

論文 96-33B-3-11

# 칼라 프린팅을 위한 비선형적 양자화 및 변형된 점 확산 방법

## (Nonlinear Quantization and Modified Dot Diffusion for Color Printing)

李採守\*, 金炅萬\*, 李應柱\*, 朴洋佑\*, 河永浩\*

(Chae-Soo Lee, Kyeong-Man Kim, Eung-Joo Lee, Yang-Woo Park, and Yeong-Ho Ha)

### 요 약

최근에 영상처리 분야에서 칼라 데이터의 사용이 많이 증가하고 있으나 출력 장비들간의 해상도 차이에 의해서 칼라 데이터의 변환이 필요하다. 따라서, 제한된 밝기 해상도와 공간 해상도를 가진 기존의 칼라 프린터에서 자연색을 출력하기 위해서는 양자화와 디더링 과정이 필요하다. 프린팅을 위한 기존의 양자화 방법에서는 선형적인 방법을 이용하였으나 본 논문에서는 프린터의 하드웨어 특성으로 인하여 발생하는 채색 면적의 중복성을 고려한 비선형적 양자화 방법을 제안한다. 제안된 양자화 과정에서 발생된 양자화 오차를 보상하기 위해 디더링 과정에서는 점 확산 방법에서 이웃하는 화소들에 확산시키는 양자화 오차량을 인간시각 특성과 입력영상 특성을 고려하여 조절하는 변형된 점 확산 방법을 제안한다.

### Abstract

Recently, the use of color data is growing fast in the area of image processing. To represent full resolution image on a limited output device, image has to be quantized and dithered. So, many dithering techniques are found in the printing. In this paper, we propose nonlinear quantization to consider the overlapping phenomena of neighboring printing dots and modified dot diffusion algorithm to compensate the color degradation produced in the quantization process. In the modified dot-diffusion, quantization errors to be diffused are adjusted to improve both image blur and color change produced in the dot diffusion. The printed image obtained by the proposed color dithering method has higher visual quality and less color degradation than the images by conventional printing method.

### I. 서 론

디더링 기법은 제한된 명암도로써 더 많은 명암도의 영상을 표현하기 위한 방법이다.<sup>[1][3]</sup> 이러한 디더링들의 목표는 밝기 해상도 차이에서 발생하는 인공 결점들을 제거하여 고품질의 영상을 얻는 것이다. 따라서, 현재 사용되고 있는 대부분 프린팅 장비들은 두 단계

의 명암도만을 표현하므로 디더링 과정이 요구된다. 한편, 칼라 프린팅은 디지털 하프토닝(halftoning) 방식을 사용하는 프린터에서 제한된 수의 칼라로써 연속적으로 채색된 영상을 만들어 내기 위해 화소들의 패턴을 만들어 가는 과정이다.<sup>[4]</sup> 과정에서 사용하는 칼라 수의 감소는 단지 밝기 해상도의 감소뿐만 아니라 프린트하는 색의 열화 현상을 발생시키므로 화질 개선을 위해서는 색의 보상 과정이 필요하다.

프린팅을 위한 기존의 양자화 과정은 단지 채색되어지는 점의 개수만을 고려하여 입력 영상의 명암도를 공간 해상도에 따라서 나누어주는 선형적 양자화 방법

\* 正會員, 慶北大學校 電子工學科

(Dept. of Electronic Engineering, Kyungpook National University)

接受日字: 1995年10月14日, 수정완료일: 1996年2月15日

을 사용하였다. 그러나 선형적 양자화 방법은 채색하는 프린터의 특성을 고려하지 않기 때문에 정확한 밝기 값과 색을 표현할 수 없다. 디더링 과정에서는 양자화 과정에서 발생하는 오차량을 보상하기 위해서 인접 화소들에 오차량을 확산시켜서 프린트된 영상의 지역 명암도 평균값이 원영상의 지역 명암도 평균값과 같게 하는 점 확산 방법 등이 이용되었다.<sup>15, 61</sup> 이 방법도 양자화 오차의 확산 과정에서 오차량의 일률적인 확산에 의한 인접하는 다른 색영역의 변형과 경계선 영역의 문드러짐 현상이 나타나게 된다. 따라서 선형적 양자화와 점 확산 방법을 이용한 프린팅 방법에서 나타나는 열화 현상을 감소시키기 위한 방법이 요구되어진다.

