

계산량 감축을 위한 DCT-Based H.263 양자화기의 비교 연구

The Study of Comparison of DCT-based H.263 Quantizer for Computative Quantity Reduction

신 경 철*

Kyung-Cheol Shin

요 약

동영상 데이터를 효율적으로 압축하기 위해서는 입력 영상 데이터의 공간 및 시간적인 중복성 제거가 요구된다. 움직임 추정 및 보상방법은 시간적인 중복성을 효과적으로 제거할 수 있지만 프레임간 예측 때문에 계산량이 증가된다. 따라서 계산량을 줄이면서 실시간 처리가 가능한 알고리즘의 연구가 요구된다. 본 논문에서는 인간 시각 특성을 고려하여 DCT 계수를 효과적으로 양자화할 수 있는 양자화기를 제안한다. 제안된 DCT-based H.263의 양자화기는 같은 전송 속도에서 TMN5보다 더 많은 프레임을 전송 처리함으로써 화면 드롭현상을 줄일 수 있었다. 또한 객관적 화질 평가를 위한 평균 PSNR에서 TMN5보다 휘도 신호는 -0.3~+0.65dB의 차이를 보이고 색차 신호에서는 1.73dB 정도의 개선을 나타냈다. 계산량 비교에서는 NTSS에 비하여 30~31%, 4SS에 비하여 20~21% 계산량의 감소를 나타냈다.

Abstract

To compress the moving picture data effectively, it is needed to reduce spatial and temporal redundancy of input image data. While motion estimation/compensation methods is effectively able to reduce temporal redundancy but it is increased computation complexity because of the prediction between frames. So, the study of algorithm for computation reduction and real time processing is needed. This paper is presenting quantizer effectively able to quantize DCT coefficient considering the human visual sensitivity. As quantizer that proposed DCT-based H.263 could make transmit more frame than TMN5 at a same transfer speed, and it could decrease the frame drop effect. And the luminance signal appeared the difference of -0.3~+0.65dB in the average PSNR for the estimation of objective image quality and the chrominance signal appeared the improvement in about 1.73dB in comparison with TMN5. The proposed method reduces 30~31% compared with NTSS and 20~21% compared to 4SS in comparison of calculation quantity

Keyword : DCT-Based Quantizer, TMN5, H.263, Motion Estimation / Compensation

I. 서 론

음성 및 영상을 비롯한 다양한 정보들은 디지털 신호처리와 컴퓨터 등의 기술발전으로 인해 멀티미디어 형태로 저장 또는 전송되어진다. 이러한 정보의 표현이나 전송을 위한 국제 표준 규격들이 권고되고 있고, 이 중에서 64Kbps 이하의 전송속도를 갖는 초저속 동영상 양자화에 관한 표준안으로 ITU-T/LBC 그룹에서 H.263 권고안이 제정되었다[1][2]. 동영상의 고압축 양자화를 위해서는 신호

성분, 통계적, 시간적, 공간적 중복성을 효과적으로 제거해야 한다. 이중 동영상에서 가장 많은 중복성을 가지고 있는 화면 간에 존재하는 시간적중복성은 움직임 추정/보상(Motion Estimation / Compensation : ME/MC) 기법에 의해 제거할 수 있다. ME/MC방법은 이전 프레임의 데이터를 이용하여 움직임 추정 및 보상을 수행하고, 이 때 추정된 움직임 벡터(Motion Vector : MV)에 의해서 보상된 영상과 원 영상과의 차 신호를 양자화하여 전송하는 방법으로 동영상 양자화에서 가장 높은 압축율을 가져오지만 많은 계산량으로 인하여 양자화기의 전체 성능을 저하시킨다[2].

