

논문 2007-44SP-3-4

H.264/AVC에서 DCT 계수의 근사화를 이용한 고속 인트라 모드 결정 기법

(Fast Intra Mode Decision for H.264/AVC by Using the Approximation
of DCT Coefficient)

라 병 두*, 엄 민 영*, 최 윤 식*

(Byeongdu La, Minyoung Eom, and Yoonsik Choe)

요 약

H.264 영상 부호화 표준은 인트라 예측에서 압축 효율을 향상시키기 위해 율-왜곡 최적화(RDO : Rate Distortion Optimization) 방법을 사용한다. 이러한 방법을 사용함으로써 현재 블록에 대한 최적의 부호화 모드의 선택이 가능해졌지만 복잡도와 연산은 이전대비 더욱 증가하였다. 본 논문은 우세한 에지 방향(DED : Dominant Edge Direction)의 예측을 통한 고속 인트라 모드 결정 알고리즘을 제안한다. 이를 위해 이 알고리즘은 이산 코사인 변환(DCT : Discrete Cosine Transform) 계수를 근사화하여 이용한다. DED를 예측함으로써 4x4 휘도 블록의 경우 최적 모드 결정을 위한 율-왜곡 최적화 계산에 9개 모드 중 3개 모드가 선택된다. 16x16 휘도 블록과 8x8 색상 블록의 경우 4개 모드 대신에 2개 모드가 최적 모드 결정을 위해 율-왜곡 최적화 계산을 수행한다. 이러한 방법을 이용한 실험 결과 인트라 전체 검색 방법대비 약 72%의 연산시간이 감소하는 결과를 보여준다.

Abstract

The H.264/AVC video coding standard uses rate distortion optimization (RDO) method to improve the compression performance in the intra prediction. The complexity and computational load are increased more than previous standard by using this method, even though this standard selects the best coding mode for the current macroblock. This paper proposes a fast intra mode decision algorithm for H.264/AVC encoder based on dominant edge direction (DED). To apply the idea, this algorithm uses the approximation of discrete cosine transform (DCT) coefficient. By detecting the DED, 3 modes instead of 9 modes are chosen for RDO calculation to decide the best mode in the 4x4 luma block. As for the 16x16 luma and 8x8 chroma block, instead of 4 modes, only 2 modes are searched. Experimental results show that the computation time of the proposed algorithm is decreased to about 72% of the full search method with negligible quality loss.

Keywords : H.264, Intra Prediction, Mode Decision

I. 서 론

영상 표준 H.264/AVC는 JVT(Joint Video Team), ITU-T의 VCEG(Video Coding Expert Group)과 ISO/IEC의 MPEG(Motion Picture Expert Group)에 의

해 개발되었다^[1]. 이 표준은 최상의 압축과 비트 율을 얻기 위해 인트라 코딩에 있어서의 공간적인 예측, 적응적 블록 크기 움직임 보상, 4x4 정수 변환, 다수의 참조 화면, 내용 적응적 가변 길이 부호화와 같은 새로운 기술을 포함한다^[2]. 이 영상 표준은 인트라 예측과 가변 블록 크기 움직임 예측을 이용하여 MPEG-4 등의 이전 표준보다 더욱 높은 부호화 효율을 갖게 되었다. 부호화 효율을 최대화하기 위해 H.264/AVC는 율-왜곡 최적화 기술을 사용한다. 이 율-왜곡 최적화 기술은 I/P

* 정회원, 연세대학교 전기전자공학과
(Dept., Electrical & Electronics Eng. Yonsei University)
접수일자: 2007년2월10일, 수정완료일: 2007년4월6일

프레임에서 최적의 부호화 모드를 선택하기 위해 인트라 예측과 인트라 예측을 수행한다. 인트라 예측에 대한 울-왜곡 계산은 휘도와 색차에 대해 블록 크기와 그 블록 크기의 에지 모드에 따라 수행되고 인트라 예측에 대한 울-왜곡 계산은 참조 영상과 블록 크기에 따라 수행된다. 인트라, 인트라 예측의 모든 가능한 모드에 대한 울-왜곡 최적화 계산의 복잡성은 저 복잡도가 필요한 곳에 사용하기 위해 실시간 처리를 목표로 개선이 필요하다. 이러한 빠른 처리의 필요성에 따라, 많은 논문들이 고속 알고리즘을 제안했다. 본 논문에서는 인트라 예측 모드만을 다룬다. 인트라 모드에서 복잡도와 연산을 줄이기 위한 접근은 I 프레임에서의 접근과 P 프레임에서의 접근으로 나뉜다. P 프레임의 경우 인트라 모드 수행 후 인트라에 대해서 에지 모드 예측 과정을 거쳐 최소의 울-왜곡 비용(RD Cost)을 갖는 모드로 부호화 모드가 결정된다. 실지 실험에 따르면 P 프레임에서 인트라 모드의 결정 비율은 인트라와 인트라 모드 전체 기준 약 5% 이하이다^{[3][4][5]}. 이에 따라 P 프레임에서 빠른 부호화 모드 결정을 위해 인트라 모드의 예측 진행 여부를 결정하는 방법들이 제안되고 있다. I 프레임에서 빠른 인트라 모드 예측을 위해 제안되는 논문들은 연산을 줄이기 위한 비용 함수관련 제안, 인트라 모드 예측관련 검색 모드의 최소화를 위한 방법 제안과 최적화된 하드웨어 적용을 위한 제안으로 크게 나눌 수 있다. 비용 함수관련 제안은 비용 함수의 왜곡 계산을 위해 사용하는 SAD(Sum of Absolute Difference)나 SATD(Sum of Absolute Transformed Difference)를 정수 변환된 차의 절대치 합(SAITD : Sum of Absolute Integer Transformed Difference)으로 대체하고 울을 울 예측기로 대체한 향상된 울-왜곡 비용 함수 제안과 울-왜곡 비용 계산에 소수의 화소를 사용함으로써 계산의 복잡성을 줄이는 제안을 들 수 있다^{[6][7]}. 빠른 인트라 모드 결정을 위해 울-왜곡 계산을 필요로 하는 검색 모드의 수를 줄이기 위한 제안에는 정수 변환에 의해 얻어진 에지 방향을 참조하여 소수의 모드에 대한 울-왜곡 최적화 계산을 통해 예측 모드를 결정하는 방법, Sobel 에지 연산자를 이용하여 에지 방향을 결정하고 에지 방향 히스토그램으로 누적하여 가장 큰 누적을 갖는 모드를 기준으로 소수의 모드에 대한 울-왜곡 최적화 계산을 통해 예측 모드를 결정하는 방법, 하나의 블록을 4개의 2x2의 블록으로 나눈 후 각 소 블록 화소의 합을 구하고 이를 이용하여 그 블록에 대한 수평, 수직 에지 방향을 구해 그 두 요소의 에지 방향 정보에 따라 소수의

