



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0144647
(43) 공개일자 2021년11월30일

- | | |
|--|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>H04W 28/22</i> (2009.01) <i>H04W 24/02</i> (2009.01)
 <i>H04W 28/02</i> (2009.01) <i>H04W 84/00</i> (2009.01)
 <i>H04W 88/04</i> (2009.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
 <i>H04W 28/22</i> (2013.01)
 <i>H04W 24/02</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2021-0165163(분할)
 (22) 출원일자 2021년11월26일
 심사청구일자 없음
 (62) 원출원 특허 10-2020-0018101
 원출원일자 2020년02월14일
 심사청구일자 2020년02월14일</p> | <p>(71) 출원인
 고려대학교 산학협력단
 서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)</p> <p>(72) 발명자
 이인규
 서울특별시 강남구 영동대로 640, 웨스트동 3303호(삼성동, 아이파크삼성)</p> <p>엄수빈
 대전광역시 중구 충무로107번길 41-15(대흥동)</p> <p>(74) 대리인
 최윤서, 손제관</p> |
|--|---|

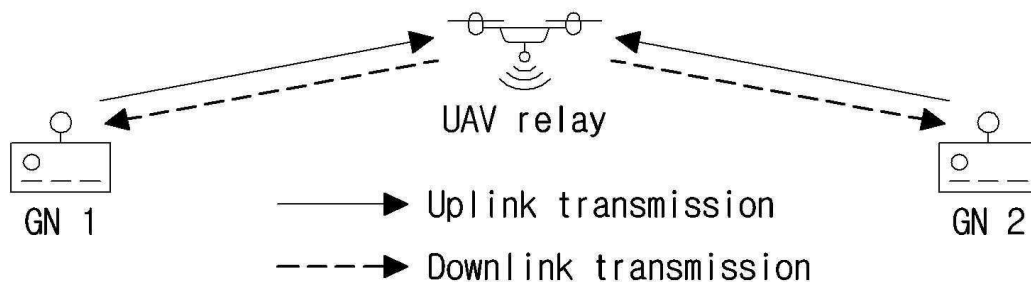
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 무선 통신 시스템에서 이동 릴레이를 이용한 양방향 통신 방법 및 장치

(57) 요약

본 개시는 무선 통신 시스템에서 이동 릴레이를 이용한 양방향 통신 방법 및 장치에 대한 것이다. 본 개시의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 이동 릴레이가 단말간 양방향 통신을 수행하는 방법은, 상기 이동 릴레이, 제 1 단말 또는 제 2 단말 중의 하나 이상의 기초 정보를 이용하여, 소정의 시간 구간 동안 상기 양방향 통신의 전송률을 최대화하기 위한 소정의 변수의 최적값을 결정하는 단계; 상기 최적값에 대한 설정 정보를 상기 제 1 단말 또는 제 2 단말 중의 하나 이상에게 전송하는 단계; 및 상기 최적값에 기초하여 상기 양방향 통신을 수행하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 소정의 변수는, 상기 이동 릴레이의 위치, 상기 이동 릴레이의 속도, 상기 이동 릴레이의 가속도, 상기 이동 릴레이의 하향링크 전송 전력, 상기 제 1 단말의 상향링크 전송 전력, 상기 제 2 단말의 상향링크 전송 전력, 또는 상향링크 및 하향링크 전송 자원 할당 비율 중의 하나 이상을 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H04W 28/0215 (2013.01)

H04W 84/005 (2013.01)

H04W 88/04 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

무선 통신 시스템에서 이동 릴레이가 단말간 양방향 통신을 수행하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 무선 통신 시스템에서 양방향 통신에 대한 것이며, 구체적으로는 이동 릴레이를 이용한 양방향 통신 방법 및 장치에 대한 것이다.

배경 기술

[0002] 무선 통신 시스템에서 네트워크 커버리지를 확장하거나 음영 지역을 해소하고 셀 경계에서의 전송률을 향상하기 위한 목적으로 릴레이 기술이 도입되었다. 이러한 종래의 릴레이는 지상의 고정된 위치에 배치되기 때문에, 특정 지역에 대해서만 통신 서비스가 제한되는 문제와, 도입 비용이 많이 소요되는 문제가 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해서, 최근에는 이동 릴레이를 무선 통신 시스템에 도입하기 위한 연구가 진행되고 있다. 이동 릴레이는, 종래의 릴레이에 비하여 도입 비용이 낮고, 통신 서비스 제공 지역을 유연하게 조정할 수 있으며, 보다 유리한 채널 환경을 선택적으로 이용할 수 있다. 예를 들어, 이동 릴레이는 무인기(Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 등의 형태로 구현될 수 있다.

[0003] 또한, 종래의 릴레이는 단말간 단순한 정보 전달을 위한 단방향 통신을 지원하였지만, 단말간 정보 교환을 위해서는 양방향 통신을 지원하는 릴레이가 요구된다. 이동 릴레이를 이용하여 양방향 통신을 지원하기 위해서는, 이동 릴레이의 위치 또는 이동 경로, 이동 릴레이와 단말의 전송 전력, 이동 릴레이와 단말간 통신을 위한 자원 할당을 최적화하는 것이 필요하지만, 이에 대한 구체적인 방안은 아직까지 마련되어 있지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 개시의 기술적 과제는 이동 릴레이를 이용한 단말간 양방향 통신 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

[0005] 본 개시의 추가적인 기술적 과제는 이동 릴레이를 이용한 단말간 양방향 통신을 최적화하기 위한 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

[0006] 본 개시의 추가적인 기술적 과제는 이동 릴레이를 이용한 단말간 양방향 통신의 전송률을 최대화하기 위한 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

[0007] 본 개시에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 개시의 일 양상에 따른 무선 통신 시스템에서 이동 릴레이가 단말간 양방향 통신을 수행하는 방법은, 상기 이동 릴레이, 제 1 단말 또는 제 2 단말 중의 하나 이상의 기초 정보를 이용하여, 소정의 시간 구간 동안 상기 양방향 통신의 전송률을 최대화하기 위한 소정의 변수의 최적값을 결정하는 단계; 상기 최적값에 대한 설정 정보를 상기 제 1 단말 또는 제 2 단말 중의 하나 이상에게 전송하는 단계; 및 상기 최적값에 기초하여 상기 양방향 통신을 수행하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 소정의 변수는, 상기 이동 릴레이의 위치, 상기 이동 릴레이의 속도, 상기 이동 릴레이의 가속도, 상기 이동 릴레이의 하향링크 전송 전력, 상기 제 1 단말의 상향링크 전송 전력, 상기 제 2 단말의 상향링크 전송 전력, 또는 상향링크 및 하향링크 전송 자원 할당 비율 중의 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0009] 본 개시의 추가적인 양상에 따른 무선 통신 시스템에서 단말간 양방향 통신을 수행하는 이동 릴레이 장치는, 트랜시버; 메모리; 및 프로세서를 포함할 수 있다. 상기 프로세서는, 상기 메모리에 저장된 상기 이동 릴레이 장치, 제 1 단말 또는 제 2 단말 중의 하나 이상의 기초 정보를 이용하여, 소정의 시간 구간 동안 상기 양방향 통신의 전송률을 최대화하기 위한 소정의 변수의 최적값을 결정하고; 상기 최적값에 대한 설정 정보를 상기 제 1 단말 또는 제 2 단말 중의 하나 이상에게 상기 송수신기를 통하여 전송하고; 상기 최적값에 기초하여 상기 양방향 통신을 상기 송수신기를 통하여 수행하도록 설정될 수 있다. 상기 소정의 변수는, 상기 이동 릴레이의 위치, 상기 이동 릴레이의 속도, 상기 이동 릴레이의 가속도, 상기 이동 릴레이의 하향링크 전송 전력, 상기 제 1 단말의 상향링크 전송 전력, 상기 제 2 단말의 상향링크 전송 전력, 또는 상향링크 및 하향링크 전송 자원 할당 비율 중의 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0010] 본 개시에 대하여 위에서 간략하게 요약된 특징들은 후술하는 본 개시의 상세한 설명의 예시적인 양상일 뿐이며, 본 개시의 범위를 제한하는 것은 아니다.

발명의 효과

[0011] 본 개시에 따르면, 이동 릴레이를 이용한 단말간 양방향 통신 방법 및 장치가 제공될 수 있다.

[0012] 본 개시에 따르면, 이동 릴레이를 이용한 단말간 양방향 통신을 최적화하기 위한 방법 및 장치가 제공될 수 있다.

[0013] 본 개시에 따르면, 이동 릴레이를 이용한 단말간 양방향 통신의 전송률을 최대화하기 위한 방법 및 장치가 제공될 수 있다.

[0014] 본 개시에 따르면, 이동 릴레이를 이용한 단말간 양방향 통신을 이용하여, 기존 지상 기지국과의 협력을 통해 셀 경계에 있는 단말을 지원하거나 재난 및 전시 상황 등 기지국간 연결이 끊어진 상황에서 단말간 정보를 교환할 수 있는 무선 백홀을 제공할 수 있다.

[0015] 본 개시에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 개시가 적용될 수 있는 이동 릴레이를 포함하는 무선 통신 시스템의 구조를 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 개시가 적용가능한 이동 릴레이 시스템의 전송률 최대화를 위해서, 전송률에 대한 인자들의 최적값을 구하는 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 3 및 도 4는 본 개시가 적용될 수 있는 이동 릴레이 통신 방법의 예시들을 나타내는 도면이다.

도 5는 본 개시에 따른 릴레이 장치 및 단말 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

도 6은 본 개시에 따른 단말들의 위치 및 릴레이의 궤적을 예시적으로 나타내는 도면이다.

도 7은 본 개시에 따른 전송 전력의 최적값을 예시적으로 나타내는 도면이다.

도 8은 본 개시에 따른 자원 할당 비율의 최적값을 예시적으로 나타내는 도면이다.

도 9는 본 개시에 따른 이동 릴레이 시스템 및 다른 무선 통신 시스템들과의 성능을 비교한 그래프를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 개시의 실시예에 대하여 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나, 본 개시는 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.

[0018] 본 개시의 실시예를 설명함에 있어서 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 개시의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그에 대한 상세한 설명은 생략한다. 그리고, 도면에서 본 개시에 대한 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙인다.

