 따라서 평균과 주변 화소와의 차의 제곱을 합하여 LAM을 구한다. 이때 인간의 시각은 대각선 방향보다 수평과 수직 방향을 더 민감하게 인식하므로 수평, 수직 일때는 2를, 그 외는 1의 값을

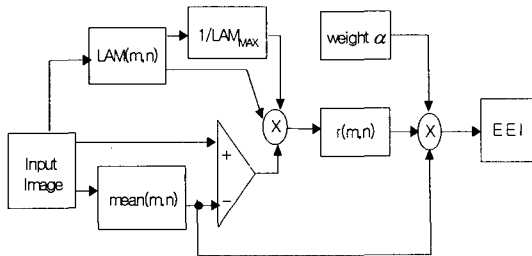


그림 2. 에지 강조 정보량(EEI) 결정 블록도

값도록 시각 가중치 w를 적용했다.

$$LAM(m,n) = \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 w \cdot [i(m+k,n+l) - mean(m,n)]^2 \quad (12)$$

LAM을 이용해 다음과 같이 EEI를 구한다.

$$r(m,n) = \frac{LAM(m,n)}{LAM_{max}} \times (i(m,n) - mean(m,n)) \quad (13)$$

$$EEI(m,n) = mean(m,n) \times r(m,n) \times \alpha \quad (14)$$

여기서 LAM\_max는 LAM중 최대값이며  $\alpha$ 는 정보량 조절 계수이다. 원 화소의 공간 활성화도 값 LAM(m,n)과 최고 공간 활성화도 값 L\_MAX의 비율 값을 이용하여 우리 눈이 인식하는 공간적 오차값에 가중을 두어 r(m,n)을 구한다. 만약 평균값이 원화소의 값보다 크면 오차의 값이 음의 값이 되어 r(m,n)의 값이 음의 값을 나타내며 이는 공간적으로 현재의 값이 주변의 값보다 더 낮은 값을 갖는 것을 의미한다. 반대로 평균값이 원화소의 값보다 작으면 r(m,n)의 값은 양의 값을 나타내며 이는 공간적으로 원화소의 값이 주변의 값보다 높은 값을 갖는다는 것을 의미한다. 즉, r(m,n)의 부호는 원화소의 값과 주변화소의 값의 관계를 나타내며 이 비율값 r(m,n)을 인간의 시각이 인식하는 평균값에 가중치로 적용하여 에지 강조 정보량을 계산한다. EEI의 값은 입력 화소값과 평균값이 동일할 경우는 0의 값을 갖고 Floyd의 오차 확산법과 동일한 특성을 갖게 된다.

이렇게 구해진 EEI의 값은 그림 1에서 점선부분을 그림 3과 같이 수정한 것이며, 수정된 입력화소 I'(m,n)의 값에 EEI 값이 더해져서 에지를 강조하게 된다.

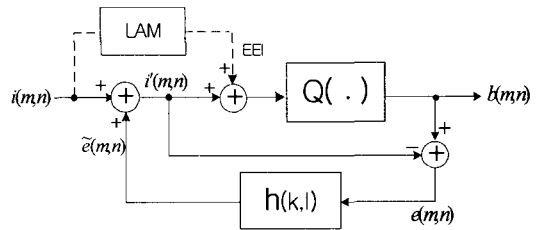


그림 3. EEI를 이용한 에지 강조 오차확산법

#### 4. 실험 결과

제안방법의 성능을 평가하기 위해 본 논문에서는

Floyd-Steinberg 방식과 Knox에 의해 제안된 에지 강조 오차확산법, 강태하에 의해 제안된 에지 강조 오차확산법을 적용한 결과를 비교한다. 이때 Konx 방법은 L=2, 강태하 방법은 a=2.5, b=0.02 하였다. 제안방법은 실험에 의하여 a=0.45를 적용하여 결과를 구했다.

