

H.264/AVC 에서 움직임 벡터의 상관관계를 이용한 인트라모드 스킵 알고리즘

정순홍, 김명훈, 설상훈
고려대학교 전자전기컴퓨터공학과
e-mail : {shjung, mhkim, sull}@mpeg.korea.ac.kr

The Adaptive Intra-Mode Skip Algorithm Based on Motion Vector Correlations in H.264/AVC

Soonhong Jung, Myounghoon Kim, Sanghoon Sull
Dept. of Electronics and Computer Engineering, Korea University

요 약

본 논문에서는 H.264/AVC 비디오의 고속 부호화를 구현 하기 위하여 인트라 프레임 상에서 움직임 벡터의 상관관계를 이용한 빠른 인트라 모드 스킵 알고리즘을 보인다. 제안한 인트라 모드 스킵은 이웃 블록 사이의 움직임 벡터간의 상관관계와 이전 프레임의 매크로블록(Macroblock)의 모드를 이용하여 인트라 예측을 생략함으로써 계산량을 줄이는 방법이다. 새로운 물체가 나타나거나 복잡한 움직임을 보이는 매크로블록들이 인트라 모드로 결정될 확률이 높기 때문에, 주변블록의 분산을 이용하여 임계값을 계산하고, 현재 매크로블록의 분산값과 비교하여 조건에 맞는 매크로블록에 대해 인트라 예측을 생략한다. 또한 시간적 상관관계가 높은 이전 프레임의 같은 위치의 매크로블록의 모드가 인트라 모드로 선택 되었을 경우, 인트라 예측을 실행한다. 제안한 방법으로 실험하였을 때, 기존의 논문과 비교하여 부호화 시간이 평균 26.02% 정도 감소하였다.

1. 서론

H.264/AVC [1]은 MPEG-1/2 와 H.261/H.263 같은 기존의 표준에 없는, 가변 블록 크기 움직임 추정, 복수의 참조 영상, 정수 연산에 기반을 둔 4×4 DCT, 1/4 화소의 움직임 벡터 지원, 인트라 예측 등의 다양한 신기술을 도입 하였다.

인트라 예측에 있어서 가변 블록 크기를 사용한 방법은 (그림 1)에서와 같이 다양한 크기의 블록으로 분할하고, 각각의 크기에 따라 움직임 추정을 하고, 보상을 수행하여 데이터 양을 감소 시킴으로써 코딩 효율을 높인다. (그림 1)의 (가) 에서와 같이 매크로 블록은 16×16 단일 매크로블록과 16×8 , 8×16 매크로블록 파티션, 8×8 서브 매크로블록으로 분할 할 수 있다. 또한 각각의 8×8 서브 매크로블록의 경우, (그림 1)의 (나)와 같이 8×8 단일 매크로블록, 8×4 , 4×8 매크로블록 파티션, 그리고 4×4 서브 매크로블록으로 분할 할 수 있다. 또한 H.264 의 인트라 예측 모드는 현재 프레임에서 이미 부호화된 주변의 매크로블록을 이용하여 예측된 매크로블록을 만들어 데이터 양을 비교한다. 인트라 예측 모드에는 4×4 휘도 블록을 위한 9 개의 예측 모드가 있고, 16×16 휘도 블록과 8×8 색차 블록을 위한 4 개의 예측 모드가 있다. 인트라 예측에서 다양한 블록 크기에 대하여 모두 계산을 하고, 인트라 예측에서도 모든 모드에 따라 각각 계산을 하기 때문에 결과적으로 인트라 프레임 상에서 부하

화 하는 것에 필요한 계산량과 복잡도가 크게 늘어나게 되었다. 따라서 H.264/AVC 에서 계산량을 줄이기 위하여 빠른 모드 결정방법이 필요하다.

부호화 과정에 있어서 계산량을 줄이기 위해 빠르게 인트라 예측 모드를 결정하는 많은 알고리즘들이 제안되었다. 해당 알고리즘을 크게 2 가지 형태로 분류를 하면, 하나는 조건에 따라서 인트라 예측 모드를 생략하는 방법이고[2]-[4], 다른 하나는 매크로블록 내에 에지를 검출하거나 임계치를 정해서 인트라 예측 방향의 개수를 줄이는 방법이다.[5]-[7]

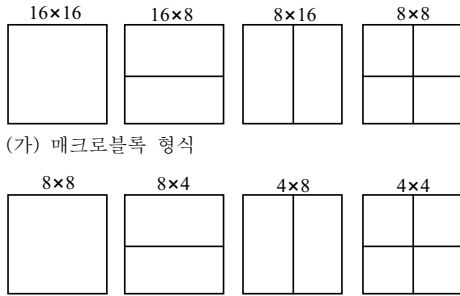
Kim [4]는 인트라 모드로 결정되는 매크로 블록의 RD 비용(Rate-Distortion Cost)의 값이 크다는 특성을 이용하여, 각 블록마다 SAD 를 이용한 RD 비용을 식 (1)을 이용하여 계산한다.

