GOV구조를 이용한 MPEG-4 비트율 제어기법

박 지 호, 김 종 호, 정 제 창
한양대학교 전자통신공학과

MPEG-4 Rate Control Using GOV Structure

Jiho Park, Jongho Kim, and Jechang Jeong
Dept. of Electronic Communications Engineering, Hanyang University
E-Mail : scottie@ece.hanyang.ac.kr

Abstract

The rate control is very important to solve the difficulties arising from bit-rate on transmission through channel and to improve video quality. It is very important to point out that the amount of output bit obtained the encoding process using rate controller brings many problems on the transmission of channels and furthermore output bitstream decoded affects directly on the visual quality of displayed subject.

In this paper, the effective rate control algorithm by rate-distortion modeling using MPEG-4 encoder is proposed. The proposed rate control has applied different weighting by VOP prediction type and even in the same VOP prediction type, the predicted reference allocates more bit. Through these bit allocation the minimization of distortion can be achieved preventing propagation of quantization error.

The amount of saved bitstream obtained by the proposed algorithm in this thesis is allocated to I-VOP using region of interest(ROI) selective enhancement on the next GOV encoding process and this process brought the improvement of visual quality.

Keywords: MPEG-4, rate control, ROI

I. 서 론

동영상 부호화에서 비트율 제어기법은 부호화시 한정된 버퍼의 제약조건을 만족시키며 복호화시 가능한 최상의 화질을 보여주기 위해서 매크로블록의 양자화 파라미터나 프레임율을 조절한다. 비트율 제어기를 이용한 부호화시 발생되는 비트량은 채널을 통한 전송시에 직접적인 영향을 미치고, 수신된 비트열의 복호화시에는 화질에 직접적인 영향을 미치기 때문에 매우 중요한 문제이다.

기존의 연구되어온 비트율 제어기법에 대한 접근방식은 크게 두 가지로 나누어진다. ① 비트율과 왜곡에 대한 통계적인 분석을 통하여 특정한 모델을 이용하는 접근방식과 ② 비트율과 왜곡에 대한 관계를 수식을 통한 분석을 이용하는 접근방식이다. ①의 방법은 모델에 의해 계산된 양자화 파라미터를 사용하므로 실시간 부호화에 적합하나 근사화된 모델을 이용하므로 최적의 비트할당이 불가능하다. 그와 반대로 ②와 같은 방법은 양자화 파라미터를 결정하기 전에 가능한 모든 종류의 양자화 파라미터의 조합의 비트율과 왜곡을 계산하여 비용함수를 최소로 하는 양자화 파라미터의 조합을 결정한다. 따라서 실시간 부호화는 불가능 하지만 최적의 비트-할당 방법을 제시할 수 있다.

본 논문에서는 MPEG-4 부호화기를 이용하여 비트율과 왜곡간의 모델링을 통한 비트율 제어기법을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 MPEG-4에서 사용되는 예측부호화에 의해서 부호화되는 VOP의 양자화 오차의 전파를 GOV 구조를 이용한 비트율 제어기법으로 최소한으로 줄임으로써 비트량을 감소시켰다. 이는 GOV내에 VOP의 예측방법에 따라 서로 다른 가중치를 두고, 같은 예측방법을 사용하는 VOP이라도 시간축에서 먼저 부호화되는 VOP에 더 많은 비트를 할당하여 양자화 오차를 줄여 예측부호화시 오차의 전파를 최소화하여 왜곡을 줄이는 비트율 제어기법이다. 제안된 GOV 구조를 이용한 비트율 제어기법으로 감소가 된 비트량은 다음 GOV 부호화시 GOV내의 모든 VOP에 양자화 오차를 전파하게 되는 I-VOP에 영역 선택적으로 비트를 할당하여 객관적인 화질 및 주관적 화질향상을 하였다.

본 논문에서는 II절에서는 VOP별로 다른 가중치를 두어 비트를 할당하여 양자화 파라미터를 찾기 위한 단계적인 방법을 제시하였으며, III절에서는 II절에서 제

안된 비트율 제어기법과 VM8 비트율 제어기법을 모의실험을 통하여 성능 비교를 도시화하였다. Ⅳ절에서는 모의실험을 통한 결과와 보다 더 나은 성능향상을 위한 방법을 제시하였다.

