

H.264/AVC의 효율적인 부호화 모드 결정에 관한 연구

(A Study on Efficient Coding Mode Decision for H.264/AVC)

허 태 원 (Tae-Won Hur)¹⁾

요 약

H.264/AVC는 부호화 효율을 크게 향상시킨 비디오 부호화에 대한 표준이다. ITU-T와 MPEG는 가변블록의 움직임, 다중참조화면, 1/4 화소 움직임 추정/보상기법과 비트율-왜곡 최적화 기법 등 다양하고 복잡한 부호화 기법들을 적용했다. H.264 참조 모델은 비트율-왜곡 최적화 기법에 기반을 둔 복잡한 부호화 모드 결정 기법을 채택했는데, 이는 부호화기의 높은 복잡성을 요구한다. 본 논문에서는 매크로 블록 부호화 모드의 순서에 대한 비트율-왜곡의 비용 값의 분포에 기초한 효율적인 부호화 모드 결정 기법을 제안하였다. 실험결과는 제안한 방법이 부호화 시간에 있어 34%를 감소시켰으며, 비트율-왜곡의 계산 량을 82% 줄였음을 보여준다.

ABSTRACT

H.264/AVC is the international video coding standard which has significant improvements of coding efficiency. ITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication standardization sector) and MPEG(Moving Picture Experts Group) adopts various complex coding tool such as variable block size motion, multiple reference frames, quarter-pel motion estimation/compensation(ME/MC) and rate-distortion(RD) optimization, etc. H.264 reference model employs complex mode decision technique based on RD optimization which requires high computational complexity. In this paper, we propose an efficient coding mode decision based on the cost distribution of RD in the macroblock coding mode sequence. Simulation results show that the proposed method reduces encoding time by 34% on average and save the number of computing RD cost by 82%.

Keywords : H.264/AVC, Video coding, Mode decision, RD cost, Coding efficiency

논문접수 : 2005. 11. 15.

심사완료 : 2005. 12. 5.

¹⁾ 정회원 : 안산공과대학 디지털미디어과 조교수

1. 서 론

H264/AVC 표준은 기존의 비디오 부호화 표준들(MPEG2, MPEG4 part2, H.263)에 다양한 부호화 도구들을 추가하여 보다 높은 압축 효율을 달성하였다. 이의 근간이 되는 부호화 기술은 다음과 같은 것들이 있다 4x4 블록단위의 정수 변환 부호화는 매크로 블록이 INT16x16 모드로 선택된 경우 변환 수행 단위인 4x4 변환 블록의 DC값을 다시 하다마드(Hadamard) 변환의 계층적 변환(Hierarchical Transform)을 통해 보다 높은 압축효율을 달성한다. [그림1]과 같은 유형의 매크로 블록 및 서브 매크로 블록 크기의 가변 크기 블록 움직임 보상이 가능하도록 하여 보다 세밀한 영상 영역에서도 높은 압축 효율을 갖는다.

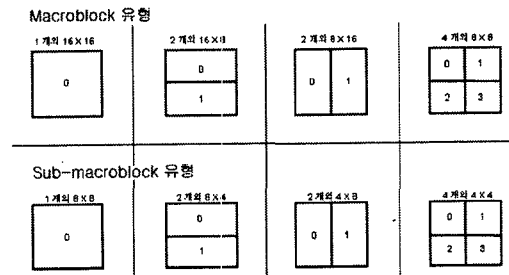
방향성을 고려한 인트라 예측 부호화 기법에서는 휘도(Luminance)의 경우, 각각 4가지와 9가지의 공간내의 방향성을 고려한 예측 모드를 가지고 있고, 색차(Chrominance) 성분은 4가지의 예측 모드를 가지고 공간 영역에서의 압축 효율을 높인다.

다중 참조 영상 부호화 기법은 반복적인 영상이나 다른 객체에 의해 가려져 있다가 나타난 영역의 부호화의 경우에 특히 효율적이다. 그리고 1/4 화소 단위 움직임 벡터 추정 기법은 1/2화소의 보간 방법으로 6탭 필터를 사용하고 있으며, 1/4 화소 단위의 보간 방법은 쌍선형 필터(Bilinear Filter)를 사용하여 보다 정확한 움직임 추정/보상을 하여 압축 효율을 높인다.

이러한 H.264의 압축 효율은 기존의 MPEG-4 SP(Simple Profile)와 비교하여 동일한 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)에서 두 배 이상 개선되며, 동일한 비트율 면에서 2dB 이상 개선되는 것으로 보고되고 있다[1, 2]. 그러나, 그 복잡도 측면에서는 14배 이상 복잡해진 것으로 보고하고 있다[3].

H.264의 참조 모델인 JM 8.4는 7개의 움직임 보상 블록과 다양한 인트라 모드 중에서 최고

의 부호화 효율을 갖는 매크로 블록 모드 선택을 위해 비트율-왜곡 최적화 기법을 적용하고 있다. 비트율-왜곡 최적화 기법은 모든 가능한 매크로 블록의 부호화 모드에 대해 비트율-왜곡 비용(Rate-distortion cost)계산하고 이 중 가장 작은 비용을 갖는 모드를 선택하는 기법이다. 또한 H.264는 움직임 추정/보상을 주된 기법으로 부호화되는 P화면에 대해서도 인트라모드로 부호화 하는 것을 허용하고 있어 P화면의 매크로 블록의 부호화 모드를 결정하는데 있어 많은 비트율-왜곡 비용을 계산하여야 한다.



