

선형이득과 경계 영역 보정값을 이용한 개선된 오차확산 방법

양운모[†], 곽내정^{**}, 윤태승^{***}, 안재형^{****}

요 약

그레이스케일 영상을 이진 영상으로 변환하는 방법을 해프토닝이라 한다. 이런 방법 중 오차확산방법은 그레이스케일 영상을 이진 영상으로 표현할 때 우수한 화질을 보이지만 워 현상, 뭉쳐짐 현상 등의 단점이 있다. 이런 단점을 보완하는 방법 중 하나가 임계값 변조 방법이다. 본 논문에서는 영상의 국부적인 특성을 고려한 임계값 변조치를 적용한다. 먼저 원영상과 해프토닝 영상의 선형이득을 이용해 평탄영역에 대한 오차를 최소화하는 임계값 변조치를 구한다. 그리고 이 값들에 경계정보에 따른 보정값을 주어 경계영역을 표현한다. 제안방법은 해프토닝시 발생하는 오차를 줄여 오차로 인해 발생하는 영상내의 뭉쳐짐 현상과 워 현상등을 최소화하여 기존의 방법에 비해 더 좋은 화질을 얻을 수 있다.

The Improved Error Diffusion Method Using Compensating Value Depending on Edge Information and Linear Gain

Wun-Mo Yang[†], Nae-Joung Kwak^{**}, Tae-Sung Yun^{***}, Jae-Hyeong Ahn^{****}

ABSTRACT

Halftoning of gray-scale image is a process to produce a binary image. The error diffusion halftoning method produces high quality binary image but that has some defects such as sharpening and directional artifacts. We propose the threshold modulation to reduce such defects. The proposed algorithm uses thresholds reflecting local characteristic of image. we calculate thresholds which minimize errors of flat region of each gray-scale level by using a linear gain between original image and error-diffused image and then represent edge by compensating thresholds in proportion to edge information. The proposed method improves on halftone quality by minimizing an error which cause sharpening and directional artifact.

Key words: Halftone(해프토닝), Error diffusion(오차확산), Dithering(디더링)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 양운모, 주소 : 충북 청주시 흥덕구 개신동 산 48번지(361-763), 전화 : 043)261-2483, FAX : 043)271-8085

E-mail : wunmo_yang@hotmail.com

접수일 : 2003년 4월 8일, 완료일 : 2003년 7월 8일

[†] 준회원, 충북대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정

^{**} 준회원, 충북대학교 대학원 정보통신공학과 박사과정 (E-mail : knj0125@hanmail.net)

^{***} 비회원, 충북대학교 대학원 정보통신공학과 박사과정 (E-mail : yuta@naver.com)

^{****} 정회원, 충북대학교 전기 전자공학부 교수 (E-mail : jhahn@cubucc.chungbuk.ac.kr)

1. 서 론

디지털 영상 해프토닝(halftoning)은 이진장치로 화면출력이나 프린팅하기 위하여 픽셀당 1비트로 그레이스케일(gray-scale) 영상을 양자화한다. 이런 방법 중에 하나인 오차확산방법은 그레이스케일 영상의 이진화 과정에서 생기는 오차를 인접한 화소들에 분배하여 이진화상에서의 평균오차를 최소화함으로써 그레이스케일 영상을 재현하는데 좋은 성능을 가진다. 하지만 이런 오차확산방법은 특정 그레이스케

일 레벨(gray scale level)에서 이진화소가 균일하게 분포하지 못함으로 인해 웜 효과(worms effect)등이 발생하거나 뭉쳐지는 형태 등으로 분포되어 저주파 성분에 민감한 인간 시각에 거슬리게 보이게 된다. 이런 현상들을 제거하기 위해 여러 가지 방법들이 제안되었다.

