
인간의 공간 지각 특성을 이용한 에지 강조 컬러 해프토닝

Edge Enhanced Halftoning using Spatial Perceptual Properties of Human

곽내정*, 김동우**, 장언동**, 송영준***

목원대학교 정보통신공학부*, 충북대학교 정보통신공학과*, (주)프리즘테크*

Nae-Joung Kwak(knj0125@lycos.co.kr)*, Dong-Woo Kim(dubssi@chol.com)**,

Un-Dong Chang(udchang@naver.com)***, Young-Jun Song(songyjorg@dreamwiz.com)***

요약

디지털 해프토닝 방법 중 오차 확산 해프토닝은 다른 해프토닝 방법에 비해 우수한 화질을 보이지만 에지가 흐려지는 단점이 있다. 이러한 단점을 개선하기 위해, 본 논문은 인간의 공간 지각 특성을 이용하여 에지를 강조하는 개선된 오차 확산 해프토닝 방법을 제안한다. 제안한 방법은 인간의 눈이 한 화소의 명암값이 아니라 국부 평균을 인식한다는 것과 공간적 변화량을 인간이 인식하는 정도를 이용하여 에지 강조 정보량(IEE : information of edge enhancement)을 구한다. 이 값을 양자화기 입력에 더하여 해프톤 영상의 에지를 강조한다. 이때 컬러 성분 간의 상관관계를 고려하여 오차 확산 필터의 계수가 적응적으로 변화하는 방법을 적용한다.

컴퓨터 시뮬레이션 결과는 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 영상의 에지가 강조되어 시각적으로 선명한 영상을 생성함을 보여주며 에지를 자연스럽게 표현하고 컬러 임펄스나 거짓 등고선과 같은 단점도 줄여줌을 보여준다.

■ 중심어 : | 해프토닝 | 오차확산법 | 에지 강조 | 공간 변화량 |

Abstract

Among the digital halftoning, the error diffusion halftoning gives better subjective quality than other halftoning techniques. But it also makes edges of objects blurred. To overcome the defect, this paper proposes the modified error diffusion halftoning algorithm to enhance the edges using the spatial perceptual properties of the human visual system.

Using the properties that the human eyes perceive not the pixel's luminance itself but the local average luminance and the information that human eyes perceive spatial variation, the proposed method computes information of edge enhancement(IEE). The IEE is added to the quantizer's input pixel and feeds into the halftoning quantizer. The quantizer produces the halftone image having the enhanced edge. Also this paper proposes the technique that the coefficients of the error diffusion filter are adapted according to the correlation among color components.

The computer simulation results show that the proposed method produces finer halftoning images than conventional methods due to the enhanced edges. And the proposed method also preserves similar in edges to original image and reduces some defects such as color impulse and false contours.

■ Keywords : | Halftoning | Error Diffusion | Edge-enhancement | Spatial Variation |

