



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0041275
(43) 공개일자 2011년04월21일

(51) Int. Cl.

H04L 27/26 (2006.01) H04L 27/34 (2006.01)
H04L 27/38 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0098366

(22) 출원일자 2009년10월15일

심사청구일자 2009년10월15일

(71) 출원인

세종대학교산학협력단

서울 광진구 군자동 98 세종대학교

(72) 발명자

김지훈

서울특별시 광진구 군자동 373-1 B5

송형규

경기도 성남시 분당구 서현동 한양아파트 320동 303호

유영환

서울특별시 송파구 가락동 쌍용아파트 101동 1501호

(74) 대리인

특허법인태백

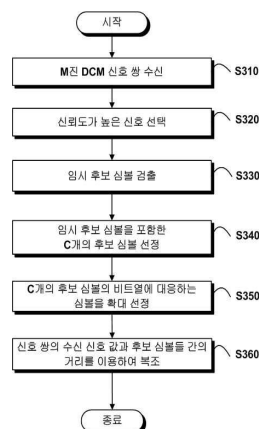
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) MB-OFDM 시스템에 기반한 M진 DCM 복조 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 MB-OFDM 시스템에 기반한 M진 DCM 복조 방법 및 장치에 관한 것이다. 본 발명에 따른 MB-OFDM에 기반한 M진 DCM 복조 방법은, MB-OFDM에 기반한 M진 DCM 신호 쌍을 수신하는 단계, M진 DCM 신호 쌍 중 신뢰도가 높은 제1 DCM 신호를 선택하는 단계, 제1 DCM 신호로부터 임시 후보 심볼을 검출하는 단계, 제1 DCM 신호에서 임시 후보 심볼을 중심으로 근접한 C-1개의 후보 심볼을 추가로 선정하여, 총 C(C는 M보다 작은 자연수)개의 심볼을 후보 심볼로 선정하는 단계, 제1 DCM 신호와 신호 쌍을 이루는 제2 DCM 신호에서, C개의 심볼의 비트열에 대응하는 심볼을 후보 심볼로 선정하는 단계, 그리고 M진 DCM 신호 쌍의 각 수신 신호 값과 C개의 후보 심볼들 간의 거리를 이용하여 복조하는 단계를 포함한다. 이와 같이 본 발명에 따르면, DCM 신호에 포함된 전체 심볼 중에서 종래 기술에 비하여 상대적으로 적은 개수의 후보 심볼만 고려하여 복조를 하더라도 유사한 성능을 얻을 수 있기 때문에 효율적인 복조가 가능해진다.

대표도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 09C1-C2-10M

부처명 지식경제부

연구관리전문기관

연구사업명 유비쿼터스컴퓨팅및네트워크원천기반기술개발사업

연구과제명 상황적응 협업통신기반 Scale-free uPAN 커뮤니티 네트워크 개발

기여율

주관기관 세종대학교

연구기간 2009년 01월 01일 ~ 2012년 12월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

멀티밴드 직교 주파수 다중 분할(MB-OFDM)에 기반한 M진 DCM(Dual Carrier Modulation) 신호 쌍을 수신하는 단계,

상기 M진 DCM 신호 쌍 중 신뢰도가 높은 제1 DCM 신호를 선택하는 단계,

상기 제1 DCM 신호로부터 임시 후보 심볼을 검출하는 단계,

상기 제1 DCM 신호에서 상기 임시 후보 심볼을 중심으로 근접한 C-1개의 후보 심볼을 추가로 선정하여, 총 C(C는 M보다 작은 자연수)개의 심볼을 후보 심볼로 선정하는 단계,

상기 제1 DCM 신호와 신호 쌍을 이루는 제2 DCM 신호에서, 상기 C개의 심볼의 비트열에 대응하는 심볼을 후보 심볼로 선정하는 단계, 그리고

상기 M진 DCM 신호 쌍의 각 수신 신호 값과 상기 C개의 후보 심볼들 간의 거리를 이용하여 복조하는 단계를 포함하는 MB-OFDM 시스템에 기반한 M진 DCM 복조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 DCM 신호로부터 임시 후보 심볼을 검출하는 단계는,

다음의 수학적식을 만족하는 임시 후보 심볼을 검출하는 MB-OFDM 시스템에 기반한 M진 DCM 복조 방법:

$$\arg \min_{[\hat{e}_k \in G^1]} \left[|Y_k - H_k \hat{e}_k|^2 \cdot |H_k| \right]$$

여기서, k 는 제1 DCM 신호의 부반송파 인덱스이고, G^1 는 제1 DCM 신호에 포함되는 후보 심볼들의 집합이며, Y_k 는 k 번째 부반송파를 통해 수신된 신호를 나타내고, H_k 는 k 번째 부반송파가 통과한 부채널을 나타내며, $\hat{e}_k$ 는 수신단에서 추정된 원 신호를 나타낸다.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 M진 DCM 신호 쌍의 각 수신 신호 값과 상기 C개의 후보 심볼들 간의 거리를 이용하여 복조하는 단계는,

다음의 수학적식을 만족하는 심볼을 상기 후보 심볼로부터 검출하여 복조하는 MB-OFDM 시스템에 기반한 M진 DCM 복조 방법:

$$\arg \min_{[\hat{e}_k \in U^1, \hat{e}_{k+i} \in U^2]} \left[|Y_k - H_k \hat{e}_k|^2 \cdot |H_k| + |Y_{k+i} - H_{k+i} \hat{e}_{k+i}|^2 \cdot |H_{k+i}| \right]$$

여기서, U^1 과 U^2 는 각각 제1 DCM 신호와 제2 DCM 신호에 각각 포함되는 총 M개의 후보 중 선정된 C개의 후보 심볼들만을 포함하는 집합이며, $k+i$ 는 제2 DCM 신호의 부반송파 인덱스이고, Y_{k+i} 는 $k+i$ 번째 부반송파를 통해 수신된 신호를 나타내며, H_{k+i} 은 $k+i$ 번째 부반송파가 통과한 부채널을 나타내고, $\hat{e}_{k+i}$ 는 수신단에서 추정된 원 신호를 나타낸다.