[그림1] H.264부호화기의 매크로블록 및 서브매크로블록의 분할

[Fig.1] Macroblock partitions, sub-macroblock partitions for H.264 Codec

비트율-왜곡 최적화 기법은 Lagrange 최적화 기법을 바탕으로 정리, 발전된 방법으로 10%의 압축 효율을 제공하는 반면, 많은 계산량을 필요로 한다[5].

H.264에서 비트율-왜곡 최적화 기법을 적용함에 따라 매크로 블록의 부호화 모드를 결정에 있어서의 복잡도를 줄이기 위해 많은 연구들이 수행되어 왔다. 이제윤 등의 연구에 의하면, SKIP모드의 조건을 만족하는 경우, 최종 매크로 블록 모드로 결정될 확률이 높은 사실을 이용하여 SKIP모드 조건만 만족한다면, 최종 매크로 블록 모드를 SKIP모드로 결정하여 복잡도를 개선하였다[7]. 즉 H.264 표준에서 매크로 블록이 SKIP모드로 결정되려면 다음의 4가

지 조건을 만족해야 한다[4].

1. 움직임 보상 블록이 16×16 이어야 한다.
2. 참조 영상이 바로 이전 영상이어야 한다.
3. 움직임 벡터가 예측 움직임 벡터와 같아야 한다.
4. 잉여 데이터의 비트량이 0이어야 한다.

또한 같은 연구에서 P슬라이스에서 인트라로 부호화 되는 매크로 블록의 경우, 발생 빈도는 낮으나 인트라 매크로 블록을 발생하지 않도록 강제로 제한한 경우, 평균 0.18dB 감소와 3.5%비트의 비트율 증가가 발생하는 것으로 보고되고 있다[8]. 즉, 인트라 매크로 블록은 전체적인 부호화 효율의 개선에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 최적 인트라 모드를 결정하기 위한 비트율-왜곡치 계산은 인트라 매크로 블록 모드의 경우에 비해 5배 많다. 이를 개선하기 위해 매크로 블록 모드 결정시, 프레임간 시간 상관도와 공간 상관도를 비교하여 인트라 모드에 대한 부호화 과정을 생략할 수 있도록 하여 부호화기의 복잡도를 개선하였다. 관련 연구에서 프레임간 시간 상관도는 인트라 모드의 평균 비트율을 측정하였고 프레임내 공간 상관도는 평균 블록 경계 오차로 측정하였다. 부호화 성능 평가를 위한 지표로 BDBR(Bjonteggard Delta BitRate)과 BDPSNR(Bjonteggard Delta PSNR)을 사용하여 비교하였다[9]. 그 결과를 살펴보면, H.264 표준화 그룹에서 권고하고 있는 공통실험조건에 대해 SKIP 모드의 조건을 적용한 모드 결정법의 경우, BDBR, BDPSNR의 감소 없이 비트율-왜곡 계산 수가 평균 31.8% 감소하였다. 인트라 모드 생략기법을 적용하였을 경우에는, 61.8%의 계산량 감소의 효과가 있었으며, 두 방법을 동시에 적용했을 경우, 71.78%의 계산량 감소의 효과를 보고하고 있다.

한기훈 등의 방법에 의하면 서브 매크로 블록에 대한 움직임 추정과 비트율-왜곡치 계산을 줄이기 위해 16×16 , 16×8 , 8×16 의 매크로 블록 모드로 부호화하는 것이 유리하다면, 보다 큰 크기로 부호화하여 서브 매크로 블록에 대

한 모드 결정을 위한 계산량을 줄이는 기법을 사용하여 부호화 효율의 손실이 거의 없으면서도 계산량을 약 4배 향상 시키는 것으로 보고하고 있다[12].

효율적인 인트라 예측기법의 연구에서는 인트라 모드로 결정될 것이라 판단되는 매크로블록에 대해서는 인트라 예측을 수행하지 않고 인트라 예측에서 결정된 모드를 최종 매크로 블록 부호화 모드로 결정하여 인트라 예측에 수행하는 데 드는 계산량을 줄이려는 시도를 하였다 [11]. 30Hz의 720×480 의 해상도를 갖는 영상에 대해 I 화면을 15 프레임 주기, 비트율-왜곡 최적화 기법과 비트율 제어를 사용하지 않고 고정 QP의 환경에서 실험한 결과, PSNR에 영향을 미치지 않고 계산량을 줄일 수 있음을 보여 주고 있다.

본 논문에서는 매크로블록의 부호화 모드를 결정하기 위해 필요한 계산량을 줄여 부호화기의 복잡도를 줄이고자 한다. 매크로 블록의 부호화 모드에 따른 비트율-왜곡치를 통계적으로 분석하여 각 모드별로 모드 결정과정을 중단하기 위한 임계값을 결정한다. 지정된 순서에 따라 매크로 블록을 부호화 하는 경우에 있어, SKIP모드의 경우, SKIP 모드의 비트율-왜곡치가 일정값 이하면 SKIP모드로 결정하여 나머지 계산과정을 간략화 하는 기법을 도입하였다. 나머지 모드에 대해서는 순차적으로 비트율-왜곡 비용을 계산하여 각 단계마다 정해진 임계값 이하의 비트율-왜곡치를 가지면 이후의 모드 선택을 위한 계산과정을 중단하고, 지금까지 계산된 비트율-왜곡치 중 가장 작은 값을 갖는 모드로 매크로 블록 부호화 모드를 결정한다.

