

픽셀 빈도수를 이용한 무손실 영상 압축 기법

유강수*, 박민식**, 김법균***

*전주대학교 교양학부

**전주비전대학 컴퓨터과

***전북대학교 컴퓨터공학과

e-mail:you.kangsoo@gmail.com

Lossless Image Compression using Pixel's Frequency

Kang Soo You*, Min-Sheik Park**, Beob Kyun Kim***

*School of Liberal Arts, Jeonju University

**Dept. of Computer Engineering, Vision College of Jeonju

***Dept. of Computer Engineering, Chonbuk National University

요 약

본 논문에서는 그레이레벨 영상을 보다 적은 비트율로 압축하기 위한 효율적인 방법을 소개한다. 제안한 기법의 핵심은 서로 인접한 픽셀을 표현하는 그레이레벨의 쌍에 대한 발생 빈도를 토대로 원래 영상의 그레이레벨 값을 이에 대응하는 등급 값으로 변환시키는데 있다. 등급 값으로 변환된 영상은 데이터의 통계적인 특성이 강화되기 때문에 적은 비트율로 부호화를 할 수 있어 압축 성능을 더욱 향상시킬 수 있다. 비트 깊이가 8인 즉, 8비트의 그레이레벨 영상을 본 논문에서 제안한 기법을 통하여 변환시킨 영상을 기존의 LZW 부호화 및 산술 부호화에 적용시킨 결과, 기존의 부호화 방법보다 향상된 압축 효율을 가져 왔다.

1. 서론

최근, 정보통신의 발달과 저장매체의 대용량화로 인해 원래의 영상을 손실 없이 압축하여 활용하는 분야가 확장되고 있다. 특히 의료 영상, 위성 영상, 고정밀 영상 해석, 예술 작품의 보존 등과 같이 영상 내의 모든 정보가 중요한 응용분야가 그러하다 [1]. 이러한 무손실 압축 기법의 대표적인 부호화로는 LZW 부호화와 허프만 부호화 그리고 산술 부호화를 들 수 있다[2].

이들 부호화 방식은 모두 입력 영상 데이터의 통계적인 특성을 이용하여 보다 빈번하게 발생하는 데이터에 대해서는 적은 양의 비트를 할당하고, 적게 출현하는 데이터에 대해서는 많은 양의 비트를 할당한다. 그러나 엔트로피 부호화는 입력 영상을 단순한 데이터의 순열(sequence)만으로 처리하기 때문에 연속적인 밝기 값을 갖는 자연 영상에 대해서는 압축 성능이 비교적 저하 될 수 있다[2][3].

따라서 더욱 좋은 압축률을 기대하기 위해서는 영상 데이터가 고유하게 다차원적이기 때문에 인접 픽셀 간의 공간적인 특성 또한 고려되어야할 것이다.

본 논문에서는 단순한 그레이레벨을 갖는 디지털 영상이 엔트로피 부호화에 의해 보다 효율적으로 압축될 수 있도록 원래 영상의 그레이레벨 값을 다른 형태로 변환하는 기법을 제안한다. 제안한 기법은 입력 영상에서 인접한 그레이레벨 쌍에 대한 발생 빈도수를 토대로 등급을 구하고, 원래의 그레이레벨 값을 등급 값으로 변환한다. 이러한 처리를 행하면 영상 데이터의 중복성이 커질 수 있어 엔트로피 부호화를 통한 그레이레벨 영상의 효율적인 압축을 기대할 수 있다[2].

비트 깊이가 8인 그레이레벨 영상과 제안한 방법을 통하여 변환된 영상을 가지고 LZW 부호화와 산술 부호화한 결과, 제안한 방법을 이용한 엔트로피

부호화의 성능이 현저히 개선됨을 알 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서는 제안한 방법을 소개한다. 즉, 원래 영상의 픽셀이 가지는 그레이레벨 값을 등급 값으로 변환하는 과정을 자세히 설명한다. 다음으로 3장에서는 제안한 방법의 성능 평가로써, 원래 영상과 등급 값으로 변환한 영상을 각각 LZW 부호화와 산술 부호화한 실험 결과를 고찰한다. 마지막으로 4장에서는 전체적인 고찰 및 발전된 연구를 위한 향후 과제를 제시함으로써 결론을 맺는다.

