

그레이스케일 이미지에서의 무손실 압축을 위한 강인한 Ordering 기법

Enhanced Ordering Scheme for Lossless Grayscale Image Compression

김 남 이⁺, 장 세 영*, 서 덕 원**, 유 강 수***, 곽 훈 성§

Nam Yee Kim, Se Young Jang, Duck Won Seo, Kang Soo You, Hoon Sung Kwak

Abstract - Using enhanced ordering scheme of graylevel in an image, we can apply it to lossless image compression in this paper. The proposed method is ordering scheme to replace an original grayscale image with a particular ordered image without additional information. From the simulation, it is verified that the proposed method reduces the bit rates than plain ordering scheme. And it can be applied in various fields of lossless compression, water marking and edge detection.

Key Words : ordering, lossless compression, frequency

1. 서론

최근 초고속 인터넷의 사용과 디지털 장비의 발전에 따라 정보의 손실 없이 즉, 무손실 압축을 이용하여 이미지를 전송하고 저장하는 방법에 대한 연구가 크게 부각되고 있는 상황이다.

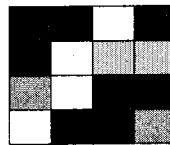
데이터 압축 방법 가운데 원래 데이터와 압축된 데이터를 다시 복원 하였을 때 모든 비트가 일치하는 방법을 무손실 압축 방법이라고 한다. 다양한 무손실 압축 방법 중에서 엔트로피 부호화 방법은 이미지의 통계적 특성을 이용한 방법으로 입력 스트림의 통계적 발생 빈도에 따라 빈번하게 발생하는 데이터들에 대해서는 적은 양의 비트를 할당하고, 적게 발생하는 데이터들에 대해서는 많은 양의 비트를 할당한다 [1][2]. 이미지 데이터들은 고유하게 다차원적이기 때문에 인접 픽셀간의 공간적인 특성 등을 고려하여 압축을 수행해야만 더욱 좋은 압축률을 기대할 수 있다. 하지만 엔트로피 부호화에서는 단순한 데이터의 순열만으로 데이터를 처리하는 단점을 지니고 있어서 연속 색조의 자연적인 이미지들에 대한 압축 성능이 비교적 저하 될 수 있다 [3].

이미지들이 엔트로피 부호기에 의해 보다 효율적으로 압축될 수 있는 형태로 변환하는 ordering 방법이 있다 [4][5]. ordering 방법으로 생성된 최종적인 이미지는 전체적으로 발생 빈도가 더 높아지므로 데이터의 중복성과 같은 이미지의 통계적인 특성들을 강화시킬 수 있다. 그러나 변형된 이미지 배열을 원래의 이미지 배열로 복원하기 위해서는 압축된 데이터와 함께 보내져야 할 부가정보를 필요로 한다. 이러한

ordering 배열에 대한 부가정보의 저장 용량을 배제하기 위하여 본 논문에서는 변형된 이미지 배열을 원래의 이미지 배열로 복구할 때, 한 픽셀씩 처리하는 부가정보에 강인한 ordering 방법을 제안한다.

2. Ordering 방법

기존에 제안된 ordering 방법은 연속적인 밝기 값을 가지는 자연적인 그레이스케일 이미지들의 통계적인 특성을 강화함으로써 엔트로피 부호기에 의한 무손실 압축의 효율성을 증대 시킨다. 이미지 내에서 통계적인 특성을 강화하기 위해서 중복된 데이터의 양을 증가시켜 입력 이미지의 픽셀 값을 특별한 형태의 값들로 변형시키는 방법은 아래와 같은 4 단계 과정을 통해 이루어진다.



1	0	3	1
0	3	2	2
2	3	1	0
3	1	0	2

(a) 실제이미지

(b) (a)의 픽셀 값

그림 1. 그레이스케일 이미지의 예

1 단계. 입력 이미지의 2차원적인 배열을 가장 하위의 그레이 값을 첫 번째 원소로 하는 1차원적인 순서열(sequence: S)로 변형.

2 단계. 순서열 S에서 인접한 그레이 쌍들의 발생 빈도수를 조사하고, 계산된 발생 빈도수는 $G \times G$ 크기의 COUNTED ARRAY (CA)에 저장.

3 단계. CA의 각 행의 원소들을 내림차순으로 정렬했을 때의 등급을 행렬의 원소로 하는 $G \times G$ 크기의 ORDERED

+ 김남이 : 전북大學 산업기술대학원 컴퓨터공학 碩士課程

* 장세영 : 전북大學 영상공學科 博士課程

** 서덕원 : 전북大學 컴퓨터공學科 博士課程

*** 유강수 : 전주大學 교양學部 객원敎授 · 工學博士

§ 곽훈성 : 전북大學 컴퓨터공學科 敎授 · 工學博士

ARRAY(OA) 생성.