영상의 중요한 정보는 대부분 에지 부분에 존재하며 인간의 눈은 에지에 민감하다. 따라서 화질의 평가에 있어 원영상과 해프톤 영상간의 에지가 얼마나 일치하는가를 나타내는 에지 상관도(edge correlation)는 중요한 파라메타이다. 에지 상관도 함수는 다음과 같다[11].

$$C_E = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} \left( \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 W_{kl} D_I(k,l) D_B(k,l) \right) \quad (15)$$

여기서 가중치  $W_{kl}$ 은 수평과 수직, 대각 방향에 대한 가중값으로 수평과 수직에 대한 대각방향 비율  $1:\sqrt{2}$  가 되도록 하고, 계수의 합이 1이 되도록 정규화 하였다. 이때 수평, 수직 방향은 0.1465, 대각 방향

은 0.1035의 값을 갖는다. 또한  $D_I(k,l)$ 와  $D_B(k,l)$ 는 다음과 같이 구한다.

$$D_I(k,l) = I_h(i,j) - I_h(i-k,j-l) \quad (16-1)$$

$$D_B(k,l) = B_h(i,j) - B_h(i-k,j-l) \quad (16-2)$$

여기서  $I_h(m,n)$ 은 원영상,  $B_h(m,n)$ 은 HVS특성을 고려하여 7×7 윈도우의 저역 통과 필터를 구성하고, 이로서 이진 영상을 필터링하여 복원한 영상이다. 에지 상관도는 원영상과 이진영상에 대한 에지 부분

표 1. 기존 방법과 제안방법의 에지 상관도

영상 \ 방법	Floyd	Knox	강태하	제안방법
airplane	111.32	117.43	118.57	120.8
boat	104.65	110.74	113.19	116.98
lena	96.88	101.81	103.52	106.12
peppers	100.83	104.48	106.29	108.25
zelda	65.64	68.3	70.64	73.04

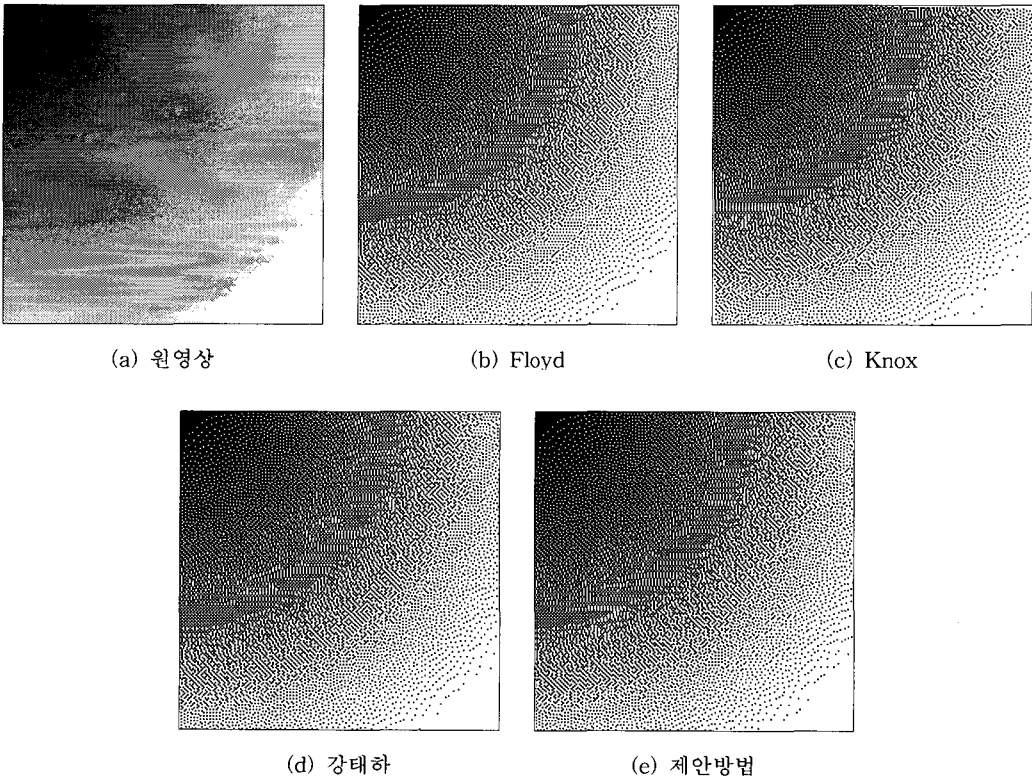


그림 4. 테스트 영상의 해프톤 영상



그림 5. boat 영상

의 표현 능력을 평가하는 함수로서  $C_E$ 의 값이 클수록 에지 부분이 잘 일치한다고 판단할 수 있다.

