(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년01월10일
(11) 등록번호 10-1103478
(24) 등록일자 2011년12월30일

(51) Int. Cl.
H04L 27/26 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0105368
(22) 출원일자 2010년10월27일
심사청구일자 2010년10월27일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020090040723 A
KR1020110041275 A
US20080212694 A1
KR100880664 B1

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울 광진구 군자동 98 세종대학교
(72) 발명자
고성원
서울특별시 강서구 공항대로65길 21, 104동 302호 (염창동, 염창동 롯데캐슬)
송형규
경기도 성남시 분당구 중앙공원로 17, 320동 303호 (서현동, 한양아파트)
유영환
서울특별시 송파구 동남로 193, 101동 1501호 (가락동, 가락쌍용아파트 28동)
(74) 대리인
특허법인태백

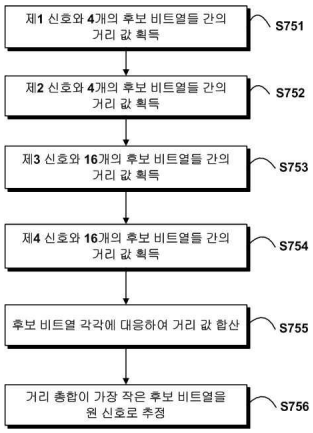
전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 김상인

(54) OFDM에 기반한 M진 DCM 변조를 이용하는 협력 통신 시스템 및 그 방법

(57) 요 약

본 발명은 OFDM에 기반한 M진 DCM 변조를 이용하는 협력 통신 시스템 및 그 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면 OFDM에 기반하여 목적 단말이 송신 단말 및 중계 단말과 협력 통신하는 방법에 있어서, 상기 송신 단말로부터 QAM 방식으로 변조된 제1 신호를 수신하고, 상기 제1 신호와 후보 비트열들 사이의 거리를 각각 구하는 단계, 상기 중계 단말로부터 상기 QAM 방식으로 변조된 제2 신호를 수신하고, 상기 제2 신호와 후보 비트열들 사이의 거리를 각각 구하는 단계, 상기 송신 단말로부터 M-DCM 방식으로 변조된 제3 신호와 후보 비트열들 사이의 거리를 각각 구하는 단계, 상기 중계 단말로부터 상기 M-DCM 방식으로 변조된 제4 신호를 수신하고, 상기 제4 신호와 후보 비트열들 사이의 거리를 각각 구하는 단계, 그리고 상기 각각의 후보 비트열들에 대하여 상기 제1 신호, 제2 신호, 제3 신호 및 제4 신호 사이의 거리의 총합을 구하고, 거리의 총합이 최소가 되는 비트열을 원 신호로 추정하는 단계를 포함한다. 이와 같이 본 발명에 따르면 기존 협력 통신 방법에 비하여 전송률을 저하시키지 않으면서도 신뢰도를 증가시킬 수 있으며, 채널이 열악한 통신 시스템에서 저전력, 저비용으로도 신뢰도 높은 초고속 통신을 수행할 수 있다.

대 표 도 - 도9



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 10C2-C2-10M
부처명 지식경제부
연구관리전문기관 유비쿼터스 컴퓨팅 사업단
연구사업명 21세기 프론티어 개발사업
연구과제명 상황적응 협업통신 기반 Scale-free uPAN 커뮤니티 네트워크 개발
기여율 1/1
주관기관 세종대학교
연구기간 2010.01.01 ~ 2010.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

목적 단말이 송신 단말 및 중계 단말과 OFDM에 기반하여 M진 DCM 변조를 이용한 협력 통신을 하는 방법에 있어서,

상기 송신 단말로부터 QAM 방식으로 변조된 제1 신호를 수신하고, 상기 제1 신호와 후보 비트열들 사이의 거리를 각각 구하는 단계,

상기 중계 단말로부터 상기 QAM 방식으로 변조된 제2 신호를 수신하고, 상기 제2 신호와 후보 비트열들 사이의 거리를 각각 구하는 단계,

상기 송신 단말로부터 M-DCM 방식으로 변조된 제3 신호와 후보 비트열들 사이의 거리를 각각 구하는 단계,

상기 중계 단말로부터 상기 M-DCM 방식으로 변조된 제4 신호를 수신하고, 상기 제4 신호와 후보 비트열들 사이의 거리를 각각 구하는 단계, 그리고

상기 각각의 후보 비트열들에 대하여 상기 제1 신호, 제2 신호, 제3 신호 및 제4 신호 사이의 거리의 총합을 구하고, 거리의 총합이 최소가 되는 비트열을 원 신호로 추정하는 단계를 포함하는 OFDM에 기반한 M진 DCM 변조를 이용하는 협력 통신 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 송신 단말과 중계 단말은

상기 제1 신호 및 제2 신호를 각각 QPSK 방식으로 변조하여 전송하고,

상기 제3 신호 및 제4 신호를 각각 DCM 방식으로 변조하여 전송하는 OFDM에 기반한 M진 DCM 변조를 이용하는 협력 통신 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 송신 단말과 중계 단말은

상기 제1 신호 및 제2 신호를 각각 16QAM 방식으로 변조하여 전송하고,

상기 제3 신호 및 제4 신호를 각각 M-DCM 방식으로 변조하여 전송하는 OFDM에 기반한 M진 DCM 변조를 이용하는 협력 통신 방법.

청구항 4

제2항 또는 제3항에 있어서,

상기 송신 단말은 상기 중계 단말과 상기 목적 단말로 상기 제1 신호를 전송하고,

상기 중계 단말은 상기 송신 단말과 상기 목적 단말로 상기 제2 신호를 전송하고,

상기 송신 단말은 상기 제1 신호와 상기 중계 단말로부터 수신한 상기 제2 신호를 이용하여 DCM 또는 M-DCM 방식으로 변조하고, 변조된 신호 중 첫 번째 심볼 그룹인 상기 제3 신호를 상기 목적 단말로 전송하고,

상기 중계 단말은 상기 제2 신호와 상기 송신 단말로부터 수신한 상기 제1 신호를 이용하여 DCM 또는 M-DCM 방식으로 변조하고, 변조된 신호 중 두 번째 심볼 그룹인 상기 제4 신호를 상기 목적 단말로 전송하는 OFDM에 기반한 M진 DCM 변조를 이용하는 협력 통신 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 목적 단말은,

n 비트로 이루어진 후보 비트열과 상기 제1 및 제2 신호 사이의 거리를 구하고, 2n 비트로 이루어진 후보 비트열과 상기 제3 및 제4 신호 사이의 거리를 구하며,

상기 원 신호는 2n 비트로 이루어진 OFDM에 기반한 M진 DCM 변조를 이용하는 협력 통신 방법.

청구항 6

목적 단말이 송신 단말 및 중계 단말과 OFDM에 기반하여 M진 DCM 변조를 이용한 협력 통신을 하는 시스템에 있어서,

상기 송신 단말은 상기 중계 단말과 상기 목적 단말로 제1 신호를 전송하고,

상기 중계 단말은 상기 송신 단말과 상기 목적 단말로 제2 신호를 전송하고,

상기 송신 단말은 상기 제1 신호와 상기 중계 단말로부터 수신한 상기 제2 신호를 이용하여 M-DCM 방식으로 변조하고, 변조된 신호 중 첫 번째 심볼 그룹인 제3 신호를 상기 목적 단말로 전송하고,

상기 중계 단말은 상기 제2 신호와 상기 송신 단말로부터 수신한 상기 제1 신호를 이용하여 M-DCM 방식으로 변조하고, 변조된 신호 중 두 번째 심볼 그룹인 제4 신호를 상기 목적 단말로 전송하며,

상기 목적 단말은 수신된 상기 제1 신호, 제2 신호, 제3 신호 및 제4 신호에 대하여 각각 후보 비트열과의 거리를 구하고, 상기 후보 비트열들 중에서 상기 제1 신호, 제2 신호, 제3 신호 및 제4 신호 사이의 거리의 총합이 최소가 되는 비트열을 원 신호로 추정하는 OFDM에 기반한 M진 DCM 변조를 이용하는 협력 통신 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 송신 단말과 중계 단말은

상기 제1 신호 및 제2 신호를 각각 QPSK 방식으로 변조하여 전송하고,

상기 제3 신호 및 제4 신호를 각각 DCM 방식으로 변조하여 전송하는 OFDM에 기반한 M진 DCM 변조를 이용하는 협력 통신 시스템.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 송신 단말과 중계 단말은