이런 오차확산방법의 분석을 위해 1990년대에 오차확산방법과 델타-시그마 변조간의 관계가 연구되면서 오차확산방법의 등가회로를 고주파의 잡음을 만드는 형태(Noise shaping feedback coder)로 인식하게 되었다. 그러나 Knox는 각 픽셀(pixel)에 대한 양자화 오차 영상이 입력 영상에 대하여 상관되어지며, 양자화기의 양자화 오차가 입력과 상관되지 않는다고 가정하는 양자화기가 잘못임을 보였다. 또한 Knox는 오차영상과 입력영상에 상관관계(correlation)가 높아질수록 해프토닝 되어진 영상에 뭉쳐짐 현상이 증가되어지는 것을 보였다[1]. Knox와 Eschbach는 오차확산방법의 이런 뭉쳐짐을 제어하는 수단으로 원본영상의 정수배를 양자화전에 더하여 임계값을 변조하는 방법을 제안하였다[2]. 이때 임계값 변조에 적용되어지는 정수값들이 작을수록 뭉개짐 현상을 일으키고, 커질수록 뭉쳐짐 현상을 일으키게 된다. 이때 선택되어지는 정수값은 뭉쳐짐 현상을 줄이는 값으로 정해지게 된다[3]. 이런 점들을 고려하여 Kite 등은 잡음이 더해진 선형이득모델을 이용한 양자화 모델을 제안했으며, 임계값 변조 방식의 개선된 방법으로 양자화 오차를 최소화함으로써 뭉쳐짐 현상 없이 신호의 성분이 해프토닝 되도록 하는 최적의 임계값 변조치를 구하는 방법을 제안했다[4,5]. 하지만 이 방법은 전체적으로 양자화 오차를 최소화하는 신호이득을 구하여 임계값 변조치를 구한 후 일률적으로 영상에 적용함으로써 국부영역을 고려하지 못함으로 뭉쳐짐 현상과 웜 현상등을 유발한다. 그리고 입력영상마다 양자화 오차를 최소화하는 값을 구해 적용해야만 하는 어려움을 가진다. 본 논문에서는 이런 단점을 보완하기 위한 방법으로 국부적인 특성을 고려한 임계값 변조치들을 적용하였다. 선형이득을 이용해 각각의 그레이스케일 레벨의 평탄영역에 대한 양자화 오차를 최소화하는 임계값 변조치를 구한 뒤 평탄영역에는 구해진 값들을 적용하여 양자화 오차를 최소화하도록 하고 경계영역에 대해서는 해당 그레이스케일 레벨 평탄영역의 양자화 오차를 최소화하는 임계값 변조치에 경계정보를 보

정해주는 방법으로 해프토닝 영상의 화질을 개선하는 방법을 제안한다.

2. 기존의 오차 확산 방법

오차확산방법은 연속계조의 입력값을 양자화기를 사용해 이진값으로 변환하는 과정과 양자화로 인해 생성되어진 오차를 주위 화소로 전파하여 주위 화소의 계조값을 수정하는 과정으로 이루어진다. 오차 전파에 의해 수정될 주위 화소의 위치와 가중치는 오차확산계수에 의해 결정되어진다.

이웃화소로 전파되는 양자화 오차는 양자화기 입력값 $x'(i, j)$ 과 출력값 $y(i, j)$ 사이의 차로 다음과 같이 구해진다.

$$e(i, j) = y(i, j) - x'(i, j) \quad (1)$$

양자화기 입력 $x'(i, j)$ 는 전파된 오차에 의해 수정된 값으로 다음과 같이 구할 수 있다.

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

여기서 R은 오차가 전파될 주위 화소들의 집합이고 $h(k, l)$ 은 오차확산필터이다. 이렇게 오차가 확산되어진 $x'(i, j)$ 값에 대해 양자화기 Q()는 임계값을 이용하여 이진값 $y(i, j)$ 를 출력하게 된다. 그림 1은 오차확산방법의 블록도이다.

오차 확산 방법은 이진화 오차를 주변화소로 전파시킴으로 시각적으로 우수한 이진 영상을 생성하지만 뭉쳐짐 현상등으로 인해 원본영상의 화질을 적절히 표현하지 못하는 단점이 있다.

Knox와 Eschbach는 오차확산방법의 이런 뭉쳐짐을 제어하는 수단으로 원본영상의 정수배를 양자화전에 더하여 임계값을 변조하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 영상의 경계가 강조되어 명확하게 보여지지만 경계를 강조하는 과정에서 뭉쳐짐이 과다

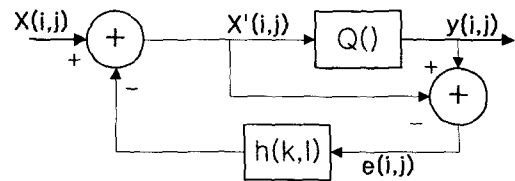


그림 1. 오차확산 블록도와 등가회로의 델타-시그마 변조 블록도

하게 발생하여 원본영상의 화질을 그대로 보존하지 못하는 단점이 있다.