본 논문에서는 칼라 프린팅 과정에서 염료가 용지 위에 채색될 때 점들의 중복 면적이 발생하는 현상을 고려한 비선형 양자화 방법을 제안한다. 제안된 비선형적 양자화 방법은 인접하는 점들의 전체 채색 면적에서 중복된 채색 면적을 뺀 실제 채색 면적에 비례하여 양자화 단계를 조절한다.

제안된 양자화 과정에서 발생된 양자화 오차를 보상하기 위해 사용된 디더링 방법은 기존의 점 확산 방법에서 인간 시각 특성과 입력 영상 색특성을 고려하여 확산시킬 양자화 오차량을 조절하는 변형된 점 확산 방법을 제안한다. 인간 시각 시스템의 색 인식 특성을 가진 HSI 좌표계는 위치에 따라 색 민감도가 다르게 나타나는 비균일 특성을 가지므로 변형된 점 확산 방법은 입력되는 칼라 값에서 양자화 오차에 의한 색의 민감도에 역 가중치를 주어서 확산시키는 방법으로 보상에 준다. 또한, 이 과정에서 같은 색의 영역 안에서 양자화 오차량은 확산시켜 주고 다른 색의 영역들 경계 부분에서는 확산시키지 않아 인접 색의 확산에 의한 색의 열화 현상을 줄여 줄 수 있는 방법을 제안한다.

## II. 칼라 프린터를 위한 모델과 양자화

여기에서 칼라 프린터를 위한 모델과 그 모델들에 맞는 양자화 방법들을 알아본다. 기존의 프린터는 칼라 점을 채색하기 위해서 청록(cyan: C), 자홍(magenta: M), 및 노랑(yellow: Y) 의 3색을 이용하거나 아니면 이 3색에 검정(black: K)을 첨가한 4색을 이용한다.<sup>17, 81</sup> 이 색들은 칼라 감법 체계를 형성하기

위한 기본 색들이며, 가법 체계를 형성하는 적색(red: R), 녹색(green: G), 및 청색(blue: B)과 쉽게 연관되어 변환은

$$\begin{aligned} R &= 1 - C \\ G &= 1 - M \\ B &= 1 - Y \end{aligned} \quad (1)$$

으로 나타난다. 적색, 녹색, 청색, 및 다른 색은 점들을 중복 채색하여 나타낼 수 있으며, 한 점에서 만들어 낼 수 있는 색은  $2^3=8$  색이다.

$$b_{i,j} = (b_{i,j}^C, b_{i,j}^M, b_{i,j}^Y, b_{i,j}^K) \quad (2)$$

$b_{i,j}$ 의 각 성분은 채색의 유무를 나타내므로, 예를 들면  $b_{i,j}^C=1$  은  $(i, j)$ 의 점의 지점에서 청록이 채색되어진다는 것을  $b_{i,j}^C=0$  는 청록이 채색되지 않음을 의미한다. 프린터는 이진 성분을 가진 4차원의 벡터,  $b_{i,j}$ 들의  $N_W \times N_H$  배열에 의해 제어될 수 있다.

### 1. 선형적 양자화

선형적 양자화는 칼라 프린팅을 위한 양자화 방법으로 일반적으로 많이 사용되고 있다.<sup>141</sup> 프린터에서 점이 채색되는 면적이 정사각형인 것으로 가정하여 양자화 되어야 할 적색, 녹색, 및 청색의 세 프레임의 영상을 각 프레임에 대해 독립적으로 프린터 해상도에 맞게 임계행렬의 크기를 변화시키며 이에 따라 양자화 구간을 등간격으로 나누는 방법이다. 이 방법은 컴퓨터 상에서 처리 과정이 간단하고 속도가 빠르다는 장점이 있다. 그러나 점이 채색되는 하드웨어적인 특성을 고려하지 않았기 때문에 모니터 상에 나타난 영상과 프린팅된 결과 영상과의 명암도에서 많은 차이가 발생한다.

### 2. 제안된 비선형적 양자화

프린트된 영상의 화질은 프린터 하드웨어에 많이 의존하게 된다. 현재의 대부분 프린터는 용지에 점을 채색할 경우에 정사각형의 형태가 아니라 그림 1과 같이 원의 형태로 프린팅 되어진다.<sup>191</sup> 따라서 점이 채색되는 위치, 순서에 따라서 점이 채색되는 면적이 달라지게 된다. 이를 고려하지 않았을 경우 출력된 영상의 명암도가 모니터 상에 나타난 영상의 명암도와 다르게 되는 주원인이 된다. 대부분 프린터에서 발생하는 가장 중요한 결점은, 마치 잉크가 커지는 것과 같은 현상에 의해 최소 필요 채색 면적보다 커지는 것이다. 다른 결

점들로는 주변기기의 열이나 종이의 빛 반사를 차이  
 능이 있으며, 역시 염료의 불안정성도 있다. 결과적으  
 로, 임의의 화소에서 프린트된 명암도는 복잡한 방법  
 으로 인접한 채색 점들에 의존한다. 그러나 점들의 가까  
 운 공간 배치와 눈의 제한된 공간 해상도에 의해 한  
 위치에서의 명암도는 이상적인 원형의 면적 안에 일정  
 한 값을 가진 것으로 고려할 수 있다.