검색 모드를 결정하고 울-왜곡 최적화 계산을 통해 예측 모드를 결정하는 방법, 최적 모드 주변에 있는 모드들의 SAD값도 작은 것에 착안하여 모드 결정 가능성이 큰 수직, 수평, DC 모드에 대한 울-왜곡 최적화 계산을 이용하여 비용 값이 가장 작은 모드를 기준으로 주변 에지 방향 모드 2개에 대한 울-왜곡 최적화 계산을 진행하고 여기서 결정된 모드, 그 결정된 모드 에지 방향에 이웃하는 모드 그리고 수평, 수직, DC 모드로부터 결정된 모드 중에서 비용이 가장 작은 모드를 최종 예측 모드로 결정하는 방법 등이 있다^{[8][9][10][11]}. 추가적으로 검색 모드 수의 최소화를 위한 접근 중에서 두드러진 논문으로 다음 두 개가 있다. F. Pan et al.은 Sobel 마스크와 에지 방향 히스토그램을 이용한 에지 방향 검출을 이용하여 울-왜곡 최적화 계산 모드의 수를 줄이는 방법을 제안했다^[15]. 이 알고리즘은 울-왜곡 최적화 계산 모드의 수를 줄이는 효과가 있지만 에지 모드를 상세히 나눔으로써 에지 판단을 위한 복잡한 과정이 발생하였다. J. Wang et al.은 에지 검출용 필터를 이용한 우세한 에지 모드 검출을 이용하여 검색 모드를 줄이는 알고리즘을 제안했다^[16]. 이 방법 또한 우세한 에지 세기를 갖는 모드를 찾기까지 블록의 4등분 분리 및 분리된 블록에 대한 에지 검출용 필터와의 연산 등 복잡한 계산을 거치며, 이 결과 울-왜곡 최적화 계산이 필요한 휘도/색차 블록의 검색 모드는 해당 전체 검색 모드의 최소 절반 수준이다. 이외에 울-왜곡 최적화 계산을 위한 모드 수를 줄이는 방법과 단순화한 울-왜곡 최적화 계산을 복합하여 적용하거나 임계점을 이용해 특정 모드에 대한 울-왜곡 계산을 생략하는 제안이 있다^[12]. 하드웨어 적용관련 제안에는 집적화된 하드웨어 설계를 목표로 기존 프로그램의 순차적 수행을 병렬적으로 처리하는 제안, 내부/외부 메모리의 효율적 관리 및 접근, 최적화된 인트라 예측기와 변환 엔진 설계 그리고 하드웨어 병렬 처리의 구성을 통한 전체적인 처리 속도를 향상시키는 제안이 있다^{[13][14]}.

본 논문에서는 빠른 인트라 모드의 결정을 위해 인트라 예측에서 DCT 계수의 근사화로 우세한 에지 방향을 검출하여 예측 모드를 고속으로 결정하는 알고리즘을 제안한다. 이 방법으로 울-왜곡 최적화 계산을 위한 검색 모드는 휘도 4x4의 경우 9개 모드에서 3개 모드로 감소한다. 휘도 16x16과 색차 8x8의 경우 검색 모드가 4개 모드에서 2개 모드로 감소한다. 제안하는 우세한 에지 방향 알고리즘은 화질 열화가 거의 없이 전체 검색 시간의 약 72%를 감소하는 향상된 연산 시간을 갖

는다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. Section II에서는 H.264/AVC 참조 코드에서 구현된 인트라 예측을 정리하고 Section III에서는 기존 제안된 논문을 분석한다. Section IV에서는 우세한 에지 방향에 바탕을 둔 고속 모드 결정 기법 제안하여 Section V에서 실험 및 결과를 보여주고 Section VI에서는 결론을 맺는다.

II. H.264/AVC에서의 인트라 예측 방법 고찰

H.264/AVC는 새로 추가된 기능으로 공간 영역에서 주변 블록 화소의 에지 방향성 상관성을 이용하는 인트라 예측 부호화를 수행한다. 인트라 예측을 위해 현재 블록의 위와 왼쪽에 위치하는 주변 복호된 블록의 경계 화소를 이용한다. 경계 화소와의 상관성을 이용하는 인트라 예측을 위해 휘도 신호의 경우 4x4 또는 16x16 블록 단위로 인트라 모드 예측을 수행하고 색차 신호의 경우 8x8 블록 단위로 인트라 예측을 수행한다. 4x4 휘도 블록은 복잡한 영상에서 선택되며 이러한 복잡성을 나타내기 위해 9개의 예측 모드를 가지며 16x16 휘도 블록은 평탄한 영상에서 선택되며 이에 따라 4개의 예측 모드를 가진다. 8x8 색차 블록의 경우 16x16 휘도 블록과 동일하게 4가지 예측 모드가 있고 두 색차 블록 C_b 와 C_r 은 같은 모드로 부호화를 수행한다.

그림 1의 (a)에서 a~p는 현재 블록의 화소를 나타내고 A~M은 복호된 주변 블록의 화소를 나타낸다. 그림 1의 (b)에서 화살표는 각 예측 방향을 나타내며 각도는 모드에 해당하는 각도를, 숫자는 각 예측 모드를 나타낸다. 9개의 에지 예측 모드는 Vertical, Horizontal, DC, Diagonal Down-Left, Diagonal Down-Right, Vertical-Right, Horizontal-Down, Vertical-Left, Horizontal-Up로 구성되며 모드 번호 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8로 구분된다. 그림에 나타나지 않은 DC 모드는 방향성을 갖지 않

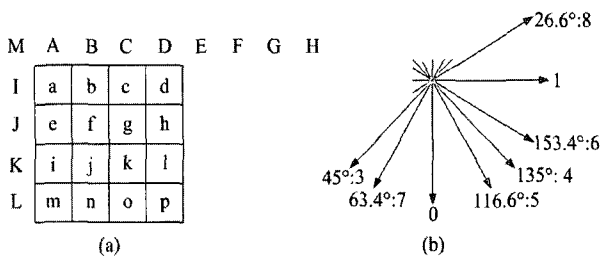


그림 1. (a) 4x4 블록과 그 주변 화소 (b) 4x4 블록 9개 에지 방향 모드(DC 포함)

Fig. 1. (a) A 4x4 block and its neighboring pixels. (b) nine 4x4 intra prediction modes including DC.

