

LMS ALGORITHM 을 이용한 HYBRID CODING

김 승 원
성균관대학교

이 근 영
전자공학과

HYBRID CODING USING THE LMS ALGORITHM

SEUNG-WON KIM.
DEPT. OF ELECTRONICS,

KEUN-YOUNG LEE.
SUNG KYUN KWAN UNIV.

ABSTRACT

IN ADAPTIVE LINEAR PREDICTION, AN ADAPTIVE CAPABILITY IS BUILT INTO THE PROCESSOR SUCH THAT AS THE IMAGE STATISTICS CHANGE, THE PREDICTION FILTER COEFFICIENTS THEMSELVES CHANGE, PRODUCING A NEW FILTER MORE CLOSELY OPTIMIZED TO THE NEW SET OF IMAGES STATISTICS.

THE LMS ALGORITHM MAY BE USED TO ADAPT THE COEFFICIENT OF AN ADAPTIVE PREDICTION FILTER FOR IMAGE SOURCE ENCODING.

IN THIS PAPER, TWO CODING SYSTEMS USING DPCM AND LMS ALGORITHMS RESPECTIVELY FOR OBTAINING THE FIRST TRANSFORMED COEFFICIENT IN HYBRID CODING ARE COMPARED.

본 논문은 HYBRID CODING 방식에 있어 1차 TRANSFORM을 거친 COEFFICIENT들에 대해 DPCM CODING을 이루는 기존 방식과 DPCM CODING 대신에 LMS ALGORITHM을 통한 CODING 방식을 비교, 검토해 보았다.

2. HYBRID CODING

HYBRID CODER는 TRANSFORM 과정과 DPCM 과정의 처리를 통해 영상의 HORIZONTAL, VERTICAL CORRELATION도를 측정하게 된다.

HYBRIDCODER 의 간단한 SYSTEM BLOCK DIAGRAM은 그림1과 같다.

1. 서론

(1)(3)

HYBRID CODING 은 TRANSFORM CODING 에 있어 낮은 비트율의 압축전송에서도 좋은 성능을 가지며 영상의 통계적 특성변화에 무관, 전송시 성능 저하가 작다는 장점과 SPATIAL CODING 의 간단한 하드웨어 구성의 장점을 결합한 CODING 방식이다.

즉, 영상 데이터에 대해 TRANSFORM 을 행한 후에 이 TRANSFORM 된 COEFFICIENT 들에 DIFFERENTIAL PULSE CODE MODULATORS(DPCM) SYSTEM 을 거침으로서 CODING 을 이루게 된다.⁽¹⁾

LEAST MEAN SQUARES (LMS) ALGORITHM은 DPCM과 마찬가지로 PREDICT CODING 방식으로, COEFFICIENT를 PREDICT 해나가는 과정에 있어 고정된 WEIGHTING COEFFICIENT를 사용하는 DPCM CODING에 비해 WEIGHTING COEFFICIENT를 변화, 좀 더 OPTIMAL한 PREDICT를 행할 수 있는 ALGORITHM이다.⁽²⁾⁽⁷⁾

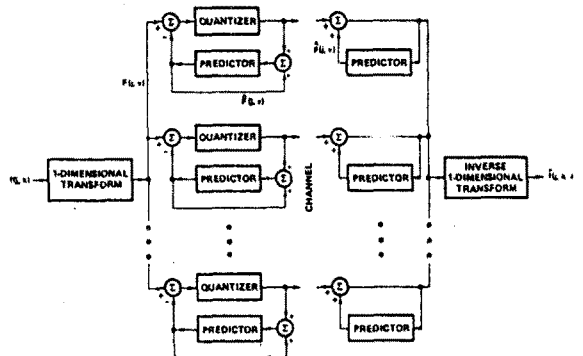


그림 1. HYBRID SYSTEM

실제 CODER 이행을 위해 입력 영상 $F(J,K)$ 는 여러 개의 작은 SUBBLOCK 을 형성하기 위해 분할된다. 즉, $N \times N$ 의 영상은 $M \times N$ 이나 $M \times M$ ($M < N$)의 SUBBLOCK으로 나누어지며 이 SUBBLOCK의 각 ROW 방향으로 1차 TRANSFORM을 거치게 된다.

