

일반논문-07-12-5-10

공간 향상 계층에서 효율적인 화면 내 예측 모드 선택 방법

명진수^{a)‡}, 박성재^{a)}, 오승준^{a)}, 심동규^{a)}, 김병규^{b)}

An Efficient Intra Prediction Mode Decision for Spatial Enhancement Layer

Jin-Su Myung^{a)‡}, Sung-Jae Park^{a)}, Seoung-Jun Oh^{a)}, Donggyu Sim^{a)}, and Byung-Gyu Kim^{b)}

요 약

본 논문에서는 H.264/MPEG-4 AVC의 확장표준으로 제정된 SVC(Scalable Video Coding)에서 화면 내 예측 모드를 효율적으로 선택하는 방법을 제안한다. 제안 방법은 공간 향상 계층에서의 화면 내 예측 모드의 통계적 분석을 기반으로 매크로블록의 복잡도 특성에 따라 화면 내 예측 모드를 결정하고 Intra_BL 모드의 RD 값을 사용하여 Intra_BL 모드를 선 결정한다. 실험결과 제안한 방법은 화면 내 예측 모드의 부호화 시간을 54.67% 감소시키는 것에 반해 화질의 열화가 매우 작음을 보였다. 특히 낮은 QP 값에서는 미비한 PSNR의 감소와 약 0.011% 정도의 비트율 증가를 보였고, 높은 QP 값에서는 약 0.01dB 미만의 PSNR 감소와 0.249% 정도의 비트율이 증가하였다.

Abstract

In this paper, we propose an efficient intra prediction mode decision scheme in Scalable Video Coding(SVC) which is an emerging video coding standard as an extension of H.264/MPEG-4 AVC(Advanced Video Coding). The proposed method in base on the characteristic of macroblock smoothness follows the statistical analysis of intra prediction mode in an enhancement layer and it decides a candidate intra prediction mode. We also propose an early termination scheme for Intra_BL mode decision where the RD cost value of Intra_BL is utilized. Simulation results show that the proposed method reduces 54.67% of the computation complexity of intra prediction coding, while the degradation in video quality is negligible; for low QP values, the average PSNR loss is very negligible, equivalently the bit rate increases by 0.011%. For high QP values, the average PSNR loss is less than 0.01dB, which equals to 0.249% increase in bitrate.

Keywords : scalable video coding, intra prediction.

1. 서 론

최근 다양한 통신망이 구축되고 각 망에 따른 단말의 등장은 동일한 비디오 콘텐츠를 각각의 통신망과 단말에 적응적으로 사용할 수 있는 비디오 스트림을 제공하기 위한

새로운 코덱 기술이 요구되어졌다. 이러한 필요성에 의해 ITU-T 와 ISO/IEC 두 기관의 공동 작업으로 이종 네트워크로 연결된 다양한 클라이언트까지 비디오 데이터를 차질 없이 배달하는 것에 목표를 두고 SVC(Scalable Video Coding)가 H.264/ AVC의 수정안으로 제정되었다[1]. SVC의 핵심 기능은 하나의 압축된 비트스트림에서 서로 다른 여러 종류의 해상도, 화질, 프레임율을 갖는 영상을 다양한 단말과 다양한 네트워크 환경에 적응적으로 복원 할 수 있도록 하는 것이다[2]. 따라서 추후 다양한 통신망에 따른 멀티미디어 서비스에 SVC가 많이 사용될 것이다. 하지만 다

a) 광운대학교 VIA-Multimedia Center
VIA-Multimedia Center, Kwangwoon University

b) 한국전자통신연구원
ETRI

‡ 교신저자 : 명진수(blackart@media.kw.ac.kr)

양한 실시간 응용 서비스에 SVC를 적용하기에는 SVC의 연산량이 너무 많은 문제점이 있기 때문에 SVC 고속화 알고리즘에 대한 연구가 요구된다.

H.264/AVC의 높은 코딩 효율은 RDO(Rate Distortion Optimization) 기술에 의해 이루어진다. RDO 기술은 요구되는 대역폭에서 최상의 화질을 제공하는 기술이다. RDO 기술은 부호화가 가능한 모든 모드를 매크로블록을 부호화 한 후에 최적의 RD(Rate Distortion) 값을 갖는 모드를 선택하는 방법이다. 이런 RD 값은 전체 모드에 대한 부호화 과정이 끝난 후에 얻을 수 있는 값이기 때문에 부호화 기에서 가장 많은 연산량을 필요로 한다. 따라서 Intra4x4 모드에서 9가지 Intra16x16 모드에서 4가지를 제공하는 H.264/AVC의 화면 내 예측(Intra frame estimation)도 많은 연산량을 필요로 한다. 더욱이 SVC의 공간 향상 계층(Spatial enhancement layer)에서는 H.264/AVC의 화면 내 예측 모드를 모두 사용할 뿐만 아니라 계층 간의 상관성을 이용한 계층 간 예측(Inter-layer intra prediction)방법인 인트라 텍스처 예측(Intra texture prediction)이 추가되었기 때문에 연산량을 감소시킬 수 있는 방법에 대한 요구가 더 크다.

최근까지 H.264/AVC의 화면 내 예측 모드를 고속으로 처리하기 위한 많은 연구가 있었다^{3),6)}. 그러나 이러한 방법들은 대부분 Intra4x4 예측모드 대한 고속 연산 방법들이 대부분이었다. 하지만 SVC의 공간 향상 계층에서 Intra4x4 모드의 비율은 QP(Quantization Parameter)가 증가 할수록 그 비율이 현저히 감소하기 때문에 기존 방법만을 적용하여서는 큰 효과를 볼 수 없다. 따라서 SVC의 공간 향상 계층에서 화면 내 예측 모드를 고속화하기 위한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 SVC의 공간 향상 계층에서 화질의 열화를 최소화 하는 화면 내 예측 모드를 선택하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서는 공간 향상 계층에서의 화면 내 예측 모드의 통계적 분석을 통하여 매크로블록의 복잡도 특성에 따라 매크로블록의 화면 내 예측 모드 방법 결정하고, Intra_BL 모드의 RD 값을 사용하여 Intra_BL 모드를 예측함으로써 미비한 화질의 손실로 화면 내 예측 모드를 결정 할 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 통계적 가설 검증(Hypothesis test)을 사용하여 SVC의 공간 향상 계층에서 화면 내 예측 모드를 분석하고, III장에서는 통계적 가설 검증을 통한 분석을 기반으로 공간 향상 계층에서 효율적으로 화면 내 예측 모드를 선택하는 방법에 대하여 설명한다. IV장에서는 제안 방법에 대한 실험결과를 보여주

고, V장에서 결론을 맺는다.