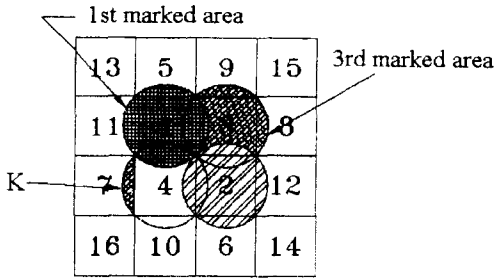


그림 1. 임계행렬에서 각 점의 채색 영역  
 Fig. 1. The marking area of dots in the  
 dither matrix.

● 본 논문에서는 프린터의 하드웨어 특성이 4개의 꼭  
 지점을 통과하는 이상적인 원의 형태에서 조금씩의 오  
 차를 가지고 있으므로 이를 꼭지점을 통과하는 이상적  
 인 원의 형태로 고려함으로써 일반성을 갖는 프린터  
 모델을 제안한다. 또한 점이 채색되는 위치와 순서 및  
 프린터 해상도에 따라서 변하는 면적에 기반 하여 양  
 자화 구간을 다르게 설정하는 비선형적 양자화 방법을  
 제안한다. 계산 과정에서 한 화소의 전체 면적은 정사  
 각형의 4×4 임계행렬이며, 각 점이 채색되는 면적은  
 꼭지점을 지나가는 이상적인 원의 형태로서 가정하였  
 다. 양자화된 값에 의해서 실제로 채색되는 면적은 양  
 자화 레벨만큼 채색된 점의 면적에서 중복된 면적을  
 뺀 양이 된다. 따라서 양자화 구간도 이 면적에 비례하  
 는 비선형적인 형태로 나타난다. 계산된 면적에 비례하  
 여 복원된 명암도는

$$r = \left\{ 1 - N_{i,j} \times \left( \frac{\pi}{32} \right) + P_{i,j} \times K' \right\} \times 255 \quad (3)$$

으로 표현될 수 있다. 여기서  $r$ 은 복원된 명암도,  $N_{i,j}$   
 는 임의 화소의 임계행렬 안에서 채색된 점의 개수,  
 $P_{i,j}$ 는 임의 화소의 임계행렬 안에서 중복이 발생하는  
 부분의 개수와 임계행렬의 면적을 넘어가는 개수 1/2  
 의 합,  $K'$ 은  $2 \times K$ 이며  $K$ 의 면적은  $((\pi \cdot 2)/32/4)$ 이  
 다. 표 1에서는 프린터 모델에 기반한 양자화 값과

대응하는 명암도의 값을 제시한다. 입력 영상(R, G,  
 B)에서 양자화 과정은 출력되어지는 영상(C, M, Y)  
 과 반대로 작용하므로 아래의 양자화값을 역으로 고려  
 해야 한다.

표 1. 채색 면적에 기반한 양자화된 값과 대  
 응되는 명암도

Table 1. Quantized level and reconstr-  
 ucted gray level based on mar-  
 king area.

Quantized Level	$N_{i,j}$	$P_{i,j}$	Reconstructed Gray Value	Increment
1	1	0	230	25
2	2	0	205	25
3	3	2	189	16
4	4	4	173	16
5	5	5.5	154	19
6	6	7	136	18
7	7	8.5	118	18
8	8	10	100	18
9	9	12.5	87	13
10	10	15	73	14
11	11	17.5	59	14
12	12	20	46	13
13	13	23	34	12
14	14	26	23	11
15	15	29	11	12
16	16	32	0	11

### III. 기존의 디더링 방법

일반적으로 사용되고 있는 디더링 방법들은 오차 척  
 도에 따라서 오차량을 최소화하기 위해 여러 가지로  
 분류할 수 있다. 이 방법들은 처리 구조나 처리된 이진  
 영상의 특성에서 다르게 나타날 수 있다.