$$J_{RD} = SAD_{Mode} + \lambda \cdot \{R(Header) + R(Sesidual)\} \quad (1)$$

RD 비용은 모든 매크로블록마다 저장해 놓은 후, 현재 매크로블록의 최적 인트라 모드의 SAD 를 계산한다. 주변블록의 RD 비용과 현재 매크로블록의 최적 인트라 모드의 SAD 값을 비교하여 주변 블록의 RD 비용이 더 큰 경우 인트라 예측을 생략한다.

본 논문에서는 움직임 벡터의 분산값을 이용한 공간적인 상관관계와 이전 프레임의 같은 위치에 있는 매크로블록의 모드를 이용한 시간적인 상관관계를 사용하여 인트라 예측을 스킵하는 방법을 제안한다

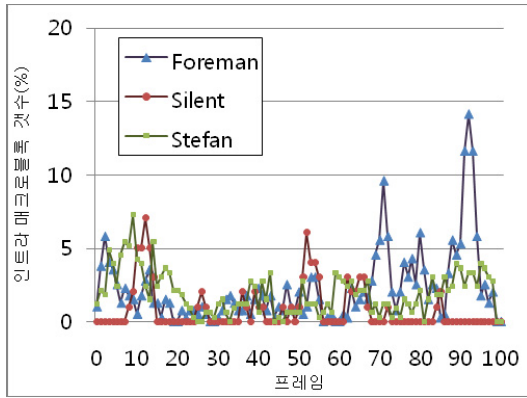
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 논문에



(가) 매크로블록 형식

(나) 서브 매크로블록 형식

(그림 1) 가변 블록 크기 움직임 추정을 위한 매크로블록 분할



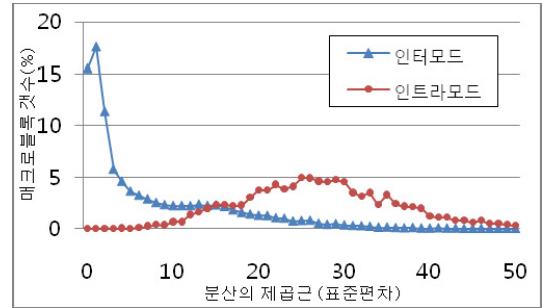
(그림 2) 비디오 시퀀스 내에 인트라 모드 비율 (QP=24)

서 제안한 알고리즘을 설명하고, 3 장에서는 제안한 방법의 실험결과를 보인다. 그리고, 4 장에서는 결론을 제시한다.

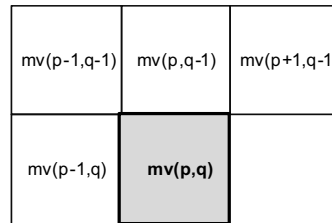
2. 제안된 알고리즘

H.264/AVC 부호화기는 인터 프레임에서 인트라 예측 모드를 수행한다. 최적의 인트라 모드를 결정하기 위하여, 모든 인트라 예측 모드에 대하여 각각 계산된다. 하지만 실제로 하나의 인터 프레임 안에서 인트라 모드로 선택되는 매크로블록의 개수는 매우 적다. (그림 2)는 인터 프레임 별 인트라 모드의 비율을 나타낸다. Foreman 의 경우는 프레임 안에서 인트라 모드가 차지하는 비율이 1%~15%, Silent 는 1%~7%, 그리고 Stefan 은 1%~7% 를 차지한다. 평균적으로는 약 1.6% 정도 인트라 모드가 존재한다.

이처럼 인트라 예측은 전체 시퀀스에서 차지하는 비율이 적지만, 부호화 함에 있어서 많은 계산량을 요구한다. 따라서 부호화 과정의 속도를 단축하기 위해 인트라 예측을 스킵하는 방법이 필요하다.



(그림 3) 인터모드와 인트라모드의 표준편차 비교 (Football, SIF, QP=24)



(그림 4) 현재 매크로블록 주위의 블록들

가. 움직임 벡터를 이용한 방법

인트라 예측으로 결정되는 매크로블록은 새로운 물체가 나타나거나 복잡한 움직임이 있는 매크로블록에 많이 나타난다. 따라서, 움직임 벡터의 분산을 구하여 상관관계가 높은 주위 매크로블록과 비교하여 인트라 예측 스킵을 수행한다.

움직임 벡터의 분산을 구하기 위하여, 움직임추정이 끝난 이후, 8x8 서브 블록 중 4x4 크기를 가지고 움직임추정을 하여 계산된 움직임 벡터를 사용한다.