I. 서론

각 컬러 성분을 1 바이트로 표현하는 컬러 디지털 영상은 트루 컬러 영상(true color images)이라 한다. 그러한 컬러 영상은 224 컬러를 포함한다. 그러나 저가형 디스플레이 장치나 프린트 장치는 컬러 영상을 재현하는 능력이 떨어진다. 따라서 이를 해결하기 위해 그레이 스케일 영상의 해프톤팅 기법을 이용하여 컬러 영상에 적용하는 여러 방법들이 제안되어지고 있다. 그레이 스케일 영상의 해프톤팅 기법 중 오차확산법은 Floyd가 제안한 방법으로, 양자화 에러를 균형있게 배분하는 방법으로 그레이 스케일 영상의 우수한 재현 성능을 보여준다[1,2]. 이를 컬러 영상에 확장하여 적용하였을 경우 영역의 컬러에 가까운 평균 컬러 색조(shade)를 재현한다. 그레이 스케일 영상의 오차확산법을 컬러 영상에 적용하기 위하여 Pappas[3]와 Akarun[4]은 각 컬러 성분들을 그레이 스케일 영상으로 간주하여 컬러 해프톤 영상을 생성하는 방법을 제안했다. 이런 방법을 스칼라 오차확산법이라 하며, 이 방법은 에러가 축적되면 결국 다른 컬러를 재현하게 되며 이로 인해 컬러 임펄스(color impulse)가 나타나고 에지 주변에서 서로의 컬러가 스며들어 에지가 흐려지게 된다(jagged edge). 이러한 단점을 개선하기 위해 각 컬러 성분간의 상관관계를 고려하여 오차확산법을 적용한 벡터 오차확산법이 제안되었다[5]. 벡터 오차확산법은 컬러 임펄스를 줄여주고 에지가 스며드는 현상을 줄여준다. 그러나 오차확산법이 영상의 평균 계조를 유지하도록 설계되므로 영상의 에지가 흐려지게 된다. 이러한 단점을 개선하기 위해 Lai와 Chen은 컬러 해프톤 영상의 에지를 강조하기 위해 각 컬러 공간에서 다른 필터를 사용하는 벡터 오차확산법을 제안했다[6]. 이 방법은 배경의 눈에 거슬리는 인공산물을 감소시키고 컬러 해프톤 영상의 에지를 강조한다. 그러나 공간적인 정보를 고려하지 않고 필터의 계수를 결정하여 에지의 일부분에서 부자연스러운 에지가 발생한다. 본 논문에서는 원영상의 공간정보를 이용하여 컬러 해프톤 영상의 에지를 강조하는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 각 컬러 성분의 국부 영역의 변화를 인간의 시각이 인식하는 공간 지각 특성을 이용

하여 에지 강조 정보량을 구한다. 그리고 각 컬러 성분간의 상관관계를 고려하여 오차 확산 필터 계수가 적용적으로 변화하는 방법을 제안한다.

2장에서는 기존의 오차확산법을 설명하고 3장에서는 제안하는 오차확산법을 설명한다. 4장에서는 기존 방법과 제안한 방법의 결과를 비교하고 5장에서는 결론을 제시한다.

II. 오차확산법

1. 스칼라 오차확산법

그레이 스케일 영상에 적용하는 오차확산법을 가장 직접적이고 쉽게 컬러 영상에 적용하는 방법은 각 컬러 성분들을 각각의 그레이 스케일 영상으로 간주하여 컬러 성분에 오차확산법을 적용한 후 각 결과를 합하여 영상을 표현하는 것이다. 이러한 방법을 스칼라 방법이라 하며 이것은 영상의 컬러 성분 간의 상관관계를 무시하는 방법이다.

3×1 벡터로 표현되는 컬러 영상 $\mathbf{x}(i, j)$ ($1 \leq i \leq M$, $1 \leq j \leq N$)와 양자화기 Q 가 주어져 있을 때 양자화 에러 $e(i, j)$ 는 이웃 화소로 전파되어 더해진다.

$$e(i, j) = Q(\mathbf{x}'(i, j)) - \mathbf{x}'(i, j) \quad (1)$$

양자화기 입력 영상 $\mathbf{x}'(i, j)$ 는 누적 오차 $e'(i, j)$ 에 의해 갱신된 값으로 다음과 같이 구해진다.

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

$$\mathbf{x}'(i, j) = \mathbf{x}(i, j) - e'(i, j) \quad (3)$$

여기서 $(k, l) \in R$ 는 오차 확산 필터 마스크이고, $h(\cdot)$ 는 스칼라 필터이다.

갱신된 입력 영상 $\mathbf{x}'(i, j)$ 값에 대해 양자화기는 임계값을 이용하여 이진값 $y(i, j)$ 를 출력하게 된다.

$$y(i, j) = \begin{cases} 1 & , \quad x'(i, j) \geq T \\ 0 & , \quad \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

이 방법은 영상의 컬러 성분 간의 상관관계를 무시하므로 거짓 등고선과 컬러 이동 등이 나타난다.

