

의료 영상에서 인간 지각 특성을 이용한 효과적인 비트수 줄임 방법

한재성, 박성한

한양대학교 컴퓨터공학과

E-mail : {hanjs, shpark}@cse.hanyang.ac.kr

A Method of Effective Bits Reduction based on Human Perception in Medical Image

Jae-Sung HAN, Sung Han PARK

Dept. of Computer Science Engineering, Hanyang University

Abstract

Recently, TFT-LCD is widely used of medicine machine on the display devices. However, the display precision of TFT-LCD is 8 bits instead of 10 bits of CRT display. If the medical image have more than 8 bits, we must requantize the medical image. We propose an efficient method to reduce medical image from 10 bits into 8 bits by employing human visual perception. The proposed method shows good performance for the medical image display.

네트워크를 통하여 X-ray와 같은 영상을 보내게 되는 데, 가정에서 높은 비트의 데이터를 출력할 수 있는 고가의 TFT-LCD를 사용하지 않는다면, 왜곡된 영상을 통해 오진을 할 수도 있다. 또한, 높은 bits의 영상의 경우 전송 속도가 느리기 때문에 위급한 상황에 대처하는 시간이 늦어진다. 이와 같은 문제 해결을 위해서 본 논문은 보편적인 TFT-LCD를 이용하여 높은 비트와 유사한 정확도를 갖는 의료 영상을 나타내는 방법을 개발한다. 이를 위하여 인간 시각 특성을 이용하여 의료 영상이 갖는 높은 bits의 값을 8bits로 표현 가능한 값들 중 가장 유사한 값으로 표현하는 방법을 제안한다.

I. 서론

최근 의료영상 시스템의 출력 장비로 박막트랜지스터 액정표시장치(TFT-LCD)가 기존의 CRT 모니터를 대신하여 보편화되고 있다. TFT-LCD는 CRT 모니터에 비해 전자파나 그 밖의 유해파가 거의 발생하지 않고, 소비 전력이 CRT 모니터의 30~40%에 지나지 않는다. 또한, 주변정밀기에 영향을 주지 않으며, 부피가 작아 공간의 활용도가 크다는 장점을 가지고 있다.

이와 같은 특징 때문에 인간의 생명을 다루는 의료장비 시스템에서 외부환경에 민감한 CRT모니터를 TFT-LCD로 대체하는 추세이다. 그러나 CRT 모니터의 경우 높은 bits의 의료 영상 표현이 가능하지만, TFT-LCD의 경우 8bits의 제한된 영상이 표현된다.

야간에 응급환자가 발생시 집에 있는 담당의사에게

II. 관련 연구

2.1 Pairing Algorithm

기존의 비트 줄임 방법으로는 Pairing Algorithm [1] 방법과 Color Level reduction [2] 방법이 있다. Pairing Algorithm 방법은 그림 1과 같이 입력 영상(P)을 2로 나눈 값(Q)에 각 픽셀간 단계값이 홀수 값을 갖는 경우 픽셀간의 짝을 만들고, 짝 중에서 임의로 1을 더한다(L). 만들어진 Q와 L을 더하여 한 비트가 줄어든 영상을 만들어낸다.

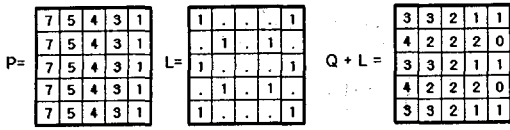


그림 1. Pairing Algorithm

Pairing Algorithm은 컬러 단계의 경우를 고려하지 않았으며, 복잡도가 높아 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다.

2.2 Color-Level Reduction

Color-Level reduction 방법은 고주파에서 상대적으로 양자화 오차를 많이 주어도 인간의 시각에는 그 오차를 느끼지 못한다는 특징을 이용한 방법이다.

입력된 영상을 4*4 크기로 자른후, 각각 R, G, B에 대하여 컬러 값의 벡터와 블록내의 평균 컬러 벡터를 뺀 값을 합하여 Color Activity Value를 구한다. 이 Color Activity Value를 히스토그램과 같이 누적시켜 전체 분산을 구하고, 분산에서 가장 높은 값을 기준으로 각 R, G, B에 대하여 두가지 값의 컬러값을 뽑아낸다. 각 컬러간에 구성 될 수 있는 8가지 값을 갖는 Cluster를 초기값으로 결정한다. 각 Cluster의 Equation error를 측정하는 Distortion을 구하여, 값이 큰 경우에는 위의 방법을 다시 적용하고, 다시 Cluster를 세분화 시켜 원하는 만큼의 컬러값을 구하는 방법이다. 이 Color-Level reduction 방법은 시간이 많이 소요되는 단점을 갖고 있다.

