

HEVC 화면내 예측 및 부호화

최해철 (한밭대학교)

요약

HEVC(High Efficiency Video Coding)는 현재 국제 비디오 부호화 표준화 단체인 JCT-VC에서 표준화가 진행되고 있는 새로운 국제비디오 부호화 표준이다. 이 표준화에서는 H.264/AVC를 넘어선 높은 부호화 성능을 갖기 위해서 다양한 부호화 방법들이 논의되고 있다. 본고에서는 HEVC의 새로운 부호화 모드 중 화면 내 예측(intra prediction) 부호화 방법에 대해 소개한다. 화면 내 예측 부호화는 시간적으로 다른 영상을 참조하지 않고 오직 현재 부호화하려는 영상에서 공간적 주변 정보를 이용하여 현재 블록을 예측하는 방법이다. 이 화면 내 부호화 방법은 화면 간 예측(inter prediction) 부호화 방법과 함께 부호화 효율 향상에 기여할 뿐만 아니라, 임의 접근(random access)을 가능하게 하고 부호화 된 비트스트림의 에러 내성을 높인다. HEVC 화면 내 부호화 방법은 예측 모드의 종류를 최대 35개까지 확장함으로써 기존 비디오 부호화 표준에 비해 높은 부호화 효율을 갖는다.

I. 서론

ISO/IEC JCT1/SC29 WG11 Moving Picture Experts Group(MPEG)과 ITU-T Q.6/16 Video Coding Experts Group(VCEG)은 함께 JCT-VC(Joint Collaborative Team of Video Coding)라는 단체를 구성하고 새로운 비디오 부호화 표준을 개발하고 있다. 이 표준은 High Efficiency Video Coding(HEVC)으로 불리며, 2010년 1월 Call for Proposal을 받고 공식적인 표준화를 시작하였다. 이들 표준화 그룹은 HEVC 표준을 위한 새로운 비디오 부호화 알고리즘의 연구

및 기고를 적극적으로 독려하고 있다. HEVC 표준화는 2010년 4월부터 2011년 7월까지 총 6 차례의 표준화 회의를 개최했으며, 이 회의에서는 수많은 기관 및 회사들의 경쟁을 통해 우수한 부호화 알고리즘을 표준으로 채택하고 있다. 표준으로 채택된 부호화 방법은 공정한 검증과 용이한 부호화 툴 개발을 위해서 하나의 소프트웨어에 통합되는데, 이를 HM(High Efficiency Video Coding Test Model)이라고 한다. 현재까지 구현된 HM은 H.264/AVC^[1]보다 약 30% BD-Bitrate의 부호화 이득을 갖는다고 보고된다. HM에 대한 최신 문서는 표준으로 채택될 디코딩(decoding) 과정을 기술하고 있는 HEVC Working Draft 3^[2]와 HM 소프트웨어의 이해를 돕기 위해 인코딩(encoding) 과정을 요약한 HM 3 Encoder Description^[3]이 있다. 자세한 기술적 정보를 얻고자 한다면 상기 문서를 참조하기 바란다.

HM에는 부호화 단위 및 구조, 화면 간(inter) 예측, 화면 내(intra) 예측, 보간(interpolation), 필터링(filtering), 변환(Transform) 방법 등 다양한 새로운 부호화 알고리즘들을 포함하고 있다. 본고에서는 이 새로운 부호화 방법 중에서 화면 내 예측 부호화 기술에 대해 소개한다. 화면 내 예측 부호화는 이미 디코딩된 공간적인 주변 정보를 참조 샘플로 이용하여 현재 부호화하려는 샘플을 효과적으로 예측하고 그 예측값과 원래 샘플 사이의 예측 오차만을 부호화함으로써 부호화 효율을 높이는 방법이다. 참조 샘플로 이용할 수 있는 정보의 양이 시간적 주변 정보에 비해 적기 때문에 화면 내 예측 방법은 화면 간 예측 방법에 비해 일반적으로 낮은 부호화 성능을 갖지만, 새로운 물체의 출현 혹은 조명 변화와 같은 원인으로 인해 시간적 주변 정보로부터 현재 화소를 예측하기 힘든 경우에는 화면 내 예측이 더 우수한 성능을 갖는다. 또한 부호화된 비트스트림에 대해 임의의 재생을 지원하거나

에러 내성을 높이기 위해서 강제로 화면 내 예측을 사용하기도 한다.