II. GOV구조를 이용한 비트율 제어기법

2.1 비트할당

비트율 제어기는 발생되는 비트의 총합이 주어진 비트량을 넘지않는 범위내에서 최상의 화질, 즉 왜곡을 최소화하도록 양자화 파라미터나 프레임율을 조절한다. 왜곡을 최소화하도록 비트율과 왜곡간의 특정 모델을 이용하여 적절한 양자화 파라미터를 계산하기 위해서는 우선 각 VOP별로 할당하는 비트량을 계산하여야 한다. 각각의 VOP별로 할당되는 총비트량은 식(1)을 통하여 계산하게 된다.

$$T_i = \max\{\frac{Bit_rate}{1+\frac{N_b X_b}{K_b X_i}+\frac{N_p X_p}{K_p X_i}}, \frac{Bit_rate}{8\times Picture_rate}\}, for\ I-VOP$$

$$T_p = \max\{\frac{Bit_rate}{N_p+\frac{N_b K_p X_b}{K_b X_p}}, \frac{Bit_rate}{8\times Picture_rate}\}, for\ P-VOP$$

$$T_b = \max\{\frac{Bit_rate}{N_b+\frac{N_p K_b X_p}{K_p X_b}}, \frac{Bit_rate}{8\times Picture_rate}\}, for\ B-VOP \quad 식(1)$$

각 VOP는 예측 부호화 타입에 따라 다른 비트를 할당받게 되는데, GOV내의 같은 예측 부호화를 사용하는 VOP의 수(N), VOP별 부호화 복잡도(K) 그리고 VOP별 비트할당에 따른 상수값(X)를 고려하여 비트를 할당받게 된다.

MPEG에서는 시간적 중복성을 배제하기 위해서 예측 부호화를 사용하기 때문에, 예측부호화에서 참조된 VOP의 양자화오차는 예측부호화되는 VOP에 전파가 되는 특성을 가진다. 따라서 발생된 비트열의 복호화시 전체 영상의 왜곡을 최소화하기 위해서는 GOV 레벨에서의 비트율 제어기법이 필요하게 된다.

GOV내의 VOP중에서 I-VOP의 양자화 오차는 모든 VOP에 전파되므로 가장 중요한 위치를 갖는다. 따라서 I-VOP에는 상대적으로 많은 비트를 할당하여 양자화 오차를 최소화시켜야한다. 그와 반대로 B-VOP는 예측부호화에 참조 프레임으로 사용되지 않기 때문에 상대적으로 낮은 중요도를 갖는다.

또한 GOV내에서 같은 예측부호화 타입을 갖는 P-VOP의 경우는 시간축을 기준으로 앞에 위치하는, 즉 먼저 부호화가 되는 P-VOP에 많은 비트가 할당되어야만 양자화 오차의 전파를 최소화시킬 수 있다.

GOV내의 양자화 오차의 전파를 최소화하기 위해서는 예측부호화 타입과 시간축을 기준으로 VOP별로 다른 가중치를 두고 부호화를 하여야만 복호화시 최상의 화질이 되도록 할 수 있다.

2.2 영역 선택적 화질 향상 기법

비트할당 과정에서 GOV내의 VOP별로 다른 가중치를 사용하여 부호화한 모의실험 결과, 같은 비트량에서는 0.2dB의 PSNR향상이나, 10%의 비트감소가 가능하다. 하지만 입력되는 영상에 따라 감소가 되는 비트량이 일정하지 않기 때문에, 첫 GOV를 부호화하여 얻은 결과를 이용하여야만 한다.

첫 GOV 부호화시 감소된 비트량만큼 다음 GOV 부호화시에 추가적으로 비트를 할당하게 된다. 이때 감소된 양만큼의 비트는 양자화 오차의 전파를 최소화하기 위해서 I-VOP에 할당하여 전체 영상의 왜곡을 최소화시킬 수 있다. 감소된 양만큼의 비트할당은, I-VOP내의 모든 매크로블록에 균일한 비트를 할당하는 것이 아니라 선택 영역에 따라 가중치를 달리하여 비트를 할당하는 방법을 사용한다. 이는 촬영시 피사체를 주로 화면의 중앙에 위치시키므로 시청자 또한 주로 화면의 중앙을 응시한다는 특성을 이용한 것으로 선택적 비트할당에 의해 주관적 화질향상을 극대화할 수 있다. 추가적인 비트를 할당할 영역은 QCIF 영상의 경우 영상의 가운데에 위치하고 있는 가로 7개 × 세로 5개의 매크로블록이다.

