



HEVC Range Extension 표준 기술

I. 서론

High Efficiency Video Coding (HEVC) 표준은 2013년 1월에 표준화가 완료되었으며, 입력 비디오의 형식으로는 일반적으로 널리 쓰이는 4:2:0 컬러 포맷과 최고 10비트의 비트 심도(Bit-depth)를 지원한다^[1]. HEVC 1차 버전의 표준화가 완료된 이후, HEVC의 기능을 다양한 방식으로 확장시키는 표준화가 추가되어 이미 완료되었거나 일부는 현재도 진행 중이며, 대표적인 것들로는 Range Extension, Scalable Extension, 3D-HEVC 등이 있다. 본 논문에서는 이 중, HEVC Range Extension 표준 기술에 대해 설명한다.

HEVC Range Extension 표준의 목적은 HEVC 1차 버전이 지원하지 않는 확장된 컬러 포맷(4:2:2 및 4:4:4)과 12비트 이상의 높은 비트 심도를 지

HEVC Range Extension 표준의 목적은 HEVC 1차 버전이 지원하지 않는 확장된 컬러 포맷(4:2:2 및 4:4:4)과 12비트 이상의 높은 비트 심도를 지원하는 것이다.

원하는 것이다^[2]. HEVC Range Extension은 기본적으로 HEVC 버전 1의 디자인을 그대로 계승하며, 확장된 컬러 포맷에서 늘어난 색차 성분(chroma component)을 처리하고 높은 비트 심도를 지원하기 위한 필수적인 변화들이 우선적으로 표준에 반영되었고, 이에 덧붙여 비손실(lossless) 부호화 등 Range Extension의 응용 분야에서 부호화 효율을 향상시킬 수 있는 일부 신규 기술 또한 추가되었다^[3]. <표 1>은 HEVC Range Extension에서 새롭게 정의된 Profile들을 나열하고, 각 Profile이 Range Extension에서 새롭게 채택된 기술들 중 어떤 것들을 포함하고 있는지 보여주고 있다. 기존



이 선 일
삼성전자



김 찬 열
삼성전자



박 정 훈
삼성전자

〈표 1〉 HEVC Range Extension Profile 과 개발 기술 지원 매핑

HEVC Range Extension 기술	Monochrome		Main 12	Main 4:2:2 10/12	Main 4:4:4 8/10/12	Main Intra 8/10/12	Main 4:2:2 Intra 10/12	Main 4:4:4 Intra		Main 4:4:4 Still Picture	
	12	16						8/10/12	16	8	16
Implicit RDPCM	X	O	X	X	O	X	X	O	O	O	O
Explicit RDPCM	X	O	X	X	O	X	X	O	O	O	O
TS rotation	X	O	X	X	O	X	X	O	O	O	O
TS context	X	O	X	X	O	X	X	O	O	O	O
TS size	X	O	X	X	O	X	X	O	O	O	O
Rice adaptation	X	O	X	X	O	X	X	O	O	O	O
Intra smoothing disable	X	O	X	X	O	X	X	O	O	O	O
Cross-component prediction	X	X	X	X	O	X	X	O	O	O	O
Chroma QP offset	X	X	X	O	O	X	O	O	O	O	O
Extended precision processing	X	O	X	X	X	X	X	X	O	X	O

H.264/AVC 표준에서는 같은 목적의 Fidelity Range Extension (FRExt) 확장 표준화를 진행하면서, 4:2:0 컬러포맷 및 8비트 심도의 입력 비디오를 부호화하는 High Profile을 새롭게 추가하고, 8×8 정수 변환 등의 신규 기술을 포함시킴으로써, 사실상 H.264/AVC 표준 자체의 성능을 추가 개선하는 작업을 병행하였다^[4]. 그러나 〈표 1〉에서 나타난 바와 같이, HEVC Range Extension에서는 이미 표준화 완료된 버전 1의 Main 및 Main 10 Profile을 대체할 수 있는 신규 Profile은 정의되지 않았으며, 12비트 이상의 높은 비트 심도를 지원하더라도 컬러포맷이 4:2:0 혹은 4:2:2인 경우, Range Extension만의 신규 기술이 대부분 포함되지 않도록 Profile을 구성함으로써, 버전 1과의 디자인 통일성을 최대한 유지토록 했다.

