(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년01월30일
(11) 등록번호 10-0880664
(24) 등록일자 2009년01월20일

(51) Int. Cl.[9]
H04L 27/26 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0103697
(22) 출원일자 2007년10월15일
심사청구일자 2007년10월15일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020040100585 A
JP2006165966 A
US6862552 B2
KR100757833 B1

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울 광진구 군자동 98 세종대학교
(72) 발명자
이지혜
서울 금천구 독산3동 880-21 에이원빌라 401호
송형규
경기 성남시 분당구 서현동 91 한양아파트 320동 303호
(74) 대리인
리앤목특허법인

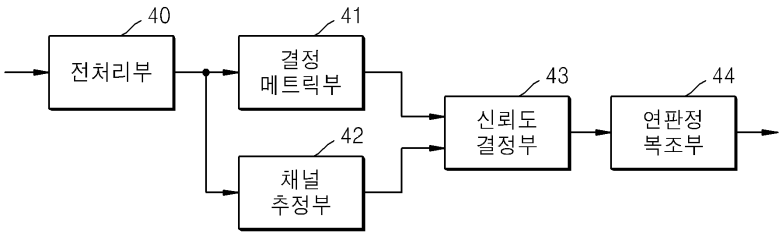
전체 청구항 수 : 총 7 항 심사관 : 최진호

(54) 디.씨.엠.을 사용하는 유.더블유.비.용엠.비.-오.에프.디.엠 시스템에서 효율적인 연판정 복조방법 및 그 장치

(57) 요 약

디.씨.엠.(DCM)을 사용하는 유.더블유.비.(UWB)용 엠.비.-오.에프.디.엠(MB-OFDM) 시스템에서 효율적인 연판정 복조 방법이 개시된다. 본 발명에 따른 DCM MB-OFDM 신호 복조 방법은 수신된 디.씨.엠.(DCM) 멀티밴드 직교 주파수 다중 분할(MB-OFDM) 신호로부터 채널을 추정하여 채널 정보 상태 값을 얻고, 결정 메트릭을 이용하여 수신된 신호에 대한 결정값을 얻는 단계; 채널 정보 상태 값과 결정값을 이용하여 수신된 신호의 신뢰도를 구하는 단계; 및 신뢰도를 양자화하고, 양자화 결과를 이용하여 복조하는 단계를 포함함을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

수신된 디.씨.엠.(DCM) 멀티밴드 직교 주파수 다중 분할(MB-OFDM) 신호로부터 채널을 추정하여 채널 정보 상태 값을 얻고, 결정 메트릭을 이용하여 상기 수신된 신호에 대한 결정값을 얻는 단계;

상기 채널 정보 상태 값과 상기 결정값을 이용하여 상기 수신된 신호의 신뢰도를 구하는 단계; 및

상기 신뢰도를 양자화하고, 양자화 결과를 이용하여 복조하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 DCM MB-OFDM 신호 복조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 결정 메트릭은 상기 DCM 신호를 만들기위해 송신측에서 갖고 있는 맵퍼에 대응하여 만들어져서, 수신된 MB-OFDM 신호에 대해 송신된 신호를 제1 또는 제2값으로 판정할 확률을 나타낸 것임을 특징으로 하는 DCM MB-OFDM 신호 복조 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 양자화는 상기 신뢰도에 따라 가중치를 갖도록 복수의 레벨로 이루어지는 것을 특징으로 하는 DCM MB-OFDM 신호 복조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 신뢰도는 상기 DCM 신호 전송에 사용되는 두 반송파에 대해 각각 상기 채널 정보 상태 값과 상기 결정값을 곱한 다음, 곱한 결과를 평균하여 얻는 것을 특징으로 하는 DCM-MB-OFDM 신호 복조 방법.

청구항 5

수신된 디.씨.엠.(DCM) 멀티밴드 직교 주파수 다중 분할(MB-OFDM) 신호로부터 채널을 추정하여 채널 정보 상태 값을 출력하는 채널 추정부;

결정 메트릭을 이용하여 상기 수신된 신호에 대한 결정값을 출력하는 결정 메트릭부;

상기 채널 정보 상태 값과 상기 결정값을 이용하여 상기 수신된 신호의 신뢰도를 출력하는 신뢰도 결정부; 및

상기 신뢰도를 복수 레벨로 양자화하고, 양자화 결과를 이용하여 복조하는 연판정 복조부를 포함함을 특징으로 하는 DCM MB-OFDM 신호 복조 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 결정 메트릭부는

상기 DCM 신호를 만들기위해 송신측에서 갖고 있는 맵퍼에 대응하는 결정 메트릭을 갖고, 상기 수신된 MB-OFDM 신호에 대해 송신측에서 송신된 신호를 제1 또는 제2값으로 판정할 확률을 출력하는 것을 특징으로 하는 DCM MB-OFDM 신호 복조 장치.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 신뢰도 결정부는

상기 DCM 신호 전송에 사용된 두 반송파에 대해 각각 상기 채널 정보 상태 값과 상기 결정값을 곱한 다음, 곱한 결과를 평균하여 상기 신뢰도를 출력하는 것을 특징으로 하는 DCM-MB-OFDM 신호 복조 장치.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 복조 방법 및 그 장치에 관한 것으로, 특히 디.씨.엠.(DCM, Dual Carrier Modulation)을 사용하는 유.더블유.비.(UWB, Ultra Wide Band)용 엠.비.(MB, Multi-band)-오.에프.디.엠(OFDM, Othogonal Frequency Division Multiplexing) 시스템에서 효율적인 연판정(soft decision) 복조 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> UWB의 일반 상용화를 위한 응용 분야는 다양하나 크게 레이더(Radar) 응용분야와 통신 분야로 분류할 수 있다. 레이더 응용 제품으로는 민간 항공기의 충돌 방지 장치 및 고도계, 지반 침투 레이더 시스템, 침투 식별 레이더 시스템, 정밀 위치 인식 시스템 등이 있고, 통신 분야 응용 제품으로는 현재 사무실이나 가정과 같은 작은 공간에서 10m정도의 근거리에 있는 PC, TV, PDA, DVD, 디지털 카메라, 프린트 등을 연결하는 무선 근거리 개인 통신망(WPAN, Wireless Personal Area Network) 개발이 활발히 진행되고 있다.