본 논문에서는 동영상 양자화에서 가장 많은 계산 시간을 요구하는 ME/MC의 계산 복잡도를 줄일 수 있는 DCT

* 경남정보대학

투고 : 2008. 5. 30 수정완료 : 2008. 7. 22
계재확정일자 : 2008. 7. 25

기본 H.263 양자화 방법을 제안한다. 제안된 방법은 기존의 NTSS, 4SS 등이 가지고 있는 계산량을 크게 감소시키면서 PSNR 값은 비슷하게 나타났다. 본 논문의 구성은 II장에서는 DCT 기반 H.263의 기본 구조와 DCT 변환양자화에 대해서 설명하며, III장에서는 DCT 기반 H.263 양자화기를 제안한다. IV장에서는 제안한 DCT 기반 H.263과 TMN5의 모의실험을 통한 성능을 분석하며, V장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. TMN5 기반의 H.263의 비디오 부호화

H.263의 시험모델인 TMN5(Test Model Near 5)는 ME/MC의 모든 과정이 MB(Macro Block : 16×16)단위로 이루어지고 변환양자화는 8×8 블록에 대하여 DCT를 수행한다. TMN5의 Source Coder 블록도를 그림 1에 나타낸다 [1][3].

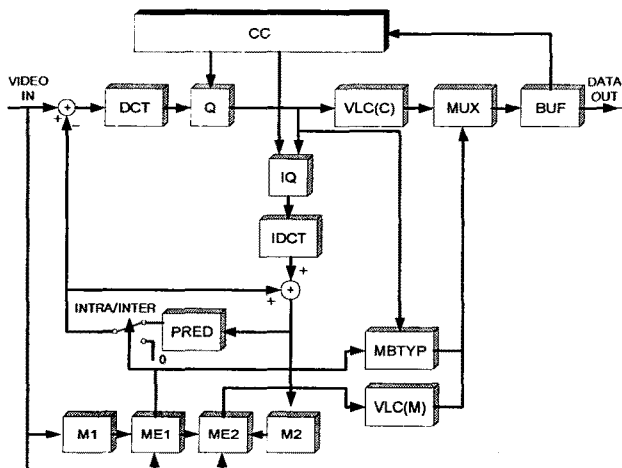


그림 1. TMN5의 소스코더 블록도

Fig. 1. Source Coder Block Diagram of TMN5

TMN5의 소스코더는 먼저 현재 프레임의 입력 영상이 ME1(Motion Estimator 1) 블록에서 프레임 메모리 M1에 저장되어 있는 이전 프레임의 원 영상과 MB 단위로 블록 정합방식을 이용하여 정수 단위의 움직임 벡터(Motion Vector : MV)를 추정한다. 이 때 이전 영상과의 차이 정도를 식 (1)의 정합기준 SAD(Sum Absolute Difference)값에 따라 각각의 MB마다 INTRA/INTER 모드를 결정한다 [3][4].

$$SAD(x,y) = \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} |S_k(m,n) - S_{k-1}(m+x,n+y)| \quad (1)$$

만약 현재 MB이 INTRA 모드이면 ME/MC없이 바로 DCT하고, INTER 모드이면 프레임 메모리 M2에 저장되어 있는 이전에 재생된 영상을 기준으로 ME2 블록에서 반화소 단위의 정확한 MV를 추정한 후 PRED에서 MV에 해당

하는 블록을 가져와서 현재 블록과의 차신호를 구하여 이를 DCT한다. DCT 계수들은 양자화하여 가변장 양자화(VLC(C))를 하고 MB의 형태(MBTYP)와 MV도 가변장 양자화(VLC(M))를 하여 비트열을 발생시킨다. 재생된 영상을 프레임 메모리 M2에 저장해 놓기 위해서는 역양자화(Inverse Quantization : IQ)와 역DCT(Inverse DCT : IDCT) 블록이 필요하다.

DCT는 원 영상에 기저함수 cosine을 곱하여 변환한다. 최저 주파수를 나타내는 $u=0, v=0$ 인 경우를 DC 계수라 하고 나머지 계수를 AC 계수라 하며 u 와 v 가 클수록 고주파 성분임을 나타낸다. DC 계수는 블록 내 픽셀값의 평균값을 의미하고, AC 계수는 블록 내에 존재하는 에지 성분을 나타낸다. 그림 2는 8×8 블록에 대한 DCT 변환영역의 주파수 분포와 각 방향에 따른 에지 성분의 분포를 보이고 있다[5].

