(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년04월17일
(11) 등록번호 10-1511620
(24) 등록일자 2015년04월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 40/16 (2009.01) *H04W 40/22* (2009.01)
H04W 84/18 (2009.01)
(21) 출원번호 10-2013-7030463
(22) 출원일자(국제) 2012년01월30일
심사청구일자 2013년11월18일
(85) 번역문제출일자 2013년11월18일
(65) 공개번호 10-2014-0053001
(43) 공개일자 2014년05월07일
(86) 국제출원번호 PCT/KR2012/000647
(87) 국제공개번호 WO 2012/165747
국제공개일자 2012년12월06일
(30) 우선권주장
1020110050797 2011년05월27일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
Bo Gui 외 2명, "Routing Strategies in Multihop Cooperative Networks", IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 8, no. 2, pp. 843-855, 2009.02.*
US20090168653 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
허준
서울 강남구 광평로10길 6, 206동 103호 (일원동, 한솔마을)
이재영
서울 송파구 오금로 432, 9동 1204호 (가락동, 삼환가락아파트)
(74) 대리인
이건주

전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 황운철

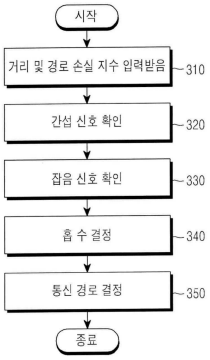
(54) 발명의 명칭 **릴레이 기반 통신 시스템 및 통신 경로 결정 방법**

(57) 요 약

본 발명은 릴레이 기반 통신 시스템 및 통신 경로 결정 방법에 관한 것으로, 구체적으로 본 발명은 릴레이 네트워크 상에서 정보를 전송할 때 최적의 홉 수를 결정하는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

이를 위해, 본 발명은 릴레이 네트워크에서 소스 노드와 목적 노드 및 소스 노드와 목적 노드 상에 적어도 하나의 릴레이 노드 중 어느 하나의 노드에서 소스 노드와 목적 노드 간의 정보를 전송할 통신 경로를 결정하는 방법에 있어서, 소스 노드와 목적 노드 사이의 연결이 가능한 복수의 통신 경로 상에 존재하는 각 릴레이 노드에서의 간섭 신호 및 잡음 신호를 고려하여 최적의 홉 수를 결정하는 단계; 및 복수의 통신 경로들 중 결정한 최적의 홉 수를 만족하는 하나의 통신 경로를 결정하는 단계를 포함하는 통신 경로 결정 방법이 제공된다.

대 표 도 - 도3



명 세 서

청구범위

청구항 1

릴레이 네트워크에서 소스 노드와 목적 노드 및 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 상에 적어도 하나의 릴레이 노드 중 어느 하나의 노드에서 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 간의 정보를 전송할 통신 경로를 결정하는 방법에 있어서,

상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 연결이 가능한 복수의 통신 경로 상에 존재하는 각 릴레이 노드에서의 간섭 신호 및 잡음 신호를 이용하여 위상 값을 확인하고, 상기 확인한 위상 값을 고려하여 최적의 홉 수를 결정하는 단계; 및

상기 복수의 통신 경로들 중 상기 결정한 최적의 홉 수를 만족하는 하나의 통신 경로를 선택하는 단계를 포함하는 통신 경로 결정 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 최적의 홉 수를 결정하는 단계에서, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 거리 및 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 경로 손실을 더 고려하여 상기 최적의 홉 수를 결정하는 것을 특징으로 하는 통신 경로 결정 방법.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 간섭 신호는 단위 면적당 간섭 신호로 작용하는 노드의 분포율, 간섭 신호로 작용하는 영역의 반지름, 간섭 신호로 작용하는 노드의 전송 파워, 각 릴레이 노드전송 파워, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 거리, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 경로 손실 지수, 각 릴레이 노드로 전송하는 비트 수 중 적어도 하나를 이용하여 확인되는 것을 특징으로 하는 통신 경로 결정 방법.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 잡음 신호는 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 거리, 상기 소스 노드에서 결정한 홉 수에 상응하는 릴레이 노드에서 수신단의 노이즈 분산, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 경로 손실 지수, 각 릴레이 노드로 전송하는 비트 수, 각 릴레이 노드의 전송 파워 중 적어도 하나를 이용하여 확인되는 것을 특징으로 하는 통신 경로 결정 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1 항 내지 제4 항 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 최적의 홉 수를 결정하는 노드는 상기 소스 노드인 것을 특징으로 하는 통신 경로 결정 방법.

청구항 7

릴레이 네트워크에서 소스 노드와 목적 노드 간의 정보를 데이터를 전송하는 릴레이 기반 통신 시스템에 있어서,

상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 연결이 가능한 복수의 통신 경로 상에 존재하는 각 릴레이 노드에서의

간섭 신호 및 잡음 신호를 이용하여 위상 값을 확인하고, 상기 확인한 위상 값을 고려하여 최적의 홉 수를 결정하고, 상기 복수의 통신 경로들 중 상기 결정한 최적의 홉 수를 만족하는 하나의 통신 경로를 선택하는 적어도 하나의 노드를 포함하되,

상기 적어도 하나의 노드는 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 및 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이에 존재하는 적어도 하나의 릴레이 노드 중 적어도 하나의 노드인 릴레이 기반 통신 시스템.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 하나의 통신 경로를 선택하는 적어도 하나의 노드는 상기 소스 노드이며,

상기 소스 노드는 상기 목적 노드와의 거리 및 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이에서의 경로 손실을 추가로 고려하여 상기 최적의 홉 수를 결정하는 것을 특징으로 하는 릴레이 기반 통신 시스템.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 소스 노드는,

상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 거리, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 경로 손실 지수를 입력받는 입력부;

상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 거리, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 경로 손실 지수를 이용하여 간섭 신호 및 잡음 신호를 확인하는 확인부; 및

상기 확인부에 의해 확인된 상기 간섭 신호 및 상기 잡음 신호를 고려하여 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 통신 경로를 형성할 최적의 홉 수를 결정하는 결정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 릴레이 기반 통신 시스템.

청구항 10

제7 항 또는 제9 항에 있어서,

상기 간섭 신호는 단위 면적당 간섭 신호로 작용하는 노드의 분포율, 간섭 신호로 작용하는 영역의 반지름, 간섭 신호로 작용하는 노드의 전송 파워, 각 릴레이 노드의 전송 파워, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 거리, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 경로 손실 지수, 각 릴레이 노드로 전송하는 비트 수 중 적어도 하나를 이용하여 확인하며,

상기 잡음 신호는 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 거리, 상기 소스 노드에서 결정한 홉 수에 상응한 릴레이 노드에서 수신단의 노이즈 분산, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 경로 손실 지수, 각 릴레이 노드로 전송하는 비트 수, 각 릴레이 노드의 전송 파워 중 적어도 하나를 이용하여 확인하는 것을 특징으로 하는 릴레이 기반 통신 시스템.

