

순차적 순위 변환을 이용한 그레이레벨 영상의 효율적인 무손실 압축

김남이\*, 유강수\*\*, 곽훈성\*

\*전북대학교 영상공학과 e-mail:{ynk1115, hskwak}@chonbuk.ac.kr

An Efficient Lossless Gray-level Image Compression using Sequential Ranking-Transformation

Kim Nam Yee\*, Kang Soo You\*\*, Hoon Sung Kwak\*

\*Dept. of Images Engineering, Chonbuk National University

\*\*School of Liberal Arts, Jeonju University

**Abstract** - 본 논문에서는 8-bits의 그레이레벨 영상에서 그레이레벨(gray-level) 값들의 발생 빈도(frequency)에 따른 순위 변환(Ranking-Transformation)을 이용한 효율적인 무손실 압축을 제안한다. 제안한 기법은 서로 인접한 픽셀의 그레이레벨의 쌍에 대한 발생 빈도를 토대로 원 영상의 그레이레벨 값을 이에 대응하는 순위 값으로 변환시킨다. 이때 부가정보가 발생하지 않도록 입력영상의 픽셀들에 대하여 한 픽셀씩 순차적으로 지정한 순위로 재구성한다. 실험결과, 부가 정보 없이 입력 영상을 압축하게 되어 엔트로피 부호화기를 통한 디지털 영상들의 효율적인 압축 성능 향상을 기대할 수 있다.

1. 서 론

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. 일반적으로 무손실 압축 방법은 파일의 크기를 원래의 2.5:1까지 압축할 수 있다고 알려져 있다[1]. 따라서 원격진료와 같은 의료 서비스에서의 환자 상태를 저장한 영상 정보나 원격 탐사에서의 정보영상 등 이들 모든 분야에서는 복원된 영상이 원래의 영상에 대한 어떠한 정보도 손실시키지 않는 전송과 저장이 꼭 필요하다[2-6].

지금까지 제안된 엔트로피 부호화는 이미지의 통계적 특성을 이용한 방법으로 입력 스트림의 통계적 발생 빈도에 따라 빈번하게 발생하는 데이터들에 대해서는 적은 양의 비트를 할당하고, 적게 출현하는 데이터에 대해서는 많은 양의 비트를 할당하여 압축을 행한다. 이 기법은 변화된 영상을 원래의 영상으로 복원하기 위해서는 압축된 데이터와 함께 보내져야 할 부가정보를 필요로 하기 때문에 부가 정보의 크기가 클 경우에는 비효율적일 수 있다.

본 논문에서는 이러한 부가 정보가 필요하지 않도록 입력 영상의 픽셀들에 대하여 이에 대응하는 순위 영상으로 변환시킨다. 이때, 부가 정보가 발생하지 않도록 한 픽셀씩 순차적인 대응 방법을 통하여 지정한 순위로 변환시킨다. 다음으로, 변환된 순위 영상을 입력 영상처럼 산술 부호화를 수행한다. 이러한 처리를 행하면 영상 데이터의 중복성이 커질 수 있어 엔트로피 부호화기를 통한 그레이레벨 영상의 효율적인 압축을 기대할 수 있다[7].

비트 길이가 8인 그레이레벨 영상과 제안한 방법을 통하여 변환된 영상을 가지고 산술 부호화한 결과, 제안한 방법을 이용한 엔트로피 부호화의 성능이 현저히 개선됨을 알 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서는 제안한 방법을 소개한다. 엔트로피 부호화의 개괄적인 특징과 초기 입력 영상을 순위 영상으로 변환하는 기존의 방법[1]을 소개하고 복원을 위해 부가 정보를 필요로 하기 때문에 크기가 작은 영상의 압축에는 비효율적임을 살펴본다. 다음으로 3장에서는 압축 효율의 향상을 기대할 수 있도록 통계적 특성을 이용하여 순차적 순위 변환 기법에 대해서 알아본다. 다음으로 제4장에서는 제안한 기법의 성능 평가로서, 산술 부호화와 부가 정보를 가지는 순위 변환 기법에 대한 실험을 통해 제안한 순차적 순위 변환 기법이 효율적으로 영상을 손실 없이 압축할 수 있음을 압축률 계산을 이용하여 검증한다. 마지막으로 제5장에서는 실험 결과에 대한 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.

