

로우 패스 필터를 이용한 정지 영상 압축에 관한 연구

김성종*·신인철**

초 록

최근들어 디지털 영상 처리에 대한 필요성이 날로 증가하고 있으며, 디지털 영상 압축은 영상 정보의 저장과 전송을 위해 반드시 필요하다. CCITT와 ISO에 의해 만들어진 JPEG에서는 그레이 스케일과 칼라 정지 영상 압축을 위한 표준안을 제안하였으며 약 1/10에서 1/50 정도의 압축률을 하에서 시각적인 저하 없이 다양한 응용분야에 적용할 수 있다.

본 논문에서는 영상의 고주파 부분을 감소시켜 영상에서의 공간 중복성을 높여 압축률을 높일 수 있는 방안을 제안하였다. 고주파 부분을 감소시키기 위한 방법으로는 저역 필터를 사용하였으며, 공간 영역에서의 필터로 메디안 필터와 컨벌루션을 사용하였고 주파수 영역에서의 필터로는 FFT를 사용하였다. 실험결과 저역 필터를 사용하여 고주파 부분을 감소시킬 수 있어 부가적인 압축률 향상을 얻을 수 있었다.

1. 서 론

최근에 이르러 디지털 영상에 대한 응용이 급속하게 확대되고 있으며 디지털 영상 처리의 기술은 통신, 전자 출판, 컴퓨터, 의료 영상 시스템과 같은 여러 응용 분야에서 필요성이 더욱 증대되고 있다. 그러나 일반적인 데이터와 달리 디지털 영상은 데이터량이 매우 크기 때문에 실시간 처리가 불가능하여 많은 정보를 저장하거나 전송하기 위해서는 디지털 영상의 압축이 필수적이라 할 수 있다. 영상 압축 기술은 영상 신호에 상당량의 중복성 정보가 포함되어 있어, 이들을 제거하여도 원래 영상의 화질에는 영향을 미치지 않는다는 특성을 이용한

다.(Rabbani and Jones, 1991) 따라서 영상 압축은 전송에 필요한 통신 선로의 대역폭 감소 문제 및 정보 저장에 필요한 기억용량 감축 문제를 해결할 수 있기 때문에, 디지털 영상 처리시 경제성 문제를 해결할 수 있다.

영상 압축의 실현에 대한 시도로는 팩시밀리 전송에 사용되는 이진 정지영상 압축 알고리즘에 대한 CCITT의 권고안인 T.4 및 T.6의 MH(Modified Huffman) 부호화, MR(Modified read) 부호화 및 MMR(Modified Modified Read) 부호화 방식들이 있고, 그레이 스케일 및 칼라 정지영상의 압축 및 복원에 대해서는 ISO와 CCITT에 의해 설립된 JPEG(Joint Photographic Experts Group) 정지영상 표준 압축/복원

* 단국대학교 전자공학과 박사과정

** 단국대학교 전자공학과 교수

알고리즘이 있다. 동영상에 대해서는 CCITT 연구그룹 XV로 부터 화상 전화용 동화상 압축기법의 권고안인 H.261이 발표되었고, ISO/IEC JTC1/SC2/WG8에 의해 설립된 MPEG(Moving Picture Experts Group)에 의해 컴퓨터 환경에서 동화상을 취급할 수 있도록 CD(Compact Disk)나 DAT(Digital Audio Tape)등 DSM(Digital Storage Media)에 저장을 목적으로 하는 동화상 압축 및 복원에 대한 표준화 작업이 진행 중이다.(Pennebaker and Mitchell)

이들 중에서 그레이 스케일 및 칼라 디지털 정지 영상의 압축 및 복원 알고리즘을 규정하고 있는 JPEG 표준화 안은 영상의 품질에 있어서, 시각적인 저하 없이 데이터량을 1/10에서 부터 1/50 정도 까지 압축이 가능하므로 다양한 분야에의 적용이 가능하다.