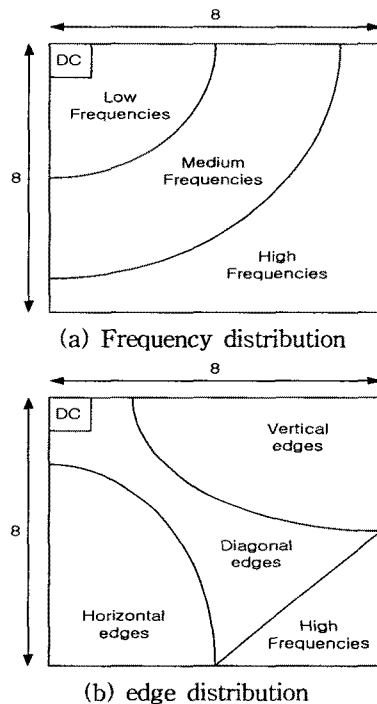


그림 2. DCT 영역의 주파수 및 에지 분포

Fig. 2. Frequency and Edge Distribution of DCT Range

III. 제안한 DCT 기반 H.263 양자화기

DCT 기반의 TMN5 부호기 및 복호기에서는 INTRADC 계수값을 위한 1개의 양자화기와 Non-INTRADC 계수값을 위한 31개의 양자화기를 가지고 있다[1][3]. INTRADC 계수값은 양자화 간격 8을 갖는 균일 양자화기로 양자화되고 Non-INTRADC 계수값은 양자화 간격 2에서 64까지의 짝수 값을 갖는 31개의 양자화기로 균일 양자화 한다. TMN5에서는 MB계층의 양자화 간격을 결정하는 QP(Quantization Parameter)를 변화시켜 버퍼에 유입되는 비트열을 제어한다. 따라서 QP는 양자화된 비트열의 발생

를에 따라 1에서 31까지의 값을 갖고 양자화 간격은 2QP가 된다. 그리고 INTRA 프레임의 양자화하기 위한 초기 QP값은 16으로 한다. 변환계수 $C(i,j)$ 를 양자화 계수 $QC(i,j)$ 로 양자화하는데 있어서 INTRADC는 식 (2), Non-INTRADC 중 INTRA 블록의 AC는 식 (3), INTER 블록의 DC와 AC의 경우는 식 (4)에 의해 양자화 된다[3].

$$QC(0,0) = C(0,0) // 8 \quad (2)$$

$$QC(i,j) = \text{sign}[C(i,j)] \times \|C(i,j)\| / 2QP \quad (3)$$

$$QC(i,j) = \text{sign}[C(i,j)] \times \{ \|C(i,j)\| - QP/2 \} / 2QP \quad (4)$$

TMN5에서는 DC 계수의 중요성은 충분히 고려가 되었으나 모든 AC 계수는 동일한 양자화기를 사용하여 양자화하기 때문에 영상의 에지 성분에 대한 손실을 많이 가져온다. 따라서 본 논문에서는 인간 시각 특성을 만족하기 위해 그림 2와 같은 DCT 변환계수의 분포를 고려하여 선명한 화질의 영상을 제공할 수 있는 양자화기를 설계한다.

정지영상의 압축시 변환양자화로 DWT(Discrete Wavelet Transform)를 적용하고 이에 따른 인간 시각 특성을 만족하는 양자화기를 설계하려는 연구[7][8]가 시도되었지만 이를 영상전환 및 영상회의 등과 같은 동영상 응용에 적용할 경우 DCT를 사용하고 있는 기존 시스템과의 호환성이 문제가 되며 또한 버퍼 상태의 고려없이 동일한 양자화기를 사용하므로 많은 비트열을 발생시켜 프레임율이 현저하게 저하된다. 따라서 본 논문에서는 정지영상의 양자화 설계과정으로부터 H.263 동영상 양자화기 TMN5의 DCT 계수특성을 고려한 새로운 양자화기 행렬 $H_{H.263}$ 를 제안하고 버퍼에 입력되는 비트열에 따라 버퍼 상태를 고려하여 전체 양자화기의 성능을 좌우할 수 있는 새로운 양자화 이득 A 를 제안한다. 제안한 H.263 동영상 양자화기의 양자화기 행렬 $H_{H.263}$ 의 각 원소 $(h_{ij})_{H.263}$ 를 식(5)과 같이 정의한다.

