

일반논문-10-15-4-04

이웃한 블록 내 화소 정보를 이용한 투표 결정 기반의 인트라 예측 모드 부호화 생략 방법

김지연^{a)‡}, 조혜정^{a)}, 정세윤^{b)}, 이진호^{b)}, 오승준^{a)}

Voting-based Intra Mode Bit Skip Using Pixel Information in Neighbor Blocks

Jeon Kim^{a)‡}, Hye-Jeong Cho^{a)}, Seyoon Jeong^{b)}, Jinho Lee^{b)}, and Seoung-Jun Oh^{a)}

요 약

인트라 프레임 부호화 기술은 임의 접근성과 에러 확산 방지에 용이하기 때문에 비디오 부호화 기술의 필수적인 기술로 자리 잡고 있다. 그러나 인트라 부호화 기술에 비해 낮은 부호화 효율이 문제점으로 지적되고 있다. H.264/AVC 인트라 부호화 방식은 기존 표준 방법들보다 부호화 효율을 크게 향상시켰지만 부호화 과정이 복잡하여 저 비트율 기반의 양방향 서비스에는 부적합하다. 따라서 본 논문에서는 복호화기 측의 예측을 이용해 인트라 부호화 효율을 보다 향상시키며 부호화 시간을 단축시키는 V-IMBS (Voting-based Intra Mode Bit Skip)를 제안한다. 제안하는 방법은 복호화기가 부호화기에서와 동일하게 최적의 인트라 예측 모드를 결정할 수 있으면 인트라 예측 모드를 전송하지 않는다. 그러나 최적의 인트라 예측 모드를 결정할 수 없을 경우에는 기존의 H.264/AVC 표준과 동일한 방식으로 인트라 예측 모드를 부호화하여 복호화기로 전송한다. V-IMBS는 H.264/AVC보다 시험 시퀀스에 대해 PSNR 값이 평균 약 0.24 dB 정도 향상되었고, 비트율도 평균 약 4.44% 정도 감소되었다. 또한 전체 부호화 시간도 평균 약 42.8% 정도 감소되었다.

Abstract

Intra coding is an indispensable coding tool since it can provide random accessibility as well as error resiliency. However, it is the problem that intra coding has relatively low coding efficiency compared with inter coding in the area of video coding. Even though H.264/AVC has significantly improved the intra coding performance compared with previous video standards, H.264/AVC encoder complexity is significantly increased, which is not suitable for low bit rate interactive services. In this paper, a Voting-based Intra Mode Bit Skip (V-IMBS) scheme is proposed to improve coding efficiency as well as to reduce encoding time complexity using decoder-side prediction. In case that the decoder can determine the same prediction mode as what is chosen by the encoder, the encoder does not send that intra prediction mode; otherwise, the conventional H.264/AVC intra coding is performed. Simulation results reveal a performance increase up to 4.44% overall rate savings and 0.24 dB in peak signal-to-noise ratio while the frame encoding speed of proposed method is about 42.8% better than that of H.264/AVC.

Keywords : H.264, MPEG-4 Part 10, intra prediction, coding efficiency, time complexity

a) 광운대학교 VIA-멀티미디어 센터

VIA-Multimedia Center, Kwangwoon University

b) 한국전자통신연구원 방송융합미디어연구부 실감미디어연구팀

Realistic Media Research Team, Broadcasting and Telecommunications Media Research Department, ETRI

‡ 교신저자 : 김지연(eony@media.kw.ac.kr)

※ 본 연구는 지식경제부, 방송통신위원회 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행한 연구(과제관리번호:K1001932,

과제명:차세대DTV 핵심기술 개발, 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략기술인력양성사업, 2010년도 교내학술연구비 지원으로 수행된 결과임

-접수일(2010년2월23일),수정일(2010년5월24일),게재확정일(2010년7월12일)

I. 서론

디지털 신호 처리 기술, 각종 저장 매체의 출현, 네트워크 기술의 진보와 함께 기존의 음성 정보에 국한되었던 미디어 서비스는 영상과 데이터가 포함되는 멀티미디어 서비스로 진화해왔다. 이러한 고급 서비스를 제공하기 위하여 방대한 양의 동영상 데이터를 저장하고 전송하기 위한 압축 기술이 요구된다. 이를 위하여 MPEG과 IUT-T는 압축 성능을 극대화할 수 있는 H.264/MPEG-4 part 10 AVC 표준을 완성하였다^{[1][3]}. H.264/AVC 부호화 표준은 이전의 비디오 부호화 표준과 비교하여 높은 압축효율을 가지기 위해 새로운 부호화 도구들을 추가하였다. 이러한 도구들은 정수 변환 및 양자화, 엔트로피부호화, 인트라 예측 부호화, 루프필터, 다중 참조영상 및 1/4 화소단위의 움직임 추정 기술 등이 포함된다^[4].

인트라 4x4 모드는 9개의 서로 다른 인트라 예측 모드를 사용하며 부호화기는 9개의 인트라 예측 모드 중에서 율-왜곡 최적화(Rate-distortion optimization) 기법^[5]을 이용하여 최적의 모드를 결정 하게 된다. 또한 이를 복호화기가 동일하게 처리할 수 있도록 선택된 인트라 예측 모드 정보를 복호화기에 전달한다^[6].

저 비트율 기반의 비디오 서비스를 제공하기 위하여 H.264/AVC 부호화 표준에서는 baseline profile 상에서 QP=37 이상의 높은 QP 값을 사용한다. 이 경우 압축된 비

트스트림에서 잔차신호(residual signal) 성분을 위한 비트 성분 못지않게 움직임 벡터나 모드 정보 등을 위한 비트양도 비중을 차지한다. 특히 높은 QP 값에서 인트라 프레임 또는 슬라이스에서 인트라 예측 모드 정보를 표현하기 위하여 사용하는 비트양이 매우 크다면 이 정보를 위한 비트양을 줄일 수 있는 방법을 연구할 필요가 있을 것이다. 따라서 본 논문에서는 인트라 프레임을 위한 전체 비트스트림에서 인트라 예측 모드 정보가 차지하는 비중을 조사하였다. JM15.0^[7]의 baseline profile에서 모든 프레임을 인트라 모드로 예측하는 환경에서 실험하였다. 다양한 시험영상시퀀스를 입력으로 하여 실험하였는데 그 중에서 CIF 크기의 Foreman 영상시퀀스에 대한 결과를 QP 별로 그림 1에 도시하였다. 그림 1은 QP=32 이상의 저 비트율 환경에서 인트라 예측 모드 정보를 위한 비트양이 전체 비트스트림의 19.1~27.1 % 정도를 차지하고 있음을 보여준다. 그러므로 인트라 예측 모드 정보용 비트량을 감소시킬 수 있는 틀을 제시한다면 저 비트율 기반의 비디오 서비스에서 매우 유용하게 활용될 것이다.

최근들어 인트라 예측 모드 정보를 효율적으로 부호화 하려는 연구들이 활발히 진행되었다^{[8][9]}. 대표적인 방법으로 적응적 비트 생략 방법(Adaptive Bit Skip Method: ABS)이 있다^[8]. ABS에서는 인트라 예측 부호화에서 예측을 위해 이용하는 인접 화소의 분산을 통하여 DC 모드를 결정하기 때문에 부호화기에서 DC 모드에 대한 정보를 복