상기 제1 신호 및 제2 신호를 각각 16QAM 방식으로 변조하여 전송하고,

상기 제3 신호 및 제4 신호를 각각 M-DCM 방식으로 변조하여 전송하는 OFDM에 기반한 M진 DCM 변조를 이용하는 협력 통신 시스템.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 목적 단말은,

n 비트로 이루어진 후보 비트열과 상기 제1 및 제2 신호 사이의 거리를 구하고, 2n 비트로 이루어진 후보 비트열과 상기 제3 및 제4 신호 사이의 거리를 구하며,

상기 원 신호는 2n 비트로 이루어진 OFDM에 기반한 M진 DCM 변조를 이용하는 협력 통신 시스템.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 M진 DCM 변조를 이용하는 협력 통신 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 양방향 통신이 가능한 직교 주파수 분할 다중 변조(Orthogonal Frequency Division Multiplexing: OFDM) 방식을 기반으로 하는 협력 통신 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 차세대 무선 시스템 전송 기술인 다중 입출력 시스템 (Multi-Input Multi-Output: MIMO system)은 송수신단에 설치된 여러 개의 안테나를 이용해 대역폭의 증가 없이 전송률을 증대시키고 수신 성능을 향상시킬 수 있다. 그러나 단말의 크기 또는 비용 제한 때문에 대부분의 실제 무선 통신에서는 다중 안테나 지원이 힘들다. 따라서 이를 해결하기 위해서 하나의 안테나를 갖고 있는 단말 간 서로 협동하여 가상의 다중 입출력 시스템을 만들어 데이터 전송률을 높이고 수신 성능을 향상시키기 위한 연구가 활발히 논의 되고 있다.

[0003] 협력 통신에서는 다양한 다중 입출력(MIMO) 기술을 적용하여 협력 다이버시티(Cooperative Diversity) 또는 멀티플렉싱 이득 또한 얻을 수 있게 된다.

[0004] 협력 통신은 송신기가 수신기와 통신하는 것을 다른 송신기가 도움으로써 신뢰성이 향상된 통신을 하는 것이 목적이다. 일반적으로 협력통신의 구성은 송신 단말, 중계 단말 및 목적 단말로 구성되며, 협력 통신의 간단한 절차는 다음과 같다.

[0005] 제1 단계는 송신 단말의 브로드캐스트 단계로서, 송신 단말은 중계 단말과 목적 단말로 보내고자 하는 정보를 전송한다. 제2 단계는 중계 단말의 브로드캐스트 단계로서, 중계 단말은 송신 단말과 목적 단말로 보내고자 하는 정보를 전송한다.

[0006] 제3 단계와 제4 단계는 협력 통신 단계로서, 제3 단계는 중계 단말이 제1 단계에서 송신 단말로부터 받은 정보를 추정하여 목적 단말로 전송하는 단계이다. 제4 단계는 송신 단말이 제2 단계에서 중계 단말로부터 받은 정보를 추정하여 목적 단말로 전송하는 단계이다.

[0007] 이와 같이 종래 기술에 따른 협력 통신에 있어서 협력 통신을 이용하면 협력 다이버시티를 얻을 수 있게 된다. 그러나 소비자 QoS 요구 증가로 인해 처리율이 높거나 신뢰도가 높은 시스템의 구현이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 따라서 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 신뢰도를 최대화 할 수 있는 OFDM에 기반한 M진 DCM 변조를 이용하는 협력 통신 시스템 및 그 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 이러한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 한 실시예에 따르면, OFDM에 기반하여 목적 단말이 송신 단말 및 중계 단말과 협력 통신하는 방법에 있어서, 상기 송신 단말로부터 QAM 방식으로 변조된 제1 신호를 수신하고, 상기 제1 신호와 후보 비트열들 사이의 거리를 각각 구하는 단계, 상기 중계 단말로부터 상기 QAM 방식으로 변조된 제2 신호를 수신하고, 상기 제2 신호와 후보 비트열들 사이의 거리를 각각 구하는 단계, 상기 송신 단말로부터 M-DCM 방식으로 변조된 제3 신호와 후보 비트열들 사이의 거리를 각각 구하는 단계, 상기 중계 단말로부터 상기 M-DCM 방식으로 변조된 제4 신호를 수신하고, 상기 제4 신호와 후보 비트열들 사이의 거리를 각각 구하는 단계, 그리고 상기 각각의 후보 비트열들에 대하여 상기 제1 신호, 제2 신호, 제3 신호 및 제4 신호 사이의 거리의 총합을 구하고, 거리의 총합이 최소가 되는 비트열을 원 신호로 추정하는 단계를 포함한다.

[0010] 상기 송신 단말과 중계 단말은 상기 제1 신호 및 제2 신호를 각각 QPSK 방식으로 변조하여 전송하고, 상기 제3 신호 및 제4 신호를 각각 DCM 방식으로 변조하여 전송할 수 있다.

[0011] 상기 송신 단말과 중계 단말은 상기 제1 신호 및 제2 신호를 각각 16QAM 방식으로 변조하여 전송하고, 상기 제3 신호 및 제4 신호를 각각 M-DCM 방식으로 변조하여 전송할 수 있다.

[0012] 상기 송신 단말은 상기 중계 단말과 상기 목적 단말로 상기 제1 신호를 전송하고, 상기 중계 단말은 상기 송신 단말과 상기 목적 단말로 상기 제2 신호를 전송하고, 상기 송신 단말은 상기 제1 신호와 상기 중계 단말로부터 수신한 상기 제2 신호를 이용하여 DCM 또는 M-DCM 방식으로 변조하고, 변조된 신호 중 첫 번째 심볼 그룹인 상기 제3 신호를 상기 목적 단말로 전송하고, 상기 중계 단말은 상기 제2 신호와 상기 송신 단말로부터 수신한 상

기 제1 신호를 이용하여 DCM 또는 M-DCM 방식으로 변조하고, 변조된 신호 중 두 번째 심볼 그룹인 상기 제4 신호를 상기 목적 단말로 전송할 수 있다.

[0013] 상기 목적 단말은, n 비트로 이루어진 후보 비트열과 상기 제1 및 제2 신호 사이의 거리를 구하고, 2n 비트로 이루어진 후보 비트열과 상기 제3 및 제4 신호 사이의 거리를 구하며, 상기 원 신호는 2n 비트로 이루어질 수 있다.

[0014] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, OFDM에 기반하여 목적 단말이 송신 단말 및 중계 단말과 협력 통신하는 시스템에 있어서, 상기 송신 단말은 상기 중계 단말과 상기 목적 단말로 제1 신호를 전송하고, 상기 중계 단말은 상기 송신 단말과 상기 목적 단말로 제2 신호를 전송하고, 상기 송신 단말은 상기 제1 신호와 상기 중계 단말로부터 수신한 상기 제2 신호를 이용하여 M-DCM 방식으로 변조하고, 변조된 신호 중 첫 번째 심볼 그룹인 제3 신호를 상기 목적 단말로 전송하고, 상기 중계 단말은 상기 제2 신호와 상기 송신 단말로부터 수신한 상기 제1 신호를 이용하여 M-DCM 방식으로 변조하고, 변조된 신호 중 두 번째 심볼 그룹인 제4 신호를 상기 목적 단말로 전송하며, 상기 목적 단말은 수신된 상기 제1 신호, 제2 신호, 제3 신호 및 제4 신호에 대하여 각각 후보 비트열과의 거리를 구하고, 상기 후보 비트열들 중에서 상기 제1 신호, 제2 신호, 제3 신호 및 제4 신호 사이의 거리의 총합이 최소가 되는 비트열을 원 신호로 추정할 수 있다.

발명의 효과

[0015] 이와 같이 본 발명에 따르면 기존 협력 통신 방법에 비하여 전송률을 저하시키지 않으면서도 신뢰도를 증가시킬 수 있으며, 채널이 열악한 통신 시스템에서 저전력, 저비용으로도 신뢰도 높은 초고속 통신을 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 OFDM에 기반한 신호 공간 다이버시티를 이용하는 협력 통신 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 협력 통신 시스템의 전송 절차를 블록으로 도시한 것이다.

도 3은 제1 송신 단말과 제2 송신 단말이 제1 단계 및 제2 단계에서 사용하는 QPSK 사상기의 성상도를 나타낸 도면이다.