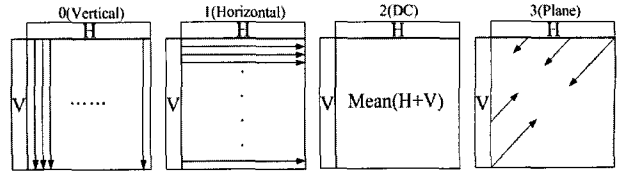


그림 2. 16x16 블록 인트라 예측 모드
Fig. 2. 16x16 luma prediction modes.

으며 현재 블록의 모든 화소를 A~M의 평균값으로 예측한다. 모드 0의 경우 예를 들어 a, e, i, m은 A로 예측하고 b, f, j, n은 B로 예측하며 모드 1은 a, b, c, d를 I로 예측한다. 모드 3~8은 현재 블록의 화소 예측을 A~M의 방향성 가중 평균 방식(Directional Weighted Average)으로 예측한다. 예를 들어 모드 4일 경우 현재 블록의 d는 $\text{round}(B/4+C/2+D/4)$ 로 예측한다. 그림 2는 16x16 휘도 블록에 대한 4개의 인트라 예측 모드를 나타내며 0, 1, 2, 3모드로 각각 Vertical, Horizontal, DC, Plane이 있다. 8x8 색차 인트라 블록은 4개의 모드가 있으며 0, 1, 2, 3모드로 DC, Horizontal, Vertical, Plane 모드가 있다. 이와 같이 다양한 예측 모드에 대한 윌-왜곡을 계산하고 가장 작은 값을 갖는 부호화 예측 모드를 결정하기 위해 윌-왜곡 최적화 기법을 사용한다.

III. 기존 제안된 논문 분석

F. Pan et al.이 제안한 빠른 모드 결정 알고리즘은 Sobel 연산자를 이용해 만들어진 에지 맵과 에지 방향 히스토그램을 이용한다. Sobel 에지 연산자를 이용하여 수평, 수직 방향에 있어서의 차의 정도를 나타내는 에지 벡터를 구한다. 에지 방향을 결정하기 위해 수직 방향 에지 벡터를 수평 방향 에지 벡터로 나누어 준다. 그리고 현재의 블록이 에지를 가지는 지, 에지가 얼마나 강한지를 판단하기 위해 에지 방향 히스토그램을 계산한다. 에지 방향 히스토그램은 휘도 16x16 블록과 4x4 블록, 8x8 색차 블록이 가지고 있는 에지 모드 수에 맞추어 히스토그램 수를 정한다. 이 때 각 히스토그램은 각 에지 모드가 정하는 에지 각의 범위를 나타낸다. 4x4 휘도 블록의 경우 9개 에지 모드 중 DC 모드를 뺀 8개의 히스토그램을 가지게 된다. 하나의 블록에 대해, 결정된 각 화소의 에지 방향을 해당하는 에지 히스토그램에 누적하여 가장 큰 누적 값을 갖는 에지 모드를 유력한 예측 모드로 본다. 4x4 휘도 블록의 경우, 이 유력한 예측 모드를 기준으로 DC 모드와 에지 방향 기준

유리한 에지 모드에 이웃하는 2개의 예측 모드를 포함한 총 4개 모드에 대해 울-왜곡 최적화 계산하여 최적 예측 모드를 결정한다. 16x16 휘도 블록은 에지 히스토그램으로 결정된 유리한 에지 모드에 해당하는 예측 모드와 DC 모드를 포함한 총 2개 모드에 대해 울-왜곡 최적화 계산하여 최적 예측 모드를 결정한다. 8x8 색차 블록은 에지 히스토그램으로 결정된 유리한 에지 모드 하나 혹은 2개에 해당하는 예측 모드 1개 혹은 2개와 DC 모드를 포함한 총 3개 모드에 대해 울-왜곡 최적화 계산하여 최적 예측 모드를 결정한다. 여기서 유리 예측 모드가 2개 되는 경우는 색차 성분 C_b 와 C_r 의 유리 에지 모드가 다른 경우이다. JM10.1 참조 코드를 기준으로 발생하는 울-왜곡 최적화 계산이 발생하는 조합 수는 592이고 이 알고리즘을 기준으로 울-왜곡 최적화 계산이 발생하는 조합 수는 C_b 와 C_r 이 같은 유리 에지 모드를 가질 때 132가 되고 서로 다른 유리 에지 모드를 가질 때 198이 된다.

J. Wang et al.은 이미지의 에지 분포를 나타내기 위해 사용하는 에지 히스토그램 서술자를 이용하여 우세한 에지 모드를 검출하고 이를 이용해 빠른 예측 모드 결정을 위해 소수의 예측 모드를 울-왜곡 최적화 계산을 하도록 설정하는 알고리즘을 제안하였다.

우선 에지 검출을 위해 블록을 그림 3(4x4 휘도 블록 예)과 같이 4개의 소 블록으로 나눈 후 2x2 블록 이미지를 만들기 위해 소 블록에 대한 평균을 구한다. 2x2 블록에 대한 에지 방향 검출을 위한 필터 계수는 그림 4와 같다.

식 (1)~(5)는 n번째 소 블록에 대한 평균 화소 크기

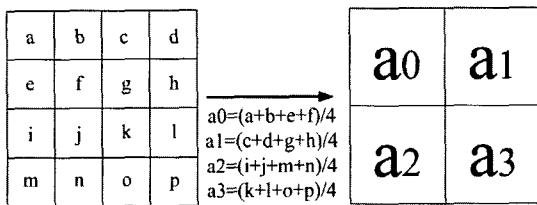


그림 3. 4x4 블록에서 소 블록에 대한 평균 값 계산

Fig. 3. Averaging process for a 4x4 luma block.