청구항 4

멀티밴드 직교 주파수 다중 분할(MB-OFDM)에 기반한 M진 DCM(Dual Carrier Modulation) 신호 쌍을 수신하는 신호 수신부,

상기 M진 DCM 신호 쌍 중 신뢰도가 높은 제1 DCM 신호를 선택하는 신호 선택부,

상기 제1 DCM 신호로부터 임시 후보 심볼을 검출하는 사전 검출부,

상기 제1 DCM 신호에서 상기 임시 후보 심볼을 중심으로 근접한 C-1개의 후보 심볼을 추가로 선정하여, 총 C(C는 M보다 작은 자연수)개의 심볼을 후보 심볼로 선정하는 제1 후보 심볼 선정부,

상기 제1 DCM 신호와 신호 쌍을 이루는 제2 DCM 신호에서, 상기 C개의 심볼의 비트열에 대응하는 심볼을 후보 심볼로 선정하는 제2 후보 심볼 선정부, 그리고

상기 M진 DCM 신호 쌍의 각 수신 신호 값과 상기 C개의 후보 심볼들 간의 거리를 이용하여 복조하는 복조부를 포함하는 MB-OFDM 시스템에 기반한 M진 DCM 복조 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 사전 검출부는,

상기 제1 DCM 신호로부터 다음의 수학적식을 만족하는 임시 후보 심볼을 검출하는 MB-OFDM 시스템에 기반한 M진 DCM 복조 장치:

$$\arg \min_{[\hat{e}_k \in G^1]} \left[|Y_k - H_k \hat{e}_k|^2 \cdot |H_k| \right]$$

여기서, k 는 제1 DCM 신호의 부반송파 인덱스이고, G^1 는 제1 DCM 신호에 포함되는 후보 심볼들의 집합이며, Y_k 는 k 번째 부반송파를 통해 수신된 신호를 나타내고, H_k 는 k 번째 부반송파가 통과한 부채널을 나타내며, $\hat{e}_k$ 는 수신단에서 추정된 원 신호를 나타낸다.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 복조부는,

다음의 수학적식을 만족하는 심볼을 상기 후보 심볼로부터 검출하여 복조하는 MB-OFDM 시스템에 기반한 M진 DCM 복조 장치:

$$\arg \min_{[\hat{e}_k \in U^1, \hat{e}_{k+i} \in U^2]} \left[|Y_k - H_k \hat{e}_k|^2 \cdot |H_k| + |Y_{k+i} - H_{k+i} \hat{e}_{k+i}|^2 \cdot |H_{k+i}| \right]$$

여기서, U^1 과 U^2 는 각각 제1 DCM 신호와 제2 DCM 신호에 각각 포함되는 총 M개의 후보 중 선정된 C개의 후보 심볼들만을 포함하는 집합이며, $k+i$ 는 제2 DCM 신호의 부반송파 인덱스이고, Y_{k+i} 는 $k+i$ 번째 부반송파를 통해 수신된 신호를 나타내며, H_{k+i} 는 $k+i$ 번째 부반송파가 통과한 부채널을 나타내고, $\hat{e}_{k+i}$ 는 수신단에서 추정된 원 신호를 나타낸다.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 MB-OFDM 시스템에 기반한 M진 DCM 복조 방법 및 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 DCM 신호에 포함된 전체 심볼 중에서 일부 후보 심볼만 고려하여 복조를 수행하는 MB-OFDM 시스템에 기반한 M진 DCM 복조 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 멀티밴드 직교 주파수 다중 분할(MB-OFDM, Multi-band Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기반의 초광대역(UWB, Ultra Wide Band) 무선 통신 시스템은 밴드(Band)당 528MHz에 이르는 대역폭에 잡음 레벨과 유사한 수준의 매우 낮은 전력을 이용하여 통신을 하므로 기존 협대역 시스템과의 공유가 용이하고, 현재 개발되어 있는 타 무선 통신 시스템에 비해 월등히 높은 데이터 전송률의 제공이 가능하다.

[0003] MB-OFDM 시스템은 UWB를 사용하는 전송 방식의 하나로서, 전송률에 따라 전송 모드를 8개로 구분 지을 수 있는데, 고속 전송 모드에서 DCM(Dual Carrier Modulation) 방식 및 MDCM(Modified DCM) 방식의 변조 기술을 사용하고 있다.

[0004] 16-QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 형태의 DCM 기술은 4개의 입력 비트를 서로 다른 성상도를 갖는 2개의 16-QAM 변조기를 이용해 변조하고, 변조된 신호를 최대한 멀리 떨어져 있는 2개의 반송파에 실어 전송하는 기술이다.

[0005] 또한 256-QAM형태의 MDCM 기술은 8개의 입력 비트를 서로 다른 성상도를 갖는 2개의 256-QAM 변조기를 이용해 변조하고, 변조된 신호를 최대한 멀리 떨어져 있는 2개의 반송파에 실어 전송하는 기술이다.

[0006] 이렇게 하면, 동일한 정보를 두 번 전송하게 되어 전송률은 1/2로 저하되나 상관관계가 낮도록 설계된 서로 다른 두 개의 성상도를 사용함으로써 가산 백색 가우시안 잡음(AWGN, Additive White Gaussian Noise) 채널 하에서는 동일한 전송률을 갖는 기존의 변조 기술과 동일한 비트 오류 성능을 제공한다. 또한, 주파수 선택적(Frequency Selective) 채널 하에서는 하나의 반송파가 심한 페이딩을 겪더라도 다른 하나의 반송파에 실려온 정보를 이용하여 원 신호를 추정할 수 있는 이점이 있어 동일한 전송률을 갖는 기존의 변조 기술 보다 우수한 비트 오류 성능을 기대할 수 있다.

