

레터논문-08-13-3-12

H.264/AVC 동영상 부호화 방식을 위한 양자화 생략 조건 결정 기법

송 원 선^{a)}, 정 찬 영^{a)}, 홍 민 철^{a)‡}

Determination Method of Quantization Skipping Condition for H.264/AVC Video Coding

Wonseon Song^{a)}, Chan Young Jeong^{a)}, and Min-Cheol Hong^{a)‡}

요 약

본 논문에서는 H.264/AVC 동영상 부호화 방식의 양자화 과정 생략을 이용한 고속 방식에 대해 제안한다. 정수 여현 변환을 이 용함으로써 발생하는 양자화 과정의 복잡도 감소를 위해 정수 이산 여현 변환 과정 및 양자화 과정의 분석을 통해 양자화 과정 생략 조건을 유도하고, 이를 이용하여 압축 효율에 영향 없이 효과적으로 양자화 생략하는 방식에 대해 기술한다. 실험 결과를 통 해 제안 방식을 이용하여 컴퓨터 CPU 실행 시간이 약 10~25(%) 연산량 감소가 있었음을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we present a determination method of quantization skipping condition for H.264/AVC video encoding standard. In order to reduce the complexity of quantization process that is coming from integer discrete cosine transform, a quantization skipping condition is derived by the analysis of integer transform and quantization processes. The experimental results show that the proposed algorithm has the capability to reduce the computational complexity of CPU operation time about 10-25(%)

Keywords : H.264/AVC, quantization, transform, skipping condition

1. 서 론

다양한 동영상 표준 규격들 중 H.264 동영상 표준 부호화 방식은 고 압축률을 제공하여 여러 기술 표준에 채택되어 다양한 응용분야에서 사용되는 기술적 동향에도 불구하고 높은 압축률에 따르는 계산량의 문제로 인해 고속 알고리즘 구현에 어려움이 따른다. 그러므로 H.264 동영상 표준 부호화 과정에서 전체 부호화 복잡성으로 인해 문제가

될 수 있는 변환 과정 및 양자화 과정의 계산량 감소에 대한 연구는 계산량의 문제점이 있는 H.264 동영상 표준 부호화 방식의 고속 알고리즘 구현을 위한 필요 방식이다.

H.264 동영상 표준 부호화 방식은 화면 내 예측 부호화, 정수형 이산 여현 변환, 가변 블록 크기의 움직임 추정 및 보상 등을 특징으로 하고 있다^{1,2,3)}. 본 논문에서는 상기 방식 중 정수 이산 여현 변환 과정으로 인해 복잡성이 증가된 양자화 과정 생략 조건에 대해 제안한다.

기존의 제안 방식으로는 모든 이산 여현 변환된 계수들에 대한 그 절대값의 상한치를 이론적으로 분석하여 동시에 '0'으로 양자화 되는 충분조건을 유도하는 방식이 제안 되었으며, Sousa 등은 휘도 블록과 색차 블록의 구성을 이

a) 숭실대학교 정보통신전자공학부

School of Electronic Engineering, Soongsil University

‡ 교신 저자 : 홍민철(mhong@ssu.ac.kr)

* 본 논문은 학술진흥재단 중점연구소 지원 사업 (KRF-2006-005-J03801) 및 숭실대학교 교내 연구비 지원 사업에 의해 수행되었음.

용하여 참조 화면과 현재 화면에서 최적으로 매칭된 매크로블록의 인접 매크로블록을 찾아 보다 정확한 충분조건을 이론적으로 유도하여 성능을 향상시켰다^[4,5,6,7]. 또한, 임계치를 이용한 충분조건이 아닌 예측 오차 블록에 대한 실제 이산 여현 변환된 계수들을 이용한 방법도 제안되었다^[8,9,10]. 이와 같은 기존의 양자화 생략 방식은 MPEG2, MPEG4-Part2 등 기존의 동영상 표준화 기법에 관한 것으로서 정수 이산 여현 변환 과정을 기반으로 하는 H.264 동영상 부호화 방식의 양자화 생략 과정에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

본 논문에서는 H.264/AVC 동영상 부호화 방식의 정수 이산 여현 변환 (Integer Discrete Cosine Transform) 및 양자화 과정을 이용하여 양자화 과정의 생략 조건을 유도하여 양자화 과정 연산량을 감소시키는 방식에 대해 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2절에서는 고속 동영상 압축을 위한 양자화 과정 생략 기법의 배경에 대해 간략히 설명하고, 3절에서는 제안된 방식의 알고리즘에 대해 설명한다. H.264 동영상 표준 부호화 방식을 이용하여 변환 과정과 양자화 과정에 따른 임계치를 유도하였다. 또한 4절에서는 제안된 방식의 실험 결과에 대해 기술하고, 5절에서는 결론을 맺는다.

