

## 에지 적응 1-비트 DPCM 영상부호화

## (An Edge Adaptive 1-Bit DPCM Image Coding)

沈 英 錫\*, 南 相 旭\*\*

(Young Serk Shim and Sang Wook Nam)

## 要 約

본 논문에서는 고정 1 bit/pel DPCM의 성능을 개선하기 위하여 성능저하의 주 요인인 윤곽부분에서의 과부하 잡음을 줄이기 위한 실험 연구를 행하였다. 먼저 영상을 평탄부분과 윤곽부분으로 분류한 후, 그 형태에 따라 예측기를 절환하고 여기에 경사보상 및 moving average 부분의 삼입등으로 윤곽부분에 대한 적응력을 높혀 과부하 현상이 극소화되도록 하였다. 평탄/윤곽 부분의 분류는 이진화된 주변화소들을 이용하였다. 양자화기도 평탄부분과 윤곽부분에 따라 절환하도록 하고, 그 scale 적응화방법을 실험적으로 설계하였다. 연구된 방법의 성능은 컴퓨터 모의실험에 의해 신호대 잡음비와 사진 비교를 통해 몇가지 다른 방식과 비교되었으며, 연구된 방법이 윤곽부분에서의 과부하현상을 뚜렷하게 개선시킴을 확인하였다.

## Abstract

An 1-bit DPCM image coding method is presented. Our method is specially designed to reduce the slope overload which seems to be the major performance degradation factor in 1-bit DPCM. In the present algorithm, based on the classification of neighborhoods by its flatness, slope strength and direction, predictor and quantizer operate adaptively through switching action. Compared with some other methods by computer simulation, proposed method shows improved performance in image quality as well as in signal to noise ratio. This gain mainly comes from the reduced slope overload and seems large to compensate the increased complexity in prediction. As a post processing, Lee filter is used to reduce the granular noise subjectively annoying in flat region.

\*正會員, 慶北大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Kyungpook Nat'l Univ.)

\*\*準會員, 金星精密

(GoldStar Precision Co., Ltd.)

接受日字: 1988年 3月 10日

(※ 본 논문은 한국과학재단의 연구비 지원에 의해 이루어진 것임.)

## I. 서 론

영상 부호화에 있어서 DPCM 방식은 부호화과정 이 간단하면서도 3 bit/pel 정도의 부호화율에 있어서는 변환 부호화등과 비슷한 성능을 보인다.<sup>1)</sup> 그러나 1 bit/pel의 낮은 부호화율에서는 DPCM 방식이 지니는 양자화잡음 캐환의 결함이 문제가 되어 재생 영상의 화질이 크게 떨어지는 단점을 가지고 있다.

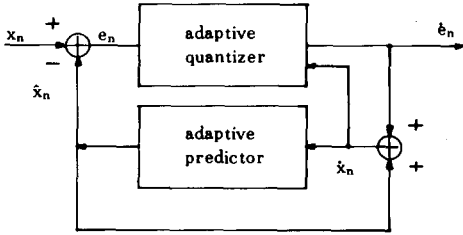


그림 1. DPCM 블록선도  
Fig. 1. Block diagram of DPCM coder.

그림 1에서와 같이 DPCM은 양자화 잡음이 섞인 과거 신호치들  $\{x_n\}$ 에 근거한 추정치들을 반복 계산시켜 예측치를 정하고, 양자화기의 적응에도 이용한다. 부호화율이 3-4 bit/pel인 경우에는 양자화 잡음이 작아 별 문제가 없지만 1 bit/pel의 저부호화율에서는 큰 양자화 잡음으로 인해 추정치의 분산치가 커지고, 양자화기의 scale 인자, 특히 예측치의 부정확도가 증가되기 때문이다. 이때 영상의 윤곽부분에서 심각한 과부하현상이 나타나게 된다. 이 과부하 잡음은 입상잡음에 비해 매우 큰 값을 나타내게 되고, 다음 화소의 부호화 시 예측치 및 양자화기 scale 인자에 심각한 영향을 미쳐 성능저하의 주 요인이 되는 것이다. 1-bit DPCM의 성능을 개선하기 위해서는 이 과부하 잡음의 감소를 염두에 둔 예측기 및 양자화기의 설계가 필요하다.

