

터보부호의 반복복호에 따른 부가정보 변화 특성 분석

*강 세 훈, *김 우 태, **김 정 구, *주 언 경
*경북대학교 전자전기공학부, **밀양대학교 정보통신공학과
전화 : 053-950-5542

Analysis on the transition characteristics of extrinsic information according to iterative decoding of turbo code

*Se Hoon Kang, *Woo Tae Kim, **Jeong Goo Kim, and *Eon Kyeong Joo
*School of Electronic and Electrical Engineering, Kyungpook National University
**School of Information and Communication Engineering, Miryang National University
E-mail : sehoon@hotmail.com

Abstract

The performance of turbo code is improved by updating extrinsic information. The bit patterns are categorized by the transition characteristics of extrinsic information in this paper. And the distribution of these patterns is surveyed according to signal-to-noise ratio. Based on the results, the dominant error pattern is determined at high signal-to-noise ratio range. Thus, it is expected to improve the error performance in the error floor region by correcting the dominant error pattern which is found in this paper.

I. 서론

고속의 데이터 및 고품질의 영상과 음성이 복합된 멀티미디어 서비스가 효율적으로 제공되기 위해서는 우수한 오류정정 능력을 가진 부호의 사용이 필수적이다. 그 중 터보부호는 가장 우수한 오류정정부호 중 하나로 알려져 있다[1]. 터보부호는 비교적 간단한 구조를 가지면서도 반복복호에 의해 부가 정보를 갱신함으로써 고품질의 성능을 얻을 수 있다[1,2]. 하지만 터보부호는 신호대 잡음비가 증가해도 더 이상 성능의 향상이 없는 오류마루 현상과 반복복호에 의한 지연시

간 증가라는 단점들을 가지고 있다.

터보부호의 성능향상은 반복복호에 따른 부가정보의 변화에 의한 것이므로 그 특성을 분석하면 터보부호의 단점인 지연시간 문제를 개선할 수 있으며 더 나아가 오류성능을 향상시킬 수 있는 방안을 찾을 수 있으리라 기대된다.

기존의 부가정보의 특성을 이용한 논문들은 대부분이 부가정보 자체의 평균과 분산을 이용하거나 부가정보 변화특성을 이용하여 반복복호를 줄이는 방향으로 연구되어왔다[3-7]. 따라서 본 논문에서는 우선 오류성능 향상의 관점에서 터보부호의 반복복호에 따른 부가정보의 변화를 조사한다. 그리고 그 결과를 바탕으로 오류가 나타나는 비트 또는 프레임패턴을 결정하고 오류마루 현상이 나타나는 높은 신호대 잡음비에서 오류패턴의 분포를 조사하고 그 패턴을 분석한다.

II. 부가정보 변화 특성 패턴

터보부호의 반복복호에 따른 부가정보 변화 특성을 조사하기위해 가산성 백색 가우스 잡음 환경에서 모의 실험을 하였다. 부호율을 1/3, 프레임 길이를 1024비트로 하였으며 반복복호는 20번으로 하였다. 구성부호기는 메모리가 3개인 순환체계적 길쌈부호를 사용하였다. 모의실험 결과 비트 패턴은 반복복호를 수행함에 따라 부가정보의 값이 진동하는 경우와 수렴하는 경우

로 크게 나눌 수 있었다. 그림 1,2는 위의 2가지 경우들을 나타낸 것이다.

진동하는 경우는 다시 3가지 패턴으로 나눌 수 있었는데 첫 번째는 비교적 크게 진동하는 패턴, 두 번째는 비교적 작게 진동하는 패턴, 마지막으로 처음에는 작은 진동으로 시작해서 반복복호를 할수록 점점 크게 진동하는 패턴으로 나뉜다. 이러한 패턴들은 주로 낮은 신호대 잡음비에서 많이 관찰되었으며 신호대 잡음비가 커질수록 점점 적게 나타났다.

진동하는 패턴들은 2가지 형태를 가지고 있었다. 만약 반복복호에 따른 부가정보 평균의 절대값이 충분히 크다면 그 비트는 명확히 오류비트와 정상비트로 구별될 수 있었다. 반면에 그 값이 작다면 비트의 부가정보값은 오류영역과 정상영역 사이를 진동하게 된다. 따라서 어느 시점에 반복복호를 중지하느냐에 따라 성능이 달라졌다.

