

고차원변조 방식 및 고속 페이딩 전송 환경을 위한 블럭터보부호

준회원 김향광*, 종신회원 김수영*, 김원용**, 조용훈**

Block Turbo Codes for High Order Modulation and Transmission Over a Fast Fading Environment

Xianggunag Jin* Associate Member, Sooyoung Kim* Lifelong Member, Won-Yong Kim**, Yong-Hoon Cho**

요약

오류정정부호화 방식은 일종의 타임 다이버시티 기술의 하나로써 채널에서 발생하는 잡음 및 페이딩 효과를 부호어 내의 여러 개의 비트로 분산시킴으로써 성능의 향상을 도모하는 기술이다. 따라서, 임의의 오류정정부호에 대한 성능이 극대화되기 위해서는 부호어 내의 비트 간 잡음 및 페이딩 정보가 서로 독립적이 될 수 있도록 해 주는 것이 가장 바람직하다. 본 논문에서는 고차원변조 방식 및 비교적 짧은 기간의 페이딩으로 감소될 수 있는 타임 다이버시티 효과를 최대화 할 수 있는 블럭터보부호를 제안한다. 본 논문에서는 특히 매우 간단한 부호 비트 할당 주소 계산식을 제안하여 외부의 별도의 인터리버 없이 성능을 극대화할 수 있도록 하였다. 본 논문에서 제시된 시뮬레이션 결과에 따르면 기존 방식에 비하여 수 dB 이상의 성능 향상 효과를 기대할 수 있다.

Key Words : block turbo codes, product codes, bit interleaving, block fading, MIMO.

ABSTRACT

A forward error correction (FEC) coding techniques is one of time diversity techniques with which the effect of channel impairments due to noise and fading are spreaded over independently, and thus the performance could be improved. Therefore, the performance of the FEC scheme can be maximized if we minimize the correlation of channel information across over a codeword. In this paper, we propose a block turbo code with the maximized time diversity effect which may be reduced due to utilization of high order modulation schemes and due to transmission over a comparatively fast fading environment. Especially, we propose a very simple formula to calculate the address of coded bit allocation, and thus we do not need any additional outer interleavers, i.e., inter-codeword interleavers. The simulation results investigated in this paper reveal that the proposed scheme can provide the performance gain of more than a few decibels compared to the conventional schemes.

I. 서론

나날이 증가하고 있는 고속 데이터 전송의 요구 사항을 만족하기 위해서 고차원 변조 방식 및 다중

안테나 방식(multi-input multi-output; MIMO)등은 현대 무선통신시스템에서 반드시 요구되는 기술의 하나이다. 그러나, 이와 동시에 고차원 변조 및 MIMO 전송으로 얻을 수 있는 고속 데이터 전송의

※ 본 연구는 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 IT/SW 창의연구과정의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2011-C1820-1102-0003)

* 전북대학교 전자공학부 디지털통신시스템 연구실(sookim@jbnu.ac.kr) (° : 교신저자), **(주)코메스타
논문번호 : KICS2012-05-242, 접수일자 : 2012년 5월 8일, 최종논문접수일자 : 2012년 6월 4일

반대 급부로 성능 열화가 발생하게 되고 더욱 더 강력한 오류정정 부호화 능력을 가지고 있는 오류정정(forward error correction; FEC) 부호의 사용이 필요하다. 이와 같은 고성능 FEC 방식의 대표적인 예가 터보부호나 저밀도 패리티 검사(low density parity check; LDPC) 부호 등이라고 할 수 있다^{1,2)}.