Kite 등은 Knox 등의 정수값이 작을수록 뭉쳐짐 현상을 일으키고, 커질수록 뭉쳐짐 현상을 일으키게 되는 성질을 이용하여 원본영상에 가까운 해프토닝 영상을 만드는 방법을 제안했다[5]. 이를 위해 Kite 등은 원본영상에 대한 해프토닝 영상의 양자화 오차를 최소로 만드는 임계값 변조치 L 을 구하여 뭉쳐짐 현상을 최소화하였다. 또한 오차확산영상과 원본영상간의 오차영상과 원본영상에 대한 상관관계를 보임으로 선형이득 모델이 뭉쳐짐 정도를 정확하게 표현하는 것을 보였다.

그림 2 (a),(b),(c),(d)는 256×256 일반영상과 일반영상에 대해 Knox 방식 $K=0$, $K=2$ 를 적용한 결과영상과 Kite 방식($L=-0.5369$)을 적용한 결과영상이다.

그림 2(b)에서 Knox방식의 영상은 경계가 강조되어 명확하게 보여지지만 경계를 강조하는 과정에서 뭉쳐짐이 과다하게 발생하여 원본영상의 화질을 그대로 보존하지 못하는 단점을 보인다. 또한 그림 2(c)는 K 를 작은 값으로 주어 (b)의 영상보다 뭉쳐짐은 줄어들었지만 부분적으로 뭉쳐짐이 발생하는 것을 볼 수 있다. Kite 방식의 영상은 Knox 방식의 결과영상들보다 전체적으로 뭉쳐짐이 줄어든 것을 살펴볼 수 있다. 하지만 왼쪽 어두운 영역과 밝은 영역의 경계 부분에서 국부적으로 뭉쳐짐이 발생하여 원본영상의 화질을 보존하지 못함을 보여준다.

이와 같이 Kite는 뭉쳐짐을 최소화하는 L 값을 구하여 적용함으로써 뭉쳐짐이 줄어든 영상을 구현하는 방법을 제안하였지만 모든 영상에 대하여 각각 최상의 L 값을 구해야 하는 번거로움을 가진다. 그리고

