

채널 간 상관관계를 이용한 무손실 컬러 이미지 압축

*김세윤 **조남익

서울대학교 전기컴퓨터공학부

*light4u@ispl.snu.ac.kr **nicho@snu.ac.kr

Lossless Color Image Compression using Inter-channel Correlation

*Kim, Seyun **Cho, Nam Ik

Department of EECS, Seoul National University

요약

기존의 무손실 압축은 일반적으로 채널간의 상관관계를 거의 이용하지 않고, 각각의 채널을 따로 압축하였다. 본 논문에서는 컬러 이미지가 갖는 채널 간의 상관관계를 이용하여 무손실 압축의 성능을 향상시키는 방법을 제안하였다. 제안하는 방법에서는 채널 간 상관관계를 표현할 수 있도록 비대칭 샘플링을 이용하여 모자이크 이미지와 나머지 이미지로 나누어 압축을 수행하였고, 압축된 모자이크 이미지의 정보를 이용해서 나머지 이미지를 예측하여 압축할 정보의 양을 감소시켰다. 압축 성능을 평가하는데 일반적으로 사용되는 데이터들에 대하여 실험한 결과, 기존의 압축표준인 JPEG2000 lossless에 대해 평균 4.75%의 성능 향상을 보여주었다.

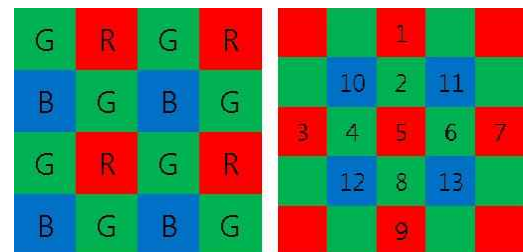
1. 서론

영상 압축은 영상에서 중복되는 정보를 제거하여 데이터의 양을 줄이는 과정이다. 무손실 압축은 영상 취득 장치로부터 얻은 영상을 손실 없이 압축하는 것으로, 의료 영상이나 천문 영상과 같이 높은 정밀도가 요구되는 분야에서 사용되고 있으나 압축 효율이 낮아 많은 저장 공간이 필요한 단점이 있다. 이 때문에 일반적인 디지털 카메라에서는 정보의 손실을 감수하면서 높은 압축 효율을 얻는 손실 압축 방법이 이용되어 왔다. 하지만 최근에는 저장 장치의 발전으로 디지털 카메라에 사용되는 저장 공간이 커지면서 고품질 영상을 원하는 사용자의 무손실 압축 이용이 증가하고 있다.

기존의 무손실 압축 표준으로는 JPEG-LS와 JPEG2000 lossless 등이 있는데, RGB 각각의 채널을 흑백이미지와 같이 따로 압축을 하거나, 무손실 YUV 변환을 이용하여 채널 간 연관성을 줄인 후 처리한다. YUV 변환은 RGB 색공간으로 표현된 영상을 밝기 성분과 색상 성분으로 분리하는데, 영상의 내용에 관계없이 고정된 계수를 이용하여 변환을 하기 때문에 YUV 각 채널 간에 상관관계가 남아있다. 따라서 이러한 방법만으로는 채널 간 상관관계를 모두 제거할 수 없기 때문에 이를 이용하여 압축 효율을 높이는 연구가 필요하다.

이를 위해 본 논문에서는 압축할 영상을 그림 1(a)와 같은 비대칭 샘플링을 이용하여 모자이크 이미지와 나머지 이미지로 분리하여 압축하는 방법을 제안한다. 모자이크 이미지는 디지털 카메라에서 이미지를 취득하는 과정에서 많이 사용되는 color filter array(CFA)의 패턴[1]을 이용하여 생성하고 CFA 압축 알고리즘[3]을 이용하여 압축한다. 이 알고리즘은 각 색상 채널 사이의 상관관계를 고려하여 압축을 효율적으로 압축을 수행한다. 모자이크 이미지를 구성하고 남은 이미지는 모자이크 이미지로부터 높은 정확도로 예측이 가능하므로 큰 압

축 효율을 얻을 수 있었다.



(a)

(b)

그림 1. (a) Bayer CFA pattern[1], (b) Adams[2]의 경계 방향을 이용한 보간법

2. 제안 방법

그림 2는 제안 방법의 순서도이다. 먼저 입력 영상을 그림 1(a)의 패턴으로 비대칭 샘플링하여 모자이크 이미지 X 와 나머지 R, G, B 채널 이미지로 나눈다. 모자이크 이미지 X 는 [3]의 방법으로 압축하고, 이를 이용하여 녹색 채널을 예측하고 압축한다. 적색과 청색 채널은 모자이크 이미지와 녹색 채널을 이용하여 예측하고 압축한다. 예측한 값의 오차는 문맥 적응 산술 부호화기를 이용하여 부호화된다.

