

퍼지 이완 방법을 이용한 적응적 오차 확산법

(Adaptive Error Diffusion Using Fuzzy Relaxation Technique)

朴洋佑*, 嚴泰億**, 張周錫*, 河永浩***

(Yang-Woo Park, Tae-Uk Uam, Chu-Seock Chang, and Young-Ho Ha)

요 약

연속 계조도 영상을 이진 영상(하프톤 영상)으로 변환하는 하프톤 기법중 대표적인 두 방법은 순차적 디더법과 오차 확산법이 있다. 이 중에서 오차확산법은 예리한 하프톤 영상을 얻기위한 우수한 하프톤 기법으로 잘 알려져 있다. 그러나 알고리즘에 기인하는 여러 인공잡음들이 발생하므로 이를 개선하기 위한 방법으로 최적의 필터 계수를 얻기 위한 많은 연구가 진행되었다. 본 논문에서는 연속 계조도 입력 영상과 하프톤 영상사이의 양자화 오차를 영상에 적응적이며 최적으로 확산시키기 위해 양자화 오차를 초기 가능성의 퍼지 부분 집합으로 정의하였다. 이러한 퍼지 부분 집합의 중심화소에 대해 이웃한 화소의 오차 가능성을 고려한 후 FAM 규칙을 이용하여 각각 화소들의 오차 가능성을 영상에 따라 적응적으로 갱신하였으며 이를 원영상에 더하여 다시 양자화 과정을 반복하는 퍼지 이완 알고리즘을 이용한 오차 확산법을 제안하였다. 제안한 방법을 이용하여 얻은 결과를 최적 필터 계수를 구하기 위한 기존의 방법의 결과 영상과 비교 분석 하였다.

Abstract

Halftoning is a procedure for generating bilevel images from continuous gray-level images. The two halftone methods, such as the ordered dither and the error diffusion, are widely used. Error diffusion is known as an excellent method for generating sharp halftone images. However, since many display artifacts are occurred by the algorithm being processed, a number of algorithms have been suggested for the design of optimal error diffusion filter. In this paper, we proposed the adaptive error diffusion using fuzzy relaxation technique based on the fuzzy subset of possibility and FAM rules. The proposed method uses quantization error as the in/output linguistic variables. The new possibility is estimated by the possibilities of neighbor pixel and defined by FAM rules. This new possibility is added in the original image and then quantization process is continued. The comparison between the proposed method and the typical method is presented in experiment.

I. 서 론

디지털 하프톤 기법(digital halftoning)은 프린터, 팩스, 복사기등 대부분의 이진 영상 출력 장치를 거쳐 나온 이진 영상을 연속 계조도(continuous gray-level) 영상과 같은 시각 효과를 갖도록 하는 비선형 영상 처리 기법의 일종이다. 이러한 하프톤 기법중 대표적인 방법으로는 순차 디더법(ordered dither method)과^[1,2] 오차 확산법(error diffusion

* 正會員, 慶雲大學校 電算情報工學科
(Dept. of Computer Information Eng., Kyungwoon Univ)
** 正會員, 龜尾技能大學校 電子工學科
(Dept. of Electronic Tech., Kumi Polytechnic Collage)
*** 正會員, 慶北大學校 電子電氣工學部
(School of Electronic and Electrical Eng., Kyungpook Natational Univ.)
接受日字:1998年2月7日, 수정완료일:1999年4月8日

method)^[1,3]이 있다. 순차 디더법은 미리 정해진 $n \times n$ 디더행렬을 사용하여 밝기 해상도의 정도를 조절하는 것으로 모든 화소에 대해 동일한 행렬값이 적용되기 때문에 병렬처리가 가능하여 계산량이 적지만 미세한 부분의 표현이 어려우며 알고리즘에 기인하는 moire 패턴이 발생하는 단점이 있다. Floyd 등에 의해 제안된 최적화 방법은 실질적인 밝기값을 나타내지 못하는 출력장치에서 예리한 하프톤 영상을 만들어 내기 위해서 주로 사용하는 방법으로 현재 화소에서의 양자화 오차를 이웃한 화소들에 넘겨주어서 전체적으로 오차를 보상해 주는 방법을 취한다. 먼저 그림 1의 일반적인 오차 확산 시스템을 고려해 보면 입력 연속 계조 영상 $x_{m,n}$ 은 $0 \leq x_{m,n} \leq \lambda$ 의 값을 가지며 오차 확산 과정에서 출력 $b_{m,n}$ 은 다음 수식에 의해 얻어진다.

