

論 文

變換符號化된 映像信號에  
대한 채널誤謬의 影響

準會員 白 琮 基\* 正會員 文 相 在\*\*

Effects of Channel Errors on  
Transform-Coded Image Signals

Jong Gee BACK\*, Sang Jae MOON\*\*, *Regular Members*

**要 約** 본 논문에서는 영상신호의 변환부호화 시스템에서 통계적으로 독립적인 채널 전송오류의 영향을 MSE로 계산하였다. 양자화기 입력신호의 확률밀도함수를 Laplacian, Gaussian, 그리고 uniform 분포로 가정하였으며, 양자화된 신호의 부호화시 사용되는 코드로는 NBC, FBC, MDC 및 Gray code가 고려되었다. 본 연구의 결과들로부터, 양자화기입력신호의 확률밀도함수에 따라 어떠한 코드로 부호화하는 것이 채널 전송오류의 영향을 작게 받는가를 알 수 있다.

**ABSTRACT** This paper presents an analysis of the effects of statistically independent channel errors on the mean-squared error performance of image transform coding systems. The analysis is discussed for several different stochastic statistics of the quantizer input values. The stochastic distributions under consideration here are Laplacian, Gaussian and uniform. For every case of the distributions, we evaluate the MSE performance when NBC, FBC, MDC and Gray code respectively is employed for encoding the quantized values of the transformed coefficients into the corresponding code words. The result of this study shows that what code is desired to be chosen to minimize the MSE for the given stochastic distributions of the quantizer input values.

I. 서 론

디지털 통신로를 통해서 영상신호를 보내고자 할 때, 주어진 평균 왜곡량을 유지하면서 가급적 작은 양의 비트들로 전송하는 것이 바람직하다. 변환부호화 (transform coding)는 이러한 목적을

위해서 과형예측부호화와 더불어 사용될 수 있는 대표적인 영상신호 감축방식이다<sup>(1),(2)</sup>.

변환부호화 방식의 한 형태인 discrete cosine transform (DCT)은 준최적 (suboptimum)이나, 고속처리가 가능하여 실용적이다<sup>(3)</sup> 따라서 본 논문에서는 채널오류의 영향을 DCT 중심으로 고찰하고자 하며, 본 논문의 이론은 적응 변환부호화를 포함해서 모든 unitary 변환부호화 방식들에 도 적용될 수 있다.

변환부호화 시스템에서 변환계수를 양자화하는 과정에서 잡음이 발생하게 되는 데, 이 양자화 왜

\*三星航空産業(株)

Sam Sung Aerospace Industries, Ltd.,

\*\*慶北大學校 電子工學科

Dept. of Electronics, Kyungpook Nat. Univ.

論文番號 : 87-23 (接受 1987. 1. 15)

곡량이 감축방법의 성능을 평가하는 주요 기준이 된다.

만약 전송과정에서 채널오류가 발생한다면, 이로 인해 찌그러짐이 나타나고 왜곡량도 함께 고려되어야 한다. 현실적으로 변환부호화에 의하여 감축된 영상신호를 전송하는 과정에서, 채널오류가 전체 왜곡량에 미치는 영향이 무시될 수 없을 경우가 있다. 마이크로파 통신로, 인공위성 통신로, 그리고 전화통신로등이 실제적인 예들이다.

이러한 문제에 관해서 이미 연구된 바 있으며, 주로 파형예측부호화 방식에 대해서 혹은 여분(redundant)비트가 부가된 오류제어부호를 사용한 경우들에 관하여 군사적으로 해석하였다.<sup>[4],[5]</sup>

본 논문에서는 영상신호가 감축된 상태이므로, 여분비트가 부가되지 않는 NBC, FBC, MDC 혹은 Gray code(부록)로 부호화시켜 보낼 때, 채널오류에 의한 찌그러짐(평균자승오차로 정량화함)을 계산하고 양자화 평균자승오차도 함께 고려하여 전체 찌그러짐에 미치는 영향을 고찰하였다. 양자기에 입력되는 변환계수의 확률 분포가 Laplacian, Gaussian 혹은 uniform인 각 경우에 대해서 해석하고, 채널오류의 영향이 최소가되는 최적 부호도 알 수 있었다.