과거 비디오 부호화 표준에서의 화면 내 예측 방법과 비교했을 때, HEVC의 화면 내 예측방법의 가장 큰 특징은 더 많은 수의 예측 모드(prediction mode)를 지원하는 것이다. H.264 /AVC는 블록의 크기에 따라 최대 9가지의 화면 내 예측 모드를 지원하는데 그치지만, HEVC는 최대 35가지의 화면 내 예측 모드를 지원한다. HEVC는 이 늘어난 예측 방법으로 다양한 예측 값을 이용하므로 예측의 정확성을 높일 수 있다. 일반적으로 예측 모드의 수를 증가시키면 예측 오차는 줄어들 수 있지만, 예측 모드의 종류가 늘어났기 때문에 복호기에 ‘어떤 예측 모드가 사용 되었는가’를 알려주기 위한 지시자(indicator)에 할당하는 비트양도 동시에 증가한다. 따라서 예측 모드를 무작정 늘이는 것이 항상 부호화 효율에 긍정적 영향을 미치는 것은 아니다. HEVC가 무려 35 가지의 화면 내 예측 모드를 지원함에도 불구하고 부호화 효율을 갖는 것은 예측모드들이 매우 잘 설계되었다는 것을 증명한다.

HEVC는 과거보다 화면 내 예측모드의 종류가 많이 증가했으므로 인코더에서 최적의 모드를 선택하기 위해 요구되는 복잡도 또한 매우 증가할 수 있다. HEVC는 친절하게도 이러한 복잡도의 과도한 증가를 막고자 HM에 빠른 화면 내 예측 모드 선정 알고리즘을 포함하고 있다.

본고에서는 HEVC의 새로운 화면 내 예측모드의 종류와 예측 샘플 생성 방법, 복잡도 감소를 위한 고속화면 내 부호화 예측 모드 선정 방법 등에 대해 소개한다.

II. 화면 내 예측 부호화 방법

1. 화면 내 예측 모드

H.264/AVC에서는 매크로블록(macroblock)의 크기를 16x16으로 고정하였기 때문에 4x4, 8x8, 16x16 크기의 화면 내 부호화 예측 블록만 가능했다. 그리고 블록의 크기가 4x4와 8x8인 경우 8가지의 방향성을 갖는 예측 모드와 DC 예측 모드를 지원하고, 16x16인 경우 3가지의 방향성을 갖는 모드와 DC 모드를 지원한다. 반면에 HEVC는 독립적인 예측 단위인 PU(Prediction Unit)를 정의하고 있다. PU의 크기는 4x4에서 64x64까지 가능하다. 이러한 PU 블록 크기에 따른 화면 내 부호화 예측 모드의 개수는 <표 1>과 같다^[2,3].

<표 1>을 살펴보면, PU 크기에 따라 허용하는 화면 내 부호화 모드의 수가 상이함을 알 수 있다. 예측 블록의 크기가 커지면 참조 화소와 현재 블록의 가장 우측 혹은 하단에 있는

<표 1> PU(Prediction Unit) 크기에 따른 화면 내 예측 모드의 수 ^[2]

