

Girth 분포를 이용한 LDPC 부호의 Puncturing 기법

강재원, 박효열, 황금찬
연세대학교 전기전자공학부
kjwvic@commsys.yonsei.ac.kr

Puncturing Method of LDPC Code based on Girth Distribution

Jaewon Kang, Hyoyol Park, Keumchan Whang
Department of Electrical & Electronic Engineering, Yonsei University

요약

본 논문에서는 기존의 LDPC 부호의 puncturing 기법보다 비트 오류율 측면에서의 성능 열화를 줄이면서 하나의 패리티 검사행렬로부터 다양한 부호율의 부호열들을 만들어 낼 수 LDPC 부호의 Puncturing 기법을 제안한다. 비교적 작은 크기를 갖는 패리티 검사 행렬로부터 만들어진 부호열들을 puncturing 하면 비트 노드의 degree 뿐만 아니라 girth 도 성능에 영향을 주며 이에 따른 비트 노드의 puncturing 위치가 앞의 두 요소에 성능을 좌우하게 된다. 비트 노드의 degree 에 따른 puncturing 위치를 결정하는 기법은 이미 [8]에서 소개되었다. 그래서 본 논문에서는 girth가 puncturing 위치에 어떤 영향을 주는지 모의 실험을 통해 살펴보았으며 그 결과, 보다 큰 값의 girth를 가지는 비트 노드들에 puncturing 하는 것이 다른 위치에 puncturing 하는 것보다 보다 비트 오류율 측면에서 우수한 성능을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

I. 서론

1948년 Shannon[6]은 전송률이 채널 용량보다 작을 경우 어떠한 전송률이라도 적당한 부호화 기법을 사용하면 임의의 작은 오차 확률로 데이터 전송이 가능함을 증명했다. 따라서 이 Shannon limit 에 근접하는 다양한 부호 방식이 연구되었다.

1993년 Berrou et al.[7]은 반복 복호 기법을 사용하는 준-최적화 터보 부호를 제안하였다. 터보 부호는 블록이 길어지고 반복 복호 횟수가 증가할수록 오류율이 개선되지만 시스템 복잡도가 크고 높은 신호 대 잡음비 영역에서는 error floor 현상이 발생한다.

이러한 기존 부호화 기법의 문제점들을 해결하는 대안으로 Low-Density Parity-Check (LDPC) 부호가 새로운 관심사로 떠오르고 있다. LDPC 부호는 1962년 Gallager[1]에 의해 맨 처음 제안되었다. 하지만 당시의 하드웨어적 기술력의 한계와 높은 복호 과정의 복잡도 때문에 오랫동안 잊혀져 왔다. 그러나 마침내, 1996년 Mackay, Neal 에 의해 그 우수성이 다시 평가되었다.[2][3]. 최근 S.Y. Chang, Forney(2000년)은 1/2의 부호 비율을 이용하는 비-정규 (Irregular) LDPC를 이용해 0.0045 dB 까지 근접하는 부호를 발견하였다 [4]. 또한 Junghu -Chen(2002년)[5]은 belief propagation(BP) based 복호 기법을 제안하여 복잡도를 혁신적으로 줄이면서 성능 저하를 최소화 하는 근사화 기법을 제안하였다.

LDPC 부호의 복호 기법은 복잡도가 매우 낮으며, 특히 터보 부호화 기법과는 달리 높은 신호대 잡음비 영역에서 error floor 현상이 발생하지 않고 블록 크기가 약 10^4 이상일 경우부터는 오류율에 대한 성능이 터보 부호화 기법을 능가

하는 것으로 알려져 있다. 하지만 LDPC 부호는 실제 시스템에서 쓰이는 블록길이($<10^4$)에서는 최적의 패리티 검사 행렬을 생성하는 정형화된 방법이 존재하지 않으며 하나의 패리티 검사 행렬에서 다양한 부호율을 가지는 부호열들을 생성하기가 어려운 단점을 가지고 있다. 하지만 차세대 통신에서 요구하고 있는 고-신뢰성을 가지는 고속의 멀티 미디어 서비스를 제공하기 위해서는 AMC(Adaptive modulation and coding)와 Hybrid ARQ(Automatic Repeat Request) 방식이 필요하며 이 방식에서는 다양한 부호율로 변화할 수 있는 채널 부호가 반드시 필요하다. 따라서 본 논문에서는 터보 부호를 대체할 수 있는 부호로 떠오르고 있는 LDPC 부호에 대해 성능 열화를 줄이면서 다양한 부호율의 부호를 생성할 수 있는 기법에 대해 연구 하였다.

II. 다양한 부호율의 LDPC 부호 생성기법

다양한 부호율의 LDPC 부호들을 생성할 수 있는 기법들은 접근 방법에 따라 크게 2 가지로 나누어진다.

첫번째 방법은 부호화 과정에서 접근하는 방식이다. 하나의 큰 패리티 검사 행렬이 내부에 다양한 부호율을 가지는 패리티 검사 행렬을 포함할 수 있게 설계하는 방식이다. 이 방식은 하나의 큰 패리티 검사 행렬을 만들면서 큰 행렬에 포함되는 각각의 부호율에 맞는 패리티 검사 행렬들을 제약 조건에 맞게 생성하는 방식이다.[11] 위의 방식으로부터 생성된 다양한 부호율을 가지는 LDPC 부호들은 비트 오류율 측면에서 각각의 부호율에서 최적 또는 약간의 성능 열화만을 가지게 된다. 하지만 위의 방식은 한정된 부호율에서만 적용이 가능하며 LDPC 부호화 과정의 각 부호율들의 부가