2. 영상에서의 엔트로피

엔트로피는 데이터 입력 심볼이나 정보원의 정보량을 나타내는 용어로서 정보원의 데이터가 얼마만큼 한쪽에 집중되어 있는가를 의미하며 비트 단위를 사용한다. 심볼의 종류가 n 일 경우, P_n 이라고 할 때, 엔트로피는 다음과 같이 구한다.

$$\text{Entropy} = - \sum_n P_n \log_2 P_n \quad (1)$$

예를 들면, 8 비트 영상에서의 $n = 256$ 이고 모든 픽셀 값의 확률이 모두 같으면 $P_n = 1/256$ 이다. 이때의 엔트로피는 식 (1)에 의해 8 비트가 된다. 여기에서 알 수 있듯이, 엔트로피가 클수록 발생 분포가 퍼져있고 엔트로피가 작을수록 발생 분포가 한쪽으로 집중되어있다. 영상에서의 엔트로피 부호화는 엔트로피가 큰 픽셀 값의 데이터를 가능하면 엔트로피가 적게 하여 압축 효율을 증대 시킬 수 있다. 대표적인 엔트로피 부호화에는 LZW 부호화와 산술 부호화가 있다.

LZW 부호화는 빈번하게 발생하는 심볼의 순열들을 활용하여 [위치, 길이]와 같은 형식의 코드 워드로 압축을 하는 방법이다. 즉, 한 번 나타난 심볼열을 코드표에 등록시키고 다음에 동일한 심볼열이 반복될 경우 해당 코드표를 참조하여 압축과 복원을 한다. 이러한 부호화는 높은 압축률과 빠른 실행 속도를 특징으로 가지고 있어 현존하는 무손실 압축 방식에서 빈번하게 사용되고 있다. 대표적인 그래픽 파일 포맷은 GIF로 잘 알려져 있다[4][5].

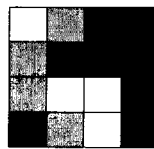
산술 부호화는 두 단계의 과정을 거치는 알고리즘이다. 첫 번째 단계에서는 심볼의 빈도수를 계산하고 확률 테이블을 생성한다. 그리고 두 번째 단계에서 실제적인 압축을 수행하게 되는 것이다[5]. 심볼의 빈도수가 큰 것에는 적은 비트를 할당하고, 빈

도수가 작은 것에는 많은 비트를 할당하는 이상적인 엔트로피 부호화가 가능하다. 이러한 산술 부호화는 JPEG과 JPEG2000에서 활용되고 있다.

3. 픽셀 빈도수에 따른 등급 분류 기법

본 논문에서는 연속적인 밝기 값을 가지는 자연 영상에서의 통계적인 특성을 강화함으로써 엔트로피 부호화기에 의한 무손실 압축 성능을 효율적으로 개선시키기 위한 기법을 소개한다. 제한한 기법은 입력 영상의 그레이레벨 값을 보다 효율적으로 압축할 수 있는 형태로 변환하기 위해 원래 영상에서 나타나는 모든 그레이레벨 쌍에 대한 발생 빈도수를 조사하고, 조사된 발생 빈도수를 토대로 등급으로 분류하여 원래 영상의 픽셀 값들을 변환하는 방법이다. 위와 같은 방법은 다음과 같이 단순한 몇 단계를 통해 이루어진다.

첫째, 입력 영상의 첫 픽셀부터 마지막 픽셀까지 차례로 인접한 그레이레벨의 순서쌍에 의해 발생 빈도수를 계산한다. 그리고 누적 계산된 결과를 임의의 2차원 배열을 가지는 빈도수 행렬에 저장한다. 이 빈도수 행렬은 입력 영상에서의 그레이레벨의 수와 같은 길이의 가로와 세로의 크기이다. 셋째, 빈도수 행렬의 각 행에 대해 내림차순 정렬을 한 후, 등급으로 분류하여 등급 행렬에 저장한다. 등급 행렬의 크기 또한 빈도수 행렬의 크기와 같다. 이때, 1등급은 가장 많은 빈도수를 나타낸다. 넷째, 원래 영상의 그레이레벨 값을 등급 행렬에 있는 등급으로 변환시켜 새로운 행렬을 얻는다.



(a) 원래 영상

(0	(3)	(2)	0	1
2	0	1	1	
2	3	3	0	
1	2	3	0	

(b) 그레이레벨

(그림 1) 그레이레벨 영상의 예

위의 그림 1(b)의 '0'은 첫 번째 그레이레벨 값 '3'을 처리하기 위한 버추얼 그레이레벨 값이다. 이 값은 영상에서 사용되는 그레이레벨의 어떠한 값을 사용해도 전체적으로 압축률에 영향을 미치지 않는다. 그래서 편의상 그레이레벨의 가장 작은 값을 지정한 것이다. 따라서 (0, 3)은 그레이레벨 '0' 다음에 그레이레벨 '3'이 오는 경우의 그레이레벨 쌍이며, (3, 2)는 '3' 다음에 '2'가 오는 경우이다.