II. 공간 향상 계층에서의 화면 내 예측 모드의 통계적 분석

SVC 그룹에서는 기존 H.264/AVC와 호환성을 유지하도록 표준화를 진행하였다. 기본계층의 화면 내 예측 모드는 Intra4x4, Intra8x8, Intra16x16 등 세 개의 모드를 지원하고, 공간 향상계층에서는 기본계층에서 사용하는 화면 내 예측 모드와 함께 계층 간 예측인 인트라 텍스처 예측 모드가 추가로 지원된다. 인트라 텍스처 예측 모드는 부호화 하려는 매크로블록에 대응하는 하위 계층의 블록이 화면 내 예측 모드로 부호화가 된 경우 하위 계층의 해당하는 매크로블록을 복원하고, 부호화 하려는 매크로블록의 공간 해상도로 확장하여 예측신호로 만들고 중복된 정보를 제거하여 잉여데이터를 부호화 하는 방식이다. 이러한 방법을 Intra_BL 모드라 한다. Intra_BL 모드는 공간 향상 계층에서 SVC의 코딩 효율성을 향상시키는 기술이지만, 그에 따른 부호화기의 연산량도 증가 하였다⁷⁾. 따라서 Intra_BL 모드 때문에 가중된 연산량을 감소시키면서 화질을 유지할 수 있는 방법이 필요하고 이를 위해서는 화면 내 예측 모드 선택을 위한 매크로블록의 정성적인 특성을 정량화 시킬 수 있는 매크로블록의 특성과 화면 내 예측 모드의 연관관계를 조사할 필요가 있다.

공간 향상 계층에서 매크로블록의 복잡도 특성에 따른 화면 내 예측 모드의 분포를 조사하기위해 매크로블록에 통계적 가설 검증을 사용하여 각 예측 모드에 대한 분포를 살펴본다. 본 논문에서 사용한 통계적 가설 검증은 매크로블록의 하위 블록의 평균값에 대한 차이값을 기준으로 매크로블록에 대한 복잡도를 분류하며 다음과 같은 가설을 세워 놓고 실험하였다. 통계적 가설 검증결과는 매크로블록의 복잡도 특성, 블록 내의 경계유무에 따라 블록 내에 경계가 없으면 "Smoothness"로 결정하고 경계가 있으면 "No smoothness"로 결정을 하며, 경계의 유무가 불확실 할 경우는 "No decision"으로 정의를 하며 다음과 같이 실험 한다.

1단계 : 매크로블록을 16개의 하위 블록으로 나누고 각 블록의 평균과 분산을 구한다.

$$\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s, S_1^2, S_2^2, \dots, S_s^2$$

여기서 μ_s 와 S_s^2 는 각 하위 블록의 평균과 분산이고 s

는 블록 수이다.

2단계 : 다음 수식에 의해 블록의 상관도를 구한다.

$$SS_{wit} = p \sum_{i=1}^s S_i^2$$

$$SS_{wit}^* = SS_{wit} / s(p-1)$$

여기서 p 는 블록의 픽셀 수이다.

3단계 : 다음 수식에 의해 통계적 평균 특성 값인 SCM (Statistical Character Mean)을 계산한다.

$$SCM = MAX(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s) - MIN(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s)$$

4단계 : 오차율이 $\alpha_1 = 0.05, \alpha_2 = 0.01$ 일 경우 해당하는 임계값

$k_{\alpha_1 : s : s(p-1)}$ 를 아래와 같이 구한다.

$$k = k^* \sqrt{SS_{wit}^* / p}$$

여기서 k^* 는 $\alpha_1 = 0.05, \alpha_2 = 0.01$ 일 경우 ANOVA 표에서 얻는다^[8].

5단계 : 매크로블록의 특성을 다음과 같이 정의한다.

$SCM < k_{\alpha_1 : s : s(p-1)}$ 을 만족하면 “Smoothness”로 정의한다.

$SCM > k_{\alpha_2 : s : s(p-1)}$ 을 만족하면 “No smoothness”로 정의한다.

그렇지 않으면 “No decision”으로 정의한다.