과부하 잡음을 줄여 윤곽부분에서의 성능을 개선하는 방법은 세가지로 생각해 볼 수 있다. 첫째는 영상의 국부 특성을 적절히 추출한 후 그에 따라 예측기를 절환하여 사용하는 기본 예측기의 성능개선을 통한 방법이고, 둘째는 저부호화율 DPCM에 있어서 크게 나타나는 예측오차 간의 상관관계를 이용하여 예측기 구성에 moving average 부분을 사용하는 방법이다. 세째로는 평탄부분과 윤곽부분에 따라 적용방식을 절환하여 사용하는 방식이다.

예측기 절환 방법은 2-3 bit/pel의 부호화율에서 간단한 형태로 적용 연구된 바 있으며,<sup>[2,3,4]</sup> 윤곽부분에 대해 좋은 효과를 나타낸다. 절환방식을 1 bit/pel의 부호화율에 적용하는 경우는 좀 더 세밀한 예측기 구성을 요구하게 된다. 예측오차 간의 상관성을 예측에 이용하는 방법은 영상을 이차원 ARMA (autoregressive moving average) 과정으로 모델화한 후 DPCM 부호화하는 것으로서,<sup>[5]</sup> 1bit/pel의 경우에 대해 김용우 등에<sup>[6]</sup> 의해 간단한 형태로 실험된 바 있

다. 이는 인접한 예측오차 간의 상관관계가 크게 나타나는 1-비트 DPCM에서는 매우 효과적인 방법으로 생각된다.

본 논문에서는 위의 세 방식에 대해 적절한 방법을 실험적으로 구한 후 결합하여 적용함으로써 1-bit/pel의 고정 부호화율에서 DPCM의 성능을 개선하도록 하였고, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 과부하현상의 감소 및 향상된 부호화 성능을 확인하였다. 본 논문은 서론에 이어 본 연구에서 채택된 예측기 및 양자화기 구성에 대해 기술하고, 다음으로 컴퓨터를 통한 몇가지 DPCM 방식의 1-bit/pel에서의 모의실험 결과를 기술하였다.

II. 예측기 설계

예측기는 윤곽부분에서의 과부하잡음을 줄이는 데 중점을 두고 설계하였다. 이를 위해서 예측치는 주변화소들에 근거하여 그 윤곽/평탄부분 판정 및 윤곽형태 분류에 따라 정해지는 기본예측치  $P_1$ 과 주변의 경사도 보상치  $P_2$ , 그리고 주변 예측오차 사이의 상관성을 제거하기 위한 moving average 값  $P_3$ 의 합으로 정하였다.

다음에 그 방법을 설명하게 되는데 이를 위해 필요한 현재 화소  $X_0$  및 주변화소들의 이차원적 구성을 그림 2에 도시하였다. 편의상 화소의 명칭과 화소치는 구분하지 않고 사용한다.

$B_2$	$B_3$	$C_1$	$D_1$	$E_1$
$B_1$	$B$	$C$	$D$	$E$
$A_1$	$A$	$X_0$		

그림 2. 현재 화소  $X_0$  및 주변화소의 구성  
Fig. 2. Current pel and its neighborhood.

1. 기본 예측치  $P_1$

기본 예측치는 다음과 같은 과정을 거쳐 결정된다.

- i) 우선 주변화소들을 화소 A, B, C, D의 평균치로 이진화 한다. 평균치보다 큰 값을 갖는 화소는 "H"그룹, 작은 값을 갖는 화소는 "L"그룹으로 분류한 후, 두 그룹 평균의 절대차가 어떤 문턱값(=16)을 넘을 경우 윤곽부분, 작은 경우는 평탄부분으로 분류한다.