2. 벡터 오차확산법

벡터 오차확산법은 컬러 성분 간의 상관관계를 고려해서 필터 계수를 구하는 방법이다. Akarun 등은 컬러 성분 간의 상관관계를 고려해서 영상에 적응적으로 오차 확산 필터 계수를 변화시켜가는 방법을 제안했다[5]. 필터 계수 H는 결과 영상과 입력 영상 사이의 평균 오차를 최소화함으로써 얻을 수 있다. 이때 영상 신호가 통계적으로 안정된 에르고딕(ergodic) 프로세스로 간주하여 앙상블 평균(ensemble average)을 인덱스 평균으로 대체한 통계적 기술기 벡터를 계산하여 LMS 알고리즘[7]을 이용하여 영상의 평균 오차를 최소로 한다.

3. 에지 강조 오차확산법

Lai와 Chen은 컬러 영상의 에지를 강조하고 컬러 영상을 좀 더 명확히 재현하기 위해 컬러 영상의 각 성분에 다른 오차 확산 필터를 사용하는 방법을 제안했다[6]. 오차 확산 필터의 계수는 Jarvis 등[1]이 제안한 필터와 Stucki[1]가 제안한 필터의 계수를 이용하여 주변 12화소로 오차를 전파하는 12개의 계수를 갖는 벡터 오차 확산 필터를 제안했다. 또한 RGB 컬러 공간에서 계산된 오차가 주변 화소로 전파될 때 컬러 성분 간의 상관관계로 인하여 발생하는 단점들을 개선하기 위해 양자화 오차를 CIE Lab 컬러 공간에서 계산했다. CIE Lab 컬러 공간의 두 컬러 $x_1(L_1, a_1, b_1)$ 과 $x_2(L_2, a_2, b_2)$ 사이의 오차 Δd 는 다음과 같이 구한다.

$$\begin{aligned} \Delta d(x_1, x_2) &= (L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 \\ &= (\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 \end{aligned} \quad (5)$$

이와 같이 컬러 오차를 구하는 방법을 이용해 오차확산법으로 처리된 결과 영상은 에지가 불분명하게 나타나는 것과 텍스처 등에 나타나는 컬러 임펄스 등을 감소시킨다.

III. 공간 지각 특성을 이용한 에지 강조 해프토닝 시스템

제안한 방법은 인간의 국부적 공간 변화량을 인간의 시각이 인식하는 특성을 이용해 컬러 해프톤 영상의 에지를 강조하는 방법을 제안한다. 먼저 에지의 강조 정도를 조절하는 에지 강조 정보량을 각 컬러 공간에서 구하며 양자화기 입력에 더한다. 또한 컬러 영상을 해프토닝할 때 컬러 성분간의 상관관계를 고려하여 필터 계수가 영상에 적응적으로 변화되도록 한다.

1. 에지 강조 정보량

에지 강조 정보량(IEE)은 원영상의 국부적 공간 정보를 인간이 인식하는 특성을 이용하여 다음과 같이 구한다. 먼저 영상의 3x3 국부 영역의 평균을 구한다.

$$\bar{x}(i, j) = \frac{1}{3 \times 3} \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 x(i+k, j+l) \quad (6)$$

인간의 시각 시스템이 (i,j) 위치의 국부 평균을 인식한다고 하면 원화소의 값 $x(i,j)$ 와 국부 평균과의 차이가 우리 눈이 인식하지 못하는 오차이다. 이 오차를 이용하여 공간적인 화소값의 변화량(V_{spatial} : spatial variation)을 구한다. 이때 인간의 시각은 대각선 방향보다 수평과 수직 방향을 더 민감하게 인식하므로 방향에 따른 가중치 $W(k,l)$ 을 적용하여 인간의 시각이 인식하지 못하는 변화량을 구한다.

$$V_{\text{spatial}}(i, j) = \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 (W(k, l) \times |x(i+k, j+l) - \bar{x}(i, j)|) \quad (7)$$

여기서 $W(k,l)$ 은 수평과 수직에 대한 대각방향 비를 $1:\sqrt{2}$ 가 되도록 하고, 계수의 합이 1이 되도록 정규화하였다. 이때 수평과 수직 방향은 0.1465, 대각 방향은 0.1035의 값을 갖는다.

