(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년04월05일
(11) 등록번호 10-1609100
(24) 등록일자 2016년03월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/155 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04B 7/15592 (2013.01)
H04B 7/15542 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0050267
(22) 출원일자 2015년04월09일
심사청구일자 2015년04월09일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020110024231 A*
KR1020140011961 A*
KR1020080052131 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
송형규
경기 성남시 분당구 중앙공원로 17, 320동 303호 (서현동, 시범단지한양아파트)
유승준
서울 광진구 동일로42길 10
신현준
서울특별시 성북구 장위3동 신안아파트 207동 1105호
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 신상길

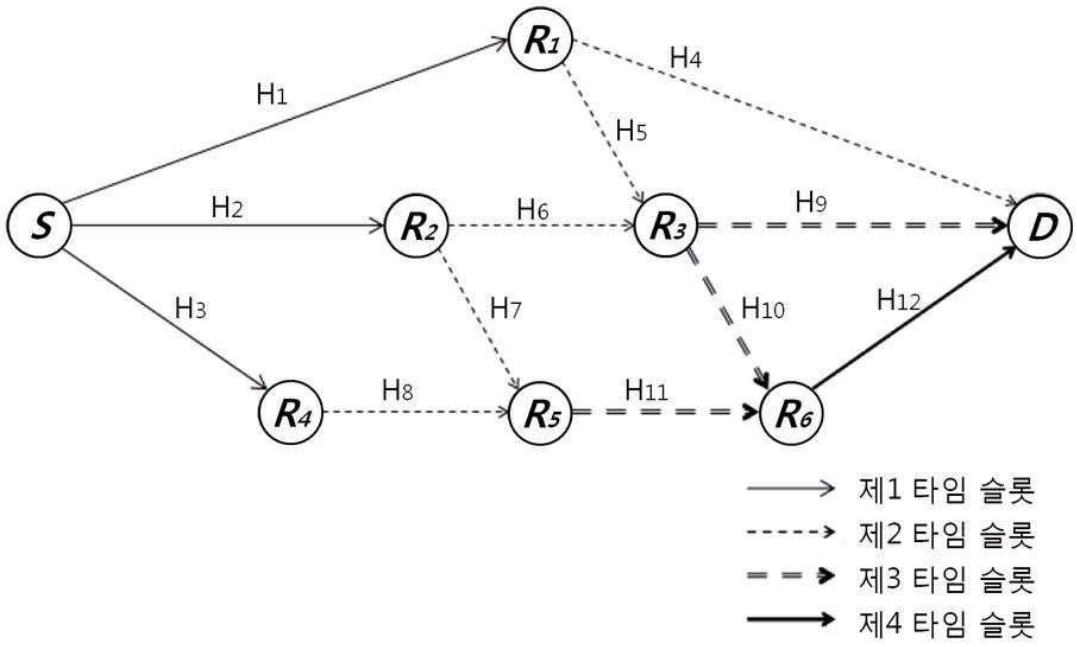
(54) 발명의 명칭 **협력 통신 시스템 및 그것을 이용한 중계 단말 선택 방법**

(57) 요 약

본 발명은 협력 통신 시스템 및 그것을 이용한 중계 단말 선택 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 송신 단말, 수신 단말, 복수의 중계 단말을 포함하는 협력 통신 시스템을 이용한 중계 단말 선택 방법에 있어서, 송신 단말은 제1 타임 슬롯 동안, 적어도 하나의 제1 중계 단말로 신호를 전송하는 단계와, 제1 중계 단말은 제2 타임

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도3



슬롯 동안, 송신 단말과의 경로에 대한 채널 정보 및 신호를 적어도 하나의 제2 중계 단말 또는 수신 단말로 전송하는 단계, 및 제N(N은 2 이상의 정수) 중계 단말은 제N+1 타임 슬롯 동안, 송신 단말과 제1 내지 제N 중계 단말을 경유하는 적어도 하나의 경로에 대응하는 채널 정보 중 가장 우수한 채널 상태를 가지는 경로에 대한 채널 정보 및 신호를 적어도 하나의 제N+1 중계 단말 또는 수신 단말로 전송하는 단계를 포함하며, 수신 단말은, 각각의 중계 단말로부터 수신한 복수의 경로 별로 경로를 구성하는 중계 단말 수를 고려하여 획득되는 채널 정보의 평균 크기 값을 이용하여 전송 경로를 선택하는 중계 단말 선택 방법을 제공한다.

상기의 방법에 따르면, 중계 단말을 사용한 멀티 홉 협력 통신에서 채널의 상태에 따라 중계 단말을 적응적으로 선택하여 현재의 통신 환경에 적합한 경로를 만들 수 있어 신호의 신뢰성을 높일 수 있는 이점이 있다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415135339
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술평가관리원
연구사업명	산업융합기술산업핵심기술개발사업(IT융합)
연구과제명	자율안전주행을 위한 협력제어통신/보안 기술 및 핵심 코어칩 개발
기 여 율	1/1
주관기관	(주)에이디칩스
연구기간	2014.06.01 ~ 2015.05.31

공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

송신 단말, 수신 단말, 상기 송신 단말과 상기 수신 단말 사이의 복수의 중계 단말을 포함하는 협력 통신 시스템을 이용한 중계 단말 선택 방법에 있어서,

상기 송신 단말은 제1 타임 슬롯 동안, 적어도 하나의 제1 중계 단말로 신호를 전송하는 단계;

상기 제1 중계 단말은 제2 타임 슬롯 동안, 상기 송신 단말과의 경로에 대한 채널 정보 및 상기 신호를 적어도 하나의 제2 중계 단말 또는 상기 수신 단말로 전송하는 단계; 및

제N(N은 2 이상의 정수) 중계 단말은 제N+1 타임 슬롯 동안, 상기 송신 단말과 상기 제1 내지 제N 중계 단말을 경유하는 적어도 하나의 경로에 대응하는 채널 정보 중 가장 우수한 채널 상태를 가지는 경로에 대한 채널 정보 및 상기 신호를 적어도 하나의 제N+1 중계 단말 또는 상기 수신 단말로 전송하는 단계를 포함하며,

상기 수신 단말은,

각각의 중계 단말로부터 수신한 복수의 경로 별로, 상기 경로를 구성하는 중계 단말 수를 고려하여 획득되는 상기 채널 정보의 평균 크기 값을 이용하여, 상기 송신 단말과 상기 수신 단말 사이의 전송 경로를 선택하며,

상기 채널 정보의 평균 크기 값은,

상기 경로 상에 존재하는 복수의 채널 상태에 대응하는 복수의 채널 크기의 합을 상기 경로를 구성하는 중계 단말의 수로 나눈 값인 중계 단말 선택 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 수신 단말은,

상기 경로 별로 연산한 평균 크기 값에 상기 경로를 구성하는 중계 단말 수에 따라 결정되는 가중치를 각각 적용하여 상기 평균 크기 값을 조절하는 중계 단말 선택 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 가중치는,

상기 중계 단말 수가 작을수록 큰 값으로 설정되되, 상기 중계 단말 수가 임계치 미만이면 1보다 큰 값으로, 상기 중계 단말 수가 상기 임계치 이상이면 1 이하의 값으로 설정되는 중계 단말 선택 방법.

청구항 5

청구항 1, 청구항 3, 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,

상기 수신 단말은,

상기 복수의 경로 중 상기 평균 크기 값이 가장 큰 경로를 상기 전송 경로로 선택하는 중계 단말 선택 방법.

