

영상 적응형 무손실 이미지 압축

*오 현 중, **원 종 우, ***장 의 선
한양대학교 정보통신공학과
* tootoh@dmlab.hanyang.ac.kr

Image-adaptive lossless image compression

*Hyun-Jong OH, **Jong-woo Won, Euee S. J.ang
The Graduate School of Information and Communications, Hanyang University

Abstract

무손실 이미지 압축은 (Lossless Image Compression)은 손실이미지 압축(Lossy Image Compression)에 비해, 압축률(compression ratio)은 떨어지지만, 반면 원이미지와 복원이미지가 완전히 일치하므로, 원이미지의 품질을 그대로 유지할 수 있다. 따라서, 이미지의 품질(quality)과 압축효율(compression ratio)은 서로 상반된 관계에 있으며, 지금도 좀 더 높은 압축효과를 얻으려는 여러 무손실 압축 방법이 발표되고 있다. 무손실 이미지 압축은 이미지의 정확성과 정밀성이 요구되는, 의료영상분야에서 가장 널리 쓰이고 있으며, 그밖에, 원본이미지를 기본으로 다른 이미지프로세싱이 필요한 경우, 압축 복원을 반복적으로 수행할 필요가 있을 때, 기타 사진 예술 분야, 원격 영상등 정밀성이 요구되는 분야에서 쓰이고 있다 [7]. 무손실 이미지 압축의 가장 대표적인 방법으로는, CALIC[3]과 JPEG-LS[2]를 들 수 있다.

CALIC은 비교적 높은 압축률을 나타내지만, 3-PASS의 과정을 거치는 복잡도가 지적되고 있다. 반면 JPEG-LS는 압축률은 CALIC에 미치지 못하지만 빠른 코딩/디코딩 속도를 보인다.

본 논문에서는 여러 가지의 예측 모듈 두어, 블록단위별로 주변 CONTEXT에 따라, 최상의 예측 모듈을 판단하여, 이를 적용, 픽셀의 에러값을 최소화하였다.

그 후 적응산술 부호기(Adaptive arithmetic coder)를 이용하여, 인코딩을 하였다. 이때 최대 에러값은 64를 넘지 않게 했으며, 또한 8*8블록별로 에러의 최대값을 측정하여, 그 값을 0~7까지의 8개의 대표값으로 양자화하는 방법을 통하여, 그에 따라 8개의 부호화 심볼 모델중 알맞은 모델에 적용하였다. 이를 통해, 그 화소값의 확률 구간을 대폭 넓힘으로써, 에러 이미지가 가지고 있는 엔트로피에 좀 근접하게 코딩을 할 수 있게 되었다. 이 방법은 실제로 Arithmetic Coder를 이용하는 다른 압축 방법에 그대로 적용할 수 있다. 실험 결과 압축효율은 JPEG-LS보다 약 5%의 압축 성능 개선이 있었으며, CALIC과는 대등한 압축률을 보이며, 부호화/복호화 속도는 CALIC보다 우수한 것으로 나타났다.

Keywords : Lossless Compression, image Compression

I. 서론

디지털 영상은 우리 일상생활에 널리 자리 잡고 있다. 디지털 카메라의 일반화로, 스캐닝을 하지 않고도, 많은 디지털 영상을 PC에 저장, 인쇄하고 있으며, 의료분야에서는 DICOM[1]이라는 규격을 두어, 의료영상분야의 디지털화가 빠르게 진행되고 있다. 디지털 방송 뿐만 아니라, 향후 영화산업에까지, 디지털 영상의 아날로그 대체는 가속화 될 전망이다. 이러한 디지털 영상을 저장, 전송하는데 가장 필수적인 요소가 바로 영상 압축이라 할 수 있다.

영상 압축은 영상의 테이터 저장 공간을 줄이고, 통신환경에서 전송속도를 높이며, 대역폭을 줄이기 위한 영상 처리(Image Processing) 방법이다.

정지 영상 압축의 경우 손실 기법과 무손실 기법으로 나눌 수 있다. 무손실 영상 압축의 경우, 부호화/복호화 과정을 거치더라도, 원영상을 완전히 복원 할 수 있어, 이미지의 품질을 그대로 유지 할 수 있다는 장점을 가진다. 하지만 압축율이 현저히 낮다는 큰 단점을 가지고 있다.

