

재양자화 특성을 이용한 비트율 변환기의 전송률 제어 기법

서광덕^o, 이상희, 권순각, 유국열, 김재균
한국과학기술원 전기 및 전자공학과

A New Rate Control Algorithm for Transcoder Based on Bit-rate Reduction Characteristics of Requantization

Kwang-deok Seo^o, Sang-hee Lee, Soon-kak Kwon, Kook-yeol Yoo, Jae-kyoon Kim
Dept. of Electrical Engineering, KAIST

e-mail : nullzone@vispop.kaist.ac.kr

Abstract

Transcoding is the key technique to further reduce the bit-rate of a previously compressed video. The performance of the transcoding is evaluated by the two factors, the accuracy on the target bit-rate and the complexity of the implementation. In this paper, we propose a new rate control algorithm which has very accurate bit-rate control performance and much smaller computational complexity. For the accuracy problem, we empirically observe the relationship between the quantization step size and generated bits in requantization process and then find that the relationship can be characterized as the new piece-wise linear model. For the complexity problem, we reduce the role of feedback rate control. The simulation results show that the proposed method gives the better performance in the accuracy with the same picture quality than conventional rate control algorithm.

1. 서론

앞으로 실시될 대부분의 비디오 서비스는 MPEG-2를 기반으로 하고 이 서비스들의 상당 부분은 이미 압축 저장된 비디오를 이용하는 방식이 적용될 전망이다. VOD (Video On Demand) 서비스를 그 전형적인 예로 들 수 있다. 이런 서비스의 주된 문제점은 비디오를 압축 저장할 때 나중에 그 비디오가 전송되어질 채널의 대역폭의 특성이 고려될 수 없다는 것이다. 이런 문제점은 서로 이질적인 대역폭을 가진 채널을 통해 서비스가 이루어질 때 분명해진다. 압축 저장된 비디오의 비트율보다 낮은 대역폭을 갖는 채널의 경우 좋은 품질의 서비스를 보장할 수 없고 각 채널의 대역폭에 맞는 다양한 비트율로 압축된 비디오를 준비할 수 없다. 이런 문제점들을 해결하기 위하여 비디오 서버와 사용자 사이에 비트율을 변환시키는 것이 도입됐다. 즉, 높은 비트율로 압축되어 저장된 비디오를 더 낮은 비트율로 전송을 요구하는 사용자에게 서비스하기 위해 중간에 비트율을 낮추는 장치를 설치하는 것

이다. 이렇게 해서 도입된 메카니즘이 비트율 변환기 (Transcoder) 이다. 기존의 연구들은 구조가 간단하고 P-화면에 대한 오류 파급 효과를 줄이는 비트율 변환기의 구조에 초점을 두고 있다. 그리고 이들 연구의 공통점으로는 비트율을 변환시키기 위하여 재양자화 (requantization) 이 이용되고 비트율을 제어 하기 위해서 기존의 MPEG-2 TM 5 방법이 그대로 이용된다는 것이다. 그러나 비트율 변환기에서 MPEG-2 TM5의 비트율 제어 기법을 그대로 이용할 때에는 치명적인 문제점이 발생된다. 첫째, 비트율 변환기에서 TM5의 기법을 이용하기 위한 필수적인 정보가 GOP 구조인데, MPEG-2의 비트율구조에는 이 정보를 저장하기 위하여 할당된 필드가 없다. 결국 비트율 변환기에서 입력으로 받는 비트열 (bit stream)에 대한 GOP 정보를 안다는 가정하에 TM5 비트율 제어 기법을 사용할 수 있는 것이다. 둘째, TM5 비트율 제어 기법은 양자화 계단 크기 (quantization step size)와 비트율 사이의 관계가 전형적인 역비례 관계라는 사실에 근거하지만, 재양자화 시에는 이런 관계가 더 이상 성립되지 않는다. 재양자화

시의 양자화 계단 크기와 비트율은 불연속적인 선형적 감소 관계 (piece-wise linearly decreasing relation)가 있음이 본 논문을 통해 증명 된다. 본 논문에서는 이런 문제점을 해결하기 위해 새로운 비트율 제어 기법을 제시한다. 제안된 알고리즘은 낮은 복잡도에서 정확한 전송률을 만들어 낼 수 있음을 모의 실험을 통해 확인한다.