위와 같은 단점들 때문에 초음파영상과 같이 실시간으로 관찰해야 하는 영상에서는 기존의 방법들은 적합하지 않다. 따라서 본 논문에서는 실시간으로 영상에 적용할 수 있고, 데이터의 손실을 최소화 시킨 알고리즘을 제안한다.

III. CIE-L*a*b* 컬러 모델에서 인간의 컬러 인식 기준

본 논문에서는 인간의 Color Perception[3]을 기준으로 만들어진 Uniform Color Space(CIE-L*a*b*)[4],[5]를 이용한다. 컬러 모델 중 가장 넓은 범위를 갖는 모델이기 때문에 CIE-L*a*b*를 사용하면 모든 컬러 모델을 CIE-L*a*b*로 나타낼 수 있으므로, 임의의 컬러 모델을 사용한 영상에서도 적용이 가능하다.

Photopic Vision에 적용된 2° Standard Observer는 CIE-L*a*b*에서 두 컬러들의 색차(ΔE)가 1이상일 때 두 컬러를 구분할 수 있다. [6] RGB 컬러 모델을 CIE-L*a*b* 컬러 모델로 변환한 C₁과 C₂의 경우 다음

과 같다.

$$C_1 = (L_1^*, a_1^*, b_1^*), \quad C_2 = (L_2^*, a_2^*, b_2^*)$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (1)$$

두 컬러값이 (1)식에 의하여 색차가 1이상인 경우 사람이 구별할 수 있으며, 색차가 1미만인 경우 구별할 수 없다.

논문에서 RGB 컬러 모델을 이용한 영상을 사용하였으며, CIE-L*a*b* 컬러 모델로 변환하는 식(2)은 다음과 같다.

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad (2)$$

RGB 컬러 모델을 XYZ 컬러 모델로 변환하는 식은 (3)식과 같다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4125 & 0.3576 & 0.1804 \\ 0.2127 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9502 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (3)$$

여기서 사용되는 X_n, Y_n, Z_n은 다음 식(4)과 같이 주어진다.

$$\begin{bmatrix} X_n \\ Y_n \\ Z_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4125 & 0.3576 & 0.1804 \\ 0.2127 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9502 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

IV. 컬러 의료 영상의 비트수 줄임

의료 영상은 검진시 장기의 모양과 상태를 나타내기 위해 컬러를 사용하여 컬러 영상을 만들어 낸다. 컬러 의료 영상에서 컬러값으로 나타내는 방법은 온도 변화와 운동 상태의 변화에 따른 컬러값을 이용하여 표현한다. 제안하는 방법은 그림2와 같이 10bits에서 9bits로 줄이고, 다음 9bits를 8bits로 줄이는 2단계 과정을 거친다. 제안하는 알고리즘의 한 단계는 10bits 컬러 의료 영상에서 사용하는 컬러값을 9bits에서 표현할 수 있는 컬러값들 중에서 식(1)을 이용하여 얻은 색차가 가장 작은 값을 이용하여 LUT를 만드는 것이다.



그림 2. 컬러 의료 영상의 비트 줄임 순서

컬러 의료 영상을 만들어 내기 위해서 사용하는 컬러는 HVS 컬러 모델에서 보면, H(Hue)와 V(Value)를 사용하여 나타낼 수 있다. 그림3은 10bits상에서 H와 V를 이용하여 나타낼 수 있는 RGB 컬러값으로 정렬한 테이블이다.