표 1은 HVS 합수를 이용하여 7×7의 저역 통과 필터를 구성하고 관측거리가 30인치일 때 256×256크기의 airplane, boat, lena, peppers, zelda 영상의 해프톤 영상을 복원한 후 식(15)에 의해 원영상과 복원영상의 에지 상관도를 구한 결과이다. Knox 방법과 강태하의 방법은 Floyd 방법에 비해 에지 상관도에서 개선되었으며 비슷한 결과를 보인다. 제안방법은 기존의 세 방법보다 경계 상관도가 더 높은 결과를 보인다. 이것은 제안 방법의 해프톤 영상이 기존 방법의 해프톤 영상보다 경계영역에서 잘 재현함을 의미한다.

그림 4는 0~255까지의 회색 계조 값을 대각선방향으로 증가시킨 영상에 제안방법과 기존의 방법을 적용시킨 결과이다. Floyd 방법의 결과 영상은 그레이 값 50~60 사이의 값과 90~110 상에 규칙적인



(a) Floyd



(b) Knox



(c) 강태하



(d) 제안방법

그림 6. 기존 방법과 제안방법의 결과 영상

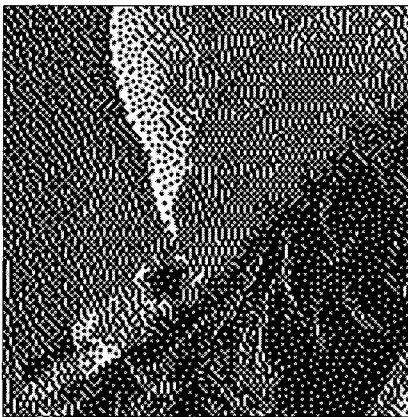


그림 7. 원영상

패턴이 발생하여 눈에 거슬리는 패턴이 된다. knox

방법의 결과는 임계값을 변조함으로 규칙적인 패턴이 줄었다. 또한 강태하의 방법은 floyd와 동일한 결과를 보인다. 제안방법의 결과에도 규칙적인 패턴이 존재는 하지만 기존의 세 방법보다 현저히 줄었음을 보인다.

그림 5와 6은 boat 원영상과 boat 영상에 기존의 방법과 제안방법을 적용한 결과 영상이다. Floyd 방법의 결과 영상은 오차확산 방법이 원영상의 평균 계조도를 유지하도록 처리되므로 고주파 영역인 에지 영역에서 화질이 저하됨을 보인다. Knox 방법의 결과 영상은 에지가 강조되었으나 공간 정보를 고려하지 않으므로 뚫대를 이어주는 줄 등의 미세한 에지가 보존되지 못하였고 부분적으로 눈에 거슬리는 패턴이 존재한다. 강태하 등에 의한 결과 영상은 에지



(a) Floyd



(b) Knox



(c) 강태하



(d) 제안 방법

그림 8. 기존 방법과 제안방법의 확대 영상

가 강조되고 공간 정보를 고려하여 미세 영역의 에지도 보존되었음을 보인다. 제안방법 공간 정보를 고려하여 에지 강조 계수를 결정함으로 눈에 거슬리는 패턴도 줄고 에지도 명확해졌다. 또한 (c)에서 잘 표현되지 않는 돛대의 줄이나 등대의 에지 영역도 명확히 표현되며 전체적으로 더 선명하게 영상을 재현한다.

그림 7은 Lena 영상 중 모자와 깃털 부분이 있는 영역을 잘라낸 영상이며 그림 8은 그림 7의 영상을 각 방법으로 처리한 결과를 확대한 영상이다. 그림 8의 (a)는 그림 8(a)에서와 같이 영상의 경계 영역이 흐려져 있음을 보여준다. (b)는 모자의 경계 영역의 에지가 (a)의 결과보다는 명확해졌으나 모자의 미세 영역이나 머리카락등의 에지는 그다지 개선되지 않았다. (c)의 강태하 방법의 결과 영상은 모자의 경계와 미세 영역, 그리고 머리카락등의 에지가 명확해졌으나 배경에서 규칙적인 패턴이 발생하여 화질을 저하시킨다. 제안방법은 명확해졌고 배경에서의 규칙적 패턴도 줄어 기존의 방법에 비해 개선된 화질을 보여준다.

