

보안 영상 시스템에 적합한 H.264의 적응적 인트라 고속 알고리즘

준회원 장 기 영*, 정회원 김 응 태**

Adaptive Intra Fast Algorithm of H.264 for Video Surveillance

Ki-Young Jang* Associate Member, Eung-Tae Kim** Regular Member

요 약

H.264는 향상된 압축성과 에러 복구 기술, 네트워크로의 적응력을 포함하고 있는 비디오 압축 표준으로, 실시간 비디오 스트리밍, 디지털 멀티미디어 방송 등의 여러 분야에서 적용되고 있다. 그러나 H.264/AVC는 압축효율은 높아졌지만 기존의 부호화 방식들 보다 훨씬 더 많은 연산 및 메모리 접근을 요구하게 되었다. 본 논문에서는 H.264/AVC의 부호화 복잡도를 줄이면서 실시간적인 보안 영상시스템에 적합한 적응적 인트라(Intra) 고속 알고리즘을 제안한다. 이를 위해 현재프레임의 매크로블록(macroblock)과 이전프레임의 매크로블록 간 시간적 상관성(interrelationship)을 이용하여 매크로블록의 부호화모드를 저 연산화 및 고속으로 결정할 수 있는 인트라 예측(intra prediction)방법을 제안한다. 실험결과 제안된 방식은 평균 0.04dB이하의 미미한 화질 저하 및 비트량이 약간 증가 하였지만, 부호화 처리시간이 상당히 개선되었고, 보안 영상과 같은 주변 배경의 움직임이 적은 영상에서 기존방식들에 비해 더욱 많은 부호화 처리시간을 줄일 수 있음을 알 수 있었다.

Key Words : H.264, Intra prediction, Video Surveillance, temporal interrelationship

ABSTRACT

H.264 is the prominent video coding standard in various applications such as real-time streaming and digital multimedia broadcasting, since it provides enhanced compression performance, error resilience tools, and network adaptation. Compression efficiency of H.264 has been improved, however, it requires more computing and memory access than traditional methods. In this paper we proposed adaptive intra fast algorithm for real-time video surveillance system reducing the encoding complexity of H264/AVC. For this aim, temporal interrelationship between macroblock in the previous and the current frame is used to decide the encoding mode of macroblock fast. As a result, though video quality was deteriorated a little, less than 0.04dB, and bit rate was somewhat increased in suggested method, however, proposed method improved encoding time significantly and, in particular, encoding time of an image with little changes of neighboring background such as surveillance video was more shortened than traditional methods.

I. 서 론

최근 다양한 네트워크 환경에서의 효율적인 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 고성능의 비디오

압축기술에 대한 요구가 어느 때보다 커지게 되었다. 보안 시장 또한 소비자들의 요구에 따라 고품질의 영상을 네트워크상에서 실시간적으로 전송할 수 있느냐에 관심이 모아지고 있다. 이에 ITU-T의

* 한국산업기술대학교(지식기반기술에너지대학원) 정보통신과 MultiMedia Signal Processing 연구실(cky810708@hanmail.net)

** 한국산업기술대학교 전자공학과 교수(etkim@kpu.ac.kr)

논문번호 : KICS2008-10-444, 접수일자 : 2008년 10월 9일, 최종논문접수일자 : 2008년 11월 10일

VCEG (Video Coding Experts Group)와 ISO/IEC의 MPEG(Moving Picture Expert Group)은 네트워크 이식성 향상과 에러복원 기능을 강화하여 고품질의 영상을 제공하는 MPEG-4 Part 10/H.264 표준안[1]을 완성하였고, 현재 보안 시장의 경우 IP 카메라의 주 압축방식인 MJPEG 방식보다 30~40배의 좋은 압축성능을 제공하는 H.264 압축 방식으로의 교체는 미룰 수 없는 현실이 되어 버렸다.

