

논문 2007-44SP-2-1

블록 크기 활동도를 이용한 H.264/AVC 부호화 고속 모드 결정

(Fast Mode Decision using Block Size Activity for H.264/AVC)

정 봉 수*, 전 병 우**, 최 광 표***, 오 윤 제***

(Bongsoo Jung, Byeungwoo Jeon, Kwang Pyo Choi, and Yunje Oh)

요 약

H.264/AVC의 인터 부호화 기술은, 정교한 움직임 보상 부호화를 위해 다양한 블록 크기의 7가지 모드를, 그리고 인트라 부호화 기술은 2가지의 블록부호화 모드를 사용한다. 이러한 정교한 부호화 기술은 기존 표준에 비해 높은 부호화 효율을 제공하지만, 비트율-왜곡 최적화 기법을 사용할 경우, 많은 계산량을 요구하므로 연산량이 제한된 장치에서는 실시간 구현에 문제점이 발생한다. 따라서 H.264/AVC 부호화 표준의 실시간 구현을 위해서 계산 복잡도를 줄이는 고속 모드 결정법이 필요하다. 본 논문에서 제안한 LBHM(Large Block History Map)을 이용한 블록 크기 활동도 기반 고속 모드 결정 기법은 발생 확률이 낮은 P8x8 모드를 조기에 생략하여, 부호화 효율의 감소는 최소화 시키면서 H.264/AVC의 전체 부호화 시간을 평균 53% 감소시켰으며, H.264/AVC 참조 모델의 조기 SKIP 모드와 같이 사용할 경우, 전체 부호화 시간을 평균 63% 이상 감소시켰다.

Abstract

H.264/AVC uses variable block sizes to achieve significant coding gain. It has 7 different coding modes having different motion compensation block sizes in Inter slice, and 2 different intra prediction modes in Intra slice. This fine-tuned new coding feature has achieved far more significant coding gain compared with previous video coding standards. However, extremely high computational complexity is required when rate-distortion optimization (RDO) algorithm is used. This computational complexity is a major problem in implementing real-time H.264/AVC encoder on computationally constrained devices. Therefore, there is a clear need for complexity reduction algorithm of H.264/AVC such as fast mode decision. In this paper, we propose a fast mode decision with early P8x8 mode rejection based on block size activity using large block history map (LBHM). Simulation results show that without any meaningful degradation, the proposed method reduces whole encoding time on average by 53%. Also the hybrid usage of the proposed method and the early SKIP mode decision in H.264/AVC reference model reduces whole encoding time by 63% on average.

Keywords: fast mode decision, rate distortion optimization, fast intermode decision, encoder optimization, H.264, H.264/AVC

I. 서 론

H.264/AVC는 ITU-T VCEG와 ISO/IEC MPEG의

JVT(Joint Video Team)에 의해 최근에 표준화 되었다^[1]. H.264/AVC 표준은 종래의 다른 비디오 압축표준과 같이 블록기반 부호화방식을 유지하면서 우수한 비트율-왜곡 (Rate-Distortion) 성능을 보여준다. 발표된 실험 결과에 따르면, H.264/AVC BP(Baseline Profile)의 압축 효율은 기존의 H.263 BP와 MPEG-4 SP(Simple Profile)와 비교하여 동일한 영상화질에서 30~40% 좋으며, H.264/AVC MP(Main Profile)의 압축 효율은

* 학생회원, ** 정회원, 성균관대학교 정보통신공학부 (Sungkyunkwan University, School of Information and Communication Engineering)

*** 정회원, 삼성전자(주)

(Samsung Electronics Co., LTD.)

접수일자: 2006년10월31일, 수정완료일: 2007년2월22일

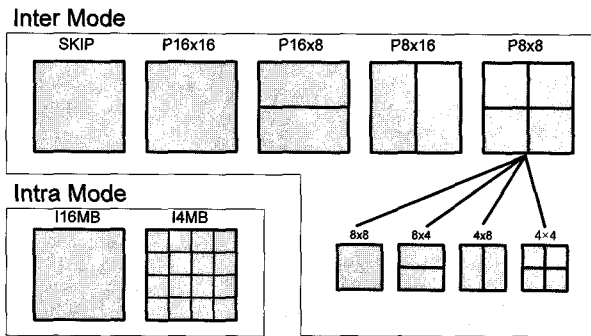


그림 1. P-Slice의 매크로블록 모드
Fig. 1. Macroblock modes of P-Slice.

MPEG-2와 MPEG-4 ASP(Advanced Simple Profile)와 비교하여 37~64% 좋은 성능을 보여준다^[17]. 특히 높은 부호화 효율과 다양한 전송환경에 대한 유연성으로 H.264/AVC는 모바일 영상통신과 무선네트워크를 통한 비디오 스트리밍 서비스에 많이 사용되고 있다.

하지만 H.264/AVC의 높은 부호화 효율은 높은 계산 복잡도를 요구하게 되었다. 이것은 H.264/AVC 표준이 공간 방향 인트라 예측, 가변 블록 움직임 보상, 다중 참조 프레임, 정수변환부호화, in-loop 디블록킹 필터, CAVLC(Context Adaptive VLC), 그리고 CABAC(Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding)과 같은 새로운 복잡한 기술들을 사용하기 때문이다. 특히 높은 부호화 효율을 위해, H.264/AVC는 최적의 화질을 최소의 비트율에서 얻기 위한 비트율-왜곡 최적화(Rate-Distortion Optimization: RDO) 기법을 사용한다.

특히, 움직임 보상은 그림 1과 같이 4x4에서부터 16x16에 이르기까지 다양한 크기의 가변 블록에 의해 수행되며, H.264/AVC는 매크로블록 부호화를 위해 SKIP, P16x16, P16x8, P8x16과 P8x8의 인터모드와 4x4블록크기 예측의 I4MB와 16x16블록크기 예측의 I16MB의 2가지 인트라모드를 지원한다. P8x8 인터모드는 각각의 8x8블록 안에서 또다시 8x8, 8x4, 4x8, 4x4중의 하나로 선택되어질 수 있는 계층적 구조를 가진다.

H.264/AVC의 참조 모델인 JM(Joint Model) 부호화기는 각각의 블록크기에 대하여 움직임 탐색을 한 다음 움직임 보상 블록들의 부호화 효율을 RDO기법으로 계산하고, 부호화 효율이 가장 높은 것을 최종 움직임 보상 블록으로 결정한다. 또한 H.264/AVC는 과거 여러 개의 참조 영상들을 버퍼에 저장해 놓고 그 가운데 부호화 효율이 가장 좋은 참조 영상을 이용해서 움직임 보상을 한다. 이를 위해 H.264/AVC는 높은 계산 복잡도를 요구한다. 따라서 H.264/AVC의 구현시에 요구되

는 연산 오버헤드는 자원이 제한되어 있는 휴대장치 구현상의 중요한 문제점이다. 따라서 H.264/AVC의 실시간 구현을 위해서는 계산 복잡도를 줄이기 위한 알고리즘의 개발이 필요하다.