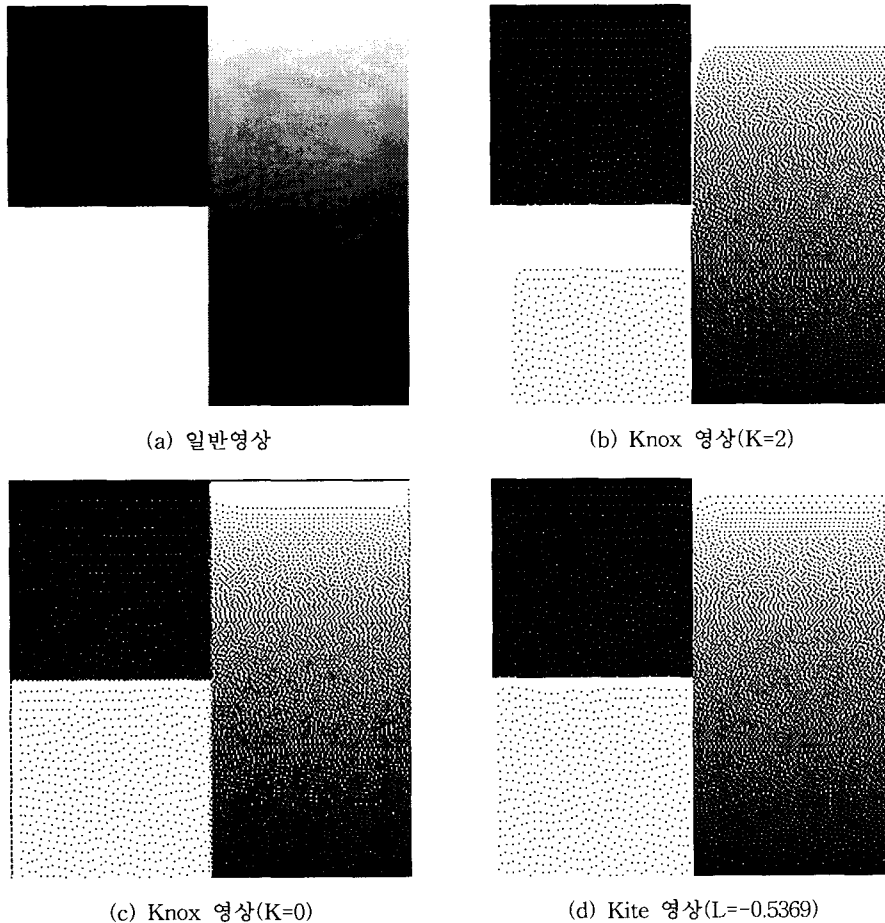


그림 2. 일반영상의 오차확산영상

이렇게 구해진 L값을 가지고 값이 구해진 영상에 일률적으로 적용함으로써 국부적인 그레이스케일 레벨 영역의 양자화 오차를 최소화하는 L값을 적용하지 못하는 경우가 발생하여 국부영역의 뭉쳐짐 현상을 유발하는 단점을 보인다.

3. 제안한 방법

본 논문에서는 영상의 국부적인 특성을 고려함으로 Kite 등이 제안한 방법에서의 단점을 개선하여 향상된 화질을 얻는 방법을 제안한다.

먼저 각각의 256×256 크기 -0.5~0.5사이의 단일 그레이스케일 영상을 오차확산방법을 적용하여 해프토닝한 다음 각각의 그레이 영상에 대한 양자화 오차를 최소화하여 뭉쳐짐 현상을 줄이는 선형이득 K_s 값들과 임계값 변조치 L값들을 구한다[5]. 여기서 K_s 는 하나의 영상에 대하여 고정되어진 값으로 해프토닝 영상과 원본영상간에 양자화 오차를 최소화하는 값으로 정해지게 된다. K_s 는 오차의 제공을 최소로 하는 값으로 다음 수식과 같이 구한다.

$$K_s = \frac{\sum_{i,j} |x'(i,j) - y(i,j)|}{\sum_{i,j} x'(i,j)^2} \quad (3)$$

그리고 K_s 를 이용하여 본 논문의 평탄영역에서 사용되어질 각 그레이스케일 레벨의 임계값 변조치 L_g 들을 구한다.

$$L_g = \frac{1 - K_s}{K_s} \quad (4)$$

이 값은 필터계수의 합이 1인 경우 신호를 평탄하게 만들어 양자화 오차를 0로 하는 값으로 해프토닝되어진 오차영상이 잡음만으로 구성되어지게 한다. 따라서 K_s 와 L값을 이용하여 평탄영역의 임계값 변조치를 구할 경우 오차영상과 원본영상간의 상관관계가 낮아져 잡음만으로 구성된 영상을 얻게된다. (4)식을 통해 구해진 뭉쳐짐 현상을 줄이는

$L_g(\cdot) = \{L_g, -0.5 \leq g \leq 0.5\}$ 값을 입력영상의 현재 그레이스케일 레벨과 주변 그레이스케일 레벨에 전혀 변화가 없는 평탄영역에 그대로 적용하여 양자화 오차를 최소화할 수 있다. 하지만 현재의 그레이스케일 레벨에 대해 주변의 그레이스케일 레벨의 변

화가 생기는 경계영역에 구해진 $L_g(\cdot)$ 을 그대로 적용할 경우 평탄영역에 대한 임계값 변화치를 그대로 적용하는 결과가 되어 경계영역에 대한 정보를 표현하지 못하게 된다. 따라서 본 논문에서는 평탄영역과 경계영역을 나누어 구분한다. 그리고 그레이스케일 레벨의 변화가 생기는 경계영역에 적용되어질 임계값 변조치는 제안방법을 사용해 보정해준다. 제안방법은 사용자가 영상내의 최고경계영역에 대해 보정하고자하는 임의 보정값에 대해 입력영상내의 최대경계값과 현재영역의 경계값의 비를 임의 보정값에 적용하여 보정한다. 이렇게 각각의 그레이스케일 레벨에 대한 양자화 오차를 최소화하는 $L_g(\cdot)$ 를 근원으로 임계값 변조값이 적용되어짐으로 하나의 일률적인 임계값 변조값이 국부의 평탄영역 그레이스케일 레벨에 잘못 적용되어져 나타날 수 있는 양자화 오차를 줄일 수 있다. 또한 경계영역의 그레이스케일 레벨 임계값 변조치도 $L_g(\cdot)$ 를 근원으로 영상내의 최고경계값에 대한 현재영역의 경계값 비가 적용되어진 보정값을 $L_g(\cdot)$ 에 부가하여 표현함으로써 모든 그레이스케일 레벨 경계영역에 대해 일률적인 임계값 변조값이 적용될 경우보다 적절하게 경계영역을 표현할 수 있으며 양자화 오차를 줄일 수 있다. 이때 사용되어질 경계정보는 영상 잡음에 대하여 강한 면을 보이며, 대각선 검출에도 좋은 성능을 나타내는 소벨연산자(Sobel)를 사용하여 구하였다[6]. 다음은 수평 마스크를 이용해 수평방향 경계정보를 구하는 식이다.