<3> UWB 시스템은 기본적으로 매우 넓은 주파수 대역폭에 매우 낮은 전력을 이용하여 통신을 하므로 기존 협대역 시스템과의 공유가 용이하고, 현재 개발되고 있는 다른 무선데이터용 통신 시스템에 비해 월등히 높은 데이터 전송률을 제공할 수 있다. 또한, UWB 시스템은 매우 높은 시간 분해능을 이용하여 Cm 단위의 위치추적이 가능하다. 이러한 UWB 시스템만의 고유한 특성인 위치 추적 능력과 매우 높은 데이터 전송율의 결합은 앞으로 UWB 시스템의 전망을 매우 밝게 할 것으로 기대된다.

<4> MB-OFDM은 UWB를 사용하는 전송방식 중 하나이다. MB-OFDM 모뎀에서 기저대역 신호는 스크램블러(scrambler)/디스크램블러(descrambler) , 컨벌루션 부호기(convolutional encoder)/컨벌루션 복호기(convolutional decoder), 인터리버(interleaver)/디인터리버(deinterleaver), IFFT/FFT의 구성요소들을 이용하여 처리하고, 송수신 신호의 시간 및 주파수 영역에서의 인터리빙은 RF단에서 반송파 합성기를 통해 수행된다.

<5> MB-OFDM 시스템은 전송률에 따라 전송 모드를 8개로 구분 지을 수 있는데, 320, 400, 480 Mbps의 높은 전송률에서의 복조기법으로 16-QAM형태의 DCM방식을 이용한다. 이는 MB-OFDM 시스템의 고속의 전송률을 달성하기 위한 신호 전송방식이다.

<6> DCM의 기본 아이디어는 4개의 입력비트를 2개의 16-QAM(Quadrature Amplitude Modulation)을 이용해 변조하고, 2개의 출력값을 최대한 멀리 떨어져 있는 2개의 반송파에 나눠서 전송한다. 따라서 하나의 반송파가 복구할 수 없는 페이딩을 겪게 되더라도 다른 하나의 반송파에 실려온 정보를 이용하여 처음의 4비트를 복구할 수 있다. 두 개의 반송파가 모두 열악한 페이딩을 겪게 될 확률은 매우 작으므로 DCM을 이용함으로써 성능향상을 기대할 수 있다. 이러한 방식을 기본적인 ML(Maximum Likelihood) 검출방식을 이용하여 신호를 복호할 경우 채널정보를 이용하지 않기 때문에 DCM의 본래 목적이라고 할 수 있는 다이버시티의 손실(loss in diversity)을 줄이자는 생각과 부합되지 않는다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<7> 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 신호 복호시, 채널 정보와 DCM의 성상도 특성을 이용한 결정 메트릭(decision metric)을 사용함으로써 수신 성능을 높이는, MB-OFDM 시스템에서 효율적인 연판정 복조 방법 및 그 장치를 제공하는 데 있다.

과제 해결수단

<8> 상기 과제를 이루기 위한, 본 발명의 DCM MB-OFDM 신호 복조 방법은 수신된 디.씨.엠.(DCM) 멀티밴드 직교 주파수 다중 분할(MB-OFDM) 신호로부터 채널을 추정하여 채널 정보 상태 값을 얻고, 결정 메트릭을 이용하여 상기 수신된 신호에 대한 결정값을 얻는 단계;상기 채널 정보 상태 값과 상기 결정값을 이용하여 상기 수신된 신호의 신뢰도를 구하는 단계; 및 상기 신뢰도를 양자화하고, 양자화 결과를 이용하여 복조하는 단계를 포함함을 특징으로 한다.

<9> 상기 과제를 이루기 위한, 본 발명의 DCM MB-OFDM 신호 복조 장치는 수신된 디.씨.엠.(DCM) 멀티밴드 직교 주파수 다중 분할(MB-OFDM) 신호로부터 채널을 추정하여 채널 정보 상태 값을 출력하는 채널 추정부; 결정 메트릭을

이용하여 상기 수신된 신호에 대한 결정값을 출력하는 결정 메트릭부; 상기 채널 정보 상태 값과 상기 결정값을 이용하여 상기 수신된 신호의 신뢰도를 출력하는 신뢰도 결정부; 및 상기 신뢰도를 복수 레벨로 양자화하고, 양자화 결과를 이용하여 복조하는 연판정 복조부를 포함함을 특징으로 한다.

효 과

<10> 본 발명에 따르면, 기존의 경판정 복조 방식에서는 사용할 수 없는 채널 상태 정보를 이용하여 복조하므로 다이버시티의 손실을 줄일 수 있다. 또한 채널 상태 정보와 결정 메트릭을 사용하므로 MB-OFDM UWB의 복조 성능을 향상시킬 수 있다. 따라서 본 발명을 통해 비터비(Viterbi) 디코더의 성능을 개선할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<11> 이하에서 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 상세하게 설명하기로 한다.

<12> MB-OFDM에서는 320, 400, 480Mbps의 고속 데이터 전송률에 대한 모듈레이션으로 DCM (dual carrier modulation)이라는 새로운 방식을 채택하였다. 53.3Mbps부터 200Mbps까지는 모듈레이션 기법으로 전송속도에 관계없이 QPSK(Quadrature Phase Shift keying)만을 사용했다. 그러나 320Mbps이상의 전송속도에서도 QPSK를 사용하여 데이터를 전송할 경우, 시간 축 확산(Time Domain Spreading)과 주파수 축 확산(Frequency Domain Spreading)을 모두 사용하지 않기 때문에 문제가 될 가능성이 있다. 물론 컨벌루션(convolutional) 부호기를 이용한 채널부호화 과정을 거치기는 하지만, 부호율이 커지게 될수록 성능의 열화가 눈에 띄게 증가하게 된다. 일반적으로 이러한 현상을 다이버시티 손실(loss in diversity)이라고 하며, 이러한 손실은 근본적인(fundamental) 문제이기 때문에 복구될 수 없다. 이를 해결하기 위해 DCM을 이용하게 되었다. 기존의 대표적인 DCM의 복조방식은 최대 가능성 (Maximum likelihood) 복호 알고리즘이다. 최대 가능성 복호 알고리즘은 4개의 비트로 구성할 수 있는 16개의 모든 경우의 수에 대해서 비교하고, 가장 가능성이 높은 것을 선택한다. 하지만 이 방법은 채널정보를 이용하지 않기 때문에 DCM의 본래 목적이라고 할 수 있는 다이버시티의 손실(loss in diversity)을 감소시킨다는 것에 부합되지 않는다.