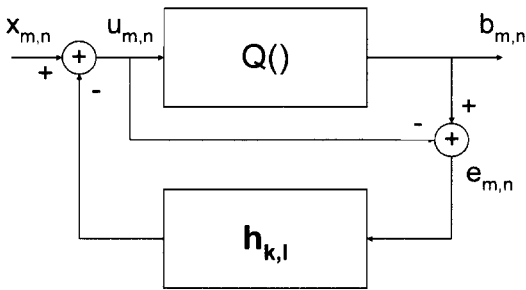


그림 1. 일반적인 오차 확산 시스템
Fig. 1. A generic error diffusion system.

$$u_{m,n} = x_{m,n} - \sum_{(k,l) \in R} h_{k,l} e_{m-k,n-l} \quad (1)$$

$$b_{m,n} = Q(u_{m,n}) = \begin{cases} \lambda, & \text{for } u_{m,n} \geq \lambda/2 \\ 0, & \text{for } u_{m,n} \leq \lambda/2 \end{cases} \quad (2)$$

$$e_{m,n} = b_{m,n} - u_{m,n} = Q(u_{m,n}) - u_{m,n} \quad (3)$$

수식(1)-(3)에서 $e_{m,n}$ 은 오차 확산 시스템에서 이진 양자화 오차를, $u_{m,n}$ 은 연속 계조도 입력 영상 $x_{m,n}$ 과 오차 확산 필터 $h_{k,l}$ 로 가중된 양자화 오차의 합에 의해 갱신된 입력을 나타낸다. 이러한 오차 확산법은 공간해상도가 우수한 반면 알고리즘에 기인한 여러 형태의 인공잡음들(artifacts)이 보인다. 그러나 오차 확산법은 이러한 인공잡음의 단점에 비해 화질이 매우 우수하며, 이런 인공잡음을 없애기 위해서 최적의 필터 설계에 대한 많은 연구가 행해졌다.

여기에는 연속 계조 영상과 하프톤 출력 영상 사이의 오차를 최소화하기 위해서 이진 양자화 오차를 백색 잡음으로 가정하고 오차 확산 필터 계수 $h_{k,l}$ 을 최적화하는 방법이 있다.^[4] 그러나 이러한 가정하의 $h_{k,l}$ 의 해는 입력 계조 영상과는 무관하다. 또 다른 방법으로는 입력 영상에 적응적인 오차 확산 필터를 제안하였다.^[5,6] 즉 오차 확산이 진행될 때 동시에 오차 확산 필터의 계수를 조정하는 방법으로써 국부 영역에 최소 평균 지능 알고리즘을 적용하여 국부적으로 하프톤 오차가 최소가 되도록 오차 확산 필터 계수를 조정하였다. 그러므로 매 화소 위치에서 입력 영상의 국부 영역에 따라 최적의 필터 계수를 얻을 수 있는 반면 매 단계마다 필터의 계수를 조정하기 때문에 기존의 고정된 필터 계수를 가지는 방법보다 계산 시간이 많이 걸리는 단점이 있다. 위의 두가지 방법에서 발생한 문제점을 없애기 위해 P. W. Wong^[7]은 다수의 표준 입력 영상을 이용하여 오차 확산 필터의 계수의 조정과 양자화 오차의 스펙트럼을 계산하는 두 과정을 반복적으로 수행하는 알고리즘을 이용하여 오차 확산 필터 계수를 구하였다. 본 연구에서는 영상에 적응적으로 오차를 확산시키며 시간적으로 우수한 하프톤 영상을 생성하기 위하여 양자화 오차의 가능성 퍼지집합과 FAM(fuzzy association memory)규칙을 이용한 퍼지 이완 알고리즘(fuzzy relaxation algorithm)을 오차 확산시 이용하였다.^[8] 제안된 퍼지 이완 알고리즘은 이진 양자화 오차를 얻어 변수로 하여 초기 가능성 퍼지부분 집합으로 정의한 뒤, 이웃한 화소의 오차 가능성들을 고려한 후 FAM 규칙을 이용하여 각각의 양자화 오차 화소들의 가능성을 증감시켜 나간다. 이러한 방법으로 증감된 오차의 가능성을 원영상의 화소에 더하여 다시 양자화함으로써 시간적으로 우수한 하프톤 영상을 얻을 수 있었다. 또한 실험에 사용된 퍼지 이완 알고리즘은 오차 확산시 각 화소를 독립적으로 처리하므로 병렬 처리가 가능하다는 장점을 가진다.