여기서 하위 블록의 크기는 화면 내 예측모드에 따른 통계적 평균 특성 값인 SCM 의 특성을 기반으로 결정을 한

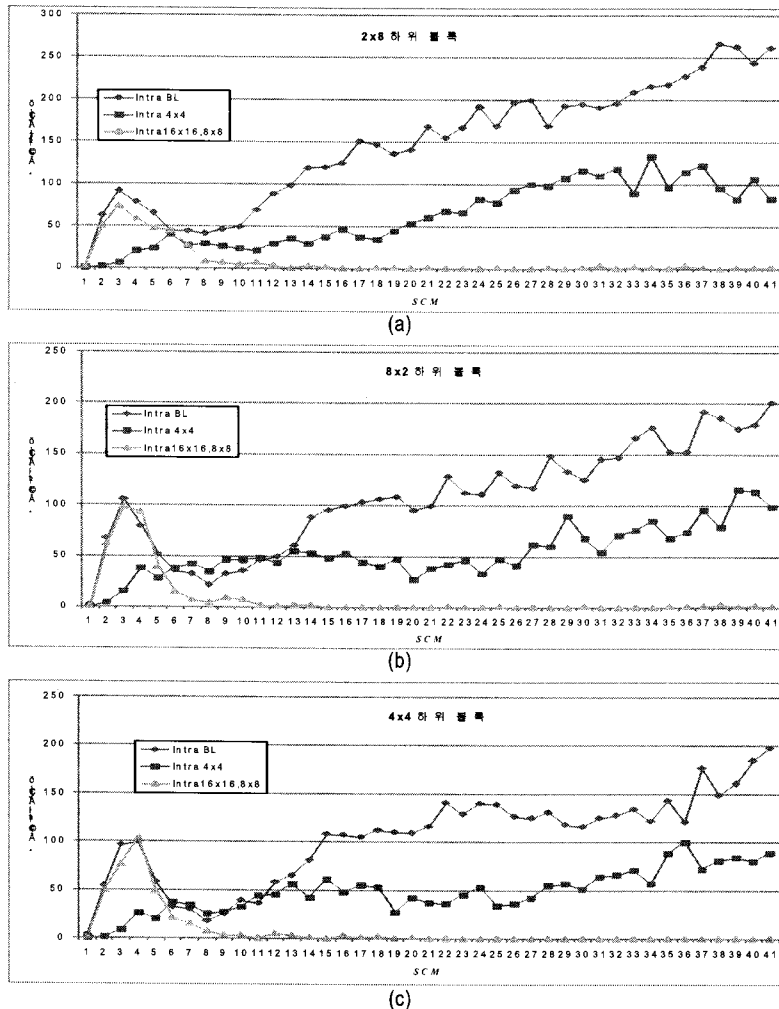


그림 1. Mobile 시퀀스에서 화면 내 예측 모드에 따른 SCM 히스토그램.(a)2x8 블록 (b)8x2 블록 (c)4x4 블록
 Fig. 1. SCM Histograms for intra prediction modes in Mobile sequences.(a)2x8 Block (b)8x2 Block (c)4x4 Block

다. *SCM*은 제안하는 방법에서도 사용하는 값으로 화면 내 예측 모드에 대한 통계적 특성이 중요하다. 그림 1은 *Mobile* 시퀀스에서 하위 블록의 크기를 각각 2x8, 8x2, 4x4로 했을 때 화면 내 예측 모드에 따른 *SCM*의 히스토그램을 나타낸 것이다. *SVC* 기본 부호화 타입인 4x4 블록을 사용하였을 경우 (c)와 같이 *Intra16x16*, *Intra8x8*모드에 대한 분포가 2x8, 8x2 블록 보다 큰 것을 볼 수 있으며 실제 통계적 가설 검증실험을 통해서도 “No smoothness”로 판명된 매크로블록에 그 분포가 많은 것을 확인 할 수 있었다. 하위 블록을 2x8 과 8x2로 했을 경우 (a)와 (b)처럼 *Intra16x16*, *Intra8x8* 모드의 분포가 비슷하게 유지 되는 것을 볼 수 있다. 하지만 2x8블록의 경우 동일한 *SCM*의 범위 안에서 8x2블록 보다 *Intra16x16*, *Intra8x8* 모드가 보다 적게 분포하는 것을 볼 수 있다. 특히 2x8블록을 사용하면 동일한 오차 한도 내에서 “Smoothness”영역을 선택하였을 경우 해당 매크로블록의 빈도수가 커지기 때문에 부적합하다. 따라서 제안 방법에서는 하위 블록의 크기는 8x2블록을 사용한다.

매크로블록의 복잡도 특성에 따른 화면 내 예측 모드의 정확한 특성을 분석하기위해 *SVC*의 참조 소프트웨어 (Reference software)인 *JSVM 5.9*^[9]에 통계적 가설 검증방법을 적용하여 *Foreman*, *City*, *Crew*, *Harbour*, *Mobile* 컬러 시퀀스 등에서 실험하였다. 표 1은 *City* 시퀀스에서 통계적 가설 검증결과에 따른 각 특성에서의 화면 내 예측 모드의 분포를 보여주고 있다.

표 1은 통계적 가설 검증을 통해 *Intra16x16* 모드와

Intra8x8 모드는 “No smoothness”와 “No decision”에서 적은 분포를 갖는 반면에 “Smoothness”에서 상대적으로 많은 분포를 갖는다는 것을 보여준다. 그리고 *QP*가 커짐에 따라 *Intra16x16*과 *Intra8x8* 모드가 늘어나고 *Intra4x4* 모드가 줄어든다는 점도 보여준다. 이러한 현상을 통해 공간 향상 계층에서는 매크로블록의 복잡도 특성에 따라 화면 내 예측 모드의 후보를 선택할 수 있다고 말할 수 있다.

매크로블록의 복잡도 특성이 “Smoothness”이면 *Intra_BL*, *Intra16x16*, *Intra8x8*, 그리고 *Intra4x4* 모드를 수행하고 그 외의 특성이면 *Intra_BL*과 *Intra4x4* 모드만을 수행함으로써 화면 내 예측 모드의 연산량을 줄일 수 있다. 이에 따라 발생할 수 있는 최적모드에 대한 오차는 “No smoothness”와 “No decision” 두 특성에서 최대 1.4%정도 이다. 그리고 통계적 가설 검증을 이용하여 매크로블록의 복잡도 특성을 결정하기에는 추가 연산량이 많기 때문에 본 논문에서는 통계적 가설 검증을 간소화하고 매크로블록의 복잡도 특성을 “Smoothness”와 “No smoothness”로 결정하여 화면 내 예측 모드를 수행 하는 방법을 제시하고자 한다.

III. 효과적인 화면 내 예측 모드 선택 방법

1. 매크로블록의 복잡도 특성 측정 방법

표 1의 통계적 가설 검증의 실험 결과에서 “No smooth-

표 1. 향상 계층에서 통계적 가설 검증실험 결과에 따른 화면 내 예측 모드 형태에 대한 분포

Table 1. Statistical analysis of intra prediction mode types in an enhancement layer based on hypothesis test.

구 분	모 드	QP 8	QP 16	QP 24	QP 28	QP 32	QP 36
Smoothness	<i>Intra_BL</i>	14.88%	27.82%	27.27%	29.31%	30.98%	32.53%
	<i>Intra4x4</i>	25.62%	15.70%	13.02%	10.80%	8.63%	6.17%
	<i>Intra16x16,8x8</i>	0.28%	0.25%	0.48%	0.67%	1.16%	2.08%
No decision	<i>Intra_BL</i>	15.28%	23.92%	25.32%	26.35%	27.55%	28.55%
	<i>Intra4x4</i>	16.90%	8.26%	6.81%	5.67%	4.27%	2.84%
	<i>Intra16x16,8x8</i>	0.03%	0.03%	0.08%	0.18%	0.38%	0.82%
No smoothness	<i>Intra_BL</i>	11.18%	19.09%	19.56%	20.63%	22.32%	23.46%
	<i>Intra4x4</i>	15.83%	8.90%	7.41%	6.26%	4.44%	2.98%
	<i>Intra16x16,8x8</i>	0.01%	0.03%	0.05%	0.13%	0.26%	0.58%

ness”로 결정된 대부분의 매크로블록이 Intra_BL과 Intra4x4 모드로 결정된 것을 볼 수 있었다. 즉 “No smoothness”의 특성을 갖는 매크로블록에서는 Intra_BL 모드와 Intra4x4 모드만을 수행 함으로써 화면 예측모드에 대한 연산량을 줄일 수 있다. 제안하는 방법에서는 매크로블록의 복잡도 특성을 “Smoothness”와 “No smoothness”로 분류하고 이를 결정하기 위해 통계적 가설 검증을 간소화한다. 매크로블록의 복잡도 특성을 표현하기 위한 측정자로 본고에서 식 (1)과 같이 정의하는 SCM(Statistical Character Mean)을 사용한다.