$$S_h(i,j) = \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 h_{mask}(k,l)x(i+k,j+l) \quad (5)$$

h_{mask} 는 수평마스크로 그림 3(b)와 같다. 이와 같은 방법으로 그림 3(a)의 수직 마스크를 이용해 수직 방향 경계정보 $S_v(i,j)$ 값을 구하여 (i,j)위치의 경계정보를 구하면 다음과 같다.

$$S(i,j) = \sqrt{S_h(i,j)^2 + S_v(i,j)^2} \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

(a) 수직마스크 (v_{mask}) (b) 수평마스크 (h_{mask})

그림 3. 소벨연산자의 수직, 수평마스크

다음으로 소벨연산자를 통해 구해진 경계정보를 이용해 다음과 같은 수식을 통해 경계영역과 평탄영역에 대한 정보를 표현하게 된다.

$$W(i, j) = \frac{S_{Max} - S(i, j)}{S_{Max}} (-\alpha) + \alpha + L_g(i, j) \quad (7)$$

위 수식에서 S_{Max} 는 입력영상에서 나올 수 있는 최대경계값이고, $\frac{S_{Max} - S(i, j)}{S_{Max}}$ 는 최고경계값에 대해 현재의 경계값이 차지하는 비율 0~1사이로 나타내준다. 위 비의 범위에서 0는 영상내에 완전한 평탄영역이 존재할 경우에만 적용되어진다. 그리고 α 값은 영상내의 최고경계영역에 대한 보정치로 현재 그레이스케일 레벨의 L_g 값에 보정되어져 경계영역의 뭉쳐짐 정도를 나타내게 된다. 이와 같이하여 (7) 수식을 통해 얻을 수 있는 임계값 변화치는 $L_g(\cdot) \sim L_g(i, j) + \alpha$ 사이의 값이 된다. 따라서 최고경계영역의 임계값 변조치는 최고경계영역의 그레이스케일 레벨의 $L_g(\cdot)$ 에 α 가 보정되어진 $L_g(i, j) + \alpha$ 값이 그리고 평탄영역에 대해서는 평탄영역의 그레이스케일 레벨 $L_g(\cdot)$ 값이 그리고 그 외 경계영역에 대해서는 최대경계값에 대한 해당 영역의 경계값의 비율 α 에 부가한 보정값이 적용되어진 임계값 변조치가 적용되어진다. 이렇게 하여 양자화 오차를 최소화함으로 뭉쳐짐 현상과 워프 현상이 줄어든 영상을 얻을 수 있다. 본 논문에서는 영상내의 최대 경계영역에 대한 보정치로 $\alpha = 0.3$ 을 사용하였다. 그림 4는 제안방법의 블록도이다.

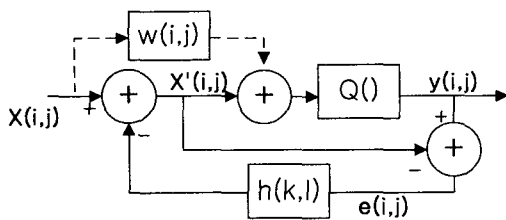


그림 4. 제안한 방법의 블록도

4. 실험 및 고찰

제안 방법의 성능을 평가하기 위해 오차확산방법 중 Kite 등이 제안한 방법과 본 논문의 성능을 비교

하였다. 영상은 256×256 Bridge, Pisa, Baboon, 일반영상등으로 하였으며, 비교 척도로는 입력영상과 오차영상의 상관관계와 WSNR(Weighted Signal-to-Noise Ratio)를 사용했다. 본 논문에서는 오차 확산필터로 Jarvis의 제안 필터를 사용하여 실험하였다[7].