II. 기존의 필터 최적화 방법

그림 1의 오차 확산 시스템의 최적화를 위해 Kolpatzik와 Bouman은 연속 계조 영상 $x_{m,n}$ 과 하프톤 출력영상 $b_{m,n}$ 사이의 인간 시각 시스템에서 인지된 다음과 같은 가중된 평균 지능 오차를 이용하였다.

$$\epsilon = E [(v_{k,l} * (b_{k,l} - x_{k,l}))^2] \quad (4)$$

여기서 $v_{k,l}$ 은 인간 시각 시스템 특성의 임펄스 응답을 나타낸다. 또한, 오차확산 시스템의 개환 루프를 고려해 보면

$$\begin{aligned} b_{m,n} &= u_{m,n} + e_{m,n} \\ &= x_{m,n} - h_{m,n} * e_{m,n} + e_{m,n} \\ &= x_{m,n} + (\delta_{m,n} - h_{m,n}) * e_{m,n} \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 $\delta_{m,n}$ 은 크로벡커 델타를 나타낸다. 위 수식을 (4)식에 대입하면 아래와 같은 수식이 된다.

$$\epsilon = E [(v_{k,l} * e_{k,l} * (\delta_{k,l} - h_{k,l}))^2] \quad (6)$$

위 수식(6)에서 Kolpatzik 와 Bouman은^[4] $e_{k,l}$ 을 백색잡음으로 가정한 뒤 ϵ 이 최소가 되는 $h_{k,l}$ 을 정의하였다. 그러나 $e_{k,l}$ 을 백색잡음으로 가정하였기 때문에 결과적인 필터계수 $h_{k,l}$ 은 근사적인 해이다. 일반적으로 오차확산 필터의 비선형적인 특성으로 인하여 ϵ 이 최소화하는 해를 구하기는 매우 어렵다. 그러므로 양자화 오차에 대한 어떠한 가정없이도 ϵ 을 최소화하는 방법은 국부 영역 오차 기준을 사용하여 오차 확산 과정과 동시에 오차 확산 필터를 적응적으로 조절하는 방법이다.^[5,6] 그러나 이러한 방법은 최적의 필터 조절을 위한 계산량이 비 적응적인 경우에 비해 많은 단점이 있다.

위 두 방법의 문제점을 해결하기 위하여 P.W.Wong^[7]은 몇 개의 표준 입력 영상에 대한 하프톤 영상의 양자화 오차 $e_{m,n}$ 을 백색잡음으로 가정하고 최적의 필터계수 $h_{k,l}$ 을 구한 다음 이 필터계수로 오차를 확산시켰을 때 만들어진 하프톤 영상에서 새로운 오차 배열 $e_{m,n}$ 의 통계치를 계산하고 다시 필터계수를 조절하는 방법을 이전 오차 확산 계수의 값과 비교하여 차이가 없을 때까지 반복하여 $h_{0,1}=0.2911$, $h_{1,-1}=0.1373$, $h_{1,0}=0.3457$, $h_{1,1}=0.2258$ 의 오차 확산 필터 계수를 구하였다.

