

남두희, 공형운

울산대학교 전기전자정보시스템공학부

duheeya@mail.ulsan.ac.kr, hkong@mail.ulsan.ac.kr

## A Study on the parallel decoding algorithm for the efficient LDPC decoding using pre-operation

Doohee Nam, HyungYun Kong

Department of Electrical Engineering, University of Ulsan

## Abstract

LDPC (Low Density Parity Check) 부호는 터보코드와 함께 Shannon 한계에 가장 접근 하는 부호화 기술로서 우수한 BER (Bit Error Ratio) 성능으로 인하여 차세대 이동통신을 위한 부호화 기술로 최근에 많이 연구되고 있다. LDPC의 복호 기술인 SPA (Sum Product Algorithm) 기술은 반복 복호 (Iterative Decoding) 기술을 사용한 복호 기술로서 아주 좋은 성능을 보여준다. 그러나 반복 복호를 통한 좋은 성능을 보이는 반면에 반복 복호로 인해 발생하는 시간지연 때문에 LDPC를 적용하기 위해 아직 많은 연구가 필요하다. 본 논문에서는 이러한 LDPC의 복호 과정에서 노이즈와 함께 수신된 노드의 초기 확률 값을 이용하여 전처리하여 병렬적으로 복호함으로써 SPA 복호 횟수를 줄이는 복호 알고리즘을 제안한다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안한 시스템의 성능을 검증하였다.

## 1. 서론

LDPC (Low Density Parity Check) 코드는 1962년 Gallager에 의해서 먼저 제안이 된 후 약 30여 년간 많은 연구자들의 관심에서 멀어져 있다가 1996년 MacKay와 Neal에 의해서 그 성능의 우수성이 재발견 되었다 [1],[2]. 이러한 역사를 가지는 LDPC 코드는 터보코드와 같이 Shannon 한계에 가장 근접하는 채널 부호화 기술로서 요즘 많이 각광을 받고 있고 앞으로 차세대 이동통신을 위한 부호화 기술로서 많이 연구되고 있다. 부호어의 길이가  $10^6$ 이고 부호화율이 1/2 인 비정규 LDPC 코드의 경우에는 Shannon 한계로부터 0.0045dB 만큼 차이가 나는 성능을 보여준다 [3]. LDPC 코드는 그 이름에서 유추할 수 있듯이 패리티 체크 매트릭스에서 1의 분포가 아주 성긴(sparse) 특성을 가지고 있고, 주로 부호어의 길이가 아주 클 때 좋은 성능을 보여주는 것으로 알려져 있다 [4]. LDPC코드는 선형 블록 부호 (Linear block code)의 한 종류이지만, 다른 선형 블록 부호와 달리 LDPC 코드는 먼저 패리티 체크 매트릭스를 생성 후, 가우스 소거법을 비롯한 여러 생성 방법에 의해서 생성 매트릭스를 만들게 된다. 수신한 부호어를 복호하기 위해서는 많은 알고리즘이 제안되고 연구 되고 있지만, Tanner 그래프에 기반을 한 Iterative Belief Propagation (IBP) 방법이 좋은 성능을 보여준다. IBP 방법은 Sum Product Algorithm (SPA), MPA (Message Passing Algorithm) 등으로 불려지고, 확률 값을 이용한 반복 복호 (Iterative decoding)를 특징으로 한다. 터보 코드와 같이 반복 복호로 인해서 전체적 시스템의 좋은 성능을 가져오지만, 반복 복호로 인한 시간 지연으로 인해 실제 시스템에

적용하기에는 많은 연구와 개발이 필요하다. LDPC 코드의 실제적 구현을 위해 극복해야 할 몇 가지 사항들은 복잡한 부호화 과정을 단순화 하는 것, 반복 복호로 인한 시간 지연을 줄이는 것, SPA 성능 저하의 원인이 되는 cycle에 대한 처리 방법, 부호어의 길이 등이 있다. 본 논문에서는 실제적 적용을 위한 반복 복호 횟수를 줄이는 방법을 연구하였고 제안한 알고리즘의 성능을 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장에서는 LDPC 코드의 개요에 관해서 설명을 하고, 2장에서는 LDPC 코드의 대표적 복호 과정인 SPA 기술에 관해서 설명을 한다. 그리고 3장에서는 제안한 전처리 과정을 통한 병렬 복호 과정을 설명하고, 4장에서 성능 분석을 하고 그 결과를 분석한 후, 마지막 5장에서 결론을 맺도록 구성 되어있다.

## 2. Sum Product Algorithm Decoding

LDPC의 복호과정으로 Tanner graph와 반복 복호에 기반을 한 SPA 과정은 각 노드와 확률 정보 값과 그래프의 결선을 따라 정보 값이 전달되는 동작 알고리즘에 의해 복호하게 된다. Tanner graph는 패리티 체크 매트릭스에 의해서 형성이 되고, 패리티 체크 매트릭스의 원소 중 1의 부분이 결선을 표시하게 된다. 아래의 그림. 1과 그림. 2는 각각 패리티 체크 매트릭스와 그와 관련된 Tanner graph를 보여준다. 그림. 2는 Tanner graph는 bipartite graph라고도 불리며, variable 노드와 check 노드로 구성되어 되어 있다. Variable 노드는 패리티 체크 매트릭스의 행