HEVC Range Extension에서 확장된 컬러 포맷과 고 비트 심도를 지원하기 위한 필수적 변화들은 표준 문서 전반에 걸친 많은 변경 사항들을 포함하고 있으나, 대부분 직관적으로 이해가 가능한 것들이므로 지면 제약상 본 논문에서 다루지 않는다. 본 논문에서는 먼저 Range Extension에 새롭게 추가된 기술들을 간략히 살펴본 후, H.264/AVC FRExt 대비 HEVC

Range Extension의 성능 개선 수준을 실험 결과를 통해 검증하고, HEVC Range Extension 표준 기술의 의미와 향후 응용 분야 등에 대한 논의로 결론을 대신한다.

II. HEVC Range Extension 표준 기술

본 절에서는, HEVC 버전 1에 포함되었으나 HEVC Range Extension에서 디자인이 변경되었거나, HEVC Range Extension에 새롭게 추가된 기술들을 간략히 살펴본다.

Transform skip 기술은 각 변환 단위(Transform Unit, TU)에서 선택적으로 변환을 생략하는 기술이며, Screen content의 부호화 성능을 향상시킨다.

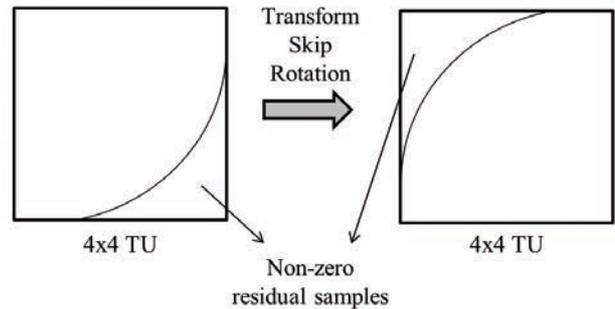
2.1 Transform skip 개선 기술

Transform skip 기술은 각 변환 단위(Transform Unit, TU)에서 선택적으로 변환을 생략하는 기술이며, 변환 부호화를 통해 오히려 화질의 열화가 발생하는 특수한 형태의 입력 비디오, 예를 들어 Screen content의 부호화 성능을 향상시키기 위해 HEVC 버전 1에도 채택되어 있는 기술이다^[5]. TU에서 변환이 생략될 경우, 실제 부호화되는 것이 변환 계수가 아닌 Intra 혹은 Inter 예측 후의 잔차 신호 자체이기 때문에 변환 계수의 부호화를 가정하고 설계된 HEVC 버전 1의 관

런 기술들의 성능이 떨어지는 문제가 있다. 그러나 당시 이미 HEVC 버전 1의 표준화가 마무리 단계였기 때문에 다른 기술을 일체 변경하지 않고, Transform skip을 4×4 TU에 한하여 채택하는 것으로 버전 1의 표준화는 완료되었다.

HEVC Range Extension은 Screen content가 일반적으로 취하는 4:4:4 컬러 포맷의 입력 비디오도 부호화할 수 있어야 하므로, Screen content에 효과적인 Transform skip 기술이 다양한 측면에서 개선되었다. 먼저 Transform skip이 4x4 TU만이 아닌 모든 크기의 TU에 적용될 수 있도록 디자인이 변경되었고, Transform skip이 적용되는 최대 TU 크기는 Picture Parameter Set (PPS)에 포함시켜 전송케 하였다^[6]. 그리고 Transform skip이 적용된 TU의 Significance map 부호화를 위하여, Context 모델을 휘도 (luminance)와 색차 성분 각각 1개씩 총 2개를 추가하여, 변환 계수와 통계적 특징이 상이하게 다른 잔차 신호의 Entropy 부호화 효율을 향상시켰다^[7]. Transform skip과 관련하여 마지막으로 추가된 기술은 Transform skip rotation 이다^[8]. 일반적으로 잔차 신호에 변환을 적용할 경우, 저주파 대역에 0이 아닌 계수들이 집중되어

