

분산 동영상 부호화 시스템을 위한 부호율 적응적인 LDPC 부호 설계

*노현우 **이창우

가톨릭대학교 정보통신전자공학과

*hyeunwoo84@naver.com **changwoo@catholic.ac.kr

Rate-Adaptive LDPC Code Design for Distributed Video Coding System

*Hyeun-Woo Noh **Chang-Woo Lee

Dept. of Information, Communications and Electronics Eng., The Catholic University of Korea

요약

LDPC(low density parity check) 부호는 낮은 복잡성과 Shannon의 한계에 근접하는 오류 정정 능력을 보이기 때문에 turbo 부호와 함께 많은 응용분야에 적용되고 있다. 본 논문에서는 분산 동영상 부호화(distributed video coding: DVC) 시스템을 위한 부호율 적응적인(rate adaptive) LDPC 부호를 설계하기 위하여 패리티 점검 노드를 병합하는 방법을 제안한다. ACE(approximation cycles EMD) 알고리즘을 기반으로 효율적인 LDPC 부호를 설계하고 부호율 적응적인 특성을 갖기 위해 일정한 범위를 지정하고 지정된 범위에 따라 패리티 점검 노드를 병합한다. 그리고 ACE 알고리즘의 계수와 degree distribution을 변화시키면서 성능을 해석한다.

1. 서론

DVC 시스템은 상관관계를 갖고 있는 신호들을 독립적으로 부호화하고 복호기에서 신호들의 상관성을 이용하여도 부호기에서 신호들의 상관성을 이용한 경우와 동일한 부호화 성능을 보일 수 있다는 Slepian-Wolf 부호화 이론에 기반을 두고 있다[1]. 따라서 DVC 시스템의 Wyner-Ziv 프레임 복호를 위해서는 뛰어난 오류 정정 능력을 가진 turbo 부호나 LDPC 부호가 사용된다[2].

DVC 시스템의 기본 원리는 원 신호 X로부터 생성된 패리티 비트 S와 원 신호의 추정치인 부가정보 Y를 이용하여 원 신호 X를 복원하는 것이다. 원 신호 X와 부가 정보 Y의 상관관계가 낮으면 복호화 할 때 필요한 패리티 비트의 수가 늘어나기 때문에 DVC 시스템에서 사용되는 오류 정정 부호는 X와 Y의 상관관계에 따라 패리티 비트 수가 변하는 부호율 적응적인 특성을 가져야 한다. 따라서 turbo 부호에서는 간단한 천공 방법을 제공하여 부호율 적응적인 특성을 갖게 되지만 상대적으로 LDPC 부호에서는 부호율 적응적인 부호 구현이 어렵다. 하지만 Ascenso 등이 제안한 DVC 시스템을 위한 LDPC 부호에서는 부호율 적응적인 특성을 잘 반영하여 turbo code 부호보다 더 나은 성능에 도달하였다[2].

DVC 시스템을 위한 LDPC 부호를 설계하기 위해서는 부호율 적응적인 특성을 가진 패리티 검사 행렬인 H 행렬을 설계해야 한다. 본 논문에서는 ACE 알고리즘[4]을 바탕으로 H 행렬을 만들고 부호율 적응적인 특성을 만족하기 위해서 먼저 저압축을 LDPC 부호를 생성한다. 저압축을 LDPC 부호는 특정 범위를 지정하고 그에 따라서 생성함으로써 부호율 적응적인 특성을 위한 check nodes를 병합과정에서

생기는 edge들의 중복 연결을 피하게 한다. 또한 H 행렬 설계 과정에서 성능 저하의 요인이 되는 특정 형태를 제거하여 성능을 향상시키도록 한다. DVC 시스템을 위한 LDPC 부호의 성능해석을 위해 ACE 알고리즘의 계수와 degree distribution을 변화 시키면서 성능을 해석한다.

2. DVC 시스템을 위한 LDPC 부호

LDPC 부호의 패리티 검사 행렬 H는 0과 1로 구성되어 있는 행렬인데 이 행렬의 원소 중에서 1의 숫자가 매우 작기 때문에 spare한 행렬이 되므로 low density parity check 부호라 불린다. DVC 시스템을 위한 LDPC 부호에서는 부호율 적응적인 특성을 위해 우선 그림 1과 같이 저압축을 패리티 검사 행렬을 생성하고 그에 대응하는 Tanner graph의 보기를 제시하였다.

