

3차원 좌표 할당을 이용한 JPEG-LS의 컨텍스트 정수 결정법

강현호*, 박지환*, 허영**

부경대학교 대학원 전자계산학과* 한국전기연구소 영상응용그룹**

A Decision Method of Context Integer on JPEG-LS Using 3D Coordinate Mapping

Hyun-Ho Kang*, Ji-Hwan Park*, Young Huh**

Dept. of Computer Science, PuKyong Nat'l University*,
Applied Imaging Research Group, Korea Electrotechnology Research Institute**

요약

본 논문은 현재 고성능 가역압축 부호화의 표준이 되는 JPEG-LS의 예측오차에 대한 확률분포를 결정하는 컨텍스트 모델링(context modelling)에서 컨텍스트 정수의 결정 방법에 관해 기술한다. 먼저, 압축률 향상을 위해 낮은 대비(low contrast)를 적용하는 전처리 과정을 도입한다. 둘째로, 낮은 복잡도(low complexity)를 위해 주목화소와 주변화소 사이의 차분을 양자화하고, 그 값 Q_1, Q_2, Q_3 로부터 컨텍스트 정수(Q)의 결정을 위해 우선 순위를 정한 후, 3차원 가상좌표 위로의 할당을 고려한다. 또한, 제안 방법과 JPEG-LS의 near-lossless부분을 비교하여, 다양한 영상에 대하여 적용시켜 본 결과, 제안한 방법의 압축률과 손실이득이 훨씬 좋음을 보인다.

1. 서론

멀티미디어 화상기술은 수년 간 연구되어 오고 있는 디지털 분야 중 디지털 화상 기술에 그 기반을 두고 있다. 특히, 화상부호화 방식에 있어서 가역부호화 기술은 의료영상처럼 손실이 있어서는 안 될 분야에서는 그 필요성이 더욱 절실하다. 이런 요구에 따라, 1995년 7월 ISO/IEC JTC1/SC29/WG1/JPEG에서는 그 표준화 작업이 시작되었다(JPEG-LS) [1].

이 작업은 구성이 간단한 Low Complexity Mode (Part-1, ISO/IEC IS 14495-1)와 보다 고압축이 가능한 High Performance Mode(Part-2, ISO/IEC IS 14495-2)의 두 가지 과정으로 나뉘어 진행되어 왔다. 현재 Part-1은 FDIS(Final Draft International Standard) 표결이 이미 종료된 상태이고, Part-2는 진행 중에 있다.

JPEG-LS는 제조화상(continuous-tone image)을 위한 새로운 lossless/near-lossless 압축의 표준이다. 여

기서 "lossless"는 압축후의 손실이 전혀 없는 것이고, "near-lossless"는 압축후의 손실이 먼저 설정해 놓은 threshold를 넘지 않는 것이다. 이 JPEG-LS 표준은 휴렛패커드 연구소(Hewlett Packard Laboratory)에서 개발한 LOCO-1 (LOW COMplexity LOSSless COMpression for Images) 알고리즘에 기반을 두고 있다[2].

최근의 연구 동향을 살펴보면, JPEG-LS에서는 컨텍스트 모델링(context modelling) 부분[3]이, 엔트로피 코딩에서는 Golomb-Rice 코딩부분[4]이, 그리고 서로 다른 무손실 압축기법 사이의 비교[5]가 중점 연구 대상이 되고 있다. 본 논문에서는 컨텍스트 모델링 부분의 컨텍스트 정수(context integer) 결정 방법을 서술한다. [그림 1]에서 현재의 주목화소(x)에 대하여 주변화소와의 사이에서 경사도로서 구해진 값 (D_1, D_2, D_3) 을 미리 정해진 9등급의 값으로 양자화하고, 양자화된 값 Q_1, Q_2, Q_3 을 병합하여 컨텍스트 정수(Q)를 구할 수 있다. 한편, 표준에서는 이 값을 명시하지는

않고 단지 0~364까지의 정수 값만을 요구하고 있다. 여기서는 양자화 되는 값에 우선 순위를 설정하여 가상의 3차원 좌표를 가정하고, 각각의 양자화 된 값 Q_1, Q_2, Q_3 을 특별한 계산과정 없이 할당할 수 있도록 하여 Low Complexity를 지향하기로 한다.