있고 고주파 대역으로 갈수록 계수들이 0의 값을 가지는 분포를 갖게 된다. 그러나 Intra 예측이 적용된 블록의 잔차 신호는 변환 영역에서 고주파 대역에 해당되는 블록내 우측 하단 부분에 0이 아닌 샘플값이 주로 위치하는 분포를 갖게 된다. 이는 HEVC의 Intra 예측이 좌측과 상단 블록의 인접 샘플에 기반하여 예측 신호를 생성하기 때문에 상대적으로 이들 인접 블록으로부터 멀리 떨어진 우측 하단으로 갈수록 예측의 정확도가 떨어지기 때문이다. 만약 이러한 통계적 분포를 갖는 잔차 신호를 변환 계수 특징에 맞게 설계된 Entropy 부호화 기술로 부호화할 경우, 압축 성능이 저하되게 된다. 따라서 Transform skip rotation 기술에서는, <그림 1>에 나타난 바와 같이 잔차 신호를 회



<그림 1> Transform skip rotation 의 동작

전시켜 그 분포를 변환 계수와 유사하게 만듦으로써 부호화 성능을 향상시킨다. Transform skip rotation은 Intra 모드가 적용된 4×4 TU에만 적용된다.

2.2 Residual DPCM 기술

Residual DPCM (RDPCM) 기술은 Transform skip이 선택된 블록의 잔차 신호에 수직 혹은 수평 방향의 화소 단위 차분 부호화를 적용하는 기술이며, HEVC Range Extension에 새롭게 추가된 기술이다. RDPCM 기술은 Implicit RDPCM과 Explicit RDPCM의 두 가지 형태로 HEVC Range Extension에 채택되었는데, Implicit RDPCM의 경우 Intra 모드로 부호화되는 블록

Residual DPCM (RDPCM) 기술은 Transform skip이 선택된 블록의 잔차 신호에 수직 혹은 수평 방향의 화소 단위 차분 부호화를 적용하는 기술이다.

에서, 추가 정보의 전송 없이 Intra 예측 모드에 기반하여 RDPCM의 방향(수직 혹은 수평)을 결정하는 방법이며^[9], Explicit RDPCM은 Inter 모드로 부호화되는 블록에서, RDPCM의 방향을 알려주는 flag를 직접 부호화하여 전송하는 방법^[10], 두 방법 모두 잔차 신호의 차분 부호화 방식 자체에는 차이가 없다. RDPCM 기술은 H.264/AVC에서 지원하는 Intra residual transform-bypass coding 방식과 기본적으로 동일한 기술이며, 특히 비손실 부호화에서 큰 성능 향상을 얻을 수 있다.

2.3 Rice parameter adaptation 기술

HEVC 표준에서 변환 계수의 절대값은 다양한 문법

```

1) 초기화: 각 Slice에서 statCoeff[n] = 0 (n=0,...,3)
2) sbType 결정: 각 4x4 CG가 4가지 sub-block type (sbType)중 하나로 결정
   sbType = isLuma*2+ isTSFlag
3) 각 sbType별로 statCoeff 배열이 업데이트 (단 CG내 첫번째 0이 아닌 변환계수에서만 업데이트 수행)
   if (uiLevel >= 3*(1 << (statCoeff[sbType]/4)))
       statCoeff[sbType] ++;
   else if ((2* uiLevel) < (1 << (statCoeff[sbType]/4))
   && statCoeff[sbType] > 0)
       statCoeff[sbType] --;
4) 각 CG의 Rice 인자 초기값을 statCoeff 기반으로 결정
   cRiceParam = statCoeff[sbType]/4;
5) CG내에서 Rice 인자는 다음과 같이 업데이트
   if ( cLastAbsLevel > (3 * ( 1 << cLastRiceParam )))
       cRiceParam ++;
    
```