영상 압축 기법에는 예측값과 실제 데이터의 값의 차신호를 전송하여 데이터 압축 효과를 얻는 예측 부호화 기법과, 분산 값이 큰 몇 개의 변환 계수만을 전송하여 데이터 압축을 하는 변환 부호화 기법이 있다. JPEG은 여러 가지의 변환 부호화 방식에서 DCT(Discrete Cosine Transform)를 채택하였다.

본 논문에서는 영상에서의 고주파 부분을 감소시켜 영상에서의 공간 중복성을 높여 압축률을 높이도록 하였다. 고주파 부분을 감소시키기 위한 방법으로 FDCT(Forward DCT)를 하기 전에 전처리 과정(Preprocessing)으로서 저역 필터(Low Pass filter)를

사용하였다. 저역 필터로는 공간 영역에서의 필터로 관측된 값의 중간 값을 갖는 메디안 필터(Median Filter)와 컨벌루션(Convolution)을 사용하였고, 주파수 영역에서의 필터로는 FFT를 사용하였다.(Gonzalez and Woods, 1992) 따라서 로우 패스 필터를 이용하여 고주파 성분을 어느 정도 감소시킴으로써, 복원 영상을 크게 손상시키지 않는 범위에서 추가적인 압축률 향상을 얻도록 하였다.

II. 정지 영상 압축

1. 영상 압축의 방법

영상 압축은 방대한 양의 디지털 정보를 응용 분야에서 요구하는 화질을 유지하면서도 가능한 적은 수의 비트로 표현하는 것이다. 영상에는 상당한 양의 공간 중복성(Spatial Redundancy)이 포함되어 있으며, 이러한 공간 중복성은 사람이 영상을 구별하는데 거의 사용되지 않는 부분이기 때문에 제거의 대상이 된다. 공간 중복성을 제거하는 것이 압축 과정이며 압축 방법은 무손실 압축과 손실 압축 방법으로 나눌 수 있다.

2. JPEG 표준안

JPEG(Joint Photographic Experts Group)은 국제 표준화 기구인 CCITT와

ISO에 의해 정의된 정지영상 압축에 대한 국제 표준으로, 이진 영상을 제외한 그레이 레벨 영상이나 컬러 영상 등 거의 모든 2차원 정지영상을 압축하기 위해 필요한 사항을 명시하고 있다. JPEG은 손실 압축방법(Lossy Compression : Transform Coding)과 무손실 압축방법(Lossless Compression : Predictive Coding) 모두를 지원하며, 응용에 따라 사용할 수 있는 여러 가지 동작 모드를 가지고 있다.

JPEG 위원회는 제안된 여러 가지 영상 압축 기법들 중에서 주관적 성능 평가 과정을 통해 최종적으로 1988년 1월 8X8 DCT를 기반으로 하는 영상 압축 기법을 선정하였다. 그리고 JPEG 위원회는 순차적 모드, 점진적 모드, 계층적 모드, 무손실 모드의 4가지 동작 모드를 DCT에 의한 압축 기법으로 구현하려고 하였으나 기술상의 어려움으로 인하여 무손실 압축 모드만은 단순예측 기법에 의한 압축 알고리즘으로 구현하였다. 그러므로 JPEG 표준안은 크게 나누어서 DCT를 기반으로 하는 손실 압축 방법과 단순예측 기법을 통한 무손실 압축 방법으로 나눌 수 있다. 엔트로피 부호화 기법으로는 허프만 부호화와 산술 부호화 두 가지를 제안하고 있어 필요에 맞게 사용할 수 있다.

(1) JPEG의 동작모드와 조건

JPEG을 표준으로 제정하는 과정에서 요구되는 동작모드와 조건들은 아래와 같다.

① 압축률과 영상의 품질에 있어서 사용되

는 기술은 가능한 최신의 것이어야 한다.

② 압축률은 가능한 높아야 하지만 복원 영상의 품질이 'Very Good' 에서 'Indistinguishable' 정도는 되어야 한다.

③ 대부분의 응용에 적용할 수 있어야 한다.

④ 구현하기에 어려워서는 안된다.

⑤ 소프트웨어로 구현해도 충분한 성능을 낼 수 있어야 한다.