변환부호화 방식의 동작특성은 여러문헌[1,2, Chap. 12 of 6]에 자세히 소개되고 있으므로, 본 논문을 이해하기 위한 최소분량으로 다음 절에 간략히 소개하고, 채널오류의 영향에 관해서 자세히 알아보기로 한다.

## II. 변환부호화

2 차원 영상면을  $N \times N$ (실제로  $8 \leq N \leq 32$ )의 크기를 갖는 블록들로 나눈후, 각 블록의 畫素값에 직교변환(orthogonal transform)을 취하면, 얻어진 변환계수들에 에너지가 편중되어 분포된다. 에너지의 분포상태가 서로 다른 이러한 변환계수에 적절히 비트수를 배정시켜, 양자화 왜곡량을 줄이는 방법이 일반적인 변환부호화 방식의 중심 개념이다.

이론적인 최적변환은 이미 Karhunen-Loeve transform(KLT)으로 알려져 있으나, 변환과정이 복잡하여 시간이 소요되므로 실용성이 없는 [chap. 12 of 6], 반면에 DCT는 에너지 분포의 편중이 KLT과 비슷하고, 고속처리가 가능하여 실용적이며, 널리 채택되는 방식이다<sup>(3)</sup>

2 차원 신호영역에서 수평과 수직축으로 블록의 위치를  $(k, l)$ 로 표시하도록 한다. 여기서  $k, l = 0, 1, \dots, M-1$ 이고, 실제적으로  $M$ 의 값은  $N$ 와 비슷한 범위이다. 같은 방법을 적용해서  $(k, l)$ 블록내의  $(u, v)$  위치의 畫素값을  $x_{k,l}(u, v)$ 로 표기하도록 한다.  $\{x_{k,l}(u, v)\}$ 의 畫素값들에 대한 DCT의 변환계수값들  $\{y_{k,l}(i, j)\}$ 는 정의에 의하여<sup>(3)</sup>,

$$y_{k,l}(i, j) = \frac{2}{N} C(i) C(j) \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} x_{k,l}(u, v) \cdot \cos \frac{(2u+1)j\pi}{2N} \cdot \cos \frac{(2v+1)i\pi}{2N} \quad (1)$$

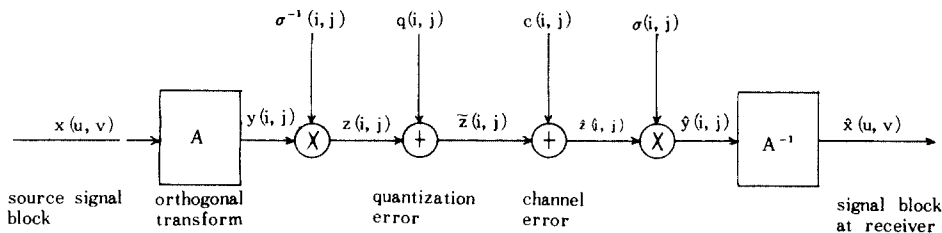


그림 1 변환부호화 시스템의 모델  
Model of transform coding system.

$$C(w) = \begin{cases} \sqrt{2}, & w = 0 \\ 1, & w = 1, 2, \dots, N-1 \end{cases} \quad (2)$$

이고, 역변환은

$$x_{k,l}(u,v) = \frac{2}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} c(i) c(j) y_{k,l}(i,j) \cdot \cos \frac{(2u+1)i\pi}{2N} \cdot \cos \frac{(2v+1)j\pi}{2N} \quad (3)$$

이다. 변환된 계수  $y_{k,l}(i,j)$ 를 양자화 시켜 채널을 통하여 전송하는데, 이과정은 그림 1에 블록선도로 나타내었으며, 여기서는 첨자  $k$ 와  $l$ 를 생략하였다.

그림 1의  $\sigma^2(i,j)$ 는  $(i,j)$ 번째의 변환계수들의 분산치 (variance)인데,  $y_{k,l}(i,j)$ 를  $\sigma(i,j)$ 로 정규화시켜 양자기에 입력시키므로써 양자화 배정비트수를 효과적으로 줄일 수 있기 때문이다. 이 분산치는

$$\sigma^2(i,j) = \begin{cases} \frac{1}{M^2} \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{M-1} y_{k,l}^2(0,0) & i=j=0 \\ \left[ \frac{1}{M^2} \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{M-1} y_{k,l}(0,0) \right]^2, & i=j=0 \\ \frac{1}{M^2} \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{M-1} y_{k,l}^2(i,j), & \text{그외 } i, j \end{cases} \quad (4)$$