청구항 11

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 릴레이 기반 통신 시스템 및 통신 경로 결정 방법에 관한 것으로, 구체적으로 본 발명은 릴레이 네트워크 상에서 정보를 전송할 때 최적의 홉 수를 결정하는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 무선 센서 네트워크 (Wireless Sensor Network: WRN) 기술은 센서 장치들을 무선으로 연결하여 네트워크를 형성하는 기술이며, 사람을 중심으로 하던 정보 운영 형태를 확장하여 사람과 사물뿐만 아니라 사물 간의 정보 공유

를 언제 어디서든 가능하게 하는 유비쿼터스 환경으로 구현하고 있다. 무선 센서 네트워크는 인터넷의 지속적인 성장과 저가형의 센서 개발, 국제 표준화 등의 환경 변화로 인해 다양한 산업 분야에서 실용화가 진행되고 있다. 무선 센서 네트워크는 센서를 통한 정보 감지 및 감지된 정보를 처리하는 기능을 수행함으로써 우리 생활의 편리함 및 과학 기술 응용을 위한 다양한 정보를 제공한다.

[0003] 무선 센서 네트워크 중 무선 개인 영역 네트워크는 릴레이 기반 통신에 관한 것이며, 향후 4G 또는 5G 통신 관련 표준에 릴레이를 이용한 통신은 필수적으로 들어갈 예정이다.

[0004] 릴레이 전송 시에 각 타임 슬롯에 전송하는 것을 홉이라고 하는데 릴레이의 전송 프로토콜은 전송 시의 홉의 개수에 따라 듀얼 홉 릴레이 전송 또는 멀티 홉 릴레이 전송으로 구분한다. 듀얼 홉 릴레이 전송은 2개의 홉에 걸쳐 정보를 전송하는 것을 나타내며, 릴레이 노드에서 소스 노드로부터 정보를 수신하여 수신한 정보를 목적 노드로 전송한다.

[0005] 이에 반해, 멀티 홉 릴레이는 소스 노드에서 목적 노드로 정보를 전송할 때 여러 번의 홉을 걸쳐 정보를 전송하는 것을 나타낸다. 멀티 홉 릴레이 전송은 첫번째 릴레이 노드에서 소스 노드로부터 정보를 수신하고, 다음 릴레이 노드로부터는 릴레이 노드끼리 전송하고 마지막 릴레이 노드에서 목적 노드로 정보를 전송한다. 멀티 홉 릴레이 전송은 듀얼 홉 릴레이 전송에 비해 홉이 늘었지만 짧은 거리를 여러 번에 걸쳐 전송하므로 에러 확률을 줄일 수 있다.

[0006] 그러나, 종래의 릴레이 전송 시에는 릴레이 노드들에서 발생될 수 있는 간섭 신호 및 잡음 신호를 고려하지 않았으며, 멀티 홉 릴레이 전송은 먼 거리 통신에서 발생할 수 있는 감쇄 효과 때문에 여러 번의 홉으로 나눠서 전송할 수 있지만 너무 많은 홉을 이용하는 것은 비효율적이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 릴레이 전송할 시 최적의 홉 수를 결정하는 릴레이 기반 통신 시스템 및 통신 경로 결정 방법을 제공하는 것이다.

[0008] 그리고, 본 발명은 간섭 신호 및 잡음 신호를 고려하여 홉 수를 결정하는 릴레이 기반 통신 시스템 및 통신 경로 결정 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 또한, 본 발명은 소스 노드와 목적 노드 사이의 거리 및 경로 손실을 고려하여 홉 수를 결정하는 릴레이 기반 통신 시스템 및 통신 경로 결정 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 측면에 따르면, 릴레이 네트워크 상에서 소스 노드와 목적 노드 및 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 상에 적어도 하나의 릴레이 노드 중 어느 하나의 노드에서 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 간의 정보를 전송할 통신 경로를 결정하는 방법이 제공된다.

[0011] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 릴레이 네트워크에서 소스 노드와 목적 노드 및 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 상에 적어도 하나의 릴레이 노드 중 어느 하나의 노드에서 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 간의 정보를 전송할 통신 경로를 결정하는 방법은, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 연결이 가능한 복수의 통신 경로 상에 존재하는 각 릴레이 노드에서의 간섭 신호 및 잡음 신호를 이용하여 위상 값을 확인하고, 상기 확인한 위상 값을 고려하여 최적의 홉 수를 결정하는 단계; 및 상기 복수의 통신 경로들 중 상기 결정한 최적의 홉 수를 만족하는 하나의 통신 경로를 선택하는 단계를 포함한다.

[0012] 상기 최적의 홉 수를 결정하는 단계에서, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 거리 및 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 경로 손실을 더 고려하여 상기 최적의 홉 수를 결정할 수 있다.

[0013] 상기 간섭 신호는 단위 면적당 간섭 신호로 작용하는 노드의 분포율, 간섭 신호로 작용하는 영역의 반지름, 간섭 신호로 작용하는 노드의 전송 파워, 각릴레이 노드전송 파워, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 거리, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 경로 손실 지수, 각 릴레이 노드로 전송하는 비트 수 중 적어도 하나를 이용하여 확인될 수 있다.

[0014] 상기 잡음 신호는 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 거리, 상기 소스 노드에서 결정한 홉 수에 상응하는

릴레이 노드에서 수신단의 노이즈 분산, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 경로 손실 지수, 각 릴레이 노드로 전송하는 비트 수, 각 릴레이 노드의 전송 파워 중 적어도 하나를 이용하여 확인될 수 있다.

[0015] 상기 최적의 홉 수를 결정하는 노드는 상기 소스 노드일 수 있다.

[0016] 삭제

[0017] 그리고 본 발명의 일 측면에 따르면, 릴레이 네트워크에서 소스 노드와 목적 노드 간의 정보를 데이터를 전송하는 릴레이 기반 통신 시스템이 제공된다.

[0018] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 릴레이 네트워크에서 소스 노드와 목적 노드 간의 정보를 데이터를 전송하는 릴레이 기반 통신 시스템은, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 연결이 가능한 복수의 통신 경로 상에 존재하는 각 릴레이 노드에서의 간섭 신호 및 잡음 신호를 이용하여 위상 값을 확인하고, 상기 확인한 위상 값을 고려하여 최적의 홉 수를 결정하고, 상기 복수의 통신 경로들 중 상기 결정한 최적의 홉 수를 만족하는 하나의 통신 경로를 선택하는 적어도 하나의 노드를 포함하되, 상기 적어도 하나의 노드는 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 및 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이에 존재하는 적어도 하나의 릴레이 노드 중 적어도 하나임을 특징으로 한다.

[0019] 상기 하나의 통신 경로를 선택하는 적어도 하나의 노드는 상기 소스 노드이며, 상기 소스 노드는 상기 목적 노드와의 거리 및 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이에서의 경로 손실을 추가로 고려하여 상기 최적의 홉 수를 결정할 수 있다.

[0020] 상기 소스 노드는, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 거리, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 경로 손실 지수를 입력받는 입력부; 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 거리, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 경로 손실 지수를 이용하여 간섭 신호 및 잡음 신호를 확인하는 확인부; 및 상기 확인부에 의해 확인된 상기 간섭 신호 및 상기 잡음 신호를 고려하여 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 통신 경로를 형성할 최적의 홉 수를 결정하는 결정부를 포함할 수 있다.