3. JPEG 베이스 라인 모드

JPEG은 일종의 압축 규약이기 때문에 상세한 기술보다는 기본적인 구성과 기능, 정밀도 및 오차에 대한 권고 사항만이 명시되어 있고, 실제 구현에 관련된 부분에는 상당한 융통성을 부여하고 있다. 따라서 제작자는 기술적 요구, 효율 및 응용 등에 따라 조금씩 다른 JPEG 시스템을 구현할 수 있다.

JPEG에서는 이러한 융통성에 따른 모호성과 호환성을 확보하기 위해 최소한의 기본적인 시스템 요구 사항이 정의되어 있는데, 이를 베이스라인 모드(Baseline Mode)라 한다. 이에 비해 좀 더 확대된 응용과 압축 효율의 개선을 위해 확장모드(Extended Mode)도 함께 정의되어 있다.

JPEG에서의 베이스라인 모드는 인코더와 디코더로 구성된다. 인코더는 원래의 영상을 입력받아서 압축된 영상을 만드는 과정이고, 디코더는 압축된 영상을 가지고 복원

시킨다. 인코더와 디코더는 서로 대칭적인 구조를 가지며 DCT 변환, 양자화, 허프만 부호화를 거치게 된다. 그림 2-1과 그림 2-2에 인코더와 디코더의 구성 형태를 보았다.(Pennebaker and Mitchell)

Ⅲ. 로우 패스 필터를 이용한 압축률의 개선

1. 로우 패스 필터(Low Pass Filter)

디지털 영상의 노이즈는 영상 스펙트럼의 고주파 성분으로 나타나기 때문에 로우 패스 디지털 필터는 노이즈 제거에 사용할 수 있다.(Pitas, 1993)

본 논문에서 전처리 과정으로서 로우 패스 필터를 쓰는 이유는, 로우패스 필터를 사용하여 고주파 영역을 저주파 영역과 어느 정도 비슷하게 만들으로써 영상에서의 공간 중복성을 높이는 데 목적이 있다. 따라서 영상에서의 공간 중복성이 많아지므로 압축률의 개선을 얻을 수 있다. 그림 3-1은 로우 패스 필터를 이용한 실험 과정이다.

2. 메디안 필터(Median Filter)

이동 평균 필터(moving average filter) 같은 선형 필터는 영상의 에지 부분 등을 블루어링(bluring) 시키기 때문에 영상의 질 저하를 가져온다.(Pitas, 1993)이러한 이유로

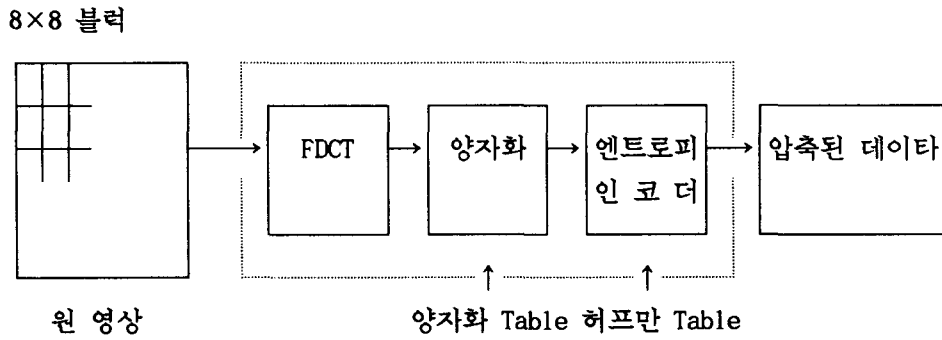
고주파 부분을 효과적으로 감소시키면서도 에지 부분을 보존하기 위한 필터로써 비선형 필터를 사용한다.

이동 평균 필터가 에지를 스무스(smooth)하게 하여 에지 부분을 많이 훼손하는 반면에 메디안 필터는 관측된 영상의 중간 값을 필터의 출력으로 결정하기 때문에 고주파 부분을 어느 정도 감소시키지만 에지 부분을 보존할 수 있다.