일반적인 LDPC 부호의 부호율은 H 행렬의 크기가 $m \times n$ 일 때 n은 부호화된 전체 비트의 길이이고 m과 $n-m$ 은 각각 검사 비트의 길이와 정보 비트의 길이를 나타낸다. 이때 $n-m/n$ 는 부호율이

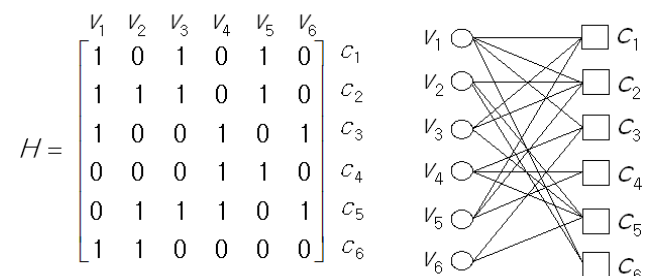


그림 1. 저압축을 패리티 검사 행렬 H와 Tanner graph

이 논문은 2011년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2011-0005202)

된다. 하지만 DVC 시스템을 위한 LDPC 부호에서는 저압축율의 기본 패리티 검사 행렬에서 각 check nodes를 병합하는 방식으로 부호율을 나타낸다. 즉, m/n 으로 나타나게 된다. 따라서 저압축율 기본 패리티 검사 행렬 H의 부호율은 $n/n=1$ 이 된다. 이를 압축율로 표현하면 $n:m=1:1$ 이 된다. DVC 시스템을 위한 LDPC 부호에서는 주어진 H 행렬을 원신호 X와 곱하여 부호 과정을 수행한다. 즉, $S=Hx^T$ 를 구한다. 이때 부호화 된 정보는 패리티 비트로만 구성되어 있고 S로 정의한다. 패리티 비트 S는 $Hs^T \neq 0$ 를 만족하여 0과 1로 구성된 비트가 되고 DVC 시스템을 위한 LDPC 부호의 복호 과정에서 check node의 연산과정에 입력된다.

3. 부호율 적응적인 LDPC 부호 설계

DVC 시스템을 위한 LDPC 부호에서는 check nodes를 병합하는 과정을 통해서 부호율을 적응적인 특성을 갖게 된다. 이를 위해 본 논문에서는 Ascenso 등이 제안한 LDPC 부호 설계 방법을 기반으로 하였다 [2]. 먼저 variable node의 degree distribution $\lambda(x)$ 을 토대로 낮은 degree를 갖는 variable node를 생성하여 압축률 1:1의 기본 H 행렬을 생성한다. 기본 H 행렬을 생성을 위해서 ACE 알고리즘을 이용하여 최소 정지 집합의 크기를 증가 시켜 더 나은 성능을 얻게 된다. 그리고 부호율 적응적인 특성을 갖기 위해서 그림 2와 같이 check nodes를 병합하는 과정을 통해서 고압축율 부호가 생성된다.

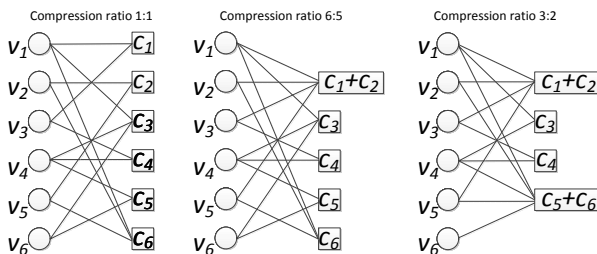


그림 2. check node 병합을 통해 부호율 조절

고압축율 부호를 생성하는 과정에서 병합되는 check node들과 연결되어 있는 variable node들이 중복 연결되지 않도록 기본 H 행렬을 생성해야 한다. 즉, 특정 범위 안의 병합 가능한 행들 중에서 같은 열에 variable node와 check node의 연결선을 나타내는 1 값을 가질 수 없다.

DVC 시스템을 위한 LDPC 부호에서는 부호율 적응적인 특성을 갖기 위해서 병합 대상인 check node를 각각 선택하게 된다. 일반적인 병합방법으로는 특정 범위 안에서 순차적으로 check node를 병합한다. 본 논문에서는 특정 범위 안의 check node의 degree중 가장 큰 check node와 가장 작은 check node를 선택하여 병합하는 방법을 제안한다. 처음 저압축율 부호에서는 다양한 check node의 degree 값들을 갖게 된다. 일반적인 병합 방법으로는 다양한 check node의 degree 값을 그대로 갖게 되지만 본 논문에서는 제안하는 병합 방법을 통해서 고압축율 부호로 갈수록 check node의 degree 값들을 최대한 일정하게 하였다.

4. 모의 실험

본 논문에서는 DVC 시스템을 위한 LDPC 부호의 부가 정보 Y에 AWGN 잡음을 첨가하고 부호기에서 생성된 패리티 비트를 가지고 복호화 과정을 수행하여 LDPC 부호의 BER 성능을 측정하였다.

