



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0091141
(43) 공개일자 2013년08월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 40/02 (2009.01) H04W 40/22 (2009.01)
H04W 84/18 (2009.01)
(21) 출원번호 10-2012-0012441
(22) 출원일자 2012년02월07일
심사청구일자 2012년02월07일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
허준
서울특별시 강남구 일원본동 상록수아파트 210동 1103호
이재영
서울특별시 송파구 가락2동 삼환아파트 9동 1204호
(74) 대리인
특허법인무한

전체 청구항 수 : 총 10 항

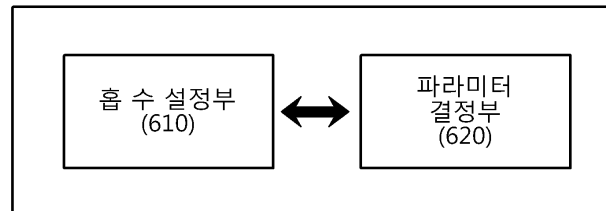
(54) 발명의 명칭 멀티 홉 복호 후 전송 릴레이에서 최적의 라우팅 프로토콜을 제공하는 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 멀티 홉 복호 후 전송 릴레이에서 최적의 라우팅 프로토콜을 제공하는 장치 및 방법에 관한 것으로서, 소스와 목적지간에 신호 전송에 이용할 홉 수를 설정하는 단계, 및 상기 설정된 홉 수에 기초하여, 아웃티지 확률을 최소화하는 시스템 파라미터를 결정하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도6

<라우팅 프로토콜 제공장치(600)>



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	WR080951
부처명	서울특별시
연구사업명	서계 유수 연구소 유치 지원 사업
연구과제명	Bell Labs 서울 유치/광대역 컨버전트 네트워크 기반기술및 응용 서비스 연구
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2011.12.01 ~ 2012.11.30

특허청구의 범위

청구항 1

소스와 목적지간에 신호 전송에 이용할 홉 수를 설정하는 단계; 및
상기 설정된 홉 수에 기초하여, 아웃티지 확률을 최소화하는 시스템 파라미터를 결정하는 단계를 포함하는 멀티 홉 복호 후 전송 릴레이에서 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 설정된 홉 수에 기초하여, 아웃티지 확률을 최소화하는 시스템 파라미터를 결정하는 상기 단계는,
상기 시스템 파라미터로서 홉들 간 거리, 경로 손실 지수(PLE, Path Loss Exponent), 상기 홉들 각각의 전송파워, 상기 홉들의 수, 상기 홉들 각각에 대한 수신단의 노이즈 분산, 단위 면적당 간섭으로 작용하는 노드의 수, 간섭으로 작용하는 영역의 반지름, 각 홉에 보내려는 비트수(bps/Hz), 간섭신호로 작용하는 노드의 전송파워, 및 상기 홉들 각각의 시간 분율 중에서 적어도 하나를 결정하는 단계를 포함하는 멀티 홉 복호 후 전송 릴레이에서 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 설정된 홉들의 수에 기초하여, 아웃티지 확률을 최소화하는 시스템 파라미터를 결정하는 상기 단계는,
홉들 간 거리를 동일하게 결정하는 단계를 포함하는 멀티 홉 복호 후 전송 릴레이에서 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 설정된 홉들의 수에 기초하여, 아웃티지 확률을 최소화하는 시스템 파라미터를 결정하는 상기 단계는,
홉들 각각의 전송파워가 동일하도록 상기 전송파워를 결정하는 단계를 포함하는 멀티 홉 복호 후 전송 릴레이에서 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 설정된 홉들의 수에 기초하여, 아웃티지 확률을 최소화하는 시스템 파라미터를 결정하는 상기 단계는,
홉들 각각에 할당되는 시간 분율이 동일하도록, 상기 시간 분율을 결정하는 단계를 포함하는 멀티 홉 복호 후 전송 릴레이에서 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법.

청구항 6

제3항에 있어서,
상기 홉들 간 거리를 동일하게 결정하는 상기 단계는,
상기 소스와 목적지 간에 거리를 산출하는 단계;
상기 산출된 소스와 목적지 간에 거리를 상기 설정된 홉 수로 나눠 상기 홉들 간에 거리를 산출하는 단계; 및
상기 산출된 홉들 간의 거리에 위치하는 릴레이를 결정하는 단계

를 포함하는 멀티 홉 복호 후 전송 릴레이에서 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항의 방법을 수행하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

청구항 8

소스와 목적지간에 신호 전송에 이용할 홉 수를 설정하는 홉 수 설정부; 및

상기 설정된 홉 수에 기초하여, 아웃티지 확률을 최소화하는 시스템 파라미터를 결정하는 파라미터 결정부를 포함하는 멀티 홉 복호 후 전송 릴레이에서 최적의 라우팅 프로토콜 제공 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 파라미터 결정부는,

홉들 간 거리를 동일하게 결정하고, 상기 홉들 각각의 전송파워가 동일하도록 상기 전송파워를 결정하며, 상기 홉들 각각에 할당되는 시간 분율이 동일하도록, 상기 시간 분율을 결정하는 것을 특징으로 하는 멀티 홉 복호 후 전송 릴레이에서 최적의 라우팅 프로토콜 제공 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 파라미터 결정부는,

