

---

# H.264/AVC 부호기의 성능 향상에 관한 연구

김용욱\* · 허도근\*

## A study on the Improvement of Performance for H.264/AVC Encoder

Yong-Wook Kim\* · Do-Guen Huh\*

---

본 연구는 2004년도 원광대학교의 교비지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

---

### 요 약

본 논문은 H.264/AVC의 전체 부호화 과정의 큰 부분을 차지하는 블록 모드 결정의 연산량을 효율적으로 줄이면서도 영상의 화질을 감소시키지 않는 블록 모드 결정 알고리즘을 연구한다. 움직임 추정의 연산량 감소를 위해 매크로블록을 8×8 보다 큰 블록 모드와 8×8 보다 작은 블록 모드로 영역을 예측하여 모든 블록 모드 결정의 연산량을 줄인다. 여기서 8×8 보다 작은 블록은 중요한 움직임 정보나 급격한 외각선의 경계를 포함 가능성이 높으므로 정확한 움직임 추정이 필요하다. 이를 위하여 8×8 블록내 모든 블록 크기에 대해서  $RDC_{M \times N}$ 를 구하고 가장 작은  $RDC_{M \times N}$ 를 갖는 블록을 선택한다. 이때  $RDC_{M \times N}$ 의 결정을 위하여 SATD와 이웃하는 탐색 블록의 화소값 평균의 차이를 이용한 움직임 강도를 사용하는 방식을 제안한다. 제안된 알고리즘은 매크로블록 내에서 블록 모드의 결정을 고속으로 수행하면서도 정확한 움직임 추정 및 보상을 가능하게 한다.

### ABSTRACT

This paper is studied new block mode decision algorithm for H.264/AVC. The fast block mode decision algorithm is consist of block range decision 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. As the sub blocks of 8×8, 8×4, 4×8 and 4×4, which are the blocks below 8×8 size, include important motion information, the exact sub block decision is required. RDC(RDO cost) is used as the matching parameter for the exact sub block decision. RDC is calculated with motion strength which is the mean value of neighbor pixels of each sub block. The sub block range decision reduces encoding arithmetic amount by 34.62% on the average more than the case not using block range decision. The block mode decision using motion strength shows improvement of PSNR of 0.05[dB].

### 키워드

H.264/AVC, 블록 영역 결정, 움직임 강도

### 1. 서 론

H.264/AVC는 이동 통신망에서 DVD급 동영상 정보의 전송을 목표로 하고 있기 때문에 높은 부호

화 효율을 보장해야 한다. 따라서 H.264/AVC는 기존 동영상 부호화 방식과는 상이한 방법으로 부호화 과정을 수행하여 다양한 채널 폭과 전송속도에 대하여 균일한 품질의 영상 정보를 제공한다[1].

H.264/AVC는 7개의 블록 크기에 대해 움직임 추정을 수행하며 선택된 블록 크기와 참조 영상과의 관계에 의해 Intra 16×16, Intra 4×4, Inter 16×16, Inter 16×8, SKIP, Inter 8×16, Inter 8×8, Inter 8×4, Inter 4×8, Inter 4×4, IPCM(Intra PCM)의 부호화 모드를 갖는다. 다양한 블록 크기와 블록 모드의 선택에 의한 움직임 정보의 부호화를 통해 H.264/AVC는 작은 영역에서 발생하는 움직임을 표현하기에 충분하지 않던 기존의 방식에 비하여 8×8 이하의 움직임 보상을 통하여 다양하고 복잡한 움직임 영역을 충분히 표현할 수 있게 되었다. 하지만 가변 블록 움직임 추정을 위한 최적 블록 모드의 결정은 모든 블록 크기에 대해 수행되어야 하므로 전체 부호화 연산량을 크게 증가시킨다. 따라서 H.264/AVC에서 움직임 추정을 위한 연산량과 화질을 동시에 만족시킬 수 있는 방법이 필요하다[2][3].

본 논문에서는 H.264/AVC의 움직임 추정의 속도를 향상시키면서도 영상의 화질을 저하시키지 않는 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. 8×8 보다 작은 블록들은 중요한 움직임 정보나 급격한 외각선의 경계를 포함할 가능성이 높다. 이 경우에는 정확한 움직임 추정이 필요하므로 8×8 블록내 모든 블록 크기에 대해서  $RDC_{M \times N}$ 를 구하고 가장 작은  $RDC_{M \times N}$ 를 갖는 블록을 선택한다. 이때  $RDC_{M \times N}$ 의 결정을 위하여 SATD와 이웃하는 탐색 블록의 화소값 평균의 차이를 이용한 움직임 강도를 사용하는 방식을 제안한다. 이 방식은 RDO를 통한 최적 블록 모드의 결정을 위해 SATD와 움직임 강도가 서로 보완적인 관계가 되도록 한 것으로 특히 화소값의 차가 심한 영역에서 SATD가 틀린 결정을 할 경우 SATD를 대신해 움직임 강도의 정보가 정확한 RDO를 수행하도록 한다.