#### 1. 순서 디더링

임계치와 채색 위치가 미리 결정되지만 행렬에 의해  
 다양한 값들로 만들어져서 전체적인 밝기 해상도를 결  
 정한다. 정해진  $n \times n$  임계행렬을 사용하여 밝기 해  
 상도의 정도를 조절할 수 있지만 너무 큰 임계행렬을  
 사용할 경우 출력 영상이 크지는 단점이 있다. 그러나  
 프린터의 해상도가 높을 경우 큰 임계행렬을 이용하여

프린트된 영상의 밝기 해상도를 높일 수 있다. 그림 2는 본 논문에서 사용한 임계행렬 이다. 이 디더링 방법은 먼저 행렬의 크기를 정한 후 모든 화소에 대해 동일한 행렬 값이 적용되기 때문에 병렬 처리가 가능하며 계산량이 적지만 미세한 부분의 표현이 어려우며 컴퓨터에 의해 만들어진 moire pattern들이 발생한다.<sup>110)</sup>

13	5	9	15
11	1	3	8
7	4	2	12
16	10	6	14

그림 2. 4×4 임계행렬  
Fig. 2. 4×4 dither matrix.

2. 오차 확산 디더링

오차 확산 디더링 방법은 실질적인 밝기값을 나타내지 못하는 출력장치에서 예리한 하프톤 영상을 만들어 내기 위해서 주로 사용하는 방법이다. Floyd 등에 의해 제안된 이 방법은 현재 화소에서의 오차를 다음 화소들에 넘겨주어서 전체적으로 오차를 보상해 주는 방법을 취한다. 칼라 영상의 한 화소  $x_{i,j}$ 는

$$x_{i,j} = (x_{i,j}^R, x_{i,j}^G, x_{i,j}^B), \quad 1 \leq i \leq N_w, \quad 1 \leq j \leq N_H \quad (4)$$

으로 표현될 수 있으며  $N_w$  와  $N_H$ 는 영상의 크기를 나타낸다.

오차 확산에 의해 생성된 하프톤 영상을  $b_{i,j}$ 라고 두면 하프톤 영상의 청록색(cyan)은 다음과 같이 얻어진다.

$$\begin{aligned} v_{i,j}^R &= x_{i,j}^R - \sum_{m,n} h_{m,n} e_{i-m,j-n}^R \\ b_{i,j}^C &= \begin{cases} 0, & \text{if } v_{i,j}^R > t \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases} \\ e_{i,j}^R &= (1 - b_{i,j}^C) - v_{i,j}^R \end{aligned} \quad (5)$$

$v_{i,j}^R$ 는 연속 명암도 영상의 임의의 화소( $i,j$ )에서 적색 성분이 보정된 값이며,  $h_{m,n}$ 은 오차 여파기의 임펄스 응답. 오차  $e_{i,j}^R$ 는 보정된 연속 명암도 영상 성분과 하프톤 영상성분과의 차이값을 나타낸다. 이전 오차 값은 오차 여파기의 오차 계수들이 곱해진 뒤이진 영상  $b_{i,j}^C$ 를 얻기 위하여 문턱치 값으로 비교되기 전에 현재 명

암도  $x_{i,j}^R$ 에 더해진다. 다른 두 가지의 칼라 성분들도 비슷한 방법으로 정의된다. 오차 확산 디더링에 대한 전체적인 구조는 그림 3에 나타내며, 이때 사용되어지는 오차 여파기가 그림 4에 보여진다.

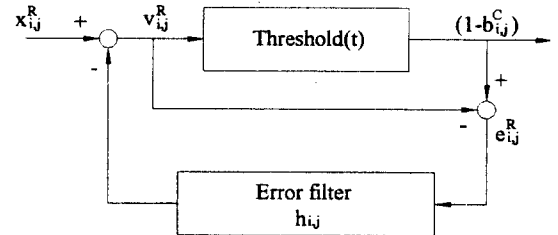


그림 3. 오차 확산 시스템  
Fig. 3. Error diffusion system.

	×	7	
1	5	3	(1/16)

그림 4. Floyd-Steinberg가 제한한 여파기  
Fig. 4. Floyd-Steinberg's filter.

그림 3에서와 같이 ×로 표시한 중심 화소에 대하여 가까운 화소 즉 아래와 우측의 화소에 큰 비중을 두는 것은 그 화소들이 처리중인 화소와 연관성이 크기 때문이다. 이 방법은 각 화소에서 발생하는 양자화 오차를 인접 화소에서 보상하여 국부적인 명암도 값은 원 영상의 국부 명암도 값과 같게 하여 화질 개선을 가져올 수 있으나, 계산상의 복잡성과 인접 화소들에 확산된 오차량의 영향으로 고스트(ghost) 현상이 때때로 일어난다.