청구항 6

청구항 1, 청구항 3, 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,

상기 수신 단말은,

상기 복수의 경로 중 상기 평균 크기 값이 상위에 있는 두 개의 경로를 상기 전송 경로로 선택하여 상기 송신 단말 및 상기 복수의 중계 단말에 통보하고,

상기 송신 단말로부터 상기 두 개의 경로를 통하여 수신한 신호를 아래의 수학식에 의한 MRC(Maximal Ratio Combining) 기법으로 복조하는 중계 단말 선택 방법:

$$\hat{X}=\frac{H_{sel1}^{*}\,Y_1+H_{sel2}^{*}\,Y_2}{abs\left(H_{sel1}\right)^2+abs\left(H_{sel2}\right)^2}$$

여기서, $\hat{X}$ 는 상기 MRC 기법으로 복조한 신호, H_{sel1} 와 H_{sel2} 는 상기 선택한 두 개의 경로 각각의 채널 정보, Y_1과 Y_2는 상기 H_{sel1} 와 H_{sel2} 를 각각 통과하여 상기 수신 단말에 수신된 신호, $(\cdot)^{*}$는 콘쥬게이션 연산, abs(·)는 절대값 연산을 나타낸다.

청구항 7

송신 단말, 수신 단말, 상기 송신 단말과 상기 수신 단말 사이의 복수의 중계 단말을 포함하는 협력 통신 시스템에 있어서,

상기 송신 단말은,

제1 타임 슬롯 동안, 적어도 하나의 제1 중계 단말로 신호를 전송하고,

상기 제1 중계 단말은,

제2 타임 슬롯 동안, 상기 송신 단말과의 경로에 대한 채널 정보 및 상기 신호를 적어도 하나의 제2 중계 단말 또는 상기 수신 단말로 전송하며,

제N(N은 2 이상의 정수) 중계 단말은,

제N+1 타임 슬롯 동안, 상기 송신 단말과 상기 제1 내지 제N 중계 단말을 경유하는 적어도 하나의 경로에 대응하는 채널 정보 중 가장 우수한 채널 상태를 가지는 경로에 대한 채널 정보 및 상기 신호를 적어도 하나의 제N+1 중계 단말 또는 상기 수신 단말로 전송하며,

상기 수신 단말은,

각각의 중계 단말로부터 수신한 복수의 경로 별로, 상기 경로를 구성하는 중계 단말 수를 고려하여 획득되는 상기 채널 정보의 평균 크기 값을 이용하여, 상기 송신 단말과 상기 수신 단말 사이의 전송 경로를 선택하며,

상기 채널 정보의 평균 크기 값은,

상기 경로 상에 존재하는 복수의 채널 상태에 대응하는 복수의 채널 크기의 합을 상기 경로를 구성하는 중계 단말의 수로 나눈 값인 협력 통신 시스템.

청구항 8

삭제

청구항 9

청구항 7에 있어서,

상기 수신 단말은,

상기 경로 별로 연산한 평균 크기 값에 상기 경로를 구성하는 중계 단말 수에 따라 결정되는 가중치를 각각 적용하여 상기 평균 크기 값을 조절하는 협력 통신 시스템.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 가중치는,

상기 중계 단말 수가 작을수록 큰 값으로 설정되되, 상기 중계 단말 수가 임계치 미만이면 1보다 큰 값으로, 상기 중계 단말 수가 상기 임계치 이상이면 1 이하의 값으로 설정되는 협력 통신 시스템.

청구항 11

청구항 7, 청구항 9, 청구항 10 중 어느 한 항에 있어서,

상기 수신 단말은,

상기 복수의 경로 중 상기 평균 크기 값이 가장 큰 경로를 상기 전송 경로로 선택하는 협력 통신 시스템.

청구항 12

청구항 7 청구항 9, 청구항 10 중 어느 한 항에 있어서,

상기 수신 단말은,

상기 복수의 경로 중 상기 평균 크기 값이 상위에 있는 두 개의 경로를 상기 전송 경로로 선택하여 상기 송신 단말 및 상기 복수의 중계 단말에 통보하고,

상기 송신 단말로부터 상기 두 개의 경로를 통하여 수신한 신호를 아래의 수학식에 의한 MRC(Maximal Ratio Combining) 기법으로 복조하는 협력 통신 시스템:

$$\hat{X}= \frac{H_{sel1}^{*} Y_1 + H_{sel2}^{*} Y_2}{abs(H_{sel1})^2 + abs(H_{sel2})^2}$$

여기서, $\hat{X}$ 는 상기 MRC 기법으로 복조한 신호, H_{sel1}와 H_{sel2} 는 상기 선택한 두 개의 경로 각각의 채널 정보, Y_1과 Y_2는 상기 H_{sel1}와 H_{sel2} 를 각각 통과하여 상기 수신 단말에 수신된 신호, $(\cdot)^*$는 콘쥬게이션 연산, abs(·)는 절대값 연산을 나타낸다.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 협력 통신 시스템 및 그것을 이용한 중계 단말 선택 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 중계 단말을 사용한 멀티 홉 협력 통신에서 채널의 상태에 따라 중계 단말을 효율적으로 선택할 수 있는 협력 통신 시스템 및 그것을 이용한 중계 단말 선택 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 멀티 홉 협력 통신은 무선 통신 시스템에서 통신 범위의 확대와 용량 증대를 위해 연구되어 왔다. 멀티 홉 협력 통신은 중계 단말(릴레이)을 사용하여 통신 범위를 확대함에 따라 기존의 통신 범위 밖의 지역에서 통신이 가능하게 하며 신호대 잡음비를 향상시켜서 채널 용량을 증대시킨다.

[0003] 멀티 홉 협력 통신은 송신 단말과 수신 단말 사이에 새로운 기지국을 설치하는 대신 신호를 중계하는 중계 단말을 사용함에 따라 비용을 줄이는 데 효율적인 기법이다. 이보다 진보된 기술로는 송신 단말과 수신 단말 사이에 있는 복수의 중계 단말 중에서 한 개 혹은 둘 이상의 중계 단말을 선택하여 통신하는 기법이 있다. 이 기법은 중계 단말을 선택할 때에 복잡성을 줄이는 것이 필수적이다.

[0004] 최근 중계 단말 선택에 관련된 연구들은 정해진 경로 중에서 하나 혹은 둘 이상의 경로를 선택하기 때문에, 중계 단말의 구성이 제각각인 여러 가지 다른 상황에 적용하기에는 유연성 및 적응력이 부족하다. 그러므로 다양

한 중계 단말 환경에 적용할 수 있는 새로운 중계 단말 선택 전략이 필요하다.

[0005] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국등록특허 제0786125호(2007.12.18 공고)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은, 협력 통신에서 채널의 상태에 따라 중계 단말을 효율적으로 선택할 수 있는 협력 통신 시스템 및 그것을 이용한 중계 단말 선택 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명은, 송신 단말, 수신 단말, 상기 송신 단말과 상기 수신 단말 사이의 복수의 중계 단말을 포함하는 협력 통신 시스템을 이용한 중계 단말 선택 방법에 있어서, 상기 송신 단말은 제1 타임 슬롯 동안, 적어도 하나의 제1 중계 단말로 신호를 전송하는 단계와, 상기 제1 중계 단말은 제2 타임 슬롯 동안, 상기 송신 단말과의 경로에 대한 채널 정보 및 상기 신호를 적어도 하나의 제2 중계 단말 또는 상기 수신 단말로 전송하는 단계, 및 제N(N은 2 이상의 정수) 중계 단말은 제N+1 타임 슬롯 동안, 상기 송신 단말과 상기 제1 내지 제N 중계 단말을 경유하는 적어도 하나의 경로에 대응하는 채널 정보 중 가장 우수한 채널 상태를 가지는 경로에 대한 채널 정보 및 상기 신호를 적어도 하나의 제N+1 중계 단말 또는 상기 수신 단말로 전송하는 단계를 포함하며, 상기 수신 단말은, 각각의 중계 단말로부터 수신한 복수의 경로 별로, 상기 경로를 구성하는 중계 단말 수를 고려하여 획득되는 상기 채널 정보의 평균 크기 값을 이용하여, 상기 송신 단말과 상기 수신 단말 사이의 전송 경로를 선택하는 중계 단말 선택 방법을 제공한다.

