
가변 블록 부호화에서 CBP를 이용한 고속 인터모드 결정 방법

류권열*

Fast Intermode Decision Method Using CBP on Variable Block Coding

Kwon-yeol Ryu*

요 약

본 논문에서는 CBP(coded block pattern) 및 colocated-MB(macro block)의 부호화 정보를 이용하여 인터모드 결정에 소요되는 계산량을 감소시키는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 MB를 CBP 특성에 따라 best-CBP와 normal-CBP로 나눈다. Best-CBP에서는 SKIP 모드 및 M-Type 모드일 확률이 통계적으로 96.3%이므로 인터모드 결정 과정에서 8x8 모드 계산을 제거한다. Normal-CBP에서는 SKIP 모드 및 M-Type 모드 결정에 colocated-MB의 부호화 정보와 MVcost(motion vector cost)를 이용하여 비트율-왜곡 치에 소요되는 계산량을 선택적으로 제거한다. 실험 결과, 제안한 방법은 전체 부호화 시간이 평균적으로 58.44% 감소되었으며, 움직임이 적은 영상에서 계산량 감소 효과가 우수함을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we propose the method that reduce computational complexity for intermode decision using CBP(coded block pattern) and coded information of colocated-MB(macro block). Proposed method classifies MB into best-CBP and normal-CBP according to the characteristics of CBP. On best-CBP, it eliminates the computation for 8x8 mode on intermode decision process because the probability for SKIP mode and M-Type mode is 96.3% statistically. On normal-CBP, it selectively eliminates the amount of computation for bit-rate distortion cost, because it uses coded information of colocated-MB and motion vector cost in deciding SKIP mode and M-Type mode. The simulation results show that the proposed method reduces total coding time to 58.44% in average, and is effective in reducing computational burden in videos with little motion.

키워드

가변 블록 움직임 추정, 고속 인터모드 결정, CBP, H.264/AVC

Key word

variable block motion estimation, fast intermode decision, CBP, H.264/AVC

* 위덕대학교 소프트웨어공학과 (kyryu@uu.ac.kr)

접수일자 : 2010. 02. 22

심사완료일자 : 2010. 03. 12

I. 서 론

H.264/AVC에서는 부호화 효율을 높이기 위해 부호소 움직임 추정, 가변 블록 움직임 추정, 비트율-왜곡 최적화, 복수의 참조 프레임, 문맥 기반 적응적 가변 길이 부호화(CAVLC : context based adaptive variable length coding), 문맥 기반 적응적 이진 산술 부호화(CABAC : context based adaptive binary arithmetic coding) 등과 같은 다양한 기술을 사용하기 때문에 부호화 복잡도가 증가한다. 특히 가변 블록 움직임 추정에서 매크로블록(MB : macro block)은 5개의 인터모드(intermode)와 3개의 인트라모드(intramode)를 지원한다. SKIP 모드, M16x16 모드, M16x8 모드, M8x16 모드 및 8x8 모드는 인터모드에 해당되고, 움직임 추정을 통한 MB 부호화에 이용된다. 8x8 모드는 다시 8x8 모드, 8x4 모드, 4x8 모드 및 4x4 모드 중의 하나로 선택되는 계층 구조를 갖는다. 인터모드에 이용되는 가변 블록의 유형은 그림 1과 같다.

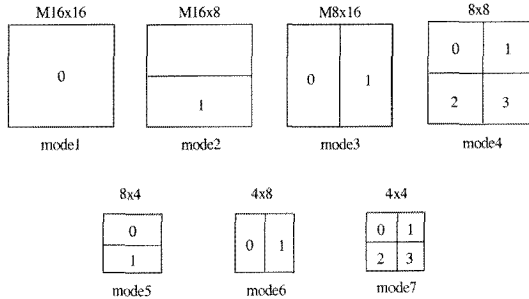


그림 1. 인터모드의 가변 블록 유형
Fig. 1 Variable block types for intermode

인트라모드는 I16x16 모드, I8x8 모드 및 I4x4 모드를 지원하며, 휘도 블록을 위한 I8x8 모드는 FExt 프로파일에서만 제공된다. 인트라모드에서는 이전에 부호화된 이웃 MB의 경계 화소를 이용해 현재 MB를 예측한다. 휘도 블록의 I16x16 모드는 4가지 방향으로 예측하고, 휘도 블록의 I4x4 모드 및 I8x8 모드는 9가지 방향으로 예측한다. 다양한 방법으로 예측된 인터모드 및 인트라모드 중에서 비트율-왜곡치(RDcost : bitrate-distortion cost)가 가장 적은 모드를 최적 MB 모드로 결정한다. 이