로 계산된다.  $\sigma(i,j)$ 로 정규화된 계수  $z_{k,l}(i,j)$ 가 양자기에 입력되고, 출력된  $\hat{z}_{k,l}(i,j)$ 가 NBC, F-BC, MDC 혹은 Gray code로 부호화되어 수신기로 보내진다. 수신측에서 최종적으로 복호된  $(k,l)$  블록의 畫素값을  $\hat{x}_{k,l}(u,v)$ 로 표시하면 평균자승오차  $e^2$ 는

$$e^2 = \frac{1}{M^2} \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{M-1} e_{k,l}^2 \quad (5)$$

$$e_{k,l}^2 = \frac{1}{N^2} E \left\{ \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} [x_{k,l}(u,v) - \hat{x}_{k,l}(u,v)]^2 \right\} \quad (6)$$

로 될 수 있다. DCT도 unitary 변환이므로

$$\sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} x_{k,l}^2(u,v) = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} y_{k,l}^2(i,j) \quad (7)$$

이 성립되므로, 그림 1의 표기들을 사용하면, 식 (6)은

$$e_{k,l}^2 = \frac{1}{N^2} E \left\{ \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} \delta^2(i,j) [z_{k,l}(i,j) - \hat{z}_{k,l}(i,j)]^2 \right\} \quad (8)$$

으로 나타낼 수 있다.

식(8)의  $\hat{z}_{k,l}(i,j)$ 는  $z_{k,l}(i,j)$ 에 양자화 잡음  $q_{k,l}(i,j)$ 와 채널잡음  $c_{k,l}(i,j)$ 이 첨가된 것이므로 볼 수 있기 때문에,

$$e_{k,l}^2 = \frac{1}{N^2} E \left\{ \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} \sigma^2(i,j) [q_{k,l}(i,j) + c_{k,l}(i,j)]^2 \right\} \quad (9)$$

이 된다. 따라서 식(9)와 (5)를 사용하여 전체 평균자승오차를 구할 수 있다.

영상신호의 감축방법에 관한 대부분의 연구에서는 채널잡음을 고려치 않고 양자화 잡음에 의한 왜곡량을 고찰한다. 이 경우에도 순수 이론적으로 정규화된 변환계수  $z_{k,l}(i,j)$ 는 時變(non-stationary) 랜덤과정 (random process)이지만, 해석상 時不變(stationary) 랜덤과정으로 가정하고, 시뮬레이션을 통해 변환계수의 확률적 성질에 가장 잘 부합되는 확률분포 함수를 선정하여 양자화 왜곡량을 계산한다.

본 논문에서도 널리 채택되는 대표적인 Laplacian, Gaussian 그리고 uniform 확률분포함수의 각 경우를 고려한다. 그리고 채널오류에 의한 잡음  $c_{k,l}(u,v)$ 와 양자화 잡음  $q_{k,l}(u,v)$ 는 서로 확률적으로 독립인 채널로 가정한다. 이러한 가정은 실제적이며, 따라서 식(9)는

$$e_{k,l}^2 = \frac{1}{N^2} \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{N-1} \delta^2(i,j) e_q^2(i,j) + \frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} \delta^2(i,j) e_c^2(i,j) \quad (10)$$

여기서,

$$e_q^2(i,j) = E q_{k,l}^2(i,j) \quad (11)$$

$$e_c^2(i,j) = E c_{k,l}^2(i,j) \quad (12)$$

로 둘 수 있다.  $z_{k,l}(i,j)$ 를 시불변 랜덤과정으로 간주하여 위 식에서 정규화된 양자화에 의한  $e_q^2(i,j)$ 와 채널오류에 의한  $e_c^2(i,j)$ 에 첨자  $k$ 와  $l$ 을 생략하였다.

### III. 채널오류에 의한 왜곡

그림 1에서 양자화된  $\tilde{z}_{k,l}(i,j)$ 가 부호어  $g \in G$ 로 부호화되어 이진(binary) 디지털 채널을 통하여 수신측에 보내진다. 전송과정에서 채널잡음으로 인해 다른 부호어  $h \in G$ 로 오류가 발생할 수 있으며, 따라서 최종출력은 다른 변환계수  $\hat{z}_{k,l}(i,j)$ 가 되어 찌그러짐이 나타난다. 이원대칭채널(binary symmetric channel, BSC)에 대한 이 과정을 그림 2에 나타내었다.