수렴하는 경우도 다시 3가지 패턴으로 나눌 수 있었는데 첫 번째는 낮은 절대값에서 높은 절대값으로 수렴하는 패턴, 두 번째는 처음의 낮은 절대값에서 변화가 크지 않은 패턴, 또 마지막으로 반복복호 횟수가 증가함에 따라 절대값이 선형적으로 증가하는 패턴으로 나뉜다. 이러한 패턴들은 높은 신호대 잡음비에서 많이 나타났다.

이 6가지 패턴들은 모두 오류비트나 정상비트 어느 한가지만으로 관찰되지 않았다. 따라서 부가정보 변화 패턴만을 가지고 그 비트의 오류유무를 판단하기는 어려웠다.

III. 오류 패턴들

신호대 잡음비에 따라 주로 나타나는 오류패턴의 특징이 있었다. 즉, 낮은 신호대 잡음비에서는 진동하는 패턴의 비율이 높고, 높은 신호대 잡음비에서는 수렴하는 패턴의 비율이 높았다. 특히 오류마루 현상이 일어나는 높은 신호대 잡음비 영역에서는 수렴하는 패턴 중 첫 번째와 세 번째 패턴의 비율이 높아짐을 알 수 있었다. 신호대 잡음비에 따른 6가지 오류패턴들의 분포와 비율을 표 1에 나타내었다.

이 2가지 수렴하는 오류패턴들은 보통 한 프레임 안에서 다른 정상비트들과 다른 특성을 보이는데 이러한 프레임들을 그림 3에 나타내었다. 그림 3(a)에서 오류비트를 나타내는 2개의 겹쳐진 점선들은 수렴하는 패턴 중 세 번째 패턴의 형태를 가지고 있다. 그림에서 보면 실선의 정상비트들은 약 5번째 반복복호 후에는 부가정보값이 일정값으로 수렴하는 반면 오류비트들은 천천히 증가함을 알 수 있다. 그림 3(b)를 보면 모든 비트들은 첫 번째 수렴패턴의 형태를 가진다. 그리고

약 13번째 반복복호 후에는 오류비트와 정상비트 모두 비슷한 값을 가진다. 그러나 오류비트는 정상비트에 비해 천천히 증가하며 부가정보의 절대값이 작은 특성을 보인다. 이러한 오류비트와 정상비트는 약 10번째 반복복호까지 명확히 구별된다.

그러므로 오류비트들과 정상비트들 사이의 이러한 부가정보의 변화 특성의 차이를 이용하면 정상비트들 속에서 오류비트들을 검출하여 정정할 수 있을 것으로 기대된다.

표 1. 신호대 잡음비에 따른 오류패턴의 분포

E_b/N_0	첫 번째, 세 번째 수렴패턴의 오류비트 (비율)	다른 패턴들의 오류비트 (비율)	총 오류비트
0.8dB	1186 (4.6%)	24635 (95.4%)	25821
1.0dB	579 (19.8%)	2348 (80.2%)	2927
1.2dB	165 (47.8%)	180 (52.2%)	345
1.4dB	104 (66.7%)	52 (33.3%)	156
1.6dB	60 (77.0%)	18 (23.0%)	78
1.8dB	29 (82.9%)	6 (17.1%)	35
2.0dB	26 (86.7%)	4 (13.3%)	30
2.2dB	25 (89.3%)	3 (10.7%)	28

V. 결론

미래의 통신시스템에서 고속 및 고품질의 서비스를 제공하기 위해서는 터보부호와 같은 우수한 오류정정 부호가 필수적이다. 터보부호는 부가정보의 갱신에 의해 성능이 향상되므로 그 특성을 분석하면 지연시간 증가와 오류마루 현상 등의 단점을 개선시킬 수 있는 방안을 찾을 수 있으리라 기대된다.