이를 위해, 최근 H.264/AVC 부호화 복잡도를 줄이기 위한 고속 움직임 추정 기법의 연구가 많이 되었다^[6,8,18]. 이 알고리즘들은 4x4블록의 SAD를 재사용하거나 상위 블록의 움직임 벡터를 예측 벡터로 사용하여 부호화 효율 저하를 최소화하면서 복잡도 감소를 달성하였다. 하지만 고속 모드 결정법과의 조합 없이 수행 되기 때문에 모든 블록크기에 대하여 여전히 움직임 탐색을 반복적으로 수행하거나, 참조프레임의 개수만큼 반복 수행하는 문제가 발생한다. 다중 참조 프레임으로 발생하는 높은 복잡도를 줄이기 위해 움직임 탐색에서 참조 프레임을 빠르게 결정할 수 있는 기법도 연구되었으며^[19,20], 모든 블록에 대한 불필요한 움직임 탐색과정을 제거하기 위한 고속 인터 모드 결정 기법도 연구되었다.

Yin^[22]은 고속 움직임 탐색 기법과 조합하여 매크로블록의 모드결정을 위한 비트율-왜곡(Rate-Distortion) 값의 단조성(monotonicity)을 이용하여 16x16, 8x8, 4x4 블록의 비트율-왜곡값을 비교하여, P8x8모드를 검사할지 P16x8과 P8x16 모드를 검사할지를 선택하는 기법을 제안하였다. Kim^[21]은 움직임 탐색에서 계산된 왜곡값(J_{motion})을 매크로블록 모드의 비용 값으로 하여 정렬한 다음, 최소값을 가지는 몇 개의 후보 블록을 선정하여 비트율-왜곡 최적화 기법으로 최종 모드를 선택하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 모든 블록 크기에 대하여 움직임 탐색을 수행해야 하기 때문에 움직임 탐색의 높은 복잡도는 여전히 발생한다. 부호화 매크로블록의 공간적 균질성(Spatial homogeneity)과 시간적 정체성(Temporal stationarity)을 이용하여 매크로블록의 후보 모드를 결정하거나 시/공간상의 주변 매크로블록의 모드 정보를 이용하여 후보 모드를 결정하는 방법들도 연구되었다^[5,10]. 이러한 종래의 연구들은 비교적 복잡한 판단 과정을 거쳐 부호 모드를 선정할 뿐만 아니라, 가능한 후보 모드를 선정하기 위한 알고리즘의 단계가 복잡하고 다른 블록 크기의 특성 및 결과에 의존한다는 단점이 있다. 한편, Jeon등^[3,4,7]은 모드 결정 초기 단계에서 16x16 블록에 대한 비트율-왜곡치를 계산하여, SKIP 모드 조건이 만족하는지 확인한다. 만일 주어진 블록이 이를 만족한다면 SKIP 모드를 매크로블록 모드로 결정하여 다른 모드들의 움직임 탐색과정과 비트율-왜곡치 계산 과정을 사전에 생략하는 조기 SKIP 모드

결정법을 제안하였으며, 이것은 H.264/AVC 참조 모델에 채택되었다. 본 논문은 조기 SKIP 모드 결정법에 추가로 적용할 수 있는 가변 블록 움직임 보상 모드를 효과적으로 빠르게 결정하는 방법을 제안한다.

본 논문은 블록 크기 활동도에 따라 발생빈도가 낮은 P8x8 모드를 조기에 제거하여 움직임 탐색과 비트율-왜곡치 계산을 생략할 수 있는 고속 모드 결정 기법을 제안한다. 일반적으로 영상의 배경이나 평활한 전경 내부의 매크로블록은 SKIP이나 P16x16과 같은 큰 블록 크기로 모드가 결정된다. 블록 크기 활동도는 LBHM (Large Block History Map)의 값에 따라 정의 하는데, LBHM은 매크로블록 모드가 16x16크기가 되는 블록들의 연속된 프레임수를 나타내는 것으로서 영상의 배경이나 전경 내부의 평활한 부분을 잘 반영한다. 본 논문은 이러한 LBHM의 값에 따라 블록 크기 활동도를 정의 하여 P8x8모드의 조기 제거에 이용한다. 또한 제안한 기법을 H.264 참조소프트웨어의 조기 SKIP 모드 결정법과 통합하여 전체 부호화 복잡도 감소 성능을 평가한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존의 고속 H.264/AVC 부호화 모드 결정 방법을 기술 하고, III장에서는 제안하는 고속 모드 결정 기법을 설명하며, IV장에서는 제안 알고리즘의 성능을 보이고, 마지막으로 결론을 맺는다.

II. H.264/AVC 표준 참조 소프트웨어의 부호화 모드 결정 방법

H.264/AVC 표준 참조 소프트웨어^[9]의 고복잡도 모드 (High complexity mode)는 가능한 모든 모드의 비트율-왜곡치를 라그랑지안(Lagrangian) 계수를 사용한 식 (1)을 이용하여 계산한 후, 이중의 최소치를 선택하는 비트율-왜곡 최적화(Rate-Distortion Optimization: RDO) 기법을 사용하여 매크로블록의 최적 부호화 모드를 결정한다^[2].

여기서 J_{MODE} 는 비용함수 (Cost function)로 현재 매크로블록, 복원된 매크로블록, 그리고 모드 I_k 에 따라

결정된다. λ_{MODE} 는 라그랑지안 (Lagrangian) 계수로 양자화 계수 QP 에 의존하는 값을 갖는다. 인트라 혹은 인터 슬라이스에 대한 λ_{MODE} 는 식 (2)와 같이 나타낸다. SSD는 원 영상의 k번째 매크로블록과 I_k 에 해당하는 모드로 부호화한 후 복원된 영상과의 차이에 대한 제곱의 합이다.

식 (1)에서 모드 I_k 는 슬라이스 타입에 따라 다음의 매크로블록 모드로 구성된다.