상기 소스와 목적지 간에 거리를 산출하고, 상기 산출된 소스와 목적지 간에 거리를 상기 설정된 홉 수로 나눠 상기 홉들 간에 거리를 산출하며, 상기 산출된 홉들 간의 거리에 위치하는 릴레이를 결정하여 상기 홉들 간 거리를 동일하게 결정하는 멀티 홉 복호 후 전송 릴레이에서 최적의 라우팅 프로토콜 제공 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 무선 센서네트워크(WSN)의 IEEE 802.15기반의 무선 개인 영역 네트워크(WPAN: Wireless Personal Area Network)에서 사용되는 릴레이 기반 통신 시스템에서 릴레이가 복호 후 전송 알고리즘을 이용해서 다중 홉을 거쳐 정보를 전송할 때 최대 성능을 내기 위해 최적의 라우팅 알고리즘을 제시한다.

배경기술

[0002] 센서 장치들을 무선으로 연결하여 네트워크를 형성하는 무선 센서네트워크(WSN) 기술은 사람을 중심으로 하던 정보 운용 형태를 확장하여 사람과 사물뿐만 아니라 사물간의 정보 공유를 언제 어디서든 가능하게 하는 유비쿼터스 환경으로의 패러다임 구현에 초석을 마련해 나가고 있다.

[0003] 그 중 전송 릴레이에서 최적의 라우팅 알고리즘을 제공하려는 기술은 IEEE 802.15기반의 무선 개인 영역 네트워크 (WPAN: Wireless Personal Area Network)에서 사용되는 릴레이 기반 통신에 관한 것이며 향후 4G나 5G 통신 관련 표준에 릴레이를 이용한 통신은 필수적으로 들어갈 예정이다.

[0004] 한편, 무선 환경에서 발생하는 페이딩의 영향을 최소화하고 성능을 향상하기 위해 송신자와 수신자가 모두 다중 안테나를 이용하는 Multiple-Input Multiple-output(MIMO) 전송기술이 활발하게 연구 되었다.

[0005] 하지만 한 단말기에 많은 수의 안테나를 넣는 것은 복잡도 증가로 인해 제약이 발생한다. 이에 소스와 목적지의 노드 사이에 단일 안테나를 갖은 임의의 노드를 이용해 통신함으로써 MIMO의 효과를 얻게 하는 릴레이 기반 협력통신이 활발하게 연구되고 있으며 그 중 릴레이가 2번의 시간을 거쳐서 전송하는 듀얼 홉(dual-hop) 릴레이 관련 연구가 대부분을 차지하고 있다.

[0006] 하지만, 소스와 목적지의 노드 사이의 거리가 매우 먼 네트워크 환경에서 두 번의 홉을 이용해서 전송하면 파워

감쇄 현상에 의해서 성능 열화가 발생할 수 있다.

- [0007] 또한 이와 같은 파워 감쇄 현상을 극복하고 Quality of Service(QoS)를 만족하는 듀얼 홉 릴레이는 매우 높은 전송파워로 정보 전송을 해야하는 점은 현실적인 통신 환경에 적합하지 않다.
- [0008] 따라서 먼 거리 떨어진 노드 사이의 통신을 여러 번 홉을 거쳐 전송하는 멀티 홉(Multi-hop) 릴레이 전송이 높은 전송파워를 해결하는 측면이나 더 많은 통신 coverage 확보를 위한 측면에서 최근 각광 받고 있다.
- [0009] 하지만 멀티 홉 릴레이에서 각 홉에 있는 노드가 어떤 방식으로 전송하는 것이 최적의 성능을 얻게 하는 지에 대한 발명은 아직 존재하지 않는다.
- [0010] 즉 멀티 홉 릴레이에서 최대 성능을 만들어내는 각 홉에서의 전송파워, 각 홉에서 전송하는 노드 사이의 거리, 각 홉에서 전송 시에 쓰는 시간 등이 아직 확립되지 않았다.
- [0011] 릴레이의 전송 프로토콜은 크게 복호 후 전송(Decode-and-Forward: DF)와 증폭 후 전송(Amplify-and-Forward: AF)가 있다.
- [0012] 복호 후 전송은 릴레이가 받은 신호를 복호 후 다시 인코딩해서 보내는 것으로 좋은 성능을 보장하는 대신 복잡도가 높아지는 단점이 있다. 반대로 증폭 후 전송 같은 경우 받은 신호를 단순히 증폭해서 보내주는 것으로 구현이 용이한 대신 노이즈가 증폭 되는 단점이 있다. 릴레이 전송 시에 각 타임 슬롯에 전송하는 것을 홉이라고 부르는데 가장 대중적인 것은 듀얼 홉 즉 타임 슬롯 2번에 걸쳐 전송하는 것을 말한다.
- [0013] 듀얼 홉 릴레이 에서는 첫 번째 타임 슬롯에 소스가 릴레이로 정보를 전송하고 두 번째 슬롯에는 릴레이가 목적지의 노드로 정보 전송하는 것을 말한다.
- [0014] 하지만 앞서 설명한 바와 같이, 매우 먼 거리 위치한 소스와 목적지의 노드를 릴레이를 통해 정보 전송을 시도할 경우 듀얼 홉을 이용해서 전송하게 되면 문제가 생길 수 있다. 홉 간 거리가 멀어지면 파워 감쇄 효과에 의해서 신호를 제대로 수신하기 힘들어지며 이에 QoS를 확보하기 위해서는 매우 높은 파워를 이용해서 전송해야 한다. 하지만 현실적으로 이렇게 높은 파워를 이용해서 전송하는 것은 불가능하다. 그래서 제안된 것이 멀티 홉 릴레이 전송이다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

