

# H.264/AVC의 고속 인트라 모드 결정을 위한 효과적인 인트라 모드

정희원 이 웅 호\*, 이 정 호\*, 조 익 환\*, 정희원 정 동 석\*\*

## Efficient Intra Modes for Fast Intra Mode Decision of H.264/AVC

Woong-ho Lee\*, Jung-ho Lee\*, Ik-Hwan Cho\*, Dong-Seok Jeong\*\* *Regular Members*

### 요 약

인트라 예측 코딩은 H.264/AVC에 제시된 여러 가지 효율적인 코딩 도구 중 하나이지만 그 결정과정에서 많은 계산량을 요구하는 단점이 있다. 이러한 과도한 계산량을 줄이기 위하여 인트라 예측 모드 결정을 위한 많은 고속화 알고리즘이 제안되었다. 이전 대부분의 연구가 모드 결정 과정에 집중된 반면 본 논문에서는 비트율-왜곡 최적화를 통한 인트라모드의 결정시 연산 수행 대상의 인트라 예측 모드 중 여러 개의 인트라 예측 모드를 한두 개의 효율적인 인트라 예측 모드로 대체하여 고속화를 이루었다. 본 논문에서 제안한 알고리즘을 참조소프트웨어로 구현한 실험결과 눈에 띄는 화질의 저하 없이 전체 부호화에 약 49%의 계산량을 줄이는 효과를 보였다.

Key Words : Intra prediction, Fast mode decision, H.264/AVC

### ABSTRACT

Intra prediction coding is one of the many coding-efficiency oriented tools of H.264/AVC, but it requires high computational complexity. Many fast intra coding algorithms have been proposed to reduce the computational complexity of intra prediction. While most of them have been focused on the mode decision methods themselves, we propose a fast algorithm in which new intra modes are substituted for the conventional intra modes so that the number of intra modes can be reduced. The simulation results show that the proposed method could reduce the encoding time of the overall sequence by 49% without any noticeable degradation of the coding efficiency.

### I. 서 론

최근 ITU-T(International Telecommunication Union)의 VCEG(Video Coding Experts Group)와 ISO/IEC(International Organization For Standardization/International Electro-technical Commission)의 MPEG(Moving Picture Experts Group)에서 공동으로 표준화 작업이 완료된 새로운 비디오 부호화 표준인 H.264/AVC(Advance Video Coding)는

기존의 국제 비디오 부호화 표준인 MPEG-1, 2, 4와 H.261, H.263과 비교해 보면 부호화 효율적인 측면뿐만이 아니라 화질적인 측면에서도 우수한 결과를 보였다.

H.264/AVC가 우수한 성능을 보이기 위하여 기존의 비디오 부호화 표준과는 다른 기능들을 표준에 포함하게 되었는데 이러한 특징들을 살펴보면 인터 프레임 부호화에서의 정확한 움직임 예측을 위한 1/4 화소 단위의 움직임 예측과 다중프레임

\* 인하대학교 전자공학과 \*{tlee, julian, teddydino}@inhaian.net, \*\* dsjeong@inha.ac.kr  
논문번호 : KICS2005-09-393, 접수일자 : 2005년 9월 30일

참조(Multi reference frame)가 있다. 이는 정밀한 움직임 예측과 반복되는 움직임에 대하여 효과적이다. 두 번째로는 I-슬라이스뿐만이 아니라 P-슬라이스에서의 인트라 예측 부호화(Intra prediction coding)로 비트율-왜곡 최적화(Rate-distortion optimization)를 통하여 부호화 효율을 극대화한 모드로 부호화를 하게 된다. 새로운 엔트로피 부호화로는 EGC(Exponential Golomb Code)로 부호화를 먼저 실행하고 이를 각 프로파일(Profile)에 맞추어 CAVLC(Context-based Adaptive Variable Length Coding) 부호화 방법 또는 ABAC(Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding) 부호화 방법을 선택하게 된다. 부호화 대상 블록의 변환도 기존의 8×8 이산 역현변환(Discrete Cosine Transformation)대신에 4×4 정수변환(Integer Transformation)과 하다마드 변환(Hadamard Transformation)을 기본 변환으로 수행하고 있다. 이외에도 화질 개선을 위하여 부호화기 내의 디블럭킹 필터(In-loop deblocking filter), 가변블록 움직임 벡터 예측(Variable block partition motion estimation) 등과 비디오 전송에 효율적인 데이터 분할(Data Partitioning) 기법들이 쓰였다<sup>11</sup>. 이러한 특징들이 가지는 장점으로 인해서 기존의 비디오 부호화 표준인 H.264/AVC는 MPEG-2나 H.263에 비해서 객관적 화질의 척도인 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)이 동일한 경우 데이터 압축률인 비트량이 약 절반 이상으로 줄어드는 것으로 확인되었다<sup>12</sup>.