2장에서는 H.264/AVC에서 적용하는 비트율-왜곡 최적화 기법과 인트라 예측에 대해 설명하였으며, 3장에서는 제안한 효율적인 매크로 블록 부호화 모드 결정법에 대해 설명한다. 4장에서는 실험결과를 나타내었다.

2. 비트율-왜곡 최적화 기법과 인트라 예측

2.1 비트율-왜곡 최적화 기법

매크로블록 모드 {SKIP, MB16×16, MB16×8, MB8×16, SUB8×8, INT16×16, INT8×8}의 7가지로 구성된다. 또한 SUB8×8의 경우 각 블록마다 {8×8, 8×4, 4×8, 4×4}의 모드로 부호화 될 수 있다. H.264 참조모델 JM 8.4에서는 매크로 블록의 부호화 모드를 결정하기 위하여 비트율-왜곡 최적화 기법을 적용하였으며, Lagrangian 계수를 이용한 비트율-왜곡치의 계산식은 다음 식 (1)과 같다.

$$J_{Mode} = D_{mode} + \lambda_{mode}R \quad (1)$$

여기서, J_{Mode} 는 해당 부호화 모드에서의 비트율-왜곡치이며, D_{mode} 는 현재영상과 참조 영상사이의 SSD(Sum of Squared Difference)이고, λ_{mode} 는 Lagrangian 계수로서 $\lambda_{mode} = 0.85 \times 2^{Qp/3}$ 의 값을 사용한다. Qp 는 양자화 지수이고, R 은 주어진 모드로 부호화하는데 필요한 비트량이다.

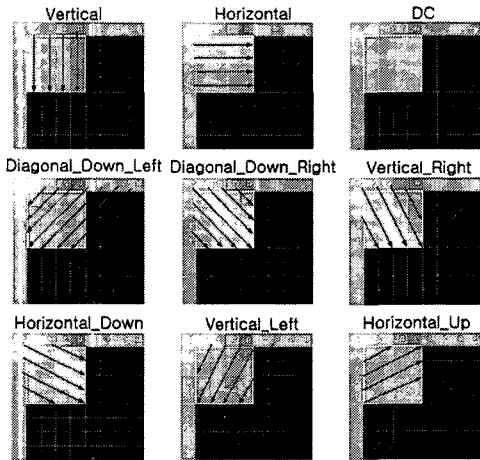
최종적으로 가장 적은 J 값을 갖는 Mode로 결정된다. 모드 결정을 위해 J 값을 계산하는데 있어 잉여 데이터의 비트량을 요구하게 되고, 실제로 잉여 데이터를 부호화하기 위하여 실제로 적용되지 않는 부호화 모드의 부호화가 수행된다. 이는 부호화 효율을 높이기 위하여 부호화기의 복잡도를 높이는 원인이 된다. [5]에 따르면 4×4 블록의 J 값 계산량을 기준으로 SKIP, MB16×16, MB16×8, MB8×16은 16배에 이른다. 하지만 SUB8×8의 경우에는 각 하부 블록들이 독립적인 모드로 부호화가 가능하기 때문에 계산량이 64배가 되고 INT4×4 모드의 경우에는 색차신호의 경우에도 휘도 신호의 모드에 영향을 받지 않고 독립적으로 결

정되기 때문에 색차신호의 4개 인트라 모드와 휘도 신호의 인트라 모드가 조합되는 이유로 계산량이 640배에 이르는 것으로 보고되고 있다.

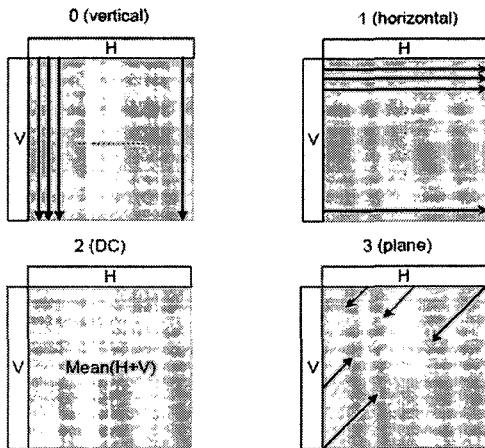
이제윤 외의 H.264 부호화기의 복잡도 분석에 따르면 비트율-왜곡 최적화 기법을 사용하지 않았을 때 복잡도는 30% 감소하나, PSNR은 0.64dB 하여 비트율-왜곡 최적화 기법이 전체 부호화기의 복잡도에서 상당한 비중을 차지하고 있는 동시에 부호화 효율의 향상에도 크게 기여하고 있음을 나타낸다[7].

