AWGN 채널에서 부호율 가변적 LDPCA 부호의 오류정정능력

박진수, 박기현, 송민규, 송홍엽
연세대학교
js.park09@yonsei.ac.kr, kh.park@yonsei.ac.kr, mk.song@yonsei.ac.kr,
hysong@yonsei.ac.kr

Error Correcting Performance of Rate Compatible LDPCA Codes in AWGN Channels

Jin Soo Park, Ki-Hyeon Park, Min-Kyu Song, Hong-Yeop Song
Yonsei University

요 약

본 논문에서는 소스코딩에 활용되고 있는 LDPCA 부호를 가변 부호율을 얻는 채널코딩 목적으로써의 사용 가능성을 타진한다. 컴퓨터 성능 실험의 결과로 가변 부호율과 어느 정도의 BER 성능을 확인하였지만, 체크노드 머징기법이 여타의 LDPC 부호에 비해 성능을 크게 떨어뜨리는 것으로 나타났다. 향후 체크노드 머징이 가능하면서도 좀 더 개선된 성능을 가지는 LDPCA 를 설계하는 일이 중요할 것으로 생각된다.

1. 서론

LDPC 부호는 터보(turbo) 부호와 함께 오류정정부호의 도달 가능한 성능한계인 Shannon limit 에 근접하면서 터보 부호에 비해 낮은 복잡도를 가진 코드로 주목 받기 시작하였다. 하지만 터보 부호와 달리 펑처링(puncturing) 등이 용이하지 않고, 따라서 가변 부호율이 요구되는 환경에서는 각각의 부호율에 맞추어 서로 다른 부호 시스템을 사용해야 하는 등의 문제점이 있었다. 따라서 가변 부호율에 효율적으로 대응하기 위해 펑처링의 성능열화를 완화할 수 있는 코드의 설계에 대한 연구가 이루어졌지만[1,2], 여전히 부호를 변화시킴에 따른 성능 감쇄의 폭이 크다는 문제점이 있었다.

한편, 인코딩 장치의 다양화에 따라 디코딩 복잡도가 높고 상대적으로 인코딩 복잡도가 개선된 분산 비디오 부호화, 즉 DVC (Distributed Video Coding) 기법이 제안되었다. DVC 에서는 Slepian-Wolf 의 이론에 따라 오류정정부호를 사용하여 소스코딩을 하는 방법이 제안되었는데, 특히 높은 오류정정능력을 보이는 LDPC 부호를 이용한 LDPCA 부호가 DVC 시스템의 응용모델에 대응되는 모델로 각광을 받기 시작하였다[3,7]. 특히 LDPCA 부호는 두 신호 간의 상관도에 따라 다른 길이의 정보량을 출력할 수 있도록 가변 부호율을 지원하는 특징이 있어 기존의 LDPC 부호나 다른 오류정정 부호에 비해 압축 환경에서 더 높은 성능을 보임이 입증되었다[3]. 하지만 기존의 LDPC 부호를 사용할 경우 좋은 성능이 나오지 않았으며, 소스 코딩에 적합한 새로운 디자인이 제안되어 왔다[4,5,6].

본 논문에서는 이러한 LDPCA 부호의 가변 부호율에 적합한 LDPCA 부호의 특징을 이용하여 소스 코딩 환경이 아닌 통신 채널 환경에서 LDPCA 의 부호율 변화에 따른 성능 변화 정도를 관찰하고, 해당 부호가 가변 부호율이 요구되는 환경에서 적합한 모델로 수행될 수 있을지를 고찰해 보기로 한다.

2. AWGN 채널 대응을 위한 LDPCA 부호

이 챕터에서는 기존에 제안된 LDPCA 부호를 간략히 소개하고자 한다[3].

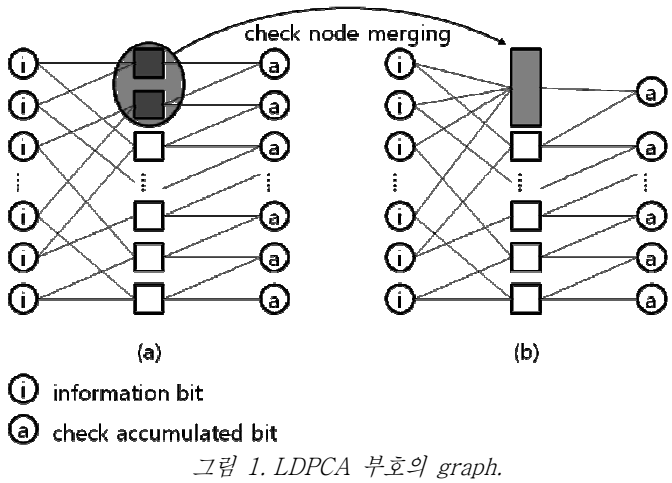

그림 1. LDPCA 부호의 graph.

그림 1(a)의 사각형은 각각 체크노드를 뜻하고, i 로 써진 원은 정보비트에 해당하는 변수노드, a 로 써진 원은 각 체크노드에 연결된 정보비트의 XOR 합인 신드롬의 누적 합에 해당하는 변수노드 이다. 그림 1(b)는 (a)의 가장 위 두 체크노드를 합쳤을 때(merge), 변화되는 graph 의 모양을 표현한 것이다.