이중에서 인트라 예측 부호화는 H.264/AVC의 여러 가지의 주요 특징들 중 하나로서 영상 내에서

표 1. 표준 비디오 영상들에서의 인트라 블록이 발생할 확률  
Table 1. Probability of Intra mode in the standard video sequences

Test Sequence	Prob. of I4MB(%)	Prob. of I16MB(%)	Total(%)	
CIF	Soccer	2.79	0.76	3.55
	Stefan	0.93	1.01	1.94
	M&D	0.34	0.20	0.54
	Mobile	0.02	0.11	0.13
	Foreman	1.96	1.85	3.81
	Crew	7.63	5.53	13.16
	Akiyo	0	0.01	0.01
	Ice	0.56	0.85	1.41
QCIF	Coastguard	0.17	0.15	0.32
	Container	0	0.23	0.23
	Silent	0.61	0.11	0.72
	Carphone	0.44	0.55	0.99
	Salesman	0.02	0	0.02

공간적인 상관성을 이용하여 부호화하고자 하는 블록과 이웃한 블록들의 압축-복원된 정보를 이용하여 예측하는 방법이다. [3]의 연구에서는 인트라 예측 부호화의 우수성을 잘 나타내고 있는데 정지 영상 부호화 표준인 JPEG(Joint Picture Experts Group)과 비교하여 동일 비트율에서 PSNR이 약 3-4dB 정도 향상을 보였다.

이러한 우수한 성능에도 불구하고 인트라예측 부호화는 그 결정 과정의 복잡성으로 인하여 계산량이 증가하는 단점이 있다.

기존의 비디오 부호화 표준에서는 I-슬라이스의 경우 인트라 부호화만을 수행하고 P-슬라이스에서는 인트라 부호화를 수행을 하지 않는 반면 H.264/AVC에서는 I-슬라이스뿐만 아니라 P-슬라이스에서 인트라 예측 모드를 수행 후 보다 좋은 화질을 위한 최종 모드를 결정하기 위하여 인트라 예측 모드를 검사하는 연산을 수행한다. 그러나 P-슬라이스에서의 인트라 모드의 발생확률은 표 1에서 보는바와 같이 현저히 떨어지는 것을 알 수 있다. 표 1은 표준 비디오 영상들을 IPPP 구조로 각 200프레임씩 부호화한 뒤 나타난 P-슬라이스에서의 최종 인트라 예측 모드의 발생확률을 나타낸다. 표준영상을 대상으로 그 발생확률을 살펴보면 P-슬라이스 부호화 시 인트라 예측 모드가 최종 부호화 모드로서 최소 0.01%에서 최대 13.16% 발생하나 대부분 약 2%미만의 확률로 인트라 예측 모드가 발생하는 것을 알 수 있었다. 영상내의 인트라 예측 모드의 발생확률이 위에서 살펴본 것같이 적은데도 최종모드결정을 위해서는 인트라 예측 모드의 계산을 전부 수행하여야 한다. 또 이때 인트라 예측 모드의 생성과 최적모드의 결정에 소요되는 시간이 전체 인트라 부호화단계 중 약 77%의 계산량을 차지하게 된다<sup>13</sup>. 이런 이유들로 인하여 인트라 예측 모드 결정의 고속화 알고리즘이 필수적이라 할 수 있다.

최근에 인트라 예측 모드 결정의 과도한 계산을 해결하고자 인트라 예측 모드 결정의 고속화를 위한 여러 연구들이 진행되었다. 일반적으로 연구된 모드 결정의 고속화 알고리즘들은 크게 2가지 종류로 나누어 볼 수 있다. 첫째는 전처리(Pre-processing)를 통하여 비트율-왜곡 최적화(Rate-distortion optimization)함수에 들어갈 인트라 예측 모드의 후보수를 줄이는 방법이다. 이는 입력 매크로블록의 특성을 고려하여 계산후보 모드의 수를 줄이므로 고려된 특성들에 따라 이후의 압축성능이 결정되게 된다<sup>15][16]</sup>. 이때 전처리에 쓰이는 매크로블록의 특

성으로는 블록내의 에지량(Amount of edge), 에지의 방향성(Edge direction), 이웃 블록과 공간적인 상관성(Correlation) 등이 있다. 또 다른 방법으로는 비트율-왜곡 최적화 함수를 변경하여 연산량을 줄이는 것이다. 이는 특정 영상에서는 좋은 성능을 발휘할 수 있으나 일반적으로 입력영상에 대한 정보를 미리 얻기 어렵기 때문에 범용적으로 적용하기에는 어렵다는 문제가 있다<sup>6)</sup>.

F.Pan 등이 제안한 인트라 모드 결정 고속화 알고리즘은 대상 매크로 블록의 에지 방향 히스토그램(Edge direction histogram)을 전처리로 수행하고 우세한 방향의 에지와 대응하는 인트라 모드를 수행함으로서 고속화를 제안하였다. 이때 비트율-왜곡 최적화의 계산에 필요한 우세한 방향의 인트라 예측 모드뿐만 아니라 우세한 방향과 비슷한 주변 방향의 인트라 예측 모드에 대하여도 계산을 수행하여 고속화에 따른 부호화 효율이 저하되는 것을 막았다. 제안한 고속화를 적용한 부호화시 약 22%의 계산량의 절감 효과를 보였다<sup>5)</sup>. 기존의 비트율-왜곡 최적화 함수를 계산하기 전에 인트라 예측 모드를 SAD(sum of absolute difference)와 SATD(sum of absolute transform difference)로 계산하여 인트라 예측 모드의 순위를 정한 뒤 결정된 순위 안에 들어온 모드만을 비트율-왜곡 최적화 계산을 수행하고 비트율 계산시 여러 영상으로부터 얻은 왜곡-비트율을 근사시킨 함수를 통하여 고속화를 제안하였다. 고속화를 통하여 약 8.8-14.6배의 계산 속도를 높였지만 왜곡-비트율에 대한 일반적인 함수를 유도하기 위하여 특정영상을 대상으로 적용하였고 그에 따른 근사함수의 에러를 최소화하기 어려웠다<sup>6)</sup>. Jeon 등은 인트라 모드뿐만 아니라 인터 모드 결정전에 SKIP 모드를 제안하여 부호화 대상 블록이 이전 참조 영상의 블록과 비교하여 변화가 없을 조건을 제시하고 그 조건을 만족하면 인트라/인터 모드 계산을 하지 않고 SKIP 모드로 부호화한다. 또 인터 모드 결정 후 인트라 모드로 계산이 진행되기 전 주변블록과의 상관성(Correlation)을 조사하여 상관성이 높으면 인트라 예측 모드 결정 계산과정을 생략하는 방법으로 고속화를 제안하였다. 이때 전체적으로 부호화 시간이 약 30% 감소함을 보였다<sup>7)</sup>.