PU 크기	화면내예측 모드 수
4x4	18
8x8	35
16x16	35
32x32	35
64x64	4

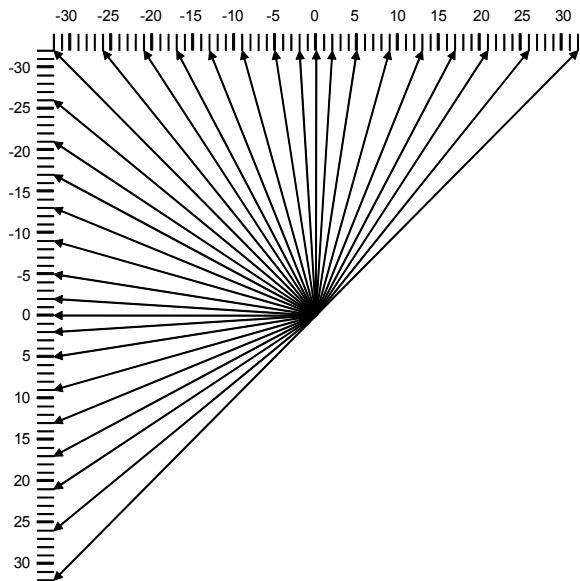
화소 사이의 거리가 너무 멀어져 예측 성능이 낮아지는 경향이 있다. 반면에 예측 모드의 수가 증가하면 예측 모드 지시자를 위한 부가 비트도 같이 증가한다. 결국 예측 성능이 나빠지면 예측 모드의 증가가 치명적인 영향을 미치므로 크기가 큰 블록에 대해서는 적은 수의 예측 모드를 허용하여 예측 모드 지시자에 적은 비트가 할당되도록 한다. 이러한 설계는 H.264에도 동일하게 적용되었다. 4x4 블록 크기에 대해 35 가지가 아닌 18 가지의 예측 모드를 갖는 것은 부호화하려는 블록이 매우 작기 때문에 35 가지까지 나누는 것이 18 가지로 나누는 것과 예측 값의 차이가 별로 없기 때문일 것이다.

HEVC의 화면 내 예측 모드는 <표 2>처럼 0번부터 35번까지 정의되어 있다^[2]. 0번과 1번은 기존 H.264/AVC과 같이 수직(vertical)과 수평(horizontal) 방향을 표시하고, 2번은 DC 모드, 3번부터 33번까지의 angular 예측 모드는 다양한 예측 방향성을 지원한다. 34번은 planar 모드를 나타내며, 35번 Intra_ChromaFromLuma 예측 모드는 컬러화소에 대해서만 허용된다. HEVC의 planar 모드는 하늘과 같은 균등한 영역에서 주관적 화질을 높이기 위한 방법이다. 그리고 Intra_ChromaFromLuma 모드는 컬러 성분에만 허용되며 컬러화소의 예측 값을 대응 위치의 복원된 밝기 값을 이용하여 획득한다. 따라서 Intra_ChromaFromLuma 모드는 밝기 성분과 컬러 성분간의 값 특성이 유사한 경우 부호화 효율을 얻을 수 있다.

Intra_Angular 모드는 31개의 방향성을 갖는 예측 모드로 구성된다^[4~6]. <그림 1>은 수평과 수직 방향을 포함한 33가지

<표 2> PU 크기에 따른 화면 내 부호화 모드의 수 ^[2]

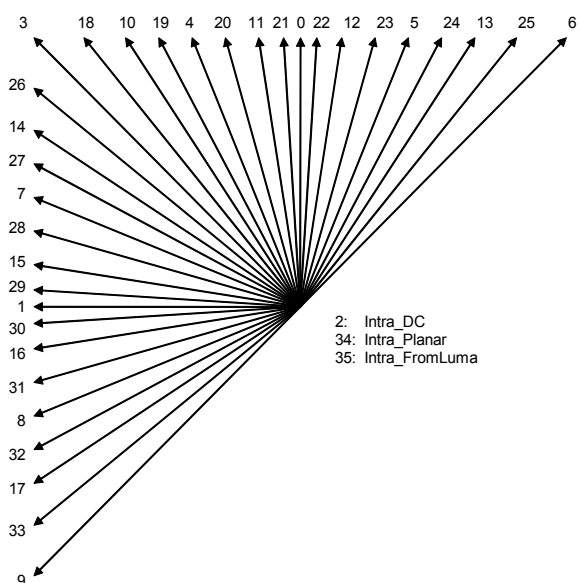
화면내 예측 모드	이름
0	Intra_Vertical
1	Intra_Horizontal
2	Intra_DC
3 ~ 33	Intra_Angular
34	Intra_Planar
35	Intra_ChromaFromLuma (컬러 성분에만 사용)



〈그림 1〉 33 가지의 예측 방향 [2]

의 예측 방향을 보여준다. 〈그림 1〉에서 알 수 있는 바와 같이 우상단 방향부터 좌하단 방향까지 다양한 방향을 촘촘히 지원한다.