[0007] 하지만, M진 DCM은 상대적으로 높은 차수를 갖는 변조 기술이고 복조 시 수신 신호 쌍을 동시에 고려해야 하므로 M이 커질수록 일반적인 복조 기술인 ML(Maximum Likelihood) 방식을 이용하여 신호를 복조할 경우 복조 복잡도가 급격하게 증가하게 된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0008] 따라서 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 M진 DCM 신호에 포함된 전체 심볼 중에서 일부 후보 심볼만 고려하여 복조를 수행할 수 있는 MB-OFDM에 기반한 M진 DCM 복조 방법 및 장치에 관한 것이다.

과제 해결수단

[0009] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 한 실시예에 따른 MB-OFDM 시스템에 기반한 M진 DCM 복조 방법은, 멀티밴드 직교 주파수 다중 분할(MB-OFDM)에 기반한 M진 DCM(Dual Carrier Modulation) 신호 쌍을 수신하는 단계, 상기 M진 DCM 신호 쌍 중 신뢰도가 높은 제1 DCM 신호를 선택하는 단계, 상기 제1 DCM 신호로부터 임시 후보 심볼을 검출하는 단계, 상기 제1 DCM 신호에서 상기 임시 후보 심볼을 중심으로 근접한 C-1개의 후보 심볼을 추가로 선정하여, 총 C(C는 M보다 작은 자연수)개의 심볼을 후보 심볼로 선정하는 단계, 상기 제1 DCM 신호와 신호 쌍을 이루는 제2 DCM 신호에서, 상기 C개의 심볼의 비트열에 대응하는 심볼을 후보 심볼로 선정하는 단계, 그리고 상기 신호 쌍의 각 수신 신호 값과 상기 C개의 후보 심볼들 간의 거리를 이용하여 복조하는 단계를 포함한다.

[0010] 상기 제1 DCM 신호로부터 임시 후보 심볼을 검출하는 단계는, 다음의 수학식을 만족하는 임시 후보 심볼을 검출한다.

$$\arg \min_{\hat{e}_k \in G^1} \left[|Y_k - H_k \hat{e}_k|^2 \cdot |H_k| \right]$$

[0011]

[0012]

여기서, k 는 제1 DCM 신호의 부반송파 인덱스이고, G^1 는 제1 DCM 신호에 포함되는 후보 심볼들의 집합이며, Y_k 는 k 번째 부반송파를 통해 수신된 신호를 나타내고, H_k 는 k 번째 부반송파가 통과한 부채널을 나타내며, $\hat{e}_k$ 는 수신단에서 추정된 원 신호를 나타낸다.

[0013]

상기 M진 DCM 신호 쌍의 각 수신 신호 값과 상기 C개의 후보 심볼들 간의 거리를 이용하여 복조하는 단계는, 다음의 수학적식을 만족하는 심볼을 상기 후보 심볼로부터 검출하여 복조한다.

[0014]

$$\arg \min_{\hat{e}_k \in U^1, \hat{e}_{k+i} \in U^2} \left[|Y_k - H_k \hat{e}_k|^2 \cdot |H_k| + |Y_{k+i} - H_{k+i} \hat{e}_{k+i}|^2 \cdot |H_{k+i}| \right]$$

[0015]

여기서, U^1 과 U^2 는 각각 제1 DCM 신호와 제2 DCM 신호에 각각 포함되는 총 M개의 후보 중 선정된 C개의 후보 심볼들만을 포함하는 집합이며, $k+i$ 는 제2 DCM 신호의 부반송파 인덱스이고, Y_{k+i} 는 $k+i$ 번째 부반송파를 통해 수신된 신호를 나타내며, H_{k+i} 은 $k+i$ 번째 부반송파가 통과한 부채널을 나타내고, $\hat{e}_{k+i}$ 는 수신단에서 추정된 원 신호를 나타낸다.

[0016]

본 발명의 다른 실시예에 따른 MB-OFDM 시스템에 기반한 M진 DCM 복조 장치는, 멀티밴드 직교 주파수 다중 분할(MB-OFDM)에 기반한 M진 DCM(Dual Carrier Modulation) 신호 쌍을 수신하는 신호 수신부, 상기 M진 DCM 신호 쌍 중 신뢰도가 높은 제1 DCM 신호를 선택하는 신호 선택부, 상기 제1 DCM 신호로부터 임시 후보 심볼을 검출하는 사전 검출부, 상기 제1 DCM 신호에서 상기 임시 후보 심볼을 중심으로 근접한 C-1개의 후보 심볼을 추가로 선정하여, 총 C(C는 M보다 작은 자연수)개의 심볼을 후보 심볼로 선정하는 제1 후보 심볼 선정부, 상기 제1 DCM 신호와 신호 쌍을 이루는 제2 DCM 신호에서, 상기 C개의 심볼의 비트열에 대응하는 심볼을 후보 심볼로 선정하는 제2 후보 심볼 선정부, 그리고 상기 M진 DCM 신호 쌍의 각 수신 신호 값과 상기 C개의 후보 심볼들 간의 거리를 이용하여 복조하는 복조부를 포함한다.

효 과

[0017]

본 발명에 따르면, DCM 신호에 포함된 전체 심볼 중에서 종래 기술에 비하여 상대적으로 적은 개수의 후보 심볼만 고려하여 복조를 하더라도 유사한 성능을 얻을 수 있기 때문에 효율적인 복조가 가능해진다. 따라서, 본 발명을 통해 MB-OFDM 기반의 초광대역 무선 통신 시스템 장치의 전력 소모를 줄여 배터리 수명을 연장시킬 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0018]

그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 이하에서는 DCM과 MDCM을 각각 16-DCM과 256-DCM으로 명명하여 그 특징이 명확히 구분되도록 한다.