본 논문에서는 기존의 인트라 모드를 대체할 수 있는 새로운 인트라모드를 제안하여 계산해야할 인트라 모드의 수를 줄임으로써 고속화를 실현하였다. 2장에서는 기존의 일반적인 인트라 모드 결정과정을 소개하고 3장에서는 새로운 인트라모드와 그에

따른 결정 방법을 제안하고 이를 통한 실험 및 결과를 4장에서 검증한다.

## II. 일반적인 H.264/AVC의 인트라 모드 결정

인트라 부호화는 프레임내의 공간적인 중복성을 제거하기 위하여 이용되었다. 기존의 비디오 부호화 표준에서는 인트라 부호화시 정지 영상 부호화 표준에서와 마찬가지로 부호화 대상 매크로블록 전체를 이산여현변환(Discret Cosine Transform)변환, 양자화 및 VLC(variable length coding)과정을 거쳐서 압축을 하였다. H.264/AVC에서는 부호화 대상 매크로블록의 압축, 복원된 주변 블록을 이용하여 인트라 예측을 하고 원영상과 예측된 영상과의 차 정보를 압축을 한다. 이때 인트라 예측을 하기 위하여 블록의 휘도성분을 그림 1과 같이 16×16(I16MB)에서는 4개의 인트라 예측 모드와 부-블록(Sub-macroblock)인 4×4(I4MB)에서는 9개의 인트라 예측 모드로 나누어진다. 또 색차는 8×8블록에서 I16MB와 같은 방식으로 4개의 인트라 예측 모드로 구성된다.

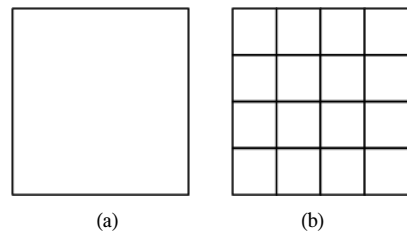


그림 1. 인트라 예측을 위한 I16MB 와 I4MB의 블록 partition (a) I16MB, (b)I4MB  
Fig. 1. Macroblock partition for the intra prediction modes (a) I16MB, (b)I4MB

### 2.1 I4MB 인트라 예측 모드

부-매크로블록 사이즈인 4×4 블록에서의 인트라 예측 모드는 그림 2의 (b)에서와 같이 8개의 방향성 예측과 한 개의 DC 예측으로 구성된다. 그림 2의 (a)에서 회색영역의 화소들(A-Q)은 이전에 압축-복원된 화소들로서 예측 블록의 이웃한 주변블록에 속하고 현재 예측하고자 하는 블록의 화소들(a-p)의 예측에 사용된다. 9개의 인트라 예측 모드는 다음과 같다.

- 모드 0 : Vertical
- 모드 1 : Horizontal
- 모드 2 : DC
- 모드 3 : Diagonal Down-Left

- 모드 4 : Diagonal Down-Right
- 모드 5 : Vertical-Right
- 모드 6 ; Horizontal-Down
- 모드 7 : Vertical-Left
- 모드 8 : Horizontal-Up

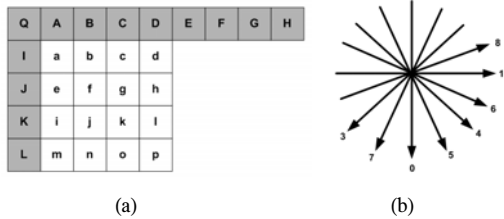


그림 2. 14MB 4×4 인트라 예측 모드 (a)부호화 대상 4×4부블록과 주변블록의 화소들, (b) 8개의 인트라예측방향들  
Fig. 2. Intra prediction modes for 14MB (a)4×4 sub-macroblock and neighboring pixels, (b) 8 directions for the intra prediction modes

각 모드 예측 시 필요한 화소들을 사용 가능한지 확인하고 그림 2의 (b)의 방향성을 이용하여 예측하게 된다. 모드 2(DC)는 화소 A-D 와 화소 I-L의 평균값으로 블록을 예측한다. 만약 상-우(Up-Right) 화소들(E-H)이 사용 가능하지 않게 되면 화소 D값을 복사해서 상-우 화소들을 사용가능하게 된다. 사용가능한 화소들에 따라 모드의 수도 결정되게 된다. 일반적으로 이미지 전체에서 최 외곽 좌측의 매크로블록들은 좌(Left)-화소값들을 예측에 사용할 수 없다. 또 최외각 윗블록들은 인트라 예측 시 상(Up)-화소들을 이용할 수 없게 된다. 예측에 이용가능한 화소들이 한 개라도 없을 때는 모드 4, 모드 5, 모드 6을 예측에서 제외하게 된다. 상-화소들만 사용 가능하다면 모드 8이 제외되고 좌-화소들만 사용가능하다면 모드 3, 모드 7이 예측 모드에서 제외된다.

