Inter 블록을 위한 고속 블록 모드 결정 알고리즘에 관한 연구

김용욱* · 허도근*

A study on the Fast Block Mode Decision Algorithm for Inter Block

Yong-Wook Kim* · Do-Guen Huh*

본 연구는 2003년도 원광대학교의 교비지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

요 약

본 논문은 H.264/AVC를 위한 고속 블록 모드 결정 알고리즘에 대해 연구한다. H.264/AVC는 단일 크기의 블록을 이용하여 움직임 추정을 수행하는 기존 동영상 부호화 방식과는 다르게 16×16, 16×8, 8×16, 8×8, 8×4, 4×8, 4×4의 7가지 서브 블록을 이용하는 가변 블록 움직임 추정을 채택한다. 이 방식은 효율적인 움직임 추정을 가능하게 하지만 동영상 부호화의 연산량을 크게 증가시키는 원인으로 작용한다. 고속 블록 모드 결정 알고리즘은 먼저 매크로블록에 존재하는 4개의 8×8 블록을 기준으로 8×8 보다 큰 블록 모드와 8×8 보다 작은 블록 모드로 블록 영역을 예측한다. 여기서 8×8 보다 큰 블록 모드로 예측되면 각 8×8 블록 간의 움직임 벡터 거리를 임계값과 비교하여 8×8 이상의 블록 모드로 합병한다. 이는 8×8보다 큰 블록 모드의 움직임 추정을 위해 RDO를 16×16, 16×8, 8×16 8×8에 대해 모두 수행하는 것이 아니라 각각의 8×8 블록에 대해서만 수행하므로 블록 모드 결정을 위한 연산량을 효율적으로 감소시킬 수 있다.

ABSTRACT

This paper is studied the fast block mode decision algorithm for H.264/AVC. The fast block mode decision algorithm is consist of block range decision and merge algorithm. The block range decision algorithm classifies the block over 8×8 size or below for 16×16 macroblock to decide the size and type of sub blocks. The block over 8x8 size is divided into the blocks of 16×8, 8×16 and 16×16 size using merging algorithm which is considered MVD(motion vector difference) of 8x8 block. The sub block range decision reduces encoding arithmetic amount by 48.25% on the average more than the case not using block range decision.

키워드

H.254/AVC, 가변 블록 움직임 추정, 합병 알고리즘

Ⅰ. 서 론

H.264/AVC는 기존 동영상 부호화 방식과는 상이한 방법으로 부호화 과정을 수행하여 다양한 채널 폭과 전송속도에 대하여 균일한 품질의 영상 정보를 제공한다. H.264/AVC는 단일 크기의 블록을 이용하여 움직임 추정을 수행하는 기존 동영상 부

*원광대학교

접수일자 : 2004. 09. 8

호화 방식과는 다르게 16×16, 16×8, 8×16, 8×8, 8×4, 4×8, 4×4의 7가지 서브 블록을 이용하는 가변 블록 움직임 추정을 채택한다.

그러나 이와 같은 가변 블록 움직임 추정은 고정 블록을 이용하는 기존 동영상 부호화 방식에 비하여 $PSNR$과 주관적 화질을 향상시킬 수 있지만 가변 블록 움직임 추정을 위한 최적 블록 모드의 결정과 모든 매크로블록에서 수행되는 Intra 모드 부호화 결정은 전체 부호화 연산량을 크게 증가시킨다. 이는 H.264/AVC를 이용한 실시간 동영상 처리를 어렵게 하는 요인이다[1].

따라서 본 논문에서는 H.264/AVC의 효율적인 동영상 부호화를 위한 움직임 추정의 속도 향상을 위한 블록 모드 결정 알고리즘을 연구한다. 고속 블록 모드 결정 알고리즘은 먼저 매크로블록에 존재하는 4개의 8×8 블록을 기준으로 8×8 보다 큰 블록 모드와 8×8 보다 작은 블록 모드로 블록 영역을 예측한다. 여기서 8×8 보다 큰 블록 모드로 예측되면 각 8×8 블록 간의 움직임 벡터 거리를 임계값과 비교하여 8×8 이상의 블록 모드로 합병한다. 이는 8×8보다 큰 블록 모드의 움직임 추정을 위해 RDO를 16×16, 16×8, 8×16 8×8에 대해 모두 수행하는 것이 아니라 각각의 8×8 블록에 대해서만 수행하므로 블록 모드 결정을 위한 연산량을 효율적으로 감소시킬 수 있다.