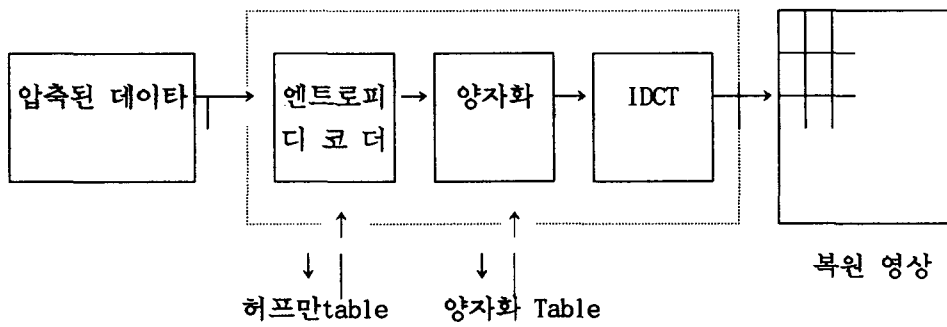
3. 컨벌루션을 이용한 필터

컨벌루션은 가중치의 합을 구하는 과정으로써, 픽셀과 주변의 픽셀들이 가중치를 담고 있는 배열에 해당하는 원소와 곱해지고, 그 합을 새로운 픽셀의 값으로 결정한다. 컨벌루션 커널을 이루는 가중치를 컨벌루션 계수라 하고, 계수의 수를 컨벌루션의 커널의 크기라 한다. 이 두 변수에 따라서 필터링 주파수가 결정된다.

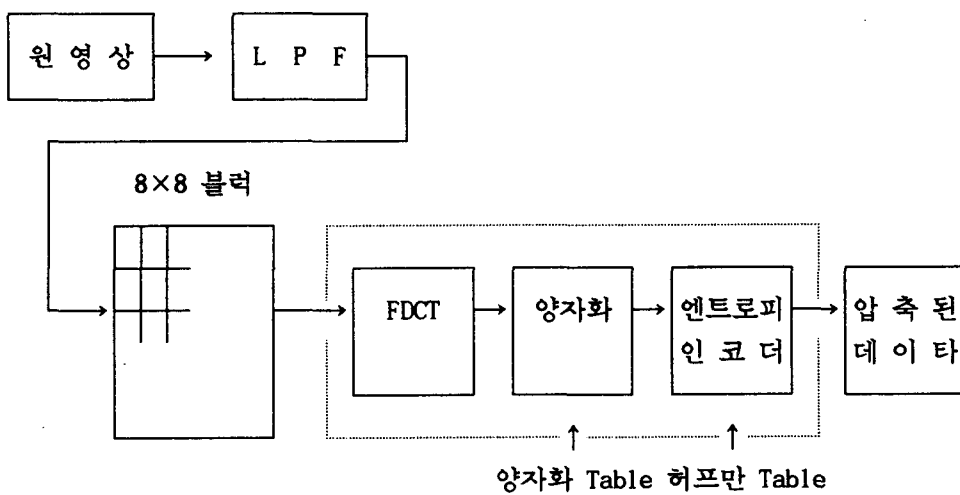
컨벌루션 계수들은 홀수×홀수 형태를 취하며 계수의 합이 1인 것이 특징이다. 컨벌루션을 이용하여 필터링을 하면 저주파 영역은 원래의 값으로 보존이 되지만 고주파 영역들은 주변 픽셀들의 영향으로 상당 부분이 제거된다.



<그림 2-1> DCT-based Encoder



<그림 2-2> DCT-based Decoder



<그림 3-1> LPF를 이용한 실험 과정

4. FFT를 이용한 필터

FFT 필터는 원래의 영상을 FFT를 통하여 공간 주파수별로 분리한 다음 원하는 필터링 주파수(Cut off frequency) 이상을 잘라 주는 것이다.(Pitas, 1993) 원래의 영상을 공간 영역에서 주파수 영역으로 바꾸어 푸리에 변환을 거친 후 원하는 주파수 이상으로 잘라 주고, 그 다음에 역푸리에 변환을 통하여 원래의 공간 영역으로 바꾸어 준다.