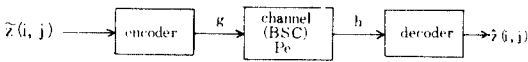


그림 2 이원대칭채널의 전송  
Transmission of a binary symmetric channel.

$n$ 를 양자기의 양자화 비트수로 표기하면, 양자화된 변환계수는  $n$ -tuple 이진벡터로 사상(mapping)된다. 사상규칙  $r$ 로 사상과정을 결정하며, 결과적으로 NBC, FBC, MDC 혹은 Gray code가 된다.

$n$ 비트 양자기의 출력 알파벳(alphabet)을  $Q$ 로,  $n$ 차원 이진벡터공간을  $G$ 로 각각 두면, 사상규칙  $r$ 는 1대 1 그리고 onto 사상이 되고 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$Q \xrightarrow[r \text{ and onto}]{r} G \quad (13)$$

여기서  $\tilde{z}_{k,l}(i,j) \in Q$ 이다.  $r^{-1}$ 를  $r$ 의 역사상(invers mapping rule)로 표기하면,  $\tilde{z}_{k,l}(i,j) = r^{-1}(g)$ 에서 채널오류에 의하여  $g \in G$ 가 다른 부호어  $h \in G$ 로 되었을 때는  $r^{-1}(h) = \hat{z}_{k,l}(i,j) \in Q$ 로 둘 수 있다. 여기서  $g \neq h$ 이므로  $\tilde{z}_{k,l}(i,j) \neq \hat{z}_{k,l}(i,j)$ 이다.

따라서 식(12)는  $c_{k,l}(i,j) = \tilde{z}_{k,l}(i,j) - \hat{z}_{k,l}(i,j)$ 이므로, 다음과 같이 부호에 대한 함수로 나타낼수

있다.

$$e_c^2(i,j) = E [r^{-1}(g) - r^{-1}(h)]^2 \\ = \sum_{g \in G} \sum_{h \in G} [r^{-1}(g) - r^{-1}(h)]^2 p(g/h) p(h) \quad (14)$$

$p(g)$ 는 양자기에 따라 달라진다. 본 논문에서는 최적 Max 양자기<sup>(7)</sup>를 사용한다. 사상규칙  $r$  하에서  $g$ 와  $\tilde{z}_{k,l}(i,j)$ 가 1대 1 대응되므로, Max 양자기에 입력되는  $z_{k,l}(i,j)$ 의 확률분포함수에서 출력되는  $\tilde{z}_{k,l}(i,j)$ 의 확률값을 쉽게 구할 수 있다. 즉, Max양자기에 입력되는 값들에 대응되는 최적 출력값이 비트수  $n$ 에 따라 계산되어 있으므로,<sup>(7)</sup> 출력값  $\tilde{z}_{k,l}(i,j)$ 에 해당되는 입력범위값내에 들어갈 수 있는  $z_{k,l}(i,j)$ 의 확률을 합하면 된다.

다음으로는  $p(h/g)$ 를 계산해야 하는데, BSC의 비트오류확률을  $p_e$ 로, 그리고 두 부호어  $g$ 와  $h$ 간의 Hamming거리를  $H(g,h)$ 로 표시하면,

$$p(h/g) = p_e^{H(g,h)} (1 - p_e)^{n - H(g,h)} \quad (15)$$

가 된다. 따라서 채널오류에 의한 평균자승오차는 사상규칙  $r$ , BSC의 비트오류확률  $P_e$ , 양자기에 입력되는 변환계수들의 확률분포함수, 그리고 양자기의 양자화 비트수  $n$ 의 함수이다. 부호(사상규칙의 선택)에 따라 이 오차값이 달라지므로 최적부호를 결정할 수 있다.

표 1에 정리된 내용은  $P_e$ 가  $10^{-2}$ 과  $10^{-3}$ 에 대해 구한 채널오류에 의한 평균자승오차 값이다. 여기서 여러 양자화 비트수  $n$ 에 대해서 계산하였으며, 양자기에 입력되는 변환계수들을 Laplacian, Gaussian 혹은 uniform 중 하나의 확률분포 형태를 갖는다고 간주하고 계산한 식(14)의 값이다.