$$(h_{ij})_{H.263} = \frac{A}{g_{ij}} \quad (5)$$

$$g_{ij} = g \left(\frac{\sqrt{i^2 + j^2}}{M} \right) \quad (6)$$

$$g(x) = (a_0x + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3) e^{(a_4x + a_5x^2)} \quad (7)$$

식 (5)와 (6)에서 DCT 블록 크기가 $M \times M$ 이면 i, j 는 0에서 $M-1$ 까지의 값을 갖는다. $0 \leq i \leq M-1$, $0 \leq j \leq M-1$ 에 대해 식 (6)에 의해 $x = \sqrt{i^2 + j^2} / M$ 을 구하여 식 (7)에 대입해서 g_{ij} 를 구한다. 각각의 g_{ij} 를 식 (5)에 대입하여 새로운 양자화기 행렬 $H_{H.263}$ 를 설계한다. 이때 A 는 양자화기의 이득으로 특히 A 가 12의 값을 가질 때 Q_{JPEG} 의 각 원소 $(q_{ij})_{JPEG}$ 과 가장 유사한 양자화기 행렬

H_{JPEG} 의 각 원소 $(h_{ij})_{JPEG}$ 을 얻을 수 있다.

$$(q_{ij})_{JPEG} \cong (h_{ij})_{JPEG} = \frac{12}{g_{ij}} \quad (8)$$

식 (7)에서 a_n 은 $\epsilon = \|Q_{JPEG} - H_{JPEG}\|$, 즉 JPEG에서 인간 시각 특성을 잘 반영하는 것으로 제시된 양자화기 Q_{JPEG} 과 H_{JPEG} 의 오차를 최소화하기 위해 찾아진 값들이다[7][10]. 그림 3의 (a)는 JPEG에서 인간 시각 특성을 가장 잘 만족하는 것으로 제시된 Q_{JPEG} 을 나타내고, (b)는 $A=12$ 인 $H_{H.263}$ 즉 H_{JPEG} 을 나타낸다.

15	13	13	17	26	45	70	83	19	16	16	21	32	56	88	104
13	12	14	18	28	48	72	84	16	16	17	22	34	60	90	105
13	14	16	21	33	55	76	85	16	17	20	26	42	69	95	107
17	18	21	29	45	67	81	88	21	22	26	37	56	83	101	110
26	28	33	45	62	77	85	94	32	34	42	56	78	97	106	118
45	48	55	67	77	84	90	106	56	60	69	83	97	105	113	133
70	72	76	81	85	90	103	131	88	90	95	101	106	113	129	164
83	84	85	88	94	106	131	182	104	105	107	110	118	133	164	227

(a) $H_{H.263} = H_{JPEG} (A=12)$ (b) $H_{H.263} (A=15)$

그림 3. 양자화 테이블

Fig. 3. Quantizer Table

양자화 이득 A 의 값은 TMN5에서 양자화시 발생하는 비트의 과다할당으로 인한 버퍼의 오버플로우를 방지하기 위해서 QP를 결정했던 방법과 동일한 방법으로 결정하고 1에서 31까지의 값을 가진다. TMN5에서는 식 (3), (4)와 같이 AC 계수에 대해선 DCT 계수 특성의 고려없이 QP값에 의해서 동일한 가중치(weight)를 갖는 양자화 행렬로 양자화 한다. 하지만 제안한 양자화 행렬은 양자화 이득 A 값만을 전송하여 AC 계수의 중요도에 따라 각기 다른 가중치를 갖는 양자화기 행렬 $H_{H.263}$ 을 구성하여 DCT 계수를 양자화 함으로 화질의 개선 및 계산량 감축을 가져올 수 있다. 초기 INTRA 프레임의 양자화를 위한 A 의 초기값은 12로 한다. 이렇게 만들어진 양자화 행렬 $H_{H.263}$ 으로 DCT 계수 $C(i,j)$ 를 식 (9)과 같이 양자화 한다.