2. 비트율 변환기의 구조

고속 변환을 목표로 간단한 구조를 가진 비트율 변환기는 기본적으로 그림 1과 같은 구조로 이루어진다.

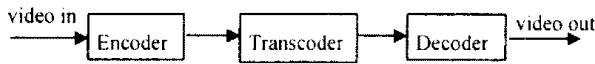


그림 1. 비트율 감축기의 구조

기존에는 p-화면에 대한 오류 파급 효과를 줄이기 위해 오류 보정을 위한 피드백 루프를 갖춘 변환기가 제안되어 있다.[1, 2] 그러나 구조가 복잡해서 저지연 (low delay) 서비스에는 적합하지 않다. 따라서 재양자화의 효과를 고려하고 지연에 구애를 받지 않도록 하기 위해 구조가 간단한 변환기를 사용할 필요가 있다.

2.1 고주파성분 제거를 이용한 비트율 변환기

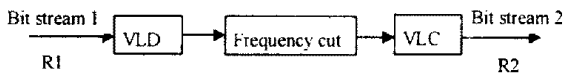


그림 2. 고주파 성분 제거를 이용한 기법

현재까지 제안된 변환기 중 구조는 가장 간단하지만 p-화면에 대한 오류 파급 (error propagation) 효과가 너무 커 재생 영상 화질이 나쁘다는 단점이 있다.

2.2 재양자화를 이용한 비트율 변환기

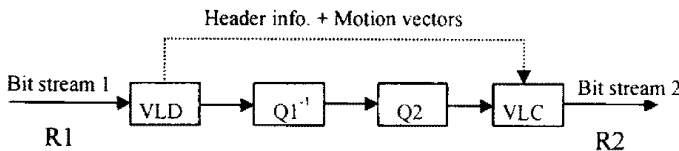


그림 3. 재양자화를 이용한 기법

재양자화의 기본적인 구조이며 성능이나 구현 복잡도가 그림 1의 변환기와 [1, 2]에서 제안된 변환기의 중간 정도에 해당한다. 본 논문에서는 이 변환기를 사용한다.

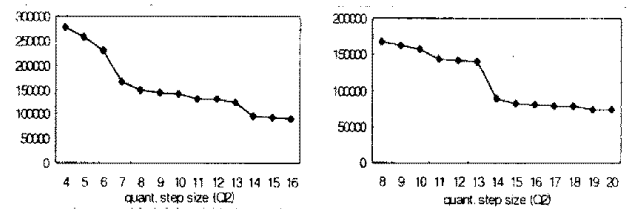
3 재양자화 시의 비트율 감축 특성

I-화면과 p-화면 각각에 대해 전체 매크로블록을 동일한 양자화 계단 크기 Q_1 으로 부호화한 비트열을 비트율

변환기에서 새로운 양자화 계단 크기 Q_2 ($Q_2 > Q_1$)로 재양자화했을 때의 비트율 감축 특성에 대해 조사한다.

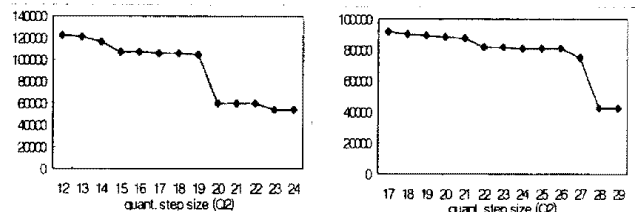
3.1 I-화면에서의 비트율 감축 특성

그림 4는 'Flower garden' 영상의 I-화면에 대하여 Q_1 값이 4, 8, 12, 17일 경우, Q_2 값을 증가시켰을 때의 비트 발생량을 각각 보인다. 그림 5는 'Flower garden', 'Poppie', 'Mobile & Calendar' 영상에 대하여 동일한 조건으로 부호화한 경우에, Q_2 의 변환에 대한 정규화 (normalization)된 비트발생량 (R_r)을 보인다. 여기서 R_r 은 Q_1 에 대한 비트발생량 R_1 에 기준된 Q_2 에 대한 비트발생량 R_2 의 비이다. 그림 4, 5로부터 재양자화 시의 비트발생량과 양자화 계단 크기는 서로 불연속적인 선형적 감소 관계 (piece-wise linearly decreasing relation)가 있으며, 영상에 관계 없이 주어진 Q_1 값에 대해 각각 특정한 Q_2 값에서 비트량이 급격히 감소되는 현상을 보임을 알 수 있다.



