論 文
54D-8-6

무손실 인덱스 영상 압축을 위한 적응적 랭크-리인덱싱 알고리즘

Adaptive Rank-Reindexing Algorithm for Lossless Index Image Compression

李 漢 訂* · 柳 基 亨** · 金 炯 武*** · 柳 江 秀† · 郭 勳 星§
(Han-Jeong Lee · Gi-Hyoung Yoo · Hyung-Moo Kim · Kang-Soo You · Hoon-Sung Kwak)

Abstract - In this paper, using ranks of co-occurrence frequency about indices in pairs of neighboring pixels, we introduce a new re-indexing algorithm for efficiency of index color image lossless compression. The proposed algorithm is suitable for arithmetic coding because it has concentrated distributions of small variance. Experimental results proved that the proposed algorithm reduces the bit rates than other coding schemes, more specifically 15%, 54% and 12% for LZW algorithm of GIF, the plain arithmetic coding method and Zeng's scheme, respectively.

Key Words : Lossless Compression, Re-indexing, Arithmetic Coding, LZW, GIF

1. 서 론

팔레트 기반 혹은 인덱스 영상이라고 불리는 영상들은 제한된 적은 수의 색상 정보만을 사용하여 표현되며, 다른 영상들보다 압축 성능이 뛰어나다. 특히, GIF (Graphic Interchange Format) 파일 형식은 LZ의 기본 압축 알고리즘을 사용하여 인덱스 영상(또는 팔레트 기반 영상)에 대하여 처리되고 있으며, 인터넷 온라인에서 표현되는 파일 형식으로서 다양한 응용 분야에서 손실 없이 압축된 형태로 폭넓게 이용되고 있다[1].

인덱스 칼라 영상은 칼라 맵의 인덱스를 재배치함으로써 정보의 손실 없이 효율적으로 압축 할 수 있다[2][3]. 위와 같은 근거는 최적화된 색상 팔레트의 순열(permutation)을 찾음으로써 보다 향상된 압축 성능을 가지게 한다. 따라서 인덱스 영상들에 대한 무손실 압축의 전처리(preprocessing) 과정이 될 수 있다[4][5].

이와 관련하여 지난 2000년, Zeng은 팔레트 기반 영상들의 인덱스 재조정을 위한 특별한 기법을 제안하였다[5]. 이는 인접 픽셀간 인덱스 값의 전반적인 차이를 줄이기 때문에 재조정된 인덱스 영상은 초기 영상보다 더욱 평활화된 특징을 가지기 때문에 압축 성능의 향상을 기대할 수 있다.

본 논문에서는 인덱스간의 차이를 줄일 뿐만 아니라 산술부호화에 적합한 형태의 인덱스로 재조정하기 위해 영상의 인접 픽셀에 대한 인덱스의 발생 빈도를 측정하고, 그 발생 빈도수에 대한 순위를 정한다. 적응적인 방법으로 초기 영상의 인덱스를 순위 기반의 순 영상으로 변환하여 무손실 압축을 행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. Ⅱ장에서는 Zeng이 제안한 알고리즘에 대하여 소개하고, Ⅲ장에서는 제안한 적응적 랭크-리인덱싱 알고리즘을 서술하며, Ⅳ장에서는 제안한 알고리즘의 실험 결과를, 마지막으로 Ⅴ장에서 결론을 맺는다.

2. Zeng의 리인덱싱 알고리즘

Zeng의 알고리즘은 서로 이웃하는 인덱스 쌍에 대한 통계를 산출하여 인덱스의 할당을 다시 하는 것이다. 인덱스 리스트 P_n에 할당되는 원소는 L_j로, 아직 할당되지 않은 인덱스는 S_i라 한다. 가장 빈번하게 발생하는 인덱스 쌍에 대한 누적 카운트 값을 L_0로 표시한다. 물리적인 거리에 따라서 인덱스 리스트의 왼쪽이나 오른쪽에 다음으로 빈번하게 발생하는 인덱스 쌍에 대한 카운트 값이 할당된다. 따라서 L_0, L_1에 대한 인덱스 리스트는 $P_2=\{L_0, L_1\}$이다. 이때 인덱스 리스트의 왼쪽 끝이나 오른 쪽 끝에 위치할 S_L과 S_R은 식 (1)과 식 (3)을 만족해야 한다.