[0008] 여기서, 상기 채널 정보의 평균 크기 값은, 상기 경로 상에 존재하는 복수의 채널 상태에 대응하는 복수의 채널 크기의 합을 상기 경로를 구성하는 중계 단말의 수로 나눈 값일 수 있다.

[0009] 또한, 상기 수신 단말은, 상기 경로 별로 연산한 평균 크기 값에 상기 경로를 구성하는 중계 단말 수에 따라 결정되는 가중치를 각각 적용하여 상기 평균 크기 값을 조절할 수 있다.

[0010] 여기서, 상기 가중치는, 상기 중계 단말 수가 작을수록 큰 값으로 설정되되, 상기 중계 단말 수가 임계치 미만이면 1보다 큰 값으로, 상기 중계 단말 수가 상기 임계치 이상이면 1 이하의 값으로 설정될 수 있다.

[0011] 또한, 상기 수신 단말은, 상기 복수의 경로 중 상기 평균 크기 값이 가장 큰 경로를 상기 전송 경로로 선택할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 수신 단말은, 상기 복수의 경로 중 상기 평균 크기 값이 상위에 있는 두 개의 경로를 상기 전송 경로로 선택하여 상기 송신 단말 및 상기 복수의 중계 단말에 통보하고, 상기 송신 단말로부터 상기 두 개의 경로를 통하여 수신한 신호를 아래의 수학식에 의한 MRC(Maximal Ratio Combining) 기법으로 복조할 수 있다.

[0013]
$$\hat{X}=\frac{H_{sel1}^{*}\,Y_1+H_{sel2}^{*}\,Y_2}{abs\left(H_{sel1}\right)^2+abs\left(H_{sel2}\right)^2}$$

[0014] 여기서, $\hat{X}$ 는 상기 MRC 기법으로 복조한 신호, H_{sel1} 와 H_{sel2} 는 상기 선택한 두 개의 경로 각각의 채널 정보, Y_1과 Y_2는 상기 H_{sel1} 와 H_{sel2} 를 각각 통과하여 상기 수신 단말에 수신된 신호, $(\cdot)^{*}$는 콘쥬게이션 연산, abs(·)는 절대값 연산을 나타낸다.

[0015] 그리고, 본 발명은, 송신 단말, 수신 단말, 상기 송신 단말과 상기 수신 단말 사이의 복수의 중계 단말을 포함하는 협력 통신 시스템에 있어서, 상기 송신 단말은, 제1 타임 슬롯 동안, 적어도 하나의 제1 중계 단말로 신호를 전송하고, 상기 제1 중계 단말은, 제2 타임 슬롯 동안, 상기 송신 단말과의 경로에 대한 채널 정보 및 상기 신호를 적어도 하나의 제2 중계 단말 또는 상기 수신 단말로 전송하며, 제N(N은 2 이상의 정수) 중계 단말은, 제N+1 타임 슬롯 동안, 상기 송신 단말과 상기 제1 내지 제N 중계 단말을 경유하는 적어도 하나의 경로에 대응하는 채널 정보 중 가장 우수한 채널 상태를 가지는 경로에 대한 채널 정보 및 상기 신호를 적어도 하나의 제N+1 중계 단말 또는 상기 수신 단말로 전송하며, 상기 수신 단말은, 각각의 중계 단말로부터 수신한 복수의 경

로 별로, 상기 경로를 구성하는 중계 단말 수를 고려하여 획득되는 상기 채널 정보의 평균 크기 값을 이용하여, 상기 송신 단말과 상기 수신 단말 사이의 전송 경로를 선택하는 협력 통신 시스템을 제공한다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 따른 협력 통신 시스템 및 그것을 이용한 중계 단말 선택 방법에 따르면, 중계 단말을 사용한 멀티 홉 협력 통신에서 채널의 상태에 따라 중계 단말을 적응적으로 선택하여 현재의 통신 환경에 적합한 경로를 만들 수 있어 신호의 신뢰성을 높일 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 협력 통신 시스템에서 송신 단말과 수신 단말 사이에 존재하는 중계 단말들의 분포를 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 중계 단말 선택의 일반화 과정을 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 협력 통신 시스템에서 경로를 만드는 과정을 설명하는 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 경로 선택 과정을 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따라 설정된 경로를 이용하여 송신 단말이 중계 단말을 통해 수신 단말로 신호를 전송하는 과정을 나타낸 도면이다.

도 6 및 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 방법에서 한 가지 경로를 사용할 때의 비트 에러율 및 처리율 특성을 기존의 방법과 각각 비교하여 나타낸 도면이다.

도 8 및 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 방법에서 두 가지 경로를 사용할 때의 비트에러율 및 처리율 특성을 기존의 방법 및 한 가지 경로를 사용한 방법과 각각 비교하여 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 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.

[0019] 본 발명은 협력 통신 시스템 및 그것을 이용한 중계 단말 선택 방법에 관한 것으로, 멀티 홉 협력 통신을 위하여 다중의 중계 단말을 사용하는 경우 중계 단말을 효과적으로 선택하기 위한 전략을 제공한다. 이러한 본 발명은 정해진 경로를 사용하지 않고 채널의 상태에 따라 새로운 경로를 만들어 사용함에 따라 다양한 릴레이 환경에 맞추어 신호의 신뢰성을 얻을 수 있다.

[0020] 일반적으로 무선 통신에서 송신 단말과 수신 단말 사이에 다수의 중계 단말과 함께 최적의 경로를 구성하는 것은 매우 어렵다. 그 이유는 다수의 중계 단말과 관련된 모든 채널의 특성을 파악하여 중계 단말을 선택해야 하기 때문이다.

[0021] 본 발명의 실시예는 송신 단말과 수신 단말 사이의 모든 경로의 채널의 특성을 파악하지 않고 최단 및 최적의 경로를 효율적으로 선택하여 신호를 전송함에 따라 신호의 신뢰성을 향상시킨다. 이러한 본 발명의 실시예는 경로 설정에 필요한 시간 및 비용을 줄이기 위하여 역방향을 경로 선택에서 제외하도록 한다.

[0022] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 협력 통신 시스템의 구성에 관하여 설명한다. 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 협력 통신 시스템에서 송신 단말과 수신 단말 사이에 존재하는 중계 단말들의 분포를 나타낸 도면이다.

[0023] 도 1은 송신 단말(S)과 수신 단말(D) 사이에 존재하는 일반적인 중계 단말(R)의 분포를 나타내는 것으로서, 송신 단말(S)과 수신 단말(D) 사이에는 N개의 중계 단말($R;R_1,\cdots,R_N$)이 위치한 것을 알 수 있다. 송신 단말(S)이 전송한 신호는 중계 단말(R)을 통하여 수신 단말(D)로 전송된다.

[0024] 각각의 중계 단말(R) 및 수신 단말(D)이 수신하는 신호는 다음의 수학식 1과 같이 정리될 수 있다.

수학식 1

[0025] $$Y = HX + I + n$$

[0026] 여기서, Y는 각각의 중계 단말과 수신 단말이 수신한 신호, H는 수신된 신호가 통과한 채널, X는 송신 신호, I는 간섭(interference), n은 부가 백색 가우시안 잡음(AWGN; Additive White Gaussian Noise)을 나타낸다.

[0027] 수학식 1에서 I는 중계 단말이 많아질수록 발생하며, 이러한 I의 분포는 가우시안 분포를 나타내기 때문에 I와 n의 합은 가우시안으로 나타낼 수 있다. 따라서 수학식 1은 수학식 2와 같이 표현할 수 있다.

수학식 2

[0028] $$Y = HX + N$$

[0029] 여기서, N은 I와 n이 더해진 가우시안 분포의 변수를 나타낸다.

[0030] 각각의 중계 단말과 수신 단말이 수신 신호를 검출할 때에는 최소 평균 제곱 오차(MMSE;Minimum Mean Square Error) 기법을 사용하여 가우시안 분포의 N을 고려하여 신호를 검출한다. MMSE 검출 방법의 목적은 수신된 신호와 전송 가능한 신호의 평균 제곱 오차(MSE;Mean Square Error)를 가우시안 분포와 함께 고려하여 최소화하는 것이다. 이를 수식으로 나타내면 다음의 수학식 3과 같다.