4단계. 입력 이미지 배열에 대한 1차원적인 순서열 S에 나타나는 각각의 그레이 레벨에 대응하는 OA의 원소 값으로 원래의 그레이 값들을 대체한 새로운 ordering 이미지 S'를 생성.

$G_j \backslash G_i$	0	1	2	3
0	0	1	1	3
1	4	0	0	0
2	0	0	2	1
3	0	3	1	0

$G_j \backslash G_i$	0	1	2	3
0	4	2	3	1
1	1	2	3	4
2	3	4	1	2
3	3	1	2	4

(a) 부가정보(CA) (b) 부가정보(OA)

그림 2. 그림 1(b)에 대해 생성된 배열

이렇게 변형된 입력 이미지는 엔트로피 부호기에 의해 최종적으로 무손실 압축이 된다.

$G_j \backslash G_i$	0	1	2	3
0	0	1	1	3
1	4	0	0	0
2	0	0	2	1
3	0	3	1	0

$G_j \backslash G_i$	0	1	2	3
0	4	2	3	1
1	1	2	3	4
2	3	4	1	2
3	3	1	2	4

(a) 부가정보(CA) (b) 부가정보(OA)

2	1	1	1
1	1	2	1
1	2	1	1
1	1	1	3

1	0	3	1
0	3	2	2
2	3	1	0
3	1	0	2

(c) ordering 결과(S') (d) 복원한 결과

그림 3. 부가정보와 S'를 참조하여 복원한 결과

이미지의 복원 과정은 압축하는 각 단계들을 역순으로 수행하여 처리한다. 그림 3에서 보듯이, 압축할 때 생성된 CA를 토대로 OA를 생성하고, OA를 참조하여 엔트로피 복호화된 순서열 S'를 원래의 그레이레벨을 가지는 이미지로 복원한다. 이전에 계산된 그레이레벨 값에 대응하는 CA의 행에서 다음으로 복원될 데이터의 등급을 찾아 그 값이 위치한 열의 값을 원래 이미지의 그레이레벨 값으로 대체 한다. 이와 같은 순차적인 처리를 위하여 첫 번째 계산된 그레이레벨 값은 순서열 S의 첫 번째 원소였던 가장 하위의 그레이레벨 값으로 한다.

이러한 ordering 방법이 엔트로피 부호화를 보다 효율적으로 만들지만, 복원할 때 부가정보가 있어야만 변환할 수 있다는 단점이 있다.

3. 강인한 Ordering 방법

기존 방법은 이미지를 원래 영상으로 복원할 때 부가정보를 이용해서 복원을 해야 하기 때문에 전송과 저장할 때 더

많은 시간과 저장 용량을 필요로 한다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 부가정보 없이 원래 영상으로 복원 가능하도록 강인한 ordering 방법을 제안한다.

단계 1. 이미지의 그레이레벨 값들을 첫 행의 왼쪽부터 오른쪽으로 순차적으로 읽어 들여 1차원으로 표시한다. 즉, $P=(0,1,0,3,1,0,3,2,2,2,3,1,0,3,1,0,2)$.

단계 2. 빈도수 배열 CA의 첫 행렬($m \times n$)의 모든 원소들을 '0'으로 초기화한다.

단계 3. 빈도수 배열 CA에 대하여 각 행마다 등급을 정하여 OA를 작성한다. 이때 한 행에 같은 값들이 둘 이상 존재할 경우에는 같은 값을 가지는 그레이레벨이 존재하는 행에서 공간적으로 처음에 위치한 것이 우선순위가 높다고 가정한다.

$G_j \backslash G_i$	0	1	2	3
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0

$G_j \backslash G_i$	0	1	2	3
0	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	1	2	3	4
3	1	2	3	4

(a) 부가정보(CA) (b) 부가정보(OA)

그림 4. 그림 1(b)의 이미지의 변환 전 초기 단계

단계 4. 그림 1(b)에서 첫 번째 $G_i=(G_0, G_1)$ 인 $G_i=(0, 1)$ 으로 그레이레벨을 대체하여 '0' 다음에 '1'이 발생한 빈도수 배열의 값을 저장한다.

단계 5. $G_i=(0, 1)$ 이 발생한 빈도수 배열(CA)을 보고 OA를 다시 재구성 한다.

단계 6. 재구성된 빈도수 배열을 참조하여 입력 이미지의 픽셀 값을 대체한다.

단계 7. G_i 에서 다음으로 인접한 $G_i=(1, 0)$ 에 대한 빈도수 배열의 값을 저장하고 OA를 재구성한다.

같은 방법으로 마지막 순서쌍까지 처리하면 OA를 참조하여 새로운 ordering 이미지가 구해진다.