INTRADC or Non_INTRADC :

$$QC(i,j) = \text{sign}[C(i,j)] / H_{H.263}(i,j) \quad (9)$$

$H_{H.263}$ 에 의해 양자화된 계수들은 그림 4와 같이 지그재그 주사한 후 가변장 양자화를 이용하여 전송하게 된다[4].

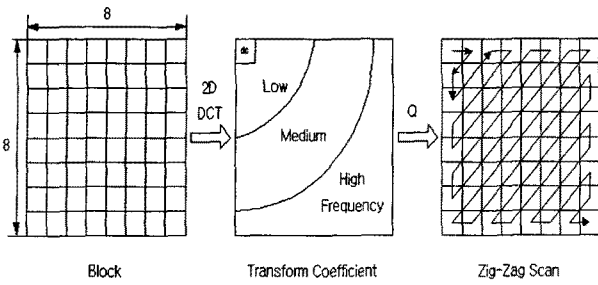


그림 4. DCT 계수의 주사
Fig. 4. Scan of DCT Coefficient

IV. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서 제안한 DCT 기반 H.263 양자화기의 성능을 분석하기 위해서 ITU-T에서 H.263의 평가를 목적으로 사용한 3가지 QCIF(144×176, 4:2:0)영상을 이용한다[5]. 사용된 영상은 주로 영상전하나 영상회의 시스템에 적합한 영상으로 한 명의 화자가 화면의 중심에 위치하는 Susie, Carphone, Foreman 세 가지 방식 영상의 각 100 프레임을 가지고 실험한다. 이들 영상은 움직임의 크기가 조금씩 차이가 있는데 Susie 영상은 다른 영상에 비하여 비교적 움직임이 적고 Foreman 영상은 다른 영상에 비해 다소 많은 움직임을 갖는다. 객관적인 평가를 위해서 움직임 추정은 전역 탐색 기법을 사용하며 ±15의 탐색 영역에서 모든 후보 블록을 순차적으로 비교하여 가장 유사한 블록을 찾아낸다. 최적의 정합된 블록을 찾는 정합 기준으로는 SAD를 사용한다. 또한 재생된 영상의 객관적인 화질을 평가하기 위해서 원본 영상과의 PSNR을 비교분석한다. 표 1과 표 2는 33Kbps와 24Kbps 환경에서 TMN5와 제안된 방식의 성능을 비교한 것이다. 표에서 평균 PSNR은 휘도 신호(Y)와 색차 신호(Cb, Cr)에 대하여 한 장의 INTRA 프레임을 포함한 전송된 프레임 각각의 PSNR을 평균한 것이다. 표에서 알 수 있듯이 제안된 방식의 휘도 신호는 Susie 영상의 경우 평균 0.65dB 이상의 개선을 나타내고 Carphone 또는 Foreman 영상에서 0.1~0.3dB 정도의 손실이 있었으며 색차 신호는 평균 1.73dB 정도의 개선을 보였다. 제안된 방법이 움직임이 많은 Carphone 영상과 Foreman 영상에서 한 프레임씩을 더 전송 처리함으로써 TMN5보다 높은 프레임율을 나타낸다.

