

# LDPCA 병렬 부호화를 이용한 고속 분산비디오부호화

\*박종빈 \*\*김재환 \*\*\*전병우

성균관대학교 정보통신공학부

\*feynmanc@skku.edu, \*\*cote7@nate.com, \*\*\*bjeon@skku.edu

## Fast Distributed Video Coding using Parallel LDPCA Encoding

\*Jongbin Park \*\*Jaehwan Kim \*\*Byeungwoo Jeon

Sungkyunkwan University

### 요약

본 논문에서는 고속, 저전력 비디오 부호화에 적합한 변환영역 Wyner-Ziv 분산비디오부호화기를 더욱 고속화하기 위한 병렬처리 방법을 제안한다. 기존에는 변환영역 Wyner-Ziv 분산비디오부호화를 위해 양자화 정보를 비트플레인단위로 분해 후 이를 순차적으로 LDPCA 부호화하여 전체 부호화기 연산량에서 LDPCA의 복잡도가 약 54% 정도 차지하였고, 이는 고비트율로 부호화 할수록 더욱 증가하였다. 제안방법은 이를 개선하기 위해 여러 개의 비트플레인을 하나의 심벌 (symbol)로 묶어서 LDPCA 부호화를 수행하여 한 번의 연산으로 여러 개의 데이터를 동시에 처리할 수 있게 한다. 일종의 단일 명령 복수 데이터 처리 (SIMD, Single instruction, multiple data)에 의한 고속화 방법이다. 이를 통해 제안방법은 기존의 순차적 처리 방법에 비해 저비트율에서는 8배, 고비트율에서는 55배까지 LDPCA의 부호화 속도를 향상시켰다. 결과적으로 전체 부호화에서 LDPCA의 상대적인 복잡도 비율은 4%정도로 낮아지게 되었으며 Wyner-Ziv 영상의 부호화 속도도 약 1.5 ~ 2배까지 향상되었다. 제안방법은 LDPCA를 사용하는 다른 Wyner-Ziv 분산비디오부호화 구조에도 적용 가능할 것으로 기대한다.

### 1. 서론

분산소스부호화 (DSC, Distributed source coding)는 서로 독립적으로 부호화를 수행하더라도 신호사이의 상관성을 이용한 결합 복호화를 수행한다면 독립적으로 부/복호화 하는 것에 비해 향상된 부호화 성능의 달성이 가능하다는 [1,2]의 이론에 기초한다. 이러한 개념은 비디오 신호의 압축에도 적용되어 분산비디오부호화 (DVC, Distributed video coding)에 대한 연구가 진행 중이다 [3-5]. 통상적으로 H.264/AVC [6]와 같은 비디오부호화 방법은 부호화기에서 움직임예측과 같은 예측부호화를 수행함으로써 부호화성능을 향상시킨다. 그러나 예측 부호화는 다량의 연산이 필요하여 제한된 전력을 사용해야 하거나 고속으로 부호화가 필요한 응용에서는 큰 제약요소가 될 수 있다. 이러한 응용들에서 예측 부호화가 불필요한 분산비디오부호화는 저복잡도 부호화기의 구현에 매우 적합한 구조라 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 분산비디오부호화기의 효과적인 구현에 관련된 연구는 미흡하였으며 본 논문에서는 이러한 분산비디오부호화에서 부호화기를 구현함에 있어 효율적으로 병렬처리를 수행하는 방법을 제안하며 그 성능을 제시한다.

### 2. 제안방법

그림 1은 본 논문에서 사용한 분산비디오부호화기의 구조로써 분산비디오부호화기의 현실적인 예인 변환영역 Wyner-Ziv (TDWZ, Transform domain Wyner-Ziv) 분산비디오부호화 방법을 나타낸다. 그림 1의 TDWZ 부호화기에서는 입력영상을 KEY 영상 ( $K$ )과 Wyner-Ziv 영상 ( $X$ )으로 구분 후 KEY 영상은 H.264/AVC [6]와 같

은 기존의 정지 및 비디오 부호화 방식, Wyner-Ziv 영상은 변환/역변환, 양자화/역양자화, Slepian-Wolf 부/복호화 등의 과정을 통해 부/복호화한다 [3-5]. 이때 Wyner-Ziv 영상은 DCT변환 후 변환계수들을 양자화하고, 양자화된 정보들을 Slepian-Wolf 부호화기를 통해 무손실 압축한다. 복호화 과정은 [3-5]를 통해 더욱 상세히 파악할 수 있다.

