

일반논문-07-12-4-07

## 공간적 스케일러블 비디오 부호화에서 계층간 모드 고속 결정 방법

이 범 식<sup>a)</sup>, 김 문 철<sup>a)‡</sup>, 함 상 진<sup>b)</sup>, 박 창 섭<sup>b)</sup>, 박 근 수<sup>b)</sup>

### A Fast Inter-layer Mode Decision Method in Scalable Video Coding

Bumshik Lee<sup>a)</sup>, Munchurl Kim<sup>a)‡</sup>, Sangjin Hahm<sup>b)</sup>, Changseob Park<sup>b)</sup>, Keunsoo Park<sup>b)</sup>

#### 요 약

본 논문에서는 MPEG-4 제10부 규격인 Advanced Video Coding의 제 3 개정 규격 (MPEG-4 Part 10 Amendment 3)으로서 현재 표준화가 진행 중인 Scalable Video Coding (SVC) 규격에 대해 기본 계층에서 예측한 움직임 벡터 정보를 이용하여 향상 계층에서 모드 결정을 고속화하는 방법에 대해 소개한다. 본 논문에서 제안된 방법은 공간 계위성을 갖는 비디오를 부호화하는데 있어서 기본 계층에서 예측한 블록모드 중에서 큰 블록인 16x16 블록에서 움직임 벡터가 (0, 0)일 경우 또는 하위 계층의 정보를 이용하여 얻은 움직임 보상 블록과 향상 계층의 현재 블록의 잔차 신호의 정수변환의 계수가 모두 0인 경우에 대하여 향상 계층에서는 16x16 블록에 대해서만 유효-왜곡 최적화를 수행함으로써 향상 계층에서 움직임 모드 결정을 조기에 완료하게 하여 공간 계위성 부호화를 고속화하거나 위 두 경우가 아닌 경우에는 후보 모드의 수를 감소시켜 감소된 모드에 대해서만 유효-왜곡 최적화를 수행하는 방법을 제시한다. 이 제안 방법을 이용하였을 경우 향상 계층에의 모드 결정과정을 고속화함으로써 전체 스케일러블 비디오 부호화의 연산량 및 복잡도를 전체 부호화 소요 시간 대비 최대 72%까지 감소시켰다. 그러나 연산량 감소에 따른 비트율의 증가와 화질 열화는 각각 최대 1.73%와 최대 0.25dB로 무시할 수 있을 정도로 작음을 확인하였다.

#### Abstract

We propose a fast inter-layer mode decision method by utilizing coding information of base layer upward its enhancement layer inscalable video coding (SVC), also called MPEG-4 part 10 Advanced Video Coding Amendment 3 or H.264 Scalable Extension (SE) which is being standardized. In this paper, when the motion vectors from the base layer have zero motion (0, 0) in inter-layer motion prediction or the Integer Transform coefficients of the residual between current MB and the motion compensated MB by the predicted motion vectors from the base layer are all zero, the block mode of the corresponding block to be encoded at the enhancement layer is determined to be the 16x16 mode. In addition, if the predicted mode of the MB to be encoded at the enhancement layer is not equal to the 16x16 mode, then the rate-distortion optimization is only performed on the reduced candidate modes which are same or smaller partitioned modes. Our proposed method exhibits the complexity reduction in encoding time up to 72%. Nevertheless, it shows negligible PSNR degradation and bit rate increase up to 0.25dB and 1.73 %, respectively.

**Keywords:** Scalable Video Coding, inter-layer texture prediction, inter-layer motion prediction, inter-layer residual prediction, zero motion vector.

a) 한국정보통신대학교(ICU)  
Information and Communications University  
b) 한국방송공사(KBS)  
Korea Broadcasting System  
‡ 교신저자 : 김문철 (mkim@icu.ac.kr)

#### 1. 서 론

스케일러블 비디오 부호화(SVC, Scalable Video Coding)<sup>[1]</sup>  
는 MPEG-4 제10부 Advanced Video Coding (또는 H.264)

규격의 3번째 확장 규격 (Amendment 3)으로서 시간, 공간 및 화질적 계위성(Scalability)을 지원하여 가변적인 네트워크나 다양한 비디오 단말에 적응적으로 비디오 비트스트림을 제공하기 위한 부호화 툴의 제공을 목표로 표준화를 진행하고 있다. SVC는 하나의 기본 계층(Base layer)과 하나 이상의 향상 계층(Enhancement Layer)으로 구성되며 시간, 공간 및 화질의 계위성을 지원하기 위해 계층적 부호화 구조를 가지고 있다. SVC의 기본 계층은 MPEG-4 Advanced Video Coding(AVC)과 상호 호환성을 갖도록 하고 있으며, 향상 계층은 기본 계층 또는 하위 향상 계층에서 부호화된 정보를 이용하여 부호화할 수 있도록 계층 구조로 설계되어 있다. 본 논문은 SVC의 이러한 3가지 계위성 부호화 과정에 있어서, 특히 공간적 계위성을 제공하기 위한 부호화 과정을 보다 고속으로 수행하기 위한 방법을 제시한다.

SVC는 공간적 계위성을 지원하기 위하여 기본 계층으로부터 향상 계층으로 세가지 정보를 예측한다. 그것을 계층간 텍스처 예측(Inter-layer Texture Prediction), 계층간 움직임 벡터 예측(Inter-layer Motion Vector Prediction) 그리고 계층간 차분신호 예측(Inter-layer Residual Prediction)이라고 한다<sup>[1]</sup>. 이 중에서 첫번째로 계층간 텍스처 예측은 하위 계층의 블록이 화면내 예측 모드(SVC 규격에서는 IntraBL로 표기됨)로 부호화 되었을 경우, 하위 계층에 대한 부호화

된 텍스처에 대하여 복원한 후 복원된 텍스처에 대해 향상 계층의 해상도로 업샘플링하여 예측신호로 사용한다. 두 번째로 계층간 움직임 벡터 예측은 하위 계층의 움직임 벡터를 이용하여 향상 계층에서 재사용하는 것을 의미한다. 이 경우 상위 계층의 해상도가 하위 계층 해상도의 4배(가로 해상도 2배, 세로 해상도 2배)면 하위 계층의 움직임 벡터를 그대로 이용할 경우 1/4 화소 정밀도로 얻는 하위 계층의 움직임 벡터가 가로 및 세로 방향 성분이 2배로 되어 움직임 벡터의 정밀도가 1/2로 감소하게 된다. 움직임 벡터 정밀도를 1/4 화소 수준으로 유지해 주기 위해서 1/4 화소 보정 과정을 거친 후 향상 과정에서 움직임 벡터로 사용할 수 있다. 마지막으로 계층간 차분신호 예측은 하위 계층에 대한 차분 신호를 상위 계층의 해상도로 업샘플링 필터를 이용하여 업샘플링하고 현재 계층(상위 계층)에 대한 차분 신호와의 차이를 구하여 부호화하는 방식이다. 그림 1은 SVC부호화기에서 공간 계위성 부호화를 수행하기 위한 계층 구조를 나타낸다. 이렇게 공간적 계위성을 수행하기 위해 하위 계층에 정보를 이용하여 예측하고, 이 정보를 바탕으로 부호화를 수행하거나 그림 1에서 보는 바와 같이 기본 계층 위의 각 향상 계층들에서도 MPEG-4 AVC를 기반으로 한 독립적 부호화를 수행할 수 있다. 이러한 부호화 방식은 각 정보(파라미터 값)에 대해 윌-왜곡(RD: Rate-Distortion) 비용(cost)을 최소화하는 정보를 선택하여 부호