$$SCM = MAX(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s) - MIN(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s) \quad (1)$$

여기서 μ_s 는 항상 계층의 매크로블록에서 8x2 블록들의 평균값이다. SCM은 통계적 가설 검증에서 사용하는 통계적 특성 평균값으로 매크로블록의 복잡도 특성을 반영하는 값이다. 통계적 가설 검증에서는 매크로블록의 복잡도 특성을 결정하기 위해 각 매크로블록에 따른 SCM의 임계값을 계산하여 사용한다. 제안하는 방법에서는 공간 항상 계층에서 화면 내 예측 모드에 따른 SCM의 특징을 분석하여 임계값을 만들어 적용한다.

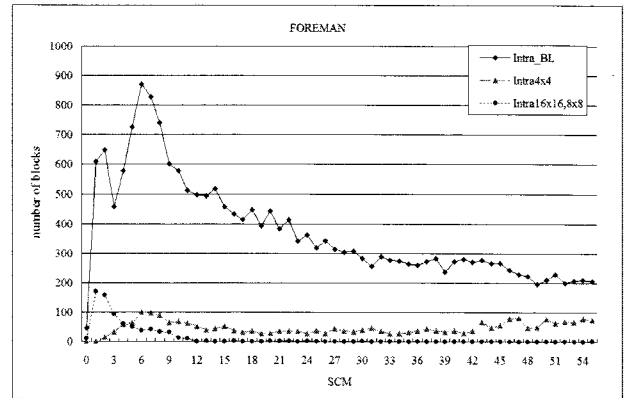
그림 2은 QP가 28일 때 Foreman, Football, Mobile 시퀀스에서 항상 계층에서 화면 내 예측 모드에 따른 SCM의 히스토그램이다. 히스토그램을 보면 SCM이 작은 값의 구간에서는 Intra_BL, Intra16x16, Intra8x8, 그리고 Intra4x4 모드가 전부 관찰이 되는 반면에 큰 값의 구간에서는 Intra16x16과 Intra8x8 모드가 나타나지 않는 것을 볼 수 있다. 따라서 매크로블록의 복잡도 특성은 SCM을 사용하여 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$\begin{cases} SCM < Th : Smoothness \\ SCM \geq Th : No smoothness \end{cases} \quad (2)$$

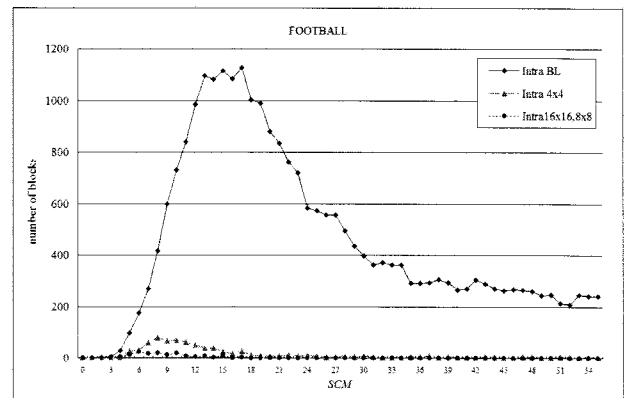
$$Th = C + QP/6$$

$$C = 9$$

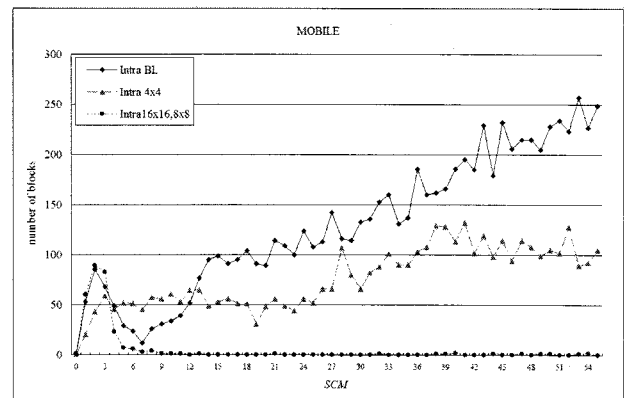
SCM이 임계값보다 크면 “No smoothness”로 결정하고, 화면 내 예측 모드는 Intra_BL 과 Intra4x4 모드를 사용한



(a) Foreman



(b) Football



(c) Mobile

그림 2. 세 가지 실험 시퀀스에서 화면 내 예측 모드에 따른 SCM 히스토그램, QP=28.

Fig. 2. SCM Histograms for intra prediction modes in three test sequences, QP=28.

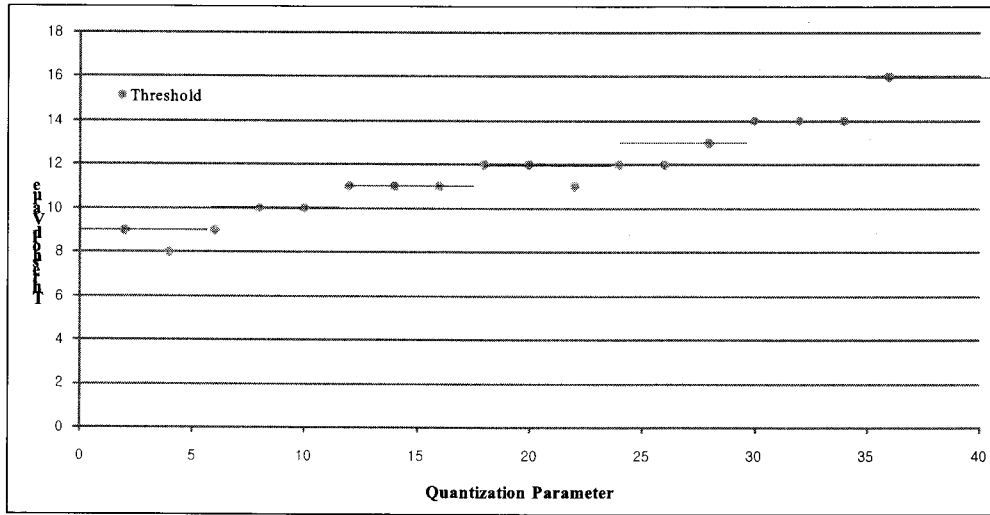


그림 3. "No smoothness" 선택을 위한 임계값
 Fig. 3. The curved of threshold for "No smoothness" selection