$f_0^v = 1$	$f_1^v = -1$	$f_0^h = 1$	$f_1^h = 1$	$f_0^{45} = \sqrt{2}$	$f_1^{45} = 0$	$f_0^{135} = 0$	$f_1^{135} = \sqrt{2}$	$f_0^{nd} = 2$	$f_1^{nd} = -2$
$f_2^v = 1$	$f_3^v = -1$	$f_2^h = -1$	$f_3^h = -1$	$f_2^{45} = 0$	$f_3^{45} = -\sqrt{2}$	$f_2^{135} = -\sqrt{2}$	$f_3^{135} = 0$	$f_2^{nd} = -2$	$f_3^{nd} = 2$

a).Vertical b).Horizontal c).45°Diagonal d).135°Diagonal d).Non-direction

그림 4. 에지 검출을 위한 필터 계수

Fig. 4. Filter coefficients for edge detection.

를 a_n 으로 나타내고, 4개의 소 블록으로 이루어진 2x2 블록과 2x2 필터 계수를 곱하여 더한 값의 절대치를 각 에지 방향에 대한 에지 크기로 나타낸다.

$$S^v = \left| \sum_{n=0}^3 a_n * f_n^v \right| \tag{1}$$

$$S^h = \left| \sum_{n=0}^3 a_n * f_n^h \right| \tag{2}$$

$$S^{45^\circ} = \left| \sum_{n=0}^3 a_n * f_n^{45^\circ} \right| \tag{3}$$

$$S^{135^\circ} = \left| \sum_{n=0}^3 a_n * f_n^{135^\circ} \right| \tag{4}$$

$$S^{nd} = \left| \sum_{n=0}^3 a_n * f_n^{nd} \right| \tag{5}$$

$$E_d = \arg \max_{v,h,45^\circ,135^\circ,nd} \{S^v, S^h, S^{45^\circ}, S^{135^\circ}, S^{nd}\} \tag{6}$$

우세한 에지는 식 (1)~(5)에 있는 각 에지 중에서 식 (6)과 같이 가장 큰 값을 갖는 에지로 결정한다. 여기서 결정된 우세한 에지는 인트라 예측 모드와 대응이 되므로 4x4 휘도 블록의 경우 우세한 에지에 해당하는 예측 모드와 그 에지 방향에 이웃하는 2개의 예측 모드, 그리고 DC 모드를 포함하여 총 4개의 예측 모드에 대해서 울-왜곡 최적화 계산을 통하여 최적 예측 모드를 결정한다. 16x16 휘도 블록과 8x8 색차 블록도 위와 유사한 방법으로 소 블록으로 나눈 후 우세한 에지를 결정하여 그에 해당하는 예측 모드와 DC 모드를 포함한 총 2개의 예측 모드에 대해 울-왜곡 최적화 계산 후 최적 예측 모드를 결정한다. 이 알고리즘 기준으로 울-왜곡 최적화 계산이 발생하는 조합 수는 최소 100이 되고 4x4 휘도 블록에서 우세한 에지가 비 방향성일 경우 전체 9개 예측 모드에 대해서 울-왜곡 최적화 계산하여 최적 예측 모드를 결정한다.

IV. 제안하는 고속 인트라 예측 모드 결정 방법

MPEG-7을 주제로 제안된 논문들은 장면 전환이나 주요 화면을 추출하기 위해 DCT 수식으로부터 도출된 AC 계수의 에지 특성을 이용한다^{[17][18]}. 본 논문은 에지 방향 검출을 위해 DCT 수식으로부터 도출된 AC 계수

의 특성을 이용한다. DCT 식은 (7)과 같으며 M과 N은 수직, 수평 블록 크기를 나타낸다.

$$AC_{u,v} = C_u C_v \frac{2}{\sqrt{MN}} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i,j) \cos \frac{(2i+1)u\pi}{2M} \cos \frac{(2j+1)v\pi}{2N}$$

$$C_u, C_v = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{2}}, & \text{for } u, v = 0 \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

(7)로부터 $AC_{0,1}$ 과 $AC_{1,0}$ 은 (8)과 (9)로 표현된다.

$$AC_{0,1} = C_0 C_1 \frac{2}{\sqrt{MN}} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} \cos \frac{(2j+1)\pi}{2N} f(i,j) \quad (8)$$

$$AC_{1,0} = C_1 C_0 \frac{2}{\sqrt{MN}} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} \cos \frac{(2i+1)\pi}{2M} f(i,j) \quad (9)$$

4x4 블록에 대해서 위의 식은 (10), (11)과 같이 나타낼 수 있다.

$$AC_{0,1} = \frac{1}{2\sqrt{2}} \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 \cos \frac{(2j+1)\pi}{8} f(i,j) \quad (10)$$

$$= \frac{1}{2\sqrt{2}} \left\{ \cos \frac{\pi}{8} \left(\sum_{i=0}^3 f(i,0) - \sum_{i=0}^3 f(i,3) \right) + \cos \frac{3\pi}{8} \left(\sum_{i=0}^3 f(i,1) - \sum_{i=0}^3 f(i,2) \right) \right\}$$

$$AC_{1,0} = \frac{1}{2\sqrt{2}} \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 \cos \frac{(2i+1)\pi}{8} f(i,j) \quad (11)$$

$$= \frac{1}{2\sqrt{2}} \left\{ \cos \frac{\pi}{8} \left(\sum_{j=0}^3 f(0,j) - \sum_{j=0}^3 f(3,j) \right) + \cos \frac{3\pi}{8} \left(\sum_{j=0}^3 f(1,j) - \sum_{j=0}^3 f(2,j) \right) \right\}$$

근사화로 식(10),(11)은 (12), (13)처럼 간단해 진다.

$$AC_{0,1} = \sum_{i=0}^3 f(i,0) - \sum_{i=0}^3 f(i,3) + \sum_{i=0}^3 f(i,1) - \sum_{i=0}^3 f(i,2) \quad (12)$$

$$AC_{1,0} = \sum_{j=0}^3 f(0,j) - \sum_{j=0}^3 f(3,j) + \sum_{j=0}^3 f(1,j) - \sum_{j=0}^3 f(2,j) \quad (13)$$

식 (12)와 (13)은 그림 5처럼 표현할 수 있다. $AC_{0,1}$ 과 $AC_{1,0}$ 은 식(14), (15), (16), 그리고 (17)로 나타낼 수 있다.