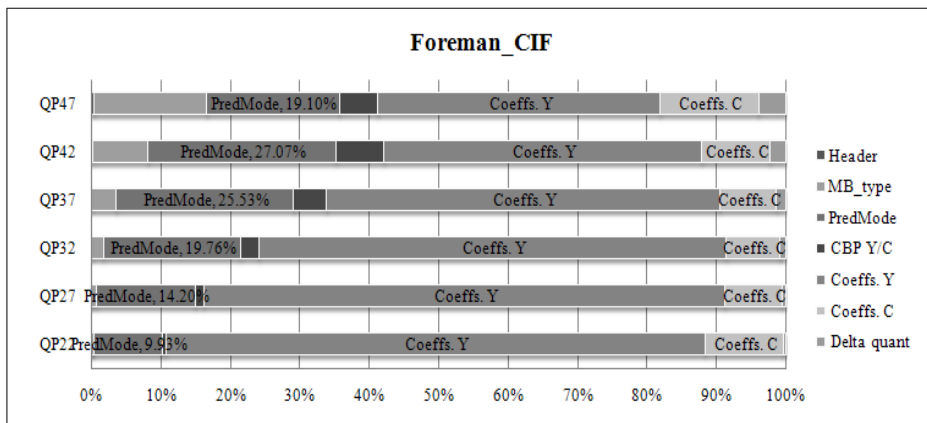


그림 1. 양자화 계수에 따른 모드별 분포
 Fig. 1. Distribution of H.264/AVC mode according to QP

호화기로 보낼 필요가 없고 복호화기에서 독립적으로 주변의 분산값을 통해 DC 모드를 판단할 수 있다. ABS는 DC 모드로 결정된 경우에는 모든 예측 모드들에 대해 윗-왜곡 관계를 조사하는 것이 아니라 DC 모드만을 조사함으로써 부호화기의 계산량을 줄이고, 또한 모드 정보를 부호화하지 않음으로써 부호화기의 복잡도를 줄이면서 부호화 효율을 높이는 장점을 가지고 있다. 그러나 이렇게 선택된 DC 모드는 저 비트율 대역에서 오차율이 높은 단점이 있다. DC 모드를 선택하기 위해 사용된 임계값이 QP 값이 증가함에 따라 큰 값을 가지기 때문이다.

본 논문에서는 저 비트율 대역에서 ABS 방법을 보완하는 방법과 DC 모드 이외의 8가지 모드에 대해서도 투표기반의 부호화 생략하는 방법을 제안한다. 투표기반의 부호화 생략하는 방법은 ABS 방법과 동일하게 예측 모드 정보를 부호화하지 않음으로써 압축 부호화 효율을 높일 수 있다. 복잡도 측면에서 제안 방법은 복호화기 스스로 최적의 예측 모드를 결정해야 하기 때문에 복호화기의 복잡도가 증가하는 문제가 발생한다. 그러나 부호화기는 9가지 예측 모드에 대해 윗-왜곡 관계를 조사하지 않고도 최적의 예측 모드를 선택할 수 있기 때문에 부호화기의 계산량을 크게 감소시킬 수 있다. 따라서 이동 비디오영상 전화서비스와 같이 부호화기와 복호화기가 동시에 필요한 실시간 비디오 코덱시스템에서 부호화기의 연산 복잡도를 줄이기 위하여 제안하는 기술이 더욱 요구된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존의 제안된 ABS와 그 문제점을 설명하고, III장에서는 본 논문에서 제안한 방법을 기술한다. IV장에서 실험결과를 근거로 기존 방법과 성능을 비교를 하고, V장에서 결론을 맺는다.

II. 적응적 비트 생략(Adaptive Bit Skip) 방법

적응적 비트 생략 방법에서는 영상 부호화시 부호화기의 효율을 높이기 위하여 인접 화소의 유사성을 이용하여 선택적으로 예측 정보를 생략한다. 그림 2는 ABS의 수행방법에 대한 순서도이다.

그림 2에서 현재 부호화 될 블록의 주변블록 픽셀들의

분산값 σ_p 는 식 (1)과 같고, σ_p 에 대한 임계값 Th_{ABS} 는 식 (2)와 같다.

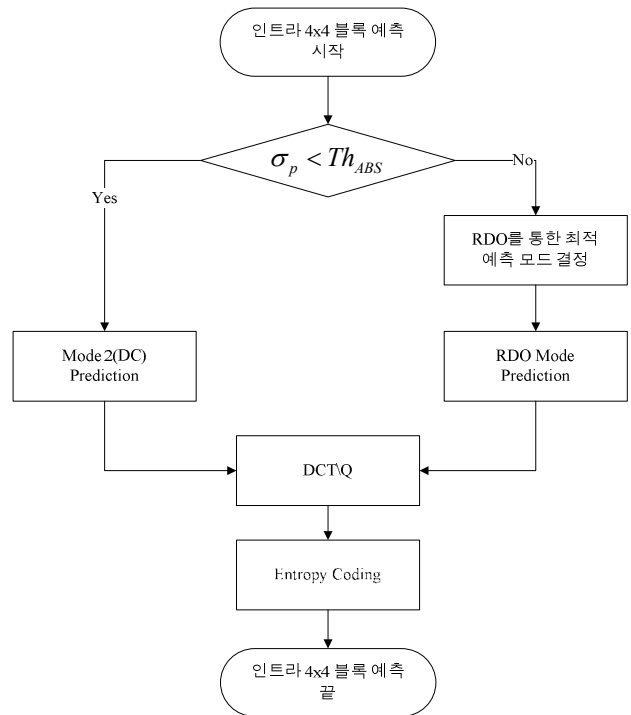


그림 2. ABS 흐름도
Fig. 2. A flowchart for ABS

$$\sigma_p = \sqrt{\left[\sum_{k=0}^3 (u_k - m)^2 + \sum_{k=0}^3 (l_k - m)^2 \right] / 8} \quad (1)$$

$$Th_{ABS} = \left\lfloor \frac{Qstep^2 + 8}{16} \right\rfloor \quad (2)$$

식 (1)에서 u_k 는 상위 블록의 화소이고, l_k 는 좌측 블록의 화소이다. 그리고 m 은 u_k 와 l_k 의 평균이다. 식 (2)에서 $Qstep$ 은 양자화 스텝 크기를 나타내며, $\lfloor \cdot \rfloor$ 는 floor 연산이다.

σ_p 값을 각 QP에 따라 미리 정해진 Th_{ABS} 와 비교하여 σ_p 값이 Th_{ABS} 보다 작으면 DC 모드로 결정하여 인트라 예측 모드 비트를 전송하지 않는다. 반대로 σ_p 값이 Th_{ABS} 보다 큰 경우에는 기존 방법과 동일하게 모든 예측 모드에 대

표 1. ABS 방법에 대한 통계적 데이터
Table 1. Statistical data of ABS method

실험영상	Foreman	Mobile	Paris	Tempete	Container	M&D	Silent	Avg.
검출율	0.95	0.59	0.82	0.69	0.95	0.95	0.89	0.83
오차율	0.70	0.50	0.56	0.58	0.56	0.79	0.70	0.63

실험조건:Baseline profile, JM 15.0, QP=32, 37, 42, 47

하여 유효-왜곡 최적화 과정을 거쳐 최적의 모드를 결정한다.

저 비트율 대역에서 ABS의 Th_{ABS} 의 경우 너무 큰 임계값을 사용함으로써 인해 많은 블록을 DC 모드로 선택하게 된다. 양자화 계수가 높아짐에 따라 주변 블록이 평탄해져 σ_p 의 값은 작아지고 임계값은 매우 커지기 때문이다.

표 1은 ABS에서 결정된 DC 모드와 H.264/AVC의 최적화 모드의 확률적 분포를 조사하였다. 확률적 분포는 ‘검출율’과 ‘오차율’로 구분하여 측정하였다. 정확한 특성을 분석하기 위해 H.264/AVC의 참조 소프트웨어 (Reference software)인 JM 15.0에 적용하여 CIF(352×288) 해상도의 Foreman, Mobile, Paris, Tempete, Container, M&D (Mother and daughter), Silent 영상에서 실험하였다. ‘검출율’과 ‘오차율’은 식(3)과 같다. 식 (3)에서 D_{ABS} , M_{DC} , M_{NoDC} 는 각각 ABS DC 모드, H.264/AVC에서 최종 DC 모드, H.264/AVC에서 DC 모드가 아닌 8가지 중 하나로 결정된 블록의 총 개수를 나타낸다.

$$\begin{aligned} \text{검출율} &= P(D_{ABS}|M_{DC}) \\ \text{오차율} &= P(D_{ABS}|M_{NoDC}) \end{aligned} \quad (3)$$

위 실험의 결과는 유효-왜곡 최적화 기법을 통해 선택된 모드가 DC 모드일 때 ABS DC 모드가 결정될 확률이 평균적으로 약 0.83이지만 최적 인트라 모드가 DC 모드가 아닌 경우에도 ABS DC 모드로 결정될 확률, 즉 ‘오차율’도 평균적으로 약 0.63 정도나 된다는 것을 보여준다. 이러한 오차율은 ABS에서 정의한 임계값을 사용하기 때문에 발생된다. 본 논문에서는 실험을 통해 ‘오차율’을 최소화 하면서 부호화 효율을 높일 수 있는 수정된 ABS의 임계값을 이용한다.