도 4a 및 도 4b는 각각 제1 송신 단말과 제2 송신 단말이 제3 단계 및 제4 단계에서 사용하는 DCM 사상기의 성상도를 나타낸 도면이다.

도 5는 제1 송신 단말과 제2 송신 단말이 제1 단계 및 제2 단계에서 사용하는 16QAM 사상기의 성상도를 나타낸 도면이다.

도 6a 및 도 6b는 각각 제1 송신 단말과 제2 송신 단말이 제3 단계 및 제4 단계에서 사용하는 M진 DCM 사상기의 성상도를 나타낸 도면이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 목적 단말이 신호를 수신하여 원 신호를 추정하는 과정을 나타낸 순서도이다.

도 8a 내지 도 8d는 목적 단말이 수신한 신호에 대한 성상도를 나타낸 도면이다.

도 9는 도 7에 따른 S720 단계를 더욱 상세하게 나타낸 순서도이다.

도 10은 본 발명의 제1 실시예에 따른 협력 통신 시스템의 성능을 나타내는 그래프이다.

도 11은 본 발명의 제2 실시예에 따른 협력 통신 시스템의 성능을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0018] 실제 협동 통신 시스템에서는 심볼 단위로 데이터를 전송하지 않고 프레임 단위로 협동 통신이 실행되나, 이하에서는 설명의 편의를 위해 프레임 단위 대신에 심볼 단위로 설명을 하기로 한다. 본 발명이 속한 분야의 통상의 지식을 가진 자에게는 아래와 같은 본 발명에 따른 동작을 심볼을 사용하여 실시한 설명을 참조하여 프레임 단위로 확장하는 것은 용이하게 이해할 수 있는 내용이므로 이에 대한 별도의 설명은 생략한다.

[0019] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 OFDM에 기반한 신호 공간 다이버시티를 이용하는 협력 통신 시스템을 설명하기 위한 도면이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 협력 통신 시스템의 전송 절차를 블록으로 도시한 것이다.

[0020] 도 1에 도시한 것처럼, 본 발명의 실시예에 따른 OFDM(직교 주파수 다중 분할 방식)을 이용한 협력 통신 시스템은 제1 송신 단말(U1), 제2 송신 단말(U2) 및 목적 단말(D)을 포함한다. 여기서, 제1 송신 단말(U1)과 제2 송신 단말(U2)은 각각 제2 송신 단말(U2)과 제1 송신 단말(U1)로부터 받은 신호를 목적 단말(D)로 전달하므로 중계 단말로서의 역할도 담당한다.

[0021] 먼저 제1 송신 단말(U1), 제2 송신 단말(U2)은 각각 보내고자 하는 전송 신호를 상대방 송신 단말로부터 수신한 신호와 더해서 전송한다. 그리고 M진 DCM 변조 처리된 신호를 제1 송신 단말(U1), 제2 송신 단말(U2)은 목적 단말(D)에 전송한다. 여기서 M진 DCM(Dual Carrier Modulation) 변조 처리는 16-QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 형태의 DCM 기술(즉 M=1일 경우)과 256-QAM형태의 M진 DCM 기술을 모두 포함하는 개념이며, QAM 변조 방식은 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 변조 방식을 포함하는 개념이다.

[0022] 목적 단말(D)은 제1 송신 단말(U1)과 제2 송신 단말(U2)로부터 전송되는 신호를 수신하여 수신된 신호로부터 송신 단말 각각의 신호들을 분리해내어 송신 단말 각각의 원 신호를 추정한다.

[0023] 도 1에 나타낸 것과 같이, 제1 송신 단말(U1)은 채널 $h_{1,2}$를 통하여 제2 송신 단말(U2)로 신호를 전송하고, 채널 $h_{1,D}$를 통하여 목적 단말(D)로 신호를 전송한다. 제2 송신 단말(U2)은 채널 $h_{2,1}$을 통하여 제1 송신 단말(U1)로 신호를 전송하고, 채널 $h_{2,D}$를 통하여 목적 단말(D)로 신호를 전송한다.

[0024] 도 2를 통하여 더욱 상세하게 설명하면, 제1 단계($(n-1)^{th}$TS)에서는 제1 송신 단말(U1)이 제2 송신 단말(U2)과 목적 단말(D)로 신호를 브로드캐스트하고, 제2 단계(n^{th}TS)에서는 제2 송신 단말(U2)이 제1 송신 단말(U1)과 목적 단말(D)로 신호를 브로드캐스트한다. 그리고 제3 단계($(n+1)^{th}$TS)에서는 제1 송신 단말(U1)이 자신의 신호와 제2 송신 단말(U2)로부터 수신한 신호를 이용하여 M진 DCM 변조하고, M진 DCM 변조된 신호 중 첫 번째 심볼 그룹을 목적 단말(D)로 전송한다. 또한 제4 단계($(n+2)^{th}$TS)에서는 제2 송신 단말(U2)이 제1 송신 단말(U1)로부터 수신한 신호와 자신의 신호를 이용하여 M진 DCM 변조하고, M진 DCM 변조된 신호 중 두 번째 심볼 그룹을 목적 단말(D)로 전송한다. 마지막으로 제5 단계(도 2에서는 도시하지 않음)에서는 목적 단말(D)이 수신된 신호들을 분석하여 제1 송신 단말(U1) 및 제2 송신 단말(U2)의 원 신호를 분리 및 추정하게 된다.

[0025] 이하에서는 도 3 내지 도 4b를 통하여 본 발명의 제1 실시예에 따른 협력 통신 시스템의 전송방법에 대하여 설명한다.

[0026] 도 3은 제1 송신 단말과 제2 송신 단말이 제1 단계 및 제2 단계에서 사용하는 QPSK 사상기의 성상도를 나타낸 도면이다. 도 4a 및 도 4b는 각각 제1 송신 단말(U1)과 제2 송신 단말(U2)이 제3 단계 및 제4 단계에서 사용하는 DCM 사상기의 성상도를 나타낸 도면이다.

[0027] 앞에서 설명한 바와 같이 제1 단계에서는 제1 송신 단말(U1)이 제2 송신 단말(U2)과 목적 단말(D)로 신호를 브로드캐스트하고, 제2 단계에서는 제2 송신 단말(U2)이 제1 송신 단말(U1)과 목적 단말(D)로 신호를 브로드캐스트 하는데, 이때 제1 송신 단말(U1)과 제2 송신 단말(U2)는 도 3에 나타낸 하나의 QPSK 사상기의 성상도를 이용하여 신호를 전송한다. 도 3에 나타낸 것처럼 QPSK 사상기의 성상도를 통하여 2비트로 이루어진 4개의 비트열(00, 10, 01, 11) 중에서 하나를 전송할 수 있다. 이하에서는 설명의 편의상 제1 단계에서는 제1 송신 단말(U1)이 제2 송신 단말(U2)과 목적 단말(D)로 "01" 신호를 브로드캐스트하고, 제2 단계에서는 제2 송신 단말(U2)이 제1 송신 단말(U1)과 목적 단말(D)로 "10" 신호를 브로드캐스트하는 것으로 예시하여 설명한다.

[0028] 그리고, 제3 단계에서는 제1 송신 단말(U1)이 자신의 신호 "01"과 제2 송신 단말(U2)로부터 수신한 신호 "10"를 이용하여DCM 변조시키고, DCM 변조된 신호 중 첫 번째 심볼 그룹을 목적 단말(D)로 전송한다. 즉 제1 송신 단말(U1)은 도 4a에 나타낸 DCM 사상기의 성상도에 맵핑하여 DCM 변조된 신호인 "0110" 신호를 목적 단말(D)로 전송한다.

[0029] 또한 제4 단계에서는 제2 송신 단말(U2)이 제1 송신 단말(U1)로부터 수신한 신호 "01"과 자신의 신호 "10"을 이용하여 DCM 변조시키고, DCM 변조된 신호 중 두 번째 심볼 그룹을 목적 단말(D)로 전송한다. 즉 제2 송신 단말(U2)은 도 4b에 나타낸 DCM 사상기의 성상도에 맵핑하여 DCM 변조된 신호인 "0110" 신호를 목적 단말(D)로 전송한다. 도 4a 및 도 4b에 나타낸 DCM 사상기의 성상도는 16QAM 방식으로 신호를 전송하기 위한 성상도로서, 서

로 상이한 비트열 배치를 가진다.

