

# 적응적 V2V 엔트로피 부호화 방법

\*유은경 \*\*남정학 \*\*\*박시내 \*\*\*\*심동규

광운대학교

\*dms0314@kw.ac.kr

## Adaptive variable to variable entropy coding

\*Ryu, Eun-kyung \*\*Nam, Jung-hak \*\*\*Park, Sea-nae \*\*\*\*Sim, Dong-gyu

Kwangwoon University

### 요약

본 논문은 HEVC 표준화 회의 중 빈 단위 병렬화 위해 제안된 V2V 기술을 바탕으로 슬라이스 내에서 적응적으로 발생 확률 예측을 통하여 압축 효율을 높이는 기술을 제안한다. 기존의 V2V 기술은 슬라이스 단위로 확률 양자화 간격과 대표 확률 결정하여 다수개의 빈 코더에 매핑하여 병렬 엔트로피 부호화를 수행하였다. 제안하는 방법은 V2V 기술에서 슬라이스 보다 작은 단위의 확률적 특성을 고려하여 슬라이스 내에서 대표확률의 선택을 적응적으로 결정한다. 대표 확률의 적응적인 선택은 이전의 부호화된 빈의 실제 심볼의 확률을 이용하며, 이로 인해 슬라이스 보다 작은 단위의 국부적 특성을 확률 양자화기에 반영할 수 있다. 실험 결과, 제안하는 방법을 위해 실험된 현재 부호화 빈의 발생확률은 이용하여 최적의 확률을 얻는 실험은 기존의 V2V 기술 대비 0.1%의 부호화 효율을 얻었다.

### 1. 서론

최근 모바일 기기 및 대형화 장치에 대한 수요가 증가 되는 추세이며 사람들이 TV 또는 전용 멀티미디어 기기에서 뿐만 아니라 다양한 기기에서 멀티미디어 서비스를 이용한다. 이에 따라 사용자들은 모바일 환경에서는 저복잡도 멀티미디어 서비스 기술을 필요로 하고 대형화 기기에서는 장치에 대한 활용을 극대화하기 위해 고해상도 멀티미디어 서비스를 원한다. 이러한 사회적 흐름에 따라 동영상 표준화 단체인 MPEG(Moving Picture Export Group)와 VCEG(Video Coding Exports Group)에서 기존의 동영상 표준인 H.264/AVC 보다 저복잡도 및 고효율을 수행하는 새로운 동영상 표준을 결정하기 위해 JCT-VC(Joint Collaborative Team on Video Coding)라는 공동 협력팀을 구성하여 HEVC(High Efficient Video Coding)라는 표준화를 진행하고 있다. 2010년 4월 독일 드레스덴에서 첫 번째 회의를 시작으로 현재 5차 회의까지 진행 된 상태이다. 이에 따라 많은 새로운 기술이 JCT-VC 회의에 기고되었다.

HEVC 표준화가 진행되면서 엔트로피 부호화 기술에 관련하여 여러 기술이 제안되었다. 그 중 H.264/AVC의 CABAC[1]의 순차적인 특성을 병렬화 하기 위한 기술들도 제안되었는데, 예로 선택의 독립성에 따라 그룹을 지어 서로 다른 비트스트림으로 출력하여 독립적으로 복호화가 가능한 방법 [2], 엔트로피 슬라이스를 정의 하여 엔트로피 슬라이스 간의 정보를 공유하여 병렬화 하는 방법[2], 엔트로피 엔진을 다수 개를 두어 빈 단위로 병렬화를 수행하는 방법[3,4,5] 등이 있다.

본 논문의 제안 방법은 빈 코더를 다수 개 두어 빈 단위의

병렬화를 수행하는 V2V 기술을 바탕으로 한다. V2V 기술의 특징은 다수개의 빈 코더를 사용하기 위해 심볼 발생 확률을 확률 양자화기를 통하여 양자화를 수행하는 것이다. 양자화기는 양자화 간격과 대표 확률을 슬라이스 단위로 결정하는데, 이럴 경우 슬라이스 내의 국부적인 영상 특성을 고려하기 어렵다. 이를 개선하기 위해 슬라이스 내에서 적응적으로 양자화 간격에 대한 대표 확률을 조절하여 부호화 효율을 높이는 방법을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, HEVC 표준화 회의 때 제안된 빈 단위 병렬화 알고리즘인 V2V의 구조와 알고리즘 특성에 대해 기술한다. 둘째, V2V에서 부호화 효율을 높이는 방안으로 확률 양자화 간격 내에서 대표확률을 적응적으로 결정하는 방법에 대해 제시한다. 셋째, 제시한 적응적 가변길이 대 가변길이 엔트로피 부호화의 구현 결과를 분석한다. 마지막으로, 결론 및 향후 연구 과제를 도출한다.