(a) Stefan (b) foreman

그림(2). QCIF영상의 영역 선택의 예

선택된 영역내의 추가적인 비트할당은 매크로블록에서 dquant를 사용하여 균일한 비트할당이 가능하다.

2.3 비트율-왜곡 모델 업데이트

각각의 VOP별로 할당된 비트량에 최대한 근접하도록 부호화를 하여 얻어지는 결과값은, 다음 부호화시 적합한 양자화 파라미터를 구하기 위해서 사용된다. 양자화 파라미터는 비트율과 왜곡간의 모델링을 통해서 얻어지기 때문에, 부호화에 의해서 얻어진 결과값을 다음 VOP 부호화를 위해서 업데이트 과정을 수행하게 된다. 업데이트과정은 식(2)와 같다.

$$bit_rate_{remain} = bit_rate_{target} - bit_rate_{used}$$

$$bit_rate_{new} = bit_rate_{used} + \frac{bit_rate \times N_{remain}}{frame_rate} \qquad 식(2)$$

식(2)와 같이 부호화에 의해서 사용된 비트량과 주어진 비트량에서 총 발생 비트량을 빼서 남은 비트량을 계산하여, 다음 VOP의 양자화 파라미터 계산시 이용하게 된다.

2.4 양자화 파라미터 계산

업데이트 과정후에는, 다음 VOP를 위한 양자화 파라미터를 다음과 같은 식(3)을 이용하여 계산하게 된다.

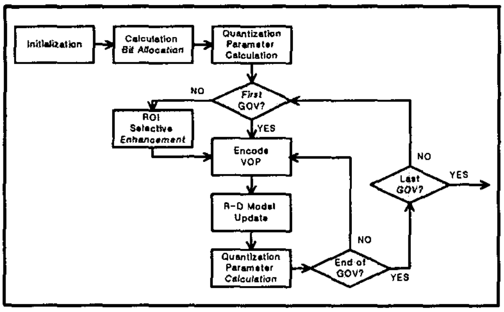
$$QP_{new} = \left\{ \left(\frac{3 \times buffer_state}{bit/frame} \right) - Activity \right\} \times VOP_weighting,$$
$$buffer_state = buffer_state_{final} - output_bit - T_n \times MB_num_{current} / MB_num_{total} \qquad 식(3)$$

양자화 파라미터를 계산하기 위해서는 현재 버퍼의 충만도(*buffer_state*), 발생된 총 비트량(*ouput_bit*), 그리고 부호화된 VOP의 움직임정보에 의한 활동도(*activity*)를 기준으로 계산을 하게된다. 부호화되는 활동도는 움직임 벡터를 기하학적 평균으로, 부호화된 영상에 움직임이 많다면 일반적으로 발생되는 비트량이 많아지므로 다음 VOP 양자화 파라미터 계산시 반영한다.

결과적으로 식(3)에서는 다음 VOP 부호화시 가용한 버퍼의 최대크기를 나타내어 이를 통해서 적절한 양자화 파라미터를 계산할 수 있다.

2.5 제안된 비트율 제어기법 블록도

제안된 비트율 제어기법은 그림(2)와 같다.



그림(2) 제안된 비트율 제어기법 블록도

Step① : 비트할당
시간축을 기준으로 VOP별 다른 가중치를 두어서 비트를 할당한다.

Step② : 영역 선택적 화질향상
GOV구조의 특성을 이용한 비트할당으로 감소된 비트량만큼 I-VOP에 영역을 선택하여 화질을 개선한다.

Step③ : 비트율-왜곡 모델 업데이트
각각의 VOP를 부호화하여 얻어진 결과를 이용하여 R-D 모델을 업데이트한다.