III. 제안한 퍼지 이완 알고리즘을 이용한 하프톤 방법

퍼지 이완 알고리즘을 오차 확산에 적용하기 위하여

그림 1의 오차 확산 시스템에서 양자화된 영상의 양자화 오차를 퍼지 집합으로 모델링 하였다. $M \times N$ 영상의 각각의 화소의 양자화 오차를 FAM 규칙 적용 시 언어변수로 고려하기 위하여 멤버십 등급 함수에 의해서 양자화 오차가 큰 부분과 작은 부분으로 2개의 퍼지 부분집합을 고려하였다.

1. 언어적 변수, 퍼지집합, 멤버십등급에 대한 정의

오차 확산에 퍼지 이완 알고리즘을 이용하기 위하여 하프톤 영상의 각각의 화소의 오차를 입력 언어적 변수로 정의하였으며 또한 입력 언어적 변수는 그들의 양자화 오차의 크기에 의해 두 개의 다른 퍼지 가능성의 부분 집합으로 나누었다. 이러한 양자화 오차가 퍼지 부분 집합에 속하는 가능성 정도를 나타내는 멤버십 등급은 그림 2와 같이 멤버십 함수에 의해 정의 한다.

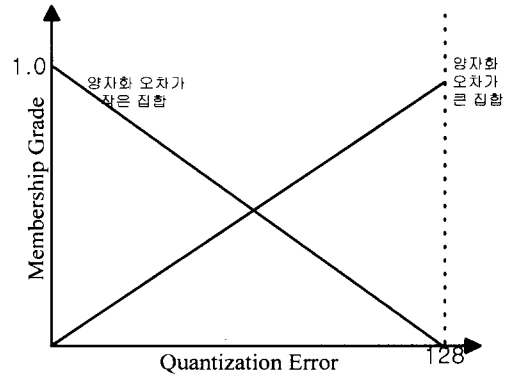


그림 2. 퍼지부분 집합을 위한 양자화 오차의 멤버십 등급

Fig. 2. The membership grade of quantization error for fuzzy set.

위의 그림에서 멤버십 등급은 후백 연속 계조도를 가지는 원영상을 일반적인 오차확산 시스템에서 사용하는 양자화 문턱치값 127로 양자화 하였을 때 발생된 오차의 절대값을 최대 오차의 절대값으로 나눔으로써 나타내었다.

예를 들어 연속 계조 영상의 화소의 값이 127일 때 이 화소는 양자화시 255의 값을 가지며 양자화 오차의 크기는 128이다. 이때 이 화소의 멤버십 등급은 양자화 오차가 큰 집합에 속할 가능성은 "1" 작은 집합에 속할 가능성은 "0"이 된다.

