

차세대 영상 압축 기술 (HEVC) 소개

남정학, 유은경, 안용조, 심동규 (광운대학교 컴퓨터공학과)

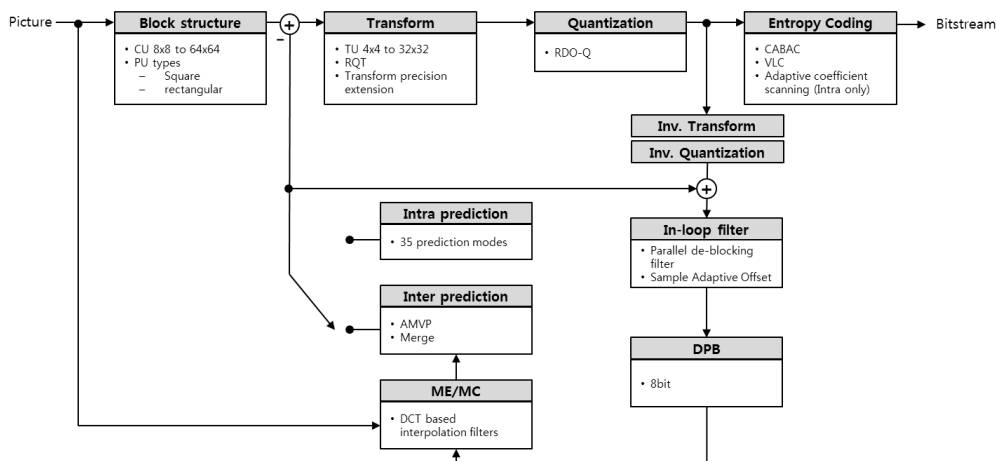
I. 서론

고성능의 스마트 폰 및 태블릿 PC의 보급과 Long Term Evolution(LTE)과 같은 새로운 무선 네트워크 기술이 보급됨에 따라 Full-HD(1920×1080), 4K급(3840×2160) 이상의 고해상도 및 고품질 비디오 서비스가 시장에서 고려되고 있다. 이러한 시장의 수요에 효과적으로 대응하기 위하여 H.264/AVC를 표준화 하였던 ISO/IEC의 Moving Picture Experts Group(MPEG)과 ITU-T의 Video Coding Experts Group(VCEG)은 Joint Collaborative Team on Video Coding(JCT-VC)라는 공동 협력 팀을 구성하여 H.264/AVC 하이 프로파일(High Profile) 대비 두 배의 부호화 효율을 목표로 차세대 비디오 코덱인 HEVC(high efficiency video coding)를 제정 중에 있

다. HEVC는 5차 회의 이후 기본적인 구조가 구성되었고, 2013년 1월에 FDIS(final draft international standard)가 완료 될 예정이다.

HEVC는 화면 내 예측(intra prediction)과 화면 간 예측(inter prediction), discrete cosine transform(DCT) 또는 discrete sine transform (DST)을 통한 변환 및 양자화(quantization), 엔트로피 코딩 과정을 포함한다.

[그림 1]은 HEVC 부호화기에 대한 블록도이다. HEVC의 코딩 구조는 코딩 유닛(coding unit, CU), 예측 유닛(prediction unit, PU), 변환 유닛(transform unit, TU)으로 구성된다. CU는 영상의 특성에 따라 쿼드트리 기반의 다양한 크기로 분할되어 보다 효율적으로 부호화되며, CU의 크기는 최대 64×64부터 8×8까지 가능하다. 화면 내 예측 방법은 현재 부/복호화되는 화면 내부에서 이



[그림 1] HEVC 부호화기 블록도

전에 부호화된 주변의 화소들을 복원하여 참조한다. H.264/AVC의 9개 모드 대비 HEVC의 화면 내 예측 모드는 35개 모드가 존재한다. 화면 간 예측 방법은 이전 시간에 복호화된 화면들을 참조하여 부호화한다. 현재 HEVC는 휘도에 DCT기반의 8탭 필터를 사용한다. 색차에 대해서는 4탭 필터를 사용한다. 변환은 32×32 에서 4×4 크기의 DCT 또는 DST를 이용하여 잔차 신호를 주파수 도메인 신호로 변환 하는 것이다.

양자화기는 양자화 파라미터를 이용하여 변환된 주파수 신호를 양자화 한다. 양자화 되고 남은 신호들에 대해 문맥기반 이진 산술 부호화(context adaptive binary arithmetic coding, CABAC) 방식을 따르는 엔트로피 부호화기로 부호화 하여 비트스트림을 만든다. 양자화 과정을 포함하는 블록 기반 하이브리드 영상 부호화는 블록 경계에 발생하는 블록킹 현상(blocking artifact)과 다중 윤곽선 현상(ringing artifact)을 제거하기 위해 디블록킹 필터(de-blocking filter)와 샘플 적응적 오프셋(sample adaptive offset, SAO) 기술이 적용하여 객관적 및 주관적 화질을 높인다.