2.2 I16MB 인트라 예측 모드

16×16 매크로블록의 휘도 성분에서의 인트라 예측은 블록내의 성분이 비교적 평탄한 영역을 효과적으로 예측할 수 있다. 16×16 블록의 휘도성분에 대한 인트라 예측은 다음과 같이 구별하고 그 방향은 그림 3과 같다.

- 모드 0 ; Vertical
- 모드 1 : Horizontal
- 모드 2 : DC
- 모드 3 : Plane

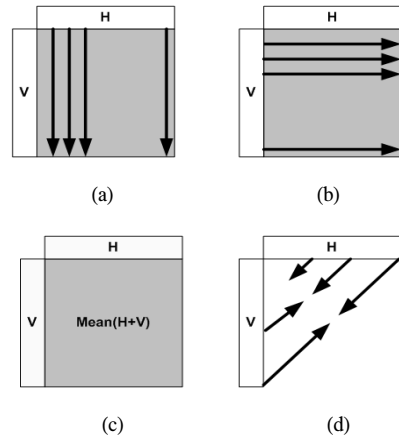


그림 3. 인트라 I16MB 예측 모드들 (a)Vertical prediction, (b) Horizontal prediction, (c) DC prediction, (d) Plane prediction  
Fig. 3. Intra I16MB prediction modes (a)Vertical prediction, (b) Horizontal prediction, (c) DC prediction, (d) Plane prediction

2.3 컬러 인트라 예측 모드

컬러 성분의 8×8블록의 인트라 예측 모드는 U, V 2개의 컬러성분에 각각 독립되게 예측을 하며 예측방식은 I16MB에서 했던 방식과 동일하게 예측한다. 그러나 모드의 순서는 I16MB와는 다르게 배열되어 있다.

- 모드 0 : DC
- 모드 1 : Horizontal
- 모드 2 : Vertical
- 모드 3 : Plane

2.4 비트율-왜곡 최적화 및 모드 계산량

인트라 예측을 각 모드마다 수행하고 최적의 모드를 결정하는 방법으로 H.264/AVC에서는 비트-왜곡 최적화 방법(Rate-distortion optimization)을 사용하게 된다. 이는 예측된 인트라 모드 중에 비트율과 그 왜곡율을 고려하여 최적의 모드를 결정할 수 있게 된다<sup>[9]</sup>.

그림 4는 비트율-왜곡최적화를 위한 계산과정의 블록다이어그램으로 식 (1)에 따라 그 값이 결정된다.

$$SSD(s, c, Mode|QP) + \lambda_{Mode} \cdot J(s, c, Mode|QP, \lambda_{Mode}) = \quad (1)$$

식 (1)은 H.264/AVC에서 비트율-왜곡에 따른 비용값을 계산하여 최소값을 갖는 모드를 최종적으로

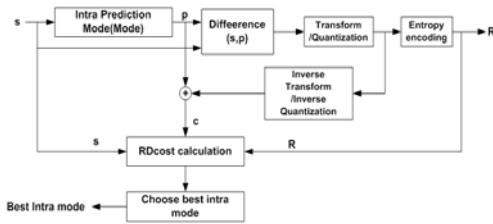


그림 4. 비트율-왜곡 최적화 계산을 위한 과정의 블록다이아그램

Fig. 4. Block diagram of Rate-distortion optimization

선택한다. 여기서  $SSD(\cdot)$ 는 Sum of the squared difference를 나타내고  $R(\cdot)$ 은 그 모드에 해당하는 압축된 비트열의 길이를 나타낸다.  $s$ ,  $c$ 와  $QP$ 는 각각 원 입력 매크로블록, 그 모드로 예측된 후 압축 복원된 블록과 양자화 계수를 나타낸다. 이때 비트율-왜곡 최적화한 모드를 구하기 위한 계산량은 각각의 휘도성분, 컬러성분과 그 블록의 사이즈에 따른 모드의 수만큼 계산해야 한다. H.264/AVC에서는 (휘도성분의 14MB 모드수×부-블록의 수+116MB 모드수)×컬러성분의 모드수의 비트율-왜곡 함수의 계산이 필요하다. 즉  $(9 \times 16 + 4) \times 4 = 592$  번의 연산을 수행하는데 이는 부호화시의 계산량을 극도로 높여 주기 때문에 이런 높은 연산량을 줄이기 위한 연구가 필요하게 되었다.