러한 MB 모드 선택 과정에서 인터모드 결정에 많은 계산량이 요구되므로 H.264/AVC의 실시간 구현을 위해서 고속 인터모드 결정 방법에 대한 많은 연구가 진행되었다[1-4].

Yin 등[5]은 비트율-왜곡의 단조성을 이용한 고속 인터모드 결정 방법을 제안하였으며, 이 방법은 M16x16 모드, 8x8 모드 및 4x4 모드의 RDcost를 비교하여, 8x8 계산을 적응적으로 선택함으로써 인터모드 결정에 소요되는 계산량을 감소시켰다. Jeon 등[6]은 인터모드 결정 과정의 초기 단계에서 M16x16 모드에 대한 RDcost를 계산하고, SKIP 조건이 만족하는지 확인하여, SKIP 조건을 만족하면 다른 모드 계산 과정을 제거하는 조기 SKIP 모드 결정 방법을 제안하였으며, 이 방법은 H.264/AVC 참조 모델에 적용되었다.

본 논문에서는 CBP(coded block pattern) 및 순차적 모드 선택 방법을 이용하여 인터모드 결정에 소요되는 계산량을 감소시키는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 MB를 best-CBP와 normal-CBP로 나눈다. Best-CBP에서는 SKIP 모드 및 M-Type (M16x16, M16x8, M8x16) 모드 일 확률이 통계적으로 96.3%이므로 인터모드 결정 과정에서 8x8 모드 계산을 제거한다. Normal-CBP에서는 SKIP 모드 및 M-Type 모드 결정에 참조 프레임의 대응 MB (colocated-MB)의 부호화 정보와 MVcost(motion vector cost)를 이용하여 RDcost 계산에 소요되는 계산량을 선택적으로 제거한다. 본 논문의 구성은 II장에서 기존의 인터모드 결정 방법을 기술하고, III장에서 제안한 고속 인터모드 결정 방법을 설명하며, IV장 및 V장에서 실험 결과 및 결론을 나타낸다.

II. 기존의 인터모드 결정 방법

2.1 비트율-왜곡 최적화

가변 블록 움직임 추정을 통한 MB 모드 결정 방법은 H.264/AVC 부호화의 중요한 요소이다. 이를 위해 H.264/AVC는 각각의 MB 모드에 대한 SAD(sum of absolute difference), MVcost 및 RDcost를 계산하여, RDcost가 최소인 MB 모드를 부호화 모드로 결정하는 비트율-왜곡 최적화 방법을 이용한다. 비트율-왜곡 최적화에서 MVcost는 이웃 MB로부터 예측한 PMV

(predicted motion vector)와 움직임 예측에 의한 MV 사이의 차분을 부호화한 값에 따라 결정된다. 인터모드에서는 RDcost를 계산하기 전에 MV와 참조 영상을 결정하는데, 가변 블록에 대한 MV와 참조 영상은 식 (1)의 J_{mode} 값이 최소인 블록으로 결정한다.

$$J_{mode}(MV, REF | \lambda_{motion}) = SAD(s, r(MV, REF)) + \lambda_{motion} \cdot R(MV, REF) \quad (1)$$

식 (1)에서 λ_{motion} 은 라그랑지안(lagrangian) 계수를 나타내며, 인터모드의 P 프레임인 경우에는 $0.85 \times 2^{QP/3}$ 의 값을 갖는다. $R(MV, REF)$ 는 MV 및 참조 영상을 부호화하는데 필요한 비트 수를 나타내고, $SAD(s, r(MV, REF))$ 는 원 영상과 움직임 보상된 영상의 차에 대한 절대 값의 합을 나타내며, 식 (2)와 같다.

$$SAD(s, r(MV, REF)) = \sum_{x=0}^{W-1} \sum_{y=0}^{H-1} |s(x, y) - r(x - m_x, y - m_y)| \quad (2)$$

식 (2)에서 W 및 H 는 가변 블록의 가로 및 세로 크기를 나타내고, m_x 및 m_y 는 MV를 나타낸다.

