(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년02월29일
(11) 등록번호 10-1594257
(24) 등록일자 2016년02월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 27/34 (2006.01) *H04L 27/26* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0120949
(22) 출원일자 2014년09월12일
심사청구일자 2014년09월12일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020090097761 A
US20110299609 A1

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
송형규
경기 성남시 분당구 중앙공원로 17, 320동 303호 (서현동, 시범단지한양아파트)
안영섭
인천 남동구 인주대로662번길 32, 4동 511호 (구월동, 펜더아파트)
최성복
서울 도봉구 우이천로6길 20
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 12 항 심사관 : 황철규

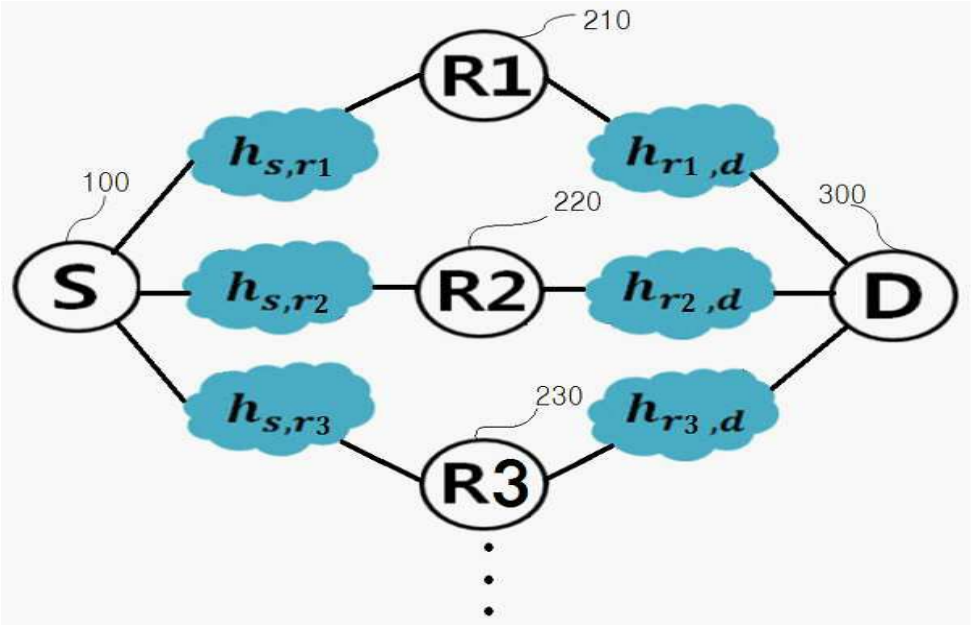
(54) 발명의 명칭 **중첩 변조를 이용한 OFDM 협력 통신 시스템 및 그 방법**

(57) 요 약

본 발명은 중첩 변조를 이용한 OFDM 협력 통신 시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 협력 통신 방법은 송신단말이 복수의 참조신호를 중첩 변조하고, 상기 중첩 변조된 참조신호를 복수의 중계단말로 전송하는 단계, 상기 중첩 변조된 참조 신호에 대하여 배타적 논리합 연산을 수행한 상기 복수의 중계단말로부터 상기 배타적 논리합 연산

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



결과와 상기 복수의 중계단말이 전송할 중계 데이터를 수신하는 단계, 상기 배타적 논리합 연산 결과를 통하여 상기 복수의 중계단말 중에서 두 개의 중계단말을 선택하는 단계, 상기 선택된 중계단말로부터 수신된 중계 데이터와 상기 송신단말이 전송할 전송 데이터를 중첩 변조하여 중첩 신호를 생성하는 단계, 그리고 상기 중첩 신호를 상기 선택된 중계단말을 통하여 수신단말로 전송하는 단계를 포함한다.

이와 같이 본 발명에 의하면, 중첩 변조를 이용한 협력 통신 시스템 및 그 방법을 이용함으로써, 기존의 16QAM 방식과 비슷한 비트 오류율과 전송률을 유지하면서 송신단말이 보내고자 하는 송신단 신호와 중계단말이 보내고자 하는 중계단 신호를 동시에 수신단말로 전송할 수 있다. 이를 통하여 다이버시티 이득을 얻을 수 있다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	NIPA-2014-H0401-14-1007
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	정보통신산업진흥원
연구사업명	IT융합 고급인력과정 지원사업
연구과제명	다중센서 융복합 기반 실시간 모바일 교통정보시스템 개발
기 여 율	1/1
주관기관	세종대학교 산학협력단
연구기간	2013.06.01 ~ 2016.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

협력 통신 시스템의 중첩 변조를 이용한 OFDM 협력 통신 방법에 있어서,

송신단말은 복수의 참조신호를 중첩 변조하고, 상기 중첩 변조된 참조신호를 복수의 중계단말로 전송하는 단계,

상기 중첩 변조된 참조 신호에 대하여 배타적 논리합 연산을 수행한 상기 복수의 중계단말로부터 상기 배타적 논리합 연산 결과와 상기 복수의 중계단말이 전송할 중계 데이터를 수신하는 단계,

상기 배타적 논리합 연산 결과를 통하여 상기 복수의 중계단말 중에서 두 개의 중계단말을 선택하는 단계,

상기 선택된 중계단말로부터 수신된 중계 데이터와 상기 송신단말이 전송할 전송 데이터를 중첩 변조하여 중첩 신호를 생성하는 단계, 그리고

상기 중첩 신호를 상기 선택된 중계단말을 통하여 수신단말로 전송하는 단계를 포함하는 OFDM 협력 통신 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 참조신호는 동일한 데이터를 가지는 2개의 신호인 OFDM 협력 통신 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 두 개의 중계단말을 선택하는 단계는,

상기 복수의 중계단말로부터 수신된 상기 배타적 논리합 연산 결과에 0이 많이 포함된 순서대로 선택하는 OFDM 협력 통신 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 중첩 신호를 생성하는 단계는,

상기 선택된 중계단말로부터 수신된 중계 데이터와 상기 송신단말이 전송할 전송 데이터를 각각 QPSK 방식으로 변조한 후, 서로 다른 가중치를 부여하여 상기 중첩 신호를 생성하는 OFDM 협력 통신 방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

제1 중계 단말과 제2 중계 단말이 선택된 경우,

상기 중첩 신호를 상기 선택된 중계단말을 통하여 수신단말로 전송하는 단계는,

제1 타임 슬롯동안 상기 송신 단말이 전송할 제1 전송 데이터와 상기 제1 중계 단말로부터 수신된 제1 중계 데이터를 중첩 변조하여 상기 제1 중계 단말과 제2 중계 단말로 전송하는 단계,

제2 타임 슬롯동안 상기 송신 단말이 전송할 제2 전송 데이터와 상기 제2 중계 단말로부터 수신된 제2 데이터를 중첩 변조하여 상기 제1 중계 단말과 제2 중계 단말로 전송하는 단계, 그리고

제3 타임 슬롯 및 제4 타임 슬롯동안 상기 제1 중계 단말과 제2 중계 단말은 상기 제1 타임 슬롯 및 제2 타임 슬롯에서 수신된 신호를 STBC 방식으로 복조하여 상기 수신단말로 전송하는 단계를 포함하는 OFDM 협력 통신 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 수신단말은 상기 제1 중계 단말 및 상기 제2 중계 단말로부터 수신된 상기 중첩 신호를 DF(Decode and Forward) 복조 방식을 통하여 추정하며, 추정된 신호는 다음의 수학식과 같이 표현되는 OFDM 협력 통신 방법.

$$\hat{s_1}, \hat{r_1} = \hat{h}^*_{r1,d} d_1 + h_{r2,d} d^*_2$$
$$\hat{s_2}, \hat{r_2} = \hat{h}^*_{r2,d} d_1 - h_{r1,d} d^*_2$$

여기서, s_1, r_1은 중첩 변조된 상기 제1 전송 데이터와 상기 제1 중계 데이터의 추정 신호이고, s_2, r_2는 중첩 변조된 상기 제2 전송 데이터와 제2 중계 데이터의 추정 신호이며, h_{r1d}, h_{r2d}는 각각 제1 중계단말과 수신단말 사이의 채널 응답 계수, 제2 중계단말과 수신단말 사이의 채널 응답 계수이며, d_1은 상기 제3 타임 슬롯 동안 상기 수신 단말이 수신한 신호, d_2는 제4 타임 슬롯 동안 상기 수신 단말이 수신한 신호를 나타낸다.