- ii) 평탄부분에서의 기본예측치  $P_1 = (A+C)/2$  로 정한다.
- iii) 윤곽부분에서의 기본예측치는 이진화된 기본 화소의 모양에 따라 표 1 과 같이 정한다.

- v) C-D<sub>1</sub>, D-E<sub>1</sub> 이 동부호이면 대각선 45° 방향으로 경사가 존재한다고 판단하고  $S_R = C-D_1$ 으로 한다.

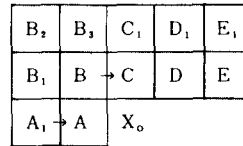
- vi)  $P_2 = \alpha(S_H + S_V + S_L + S_R)$ 로 정한다.

여기서 계수  $\alpha$ 는 실험적으로 0.1로 정하였다. 그림 3 은 각 방향에 대한 경사도 보상치를 나타낸 것이다.

표 1. 윤곽부분의 분류 및 기본예측치 P<sub>1</sub>  
Table 1. Type of slope region and corresponding basic predictions P<sub>1</sub>.

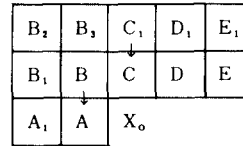
Type	Pattern/ Complementary pattern	Basic prediction P <sub>1</sub>															
D <sub>L</sub>	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>L</td><td>H</td><td>H</td><td>D</td><td>D</td></tr> <tr><td>L</td><td>L</td><td>H</td><td>D</td><td>D</td></tr> <tr><td>D</td><td>L</td><td>X<sub>0</sub></td><td></td><td></td></tr> </table>	L	H	H	D	D	L	L	H	D	D	D	L	X <sub>0</sub>			$a =  B_2 - B_1 $ $b =  B - C $ if $a \geq b, (A+2C)/3$ if $a < b, (2A+C)/3$
L	H	H	D	D													
L	L	H	D	D													
D	L	X <sub>0</sub>															
D <sub>R</sub>	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>D</td><td>D</td><td>L</td><td>L</td><td>H</td></tr> <tr><td>D</td><td>L</td><td>L</td><td>H</td><td>H</td></tr> <tr><td>D</td><td>L</td><td>X<sub>0</sub></td><td></td><td></td></tr> </table>	D	D	L	L	H	D	L	L	H	H	D	L	X <sub>0</sub>			$c =  E_1 - D_1 $ $d =  D - C $ if $c \geq d, (A+C+2D)/4$ if $c < d, (A+C+D)/3$
D	D	L	L	H													
D	L	L	H	H													
D	L	X <sub>0</sub>															
D <sub>V</sub>	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>L</td><td>H</td><td>D</td></tr> <tr><td>L</td><td>X<sub>0</sub></td><td></td></tr> </table>	L	H	D	L	X <sub>0</sub>		$(A+2C) / 3$									
L	H	D															
L	X <sub>0</sub>																
D <sub>H</sub>	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>H</td><td>H</td><td>H</td></tr> <tr><td>L</td><td>X<sub>0</sub></td><td></td></tr> </table>	H	H	H	L	X <sub>0</sub>		$(2A+C) / 3$									
H	H	H															
L	X <sub>0</sub>																
D <sub>α</sub>	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>H</td><td>H</td><td>L</td></tr> <tr><td>L</td><td>X<sub>0</sub></td><td></td></tr> </table>	H	H	L	L	X <sub>0</sub>		$(A+D) / 2$									
H	H	L															
L	X <sub>0</sub>																
D <sub>x</sub>	all other patterns	$(A+C) / 2$															

