

주변 인트라 블록 예측 모드의 통계적 분포를 이용한 효율적인 인트라 4x4 예측 모드 부호화 방법

Efficient Coding Technique for 4x4 Intra Prediction Modes using the Statistical Distribution of Intra Modes of Adjacent Intra Blocks

김재민, 강현수

충북대학교 전자정보대학 정보통신공학과

Jae-Min Kim(jaeminkim@chungbuk.ac.kr), Hyun-Soo Kang(hskang@chungbuk.ac.kr)

요약

본 논문은 동영상 압축 표준인 H.264/AVC의 인트라 예측 방법에서 4x4 인트라 예측 모드 정보를 효율적으로 부호화할 수 있는 방법을 제안한다. 인트라 예측 모드에는 4x4 휘도 블록에 대한 9가지 예측 모드와, 16x16 휘도 블록에 대한 4가지 예측 모드가 존재한다. 각 4x4블록에 대한 인트라 모드를 부호화하기 위해서는 많은 비트가 필요하다. H.264/AVC에서는 이웃한 블록의 예측 모드를 이용해서 MPM(Most Probable Mode)을 결정하고 이를 이용해 부호화 효율을 높이는 방법을 사용하고 있다. 본 논문에서는 4x4 인트라 예측 모드 정보를 효율적으로 부호화하기 위해 인접한 블록들에 분포한 예측 모드들의 분포를 이용해 새로운 MPM을 결정하는 방법을 제안한다. 실험 결과 제안된 방법이 기존 방법보다 0.1dB 정도 더 좋은 성능을 보였다.

■ 중심어 : | H.264/AVC | 영상내 부호화 | 인트라 예측 모드 | MPM |

Abstract

In this paper, we propose a novel method which efficiently codes 4x4 intra prediction modes in H.264/AVC video encoding. There are nine optional prediction modes for each 4x4 luma block and 4 modes for each 16x16 luma block. To code each 4x4 intra prediction mode, lots of bits are required. To efficiently compress the intra mode bits in H.264/AVC, the most probable mode(MPM) is estimated by using the intra modes of the adjacent blocks, since intra modes for neighboring 4x4 luma blocks are correlated. In this paper, a novel method for estimating the MPM is proposed by using the statistical distribution of intra modes of adjacent intra blocks. Experimental results show that the proposed method can achieve a coding gain of about 0.1dB.

■ keyword : | H.264/AVC | Intra Coding | Intra Prediction | MPM |

I. 서론

H.264/AVC는 최신 동영상 압축 기술 표준으로 H.263,

MPEG-2, MPEG-4와 같은 기존 동영상 압축 표준에 비해 고 비트율과, 저 비트율에서 코딩 효율을 크게 향상 시켰다. 또한 동일 화질에서 최고 50%의 압축 효과

* 본 논문은 2008년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음.

접수번호 : #081013-004

접수일자 : 2008년 10월 13일

심사완료일 : 2009년 03월 11일

교신저자 : 강현수, e-mail : hskang@cbnu.ac.kr

를 보여준다[1-3].