〈그림 2〉는 예측 방향에 예측 모드 수(number)를 부여한 것이다. 세로 방향을 0으로 정의하고, 가로 방향을 1, DC 모드는 2를 할당하였다. 우선 낮은 수로 등성등성하게 전체 방향을 포함하고 그 사이를 촘촘하게 높은 모드 수로 사상하는 순서로 나머지 예측 모드를 정의한다. 〈표 1〉에서처럼 PU의 크기가 35 가지 예측 모드를 모두 지원하지 않는 경우 〈그림 2〉에서 정의된 예측 모드에서 앞선 N 개(N은 〈표 1〉의 모드 수)의 예측 모드를 허용한다.



〈그림 2〉 화면내 예측 방향과 예측 모드의 관계 (mapping) [2]

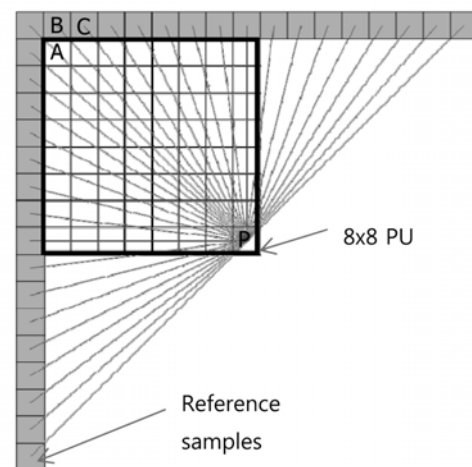
2. 화면 내예측 샘플 생성 방법

HEVC의 새로운 화면 내 부호화 예측 모드인 Intra_Angular는 31가지의 예측 방향을 제공한다. 이 다양한 방향성을 갖는 예측 모드는 예측 샘플(sample)을 얻기 위해서, 우선 주변 참조 샘플을 평활화(smoothing) 시킨 후, 필터링 된 참조 샘플을 이용하여 보간(interpolation)을 수행한다.

예를 들어, 〈그림 3〉과 같이 현재 부호화하려는 PU 블록이 8x8 크기인 경우 이 PU의 우하단화소 P는 수직과 수평 방향을 포함한 33개의 방향으로 예측할 수 있다. 참조 가능한 주변 샘플이 현재 블록의 상측 및 좌측 화소들뿐만 아니라 우상측을 포함하여 좌하측까지 확장될 수 있음에 주의하자.

참조 샘플 평활화는 〈그림 3〉에서 역 L자 참조 샘플에 3 탭(tap) 필터(1/4, 1/2, 1/4)를 적응적으로 적용 시키는 과정이다. 이 평활화를 위한 필터링은 항상 수행하는 것은 아니다. 〈표 3〉과 같이 현재 TU(Transform Unit)의 크기 및 화면 내 부호화 예측 모드에 따라서 필터링을 적용 시키지 않거나 혹은 적용 시킨다[7].

참조 샘플로부터 예측 샘플을 생성할 때, 다양한 방향을 지원하는 Intra_Angular 모드는 〈그림 4〉와 같이 보간(혹은 필터링) 과정을 수행한다. 예를 들어 화면 내 예측 모드가 5인 경우 〈그림 3〉에서 P 화소의 예측 샘플은 PU의 상단에 위치한 1개의 화소로부터 바로 얻을 수 있지만, 〈그림 3〉에서 A 화소의 경우 상단에 위치한 참조 샘플인 B와 C를 이용하여 〈그림 4〉와 같은 보간 과정을 통해서 예측 샘플을 얻는다. HEVC에서는 이러한 보간 과정에서 〈그림 4〉에서의 13/32와 같은 factor 값은 현재 화소 위치와 예측 방향에 따른 표(table)의 값을 이용하여 쉽게 계산할 수 있다. 또한 상측의 참조 샘플들과 좌측의 참조 샘플들을 별도로 관리하지 않고 좌측의 참조 샘플들을 상단 샘플의 좌측에 매핑(mapping) 시