표 1를 살펴보면, Laplacian과 Gaussian인 경우에는 MDC가, uniform인 경우에는 NBC가 최적 부호이다.

### IV. 채널오류에 의한 영향

앞 절에서 채널오류에 의한 왜곡을 정량적으로

표 1 Laplacian, Gaussian 그리고 uniform 확률밀도함수에 대한 정규화된 MSE  
Normalized MSE for Laplacian, Gaussian and Uniform pdf.

(a) Bit error probability Pe=0.01

pdf	bit	NBC	FBC	MDC	GRAY
Laplacian	1	0.02000	0.02000	0.02000	0.02000
	2	0.07410	0.05293	0.05293	0.05293
	3	0.12587	0.07520	0.07520	0.09300
	4	0.17967	0.09150	0.08890	0.13420
	5	0.22555	0.10364	0.09579	0.17061
	6	0.25928	0.11203	0.09840	0.19827
	7	0.27923	0.11685	0.09870	0.21510
	8	0.28713	0.11872	0.09797	0.22190
Gaussian	1	0.02546	0.02546	0.02546	0.02546
	2	0.04958	0.04641	0.04641	0.04641
	3	0.06884	0.05740	0.05740	0.06096
	4	0.08309	0.06356	0.06373	0.07094
	5	0.09303	0.06731	0.06721	0.07722
	6	0.09964	0.06968	0.06901	0.08223
	7	0.10345	0.07103	0.06980	0.08489
	8	0.10699	0.07237	0.07044	0.08747
Uniform	1	0.02999	0.02999	0.02999	0.02999
	2	0.03750	0.04495	0.04485	0.04495
	3	0.03937	0.04856	0.04856	0.05036
	4	0.03984	0.04949	0.04971	0.05218
	5	0.03996	0.04972	0.05011	0.05274
	6	0.03999	0.04978	0.05028	0.05291
	7	0.04000	0.04980	0.05038	0.05296
	8	0.04000	0.04980	0.05043	0.05297

(b) Bit-error probability Pe=0.001

pdf	bit	NBC	FBC	MDC	GRAY
Laplacian	1	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200
	2	0.00707	0.00529	0.00529	0.00529
	3	0.01266	0.00750	0.00750	0.00932
	4	0.01808	0.00910	0.00883	0.01347
	5	0.02270	0.01029	0.00948	0.01714
	6	0.02610	0.01111	0.00970	0.01994
	7	0.02811	0.01158	0.00971	0.02164
	8	0.02891	0.01176	0.00963	0.02233
Gaussian	1	0.00255	0.00255	0.00255	0.00255
	2	0.00497	0.00465	0.00465	0.00465
	3	0.00691	0.00574	0.00574	0.00611
	4	0.00834	0.00635	0.00637	0.00711
	5	0.00934	0.00672	0.00671	0.00779
	6	0.01000	0.00695	0.00689	0.00824
	7	0.01039	0.00709	0.00696	0.00851
	8	0.01074	0.00722	0.00702	0.00877
Uniform	1	0.00300	0.00300	0.00300	0.00300
	2	0.00375	0.00450	0.00450	0.00450
	3	0.00394	0.00487	0.00487	0.00506
	4	0.00398	0.00497	0.00499	0.00525
	5	0.00400	0.00499	0.00503	0.00530
	6	0.00400	0.00500	0.00505	0.00532
	7	0.00400	0.00500	0.00506	0.00533
	8	0.00400	0.00500	0.00506	0.00533

구하였다. 이 절에서는 전체 왜곡량에 미치는 영향을 알아본다. 따라서 특정한 형태의 DCT 시스템에 대해서 양자화 평균자승오차와 채널오류에 의한 왜곡량을 계산해야 한다. 따라서 일반적인 DCT의 개념을 설명한 제 2 절의 내용중 본문에서 채택한 DCT시스템에서의 분산치  $\sigma^2(i, j)$ 의 활용과정과, 그리고 비트배정표(bit map)을 설명하고 이들을 USC(University of Southern California)에서 肅素當 8비트로 디지털화한 girl과 couple 영상에 적용하여 채널오류의 영향을 정량적으로 살펴본다.

