

매크로블록의 움직임 특성을 고려한 H.264/AVC 고속 부호화 모드 결정

안용조 남정학 심동규

광운대학교 컴퓨터공학과

madein1st@kw.ac.kr qejixfyza@kw.ac.kr dgsim@kw.ac.kr

H.264/AVC Fast Encoding Mode Decision by Motion Activity of Macroblock

Ahn, Yong-Jo Nam, Jung-Hak Sim, Dong-Gyu

Dept. of Computer Engineering, Kwangwoon University

요약

H.264/AVC는 울-왜곡 계산에 기반한 화면 내 예측과 화면 간 예측을 통하여 높은 압축효율을 나타낸다. 그러나 모든 예측 모드의 울-왜곡 값을 계산하여 하나의 최적의 모드를 구하는 기존의 방법은 높은 계산량을 가지며 부호화에 걸리는 시간을 현저히 증가시킨다.

이러한 높은 계산량을 갖는 모든 예측모드의 울-왜곡 계산을 보완하기 위하여, 본 논문에서는 매크로블록의 움직임 특성을 고려한 고속 부호화 모드 결정 방법을 제안한다. 각각의 매크로블록을 부호화하기 위해 미리 계산되는 SKIP모드에 대한 울-왜곡 값을 바탕으로 두 가지 문턱 값을 사용하여 움직임의 특성을 판단한다. 움직임의 특성에 따라 매크로블록은 3가지 분류로 나뉘게 되며, 각 분류에 따라 경쟁 모드를 적응적으로 선별하여 최적의 모드를 선택한다. 이러한 움직임 특성을 고려한 선택적 부호화 모드 결정을 통하여 부호화 효율의 큰 손실 없이 계산량을 감소시킴으로서 H.264/AVC의 고속 부호화가 가능한 x.264 대비 MMX를 사용하였을 때 16%, MMX를 사용하지 않았을 때 22%의 속도향상을 가져왔다.

1. 서론

H.264/AVC는 ITU-T의 VCEG(Video Coding Experts Group)과 ISO/IEC의 MPEG(Moving Picture Experts Group)의 공동 작업으로 제정된 비디오 복/부호화 표준이다.^[1] H.264/AVC는 가변 블록 크기의 움직임 추정 및 보상, 여러 가지 방향성을 고려한 화면내 예측방법, 1/4화소 크기의 움직임 정확도, 다중 참조 프레임, 문맥적용 가변길이 부호화 및 디블록킹 필터와 같은 기술들로 MPEG-2, MPEG-4, H.263 등의 기존 표준들에 비하여 높은 부호화 효율을 갖는다. 이러한 다양한 기술들을 바탕으로 H.264/AVC는 높은 부호화 성능 및 우수한 화질을 제공함으로써 IPTV나 디지털 위성 방송 등 많은 비디오 서비스에서 이용되고 있다. 이렇듯 H.264/AVC는 높은 부호화 효율을 확보하였으나, 부호화 복잡도 또한 크게 증가하였다. 특히 화면 간 예측에서는 하나의 최적의 모드를 선택하기 위하여, 가변 블록 크기의 움직임 추정 및 보상 뿐 아니라, 여러 가지 방향을 가지는 화면 내 예측을 모두 사용하고 있다. 이러한 경우, 여러 번의 움직임 추정 및 화면 내 예측, 정수변환, 양자화, 엔트로피 부호화 과정을 반복하여 수행하여 울-왜곡을 계산하므로 높은 계산량을 갖는다. 이러한 H.264/AVC의 높은 계산량으로 인하여, 표준화 이후 H.264/AVC의 고속 부호화 모드 결정을 많은 논문에서 주제로 담았다.^[2-4]

본 논문에서는 매크로블록의 움직임이라는 특성에 중점을 맞춰 연구를 진행하였다. 매크로블록의 부호화 모드 결정의 시작 단계에서 계산되는 SKIP모드의 울-왜곡 값을 이용하여 매크로블록의 움직임을 판단하여 불필요한 모드에 대한 울-왜곡 계산과정을 생략함으로써 부호화 효율의 큰 손실 없이 계산량을 감소시키는 방법을 제안한다.