LDPC 부호의 복호 알고리즘으로는 SPA(sum product algorithm)를 사용하여 성능을 측정하였다[4]. 패리티 검사 행렬을 만드는데 사용한 v_node 를 위한 degree distribution은 다음과 같다[5].

$$\lambda(x) = 0.38354x + 0.04237x^2 + 0.57409x^3 \quad (1)$$

$$\lambda(x) = 0.321x + 0.456x^2 + 0.010x^5 + 0.174x^6 + 0.039x^7 \quad (2)$$

이때 ACE 알고리즘을 위한 d_{acc} 와 η_{acc} 값을 (6,2), (13,7)을 사용하였다.

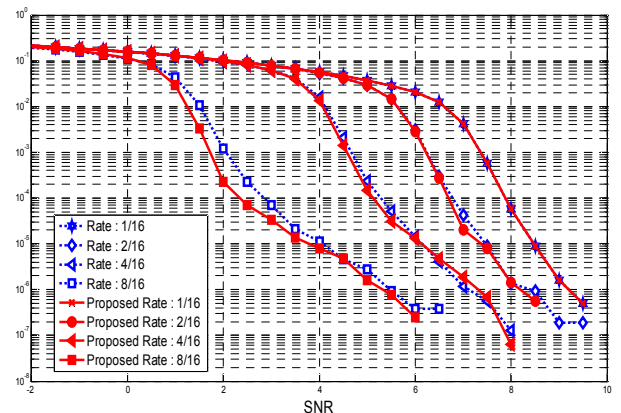


그림 3. 순차적인 check node 병합과 제안하는 병합방법의 부호율 적응적인 LDPC 부호의 BER 성능 비교

(block size : 1584, iteration : 50, 식(1)의 degree distribution, ACE (6, 2)를 사용한 경우)

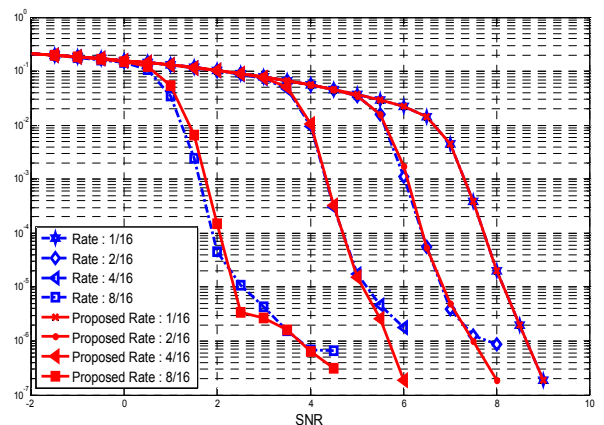


그림 4. 순차적인 check node 병합과 제안하는 병합방법의 부호율 적응적인 LDPC 부호의 BER 성능 비교

(block size : 1584, iteration : 50, 식(2)의 degree distribution, ACE (13, 7)를 사용한 경우)

그림 3은 식 (1)의 degree distribution과 ACE 알고리즘의 계수 (6, 2)를 이용하여 순차적인 check node 병합 방법과 제안하는 병합 방법의 성능을 비교 해석하였다. 각 부호율에서 제안하는 방법을 이용하면 일반적인 방법보다 성능이 향상 되었다. 특히 rate 2/16 경우 최대 1dB 성능 차이를 보였다.

그림 4은 식 (2)의 degree distribution과 ACE 알고리즘의 계수 (13, 7)를 이용하여 성능을 비교 해석하였다. 각 부호율에서 제안하는 방법을 이용하면 같은 dB값에서 더 나은 오류정정 능력을 보였다.

5. 결론

본 논문에서는 DVC 시스템을 위한 부호율 적응적인 LDPC 부호를 설계하였다. ACE 알고리즘을 이용해 생성된 irregular H 행렬을 특정 범위 안에서 check node를 병합하는 과정을 수행하여 부호율 적응적인 특성을 갖게 되었다. 제안하는 방법을 이용하여 check node를 병합함으로써 일반적인 병합방법보다 더 나은 성능을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] J. D. Slepian and J. K. Wolf, "Noiseless coding of correlated information sources," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 19, pp. 471-480, July 1973.
- [2] J. Ascenso, C. Brites and F. Pereira, "Design and performance of a novel low-density parity-check code for distributed video coding", *IEEE International Conference on Image Processing*, Los Angeles, American, 2008.
- [3] T. Tian, C.R. Jones, J.D. Villasenor, and R. D. Wesel, "Selective avoidance of cycles in irregular LDPC code construction", *IEEE Trans. on Communications*, Vol. 52, No. 8, pp. 1242-1247, Aug. 2004.
- [4] A. Liveris, Z. Xiong, and C. Georghiadis, "compression of binary sources with side information at the decoder using LDPC codes," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 6, no. 10, pp. 440 - 442, Oct. 2002
- [5] T. Richardson, M. Shokrollahi, and R. Urbanke, "Design of capacity-approaching irregular low-density parity-check nodes", *IEEE Trans. Inform. Theory*, Vol. 47, No. 2, pp. 619-637, Feb. 2001.