대표적 손실 압축 기법인 JPEG[2] 영상의 경우, 20:1의

압축율에서도 시각적으로, 원본과 크게 구별 할 수 없다. 또한, JPEG-2000[4]이 새로운 컬러 정지 영상 표준으로 채택됨에 따라, 더욱 좋은 영상 품질을 가질 수 있게 되었다.

반면 무손실 압축 기법은, JPEG-LS[2], SPHIT[5], CALIC[3], 무손실 JPEG-2000에 이르기 까지, 여러 가지 압축 기법이 소개되고 있으나, 그 압축율은 1.5:1에서 3:1 정도의 압축율에 불과한 실정이다.

따라서, 무손실 압축 기법의 경우, 여전히 많은 연구가 진행되고 있으며, 여러 성능개선이 된 압축 알고리즘 기법들이 소개되고 있으나, 여전히 그 압축효율 개선은 미비하다. 또한 압축율을 높일수록, 복잡도 또한 크게 높아지고 있다. 그만큼 무손실 압축 기법의 성능 개선은 어려운 과제로 남아 있으며, 앞으로도 계속 연구되어야 할 숙제라고 할 수 있다. 이러한 낮은 압축율을 보이는 단점에도 불구하고, 무손실 이미지 압축은 다양한 응용분야에서 쓰이고 있으며, 그 활용도는 더욱 넓어질 것으로 보인다.

현재, 대부분의 무손실 이미지 압축은 예측 부호화 기법(Predictive coding method)을 이용하고 있으며, 예측기

(Predictor)와, 엔트로피 부호기(entropy coding)를 결합하여 부호화를 하고 있다.
 본 논문은 무손실 정지 영상 압축의 효율 향상을 목표로 연구를 진행하였다.

II. 화소값 예측

본 논문에서 제안하는 예측 방법은 크게 블록 단위 예측과 Context별 최적의 예측기의 선택이라고 할 수 있다.

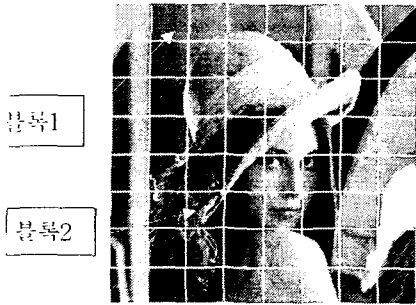


그림1 64X64블록으로 분할한 레나 영상

그림1은 레나 영상을 64X64로 분할한 영상이다.

블록1과 블록2의 영상에서 알 수 있듯이 영상을 블록으로 분할하였을 경우 블록별로 영상의 특징이 좀 더 두드러짐을 알 수 있다. 이렇게 블록 단위 별 예측을 함으로써, 각 블록 영상의 특징에 따라 좀 더 적절한 예측기를 선택할 수 있다. 무손실 이미지압축에서는 주변 화소의 CONTEXT를 이용한 DPCM 방법이 많이 쓰이고 있으며, 본 논문 역시 DPCM을 이용하여, 실제 화소값과 예측값의 차이를 구했다.

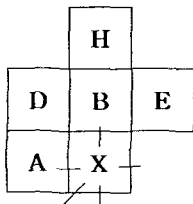


그림2. CONTEXT 정보 구하기

그림 2에서 현재 예측하고자 하는 화소값 X 주변 5개의 화소값을 고려 다음과 같은 관계식에 의하여 48가지의 context로 분류할 수 있다.

```

IF (|A-B|>10) value=1; ELSE value=0;
IF (A>B) value=(value<<1)+1; ELSE value<<=1;
IF (A>=D) value=(value<<1)+1; ELSE value<<=1;
IF (B>=D) value=(value<<1)+1; ELSE value<<=1;
IF (B>=E) value=(value<<1)+1; ELSE value<<=1;
IF (B>=H) value=(value<<1)+1; ELSE value<<=1;
    
```

실제, 위 관계식에 의해 64개의 CONTEXT가 존재하지만, 논리적으로 18개의 CONTEXT는 존재하지 않는다. 현재화소의 context값이 구해지면, Context 값에 따라, 그림3에 나와 있는 16가지 예측 모드에 적용하여, 그 에러값의 절대치를 저장하고, 블록내의 예측이 끝날때까지 예측 모드별로 SAD(sum of absolute difference)(식.1)를 구한 후, 그 합이 가장 작은 모드를 그 Context값의 예측기로 선

택하게 된다. 이런 과정을 거쳐, context에 따라 서로 다른 예측기를 갖게 된다.