II. 블록 영역 결정 알고리즘

H.264/ AVC는 정합 기준으로 식 (1)과 같이 $RDC_{M\times N,i}$를 사용한다. i는 매크로블록에 존재하는 서브 블록들의 인덱스이다. i 번째 $M\times N$ 서브 블록의 $RDC_{M\times N,i}$는 식 (1)과 같이 현재 블록과 참조 블록의 화소차를 하다마드 변환한 $SATD$ 화질 열화 계수 λ 움직임 벡터를 비트량으로 환산한 MV_{bits}로 정의한다[2].

$$RDC_{M\times N,i}(x,y) = SATD_{M\times N,i}(x,y) + \lambda \cdot MV_{bits}(MV_p - MV_c) \quad (1)$$

inter 모드에 대한 서브 블록의 크기는 16×16에서 4×4까지 있다. 배경과 같이 비교적 평활한 영역이나 화면내 객체의 크기가 큰 경우에는 16×16 처럼 큰 블록으로 움직임이 추정될 확률이 높지만, 복잡하고 객체의 크기가 작은 영상은 4×4 처럼 작은 블록으로 움직임이 추정될 확률이 높다. 큰 블록으로 움직임 추정이 수행되면 전송해야 하는 움직임 벡터의 정보량은 적지만, 이때 발생되는 잉여 데이터의 정보량이 많게 된다. 반대로 작은 블록으로 움직임 추정이 이루어지면 잉여 데이터의 정보량은 적지만, 움직임 벡터가 많이 발생되어 움직임 벡터의 정보량이 증가하게 된다. 따라서 어떤 서브 블록으로 움직임 추정을 할 것인가를 결정하는 것은 부호화 효율과 밀접하게 연관되어 있으며 최적의 블록 모드를 결정하기 위한 전체 서브 블록에 대한 RDO 수행은 전체 부호화 비용을 증가시킨다[3]. 본 논문에서는 고속 블록 모드 결정을 위한 방법의 하나로 서브 블록이 포함될 영역을 결정하는 방법을 제안한다. 그림 1은 영역 결정을 위한 흐름도이다.

Inter 모드 결정 방법은 Inter 16×16의 $RDC_{16\times16}$과 4개의 Inter 8×8에 대한 $RDC_{8\times8,i}$의 합을 비교하여, 작은 값을 갖는 영역에서 현 매크로블록의 모드가 결정되도록 하는 방법이다. 즉 $RDC_{16\times16}$이 $RDC_{8\times8,i}$의 합보다 작다면 현 매크로블록의 최적 모드는 8×8 초과 영역에서 결정되도록 하고, 반대인 경우에는 8×8 이하 영역에서 최적의 매크로블록 모드가 결정되도록 하는 것이다. 이를 위해 식 (2)와 같이 영역 분류 기준을 정의한다.

$$r(x,y) = \frac{\left\{\sum_{i=0}^{3} RDC_{8\times8}(x,y)\right\} - RDC_{16\times16}(x,y)}{RDC_{16\times16}(x,y)} \times 16 \quad (2)$$

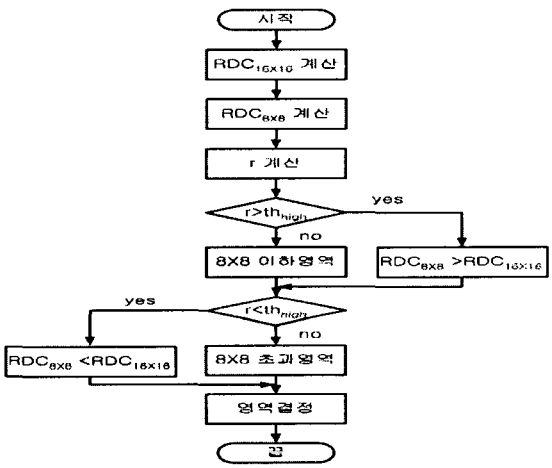


그림 1. 영역 결정에 대한 흐름도

이와 같은 영역의 예측을 하기 위해서는 r을 적용할 수 있는 임계값의 범위를 정해야 한다. 음의 r 에 대한 임계값을 th_{low}라 하고 양의 r에 대한 임계값을 th_{high}라 하면 $r > th_{high}$인 경우에는 8×8