비트율-왜곡 최적화에서 최적 MB 모드는 식 (3)의 R_{mode} 값이 최소인 모드를 선택한다.

$$R_{mode}(s, r, mode | \lambda_{mode}) = SSD(s, r, mode) + \lambda_{mode} \cdot R(s, r, mode) \quad (3)$$

식 (3)에서 $R(s, r, mode)$ 는 해당 모드를 부호화했을 때 발생하는 비트 수이며, MV, CBP, 최적 MB 모드, 변환 계수 데이터 등 MB 부호화의 모든 정보를 나타내고, λ_{mode} 은 λ_{motion} 의 제곱 값이다. $SSD(s, r, mode)$ 는 원 영상과 움직임 보상된 영상의 차분에 대한 제곱의 합을 나타내며, 식 (4)와 같이 계산된다.

$$SSD(s, r, mode) = \sum_{x=0}^{W-1} \sum_{y=0}^{H-1} ((s(x, y) - r(x - m_x, y - m_y))^2) \quad (4)$$

2.2 기존의 인터모드 결정 방법

비트율-왜곡 최적화를 이용한 기존의 인터모드 결정 방법은 다음과 같이 3단계로 구성되며, 1단계는 M-Type 모드에 대한 J_{mode} 값을 계산하고, J_{mode} 값이 최소인 모드의 MV와 참조 영상을 결정한다. 2단계는 8x8 모드, 8x4 모드, 4x8 모드 및 4x4 모드에 대한 J_{mode} 값 및 R_{mode} 값을 계산하여 4개 모드 중의 최적 모드를 선택한다. 3단계는 SKIP 모드의 MV를 계산한 후, 나머지 모드에 대한 R_{mode} 를 계산하여, R_{mode} 값이 최소인 모드를 최적 인터모드로 결정한다. 실험 영상에 대한 최적 모드 확률 분포는 그림 2와 같다.

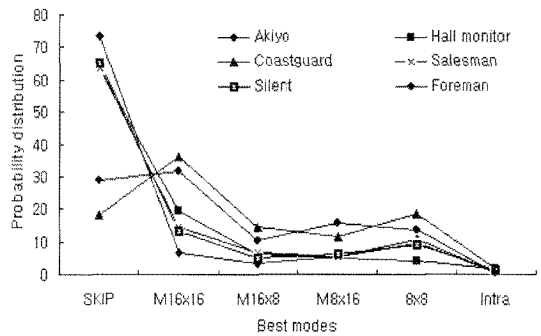


그림 2. 최적 모드 확률 분포
Fig. 2 Probability distributions of best modes

그림 2에서 각각의 인터모드에 대한 확률 분포는 평균적으로 SKIP 모드가 52.1%, M16x16 모드가 20.2%, M16x8 모드가 7.6%, M8x16 모드가 8.2%, 8x8 모드가 10.9%를 나타내고, SKIP 모드 및 M-Type 모드가 전체의 88.1%를 차지한다. 따라서 SKIP 모드 및 M-Type 모드에 대한 결정을 조기에 수행하면, 최적 인터모드 결정에 소요되는 계산량이 감소됨을 알 수 있다.

H.264/AVC 참조 소프트웨어 JM 9.4 버전부터는 조기 SKIP 모드 결정 방법을 이용하여, 8x8 모드 결정에 소요되는 계산량을 감소시키는 고속 인터모드 결정 방법을 적용하였다. 이러한 기존의 방법에서 인터모드 결정 과정은 그림 3과 같다.

