

## 낮은 SNR과 짧은 프레임에서 터보코드 성능 개선

정상연, 이용식, 심우성, 허도근

원광대학교 전자공학과

전화 : (0653) 850-6742 / 팩스 : (0653) 857-3999

Performance Improvement of Turbo Code in low SNR and short frame sizes

Sang Yean Jung, Yong Sik Lee, Woo Sung Sim, Do Geum Huh

Dept. of Electronic Eng. Wonkwang University

E-mail : jung@electro.wonkwang.ac.kr

### Abstract

The turbo code appropriate to IMT-2000 is known to have a good performance whenever the size of frame increases. But it is not appropriate to a sort of video service to need real time because of decoding complexity and long delay time by the size of frame. Therefore this paper proposes decoding decision algorithm of short frame in which soft output is weighted according to iteration number in turbo decoder. Performance of the proposed algorithm is analysed in the AWGN channel when short length of frame is 100, 256, 640. As the result, it is appeared that the proposed decoding decision algorithm has improved in BER other than in the existing MAP decoding algorithm.

### I. 서 론

오류정정부호는 페이딩, 간섭, 잡음등의 영향이 심한 셀룰러, 이동위성 시스템 같은 무선 통신 시스템에서 사용되고 있으며 이중 터보코드는 현재까지의 오류정정 부호방법중 가장 좋은 성능을 보이고 있다[1,2]. 특히 차세대 이동통신에서 영상전송을 위한 터보코드 설계는 복호방법, 인터리버의 크기 및 종류, 반복복호

회수 등의 파라메타들이 중요 요인이 된다. 이중 복호방법은 SOVA(Soft-Output Viterbi Algorithm)와 MAP(Maximum a Posteriori) 알고리즘을 이용한 반복 복호방법으로 대체된다. MAP 알고리즘은 모든 경로에 대한 확률값들을 계산하여 정보 비트에 대한 연판정값을 출력하는 반면 SOVA 알고리즘은 모든 경로에 대해서 최대 근사 경로(Survivor path)와 이에 근접하는 경쟁경로(competitor path)와의 관계를 통하여 연판정값을 산출해 낸다. 이러한 SOVA 알고리즘은 MAP 알고리즘에 비하여 하드웨어 복잡성을 상대적으로 낮으나 오류 정정 능력이 낮다[3]. 인터리버 종류에는 블록 인터리버, 대각 인터리버와 랜덤 인터리버등이 있으며 이는 연접오류를 산발오류로 변환시켜 복호 성능을 향상시킨다[4,5]. 인터리버 크기는 프레임 크기와 같게 설계되며 프레임 크기가 증가할수록 오류정정 능력은 향상되지만 긴지연을 감수해야 한다. 보통 음성의 경우 256비트의 프레임 크기와 16ms의 자연시간이 필요하며 영상과 같은 데이터량이 많고 높은 오류정정 능력을 요구하는 것에는 더 큰 프레임 크기가 요구되지 만 이것에 의해 긴 자연시간이 발생 된다[6].

따라서 프레임 크기가 작은 면서도 오류정정 능력을 향상시킬수 있는 부호화에 대한 터보코드 연구가 필요하므로 본 논문에서는 터보코드의 반복 복호법에서의 반복회수에 따른 중요도를 고려해서 제안된 복호판정 알고리즘과 기존의 MAP복호 알고리즘을 사용한 반복복호(iterative decoding)법을 이용해서 AWGN 채널상에서의 짧은 프레임 크기인 100, 256, 640일

때의 성능을 각각 모의실험을 통해 비교 분석하고자 한다.

## II. Turbo code의 구조

### II-1. 시스템 모델

시스템은 세개의 프레임크기 100, 256, 640비트를 사용하고 정보비트  $d_k$ 는 프레임별로 부호화한 후 BPSK 변조된다. BPSK 변조기의 출력  $y_k$ 는 백색가우시안 잡음인  $n_k$ 와 더해져서 전송되며, 수신된 신호  $r_k$ 는 BPSK 복조되고 터보복호기에 의해 복호된다. 터보 복호기의 출력은 정보비트의 추정값  $\hat{d}_k$ 가 된다. 이러한 시스템 모델은 그림1과 같다.