2.2 인트라 예측

H.264/AVC 비디오 코덱에서 인트라 예측을 하는 방법은 [그림2]와 [그림3]에 나타난 것처럼, 인트라 4×4와 인트라 16×16 예측 모드가 있다[10]. 인트라 4×4 예측은 4×4 블록 단위로 수행되며, 예측방향 별로 Vertical, Horizontal, DC, Diagonal_Down_Left, Diagonal_Down_Right, Vertical_Right, Horizontal_Down, Vertical_Left, Horizontal_Up의 9가지 예측 모드가 있다. 인트라 16×16 예측은 16×16 매크로 블록 단위로 수행되며, Vertical, Horizontal, DC, Plane의 4가지 예측 모드가 있다. 인트라 예측은 I 슬라이스의 경우뿐만 아니라 P 슬라이스에서도 항상 수행되는 부분으로 비트율-왜곡 최적화 기법과 함께 적용될 경우, 많은 계산량을 동반하게 된다. 이남숙의 연구에서는 인트라 16×16 모드 보다는 인트라 4×4 모드가 많이 나타나는 경향이 있으며, P 슬라이스에서는 인트라 예측 모드 보다는 인터 예측 모드로 대부분 선택됨을 보고하고 있다[11].



[그림 2] 인트라 4×4 예측 모드
[Fig. 2] Intra 4×4 prediction mode



[그림 3] 인트라 16×16 예측 모드
[Fig 3] Intra 16×16 prediction mode

3. 제안한 매크로블록 부호화모드 결정법

H.264 부호화기의 매크로블록 부호화 모드를 결정하기 위한 비트율-왜곡 최적화 기법은 움직임 벡터의 선택이나 참조 영상의 선택보다 좀 더 중요하고 복잡하다. 매크로 블록 모드는 SKIP, MB16×16, MB8×16, MB16×8, SUB8×8, INT4×4, INT16×16의 7가지가 있다. 이중 SKIP 모드는 움직임 벡터가 0이거나

예측된 움직임 벡터와 같고, 정수 변환 후의 변환 계수가 모두 0인 경우이다. 그리고 앞 절에 설명된 바와 같이 INT 4×4는 4×4 블록 단위로 방향에 따른 9가지 모드가 있으며, INT16×16은 16×16의 매크로 블록 단위로 4가지 모드가 있다.

7가지 매크로 블록 모드 중 최적의 모드를 결정하기 위하여 비트율-왜곡 최적화 기법이 사용되며, 이 때 각 매크로 블록 모드별로 비트량과 화질 열화를 고려하여 비트율-왜곡치가 가장 작은 모드를 선택하게 된다. 앞 절에서 언급한 바와 같이 이를 위해 많은 움직임 추정과 계산이 이루어지므로 비효율적인 면이 있다. 따라서 적절한 매크로 블록의 부호화 모드를 선택하는데 있어 SKIP 모드와 같이 단순한 모드로부터 INT4×4 모드와 같이 좀 더 복잡한 모드로 부호화 모드를 결정해 가면서 적절한 모드가 선택되면 비트율-왜곡 최적화 기법으로 부호화 모드를 선택하는 과정을 중단할 수 있는 기법이 효율적인 것이다.

실험영상의 특성은 <표1>에 나타내었으며, <표2>에는 각 실험영상에 대해 비트율 왜곡 최적화 기법에 의해 선택된 최적 부호화 모드의 분포를 나타내었다. 이를 살펴보면 실험영상에 특성에 따라 선택된 부호화 모드의 분포가 다르게 나타나는 것을 알 수 있는데, 배경의 움직임이 단순한 경우에는 SKIP모드가 차지하는 비율이 높음을 알 수 있고, 배경이 움직이는 경우에는 MB16×16, MB16×8(MB8×16)모드의 비율이 높으며, 하고, 화면 내에 다양한 움직임이 존재하는 경우에는 SUB8×8 모드의 비율이 높다. 또한 화면 전환이나 움직임이 급격한 경우에는 INT16×16(INT4×4)의 선택 비율이 상대적으로 높아진 것을 알 수 있다.

<표1> 실험영상의 특성

<Table 1> Characteristic of Test Sequence

실험영상	특성
akiyo	화자의 얼굴부분만 움직임이 있으며, 움직임이 없는 비교적 단순한 배경의 영상
container	이동속도가 다른 물체의 이동이 있으며, 작은 움직임이 있는 배경과 움직임이 없는 배경이 혼합된 영상
costguard	서로 반대방향으로 움직이는 물체가 있으며, 작은 움직임을 갖는 배경 및 배경 전체의 급격한 움직임을 갖는 영상
foreman	화자의 움직임이 크며 장면의 이동에 있어 배경의 이동이 심한 영상
mobile	복잡한 배경에 대해 상하 좌우 다양하게 움직이는 물체가 있으며, 좋아못하는 영상
mother&daughter	고정된 배경에서 화자의 움직임이 있는 영상
stefan	복잡한 배경의 수평이동 및 줌인 줌아웃 플레이어의 다양한 움직임을 갖는 영상
suzie	고정된 배경, 영상의 대부분을 인물이 차지하며 인물 및 물체의 다양한 움직임과 복잡한 움직임을 갖는 영상

<표2> 비트율-왜곡 최적화 기법에 의해 선택된 매크로 블록 부호화 모드의 통계적 분포

<Table 2> Statistical Distribution of MacroBlock Encoding Mode for Rate-Distortion Optimization