그림 2는 TDWZ 비디오부호화 구조에서 Wyner-Ziv 영상을 부호화 하는 방법을 더욱 상세히 나타낸다. Slepian-Wolf 부호화는 비트율 조절이 가능한 LDPCA [7]를 사용하며 양자화된 정보는 비트플레인 별로 분해 후 이를 LDPCA 부호화를 수행하므로 고비트율에서는 전송해야 할 비트플레인들의 개수가 많아지며, 따라서 LDPCA 부호화에 소요되는 복잡도가 전송 비트플레인의 수에 거의 비례하여 증가한다.

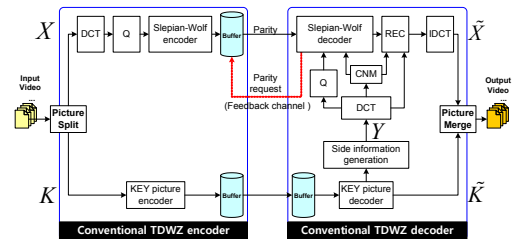


그림 1. 변환영역 Wyner-Ziv 분산비디오부호화기 구조

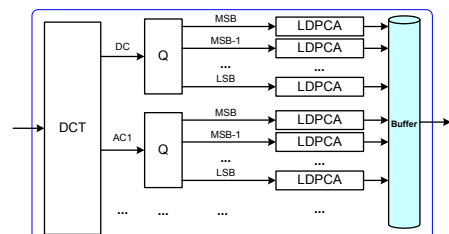


그림 2. 기존의 순차적 LDPCA 방법을 사용한 부호화기

본 연구는 지식경제부, 방송통신위원회 및 한국산업기술평가관리원의 산업 원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [KI002142, 차세대 모바일 영상서비스를 위한 초경량 비디오 부호화 원천기술개발]

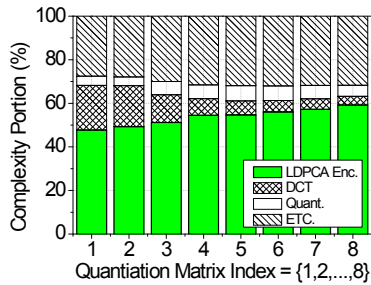


그림 3. 순차적 LDPCA 부호화시 부호화기 요소별 복잡도 비율

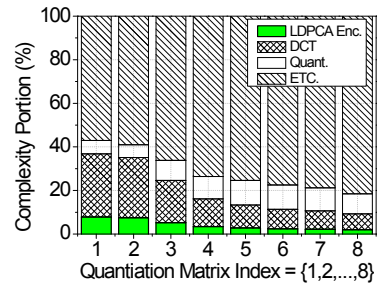


그림 5. 제한하는 병렬 LDPCA 부호화시 부호화기 요소별 복잡도 비율

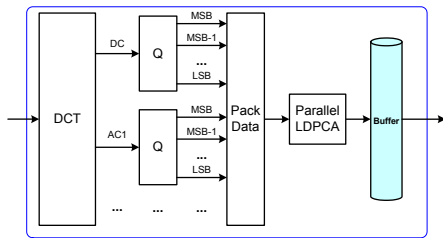


그림 4. 제안하는 병렬 LDPCA 방법을 사용한 부호화기

기존의 순차적인 LDPCA 부호화시의 부호화기 요소별 상대적 복잡도는 그림 3과 같다. 여기서 LDPCA 부호화에 소요되는 복잡도는 평균적으로 약 54%이며 고비트율에서는 59% 까지 증가한다.

따라서 본 논문에서는 이러한 LDPCA의 부호화 복잡도를 줄이기 위해 그림 4와 같이 변환 및 양자화 된 후 발생한 비트플레인들을 하나의 심벌 (symbol)로 묶은 후에 LDPCA 부호화를 수행하는 병렬처리 방법을 제안한다. 본 논문에서는 4x4 정수 DCT [6]를 수행하고 [4]에서 offline 학습으로 얻은 8개의 양자화 행렬을 사용하므로 QCIF 영상의 경우 1장의 영상을 부호화 시 발생하는 비트플레인의 수는 63을 넘지 않는다. 따라서 이를 1개의 64비트 데이터형이나 2개의 32비트 데이터형에 적재하여 심벌을 만든 후에, 한번의 LDPCA 부호화를 수행함으로써 단일 명령 복수 데이터 처리에 의한 병렬처리가 가능하다. 본 논문에서는 1개의 심벌을 64비트 데이터형에 적재하여 부호화한다.