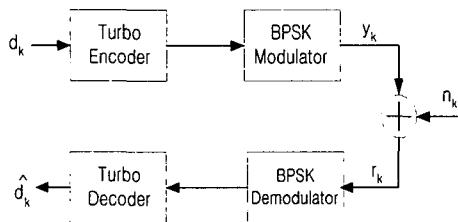


그림1. 시스템모델

### II-2. 부호기

터보코드의 부호기 기본구조는 그림 2와 같이 두 개의 RSC(Recursive Systematic Convolutional Codes) 부호기와 연접 애러를 제거하기 위한 인터리버로 구성되어 있다. 터보코드를 구성할 때 반드시 RSC코드를 사용할 필요는 없지만, 기존의 컨벌루션 코드를 사용하여 구성하게 되면 반복 알고리즘으로 복호할 때 메트릭 구성이 RSC 코드보다 더 복잡하게 되는 단점이 있다. 부호기의 출력은 하나의 입력 비트  $x_k$ 와  $y_{1k}$ ,  $y_{2k}$ 가 평처링의 유무에 따라서 부호율이 변할 수 있다.

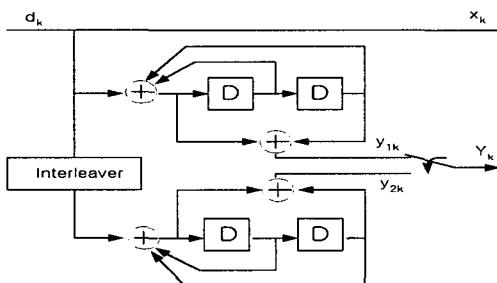


그림2. 터보코드 부호기

### II-3. 복호기

터보코드의 복호기 구조는 그림3과 같이 두 개의 복호기와 인터리버, 디인터리버등으로 구성되어 있으며 각 복호기에서는 최적복호 알고리즘인 MAP 알고리를 사용하고 전체적인 성능의 향상을 위하여 반복 복호 방법을 이용한다. 부호기에서 시간  $k$ 일 때 출력 시퀀스는 입력정보비트  $x_k$ 와 임여비트  $y_k$ 로 이루어지고 출력 시퀀스가 AWGN 채널을 통해서 전송될 때 수신된 시퀀스는 아래의 식과 같이 표현될 수 있다.

$$R_1^N = (R_1, \dots, R_k, \dots, R_N) \quad (1)$$

여기서  $R_k = (x_k, y_k)$ 는 각 구성 부호기에 대한 시간  $k$  일 때 수신된 심볼이며  $x_k$ 와  $y_k$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} x_k &= (2d_k - 1) + p_k \\ y_k &= (2Y_k - 1) + q_k \end{aligned} \quad (2)$$

$p_k$ 와  $q_k$ 는 평균이 0이고 분산이  $\sigma^2$ 인 가우시안 랜덤 변수인 AWGN이다.

복호기1에서는 채널 입력  $x_k$ 와  $y_{1k}$ 를 이용하여 사전 정보  $L_a^{D_1}(d_k)$ 와 추가정보  $L_e^{D_1}(d_k)$  및 채널 신뢰 정보  $L_c$ 를 이용하여 복호 실행하여 식 (3)과 같은 출력을 발생시킨다.

$$L_1(d_k) = L_c x_k + L_a^{D_1}(d_k) + L_e^{D_1}(d_k) \quad (3)$$

두 번째 복호기에서는 첫 번째 복호기의 추가정보인  $L_e^{D_1}(d_k)$ 와 인터리빙된 채널 입력  $x_{1k}$ 와  $y_{2k}$ 를 이용하여 식(4)와 같은 출력을 발생시키고 다시  $L_e^{D_2}(d_k)$ 를 첫 번째 복호기의 사전정보로 이용하게 된다.

$$L_2(d_k) = L_c x_k + L_e^{D_1}(d_k) + L_e^{D_2}(d_k) \quad (4)$$

이러한 방법은 반복 회수 동안 진행되며 반복 복호가 끝났을 때 최종 복호를 위한 식 (5)과 같은  $\Lambda(d_k)$ 의 결정함수를 거쳐서 0과 1의 결과가 복호된다.

$$\Lambda(d_k) = \log \frac{P_r(d_k = 1 | R_1^N)}{P_r(d_k = 0 | R_1^N)} \quad (5)$$