TRANSFORM에는 FOURIER를 포함 HADAMARD, SLANT, SINE, COSINE, KARHUNEN-LOEVE TRANSFORM등이 있으며 본 논문

에서는 CODING PERFORMANCE 의 우수함과 IMPLEMENTATION SIMPLICITY, TRANSVERSAL FILTERING에 의해 효율적으로 처리가 가능하며 또한 TRANSFORM된 COEFFICIENT들에 대해 PREDICT CODING을 거치는 과정에 있어서도 다른 TRANSFORM보다도 더 좋은 수행력을 가지는 DISCRETE COSINE TRANSFORM (DCT) 이 HYBRID CODING에서 많이 쓰이고 있다.(6)
ONE-DIMENSIONAL DISCRETE COSINE TRANSFORM과 INVERSE TRANSFORM은 다음과 같다.

$$F_c(j, v) = \frac{2c(v)}{M} \sum_{k=0}^{M-1} f_c(j, k) \cos\left[\frac{(2k+1)v\pi}{2M}\right]$$

$$v = 0, 1, 2, \dots, M-1 \quad (1)$$

$$f_c(j, k) = \sum_{v=0}^{M-1} c(v) F_c(j, v) \cos\left[\frac{(2k+1)v\pi}{2M}\right]$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, M-1 \quad (2)$$

$$\text{단, 여기서 } c(v) = 1/\sqrt{2} \quad (v=0) \\ = 1 \quad (v \neq 0)$$

각 ROW의 TRANSFORM된 COEFFICIENT들은 COLUMN 방향으로의 CORRELATION도를 가지게 되어 COLUMN CORRELATION COEFFICIENT는 다음과 같다.

$$\rho_c(v) = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^{N-1} F_c(j, v) F_c(j-1, v) / \left[\frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} F_c^2(j, v) \right] \quad (3)$$

ADAPTIVE HYBRID 방식에 있어서는 각 COLUMN에 대해 (3)식과 같이 OPTIMAL 한 WEIGHTING COEFFICIENT를 구하며 TRANSFORM된 COEFFICIENT들에 대해 ZERO-MEAN (4)과 각 COLUMN에 대해 차분산(5)을 구함으로써 ADAPTIVE한 BIT할당을 통해 전체적인 CODING의 효율을 높일 수 있으나 CODER의 복잡도가 높아지므로 NONADAPTIVE HYBRID CODING의 경우 고정된 WEIGHTING COEFFICIENT 를 쓰고 있으며 보편적으로 WEIGHTING COEFFICIENT A(I)는 0.90의 값을 갖는다.

$$A(I) = 0.90 \quad I = 1, 2, \dots, n \quad (n < M)$$

$$\hat{F}(v) = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} F_c(j, v) \quad (4)$$

$$\sigma_D^2(v) = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} D^2(j, v) - \left(\frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} D_c(j, v) \right)^2 \quad (5)$$

TRANSFORM된 COEFFICIENT들은 WEIGHTING COEFFICIENT에 따라 PREDICT를 이루며 PREDICT는 다음과 같다.

$$\hat{F}_c(j, v) = A(I) F_c(j-1, v) \quad (6)$$

예측화에 따른 차값은 다음과 같다.

$$D_c(j, v) = F_c(j, v) - \hat{F}_c(j, v) \quad (7)$$

이 차 SIGNAL은 QUANTIZE되며 CODE화 되어 수신측에 보내진다.

3. LMS ALGORITHM

LMS IMAGE COMPRESSION SYSTEM의 BLOCK DIAGRAM은 그림 2에 나타나 있다.

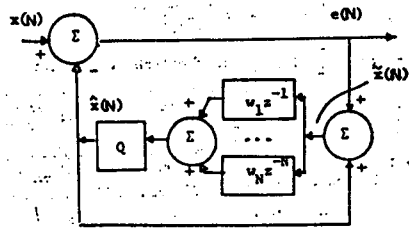


그림 2 BLOCK DIAGRAM OF LMS ENCODER

선형 예측치 $\hat{x}(N)$ 은 다음과 같이 구해진다.

$$\hat{X}(N) = W^T \tilde{X}(N) = \sum_{i=1}^N W_i(i) \tilde{x}(N-T_i) \quad (8)$$

여기서 $w_i(N)$ 은 N개의 ADAPTIVE PREDICTOR COEFFICIENT들이며 $\tilde{x}(N)$ 은 RECONSTRUCT IMAGE DATA 이다.

T_i 는 현 예측 에 기저를 둔 전 영상 화소 선택에 따른 DELAY 정도이다.

각 예측화에 따른 PREDICTION RESIDUAL $e(N)$ 은 다음과 같다.

$$e(N) = x(N) - \hat{x}(N) \quad (9)$$

이 RESIDUAL은 양자화되어 이 양자화된 RESIDUAL이 수신측에 보내지게 된다.

TRANSFORM된 COEFFICIENT에 대한 분포는 입력 영상에 관계없이 식(10)과 같이정의되는 LAPLACIAN 분포를 가진다.

본 논문에서는 표 1과 같은 QUANTIZER를 적용하였다.