다. *SCM*이 임계값보다 작으면 "Smoothness"로 결정하고, 화면 내 예측 모드는 네 가지 모드 전부를 사용한다. 그리고 표 1에서 QP가 커짐에 따라 *Intra16x16*과 *Intra8x8* 모드의 분포가 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 QP에 따른 양자화 효과로 인하여 QP가 커짐에 따라 "Smoothness" 특성의 매크로블록이 증가하는 것이다. 따라서 *SCM*의 임계값은 이러한 효과를 반영하여야 하며 표 1의 결과에서처럼 "No smoothness"로 결정된 매크로블록에서 발생 할 수 있는 최대 오차가 1.4%이하가 되는 임계값을 정하여 사용한다. 그림 3은 매크로블록의 특성을 결정하기위한 *SCM*의 임계값을 나타낸다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 최대 오차가 1.4% 이하가 되는 임계값을 구하여 표시를 하면 최소 9에서부터 시작하여 QP가 6이 증가 할수록 1씩 증가하는 것을 볼 수가 있다. 그리고 특정 QP의 임계값이 주변 QP의 임계값보다 작은 것을 볼 수 있다. 이는 비록 "No smoothness"로 결정되어지는 매크로블록의 수는 적어지지만 "No smoothness"에 발생하는 오차가 작아지기 때문에 *SCM*의 임계값을 식 (2)와 같이 정하여 사용한다.

2. Intra_BL 모드 결정 방법

표 1과 [10]을 보면 향상 계층에서의 매크로블록은 대부

분 *Intra_BL*과 *Intra4x4* 모드로 부호화가 된다. 그리고 QP가 커질수록 *Intra_BL* 모드의 부호화 빈도수가 증가하는 것을 볼 수 있다. 그러므로 향상 계층에서 화면 내 예측 모드의 연산량을 줄이기 위해서는 *Intra_BL* 모드로 결정되어지는 매크로블록을 미리 결정할 필요가 있다.

제안하는 방법에서는 향상 계층에서 *Intra_BL* 모드로 부호화가 되는 매크로블록을 미리 결정하기 위해 *Intra_BL* 모드의 RD 값 특성을 이용한다. 그림 4는 City, Mobile, Football, Foreman 시퀀스에서 화면 내 예측 모드가 *Intra16x16*, *Intra8x8*, 혹은 *Intra4x4* 모드로 결정 되었을 때의 최소 RD 값을 구하여 도시하였다. 각 시퀀스에서 *Intra_BL* 모드의 RD 값이 그림 2의 최소 RD 곡선 보다 작으면 항상 화면 내 예측 모드가 *Intra_BL* 모드로 결정 되는 것을 실험을 통해 알 수가 있었다. 따라서 각 시퀀스에서 구한 RD 곡선에서 오차가 최소가 되는 RD 곡선을 구하여 임계값으로 사용하면 *Intra_BL* 모드를 미리 결정할 수 있다.

제안 방법에서는 *Intra_BL* 모드의 RD 값이 임계값 보다 작으면 최적의 화면 내 예측 모드를 *Intra_BL* 모드로 결정하고, 그렇지 않으면 *Intra16x16*, *Intra8x8*, 그리고 *Intra4x4* 모드를 추가로 수행하여 최소의 RD 값을 갖는 모드로 결정을 한다. 그러나 그림 4처럼 QP가 28보다 큰 경우에는 Foreman 과 Football 시퀀스에서의 RD 곡선이 임계값보다

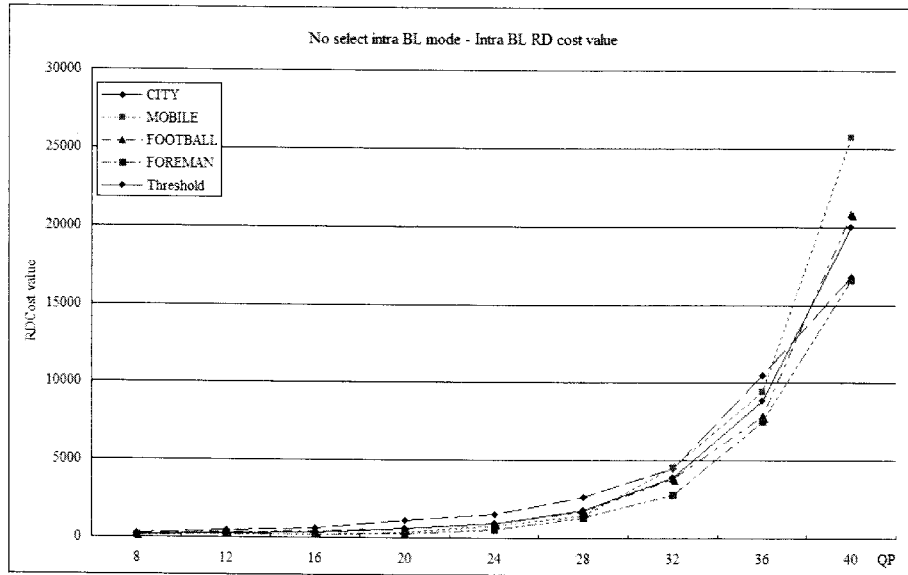


그림 4. Intra_BL 선택을 위한 임계값
Fig. 4. The curved of threshold for Intra_BL selection

낮은 것을 볼 수 있고, City 와 Mobile 시퀀스의 RD 곡선은 임계값보다 높은 것을 볼 수 있다. Foreman 과 Football 시퀀스의 경우 임계값에 따라 Intra_BL 모드를 선택하게 되면 곡선의 차이만큼 화면 내 예측 모드의 오차가 발생하여 화질의 열화가 발생을 하고, City 와 Mobile 시퀀스의 경우는 화질의 열화는 없지만 Intra_BL 모드로 미리 결정 되어지는 매크로블록 수가 적어진다. 이러한 오차로 생기는 화질의 열화를 최소화 하기위해 식 (3)과 같이 Intra_BL 모드를 선택하기 위한 임계값을 갱신한다.