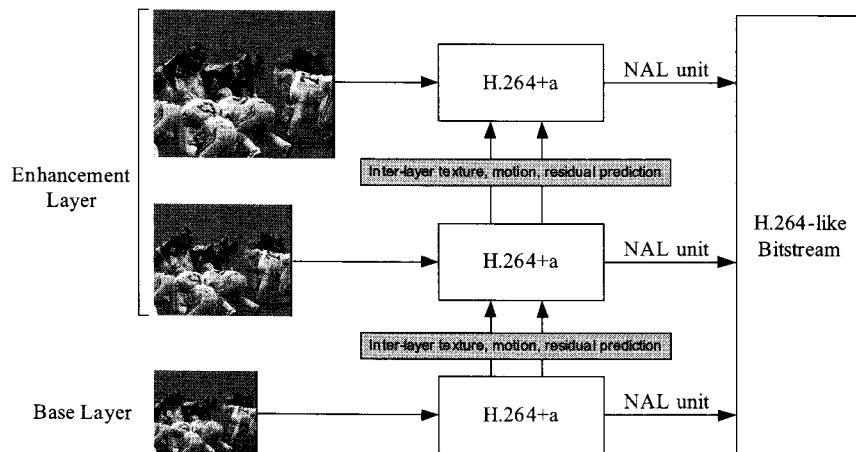


그림 1. SVC 부호화기의 다중 계층 구조  
Fig.1. Multi-layered structure of SVC encoder

화하기 때문에 부호화 효율을 증대할 수 있는 장점이 있으나 반복적인 연산으로 인해 많은 계산량이 요구된다. 따라서, 하위 계층의 정보를 적절히 이용하되 RD 성능 저하를 최소화하는 관점에서 불필요한 연산을 제거함으로써 부호화 속도를 증가시킬 수 있다.

현재 SVC에서 공간적 계위성에 대한 부호화 속도 개선에 대한 연구들이 많이 진행되지 않았다. 왜냐하면 SVC의 표준화가 현재까지 진행 중이며 부호화기의 복잡도 개선보다는 부호화 효율을 증가시키는 관점에서 표준화 그 자체에 많은 노력을 기울여 온 것이 한 이유이기도 하다. SVC 부호화기는 각 계위(시간, 공간, 화질) 별로 계층 구조를 가지고 있기 때문에 높은 부호화 효율에 수반하는 복잡한 구조를 가지고 있으며 복잡도 개선이 많이 요구되는 부분이다. 따라서 향후 많은 연구가 진행되어야 할 것이다. 그럼에도 불구하고 He Li *et al*는 공간적인 계위성에 대한 복잡도 개선을 위해 향상 계층에서 화면 간 모드 결정 시 하위 계층에 대한 모드를 판별하여 향상 계층에서 16x16, 16x8, 8x16, 8x8, 8x4, 4x8, 4x4 등 총 7개 모드 중 후보 모드를 줄여 나감으로써 고속 블록 모드 결정을 할 수 있는 알고리즘을 제안하였다<sup>[3]</sup>. 예를 들어, 기본 계층에서 얻어진 블록모드를 공간 계층간 예측을 거쳐 얻어진 모드가 16x8이면 향상 계층에서의 동일한 공간 영역에서는 16x8과 8x8만을 후보 모드로 선택하여 움직임 벡터 예측 및 모드 결정을 수행하여 부호화 시간을 단축하였다. 그러나 He Li의 방법은 기본 계층으로부터 예측된 모드가 16x16가 아닐때는 향상 계층의 윌-왜곡 최적화를 수행해야하는 후보모드가 급격히 감소하여 고속의 부호화를 수행할 수 있지만 16x16모드일 경우에는 모든 모드에 대하여 윌-왜곡 최적화를 수행해야 하므로 움직임이 적거나 균일한 영상 영역을 많이 포함하는 영상에 대해서는 효율적이지 못한 단점이 있다. 즉, 카메라의 움직임과 영상 내의 움직임 영역이 적은 일반 비디오 데이터의 효율적인 부호화에 매우 취약한 구조를 가지고 있다.

본 논문에서는 기본 계층에서 차상위 향상계층으로 예측하는 세 가지 정보 중에서 움직임 벡터가 (0, 0)인 매크로블록의 영역에 대하여 향상 계층에서는 16x16블록으로 윌-왜곡 최적화(RDO: Rate Distortion Optimization)를 수행하여

움직임 벡터 예측 및 모드 결정을 조기에 완료하고, 움직임 벡터가 (0, 0)이 아닌 영역에 대해서는 기본 계층에서 얻은 움직임 벡터와 참조화면 리스트를 이용하여 얻은 움직임 보상블록과 현재 블록간의 잔차 신호에 대한 정수변환 계수의 합이 0일 때 그 영역에 대해서도 마찬가지로 향상 계층에서는 16x16블록으로 모드를 결정하고 움직임 벡터 예측 및 모드 결정을 조기에 완료하거나 그 이외의 경우에는 기본 계층으로부터 예측된 모드를 판단하여 향상 계층의 후보 모드의 수를 줄여줌으로써 공간 계위성 부호화 과정을 고속화하는 방법을 제시한다. 따라서 움직임이 적거나 균일한 영상뿐만 아니라 세밀하고 움직임이 빠른 영상에 대해서도 효율적인 고속 부호화 알고리즘을 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 SVC의 공간적 향상 계층에서 모드 결정 방법이 소개된다. 3장과 4장에서는 ZMB (Zero Motion Block)과 ZCB(Zero Coefficients Block)에 대해 정의하고 두 블록에 대한 통계적인 특징을 관찰한다. 그리고 그것을 이용한 본 논문의 제안 알고리즘에 대하여 설명한다. 5장에서는 제안 알고리즘을 이용하여 복잡도 감소와 성능유지 측면에서 실험결과를 제시한다. 6장에서 결론으로 논문을 마친다.

## II. SVC 부호화기의 공간적 향상 계층에서의 모드 결정

그림 2는 SVC 부호화기의 기본 계층의 차상위 향상 계층에서의 모드 결정 과정에 대한 그림이다. 먼저 향상 계층에서 같은 공간 지점의 기본 계층이 화면내(Intra) 예측모드로 부호화되었을 경우 상위 계층에서는 하위 계층의 텍스처 정보와 상위 계층의 텍스처 정보만을 이용하여 두 계층의 잔차 신호만을 부호화한다. 이러한 방식을 Intra\_BL 모드<sup>[1]</sup>라고 하며 Intra\_BL 예측시 상위 계층으로 업샘플링하기 위해서는 16x16 블록 크기일 경우 패딩과 디블록킹필터를 이용하여 블로킹 현상을 제거한 후에 업샘플링 필터를 적용한다<sup>[1]</sup>. 그림 2에서 기본 계층 모드 (Base Layer mode)는 하위 기본 계층으로부터 예측하여 얻은 움직임 벡터를

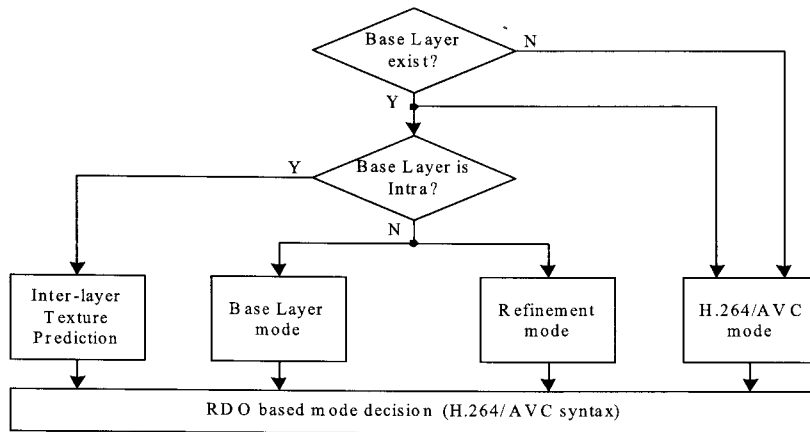


그림 2. SVC 부호화기의 유효-왜곡 최적화 기반 모드 결정 방식<sup>[6]</sup>  
 Fig.2. RDO based mode decision in the SVC encoder <sup>[6]</sup>