- [0019] 본 개시에 있어서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소와 "연결", "결합" 또는 "접속"되어 있다고 할 때, 이는 직접적인 연결관계 뿐만 아니라, 그 중간에 또 다른 구성요소가 존재하는 간접적인 연결관계도 포함할 수 있다. 또한 어떤 구성요소가 다른 구성요소를 "포함한다" 또는 "가진다"고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 배제하는 것이 아니라 또 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0020] 본 개시에 있어서, 제1, 제2 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용되며, 특별히 언급되지 않는 한 구성요소들 간의 순서 또는 중요도 등을 한정하지 않는다. 따라서, 본 개시의 범위 내에서 일 실시예에서의 제1 구성요소는 다른 실시예에서 제2 구성요소라고 칭할 수도 있고, 마찬가지로 일 실시예에서의 제2 구성요소를 다른 실시예에서 제1 구성요소라고 칭할 수도 있다.
- [0021] 본 개시에 있어서, 서로 구별되는 구성요소들은 각각의 특징을 명확하게 설명하기 위한 것이며, 구성요소들이 반드시 분리되는 것을 의미하지는 않는다. 즉, 복수의 구성요소가 통합되어 하나의 하드웨어 또는 소프트웨어 단위로 이루어질 수도 있고, 하나의 구성요소가 분산되어 복수의 하드웨어 또는 소프트웨어 단위로 이루어질 수도 있다. 따라서, 별도로 언급하지 않더라도 이와 같이 통합된 또는 분산된 실시예도 본 개시의 범위에 포함된다.
- [0022] 본 개시에 있어서, 다양한 실시예에서 설명하는 구성요소들이 반드시 필수적인 구성요소들은 의미하는 것은 아니며, 일부는 선택적인 구성요소일 수 있다. 따라서, 일 실시예에서 설명하는 구성요소들의 부분집합으로 구성되는 실시예도 본 개시의 범위에 포함된다. 또한, 다양한 실시예에서 설명하는 구성요소들에 추가적으로 다른 구성요소를 포함하는 실시예도 본 개시의 범위에 포함된다.
- [0023] 본 개시는 무선 통신 시스템에서 네트워크 노드들 간의 통신에 대한 것이다. 네트워크 노드는, 기지국, 단말 또는 릴레이(relay) 중의 하나 이상을 포함할 수 있다. 기지국(Base Station, BS)이라는 용어는, 고정국(fixed station), Node B, eNodeB(eNB), ng-eNB, gNodeB(gNB), 액세스 포인트(Access Point, AP) 등의 용어로 대체될 수 있다. 단말(terminal)은 UE(User Equipment), MS(Mobile Station), MSS(Mobile Subscriber Station), SS(Subscriber Station), 비-AP 스테이션(non-AP STA) 등의 용어로 대체될 수 있다.
- [0024] 무선 통신 시스템은 기지국과 단말 간의 통신을 지원할 수도 있고, 단말간 통신을 지원할 수도 있다. 기지국과 단말 간의 통신에 있어서, 하향링크(Downlink, DL)는 기지국으로부터 단말로의 통신을 의미한다. 상향링크(Uplink, UL)은 단말로부터 기지국으로의 통신을 의미한다. 단말간 통신은 D2D(Device-to-Device), V2X(Vehicle-to-everything), ProSe(Proximity Service), 사이드링크(sidelink) 통신 등의 다양한 통신 방식 또는 서비스를 포함할 수 있다. 단말간 통신에 있어서 단말은 센서 노드, 차량, 재난 경보기 등의 형태로 구현될 수도 있다.
- [0025] 또한, 본 개시의 예시들은 릴레이(relay) 또는 릴레이 노드(RN)를 포함하는 무선 통신 시스템에 대해서 적용될 수 있다. 기지국과 단말 간의 통신에 릴레이가 적용되는 경우, 릴레이는 단말에 대해서 기지국으로서 기능할 수 있고, 릴레이는 기지국에 대해서 단말로서 기능할 수 있다. 한편, 단말간 통신에 릴레이가 적용되는 경우, 릴레이는 각각의 단말에 대해서 기지국으로서 기능할 수 있다.
- [0026] 본 개시는 무선 통신 시스템의 다양한 다중 액세스 방식에 적용될 수 있다. 예를 들어, 다중 액세스 방식은 CDMA(Code Division Multiple Access), TDMA(Time Division Multiple Access), FDMA(Frequency Division Multiple Access), OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access), SC-FDMA(Single Carrier-FDMA), OFDM-FDMA, OFDM-TDMA, OFDM-CDMA, NOMA(Non-Orthogonal Multiple Access) 등을 포함할 수 있다. 또한, 본 개시가 적용될 수 있는 무선 통신 시스템은, 상향링크 및 하향링크 통신이 서로 구별되는 시간 자원을 이용하는 TDD(Time Division Duplex) 방식을 지원할 수도 있고, 서로 구별되는 주파수 자원을 이용하는 FDD(Frequency Division Duplex) 방식을 지원할 수도 있다.
- [0027] 본 개시에서, 채널을 전송 또는 수신한다는 것은 해당 채널을 통해서 정보 또는 신호를 전송 또는 수신한다는 의미를 포함한다. 예를 들어, 제어 채널을 전송한다는 것은, 제어 채널을 통해서 제어 정보 또는 신호를 전송한다는 것을 의미한다. 유사하게, 데이터 채널을 전송한다는 것은, 데이터 채널을 통해서 데이터 정보 또는 신호를 전송한다는 것을 의미한다.
- [0028] 이하에서는, 이동 릴레이를 이용한 양방향 통신을 위한 본 개시의 실시예들에 대해서 설명한다.
- [0029] 도 1은 본 개시가 적용될 수 있는 이동 릴레이를 포함하는 무선 통신 시스템의 구조를 설명하기 위한 도면이다.
- [0030] 본 개시는 이동 릴레이가 단말간 양방향 통신을 중계하는 무선 통신 시스템에 적용될 수 있다. 그러나, 본 개시

의 범위가 이에 제한되는 것은 아니며, 본 개시의 예시들은 하나 이상의 이동 릴레이가 둘 이상의 단말의 통신을 중계하는 무선 통신 시스템에 적용될 수 있다.

- [0031] 도 1을 참조하면, 이동 릴레이의 일례로서 UAV 릴레이를 나타내고, 단말의 일례로서 지상 노드(Ground Node, GN)를 나타낸다. 즉, 도 1의 예시에서는 이동 릴레이(UAV 릴레이)가 제 1 단말(GN1)과 제 2 단말(GN2) 사이의 양방향 통신을 중계하는 무선 통신 시스템을 나타낸다. 예를 들어, 제 1 및 제 2 단말은 릴레이를 통하지 않고 직접 통신을 수행할 수 없는 상황을 가정한다.
- [0032] 이하의 설명에서 혼동의 우려가 없는 한, 릴레이는 이동 릴레이를 의미하고, 단말은 지상 노드(GN)를 의미하며, 이동 릴레이 시스템은 이동 릴레이가 단말간 양방향 통신을 중계하는 무선 통신 시스템을 의미한다.
- [0033] 릴레이는 제 1 단말로부터의 정보를 상향링크 상에서 수신하고, 제 2 단말로 상기 정보를 하향링크 상에서 전송할 수 있다. 또한, 릴레이는 제 2 단말로부터의 정보를 상향링크 상에서 수신하고, 제 1 단말로 상기 정보를 하향링크 상에서 전송할 수 있다.
- [0034] 제 1 단말과 제 2 단말이 서로 정보를 교환하기 위한 양방향 릴레이 시스템은, 릴레이에서 송신과 수신을 동시에 수행함으로써 자원 효율성을 향상시킬 수 있다. 예를 들어, 제 1 단말이 제 2 단말로 정보를 전달할 때 제 2 단말은 제 1 단말에게 정보를 전달할 수 없는 단방향 릴레이 시스템에 비해서, 양방향 릴레이 시스템은 주파수 스펙트럼 효율성(spectral efficiency)을 향상시킬 수 있다. 이러한 양방향 릴레이 시스템에서, 릴레이는 제 1 및 제 2 단말로부터 동시에 정보를 수신한 후, 릴레이가 수신한 정보를 제 2 및 제 1 단말에게 각각 송신할 수 있다. 이 때, 릴레이 및 각각의 단말은 자기 자신이 송신한 신호가 다시 자신에게 수신될 때 발생하는 간섭을 제거하는 SIC(self-interference cancellation)를 지원하는 것으로 가정한다.
- [0035] 이와 같은 이동 릴레이 시스템에서 단말간 양방향 통신의 최적화, 이동 릴레이를 이용한 양방향 통신의 전송률을 최대화하기 위해서, 본 개시에서는 다음과 같은 인자(factor)를 고려할 수 있다:
- [0036] (1) 릴레이의 위치 또는 이동 경로(또는 궤적);
- [0037] (2) 릴레이의 전송 전력, 제 1 단말 및 제 2 단말 각각의 전송 전력;
- [0038] (3) 릴레이와 제 1 단말간, 이동 릴레이와 제 2 단말간의 통신을 위한 자원 할당.
- [0039] 이동 릴레이 시스템에서의 전송률 최대화를 위해서, 전술한 인자를 기반으로 전송률을 표현하는 것이 필요하다.
- [0040] 이와 관련하여, 본 개시에서는 다음과 같은 가정을 적용한다:
- [0041] - 릴레이, 제 1 단말 및 제 2 단말은 각각 하나의 안테나(또는 안테나 포트)를 구비함;
- [0042] - 릴레이, 제 1 및 제 2 단말은 2차원 평면 상에 위치함;
- [0043] - 릴레이, 제 1 및 제 2 단말간의 양방향 릴레이 통신이 수행되는 시간 구간 동안, 제 1 및 제 2 단말의 위치는 고정되고, 릴레이는 이동 가능함;
- [0044] - 이동 릴레이 시스템은 FDD 방식을 지원함.
- [0045] 그러나, 이러한 가정은 본 개시의 원리를 명확하게 설명하기 위한 것일 뿐, 본 개시의 범위가 이에 제한되는 것은 아니며, 각각의 디바이스가 다중 안테나를 구비하거나, 3차원 공간 상에 위치하거나, 단말이 이동하는 경우, 또는 TDD 시스템에도 본 개시의 예시에서 설명하는 원리를 확장하여 적용할 수 있다.
- [0046] 이하의 설명에서 단말(GN)의 인덱스를 k 라고 한다. GN_k ($k \in \mathcal{K} \triangleq \{1, 2\}$)의 위치 $\mathbf{w}_k$ 는 2차원 평면 $\mathbb{R}^{2 \times 1}$ 상에서 특정될 수 있다 (즉, $\mathbf{w}_k \in \mathbb{R}^{2 \times 1}$).
- [0047] 이동 릴레이 시스템에서 양방향 릴레이 통신이 수행되는 소정의 시간 구간을 T 라고 하고, T 는 N 개로 이산화 또는 분할될 수 있다. 즉, N 개의 시간 구간은 동일한 길이를 가질 수 있다. 예를 들어, N 개의 이산화된 시간 구간 각각은 $\delta_t = \frac{T}{N}$ 의 시간 간격(또는 시간 길이)을 가질 수 있다.
- [0048] N 개의 이산화된 시간 구간 중, n (n 은 N 이하의 자연수, 즉, $n \in \mathcal{N} \triangleq \{1, \dots, N\}$) 번째 시간 구간에서 릴레이

의 위치(q), 속도(v), 및 가속도(a)는 각각 $q[n] \in \mathbb{R}^{2 \times 1}$, $v[n] \in \mathbb{R}^{2 \times 1}$ 및 $a[n] \in \mathbb{R}^{2 \times 1}$ 로 표현될 수 있다.