〈그림 2〉 신규 Rice 인자 adaptation 방식

요소 (syntax element) 들에 의해 단계적으로 부호화된다. 먼저 sig_coeff_flag를 이용, 해당 변환 계수가 0 혹은 0이 아닌 값을 갖는지 나타낸 후, coeff_abs_level_grater1_flag와 coeff_abs_level_greater2_flag를 이용하여 0이 아닌 변환 계수의 절대값이 각각 1과 2보다 큰지를 표시한다. 해당 변환 계수의 절대값이 2를 초과하는 경우, coeff_abs_level_remaining 문법 요소를 추가로 부호화하여 나머지 절대값을 나타내게 된다. HEVC에서는 이 문법 요소의 이진화(binanzation)를 위하여 Golomb-Rice code를 사용한다. Golomb-Rice code는 절대값의 크기가 증가할수록 그 발생 확률이 낮아지는 입력 신호의 가변 길이 부호화 (variable-length coding)에 최적인 특징을 갖는 Universal code의 일종으로, 절대값의 크기가 0에 가까울수록 그 발생 빈도가 높아지는 변환 계수의 이진화에 사용하기에 적합하며, 일종의 변수인 Rice 인자 (Rice parameter)를 조절함으로써 입력 신호의 확률 분포 변화에도 대응할 수 있는 장점이 있다. HEVC 버전 1에서는 Rice 인자를 4×4 단위의 coefficient group (CG) 별로 0으로 초기화한 후, 부호화하는 변환 계수의 절대값의 크기에 기반하여 최대 4까지 단조 증가하도록 Rice 인자 adaptation이 설계되어 있다^[1]. 그러나 Range Extension에서는 12비트 이상의 높은 비트 심도의 비디오를 부호화하거나, 상대적으로

Range Extension에서는 Slice 내에서 변환 계수 절대 값의 통계적 분포를 누적해나가는 방식으로 Rice 인자adaptation을 개선하는 새로운 방식이 채택되었다.

Transform skip이 선택되는 빈도가 월등히 높은 4:4:4 컬러 포맷의 Screen content 영상을 부호화하는 경우에 변환 계수(Transform skip이 선택된 경우 잔차 신호 샘플)의 절대값이 매우 커지게 되어 버전 1의 Rice 인자 adaptation 방법의 성능이 떨어지는 문제점이 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해, HEVC Range Extension에서는 Slice 내에서 변환 계수 절대값의 통계적 분포를 누적해나가는 방식으로 Rice 인자 adaptation을 개선하는 새로운 방식이 채택되었다^[11].

〈그림 2〉는 신규 Rice 인자 adaptation 방식의 동작 순서를 보여주고 있다. 먼저 4×4 CG를 해당 블록이 휘도 성분인지 여부와 (isLuma), Transform skip이 적용된 블록인지 (isTSFlag) 여부에 따라 총 4가지 sub-block type (sbType) 중 하나로 분류된다. 각 sbType별로 slice 시작 시점에 0으로 초기화되는 일종의 통계치 누적기인 statCoeff 배열이 존재하며, 이 값을 CG내 첫번째 0이 아닌 변환 계수의 값에 따라 〈그림 2〉의 3단계에 나타낸 바와 같이 업데이트하며, 이 값에 기반하여 CG내의 Rice 인자 (cRiceParam)의 값을 0이 아닌 값으로 초기화하게 된다. CG내에서 Rice 인자를 업데이트하는 방식은 HEVC 버전 1과 기본적으로 동일하나, 최대 4의 값만을 가질 수 있는 제한이 사라진 점은 다르다. 새로운 Rice 인자 adaptation 방식은 12비트 미만의 비트 심도를 갖는 일반 영상에 대해서는 압축 성능 향상 효과가 거의 없으나, 12비트 이상의 높은 비트 심도를 갖는 비디오, 혹은 Screen content와 같은 특수한 형태의 영상에 대해서는 매우 우수한 압축 성능 향상 효과를 기대할 수 있다.

2.4 Cross-component 예측 기술

영상의 휘도와 색차 성분 간의 유사성을 이용한 Cross-component 예측 기술은 HEVC 버전 1에서도 활발하게 제안되었고 채택이 유력한 단계까지 갔으나, 휘도와 색차 성분의 부호화가 상호 의존성을 가지

게 되는 등의 근본적인 문제가 지속적으로 제기되어 결국 채택되지 못했다^[12]. HEVC Range Extension은 휘도와 색차 성분간의 유사성이 더욱 큰 4:4:4 컬러 포맷의 입력 영상의 부호화도 지원해야 하므로 Cross-component 예측 기술의 필요성이 다시 제기되었고, 논의 끝에 잔차 신호 영역에서 Cross-component 예측을 수행하는 기술이 채택되었다^[13]. 본 기술이 적용되었을 때, 복호화기(Decoder)단에서 (x, y) 위치의 색차 성분 잔차 신호 $r_c(x, y)$ 는 전송된 색차 성분의 잔차 신호 차분값 $\Delta r_c(x, y)$ 와 휘도 성분의 잔차 신호 $r_L(x, y)$ 를 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$r_c(x, y) = \Delta r_c(x, y) + (\alpha \times r_L(x, y)) \gg 3 \quad (1)$$