[단위 : %]

mode 영상	SKIP	MB16× 16	MB16× 8 MB8×1 6	SUB8 ×8	INT16 ×16	JIN4× 4
akiyo	78.1	8.2	7.4	6.4	0	0
container	67.7	13.7	11.0	7.4	0.2	0.0
coastguard	5.4	31.9	28.4	29.2	0.4	4.7
foreman	17.0	27.7	24.3	21.7	2.5	6.8
mobile	1.4	14.4	22.7	61.4	0.0	0.0
mother&daughter	52.7	19.8	17.7	9.0	0.0	0.7
stefan	10.9	25.2	22.5	38.1	1.3	2.0
suzie	31.3	26.3	23.5	12.2	1.3	5.3
total	37.6	20.1	18.6	19.9	0.9	2.9

<표2>에서 보이는 바와 같이 영상의 특성에 따라 SKIP 모드가 상대적으로 많이 선택되는 영상에 있어서, 모든 매크로 블록에 대해 SKIP모드외의 다른 매크로 블록 모드에 대한 비트율-왜곡치를 계산하는 것은 비효율적이라 할 것이다. 또한 MB16×16, MB8×16 및 MB16×8 모드에 대해서는 추가적인 계산량이 발생하나, SUB8×8이나 INT16×16(INT4×4)에 비해 적은 계산량으로 비트율-왜곡치를 계산할 수 있다. 따라서 제한한 방법에서는 {SKIP}, {MB16×16}, {MB16×8, MB8×16}, {SUB8×8}, {INT16×16, INT4×4}의 매크로 블록 모드로 부호화 해 가면서 각 절차에서 이후의 부호화 모드의 비트율-왜곡치 계산을 생략할 수 있도록 한다. [그림4]에서 보면 평균적으로 38%가 SKIP 모드로 결정되며, 68%가 SKIP모드와 MB16×16과 MB16×8(MB8×16) 모드로 결정됨을 알 수 있다.

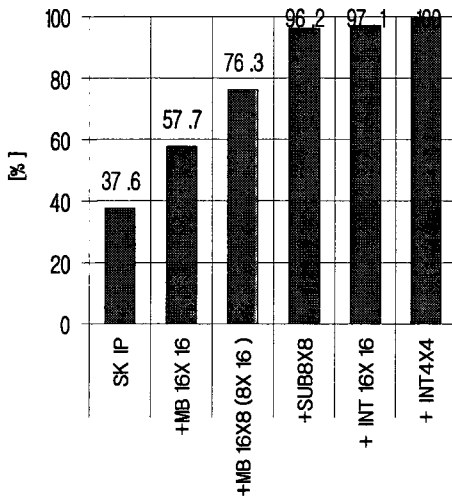
<표3>에서는 각 실험영상에서 P_SLICE에서 SKIP모드로 매크로블록 부호화 모드가 결정된 경우에 있어서 INT16×16과 INT4×4 모드와 SKIP 모드의 비트율-왜곡치의 비의 평균을 구한 것이다. 대부분의 영상의 경우 INTRA 모드의 비트율-왜곡치의 평균이 SKIP 모드의 비트율-왜곡치의 2.7배 정도 되는 것을 알 수 있

다. 여기에 10%정도의 여유를 고려하여 SKIP 모드의 비트율-왜곡치가 INTRA 모드의 비트율-왜곡치의 1/3을 임계값으로 하여 SKIP 모드로 결정할 수 있을 것이다. 영상의 특성이 첫 화면에서 다음 화면으로 급격하게 변화하지 않으므로 INTRA 모드로 부호화 된 I_SLICE의 각 매크로 블록의 비트율-왜곡치는 평균적으로 다음 프레임의 매크로 블록을 INTRA 모드로 부호화 하여도 유사한 값을 가질 것이다. 따라서 우리는 P_SLICE로 부호화 되는 경우, SKIP 모드로 결정하기 위해 I_SLICE 로 부호화된 첫 프레임의 매크로 블록들의 비트율-왜곡치 평균의 1/3을 임계값으로 사용한다. SKIP 모드의 비트율-왜곡치가 임계값 이하라면, 더 이상의 모드 선택을 위한 과정을 생략한다. 그렇지 않은 경우, MB16×16 모드의 비트율-왜곡치를 계산한다.

렇지 않은 경우, MB16×8모드와 MB8×16 모드에 대한 모드 선택을 위한 과정을 수행하고, 이후, INTRA 모드에 대해 비트율-왜곡치를 계산하여 각 과정까지에서 계산된 최소의 비트율-왜곡치를 갖는 모드로 매크로 블록을 부호화한다.

SKIP 모드로 부호화된 매크로 블록의 경우, 최적의 매크로블록 모드가 다른 부호화 모드인 경우, 비트율-왜곡치의 차이가 크지 않은 것으로 나타났다.

<표4>에는 각 과정에서 사용된 임계값을 나타내었으며, 각 임계값은 SKIP 모드에 대한 임계값을 구한 방법과 동일한 통계적 접근으로 설정하였다. 각 임계값에 대하여 I_SLICE 부호화 과정에서 구해진 INTRA 매크로블록 모드로 부호화 할 경우의 비트율-왜곡 값에 대해 10%의 여유를 고려하였다.