영상데이터의 블록양자화 문제는 블록당 배정되는 일정 비트수에 대하여 양자화에 의한 평균자승오차가 최소화되도록 블록내의 변환계수  $y(i, j)$

에 비트를 배정하는 것이다. 배정하는 비트수  $b(i, j)$ 를 연속적인 변수로 가정하면

$$b(i, j) = \theta + \frac{1}{2} \log_2 \frac{\sigma^2(i, j)}{[\prod_{i=0}^{N-1} \prod_{j=1}^{N-1} \sigma^2(i, j)]^{1/N^2}} \quad (16)$$

$$\theta = \frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} b(i, j) \quad (17)$$

이 된다.<sup>(8)</sup> 실제로 선택하는 비트수는 식(16)에 가장 근접한 정수값으로 사용하면서 식(17)이 만족되도록 한다.

$\sigma(i, j)$ 로 정규화된  $z_{k,i}(i, j)$ 가 전송되므로, 수신측에서  $d(i, j)$ 값이 필요한데, 이 값을 보내려는 비트가 추가되므로, 보내는 대신 다음 식(18)에의

하여 추정하여 사용한다. 따라서 송신 측에서도 동일한 값을 사용한다.

$$\delta^2(i, j) = A \cdot 4^{(b(i, j) - 1)} \quad (18)$$

여기서 A는 각 변환계수의 분산치를 산술평균한 값이며,  $\delta^2(0, 0)$ 은  $\delta^2(0, 0)$ 를 그대로 사용하고 이 값들은 side-information으로 보내진다.

비트배정 및 side-information을 위의 수식들을 적용하여 계산하였다. 블록수는  $16 \times 16$  ( $M = 16$ )으로 하고, 한 블록내의 畫素수도  $16 \times 16$  ( $N = 16$ )으로 하였다. 따라서 2차원 영상면을 보내기 위해서 총  $256 \times 256$  畫素들을 전송해야 한다.

여러 변환부호율에 따라, 시스템의 평균자승 오차값이 달라진다. 그림 3과 4는 부호율을

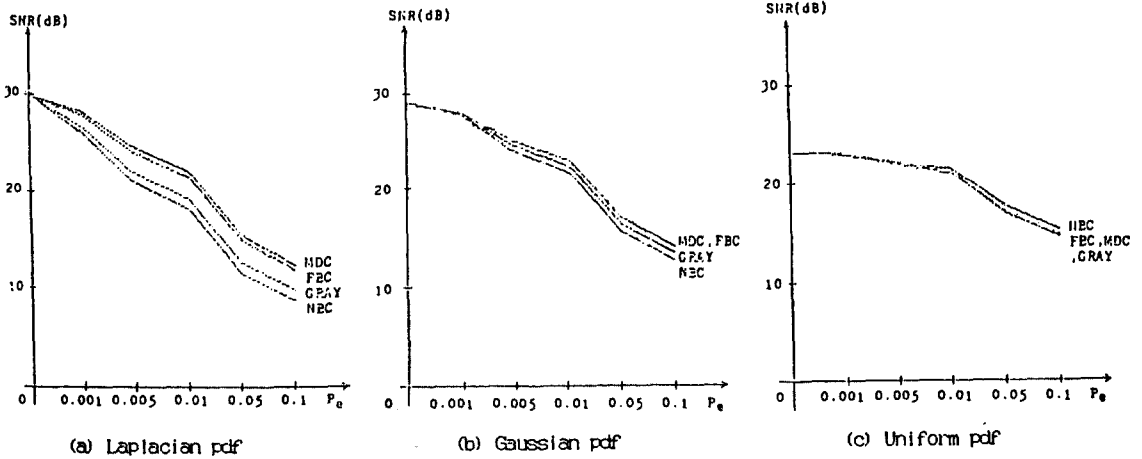


그림 3 Girl 영상에 대한 여러 부호들의 SNR 성능 (평균비트율=화소당 비트)  
SNR performances of various codes for Girl image (average bit rate=1 bit/pixel).