Step④ : 양자화 파라미터 계산
업데이트된 비트율-왜곡 모델을 기반으로 다음 VOP 부호화에 사용될 양자화 파라미터를 구한다.

Ⅲ. 실험결과

본 논문은 QCIF 크기의 (1) Mother and Daughter, (2) Foreman, (3)News, 그리고 (4) Stepan 영상을 제안된 비트율 제어기법과 MPEG-4 VM8 비트율 제어기법으로 부호화하여 출력되는 비트량과 객관적인 화질을 비교하였다.

첫 번째 실험결과는 4가지 영상의 첫GOV, 즉 (1),(3),(4)는 30프레임, (2)는 25프레임을 부호화하여 얻은 결과를 이용하여, 같은 프레임을 영역 선택적 화질 향상 기법을 적용하여 다시 부호화하였다. 목표 비트율은 32kbps, 64kbps, 128kbps, 256kbps로 IPP 구조를 갖도록 부호화하였다. 부호화시 입력되는 첫 VOP의 양자화 파라미터는 가능한 높은 PSNR을 갖도록 하기 위해서 I-VOP는 목표 비트율의 35%이상을 갖도록 조정하였다.

표(1)에서 발생된 비트량과 표(2)에서 PSNR을 도시하였다.

표(1). 제안된 제어기법의 출력 비트량 성능비교

단위 : byte

	32Kbps		64Kbps		128Kbps		256Kbps	
	MPEG-4	Proposed	MPEG-4	Proposed	MPEG-4	Proposed	MPEG-4	Proposed
Target Rate	32000	32000	64000	64000	128000	128000	256000	256000
News	32694	32198	65342	64886	128630	128614	250742	258294
Foreman	40880	41758	64398	64398	127380	132158	253158	253578
Mother&Daughter	33814	31852	65406	61064	139782	123198	257368	254206
Stefan	71326	71326	71326	71326	128368	128880	253726	257986
Average	44706	44286	66618	65416	131080	128140	253746	256316

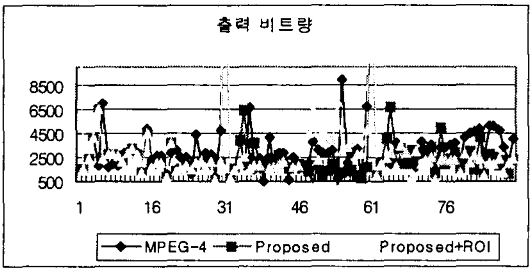
표(2). 제안된 제어기법의 휘도성분 평균 PSNR 성능비교

단위: dB

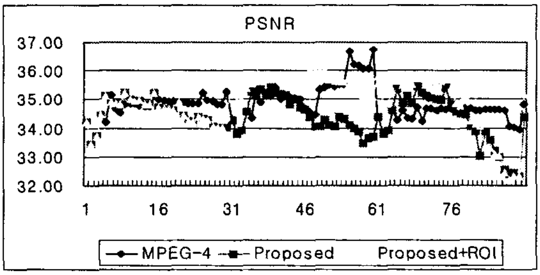
	32Kbps		64Kbps		128Kbps		256Kbps	
	MPEG-4	Proposed	MPEG-4	Proposed	MPEG-4	Proposed	MPEG-4	Proposed
News	29.02	29.41	33.14	33.21	37.27	37.33	41.52	41.80
Foreman	27.28	27.36	30.39	30.50	33.58	33.72	35.61	35.87
Mother&Daughter	34.91	35.54	38.18	38.52	41.58	41.47	44.28	44.23
Stefan	23.55	23.55	23.55	23.74	25.97	26.01	28.77	28.83
Average	28.69	28.97	31.32	31.49	34.60	34.63	37.79	37.98

모의실험 결과 제안된 비트율 제어기법은 평균적으로 0.2dB, 최대 0.53dB의 객관적인 화질향상이 되었으며, 발생된 비트량은 큰 차이는 없으나 대부분 감소되었다.