## II. 블록 영역 결정 알고리즘

H.264/AVC는 정합 기준으로 식 (1)과 같이

$RDC_{M \times N, i}$ 를 사용한다.  $i$ 는 매크로블록에 존재하는 서브 블록들의 인덱스이다.  $j$  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  $\lambda$ , 움직임 벡터를 비트량으로 환산한  $MV_{bits}$ 로 정의한다[2].

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

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 발생하는 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  $RDC_{16 \times 16}$ 과 4개의 Inter 8×8에 대한  $RDC_{8 \times 8, i}$ 의 합을 비교하여, 작은 값을 갖는 영역에서 현 매크로블록의 모드가 결정되도록 하는 방법이다. 즉  $RDC_{16 \times 16}$ 이  $RDC_{8 \times 8, i}$ 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.

$$r(x, y) = \frac{\left\{ \sum_{i=5}^8 RDC_{8 \times 8}(x, y) \right\} - RDC_{16 \times 16}(x, y)}{RDC_{16 \times 16}(x, y)} \times 16 \quad (2)$$

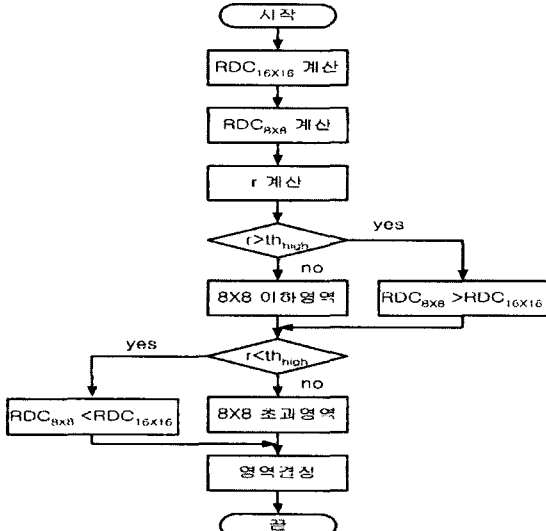


그림 1. 영역 결정에 대한 흐름도

이와 같은 영역의 예측을 하기 위해서는  $r$ 을 적용할 수 있는 임계값의 범위를 정해야 한다. 음의  $r$ 에 대한 임계값을  $th_{low}$ 라 하고 양의  $r$ 에 대한 임계값을  $th_{high}$ 라 하면  $r > th_{high}$ 인 경우에는  $8 \times 8$  초과 영역으로 블록을 예측하고  $r < th_{low}$ 에서는  $8 \times 8$  이하 영역으로 블록을 예측한다.  $th_{low} \leq r \leq th_{high}$ 에 해당되는 경우에는 영역을 예측하지 않고 모든 블록에 대해  $RDC$ 를 계산하여 모드를 결정한다.  $th_{low}$ 와  $th_{high}$ 의 결정은 식 (3)과 같다.

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

식 (3)에서  $\mu$ 와  $\sigma$ 는 주어진  $QP$ 에 따른  $r$ 의 평균값과 표준편차이다. 즉 식 (2)와 식 (3)의 임계값을 이용하여 블록 결정을 수행하면 최적 모드 결정을 위한  $RDC$ 의 계산량을 상당수 줄여 부호화 속도를 높일 수 있다. 표 1은 100 프레임의 Foreman 영상에 대한  $QP$ 에 따른  $r$ 의  $th_{low}$ 와  $th_{high}$ 를 나타 낸다[4].

표 1.  $QP$ 에 따른 영역 결정의 문턱값

$QP$ 임계값	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. 움직임 강도를 이용한 블록 모드 결정

H.264/AVC는 고화질의 동영상 부호화를 목표로 하고 있으므로 기본적으로 영상 정보의 고속 처리보다는 화질을 우선하고 있다. 따라서 세밀하고 급격한 움직임 정보를 포함하고 있는  $8 \times 8$  이하 영역에서는 추정 오차 제거에 적합한 새로운  $RDC$ 를 정의하여 모든 서브 블록에 적용시킨 후 최소의  $RDC$ 를 보이는 블록을 최적 블록으로 결정한다.

추정 오차 제거를 위한 비용 함수를 정의함에 있어 고려해야 할 사항은 움직임 강도에 따른 움직임 벡터의 추정이다. 움직임 강도는 이웃하는 탐색 블록과의 화소값 평균의 차이를 사용한다. 이는 이웃하는 블록과 화소값의 차이가 심한 경우 움직임 추정을 실패했을 때 추정 오차가 화소값의 차에 비례하여 증가하기 때문이다[5].