여기서 $Th_BL_{current}$ 는 현재 매크로블록에서 사용된 임계값을 의미하며, Th_BL' 은 새로 갱신된 임계값을 의미한다. $best\ RD\ Cost$ 는 최적의 모드가 Intra16x16, Intra8x8, 혹은 Intra4x4 모드로 결정되었을 때의 RD 값을 의미한다. 식 (3)처럼 임계값을 $best\ RD\ Cost$ 로 갱신 해줌으로써 시간이 지남에 따라 Foreman 과 Football 시퀀스 와 같은 경우는 임계값이 그림 3의 RD 곡선과 유사한 값을 가지게 된다.

제안하는 방법에서는 Intra_BL 모드를 미리 결정 하기해 임계값을 식 (3)과 같이 갱신을 하고 아래와 같이 결정을

한다.

$$RDcost_{Intra_BL} < Th_BL \tag{4}$$

여기서 $RDcost_{Intra_BL}$ 는 Intra_BL 모드의 RD 값을 의미하고 Th_BL 는 Intra_BL 모드를 선택하기위한 임계값이다. $RDcost_{Intra_BL}$ 이 임계값 보다 작으면 최적의 화면 내 예측 모드를 Intra_BL 모드로 결정하고, 그렇지 않으면 Intra16x16, Intra8x8, 그리고 Intra4x4 모드를 추가로 수행하여 최소의 RD 값을 갖는 모드로 결정을 한다

3. 효과적인 화면 내 모드 선택 과정

제안하는 방법은 공간 향상 계층에서의 화면 내 예측 모드의 통계적 분석을 통하여 매크로블록의 복잡도 특성에 따라 매크로블록의 화면 내 예측 모드의 후보를 선택하는 방법이다. 매크로블록의 복잡도 특성은 식 (1)과 (2)를 사용하여 “Smoothness”와 “No smoothness”로 분류를 하며 매

$$Th_BL' = \begin{cases} Th_BL_{current} & , \text{If } Best\ Mode = Intra_BL \\ \min(Th_BL_{current}, best\ RD\ Cost) & , \text{Else} \end{cases} \tag{3}$$

크로블록의 복잡도 특성이 “Smoothness”이면 Intra_BL, Intra16x16, Intra8x8, 그리고 Intra4x4 모드를 수행하고 “No smoothness”이면 Intra_BL과 Intra4x4 모드만을 수행하는 방법이다. 그리고 향상 계층에서 가장 많은 분포를 차지하는 Intra_BL 모드의 RD 값의 특성을 이용하여 Intra_BL 모드를 미리 결정하는 방법이다.

그림 5는 본 논문에서 제안하는 화면 내 예측 모드 선택 방법을 도식화한 흐름도이다. 먼저 현재의 매크로블록이 기본 계층이면 Intra16x16, Intra8x8, Intra4x4 모드를 수행하여 최상의 모드를 선택하고 향상 계층의 매크로블록이면 먼저 Intra_BL 모드를 수행한다. Intra_BL 모드를 수행 후

얻은 RD 값이 임계값보다 작으면 현 매크로블록의 최종모드를 Intra_BL 모드로 결정을 한다. Intra_BL 모드의 RD 값이 임계값보다 크면 통계적 평균 특성 값인 SCM을 식 (1)과 같이 구한다. SCM이 임계값 보다 작으면 매크로블록의 특성이 “Smoothness”이므로 Intra16x16, Intra8x8, 그리고 Intra4x4 모드를 추가로 수행하여 4개의 화면 내 예측 모드 중에서 최종 모드를 결정한다. SCM이 임계값 보다 크면 매크로블록의 특성이 “No smoothness”이므로 Intra4x4 모드를 추가로 수행하고 Intra_BL 과 Intra4x4 모드 중에서 결정한다.

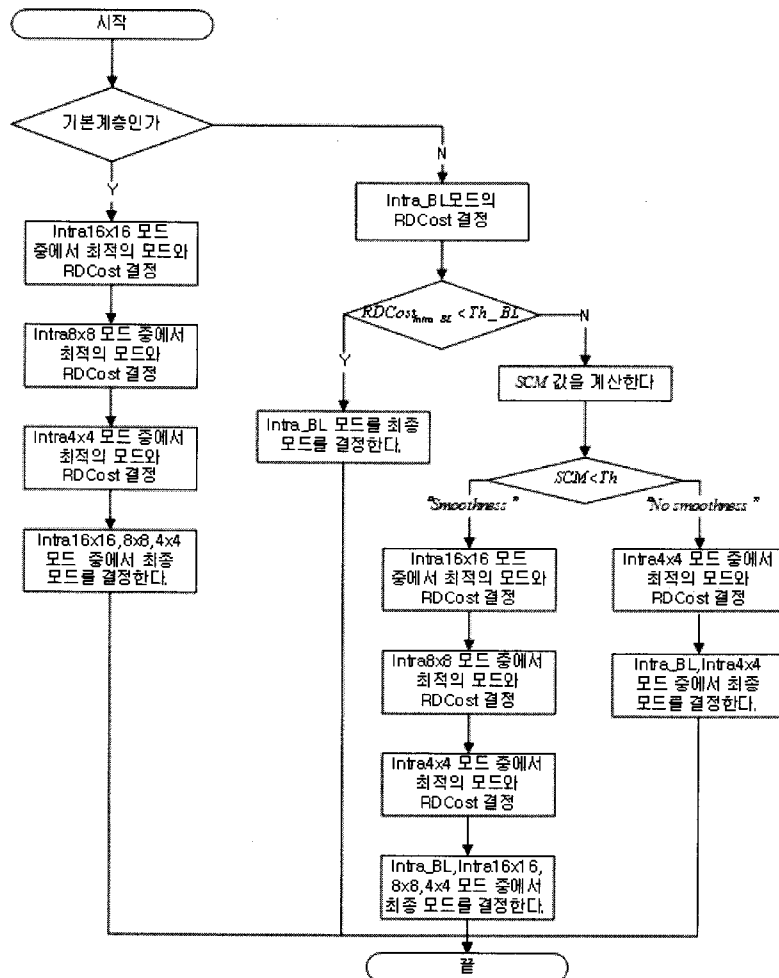


그림 5. 제안된 방법의 흐름도
 Fig. 5. Flowchart of the proposed method

IV. 실험 결과 및 분석

제안한 알고리즘의 성능을 검증하기 위하여 JSVM 5.9^[9]에 제안한 방법을 적용하였고, JSVM 5.9와 성능 비교 실험을 하였다. QCIF와 CIF 크기 컬러 시퀀스에 2단계 공간 스

케일러빌리티를 제공하며, 실험 시퀀스로 Foreman, City, Crew, Harbour, Mobile 시퀀스를 사용하고, 전체 시퀀스는 인트라 프레임으로 부호화 한다. 부호화 옵션으로 FExt 프로파일에서 QP = 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36을 적용하였고, 무손실 부호화 방식은 CAVLC 방법을 사용하였다.