한 화소에서 인간의 시각이 인식하지 못하는 오차값에 공간적 변화량을 곱하여 공간 활성화도(M_a : local activity measure)로 정의한다.

$$M_a(i, j) = (1 - V_{\text{spatial}}(i, j)) \times (x(i, j) - \bar{x}(i, j)) \quad (8)$$

에지 강조 정보량은 공간활성도에 인간의 시각이 인식하는 국부 평균값을 곱한 값으로 정의한다.

$$IEE(i, j) = \alpha \times \bar{x}(i, j) \times M_a(i, j) \quad (9)$$

여기서 α 는 정보량 조절 계수이다. 만약 국부 평균값이 원화소의 값보다 크면 오차의 값이 음의 값이 되어 M_a 값이 음의 값을 나타내며 이는 공간적으로 현재의 값이 주변의 값보다 더 낮은 값을 갖는 것을 의미한다. 반대로 국부 평균값이 원화소의 값보다 작으면 M_a 의 값은 양의 값을 나타내며 이는 공간적으로 원화소의 값이 주변의 값보다 높은 값을 갖는다는 것을 의미한다. 이때 1에서 V_{spatial} 의 값을 빼준 것은 에지 값이 큰 영역이 너무 강조되는 것을 줄여주어 공간적 차이값에 작은 가중값을 주며 V_{spatial} 의 값이 작은 영역은 공간적 차이값에 큰 가중값을 주어 미세한 에지가 보존될 수 있도록 한다. 또한 원화소의 값과 평균값이 같다면 M_a 의 값은 0이 되어 IEE의 값도 0이 되고 Floyd가 제안한 오차확산법과 동일한 특성을 갖는다. 이와 같이 M_a 의 부호는 원화소의 값과 주변 화소 값의 관계를 나타내며 M_a 는 화소의 값을 인간의 시각에 적합하게 표현하기 위한 가중치가 된다. [그림 1]은 국부적 공간 정보를 고려한 에지 강조 정보량을 결정하는 알고리즘의 블록도이다.

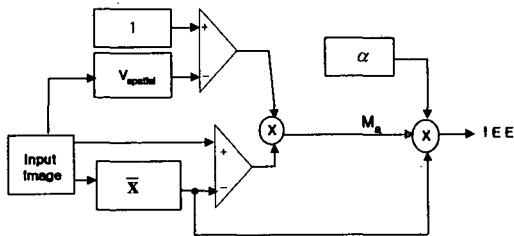


그림 1. IEE의 계산 과정

2. 에지 강조 컬러 해프토닝 시스템

컬러 영상에 오차확산법을 적용할 때 컬러 성분간의 상관관계를 고려해서 필터 계수를 변화시켜 가는 벡터

오차확산법이 상관관계를 고려하지 않는 스칼라 방법에 비해 더 좋은 결과를 보인다. 제안한 방법은 R, G, B 각 컬러 성분에서 IEE를 구하여 필터 계수를 벡터 오차확산법으로 영상에 적응적으로 변환하여 컬러 영상을 해프톤한다.

결과 영상은 갱신된 입력 영상 $x'(i, j)$ 에 에지 강조 계수가 더해진 값을 양자화함으로써 얻는다.

$$y(i, j) = Q[x'(i, j) + IEE(i, j)] \quad (10)$$

따라서 결과 영상과 갱신된 입력 영상의 에러는 다음과 같이 구해진다.

$$e(i, j) = y(i, j) - x'(i, j) = Q[x'(i, j) + IEE(i, j)] - x'(i, j) \quad (11)$$

또한 LMS 알고리즘을 이용하여 필터 계수를 구하기 위해 필요한 오차 $n(i, j)$ 는 다음과 같이 구해진다.

$$n(i, j) = x(i, j) - y(i, j) = (Q[x'(i, j) + IEE(i, j)] - x'(i, j)) - \sum_{(k,l) \in R} H(k, l) e(i-k, j-l) \quad (12)$$

이 값을 이용해 필터 계수는 다음과 같이 갱신된다.

$$H^{(m+1)}(i, j) = H^{(m)}(i, j) - \mu \nabla n^2(i, j) \quad (13)$$

여기서 m 은 갱신 횟수를 의미하며, μ 는 수렴을 조절하는 수렴 조절 계수로 LMS 방법에서의 동일하게 [0,2] 사이의 값으로 정하였다. [그림 2]는 제안한 방법의 블록도이다.