- [0015] 본 발명의 일실시예에 따른 멀티 홉 복호 후 전송 릴레이에서 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법은 소스와 목적지간에 신호 전송에 이용할 홉 수를 설정하는 단계, 및 상기 설정된 홉 수에 기초하여, 아웃티지 확률(outage probability)을 최소화하는 시스템 파라미터를 결정하는 단계를 포함한다.
- [0016] 본 발명의 일실시예에 따른 상기 설정된 홉 수에 기초하여, 아웃티지 확률을 최소화하는 시스템 파라미터를 결정하는 상기 단계는, 상기 시스템 파라미터로서 홉들 간 거리, 경로 손실 지수(PL, Path Loss Exponent), 상기 홉들 각각의 전송파워, 상기 홉들의 수, 상기 홉들 각각에 대한 수신단의 노이즈 분산, 단위 면적당 간섭으로 작용하는 노드의 수, 간섭으로 작용하는 영역의 반지름, 각 홉에 보내려는 비트수(bps/Hz), 간섭신호로 작용하는 노드의 전송파워, 및 상기 홉들 각각의 시간 분율 중에서 적어도 하나를 결정하는 단계를 포함한다.
- [0017] 본 발명의 일실시예에 따른 상기 설정된 홉들의 수에 기초하여, 아웃티지 확률을 최소화하는 시스템 파라미터를 결정하는 상기 단계는, 홉들 간 거리를 동일하게 결정하는 단계를 포함한다.
- [0018] 본 발명의 일실시예에 따른 상기 설정된 홉들의 수에 기초하여, 아웃티지 확률을 최소화하는 시스템 파라미터를 결정하는 상기 단계는, 홉들 각각의 전송파워가 동일하도록 상기 전송파워를 결정하는 단계를 포함한다.
- [0019] 본 발명의 일실시예에 따른 상기 설정된 홉들의 수에 기초하여, 아웃티지 확률을 최소화하는 시스템 파라미터를 결정하는 상기 단계는, 홉들 각각에 할당되는 시간 분율이 동일하도록, 상기 시간 분율을 결정하는 단계를 포함한다.
- [0020] 본 발명의 일실시예에 따른 상기 홉들 간 거리를 동일하게 결정하는 상기 단계는, 상기 소스와 목적지 간에 거리를 산출하는 단계, 상기 산출된 소스와 목적지 간에 거리를 상기 설정된 홉 수로 나눠 상기 홉들 간에 거리를 산출하는 단계, 및 상기 산출된 홉들 간의 거리에 위치하는 릴레이를 결정하는 단계를 포함한다.
- [0021] 본 발명의 일실시예에 따른 멀티 홉 복호 후 전송 릴레이에서 최적의 라우팅 프로토콜 제공 장치는 소스와 목적

시간에 신호 전송에 이용할 홉 수를 설정하는 홉 수 설정부, 및 상기 설정된 홉 수에 기초하여, 아웃티지 확률을 최소화하는 시스템 파라미터를 결정하는 파라미터 결정부를 포함한다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명의 일실시예에 따르면, 기존 연구 및 특허와 달리 어떠한 가정도 없는 멀티 홉 릴레이에서 최고의 성능을 만들 수 있는 최적의 리소스 할당을 구할 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일실시예에 따르면, 최적의 리소스 할당에 있어 기존 연구들과 달리 노이즈와 간섭 신호를 모두 고려할 수 있고, 특히 간섭 신호를 만드는 노드들이 모두 랜덤하게 분포된 실제 통신 시스템에 적합한 네트워크 모델을 고려할 수 있어, 보다 실질적인 통신 환경을 고려하여 최적의 리소스 할당이 가능하다.
- [0024] 본 발명의 일실시예에 따르면, 홉 릴레이 전송에 있어, 모든 리소스를 동일하게 해주어 최소의 아웃티지 성능을 도출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 많은 소스, 릴레이, 목적지 노드들이 분포된 네트워크를 도시하는 도면이다.
- 도 2는 보다 실질적인 통신 시스템을 반영하기 위해서 가정한 각 노드가 Poisson 분포를 따르며 랜덤하게 분포된 상태를 나타내는 그래프이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 멀티 홉 복호 후 전송 릴레이에서 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법을 설명하는 흐름도이다.
- 도 4 및 5는 본 발명의 일실시예에 따른 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법을 통해서 소스에서 목적지까지 아웃티지 확률을 최소화하기 위한 파라미터를 결정하는 실시예를 설명한다.
- 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 최적의 라우팅 프로토콜 제공 장치를 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0027] 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고, 본 명세서에서 사용되는 용어(terminology)들은 본 발명의 바람직한 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0028] 도 1은 많은 소스, 릴레이, 목적지 노드들이 분포된 네트워크를 도시하는 도면이다.
- [0029] 도 1에서 보는 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티 홉 복호 후 전송 릴레이에서 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법은 센서 장치들이 무선으로 연결되어 네트워크(100)를 형성하는 무선 센서네트워크에서 동작할 수 있다.
- [0030] 네트워크(100)는 많은 소스, 릴레이, 목적지 노드들이 분포되어있고, 전화 단말기를 소스로 해석하며, 중계기를 릴레이로 해석하고, 기지국을 목적지로 해석할 수 있다.
- [0031] 도 2는 보다 실질적인 통신 시스템을 반영하기 위해서 가정한 각 노드가 Poisson 분포를 따르며 랜덤하게 분포된 상태를 나타내는 그래프(200)이다.
- [0032] 그래프(200)를 통해 나타나는 분포는 임의의 단일 홉 전송에서 Poisson 분포를 따르는 임의의 트랜스미터(transmitter)들을 나타낸다. 각 트랜스미터들은 간섭(interference)을 야기시키고 그래프(200)는 40m 안에 50개의 노드를 Poisson분포를 따르게 랜덤하게 분포시킨 것이다.
- [0033] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 멀티 홉 복호 후 전송 릴레이에서 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법을 설명하는 흐름도이다.
- [0034] 본 발명의 일실시예에 따른 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법은 소스와 목적지간에 신호 전송에 이용할 홉 수

