

H.264/AVC를 위해 inter mode에 적용된 향상된 고속 모드 결정 알고리즘

Advanced Fast Mode Decision Algorithm Applied to Inter Mode for H.264/AVC

양상봉, 조상복

(Sang-Bong Yang, Sang-Bock Cho)

Abstract - The H.264/AVC standard developed by the joint Video Team (JVT) provides better coding efficiency than previous standards. The new emerging H.264/AVC employs variable block size motion estimation using multiple reference frame with 1/4-pel MV(Motion Vector) accuracy. These techniques are a important feature to accomplish higher coding efficiency. However, these techniques are increased overall computational complexity. To overcome this problem, this paper proposes advanced fast mode decision suited for variable block size by classifying inter mode based on Rate Distortion Optimization(RDO) technique. Proposed algorithm is going to use to implement H/W structure for fast mode decision. The experimental results shows that the proposed algorithm provides significant reduction computational complexity without any noticeable coding loss and additional computation. Entire computational complexity is decreased about 30%.

Key Words : H.264/AVC, RDO, Inter mode, VBS, PSNR,

1장. Introduction

JVT(Joint Video Team)에 의해 공동으로 표준화 작업이 완료된 새로운 비디오 부호화 표준인 H.264/AVC (Advanced Video Coding)는 MPEG-2, MPEG-4, H.261, H.263 같은 기존의 국제 비디오 표준의 부호화 성능과 비교해 보면 부호화의 효율적인 측면뿐만 아니라 화질적인 측면에서도 우수한 결과를 보인다.

H.264가 우수한 부호화 효율을 지니기 위해서 기존의 부호화 표준과는 다른 부호화 향상을 위한 기법들을 포함하고 있다. 이러한 기법들에는 Inter frame 부호화에서의 정확한 움직임 예측을 위해 1/4 화소 단위의 움직임 예측과 다중 참조 프레임이다. 이는 세밀한 움직임 예측과 반복되는 움직임에 대한 부호화에 효율적이다. H.264에서는 I 슬라이스뿐만 아니라 P 슬라이스에서의 Intra 예측 부호화도 Rate-Distortion Optimization (RDO)[1]을 통하여 부호화 효율이 극대화되는 모드를 부호화 하게 된다. 새로운 엔트로피 부호화로는 EGC (Exponential Golomb Code)로 부호화를 먼저 수행하고 이를 각 Profile에 맞추어 CAVLC (Contexts Adaptive Variable Length Coding) 부호화 방법 또는 CABAC(Contexts Adaptive Binary Arithmetic Coding) 부호화 방법을 선택하게 된다. 부호화 대상 블록의 변환도 기존의 8x8 DCT (Discrete Cosine Transform) 대신에 4x4 Integer Transform 과 Hadamard Transform을 기본 변환으로 도입하였다. 이외에도 화질 개선을 위하여 Encoder 내의 디블러킹 필터

(In-loop de-blocking filter), 가변 블록 분할 움직임 벡터 예측 등과 영상 전송에 효율적인 데이터 분할 포함하고 있는 네트워크 전송과 관계있는 기법(NAL: Network abstraction layer)들이 쓰였다.[2]

이러한 새롭게 도입된 기법들에 의해 현재 H.264의 부호화 효율은 기존의 MPEG-2, MPEG-4 ASP(Advanced Simple Profile), H.263과 비하여 각각 64.46%, 48.80%, 38.62%의 부호화 효율이 개선되었다[3]. 그러나 이런 높은 부호화 효율은 높은 계산의 복잡도를 이끌어 낸다. 이러한 H.264/AVC의 계산상의 복잡도는 MPEG-4에 비해서 5~10배, H.263에 비해서 14배에 이른다. 이러한 높은 부호화 효율은 실제 어플리케이션에 대한 응용을 어렵게 한다. 따라서 H.264의 실제 응용을 위해서 가장 먼저 선행 되어야 할 것은 계산의 복잡도를 줄여주기 위한 고속 처리 알고리즘의 연구가 필요하였다. 이에 따른 여러 고속 알고리즘들이 이미 많이 제안되어져 오고 있다. 하지만 기존의 여러 S/W적인 알고리즘에 의한 Inter mode 결정은 복잡한 연산 때문에 고성능의 Core를 필요로 한다. 이에 H/W적으로 Inter mode 결정을 위해 알고리즘을 제안한다. 이는 Core의 리소스를 Encoder의 다른 부분의 성능 향상을 위해 사용될 수 있도록 해준다. 본 논문에서는 H.264 전체 연산 중 에서 복잡한 연산을 수행하는 Inter mode 결정을 고속으로, 효율적으로 처리하기 위한 RDO 기법이 적용된 H/W structure에 적합한 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 다음에 기술되는 내용은 다음과 같다. 본 논문의 2장에서는 Inter mode 결정에 적용되는 RDO에 대해 기술하였으며, 3장에서는 H.264의 고속 모드 결정을 위해 제안한 알고리즘을 서술하고, 4장에서는 실험적인 결과를 통해서 제안한 알고리즘의 성능을 확인하고 논문에 대한 결론을 내리고자 한다.