수학식 3

[0031] $$G = inv\left(H^H H + \sigma^2 I\right) H^H$$

[0032] 여기서, σ^2은 잡음의 분산, I는 송신 안테나만큼의 크기를 가지는 단위 행렬, $()^H$는 Hermitian 연산을 나타낸다. 이렇게 만들어진 행렬 G를 수신된 신호와 곱하고 변조된 차수에 따른 기준에 따라 0과 1로 경판정(hard decision)하면 원래의 송신 신호로 복조가 가능해진다.

[0033] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 중계 단말 선택의 일반화 과정을 나타낸 도면이다. 도 2의 (a)는 경로의 선택 과정, (b)는 정렬 과정, (c)는 일반화 과정을 나타낸다.

[0034] 도 2의 (a)와 같이 송신 단말(S)과 수신 단말(D) 사이에 경로가 선택되면 수신 단말(D)은 각 경로의 순서와 상관 없이 도 2의 (b)와 같이 인식하게 된다. 경로의 수가 늘어나는 경우에는 도 2의 (c)와 같이 경로 길이를 고려하여 경로를 일반화할 수 있다.

[0035] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 협력 통신 시스템에서 경로를 만드는 과정을 설명하는 도면이다. 도 3에서 수신 단말(D)은 송신 단말(S)의 전송 범위 밖에 위치하고 있기 때문에 신호 전송 시에 적어도 하나의 중계 단말(R)을 활용해야 한다.

[0036] 도 3은 설명의 편의를 위해 신호의 전송 과정을 타임 슬롯 단위로 표현하고 있다. 이를 통해 각각의 타임 슬롯마다 해당 단말이 어디로 신호를 송신하고 수신하는지를 알 수 있다.

[0037] 먼저, 제1 타임 슬롯(t1) 동안, 송신 단말(S)은 전송 범위 이내의 적어도 하나의 제1 중계 단말로 신호를 브로드캐스트 전송한다.

[0038] 도 3의 경우, 송신 단말(S)은 제1 타임 슬롯 동안 주변에 위치한 복수의 제1 중계 단말(R1,R2,R4)로 신호를 전송하게 된다. 여기서 각각의 제1 중계 단말(R1,R2,R4)은 송신 단말(S)로부터 수신한 신호를 이용하여 자신과 송신 단말(S) 간의 경로에 대한 채널 정보를 확인할 수 있다. 예를 들어 제1 중계 단말인 R1, R2, R3는 각각 자신과 송신 단말(S) 간의 채널 정보인 H_1, H_2, H_3을 확인할 수 있다.

[0039] 이후, 제2 타임 슬롯(t2) 동안, 각각의 제1 중계 단말은 송신 단말(S)과 자신 사이의 채널 정보 및 상기 신호를

자신의 주변에 있는 적어도 하나의 제2 중계 단말 또는 수신 단말(D)로 전송한다.

[0040] 도 3의 경우, 각각의 제1 중계 단말(R1,R2,R4)은 제2 타임 슬롯 동안 자신과 송신 단말(S) 사이의 채널 정보 및 상기 신호를 제2 중계 단말(R3,R5) 또는 수신 단말(D)로 전송한다. 구체적으로, R1은 전송 범위 이내에 있는 R3 및 D에게 H_1 정보 및 신호를 함께 전송한다. 또한, R2는 R3와 R5에게 H_2 정보 및 신호를 함께 전송하다. 마찬가지로, R4는 R5에게만 H_3 정보 및 신호를 함께 전송한다.

[0041] 이러한 예시에서, R1의 경우에서와 같이, 수신 단말(D)이 제1 중계 단말(R1)의 전송 범위 내에 있다면, 제1 중계 단말(R1)이 브로드캐스트한 신호는 수신 단말(D)에도 수신되는 것을 알 수 있다. 물론 이때, 수신 단말(D)은 R1으로부터 수신한 신호로부터 S-R1-D 경로에 대응하는 H_1+H_4의 정보를 확인할 수 있다.

[0042] 본 발명의 실시예에서 각각의 중계 단말(R)은 전송 범위 이내에 있는 주변의 단말(중계 단말 또는 수신 단말)에게 신호를 브로드캐스트 전송한다. 이때, 이미 이전의 타임 슬롯에서 송신 단말(S)의 신호를 수신한 중계 단말(R)은 이후에 다른 중계 단말로부터 신호를 수신하더라도 해당 신호를 무시하도록 한다. 이는 이후의 과정에서도 동일한 원리로 적용될 수 있다.

[0043] 이러한 제2 타임 슬롯에서, 제2 중계 단말인 R3는 이미 송신 단말(S)과 R1 사이의 채널인 H_1 정보와, 송신 단말(S)과 R2 사이의 채널인 H_2 정보를 수신한 바 있다. 또한, R3는 R1로부터 수신한 신호로부터 자신과 R1 사이의 채널인 H_5를 확인할 수 있고, R2로부터 수신한 신호로부터 H_6을 확인할 수 있다. 물론, R5의 경우도 마찬가지의 원리로 동작한다.

[0044] 이에 따라, 제2 중계 단말인 R3 및 R5는 각각 송신 단말(S)과 자신 사이에 존재하는 두 가지 경로의 채널 상태를 모두 확인할 수 있게 된다. 즉, R3의 경우는 H_1+H_5에 의한 제1 경로 및 H_2+H_6에 의한 제2 경로의 채널 상태를 알 수 있다. 또한, R5의 경우는 H_2+H_7에 의한 제1 경로 및 H_3+H_8에 의한 제2 경로의 채널 상태를 각각 알 수 있다.

[0045] 이후, 제3 타임 슬롯(t3) 동안, 제2 중계 단말은 자신과 송신 단말(S) 사이의 경로 중에서 채널 상태가 우수한 경로 정보와 상기 신호를 자신의 주변에 있는 적어도 하나의 제3 중계 단말 또는 수신 단말(D)로 전송한다.

[0046] 구체적으로, 제2 중계 단말은 송신 단말(S)과 상기 제1 내지 제2 중계 단말을 경유하는 적어도 하나의 경로에 대응하는 채널 정보 중 가장 우수한 채널 상태를 가지는 경로에 대한 채널 정보 및 상기 신호를 적어도 하나의 제3 중계 단말 또는 수신 단말(D)로 전송한다. 이를 더욱 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

[0047] 도 3의 경우, 제2 중계 단말인 R3은 앞서 두 경로(H_1+H_5 경로, H_2+H_6 경로) 중에서 가장 우수한 채널 상태를 가지는 경로에 대한 채널 정보를 선택한다. 만일 H_2+H_6이 H_1+H_5보다 채널 상태가 우수하다면, R3은 H_2+H_6의 정보 및 상기 신호를 주변의 제3 중계 단말(R6) 및 수신 단말(D)로 동시에 전송한다. 이때, 수신 단말(D)은 R3에서 전송한 신호를 이용하여 H_2+H_6+H_9의 채널 정보를 알 수 있다.

[0048] R3와 마찬가지로, 제2 중계 단말인 R5는 두 개의 경로(H_2+H_7, H_3+H_8) 중에서 채널 상태가 우수한 하나의 채널 정보(ex,H_2+H_7) 및 상기 신호를 제3 중계 단말(R6)에 전송한다.

[0049] 이와 같이 제2 중계 단말은 적어도 하나의 경로에 대한 채널 상태를 얻게 되는데, 여러 경로 중에서 가장 좋은 채널 상태를 선택한다. 가장 좋은 채널을 선택하는 방법은 채널의 크기(Magnitude)가 가장 큰 채널을 선택하는 방법을 사용할 수 있다.