(a) $Q_1 = 4$ 일때

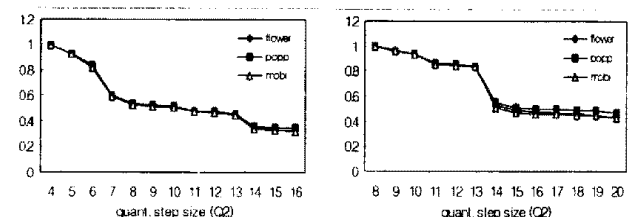
(b) $Q_1 = 8$ 일때



(c) $Q_1 = 12$ 일때

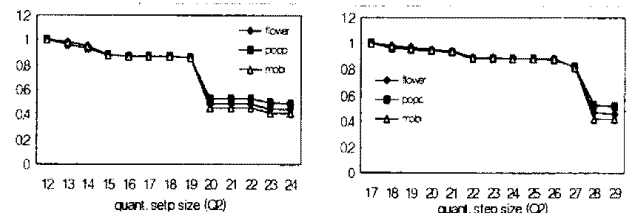
(d) $Q_1 = 17$ 일때

그림 4. 'Flower Garden'에 대한 비트율 감축 특성 (I-화면의 경우)



(a) $Q_1 = 4$ 일때

(b) $Q_1 = 8$ 일때



(c) $Q_1 = 12$ 일때

(d) $Q_1 = 17$ 일때

그림 5. 다양한 영상에 대한 비트율 감축 특성 (I-화면의 경우)

3.2 p-화면에서의 비트율 감축 특성

그림 6은 여러 가지 영상에 대하여 p-화면의 재양자화 특성을 보여준다. l-화면에 대한 결과인 그림 5와 비슷한 특성을 보이지만, p-화면에 대한 양자화 방법과 l-화면에 대한 양자화 방법이 서로 다르기 때문에, 특정 Q1 값에 대해 비트율이 급격히 감소되는 Q2 값이 그림 5의 결과와 다르게 나타난다.

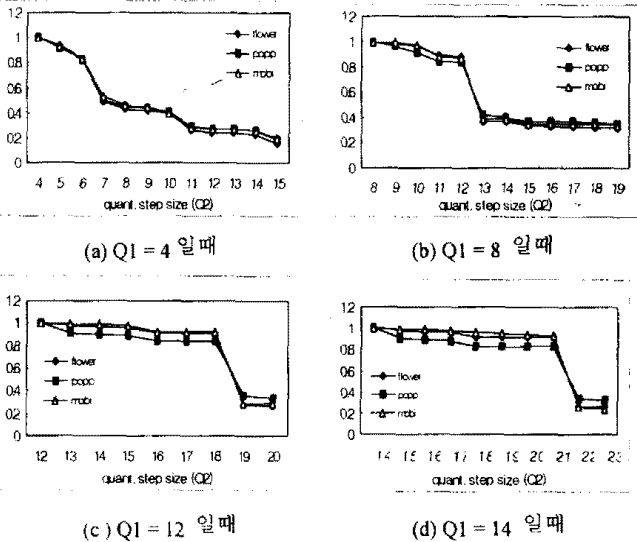


그림 6. 다양한 영상에 대한 비트율 감축 특성 (p-화면의 경우)

