

일반논문-08-13-1-16

# H.264/AVC에서 PSNR 예측을 이용한 고속 매크로블록 모드 결정 방법

박성재<sup>a)†</sup>, 명진수<sup>a)</sup>, 심동규<sup>a)</sup>, 오승준<sup>a)</sup>

## A Fast Macroblock Mode Decision Method using PSNR Prediction for H.264/AVC

Sung-Jae Park<sup>a)†</sup>, Jin-Su Myung<sup>a)</sup>, Donggyu Sim<sup>a)</sup>, and Seoung-Jun Oh<sup>a)</sup>

### 요 약

H.264/AVC는 새로운 부호화 기술을 이용하여 기존의 비디오 표준보다 높은 압축 효율을 나타내고 있다. 특히 다양한 블록 크기의 움직임 예측 방법과 비트율-왜곡 최적화 기법은 H.264/AVC에서 중요한 부호화 기술로써 높은 압축 효율을 나타내고 있지만 부호화기의 높은 복잡도를 보이는 단점이 있다. 본 논문에서는 H.264/AVC 부호화기의 높은 복잡도를 줄이기 위하여 조기 SKIP 모드 결정 방법과 선택적 인터/인트라 예측 모드 결정 방법을 제안한다. 실험결과 제안방법은 JM10.2에 비해 전체적인 영상에서 평균적으로 약 30%의 부호화 시간을 감소시켰으며, 부호화 효율의 손실은 무시할 정도로 작았다. 또한 제안 방법은 이전에 제안되었던 고속의 모드 결정 방법(FCMS)[5]과 비교하여 2배 이상의 속도 이득을 나타내었다.

### Abstract

H.264/AVC is showed high coding efficiency more than previous video coding standard by using new coding tools. Specially, Variable block-based motion estimation and Rate-Distortion Optimization are very important coding tools in H.264/AVC. These coding tools have high coding efficiency, however the encoder complexity greatly increase due to these coding tools. In this paper, we propose early SKIP mode decision and selective inter/intra mode decision to reduce the computational complexity. Simulation results show that the proposed method could reduce encoding time of the overall sequences by 30% on average than JM 10.2 without noticeable degradation of coding efficiency. Besides, the proposed method runs over twice as fast as the previous proposed Fast Coding Mode Selection method (FCMS)[5].

**Keywords :** SKIP mode , selective inter/intra mode, fast mode decision, PSNR

## 1. 서 론

최근 모바일 디지털 방송 서비스인 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)와 DVB-H(Digital Video Broadcasting-

Handheld)등에서 사용되고 있는 H.264/AVC는 ISO/IEC와 ITU-T에 의하여 제정된 동영상 부호화 표준으로 MPEG2, MPEG4 Part2, H.263등과 같은 이전의 부호화 표준들보다 높은 부호화 효율을 나타낸다<sup>[1]-[3]</sup>. H.264/AVC에는 이전의 영상 부호화 표준에 없었던 새로운 부호화 기법들이 추가 되었는데 4x4 블록단위 정수변환, 움직임 벡터 예측을 위한 다중 참조 영상, 인트라 예측 부호화, 1/4 화소 단위의

a) 광운대학교 VIA-Multimedia Center  
VIA-Multimedia Center, Kwangwoon University  
† 교신저자 : 박성재(sipark@media.kw.ac.kr)

움직임 벡터 예측, 가변 블록 크기의 움직임 추정 (variable block-based motion estimation), CABAC (Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding) 등과 함께 매크로 블록의 모드 결정을 위한 비트율-왜곡 최적화 기법(Rate-Distortion Optimization)들이 있다<sup>[2]</sup>. 특히, 가변 블록 크기의 움직임 추정 및 비트율-왜곡 최적화 기법은 부호화 효율 측면에 있어 많은 이득을 제공하지만 기존의 비디오 부호화 표준과 비교 시 부호화의 연산량을 증가시키는 주요 요인이다<sup>[4]</sup>.

최근에 H.264/AVC의 부호화시 최종 모드 결정에 있어서 연산량을 감소시키고 최적화 하려는 연구들이 활발히 진행되었다<sup>[5]-[13]</sup>. 제안된 방법을 살펴보면 조기 SKIP 모드 결정을 위한 방법들과 인터 프레임 내에서 모드 결정을 위한 고속의 인터 모드 결정 방법 그리고 인트라 모드의 수행 여부를 판별해 내는 방법으로 나눌 수 있었다. 조기 SKIP 모드 결정 방법으로는 SKIP 모드 조건을 이용한 모드 결정 방법<sup>[5]</sup>, 블록간의 SAD (Sum of Absolute Difference)를 이용한 방법<sup>[6]</sup>, 주변 매크로블록의 SKIP 모드 여하에 따른 SKIP 모드 결정 방법<sup>[7]</sup> 등이 있다. 인터 모드 결정을 위한 제안된 방법으로는 블록 간 움직임 벡터의 유사도를 이용한 인터 모드 결정 방법<sup>[8]</sup>, 매크로블록의 균질 (homogeneous) 영역과 외각선 성분을 이용한 모드 결정 방법<sup>[9]</sup>, 공간-시간의 상관성을 이용한 모드 결정 방법<sup>[10]</sup>, 비트율-왜곡과 모드 그룹화를 통한 고속의 모드 결정 방법<sup>[7],[11]</sup> 그리고 비트율-왜곡 정도와 참조 영상을 가변적으로 조절함으로써 부호화의 속도 이득을 얻는 방법<sup>[12]</sup> 등이 제안 되었다. 인터 모드와 인트라 모드 수행의 판별을 위한 방법으로는 블록의 경계 오차값을 이용하는 방법<sup>[5]</sup>과 비트율-왜곡값을 이용한 방법<sup>[13]</sup> 등이 제안되었다.

이중에서 FCMS (Fast Coding Mode Selection)는 많은 고속 모드 결정 방법에서 참조되는 방법으로 조기 SKIP 모드 결정하는 단계와 인트라 모드의 수행 결정 단계로 구성 되어 있다<sup>[5]</sup>. FCMS에서는 조기 SKIP 모드 결정을 위하여 항상 MB16x16 모드를 수행하는데 실질적으로 움직임의 탐색 범위가 넓어지고 참조영상의 개수가 늘어나게 되면 SKIP 모드 결정에 있어서 선형적으로 수행되는 MB16x16 모드의 계산 복잡도가 증가하게 되어 결국 FCMS의 부호

화기의 속도 이득은 낮아지게 된다.

본 논문은 상기와 같은 문제를 해결 하고자 QP와 PSNR의 상관관계를 이용하여 계산된 PSNR 예측값을 통해 MB16x16 모드를 수행하지 않고 고속의 SKIP 모드를 결정하는 단계와 인트라 모드 수행여부를 결정하는 단계로 구성된 새로운 방법을 제안한다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 기존의 제안된 FCMS과 그 문제점을 설명하고, III장에서는 본 논문에서 제안한 고속 모드 결정 방법을 소개한다. IV장에서는 제안 방법을 이용하여 획득한 실험결과를 통하여 성능을 분석하고 복잡도의 감소 정도를 보여준다. 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

## II. 기존의 제안된 FCMS(Fast Coding Mode Selection)의 방법과 문제점

FCMS는 영상 부호화시 부호화기의 연산량을 줄이기 위해 총 두 단계의 과정을 거쳐 예측 모드 후보를 선별한다. 첫 단계는 조기 SKIP 모드 결정 단계이고, 두 번째 단계는 인트라 모드 수행 결정 단계이다. 그림 1은 FCMS의 수행 방법에 대한 순서도를 나타낸다. 본 논문은 B슬라이스 대해서는 고려하지 않는다.

조기 SKIP 모드 결정 단계에서는 우선적으로 MB16x16 모드를 수행하고 이에 따른 비트율-왜곡치를 구한다. 그리고 SKIP 조건 4가지와 비교하여 조건과 모두 일치하게 되면 나머지 모드의 부호화를 생략하고, 매크로블록의 최적 모드를 SKIP 모드로 결정하게 된다. SKIP 모드를 만족하기 위한 SKIP 조건 4가지는 다음과 같다.

- 1) 움직임 보상 블록이 16x16 이어야 한다.
- 2) 참조 영상이 바로 이전 영상이다.
- 3) 움직임 벡터가 예측 움직임 벡터와 같아야 한다.
- 4) 부호화 데이터량이 '0' 이어야 한다.