$G_j \backslash G_i$	0	1	2	3
0	0	1	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0

$G_j \backslash G_i$	0	1	2	3
0	2	1	3	4
1	1	2	3	4
2	1	2	3	4
3	1	2	3	4

(a) 부가정보(CA) (b) 부가정보(OA)

그림 5. 그림 1(b)의 (0,1)의 변환 단계

2	1	4	2
1	2	3	3
2	4	1	1
1	1	1	4

그림 6. 그림 1(b) ordering 결과

제한한 방법은 이미지를 한 픽셀씩 순차적으로 OA를 구하

여 변환하였기 때문에 부가정보를 따로 저장할 필요가 없다. 그리고 실험 이미지의 크기가 클수록 그림 3(c)와 그림 6에서 알 수 있듯이, 그레이레벨의 입력 픽셀 값이 '1'인 경우가 많아져서 압축의 효율성이 높아진 것을 알 수 있다.

4. 실험 및 결과

실험에 사용된 이미지는 압축 성능 평가를 하기 위하여 0~255 범위의 그레이레벨 값을 갖는 8비트의 명암도 등급 이미지이다. 성능 평가를 수행하기 위해 이미지의 압축에 필요한 심볼당 비트의 수를 나타내는 bpp 값을 사용하였다. 심볼 당 비트수가 적을수록 데이터의 압축률은 높아진다.

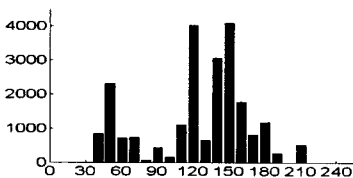
그림 7의 (a)는 512x512 크기의 lena 이미지이고, (b)는 제안한 ordering 방법을 적용하여 변형된 이미지를 나타낸다. 그림 7의 (c)는 원래 이미지의 히스토그램으로 명암도 값들이 히스토그램 전체에 고르게 분포가 되어 있는 반면, (d)는 제안한 ordering 방법을 이용한 이미지의 히스토그램으로 높은 등급쪽으로 많은 픽셀들이 편중 되어 있어 데이터의 중복성이 높아짐을 알 수 있다.



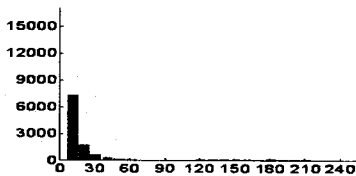
(a) 원래 이미지



(b) 제안한 ordering 이미지



(c) (a)의 히스토그램



(d) (b)의 히스토그램

그림 7. 이미지 및 히스토그램

표 1은 기존의 ordering 방법과 제안한 ordering 방법을 이용해서 얻어진 bpp 값을 비교하였다. 결과를 통해서 알 수 있듯이, 제안한 ordering 방법이 기존의 방법보다 압축을 행할 때 평균 4.81bpp로 보다 좋은 결과를 얻었다. 이는 부가정보를 저장할 필요가 없기 때문이다.

표 1. 제안한 방식에 대한 엔트로피 비교

Test Image	BPP(bits per pixel)	
	Conventional Ordering	Proposed Ordering
baboon	7.65	5.93
bike3	4.76	4.17
girl	5.42	4.31
goldhill	5.45	5.16
lena	5.24	4.26
tulips	4.44	3.98
woman	4.91	4.87
cafe	5.85	5.79
평균	5.46	4.81

5. 결론

본 논문에서는 그레이레벨 이미지들에 대한 엔트로피 부호화 성능을 효율적으로 개선시키기 위한 ordering 방법을 제안하였다. 원래 이미지에서 서로 인접한 픽셀의 마지막 순서 쌍까지 발생 빈도를 측정하여 누적시키고, 그것에 대한 등급을 정하고, 계산된 발생 빈도 등급을 이용하여 입력 이미지를 엔트로피 부호화에 의해 효율적인 압축 형태로 변형하였다. 실험을 통해서 기존의 방법에서 압축 후 복원을 위해 필요한 부가정보가 필요치 않았다는 사실을 알게 되었고 비트율을 평균 39.88%까지 감소시킬 수 있었음을 확인하였다.

제안한 기법은 알고리즘이 간단하고 구현이 쉬우므로 무선 실 압축을 필요로 하는 여러 분야(의료 영상, 위성 영상, 워터마킹) 뿐만 아니라, 유관선 검출에도 응용이 가능하다.

참 고 문 헌

- [1] David S. Taubman, Michael W. Marcellin, *JPEG2000 Image Compression Fundamentals, Standards and Practice*, Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [2] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, 2nd edition, Prentice Hall, 2002.
- [3] Khalid Sayood, *Introduction to Data Compression*, 2nd edition, San Francisco, Morgan Kaufmann, 2000.
- [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] Sun J. Kim, D. S. Han, J. M. Park, K. S. You, J. H. Lee, H. S. Kwak, "효율적인 엔트로피부호화를 위한 명암도 등급 이미지의 전처리 기법", 한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집, 제 12권 제 1호, pp. 805-808, 2005.