I-slice:

$$I_k \in \{I4MB, I16MB\}$$

P-slice:

$$I_k \in \{SKIP, P16x16, P16x8, P8x16, P8x8, I4MB, I16MB\}$$

인트라 슬라이스(I-slice)의 경우 2가지, 인터 슬라이스(P-slice)의 경우 인터모드에 인트라모드를 포함하여 총 7가지의 가능 모드가 있다. 여기서 I4MB는 4x4블록 크기의 인트라 예측모드, I16MB는 16x16블록크기의 인트라 예측모드이다. SKIP 모드는 움직임 보상 블록 크기가 16x16이면서 움직임 벡터가 예측 움직임 벡터와 같고 (즉, MVD(Motion Vector Difference)=0), CBP(Coded Block Pattern)=0 일 때 결정된다. 그리고 P8x8모드는 각 8x8 블록마다 독립적으로 $P8 \times 8 \in \{8 \times 8, 8 \times 4, 4 \times 8, 4 \times 4\}$ 하위 모드들 중에 하나의 모드를 결정하여 부호화 될 수 있다.

최종적으로 결정되는 최적 모드는 비트율-왜곡치 $J_{MODE}(MB_k, I_k | QP, \lambda_{MODE})$ 를 최소화 시키는 모드가 된다. 모드 결정을 위한 비트율-왜곡치값을 계산하기 위해서는 복원영상을 얻어야 하므로 반복적인 4x4 정수 변환 부호화와 양자화, 그리고 양자화된 잉여 데이터의 역 양자화, 역 정수 변환 부호화 과정이 필요하다.

다음은 H.264/AVC 참조 모델의 인터 슬라이스에서 최적 모드를 결정하는 과정을 단계별로 나타내었다.

단계 1) 16x16, 16x8, 8x16 블록크기의 움직임탐색 수행

$$J_{MODE}(MB_k, I_k | QP, \lambda_{MODE}) = SSD(MB_k, I_k | QP) + \lambda \cdot R(MB_k, I_k | QP) \quad (1)$$

$$\lambda_{MODE} = 0.85 \times 2^{(QP-12)/3} \quad (2)$$

표 1. H.264/AVC에서 P slice의 최적 모드의 분포

Table 1. Probability Distribution of best mode of P slice in H.264/AVC.

[%]

Sequences	Best mode of P slice							Sub-mode in best P8x8 mode			
	SKIP	P16x16	P16x8	P8x16	P8x8	I4MB	I16MB	8x8	8x4	4x8	4x4
Foreman	43.37	30.83	7.63	8.80	8.33	0.43	0.60	66.71	15.29	16.15	1.85
Mother&Daughter	80.45	10.68	2.81	3.38	2.42	0.09	0.16	75.39	13.83	9.69	1.09
Mobile&Calendar	24.19	33.79	11.80	11.47	18.73	0.01	0.01	61.87	15.81	16.98	5.34
Stefan	36.77	28.25	9.24	8.08	17.19	0.15	0.31	56.50	20.53	18.48	4.49
Silent	77.04	9.65	3.39	4.14	4.79	0.45	0.54	70.92	15.36	15.44	2.92
Average	52.37	22.64	6.98	7.18	10.29	0.23	0.33	66.28	15.36	15.44	2.92

단계 2) 16x16, 16x8, 8x16 블록크기의 움직임 벡터와 참조프레임 결정

단계 3) 4개의 8x8블록에 대하여 8x8, 8x4, 4x8, 4x4 블록크기의 움직임탐색 수행

단계 4) 4개의 8x8블록에 대하여 8x8, 8x4, 4x8, 4x4 블록크기의 움직임 벡터와 참조프레임 결정

단계 5) 8x8, 8x4, 4x8, 4x4 하위모드에 대해 비트율-왜곡에 따른 최적모드결정

단계 6) SKIP 모드의 움직임 벡터 계산

단계 7) 각 모드에 대해 비트율-왜곡에 따른 최적모드 결정

H.264/AVC 참조 소프트웨어 모델에서는 고복잡도 모드 (High complexity mode) 외에, 단지 움직임 벡터와 참조영상 결정에서 계산된 비용값 만으로 모드를 결정하는 저복잡도 모드 (Low complexity mode), 그리고 고속 고복잡도 모드 (Fast high complexity mode)가 있다. 고속 고복잡도 모드는 고복잡도 모드에 조기 SKIP모드 결정법^[3,7]과 선택적 인트라모드 결정법^[3,7]을 적용하여 속도를 빠르게 한 것이다.

III. 블록 크기 활동도에 따른 제안 모드 결정 기법

본 장에서는 제안하는 고속 인터모드 결정방법에 대하여 설명한다. 먼저 H.264/AVC의 인터모드의 확률분포를 살펴보고, LBHM의 특성을 분석한 후 블록 크기 활동도 정의에 따라 조기에 P8x8 모드를 제거하는 방법을 제안한다.

3.1 H.264/AVC의 P-slice에서 모드 분포 특성

H.264/AVC에서 인터슬라이스 내의 모드 분포는 영상의 특성과 QP에 따라 틀리게 나타난다. 예를 들어, 일반적으로 영상의 배경이나 전경의 부드러운 영역 내부는 SKIP모드나 P16x16모드로 결정된다. 그리고 움

임이 큰 영역이나 물체의 경계부분에서는 P8x8 모드가 빈번하게 발생한다.

표 1은 다양한 종류의 영상과 QP에 대한 각 모드의 분포를 보여준다. 여기서 테스트 영상은 QCIF를 사용하였다. 표 1을 보면 정지한 배경에 움직임이 다소 적은 Mother&Daughter와 Silent영상의 경우, SKIP과 P16x16의 발생 빈도가 매우 높은 것을 알 수 있다. 또한 P16x8, P8x16, P8x8은 발생 빈도가 비슷하다. 하지만 P8x8의 경우 하위 모드의 탐색 과정이 포함되어 있어 발생 빈도에 비해 다른 모드보다 높은 복잡도가 요구된다. 움직임이 복잡하고 빠른 Foreman과 Stefan의 경우 SKIP과 P16x16 모드의 발생 빈도가 감소하고 P16x8, P8x16 과 P8x8 모드의 발생 빈도가 상대적으로 증가한 것을 볼 수 있다. 하지만 P8x8모드의 경우 움직임 탐색과 RDO 계산의 복잡도에 비해 발생 빈도가 적은 것을 볼 수 있다. 표 1의 결과에서 평균적으로 SKIP은 52.37%, P16x16은 22.64%, P16x8은 6.98%, P8x16은 7.18%, 그리고 P8x8은 10.29% 발생하였다. 또한 P8x8 모드에서 대부분의 블록크기는 8x8블록으로 평균 66.28% 발생하였다. 따라서 고속 모드 결정시 조기에 SKIP모드를 결정하는 것은 SKIP의 높은 발생 빈도를 볼 때 매우 효과적임을 알 수 있으며, 이러한 이유로 Jeon등의 조기 SKIP 결정법^[7]은 효율적인 접근법이라 할 수 있다. 또한, 표 1에서 P8x8 모드는 각 8x8블록 별로 8x8, 8x4, 4x8, 4x4의 최적 모드를 찾는 과정으로 인한 높은 복잡도가 필요한 반면, 발생 빈도는 낮은 것을 볼 수 있다. 이러한 사실은 매크로블록을 부호화 하기 전에 P8x8 모드를 조기에 제거할 수 있다면 많은 복잡도를 감소시킬 수 있음을 시사한다. 따라서 본 논문은 Jeon등의 조기 SKIP모드 결정법에 추가로 P8x8 모드를 조기에 제거하는 방법을 제안한다. 다음은 16x16의 큰 블록의 History Map을 이용하여 블록 크기 활동도에