이 경우, 릴레이의 위치(q), 속도(v) 및 가속도(a)는 수학식 1과 같은 관계를 가질 수 있다.

수학식 1

$$v[n+1] = v[n] + a[n]\delta_t, \quad \forall n \in \mathcal{N}$$

$$q[n+1] = q[n] + v[n]\delta_t + \frac{1}{2}a[n]\delta_t^2, \quad \forall n \in \mathcal{N}$$

$$\|v[n]\| \leq V_{\max}, \quad \|a[n]\| \leq a_{\max}, \quad \forall n \in \mathcal{N}$$

상기 수학식 1에서 $V_{\max}$ 는 최대 속도를 나타내고, $a_{\max}$ 는 최대 가속도를 나타낸다. 수학식 1에서 $n+1$ 번째 시간 구간에서의 릴레이의 속도 $v[n+1]$ 는, n 번째 시간 구간에서의 릴레이의 속도 $v[n]$ 과, n 번째 시간 구간에서의 릴레이의 가속도 $a[n]$ 에 하나의 시간 구간의 간격 δ_t 를 곱한 결과를 합산하여 산출될 수 있다. 이에 따라, $n+1$ 번째 구간에서의 릴레이의 위치 $q[n+1]$ 은, n 번째 구간에서의 릴레이의 위치에, δ_t 동안의 릴레이의 등가 속도 직선 이동 거리를 합산하여 산출될 수 있다.

이 경우, 릴레이와 GN_k 사이의 거리에 따라서 채널 게인(h)이 달라질 수 있다. 즉, n 번째 시간 구간에서 릴레이와 GN_k 간의 채널 게인 $h_k[n]$ 은 수학식 2와 같이 표현할 수 있다.

수학식 2

$$h_k[n] = \frac{\gamma_0}{\|q[n] - w_k\|^2 + H^2}, \quad \forall k \in \mathcal{K}, \forall n \in \mathcal{N}$$

상기 수학식 2에서 γ_0 는 소정의 단위 거리(예를 들어, 1m)에서의 신호대잡음비(Signal-to-Noise Ratio, SNR)를 나타내고, $\gamma_0 \triangleq \beta_0/(B\sigma^2)$ 로 정의된다. 여기서, β_0 는 단위 거리에서의 채널 게인을 나타내고, B 는 단위 거리에서의 전체 주파수 대역폭을 나타내며, σ^2 는 단위 거리에서의 가우시안 잡음의 파워를 나타낸다. 또한, H 는 릴레이의 고도를 나타낸다.

전술한 바와 같이 산출되는 채널 게인에 기초하여, 릴레이는 DF(Decode-and-Forward) 릴레이 방식으로 동작할 수 있다. 예를 들어, 릴레이는 제 1 단말 및/또는 제 2 단말로부터 상향링크 채널을 통하여 수신한 신호를 복호하여 내부 버퍼에 저장한 후, 릴레이가 이동하면서 측정된 채널 게인이 소정의 임계치 이상인 경우에, 저장된 정보를 하향링크 채널을 통하여 제 2 단말 및/또는 제 1 단말에게 전송할 수 있다.

다음으로, FDD 방식의 이동 릴레이 시스템에서 상향링크와 하향링크에 대해서 서로 구별되는 주파수 자원(또는 주파수 대역)이 할당될 수 있다. 또한, 상향링크와 하향링크에 대해서 할당되는 주파수 자원의 크기(또는 주파수 대역폭)은 동일할 수도 있고 상이할 수도 있다.

예를 들어, 무선 통신 시스템에서는 양방향 릴레이 통신을 위해서 가용한 자원 후보(또는 자원 풀)을 미리 설정

할 수 있다. 이러한 자원 후보를 지시하는 정보는 사전에 릴레이 또는 단말(들) 중의 하나 이상에 대해서 시그널링되거나, 자원 후보에 대한 정보가 디폴트 값으로서 미리 주어질 수도 있다. 또한, 릴레이 및/또는 단말은, 자원 후보 중에서 자율적으로, 다른 네트워크 노드(예를 들어, 관제 노드)의 지시에 따라서, 또는 미리 정해진 규칙에 따라서 양방향 릴레이 통신을 위해서 사용할 자원을 할당 또는 결정할 수 있다.

[0060] n 번째 시간 구간에서 할당되는 상향링크 주파수 대역폭의 비율은 $\alpha_U[n]$ 으로 나타내고(여기서, $\alpha_U[n] \geq 0$), n 번째 시간 구간에서 할당되는 하향링크 주파수 대역폭 비율은 $\alpha_D[n]$ 으로 나타낼 수 있다(여기서, $\alpha_D[n] \geq 0$). 이 경우, n 번째 시간 구간에서 상향링크 및 하향링크에 대해서 각각 할당되는 주파수 대역폭 비율의 합은 1이 되고, $\alpha_U[n] + \alpha_D[n] = 1$ 으로 표현할 수 있다.

[0061] 또한, n 번째 시간 구간에서의 GN_k 로부터 릴레이로의 상향링크 전송 전력은 $p_{U_k}[n]$ 로 나타내고, 릴레이로부터 GN_k 로의 하향링크 전송 전력은 $p_{D_k}[n]$ 로 나타낼 수 있다. 이 경우, 상향링크 및 하향링크 전송 전력은 수학적식 3과 같은 조건을 만족할 수 있다.

수학적식 3

$$\frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N-1} p_{U_k}[n] \leq P_{U,avg}, \forall k \in \mathcal{K}, 0 \leq p_{U_k}[n] \leq P_{U,peak}, \forall k \in \mathcal{K}, \forall n \in \mathcal{N},$$

$$\frac{1}{N} \sum_{n=2}^N \sum_{k \in \mathcal{K}} p_{D_k}[n] \leq P_{D,avg}, \quad 0 \leq \sum_{k \in \mathcal{K}} p_{D_k}[n] \leq P_{D,peak}, \forall n \in \mathcal{N}.$$

[0063] 상기 수학적식 3에서 $P_{U,avg}, P_{D,avg}, P_{U,peak}, P_{D,peak}$ 는 각각 평균 상향링크 전송 전력, 평균 하향링크 전송 전력, 최대 상향링크 전송 전력, 최대 하향링크 전송 전력을 나타낸다.

[0064] 전술한 바와 같은 채널 계인, 상향링크 및 하향링크 주파수 대역폭 비율, 상향링크 및 하향링크 전송 전력에 기초하여, n 번째 시간 구간에서의 GN_k 의 상향링크 전송률 $R_{U_k}[n]$ 은 수학적식 4와 같이 나타낼 수 있다.

수학적식 4

$$R_{U_k}[n] = \alpha_U[n] \log_2 \left(1 + \frac{p_{U_k}[n] h_k[n]}{p_{U_{\bar{k}}}[n] h_{\bar{k}}[n] + \alpha_U[n]} \right)$$

[0066] 상기 수학적식 4에서 $k = 1$ 이면 $\bar{k} = 2$ 이고, $k = 2$ 이면 $\bar{k} = 1$ 로 정의될 수 있다.

[0067] 또한, 전술한 바와 같은 채널 계인, 상향링크 및 하향링크 주파수 대역폭 비율, 상향링크 및 하향링크 전송 전력에 기초하여, n 번째 시간 구간에서의 GN_k 의 하향링크 전송률 $R_{D_k}[n]$ 은 수학적식 5와 같이 나타낼 수 있다.

수학적식 5

$$R_{D_k}[n] = \alpha_D[n] \log_2 \left(1 + \frac{p_{D_k}[n] h_k[n]}{\alpha_D[n]} \right)$$

[0069] 추가적으로, 릴레이는 단말간의 정보를 전달함에 있어서, 각각의 단말로부터 받은 정보량만을 전달할 수 있다. 따라서, n 번째 시간 구간에서 릴레이가 전송할 수 있는 정보량은, 직전의 n-1 번째 시간 구간까지 릴레이가 수신한 정보량 이하인 조건을 만족해야 한다. 이를 수학적식으로 표현하면 수학적식 6과 같다.

수학식 6

$$\sum_{i=2}^n R_{D_k}[i] \leq \sum_{i=1}^{n-1} R_{U_k}[i], \quad n = 2, \dots, N.$$

[0070]

[0071] 전술한 바와 같이, 특정 시간 구간에서의 이동 릴레이 시스템에서 단말간 양방향 릴레이 통신의 전송률은, (1) 릴레이의 위치, 속도 및 가속도, (2) 릴레이의 하향링크 전송 전력 및 각각의 단말의 상향링크 전송 전력, (3) 상향링크 및 하향링크 전송을 위해 할당되는 주파수 대역폭의 비율을 기반으로 산출될 수 있다.

[0072] 이하에서는, 전술한 전송률을 최대화하기 위한 방안에 대해서 설명한다.

[0073] 먼저, GN_k 와 릴레이의 상향링크를 U_k , 하향링크를 D_k 라고 하면, 2 개의 단말과 릴레이 간의 상/하향링크는 $\mathcal{M} \triangleq \{U_1, U_2, D_1, D_2\}$ 으로 표현할 수 있다. 이에 따라, n 번째 시간 구간에서의 전송률 최대화를 위하여 고려하여야 할 인자들은 다음과 같이 표현될 수 있다.

[0074] (1) 릴레이의 위치, 속도 및 가속도는 $\mathbf{Q} \triangleq \{\mathbf{q}[n], \mathbf{v}[n], \mathbf{a}[n], \forall n\}$ 라고 표현할 수 있다.

[0075] (2) 릴레이 및 각각의 단말의 전송 전력은 $\mathbf{P} \triangleq \{p_m[n], m \in \mathcal{M}, \forall n\}$ 로 표현할 수 있다.