2. 오차 확산을 위한 FAM 규칙의 구성

FAM 규칙은 구조화된 지식들을 수치적인 틀로 변

환시키는 것으로 이러한 FAM 규칙을 이완에 적용하기 위하여 3가지 언어적 변수들과 각 변수항의 퍼지 집합에 퍼지 합성관계를 이용하였다. 즉 이러한 합성 관계는 다음과 같이 표현될 수 있다. (A, B : C) 여기서 A, B, 그리고 C는 각각 중심화소, 이웃한 화소, 가능성 증감을 나타내는 언어적 변수의 집합을 나타내며 이완을 위한 퍼지관계의 이용을 위해 다음과 같은 FAM 규칙을 구성하였다. 예를 들면 (High, High : Positive Small) 이 규칙의 의미는 중심화소의 양자화 오차의 가능성이 크고 이웃한 화소의 양자화 오차가 크면 가능성은 양의 증가를 나타낸다. 양자화 오차를 확산하기 위해 FAM 규칙들을 구성하는 것은 입력과 출력 퍼지 집합사이에 상관 관계를 정의하는 것과 같다. 따라서 양자화 오차의 퍼지 부분 집합을 일반적인 오차 확산 시스템의 문턱치값을 기준으로 두개의 집합으로 고려하였으므로 두개의 가정에 대해 하나의 결론을 가지는 퍼지관계를 이용하여 네 가지의 다른 퍼지 규칙들을 구성하였다. FAM 시스템의 출력인 증감을 계산하기 위하여 입·출력 언어적 변수 가능성을 퍼지 집합의 형태로 정의 하였으며, 이 집합의 형태와 가능성의 증감은 다음과 같이 나타낼 수 있다. (양자화 오차가 큰 집합, 양자화 오차가 작은 집합), (양의 증가, 음의 감소). 이때 증감되는 값의 크기는 고려하는 중심화소와 이웃한 화소의 크기에 따라 적용적으로 증가 또는 감소하도록 하였다. 앞의 정의를 이용하여 초기 양자화 오차의 가능성은 다음의 4가지 FAM 규칙에 의하여 갱신할 수 있다.

가정 : 중심화소의 양자화오차의 가능성이 높고

- ① 이웃한 화소의 양자화 오차가 클 때
: 음의 감소
- ② 이웃한 화소의 양자화 오차가 작을 때
: 양의 증가

가정 : 중심화소의 양자화오차의 가능성이 작고

- ③ 이웃한 화소의 양자화 오차가 클 때
: 음의 감소
- ④ 이웃한 화소의 양자화 오차가 작을 때
: 양의 증가

즉 제안된 오차 확산을 위한 퍼지 이완 알고리즘은 양자화 오차를 초기 가능성의 퍼지 집합으로 정의하고 양자화 오차의 정도를 멤버쉽 등급으로 표현하였으며

이를 FAM 규칙 적용시 언어적 변수로 고려하여 앞의 4가지 FAM 규칙을 적용하였다. 예를 들어 중심화소의 양자화 오차의 등급이 크고 이 중심 화소에 대한 이웃한 화소의 양자화 오차가 클 때 앞의 FAM 규칙에 따라 초기 양자화 가능성은 음의 감소를 한다. 이러한 방법으로 FAM 규칙에 따라 초기 가능성의 집합을 반복적으로 갱신한다. 아래에 제안한 오차 확산을 위한 퍼지 이완 알고리즘의 반복적인 계획을 그림 3으로 나타내었다.

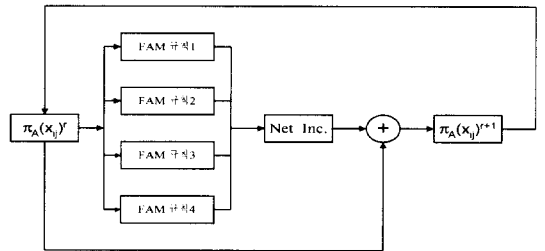


그림 3. 퍼지 이완 알고리즘의 블록도
Fig. 3. Block diagram for fuzzy relaxation algorithm.

그림 3에서 $\Pi_A(x_{ij})^r$ 은 r번째 양자화 오차가 퍼지 부분 집합 A에 속할 가능성을 나타내고 퍼지집합 $\Pi_A(x_{ij})^{r+1}$ 은 r번째 양자화 오차의 가능성에 증감량을 합한 값을 나타낸다. 각 반복 단계마다 가능성의 증가량은 다음 수식으로 나타낼 수 있다.

