

EXIT charts를 이용한 Tree-LDPC 코드의 분석 및 설계

이성준, 허 준
 건국대학교 전자공학부
 e-mail : *masican, junheo@konkuk.ac.kr*

The Analysis and Design of Tree-LDPC codes with EXIT charts

Sung-Jun Lee, Jun Heo
 Department of Electronics Engineering
 Konkuk University

Abstract

In this paper, we present the analysis of Tree-LDPC codes using EXIT(Extrinsic information transfer) charts methods. Two different EXIT charts schemes are compared. One is based on the closed form equation and the other is based on Monte-Carlo simulation. The thresholds by these two schemes match well with the threshold by DE(density evolution) scheme. Simulation performance is also shown with the obtained thresholds.

I. 서론

최근 반복 복호를 분석하는데 많이 사용되고 있는 DE(Density Evolution) 기술은 LDPC 코드 계열과 같은 몇 가지 코드에만 제한적으로 사용될 수 있다는 한계가 있다. 하지만 Mutual Information을 이용한 EXIT charts는 DE 기술보다 훨씬 다양한 구조의 코드들을 분석할 수 있고 이를 바탕으로 성능이 개선된 새로운 부호를 설계할 수 있다. EXIT charts를 나타내는 방법은 크게 두 가지 방법이 있는데, 한 가지는 수식을 이용한 방법이고[2][3], 다른 한 가지는 Monte-Carlo 시뮬레이션을 이용한 방법이 있다.

본 논문에서는 EXIT charts를 이용한 코드 설계 방법 제시를 위해 위 두 가지 방법을 사용하여 기존에 제안 되었던 Tree-LDPC 코드의 성능을 분석하며, 설계의 방법 또한 제시 한다 .

II. 본론

그림 1은 Tree-LDPC 코드의 블록다이아그램이다. 그림에서 보는 바와 같이 Tree-LDPC 코드의 특징은 recursive 부분과 non-recursive 부분이 결합되어 부호화 된다는 것이다.

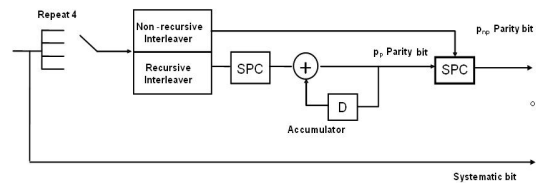


그림 1. Tree LDPC 코드 블록다이아그램
 이를 바탕으로 Tree LDPC 코드의 bipartite 그래프를 나타내어 보면 그림 2와 같다.

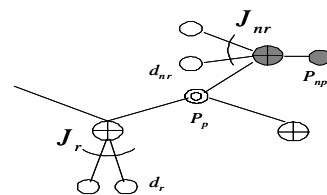


그림 2. Tree LDPC 코드 bipartite 그래프

여기에서 J_r 은 recursive SPC (Single Parity Check) 에 속하는 recursive 비트의 수를 나타내며 J_{nr} 은 non-recursive SPC에 속하는 non-recursive 비트의 수를 나타낸다.

우선 EXIT charts 방법 중 수식을 이용하여 Tree LDPC 코드를 분석하여 보면, VND(variable node decoder)와 TND(Tree node decoder)에 대해 다음과 같은 수식을 전개할 수 있으며[2][3], 그림 3이 아래의 수식을 이용하여 Tree LDPC 코드의 Threshold를 구한 것이다. (Threshold=0.65dB)

VND:

$$I_{E,VND}\left(I_{A,VND}, d_v, \frac{E_b}{N_0}, R\right) = J\left(\sqrt{(d_v - 1) [J^{-1}(I_{A,VND})]^2 + \sigma_{ch}^2}\right)$$

TND:

$$I_{E,TND,R}\left(I_{A,TND}, I_{A'}, d_{c,R}\right) = 1 - \frac{J\left(\sqrt{(d_{c,R} - 1) J^{-1}(1 - I_{A,TND}) + 2J^{-1}(1 - I_{A'})}\right)}{J\left(\sqrt{(d_{c,R} - 1) J^{-1}(1 - I_{A,TND}) + 2J^{-1}(1 - I_{A'})}\right)}$$

$$I_{E,TND,NR}\left(I_{A,TND}, I_{A''}, \frac{E_b}{N_0}, R\right) = 1 - \frac{J\left(\sqrt{(d_{c,NR} - 1) [J^{-1}(1 - I_{A,TND})]^2 + [J^{-1}(1 - I_{A''})]^2 + \sigma_{ch}^2}\right)}{J\left(\sqrt{(d_{c,NR} - 1) [J^{-1}(1 - I_{A,TND})]^2 + [J^{-1}(1 - I_{A''})]^2 + \sigma_{ch}^2}\right)}$$