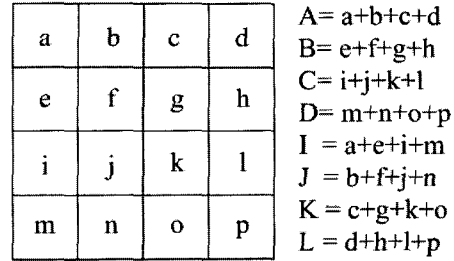


그림 5. 4x4 블록 인트라 예측에서 화소 간의 합
 Fig. 5. 4x4 Pixel summation in 4x4 prediction.

$$AC_{0,1} = I - L + J - K \quad (14)$$

$$AC_{1,0} = A - D + B - C \quad (15)$$

$$AC_MUL = AC_{0,1} * AC_{1,0} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} abs(AC_{0,1}) &= |I - L + J - K|, \\ abs(AC_{1,0}) &= |A - D + B - C| \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} &\text{if } abs(AC_{0,1}) > abs(AC_{1,0}) \\ AC_DIV10 &= abs(AC_{0,1}) / abs(AC_{1,0}) \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} &\text{if } abs(AC_{1,0}) > abs(AC_{0,1}) \\ AC_DIV10 &= abs(AC_{1,0}) / abs(AC_{0,1}) \end{aligned} \quad (19)$$

AC 계수는 어떤 방향에서의 변화 정도를 나타낸다. 특히 $AC_{0,1}$ 과 $AC_{1,0}$ 은 수직, 수평적 특성을 갖는다. 따라서 식 (18)과 (19)처럼 $AC_{1,0}$ 의 수평 성분을

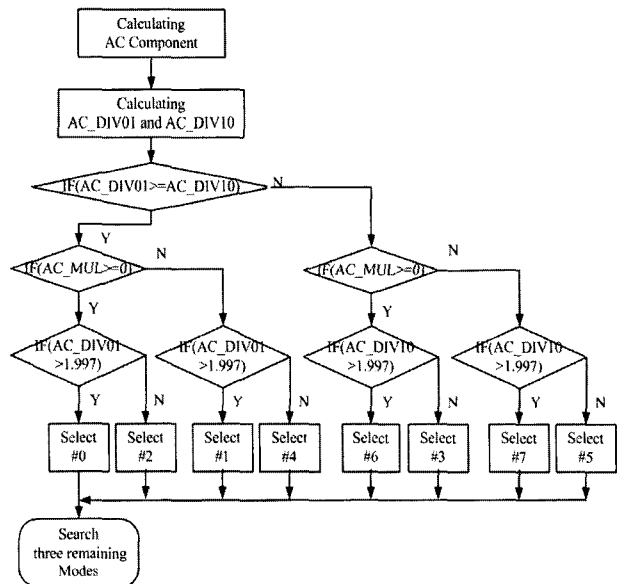


그림 6. 4x4 블록 휘도 모드 결정 알고리즘
 Fig. 6. The proposed algorithm for 4x4 block.

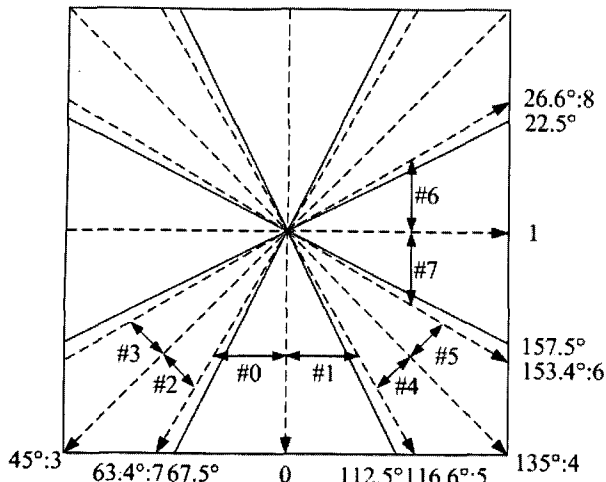


그림 7. DED와 4x4 휘도 모드들의 관계
Fig. 7. The relations between DED and 4x4 modes.

$AC_{0,1}$ 의 수직 성분으로 나눔으로써 유력한 에지 방향을 얻을 수 있다. 이로써 AC_DIV01과 AC_DIV10은 우세한 에지 방향(DED)으로 인식되어 질 수 있다.

결정된 우세한 에지 방향에 해당하는 3개의 예측 모드에 대해 울-왜곡 최적화 계산을 통해 최적 예측 모드를 결정한다. 그림 6에 나타난 4x4 블록 모드 결정 알고리즘은 그림 7에 있는 우세한 에지 방향과 예측 모드와의 관계를 이용하여 도출해 낼 수 있다. 알고리즘 내의 1.997 값은 모드 경계점인 $\tan 63.4^\circ$ 의 탄젠트 값에서 나온 것이다. 표 1은 DED에 따른 검색 예측 모드를 나타낸다.

휘도 16x16 블록과 색차 8x8 블록에 대한 적용 방법은 4x4 휘도 블록의 경우와 유사하다. 휘도 16x16 블록에 대한 AC계수 $AC_{0,1}$ 과 $AC_{1,0}$ 을 식 (12),(13)처럼 단순화 하면 식(20),(21)이 된다.

$$AC_{0,1} = \sum_{i=0}^{15} f(i,0) - \sum_{i=0}^{15} f(i,15) + \sum_{i=0}^{15} f(i,1) - \sum_{i=0}^{15} f(i,14) \quad (20)$$

$$+ \sum_{i=0}^{15} f(i,2) - \sum_{i=0}^{15} f(i,13) + \sum_{i=0}^{15} f(i,3) - \sum_{i=0}^{15} f(i,12)$$

$$+ \sum_{i=0}^{15} f(i,4) - \sum_{i=0}^{15} f(i,11) + \sum_{i=0}^{15} f(i,5) - \sum_{i=0}^{15} f(i,10)$$

$$+ \sum_{i=0}^{15} f(i,6) - \sum_{i=0}^{15} f(i,9) + \sum_{i=0}^{15} f(i,7) - \sum_{i=0}^{15} f(i,8)$$

표 1. 4x4 휘도 블록에서 DED에 따른 검색 모드들
Table 1. Search modes by the DED of 4x4 block.