[0050] 이러한 제3 타임 슬롯(t3)에서, 제3 중계 단말인 R6은 송신 단말(S)과 R3 사이에서 선택된 경로인 H_2+H_6 정보와, 송신 단말(S)과 R5 사이에서 선택된 경로인 H_2+H_7 정보를 이미 수신한 바 있다. 또한, R6은 R3로부터 수신한 신호를 이용하여 자신과 R3 사이의 채널인 H_{10}를 확인할 수 있고, R5로부터 수신한 신호를 이용하여 H_{11}을 확인할 수 있다.

[0051] 따라서, 제3 중계 단말인 R6은 송신 단말(S)과 자신 사이의 두 가지 경로에 대한 채널 상태를 모두 확인할 수 있다. 즉, R6은 H_2+H_6+H_{10}에 의한 제1 경로와 H_2+H_7+H_{11}에 의한 제2 경로의 채널 상태를 각각 알 수 있다.

[0052] 이후의 제4 타임 슬롯(t4) 동안, 제3 중계 단말인 R6은 앞서 제2 중계 단말과 동일한 방법의 동작을 수행한다.

그러면, 이전의 두 경로인 $H_2+H_6+H_{10}$과 $H_2+H_7+H_{11}$의 경로 중 채널 상태가 좋은 하나(ex, $H_2+H_6+H_{10}$)를 선택하여 해당 정보를 수신 단말(D)로 전송하게 될 것이다.

[0053] 이상과 같은 본 발명의 실시예에서 제3 타임 슬롯(t3)부터의 동작은 아래와 같은 개념으로 간단히 요약될 수 있다. 즉, 제N+1 타임 슬롯 동안(N은 2 이상의 정수), 제N 중계 단말은, 송신 단말(S)과 상기 제1 내지 제N 중계 단말을 경유하는 적어도 하나의 경로에 대응하는 채널 정보 중 가장 우수한 채널 상태를 가지는 경로에 대한 채널 정보 및 상기 신호를 적어도 하나의 제N+1 중계 단말 또는 수신 단말(D)로 전송한다.

[0054] 이상과 같은 과정을 타임 슬롯 별로 정리한 결과는 다음의 도 4 및 도 5를 참조한다. 먼저, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 경로 선택 과정을 나타낸 도면이다. 이러한 도 4는 가능한 모든 경로에 대한 신호 전송 경로를 타임 슬롯마다 구분하여 나타낸 것이다. 이를 통해 각각의 중계 단말과 수신 단말이 각각의 타임 슬롯마다 어떤 단말로부터 신호를 수신하는지 알 수 있다.

[0055] 모든 신호가 전송되고 나면, 마지막으로 상기 수신 단말(D)은 각각의 중계 단말로부터 수신한 복수의 경로 별로 획득되는 채널 정보의 평균 크기 값을 이용하여, 송신 단말(S)과 수신 단말(D) 사이의 전송 경로를 선택한다. 도 3의 경우 수신 단말(D)은 최종적으로 세 가지 경로를 통해 신호가 수신된다. 이때, 세 가지 경로 별로, 해당 경로를 구성하는 중계 단말의 수를 고려하여 채널 정보의 평균 크기 값을 획득한다. 그 상세한 방법은 다음과 같다.

[0056] 도 3의 예시에서, 수신 단말(D)은 R1, R3, R6에 의한 세 가지 경로를 거쳐 신호를 수신한다. 이 세 가지 경로는 전송 경로로 사용될 수 있는 후보 경로에 해당한다.

[0057] 그 첫 번째 경로의 경우, 수신 단말(D)은 R1으로부터 수신한 H_1 정보와 상기 신호를 이용하여 S-R1-D 경로에 의한 H_1+H_4의 정보를 알 수 있다. 두 번째 경로의 경우, 수신 단말(D)은 R3으로부터 선택되어 수신한 H_2+H_6 정보와 상기 신호를 이용하여 S-R2-R3-D 경로에 의한 $H_2+H_6+H_9$의 정보를 알 수 있다. 세 번째 경로의 경우, 수신 단말(D)은 R6으로부터 선택되어 수신한 $H_2+H_6+H_{10}$ 정보와 상기 신호를 이용하여 S-R2-R3-R6-D 경로에 의한 $H_2+H_6+H_{10}+H_{12}$의 정보를 알 수 있다.

[0058] 각 경로에 대한 채널 정보의 평균 크기 값을 구할 때에는 해당 경로에 사용되는 중계 단말의 수를 이용한다. 즉, 해당 경로 상에 존재하는 복수의 채널 상태에 대응하는 복수의 채널 크기를 합산한 값을, 해당 경로에 사용된 중계 단말 개수로 나눈 값을 평균 크기 값으로 사용한다.

[0059] 첫 번째 경로의 경우는 사용된 중계 단말의 수가 1개이므로 'H_1+H_4의 채널 크기'를 '1'로 나눈 값이 해당 경로의 평균 크기 값으로 구한다. 마찬가지로, 두 번째 경로의 경우는 '$H_2+H_6+H_9$의 채널 크기'를 2로 나눈 값을, 세 번째 경로의 경우는 '$H_2+H_6+H_{10}+H_{12}$의 채널 크기'를 3으로 나눈 값을 해당 경로에서의 채널 정보의 평균 크기 값으로 각각 획득한다.

[0060] 물론 이외에도, 각 경로에 대한 채널의 평균 크기 값을 획득할 때에는, 수신 단말(D)과 그 직전에 위치한 중계 단말 사이의 채널 정보(H_4, H_9, H_{12})는 연산에서 제외될 수도 있다. 즉, 두 번째 경로의 경우를 예를 들면, 'H_2+H'의 채널 크기를 2로 나눈 값을 평균 크기 값으로 사용할 수도 있다.

[0061] 이상과 같이, 해당 경로 상의 채널 크기의 합을 경로 상에 존재하는 릴레이 수로 나눈 평균 값에 기반하여 전송 경로를 선택하는 이유는, 전송 경로를 설정하는데 있어 가급적 송신 단말(S)과 수신 단말(D) 사이에 최단 거리를 가지는 동시에 최적 채널 상태의 경로를 선택할 수 있게 하기 위한 것이다.

[0062] 이하에서는 상기의 세 가지 경로에 대한 채널 정보의 평균 크기 값을 간단히 H_a, H_b, H_c로 명명한다. 본 발명의 실시예에서는 세 가지 경로 중에서 평균 크기 값이 가장 큰 경로를 전송 경로로 선택할 수 있다.

[0063] 여기서, 전송 경로를 선택하기 이전에, 수신 단말(D)은 각각의 경로 별로 연산한 평균 크기 값에, 상기 경로를 구성하는 중계 단말 수에 따라 결정되는 가중치를 각각 적용하여, 상기 평균 크기 값을 조절할 수 있다. 이와 같이 조절된 평균 크기 값을 서로 비교하여 가장 큰 값을 가지는 하나의 경로를 전송 경로로 사용할 수도 있다. 그 구체적인 방법은 아래의 수학식 4와 같이 정리될 수 있다.

수학식 4

[0064] $$H_{sel} = \max(\alpha H_a, \beta H_b, \gamma H_c)$$

[0065] 여기서, max(·)는 (·) 값 중에서 가장 큰 값을 선택하는 함수, H_a, H_b, H_c는 세 가지 경로 각각에 대한 채널 평균 크기 값, α, β, γ는 H_a, H_b, H_c에 개별 적용되는 가중치를 나타낸다.

[0066] 여기서 본 발명의 실시예는 중계 단말의 개수가 작을수록 높은 가중치를 부여하는데, 그 이유는 전송 경로 상에 중계 단말의 개수가 많아지면 신호의 왜곡이 심해지기 때문이다.

[0067] 따라서, 본 발명의 실시예에서 상기 가중치는 해당 경로에 사용된 중계 단말 수가 작을수록 큰 값으로 설정된다. 예를 들어, 중계 단말 수가 기 설정된 임계치 미만인 경우 가중치가 1보다 큰 값으로 설정되어 평균 크기 값을 증가시키도록 하고, 중계 단말 수가 임계치 이상이면 가중치가 1 이하의 값으로 설정되어 평균 크기 값을 감소시키도록 한다.