청구항 7

송신단말, 복수의 중계단말, 수신단말을 포함하는 중첩 변조를 이용한 OFDM 협력 통신 시스템에 있어서,

상기 송신단말은,

복수의 참조신호를 중첩 변조하고, 상기 중첩 변조된 참조신호를 복수의 중계단말로 전송하고, 상기 중첩 변조된 참조 신호에 대하여 배타적 논리합 연산을 수행한 상기 복수의 중계단말로부터 상기 배타적 논리합 연산 결과와 상기 복수의 중계단말이 전송할 중계 데이터를 수신하며, 상기 배타적 논리합 연산 결과를 통하여 상기 복수의 중계단말 중에서 두 개의 중계단말을 선택하고, 상기 선택된 중계단말로부터 수신된 중계 데이터와 상기 송신단말이 전송할 전송 데이터를 중첩 변조하여 중첩 신호를 생성하며, 상기 중첩 신호를 상기 선택된 중계단말을 통하여 수신단말로 전송하는 OFDM 협력 통신 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 복수의 참조신호는 동일한 데이터를 가지는 2개의 신호인 OFDM 협력 통신 시스템.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 송신단말은,

상기 복수의 중계단말로부터 수신된 상기 배타적 논리합 연산 결과에 0이 많이 포함된 순서대로 선택하는 OFDM 협력 통신 시스템.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 송신단말은,

상기 선택된 중계단말로부터 수신된 중계 데이터와 상기 송신단말이 전송할 전송 데이터를 각각 QPSK 방식으로 변조한 후, 서로 다른 가중치를 부여하여 상기 중첩 신호를 생성하는 OFDM 협력 통신 시스템.

청구항 11

제9항에 있어서,

제1 중계 단말과 제2 중계 단말이 선택된 경우,

상기 송신 단말은,

상기 중첩 신호를 상기 선택된 중계단말을 통하여 수신단말로 전송하고, 제1 타임 슬롯동안 상기 송신 단말이 전송할 제1 전송 데이터와 상기 제1 중계 단말로부터 수신된 제1 중계 데이터를 중첩 변조하여 상기 제1 중계 단말과 제2 중계 단말로 전송하며,

제2 타임 슬롯동안 상기 송신 단말이 전송할 제2 전송 데이터와 상기 제2 중계 단말로부터 수신된 제2 데이터를 중첩 변조하여 상기 제1 중계 단말과 제2 중계 단말로 전송하고,

제3 타임 슬롯 및 제4 타임 슬롯동안 상기 제1 중계 단말과 제2 중계 단말은 상기 제1 타임 슬롯 및 제2 타임 슬롯에서 수신된 신호를 STBC 방식으로 복조하여 상기 수신단말로 전송하는 OFDM 협력 통신 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 수신단말은 상기 제1 중계 단말 및 상기 제2 중계 단말로부터 수신된 상기 중첩 신호를 DF(Decode and Forward) 복조 방식을 통하여 추정하며, 추정된 신호는 다음의 수학식과 같이 표현되는 OFDM 협력 통신 시스템.

$$\hat{s}_1, \hat{r}_1 = h^*_{r1,d} d_1 + h_{r2,d} d^*_2$$
$$\hat{s}_2, \hat{r}_2 = h^*_{r2,d} d_1 - h_{r1,d} d^*_2$$

여기서, s_1, r_1은 중첩 변조된 상기 제1 전송 데이터와 상기 제1 중계 데이터의 추정 신호이고, s_2, r_2는 중첩 변조된 상기 제2 전송 데이터와 제2 중계 데이터의 추정 신호이며, h_{r1d}, h_{r2d}는 각각 제1 중계단말과 수신단말 사이의 채널 응답 계수, 제2 중계단말과 수신단말 사이의 채널 응답 계수이며, d_1은 상기 제3 타임 슬롯 동안 상기 수신 단말이 수신한 신호, d_2는 제4 타임 슬롯 동안 상기 수신 단말이 수신한 신호를 나타낸다.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 중첩 변조를 이용한 OFDM 협력 통신 시스템 및 그 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 송신단말이 중첩 변조를 이용하여 최적의 중계단말을 선택하고, 중첩 변조를 이용하여 선택된 중계단말을 통하여 수신단말로 신호를 전송하는 OFDM 협력 통신 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 스마트 기기가 대중화되면서 고화질 콘텐츠 및 인터넷 서비스의 수요가 급격하게 증가하였다. 이로 인해 데이터 트래픽 사용 요구량이 급증하고 있으며, 네트워크 상의 트래픽 관리에 대한 관심이 증가하였다.

[0003] 최근 송신단말과 수신단말 사이의 중계 역할을 수행하는 노드를 추가하는 협력통신에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 협력통신이란 동등한 기능을 갖는 2개 이상의 통신 노드들에 의해 형성된 다수의 경로를 통하여 신호를 전달하는 방식을 의미한다. 적어도 하나 이상의 경로를 통하여 목적지까지 신호를 중계하며, 다수의 경로들로부터 수신된 신호를 결합 또는 선택하여 전송된 정보를 추정하는 통신방식을 의미한다.

[0004] 일반적으로 협력 통신 시스템은 데이터를 전송하는 송신단말, 데이터를 수신하는 수신단말, 송신단말로부터 데이터를 수신하여 수신단말로 전송하는 중계단말로 구성된다. 여기서 중계단말은 단순히 송신단말로부터 수신한 데이터를 수신단말로 전송하는 중간 경로 역할만을 수행한다. 이로써 협력통신은 높은 신뢰성을 얻을 수 있지만, 데이터 전송 속도는 느려진다.

[0005] 중계단말에서 데이터를 전달하는 방식은 AF방식과 DF방식이 있다. AF(Amplify-and-forward)는 중계단말이 송신단말로부터 수신한 신호를 복호화하지 않고 단순히 신호의 세기만 증폭하여 다시 수신단말로 전달하는 방식을 의미한다. AF 방식은 구조가 간단하지만 신호 증폭과정에서 잡음도 같이 증폭된다는 단점이 있다. 반면, DF(Decode-and-forward)는 중계단말이 송신단말로부터 수신한 신호를 복호화하고 다시 변조하여 수신단말로 전달하는 방식을 의미하며 DF방식은 채널 응답 계수 코딩과 결합되면 잡음에 강해진다.

[0006] 또한 협력통신은 크게 전송 경로를 선택하여 사용하는 선택적 중계 기법(Selection-type relaying)과 모든 전송

경로를 이용하여 데이터를 전송하는 복합적 중계 기법(Combining-type relaying)으로 구분된다. 이 중에서 선택적 중계 기법은 데이터 심볼의 복호를 위한 연산량이 적으면서도 전력 소모가 적다는 장점이 있다.

[0007] 협력통신에서 중계단말의 선택이 통신의 성능을 좌우한다. 성능이 좋은 중계단말이 선택되면 좋은 성능으로 데이터가 전송되지만, 성능이 좋지 못한 중계단말이 선택될 경우, 데이터 전송률이나 전송 속도가 저하된다.