H.264/AVC는 4x4 휘도 블록에 대해 9가지 방향의 예측 모드를 제공한다. 하지만 9가지의 예측 모드를 각 4x4블록에 대해 부호화하기 위해 많은 비트를 필요로 하며, 이는 저 비트율에서 많은 비중을 차지한다. H.264/AVC에서는 9가지 예측 모드를 효율적으로 부호화하기 위해 각 블록의 예측 모드는 좌측 블록의 예측 모드와 상단 블록의 예측 모드로부터 예측 되어진다. 이렇게 예측된 모드는 MPM(Most Probable Mode)라 불린다. 인트라 예측모드를 부호화 때 현재 블록의 예측 모드와 MPM이 동일하면 1 비트의 플래그로 부호화되며, 다를 때는 예측 모드가 MPM과 다를 경우를 나타내는 1비트의 플래그와 나머지 8개에 대한 예측 모드를 부호화하기 위한 3비트, 즉 총 4비트로 부호화 된다. 따라서 MPM이 정확하다면 많은 예측 모드 비트들이 감소될 수 있다. 현재 인트라 예측 모드를 효율적으로 부호화하기 위한 다양한 방법들이 제안되었으며, 경계 블록에서는 특정 예측 모드들이 사용 불가능한 경우가 있음을 이용하여, 예측 모드를 부호화 시 MPM과 다를 경우에는 4 비트가 아닌 3비트나 2비트로 부호화 하는 방법을 제안하였다[4]. 인트라 부호화 방법의 부호화 효율을 향상시킬 수 있는 모드 결정 방법에 대한 방법도 제안되었다[5]. 이 논문에서는 블록 간 부호화 결과가 종속이라는 점을 고려하여, 기존 RDO 내 인트라 4x4 예측 모드 결정 과정 중 다음 블록의 예측을 위해 사용되는 현재 블록 내 화소 값의 왜곡에 중점을 두어 모드 결정을 하는 과정을 추가함으로써 압축 성능 향상을 꾀하였다. 본 논문에서는 MPM을 보다 정확히 예측 하는 방법을 제안하고 있기에 기존의 방법들과 결합하여 적용될 경우 보다 큰 효율을 얻을 수 있다.

H.264/AVC에서 MPM은 2개의 참조 블록 중 낮은 예측 모드로 결정되는데, 이는 H.264/AVC에서 전반적인 영상의 특성을 고려하여 많이 사용되는 모드에 대해 낮은 모드 번호가 당했기 때문이다. 즉 0번 모드는 가장 발생확률이 높은 모드이며 8번 모드는 가장 발생 빈도가 적은 모드이다. 하지만 영상은 해상도나 특성에 따라 많이 나타나는 모드가 각각 다를 수가 있다. 본 논문에서는 2개의 참조 블록의 모드 중 단순히 낮은 예측

모드를 MPM으로 결정하는 방법이 아니라, 주변 여러 블록의 예측 모드들의 분포를 조사하여 이웃한 2개의 모드 중 많이 나타난 모드를 MPM으로 결정하는 방법을 제안한다.

II장에서는 H.264/AVC에서의 인트라 예측 모드와 MPM을 결정하는 방법을 설명하고, III장에서는 본 논문에서 제안하는 MPM 결정방법을 기술한다. IV장에서는 제안된 방법과 기존 방법의 성능을 비교한다. 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. H.264/AVC 인트라 부호화 방법

1. H.264/AVC의 인트라 예측 모드

H.264/AVC에서는 블록간의 화소상관도를 사용하여 압축률을 향상시키는 인트라 예측 부호화를 수행한다. 휘도 성분에 대해서는 16x16, 8x8(FRExt only), 4x4 블록 단위, 색차 성분을 위해서는 8x8블록 단위로 여러 개의 방향성을 갖는 예측 방법을 사용하여 잔여 신호를 최대한 줄이는 것에 목적을 두고 있다.

[그림 1]에 4x4블록의 픽셀들(a~p)과 예측에 사용되는 인접블록의 픽셀(A~M)이 나타나 있고 [그림 2]에는 9가지 방향에 따른 예측 모드들이 나타나 있다. 예측된 값들은 예측 블록을 형성하며, 현재 부호화 블록과 예측 블록의 차분을 통하여 잔여 화소 블록을 생성한다. 그리고 16x16 블록을 위한 인트라 예측은 4가지 예측 모드(Vertical, Horizontal, DC, Plane)를 사용하여 잔여 화소 블록을 생성한다.

색차 성분의 경우 오직 8x8블록 크기의 예측을 하며, 16x16 휘도 예측 모드와 모드 번호만 다를 뿐 예측 방향은 동일하다.