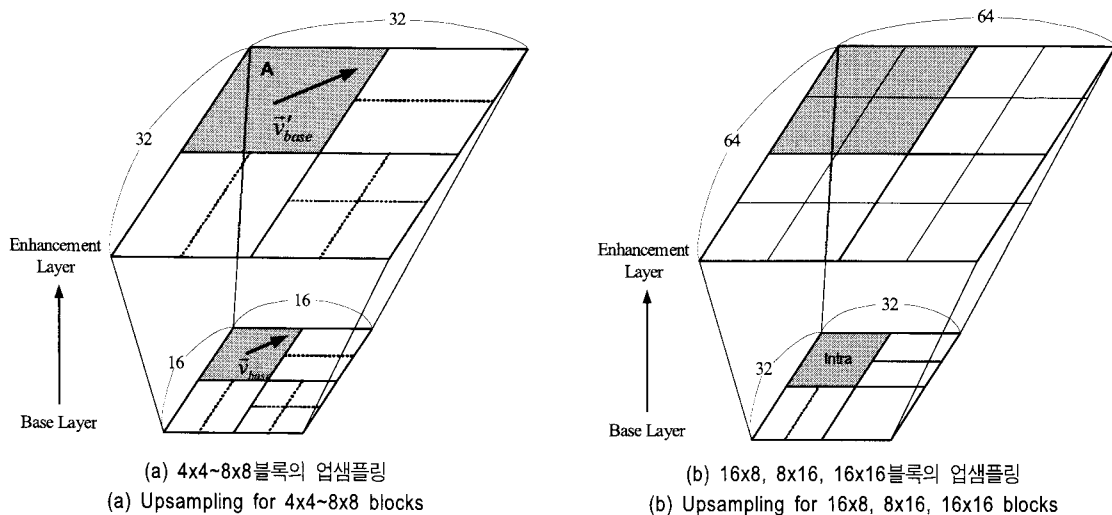


그림 3 업샘플링한 블록과 움직임 벡터  
 Fig.3. The upsampled blocks and motion vectors

아무런 보정없이 그대로 사용하는 것을 의미한다. 이것은 기본 계층에서 1/4 화소 정밀도의 움직임 벡터를 2배 확대하여 얻은 움직임 벡터이므로 정밀도가 반화소(half-pixel) 수준으로 감소하게 된다. 그리고 그림 2에서 보정 모드(Refinement mode)는 하위 계층으로부터 2배 확대하여 예측한 움직임 벡터의 정밀도를 1/4 화소 수준으로 맞추기 위하여 움직임 벡터를 보정하여 사용하는 모드이다.

기본 계층과 차상위 향상 계층사이에 공간 계층간 예측

을 통하여 얻은 움직임 벡터와 블록 모드 사이의 관계에 대하여 알아본다. 그림 3의 (a)는 기본 계층의 블록 모드가 8x8~8x4인 경우 향상 계층의 해상도만큼 업샘플링한 영상의 블록 모드를 보여준다. 예를 들어 그림 3의 (a)에서 보는 것처럼 하위 계층의 블록 모드가 8x4 모드라면 상위 계층의 동일한 영역은 16x8 모드가 되고 이것은 향상 계층의 후보 블록 모드가 되어 그림 2와 같은 유효-왜곡 최적화 과정을 수행한 후에 최적의 모드로 결정하게 된다. 마찬가지로 그림

3의 (b)에서처럼 하위 계층의 블록 모드가 16x16, 16x8, 8x16 모드일 경우에는 항상 계층에서의 후보 블록 모드가 16x16 모드가 되고 역시 그림 2의 울-왜곡 최적화 과정을 거쳐 최적의 블록 모드를 결정할 수가 있다. 본 논문에서는 기본 계층으로부터 항상 계층으로 공간 계층간 예측을 통하여 얻은 블록 모드를  $MODE_{BL\_PRED}$  라고 표현하고 이것은 그림 3의 (a)와 (b)의 상위 계층에 존재하는 모드들이다. 이 두 경우 모두 업샘플링되어 분할된 블록 또는 서브 블록 별로 하위 계층의 움직임 벡터를 2배로 확대한 움직임 벡터와 그것을 1/4 화소 만큼 보정한 움직임 벡터가 존재한다. 하위 계층의 움직임 벡터와  $MODE_{BL\_PRED}$  에 존재하는 움직임 벡터와의 관계는 다음 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$\vec{v}'_{base} = 2 \cdot \vec{v}_{base} + \vec{v}_{q\_ref}, \quad \vec{v}_{q\_ref}(x, y) \in \{-1, 0, 1\} \quad (1)$$

여기서  $\vec{v}_{base}$  는 하위 계층에서 움직임 벡터 예측을 통하여 얻은 움직임 벡터고 1/4 화소 정밀도를 갖는다. 이것을 공간계층간 움직임 벡터 예측을 통하여 2배로 확대한 움직임 벡터  $2\vec{v}_{base}$  와  $2\vec{v}_{base}$  를 반화소의 주변 8개의 화소점에 대하여 보정 과정을 거쳐 얻은 움직임 벡터  $\vec{v}'_{base}$  를 얻을 수 있다.  $\vec{v}_{q\_ref}$  는 반화소 주변 8개의 화소점에 대한 보정을 통하여 얻은 보정벡터이고 보정벡터의 요소는 정수 화소에 대한 보정이므로 -1, 0, 1 중 하나의 값을 가질 수 있다.

마지막으로 H.264/AVC 모드는 항상 계층에서 기본 계층의 어떠한 정보도 이용하지 않고 독립적으로 움직임 예측 및 모드 결정을 수행하는 것을 의미한다. 이 모드는 현재 항상 계층에서 H.264/AVC와 호환적으로 부호화할 수 있다. 이러한 4가지 모드는 각 모드 별로 다음과 같은 식 (2)의 RD 비용을 계산하여 그 값이 최소가 되는 모드를 선택하는 방식이다.

여기서  $c$ 와  $r$ 은 현재 블록과 참조 블록을 의미하고,  $D$ 는

두 블록 간의 왜곡도를 나타낸다.  $\lambda_{MODE}$  는 라그랑지안 승수이다. 또한  $Mode$ 는 항상 계층에서 울-왜곡 최적화를 수행하는 모든 블록 모드를 의미한다. 따라서 하위 계층으로부터 예측된 블록 모드인  $MODE_{BL\_PRED}$  와 그림 2에서 보는 H.264/AVC 모드를 포함한다. 따라서 공간적 항상 계층에서의 모드 결정을 모든 모드에 대한 울-왜곡 최적화를 수행하므로 부호화 시간 및 복잡도가 크게 증가된다.

### III. 항상 계층의 움직임 벡터와 모드에 관한 통계적 특성

그림 2와 3에서 보는 것처럼 기본 계층에서 항상 계층으로 계층간 예측한 정보들을 이용하기 위하여 그 정보들 중에서 움직임 벡터와  $MODE_{BL\_PRED}$  의 통계적 특성을 살펴볼 필요가 있다.

표 1은 그림 2와 3을 통하여 하위 계층으로부터 상위 계

표 1.  $MODE_{BL\_PRED}$ 의 통계적 분포

Table 1. Statistical distributions for  $MODE_{BL\_PRED}$

영상	QP	16x16				16x8	8x16	8x8
		BZMB	UZMB	NZMB				
				ZCB	NZCB			
Mother-Daughter	24	59.95	22.89	2.46	13.75	0.43	0.38	0.14
	28	81.63	9.46	6.70	1.56	0.32	0.25	0.08
	32	85.48	9.91	3.85	0.62	0.07	0.07	0.00
	36	92.08	6.23	1.48	0.19	0.02	0.01	0.00
	40	96.01	3.51	0.45	0.02	0.00	0.00	0.00
Foreman	24	9.93	29.20	29.31	23.57	3.37	3.26	1.35
	28	11.70	32.27	37.56	14.15	2.26	1.41	0.65
	32	16.38	36.77	37.47	7.31	1.10	0.71	0.25
	36	24.93	40.25	30.60	3.47	0.45	0.22	0.08
	40	41.49	37.97	18.85	1.48	0.14	0.07	0.01

$$MODE_{EL} = \arg \min_{Mode} \{D(c, r, Mode | QP) + \lambda_{MODE} \cdot R(c, r, Mode | QP)\} \quad (2)$$