[0008] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국공개특허 제10-2013-0119786호 (2013.11.01 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 중첩 변조를 이용한 협력 통신 시스템 및 그 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 송신단말이 중첩 변조를 이용하여 최적의 중계단말을 선택하고, 중첩 변조를 이용하여 선택된 중계단말을 통하여 수신단말로 신호를 전송하는 협력 통신 시스템 및 그 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따른 중첩 변조를 이용한 협력 통신 시스템에 의해 수행되는 중첩 변조를 이용한 협력 통신 방법은 송신단말이 복수의 참조신호를 중첩 변조하고, 상기 중첩 변조된 참조신호를 복수의 중계단말로 전송하는 단계, 상기 중첩 변조된 참조 신호에 대하여 배타적 논리합 연산을 수행한 상기 복수의 중계단말로부터 상기 배타적 논리합 연산 결과와 상기 복수의 중계단말이 전송할 중계 데이터를 수신하는 단계, 상기 배타적 논리합 연산 결과를 통하여 상기 복수의 중계단말 중에서 두 개의 중계단말을 선택하는 단계, 상기 선택된 중계단말로부터 수신된 중계 데이터와 상기 송신단말이 전송할 전송 데이터를 중첩 변조하여 중첩 신호를 생성하는 단계, 그리고 상기 중첩 신호를 상기 선택된 중계단말을 통하여 수신단말로 전송하는 단계를 포함한다.

[0011] 또한, 상기 복수의 참조신호는 동일한 데이터를 가지는 2개의 신호일 수 있다.

[0012] 또한, 상기 두 개의 중계단말을 선택하는 단계는, 상기 복수의 중계단말로부터 수신된 상기 배타적 논리합 연산 결과에 0이 많이 포함된 순서대로 선택할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 중첩 신호를 생성하는 단계는, 상기 선택된 중계단말로부터 수신된 중계 데이터와 상기 송신단말이 전송할 전송 데이터를 각각 QPSK 방식으로 변조한 후, 서로 다른 가중치를 부여하여 상기 중첩 신호를 생성할 수 있다.

[0014] 또한, 제1 중계 단말과 제2 중계 단말이 선택된 경우, 상기 중첩 신호를 상기 선택된 중계단말을 통하여 수신단말로 전송하는 단계는, 제1 타임 슬롯동안 상기 송신 단말이 전송할 제1 전송 데이터와 상기 제1 중계 단말로부터 수신된 제1 중계 데이터를 중첩 변조하여 상기 제1 중계 단말과 제2 중계 단말로 전송하는 단계, 제2 타임 슬롯동안 상기 송신 단말이 전송할 제2 전송 데이터와 상기 제2 중계 단말로부터 수신된 제2 데이터를 중첩 변조하여 상기 제1 중계 단말과 제2 중계 단말로 전송하는 단계, 그리고 제3 타임 슬롯 및 제4 타임 슬롯동안 상기 제1 중계 단말과 제2 중계 단말은 상기 제1 타임 슬롯 및 제2 타임 슬롯에서 수신된 신호를 STBC 방식으로 복조하여 상기 수신단말로 전송하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 수신단말은 상기 제1 중계 단말 및 상기 제2 중계 단말로부터 수신된 상기 중첩 신호를 DF(Decode and Forward) 복조 방식을 통하여 추정하며, 추정된 신호는 다음의 수학식과 같이 표현될 수 있다.

[0016]
$$\hat{s}_1, \hat{r}_1 = h^*_{r1,d} d_1 + h_{r2,d} d^*_2$$
$$\hat{s}_2, \hat{r}_2 = h^*_{r2,d} d_1 - h_{r1,d} d^*_2$$

[0017] 여기서, s_1, r_1은 중첩 변조된 상기 제1 전송 데이터와 상기 제1 중계 데이터의 추정 신호이고, s_2, r_2는 중첩 변조된 상기 제2 전송 데이터와 상기 제2 중계 데이터의 추정 신호이며, h_{r1d}, h_{r2d}는 각각 제1 중계단말과 수신단말 사이의 채널 응답 계수, 제2 중계단말과 수신단말 사이의 채널 응답 계수이며, d_1은 상기 제3 타임 슬롯동안 상기 수신 단말이 수신한 신호, d_2는 제4 타임 슬롯 동안 상기 수신 단말이 수신한 신호를 나타낸다.

[0018] 본 발명의 실시예에 따른 중첩 변조를 이용한 협력 통신 시스템은 송신단말, 복수의 중계단말, 수신단말을 포함하고, 상기 송신단말은, 복수의 참조신호를 중첩 변조하고, 상기 중첩 변조된 참조신호를 복수의 중계단말로 전송하고, 상기 중첩 변조된 참조 신호에 대하여 배타적 논리합 연산을 수행한 상기 복수의 중계단말로부터 상기 배타적 논리합 연산 결과와 상기 복수의 중계단말이 전송할 중계 데이터를 수신하며, 상기 배타적 논리합 연산 결과를 통하여 상기 복수의 중계단말 중에서 복수의 중계단말을 선택하고, 상기 선택된 중계단말로부터 수신된 중계 데이터와 상기 송신단말이 전송할 전송 데이터를 중첩 변조하여 중첩 신호를 생성하며, 상기 중첩 신호를 상기 선택된 중계단말을 통하여 수신단말로 전송한다.

발명의 효과

[0019] 따라서 본 발명에 따르면 중첩 변조를 이용한 협력 통신 시스템 및 그 방법을 이용함으로써, 기존의 16QAM 방식과 비슷한 비트 오류율과 전송률을 유지하면서 송신단말이 보내고자 하는 송신단 신호와 중계단말이 보내고자 하는 중계단 신호를 동시에 수신단말로 전송할 수 있다. 이를 통하여 다이버시티 이득을 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 중첩 변조를 이용한 OFDM 협력 통신 시스템을 설명하기 위한 구성도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 중첩 변조를 이용한 OFDM 협력 통신 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 3a 및 도 3b는 본 발명의 실시예에 따른 S210 단계에서 참조신호를 중첩하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 S210 단계에서의 참조신호 구성을 나타낸 도면이다.

도 5는 S260 단계에서의 중첩 변조 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 6a 내지 6d는 본 발명의 실시예에 따른 S260 단계에서 중첩 신호를 생성하는 방법을 설명하기 위한 도면이다. 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 비트 오류율을 나타낸 그래프이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 전송률을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0022] 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0023] 먼저 도 1 내지 도 5를 통하여 본 발명의 실시예에 따른 중첩 변조를 이용한 OFDM 협력 통신 방법에 대하여 더욱 상세하게 설명한다.

[0024] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 중첩 변조를 이용한 OFDM 협력 통신 시스템을 설명하기 위한 구성도이다.

[0025] 도 1에 나타낸 것처럼, 중첩 변조를 이용한 OFDM 협력 통신 시스템은 송신단말(S)(100), 복수의 중계단말(R1, R2, R3)(210, 220, 230), 수신단말(D)(300)을 포함하며, 송신단말(100)은 복수의 중계단말(210, 220, 230)과, 복수의 중계단말(210, 220, 230)은 수신단말(300)과 네트워크 연결되어 있다.

[0026] 송신단말(100)은 수신단말(300)로 전송할 송신단 신호를 가지고 있으며, 직접 또는 중계단말을 통하여 수신단말(300)로 신호를 전송한다.

[0027] 복수의 중계단말(210, 220, 230)은 송신단말(100)로부터 신호를 수신하여 수신 단말(300)로 신호를 전송할 수 있는 단말을 의미하며, 도 1에서는 설명의 편의상 3개의 중계단말에 대해서 도시하였다.

[0028] 복수의 중계단말(210, 220, 230)은 각각 송신단말(100)과 $h_{s,r1}$, $h_{s,r2}$, $h_{s,r3}$ 채널 응답 계수를 갖는 각각의 채널을 이용하여 통신을 수행하고, 수신 단말(300)과 $h_{r1,d}$, $h_{r2,d}$, $h_{r3,d}$ 채널 응답 계수를 갖는 각각의 채널

을 이용하여 통신을 수행한다.