4 재양자화 시의 비트율 감축 특성에 대한 분석

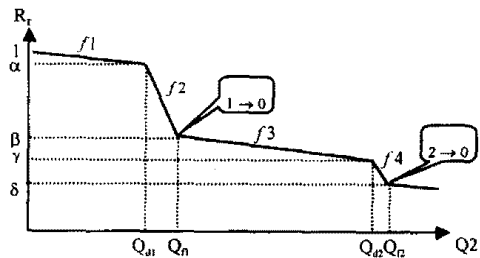
4.1 특정한 Q2 값에서 비트량이 급격히 감소되는 원인

Q1으로 양자화되어 변환기에 입력되는 비트열(bitstream)은 재양자화되기 전에 Q1으로 역양자화(dequantization)된다. 이때 이 역양자화된 값을 0으로 만들 수 있는 충분한 크기의 Q2가 존재하게 된다. 결국 이런 충분한 크기의 Q2로 재양자화되는 경우 각 블록(8 화소수×8 주사선수)에서 0의 개수가 급격히 증가하게 된다. 그림 7의 양자화 매트릭스(quantization matrix)에서 동일한 가중치(weighting factor)를 갖는 위치계수들은 동일한 양자화 특성을 보인다. 즉, 어떤 위치계수에서 재양자화 후 0의 개수가 증가했다면, 그 위치계수의 가중치와 동일한 가중치를 갖는 위치계수들에서도 0의 개수가 증가하게 된다. 그림 7에서 동일한 가중치를 갖는 위치계수들은 지그재그 스캔(zig-zag scan)에 의해 서로 묶여져서 스캔이 된다. 그 결과 연속되는 0의 개수가 급격하게 증가하게 되어 가변장부호화(variable length coding)에 의해 비트량이 급격히 감소된다. 그림 4, 5, 6에서 비트량이 급격히 감소하기 전까지 비트량이 조금씩 줄어드는 현상을 보이는 데, 원인은

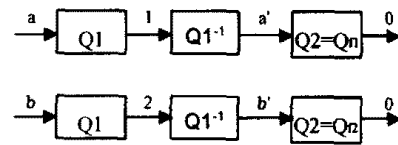
Q1으로 역양자화한 값이 재양자화 후 0이 아닌 약간 줄어드는 값을 가변장 부호화하기 때문이다. 그림 8에는 지금까지의 결과와 분석을 간략히 도시화하여 보여주고 있다. 그림 8.(a)는 비트량 감소특성의 전형적인 모양을 보여주는 데, 첫번째 급감하는 부분의 원인은 그림 8.(b)에서의 1이 재양자화에 의해 0으로 되기 때문이고, 두번째 급감하는 부분의 원인은 그림 8.(b)에서의 2가 재양자화에 의해 0으로 되기 때문이다. Q2=Qn 일때, 첫번째 급감이 발생하고 Q2=Qn 일때, 두번째 급감이 발생한다.

8	26	19	22	26	27	29	24
16	16	22	24	27	29	34	37
19	22	26	27	29	34	34	38
22	24	26	27	29	34	34	38
22	26	27	29	32	35	40	48
26	27	29	32	35	40	48	58
26	27	29	34	38	46	56	69
27	29	35	38	46	56	69	83

그림 7 화면내 부호화 블록(intra mode block)을 위한 양자화 매트릭스와 지그재그 스캔 순서



(a) 전형적인 재양자화 시의 비트율 감축 특성



(b) 비트율 급감에 대한 메카니즘

그림 8 불연속적인 선형적 감소 모델 (Piece-wise linearly decreasing model)

4.2 Qn 과 Qn 구하기

그림 7에서 양자화매트릭스의 (0,1)위치는 DCT 계수에서 DC 성분을 제외하고 가장 낮은 주파수 성분이며, 가중치로 16을 가진다. 가장 낮은 주파수 성분이기 때문에, 영상의 특성에 미치는 영향이 크다. 비트량이 급격히 감소하는 지점인 Q2=Qn 과 Q2=Qn에서는 공통적으로 위치(0,1)에서 재양자화에 의해 0의 개수가 급격히 증가한다. 일반적으로 이산여현변환(DCT)된 값이 가장 큰 위치인 (0,1)에서 재양자화에 의한 0의 개수가 증가한다는 의미는 이 보다 작은 이산여현변환된 값을 갖는 다른 계수에

도 0의 개수가 동시에 증가함을 의미한다. 결국, 위치 (0,1)에서 0의 개수를 증가시키는 Q2 값을 찾으면, Qn과 Qr를 찾을 수 있다. 지금까지 화면내 부호화 블록 (intra mode block)을 중심으로 설명을 했는데, 화면간 부호화 블록 (inter mode block)에 대해서도 마찬가지로 설명이 가능하다. 결론적으로, 주어진 Q1 값에 대해 위치 (0,1)의 가중치 16에 대해 그림 8(b)의 원리를 만족시키는 Q2 값을 찾으면, Qn과 Qr를 구할 수 있다. Qn과 Qr는 아래와 같은 부등식을 만족하는 Q2의 최소값을 취한 형태로 주어진다.