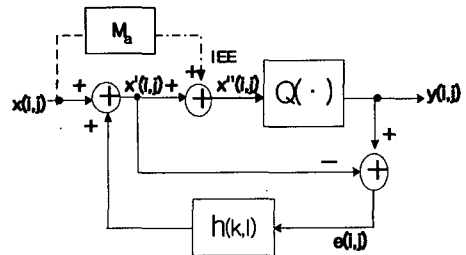


그림 2. IEE를 이용한 에지 강조 컬러 오차확산법

VI. 실험 결과

성능을 평가하기 위해 본 논문에서는 Floyd 등이 제안한 필터 계수를 각 컬러 공간에 적용한 방법과 Akarun 등이 제안한 벡터 오차확산법, Lai 등이 제안한 에지 강조 오차확산법과 제안한 방법을 컬러 영상에 적용한 결과를 비교 분석한다.

컬러 해프톤 영상의 에지가 잘 표현되어져 있는지를 평가하기 위해 이진 해프톤 영상에 적용하는 에지 상관도 함수를 컬러 영상으로 확장하여 적용했다. 이를 위해 에지 상관도 함수를 각 R, G, B 컬러에 적용한 에지 상관도 값과 그 평균을 이용하여 결과를 비교했다.

영상의 중요한 정보는 대부분 에지 부분에 존재하며 인간의 눈은 에지에 민감하다. 따라서 화질의 평가에 있어 원영상과 이진 영상간의 에지가 얼마나 일치하는가를 나타내는 에지 상관도(edge correlation)는 중요한 파라메타이다. 에지 상관도 함수는 다음과 같다[9].

$$\bar{C}_{xz} = \frac{1}{N \times M} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} C_{xz}(i, j) \quad (14)$$

$$C_{xz} = \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 W(k, l) D_x(k, l) D_z(k, l) \quad (15)$$

$D_x(k, l)$ 와 $D_z(k, l)$ 는 각각 원영상과 복원 영상의 에지 성분으로 다음과 같이 구한다.

$$D_x(i, j; k, l) = x(i, j) - x(i - k, j - l) \quad (16)$$

$$D_z(i, j; k, l) = z(i, j) - z(i - k, j - l) \quad (17)$$

여기서 $x(i, j)$ 는 원영상, 복원영상 $z(i, j)$ 은 인간의 시각 특성을 고려하여 7×7 크기의 지역 통과 필터[10]를 통과한 이진 영상의 복원한 영상이다. 에지 상관도는 원영상과 이진영상에 대한 에지 부분의 표현 능력을 평가하는 함수로서 \bar{C}_{xz} 의 값이 클수록 에지 부분이 잘 일치한다고 할 수 있다.

[표 1]은 관측거리가 10인치와 30인치 일 때 각 방법을 256×256 Airplane 영상에 적용한 결과를 이용하여 에지 상관도를 구한 결과이다. 제안한 방법의 에지 강조 조절 계수는 실험에 의하여 0.43으로 하였다. [표 1]에

서 제안한 방법이 각 R, G, B 컬러 공간에서 기존의 방법보다 에지 상관도에서 개선되어짐을 보인다. 이것은 관측 거리에 관계없이 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 에지 상관도에서 원영상의 에지에 가까운 영상을 재현함을 보여준다.

표 1. 관측 거리에 따른 에지 상관도

관측거리	컬러 성분	Floyd 방법	Akarun 방법	Lai 방법	제안 방법
10	R	159.08	159.75	162.51	167.95
	G	175.7	176	181.75	184.73
	B	120.84	120.06	118.83	122.34
	평균	151.88	151.94	154.36	158.34
30	R	126.98	127.55	131.92	135.2
	G	141.22	141.48	146.35	148.3
	B	92.45	92.66	88.8	95.68
	평균	120.22	120.56	122.36	126.39