이와 같은 다양한 모드들 중에서 최종 부호화 모드를 결정하기 위해 H.264/AVC에서는 비트율-왜곡(Rate Distortion) 최적화 기법을 사용하고 있다[1]. 비트율-왜곡 최적화 기법으로 모드 선택을 하기 위해서 먼저 4x4 휘도 예측 모드 중 비트율-왜곡치가 가장 작은 모드 하나를 해당 블록의 부호화 모드로 선택한다. 다음으로 16x16 휘도 예측 모드 중 부호화 효율이 좋은 하

나를 선택하는데 여기서는 비트율-왜곡치를 사용하지 않고 SAD나 SATD를 사용한다. SAD값이나 SATD값이 가장 작은 모드가 최종모드로 선택되고 선택된 하나의 16×16 예측 모드는 앞서 선택한 16×16 매크로 블록에 대한 4×4 예측 모드 16개와 비교하기 위하여 비트율-왜곡치를 계산하게 된다. 계산 결과 비트율-왜곡치가 가장 작은 모드가 16×16 매크로 블록의 휘도 신호 부호화를 위한 최종 모드로 선택된다.

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

그림 1. 4x4블록과 예측에 사용되는 인접 픽셀들

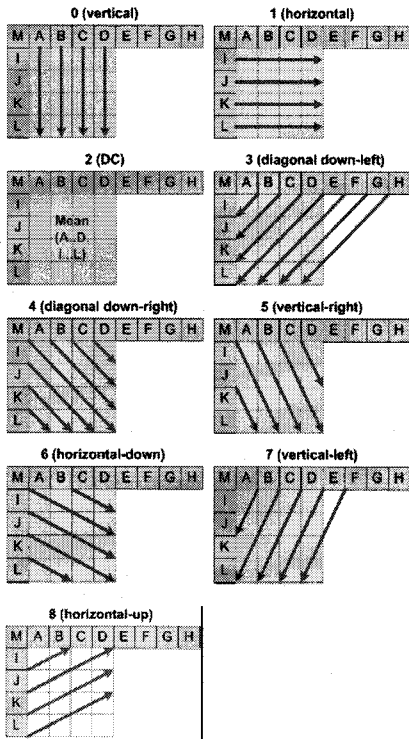


그림 2. 4x4 휘도 블록의 인트라 모드

2. H.264/AVC의 4x4 인트라 예측의 예측 모드 부호화 방법

4x4 인트라 예측 모드에는 9가지 모드가 존재한다. 예측 모드를 고정 길이 부호화하기 위해서는 총 4비트가 필요하다. 하지만 H.264/AVC에서는 플래그 비트를 사용하여 부호화 효율을 높인다. 플래그 비트는 주변 블록의 모드와의 관계를 나타내는 비트로, [그림 3]에서와 같이 현재 블록의 모드를 부호화하기 위해서 좌측 블록인 A와 상위 블록인 B의 모드 정보를 이용한다.

주변 블록 A와 B의 예측 모드 가운데 값이 적은 것을 MPM(Most Probable Mode)로 결정한다. 최우선 모드와 현재 블록 C의 예측 모드를 비교하여, 두 모드가 서로 동일하면 플래그 비트를 '1'로 하여 전송하고 같지 않으면 '0'으로 하여 전송한 다음 추가로 나머지 8가지 경우를 가리키는 3비트의 부호로 부호화한다. 예측이 틀릴 경우 추가로 부호화 되는 3비트 부호는 MPM과 비교하여 현재 모드가 작을 경우 그대로 부호화 하고, 같거나 클 경우, 현재 모드에 1을 뺀 값을 부호화한다. 예를 들어 현재 블록의 모드가 8이고, A의 예측 모드가 3, B의 예측 모드가 7일 경우 MPM은 3이 되고 이는 현재 블록의 모드와 MPM이 동일하지 않게 된다. 이 경우, 플래그 비트는 '0'으로 되고 추가로 부호화 될 3비트는 현재 블록의 모드가 MPM보다 크므로 1을 뺀 7, 즉 '111'이 되는 것이다.

