

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2014-0003121 (43) 공개일자 2014년01월09일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H04W 40/32 (2009.01) H04W 40/22 (2009.01) H04W 84/18 (2009.01)	(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울특별시 성북구 안암로 145 (안암동5가) 고려대학교 산학협력단	
(21) 출원번호 10-2012-0070822	(72) 발명자 허준 서울특별시 강남구 광평로10길 6 (일원동, 한솔마을아파트) 206동 103호	
(22) 출원일자 2012년06월29일 심사청구일자 2012년06월29일	이재영 서울특별시 송파구 오금로 432 9동 1204호(가락동, 삼환가락아파트)	
	(74) 대리인 특허법인무한	

전체 청구항 수 : 총 13 항

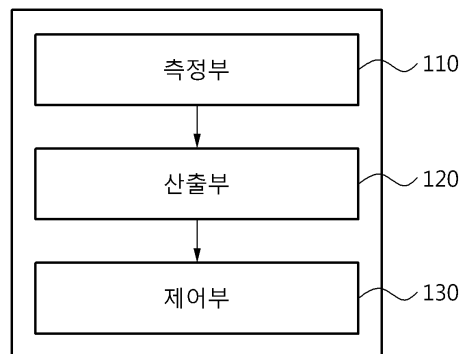
(54) 발명의 명칭 멀티 홉 릴레이에서 전체 네트워크의 쓰루풋을 최대화 시키는 최적의 단위 면적당 노드의 수를 결정하는 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 멀티 홉 릴레이에서 전체 네트워크의 쓰루풋을 최대화 시키는 최적의 단위 면적당 노드의 수를 결정하는 장치 및 방법에 관한 것으로서, 릴레이 기반 통신 시스템에서 다중 홉 릴레이의 전송을 위한 네트워크의 파라미터를 측정하는 측정부, 및 상기 측정된 네트워크의 파라미터에 기초하여 단위 면적당 전송 노드의 수를 산출하는 산출부를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1

<최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치(100)>



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 0891104002120010100

부처명 한국방송통신전파진흥원

연구사업명 방송통신기술개발사업

연구과제명 [5차년도] 테라 헤르츠 대역 근거리 무선 통신시스템 연구

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2012.03.01 ~ 2013.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

릴레이 기반 통신 시스템에서 다중 홉 릴레이의 전송을 위한 네트워크의 파라미터를 측정하는 측정부; 및
상기 측정된 네트워크의 파라미터에 기초하여 단위 면적당 전송 노드의 수를 산출하는 산출부를 포함하는 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 릴레이 기반 통신 시스템에서의 릴레이는 복호 후 전송을 이용하는 것을 특징으로 하는 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 네트워크의 각 전송 노드는 푸아송(Poisson) 분포에 상응하여 랜덤하게 분포되는 것을 특징으로 하는 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

전체 네트워크에서 상기 산출한 단위 면적당 전송 노드의 수에 해당하는 노드들만을 전송에 참여시키도록 제어하는 제어부를 더 포함하는 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 측정부는,

소스 노드와 목적지 노드 사이의 거리, 성공 확률, 및 데이터 레이트 중에서 적어도 하나를 상기 네트워크의 파라미터로서 측정하는 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 산출부는,

상기 소스 노드와 상기 목적지 노드 사이의 거리, 상기 성공 확률, 및 상기 데이터 레이트 중에서 적어도 하나에 기초하여 생성되는 네트워크의 쓰루풋이 최대값을 가질 때의 단위 면적당 전송 노드의 수를 상기 최적 단위 면적당 노드의 수로 산출하는 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 측정부는,

각 홉간 거리, 경로 손실 지수(path loss exponent), 각 홉의 전송 파워, 전송 홉 수, 각 홉의 수신단의 노이즈 분산, 간섭으로 작용하는 영역의 반지름, 각 홉에 보내고자 하는 비트수, 간섭신호로 작용하는 노드의 전송 파워, 및 각 홉의 시간 분율 중에서 적어도 하나를 상기 네트워크의 파라미터로서 측정하는 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 산출부는,

상기 각 홉간 거리, 상기 경로 손실 지수(path loss exponent), 상기 각 홉의 전송 파워, 상기 전송 홉 수, 상기 각 홉의 수신단의 노이즈 분산, 상기 간섭으로 작용하는 영역의 반지름, 상기 각 홉에 보내고자 하는 비트수, 상기 간섭신호로 작용하는 노드의 전송 파워, 및 상기 각 홉의 시간 분율 중에서 적어도 하나에 기초하여 생성되는 네트워크의 쓰루풋이 최대값을 가질 때의 단위 면적당 전송 노드의 수를 상기 최적 단위 면적당 노드의 수로 산출하는 장치.

청구항 9

릴레이 기반 통신 시스템에서 다중 홉 릴레이의 전송을 위한 네트워크의 파라미터를 측정하는 단계; 및

상기 측정된 네트워크의 파라미터에 기초하여 단위 면적당 전송 노드의 수를 산출하는 단계

를 포함하는 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

전체 네트워크에서 상기 산출한 단위 면적당 전송 노드의 수에 해당하는 노드들만을 전송에 참여시키도록 제어하는 단계

를 더 포함하는 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 단위 면적당 전송 노드의 수를 산출하는 단계는,

소스 노드와 목적지 노드 사이의 거리, 성공 확률, 및 데이터 레이트 중에서 적어도 하나에 기초하여 생성되는 네트워크의 쓰루풋이 최대값을 가질 때의 단위 면적당 전송 노드의 수를 상기 최적 단위 면적당 노드의 수로 산출하는 단계

를 포함하는 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 방법.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 단위 면적당 전송 노드의 수를 산출하는 단계는,

각 홉간 거리, 경로 손실 지수(path loss exponent), 각 홉의 전송 파워, 전송 홉 수, 각 홉의 수신단의 노이즈 분산, 간섭으로 작용하는 영역의 반지름, 각 홉에 보내고자 하는 비트수, 간섭신호로 작용하는 노드의 전송 파워, 및 각 홉의 시간 분율 중에서 적어도 하나에 기초하여 생성되는 네트워크의 쓰루풋이 최대값을 가질 때의 단위 면적당 전송 노드의 수를 상기 최적 단위 면적당 노드의 수로 산출하는 방법.