3. 점 확산(Dot diffusion) 디더링

순서 디더링의 기법이 완전히 병렬 처리가 되고 고스트 현상이 발생하지는 않지만 양자화 과정에서 발생하는 오차를 보상해 주지 못하는 단점이 있다. 따라서 오차 확산 디더링의 밝기 해상도 보상과 순서 디더링의 병렬처리 및 밝기 해상도 증가를 모두 포함하는 방법이 요구되어지며, 점 확산 디더링은 이러한 장점들을 가질 수 있다. 즉 순서 디더링 방법으로 양자화 하여서 밝기 해상도를 높여 주고 이때 발생하는 양자화 오차를 오차 확산 방법으로 보상해 줄 수 있다.

IV. 변형된 점 확산 방법

순서 디더링 기법의 대부분 적용에서 이진화된 컴퓨터로 만들어진 형태의 모습이 나타나며, Floyd-Steinberg의 오차 확산 방법의 결과에서는 방향성을 가지는 뱀모양의 결점을 볼 수 있다.<sup>14)</sup> 이 문제 해결을 위해서 점 확산 방법이 이용될 수 있으나 점 확산 방법도 양자화 오차의 일률적인 확산으로 경계선 부분에서의 문드러짐 현상이나 인접하는 다른 색을 변형시킬 수 있다. 따라서 점 확산 방법의 결점을 보완할 수 있는 방법이 요구되어진다. 그러나 단순히 양적인 요소만 고려해서는 정확한 색의 보상이 될 수 없고 처리하는 색좌표계의 인간 시각 체계의 표현 능력과 색 인지의 균일성에 대한 고려가 처리된 영상의 화질에 큰 영향을 미치게 된다.

양자화 과정에서 발생하는 양자화 오차들은 입력 영상의 형태에 의존적으로 발생한다. 즉, 양자화 오차의 주파수 특성은 원 영상에 의존적인 주파수와 원영상에 독립적인 주파수로서 구성되지만 원영상에 의존적인 주파수들이 큰 값을 가져서 시각적으로 영향을 미친다. 그리고 양자화 오차의 성분 중에서 저주파 성분은 원영상에 의존적인 성분의 대부분으로 구성되고 고주파 성분의 대부분은 독립적인 주파수로 구성되어 있다. 따라서 양자화 오차를 저역통과 여파기에 통과시키면 독립적인 주파수의 대부분과 의존적인 주파수의 색의 경계선 부분 성분들이 제거되어진다.

본 논문에서는 이렇게 변형된 양자화 오차값과 양자화된 값을 다시 더한 후에 점 확산 방법에 의해 처리하는 방법을 제안한다. 이 방법으로 색의 변화가 작은 영역 안에서는 양자화 오차량이 확산되어 양자화 오차를 보상해 주며, 색의 변화가 큰 경계선 부분에서는 양자화 오차의 확산이 감소하여 경계선의 문드러짐이나 색의 변형이 줄어들게 될 수 있다. 그러나 양자화 오차의 확산 과정에서 인간의 색인식 능력이나 처리하는 색 좌표계의 색의 비균일성을 고려하지 않으면 정확한 색의 복원이 어렵게 된다. 따라서 본 논문에서는 인간 시각 체계의 색인식 능력을 가진 HSI 좌표계에서 입력되는 영상의 색의 값에서 양자화 오차의 색 감도를 고려하여 확산시킬 오차량을 조절하는 방법을 제안한다. 인간 시각 시스템의 색 인식 특성을 가진 HSI 좌표계는 그림 5에서와 같이 위와 아래의 밝기값과 낮은 채도에서의 색의 변화에 따른 민감도가 중간 밝기값과 높은 채도에서보다 더 크게 나타나는 비균일 특성을 가진다.

따라서 이 비균일성에 의해 인접한 화소들간에 색이 다른 영역에서 양자화 오차가 확산되어 질때 인접 화소에 의한 영향이 다르게 나타날 수 있으므로 확산될 양자화 양을 조절해 줄 필요가 있다.