[0076] (3) 상향링크 및 하향링크에 할당되는 주파수 대역폭의 비율은 $\mathbf{A} \triangleq \{\alpha_U[n], \alpha_D[n], \forall n\}$ 로 표현할 수 있다.

[0077] 이에 기초하여, T 시간 동안 릴레이를 통하여 단말간에 교환되는 정보의 평균 전송률을 최대화하기 위해서, 전술한 인자 (1), (2) 및 (3)의 변수들을 최적화하는 문제는 수학식 7과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 7

$$\begin{aligned} \text{(P)} \quad & \max_{\mathbf{P}, \mathbf{Q}, \mathbf{A}, \mathbf{R}_{\min}} R_{\min} \\ \text{s.t.} \quad & \frac{1}{N} \sum_{n=2}^N R_{D_k}[n] \geq R_{\min}, \quad \forall k \in K, \\ & \sum_{i=2}^n R_{D_k}[i] \leq \sum_{i=1}^{n-1} R_{U_k}[i], \quad n = 2, \dots, N, \\ & \mathbf{q}[n+1] = \mathbf{q}[n] + \mathbf{v}[n]\delta_t + \frac{1}{2}\mathbf{a}[n]\delta_t^2, \quad \mathbf{v}[n+1] = \mathbf{v}[n] + \mathbf{a}[n]\delta_t, \quad \|\mathbf{v}[n]\| \leq v_{\max}, \quad \|\mathbf{a}[n]\| \leq a_{\max}, \quad \forall n, \\ & 0 \leq \alpha_U[n], \alpha_D[n] \leq 1, \quad \alpha_U[n] + \alpha_D[n] = 1, \quad \forall n, \\ & 0 \leq p_{U_k}[n] \leq P_{U, \text{peak}}, \quad \forall k \in K, \quad \forall n, \quad \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N-1} p_{U_k}[n] \leq P_{U, \text{avg}}, \quad \forall k \in K, \\ & 0 \leq \sum_{k \in K} p_{D_k}[n] \leq P_{D, \text{peak}}, \quad \forall n, \quad \frac{1}{N} \sum_{n=2}^N \sum_{k \in K} p_{D_k}[n] \leq P_{D, \text{avg}}. \end{aligned}$$

[0078]

[0079] 상기 수학식 7의 문제에 있어서, 상향링크 전송률 $R_{U_k}[n]$ 및 하향링크 전송률 $R_{D_k}[n]$ 은 비볼록(non-convex) 함수이므로, 결과적으로 수학식 7은 비볼록 문제가 되어 전송률 최대화를 직접적으로 계산할 수 없다. 따라서, 비볼록 문제를 볼록(convex) 문제로 근사화시켜 반복적으로 해결하기 위한 SCA(Successive convex approximation) 방식을 적용할 수 있다.

[0080] 상기 수학식 7의 문제에 있어서, 상향링크 전송률 $R_{U_k}[n]$ 및 하향링크 전송률 $R_{D_k}[n]$ 은 비볼록(non-convex) 함수이므로, 결과적으로 수학식 7은 비볼록 문제가 되어 전송률 최대화를 직접적으로 계산할 수 없다. 따라서, 비볼록 문제를 볼록(convex) 문제로 근사화시켜 반복적으로 해결하기 위한 SCA(Successive convex approximation) 방식을 적용할 수 있다.

[0081] SCA에 따르면, 특정 변수 값(즉, 이전 반복에서 얻어지는 최적값)이 주어질 때, 그 값을 바탕으로 비볼록 함수의 오목한(concave) 하한 또는 볼록한(convex) 상한의 대리 함수를 얻어 전체 문제를 볼록한 문제로 근사화시킬

수 있다. 이에 따라, 근사화된 문제를 해결한 뒤 얻어진 변수 값을 바탕으로 목적 함수가 수렴할 때까지 계속 반복을 진행할 수 있다.

[0082] 이하에서는 비볼록 함수의 볼록 또는 오목 함수로의 근사화에 대해서 설명한다.

[0083] 도 2는 본 개시가 적용가능한 이동 릴레이 시스템의 전송률 최대화를 위해서, 전송률에 대한 인자들의 최적값을 구하는 방법을 나타내는 흐름도이다.

[0084] 단계 S210에서, 릴레이의 경로(즉, 위치, 속도 및 가속도)에 대한 변수인 Q, 릴레이 및 각각의 단말의 전송 전력인 P, 상향링크 및 하향링크에 할당되는 주파수 대역폭의 비율인 A 중의 하나 이상에 기초하여, 이동 릴레이 시스템의 전송률 모델을 설정할 수 있다. 예를 들어, 전송률 모델은 수학적 식 7과 같은 비볼록 함수의 문제로 표현될 수 있다.

[0085] 전송률 모델의 근사화를 위해서 비볼록 함수의 대리 함수를 획득하는 것이 필요하고, 대리 함수를 이용하여 근사화된 목적 함수가 수렴할 때까지 반복적인 문제 해결이 수행된다. 대리 함수를 획득하기 위해서 이전 반복에서의 값이 요구되므로, 최초로 문제 해결을 시도할 때에 변수들에 대한 초기값을 설정할 수 있다.

[0086] 이를 위하여, 단계 S220에서는 반복 횟수를 나타내는 l 을 0 값으로 설정하고, 단계 S230에서 변수 Q, P, 또는 A 중의 하나 이상을 초기화할 수 있다. 그 후, 문제 해결을 시도할 때마다 단계 S240에서와 같이 l 값을 1씩 증가시킬 수 있다.

[0087] 구체적으로, 수학적 식 7의 비볼록 함수를 변형하기 위해서, 전송 전력 p와 채널 게인 h의 곱을 새로운 변수 X로 정의할 수 있다. 즉, $X_{mk}[n] \triangleq p_m[n]h_k[n]$ 로 정의할 수 있다.

[0088] 여기서, 변수 x 의 l 번째 반복에서 얻어지는 값을 $x^{(l)}$ 이라 하면, $X_{mk}^{(l-1)}[n]$ 값이 주어진 경우, 변수 $X_{mk}[n]$ 의 오목한 대리 하한함수는 1차 테일러 근사화(first order Taylor approximation)를 통해 수학적 식 8과 같이 표현할 수 있다.

수학적 식 8

$$\begin{aligned} \hat{X}_{mk}^{(l)}[n] &\triangleq X_{mk}^{(l-1)}[n] + (1 + X_{mk}^{(l-1)}[n])(Z_{mk}^{(l)}[n] - Y_{mk}^{(l-1)}[n]) \\ Y_{mk}^{(l)}[n] &\triangleq \log(1 + X_{mk}^{(l)}[n]) \\ Z_{mk}^{(l)}[n] &\triangleq \log\left(\frac{\gamma_0}{h_k^{(l-1)}[n]} + S_k^{(l)}[n] + p_m^{(l)}[n]\gamma_0\right) - \left(\log\frac{\gamma_0}{h_k^{(l-1)}[n]} + \frac{H^2 + \|\mathbf{q}^{(l)}[n] - \mathbf{w}_k\|^2 - \gamma_0/h_k^{(l-1)}[n]}{\gamma_0/h_k^{(l-1)}[n]}\right) \end{aligned}$$

[0089]

$$S_k^{(l)}[n] \triangleq 2(\mathbf{q}^{(l-1)}[n] - \mathbf{w}_k)^T (\mathbf{q}^{(l)}[n] - \mathbf{q}^{(l-1)}[n]).$$

[0090]

[0091] 이와 유사하게, $l-1$ 번째 반복에서의 값들이 주어진 경우, 변수 $X_{mk}[n]$ 의 볼록한 대리 상한함수는 1차 테일러 근사화를 통해 수학적 식 9와 같이 표현할 수 있다.

수학적 식 9

$$\begin{aligned} \tilde{X}_{mk}^{(l)}[n] &\triangleq \exp\left(\log\left(\frac{\gamma_0}{h_k^{(l-1)}[n]} + p_m^{(l-1)}[n]\gamma_0\right) + \left(H^2 + \|\mathbf{q}^{(l)}[n] - \mathbf{w}_k\|^2 - \gamma_0/h_k^{(l-1)}[n]\right) \right. \\ &\quad \left. + \gamma_0(p_m^{(l)}[n] - p_m^{(l-1)}[n])\right) / J_{mk}^{(l-1)}[n] - \log\left(\frac{\gamma_0}{h_k^{(l-1)}[n]} + S_k^{(l)}[n]\right) - 1, \end{aligned}$$

[0092]

$$J_{mk}^{(l)}[n] \triangleq \gamma_0/h_k^{(l)}[n] + \gamma_0 p_m^{(l)}[n].$$

[0093]

[0094] 또한, 상향링크 전송률 $R_{U_k}[n]$ 및 하향링크 전송률 $R_{D_k}[n]$ 의 근사 대리함수를 구하기 위해서, $c \log_2(1 + \frac{x}{c})$ 함수

를 고려할 때, $\tilde{c}$ 와 $\tilde{z}$ 의 값이 주어진 경우, 이 함수의 볼록한 대리 상한함수는 1차 테일러 근사화를 통해 수학식 10과 같이 표현할 수 있다.

수학식 10

$$f(c, z|\tilde{c}, \tilde{z}) \triangleq \tilde{c} \log_2 \left(1 + \frac{z}{\tilde{c}} \right) + \left(\log_2 \left(1 + \frac{\tilde{z}}{\tilde{c}} \right) - \frac{\log_2 e}{\tilde{c} + \tilde{z}} \tilde{z} \right) (c - \tilde{c}) + \frac{\log_2 e}{\tilde{c} + \tilde{z}} \tilde{c} (z - \tilde{z})$$

전술한 수학식 8 내지 10의 과정을 종합하여, $l-1$ 번째 반복에서 얻어진 $\alpha_U^{(l-1)}[n]$, $\alpha_D^{(l-1)}[n]$, $X_{mk}^{(l-1)}[n]$ 의 값이 주어졌을 때, 수학식 11에서 상향링크 전송률 $R_{U_k}[n]$ 및 하향링크 전송률 $R_{D_k}[n]$ 의 오목한 대리 하한함수는 각각 $\hat{R}_{U_k}^{(l)}[n]$ 와 $\hat{R}_{D_k}^{(l)}[n]$ 으로 구할 수 있다. 또한, 하향링크 전송률 $R_{D_k}^{(l)}[n]$ 의 볼록한 대리 상한함수는 $\check{R}_{D_k}^{(l)}[n]$ 로 구할 수 있다.