1) I-화면의 경우

$$2'Q1 + nint(p'Q2/q) < 2'Q2 \rightarrow Qn = \min(Q2) \quad (1)$$

$$4'Q1 + nint(p'Q2/q) < 2'Q2 \rightarrow Qr = \min(Q2) \quad (2)$$

2) P-화면의 경우

$$3'Q1 < 2'Q2, \rightarrow Qn = \min(Q2) \quad (3)$$

$$5'Q1 < 2'Q2 \rightarrow Qr = \min(Q2) \quad (4)$$

여기서, nint()는 가장 가까운 정수값으로 만드는 연산자이며, p와 q는 각각 3, 4이다.

4.3 재양자화 시의 비트율 감축 특성이 영상의 종류에 관계 없이 비슷한 이유

MPEG-2 부호화시스템에 대한 비트율과 양자화 계단 크기 사이의 관계는 Wei Ding에 의해 다음과 같은 모델로 제시되었다. [7]

$$R = a + b/Q^c \quad (0 < c < 2) \quad (5)$$

여기서, a, b, c는 영상에 의존하는 상수로서 a는 오버헤드 비트량을 나타내고, c는 보통 1에 근접하는 값이다. 따라서 c를 1로 두고 a를 무시하면 (6)과 같은 근사화 된 결과를 얻는다.

$$R1 * Q1 = R2 * Q2 = b \quad (6)$$

위 식에서 영상에 의존하는 요소가 b인데 R1, Q1 그리고 R2, Q2의 관계는 b에 관계 없이 (7)과 같이 주어진다.

$$R2/R1 = Q1/Q2 \quad (7)$$

결국, 주어진 Q1에 대해 원하는 비트량을 감소시키기 위해 요구되는 Q2값은 영상에 관계 없이 같다. 그러나, 실제 실험상에서 영상에 따라 약간씩 차이가 나는 것은 a와 c에 의한 영향이다. 특히, P-화면의 경우 신호 비트수 (signal bits)가 I-화면 보다 작기 때문에, a 값을 무시할 경우 좀 더 큰 오차가 발생함을 그림 5와 그림 6을 비교해 보면 알 수 있다.

5. 제안된 전송률 제어 기법

Step 1 - 비트 할당 : 입력으로 받은 비트열에 대해 화면 종류에 관계 없이 각 화면마다 동일한 비율로 비트량을 감소시킨다. 다만, I-화면의 경우 P-화면이나 B-화면의 기준이 되기 때문에, 목표 감소 비율보다 5% 정도 덜 감소시켜 비트량을 할당한다. I-화면은 P-화면이나 B-화면에 비해 상대적 개수가 매우 작기 때문에, 이 5%의 오차는 목표 비트율로 만드는데 거의 영향을 주지 않는다.

Step 2 - '불연속적인 선형적 감소 모델'의 파라미터 설정 : 그림 8(a)에서 모델 파라미터가 되는 것이, Rr, α, β, γ, δ, Qn, Qr, Qd1, Qd2인데 Qn, Qr는 4.2절의 절차로 구할 수 있고 Qd1, Qd2는 각각 Qn, Qr보다 1 작은 값이다. α, β, γ, δ는 4.3절의 결과로부터 영상에 관계 없이 감소 모델이 비슷한 모양을 나타내므로 I-화면과 P-화면에 대해 각각 식 (8), (9)로 고정 시켜 놓고 여기서 발생하는 약간의 오차는 뒤에 나올 Step 4에서 보정해 준다.

$$\begin{aligned} \alpha = 0.85, \quad \beta = 0.45, \quad \gamma = 0.35, \quad \delta = 0.30 & \quad (8) \\ \alpha = 0.85, \quad \beta = 0.40, \quad \gamma = 0.30, \quad \delta = 0.25 & \quad (9) \end{aligned}$$

Step 3 - 비트율 제어 : '불연속적인 선형적 감소 모델'은 화면 단위에 대해 얻은 통계적 결과이다. 따라서 각 매크로블록 (macroblock) 단위로 적용하기에는 오차가 있을 수 있다. 하지만 화면 단위와 슬라이스 (slice) 단위는 통계적 특성이 비슷하다. 따라서, 슬라이스 단위로 '불연속적인 선형적 감소 모델'을 적용한다. 그림 8(a)의 선형 방정식 f1, f2, f3, f4는 다음과 같이 주어진다.