### III. 효율적인 인트라 예측 모드 및 그 결정

#### 3.1 제안하는 인트라 모드

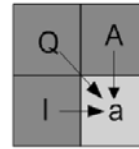
4×4 부-매크로블록의 휘도 성분의 기존의 인트라 예측(14MB)중 예지성분이 대각방향(Diagonal Direction)으로 되어있는 모드들인 모드 3, 모드 7, 모드 8, 모드 4, 모드 5, 모드 6은 부-블록내의 예지들을 효과적으로 예측할 수 있으나 그 발생확률들이 평탄한 영역의 예측 모드인 모드 0(Vertical), 모드 1(Horizontal), 모드 2(DC)들 보다 우세하지 못하다. 그러므로 대각방향성분이 우세한 인트라 모드들은 그 발생확률이 적기 때문에 대각성분을 갖는 여러 개의 예측 모드들을 한 개의 예측 모드로 대체할 수 있다는 가정으로 새로운 인트라 예측 모드를 제안한다.

첫 번째 새로운 인트라 예측 모드는 단순 가중치 평균 인트라 모드(SWMIP Mode: Simple Weighted Mean Intra Prediction Mode)이다.

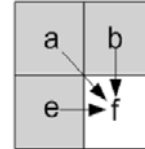
현재 자신의 화소 주위의 윗화소(Up-pixel), 왼쪽 화소(Left-pixel) 그리고 위-왼쪽화소(Up-left pixel)의 이용 가능한지 살펴보고 식 (2)와 같은 평균값을

Q	A	B	C	D
I	a	b	c	d
J	e	f	g	h
K	i	j	k	l
L	m	n	o	p

(a)



(b)



(c)

그림 5. 제안된 인트라 예측 모드를 위한 (a)블록과 그 이웃 블록의 인접 화소, (b) 블록외곽화소 (a-d, e, I, m) 및 주변화소의 구성, (c) 블록내부의 화소 및 주변화소의 구성

Fig. 5. (a)Target sub-block for the Proposed intra prediction modes and (b) predicted bounded pixel and (c) predicted inner pixel

취하는 방법으로 블록내의 이웃화소들과 인접한 화소들 먼저 구하고 이후에 안쪽방향으로 구해나간다. 즉 래스터 스캔(Raster scan) 방향으로 구하게 된다. 이때 이웃블록의 픽셀들과 접하지 않은 블록내의 화소들은 이웃한 화소들의 예측이 끝난 후 수행하게 된다. 그러므로 블록내의 화소들의 예측값들은 주변블록의 보다 많은 화소들로부터 예측이 가능하게 된다.

$$x_{i,j} = \frac{a+b+c}{3} \quad \text{where} \begin{cases} a = x_{i-1,j} \\ b = x_{i,j-1} \\ c = x_{i-1,j-1} \end{cases} \quad (2)$$

예를 들어 그림 3의 블록내의 화소 k를 예측하기 위하여 예측된 f, g, h를 이용하게 되는데 이는 다시 그 위쪽의 화소들로부터 예측되게 된다. 결국 이웃화소로부터 예측된 화소 k는  $(\frac{a+2b+c+2e+2f+i}{3})$ 가 된다. 단순 가중치 평균 인트라 모드(SWMIP Mode)로 예측하게 되면 기존의 인트라 모드 중 모드 4(diagonal down right prediction), 모드 5(vertical-right prediction), 모드 6(horizontal-down prediction)과 같은 좌상으로 부터의 예지성분이 강한 블록을 예측하는데 효과적이게 된다.

새로운 인트라 모드 두 번째는 미디언 예측 모드(MP Mode: Median Prediction Mode)이다. 이는 2-D DPCM(Differential Pulse Coded Modulation)을 이용한 미디언 인트라 예측이다. 위상에서 부터의 대각성분의 예지성분이 우세한 블록을 예측하기

에 효과적이다. 식 (3)은 미디언 인트라 예측을 하기 위한 식을 나타내고 있다.

$$x_{i,j} = \begin{cases} \min(a, b), & \text{if } c \geq \max(a, b) \\ \max(a, b), & \text{if } c \leq \min(a, b) \\ a + b - c, & \text{other} \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{where } \begin{cases} a = x_{i-1,j} \\ b = x_{i,j-1} \\ c = x_{i-1,j-1} \end{cases}$$

미디언 인트라 예측 모드도 단순가중치 인트라 예측 모드와 같이 이웃 블록과 인접한 화소들을 먼저 예측하고 이후에 블록내의 화소들을 예측하게 된다. 이 모드는 기존의 우상의 대각성분에 대한 인트라 예측 모드인 모드 3(diagonal-down left prediction), 모드 7(vertical-right prediction), mode 8 (horizontal-up prediction)을 효과적으로 표현할 수 있다.

그림 6의 (a)는 기존의 9개의 인트라 예측 모드로 구성된 foreman 이미지이고 (b)는 새로운 인트라 예측 모드를 추가하여 구성된 이미지이다. 그림 6에서 보듯이 제안한 인트라 예측 모드들이 대각 성분을 나타내는 블록의 특성을 잘 표현했고 객관적 화질에서 뿐만 아니라 주관적인 화질도 좋아진 것을 확인할 수 있었다.