$$S_L = \arg \max_{S_i \notin P_N} D_L(S_i, N) \tag{1}$$

$$D_L(S_i, N) = \sum_{j=0}^{N-1} a_j C(S_i, L_j) \tag{2}$$

$$S_R = \arg \max_{S_i \notin P_N} D_R(S_i, N) \tag{3}$$

$$D_R(S_i, N) = \sum_{j=0}^{N-1} a_j C(S_i, L_j) \tag{4}$$

† 교신저자, 正 會 員 : 全北大 工大 映像工學科 博士課程
E-mail : mickey@chonbuk.ac.kr
* 正 會 員 : 全北大 工大 映像工學科 博士課程
** 正 會 員 : 全北大 工大 컴퓨터工學科 博士課程
*** 正 會 員 : 全北大 工大 컴퓨터工學科 博士課程
§ 正 會 員 : 全北大 工大 컴퓨터工學科 教授 · 工學博士
接受日字 : 2005年 5月 20日
最終完了 : 2005年 7月 19日

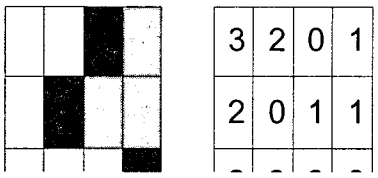
여기에서 식 (2)와 식 (4)의 D_L과 D_R은 인덱스의 차를 의미하며, 인덱스 리스트 P_n의 왼쪽 끝이나 오른쪽 끝에 할당되어질 S_L과 S_R을 찾기 위한 식이다.

이때 L_j와 인덱스 리스트의 끝에 위치할 심볼 사이의 물리적인 거리를 $d(N,j)$라고 하면 a_j는 $\log_2(1+1/d(N,j))$가 된다. 모든 심볼에 대한 인덱스를 인덱스 리스트, P_n에 공간적으로 정돈된 형태로 할당하여 초기 인덱스 영상을 픽셀간의 인덱스 차이를 전체적으로 줄일 수 있는 새로운 인덱스 배열을 가진 영상으로 대체한다.

본 논문에서는 픽셀간의 인덱스 차이를 줄이는 Zeng의 기법과 달리, 산술 부호화를 적용하여 무손실 압축을 행하고자 Ⅲ장에서처럼 순위를 이용하는 방법을 제안한다.

3. 적응적 랭크-리인덱싱 기법

그림 1과 같이 인덱스 영상의 크기 n×m이 4×4이고 사용된 색상의 수 M은 4라고 할 때, 인덱스는 순열 $P=(P_0, P_1, P_0, \cdots; P_j)$로 표현할 수 있다. 여기에서 P_0는 이 영상에서 사용된 첫 번째 인덱스 값을 나타낸다.



(a) M=4 (b) (a)의 인덱스

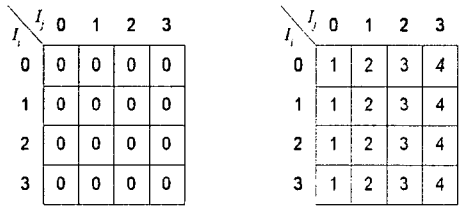
그림 1 색상이 4인 인덱스 입력 영상

Fig. 1 A sample index image with 4 colors

제안한 알고리즘은 다음과 같은 단계를 거쳐 입력 영상의 인덱스를 순위 인덱스로 변환한다.

단계 1 가로 방향으로 스캔하여 1차원으로 표시한다. 즉 P=(0, 3, 2, 0, 1, 2, 0, 1, 1, 2, 3, 3, 0, 1, 2, 3, 0)

단계 2 그림 2 (a)와 같이 카운트 값을 임시로 저장할 행렬 C를 모두 '0'으로 초기화한다.