III. 제안하는 인트라 예측 모드 부호화 방법

1. 투표 기반의 인트라 예측 모드 부호화 방법

투표 기반의 인트라 예측 모드 생략 방법(Voting-based Intra Mode Bit Skip : V-IMBS)에서는 방향성을 가진 8가지 모드에 대해 다수결 투표방법을 이용하여 적응적으로 부호화 생략함으로써 부호화 효율을 높인다. 또한 DC 모드는 수정된 임계값을 사용한 ABS 방법을 이용하여 결정한다.

그림 3은 V-IMBS의 전체 순서도를 나타낸다. 저 비트율 대역에서는 앞서 제기한 ‘오차율’을 최소화하는 수정된 ABS의 임계값(Th_{MABS})을 미리 계산한다. 여기서 수정된 임계값은 2절에서 기술하도록 한다. 현재 부호화될 블록의 σ_p 값이 임계값보다 작으면 DC 모드로 결정하여 인트라 모드를 전송하지 않는다. 반대로 σ_p 값이 임계값보다 크면 V-IMBS 모드를 결정하는 단계를 통하여 모드 결정을 한다.

V-IMBS 모드를 결정하는 단계는 크게 2단계로 나누어진다. V-IMBS 1단계는 그림 4의 (a)의 회색 영역에서 3×2와 2×3 마스크를 취하여 방향정보를 얻는 것이다. 구체적으로 현재 블록의 상위 블록은 그림 4의 (b)~(e), 좌측 블록은 그림 4의 (f)~(i)에서 수직, 수평, 대각-왼쪽, 대각-오른쪽에 대해 방향정보를 얻는다.

8개의 블록에서 방향정보를 검출하기 위해 화소 간 미분 연산을 이용한다. 식 (4)~(11)는 4가지 방향 별 미분 연산을 상위 블록중 하나인 (b)과 좌측 블록중 하나인 (f) 블록에 대해 구체적인 수식으로 표현한 것이다. 나머지 블록 또한 같은 방법으로 계산한다. 계산된 미분 값 중 가장 작은 값을 가지는 방향을 해당 블록의 후보 방향으로 선택한다.

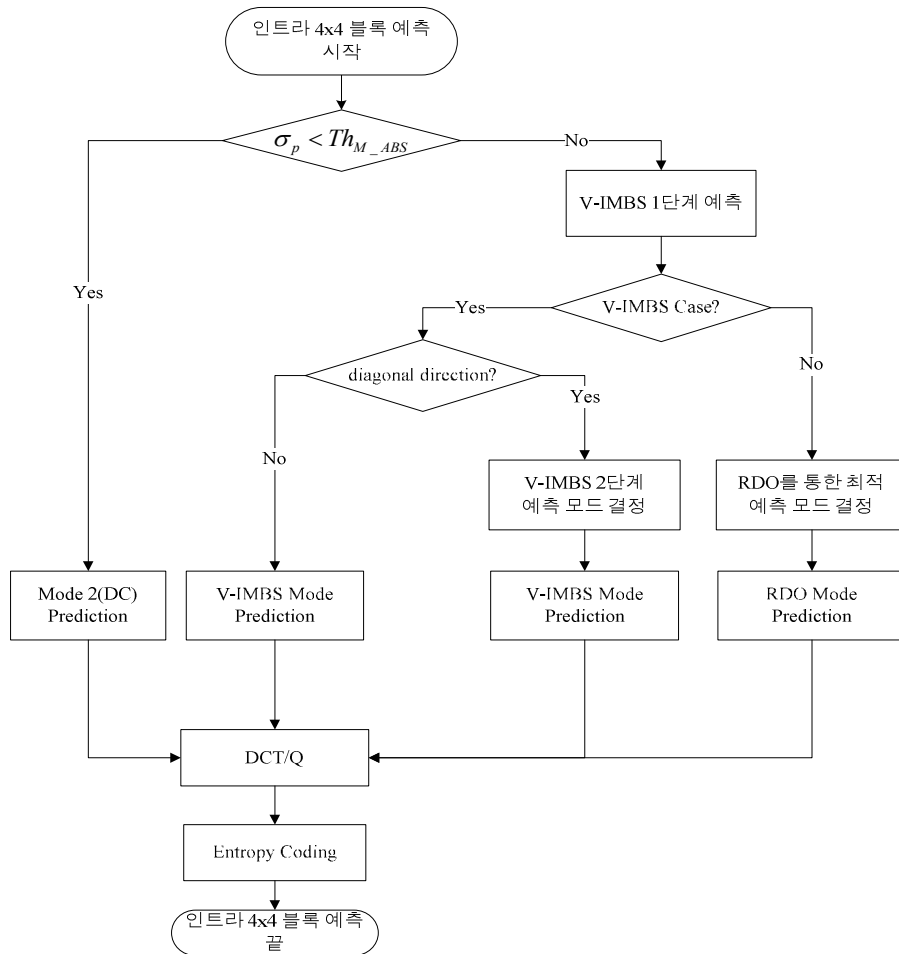


그림 3. V-IMBS의 순서도
Fig. 3. A flowchart for V-IMBS

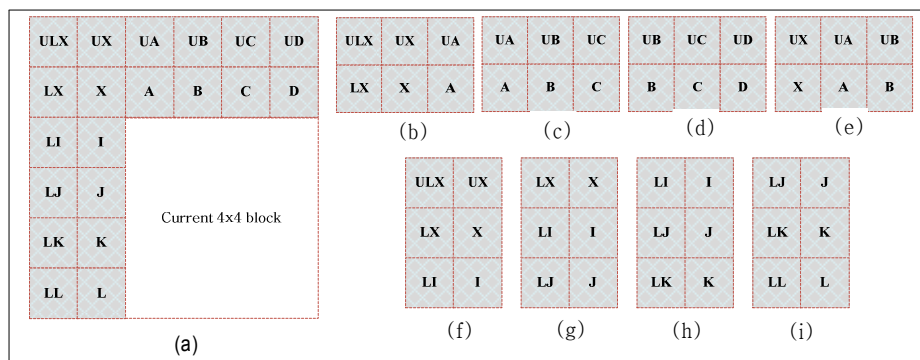


그림 4. V-IMBS에 이용되는 화소 및 블록들
Fig. 4. Pixels and blocks used in V-IMBS

1) 수직

$$D(\text{수직}) = \text{abs}(UX - X), \text{ for (b) 블록} \quad (4)$$

$$D(\text{수직}) = \text{abs}(UX - I), \text{ for (f) 블록} \quad (5)$$

2) 수평

$$D(\text{수평}) = \text{abs}(LX - A), \text{ for (b) 블록} \quad (6)$$

$$D(\text{수평}) = \text{abs}(LX - X), \text{ for (f) 블록} \quad (7)$$

3) 대각-왼쪽

$$D(\text{대각왼쪽}) = \text{abs}((UX + UA) - (LX + X) + 1) \gg 1, \quad (8)$$

for (b) 블록

$$D(\text{대각왼쪽}) = \text{abs}((UX + X) - (LX + LI) + 1) \gg 1, \quad (9)$$

for (f) 블록

4) 대각-오른쪽

$$D(\text{대각오른쪽}) = \text{abs}((ULX + LX) - (X + A) + 1) \gg 1, \quad (10)$$

for (b) 블록

$$D(\text{대각오른쪽}) = \text{abs}((ULX + LX) - (X + I) + 1) \gg 1, \quad (11)$$

for (f) 블록

8가지 블록에 대해 미분 연산이 끝난 후에는 각 블록 별 후보 방향에 대해 투표방법을 적용한다. 투표방법이란 8가지 블록에서 나온 후보 방향의 개수를 방향별로 세는 것을 말한다. 8개 블록에서의 후보 방향이 모두 같은 경우를 신뢰성 100%로 정의하여 후보 방향에 해당되는 모드를 표 2에서와 같이 선택하고 예측하여 부호화 한다. 또한 이때

표 2. V-IMBS 후보 방향과 인트라 예측 모드 번호

Table 2. The V-IMBS candidate direction and intra prediction mode number

V-IMBS 후보 방향	인트라 예측 모드 번호
수직	0
수평	1
대각-왼쪽	3,7,8
대각-오른쪽	4,5,6

모드 정보는 부호화하지 않는다. 신뢰성 100%를 만족하지 못하는 블록의 경우에는 H.264/AVC 모드 결정 방법과 동일하게 예측 모드를 결정한다. 정의된 신뢰성 100%로 모드 정보 생략을 한정된 이유는 H.264/AVC에서 최적의 예측 모드를 선택할 때 9가지 모드에 대해 율-왜곡 최적화 기법을 사용하는 반면 V-IMBS는 참조블록의 방향성 정보만을 이용하여 최적의 예측 모드를 결정하기 때문이다. 즉, 모드 비트 생략으로 인해 줄어드는 비트 대비 원 영상과 예측 값의 잔여신호 오차량이 더 커지게 된다면 부호화 효율을 저하시키기 때문에 신뢰성 100%일 경우에만 모드 정보를 생략한다.