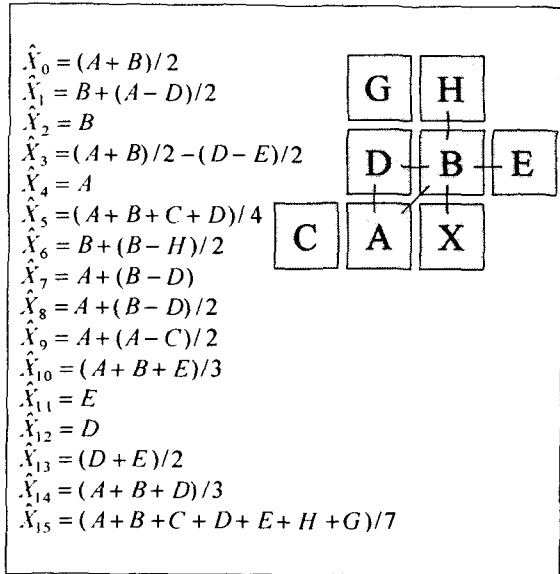


그림 3 예측기의 종류

$$SAD_i = \sum_{j=0}^{64} |X(j) - \hat{X}_i(j)|, (i \leq 15) \quad (\text{식.1})$$

이렇게 Context별 Predictor가 선택되면, 실제 예측과정을 수행하게 되는데, 이과정은 앞에 언급했던, 예측기 선택 과정과 크게 다르지 않다. 예측기 선택과정에서는 모든 예측기에 적용하여 그 SAD를 구했던 반면, 실제 예측과정에서는 선택된 예측기를 적용하여 그 에러값을 산출하게 된다. (식.2)

$$err = X - \hat{X}_i(\hat{X}_i \text{는 context별 예측기}) \quad (\text{식.2})$$

III. 인코딩

예측 과정을 거친 후의 에러이미지는 그림4와 같다.



그림 4.(a) 무손실 JPEG의 에러영상 그림 4.(b) 제안한 알고리즘의 에러영상

그림 4.(b)는 제안한 알고리즘을 적용했을때 에러영상이다. 두 영상 모두, 16이상의 에러값에 150을 더해 에러값이 큰 부분을 부각시켰다. 기존의 무손실 JPEG과 비교했을때, 에러부분이 많이 감소했음을 알 수 있다.

예측 후 그 차분은, 그 절대치와 부호를 분리하여, 서로 다른 모델로 적용 산술 부호화(Adaptive Arithmetic coding)을 하게 된다. 부호는 양과 음만 나타내므로, 이진(Binary)코딩을 하게 되며, 에러의 절대값은 에러의 최대값 이상의 심볼을 가진 모델로 부호화를 수행한다.

그림5의 레나영상의 에러값의 분포도를 보면, 92.9%의 에

러값이 절대값 10이하의 값에 분포되어 있는 것을 알 수 있다.

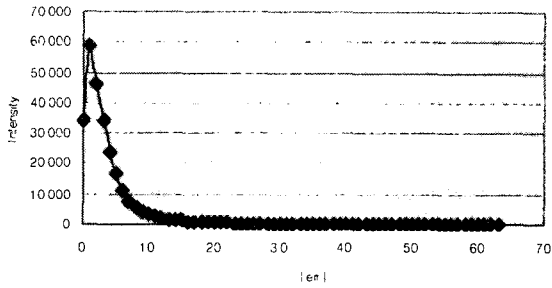


그림5. 레나 영상의 에러 분포

따라서, 산술부호화시, 하나의 심볼모델로 부호화하는것보다, 여러개의 다른 심볼개수를 갖는 모델로 부호화 하는 것이 효율적이다.