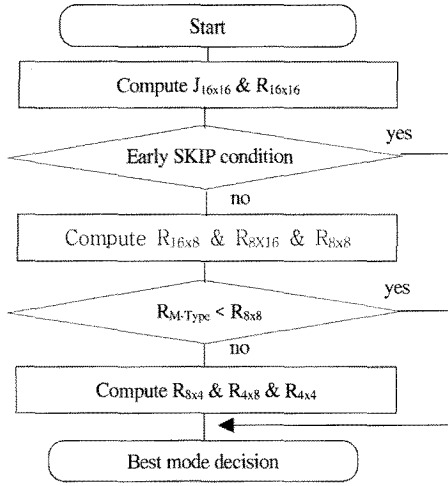


그림 3. 기존의 인터모드 결정 방법
Fig. 3 Conventional method for intermode decision

그림 3에서와 같이 인터모드 결정 과정의 초기 단계에서 M16x16 모드에 대한 MV 및 참조 영상을 결정하여, R16x16 값을 계산한다. 계산 결과가 SKIP 모드 조건을 만족하면 이후 모드 계산 과정을 제거하고, SKIP 모드로 결정한다.

SKIP 모드 조건은 (1) 움직임 보상 블록 크기가 16x16 이고, (2) 참조 영상이 바로 이전 프레임에 존재하고, (3) M16x16 모드의 MV와 SKIP 모드의 MV가 같고, (4) 변환 계수 부호화 데이터가 모두 0 이다. 따라서 SKIP 모드는 MV가 PMV와 같은 M16x16 모드로 생각할 수 있으며, PMV를 이용하여 RDcost를 계산한다[7].

III. 제안한 고속 인터모드 결정 방법

H.264/AVC는 부호화 효율을 높이기 위해 하나의 MB를 휘도 및 색차에 따라 8x8 크기의 6개 블록으로 나누어 부호화를 수행한다. 6개의 블록 모두 부호화되지 않은 경우를 제외하면, 나머지 63개의 경우는 서로 다른 조합으로 구분된다. 즉, CBP는 하나의 MB 내에서 63개의 유형으로 구분되며, CBP 값은 식 (5)와 같이 정의한다.

$$CBP \text{ value} = Y_0 + 2 \times Y_1 + 4 \times Y_2 + 8 \times Y_3 + 16 \times C_r + 32 \times C_b \quad (5)$$

8x8 크기로 나누어진 6개의 각 블록에 대한 CBP 비트 설정은 그림 4와 같다.

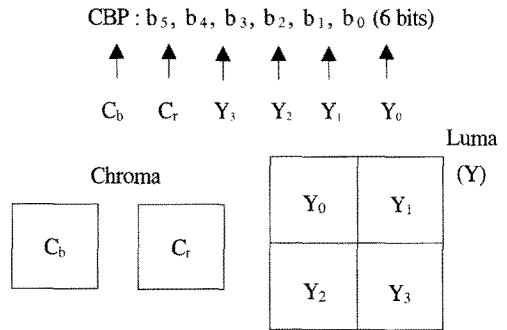


그림 4. CBP의 비트 지정
Fig. 4 Bit assignment of CBP

식 (5) 및 그림 4에서 Y0, Y1, Y2, Y3는 휘도 블록을 나타내고, Cb, Cr 은 색차 블록을 나타낸다. 그림 4에서 각 블록은 변환 계수 부호화 데이터가 있는 경우에 비트 1, 변환 계수 부호화 데이터가 없는 경우에 비트 0으로 설정된다. 각각의 MB에 대한 CBP는 영상 특성에 따라 발생 확률이 다르기 때문에, CBP 마다 서로 다른 부호 비트를 할당하며, 이때 발생 빈도가 높은 CBP에 비트수가 적은 부호를 할당함으로써 높은 부호화 효율을 얻는다.

CBP 값을 영상의 특성에 따라 분류하면 다음과 같다. 첫째, CBP 값이 0, 16, 32인 경우는 모든 휘도 블록에 변환 계수 부호화 데이터가 없는 경우이며, 움직임이 거의 없는 영역으로 추정할 수 있다. 둘째, CBP 값이 1, 2, 4, 8인 경우는 휘도 블록 4개 중에서 하나의 블록에 변환 계수 부호화 데이터가 있는 경우이며, 움직임이 적은 영역으로 추정할 수 있다. 셋째, CBP 값이 15, 31, 47인 경우는 모든 휘도 블록에 변환 계수 부호화 데이터가 존재하는 경우이며, 움직임이 불규칙하거나, 많은 영역으로 추정할 수 있다. 넷째, CBP 값이 3, 5, 10, 12인 경우는 2개의 휘도 블록에 변환 계수 부호화 데이터가 존재하는 경우이며, 수평 또는 수직 방향으로 움직임이 있는 영역으로 추정할 수 있다.