H.264/AVC는 기존의 MPEG-2, H.263등의 부호화방식들보다 적은 비트율에서 고화질의 비디오 압축을 얻을 수 있다. 이는 기존 방식들에 비해 복잡하고 다양한 인트라/인터 예측 방식들을 사용하기 때문이다. 이로 인해 압축효율은 높아졌지만 기존의 방식들 보다 훨씬 더 많은 연산 및 메모리 접근을 요구하게 되었다.[1-3] 그러므로 실시간을 요구하는 응용분야를 위해 고화질의 영상을 유지하면서 부호화기의 복잡도를 줄이기 위한 연구가 필요하다. 특히 H.264의 화면 내 예측 부호화 방식은 공간적 예측방식으로, 동일한 영상 내에 현재 블록 내 화소를 주변 블록들의 화소를 이용하여 공간적 중복성을 제거하기 위해 제안된 기법이다. 하지만, 이 방식은 매크로블록 예측모드를 결정하는데 있어서, 4x4 휘도 블록의 경우에는 9가지 모드, 16x16 휘도 블록의 경우에는 4가지 모드 등 총 13모드에 대한 전체 탐색을 한 후 예측 오차가 최소가 되는 모드로 선정하므로 연산량을 크게 증가시켰다. 최근에 H.264의 화면내 부호화 예측 방식에 대한 계산량을 줄이기 위해 여러 방식들이 제안되었다.[5-7] 기존에 제안된 고속 인트라 예측모드 결정방법에는 에지 방향에 기초한 여러 모드 중에서 선택하는 에지 맵 방식[5]과 특정 조건 상태를 검출하여 조건을 만족 시 모드 결정을 종료하는 EIP(Efficient Intra Prediction)[6], 밝기 성분과 색차 성분 간 유사한 에지 값을 정규화하여 모드를 결정하는 Pan 알고리즘[7], 소벨 마스크와 에지 방향의 히스토그램을 이용하는 방법 등이 있다. 그러나 이런 방법들은 기존의 전체 모드 탐색방식에 비해 연산량이 줄어드나, 새로운 모드 결정을 위한 추가적인 연산이 필요로 하며, 다채널 영상 보안 시스템에서는 실시간 동작을 위해서는 더 많은 계산량 감소가 요구되어 진다. 이를 해결하기 위해 본 논문은 현재프레임과 이전 프레임의 시간적인 연관성을 이용하여 휘도성분의 매크로블록 크기 결정 방법과 최적의 예측모드를 결정하기 위한 적응적인 스킵(skip) 방법을 통하여 많은 연산량을 줄이도록 하였다.

II장은 H.264의 화면 내 예측 부호화 방식에 대해서 간략히 설명하고, III장과 IV장은 제안된 방식의 설명 및 모의 실험한 결과를 보인다. 마지막으로 V장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. H.264 표준의 화면 내 예측 부호화

H.264의 화면 내 예측 부호화는 공간영역의 방향성을 이용한 다수의 예측 모드를 사용함으로써 실제 부호화 대상인 오차신호를 최소화하여 압축성능을 향상시킨다. 생성된 다양한 예측 블록과 원 블록간의 SAD(Sum of Absolute Difference) 또는 SATD(Sum of Absolute Transform Difference)을 계산하여 가장 작은 값을 갖는 모드를 최적의 예측 모드로 선택한다. 이렇게 많은 모드에 대한 연산은 많은 처리시간을 요하게 한다.

그림 1은 현재 H.264의 화면 내 예측 부호화 모드에 의해서 최종적으로 선택된 매크로블록 크기를 그림으로 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 에지와 같은 세밀한 부분은 4x4 매크로 블록 모드(검정색)로 선택이 되고, 배경이나 변화가 적은 부분은 16x16 매크로블록 모드(흰색)로 선택이 되어서, 공간 영역에서의 부호화 효율을 높였음을 알 수 있다.