(a) 행렬 C의 초기화 (b) (a)의 순위 결과

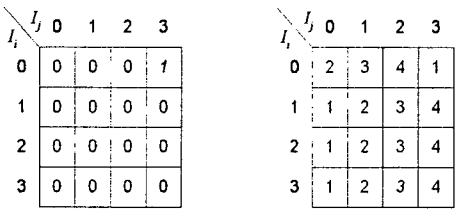
그림 2. 카운트 행렬 C와 순위 결과

Fig 2. Count matrix C and result of rank

단계 3 카운트 행렬 C에 대해 그림 2 (b)와 같이 각 행마다 순위를 정하여 같은 공간상에 배치한다. 이때 같은 값을 가지는 인덱스에 대해서는 공간적으로 처음 위치한 곳이 우선순위가 높게 한다.

단계 4 그림 1 (b)에서 첫 번째 픽셀의 인덱스 '3'에 대한 순위 '4'를 구하여 초기 입력 영상의 인덱스를 대체한다.

단계 5 P에서 처음 두 개의 인덱스 쌍 (0, 3)이 발생한 카운트 값을 그림 3 (a)와 같이 행렬 C에 저장하고 그 행에서의 그림 3 (b)와 같이 순위를 재구성한다.



(a) 카운트 행렬 (b) 순위

그림 3 첫 픽셀에서의 카운트 행렬과 순위

Fig. 3 Count matrix and rank of the first pixel

단계 6 단계 5에서 재구성한 순위를 참조하여 두 번째 픽셀의 인덱스 '2'에 대한 순위 '3'을 구하여 초기 입력 영상의 인덱스를 대체한다.

단계 7 인덱스 순열 P에서 다음으로 인접한 두 개의 인덱스 쌍 (3, 2)에 대한 카운트 값을 저장하고 순위를 재구성한다.

단계 8 위의 과정을 모든 픽셀의 인덱스에 대하여 되풀이한다.

그림 4는 위의 과정을 거쳐 초기 입력 영상의 인덱스가 순위로 재구성된 결과 영상을 보여준다.

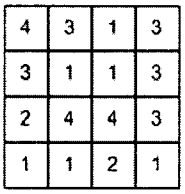


그림 4 랭크-리인덱싱 영상

Fig. 4 Rank-reindexed image

그림 4에서 알 수 있듯이, 초기 입력 영상의 인덱스 분포에 비해 순위가 '1'인 경우가 많아져서 산술 부호화에 유리함을 알 수 있다. 또한 각 단계별로 한 픽셀씩 적응적으로 순위를 구하여 변환하였기에 부가적인 정보를 따로 저장할 필요도 없다. 이는 인덱스 영상을 압축하는데 있어 부가적인 팔레트 정보 이외의 어떤 정보도 필요 없다는 것을 의미한다.

또한 실험 영상의 크기가 위의 예에서 보인 것보다 충분히 클 때, 큰 순위에 해당하는 인덱스가 보다 더 공간적으로 많이 분포하게 되어, 랭크-리인덱싱 영상에서의 순위 수는 영상에서 사용된 색상 수보다 적게 되어 산술 부호화의 효율성을 높일 수 있다[6].

4. 실험 결과

실험에 사용된 영상은 8비트(256색) 이내의 색상을 가지며 컴퓨터 그래픽에 의한 party8, ghouse, clegg, cwheel, serrano와 256색상의 팔레트 정보를 가지는 자연 칼라 영상인 lena, gril이다. 성능 평가를 수행하기 위해 픽셀 당 사용된 비트율을 사용한다. 압축된 영상의 크기와 초기 입력 영상의 크기를 이용한 bpp(bits per pixel)를 측정한 결과는 표 1에 나타난다. 제안한 적응적 랭크-리인덱싱 기법은 기존의 GIF, 산술 부호화 그리고 Zeng의 기법에 비해 비트율을 평균적으로 각각 최대 25%, 51%, 23%까지 절감을 보였다.