[0030] 이와 같이, 제3 단계와 제4 단계에서는 제1 송신 단말(U1)과 제2 송신 단말(U2)은 2 타임($(n+1)^{th}$TS, $(n+2)^{th}$TS)에 걸쳐서 동일한 신호인 "0110"를 각각 한번씩 보내게 되므로 전송률은 1로 유지되며, 동일한 신호를 2번 전송함으로써 데이터 전송에 대한 신뢰성이 향상된다.

[0031] 아래의 표 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 전송 절차를 간략하게 정리한 것이다. 표 1에서 보는 바와 같이, 제1 송신 단말(U1)은 제1 단계에서 자신의 신호(x1x2)를 전송하고, 제2 송신 단말(U2)은 제2 단계에서 자신의 신호(y1y2)를 전송한다. 그리고, 제1 송신 단말(U1)과 제2 송신 단말(U2)은 자신의 신호와 상대방 송신 단말로부터 수신한 신호를 DCM 변조하고, DCM 변조로부터 생성된 신호 (x1y1x2y2)를 목적 단말(D)로 전송한다. 여기서, DCM 변조 시에 x1x2 신호와 y1y2 신호의 순열은 변형이 가능하다.

표 1

U1 symbol's bits	U2 symbol's bits
x_1x_2	y_1y_2
DCM symbol's bits	
$x_1y_1x_2y_2$	

[0032]

[0033] 이하에서는 도 5 내지 도 6b를 통하여 본 발명의 제2 실시예에 따른 협력 통신 시스템의 전송방법에 대하여 설명한다.

[0034] 도 5는 제1 송신 단말과 제2 송신 단말이 제1 단계 및 제2 단계에서 사용하는 16QAM 사상기의 성상도를 나타낸 도면이다. 도 6a 및 도 6b는 각각 제1 송신 단말(U1)과 제2 송신 단말(U2)이 제3 단계 및 제4 단계에서 사용하는 M진 DCM 사상기의 성상도를 나타낸 도면이다.

[0035] 먼저 도 2에서 설명했던 것처럼, 제1 단계에서는 제1 송신 단말(U1)이 제2 송신 단말(U2)과 목적 단말(D)로 신호를 브로드캐스트하고, 제2 단계에서는 제2 송신 단말(U2)이 제1 송신 단말(U1)과 목적 단말(D)로 신호를 브로드캐스트 하는데, 이때, 제1 실시예와 마찬가지로 제1 송신 단말(U1)과 제2 송신 단말(U2)은 도 5에 나타낸 하나의 16QAM 사상기의 성상도를 이용하여 신호를 전송한다.

[0036] 이하에서는 설명의 편의상 제1 단계에서는 제1 송신 단말(U1)이 제2 송신 단말(U2)과 목적 단말(D)로 "0110" 신호를 브로드캐스트하고, 제2 단계에서는 제2 송신 단말(U2)이 제1 송신 단말(U1)과 목적 단말(D)로 "0101" 신호를 브로드캐스트하는 것으로 예시하여 설명한다.

[0037] 그리고, 제3 단계에서는 제1 송신 단말(U1)이 자신의 신호 "0110"과 제2 송신 단말(U2)로부터 수신한 신호 "0101"를 이용하여 M진 DCM 변조시키고, M진 DCM 변조된 신호 중 첫 번째 심볼 그룹을 목적 단말(D)로 전송한다. 즉 제1 송신 단말(U1)은 도 6a에 나타낸 M진 DCM 사상기의 성상도에 맵핑하여 M진 DCM 변조된 신호인 "01100101" 신호를 목적 단말(D)로 전송한다.

[0038] 또한 제4 단계에서는 제2 송신 단말(U2)이 제1 송신 단말(U1)로부터 수신한 신호 "0110"과 자신의 신호 "0101"을 이용하여 M진 DCM 변조시키고, M진 DCM 변조된 신호 중 두 번째 심볼 그룹을 목적 단말(D)로 전송한다. 즉 제2 송신 단말(U2)은 도 6b에 나타낸 M진 DCM 사상기의 성상도에 맵핑하여 M진 DCM 변조된 신호인 "01100101" 신호를 목적 단말(D)로 전송한다.

[0039] 도 4a 및 도 4b에 나타낸 DCM 사상기의 성상도와 마찬가지로 도 6a 및 도 6b에 나타낸 M진 DCM 사상기의 성상도는 서로 상이한 배치를 가지며, 256 QAM 방식으로 신호를 전송한다.

[0040] 이와 같이, 제3 단계와 제4 단계에서는 제1 송신 단말(U1)과 제2 송신 단말(U2)은 2 타임($(n+1)^{th}$TS, $(n+2)^{th}$TS)에 걸쳐서 동일한 신호인 "01100101"를 각각 한번씩 보내게 되어 전송률은 1로 유지되며 신뢰성이 향상된다.

[0041] 즉 본 발명의 제1 실시예에 따르면 제1 송신 단말(U1)과 제2 송신 단말(U2)은 제1 단계 및 제2 단계에서는 동일한 QPSK 사상기의 성상도를 이용하여 신호를 전송하고, 제3 단계 및 제4 단계에서는 서로 다른 DCM 사상기의 성상도를 이용하여 신호를 전송한다. 이에 반하여 본 발명의 제2 실시예에 따르면 제1 송신 단말(U1)과 제2 송신 단말(U2)은 제1 단계 및 제2 단계에서는 동일한 16QAM 사상기의 성상도를 이용하여 신호를 전송하고, 제3 단계 및 제4 단계에서는 서로 다른 M진 DCM 사상기의 성상도를 이용하여 신호를 전송한다는 점에서 차이가 있다.

[0042] 이하에서는 도 7 내지 도 9를 통하여 목적 단말(D)이 수신된 신호로부터 원 신호를 검출하는 과정에서 대하여 설명한다. 설명의 편의상 본 발명의 제1 실시예에 따른 QPSK 변조 방식과 DCM 변조 방식을 혼합한 전송 방법을 통해 수신한 신호로부터 원 신호를 추출하는 방법에 대하여 설명한다.

[0043] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 목적 단말이 신호를 수신하여 원 신호를 추정하는 과정을 나타낸 순서도이고, 도 8a 내지 도 8d는 목적 단말이 수신한 신호에 대한 성상도를 나타낸 도면이다. 또한 도 9는 도 7에 따른 S720 단계를 더욱 상세하게 나타낸 순서도이다.

[0044] 먼저 목적 단말(D)은 제1 단계에서 제1 송신 단말(U1)로부터 QPSK 변조된 2비트의 제1 신호를 수신한다(S710). 이때 제1 송신 단말(U1)은 도 3과 같은 QPSK 사상기의 성상도를 통해서 2비트의 신호를 송신하였으므로, 도 8a와 같이 목적 단말(D)은 QPSK 사상기의 성상도를 통해서 a의 위치에 대응하는 제1 신호를 수신한다.

[0045] 그리고, 목적 단말(D)은 제2 단계에서 제2 송신 단말(U2)로부터 QPSK 변조된 2비트의 제2 신호를 수신한다(S720). 이때 제2 송신 단말(U2)도 도 3과 같이 QPSK 사상기의 성상도를 통해서 2비트의 신호를 송신하였으므로, 도 8b와 같이 목적 단말(D)은 QPSK 사상기의 성상도를 통해서 b의 위치에 대응하는 제2 신호를 수신한다.

[0046] 다음으로 목적 단말(D)은 제3 단계에서 제1 송신 단말(U1)로부터 DCM 변조된 4비트의 제3 신호를 수신한다(S730). 이때 도 4a와 같이 제1 송신 단말(U1)은 DCM 사상기의 성상도를 통해서 4비트의 신호를 송신하였으므로, 도 8c와 같이 목적 단말(D)은 DCM 사상기의 성상도를 통해서 c의 위치에 대응하는 제3 신호를 수신한다.

[0047] 그리고, 목적 단말(D)은 제4 단계에서 제2 송신 단말(U2)로부터 DCM 변조된 4비트의 제4 신호를 수신한다(S740). 이때 도 4b와 같이 제2 송신 단말(U2)은 DCM 사상기의 성상도를 통해서 4비트의 신호를 송신하였으므로, 도 8d와 같이 목적 단말(D)은 DCM 사상기의 성상도를 통해서 d의 위치에 대응하는 제4 신호를 수신한다.