층으로 예측한 블록모드( $MODE_{BL\_PRED}$ )와 그 블록내의 움직임 벡터에 관한 통계이다. 움직임이 적은 *Mother&Daughter* 영상과 비교적 움직임이 빠른 *Foreman* 영상, 텍스처의 복잡도가 큰 *Harbour* 영상 등에 대하여 QP 값 24~40을 적용하며, 총 50프레임에 대하여 JSVM 6.0<sup>[4]</sup> SVC 참조 소프트웨어를 이용하여 실험을 하였다. 기본 계층과 향상 계층 모두 시간적 계위성을 위해 GOP 크기가 8인 계층적 B-화면 구조<sup>[5]</sup>를 사용하였다. 본 논문에서는 B-화면에서  $MODE_{BL\_PRED}$  중 16x16 매크로블록에 대하여 두개의 참조화면 리스트(LIST0, LIST1)에서 모두 영벡터(zero motion vector)를 가지는 블록을 BZMB (Bi-predictive Zero Motion Block)로, 두개의 참조화면 리스트 중에서 한 방향의 움직임 벡터가 (0, 0)인 블록을 UZMB (Uni-predictive Zero Motion Block)로 정의한다. 마지막으로 NZMB(Non-Zero Motion Block)은 16x16 매크로블록에서 두 참조화면 리스트 움직임 벡터가 모두 (0, 0)이 아닌 경우로 정의한다. 본 논문에서는 BZMB와 UZMB를 합쳐서 ZMB(Zero Motion Block)라고 표현한다. 표 2에서 보듯이 기본 계층에서 예측한 16x16 블록 모드에 대하여 쌍방향 모두 영벡터를 포함하는 비율은 *Mother&Daughter* 영상의 경우 QP가 28이상이면 80%를 넘는다. 그리고 한 방향이라도 영벡터를 포함하는 경우도 평균 10%가 되어  $MODE_{BL\_PRED}$  중 16x16 매크로블록이 영벡터를 포함하는 경우가 총 매크로블록 중에서 90% 이상이 된다.

그림 4에서 보는 것처럼 이것은 QP가 증가할수록 더 증가하게 되는데 그 이유는 기본 계층에서 향상 계층으로 예측하는 정보들은 기본 계층의 복원된 정보들을 바탕으로 하기 때문에 QP가 커질수록 영상의 세밀한 부분의 복원이 감소되고 균일한 영상 영역이 증가하므로 움직임 벡터가 (0, 0)가 되는 경우가 많아지기 때문이다. *Harbour* 영상과 같이 텍스처의 복잡도가 큰 영상도 큰 QP에 대해서 ZMB의 비율이 50%를 넘는다. *Foreman*과 같이 움직임이 큰 영상의 경우도 움직임 벡터 (0, 0)를 포함하는 경우가 전체의 50% 이상을 차지한다. 이와 같은 ZMB의 경우는 움직임이 작거나 텍스처의 복잡도가 작은 경우이기 때문에

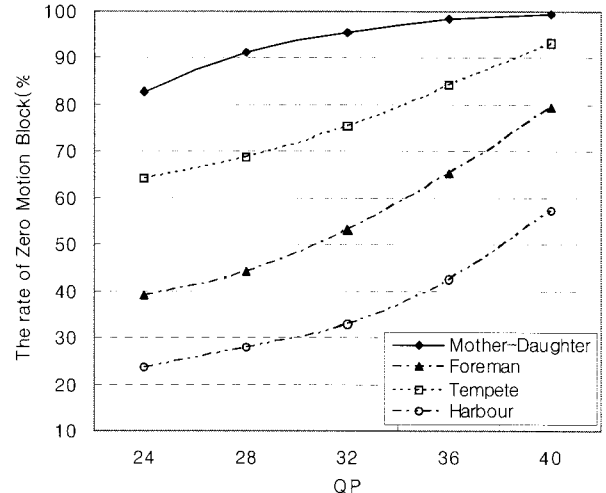


그림 4. Zero Motion Block (ZMB)의 비율  
Fig.4. Proportions of Zero Motion Block

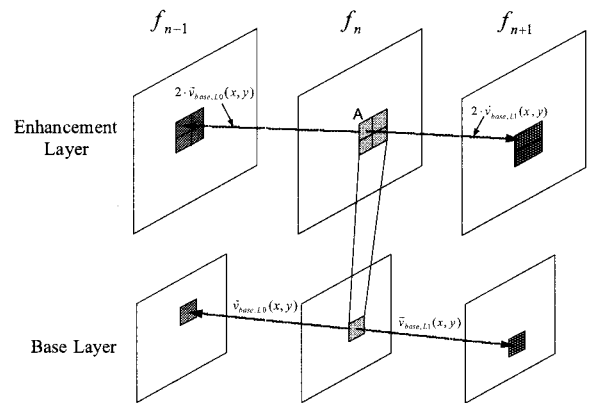


그림 5. ZCB(Zero Coefficients Block)의 예  
Fig.5. An example of ZCB (Zero Coefficients Block)

$MODE_{BL\_PRED}$ 의 16x16 블록모드에서 영벡터를 포함하는 경우는 향상 계층에서도 해당 영역은 큰 블록 크기를 갖는 모드로 결정된다고 간주할 수가 있다. 또한 표 1에서 ZCB는 Zero Coefficient Block을 의미한다. 향상 계층의 부호화시 향상 계층의 현재 블록과 공간계층간 예측시 기본 계층으로부터 얻는 움직임 벡터  $2 \cdot \vec{v}_{base}$ 와 하위 계층의 계층적 B-화면 부호화시 참조화면 리스트, LIST0<sub>base</sub>, LIST1<sub>base</sub>를 이용하여 향상 계층에서 움직임 보상된 참조 블록간의 잔

차 신호에 대한 정수변환 계수의 합이 0일 때 그 블록을 ZCB라고 정의한다. ZCB는 그림 5에 표현되어 있다.

그림 5에서 블록 A를 부호화 하고자 할 때 현재 블록 A와 기본 계층으로부터 예측하여 얻은 움직임 벡터  $2\vec{v}_{base}$  그리고 참조화면 리스트  $LIST0_{base}$ ,  $LIST1_{base}$ 을 이용하여 움직임 보상된 블록의 잔차 신호에 대하여 정수변환을 수행하였을 때 블록의 모든 정수변환 계수가 0이면 블록 A를 ZCB라고 정의한다. 즉 블록 A는 모든 정수변환 계수의 합이 0이므로 그 영역은 잔차 신호가 매우 작거나 양자화 계수의 영향으로 변환 계수가 모두 0이 된 경우이다. 다시 말하면 잔차 신호가 매우 작은 경우는 부호화 영역에서 움직임이 매우 작거나 균일한 영상영역인 경우 이므로 이 경우 역시 큰 블록으로 부호화할 수 있음을 의미한다. 이것은 다음 식을 통하여 설명할 수 있다.  $f_n(x, y)$ 를 향상 계층의 현재 블록이라고 했을 때  $\hat{f}_{L0}, \hat{f}_{L1}$ 을 하위 계층의 정보인 움직임 벡터와 참조화면 리스트를 이용하여 계산한 각 리스트에 대한 향상 계층의 움직임 보상 블록이라고 하면 현재 블록과 움직임 보상 블록간의 잔차 신호는 다음 (3)과 같이 표현된다.

여기서  $(v_{bx,L0}, v_{by,L0})$ 는 기본 계층의 참조화면 리스트  $LIST0_{base}$ 를 이용하여 얻은 움직임 벡터이고  $(v_{bx,L1}, v_{by,L1})$ 는  $LIST1_{base}$ 을 이용하여 얻은 움직임 벡터이다. 이것은 정수변환을 통하여 (4)와 같이 정수변환 계수를 구할 수 있다.