표 1 각 방식에서의 bpp 결과
Table 1 Simulation results by each scheme

Images	GIF	AC	Zeng	Proposed
party8	0.429	1.730	0.318	0.289
ghouse	4.999	7.157	4.841	4.157
clegg	5.699	7.617	5.836	4.175
cwheel	2.769	7.241	3.058	2.857
serrano	2.897	7.208	3.393	2.379
Lena	6.535	7.657	5.710	4.055
girl	6.559	7.344	5.727	4.409
Total Average	4.269	6.565	4.126	3.188

그림 5는 Clegg의 초기 입력 영상의 히스토그램과 랭크-리인덱싱 영상에서의 히스토그램을 나타낸 것이다.

제안한 기법에 의해 재구성된 영상은 산술 부호화의 효율을 높이기 위해 전처리된 결과이다. 따라서 히스토그램이 초기 입력 영상과는 다르다.

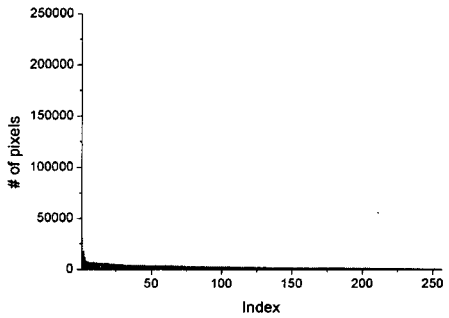
복원 과정은 먼저 산술 복호화를 통해 그림 2와 같은 형태의 랭크-리인덱싱 영상으로 복원한다. 이후, 순위 인덱스를 참조하여 초기 입력 영상으로 완전하게 복원된다.

5. 결 론

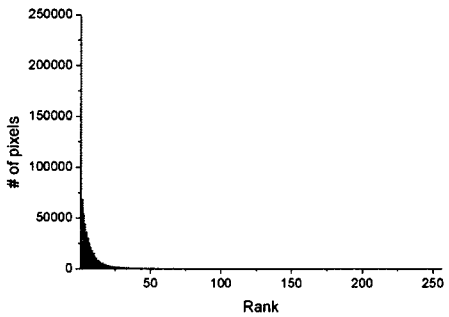
본 논문에서는 팔레트 기반의 칼라 영상들에 대하여 산술 부호화의 효율성을 극대화 시키려는 목적으로 픽셀에 대한 인덱스를 순위로 대체하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법은, 초기 입력 영상에서 서로 인접한 픽셀에 대한 인덱스 사이의 발생 빈도를 측정하여 누적시킨다. 결국 하나의 픽셀마다 순위를 부여하여 다른 부가정보 없이 무손실 압축을 행하였다.

실험 결과, 적응적 랭크-리인덱싱 무손실 압축 기법은 GIF, 산술 부호화 그리고 Zeng의 기법에 비해 최대 51%까지 비트 절감을 기대할 수 있었다.

따라서 본 논문에서 제안한 압축 기법은 영상의 손실을 허용하지 않는 의료 영상, 특정 영상의 빠른 전송이 필요한 분야들 그리고 저주파 대역을 사용하는 통신 매체 등과 같은 다양한 분야에 응용되어질 수 있을 것이다.



(a) 초기 인덱스 영상



(b) 랭크-리인덱싱 영상

그림 5 Clegg 영상의 히스토그램
Fig. 5 The histogram of clegg image

참 고 문 헌

[1] Murray D., VanRyper W., "Graphics File Formats", O'Reilly & Associates, INC., California, 1996.

[2] Zaccarin A., Liu B., "A novel approach for coding color quantized images", IEEE Trans. on Image Proc., vol. 2 No. 4, pp. 442-453, 1996.

[3] Memon N., Venkateswaran A., "On ordering color maps for lossless predictive coding", IEEE Tran. Image Proc., vol. 5 No. 11, pp. 1522-1527, 1996.

[4] Zeng W., Li J., Lei S., "An efficient color re-indexing scheme for palette-based compression", Proc. Of the 7th Conf. on Image Processing, pp. 476-479, 2000.

[5] Pinho Armando J., Neves Antonio J. R., "A Note on Zeng's Technique for Color eindexing of Palette-Based Images", IEEE Signal Processing Letters, vol. 11, Issue 2, pp. 232-234, 2004.

[6] K. Sayood, Introduction to Data Compression, 2nd Edition, California: Morgan Kaufmann, 2000.