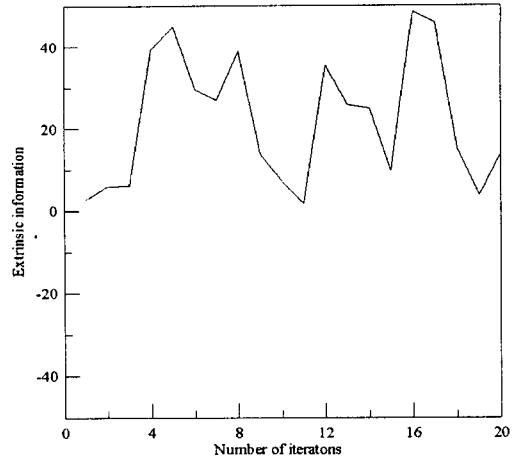
본 논문에서는 오류마루 영역에서의 성능개선을 위하여 반복복호에 따른 부가정보의 변화 특성을 비트별로 분류하였다. 그 결과를 조사하여 이 영역의 오류비트 중에서 첫 번째, 세 번째 수렴패턴이 많음을 확인하였고 그 패턴이 같은 프레임안의 정상비트들과 다른

게 부가정보값이 낮고 천천히 증가함을 알 수 있었다.

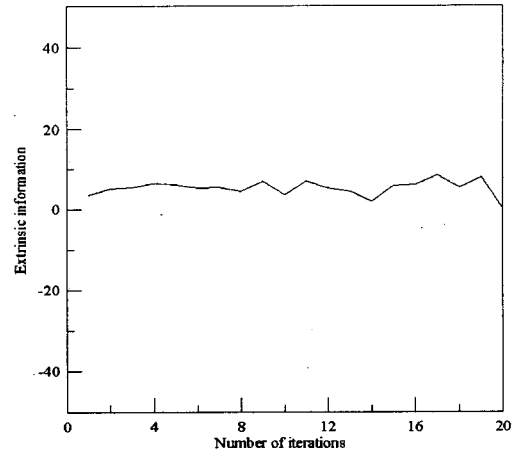
이러한 결과를 이용하여 높은 신호대 잡음비 영역에서 오류비트들이 정상비트들과 큰 차이가 나는 프레임을 검출하고 오류비트를 정정할 수 있는 방안을 연구하여 적용한다면 오류성능 개선의 효과를 얻을 수 있으리라 기대된다.

REFERENCES

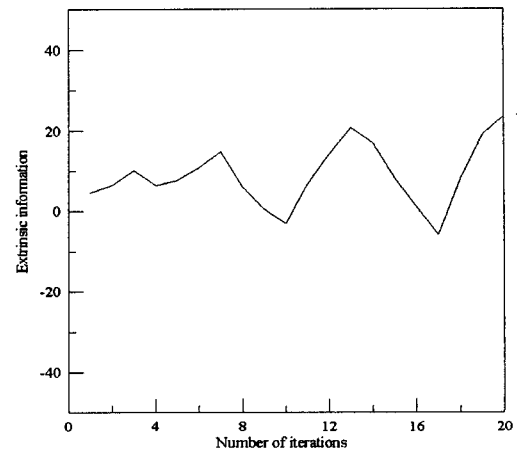
- [1] C. Berrou and A. Glavieux, "Near optimum error correcting coding and decoding: Turbo-codes," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 44, no. 10, pp. 1261-1271, Oct. 1996.
- [2] S. Benedetto and G. Montorsi, "Unveiling turbo codes-Some results on parallel concatenated coding schemes," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 42, pp. 409-428, Feb. 1996.
- [3] A. C. Reid, T. A. Gulliver, and D. P. Taylor, "Convergence and Errors in Turbo-Decoding," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 49, no. 12, pp. 2045-2051, Dec. 2001.
- [4] R. Shao, S. Lin, and M. Fossorier, "Two simple stopping criteria for turbo decoding," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 47, no. 8, pp. 1117-1120, Aug. 1999.
- [5] B. Kim and H. Lee, "Reduction of the number of iterations in turbo decoding using extrinsic information," *proc. IEEE TENCON'99*, Cheju, Korea, vol. 1, pp. 494-497, Sep. 1999.
- [6] A. Shitbutani, H. Suda, and F. Adachi, "Complexity reduction of turbo decoding," *proc. IEEE VTC'99*, Houston, TX, vol. 3, pp. 1570-1574, Sep. 1999.
- [7] J. Hagenauer, E. Offer, and L. Papke, "Iterative decoding of binary block and convolutional codes," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 42, no. 2, pp. 429-445, Mar. 1996.