수학식 11

$$R_{U_k}^{(l)}[n] \geq \hat{R}_{U_k}^{(l)}[n] \triangleq \alpha_U^{(l)}[n] \log_2 \left(1 + \frac{\hat{X}_{U_k k}^{(l)}[n] + \hat{X}_{U_k \bar{k}}^{(l)}[n]}{\alpha_U^{(l)}[n]} \right) - f(\alpha_U^{(l)}[n], \hat{X}_{U_k \bar{k}}^{(l)}[n]|\alpha_U^{(l-1)}[n], X_{U_k \bar{k}}^{(l-1)}[n])$$

$$R_{D_k}^{(l)}[n] \geq \hat{R}_{D_k}^{(l)}[n] \triangleq \alpha_D^{(l)}[n] \log_2 \left(1 + \frac{\hat{X}_{D_k k}^{(l)}[n]}{\alpha_D^{(l)}[n]} \right),$$

$$R_{D_k}^{(l)}[n] \leq \check{R}_{D_k}^{(l)}[n] \triangleq f(\alpha_D^{(l)}[n], \hat{X}_{D_k k}^{(l)}[n]|\alpha_D^{(l-1)}[n], X_{D_k k}^{(l-1)}[n])$$

단계 S250에서는 전술한 바와 같이 근사화된 문제를 해결할 수 있다.

구체적으로, 비볼록 함수들에 대한 근사화된 볼록한 또는 오목한 대리 함수들을 수학식 7에 적용할 때, $l-1$ 번째 반복에서 얻어진 값들이 주어진 경우, 수학식 7의 문제는 수학식 12의 문제로 다시 표현할 수 있다.

수학식 12

$$\begin{aligned} \text{(P)} \quad & \max_{\mathbf{P}, \mathbf{Q}, \mathbf{A}, \bar{R}_{\min}} \quad \bar{R}_{\min} \\ \text{s.t.} \quad & \frac{1}{N} \sum_{n=2}^N R_{D_k}[n] \geq \bar{R}_{\min}, \forall k \in K, \\ & \sum_{i=2}^N R_{D_k}[i] \leq \sum_{i=1}^{n-1} R_{U_i}[i], n=2, \dots, N, \\ & \mathbf{q}[n+1] = \mathbf{q}[n] + \mathbf{v}[n] \delta_i + \frac{1}{2} \mathbf{a}[n] \delta_i^2, \mathbf{v}[n+1] = \mathbf{v}[n] + \mathbf{a}[n] \delta_i, \|\mathbf{v}[n]\| \leq v_{\max}, \|\mathbf{a}[n]\| \leq a_{\max}, \forall n, \\ & 0 \leq \alpha_U[n], \alpha_D[n] \leq 1, \alpha_U[n] + \alpha_D[n] = 1, \forall n, \\ & 0 \leq p_{U_k}[n] \leq P_{U, \text{peak}}, \forall k \in K, \forall n, \quad \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N-1} p_{U_k}[n] \leq P_{U, \text{avg}}, \forall k \in K, \\ & 0 \leq \sum_{k \in K} p_{D_k}[n] \leq P_{D, \text{peak}}, \forall n, \quad \frac{1}{N} \sum_{n=2}^N \sum_{k \in K} p_{D_k}[n] \leq P_{D, \text{avg}}. \end{aligned}$$

수학식 12는 볼록 문제이므로, 볼록 함수의 최적화 방식(예를 들어, CVX 등)을 적용하여 각각의 인자들의 최적화된 변수 값이 산출될 수 있다.

단계 S250에서는 수학식 12와 같이 근사화된 문제(즉, 목적 함수)를 해결함으로써 변수 Q, P, 또는 A 중의 하나

이상에 대한 임시 최적값이 산출될 수 있다. 즉, l 번째 반복에서 산출된 변수들의 최적값은 임시 최적값으로 저장될 수 있다.

- [0105] 단계 S260에서 목적 함수가 수렴하지 않는 경우에는, 단계 S240으로 돌아가서 l 값을 1만큼 증가시키고, 단계 S250에서 이전 반복(즉, $l-1$ 번째 반복)에서 산출된 임시 최적값을 기반으로 다시 수학적 12의 근사화된 문제를 해결함으로써 새로운 임시 최적값으로 업데이트될 수 있다.
- [0106] 단계 S260에서 목적 함수가 수렴하는 경우, 단계 S270으로 진행하여 현재의 변수 Q, P, 또는 A 중의 하나 이상에 대한 임시 최적값을 최종적인 최적값으로 결정할 수 있다.
- [0107] 이와 같이, 수학적 12의 목적 함수가 수렴할 때까지 반복적으로 해결함으로써, (1) 릴레이의 위치, 속도 및 가속도의 변수 Q, (2) 릴레이의 하향링크 전송 전력 및 각각의 단말의 상향링크 전송 전력의 변수 P, (3) 상향링크 및 하향링크 전송을 위해 할당되는 주파수 대역폭의 비율에 대한 변수 A에 대한 최적값을 산출할 수 있다.
- [0108] 이러한 최적값은 양방향 릴레이 통신이 수행되는 또는 수행될 예정인 시간 구간 T에 속하는 N개의 이산화된 시간 구간 각각(즉, n 번째 시간 구간 각각)마다 결정될 수 있다.
- [0109] 수학적 12의 문제를 반복적으로 해결하여 수렴점에서 얻어지는 각각의 인자들의 최적값은, 릴레이와 단말(들)에 대해서 설정될 수 있다.
- [0110] 또한, 상기 인자들의 최적값은 릴레이와 단말(들)의 시간 동기화와 함께 설정될 수 있다. 시간 동기화를 통하여 릴레이 및 단말은 n 번째 시간 구간마다 설정된 최적값에 따라서 동작할 수 있다.
- [0111] 구체적으로, 릴레이는 시간 구간별로 상기 인자 (1)의 최적값에 따라서 설정된 위치, 속도 및 가속도에 따라서 이동할 수 있다.
- [0112] 또한, 각각의 단말은 시간 구간별로 상기 인자 (2)의 최적값에 따라서 설정된 상향링크 전송 전력으로 릴레이로의 상향링크 전송을 수행할 수 있다.
- [0113] 또한, 릴레이는 시간 구간별로 상기 인자 (2)의 최적값에 따라서 설정된 하향링크 전송 전력으로 각각의 단말로의 하향링크 전송을 수행할 수 있다.
- [0114] 또한, 시간 구간 별로 상기 인자 (3)의 최적값에 따라서 설정된 비율로 단말에게 상향링크 주파수 대역폭이 할당되고, 릴레이에게 하향링크 주파수 대역폭이 할당될 수 있다.
- [0115] 도 3 및 도 4는 본 개시가 적용될 수 있는 이동 릴레이 통신 방법의 예시들을 나타내는 도면이다.
- [0116] 단계 S310에서 릴레이는 자신의 기초 정보를 획득 또는 결정할 수 있다. 예를 들어, 릴레이 기초 정보는, 릴레이의 위치에 관련된 정보(예를 들어, 출발 위치, 목적 위치 등), 릴레이의 이동 캐퍼빌리티에 관련된 정보(예를 들어, 최고 속도, 평균 속도, 가속도 등), 릴레이의 전송 캐퍼빌리티에 관련된 정보(예를 들어, 최대 전송 전력, 평균 전송 전력 등) 중의 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0117] 단계 S320에서 단말(들)의 각각은 릴레이에게 자신의 기초 정보를 전달할 수 있다. 예를 들어, 단말 기초 정보는, 단말의 위치에 관련된 정보(예를 들어, 현재 위치, 이동성 여부에 대한 정보 등), 단말의 전송 캐퍼빌리티에 관련된 정보(예를 들어, 최대 전송 전력, 평균 전송 전력 등), 단말의 정보량에 관련된 정보(예를 들어, 전송 데이터의 유무, 평균 전송 정보량, 버퍼 상태 보고 등) 중의 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0118] 단계 S330에서 릴레이는 릴레이 기초 정보 및 단말 기초 정보를 이용하여, 이동 릴레이 시스템의 전송률 최대화를 위한 변수들의 최적값을 결정할 수 있다. 즉, 도 2의 최적값 산출 동작이 릴레이에 의해서 수행될 수 있다.
- [0119] 단계 S340에서 릴레이는 단말(들)에게 최적값에 대한 설정 정보를 전달할 수 있다. 예를 들어, 단말의 상향링크 전송 전력, 단말의 상향링크 및 하향링크 자원 할당에 대한 정보가 제공될 수 있다.
- [0120] 단계 S350에서 릴레이 및 단말(들)은 최적값 설정에 따른 양방향 릴레이 통신을 수행할 수 있다.
- [0121] 추가적인 예시로서, 릴레이가 자신의 기초 정보를 단말에게 전달하고, 단말은 자신의 기초 정보와 릴레이의 기초 정보를 이용하여 최적값을 결정한 후, 결정된 최적값 설정에 대한 정보를 릴레이에게 전달하여, 양방향 릴레이 통신을 수행할 수도 있다.
- [0122] 추가적인 예시로서, 전술한 최적값 산출 방법은 릴레이 및 단말 이외의 다른 네트워크 노드(예를 들어, 관제 노

드 또는 기지국)에 의해서 수행될 수도 있다. 이 경우, 관제 노드는 릴레이 및 단말에 대한 정보를 미리 획득하고, 이에 기초하여 최적값을 산출하여 릴레이 및 단말에게 제공할 수도 있다.