터보부호는 부호기 내부에 다수개의 비교적 간단한 부호기가 인터리버와 연결되어 있는 구조를 가지고 있는데 내부 구성 부호의 종류에 따라, 길쌈부호(convolutional codes)를 내부 구성부호로 사용하는 터보부호와 블록부호를 내부구성부호로 사용하는 터보부호로 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 초기의 터보부호는 길쌈부호에 비교적 긴 길이의 랜덤 인터리버를 연결한 형태로 구성되어 있다¹⁾. 반면에, 블록터보부호는 비교적 많은 개수의 선형블록부호를 블록인터리버로 연결하여 구성한 것으로써, 기존에 제안되어 있던 곱부호에 반복적인 복호 알고리즘을 적용한 것이라고 할 수 있다³⁾.

이와 같은 블록터보부호는 부호어 구성자체가 블록인터리버를 구성하고 있다는 점과 여러 개의 부호어에 대해 동시에 병렬로 복호를 수행하고 있다는 점에서 큰 장점을 가진다고 할 수 있다. 그러나, 블록터보부호의 경우 내부 구성부호어들의 길이가 상대적으로 짧기 때문에 고차원변조를 사용한다든지 블록 페이딩을 겪게 될 경우 이로 인한 성능 열화가 더 심각해 질 수 있다.

블록터보부호에 대하여 고차원 변조 방식을 이용하여 성능을 제시한 기존의 연구에서는 각 구성 부호어에 여러 개의 심볼을 단순 정렬 또는 기존의 블록인터리버를 이용하는 방법을 적용하여 시뮬레이션한 결과를 제시하였을 뿐, 고차원 변조 심볼의 사용으로 인한 다이버시티 효과의 감소에 대해서는 별도의 분석이 제시되지 못했다³⁾. 또한 페이딩 환경에서의 MIMO 전송에 블록터보부호를 고려한 기존의 연구에서는 주로 블록터보부호 외부의 인터리버를 사용하여 비교적 긴 길이의 페이딩 효과를 분산시키는데 주요 착안점을 두어왔으며^{4,5)}, 본 논문에서 고려하고자 하는 심볼 레벨의 상관성을 분산시키고자 하는 데에 대해서는 연구된 바가 없다.

본 논문에서는 블록터보부호에서 고차원 변조를 사용하거나 수 심볼 단위의 고속 페이딩을 겪음으로 인하여 열화될 수 있는 성능을 블록터보부호의 구성 특징을 이용하여 효과적인 비트 인터리빙 및 할당 방법을 이용하여 다이버시티 효과를 극대화하고 최대의 성능을 얻을 수 있는 블록터보부호를

제안한다.

본 서론에 이어 II 장에서는 블록터보부호의 기본 동작원리 및 블록터보부호가 고차원변조 방식이나 수 심볼 레벨의 고속 페이딩을 겪게 되었을 경우 어떤 문제점이 있는지를 기술한다. 또, III 장에서는 이러한 문제점을 해결할 수 있는 효과적인 비트 인터리빙 기법을 활용한 블록터보부호를 제안하고, IV 장에서는 여러 가지 시뮬레이션 결과를 제시한다. 마지막으로 V 장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 고차원 변조를 사용한 블록터보부호

2.1. 블록터보부호의 기본 동작 원리

블록 터보 부호는 곱 부호 (product code)를 이용하여 반복적으로 복호하는 알고리즘을 1994년 Pyndiah가 처음으로 제안하였다⁶⁾. 그림 1은 x 축 방향으로는 (n_x, k_x) 블록 부호를, y 축 방향으로는 (n_y, k_y) 블록 부호를 내부 구성 부호로 사용한 블록터보부호에 대한 구조와 생성 과정을 나타낸 것이다.