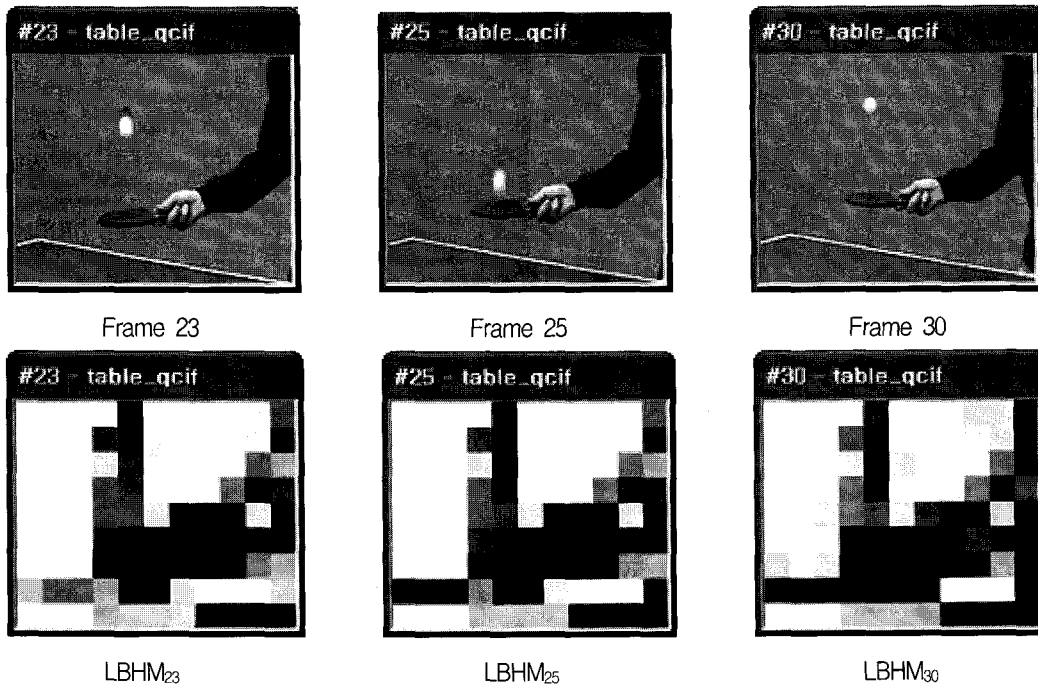


그림 2. "Table tennis" 영상의 LBHM (Large Block History Map) 예
 Fig. 2. The example of LBHM (Large Block History Map) in "Table tennis" sequence.

따라 해당 매크로블록의 P8x8 모드를 조기에 제거하는 방법을 설명한다.

3.2 Large Block History Map (LBHM)에 따른 모드 분포 특성

일반적으로 매크로블록의 움직임 보상 블록 크기의 분포는 움직임이 많은 전경부분에는 작은 블록 크기로 결정되고 움직임이 없는 배경이나 전경에서 평활한 부분에 위치한 매크로블록의 경우 큰 움직임 보상블록이 분포된다. 영상은 시간축 방향으로 높은 상관도를 가지고 있다. 따라서 과거 매크로블록들의 P16x16모드의 히스토리 특성을 분석한다면, 현재 부호화할 블록의 움직임 보상 블록의 크기를 예측할 수 있을 것이다. 따라서 본 논문에서는 LBHM(Large Block History Map)을 정의하고 LBHM에 따른 최적 모드의 분포특성을 분석한

다. 먼저 LBHM의 수식은 식 (3)과 같이 정의 한다.

여기서 $bestMode_k(i, j)$ 는 k 번째 프레임의 (i, j) 매크로블록에서 선택된 최적의 모드이고, $LBHM_k(i, j)$ 는 k 번째 프레임까지 (i, j) 매크로블록의 움직임 보상 블록크기가 16x16인 SKIP 또는 P16x16 모드를 연속적으로 갖는 프레임수를 나타낸다.

초기에 $LBHM_k(i, j) = 0$ 으로 하고 이를 식 (3)의 간단한 규칙으로 갱신한다. 그림 2는 "Table tennis" 영상의 LBHM을 원본영상의 크기로 확대하여 표시한 것이다. 여기서 각 화소값은 LBHM값을 0에서 255값으로 정규화하여 표시하였다. 그림 2에서 LBHM영상의 밝기는 얼마나 오랫동안 매크로블록의 움직임 보상 크기가 16x16 크기였는지를 나타낸다. 즉, 흰색은 과거 프레임의 매크로블록이 계속 SKIP이나 P16x16 이었음을, 검은색은 바로 이전 프레임에서 매크로블록 모드가 SKIP

$$LBHM_k(i, j) = \begin{cases} LBHM_{k-1}(i, j) + 1, & bestMode_k(i, j) = SKIP, P16 \times 16 \\ 0, & bestMode_k(i, j) \neq SKIP, P16 \times 16 \end{cases} \quad (3)$$

$$BSA(i, j) = \begin{cases} High, & LBHM_k(i, j) < Thd_1 \\ Medium, & Thd_1 \leq LBHM_k(i, j) < Thd_2 \\ Low, & Thd_2 \leq LBHM_k(i, j) \end{cases} \quad (4)$$

표 2. BSA에 따른 움직임 보상 블록 크기의 분포

Table 2. Distribution of motion compensation macroblock corresponding to BSA.