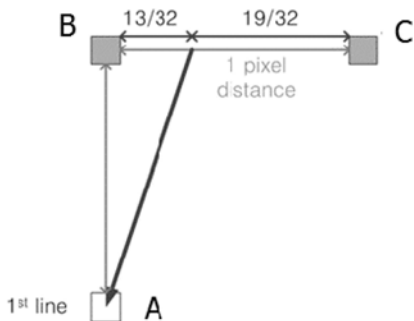
〈그림 3〉 8x8 크기의 PU에서 예측 방향과 참조 샘플들

〈표 3〉 변환의 크기 및 예측 모드에 따른 필터링 회수 ^[2]

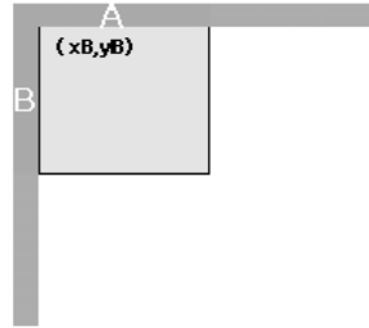
IntraPredMode	변환 크기				
	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	1	1	1	1	1
4	0	1	1	1	1
5	0	1	1	1	0
6	1	1	1	1	0
7	0	1	1	1	0
8	0	1	1	1	0
9	1	1	1	1	0
10	0	0	1	1	0
11	0	0	1	1	0
12	0	0	1	1	0
13	0	0	1	1	0
14	0	0	1	1	0
15	0	0	1	1	0
16	0	0	1	1	0
17	0	0	1	1	0
18-33	0	0	0	1	0
34	0	0	0	0	0
35	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

켜 하나의 메모리만 사용토록 간소화 시키고, 나눗셈 연산을 제거함으로써 복잡도를 감소 시켰다^[8].

Intra_DC예측 모드인 경우 예측 값은 〈그림 5〉에서의 A 및 B 구역에 있는 화소들의 평균이다. 즉 Intra_DC 예측은 앞서 설명한 Intra_Angular 예측과 비교하여 우상측 및 좌하측 화소들은 참조 샘플로 활용하지 않는 차이가 있다. 만약 A 혹은 B 구역의 화소가 이용할 수 없다면, 근처의 값으로 패딩(padding)한 후 평균을 계산한다. 이러한 샘플 패딩 과정^[2]은 Intra_DC 예측 모드에서만 아니라 모든 화면 내 부호화 과정 초기에 미리 수행하여 화면 내 부호화 예측에서 참조 샘플을 이용하지 못할 경우를 대비한다. 이 샘플 패딩 과정을 미



〈그림 4〉 Intra_Angular모드에서 예측 샘플을 얻기 위한 보간의 예



〈그림 5〉 Intra_DC 예측 모드를 위한 참조 샘플

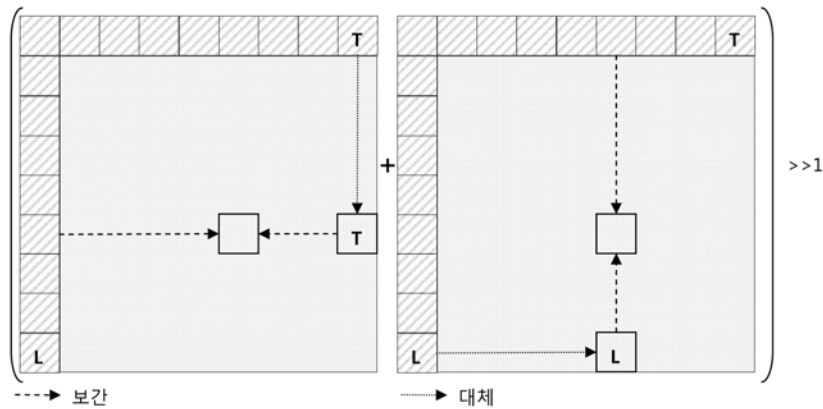
리 수행하는 것으로 인해 복호화 과정을 간소화 시켰으나, Intra_DC 모드의 경우 평균값이 패딩 된 값에 의해 다소 편향 되는 결과를 낳기도 한다. HEVC의 Intra_DC 모드가 H.264/AVC의 DC 모드와의 또 다른 차이점은 Intra_DC 모드로 부호화할 때 경계(boundary) 영역의 예측 샘플(좌측 첫 번째 열 및 상측 첫 번째 행)에 대해 추가적으로 필터링을 수행하는 것이다. 이러한 과정을 수행하는 이유는 Intra_DC 예측 모드는 하나의 값으로 PU에 속하는 모든 화소에 대해서 동일하게 예측함으로써 PU의 경계 부분에 있는 화소의 복원 값은 인접하는 주변 PU의 화소 값과 불연속성이 발생하여 블록화 현상을 유발할 수 있기 때문이다.