<13> 실제로 DCM을 사용했을 때 같은 4개의 비트로 모듈레이션 된 2개의 반송파는 주파수 대역에서 200MHz이상 떨어져서 전송이 되므로 두 반송파가 모두 심한 페이딩(deep fading)을 통과할 확률은 매우 작다. 또한 주파수 영역에서 채널의 선택적 페이딩의 전력 차가 매우 커서 두 반송파중 하나가 심한 페이딩을 겪게 되더라도 나머지 하나의 반송파로 4비트를 모두 복구하는 것이 가능하기 때문에 다이버시티의 손실을 크게 줄일 수 있다. 구체적인 DCM의 전송과정은 다음과 같다.

<14> DCM을 사용하는 320, 400, 480Mbps의 전송속도에서는 채널 부호화와 인터리빙 과정을 마친 200비트가 하나의 OFDM심벌을 구성하게 된다. DCM은 200비트를 단위로 수행되고, 결과로 100개의 복소값을 출력한다.

<15> 도 1은 DCM 과정을 도시한 것이다. 이 DCM 과정은 표준인 Multiband OFDM(Physical Layer Specification)으로 제정되었다.

<16> 도시된 바에 따르면, 코딩되어 인터리빙된 연속적인 200개의 입력비트는 4비트씩 50개 그룹으로 묶인다(10단계). 각 그룹은 {b[g(k)], b[g(k)+1], b[g(k)+50], b[g(k)+51]}으로 표현될 수 있다. 여기서, k∈[0,49]이고, g(k)는 다음 식과 같다.

수학식 1

<17>
$$g(k)=\begin{cases} 2k, & k\in[0,24] \\ 2k+50, & k\in[25,49] \end{cases}$$

<18> 4개의 비트들로 구성된 각 그룹들은 도 2 및 도 3에 각각 도시된 바와 같은 2개의 맵퍼에 의해 맵핑된다(11단계). 맵핑 결과인 두 개의 복소수는 (d[k], d[k+50])으로 표현될 수 있다. 도 2 및 도 3에 도시된 맵퍼에 따르면, 예를 들어, 4개의 비트열이 '0000'인 경우 d[k]는 -3-3j이고, d[k+50]의 경우에는 1+1j가 된다.

<19> 이와 같이 매핑된 데이터는 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)를 거친 후 송신된다.

<20> 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 DCM MB-OFDM 신호 수신기의 구성을 간략하게 도시한 것이다.

<21> 도시된 수신기는 전처리부(40), 결정 메트릭부(41), 채널 추정부(42), 신뢰도 결정부(43) 및 연판정 복조부(4

4)를 포함한다.

<22> 전처리부(40)는 수신된 DCM MB-OFDM 신호로부터 기저대역 신호를 추출하고, 추출된 신호를 디지털 신호로 변환한 다음, 디지털 신호에 대해 FFT(Fast Fourier Transform)를 수행한다.

<23> 결정 메트릭부(41)는 FFT된 신호에 대해 도 2 및 도 3에 도시된 맵퍼에 대응하는 결정 메트릭에 따라 송신된 신호가 '0' 또는 '1'로 판정될 확률을 출력한다.

<24> 결정값을 출력한다. 도 5 및 도 6은 도 2 및 도 3에 도시된 16-QAM 맵퍼에 각각 대응하는 결정 메트릭을 도시한 것이다.

<25> 도 2에서 4비트들 중 첫번째 비트들만 살펴보면, 실수축의 '0'을 중심으로 '0'보다 작은 값을 가질 때는 비트값이 '0'이고, '0'보다 큰 값을 가질 때는 비트값이 '1'임을 알 수 있다. 이것은 수신된 신호의 성상도(contellation)내 위치가 실수 값에 대해 양의 값이 수신되면 '1'을 송신했을 가능성이 크고, 음의 값이 수신되면 '0'을 송신했을 가능성이 크다는 것을 의미한다. 또한 수신된 신호의 실수 값의 절대값이 클수록 해당 값의 송신 가능성이 크다는 것을 의미한다. 따라서, 수신된 값으로 송신 비트값을 '0'으로 판단하느냐, 그렇지 않으면 '1'로 판단하느냐를 판단하는 선이 '0'을 기준으로 하기 때문에, 이 경우 결정 경계선(decision boundary)은 x=0이 된다. 또한 첫 번째 비트를 결정하기 위한 결정 메트릭은 수신된 신호의 성상도내 위치를 반영하여 참조번호 52의 선과 같이 나타낸다. 도면에서 x축은 수신된 신호의 실수값 혹은 허수값을 나타낸다. 첫 번째 비트를 결정하는 경우에는 x축이 수신된 신호의 실수값이 되고, 세 번째 비트를 결정하는 경우 x축이 수신된 신호의 허수 값이 된다.

<26> 따라서 도 5의 참조번호 52의 선은 도 2의 첫 번째 비트와 세 번째 비트의 결정 메트릭이고, 참조번호 53은 도 2의 두 번째 비트와 네 번째 비트의 결정 메트릭이다.

<27> 도 2에서 두 번째 비트와 네 번째 비트는 나열된 순서가 '0101'이므로, 결정 경계선이 참조번호 51과 같이 3개가 필요하다. 또한 결정 메트릭 값도 첫 번째나 세 번째 비트보다는 작다. 이는 16-QAM 방식의 특성상 4개의 비트가 모두 동일한 중요도(priority)를 가질 수 없기 때문이다. 다시 말하면, 도 2의 맵퍼를 통해 통신하는 경우 첫 번째와 세 번째 비트의 에러 확률이 두 번째, 네 번째 비트보다 작다.

<28> 도 6에 도시된 결정 메트릭은 도 5에 도시된 결정 메트릭과 반대이다. 도면에서 참조번호 60은 두 번째 및 네 번째 비트의 결정 경계선이고, 참조번호 61은 첫 번째와 세 번째 비트들의 결정 경계선이다. 또한 참조번호 62는 두 번째 및 네 번째 비트의 결정 메트릭이고, 참조번호 63은 첫 번째와 세 번째 비트들의 결정 메트릭이다.