Sequence	$BSA(i,j) = \text{Low}$				$BSA(i,j) = \text{Medium}$				$BSA(i,j) = \text{High}$				Prob (Low)	Prob (Medium)	Prob (High)
	Prob (16x16)	Prob (16x8)	Prob (8x8)	Prob (Intra)	Prob (16x16)	Prob (16x8)	Prob (8x8)	Prob (Intra)	Prob (16x16)	Prob (16x8)	Prob (8x8)	Prob (Intra)			
Stefan (QCIF)	0.886	0.086	0.020	0.009	0.684	0.210	0.100	0.006	0.373	0.281	0.333	0.012	0.433	0.232	0.336
Mobile (QCIF)	0.756	0.164	0.077	0.003	0.606	0.243	0.151	0.000	0.464	0.267	0.269	0.000	0.310	0.283	0.406
Foreman (QCIF)	0.901	0.082	0.010	0.007	0.691	0.226	0.065	0.018	0.530	0.280	0.162	0.028	0.484	0.244	0.271
M&D (QCIF)	0.957	0.035	0.005	0.002	0.794	0.152	0.040	0.014	0.676	0.204	0.089	0.031	0.755	0.133	0.112
Akiyo (QCIF)	0.979	0.016	0.005	0.000	0.803	0.148	0.050	0.000	0.719	0.182	0.100	0.000	0.858	0.081	0.061
Silent (QCIF)	0.960	0.028	0.007	0.005	0.730	0.177	0.064	0.029	0.485	0.264	0.190	0.061	0.694	0.143	0.162
Paris (CIF)	0.965	0.024	0.007	0.004	0.697	0.188	0.104	0.011	0.407	0.267	0.307	0.018	0.683	0.135	0.182
Table tennis (CIF)	0.918	0.042	0.007	0.033	0.735	0.169	0.050	0.047	0.529	0.264	0.160	0.047	0.547	0.255	0.227
Foreman (CIF)	0.918	0.060	0.006	0.016	0.743	0.178	0.036	0.044	0.542	0.266	0.124	0.068	0.571	0.220	0.209
Average	0.916	0.060	0.016	0.009	0.720	0.188	0.073	0.019	0.525	0.253	0.193	0.029	0.593	0.189	0.219

이나 P16x16이 아닌 분할된 매크로블록 모드가 발생했음을 나타낸다. 여기서 LBHM은 움직임 분할이 발생하는 전경부분과 배경부분의 분리를 잘 나타내며, 영상에서 움직임이 발생하는 경향을 관찰할 수 있다. 따라서 LBHM을 이용하면 배경과 같은 정적인 곳에서 불필요한 작은 블록크기의 비트율-왜곡치 계산을 제거할 수 있고, 작은 블록 크기의 움직임 탐색을 제거할 수 있을 것이다. 따라서 본 논문에서는 LBHM값의 크기에 따라 블록 크기 활동도(Block Size Activity: BSA)를 식 (4)와 같이 정의한다.

여기서 $BSA(i, j)$ 는 (i, j) 번째 매크로블록의 블록 크기 활동도(Block Size Activity)로써, Low는 과거 프레임들의 (i, j) 번째 매크로블록이 대부분 16x16의 큰 블록을 가졌음을, High는 16x16의 큰 블록이 적게 발생했음을 나타낸다.

표 2는 다양한 영상과 QP(=26, 32, 36, 40, 42)에 대해 BSA에 따른 각 최적 모드의 분포 특성을 보여준다. $Prob(16x16)$ 은 SKIP과 P16x16, $Prob(16x8)$ 은 P16x8과 P8x16, $Prob(8x8)$ 은 P8x8, $Prob(Intra)$ 는 I4MB와 I16MB의 발생 확률 값이며, $Prob(Low)$, $Prob(Medium)$, 그리고 $Prob(High)$ 는 $BSA(i, j)$ 가 각각 Low, Medium, High인 매크로블록이 발생할 확률값이다. 표 2에서 BSA가 Low인 매크로블록의 경우, 대부분 SKIP과 P16x16의 확률값이 평균 0.9이상 발생하며, 즉 16x16 블록 크기가 발생하고 P8x8의 경우 확률값이 0.016으로 거의 발생하지 않음을 알 수 있다. 그리고 BSA가 High인 매크로블록의 경우, $Prob(16x16)$ 의 발생 확률이 감소하면서 $Prob(16x8)$ 과 $Prob(8x8)$ 의 발생

확률이 증가한 것을 알 수 있다. 또한 움직임이 적고 배경이 고정되어 있는 영상(Akiyo, Silent, Paris, Mother&daughter)은 BSA가 Low가 되는 매크로블록의 발생확률도 0.7이상으로 매우 높은 것을 알 수 있다. 이것은 움직임이 적으면서 고정된 배경 영상의 경우 P8x8모드를 제거한다면, 많은 연산량 감소를 가져올 수 있음을 나타낸다. 따라서 매크로블록의 BSA가 Low인 경우 P8x8블록의 움직임 보상을 제거한 후, 모드 결정을 수행한다면 움직임 탐색과 비트율-왜곡치 연산량의 감소를 가져올 수 있을 것이다. 표 2에서 BSA가 Medium인 경우의 확률 분포는, Low와 High의 중간 결과가 된다. 따라서 Medium인 경우 $Prob(8x8)$ 의 확률이 다소 증가되기 때문에 표 1의 매크로블록 모드 분포에서 보는바와 같이 P8x8 모드에서 가장 발생빈도가 높은 8x8블록 크기뿐만 아니라 P8x8로 부호화 한다면 비트율-왜곡의 감소가 적게 발생하며 계산량 감소를 가져올 것이다. 다음은 LBHM에 따라 매크로블록의 BSA를 정의하고 이를 기반으로 조기에 P8x8모드와 P8x8모드에서 8x4, 4x8, 4x4 블록 크기를 제거하는 제안 알고리즘의 단계를 구체적으로 설명한다.

3.3 제안한 블록 크기 활동도 기반 모드 결정법

제안 고속 모드 결정 기법은 3.2절의 실험 데이터를 기반으로 매크로블록의 블록 크기 활동도 (Block Size Activity: BSA)에 따라 사용하는 모드의 그룹을 다음과 같이 정의 하였다.