Bits	Uniform		Gaussian		Laplacian	
	d_i	r_i	d_i	r_i	d_i	r_i
1	-1.0000 0.0000 1.0000	-0.5000 0.5000	$-\infty$ 0.0000 ∞	-0.7979 0.7979	$-\infty$ 0.0000 ∞	-0.7071 0.7071
2	-1.0000 -0.5000 -0.0000 0.5000 1.0000	-0.7500 -0.2500 0.2500 0.7500	$-\infty$ -0.9816 0.0000 0.9816 ∞	-1.5104 -0.4528 0.4528 1.5104	$-\infty$ -1.1269 0.0000 1.1269 ∞	-1.8340 -0.4198 0.4198 1.8340
3	-1.0000 -0.7500 -0.5000 -0.2500 0.0000 0.2500 0.5000 0.7500 1.0000	-0.8750 -0.6250 -0.3750 -0.1250 0.1250 0.3750 0.6250 0.8750	$-\infty$ -1.7479 -1.0500 -0.5005 0.0000 0.5005 1.0500 1.7479 ∞	-2.1519 -1.3439 -0.7560 -0.2451 0.2451 0.7560 1.3439 2.1519	$-\infty$ -2.3796 -1.2527 -0.5332 0.0000 0.5332 1.2527 2.3796 ∞	-3.0867 -1.6725 -0.8330 -0.2334 0.2334 0.8330 1.6725 3.0867

표 1 PLACEMENT OF DECISION AND RECONSTRUCTION LEVELS FOR MAX QUANTIZER

$$p_i(x) = \frac{\alpha}{2} e^{-\alpha|x|} \quad (10)$$

$$\sigma(x) = \frac{\sqrt{\pi}}{\alpha}$$

단, 여기서 $\sigma(x)$ 는 계수의 표준 편차

즉, 고정된 세 가지 QUANTIZER(1BIT, 2BIT, 3BIT)를 가지고 실험하였다.

이렇게 양자화된 RESIDUAL은 다음 PREDICT COEFFICIENT를 UPDATE하기 위해 LMS ALGORITHM에 적용되어 진다.

$$W_i(N+1) = W_i(N) + \text{ALPHA} \times e_q(N) \times X(N - T_i) \quad (11)$$

ALPHA는 이득 PARAMETER이며 STEADY STATE와 PREDICTOR의 MEAN-SQUARE RESIDUAL을 수렴케 한다.

4. 시뮬레이션 결과 및 고찰

본 논문에서 사용된 화상은 64 X 64의 크기로 구성된 32단계의 GREY LEVEL을 가지는 BOY화상을 적용시켰으며 TRANSFORM된 COEFFICIENT들에 대해 적용해본 DPCM과 LMS CODING 비교를 위해 식(12)와 같이 정의되는 NORMALIZED MEAN SQUARE ERROR(NMSE)를 통해 객관적인 평가를 내렸으며 그림 4,5를 통해 주관적 평가인 원 영상과 복원 화상의 차이인 ERROR 화상을 제시하였다.

$$NMSE = \frac{\sum_{j=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} [f(j,k) - R(j,k)]^2}{\sum_{j=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} [f(j,k)]^2} \quad (12)$$

여기서 N은 화상 크기이고 F(J,K)는 원 영상의 GREY LEVEL이며 R(J,K)는 복원된 영상의 GREY LEVEL이다. DPCM이나 LMS를 거친 QUANTIZED RESIDUAL은 ZONAL CODING방식으로 전체적인 BPP(BIT/pixel)를 결정하였으며 CHANNEL을 통한 ERROR는 없는 것으로 가정하였다.

1BPP의 경우 BIT 할당은 다음과 같다.

(3,3,3,2,2,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0)

즉 고정된 QUANTIZER(3,2,1 BIT)를 가지고 실험한 결과 기존 HYBRID CODING보다 LMS ALGORITHM을 적용시켰을

경우 NMSE가 평균 15-20% 정도 감소됨을 볼 수 있었다.

정지된 화상의 경우 이외에 HYBRID CODING에 있어 INTERFRAME에도 LMS ALGORITHM을 사용한다면 좋은 결과가 얻어지리라 기대된다.

5. 참고 문헌

1. ALI HABIBI & PAUL A. WINTZ "IMAGE CODING BY LINEAR TRANSFORMATION AND BLOCK QUANTIZATION" IEEE TRANS. COMMUN. VOL.COM-19 NO 1, FEB 1971
2. S. A. ALEXANDER & S. A. RAJALA "IMAGE COMPRESSION RESULTS USING THE LMS ADAPIVE ALGORITHM" IEEE TRANS.ACOUST,SPEECH,SIGNAL PROCESSING VOL.ASSP -33 NO.3,JUN
3. ALI HABIBI "HYBRID CODING OF PICTORIAL DATA" IEEE TRAS. COMMUN VOL.COM-22 NO.5, MAY 1974
4. M. D. PAEZ, AND T. H. GLISSON, "MINIMUM MEAN-SQUARE ERROR QUANTIZATION IN SPEECH PCM AND DPCM AND SYSTEMS" IEEE TRANS.COMMUN. VOL.COM-20 APT 1972
5. W. K. PRATT, DIGITAL IMAGE PROCESSING, NEWYORK,WILEY,1978
6. W. K. PRATT, IMAGE TRANSMISSION TECHNIQUES, ACADEMIC,1979
7. BERNARD WIDROW & SAMUEL D. STEARNS, ADAPTIVE SIGNAL PROCESSING,PRENTICE-HALL, INC. 1985