[0068] 이상과 같이 본 발명의 실시예는 가중치가 부여된 채널 평균 크기 값을 각 경로 별로 비교한 다음 가장 큰 값을 가지는 경로를 전송 경로로 선택할 수 있다.

[0069] 도 5는 본 발명의 실시예에 따라 설정된 경로를 이용하여 송신 단말이 중계 단말을 통해 수신 단말로 신호를 전송하는 과정을 나타낸 도면이다. 도 5는 3개의 중계 단말을 포함하는 전송 경로가 선택된 것을 예시한 것이다. 수신 단말(D)은 경로가 선택되면 해당 경로를 송신 단말(S)에 알려준다. 그리고 송신 단말(S)은 도 5와 같이 정해진 경로를 통하여 신호를 연속적으로 보내게 된다.

[0070] 앞서의 경우 복수의 경로 중에서 평균 크기 값이 가장 큰 하나의 경로를 전송 경로로 선택한 것은 설명한 것이다. 다만, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 이하에서는 두 개의 경로를 전송 경로로 선택하여 사용하는 경우에 대하여 설명한다.

[0071] 본 발명의 실시예는 다중의 릴레이(중계 단말)로 인한 신호의 왜곡에 대해 신호의 신뢰성을 향상시키기 위한 방법으로서, 복수의 경로 중 평균 크기 값이 상위에 있는 두 개의 경로를 전송 경로로 선택한다. 이와 같이 두 개의 경로를 전송 경로로 사용하면 다이버시티 이득을 얻을 수 있다.

[0072] 우선, 수신 단말(D)은 복수의 경로 중 평균 크기 값이 상위에 있는 두 개의 경로를 전송 경로로 선택한다. 여기서 평균 크기 값이 상위에 있는 두 개의 경로를 선택하는 방법은 앞서와 같이 평균 크기 값을 단순 비교하는 방법 또는 가중치가 부여된 평균 크기 값을 비교하는 방법을 사용할 수 있다.

[0073] 이후, 수신 단말(D)은 선택한 두 개의 경로를 송신 단말(S) 및 복수의 중계 단말에 통보한다. 그러면, 송신 단말(S)은 두 개의 경로를 통해 신호를 연속적으로 전송한다.

[0074] 수신 단말(D)은 송신 단말(S)로부터 두 개의 경로를 통하여 수신한 신호를 수학식 5와 같이 MRC(Maximal Ratio Combining) 기법으로 복조한다.

수학식 5

[0075] $$\hat{X} = \frac{H_{sel1}^{*} Y_1 + H_{sel2}^{*} Y_2}{abs(H_{sel1})^2 + abs(H_{sel2})^2}$$

[0076] 여기서, $\hat{X}$는 상기 MRC 기법으로 복조한 신호, H_{sel1}와 H_{sel2}는 상기 선택한 두 개의 경로 각각의 채널 정보, Y_1과 Y_2는 상기 H_{sel1}와 H_{sel2}를 각각 통과하여 상기 수신 단말에 수신된 신호, $(\cdot)^*$는 콘쥬게이션 연산, abs(·)는 절대값 연산을 나타낸다.

[0077] 이상과 같은 본 발명의 실시예는 기존의 정해진 경로를 선택하는 한계를 극복하고 현재의 릴레이 환경에 적합한 경로를 적응적으로 선택할 수 있어 사용자에게 보다 나은 서비스를 제공할 수 있다.

[0078] 또한, 송신 단말과 수신 단말 사이에서 효율적인 중계 단말을 선택하는 동시에 단거리의 전송 경로를 구성할 수 있어, 기존에 정해진 경로를 통해 신호를 전송하는 것보다 높은 신뢰성을 가지는 신호를 얻을 수 있다.

[0079] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 중계 단말 선택 방법을 시뮬레이션을 통하여 검증한 결과를 설명한다. 시뮬레이션은 16 QAM으로 변조된 신호에 code rate 1/2의 콘볼루셔널 코딩(convolutional coding)을 하여 128개의 부반송파를 갖는 OFDM 기법을 사용하였다.

[0080] 도 6 및 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 방법에서 한 가지 경로를 사용할 때의 비트 에러율 및 처리율 특성을 기존의 방법과 각각 비교하여 나타낸 도면이다.

[0081] 도 6 및 도 7에서 1개의 중계 단말을 사용한 기존 기법(Conventional relaying with 1 relay)은 1개의 중계 단말을 정해진 경로로 사용하여 신호를 전송한 경우이다. 마찬가지로, 2개의 중계 단말을 사용한 기존 기법(Conventional relaying with 2 relays)은 2개의 중계 단말을 정해진 경로로 사용하여 신호를 전송한 경우이고, 3개의 중계 단말을 사용한 기존 기법(Conventional relaying with 3 relays)은 3개의 중계 단말을 정해진 경로로 사용하여 신호를 전송한 경우이다.

[0082] 본 발명의 실시예에 따른 일반 기법(Normal relaying strategy)은 세 가지 경로에 대해 중계 단말의 개수에 따른 가중치를 적용하지 않고 가장 큰 평균 크기 값에 해당하는 경로를 전송 경로로 선택하여 신호를 전송한 경우이고, 본 발명의 실시예에 따른 제안 기법(Proposed relaying strategy)은 세 가지 경로에 대한 각각의 평균 크기 값에 개별 가중치를 적용한 결과 가장 큰 값을 나타낸 경로를 전송 경로로 선택한 경우이다.

[0083] 이러한 도 6 및 도 7은 상술한 5가지의 방법에 대한 비트 에러율(BER) 성능 결과 및 처리량(throughput) 성능 결과를 비교한 것으로서, 제안된 기법은 기존의 기법보다 비트 에러율과 처리량 성능이 모두 향상된 것을 알 수 있다.

[0084] 도 8 및 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 방법에서 두 가지 경로를 사용할 때의 비트에러율 및 처리율 특성을 기존의 방법 및 한 가지 경로를 사용한 방법과 각각 비교하여 나타낸 도면이다.

[0085] 도 8 및 도 9에서는 본 발명의 실시예에서 한 가지 경로를 사용하여 신호를 전송하는 방법(Proposed strategy with one route)과, 두 가지 경로를 사용하여 신호를 전송하는 방법(Proposed strategy with two route)을 구분하고 있다. 두 가지 경로를 사용하면 하나의 경로를 사용한 경우보다 다이버시티 이득을 얻어 성능이 향상된다. 도 8 및 도 9의 결과로부터, 두 가지 경로를 사용하여 신호를 전송하는 방법은 다른 모든 방법들과 비교하여 볼 때 비트 에러율과 처리량 성능이 가장 우수한 것을 알 수 있다.

[0086] 결과적으로 본 발명의 실시예에 따른 방법들은 기존의 방법에 비하여 높은 신뢰성을 제공하는 확인할 수 있으며, 이러한 높은 신뢰성을 기반으로 전송률을 향상시킬 수 있다.

[0087] 이상과 같은 본 발명에 따른 협력 통신 시스템 및 그것을 이용한 중계 단말 선택 방법에 따르면, 중계 단말을 사용한 멀티 홉 협력 통신에서 채널의 상태에 따라 중계 단말을 적응적으로 선택하여 현재의 통신 환경에 적합한 새로운 경로를 만들 수 있어 신호의 신뢰성을 높일 수 있는 이점이 있다.

[0088] 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.