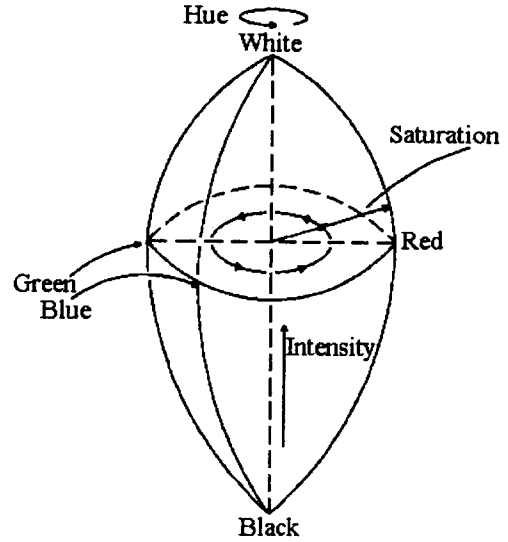


그림 5. HSI 좌표계

Fig. 5. HSI coordinate.

변형된 점 확산 방법은 입력되는 값의 밝기값과 채도에 따라서 확산되어지는 양자화 오차의 색조와 채도의 양은

$$\Delta H' = \begin{cases} \Delta H \times S \times \frac{I}{127}, & I \leq 127 \\ \Delta H \times S \times \frac{(255-I)}{127}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

$$\Delta S' = \begin{cases} \Delta S \times S \times \frac{I}{127}, & I \leq 127 \\ \Delta S \times S \times \frac{(255-I)}{127}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

이다. 여기서  $\Delta H'$ 과  $\Delta S'$ 는 확산되어질 색조와 채도의 양.  $\Delta H$ 와  $\Delta S$ 는 양자화 과정에서 발생된 색조와 채도의 양자화 오차.  $S$ 는 채도값, 그리고  $I$ 는 밝기값이다. 이 과정에서 빠른 계산 속도를 위하여 저주파 여파기로 3×3의 평균화 여파기를 사용하였으며 칼라 프린팅을 위한 전체 흐름도는 그림 6에 나타나 있다.

## V. 실험 및 결과

본 논문의 실험을 위해 256×256 크기의 서로 다른 특징을 가진 영상들을 이용하였다. 실험 장비로는 HP

데스크젯 560K 잉크젯 칼라 프린터를 사용하였으며 실험은 300 dpi로 수행하였다. 기존의 방법중 선형적 양자화에 의한 점 확산 방법과 제안된 비선형적 양자화에 의한 변형된 점 확산 방법을 이용한 결과를 비교하였다.

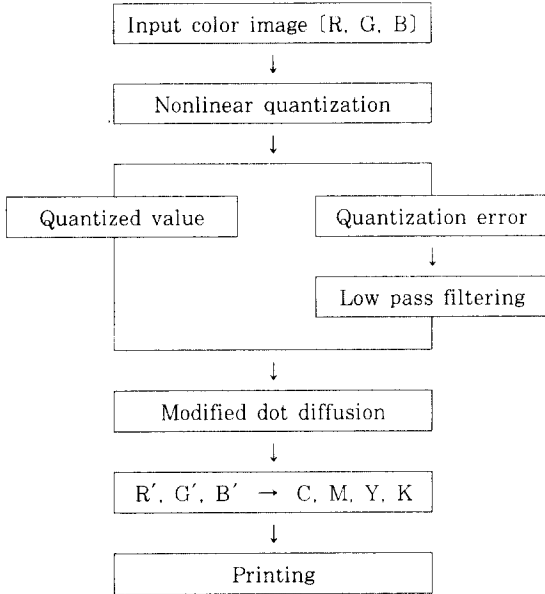


그림 6. 칼라 프린팅을 위한 블록도  
Fig. 6. Block diagram for color printing.

그림 7은 색의 변화는 적지만 명암도의 변화가 부드러운 "Lena" 영상을 이용하여 기존의 방법과 제안된 방법과의 순차적인 비교를 보여준다. 그림 7의 (a)와 (b)에서는 순차 디더링 방법에 선형 양자화와 제안된 비선형 양자화를 이용한 결과로써 (a)에서는 정확한 명암도 표현을 하지 못하여 영상의 영역들이 뭉쳐지는 현상이 심하게 나타나는 현상을 보여지나 (b)에서는 이러한 영역 뭉쳐짐 현상 감소와 경계선 부분이 강조되어 훨씬 시각적으로 더 좋은 결과를 나타내지만 여전히 (a)에서 발생한 결점들을 모두 보완해 주지는 못한다. 그림 7의 (c)와 (d)에서는 비선형적 양자화에 기존의 점 확산 방법과 제안된 변형된 점 확산 방법을 이용한 결과를 나타내고 있다. (c)에서는 점확산 방법의 사용으로 얼굴이나 어깨 부분처럼 부드럽게 명암도와 색이 바뀌는 영역에서는 시각적으로 거슬리지 않게 자연스럽게 변하게 만들어 주었다. 그러나 모든 화소에서 양자화 오차 확산으로 인접한 색이 확산되어지는 방향으로 퍼지는 현상이 심하게 나타나며 이러한 현상