인트라 모드 수행 결정 단계에서는 부호화 하고자하는 매크로 블록에서 모든 인터 모드를 수행한 후 최소의 비트

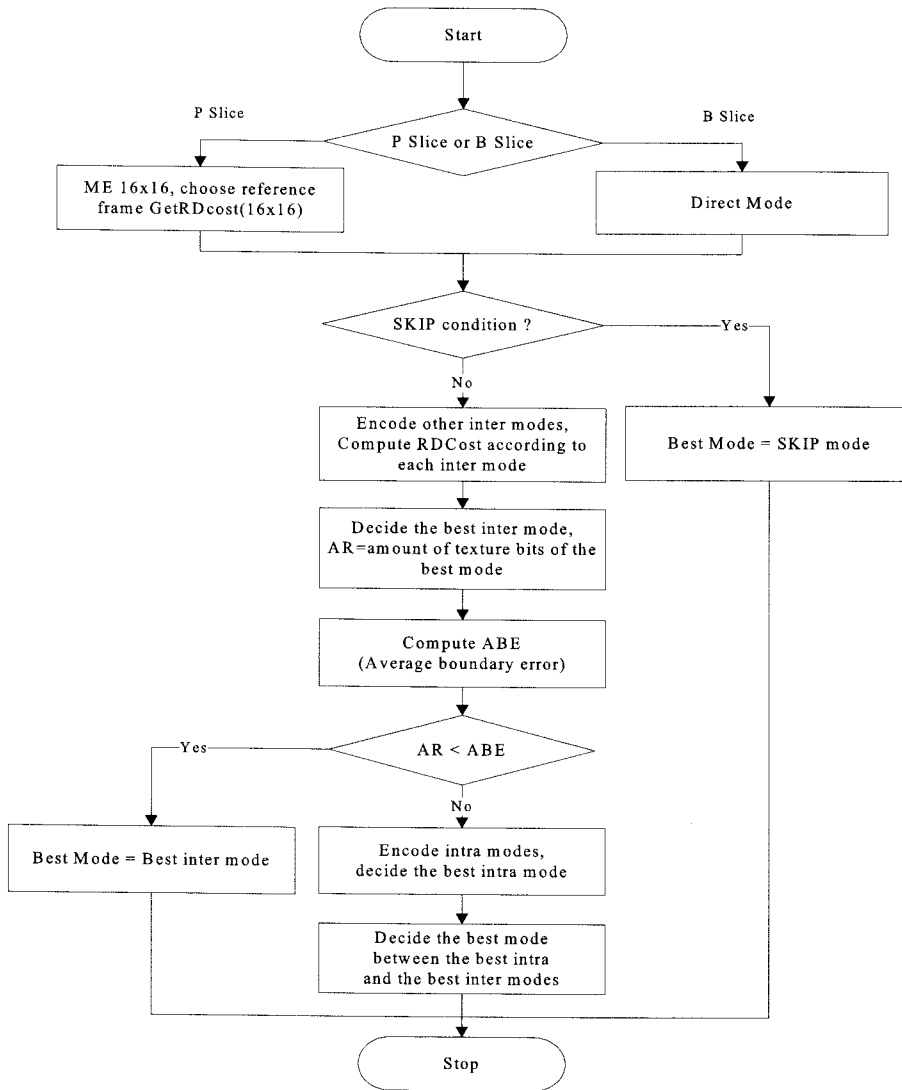


그림 1. FCMS(Fast Coding Mode Selection) 순서도  
 Fig 1. FCMS(Fast Coding Mode Selection) flowchart

율-왜곡값을 가지는 인터 모드를 최적의 매크로 블록 모드로 결정한다. 그 다음으로 최적의 모드로 결정된 인터 모드에서 헤더 정보를 제외한 평균 비트율 (Average Rate)  $AR$  과 매크로 블록의 평균 블록 경계 오차값 (Average Boundary Error)  $ABE$ 를 이용하여 인트라 모드 수행 여부를 결정한다. 평균 비트율은 한 픽셀이 가지는 휘도 성분과 색차성분의 데이터 량의 평균값이며, 평균 블록 경계 오차값의 경우도 이와 동일하게 한 픽셀이 가지는 휘도 성분과

색차성분 경계 오차값의 평균값을 나타낸다. 최적 인터 모드의 평균 비트율이 평균 블록 경계 오차값 보다 작으면 인트라 모드 수행을 생략하고, 최적 인터 모드의 평균 비트율이 평균 블록 경계 오차값보다 크면 인트라 모드를 수행한다. 평균 비트율  $AR$ 을 구하는 공식은 식 (1)과 같으며, 평균 블록 경계 오차값  $ABE$ 를 구하는 공식은 식 (2)와 같다.

$$AR = \frac{\lambda}{384} \times (\text{number of texture data bits}) \quad (1)$$

식 (1)에서 분자의  $\lambda$ 는  $0.85 \times 2^{QP/3}$ 이고 분모의 384는 휘도성분의 매크로블록과 이에 대응되는 색차성분 블록의 화소들의 총 개수 ( $(16 \times 16)_{Luma} + (8 \times 8)_{Chroma} \times 2$ )이다.

$$\begin{aligned} & SBE(\text{Sum of Boundary Error}) \\ &= \sum_{i=0}^{15} [|Y_{orig}(x, y+i) - Y_{rec}(x-1, y+i)| \\ &\quad + |Y_{orig}(x+i, y) - Y_{rec}(x+i, y-1)|] \\ &+ \sum_{i=0}^7 [|Cb_{orig}(cx, cy+i) - Cb_{rec}(cx-1, cy+i)| \\ &\quad + |Cb_{orig}(cx+i, cy) - Cb_{rec}(cx+i, cy-1)|] \quad (2) \\ &+ \sum_{i=0}^7 [|Cr_{orig}(cx, cy+i) - Cr_{rec}(cx-1, cy+i)| \\ &\quad + |Cr_{orig}(cx+i, cy) - Cr_{rec}(cx+i, cy-1)|] \\ &\therefore ABE = \frac{1}{64} SBE \end{aligned}$$

식 (2)에서  $Y_{orig}, Cb_{orig}, Cr_{orig}$ 은 원영상의 휘도 및 색차 신호이며,  $Y_{rec}, Cb_{rec}, Cr_{rec}$ 는 복원된 영상의 휘도 및 색차 신호이고  $(x, y), (cx, cy)$ 는 부호화될 매크로블록의 휘도와 색차 신호가 시작하는 위치이다.

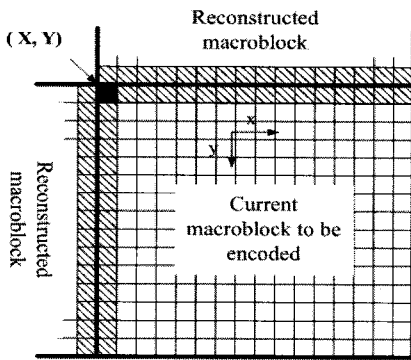


그림 2. ABE(Average Boundary Error)계산에 사용되는 픽셀들  
Fig 2. Pixels involved in calculating ABE(Average Boundary Error)

FCMS에서 SKIP 모드 결정을 위해서는 MB16x16 모드의 수행이 반드시 필요하다. 따라서 참조영상의 개수가 늘어나거나 움직임의 탐색 범위가 넓어질 경우 MB16x16 모

드 수행에 있어서 SKIP 모드 결정을 위한 초기 계산량이 증가하게 되어 부호화 시간 감소율이 줄어들게 된다. 또한 인트라 모드 수행 결정에 있어서 모든 매크로블록마다 ABE를 구해야 하므로 전체 영상 부호화에 따른 연산량이 증대 되는 문제가 있다. 따라서 부호화기의 전체적인 복잡도를 줄이기 위해서 선행적으로 수행되는 연산을 줄이는 방법이 필요하다.

### III. 제안하는 고속 모드 결정 방법

#### 1. 조기 SKIP 모드 결정 방법

SKIP 모드는 움직임 예측이나 잔여 영상에 대한 부호화가 필요하지 않기 때문에 7가지 매크로블록 모드 중에서 가장 복잡도가 낮다. 따라서 SKIP 모드를 조기에 결정된다면 부호화기의 연산량을 상당히 줄일 수 있다. 일반적으로 SKIP 모드로 결정 되는 매크로블록은 위에서 언급한 4가지의 조건을 만족해야 한다<sup>[5]</sup>. 우선 SKIP 모드 4가지 조건의 타당성 검증을 위하여, 인트라 프레임 부호화에서 SKIP 모드에 대한 4가지의 조건이 만족 되는 경우 최종 매크로블록의 모드가 SKIP 모드로 결정되는 확률적 분포를 조사하였다. 4가지 조건에 대한 확률적 분포는 '검출율'과 '오차율'로 구분하여 측정하였다. 보다 정확한 특성을 분석하기 위해 H.264/AVC의 참조 소프트웨어 (Reference software)인 JM10.2<sup>[18]</sup>에 적용하여 QCIF 크기의 Akiyo, Carphone, Claire, Coastguard,

표 1. SKIP 모드 판별 조건에 대한 통계적 데이터.

Table 1. Statistical data of SKIP mode decision conditions.