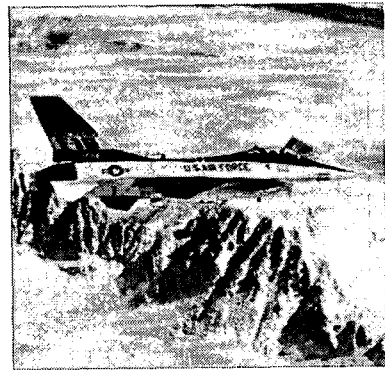


그림 3. Airplane 원영상

[그림 3]은 Airplane 원영상이며 [그림 4]는 Airplane 영 상에 기존의 방법과 제안한 방법을 적용한 결과 영 상이다. [그림 4](a)는 Floyd 등이 제안한 필터를 R, G, B 각 컬러 공간에 동일하게 적용한 결과 영상이다. 즉, 스칼라 방법을 적용한 영상으로 에지가 많이 뭉개지고 전반적으로 영상이 흐려져 있는 것을 볼 수 있다. [그림 4](b)는 Akarun 등이 제안한 벡터 오차확산법으로 R, G, B 컬러의 상관관계를 고려하여 영상에 적용적인 필터 계수를 구하여 오차를 분배함으로 [그림 4](a)의 스 칼라 방법에 비해 좀 더 선명한 영상을 재생한다.



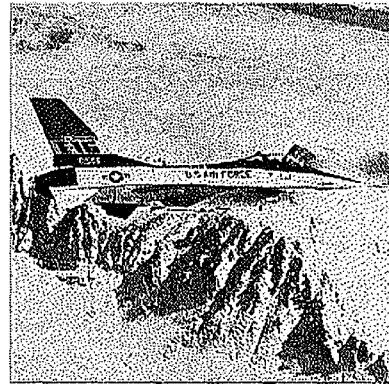
(a) Floyd 방법



(b) Akarun' s 방법



(c) Lai 방법



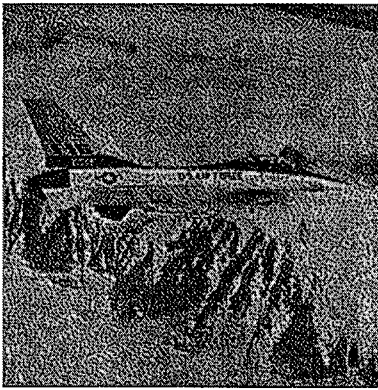
(d) 제안 방법

그림 4. 기존 방법과 제안한 방법의 결과 영상

[그림 4](c)는 Lai 등이 제안한 방법을 적용한 결과 영상으로 [그림 4](a)나 [그림 4](b)에 비해 선명하며 에지도 더 명확하게 재현된다. 그러나 공간적인 정보를 고려하지 않으므로 비행기의 에지 주변에서 부자연스러운 에지가 발생한다. [그림 4](d)는 제안한 방법을 적용한 결과 영상으로 기존의 세 방법에 비해 더 선명한 결과를 보이며 에지도 잘 보존되어졌다. 또한 공간적인 정보를 이용한 인간의 시각 특성을 고려하여 컬러 간의 상관관계를 결합하여 처리함으로써 에지가 자연스럽게 표현되어진 것을 볼 수 있다.

[그림 5]는 Lai 방법과 제안한 방법을 Airplane 영상

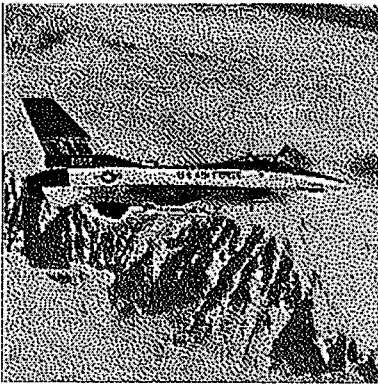
에 적용하여 R, G, B 각 컬러 공간에서의 처리 결과를 보여준다. R 컬러 공간의 결과에서 Lai 방법에 의한 결과보다 제안한 방법에 의한 결과가 에지를 좀 더 잘 보존함을 보여준다. 또한 G 컬러 공간의 결과는 제안한 방법의 결과 영상의 에지가 잘 강조되었으며 좀 더 자연스럽게 재현됨을 볼 수 있다. [그림 5](e)는 눈 덮인 산맥의 에지 부분이 거의 보존되지 않았고 비행기의 에지가 강조되었지만 부자연스러움을 볼 수 있다. [그림 5](f)는 제안한 방법의 B 컬러 공간의 결과로서 비행기의 에지도 자연스럽게 강조되었고 또한 눈 덮인 산맥의 에지 부분도 잘 강조되었음을 보여준다.