오차확산영상과 입력 영상사이의 오차영상은 입력영상과 상관관계가 존재하며, 상관관계가 높을수록 헤프토닝 영상에서의 뭉쳐짐이 더 많이 나타나게 된다. Kite 등은 선형이득값을 사용하여 뭉쳐짐이 표현되어진 원본영상을 구현하고 뭉쳐짐이 표현되어진 원본영상과 헤프토닝 영상과의 오차영상과 원본영상간의 상관관계를 보임으로 뭉쳐짐 정도의 모델링 관계를 입증하였다[5]. 따라서 오차영상과 입력영상사이의 상관관계가 높다면 헤프토닝 영상의 화질은 저하되며 이것은 헤프토닝 영상이 원본영상에 대해 오차가 많음을 의미하며 또한 뭉쳐짐이 많음을 의미한다. 기존의 방법과 제안방법의 성능을 비교하기 위한 방법인 입력영상과 오차영상의 상관관계는 다음과 같이 구한다[5].

$$C_{RI} = \frac{|Cov[R, I]|}{\sigma_R \sigma_I}, \quad Cov[R, I] = E[(R - \mu_R)(I - \mu_I)] \quad (8)$$

R은 오차영상을 I는 입력영상을 그리고 $E[\cdot]$ 는 기댓값(expectation)을 μ_R, μ_I 는 오차영상과 입력영상의 mean값을 의미하고 σ_R, σ_I 는 오차영상, 입력영상의 표준편차를 의미한다. 표 1은 (8)식을 이용하여 I와 R의 상관관계를 구한 결과이다. 표 1을 통해 상관관계를 살펴보면 Kite 등의 방법이 Knox 등의 K=0을 적용하여 뭉쳐짐을 줄인 결과에 비해 상관관계가 낮아진 것을 살펴볼 수 있다. 이것은 2절에서 살펴본 바와 같이 Kite등의 방법이 뭉쳐짐이 작아진 영상을 출력하였음을 나타낸다. 또한 본 논문의 제안

표 1. 원본영상과 오차영상간의 상관계수

	Bridge	Pisa	Baboon	일반영상
Knox K=0 (L=-1)	0.0579	0.0868	0.463	0.0389
Kite et al - 원본영상	0.0389	0.0602	0.0338	0.0097
제안방법 - 원본영상	0.0246	0.0364	0.0236	0.0030

방법이 Kite 등의 방법보다 상관관계가 낮아진 것을 살펴볼 수 있다. 이것은 본 논문의 제안 방법이 Kite 등의 방법보다 출력영상의 뭉쳐짐 현상을 개선함을 의미하며 또한 기존의 방법에 비해 오차가 적어졌음을 나타낸다.

다른 결과 분석방법으로 오차확산영상의 감쇠 정도에 대한 척도인 WSNR은 다음과 같다[5].

$$WSNR(dB) = 10 \log_{10} \left(\frac{\sum_{u,v} |X(u,v)C(u,v)|^2}{\sum_{u,v} |(X(u,v) - Y(u,v))C(u,v)|^2} \right) \quad (9)$$

$X(u, v)$, $Y(u, v)$, $C(u, v)$ 는 입력영상과 출력영상 그리고 CSF(Contrast Sensitivity Function)의 DSF(Discrete Fourier Transform)를 의미한다. CSF의 각주파수는 $f_{MAX} = (N\pi d / 360)$ 로 여기서 N은 수평 혹은 수직의 픽셀의 개수를 d 는 관측 거리를 그리고 l 은 프린트된 영상의 크기를 의미한다[8]. 본 논문에서는 $l=15mm, 10mm$ 로 하여 실험하였다. 표 2는 WSNR의 결과로 제안 방법을 사용한 오차확산방법이 Kite 등의 방법과 비교하여 실험 영상에 대략

1.2dB~10dB정도 개선되었음을 알 수 있다.

그림 5는 두 개의 그레이 레벨로 구성된 테스트 영상에 Kite 등이 제안한 방법으로 $L=-0.7316$ 을 적용하여 해프토닝한 영상과 제안 방법 $\alpha = 0.3$ 을 적용하여 구해진 결과 영상이다. 그림에서 보여지듯이 Kite 등의 제안 방식은 하나의 L값을 각각의 그레이 스케일 레벨 영역에 일률적으로 적용함으로 국부영역의 양자화 오차를 최소화하지 못하여 뭉쳐짐 현상과 워핑 현상등이 나타나는 것을 볼 수 있다. 하지만 본 논문의 제안 방법을 사용한 영상에서는 이런 현상들이 작아졌다. 또한 경계영역이 자연스럽게 표현되어 시각적으로 향상되었음을 볼 수 있다.