여기서  $\lceil \cdot \rceil$ 는 가장 가까운 정수값을 갖게 하는 라운드

$$e(x, y) = \sum_{x=0}^3 \sum_{y=0}^3 \left( f_n(x, y) - (\omega_{L0} \cdot \hat{f}_{L0}(x - 2v_{bx,L0}, y - 2v_{by,L0} | LIST0_{base}) + \omega_{L1} \cdot \hat{f}_{L1}(x - 2v_{bx,L1}, y - 2v_{by,L1} | LIST1_{base})) \right) \quad (3)$$

$$C_l(u, v) = \sum_{x=0}^3 \sum_{y=0}^3 e(x, y) \cdot \left[ 2.5 \cdot \sqrt{\frac{1}{2}} k(u) \cos\left(\frac{2x+1}{8} u \pi\right) \right] \times \left[ 2.5 \cdot \sqrt{\frac{1}{2}} k(v) \cos\left(\frac{2y+1}{8} v \pi\right) \right] \quad (4)$$

$$C_{Qi,4 \times 4}(u, v, r, QP) = \text{sign}\{C_l(u, v)\} \times \frac{|C_l(u, v)| \cdot M(QP\%6, r) + f}{2^{15+(QP/6)}} \quad (5)$$

연산자이고  $k(u)$ 와  $k(v)$ 는  $u=0$ 와  $v=0$  일 때  $1/\sqrt{2}$ , 그렇지 않을 때는 1이다.  $C_l(u, v)$ 는 정수변환 계수이고 정수변환에 대한 양자화 계수를 다음과 같이 적용하여 양자화 할 수 있다.

여기서 %는 모듈러 연산자이고  $f$ 는 0부터  $2^{16+QP/6}$ 까지 값을 갖는 상수이다<sup>[6]</sup>. 그리고  $M(QP\%6, r)$ 는 곱셈 계수 (Multiplication Factor)라고 하며 각 주파수 영역별로 이미 지정된 값이고 다음과 같이 정의한다<sup>[7]</sup>.

$$M(QP\%6, r) = \begin{bmatrix} 5243 & 8066 & 13107 \\ 4660 & 7490 & 11916 \\ 4194 & 6554 & 10082 \\ 3647 & 5825 & 9362 \\ 3355 & 5243 & 8192 \\ 2893 & 4559 & 7282 \end{bmatrix} \quad (6)$$

여기서 식 (5)와 (6)에서  $r = 2 - (u\%2) - (v\%2)$  이다. 정수변환은  $4 \times 4$  블록 단위로 수행되므로  $16 \times 16$  블록에 대하여 다음과 같은 조건이면 현재 향상 계층의 블록을 ZCB로 정의할 수 있다.

$$C_{ZCB} = \sum_{i=0}^{15} |C_{Qi,4 \times 4}(u, v, QP)| = 0 \quad (7)$$

제안 알고리즘에서는 NZMB인 경우 ZCB 인지를 검사한다. 그림 6에서처럼 NZMB의 경우에도 시험 영상에 대

하여 많은 비율이 양자화 계수의 합이 0이므로 이 부분을 검사함으로써 ZMB 즉, 움직임 벡터가 (0, 0)이 아닌 경우에도 고속의 부호화를 수행할 수 있도록 고안 하였다.

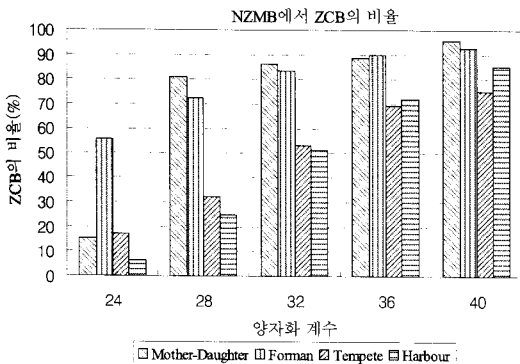


그림 6. NZMB에서 ZCB의 비율  
Fig.6. Proportions of ZCB in the NZMB

#### IV. 제안하는 공간 계층간 고속 블록 모드 결정 알고리즘

3장에서 시험 영상에 대하여  $MODE_{BL\_PRED}$  중 많은 매크로블록이 ZMB이고 NZMB중에서도 많은 비율이 정수변환계수가 0임을 통계를 통해 알아보았다. 본 논문에서 제안

하는 알고리즘에서는  $MODE_{BL\_PRED}$ 의 16x16 매크로블록을 4개의 블록 타입으로 분류하여 부호화 과정을 다르게 수행하거나,  $MODE_{BL\_PRED}$ 가 16x16 블록모드가 아닌 경우에는 항상 계층에서 후보 모드의 수를 줄여서 부호화하여 부호화 시간을 단축하는 방법을 이용한다. 3장에서 설명한 것처럼 하위 계층으로부터 예측된 블록모드  $MODE_{BL\_PRED}$ 가 ZMB일 경우 같은 공간 지점에서 항상 계층도 16x16 블록모드로 간주하여 부호화 할 수가 있다. 이 영역은 쌍방향 또는 단방향으로 움직임이 없음을 의미하므로 큰 블록크기의 모드로 간주되어도 무방하다고 할 수 있다. 이러한 개념은 그림 7에 잘 나타나 있다. 그림 7에서 하위 계층의 4번째 화면은 쌍방향 예측 후 항상 계층으로 계층간 예측을 수행한다. 이 경우에 하위 계층으로부터 예측된 블록모드  $MODE_{BL\_PRED}$ 가 ZMB 일 경우 항상 계층에서도 또한 움직임이 없거나 작은 정적인 영역이므로 이 공간 영역을 큰 블록크기로 부호화하는 방법이다. 이 경우 그림 2의 복잡한 과정을 거치지 않고 항상 계층에서는 16x16 블록 모드의 경우에만 움직임 벡터 예측 및 RD 비용을 계산하는 과정을 포함하므로 16x16 하위 블록에 대한 부호화 과정 없이 조기에 항상 계층의 블록 모드 결정을 완료 할 수 있다.

$MODE_{BL\_PRED}$ 가 NZMB의 경우 이것을 두 개의 블록타입으로 분류할 수 있다. (0, 0)이 아닌 움직임 벡터가 존재

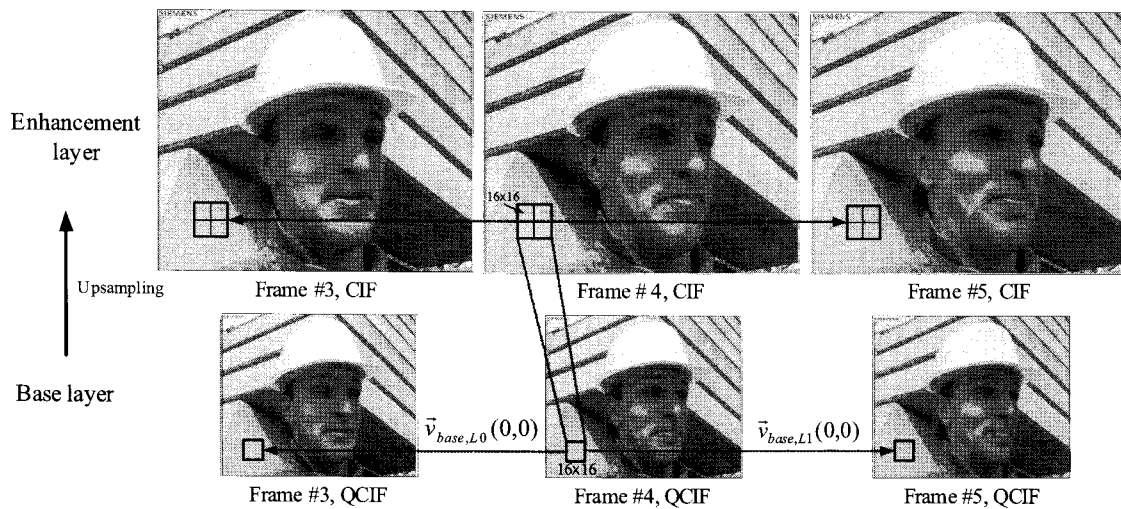


그림 7.  $MODE_{BL\_PRED}$ 가 ZMB(Zero Motion Block)일 경우 항상 계층에서의 블록 모드의 결정  
Fig.7. Block mode decision in enhancement layer when  $MODE_{BL\_PRED}$  is ZMB



하더라도 그 크기가 작아 움직임이 작은 경우에, 식(3)-(7)을 통하여 구한 정수변환계수가 모두 0이면 공간적 향상 계층에서 그 영상 영역을 16x16 블록모드로 결정하여 부호화하고 그 이외의 모드에 대해서는 울-왜곡 최적화를 수행하지 않는다. NZMB 중에서 ZCB의 비율은 양자화 계수와 영상 특성에 따라 다르지만 그림 6에서 보는 것처럼 많은 비율의 ZCB를 포함한다. 마지막으로  $MODE_{BL\_PRED}$ 가 16x16 블록 모드가 아닐 경우에는 향상 계층에서는  $MODE_{BL\_PRED}$ 보다 같거나 작은 블록 모드에 대해서만 울-왜곡 최적화를 수행한다.  $MODE_{BL\_PRED}$ 의 각 블록 타입에 따른 공간적 향상 계층에서의 블록모드 결정방법을 표 2와 같이 요약할 수 있다.