식 (1)에서 Cross-component 예측을 수행하는 데에 사용하는 scaling factor α 는 $\{-8, -4, -2, -1, 0, 1, 2, 4, 8\}$ 중 하나의 값을 가질 수 있으며, 부호화기(Encoder)가 구해 TU 단위로 전송해주므로, 복호화기 단에서는 별도의 계산 없이 바로 사용할 수 있다. Cross-component 예측 기술은 4:4:4 컬러 포맷의 영상에서 압축 성능을 크게 향상시킬 수 있으며, <표 1>에 표시된 바와 같이, 4:4:4 컬러 포맷을 위한 Profile에서만 사용할 수 있도록 정의되어 있다.

2.5 Extended precision 처리 기술

Extended precision 처리 기술은 매우 높은 비트 심도의 입력 비디오를 부호화할 때 발생하는 다양한 문제를 해결하기 위한 변화들을 포함하여, <표 1>에 표시된 바와 같이 최고 16 비트의 입력 비트 심도를 지원하는 Profile에서만 지원한다. 먼저 변환 계수가 취할 수 있는 값의 범위의 경우, HEVC 버전 1에서는 입력 비트 심도와 무관하게 $[-2^{15}, 2^{15}-1]$ 의 범위를 갖도록 고정되어 있었으나, HEVC Range Extension에서는 extended_precision_processing_flag가 1로 활성화될 경우, 입력 휘도 혹은 색차 비트 심도(BD)와 연동하여 $[-2^{\text{Max}(15, \text{BD}+6)}, 2^{\text{Max}(15, \text{BD}+6)}-1]$ 의 범위를 가질 수 있게 하였다^[14]. 그리고 입력 비트 심도가 12비트를 초과하는 경우, Transform skip이 선택된 블록에서, 잔차 신

호 샘플을 복원하는 과정 중 least-significant bits (LSB)가 손실되는 문제가 발견되어, 이 과정이 입력 비트 심도에 연동될 수 있도록 수정되었다^[15]. HEVC 버전 1에서는 coeff_abs_level_remaining 문법 요소를 이진화한 길이가 최대 32비트를 넘지 않도록 변환 계수 부호화 방법이 설계되어 있었다. 그러나 HEVC Range Extension에서는 입력 비트 심도가 12비트를 초과하는 경우, 이 길이가 최대 46이 되는 문제가 있었다. 이를 해결기 위해 해당 문법 요소의 이진화 방법을 수정하여 16비트의 입력 비트 심도에서도 coeff_abs_level_remaining를 이진화한 최대 길이가 32비트를 넘지 않도록 디자인이 변경되었다^[16].

2.6 기타 기술

HEVC의 Intra 예측은 주변 블록의 인접 샘플을 참조 샘플로 사용하는 방식으로 동작하며, 압축 성능 향상을 위해 참조 샘플에 필터링을 적용하는 단계가 포함되어 있다. 그러나 Screen content와 같이 높은 선예도를 유지하는 것이 주관적 화질 향상에 중요한 입력 영상을 부호화할 때에는, 이 참조 샘플 필터링 단계를 생략하는 것이 부호화 효율을 오히려 더 높이는 경우가 있다. 따라서 HEVC Range Extension에서는 Intra 예측 시, 참조 샘플의 필터링 단계를 선택적으로 생략할 수 있는 방식을 새로이 채택하였다^[17].

HEVC 버전 1은 부호화 단위(Coding Unit, CU)로 휘도 성분의 양자화(Quantization)을 위한 QP값을 조절하는 기능은 제공하고 있으나, 색차 성분에 대해서는 오직 Slice 수준에서만 QP를 조절하는 방식을 취하고 있다. 그러나 4:2:2, 4:4:4 등 확장된 컬러 포맷을 제공하는 HEVC Range Extension에서는 좀 더 정밀한 Rate control 등을 위해 더 늘어난 색차 성분 샘플들의 양자화도 Slice 내에서 더 세밀하게 조절할 수 있는 기능을 요구하게 되었다. 따라서 HEVC Range Extension은 CU 단위로 색차 성분의 QP 값을 조절할 수 있는 기능을 추가로 제공하고 있다^[18]. HEVC Range Extension에 신규 추가된 기술들이 대부분 4:4:4 컬러 포맷을 지원하는 Profile에서만 지원되는

것과 달리, 색차 성분을 위한 CU 단위 QP값 제어는 4:2:2 컬러 포맷을 지원하는 Profile에서도 사용할 수 있다는 차이점이 있다.