[그림 4] 비트율-왜곡치 최적화 기법에 의한 매크로블록 모드의 누적확률분포

[Fig.4] Cumulative Probability Distribution of Selected MacroBlock Mode for Rate-Distortion Optimization

MB16×16 모드의 비트율-왜곡치가 임계값 이하라면, 모드 선택을 위한 과정을 종료한다. 그

<표3> SKIP모드에 대한 INTRA 모드의 비트율-왜곡치 비의 평균

<Table 3> Average Rate of RD cost for INTRA to SKIP Mode

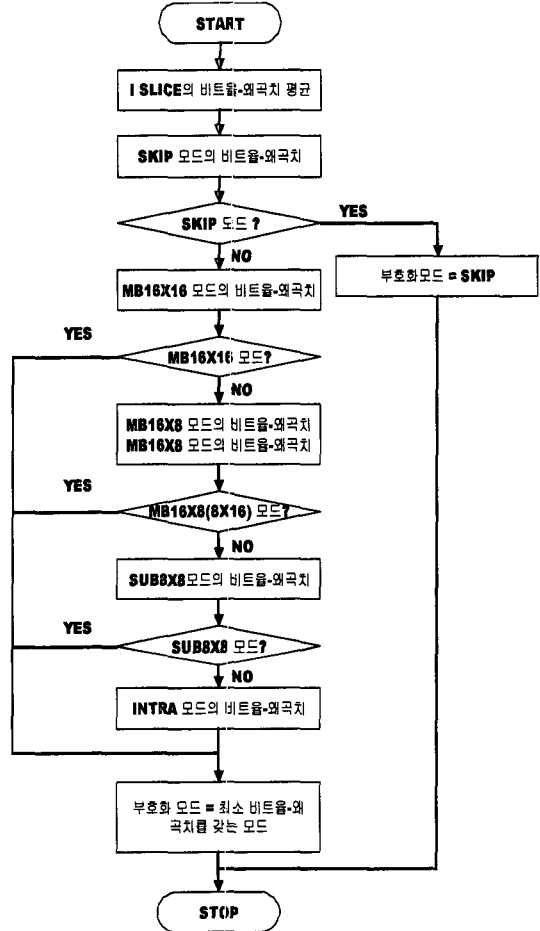
영상	MODE	
	INT16×16	IIN4×4
akiyo	3.54	3.33
container	2.60	2.69
costguard	2.34	2.19
foreman	2.73	2.41
mobile	2.63	2.72
mother&daughter	3.02	3.06
stefan	2.37	2.88
suzie	2.11	2.90
평균	2.67	2.77

<표4> 모드 결정을 위한 임계값
 <Table 4> Threshold for Mode Selection

MODE	임계값
SKIP	I SLICE의 비트율-왜곡치 평균/3
MB16×16	I SLICE의 비트율-왜곡치 평균/2.5
MB16×8, MB8×16	I SLICE의 비트율-왜곡치 평균/2.2
SUB8×8	I SLICE의 비트율-왜곡치 평균/1.1

[그림5]는 본 논문에서 제안한 효율적인 매크로블록 모드 결정을 위한 흐름도를 나타낸 것이다. 첫 번째 절차로 모든 매크로블록이 인트라모드로 부호화되는 첫 프레임에 대해 각 매크로블록 부호화시 계산되는 비트율-왜곡치에 대한 평균값을 구하고 이를 이후 P 슬라이스의 부호화에 있어서 매크로블록 모드를 결정하기 위한 임계값 계산을 위해 사용한다. P 슬라이스의 매크로블록 모드를 결정하기 위해 먼저 SKIP 모드에 대한 비트율-왜곡치를 계산하고, SKIP모드에서 임계값 이하라면, 이후의 과정을 생략함으로써 부호화 효율을 높일 수 있다. 이는 전체 부호화 모드에 있어 40% 정도를 차지하고 있는 SKIP모드를 조기에 결정함으로써 많은 계산량을 줄일 수 있다. 다음으로 MB16×16 모드, MB16×8(MB8×16)의 순으로 모드 결정을 위한 과정을 진행하고, 이 4개의 모드가 전체 부호화 모드의 70%를 차지하고 있으므로 많은 계산량을 줄일 수 있다. 다음으로 SUB8×8 모드에 대해 계산하고, 마지막으로 INTRA 모드에 대해 계산함으로써, 전체 부호화 모드에 있어서 4% 이하를 차지하지만 많은 계산량을 필요로 하는 INTRA모드에 대한 계산과정을 효율적으로 선택하여 진행할 수 있다. SKIP 모드를 제외한 나머지 모드에서의 비트율-왜곡치는 이전과정에서 계산된 비트율-왜곡치와 비교하여 최적의 비트율-왜곡치를 갖는 부호화 모드로 최종 결정되게 된다.

다.



[그림 5] 제안한 효율적인 매크로블록 모드 결정을 위한 흐름도

[Fig.5] Flow chart of proposed efficient macro block mode decision.

4. 실험 방법 및 결과

실험 조건은 H.264 표준화 그룹에서 권고하고 있는 공통 실험조건에 따라 <표5>와 같이 설정하였다. 실험에 사용된 부호화기는 H.264 참조모델 JM 8.4 이며, 실험은 QCIF 형식의 영상에 대해 B 슬라이스와 CABAC를 사용하

지 않는 H.264 베이스라인 프로파일에 맞추어 수행되었다.