청구항 13

제9항 및 제12항 중에서 어느 한 항의 방법을 수행하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

명세서

기술 분야

본 발명은 최적의 단위 면적당 노드의 수를 결정하는 장치 및 방법에 관한 것으로서, 전송 홉 수와 전송 파워 등과 같은 네트워크 파라미터가 결정되면 최적의 단위 면적당 전송 노드의 수를 결정하고, 전체 네트워크에서 해

[0001]

당 노드 수만 전송에 참여 시켜 전체 네트워크의 쓰루풋을 최대로 얻는 기술적 사상에 관한 것이다.

배경 기술

- [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] 보통 릴레이 전송 시에 각 타임 슬롯에 전송하는 것을 홉이라고 부르는데 가장 대중적인 것은 듀얼 홉, 즉 타임 슬롯 2번에 걸쳐 전송하는 것을 말한다.
- [0004] 듀얼 홉 릴레이에서는 첫 번째 타임 슬롯에 소스가 릴레이로 정보를 전송하고 두 번째 슬롯에는 릴레이가 목적지 노드로 정보 전송을 수행한다.
- [0005] 하지만 매우 먼 거리 위치한 소스와 목적지 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 QoS(quality of service)를 확보하기 위해서는 매우 높은 파워를 이용해서 전송해야 한다.
- [0006] 하지만 현실적으로 이렇게 높은 파워를 이용해서 전송하는 것은 불가능하다. 그래서 제안된 것이 멀티 홉 릴레이 전송이다.
- [0007] 멀티 홉 릴레이 전송은 소스에서 목적지 노드로 정보 전송할 때 여러 번의 홉 혹은 여러 릴레이를 거쳐서 가는 것을 말한다.
- [0008] 보통 K개의 홉을 이용해서 전송하는 경우 K번의 타임 슬롯을 나눠서 K-1개의 릴레이 거쳐 전송하는 것을 말한다.
- [0009] 즉 멀티 홉 릴레이 전송은 첫 번째 타임 슬롯에서 소스가 첫 번째 릴레이에게 전송하고 다음 슬롯부터 릴레이끼리 전송하고 마지막 슬롯에 목적지 노드로 정보 전송한다.
- [0010] 따라서 듀얼 홉에 비해서 타임 슬롯이 늘었지만 짧은 거리를 여러 번에 걸쳐 전송함으로써 에러 확률을 줄일 수 있다는 장점이 있다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

- [0011] 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치는 릴레이 기반 통신 시스템에서 다중 홉 릴레이의 전송을 위한 네트워크의 파라미터를 측정하는 측정부, 및 상기 측정된 네트워크의 파라미터에 기초하여 단위 면적당 전송 노드의 수를 산출하는 산출부를 포함할 수 있다.
- [0012] 일실시예에 따른 상기 릴레이 기반 통신 시스템에서의 릴레이는 복호 후 전송을 이용할 수 있다.
- [0013] 일실시예에 따른 상기 네트워크의 각 전송 노드는 푸아송(Poisson) 분포에 상응하여 랜덤하게 분포될 수 있다.
- [0014] 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치는 전체 네트워크에서 상기 산출한 단위 면적당 전송 노드의 수에 해당하는 노드들만을 전송에 참여시키도록 제어하는 제어부를 더 포함할 수 있다.
- [0015] 일실시예에 따른 상기 측정부는, 소스 노드와 목적지 노드 사이의 거리, 성공 확률, 및 데이터 레이트 중에서 적어도 하나를 상기 네트워크의 파라미터로서 측정할 수 있다.
- [0016] 일실시예에 따른 상기 산출부는, 상기 소스 노드와 상기 목적지 노드 사이의 거리, 상기 성공 확률, 및 상기 데이터 레이트 중에서 적어도 하나에 기초하여 생성되는 네트워크의 쓰루풋이 최대값을 가질 때의 단위 면적당 전송 노드의 수를 상기 최적 단위 면적당 노드의 수로 산출할 수 있다.
- [0017] 일실시예에 따른 상기 측정부는, 각 홉간 거리, 경로 손실 지수(path loss exponent), 각 홉의 전송 파워, 전송 홉 수, 각 홉의 수신단의 노이즈 분산, 간섭으로 작용하는 영역의 반지름, 각 홉에 보내고자 하는 비트수, 간섭 신호로 작용하는 노드의 전송 파워, 및 각 홉의 시간 분율 중에서 적어도 하나를 상기 네트워크의 파라미터로서 측정하는 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출할 수 있다.
- [0018] 일실시예에 따른 상기 산출부는, 상기 각 홉간 거리, 상기 경로 손실 지수(path loss exponent), 상기 각 홉의

전송 파워, 상기 전송 홉 수, 상기 각 홉의 수신단의 노이즈 분산, 상기 간섭으로 작용하는 영역의 반지름, 상기 각 홉에 보내고자 하는 비트수, 상기 간섭신호로 작용하는 노드의 전송 파워, 및 상기 각 홉의 시간 분율 중에서 적어도 하나에 기초하여 생성되는 네트워크의 쓰루풋이 최대값을 가질 때의 단위 면적당 전송 노드의 수를 상기 최적 단위 면적당 노드의 수로 산출할 수 있다.