표 1. 33Kbps에서의 성능 비교

Table 1. Performance comparison in 33Kbps

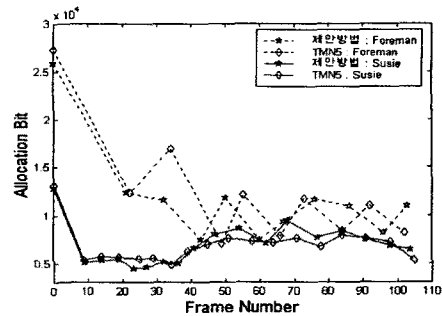
33Kbps		TMN5			제안한 양자화기		
QCIF Sequence	Susie	Carphone	Foreman	Susie	Carphone	Foreman	
Average PSNR	Y	35.0668	31.7585	29.6223	35.7143	31.4674	29.3081
	Cb	41.6132	37.0662	35.4043	43.8945	38.9514	36.5289
	Cr	41.3371	37.1374	36.6531	43.6217	38.9832	37.9086
Frame Number	18	14	10	18	15	11	
Frame Rate	5.4	4.2	3	5.4	4.5	3.3	

표 2. 24Kbps에서의 성능 비교

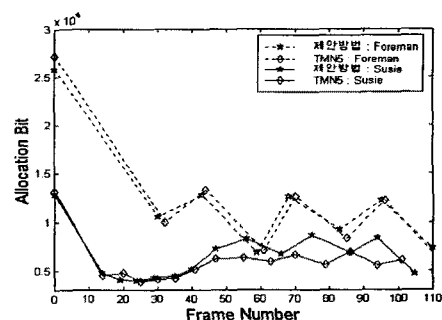
Table 2. Performance comparison in 24Kbps

24Kbps		TMN5			제안한 양자화기		
QCIF Sequence	Susie	Carphone	Foreman	Susie	Carphone	Foreman	
Average PSNR	Y	34.1479	31.1025	29.2831	35.0689	30.9983	28.9521
	Cb	40.9197	36.9042	35.3079	43.2026	38.4367	36.3693
	Cr	40.6146	36.9071	36.6436	43.0326	38.4324	37.9132
Frame Number	14	11	7	14	12	8	
Frame Rate	4.2	3.3	2.1	4.2	3.6	2.4	

그림 5는 33Kbps와 24Kbps 환경에서 Susie 영상과 Foreman 영상에 대한 각 프레임별 할당된 비트 수를 나타내고 있다. 제안된 방법이 평균적으로 할당되는 비트수가 적어 높은 압축율을 보여주고 있으며 결과적으로 전송되는 영상의 프레임율을 높일 수 있음을 알 수 있다.



(a) 33Kbps

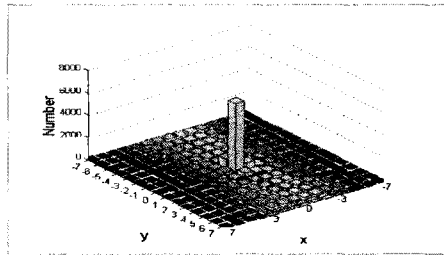


(b) 24Kbps

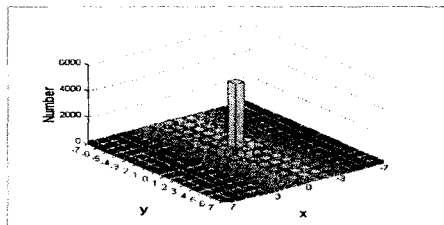
그림 5. Susie와 Foreman 영상의 각 프레임에 대한 비트 할당
Fig. 5. Bit Allocation for each frame of Susie and

Foreman image

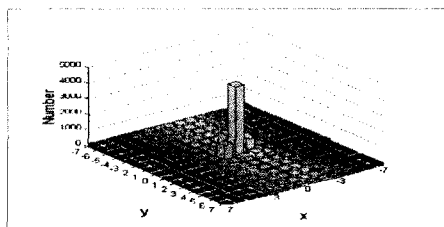
그림 6에서는 각 영상의 움직임 벡터 분포를 나타내고 있는데 이는 QCIF(144×176)의 Susie, Carphone, Foreman 영상의 휘도 신호(Y)를 가지고 100 프레임까지 FSM(Full Search Method)을 이용하여 실험하였을 때 움직임벡터 (x, y)에서 변위값 x, y의 분포를 나타낸다. 그림에서 70% 이상의 많은 MV가 원점을 중심으로 집중하는 분포 특성을 나타내고 있다[1][2][6].