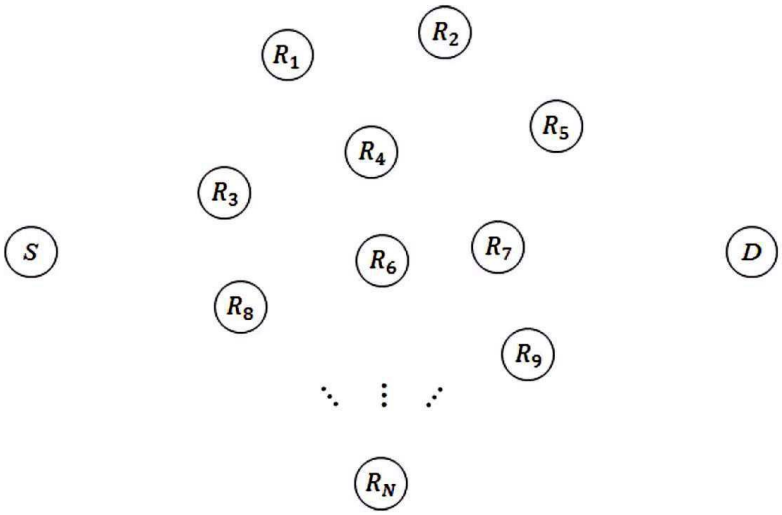
부호의 설명

[0089] S: 송신 단말 D: 수신 단말

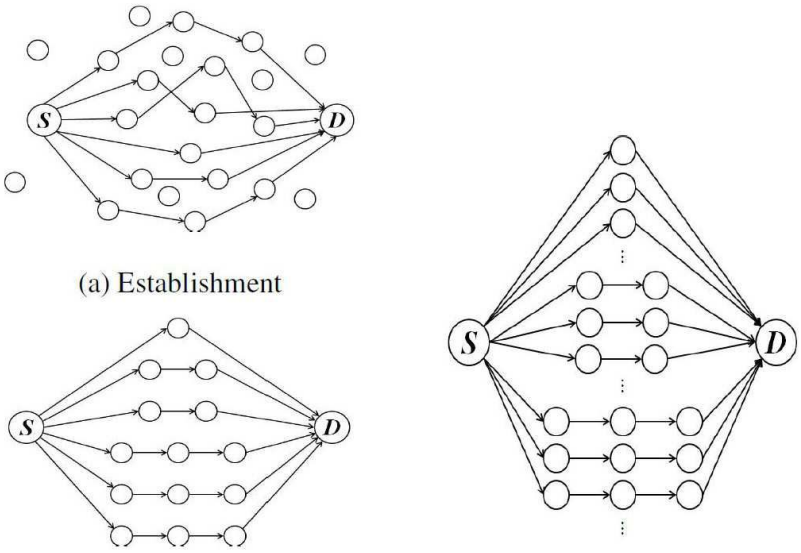
R: 중계 단말

도면

도면1



도면2

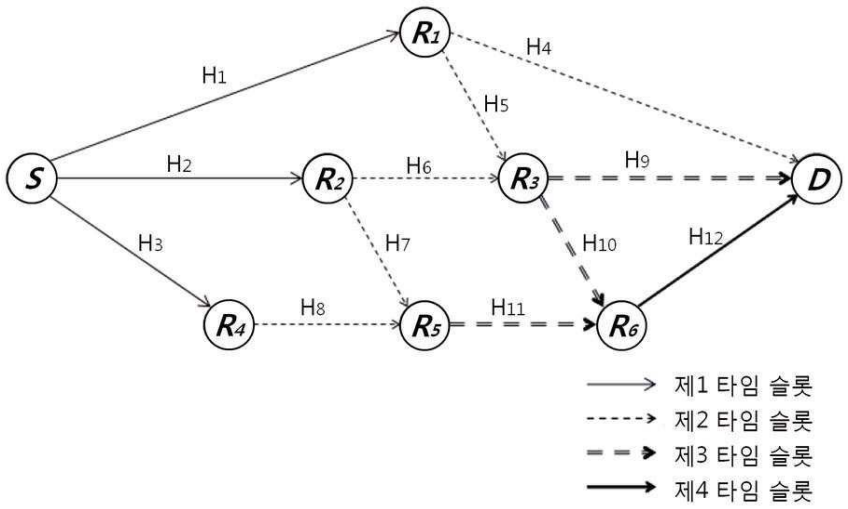


(a) Establishment

(b) Arrangement

(c) The general presentation

도면3



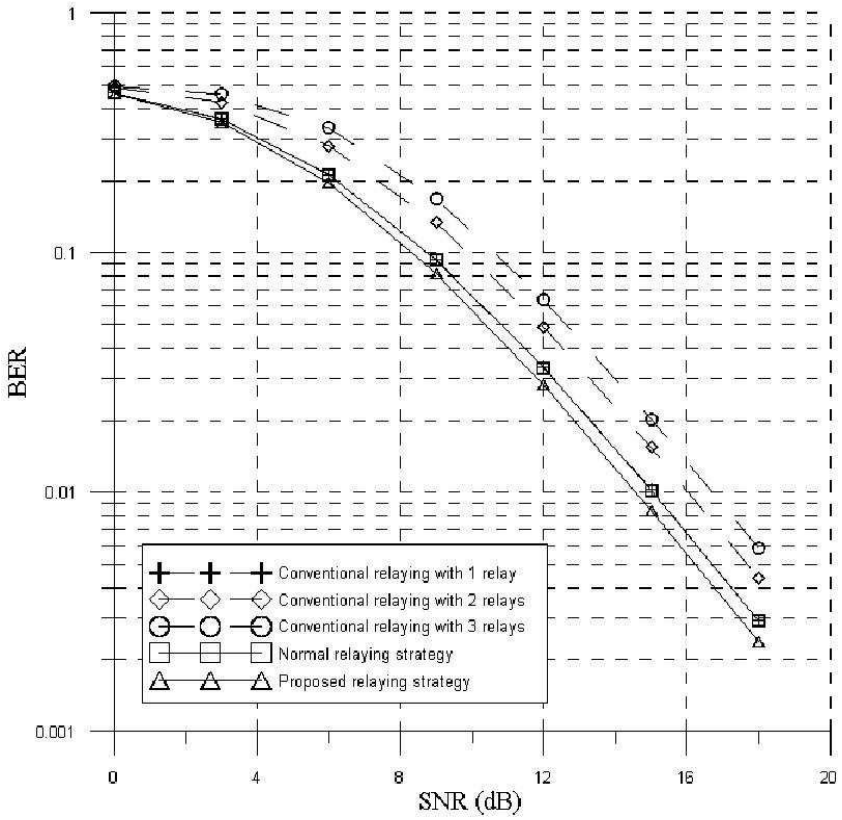
도면4

	제1 타임 슬롯	제2 타임 슬롯	제3 타임 슬롯	제4 타임 슬롯
R_1	S	ϕ	ϕ	ϕ
R_2	S	ϕ	ϕ	ϕ
R_3	ϕ	$S \rightarrow R_1$ or $S \rightarrow R_2$	ϕ	ϕ
R_4	S	ϕ	ϕ	ϕ
R_5	ϕ	$S \rightarrow R_2$ or $S \rightarrow R_4$	ϕ	ϕ
R_6	ϕ	ϕ	$(S \rightarrow R_1 \rightarrow R_3$ or $S \rightarrow R_2 \rightarrow R_3)$ or $(S \rightarrow R_2 \rightarrow R_5$ or $S \rightarrow R_4 \rightarrow R_5)$	ϕ
D	ϕ	$S \rightarrow R_1$	$(S \rightarrow R_1 \rightarrow R_3$ or $S \rightarrow R_2 \rightarrow R_3)$	$(S \rightarrow R_1 \rightarrow R_3 \rightarrow R_6$ or $S \rightarrow R_2 \rightarrow R_3 \rightarrow R_6)$ or $(S \rightarrow R_2 \rightarrow R_5 \rightarrow R_6$ or $S \rightarrow R_4 \rightarrow R_5 \rightarrow R_6)$