$$f1: Rr = \frac{1-\alpha}{Q1-Qd1} (Q2-Q1) + 1$$

$$f2: Rr = \frac{\alpha-\beta}{Qd1-Qr} (Q2-Qd1) + \alpha$$

$$f3: Rr = \frac{\beta-\gamma}{Qr1-Qd2} (Q2-Qr1) + \beta$$

$$f4: Rr = \frac{\gamma-\delta}{Qd2-Qr2} (Q2-Qd2) + \gamma$$

f2의 경우 큰 기울기 값으로 인해 비트량이 양자화 계단 크기에 민감하게 영향을 받는다. 그림 8(a)로부터 f2에서는 Qd1과 Qr1사이 즉, 양자화 계단 크기 하나 차이에도 발생 비트량이 크게 차이가 난다. f2에서 원하는 비트율로 맞추기 위해서 필요한 새로운 양자화 계단 크기는 소수점 단위까지 고려가 되어야 하지만 실제 양자화 계단 크기는 정수치 (integer value)이다. 따라서, f1, f3, f4와 같은 기법을 사용할 수가 없다. 따라서, 입력으로 받은 비트열의 비트율과 비트율 변환기에서 목표로 하는 비트율의 비에 해당하는 값, 즉 그림 8(a)에서 Rr이

$f1, f3, f4$ 에 속하는 경우와 $f2$ 에 속하는 경우 두 가지로 나누어 비트율 제어 기법을 제안한다.

1) Rr 이 $f1, f3, f4$ 에 속하는 경우

비트율 변화기에 입력으로 들어오는 비트열의 화면 구조는 그림 9처럼 구성된다. 이 그림에서 $Q1(i, j)$ 는 i 번째 슬라이스에서 j 번째 매크로블록의 양자화 계단 크기를 나타낸다. N 개의 매크로블록으로 이루어진 i 번째 슬라이스의 평균 양자화 계단 크기를 다음과 같이 정의한다.

$$Q_{i, avg} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N Q1(i, j) \quad (10)$$

Q1(1,1)	Q1(1,2)	Q1(1,3)			Q1(1,N)
Q1(2,1)	Q1(2,2)				Q1(2,N)
Q1(3,1)					Q1(3,N)
Q1(M,1)	Q1(M,2)				Q1(M,N)

그림 9. 비트율 변화기에 입력되는 비트열의 매크로 블록 단위의 양자화 계단 크기

i 번째 슬라이스의 양자화 계단 크기를 대표하는 $Q_{i, avg}$ 와 새로운 목표 비트율(target bit-rate)이 주어지면 불연속적인 선형적 감소 모델로부터 목표 비트율을 만들기 위한 새로운 양자화 계단 크기 $Q_{i, tag}$ 를 구할 수 있다. 이렇게 구한 $Q_{i, avg}$, $Q_{i, tag}$ 의 비를 다음과 같이 λ_i 로 정의한다.

$$\lambda_i = \frac{Q_{i, tag}}{Q_{i, avg}} \quad (11)$$

최종적으로 각 매크로블록에 할당될 새로운 양자화 계단 크기는 다음과 같이 얻는다.

$$Q2(i, j) = \text{nint}(\lambda_i \cdot Q1(i, j)) \quad (12)$$

2) Rr 이 $f2$ 에 속하는 경우

i 번째 슬라이스에 대해 $Q_{i, avg}$ 는 (10)에서와 같이 구한다. $Q_{i, avg}$ 를 구한 후 4.2절에 의해 $f2$ 와 관계되는 모델 파라미터인 Q_{d1} 과 Q_{n1} 들을 구할 수 있다. Rr 이 $f2$ 에 속하는 경우 각 매크로블록에 대한 새로운 양자화 계단 크기는 Q_{d1} 이나 Q_{n1} 중 하나이다. $f2$ 는 선형적인 직선이므로 α, β 에 대한 Rr 의 크기를 고려한 선형적 관계에 의해 Q_{d1} 의 개수를 정하고 나머지는 Q_{n1} 로 할당한다. 즉, Rr 이 α 에 근접하면, Q_{d1} 의 개수가 더 많이 사용될 것이다.