II. 연구 배경

H.264 동영상 표준 부호화방식에서 부호화 과정은 4×4 블록 기반의 정수 변환, 화면 내 예측 부호화, 블록 기반의 움직임 추정 및 보상을 기반으로 기존의 표준 부호화 방식과는 상이한 구조를 가지고 있으며, 이로 인해 고속 동영상 압축을 위한 양자화 과정 생략 기법과는 다르게 정의되어야 한다.

일반적으로 움직임 추정에서 최적의 블록 정합을 결정하기 위한 척도로서 SAD(Sum of Absolute Difference)가 사용되며 움직임 추정 및 보상에서 얻어지는 예측 오차 블록은 변환 과정 및 양자화 과정을 통하여 압축된다.

H.264 동영상 표준 부호화 방식에서는 부호화기와 복호화기의 역 이산 여현 변환과의 부정합 문제(Mismatch)를 해결하고 효율적인 구현을 위하여 4×4 정수형 변환을 적용하였다. 또한, 양자화 과정은 나눗셈 및 실수 연산을 피하

기 위해 다음과 같이 기존 방식과는 다르게 복잡한 방법으로 수행된다.

$$E_q(u,v) = \frac{E_I(u,v)A(Q_M, u,v) + f}{2^{15+Q_p/6}}, Q_M = Q_p \bmod 6 \quad (1)$$

위 식에서 $E_q(u,v)$ 및 $E_I(u,v)$ 는 각각 블록 내의 (u,v) 번째 양자화된 계수 및 정수형 이산 여현 변환 계수를 의미한다. 또한 Q_p, f 그리고 $A(Q_M, u,v)$ 는 양자화 인덱스, 원점 확대 영역 조절변수, 그리고 양자화 변수에 의존하는 크기 조정 인자 (Scaling Factor)를 각각 나타낸다. 또한 $A(Q_M, u,v)$ 는 다음과 같은 테이블로 정의된다.

$$A(Q_M, u,v) = M(Q_M, r) = \begin{bmatrix} 13107 & 5243 & 8066 \\ 11916 & 4660 & 7490 \\ 10082 & 4194 & 6554 \\ 9362 & 3647 & 5825 \\ 8192 & 3355 & 5243 \\ 7282 & 2893 & 4559 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$r = 0, \text{ for } (u,v) = \{(0,0), (0,2), (2,0), (2,2)\}$$

$$r = 1, \text{ for } (u,v) = \{(1,1), (1,3), (3,1), (3,3)\}$$

$$r = 2, \text{ otherwise}$$

III. 양자화 과정 생략 제안 방식

본 절에서는 추가적인 계산 없이 양자화 과정을 생략하여 계산량을 감소시키기 위한 제안 방식에 대해 설명한다.

MPEG4 등과 같이 일반적인 이산여현 변환과정 및 선형 양자화기를 사용하는 경우, 양자화된 이산여현 변환 계수 최대값이 다음 조건을 만족할 때, 양자화 과정은 생략될 수 있다^[4,5].

$$\max_{i,j} |Z_{i,j}| < 2 \times Qstep, \quad (3)$$

위 식에서 $Z_{i,j}$ 는 (i,j) 번째 양자화된 DCT 계수를 의미하며 $Qstep$ 은 양자화 스텝크기를 나타내며, \max 는 최대치 연산자를 의미한다. H.264 동영상 부호화 방식은 양자화 과정을 아래와 같이 비선형적으로 정의된다.

$$Z_{i,j} = \text{round} \left(W_{ij} \frac{PF}{Qstep} \right) \quad (4)$$

식 (4)에서 W_{ij} 는 H.264 동영상 표준 부호화방식의 정수 변환만을 거친 계수이며, PF 는 post scaling 요소로 4×4 블록 내의 화소 위치에 따라 다른 값을 갖는다. 또한 위의 식 (4)는 H.264 동영상 표준 부호화 방식의 참조 모델에서 MF (Multiplication Factor)라는 곱셈과 우측이동연산을 이용해 나눗셈 연산을 피하기 위한 식으로 다음과 같이 재 표현하여 사용되었다.

$$Z_{ij} = \text{round} \left(W_{ij} \frac{MF}{2^{qbits}} \right) \quad (5)$$

식 (3)을 기반으로 H.264 동영상 표준 부호화 방식의 가변 블록 크기에 대한 고속 동영상 압축을 위한 생략 기법은 위의 식 (4)와 식 (5)로부터 유도하여 다음과 같이 정리하여 나타낼 수 있다.

$$\max_{i,j} |W_{ij}| < 2 \times \left| \frac{PF}{MF} 2^{qbits} \right| \times Qstep \quad (6)$$

위의 식 (4)와 식 (6)에서 $Qstep$ 은 양자화 스텝 사이즈를 나타내고 $qbits$ 는 Qp 와 6의 모듈로 (Modulo, %) 연산된 값을 의미한다. 제안 방식은 식 (6)에서 표현된 바와 같이 정수 이산 여현 변환 계수의 최대값이 유도 조건을 만족하는 경우 양자화 과정을 생략하여 연산량의 이득을 얻을 수 있다.

