(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년12월12일
(11) 등록번호 10-1685305
(24) 등록일자 2016년12월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/02 (2006.01) *H04B 7/04* (2006.01)
H04B 7/06 (2006.01) *H04B 7/08* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04B 7/026 (2013.01)
H04B 7/0413 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0142916
(22) 출원일자 2015년10월13일
심사청구일자 2015년10월13일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020110041274 A*
KR1020120048325 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
송형규
경기도 성남시 분당구 중앙공원로 17 320동 303호 (서현동,시범단지한양아파트)
고영민
서울특별시 도봉구 도봉로 136길 28, 503동 1704호 (창동, 북한산 아이파크)
하동현
서울특별시 광진구 군자로15길 16 101호 (군자동)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 4 항 심사관 : 신상길

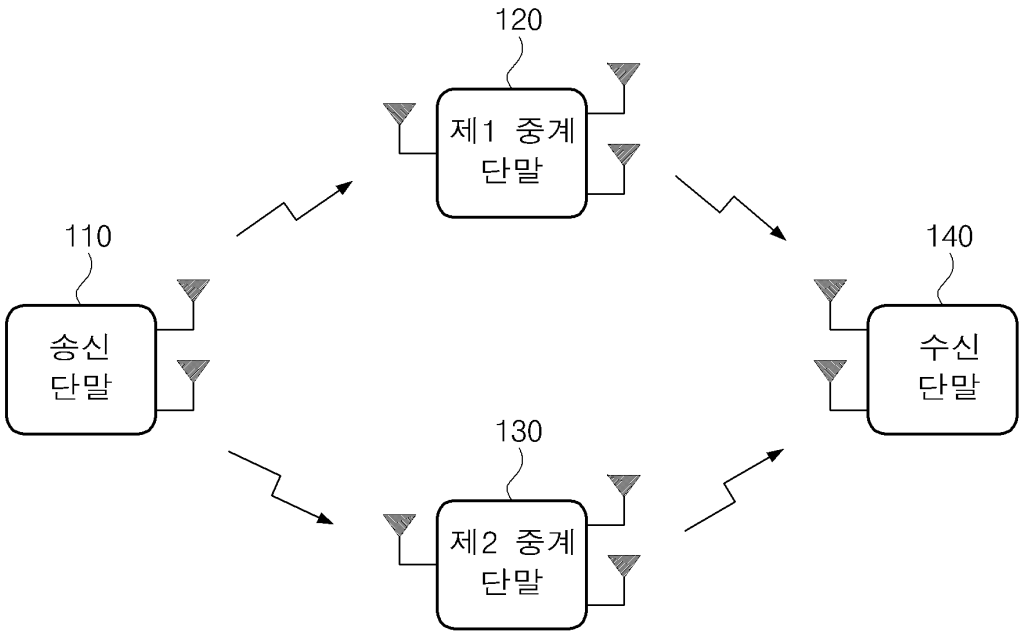
(54) 발명의 명칭 **MIMO-OFDM 시스템 및 그것을 이용한 하이브리드 협력 통신 방법**

(57) 요 약

본 발명은 MIMO-OFDM 시스템 및 그것을 이용한 하이브리드 협력 통신 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 송신 단말, 제1 및 제2 중계 단말, 수신 단말을 포함하는 MIMO-OFDM 시스템을 이용한 하이브리드 협력 통신 방법에 있어서, 제1 타임 슬롯 동안, 송신 단말은 S_1 및 S_2 신호를 두 안테나를 통하여 제1 및 제2 중계 단말로 전송하는

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



단계, 및 제n(n은 2 이상의 정수) 타임 슬롯 동안, 송신 단말은 S_{2n-1} 및 S_{2n} 신호를 제1 및 제2 중계 단말로 전송하며, 제1 중계 단말은 이전 타임 슬롯에 수신한 S_{2n-3} 및 S_{2n-2} 신호 중 S_{2n-3} 신호를 CDD 기법으로 순환 지연시킨 $S_{2n-3,\delta 1}$ 및 $S_{2n-3,\delta 2}$ 신호를 두 안테나를 통하여 수신 단말에 재전송하고, 제2 중계 단말은 이전 타임 슬롯에 수신한 S_{2n-3} 및 S_{2n-2} 신호를 두 안테나를 통하여 수신 단말에 재전송하는 단계를 포함하며, δ1 및 δ2는 제1 중계 단말의 두 안테나에 각각 적용되는 순환 지연 길이인 하이브리드 협력 통신 방법을 제공한다.

이와 같은 본 발명에 따르면, 최소한의 안테나만을 사용하여 전송률과 높은 신뢰성을 동시에 얻을 수 있는 하이브리드 검출 기법을 통해 협력 통신 시스템의 높은 성능을 보장할 수 있는 이점이 있다.

(52) CPC특허분류
H04B 7/0667 (2013.01)
H04B 7/0837 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711016865
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 중견연구자지원사업(핵심)
연구과제명 고속 주행 환경에서 무선 인지 지능형 차량 협력 통신 기술개발(2차년도)
기 여 율 1/2
주관기관 세종대학교 산학협력단
연구기간 2014.12.01 ~ 2015.11.30
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711026773
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 정보통신산업진흥원
연구사업명 ICT융합 고급인력과정 지원사업
연구과제명 다중센서 융·복합 기반 실시간 모바일 교통정보시스템 개발
기 여 율 1/2
주관기관 한국교통대학교 산학협력단
연구기간 2015.01.01 ~ 2015.12.31

공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

송신 단말, 제1 및 제2 중계 단말, 수신 단말을 포함하는 MIMO-OFDM 시스템을 이용한 하이브리드 협력 통신 방법에 있어서,

제1 타임 슬롯 동안, 상기 송신 단말은 S_1 및 S_2 신호를 두 개의 안테나를 통하여 상기 제1 및 제2 중계 단말로 전송하는 단계; 및

제n(n은 2 이상의 정수) 타임 슬롯 동안, 상기 송신 단말은 S_{2n-1} 및 S_{2n} 신호를 상기 제1 및 제2 중계 단말로 전송하며, 상기 제1 중계 단말은 이전 타임 슬롯에 수신한 S_{2n-3} 및 S_{2n-2} 신호 중 S_{2n-3} 신호를 CDD 기법으로 순환 지연시킨 $S_{2n-3,\delta 1}$ 및 $S_{2n-3,\delta 2}$ 신호를 두 개의 안테나를 통하여 상기 수신 단말에 재전송하고, 상기 제2 중계 단말은 이전 타임 슬롯에 수신한 S_{2n-3} 및 S_{2n-2} 신호를 두 개의 안테나를 통하여 상기 수신 단말에 재전송하는 단계를 포함하며,