(a) Susie



(b) Carphone

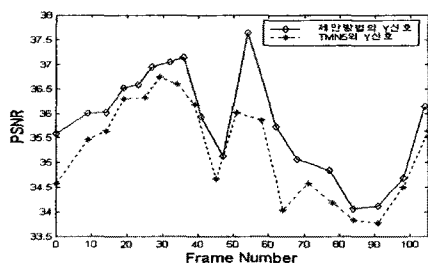


(c) Foreman

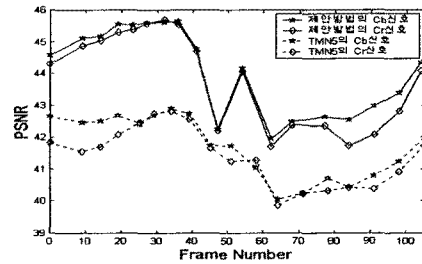
그림 6. 각 영상의 움직임 벡터 분포

Fig. 6. Motion Vector Distribution of each image

그림 7과 그림 8은 각각 Susie와 Foreman 영상에 대한 33Kbps 환경에서 전송된 프레임별 휘도 신호와 색차 신호의 PSNR 변화를 나타낸다. 제안한 양자화기를 사용할 때 Susie 영상은 휘도 신호와 색차 신호 모두 TMN5보다 높은 PSNR 특성을 보이지만 Foreman 영상은 휘도 신호에서는 약간의 손실을 보이는 반면 색차 신호의 경우 역시 높은 PSNR을 보인다.

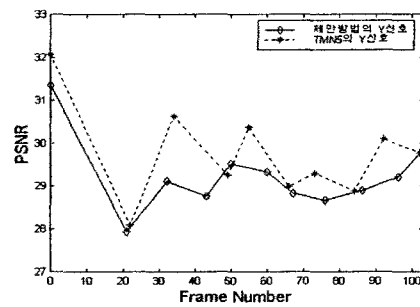


(a) Y 신호에 대한 PSNR

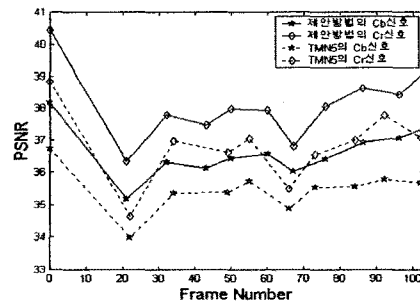


(b) Cb, Cr 신호에 대한 PSNR

그림 7. Susie영상의 각 프레임에 대한 PSNR(33Kbps)
Fig. 7. PSNR for each frame of Susie image(33Kbps)



(a) Y 신호에 대한 PSNR



(b) Cb, Cr 신호에 대한 PSNR

그림 8. Foreman 영상의 각 프레임에 대한 PSNR(33Kbps)
Fig. 8. PSNR for each frame of Foreman image(33Kbps)

표 3은 제안 방법과 기존 방법들과의 움직임 추정의 정확도를 비교하기 위해서 움직임 추정된 각 프레임의 PSNR을 구하여 전체 프레임에 대한 평균을 구한 결과이다. 제안 방법은 NTSS(New Three Step Search)의 평균 PSNR과 -0.19~0.11의 차이를 나타내고, 4SS(Four Step Search)의 평균 PSNR과 -0.19~0.04의 차이를 나타낸다. 따라서 제안 방법은 기존 방법에 비하여 PSNR은 거의 비슷하지만 움직임 추정의 정확도면에서 좋은 성능을 나타낼 수 있다.

표 3. 각 영상의 100프레임에 대한 평균 PSNR비교[dB]
Table 3. Average PSNR Comparison for 100 frame of each image

구분	Susie	Carphone	Foreman
FSM	35.33	32.20	30.62
NTSS	35.10	31.95	30.21
4SS	35.10	31.99	30.28
제안 방법	34.91	31.90	30.32

계산량의 비교를 위한 기준으로는 움직임 벡터(MV : Motion Vector)를 결정하기까지의 MB(Macro Block)당 평균 탐색점 수(ASP : Average Searching Point)를 사용하였다. 그 결과 제안 방법은 NTSS에 비하여 30.20~31.30%, 4SS에 비하여 20.24~21.56% 계산량의 감소를 나타냈다.