Intra_Planar 모드는 부호화하려는 PU의 우하측에 위치한 맨 끝 화소 값을 별도로 전송하고, 이 전송된 화소 값과 주변 참조 샘플들을 함께 이용한 보간 과정을 통해서 현재 PU의 나머지 화소들을 위한 예측 샘플을 얻는 방법으로 출발하였다. 그 후 많은 기관들의 경쟁과 주관적 화질 평가를 통해서 지금의 Intra_Planar 모드는 맨 끝 화소를 별도로 전송하지 않고 〈그림 6〉에서와 같이 상측의 참조 샘플 중 가장 끝에 위치한 샘플(T)과 현재 화소와 동일한 수평 위치의 좌측 참조 샘플을보간하여 현재 화소 위치의 예측 값 1을 얻고, 동일한 방법으로 좌측 L 샘플을 이용하여 세로 방향의 보간을 통해 예측 값 2를 얻는다. 최종적으로 예측 값 1과 예측 값 2의 평균 값을 현재 화소의 예측 샘플로 이용한다^[9].

컬러 성분만을 위한 화면 내 예측 부호화 모드인 Intra_ChromaFromLuma는 다음 식을 이용하여 동일 PU의 밝기 성분을 이용하여 컬러 성분을 예측한다^[10].

$$Pred_c[x, y] = \alpha \cdot Rec_l[x, y] + \beta$$

여기서 $Pred_c$ 는 $[x, y]$ 위치의 컬러 성분의 예측 샘플 값이며, Rec_l 는 $[x, y]$ 에 대응하는 $[x, y]$ 위치의 밝기 성분의 복원된 값을 나타낸다. α 와 β 값은 현재 PU 주변의 복원된 밝기 성분과 컬러 성분의 관계로부터 얻는다. 즉 주변 샘플의



〈그림 6〉 Intra_Planar 모드의 예측 샘플 획득 방법^[9]

밝기 성분과 컬러 성분의 관계로부터 현재 PU의 밝기와 컬러 성분의 관계를 예측하고, 그 예측 값을 현재 PU 내의 복원된 밝기 성분 반영하여 컬러 성분을 예측하는 방법이다. HEVC는 현재 4:2:0만을 다루고 있기 때문에, Intra_ChromaFromLuma 예측에서는 밝기 성분과 컬러 성분의 공간적 해상도 차이로 인한 하향표본화(subsampling) 과정을 포함한다.

줄일 수 있다. 2011년 7월 Torino 회의에서 이 방법은 낮은 부호화 성능과 병렬 부호화를 방해하는 문제가 지적되어 향후 표준으로의 채택 여부가 불투명하다.

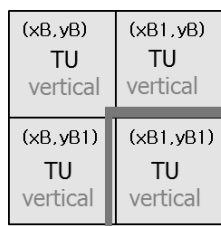
3. 변환 크기에 따른 예측 샘플 생성

HEVC는 다양한 변환 크기를 허용하며, 이를 위해서 TU(Transform Unit)를 정의하고 있다. TU의 크기는 4x4부터 32x32까지 가능하다. 2Nx2N 크기의 PU는 동일 크기의 TU로 부호화 하거나 혹은 NxN 크기의 TU 4개로 분할하여 부호화할 수 있다. 전자의 경우, 〈그림 3〉과 같이 주변 PU의 참조 샘플을 이용하여 화면 내 예측 모드로 부호화한다. 후자의 경우 2Nx2N 크기의 PU에 대해 동일한 한가지 예측 모드로 부호화하는 것은 전자와 같지만, 각 NxN 크기의 TU 블록들을 순차적으로 예측 부호화한다. 이렇게 하면 〈그림 7〉과 같이 2번째 부호화되는 TU 블록부터는 이전에 부호화된 TU 블록의 화소 값을 참조 샘플로 활용할 수 있다. 이는 총 4개의 블록을 한 가지의 동일한 예측 모드로 부호화하고 예측 모드 지시자는 그 4개의 블록에 대해 한번만 부호화하는 것과 유사한 효과를 갖는다. 즉 부호화 모드를 전송하기 위한 비트를