본 논문의 구성은 2장에서 JPEG-LS의 대략적인 개요와 구성을 살펴보고, 제안 방법의 기반이 되는 대비(contrast)에 관해서도 살펴본다. 3장에서는 컨텍스트 정수를 결정하기 위해 우선 순위 할당을 가상의 3차원 좌표 위로 할당하는 기법을 제안한다. 4장에서는 JPEG-LS와 제안방법 사이의 압축률을 비교하고, 특히 near-lossless의 가장 작은 손실보다도 제안방법의 손실이 작음을 'MSE 이득'이라는 용어로 실험한다. 마지막으로 5장에 결론을 보인다.

2. JPEG-LS

JPEG-LS는 비선형 예측기, 간단한 컨텍스트 모델 그리고 엔트로피 코딩으로 Golomb-Rice 코드를 채택하고 있다. [그림1]은 JPEG-LS에서 예측과 모델링에 사용되고 있으며 화소 x 는 현재의 주목화소이고, a, b, c, d 는 그 주변화소 이다. 표준에서, '컨텍스트(context)'는 모델링에 접근하는 기본개념으로 사용되고 있다. 여기서는 계조화상(continuous-tone image)을 위한 새로운 lossless/near-lossless 압축표준인 JPEG-LS Part-1에 대하여 컨텍스트 모델링(context modelling) 부분의 대략적인 개요를 살펴보고, 효율적인 예측을 위해 화소를 재배치하여 그 대비(contrast)를 낮추는 방법에 대해 알아본다.

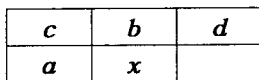


그림 1.

$$D1 = d - b$$

$$D2 = b - c$$

$$D3 = c - a$$

그림 2.

2.1 JPEG-LS 의 컨텍스트 모델링[1]

- ▶ [그림1]에 주어진 주목화소(x)에 대하여 주변화소 사이의 경사도 값을 [그림2]와 같이 구한다.
- ▶ [그림2]에서 구한 값을 비교하기 위하여 'Run 모드'와 'Regular 모드'의 두 가지 모드를 선택하도록

한다([1]을 참조할 것).

- ▶ 주변화소 사이의 차분으로 구해진 [그림2]의 값에 대하여 미리 설정한 값(non-negative thresholds)을 이용해 9단계로 양자화 한다.
- ▶ 양자화로 얻어진 값 Q_1, Q_2, Q_3 를 이용하여 컨텍스트 정수 Q 를 얻게 된다. 그 구체적인 방법을 3장에서 언급한다.

2.2 낮은 대비(Low Contrast)

일반적으로 색상은 다양한 파장에 따라 인간의 시각체계가 받아들이는 컬러에 대한 느낌인데, 이외에 채도와 명도라는 개념이 있다. 명도는 빛이 물체에 반사되어 느껴지는 강도로서 백색에서 흑색까지의 모든 범위를 말한다. 이러한 범위를 명암도(gray level)라고 하며, 여기서는 컬러가 아니라 명암도로만 표현된 Gray Scale 영상을 처리 대상으로 한다. 명암도의 범위, 즉, 영상의 가장 어두운 영역으로부터 가장 밝은 영역까지의 범위를 대비(Contrast)라고 한다.

$$Contrast = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$$

(I_{max}, I_{min} ; 영상의 명암도의 최대와 최소값)

위의 식에서와 같이 영상에서 명암도의 최대값과 최소값 사이의 차가 클수록 대비가 커지고, 차가 작을수록 대비가 작아짐을 알 수 있다. 즉, 인접한 화소를 인위적으로 모음으로써, 명암도의 최대값과 최소값 사이의 차를 줄일 수 있으므로 예측방식의 코딩에서 효율이 높은 전처리 과정을 수행할 수 있다. 간단한 예를 아래의 그림으로 알 수 있다. 여기서 대비의 낮은 정도는 실험적으로 구한 값이지만, 4장에서 JPEG-LS의 near-lossless에 대한 최소한계보다 효율이 높음을 알 수 있었다.