본 논문의 2장에서는 기존의 H.264/AVC 모드 결정 방법 및 H.264/AVC의 고속 부호화가 가능한 x.264 소프트웨어에서 모드 결정 방법에 대하여 기술하고, 3장에서는 제안하는 움직임 특성을 고려한 고속 부호화 모드 결정 방법에 대하여 설명한다. 4장에서는 x.264 소프트웨어와 성능을 비교하며, 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는 것으로 마무리한다.

2. H.264/AVC의 모드 결정

H.264/AVC에서는 가변 크기 블록의 움직임 추정 및 보상을 사용하며 이에 사용되는 블록의 크기는 16×16, 16×8, 8×16, 8×8, 8×4, 4×8, 4×4의 총 7가지로 그림 1과 같다. 이에 따른 P-frame에서의 모드는 SKIP, inter_16×16, inter_16×8, inter_8×16, P8×8, intra_4×4, intra_16×16, 이렇게 7개로 정의된다. intra_8×8의 경우 H.264 FRExt 프로파일에서만 지원하므로, 본 논문의 고려 대상에서 제외하였다.

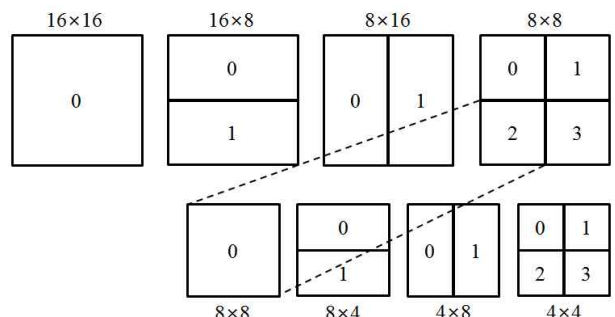


그림 1. 움직임 추정 및 보상에 사용되는 블록 크기

위에서 언급한 모든 화면 간 예측에 사용되는 모드 중 SKIP과 intra_4x4, intra_16x16을 제외한 모드들은 모두 움직임 추정과정이 필요하다. SKIP모드가 선택되기 위한 조건은 매크로블록의 크기가 16x16이며, 매크로블록의 모든 DCT 계수가 0이고, 주변 블록에서부터 얻어지는 예측 움직임 벡터(Prediction Motion Vector)와 현재 움직임 벡터가 동일해야 한다. 또한 참조 프레임은 부호화 순서에 따라 바로 이전 프레임을 참조해야 한다. SKIP모드는 선택되기 위해 위와 같은 조건들이 만족되어야 하지만, 움직임벡터 및 양자화된 DCT계수의 전송을 위해 할당되는 비트가 없기 때문에, 높은 부호화 성능을 확보할 수 있는 모드이다.

H.264/AVC의 고속 부호화가 가능한 x.264 소프트웨어에서의 모드 결정은 아래와 같다.

- 1) 현재 매크로블록이 인트라 프레임인지 검사한다. 이때, 인트라 프레임의 매크로블록이면 6)과정으로 넘어간다.
- 2) 현재 매크로블록을 기준으로 좌, 상, 좌상, 우상 방향에 미리 부호화된 매크로블록에 SKIP모드가 존재하는가를 검사한다. SKIP모드가 존재하지 않으면 5)과정으로 넘어간다.
- 3) 현재 매크로블록의 SKIP모드의 율-왜곡을 계산한다.
- 4) 계산된 SKIP모드의 율-왜곡 값이 지정된 문턱 값보다 작은지 검사한다. 이때, 문턱 값보다 작으면 현재 매크로블록은 SKIP모드로 선택된다.
- 5) 4)과정에서 SKIP모드의 율-왜곡 값이 지정된 문턱 값보다 클 경우, inter_16x16, inter_16x8, inter_8x16, P8x8에 대한 율-왜곡을 계산한다.
- 6) intra_4x4와 intra_16x16에 대한 율-왜곡을 계산한다.
- 7) 모든 예측모드에 대한 율-왜곡 값 중 가장 작은 값을 갖는 모드를 최선의 모드로 선택한다.

3. 제안하는 H.264/AVC 고속 모드 결정

본 논문에서는 매크로블록의 움직임 특성을 고려한 고속 부호화 모드 결정을 제안한다. 이번 장에서는 매크로블록의 움직임에 따른 분류에 대하여 기술하고, 분류된 움직임에 각각 해당된 매크로블록에 대한 모드 결정 방법에 대하여 설명한다. 매크로블록의 움직임 특성을 크게 3가지로 구분하여 각각의 특성에 맞는 매크로블록 모드에 대한 율-왜곡 계산만을 계산하는 방법을 사용하였다.