(a)



(b)

그림 6. 인트라 예측으로 구성된 이미지들 (a) 기존의 인트라 4x4 예측 모드로 구성된 이미지, (b) 제안한 인트라 예측 모드를 추가하여 구성된 이미지

Fig. 6. Reconstructed images by intra prediction (a) reconstructed image by conventional intra prediction modes and (b) reconstructed image by the proposed intra prediction modes

### 3.2 인트라 모드 결정방법

최적의 인트라 모드를 결정하기 위하여 비트율-

왜곡 최적화 방법을 수행 시 기존의 인트라 예측 모드 중 그 발생 확률이 우세한 모드 0, 모드 1, 모드 2와 제안하는 인트라 예측 모드 2개를 합쳐 모두 5개의 인트라 예측 모드를 가지고 부호화 하였다. 이때 대상 인트라 모드수를 9개에서 5개로 줄이는 것만으로도 고속화 할 수 있었지만 모드 결정의 고속화를 위해 F. Pan이 제안한 부호화 대상 블록의 예지 방향 히스토그램을 이용하였다. 그러므로 제안하는 방법으로 인한 인트라 모드를 결정시 계산량은 I16MB에서 한 개와 각 I4MB의 부-매크로 블록의 각 한 개의 인트라 예측 모드만을 계산하므로 17번의 인트라 예측 모드만을 수행하여 고속화를 이루었다.

## IV. 실험 및 결과

제안한 알고리즘의 성능을 검증하기 위하여 참조 소프트웨어인 JM61을 사용하여 제안한 알고리즘을 부호화기와 복호화기에 각각 구현하였다. 부호화기의 실험환경으로는 JVT(Joint video team)에서 권고하는 표준 실험 조건<sup>[10]</sup>을 따랐으며 부호화의 프로파일로는 베이스라인 프로파일(Baseline profile)을 적용했으며 부호화 조건들은 다음과 같다.

- Hadamard Transform, fast motion estimation,
- Search Range = 16, CAVLC, no error tools,
- # of Reference Frames = 5

각 실험 영상의 구조는 IPPP의 구조로 양자화 계수(QP)는 24, 28, 32, 36, 40으로 변경하면서 실험을 하였다. 또한 표 1과 같은 다양한 크기와 비트율을 가진 표준 영상을 실험에 사용하였다. 실험 결과의 객관적인 척도를 나타내기 위하여 PSNR의 변화량( $\Delta PSNR$ ), 비트율 변화량( $\Delta Bitrate$ ) 및 부호화 시간의 변화량( $\Delta Time$ )을 다음의 식 (4), (5), (6)을 통하여 측정하였다.

표 2. 실험에 쓰인 영상들  
Table 2. Test sequences

Name	Format	Rate	# of Frames
foreman	CIF	30	200
football	CIF	30	200
crew	CIF	30	250
mobile	CIF	30	250
akiyo	QCIF	10	300
coastguard	QCIF	10	300
container	QCIF	20	300

$$\Delta PSNR = PSNR_{proposed} - PSNR_{reference} \quad (4)$$

$$\Delta Bitrate = \frac{Bitrate_{proposed} - Bitrate_{reference}}{Bitrate_{reference}} \quad (5)$$

$$\Delta Time = \frac{Time_{proposed} - Time_{reference}}{Time_{reference}} \quad (6)$$

각 변화량의 음수는 감소량을 나타내고 양수는 증가량을 나타낸다.

표 2에서 제시된 다양한 실험영상을 참조소프트웨어 JM61로 부호화하였고 Pan의 알고리즘과 비트율-왜곡최적화를 하지 않은 JM61 그리고 제안한 알고리즘에 대하여 PSNR변화량, 비트량의 변화 그리고 부호화시간에 대하여 살펴보았다.

표 3에서 볼 수 있듯이 화질의 변화를 나타내는 PSNR의 변화량은 Pan이 제시한 알고리즘에서는 평균 0.0188dB의 감소를 보였고 비트율-왜곡최적화를 적용하지 않고 부호화(RDO off)한 경우는 평균 0.0092dB의 감소를 보였으나 제안한 알고리즘의 경우는 오히려 평균 0.098dB의 화질의 개선을 보였다. 화질의 측면만을 보면 다른 알고리즘보다 우수한 성능을 나타내는 것을 알 수 있었다. 그러나 비트율의 변화측면에서 살펴보면 표 4에서 보는바와 같이 대체적으로 비트율이 증가된 것을 알 수 있었다. JM61과 비교하여 Pan의 알고리즘이 평균 0.45%,

표 3. 각 알고리즘의 PSNR (dB) 변화량

Table 3. PSNR difference of the each algorithm

sequences		Pan's	RDO off	Proposed
CIF	foreman	-0.0194	0.0834	0.0994
	football	-0.0348	-0.0882	0.0362
	crew	-0.0210	-0.0060	0.0658
	mobile	0.0032	-0.0332	0.1272
QCIF	akiyo	-0.0204	0.0708	0.0310
	coastguard	-0.0116	-0.0926	0.2260
	container	-0.0276	0.0014	0.1002

표 4. 각 알고리즘의 비트율 변화량(%)

Table 4. Bitrate change ratio of the each algorithm

sequences		Pan's	RDO off	Proposed
CIF	foreman	0.55%	7.79%	1.19%
	football	0.50%	5.84%	1.58%
	crew	0.95%	9.78%	1.49%
	mobile	0.15%	4.60%	0.39%
QCIF	akiyo	0.56%	3.83%	1.75%
	coastguard	0.00%	3.45%	0.14%
	container	0.44%	7.00%	1.32%

RDO-off의 경우는 평균 6.04% 그리고 제안한 알고리즘은 평균 1.02%의 증가를 보였다. 제안한 알고리즘이 Pan의 알고리즘보다는 비트량이 평균 0.57% 더 늘어났으나 RDO-off의 경우보다는 평균 5.02% 줄어들었다.