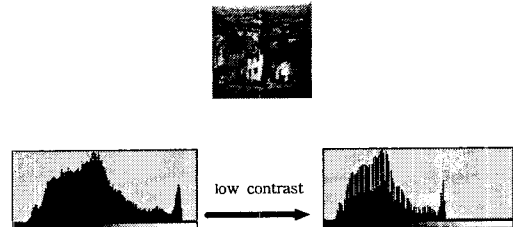


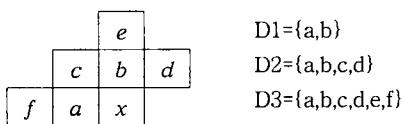
그림 2.

3. 제안 방법

앞 절에서 살펴본 낮은 대비는 화상의 화소값 분포를 한쪽으로 모으는 역할을 하기 때문에 JPEG-LS의 예측 과정에서 아주 유리한 전처리 과정을 제공한다. 또한, 표준에서는 컨텍스트 정수값을 주변화소 사이의 경사도에 대하여 양자화한 값 D_1, D_2, D_3 의 조합으로서 0~364까지의 값을 요구하고 있는데, 여기서는 우선 순위를 적용한 가상의 3차원 좌표를 설정하여 컨텍스트 정수를 할당하기로 한다. 이런 방법은 양자화된 값을 조합하여 컨텍스트 정수를 결정하는 기존의 방법에서 그 계산을 없앴으로써 Low Complexity를 지향한다. 또한 우선 순위를 적용한 주변화소 사이의 경사도 D_1, D_2, D_3 에서 얻어지는 Q_3, Q_2, Q_1 값의 순서에 따라 0~364까지 범위의 정수를 라플라시안 분포로 랜덤하게 대응시켜 보다 효율적인 컨텍스트 정수 할당을 달성할 수 있다. 먼저 컨텍스트 정수의 할당에 대한 우선 순위를 살펴보고, 가상의 3차원 좌표 공간을 간단히 언급하기로 한다.

3.1 우선순위

JPEG-LS에서는 주변화소의 위치를 [그림1]을 기본으로 그 경사도를 구하고 있다. 여기서는 보다 많은 화소값을 참조한 값에 보다 높은 우선 순위를 설정함으로써 컨텍스트 정수의 할당에 필요한 우선 순위를 결정할 수 있다[8]. 아래 그림에서 주변화소 간의 경사도 D_1, D_2, D_3 로부터 얻어진 양자화 값의 순서를 Q_3, Q_2, Q_1 의 순서로 결정할 수 있다.



3.2 3차원 좌표를 이용한 컨텍스트 정수 결정

현재 주목하고 있는 컨텍스트 정수를 구하기 위해 표준에서는 Q_1, Q_2, Q_3 의 조합으로 0~364까지의 정수값을 요구하고 있다. 본 논문에서는 앞에서 구한 우선 순위에 대하여 [그림3]과 같은 가상의 3차원 좌표를 만들고, 그 곳에 Q_1, Q_2, Q_3 의 좌표축을 기준으로 0~364까지의 범위 값을 미리 설정함으로써 Low Complexity를 지향하고자 한다.

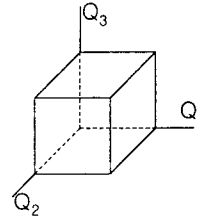


그림 3. 컨텍스트 정수 할당을 위한 좌표

컨텍스트 정수를 할당하는 예를 들면, [그림4]와 같다. 앞에서 정의한 우선 순위에 따라 가장 높은 우선 순위의 Q_3 축을 시작으로 Q_2, Q_1 의 순으로 0~364범위의 정수를 할당한다. 이때 할당하는 정수는 0~364의 값이 라플라시안 분포가 되도록 Q_3, Q_2, Q_1 의 각 좌표에 할당한다.

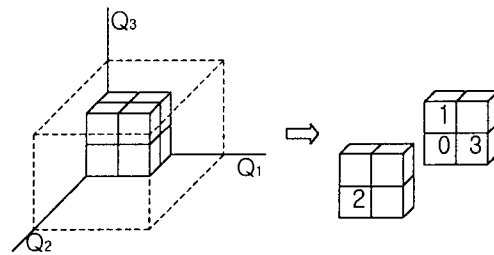


그림 4. 컨텍스트 정수 할당 예

4. 실험결과

이 장에서는 기존의 JPEG-LS 방법과 제안 방법의 비교를 위해서 256×256 Gray Scale 영상에 대하여 실험하고, 그 압축률과 MSE 이득을 구하였다. 압축률은 실제 화소수(65536)에 대한 압축영상의 크기(bit)의 비로서 간단히 구할 수 있다. MSE(mean squared error)는 일반적인 손실압축 알고리즘에서 얼마나 정보가 손실되었는지를 측정하는 단위로서, 실제 영상데이터(x)와 압축된 영상데이터(y)에 대하여 아래의 식으로 구할 수 있다.