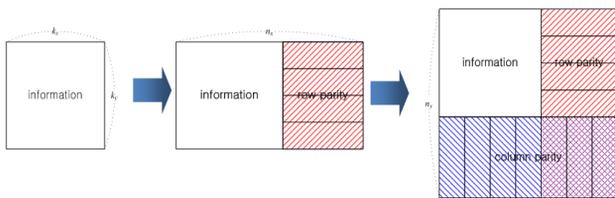
이러한 구조는 (n_x, k_x) 블록 부호와 (n_y, k_y) 블록 부호를 블록 인터리버를 이용하여 직렬로 연결한 곱부호와 같은 것이다. 그림 1의 (a)에 나타나 있는 블록터보부호의 생성 과정을 살펴보면 먼저 x 축 방향으로 k_x 개의 블록부호를 생성하고 이를 블록인터리빙하여 y 축 방향으로 만들어진 총 n_x 개의 k_y 비트 정보를 부호화하면 총 $n_x \times n_y$ 비트의 부호어가 만들어진다. 이와 같이 생성된 곱부호는 어느 축부터 먼저 부호화를 수행하든지 그 결과는 같다⁷⁾.

또 그림 1의 (b)에 나타나 있는 블록터보부호의 구성을 살펴보면 $C_{11}-C_{1(k_x)}$ 는 첫 번째 행 부호에 대한 k_x 개의 정보어 비트이고, $C_{1(k_x+1)}-C_{1(n_x)}$ 는 첫 번째 행 부호에 대한 n_x-k_x 개의 패리티 비트이다. 마찬가지로 $C_{11}-C_{(k_y)1}$ 는 첫 번째 열 부호에 대한 k_y 개의 정보어 비트이고, $C_{(k_y+1)1}-C_{(n_y)1}$ 은 첫 번째 열 부호에 대한 n_y-k_y 개의 패리티 비트이다.

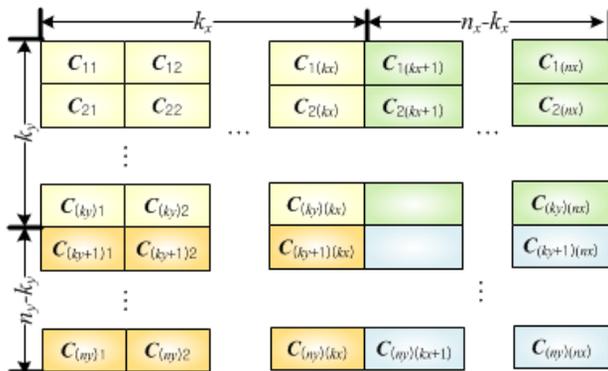
이와 같이 생성된 블록터보부호에 대한 반복 복호 원리는 일반적인 터보부호와 동일하다. 즉, x 축 방향으로 연판정 출력 복호를 수행하고 그 결과를 y 축 방향의 복호에 이용하여 연판정 복호를 수행한다. 또, 그 결과를 다시 x 축 방향의 복호에 전달하는 식으로 계속 반복 복호를 수행한다^{7,8)}. 처음 제안된 Pyndiah의 블록터보부호에서는 연판정 복호를 수행하기 위하여 변형된 Chase 알고리즘을 이용하였다³⁾. 또한, 블

록부호에 대한 트렐리스 모델링 기법을 적용하게 되면 블록터보부호에서도 일반 터보부호화 마찬가지로 MAP 알고리즘이나 연관정출력비터비 알고리즘(soft output Viterbi algorithm; SOVA)를 이용할 수 있다 [9,10].

또한 그림 1의 블록터보부호 구조에서 알 수 있는 바와 같이 블록터보부호의 경우에는 x 축 및 y 축 방향의 여러 개의 부호어들이 각기 독립적이므로 x 축 방향으로 총 n_y 개의 수신 부호를 동시 복호할 수 있으며, 마찬가지로 y 축 방향으로 총 n_x 개의 수신 부호도 동시에 복호할 수 있다.