본 논문에서는 블록 모드별 움직임 특성과 움직임 벡터 사이의 관계로부터 손쉽게 움직임 강도를 정의하여  $RDC$ 에 적용하는 알고리즘을 제안한다. 각 블록별 화소값의 평균  $\mu_v^p$ 과, 분산  $(\sigma_v^p)^2$ 은  $\mu_v^1 \neq \mu_v^2 \neq \dots \neq \mu_v^p$ 이고  $(\sigma_v^1)^2 \neq (\sigma_v^2)^2 \neq \dots \neq (\sigma_v^p)^2$ 이다. 여기서  $p$ 는 각 블록을 왼쪽에서 오른쪽으로 위에서 아래로 스캔했을 때 블록의 순서에 대한 인덱스이다.  $8 \times 8$  블록이  $M \times N$  서브 블록으로 이루어졌을 때  $M \times N$  블록의 분산  $(\sigma_v^{M \times N})^2$ 는 식 (4)와 같고  $4 \times 4$ 부터  $8 \times 8$  모드 까지 분산의 관계는 식 (5)와 같다.

$$(\sigma_v^{M \times N})^2 = \frac{16^2}{MN} (\sigma_v^{16 \times 16})^2 \quad (4)$$

$$16(\sigma_v^{4 \times 4})^2 = 8(\sigma_v^{4 \times 8})^2 = 8(\sigma_v^{8 \times 4})^2 = 4(\sigma_v^{8 \times 8})^2 \quad (5)$$

식 (5)에 보인 블록 모드에 따른 움직임 강도의 통계적 특성과 움직임 벡터와의 관계를 고려하여 비용 함수  $RDC_{M \times N}$ 를 재정의하면

$$RDC_{M \times N, i}(m, n) = \frac{MN}{16^2} SATD_{M \times N, i}(m, n) + \lambda \frac{16}{MN} \sqrt{\frac{\sum_{m'=0}^{M-1} \sum_{n'=0}^N (g(m, n) - g_{m', n'})^2}{MN}} \quad (6)$$

이고  $\lambda$ 는  $\sqrt{(dx_{8 \times 8} - dx_{M \times N})^2 + (dy_{8 \times 8} - dy_{M \times N})^2 + 1}$ 이다. 식 (6)에서  $SATD_{M \times N, i}(x, y)$ 는  $i$  번째  $M \times N$  블록의  $SATD$  값이고  $g(m, n)$ 는 입력 영상이며

$g_s(m, n)$ 는  $g(m, n)$ 과 이웃하는 블록의 화소값 차의 평균이다.  $(dx_{M \times N} dy_{M \times N})$ 은  $M \times N$ 블록의 움직임 벡터를 나타낸다.

식 (6)의 비용 함수는 위에서 언급한 모든 고려 사항이 포함되었다. 가장 큰  $8 \times 8$  블록에 대한 움직임 강도의 분산은 현재 입력영상  $g(m, n)$ 와 공간 평균화된 영상  $g_s(m, n)$ 의 차에 대한 제곱형태로 추정하였다. 전체적인 비용 함수는 움직임 벡터 추정에 대한 함수와 움직임 강도를 위한 함수의 결합으로 정의 된다. 각 함수의 계수값인  $\frac{MN}{16^2}$ 와  $\frac{16}{MN}$ 은 블록별로 정해지는 것으로서 식 (4)와 식 (5)에 의해 도출된 것이다.

$\frac{MN}{16^2}$ 와  $\frac{16}{MN}$ 는 각 블록 크기에 따른 변화 특성이 반비례 한다. 각각 SATD와 움직임 강도의 정도에 따라 증가하는 정도가 서로 반비례함을 볼 수 있다. 즉 움직임 강도의 양이 적으면 SATD의 비중이 커지게 되고 반대로 움직임 강도의 양이 많으면 SATD의 비중을 낮춤으로써 움직임과 움직임 강도가 적절히 결합하는 형태를 띠고 있다. 화질 열화 계수인  $\lambda$ 는 블록간의 상관관계를 표시한다. 식 (6)의  $RDC_{M \times N, i}$ 를 이용한  $8 \times 8$  이하 영역의 최적 블록 모드 결정은 SATD 뿐만 아니라 이웃 블록과 화소값 차의 평균까지 고려하여 현재 블록과 상관성이 가장 높은 블록으로 최적 블록을 결정한다. 이는 SATD의 오류로 인해 잘못된 블록 선택을 보완하는 기능을 한다.