를 설정하고, 상기 설정된 홉 수에 기초하여, 아웃티지 확률을 최소화하는 시스템 파라미터를 결정할 수 있다.

[0035] 이를 위해, 본 발명의 일실시예에 따른 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법은 먼저 전송할 홉 수를 결정한다(단계 301).

[0036] 본 발명의 일실시예에 따른 최적의 라우팅 프로토콜이 적용되는 멀티 홉 릴레이 전송은 소스에서 목적지의 노드로 정보 전송할 때 여러 번의 홉 또는 여러 릴레이를 거쳐서 가는 것을 의미한다.

[0037] 보통 K개의 홉을 이용해서 전송하는 경우 K번의 타임 슬롯을 나눠서 K-1개의 릴레이 거쳐 전송할 수 있다. 즉 멀티 홉 릴레이 전송은 첫 번째 타임 슬롯에서 소스가 첫 번째 릴레이에게 전송하고 다음 슬롯부터 릴레이끼리 전송하고 마지막 슬롯에 목적지의 노드로 정보 전송한다.

[0038] 단계 301에서는 이렇게 멀티 홉 릴레이 전송에 있어 이용되는 홉의 수를 결정한다.

[0039] 듀얼 홉에 비해서 멀티 홉 릴레이 전송은 짧은 거리를 여러 번에 거쳐 전송함으로써 에러 확률을 줄일 수 있다는 장점이 있다. 따라서 본 발명에서는 복호 후 전송을 이용하는 멀티 홉 전송을 실시예로 설명하나 다양한 방식으로 대체되어, 아웃티지 확률을 최소화 하는 최적의 라우팅 알고리즘을 구할 수 있다.

[0040] 다음으로, 본 발명의 일실시예에 따른 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법은 아웃티지 확률을 최소화하는 시스템 파라미터를 결정할 수 있다.

[0041] 본 발명의 일실시예에 따른 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법은 상기 시스템 파라미터로서 홉들 간 거리, 경로 손실 지수(PLF, Path Loss Exponent), 상기 홉들 각각의 전송파워, 상기 홉들의 수, 상기 홉들 각각에 대한 수신단의 노이즈 분산, 단위 면적당 간섭으로 작용하는 노드의 수, 간섭으로 작용하는 영역의 반지름, 상기 홉들 각각에 보내려는 비트수(bps/Hz), 간섭신호로 작용하는 노드의 전송파워, 및 상기 홉들 각각의 시간 분율 중에서 적어도 하나를 결정할 수 있다.

[0042] 여러 릴레이는 그 전 릴레이로부터 받은 신호만을 검출하고 각 노드들은 간섭 영향을 받고 노이즈의 영향도 받는다.

[0043] 이에 본 발명의 일실시예에 따른 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법은 소스와 목적지의 노드 사이에 여러 릴레이를 거쳐 통신을 할 때 이용할 릴레이만큼 홉(타임 슬롯)을 나눠서 전송한다.

[0044] 아웃티지 확률을 최소화하는 시스템 파라미터를 결정하기 위해서, 본 발명의 일실시예에 따른 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법은 소스와 목적지 사이의 거리(d_{SD})를 측정하여(단계 302), 각 홉 당 d_{SD}/K 만큼 떨어진 K-1개의 릴레이를 선택해서 목적지까지 전송할 수 있다(단계 303).

[0045] 본 발명의 일실시예에 따른 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법은 몇 번의 홉을 이용해서 전송할 것인지 결정되면 소스와 목적지의 노드 사이의 거리가 정해 우선 균등한 거리에 있는 릴레이 노드를 선택해서 정보를 전송한다.