II. HEVC 주요 기술

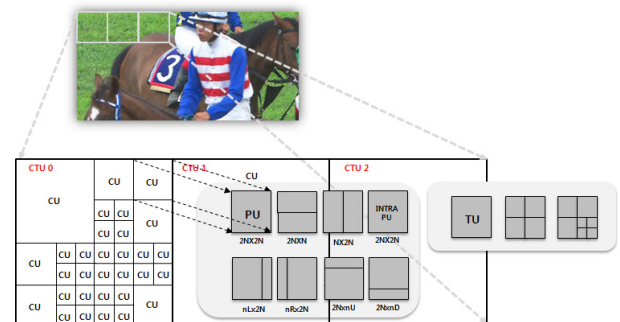
1. 부호화 유닛

HEVC는 세 가지의 새로운 부호화 단위인 CU, PU, TU를 정의하고 있다. CU는 부호화하는 단위로서, 계층적인 구조로 분할될 수 있다. 이전의 H.264/AVC는 16×16 고정 크기의 매크로블록을 사용한 반면에 HEVC에서는 8×8 , 16×16 , 32×32 , 64×64 와 같은 가변 크기의 CU를 선택적으로 사용할 수 있다. 가장 큰 CU를 CTU(coding tree unit)라고 하고, 각 CU 블록은 비트 유효성 최적화에 따라서 쿼드-트리 형태로 분할된다. HEVC는 다양한 크기의 CU를 적응적으로 사용하며 각 CU에서 계층적 구문(syntax)을 이용한다. [그림 2]는 HEVC의 부호화 유닛을 보여준다. 영상은 CTU에 의해 고정 크기로 분할되고, 각 CTU는 쿼드-트리 기반의 계층적 분할을 통해 CU로 구성된다. CU는 예측을 위한 유닛인 PU와 변환을 위한 유닛인 TU로 분리되며 PU와

TU의 분할은 독립적으로 동작한다.

CU는 코딩의 기본 단위로서, 영상의 크기 및 영상의 특성에 따라 가변적 크기에 대한 범위를 결정하기 위하여 SPS(sequence parameter set)의 전송된 정보를 통해 64×64 에서 8×8 범위 중 최대 CU 크기와 최소 CU 크기를 결정 할 수 있다. 여기서 최대 크기의 CU는 CTU가 되며 최소 크기의 CU는 SCU(smallest CU)가 된다. PU는 예측 블록의 단위로서, 하나의 CU에 대한 다양한 블록 크기의 예측을 지원한다. 현재의 CU를 $2N \times 2N$ 이라고 할 때, 화면 내 예측의 경우에는 $2N \times 2N$, $2N \times N$, $N \times 2N$, $2N \times nU$, $2N \times nD$, $nL \times 2N$, $nR \times 2N$ 의 블록 타입에 대한 예측을 지원한다. 단, CU 크기가 SCU인 경우에는 화면 내 예측과 화면 간 예측 모두 $N \times N$ 크기의 예측을 할 수 있다. 특별히 $2N \times nU$, $2N \times nD$, $nL \times 2N$, $nR \times 2N$ 를 AMP(asymmetric motion partitioning) 모드라 부르며 기존의 H.264/AVC 예측 블록 타입에 존재하지 않은 새로운 타입의 예측 블록 타입이다. TU는 변환부호화를 수행하는 블록 단위를 의미하며, 대부분의 영상 압축 표준에서 사용 하던 고정 크기의 변환부호화 대신에 각 블록에서 4×4 , 8×8 , 16×16 , 32×32 까지 다양한 변환부호화 크기를 사용할 수 있다. CU를 기준으로 TU는 최대 2까지의 깊이로 분할 가능하다. 하지만 분할되는 깊이가 클수록 전송되는 신택스의 양이 증가하므로, 신택스 발생 증가를 막기 위해 SPS를 통해 최대 깊이 정보를 0, 1, 2 중 하나로 결정할 수 있다.

여기까지 HEVC의 코딩 구조에 대하여 살펴보았다. 요약하자면, CTU는 매크로블록과 대응되며, PU는 각 매크



[그림 2] HEVC 코딩 구조

크로블록에 대한 예측 모드, TU는 매크로블록에 대한 변환 크기에 대응된다. 그리고 하나의 CU에 대해서 PU가 결정되고, TU는 PU 모드에 관계없이 계층적으로 분할된다. 그리고 부호화 파라미터에 의해 비트율-왜곡 최적화에 따라 가장 효율적인 CU, PU, TU 크기를 결정하게 된다.

2. 화면 내 예측

HEVC의 기술 중 화면 내 예측은 시간적으로 이전에 부호화된 다른 영상의 참조 없이 현재 영상에서 미리 복호화된 주변 픽셀을 참조하여 부호화하는 예측 방법이다. 화면 내 예측은 시간적으로 이전에 부호화된 참조 영상이 존재하지 않거나 참조 영상을 이용한 예측보다 주변 픽셀을 이용한 예측이 효과적인 경우에 사용된다. 모든 CTB가 화면 내 예측으로 부호화된 영상은 독립적인 복호화가 가능하기 때문에 임의 접근(random access)을 기능을 제공해 준다. 또한, 화면 내 예측으로 부호화된 프레임은 복호화 오류에 따른 에러 전파(error propagation)되는 것을 막아준다.

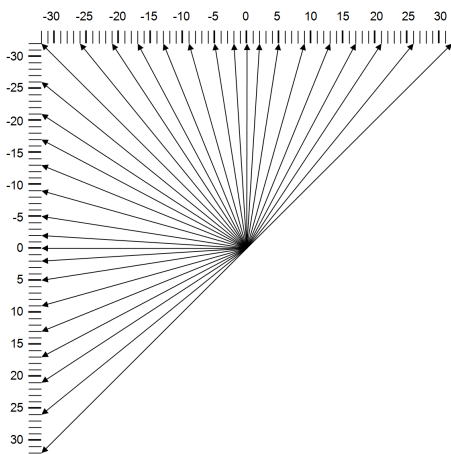
화면 내 예측은 현재 영상에서 미리 복호화된 주변 픽셀 값을 이용하여 예측 블록을 만들고 원본과 차를 내어 그 차분 신호만을 엔트로피 부호화 한다. 복원된 주변 픽셀 값을 참조하는 화면 내 예측은 방향성을 이용하거나, 참조 픽셀의 평균값 또는 쌍선형 보간(bi-linear) 등을 사용하여 예측 블록을 생성한다.