그림 6 Lena에러 영상의 8x8블록별 최대 에러값 양자화

그림6은 에러영상에서, 8x8블록별로 에러의 최대값을 0~7사이의 값으로 양자화 한 후, 구별을 위해 영상을 재조정하는 것이다.블록이 어두울수록 0에 가까우며, 밝을수록 7에 가까운 값을 갖게 된다. 특이한 점은 양자화를 거친 영상을 보더라도, 레나의 형상을 어느 정도 유지하는 것을 알 수 있다. 이는 예지부분의 예측 오류치가 그만큼 크다는 것을 의미한다. 표1에서 보듯이, 양자화된 값은 오버헤드로써, 따로 정보를 보내주게 되며, 그 양자화된 값에 따라, 블록이 몇개의 심볼을 갖는 모델로 부호화를 하게 될지 결정된다. 이렇게 심볼수를 줄임으로써 각각의 심볼이 갖는 확률 구간이 훨씬 넓어지게 되며, 이는 곧 인코딩시 비트스트림의 감소효과로 이어지게 된다.

블록별 최대 에러값	양자화된 값	인코딩 모델의 심볼수
0 ~ 3	0	4
4 ~ 7	1	8
8 ~ 10	2	11
11 ~ 15	3	16
16 ~ 21	4	22
22 ~ 29	5	30
30 ~ 40	6	41

41 ~ 63	7	64
---------	---	----

표 1 적응산술 부호화의 다중 모델

이때, 63을 초과하는 에러값은 다른 예측기를 이용함으로써, 63이하의 값으로 그 값을 재조정한다. 물론 그에 대한 오버헤드는 추가된다.

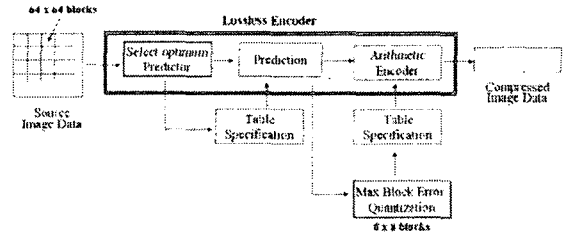


그림 7 제안한 알고리즘의 부호기

IV. 실험 결과

	a. (A+B)/2	b. Multi-Model	c.optimized -predictor	d.adaptive -predictor	e.Proposed
Lena	150,771	143,766	140,798	139,714	135,523
Barbara	181,604	167,469	162,207	159,259	152,199
Boat	169,689	165,719	162,888	157,696	155,751
Couple	168,430	153,244	155,376	152,643	151,553
Zelda	139,144	131,247	134,542	128,882	127,590
Goldhill	161,839	158,994	156,014	154,487	153,114
Baboon	194,128	186,897	182,088	182,609	177,957
Peppers	158,716	154,480	154,521	146,737	143,888
Tiffany	138,924	131,267	130,245	128,345	123,984
Airfield	189,444	185,020	185,576	182,333	183,377
Washsat	116,340	113,570	105,806	106,197	105,275

표 2 제안한 무손실 압축 방식의 실험 결과

표2는 제안한 무손실 압축 방식에 대한 실험 결과이다.

결과 (a)는 lossless JPEG의 경우처럼, 단순히 가장 가까운 두개의 픽셀을 가지고 예측한후, 적응산술부호화를 한 경우이며, (b)는 (a)와 예측은 동일하나, 앞서 언급했듯이, 8*8블록별로 최대에러값을 양자화한후, 그에 따른, 8개의 모델중 하나의 모델에 따라 부호화한 실험한 결과이다. (a)와 비교해서 평균 4.5%의 압축효율 향상이 이루어졌음을 알 수 있다.

실험 결과 (c)는 context별 예측기의 선택을 16개의 다른 테스트영상을 통하여, 가장 많이 나오는, 예측기로 일반화하여, 그에 따라 실험 한 것이다.

이렇게 함으로써, 추가적인 예측기 정보를 보내지 않아도 됨으로, 비트를 절약할 수 있다.(c)의 실험 결과, (a)보다 약 6%의 성능 향상을 보였지만, SAD의 가장 작은 합을 예측기로 선택한, (d)의 경우는 약 8%의 성능 향상을 이루었다. 따라서 아직 (c)를 영상에 적용하기에는 좀 더 연구가 필요하다고 할 수 있다.