초과 영역으로 블록을 예측하고 $r < th_{low}$에서는 8×8 이하 영역으로 블록을 예측한다. $th_{low} \le r \le th_{high}$에 해당되는 경우에는 영역을 예측하지 않고 모든 블록에 대해 RDC를 계산하여 모드를 결정한다. th_{low}와 th_{high}의 결정은 식 (3)과 같다.

$$th_{low} = \mu - \frac{\sigma}{2}, \quad th_{high} = \mu + \frac{\sigma}{2} \tag{3}$$

식 (3)에서 μ과 σ는 주어진 QP에 따른 r의 평균값과 표준편차이다. 즉 식 (2)와 식 (3)의 임계값을 이용하여 블록 결정을 수행하면 최적 모드 결정을 위한 RDC의 계산량을 상당수 줄여 부호화 속도를 높일 수 있다. 표 1은 100 프레임의 Foreman 영상에 대한 QP에 따른 r의 th_{low}와 th_{high}를 나타낸다.

표 1. QP에 따른 영역 결정의 문턱값

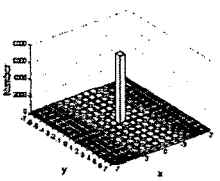
임계값 \ QP	28	32	36	40
th_{low}	-8.28	-8.6	-7.92	-8.39
th_{high}	11.66	12.17	10.74	6.18

III. 합병을 이용한 블록 모드 결정

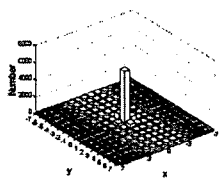
본 논문에서 제안한 합병 알고리즘은 먼저 그림 2와 같이 매크로블록에 존재하는 4개의 8×8 블록 사이의 움직임 벡터의 거리를 구한다. 두 블록의 움직임 벡터가 각각 (x_1, y_1), (x_2, y_2)일 때, 움직임 벡터 사이의 거리 MVD는 식 (2)와 같다.

$$MVD = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \tag{4}$$

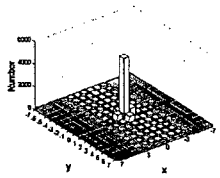
블록 합병 연산은 현재 블록과 인접하는 블록의 MVD와 움직임 벡터의 분포로부터 얻어지는 임계값의 관계에 의해 결정된다. 그림 2는 각 실험 영상들에 대한 움직임 벡터의 분포도를 나타내고 있다.



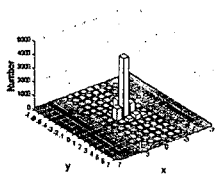
(a) M&D



(b) Susie



(c)Carphone

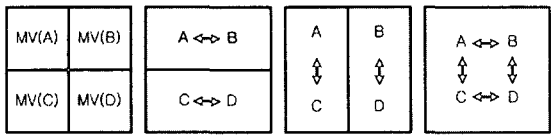


(d)Foreman

그림 2. 각 영상의 움직임 벡터 분포

그림 2에서 움직임 벡터의 대부분은 ±2 범위안에 존재하고 있다[4]. 움직임 벡터가 ±2 화소 안에 분포할 확률은 움직임이 불규칙적이고 복잡한 영상일 경우 56.72% 이상이고, 영상의 움직임이 적은 영상일 경우 약 98.70%의 통계 수치를 가지고 있음이 실험을 통해 확인되었다. 따라서 동일한 움직임을 가지고 있는 영역일 경우 인접한 블록의 움직임 벡터의 거리는 일정한 범위 안에 위치한다. 움직임 벡터의 거리가 $-2\sqrt{2}$에서 $+2\sqrt{2}$ 범위에 존재할 경우 해당 블록의 움직임이 인접한 블록들과 동일한 움직임을 가질 확률이 매우 높다. 여기서 $2\sqrt{2}$는 최대 움직임 벡터의 변위를 ±2로 하여 MVD를 구한 결과이며 본 논문에서 인접한 블록간의 합병을 위한 임계값으로 적용한다.

그림 3은 합병에 사용되는 8×8 블록과 합병을 통한 블록 모드 결정이다.