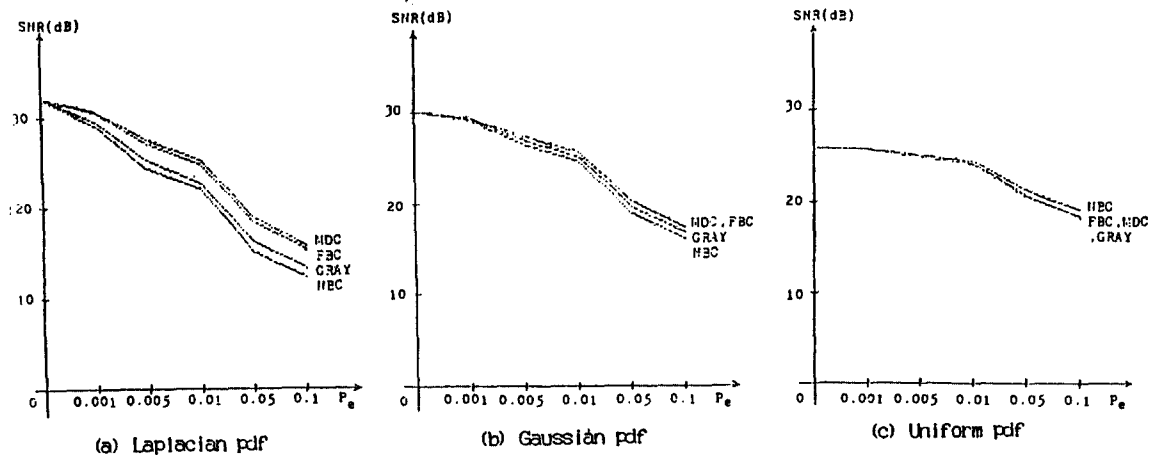


그림 4 Couple 영상에 대한 여러 부호들의 SNR 성능 (평균비트율=화소당 1 비트)  
SNR performances of various codes for Couple image (average bit rate=1 bit/pixel).

1 [bit/pixel] 로 하여, 채널의 비트오류확률  $P_e$  에 대해, girl과 couple의 영상의 평균자승오차값을 사용한 부호별로 나타낸 그림들이다. 여기서 65536 비트로  $256 \times 256$  개의 畫素를 전송하는데(부호율은 1 [bit/pixel] 에 해당),  $\sigma(0, 0)$  와 식 (18)의 A를 각각 14비트로, 그리고 비트배정표를  $256 \times 3$  비트로 하며, 중요한 정보에 228개의 parity-check 비트를 사용하여, 총 1,024개의 비트로 side-information를 전송한다. 본 계산에는 이들은 채널잡음으로부터 완전히 보호를 받는다고 가정하였다. 매 블록에 대해서는 252개의 비트가 비트배정표에 따라 적절히 배정되고, 이 비트로 블록의 정규화된 변환계수를 양자화하여 전송시킨다. 이 표는 식(16)과 (17)에 의하여 가장 근사한 정수 값  $b(i, j)$  를 선택하여 사용하고, 블록당 총 252개의 비트수는 유지되도록 하였다.

Max 양자기를 사용하여 양자화하고, 신호에 대한 평균전력과 잡음에 의한 전체 평균자승오차를 계산하여, 이들의 신호대 잡음 전력비(SNR)에 대한 채널오류의 영향을 고찰하였다. 그림 3과 4에서  $P_e$  가 영(zero)인 경우는 채널오류가 없는 경우이므로 영(zero)이 아닌  $P_e$  값에 대한 SNR 값을  $P_e = 0$ 인 경우의 SNR 값과 비교하면 그 영향을 알 수 있다.

그림에서  $P_e = 0$ 인 경우, 즉 양자화 잡음에 의한 왜곡량이 확률분포함수에 따라 다른 이유는, Max 양자기의 최적 출력값들이 확률분포함수별로 다르기 때문이다<sup>(7)</sup>. 그림에서 보는 바와같이, 변환계수의 확률분포형태가 Laplacian이나 Gaussian인 경우에 MDC가 최적부호이다.

본 해석이론은 unitary인 적응 변환 부호화에도 사용이 가능하다. 적응시킬 때마다 계산되는 계수들의 값만 달라질 뿐, 본 해석의 이론은 같은 방법으로 적용시킬 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 영상신호 감축방식인 변환부호화 시스템에서 양자화 잡음에 의한 평균자승오차와 채널오류에 의한 평균자승오차를 함께 고려

해서, 전체 왜곡량에 미치는 채널오류의 영향을 NBC, FBC, MDC와 Gray code의 각 경우에 대해서, 정량적으로 고찰하였다. 본 논문의 해석으로 변환계수들의 확률분포형태에 따라 사용할 최적부호도 알 수 있다.