<29> 도 3에 도시된 맵퍼에서 두 번째, 네 번째 비트의 에러 확률이 첫 번째, 세 번째 비트보다 작음을 알 수 있다. 그러나 결과적으로 도 5와 도 6의 두 결정 메트릭을 합하면 모든 비트의 중요도가 같아짐을 알 수 있다. 만약 DCM에서 사용되는 2개의 맵퍼를 동일한 맵퍼로 사용하게 되면 비트간 중요도에 차이가 발생하게 된다. 특정한 목적이 있는 경우가 아니면 비트간에 중요도 차이를 두는 것은 전체적으로 성능 저하의 우려가 있다. 따라서 DCM에서 사용되는 2개의 맵퍼를 다르게 하고 또한 각각의 비트가 최종적으로 모두 동일한 중요도를 갖게 하기 위해서 도 2와 도 3처럼 서로 다른 맵퍼를 구성하여 사용한다.

<30> 채널 추정부(42)는 FFT를 거친 신호로부터 채널을 추정한다. 채널 추정은 MB-OFDM에서 제공하는 채널 추정 시퀀스(channel estmation sequence)를 이용하여 최소 자승(least square) 방법과 같은 기존의 임의의 채널 추정 방법을 채택하여 이루어질 수 있다.

<31> DCM을 이용함에 있어서 채널정보를 이용하지 않는다면 DCM의 본래 목적이라고 할 수 있는 다이버시티 손실(loss in diversity)의 감소에 부합되지 않는다. 따라서 채널정보를 이용한 연판정 복조 방식을 생각해 볼 때, 단일 반송파(single carrier)로 변조된 신호가 시불변(time-invariant) 채널을 통해 전송된다면 모든 데이터 심볼들은 같은 평균 잡음 전력에 방해를 받게 된다. 그러나 신호가 단일 반송파가 아닌 OFDM 같은 다중 반송파(multi carrier)로 변조되어 전송된다면 각각의 반송파들은 서로 다른 잡음 전력에 의해 방해받게 된다. 즉, 주파수 선택적인 채널에서 어떤 반송파들은 강한 잡음 전력에 의해 많은 감쇄를 겪고, 또 다른 반송파들은 약한 잡음전력에 적은 감쇄를 겪게 된다.

<32> MB-OFDM도 OFDM을 기반으로 하는 시스템이므로 각각의 반송파들은 서로 다른 채널을 통과한다. 각각의 반송파들이 통과하는 채널이 다르다는 것은 각각의 반송파들에 대한 신호대 잡음비(Signal to Noise Ratio)가 다르다는 것과 같다. 따라서, 채널 상태 정보(CSI)가 큰 채널을 통과한 등화된 데이터는 채널 상태 정보가 작은 채널을 통과한 등화된 데이터보다 더 신뢰할 수 있다. 결국 채널 상태 정보(CSI)라는 여분의 신뢰할만한 정보를 이용함

으로써 더 좋은 성능을 이끌어 낼 수 있다는 것을 알 수 있다.

<33> 신뢰도 결정부(43)는 결정 메트릭부(41)에서 출력된 결정값과 채널 추정부(42)로부터 출력된 채널 상태 정보를 곱하여 다음 식과 같은 신뢰도 r_a, r_b를 출력한다.

수학식 2

$$r_a = CSI_k \cdot m_a$$
$$r_b = CSI_{k+50} \cdot m_b$$

<34>

<35> 위 두 신뢰도는 모두 채널 상태 정보를 포함하고 있으므로, 다음 식과 같은 덧셈 연산으로 해당 신호에 대한 최종 신뢰도 r_{final} 을 얻을 수 있다.

수학식 3

$$r_{final} = \frac{r_a + r_b}{2}$$

<36>

<37> 연판정 복조부(44)는 곱셈기(43)에서 출력되는 신뢰도 r_a, r_b를 양자화 및 비터비(Viterbi) 복호화 과정을 수행하여 최초의 전송된 비트들을 복조한다.

<38> 연판정 복조를 위해 본 실시예에서는 도 7과 같은 멀티레벨(multilevel) 양자화 과정을 수행한다.

<39> 도시된 바에 따르면 양자화 출력인 Q_{out}은 '0'부터 '7'의 값을 갖는다. 경판정(hard-decision) 복조 방식의 경우 '0'과 '1'중의 하나의 값을 갖게 되며, 해당 비트에 대해 그것이 어느 정도 가능성을 갖는지에 대한 가중치를 줄 수 없다. 그러나 본 실시예와 같이 양자화된 값이 '0'부터 '7'까지의 값을 갖는다면 해당 비트가 갖는 가중치를 구별하여 나타낼 수 있다. AWGN(Additive White Gaussian Noise) 채널만 존재하는 시스템이라고 가정했을 경우에도 경판정 복조 방식보다 8-레벨 연판정 복조방식이 2dB정도 성능이 좋은 것은 이미 당업자에게 알려져 있다.

<40> 도 8 내지 도 11은 각각 서로 다른 채널 모델 1,2,3,4에서 실험한 경판정 복조 방식과 본 발명에 따른 연판정 복조방식의 비트에러율을 도시한 것이다. 도 12 내지 도 15는 동일한 조건의 패킷에러율을 도시한 것이다.

<41> 비트에러율과 패킷에러율을 통해서 시스템을 검증할 때, 성능 평가를 위한 비교지점을 비트에러율일 경우 1×10^{-5} , 패킷에러일 경우 1×10^{-2}를 만족하는 E_b/N_0로 정하고 있다.

<42> 다음 표는 각각의 비교지점을 만족하는 값을 나타낸다.

표 1

<43>

		비트에러율		패킷에러율	
		경판정	연판정+CSI	경판정	연판정CSI
CM1	320Mbps	17.4	13.3	15.6	12.1
	400Mbps	20.5	15.9	19.1	14.1
	480Mbps	26	19.2	24.4	17.2
CM2	320Mbps	17.2	13.2	15.6	11.8
	400Mbps	20.6	15.6	18.9	13.9
	480Mbps	26.2	18.8	24.3	17
CM3	320Mbps	18.9	14.4	16.4	12.3
	400Mbps	24.6	17.2	21.2	14.9
	480Mbps	-	23.2	-	19
CM4	320Mbps	-	17.2	24.2	14.3
	400Mbps	-	-	-	19.2
	480Mbps	-	-	-	-

<44> 컴퓨터 시뮬레이션을 위해서 다음과 같은 가정을 하였다. 먼저 UWB 채널 모델로 채널 모델 1, 2, 3, 4를 사용하였고, MB-OFDM에서 제공하는 채널 추정 시퀀스(channel estimation sequence)를 이용하여 최소자승법(LS)으로 채널을 추정 및보상하였다. 또한 호핑 패턴(hopping pattern)은 표준에서 제시한 1번 패턴을 사용하였다.