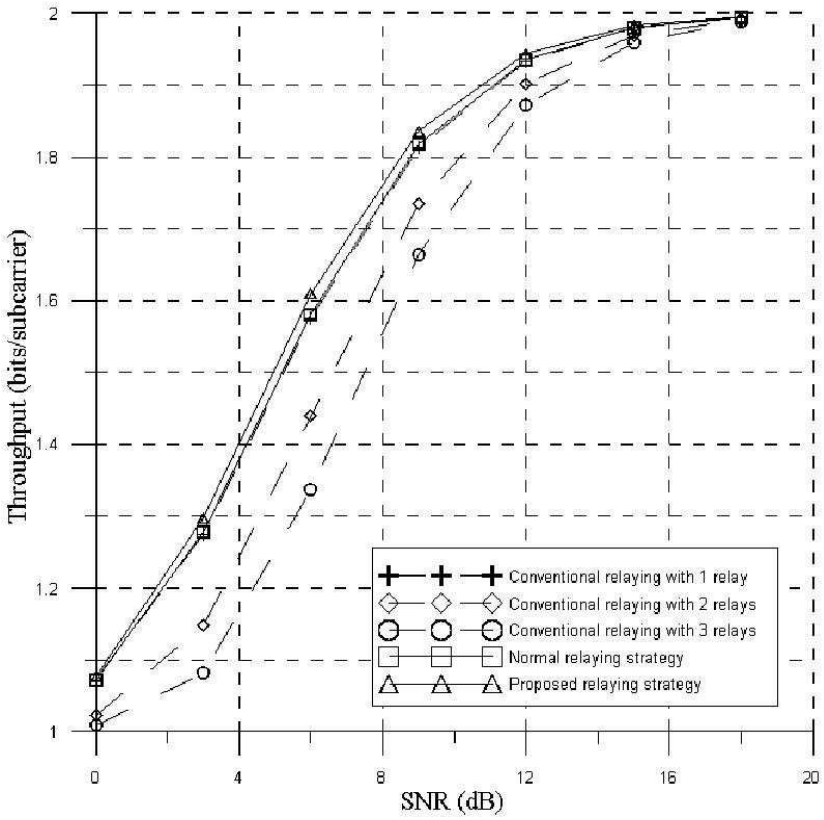
도면5

	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	...
1st relay	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	...
2nd relay		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	...
3rd relay			x_1	x_2	x_3	x_4	...
D				x_1	x_2	x_3	...

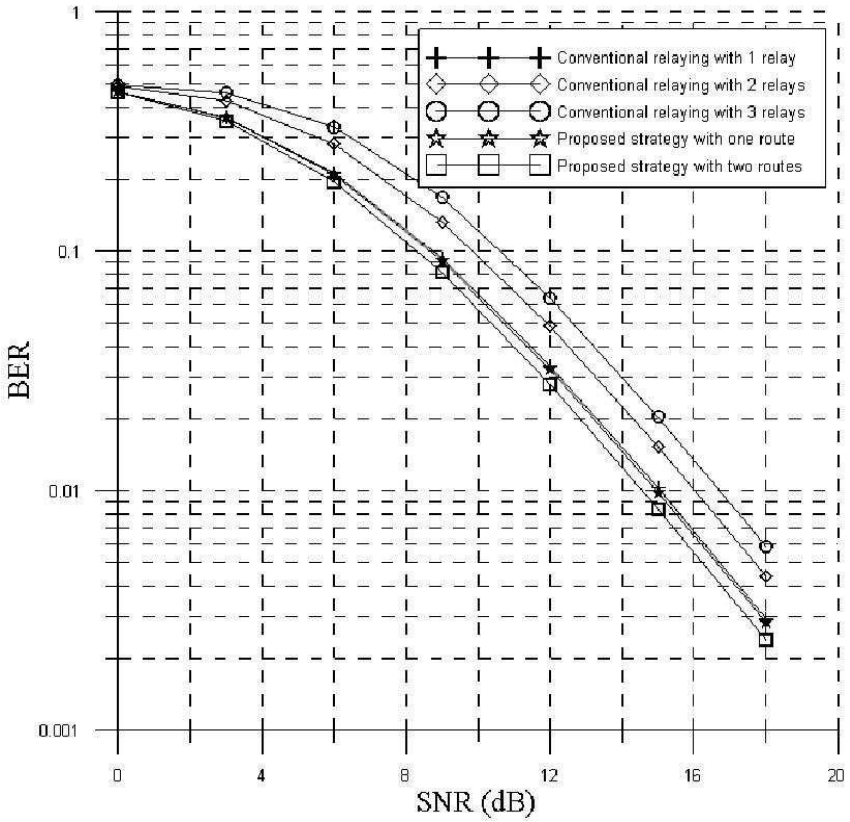
도면6


1
0.1
0.01
0.001
BER
0
4
8
12
16
20
SNR (dB)
Conventional relaying with 1 relay
Conventional relaying with 2 relays
Conventional relaying with 3 relays
Normal relaying strategy
Proposed relaying strategy

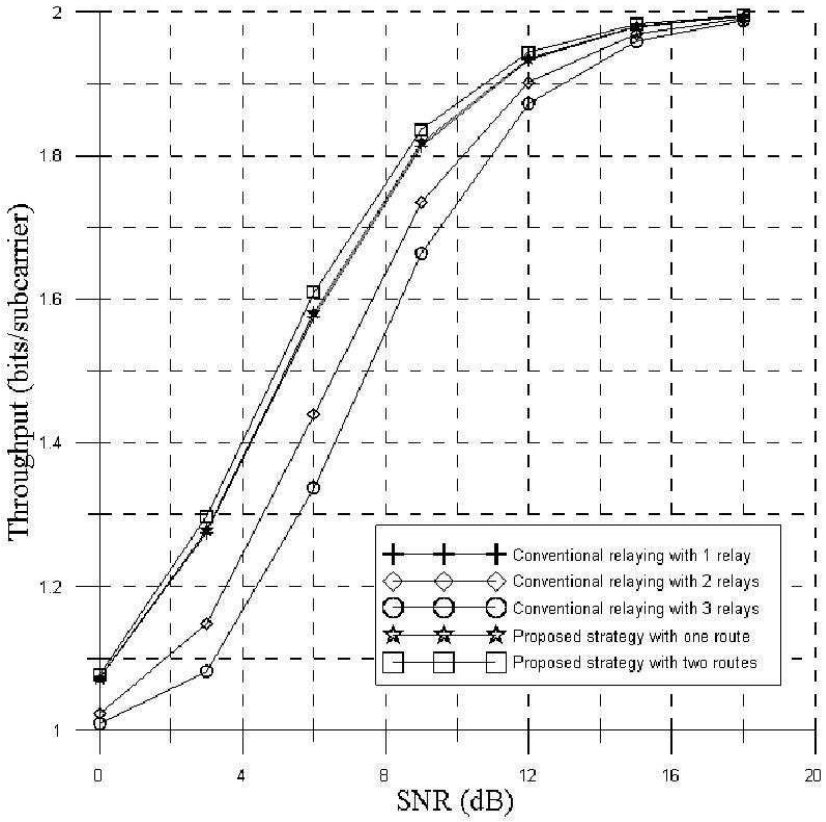
도면7


Throughput (bits/subcarrier)
SNR (dB)
2
1.8
1.6
1.4
1.2
1
0
4
8
12
16
20
Conventional relaying with 1 relay
Conventional relaying with 2 relays
Conventional relaying with 3 relays
Normal relaying strategy
Proposed relaying strategy

도면8


Conventional relaying with 1 relay
Conventional relaying with 2 relays
Conventional relaying with 3 relays
Proposed strategy with one route
Proposed strategy with two routes
BER
SNR (dB)
1
0.1
0.01
0.001
0
4
8
12
16
20

도면9


Throughput (bits/subcarrier)
SNR (dB)
2
1.8
1.6
1.4
1.2
1
0
4
8
12
16
20
Conventional relaying with 1 relay
Conventional relaying with 2 relays
Conventional relaying with 3 relays
Proposed strategy with one route
Proposed strategy with two routes