H : "H" group, L : "L" group, D : don't care



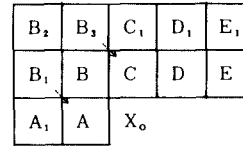
if  $\text{sign}(C-B) = \text{sign}(A-A_1),$

$$S_H = C - B.$$



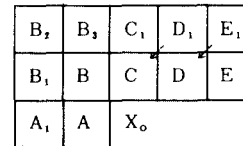
if  $\text{sign}(A-B) = \text{sign}(C-C_1),$

$$S_V = A - B.$$



if  $\text{sign}(A-B_1) = \text{sign}(C-B_2),$

$$S_L = A - B_1.$$



if  $\text{sign}(C-D_1) = \text{sign}(D-E_1),$

$$S_R = C - D_1.$$

$$P_2 = 0.1(S_H + S_V + S_L + S_R)$$

그림 3. 경사도 보상치 P<sub>2</sub>

Fig. 3. Slope compensation P<sub>2</sub>.

2. 경사도 보상치 P<sub>2</sub>

주변화소의 경사방향과 세기를 예측치 구성에 참여시키기 위해 다음과 같이 간단한 검사를 통해 P<sub>2</sub>를 정하였다.

- i) S<sub>H</sub>, S<sub>V</sub>, S<sub>L</sub>, S<sub>R</sub>을 0으로 놓는다.
- ii) C-B, A-A<sub>1</sub>이 동부호이면 수평방향으로 경사가 존재한다고 판단하고 S<sub>H</sub>=C-B로 한다.
- iii) A-B, C-C<sub>1</sub>이 동부호이면 수직방향으로 경사가 존재한다고 판단하고 S<sub>V</sub>=A-B로 한다.
- iv) A-B<sub>1</sub>, C-B<sub>2</sub>가 동부호이면 대각선 -45° 방향으로 경사가 존재한다고 판단하고 S<sub>L</sub>=A-B<sub>1</sub>로 한다.

3. Moving Average 치 P<sub>3</sub>

주변 예측오차 사이의 상관관계를 이용하여 과부하잡음을 줄이기 위한 moving average 값 P<sub>3</sub>는 다음과 같이 정하였다.

$$P_3 = \beta(\hat{e}_A + \hat{e}_C + \hat{e}_D + \hat{e}_E) / 4$$

여기서 계수  $\beta$ 는 실험적으로 0.9로 정하였고  $\hat{e}_A, \hat{e}_C, \hat{e}_D, \hat{e}_E$ 는 각각 화소 A, C, D, E에서의 양자화된 예측오차이다. 화소 B 대신 E에서의 영향을 고려

한 것은 조금 멀리 떨어진 곳에서의 예측 오차와의 상관관계를 제거함으로써 경사도가 큰 윤곽부분에서의 심한 과부하 문제를 다소 완화하는 효과를 가지도록 한 것이다.

III. 적응 양자화기의 설계

적은 수의 양자화 레벨을 가지는 양자화기는 신호의 국부특성에 따라 그 scale 을 적응시키는 것이 필수적이다. DPCM에서는 예측 오차신호를 평균값이 0 인 Laplacian 으로 가정하고 오차신호의 분산치를 추정하여 양자화기의 scale 을 적응 변화시키는 것이 보통이나<sup>17)</sup> 대칭형 양자화기를 사용하는 1-bit DPCM에서는 독립적인 양자화 레벨이 한 개 뿐이므로 분산치추정과 관계없이 양자화 레벨을 정할 수 있다. 본 논문에서는 scale 적응에 필요한 국부적 특성으로 예측치 P와 주변 화소(재생치) A, C, D와의 절대차 중 가장 큰 값 R 을 사용하였다.

$$R = \max(|A-P|, |C-P|, |D-P|)$$

양자화기의 재생레벨 Y는 R 값에 따라 변화하는데, 그 변화관계는 그림 4 와 같이 평탄부분과 윤곽부분에 대해 달리하였다. 여기서  $Y_{min}$ ,  $Y_{max}$  은 각각 영상의 변화에 따라 과부하 잡음이나 입상잡음이 커지는 것을 억제하기 위해 둔 값이다.