그림 5는 100% 투표 방법의 통계적 데이터를 나타낸 것이다. 투표 방법이 H.264/AVC의 율-왜곡 최적화 과정을 통해 선택되는 모드와의 일치율이 높은 것을 알 수 있다. 즉, 신뢰성 100%인 경우에 투표 방법을 이용하여 부호화 하여도 오차량이 크지 않다는 것을 의미한다.

1단계의 결과가 신뢰성 100%인 경우이고 후보 방향이 대각-왼쪽, 대각-오른쪽 방향인 경우에는 주변 참조 화소들을 선형 보간 하여 V-IMBS 2단계를 수행한다. 그림 6는

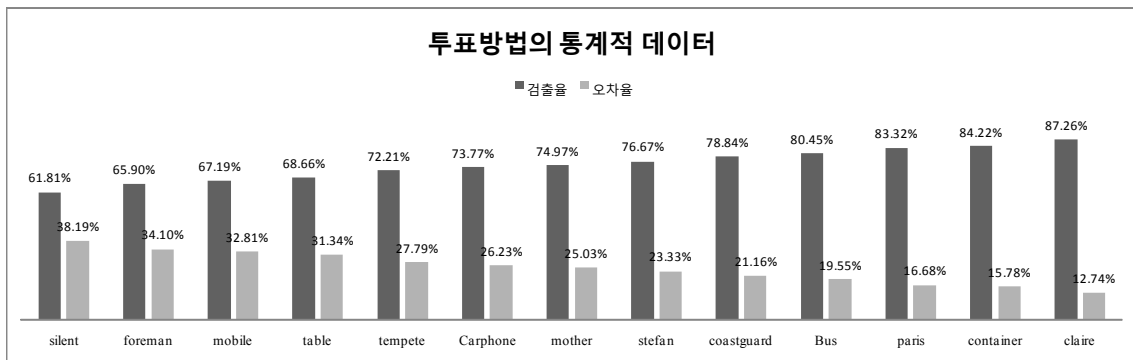


그림 5. 투표 방법의 통계적 데이터
Fig. 5. Statistical data of proposed method

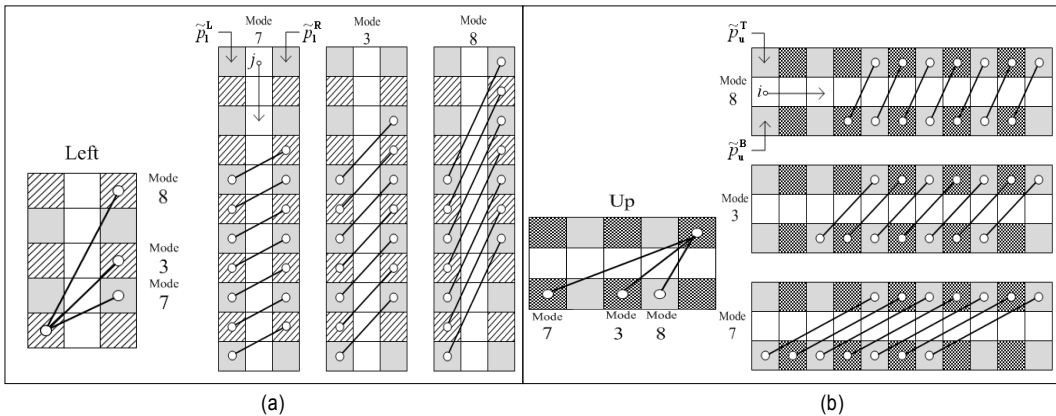


그림 6. V-IMBS에 이용되는 선형 보간된 참조 블록 : (a) 좌측 블록 (b) 상위 블록
 Fig. 6. Interpolated reference blocks used in V-IMBS (a) Left block (b) Upper block

대각-왼쪽 방향에 대한 최종 모드를 결정하는 방법에 대한 예를 보여준다. 선형 보간된 참조영역 내에서 해당 모드 방향과 관련된 화소들의 미분값을 이용하여 상관도를 계산한다. 각 모드 방향에 대한 상관도는 식 (12)와 같이 좌측과 상위 영역에서 계산된 결과의 합으로 표현된다. 예측 모드는 식 (13)과 같이 이 값들 중 가장 작은 값을 가지는 것으로 결정한다. 대각-오른쪽 방향에 대한 모드 결정방법은 앞서 제시한 대각-왼쪽 방향 모드결정 방법과 동일하다.

$$C^3 = \sum_{i=4}^{10} |\tilde{p}_u^T(i) - \tilde{p}_u^B(i-2)| + \sum_{j=4}^{10} |\tilde{p}_l^L(j) - \tilde{p}_l^R(j-2)|$$

$$C^7 = \sum_{i=4}^{10} |\tilde{p}_u^T(i) - \tilde{p}_u^B(i-4)| + \sum_{j=4}^{10} |\tilde{p}_l^L(j) - \tilde{p}_l^R(j-1)| \quad (12)$$

$$C^8 = \sum_{i=4}^{10} |\tilde{p}_u^T(i) - \tilde{p}_u^B(i-1)| + \sum_{j=4}^{10} |\tilde{p}_l^L(j) - \tilde{p}_l^R(j-4)|$$

$$M = \arg \min \{C^3, C^7, C^8\} \quad (13)$$

2. 수정된 ABS의 임계값 결정 방법

V-IMBS 방법에서 사용하는 임계값은 그림 7에 도시한 바와 같이 두 개의 임계값(Th_{V-IMBS}, Th_{M-ABS})을 사용한다. Th_{V-IMBS}은 투표 방법을 위한 임계값을 의미한다. V-IMBS에서 이용하는 미분값이 방향별 차이가 없다면 V-IMBS를 사용해 부호화 효율을 높이기 어렵다. 따라서 Th_{V-IMBS}을 두어 평탄한 블록과 그렇지 않는 블록을 구별한다. 최적의 Th_{V-IMBS} 정하기 위해 다양한 실험 영상과 QP 대역에서 0~(Th_{ABS}-1) 사이의 값을 적용하여 부호화해 보았고 그 결과 Th_{V-IMBS}은 16으로 한다. 즉, 식(2)를 통해 계산된 값이 16이상일 때 V-IMBS를 사용한다.

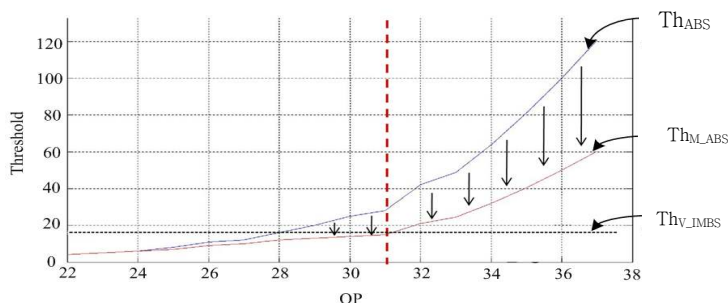


그림 7. ABS, M_ABS 그리고 V-IMBS 임계값
 Fig. 7. The threshold of ABS, M_ABS and V-IMBS

2장에서 살펴본 바와 같이 ABS에서 정의된 임계값은 QP값이 클수록 모드 결정 ‘오차율’이 높다. ‘오차율’을 낮춰 정확한 모드를 선택함으로써 잔차 신호량을 줄이는 방법이 더 높은 부호화 효율을 얻는 방법이다. 따라서 본 논문에서는 그림 7과 같이 Th_{ABS} 을 전체적으로 하향 조정시킨 Th_{M_ABS} 을 정의한다. 그림 8은 그림 7에서 Th_{ABS} 을 Th_{M_ABS} 으로 수정하는 과정을 설명하기 위해 간략화 하여 나타낸 것이다.