[0019]

먼저 도 1a 및 도 1b를 이용하여 일반적인 M진 DCM의 복조 방법에 대하여 설명한다. 도 1a 및 도 1b는 일반적인 MB-OFDM 시스템 기반의 DCM 복조 방법을 설명하기 위한 성상도를 나타낸 도면이다.

[0020]

더욱 상세히 설명하면, 도 1a는 256-DCM 신호 쌍 중 첫 번째 신호인 e_k 를 생성하는 제1 DCM 신호의 성상도를 나타내며, 도 1b는 256-DCM 신호 쌍 중 두 번째 신호인 e_{k+i} 를 생성하는 제2 DCM 신호의 성상도를 각각 나타낸다.

[0021]

각 성상도에서 가로축은 실수부를 세로축은 허수부를 나타내고, 도 1a 및 도 1b에서 x 표시는 수신된 신호를 성상도에 표시한 것이다.

[0022]

b_0 부터 b_7 까지 8개의 입력 비트가 입력되면 각 변조기에 의해 2개의 256-DCM 신호가 생성이 되고, 이는 신호 쌍

을 이룬다. 일반적인 ML 방식을 이용한 M진 DCM의 복조는 다음의 수학적식을 이용하여 이루어진다.

수학적식 1

$$\arg \min_{[\hat{e}_k \in G^1 \quad \hat{e}_{k+i} \in G^2]} \left[\begin{array}{l} |Y_k - H_k \hat{e}_k|^2 \cdot |H_k| \\ + |Y_{k+i} - H_{k+i} \hat{e}_{k+i}|^2 \cdot |H_{k+i}| \end{array} \right]$$

여기서, k 와 $k+i$ 는 신호쌍의 부반송파 인덱스이고, G^1 과 G^2 는 각각 신호 쌍을 이루는 제1 DCM 신호와 제2 DCM 신호에 포함되는 후보 심볼들의 집합이다. 또한, Y_k 는 k 번째 부반송파를 통해 수신된 신호를, H_k 는 k 번째 부반송파가 통과한 부채널을, $\hat{e}_k$ 는 수신단에서 추정된 원 신호를 나타낸다.

M진 DCM의 경우 G^1 과 G^2 는 각각 M개의 후보들을 갖고 있기 때문에 M 값이 커짐에 따라 복조 복잡도가 급속히 증가하지만, 기존의 변조 기술과는 달리 M진 DCM은 신호 쌍을 동시에 고려해야 하기 때문에 일반적인 복조 방식으로는 복조 복잡도를 줄일 수 없다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 MB-OFDM 시스템 기반의 DCM 복조 장치의 구성을 나타낸 도면이다. 본 발명의 실시예에 따른 MB-OFDM 기반의 DCM 복조 장치(200)는 신호 수신부(210), 신호 선택부(220), 사전 검출부(230), 제1 후보 심볼 선정부(240), 제2 후보 심볼 선정부(250) 및 복조부(260)를 포함한다.

신호 수신부(210)는 송신단으로부터 MB-OFDM에 기반한 M진 DCM 신호 쌍을 수신한다. 신호 선택부(220)는 추정된 채널 정보 값을 이용하여 수신된 M진DCM 신호 쌍 중 신뢰도가 높은 DCM 신호를 선택한다.

사전 검출부(230)는 선정된 DCM 신호에서 수신 신호와의 거리를 이용하여 가장 가능성 높은 심볼을 임시 후보 심볼로 검출한다.

제1 후보 심볼 선정부(240)는 사전 검출된 임시 후보 심볼을 중심으로 가장 근접한 임의의 후보 심볼 C-1 개를 추가로 선정하여 총 C(C는 M보다 작은 자연수)개의 심볼을 후보 심볼로 선정한다.

제2 후보 심볼 선정부(250)는 신뢰도가 높은 DCM 신호와 신호 쌍을 이루는 DCM 신호 중에서, C개의 심볼의 비트 열에 대응하는 심볼을 후보 심볼로 선정하도록 함으로써, 후보 심볼 선정을 확대 적용한다.

복조부(260)는 M진 DCM 신호 쌍의 각 수신 신호 값과 C개의 후보 심볼들 간의 유클리드 거리 및 채널 정보를 이용하여 복조한다.

이하에서는 도 3 내지 도 4b를 통하여 본 발명의 실시예에 따른 MB-OFDM 시스템 기반의 M진 DCM 복조 방법에 대하여 설명한다. 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 MB-OFDM 시스템 기반의 M진 DCM 복조 방법을 나타내는 순서도이고, 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 성상도를 나타낸 도면이다.

도 4a는 도 1a와 마찬가지로 256-DCM 신호 쌍 중 첫 번째 신호인 e_k 를 생성하는 제1 DCM 신호의 성상도를 나타내며, 도 4b는 256-DCM 신호 쌍 중 두 번째 신호인 e_{k+i} 를 생성하는 제2 DCM 신호의 성상도를 각각 나타낸다. 특히 256-DCM 수신 신호 쌍 중 첫 번째 신호(e_k)의 신뢰도가 높은 경우 C=9일 때의 후보 심볼 선정의 예를 보인 도면이다.

본 발명의 실시예에 따르면 M진 DCM의 신호 쌍이 서로 다른 부채널을 통해서 수신이 되므로, 그 신뢰도가 다르다는 점을 착안하여 채널 정보를 활용한 다음의 절차를 통해 M진 DCM 신호를 복조한다.

먼저 MB-OFDM 기반의 DCM 복조 장치(200)는 추정된 채널 정보를 이용하여 도 4a 및 도 4b와 같이 M진 DCM의 신호 쌍인 Y_k 와 Y_{k+i} 를 수신한다(S310).

도 4a 및 도 4b에서 x 표시는 수신된 신호를 성상도에 표시한 것이다.