DED	Search Mode	DED	Search Mode
#0	0,2,7	#4	2,4,5
#1	0,2,5	#5	2,4,6
#2	2,3,7	#6	1,2,8
#3	2,3,8	#7	1,2,6

$$AC_{1,0} = \sum_{j=0}^{15} f(0,j) - \sum_{j=0}^{15} f(15,j) + \sum_{j=0}^{15} f(1,j) - \sum_{j=0}^{15} f(14,j) \quad (21)$$

$$+ \sum_{j=0}^{15} f(2,j) - \sum_{j=0}^{15} f(13,j) + \sum_{j=0}^{15} f(3,j) - \sum_{j=0}^{15} f(12,j)$$

$$+ \sum_{j=0}^{15} f(4,j) - \sum_{j=0}^{15} f(11,j) + \sum_{j=0}^{15} f(5,j) - \sum_{j=0}^{15} f(10,j)$$

$$+ \sum_{j=0}^{15} f(6,j) - \sum_{j=0}^{15} f(9,j) + \sum_{j=0}^{15} f(7,j) - \sum_{j=0}^{15} f(8,j)$$

색차 8x8 블록에 대한 AC 계수 $AC_{0,1}$ 과 $AC_{1,0}$ 은 식(22),(23)과 같이 단순화할 수 있다.

$$AC_{0,1} = \sum_{i=0}^7 f(i,0) - \sum_{i=0}^7 f(i,7) + \sum_{i=0}^7 f(i,1) - \sum_{i=0}^7 f(i,6) \quad (22)$$

$$+ \sum_{i=0}^7 f(i,2) - \sum_{i=0}^7 f(i,5) + \sum_{i=0}^7 f(i,3) - \sum_{i=0}^7 f(i,4)$$

$$AC_{1,0} = \sum_{j=0}^7 f(0,j) - \sum_{j=0}^7 f(7,j) + \sum_{j=0}^7 f(1,j) - \sum_{j=0}^7 f(6,j) \quad (23)$$

$$+ \sum_{j=0}^7 f(2,j) - \sum_{j=0}^7 f(5,j) + \sum_{j=0}^7 f(3,j) - \sum_{j=0}^7 f(4,j)$$

해당 블록 크기에 따라 식(14)~(19)방식으로 적용하여 우세한 에지 방향을 결정된 후 남아있는 2개의 예측 모드에 대해 울-왜곡 최적화 계산을 수행하여 최적 예측 모드를 결정한다.

그림 8에 나타난 16x16 휘도와 8x8 색차 예측 모드 결정 알고리즘은 그림 9에 있는 우세한 에지 방향과 인트라 예측 모드간의 관계를 이용하여 도출해 낼 수 있다. 표 2는 16x16 휘도 블록과 8x8 색차 블록의 결정된 DED에 따라 수행될 예측 모드를 나타낸다.

제안하는 알고리즘의 휘도 4x4, 16x16 블록과 색차 8x8 블록에 대한 울-왜곡 최적화 연산 조합 수는 간단

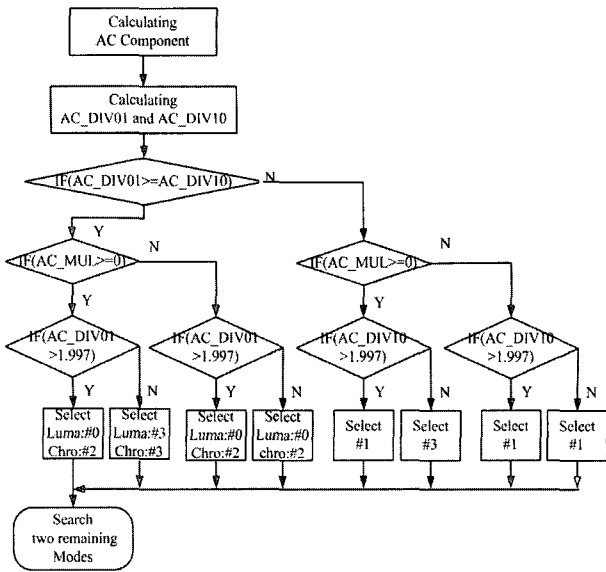


그림 8. 16x16 휘도/8x8 색차 블록 모드 결정 알고리즘
 Fig. 8. The proposed algorithm for the 16x16 and 8x8 block.

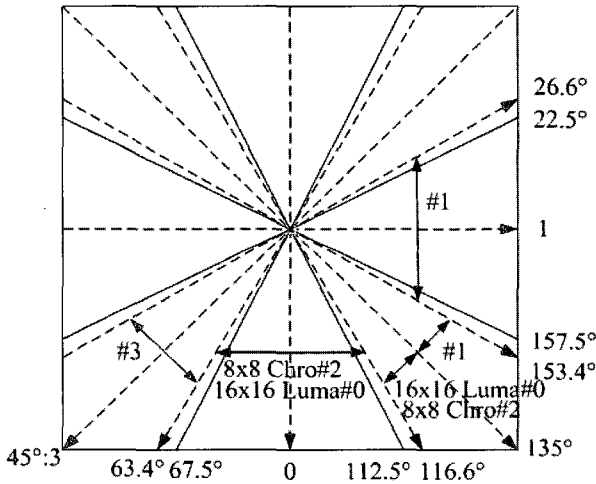


그림 9. DED와 16x16 휘도 / 8x8 색차 모드들의 관계
 Fig. 9. The relations between DED and intra modes.(16x16 and 8x8)

표 2. 16x16 휘도/8x8 색차에서 DED에 따른 검색 모드
 Table 2. Search modes by the DED of 8x8 and 16x16 block.