Ⅲ. 화면 내 부호화 가속화 방법

H.264/AVC는 최대 9가지의 예측 모드를 허용하는 반면, HEVC는 최대 35가지의 예측 모드를 허용한다. 그러므로 인코더가 최적의 예측 모드를 선정하기 위해서 모든 예측 모드에 대한 비트율-왜곡 비용을 일일이 계산한다면 HEVC의 복잡도는 늘어난 예측 모드 수만큼 매우 증가할 것이다. 이러한 과도한 복잡도 증가 문제를 해결하기 위해서 HEVC는 다음에 설명할 고속화면 내 부호화 방법^[11]을 HM에 포함하고 있으며, 이 고속화 방법은 HEVC 표준화에서의 공통 테스트 조건(common test condition)에 포함되어 있다.

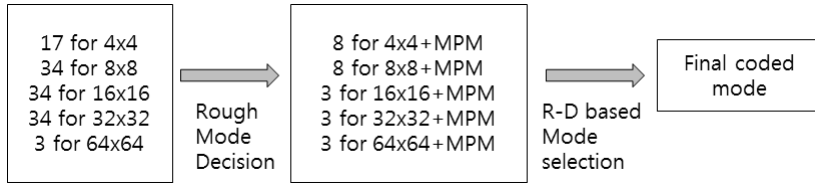
HM의 고속 화면 내 부호화 방법은 〈그림 8〉과 같이 두 가지 과정을 순차적으로 수행한다. 우선 RMD(Rough Mode Decision) 과정을 통해 모든 가능한 모드에 대해 대략적인 비용을 계산하여 미리 결정된 수만큼의 후보 셋을 결정한 후, 그 후보 셋에 대해 정확한 비트율-왜곡(Rate-Distortion, R-D) 값을 계산하여 최종적인 예측 모드를 선정한다. 참고로 〈그림 8〉에서 각 PU 크기에 따른 화면 내 부호화 모드의 수와 RMD 과정 이후의 후보 화면 내 부호화 모드 수는 앞서 설명한 HEVC 화면 내 부호화 모드의 수와 상이할 수 있다. 그 이유는 현재 HEVC의 표준화가 진행 중이므로 화면 내 부호화 모드의 수가 표준화 회의의 결과에 따라 바뀌고 있기 때문이다. 그 예로 planar 모드의 추가 등이 있다. 하지만 개념적으로 RMD 과정을 거쳐 몇 가지 후보 모드를 결정한 후 그 후보들만으로 R-D 비용 값을 계산하여 최종적으로 화면 내 부호화 모드를 결정하는 과정은 동일하다.



Reference samples

〈그림 7〉 TU 크기에 따른 참조 샘플 예

구체적으로 첫 번째 RDM 과정에서는 현재 PU 크기에 대



〈그림 8〉 고속 화면내 부호화 방법 ^[11]

해 가능한 모든 부호화 모드의 $J_{pred,SATD}$ 값을 계산한다. $J_{pred,SATD}$ 는 원본 샘플과 예측 샘플 사이의 차이 값을 Hadamard 변환한 후 절대값을 합한 값이다. 이러한 간단한 비용 계산으로 우선 PU의 크기에 따라 미리 결정된 개수 (4x4~8x8 크기에 대해 8개, 16x16~64x64에 대해 3개)만큼 중간 최적 후보 모드를 결정한다. 이 RMD 과정에서는 부호화 된 비트가 B_{pred} 로 지정된다. 두 번째 과정으로, J_{mode} 를 이용한 R-D 최적화가 앞서 결정된 후보 예측 모드들과 MostProbableMode(주변에 위치한 2 개 PU의 화면 내 부호화 모드 중 모드 값이 작은 예측 모드)에 대해 수행된다. 이 R-D 최적화 과정 중에 예측 파라미터(parameter)들과 밝기 성분에 대한 계수값들이 B_{mode} 에 더해진다. 컬러 성분의 모드 결정과 관련하여, 모든 가능한 화면 내 컬러 예측 모드가 RD 최적화 과정을 통해 비교된다. 여기서 화면 내 컬러 예측 모드 및 컬러 성분의 계수에 대한 비트는 B_{mode} 와 같이 이용된다. 이러한 과정을 거쳐 최종적으로 화면 내 부호화 예측 모드가 결정된다.