그림 3 ORIGINAL IMAGE

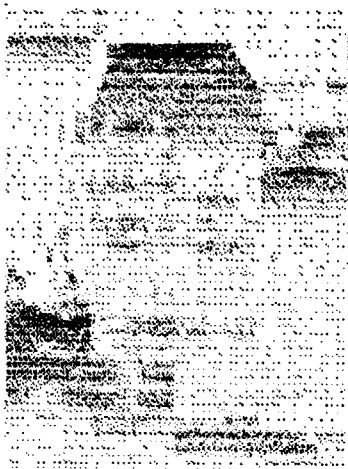


그림 4 DPCM을 통한 ERROR 확산 (2BIT/PIXEL)

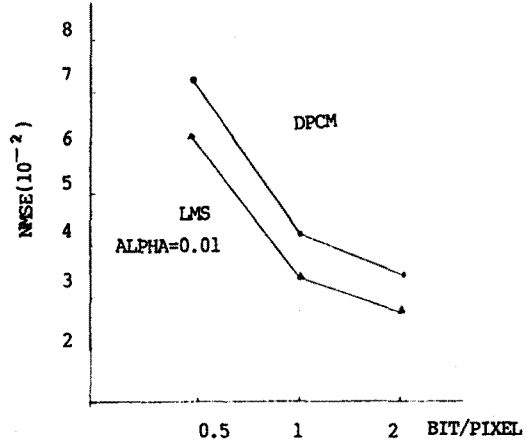


그림 6 MSE VERSUS TRANSMITTED BIT RATE

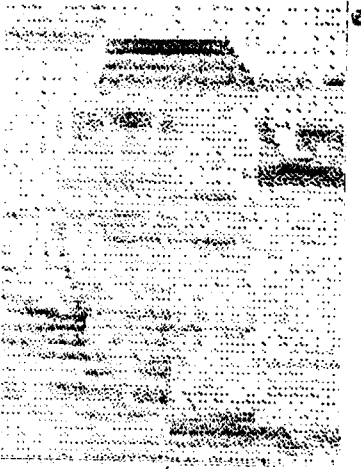


그림 5 LMS를 통한 ERROR 확산 (2BIT/pixel)

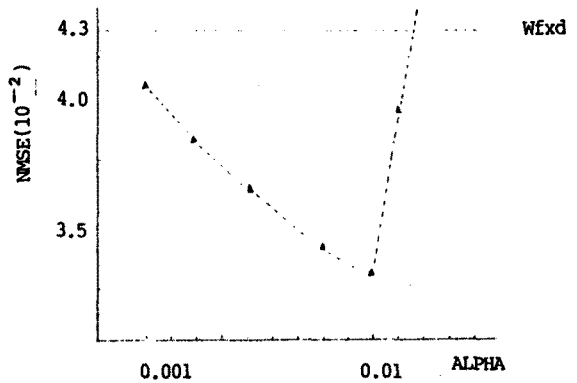


그림 7 RATIO OF LMS DISTORTION TO DPCM DISTORTION VERSUS ALPHA RATE 1BIT/PIXEL

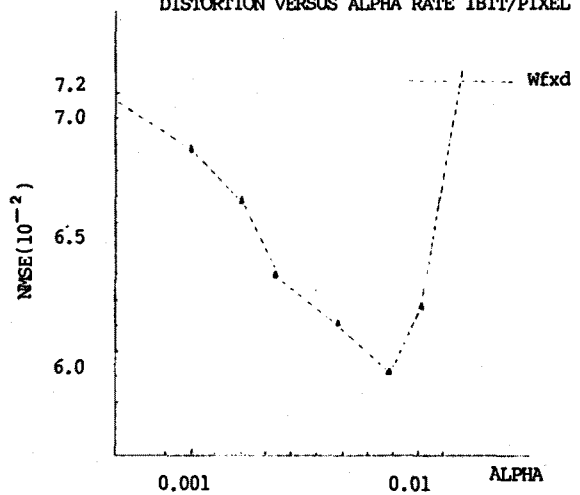


그림 8 RATIO OF LMS DISTORTION TO DPCM DISTORTION VERSUS ALPHA RATE 0.5BIT/pixel