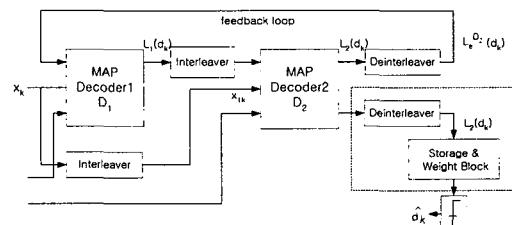


그림3. 터보코드 복호기

추가정보는 초기에는 0의 값을 갖지만 복호가 반복되

면서 점점 정확한 값을 가지게 됨으로써 향상된 오류 정정을 하게 되고, 마지막 단계에서는 최종적인 두 개의 추가정보들을 합친 연판정된 값을 출력하여 이것을 경판정하여 출력하게 된다.

#### II-4. 제안된 복호판정법

기존의 터보코드의 복호기는 MAP복호기를 이용하여 반복복호 구조로 되어 있으며 반복 복호시 MAP복호기 사이에서 추가정보의 교환이 이루어지게 된다. 이 때 프레임의 크기는 자연시간과 오류정정능력에 관계되며 프레임의 크기가 클 경우 오류정정 능력은 향상되지만 자연이 발생되어 실시간 전송이 어렵게 되고 작을 경우 자연시간은 줄일 수 있지만 오류 정정 능력은 낮아진다. 따라서 본 논문에서는 작은 프레임에서 오류정정 능력을 향상시킬 수 있는 방법에 대하여 제안한다. 그림4에서 알 수 있듯이 프레임 크기가 짧고 더 낮은 SNR에서 최종 반복복호때의 경판정된 값을 판정한 결과의 예제가 이전 번째의 경판정값을 이용하는 것과 같거나 더 많은 예제가 발생하는 국부최소에 도달할 가능성이 있다. 따라서 반복 회수의 마지막에서의 경판정이 아닌 이전의 값들에 대하여 가중치를 이용하는 통계적 판정법을 제안한다. 예를 들어 5번의 반복 복호에서 3번째 연판정값에 0.2를, 4번째 연판정값에 0.3를, 그리고 마지막 복호회수째의 값에는 0.5의 가중치를 두어 각각의 반복회수에 따라 값의 중요성을 강조시키고 3, 4, 5번째 값을 합한 값을 이용하여식(7)과 같이 경판정하게 된다.

$$L_2(d_k)_3 = 0.2 \times L_2(d_k)_3$$

$$L_2(d_k)_4 = 0.3 \times L_2(d_k)_4$$

$$L_2(d_k)_5 = 0.5 \times L_2(d_k)_5$$

$$L_{all} = L_2(d_k)_3 + L_2(d_k)_4 + L_2(d_k)_5 \quad (6)$$

$$\hat{d}_k = \begin{cases} 0 & (L_{all} \geq 0) \\ 1 & (L_{all} < 0) \end{cases} \quad (7)$$

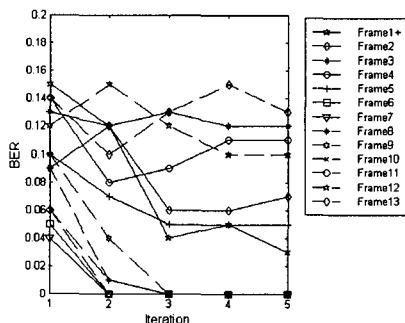


그림4. 반복복호회수에 따른 BER  
(Frame size=100, SNR=0.5dB)

### III. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서는 프레임 크기가 100, 256, 640이고, 부호율이 1/2과 1/3인 (7,5)터보코드를 AWGN 채널에서 기존 복호방법과 제안된 복호판정법의 성능을 알고자 SNR에 따른 BER을 측정하였다. 그림 5는 프레임 크기가 100비트이며 전체 전송비트가 100X200비트 일 때, 1/2 부호율과 1/3부호율에서의 SNR에 따른 BER 결과로서 개선을 가져왔으며 부호율이 낮을 때보다 높을 때 제안된 복호 판정 방법이 BER에서 낮아짐을 알 수 있다. 그림 6과 7은 각각 256과 640프레임 일 때 BER특성을 보인것이며 프레임 크기가 커질 경우에는 제안한 방법과 최종회 방법이 동일해짐을 알수 있다.