위와 같은 LDPCA 부호의 인코딩은 원하는 부호율에

따라 체크노드를 합치는 양을 결정하는 것부터 시작한다. 그리고 그림 1(a)의 정보비트를 가지고 각 체크노드에 해당하는 XOR 합인 신드롬을 구한다. 그렇게 구한 신드롬을 위부터 차례로 더해가며 누적 심볼을 만들어 낸다. 수신단은 i 와 a 로 적힌 심볼들을 수신하여 Sum-Product 복호를 수행한다[8].

3. 시뮬레이션 결과

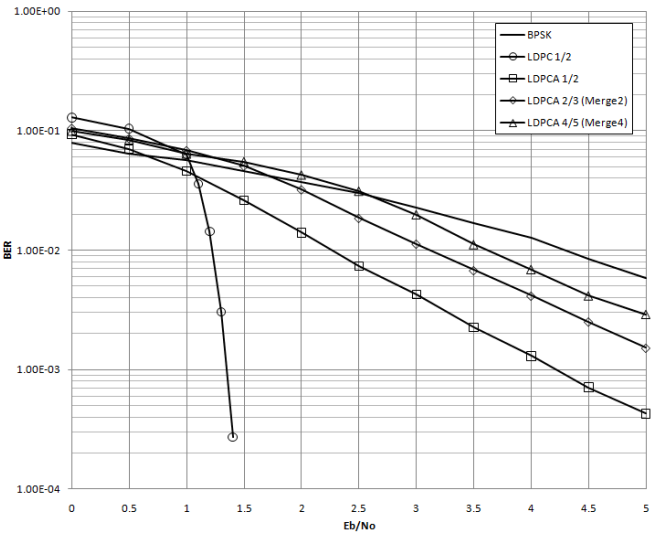

그림 2. Bit error rate 그래프

그림 2 는 각 부호율에 따른 BER 성능 곡선을 E_b/N_0(dB)에 따라 나타낸 것 이다. 각 정보비트의 수는 6336 이고, 최대 반복복호를 100 회 수행하였다. LDPC 부호의 변수노드 디그리는 3 이고, LDPCA 부호의 정보비트에 해당하는 변수노드 또한 3 의 디그리를 갖도록 설계하였다. 그리고 LDPCA 부호의 체크노드 수는 정보비트수와 같게 두었다. 1/2 부호율의 LDPCA 부호는 체크노드를 합치지 않았고, 2/3 부호율의 LDPCA 부호의 경우에는 인접한 체크노드를 2 개씩, 4/5 부호율의 경우에는 4 개씩 합쳐 수행하였다.

시뮬레이션 결과는 LDPC 부호에 비해 LDPCA 부호의 성능이 더 좋지 않게 나타났다. 이는 당연한 결과로 생각 할 수 있는데, LDPCA 부호의 설계시 오류정정능력의 향상을 고려하지 않았기 때문이다. 하지만, LDPCA 부호의 경우 부호율의 변화에 따른 성능의 변화를 관찰 할 수 있었다. 실제로 부호율이 올라갈수록, 부호율이 1 이라 할 수 있는 BPSK 의 성능과 비슷해져 간다.

4. 결론

본 논문에서는 LDPCA 부호를 부호율 가변적 채널부호의 오류정정능력 관점에서 살펴 보았다. 시뮬레이션 결과, LDPCA 부호의 부호율을 변화함에 따라 오류정정능력이 변화하는 것을 확인 할 수 있었다. 하지만, 고정 부호율을 갖는 LDPC 부호에 비해 상당히 성능의 열화가 생기는 것 또한 확인 할 수 있었다. 차후 연구로는 LDPCA 부호를 부호율 가변적 채널부호로 사용할 때, 오류정정능력을 향상시킬 수 있는 설계 방법과 그 이론적 한계를 구하는 것이 중요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

[1] J. Li and K. Narayanan. " Rate-compatible low-density parity-check codes for capacity-approaching ARQ scheme in packet data communications," in Int. Conf. on Comm., Internet, and Info. Tech. (CIIT), Nov. 2002.

[2] J. Ha and S. W. McLaughlin, " Optimal puncturing of irregular lowdensity parity-check codes," in Proc. IEEE International Conf. on Communications, Anchorage, AK, 2003.

[3] D. Varodayan, A. Aaron, and B. Girod, " Rate-adaptive distributed source coding using low-density parity-check codes," in Proc. Asilomar Conf. on Signals, Syst., Comput., Pacific Grove, CA, 2005.

[4] Chung-Li Wang and Shu Lin, " Low-Density Parity-Check Accumulate Codes," in Proc. ISITA2010, Taichung, Taiwan, October 17-20, 2010.

[5] Feng Cen, " Design of degree distribution for LDPCA codes," IEEE Comm. Letter, vol. 13, pp.525-527, July 2009.

[6] Min Jang, Jin Whan Kang, and Sang-Hyo Kim, " A Design of Rate-Adaptive LDPC Codes for Distributed Source Coding Using PEG Algorithm," in Proc. Mil. Comm. Conf., San Jose, CA, 2010.

[7] D. Slepian and J. K. Wolf, " Noiseless coding of correlated information sources," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 19, no. 4, pp. 471-480, July 1973.

[8] F. R. Kschischang, B. J. Frey, and H.-A. Loeliger, " Factor graphs and the sum-product algorithm," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 47, no. 2, pp. 498-519, Feb. 2001.