표 2.  $MODE_{BL\_PRED}$ 에 따른 공간적 향상 계층에서의 부호화 과정  
Table 2. Encoding Procedure according to the  $MODE_{BL\_PRED}$  at the enhancement layer

$MODE_{BL\_PRED}$	공간적 향상 계층에서의 부호화 과정	
BZMB	BZMB, DIRECT, 16x16모드에 대해 울-왜곡 최적화 수행	
UZMB	UZMB, DIRECT, 16x16모드에 대해 울-왜곡 최적화 수행	
NZMB	ZCB	NZMB, DIRECT, 16x16모드에 대해 울-왜곡 최적화 수행
	NZCB	NZMB, DIRECT, 16x16, 16x8, 8x16, 8x8 모드에 대해 울-왜곡 최적화 수행
16x8	$MODE_{BL\_PRED}$ , 16x8, 8x8 모드에 대해 울-왜곡 최적화 수행	
8x16	$MODE_{BL\_PRED}$ , 8x16, 8x8 모드에 대해 울-왜곡 최적화 수행	
8x8	$MODE_{BL\_PRED}$ , 8x8 모드에 대해 울-왜곡 최적화 수행	

표 2는 기본 계층으로부터 공간 계층간 예측을 통하여 얻은 블록모드에 따라서 향상 계층의 부호화 과정을 어떻게 할 것인지를 결정하는 지를 보여준다.  $MODE_{BL\_PRED}$ 가 16x16블록 모드일 경우 4가지의 블록 타입으로 재분류하여 그에 따른 부호화 과정을 수행한다. 다만 BZMB의 경우에는 쌍방향으로 움직임이 없는 영상 영역이므로 1/4 축소 움직임 벡터 보정(quarter-pixel refinement)과정을 생략하여 보다 많은 부호화 시간을 단축할 수 있고 움직임 벡터 보정시 보간을 통해 증가하는 데이터의 양을 줄일 수 있는 장점이 있다.  $MODE_{BL\_PRED}$ 가 16x16 블록 모드가 아닐 경우에는  $MODE_{BL\_PRED}$ 에 대한 울-왜곡 최적화 수행 이외에

$MODE_{BL\_PRED}$ 모드 보다 작거나 같은 블록 크기에 대해서만 울-왜곡 최적화를 수행한다. 예를들어  $MODE_{BL\_PRED}$ 가 16x8모드이면 향상 계층에서는  $MODE_{BL\_PRED}$ 와 그 것과 같은 16x8모드 그리고 그것보다 더 작게 분할된 모드인 8x8블록모드에 대해서만 울-왜곡 최적화를 수행한다. 이것은 그림 3-(a)에서 보는 것처럼  $MODE_{BL\_PRED}$ 를 통하여 기본 계층의 모드를 유추할 수 있으며 향상 계층의 동일한 지점의 영상 영역도 기본 계층과 유사한 모드로 부호화 할 수 있기 때문에  $MODE_{BL\_PRED}$ 를 통하여 향상 계층에서의

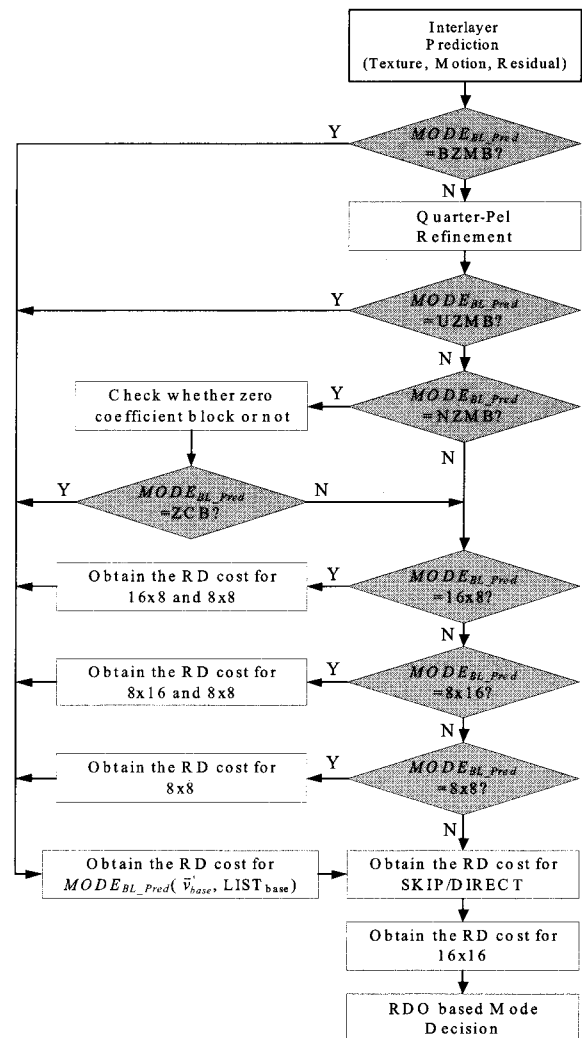


그림 8. 제안된 알고리즘의 블록다이아그램  
Fig. 8. Block diagram for the proposed algorithm

후보 모드를 줄여줌으로써 후보 모드에 대해서만 윌-왜곡 최적화를 수행하게 된다. 본 제안 알고리즘은 다음과 같은 과정을 따른다. 제안 알고리즘은 공간적 향상 계층에 적용된 알고리즘이다. 그림 8은 제안된 알고리즘에 대한 블록 다이어그램이다.  $MODE_{BL\_PRED}$ 를 총 7가지의 블록 타입으로 분류하여 블록 타입에 따른 서로 다른 부호화 과정을 수행하도록 하는 알고리즘이다.

### V. 실험 결과

실험을 위해 SVC의 참조 소프트웨어인 JSVM 6.0<sup>[4]</sup>을 사용하였다. 참조 프레임의 개수는 1개, 각공간 계층에서 시간적 계위성을 위해 GOP의 크기를 8로 한 계층적 B-화면 구조를 사용하였다. 움직임 벡터의 정밀도는 1/4로 설정하였다. 움직임 벡터 측정 시 움직임 측정 범위는 32 화소로 설정하였고 왜곡도 측정을 위해 정수 화소 단위에서는 SAD(Sum of Absolute Difference)를, 부호화단위에서는 하다마드 변환을 사용한 SATD(Sum of Absolute Transform Difference)를 사용하였다. 다양한 특성을 가지는 시험 영상을 이용하기 위하여 움직임이 적은 시험 영상부터 움직임이 많은 영상, 즉 *Container*, *Mother&Daughter*, *Silent*, *Foreman*, *Harbour*, *ICE*, *Tempete*을 포함하여 7가지를 사용하였다. 실험을 위해 사용한 컴퓨터 환경은 2.42GHz 클럭 속도와 2GB 메모리를 가지는 펜티엄 Core2Duo™ PC를 사용하였다. 실험결과는 복잡도 감소로 인한 부호화 시간의 감소와 이에 따른 PSNR과 비트율의 변화량을 측정하여 성능을 비교하였다. 본 제안 알고리즘의 목적은 부호화 과정의 복잡도를 감소시켜 전체 부호화 시간을 감소시키는 것으로 한다. 따라서 부호화 시간을 측정하여 원 참조 소프트웨어보다 얼마만큼의 부호화 시간의 감소를 가져왔는지 측정한다. 그리고 본 알고리즘 적용 전후의 PSNR 변동량과 비트율의 변화량을 dB와 %로 각각 측정하였다. 알고리즘의 적용 전후의 윌-왜곡(RD) 성능의 변화량을 측정함으로써 알고리즘의 적용 후 복잡도 감소에도 RD 성능을 유지하는지 보기 위함이다. 시험 영상으로는 움직임이 적은 순서부터 *Container(C)*, *Mother &*