[0029] 송신단말(100)은 복수의 중계단말(210, 220, 230) 중에서 성능이 우수한 중계단말을 선택하고, 선택된 중계단말을 통하여 수신단말(300)로 신호를 전송한다.

[0030] 여기서, 송신단말(100)은 복수의 중계단말(210, 220, 230)로 복수의 참조신호를 중첩하여 전송하고, 복수의 중계단말(210, 220, 230)로부터 수신한 중첩된 참조신호의 배타적 논리합 연산(XOR) 결과로 최적의 중계단말을 선택하며, 이때, 송신단말(100)은 두 개의 중계단말을 선택할 수 있다.

[0031] 송신단말(100)이 성능이 우수한 선택된 중계단말을 통하여 신호를 전송할 경우, 높은 전송률과 낮은 비트 에러율로 신호를 전송할 수 있다. 그러나 성능이 좋지 않은 중계단말을 선택하여 신호를 전송할 경우, 최소의 서비스 보장이 어려울 수 있으며 전송률이 낮고, 비트 에러율은 높아진다. 따라서 통신 성능의 향상을 위하여, 송신단말(100)은 복수의 중계단말(210, 220, 230) 중 성능이 좋은 최적의 중계단말을 선택하도록 한다.

[0032] 수신단말(300)은 선택된 중계단말(210, 220)을 통하여 송신단말(100)로부터 신호를 STBC 방식으로 수신하며, 수신단말(300)은 송신단말(100)과 선택된 중계단말로부터 데이터를 동시에 수신할 수 있다.

[0033] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 중첩 변조를 이용한 OFDM 협력 통신 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[0034] 먼저, 송신단말(100)은 복수의 참조신호를 중첩 변조한다(S210). 송신단말(100)은 복수의 참조신호를 각각 QPSK 변조 방식으로 변조하고, 변조된 참조신호에 서로 다른 가중치를 곱하여 중첩한다. 여기서, 복수의 참조신호는 동일한 방향벡터를 가지거나 동일한 크기를 가지는 신호일 수 있으며, 도 3a 및 도 3b와 같은 방법으로 참조신호를 중첩 변조 시킬 수 있다.

[0035] 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 실시예에 따른 S210 단계에서 참조신호를 중첩하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0036] 도 3a 및 도 3b와 같이, 일정한 크기와 방향을 갖는 참조신호 A 두 개를 중첩 변조하여 도 3b와 같이 중첩된 참조신호 A_{sm} 를 생성한다.

[0037] 이와 같은 방법으로 송신단말(100)은 연속적으로 2개의 참조 신호를 순차적으로 중첩시키는데, 참조 신호를 생성하는 과정을 도 4에 도시하였다.

[0038] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 S210 단계에서의 참조신호를 생성하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0039] 도 4에 나타낸 것처럼, 제1 참조신호는 a,b,c, … 의 심볼로 이루어지며, 제2 참조신호는 제1 참조신호와 마찬가지로 a,b,c, … 의 심볼로 이루어진다.

[0040] 그리고, 송신단말(100)은 제1 참조신호와 제2 참조신호를 도 3a 및 도 3b와 같은 방법으로 중첩 변조하여, a_{SM},b_{SM},c_{SM}, …의 심볼로 이루어진 새로운 참조신호를 생성한다.

[0041] 다음으로 송신단말(100)은 S210 단계에서 중첩 변조한 참조신호를 복수의 중계단말(210, 220, 230)로 전송한다(S220).

[0042] 그리고 복수의 중계단말(210, 220, 230)은 수신한 중첩 변조된 참조 신호를 복조한 후, 복조된 복수의 참조신호에 대하여 배타적 논리합 연산(XOR)을 수행한다(S230).

[0043] 즉, 복수의 중계단말(210, 220, 230)은 각각 중첩 변조된 참조 신호를 복조하여 제1 참조신호와 제2 참조신호를 추정하고, 추정된 제1 참조신호와 제2 참조신호에 대하여 배타적 논리합 연산(XOR)을 수행한다.

[0044] 다음으로 복수의 중계단말(210, 220, 230)은 각각 참조신호의 배타적 논리합 연산(XOR) 결과와 해당 중계단말이 수신단말로 전송할 중계단 신호를 송신단말(100)로 전송한다(S240).

[0045] 이때, 복수의 중계단말(210, 220, 230)은 배타적 논리합 연산(XOR) 결과와 중계단 신호를 변조시켜 송신단말(100)로 전송할 수 있다.

[0046] 다음으로, 송신단말(100)은 복수의 중계단말(210, 220, 230)로부터 수신한 배타적 논리합 연산(XOR) 결과를 이용하여 두 개의 중계 단말을 선택한다(S250).

[0047] 여기서, 송신단말(100)은 배타적 논리합 연산(XOR) 결과에 포함된 0의 개수가 가장 많은 중계단말 두 개를 선택한다.

[0048] 송신단말(100)이 S210 단계에서 동일한 참조 신호를 중첩하여 전송하였으므로, 전송 과정에서 노이즈가 발생하지 않는다면 중계단말에서 계산한 제1 참조신호와 제2 참조신호의 배타적 논리합 연산(XOR) 결과는 모두 0이어야 한다. 그러나 복수의 후보 중계단말(210, 220, 230)이 추정한 제1 참조신호 및 제2 참조신호에는 통신 중에 발생한 비트 에러와 노이즈가 포함되어 있으므로 배타적 논리합 연산 결과값이 모두 0이 아닐 수 있다. 즉, 중계단말이 전송한 복조된 배타적 논리합 연산(XOR) 결과에 0이 많이 포함되어 있다는 것은 노이즈가 적게 포함되었으며, 해당 중계단말의 비트 에러율이 낮다는 것을 의미한다. 따라서, 송신단말(100)은 배타적 논리합 연산(XOR) 결과에 포함된 0의 개수가 많은 중계단말을 성능이 우수한 중계단말로 판단하고, 해당 중계단말을 최적의 중계단말로 선택할 수 있다.

[0049] 설명의 편의상, 송신단말(100)로 전송된 참조 신호의 배타적 논리합 연산(XOR) 결과가 제1 중계단말(210), 제2 중계단말(220), 제3 중계단말(230) 순으로 0이 많이 포함되어 있는 것으로 가정하며, 이에 따라 송신단말(100)은 제1 중계단말(210)과 제2 중계단말(220)을 최적의 중계단말로 선택한다.

[0050] 그리고 최적의 중계단말(210, 220)을 선택한 송신단말(100)은 송신단말(100) 자신이 수신단말(300)로 전송할 송신단 신호와 각 중계단말(210, 220)로부터 S240 단계에서 수신한 중계단 신호를 중첩 변조하여 중첩신호를 생성한다(S260).

[0051] 도 5는 S260 단계에서의 중첩 변조 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0052] 도 5에 나타낸 것처럼, 송신단말(100)은 세 개의 신호(x_1~x_3)를 직렬로 입력받고, 직/병렬 변환부(S/P)를 통하여 세 개의 신호를 병렬적으로 변환시킨다.

[0053] 그리고, 각각의 병렬 처리된 세 개의 신호를 각각 QPSK 변조시킨다. 여기서 세 개의 신호(x_1~x_3)는 송신단 신호와 송신단말(100)이 최적의 중계단말로 선택한 두 개의 중계단말의 중계단 신호를 의미한다.

[0054] 즉, x_1 신호는 송신단말(100)이 전송할 송신단 신호를 의미하고, x_2, x_3 신호는 선택된 두 개의 중계단말로부터 수신된 중계단 신호를 의미한다.

[0055] 그리고 송신단말(100)은 QPSK 변조된 각 신호($x_{QPSK,1}$~$x_{QPSK,3}$)에 서로 다른 가중치(a_1~a_3)를 곱하고, 가중치가 곱해진 세 개의 신호($x_{UPA,1}$~$x_{UPA,3}$)를 중첩하여 중첩 변조된 OFDM 신호인 x_{SM}신호를 생성한다.