본 논문에서는 MB를 CBP 특성에 따라 best-CBP 및 normal-CBP로 나누며, 각각 식 (6)과 같이 정의한다.

$$MB = \begin{cases} \text{best-CBP} & \text{if } CBP \text{ value} \in (0,1,2,4,8,16,32) \\ \text{normal-CBP} & \text{if } CBP \text{ value} \in \text{others} \end{cases} \quad (6)$$

식 (6)에서 best-CBP는 SAD 값이 적고, 최적 인터모드가 SKIP 및 M-Type일 확률이 높은 경우를 나타낸다.

실험 영상에서 best-CBP 및 normal-CBP에 대한 인터모드 확률 분포는 그림 5와 같다.

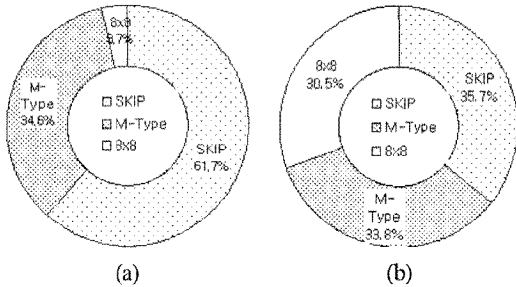


그림 5. CBP 유형에 따른 인터모드 확률 분포 (a) best-CBP (b) normal-CBP

Fig. 5 Probability distributions of intermode according to CBP types (a) best-CBP (b) normal-CBP

그림 5에서와 같이 최적 인터모드가 SKIP 모드 및 M-Type 모드일 확률이 best-CBP에서는 96.3%이고, normal-CBP에서는 69.5%이다. 따라서 best-CBP에서는 인터모드 결정 과정에서 8x8 모드 계산을 제거하고, J_{mode} 값을 이용하여 최적 인터모드를 결정한다.

본 논문에서 제안한 고속 인터모드 결정 방법은 그림 6에서와 같이 colocated-MB가 M-Type 모드이고, CBP 값이 3, 5, 10, 12인 MB를 best-CBP로 분류한다. 그리고 그림 6의 check-SKIP에서 J_{mode} 값과 R_{mode} 값의 상관도 즉, J_{mode} 값이 적을수록 R_{mode} 값이 적을 확률이 크다는 것을 이용하여 J_{skip} 값이 J_{16x16} 값보다 적으면 SKIP 모드로 결정한다.

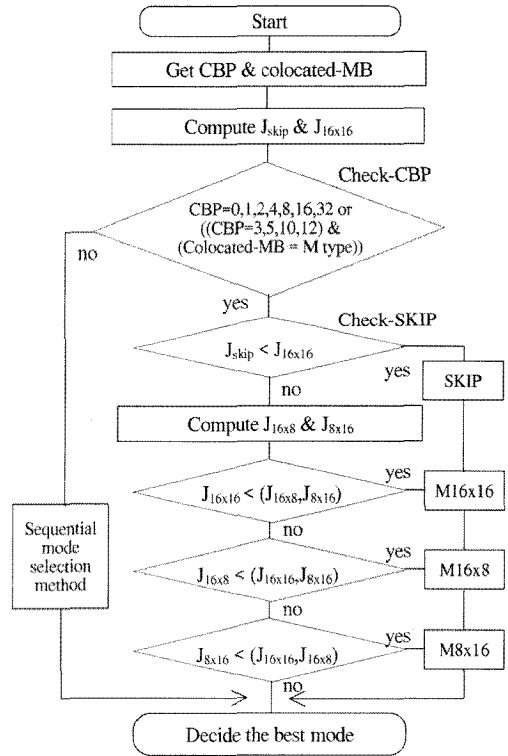


그림 6. 제안한 고속 인터모드 결정 방법
Fig. 6 Proposed method for fast intermode decision

제안한 방법에서 M16x16 모드의 SAD 값과 M16x8 모드 및 M8x16 모드의 SAD 값 차이는 두 개의 블록이 다른 방향으로 움직일 때 커지고, 같은 방향으로 움직일 때 적어진다. 그러므로 J_{16x16} 값이 J_{16x8} 값 및 J_{8x16} 값보다 적을 때는 M16x8 모드 및 M8x16 모드에서 왜곡도가 감소하더라도 추가적인 MVcost가 크기 때문에 부호화 비트 수가 증가한다. 이런 경우 8x8 모드는 MVcost가 더욱 크기 때문에 인터모드 결정 과정에서 8x8 모드 계산을 제거한다.