상기 δ1 및 δ2는 상기 제1 중계 단말의 두 안테나에 각각 적용되는 순환 지연 길이를 나타내며,

상기 수신 단말은,

상기 제1 및 제2 중계 단말에 의한 네 개의 송신 안테나에서 전송되는 네 개의 신호($S_{2n-3,\delta 1}$, $S_{2n-3,\delta 2}$, S_{2n-3}, S_{2n-2})를 두 개의 수신 안테나를 통하여 다중의 채널 경로로 수신하여 상기 S_{2n-3} 및 S_{2n-2} 신호를 검출하되, DFE 기법을 적용하여 상기 S_{2n-3} 신호와 상기 S_{2n-2} 신호를 순차로 검출하는 하이브리드 협력 통신 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 제n 타임 슬롯에 상기 수신 단말이 수신한 신호는 아래의 수학식으로 정의되는 하이브리드 협력 통신 방법:

$$Y_{n,i} = S_{2n-3}(H_{1,i}e^{-j\frac{2\Pi}{M}k\delta_1} + H_{2,i}e^{-j\frac{2\Pi}{M}k\delta_2} + H_{3,i}) + S_{2n-2}G_{1,i} + N_{n,i}$$

여기서, $H_{1,i}$ 및 $H_{2,i}$는 상기 제1 중계 단말의 각 송신 안테나와 상기 수신 단말의 i번째 수신 안테나 사이의 채널, $H_{3,i}$ 및 $G_{1,i}$는 상기 제2 중계 단말의 각 송신 안테나와 상기 수신 단말의 i번째 수신 안테나 사이의 채널, M은 부반송파의 개수, k는 부반송파 주파수, $N_{n,i}$는 상기 수신 단말의 i번째 수신 안테나로 들어오는 잡음 성분을 나타낸다.

청구항 4

삭제

청구항 5

송신 단말, 제1 및 제2 중계 단말, 수신 단말을 포함하는 MIMO-OFDM 시스템에 있어서,

상기 송신 단말은,

제1 타임 슬롯 동안 S_1 및 S_2 신호를 두 개의 안테나를 통하여 상기 제1 및 제2 중계 단말로 전송하고, 제n(n은 2 이상의 정수) 타임 슬롯 동안 S_{2n-1} 및 S_{2n} 신호를 상기 제1 및 제2 중계 단말로 전송하며,

상기 제1 중계 단말은,

상기 제n 타임 슬롯 동안, 이전 타임 슬롯에 수신한 S_{2n-3} 및 S_{2n-2} 신호 중 S_{2n-3} 신호를 CDD 기법으로 순환 지연시킨 $S_{2n-3,\delta 1}$ 및 $S_{2n-3,\delta 2}$ 신호를 두 개의 안테나를 통하여 상기 수신 단말에 재전송하며,

상기 제2 중계 단말은,

상기 제n 타임 슬롯 동안, 이전 타임 슬롯에 수신한 S_{2n-3} 및 S_{2n-2} 신호를 두 개의 안테나를 통하여 상기 수신 단말에 재전송하며,

상기 δ1 및 δ2는 상기 제1 중계 단말의 두 안테나에 각각 적용되는 순환 지연 길이를 나타내며,

상기 수신 단말은,

상기 제1 및 제2 중계 단말에 의한 네 개의 송신 안테나에서 전송되는 네 개의 신호($S_{2n-3,\delta 1}$, $S_{2n-3,\delta 2}$, S_{2n-3}, S_{2n-2})를 두 개의 수신 안테나를 통하여 다중의 채널 경로로 수신하여 상기 S_{2n-3} 및 S_{2n-2} 신호를 검출하되, DFE 기법을 적용하여 상기 S_{2n-3} 신호와 상기 S_{2n-2} 신호를 순차로 검출하는 MIMO-OFDM 시스템.

청구항 6

삭제

청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 제n 타임 슬롯에 상기 수신 단말이 수신한 신호는 아래의 수학식으로 정의되는 MIMO-OFDM 시스템:

$$Y_{n,i} = S_{2n-3}(H_{1,i}e^{-j\frac{2\Pi}{M}k\delta_1} + H_{2,i}e^{-j\frac{2\Pi}{M}k\delta_2} + H_{3,i}) + S_{2n-2}G_{1,i} + N_{n,i}$$

여기서, $H_{1,i}$ 및 $H_{2,i}$는 상기 제1 중계 단말의 각 송신 안테나와 상기 수신 단말의 i번째 수신 안테나 사이의 채널, $H_{3,i}$ 및 $G_{1,i}$는 상기 제2 중계 단말의 각 송신 안테나와 상기 수신 단말의 i번째 수신 안테나 사이의 채널, M은 부반송파의 개수, k는 부반송파 주파수, $N_{n,i}$는 상기 수신 단말의 i번째 수신 안테나로 들어오는 잡음 성분을 나타낸다.

청구항 8

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 MIMO-OFDM 시스템 및 그것을 이용한 하이브리드 협력 통신 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 MIMO-OFDM 기반의 협력 통신 시스템에서 높은 BER(Bit Error Rate) 성능을 얻을 수 있는 MIMO-OFDM 시스템 및 그것을 이용한 하이브리드 협력 통신 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 OFDM을 기반으로 하는 송신 시스템은 높은 성능을 얻기 위해서 MIMO 시스템으로 확장될 수 있다.

MIMO-OFDM 시스템은 추가적인 대역폭이나 전력 사용 없이 높은 전송률 또는 높은 BER 성능을 제공할 수 있다. 그러나, 다중 안테나의 사용에는 장비의 제한된 크기, 높은 가격, 그리고 하드웨어적인 제한 등의 문제가 있다.

[0003] 이러한 문제를 극복하기 위한 방법으로 최근에는 협력 통신이 연구되어 왔다. 협력 통신 시스템은 다중 안테나를 사용하는 MIMO 시스템의 한계를 개선할 수 있는 기법으로서, 송신단에서 다중 안테나 사용에 제약이 있는 경우 공간 다이버시티 이득을 얻기 위한 대체적 수단으로 사용된다. 협력 통신은 MIMO 시스템 내에서 송신 다이버시티 기법을 사용하여 높은 신뢰성을 제공하므로, 무선 통신 환경에서 최소한의 안테나만으로 높은 성능을 제공한다.

[0004] 협력 통신 기법에서 CDD 기법을 이용하면 다이버시티 이득을 향상시키는 것으로 알려져 있다. 협력 통신은 단일 안테나를 가진 여러 단말이 모여 가상의 다중 안테나를 형성하여 다이버시티 이득을 얻는 이점이 있으나, 모든 송신 안테나에 CDD 기법을 적용하게 되면 통신 시스템에서 보장하고자 하는 신뢰성을 만족시키기 어려운 문제점이 있다.