<45> 비트에러율과 패킷에러율을 나타낸 각 도면을 살펴보면 기존의 경판정 복조방식과 본 발명에 따른 연판정 복조방식의 성능이 차이가 있음을 알 수 있다. 도시된 바에 따르면 이러한 성능차이는 채널의 상황에 상관없이 고른 성능 향상을 보임을 알 수 있다. 또한, 전송률에 있어서 많은 데이터를 전송하는 전송모드일수록, 즉 전송속도가 빠를수록 더 큰 성능 향상을 확인할 수 있다. 특히 CM2의 480Mbps에서 경판정 복조방식과 본 발명에 따른 연판정 복조방식의 성능 차이는 비트에러확률과 패킷에러확률에 상관없이 비교지점에서의 성능이 7dB이상 차이가 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는, 높은 데이터율을 가질수록 순방향에러정정(Forward Error Correction)을 위한 채널부호화의 부호율(R)이 '1' 에 가까운 값을 가지므로 다이버시티의 손실을 제대로 복구하지 못하게 되는데, 본 발명에 따른 채널상태정보(CSI)를 이용한 연판정 복조방식이 이를 잘 보상한다는 것을 의미한다.

<46> 본 발명은 또한 컴퓨터로 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD_ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크 및 광 데이터 저장장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브, 예를 들어 인터넷을 통한 전송의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로 저장되고 실행될 수 있다.

<47> 이상에서와 같이 도면과 명세서에서 최적 실시예가 개시되었다. 여기서, 특정한 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

<48> 도 1은 DCM 과정을 도시한 것이다.

<49> 도 2 및 도 3은 각각 DCM 송신측에서 사용하는 데이터 맵퍼를 도시한 것이다.

<50> 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 DCM MB-OFDM 신호 수신기의 구성을 간략하게 도시한 것이다.

<51> 도 5 및 도 6은 도 2 및 도 3에 각각 도시된 16-QAM 맵퍼에 각각 대응하는 결정 메트릭을 도시한 것이다.

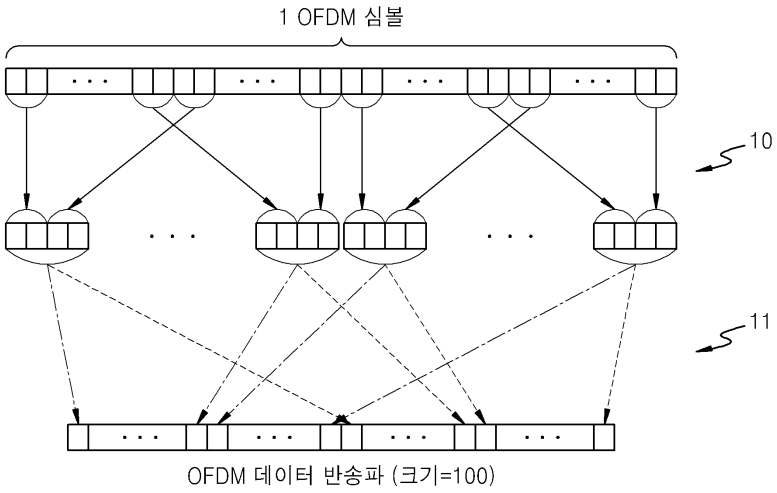
<52> 도 7은 복수의 양자화 레벨을 도시한 것이다.

<53> 도 8 내지 도 11은 각각 서로 다른 채널 모델 1,2,3,4에서 실험한 경판정 복조 방식과 본 발명에 따른 연판정 복조방식의 비트에러율을 비교하여 도시한 것이다.

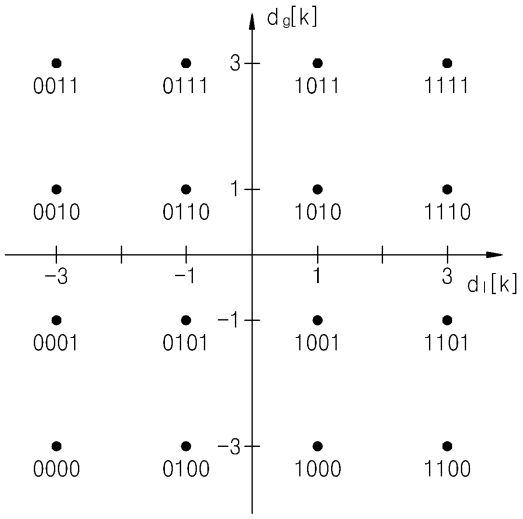
<54> 도 12 내지 도 15는 각각 서로 다른 채널 모델 1,2,3,4에서 실험한 경판정 복조 방식과 본 발명에 따른 연판정 복조방식의 패킷에러율을 비교하여 도시한 것이다.

도면

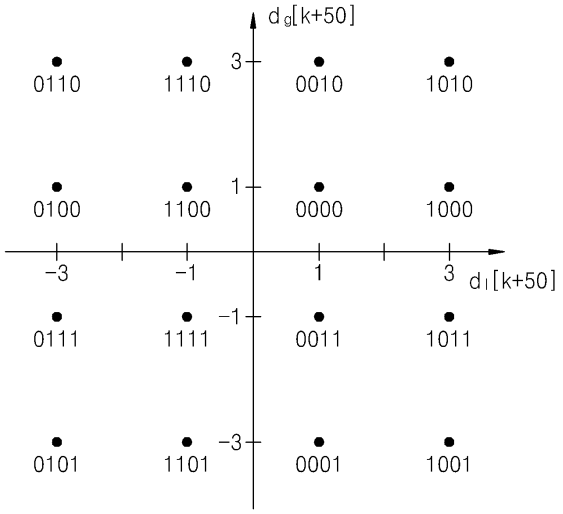
도면1


1 OFDM 심볼
10
11
OFDM 데이터 반송파 (크기=100)

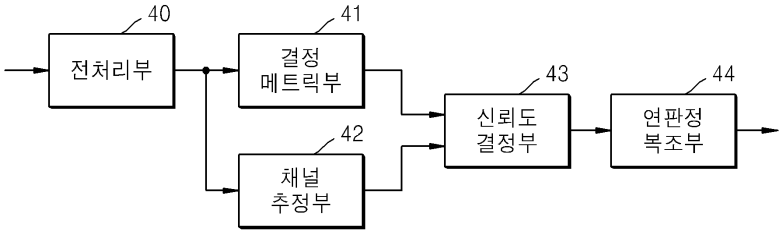
도면2


dQ[k]
dI[k]
3
1
-1
-3
-3
-1
1
3
0011
0111
1011
1111
0010
0110
1010
1110
0001
0101
1001
1101
0000
0100
1000
1100