Original Image (Hall monitor)



Selected Macro-Blocks

그림 1. 인트라 프레임 내 선택된 매크로 블록 예측모드 (4x4 모드:검정색, 16x16 모드:흰색)

III. 제안된 고속 알고리즘 방식

본 논문에서는 현재 프레임의 예측모드를 결정하는데 보안 영상과 같이 배경 및 주변 환경의 변화가 적은 연속적인 영상에 대해서 이전프레임과 같은 매크로블록 크기 및 예측 모드를 갖는다는 특징을 이용하여 간단한 수식 및 판단조건에 의해 인트라 예측과정에서 발생하는 많은 처리 시간을 감소시킬 수 있는 고속의 알고리즘을 제안한다. 그림 2는 제안된 인트라 부호화 방식의 블록도이다.

3.1 현재프레임과 이전프레임의 예측모드 상관성

그림 3은 일반적인 보안 영상의 예를 나타내고 있다. 그림에서 보논바와 같이 검정색으로 표시된 영역은 이전프레임과 현재프레임의 매크로블록 크기와 예측 모드까지 동일함을 보여주고 있다.

이처럼 보안영상과 같은 배경 및 주변 환경의 변화가 적은 영상에서는 연속되는 이전프레임의 블록 크기 및 예측모드를 그대로 사용 할 수 있다는 것을 보여주는 예이다.

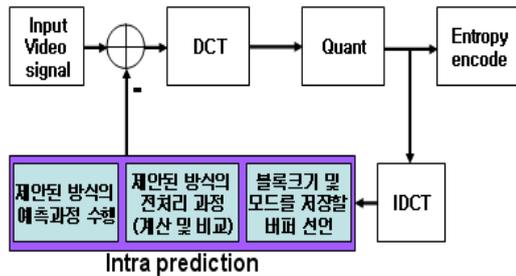


그림 2. 제안된 인트라 부호화 방식의 블록도



그림 3. 현재프레임과 이전프레임의 상관성

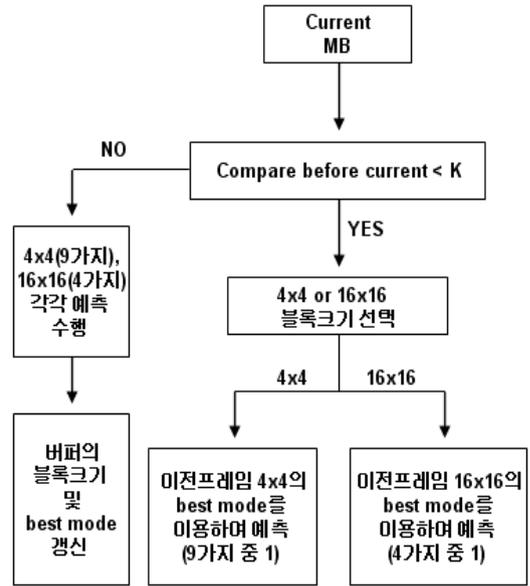


그림 4. 제안된 알고리즘의 블록도

3.2 블록크기 및 모드결정방법

그림 4는 제안된 알고리즘의 블록도이다. 현재프레임 매크로블록(16×16)과 이전프레임 매크로블록(16×16)의 SAD(Sum of Absolute Difference)을 계산하고, 그 값이 임의의 기준값(K)보다 작을 경우 변화가 적다고 판단하여 이전프레임의 매크로블록 크기 및 예측모드를 그대로 사용하여 예측할 수 있고, 그렇지 않고 임의의 기준값(K)보다 클 경우 변화가 많고 서로 상관성이 없다고 판단하여 기준의 전역 탐색 예측과정을 수행하는 방식이다.

이는 배경의 변화가 적은 영상일수록 더 많은 부호화 시간을 줄일 수 있다는 원리이다.

3.2.1 Compare_before_current 결정방법

H.264의 모든 압축 부호화 과정은 매크로블록(16×16)단위로 이루어진다. 제안된 알고리즘 또한 매크로블록 단위로 연산을 수행하게 된다.