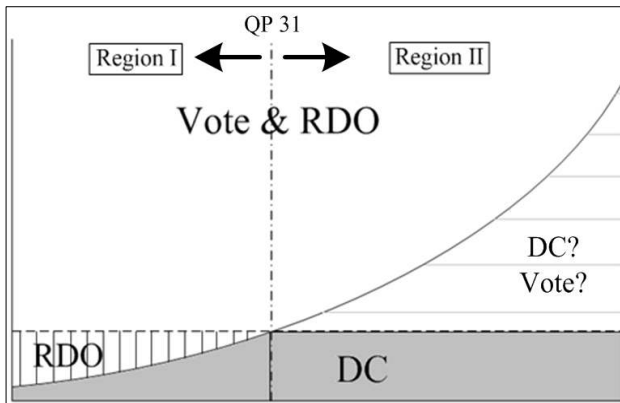


그림 8. Th_{ABS} 와 Th_{V_IMBS} 의 영역
Fig. 8. The region of Th_{ABS} and Th_{V_IMBS}

Th_{V_IMBS} 을 새롭게 정의함으로써 Th_{V_IMBS} 과 Th_{ABS} 이 일치하는 지점(QP=31)을 경계로 좌측 즉, $QP < 31$ 인 지역을 Region I, $QP \geq 31$ 인 지역을 Region II라고 정의한다.

Region I에서 사용하는 예측 모드 결정 방법은 표 3과 같이 선택된다. Region I에서 $\sigma_p < Th_{ABS}$ 인 경우에는 ABS

방법을 통해 모드를 결정하고 $Th_{ABS} \leq \sigma_p < Th_{V_IMBS}$ 을 만족할 경우에는 울-왜곡 최적화 기법을 통해 최적화 모드를 결정한다. 또한 $\sigma_p \geq Th_{V_IMBS}$ 의 조건을 만족할 경우에는 상기 제안된 V-IMBS를 적용하여 부호화 생략 조건을 만족할 경우에는 V-IMBS 모드로 부호화 하고 반대로 만족하지 못할 경우에는 울-왜곡 최적화 기법을 통해 최적화 모드를 결정한다.

Region II에서 사용하는 예측 모드 결정 방법은 표 4와 같다. $Th_{V_IMBS} \leq \sigma_p < Th_{ABS}$ 의 조건을 만족하는 구간은 V-IMBS를 적용하는 범위와 ABS 방법을 적용하는 범위가 일치하는 부분이다. 그러나 두 방법을 함께 사용할 수 있는 방법이 아니기 때문에 두 방법을 구분하기 위한 새로운 임계값이 필요하게 된다.

ABS에서 정의된 Th_{ABS} 이 Region II 지역 즉, 높은 QP 대역에서 ‘오차율’이 높다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 새로운 임계값을 정의함에 따라 ‘오차율’을 낮추면서 V-IMBS를 적용하는 범위를 정하는 방법이 필요하다. 따라서 식 (14)와 같이 M_ABS 이라는 새로운 임계값을 정의함으로써 이를 해결 한다.

$$Th_{MABS} = \left\lfloor \frac{Qstep^2 + 16}{32} \right\rfloor \quad (14)$$

Region II에서 최종적으로 사용하는 예측 모드 결정 방법

표 3. Region I에서 예측 모드 결정 방법
Table 3. Prediction mode decision method in Region I

	$\sigma_p < Th_{ABS}$	$Th_{ABS} \leq \sigma_p < Th_{V_IMBS}$	$\sigma_p \geq Th_{V_IMBS}$
예측 모드 결정 방법	ABS	울-왜곡 최적화 기법	V-IMBS, 울-왜곡 최적화 기법

표 4. Region II에서 예측 모드 결정 방법
Table 4. Prediction mode decision method in Region II

	$\sigma_p < Th_{V_IMBS}$	$Th_{V_IMBS} \leq \sigma_p < Th_{ABS}$	$\sigma_p \geq Th_{ABS}$
예측 모드 결정 방법	ABS	No decision	V-IMBS, 울-왜곡 최적화 기법

표 5. Region II에서 예측 모드 결정 방법
Table 5. Prediction mode decision method in Region II

	$\sigma_p < Th_{M_ABS}$	$\sigma_p \geq Th_{M_ABS}$
예측 모드 결정 방법	ABS	V-IMBS, 울-왜곡 최적화 기법

표 6. M_ABS 인트라 모드에 대한 통계적 데이터
Table 6. Statistical data of M_ABS intra mode

실험영상	Foreman	Mobile	Paris	Tempete	Container	M&D	Silent	Avg.
검출율	0.90	0.49	0.76	0.61	0.92	0.95	0.84	0.78
오차율	0.57	0.42	0.47	0.46	0.46	0.68	0.57	0.52

실험조건 : Baseline profile, JM 15.0, QP=32, 37, 42, 47

은 표 5와 같다.

Th_{M_ABS} 의 성능을 검증하기 위해 Th_{M_ABS} 를 적용한 ABS 방법에 대한 확률적 분포를 조사하였다. 표 6은 실험에 해당하는 통계적 데이터이다. 표 6을 살펴보면 ‘오차율’이 현저히 줄어든 것을 볼 수 있다. 이는 Th_{M_ABS} 이 기존의 Th_{ABS} 에 비해 작은 값을 가짐으로써 최적화 모드를 선택하는 확률이 높아졌기 때문이다.

IV. 실험 및 결과

본 논문에서는 제안한 인트라 예측 모드 부호화 방법과 H.264/AVC의 성능을 평가하기 위해 JM(Joint Model) 15.0 참조 소프트웨어를 기반으로 제안 방법을 구현하였다. 표 7은 제안방법의 성능 평가를 위한 실험 환경을 보여주고 있다.

표 7에 나타난 것처럼 실험 영상들은 CIF 또는 HD720 영상들에 대해 QP(Quantization Parameter)대역을 두 개의 대역 즉, QP 대역 1과 QP 대역 2로 실험하였다. QP 대역 1은 중간 비트율 대역으로써 부호화 성능을 평가하기 위해 많이 사용되는 대역이며 QP 대역 2는 저 비트율 대역으로 본 논문에서 대상으로 하는 대역이다. 모드 비트 정보가 차지하는 비율이 낮은 대역에서는 예측 모드 정보에 해당하는 비트량을 감소시키더라도 전체적으로 차지하는 비율이 낮기 때문에 부호화 효율을 크게 개선하지 못하기 때문이

표 7. 실험 조건
Table 7. Test conditions

Resolution	CIF (352x288)	HD720 (1280x720)
Frame rate	CIF : 30Hz, HD720 : 60Hz	
Total Frames	CIF : 100, HD720 : 100	
QP 대역 1	22, 27, 32, 37	
QP 대역 2	32, 37, 42, 47	
GOP	Intra Only	
Apply to	4x4 block only	
Coding Tool	CAVLC, RDO = On	
Comparison of Performance	Anchor : H.264/AVC standard without modification Previous : ABS Proposed : V-IMBS	

다. 실험 영상으로는 다양한 영상들을 사용하였고, H.264/AVC 표준의 베이스라인 프로파일 환경에서 실험하였다. 그리고 제안된 방법은 기존의 인트라 모드 정보 생략 방법과 성능을 비교하였다.