HEVC의 화면 내 예측 모드는 PU의 크기에 따라 다른

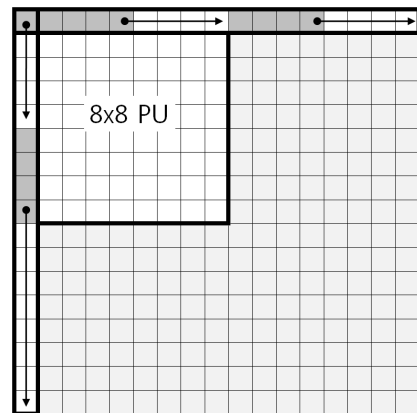
화면 내 예측 모드를 사용한다. 4x4에서 64x64 PU는 35개의 모드를 이용하여 화면 예측을 수행한다. [그림 3]과 같이 33개의 방향성 예측 모드(angular)와 평균 값 예측 모드(DC), 쌍선형 보간을 통한 플라나 예측 모드(planar)를 포함한다. 기존의 H.264/AVC에 비하여 HEVC는 35개의 다양한 예측 모드를 사용하여 예측 블록을 생성하여 부호화 성능을 향상 시켰다. 방향성 예측 모드의 경우, 모드에 따라 정수 픽셀만을 이용하여 예측 블록을 만들 수 없다. 따라서 두 정수 픽셀 간의 1/32 정밀도를 갖는 쌍선형 보간을 통하여 모든 방향성 예측 모드에 대한 예측 블록을 생성한다. 주변의 픽셀이 모두 존재하지 않은 경우는 사용할 수 있는 모드의 개수가 제한적이기 때문에 [그림 4]와 같이 주변 참조 픽셀의 패딩을 통하여 모든 참조 픽셀을 생성한다.

화면 내 예측에 사용되는 주변 픽셀은 양자화에 의한 오차를 포함하고 있기 때문에 HEVC에서는 예측 신호에 대한 오차를 줄이기 위하여 화면 내 예측 모드에 따라 참조 픽셀을 필터링(mode dependent intra smoothing)을 수행한다. 최종적인 화면 내 예측 모드의 선택은 각 PU에 대한 모든 모드를 수행하여 유효-왜곡 관점에서 최적의 모드를 선택한다. 최적의 화면 내 예측 모드는 MPM(most probable mode)을 통하여 예측 부호화된다.

색차 신호에 대한 화면 내 예측 모드는 PU의 크기에 상관없이 5개의 모드를 사용한다. 플라나 예측 모드, 수평 예측 모드, 수직 예측 모드, 평균 값 예측 모드(DC) 이외에 DM(derivation mode) 모드를 포함한다. DM 모드



[그림 3] 33개의 방향성 예측 모드



[그림 4] 화면 내 예측을 위한 주변 픽셀 패딩

는 휘도 신호의 화면 내 예측 모드로부터 색차 신호에 대한 모드를 도출하는 방법이다. DM 모드로 선택되는 경우, 35개의 휘도 성분 예측 모드 중 하나로 예측될 수 있다.

3. 화면 간 예측

HEVC의 화면 간 예측 기술은 이전에 부호화된 영상을 참조하여 시간적인 예측 블록을 생성하고 그 차분 신호만을 부호화하는 기술이다. HEVC의 화면 간 예측은 현재 부호화하려는 CU에 대해 각 PU의 움직임 추정을 통하여 PU의 예측 값을 얻은 후에 이 예측 값과 부호화하려는 PU의 차분 신호에 대해서 주과수 변환, 양자화, 및 엔트로피 부호화한다. HEVC의 움직임 추정은 휘도 성분에 대해 1/4 픽셀 정밀도까지 움직임 추정을 수행하며, 이를 위해 참조 영상에 대한 4배의 영상 보간이 수행된다. [표 1]은 영상 보간을 위한 필터 계수를 보여준다.

HEVC의 영상 보간 필터는 DCT 기반으로 유도되며, 6 비트의 정밀도를 가진다. 휘도 성분의 1/2 픽셀 위치는 8-탭을 사용하고, 1/4 픽셀 위치에 대해서는 7-탭 필터를 사용한다. 반면, 색차 신호에 대해서는 4-탭 필터를 사용한다. 4:2:0 포맷의 영상에 대해서 색차 성분은 8배의 영상 보간이 된다.

참조 영상은 다수의 과거 영상 또는 다수의 미래 영상으로 구성될 수 있고, 각각의 CU 블록은 하나의 참조 영상 방향만을 참조하거나 양쪽 방향의 영상을 모두 참조할 수 있다. 하나의 참조 영상 방향을 참조하는 것을 단방향 예측(uni-prediction)이라 하고, 양쪽 방향 모두 참조하는 것을 양방향 예측(bi-prediction)이라 한다.

HEVC의 움직임 벡터는 값 자체를 부호화 하지 않고, 주변의 움직임 정보로부터 예측하여 그 차분 값만을 부

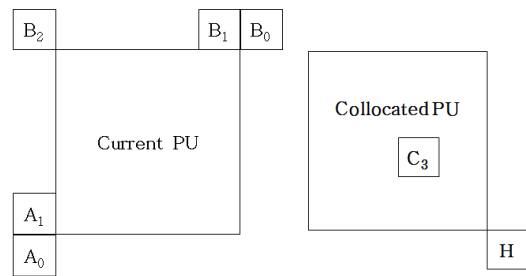
호화 한다. 움직임 벡터를 부호화할 때, 공간적으로 인접한 주변 CU의 움직임 정보와 시간적으로 이전에 부호화된 움직임 정보로부터 움직임 정보를 예측하게 된다. HEVC에서는 skip 및 merge 모드와 일반적인 움직임 예측 모드에 대해 서로 다른 움직임 벡터 예측 방법을 사용하고 있다. 일반적인 움직임 예측 모드에 대한 움직임 벡터 예측 방법을 AMVP(advanced motion vector prediction) 기술이라고 부른다.