### 2. V2V(variable to variable) 부호화

#### 가. V2V(variable to variable) 부호화 구조

V2V 부호화 기술은 빈 단위 병렬화 방법으로 HHI와 RIM 이 JCT-VC 표준화 회의에서 제안하였다. V2V의 전체적인 구조는 그림 1과 같으며 H.264/AVC CABAC와 비슷한 구조이지만 빈을 부호화 하는 단계에서 여러 개의 빈 코더를 이용하여 다수개의 빈을 병렬로 부호화하는 기술이다.

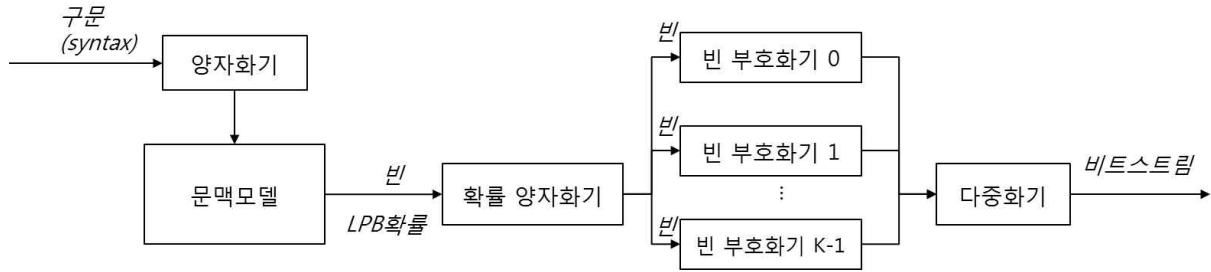


그림 1. V2V 블록도

이 기술의 장점은 앞서 말한 것과 같이 CABAC에서 이진 산술 부호화의 순차적 특성을 해결하여 처리량을 높이는 것이다. V2V 기술의 부호화 과정은 다음과 같다. 이진화 단계는 CABAC와 같은 방법으로 수행하여 구문을 0과 1의 조합인 빈 스트링을 얻는다. 그 후 문맥 모델 단계에서 각각의 빈에 대하여 문맥 모델을 결정한 후 엔트로피 부호화 할 빈 코더를 결정하기 위해 확률 양자화 단계를 거친다. 확률양자화기는 다수개의 빈 코더 중 현재 빈이 부호화 될 빈 코더를 결정한다. 확률 양자화기가 빈 코더를 결정하는 방법은 2장 나에서 자세히 다루며 기본적인 방법은 다음과 같다. 확률 영역인 0과 1을 여러 구간으로 나누고 각 구간의 대표 확률을 결정한다. 확률 구간의 순서는 몇 번째 빈 코더를 사용해야 하는지를 결정해 주는 역할을 한다. 다시 말해, 현재 빈의 확률을 양자화 하여 양자화 된 값에 의해서 빈 코더가 결정된다. 그 후, 입력으로 들어간 빈은 빈 코더에서 결정된 대표 확률을 이용하여 부호화를 수행한다. 모든 빈 코더는 매칭되는 확률 간격에 따라 각각의 고정된 대표 확률 값을 가지고 있고, 빈 코더에서 부호화 하는 방법으로는 VLC 또는 산술 연산을 사용할 수 있다. HEVC TMuC 0.9 소프트웨어는 VLC를 이용하고 있으며 CABAC보다 약 15배 정도 추가적인 메모리가 사용하고 있다.