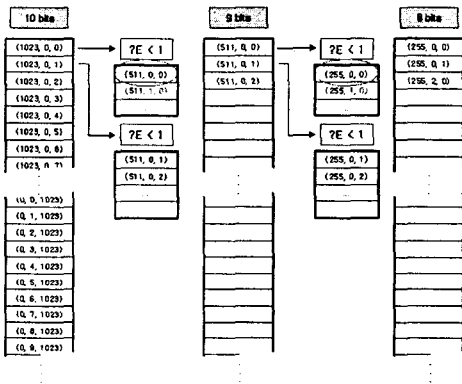


그림 3. 컬러 의료 영상의 비트 줄임 방법

9bits의 테이블에서 각 단계는 다음과 같은 순서로 구할 수 있다. 10bits 테이블의 각 단계와 9bits로 표현 가능한 컬러 값의 색차를 이용하여 구한다. 10bits 테이블의 첫 번째 단계(C₁)의 값과 9bits로 표현할 수 있는 R, G, B 값들(C₂) 중에서 식(1)을 이용하여 구한 색차가 1미만인 값들을 하나의 테이블로 만든다. 마찬가지로 10bits 테이블의 다음 단계도 색차가 1미만인 값들을 하나의 테이블로 만든다. 만들어진 테이블에서 색차가 가장 작은 값을 선택하여 9bits의 LUT를 구성한다. 위와 마찬가지로 9bits의 테이블에서 각 단계별로, 8bits로 표현 가능한 컬러값 중 색차가 가장 작은 값을 위와 같은 방법을 이용하여 8bits의 LUT를 구성한다.

V. 흑백 의료 영상의 비트 줄임

흑백 의료 영상의 비트 줄임 방법은 LUT의 길이를 같게 만들어 주기 위해서 낮은 비트에서 표현될 수 있는 흑백값과 유사한 컬러값을 사용하여, 높은 비트의

LUT 길이와 같게 만들어 주는 방법을 그림4에서와 같이 첫 단계로 Shift 연산을 하고, 다음 단계인 9bits에서 8bits로 줄이는데 앞에서 제안하는 방법을 적용한다.



그림 4. 흑백 의료 영상의 비트 줄임 순서

9bits에서 8bits로 비트 줄임은 9bits의 512단계를 8bits에서 256개의 Gray단계와 표현 가능한 컬러 영역을 이용하여 512단계를 갖는 LUT를 만든다. 8bits의 경우 R, G, B 각각의 컬러값을 사용하여 나타낼 수 있는 값은 16,777,216개이며, 이들 값중에서 색차가 가장 작은 값으로 LUT를 구성한다. 9bits 테이블을 그림5와 같은 단계로 정렬한다.

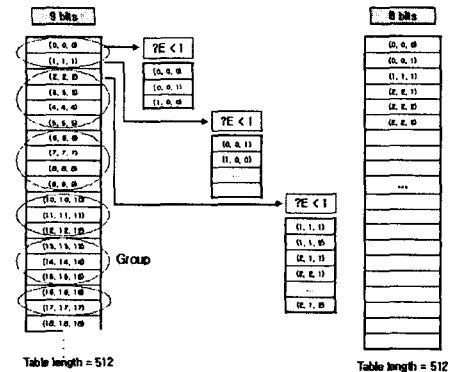


그림 5. 흑백 의료 영상의 비트 줄임 방법

이와 같이 정렬하여 CIE-L*a*b* 컬러 모델로 변환하면, 사람이 지각적으로 색의 차를 느끼지 못하는 색차가 1미만인 값들로 Group을 만들 수 있다. 또한 Group간 색차가 1이상이 되므로, 8bits로 만들어질 LUT를 Group이 이와 같은 특성을 유지해 줌으로써 LUT를 만들때 발생할 수 있는 데이터의 손실을 최소화 할 수 있다.

8bits의 테이블에서 각 단계는 9bits 테이블의 각 단계의 값과 8bits로 표현 가능한 컬러 값의 색차를 이용하여 구하는데, 9bits 첫 번째 단계의 값과 8bits로 표현되는 모든 값들 중 색차가 1미만인 값들을 하나의 테이블로 만든다. 마찬가지로 9bits 테이블의 다른 단계도 색차가 1미만인 값들을 하나의 테이블로 만든다. 만들어진 테이블에서 색차가 가장 작은 값을 선택하여 8bits의 LUT를 구성한다.

VI. 실험 결과

제안된 방법과 Pairing Algorithm, Color-Level Reduction 방법의 비교는 두 영상간의 에러를 크기를 나타내어 주는 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 이용하여 계산했고, 시간 측정을 통하여 제안하는 방법과 기존 연구와의 속도를 보인다.