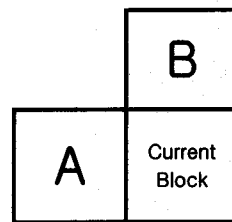


그림 3. 현재 블록의 예측 모드 부호화시 사용되는 주변 블록 A, B

III. 제안된 MPM 결정 방법

이 장에서는 본 논문에서 제안하는 새로운 MPM 결정 방법을 설명한다. 앞에서 서술했듯이 H.264/AVC에서의 MPM은 인접 두 블록의 예측 모드 중 낮은 예측 모드로 결정된다. 하지만 각 영상마다 특성에 따라 자주 발생하는 예측 모드는 각각 다를 것이다. 즉 단순히

낮은 예측 모드를 MPM으로 결정하는 것 보다는 상황에 따라 발생확률이 높은 모드를 MPM으로 결정하는 것이 필요 것이다. [그림 4~6]에는 Foreman, Hall_Monitor, Carphone 그리고 Mother_Daughter 영상들을 인트라 예측으로만 100장 부호화했을 때 발생한 예측 모드들의 빈도가 나타나있다. H.264/AVC의 MPM결정 알고리즘 특성상 기본적으로 낮은 예측 모드가 발생 확률이 높음에도 불구하고 이들 4개 영상에서는 예측 모드의 번호와 발생빈도가 일치 하지 않음을 알 수 있다.

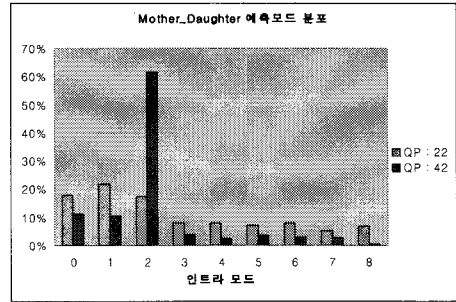


그림 7. Mother_Daughter 영상의 예측모드 분포

이에 본 논문에서는 MPM을 결정 시 낮은 예측 모드를 MPM으로 결정하는 것이 아니라, 주변 블록의 예측 모드를 조사해 가장 많이 나타나는 모드를 MPM으로 결정하는 방법을 제안한다. [그림 8]에 현재 블록 C와 제안된 방법에서 사용 될 주변 블록들이 나타나 있다. 각 블록들은 4x4 블록을 나타내고 음영 진 블록들이 예측에 사용될 블록들이다. 제안된 MPM 결정 방법은 다음과 같다.