가. 매크로블록의 움직임에 따른 분류

매크로블록의 움직임 특성은 부호화 모드 결정의 시작 단계에서 계산되는 SKIP모드의 율-왜곡 값을 이용하여 결정된다. SKIP모드의 율-왜곡 값은 이미 부호화된 주변 매크로블록의 움직임을 바탕으로 계산되어 지므로, 주변 매크로블록의 움직임 유사도를 통해 현재 매크로블록의 움직임의 차이를 판별하는 판단 기준으로 사용된다.

매크로블록의 움직임 특성은 다음과 같이 크게 3가지로 구분하여 해당 구분에 해당하는 부호화 모드를 결정하였다. 여기서 기술하는 움직임이란, 미리 부호화가 완료된 주변 매크로블록의 움직임과의 상대적인 움직임을 의미한다. 움직임이 없거나 느린 움직임을 갖는 Motionless, 중간특성을 갖는 Normal motion, 빠른 움직임 혹은 급격한 화면변화를 갖는 Fast motion으로 구분하였다. 먼저, 움직임이 없는 Motionless 구분에 해당하는 모드는 SKIP모드로 선택된다. 또한 중간 특성을 갖는 Normal motion 구분에 해당하는 모드는 inter_16x16, inter_16x8, inter_8x16, P8x8로 2장에서 설명한 x.264 소프트웨어의 모드 결정 중 5)과정에서 율-왜곡 계산이 이루어지는 모드들이 포함된다. 마지막으로 빠른 움직임 혹은 급격한 화면변화를 갖는

Fast motion 구분에 해당되는 모드에는 P8x8과 intra_4x4, intra_16x16이 있다. 매크로블록의 움직임에 따른 분류에 관한 표는 아래 표1과 같다.

표 1. 움직임의 특성에 따른 분류와 해당 모드

Class	Motion activity	Involved Modes
A	Motionless	SKIP
B	Normal motion	16x16, 16x8, 8x16, P8x8
C	Fast motion	Class B, intra_4x4, intra_16x16

본 논문에서는 위에서 언급한 움직임 특성을 선택하는 방법으로 두 가지 문턱 값을 이용하였다. 해당 문턱 값들은 QP에 적응적이며, 부호화 모드 결정의 시작단계에서 계산되는 SKIP모드의 율-왜곡 값을 바탕으로 계산되어진다. QP에 따른 문턱 값 결정 방법은 논문 [3]을 참고하였으며, x.264 소프트웨어에 맞추어 실험적으로 값을 변경하였다. 변경된 문턱 값은 식 (1)과 식(2)와 같다.

$$T_{low} = 34e^{0.1759 \times QP} \quad (1)$$

$$T_{high} = 48430e^{0.0675 \times QP} \quad (2)$$

여기서 T_{low} 보다 작은 SKIP모드 율-왜곡 값을 갖는 매크로블록은 Motionless로 분류되고, T_{low} 와 T_{high} 의 사이에 위치하면 Normal motion으로 분류되며, T_{high} 보다 크면 Fast Motion으로 분류하였다.

나. 매크로블록의 움직임에 따른 모드 결정

본 논문에서는 앞 절에서 기술한 3가지 매크로블록 구분을 바탕으로 부호화 모드 결정에서 불필요한 모드에 대한 율-왜곡 계산과정을 생략한다.