1) BSA = Low 인 경우,

사용모드 $\in \{\text{SKIP}, \text{P16x16}, \text{P16x8}, \text{P8x16}\}$

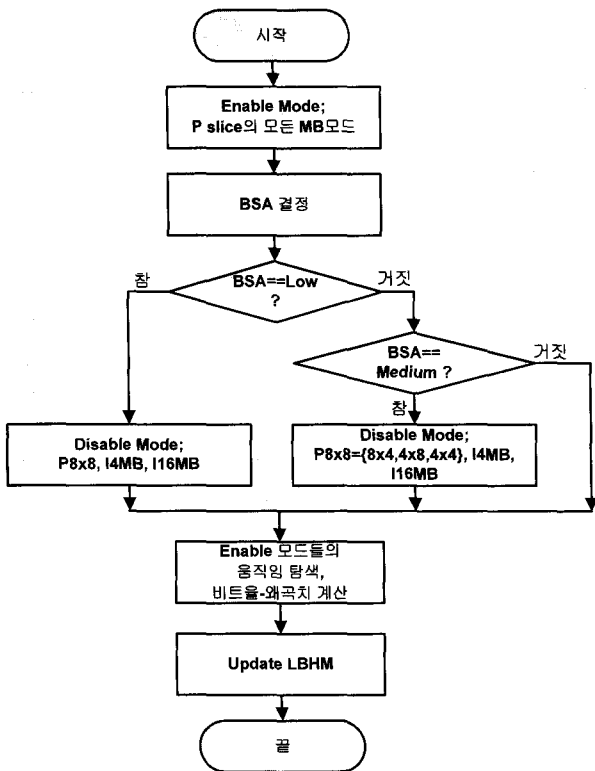


그림 3. 제안된 방법의 흐름도
Fig. 3. Flowchart of the proposed method.

- 2) BSA = Medium 인 경우,
 사용모드 ∈ {SKIP, P16x16, P16x8, P8x16, P8x8}
 P8x8 ∈ {8x8}
- 3) BSA = High 인 경우,
 사용모드 ∈ {SKIP, P16x16, P16x8, P8x16, P8x8, I4MB, I16MB}
 P8x8 ∈ {8x8, 8x4, 4x8, 4x4}

그림 3은 제안된 방법의 전체 흐름도이다. 초기 인터슬라이스의 부호화에서는 식 (3)의 LBHM을 0으로 한 다음 해당 매크로블록의 부호화 모드에 따라 LBHM을 갱신한다. 먼저 인터슬라이스내 매크로블록의 가능한 모든 모드를 Enable한 후, 해당 매크로블록의 BSA를 식 (4)에 따라 결정한다. 여기서 부호화할 매크로블록의 BSA가 Low이면 P8x8, P8x8하위모드, I4MB, I16MB 모드를 Disable한다. 그렇지 않고 Medium이면 P8x8 하위모드(8x4, 4x8, 4x4), I4MB, I16MB 모드를 Disable하고 Enable된 모드만을 부호화 한다. 만약, BSA가 Low 나 Medium이 아닌 경우는 종래의 H.264 참조소프트웨어의 인터 매크로블록 부호화를 수행한다. 최종 매크로블록의 부호화 모드를 선택한 후, 마지막으로 해당 매크로블록 모드에 따라 LBHM을 갱신하고 매크로블록

의 부호화를 끝낸다. 제안한 고속 모드 결정법은 매크로블록의 부호화 전에 P8x8 모드의 부호화 여부가 판단되는 전처리 과정이기 때문에 기존의 조기 SKIP 모드결정법이나 다른 모드 결정 방법들과 결합하여 사용할 수 있으며, 매우 간단한 전처리 과정으로, 가능한 매크로블록 모드의 선택과정에 오버헤드가 발생하지 않는 장점이 있다. 또한 H.264 참조소프트웨어 모델의 고복잡도 모드, 저복잡도 모드, 그리고 고속 고복잡도 모드의 어떠한 부호화 동작모드에 상관없이 적용 가능하다.

IV. 실험 결과

제안된 고속 인터모드 결정 기법의 성능을 검증하기 위하여 이를 JM9.6 참조소프트웨어^[9]에 구현하였으며, 이때 UMHexagonS^[8]의 고속 움직임 탐색 기법을 사용하였다. 객관적 성능 평가를 위해 고속 모드 결정 기법을 사용하지 않은 방법(FULL), Jeon등의 조기 SKIP 모드 결정 방법^[3], 제안 방법(Proposed), 그리고 제안 방법과 Jeon등의 조기 SKIP 모드 결정법을 통합한 방법(Proposed+EarlySKIP)을 성능비교 하였다. 실험 조건은 다양한 영상, QP, 그리고 부호화 프레임율에 대하여 H.264 Baseline Profile에 맞추어 다음과 같이 설정하였다.

- 1) 탐색 영역: ±16
- 2) 고복잡도 모드(High Complexity Mode) 사용
- 3) 하다마드 변환 부호화 사용
- 4) 참조 프레임 수: 3장
- 5) CAVLC 사용
- 6) IPPP 구조

사용한 영상은 Silent(CIF, 15Hz), Hall monitor(CIF, 15Hz), Container(CIF, 15Hz), Paris(CIF, 15Hz), Mobile&calendar (CIF, 30Hz), Foreman (CIF, 30Hz), Stefan (CIF, 30Hz)이며, QP ∈ {28, 32, 36, 40}으로 하여 실험하였다.

제안 기법의 성능을 비교하기 위해 고속 모드 결정 기법을 사용하지 않은 방법(FULL)의 휘도성분에 대하여 QP별 PSNR 차이의 평균값(ΔPSNRY)을 나타내었다. 또한 비트레이트 증가량과 계산량 감소는 다음과 같이 정의하여 비교하였다.

- 1) 평균 비트율 증가량 (%) :

$$\Delta Bits(\%) = \frac{Bitrate(proposed) - Bitrate(full)}{Bitrate(full)} \times 100$$

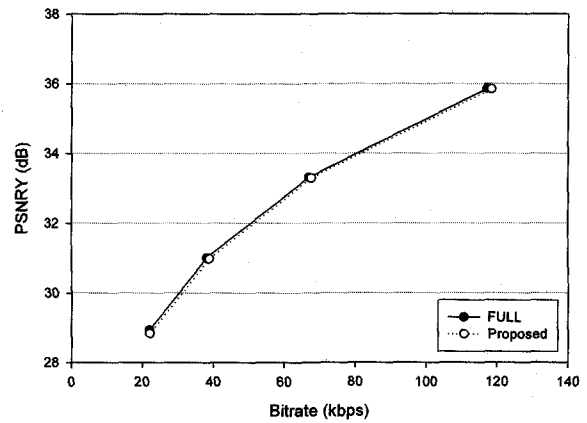
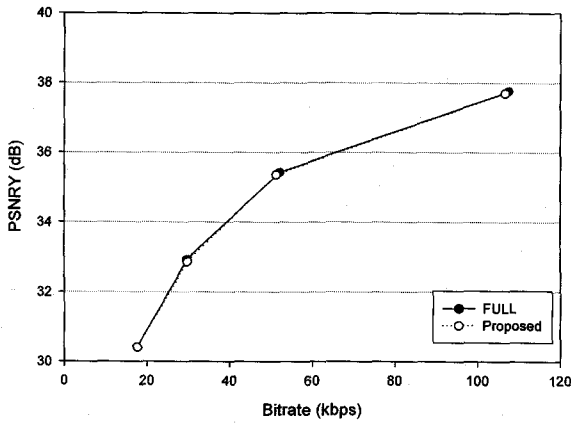
표 3. 제안 고속 모드 결정법의 성능비교

Table 3. Performance comparison of proposed mode decision.