[0021] 상기 간섭 신호는 단위 면적당 간섭 신호로 작용하는 노드의 분포율, 간섭 신호로 작용하는 영역의 반지름, 간섭 신호로 작용하는 노드의 전송 파워, 각 릴레이 노드의 전송 파워, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 거리, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 경로 손실 지수, 각 릴레이 노드로 전송하는 비트 수 중 적어도 하나를 이용하여 확인하며, 상기 잡음 신호는 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 거리, 상기 소스 노드에서 결정한 홉 수에 상응한 릴레이 노드에서 수신단의 노이즈 분산, 상기 소스 노드와 상기 목적 노드 사이의 경로 손실 지수, 각 릴레이 노드로 전송하는 비트 수, 각 릴레이 노드의 전송 파워 중 적어도 하나를 이용하여 확인할 수 있다.

[0022] 삭제

발명의 효과

[0023] 본 발명의 실시 예에 따른 릴레이 기반 통신 시스템 및 통신 경로 결정 방법은 릴레이 전송할 시 최적의 홉 수를 결정하여 효율적으로 정보를 전송할 수 있다.

[0024] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 릴레이 기반 통신 시스템 및 통신 경로 결정 방법은 실제 센서 또는 에드 혹 네트워크에 적합하도록 시스템 모델을 가정하기 위해 간섭 신호 및 잡음 신호를 고려하여 홉 수를 결정할 수 있다.

[0025] 그리고 본 발명의 실시 예에 따른 릴레이 기반 통신 시스템 및 통신 경로 결정 방법은 소스 노드와 목적 노드 상의 거리 및 경로 손실을 고려하여 홉 수를 결정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 릴레이 기반 통신 시스템을 나타낸 구성도.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 릴레이 기반 통신 시스템의 소스 노드를 나타낸 블록도.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 통신 경로 결정 방법을 나타낸 순서도.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 릴레이 기반 통신 시스템에서 노드 분포를 나타낸 예시도.

도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 릴레이 기반 통신 시스템에서 멀티 홉 릴레이와 듀얼 홉 릴레이의 차이를 나타낸 그래프.

도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 릴레이 기반 통신 시스템에서 홉 수의 차이를 나타낸 그래프.

도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 릴레이 기반 통신 시스템에서 정보를 전송하는 방법을 나타낸 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하 첨부된 도면과 설명을 참조하여 본 발명에 따른 릴레이 기반 통신 시스템 및 통신 경로 결정 방법의 실시 예에 대한 동작 원리를 상세히 설명한다. 다만, 하기에 도시되는 도면과 후술되는 설명은 본 발명의 특징을 효과적으로 설명하기 위한 여러 가지 방법 중에서 바람직한 실시 방법에 대한 것이며, 본 발명이 하기의 도면과 설명만으로 한정되는 것은 아니다. 또한, 하기에서 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 발명에서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0028] 또한, 이하 실시 예는 본 발명의 핵심적인 기술적 특징을 효율적으로 설명하기 위해 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 명백하게 이해할 수 있도록 용어를 적절하게 변형, 또는 통합, 또는 분리하여 사용할 것이나, 이에 의해 본 발명이 한정되는 것은 결코 아니다.

[0029] 후술될 본 발명의 일 실시 예에서는 릴레이 기반 통신 시스템에 분포된 노드들의 간섭 신호 및 잡음 신호를 고려하여 소스 노드와 목적 노드 사이의 통신 경로를 형성할 홉의 수를 결정하는 방안에 대해 구체적으로 설명할 것이다.

[0030] 이하, 본 발명의 일 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

[0031] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 릴레이 기반 통신 시스템을 나타낸 구성도이다.

[0032] 도 1을 참조하면, 릴레이 기반 통신 시스템은 소스 노드 (source node, 100), 목적 노드 (destination node, 200) 및 복수의 릴레이 노드(301, 303, 309)을 포함한다. 이때, 복수의 릴레이 노드(301, 303, 309)은 설명을 용이하게 하기 위해 특별히 언급하지 않으면 릴레이 노드(300)으로 통칭하여 설명하기로 한다.

[0033] 릴레이 기반 통신 시스템은 디코딩 후 전송 (Decode-and-Forward: DF) 기법에 따른 통신 프로토콜을 통해 정보를 전송할 수 있다.

[0034] 소스 노드(100)는 자신의 정보를 목적 노드(200)로 전송하기 위해 소스 노드(100)와 인접한 릴레이 노드(300)으로 전송한다.

[0035] 또한, 소스 노드(100)는 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 상에 적어도 하나의 릴레이 노드(300) 중 어느 하나의 노드에서 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 간의 정보를 전송할 통신 경로를 결정한다. 즉, 소스 노드(100)는 릴레이 기반 통신 시스템에 분포된 노드들의 간섭 신호 및 잡음 신호를 고려하여 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 통신 경로를 형성할 홉의 수를 결정한다. 이러한, 소스 노드(100)는 도 2를 참조하여 더욱 구체적으로 설명하기로 한다.

[0036] 릴레이 노드(300)은 소스 노드(100)로부터 정보를 수신하여 인접한 릴레이 노드(300) 또는 목적 노드(200)로 전송한다. 즉, 릴레이 노드(300)은 소스 노드(100)로부터 수신된 정보를 디코딩하며, 디코딩된 정보를 다시 부호화하여 목적 노드(200)로 전송한다. 예를 들어, 제1 릴레이 노드(301)은 소스 노드(100)로부터 정보를 수신하고, 제2 릴레이 노드(303)으로 정보를 전송할 수 있다. 제2 릴레이 노드(303)은 제1 릴레이 노드(301)으로부터 정보를 수신하여 제3 릴레이 노드로 전송할 수 있다. 그리고, 목적 노드(200)와 인접한 제k-1 릴레이 노드(309)은 제k-2 릴레이 노드(300)으로부터 정보를 수신하여 목적 노드(200)로 전송할 수 있다. 이때, k는 소스 노드(100)에서 결정한 홉의 수와 동일할 수 있다. 즉, 릴레이 노드(300)은 소스 노드(100)에서 결정한 홉 수에 따라 구성된다. 복수의 릴레이 노드(300)들 간의 거리는 일정할 수 있다.

[0037] 목적 노드(200)는 복수의 릴레이 노드(300)을 통해 소스 노드(100)로부터 정보를 수신한다. 예를 들어, 목적 노

드(200)는 제k-1 릴레이 노드(309)으로부터 정보를 수신할 수 있다. 목적 노드(200)는 릴레이 노드(300)으로부터 수신된 정보에 대한 디코딩을 수행하고, 디코딩된 정보를 컴바이닝하여 원하는 정보를 획득한다.

[0038] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 릴레이 기반 통신 시스템의 소스 노드를 나타낸 블록도이다.

[0039] 도 2를 참조하면, 소스 노드(100)는 입력부(110), 확인부(120), 제어부(130), 결정부(140), 전송부(150) 및 저장부(160)를 포함한다.