으로 경계선 부분이 문드러지는 단점을 발생되었다. 특히 모자 부분에서 어두운 색들이 오른쪽으로 퍼져 있으며 모자 창의 경계선들이 문드러져 있다. (d)에서는 양자화 오차의 확산되어질 영역을 구분하여 점 확산시키는 변형된 점 확산 방법을 사용한 결과 인접한 색의 영역으로의 색의 퍼짐 현상을 줄일 수 있었으며 또한 경계선의 문드러짐 현상도 줄일 수 있었다.

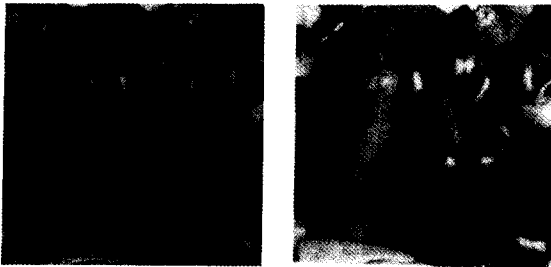


그림 7. Lena 영상 (a) 선형 양자화 (b) 비선형 양자화 (c) 비선형 양자화 및 점 확산 (d) 비선형 양자화 및 변형된 점 확산

Fig. 7. Lena image. (a) linear quantization, (b) nonlinear quantization, (c) nonlinear quantization and dot-diffusion, and (d) nonlinear quantization and modified dot-diffusion.

그러나 (a)와 (b)에서 나타나는 경계선처럼 명확하지는 않다. 그림 8의 (a)에서는 색의 차이가 뚜렷한 "Peppers" 영상을 기존의 방법에 의해 프린트한 결과를 나타내는데 원영상의 명암도와 색을 제대로 표현하지 못하여 영상이 전반적으로 어두워지며 또한 양자화와 양자화 오차의 확산에 의한 서로의 색의 영향으로 원래의 색이 조금씩 변형된 것을 볼 수 있다. 그림 8의 (b)에서 제안된 방법을 이용하여 프린트된 영상은 전체적으로 밝아져서 원래의 밝기값에 가까워질 수 있었으며 특히 중간의 큰 녹색의 "Peppers"에서 그림자

부분에 경계선들이 좀더 뚜렷해졌으며 모니터 상에서 보이던 붉은색이 복원되었다.



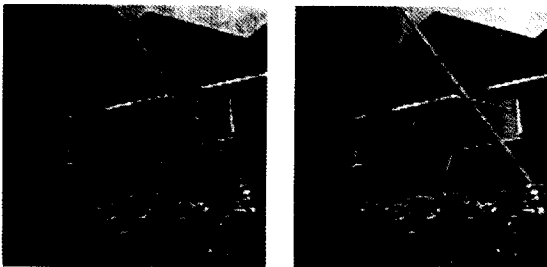
(a)

(b)

그림 8. Peppers 영상 (a) 선형적 양자화 및 점 확산 방법 (b) 제안된 비선형적 양자화 및 변형된 점 확산 방법

Fig. 8. Peppers image. (a) linear quantization and dot diffusion, (b) the proposed nonlinear quantization and modified dot diffusion.

그림 9의 (a)는 색의 변화가 많은 "Flower Garden" 영상을 기존의 방법에 의해서 프린팅한 것으로 영상은 전체적으로 어두워지면서 인접한 영역의 색 영향으로 색이 확산되어 꽃들이 뭉쳐진 형태로서 나타나며 왼쪽 나무의 무늬들이 흐릿하게 프린트 된 것을 볼 수 있다. 그러나, 제안된 방법을 이용한 그림 9의(b) 영상에서는 영역 뭉쳐짐 등의 효과가 많이 제거되었으며 나무의 무늬도 좀더 선명해 졌다.



(a)

(b)

그림 9. Flower garden 영상 (a) 선형적 양자화 및 점 확산 방법 (b) 제안된 비선형적 양자화 및 변형된 점 확산 방법

Fig. 9. Flower garden image. (a) linear quantization and dot diffusion, (b) the proposed nonlinear quantization and modified dot diffusion.