표 8과 표 9는 각각 QP 대역 1, QP 대역 2에서의 실험 결과를 나타낸 표이다. 정확한 성능을 비교하기 위해 BDBR (Bjonteggard Delta BitRate)와 BDPSNR(Bjonteggard Delta PSNR)^[10]을 사용하였으며 +는 평균 비트율 증가를 -는 평균 비트율 감소를 나타낸다. 부호화 시간의 변화량은 식 (15)를 이용하여 백분율로 나타내었다.

$$\Delta T(\%) = \frac{t_{method} - t_{JM}}{t_{JM}} \times 100 \quad (15)$$

t_{JM} 은 JM 15.0으로 부호화했을 때 전체 부호화시 소요되는 시간이며 t_{method} 는 해당 방법을 JM 15.0에 적용하여 부호화 했을 때의 부호화 시간을 나타낸다.

표 8과 9에서 알 수 있듯이, 중간 비트율 대역에서 H.264/AVC 대비 평균 1.94%의 비트율 절감을 보였으며 저 비트율 대역에서는 평균 4.44%의 비트율 절감을 보였

다. 특히, 저 비트율 대역에서 HD720 해상도의 Harbour 영상은 기존의 방법보다 3.80% 비트율 절감을 얻었다.

인트라 4x4로 부호화된 모든 4x4 블록 중 V-IMBS 구조의 ABS 모드, V-IMBS 모드 그리고 윗-왜곡 최적화 과정을 통해 선택되는 모드의 통계를 알아보기 위한 실험을 하였다. 실험 조건은 표 7의 조건과 동일하게 실험하였다. 그림 9는 CIF 해상도의 Paris 영상과 HD720 해상도의 Harbour 영상에 대한 결과이다. QP가 32일 때, Paris 영상은 ABS, V-IMBS 모드가 각각 약 33.6%, 11.8%, Harbour 영상은 18.9%, 20.9%가 선택되었다. 저 비트율 대역에서 V-IMBS

표 8. QP 대역 1에서의 실험 결과
Table 8. Experimental results in QP range 1

Resolution	Sequence	ABS		V-IMBS	
		BDBR	BDPSNR	BDBR	BDPSNR
CIF	coastguard	-0.25	0.02	-0.71	0.05
	carphone	-2.88	0.19	-2.92	0.19
	M&D	-1.92	0.11	-1.90	0.11
	foreman	-1.93	0.12	-1.83	0.11
	container	-1.22	0.09	-1.37	0.10
	bus	-0.73	0.06	-0.82	0.07
	paris	-0.89	0.08	-0.95	0.09
	tempeste	-0.81	0.07	-0.80	0.23
	claire	-3.10	0.23	-3.12	0.05
	stefan	-0.44	0.04	-0.45	0.09
	silnet	-1.53	0.09	-1.50	0.09
HD720	harbour	-0.24	0.02	-1.51	0.12
	jets	-1.51	0.06	-2.59	0.10
	crew	-3.15	0.13	-3.81	0.15
	sailormen	-1.12	0.06	-1.67	0.09
	city	-1.17	0.08	-1.58	0.11
	cyclists	-3.44	0.15	-3.82	0.17
	sheriff	-2.26	0.14	-2.64	0.17
	shuttle	-3.08	0.12	-3.45	0.13
	optis	-1.56	0.09	-1.86	0.11
	night	-1.49	0.11	-1.80	0.13
	bigships	-2.52	0.14	-2.71	0.15
	panslow	-1.28	0.05	-1.35	0.05
	raven	-1.90	0.10	-1.83	0.10
Spincalender	-1.64	0.10	-1.54	0.09	
Average		-1.68	0.10	-1.94	0.12

표 9. QP 대역 2에서의 실험 결과
Table 9. Experimental results in QP range 2

Resolution	Sequence	ABS			V-IMBS		
		BDBR	BDPSNR	Time(%)	BDBR	BDPSNR	Time(%)
CIF	coastguard	-1.89	0.08	-39.9%	-3.57	0.15	-33.4%
	carphone	-4.63	0.32	-40.8%	-5.68	0.39	-39.4%
	M&D	-4.34	0.23	-44.9%	-5.20	0.27	-43.3%
	foreman	-5.59	0.29	-18.4%	-6.36	0.33	-19.7%
	container	-3.00	0.18	-39.9%	-3.76	0.22	-38.9%
	bus	-2.95	0.17	-36.9%	-3.56	0.20	-46.4%
	paris	-3.14	0.23	-8.9%	-3.63	0.26	-1.0%
	tempete	-2.69	0.16	-27.0%	-3.13	0.18	-29.10%
	claire	-4.70	0.41	-43.0%	-5.08	0.44	-43.6%
	stefan	-1.79	0.12	-34.1%	-2.14	0.14	-28.6%
HD720	silnet	-5.04	0.22	-43.8%	-5.34	0.23	-40.2%
	harbour	-0.92	0.06	-40.5%	-4.72	0.28	-44.7%
	sailormen	-3.04	0.15	-42.9%	-5.05	0.25	-43.7%
	cyclists	-3.30	0.17	-44.1%	-5.11	0.26	-56.5%
	jets	-2.31	0.12	-44.7%	-3.99	0.22	-57.3%
	Spincalender	-2.01	0.11	-40.6%	-3.68	0.20	-42.3%
	city	-3.82	0.17	-44.8%	-5.46	0.25	-50.4%
	sheriff	-4.52	0.22	-44.0%	-5.85	0.29	-45.9%
	bigships	-5.72	0.22	-46.5%	-6.93	0.27	-55.3%
	night	-3.92	0.24	-41.8%	-5.06	0.30	-48.9%
	crew	-3.54	0.17	-44.5%	-4.67	0.22	-57.8%
	panslow	-1.60	0.09	-43.3%	-2.61	0.14	-46.5%
	shuttle	-1.39	0.06	-48.3%	-2.36	0.11	-50.7%
	optis	-3.93	0.14	-46.8%	-4.89	0.18	-57.2%
raven	-2.77	0.13	-46.4%	-3.15	0.14	-49.3%	
Average		-3.30	0.18	-39.9%	-4.44	0.24	-42.8%

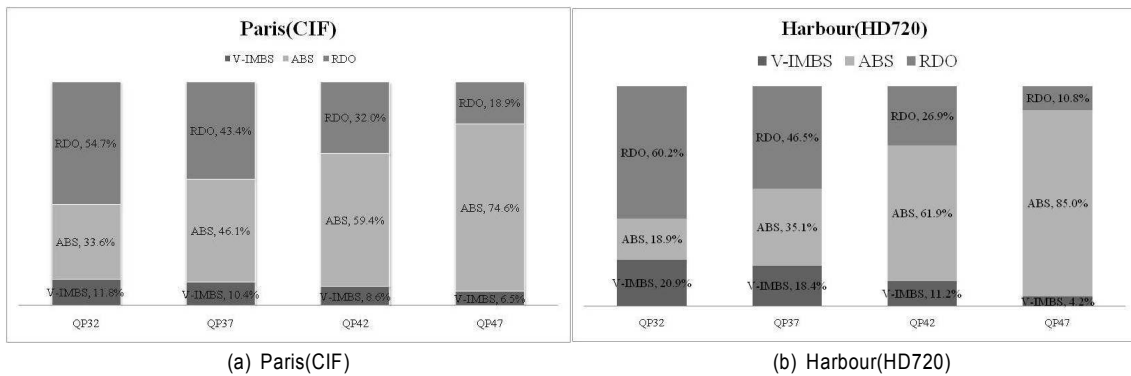


그림 9. ABS, V-IMBS와 RDO의 모드 선택 비교
Fig. 9. Comparison of mode selection in ABS, V-IMBS and RDO