그리고, 신호 선택부(220)는 채널 추정 방법을 통하여 신호 쌍인 Y_k 와 Y_{k+i} 중에서 신뢰도가 높은 신호를 선택한다(S320). 채널 추정은 FFT를 거친 신호로부터 이루어지며, MB-OFDM에서 제공하는 채널 추정 시퀀스(channel estimation sequence)를 이용하여 최소 자승(least square) 방법 등을 채택하여 이루어질 수 있다. 따라서 채

널 추정으로 획득한 채널 상태 정보를 이용하여 신뢰도를 판단할 수 있다. 본 발명의 실시예에서는 편의상 M진 DCM 신호 쌍 중에서 제1 DCM 신호에 대응하는 Y_k 의 신뢰도가 제2 DCM 신호에 대응하는 Y_{k+i} 의 신뢰도보다 더 높다고 가정한다.

[0038] 사전 검출부(230)는 선정된 신호 Y_k 로부터 임시 후보 심볼을 검출한다(S330). 즉, 사전 검출부(230)는 G^1 에 포함되는 256개의 e_k 심볼과 수신된 신호 Y_k 에 대하여 수학식 2를 만족하는 심볼을 임시 후보 심볼로서 사전 검출한다.

수학식 2

$$\arg \min_{[\hat{e}_k \in G^1]} \left[|Y_k - H_k \hat{e}_k|^2 \cdot |H_k| \right]$$

[0039]

[0040] 여기서, k 는 제1 DCM 신호의 부반송파 인덱스이고, G^1 는 제1 DCM 신호에 포함되는 후보 심볼들의 집합이며, Y_k 는 k 번째 부반송파를 통해 수신된 신호를 나타내고, H_k 는 k 번째 부반송파가 통과한 부채널을 나타내며, $\hat{e}_k$ 는 수신단에서 추정한 원 신호를 나타낸다.

[0041] 따라서 수학식 2를 통하여 결과 값이 최소인 심볼을 사전 검출하도록 한다. Y_k 의 신뢰도가 Y_{k+i} 의 신뢰도보다 더 높으므로 e_k 의 후보 심볼 중에서 원신호일 가능성이 가장 높은 비트열을 사전 검출한다. 본 발명의 실시예에서는 $[b_0 b_1 b_2 b_3 b_4 b_5 b_6 b_7] = [01010101]$ 을 사전 검출한 것으로 가정하며, 사전 검출된 임시 후보 심볼을 도 4a에서 a로 표시하였다.

[0042] 다음으로, 제1 후보 심볼 선정부(240)는 제1 DCM 신호에 대응되는 G^1 중에서 사전 검출된 심볼을 중심으로 가장 근접한 임의의 후보 심볼 C-1 개를 추가로 선정하여, 총 C개의 심볼을 후보 심볼로 선정한다(S340).

[0043] 즉, 사전 검출된 심볼을 중심으로 주변의 가장 가까운 8(=9-1)개의 추가 후보 심볼들을 선정한다. 도 4a에서는 a 심볼을 중심으로 원형에 포함되어 있는 심볼 들이 추가되는 후보 심볼들이다. 본 발명의 실시예에서는 C=9로 가정하였으므로, 사전 검출된 심볼을 중심으로 8개의 추가 후보 심볼들을 선정한다.

[0044] 그리고, 제2 후보 심볼 선정부(250)는 제2 DCM 신호에 대응되는 G^2 중에서 G^1 에서 후보 심볼로 선정된 C개의 심볼의 비트열에 대응하는 심볼을 후보 심볼로 확대하여 선정한다(S350).

[0045] 즉, 도 4a에서 선정된 9개의 후보 심볼들의 비트열에 해당하는 심볼들을 도 4b와 같이 후보 심볼로 확대 선정한다. 도 4b에서는 선정된 9개의 후보 심볼을 점선 원형으로 표시하였다. 예를 들어, 도 4a에서 추가 후보 심볼로 선정된 $[b_0 b_1 b_2 b_3 b_4 b_5 b_6 b_7] = [01100100]$ 심볼에 대하여, 신호 쌍을 이루는 G^2 에도 확대 적용한다.

[0046] 그리고 복조부(260)는 신호 쌍의 각 수신 신호 값과 C개의 후보 심볼들 간의 유클리드 거리 및 채널 정보를 이용하여 복조한다(S360). 복조부(260)는 다음의 수학식 3을 이용하여 복조하도록 한다.

수학식 3

$$\arg \min_{[\hat{e}_k \in U^1, \hat{e}_{k+i} \in U^2]} \left[|Y_k - H_k \hat{e}_k|^2 \cdot |H_k| + |Y_{k+i} - H_{k+i} \hat{e}_{k+i}|^2 \cdot |H_{k+i}| \right]$$

[0047]

[0048] 여기서, U^1 과 U^2 는 각각 M진 DCM 변조기-1과 M진DCM 변조기-2가 포함하는 총 M개의 후보 중 선정된 C개의 후보 심볼들만을 포함하는 집합이다. 수학식 3에 나타난 것과 같이, U^1 과 U^2 에 속하는 C개의 후보 심볼들에 대하여 각각 수신 신호와의 유클리드 연산을 수행하고, 유클리드 연산의 합이 최소인 후보 심볼을 검출하도록 한다.

[0049] 한편, M진 DCM 변조시 실수부와 허수부에 비트가 독립적으로 매핑되기 때문에, 실수부와 허수부를 분리하여 복

조를 함으로써 복조 복잡도를 낮추는 것이 가능하며 수학적 1을 기본으로 하는 일반적인 ML 방식과 수학적 2 및 수학적 3을 기본으로 하는 본 발명의 C값에 따라 요구되는 덧셈과 곱셈의 수는 다음과 같다. ML 방식은 $8\sqrt{M}-2$ 번의 덧셈과 $8\sqrt{M}$ 번의 곱셈을 필요로 하는데, 여기서 덧셈은 2개의 변조기에서 실수부와 허수부의 유클리드 거리를 계산하는 것($2 \times 2 \times \sqrt{M}$)과 실수부와 허수부의 유클리드 거리를 합하는 것($2 \times \sqrt{M}$), 그리고 실수부와 허수부에서 각각 $\sqrt{M}$ 개 중 가장 작은 값을 찾는 것($2 \times \sqrt{M}-1$)을 포함한다. 그리고, 곱셈은 실수부와 허수부에서 $\sqrt{M}$ 개의 원소를 갖는 값들의 곱($2 \times 2 \times 2 \times \sqrt{M}$)으로 이루어진다.