[0048] 그리고, 제5 단계에서 목적 단말(D)은 수신한 제1 내지 제4 신호로부터 원 신호를 추정하여 복조시키는데(S750), 이하에서는 목적 단말(D)이 원 신호를 추정하는 과정에 대하여 도 9를 통하여 설명한다.

[0049] 목적 단말(D)은 도 8a의 a의 위치에 대응하는 제1 신호와 QPSK 사상기의 성상도에 표시된 4개의 후보 비트열(00, 01, 10, 11)들 간의 거리(a_{00}, a_{01}, a_{10}, a_{11})를 각각 구한다(S751). 그리고 목적 단말(D)은 도 8b의 b의 위치에 대응하는 제2 신호와 QPSK 사상기의 성상도에 표시된 4개의 후보 비트열(00, 01, 10, 11)들 간의 거리(b_{00}, b_{01}, b_{10}, b_{11})를 각각 구한다(S752).

[0050] 그리고, 목적 단말(D)은 도 8c의 c의 위치에 대응하는 제3 신호와 DCM 사상기의 성상도에 표시된 16개의 후보 비트열들 간의 거리(c_{0000}, c_{0001}, c_{0010}, …, c_{1101}, c_{1110}, c_{1111})를 각각 구한다(S753). 마지막으로 목적 단말(D)은 도 8d의 d의 위치에 대응하는 제4 신호와 DCM 사상기의 성상도에 표시된 16개의 후보 비트열들 간의 거리(d_{0000}, d_{0001}, d_{0010}, …, d_{1101}, d_{1110}, d_{1111})를 각각 구한다(S754). 여기서 수신된 신호와 후보 비트열들 간의 거리는 유클리드 거리 측정법 등을 이용할 수 있다.

[0051] 아래 표 2는 각각 제1 신호 내지 제4 신호에 대하여 각각의 후보 비트열들과의 거리를 나타낸 표이다.

표 2

[0052]

후보비트열	a와의 거리	b와의 거리	c와의 거리	d와의 거리	거리 총합

0000	a_{00}	b_{00}	c_{0000}	d_{0000}	각각의 후보비트 열에 대하여 a,b,c,d와의 거리를 합산하여 구함
0001	a_{00}	b_{00}	c_{0001}	d_{0001}	
0010	a_{00}	b_{00}	c_{0010}	d_{0010}	
0011	a_{00}	b_{00}	c_{0011}	d_{0011}	
0100	a_{01}	b_{01}	c_{0100}	d_{0100}	
0101	a_{01}	b_{01}	c_{0101}	d_{0101}	
0110	a_{01}	b_{01}	c_{0110}	d_{0110}	
0111	a_{01}	b_{01}	c_{0111}	d_{0111}	
1000	a_{10}	b_{10}	c_{1000}	d_{1000}	
1001	a_{10}	b_{10}	c_{1001}	d_{1001}	
1010	a_{10}	b_{10}	c_{1010}	d_{1010}	
1011	a_{10}	b_{10}	c_{1011}	d_{1011}	
1100	a_{11}	b_{11}	c_{1100}	d_{1100}	
1101	a_{11}	b_{11}	c_{1101}	d_{1101}	
1110	a_{11}	b_{11}	c_{1110}	d_{1110}	
1111	a_{11}	b_{11}	c_{1111}	d_{1111}	

[0053] 이와 같이 제1 신호 내지 제4 신호에 대하여 각각의 후보 비트열들과의 거리를 구한 뒤, 목적 단말(D)은 16개 각각의 후보 비트열들에 대응하여 각 거리 값을 합산한다(S755).

[0054] 예를 들어, 목적 단말(D)은 후보 비트열 "0110"에 대해서는 거리 값 a_{01}, b_{10}, c_{0110}, d_{0110}을 각각 합산하여 합산된 값을 거리 총합으로 결정한다. 이와 같이 목적 단말(D)은 16개의 후보 비트열에 대하여 거리 총합을 구한 다음, 거리 총합이 가장 작은 후보 비트열을 원 신호로 추정한다(S756).

[0055] 본 발명의 제2 실시예에서 설명한 것처럼, 송신 단말(U1, U2)이 16QAM 변조 방식과 M진 DCM 변조 방식을 혼합하여 전송하더라도 목적 단말(D)은 도 7 내지 도 9에서 설명한 것과 동일한 과정으로 원 신호를 추정할 수 있으며, 원 신호 추정과정은 당업자라면 도 7 내지 도 9를 통하여 용이하게 유추할 수 있으므로 이에 대한 설명은 생략한다.

[0056] 이와 같이 제 5단계에서 목적 단말(D)은 수신된 신호로부터 원 신호를 검출하며, 수신된 신호와 각각의 맵퍼 상의 후보 비트열의 거리 차의 합이 가장 적은 비트열이 최종적으로 복조된 신호로 검출된다.

[0057] 따라서 본 발명의 실시예에 따르면 목적 단말(D)은 제1 단계와 제2 단계에서 수신 받은 신호를 추가적으로 M진 DCM 복조에 이용하므로, 주파수 다이버시티 및 공간 다이버시티 이득을 얻을 수 있는 M진 DCM의 장점에 추가적으로 타임 다이버시티 이득도 얻을 수 있게 된다. 따라서, 더욱 높은 정확성을 가지고 제1 송신 단말(U1) 및 제2 송신 단말(U2)의 신호들을 추정할 수 있다.

[0058] 따라서 본 발명의 실시예에 의하면, 기존 협력 통신 방법에 비하여 전송률은 동일하고, 다이버시티 이득을 더 얻음으로써 채널이 열악한 통신 시스템에서 저전력, 저비용으로도 신뢰도 높은 초고속 통신을 수행할 수 있다.

[0059] 도 10은 본 발명의 제1 실시예에 따른 협력 통신 시스템의 성능을 나타내는 그래프이다. 즉, 시간에 따른 채널의 변화가 빠른 레일레이(Rayleigh) 채널 모델에서 안테나가 1개일 때, 협력 통신을 하지 않는 경우(No Coop QPSK), 제1 송신 단말(U1)과 제2 송신 단말(U2)이 QPSK 변조 방식만 이용하여 협력 통신하는 경우(DF Coop QPSK), 본 발명의 제1 실시예와 같이 QPSK 변조 방식과 DCM 변조 방식을 혼합하여 협력 통신하는 경우(Novel Coop with DCM)를 비교하여 비트 오율(BER)을 측정한 실험 결과이다.

[0060] 실험에서 시간 및 주파수 동기와 채널 추정은 완벽하다고 가정하였으며, 제1 송신 단말 - 목적 단말 사이의 채널의 신호 대 잡음비와 제2 송신 단말 - 목적 단말 사이의 채널의 신호 대 잡음비는 동일하다고 가정하였다. 또한, 공정한 비교를 위하여, 제1 송신 단말과 제2 송신 단말은 각각 비 협력통신인 경우에 사용하는 전송 파워의

반을 사용함을 가정하였다. 도 10의 결과에서 나타났듯이, 본 발명의 제1 실시예에 따른 협력 통신 방법이 가장 비트 오율 성능이 우수하다는 것을 알 수 있다.

[0061] 도 11은 본 발명의 제2 실시예에 따른 협력 통신 시스템의 성능을 나타내는 그래프이다. 즉, 협력 통신을 하지 않는 경우(No Coop 16QAM), 제1 송신 단말(U1)과 제2 송신 단말(U2)이 16QAM 변조 방식만 이용하여 협력 통신하는 경우(DF Coop QPSK), 본 발명의 제2 실시예와 같이 16QAM 변조 방식과 M진 DCM 변조 방식을 혼합하여 협력 통신하는 경우(Novel Coop with MDCM)를 비교하여 비트 오율(BER)을 측정한 실험 결과이다. 도 11의 결과에서 나타났듯이, 본 발명의 제2 실시예에 따른 협력 통신 방법이 가장 비트 오율 성능이 우수하다는 것을 알 수 있다.