merge 모드는 미리 정의된 움직임 벡터의 후보를 구성하고 움직임 정보를 얻어올 블록에 대한 인덱스를 전송하는 방법으로 추가적인 움직임 벡터 예측(motion vector prediction) 정보와 움직임 벡터 차이(motion vector difference)를 전송하지 않는다. merge 모드를 위해서 참조될 수 있는 주변 CU는 인코더와 디코더에서 미리 정의되어 있으며, 최대 5개의 후보를 구성할 수 있다. merge 모드의 후보는 현재 PU에 인접한 주변 블록의 움직임 벡터로부터 예측하는 공간적인 후보 5개와 현재 PU의 동일한 위치에 있는 이미 부호화된 참조 영상의 블록으로부터 움직임 정보를 예측하는 시간적인 후보 2개로 구성된다. [그림 5]는 merge 모드를 위한 공간적인 후보와 시간적인 후보의 위치를 보여준다.

일반적인 화면 간 예측 모드는 skip 모드와 merge 모드로 선택되지 않은 PU이기 때문에 각각의 PU에 대한 움직임 벡터, 참조 영상 인덱스, 양자화된 계수가 전송된다. HEVC의 움직임 벡터는 AMVP(advanced motion vector prediction) 기술에 의해서 부호화 된다. AMVP 기술은 merge 모드와 유사하게 주변의 움직임 벡터 및 이전 부호화된 동일 위치의 움직임 벡터로부터 현재 부호

[표 1] HEVC 영상 보간 필터

성분	α	필터 계수
휘도	1/4	{-1, 4, -10, 58, 17, -5, 1, 0}
	1/2	{-1, 4, -11, 40, 40, -11, 4, -1}
색차	1/8	{-2, 58, 10, 2}
	3/8	{-6, 46, 28, -4}
	1/4	{-4, 54, 16, -2}
	1/2	{-4, 36, 36, -4}



(a) 공간적 후보 (b) 시간적 후보

[그림 5] merge 모드에 대한 후보 구성

화하는 PU의 움직임 벡터를 예측하는 기술이다. 즉, AMVP 기술을 이용하여, HEVC에서는 현재 PU의 움직임 벡터와 예측 움직임 벡터와의 차이 값을 전송하며, 최적의 예측 움직임 벡터에 대한 인덱스를 정보로 디코더로 보낸다. AMVP 기술에서 움직임 벡터 예측을 위한 후보 구성 방법은 merge 기술과 유사하며, 총 2개의 후보를 구성한다. AMVP 기술에서 사용하는 공간적인 주변 블록은 [그림 5]와 동일하다.

[표 2]는 skip 모드, merge 모드, AMVP 모드에 대해서 복호화기로 전송해야하는 구문 정보의 전송 여부를 알려준다.

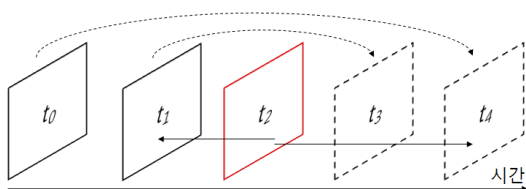
HEVC에서는 기존의 P 슬라이스에서도 양방향 예측을 사용할 수 있는 GPB(Generalized P and B-picture) 기술이 있다. [그림 6]은 GPB 기술에 대한 개념을 보여준다. 현재 t_2 슬라이스가 P 슬라이스로 부호화되는 경우, 과거의 참조 영상 버퍼에 있는 t_0, t_1 참조 영상을 미래의 참조 영상 버퍼로 복사를 하여, 마치 t_3, t_4 참조 영상이 있는 것처럼 양방향 예측을 수행한다. 즉, HEVC에서는 t_2 슬라이스는 P슬라이스에서 B 슬라이스로 대체되어 과거의 참조 영상 버퍼와 미래의 참조 영상 버퍼를 모두 사용한다.

4. 변환 및 양자화

HEVC는 기존의 비디오 코덱과 달리 변환 과정을 위한 TU를 별도로 정의한다. 변환을 위한 커널(kernel)은

[표 2] HEVC 화면 간 모드에 따른 구문 전송 여부

	움직임 벡터	참조 영상 인덱스	변환 계수
skip 모드	x	x	x
merge 모드	x	x	o
AMVP 모드	o	o	o



[그림 6] GPB 기술

4×4, 8×8, 16×16, 32×32 등과 같이 다양한 크기를 지원한다. TU의 구조는 쿼드-트리로 분할되며, PU와는 독립적으로 분할 될 수 있다. 단, TU는 CU의 크기를 초과할 수 없다. HM 2.0까지는 4×4, 8×8 변환은 H.264/AVC와 동일한 변환 커널을 사용하였고, 16×16, 32×32 변환은 Chen 알고리즘 기반의 이산 여현 변환을 사용한다. HM 3.0 이후, 변환과정의 중간 값이 16 비트 표현이 가능한 형태의 partial butterfly 형태의 2-D 분할 변환이 사용되고 있다. 이외에도 4×4 화면 내 예측에서는 모드에 따라 방향에 따라 선택적으로 이산 정현 변환을 지원하고 있다.