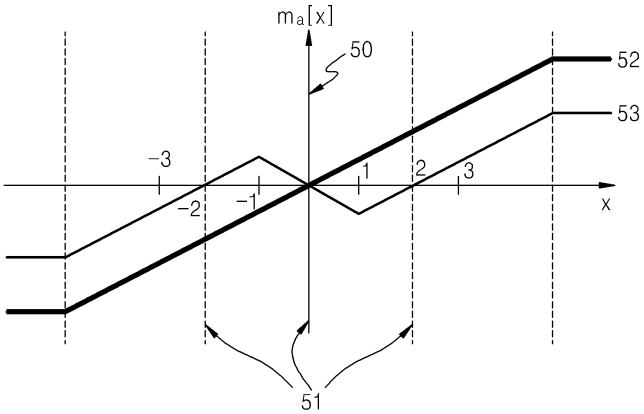
도면3


d g[k+50]
3
1
-1
-3
0110
1110
0010
1010
0100
1100
0000
1000
0111
1111
0011
1011
0101
1101
0001
1001
-3
-1
1
3
d I[k+50]

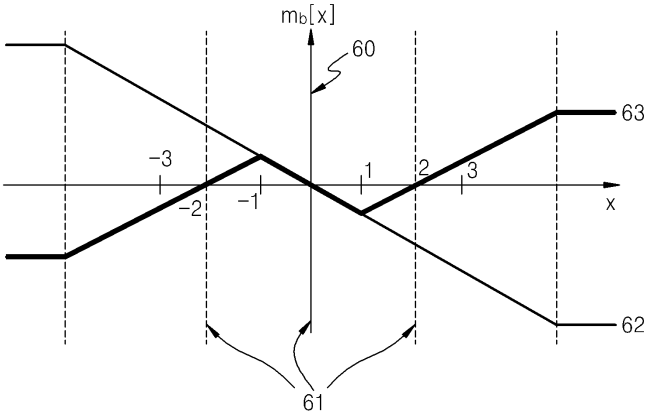
도면4


40
전처리부
41
결정
메트릭부
42
채널
추정부
43
신뢰도
결정부
44
연판정
복조부

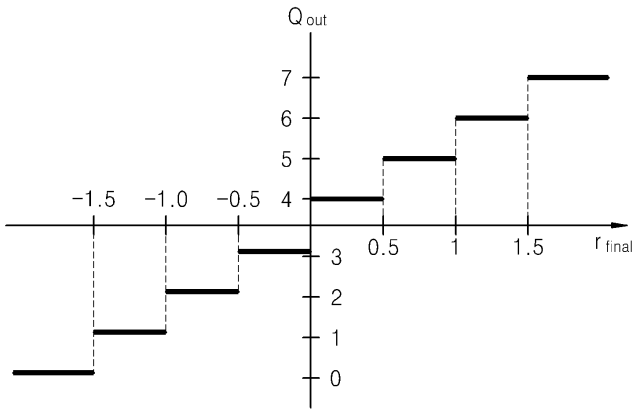
도면5


m a[x]
50
52
53
-3
-2
-1
1
2
3
x
51

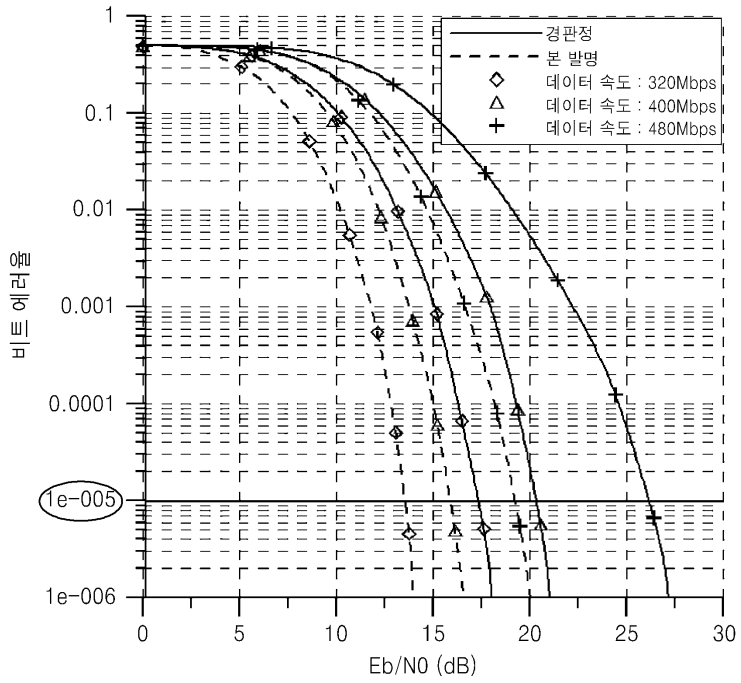
도면6



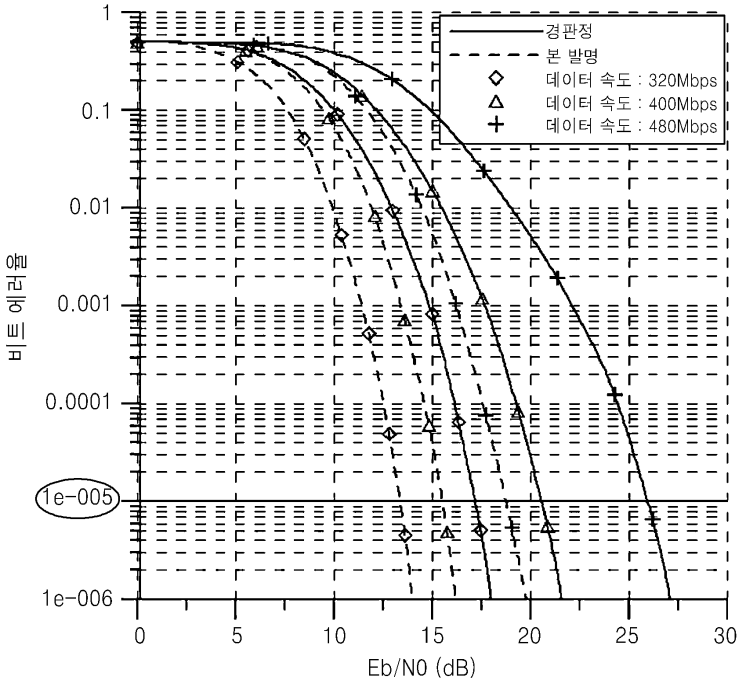
도면7



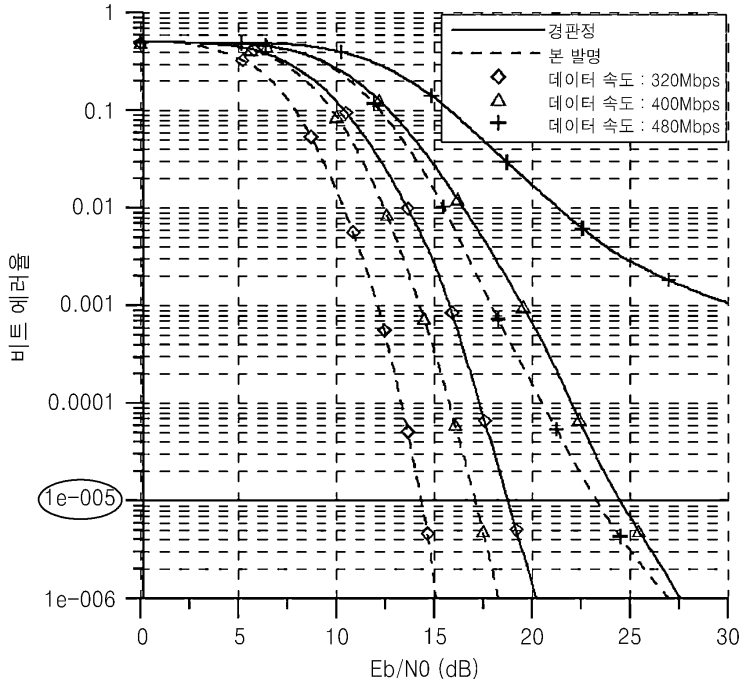
도면8


경판정