III. HEVC Range Extension의 성능 실험 결과

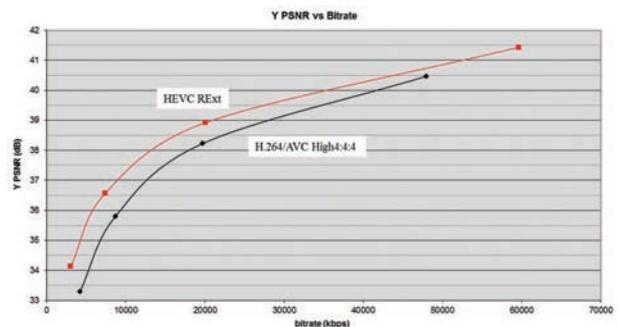
본 절에서는 HEVC Range Extension (Main 4:4:4 12 Profile)의 성능을 H.264/AVC (High 4:4:4 Predictive Profile)과 비교한다. 비교 실험을 위한 Software로는 HM-14.0+RExt-7.0 (HEVC Range Extension)과 JM-18.6 (H.264/AVC)을 사용하였으며, 실험 조건은 HEVC Range Extension의 공통 실험 조건에 정의된 바를 따랐다^[19]. 참고로 본 절에서 제시하는 결과는 [20]에서 제시한 바와 같으며, 해당 기고문에는 현재 표준화가 진행중인 HEVC Screen content coding 확장 표준과의 성능 비교 결과도 제시되어 있다.

〈표 2〉는 다양한 부호화 환경에서 HEVC Range Extension의 H.264/AVC 대비 성능을 요약하여 보여주고 있다. 표에서 AI는 모든 프레임을 Intra로 부호화하는 All Intra, RA는 주기적으로 Intra 프레임을 삽입하여 (본 실험 환경에서는 1초 간격) 영상의 임의 탐색이 가능하게 만든 Random Access, LB는 시간적으로 현재 프레임 이전의 프레임들만 Inter 예측 시 참조 가능케 제한하여 인터넷 스트리밍 등의 응용 분야에 사용되는 Low delay 환경을 제공하되, 시간적으로 현재 시점 이전에 존재하는 프레임들에 관해서는 양방향 Intra 예측을 허용하는 Low-delay B 실험 조건이다. MT와

HT, SHT는 각각 Main-Tier, High-Tier, Super-High-Tier이며, 각각 실험시 사용하는 QP값의 범위에 차이를 두어 서로 다른 비트율 및 화질을 지원하는 다양한 응용 분야에서의 성능 차이를 확인할 수 있게 하였다 (SHT로 갈수록 높은 비트율 영역에 해당된다). 입력 영상으로는 1920×1080 혹은 2560×1600의 해상도를 갖고, 4:2:2 혹은 4:4:4의 컬러 포맷 형식이며, 입력 비트 심도는 최대 12비트인 RGB 혹은 YCbCr 영상들이 사용되었다^[19].

표에서 제시된 바와 같이, HEVC Range Extension은 H.264/AVC대비 AI-NT, RA-MT, LB-MT 부호화 환경에서 각각 -25%, -33%, -38%의 압축 성능 향상을 보여주고 있다. 〈그림 3〉과 〈그림 4〉는 실험 영상 중 하나인 Traffic 영상에 대한 HEVC Range Extension과 H.264/AVC의 부호화 성능 차이를 각각 RA와 LB 부호화 환경에서 보여주고 있다. 각 Rate-Distortion (RD) 곡선을 보면 HEVC Range Extension이 H.264/AVC 대비 크게 압축 성능을 향상시켰음을 다시 한번 확인할 수 있다.