그림 6은 256×256 크기의 일반영상에 Kite 등의 방법과 제안방법을 적용한 결과 영상이다. 그림 6(e)의 제안방법에 의한 오차영상은 그림 6(c)의 Kite 등의 오차영상보다 원본영상과 덜 유사하다. 이것은 제안방법에 의한 해프토닝 영상의 오차영상과 원본영상의 상관관계가 감소했음을 의미하며 표 3의 결과와 일치한다. 그리고 그림 6(b)의 Kite 등의 결과영상의 왼쪽 윗 부분에 위치한 원의 경계선 부분 뭉쳐

표 2. 오차확산영상에 대한 WSNR 측정결과 비교

Max. freq (cyc/deg)	방법	WSNR(dB)			
		Bridge	Pisa	Baboon	일반영상
60(15mm)	Knox K=0 (L=-1)	21.7996	21.3674	22.9845	24.2526
	Kite et al	34.9896	34.0619	36.4935	31.5728
	제안방법	37.2144	37.1126	38.2690	39.0208
90(10mm)	Knox K=0 (L=-1)	23.8185	23.1668	25.0034	26.3503
	Kite et al	39.2343	38.4337	40.8923	33.3667
	제안방법	42.3111	39.6817	44.2059	43.6866

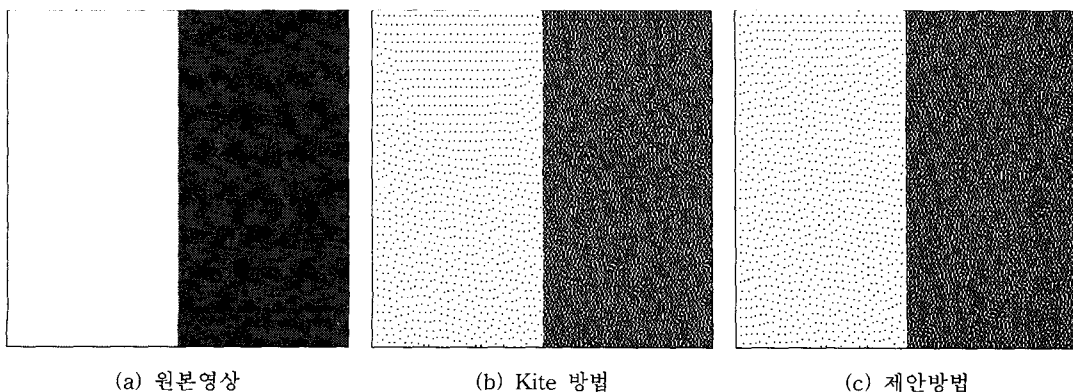
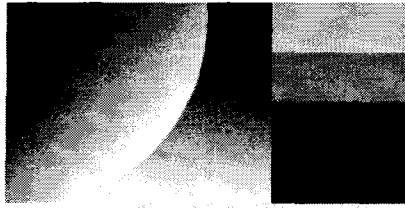
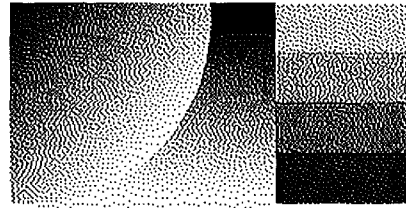


그림 5. 테스트 영상의 해프토닝 영상



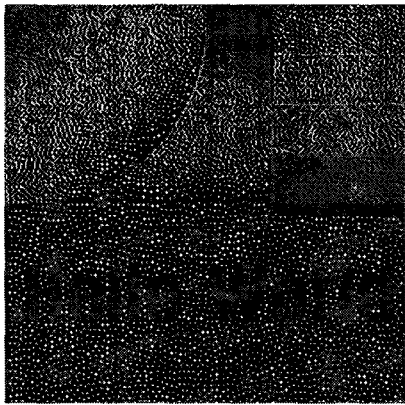
Hello World

(a) 원본영상



Hello World

(b) Kite 방법영상(L=-0.1331)



(c) Kite 오차영상



(d) 제안방법영상($\alpha = 0.3$)



(e) 제안방법 오차영상

그림 6. 일반영상의 해프토닝 영상

짐 현상과 오른쪽 윗 부분에 위치한 4개의 그레이 레벨 영역의 경계부분 뭉쳐짐 현상이 그림 6(d)의 제안 방법의 결과 영상에서는 자연스럽게 표현된 것을 살