[0019] 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 방법은 릴레이 기반 통신 시스템에서 다중 홉 릴레이의 전송을 위한 네트워크의 파라미터를 측정하는 단계, 및 상기 측정된 네트워크의 파라미터에 기초하여 단위 면적당 전송 노드의 수를 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0020] 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 방법은 전체 네트워크에서 상기 산출한 단위 면적당 전송 노드의 수에 해당하는 노드들만을 전송에 참여시키도록 제어하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0021] 일실시예에 따른 상기 단위 면적당 전송 노드의 수를 산출하는 단계는, 소스 노드와 목적지 노드 사이의 거리, 성공 확률, 및 데이터 레이트 중에서 적어도 하나에 기초하여 생성되는 네트워크의 쓰루풋이 최대값을 가질 때의 단위 면적당 전송 노드의 수를 상기 최적 단위 면적당 노드의 수로 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0022] 일실시예에 따른 상기 단위 면적당 전송 노드의 수를 산출하는 단계는, 상기 각 홉간 거리, 상기 경로 손실 지수(path loss exponent), 상기 각 홉의 전송 파워, 상기 전송 홉 수, 상기 각 홉의 수신단의 노이즈 분산, 상기 간섭으로 작용하는 영역의 반지름, 상기 각 홉에 보내고자 하는 비트수, 상기 간섭신호로 작용하는 노드의 전송 파워, 및 상기 각 홉의 시간 분율 중에서 적어도 하나에 기초하여 생성되는 네트워크의 쓰루풋이 최대값을 가질 때의 단위 면적당 전송 노드의 수를 상기 최적 단위 면적당 노드의 수로 산출할 수 있다.

발명의 효과

[0023] 일실시예에 따르면, 무분별한 전송 노드 이용으로 인한 성능 감소를 방지하고 최적의 전송 노드만 이용함으로써 최대 쓰루풋의 성능을 얻을 수 있다.

[0024] 일실시예에 따르면, 무선 센서네트워크(WSN)의 IEEE 802.11(WLAN: Wireless Local Area Network), IEEE 802.15(WPAN: Wireless Personal Area Network) 및 IEEE 802.16(Wimax) 등에서 사용되는 릴레이 기반 통신 시스템에서 모든 소스가 다중 홉을 거쳐 정보를 전송할 때 전체 네트워크 측면에서 최대 쓰루풋을 내기 위한 최적의 단위면적당 전송 노드 수를 결정하는 알고리즘을 제시할 수 있다.

[0025] 일실시예에 따르면, RATC(random access transport capacity)라는 메트릭을 이용하여 단일 브랜치가 아닌 전체 네트워크의 쓰루풋에 초점을 맞출 수 있다.

[0026] 일실시예에 따르면, 기존 연구들과 달리 노이즈와 간섭 신호를 모두 고려했으며 특히 간섭 신호를 만드는 노드들이 모두 랜덤하게 분포된 실제 통신 시스템에 적합한 네트워크 모델을 고려할 수 있다.

[0027] 특히, 임의의 한 노드의 전송이 다른 노드에게 간섭신호로 작용하는 이러한 시스템 모델(system model)은 비면허 대역(unlicensed band)을 이용하는 장치 대 장치(D2D, device-to-device) 통신에 적합하며 이것은 현재 IEEE 802.15.8 PAC(Peer-aware Communications)등의 표준화를 위해 활발하게 연구되고 있다. 참고로, 단위 면적당 노드 수가 단위 면적당 D2D 통신을 이용하는 유저 또는 노드의 수라고 볼 수 있다.

[0028] 일실시예에 따르면, 전송 노드를 무작정 늘리는 것은 전체 네트워크의 쓰루풋을 오히려 감소 시키는 일이기 때문에 최대 RATC, 즉 전체 네트워크의 최대 쓰루풋을 얻을 수 있는 단위 면적당 전송 노드의 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치를 설명하는 블록도이다.

도 2는 많은 노드들이 네트워크에 분포되어 있는 상황을 나타내는 도면이다.

도 3은 임의의 단일 홉 전송에서 푸아송 분포를 따르는 임의의 전송 노드들을 설명하는 도면이다.

도 4는 도 2와 같이 분포되어 있는 소스 노드, 릴레이 노드, 및 목적지 노드를 각 멀티 홉 브랜치로 나눠서 나타내고 있으며, 임의의 한 노드의 전송이 다른 노드에게 인터피어런스(interference)로 작용하는 것을 나타내는 도면이다.

도 5는 쓰루풋-신뢰도(throughput-reliability)의 트레이드오프(tradeoff)를 나타내는 도면이다.