$$Inc_h = \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n w_{ij} \cdot FAM(i, j, k) \tag{7}$$

$$Net\ Inc = 1/p \sum_{k=1}^p inc_k$$

여기서 l, m, n은 입·출력 언어적 변수의 퍼지 집합을 나타내고 p는 고려하는 이웃한 화소의 갯수를 나타낸다. FAM (i,j;k)는 중심화소의 초기 양자화 가능성 정도를 나타내는 멤버쉽 등급이 i 이고 이웃한 화소들 중 하나의 초기 양자화 오차의 등급이 j 이면 k 만큼의 양 또는 음의 증가 값을 나타내며 여기서 FAM 규칙의 증·감량은 중심화소와 이웃한 화소의 초기 멤버쉽 등급에 따라 다름을 알 수 있다. 따라서 Inc_h 는 화소 가능성의 변화에서 이웃한 화소 h의 기여도 정도를 나타내며 w_{ij} 는 FAM 규칙들의 가중치를 나타낸다. 이때 가중치의 값이 클수록 증감의 값이 커져서 변화량의 정도가 빨리 수렴함을 알 수 있다. 또한 증가량은 이웃한 화소들에 의해서 기여된 모든 증가의

평균값으로 표현된다. 이러한 증가량을 이용한 새로운 가능성 값은 다음과 같이 나타난다.

$$\pi_A^{(r+1)}(x_{ij}) = \begin{cases} \pi_A^{(r)}(x_{ij}) + Net\ Inc_h & 0 < \pi_A^{(r+1)}(x_{ij}) < 1 \\ 0 & \pi_A^{(r+1)}(x_{ij}) \leq 0 \\ 1 & \pi_A^{(r+1)}(x_{ij}) \geq 1 \end{cases} \quad (8)$$

위의 수식(8)에서 볼 수 있듯이 새롭게 계산된 화소의 가능성은 $[0, 1]$ 사이에 놓인다. 이렇게 갱신된 양자화 오차는 원영상에 더해져서 다시 양자화 함으로써 원영상에 가까운 양자화 영상을 얻을 수 있었다.

IV. 실험 및 고찰

본 논문의 실험을 위해 256 x 256 크기와 256 단계의 계조를 갖는 Lena 영상을 사용하였으며 4방향으로 이웃한 화소들을 고려하여 이들의 기여도 정도를 계산하여 FAM 규칙에 의해 오차를 확산 하여었으며 별도로 FAM 가중치를 부여하지 않고 실험을 수행하였다. 실험 장비로는 TRiGem Pagejet P7 레이저 프린트를 이용하여 600 dpi로 프린트 하였다.

그림 4(a)는 Floyd-Steinburg의 방법에 의한 오차 확산 필터를 이용하여 오차를 확산시킨 하프톤 영상을 나타내며 그림 4(b)는 P.W.Wong의 반복 방법에 의해 얻어진 필터계수를 이용하여 오차를 확산시킨 하프톤 영상을 나타내며 그림 4(c)는 제안한 퍼지 이완 알고리즘을 이용하여 두 번 오차를 확산시킨 하프톤 영상을 나타낸다. 위 그림에서 볼 수 있듯이 기존의 방법과 비교하여도 거의 비슷한 원 영상의 명암도를 표현함을 볼 수 있다. 그리고 이과정에서 기존의 방법들에 비하여 윤곽선이 명확하게 나타나서 영상의 대조도가 향상됨을 볼 수 있다. 그러나 Floyd-Steinburg 방법과 P.W.Wong의 반복 방법은 오차 확산 필터 계수가 영상에 일정하게 적용되므로 수행시간이 빠른 반면 본 논문에서 제안한 방법은 영상에 적응적으로 양자화 오차를 확산하므로 수행시간이 2배 이상 많이 걸리는 단점이 있다. 그러나 실험에 사용된 퍼지 이완 알고리즘은 오차 확산시 각 화소를 독립적으로 처리하므로 병렬 처리가 가능하여 하드웨어 구현 시 수행시간을 줄일 수 있도록 설계가 가능하며 영상에 적응적으로 오차를 확산시켜 우수한 화질의 하프톤 영상을 얻을 수 있었다.



(a)



(b)



(c)

그림 4. 결과 영상. (a) Floyd-Steinburg 방법에 의한 하프톤 영상 (b) 반복 방법에 의해 얻어진 필터를 이용한 하프톤 영상 (c) 제안한 방법에 의한 하프톤 영상

Fig. 4. Result images. (a) Halftone image generated using Floyd-Steinburg error diffusion using iterative method. (c) Halftone image generated using proposed algorithm.