(a)



(b)



(c)

그림 1. 진동하는 패턴

(a) 첫 번째 패턴 (b) 두 번째 패턴 (c) 세 번째 패턴

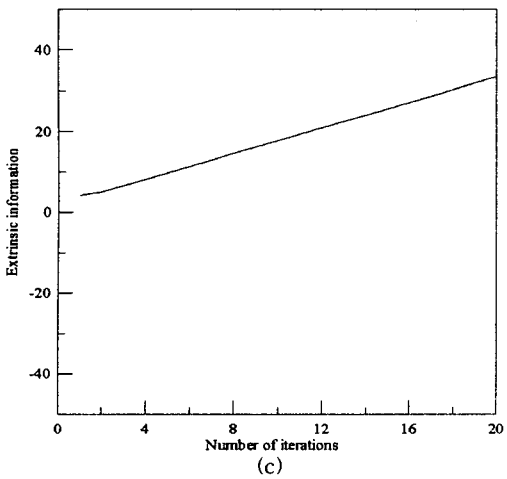
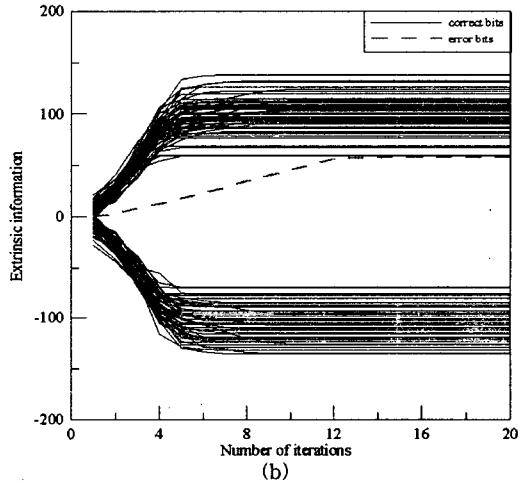
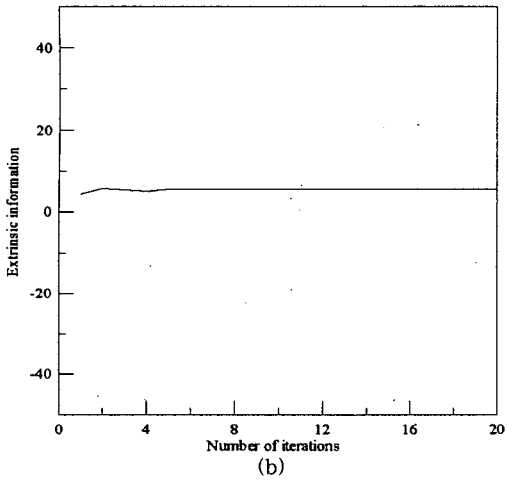
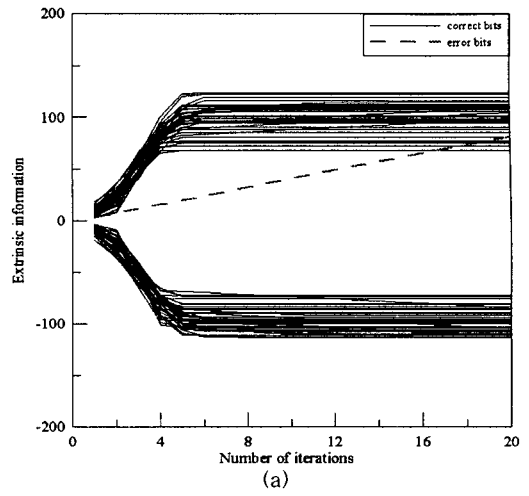
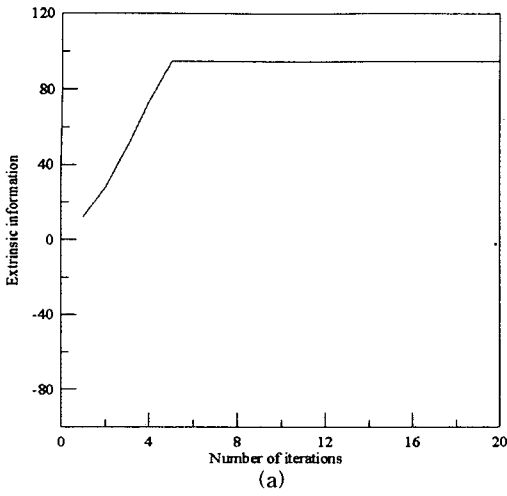


그림 2. 수렴하는 패턴

(a) 첫 번째 패턴 (b) 두 번째 패턴 (c) 세 번째 패턴

그림 3. 오류를 포함하는 프레임 패턴들
(a) 첫 번째 프레임 (b) 두 번째 프레임