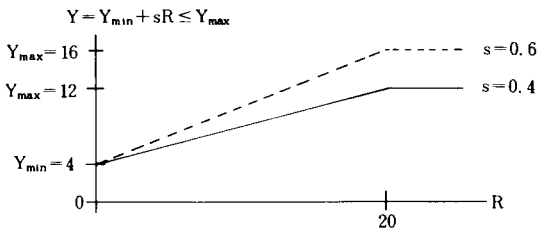


그림 4. R 값에 따른 양자화 레벨  
 (---) 윤곽부분, (—) 평탄부분  
 Fig. 4. Reconstruction level versus R.  
 (---) slope region, (—) flat region.

IV. 실험 결과 및 검토

연구된 1-bit DPCM의 성능을 비교, 검토하기 위해 잘 알려진 GIRL과 CRONKITE 데이터 (256×256 해상도)에 대해 컴퓨터를 이용한 모의실험을 행하였다. 비교를 위해 사용한 DPCM 방식은 다음과 같다.

- i) ALG1:  $P' = (A+C)/2$   
 $Y = 4 + 0.4R \leq 12$
- ii) ALG2:  $P = P' + P''$   
 $P'' = (\hat{e}_A + \hat{e}_B + \hat{e}_C + \hat{e}_D)/4$   
 $Y = 4 + 0.4R \leq 12$
- iii) ALG3: 제안된 방법
- iv) ALG4: ALG3+Lee 필터링<sup>18)</sup>

ALG1은 (A+C)/2의 고정 예측기와 scale 적응인 자 R 을 사용한 DPCM 방식이고, ALG2는 화소 A, B, C, D의 예측오차를 고려하는 moving average 부분을 ALG1 예측기에 첨가한 방식이다. ALG3는 본 논문에서 제안된 방식이며, ALG4는 ALG3 만을 사용할 경우 시각적으로 문제되는 평탄부분에서의 입상잡음을 줄이고, 영상의 질을 전체적으로 부드럽게 하기 위하여, Lee 필터를 이용해서 후처리하는 것이다.

화소 (i,j)에 대해 재생치를  $\hat{x}(i,j)$ , 입상잡음을  $n(i,j)$ 라 하고 원 화소의 값을  $x(i,j)$ 라 할 때, Lee 필터링한 신호  $\bar{x}(i,j)$ 는 다음과 같다.

$$\bar{x}(i,j) = k(i,j) \hat{x}(i,j) + (1-k(i,j)) \bar{\bar{x}}(i,j)$$

$$k(i,j) = \frac{V_{\hat{x}}(i,j)}{V_{\hat{x}}(i,j) + V_n(i,j)}$$

$\bar{\bar{x}}$ 는 재생신호의 3×3 창 내 국부평균치이며  $V_{\hat{x}}$ ,  $V_n$ 은 각각 신호  $\hat{x}$ 와 잡음  $n$ 의 국부 분산치를 나타낸다. 본 논문에서는 그 비로 주어지는 입력 신호대 잡음 비율 14dB로 하였다. 그 이유는 ALG3에 따른 1-bit DPCM은 대체적으로 14 dB 정도의 AC SNR을 보이기 때문이다. 평탄 영역에서는  $V_{\hat{x}}$  값이 작아져서 k 값이 작아지므로 Lee 필터는 평균필터가 되어 입상잡음을 제거하고, 윤곽부분에서는  $V_{\hat{x}}$ 가 큰 값이 되어 k가 1에 가까와져서 원 신호가 거의 그대로 출력됨으로써 윤곽부분을 잘 보존할 수 있으므로 후처리 필터로 적합하다.