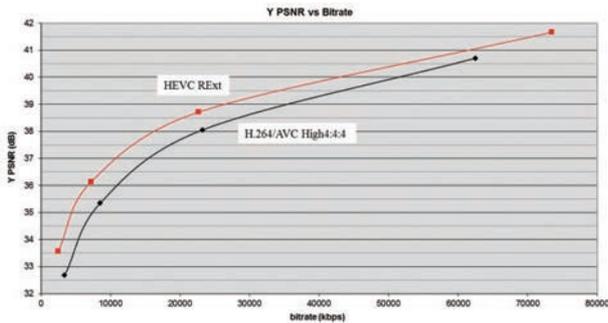
HEVC Range Extension은 H.264/AVC 대비 크게 압축 성능을 향상시켰다.



〈그림 3〉 Traffic 영상(2560x1600, YCbCr 4:4:4)에 대한 RA 환경에서의 압축 성능 비교

〈표 2〉 HEVC Range Extension 의 H.264/AVC 대비 압축 성능

	AI-MT	AI-HT	AI-SHT	RA-MT	RA-HT	LB-MT	LB-HT
RGB 4:4:4	-32.6%	-25.1%	-19.6%	-36.0%	-25.1%	-36.2%	-25.0%
YCbCr 4:4:4	-22.4%	-19.0%	-14.8%	-35.1%	-29.8%	-39.8%	-32.9%
YCbCr 4:2:2	-19.7%	-15.8%	-11.7%	-30.2%	-27.8%	-35.9%	-31.0%
평균	-25.2%	-17.4%	-13.2%	-32.7%	-28.8%	-37.8%	-32.0%



〈그림 4〉 Traffic 영상(2560x1600, YCbCr 4:4:4)에 대한 LB 환경에서의 압축 성능 비교

IV. 결론

본 논문에서는 최근 그 표준화가 완료된 HEVC Range Extension 표준에 대해 간략히 살펴보았다. HEVC Range Extension은 HEVC 버전 1이 지원하지 않는 확장된 컬러 포맷과 높은 입력 비트 심도를 지원하기 위해 표준화가 진행되었으며, 해당 부호화 환경에서 새로이 발생하는 문제점을 해결하고, 압축 성능을 추가로 향상시키기 위한 기술들 또한 일부 새롭게 채택되었다. 본 논문에서는 HEVC Range Extension에 새로이 추가된 기술을 중심으로 HEVC Range Extension의 기술적 특징을 소개하였으며 각 기술이 새로이 정의된 각각 Profile에서 어떻게 지원되는지를 요약 설명하였고, 마지막으로 HEVC Range Extension의 성능을 이전 표준인 H.264/AVC와 비교 분석하였다.

이전 표준들도 HEVC Range Extension과 같이 확장된 컬러 포맷과 고 비트 심도를 지원하기 위한 확장 표준들이 존재하였으나, 이들 표준은 방송국 등 콘텐츠 제작에 관여하는 전문가 영역에서만 제한적으로 활용되었다. 그러나 HEVC 표준이 널리 쓰이게 될 Ultra High-Definition (UHD) 방송 환경에서는, 초고화질 영상에 대한 소비자들의 높아진 눈높이에 맞춰 12비트 이상의 고 비트 심도 영상 등을 TV가 지원하고, 이를 일반 사용자들도 즐길 수 있게 될 것으로 기대되고 있다. 이렇듯 달라진 미디어 환경에 발맞춰 MPEG에서는 High Dynamic Range (HDR) 지원을 위한 새로운 표

준의 제정을 준비하고 있으며, 여기에 맞물려 HEVC Range Extension 기술도 일반 소비자 시장에서 더 큰 역할을 감당하게 될 것으로 예측된다^[21].