제안한 방법의 성능평가를 위하여 비트율-왜곡 치 계산 수 감소 비율 S 를 사용하였으며, 다음의 식 (2)와 같다.

$$S = \frac{\#RDcost[reference] - \#RDcost[proposed]}{\#RDcost[reference]} \times 100[\%] \quad (2)$$

여기서, $\#RDcost[reference]$ 는 참조모델로 사용된 H.264에서 비트율-왜곡 최적화 기법을 적용한 경우의 비트율-왜곡치 계산 수를 나타내고, $\#RDcost[proposed]$ 는 제안된 방법의 비트율-왜곡치 계산 수를 나타낸다. 각 모드에 있어서 비트율-왜곡치를 계산하는데 있어 4×4 블록의 비트율-왜곡치를 계산하는 것을 최소단위로 했을 경우 SKIP, MB16×16, MB16×8(MB8×16) 모드는 16단위의 계산을 필요로 하며 SUB8×8 모드의 경우 각각의 하부 블록들이 독립적인 모드로 움직임 보상이 가능하기 때문에 각 8×8 블록별로 최적의 움직임 보상 블록을 결정하기 위한 별도의 비트율-왜곡치 계산이 수행되어 총 64단위의 계산을 필요로 한다. 또한 INTRA 모드의 경우, 16개의 4×4블록에서 9개의 인트라 모드에 대해 144단위의 비트율-왜곡치 계산을 수행하고, 또한 색차신호의 4개 인트라 모드와 휘도 신호의 인트라 모드가 조합되어 비트율-왜곡치가 계산되기 때문에 총 768단위의 계산이 수행된다.[6] 따라서, 비트율-왜곡 최적화 기법을 이용하여 매크로블록의 부호화 모드를 결정하는 경우, 매크로블록 당 총 880 단위의 계산을 수행하게 되고, 제안한 방법에서는 SKIP 모드로 결정될 경우, 16단위의 계산만 수행함으로써 전체 계산량의 2%정도의 계산을 수행하여 매크로 블록의 부호화 모드를 결정할 수 있다.

또한, 부호화 시간의 변화량은 다음의 식 (3)

을 사용하여 계산하였다.

$$\Delta T = \frac{Time[reference] - Time[proposed]}{Time[reference]} \times 100[\%] \quad (3)$$

부호화 성능평가를 위한 지표로 BDBR(Bjonteggard Delta Bit Rate)과 BDPSNR(Bjonteggard Delta PSNR)을 사용하였으며, 이들은 각각 비교하고자 하는 두 방법 간의 비트율과 PSNR차이의 평균을 의미한다. 그리고 BDBR과 (+) 부호와 BDPSNR의 (-) 부호는 부호화 성능의 손실을 나타낸다.

<표6>에는 제안한 모드 결정법을 사용하여 부호화한 성능 중 PSNR의 차이를 참조모델과 비교하여 나타낸 것이다. 대부분의 실험영상에 대해 거의 유사한 성능으로 부호화됨을 보여주고 있고, 평균적으로 휘도 신호의 경우, 0.09dB의 성능 손실이 있으며, 색차신호의 경우에는 U, V 성분에 대해 각각 0.02dB, 0.04dB의 성능손실이 있음을 나타내고 있다. <표7>에서는 비트율의 비교와 계산 수 및 부호화 시간에 대한 비교가 나타나 있다. 이를 살펴보면, 비트율의 많은 경우에 있어 개선되었는데, 이는 SKIP모드와 같이 비트가 적게 사용되는 모드가 우선적으로 조건을 만족하면, 부호화 모드로 결정되는 것에 기인한 것으로 보인다. 평균적으로 0.28%의 성능 개선을 보여 준다. 계산 수의 경우, 평균적으로 비트율-왜곡 최적화 기법을 사용하는 경우에 비해 18%정도의 계산으로 비슷한 성능으로 부호화될 수 있음을 보여 준다. 부호화 시간에 있어서도 비트율-왜곡 최적화 기법을 사용한 경우에 부호화 시간에 대해 평균 33.44%의 시간으로 부호화됨을 나타낸다. <표8>에서는 비트율-왜곡 최적화 기법을 사용했을 경우, 결정되는 매크로블록 부호화모드와의 일치율을 나타낸 것이다. 평균적으로 69%정도 일치하고 있으며, 다른 모드로 결정되었을 경우의 불일치 정도는 최소 비트율-왜곡치 값에 대한 차이의 비율을 나타낸 것으로 11%정도의 오차를 보임

을 나타내고 있다. 모드 일치율이 상대적으로 낮은 실험영상의 경우에도 불일치된 모드의 비트율-왜곡치의 차이가 10% 내외임을 보여 준다.

<표5> 실험 조건
<Table 5> Simulation Condition

영상	조건	주사율 (Hz)	#Frame	QP	부호화기법	부호화기
akiyo	10	10	300	28	비트율-왜곡 최적화기법,	JM 8.4
container			100			
costguard			100			
foreman			300	32	하다마드 변환부호화,	
mobile			100	36	I PPP구조, CAVLC	
mother&daughter			100	40		
stefan			100			
suzie			150			

<표6> 제안한 모드 결정법에 의한 BDPSNR
<Table 6> BDPSNR of proposed mode decision.

[단위 : dB]

영상	휘도(Y)	색차(U)	색차(V)
akiyo	-0.08	-0.01	-0.05
container	-0.06	0.08	-0.06
costguard	-0.04	0.04	-0.07
foreman	-0.13	-0.03	0.01
mobile	-0.09	-0.04	0.01
mother&daughter	-0.03	0.03	0.04
stefan	-0.12	-0.02	-0.04
suzie	-0.16	-0.19	-0.18
평균	-0.09	-0.02	-0.04

<표7> 제안한 모드 결정법에 의한 BDBR, S와 ΔT

<Table 7> BDBR, S and ΔT of proposed mode decision.