Motionless 구분은 T_{low} 보다 작은 SKIP모드의 율-왜곡 값을 갖는 매크로블록이 포함되며, 이는 미리 부호화된 주변 매크로블록의 예측 움직임 벡터(Prediction Motion Vector)와 동일한 움직임을 갖는다는 것을 의미한다. 이에 해당되는 매크로블록은 다른 모드들에 대한 율-왜곡 계산과정 없이 SKIP모드를 최적의 모드로 선택하고 부호화 모드 결정을 마친다. 이 구분에 포함되지는 않지만, T_{high} 보다 작은 SKIP모드의 율-왜곡 값을 갖는 매크로블록은 Normal motion으로 구분된다. Normal motion으로 구분된 매크로블록은 미리 부호화된 주변 매크로블록의 움직임과 유사하나 움직임을 갖지만, 그보다 더 크거나 혹은 작은 움직임을 갖을 확률이 높음을 의미한다. Normal motion으로 선택된 매크로블록은 기존의 인트라 예측을 제외한 화면 간 예측에 해당하는 모드들에 대한 율-왜곡 계산을 수행하고 그 중에서 가장 작은 율-왜곡 값을 갖는 매크로블록을 최적의 부호화 모드로 선택한다. T_{high} 보다 큰 SKIP모드의 율-왜곡 값을 갖는 매크로블록은 Fast Motion이나 새로운 물체의 등장 혹은 소멸을 의미할 확률이 매우 높다. 이 같은 경우 먼저 inter_16x16모드의 율-왜곡 값과 intra_16x16의 율-왜곡 값을 계산하고, 이를 비교하여 현재 매크로블록에 해당하는 영상의부분이 단지 빠른 움직임을 갖는 영역인지, 새로운 물체의 등장 혹은 소멸을 의미하는지 판별하게 된다. 둘 중 inter_16x16이 더 작은 율-왜곡 값을 가지면, 해당 매크로블록은 주변 매크로블록들의 움직임에 비하여 빠른 움직임을 가질 확률이 높다고 판단, 나머지 inter_16x8, inter_8x16, P8x8의 율-왜곡 계산을 수행하고 최적의 모드를 선택한다. 반면, intra_16x16이 선택될 경우 해당 매크로블록은 새로운 물체

의 등장 혹은 소멸일 확률이 높으며, intra_4x4에 대한 유효-왜곡 계산만을 추가로 수행하여 intra_16x16과 intra_4x4 둘 중에서 최적의 모드를 선택한다.

본 논문에서 제안하는 움직임 특성을 고려한 H.264/AVC의 고속 부호화 모드 결정을 정리하여 단계별로 기술하면 다음과 같고, 이에 해당하는 순서도는 그림2와 같다.

- 1) 현재 매크로블록이 인트라 프레임인지 검사한다. 이때, 인트라 프레임의 매크로블록이면 intra_4x4와 intra_16x16에 대한 유효-왜곡을 계산하고 8)과정으로 넘어간다.
- 2) 현재 매크로블록의 SKIP모드의 유효-왜곡을 계산한다..
- 3) SKIP모드의 유효-왜곡이 T_{low} 보다 작으면 현재 매크로블록은 SKIP모드를 최적의 모드로 선택하고 모드 결정을 마친다.
- 4) SKIP모드의 유효-왜곡이 T_{high} 보다 작는지 검사한다. High보다 작으면 7)과정으로 넘어간다.
- 5) inter_16x16과 intra_16x16의 유효-왜곡을 계산한다. 두 모드의 유효-왜곡 값 중 inter_16x16이 작으면 7)과정으로 넘어간다.
- 6) intra_4x4에 대한 유효-왜곡 계산을 수행하고 8)과정으로 넘어간다.
- 7) inter_16x16, inter_16x8, inter_8x16, inter_8x8의 유효-왜곡을 계산한다. (4)의 과정을 거쳤으면 inter_16x16의 유효-왜곡 계산은 생략된다.)
- 8) 위에서 계산된 예측모드에 대한 유효-왜곡 값 중 가장 작은 값을 갖는 모드를 최선의 모드로 선택한다.