*Daughter(M-D)*, *Silent(S)*, *Foreman(F)* 영상을 사용하였고 다음으로 움직임은 적으나 텍스처가 미세한 특징을 보여주는 *Harbour(H)* 영상 그리고 스포츠 영상인 *Ice(I)* 영상을 사용하였다. 시험영상은 기본 계층에는 30fps의 QCIF 해상도를 향상 계층에는 30fps의 CIF 해상도를 100프레임을 사용하였다. 양자화 계수는 기본 계층과 향상 계층에 동일한 값을 사용하되 28, 32, 36, 40을 사용하여 실험하였다. 그림 6, 7, 8은 SVC 참조 소프트웨어와 알고리즘 적용 후의 RD 성능을 그래프로 나타내었다. 그림의 그래프는 향상 계층에 대한 RD 성능 그래프이다. 알고리즘 적용 전후의 PSNR과 비트율은 거의 일치하므로 Rate-Distortion 측면에서 제안하는 알고리즘은 우수한 성능을 보여줄 수 있다.

표 3은 제안 알고리즘을 적용했을 때 연산량 감소 및 RD 성능 변화를 나타내었다. 최대 부호화 시간의 감소 비율은 72%이며, *Container*의 경우처럼 움직임이 작은 영상의 경우, 보다 많은 ZMB를 포함하므로 향상 계층에서의 부호화 시간의 감소 비율이 높다. *Ice* 영상처럼 스포츠 영상이라고 할지라도 배경이 고정되어 있는 부분은 ZMB 블록의 비율이 높으므로 제안 알고리즘을 이용하면 높은 부호화 시간

표 3 제안 알고리즘의 실험 결과  
Table 3. Experimental Results for the proposed algorithm

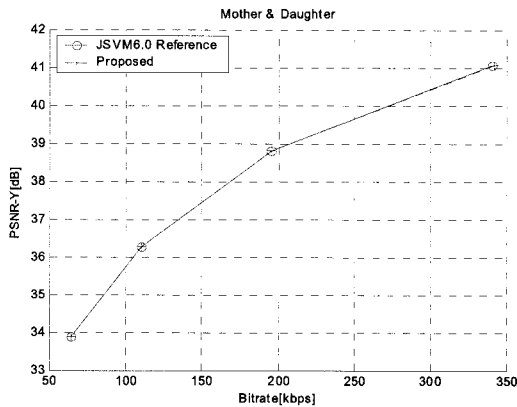
QP	변화량(Δ)	C	M-D	S	F	I	T	H
28	ΔPSNR-Y(dB)	-0.02	-0.07	-0.06	-0.14	-0.12	-0.05	-0.04
	ΔBitrate(%)	-0.07	-0.01	0.74	1.11	1.73	1.62	1.51
	Time Saving(%)	71.6	69.2	66.5	59.0	60.0	60.6	45.3
32	ΔPSNR-Y(dB)	-0.03	-0.05	-0.05	-0.14	-0.17	-0.08	-0.07
	ΔBitrate(%)	-0.51	-0.06	0.19	0.49	1.49	0.91	1.24
	Time Saving(%)	72.0	70.4	68.5	64.5	62.6	65.5	53.7
36	ΔPSNR-Y(dB)	-0.02	-0.04	-0.06	-0.15	-0.21	-0.06	-0.11
	ΔBitrate(%)	-0.95	-0.51	-0.48	-0.33	0.86	0.00	0.82
	Time Saving(%)	72.0	70.7	69.7	67.0	64.9	68.8	61.5
40	ΔPSNR-Y(dB)	0.00	-0.02	-0.06	-0.14	-0.25	-0.06	-0.13
	ΔBitrate(%)	-0.31	-1.19	-1.31	-1.44	-0.32	-0.76	0.37
	Time Saving(%)	72.0	71.0	70.46	68.3	67.1	70.6	66.6

의 감소 효과를 얻을 수 있다. 여기서 Time Saving은 다음과 같이 계산된다.

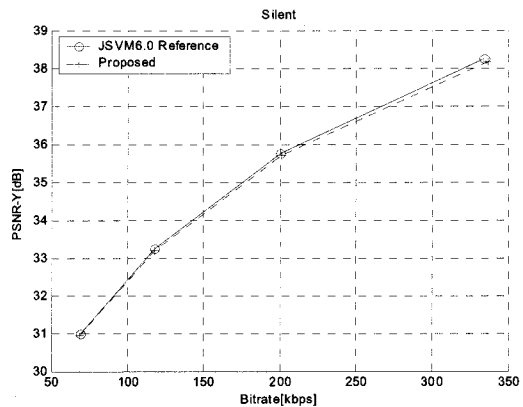
$$\text{TimeSaving}(\%) = \frac{\text{Time}_{\text{JSVM6.0}}(s) - \text{Time}_{\text{proposed}}(s)}{\text{Time}_{\text{JSVM6.0}}(s)} \times 100 \quad (\%) \quad (8)$$

여기서 TimeJSVM6.0은 SVC 참조 소프트웨어JSVM6.0을 이용하여 부호화하였을 때의 기본 계층과 향상 계층을 포함한 총 부호화 시간이고 Time<sub>proposed</sub>은 같은 조건에서 제안된 방법을 이용하여 부호화했을 때의 총 부호화 시간이다. 같은 영상에 대하여 QP가 증가할수록 부호화 시간이

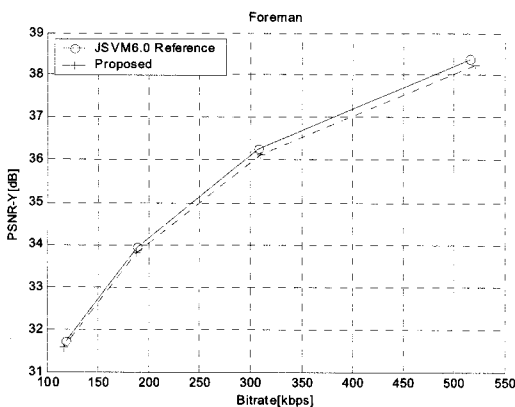
감소하는 비율이 커지는 것은 높은 QP로 인해 미세한 부분 또는 움직임이 있는 부분이 양자화 과정을 통해 제거되어 ZMB나 ZCB가 나올 확률이 높아지므로 부호화 시간의 감소 비율이 커지게 되고 이에 따른 향상 계층에서의 부호화 감소 비율은 커지게 된다. 또 한가지 주목할 만한 것은 움직임이 작은 영상에 대해서 제안 알고리즘은 기본 계층의 블록 모드로부터 예측된 ZMB와 ZCB의 검출을 통하여 향상 계층에서의 모드 결정을 조기에 완료하였기 때문에 부호화 시간의 단축 측면에서 효율적인 부호화를 할 수 있었다. 제안 알고리즘은 움직임이 빠르거나 균일하지 않은 텍



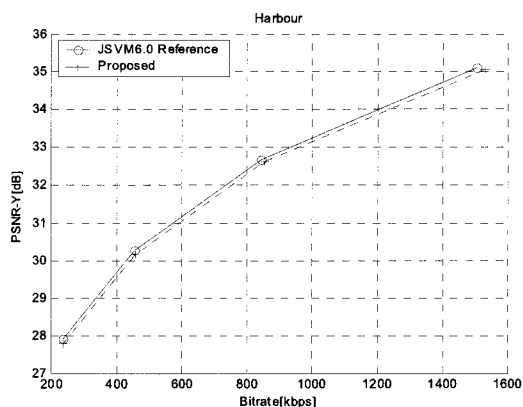
(a) Mother-Daughter 영상의 RD 성능 그래프  
(a) RD-curves for Mother-Daughter sequences