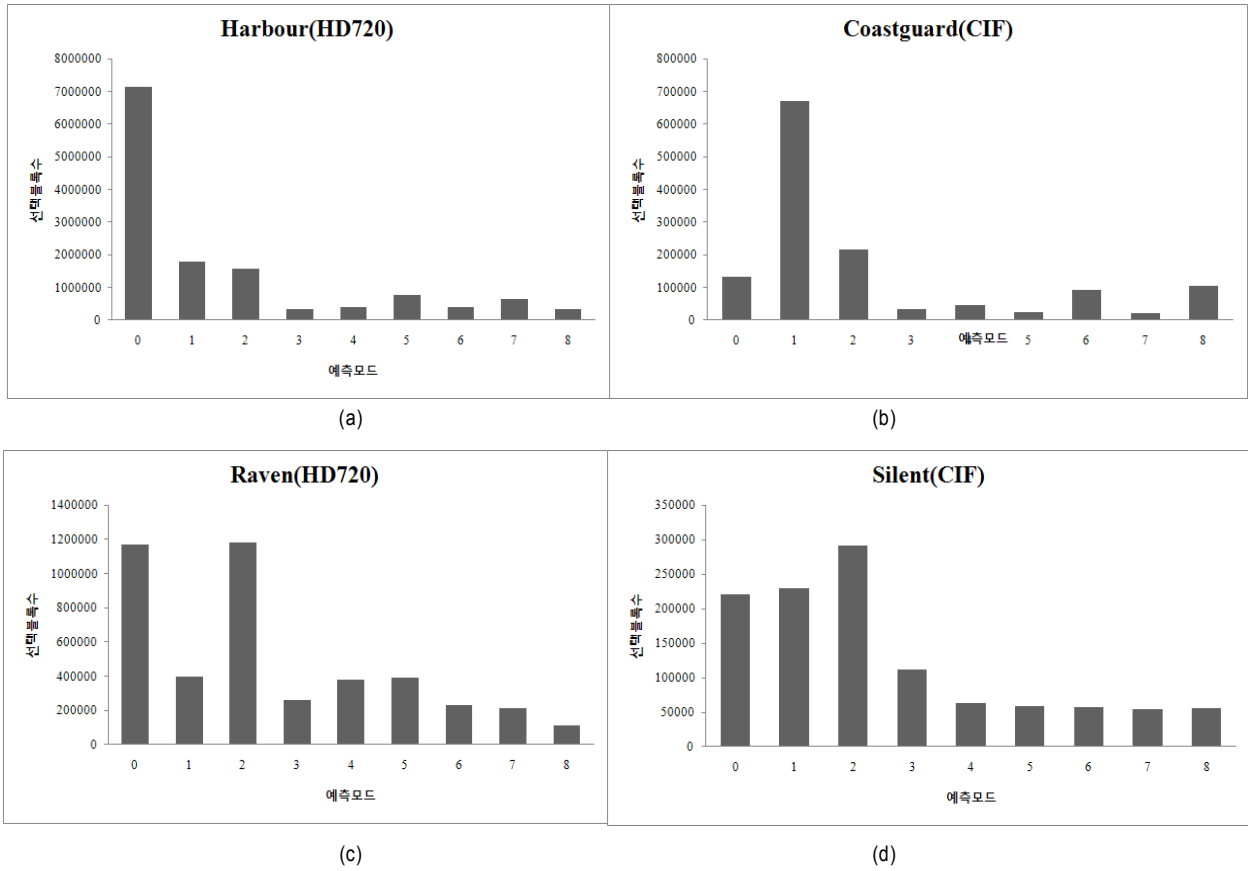


그림 10. 최적 인트라 예측 모드의 수
 Fig. 10. The number of optimal intra prediction mode

모드로 선택되는 모드의 수는 적기는 하지만 전체 비트량에서 모드 비트가 차지하는 비율이 많기 때문에 미치는 영향은 크다고 볼 수 있다.

투표 방법의 성능이 큰 영상들은 최적 예측 모드로 선택된 DC 모드의 비율이 적다. 그림 10은 V-IMBS 방법을 통해 성능향상이 가장 높은 영상과 가장 낮은 영상들을 JM15.0에서 인트라 4x4 블록의 최적 모드의 선택 수를 나타낸 것이다. 이 실험은 JM 15.0, 베이스라인 프로파일에서 QP 대역 2에서 실험한 것이며 가로 및 세로 축은 인트라 예측 모드 번호 및 각 모드가 최적의 인트라 예측 모드로 결정된 블록의 수를 각각 나타낸다. 따라서 V-IMBS 방법의 투표 방법을 이용한 모드 선택 방법은 DC 모드의 선택이 적고 수직이나 수평의 방향성을 가지는 영상에서 큰 성능을 가진다.

부호화 시간 절약율은 ABS가 평균적으로 약 39.9%의 시간을 절약한 반면에 제안된 방법은 약 42.8%의 시간을 절약하였다. V-IMBS 방법은 부호화기 측면에서 보면 ABS 방법 보다 더 복잡한 전처리 과정이 필요하다. 그러나 모드 정보를 생략하는 블록의 수가 ABS 방법에 비해 증가함으로 인해 윌-왜곡 최적화 기법을 이용하는 블록의 수가 줄어들어 모드 결정을 위한 부호화 시간이 ABS 방법보다 더 절약된다. 그림 11은 전체 비트스트림에서 예측 모드의 각 QP별 차지하는 비트량을 그림으로 나타낸 것이다.

그림 12는 4개의 영상에 대한 실험 결과를 R-D 곡선으로 나타낸 그림이며, ◆은 H.264/AVC, ■은 기존 방법, ▲은 제안된 방법의 실험 결과이다. R-D 곡선 상에서 제안된 방법을 사용할 때 기존 방법과 비교하여 약 0.01 dB에서