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

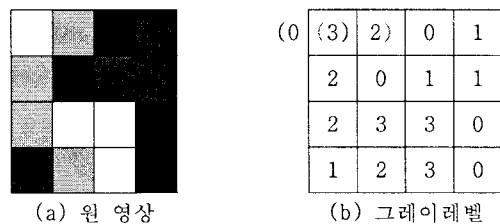
예를 들면, 8 비트 영상에서의  $n = 256$  이고 모든 픽셀 값의 확률이 모두 같으면  $P_n = 1/256$  이다. 이때의 엔트로피는 식 (1)에 의해 8 비트가 된다. 여기에서 알 수 있듯이, 엔트로피가 클수록 발생 분포가 퍼져있고 엔트로피가 작을수록 발생 분포가 한쪽으로 집중되어 있다. 영상에서의 엔트로피 부호화는 엔트로피가 큰 픽셀 값의 데이터를 가능하면 엔트로피가 적게 하여 압축 효율을 증대시킬 수 있다. 대표적인 엔트로피 부호화에는 LZW 부호화와 산술 부호화가 있다. 특히 산술 부호화가 영상 압축 표준에 채택 사용되고 있으며, 이 부호화는 여러 심볼들을 묶은 가변길이 심볼열을 고정길이 부호로 표현하는 방법인데, 심볼열의 발생확률이 거의 일정하게 유지되도록 묶는다.

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. 심볼의 빈도수가 큰 것에는 적은 비트를 할당하고, 빈도수가 작은 것에는 많은 비트를 할당하는 이상적인 엔트로피 부호화가 가능하다. 그러나 복원할 때 발생 빈도수에 대한 카운트 행렬 CM인 부가 정보가 있어야만 하기에 전송과 저장할 때 더 많은 시간과 저장 용량을 필요로 한다는 단점이 있다.

3. 제안한 순차적 순위 변환

본 논문에서는 연속적인 밝기 값을 가지는 자연 영상에서의 통계적인 특성을 강화함으로써 엔트로피 부호화에 의한 무손실 압축 성능을 효율적으로 개선시키기 위한 기법을 소개한다. 제안한 기법은 입력 영상의 그레이레벨 값을 보다 효율적으로 압축할 수 있는 형태로 변환하기 위해 원 영상에서 나타나는 모든 그레이레벨 쌍에 대한 발생 빈도수를 조사하고, 조사된 발생 빈도수를 토대로 순위로 분류하여 원 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 입력의 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, 순위로 분류하여 순위 행렬에 저장한다. 순위 행렬의 크기 또한 빈도수 행렬의 크기와 같다. 이때, 1순위는 가장 많은 빈도수를 나타낸다. 넷째, 원 영상의 그레이레벨 값을 순위 행렬에 있는 순위로 변환시켜 새로운 행렬을 얻는다.



〈그림 1〉 그레이레벨 영상의 예

위의 그림 1(b)의 '0'은 첫 번째 그레이레벨 값 '3'을 처리하기 위한 비추열(virtual) 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 순위 행렬은 ([3, 1, 4, 2], [3, 2, 1, 4], [1, 3, 4, 2], [1, 4, 2, 3])이다. 순위 행렬의 결과를 가지고 원 영상의 그레이레벨 값에 대한 순위 값을 구할 수 있으며 순위 값으로 변환된 영상은 그림 2와 같다.

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

〈그림 2〉 순위 행렬

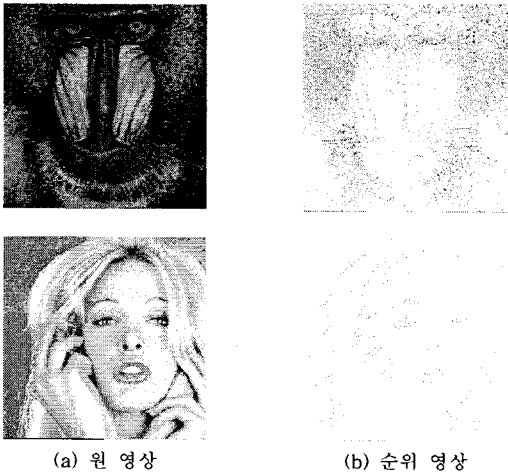
그림 2에서 알 수 있듯이, 원 영상의 각 그레이레벨 0, 1, 2, 3 즉, 4개의 경우보다 순위 값이 적고 순위 '1'에 해당하는 픽셀의 수가 많아졌다. 이는 많이 발생하는 심볼에 대해서는 더 적은 비트를 할당할 수 있고 중복된 심볼의 수가 많아지므로 압축 효율을 향상시킬 수 있는 근거가 된다.