(a) $(n_x, k_x) \times (n_y, k_y)$ 블록터보부호생성 과정



(a) $(n_x, k_x) \times (n_y, k_y)$ 블록터보부호의 구조

그림 1. 2차원 블록터보부호의 구성 및 생성 개념도
Fig. 1. Structure and construction procedure of 2-dimensional block turbo codes

2.2. 고차원 변조 및 블록 페이딩으로 인한 영향

이와 같은 블록터보부호에 고차원변조방식을 사용하게되면, 한 심볼을 구성하고 있는 비트들은 모두 연관성이 있는 채널 정보를 보유하게 될 것이다. 예를 들어 (n, k) 블록부호를 BPSK 또는 QPSK 변조 방식을 사용하여 가산성 백색 가우시안 잡음 (additive white Gaussian noise; AWGN) 채널로 전송하는 경우 이 부호어 내에 존재하는 다이버시티 차원, 즉 채널 정보의 개수는 n 개라고 할 수 있다. 그러나, 동일한 변조 방식에서 블록 페이딩의 길이가 L 심볼인 채널을 통하여 정보가 전송될 경우 L 개의 심볼 내의 모든 비트들은 서로 동일한 채

널 이득을 가지고 검출될 것이므로 다이버시티 차원은 $n/(Lm)$ 로 줄어들고, L 값이 커짐에 따라 복호 성능은 더욱 더 감소하게 될 것이다. 여기서 m 은 M -ary 변조방식에 대하여 $m = \log_2 M$ 이다.

그림 1에 나타나 있는 바와 같이 블록터보부호는 부호어 자체가 블록인터리버로 구성되어 있다. 따라서, 부호화된 비트를 심볼로 할당할 때 x 축 방향으로 할당하게 되면 y 축 방향 부호어에서는 최대의 다이버시티가 달성되지만 x 축 방향에서는 블록페이딩의 길이만큼 다이버시티 차원이 감소하게 된다. 아래 그림 2는 $(31,25) \times (31,25)$ 블록터보부호에서 블록페이딩길이 L 값에 따른 BER 성능을 나타낸 것으로서 블록 페이딩의 길이가 길어질수록 성능이 더 열화된다는 것을 쉽게 알 수 있다.

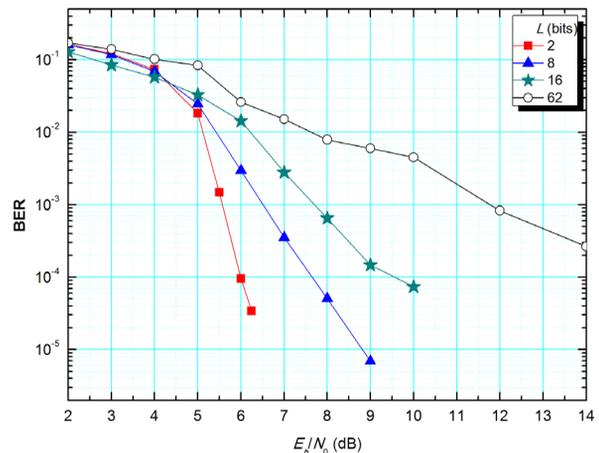


그림 2. 블록페이딩길이 L 에 따른 QPSK 변조방식을 사용한 $(31,25) \times (31,25)$ 블록터보부호의 BER 성능
Fig. 2. BER performance of $(31,25) \times (31,25)$ block turbo codes using QPSK according to block fading length L

또한, 고차원 변조 방식을 사용할 때에는 변조 심볼을 구성하고 있는 여러 개의 비트를 개별적으로 분리하여 복호기에 전달하게 되는데, 각 비트별 비트오류율(bit error rate; BER)은 균일하지 않기 때문에 인터리빙으로 인하여 어느 한 부호어에 동일한 위치의 비트가 집중되지 않도록 해야 한다.

III. 다이버시티 극대화를 위한 블록터보부호

문제를 간단히 하기 위하여 먼저 x 축 및 y 축 방향으로 동일한 선형블터부호를 사용하는 2차원 블록터보부호에 대해서 고려하기로 한다. 이와 같은 방식은 가장 전형적인 블록터보부호이며, 이 방법은 x 축 및 y 축의 길이가 다른 경우나 3차원 부호의 경우에도 용이하게 확장이 가능하다.