### 3. 실험결과

제안방법의 성능확인을 위해 표1과 같은 실험환경에서 QCIF @ 15Hz 해상도의 Foreman 영상에 대해 GOP는 2, 총 149장을 100회 반복 부호화 후 소요 시간을 산술평균하였다. KEY 영상의 부호화는 H.264/AVC를 고속으로 구현하는 공개소스 프로젝트인 x264 [8]를 main profile로 설정 후 모두 인트라 부호화하였다. 비트율 제어를 위해 Wyner-Ziv 영상은 QM={1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}, KEY영상은 이에 대응하여 QP = {40, 39, 38, 34, 34, 32, 29, 25}로 부호화 하였다.

표 1. 실험조건

운영체제 (OS)	Microsoft Windows 7
중앙처리장치 (CPU)	Intel® Pentium® E5200 @ 2.50 GHz
램 (RAM)	2 GBytes

그림 5와 같이 전체 부호화 연산량에서 LDPCA의 상대적인 복잡도 비율은 제안 방법을 사용 시 평균적으로 4% 정도로 낮아지게 된다. 이는 그림 6과 같이 기존의 순차적인 LDPCA 부호화 방법에서는 고비트율로 갈수록 처리해야할 데이터가 증가하고 이에 비례하여 LDPCA 수행을 위한 연산량 증가가 발생했으나, 제안방법은 처리해야할 데이터를 하나의 심벌로 묶어서 처리하므로 LDPCA에 소요되는 연산량이 모든 비트율에서 거의 동일하게 유지되었기 때문이다.

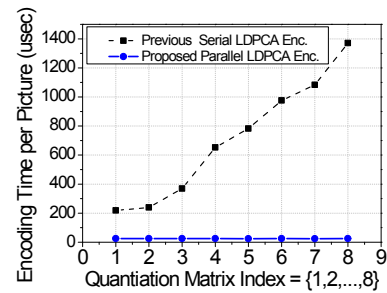


그림 6. 순차적 LDPCA와 제안하는 병렬 LDPCA 부호화 시간비교

### 4. 결론

본 논문에서는 변환영역 Wyner-Ziv 분산비디오부호화기에서 가장 많은 연산 복잡도를 보이는 LDPCA 부호화기를 단일 명령 복수 데이터 처리 (SIMD) 방식으로 병렬화함으로써 LDPCA 부호화 속도를 8 ~ 55배까지 향상 시켰으며 이를 통해 Wyner-Ziv 영상의 부호화 속도도 약 1.5 ~ 2배까지 향상시킬 수 있었다. 제안 방법은 변환영역이 아니더라도 LDPCA를 사용하는 다른 Wyner-Ziv 분산비디오부호화기의 고속화에도 적용이 가능할 것으로 기대한다.

### 참고문헌

- [1] J. Slepian and J. Wolf, "Noiseless coding of correlated information sources," IEEE Trans. Inf. Theory, pp.471-480, 1973.
- [2] A. Wyner and J. Ziv, "The rate-distortion function for source coding with side information at the decoder," IEEE Trans. Inf. Theory, pp.1-10, 1976.
- [3] B. Girod, A. Aaron, S. Rane, and D. Rebollo-Monedero, "Distributed Video Coding," Proceedings of the IEEE, pp. 71-83, 2005.
- [4] A. Aaron, S. Rane, E. Setton, and B. Girod, "Transform domain Wyner-Ziv codec for video," Proc. Visual Communications and Image Processing, VCIP2004, Jan. 2004.
- [5] J. Park, B. Jeon, D. Wang, and A. Vincent, "Wyner-Ziv Video Coding with Region Adaptive Quantization and Progressive Channel Noise Modeling", IEEE Broadband Multimedia Systems and Broadcasting 2009, pp. 1-6, May 2009.
- [6] I.E.G. Richardson, H.264 and MPEG-4 Video Compression: Video Coding for Next-generation, Wiley (2003).
- [7] D. Varodayan, A. Aaron, and B. Girod, "Rate-Adaptive Codes for Distributed Source Coding", EURASIP Signal Processing Journal Special Issue on DSC 86(11), pp.3123-3130, 2006.
- [8] <http://www.videolan.org/developers/x264.html>