Luma DED	16x16 luma Search Mode	Chroma DED	8x8 chroma Search Mode
#0	0,2	#1	0,1
#1	1,2	#2	0,2
#3	2,3	#3	0,3

히 정리해 볼 수 있다. JM10.1의 참조 코드기준 율-왜곡 최적화 연산 횟수는 “색차 모드 수 * (4x4 블록 모드 수 * 블록 수 + 16x16 블록 모드 수)”로 나타낼 수 있으므로 전체 검색 횟수는 592가 되고 제안하는 DED

알고리즘은 100이 되므로 획기적인 연산 감소를 가져올 수 있다.

V. 실험 및 결과

제안된 알고리즘은 JVT에서 제공된 JM10.1 참조 코드를 사용하였다. 실험 조건은 다음과 같다.

- 1) 실험 이미지: CIF, QCIF 각각 300 frame
 QCIF : Foreman, News, Container, Silent, Coastguard
 CIF : Paris, Mobile, Tempete, Stefan
- 2) 율-왜곡 최적화 : On
- 3) 인트라 주기 : 1(전체 인트라 코딩)
- 4) Rate Control : Off, 양자화 계수 : 28
- 5) ΔPSNR : 전체 검색 기준 비교 (+:증가, -:감소)
- 6) 평균 비트 율 증감 계산 (+:증가, -:감소)

$$\Delta B/R(\%)$$

$$= \frac{Bit-rate(Proposed) - Bit-rate(full_search)}{Bit-rate(full_search)} \times 100$$

- 7) 평균 계산 시간 증감 계산 (+:증가, -:감소)

$$\Delta Time(\%)$$

$$= \frac{Time(Proposed) - Time(full_search)}{Time(full_search)} \times 100$$

표 3과 4는 PSNR, Bit-rate 그리고 연산 시간에 있어서 전체 검색 방법을 기준으로 이전에 제안된 J. Wang et al 의 DES 알고리즘과 여기서 제안한 DED 알고리즘의 실험 결과를 나타낸다. DED 알고리즘은 전체 검색 방법의 약 72% 연산 시간을 줄이는 효과가 있다. 이러한 수준은 수용 가능한 PSNR, Bit-rate 수준에

표 3. QCIF 영상에 대한 실험 결과
 Table 3. Evaluation Results For QCIF Sequences.

Sequence	Previous Algorithm[16]			DED(Proposed Algorithm)		
	ΔPSNR [dB]	ΔB/R [%]	ΔTime [%]	ΔPSNR [dB]	ΔB/R [%]	ΔTime [%]
Foreman	-0.031	2.136	-59.33	-0.088	4.847	-71.32
News	-0.045	3.823	-58.99	-0.130	5.550	-71.03
Container	-0.044	3.583	-59.95	-0.090	4.437	-71.76
Silent	-0.041	2.982	-60.47	-0.122	5.441	-71.21
Coastguard	-0.033	3.648	-62.76	-0.088	5.405	-72.29
Average	-0.039	3.235	-60.30	-0.104	5.136	-71.52

표 4. CIF 영상에 대한 실험 결과
Table 4. Evaluation Results For CIF Sequences.

Sequence	Previous Algorithm[16]			DED(Proposed Algorithm)		
	Δ PSNR [dB]	Δ B/R [%]	Δ Time [%]	Δ PSNR [dB]	Δ B/R [%]	Δ Time [%]
Paris	-0.046	2.754	-62.25	-0.102	5.407	-72.66
Mobile	-0.069	1.657	-59.31	-0.211	3.321	-72.83
Tempete	-0.073	2.275	-61.38	-0.185	4.019	-72.75
Stefan	-0.077	2.545	-61.79	-0.191	4.226	-72.89
Average	-0.066	2.308	-61.18	-0.172	4.2432	-72.780

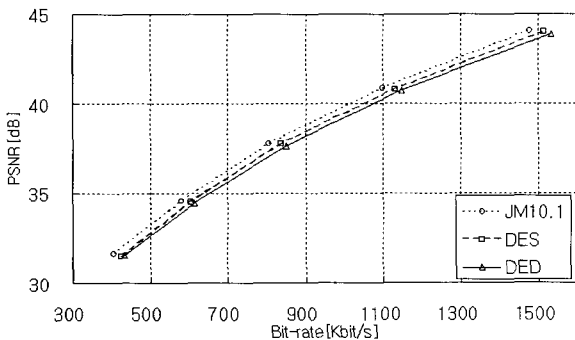


그림 10. "News" QCIF 영상에서 울-왜곡 곡선
Fig. 10. The RD curve of the QCIF sequence "News".

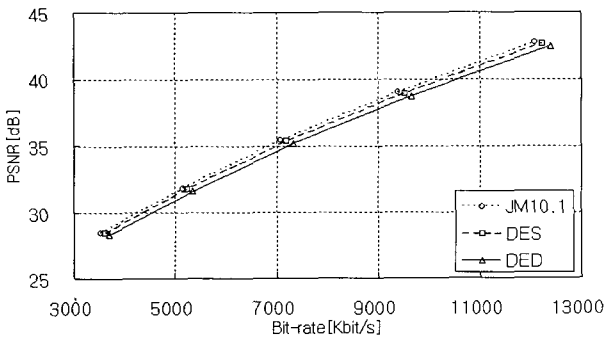


그림 11. "Mobile" CIF 영상에서 울-왜곡 곡선
Fig. 11. The RD curve of the CIF sequence "Mobile".

서 이전 알고리즘들의 연산 시간 개선 효과를 증가한다. 제안된 알고리즘의 우세한 에지 방향 결정 방법은 기존 제안된 DES 방식의 논문대비 간단하고 4x4 휘도 블록에서 탐색하는 모드도 4개의 예측 모드보다 작은 3개 모드를 탐색함으로써 약간의 화질 저하로 더 빠른 모드 결정을 이룬다. 그림 10과 11은 양자화 계수를 20, 24, 28, 32 그리고 36 조건으로 가변 시 News와 Mobile 영상에 대한 울-왜곡 곡선을 보여준다.