(b) Silent 영상의 RD 성능 그래프  
(b) RD-curves for Silent sequences



(c) Foreman 영상의 RD 성능 그래프  
(c) RD-curves for Foreman sequences



(d) Harbour 영상의 RD 성능 그래프  
(d) RD-curves for Harbour sequences

그림 9. Mother-Daughter, Silent, Foreman, Harbour 영상에 대한 RD성능그래프

Fig.9. RD-performance curves for Mother-Daughter, Silent, Forman and Harbour sequences

스처를 많이 포함하고 있는 영상 즉 *Forman*과 *Harbour* 영상 등에 대해서도 45%~68%이상의 부호화 시간의 감소 효과를 얻을 수 있었다. 이것은 ZMB나 ZCB 등의 비율이 적다고 하더라도  $MODE_{BL\_PRED}$  이 16x8, 8x16 또는 8x8일 때 항상 계층의 후보 모드를 감소 시켰기 때문에 부호화 감소 효과가 컸다고 할 수 있다. 따라서 제안된 알고리즘은 저비트율 스케일러블 비디오 부호화뿐만 아니라 고비트율 스케일러블 비디오 부호화에도 효율적인 알고리즘이라고 할 수 있다. 이러한 부호화 시간의 감소에도 불구하고 RD 성능변화는 SVC 참조 소프트웨어인 JSVM 6.0에 비하여 거의 변화가 없을 정도의 미미한 변화만 있음을 확인하였다. 그림 9-(a), (b), (c), (d)는 *Mother-Daughter*, *Silent*, *Forman* 그리고 *Harbour* 영상에 대한 RD 성능그래프이다. JSVM6.0 SVC 참조 소프트웨어와 비교했을 때 RD 성능의 차이가 거의 없으며 특정 비트율에서의 열화 없이 유사한 성능을 보여줌을 확인할 수 있다. PSNR가 최대 0.25dB 감소, 비트량이 최대 1.73% 증가에 그쳐 전반적으로 RD 성능 저하는 무시할 수 있을 정도로 작은 수준임을 실험을 통해 알 수 있다.

## VI. 결론

SVC 부호화기의 연산량 감소를 위해 공간 계층간 움직임 벡터의 정보를 이용해 항상 계층의 화면간 고속 모드 결정 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 공간 계층간의 공간적 상관도를 이용하여, 계층적으로 예측된 움직임 벡터가 매크로블록에서 (0, 0)이거나 정수변환 계수의 합이 그 매크로블록에서 0일 때 항상 계층의 해당 공간영역을 큰 블록모드로 결정하고 조기에 모드 결정을 완료하며, 그 이외의 경우에는 항상 계층의 후보 모드의 수를 감소시켜 유효-왜곡 최적화를 수행하는 알고리즘이다. 통계에서 알 수 있듯이 하위 계층에서 예측된 움직임 벡터가 매크로블

록에서 ZMB일 비율이 매우 크고 이러한 하위 계층의 정보를 상위공간 계층에서 이용함으로써 많은 연산량 및 부호화 시간의 감소 효과를 얻을 수 있다. 또한 움직임 벡터가 (0, 0)이 아닐 경우에는 기본 계층의 움직임 벡터와 참조화면 리스트를 이용하여 구한 움직임 보상 블록과 현재 블록간의 정수변환계수가 모두 0일때도 똑 같은 조기 완료 알고리즘을 적용한다. 이러한 두 가지가 아닌 경우에는 항상 계층에서 블록모드에 대한 후보모드 수를 감소시킴으로써 부호화 시간을 큰 폭으로 감소시켰다. 제안 알고리즘은 움직임이 적은 영상부터 많은 영상까지, 단순한 텍스처 영상뿐만 아니라 복잡한 영상에 이르기까지 다양한 실험 영상을 통하여 전체 부호화 소요 시간 대비 최대 72%만큼의 연산량 감소효과를 얻을 수 있었으며 PSNR이 최대 0.25dB 감소하였으며 비트량은 최대 1.73% 증가에 그쳤다. 이는 RD 성능 측면에서 무시할 수 있을 정도로 작은 수치이다.

## 참고 문헌

- [1] J.Reichel, H.Schwarz and M.Wien, ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11: 'Text of ISO/IEC 14496-10:2006/PDA M3 Scalable Video Coding,' MPEG76/N8015, Montreux, April 2006.
- [2] ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11/N7797: ' JSVM6 Software', MPEG76/N8061, Montreux, April 2006
- [3] H.Li, Z.Li and C.Wen, " Fast Mode Decision Algorithm for Inter-Frame Coding in Fully Scalable Video Coding", IEEE Transaction on Circuit and Systems for Video Technology, vol 16, no 7, July 2006
- [4] 박성호, 김원하, 한우진, "H.264/AVC-Scalable Extension의 표준화 연구동향과 알고리즘 분석", 제 10권, 제 4호, 12월 2005년
- [5] H.Schwarz, D.Marpe and T.Wiegand, "Hierarchical B pictures," Jint Video Team, Doc.JVT-P014, Poznan, Poland, July 2005
- [6] Y.H.Moon, G.Y.Kim and J.H.Kim, "An Improved Early Detection Algorithm for All-Zero Blocks in H.264 Video Encoding," IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology, vol 15, no. 8, August, 2005
- [7] H.Hallapuro, M.Karczewicz and L.Kerofsky, "Low Complexity Transform and Quantization in H.264/AVC," IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology, vol 13, no 7, July, 2003

---

 저 자 소 개
 

---

**이 범 식**

- 2000년 8월 : 고려대학교 전기전자전파공학부 학사
- 2006년 8월 : 한국정보통신대학교 공학부 석사
- 2006년 8월 ~ 현재 : 한국정보통신대학교 공학부 박사 과정
- 2000년 9월 ~ 2003년 9월 : (주)기산텔레콤
- 주관심 분야 : Scalable Video Coding, H.264/AVC, 고효율 영상 압축, 내용기반 영상 검색, 패턴인식

**김 문 철**

- 1989년 : 경북대학교 학사
- 1992년 : University of Florida, Electrical and Computer Engineering, 석사
- 1996년 : University of Florida, Electrical and Computer Engineering, 박사
- 1997년 1월~2001년 2월 : 한국전자통신연구원 선임연구원, 방송미디어연구부 실감영상연구팀/영상미디어 연구팀 팀장
- 2001년 2월 ~현재 : 한국정보통신대학교 부교수
- 주관심 분야 : MPEG-4/7/21/A/E, 멀티미디어 정보처리, 대화형 멀티미디어 방송, 지능형 에이전트 기반 멀티미디어 응용, 영상 및 신호처리

**함 상 진**

- 1996년 2월 : 연세대학교 전자공학과 학사
- 1998년 8월 : 연세대학교 전자공학과 석사
- 2001년 7월~현재 : 한국방송 방송기술연구팀, 현 U콘텐츠처리보호 선임연구원
- 주관심 분야 : 고효율 영상압축, 콘텐츠 저작권 보호 기술, 영상 신호 처리

**박 창 섭**

- 1980년 : 한양대학교 전자공학과 (학사)
- 1982년 : 한양대학교 산업대학원 (석사)
- 2001년 : 한국과학기술원 정보 및 통신공학과 (박사)
- 1981년 - 현재 : 한국방송 방송기술연구팀
- 주관심분야 : 영상신호압축, 컴퓨터 비전, 입체TV

**박 근 수**

- 1982년 : 서울대학교 제어계측공학과, 학사
- 1984년 : KAIST 전기전자공학과, 석사
- 1984년 3월 ~현재 : 한국방송 방송기술연구소 근무, 현 U콘텐츠처리보호 수석연구원
- 주관심 분야 : HD/SD 영상효과 및 처리 방송제작기술, DTV 방송콘텐츠 보호기술, 유비쿼터스 콘텐츠 처리기술