DPCM의 성능비교는 사진비교 및 SNR(또는 자승오차) 비교에 의하였다. 이 때 SNR은 다음과 같이 정의된 값이다.

$$SNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{\langle (X-\bar{X})^2 \rangle}$$

1. 양자화 잡음전력의 부분별비교

표 2는 각 부호화 방식을 신호대 잡음비로 비교한 것이고, 표 3은 양자화 잡음전력을 윤곽부분과 평탄부분 별로 비교하여 나타난 것이다. 표 2에서 본 연구에서 제시된 방식은 신호 대 잡음비 면에서 ALG1와 ALG2에 비해 상당한 이득을 보이고 있으며, 표

표 2. DPCM 부호화 방식의 신호대 잡음비 비교  
 Table 2. Performance comparison of 1-bit DPCM methods in terms of signal to noise ratio (in dB).

picture algorithm	GIRL	CRONKITE
ALG1	24.45	22.74
ALG2	29.45	29.29
ALG3	31.17	32.95
ALG4	32.02	35.89

표 3. 평균 양자화 잡음 전력의 윤곽/평탄 부분 별 비교

Table 3. Comparison of mean squared errors in slope or flat region.

	GIRL		CRONKITE	
	윤곽	평탄	윤곽	평탄
ALG1	724.3	103.1	1256.1	186.8
ALG2	256.9	25.2	378.8	23.2
ALG3	130.7	27.5	119.3	16.4
ALG4	114.8	21.1	73.7	7.0

3의 부분별 비교로부터 이는 주로 윤곽 부분에서의 과부하 현상의 개선에 의한 것임을 알 수 있다.

2. 1 차원 단면에 의한 재생결과 비교

그림5는 GIRL 영상의 246번째 행의 원 신호, 재생신호 및 양자화 잡음신호들을 각 방식 별로 도시한 것이다. 그림5(a)를 보면 본 논문에서 연구된 방법이 타 방법에 비해서 신호의 급격한 변화를 잘 따라가고 있음을 볼 수 있으며(128열-150열, 200열-220열), 평탄부분에서의 입상잡음도 크지 않음을 볼 수 있다. 또 그림5(b)의 양자화 잡음 신호에서도 과부하 잡음이 존재하는 구간이 짧고, 크기도 작은 것을 볼 수 있으며, 잡음신호 간의 상관관계 역시 상당히 줄었음을 확인할 수 있다.

3. 재생사진에 의한 비교

그림6은 모의 실험에 사용된 GIRL의 원 영상과 에지영상이다. 에지영상은 윤곽/평탄 분류에 의해 얻어진 것으로서, 어두운 곳은 윤곽부분, 밝은 곳은 평탄부분을 가리킨다. 이를 원 영상과 비교해 볼 때

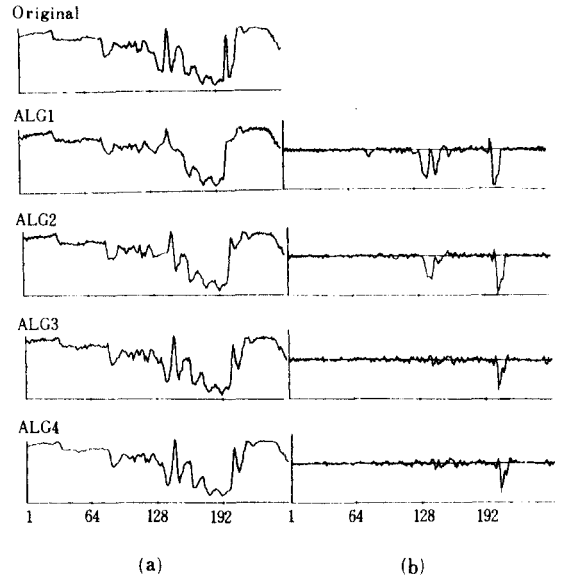


그림 5. 일차원 단면에 의한 신호(246 행, GIRL)  
 (a) 재생신호 (b) 양자화 잡음신호  
 Fig. 5. One dimensional plot of GIRL(246th line).  
 (a) reconstructed signal.  
 (b) quantization error signal.