본 발명
데이터 속도 : 320Mbps
데이터 속도 : 400Mbps
데이터 속도 : 480Mbps
비트 에러율
1
0.1
0.01
0.001
0.0001
1e-005
1e-006
0
5
10
15
20
25
30
Eb/N0 (dB)

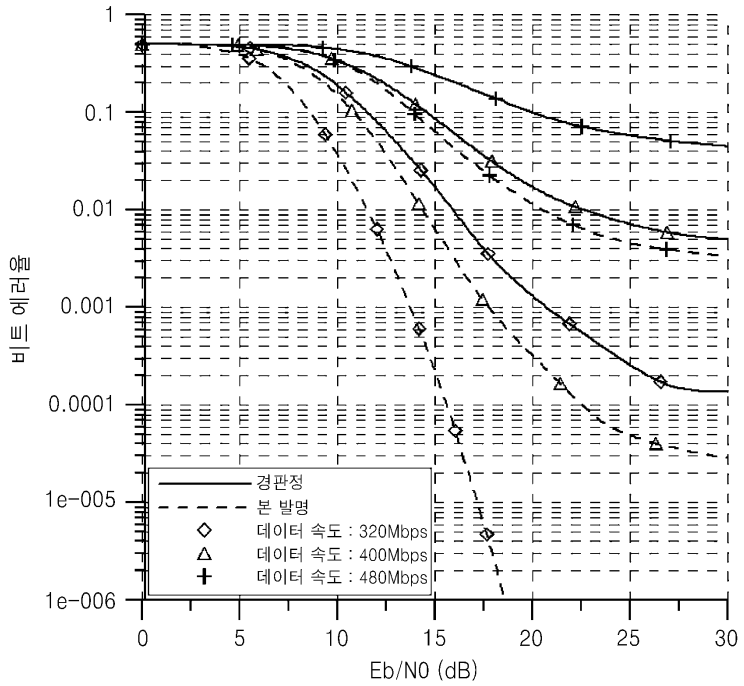
도면9


경판정
본 발명
데이터 속도 : 320Mbps
데이터 속도 : 400Mbps
데이터 속도 : 480Mbps
비트 에러율
1
0.1
0.01
0.001
0.0001
1e-005
1e-006
0
5
10
15
20
25
30
Eb/N0 (dB)

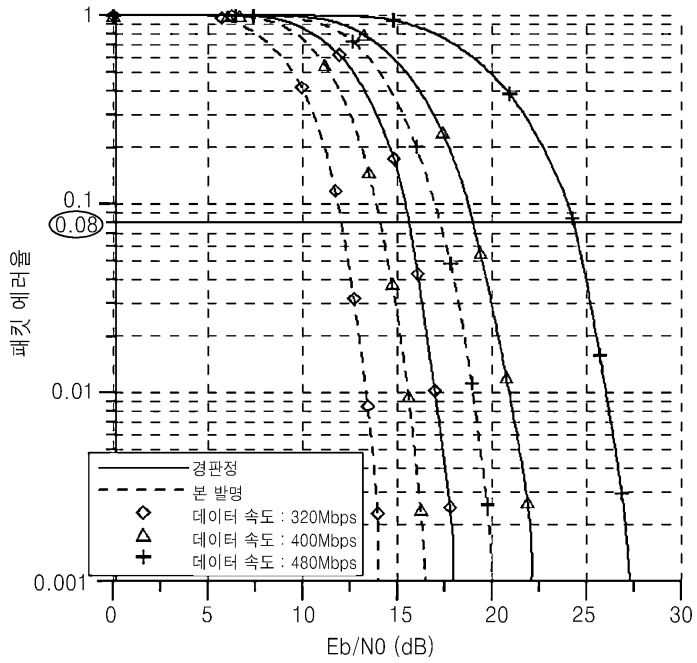
도면10


경판정
본 발명
데이터 속도 : 320Mbps
데이터 속도 : 400Mbps
데이터 속도 : 480Mbps
비트 에러율
1
0.1
0.01
0.001
0.0001
1e-005
1e-006
0
5
10
15
20
25
30
Eb/N0 (dB)