그림 6의 Check-CBP에서 normal-CBP로 분류된 MB는 그림 7에서와 같이 순차적 모드 선택 방법을 이용하여 최적 인터모드를 결정한다. 순차적 모드 선택 방법은 SKIP 모드 및 M16x16 모드 결정에 colocated-MB의 부호화 정보를 이용하고, M16x8 모드 및 M8x16 모드 결정에 J_{mode} 를 이용함으로써 RDcost 계산에 소요되는 계산량을 선택적으로 제거한다.

```

Procedure for normal-CBP
Step1: compute  $R_{skip}$  &  $R_{16x16}$ ; get  $R_{colocated}$ ;
        if  $((R_{skip} < R_{colocated}) \text{ or } (R_{skip} < R_{16x16}))$ ,
            then select SKIP, go to step7,
            else go to next;
Step2: if  $(R_{16x16} < R_{colocated})$ ,
        then select M16x16, go to step7,
        else go to next;
Step3: compute  $J_{16x8}$  &  $J_{8x16}$ ;
        if  $J_{16x16} < (J_{16x8}, J_{8x16})$ ,
            then select M16x16, go to step7,
            else go to next;
Step4: compute  $J_{8x8}$ ;
        if  $((J_{16x8} < J_{16x16} < J_{8x16}) \& (J_{16x16} < J_{8x8}))$ ,
            then select M16x8, go to step7,
            else go to next;
Step5: if  $((J_{8x16} < J_{16x16} < J_{16x8}) \& (J_{16x16} < J_{8x8}))$ ,
        then select M8x16, go to step7,
        else go to next;
Step6: Compute  $R_{mode}$  for 8x8,
        go to next;
Step7: decide best mode among all tested mode;
End
    
```

그림 7. 순차적 모드 선택 방법
Fig. 7 Sequential mode selection method

SKIP 모드는 그림 7의 step1에서와 같이 R_{skip} 값을 $R_{colocated}$ 값 및 R_{16x16} 값과 비교하여, R_{skip} 값이 적으면 SKIP 모드로 결정한다. M16x16 모드는 그림 7의 step2에서와 같이 R_{16x16} 값과 $R_{colocated}$ 값을 비교하여 R_{16x16} 값이 적으면 M16x16 모드로 결정하고, 그림 7의 step3에서와 같이 J_{16x16} 값이 J_{16x8} 및 J_{8x16} 값보다 적으면, J_{mode} 와 R_{mode} 의 상관도를 이용하여 M16x16 모드로 결정한다. M16x8 모드 및 M8x16 모드는 step 4 및 step5에서와 같이 J_{16x16} 값 및 J_{8x8} 값을 이용하여 인터모드를 결정함으로써 8x8 모드에 소요되는 계량을 선택적으로 제거한다.

VI. 실험결과

제안한 고속 인터모드 결정 방법에 대한 실험은 참조 소프트웨어 JM14.0에서 QCIF 크기의 30Hz 영상에 대해 IPPP 구조의 베이스라인(baseline) 프로파일을 이

용하여 고복잡도 모드로 부호화 하였으며, 가변 길이 부호화 방법으로 CAVLC를 적용하였다. 고속 움직임 추정을 위한 탐색 방법은 UMHexagonS, 탐색 범위는 ± 16 , 참조 프레임 수는 2를 적용하였다. 변환 부호화의 양자화 계수(QP : quantization parameter)는 28, 32, 36, 40을 적용하였으며, 하다마드(hadamard) 변환을 사용하였다. 실험 영상은 100 프레임의 akiyo, hall monitor, salesman, silent, coastguard, foreman을 사용하였다.