펴볼 수 있다. 그리고 6(b) 영상의 글자 영역의 배경 부분과 4개의 그레이스케일 레벨 영역의 경계부분에서 두드러져 나타나는 뭉쳐짐이 제안방법을 적용한

결과 영상에서는 원본 영상의 그레이스케일 레벨에 맞게 해프토닝 되어져 표현된 것을 살펴볼 수 있다. 이것은 제안방법이 경계정보를 이용해 경계영역의 뭉쳐짐을 보정치 α 를 이용하여 제어함으로 Kite 등의 방법보다 원본영상에 더 가까운 화질을 재현함을 의미한다.

5. 결 과

기존의 오차확산방법에 의해 생성되어지는 영상에는 뭉쳐짐 현상이 나타나 원본영상에서 멀어지게 만드는 단점을 가진다. 본 논문에서는 신호이득과 경계정보에 따른 보정값을 사용해 이런 뭉쳐짐 현상을 줄이는 방법을 제안한다. 제안방법을 적용한 결과 오차영상과 원본영상과의 상관관계가 기존의 방법보다 낮아졌다. 이것은 제안방법의 해프토닝 영상이 뭉쳐짐 현상과 영킵 현상을 감소시켜 화질을 개선함을 보여준다. 또한 기존방법의 결과영상과 원본영상간의 오차영상과 제안방법의 결과영상과 원본영상간의 오차영상들에서 제안방법의 오차영상이 원본영상과 덜 유사함을 나타낸다. 이것은 제안방법의 해프토닝 영상이 원본영상에 가까워 오차가 적음을 나타내 제안방법이 우수함을 보여준다. 그리고 화질 척도인 WSNR의 결과도 제안방법의 해프토닝 영상이 기존의 방법에 비해 1.2~10dB정도 개선되어진 결과를 보여 시각적으로 향상된 영상을 구현함을 보여준다.

참 고 문 헌

[1] K. Knox, "Error image in error diffusion," in Proc. SPIE Image Proc. Alg. Tech., vol. 1657, pp. 268-279, Feb. 1992.
 [2] R. Eschbach and K. Knox, "Error-diffusion algorithm with edge enhancement," J. Opt. Soc. Amer. A., vol. 8, pp. 1844-1850, Dec. 1991.
 [3] N. Damera-Venkata and B. L. Evans, "Adaptive threshold modulation for error diffusion halftoning," IEEE Trans. Image Proc., vol. 10, no.

1, pp. 104-116, Jan. 2001.
 [4] T. D. Kite, B. L. Evans, A. C. Bovik, and T. L. Scully, "Digital halftoning as 2-D delta-sigma modulation," in Proc., IEEE Conf. Image Proc., vol. 1, pp. 799-802, Oct. 1997.
 [5] T. D. Kite, B. L. Evans, and A. C. Bovik, "Modeling and quality assessment of halftoning by error diffusion," IEEE Trans. Image Proc., vol. 9, pp. 909-922, May. 2000.
 [6] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley, 2002.
 [7] J. Jarvis, C. Judice, and W. Ninke, "A survey of technique for the display of continuous tone pictures on bilevel displays," Comput. Graph. Image Process., vol. 5, pp 13-40, 1976.
 [8] T. Mitsa and K. Varkur, "Evaluation of contrast sensitivity functions for the formulation of quality measures incorporated in halftoning algorithms," Proc. IEEE Int. Conf. Acoustics, Speech, Signal Proc., vol. 5, pp. 301-304, Apr. 1993.



양 운 모

2001년 2월 충북대학교 전자공학과(공학사)
 2004년 2월 충북대학교 정보통신공학과(석사)

관심분야: 영상통신, 영상정보처리



곽 내 정

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

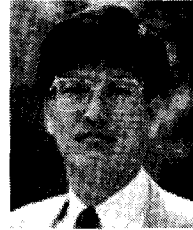
관심분야: 영상통신, 영상정보처리



윤 태 승

1999년 2월 청주대학교 정보통신공학과(학사)
2001년 2월 충북대학교 정보통신공학과(석사)
2003년 7월~현재 충북대학교 정보통신공학과 박사과정

관심분야 : 영상통신, 컴퓨터 비전, HCI



안 재 형

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

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