이 실험 결과는 경계선 부분에서의 밝기값 차에 비

해서 저주파 여파기를 통해서 제거된 고주파의 양자화 오차량이 상대적으로 적어서 경계선 영역의 시각적 인식은 감소시키지 않았다. 그러나 확산되어질 양자화 오차량의 제한은 오차량 확산에 의해 발생하는 고주파 성분을 줄여서 경계선 영역에서의 거칠어지는 현상이나 색의 변형은 감소시킬 수 있었다.

이 실험 과정에서 사용한  $3 \times 3$  평균화 여파기는 정밀한 저주파 여파 특성을 나타내지는 않지만 프린트된 결과 영상에서 큰 효과를 보여주며 또한 계산 과정에 소모될 수 있는 시간을 많이 줄여 주었다.

## VI. 결 론

제한된 칼라로 높은 해상도의 칼라 영상을 프린팅하기 위한 새로운 방법이 제안되었다. 본 논문에서는 칼라 프린팅을 위한 양자화 과정에서 채색 면적의 중복성을 고려한 비선형적 양자화 방법을 사용하였다. 또한 디더링 과정에서 기존의 점 확산 방법에서 인간 시각적 색 민감도와 인접 색의 영향을 고려하여 확산되어질 양자화 오차량을 조절하는 변형된 점 확산 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 제한된 칼라로써 고해상도의 영상을 출력하기를 원하는 칼라 출력 장치에서도 입력 영상을 고화질로 출력할 수 있도록 해준다.

연구 결과 다른 색의 영역간에 확산되어지는 양자화 오차량의 완전한 제거에 의한 성능 향상과 속도 개선을 위한 연구가 계속 진행되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] Reiner Eschbach and Keith T. Knox, "Error-Diffusion Algorithm with Edge Enhancement," *J. Opt. Soc. Am. A*, Vol. 8, No. 12, pp. 1844-1850, December 1991.
- [2] Robert Ulichney, *Digital Halftoning*, The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England, 1987.
- [3] R. S. Gentile, E. Walowitz, and J. P. Allebach, "Quantization and multilevel halftoning of color images for near-original image quality," *J. Opt. Soc. Am. A* 7, pp. 1019-1026, 1990.

- [4] Start C. Wells, Grant J. Williamson, and Susan E. Carrie. "Dithering for 12-Bit True-Color Graphics," *IEEE Computer Graphics & Applications*, pp. 18-29, September 1991.
- [5] Donald E. Knuth. "Digital Halftones by Dot Diffusion," *ACM Trans. on Graphics*, Vol. 6, No. 4, pp. 245-273, October 1987.
- [6] Frank Fetthuer and Olof Bryngdahl. "Quantization noise and the error diffusion algorithm," *Journal of Electronic Imaging* 3(1), pp. 37-44, January 1994.
- [7] Michael G. Lamming and Warren L. Rhodes. "A Simple Method for Improved Color Printing of Monitor Images," *ACM Trans. on Graphics*, Vol. 9, No. 4, pp. 345-375, October 1990.
- [8] Maureen C. Stone, William B. Cowan, and John C. Beatty. "Color Gamut Mapping and the Printing of Digital Color Images," *ACM Trans. on Graphics*, Vol. 7, No. 4, pp. 249-292, October 1988.
- [9] Robert Ulichney. "The void-and-cluster method for dither array generation". SPIE, vol. 1913, pp. 332-343, 1993.
- [10] 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.

— 저 자 소 개 —



李 採 守(正會員)

1968年 10月 15日生. 1994年 경북대학교 전자공학과(공학사). 1996年 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1996年 ~ 현재 동대학원 박사과정 재학중. 주 관심분야는 칼라영상 양자화, 칼라프린팅, 음성신호처리등임.

라프린팅, 음성신호처리등임.



金 貫 萬(正會員)

1970年 4月 5日生. 1993年 경북대학교 전자공학과(공학사). 1995年 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1995年 ~ 현재 동대학원 박사과정 재학중. 주 관심분야는 칼라영상 양자화, 멀티미디어등임.

멀티미디어등임.



李 應 柱(正會員)

1965年 3月 20日生. 1990年 경북대학교 전자공학과(공학사). 1992年 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1993年 ~ 현재 동대학원 박사과정 재학중. 주 관심분야는 칼라영상처리, TV신호처리등임.

처리등임.



朴 洋 佑(正會員)

1966年 4月 26日生. 1988年 경북대학교 전자공학과(공학사). 1990年 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1994年 8月 ~ 현재 동대학원 박사과정 재학중. 주 관심분야는 칼라영상처리, TV신호처리등임.

TV신호처리등임.

河 永 浩(正會員) 第 32 券 B 編 第 12 號 參照  
현재 경북대학교 전자공학과 교수