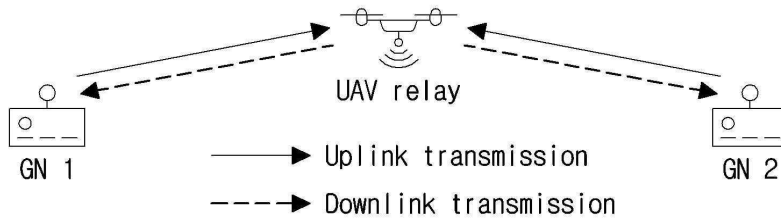
- [0123] 도 4를 참조하면, 단계 S410에서 관제 노드는 릴레이로부터 릴레이 기초 정보(도 3의 단계 S310에 대한 설명 참조)를 획득할 수 있다.
- [0124] 단계 S420에서 관제 노드는 단말(들)의 각각으로부터 단말 기초 정보(도 3의 단계 S320에 대한 설명 참조)를 획득할 수 있다. 단말 기초 정보는 관제 노드가 단말(들)로부터 직접 수신할 수도 있고, 릴레이가 수집한 단말(들)의 기초 정보를 릴레이로부터 수신할 수도 있다.
- [0125] 단계 S430에서 관제 노드는 릴레이 기초 정보 및 단말 기초 정보를 이용하여, 이동 릴레이 시스템의 전송률 최대화를 위한 변수들의 최적값을 결정할 수 있다. 즉, 도 2의 최적값 산출 동작이 관제 노드에 의해서 수행될 수 있다.
- [0126] 단계 S440에서 관제 노드는 릴레이에게 최적값에 대한 설정 정보를 전달할 수 있다. 예를 들어, 릴레이의 이동 경로 정보(위치, 속도, 가속도 등에 대한 정보), 릴레이의 하향링크 전송 전력, 릴레이의 상향링크 및 하향링크 자원 할당에 대한 정보가 제공될 수 있다.
- [0127] 단계 S450에서 관제 노드는 단말(들)에게 최적값에 대한 설정 정보를 전달할 수 있다. 예를 들어, 단말의 상향링크 전송 전력, 단말의 상향링크 및 하향링크 자원 할당에 대한 정보가 제공될 수 있다. 이러한 단말 최적값은 관제 노드가 단말(들)에게 직접 전송할 수도 있고, 릴레이를 통하여 해당 단말(들)에게 전송할 수도 있다.
- [0128] 단계 S460에서 릴레이 및 단말(들)은 최적값 설정에 따른 양방향 릴레이 통신을 수행할 수 있다.
- [0129] 도 3 및 도 4를 참조하여 설명한 이동 릴레이 통신 방법에 있어서, 최적값을 결정하는 것은 단말 및 릴레이의 양방향 릴레이 통신과 병행하여 수행될 수도 있다. 또는, 사전에 단말 및 릴레이에 대한 기초 정보를 이용하여 최적값이 미리 결정되고, 단말 및 릴레이에 대해서 사전에 최적값 설정 정보가 제공된 후, 이에 따라서 양방향 릴레이 통신이 수행될 수도 있다.
- [0130] 도 5는 본 개시에 따른 릴레이 장치 및 단말 장치의 구성을 나타내는 도면이다.
- [0131] 릴레이 장치(500)는 프로세서(510), 안테나부(520), 트랜시버(530), 메모리(540)를 포함할 수 있다.
- [0132] 프로세서(510)는 베이스밴드 관련 신호 처리를 수행하며, 상위계층 처리부(511) 및 물리계층 처리부(515)를 포함할 수 있다. 상위계층 처리부(511)는 MAC 계층, RRC 계층, 또는 그 이상의 상위계층의 동작을 처리할 수 있다. 물리계층 처리부(515)는 PHY 계층의 동작(예를 들어, 하향링크 송신 신호 처리, 상향링크 수신 신호 처리 등)을 처리할 수 있다. 프로세서(510)는 베이스밴드 관련 신호 처리를 수행하는 것 외에도, 릴레이 장치(500) 전반의 동작을 제어할 수도 있다.
- [0133] 안테나부(520)는 하나 이상의 물리적 안테나를 포함할 수 있고, 복수개의 안테나를 포함하는 경우 MIMO 송수신을 지원할 수 있다. 트랜시버(530)는 RF 송신기와 RF 수신기를 포함할 수 있다. 메모리(540)는 프로세서(510)의 연산 처리된 정보, 릴레이 장치(500)의 동작에 관련된 소프트웨어, 운영체제, 애플리케이션 등을 저장할 수 있으며, 버퍼 등의 구성요소를 포함할 수도 있다.
- [0134] 릴레이 장치(500)의 프로세서(510)는 본 발명에서 설명하는 실시예들에서의 이동 릴레이의 동작을 구현하도록 설정될 수 있다.
- [0135] 예를 들어, 릴레이 장치(500)의 프로세서(510)의 상위계층 처리부(511)는 기초 정보 획득부(512), 최적값 획득부(513), 이동 제어부(514)를 포함할 수 있다.
- [0136] 기초 정보 획득부(512)는 릴레이 장치(500) 자신의 기초 정보(예를 들어, 릴레이의 위치, 이동 캐퍼빌리티, 전송 캐퍼빌리티 등에 관련된 정보)를 메모리(540)으로부터 독출하거나 메모리(540)에 저장된 정보에 기초하여 결정할 수 있다. 또한, 기초 정보 획득부(512)는 단말 장치(550)의 기초 정보(예를 들어, 단말의 위치, 전송 캐퍼빌리티, 정보량 등에 대한 정보)를 단말 장치(550)로부터 수신하거나, 이전에 수신하여 메모리(540)에 저장된 해당 정보를 독출하거나 메모리(540)에 저장된 정보에 기초하여 결정할 수 있다.
- [0137] 최적값 획득부(513)는, 전송한 릴레이 및 단말의 기초 정보를 이용하여, 소정의 시간 구간(예를 들어, 양방향 릴레이 통신이 수행되는 시간 구간인 T) 동안 전송률을 최대화하기 위한 소정의 변수의 최적값을 결정할 수 있다.

- [0138] 예를 들어, 소정의 변수는, 릴레이 장치(500)의 위치, 속도 및 가속도, 릴레이 장치(500)의 하향링크 전송 전력, 단말 장치(550)의 상향링크 전송 전력, 또는 상향링크 및 하향링크 전송 자원 할당 비율 중의 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0139] 이와 같이 획득된 최적값 중에서 단말 장치(550)에 관련된 정보는 해당 단말 장치(550)에게 최적값 설정 정보의 형태로 구성되어 물리계층 처리부(515)를 통하여 단말 장치(550)에게 전송될 수 있다.
- [0140] 또한, 프로세서(510)는 단말 장치(550)로부터 수신되는 상향링크 신호를 복호 및 저장하여 다른 단말에게 하향링크를 통하여 전달하고, 다른 단말로부터 수신되는 상향링크 신호를 단말 장치(550)에게 하향링크를 통하여 전달하는 양방향 통신을 수행할 수 있다. 이러한 양방향 통신의 수행에 있어서, 프로세서(510)는 획득된 최적값에 기초하여, 하향링크 전송 전력, 상향링크 및 하향링크 전송 자원(예를 들어, 주파수 대역폭) 할당 비율 등을 결정 및 제어할 수 있다.
- [0141] 또한, 이동 제어부(514)는 획득된 최적값에 기초하여, 릴레이 장치(550)의 위치, 속도, 가속도를 결정 및 제어할 수 있다.
- [0142] 만약 최적값의 결정이 다른 네트워크 노드(예를 들어, 기지국 또는 관제 노드)에 의해서 수행되는 경우, 릴레이 장치(500)의 기초 정보 획득부(512)에서 획득된 기초 정보는 물리계층 처리부(515)를 통하여 상기 다른 네트워크 노드로 전달될 수 있다. 이 경우, 최적값 획득부(513)는 상기 다른 네트워크 노드로부터 수신되는 최적값을 획득할 수 있다.
- [0143] 단말 장치(550)는 프로세서(560), 안테나부(570), 트랜시버(580), 메모리(590)를 포함할 수 있다.
- [0144] 프로세서(560)는 베이스밴드 관련 신호 처리를 수행하며, 상위계층 처리부(561) 및 물리계층 처리부(565)를 포함할 수 있다. 상위계층 처리부(561)는 MAC 계층, RRC 계층, 또는 그 이상의 상위계층의 동작을 처리할 수 있다. 물리계층 처리부(565)는 PHY 계층의 동작(예를 들어, 하향링크 수신 신호 처리, 상향링크 송신 신호 처리 등)을 처리할 수 있다. 프로세서(560)는 베이스밴드 관련 신호 처리를 수행하는 것 외에도, 단말 장치(560) 전반의 동작을 제어할 수도 있다.
- [0145] 안테나부(570)는 하나 이상의 물리적 안테나를 포함할 수 있고, 복수개의 안테나를 포함하는 경우 MIMO 송수신을 지원할 수 있다. 트랜시버(580)는 RF 송신기와 RF 수신기를 포함할 수 있다. 메모리(590)는 프로세서(560)의 연산 처리된 정보, 단말 장치(550)의 동작에 관련된 소프트웨어, 운영체제, 애플리케이션 등을 저장할 수 있으며, 버퍼 등의 구성요소를 포함할 수도 있다.
- [0146] 단말 장치(550)의 프로세서(560)는 본 발명에서 설명하는 실시예들에서의 제 1 단말 또는 제 2 단말의 동작을 구현하도록 설정될 수 있다.
- [0147] 예를 들어, 단말 장치(550)의 프로세서(560)의 상위계층 처리부(561)는 기초 정보 획득부(562), 최적값 획득부(563)를 포함할 수 있다.
- [0148] 기초 정보 획득부(562)는 단말 장치(550) 자신의 기초 정보(예를 들어, 단말의 위치, 전송 캐퍼빌리티, 정보량 등에 대한 정보)를 메모리(590)로부터 독출하거나 메모리(590)에 저장된 정보에 기초하여 결정할 수 있다. 이와 같이 획득된 기초 정보는 단말 기초 정보의 형태로 구성되어 물리계층 처리부(565)를 통하여 릴레이 장치(500) 또는 다른 네트워크 노드(예를 들어, 기지국 또는 관제 노드)에게 전송될 수 있다.
- [0149] 최적값 획득부(563)는 릴레이 장치(500) 또는 다른 네트워크 노드로부터 제공되는 최적값 설정 정보에 기초하여 단말 장치(550)에 적용될 최적값을 결정할 수 있다.
- [0150] 이에 따라, 단말 장치(550)의 프로세서(560)는, 획득된 최적값에 기초하여, 상향링크 전송 전력, 상향링크 및 하향링크 전송 자원(예를 들어, 주파수 대역폭) 할당 비율 등을 결정 및 제어할 수 있다.
- [0151] 릴레이 장치(500) 및 단말 장치(550)의 동작에 있어서 본 발명의 예시들에서 이동 릴레이 및 제 1/제 2 단말에 대해서 설명한 사항이 동일하게 적용될 수 있으며, 중복되는 설명은 생략한다.
- [0152] 도 6은 본 개시에 따른 단말들의 위치 및 릴레이의 궤적을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [0153] 도 7은 본 개시에 따른 전송 전력의 최적값을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [0154] 도 8은 본 개시에 따른 자원 할당 비율의 최적값을 예시적으로 나타내는 도면이다.