부호율을 1 [bit/pixel]로 하고, DCT에 대해 고찰한 결과로는, 변환계수가 Laplacian이나 Gaussian 확률분포를 가질 경우는 MDC가, uniform 확률분포를 가질 경우는 NBC가 채널잡음에 의한 왜곡량이 최소가 되어, 이 부호로 전송하는 것이 바람직 함을 알 수 있다.

## 參 考 文 獻

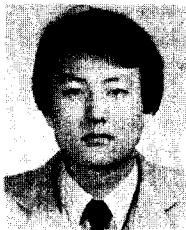
- (1) T. Huang and J. Woods, "Picture bandwidth compression by block quantization", presented at the 1969. Intern. Symposium on Inform. Theory, Ellenville, N. Y.
- (2) A. Habibi, "Survey of adaptive image coding techniques," IEEE Trans. on Comm., vol. COM-25, pp. 1275-1284, 1977.
- (3) N. Ahmed, T. Natarajan and K. Rao, "Discrete cosine transform," IEEE Trans. on Comput., vol. C-23, pp. 90-93, 1974.
- (4) K. Ngan and R. Steele, "Enhancement of PCM and DPCM Images Corrupted by Transmission Errors," IEEE Trans on Comm., pp. 257-265, Jan. 1982.
- (5) R. Zelinski, "Effects of transmission errors on the meansquared error performance of transform coding systems," IEEE, Trans. Acoust., Speech, Signal processing, vol. ASSP-27, pp. 531-537, 1979.
- (6) N. Jayant and P. Noll, Digital coding of Waveforms, Prentice-Hall, New Jersey, 1984.
- (7) J. Max, "Quantizing for minimum distortion," IRE Trans. Inform Theory, vol. IT-6, pp. 7-12, 1960.
- (8) J. Huang and P. Schulthesis, "Block quantization of correlated Gaussian random variables," IEEE Trans. Comm. System, vol. CS-11, pp. 289-296, 1963.

## 부 록

### CODE TABLE(NBC, FBC, MDC, GRAY)

NBC: Natural binary code  
 FBC: Folded binary code  
 MDC: Minimum distance code  
 GRAY: Gray code

11111	11111	11111	100000
11110	11110	11110	10001
11101	11101	11101	10011
11100	11100	11011	10010
11011	11011	10111	10110
11010	11010	11100	10111
11001	11001	11010	10101
11000	11000	10110	10100
10111	10111	11001	11100
10110	10110	10101	11101
10101	10101	10011	11111
10100	10100	11000	11110
10011	10011	10100	11010
10010	10010	10010	11011
10001	10001	10001	11001
10000	10000	10000	11000
zero level			
01111	00000	00000	00000
01110	00001	00001	01001
:	:	:	:
00000	01111	01111	00000
NBC	FBC	MDC	GARY



白 琮 基 (Jong Gee BAEK) 準會員  
 1963年 1月 9日生  
 1981年 3月~1985年 2月: 慶北大學校工  
 科大學 電子  
 工學科(工學  
 士)  
 1985年 3月~1987. 2月: 慶北大學校  
 大學院 電子工  
 學科(工學碩士)

1987年 2月~現在: 三星航空產業(株) 勤務



文 相 在 (Sang Jae MOON) 正會員  
 1948年 4月 20日生  
 1968年 3月~1972年 2月: 서울大學校工  
 大工業教育科  
 (電子專攻)  
 工學士  
 1972年 3月~1974年 2月: 서울大學校大  
 學院 電子工  
 學科工學碩士

1980年 9月~1984年 6月: 美國 Univ. of California, L. A.  
 工學博士(通信工學)

1974年 2月~1974年 10月: 金星電氣株式會社 勤務

1980年 10月~1984年 6月: 美國 Univ. of California, L. A.  
 研究組員 勤務

1984年 3月~1984年 7月: 美國 Satellite Tech. Management  
 Inc. Consultant 勤務

1984年 7月~1985年 7月: 美國 Univ. of California, L. A.  
 Postdoctor 勤務(Dept. of Elec. Eng.)

1984年 7月~1985年 7月: 美國 OMNET Corporation Consul-  
 tant 勤務

1974年 12月~現在: 慶北大學校 工大 電子工學科 勤務 副教授