표 2. 향상 계층에서 화면 내 예측 모드 선택 방법에 대한 성능분석

Table 2. Performance analysis of intra prediction mode decision schemes in enhancement layer

시퀀스	QP	JSVM 5.9 방법		제안한 방법		ΔPSNR (dB)	ΔBitrate (%)	ENC_TS(%)	IP_TS(%)
		PSNR (dB)	Bitrate (kbit/s)	PSNR (dB)	Bitrate (kbit/s)				
Foreman	8	53.242	7445.683	53.236	7445.120	-0.006	-0.008	28.36	49.32
	12	49.805	5467.520	49.799	5467.626	-0.006	0.002	29.10	51.51
	16	46.546	3951.350	46.546	3952.339	0.000	0.025	28.50	51.57
	20	43.279	2685.344	43.278	2686.838	-0.002	0.056	28.08	51.74
	24	40.464	1779.760	40.460	1781.485	-0.004	0.097	27.48	52.07
	28	37.936	1163.893	37.931	1166.221	-0.005	0.200	27.98	53.48
	32	35.338	741.784	35.327	745.422	-0.011	0.490	26.99	56.47
City	8	53.259	9077.249	53.262	9079.700	0.003	0.027	29.61	55.15
	12	49.601	7067.911	49.596	7067.920	-0.005	0.000	31.01	54.78
	16	46.132	5400.761	46.126	5400.984	-0.005	0.004	30.95	54.97
	20	42.443	3896.116	42.438	3896.455	-0.004	0.009	29.96	54.41
	24	39.167	2743.094	39.163	2743.334	-0.005	0.009	29.08	54.12
	28	36.070	1842.971	36.068	1844.122	-0.002	0.062	29.29	54.53
	32	33.019	1136.214	33.018	1138.310	-0.001	0.185	28.57	54.41
Crew	8	53.014	7591.405	53.014	7592.795	0.001	0.018	27.21	48.96
	12	49.733	5596.726	49.731	5597.164	-0.002	0.008	27.39	48.60
	16	46.651	4013.210	46.649	4013.620	-0.002	0.010	26.84	48.80
	20	43.534	2715.474	43.532	2716.274	-0.002	0.029	26.13	48.64
	24	40.758	1817.610	40.754	1818.781	-0.004	0.064	25.92	48.65
	28	38.119	1177.007	38.111	1178.848	-0.008	0.156	26.46	50.34
	32	35.459	732.047	35.442	735.181	-0.017	0.428	26.44	52.36
Harbour	8	53.086	10335.970	53.087	10337.231	0.000	0.012	31.27	57.70
	12	49.511	8289.712	49.506	8289.854	-0.005	0.002	32.31	57.54
	16	46.031	6537.383	46.026	6537.379	-0.005	0.000	32.12	57.66
	20	42.283	4927.032	42.278	4927.510	-0.005	0.010	31.41	57.19
	24	38.927	3641.221	38.920	3641.257	-0.007	0.001	31.81	57.25
	28	35.680	2597.161	35.674	2597.770	-0.006	0.023	31.48	57.35
	32	32.409	1746.354	32.401	1748.186	-0.008	0.105	31.02	57.55
Mobile	8	53.072	13447.152	53.072	13447.372	-0.001	0.002	31.11	56.67
	12	49.588	11162.806	49.587	11163.149	-0.001	0.003	31.42	56.77
	16	46.096	9146.275	46.095	9146.464	-0.001	0.002	31.49	59.13
	20	42.260	7218.023	42.260	7218.390	-0.001	0.005	31.47	57.14
	24	38.688	5556.684	38.687	5556.972	-0.001	0.005	31.42	57.36
	28	35.204	4127.444	35.202	4127.744	-0.001	0.007	31.40	57.57
	32	31.579	2903.490	31.576	2903.867	-0.003	0.013	31.27	57.69
	36	28.356	1954.903	28.353	1955.724	-0.002	0.042	31.05	58.21

표 2에서 ENC_TS(ENCoding Time Saving)는 2단계 공간 스케일러빌리티를 제공한 경우 전체 시퀀스를 인트라 부호화 하였을 때의 성능 비교이며, IP_TS(Intra Prediction Time Saving)는 향상 계층에서의 화면 내 예측 모드에 대한 성능 비교이다. 시간 절약에 대한 성능 비교는 아래와 같이 측정하였다.

$$TS = \frac{T_{ref} - T_{proposed}}{T_{ref}} \times 100(\%) \quad (5)$$

여기서 T_{ref} 는 JSVM 5.9에서의 시간 측정 결과이고, $T_{proposed}$ 는 제안 방법에 대한 시간 측정 결과이다.

실험결과 제안한 방법이 JSVM 5.9 방법에 비해 영상 화질의 저하가 매우 적은 것을 알 수 있다. 표 2를 보면 Foreman과 Crew 시퀀스에서 QP가 36일 때 비트율이 최고 1.2%정도 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 QP가 커짐에 따라 Intra_BL 모드를 선택하기 위한 임계값의 오차와 “No smoothness”특성 결정을 위한 SCM의 임계값에 대한 오차로 인하여 발생한다. 하지만 낮은 QP 영역에서는 제안한 방법으로 화면 내 예측 모드를 선택한 경우 JSVM 5.9 방법과 비교하여 PSNR의 감소가 미비하고 비트량의 증가도 미비한 것을 표 3에서 볼 수 있다. 낮은 QP 값에서는 미비한 PSNR의 감소와 약 0.011% 정도의 비트율 증가를 보였고, 높은 QP 값에서는 약 0.01dB 미만의 PSNR 감소와 0.249% 정도의 비트율이 증가하였다. 그리고 제안한 방법은 JSVM 5.9 방법 대비 화면 내 예측 모드 수행 시간이 약 54.67%정도 감소되었다.