$$I_{E,TND}\left(I_{A'}, d_{c,R}, d_{c,NR}\right) = \frac{d_{c,R}}{d_{c,R} + d_{c,NR}} \cdot I_{E,TND,R} + \frac{d_{c,NR}}{d_{c,R} + d_{c,NR}} \cdot I_{E,TND,NR}$$

where,

$$I_{A'} = I_{E,VND}(I_{A''}, I_{A'''}), \quad I_{A''} = I_{E,CND}(I_{A'}, d_{c,R})$$

$$I_{A'''} = I_{E,CND}\left(I_{A'}, d_{c,NR}, \frac{E_b}{N_0}, R\right), \quad \sigma_{ch}^2 = 8R \cdot \frac{E_b}{N_0}$$

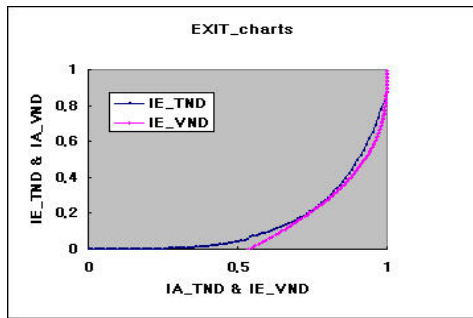


그림 3. 수식을 이용한 Tree LDPC 코드의 EXIT charts 그래프 (dc,R=3, dc,NR=1, Eb/No=0.65dB, R=1/2)

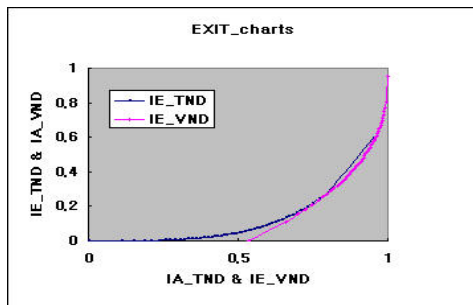


그림 4. Monte Carlo 시뮬레이션을 이용한 Tree LDPC 코드의 EXIT charts 그래프 (dc,R=3, dc,NR=1, Eb/No=0.7dB, R=1/2)

다음으로 그림 4는 Monte-Carlo 시뮬레이션을 이용한 Tree-LDPC 코드의 EXIT charts 그래프이다. (Threshold=0.7dB)

끝으로 그림 5는 density evolution을 이용한 Threshold와 Tree-LDPC 코드의 성능곡선이다.

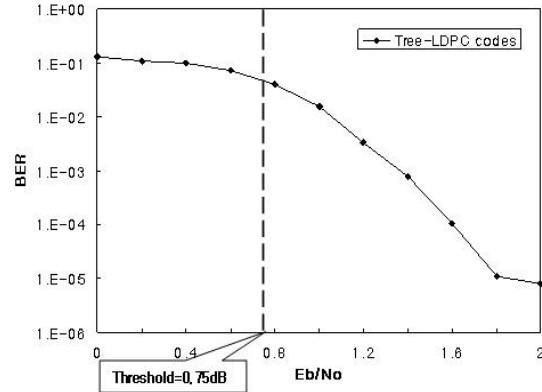


그림 5. DE를 이용한 Tree LDPC 코드의 Threshold 및 성능곡선 (dc,R=3, dc,NR=1, R=1/2, Information block size=1024)

III. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 Tree LDPC 코드의 한계성능을 EXIT chart의 두 가지 방법을 사용하여 구하였으며, density evolution을 이용한 결과와 유사한 threshold 값이 나타남을 확인하였다. 이 논문의 결과는 차후에 MIMO 환경에 맞는 Tree LDPC 코드 설계에 사용 될 수 있다.

IV. 감사의 글

본 논문은 과학기술부 지원 하에 수행중인 “차세대 무선망을 위한 계층간 최적화 기반 오류 제어 기법” 과제 및 2단계 BK21 결과의 일부를 밝히고 지원에 감사드립니다.

참고문헌

[1] J heo and K. Chung, "Tree-LDPC codes for IEEE 802.16 broadband wireless internet," *IEEE Proc ICCE*, Las Vegas, NV Jan 2005.

[2] Stephan ten Brink, Gerhard Kramer, "Design of Repeat-Accumulate Codes for Iterative Detection and Decoding," *IEEE Trans. Signal Process.*, vol 51, no 11, Nov 2003.

[3] Stephan ten Brink, Gerhard Kramer, and Alexei Ashikhmin, "Design of Low-Density Parity-Check Codes for Modulation and Detection," *IEEE Trans. Commun.*, vol 52, no 4, pp. 670-678, April 2004.