(a) 8×8 블록 (b) 16×8 합병 (c) 8×16 합병 (d) 16×16 합병

그림 3. 블록의 합병

8×8 초과 영역으로 예측된 매크로블록에 대해 그림 3 (a)와 같이 4개의 8×8 블록의 움직임 벡터 $MV(A)$, $MV(B)$, $MV(C)$, $MV(D)$를 구하고 이를 이용하여 $MVD(AB)$, $MVD(CD)$, $MVD(AC)$, $MVD(BD)$를 계산하여 그 결과를 임계값과 비교한다. MVD와 임계값의 관계에 따라 8×8 블록을 이웃 블록과 병합하여 16×8, 8×16, 16×16 블록을 결정한다. MVD가 임계값을 초과할 경우는 인접한 두 블록의 움직임이 서로 동일하지 않다고 판단하고 합병을 통한 블록 결정 및 움직임 추정을 종료하게 된다. 합병을 이용한 블록 모드 결정은 그림 3 (a)의 각 8×8 서브 블록의 움직임 벡터에 대해 MVD를 구하고 이를 다음 조건에 따라 블록을 결정한다. 그림 3에서 $MVD(AB) \le 2\sqrt{2}$이고

$MVD(CD) \le 2\sqrt{2}$ 이면 그림 3 (b)와 같이 16×8 모드의 합병이 선택되며 $MVD(AC) \le 2\sqrt{2}$이고 $MVD(BD) \le 2\sqrt{2}$ 이면 그림 3 (c)처럼 8×16 모드의 합병이 선택된다. 위의 두 조건을 모두 만족할 경우는 그림 3 (d)처럼 16×16 블록으로 합병을 수행한다.

IV. 모의 실험 및 결과

제안된 알고리즘의 성능을 분석하기 위한 기준으로 제안한 알고리즘을 사용한 H.264/AVC 부호기와 H.264/AVC JM 7.3에서 부호화후 복호된 영상의 $PSNR$과 움직임 추정에 필요한 계산량의 차이를 사용하였다. 이는 각각 식 (5)와 식 (6)과 같다. 각각의 경우에서 -의 $\triangle PSNR$와 +인 계산감소량 $\triangle OC$(Operation Count)는 성능의 향상을 나타낸다.

$$\triangle PSNR = PSNR_{7.3} - PSNR_P \qquad (5)$$

$$\triangle OC = \frac{OC_{7.3} - OC_P}{OC_{7.3}} \times 100 \qquad (6)$$

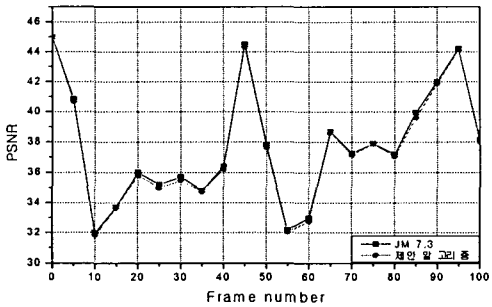
식 (5)에서 $PSNR_{7.3}$은 H.264/AVC JM 7.3에서의 $PSNR$이고 $PSNR_P$는 제안된 부호화 방식의 $PSNR$이다. 식 (6)에서 $OC_{7.3}$은 H.264/AVC JM 7.3의 움직임 추정에 필요한 CPU clock이고 OC_P는 제안된 방법의 CPU clock이다.

표 2는 영역 결정 알고리즘과 합병 알고리즘을 모두 사용한 경우 H.264 /AVC JM 7.3과 $\triangle PSNR$과 계산감소량을 비교한 것이다.

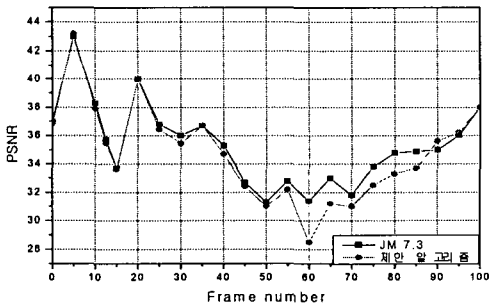
표 2. 영역 결정과 합병 알고리즘을 사용한 $\triangle PSNR$과 계산감소량 변화

