한국통신학회 1988년도 추계학술발표회 논문집(1988. 11. 5)

DCT 변환 계수값에 의한 점진 전송식 부호화 기법

정 영 준,* 김 재 균
한국과학기술원, 전기 및 전자공학과

Progressive transmission coding technique by DCT coefficient values

Yeong-Joon Jeong, Jae-kyoon Kim
Dept. of Electrical Engineering, KAIST

Abstract

A progressive transmission technique suited for the very low bandwith channel (4.8 kbps) is proposed. Progressive build_up is made by several thresholds, and run_length coding without run_length(RL) prefix is used.

This method is simple, and results in good quality at 0.5 bpp (or 0.75 bpp)

I. 서 론

정지 영상 (Still Image) 을 전송하는 방식으로는 일반적인 Slow Scanning 방식과 다양한 해상도의 영상을 낮은 것부터 점진적으로 전송하는 점진 전송 (Progressive Transmission) 방식이 있는데, 후자는 점진 전송에 따른 전송 효율을 증대할 수 있기 때문에 전화선과 같은 낮은 대역폭을 갖는 전송로에 적합한 전송 방식이며[1,2], 최근 국제 표준화 기구인 ISO 와 CCITT 에서 정지 영상 압축 기법의 표준화 작업이 진행되어 거의 마무리 단계에까지 와있다[3].

그러나, 기존의 점진 전송식 부호화 기법들[3,4,5,6,7]은 각 단계 사이의 전송효율을 고려하지 않았거나, 전송율의 조절이 쉽지 않은 단점이 있다.

본 논문에서는 DCT 변환 계수 값에 의한 점진 전송으로 이러한 점을 보완하고, 다소 간단하면서도 256x256x8 pels 의 해상도를 갖는 흑백 정지 영상을 4.8 kbps 의 전송로를 이용하여 수 초 내에 좋은 화질의 재생 영상을 얻을 수 있는 방식을 제안하여, 표준 기법으로 거의 정해진 ADCT[3] 를 이용한 점진 전송방식과 비교하였다.

II. 본 론

그림 1.은 점진 전송에 의한 부호화의 기본 흐름도이다. 일반적인 부호화 기법과 다른 점은 여러 장의 영상을 만들기 위해 feedback loop 를 더 갖는 것이다. Progressive build_up 은 흐름도에서의 각 단계에서 사용하는 방법에 따라 여러 가지가 있다.

본 논문에서는 그림 1.에서의 thresholding, 양자화, 엔트로피 부호화를 기본 구성으로 한다. 그림 2.는 이에 대한 구체적인 전체 구성을 나타낸다. 간단히 하기 위해 preprocessing 은 하지 않았으며, classification 은 분류화에 의한 성능 향상이 0.5 bpp 정도의 낮은 전송율에서는 구분된 블럭을 나타내기 위한 부가 정보와 상반되어 복잡하기만 할 뿐 큰 효과가 없기 때문에 하지 않았다. 점진 전송 방식에서의 특징점으로 전송 순서 (Transmission Sequence) 를 고정시켜 전송하는 방법 [6,7] 이 있는데, 이 방법은 전송해야할 계수의 크기만을 부호화하면 되므로 위치 정보를 보내지 않아도 되는 장점이 있으나 변환된 블럭들을 몇 개의 class 로 나누는 과정과 각 class 에서의 전송 순서를 결정하는 과정이 복잡하고, 정확히 구분이 안되는 블럭들에 대한 개략적인 분류에서 오는 비효율적인 비트 할당이 위치 정보의 감축과 상쇄된다.

이제 각 단계 별로 제안된 방법을 살펴보자.

1) threshold 의 결정.

일반적으로 zonal coding 보다는 threshold 에 의한 방법이 성능이 좋기 때문에 이 방법을 사용하였으며, 각 단계에서의 전송율의 조절이 용이하도록 하였다. 실험

영상들의 DCT 후의 AC 계수들의 확률 분포를 구해보면 그림 3. 과 같이 Laplacian 분포에 가까우며 절대값이 3 보다 작은 계수의 수가 약 90% 정도이고, 3 이상의 계수들만으로도 좋은 화질의 재생 영상을 얻을 수 있음을 실험 결과 알 수 있었다.