CABAC와 V2V는 가장 큰 차이점인 확률 양자화는 선택스의 발생 확률에 대한 확률 분포를 이용하여 양자화를 위한 확률 간격을 결정하고 대표 확률에 맵핑하므로써 다수개의 빈 코더가 병렬로 엔트로피 부호화를 수행할 수 있도록 한다. V2V 기술에서는 확률 영역의 구간을 나누는 것과 영역 안에서 대표 확률을 구하는 것이 압축 효율을 좌우한다. 그 이유는 샤논(Shannon)의 정보 이론에 따라 각 빈의 발생 확률을 정확히 예측하면 더 높은 압축 효율을 얻을 수 있기 때문이다. 이러한 이유로 V2V 기술은 양자화기의 간격 및 대표확률을 고정으로 사용하지 않고 각 영상의 특성을 고려하여 슬라이스 단위로 확률 양자화기를 조절하도록 설계되어 있다. 예로, V2V 기술은 RDO 과정에서 한 슬라이스 내의 부호화 할 빈의 확률 분포를 얻은 후, 16개의 확률 구간으로 나누고 대표 확률을 계산하게 된다.

V2V 확률 양자화기에서 확률 구간이 많이 분할되는 경우에 일반적으로 양자화 손실이 적어 최대 효율을 얻을 수 있지만, 하드웨어 측면에서 볼 때 복호화기에서 빈 코더의 개수가 부호화기와 맞지 않으면 빈 코더가 병렬적으로 동작하지 않는 문제점이 있다. 이를 해결하고자 부호화 효율과 빈 코더의 개수를 조절하는 확률 양자화기가 제안되었다. 서로 인접한 영역을 합쳤을 때, 부호화 효율이 미리 정의된 문턱치 보다 낮게 저하되는 경우에는 두 영역을 합치고 대표 확률 값을 업데이트 한다.

이 때 대표 확률은 실제 발생한 빈의 확률과 가까운 값이 되도록 맵핑 테이블에서 선택한다. 이러한 양자화 간격 및 대표 확률에 대한 정보는 슬라이스 헤더에 추가하여 보내어 진다.

#### 나. V2V 부호화 양자화기 설계 방법

V2V의 확률 양자화기는 다음과 같이 구성된다. 양자화기는 전체 비트스트림의 양을 최소화하기 위하여 정보이론 관점에서 최적의 양자화 간격과 대표확률을 구한다. 비트스트림의 양을 구하는 방법은 아래의 수행방법에 의하여 결정한다.

심볼  $x$ 에 대한 정보량을 측정하는 함수는  $\log p(x)$ 로 나타낼 수 있으며, 샤논의 정보 이론에 의하여 평균 정보량인 엔트로피를 나타내는 함수  $H(x)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$H(X) = - \sum_{x \in X} p(x) \log p(x) \quad (1)$$

식 (1)에서  $X$ 는  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ 와 같이 나타낼 수 있고, 보낼 모든 심볼들의 집합이다. 엔트로피를 나타내는 함수  $H(x)$ 에서 0과 1 두 개의 심볼이 존재하는 이진 엔트로피 함수  $H_b(x)$ 는 다음과 같다.

$$H_b(p) = -p \log_2 p - (1-p) \log_2 (1-p) \quad (2)$$

확률 양자화기에서 심볼에 대한 확률을 간격에 따라 양자화 하고 어떠한 확률 간격에 하나의 대표 확률이 맵핑되었을 때, 양자화 된 확률은 실제 심볼의 발생확률과 다르기 때문에 양자화 된 확률에서 정보량을 측정하는 함수를 다음과 같이 정의한다.

$$R(p, p_{I_k}) = -p \log_2 (p_{I_k}) - (1-p) \log_2 (1-p_{I_k}) \quad (3)$$

식 (3)에서  $I_k$ 는  $k$ 번째 확률 양자화 간격이며,  $p_{I_k}$ 는  $I_k$  간격 내에서 대표확률을 나타낸다. V2V 방법의 확률 양자화기는  $p_{I_k}$ 와  $I_k$ 를 한 슬라이스에서 0과 1의 확률 분포를 이용하여 양자화 된 확률에서 정보량을 측정하는 함수  $R$ 이 최소가 되는 값이 되도록 결정되며, 이러한 정보를 슬라이스 헤더를 통해 비트스트림에 명시된다.