예를 들면, $Rr = \alpha$ 이면, 모든 매크로블록이 Q_{d1} 으로 할당되고, $Rr = (\alpha + \beta)/2$ 이면, 절반의 매크로블록에는 Q_{d1} 이 나머지 절반에는 Q_{n1} 이 할당될 것이다. Q_{d1} 과 Q_{n1} 의 개수가 정해진 후 마지막으로 고려해야 될 사항은 각 매크로블록에 Q_{d1} 또는 Q_{n1} 을 할당 하는 문제이다. 여러 개의 매크로블록이 묶인 부분이 일정한 화질을 갖도록 하기 위해 균등히 분배하도록 한다. 예를 들면, 8개의 매크로블록에 대해 6개의 Q_{d1} 과 2개의 Q_{n1} 이 할당된다면, 각 매크로블록 순서대로 ($Q_{d1}, Q_{d1}, Q_{n1}, Q_{d1}, Q_{d1}, Q_{n1}, Q_{d1}, Q_{d1}$)와 같이 균등히 분배한다.

Step 4 - 오차 보상 : 현재 슬라이스에서 더 많이 소요된 비트량이나 남게 된 비트량은 다음 슬라이스에서 보상된다. 보상을 위해 피드백 제어 개념이 첨가되는데, 슬라이스 단위로 오차 보상을 위한 간단한 피드백 제어가 이루어지기 때문에, 매크로 블록 단위로 피드백 제어를 하는 TM5 방식에 비해 훨씬 더 간단하다.

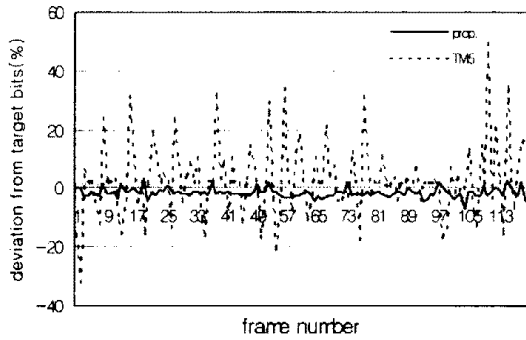
5 모의 실험 결과

실험에 사용한 영상은 SIF (352 화소수×240 주사선수) 규격의 'Flower garden'을 사용한다. 그림 10은 비트율 변화기에서의 비트율 제어 기법으로서 MPEG TM5와 제안된 방식의 성능을 비교한 실험 결과이다. 여기서 각 방법의 GOP 구조는 B-화면이 없는 12화면으로 구성된다. $Rr = 1.5/2.5 = 0.6$ 이므로 제안된 방식은 $f2$ 를 모델로 하는 제어 기법을 사용한다. 그림 10(a) 결과에서 보듯이 제안된 방식이 훨씬 더 정확하게 비트율을 제어함을 알 수 있다. 그림 10(c)에서 한 GOP 단위로 비교했을 때, 제안된 방식의 재생화질의 경우 I-화면을 비롯하여 초반의 화면에 대해서는 TM5 방식보다 비슷하거나 조금 떨어지지만 GOP 후반에 가서는 제안된 방식의 PSNR이 TM5 방식보다 나아짐을 알 수 있다. 그림 11에서는 $Rr = 0.75/2.5 = 0.3$ 이므로 $f3$ 를 모델로 하는 제어 기법을 사용한다. 제안된 방식의 성능이 $f2$ 모델에 대한 실험과 비슷한 결과를 보여준다.

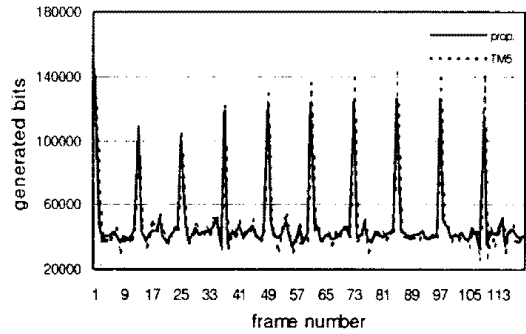
6 결론

본 논문에서는 재양자화 시의 특성을 이용하여 TM5 방식보다 단순한 구조를 갖고서도 비트율 변화기에서 뛰어난 성능을 가진 새로운 비트율 제어 기법을 제안했다. 제안된 비트율 제어 기법은 재양자화 시의 비트율 감축 특성을 모델화하여 TM5 방식의 피드백 비트율 제어(feedback rate control)보다 훨씬 간단한 피드백 제어를 사용하지만 훨씬 더 정확히 비트율을 제어할 수 있다. 또한