[0005] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국공개특허 제2011-0041274호(2011.04.21 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 MIMO-OFDM 기반의 협력 통신 시스템에서 높은 BER 성능과 신뢰성을 얻을 수 있는 MIMO-OFDM 시스템 및 그것을 이용한 하이브리드 협력 통신 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명은, 송신 단말, 제1 및 제2 중계 단말, 수신 단말을 포함하는 MIMO-OFDM 시스템을 이용한 하이브리드 협력 통신 방법에 있어서, 제1 타임 슬롯 동안, 상기 송신 단말은 S_1 및 S_2 신호를 두 개의 안테나를 통하여 상기 제1 및 제2 중계 단말로 전송하는 단계, 및 제n(n은 2 이상의 정수) 타임 슬롯 동안, 상기 송신 단말은 S_{2n-1} 및 S_{2n} 신호를 상기 제1 및 제2 중계 단말로 전송하며, 상기 제1 중계 단말은 이전 타임 슬롯에 수신한 S_{2n-3} 및 S_{2n-2} 신호 중 S_{2n-3} 신호를 CDD 기법으로 순환 지연시킨 $S_{2n-3,\delta 1}$ 및 $S_{2n-3,\delta 2}$ 신호를 두 개의 안테나를 통하여 상기 수신 단말에 재전송하고, 상기 제2 중계 단말은 이전 타임 슬롯에 수신한 S_{2n-3} 및 S_{2n-2} 신호를 두 개의 안테나를 통하여 상기 수신 단말에 재전송하는 단계를 포함하며, 상기 δ1 및 δ2는 상기 제1 중계 단말의 두 안테나에 각각 적용되는 순환 지연 길이를 나타내는 하이브리드 협력 통신 방법을 제공한다.

[0008] 여기서, 상기 수신 단말은, 상기 제1 및 제2 중계 단말에 의한 네 개의 송신 안테나에서 전송되는 네 개의 신호($S_{2n-3,\delta 1}$, $S_{2n-3,\delta 2}$, S_{2n-3}, S_{2n-2})를 두 개의 수신 안테나를 통하여 다중의 채널 경로로 수신할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 제n 타임 슬롯에 상기 수신 단말이 수신한 신호는 아래의 수학식으로 정의될 수 있다.

$$Y_{n,i} = S_{2n-3}\left(H_{1,i}e^{-j\frac{2\Pi}{M}k\delta_1} + H_{2,i}e^{-j\frac{2\Pi}{M}k\delta_2} + H_{3,i}\right) + S_{2n-2}G_{1,i} + N_{n,i}$$

[0010]

[0011] 여기서, $H_{1,i}$ 및 $H_{2,i}$는 상기 제1 중계 단말의 각 송신 안테나와 상기 수신 단말의 i번째 수신 안테나 사이의 채널, $H_{3,i}$ 및 $G_{1,i}$는 상기 제2 중계 단말의 각 송신 안테나와 상기 수신 단말의 i번째 수신 안테나 사이의 채널, M은 부반송파의 개수, k는 부반송파 주파수, $N_{n,i}$는 상기 수신 단말의 i번째 수신 안테나로 들어오는 잡음 성분을 나타낸다.

[0012] 또한, 상기 수신 단말은, 상기 제1 및 제2 중계 단말로부터 수신한 네 개의 신호($S_{2n-3,\delta 1}$, $S_{2n-3,\delta 2}$, S_{2n-3}, S_{2n-2})를 이용하여 상기 S_{2n-3} 및 S_{2n-2} 신호를 검출하되, DFE 기법을 적용하여 상기 S_{2n-3} 신호와 상기 S_{2n-2} 신호를 순차로 검출할 수 있다.

[0013] 그리고, 본 발명은, 송신 단말, 제1 및 제2 중계 단말, 수신 단말을 포함하는 MIMO-OFDM 시스템에 있어서, 상기

송신 단말은, 제1 타임 슬롯 동안 S_1 및 S_2 신호를 두 개의 안테나를 통하여 상기 제1 및 제2 중계 단말로 전송하고, 제n(n은 2 이상의 정수) 타임 슬롯 동안 S_{2n-1} 및 S_{2n} 신호를 상기 제1 및 제2 중계 단말로 전송하며, 상기 제1 중계 단말은, 상기 제n 타임 슬롯 동안, 이전 타임 슬롯에 수신한 S_{2n-3} 및 S_{2n-2} 신호 중 S_{2n-3} 신호를 CDD 기법으로 순환 지연시킨 $S_{2n-3,\delta 1}$ 및 $S_{2n-3,\delta 2}$ 신호를 두 개의 안테나를 통하여 상기 수신 단말에 재전송하며, 상기 제2 중계 단말은, 상기 제n 타임 슬롯 동안, 이전 타임 슬롯에 수신한 S_{2n-3} 및 S_{2n-2} 신호를 두 개의 안테나를 통하여 상기 수신 단말에 재전송하며, 상기 δ1 및 δ2는 상기 제1 중계 단말의 두 안테나에 각각 적용되는 순환 지연 길이를 나타내는 MIMO-OFDM 시스템을 제공한다.

발명의 효과

[0014] 본 발명에 따른 MIMO-OFDM 시스템 및 그것을 이용한 하이브리드 협력 통신 방법에 따르면, 최소한의 안테나만을 사용하여 전송률과 높은 신뢰성을 동시에 얻을 수 있는 하이브리드 검출 기법을 통해 협력 통신 시스템의 높은 성능을 보장할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 MIMO-OFDM 시스템을 나타낸 도면이다.

도 2는 도 1에 도시된 송신 단말과 제1 및 제2 중계 단말에서의 각 타임 슬롯에 따른 송신 신호의 구성을 나타낸 도면이다.

도 3은 도 1에 도시된 제1 및 제2 중계 단말을 이용한 하이브리드 협력 통신 방법을 설명하는 도면이다.

도 4는 도 3에 도시된 수신 단말이 각 타임 슬롯에 수신하는 신호를 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 협력 통신 방법의 SNR에 따른 BER 성능을 비교한 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 방법과 기존 방법 간의 신호 구성을 비교한 도면이다.

도 7은 본 발명의 실시예에서 CDD 기법의 적용 유무에 따른 BER 성능을 나타낸 도면이다.

도 8은 본 발명의 실시예에서 협력 통신 기법 적용 유무에 따른 BER 성능을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0017] 본 발명은 MIMO-OFDM 시스템 및 그것을 이용한 하이브리드 협력 통신 방법에 관한 것으로서, 송신 단말과 수신 단말 사이의 채널 상태가 심각하게 좋지 않아 직접적인 통신이 불가능한 경우에 협력 통신을 이용하여 전송률을 유지하는 동시에 신뢰성을 확보하는 기법을 제안한다.