그림 5는 “Compare_before_current”를 구하는 과정으로 현재프레임 매크로블록과 같은 위치의 이전프레임 매크로블록과의 차이값에 절대값을 취하여 16 × 16 블록 크기에 대하여 합산을 하여 구한 값이 “compare_before_current”이다. 이 “compare_before_current” 값이 작으면 작을수록 현재 매크로블록과 이전 매크로블록의 영상이 유사하다는 것을 알 수 있다.

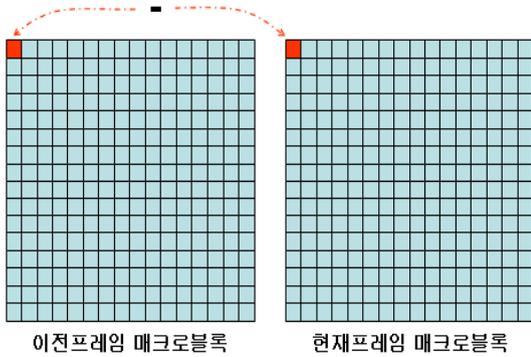


그림 5. compare_before_current 구하는 과정

3.2.2 임의의 기준값(K) 결정방법

“compare_before_current”가 현재프레임과 이전 프레임과의 상관성이라 한다면 임의의 기준값(K)은 이전프레임과 그 이전프레임과의 관계에서 얻을 수 있다. 식(1)은 임의의 기준값(K)을 구하는 과정이다.

SAD_aver는 이전프레임과 그 이전프레임과의 “compare_before_current” 평균값이고, 그 평균값(SAD_aver)이 K_1(변화가 많은 영상인지 아닌지를 판단하는 기준값)보다 작을 경우 매크로블록간에 변화량이 적은 영상이고, 반대로 K_1보다 클 경우 변화량이 많은 영상으로 판단 할 수 있다. 영상의 시간적 변화량에 따라 기준값을 적응적으로 변동하게 된다. 변화량이 적은 영상에 대해서는 기준값을 조금 더 높게 잡아 부호화 시간을 더욱 단축시키고, 변화량이 많은 영상은 기준값을 조금 낮추어 bits량의 증가를 막을 수 있다. 식(1)에서 보는 바와 같이 임의의 α 와 β 를 곱하여 K값을 얻을 수 있다. α 는 변화가 적은 영상에 대해서 기준값을 높이기 위한 값이고, β 는 변화가 많은 영상에 대해서 기준값을 낮추기 위한 값이다. α 와 β 를 구하기 위한 방법은 IV장에서 설명하기로 한다.

$$\begin{aligned} \text{SAD_aver} \leq K_1 &\rightarrow K = \text{SAD_aver} * \alpha \\ \text{SAD_aver} > K_1 &\rightarrow K = \text{SAD_aver} * \beta \end{aligned} \quad (1)$$

3.2.3 블록크기 및 예측모드 결정

그림 4에서와 같이 compare_before_current값이 K값보다 작은 경우 이전프레임에서 사용되었던 블록크기(4x4 or 16x16)와 최적 모드를 그대로 사용할 수 있다. 이전프레임 부호화 당시 버퍼에 저장되었던 블록크기가 4x4인지 16x16인지를 판단하여 블록크기를 결정하고, 블록크기가 결정되면 그에 해

당되는 최적 모드를 이용하여 현재프레임 매크로블록을 예측하게 된다. 이와 같은 과정은 기존의 블록 크기 선택 방법과 4x4의 9가지 예측방법 및 16x16의 4가지 예측방법을 적응적으로 스킵하고, 이전프레임에서 사용되었던 예측방법 1가지만 수행하여 많은 연산량의 감소를 가져올 수 있다.

compare_before_current값이 K값보다 작지 않을 경우에는 주위 배경의 변화량이 많은 영상 일 확률이 높고, 블록크기 및 최적 모드가 다를 경우가 많기 때문에 이와 같은 방법을 사용하지 않고, 기존의 전역탐색 방법을 사용하면 된다. 또한 현재의 결정된 블록크기 및 최적 모드를 버퍼에 갱신하여 다음 프레임에서 다시 사용할 수 있도록 한다.