실험영상	Akiyo	Carphone	Claire	Coastguard	Containe
검출율	0.96	0.87	0.96	0.86	0.91
오차율	0.39	0.28	0.36	0.21	0.41

실험영상	Foreman	Paris	Silent	Stefan	Average
검출율	0.83	0.76	0.95	0.81	0.88
오차율	0.26	0.13	0.19	0.16	0.26

실험조건: Baseline profile, JM10.2, QP= 28, 32, 36, 40

Container, Foreman, Paris, Silent, Stefan 영상에서 실험하였다. 표 1은 SKIP 모드 조건 4가지에 대한 통계적 데이터를 보여준다.

표 1에서 ‘검출율’과 ‘오차율’은 식(3)과 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{검출율} &= P(D_{\text{SKIP}} | MB_{\text{SKIP}}) \\
 \text{오차율} &= P(D_{\text{SKIP}} | MB_{\text{NoSKIP}}) \\
 MB_{\text{Total}} &= MB_{\text{SKIP}} + MB_{\text{NoSKIP}}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

식 (3)에서  $MB_{\text{Total}}$ ,  $MB_{\text{SKIP}}$ ,  $MB_{\text{NoSKIP}}$ ,  $D_{\text{SKIP}}$ 는 각각 부호화 된 매크로 블록의 총 개수, SKIP 모드로 결정된 매크로 블록의 총 개수, SKIP 모드로 결정되지 않은 매크로 블록의 총 개수, SKIP 모드로 결정내리는 매크로 블록의 총 개수를 나타낸다.

위 실험 결과는 비록 SKIP 모드 조건이 만족되더라도 최적 매크로블록의 모드가 SKIP 모드로 결정될 확률이 평균적으로 약 0.88이지만 SKIP 모드로 결정되지 않는 확률 즉, 오차율도 약 0.26 정도나 된다는 것을 보여준다. 이러한 오차율은 매크로블록 모드 결정을 위하여 비트율-왜곡 최적화 기법을 사용하기 때문에 발생된다. 일반적으로 SKIP 모드에 대한 비트율-왜곡값은 4개의 충분조건 가정하에서 계산되고 이렇게 계산된 SKIP 모드의 비트율-

왜곡값은 다른 모드의 비트율-왜곡값들과 비교하여 이 중 가장 작은 값을 가지는 모드가 최종 모드로 선택된다. 따라서 4개의 충분조건을 만족 하지 않더라도 비트율-왜곡 관점에서 SKIP 모드의 비트율-왜곡값이 다른 모드의 비트율-왜곡값 보다 작다면, 최종 모드는 SKIP 모드로 결정된다. 반면에 4개의 충분 조건을 만족하더라도 SKIP 모드의 비트율-왜곡값이 다른 모드의 비트율-왜곡값들 보다 크다면, SKIP 모드가 최종 매크로블록 모드로 결정 될 수 없다.

그림 3은 SKIP 모드의 조건 4가지만을 이용하여 SKIP 모드를 조기 선택하였을 경우의 부호화 성능을 나타낸 것이다. 4가지 조건만을 이용하여 초기에 SKIP 모드를 결정한다면 표 1과 같이 높은 검출율로 부호화 복잡도를 개선할 수 있지만 또한 또한 동시에 비교적 높은 ‘오차율’로 인하여 그림 3과 같이 부호화 효율의 감소가 나타나게 된다. 이러한 오차율을 최소화하기 위하여 FCMS에서는 먼저 MB16x16 모드의 움직임 탐색을 수행 후, 이에 따른 비트율-왜곡값을 계산하고 SKIP 모드 4가지 조건과 비교하여 조건을 모두 만족 할 경우 최종 매크로블록 모드를 SKIP 모드로 결정한다. 표 2는 FCMS에 따른 SKIP 모드의 통계적 데이터이다.

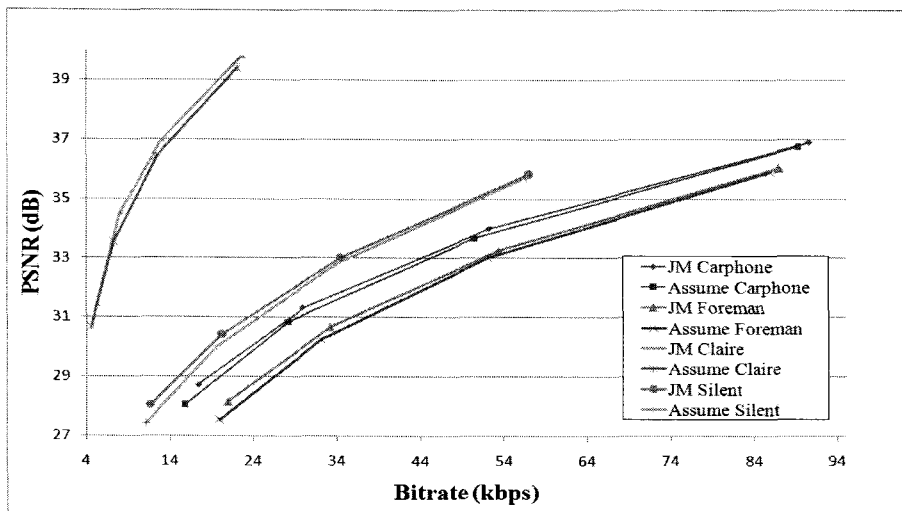


그림 3. SKIP 조건만을 이용하여 수행한 방법의 비트율-왜곡 곡선  
 Fig 3. RD curves of method used only SKIP 4 conditions

표 2. FCMS에 따른 SKIP 모드의 통계적 데이터.

Table 2. Statistical data of SKIP mode for FCMS.

실험영상	Akiyo	Carphone	Claire	Coastguard	Container
검출율	0.68	0.51	0.61	0.54	0.68
오차율	0.04	0.01	0.02	0.02	0.07

실험영상	Foreman	Paris	Silent	Stefan	Average
검출율	0.46	0.67	0.72	0.44	0.59
오차율	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02

실험조건: Baseline profile, JM10.2, QP= 28, 32, 36, 40

표 2를 살펴보면 FCMS는 SKIP 모드 4가지 조건에 의한 조기 결정 방법에 비해 그 오차가 현저히 줄어든 것을 볼 수 있다. 이는 MB16x16 모드의 움직임 탐색을 통하여 왜곡도가 가장 작은 값을 나타내는 움직임 벡터를 찾기 때문이다. 그러나 FCMS는 SKIP 모드 결정을 위하여 항상 MB16x16 모드를 수행하여야 하기 때문에 참조 영상의 수가 증가하거나 움직임 탐색 범위가 넓어질수록 MB16x16 모드를 수행에 따른 복잡도가 증가하는 문제가 있다. 그림 4는 FCMS를 이용하여 QCIF 크기의 Akiyo, Carphone, Claire, Coastguard, Container, Foreman, Paris, Silent, Stefan 영상에 대하여 참조영상을 1장만 사용한 경우와 5장을 사용한 경우의 부호화 시간 감소율을 나타낸 것이다. 실

험 결과는 참조영상의 개수를 증가시키면 부호화 시간의 감소율이 줄어드는 것을 보여준다.

모드 수행 없이 SKIP 모드를 조기에 선택함과 동시에 '오차를' 줄이기 위해서는 SKIP 모드 4 가지 조건과 함께 FCMS처럼 비트율-왜곡 관점에서 적용할 수 있는 추가 조건이 필요하다. 따라서 제안하는 방법에서는 SKIP 모드 4 가지 조건과 함께 비트율-왜곡 특성을 이용하는 조건을 제시하여 SKIP 모드를 조기에 선택한다.

H.264/AVC에서는 최적 매크로블록 모드 결정을 위하여 비트율-왜곡 최적화 기법을 사용하여 결정하며 식 (4)의 값을 최소로 하는 모드를 최적의 모드로 판단한다.

$$J(s, c, MODE | QP, \lambda_{Mode}) = SSD(s, c, MODE | QP) + \lambda_{Mode} \times R(s, c, MODE | QP) \quad (4)$$

식 (4)에서  $s$ 는 원영상,  $c$ 는 복원된 영상을 의미하며  $QP$ 는 화면 간 모드 결정시 사용되는 양자화 계수이다.  $\lambda_{Mode}$ 는 라그랑지안 계수로서  $0.85 \times 2^{(QP-12)/3}$ 와 같이 계산된다.  $SSD$ (Sum of Squared Difference)는 원영상과 복원된 영상 간의 왜곡도를 나타내며  $R$ 은 이때 계산된 비트량을 나타낸다.  $SSD$ 에 대한 계산은 식 (5)와 같다.

