



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0161902
(43) 공개일자 2022년12월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 40/10 (2009.01) H04B 17/364 (2015.01)
H04W 4/40 (2018.01) H04W 40/12 (2009.01)
H04W 40/22 (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04W 40/10 (2013.01)
H04B 17/364 (2015.01)
(21) 출원번호 10-2021-0070212
(22) 출원일자 2021년05월31일
심사청구일자 2021년05월31일

(71) 출원인
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)
(72) 발명자
최우열
광주광역시 동구 필문대로 309 조선대학교 컴퓨터
공학과
김용강
경기도 수원시 권선구 권광로 145 이오스 오피스
텔 1301호
(74) 대리인
특허법인지원

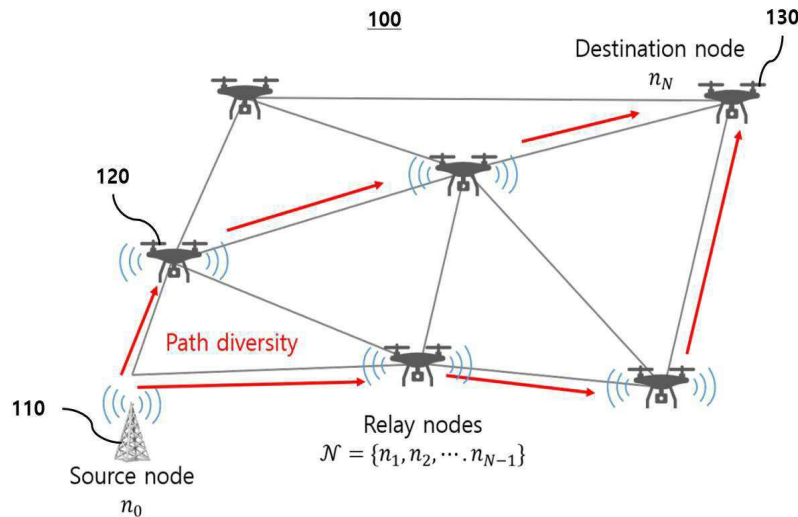
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 무선 항공기 시스템에서 경로 다이버시티를 이용한 리아푸노프 기반 데이터 전송 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 경로 다이버시티를 이용한 데이터 전송 방법 및 장치에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 경로 다이버시티를 이용한 데이터 전송 방법은, (a) 적어도 하나의 릴레이 노드를 포함하는 라우팅 경로에 대한 경로 다이버시티(path diversity)를 나타내는 지연 강건성(delay robustness) 값을 산출하는 단계; (b) 상기 지연 강건성 값과 소비 전력 간 트레이드오프 관계를 결정하는 단계; (c) 상기 트레이드오프 관계에 기반하여, 상기 소비 전력 및 라우팅 경로를 결정하는 단계; (d) 상기 소비 전력에 따라 상기 라우팅 경로를 통해 목적지 노드로 데이터를 송신하는 단계;를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H04W 4/40 (2020.05)

H04W 40/12 (2013.01)

H04W 40/22 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711108414
과제번호	2019R1F1A1046687
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구
연구과제명	전이중 클라우드 무선 접속 네트워크를 위한 딥러닝 기반 빔형성 프로토콜 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	조선대학교 산학협력단
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

(a) 적어도 하나의 릴레이 노드를 포함하는 라우팅 경로에 대한 경로 다양성(path diversity)을 나타내는 지연 강건성(delay robustness) 값을 산출하는 단계;

(b) 상기 지연 강건성 값과 소비 전력 간 트레이드오프 관계를 결정하는 단계;

(c) 상기 트레이드오프 관계에 기반하여, 상기 소비 전력 및 라우팅 경로를 결정하는 단계; 및

(d) 상기 소비 전력에 따라 상기 라우팅 경로를 통해 목적지 노드로 데이터를 송신하는 단계;

를 포함하는,

경로 다양성을 이용한 데이터 전송 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

리아푸노프(Lyapunov) 함수에 따라, 상기 지연 강건성 값과 소비 전력 간 트레이드오프 관계를 결정하는 단계;