제안한 방법의 성능 비교를 위한 평가 기준은 $\Delta BR(\text{delta bitrate})$ 및 $\Delta PSNR(\text{delta PSNR})$ 을 사용하였으며, 각각 비교하고자 하는 두 방법 간의 비트율 차이 및 PSNR 차이의 평균을 나타낸다[8]. 그리고 ΔBR 의 + 부호와 $\Delta PSNR$ 의 - 부호는 부호화 성능의 손실을 나타낸다.

제안한 방법에 대한 계산량 감소 효과는 식 (7)과 같이 부호화 시간을 이용하여 비교하였다.

$$\Delta T = \frac{\text{Time}(\text{conv.}) - \text{Time}(\text{prop.})}{\text{Time}(\text{conv.})} \times 100[\%] \quad (7)$$

제안한 방법의 PSNR, 비트율 및 부호화 시간에 대한 실험 결과는 표 1과 같았다.

표 1. 제안한 방법의 성능 비교
Table 1. Performance comparison of proposed method

Sequence	$\Delta PSNR[\text{dB}]$	$\Delta BR[\%]$	$\Delta T[\%]$
Akiyo	-0.03	0.71	66.92
Hallmonitor	-0.05	0.76	61.98
Salesman	-0.07	0.48	60.82
Silent	-0.04	0.59	59.91
Coastguard	-0.05	0.89	46.30
Foreman	-0.08	1.13	54.68
Average	-0.05	0.76	58.44

표 1에서와 같이 제안한 방법은 PSNR 및 비트율에서 기존의 방법과 비슷한 성능을 나타내고, 전체 부호화 시간은 기존의 방법에 비해 평균 58.44% 감소함을 알 수 있었다. 제안한 방법은 움직임이 적은 akiyo 영상에서 계산량 감소 효과가 크게 나타나는

데, 이는 CBP 특성에 따라 8x8 모드 계산을 효율적으로 제거하기 때문이다.

제안한 방법에서 QP에 따른 계산량 감소 효과는 그림 8에서와 같았다.

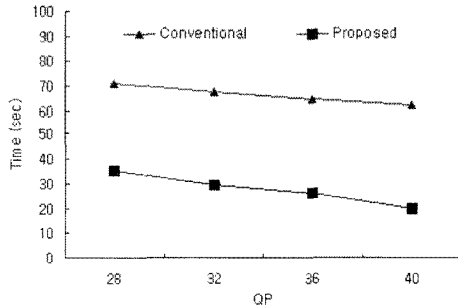
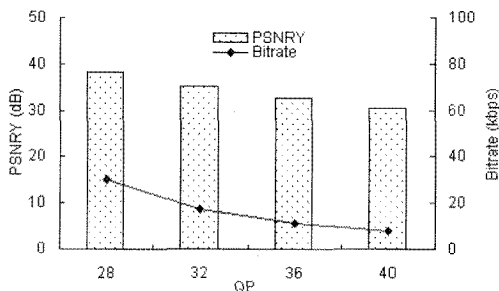


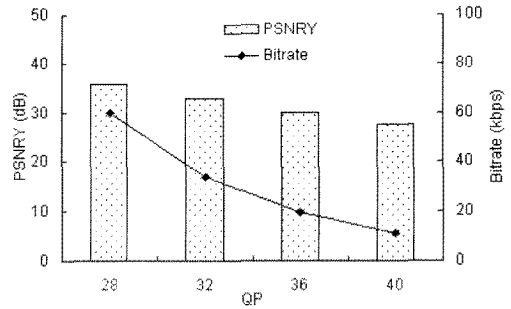
그림 8. QP에 따른 부호화 시간 비교
Fig. 8 Comparison of coding times according to QP

그림 8에서와 같이 기존의 방법에 대한 계산량 감소 효과는 QP가 28일 때 50.89%, QP가 32일 때 57.03%, QP가 36일 때 60.72%, QP가 40일 때 65.1%를 나타낸다. 제안한 방법은 QP가 클수록 best-CBP가 증가함으로써 불필요한 인터모드 계산 과정을 효과적으로 제거함을 알 수 있다.