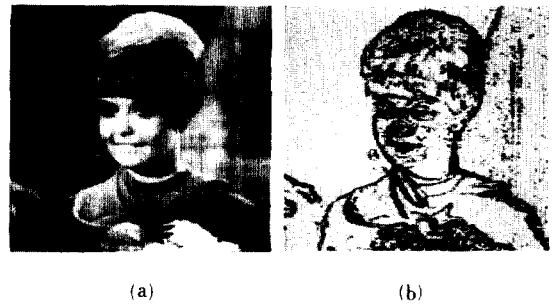


그림 6. GIRL의 (a) 원 영상 (b) 에지 영상  
 Fig. 6. GIRL (a) original image. (b) edge image.

이미 부호화된 주변화소만 가지고도, 비교적 윤곽/평탄 분류가 잘 이루어짐을 알 수 있다. 그림7은 각 1-bit DPCM 부호화 방식에 의한 재생 영상들을 보여주고 있으며, 그림8은 결과 영상과 원 영상과의 절대 차이를 나타낸 것이다. 이 사진 비교에서, 제안된 방식의 재생 영상에서 보다 선명한 윤곽과 좋은 화질을 볼 수 있다. MSE의 부분별 비교에서도 확인된 윤곽 부분에서의 뚜렷한 성능개선은 그림8의 차 영상에서도 명확하다.

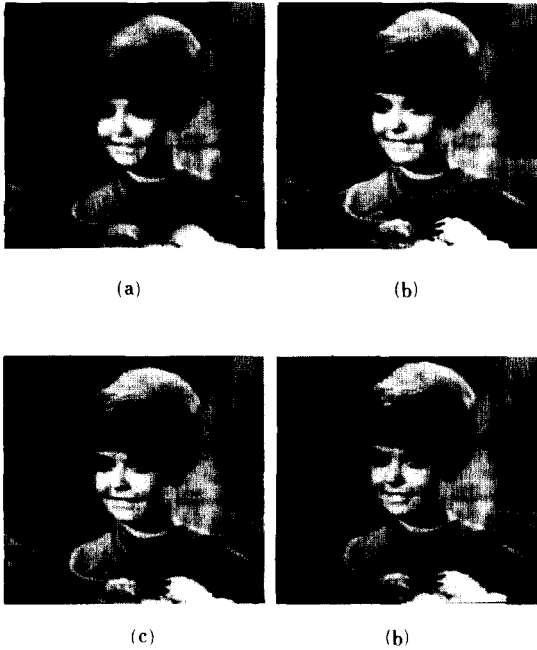


그림 7. 1-bit DPCM 방식의 재생영상  
(a) ALG1 (b) ALG2 (c) ALG3  
(d) ALG4

Fig. 7. Reconstructed 1-bit DPCM images by  
(a) ALG1. (b) ALG2. (c) ALG3.  
(d) ALG4.

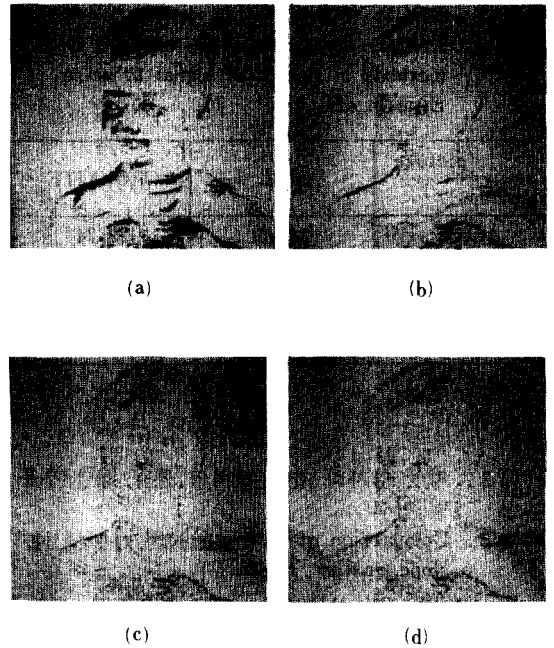


그림 8. 1-bit DPCM 방식의 차 영상  
(a) ALG1 (b) ALG2 (c) ALG3  
(d) ALG4

Fig. 8. 1-bit DPCM error images by  
(a) ALG1. (b) ALG2. (c) ALG3.  
(d) ALG4.