### 3. 제안 알고리즘

기존의 V2V는 슬라이스 내의 심볼의 통계적 확률 분포를 이용하여 슬라이스 단위로 확률 양자화 간격과 대표 확률을 결정하였다. 즉, 슬라이스 헤더 단위로 확률 양자화기는 고정적으로 사용되었다. 이는 슬라이스에 따른 bin의 분포를 고려하여 결정되었기 때문에 블록 또는 bin 단위처럼 슬라이스 보다 작은 단위에서 적합한 효율을 내지 못한다. 일반적으로 하나의 영상 내에서도 다른 특성을 가지는 영역이 존재할 수 있기 때문에 영상 전체에서 동일한 양자화 대표 확률 값을 적용하면 정보이론 관점에서 엔트로피 부호화 성능을 저하시키게 된다.

제안하는 알고리즘은 슬라이스 내에서 이전의 발생한 bin의 확률 분포를 이용하여 현재 부호화 될 bin의 위치에서의 bin 코더의 대표 확률을 업데이트함으로써 부호화 효율을 높이는 방법이다. 슬라이스 내에서 고정적인 확률 간격 내에서 부호화 효율이 최대가 되도록 대표 확률을 결정한다. 대표 확률의 결정은 이전의 부호화된 bin의 실제 확률을 이용한다. 이전의 부호화된 bin의 확률을 얻기 위해 부호화 된 bin의 심볼의 값이 MPB(Most probability Bin)인지 또는 LPB(Least Probability Bin)인지 여부를 카운팅한다. 다시 말해, 현재 bin이 0일 확률이 0.6이고, 1이 나올 확률이 0.4일 경우, MPB는 0이고 LPB는 1이다. 그리고 현재 bin의 값이 1일 경우 LPB이므로 LPB에 카운트한다. 이로 인해 전체 부호화 된 bin의 양과 카운팅 한 MSB의 양을 이용하여 MSB의 확률을 계산할 수 있고, LSB의 확률 또한 도출 가능하므로 바로 이전의 실제 발생 확률을 얻을 수 있다. 각 양자화 간격의 대표 확률은 비트스트림에 추가 정보 없이 적응적으로 계산되며, 다수개의 bin 코더 중 각각의 bin 코더에서 부호화 된 bin의 양이 일정 임계치가 넘을 때 새롭게 업데이트 된다. 임계치는 영상에 따라 최적의 값이 다를 수 있으며 본 논문에서는 실험적으로 결정하였다.

현재 부호화 할 bin의 확률과 이전에 부호화 된 bin의 확률이 유사하다고 가정하였기 때문에 이전에 부호화 된 bin들의 실제 발생 확률을 대표확률로 결정되고, 결정된 대표 확률을 이용하여 bin 코더에서 엔트로피 부호화를 수행한다. 실제 TMuC 0.9에서는 엔트로피 부호화 수행 시 대표 확률에 따른 매핑 테이블을 결정하는데, 매핑 테이블이 모든 확률에 대해서 존재 하지 않기 때문에 손실이 최소가 되도록 매핑테이블이 갖고 있는 대표 확률과 현재 결정된 대표확률의 차가 최소가 되도록 결정해야 한

다. 결정된 매핑테이블은 bin 코더에 업데이트를 수행하고 이후 들어오는 bin에 대하여 엔트로피 부호화를 수행한다.

### 4. 실험 결과

제안하는 실험에 앞서, 현재 부호화 할 bin에 대해서 발생 확률을 카운팅을 수행하고 발생확률을 미리 조사한다. 그리고 이렇게 얻은 발생확률을 이용하여 매핑 테이블을 결정한다. 이 실험은 부호화 할 bin의 발생확률을 조사하여 가장 적합한 매핑테이블을 선택하는 실험으로, 압축 성능이 있을 경우, 이후 이루어지는 제안한 알고리즘에서 비슷한 성능을 낼 수 있다.

실험조건은 HEVC에서 1초에 인트라 프레임이 한 장 들어가는 lowdelay 조건이며, V2V를 지원하는 high efficiency 모드 조건을 따랐다. 실험 시퀀스는 HEVC 실험 시, 표준으로 사용되는 class B 그룹의 시퀀스에 대하여 실험하였다. Class B 그룹의 시퀀스의 크기는 1920x1080크기이다.