[0056] 예를 들면, 본 발명의 실시예에 따르면, S260 단계에서 송신단말(100)은 송신하고자 하는 송신단 신호와, 제1 중계단말(210)로부터 수신한 제1 중계단 신호, 제2 중계단말(220)로부터 수신단 제2 중계단 신호를 각각 QPSK 변조 하고, 변조된 신호에 0.8944, 0.4472, 0.2236의 가중치를 곱한 뒤 중첩하여 중첩신호를 생성할 수 있다.

[0057] 도 6a 내지 6d는 본 발명의 실시예에 따른 S260 단계에서 중첩 신호를 생성하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0058] 도 6a은 QPSK 변조된 송신단 신호인 $x_{QPSK,1}$에 0.8944의 가중치가 곱해진 결과($x_{UPA,1}$)를 나타낸 것이고, 도 6b는 QPSK 변조된 제1 중계단 신호인 $x_{QPSK,2}$에 0.4472의 가중치가 곱해진 결과($x_{UPA,2}$)를 나타낸다. 또한, 도 6c는 QPSK 변조된 제2 중계단 신호인 $x_{QPSK,3}$에 0.2236의 가중치를 곱한 결과($x_{UPA,3}$)를 나타낸다.

[0059] 마지막으로 도 6d는 도 6a 내지 도 6c를 통해 생성된 각각의 신호를 중첩하여 생성된 중첩신호 x_{SM}를 나타낸다.

[0060] 이와 같이 중첩신호(x_{SM})는 가중치가 곱해진 송신단 신호($x_{UPA,1}$), 제1 중계단 신호($x_{UPA,2}$), 제2 중계단 신호($x_{UPA,3}$)의 벡터 합으로 표현할 수 있다.

[0061] 다음으로 송신단말(100)은 생성한 중첩신호를 S250 단계에서 선택한 제1 중계단말(210) 및 제2 중계단말(220)로 전송한다(S270). 이때, 송신단말(100)은 $h_{s,r1}$, $h_{s,r2}$ 채널 응답 계수를 갖는 각각의 채널을 통하여 각각 제1 중계단말(210), 제2 중계단말(220)로 중첩신호를 전송한다.

[0062] 그리고, 제1 중계단말(210) 및 제2 중계단말(220)은 각각 수신한 중첩신호를 복조하고, STBC 방식으로 변조하고, 변조된 신호를 수신단말(300)로 전송한다(S280). 이때, 제1 중계단말(210) 및 제2 중계단말(220)은

각각 $h_{r1,d}$, $h_{r2,d}$ 채널 응답 계수를 갖는 채널을 이용하여 송신단 신호와 수신단 신호가 STBC 방식으로 변조된 신호를 전송한다.

[0063] 그리고, 수신단말(300)은 제1 중계단말(210) 및 제2 중계단말(220)로부터 수신한 신호를 복조시킨다(S290).

[0064] 이하에서는 S270 단계 내지 S290 단계를 표 1을 이용하여 더욱 상세하게 설명한다.

[0065] 다음의 표 1은 송신단말로부터 중첩신호를 수신한 중계단말(210,220)이 STBC(Space-Time Block Code) 방식으로 신호를 변조하여 수신단말(300)로 신호를 전송하는 과정을 타임슬롯에 따라 나타낸 것이다.

표 1

[0066]

시간	송신단말	제1중계단말	제2중계단말	수신단말
t	s_1, r_1			
$t+T$	s_2, r_2			
$t+2T$		$\tilde{s_1}, \tilde{r_1}$	$\tilde{s_2}, \tilde{r_2}$	d_1
$t+3T$		$-(\tilde{s_2}, \tilde{r_2})^*$	$(\tilde{s_1}, \tilde{r_1})^*$	d_2

[0067] 표 1에서 T는 심볼 주기, s는 송신단 신호, r은 송신단말(100)이 S240 단계에서 수신한 중계단 신호, $\tilde{s},\tilde{r}$은 중계단에서 DF 복조한 후 수신단말(300)로 전송되는 신호 그리고 d는 수신단말(300)이 수신받은 신호를 의미한다.

[0068] 즉, S270 단계에서는 송신단말(100)은 첫번째 타임슬롯(t) 동안에 제1 전송신호인 s_1과 제1 중계단말(210)로부터 수신한 r_1를 중첩 변조하여 제1 중계단말(210) 및 제2 중계단말(220)에 전송한다.

[0069] 그리고, 송신단말(100)은 두번째 타임슬롯(t+T)에 제2 전송신호인 s_2와 제2 중계단말(220)로부터 수신한 r_2를 중첩 변조하여 제1 중계단말(210) 및 제2 중계단말(220)로 전송한다.

[0070] 그리고 세번째 타임슬롯(t+2T) 동안에 제1 중계단말(210)과 제2 중계단말(220)은 첫번째 타임슬롯(t)에 수신한 신호(s_1, r_1) 및 두번째 타임슬롯(t+T)에 수신한 신호(s_2, r_2)를 STBC 방식으로 복조하고, 복조하여 생성된 신호 $\tilde{s_1},\tilde{r_1}$와 $\tilde{s_2},\tilde{r_2}$을 각각 수신단말(300)로 전송한다(Decod and Forward). 그러면, 수신단말(300)은 복조된 신호 d_1을 수신한다.

[0071] 마지막으로 네번째 타음슬롯(t+3T)에 제1 중계단말(210)과 제2 중계단말(220)은 첫번째 타임슬롯(t)에 수신한 신호(s_1, r_1) 및 두번째 타임슬롯(t+T)에 수신한 신호(s_2, r_2)를 STBC 방식으로 복조하고, 복조하여 생성된 신호 $-(\tilde{s_2}, \tilde{r_2})^*$와 $(\tilde{s_1}, \tilde{r_1})^*$을 각각 수신단말(300)로 전송한다. 그러면, 수신단말(300)은 복조된 신호 d_2을 수신한다.

[0072] 다음의 수학식 1은 수신단말(300)이 제1 중계단말(210) 및 제2 중계단말(220)로부터 수신한 신호를 나타낸다.

수학식 1

[0073]
$$d(t+2T) = d_1 = h^*_{r1,d}(\tilde{s_1}, \tilde{r_1}) + h_{r2,d}(\tilde{s_2}, \tilde{r_2})$$
$$d(t+3T) = d_2 = -h_{r1,d}(\tilde{s_2}, \tilde{r_2})^* + h_{r2,d}(\tilde{s_1}, \tilde{r_1})^*$$

[0074] 수신단말(300)은 세번째 타임 슬롯($t+2T$)동안, 제1 중계단말(210)과 제2 중계단말(220)로부터 STBC 복조된 $\tilde{s_1},\tilde{r_1}$와 $\tilde{s_2},\tilde{r_2}$을 각각 $h_{r1,d}, h_{r2,d}$ 채널 응답 계수를 갖는 채널을 통하여 수신한다.

[0075] 또한 수신단말(300)은 네번째 타임 슬롯($t+3T$)동안, 제1 중계단말(210)과 제2 중계단말(220)로부터 STBC 복조

된 $-(\tilde{s_2},\tilde{r_2})^*$ 와 $(\tilde{s_1},\tilde{r_1})^*$ 신호를 각각 $h_{r1,d}, h_{r2,d}$ 채널 응답 계수를 갖는 채널을 통하여 수신한다.

[0076] 수학식 2는 수신단말(300)이 수신한 신호를 이용하여 추정한 송신단 신호 s와 중계단 신호 r을 나타낸다. 수신단말(300)이 세번째 타임 슬롯(t+2T) 및 네번째 타임 슬롯(t+3T)동안 수신한 신호(d_1, d_2)에 중계단말과 수신단말(300) 사이의 채널 응답 계수인 $h_{r1,d}, h_{r2,d}$의 곱셈 연산으로 송신단말(100)에서 전송한 신호를 검출할 수 있다.