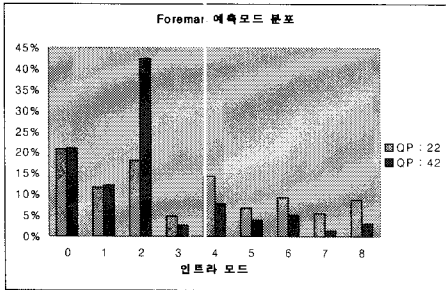


그림 4. Foreman 영상의 예측모드 분포

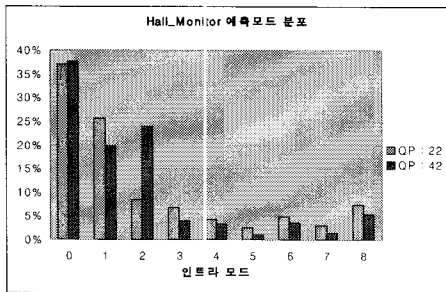


그림 5. Hall_Monitor 영상의 예측모드 분포

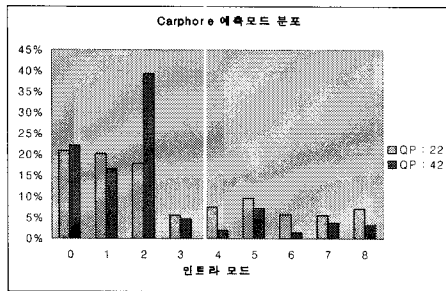


그림 6. Carphone 영상의 예측모드 분포

- 1 단계 : 주변 80개 4x4 블록들 중 이미 부호화가 끝난 블록을 대상으로 예측 모드들의 가중치가 부가된 히스토그램을 작성한다.
- 2 단계 : A와 B블록의 예측모드 중 히스토그램에서 큰 값을 가지는 모드를 MPM으로 결정한다.
- 3 단계 : A와 B블록의 예측 모드가 히스토그램에서 동일하다면 H.264/AVC의 방법대로 낮은 번호를 가진 예측 모드를 MPM으로 결정한다.

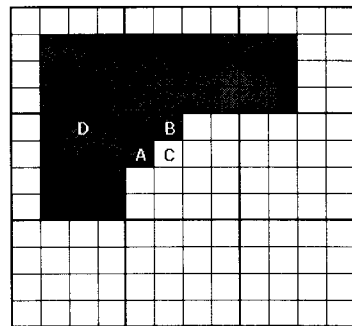


그림 8. 현재 블록의 예측 모드를 부호화 하기위한 인접 4x4블록들

1 단계에서 주변 80개 블록의 예측 모드를 이용했는데, 이는 주변 블록을 8, 24, 48, 80 그리고 288개로 정하여 실험해 본 결과 정해진 값이다. 영상에 따라 차이는 있지만 주변 블록을 80개로 했을 때 최적의 성능을 나타내었다. 또한 1 단계에서 사용되는 가중치는 식 (1)과 같다. 이는 현재 부호화하려는 블록과 가까운 블록일수록 현재 블록과의 상관성이 높을 것이기 때문에 가까운 블록의 예측 모드에 더 높은 가중치를 부여한다는 것이다.

$$W(d) = 2^{(M-d)} \quad (1)$$

식 (1)에서 'd'는 현재 블록과의 거리를 나타내고, 'M'은 최대 거리를 의미하는 것으로 제안된 방법에서는 8을 의미한다. [그림 6]에서 D블록의 경우 'd'가 4이므로 가중치는 16이 된다.

본 논문에서 사용한 방법은 기존 MPM결정 방법에 비해 계산량이 더 필요하다는 단점이 있다. 하지만 제안한 방법으로 인한 계산량은 전체 계산량에 비해 차지하는 비중이 적기에 큰 문제는 되지 않는다.

IV. 실험 및 결과

제안된 방법은 H.264/AVC 참조 소프트웨어인 JM11.0 에 적용하였다[6]. 제안된 방법의 성능을 평가하기 위해 BDBR(BjonteggardDeltaBitRate) 과 BDPSNR (BjonteggardDelta PSNR)을 사용하였다[7]. 테스트 시퀀스로는 QCIF(176x144) 포맷의 Foreman, Hall_Monitor, Carphone, Mother_Daughter이 사용되었으며 제안된 방법이 인트라 4x4블록에만 적용되었기 때문에 모든 테스트 영상은 인트라 프레임만으로 부호화 하였으며 각 100프레임씩 부호화 하였다. 엔트로피 부호화 방법으로는 UVLC를 사용하였으며 사용된 QP는 22, 27, 32, 37, 42를 사용하였고, BDBR과 BDPSNR은 22를 제외한 나머지 4개를 이용해 측정 하였다.