따라서 주요 단계에 해당하는 threshold T_2 를 3 으로 정하였으며, 가장 낮은 threshold T_1 은 1 로 정하여 최종 단계의 화질이 거의 원 영상에 가깝게 되도록 하였다. 또, T_k (k≥3) 는 각 단계에서 요구되는 비트율에 따라 조절할 수 있도록 하였다. 즉, 각 단계에서의 AC 계수의 발생 확률이 정해진 비트율에 맞도록 T_k 를 구한다. 구해진 threshold 보다 큰 AC 계수의 수와 이들의 양자화 오차에서 대략적인 SNR 을 추정할 수 있으며, 원하는 화질을 얻을 수 없을 때는 threshold 를 조절하여 쉽게 얻을 수 있다.

(1) 비트율의 결정

비트율은 아래식과 같이 구할 수 있다.

$$(b_r)_k = (f_r)_k \times (l_w)_k \;/\; (image\ size) \qquad (1)$$

k : 단계

b_r : 정해진 비트율

f_r : $|C_{ij}| \geq$ Thr 인 갯수

l_w : codeword의 평균 길이

이때 l_w 는 크게 변하지 않고, f_r 은 T_k를 점점 낮춤으로써 b_r에 가깝게 되도록 구할 수 있다. 따라서, 정해진 비트율 (b_r)에 쉽게 맞출 수 있다. 만일, 확률분포 p(x)를 정확히 알 수 있으면 T_k는 다음의 식으로 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} a \cdot \int_{T_1}^{T_2} p(x)\,dx &= b \cdot \int_{T_2}^{T_3} p(x)\,dx \\ &= c \cdot \int_{T_3}^{T_4} p(x)\,dx \\ &= d \cdot \int_{T_4}^{\infty} p(x)\,dx \end{aligned} \qquad (2)$$

a,b,c,d : 각 단계에서 요구되는 비트율에 의해 결정되는 상수이다.

즉, (1)식에서 $\frac{b_r}{f_r}$ = const. 이고,

$(f_r)_k \propto \int_{T_k}^{T_{k+1}} p(x)\,dx$ 로 볼 수 있으므로 $\frac{1}{(b_r)_k}$에 비례하는 상수 a,b,c,d 를 구할수 있고, 따라서 (2)식에서 T_k를 구할 수 있다.

(2) 각 단계에서의 화질 결정

효과적인 점진 전송이 되기 위해서는 각 단계 사이의 해상도의 차이가 뚜렷해야 한다. 즉, 최소한 3dB 이상의 차이가 있어야 하며

$$(SNR)_{n+1} \geq (SNR)_n + 3 \quad [dB]$$

이에 따라 전송율을 결정하는 것이 좋다.

본 논문에서는 균등 양자화기를 사용했기 때문에 이에 대한 양자화 오차와 전송해야 할 계수의 수로 쉽게 SNR의 추정이 가능하므로 화질에 따른 전송율의 결정을 쉽게 할 수 있다.

2) 양자화기

제안된 기법이 오차 보상형이 아니기 때문에 각 단계에서의 양자화 오차가 가능한 작도록 하였으며,균등 양자화기를 사용하였다. 여기서 구한 step size 와 앞에서의 threshold 로 원하는 비트에서의 화질을 대략 추정할 수 있다.

3) 엔트로피 부호화

nonzero 계수에 대해서는 Huffman 부호화를 하고 zero 는 run_length 부호화를 하되 마지막 nonzero 계수임을 나타내는 end of block (EOB) 를 사용하였다. 기존의 방법에서는 Huffman 부호와 run_length 부호의 구별을 위해 run_length prefix 를 사용하였는데 여기서는 이를 사용하지 않고 전송 방법을 다르게하여 해결하였다. 그림 4. 와 같이 한 블럭 내의 전송해야할 nonzero 계수들만을 다 보낸 후 EOB 를 전송한다. 다음에는 방금 전송한 계수들의 블럭 내의 위치를 나타내는 run_length 부호를 차례로 전송한다.

III. 시뮬레이션 결과

제안 방법의 성능을 알아보기 위해 ADCT 방법과 비교를 하였다. 비교 방법은 SNR (= $10\log(255^2/mse)$) 과 주관적 평가(subjective test), 복잡도(complexity)로 하였다.