수학식 2

[0077]
$$\hat{s_1},\hat{r_1} = h_{r1,d}^* d_1 + h_{r2,d} d_2^*$$
$$\hat{s_2},\hat{r_2} = h_{r2,d}^* d_1 - h_{r1,d} d_2^*$$

[0078] 이하에서는 도 7 및 도 8을 통하여 본 발명의 실시예에 따른 중첩 변조를 이용한 협력 통신 시스템을 적용한 모의실험 결과에 대하여 상세하게 설명한다.

[0079] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 비트 오류율을 나타낸 그래프이다.

[0080] 본 발명의 실시예에 따른 중첩 변조를 이용한 협력 통신 방법과 16QAM, 0.8944 가중치, 0.4472 가중치인 QPSK방식의 비트 오류율을 비교하기 위하여 모의 실험을 진행하였다. 본 발명의 실시예에 따른 중첩 변조를 이용한 협력 통신 시스템은 QPSK 변조 방식을 이용하였으므로, 종래의 방식과 같은 전송률을 갖는 16QAM과 비교하였다. 그리고 높은 가중치인 0.8944 가중치는 송신단 신호의 QPSK 변조 신호에 적용하였고, 낮은 가중치인 0.4472 가중치는 중계단 신호의 QPSK 변조 신호에 적용하였다.

[0081] 도 7에 나타낸 것처럼, 본 발명의 실시예에 따른 중첩 변조를 이용한 협력 통신 시스템의 비트 오류율은 16QAM과 유사하다. 그리고 송신단 신호를 전송하는 높은 가중치인 0.8944 가중치의 경우 16QAM에 비하여 월등히 좋은 비트 오류율을 갖는다.

[0082] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 전송률을 나타낸 그래프이다.

[0083] 본 발명의 실시예에 따른 중첩 변조를 이용한 협력 통신 방법과 16QAM, QPSK 방식의 전송률을 비교한 결과, 본 발명의 실시예에 따른 중첩 변조를 이용한 협력 통신 방법이 QPSK 방식에 비하여 매우 좋은 전송률을 보였으며, 16QAM의 전송률과도 유사한 수준이다.

[0084] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따르면 중첩 변조를 이용한 협력 통신 시스템 및 그 방법을 이용함으로써, 기존의 방식인 16QAM과 비슷한 비트 오류율과 전송률로 통신할 수 있으며, 16QAM과 유사한 신뢰도의 통신이 가능하다.

[0085] 또한 송신단말(100)과 중계단말의 신호를 중첩하여 전송함으로써 중계단말이 중계 역할만 하는 것이 아니라 중계단말도 수신 단말로 신호를 전송할 수 있으며, 이로써 다이버시티 이득을 얻을 수 있다.

[0086] 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.