Sequence	Proposed			Proposed+EarlySKIP ^[3]		
	Δ PSNRY (dB)	Δ Bits(%)	Δ T(%)	Δ PSNRY (dB)	Δ Bits(%)	Δ T(%)
Silent	-0.04	1.14	60	-0.05	0.89	71
Hall monitor	-0.04	-0.39	64	-0.06	-1.32	75
Container	-0.10	-0.19	66	-0.12	-0.87	78
Paris	-0.07	0.25	56	-0.07	-0.04	66
Mobile&calendar	-0.05	-0.05	37	-0.05	-0.38	46
Foreman	-0.10	0.87	51	-0.12	0.53	59
Stefan	-0.06	0.08	37	-0.08	-0.04	44
평균	-0.07	0.24	53	-0.08	-0.18	63

Hall monitor (CIF, 15Hz)

Silent (CIF, 15Hz)



Paris (CIF, 15Hz)

Stefan (CIF, 30Hz)

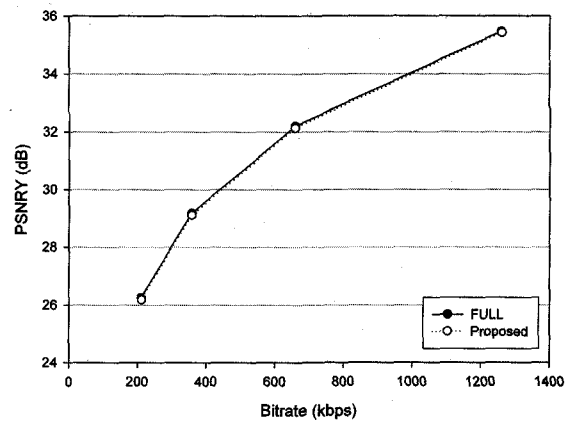
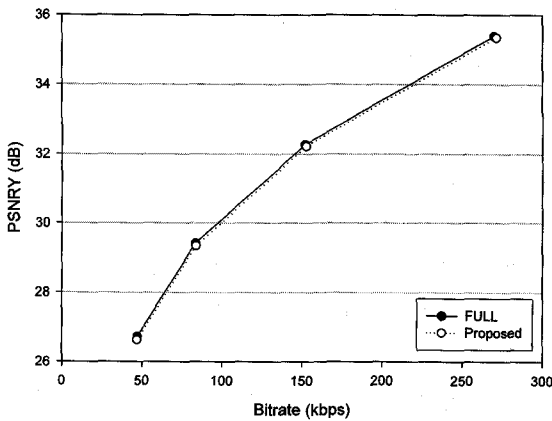


그림 4. 비트율-왜곡 성능의 비교

Fig. 4. Comparison of rate-distortion performance.

2) 평균 계산량 감소 $\Delta T(\%)$:

$$\Delta T(\%) = \frac{Time(full) - Time(proposed)}{Time(full)} \times 100$$

$\Delta Bits(\%)$ 의 (+)와 $\Delta PSNRY$ 의 (-) 부호는 부호화 성능의 손실을 나타낸다.

표 3의 결과로부터 제안된 고속 모드 결정 기법이 $\Delta Bits$ 와 $\Delta PSNRY$ 의 감소 없이 전체 부호화 시간

을 평균 53% 감소시킴을 볼 수 있다. 또한 배경이 고정되어 있거나 움직임이 매우 적은 Hall monitor와 Container의 경우 $\Delta Bits$ 가 오히려 0.2% 이상 감소되었는데, 이는 P8x8모드의 제거로 움직임벡터의 비트량이 감소한 것에서 기인한다. 따라서 제안 고속 모드 결정 기법의 성능이 우수함을 알 수 있다. 표 3에서 제안 기법과 조기 SKIP모드 결정법을 같이 사용했을 경우에도 비트율-왜곡치의 감소가 없으면서 전체 부호화 시간은 추가로 10% 감소하여 평균 63%의 감소를 가져왔다. 특히 $\Delta Bits$ 의 경우 오히려 0.18% 감소를 가져왔는데, 이는 조기 SKIP 모드 결정법에서 SKIP 모드의 비트량이 0인 것에서 발생하는 것이다^[7]. 전체 부호화 시간은 움직임이 적은 영상에서 78% 감소를 가져왔으며 움직임이 복잡하고 빠른 영상에서도 44% 이상 감소되었다.

그림 4는 QP값에 따른 비트율-왜곡 성능 비교 그래프이다. 그림 4의 결과 그래프에서 볼 수 있듯이 Paris와 Stefan 같은 움직임이 복잡한 영상에 대해서도 비트율-왜곡 그래프가 FULL과 비교하여 차이가 발생하지 않음을 볼 수 있다.

위의 모든 실험 결과를 통하여, 제안한 고속 모드 결정 기법은 비트율-왜곡의 감소는 거의 발생하지 않으면서 부호화 시간의 많은 감소를 가져오기 때문에 H.264/AVC의 복잡도 감소에 매우 효과적인 기법이라고 말할 수 있다.

V. 결 론

본 논문은 H.264/AVC의 가변 블록 움직임 보상으로 인한 복잡도를 줄이기 위한 고속 모드 결정법을 제안하였다. 고속 모드 결정법은 매크로블록 부호화의 전처리 단계에서 미리 발생 빈도가 낮은 P8x8모드 결정 과정을 생략하여 움직임 탐색과 비트율-왜곡 계산과정을 생략하는 방법이다. 불필요한 P8x8 모드의 움직임 탐색과 비트율-왜곡 과정을 생략하기 위해 시간축으로 매크로블록이 SKIP이나 P16x16 모드로 얼마만큼 부호화되었는지의 LBHM (Large Block History Map)을 구성하여 이것을 바탕으로 현재 부호화 블록의 블록 크기 활동도(Block Size Activity)를 정의하였다. 블록 크기 활동도가 작은 경우, 즉 시간축으로 16x16블록으로 움직임 보상이 오랫동안 유지된 경우, 해당 매크로블록은 평활하거나 배경으로 간주하여 P8x8 모드 선택과정을 조기에 제거한다. 제안 방법만을 적용하였을 때 전체

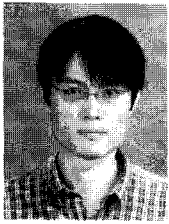
부호화 시간감소는 평균 53%이며, PSNR감소는 약 0.07dB로 매우 미미한 결과를 보여줬다. 또한 조기 SKIP 모드 결정법과 같이 적용했을 때 얻게 되는 PSNR감소는 약 0.08dB로 매우 미비하며 전체 부호화 시간은 평균 63% 이상 감소를 가져왔다. 즉, 제안된 고속 모드 결정기법은 큰 부호화 효율의 감소 없이, H.264/AVC의 복잡도를 크게 감소시켰다.