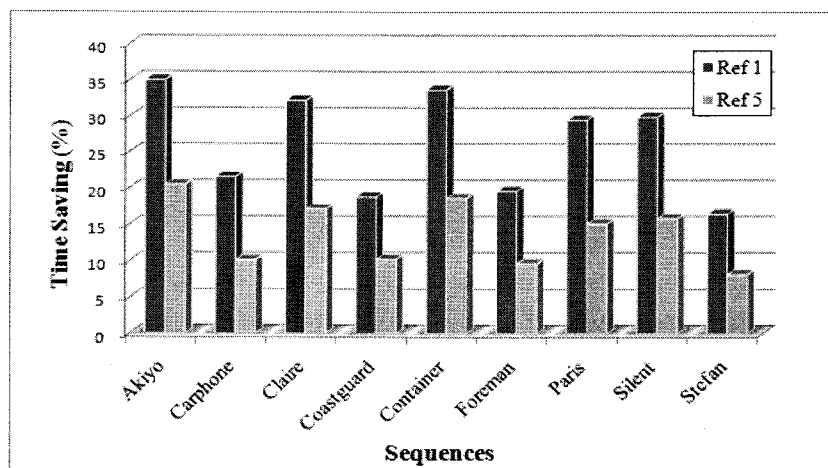


그림 4. FCMS에서 참조영상 1장을 사용 했을 경우와 5장을 사용했을 경우의 시간 감소율

Fig 4. Time saving ratio for FCMS, when using 1 reference frame and 5 reference frames

$$\begin{aligned}
 &SSD(s,c,MODE|QP) \\
 &= \sum_{x=1}^{16} \sum_{y=1}^{16} (s_Y[x,y] - c_Y[x,y,Mode|QP])^2 \\
 &+ \sum_{x=1}^8 \sum_{y=1}^8 (s_U[x,y] - c_U[x,y,Mode|QP])^2 \\
 &+ \sum_{x=1}^8 \sum_{y=1}^8 (s_V[x,y] - c_V[x,y,Mode|QP])^2
 \end{aligned} \tag{5}$$

식 (5)에서  $Y$ 는 휘도 성분을  $U, V$ 는 색차 성분을 나타내고,  $[x,y]$ 는 부호화될 매크로블록의 휘도와 색차 신호가 시작하는 위치이다.

SKIP 모드는 부호화하고자 하는 매크로블록에서 움직임 탐색을 실시하여 유사한 블록을 찾아 부호화하는 것이 아니라 예측 움직임 벡터를 이용하여 바로 이전 참조영상의 영상정보를 그대로 사용하는 모드이다. 이러한 SKIP 모드는 움직임 추정 블록의 크기가 16x16이고 움직임 벡터가 예측 움직임 벡터와 같으며 부호화 데이터량이 '0'으로 결정이 되기 때문에 SKIP 모드의 비트율-왜곡값은 식 (6)과 같이 식 (4)에서 비트율 부분이 '0'인 왜곡도로만 표현이 된다.

$$\mathcal{J}(s,c,MODE|QP, \lambda_{Mode}) = SSD(s,c,MODE|QP) \tag{6}$$

따라서 비트율-왜곡 측면에서 조기 SKIP 모드를 결정하기 위해서는 SKIP 모드의 왜곡도를 이용하게 되고 특히 본 논문에서는 사람에게 시각적으로 민감한 휘도성분에 대한 왜곡도를 이용한다. 왜곡도는 QP (Quantization Parameter)에 따라 변화 하는 함수이기 때문에 주어진 QP에 따른 영

상 왜곡도와 상관도를 이용한다. K. Takagi<sup>[14]</sup>와 Siwei Ma<sup>[15]</sup>는 QP와 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)이 서로 선형 관계를 이루고 있음을 증명하였다.

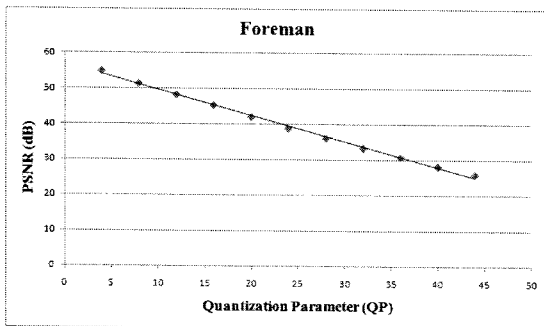
실험에서도 그림 5와 같이 QP에 따른 영상의 PSNR의 변화가 선형 관계를 나타내고 있음을 볼 수 있었다. 따라서 QP와 PSNR의 상관도를 식 (7)과 같이 표현 할 수 있다.

$$PSNR = 10 \log \frac{255^2}{MSE} = l \times QP + b \tag{7}$$

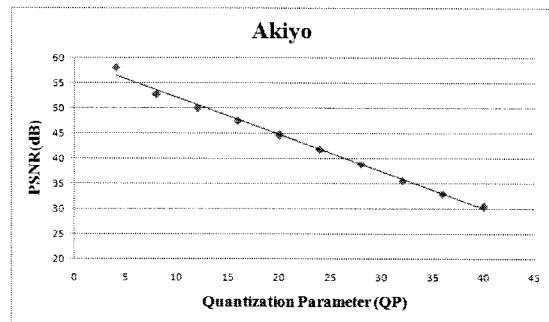
여기서  $l$ 과  $b$ 는 상수이다. 영상의 왜곡 정도를 측정하는 측정자로 MSE(Mean Square Error)를 사용하면 영상의 왜곡도  $D$ 와 QP의 관계는 다음과 같이 표현 할 수 있다.

$$D = MSE = \frac{255^2}{10^{((l \times QP + b)/10)}} \tag{8}$$

식 (8)에서 상수  $l$ 과  $b$ 는 영상의 특성에 의하여 변화되는 값이지만 실험을 통해 QP가 '1'씩 증가 할 때마다 평균적으로 0.6~0.75dB의 감소가 나타나는 것을 알 수 있었다. 제안하는 방법에서는  $l$ 을 변화의 평균값인 -0.67로 정의한다. 상수  $b$ 값은 실질적으로 영상의 특성을 반영하는 값으로 영상마다 특성이 다르기 때문에 일정 값으로 고정할 수 없다. 따라서 상수  $b$ 값을 결정하기 위해 이미 부호화된 영상의 정보를 이용하게 되고, 또한 영상 내에서도 프레임의



(a) Foreman 영상  
(a) Foreman Sequence



(b) Akiyo 영상  
(b) Akiyo Sequence

그림 5. 평균 PSNR( IPPP 150프레임, 15f/s, QP 4~48까지 4간격)  
Fig 5. Average PSNR (IPPP 150 frames, 15f/s, QP range 4 to 48 with stepsize of 4)

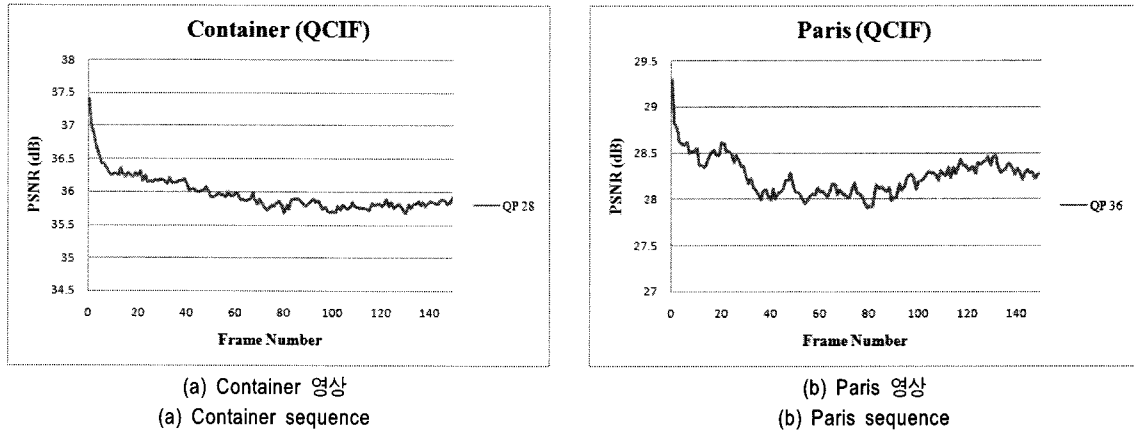


그림 6. 프레임 별 PSNR 변화 (GOP:150, 15f/s)  
Fig 6. Variation of Frame's PSNR (GOP:150, 15f/s)

변화에 따라 영상 특성이 변할 수 있기 때문에 GOP (Group of Picture)단위로  $b$ 값을 새롭게 갱신하여 준다. 상수  $b$ 값을 설정해 주기 위하여 GOP 단위 내에서 처음으로 부호화 되는 인트라 프레임의 PSNR을 이용한다. 인트라 프레임의 PSNR을 이용하는 이유는 두 가지로, 첫 번째는 인트라 프레임의 PSNR을 이용함으로써 이후에 부호화 되는 인터 프레임의 SKIP 모드 결정에 필요한 임계값을 미리 설정할 수 있으며 두 번째는 그림 6과 같이 인트라 프레임 (0번째 프레임)의 경우 PSNR이 인터 프레임보다 평균적으로 가장 높은 값을 나타내고 있기 때문에 GOP 단위내의 최소 양자화 오차 값을 나타낸다고 할 수 있다. 따라서 인트라 프레임의 PSNR을 이용하면 양자화 오차 측면에서 보다 정확한 값을 계산할 수 있다.