표 4. 각 영상의 100프레임에 대한 ASP비교
Table 4. ASP Comparison for 100 frame of each image

구분	Susie	Carphone	Foreman
FSM	225	225	225
NTSS	19.32	19.56	19.83
4SS	17.1912	17.0326	17.2813
제안 방법	13.4835	13.5841	13.6228

V. 결론

본 논문에서는 H.263의 시험모델 TMN5에서 사용하는 변환양자화 방법인 DCT를 유지하면서 DCT 변환계수의 분포 특성 및 인간 시각 특성을 고려한 양자화기를 제안하였다. 제안된 H.263은 양자화기를 제외한 모든 시스템의 전체적인 구조는 TMN5에 기준 하였기 때문에 기존 시스템에의 이식성이 우수하고 같은 전송 속도 환경에서 움직임이 많은 영상의 프레임율을 TMN5보다 높임으로 화면 드롭 현상을 줄일 수 있었다. 또한 객관적 화질 평가를 위한 평균 PSNR 측면에서 휘도신호는 평균 -0.3~+0.65dB 정도의 차이를 보이고 색차 신호에서는 평균 1.73dB 정도의 개선을 가져옴으로 결과적으로 더 좋은 화질을 가져왔을 뿐만 아니라 주관적 화질 평가에서도 TMN5에서 문제 시 되어왔던 블록화 현상이 어느 정도 제거된 선명한 영상을 얻을 수 있었다.

참고 문헌

[1] ITU-T Recommendation H.261. "Video Codec for Audiovisual Services at P×64 kbits," Mar. 1993.
 [2] ITU-T Recommendation H.263, "Video Coding for Low Bit rate Communication," Mar. 1996.
 [3] Mark R. Pickering, John F. Arnold, Michael R. Frater, " An Adaptive Search Length Algorithm for Block Matching Motion Estimation," IEEE Trans.

On Circuits and Systems for Video Technology, vol. 7, no. 6, pp. 906~912, Dec. 1997.
 [4] Jianhua Lu, Ming L. Liou, "A Simple and Efficient Search Algorithm for Block-Matching Motion Estimation," IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Technology, vol. 7, no. 2, pp. 429~433, April 1997.
 [5] J. Y. Nam and K. R. Rao, "Image Coding Using a Classified DCT/VQ based on Two Channel Conjugate Vector Quantization," IEEE Trans. Circuits and System for Video Technology, vol. 1, pp. 325~336, Dec. 1991.
 [6] T. Koga, K. Linma, A. Hirano, Y. Iijima, and T. Ishiguro, "Motion-Compensated Interframe Coding for Video Conferencing," Proc. NTC81, pp. G5.3.1~G5.3.5, Nov. 1981.
 [7] R. de Queiroz, C. Choi, Y. Huh, J. Hwang and K. R. Rao, "Wavelet Transforms in a JPEG-like Image Coder," Proc. of SPIE Conf, Visual Commun. and Image Processing, vol. 2308, pp. 1662~1673, Sep. 1994.
 [8] R. de Queiroz, C. K. Choi, Young Huh, and K. R. Rao, "Wavelet Transforms in a JPEG-Like Image Coder," IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, vol. 7, pp. 419~424, Apr. 1997.
 [9] 심중철, H.263에서 움직임 정합 블록을 위한 개선된 3 단계 탐색 알고리즘, 2002



신경철(Kyung-Cheol Shin)

1987년 2월 원광대 전자공학과(공학사)
 1990년 2월 숭실대 전자공학과(공학석사)
 2000년 2월 숭실대 전자공학과(공학박사)
 1994년 3월 ~ 현재 경남정보대학 부교수
 관심분야 : 디지털신호처리, 영상신호처리