[단위 : %]

영상	BDBR	S	ΔT
akiyo	0.46	10.13	60.86
container	0.26	8.88	54.36
costguard	-0.90	36.05	8.13
foreman	-0.81	23.67	14.83
mobile	-0.90	7.84	16.84
mother & daughter	0.05	9.30	52.15
stefan	0.04	25.60	29.64
suzie	0.26	19.65	30.73
평균	-0.19	17.64	33.44

<표8> 비트율-왜곡 최적화 기법과의 모드일치율

<Table 8> Mode equality with Rate-Distortion Optimization

[단위 : %]

영상	모드일치율	불일치정도
akiyo	84.57	18.1
container	84.48	11.1
costguard	57.88	5.2
foreman	57.84	8.7
mobile	59.47	9.3
mother&daughter	77.13	9.2
stefan	65.17	14.5
suzie	64.94	14.0
평균	68.94	11.26

5. 결론

본 논문에서는 H.264 부호화기의 부호화 효율을 높이지만 부호화기의 복잡도를 증가시키는 요소인 매크로 블록 부호화 모드의 효율적인 선택을 위한 방법을 제안하였다. 부호화 초기 단계에서는 SKIP 모드의 경우 일정한 조건을 만족하면, 조기에 SKIP모드로 결정하고 이후의 과정을 생략하는 방법으로 매크로 블록의 부호화 모드를 결정하는데 필요한 계산량을 줄이는 효율적인 기법을 도입하였다.

SKIP 모드로 결정하기 위해서 첫 프레임을 부호화 하는데 있어서 계산된 INTRA모드의 비트율-왜곡치의 평균값을 이용하여 임계값을 계산하였는데, 이는 SKIP모드로 결정되는 경우, INTRA 모드의 비트율-왜곡치와 일정한 비율을 갖고 있는 것을 이용한 것이다.

또한 MB16×16, MB16×8(MB8×16), SUB8×8, INT16×16(INT4×4) 등의 매크로블록에 대해서 비트율-왜곡치를 계산하는 과정을 순차적으로 적용함으로써 부호화 모드를 결정하기 위한 기존의 방법에 비해 좀 더 간략화할 수 있었다.

제안한 방법을 적용했을 때 얻게 되는 비트율-왜곡치 계산 수 감소는 평균 82%이며, BDPSNR의 감소는 휘도와 색차 성분에 대해 평균적으로 약 0.05dB로 매우 미비하다. 즉, 제안한 효율적인 모드 결정법은 부호화 효율의 큰 감소 없이 계산량을 줄이고 부호화 시간도 평균 34% 이상 감소시켰다.

참고 문헌

[1] P. Topiwala, G. Sullivan, A. Joch, and F. Kossentini, "Overview and Performance Evaluation of the Draft ITU-T H.26L Video Coding Standard," Proc. SPIE, Appl. Dig. Im. Proc, Aug 2001.
 [2] ITU-T SG16 Q6, "Performance Evaluation

of H.26L, TML 8 vs. H.263++ and MPEG 4," Doc. VCEG-N18, Sep 2001.

[3] ISO/IEC JTC1/SC29WG11, "A Computational Complexity Comparison of MPEG 4 and JVT Codecs," Doc. M8696, Jul 2002.

[4] Joint Video Team(JVT) of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG, "Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification (ITU-T Rec. H.264 ISO/IEC 14496-10 AVC)," Doc. JVT-G050r1, Mar 2003.

[5] M. Zhou, "Evaluation and Simplification of H.26L Baseline Coding Tools," ITU-T Q6/16, Doc JVT-B030, Jan 2002.

[6] 이재윤, 전병우 "H.264 동영상 압축을 위한 고속 부호화 모드 결정 방법," 전자공학회논문지, 제41권 SP 제 6호, 2004년 11월

[7] 이재윤, 최용일, 전병우, 석민수, " H.264의 가변 블록 움직임 보상을 위한 고속 움직임 벡터 탐색 및 모드 결정법," 전자공학회 논문지 제 40호 SP편 제 4호, 45-49. 2003년 7월

[8] J.Lee and B.Jeon, "Prunde Mode Decision based on Variable Block Sizes Motion Compensation for H.264," Lecture Notes in Computer Science(LNCS), vol. 2899, pp. 410-418, Nov. 2003.

[9] G. Bjontegaard, "Calculation of Average PSNR Differences between RD-curves," Doc. VCEG-M88, Apr 2001.

[10] Iain E.G. Richardson, H.264/MPEG 4 Part 10 White Paper : intra predicton, June 2003.

[11] 이남숙, 이재현, "H.264/AVC를 위한 효율적인 인트라 예측 기법," 2003년도 신호처리소 사이어티 추계학술대회 논문집, 125-128, 2003

[12] 한기훈, 이영열, "H.264의 가변 블록 크기 움직임 추정 및 공간 예측 부호화 생략에 의한 고속 모드 결정법," 제 40권 SP편 제 5 호,

417-425쪽, 2003년 9월



1998.8 성균관대학교 전자공
학과(공학박사)

1999.3 ~ 현재 : 안산공과대학
디지털미디어과 조교수

관심분야 : 영상통신, 멀티미
디어, 영상부호화, 디지털신호
처리