

## HEVC 기반 스케일러블 비디오 부호화의 개요 및 성능 분석

최진혁, 최해철

한밭대학교 정보통신전문대학원

best1049@naver.com, choihc@hanbat.ac.kr

## Overview and Performance analysis of the HEVC based Scalable Video Coding

Jinhyuk Choi, Haechul Choi

Hanbat National University

## 요약

최근 HD(High Definition)화질 및 UHD(Ultra High Definition)화질과 같은 고품질 방송 서비스가 등장하고, 무선 네트워크 기술의 발달로 스마트폰, 태블릿PC 등과 같은 다양한 휴대용 멀티미디어 기기들이 존재함에 따라, 소비자들은 다양한 환경에서 고해상도 영상을 고품질로 사용하기를 원하고 있다. 따라서 스케일러블리티의 현실적 필요성이 점점 대두되고 있으며, 이에 따라 ISO/IEC의 MPEG(Moving Picture Experts Group)와 ITU-T의 VCEG(Video Coding Experts Group)이 공동으로 결성한 Joint Collaborative Team on Video Coding(JCT-VC)에 의해 시간, 공간, 화질 등의 확장성을 제공하는 Scalable Video Coding(SVC)의 표준화가 진행되고 있다. 이에 본 논문은 공간적, 시간적, 화질적 스케일러블리티(Scalability)를 제공하기 위한 SHVC의 표준 기술들에 대해 설명하고, 기존 단일 계층 부호화 방식(Single Video Coding)으로 서로 다른 해상도의 영상을 Simulcast부호화한 결과와 비교하여 SHVC의 부호화 효율에 대한 성능을 분석 하였다.

## 1. 서론

최근 다양한 멀티미디어 디바이스의 보급과 각종 멀티미디어 기술의 급속한 발전에 따라, 동영상 정보를 포함한 다양한 멀티미디어 서비스에 대한 소비자의 요구가 커지고 있으며, HD(High Definition)화질 및 UHD(Ultra High Definition)화질과 같은 고품질 방송 서비스가 등장하면서, 정보의 질적 향상에 더 많은 관심을 가지게 되었다.

멀티미디어에서의 비디오 서비스에서 널리 쓰이고 있는 비디오 부호화 기술은 고정된 영상 포맷(format)과 비트율(bit-rate)로 압축 및 전송하는 단일 계층 압축 부호화(Single layer video coding) 방식이다. 하지만 위와 같은 단일 계층 방식은 근래의 무선 네트워크 기술의 발달로 스마트폰, 태블릿PC 등과 같은 다양한 휴대용 멀티미디어 기기들이 존재함에 따라, 다양한 환경에서 시변의 전송조건, 망의 특성, 사용자 선호도, 그리고 단말의 다양한 성능 등의 조건들에 모두 적합하도록 미리 부호화하기 어려우므로 끊임 없는 품질의 멀티미디어에 대한 사용자의 욕구를 충족시킬 수 없다. 따라서 비디오 부호화에서의 스케일러블리티의 현실적 필요성이 점점 절실하게 되었으며, 실시간 비디오 전송에서의 다양한 스케일러블리티를 지원하고, 이러한 환경에서 효율적으로 동작하기 위해 시간, 공간 화질 등의 확장성을 제공하는 Scalable Video Coding(SVC)기술은 멀티미디어의 전송 및 소비 환경 적응을 위한 매력적인 해결책 중의 하나이다. 이에 따라 ISO/IEC의 MPEG(Moving Picture Experts Group)와 ITU-T의 VCEG(Video Coding Experts Group)에 의해 결성된 Joint Collaborative Team on Video Coding(JCT-VC)은 현재 스케일러블 비디오 부호화에 대한 표준화를 진행하고 있다.