[0018] 이러한 본 발명의 시스템은 송신 단말과 수신 단말 사이의 직접적인 연결이 불가능하고 중계 단말을 통해서만 통신이 가능한 듀얼 홉(Dual-Hop) 시스템에 적용될 수 있다.

[0019] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 MIMO-OFDM 시스템을 나타낸 도면이다. 본 발명의 실시예에 따른 MIMO-OFDM 시스템은 송신 단말(110), 제1 및 제2 중계 단말(120,), 그리고 수신 단말(140)을 포함한다.

[0020] 본 발명의 실시예에서 각 단말들은 복수의 안테나를 가지는 MIMO 시스템을 구성하고 있다. 도 1을 참조하면, 송신 단말(110)은 두 개의 송신 안테나를 가진다. 제1 중계 단말(120)은 한 개의 수신 안테나와 두 개의 송신 안테나를 가진다. 제2 중계 단말(130) 역시 한 개의 수신 안테나와 두 개의 송신 안테나를 가진다. 수신 단말(140)은 두 개의 수신 안테나를 가진다.

[0021] 도 1과 같이, 송신 단말(110)과 제1 및 제2 중계 단말(120,130)이 각각 두 개의 송신 안테나를 사용하고 수신 단말(140)이 두 개의 수신 안테나를 사용하게 되면, 송신 단말(110)이 송신하는 신호는 두 중계 단말(120,130)을 경유하여 다중 채널을 통하여 수신 단말(140)로 전송된다. 두 개의 중계 단말(120,130)과 수신 단말(140) 사이에 형성되는 다중 채널 경로와 개별 채널 경로 상의 전송 신호에 대해서는 추후 상세히 설명할 것이다.

[0022] 본 발명의 실시예는 향상된 전송률과 신뢰성을 동시에 얻기 위하여 순환 지연 다이버시티(CDD; Cyclic Delay

Diversity) 기법을 이용한 송신 신호의 구성을 사용한다. 송신 단말(110)은 매 타임 슬롯마다 서로 다른 두 신호를 각 안테나를 통하여 제1 중계 단말(120)과 제2 중계 단말(130)로 전송한다. 각 중계 단말(120,130)은 송신 단말(110)로부터 수신한 신호를 DFE(Decision Feedback Equalization) 기법을 통하여 추정한 후 수신 단말(140)에 재전송한다.

[0023] 본 발명의 실시예에서 제1 중계 단말(120)은 다이버시티(Diversity) 노드로서, 송신 단말(110)로부터 수신한 두 신호 중 하나의 신호를 복조한 후 기 설정된 두 가지 순환 지연 길이로 각각 순환 지연시켜 두 개의 송신 안테나를 이용하여 수신 단말(140)에 각각 전송한다. 이에 따라, 제1 중계 단말(120)은 동일한 신호를 두 번 전송하는 것에 따른 다이버시티 이득(Diversity Gain)을 얻는다.

[0024] 그리고, 제2 중계 단말(130)은 멀티플렉싱(Multiplexing) 노드로서, 송신 단말(110)로부터 수신한 두 개의 신호를 복조 후 두 개의 송신 안테나를 이용하여 수신 단말(140)에 각각 재전송한다. 이에 따라, 제2 중계 단말(130)은 상이한 두 신호를 동시 전송하는 것에 따른 멀티플렉싱 이득(Multiplexing Gain)을 얻는다.

[0025] 이와 같이 각각의 중계 단말(120,130)은 송신 단말(110)로부터 전송받은 신호들을 DFE 기법으로 복조한 후 수신 단말(140)에 재전송한다. 수신 단말(140)은 각각의 중계 단말(120,130)로부터 수신한 신호들을 DFE 기법을 통해 복조한다.

[0026] 일반적으로 DFE 기법에서는 처음 검출되는 신호의 검출 정확도가 높아야 높은 성능을 얻을 수 있다. 즉, DFE 기법은 처음 신호의 검출이 시스템 성능 전반에 영향을 미친다. 본 발명의 실시예는 제1 중계 단말(120)에서 순환 지연 기법을 이용한 송신 신호를 사용하기 때문에 수신 단말(140)에서 처음 검출되는 신호에 대한 정확도를 높일 수 있으며, 결과적으로 시스템의 전체 성능을 향상시킬 수 있다.

[0027] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 MIMO-OFDM 시스템을 이용한 하이브리드 협력 통신 방법에 관하여 더욱 상세히 설명한다. 도 2는 도 1에 도시된 송신 단말과 제1 및 제2 중계 단말에서의 각 타임 슬롯에 따른 송신 신호의 구성을 나타낸 도면이다.

[0028] 도 2를 참조하면, 먼저 제1 타임 슬롯(T=1) 동안, 송신 단말(110)은 자신의 두 송신 안테나(antenna1, antenna2)를 통하여 S_1 신호와 S_2 신호를 각각 전송한다. 이에 따라, 제1 타임 슬롯(T=1)에서 제1 중계 단말(120)은 자신의 수신 안테나를 통하여 S_1 및 S_2 신호를 동시에 수신하고, 제2 중계 단말(130) 또한 자신의 수신 안테나를 통하여 S_1 및 S_2 신호를 동시에 수신한다. 이러한 제1 타임 슬롯(T=1)은 송신 단말(110)만이 신호를 전송한다.

[0029] 다음, 제2 타음 슬롯(T=2) 동안, 송신 단말(110)은 앞서와 같은 방법으로 자신의 두 안테나를 통하여 다음 두 신호 즉, S_3 신호와 S_4 신호를 각각 전송하며, 제1 및 제2 중계 단말(120,130)은 이전 타임 슬롯(T=1)에 수신한 S_1 신호와 S_2 신호를 복조한 후 수신 단말(140)로 재전송한다.

[0030] 이때, 제1 중계 단말(120)은 이전 시간에 수신한 S_1 신호와 S_2 신호 중 S_1 신호에 대해 CDD 기법을 적용하여 각기 달리 순환 지연된 두 개의 S_1 신호를 수신 단말(140)에 동시에 재전송함에 따라 다이버시티 이득을 얻는다. 또한, 제2 중계 단말(130)은 이전 시간에 수신한 S_1 신호와 S_2 신호를 모두 수신 단말(140)에 재전송함에 따라 멀티플렉싱 이득을 얻는다.

[0031] 구체적으로, 도 2와 같이, 제2 타음 슬롯(T=2) 동안, 제1 중계 단말(120)은 이전 타임 슬롯(T=1)에 수신한 S_1 및 S_2 신호 중 S_1 신호를 복조한 후 S_1 신호를 CDD 기법으로 각각 순환 지연시킨 $S_{1,\delta 1}$ 및 $S_{1,\delta 2}$ 신호를 두 개의 송신 안테나(antenna1, antenna2)를 통하여 수신 단말(140)에 재전송한다. 여기서, δ1 및 δ2는 제1 중계 단말(120)의 두 송신 안테나(antenna1, antenna2)에 각각 적용되는 순환 지연 길이 값을 나타낸다.