이와 같이 마지막 그레이레벨 쌍 (3, 0)까지의 발생 빈도수를 측정된 결과가 빈도수 행렬에 저장되는 것이다. 즉 빈도수 행렬은 ([0, 3, 0, 1], [0, 1, 3, 0], [2, 0, 0, 2], [2, 0, 1, 1])이 된다. 빈도수에 따른 등급 행렬은 ([3, 1, 4, 2], [3, 2, 1, 4], [1, 3, 4, 2], [1, 4, 2, 3])이다. 등급 행렬의 결과를 가지고 원래 영상의 그레이레벨 값에 대한 등급 값을 구할 수 있으며 등급 값으로 변환된 영상은 그림 2와 같다.

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

(그림 2) 등급 행렬

그림 2에서 알 수 있듯이, 원래의 그레이레벨 0~3 즉, 4개의 경우보다 등급 값이 적고 등급 '1'에 해당하는 픽셀의 수가 많아졌다. 이는 많이 발생하는 심볼에 대해서는 더 적은 비트를 할당할 수 있고 중복된 심볼의 수가 많아지므로 압축 효율을 향상시킬 수 있는 근거가 된다.

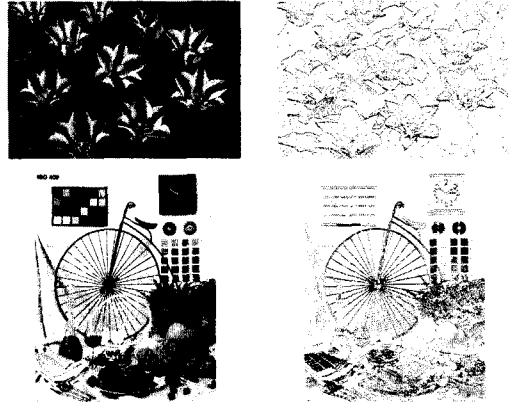
4. 성능 평가

제안한 기법의 실제적인 압축 성능을 평가하기 위해, 영상 압축 표준에서 빈번히 실험되는 0~255 범위를 갖는 그레이레벨 영상 10개를 사용하였다. 그레이레벨 영상의 크기는 512×512에서 2048×2560 까지 다양하다[6][7]. 성능 평가를 위한 측도 (measure)로써 영상의 압축에 필요한 심볼당 비트의 수를 나타내는 bpp 값을 선택하였고, 8 bits의 그레이레벨 영상을 다루므로 $bpp = 8/CR$ 에 의해 측정된다.

그림 3(a)는 768×512 크기의 'tulips'와 2048×2560 크기의 'bike' 그레이레벨 영상이고, (b)는 제안한 기법을 적용하여 변환시킨 등급 영상을 각각 나타낸다.

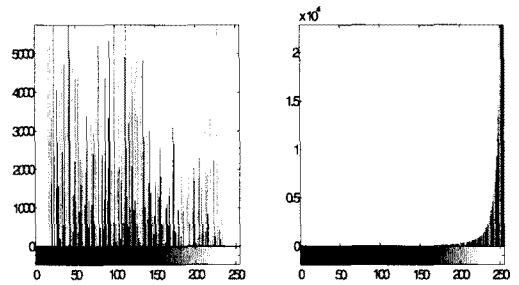
그림 4(a)와 (b)는 원래 영상의 히스토그램과 제안한 기법을 적용하여 변환시킨 영상의 히스토그램을 각각 나타낸다. 왼쪽이 원래 그레이레벨 영상의 히스토그램이며 오른쪽이 제안한 기법에 의해 변환된 등급 영상에서의 히스토그램을 나타낸다. 그림 4로부터 등급 영상의 히스토그램 분포가 한쪽으로 치우쳐 있고 특정 등급 값에 더 많은 픽셀들이 중복되어 있는 것을 알 수 있다. 이는 앞에서 언급한 것처럼,

엔트로피 부호화의 효율을 높이는 근거가 된다.