[표 1] 중 비트율의 음수는 비트율의 감소를 나타낸다. [표 1]에서 볼 수 있듯이 제안하는 방법은 기존 RDO에 비하여 향상된 PSNR과 비트율의 감소를 보여준다. 가장 많은 비트율 감소를 보인 시퀀스는 Foreman이며 동일 PSNR 대비 2.08%의 비트율 감소를 보인다. 제안된 방법의 계산 복잡도를 평가하기 위해

식 (2)를 이용하여 부호화 수행시간을 비교하였다. 식 (2)에서 T_{method} 는 제안된 방법의 부호화 시간이며, $T_{H264/AVC}$ 는 H.264/AVC의 방법으로 부호화하는데 걸린 시간이다.

$$\Delta Time = \frac{(T_{method} - T_{H264/AVC})}{T_{H264/AVC}} \times 100\% \quad (2)$$

제안된 방법은 기존 방법보다 부호화 시간이 평균 4.4% 더 걸림을 알 수 있다.

표 1. H.264/AVC와 제안된 방법과의 성능 비교

Sequence(QCIF)	BDBR(%)	BDPSNR(dB)	$\Delta Time(\%)$
Foreman	-2.082	0.137	5.06
Hall_Monitor	-1.053	0.088	4.70
Carphone	-1.068	0.079	3.68
Mother_Daughter	-0.618	0.037	4.29