5. 엔트로피 부호화

HEVC의 엔트로피 부호화는 7차 JCT-VC 회의 전까지는 고효율 모드에서는 문맥 기반 적응적 이진 산술 부호화(context-based adaptive binary arithmetic coding, CABAC)를 사용하고, 저 복잡도 모드에서는 문맥 기반 적응적 가변 길이 부호화(context-based adaptive variable length coding, CAVLC)를 사용하였다. 하지만, 8차 JCT-VC 회의부터는 표준에서 CABAC 만을 사용하고 있다. HEVC의 CABAC은 H.264/AVC의 CABAC를 기본 구조를 바탕으로 병렬화 친화적 구조, 압축 성능, 문맥 저장을 위한 메모리 요구사항 등의 부분을 개선하였다. CABAC는 초기화(initialize), 이진화(binization), 문맥 모델러(context modeler), 이진 산술 부호화(binary arithmetic coding), 확률 업데이트(probability update)가 순차적으로 진행된다

6. 루프 필터

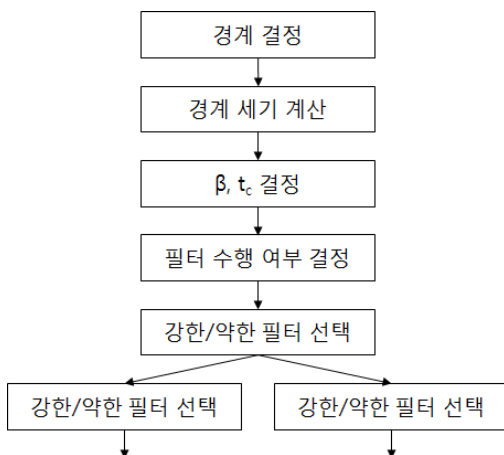
HEVC는 복원된 영상의 오차를 줄이기 위해서 루프 필터 형태의 디블록킹 필터와 샘플 적응적 오프셋 기술을 포함하고 있다.

HEVC의 디블록킹 필터는 양자화 오차에 의해 발생하는 블록킹 현상을 제거하여 주관적 화질 및 객관적 화질을 향상 시킬 수 있다. 디블록킹 필터는 복호화 순서와 동일하게 각 CU 단위로 수행된다. 수직 경계에 대해서 수평 필터링이 먼저 수행된 후, 수평 경계에 대한 수직

필터링이 적용된다. H.264/AVC의 디블록킹 필터와 달리, 디블록킹 필터링은 복잡도를 고려하여 4x4 블록 단위가 아닌 8x8 블록 경계에서 필터링이 유무가 결정된다.

[그림 7]은 디블록킹 필터의 과정을 보여준다. 각각의 블록 경계는 필터링이 수행되지 않거나 약한 필터링 또는 강한 필터링이 수행될 수 있다. 각 필터링의 결정은 경계 세기(boundary strength, BS)와 두 개의 문턱치(threshold) 값인 β 와 t_c 에 의해 결정된다. HEVC의 디블록킹을 위해서 가장 먼저 디블록킹 필터를 적용해야 하는 경계 위치를 결정해야 한다. 단, 이 단계에서는 필터링이 필요한 위치만을 결정하는 것이며, 실제 필터링의 수행은 필터링 수행 여부 결정 단계에서 결정된다. 디블록킹을 위한 경계의 종류는 크게 세 가지인 CU 경계, PU 경계, TU 경계로 나뉜다. CU 경계는 PU 또는 TU 경계가 되기 때문에 항상 필터링을 수행해야 하는 경계 대상이다. 하나의 CU 내에 있는 PU 경계와 8x8 격자 위치에 존재하는 TU 경계가 필터링을 수행이 필요한 경계이다.

경계 위치를 결정한 다음에는 각 경계 위치에서 경계 세기를 구한다. 경계 세기는 블록 경계에 강한 필터링이 필요한지를 결정하는 단계이다. 즉, 경계 세기 값이 크면, 강한 필터링을 고려한다. 블록 경계 세기는 화면 내 예측 모드, 양자화 계수의 존재 유무, 참조 프레임 인덱스, 움직임 벡터의 차이 등에 따라 결정된다. 경계 세기를 결정한 다음에는 필터 수행 여부의 결정에 사용되는 β 와 t_c 를 결정한다. β 와 t_c 값은 디블록킹 필터를 취할 경계에



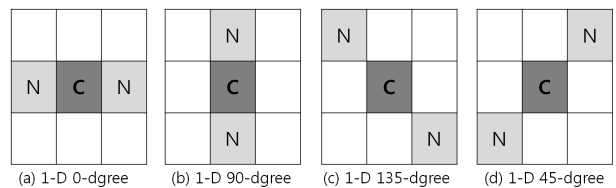
[그림 7] 디블록킹 필터의 과정

존재하는 양쪽 블록의 양자화 파라미터에 의해서 결정된다. 마지막으로 필터 수행 여부와 강한/약한 필터의 결정은 픽셀 밝기 값과 β , t_c 값에 의해 결정된다. 강한 필터링은 블록 경계를 기준으로 각각 최대 세 개의 화소에 대해 FIR 형태의 필터링이 수행되며, 필터가 적용된 결과 값이 클리핑 처리되지 않고, 최종 결과 값으로 대체된다. 반면, 약한 필터는 블록 경계를 기준으로 각각 최대 2개의 픽셀에 대해 필터링이 수행되며, 필터링 전의 픽셀에 대해 오프셋과 같은 형태로 적용된다. HEVC의 디블록킹 필터는 프레임 단위에서 수평 필터와 수직 필터를 취함으로써 주변 블록과의 종속성을 제거하여 병렬 처리가 가능하다.

샘플 적응적 오프셋 기술은 종래의 비디오 압축 표준에는 존재하지 않던 기술로서, CTB 안의 각 픽셀에 대해 오프셋을 더하여 원본과의 오차를 줄이는 기술이다. 이 기술은 주파수 영역 계수에 대한 양자화를 수행에 의해 물체 가장자리에 발생하는 링잉 현상(ringing artifacts)을 제거하여 주관적 화질을 크게 향상시키는 효과가 있다. 샘플 적응적 오프셋은 에지 오프셋(edge offset, EO)과 밴드 오프셋(band offset, BO) 두 가지 방법이 존재한다.