도 6은 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 방법을 설명하는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0031] 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.
- [0032] 도 1은 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치(100)를 설명하는 블록도이다.
- [0033] 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치(100)는 IEEE 802.11(WLAN: Wireless Local Area Network), IEEE 802.15(WPAN: Wireless Personal Area Network), 및 IEEE 802.16(Wimax)에서 사용되는 릴레이 기반 통신에 관한 것이며 향후 Beyond 4G(5G) 통신 관련 표준에 필수적으로 필요한 릴레이 기반 협력 통신과 관련될 수 있다.
- [0034] 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치(100)는 복호 후 전송을 이용하는 멀티 홉 전송을 고려하고 있다.
- [0035] 또한 기존의 많은 발명과 논문들이 멀티 홉 릴레이를 고려할 때 간섭 신호를 고려하지 않고 있으나, 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치(100)의 경우 주파수 재사용 때문에 어쩔 수 없이 발생하게 되는 통신의 필수 사항인 간섭 신호를 고려할 수 있다.
- [0036] 게다가 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치(100)는 기존 아웃티지 프로버빌리티(outage probability)나 비트 에러 레이트(BER, bit error rate)와 같은 메트릭(metric)이 아닌 전체 네트워크의 쓰루풋을 고려하기 위해 random access transport capacity (RATC)와 같은 새로운 메트릭(metric)을 고려할 수 있다.
- [0037] 따라서 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치(100)는 모든 전송 노드가 랜덤하게 분포되어 있고 그것이 서로가 서로에게 간섭 신호로 작용하는 매우 프랙티컬한 네트워크에서 RATC라는 metric를 이용하여 전송 노드가 증가할수록 간섭 신호로 인해 오히려 전체 쓰루풋이 감소하는 것을 확인하고 최대의 RATC 성능을 갖기 위한 최적의 단위 면적당 전송 노드의 수를 구하는 알고리즘을 제공할 수 있다.
- [0038] 이를 위해서, 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치(100)는 측정부(110) 및 산출부(120)를 포함할 수 있다.
- [0039] 일실시예에 따른 측정부(110)는 릴레이 기반 통신 시스템에서 다중 홉 릴레이의 전송을 위한 네트워크의 파라미터를 측정할 수 있다.
- [0040] 일실시예에 따른 산출부(120)는 상기 측정된 네트워크의 파라미터에 기초하여 단위 면적당 전송 노드의 수를 산출할 수 있다.
- [0041] 일실시예에 따른 상기 릴레이 기반 통신 시스템에서의 릴레이는 복호 후 전송을 이용하는 것을 특징으로 한다.
- [0042] 일실시예에 따른 상기 네트워크의 각 전송 노드는 푸아송(Poisson) 분포에 상응하여 랜덤하게 분포되는 것을 특징으로 한다.
- [0043] 일실시예에 따른 산출부(120)는 멀티 홉 전송 릴레이에서 최대 쓰루풋을 얻기 위한 최적의 단위 면적당 노드의 수를 찾아낼 수 있다.
- [0044] 도 2는 많은 노드들이 네트워크(200)에 분포되어 있는 상황을 나타내는 도면이다. 즉, 도 2에서처럼 많은 소스 노드(201), 릴레이 노드(202), 목적지 노드(203)가 네트워크에서 분포되어 있다.
- [0045] 일실시예에 따르면, 소스 노드(201)가 목적지 노드(203)로 정보 전송을 할 때 여러 개의 릴레이 노드(202)를 통해서 전송할 수 있다.
- [0046] 여러 릴레이 노드(202)는 선형 멀티 홉 릴레이 방식으로, 이전 릴레이 노드(202)로부터 받은 신호만을 검출하고

각 홉 안에 있는 모든 노드들에 대해 컨트롤 타워(control tower)와 같은 네트워크 엘리먼트의 스케줄링 없이 정보 전송하기 때문에 임의의 한 노드의 전송이 다른 노드의 간섭 신호로 작용할 수 있다.

[0047] 이에 소스 노드(201)와 목적지 노드(203) 사이에 여러 릴레이 노드(202)를 거쳐 통신을 할 때 이용할 릴레이 노드 만큼 홉(타임 슬롯)을 나눠서 전송할 수 있다.

[0048] 전송 홉 수와 전송 파워등과 같은 네트워크 파라미터(리소스)가 결정되면 일실시예에 따른 산출부(120)를 이용하여 최적의 단위 면적당 전송 노드의 수를 결정할 수 있다.

[0049] 일례로, 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치(100)는 전체 네트워크에서 상기 산출한 단위 면적당 전송 노드의 수에 해당하는 노드들만을 전송에 참여시키도록 제어하는 제어부(130)를 더 포함할 수 있다.

[0050] 따라서, 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치(100)는 전체 네트워크에서 해당 노드 수만 전송에 참여시켜 전체 네트워크의 쓰루풋을 최대로 얻을 수 있다.

[0051] 일실시예에 따른 측정부(110)는 소스 노드와 목적지 노드 사이의 거리, 성공 확률, 및 데이터 레이트 중에서 적어도 하나를 상기 네트워크의 파라미터로서 측정할 수 있다.

[0052] 일실시예에 따른 산출부(120)는 상기 소스 노드와 상기 목적지 노드 사이의 거리, 상기 성공 확률, 및 상기 데이터 레이트 중에서 적어도 하나에 기초하여 생성되는 네트워크의 쓰루풋이 최대값을 가질 때의 단위 면적당 전송 노드의 수를 상기 최적 단위 면적당 노드의 수로 산출할 수 있다.

[0053] 또한, 일실시예에 따른 측정부(110)는 각 홉간 거리, 경로 손실 지수(path loss exponent), 각 홉의 전송 파워, 전송 홉 수, 각 홉의 수신단의 노이즈 분산, 간섭으로 작용하는 영역의 반지름, 각 홉에 보내고자 하는 비트수, 간섭신호로 작용하는 노드의 전송 파워, 및 각 홉의 시간 분을 중에서 적어도 하나를 상기 네트워크의 파라미터로서 측정할 수 있다.

[0054] 이에, 일실시예에 따른 산출부(120)는 상기 각 홉간 거리, 상기 경로 손실 지수(path loss exponent), 상기 각 홉의 전송 파워, 상기 전송 홉 수, 상기 각 홉의 수신단의 노이즈 분산, 상기 간섭으로 작용하는 영역의 반지름, 상기 각 홉에 보내고자 하는 비트수, 상기 간섭신호로 작용하는 노드의 전송 파워, 및 상기 각 홉의 시간 분을 중에서 적어도 하나에 기초하여 생성되는 네트워크의 쓰루풋이 최대값을 가질 때의 단위 면적당 전송 노드의 수를 상기 최적 단위 면적당 노드의 수로 산출할 수 있다.