#### 4. 성능 평가

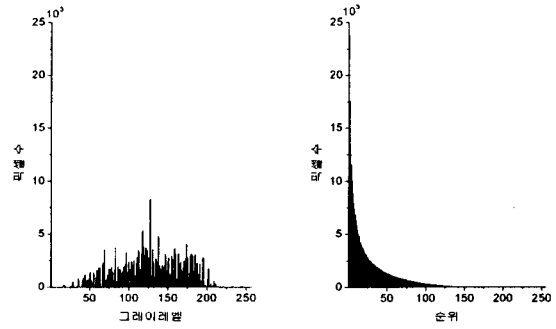
제안한 기법의 실제적인 압축 성능을 평가하기 위해서, 0~255 범위의 그레이레벨 값을 갖는 8-bits의 그레이레벨 영상 10개를 가지고 산술 부호화를 통하여 실험을 하였다. 실험에서 사용된 8-bits의 그레이레벨 영상들은 잠도 측면에서 서로 다른 특성을 가지고 있으며, 111×111, 256×256, 512×512, 768×512, 2048×2560 등으로 크기가 다양하다. 성능 평가를 위한 측도(measure)로써 영상의 압축에 필요한 심볼당 비트의 수를 나타내는 bpp 값을 선택하였고, 8 bits의 그레이레벨 영상을 다루므로  $\text{bpp} = 8/\text{CR}$ 에 의해 측정된다.

그림 3(a)는 512×512 크기의 'baboon'과 512×512 크기의 'girl' 그레이레벨 영상이고, 그림 3(b)는 제안한 기법을 적용하여 변환시킨 순위 영상을 각각 나타낸다.

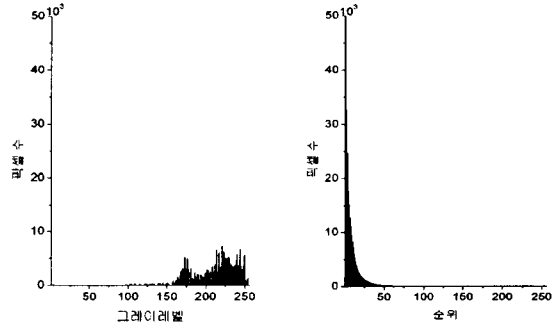
그림 4(a)와 (b)는 원 영상의 히스토그램과 제안한 기법을 적용하여 변환시킨 영상의 히스토그램을 각각 나타낸다. 왼쪽이 원 영상의 히스토그램이며 오른쪽이 제안한 기법에 의해 변환된 순위 영상에서의 히스토그램을 나타낸다. 그림 4로부터 순위 영상의 히스토그램 분포가 한쪽으로 치우쳐 있고 특정 순위 값에 더 많은 픽셀들이 중복되어 있는 것을 알 수 있다. 이는 앞에서 언급한 것처럼, 엔트로피 부호화의 효율을 높이는 근거가 된다.



〈그림 3〉 실험 영상 : baboon, girl



(a) baboon



(b) girl

〈그림 4〉 그레이레벨과 순위에서의 히스토그램

#### 5. 결론

본 논문에서는 그레이레벨 영상에 대한 엔트로피 부호화 성능을 효율적으로 개선시키기 위하여 순위로 분류하여 압축하는 기법을 소개하였다. 제안한 기법은 입력 영상 데이터의 통계적인 특성을 보다 강화시키기 위하여 원 영상에 나타나는 모든 그레이레벨 쌍에 대한 발생 빈도수를 조사하여 빈도수에 따른 순위를 분류하고, 순위를 사용하여 원 영상을 엔트로피 부호화에 의해 보다 효율적으로 압축할 수 있는 형태로 변환하였다. 이와 같은 변환을 통하여 얻은 새로운 순위 영상은 산술 부호화와 같은 엔트로피 부호화에 의해서 보다 효율적으로 개선된 압축 성능 향상을 가져왔다.

#### 참고 문헌

- [1] Adam Drozdek, *Elements of Data Compression*, Course Technology, 2001.
- [2] W. Philips, S.V. Assche, D.D. Rycke and K. Dencecker, "State-of-the-art Techniques for Lossless Compression of 3D Medical Image Sets," *Computerized Medical Imaging and Graphics*, vol. 25, no. 2, pp. 173-185, 2001.
- [3] S. Marusic and G. Deng, "Adaptive Prediction for Lossless Image compression," *Signal Processing: Image Communication*, vol. 17, no. 5, pp. 363-372, 2002.
- [4] 윤정오, 고승건, 성우석, 황찬식, "대역분할과 GAP를 이용한 B-WT 기반의 무손실 영상 압축", *한국통신학회논문지*, vol. 26, no. 9 B, pp. 1259-1266, 2001.
- [5] M. Klima and K. Fliegel, "Image Compression Techniques in the Field of Security Technology: Examples and Discussion," *Proc. of IEEE Int Security Technology*, pp. 278-284, Oct. 2004.
- [6] K. Sayood, *Introduction to Data Compression*, 2nd Edition, Morgan Kaufmann, 2000.
- [7] 이한정, 유기형, 김형무, 유강수, 박훈성, "무손실 인덱스 영상 압축을 위한 적응적 랭크-리인덱싱 알고리즘," *대한전기학회논문지*, vol. 54, no. 8, pp. 501-503, 2005.