(그림 3)은 움직임 벡터의 표준편차에 따른 인터모드와 인트라 모드의 매크로블록 비율을 나타낸다. 이에서도 알 수 있듯이 인트라 모드로 선택된 매크로블록의 경우 분산값이 큰 블록이 많음을 알 수 있다.

x 방향의 분산을 V_x , y 방향의 분산을 V_y 라고 할 때, V_x, V_y 는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$V_x = \frac{1}{16} \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 (mv_x(i, j))^2 - m_x^2 \tag{2}$$

$$V_y = \frac{1}{16} \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 (mv_y(i, j))^2 - m_y^2$$

mv_x, mv_y 는 각 x, y 방향의 움직임 벡터를 말하고, m_x, m_y 는 각 x, y 방향의 움직임 벡터의 평균을 말한다.

계산된 x, y 의 분산 값 중에서 최대값 V_m 은 다음과 같이 표현한다.

$$V_m(p, q) = \max(V_x, V_y) \tag{3}$$

여기서 p, q 는 프레임 안에서의 매크로블록 위치를 가리킨다.

주위 매크로블록(그림 4)의 분산값 중에서 최대값

<표 1> 이전 프레임에서 선택된 모드에 대한 현재 매크로블록의 인트라 모드 비율 (QP=24)

이전 모드	foreman	football	stefan	silent
Skip	2.74%	0.31%	5.41%	0.09%
16x16	1.35%	0.99%	1.09%	0.64%
16x8	1.34%	3.20%	0.96%	0.86%
8x16	1.60%	3.55%	1.18%	1.62%
8x8(sub)	1.51%	4.48%	0.91%	1.17%
Intra	20.08%	44.21%	10.55%	18.99%

을 계산하여 임계값 T_{pq} 를 계산한다.

$$T_{pq} = \max\{V_m(i, j) | (i, j) \in Neighbors\} \quad (4)$$

현재 매크로 블록과 주위의 매크로블록간의 상관관계가 높다는 가정 하에서 다음의 식으로 인트라 예측을 생략할 수 있다.

$$T_{pq} \geq V_m(p, q) \quad (5)$$

여기서 식(5) 에 부합할 경우 인트라 예측 모드를 스킵한다.

나. 동일한 위치의 매크로블록을 이용한 방법

인트라 모드로 결정된 매크로블록은 이전 프레임의 동일한 위치에 있는 매크로블록과도 높은 상관관계를 가진다. <표 1>은 이전 프레임의 동일한 위치에 있는 매크로블록의 모든 모드에 대하여 현재 프레임의 매크로블록이 인트라 모드로 결정된 비율을 나타낸다. 이전 매크로블록이 인트라 모드가 아닐 때 현재 매크로블록이 인트라 모드가 되는 비율이 1%~5%인 것을 보아 상관관계가 낮음을 알 수 있다. 하지만 이전 매크로블록의 모드가 인트라로 결정되었을 경우 10%~45%로 다른 모드에 비해 상관관계가 높음을 알 수 있다. 따라서 이전 프레임 내에서 같은 위치에 있는 매크로블록이 인트라 모드로 선택된 경우, 인트라 예측을 생략하지 않고 수행한다.

인트라 스킵알고리즘의 상세한 내용은 다음과 같이 정리할 수 있다.

Step 1) 식(2) 를 이용하여 주변 매크로블록들의 분산을 계산하고, 그 결과를 식(4)에 적용하여 임계값을 계산한다.

Step 2) 식(5) 의 조건에 결과가 부합하면 인트라 예측을 생략한다.

Step 3) (step 2)에서 생략한 매크로블록 중에서 이전 프레임에서 같은 위치에 있는 매크로블록의 모드를 파악하여 인트라 모드로 판단된 경우, 인트라 예측을 수행한다.

3. 실험결과

<표 2> 부호화기 실험 조건

Parameter	Value	Parameter	Value
Search Range	±16	Reference frames	1
Entropy Coding	CAVLC	QP	24
Profile	Main	RD-Optimization	On
Intra Period	IPPP	B-Frame	No

실험결과를 평가하기 위하여 CIF, SIF, 그리고 QCIF 사이즈의 다섯 가지 비디오 시퀀스를 선정하여 Intel Xeon QuadCore 1.6GHz 2G RAM, 그리고 Linux 64bit 환경에서 실험을 실시하였다. 부호화기는 JM10.2 를 사용하였으며 구체적인 부호화기의 실험 조건은 <표 2> 와 같다.

