

# 개량된 연결 LDGM 부호

\*유 장 현, \*김 준 성, \*송 홍 업

연세대학교 전기전자공학과

{jh.ryu, js.kim, hy.song}@coding.yonsei.ac.kr

## Modified Concatenated LDGM codes

\*Jang-Heon Ryu, \*Joon-Sung Kim, \*Hong-Yeop Song

Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

### 요 약 <ABSTRACT>

LDGM 부호는 LDPC 부호에 비해서 낮은 부호화 복잡도를 갖지만 성능이 크게 떨어지는 단점을 갖는다. 이러한 단점은 연결 구조를 통하여 해결될 수 있으며 특히 2개의 독립된 복호기를 사용하는 직렬 연결 LDGM 부호는 LDPC 부호에 가까운 성능을 보여준다. 본 논문에서는 복호기의 복잡도를 줄이기 위하여 한 개의 복호기를 갖는 직렬 연결 LDGM 부호를 제안하였고 모의 실험을 통해 두 개의 복호기를 사용했을 경우와 비교해 복호기의 복잡도를 줄이면서 비슷한 성능을 보이는 것을 확인하였다.

#### I. 서 론

LDPC 부호(Low Density Parity Check codes)는 1962년 Gallager 에 의해 처음 제안되었지만 당시의 하드웨어 기술적 한계로 성능의 우수성을 검증받지 못하고 오랫동안 잊혀져 오다가 1995년 MacKay와 Neal에 의해서 재발견되어 현재 차세대 통신시스템에 쓰일 부호로 각광 받으며 활발한 연구가 진행되고 있다 [1][2].

LDGM 부호(Low Density Generator Matrix codes)는 저밀도 생성 행렬을 갖는 선형블록부호이다. LDGM 부호의 패리티 검사 행렬 역시 저밀도를 갖게 되므로 LDGM 부호는 LDPC 부호의 특별한 형태라고 볼 수 있다. 따라서 LDGM 부호는 LDPC에서 사용되는 복호 방법을 그대로 사용할 수 있기 때문에 터보코드에 비해 복호화의 복잡도가 낮으며 또한 생성 행렬의 밀도가 낮기 때문에 LDPC 부호보다 부호화의 복잡도가 낮다는 장점을 가진다. 하지만, LDGM 부호는 MacKay에 의해 처음 지적되었듯이 부호의 길이에 관계없이 오류마무 현상을 보이므로 점근적으로는 나쁜 부호라고 볼 수 있다 [3]. 따라서 LDGM 부호는 단독으로 사용될 수 없고 병렬 혹은 직렬로 연결된 구조로 사용되어야 하며 이 경우 LDPC 부호와 유사하게 Shannon limit에 근접한 성능을 보이는 것이 확인되었다 [4] [5]. 직렬 연결 LDGM 부호는 Tanner 그래프를 이용해서 한 개의 패리티 검사 행렬로 표현될 수 있지만 이런 경우 그래프 상에서 매우 많은 짧은 싸이클이 발생하게 되어 성능이 크게 열화된다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서 직렬 연결 LDGM 부호는 내부 부호를 먼저 복호화 하고 거기서 처리하고 남은 LLR (Log likelihood Ratio) 값을 외부 복호기로 넘겨서 잔류 오류를 제거하는 방식으로 복호화 되어야 하므로 두 개의 복호화가 필요하다.

본 논문에서는 복호기의 복잡도를 줄이기 위하여 한 개의 복호기를 사용하는 직렬 연결 LDGM 부호를 제안한다. 또한 한 개의 복호기를 사용할 때 발생하는 싸이클 문제를 해결하여 성능을 향상시킬 수 있는 방법을 제안하고, 모의실험을 통하여 제안한 방식이 두 개의 복호기를 사용할 때와 비교해 복잡도를 줄이면서 비슷한 성능을 나타내는 것을 확인한다.

#### II. LDGM 부호

LDGM 부호의 생성행렬이  $G = [I \ P]$  이면 해당하는 패리티 검사 행렬은  $H = [P^T \ J]$  가 된다. 여기서 정보 비트의 길이를  $K$ , 부호어의 길이를  $N$ 이라 할 때,  $I$ 는  $K \times K$  항등 행렬이며  $P$ 는  $K \times (N-K)$  저밀도 행렬이다. 정보비트가  $u = [u_1, \dots, u_K]$  이면 부호화된 비트는  $c = uP$ ,  $c = [c_1, \dots, c_M]$  이고, 잡음 채널을 통하여 전송되어 복호기에 수신된 부호는  $[u' \ c']$  이 된다. 여기서  $c'_m = c_m + e_m^1$ ,  $u'_k = u_k + e_k^2$  이며,  $e_m^1$  과  $e_m^2$  는 각각 채널에 의한 잡음이다. LDGM 부호의 복호는 등식  $c = uP$  를 만족시키는 가장 확률이 높은 해를 찾는 것이다. 그림 1은 LDGM 부호의 Tanner 그래프를 나타낸다. LDGM 부호의 복호 알고리즘은 LDPC 부호에서 사용되는 표현들을 이용해서 나타낼 수 있다.  $(m, k)$  를 각각 부호화된 비트와 정보비트의 인덱스 값이라고 하면, LDPC 부호에서  $r_{mk}^x$ ,  $x \in \{0, 1\}$  은 부호화된 비트에서 정보비트로 전송되는 확률 값이고  $q_{mk}^x$ ,  $x \in \{0, 1\}$  은 정보비트에서 부호화된 비트로 전송되