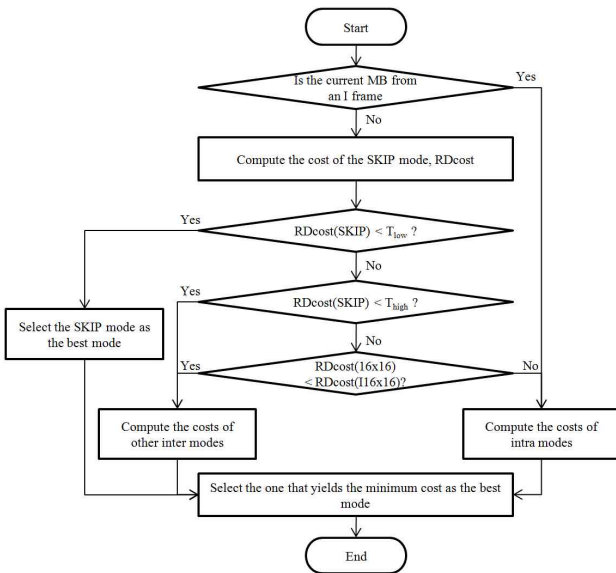


그림 2. 제안하는 고속 부호화 모드 결정 순서도

4. 실험결과

본 논문에서는 제안한 움직임 특성을 고려한 고속 부호화 모드 결정을 H.264/AVC의 고속 부호화가 가능한 x.264 소프트웨어를 바탕으로 실험하였다. H.264/AVC의 참조 소프트웨어인 JM과 비교하여 고속 부호화가 가능한 x.264 소프트웨어는 이미 많은 비디오 어플리케이션에서 사용되고 있으며, 이를 바탕으로 고속화 성능을 측정하였다. 실험에 사용된 영상은 CIF(352x288) 크기의 foreman, paris, mobile, tempete로 QP값은 22, 27, 32, 37을 사용하여 실험하였다.

실험 환경은 두 가지 경우로 나누어 실험 하였으며, 하드웨어 가속인 MMX를 사용하였을 경우와 MMX를 사용하지 않은 경우로 나누어 실험하였다. x.264 소프트웨어로 MMX를 사용할 경우 이미 높은 부호화 속도를 보이므로, 상대적 속도 향상은 크게 되지 않았으나 평균 16%의 속도향상이 있었으며, MMX를 사용하지 않은 경우 22%의 속

도 향상을 보이는 것으로 실험결과에서 나타났다. 실험결과에서 나타나듯 foreman이나 paris와 같은 영상이 정적인 특성이 높은 경우 성능이 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 반면, mobile과 같은 움직임이 많거나, 빠른, 혹은 물체의 등장 및 소멸이 잦은 영상에 대하여는 낮은 성능을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 낮은 QP보다 높은 QP에서 더 큰 속도향상을 확인할 수 있었다.

표 2. 고속 부호화 모드 결정에 따른 BDBitrate, BDPSNR, Time saving

MMX	Sequence	BDBitrate (%)	BDPSNR (dB)	Time saving ΔT (%)
On	foreman	7.391	-0.304	-24.43%
	paris	0.514	-0.031	-23.27%
	mobile	0.117	-0.007	-5.51%
	tempete	1.216	-0.060	12.30%
Average		2.309	-0.101	-16.28%
Off	foreman	7.389	-0.304	-30.02%
	paris	0.514	-0.031	-35.70%
	mobile	0.117	-0.007	-7.64%
	tempete	1.216	-0.060	-15.09%
Average		2.309	-0.101	-22.11%

5. 결론

본 논문에서는 움직임 특성을 고려한 H.264/AVC의 고속 부호화 모드 결정방법에 대하여 제안하였다. 제안하는 방법은 부호화 모드 결정에서 매크로블록의 움직임을 판단하여 불필요한 모드에 대한 유효-왜곡 계산과정을 생략함으로써 부호화 효율의 큰 손실 없이 계산량을 감소시키는 결과를 나타냈다. 부호화 효율의 손실을 더 줄일 수 있는 문턱값에 대한 보완이 이루어진다면 고속 부호화기 구현에 용이하게 사용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 서울시 산학연협력사업(10560)의 일환으로 수행하였음.

참고문헌

- [1] J.H.Nam, D.G.Sim, "Lossless Video Coding of Modified H.264 based on Pixel-wise Prediction," *Multimedia Systems*, vol. 14, pp. 291-298, Sep. 2008
- [2] Gary J.Sullivan and Thomas Wiegand, "Rate-Distortion Optimization for Video Compression," *IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE*, pp 74-90, Nov. 1998.
- [3] H.Zeng, C.Cai and K.-K.Ma, "Fast Mode Decision for H.264/AVC Based on Macroblock Motion Activity," *IEEE Transactions on Circuits and System for Video Technology*, vol. 19, no.4, Apr. 2009.
- [4] I.Choi, J.Lee, and B.Jeon, "Fast coding mode selection with rate-distortion optimization for MPEG-4 part-10 AVC/H.264," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 16, no. 12, pp. 1557-1561, Dec. 2006.