저자 소개

* 양상봉 : 울산大學 전기전자 碩士課程

** 조상복 : 울산大學 전기전자 教授 · 工博

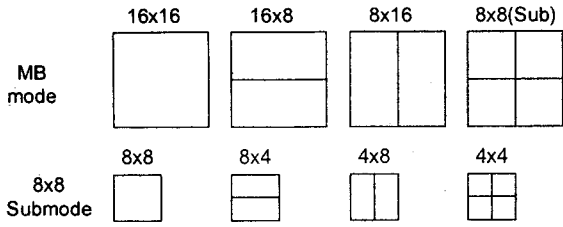


그림 1. MB의 다양한 Block 크기로 분할

2장. 부호화 모드 결정을 위한 RDO

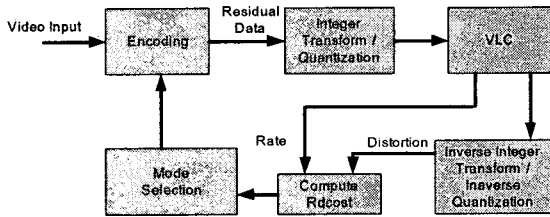


그림 2. RDCost 계산

MB mode는 {SKIP, InterMB16x16, InterMB16x8, InterMB8x16, SubMB8x8, IntraMB16x16, IntraMB4x4}로 총 7가지가 있다. 여기서 SKIP 모드는 (0,0)의 MV나 PMV(median Predicted Motion Vector)를 가진다. 또한, 움직임 보상 블록 크기가 16x16이면서 CBP (Code Block Pattern)=0 일 때 결정된다. SubMB8x8의 경우, 각 8x8 블록마다 독립적으로 {8x8, 8x4, 4x8, 4x4} 모드들 중에 하나로 부호화 될 수 있다. 마지막으로 IntraMB16x16, IntraMB4x4는 각각 IntraMB16x16, IntraMB4x4를 의미한다. 최종 부호화 모드 결정을 위해 각 모드별 비트율-왜곡치(RDCost)를 계산하여 가장 작은 RDCost를 찾게 된다.

모드 결정을 위한 RDCost 계산식은 다음과 같다.

$$J(s, c, MODE | QP, \lambda_{MODE}) = SSD(s, c, MODE | QP) + \lambda_{MODE} R(s, c, MODE | QP) \quad (1)$$

- J: 비트율-왜곡치
- SSD: Sum of Squared Difference
- $\lambda_{Mode} = 0.85 \times 2^{(QP-12)/3}$: Lagrangian Multiplier
- QP: MB quantization parameter
- R: 선택된 모드와 관계된 비트수
- s: original 4x4 block luminance signal
- c: reconstructed signal

그림 2는 RDCost 계산 과정을 도식화한 것으로 각 모드에 따른 residual data가 입력되면 4x4 Integer Transform, Quantization이 수행되어 헤더 정보를 비롯한 residual data의 비트량을 산출할 수 있게 된다.

앞에서 기술한 식 (1)을 통하여 RDCost가 계산되어지며 Integer Transform과 Quantization, Entropy Coding, Inverse Transform, Inverse Quantization이 4x4 block 단위로 이루어지므로 MB 단위에서 SubMB8x8 mode와 InterMB16x16 mode의 RDCost 계산 횟수를 비교하면 InterMB16x16 mode는 16(16개의 4x4 block)번인 반면 SubMB8x8 mode는 [4(4개의 8x8 block) x 4(4개의 4x4 block) x 4(SubMB8x8, SubMB8x4, SubMB4x8, SubMB4x4)] + [4(4개의 8x8 block)