제시된 조건하에서 각각의 비디오 시퀀스에 대하여 최초의 I 프레임을 포함, 100 프레임을 부호화 하여 <표 3>과 같은 실험 결과를 얻었다. $\Delta PSNR$, $\Delta Bit rate$, $\Delta Time$, R 는 각각 JM10.2 대비 PSNR, 비트율, 부호화에 걸린 시간의 증감, 매크로블록의 인트라 예측 스킵 비율을 나타낸 것이다. 그리고 Kim [4] 의 알고리즘을 구현하여 비교하였다.

$$\Delta PSNR = PSNR_{proposed} - PSNR_{JM10.2} \quad (5)$$

$$\Delta Bitrate = \frac{Bitrate_{proposed} - Bitrate_{JM10.2}}{Bitrate_{JM10.2}} \quad (6)$$

$$\Delta Time = \frac{Time_{proposed} - Time_{JM10.2}}{Time_{JM10.2}} \quad (7)$$

$$R = \frac{Intra_Skipped_Count}{Total_Macroblock_Count} \quad (8)$$

제안된 알고리즘을 통하여 부호화에 걸린 시간은 JM 참조 소프트웨어와 비교하였을 때, 평균 53.03% 감소하였다. 반면에 PSNR 은 평균 0.016dB 감소하였고, 비트율은 평균 0.37% 증가 하였으며 부호화를 진행하면서 인트라 예측을 생략한 매크로블록은 평균 76.19% 이다. 그리고 Kim [4] 의 실험과 비교하였을 때, PSNR 과 비트율에 있어서는 큰 차이가 없지만, 부호화 시간은 큰 폭으로 감소함을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 인트라 예측을 수행하기 전에 인트라 예측 수행여부를 결정하기 위한 방법으로, 주변 매크로블록들의 움직임 벡터의 분산을 계산하여 임계값을 설정하고, 현재 매크로블록의 분산과의 상관관계를 이용하는 방법과 이전 프레임에서 동일한 위치에 있는 매크로블록의 모드를 이용하는 방법을 제시하였다. H.264/AVC 참조 부호화기(JM10.2)에 제안된 알고리즘을 적용하여 데이터 양의 증가를 최소화 하면서 부호화 시간을 기존 논문에 비하여 평균 26.02% 감소시킬 수 있었다. 즉 제안된 알고리즘으로 부호화기의 성능을 개선할 수 있음을 증명하였다.

<표 3> 제안된 방법에 의한 실험결과 (QP=24)

		Δ PSNR	Δ Bit rate	Δ Time	R
Foreman (cif)	Kim's	-0.01 dB	1.11 %	-33.13 %	54.40 %
	Proposed	-0.01 dB	0.37 %	-49.03 %	74.24 %
Football (sif)	Kim's	-0.02 dB	0.69 %	-33.19 %	49.66 %
	Proposed	-0.02 dB	0.58 %	-54.69 %	73.69 %
Stefan (sif)	Kim's	-0.03 dB	2.57 %	-39.57 %	55.21 %
	Proposed	-0.03 dB	0.29 %	-52.05 %	74.37 %
Silent (qcif)	Kim's	-0.01 dB	0.47 %	-36.58 %	57.92 %
	Proposed	-0.01 dB	0.50 %	-59.78 %	87.09 %
Coast guard (cif)	Kim's	-0.00 dB	0.17 %	-58.19 %	58.19 %
	Proposed	-0.01 dB	0.10 %	-49.59 %	71.56 %

참고문헌

- [1] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjontegard, and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC video coding standard," IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol., vol. 13, no. 7, pp. 560-576, Jul. 2003.
- [2] Mithun. U, "An Early Intra Skipping Technique for Inter Frame Coding in H.264 BP," ICCE 2007 Digest of Technical Papers. Consumer Electronics, pp 1-2, Jan. 2007.
- [3] J. Lee and B. Jeon, "Fast mode decision for H.264," ICME '04. 2004 IEEE International Conference. Multimedia and Expo, vol. 2, pp. 1131-1134
- [4] B.G. Kim, "Fast Selective Intra-Mode Search Algorithm Based on Adaptive Thresholding Scheme for H.264/AVC Encoding," IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol, vol 18, pp 127-133, Jan. 2008.
- [5] Z.Wei, H. Li, and K.N. Ngan, "An Efficient Intra Mode Selection Algorithm For H.264 Based On Fast Edge Classification," ISCAS 2007 IEEE International Symposium. Circuits and Systems, pp 3630-3633, May. 2007.
- [6] Y.C. Wei and J.F. Yang, "Transformed-Domain Intra Mode Decision in H.264/AVC Encoder," 2006 IEEE Region 10 Conference. TENCON, pp 1-4, Nov. 2006.
- [7] C.C. Cheng and T.S. Chang, "Fast three step intra prediction algorithm for 4x4 blocks in H.264," ISCAS 2005 IEEE International Symposium. Circuits and Systems. Vol. 2, pp. 1509-1512, May. 2005
- [8] Joint Model (JM)-H.264/AVC Software – <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/>