에지 오프셋은 각도에 따른 주변 픽셀과 현재 픽셀과의 관계에 따라 오프셋을 더해주는 방법이다. [그림 8]은 에지 오프셋에 대한 클래스(class)의 종류이다. 각 그림에서 'C'로 표시된 부분은 현재 샘플 적응적 오프셋을 취하는 픽셀의 위치가 되며, 'N'으로 표시된 부분은 조건을 위한 주변 픽셀이 된다. 에지 오프셋에 대한 클래스는 CTB 단위로 전송되며, 주변 픽셀과 현재 픽셀의 관계에 따라 4개의 오프셋 중 하나의 오프셋을 선택하여 현재 픽셀을 보상한다.

밴드 오프셋은 현재 픽셀의 값이 정해진 픽셀 값 범위에 속할 경우 오프셋을 더해주는 방법이다. CTB단위로



[그림 8] 에지 오프셋

오프셋을 취할 픽셀 값 범위를 보내며, CTB 내에 그 범위에 속하는 픽셀 값이 존재할 경우 해당 오프셋을 더해준다. [그림 9]는 밴드 오프셋을 위한 픽셀 값 범위를 보여준다. 전체 화소 범위를 32개로 분할하고 CTB 단위에서 시작 위치를 전송해주며, 시작 위치로부터 연속되는 4개의 영역이 밴드 오프셋이 적용되는 범위이다. 해당 범위에 속하는 픽셀 값이 존재하는 경우 해당 오프셋으로 보상한다.



[그림 9] 밴드 오프셋

III. 프로파일과 레벨

프로 파일과 레벨은 유사한 요구사항을 가지는 응용들에 대해서 표준을 따르는 구현에 필요한 안정성에 대해 정의하는 개념이다. 보다 자세히, 프로 파일은 안정된 비트스트림을 생성하기 위한 부호화 알고리즘의 집합을

[표 3] HEVC 프로파일

Main	Main 10	Main Still Picture
Clean random access (CRA) 지원		-
Tile		
Wavefront		
Slice 분할: CTU 단위		
CU: 2Nx2N, N=4, 8, 16, 32		
PU 크기: Inter 예측의 경우, 2Nx2N, 2NxN, Nx2N, N>4 일 때, 2Nx(N/2+3N/2) & (N/2+3N/2)x2N, Intra 예측의 경우, 2Nx2N, N=4일 때, NxN		PU 크기: 2Nx2N, N=4일 때, NxN
TU 길이 최대 3 레벨		
TU 크기: 4x4 ~ 32x32		
DCT 변환		
최대 4x4 블록에 대해서는 DST		
Inter 예측의 경우, PU 보다 큰 TU 가능		-
PCM 부호화		
35개의 intra 모드		
플라나 intra 예측		
최대 1/4 정밀도 영상 보간 필터		-
색차 1/8 정밀도 영상 보간 필터		-
AMVP		-
CABAC		
RDOQ		
8 비트	10 비트	8 비트
다블록킹 필터		
샘플 적응적 오프셋		

의미한다. 2012년 10월 DIS(draft international standard)를 기준으로 HEVC에는 3개의 프로파일이 있다. 표 3은 HEVC의 프로파일인 main 프로파일, main 10 프로파일, main still picture 프로파일 등을 보여준다.

main 프로 파일은 HEVC의 기본적인 부호화 기술을 포함하는 것으로, CU의 크기에서부터 블록 크기에 따라 사용 가능한 PU의 종류와 TU의 깊이를 정의하고 있다. main 10 프로 파일은 main 프로 파일에서 정의한 모든 기술을 동일하게 사용하며, 최대 10비트의 입력 및 출력 영상에 대해 부호화를 지원하는 프로파일이다. main still picture 프로파일은 입력 영상을 단지 1장만을 사용하는 응용 서비스를 위한 프로파일이다.

레벨은 디코더에서 사용가능한 메모리 사용량과 버퍼의 크기를 정의하여 디코더에서 처리할 수 있는 비트스트림에 대한 제약 사항이다. 레벨에 따라 복호화 가능한 화면의 최대 화소 수, 최대 초당 화소 수, 초당 부호화된 최대 비트스트림의 크기 등을 포함하고 있다. [표 4]는 HEVC에서 제공하는 레벨을 보여준다. HEVC는 이전 표준과 달리 레벨에 단계(tier) 개념이 포함되어 있다. HEVC에서 정의하는 레벨에는 두 개의 단계를 포함한다. 하나는 메인 단계(main tier), 다른 하나는 고사양 단계(high tier)이다. 앞서 말한 초당 부호화된 최대 비트스트림의 크기의 값이 각각의 tier에 따라 다르게 정의된 것을 볼 수 있다. 이는 하나의 프로파일을 이용하여 영상을

[표 4] HEVC 레벨

Level	Max luma picture size MaxLumaps (samples)	Max CPB size (1000 bits)		Max slice segments per picture	MaxTileRows	Max # of tile rows	MaxTileCols	Max # of tile columns
		Main tier	High tier					
1	36 864	350	-	16	1	1	1	1
2	122 880	1 500	-	16	1	1	1	1
2.1	245 760	3 000	-	20	1	1	1	1
3	552 960	6 000	-	30	2	2	2	2
3.1	983 040	10 000	-	40	3	3	3	3
4	2 228 224	12 000	30 000	75	5	5	5	5
4.1	2 228 224	20 000	50 000	75	5	5	5	5
5	8 912 896	25 000	100 000	200	11	10	10	10
5.1	8 912 896	40 000	160 000	200	11	10	10	10
5.2	8 912 896	60 000	240 000	200	11	10	10	10
6	35 651 584	60 000	240 000	600	22	20	20	20
6.1	35 651 584	120 000	480 000	600	22	20	20	20
6.2	35 651 584	240 000	800 000	600	22	20	20	20

부호화 할지라도 부호화 이슈로써 영상 압축률을 조절할 수 있는데, 이를 응용에 따라 다른 범위의 비트스트림의 크기를 소화할 수 있도록 하는 개념이다. 메인 단계의 경우에는 일반적인 응용을 대상으로 하는 반면, 고사양 단계의 경우에는 특별히 높은 비트율을 원하는 응용을 대상으로 한다.