3.2.4 제안된 알고리즘의 요구되는 버퍼

그림 6은 제안된 알고리즘을 적용하기위하여 소요되는 계산 및 필요한 메모리 버퍼 블록도이다. 그림에서 보는 바와 같이 제안된 방식을 적용하기 위한 기준값(K)과 비교가 될 compare_before_current 값을 구하는 계산, 알고리즘 적용 및 블록크기 결정을 위한 조건부가 있고, 그에 필요한 버퍼들이 있다. 기존의 제안 방식들 보다 이전프레임의 영상 및 데이터들을 저장해야 하는 버퍼들이 필요하나 계산 식들이 복잡하지 않고, 예측과정부분의 연산량이 줄어 전체 부호화 시간을 줄일 수 있다.

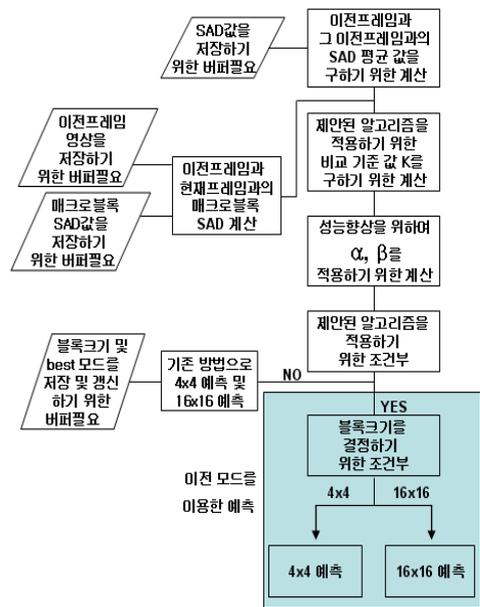


그림 6. 제안된 알고리즘의 필요버퍼

IV. 실험 결과 및 분석

실험에서는 JM 8.6의 소스를 사용하였으며, 사용된 부호화 방식은 베이스라인(base-line) 프로파일을 사용하였다. All I-Frame 으로 실험하였으며, 율-왜곡 최적화 및 비트율 제어(rate control)는 활성화하지 않고, QP는 28로 고정시켰다. K값은 연속되는 영상의 상관성에 따라 변화한다.

4.1 임의의 기준값(K)을 정하기 위한 α, β 선정

식(1)에서 임의의 기준값(K)을 정하기 위해서 α, β 값을 SAD_aver값에 곱하여 준다고 하였다.

$\alpha(1, 1.5, 2)$ 와 $\beta(0.1 \sim 0.9)$ 를 임의의 수치를 주고 cif급 영상(foreman, table, stefan, container, hall_monitor, mobile, coastguard)들을 가지고 120frame에 대하여 제안된 방식을 가지고 실험을 해 보았다. 실험은 배경의 움직임이 많은 영상과 움직임이 적은 영상 등 여러 경우에 대해서 실험한 것이고, 결과의 평균치를 나타낸 것이 그림 7이다. 이 실험에서 얻어진 α, β 값은 보안 영상뿐 아니라 일반 영상에서도 적용할 수 있는 문안한 값들이다.