[0055] 도 3은 임의의 단일 홉 전송에서 푸아송 분포를 따르는 임의의 전송 노드들을 설명하는 도면이다.

[0056] 다시 말해, 도 3에서는 보다 실질적인 통신 시스템을 반영하기 위해서 가정한 각 노드가 푸아송(Poisson) 분포(301)를 따르며 랜덤하게 분포된 상태의 예를 나타낸다.

[0057] 본 발명은 네트워크에 있는 모든 전송 노드를 고려하고 모든 전송 노드가 할당된 각각의 목적지 노드까지 K번의 홉을 이용하여 전송을 수행할 수 있다.

[0058] 이때, 일실시예에 따른 산출부(120)가 최대 쓰루풋을 얻기 위해 최적의 단위 면적당 노드의 수를 찾는 데 이용하는 RATC는 [수학식 1]과 같이 정의할 수 있다.

[0059] [수학식 1]

$$C = \lambda \cdot d_{SD} \cdot P_s \cdot \log(1 + \zeta)$$

[0060]

[0061] [수학식 1]에서 λ 는 단위 면적당 전송 노드의 수로 해석할 수 있고, d_{SD} 는 첫 번째 전송 노드(소스 노드)와 목적지 노드 사이의 거리로 해석할 수 있으며, P_s 는 성공확률로 해석할 수 있고, $\log(1 + \zeta)$ 는 데이터 레이트로 해석할 수 있다.

[0062] 즉, $\text{RATC}(\mathbf{C})$ 의 최대값을 산출하면, 전체 네트워크의 최대 쓰루풋을 산출할 수 있으며, 전체 네트워크의 쓰루풋이 최대가 될 때의 λ 를 결정할 수 있다.

[0063] 각 전송 노드가 멀티 홉 릴레이 전송을 수행하는 전체 네트워크의 쓰루풋, 즉, $\text{RATC}(\mathbf{C})$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0064] [수학식 2]

[0065]
$$C = \lambda \log(1 + \zeta) d_{SD} \exp \left[- \left\{ \sum_{n=1}^K \left(\frac{d_n^\alpha \sigma_n^2}{P_n} (2^{R/\beta_n} - 1) + \frac{\pi^2 \text{erf}(\sqrt{r}) \lambda}{2} \sqrt{\frac{d_n^\alpha P_n (2^{R/\beta_n} - 1)}{P_n}} \right) \right\} \right]$$

[0066] [수학식 2]에서, d_n 은 각 홉간의 거리로 해석할 수 있고, α 는 경로 손실 지수(path loss exponent)로 해석할 수 있으며, P_n 은 각 홉의 전송 파워로 해석할 수 있고, K 는 전송 홉 수로 해석할 수 있고, σ_n 은 각 홉의 수신단의 노이즈 분산으로 해석할 수 있으며, λ 은 단위 면적당 전송하는(간섭으로 작용하는) 노드의 수(분포율)로 해석할 수 있고, r 은 간섭으로 작용하는 영역의 반지름으로 해석할 수 있고, R 은 각 홉에 보내고자 하는 비트수(bps/Hz)로 해석할 수 있으며, P_{INF} 는 간섭신호로 작용하는 노드의 전송 파워로 해석할 수 있고, β_n 은 각 홉의 시간 분율로 해석할 수 있다.

[0067] [수학식 1] 및 [수학식 2]에 기초하여 $\text{RATC}(\mathbf{C})$ 를 최대화 시키는 최적의 단위 면적당 전송 노드의 수(λ_{opt})를 결정할 수 있다

[0068] 먼저 [수학식 4]를 이용하여 이 최적화 문제가 convex 임을 확인해야 하고, 최적화 문제가 convex 임이 확인되면, [수학식 5]와 같은 결과를 얻을 수 있다.

[0069] [수학식 4]

[0070]
$$\frac{\partial^2 C}{\partial^2 \lambda} < 0$$

[0071] [수학식 4]에서, C 는 전체 네트워크의 쓰루풋, 즉, RATC로 해석할 수 있고, λ 은 단위 면적당 전송하는(간섭으로 작용하는) 노드의 수(분포율)로 해석할 수 있다.

[0072] [수학식 5]

$$\lambda \leq \frac{4}{\pi^2 \text{erf}(\sqrt{r}) \left(\sum_{n=1}^K \sqrt{\frac{d_n^\alpha P_{\in} (2^{R/\beta_n} - 1)}{P_n}} \right)} = \lambda_{opt}^{\max}$$

[0073]

[0074] [수학식 4]에서 λ 은 단위 면적당 전송하는 노드의 수로 해석할 수 있고, d_n 은 각 홉간의 거리로 해석할 수 있으며, α 는 경로 손실 지수(path loss exponent)로 해석할 수 있고, P_n 은 각 홉의 전송 파워로 해석할 수 있으며, K 는 전송 홉 수로 해석할 수 있고, σ_n 은 각 홉의 수신단의 노이즈 분산으로 해석할 수 있으며, r 은 간섭으로 작용하는 영역의 반지름으로 해석할 수 있고, R 은 각 홉에 보내고자 하는 비트수 (bps/Hz)로 해석할 수 있으며, β_n 은 각 홉의 시간 분율로 해석할 수 있다.