IV. 기타 기술

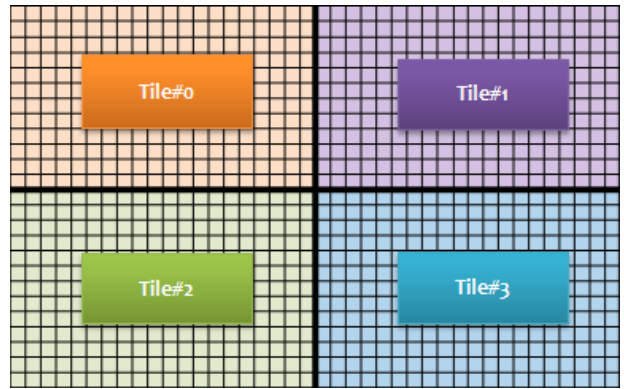
현재 HEVC는 고화질 및 고해상도 영상의 부/복호화를 위하여 병렬화를 표준화 단계에서 고려하고 있다. 때문에 병렬화를 위해 타일(tile), WPP(wavefront parallel processing) 기술이 채택되었다. 타일은 [그림 10]과 같이 프레임을 직사각형 형태로 분할하여 독립적으로 부/복호화가 가능하다. 타일의 분할정보는 PPS(picture parameter set)을 통해 알 수 있다. 현재 HEVC에서 프레임을 구성하는 방법으로 타일과 슬라이스 두 가지가 혼용되어 사용되기 때문에 슬라이스와 타일 간의 관계에 대하여 다음 두 가지 조건을 만족하여야 한다.

- 조건 1: 하나의 슬라이스 안의 모든 CTB는 동일한 타일 안에 존재한다.
- 조건 2: 하나의 타일 안의 모든 CTB는 동일한 슬라이스 안에 존재한다.

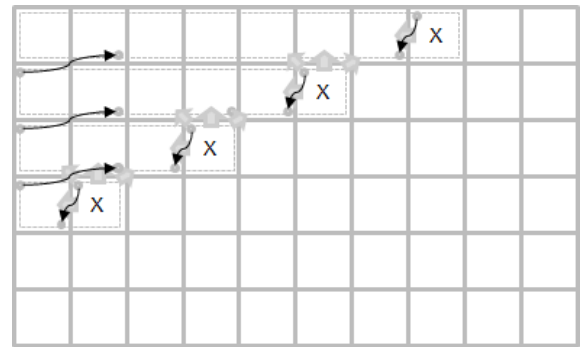
실제로 타일이 비트스트림으로 전송되는 예에 대하여 살펴본다. 하나의 슬라이스에 4개의 타일이 존재할 경우, 슬라이스 내에 부분 비트스트림(sub bitstream)으로 구분되어 전송되어지며, 부분 비트스트림의 시작 위치를 통해 복호화기에서 분리하여 병렬 복호화를 수행할 수 있다.

CABAC은 비트단위의 문맥 모델의 업데이트와 주변 블록 정보에 대한 적응적인 문맥 모델링 등 순차구조를 갖는다. 때문에 병렬 복호화 수행 시, 엔트로피 부/복호화 과정은 병목현상이 발생한다. HEVC 표준 과정에서 여러 표준에 참여한 기관은 엔트로피 부/복호화에 대한 병목현상을 해결하고자 여러 병렬화 구조를 제안하였다.

WPP는 이러한 엔트로피 복호화에 대한 병렬화를 위



[그림 10] 타일 분할의 예



[그림 11] WPP 방법

하여 제안되었다. WPP는 CTB 라인 단위로 엔트로피 부/복호화를 수행한다. 이 때, 확률 예측에 대한 부호화 효율을 저하를 줄이기 위하여, 첫 번째 이후의 CTB 라인의 문맥 초기화는 자신의 위쪽 CTB 라인의 두 번째 CTB 위치의 문맥 정보를 통해 초기화 된다. 이로써 부호화 효율에 대한 저하를 최소화하면서 2D wavefront 형태의 병렬화를 수행한다.

V. 부호화 성능

본 절에서는 차세대 비디오 압축 표준인 HEVC와 H.264/AVC의 객관적 화질에 대한 부호화 성능을 비교한다. HEVC와 H.264/AVC의 부호화 성능을 비교하기 위하여, 각 표준의 참조소프트웨어인 JM18.3과 HM6.0을 사용하였다. 부호화 성능 측정을 위하여 Class B(1920×1080), Class C(832×480) 영상에 대한 BD-BR과

BD-PSNR을 측정하였다. 부호화 성능 측정을 위해 사용된 QP는 HEVC의 경우 22, 27, 32, 37, H.264/AVC의 경우 HEVC에 준하는 화질을 갖도록 QP를 조절하였다.