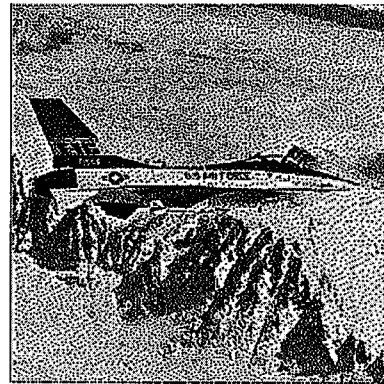
(a) Lai 방법에 의한 Red 영상



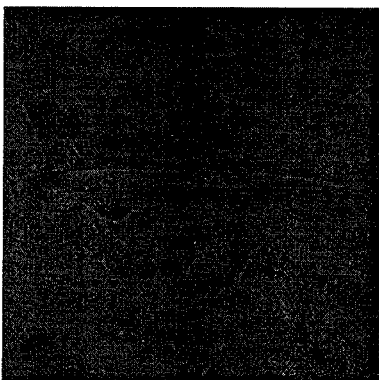
(b) 제안방법에 의한 Red 영상



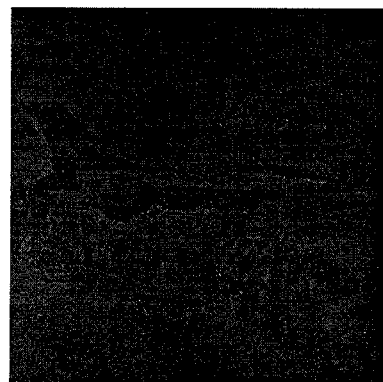
(c) Lai 방법에 의한 Green 영상



(d) 제안방법에 의한 Green 영상



(e) Lai 방법에 의한 Blue 영상

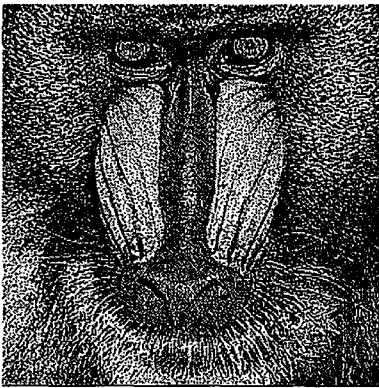


(f) 제안방법에 의한 Blue 영상

그림 5. R, G, B 각 성분에서의 결과 영상



(a) Lai 방법



(b) 제안 방법

그림 6. Lai의 방법과 제안한 방법의 결과 영상

[그림 6]은 기존의 방법 중 에지 강조 방법인 Lai의 방법과 제안한 에지 강조 방법을 고주파 영역이 많은 Baboon 영상에 적용한 결과 영상이다. 제안한 방법의 결과 영상은 입 주위의 가느다란 흰 수염을 잘 보존하였으며 또한 얼굴 영역의 털도 좀 더 자연스럽게 표현 되어졌음을 볼 수 있다. 그리고 붉은 색 코에서 나타나는 컬러 임펄스도 줄어들었으며 털의 별레 효과도 제안한 방법에서 줄었음을 볼 수 있다.

V. 결론

본 논문은 컬러 오차확산법에서 영상의 에지를 강조하는 방법을 제안했다. 제안한 방법은 인간의 시각 시스템이 한 화소의 명암값을 인식하지 않고 국부 평균을