5. 압축 영상의 평가 방법

영상을 압축했을 때는 원래의 영상이 어느 정도로 부호화가 되었는지를 평가하는 기준으로 객관적인 평가와 주관적인 평가로 나누었다.

복원 영상의 질(quality)을 평가하는데 있어서 객관적인 평가로는 압축률과 픽셀당 비트수와 RMSE(Root Mean Squared Error)와 PSNR (Peak Signal to Reconstruction Noise)등의 항목으로 평가하였다.^[10]

$$\text{압축률} = \frac{\text{원래 영상의 비트수}}{\text{압축된 영상의 비트수}}$$

$$bpp = \frac{\text{압축된 영상의 비트 수}}{\text{원 영상의 픽셀수}}$$

원래의 $N \times N$ 영상 (f)과 복원 영상 (f')으로 표시하면 RMSE는 아래와 같은 식으로

주어지며 에러 영상의 표준편차를 나타낸다.

RMSE(Root Mean Square Error)

$$= \sqrt{\frac{1}{N^2} \cdot \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N [f(i, j) - f'(i, j)]^2}$$

8 bit(0~255)영상에서의 PSNR(dB)의 측정은 아래의 식으로 계산한다.

PSNR(Peak Signal to Reconstruction Noise)

$$= 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{255}{RMSE} \right)$$

항상 적은 값의 RMSE(큰 값의 PSNR)가 복원 영상의 질(quality)이 우수하다고 평가할 수 없기 때문에, 주관적인 평가도 같이 취급하였다.

영 상	필 터	주관적	압축률	비 고
		평 가	개 선	
Lena	MEDIAN	5	+586	메디안 필터 사용시 다른 필터에 비해 블루어링 현상이 있음.
	CONVOLUTION	6	+719	
	FFT(14)	6	+174	
	FFT(20)	6	+1	
* 압축률 개선은 JPEG으로 압축한 영상의 크기와의 차이를 비교				
* Median 필터는 3×3 필터				
* FFT()의 괄호안의 숫자는 cut-off 주파수임.				

<표 4-1> 필터에 따른 압축률의 개선

이 미 지	압축한 크 기 (byte)	bit per pixel (bpp)	압축률	RMSE	SNR (dB)	주관적 평 가	비 고
LENA.JPG	4,848	0.591	13.51:1	8.32	29.73	6	JPEG으로 압축한 영상
LENA_3.MED	4,262	0.520	15.37:1	7.90	30.18	5	메디안 필터 (3×3 필터)
LENA_5.MED	3,792	0.462	17.28:1	11.87	26.64	4	
LENA_C1.CON	3,982	0.486	16.45:1	10.45	27.75	4	컨 별 루 션 필 터 (3×3 필터)
LENA_C2.CON	4,042	0.493	16.21:1	10.15	28.00	5	
LENA_C3.CON	4,129	0.504	15.87:1	9.79	28.31	6	
LENA_F1.FFT	1,532	0.187	42.77:1	22.77	20.98	1	FFT 필터 cut-off 1
LENA_F2.FFT	2,773	0.338	23.63:1	18.21	22.92	2	
LENA_F4.FFT	3,072	0.375	21.33:1	15.33	24.42	2	
LENA_F6.FFT	3,373	0.411	19.42:1	14.59	24.85	3	
LENA_F8.FFT	4,062	0.495	16.13:1	11.02	27.28	4	
LENA_F10.FFT	4,386	0.535	14.94:1	9.40	28.66	5	
LENA_F14.FFT	4,674	0.570	14.02:1	8.96	29.08	6	
LENA_F20.FFT	4,847	0.591	13.52:1	8.32	29.72	6	

<표 4-2> Lenna 영상에서 로우패스 필터를 이용한 압축률의 비교

IV. 실험 결과

본 논문에서 제안한 로우 패스 필터를 JPEG의 베이스 라인 시스템에 적용하였다. 실험에서 사용한 영상은 Lenna 영상이며 영상의 크기는 256×256 (64kbyte)이고 8bit/pixel을 갖는 그레이 레벨의 영상이다. 실험 장비로는 i486-DX2 66MHz인 IBM PC를 사용하였다. 실험에 이용한 영상에 대해서 JPEG을 이용하여 압축-복원한 영상과 전처리 과정(메디안, 컨벌루션, FFT)을 거친 영상을 JPEG을 이용하여 압축-복원한 영상과 비교하였다. 비교 항목은 압축률, bpp(bit per pixel), RMSE(Root Mean Square Error), PSNR(Peak Signal to Reconstruction Noise), 주관적 평가로 설정하였다.