[0040] 입력부(110)는 사용자로부터 간섭 신호 및 잡음 신호를 확인하기 위해 필요한 정보를 입력받는다. 예를 들어, 입력부(110)는 사용자로부터 단위 면적당 간섭 신호로 작용하는 노드의 분포율, 간섭 신호로 작용하는 영역의 반지름, 간섭 신호로 작용하는 노드의 전송 파워, 각 릴레이 노드(300)의 전송 파워, 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 거리, 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 경로 손실 지수, 각 릴레이 노드(300)으로 전송하는 비트 수, 소스 노드(100)에서 결정한 홉 수에 상응하는 릴레이 노드(300)에서 수신단의 노이즈 분산 등과 같이 간섭 신호 및 잡음 신호를 확인하기 위해 필요한 정보를 입력받을 수 있다.

[0041] 여기서는 간섭 신호 및 잡음 신호를 확인하기 위해 필요한 정보를 사용자로부터 입력받는 것을 예를 들어 설명하였지만 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 통신부(도시하지 않음) 또는 별도로 구비된 인터페이스(도시하지 않음)를 통해 간섭 신호 및 잡음 신호를 확인하기 위해 필요한 정보를 저장하거나 관리하는 외부 장치(도시하지 않음)로부터 간섭 신호 및 잡음 신호를 확인하기 위해 필요한 정보를 수신할 수도 있다.

[0042] 확인부(120)는 릴레이 기반 통신 시스템에서 작용하는 간섭 신호 및 잡음 신호를 확인한다. 즉, 확인부(120)는 단위 면적당 간섭 신호로 작용하는 노드의 분포율, 간섭 신호로 작용하는 영역의 반지름, 간섭 신호로 작용하는 노드의 전송 파워, 각 릴레이 노드(300)의 전송 파워, 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 거리, 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 경로 손실 지수, 각 릴레이 노드(300)으로 전송하는 비트 수 중 적어도 하나를 이용하여 간섭 신호를 확인한다.

[0043] 그리고, 확인부(120)는 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 거리, 소스 노드(100)에서 결정한 홉 수에 상응하는 릴레이 노드(300)에서 수신단의 노이즈 분산, 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 경로 손실 지수, 각 릴레이 노드(300)으로 전송하는 비트 수, 각 릴레이 노드(300)의 전송 파워 중 적어도 하나 중 적어도 하나를 이용하여 잡음 신호를 확인한다.

[0044] 제어부(130)는 소스 노드(100)의 전반적인 동작을 제어한다. 즉, 제어부(130)는 소스 노드(100)의 구성 요소인 입력부(110), 확인부(120), 결정부(140), 전송부(150) 및 저장부(160)를 제어하는 기능을 수행한다. 예를 들어, 입력부(110)를 통해 간섭 신호 및 잡음 신호를 확인하기 위해 필요한 정보가 입력되면, 제어부(130)는 확인부(120)에서 입력부(110)를 통해 입력받은 정보를 이용하여 간섭 신호 및 잡음 신호를 생성하도록 확인부(120)를 제어할 수 있다. 또한, 제어부(130)는 저장부(160)에 데이터를 저장하도록 저장부(160)를 제어할 수 있다. 제어부(130)는 목적 노드(200)로 전송할 정보를 생성할 수 있다. 이때, 목적 노드(200)로 전송할 정보는 사용자로부터 입력받은 정보를 이용하여 생성되거나, 미리 저장부(160)에 저장된 정보를 이용하여 생성될 수 있다. 또한, 목적 노드(200)로 전송할 정보는 외부로부터 수신할 수도 있다. 제어부(130)는 전송부(150)에서 정보를 릴레이 노드(300)으로 전송하도록 전송부(150)를 제어할 수 있다.

[0045] 결정부(140)는 간섭 신호 및 잡음 신호를 고려하여 최적의 홉의 수를 결정한다. 즉, 결정부(140)는 확인부(120)로부터 간섭 신호 및 잡음 신호를 제공받는다. 결정부(140)는 간섭 신호와 잡음 신호를 이용하여 위상 값을 확인하고, 위상 값을 이용하여 홉의 수를 결정한다.

[0046] 전송부(150)는 인접한 릴레이 노드(300)으로 목적 노드(200)로 전송할 정보를 전송한다. 예를 들어, 전송부(150)는 소스 노드(100)와 인접한 제1 릴레이 노드(301)으로 정보를 전송할 수 있다.

[0047] 저장부(160)는 소스 노드(100)의 전반적인 동작을 제어하기 위한 다양한 프로그램, 프로그램 수행에 의해 생성된 각종 데이터 및 획득된 데이터 등을 저장한다. 예를 들어, 저장부(160)는 입력부(110)를 통해 입력받은 정보를 저장할 수 있다. 저장부(160)는 확인부(120)에서 확인한 간섭 신호 및 잡음 신호를 저장할 수 있다. 저장부(160)는 결정부(140)에서 결정한 홉의 수를 저장할 수 있다. 저장부(160)는 전송부(150)를 통해 전송하는 정보를 저장할 수 있다.

[0048] 한편, 저장부(160)는 입력부(110), 확인부(120), 제어부(130), 결정부(140) 및 전송부(150)의 요청에 따라 필요한 데이터를 제공할 수 있다. 저장부(160)는 통합 메모리로 이루어지거나, 복수의 메모리들로 세분되어 이루어질 수 있다. 예를 들어, 저장부(160)는 롬 (Read Only Memory: ROM), 램 (Random Access Memory: RAM) 및 플래

시 메모리 (Flash memory) 등으로 이루어질 수 있다.

[0049] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 통신 경로 결정 방법을 나타낸 순서도이다. 이에 앞서, 도 2를 참조하여 설명한 본 발명의 일 실시 예에 따른 소스 노드(100)의 구성은 통합되거나 또는 세분화될 수 있는 바, 해당 명칭에 구애받지 아니하고, 상술한 기능을 수행하는 구성 요소는 본 발명의 일 실시 예에 따른 소스 노드(100)의 구성이 될 수 있음을 명확히 한다. 따라서, 이하 본 발명의 릴레이 노드(300) 수 결정 방법에서 소스 노드(100)의 방법을 설명함에 있어서, 각 단계의 주체는 해당 구성 요소가 아닌 소스 노드(100)를 주체로 하여 설명하기로 한다.

[0050] 도 3을 참조하면, 소스 노드(100)는 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 거리 및 경로 손실 지수와 같이 간섭 신호 및 잡음 신호를 확인하기 위해 필요한 정보를 사용자로부터 입력받는다(310). 구체적으로, 소스 노드(100)는 소스 노드(100)는 소스 노드(100)에서 결정한 홉 수에 상응하는 릴레이 노드(300)에서 수신단의 노이즈 분산 등과 같이 간섭 신호 및 잡음 신호를 확인하기 위해 필요한 정보를 입력받을 수 있다. 그리고, 소스 노드(100)는단위 면적당 간섭 신호로 작용하는 노드의 분포율, 간섭 신호로 작용하는 영역의 반지름, 간섭 신호로 작용하는 노드의 전송 파워, 각 릴레이 노드(300)의 전송 파워, 각 릴레이 노드(300)으로 전송하는 비트 수 등을 더 입력받을 수 있다.