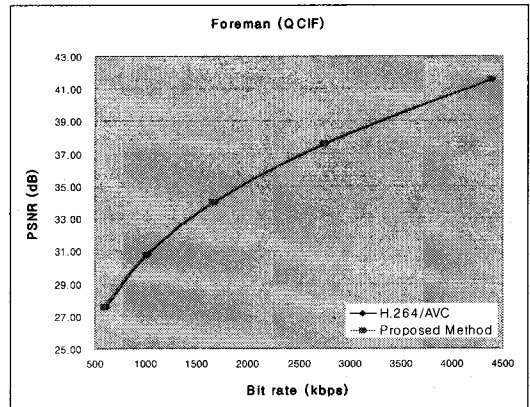


그림 9. Foreman 시퀀스의 R-D 곡선

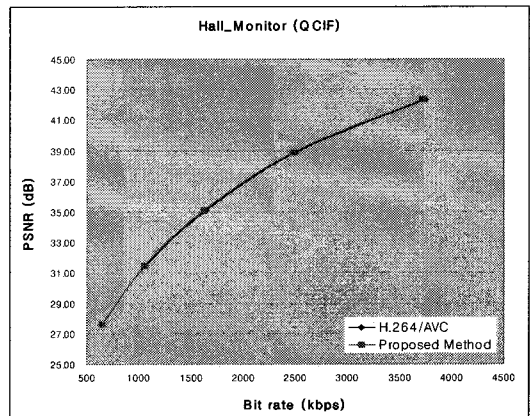


그림 10. Hall_Monitor 시퀀스의 R-D 곡선

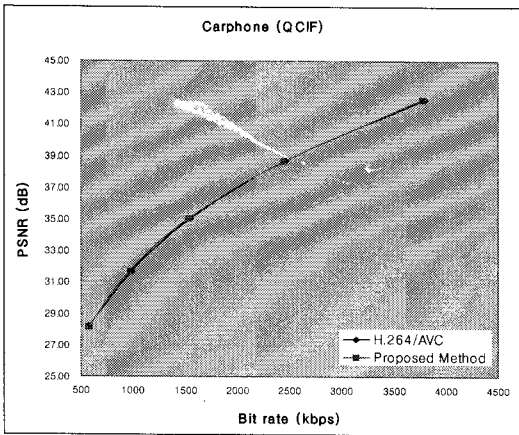


그림 11. Carphone 시퀀스의 R-D 곡선

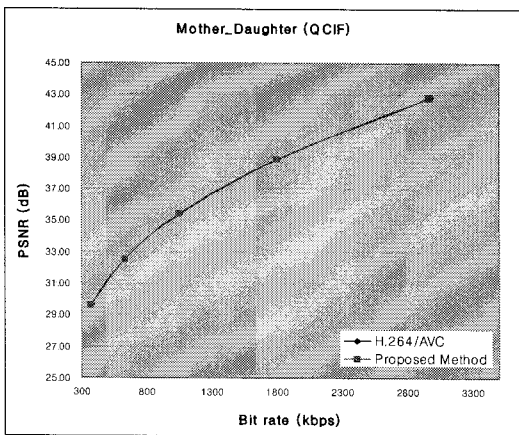


그림 12. Mother_Daughter 시퀀스의 R-D 곡선

[그림 9~12]는 각 시퀀스의 QP에 따른 울-왜곡 곡선을 나타낸 것으로 대체로 높은 QP에서 제안된 방법이 효율이 높은 것으로 보인다. 이는 저 비트율에서 인트라 예측 모드가 차지하는 비중이 높기 때문으로 분석된다.

V. 결론

본 논문에서는 H.264/AVC에서의 인트라 예측 모드 방법 중 MPM을 주변 인트라 블록의 분포를 이용해 보다 정확히 예측하는 방법을 제안하였다. 기존 방법에서는 MPM을 결정할 때 각 영상의 특성을 고려하지 않았

었다. 하지만 제안 하는 방법은 각 영상의 국부적 특성을 고려해 MPM을 결정함으로써 기존 방법에 비해 MPM의 정확도를 높였다.

제안하는 방법은 4.4%의 부호화 시간을 더 가졌으며, 같은 PSNR 대비 0.618%~2.082%의 비트율 감소를 얻을 수 있었고, 같은 비트율 대비 0.037dB~0.137dB의 PSNR 향상을 얻을 수 있었다.

본 논문에서 제안한 방법은 단순히 4x4인트라 예측 모드에만 효율이 있기에 고 비트율에서의 효율은 미비할 것으로 보이며, 저 비트율에서 보다 큰 효율을 얻을 수 있을 것으로 보인다.

참고 문헌

- [1] ITU-T Recommendation H.264 and ISO/IEC 14496-10, "Advanced video coding for generic audiovisual services," 2003(5).
- [2] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjøntegaard, and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC video coding standard," IEEE Trans. Circuits and System in Video Technology, Vol.13, No.7, pp.560-576, 2003(7).
- [3] C. S. Kim, Q. Li, and C. C. Jay kuo, "Fast Intra-Prediction Model Selection for H.264 Codec," SPIE International Symposium ITCOM 2003, Orlando, FL, 2003(7).
- [4] J. U. Rehamn and Z. Ye, "Efficient techniques for signaling intra prediction modes of H.264/Mpeg-4 Part 10," Proceedings of the First International Conference on Innovative Computing, Information and Control, Vol.1, pp.273-276, 2006(8).
- [5] J. M. You, C. R. Choi, and J. C. Jeong, "Rate Distortion Improved Mode Decision Method for H.264 Intra Coding," 한국통신학회 논문지, Vol.33, No.8, pp.591-597, 2008(8).
- [6] <http://iphone.hhi.de/suehring/tml/download/>

old_jm /jml1.zip

- [7] G. Bjontegaard, "Calculation of average PSNR differences between RD-curves," ITU-T Q-6/16, Doc. VCEG-M33, 2001(3).

저자 소개

김재민(Jae-Min Kim)

준회원



- 2007년 2월 : 충북대학교 전기전자 컴퓨터 공학부(공학사)
 - 2009년 2월 : 충북대학교 정보통신 공학과(공학석사)
- <관심분야> : 영상처리, 동영상 부호화

강현수(Hyun-Soo Kang)

종신회원



- 1999년 2월 : KAIST 전기및전자공학과 졸업(공학박사)
 - 1999년 ~ 2001년 : 현대전자 과장
 - 2001년 ~ 2002년 : 한국전자통신연구원 선임연구원
 - 2002년 ~ 2004년 : 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 조교수
- 2005년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전자정보대학 정보통신학과 부교수
- <관심분야> : 영상처리, 영상부호화, 콘텐츠보호기술, 사운드