[0050] 한편, 본 발명에 의한 방식은 $8\sqrt{C}+2\log_2\sqrt{M}-3$ 번의 덧셈과 $8\sqrt{C}$ 번의 곱셈을 필요로 하는데, 여기서 덧셈은 사전 검출 단계에서 실수부와 허수부 비트의 사전 결정을 위한 $2 \times (\log_2(\sqrt{M}-1))$ 번, C개의 후보들을 선정하는데 있어 $\sqrt{C}$ 이 짝수인 경우, 근접 후보 비트 검색을 위해 추가로 요구되는 1번, C개의 후보들을 확대 선정하는 단계에서의 $8\sqrt{C}-2$ 번을 포함하며, 곱셈은 ML 방식인 경우에서 C개만 고려할 때와 동일하다.

[0051] 사전 검출 단계에서 요구되는 덧셈의 수에 대하여 상술한다. M진 DCM의 두 성상도 모두 반복적인 구조를 갖고 있기 때문에, 수신 후 등화된(Received-and-Equalized) 신호에 덧셈이나 뺄셈을 통해서 각 비트를 사전 결정할 수 있다. 도 1의 좌측 성상도의 실수부를 예를 들면, 등화된 신호의 부호가 양이면 b_4 는 1, 음이면 b_4 는 0의 값으로 사전 결정될 수 있다. 만약 α 가 성상도에 존재하는 가장 큰 값이라 했을 때, b_4 가 0이라면 $\alpha/2$ 를 등화된 신호에 더하고, b_4 가 1인 경우에는 $\alpha/2$ 를 등화된 신호에서 뺀 후 그 결과 값의 부호에 따라 음이면 b_3 이 0, 양이면 b_3 이 1로 사전 결정된다. 같은 방법으로 $\alpha/4$ 및 $\alpha/8$ 의 가감을 통해 b_6 과 b_7 을 사전 결정할 수 있다.

[0052] 표 1은 256-DCM 복조시에 ML 방식과 본 발명의 C값에 따라 요구되는 덧셈 수와 곱셈 수를 통해 복조 복잡도를 비교하고 있다.

표 1

복조 방식		덧셈 수	곱셈 수
ML		126	128
본 발명	C = 4	21	16
	C = 9	28	24
	C = 16	37	32

[0053]

[0054] 도 5는 MB-OFDM 기반의 초광대역 무선 통신 시스템이 256-DCM을 사용하는 800Mbps 모드로 전송하는 경우, ML 방식과 본 발명의 C값에 따른 비트 오류를 비교한 그래프이다. 여기서 세로축은 비트 오류, 가로축은 신호 대 잡음비이다. 모의 실험에서 시간 및 주파수 동기화 채널 추정과 완벽하다고 가정한다. C=1은 수신 신호 쌍 중 신뢰도가 높은 신호 하나만을 이용하여 복조한 경우와 동일하고 C=256은 일반적인 ML 방식을 이용한 복조 방식과 동일한 것이다.

[0055] 표 1 및 도 5를 통해 발명된 복조 방식은 상대적으로 매우 낮은 복잡도를 갖는 C값으로도 ML 방식에 필적하는 신뢰성을 얻을 수 있다.

[0056] 본 발명의 설명 및 모의 실험에서는 256-DCM만 다루었지만, 어떠한 M진 DCM 신호의 복조시에든 본 발명을 적용할 수 있으며, 그 효과는 M값이 클수록 더욱 커진다.

[0057] 이와 같이 도 1a 및 도 1b에서 설명한 종래의 ML 방식에 따르면, M진 DCM을 복조하기 위해 수신 신호 쌍의 M개의 후보 모두를 고려해야 하므로 M값이 커짐에 따라 복잡도가 급속히 증가하였다. 그러나 본 발명의 실시예에 따르면, 총 M개의 후보 중 상대적으로 적은 수인 C개의 후보 심볼만 고려하여 복조를 하더라도 M개 모두 고려한 ML 방식과 유사한 성능을 얻을 수 있기 때문에 M진 DCM 신호의 효율적인 복조가 가능해진다. 따라서, 본 발명

을 통해 MB-OFDM 기반의 초광대역 무선 통신 시스템 장치의 전력 소모를 줄여 배터리 수명을 연장시킬 수 있다.

[0058] 한편, 상술한 MB-OFDM 시스템에 기반한 M진 DCM 복조 방법은, 컴퓨터에서 읽을 수 있는 코드/명령들(instructions)/프로그램으로 구현된다. 예를 들면, 상기의 방법은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 이용하여 상기 코드/명령들/프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다. 상기 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체는 마그네틱 저장 매체(ex, 롬, 플로피 디스크, 하드디스크, 마그네틱 테이프 등), 광학적 판독 매체(ex, 시디롬, 디브이디 등) 및 캐리어 웨이브(ex, 인터넷을 통한 전송) 등의 저장 매체를 포함한다. 또한, 본 발명의 실시예는 컴퓨터로 읽을 수 있는 코드를 내장하는 매체(들)로서 구현되어, 네트워크를 통해 연결된 다수 개의 컴퓨터 시스템들이 분배되어 처리 동작하도록 할 수 있다. 본 발명의 방법이 실현하는 기능적인 프로그램들, 코드들 및 코드 세그먼트(segment)들은 본 발명이 속하는 기술 분야의 프로그래머들에 의해 쉽게 추론될 수 있음은 자명하다.