본 논문에서는 각 부호어별로 최대의 다이버시티 효과를 얻을 수 있도록 하는 블록터보부호의 구성 방법을 제안한다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 블록 페이딩의 길이가 L 일 때, x 축의 어떤 부호어도 또 y 축의 어떤 부호어도 동일한 채널 정보를 가지지 않도록 하는 것이다.

우선 $n \times n$ 행렬에 저장된 부호어들이 행방향으로 먼저 전송되는 경우를 고려하여 제안된 방식을 설명하기로 한다. 아래에 제안된 방식이 데이터의 전송 방향이 열방향으로 진행되어도 동일하게 적용할 수 있다. 아래 그림 3에는 부호화된 비트를 심볼로 $C_{11}, C_{12}, \dots, C_{1n}, C_{21}, C_{22}, \dots,$ 순으로 C_{nn} 까지 할당하고 할당된 심볼들을 차례대로 전송할 것이다. 먼저, 그림 3에 나타나 있는 바와 같이 부호어의 길이 n 이 L 의 배수가 되는 가장 간단한 경우에 대하여 고려하자.

C_{11}	...	C_{1L}	..	C_{1n-L+1}	...	C_{1n}
C_{21}	...	C_{2L}	..	C_{2n-L+1}	...	C_{2n}
C_{31}	...	C_{3L}	..	C_{3n-L+1}	...	C_{3n}
C_{n1}	...	C_{nL}	..	C_{nn-L+1}	...	C_{nn}

그림 3. 블록페이딩길이가 L 일 때, 행방향으로 신호를 전송하는 경우의 $n \times n$ 블록터보부호
Fig. 3. $n \times n$ block turbo codes transmitting in row direction with block fading length of L

그림 3에 나타나 있는 바와 같은 경우에는 대각방향으로 블록터보부호를 재구성하여 전송하게 되면, 수신단에서는 동일한 페이딩을 겪는 어떤 비트도 동일한 행의 부호어 또는 동일한 열의 부호어에 속하지 않게 된다. 이러한 블록터보부호의 재구성에 대한 개념이 그림 4에 나타나 있다. 그림 4에 나타나 있는 바와 같이 먼저 행번호가 증가되는 만큼 각 행 부호의 비트들을 제일 뒤쪽으로 이동 배치 시킨 후 대각방향으로 비트를 모으게 되면 총 n 개의 n 비트 워드가 생기게 된다. 이와 같은 대각방향의 비트 할당의 기본 개념은 참고문헌 [4]에 간략히 소개된 바 있으나, 구체적으로 주소를 재 할당하는 방법론은 제시된 바가 없다.

본 논문에서는 그림 4에 나타나 있는 바와 같은 비트 재배열 방식을 간단한 수식으로 구현할 수 있는 방법을 제안한다. 즉, 비트 열이 재 구성된 $n \times n$ 행렬 블록터보부호의 i 번째 행 j 번째 열의 값 $IC[i][j]$ 는 원래 부호화된 블록터보부호 비트 $C[i][j]$ 과 아래의 관계로 나타낼 수 있다.

$$IC[i][j]=C[j][(i+j)\%n], \quad (1)$$

여기서 $a\%b$ 는 a 를 b 로 나눈 나머지를 뜻한다.