[0046] 또한 아웃티지 확률을 최소화하는 시스템 파라미터를 결정하기 위해서, 본 발명의 일실시예에 따른 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법은 각 홉에서 전송하는 노드의 파워가 모두 동일하도록 설정하고(단계 304), 각 홉에서 전송에 쓰는 시간(시간 분율)은 모두 동일하도록 설정 할 수 있다(단계 305).

[0047] 본 발명의 일실시예에 따른 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법은 해당 릴레이 노드들은 모두 동일한 파워를 이용해서 정보를 전송하고, 해당 릴레이 노드들은 또한 모두 동일한 시간 분율을 이용해서 전송한다.

[0048] 멀티 홉 릴레이 전송은 모든 리소스를 동일하게 해주는 것이라는 확인하고 이 결과를 바탕으로 최소의 아웃티지 성능을 구할 수 있다.

[0049] 이는 다음과 같이 설명될 수 있다.

[0050] 소스는 해당 목적지까지 전송에 이용할 홉 수 K 를 설정하고 복호 후 전송 프로토콜을 이용하여 K번의 홉을 이용하여 전송하면 [수학식 1]과 같은 아웃티지 확률을 구할 수 있다.

[0051] [수학식 1]

$$P_{out}(R) = 1 - \exp \left[- \left\{ \sum_{n=1}^K \left(\frac{d_n^\alpha \sigma^2}{P_n} \left(2^{\frac{R}{\beta_n}} - 1 \right) + \frac{\pi^2 \lambda \text{erf}(\sqrt{r})}{2} \sqrt{\frac{d_n^\alpha P_{INF} \left(2^{\frac{R}{\beta_n}} - 1 \right)}{P_n}} \right) \right\} \right]$$

[0053] d_n : 홉들 간 거리

[0054] α : 경로 손실 지수(PL, Path Loss Exponent)

[0055] P_n : 홉들 각각의 전송파워

[0056] K : 전송 홉들의 수

[0057] σ_n : 홉들 각각에 대한 수신단의 노이즈 분산

[0058] λ : 단위 면적당 간섭으로 작용하는 노드의 수(분포율)

[0059] r : 간섭으로 작용하는 영역의 반지름

[0060] R : 상기 홉들 각각에 보내려는 비트수(bps/Hz)

[0061] P_{INF} : 간섭신호로 작용하는 노드의 전송파워

[0062] β_n : 홉들 각각의 시간 분율

[0063] [수학식 1]을 바탕으로 최적화 문제를 풀면 아웃티지 확률을 최소화 시키는 시스템 파라미터를 결정할 수 있다. 즉, 멀티 홉 릴레이 전송은 모든 리소스를 동일하게 해주는 것이 확인될 수 있다.

[0064] 먼저 멀티 홉 복호 후 전송 릴레이의 아웃티지 확률을 최소화 시키는 시간 분율, 전송파워, 거리 찾는 최적화 문제는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0065] [수학식 2]

$$\begin{aligned} & \arg \min_{\beta_n, P_n, d_n} \sum_{n=1}^K \left(\underbrace{\sigma^2 \frac{d_n^\alpha}{P_n} \left(2^{\frac{R}{\beta_n}} - 1 \right)}_{\text{Noise}} + \underbrace{\frac{\pi^2 \lambda \text{erf}(\sqrt{r}) \sqrt{P_{INF}}}{2} \sqrt{\frac{d_n^\alpha}{P_n} \left(2^{\frac{R}{\beta_n}} - 1 \right)}}_{\text{Interference}} \right) \\ & \text{subject to } \sum_{n=1}^K \beta_n P_n = P_T, \quad \sum_{n=1}^K \beta_n = 1, \quad \text{and} \quad \sum_{n=1}^K d_n = d_{SD} \end{aligned}$$

[0067] P_T : 평균 전송파워

[0068] 위의 최적화 문제의 형태를 살펴보면 $X = \frac{d_n^\alpha}{P_n} \left(2^{\frac{R}{\beta_n}} - 1 \right)$ 라는 함수가 선형적으로 결합된 형태로 되어있으며 각 계수가 각각 잡음(noise)과 간섭(interference)의 함수라는 것을 확인할 수 있다.

[0069] 따라서 두 term 중에 어느 하나 term만 고려해도 무방하다는 것을 알 수 있으며 이 결과를 통해 노이즈와 간섭 둘 다를 고려한 시스템이나 둘 중 어느 하나만 고려한 시스템이나 최적화 결과 값은 같다는 것을 확인 할 수 있

다.

[0070] 다시 말해, 결과가 노이즈를 모두 제거한 시스템이나 간섭을 모두 제거한 시스템에 적용 가능하다는 것을 나타낸다.

[0071] 위의 사항을 이용하여 최적화 문제를 다음과 같이 간단하게 나타낼 수 있다.

[0072] [수학식 3]

$$\begin{aligned} & \arg \min_{\beta_n, P_n, d_n} \sum_{n=1}^K \frac{d_n^\alpha \sigma^2}{P_n} \left(2^{\frac{R}{\beta_n}} - 1 \right) \\ & \text{subject to } \sum_{n=1}^K \beta_n P_n \leq P_T, \quad \sum_{n=1}^K \beta_n = 1, \quad \text{and} \quad \sum_{n=1}^K d_n = d_{SD}. \end{aligned}$$

[0073]

[0074] 위의 최적화 문제는 convex하기 때문에 first order property를 이용하면 [수학식 4]와 같은 결과를 얻을 수 있다.