	H.264/AVC JM 7.3		영역 결정, 합병알고리즘		$\triangle PSNR$	$\triangle OC$ (%)
	$PSNR_{7.3}$	$OC_{7.3}$ ($\times 10^{11}$)	$PSNR_P$	OC_P ($\times 10^{11}$)		
Carphone	36.17	2.23	36.12	1.11	0.05	50.26
Suzie	35.69	2.01	35.62	1.04	0.07	48.12
M&D	35.58	2.34	35.54	1.21	0.04	48.36
Foreman	35.46	2.58	35.43	1.39	0.03	46.25

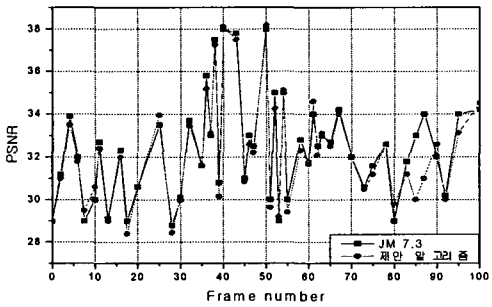
그림 4는 가변 블록 움직임 추정을 위하여 영역 결정 알고리즘과 합병을 통한 블록 결정 알고리즘을 이용하여 움직임 추정을 행하였을 때 각 영상의 100프레임 동안의 $PSNR$의 변화를 나타낸다. 이때 실험에 사용된 각각의 움직임 추정 알고리즘은 전체 영상에 있어 매우 유사한 움직임을 보이며 급격한 움직임을 보이는 구간에서는 움직임 추정 알고리즘 간의 탐색 오차를 보인다.



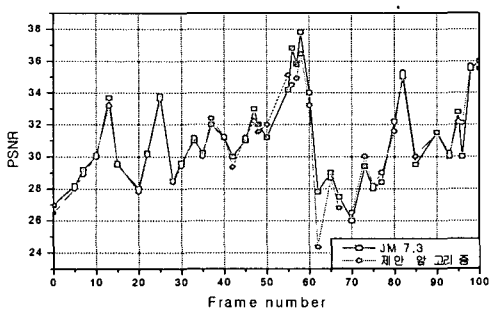
(a) M&D 영상의 $PSNR$ 비교



(b) Susie 영상의 $PSNR$ 비교



(c) Carphone 영상의 $PSNR$ 비교



(d) Foreman 영상의 *PSNR* 비교

그림 4. 각 영상에 대한 고속 블록 결정 알고리즘의 *PSNR* 변화

V. 결 론

본 논문에서는 H.264/AVC의 부호화 속도을 높이기 위하여 블록 영역 결정과 블록 병합을 이용한 고속 블록 모드 결정 알고리즘을 제안하였다.

모의 실험에서 보인 바와 같이 제안된 고속 블록 모드 결정 알고리즘은 전체 *PSNR*을 감소시키지 않으면서도 계산량을 최고 50.26%까지 감소시킴을 보였다. 이는 본 논문에서 제안한 알고리즘이 H.264/AVC의 주요 응용분야 중 하나인 디지털 TV와 같은 실시간 동영상 처리를 필요로 하는 분야에 적합함을 보인다.

참고문헌

[1] ITU-T Recommendation H.263, □□ Video Coding for Low Bit Rate Communication, □□ Mar. 1996.

[2] 이제연, 전병우, 최웅일, 석민수 "H.264의 가변 블록 움직임 보상을 위한 고속 움직임 벡터 탐색 및 모드 결정법," 전자공학회논문집, 제40권, SP편, 제4호, pp.275~285, 7, 2003.

[3] 이규호, "병합 방법을 이용한 H.264 가변 블록움직임 추정," 전남대학교 석사학위논문, 2004.

[4] 김용욱, "H.264/AVC를 위한 고속 부호화 알고리즘에 관한 연구," 원광대학교 박사학위논문, 2004

저자소개

김용욱(Yong-Wook Kim)

1998년 2월 : 원광대학교 전자공학과 대학원 졸업 (공학석사)
2004년 7월 : 원광대학교 전자공학과 대학원 졸업 (공학박사)
※관심분야 : 디지털 통신, 영상 처리, 신호 처리

허도근(Do-Geun Huh)

1990년 2월 : 경희대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학박사)
1080년 2월~현재 : 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 교수
※관심분야 : 디지털 통신, 영상 처리, 신호 처리