가. 녹색 채널의 압축

녹색 채널 G 의 절반은 샘플링에 의해 모자이크 이미지 X 에 포함되어 있으므로 나머지 절반의 픽셀만을 압축하면 된다. 이때 나머지 픽셀 G_{res} 도 이미 압축된 모자이크 이미지 X 로부터 예측하므로, 간

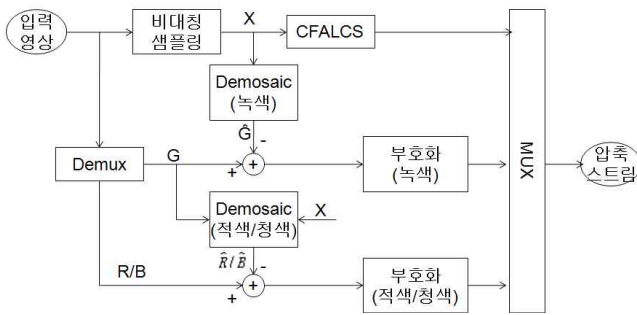


그림 2 제안 방법의 순서도

단한 디모자이킹 방법 [2]를 써서 \hat{G} 를 생성하고, 그 오차 G_{err} 만을 압축한다. 디모자이킹 방법 [2]에서는 녹색 채널 G의 값을 추정하기 위해 주변 픽셀들을 이용하여 가로와 세로 방향의 변화를 각각 측정하고 변화가 작은 방향으로 보간을 수행한다. 예를 들어 그림 1(b)의 5에 해당하는 위치의 녹색값을 추정하기 위해 다음 식과 같이 가로와 세로 방향의 변화 $\Delta H, \Delta V$ 를 계산한다.

$$\Delta H = |G_4 - G_6| + |2R_5 - R_3 - R_7|,$$

$$\Delta V = |G_2 - G_8| + |2R_5 - R_1 - R_9|.$$

그리고 다음과 같이 $\Delta H, \Delta V$ 의 값을 비교하여 G_5 를 추정한다.

$$G_H = (G_4 - G_6)/2 + (2R_5 - R_3 - R_7)/4,$$

$$G_V = (G_2 - G_8)/2 + (2R_5 - R_1 - R_9)/4,$$

$$G_5 = \begin{cases} G_H, & \text{when } \Delta H < \Delta V \\ G_V, & \text{when } \Delta H > \Delta V \\ (G_H + G_V)/2, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

하지만 G_5 주변의 변화가 클 때는 추정의 정확도가 떨어지므로, $|G_H - G_V| > T_1$ 일 때는 $G_H, G_V, (G_H + G_V)/2$ 중 G_5 의 값과 가장 가까운 것을 선택하여 그 오차와 선택한 인덱스를 같이 압축한다.

나. 적색/청색 채널의 압축

녹색 채널과 같은 원리로 모자이크 이미지 X를 이용해서 \hat{R} 과 \hat{B} 를 생성하고, 그 오차 R_{err}, B_{err} 를 압축한다. 청색 채널은 모자이크 이미지에서 1/4의 픽셀이 압축되었고, 압축해야 할 나머지 픽셀은 위치에 따라 두 가지 경우로 나눌 수 있다. 배치1은 그림 1(b)의 2나 4의 위치처럼 이미 압축된 픽셀이 상하나 좌우에 존재하는 경우이고, 배치2는 이미 압축된 4개의 픽셀이 대각선 위치에 있는 5와 같은 경우이다.

배치1에 해당하는 픽셀은 녹색 채널 픽셀값에 따라 두 가지 방법으로 예측하게 된다. 예를 들어, 그림 1(b)의 2에 해당하는 위치에서 청색 픽셀의 예측은 G_{10}, G_2, G_{11} 의 값이 불룩하거나 오목한 모양인 경우와 그렇지 않은 경우로 나누어 다음과 같이 추정한다.

$$\text{If } G_2 > \max(G_{10}, G_{11}) \text{ or } G_2 < \min(G_{10}, G_{11})$$

$$\hat{B}_2 = G_2 - (G_{10} + G_{11})/2 + (B_{10} + B_{11})/2$$

$$\text{else}$$

$$a = G_2 - G_{10}$$

$$b = G_{11} - G_2$$

$$\hat{B}_2 = B_1 + \frac{a}{(a+b)}(B_{11} - B_{10}).$$

위의 과정을 거치고 배치2에 해당하는 픽셀을 압축할 때는 아래의 제외한 모든 주변 픽셀의 값이 압축이된 상태이다. 즉, 그림 1(b)의 5에 해당하는 청색 픽셀을 압축할 때는 모든 녹색 픽셀과 2, 4, 6, 10, 11, 12, 13의 위치에 해당하는 청색 픽셀이 압축이 된 상태이다. 이 값을 이용하여 다음과 같은 식으로 위치 5에 해당하는 청색 픽셀 \hat{B}_5 을 예측한다. 이 과정에서 위치 8에 해당하는 청색 픽셀의 추정값 \hat{B}_8 도 사용한다.

$$\Delta H = G_5 - (G_4 + G_6)/2,$$

$$\Delta V = G_5 - (G_2 + G_8)/2,$$

$$\hat{B}_8 = (B_{12} + B_{13})/2,$$

$$B_H = \Delta H + (B_4 + B_6)/2,$$

$$B_V = \Delta V + (B_2 + \hat{B}_8)/2,$$

$$\hat{B}_5 = \begin{cases} B_H, & \text{when } |\Delta V / \Delta H| > T_2 \\ B_V, & \text{when } |\Delta H / \Delta V| > T_2 \\ (B_H + B_V)/2, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

이러한 과정을 거쳐 모든 청색 픽셀을 차례로 예측하고 그 오차를 압축하게 되며, 적색 채널도 같은 방법으로 압축한다.