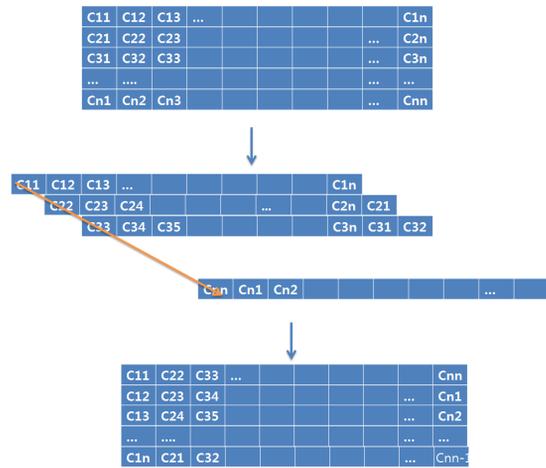


그림 4. 다이버시티 최대화를 위한 블록터보부호의 부호화 비트 재배열 개념도
Fig. 4. Concept of coded bit reallocation for block turbo codes achieving maximum diversity

그러나, n 이 L 의 배수가 아닐 경우이거나, 또는 변조 심볼의 크기 m 과 n 의 관계에 따라 단순한 한 번의 비트 재배열로는 전혀 성능의 개선을 얻기 힘들 수가 있다. 즉, 한 심볼을 구성하는 여러 개의 비트들은 서로 비균일한 BER 성능을 가지기 때문에 이러한 점을 고려하여, 부호화된 비트를 먼저 메모리에 할당하고, 이를 수식 (1)을 이용한 몇 차례의 반복 인터리빙을 통하여 최적의 블록터보부호를 구성할 수 있다.

즉, 구성된 부호의 크기와 m 과의 관계에 따라 최적화된 비트 재 배열 반복을 수행할 수 있다. 예를들어, n 이 m 값의 정확한 배수가 아닐 경우에는 아래와 같은 방법을 사용하여 최대의 다이버시티 이득을 얻을 수 있다. 인터리빙된 비트를 m 비트씩 행방향으로 심볼로 할당하고, 행방향의 부호에서 남은 비트의 개수가 m 보다 적을 경우에는 그 다음 행의 부호어들을 먼저 할당하여 n 번째 부호어에 대한 할당이 완료되면 다시 첫 행부터 남은 비트들을 차례로 할당한다. 이 경우 남은 비트의 수만큼 수식 (1)을 이용하여 반복하면 최대의 다이버시티 이득 획득이 가능하게 된다.

IV. 모의 실험 결과

본 장에서는 본 논문에서 제안된 블록터보부호를 적용한 BER 성능 시뮬레이션 결과를 기존의 방법과 비교한다. BER 성능 시뮬레이션을 위하여 $(32,26) \times$

(32,26) 및 (31,25)×(31,25) 블록터보부호를 사용하고, 블럭터보부호에 대한 반복 복호 알고리즘으로는 변형된 SOVA를 사용하였으며, 최대 반복 횟수는 8회로 제한하였다^{7,8)}.

아래 그림 5는 AWGN 채널에서 16-QAM과 64-QAM 방식을 사용하였을 경우 제안된 블럭터보부호를 사용하였을 경우와 그렇지 않을 경우 성능을 비교하여 나타낸 것이다. 16-QAM의 경우는 각 구성부호의 부호어 비트수 32가 정확히 심볼 크기 4 비트의 배수가 되는 경우이다.

그림에서 “conventional (1)”으로 표기된 것은 기존의 블럭터보부호 방식대로 행방향으로 부호화된 비트들을 차례로 심볼로 할당하는 방식이다^{3,6)}. 반면에 “conventional (2)”로 표기된 것은 참고문헌 [4]에 제시된 방법을 참고하여 간단한 대각 인터리빙을 수행한 블럭터보부호를 적용한 방식이다. 페이딩이 전혀 없는 상황이라고 하더라도 “proposed”로 표기되어 있는 제안된 블럭터보부호의 적용으로 인한 성능 이득 효과가 매우 크다는 것을 알 수 있다. 예를 들어 64-QAM 변조 방식의 경우 본 논문에서 제안된 기법을 사용할 경우 BER이 10⁻⁵ 정도에서 0.5 dB 이상의 이득을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