시험 영상은 256x256x8 pels 의 해상도를 갖는 'girl' 과 'lenna' 를 이용하였다.

1) 화질 평가

그림 5.에서 알수 있듯이 1 bpp 이하에서는 거의 비슷하거나 제안 기법이 다소 높은 SNR 값을 가지나 실제 주관적 평가에서는 ADCT 기법과 거의 차이가 없는 화질의 재생 영상을 얻었다. ADCT 에 의한 재생 영상은 filtering 효과에 의해 전체적으로 다소 흐릿하게 보이나, 제안 방법에 의해 재생된 화면은 다소 뚜렷하나 경계 부근의 화질 저하가 상대적으로 눈에 잘 뜨인다. 1 bpp 이상의 최종 단계에서는 ADCT 방법에 의한 화질이 더 좋았다.

2) 복잡도 비교

ADCT 기법은 DCT를 하기 전에 subsampling과 filtering에 의해 축소 영상을 만들어 저장해야 하므로 계산량이 많아진다.

(1) 차 영상(difference image) 을 얻는 과정에서 원래 데이타보다 1/3 가량이 더 필요하다.

$$g_T = g_o + 1/4\ g_o + 1/16\ g_o$$
$$= g_o\ (1 + 1/3)$$

(2) transform 횟수의 증가

1/3 가량 늘어난 데이타와 마지막 단계에서의 원 영상과 재생 영상의 차에 대한 변환 기법의 적용으로 4/3 배 가량의 transform 이 더 필요하다.

$$(NB)_T = 2\ (g_o / N^2) + 1/4\ (g_o / N^2) + 1/16\ (g_o / N^2)$$
$$= (g_o / N^2)\ (1 + 4/3)$$

$(NB)^T$: 총 block 수

g_o : 원 영상의 크기

N : block size

표 1. 두 방법 사이의 계산량 비교

	데이타량	transform block 수
ADCT	1+1/3	1+4/3
제안 방법	1	1

IV. 결 론

본 논문에서는 DCT 변환 계수의 절대값에 의해 결정한 몇 개의 threshold 에 의해 progressive build_up 을 구성하는 방법이 제안되었고, run_length 의 중복성을 줄임으로써 비트율의 감축을 얻었다. 그 결과 다소 쉽게 전송율을 조절할 수 있었으며, 주요 단계에서의 전송율, 0.5 bpp(or 0.75 bpp)에 서 좋은 화질을 얻을 수 있었다. 그러나 입력 영상의 통계 특성에 따라 좀 더 쉽게 각 단계에서의 화질을 결정할 수 있는 방법에 대한 연구가 더 필요하다.

참 고 문 헌

[1] K.R.Sloan and S.L.Tanimoto, " Progressive refinement of raster scan images," IEEE Trans. Comput., Vol.C-28, pp.871-874, Nov., 1979.

[2] W.D.Hofmann and D.E.Troxel, "Making progressive Transmission adaptive," IEEE Trans. Commun., Vol.COM-34, No.8, pp.806-813, Aug., 1986.

[3] ISO/TC97/SC2/WG8 Document N640, Jan. 1988.

[4] L.Wang and M.Coldberg, "Progerssive image transmission by multistage transform coefficient quantization", ICC '86, pp.419-423, 1986.

[5] Kou-Hu Tzou and Sharaf E.Elnahas, "An optimal progressive transmission and reconstruction scheme for transformed images," ICC '86, pp.413-418. 1986.

[6] H.Lohscheller, "A subjectively adapted image communication system," IEEE Trans. Commun. COM-32, pp.1316-1322, 1984.

[7] S.E.Elnahas, R.G.Jost, J.R.Cox, and R.L.Hill, "Progressive transmission of digital diagnostic images," in Applications of Digital Image Processing VIII, A.G.Tescher, ed., Proc. SPIE 575, pp.48-55, 1985.