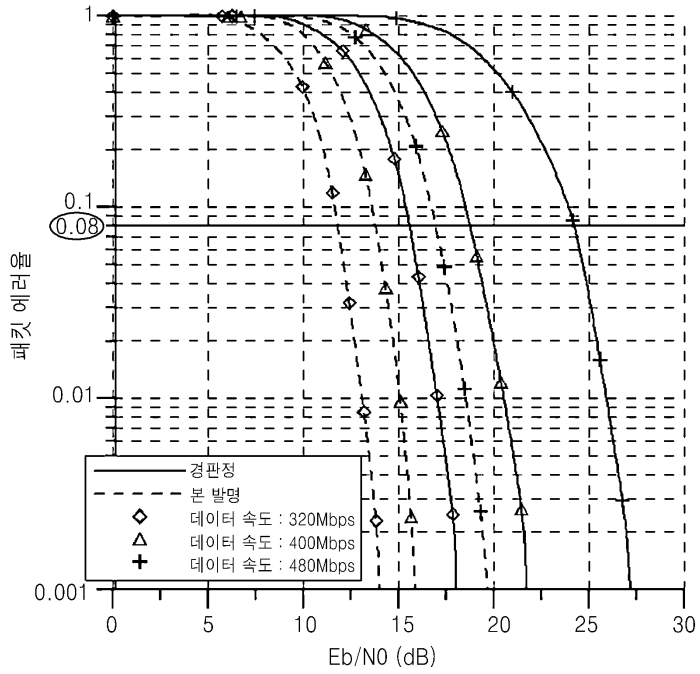
도면11


경판정
본 발명
데이터 속도 : 320Mbps
데이터 속도 : 400Mbps
데이터 속도 : 480Mbps
비트 에러율
1
0.1
0.01
0.001
0.0001
1e-005
1e-006
0
5
10
15
20
25
30
Eb/N0 (dB)

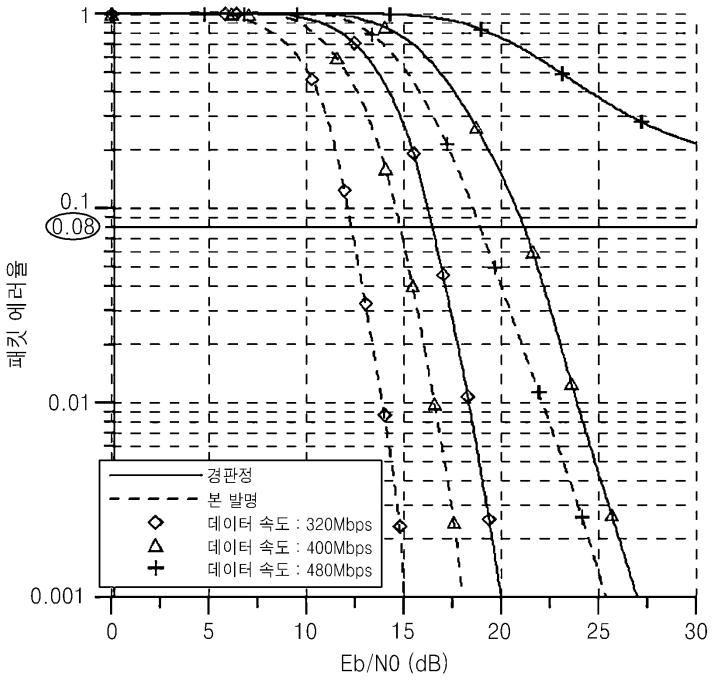
도면12


1
0.1
0.08
0.01
0.001
패킷 에러율
0
5
10
15
20
25
30
Eb/N0 (dB)
경판정
본 발명
데이터 속도 : 320Mbps
데이터 속도 : 400Mbps
데이터 속도 : 480Mbps

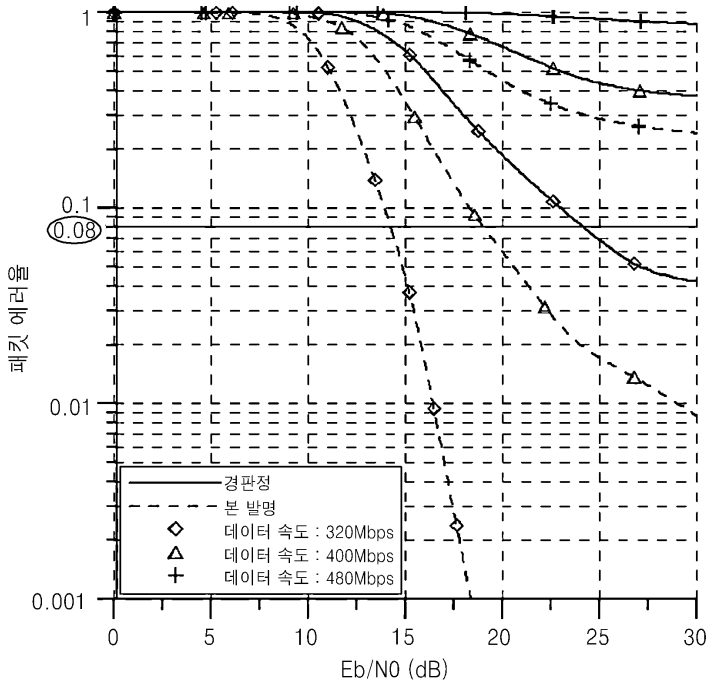
도면13


1
0.1
0.08
0.01
0.001
패킷 에러율
0
5
10
15
20
25
30
Eb/N0 (dB)
경판정
본 발명
데이터 속도 : 320Mbps
데이터 속도 : 400Mbps
데이터 속도 : 480Mbps

도면14


1
0.1
0.08
0.01
0.001
패킷 에러율
0
5
10
15
20
25
30
Eb/N0 (dB)
경판정
본 발명
데이터 속도 : 320Mbps
데이터 속도 : 400Mbps
데이터 속도 : 480Mbps

도면15


1
0.1
0.08
0.01
0.001
패킷 에러율
0
5
10
15
20
25
30
Eb/N0 (dB)
경판정
본 발명
데이터 속도 : 320Mbps
데이터 속도 : 400Mbps
데이터 속도 : 480Mbps