컬러 의료 영상의 경우 Color-Level Reduction과 제안하는 방법은 그림6과 같은 적용을 통하여 측정한다.

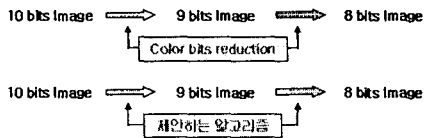


그림 6. 컬러 의료 영상 알고리즘 적용 방법

표 1. 컬러 의료 영상의 PSNR 및 시간 비교

의료영상	Color Level Reduction 방법		제안 방법	
	PSNR	Time	PSNR	Time
영상 (a)	33.1 dB	23 sec	34.3 dB	0 sec
영상 (b)	32.9 dB	24 sec	33.8 dB	0 sec

흑백 의료 영상의 경우 Pairing Algorithm과 제안하는 방법은 그림7과 같은 적용을 통하여 측정한다.

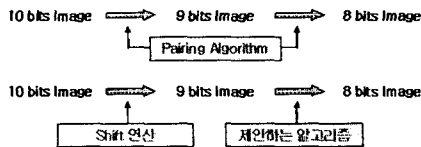


그림 7. 흑백 의료 영상 알고리즘 적용 방법

표 2. 흑백 의료 영상의 PSNR 및 시간 비교

의료영상	Pairing 방법		제안 방법	
	PSNR	Time	PSNR	Time
영상 (c)	35.4 dB	7 sec	36.5 dB	0 sec
영상 (d)	34.8 dB	6 sec	35.4 dB	0 sec

VII. 결론 및 향후 연구 방향

실험 결과에서 보는 바와 같이 제안하는 방법에 의해 만들어진 LUT를 사용하여 시간측정 결과를 보면

실시간으로 영상을 관찰할 수 있으며, 기존 연구에 비해 LUT만을 사용하여 메모리가 적게 필요하기 때문에 보다 효과적이라고 할 수 있다. 또한, PSNR값을 통하여 원래 영상에 보다 가깝게 비트 줄임을 수행한 것을 볼 수 있다.

앞으로 진행되어야 하는 연구 방향은 입력되는 의료 영상에 대한 중요한 영역을 찾아서 두드러지게 하여, 사용자가 보다 판단하기 쉬운 영상을 만들어 내야 할 것이다.

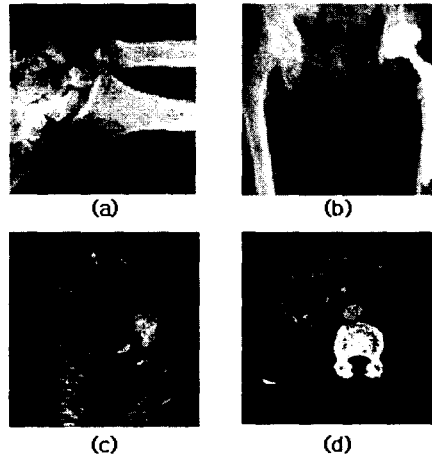


그림 8. 실험 영상

참고문헌

- [1] Shmuel Peleg, Michael Werman, Hillel Rom, "A Unified Approach to the Change of Resolution Space and Gray-Level," *IEEE Transactions on Pattern Analysis*. Vol.11, No7, pp.739-742, 1989
- [2] Kyeong Man Kim, Chae Soo Lee, Eung Joo Lee, Yeong Ho Ha, "Color Image Quantization and Dithering Method based on HVS Characteristics," *Journal of Imaging Science and Technology*, Vol.40, No.6, pp.502-509, 1996
- [3] CIE. 1995. Industrial color-difference evaluation. CIE Pub. 116, Commission International de L'Eclairage, Vienna.
- [4] Colorimetry. CIE Pub. 15.2, 2nd ed., Commission International de L'Eclairage, Vienna, pp29-31.
- [5] Colorimetry. CIE Pub. 15.2, 2nd ed., Commission International de L'Eclairage, Vienna, pp56-58.
- [6] 김일도, 이상진, 신윤철, 김문철, "인간의 시각 특성에 기반한 Display 색역 분석", *대한전자공학회 학계종합학술대회 논문집 제26권 제1호* pp.1827-1830, 2003.