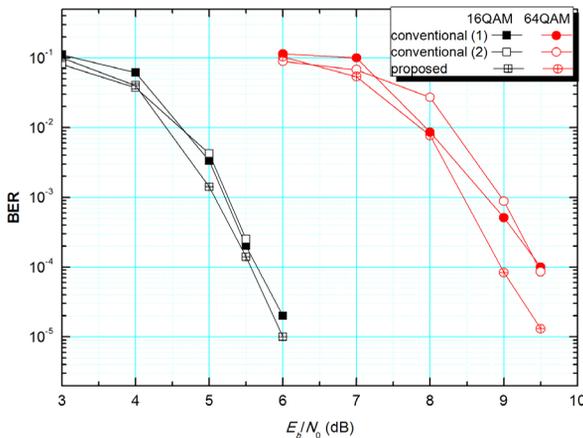


그림 5. AWGN 채널에서 제안된 비트 인터리빙 여부에 따른 (32,26)×(32,26) 블럭터보부호의 BER 성능
Fig. 5. BER performance results of the (32,26)×(32,26) block turbo code by the proposed bit interleaving scheme over an AWGN channel

그림 6에는 블럭 인터리빙의 길이, L 에 따라 본 논문에서 제안된 블럭터보부호를 사용했을 경우 (proposed)와 일반적인 블럭터보부호를 적용했을 경우 (conventional)를 비교하여 나타내었다. 이 경우는 구성 부호어 비트수 31이 L 의 정확한 배수가 되지 않는 경우이다. 그림에서 알 수 있듯이 L 이 커질수록 성능 이득 효과는 더욱 커진다는 것을 알 수 있다. L 이

8 비트로 비교적 짧은 경우라고 할지라도 제안된 방법을 쓸 경우 BER이 10⁻⁵ 정도에서 2 dB 이상의 성능 이득을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

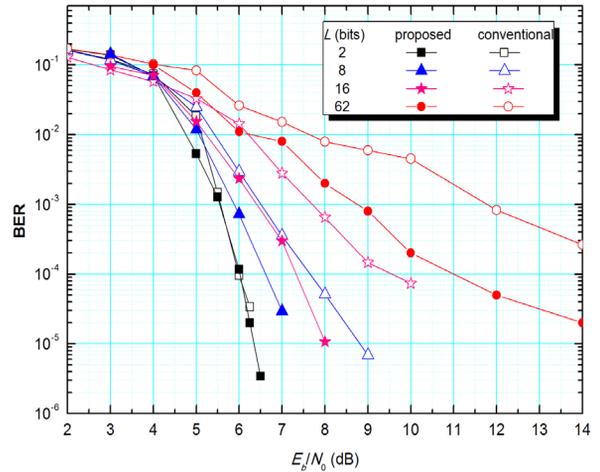


그림 6. 블럭 레일리 페이딩 채널에서 QPSK 변조 방식을 사용하는 (31,25)×(31,25) 블럭터보부호의 BER 성능
Fig. 6. BER performance results of the (31,25)×(31,25) block turbo code with QPSK modulation scheme over a block Rayleigh fading channel

V. 결 론

본 논문에서는 블럭터보부호에서 고차원 변조를 사용하거나 비교적 짧은 길이의 블럭 페이딩을 겪게 되는 경우 부호어 내에 감소하는 시간 다이버시티 효과적으로 극복할 수 있는 방식을 제안하였다. 제안된 방식에서는 매우 간단한 방법으로 부호화된 비트를 할당할 수 있는 주소 계산식을 이용하여 반복적으로 비트 재할당을 함으로써 외부의 별도 인터리버 없이 성능의 향상을 도모할 수 있도록 하였다.