[0075] [수학식 4]

$$P_n = P_T, \quad \beta_n = \beta_K, \quad d_n = d_K, \quad \text{for } n = 1, 2, \dots, K$$

[0076]

[0077] 즉, [수학식 4]를 바탕으로 멀티 홉 복호 후 전송 릴레이에서 아웃티지 확률을 최소화하기 위해서는 각 홉의 파워, 시간 분을 그리고 거리를 모두 동일하게 설정하면 되는 것이 확인될 수 있다.

[0078] 도 4 및 5는 본 발명의 일실시예에 따른 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법을 통해서 소스에서 목적지까지 아웃티지 확률을 최소화하기 위한 파라미터를 결정하는 실시예를 설명한다.

[0079] 최적화 문제의 결과를 통해서 거리를 균등하게 해주는 것이 최소 아웃티지 확률을 얻을 수 있다는 것을 확인했다.

[0080] 도 4에서 보는 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법은 최소 아웃티지 확률을 얻기 위해서 각 홉에 있는 릴레이가 동등한 거리에 떨어져 있을 수 있도록 소스(410)와 목적지(420) 사이의 거리(d_{SD})를 측정한다.

[0081] 다음으로, 도 5에서 보는 바와 같이, 정보를 보내고자 하는 소스(410)와 목적지(420) 간의 홉 수를 나눈 거리에 $d_n = d_{SD}/K$ 있는 릴레이를 선택해서 전송한다.

[0082] 예를 들어 소스(410)와 목적지(420)의 거리(d_{SD})가 9m로 떨어져 있고 3번(홉 수)의 홉을 이용해야 한다고 가정하면 각 홉간 거리는 $d_n = 9(d_{SD})/3(K) = 3$ 에 의해서 산출될 수 있다.

[0083] 다시 말해, 9m의 거리에서 3번의 홉을 이용해서 전송할 때, 본 발명의 일실시예에 따른 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법은 소스로부터 3m 떨어진 릴레이(430)를 선택해서 전송하고, 그 릴레이는 또 3m 떨어진 다음 릴레이(440)로 전송하는 일련의 과정을 진행한다.

[0084] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법은 마찬가지로 각 릴레이를 선택하면 전송 파워를 결정해야 하는데 각 홉의 전송파워를 모두 동일한 평균 전송파워 P_T 로 설정해서 전송한다.

[0085] 홉과 홉 사이는 직교 채널(orthogonal channel)을 가정하고 있기 때문에 전체 시간을 각 홉 별로 나눠줄 수 있

다.

- [0086] 예를 들어 소스(410)에서 목적지(420)까지 10s의 시간을 이용해서 전송한다면 10s를 각 홉이 나눠 사용해서 전송한다.
- [0087] 최적화 문제의 결과에서처럼 소스(410)에서 목적지(420)까지 시간을 등분해주는 것이 최소 아웃티지를 얻을 수 있기 때문에 전체 시간을 각 홉 수로 등분해서 $B_n=1/K$ 전송한다.
- [0088] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 최적의 라우팅 프로토콜 제공 장치를 설명하는 도면이다.
- [0089] 본 발명의 일실시예에 따른 최적의 라우팅 프로토콜 제공 장치(600)는 홉 수 설정부(610)와 파라미터 결정부(620)를 포함할 수 있다.
- [0090] 본 발명의 일실시예에 따른 홉 수 설정부(610)는 소스와 목적지간에 신호 전송에 이용할 홉 수를 설정할 수 있다.
- [0091] 본 발명의 일실시예에 따른 파라미터 결정부(620)는 상기 설정된 홉 수에 기초하여, 아웃티지 확률을 최소화하는 시스템 파라미터를 결정할 수 있다.
- [0092] 본 발명의 일실시예에 따른 파라미터 결정부(620)는 홉들 간 거리를 동일하게 결정하고, 상기 홉들 각각의 전송 파워가 동일하도록 상기 전송파워를 결정하며, 상기 홉들 각각에 할당되는 시간 분율이 동일하도록, 상기 시간 분율을 결정할 수 있다.
- [0093] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 파라미터 결정부(620)는 상기 소스와 목적지 간에 거리를 산출하고, 상기 산출된 소스와 목적지 간에 거리를 상기 설정된 홉 수로 나눠 상기 홉들 간에 거리를 산출하며, 상기 산출된 홉들 간의 거리에 위치하는 릴레이를 결정하여 상기 홉들 간 거리를 동일하게 결정할 수 있다.
- [0094] 본 발명에 따르면 기존 연구 및 특허와 달리 어떠한 가정도 없는 멀티 홉 릴레이에서 최고의 성능을 만들 수 있는 최적의 리소스 할당을 구할 수 있다.
- [0095] 다시 말해, 기존의 많은 발명 및 논문이 멀티 홉 릴레이를 고려할 때 특정한 리소스를 가정해서 분석 및 연구했으나 본 발명은 어떠한 가정 없이 아웃티지 성능을 최소화 하는 시스템 파라미터 즉 전송 파워 비율, 홉 간 거리, 그리고 시간 분율을 구할 수 있다.
- [0096] 특히 본 발명의 경우 주파수 재사용 때문에 어쩔 수 없이 발생하게 되는 통신의 필수 사항인 간섭 신호를 고려한다는 점에서 의미가 있다.
- [0097] 또한 간섭 신호 관점에서도 간섭으로 작용하는 노드가 랜덤하게 분포한다고 가정하며 그때 그 노드들의 위치는 Poisson 분포를 따르는 점에서도 의미가 있다.
- [0098] 언급한 바와 같이, 본 발명에서는 특히 많은 노드가 존재하고 그 노드가 랜덤하게 분포 될 가능성이 큰 센서 네트워크나 에드 혹 네트워크에서의 적합하다고 할 수 있다.
- [0099] 결국, 본 발명은 각 릴레이가 DF 프로토콜을 이용하고 각 노드에 간섭 신호와 노이즈 모두가 작용 될 때 최대 성능을 얻을 수 있는 최적의 라우팅 알고리즘을 찾을 수 있다.
- [0100] 본 발명의 일실시예에 따르면, 최적의 리소스 할당에 있어 기존 연구들과 달리 노이즈와 간섭 신호를 모두 고려할 수 있고, 특히 간섭 신호를 만드는 노드들이 모두 랜덤하게 분포된 실제 통신 시스템에 적합한 네트워크 모델을 고려할 수 있어, 보다 실질적인 통신 환경을 고려하여 최적의 리소스 할당이 가능하다.
- [0101] 본 발명의 일실시예에 따르면, 홉 릴레이 전송에 있어, 모든 리소스를 동일하게 해주어 최소의 아웃티지 성능을 도출할 수 있다.
- [0102] 본 발명의 일실시예에 따른 최적의 라우팅 프로토콜 제공 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같