[0075] [수학식 5]의 결과를 통해 단위 면적당 최적의 전송 노드 수는 위의 결과 보다 작은 값에서 존재하고($\lambda_{opt}^{\max}$ = 최대 최적의 단위 면적당 전송 노드의 수) 만약 주어진 전송 노드의 분포율이 최대값 $\lambda_{opt}^{\max}$ 보다 크다면 간섭의 영향이 상대적으로 커서 전체 쓰루풋은 증가하지 않고 계속 감소하는 형태를 갖는다.

[0076] 다시 처음의 최적화 문제로 돌아와서, 상수 값을 제거하고 다시 써보면 [수학식 6]과 같이 표현될 수 있다.

[0077] [수학식 6]

$$\begin{aligned} \lambda_{opt} &= \arg\max \lambda \exp \left[- \left\{ \sum_{n=1}^K \left(\frac{\pi^2 \text{erf}(\sqrt{r}) \lambda}{2} \sqrt{\frac{d_n^\alpha P_{\in} (2^{R/\beta_n} - 1)}{P_n}} \right) \right\} \right] \\ &= \arg\min f(\lambda) \end{aligned}$$

where

$$f(\lambda) = \sum_{n=1}^K \left(\frac{\pi^2 \text{erf}(\sqrt{r}) \lambda}{2} \sqrt{\frac{d_n^\alpha P_{\in} (2^{R/\beta_n} - 1)}{P_n}} \right)$$

[0078]

[0079] [수학식 6]에서, λ_{opt} 는 전체 네트워크의 쓰루풋(RATC)을 최대화 시키는 최적의 단위 면적당 전송 노드의 수로 해석할 수 있고, λ 는 단위 면적당 전송하는 노드의 수로 해석할 수 있으며, d_n 은 각 홉간의 거리로 해석할 수 있고, α 는 경로 손실 지수(path loss exponent)로 해석할 수 있으며, P_n 은 각 홉의 전송 파워로 해석할 수 있고, K 는 전송 홉 수로 해석할 수 있으며, r 은 간섭으로 작용하는 영역의 반지름으로 해석할 수 있으며, β_n 은 각 홉의 시간 분율로 해석할 수 있다.

$$f'(\lambda) = 0$$

[0080] 를 이용한 최적의 단위 면적당 전송 노드의 수는 [수학식 7]로 정의될 수 있다.

[0081] [수학식 7]

$$\lambda_{opt} = \frac{2}{\pi^2 \text{erf}(\sqrt{r}) \left(\sum_{n=1}^K \sqrt{\frac{d_n^\alpha P_I (2^{R/\beta_n} - 1)}{P_n}} \right)}$$

[0082]

[0083] [수학식 7]에서, λ_{opt} 는 전체 네트워크의 쓰루풋(RATC)을 최대화 시키는 최적의 단위 면적당 전송 노드의 수로 해석할 수 있고, d_n 은 각 홉간의 거리로 해석할 수 있으며, α 는 경로 손실 지수(path loss exponent)로 해석할 수 있고, P_n 은 각 홉의 전송 파워로 해석할 수 있으며, K 는 전송 홉 수로 해석할 수 있고, r 은 간섭으로 작용하는 영역의 반지름으로 해석할 수 있으며, β_n 은 각 홉의 시간 분율로 해석할 수 있다.

[0084] 또한, 반대로 전체 노드 중에 전송 노드의 수를 선택하는 것이 아니라 전체 시스템에 최대한 많은 노드를 이용하여 전송하고 싶다면 [수학식 7]의 결과를 이용하여 전송 노드의 수를 늘려 주면 전체 네트워크의 쓰루풋(RATC)을 최대화 시켜 최대 성능을 유지하여 많은 노드를 이용하여 전송이 가능하다.

[0085] 도 4는 도 2와 같이 분포되어 있는 소스 노드(401), 릴레이 노드(402, 403), 및 목적지 노드(404)를 각 멀티 홉 브랜치로 나눠서 나타내고 있으며, 임의의 한 노드의 전송이 다른 노드에게 인터피어런스(interference)로 작용하는 것을 나타내는 도면이다.

[0086] 이러한 인터피어런스(interference)로 인해서 네트워크의 전체 쓰루풋은 증가하다가 감소하는 형태를 보이며, 이러한 현상을 쓰루풋-신뢰도(throughput-reliability)의 트레이드오프(tradeoff)라고 정의할 수 있다.

[0087] 따라서 전송 노드를 무작정 늘리는 것은 전체 네트워크의 쓰루풋을 오히려 감소 시키는 일이기 때문에 본 발명에서 최대 RATC를 얻을 수 있는 단위 면적당 전송 노드의 수를 구하는 것이 꼭 필요하다.

[0088] 이로써, 무분별한 전송 노드 이용으로 인한 성능 감소를 방지하고 최적의 전송 노드만 이용함으로써 최대 쓰루풋의 성능을 얻을 수 있다.

[0089] 도 5는 쓰루풋-신뢰도(throughput-reliability)의 트레이드오프(tradeoff)를 나타내는 도면이다.

[0090] 도 5는 상술한 바와 같이 쓰루풋-신뢰도(throughput-reliability)에 대한 그래프(500)를 나타낸다. 이때, x축은 단위 면적당 노드의 수이고, y축은 RATC를 나타낸다.

[0091] 그래프(500)를 살펴보면, 전송 노드의 분포율, 즉 단위 면적당 노드의 수가 증가함에 따라서 RATC는 증가하다가 감소함을 확인할 수 있고 최대값이 존재함을 알 수 있다.

[0092] 쓰루풋-신뢰도(throughput-reliability)에서 최대값을 갖을 때의 단위 면적당 전송하는 노드의 수가 전체 네트워크의 쓰루풋(RATC)을 최대화 시키는 최적의 단위 면적당 전송 노드의 수(λ_{opt})일 수 있다.