비트량에 따른 화질의 변화에 대하여 종합적으로 살펴보기 위하여 비트율-왜곡 곡선(RD-curve: Rate Distortion-curve)를 살펴보면 그림 7과 그림 8과 같다.

그림 7의 CIF foreman 테스트 비디오의 RD-curve에서는 JM61의 성능과 비교해 보면 Pan의 알고리즘의 성능의 저하가 약간 있으나 그래프상에서는 구별할 수 없을 정도로 적은 차이값을 갖게 되어 서로의 그래프가 겹쳐 보이게 되었다. 또 제안된 알고리즘의 성능도 그래프상으로는 구별할 수 없을 정도의 우수한 성능을 발휘하였다. 여기서 RD-off에 의한 성능은 비트율이 올라갈수록 화질이 떨어지는 것을 확인할 수 있었고 동일 비트율에서 약 0.3dB 정도의 PSNR의 감소를 보였다.

그림 8의 QCIF 테스트 영상에서는 그 성능 향상

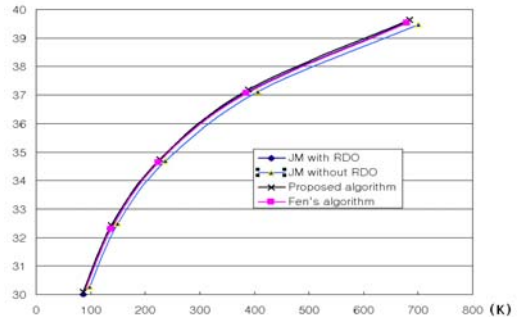


그림 7. CIF 테스트영상(foreman)의 RD-curve : x축-총비트량(kbytes) y축-PSNR(dB)

Fig. 7. RD-curve of the CIF test video(foreman) : x axis-bitrate (kbyte) y axis-PSNR(dB)

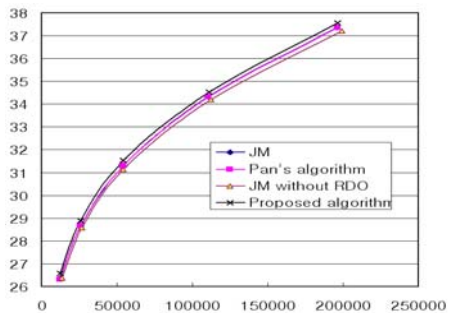


그림 8. QCIF 테스트영상(coastguard)의 RD-curve: x축-총비트량(bytes) y축-PSNR(dB)

Fig. 8. RD-curve of the CIF test video(coastguard): x axis-bitrate(kbyte) y axis-PSNR(dB)

표 5. 각 알고리즘의 부호화시간 변화량  
Table 5. Encoding time change of the each algorithm

sequences		Pan's	RDO off	Proposed
CIF	foreman	-6.12%	-12.86%	-48.46%
	football	-3.47%	-8.38%	-45.97%
	crew	-4.99%	-6.85%	-45.32%
	mobile	-6.97%	-12.18%	-47.50%
QCIF	akiyo	-13.69%	-23.35%	-52.93%
	coastguard	-11.32%	-16.05%	-51.34%
	container	-11.61%	-22.72%	-53.36%

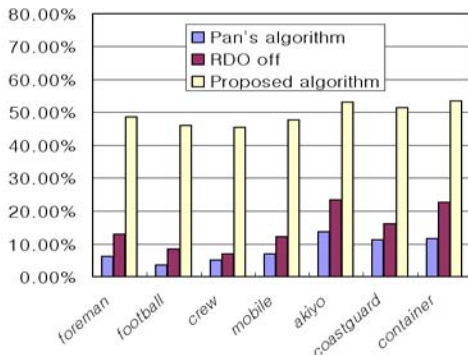


그림 9. 테스트 영상별 부호화시간 감소량 비교 : x축-실험 테스트 비디오 y축-부호화 시간 감소량(%)  
Fig. 9. Comparison of the saved encoding time for various test videos: : x axis-each test video y axis-change of the saved encoding time ratio(%)

이 그림 7의 CIF 테스트 보다 확연히 구별이 되었다. JM과 Pan의 알고리즘 RD-curve상 서로 같은 성능으로 그래프상에서 겹쳐지게 되었으나 RD off의 성능은 CIF 테스트와 같이 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 반면 제안된 알고리즘의 성능은 미세한 차이지만 QCIF에서 오히려 Pan의 알고리즘의 성능보다 좋아진 것을 확인할 수 있었다.

각 알고리즘별 부호화 시간의 변화량은 표 5와 그림 9에서 나타낸다.

Pan의 알고리즘은 JM과 비교하여 영상의 비트율의 증가 및 화질의 열화가 비교적 덜 된 상태에서 부호화의 고속화를 이루었으나 부호화 시간의 변화량을 살펴보면 RDO off의 부호화 시간보다 평균 6.32% 덜 감소가 되었다. 제안된 알고리즘의 부호화 시간의 변화를 보면 평균 49.27%의 부호화 시간의 감소를 가져왔다. 이는 앞서 살펴본 RD-curve에서 보았듯이 화질의 열화가 거의 없거나 오히려 좋은 성능을 보이면서 부호화 시간의 감소는 크게 된 것을 확인할 수 있었다.