참고 문헌

- [1] ISO/IEC 23008-2:2013, "Information technology - High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments - Part 2: High efficiency video coding", November 2013.
- [2] ISO/IEC document JTC1/SC29/WG11/N13344, "Request for ISO/IEC 23008-2:201X/Amd.1", January 2013.
- [3] D. Flynn, M. Naccari, C. Rosewarne, K. Sharman, J. Sole, G. J. Sullivan, T. Suzuki, "High Efficiency Video Coding (HEVC) Range Extensions text specification: Draft 7", JCTVC-Q1005, April 2014.
- [4] ISO/IEC 14496-10:2014, "Information technology - Coding of audio-visual objects - Part 10: Advanced Video Coding", August 2014.
- [5] C. Lan, J. Xu, G.-J. Sullivan, F. Wu, "Intra transform skipping", JCTVC-I0408, May 2012.
- [6] X. Peng, J. Xu, L. Guo, J. Sole, M. Karczewicz, "Non-RCE2: Transform skip on large TUs", JCTVC-N0288, July 2013.
- [7] T. Tsukuba, T. Yamamoto, "Constant coefficient context for intra transform skipping", JCTVC-J0069, June 2012.
- [8] D. He, J. Wang, G. Martin-Cocher, "Rotation of Residual Block for Transform Skipping", JCTVC-J0093, June 2012.
- [9] M. Zhou, M. Budagavi, "RCE2: Experimental results on Test 3 and Test 4", JCTVC-M0056, April 2013.
- [10] M. Naccari, M. Mrak, "RCE2: Experimental results for Test C.1", JCTVC-N0074, July 2013.
- [11] M. Karczewicz, L. Guo, J. Sole, R. Joshi, K. Sharman, N. Saunders, J. Gamei, "RCE2: Results of Test 1 on Rice Parameter Initialization", JCTVC-

P0199, January 2014.

[12] J. Kim, "AHG7: The performance of extended intra chroma prediction for non 4:2:0 format", JCTVC-L0240, January 2013.

[13] W. Pu, W.-S. Kim, J. Chen, J. Sole, M. Karczewicz, "RCE1: Descriptions and Results for Experiments 1, 2, 3, and 4", JCTVC-O0202, October 2013.

[14] K. Sharman, N. Saunders, J. Gamei, "AHG 5 and 18: Internal Precision for High Bit Depths", JCTVC-N0188, July 2013.

[15] S. H. Kim, K. Misra, A. Segall, "AHG18: Modified scaling factor for transform-skip blocks to support higher bit depths greater than or equal to 14", JCTVC-N0275, July 2013.

[16] K. Sharman, N. Saunders, J. Gamei, "AHG18: Worst-case Escape Code Length Mitigation", JCTVC-Q0073, April 2014.

[17] J. Zhu, K. Kazui, "Non-RCE2: Skip of neighbouring samples filtering in intra prediction for lossless coding", JCTVC-N0080, July 2013.

[18] D. Flynn, N. Nguyen, D. He, A. Tourapis, G. Cote, D. Singer, "RExt: CU-adaptive chroma QP offsets", JCTVC-O0044, October 2013.

[19] C. Rosewarne, K. Sharman, D. Flynn, "Common test conditions and software reference configurations for HEVC range extensions", JCTVC-P1006, January 2014.

[20] B. Li, J. Xu, G. J. Sullivan, "Comparison of Compression Performance of HEVC 4:4:4 Range Extensions Test Model 7 and HEVC Screen Content Coding Extensions Test Model 1 with AVC High 4:4:4 Predictive profile", JCTVC-R0101, July 2014.

[21] ISO/IEC document JTC1/SC29/WG11/W14547, "Draft Requirements and Use Cases for HDR and Wide Color Gamut Content Distribution", July 2014.



이 선 일

- 2001년 연세대학교 전자공학 학사
- 2002년 한국과학기술원 전자공학 석사
- 2008년 한국과학기술원 전자공학 박사
- 2008년 3월~8월 한국과학기술원 박사후 연구원
- 2008년 9월~현재 삼성전자 DMC연구소 책임연구원

〈관심분야〉
비디오 코딩 기술 개발 및 표준화



김 찬 열

- 1998년 연세대학교 전파공학 학사
- 2004년 연세대학교 전자공학 석사
- 2009년 터블린 대학교 전자공학 박사
- 1998년~현재 삼성전자 DMC연구소 수석연구원

〈관심분야〉
비디오 코딩 기술 개발 및 표준화



박 정 훈

- 1991년 한양대학교 전자공학 학사
- 1994년 한양대학교 전자공학 석사
- 1994년~현재 삼성전자 DMC 연구소
- 1999년 1월~2000년 1월
UCLA Visiting Researcher
- 현재 삼성전자 DMC연구소 연구임원

〈관심분야〉
화질 향상 및 미디어 압축 기술 연구 개발