다. 예측 오차의 부호화

앞에서 계산한 예측 오차 $R_{res}, G_{res}, B_{res}$ 는 context adaptive binary arithmetic coder(CABAC)를 이용하여 부호화한다. 이 과정에서 비트 단위로 산술 부호화를 수행하게 되며, 부호화할 비트가 계수에서 몇 번째 비트인지와 해당 계수에서 처음으로 나타난 '1'인지를 문맥으로 사용한다.

3. 실험 결과

본 논문에서 제안하는 방법을 평가하기 위해 기존의 무손실 영상 압축 표준 중 하나인 JPEG2000 lossless와 성능 비교를 수행하였다. 다음은 Lena 영상을 압축한 결과를 비교한 표이다. 제안하는 방법이 약 4% 우수한 압축 효율을 보여주었다. 모자이크 이미지를 압축했을 때의 효율 4.77 bit per pixel(BPP)에 비해 이를 바탕으로 예측을 수행하고 그 차이만을 압축한 녹색, 적색, 청색 채널의 압축 효율이 더 높음을 알 수 있다. 또한 이 과정에서 이미 압축된 픽셀의 비율이 높은 녹색 픽셀의 압축 효율이 더 높은 것도 관찰할 수 있었다.

		Bit per pixel	픽셀수
JPEG2000		13.58	512x512x3
제안 방법	합계	13.02	512x512x3
	모자이크	4.77	512x512 x 1
	Side info.	0.02	512x512 x 1/2
	녹색 채널	2.10	512x512 x 1/2
	적색 채널	2.78	512x512 x 3/4
	청색 채널	3.35	512x512 x 3/4

다음은 Kodak[4] 이미지와 Lena, Mandrill, Barbara 이미지를 JPEG2000 lossless와 제안하는 방법으로 압축한 성능(BPP)을 나타낸 표이다. 한 이미지에 대해서 약간의 성능 저하를 보였으나, 나머지 모든 이미지에서 성능 개선을 보이며, 평균 4.75%의 압축 효율 향상을 보여주었다.

	JPEG2000	제안 방법	성능 향상
Kodak01	10.38	10.35	0.30%
Kodak02	9.16	9.19	-0.32%
Kodak03	8.09	7.44	8.10%
Kodak04	9.11	9.07	0.47%
Kodak06	9.59	9.16	4.49%
Kodak07	8.50	7.91	7.04%
Kodak08	11.14	10.90	2.13%
Kodak09	8.90	8.42	5.46%
Kodak10	9.06	8.43	6.92%
Kodak11	9.29	9.13	1.74%
Kodak12	8.66	8.09	6.55%
Kodak13	11.86	11.31	4.62%
Kodak14	10.16	9.85	3.09%
Kodak15	9.00	8.70	3.31%
Kodak16	8.77	8.31	5.30%
Kodak17	9.06	8.41	7.21%
Kodak18	10.77	10.30	4.41%
Kodak19	9.67	9.22	4.62%
Kodak20	8.08	6.90	14.62%
Lena	13.58	13.02	4.19%
Mandrill	18.09	17.54	3.05%
Barbara	11.16	10.36	7.19%
		평균	4.75%

4. 결론

본 논문에서는 컬러 이미지가 갖는 채널 간의 상관관계를 이용하여 무손실 압축을 수행하는 방법을 제안하였다. 채널 간 상관관계를 표현할 수 있는 모자이크 이미지와 나머지 이미지로 나누어 압축을 수행하였고, 압축된 모자이크 이미지를 이용해서 나머지 이미지를 예측하

여 압축할 정보의 양을 감소시켰다. 제안된 방법은 압축 성능을 평가하는데 일반적으로 사용되는 데이터들에 대해서 기존의 압축표준인 JPEG2000 lossless에 대해 평균 4.75%의 성능 향상을 보여주었다.

감사의 글

이 논문은 지식경제부 지원으로 수행하는 21세기 프론티어 연구개발사업(인간기능 생활지원 지능로봇 기술개발사업)의 일환으로 수행되었습니다

참고문헌

- [1] Bayer, Bryce E. "Color imaging array" U.S. Patent 3,971,065, Jul. 1976.
- [2] J. E. Adams and J. F. Hamilton, "Design of practical color filter array interpolation algorithms for digital cameras," in Proc. SPIE, vol. 3028, pp. 117-125, 1997.
- [3] King-Hong Chung and Yuk-Hee Chan, "A Lossless Compression Scheme for Bayer Color Filter Array Images," IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL. 17, NO. 2, FEBRUARY 2008.
- [4] <http://www.site.uottawa.ca/~edubois/demosaicking>, images from KODAK Photo CD Photo Sampler, 1991.