IV. 결론

본고에서는 HEVC의 화면 내 부호화 방법에 대해 살펴보았다. HEVC 화면 내 부호화의 가장 큰 특징은 과거 비디오 부호화 표준보다 예측 모드의 수가 매우 증가했다는 것이다. 예측하려는 블록의 크기가 4x4, 8x8, 16x16, 32x32, 64x64인 경우 각각 18, 35, 35, 35, 4 가지의 화면 내 예측 모드를 허용한다. HEVC는 이러한 다양한 예측 모드를 이용하여 예측 오차를 감소시킴으로써 부호화 성능을 얻는다. 추가로 참조 화소 중 맨 끝에 있는 샘플에 기반한 보간 방법을 통해 예측 샘플을 생성하는 planar 모드의 추가 및 밝기 성분으로부터 컬러 성분을 예측하는 Intra_ChromaFromLuma 예측 모드의 추가 등이 HEVC 화면 내 부호화의 새로운 특징이다.

V. 감사의 글

본 고는 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국

연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2010-0023109)

참고문헌

- [1] ITU-T and ISO/IEC JTC 1, "Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services," ITU-T Recommendation H.264 and ISO/IEC 14496-10 (MPEG4-AVC), Fourth edition: Sep., 2008.
- [2] Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC)of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "WD3: Working Draft 3 of High-Efficiency Video Coding," Doc.JCTVC-E603, Mar., 2011.
- [3] Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC)of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "HM3: High Efficiency Video Coding (HEVC) Test Model 3 Encoder Description," Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC)of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Doc.JCTVC-E602, Mar., 2011.
- [4] Kemal Ugur, Kenneth R. Andersson, and Arild Fuldseth, "Description of video coding technology proposal by Tandberg, Nokia, Ericsson," Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC)of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Doc. A119, Jan., 2010.
- [5] Ken McCann et al., "Samsung's Response to the Call for Proposals on Video Compression Technology," Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC)of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Doc. A124, Jan., 2010.
- [6] Jung-Hye Minet al., "Unification of the Directional Intra Prediction Methods in TMuC," Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC)of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Doc. B100, July, 2010.
- [7] YunfeiZheng, MuhammedCoban, and Marta Karczewicz, "CE13: Mode Dependent Hybrid Intra Smoothing," Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC)of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Doc. D282, Jan., 2011.
- [8] Frank Bossen, TK Tan, and JunyaTakiue, "Simplified

- angular intra prediction," Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Doc. B093, July, 2010.
- [9] SandeepKanumuri and Frank Bossen, "CE6.e/f: Planar mode experiments and results," Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Doc. E321, Mar., 2011.
- [10] Jianle Chen, VadimSeregin, Woo-Jin Han, Jungsun Kim, and ByeongmoonJeon, "CE6.a.4: Chroma intra prediction by reconstructed luma samples", Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Doc. E266, March, 2011.
- [11] Liang Zhao, Li Zhang, and Xin Zhao, "Further Encoder Improvement of intra mode decision," Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Doc. D283, Jan., 2011.



최 해 철

1997년 2월 경북대학교 전자공학과 학사.
1999년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사.
2004년 8월 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사.
2004년 9월~2010년 2월 한국전자통신연구원 선임연구원
2007년 3월~2010년 2월 과학기술연합대학원대학교 겸임
교수.
2010년 3월~현재 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부 조
교수.
(관심분야) 영상처리, 동영상 부호화, 패턴인식