부호의 설명

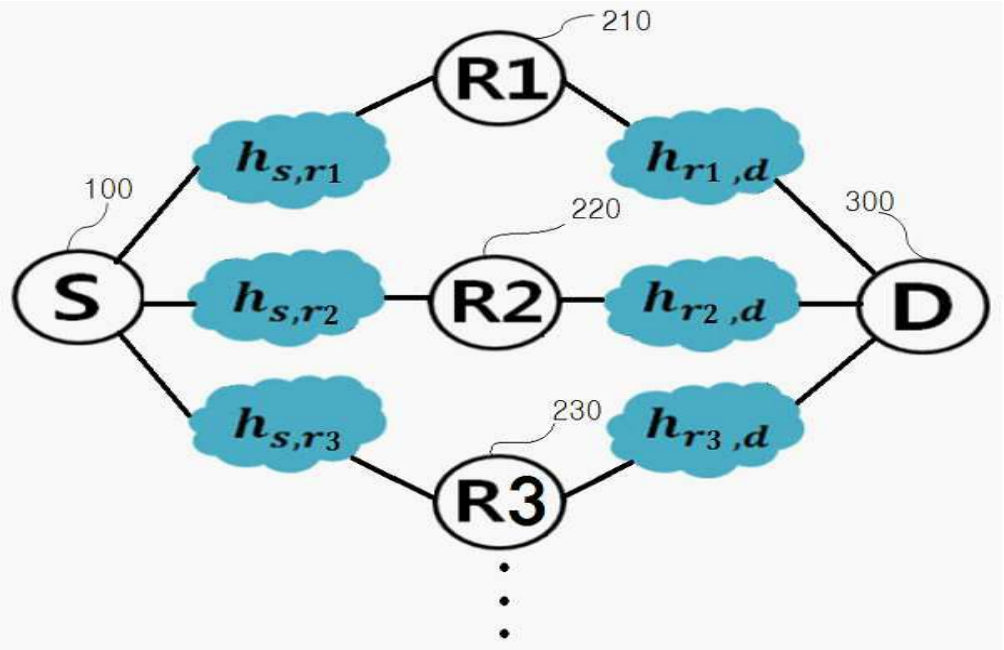
[0087]
100 : 송신단말 210 : 제1 중계단말

220 : 제2 중계단말 230 : 선택받지 못한 중계단말

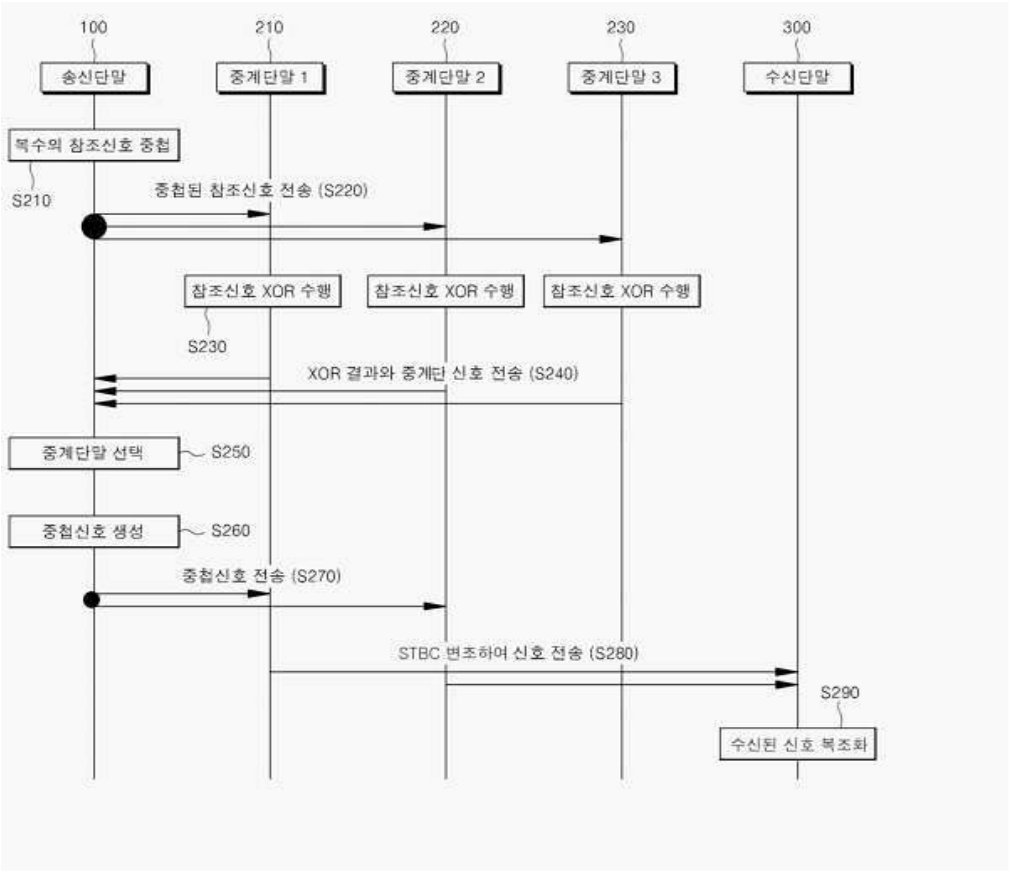
300 : 수신단말

도면

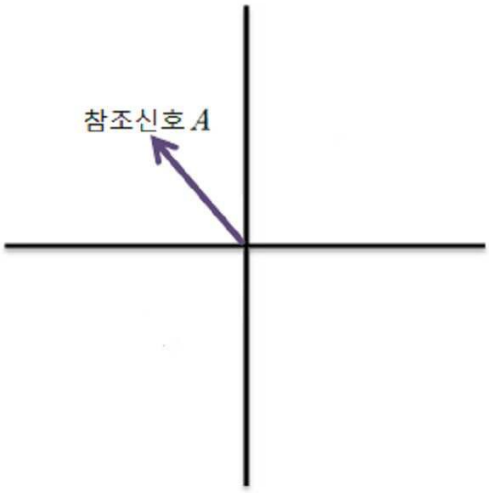
도면1



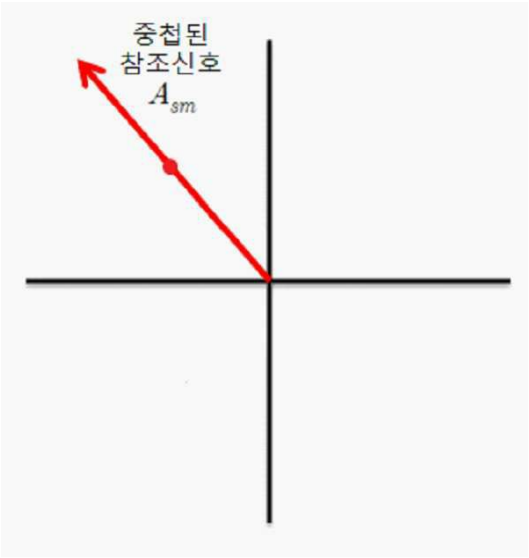
도면2


100
210
220
230
300
송신단말
중계단말 1
중계단말 2
중계단말 3
수신단말
복수의 참조신호 중첩
S210
중첩된 참조신호 전송 (S220)
참조신호 XOR 수행
참조신호 XOR 수행
참조신호 XOR 수행
S230
XOR 결과와 중계단 신호 전송 (S240)
중계단말 선택
S250
중첩신호 생성
S260
중첩신호 전송 (S270)
STBC 변조하여 신호 전송 (S280)
S290
수신된 신호 복조화

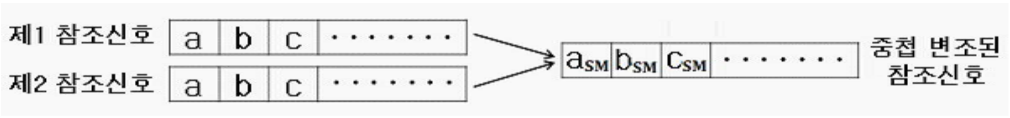
도면3a


참조신호 A

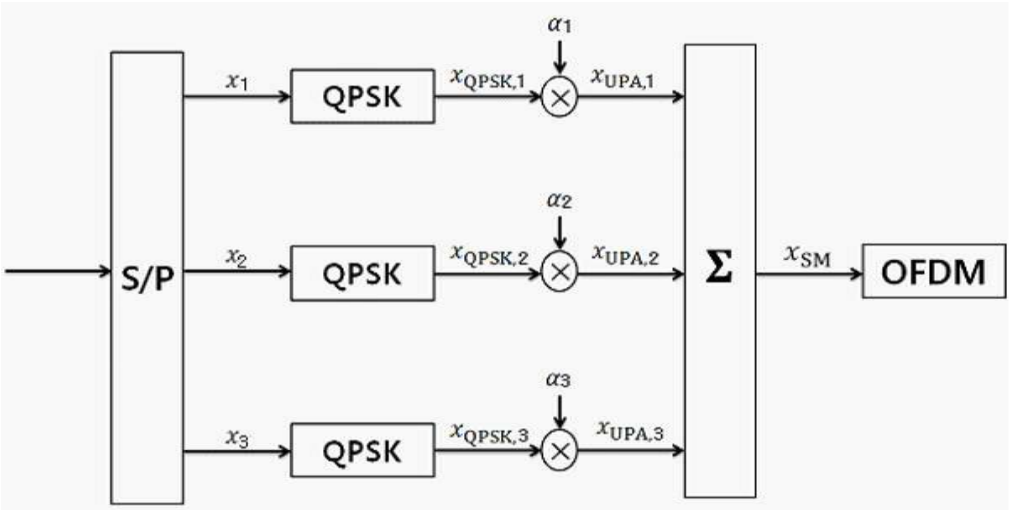
도면3b


중첩된
참조신호
A_{sm}

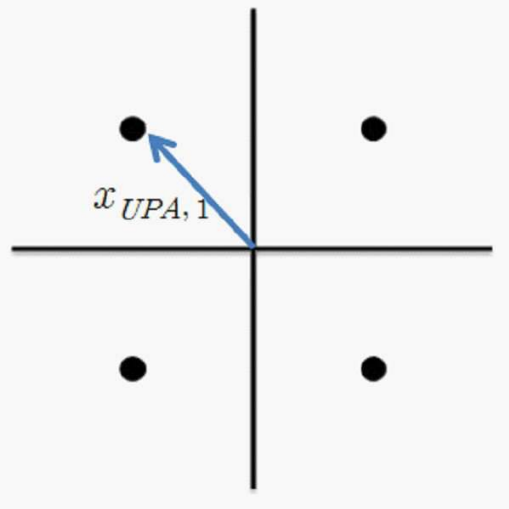
도면4


제1 참조신호
제2 참조신호
a
b
c
a_{SM}
b_{SM}
c_{SM}
중첩 변조된
참조신호

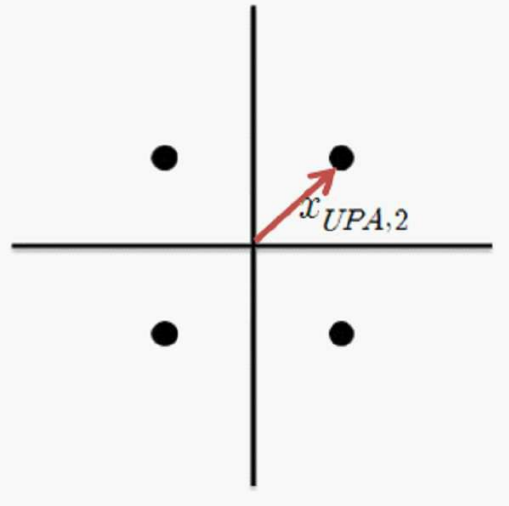
도면5


S/P
x_1
x_2
x_3
QPSK
QPSK
QPSK
$x_{QPSK,1}$
$x_{QPSK,2}$
$x_{QPSK,3}$
α_1
α_2
α_3
$x_{UPA,1}$
$x_{UPA,2}$
$x_{UPA,3}$
Σ
x_{SM}
OFDM