[0032] 또한, 제2 타임 슬롯(T=2) 동안, 제2 중계 단말(130)은 이전 타임 슬롯(T=1)에 수신한 S_1 및 S_2 신호를 복조한 후 두 개의 송신 안테나(antenna1, antenna2)를 통하여 수신 단말(140)에 모두 재전송한다.

[0033] 수신 단말(140)의 입장에서는 제2 타임 슬롯에서 세 개의 S_1 신호와 한 개의 S_2 신호를 동시에 수신하게 된다. 추후 수신 단말(140)은 DFE 검출 기법을 사용하여 신호를 검출하는데, 처음 검출하는 신호인 S_1 신호를 다이버시티를 가지는 세 개의 S_1 신호($S_{1,\delta 1}$, $S_{1,\delta 2}$, S_1)를 통해 정확도 있게 검출할 수 있기 때문에 전체 DFE 검출 성능

을 높이고 시스템의 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

[0034] 제2 타임 슬롯 이후부터(T=2,3, …, n)는 각 단말(110,120,130)에서 상기 제2 타임 슬롯(T=2)에서와 동일한 원리를 사용하여 신호를 전송하면 된다. 그 공통적인 원리를 요약하면 다음과 같다.

[0035] 제n(n은 2 이상의 정수) 타임 슬롯 동안, 송신 단말(110)은 S_{2n-1} 및 S_{2n} 신호를 제1 및 제2 중계 단말(120,130)로 전송하며, 이와 동시에 제1 중계 단말(120)은 이전 타임 슬롯에 수신한 S_{2n-3} 및 S_{2n-2} 신호 중 S_{2n-3} 신호를 CDD 기법으로 순환 지연시킨 $S_{2n-3,\delta 1}$ 및 $S_{2n-3,\delta 2}$ 신호를 자신의 두 개의 송신 안테나를 통하여 수신 단말(140)에 재전송하고, 제2 중계 단말(130)은 이전 타임 슬롯에 수신한 S_{2n-3} 및 S_{2n-2} 신호를 자신의 두 개의 송신 안테나를 통하여 수신 단말(140)에 재전송한다.

[0036] 쉽게 말해서, 각 타임 슬롯마다, 다이버시티 노드에 해당하는 제1 중계 단말(120)은 CDD 기법이 적용된 신호 $S_{2n-3,\delta 1}$과 $S_{2n-3,\delta 2}$를 수신 단말(140)로 재전송하고, 멀티플렉싱 노드에 해당하는 제2 중계 단말(130)은 서로 다른 신호 S_{2n-3}과 S_{2n-2}를 수신 단말(140)로 재전송한다.

[0037] 이후 수신 단말(140)에서는 각 중계 단말(120,130)로부터 동시에 수신되는 네 개의 신호($S_{2n-3,\delta 1}$, $S_{2n-3,\delta 2}$, S_{2n-3}, S_{2n-2})를 이용하여 S_{2n-3} 및 S_{2n-2} 신호를 검출하는데, DFE 기법을 적용하여 S_{2n-3} 신호와 S_{2n-2} 신호를 순차로 검출한다. 예를 들어, 수신 단말(140)은 $S_{1,\delta 1}$, $S_{1,\delta 2}$, S_1, S_2 신호로부터 DFE 기법을 사용하여 S_1 신호부터 검출하고, 검출한 S_1 신호를 이용하여 다음의 S_2 신호를 검출한다.

[0038] 도 3은 도 1에 도시된 제1 및 제2 중계 단말을 이용한 하이브리드 협력 통신 방법을 설명하는 도면이다. 도 3과 같이, 본 발명의 실시예는, 매 타임 슬롯에서 제1 및 제2 중계 단말(120,130)로부터 각각 전송되는 $S_{2n-3,\delta 1}$, $S_{2n-3,\delta 2}$, S_{2n-3} 신호를 통하여 다이버시티 이득을 얻는 동시에, 제2 중계 단말(130)로부터 전송되는 서로 다른 S_{2n-3}와 S_{2n-2} 신호를 통하여 멀티플렉싱 이득을 얻는 것을 확인할 수 있다.

[0039] 또한, 도 3에는 각 중계 단말(120,130)과 수신 단말(140) 사이에 형성되는 다중의 채널 경로를 정의하고 있다. 이를 참조하면, 수신 단말(140)은 제1 및 제2 중계 단말(120,130)에 의한 총 네 개의 송신 안테나에서 전송되는 네 개의 신호($S_{2n-3,\delta 1}$, $S_{2n-3,\delta 2}$, S_{2n-3}, S_{2n-2})를 자신의 두 개의 수신 안테나를 통하여 총 8개의 채널 경로($H_{1,1}$, $H_{1,2}$, $H_{2,1}$, $H_{2,2}$, $H_{3,1}$, $H_{3,2}$, $G_{1,1}$, $G_{1,2}$)로 수신한다.

[0040] 도 4는 도 3에 도시된 수신 단말이 각 타임 슬롯에 수신하는 신호를 나타낸 도면이다. 각 타임 슬롯마다, 수신 단말(140)의 제1 수신 안테나(antenna1)는 $H_{1,1}$, $H_{2,1}$, $H_{3,1}$, $G_{1,1}$의 채널을 통과한 신호들이 수신되고, 제2 수신 안테나(antenna2)는 $H_{1,2}$, $H_{2,2}$, $H_{3,2}$, $G_{1,2}$의 채널을 통과한 신호들이 수신되는 것을 알 수 있다.

[0041] 도 4에서, 각각의 제n(n은 2 이상의 정수) 타임 슬롯에 수신 단말(140)이 수신한 신호는 아래의 수학식 1과 같이 정리될 수 있다.

수학식 1

[0042] $$Y_{n,i} = S_{2n-3,\delta_1} H_{1,i} + S_{2n-3,\delta_2} H_{2,i} + S_{2n-3} H_{3,i} + S_{2n-2} G_{1,i} + N_{n,i}$$

[0043] 여기서, $H_{1,i}$ 및 $H_{2,i}$는 제1 중계 단말(120)의 각 송신 안테나와 수신 단말(140)의 i번째 수신 안테나 사이의 채널, $H_{3,i}$ 및 $G_{1,i}$는 제2 중계 단말(130)의 각 송신 안테나와 수신 단말(140)의 i번째 수신 안테나 사이의 채널, $N_{n,i}$는 수신 단말(140)의 i번째 수신 안테나로 들어오는 잡음 성분, i=1,2를 나타낸다.