앞서 구한 상수  $l$ 과  $b$ 를 이용하여 식 (8)로부터 QP에 따른 영상의 부호화 왜곡도를 예측 해 낼 수 있게 된다. 본 제안 방법은 QP에 대한 부호화 예측 왜곡도를 이용하여 SKIP 모드의 왜곡도와 비교함으로써 조기에 SKIP 모드를 결정한다. 하지만 식 (8)에서 계산된 영상 부호화 예측 왜곡도는 QP에 대한 평균 양자화 오차 값만을 고려한 값이기 때문에 SKIP 모드의 정확한 판별을 위한 임계값이 되지 않는다. SKIP 모드의 경우 이전 참조영상과의 상관도가 매우 중요하기 때문에 임계값 설정에 있어서 상관도까지도 고려 해주어야 한다. 따라서 블록 간 상관도 계수를 곱하여 사용한다. 상관도 계수는 매크로블록 간의 상호 상관도(Cross

Correlation)를 이용하여 계산하게 되며 식 (9)에 수식이 나타나 있다.

실질적으로 식 (9)을 이용하여 16x16 단위의 매크로 블록 간 상호 상관도를 구하기에는 많은 계산이 필요하기 때문에 계산량을 줄이기 위하여 한 픽셀 씩 건너 계산한 8x8 블록의 상호 상관도를 구한다. 또한 모든 매크로블록의 SKIP 모드 여부를 판별하기 위해서 블록간의 상관도 계수를 계산하는 것은 많은 연산량이 필요하기 때문에 모든 매크로블록에 대하여 왜곡도와 상관도를 계산하는 것이 아니라 비트율-왜곡 최적화 방법을 통하여 부호화 데이터량이 '0'일 경우에만 계산한다. 왜냐하면 부호화 데이터량이 '0'이 아닐 경우에는 앞서 언급한 조건을 만족시키지 못하므로 상관계수를 계산하여 비교할 필요가 없기 때문이다.

$$m_x = \frac{1}{N \times M} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} x_{2i,2j}, \quad m_y = \frac{1}{N \times M} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} y_{2i,2j}$$

$$r = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} [(x_{2i,2j} - m_x) \times (y_{2i,2j} - m_y)]}{\sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (x_{2i,2j} - m_x)^2} \times \sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (y_{2i,2j} - m_y)^2}} \quad (9)$$

식 (9)에서  $x, y$ 는 각각 부호화하고자하는 매크로블록과 예측 움직임 벡터에 위치한 매크로블록을 나타내며  $N$ 과  $M$



은 매크로블록의 가로, 세로 크기의 절반인 8을 나타낸다.  $A_{2i,2j}$ 는 A에 해당하는 매크로블록의  $2i,2j$ 에 위치한 화소 값을 나타낸다.

최종적인 영상 예측 부호화 왜곡도 PED(Predicted Encoding Distortion)는 식 (10)과 같이 식 (8)에서 구한 평균 화소 왜곡도 D에 매크로블록단위의 비교를 위하여 16x16블록 단위의 픽셀수 256을 곱하고 상호 상관계수 값 r을 곱하여 설정한다.

$$PED = D \times 256 \times r \quad (10)$$

최종 제안하는 조기 SKIP 모드 결정 방법은 다음과 같다.

- Step 1) 16x16 블록의 움직임 예측 벡터를 구하고 이전 참조 영상에서 움직임 예측 벡터에 위치한 매크로블록과 부호화를 실시한다.
- Step 2) 계산된 부호화 데이터량이 '0'이면 식 (8)의 PED를 계산하고 SKIP 모드의 휘도성분에 대한 왜곡도와 비교한다. 부호화 데이터량이 '0'이 아니면 Step 4)를 수행한다.
- Step 3) 휘도성분의 왜곡도가 PED보다 작다면 다른 모드 수행 없이 SKIP 모드를 최적 모드로 결정하고 그렇지 않을 경우 Step 4)를 수행한다.
- Step 4) 나머지 모드의 수행을 실시한다.

본 논문이 제안하는 추가적인 조건을 통하여 실험 한 결과 표3에서 나타나듯이 SKIP 모드의 4가지 조건만으로 실험 했을 경우의 평균 0.26였던 오차율이 0.03로 낮아진 것 알 수 있다.

표 3. 제안방법에 따른 SKIP 모드의 통계적 데이터.  
Table 3. Statistical data of SKIP mode for proposed method.

실험영상	Akiyo	Carphone	Claire	Coastguard	Container
검출율	0.59	0.50	0.59	0.12	0.44
오차율	0.02	0.06	0.03	0.01	0.04

실험영상	Foreman	Paris	Silent	Stefan	Average
검출율	0.33	0.27	0.33	0.52	0.41
오차율	0.04	0.01	0.03	0.07	0.03

실험조건: Baseline profile, JM10.2, QP= 28, 32, 36, 40

## 2. 선택적 인터/인트라 모드 수행 결정 방법

인터 프레임은 부호화하는데 있어서 인트라 모드와 인터 모드가 사용된다. 인트라 모드의 경우 주변의 참조 픽셀정보를 이용하여 부호화를 실시하는 방법이며 인터 모드의 경우 이전에 이미 부호화된 참조영상에서 움직임 탐색방법을 통하여 가장 유사한 블록정보를 찾아 부호화하는 방법이다. 따라서 인트라 모드는 프레임 내에서의 공간 상관도에 기인하며, 인터 모드는 프레임 간 시간 상관도에 기인할 것이다. 인터 프레임에서 부호화시 영상의 특성상 프레임들 간 시간 상관성이 높기 때문에 대부분의 매크로블록은 인터 모드로 결정된다. 하지만 대부분의 매크로블록이 인터 모드로 결정된다고 해서 인트라 모드를 생략하고 인터 모드만으로 부호화를 실시하게 되면 화질의 열화 및 비트의 증가를 나타내게 된다<sup>5)</sup>.

이는 그림 7에서 나타나듯이 새로운 사물이 나타나는 영상 (70~110 Frame, 15f/s)이나 화면이 급작스럽게 전환되는 영상에서는 프레임의 상관도가 상대적으로 시간 상관도보다 공간 상관도가 높아져 인트라 모드로 결정되는 매크로블록의 수가 증가되기 때문이다. 따라서 매크로블록의 특성 이용하여 인트라 모드의 효율적으로 선택할 수 있다면 불필요한 계산의 복잡성을 줄일 수 있을 것이다.

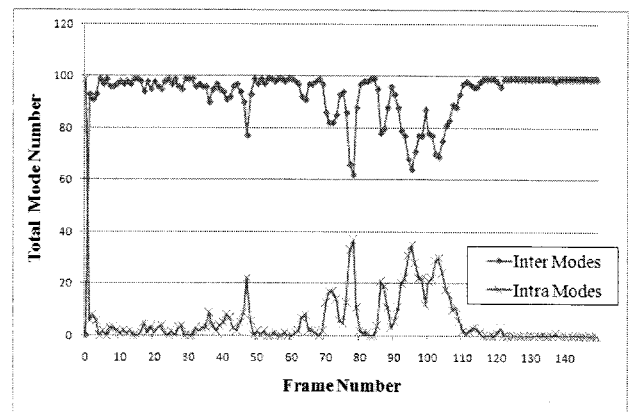


그림 7. Foreman 영상의 QP 28일 경우 인터/인트라 모드의 분포  
Fig 7. Distribution of inter/intra mode for Foreman(QP 28)

인트라 모드의 경우 프레임 내 공간 상관도로 표현이 가

능하고 인터 모드의 경우 프레임 간 시간 상관도로 표현이 가능하기 때문에 공간 상관도와 시간 상관도를 측정하여 비교한다면 인트라 모드의 수행 여부를 판단할 수 있을 것이다. 이를 위하여 FCMS에서는 공간적 상관도를 ABE로 계산하고 시간적 상관도를 인터 모드 수행 후 비트율-최적화 기법을 통해 결정된 최적의 인터 모드에서 헤더 정보를 제외한 평균 비트량에 라그랑지안 계수를 곱한 값 AR로 정의하였다. 실질적으로 FCMS에서 공간적 상관도를 구하기 위해서는 경계 오차를 구해야 하는데 매크로블록 당 최대 69번의 가산과 1번의 나눗셈이 필요하다. 이는 매크로블록에 대하여 수행하기 때문에 전체 영상의 부호화에 있어서 많은 연산과정이 수반된다. 이러한 계산을 줄이기 위하여 본 논문에서는 FCMS의 ABE 대신 식 (8)의 왜곡도 D를 이용하여 공간 상관도 기준값을 설정한다. 왜곡도 D는 상수 b값을 계산하기 위하여 GOP 단위에서 인트라 프레임의 MSE를 이용하였다. 인트라 프레임의 경우 프레임 내 공간 상관도로 이루어진 인트라 모드만으로 부호화되었기 때문에 인트라 프레임의 부호화 정보로부터 GOP 단위내의 공간적 상관도를 예측할 수 있게 된다. 식 (11)과 같이 D를 이용하여 MPE(Mean Pixel Error)를 나타낸다. 인트라 프레임은 양자화 오차 측면에서 최소 양자화 오차를 나타내는 기준 값이 되는 동시에 인트라 모드만으로 부호화되었기 때문에 공간 상관도의 기준값이 되기도 하는 것이다.