인식한다는 특성을 이용하여 주변 화소의 평균을 구하여 원 화소의 명암값과의 차이 값으로 공간적 변화량을 구한다. 공간적 변화량과 평균값을 이용하여 에지 강조 정보량(IEE)을 구한다. 에지 강조 정보량의 값은 입력 화소값과 평균값이 동일한 경우는 0의 값을 갖고 Floyd 등의 오차확산법과 동일한 특성을 갖게 된다. 구해진 에지 강조 정보량을 양자화기 입력에 더하여 해프톤 영상의 에지를 강조한다. 이때 더 좋은 화질의 결과 영상을 생성하기 위하여 R, G, B 컬러 공간의 상관관계를 고려하여 영상에 적응적으로 오차 확산 필터의 값이 변해가는 벡터 오차확산법을 결합하였다. 제안한 방법은 에지 상관도에서 기존의 방법에 비해 개선된 결과를 보여준다. 또한 기존의 방법에 비해 좀 더 선명한 결과 영상을 생성하며 미세한 에지도 잘 보존한다. 또한 기존의 컬러 오차확산법으로 인한 컬러 임펄스나 거짓 등고선 등의 효과도 줄어든 결과를 보였다.

참고 문헌

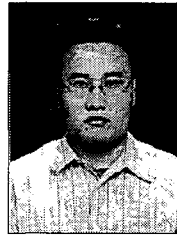
- [1] R. A. Ulichiney, Digital Halftoning, MIT Press, 1987.
- [2] R. W. Floyd and L. Steinberg, "An adaptive algorithm for spatial grayscale," Proc. Soc. Inf. Disp., Vol.17, No.2, pp.75-77, 1976.
- [3] T. N. Pappas, "Printer models and color halftoning," in Proc. ICASSP, Minneapolis, Vol. V, pp.333-336, April 1993.
- [4] L. Akarun, Y. Yardimci, and A. E. Cetin, "New methods for dithering color images," in Proc. IEEE Workshop Nonlinear Signal and Image Process., Halkidiki, Greece, Vol.2, pp.523-526, June 1995.
- [5] L. Akarun, Y. Yardimci, and A. E. Cetin, "Adaptive methods for dithering color images," IEEE Trans. Image Process., Vol.6, No.7, pp.950-955, 1997.
- [6] J. Z. C. Lai and C. C. Chen, "Algorithms of

half-toning color images with edge enhancement," J. Vis. Comm. Image R. Vol.14, No.4, pp.389-404, 2003.

- [7] B. Widrow and S. D. Stearns, Adaptive Signal Processing, Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 1985.
- [8] T. N. Cornsweet, Visual perception, Academic press, New York, 1970.
- [9] B. W. Hwang, T. H. Kang and T. S. Lee, "Distortion-Free of General Information with Edge Enhanced Error Diffusion Halftoning," ICCSA 2004, LNCS Vol.3046, pp.281-290, 2004.
- [10] 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 Process., vol.5, pp.301-304, April 1993.

김 동 우(Dong-Woo Kim)

정회원



- 1997년 2월 : 충북대학교정보통신 공학과(공학사)
- 2002년 2월 : 충북대학교정보통신 공학과(공학석사)
- 2002년 3월~현재 : 충북대학교 정보통신 공학과 박사 과정

<관심분야> : 내용기반 영상검색, 멀티미디어 정보처리

장 언 동(Un-Dong Chang)

정회원



- 1996년 2월 : 충북대학교 정보통신 공학과(공학사)
- 2002년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학석사)
- 2002년 3월~현재 : 충북대학교 정보통신공학과 박사과정

<관심분야> : 영상신호처리, 컴퓨터 비전

저 자 소 개

곽 내 정(Nae-Joung Kwak)

정회원



- 1993년 2월 : 충북대학교정보통신 공학과(공학사)
- 1995년 2월 : 충북대학교정보통신 공학과(공학석사)
- 2005년 2월 : 충북대학교정보통신 공학과(공학박사)

• 2005년 3월~현재 : 목원대학교 정보통신 공학부 프로그래밍 전문강사

<관심분야> : 해프토닝, 영상분할, 영상정보처리, 컴퓨터 비전, 멀티미디어 콘텐츠

송 영 준(Young-Jun Song)

종신회원



- 1994년 2월 : 충북대학교 정보통신 공학과(공학사)
- 1996년 8월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학석사)
- 2004년 8월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학박사)

• 2004년 9월~현재 : (주) 프리즘테크 선임연구원

<관심분야> : 영상 인식, 영상 처리, 얼굴 인식