그리하여 움직임이 많은 영상이나 적은 영상 즉

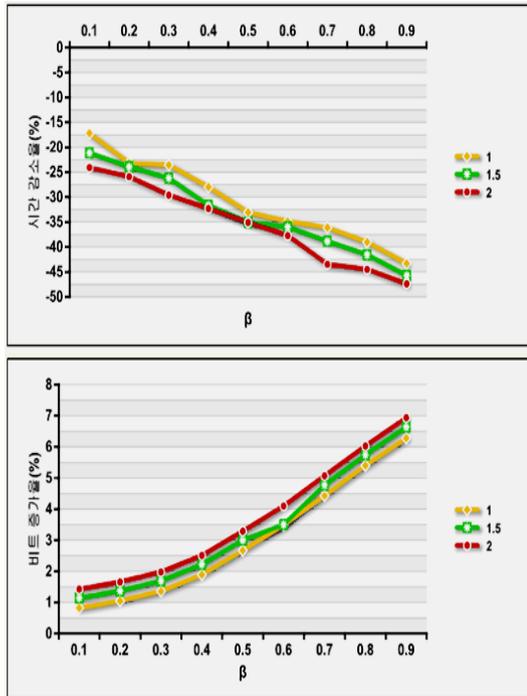


그림 7. α, β 값을 정하기 위한 실험결과

모든 영상에서 사용이 가능한 평균적으로 비트량이 3%이하로 증가하고, 시간은 35%정도가 감소한 $\alpha(1.5), \beta(0.5)$ 를 선정하였다. 필요에 따라 α, β 값은 사용자 정의 값으로 둘 수 있다.

4.2 제안된 알고리즘의 실험결과

테스트 영상은 cif(352×288)크기의 container, hall monitor, highway, akiyo, silent, bridge close, news를 사용하였다.

표 1에서 Δ Time, Δ PSNR 항목의 음수는 H.264/AVC 압축방식대비 부호화 시간과 PSNR이 감소했음을 나타낸다. 표와 같이 제안한 방법을 적용한 부호화 시간은 평균적으로 약 60%까지 줄어들었으며, PSNR과 비트율은 미미한 변화만을 나타냄을 알 수 있다. 또한 기존의 제안된 방법[8]과 비교한 결과 부호화 시간이 평균적으로 10%정도 더 감소되었고, PSNR과 bits량에서도 제안하는 알고리즘이 우수하였다. 이는 블록 크기의 결정 및 부호화 모드 결정시간을 줄이는데, [8]의 방법이 제안된 방식보다 상당히 복잡한 전처리 과정을 수행하기 때문이다. [8]의 방법은 기존의 제안된 방법들 중에서 예측과정 수행과정이 명료하면서도 부호화 시간을 많이 줄였기 때문에 비교대상으로 선택하였고, 실험 결과 그림 8에서 보는 것과 같이 보안영상과 같은 특징을 갖는 영상들에서는 제안된 방식이 기존 방식들보다 더 좋은 성능을 보임을 알 수 있다.

V. 결론

보안 영상 시스템에 최신 비디오 코덱인 H.264를 적용하기 위한 고속 인트라 부호화 방식을 제안하였다. 기존의 인트라 부호화 모드 결정 방식이 가지는 높은 계산량을 개선하기 위해서 시간적 상관성을 이용한 고속 부호화 알고리즘을 제안하였다.

제안된 알고리즘은 현재프레임과 이전프레임의 상관성을 이용하여 이전프레임에서 사용되었던 블록 크기 및 최적모드를 재사용하는 적응적 고속 알고리즘이다. 실험 결과, 제안된 방식은 평균 0.04dB이하의 미미한 화질 저하 및 비트량이 약간 증가 하였지만, 부호화 처리시간이 상당히 개선되었고, 보안 영상과 같은 주변 배경의 움직임이 적은 영상에서 기존방식들에 비해 더욱 많은 부호화 처리시간을 줄일 수 있음을 알 수 있었다.

표 1. 제안된 알고리즘의 실험결과

실험영상 (CIF)	[8]의 방법			제안한 방법		
	Δ Time (%)	Δ PSNR (dB)	Δ Bit (%)	Δ Time (%)	Δ PSNR (dB)	Δ Bit (%)
container	-52.22	-0.04	2.06	-65.42	-0.02	3.44
hall monitor	-51.32	-0.04	4.46	-66.94	-0.04	3.23
highway	-51.14	-0.06	6.93	-54.22	-0.04	5.86
akiyo	-53.92	-0.11	8.36	-57.19	-0.02	1.30
silent	-52.46	-0.05	5.00	-57.38	-0.04	3.63
bridge close	-52.22	-0.05	2.77	-58.49	-0.04	3.19
news	-50.17	-0.06	3.61	-61.79	-0.05	2.73
평 균	-51.92	-0.05	4.74	-60.20	-0.03	3.34