$$D = MSE = \frac{255^2}{10^{((-0.67 \times QP + b)/10)}} \quad (11)$$

$$MPE = \sqrt{D}$$

MPE는 휘도 성분에 대한 공간 상관도 기준값이기 때문에 마찬가지로 시간 상관도의 AR에 대해서도 휘도 성분을 고려한 수식이 필요하다. 따라서 MPE와 비교를 위하여 AR은 식 (12)과 같이 LAR(Luminance Average Rate)로 변경하여 계산한다.

$$LAR = \frac{\lambda}{256} \times (\text{number of texture data bits}) \quad (12)$$

식 (12)에서 분자의  $\lambda$ 는  $0.85 \times 2^{(QP-12)/3}$  [16]이고 분모의 256은 휘도성분에 대한 매크로블록의 총 화소 개수이다.

만약 LAR이 MPE보다 작으면 프레임 간 시간 상관도가 높기 때문에 인트라 모드의 수행을 생략하게 되고 최소의 비트율-왜곡값을 갖는 인터 모드를 최종 매크로블록 모드로 결정한다. 반대로 LAR이 MPE보다 크다면 프레임 내 공간 상관도가 시간 상관도 보다 높다고 할 수 있기 때문에 추가로 인트라 모드를 수행하고 각 인트라 모드의 비트율-왜곡값을 계산한 후 비교하여 최소의 비트율-왜곡값을 갖는 모드를 최종적으로 선택한다.

### 3. 고속 매크로블록 모드 결정 방법

그림 8은 본 논문에서 제안하는 ‘조기 SKIP 모드 결정 방법’과 ‘선택적 인트라/인트라 모드 수행 판별법’을 도식화한 흐름도이다. 조기 SKIP 모드를 결정하기 위해서, SKIP 모드 4가지 조건을 기반으로 예측 움직임 벡터를 최적의 움직임 벡터로 가정하고 MB16x16 모드의 비트율-왜곡값을 계산하여 부호화 데이터량을 확인한다. 만약 SKIP 모드 4가지 조건을 만족하면 SKIP 모드를 결정하기 위한 매크로블록의 부호화 왜곡도는 식 (10)에 따라 계산한다. SKIP 모드의 비트율-왜곡값이 부호화 왜곡도보다 작으면 최종 매크로블록의 모드를 SKIP 모드로 결정하고 남아있는 인트라/인트라 모드에 대한 부호화를 생략한다. 그리고 SKIP 조건을 만족하지 않거나 혹은 SKIP 모드의 비트율-왜곡값이 임계값보다 크면 7가지 인터 모드를 수행하여 각 모드 별 비트율-왜곡값을 계산한다. 그리고 최소 비트율-왜곡값을 갖는 인터 모드를 최적 인터 모드로 결정을 하고 최적 인터 모드의 LAR을 계산한다. 다음으로 인트라 프레임에서 구한 공간 상관도의 측정치인 MPE와 비교를 하여 LAR이 MPE보다 작으면 인트라 모드 부호화 과정을 생략하고 최적의 인터 모드를 최종 매크로블록 모드로 결정하게 된다. 만약 LAR이 MPE보다 크거나 같다면, 인트라 모드의 부호화 과정을 수행한 후에 각 인트라 모드별 비트율-왜곡값을 구하고 최적의 인터모드의 비트율-왜곡값과 비교하여 가장 적은 비트율

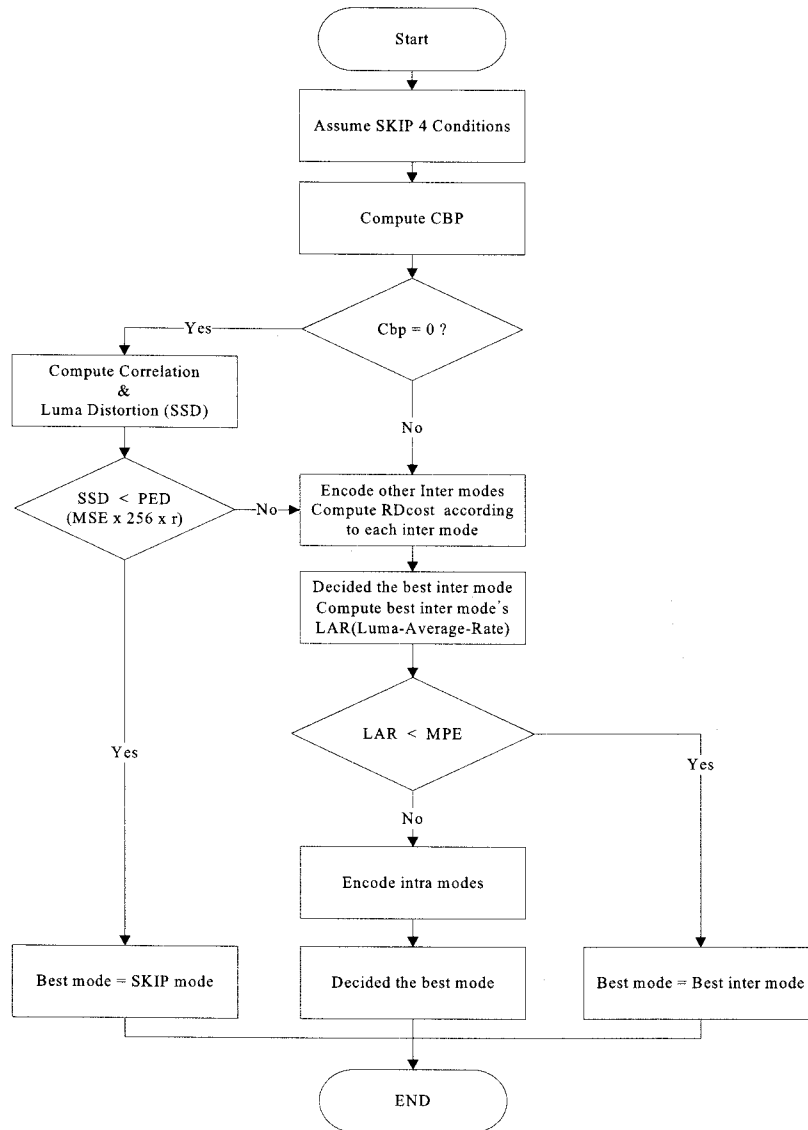


그림 8. 제안하는 방법의 순서도  
Fig 8. Flowchart of the proposed method

-왜곡값을 가지는 모드를 최종 매크로블록의 모드로 결정하게 된다.

#### IV. 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 제안한 방법의 효율성을 측정하기 위해

제안 방법을 H.264/AVC의 참조 소프트웨어인 JM10.2에 구현하였다. 실험 환경은 표 4와 같으며 보다 정확한 성능을 비교하기 위해 기존의 제안된 FCMS과 비교하였으며 부호화 시간의 변화량은 식 (13)을 이용하여 백분율로 나타내었다.  $t_{JM}$ 은 기존 H.264 참조 모델인 JM10.2로 부호화했을 때 전체 부호화시 소요되는 시간이며  $t_{method}$ 는 해당 방법을 JM10.2에 적용하여 부호화 했을 때 전체 부호화에 걸리는

시간을 나타낸다.

$$\Delta TS(\%) = \frac{t_{method} - t_{JM}}{t_{JM}} \times 100 \quad (13)$$

부호화 성능 평가를 위한 지표로 BDBR (Bjonteggard Delta BitRate)와 BDPSNR (Bjonteggard Delta PSNR)<sup>[17]</sup>를 사용하였으며 +는 증가를 -는 감소를 나타낸다.