은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0103] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0104] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0105] 600: 라우팅 프로토콜 제공 장치

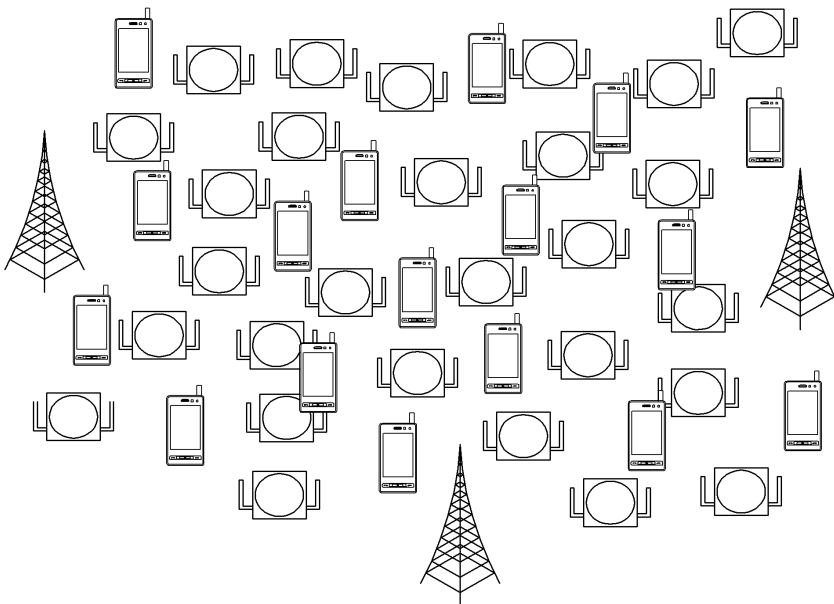
610: 홉 수 설정부