[0051] 소스 노드(100)는 입력받은 정보를 이용하여 간섭 신호를 확인한다(320). 다시 말하면, 소스 노드(100)는 단위 면적당 간섭 신호로 작용하는 노드의 분포율, 간섭 신호로 작용하는 영역의 반지름, 간섭 신호로 작용하는 노드의 전송 파워, 각 릴레이 노드(300)의 전송 파워, 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 거리, 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 경로 손실 지수, 각 릴레이 노드(300)으로 전송하는 비트 수 중 적어도 하나를 이용하여 간섭 신호를 확인할 수 있다.

[0052] 소스 노드(100)는 입력받은 정보를 이용하여 잡음 신호를 확인한다(330). 즉, 소스 노드(100)는 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 거리, 소스 노드(100)에서 결정한 홉 수에 상응하는 릴레이 노드(300)에서 수신단의 노이즈 분산, 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 경로 손실 지수, 각 릴레이 노드(300)으로 전송하는 비트 수 중 적어도 하나를 이용하여 잡음 신호를 확인할 수 있다

[0053] 소스 노드(100)는 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 연결이 가능한 복수의 통신 경로에 존재하는 릴레이 노드(300)에서의 간섭 신호 및 잡음 신호를 고려하여 홉의 수를 결정한다(340). 다시 말하면, 소스 노드(100)는 간섭 신호와 잡음 신호를 연산하여 연산 값을 생성하고, 연산 값의 위상 값을 이용하여 최적의 홉 수를 결정한다.

[0054] 소스 노드(100)는 복수의 통신 경로 중 결정한 최적의 홉 수를 만족하는 하나의 통신 경로를 결정한다(350).

[0055] 본 발명의 일 실시 예에 따른 홉의 수 결정 방법은 도 4 내지 도 6을 참조하여 구체적으로 설명하기로 한다.

[0056] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 릴레이 기반 통신 시스템에서 노드 분포를 나타낸 예시도이고, 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 릴레이 기반 통신 시스템에서 멀티 홉 릴레이와 듀얼 홉 릴레이의 차이를 나타낸 그래프이며, 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 릴레이 기반 통신 시스템에서 홉 수의 차이를 나타낸 그래프이다.

[0057] 본 발명의 일 실시 예에 따른 홉의 수를 결정하는 방법은 우선 도 1에 도시된 바와 같이 선형 멀티 릴레이 노드(300) 릴레이 기반 통신 시스템이라고 가정한다. 이 통신 시스템은 하나의 소스 노드(100)와 하나의 목적 노드(200) 및 K-1의 릴레이 노드(300)으로 구성된다. 그리고, 각 릴레이 노드(300)은 그 전 릴레이 노드(300)에서 받은 신호만을 디코딩하고 각 릴레이 노드(300)은 브로드케스트 (broadcast)하지 않는다고 가정한다.

[0058] 그리고, 멀티 릴레이 노드(300) 릴레이 전송은 복수의 단일 릴레이 노드(300) 전송으로 이루어진다. 도 4에 도시된 바와 같이 임의의 단일 릴레이 노드(300) 전송에서 모든 노드를 나타낸다. 단일 릴레이 노드(300) 전송에는 하나의 소스 노드(100)와 하나의 목적 노드(200)로 이루어져 있으며 간섭 신호를 발생시키는 노드는 랜덤하게 분포되고 그 노드의 위치는 포아송 (poisson) 분포에 따른다.

[0059] 각 단일 릴레이 노드(300) 전송은 도 4의 형태를 이루고 있으며, 단일 릴레이 노드(300)을 이용하여 전송되면 멀티 릴레이 노드(300) 릴레이라고 한다. 한편, 본 발명에서 듀얼 릴레이 노드(300) 릴레이를 이용하지 않고, 멀티 릴레이 노드(300) 릴레이를 이용하는 이유는 도 5를 이용하여 설명하기로 한다. 도 5에 도시된 바와 같이 각 릴레이 노드(300)으로 전송하고자 하는 비트 수(R)가 1이고, 간섭 신호로 작용하는 노드의 전송 파워(P_{IK})가 각 릴레이 노드(300)의 전송 파워(P_k) 곱하기 0.05이고, 단위 면적당 간섭 신호로 작용하는 노드의 분포율(λ_k)

이 0.001이며, 경로 손실 지수(a)가 4이고, 각 릴레이 노드(300)에서 수신단의 노이즈 분산(σ^2_k)이 1으로 가정하고 시뮬레이션을 수행하였다. 도 5에 도시된 바와 같이 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 거리(d_{SD})가 2일 경우에는 멀티 릴레이 노드(300) 릴레이(520)가 듀얼 릴레이 노드(300) 릴레이(510) 보다 성능이 좋다는 것을 알 수 있다. 또한, 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 거리(d_{SD})가 4일 경우에도 멀티 릴레이 노드(300) 릴레이(540)가 듀얼 릴레이 노드(300) 릴레이(530) 보다 성능이 좋다는 것을 알 수 있다. 이렇게 듀얼 릴레이 노드(300) 릴레이가 멀티 릴레이 노드(300) 릴레이 보다 성능이 좋지 않은 이유는 먼 거리를 두 번의 릴레이 노드(300)을 거쳐서 가면 경로 손실로 인해 성능이 감소하기 때문이다. 즉, 본 발명에서 듀얼 릴레이 노드(300) 릴레이를 이용하지 않고, 멀티 릴레이 노드(300) 릴레이를 이용하는 이유는 짧은 거리로 여러 번에 걸쳐 전송하는 것이 성능이 더 좋기 때문이다.

[0060] 본 발명에 따른 홉의 수를 결정하기 위해서는 각 릴레이 노드(300)이 디코딩 후 전송 기법을 이용하여 전송한다고 가정한다. 이에 따라, 멀티 릴레이 노드(300) 복호 후 전송 릴레이의 최종 신호 대 잡음과 간섭 비율(Signal-to-Interference plus Noise Ratio: SINR) 은 각 릴레이 노드(300) SINR의 최소값으로 결정된다고 할 수 있으면 하기의 [수학식 1]과 같이 정의할 수 있다.

수학식 1

[0061] $$\gamma_{eq} = \min_{k=1,2,\cdots,K} \gamma_k$$

[0062] 여기서, γ_k는 각 릴레이 노드(300)의 SINR이며, K는 릴레이 노드(300)의 개수이다.

[0063] 상기 [수학식 1]을 이용하여 멀티 릴레이 노드(300) 디코딩 후 전송 릴레이의 중단 확률(outage probability)는 하기의 [수학식 2]와 같이 정의할 수 있다.

수학식 2

[0064] $$P_{out}(R) = 1 - \exp\left[-\sum_{k=1}^{K}\left(\frac{d^a{}_k\sigma^2{}_k}{P_k}(2^{KR}-1) + \frac{\pi^2\lambda_k \mathrm{erf}(\sqrt{r_k})}{2}\sqrt{\frac{d^a{}_k P_{Ik}(2^{KR}-1)}{P_k}}\right)\right]$$

[0065] 여기서, d_k는 각 릴레이 노드(300) 간의 거리이며, a는 경로 손실 지수이고, P_k는 각 릴레이 노드(300)의 전송 파워이고, K는 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이에 통신 경로를 형성할 홉의 수며, σ_k는 각 릴레이 노드(300)에서 수신단의 노이즈 분산이고, λ_k는 단위 면적당 간섭 신호로 작용하는 노드의 분포율(노드의 수)이며, r_k는 간섭 신호로 작용하는 영역의 반지름이고, R은 각 릴레이 노드(300)으로 전송하고자 하는 비트 수(bps/Hz)이며, P_{IK}는 간섭 신호로 작용하는 노드의 전송 파워이다.