를 포함하는,

경로 다양성을 이용한 데이터 전송 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 (c) 단계는,

상기 리아푸노프 함수의 리아푸노프 드리프트-플러스-페널티(Lyapunov drift-plus-penalty)의 상한을 최소화하여, 상기 소비 전력 및 라우팅 경로를 결정하는 단계;

를 포함하는,

경로 다양성을 이용한 데이터 전송 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

상기 지연 강건성 값에 기반하여, 상기 라우팅 경로에 대한 지연 중단 확률(delay outage probability)을 결정하는 단계;

상기 지연 중단 확률에 기반하여 전송 성공 확률 함수를 결정하는 단계;

상기 전송 성공 확률 함수에 기반하여 큐 상태 변경(queue state change) 정보를 결정하는 단계; 및

상기 큐 상태 변경 정보에 기반하여 상기 트레이드오프 관계를 결정하는 단계;

를 포함하는,
경로 다이버시티를 이용한 데이터 전송 방법.

청구항 5

적어도 하나의 릴레이 노드를 포함하는 라우팅 경로에 대한 경로 다이버시티(path diversity)를 나타내는 지연 강건성(delay robustness) 값을 산출하고,
상기 지연 강건성 값과 소비 전력 간 트레이드오프 관계를 결정하고,
상기 트레이드오프 관계에 기반하여, 상기 소비 전력 및 라우팅 경로를 결정하는 제어부; 및
상기 소비 전력에 따라 상기 라우팅 경로를 통해 목적지 노드로 데이터를 송신하는 통신부;
를 포함하는,
경로 다이버시티를 이용한 데이터 전송 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,
상기 제어부는,
리아푸노프(Lyapunov) 함수에 따라, 상기 지연 강건성 값과 소비 전력 간 트레이드오프 관계를 결정하는,
경로 다이버시티를 이용한 데이터 전송 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,
상기 제어부는,
상기 리아푸노프 함수의 리아푸노프 드리프트-플러스-페널티(Lyapunov drift-plus-penalty)의 상한을 최소화하여, 상기 소비 전력 및 라우팅 경로를 결정하는,
경로 다이버시티를 이용한 데이터 전송 장치.

청구항 8

제5항에 있어서,
상기 제어부는,
상기 지연 강건성 값에 기반하여, 상기 라우팅 경로에 대한 지연 중단 확률(delay outage probability)을 결정하고,
상기 지연 중단 확률에 기반하여 전송 성공 확률 함수를 결정하고,
상기 전송 성공 확률 함수에 기반하여 큐 상태 변경(queue state change) 정보를 결정하고,
상기 큐 상태 변경 정보에 기반하여 상기 트레이드오프 관계를 결정하는,
경로 다이버시티를 이용한 데이터 전송 장치.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 무선 항공기 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 무선 항공기 시스템에서 경로 다이버시티를 이용한 리아푸노프 기반 데이터 전송 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 무인 항공기(unmanned aerial vehicle, UAV) 네트워크에서 데이터 전송은 소스 UAV와 목적지 UAV 사이의 직접 링크 또는 릴레이 UAV에 의해 설정된 다중 링크를 통해 수행될 수 있다.
- [0004] UAV 지원 릴레이 전송을 사용하면 심각한 간섭이 있는 네트워크에서도 무선 네트워크에서 통신 성능이 향상될 수 있다.
- [0005] 다중 UAV를 통한 릴레이 전송은 네트워크 커버리지를 증가시킬 수 있지만, UAV의 이동 및 채널 저하로 인해 데이터 전송이 불안정할 수 있다.
- [0006] 그 결과, 제어 정보를 포함한 데이터가 특정 시간 임계값 내에 목적지 UAV 노드에서 성공적으로 수신되지 않아 지연에 민감한 무인 항공기 시스템(100)에서 심각한 문제점이 발생할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) [특허문헌 1] 한국등록특허 제10-1988168호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로, 무선 항공기 시스템에서 경로 다이버시티를 이용한 리아푸노프 기반 데이터 전송 방법 및 장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.
- [0009] 또한, 본 발명은 경로 다이버시티에 따른 지연 강건성(delay robustness)을 계산한 후, 리아푸노프 드리프트 플러스 페널티 접근법을 기반으로 경로 다이버시티와 전력 소비 간의 트레이드오프 관계를 도출하기 위한 방법 및 장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.
- [0010] 또한, 본 발명은 리아푸노프 드리프트 플러스 페널티 항을 최소화함으로써, 무인 항공기 시스템(100)에서 허용 가능한 전력 소비로 지연 허용 데이터 전송을 수행하기 위한 방법 및 장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.
- [0011] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0013] 상기한 목적들을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 경로 다이버시티를 이용한 데이터 전송 방법은, (a) 적어도 하나의 릴레이 노드를 포함하는 라우팅 경로에 대한 경로 다이버시티(path diversity)를 나타내는 지연 강건성(delay robustness) 값을 산출하는 단계; (b) 상기 지연 강건성 값과 소비 전력 간 트레이드오프 관계를 결정하는 단계; (c) 상기 트레이드오프 관계에 기반하여, 상기 소비 전력 및 라우팅 경로를 결정하는 단계; 및 (d) 상기 소비 전력에 따라 상기 라우팅 경로를 통해 목적지 노드로 데이터를 송신하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0014] 일 실시예에서, 상기 (b) 단계는, 리아푸노프(Lyapunov) 함수에 따라, 상기 지연 강건성 값과 소비 전력 간 트