[0059] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

도면의 간단한 설명

[0060] 도 1a 및 도 1b는 일반적인 MB-OFDM 시스템 기반의 DCM 복조 방법을 설명하기 위한 성상도를 나타낸 도면이다

[0061] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 MB-OFDM 시스템 기반의 DCM 복조 장치의 구성을 나타낸 도면이다.

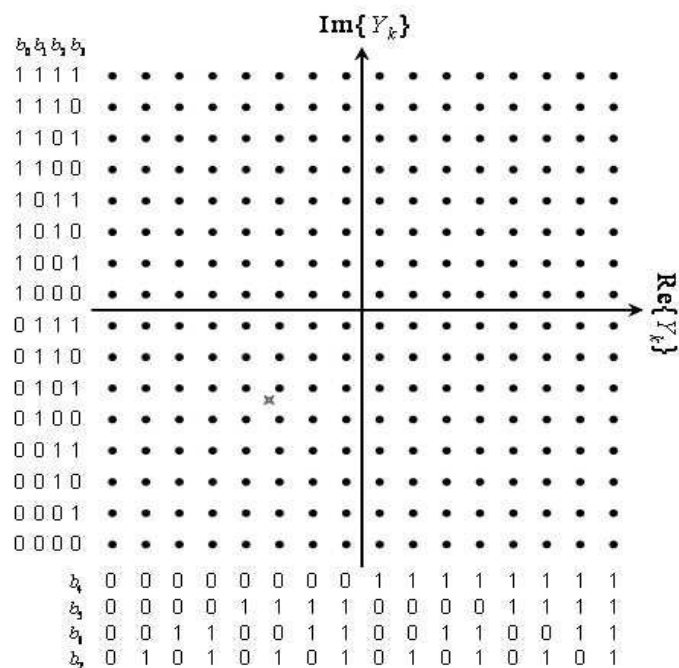
[0062] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 MB-OFDM 시스템 기반의 DCM 복조 방법을 나타내는 순서도이다.

[0063] 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 성상도를 나타낸 도면이다.

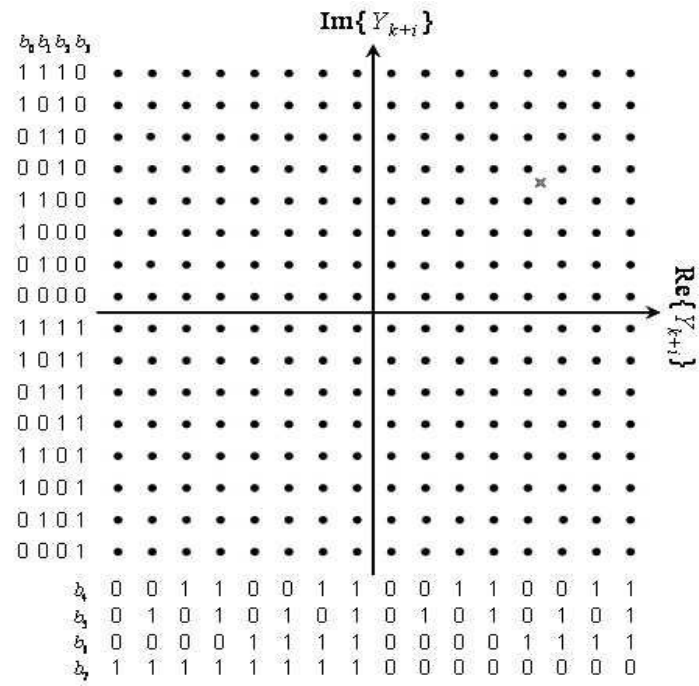
[0064] 도 5는 MB-OFDM 기반의 초광대역 무선 통신 시스템이 256-DCM을 사용하는 800Mbps 모드로 전송하는 경우, ML 방식과 본 발명의 C값에 따른 비트 오류율을 비교한 그래프이다.