## 5. 결 론

오차확산법은 영상의 출력 장치에서 제한된 계조로 자연색 영상을 출력할 경우 일정한 거리에서 관측시 원영상과 이진 영상이 유사하게 보이도록 하는 방법이다. 본 논문에서는 기존의 오차확산법의 에지가 흐려지는 특성을 개선하기 위한 방법을 제안한다. 제안 방법은 에지를 강조하기 위하여 영상의 국부적 공간 정보를 이용한다. 먼저 원화소와 주변의 평균값을 이용하여 공간 활성도를 구하고 평균값과 공간 활성도 비율값으로 에지 강조 정보량을 구하여 수정된 입력화소에 더함으로 에지를 강조하였다.

제안방법은 에지 상관도에서 개선된 결과를 보였다. 이는 영상의 에지 영역의 재현성이 기존의 방법에 비해 개선되었음을 의미한다. 또한 제안방법은 공간 정보를 고려함으로 눈에 띄는 에지 뿐 아니라 미세한 에지도 잘 보존한다. 그리고 기존의 오차확산 방법에서 나타나는 규칙적인 패턴도 기존의 방법에 비해 줄어들어 화질이 개선되었다.

## 참 고 문 헌

- [1] R. A. Ulichney, *Digital Halftoning*, MIT Press, Cambridge Mass., 1987.
- [2] M. Yao and K. J. Paker, "Modified approach to the construction of a blue noisemask," *Journal of Electronic imaging*, vol. 3, pp.92-97, January 1994.
- [3] R. W. Floyd and L. Steinberg, "An adaptive algorithm for spatial scale," *Proc. Soc. Inf. Disp.*, vol. 17, no. 2, pp. 75-77, 1976.
- [4] J. F. Javis, C. N. Judice, and W. H. Ninke, "A survey of techniques for the display of continuous tone pictures on bilevel displays," *Comput. Graph. Image Processing*, vol. 5, pp. 13-40, 1976
- [5] P. W. Wong, "Adaptive error diffusion and its application in multiresolution rendering," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 5, pp. 1184-1196, July 1996.
- [6] J. Sullivan, R. Miller, and G. Pios, "Image halftoning using a visual model in error diffusion," *J. Opt. Soc. Amer. A*, vol. 10, pp. 1714-1724, Aug. 1993.
- [7] J. B. Mulligan and A. J. Ahumada, "Principled halftoning based on models of human vision," in *Proc. SPIE, Human Vision, Visual Proc., Digital Display III*, vol. 1666, pp. 109-121, Feb. 1992.
- [8] R. Eschbach and K. Knox, "Error diffusion algorithm with edge enhancement," *J. Opt. Soc. Am. A*, Vol. 8, No. 12, pp. 1844-1850, 1991.
- [9] 강태하, 황병원, "전처리 필터를 추가한 오차확산 하프톤 영상 에지 특성," *전자공학회 논문지*, 제 37권 SP편, 제 4호, pp. 20-28, 2000.
- [10] K. T. Knox and R. Eschbach, "Threshold modulation in error diffusion," *J. Electron. Imaging*, vol. 2, pp. 185-192, July 1993.
- [11] 이을환, 박장식, 박창대, 김재호, "청색 잡음 마스크 임계값 변조를 이용한 에지 강조 오차 확산법," *전자공학회 논문지*, 제 36권 S편, 제 10호, pp. 72-82, 1999.





곽 내 정

1993년 2월 충북대학교 정보통신공학과(학사)  
1995년 2월 충북대학교 정보통신공학과(석사)  
1997년 9월~현재 충북대학교 정보통신공학과 박사과정

관심분야: 영상통신, 영상정보처리



안 재 형

1981년 충북대학교 전기공학과(학사)  
1983년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사)  
1992년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(박사)  
1987년~현재 충북대학교 전기

전자공학부 교수

관심분야: 영상통신 및 영상정보처리, 멀티미디어 제작 및 정보제공, 인터넷 통신 및 프로그래밍