## V. 결론

H.264/AVC는 이전의 비디오 부호화 표준과는 다른 새로운 부호화 도구들을 채용함으로써 부호화 효율을 극대화 시켰다. 본 논문에서는 H.264/AVC는 부호화 효율을 높이기 위하여 채용되었던 인트라 예측 부호화 과정 중 모드 결정의 고속화를 위한 새로운 인트라 예측 모드를 제안하였다. 이전의 연구되었던 알고리즘들이 모드결정과정에만 집중되었던 반면 제안하는 인트라 예측 모드들은 기존의 인트라 예측 모드들 중 모드 4, 모드 5, 모드 6은 단순 가중히 평균 인트라 모드(SWMIP mode)로 예측을 하고 모드 3, 모드 7, 모드 8은 미디언 예측 모드(MP mode)로 대체 할 수 있었다. 새로운 인트라 예측 모드를 채용하여 비트율-왜곡 최적화를 위한 계산할 대상의 인트라 예측 모드의 수가 기존의 I4MB에서의 인트라 예측 모드의 수를 9개에서 5개만을 사용하게 되었다. 그리고 고속 모드 결정 방법에 적용하기 위하여 예지 방향 히스토그램을 이용하였다.

JM61의 부호화기와 복호화기에 제안한 알고리즘을 구현한 뒤 다양한 환경의 테스트 영상에서의 실험에서는 제안한 알고리즘의 성능은 영상의 열화는 거의 없는 상태에서 최대 53.36% 또는 평균 49.27%의 부호화 시간의 절약되었다.

## 참고 문헌

- [1] Wiegand, T., Sullivan, G.J., Bjntegaard, G., Luthra, A., "Overview of the H.264/AVC video coding standard", IEEE Trans. on Circuits and Syst. for Video Technol., Vol. 13, Issue 7, pp.560-576, 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", Circuits and Systems Magazine IEEE, Vol. 4, Issue 1, pp. 7-28, 2004.
- [3] Helbag T., "Performance comparison on: H.26L intra coding vs. JPEG200 0.", JVT of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG, 2002.
- [4] Yu-Wen Huang, Bing-Yu Hsieh, Tung-Chien Chen, Liang-Gee Chen, "Analysis, fast algorithm, and VLSI architecture design



for H.264/AVC in tra frame coder”, IEEE Trans. on Circuits and Syst. for Video Technol., Vol.15, pp. 378-401, 2005.

- [5] F. Pan, X. Lin, Rahardja S., Lim K. P., Li Z.G., Dajun Wu, Si Wu, “Fast mode decision algorithm for intra-prediction in H.264/AVC video coding”, IEEE Trans. on Circuits and Syst. for Video Technol., Vol.15, pp. 813-822, 2005.
- [6] C. Kim, Hsman-Huei Shih, Kuo, C. C.J., “Feature-based intra-prediction mode decision for H.264”, Image Processing, ICIP '04. Vol. 2, pp. 769-772, 2004.
- [7] B. Jeon, J. Lee, “Fast mode decision for H.264”, JVT-J033, 2003.
- [8] DG. Sim, Y. Kim, “Context-adaptive mode selection for intra-block coding in H.264/MPEG-4 Part 10”, Real-Time Imaging, Volume 11, Issue 1, pp. 1-6, 2005.
- [9] Wiegand, T., Schwarz, H., Joch, A., Kossentini, F., Sullivan, G.J., “Rate-constrained coder control and comparison of video coding standards”, IEEE Trans. on Circuits and Syst. for Video Technol., Vol. 13, pp. 688-703, 2003.
- [10] G. Sullivan and G. Bjontegaard, “Recommended simulation common conditions for H.26L coding efficiency experiments on low-resolution progressive-scan source material”, ITU\_T, VCEG-N81, 2001.

이 응 호 (Woong-ho Lee) 정회원



1996년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업  
 2002년 2월 인하대학교 전자공학과 공학석사  
 2002년 3월~현재 인하대학교 전자공학과 박사과정  
 <관심분야> 영상처리, Video Coding, MPEG-4, H.264/AVC, SVC, 3DAV.

이 정 호 (Jung-Ho Lee) 정회원



1999년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업  
 2001년 2월 인하대학교 전자공학과 공학석사  
 2001년 3월~현재 인하대학교 전자공학과 박사과정  
 <관심분야> Multi-view Coding, Panoramic image

조 의 환 (Ik-Hwan Cho) 정회원



2000년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업  
 2002년 2월 인하대학교 전자공학과 공학석사  
 2002년 3월~현재 인하대학교 전자공학과 박사과정  
 <관심분야> 영상처리, MPEG-4, MPEG-7, SVC(Scalable Video Coding), 의료 영상처리, 이미지 워터마킹

정 동 석 (Dong-Seok Jeong) 정회원



1977년 2월 서울대학교 전기공학 졸업  
 1985년 Virginia 주립 공과대학 전자공학과 공학석사  
 1988년 Virginia 주립 공과대학 전자공학과 공학박사  
 1988년 3월~현재 인하대학교 전자공학과 교수

<관심분야> 영상처리, 컴퓨터 비전, 멀티미디어 정보처리