도면

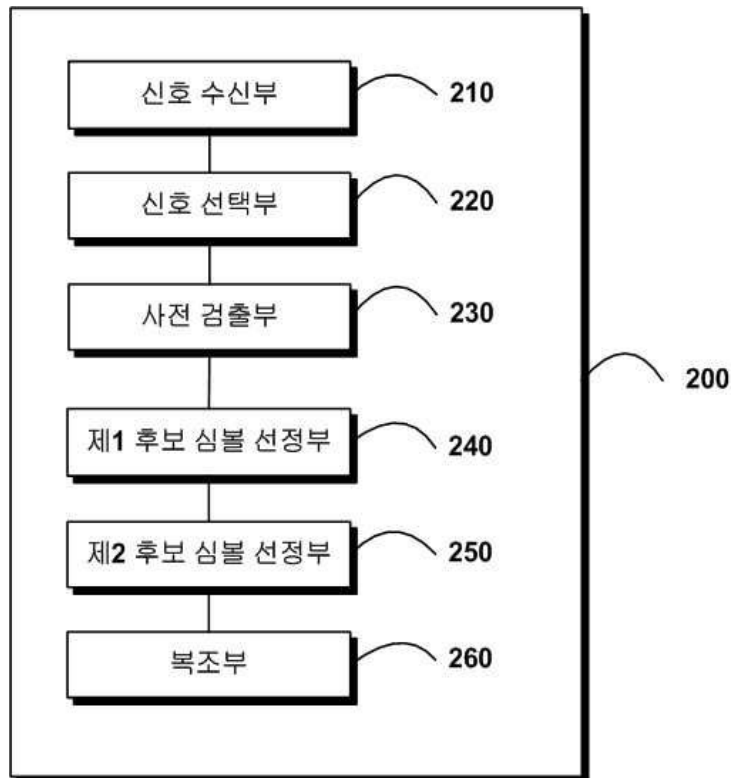
도면1a



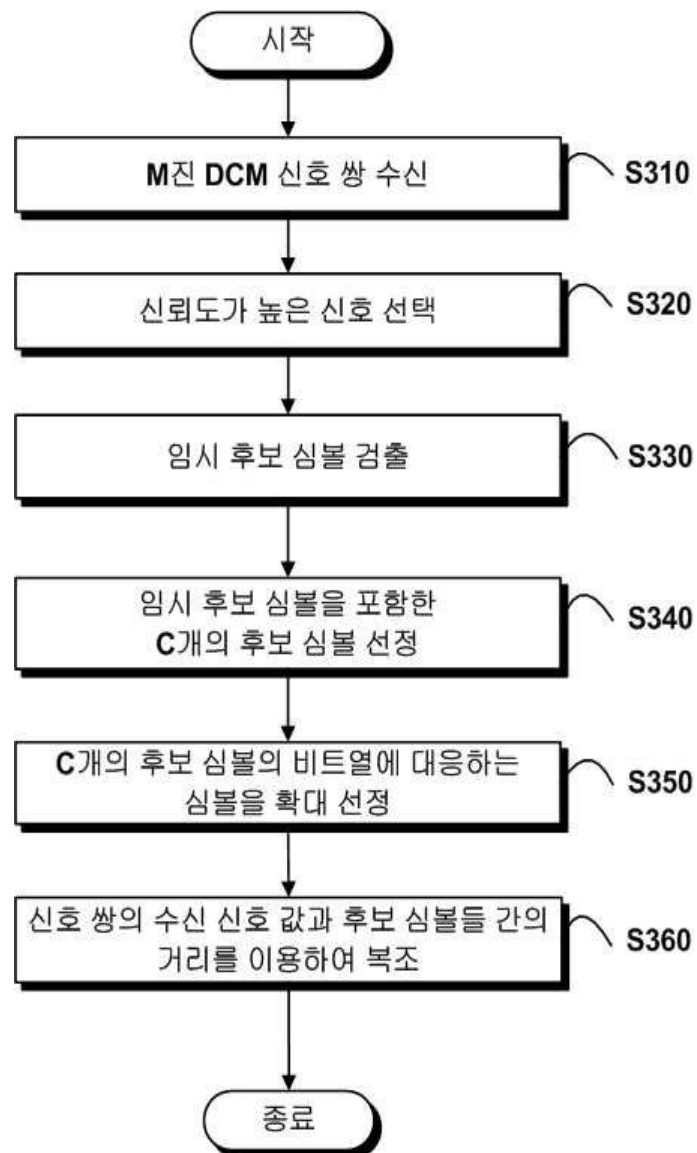
도면1b



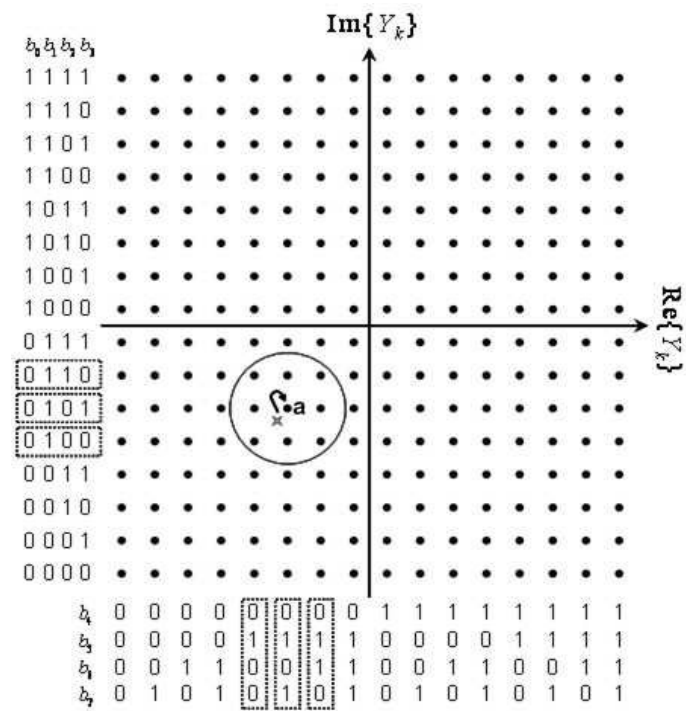
도면2



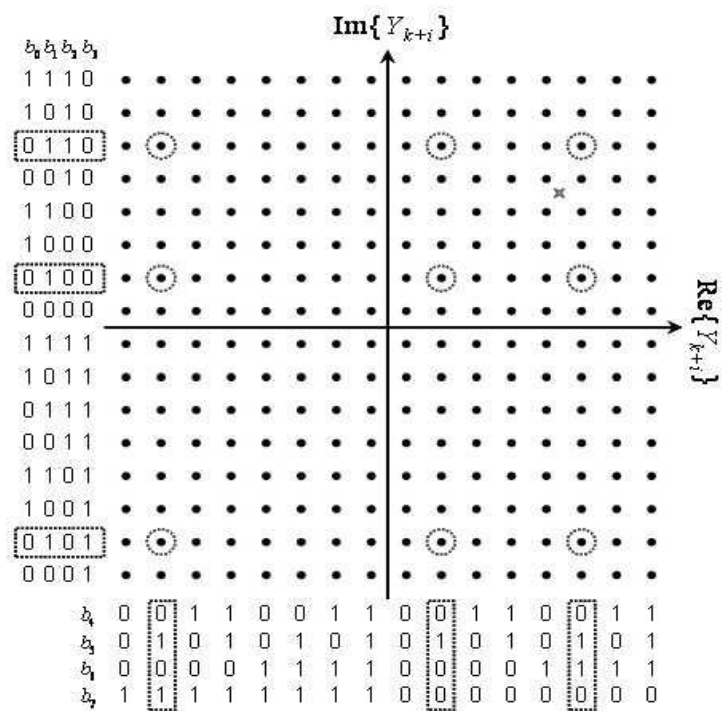
도면3



도면4a



도면4b



도면5