IV. 실험 결과

본 논문에서 제안된 고속 동영상 표준 부호화 방식을 위한 변환 과정 및 양자화 과정 생략 기법으로 다양한 영상을 여러 QP에 대해 실험하였다. 제안된 방식은 H.264 동영상 표준 부호화 방식의 JM(Joint Model) 9.0 환경 하에서 실험하였으며, 그 중 QCIF “Foreman”, “Hall monitor” 영상에 대한 결과를 기술한다. 성능 비교를 위해 PSNR을 사용하였으며, $M \times N$ 크기의 8비트 영상에 대한 PSNR은 다음과 같이 정의된다.

$$PSNR = \frac{255^2 \times M \times N}{\|f - \tilde{f}\|^2} \quad (7)$$

식 (7)에서 f 및 \tilde{f} 은 각각 원 영상 및 부호화 된 영상을 나타내고, $\| \cdot \|$ 은 Euclidean norm을 의미한다. 표 1과 표 2는 “Foreman”, “Hall monitor” 영상에 대해 양자화 인덱스 QP에 따른 PSNR, 비트율 및 컴퓨터 CPU 실행 시간에 대한 연산 이득 비교를 나타내었다. 실험에 사용한 모든 영상에 대해 비트율에 대한 PSNR 손실은 없었으며 연산량 이득은 QP 값이 커질수록 많아짐을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 QP 값이 커질수록 저비트율 압축 과정을 필요로 하고, 이를 위해 양자화과정 생략 블록수가 많아지게 되고 상대적으로 연산 이득이 커지게 되기 때문이다.

제안된 양자화과정 생략 방식의 신뢰성을 확인하기 위해 표 3과 표 4에 QP에 따른 각 영상의 신뢰표를 나타내었다. 표 3과 표 4에서 ‘Fault’는 H.264 방식에서 양자화 생략 블록이 아니지만 제안 방식에서 생략하는 블록 수를 나타내며 ‘Fault’에 해당되는 블록이 발생하면 압축 효율에 심각한 저하가 발생할 수 있다. ‘Miss’는 H.264 방식에서 양자화 과정 생략 블록이지만 제안 방식에서 생략 블록으로 검출하지 못하는 경우를 나타내며 ‘Miss’ 블록이 많아질수록 압축 효율 저하는 발생하지 않지만 제안 방식에 의해 정확하게 생략되었기 때문에 연산량 절감의 이득은 감소하게 된다. 또한 ‘Succ’는 양자화 생략 블록을 제안 방식을 이용해서 정수 이산 여현 변환 계수를 이용하여 양자화 과정을 정확하게 생략하는 블록 수를 나타낸다. 본 실험을 통해 제안 방식의 양자화 생략에 따른 ‘Fault’는 발생하지 않았으며, ‘Miss’ 블록 수는 QP가 커질수록 작아짐을 확인할 수 있었다.

표 1. QCIF “Foreman” 영상의 QP에 따른 성능 비교표

Table1. Performance comparisons as a function of of QCIF “Foreman” sequence

QP		PSNRY [dB]	PSNRU [dB]	PSNRV [dB]	Bitrate [kbps]	Operation Time [sec]
16	H.264	45.01	46.19	47.13	340.11	0.657
	제안방식	45.01	46.19	47.13	340.11	0.594
24	H.264	38.61	41.93	42.93	127.16	0.627
	제안방식	38.61	41.93	42.93	127.16	0.552
32	H.264	33.06	39.08	39.48	46.09	0.547
	제안방식	33.06	39.08	39.48	46.09	0.422
40	H.264	28.04	36.90	36.89	18.30	0.521
	제안방식	28.04	36.90	36.89	18.30	0.401

표 2. QCIF "Hall monitor" 영상의 QP에 따른 성능 비교표
Table2. Performance comparisons of QCIF "Hall monitor" sequence