참 고 문 헌

- [1] C. Berrou, A. Glavieux, and P. Thitimajshima, "Near Shannon limit error-correcting coding and decoding: Turbo-codes," *Proc. of IEEE Int. Conf. Commun.*, Geneva, Switzerland, pp. 1064-1070, 1993.
- [2] T. J. Richardson, M. A. Shokrollahi, and R. L. Urbanke, "Design of capacity-approaching irregular low-density parity-check codes," *IEEE Trans. on Inf. Theory*, 47(2), Feb. 2001.
- [3] R. Pyndiah, "Near-optimum decoding of product

codes: block turbo codes," *IEEE Trans. on Comm.*, 46(8), Aug. 1998

[4] K. Cavalec-Amis and R. Pyndiah, "Block turbo codes for space-time systems", *Proc. of IEEE GLOBECOM 2000*, pp. 1021-1025, San Francisco, U. S. A., Nov. 2000

[5] I. Jelovččan, G. kandus, and T. Javornik, "Near optimum iterative decoding of block codes in MIMO Systems", *Proc. of EW 2008*, Pargue, 22-25 June 2008

[6] R. Pyndiah, A. Glavieux, A. Picart, and S. Jacq, "Near optimum decoding of product codes", *Proc. of IEEE GLOBECOM 1994*, pp. 339-343, San Francisco, U. S. A., Nov. 1994

[7] S. Kim, W. S. Yang, and H-J Lee, "Trellis based decoding of high-dimensional turbo block codes", *ETRI Journal*, 25(1), pp. 1-8, Feb. 2003

[8] 김수영, 이수인, "효율적인 복잡도 감소 기법을 적용한 블럭터보부호," *한국통신학회논문지*, 25(7B), pp. 1301-1312, 2000년 7월
Sooyoung Kim Shin and Soo In Lee, "Block turbo codes using efficient reduced search decoding method", *The Journal of the Korean Institute of Communication Sciences*, 25(7B), pp. 1301-1312, Jul. 2000

[9] J. Hagenauer and P. Höher, "A Viterbi Algorithm with Soft Outputs and Its Application", *Proc. of the IEEE GLOBECOM 1989*, pp. 47.1.1-47.1.7, Nov. 1989

[10] L. R. Bahl, J. Cocke, F. Jelinek, and J. Raviv, "Optimal Decoding of Linear Codes for Minimizing Symbol Error Rate", *IEEE Trans. on Inf. Theory*, IT-20(2), pp. 284-287, Mar. 1974.

김향광 (Xiangguang Jin)

준회원



2011년 7월 중국 정주경공업대학교 통신공학과 학사
2011년 9월~현재 전북대학교 전자공학 석사 과정 중
<관심분야> 터보부호, 이동/위성통신

김수영 (Sooyoung Kim)

중신회원



1990년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 학사
1990년 2월~1991년 9월 ETRI 연구원
1992년 10월 Univ. of Surrey, U.K 공학석사
1995년 2월 Univ. of Surrey, U.K 공학박사
1994년 11월~1996년 6월 Research Fellow, Univ. of Surrey, U.K
1996년 8월~2004년 2월 ETRI 광대역무선전송연구팀장
2004년 3월~현재 전북대학교 전자공학부 부교수
<관심분야> 오류정정부호화방식, coded MMO, 이동/위성통신

김원용 (Won-Yong Kim)



1995년 2월 전남대학교 전자공학과 학사
1997년 2월 전남대학교 전자공학과 공학석사
1997년 3월~2000년 10월 (주) 대우통신 선임연구원
2000년 11월~2002년 12월 (주) 머큐리 선임연구원
2003년 1월~현재 (주) 코메스타 연구소장
<관심분야> 이동/위성통신, 대역확산 방식

조용훈 (Yong-Hoon Cho)



1986년 2월 연세대학교 전기공학과 학사
1988년 2월 연세대학교 전기공학과 석사
2001년 2월 연세대학교 전기전자공학과 박사
1989년 9월~2002년8월 한국전자통신연구원 위성멀티미디어연구팀 팀장/책임연구원
2002년 9월~2011년 12월 전주대학교 겸임교수
2012년~현재 (주) 코메스타 대표이사
<관심분야> 오류정정부호화방식, 이동/위성통신, 데이터링크