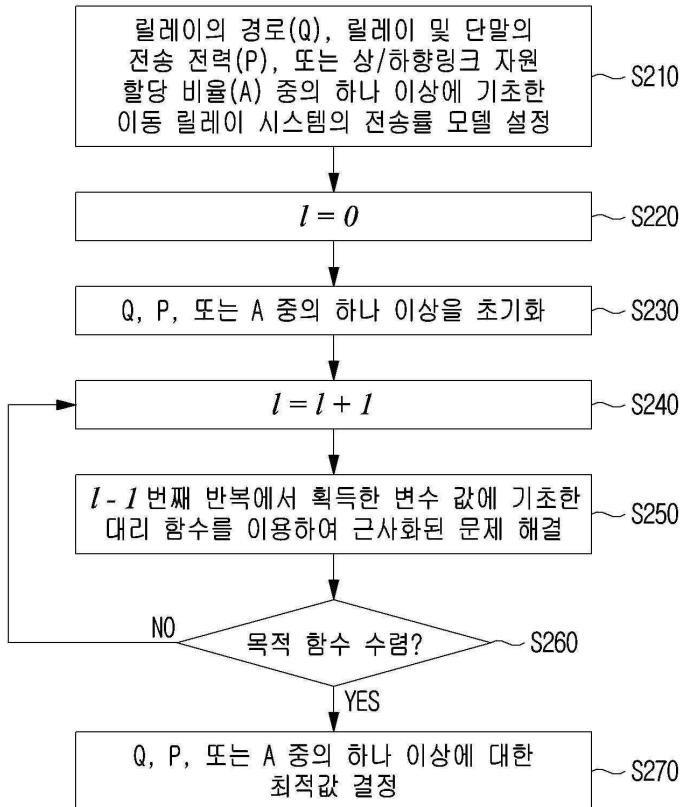
- [0155] 도 6 내지 도 8의 예시에서, 제 1 단말(GN_1)의 위치 $\mathbf{w}_1 = [0 \ 0]^T$ 으로 가정하고, 제 2 단말(GN_2)의 위치 $\mathbf{w}_2 = [2000 \ 0]^T$ 로 가정한다. 또한, 릴레이의 출발 위치 $\mathbf{q}_0 = [1000 \ 500]^T$ 으로 가정하고, 도착 위치 $\mathbf{q}_F = [1000 \ -500]^T$ 으로 가정한다. 상향링크 및 하향링크에서의 평균 전송 전력 $P_{U,avg} = P_{D,avg} = 0.01 \text{ W}$ 으로 가정하고, 최대 전송 전력 $P_{U,peak} = P_{D,peak} = 0.04 \text{ W}$ 으로 가정한다. 또한, 기준 SNR은 $\gamma_0 = 80 \text{ dB}_0$ 으로 가정하고, 릴레이가 동작하는 고도 $H = 100 \text{ m}$ 으로 가정한다. 또한, 릴레이의 최대 속도 $V_{\max} = 50 \text{ m/sec}$ 으로 가정하고, 가속도는 $a_{\max} = 5 \text{ m/sec}^2$ 으로 가정한다.
- [0156] 도 6에서는 양방향 릴레이 통신이 수행되는 시간 구간인 T가 50초, 100초, 150초인 경우의 릴레이의 이동 경로를 나타낸다. 도 7 및 도 8에서는 T가 100초 인 경우의 최적화된 전송 전력 및 주파수 대역폭 할당 비율을 나타낸다.
- [0157] 이러한 시뮬레이션 결과를 살펴보면, 릴레이는 보다 높은 채널 계인을 얻을 수 있도록 각각의 단말에 가까운 위치로 이동하려 하고, 이러한 릴레이의 이동에 따라서 릴레이 및 단말의 전송 전력 및 자원 할당 비율이 최적화됨을 확인할 수 있다.
- [0158] 도 9는 본 개시에 따른 이동 릴레이 시스템 및 다른 무선 통신 시스템들과의 성능을 비교한 그래프를 나타내는 도면이다.
- [0159] "Proposed"는 본 개시에 따른 최적화 방안이 적용된 결과로서, 시간의 흐름에 따라서 평균 전송률이 최대화되는 것을 확인할 수 있다. "Fixed A"는 상향링크 및 하향링크에 대한 자원 할당이 동일하게 고정된 경우이고, "One way"는 단방향 릴레이가 적용되는 경우이고, "Fixed Q"는 릴레이의 위치가 두 개의 단말의 가운데, 즉, $\hat{\mathbf{q}} \triangleq \frac{\mathbf{w}_1 + \mathbf{w}_2}{2}$ 로 고정된 경우에 해당한다.
- [0160] 이러한 시뮬레이션 결과를 살펴보면, 본 개시에 따르는 양방향 릴레이 통신 방식의 평균 전송률이 항상 다른 방식들에 비하여 높은 것을 확인할 수 있다.
- [0161] 본 개시의 예시적인 방법들은 설명의 명확성을 위해서 동작의 시리즈로 표현되어 있지만, 이는 단계가 수행되는 순서를 제한하기 위한 것은 아니며, 필요한 경우에는 각각의 단계가 동시에 또는 상이한 순서로 수행될 수도 있다. 본 개시에 따른 방법을 구현하기 위해서, 예시하는 단계에 추가적으로 다른 단계를 포함하거나, 일부의 단계를 제외하고 나머지 단계를 포함하거나, 또는 일부의 단계를 제외하고 추가적인 다른 단계를 포함할 수도 있다.
- [0162] 본 개시의 다양한 실시예는 모든 가능한 조합을 나열한 것이 아니고 본 개시의 대표적인 양상을 설명하기 위한 것이며, 다양한 실시예에서 설명하는 사항들은 독립적으로 적용되거나 또는 둘 이상의 조합으로 적용될 수도 있다.
- [0163] 또한, 본 개시의 다양한 실시예는 하드웨어, 펌웨어(firmware), 소프트웨어, 또는 그들의 결합 등에 의해 구현될 수 있다. 하드웨어에 의한 구현의 경우, 하나 또는 그 이상의 ASICs(Application Specific Integrated Circuits), DSPs(Digital Signal Processors), DSPDs(Digital Signal Processing Devices), PLDs(Programmable Logic Devices), FPGAs(Field Programmable Gate Arrays), 범용 프로세서(general processor), 컨트롤러, 마이크로 컨트롤러, 마이크로 프로세서 등에 의해 구현될 수 있다.
- [0164] 본 개시의 범위는 다양한 실시예의 방법에 따른 동작이 장치 또는 컴퓨터 상에서 실행되도록 하는 소프트웨어 또는 머신-실행가능한 명령들(예를 들어, 운영체제, 애플리케이션, 펌웨어(firmware), 프로그램 등), 및 이러한 소프트웨어 또는 명령 등이 저장되어 장치 또는 컴퓨터 상에서 실행 가능한 비-일시적 컴퓨터-판독가능 매체(non-transitory computer-readable medium)를 포함한다.