$$d(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} (x_k - y_k)^2$$

'MSE 이득'은 제안 방법에 대하여 발생한 약간의 손실을 JPEG-LS의 near-lossless 부분에 대하여 발생한 가장 작은 손실과 비교하여 본 결과, 제안방법의 손실이 보다 작다는 것을, 두 방법 사이의 비율로 나타낸 것이다.

표 1. 압축률과 MSE 이득

data (65536byte)	Compression ratio(bit/pel)		MSE profits
	JPEG-LS	Proposed	Proposed
bird	3.49	3.21	0.2007
bridge	5.80	5.47	0.5003
circles	0.18	0.18	0.9299
goldhill	5.30	4.97	0.4408
lena	4.60	4.27	0.4167
montage	2.75	2.56	0.0491
slope	1.62	1.53	0.7611
squares	0.10	0.10	0.4151

[표1]에 따르면, 제안 방법에서의 손실이 JPEG-LS에서 정의한 최소의 손실보다 작으므로 거의 무손실을 알 수 있다. 또한, 실험영상 중 'circles'와 'squares'는 거의 압축률에 변화가 없었는데 [그림5]에서는 화소분포가 이미 한쪽으로 치우쳐 있으므로 별 차이가 없었다.

5. 결론

효율적인 화상을 표현하고 처리하기 위해서는 화상이 가지고 있는 정보량을 압축해야 하는 것은 필수 불가결한 것이다. 다양한 압축기법이 제안되고 연구되고 있는 가운데, 본 논문에서는 고성능의 가역압축부호화의 표준이 되는 JPEG-LS에 대해 검토해 보았다. 특히, 컨텍스트 모델링 부분에서 컨텍스트 정수를 효율적으로 구하기 위하여 우선 순위를 부여하는 방법과 3차원 좌표를 이용하는 기법, 또한 전처리 과정으로 낮은 대비를 적용하는 과정을 검토해 보았다.

향후, 기존의 정보 이론을 근간으로 정보보호의 관점에서 그 응용에 접근하고자 한다.

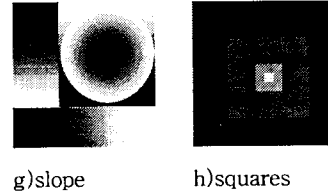


그림 5. 256×256 Gray Scale 영상

[참고문헌]

[1] ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 FCD14495-1 : "Lossless and nearlossless coding of continuous tone still images(JPEG-LS)," July. 1997

[2] M. J. Weinberger, G. Seroussi, and G. Sapiro, "LOCO-I: A low complexity, context-based, lossless image compression algorithm," in Proc. 1996 DCC, pp.140-149, Mar. 1996

[3] K. Kajisa, H. Hakamura, and S. Murashima, "Considerations on a Context Model of Lossless Coding of JPEG-LS," IEICE Trans. J81-A6, pp.1021-1025, June. 1998

[4] M. Hasegawa, T. Adachi, and S. Kato, "A Study on a Partially Decodable Code Using Golomb-Rice Code," IEICE Trans. J82-A1, pp.151-157, January. 1999

[5] T. Godman, A. Drukarev, and G. G. Langdon, "A Comparison of Five Popular Lossless Image Compressors," Proc. of the Visual Communications and Image Processing, Part1, pp.722-730, January. 1998

[6] S. W. Golomb, "Run-Length encodings," IEEE Trans. on Information Theory, Vol. IT-12, pp.399-401, July 1966

[7] R. F. Rice, "Some practical universal noiseless coding techniques," Tech. Rep. JPL-79-22, Jet Propulsion Laboratory, CA, March. 1979

[8] N. Zhang, Y. Zhang, Q. Lin and X. Lin, "Method for estimating lossless image compression bound," Electronics Letters, 28th, Vol.35, No.22, October. 1999