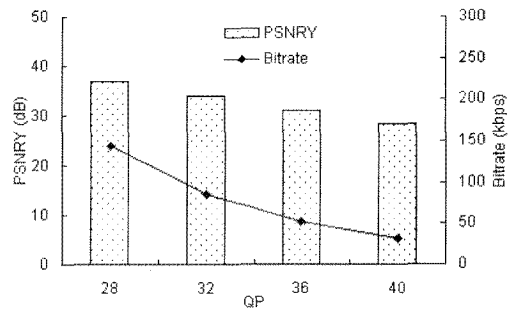
QP에 따른 비트율 비교는 그림 9에서와 같이 움직임이 큰 coastguard 영상에서 비트율 변화가 크게 나타남을 알 수 있다.



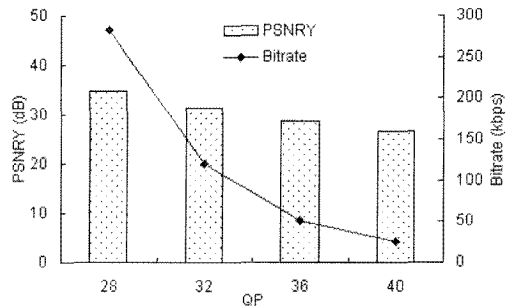
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 9. QP에 따른 비트율 비교
(a) akiyo (b) salesman (c) foreman (d) coastguard
Fig. 9 Comparison of bitrate according to QP
(a) akiyo (b) salesman (c) foreman (d) coastguard

V. 결론

본 논문에서는 CBP 및 순차적 모드 선택 방법을 이용하여 인터모드 결정에 소요되는 계산량을 감소시키는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 MB를 best-CBP와

normal-CBP로 나눈다. Best-CBP에서는 SKIP 모드 및 M-Type 모드일 확률이 통계적으로 96.3%이므로 인터 모드 결정 과정에서 8x8 모드 계산을 제거하였다. Normal-CBP에서는 SKIP 모드 및 M-Type 모드 결정에 colocated-MB의 부호화 정보 및 MVcost를 이용하여 RDcost 계산에 소요되는 계산량을 선택적으로 제거하였다. 실험 결과, PSNR 및 비트율은 기존의 방법과 비슷한 성능을 나타내고, 전체 부호화 시간은 기존의 방법에 비해 평균 58.44% 감소함으로써 고속 인터모드 결정이 가능함을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] G. J. Sullivan and T. Wiegand, "Rate-Distortion Optimization for Video Compression," *signal Processing Magazine, IEEE*, vol. 15, pp.74-90, Nov. 1998.
- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "A Computational Complexity Comparison of MPEG4 and JVT Codecs," *Doc. M8696*, Jul. 2002.
- [3] Joint Video Team of ISO/IEC ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG, "Text Description of Joint Model Reference Encoding Methods and Decoding Concealment Methods," *Doc. JVT-N046*, Jan. 2005.
- [4] Z. Chen, J. Xu, Y. He and J. Zheng, "Fast Integer-pel and Fractional-pel Motion Estimation for H.264/AVC," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol.17, issue2, pp.264- 290, Apr. 2006.
- [5] P. Yin, H. Y. Cheong, A.Tourapis and J. Boyce, "Fast Mode Decision and Motion Estimation for JVT/H.264," *IEEE Int. Conf. on Image Processing*, 2003.
- [6] B. Jeon and J. Lee, "The Fast Mode Decision with Fast Motion Estimation," *JVT Doc. JVT-N013*, Jan. 2005.
- [7] 호요성, 김승환, "H.264/AVC 알고리즘 이해와 프로그램 분석", *두양사*, pp.158-227, Sep. 2009
- [8] G. Bjontegaard, "Calculation of Average PSNR Difference between RD-Curve," *IYU-T Q.6/16, Doc. VCEG-M33*, Apr. 2001.

저자소개



류권열(Kwon-yeol Ryu)

경북대학교 전자공학과 공학사
경북대학교 산업공학과 공학석사
부경대학교 전자공학과 공학박사

1982년~1985년 : 삼성전자 기술연구소
1986년~1995년 : 포항공과대학교 전자계산소
1996년~현재 : 위덕대학교 소프트웨어공학과
※관심분야: 디지털영상처리, 멀티미디어저작권보호