#### 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 PSNR과 움직임 추정에 필요한 계산량의 차이를 사용하였다. 이는 각각 식 (5)와 식 (6)과 같다. 각각의 경우에서 -의  $\Delta PSNR$ 와 +인 계산감소량  $\Delta OC$ (Operation Count)는 성능의 향상을 나타낸다.

$$\Delta PSNR = PSNR_{7.3} - PSNR_P \quad (7)$$

$$\Delta OC = \frac{OC_{7.3} - OC_P}{OC_{7.3}} \times 100 \quad (8)$$

식 (7)에서  $PSNR_{7.3}$ 은 H.264/AVC JM 7.3에서의 PSNR이고  $PSNR_P$ 는 제안된 부호화 방식의 PSNR이다. 식 (8)에서  $OC_{7.3}$ 은 H.264/AVC JM 7.3의 움직임 추정에 필요한 CPU clock이고  $OC_P$ 는 제안된 방법의 CPU clock이다.

표 2는 영역 결정 알고리즘을 사용한 움직임 추정의 결과를 H.264/AVC JM 7.3과  $\Delta PSNR$ 과 계산감소량을 통해 비교한 것이다. 표 2에서 영역 결정 알고리즘만을 이용하여 움직임 추정을 수행한 경우 전체 계산량을 평균 34.62%까지 감소시킬 수 확인하였다.

표 3은 블록 영역 결정 알고리즘을 통해 블록 모드 결정 후  $8 \times 8$  이하 영역에서 움직임 강도를 고려한 RDC와 고려하지 않은 RDC로 블록 모드를 예측한 결과를 비교한다. 표 4-4에서 움직임 강도를 고려한 RDC는 주변 블록의 화소값을 평균하는 연산을 포함하여 다소 연산량을 증가시키지만 PSNR은 사용하지 않는 경우보다 향상시킴을 보였다.  $8 \times 8$  이하 영역의 서브 블록들은 중요한 움직임 정보를 포함하고 있기 때문에 블록 내 급격한 움직임이 있거나 프레임내 장면 전환이 있는 경우는 움직임 추정과정에서 오차가 발생할 확률이 크므로  $8 \times 8$  이하 영역의 블록들을 이용하여 움직임 추정과 보상을 수행하는 것이 바람직하다.

표 2. 영역 결정 알고리즘의  $\Delta PSNR$ 과 계산 감소량 변화

	H.264/AVC JM 7.3		영역 결정 적용		$\Delta PSNR$	$\Delta OC$ (%)
	PSNR	$OC_{7.3}$ ( $\times 10^{11}$ )	PSNR	$OC_P$ ( $\times 10^{11}$ )		
Carphone	36.17	2.23	36.14	1.46	0.03	34.22
Suzie	35.69	2.01	35.55	1.31	0.14	34.83
M&D	35.58	2.34	35.55	1.59	0.03	32.05
Foreman	35.46	2.58	35.18	1.72	0.28	33.33

표 3. 블록 영역 결정과 움직임 강도를 적용한 경우

	영역결정, 움직임 강도 적용	
	$PSNR_P$	$\Delta OC$ ( $\times 10^{11}$ )
Carphone	36.18	1.12
Suzie	35.67	1.06
M&D	35.61	1.22
Foreman	35.51	1.42

## V. 결 론

본 논문에서는 H.264/AVC의 부호화 속도를 높 이면서도 영상 정보를 정확하게 부호화 할 수 있는 움직임 추정 알고리즘을 제안하였다.

제안된 영역 결정 알고리즘은 전체 움직임 추정 의 연산량을 34.64%까지 감소시킬 수 있었으며 같 이 사용된 움직임 강도를 이용한 8×8 영역 이하의 블록에 대한 최적 블록 모드 선택 알고리즘은 약간 의 연산량의 증가를 가져오지만 PSNR의 증가를 통해 정확한 움직임 추정을 가능하게 하였다.

따라서 본 논문에서 제안된 움직임 추정을 위한 블록 모드 결정 방식은 전체 연산량의 감소와 영 상 정보의 정확도를 동시에 향상시킬 수 있는 방 법이다.

## 참고문헌

- [1] ITU-T Recommendation H.263, ■■ Video Coding for Low Bit Rate Communication, ■ Mar. 1996.
- [2] 이제연, 전병우, 최응일, 석민수 “H.264의 가 변 블록 움직임 보상을 위한 고속 움직임 벡 터 탐색 및 모드 결정법,” 전자공학회논문집, 제40권, SP편, 제4호, pp.275~285, 7, 2003.
- [3] 홍민철, 전병우, “H.26L 동영상 부호화 표준방

식의 배경 및 동향,” 한국 방송 공학회 제7권, H.261 특집호, pp.203~209, 2002년 9월.

- [4] 김용욱, “H.264/AVC를 위한 고속 부호화 알 고리즘에 관한 연구,” 원광대학교 박사학위논 문, 2004
- [5] 김두현. “H.264/AVC 가변 블록 움직임 보상 을 이용한 동영상 시퀀스에서의 잡음제거 기 법,” 서강대학교 석사학위논문, 2002.

## 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 정보 공학부 교수

※관심분야 : 디지털 통신, 영상 처리, 신호 처리