[0066] 상기 [수학식 2]를 이용하여 중단 확률을 최소화시키는 최적의 홉의 수를 결정하도록 한다. 최적의 홉의 수를 결정하기 위해서는 각 릴레이 노드(300) 전송에서의 시스템 파라미터(parameter)가 모두 동일하다고 가정하고, 각 릴레이 노드(300)의 거리가 모두 동일하다고 가정하기로 한다. 홉의 수는 하기의 [수학식 3]과 같이 정의할 수 있다.

수학식 3

[0067] $$K_{opt} = \arg\min\left(\frac{d^a{}_{SD}\sigma^2{}_k}{P_k}K^{1-a}(2^{KR}-1) + \frac{\pi^2\lambda_k \mathrm{erf}(\sqrt{r_k})\sqrt{P_{Ik}}d^{a/2}{}_{SD}}{2\sqrt{P_k}}\sqrt{2^{KR}-1}\right)$$

[0068] 여기서, d_{SD}는 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 거리이며, a는 경로 손실 지수이고, K는 소스 노드

(100)와 목적 노드(200) 사이에 통신 경로를 형성할 홉의 수며, σ_k는 각 릴레이 노드(300)에서 수신단의 노이즈 분산이고, λ_k는 단위 면적당 간섭 신호로 작용하는 노드의 분포율(노드의 수)이며, R은 각 릴레이 노드(300)으로 전송하고자 하는 비트 수(bps/Hz)이고, P_{IK}는 간섭 신호로 작용하는 노드의 전송 파워이다.

[0069] 한편, $\frac{d^a_{SD}\sigma^2_k}{P_k}K^{1-a}(2^{KR}-1)$는 잡은 심호를 나타낼 수 있으며, $\frac{\pi^2\lambda_k erf(\sqrt{r_k})\sqrt{P_{Ik}}d^{a/2}_{SD}}{2\sqrt{P_k}}\sqrt{2^{KR}-1}$는 간섭 신호를 나타낼 수 있다.

[0070] 간섭 신호로 작용하는 노드의 전송 파워(P_{IK}) 및 릴레이 노드(300)의 전송 파워(P_k)에 따라 홉의 수가 상이해질 수 있다.

[0071] 제1 실시 예에 따르면, 간섭 신호로 작용하는 노드의 전송 파워(P_{IK})는 [수학식 4]와 같이 릴레이 노드(300)의 전송 파워(P_k)의 특정 비율(β)로 결정된다고 가정하기로 한다.

수학식 4

[0072] $$P_{Ik} = P_k \times \beta$$

[0073] 여기서, P_{IK}는 간섭 신호로 작용하는 노드의 전송 파워이며, P_k는 각 릴레이 노드(300)의 전송 파워이고, β는 특정 비율이다.

[0074] 따라서, 소스 노드(100)는 [수학식 3]의 d_{SD}에 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 거리를 대입하고, a에 경로 손실 지수를 대입하며, σ_k는 각 릴레이 노드(300)에서 수신단의 노이즈 분산을 대입하고, R에 각 릴레이 노드(300)로 전송하고자 하는 비트 수(bps/Hz)를 대입하며, P_K에 각 릴레이 노드(300)의 전송 파워를 대입하여 잡음 신호를 확인할 수 있다. 그리고, 소스 소드는 [수학식 3]의 λ_k에 단위 면적당 간섭 신호로 작용하는 노드의 분포율(노드의 수)대입하며, r_k에 간섭 신호로 작용하는 영역의 반지름을 대입하고, P_{IK}에 간섭 신호로 작용하는 노드의 전송 파워을 대입하며, d_{SD}에 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 거리를 대입하고, R에 각 릴레이 노드(300)로 전송하고자 하는 비트 수(bps/Hz)를 대입하며, P_K에 각 릴레이 노드(300)의 전송 파워를 대입하여 간섭 신호를 확인할 수 있다. 이후, 소스 노드(100)는 [수학식 3]과 같이 잡음 신호와 간섭 신호를 더하기 연산하여 연산값을 생성하고, 연산값의 위상 값에서 최소값을 이용하여 홉의 수를 결정할 수 있다.

[0075] 한편, 홉의 수는 다시 [수학식 5]와 같이 정의할 수 있다.

수학식 5

[0076] $$\frac{3}{(x+1)\ln 2} < R < \frac{3}{x\ln 2} \rightarrow K_{opt} \leq x$$

[0077] 여기서, K는 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이에 통신 경로를 형성할 홉의 수며, R은 각 릴레이 노드(300)로 전송하고자 하는 비트 수고, x는 자연수이다. [수학식 5]에서 x에 자연수를 대입하면 하기의 [표 1]과 같이 표현될 수 있다.

표 1

홉으로 전송하고자 하는 비트 수(R)	홉의 수(K)
0.72 < R < 0.86	K <= 6
0.86 < R < 1.08	K <= 5
1.08 < R < 1.44	K <= 4
1.44 < R < 2.16	K <= 3
2.16 < R < 4.3	K <= 2
4.3 < R	K <= 1

[0078]

[0079] 이에 따라, 홉의 수는 [표 1]에 나타낸 바와 같이 릴레이 노드(300)로 전송하고자 하는 비트 수에 따라 상이해질 수 있다. 예를 들어, 홉의 수는 [표 1]에 나타낸 바와 같이 6 이하인 자연수일 수 있다. 이때, 홉의 수는 시스템 파라미터에 따라 1에서 6 사이의 값이 될 수 있다.

[0080] 예를 들어, 각 릴레이 노드(300)로 전송하고자 하는 비트 수(R)가 1일 경우에 홉의 수(K)는 5 이하일 수 있다. 홉의 수도 6에 도시된 그래프는 디코딩 후 전송 릴레이 기법이며, 각 릴레이 노드(300)로 전송하고자 하는 비트 수(R)가 1이고, 각 릴레이 노드(300)의 전송 파워(P_k)가 20dB이며, 간섭 신호로 작용하는 노드의 전송 파워(P_{IK})가 각 릴레이 노드(300)의 전송 파워(P_k) 곱하기 0.05이고, 경로 손실 지수(a)가 4이며, 각 릴레이 노드(300)에서 수신단의 노이즈 분산(σ^2_k)이 1으로 가정하고 시뮬레이션을 수행하였다. 도 6에 도시된 바와 같이 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 거리(d_{SD})가 3이고, 단위 면적당 간섭 신호로 작용하는 노드의 분포율(λ_k)이 0.001일 경우에는 홉의 수(K)가 4일 경우에 성능이 가장 좋다는 것을 알 수 있다. 그리고, 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 거리(d_{SD})가 3이고, 단위 면적당 간섭 신호로 작용하는 노드의 분포율(λ_k)이 0.1일 경우에는 홉의 수(K)가 3일 경우에 성능이 가장 좋다는 것을 알 수 있다. 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 거리(d_{SD})가 5이고, 단위 면적당 간섭 신호로 작용하는 노드의 분포율(λ_k)이 0.001일 경우에는 홉의 수(K)가 4일 경우에 성능이 가장 좋다는 것을 알 수 있다. 즉, 홉의 수가 5보다 초과할 경우에는 성능이 열화가 발생할 수 있기 때문에 5이하인 것이 바람직하다.