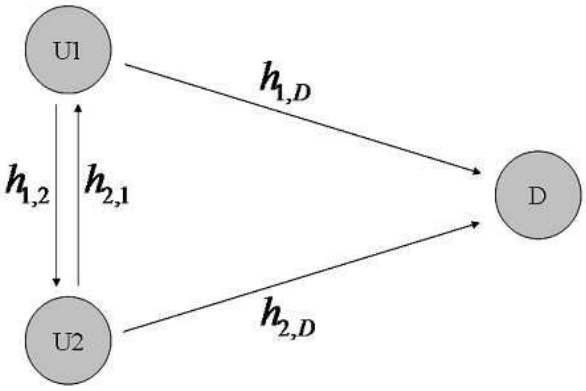
[0062] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따르면 기존 협력 통신 방법에 비하여 전송률을 저하시키지 않으면서도 신뢰도를 증가시킬 수 있으며, 채널이 열악한 통신 시스템에서 저전력, 저비용으로도 신뢰도 높은 초고속 통신을 수행할 수 있다.

[0063] 본 발명의 실시예는 다양한 컴퓨터로 구현되는 동작을 수행하기 위한 프로그램 명령을 포함하는 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체를 포함한다. 이 매체는 지금까지 설명한 초기 동기 획득 방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한다. 이 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 이러한 매체의 예에는 하드디스크, 플로피디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD 및 DVD와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 자기-광 매체, 롬, 램, 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 구성된 하드웨어 장치 등이 있다. 또는 이러한 매체는 프로그램 명령, 데이터 구조 등을 지정하는 신호를 전송하는 반송파를 포함하는 광 또는 금속선, 도파관 등의 전송 매체일 수 있다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

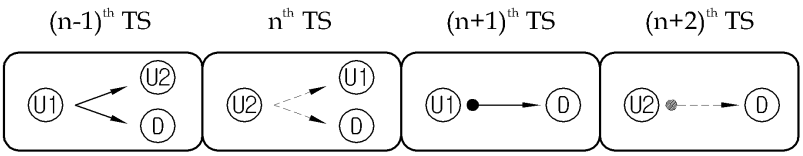
[0064] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

도면

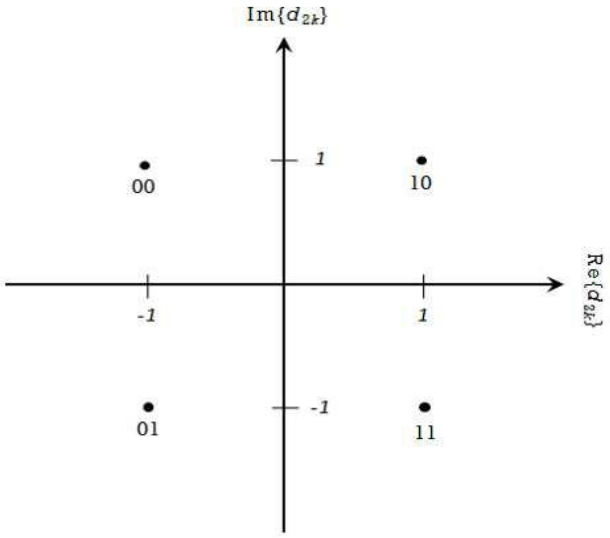
도면1



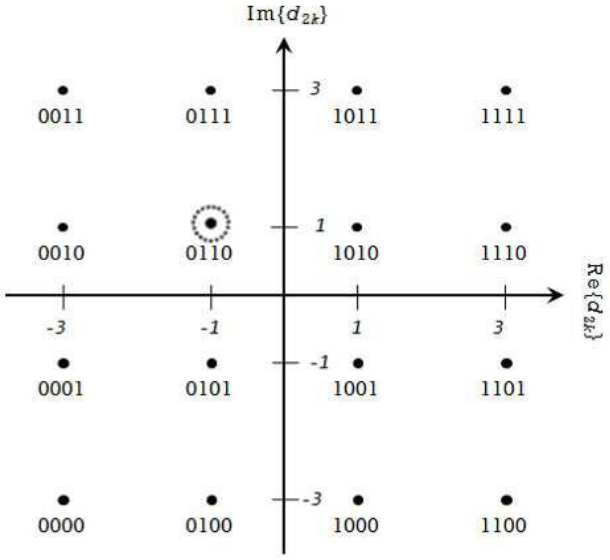
도면2



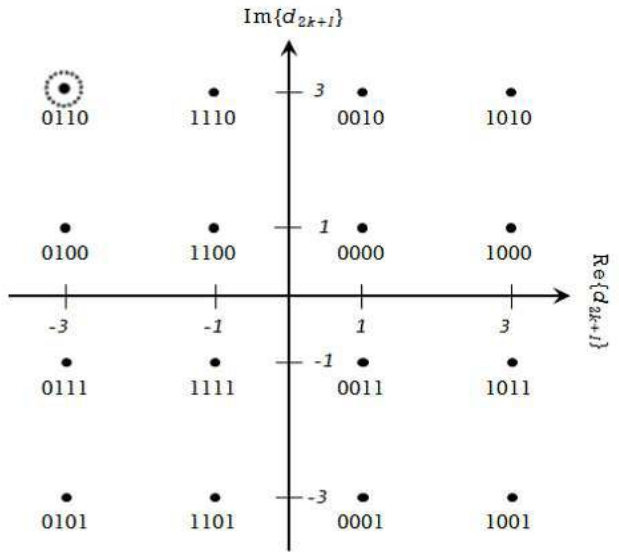
도면3


Im{d2k}
Re{d2k}
1
-1
00
10
01
11

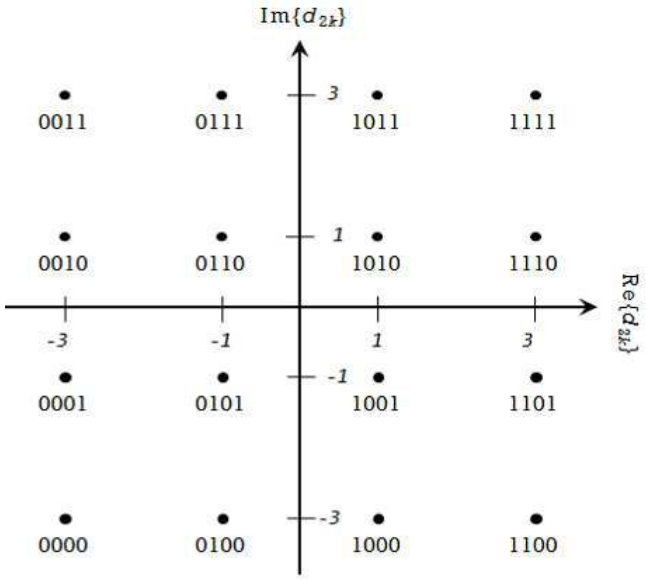
도면4a


Im{d2k}
Re{d2k}
3
1
-1
-3
0011
0111
1011
1111
0010
0110
1010
1110
0001
0101
1001
1101
0000
0100
1000
1100

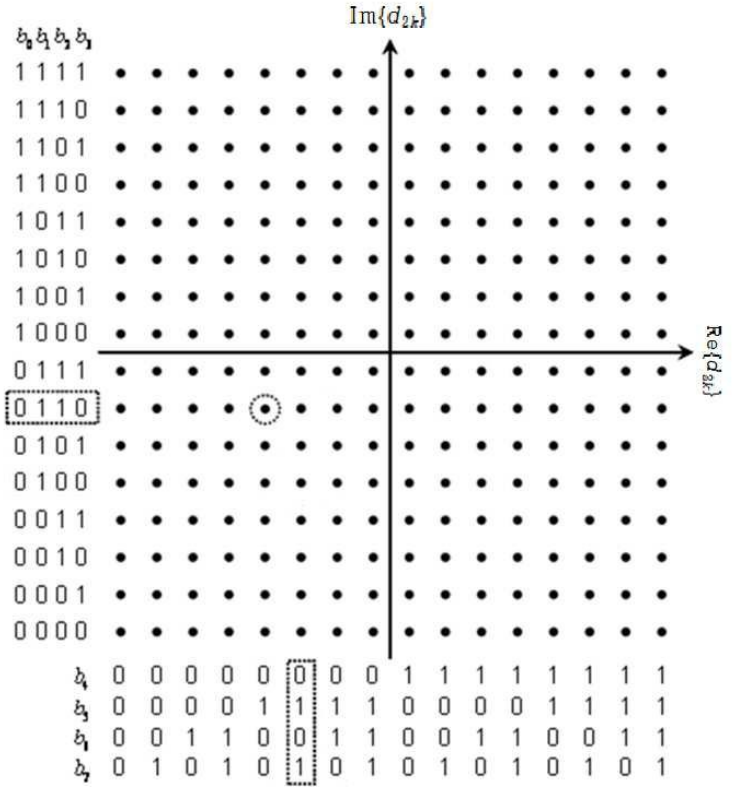
도면4b


Im{d_{2k+1}}
Re{d_{2k+1}}
3
1
-1
-3
-3
-1
1
3
0110
1110
0010
1010
0100
1100
0000
1000
0111
1111
0011
1011
0101
1101
0001
1001