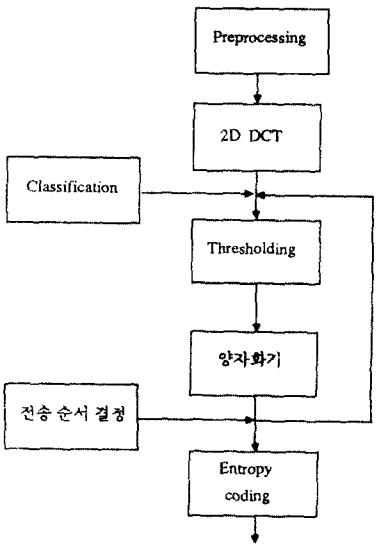

그림 1. 점진 전송 방식의 일반 구성도.

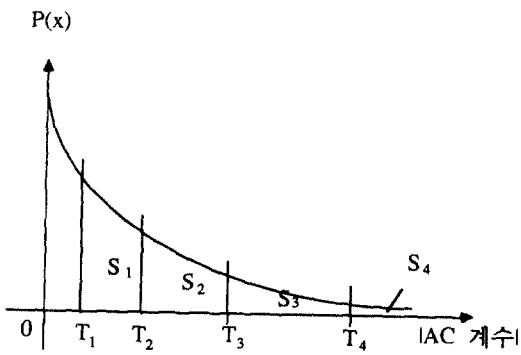

그림 3. AC 변환 계수의 분포와
Threshold 와의 관계.

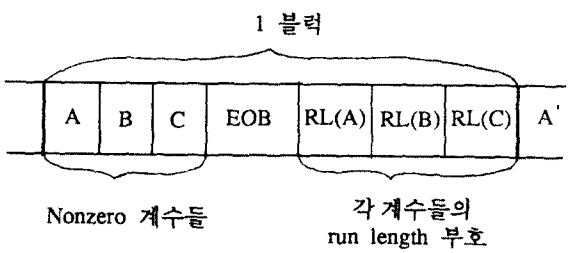

그림 4. 한 블럭 내에서의 계수들의
크기와 위치 정보의 전송 순서.

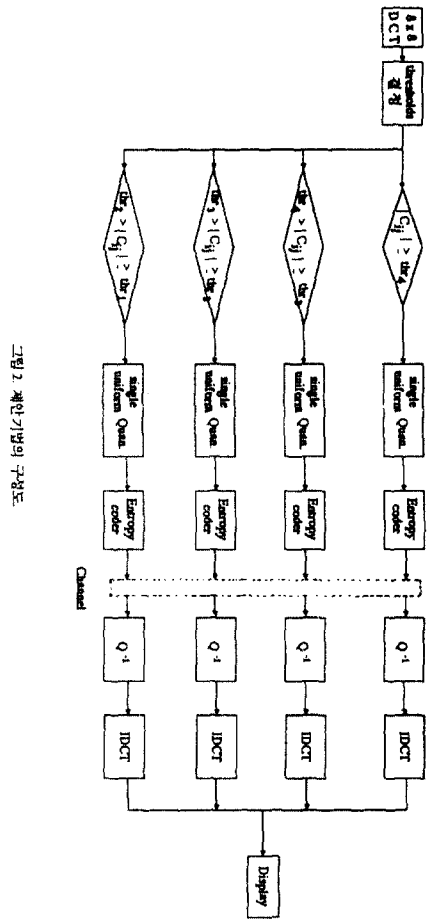

그림 2. 제안된 기법의 구성도.

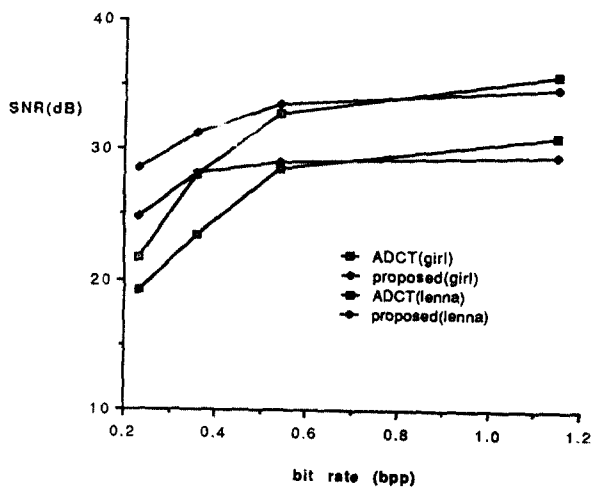

그림 5. 두 기법의 성능 비교.
test image : girl
lenna