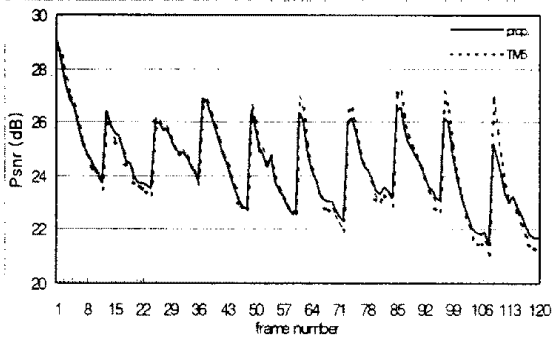
화질면에서도 TM5 방식과 비슷한 성능을 보여준다. 앞으로 이 논문의 결과는 VOD 서비스 뿐 아니라, 실시간 영상통신에서 비트율을 변환해야 될 환경에서도 구조의 간단함으로 인하여 비트율 변환의 속도와 지연 문제에도 좋은 해결책이 되리라 예상된다.



(a) 목표 비트량과 실제 생성된 비트량의 오차

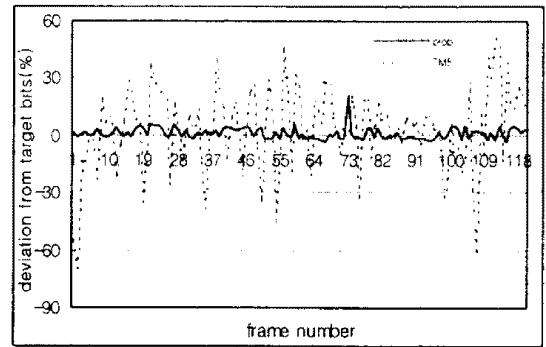


(b) 실제 생성된 비트량 절대적 비교

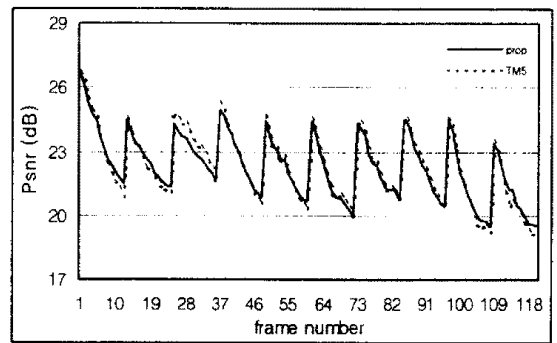


(c) 영상의 화질 비교

Fig. 10 GOP 크기 12 인 'Flower garden' 을 $R_1=2.5\text{Mbps}$ 에서 $R_2=1.5\text{Mbps}$ 로 비트율을 감축 시켰을 때 ($R_r=0.6$) TM5 와 제안된 방식의 성능 비교



(a) 목표 비트량과 실제 생성된 비트량의 오차



(b) 영상의 화질 비교

Fig. 11 GOP 크기 12 인 'Flower garden' 을 $R_1=2.5\text{Mbps}$ 에서 $R_2=0.75\text{Mbps}$ 로 비트율을 감축 시켰을 때 ($R_r=0.3$) TM5 와 제안된 방식의 성능 비교

[참고 문헌]

- [1] D. G. Morrison, M.E. and M. Ghanbari, "Reduction of the bit-rate of compressed video while in its coded form", The 6th International Workshop on Packet Video, 1994.
- [2] Pedro A. A. Assuncao, "Post-processing of MPEG-2 video for transmission at lower bit rates.", Proc. ICASSP, 1996.
- [3] Yasuyuki Nakagima, Hironao Hori, "Rate Conversion of MPEG Coded Video by Requantization Process", Proc. ICIP, 1995.
- [4] D. G. Morrison, "Video transcoders with low delay.", IEICE Tr. On Communication, June, 1997.
- [5] Shaw-Min Lei, "Video Bridging based on H.261 standard.", IEEE Tr. on Circuit and Systems for Video Technology, August 1994.
- [6] Gertjan Keesman, "Transcoding of MPEG bitstream", Signal Processing, 1996.
- [7] Wei Ding, "Rate control of MPEG video coding and recording by rate-quantization modeling", IEEE Tr. on Circuit and Systems for Video Technology, February 1996.
- [8] L. Wang, "Rate control for MPEG video coding", Proc. SPIE VCIP, 1995.