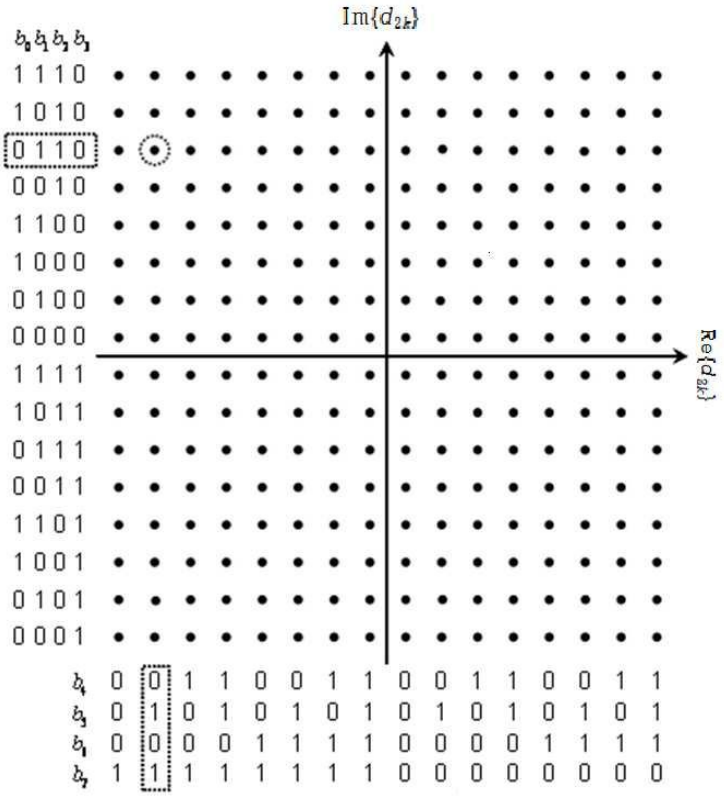
도면5


Im{d_{2k}}
Re{d_{2k}}
3
1
-1
-3
-3
-1
1
3
0011
0111
1011
1111
0010
0110
1010
1110
0001
0101
1001
1101
0000
0100
1000
1100

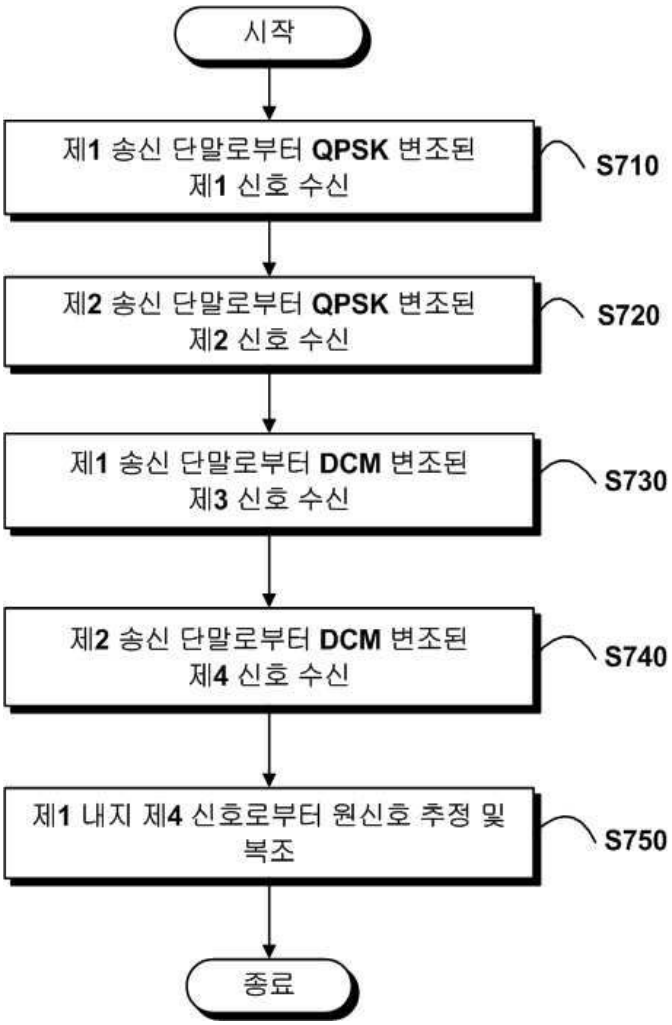
도면6a


Im{d2k}
Re{d2k}
b0b1b2b3
1111
1110
1101
1100
1011
1010
1001
1000
0111
0110
0101
0100
0011
0010
0001
0000
b4 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1
b3 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1
b1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1
b2 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1

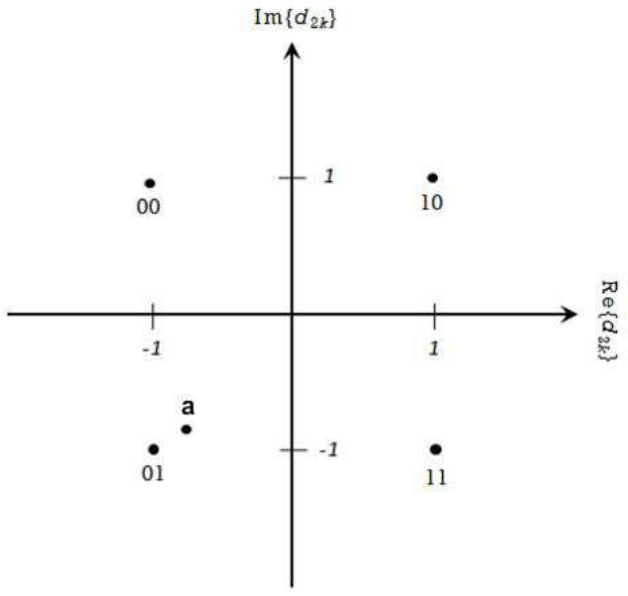
도면6b


Im{d2k}
Re{d2k}
b0b1b2b3
1110
1010
0110
0010
1100
1000
0100
0000
1111
1011
0111
0011
1101
1001
0101
0001
b4 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1
b3 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
b1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1
b2 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0

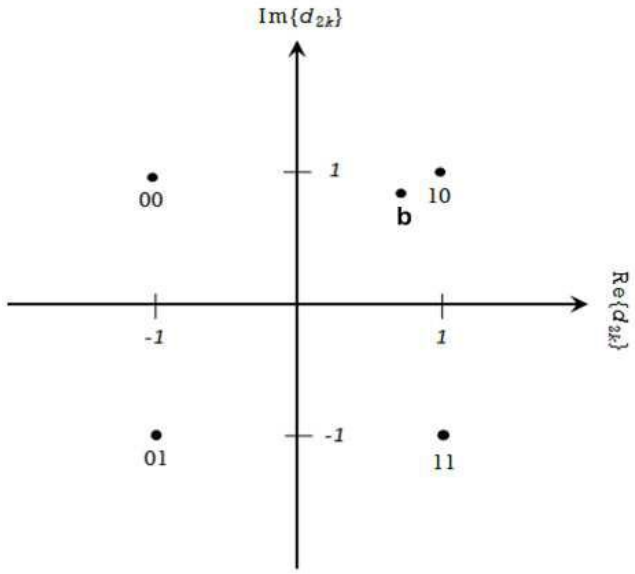
도면7


시작
제1 송신 단말로부터 QPSK 변조된 제1 신호 수신
S710
제2 송신 단말로부터 QPSK 변조된 제2 신호 수신
S720
제1 송신 단말로부터 DCM 변조된 제3 신호 수신
S730
제2 송신 단말로부터 DCM 변조된 제4 신호 수신
S740
제1 내지 제4 신호로부터 원신호 추정 및 복조
S750
종료