[0044] 신호의 시간 영역에서의 시간 지연은 주파수 축에서 살펴보면 위상의 이동으로 나타난다. 따라서, CDD 기법을 통해 적용된 시간 지연은 주파수 축에서 살펴보면 위상의 이동으로 나타나며 오로지 같은 신호의 다중 경로의 효과만을 가지게 된다. 따라서, 수학식 1은 다음의 수학식 2의 형태로 재정리될 수 있다.

수학식 2

[0045]
$$Y_{n,i} = S_{2n-3}(H_{1,i}e^{-j\frac{2\Pi}{M}k\delta_1} + H_{2,i}e^{-j\frac{2\Pi}{M}k\delta_2} + H_{3,i}) + S_{2n-2}G_{1,i} + N_{n,i}$$

[0046] 여기서, M은 부반송파의 개수, k는 부반송파 주파수, $N_{n,i}$는 상기 수신 단말의 i번째 수신 안테나로 들어오는 잡음 성분을 나타낸다 이러한 수학식 2와 같이 위상 이동을 각 채널 성분에 포함하고 채널 보상을 해준다면 S_{2n-3}과 S_{2n-2} 신호를 추정할 수 있다.

[0047] DFE 기법은 처음 검출되는 신호가 정확하다면 나머지 모든 신호의 검출 성능도 우수하게 나타나는 장점을 가진다. 따라서, 다중 경로를 거친 S_{2n-3} 신호가 가장 큰 신호로 높은 신뢰성을 가지고 먼저 검출된 후, 나머지 S_{2n-2} 신호 또한 좋은 성능을 가지고 검출될 수 있다.

[0048] 이상과 같은 본 발명의 실시예는 두 개의 중계 단말을 사용하는 협력 MIMO-OFDM 시스템을 기반으로, 하나의 중계 단말에서는 CDD 기법을 이용하여 다이버시티 이득을 얻고 다른 하나의 중계 단말에서는 서로 다른 신호를 송신하여 멀티플렉싱 이득을 얻는 하이브리드 검출 기법을 사용한다. 따라서, 본 발명의 실시예는 다중 안테나의 문제를 최소화할 뿐만 아니라 추가적인 대역폭이나 안테나의 사용 없이도 전송률 감소 없이 높은 신뢰성을 보장하는 효과적인 통신 시스템을 제공한다.

[0049] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 협력 통신 방법의 SNR에 따른 BER 성능을 비교한 도면이다. SNR_D는 송신 단말(Tx)에서의 SNR 값과 중계 단말(Relay)에서의 SNR 값의 차이를 나타낸다. 본 발명의 실시예는 SNR_D가 증가함에 따라 시스템의 BER 성능이 향상되는 것을 확인할 수 있다.

[0050] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 방법과 기존 방법 간의 신호 구성을 비교한 도면이다. 도 6에서 두 방법은 모두 송신 단말(Tx)과 수신 단말(Rx) 사이에 두 개의 중계 단말(Relay)을 사용하는 경우에 해당하며, 두 중계 단말은 각각 Relay 1과 Relay 2로 표현되어 있다.

[0051] 기존 방법(2-2 신호 구성)의 경우, Relay1은 두 안테나를 통해 S_{2n-3} 신호와 $S_{2n-3,\delta 1}$ 신호를 각각 전송하고, Relay2는 두 안테나를 통해 S_{2n-2} 신호와 $S_{2n-2,\delta 1}$ 신호를 각각 전송한다. 이러한 2-2 신호 구성은 한 개의 타임 슬롯 동안 두 개의 신호를 모두 두 번씩 전송하는 방법이다.

[0052] 이와 달리, 본 발명의 실시예에 따른 방법(3-1 신호 구성)은 한 개의 타임 슬롯 동안 두 개의 신호 중 하나(S_{2n-3})는 세 번 전송하고, 나머지 하나(S_{2n-2})는 한번 전송한다.

[0053] 도 7은 본 발명의 실시예에서 CDD 기법의 적용 유무에 따른 BER 성능을 나타낸 도면이다. 도 7에서 Cooperative CDD(2-2)는 도 6의 기존 기법(2-2 신호 구성)에 해당하고, Proposed scheme는 본 발명의 실시예에 따른 기법에 해당한다. Cooperative no CDD(2-2)와 Cooperative no CDD(3-1)은 기존 기법과 본 발명의 실시예에 따른 기법에 대해 각각 순환 지연을 사용하지 않고 신호를 전송한 경우를 나타낸다.

[0054] 도 7의 결과로부터 본 발명의 실시예에 따른 기법에 의한 3-1 신호 구성을 사용한 경우, 기존 기법에 의한 2-2 신호 구성보다 높은 성능을 가지는 것을 알 수 있다. 또한, 전체적으로 CDD 기법이 적용된 시스템이 CDD 기법이 미적용된 시스템보다 우수한 성능을 가지는 것을 알 수 있다.

[0055] 도 8은 본 발명의 실시예에서 협력 통신 기법 적용 유무에 따른 BER 성능을 나타낸 도면이다. 도 8에서 DFE 2by2는 송신 단말이 두 개의 안테나를 통해 신호를 전송하고 수신 단말은 두 개의 안테나를 통해 신호를 수신하는 경우로서, 중계 단말이 존재하지 않는 경우를 나타낸다.

[0056] DFE 4by2(2-2)와 DFE 4by2(3-1) 또한 협력 통신을 하지 않는 경우로서, 송신 단말이 네 개의 안테나를 통하여 신호를 전송하고 수신 단말은 두 개의 안테나를 통하여 신호를 수신하되, 도 6과 같은 2-2 신호 구성 및 3-1 신호 구성으로 가각ㄱ 신호를 전송하는 경우를 나타낸다.

[0057] 이러한 도 8의 결과로부터 본 발명의 실시예에 따른 시스템은 각 단말이 두 개의 안테나를 갖는 일반적인 통신 시스템(DFE 2by2)에 비해 우수한 성능을 나타내는 것을 알 수 있다. 또한, 송신 단말에 네 개의 안테나를 사용하고 수신 단말에 두 개의 안테나를 사용하는 MIMO 시스템(DFE 4by2)의 결과와 비교해 보면 DFE 4by2(2-2)보다는 성능이 좋고 DFE 4by2(3-1)와는 매우 근접한 성능을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

[0058] 따라서 본 발명의 실시예는 각 단말에 추가적인 안테나의 사용 없이 최소한의 안테나만을 사용하여 향상된 성능을 획득할 수 있으며, 결과적으로 다중 안테나의 문제를 최소화할 뿐만 아니라 높은 신뢰성을 보장하는 효과적인 통신 시스템을 제공할 수 있다.