SHVC에서 요구하는 스케일러블리티의 종류에는 공간적 스케일러블리티(Spatial Scalability), 시간적 스케일러블리티(Temporal Scalability) 그리고 화질적 스케일러블리티(SNR Scalability)가 있다. 먼저 공간적 스케일러블리티는 다양한 해상도의 영상을 계층으로 나누어 부호화한다. 기본 계층(Base Layer)은 기존 HEVC 기술만을 사용하여 부호화하고, 향상 계층(Enhancement Layer)은 움직임 정보, 잔차 신호 등 하위 계층과의 상관관계를 이용하여 부호화하며, 현재 SHVC는 1.5배와 2배 공간적 스케일러블리티를 지원하고 있다. 다음으로 시간적 스케일러블리티는 같은 공간 해상도에서 프레임 주파수가 다른 것들을 부호화 하는 방법이다. 이미 부호화 된 영상을 참조 영상으로 사용함으로써 부호화 효율을 증가시킬 수 있다. 마지막으로 화질적 스케일러블리티의 경우 상위 계층은 하위 계층 보다 작은 양자화 계수 값으로 보정하여 화질을 계층별로 부호화하는 방법이다. 이로 인해 점차적으로 복원 영상의 화질이 향상되도록 비트스트림을 구성할 수 있다.

본 논문의 2장에서는 SHVC에 대한 설명과 함께 SHM2.0에 표준화 되어있는 표준 기술들에 대하여 소개한다. 그리고 3장에서는 SHVC의 성능을 평가하고, 마지막으로 4장에서 결론을 맺으며 마무리한다.

## 2. SHVC개요

Scalable Video Coding(SVC)은 작은 영상 크기의 비디오 시퀀스부터 큰 영상 크기의 시퀀스들을 각 공간적 계층에 입력하여 부호화 과정을 수행하는 다 계층 부호화에 기반 한다. 각 공간적 계층들은 각각 독립적으로 부호화 할 수도 있지만, 하위 계층의 부호화 결과물을 상위

계층의 참조영상으로 사용하여 부호화 효율을 향상시킬 수 있다. 이때, 하위계층의 영상은 상위계층의 영상에 맞게 업샘플링(up-sampling)하여 상위계층의 참조영상으로 사용한다.

## 2-1. 부호화 구조

계층에 따른 시간적 예측 구조를 사용하는 경우 HEVC의 인코더 디자인은 자연스럽게 시간적으로 확장 할 수 있다. Multi-loop 디코딩 프레임워크에서, 시간상으로는 같지만 계층이 다른 영상은 계층을 구분하는 기준이 되는 nuh\_layer\_id의 오름차순으로 부호화된다. 기본 계층 영상은 기존 HEVC코덱을 사용하여 기본 계층 비트스트림으로 부호화 되고, 향상 계층 영상은 효과적인 부호화를 위해 참조 계층에 이미 코드화된 데이터(복원영상 샘플과 움직임 매개변수)를 사용하여 부호화 한다. 이 때, 효과적인 부호화를 위한 추가적인 계층 간 예측도구(inter-layer prediction tool)가 SHVC코덱에 포함되었다. 새롭게 포함된 예측도구들은 2-2, 2-3장에서 소개된다.

## 2-2. Reference Index 기반의 SHVC

참조 인덱스 기반의 SHVC는 기존 HEVC의 참조영상리스트를 구성하는방법에 덧붙여서 기본 계층 영상을 업샘플링하여 만든 계층 간 참조 영상을 참조 리스트에 추가하여 향상 계층 영상을 예측하는 방법이다.

### 2-2-1. 계층 간 텍스처 예측(Inter-layer texture prediction)

참조 인덱스 기반의 SHVC에서 계층 간 텍스처 예측 구조는 HEVC의 구조에서 block level syntax와 디코딩 프로세스는 변하지 않았고, 오직 high level syntax만 현재 영상과 동일한 POC값을 갖는 참조 영상을 부호화하기 위한 참조영상으로 사용할 수 있도록 구조화 하였다. 그렇기 때문에 향상계층을 부호화 할 경우 같은 계층의 시간적 참조영상 뿐만 아니라 다른 계층의 계층 간 참조영상 둘 다 참조 영상 리스트 안에 포함된다.

SHVC의 test model인 SHM2.0에서 참조 영상 리스트는 먼저 temporal방향의 참조 영상이 HEVC의 참조 리스트(L0, L1) 구성과 같은 방법으로 참조 리스트의 첫 번째에 추가되고, 계층 간 참조 영상은 참조 리스트의 맨 마지막에 추가된다. 만약 현재 향상 계층 영상이 P-Slice로 부호화 되었다면, 계층 간 참조는 참조 영상 리스트 L0에 추가되고, 현재 향상 계층 영상이 B-Slice로 부호화 되었다면, 참조 영상 리스트 L0와 L1에 모두 추가된다.