[0093] 도 6은 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 방법을 설명하는 흐름도이다.

[0094] 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 방법은 릴레이 기반 통신 시스템에서 다중 홉 릴레이의 전송을 위한 네트워크의 파라미터를 측정할 수 있다.

- [0095] 즉, 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 방법은 전송 노드의 수를 제외한 다른 네트워크 파라미터를 측정할 수 있다(단계 601).
- [0096] 구체적으로, 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 방법은 소스 노드와 목적지 노드 사이의 거리, 성공 확률, 및 데이터 레이트 중에서 적어도 하나에 기초하여 생성되는 네트워크의 쓰루풋이 최대값을 가질 때의 단위 면적당 전송 노드의 수 중에서 적어도 하나를 상기 네트워크 파라미터로서 측정할 수 있다.
- [0097] 또한, 다른 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 방법은 각 홉간 거리, 경로 손실 지수(path loss exponent), 각 홉의 전송 파워, 전송 홉 수, 각 홉의 수신단의 노이즈 분산, 간섭으로 작용하는 영역의 반지름, 각 홉에 보내고자 하는 비트수, 간섭신호로 작용하는 노드의 전송 파워, 및 각 홉의 시간 분을 중에서 적어도 하나를 상기 네트워크 파라미터로서 측정할 수 있다.
- [0098] 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 방법은 상기 측정된 네트워크의 파라미터에 기초하여 단위 면적당 전송 노드의 수를 산출할 수 있다.
- [0099] 이를 위해, 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 방법은 해당 네트워크의 파라미터 값을 최적의 단위 면적당 전송 노드의 수(λ_{opt})에 대입할 수 있다(단계 602).
- [0100] 이때, [수학식 7]을 이용할 수 있다.
- [0101] 다음으로, 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 방법은 상기 최적의 단위 면적당 전송 노드의 수(λ_{opt})를 이용하여 단위 면적 당 전송 노드의 수를 결정할 수 있다(단계 603).
- [0102] 일실시예에 따른 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 방법은 전체 네트워크에서 상기 산출한 단위 면적당 전송 노드의 수에 해당하는 노드들만을 전송에 참여시키도록 제어할 수 있다(단계 604).
- [0103] 결국, 본 발명의 일실시예에 따르면, 기존 연구들과 달리 노이즈와 간섭 신호를 모두 고려했으며 특히 간섭 신호를 만드는 노드들이 모두 랜덤하게 분포된 실제 통신 시스템에 적합한 네트워크 모델을 고려할 수 있다.
- [0104] 특히, 임의의 한 노드의 전송이 다른 노드에게 간섭신호로 작용하는 이러한 시스템 모델(system model)은 비면허 대역(unlicensed band)을 이용하는 장치 대 장치(D2D, device-to-device) 통신에 적합하며 이것은 현재 IEEE 802.15.8 PAC(Peer-aware Communications)등의 표준화를 위해 활발하게 연구되고 있다. 참고로, 단위 면적당 노드 수가 단위 면적당 D2D 통신을 이용하는 유저 또는 노드의 수라고 볼 수 있다.
- [0105] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0106] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0107] 실시예에 따른 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 실시예를 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 같은 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 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0108] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0109] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0110] 100: 최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치