[0059] 이상과 같이 본 발명에 따른 MIMO-OFDM 시스템 및 그것을 이용한 하이브리드 협력 통신 방법에 따르면, 최소한의 안테나만을 사용하여 전송률과 높은 신뢰성을 동시에 얻을 수 있는 하이브리드 검출 기법을 통해 협력 통신 시스템의 높은 성능을 보장할 수 있는 이점이 있다.

[0060] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

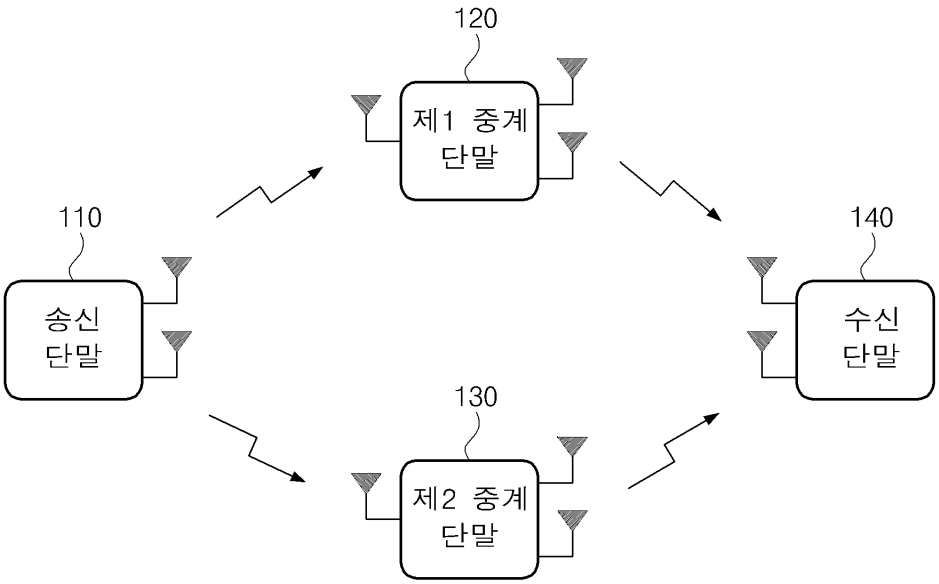
부호의 설명

[0061] 110: 송신 단말 120: 제1 중계 단말

130: 제2 중계 단말 140: 수신 단말

도면

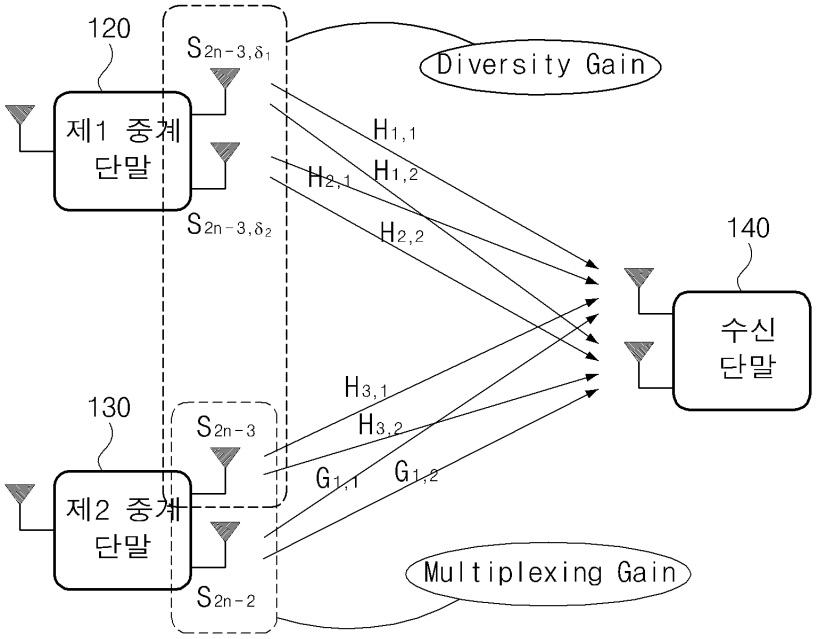
도면1



도면2

Time slot	송신 단말(110)		제1 중계 단말(120)		제2 중계 단말(130)	
	$antenna_1$	$antenna_2$	$antenna_1$	$antenna_2$	$antenna_1$	$antenna_2$
$T=1$	S_1	S_2	0	0	0	0
$T=2$	S_3	S_4	S_{1,δ_1}	S_{1,δ_2}	S_1	S_2
$T=3$	S_5	S_6	S_{3,δ_1}	S_{3,δ_2}	S_3	S_4
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$T=n$	S_{2n-1}	S_{2n}	S_{2n-3,δ_1}	S_{2n-3,δ_2}	S_{2n-3}	S_{2n-2}