(e)의 실험결과는 (b)+(d)의 결과로써, 본 논문에서 최종적으로 제안하는 방식이다. 실험결과 (a)보다 11%의 성능 향상을 이루었다. 이는 (b)와 (d)의 효율개선합인 12.5%보다 약간 떨어지는 결과이다. 예측이 잘 될 수록 블록이 가

지는 최대 에러값이 자연스레 작아지게 되므로, 다중 모델을 쓰는 효과가 그만큼 상쇄한 것으로 생각된다.

표3은 기존의 여러 압축 알고리즘과의 성능을 비교한 것이다. JPEG-LS, SPIHT 방식보다 0.2bpp 정도의 압축 성능 향상을 보였으며, CALIC과는 대등한 성능을 보여주고 있다. 특히 인공위성사진인 Washsat의 경우, 다른 방식보다 월등한 압축성능을 보였으며, Airfield의 경우는 제안한 방법이 효과적이지 못했음을 보여준다.

그림8은 본 논문에서 사용한 테스트 영상이다.

	JPEG-LS	SPIHT	CALIC	Proposed
Lena	138,833	137,236	135,028	135,523
Barbara	159,340	154,337	153,354	152,199
Boat	157,138	159,349	153,690	155,751
Couple	153,244	157,331	150,591	151,553
Zelda	131,247	128,884	127,037	127,590
Goldhill	154,434	156,786	152,227	153,114
Baboon	184,298	178,669	177,863	177,957
Peppers	146,134	150,078	143,340	143,888
Tiffany	128,074	128,405	124,596	123,984
Airfield	182,386	186,000	179,398	183,377
Washsat	135,309	141,371	119,465	105,275
bpp	4.634	4.656	4.485	4.467

표 3 기존의 무손실 정지영상 압축과의 비교



그림 8. 테스트 영상

IV. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 블록단위 Context 별 최적의 예측기를 선택하여, 예측을 한 후, 그 에러치를 8*8블록내 최대 에러값에 따라 8개의 값으로 양자화 한 후, 양자화된 값에 따라, 8개의 모델중 하나를 택하여, 부호화하는 방법을 제시하였다.

JPEG-LS와 비교시 0.2bpp의 성능 향상을 이루었으며, CALIC과는 대등한 압축성능을 보였다. 또한 JPEG-LS

보다 부호화/복호화 시간이 오래 걸렸으나 CALIC보다는 빠른 속도를 나타냈다. 따라서 복잡도와 효율이 동시에 중요시 될 때, 본 논문에서 제안한 알고리즘이 활용 가치가 있다 하겠다.

현재 제안한 방법은 주변 context별로, 최적의 예측기를 선택하는 과정이 있으나, context를 구성하는 방법이라던지, context에 따른 에지정보를 예측하는 방법, 그리고 특정 context에 따른 효과적인 예측기를 찾는 등의 연구가 좀 더 필요할 것으로 보인다. 이렇게 함으로써, 좀 더 정확한 예측값을 얻을 수 있으며, 부호화시 부가적으로 필요한 오버헤드를 줄일 수 있을 것이다. 또한 예측기를 선택하는 과정을 제거 함으로써, 부호화/복호화 시간에도 기여할 수 있을 것으로 보인다.

참고문헌

- [1] "Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Part 1: Introduction and Overview", http://medical.nema.org/dicom/1999/draft/99_01DR.PDF
- [2] "The LOCO-I lossless image compression algorithm : Principles and standarization into JPEG-LS", IEEE Trans.Image Process, vol.9 Aug.2000
- [3] "Context-Based, Adaptive, Lossless Image Coding", Xiaolin Wu, IEEE Transaction on Communications, VOL.45, NO4, APRIL 1977
- [4] JPEG-2000 Part 1 Final Draft International Standard (15444-1, N2127), 9 March 2001.
- [5] <http://www.cipr.rpi.edu/research/SPIHT/>
- [6] "Arithmetic Coding Revisited" Alistair Moffat, ACM transaction on Informations Systems, Vol.16, No.3, July 1998 p256~294.
- [7] "Lossless Compression of Continuous-Tone Images", Bruno Carpentieri, Proceedings of the IEEE, vol.88, NO.11, November 2000