표 4. 부호화기 변수들  
Table 4. Encoder Parameters

Profile		Baseline Profile	
QP		28, 32, 36, 40	
참조 영상수		5	
움직임 예측 탐색 범위		±32	
부호화 기법		비트율-왜곡 최적화 기법, CAVLC	
실험영상	QCIF	Akiyo, Carphone, Claire, Coastguard, Container, Foreman, Paris, Silent, Stefan	
	CIF	Mobile, City, Soccer	
실험 조건		실험1(Exp1)	실험2(Exp2)
Hz		30	15
부호화 영상수		300	150
GOP		I PPP (30프레임 마다 I)	I PPP (첫 번째 프레임만 I)
사용 실험 영상		QCIF	QCIF, CIF

표 5와 6은 제안 방법에 대한 성능 분석결과로 제안된 조기 SKIP 모드 결정 방법과 선택적 인터/인트라 결정 방법이 H.264/AVC의 부호화 시간을 약 30%정도 단축시킨다는 것을 보여준다. 이는 FCMS에서 평균적으로 나타난

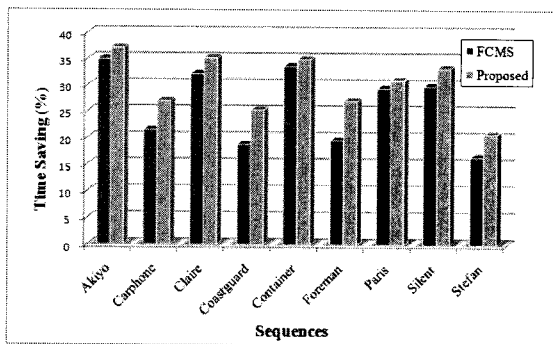
표 5. 제안 법에 대한 성능분석(실험1)  
Table 5. Performance analysis of proposed method(Exp1)

실험영상	FCMS[5]			제안방법		
	BDPSNR (dB)	BDBR (%)	ΔTS(%)	BDPSNR (dB)	BDBR (%)	ΔTS (%)
Akiyo	0.03	-0.39	15.68	-0.02	0.38	58.24
Carphone	0.00	0.17	8.10	-0.01	0.35	30.21
Claire	0.00	-0.09	17.06	-0.03	0.40	56.62
Coastguard	0.00	-0.00	8.61	0.01	0.35	13.06
Container	0.02	-0.50	19.10	-0.02	0.32	44.79
Foreman	-0.01	0.35	7.89	0.00	0.15	23.00
Paris	-0.01	0.12	15.27	-0.04	0.82	34.63
Silent	0.00	0.04	14.05	-0.03	0.76	30.24
Stefan	0.00	-0.06	6.69	-0.01	0.30	19.91
평균	0.00	-0.04	12.50	-0.02	0.35	34.52

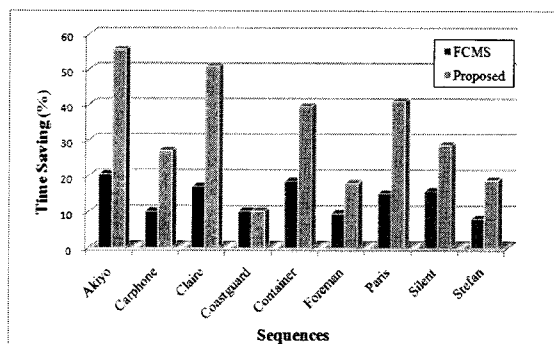
표 6. 제안 방법에 대한 성능분석(실험2)  
Table 6. Performance analysis of proposed method(Exp2)

실험영상	FCMS[5]			제안방법		
	BDPSNR (dB)	BDBR (%)	ΔTS(%)	BDPSNR (dB)	BDBR (%)	ΔTS (%)
Akiyo	0.03	-0.62	20.49	-0.02	0.69	55.64
Carphone	0.00	0.18	10.13	0.02	-0.38	27.01
Claire	-0.02	0.59	17.09	-0.08	1.39	50.93
Coastguard	0.03	-1.38	10.22	0.03	-1.30	10.24
Container	0.03	-0.69	18.59	-0.01	0.13	39.43
Foreman	-0.03	0.80	9.61	-0.04	0.93	17.95
Paris	-0.02	0.31	15.10	-0.03	0.67	40.96
Silent	0.00	0.06	15.80	-0.02	0.70	28.54
Stefan	-0.02	0.30	8.16	-0.03	0.60	18.79
City	-0.01	0.35	12.87	-0.02	0.71	17.57
Mobile	0.00	-0.08	9.87	0.00	0.07	12.45
Soccer	-0.05	1.77	12.02	-0.05	1.47	17.08
평균	-0.01	0.13	13.33	-0.02	0.47	29.67

13%의 부호화 속도 이득에 비하여 2배 이상의 속도 이득을



(a) 부호화 시간 감소율(참조영상 1)  
(a) Encoding Time Saving (1 reference frame)



(b) 부호화 시간 감소율(참조영상 5)  
(b) Encoding Time Saving (5 reference frames)

그림 9. FCMS과 제안된 방법의 영상 별 평균 부호화 시간 감소도  
Fig 9. Comparison of FCMS and proposed method on time saving

나타냈으며, 특히 Akiyo, Clarie 그리고 Paris와 같이 움직임이 적은 영상에서는 최대 약 3배의 이득을 나타내었다. 비트와 PSNR의 성능 면에서 FCMS와 비교해 보았을 경우 평균적으로 PSNR의 변화는 거의 동일하며 비트의 증가량은 평균적으로 소폭의 증가만을 나타내었다.

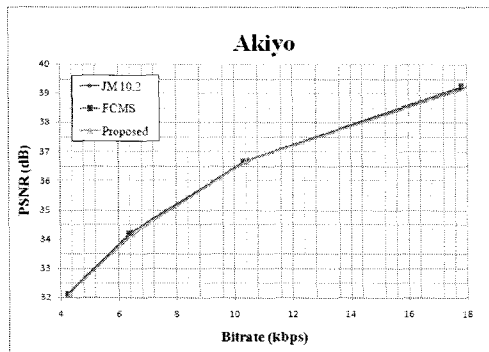
그림 9는 FCMS와 제안방법에 대하여 참조영상 수를 달리 하였을 경우의 부호화 시간 감소율을 나타낸 것이다. 제안방법은 (a)와 같이 참조영상을 1장만 사용했을 경우에는 FCMS보다 약간 높은 부호화 시간 감소율을 나타냈지만 (b)와 같이 5장의 참조영상을 사용했을 경우에는 FCMS보다 높은 부호화 시간 감소율을 나타내는 것을 보여준다.

실제적으로 FCMS는 제안 방법보다 높은 SKIP 모드 검출율을 보인다. 표 2와 3에서 FCMS는 평균 0.59의 SKIP 모드의 검출율을 나타냈으며 제안한 방법은 이보다 조금

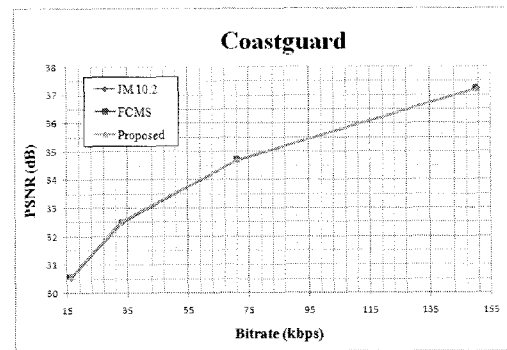
낮은 0.42의 SKIP 모드 검출율을 나타내었다. 그러나 FCMS 경우 MB16x16 모드의 수행에 따른 SKIP 모드 검출율이기 때문에 검출 확률만큼의 모드 수행이 필요하지만 반면 제안한 방법은 모드 수행 없이 SKIP 모드를 검출하기 때문에 FCMS에 비하여 부호화 시간 이득이 생기게 된다. 그림 10은 Akiyo, Coastguard, Foreman, Silent 영상에 대한 JM10.2와 FCMS 그리고 제안하는 방법에 대한 비트율-왜곡 곡선을 나타낸 것이다. 제안하는 방법은 JM과 비교하여 비트율-왜곡 측면의 성능저하가 거의 나타나지 않는 것을 알 수 있다.