그림 7(d)는 Lee 필터로 재생 영상을 후처리함으로써 평탄부분에서의 입상 잡음을 줄이고, 영상 전체의 질을 부드럽게 한 영상이다. ALG3에 의한 그림 7(c)는 CRT 화면상에서 볼 때 평탄 영역에서의 입상 잡음이 시각적으로 거슬린다. Lee 필터는 이러한 입상잡음을 효과적으로 줄여 주고 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 고정 1 bit/pel DPCM의 성능을 개선하기 위하여 성능저하의 주요인인 윤곽부분에서의 과부하 잡음을 줄이기 위한 실험 연구를 행하였다. 먼저 영상을 평탄부분과 윤곽부분으로 분류한 후, 그 형태에 따라 예측기를 전환하고 여기에 경사 보상 및 moving average 부분의 삽입등으로 윤곽부분에 대한 적응력을 높혀 과부하 현상이 극소화되도록 하였다. 평탄/윤곽 부분의 분류는 이진화된 주변 화소들을 이용하였다. 양자화기도 평탄 부분과 윤곽

부분에 따라 전환하도록 하고, 그 scale 적응화 방법을 실험적으로 설계하였다. 연구된 방법의 성능은 컴퓨터 모의실험에 의해 신호 대 잡음비와 사진 비교를 통해 몇 가지 다른 방식과 비교되었으며, 연구된 방법이 윤곽부분에서의 과부하 현상을 뚜렷하게 개선시킴을 확인하였다. 한 가지 덧붙일 것은 연구된 방법에 의해 발생하는 이진 부호 사이에 아직도 많은 상관 관계가 존재한다는 것이다. 이 상관 관계를 잘 이용하면 재생 영상의 품질을 더욱 향상시킬 수 있을 것이다.

參 考 文 獻

[1] W.K. Pratt, *Digital Image Processing*, John Wiley & Sons, Inc., 1978.  
[2] W. Zschunke, "DPCM picture coding with adaptive prediction," *IEEE Trans. on*

- Commun.*, vol. COM-25, pp. 1295-1302, 1977.
- [3] K.A. Prabhu, "A predictor switching scheme for DPCM coding of video signals," *IEEE Trans. on Commun.*, vol. COM-33, pp. 373-379, 1985.
  - [4] 이상목, 개선된 예측력을 지닌 영상 ADPCM 부호화기, 경북대학교 석사학위논문, 1986.
  - [5] D.G. Dout, R.W. Fries, and J.W. Modestino, "Two dimensional DPCM image coding based on an assumed stochastic image model," *IEEE Trans. on Commun.*, vol. COM-29, pp. 1365-1374, 1981.
  - [6] 김용우, 이진 양자화기를 사용한 영상신호의 적응예측부호화기, 경북대학교 석사학위논문, 1987.
  - [7] N.S. Jayant and P. Noll, *Digital Coding of Waveforms*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1984.
  - [8] J.S. Lee, "Refined filtering of image noise using local statistics," *Comput. Vision, Graphics and Image Processing*, vol. 15, pp. 380-389, 1981. \*

---

著 者 紹 介

---



沈 英 錫(正會員)

1976年 서울대학교 전자공학과 졸업. 1978年 8月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사학위 취득. 1982年 8月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사학위 취득. 현재 경북대학교 전자공학과 부교수. 주관심분야는 화상 및 통신등임.



南 相 旭(準會員)

1986年 2月 경북대학교 전자공학과 졸업. 1988年 8月 경북대학교 대학원 전자공학과 석사학위 취득. 현재 금성정밀주식회사 연구원. 주관심분야는 디지털 통신등임.