110: 측정부

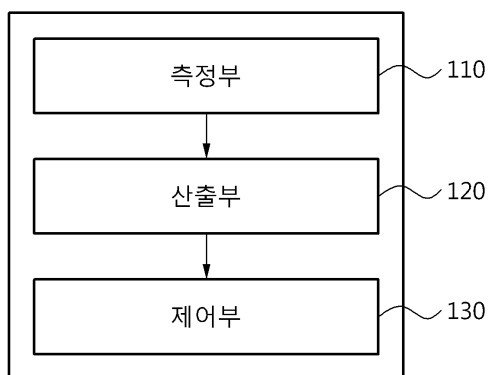
120: 산출부

130: 제어부

도면

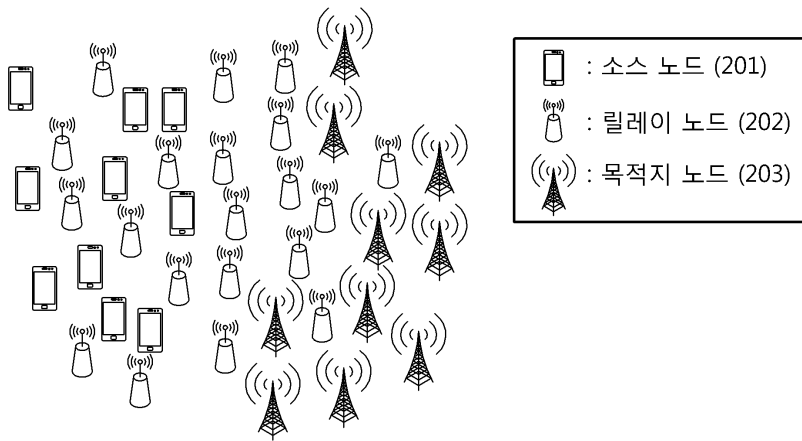
도면1

<최적 단위 면적당 노드의 수를 산출하는 장치(100)>

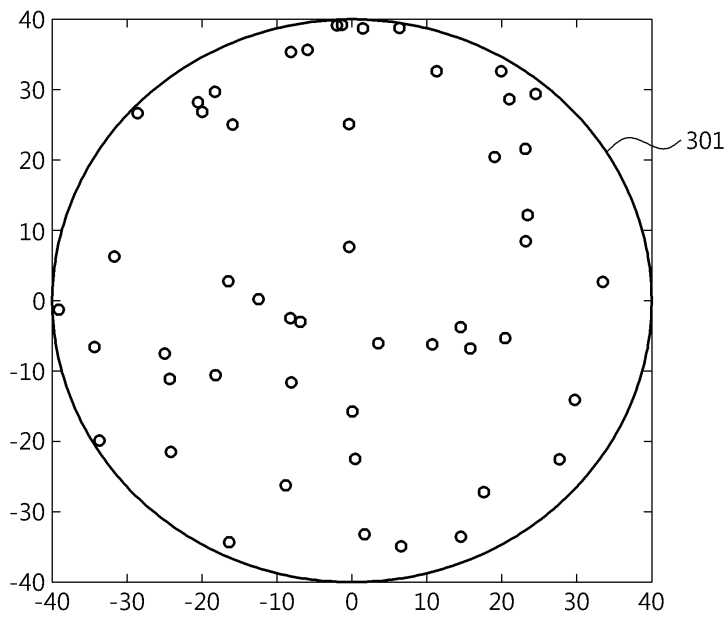


도면2

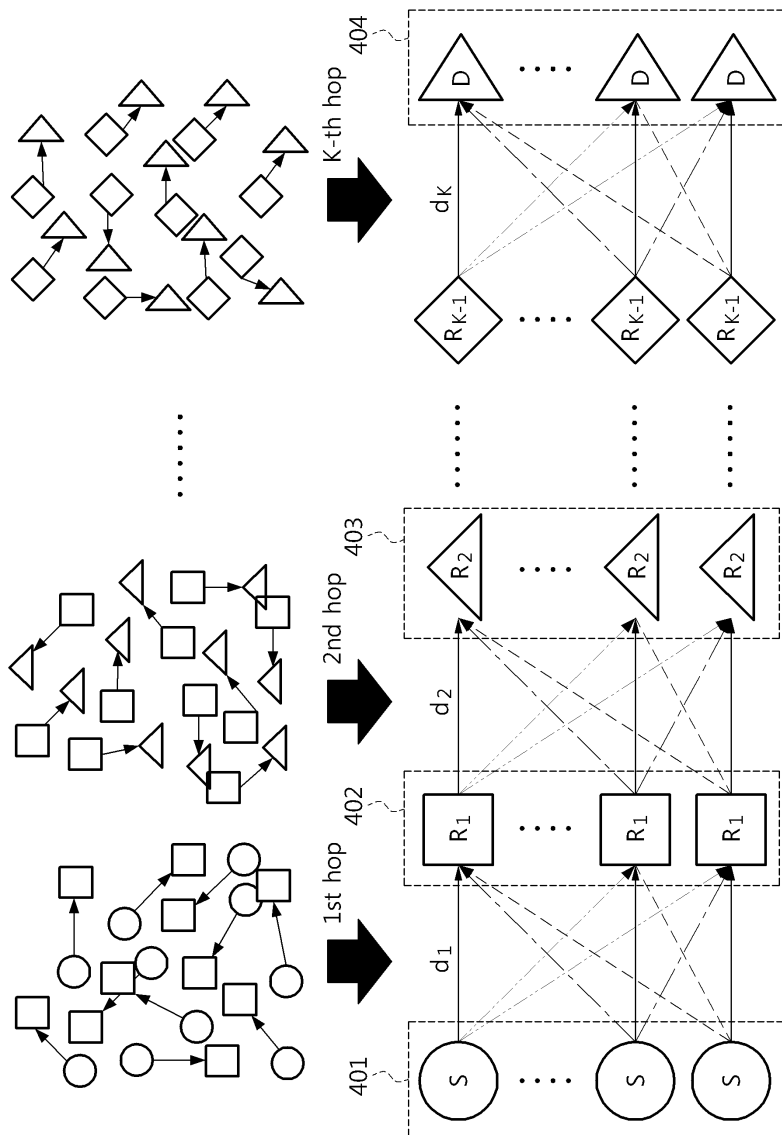
200



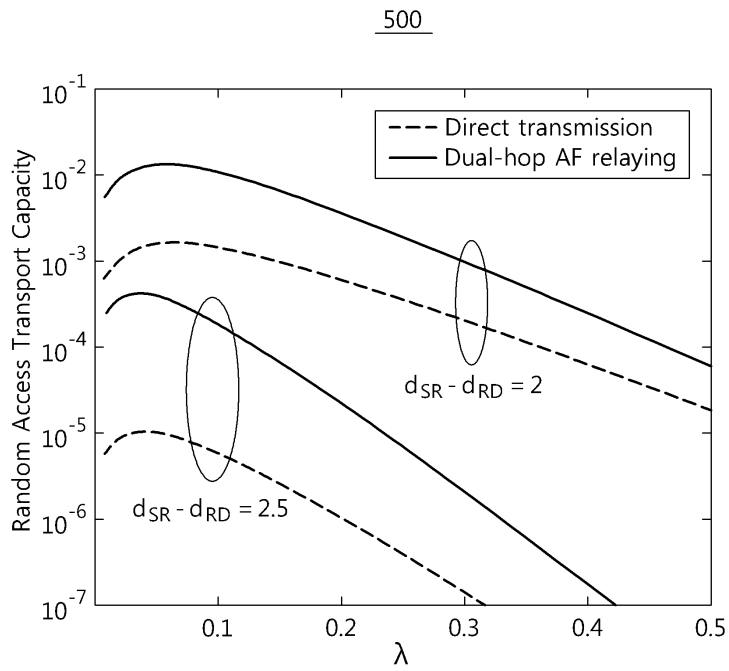
도면3



도면4



도면5



도면6