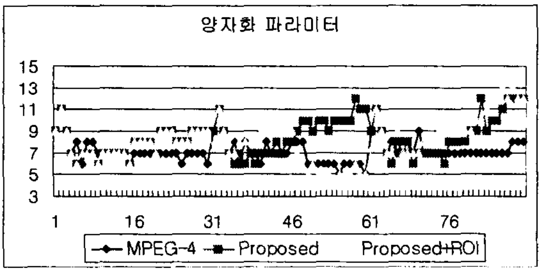
첫 모의실험은 부호화한 결과를 이용하기 위해서 같은 프레임을 두 번 부호화하여 얻은 결과이다. 두 번째 모의실험은 제안된 비트율 제어기법으로 QCIF 크기의 News 영상 90 프레임(GOV 3개)을 한번 부호화하여 얻은 결과이다. 첫 GOV는 영역 선택적 화질향상 기법을 사용할 수 없으므로 VM에 비해서 발생된 비트량은 적으나 객관적인 화질은 거의 변화가 없다. 그러나 두 번째 GOV는 첫 GOV에서 얻어진 결과를 사용하여 영역 선택적 화질 향상 기법을 사용하였다.



그림(3). 비트율 제어기법 출력 비트량 성능비교



그림(4). 비트율 제어기법 PSNR 성능비교



그림(5). 비트율 제어기법 양자화 파라미터 변화 비교

Ⅳ. 결 론

기존의 연구된 비트율 제어기법은 정확한 목표 비트율에 가깝도록 출력 비트율을 조절하기 위해서 양자화 파라미터가 적용되는 최소단위인 매크로블록 레벨과 프레임율 조절을 위해서 프레임 레벨에서 제어가 이루어졌다. 하지만 복호화 후에 보다 높은 화질을 보장하기 계층적 구조를 갖는 부호화기인 MPEG-4에서는 GOV 구조를 이용하여 비트율 제어해야 한다.

따라서 본 논문에서는 MPEG-4 부호화기를 이용하여 GOV 구조를 이용하여 VOP별로 다른 가중치를 둔 비트율 제어기법을 제안하여, 예측부호화시 양자화 오차가 전파되는 것을 최소화시켰으며, 실험을 통하여 유사한 PSNR을 갖으나 10%이상 출력 비트량이 감소하는 것을 확인하였다. 감소된 비트량은 다음 GOV 부호화시 I-VOP에 영역 선택적으로 비트를 할당함으로서 주관적/객관적 화질향상을 하였다. 본 논문에 제안된 비트율 제어기법은 GOV 레벨에서 최적화를 통한 전체 입력 영상의 화질을 향상하는 방법으로 PSNR은 최고 0.5dB에서 평균 0.2dB의 향질향상이 가능하며, 기존의 MPEG-4 비트율 제어기법과 유사한 PSNR에서는 10% 이상의 출력 비트량 감소가 된다.

그림(5)에서와 같이 I-VOP의 좌측에 위치한 VOP의 경우 높은 양자화 파라미터값을 갖게되므로 블록킹 현상이 나타날 경우가 있다. 이를 위해서 부호화시 복원된 영상에 디블록킹 필터를 사용하면 화질향상이 가능하다.

참고문헌

[1] Hwangjun Song, and C.-C. Jay Kuo, "Rate control for low-bit-rate video via variable-encoding frame rates", *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 11, pp. 512-521, Apr. 2001.

[2] K. Ramchandran, A. Ortega, and M. Vetterli, "Bit allocation for dependent quantization with application to multiresolution and MPEG video coder", *IEEE Trans. Image Processing,* vol. 3, pp. 533-545, Sept. 1994.

[3] Hung-Ju Lee and Ya-Qin Zhang, "Scalable rate control for MPEG-4 Video", *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 10, pp. 878-894, Sept. 2000.

[4] Jordi Ribas-Corbera and Shawmin Lei, "Rate control in DCT video coding for low-delay communications", *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 9, pp. 172-185, Feb. 1999.

[5] Siwei Ma, Wen Gao, and Yan Lu, "Rate control on JVT standard", Joint Video Team of ISO/IEC and ITU-T the 4th Meeting, JVT-D030, Klangenfurt, 22-26 July, 2002.

[12] Z. Li, F. Pan, G. Feng, K. Lim X. Lin, and S. Rahardja, "New rate control algorithm", Joint Video Team of ISO/IEC and ITU-T the 5th Meeting, JVT-E024, Geneva, 9-17 Oct, 2002.