### 2-2-2. 계층 간 움직임 예측(Inter-layer motion prediction)

참조 인덱스 기반의 SHVC에서 계층 간 움직임 예측 구조는 참조 영상으로 계층 간 참조 영상을 사용하여 Merge/AMVP의 TMVP(Temporal Motion Vector Predictor)를 유도함으로써 움직임을 예측하는 구조이다.

공간적인 스케일러빌리티(spatial scalability)의 경우, 현재 계층과 참조 계층 사이에 TMVP를 유도하기 위해 추가적인 블록 레벨 디코딩 프로세스의 수정 없이 Motion Field Mapping(MFM) 과정이 수행된다. MFM 과정에서, 기본 계층 영상에서 업샘플링(up-sampling)된 화

면 간 참조 영상의 motion field는 기본 계층 영상에서의 motion field를 기반으로 얻을 수 있다. 업샘플링된 화면 간 참조영상의 16x16 블록에 대한 움직임 벡터, 참조 인덱스와 같은 움직임 파라미터와 예측모드(Prediction mode)는 기본계층 영상 블록의 움직임 파라미터와 예측모드로부터 유도된다.

## 2-3. TextureRL Index 기반의 SHVC

TextureRL 기반의 SHVC는 기본 계층 영상을 업샘플링하여 만든 복원 영상의 블록을 이용하여 현재 향상 계층 영상의 블록을 예측하는 방법이다.

### 2-3-1. 계층 간 텍스처 예측(Inter-layer texture prediction)

TextureRL 기반의 SHVC에서, 계층 간 텍스처 예측은 부호화 기본 단위인 CU레벨에서 수행되며, 기존 HEVC의 예측모드와 더불어 IntraBL모드라는 새로운 예측모드가 추가되었다. 예측모드로 IntraBL모드가 선택될 경우, 업샘플링(up-sampling)된 기본 계층 블록은 향상 계층의 CU를 부호화하기 위한 예측으로 사용된다. 향상 계층 인코더의 입력 CU에 대해, 최적의 CU모드는 Intra, Inter 그리고 IntraBL모드 중에 하나로 결정된다.

### 2-3-2. 계층 간 움직임 예측(Inter-layer motion prediction)

HEVC/AVC에서 merge mode와 advanced motion vector prediction(AMVP)는 움직임 벡터 부호화를 위해 사용되었다. merge 모드에서, 현재 PU의 움직임 벡터, 참조 영상 인덱스 등의 움직임 파라미터는 motion vector difference(mvd)없이 주변 블록으로부터 상속된다. TextureRL기반의 SHVC에서는 Merge의 첫 번째 후보로 현재 향상 계층 블록과 대응되는 기본 계층 블록의 움직임 벡터를 사용하여 예측한다.

## 3. 성능분석

SHVC 성능 분석을 위해 SHVC test model인 SHM2.0을 사용하였으며, simulcast의 성능은 HMI0.1로 기본 계층과 향상 계층을 각각 독립적으로 부호화하여 성능 분석 하였다. 사용된 PC의 사양은 2.4GHz zeon E5 2665, 128GB RAM이다. 테스트 영상으로는 SHVC Common Test Condition에서 제공하는 영상을 사용하였고, QP(Quantization parameter)값도 마찬가지로 기본 계층과 향상 계층 모두 CTC에 나와 있는 22, 26, 30, 34를 사용하여 실험하였다. 본 논문에서는 x2 스케일 러빌리티를 All intra mode와 Random access mode를 사용하여 실험하였으며, 비트율과 PSNR을 이용하여 부호화의 효율성을 판별하였다.