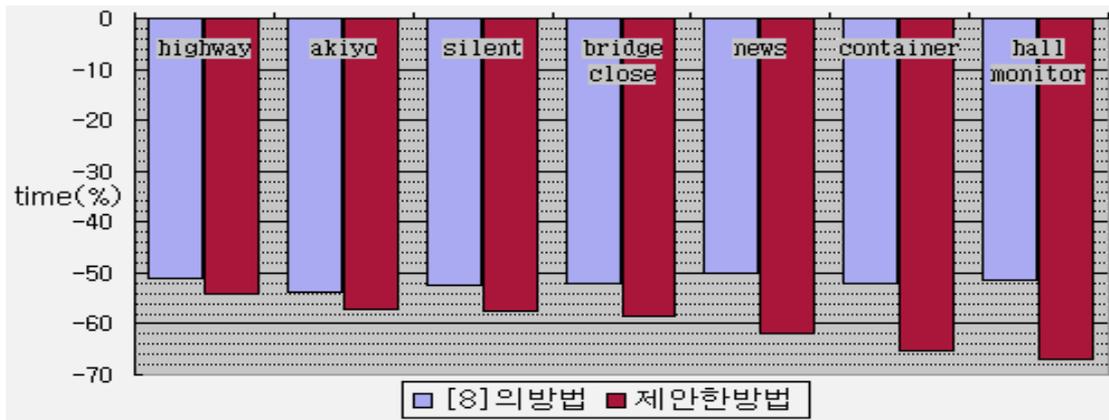


그림 8. 영상의 따른 부호화시간 단축



그림 9. 제안한 방법의 PSNR 변화량

참 고 문 헌

- [1] ITU-T Rec. H.264 | ISO/IEC 14496-10, "Information Technology-Coding of Audio-Visual Objects, Part 10: Advanced Video Coding," 2002.
- [2] Draft ITU-T Rec. and FDIS of Joint Video Spec. (H.264 | ISO/IEC 14496-10 AVC), JVT G050r1, Geneva 23-27 May 2003
- [3] Thomas Wiegand. "Overview of the H.264/AVC video coding standard," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.13, No.7, pp.560-576, July 2003
- [4] 정재창, "H.264/AVC 비디오 압축 표준", 홍릉과학출판사, pp.124~131, October 2005
- [5] K.P. Lim, S. Wu, D.J. Wu, S. Rahardja, X. Lin, F. Pan, Z.G. Li, "Fast INTER Mode Selection", I020, 9th Meeting: San Diego, US, 2-5 September, 2003
- [6] Meng B Au O.C Wong C.W and Lam H.K, "Efficient Intra-Prediction Algorithm in H.264," International conference on Image Processing, pp.837-840, 2003
- [7] Pan F. Lin X. Susanto R. Lim K.P Li Z.G Feng G.N Wu D.J and Wu S. "Fast Mode Decision Algorithm for Intra Prediction" VT G013 64th MPEG and 7th JVT meeting Pattaya, Mar 2003.
- [8] YU-Kun, and Tian-Sheuan Chang, "Fast Block Type Decision Algorithm for Intra Prediction in H.264 FRext" Image Processing, 2005. ICIP 2005. IEEE International Conference on.

장 기 영 (Ki-Young Jang)

준회원



2007년 한국산업기술대학교 학사
2007년 현재 한국산업기술대학교
(지식기반기술·에너지대학원)
정보통신과 재중
<관심분야> 영상신호처리, 영상압축 기술 등

김 응 태 (Eung-Tae Kim)

정회원



1991년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업
1993년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 석사
1999년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 박사
1998년 3월~2004년 2월 LG전자 DTV연구소 책임 연구원
2004년 3월~현재 한국산업기술대학교 전자공학과 교수
<관심분야> DTV 신호처리, 영상신호처리, 네트워크 비디오 전송 기술, MPEG 영상압축 기술 등