[0081] 제2 실시 예에 따르면, 간섭 신호로 작용하는 노드의 전송 파워(P_{IK})와 릴레이 노드(300)의 전송 파워(P_k)가 독립적이라고 가정한다면 홉의 수의 최소값은 [수학식 6]과 같이 정의할 수 있다.

수학식 6

[0082]
$$\frac{2+W(-\frac{2}{e^2})}{(x+1)\ln 2} < R < \frac{2+W(-\frac{2}{e^2})}{x\ln 2} \Rightarrow K_{opt} \geq x$$

[0083] 또한, 홉의 수의 최대값은 [수학식 7]과 같이 정의할 수 있다.

수학식 7

[0084]
$$\frac{3+W(-\frac{3}{e^3})}{x\ln 2} < R < \frac{3+W(-\frac{3}{e^3})}{(x-1)\ln 2} \Rightarrow K_{opt} \leq x$$

[0085] [수학식 6] 및 [수학식 7]에서, K는 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이에 통신 경로를 형성할 홉의 수며, R은 각 릴레이 노드(300)로 전송하고자 하는 비트 수고, x는 자연수이다. 그리고, W는 램버터 W 함수(Lambert W function)이다.

[0086] 그리고, [수학식 6] 및 [수학식 7]을 바탕으로 전송 홉의 수는 [수학식 8]과 같이 정의할 수 있다.

수학식 8

[0087]
$$\left[\frac{2+W(-\frac{2}{e^2})}{R\ln 2}\right]_+ \leq K_{opt} \leq \left[\frac{3+W(-\frac{3}{e^3})}{R\ln 2}\right]_+$$

[0088] 여기서, K는 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이에 통신 경로를 형성할 홉의 수며, R은 각 릴레이 노드(300)로 전송하고자 하는 비트 수고, x는 자연수이다. 그리고, $[]_+$는 가장 가까운 정수를 나타낸다. [수학식 8]에서 x에 자연수를 대입하면 홉의 수(K)의 최대값은 [표 2]와 같이 표현할 수 있으며, 홉의 수(K)의 최소값은 [표 3]과 같이 표현할 수 있다.

표 2

[0089]

홉으로 전송하고자 하는 비트 수(R)	홉의 수(K)의 최대값
0.41 < R < 0.45	K <= 10
0.45 < R < 0.51	K <= 9
0.51 < R < 0.58	K <= 8
0.58 < R < 0.68	K <= 7
0.68 < R < 0.81	K <= 6
0.81 < R < 1.02	K <= 5
1.02 < R < 1.35	K <= 4
1.35 < R < 2.03	K <= 3
2.03 < R < 4.07	K <= 2
4.07 > R	K = 1

표 3

홉으로 전송하고자 하는 비트 수(R)	홉의 수(K)의 최소값
0.23 < R	K >= 10
0.23 < R < 0.25	K >= 9
0.25 < R < 0.28	K >= 8
0.28 < R < 0.32	K >= 7
0.32 < R < 0.38	K >= 6
0.38 < R < 0.46	K >= 5
0.46 < R < 0.57	K >= 4
0.57 < R < 0.76	K >= 3
0.76 < R < 1.14	K >= 2
1.14 < R < 2.39	K >= 1

[0090]

[0091] 이에 따라, 홉의 수는 [표 2] 및 [표 3]에 나타낸 바와 같이 릴레이 노드로 전송하고자 하는 비트 수에 따라 상이해질 수 있다.

[0092] 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 릴레이 기반 통신 시스템에서 정보를 전송하는 방법을 나타낸 순서도이다.

[0093] 도 7을 참조하면, 소스 노드(100)는 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이의 거리 및 경로 손실 지수를 이용하여 간섭 신호 및 잡음 신호를 확인한다(710).

[0094] 소스 노드(100)는 확인한 간섭 신호 및 잡음 신호를 이용하여 소스 노드(100)와 목적 노드(200) 사이에 통신 경로를 형성할 홉의 수를 결정한다(720).

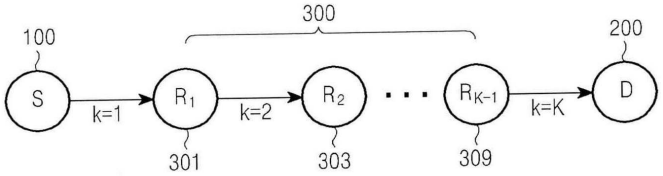
[0095] 소스 노드(100)는 릴레이 노드(300)로 정보를 전송한다(730).

[0096] 릴레이 노드(300)은 목적 노드(200)로 정보를 전송한다(740). 즉, 목적 노드(200)는 소스 노드(100)에서 결정한 홉 수에 상응하는 릴레이 노드(300)을 통해 정보를 수신한다. 예를 들어, 소스 노드(100)가 홉의 수를 3으로 결정하였다고 가정하면, 소스 노드(100)는 소스 노드(100)와 인접한 제1 릴레이 노드(301)으로 정보를 전송하고, 제1 릴레이 노드(301)은 수신한 정보를 제2 릴레이 노드(303)으로 전송하며, 제2 릴레이 노드(303)은 제1 릴레이 노드(301)으로부터 수신한 정보를 제3 릴레이 노드(도시하지 않음)으로 전송하고, 제3 릴레이 노드는 목적 노드(200)로 정보를 전송하고, 목적 노드(200)는 제3 릴레이 노드로부터 정보를 수신할 수 있다.

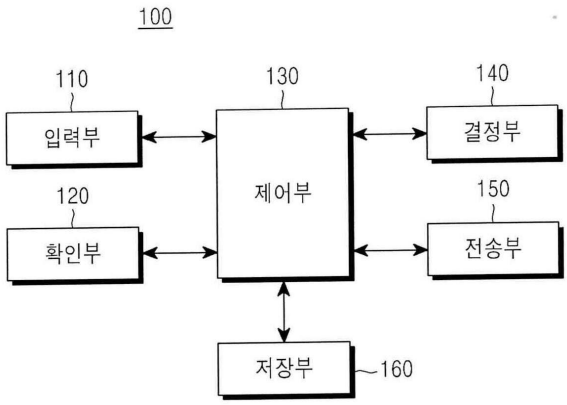
[0097] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