620: 파라미터 결정부

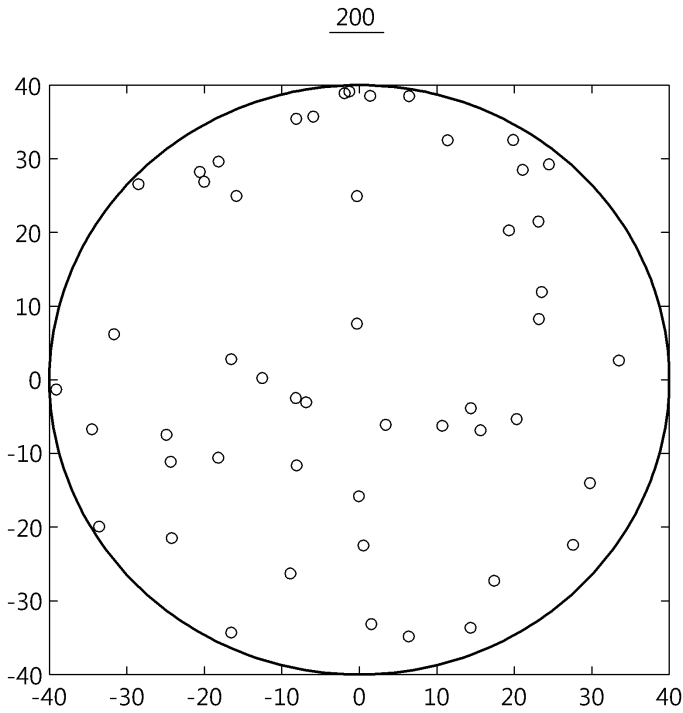
도면

도면1

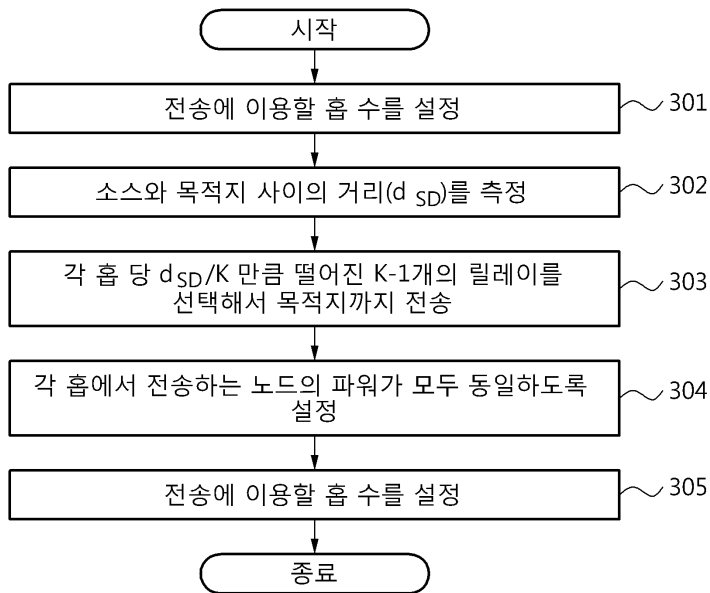
100



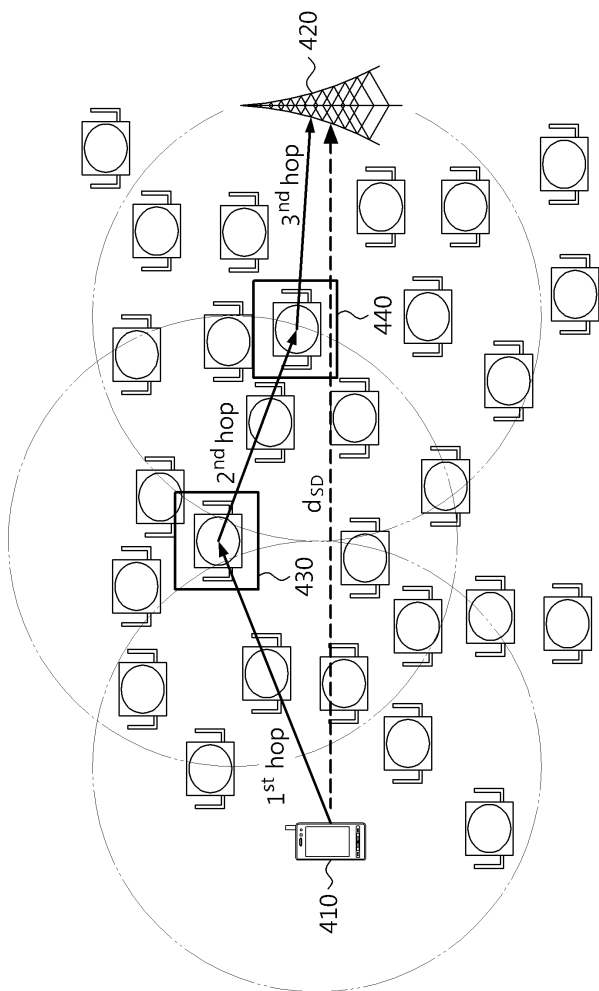
도면2



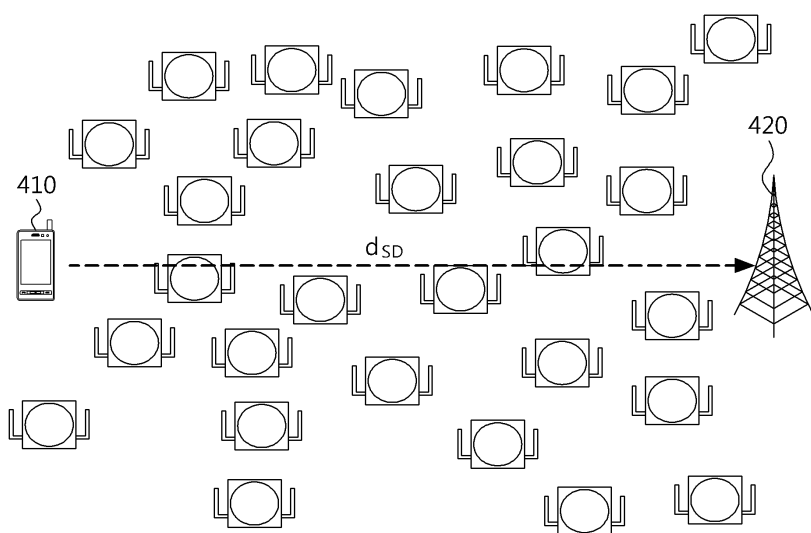
도면3



도면4



도면5



도면6

<라우팅 프로토콜 제공장치(600)>