참 고 문 헌

- [1] Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG, "Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification (ITU-T Rec. H.264 | ISO/IEC 14496-10 AVC)," Doc. JVT-G050r1, Mar. 2003.
- [2] Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG, "Text Description of Joint Model Reference Encoding Methods and Decoding Concealment Methods," Doc. JVT-N046, Jan. 2005.
- [3] B. Jeon, J. Lee, "Fast Mode Decision for H.264," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 and ITU-T SG16, input document JVT-J003, 2003.
- [4] J. Lee, B. Jeon, "Fast Mode Decision for H.264 with Variable Motion Block Sizes," ISCIS 2003, Lecture Notes in Computer Science 2869, Springer-Verlag, pp.723-730, 2003.
- [5] D. Wu, F. Pan, K. P. Lim, S. Wu, Z. G. Li, X. Lin, S. Rahardja, and C. C. Ko, "Fast Inter-mode Decision in H.264/AVC Video Coding," IEEE Trans. on Circuits Syst. Video Technol., vol. 15, no. 6, pp.953-958, Jul. 2005.
- [6] Y. Liang, I. Ahmad, J. Luo, Y. Sun, and V. Swaminathan, "On Using Hierarchical Motion History for Motion Estimation in H.264/AVC," IEEE Trans. on Circuits Syst. Video Technol., vol. 15, no. 12, pp.1594-1603, Dec. 2005.
- [7] 이계윤, 전병우, "H.264 동영상 압축을 위한 고속 부호화 모드 결정 방법," 대한전자공학회 논문지 SP편 제41권 제6호, 165-173쪽, 2004년 11월.
- [8] Z. Chen, J. Xu, Y. He, and J. Zheng, "Fast Integer-pel and Fractional-pel Motion Estimation for H.264/AVC," Journal of Visual Communication and Image Representation, vol. 17, issue 2, pp.264-290, Apr. 2006.
- [9] <http://bs.hhi.de/~suehring/tml/download/jm96.zip>.
- [10] A. C. Yu, N. K. Ngi, and G. R. Martin, "Efficient

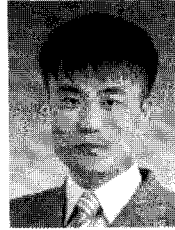
- Intra- and Inter-Mode Selection Algorithms for H.264/AVC," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 17, issue 2, pp.322-344, Apr. 2006.
- [16] 정봉수, 전병우, "예측 움직임 벡터와 블록 정합 오류 특성을 이용한 고속 움직임 추정 알고리즘", *대한전자공학회 신호처리 소사이어티 추계학술대회*, 제 26권 제2호, 145-148쪽, 2003년 11월.
- [17] T. Wiegand, H. Schwarz, A. Joch, F. Kossentini, G. J. Sullivan, "Rate-Constrained Coder Control and Comparison of Video Coding Standards," *IEEE Trans. on Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 13, no. 7, pp.688-703, Jul. 2003.
- [18] W. I. Choi, B. Jeon, "Hierarchical motion search for H.264 variable-block-size motion compensation," *SPIE Optical Engineering*, vol. 45, issue 1, Jan. 2006.
- [19] Y.-W. Huang, B. -Y. Hsieh, S. -Y. Chien, S. -Y. Ma, L. -G. Chen, "Analysis and Complexity Reduction of Multiple Reference Frames Motion Estimation in H.264/AVC," *IEEE Trans. on Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 16, no. 4, pp.507-522, Apr. 2006.
- [20] M. -J. Chen, G. -L. Li, Y. -Y. Chiang, and C. -T. Hsu, "Fast Multiframe Motion Estimation Algorithms by Motion Vector Composition for the MPEG-4/AVC/H.264 Standard," *IEEE Trans. on Multimedia.*, vol. 8, no. 3, pp.478-487, Jun. 2006.
- [21] H. Kim and Y. Altunbasak, "Low-complexity Macroblock Mode Selection for H.264/AVC Encoders," *IEEE Int. Conf. on Image Processing*, Oct. 2004.
- [22] P. Yin, H. Y. Cheong, A. Tourapis, J. Boyce, "Fast Mode Decision and Motion Estimation for JVT/H.264," *IEEE Int. Conf. on Image Processing*, 2003.

저 자 소 개



정 봉 수(학생회원)
 2002년 2월 성균관대학교
 전기전자 및 컴퓨터공학부
 졸업(학사)
 2004년 8월 성균관대학교
 정보통신공학부 졸업
 (석사)

2004년 9월~현재 성균관대학교
 전자컴퓨터공학과 박사과정
 <주관심분야: Resource-Aware 영상 압축, 저
 복잡도 영상 압축, 멀티미디어 VLSI, 멀티미디어
 통신, 에러 강인 디지털 비디오>



최 광 표(정회원)
 2000년 성균관대학교 전자공학과
 졸업(석사)
 2005년 성균관대학교 정보통신
 공학부 졸업(박사)
 2005년~현재 삼성전자
 통신연구소 멀티미디어랩
 책임연구원

<주관심분야 : Video streaming, video codec>



전 병 우(정회원)
 1985년 2월 서울대학교
 전자공학과 졸업(학사)
 1987년 2월 서울대학교
 전자공학과 졸업(석사)
 1992년 12월 Purdue Univ, School
 of Elec. 졸업(공학박사).

1993년~1997년 8월 삼성전자 신호처리연구소
 수석연구원
 1997년 9월~현재 성균관대학교 정보통신공학부
 부교수
 <주관심분야: 멀티미디어 영상 압축, 영상인식,
 신호처리>



오 윤 제(정회원)
 1987년 2월 연세대학교 물리학과
 졸업(석사)
 1995년 Rensselaer Polytechnic
 Institute, Troy, NY
 물리학과 졸업(박사)
 1996년~현재 삼성전자
 통신연구소 멀티미디어랩장

<주관심분야: Home network, multimedia, video
 codec and mobile imaging>