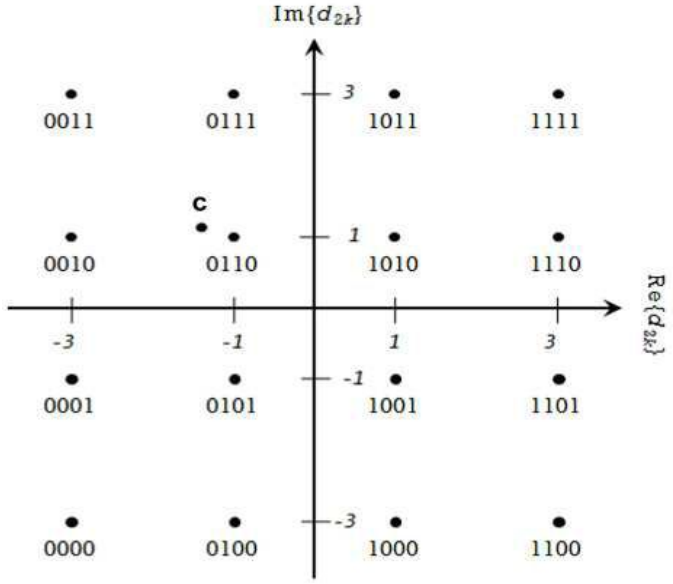
도면8a


Im{d2k}
Re{d2k}
1
-1
00
10
01
11
a

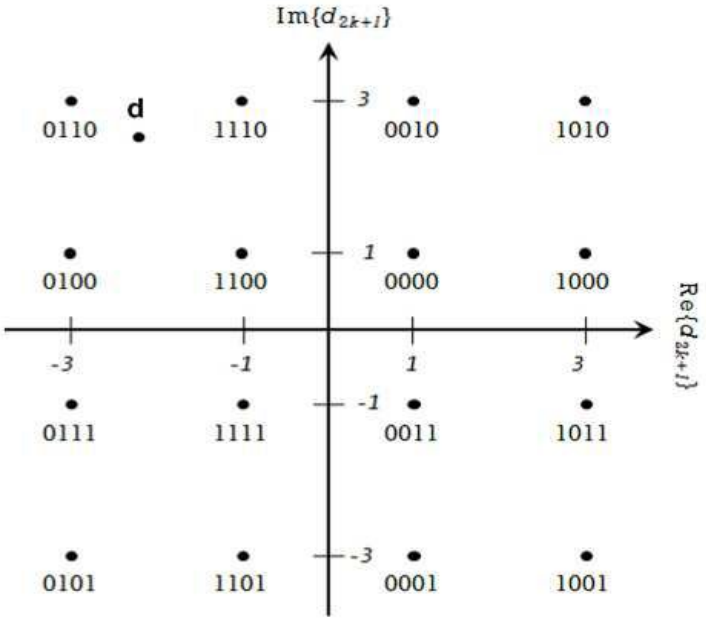
도면8b


Im{d2k}
1
00
10
b
Re{d2k}
-1
1
-1
01
11

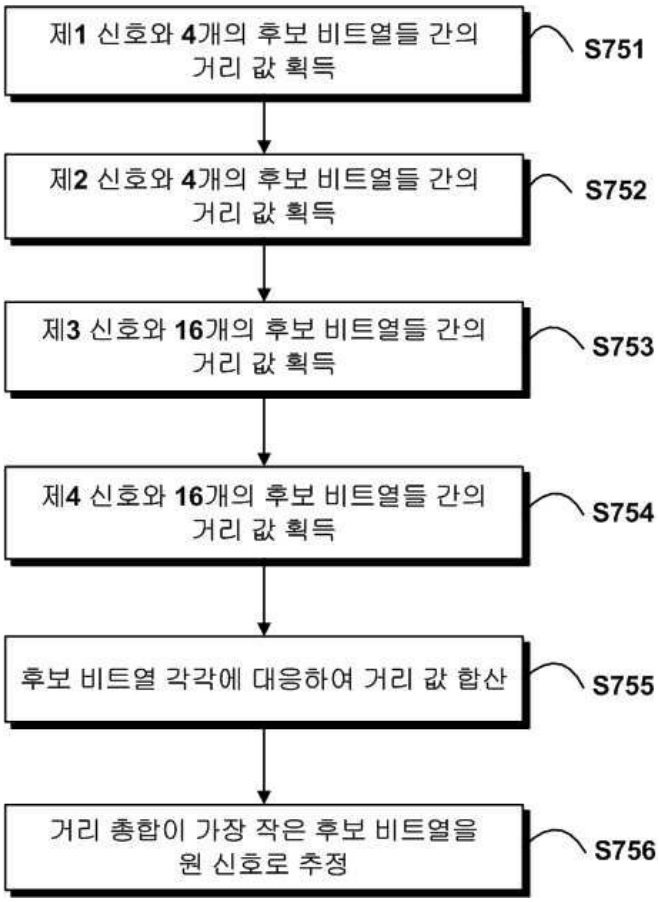
도면8c


Im{d2k}
3
0011
0111
1011
1111
c
1
0010
0110
1010
1110
Re{d2k}
-3
-1
1
3
-1
0001
0101
1001
1101
-3
0000
0100
1000
1100

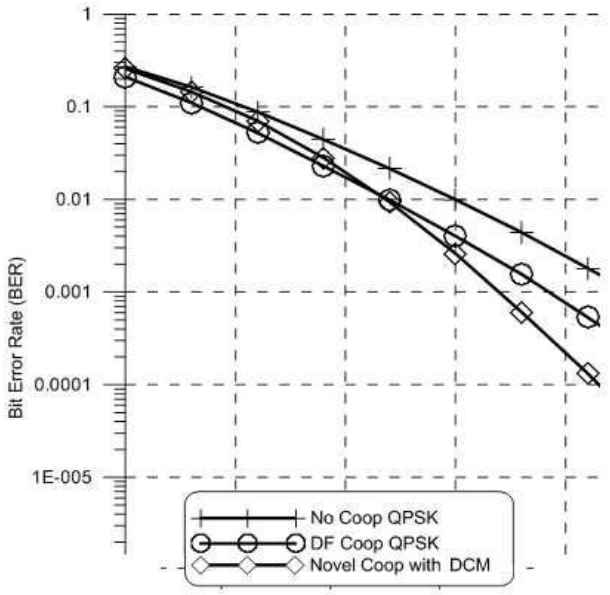
도면8d


Im{d2k+1}
Re{d2k+1}
d
0110
1110
0010
1010
0100
1100
0000
1000
0111
1111
0011
1011
0101
1101
0001
1001
3
1
-1
-3
-3
-1
1
3

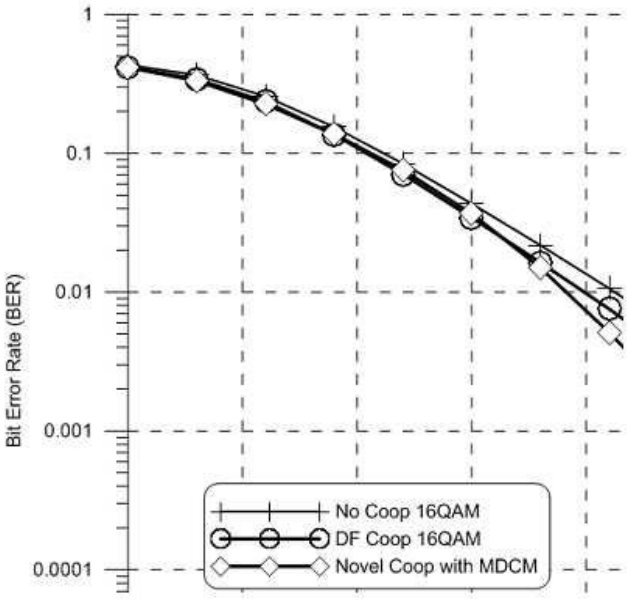
도면9


제1 신호와 4개의 후보 비트열들 간의 거리 값 획득
S751
제2 신호와 4개의 후보 비트열들 간의 거리 값 획득
S752
제3 신호와 16개의 후보 비트열들 간의 거리 값 획득
S753
제4 신호와 16개의 후보 비트열들 간의 거리 값 획득
S754
후보 비트열 각각에 대응하여 거리 값 합산
S755
거리 총합이 가장 작은 후보 비트열을 원 신호로 추정
S756

도면10


1
0.1
0.01
0.001
0.0001
1E-005
Bit Error Rate (BER)
No Coop QPSK
DF Coop QPSK
Novel Coop with DCM

도면11


1
0.1
0.01
0.001
0.0001
Bit Error Rate (BER)
No Coop 16QAM
DF Coop 16QAM
Novel Coop with MDCM