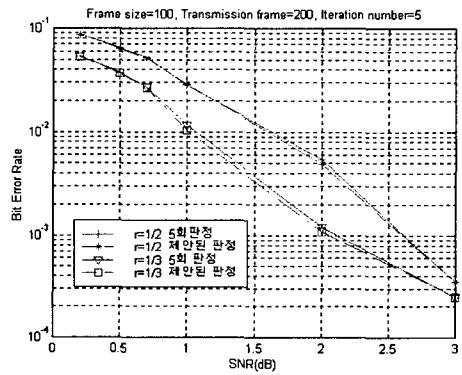


그림5. 5회판정과 제안된 판정방법에 따른 BER성능비교( Frame Size=100 )

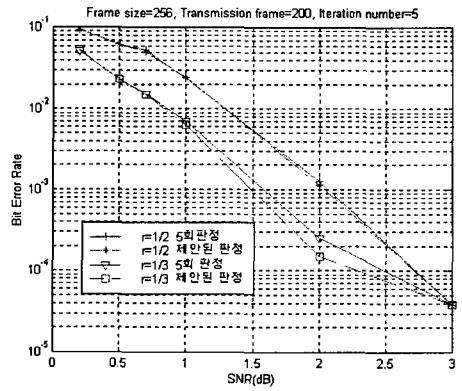


그림6. 5회판정과 제안된 판정방법에 따른 BER성능비교( Frame Size=256 )

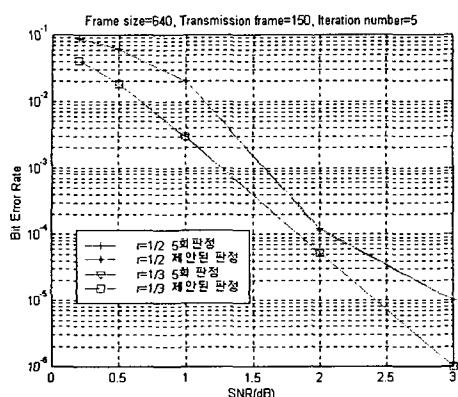


그림7. 5회판정과 재인된 판정방법에 따른  
BER성능비교( Frame Size=640 )

Decoders Applied to Short Frame Transmission Systems", IEEE journal of Selected Areas in Communications, vol.14, no.3, pp.530-537, April 1996

#### IV. 결 론

본 논문에서는 터보코드의 반복 복호법에서의 반복 회수에 따른 중요도를 고려한 복호 판정법을 제안하였다. 이러한 방법의 성능평가를 위해 기존의 MAP 복호 알고리즘을 이용한 반복복호법과 프레임 크기와 부호율에 따라 비교하였다. 그 결과 큰 프레임의 경우 제안된 방법과 기존 방법이 반복회수에 따라 같이 수렴하지만 작은 프레임의 경우 낮은 SNR에서 기존의 방법에 비해 BER성능이 우수함을 보였다.

#### V. 참 고 문 헌

- 1.C.Berrou, A.Glavieux and P.Thitimajshima, "Near Shannon Limit Error-Correcting Coding and Decoding : Turbo Codes(1)", Proceeding of ICC '93, pp.1064-1070, Geneva, Switzerland, May 1993
2. Steven S. Pietrobon and Adrian S. Barbulessu, "A Simplification of the Modified Bahl Decoding Algorithm for Systematic Convolutional Codes", Proceedings of ISITA'94, pp. 875-880, Sydney, Australia, November 1994
3. L. Pake, P.Robertson, and E.Villebrun, "Improved decoding with the SOVA in a parallel concatenated (turbo-code) scheme," in Proc., IEEE int. Conf. on Commun., pp.102-106, 1996.
4. A.S.Barbulessu and S.S. Pitetrobon, "Interleaver design for turbo codes," Electronics Letters, vol. 30, pp.2107-2108, Dec.8th 1994.
- 5.S.Dolinar and D.Divsalar, "Weight distributions for turbo codes using random and nonrandom permutation", The Telecommunications and Data Acquisition Progress Report 42-122, April-June 1995, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA, April 6, 1992.
- 6.Peter Jung, "Comparison of Turbo-code