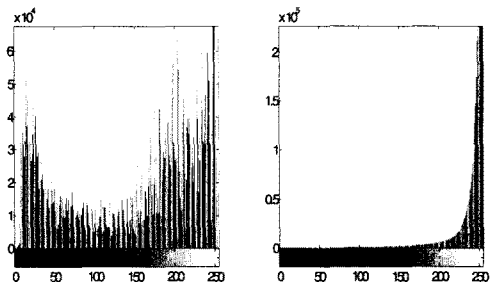


(a) 그레이레벨 영상 (b) 등급 영상

(그림 3) 실험 영상 : tulips, bike



(a) tulips



(b) bike

(그림 4) 그레이레벨과 등급에서의 히스토그램

표 1은 각각의 영상을 가지고 LZW 부호화와 산술 부호화에 의한 bpp 결과와 함께 제안한 기법을 적용시켜 변환시킨 각각의 영상을 가지고 두 가지 부호화에 의한 bpp 결과를 보여준다. 표에서 알 수 있듯이 등급 영상의 데이터가 중복성이 강한 통계적 특성 때문에 압축률에 있어서 보다 향상된 성능을

보이고 있다.

5. 결론

본 논문에서는 그레이레벨 영상에 대한 엔트로피 부호화 성능을 효율적으로 개선시키기 위하여 등급으로 분류하여 압축하는 기법을 소개하였다. 제안된 기법은 입력 영상 데이터의 통계적인 특성을 보다 강화시키기 위하여 원래 영상에 나타나는 모든 그레이레벨 쌍에 대한 발생 빈도수를 조사하여 빈도수에 따른 등급을 분류하고, 등급 값을 사용하여 입력 영상을 엔트로피 부호화에 의해 보다 효율적으로 압축할 수 있는 형태로 변환하였다. 이와 같은 변환을 통하여 얻은 새로운 영상 데이터는 LZW 부호화나 산술 부호화와 같은 엔트로피 부호화에 의해서 보다 효율적으로 압축되었다.

표 1의 결과에서 보듯이 'tulips' 영상은 LZW 부호화에서 37.85%, 'woman' 영상은 산술 부호화에서 17.27%의 하나의 픽셀 당 소요되는 비트를 감소시킬 수 있다. 이는 등급 영상의 분포가 한쪽으로 치우치면서 더 많은 픽셀이 특정 등급 값으로 중복되는 특성 때문이다.

실험 결과의 bpp는 발생 빈도수를 측정한 정보를 포함한 것이다. 따라서 제안된 전처리 기법은 영상의 손실을 허용하지 않는 의학 분야뿐만 아니라 특정 영상의 빠른 전송이 필요한 분야들 그리고 저주파 대역을 사용하는 통신 매체 등과 같은 다양한 분야에 응용되어질 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital Image Processing", 2nd Ed. Prentice Hall, 2002.
 [2] Khalid Sayhood, "Introduction to Data Compression", San Francisco, Morgan Kaufmann, 2000.
 [3] R. Hashemian, "Direct Huffman coding and decoding using the table of code-lengths", Information Technology: Coding and Computing [Computers and Communications]. Proceedings. ITCC 2003. International Conference on, pp. 237 - 241, 2003.
 [4] D. Murray and W. vanRyper, Graphics File Formats, California, O'Reilly & Associates INC., 1996.
 [5] Z.N. Li and M.S. Drew, Fundamental of Multimedia, New Jersey, Prentice Hall, 2004.
 [6] M. Rabbani and R. Joshi, "An overview of the JPEG 2000 still image compression standard", Signal Processing : Image Communication, Vol. 17, pp. 3-48, No. 1, 2002.
 [7] http://ftp.csd.uwo.ca/pub/from_wu/v.arith

<표 1> 각 영상에서의 부호화 결과 bpp 비교

영상 (크기)	LZW 부호화 (bpp)			산술 부호화 (bpp)		
	기존 방법	제안한 방법	비트 절감율(%)	기존 방법	제안한 방법	비트 절감율(%)
anemone (722×471)	7.25	5.70	21.36	7.09	6.91	2.51
bike (2048×2560)	7.02	4.82	31.36	6.71	5.77	13.96
boy (768×512)	6.38	4.03	36.82	5.09	4.89	3.92
café (2048×2560)	7.56	5.85	22.65	8.32	7.32	12.01
goldhill (720×576)	7.47	5.45	27.10	7.61	6.71	11.85
lena (512×512)	7.08	5.24	25.99	6.94	6.34	8.71
monarch (768×512)	6.78	4.50	33.54	5.75	5.36	6.82
peppers (512×512)	7.20	5.34	25.76	6.78	6.54	3.48
tulips (768×512)	7.14	4.44	37.85	6.44	5.37	16.59
woman (2048×2560)	7.25	4.91	32.32	7.33	6.07	17.27