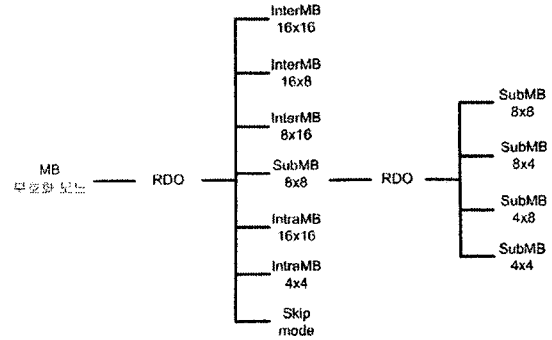


그림 3. H.264의 모드

x 4(4개의 4x4 block) x 9(9개의 예측모드)]=208번으로 13배에 달하는 계산을 수행하게 된다. 모든 부호화 가능한 모드들에 대한 RDCost를 계산하는 것은 많은 계산량을 요구한다. 따라서 MB의 부호화 모드를 조기에 효과적으로 결정할 수 있다면 불필요한 RDCost 계산을 생략하여 전체적인 Encoder의 복잡도와 계산량을 감소시킬 수 있을 것이다.

최종적으로 결정되는 최적 모드는 RDCost가 가장 작은 값을 갖는 모드가 된다. 이는 Distortion과 Bit Rate가 작을수록 부호화 효율은 높아지고, RDCost가 작아지기 때문이다. 모드 결정을 위한 RDCost 계산식은 residual data의 Bit Rate도 필요하다. 따라서 실제로 residual data를 부호화하기 위해서 뿐만 아니라, 모드 결정을 위한 4x4 Integer Transform, Quantization, VLC(Variable Length Coding)가 반복적으로 수행되어진다.

3장. Proposed Fast Mode Decision Algorithm

RDCost를 구하는 과정은 많은 계산량을 필요로 하며 매우 복잡하다. 따라서 조기에 효과적으로 모드 결정을 할 수 있다면 불필요한 RDCost 계산 과정을 수행하지 않아도 되기 때문에 Encoder의 복잡도와 계산량을 줄일 수 있을 것이다. H/W 설계에 적합한 알고리즘을 제안하고자 한다.

제안한 알고리즘은 Inter mode를 조기에 효과적으로 결정하기 위해서, Inter mode를 Class16과 class8로 구분한다. Class16={SKIP, InterMB16x16, InterMB16x8, InterMB8x16}이고 Class8={SubMB8x8}이다.

$$R = \text{Floor}\left(\frac{RDCost8 - RDCost16}{RDCost8}\right) \times 100 \quad (2)$$

본 논문에서 제안한 Fast Inter mode decision은 초기에 InterMB16x16의 RDCost16과 SubMB8x8의 RDCost8을 구하여, 최소값을 갖는 Class에서 현 MB의 모드가 결정되도록 하는 방법이다. 그러나 이런 모드 결정법은 잘못된 Class로 선택되어질 위험성이 크기 때문에, 좀 더 효과적인 Class 분류 기준이 필요하다. 이를 위해 최소의 계산으로 얻을 수 있도록 추정치 R을 식 (2)와 같이 정의하였다.

$$Th_value_low = \text{floor}\left(\text{mean} - \frac{std}{2}\right) \quad (3)$$

$$Th_value_high = \text{floor}\left(\text{mean} + \frac{std}{2}\right) \quad (4)$$

R이 'Th_value_low'보다 작을 경우 Class8 내에서만

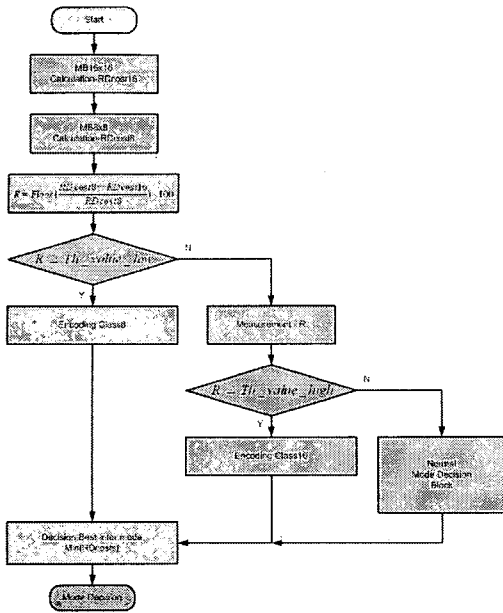


그림 4. proposed fast mode decision

모드를 결정하고, R 이 'Th_value_high' 보다 클 경우에는 Class16내에서만 모드를 결정한다. 그 외의 $Th_value_low \leq R < Th_value_high$ 에 해당되는 경우에는 Class를 구분하지 않고 기존 방법대로 전체 모드에 대한 계산을 통해서 모드를 결정한다.