VI. 결 론

본 논문은 H.264/AVC에서 인트라 예측을 위한 빠른 예측 모드 결정 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은

우세한 에지 방향을 결정하기 위해 근사화된 DCT의 AC 계수를 이용한다. 제안한 알고리즘은 우세한 에지 방향을 이용함으로써 하나의 매크로 블록에서 휘도와 색차 블록에 대한 울-왜곡 최적화 계산에 관여하는 예측 모드의 조합 수를 전체 검색 시의 592에서 100으로 획기적으로 줄인다. 또한 우세한 에지 방향 결정을 위한 방법이 매우 간단하다. 실험 결과는 JM10.1 참조 코드 대비 적용된 알고리즘이 약 0.14dB의 PSNR 저하와 약 4.7%의 Bit-rate 증가가 발생하지만 주관적으로 화질 비교 시 구별할 수 없는 수준에서 약 72%의 연산 시간이 감소하는 것을 나타낸다. 연산의 복잡성을 줄임으로써 이 알고리즘은 실시간 부호화나 하드웨어 설계에 이용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Thomas Wiegand, Gary J. Sullivan, Gisle Bjontegaard, and Ajay Luthra, "Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard," IEEE Transaction on Circuits and System for Video Technology, Vol. 13, No.7, pp.560-576, July 2003.
- [2] Iain E.G. Richardson, "H.264 and MPEG-4 Video Compression," The Robert Gordon University, Aderdeen, 2004.
- [3] Lidong Xu, Xinggang Lin, "Fast mode decision for inter frames in H.264/AVC," IEEE International Symposium on Communications and Information Technology, Volume1, pp.433-436 Oct. 2005.
- [4] Shen Gao, Tiejun Lu, "An improved fast mode decision algorithm in H.264 for video communications," International Symposium on Systems and Control in Aerospace and Astronautics, pp.57-60, Jan 2006.
- [5] Jeyun Lee, Byeungwoo Jeon, "Fast mode decision for H.264," IEEE International Conference on Multimedia and Expo, Volume 2, pp.1131-1134, June 2004.
- [6] Chao-Hsuing Tseng, Hung-Ming Wang, and Jar-Ferr Yang, "Enhanced Intra-4x4 Mode Decision for H.264/AVC Coders," Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on Volume 16, Issue 8, pp. 1027-1032, Aug. 2006.
- [7] Meng, B, Au, Oscar. C, "Fast intra-prediction mode selection for 4x4 blocks in H.264," IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Volume 3, pp.389-392 vol.3, April 2003.

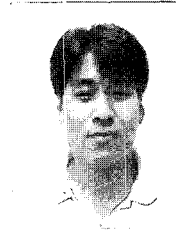
- [8] Rui Su, Guizhong Liu, Tongyu Zhang, "Fast Mode Decision Algorithm for Intra Prediction in H.264/AVC," ICASSP 2006 Proceedings, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, Volume 2, pp.921-924, May 2006.
- [9] Liao Ning, Quan Zi Yi, Men Ai Dong, "Enhanced fast mode decision based on edge map and motion detail analysis for H.264/JVT," IEEE International Workshop on VLSI Design and Video Technology, pp.187-190, May 2005.
- [10] Zhang Yong-dong, Dai Feng, Lin Shou-xun, "Fast 4x4 intra-prediction mode selection for H.264," IEEE International Conference on Multimedia and Expo, Volume 2, pp.1151-1154, June 2004.
- [11] Chao-Chung Cheng, Tian-Sheuan Chang, "Fast three step intra prediction algorithm for 4x4 blocks in H.264," IEEE International Symposium on Circuits and Systems, pp.1509-1512 Vol. 2, May 2005.
- [12] Changsung Kim, H.-H. Shih, C.-C. J Kuo, "Feature-based intra-prediction mode decision for H.264," International Conference on Image Processing Volume 2, pp.769-772 Vol.2, Oct 2004.
- [13] Yu-Wen Huang, Bing-Yu Hsieh, Tung-Chien Chen, Liang-Gee Chen, "Analysis, fast algorithm, and VLSI architecture design for H.264/AVC intra frame coder," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Volume 15, Issue 3, pp.378-401, March 2005.
- [14] Jamil-Ur-Rehman, Ye Zhang, "Fast intra prediction mode decision using parallel processing," Proceedings of 2005 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Volume8, pp.5094-5098, Aug 2005.
- [15] F. Pan, X. Lin, S. Rahardja, K. P. Lim, Z. G. Li, D. Wu, and S. Wu, "Fast mode decision algorithm for intra prediction in H.264/A VC video coding," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 15, no. 7, pp.813-822, July 2005.
- [16] Jhing-Fa Wang, Jia-Ching Wang, Jang-Ting Chen, An-Chao Tsai, and Anand Paul, "A Novel Fast Algorithm for Intra Mode Decision in H.264/AVG Encoders," ISCAS2006, pp.3498-3501, July 2006.
- [17] Seong-Whan Lee, Young-Min Kim, and Sung Woo Choi, "Fast Scene Change Detection using Direct Feature Extraction from MPEG Compressed Videos," IEEE Transactions On Multimedia, Vol. 2, No. 4, pp.240-254, Dec 2000.
- [18] Minyoung Eom, Yoonsik Choe, "Fast Extraction of Edge Histogram in DCT Domain based on MPEG7," Transactions on Engineering, Computing and Technology V9, pp.209-212, Nov 2005.

저 자 소 개



라 병 두(정회원)
 1994년 건국대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 2001년 아주대학교
 정보전자공학과 석사 졸업
 2005년~현재 연세대학교
 전기전자공학과 박사과정

1994년 삼성전자 수원 Display 사업부 입사
 2001년~현재 삼성전자 기흥 반도체
 미디어 개발팀(SYS.LSI) 책임 연구원
 <주관심분야 : 영상 신호처리, 반도체 SOC>



엄 민 영(정회원)
 2001년 연세대학교 전과공학과
 학사 졸업.
 2004년 연세대학교 전기전자
 공학과 석사 졸업.
 2004년~현재 연세대학교
 전기전자공학과 박사과정

<주관심분야 : 웨이블릿, 비디오, 영상신호처리>



최 윤 식(정회원)
 1979년 연세대학교
 전기공학과 학사 졸업
 1984년 Case Western Reserve
 Univ. 시스템공학과 졸업.
 1987년 Pennsylvania State Univ.
 전기공학과 석사 졸업

1990년 Purdue Univ. 전기공학부 박사 졸업
 1990년~1993년 (주)현대전자 산업전자 연구소
 책임 연구원
 1993년~현재 연세대학교 전기전자공학부 정교수
 <주관심분야 : 비디오, 영상 신호처리, HDTV>