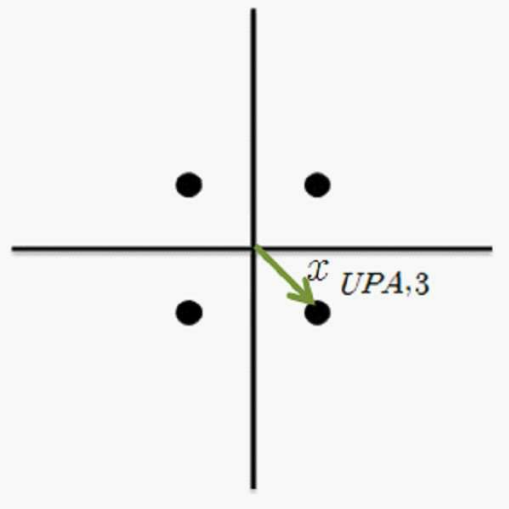
도면6a



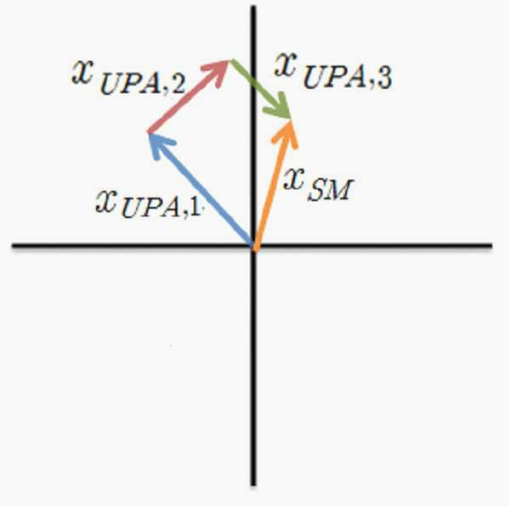
도면6b



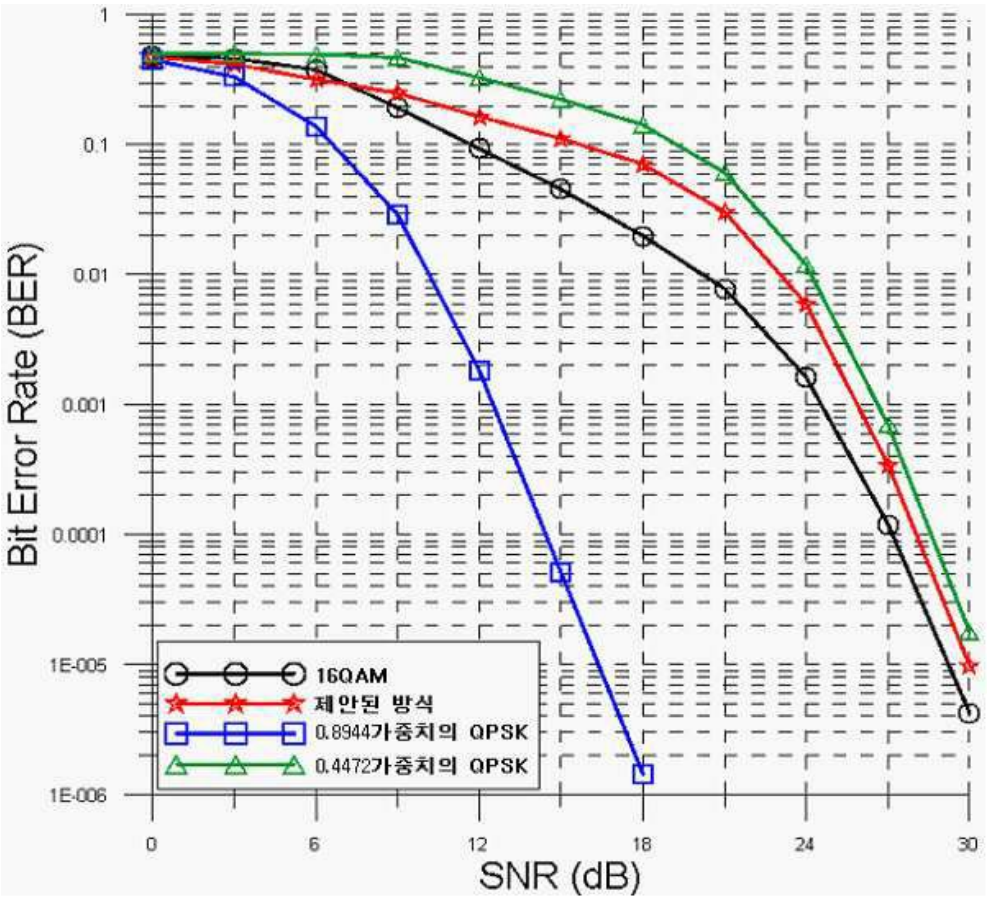
도면6c



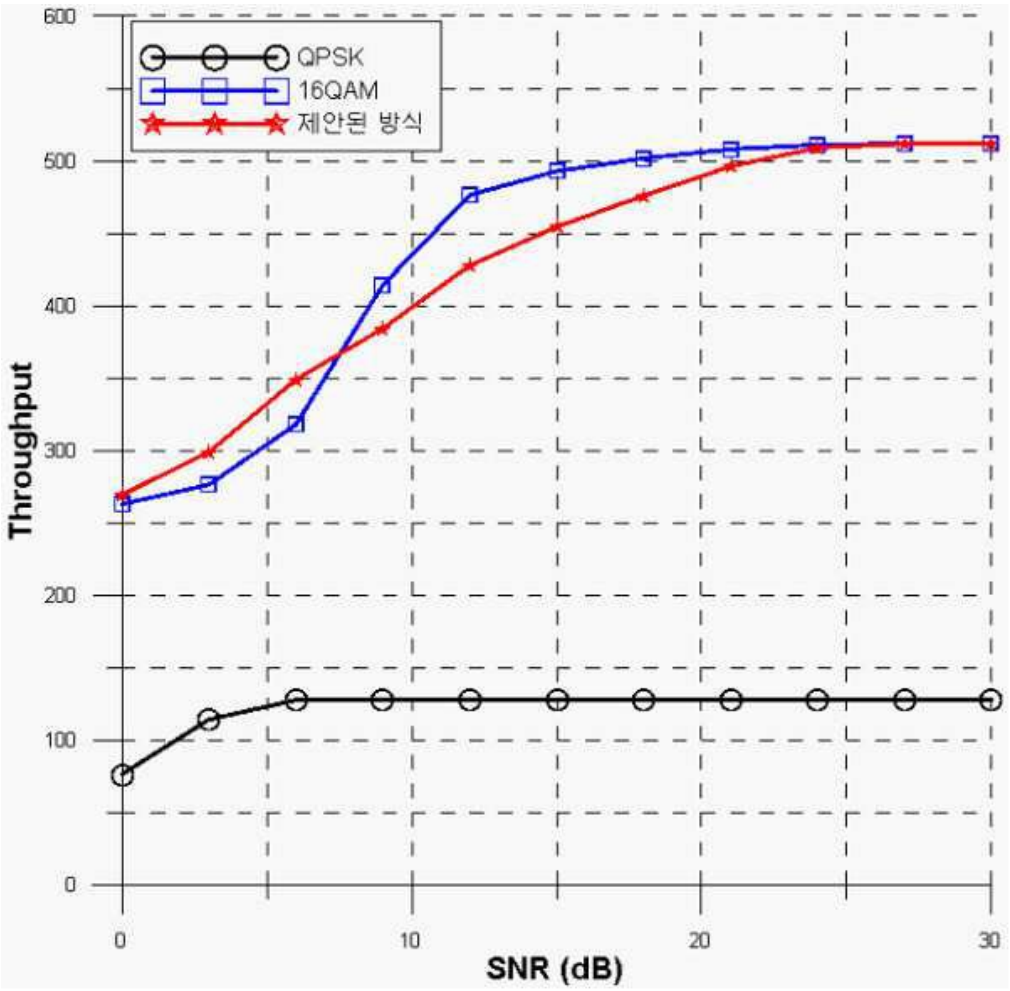
도면6d



도면7


Bit Error Rate (BER)
1
0.1
0.01
0.001
0.0001
1E-005
1E-006
0
6
12
18
24
30
SNR (dB)
16QAM
제안된 방식
0.8944가중치의 QPSK
0.4472가중치의 QPSK

도면8



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제6항 6째줄

【변경전】

상기 제2 중계 데이터

【변경후】

제2 중계 데이터

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제8항 2째줄

【변경전】

협력 통신 시스템

【변경후】

OFDM 협력 통신 시스템

【직권보정 3】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제12항 6째줄

【변경전】

상기 제2 중계 데이터

【변경후】

제2 중계 데이터