[표 5]는 HEVC와 H.264/AVC의 부호화 성능을 측정된 결과이다. [표 5]에서 나타나는 바와 같이 Class B에서는 평균 38.35%, Class C에서는 평균 28.58%의 BD-BR 감

[표 5] JM18.3과 HM6.0의 BD-BR 및 BD-PSNR 성능 비교

Class	Sequence	QP	JM18.3		HM6.0		BD-BR (%)	BD-PSNR (dB)
			kbps	Y psnr	kbps	Y psnr		
B	Kimono	22	8223.80	41.66	4725.94	41.59	-44.20	1.87
		27	3617.43	39.70	2157.05	39.74		
		32	1797.20	37.16	1054.02	37.43		
		37	937.55	34.41	532.10	35.04		
	ParkScene	22	11509.00	40.38	7364.99	40.03	-31.13	1.23
		27	4831.31	37.83	3177.20	37.51		
		32	2258.47	35.07	1455.23	34.91		
		37	1086.79	32.30	673.53	32.40		
	Cactus	22	33854.38	38.82	18920.59	38.46	-34.13	0.95
		27	10038.56	37.03	6113.70	36.87		
		32	4684.55	35.14	2891.20	34.99		
		37	2420.48	32.82	1492.69	32.83		
	BasketballDrive	22	32592.48	39.62	17775.49	39.16	-40.59	1.23
		27	10521.06	37.56	6186.11	37.50		
		32	4927.81	35.58	2905.05	35.66		
		37	2641.46	33.30	1524.03	33.68		
BQTerrace	22	76860.01	38.79	40661.32	37.42	-41.66	0.77	
	27	15076.90	35.32	8317.73	35.28			
	32	4740.97	33.76	2834.17	33.87			
	37	2175.78	31.87	1299.31	32.06			
C	BasketballDrill	22	5781.89	40.94	3613.02	40.46	-33.20	1.72
		27	2821.98	37.74	1758.50	37.36		
		32	1409.65	34.68	872.69	34.45		
		37	731.82	32.00	463.40	31.94		
	BQMall	22	5998.43	40.57	3820.98	40.21	-30.26	1.44
		27	2777.36	38.04	1826.84	37.73		
		32	1427.95	35.22	937.66	35.01		
		37	767.43	32.34	503.12	32.29		
	PartyScene	22	11300.01	39.08	7028.55	38.25	-26.62	1.34
		27	5008.02	35.26	3275.10	34.74		
		32	2350.91	31.97	1582.22	31.61		
		37	1105.77	28.93	765.46	28.70		
	RaceHorse	22	7519.60	40.24	4780.81	39.01	-24.26	1.07
		27	3121.46	36.53	2025.96	35.82		
		32	1461.28	33.45	951.19	32.96		
		37	726.06	30.50	464.59	30.32		
Class B						-38.35	1.21	
Class C						-28.58	1.39	

소가 있었으며, Class B에서는 평균 1.21dB, Class C에서는 평균 1.39dB의 BD-PSNR 증가가 있었다.

VI. 결론

본 고에서는 차세대 비디오 압축 표준인 HEVC에 대해서 소개하였다. HEVC는 H.264/AVC와 유사한 복잡도를 가지면서도 주관적 및 객관적인 성능을 합쳐서 약 50%의 부호화 성능을 얻었다. 차세대 비디오 압축 기술에 대한 국가 경쟁력 제고 및 세계 시장에서의 우위를 점하기 위해 HEVC에 대한 연구가 필요할 것이다. HEVC는 표준화 제정 이후에 고화질 및 고해상도의 차세대 HDTV, 모바일 장치에서의 고화질 영상 스트리밍, 3차원 영상 서비스 등 많은 응용에 사용되리라 기대된다.

참고문헌

- [1] B. Li, G. J. Sullivan, and J. Xu, Proc. Of ISCAS, pp. 22-23, Seoul, Korea, May (2012)
- [2] B. Bross, W. J. Han, J. R. Ohm, G. J. Sullivan, and T. Wiegand, JCTVC-K1003, Shanghai, CN, October (2012)
- [3] E. Alshina, A. Alshin, J. H. Park, J. Lou, K. Minoo, JCTVC-G778, Geneva, CH, November (2011)
- [4] A. Fuldseth, G. Bjntegaard, M. Budagavi, V. Sze, JCTVCC-G495, Geneva, CH, November (2011)
- [5] C. M. Fu, C. Y. Chen, C. Y. Tsai, Y. W. Huang, S. Lei, JCTVC-E049, Geneva, CH, March (2011)
- [6] D. Marpe, H. Schwarz, and T. Wiegand, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 13, No. 7, pp. 620-636, July (2003)
- [7] A. Fuldseth, M. Horowitz, S. Xu, A. Segall, M. Zhou, JCTVC-F335, Torino, Italy, July (2011)

저 자 약 력

남 정 학



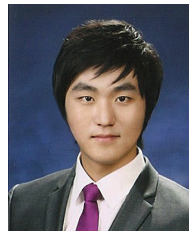
- 2006년 : 광운대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2008년 : 광운대학교 컴퓨터공학과 석사
- 2008년~현재 : 광운대학교 컴퓨터공학과 박사과정
- 관심분야 : 3D 영상 압축, 스케일러블 영상 압축

유 은 경



- 2011년 : 광운대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2011년~현재 : 광운대학교 컴퓨터공학과 석사과정
- 관심분야 : 영상 압축, 최적화 및 병렬화, 엔트로피 코딩

안 용 조



- 2010년 : 광운대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2012년 : 광운대학교 컴퓨터공학과 석사
- 2012년~현재 : 광운대학교 컴퓨터공학과 박사과정
- 관심분야 : 영상 압축, 최적화 및 병렬화

심 동 규



- 1993년 : 서강대학교 전자공학과 공학사
- 1995년 : 서강대학교 전자공학과 공학석사
- 1999년 : 서강대학교 전자공학과 공학박사
- 1999년~2000년 : 현대전자 선임연구원
- 2000년~2002년 : 바로비전 선임연구원
- 2002년~2005년 : University of Washington Senior research engineer
- 2005년~현재 : 광운대학교 컴퓨터공학과 부교수
- 관심분야 : 영상 신호 처리, 영상 압축, 컴퓨터비전