QP		PSNRY [dB]	PSNRU [dB]	PSNRV [dB]	Bitrate [kbps]	Operation Time [sec]
16	H.264	45.10	44.84	45.33	253.74	0.608
	제안방식	45.10	44.84	45.33	253.74	0.558
24	H.264	39.78	40.90	42.71	51.89	0.584
	제안방식	39.78	40.90	42.71	51.89	0.528
32	H.264	34.23	38.14	40.30	19.00	0.569
	제안방식	34.23	38.14	40.30	19.00	0.486
40	H.264	28.58	36.29	39.04	7.25	0.541
	제안방식	28.58	36.29	39.04	7.25	0.448

표 3. QCIF "Foreman" 영상의 QP에 따른 양자화 생략 과정 신뢰표
Table3. Trust table of Quantization skip process by QP of QCIF "Foreman"

QP		Luminance			Chrominance		
		Fault [개]	Miss [개]	Succ [개]	Fault [개]	Miss [개]	Succ [개]
16	H.264	-	-	-	-	-	-
	제안방식	0	39854	163602	0	12013	7787
24	H.264	-	-	-	-	-	-
	제안방식	0	5007	218177	0	4098	15702
32	H.264	-	-	-	-	-	-
	제안방식	0	513	259375	0	16140	18190
40	H.264	-	-	-	-	-	-
	제안방식	0	71	291353	0	830	18970

표 4. QCIF "Hall monitor" 영상의 QP에 따른 양자화 생략 과정 신뢰표
Table4. Trust table of Quantization skip process by QP of QCIF "Hall monitor"

QP		Luminance			Chrominance		
		Fault [개]	Miss [개]	Succ [개]	Fault [개]	Miss [개]	Succ [개]
16	H.264	-	-	-	-	-	-
	제안방식	0	27792	243344	0	18165	1635
24	H.264	-	-	-	-	-	-
	제안방식	0	972	292692	0	4904	14896
32	H.264	-	-	-	-	-	-
	제안방식	0	37	297771	0	866	18934
40	H.264	-	-	-	-	-	-
	제안방식	0	9	305560	0	177	19623

상기와 같은 결과로부터 H.264 동영상 표준 부호화 방식과 비교하여 제안 방식이 원 영상과 동일 비트 및 PSNR을 유지하면서 원 부호화시간보다 컴퓨터 CPU 실행시간이 약

10~25 (%) 정도의 연산 이득을 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 H.264 동영상 부호화 방식의 연산량 감소를 위한 양자화 과정 생략 기법을 제안하였다. 정수 이산여현 변환 과정 및 양자화 과정을 통해 양자화 생략을 위한 임계 조건을 유도하였으며, 이를 통해 부호화 과정의 컴퓨터 CPU 실행 연산 시간이 약 10~25(%) 절감됨을 확인할 수 있었다. 정수 이산여현 변환 과정을 통한 변환계수들 간의 관계를 이용한 유도과정을 통해 양자화과정 생략에 따른 연산량 이득을 향상시킬 수 있는 연구를 진행 중에 있다.

참고 문헌

- [1] Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification (ITU-T Rec. H.264 | ISO/IEC 14496-10 AVC) JVT-G050, May 2003.
- [2] T. Wiegand, G. Sullivan, G. Bjontegaard, and A. Luther, "Overview of H.264/AVC Video Coding Standard," IEEE Trans. Circuit and Systems for Video Tech., vol.13, pp.560-571, July, 2003.
- [3] I. Richardson, H.264 and MPEG-4 Video Compression, Wiley, 2003.
- [4] Z. Xuan, Y. Zhenghua, and Y. Songyu, "Method for detecting all-zero DCT coefficients ahead of discrete cosine transform and quantization," Electronics Letters, vol. 34, no. 19, pp. 1839-1840, Sept. 1998.
- [5] L. Sousa, "General method for eliminating redundant computations in video coding," Electronics Letters, vol. 36, no. 4, pp.306-307, Feb. 2000.
- [6] S. Jun and S. Yu, "Efficient method for early detection of all-zero DCT coefficients," Electronics Letters, vol. 37, no. 3, pp.160-161, Feb. 2001.
- [7] 문용호, "고속 비디오 코딩을 위한 효율적인 DCT 계산 방식," 한국통신학회 논문지, vol. 37, no. 9A, pp. 908-915, 2002년 9월.
- [8] I.-M. Pao and M.-T. Sun, "Modeling DCT coefficients for fast video encoding," IEEE Trans. Circuit and Systems for Video Technology, vol. 9, no. 4, pp.608-616, June 1999.
- [9] N. A. August and D. S. Ha, "Low power design of DCT and IDCT for low bit rate video codecs." IEEE Trans. Multimedia, vol. 6, no. 3, pp.414-422, June 2004.
- [10] Y. Wang, Y. Zhou, and H. Yang, "Early detection method of all-zero integer transform coefficients," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 50, no. 3, pp.923-928, Aug. 2004.