V. 결론

본 논문에서는 SVC의 공간 향상 계층에서 화질의 열화가 매우 적은 화면 내 예측 모드를 선택하는 방법을 제안하였다. 매크로블록에 통계적 가설 검증을 사용하여 각 예측 모드에 대한 분포를 조사함으로써 공간 향상 계층에서는 매크로블록의 복잡도 특성에 따라 화면 내 예측 모드의 후보를 선택할 수 있다는 것을 보였다. 이 결과를 이용하여 매크로블록의 복잡도에 대한 측정자로 SCM을 정의하였고, QP 값에 따른 SCM의 임계값을 실험적으로 설정하였다. 정의된 SCM에 대한 임계값과의 관계와 Intra_BL 모드의 RD 값을 사용하여 Intra_BL 모드를 예측함으로써 미비한 화질 열화로 화면 내 예측 모드를 결정할 수 있는 방법을 제안하였다. 제안한 방법의 성능을 검증하기 위하여 MPEG에서 대표적으로 사용하는 다섯 가지 실험 시퀀스에 제안한 방법을 적용하였을 때 JSVM 5.9 방법에 비하여 화면 내 예측 모드 부호화 시간을 평균적으로 약 54.67% 정도 감소시킬 수 있었고 화질의 열화가 미비하다는 것을 보였다. 또한 제안방법은 화면 내 예측 모드의 후보를 선택하는 방법이기 때문에 [3]-[6] 방법과 같은 H.264/AVC의 Intra4x4 모드내의 고속 선택 알고리즘등과 함께 사용할 수 있는 방법이다.

참고 문헌

- [1] ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11: ‘Text of ISO/IEC 14496-10:2006/PDAM3 Scalable Video Coding’, MPEG 75/N7795, Thailand, Jan.

표 3. 실험 시퀀스별 평균 PSNR 차이, 비트 증가율 및 화면 내 예측 모드 시간

Table 3. Average PSNR difference, bitrate increase and intra prediction time saving in each sequence.

시퀀스	QP (8,12,16,20)			QP (24,28,32,36)		
	Avg. PSNR Diff (dB)	Avg. Bitrate Increase(%)	Avg. IP_TS (%)	Avg. PSNR Diff (dB)	Avg. Bitrate Increase(%)	Avg. IP_TS (%)
Foreman	-0.004	0.019	51.04	-0.011	0.499	55.65
City	-0.003	0.010	54.83	-0.003	0.172	53.49
Crew	-0.001	0.016	48.75	-0.015	0.438	51.56
Harbour	-0.004	0.006	57.52	-0.008	0.118	57.56
Mobile	-0.001	0.003	57.43	-0.002	0.017	57.71
Average	-0.002	0.011	53.91	-0.008	0.249	55.20

- 2006.
- [2] J.-R. Ohm, "Advances in scalable video coding," Proc. IEEE, vol. 93, no. 1, pp. 42-56, Jan. 2005.
 - [3] B. Meng, C. Oscar, C. W. Wong, and H. Lan, "Efficient intra-prediction algorithm in H.264," Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on Image Processing, Barcelona, Spain, pp.837-840, Sep. 2003.
 - [4] B. Meng, C. Oscar, C. W. Wong, and H. Lan, "Efficient intra-prediction mode selection for 4x4 blocks in H.264," Proceedings of the 2003 International Conference on Multimedia and Expo, Baltimore, Maryland, pp.521-524, July 2003.
 - [5] F. Pan, L. S. Rahardja, K. P. Lim, L. D. Wu, W. S. Wu, C. Zhu, W. Ye, Z. Liang, "Fast mode decision algorithm for H.264/AVC video coding," Proceedings of International Conference on Image Processing, vol. 2, pp. 781-784, Oct. 2004.
 - [6] C. Kim, H. Shin and C. J. Kuo, "Multistage mode decision for intra prediction in H.264 codec," Proceedings of Visual Communications and Image Processing 2004, pp.355-363, California, USA, 2004.
 - [7] P. Yin, H. Boyce and P. Pandit, "spatial intra prediction on enhancement layer residue," JVT-O053, Busan, Korea, April, 2005.
 - [8] William W. Hines, C. Montgomery, David M. Goldsman and Connie M. Borror, Probability and Statistics in Engineering, Wiley 4th Edition, 2003.
 - [9] ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11/N7797: 'JSVM5 Software', MPEG 75/N7797, Thailand, January 2006.
 - [10] L. Yang, Y. Chen, J. Zhai, F. Zhang "Low Complexity Intra Prediction for enhancement layer," JVT-Q084, Nice, France, Oct. 2005.

저 자 소 개



명진수

- 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,



박성재

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



오승준

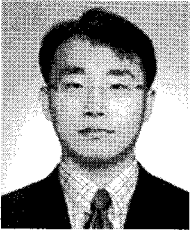
- 1980년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 1982년 2월 : 서울대학교 전자공학과 대학원 졸업(석사)
- 1988년 5월 : 미국 Syracuse University 전기/컴퓨터공학과 졸업(박사)
- 1982년 3월 ~ 1992년 8월 : 한국전자통신연구원 근무(멀티미디어연구실 실장)
- 1986년 7월 ~ 1986년 8월 : NSF Supercomputer Center 초청 학생연구원
- 1987년 5월 ~ 1988년 5월 : Northeast Parallel Architecture Center 학생연구원
- 1992년 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

 저 자 소 개



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



김 병 규

- 1995년 2월 : 부산 대학교 전기공학과 공학 학사
- 1998년 2월 : 한국과학기술원 전자전산학과 전기및전자공학전공 공학 석사
- 2004년 2월 : 한국과학기술원 전자전산학과 전기및전자공학전공 공학 박사
- 2004년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 임베디드SW연구단 실시간멀티미디어연구팀 선임연구원
- 2004년 ~ 현재 : IEEE 및 IEICE의 정회원
- 2004년 ~ 현재 : KMMS (Korea Multimedia Society) 정회원
- 2007년 ~ 현재 : International Journal of Soft Computing의 Editorial Board Member
- 2007년 ~ 현재 : Journal of Engineering and Applied Sciences의 Editorial Board Member
- 주관심분야 : 내용 기반 영상 압축을 위한 영상 분할 기법, 무선 멀티미디어 센서 네트워크, 실시간 멀티미디어 통신 및 영상 신호 처리를 위한 지능적 정보처리 시스템 등