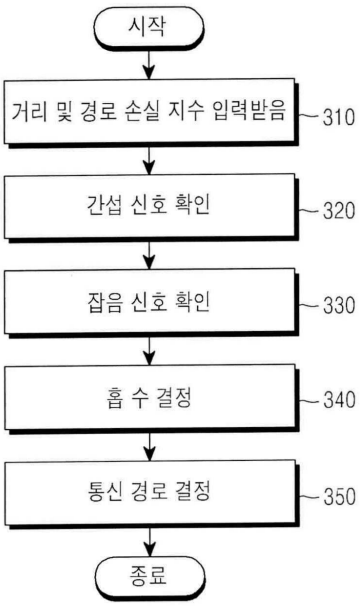
도면1



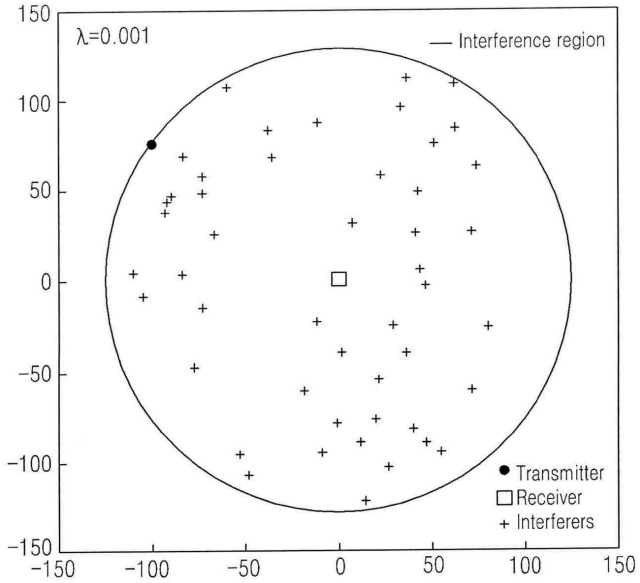
도면2


100
110
입력부
130
제어부
140
결정부
120
확인부
150
전송부
저장부
160

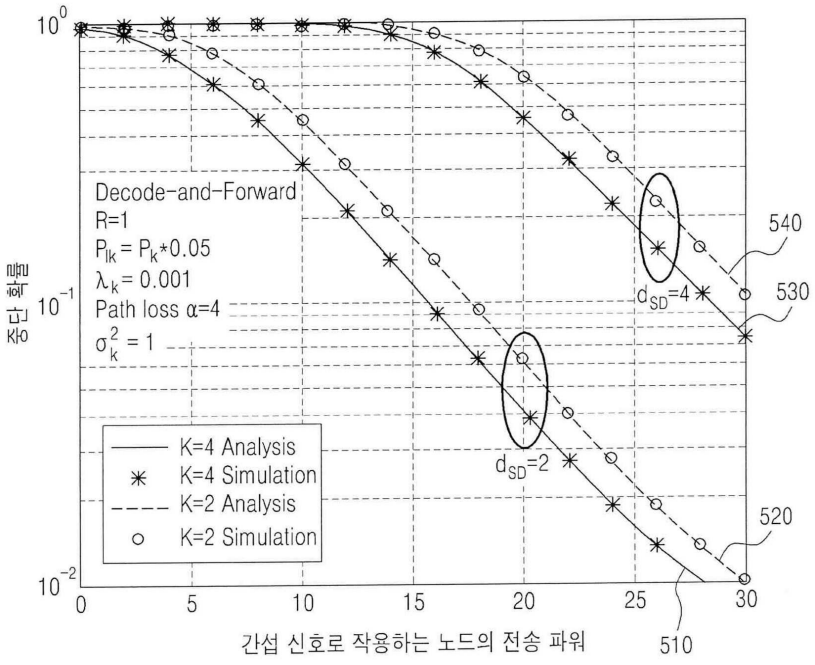
도면3


시작
거리 및 경로 손실 지수 입력받음
310
간섭 신호 확인
320
잡음 신호 확인
330
홉 수 결정
340
통신 경로 결정
350
종료

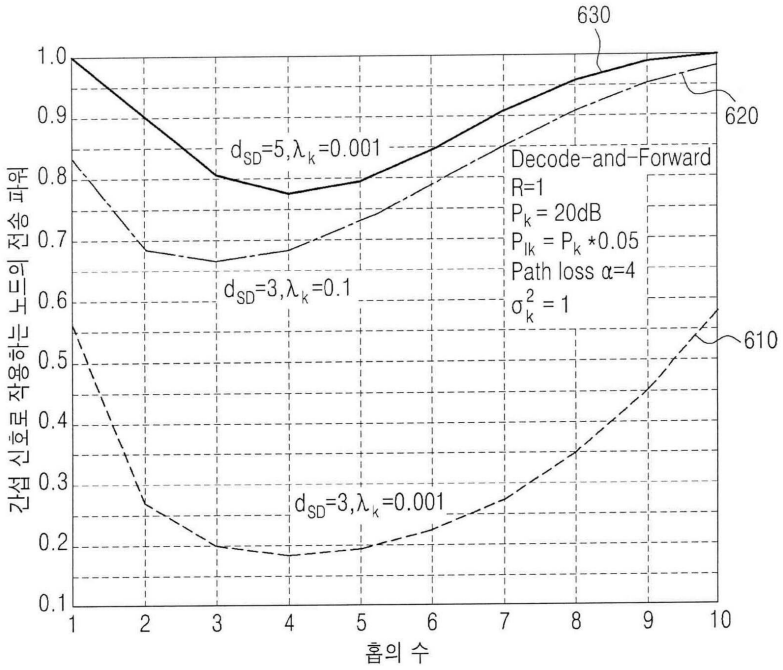
도면4


λ=0.001
Interference region
Transmitter
Receiver
Interferers
150
100
50
0
-50
-100
-150
-150
-100
-50
0
50
100
150

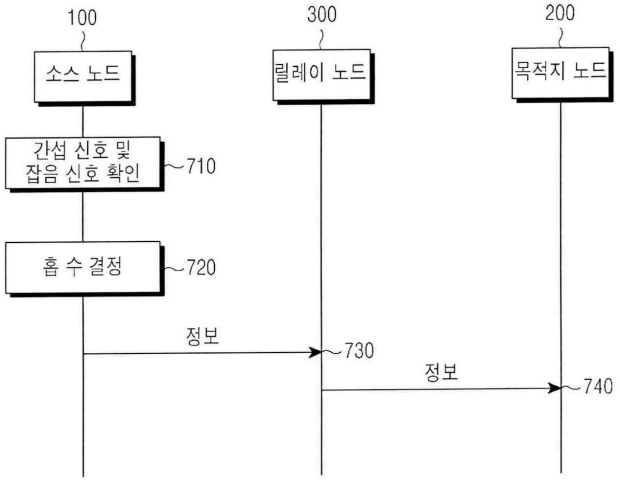
도면5


Decode-and-Forward
R=1
$P_{lk} = P_k * 0.05$
$\lambda_k = 0.001$
Path loss α=4
$\sigma_k^2 = 1$
K=4 Analysis
K=4 Simulation
K=2 Analysis
K=2 Simulation
d_{SD}=4
d_{SD}=2
540
530
520
510
10^0
10^{-1}
10^{-2}
0
5
10
15
20
25
30
간섭 신호로 작용하는 노드의 전송 파워

도면6



도면7



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 요약서

【보정세부항목】 대표도

【변경전】

미기재

【변경후】

도 3