### V. 결론

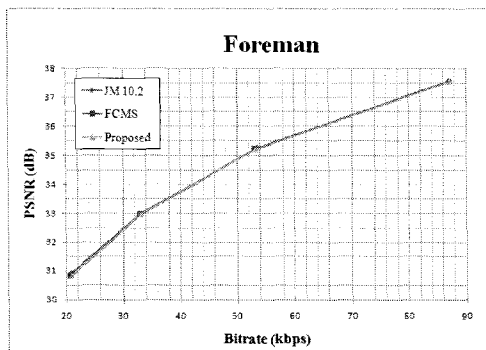
본 논문에서는 인터 프레임 부호화시 복잡성을 줄이기



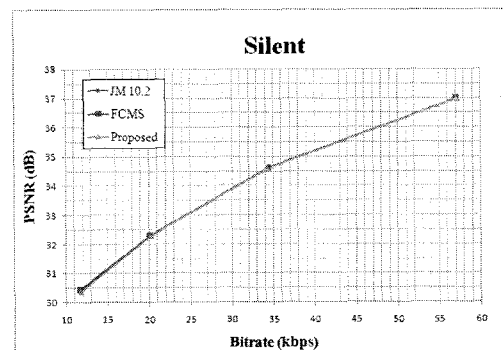
(a) Akiyo 영상  
(a) Akiyo Sequence



(b) Coastguard 영상  
(b) Coastguard Sequence



(a) Foreman 영상  
(a) Foreman Sequence



(b) Silent 영상  
(b) Silent Sequence

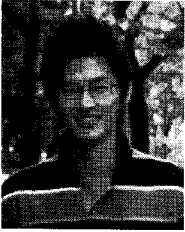
그림 10. FCMS, JM 그리고 제안한 방법의 영상에 따른 비트율-왜곡 곡선(실험 2)  
Fig 10. Rate Distortion Curves comparisons among FCMS, JM and proposed method(Exp2)

위한 고속 매크로블록 모드 결정 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 QP에 따른 PSNR 예측을 통해 부호화 왜곡도를 계산하였다. 이를 이용하여 조기에 SKIP 모드 결정에 필요한 예측 부호화 왜곡도와 인트라 모드 수행에 필요한 공간적 상관성의 임계값을 계산하였다. 실험결과 제안한 방법은 최대 55%의 부호화 시간 감소율을 나타냈으며 전체적인 영상에 대하여 평균 30%의 부호화 시간 감소율을 나타내었다. 이는 기존의 FCMS에 비하여 평균 2배 이상의 이득을 나타낸 것이다. 반면 이에 따른 PSNR은 평균 0.02dB 정도만 감소하였으며 비트량은 0.47% 증가하는데 그쳤다. 제안하는 고속 모드 결정방법은 영상의 특성과 양자화 특성을 모두 반영하기 때문에 효과적인 고속 모드 결정 방법이며 더불어 가변블록 모드에 대한 고속화 방법들과 같이 수행한다면 부호화 시간을 더욱 단축시킬 수 있을 것이라 사료된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] ITU-T Rec. H.264 | ISO/IEC 14496-10 AVC, "Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification," JVT Doc. JVT-G050, 2003.
- [2] Ostermann, J, Bormans, J, List, P, Marpe, D, Narroschke, M, Pereira, F, Stockhammer, T, Wedi, T, "Video coding with H.264/AVC: tools, performance, and complexity," IEEE Circuits and Systems Magazine, vol. 4, no. 1, pp. 7-28, 2004.
- [3] T. Wiegand, H. Schwarz, A. Joch, F. Kossentini and G. J. Sullivan, "Rate-Constrained Coder Control and Comparison of Video Coding Standards," IEEE Trans. Circuit and System for Video Technology, vol. 13, no. 7, pp. 688-703, July 2003.
- [4] Yu-Wen Huang, Bing-Yu Hsieh, Shao-Yi Chien, Shyh-Yih Ma, Liang-Gee Chen, "Analysis and complexity reduction of multiple reference frames motion estimation in H.264/AVC", IEEE Trans. Circuit and System for Video Technology, vol. 16, Issue 4, pp. 507 - 522, April. 2006.
- [5] Choi, I, Lee, J and Jeon, B, "Fast Coding Mode Selection With Rate-Distortion Optimization for MPEG-4 Part-10 AVC/H.264", IEEE Trans. Circuit and System for Video Technology., vol. 16, pp. 1557-1561, Dec. 2006.
- [6] Y.V. Ivanov, C.J. Bleakley, "Skip Prediction and Early Termination for Fast Mode Decision in H.264/AVC", Int. Conf. Digital Telecommunications(ICDT '06), pp. 7 - 7.
- [7] Grecos, C, Ming Yuan Yang, "Fast inter mode prediction for P slices in the H264 video coding standard", IEEE Trans. Broadcasting. vol. 51 issue 2, pp. 256-263, June. 2005.
- [8] Tien-Ying Kuo, Chen-Hung Chan, "Fast Variable Block Size Motion Estimation for H.264 Using Likelihood and Correlation of Motion Field", IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, vol 16, issue 10, pp. 1185 - 1195, Oct. 2006
- [9] Wu, D, Pan, F, Lim, K. P, Wu, S, Li, Z. G, Lin, X, Rahardja, S, Ko, C.C, "Fast intermode decision in H.264/AVC video coding", IEEE Trans. Circuit and System for Video Technology., vol. 15, issue 7, pp. 953 - 958, July 2005.
- [10] Ming, Yin, Hong-yuan Wang, "An improvement fast INTER mode selection for H.264 joint with spatio-temporal correlation", in Proc. Int. Conf. Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, vol. 2, pp. 1237-1240, 23-26 Sept. 2005.
- [11] Grecos, C and Yang, M, "Fast Mode Prediction for the Baseline and Main Profiles in the H.264 Video Coding Standard ", IEEE Trans. Multimedia, vol. 8, issue 6, pp. 1125 - 1134 Dec. 2006.
- [12] Hua Wang, Xiangjun Zhu, "Adaptive Motion Estimation and Mode Decision Strategy for H.264 Encoder", Intelligent Control and Automation, 2006. WCICA 2006. The Sixth World Congress , vol. 2, pp. 10323 - 10327, 21-23 June 2006.
- [13] Ki-Hun Han, Yung-Lyul Lee, "Fast macroblock mode decision in H.264", TENCON 2004. 2004 IEEE Region 10 Conference vol A, pp. 347 - 350 vol. 1, 21-24 Nov 2004..
- [14] K. Takagi, Y. Takishima, and Y. Nakajima, "A study on rate distortion optimization scheme for JVT coder," in Proc. SPIE, vol. 5150, pp. 914 - 923, 2003.
- [15] Ma S, Wen Gao, Yan Lu, "Rate-Distortion Analysis for H.264/AVC Video Coding and its Application to Rate Control", IEEE Trans. Circuit and System for Video Technology , vol. 15, issue 12, pp. 1533 - 1544, Dec. 2005.
- [16] T. Wiegand, H. Schwarz, A. Joch, F. Kossentini, G. Sullivan, "Rate-constrained coder control and comparison of video coding standards", IEEE Trans. Circuit and System for Video Technology , vol 13, issue 7, pp. 688 - 703, July. 2003
- [17] G. Bjontegard, "Calculation of Average PSNR Differences between RD-curves," Doc. VCEG-M33, Apr. 2001.
- [18] H.264/AVC Reference Software Model (JM 10.2): [http://iphome.hi.de/uehring/ml/download/old\\_jm/](http://iphome.hi.de/uehring/ml/download/old_jm/)

저 자 소 개



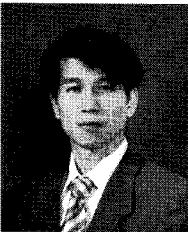
박 성 재

- 2007년 2월 : 광운대학교 전자공학과 졸업 (학사)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 대학원 전자공학과 석사과정
- 주관심분야 : H.264/AVC, Scalable Video Coding, 영상압축



명 진 수

- 1999년 2월 : 광운대학교 전자공학과 졸업 (학사)
- 2001년 2월 : 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업 (석사)
- 2002년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 대학원 전자공학과 박사과정
- 주관심분야 : 실시간 비디오 처리 및 압축, Embedded System, Transcoder,



심 동 규

- 1993년 2월 : 서강대학교 전자공학과 공학사
- 1995년 2월 : 서강대학교 전자공학과 공학석사
- 1999년 2월 : 서강대학교 전자공학과 공학박사
- 2000년 9월 : 현대전자, 기반기술 연구소, 선임연구원
- 2002년 3월 : 바로비전, 뉴미디어 연구소, 선임연구원
- 2005년 2월 : University Washington, Senior research engineer
- 2005년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자정보공과대학, 컴퓨터공학과 조교수
- 주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 멀티미디어



오 승 준

- 1980년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 1982년 2월 : 서울대학교 전자공학과 대학원 졸업(석사)
- 1988년 5월 : 미국 Syracuse University 전기/컴퓨터공학과 졸업(박사)
- 1982년 3월 ~ 1992년 8월 : 한국전자통신연구원 근무(멀티미디어연구실 실장)
- 1986년 7월 ~ 1986년 8월 : NSF Supercomputer Center 초청 학생연구원
- 1987년 5월 ~ 1988년 5월 : Northeast Parallel Architecture Center 학생연구원
- 1992년 3월 ~ 1992년 8월 : 충남대학교 컴퓨터공학부 겸임교수
- 1992년 9월 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학부 교수 (VIA-Multimedia Center 멀티미디어연구실)
- 2002년 3월 ~ 현재 : SC29-Korea 의장 및 MPEG Forum 부의장
- 주관심분야 : 비디오 데이터 처리, 비디오 코덱 시스템, 비디오 및 영상압축, 멀티미디어시스템