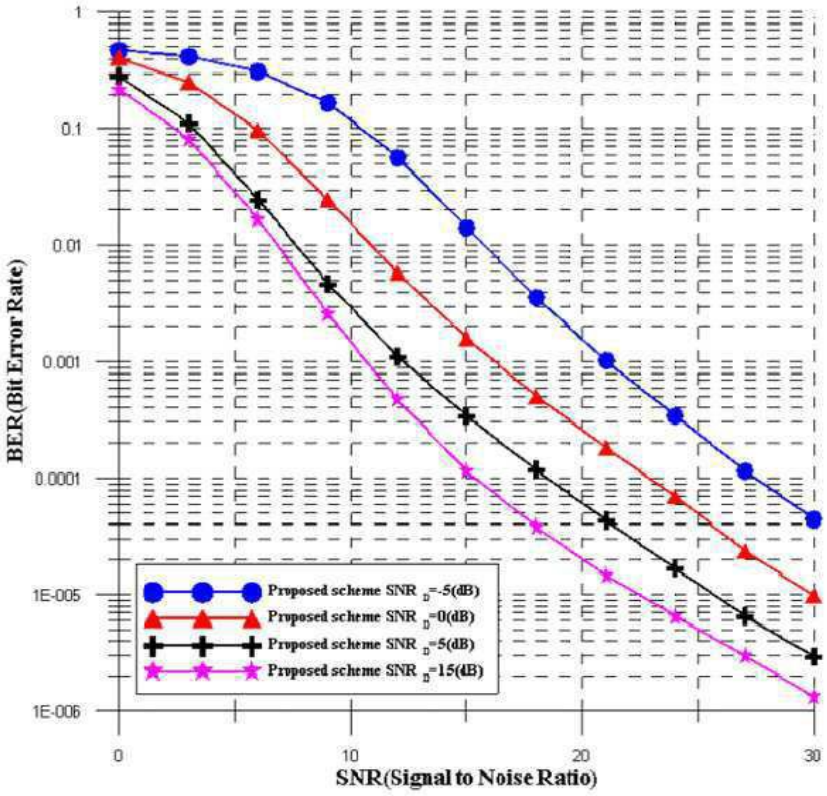
도면3



도면4

Time slot	Rx	
	$antenna_1$	$antenna_2$
$T=1$	0	0
$T=2$	$Y_{2,1}=S_{1,\delta_1}H_{1,1}+S_{1,\delta_2}H_{2,1}$ $+S_1H_{3,1}+S_2G_{1,1}+N$	$Y_{2,2}=S_{1,\delta_1}H_{1,2}+S_{1,\delta_2}H_{2,2}$ $+S_1H_{3,2}+S_2G_{1,2}+N$
$T=3$	$Y_{3,1}=S_{3,\delta_1}H_{1,1}+S_{3,\delta_2}H_{2,1}$ $+S_3H_{3,1}+S_4G_{1,1}+N$	$Y_{3,2}=S_{3,\delta_1}H_{1,2}+S_{3,\delta_2}H_{2,2}$ $+S_3H_{3,2}+S_4G_{1,2}+N$
⋮	⋮	⋮
$T=n$	$Y_{n,1}=S_{2n-3,\delta_1}H_{1,1}$ $+S_{2n-3,\delta_2}H_{2,1}$ $+S_{2n-3}H_{3,1}+S_{2n-2}G_{1,1}+N$	$Y_{n,2}=S_{2n-3,\delta_1}H_{1,2}$ $+S_{2n-3,\delta_2}H_{2,2}$ $+S_{2n-3}H_{3,2}+S_{2n-2}G_{1,2}+N$

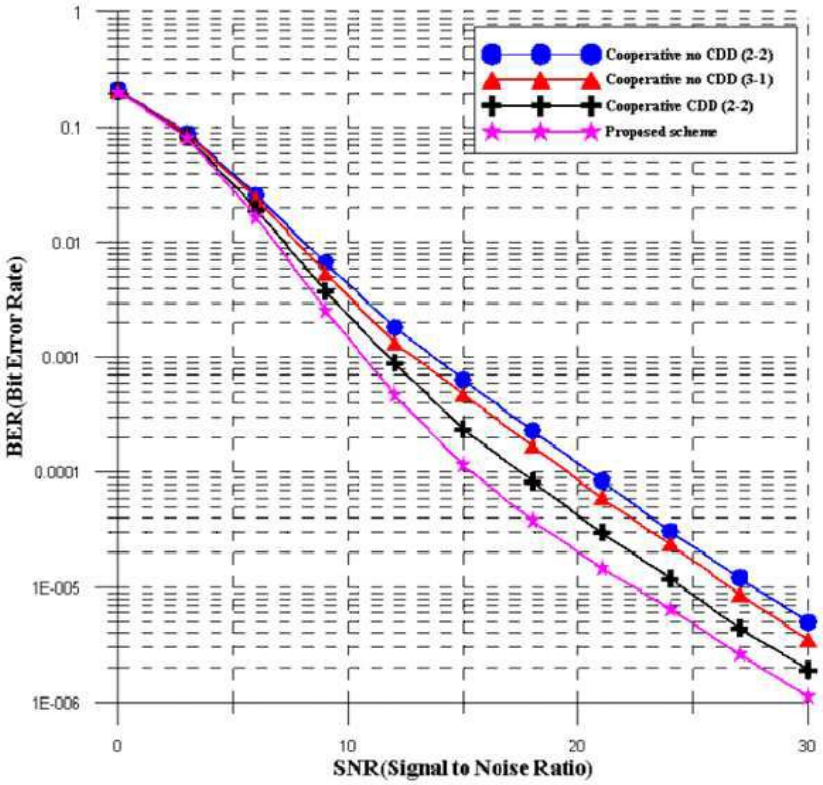
도면5



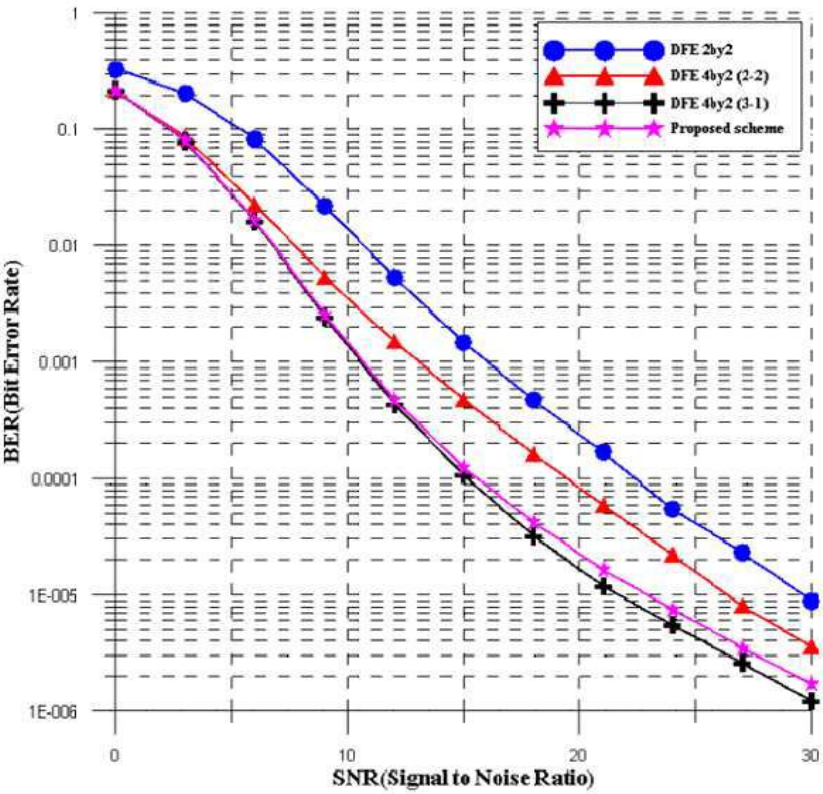
도면6

Antenna Configuration	Relay 1		Relay 2	
	$antenna_1$	$antenna_2$	$antenna_1$	$antenna_2$
$2-2$	S_{2n-3}	S_{2n-3,δ_1}	S_{2n-2}	S_{2n-2,δ_1}
$3-1$	S_{2n-3,δ_1}	S_{2n-3,δ_2}	S_{2n-3}	S_{2n-2}

도면7


Cooperative no CDD (2-2)
Cooperative no CDD (3-1)
Cooperative CDD (2-2)
Proposed scheme
BER(Bit Error Rate)
SNR(Signal to Noise Ratio)
1
0.1
0.01
0.001
0.0001
1E-005
1E-006
0
10
20
30

도면8


DFE 2by2
DFE 4by2 (2-2)
DFE 4by2 (3-1)
Proposed scheme
BER(Bit Error Rate)
SNR(Signal to Noise Ratio)
1
0.1
0.01
0.001
0.0001
1E-005
1E-006
0
10
20
30