V. 결 론

본 논문에서는 연속 계조도 입력 영상과 하프톤 영상사이의 양자화 오차를 영상에 적응적이며 최적으로 확산시키기 위해 양자화 오차를 초기 가능성의 퍼지 부분 집합으로 정의하였다. 이러한 퍼지 집합의 중심 화소에 대해 이웃한 화소의 오차 가능성을 고려한 후 FAM 규칙을 이용하여 각각 화소들의 오차 가능성을 영상에 따라 적응적으로 갱신하였으며 이를 원 영상에 더하여 다시 양자화 과정을 반복하는 퍼지 이완 알고리즘을 이용한 오차 확산법을 제안하였다. 기존의 오차 확산 방법은 오차 확산 필터 계수가 영상에 일정하게 적용되므로 수행시간이 빠른 반면 본 논문에서 제안한 방법은 영상에 적응적으로 양자화 오차를 확산하므로 수행시간이 2배 이상 많이 걸리는 단점이 있다. 그러나 실험에 사용된 퍼지 이완 알고리즘은 오차 확산시 각 화소를 독립적으로 처리하므로 병렬 처리가 가능하여 하드웨어 구현 시 수행 시간을 줄일 수 있도록 설계가 가능하며 영상에 적응적으로 오차를 확산시켜 우수한 화질의 하프톤 영상을 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] R. A. Ulichney, "Digital Halftoning," MIT Press, Cambridge, MA, 1987.
 [2] Issac Amidror, Roger D. Hersch, and Victor Ostromoukhov, "Spectral analysis

and minimization of moire patterns in color separation," *Journal of Electronic Imaging* 3(3). pp. 295-317, July 1994.
 [3] R.W. Floyd and L. Steinberg, "An Adaptive Algorithm for Spatia Grayscale," *Proceedings of the SID*, vol.17, no.2, pp. 75-77, 1976.
 [4] B.W. Kolpatzik and C. A. Bouman, "Optimized error diffusion for image display," *Journal of Electronic Image*, vol. 1, pp. 277-292, July 1992.
 [5] P.W. Wong, "Adaptive error diffusion with dynamically adjusted kernel," *Proceedings of ICASSP*, pp. vol. 113-116, Apr. 1994.
 [6] P.W. Wong, "Adaptive error diffusion and its application in multiresolution rendering," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 5, pp. 1184-1196, July 1996.
 [7] P.W. Wong, "Optimum error diffusion kernel design," *SPIE*, vol. 3018, pp. 236-242, Feb. 1997.
 [8] Tae-Uk Uam, Kyung-Man Kim, Yang-Woo Park, and Young-Ho Ha "The New Iterative Image Segmentation Algorithm Using by Fuzzy Relaxation," 제 9회 신호처리합동학술대회논문지, vol. 9, part 2, pp. 1105-1108, Oct. 1996.

저 자 소 개

朴 洋 佑(正會員) 第 33卷 B編 第 4號 參照

현재 경운대학교 전산정보공학과 조교수. 경운대학교 산업기술연구소 연구원

嚴 泰 億(正會員)

1982년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1988년 6월 ~ 1993년 6월 국방과학연구소 근무. 1993년 6월 ~ 현재 구미기능대학교 전자과 재직중. 주관심분야는 컴퓨터비전, 칼라영상처리, 신호처리등임



張 周 鎬(正會員)

1954년 7월 13일생. 1982년 2월 영남대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1984년 8월 영남대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학 석사) 1997년 2월 영남대학교 대학원 전산공학과 졸업(공학박사). 1984년 3월 1일 ~

1997년 2월28 대구전문대학 전산과 교수. 1997년 3월 1일 ~ 현재 경운대학교 전산정보공학과 교수. 주관심 분야는 영산신호처리, 컴퓨터비전 등임

河 永 浩(正會員) 第 36卷 S編 第 3號 參照