Sequence	BD-rate	BD-psnr
Kimono	-0.1	0.0
ParkScene	-0.1	0.0
Cactus	-0.1	0.0
BasketballDrive	-0.2	0.0
BQTerrace	-0.1	0.0

### 감사의 글

"본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음" (NIPA-2011-(C1090-1111-0001))

### 5. 결론

V2V 코딩 방법에서, 제안한 방법에 앞서 확률영역을 양자화 하여 각 양자화 간격의 대표 확률을 bin의 발생확률에 따라 매핑테이블을 사용할 경우 압축효율이 가는 지 여부를 실험하였다. 발생확률을 엔트로피 부호화하기 전에 조사하여 발생확률에 따라 매핑테이블을 결정하였고, 이러한 실험을 통하여 평균 0.1%의 비트스트림 양이 줄어드는 것을 알 수 있다.

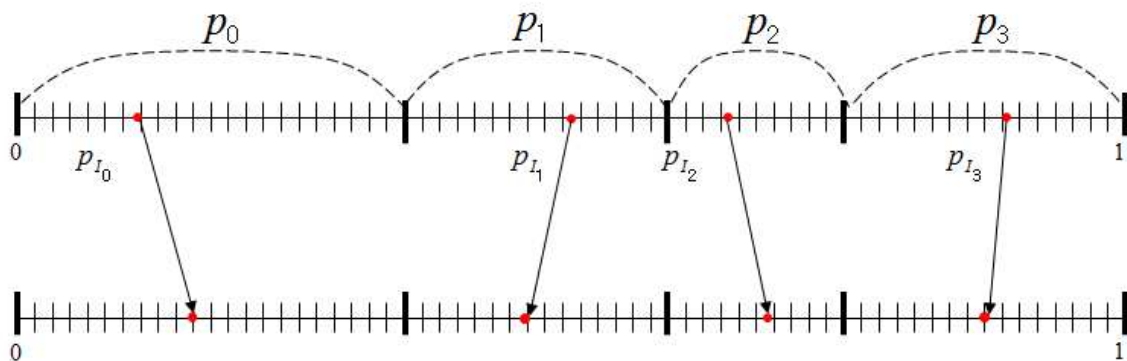


그림 2 각 양자화 구간의 대표 확률을 업데이트하는 방법

제안한 알고리즘으로 구현할 경우, 추가 비트 없이 이전의 부호화 된 bin의 발생확률을 보고 매핑테이블을 결정하는 것이므로 비슷한 성능 향상을 보일 것으로 예상되며, 또한 실험 영상 이외의 영상의 특성상 영역이 나누어져 영역마다 서로 다른 특성을 보일 때 좀 더 높은 효율을 낼 수 있다.

## 6. 참고 문헌

- [1] Detlev Marpe, Heiko Schwarz, and Thomas Wiegand, "Context-based adaptive binary arithmetic coding in the H.264/AVC video compression standard," IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology, vol.13, no.7, pp.620-639, July 2003.
- [2] Madhukar Budagavi, Vivienne Sze, Mehmet Umut Demircin, Salih Dikbas, Minhua Zhou, and Anantha P. Chandrakasan, "Description of video coding technology proposal by Texas Instruments Inc.," JCTVC-A101, Joint Collaborative Team on Video Coding meeting, Apr. 2010, Dresden, Germany.
- [3] Martin Winken, Sebastian Boße, Benjamin Bross, Philipp Helle, Tobias Hinz, Heiner Kirchhoffer, Haricharan Lakshman, Detlev Marpe, Simon Oudin, Matthias Preiß, Heiko Schwarz, Mischa Siekmann, Karsten Sühning, and Thomas Wiegand, "Description of video coding technology proposal by Fraunhofer HHI," JCTVC-A116, Joint Collaborative Team on Video Coding meeting, Apr. 2010, Dresden, Germany.
- [4] Dake He, Gergely Korodi, Gaelle Martin-Cocher, En-hui Yang, Xiang Yu, and Jinwen Zan, "Video coding technology proposal by RIM," JCTVC-A120, Joint Collaborative Team on Video Coding meeting, Apr. 2010, Dresden, Germany.
- [5] Gergely Korodi, and Da-ke He, "Dynamic source selection," JCTVC-B034, Joint Collaborative Team on Video Coding meeting, July 2010, Geneva, CH.