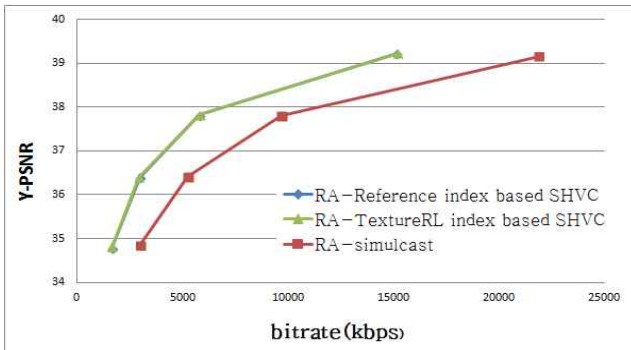


그림 1. Random Access mode에서의 SHVC 부호화 성능 비교 (BasketballDrive)

그림 1은 x2 스케일러빌리티의 영상을 Random access mode를 이용하여, 참조 인덱스 기반의 SHVC와 TextureRL 인덱스 기반의 SHVC의 부호화 성능을 simulcast와 비교하였다. 실험 결과, 참조 인덱스 기반의 SHVC와 TextureRL 기반의 SHVC는 유사한 성능을 보여주고 있고, SHVC의 성능은 동일한 bitrate에서의 PSNR이 simulcast 대비 약 4%정도의 효율을 가지고 있다.

표 1. 부호화 구조에 따른 SHVC의 부호화 성능(BasketballDrive)

예측 모드	부호화 구조	qp	bitrate(Kbps)	PSNR(dB)
Random Access	Reference index based SHVC	22	15144.8584	39.2169
		26	5807.7104	37.8195
		30	2960.4712	36.3919
		34	1673.5280	34.7955
	TextureRL index based SHVC	22	15173.8248	39.2204
		26	5816.0792	37.8237
		30	2943.4704	36.3960
		34	1652.8344	34.8005
	simulcast	22	21867.64	39.159
		26	9695.014	37.8061
		30	5245.723	36.412
		34	3005.633	34.8398
All Intra	Reference index based SHVC	22	59935.3608	41.2308
		26	26602.6128	39.0260
		30	14776.9408	37.5556
		34	8742.8872	36.0613
	TextureRL index based SHVC	22	59854.9720	41.2349
		26	26495.8312	39.0191
		30	14704.7848	37.5550
		34	8691.6304	36.0640
	simulcast	22	89718.6344	41.2517
		26	46113.1016	39.0895
		30	27705.86	37.6605
		34	16870.936	36.2

#### 4. 결론

본 논문에서는 스케일러빌리티의 유용성과 SHVC의 개요 및 대표적인 기술들에 대해 소개하였다. 또한, SHVC의 부호화 효율에 대해 비교 분석하였다. 이러한 성능평가는 비디오 전송 및 소비와 관련된 여러 응용 분야에서 반드시 필요한 자료이다.

SVC는 멀티미디어 디바이스의 발전과 네트워크의 조건 등 다양한 소비 환경에서 효과적으로 대처할 수 있게 해주며, 보다 좋은 품질의 서비스를 소비자들에게 제공해준다. 앞으로도 SVC는 비용과 효율의 생산성 측면에서도 매우 매력적인 기술이 될 것 이다.

#### 감사의 글

본 연구는 교육부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업 (2012H1B8A2025982) 및 미래창조과학부와 한국연구재단의 신진연구 지원사업(NRF-2013R1A1A1010344)으로 수행된 연구결과임

#### 참 고 문 헌

- [1] Haechul Choi, Kyung Il Lee, Jung Won Kang, Seong-Jun Bae, and Jeong-Ju Yoo, "Overview and Performance Analysis of the Emerging Scalable Video Coding", 방송공학회논문지 제12 권 제6호, 2007년.
- [2] ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 and ITU-T SG 16 WP 3, "Joint Call for Proposals on Scalable Video Coding Extensions of High Efficiency Video Coding (HEVC) ", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 (MPEG) Doc. N12957, Stockholm, Sweden, July 2012.
- [3] Ji-Hoon Kim, Tae-jun Jung, Hong-rae Lee, Kwang-deok Seo, Jin-soo Kim, Hahyun Lee, and Jung Won Kang, "Efficient Motion Prediction Architecture and Design of DPB for Scalable Multi-view Video Coding", 방송공학회논문지 제17권 제6호, 2012년 11월 (JBE Vol. 17, No. 6, November 2012).
- [4] Jianle Chen, Jill Boyce, Yan Ye, Miska M. Hannuksela, "SHVC Test Model 2 (SHM 2)", Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, 13th Meeting, JCTVC-M1007, Incheon, KR, 18-26 Apr. 2013.