<표 4-1>의 Lenna 영상에 대한 실험에서 컨벌루션은 커널의 변화에도 비교적 비슷한 압축률을 보였고 에지 부분이 손상되는 블루어링 현상이 발생하였다. FFT를 사용시는 cut-off 주파수를 1로 하였을 때는 원래의 영상을 거의 알아볼 수 없을 정도로 심한 블러킹 현상이 발생하였다. cut-off 주파수가 10 이상일 경우에 비교적 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 3×3 메디안 필터를 사용하였을 경우에는 에지 부분이 어느 정도 손상되면서도 양호한 결과를 얻을 수 있었으며 5×5 메디안 필터 사용시에는 블루어링 현상이 심하게 발생하였다.

V. 결론

JPEG을 사용하여 정지 영상을 압축/복원을 하였을 경우 10:1 ~ 13:1 정도의 압축률을 가질 때 원래의 영상과 큰 차이를 못 느낄 정도로 좋은 영상을 얻을 수 있음을 확인하였다. 압축률을 높이기 위한 필터로써 메디안, 컨벌루션, FFT등의 3가지의 필터를 이용하여 전처리 과정을 거침으로써, 복원 영상이 전처리 과정을 거치지 않은 영상과 비슷한 영상을 얻으면서도 추가적인 압축률의 증가를 얻을 수 있었다.

컨벌루션 방법은 에지 부분이 손상되는 블루어링 현상이 발생하였고, FFT는 cut-off 주파의 범위가 커질수록 영상이 심하게 손상되며 적은 범위로 필터링을 했을 때는 복원 영상이 훌륭했다. 메디안 필터는 관측된 영상의 중간값 만을 필터의 출력으로 결정하기 때문에 3×3 필터의 경우에는 에지 부분에 약간의 손상을 가져오지만 복원 영상은 우수 했다.

앞으로 전처리의 필터로 사용하기 위하여 영상에 손상이 가지 않으면서도 압축률을 높일수 있는 필터에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

참 고 문 헌

- D. A. Huffman, "A Method for the Construction of Minimum Redundancy Codes," Proc. IRE, Vol. 40. pp. 1098-1101, 1952.
- I. H. Witten, R.M. Neal, and G. Cleary, "Arithmetic Coding for Data Compression," Comm. of the ACM, Vol. 30, pp. 520-540, June 1987.
- A. K. Jain, "Image Data Compression : A Review," Proc. IEEE, Vol. 69, pp. 349-389, 1981.
- M. Kunt, M. Bernard, and R. Leonardi, "Recent Result in High Compression Image Coding," IEEE Trans. Circuits and System, Vol. CAS-34. pp. 1306-136, 1987.
- T. A. Welch, "A technique for High-performance data compression," IEEE Computer Magazine, pp. 8-19, June 1984.
- William B. Pennebaker, Joan L. Mitchell, "JPEG still image data compresssion standard", VAN NOSTRAND REINNHOLD
- G. K. Wallace, "The JPEG still picture compression standard," Comm. of the ACM, Vol. 34. No. 4, pp. 30-44, April 1991.
- K.R.Rao, P.Yip, Discrete Cosine Transform Algorithms, Applications, Academic Press, 1990.
- Ioannis Pitas, Digital Image Processing Algorithms, Prentice Hall, 1993.
- M. Rabbani, P. W. Jones, Digital Image Compression Techniques, SPIE Optical Engineering Press, 1991.
- Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley, 1992
- 김 태균, 최 형진, "화상처리 기초", 정익사, 1990.