식 (3)과 (4)에서 mean과 std는 주어진 QP에 따른 R의 평균값과 표준편차를 의미한다. 즉 식 (2)를 식 (3)과 (4)의 threshold value와 비교하여 최적 모드 결정을 위해 RDcost 값을 계산 량을 상당수 줄여 부호화 속도를 높일 수 있는 것이다.

4. 장 실험 결과 및 결론

제안된 고속모드 결정법의 성능을 측정하기 위한 실험은 H.264 표준화 그룹에서 권고하는 실험 조건을 수행 되었다.

$$\Delta Bit = \frac{\text{제안된방법의 Bits} - JM12.1\text{의 Bits}}{JM12.1\text{의 Bits}} \times 100(\%) \quad (5)$$

$$\Delta PSNR = JM12.1\text{의 PSNR} - \text{제안된방법의 PSNR} \quad (6)$$

$$\text{계산감소량}(\%) = \frac{JM12.1\text{의 } RD_{cost}\text{계산수행횟수} - \text{제안된방법의 } RD_{cost}\text{계산수행횟수}}{JM12.1\text{의 } RD_{cost}\text{계산수행횟수}} \times 100 \quad (7)$$

본 논문에서는 $\Delta Bits$ 와 $\Delta PSNR$ 을 이용하여 Simulation 결과를 나타내고 있다. 참고로 $\Delta Bits$ 와 $\Delta PSNR$ 의 (-)부호는 성능의 향상을 뜻한다. Inter는 전체 부호화 과정에서의 RD 계산 감소량을 나타낸다. 본 논문에서는 H.264 부호화기의 복잡도에서 영향을 끼치는 Inter mode를 RDO 기법을 통해 부호화 모드 결정시 계산 량을 감소시켰다. 제안된 방법은 RDO시 RDcost 계산 횟수를 평균 35% 이상 감소하면서도 부호화 효율을 나타내는 두 가지 척도인 Bit Rate 및 PSNR의 손실은 아주 적은 것을 확인 할 수 있다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 고속 부호화기의 H/W 구현 시 유용하게 사용 될 것으로 예상된다. 앞으로 수행되어야 하는 연구는 본

알고리즘을 적용한 H/W 설계를 통해 Simulation 결과와 비교, 분석을 하는 것이다.

표 1. QP 값에 따른 fast mode decision threshold value

Threshold \ QP	28	32	36	40
Th_value_low	8.3	-8.6	-7.9	-8.4
Th_value_high	11.7	12.1	10.7	6.2

표 2. proposed fast mode decision algorithm

	QP	$\Delta Bits$ (%)	$\Delta PSNR$ (%)	RD Reduction (%)
News	28	1.33	0.08	33.61
	32	1.45	0.11	34.33
	36	1.22	0.07	35.83
	40	1.70	0.06	40.73
Mobile	28	-0.10	0.15	29.87
	32	-0.18	0.08	30.12
	36	0.01	0.08	29.11
	40	-0.02	0.09	34.66
Foreman	28	1.39	0.08	21.34
	32	0.94	0.12	25.80
	36	1.33	0.13	26.90
	40	0.58	0.18	31.67
Tempete	28	0.39	0.08	25.32
	32	0.30	0.09	29.04
	36	0.29	0.10	33.04
	40	0.88	0.08	38.90

Notification

This work was sponsored by ETRI SoC Industry Promotion Center, Human Resource Development Project for IT SoC Architect and NARC Network-based Automation Research Center) and 2 level BK21 (EVERDEC, (e-Vehicle Research & Human Resource Development Center)) in MOE (Minister of Education & Human Resources Development).

참고 문헌

- [1] Antonio Ortega and Kannan Ramchandran, "Rate-Distortion Methods for Image and Video Compression", IEEE Signal Processing Magazine, pp23-50, November 1998.
- [2] Gary J. Sullivan and Thomas Wiegand, "Rate-Distortion Optimization for Video Compression", IEEE Signal Processing Magazine, pp74-90, November 1998.
- [3] Wiegand, T., Sullivan, G. J. Bjntegaard, G., Luthra, A., "Overview of the H.264/AVC video coding standard", IEEE Trans. On Circuits and Syst. For Video Technol., Vol. 13, Issue 7, pp.560-576, 2003.
- [4] Antonio Ortega and Kannan Ramchandran, "Rate-Distortion Methods for Image and Video Compression", IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE, pp23-50, November 1998.