도면

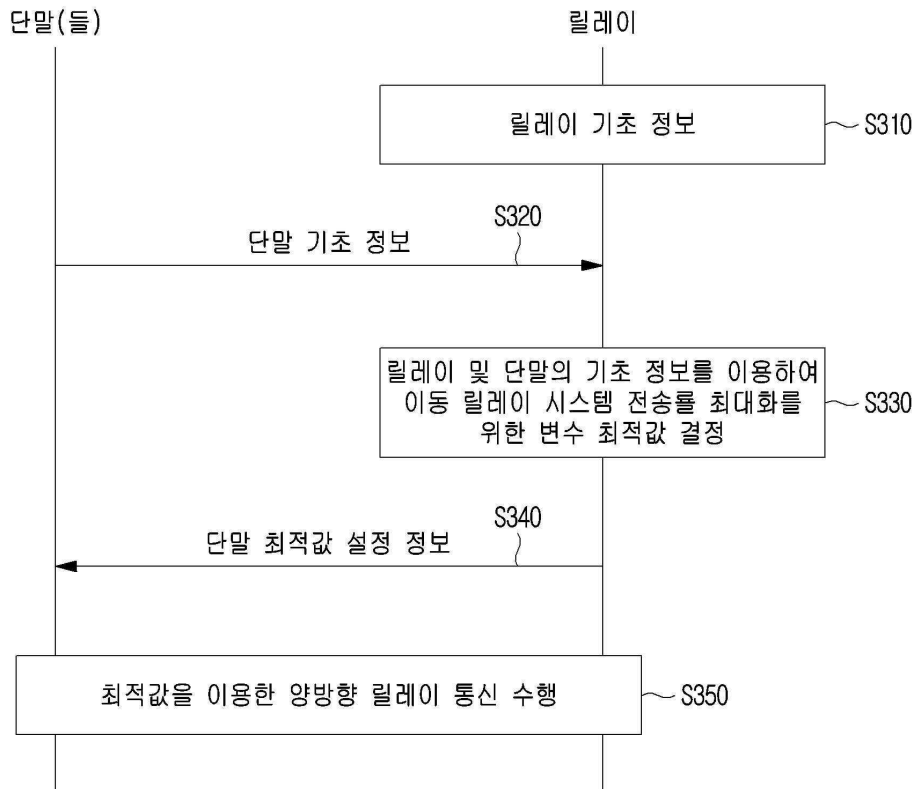
도면1



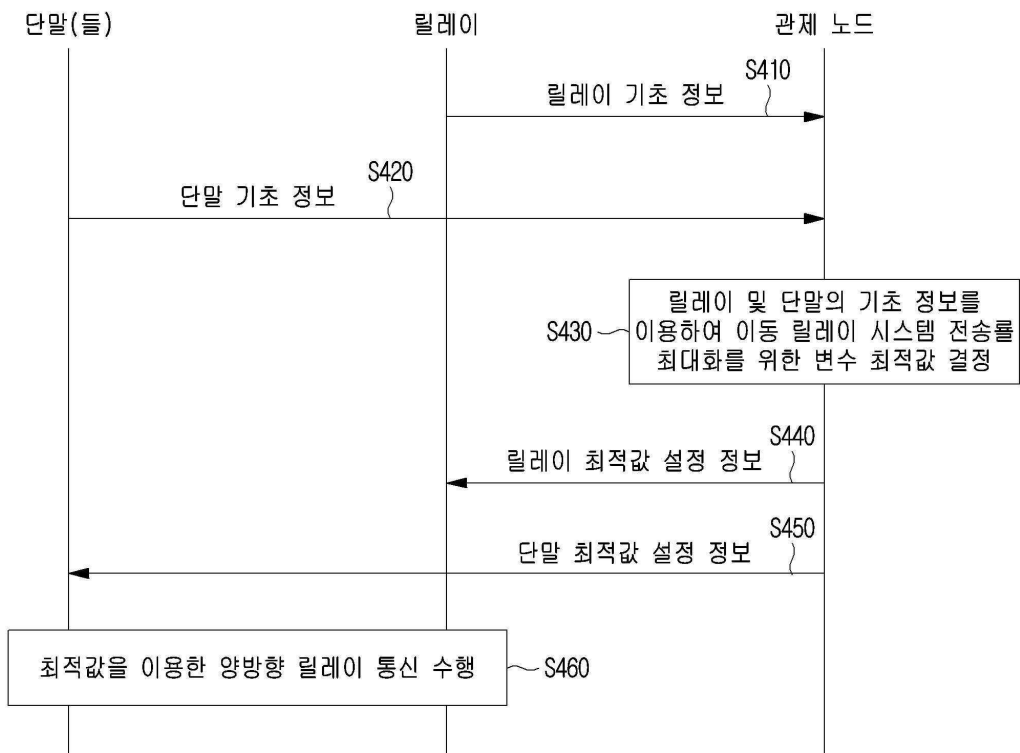
도면2



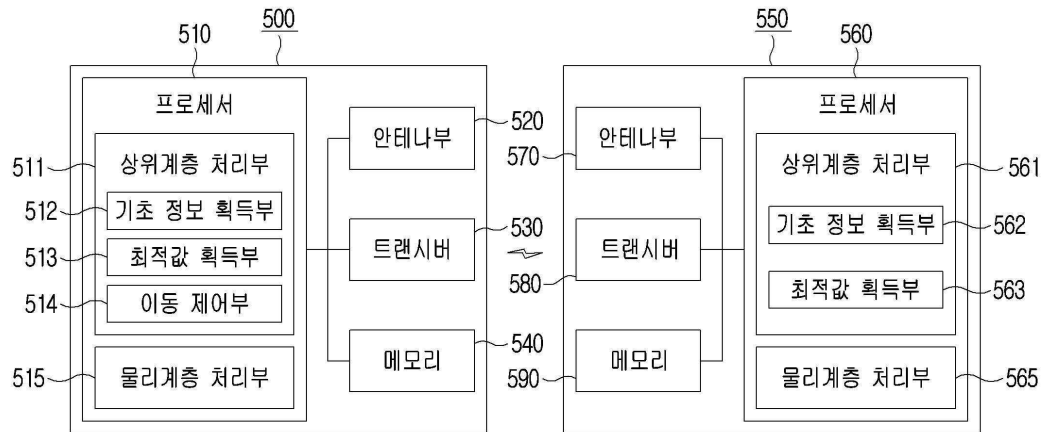
도면3



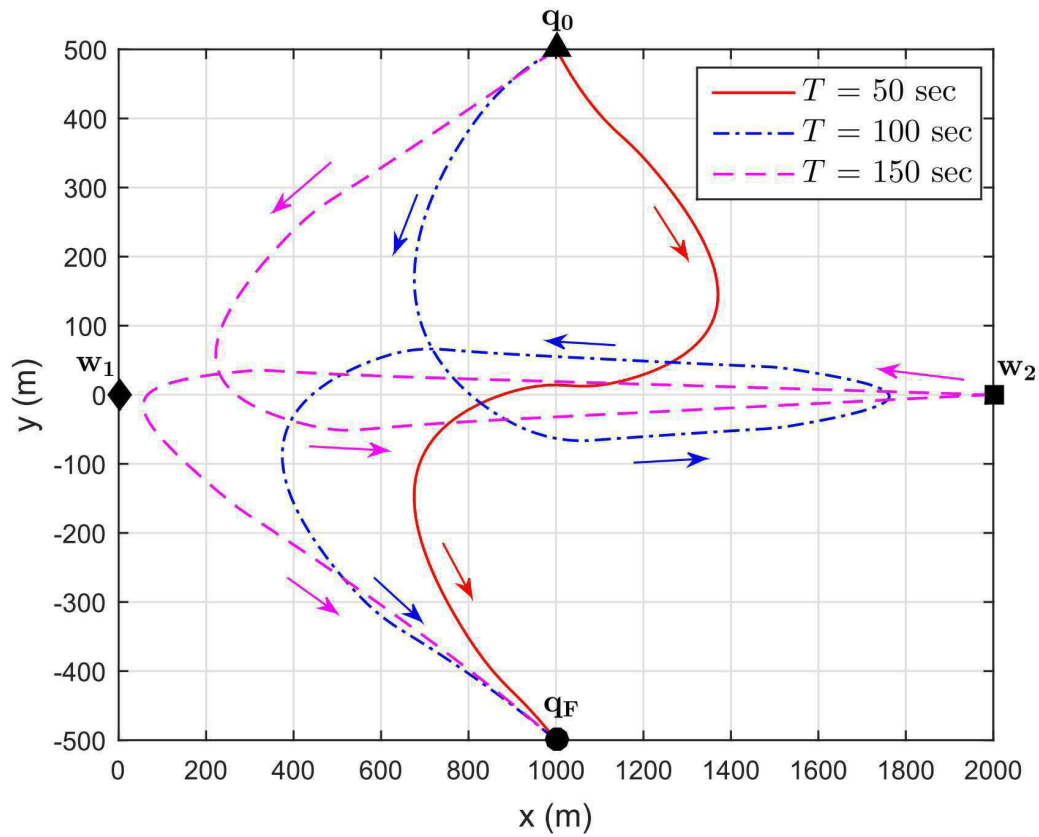
도면4



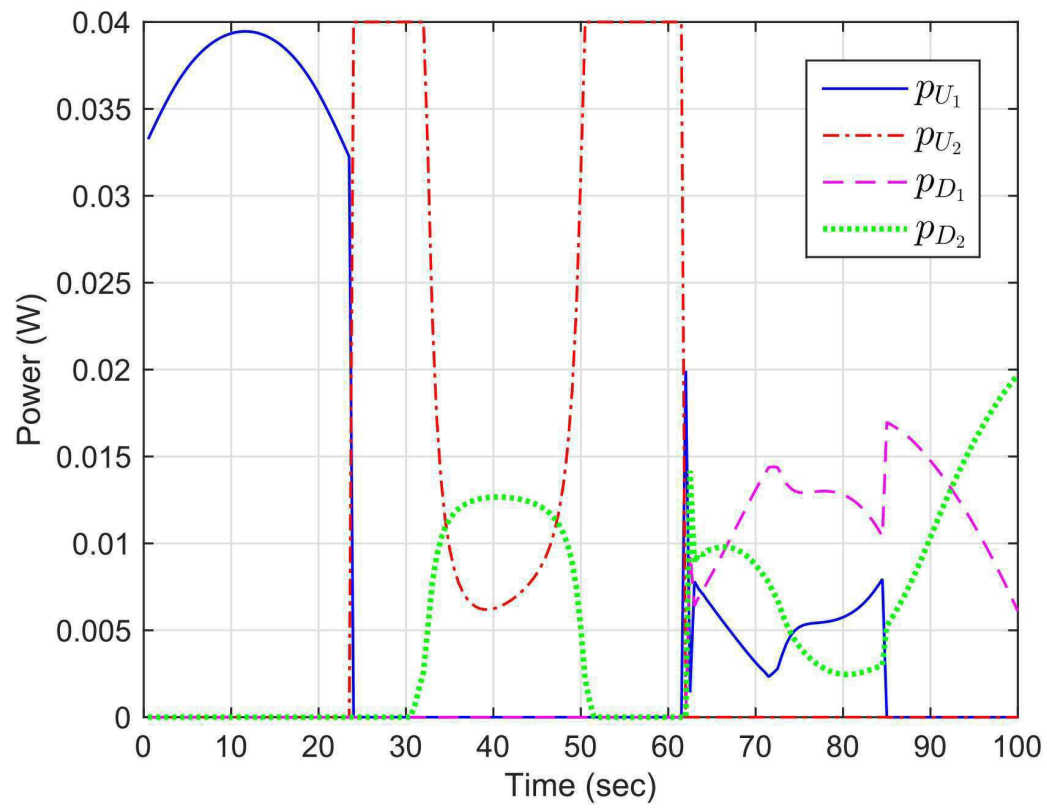
도면5



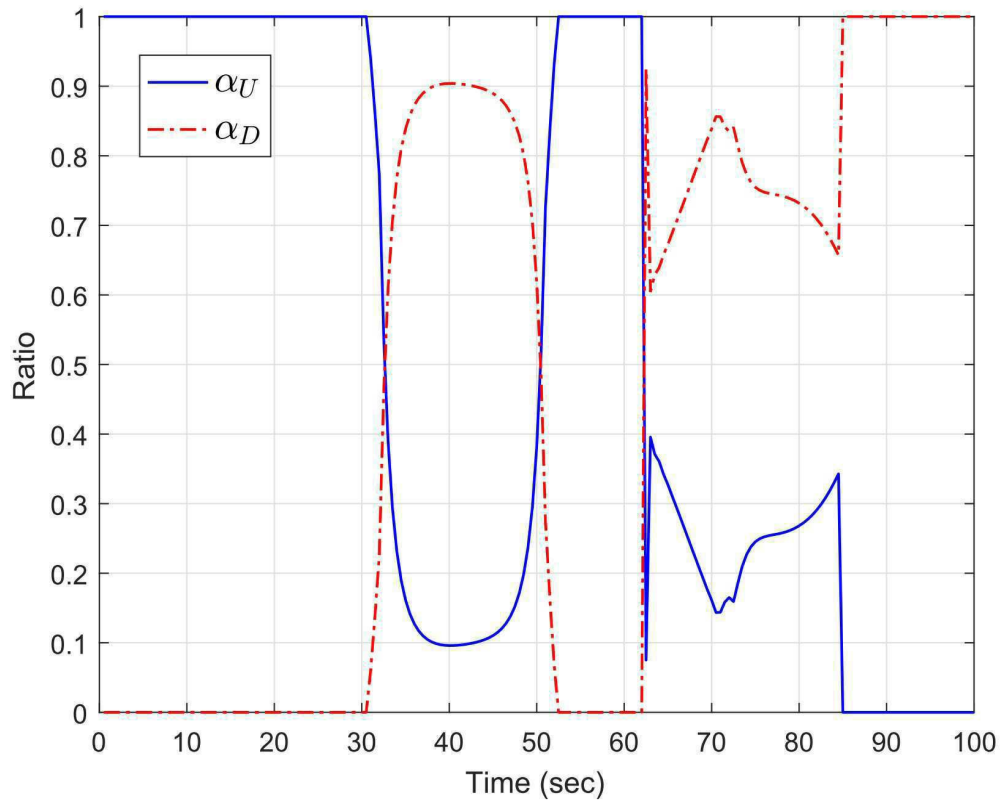
도면6



도면7



도면8



도면9