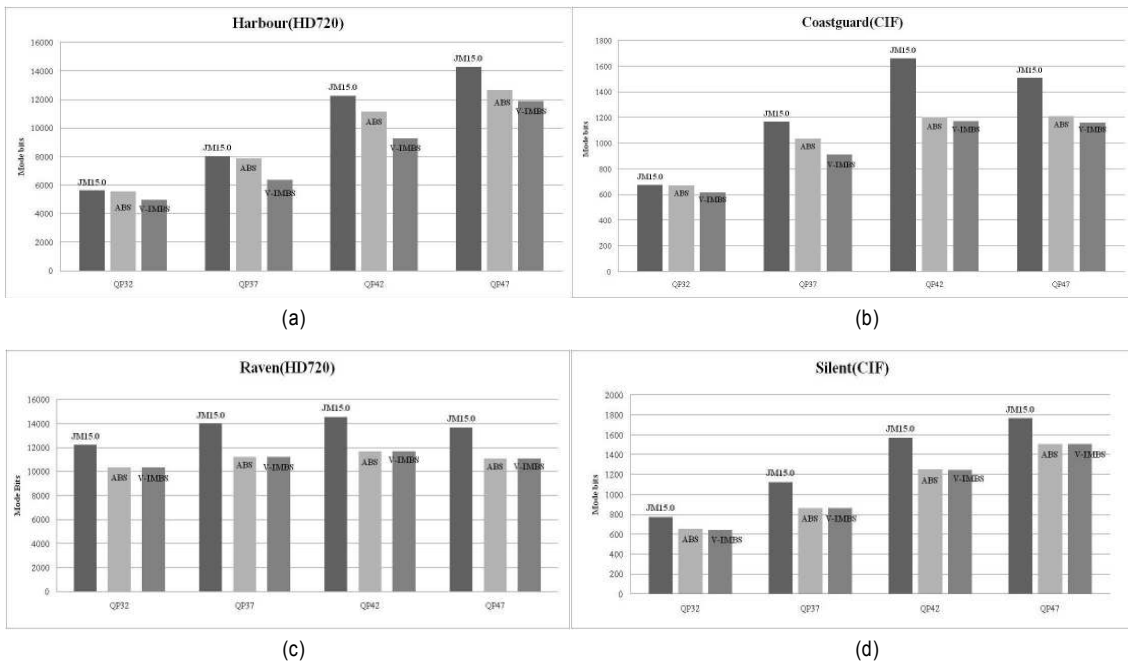


그림 11. 인트라 예측 모드의 비트량
Fig. 11. Bits of intra prediction mode

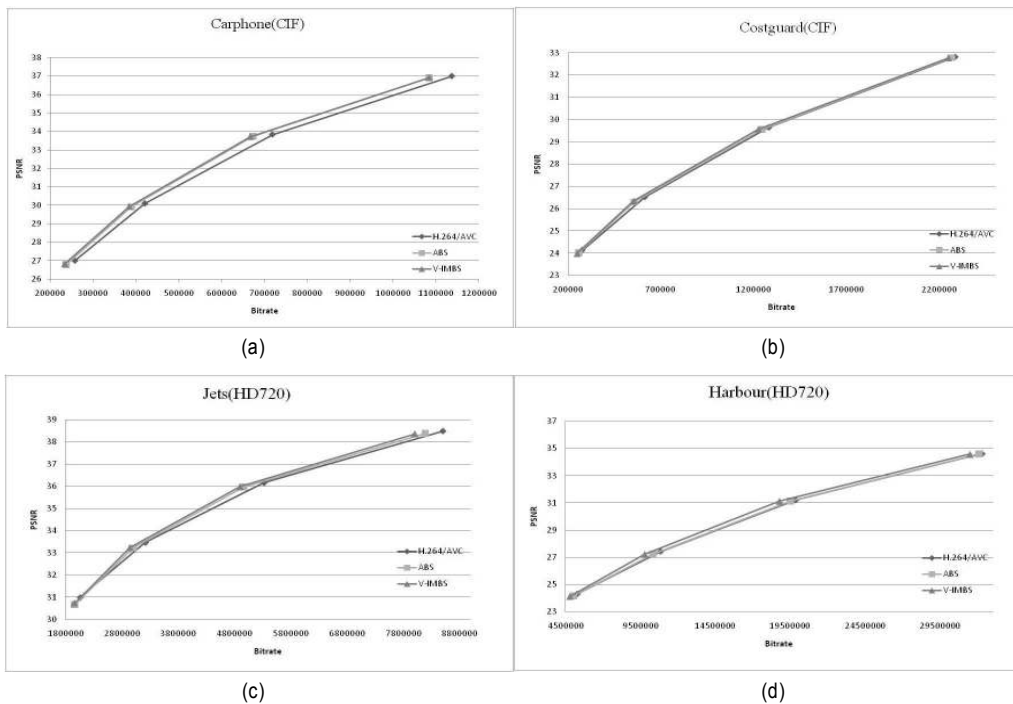


그림 12. 다양한 영상들의 R-D 곡선
Fig. 12. R-D curves for various sequences.

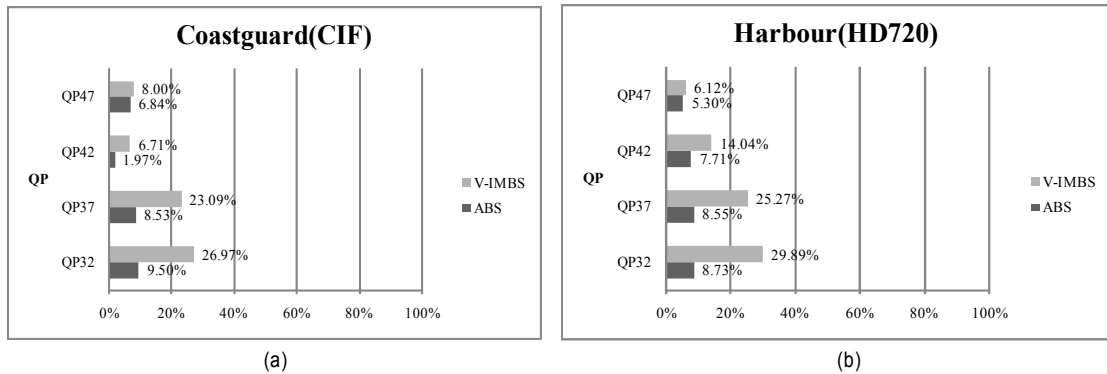


그림 13. 복호화기의 복잡도 비교
Fig. 13. The complexity comparison decoder

최대 0.23 dB의 BD-PSNR이 향상되는 것을 알 수 있다. 그림 13은 제안 방법의 복호화기의 복잡도를 비교하기 위해 성능의 대표적인 두 영상을 선택해 전체 복호화기의 시간을 통해 비교하였다. 실험 결과, 복호화기는 평균 약 17.5%의 시간 증가를 보이며 이는 제안하는 복호화기는 항상 예측 블록을 생성하기 전에 주변 화소의 전처리 과정이 필요하기 때문이다.

VI. 결 론

본 논문에서는 인트라 예측 모드 정보로 부호화에 사용되는 모드 비트를 주변 화소의 방향성 정보를 이용하여 부복호화 과정에서 생략하는 방법을 제안하였다. 현재 블록과 주변 블록의 화소 간 상관도가 높은 점을 이용하여 주변 블록의 방향성이 모두 같다고 판단 된 경우에 한하여 예측 모드 정보를 생략함으로써 부호화 효율을 높일 수 있었다. 실험 결과, 저 비트율 대역에서 BDBR 성능이 평균 약 4.44% 정도 향상되었으며, 부호화 시간을 최대 약 57.80% 정도 감소시킬 수 있었다. 이는 BDBR 성능 측면에서 기존의 ABS 보다 평균 약 1.14% 이상 향상된 것이다. 복잡한 전처리 과정에도 불구하고 더 많은 블록의 모드 정보를 생략함으로써 부호화 시간의 손실 없이 압축 성능을 향상시켰다.

제안된 방법을 수용한 복호화기는 모드 비트 부호화 생략 여부를 판단하고 스스로 모드 정보를 결정해야 하므로 H.264/AVC의 복호화기에 비해 복잡도가 증가한다. 또한

이를 위해 비트스트림 구조를 변경해야 하는 단점을 가지고 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] G. J. Sullivan and T. Wiegand, "Video compression from concepts to the H.264/AVC standard," Proc. IEEE, pp. 18-31, January 2005
- [2] "Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbit/s Part 2: Video," Int. Standards Org./Int. Electrotech. Comm. (ISO/IEC) JTC 1, ISO/IEC 11172-2 (MPEG-1), Mar. 1993
- [3] "Generic codig of moving pictures and associated audio information Part 2: Video," Int. Telecommun. Union-Telecommun. (ITU-T) and Int. Standards Org./Int. Electrotech. Comm. (ISO/IEC) JTC 1, Recommendation H.262 and ISO/IEC 13818-2 (MPEG-2 Video), Nov. 1994.
- [4] T. Wiegand, G. J. Sullivan, and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard," IEEE Trans. on CSVT, vol. 13, no.7 pp. 560-576, July. 2003.
- [5] G. J. Sullivan and T. Wiegand, "Rate-Distortion Optimization for Video-Compression," IEEE Signal Processing Magazine, pp 74-90, November 1998
- [6] Y. K. Tu, J. F. Yang, and M. T. Sun, "Efficient rate-distortion estimation for AVC/H.264 coders," IEEE Trans. on CSVT, vol. 16, no.5, pp. 600-611, May 2006.
- [7] http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/old_jm/15.0.zip
- [8] D. Y. Kim, K. H. Han and Y. L. Lee, "Adaptive Intra Mode Bit Skip in Intra Coding," IEEE Asia Pacific Conference on Circuits Syst, pp. 446-449, December 2008
- [9] D. G. Kim, J. Y. Yang and B. W. Jeon, "Intra prediction mode coding by using decoder-side matching," IEEE International Workshop on Multimedia Signal Processing, pp. 1-4, October 2009
- [10] G. Bjontegard, "Calculation of Average PSNR Differences between RD-curves," Doc. VCEG-M33, Apr. 2001.

저 자 소 개



김 지 언

- 2009년 2월 : 광운대학교 전자공학과 졸업 공학사
- 2009년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 대학원 전자공학과 석사과정
- 주관심분야 : H.264/AVC, 비디오 압축



조 혜 정

- 2005년 2월 : 한양여자대학 컴퓨터공학부 졸업(학사)
- 2005년 9월 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학과 석박통합과정
- 주관심분야 : 멀티미디어 콘텐츠 보호, 영상처리, 비디오 코덱 시스템, IPTV



정 세 윤

- 1995년 2월 : 인하대학교 전자공학과 학사
- 1997년 2월 : 인하대학교 전자공학과 석사
- 2006년 3월 ~ 현재 : KAIST 전기및전자공학과 박사과정 중
- 1996년 12월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원(ETRI) 방통융합미디어연구부 선임연구원
- 주관심분야 : 비디오 코딩, HEVC, UHDTV, 3DTV



이 진 호

- 2007년 2월 : 고려대학교 전자 및 정보공학부 졸업(학사)
- 2009년 2월 : 과학기술연합대학원대학교(UST) 디지털방송공학과 졸업(석사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원(ETRI) 방통융합미디어연구부 연구원
- 주관심분야 : Video coding, HEVC, UHDTV, 3DTV



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