레이드오프 관계를 결정하는 단계;를 포함할 수 있다.

- [0015] 일 실시예에서, 상기 (c) 단계는, 상기 리아푸노프 함수의 리아푸노프 드리프트-플러스-페널티(Lyapunov drift-plus-penalty)의 상한을 최소화하여, 상기 소비 전력 및 라우팅 경로를 결정하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0016] 일 실시예에서, 상기 (b) 단계는, 상기 지연 강건성 값에 기반하여, 상기 라우팅 경로에 대한 지연 중단 확률(delay outage probability)을 결정하는 단계; 상기 지연 중단 확률에 기반하여 전송 성공 확률 함수를 결정하는 단계; 상기 전송 성공 확률 함수에 기반하여 큐 상태 변경(queue state change) 정보를 결정하는 단계; 및 상기 큐 상태 변경 정보에 기반하여 상기 트레이드오프 관계를 결정하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0017] 일 실시예에서, 경로 다양성을 이용한 데이터 전송 장치는, 적어도 하나의 릴레이 노드를 포함하는 라우팅 경로에 대한 경로 다양성(path diversity)을 나타내는 지연 강건성(delay robustness) 값을 산출하고, 상기 지연 강건성 값과 소비 전력 간 트레이드오프 관계를 결정하고, 상기 트레이드오프 관계에 기반하여, 상기 소비 전력 및 라우팅 경로를 결정하는 제어부; 및 상기 소비 전력에 따라 상기 라우팅 경로를 통해 목적지 노드로 데이터를 송신하는 통신부;를 포함할 수 있다.
- [0018] 일 실시예에서, 상기 제어부는, 리아푸노프(Lyapunov) 함수에 따라, 상기 지연 강건성 값과 소비 전력 간 트레이드오프 관계를 결정할 수 있다.
- [0019] 일 실시예에서, 상기 제어부는, 상기 리아푸노프 함수의 리아푸노프 드리프트-플러스-페널티(Lyapunov drift-plus-penalty)의 상한을 최소화하여, 상기 소비 전력 및 라우팅 경로를 결정할 수 있다.
- [0020] 일 실시예에서, 상기 제어부는, 상기 지연 강건성 값에 기반하여, 상기 라우팅 경로에 대한 지연 중단 확률(delay outage probability)을 결정하고, 상기 지연 중단 확률에 기반하여 전송 성공 확률 함수를 결정하고, 상기 전송 성공 확률 함수에 기반하여 큐 상태 변경(queue state change) 정보를 결정하고, 상기 큐 상태 변경 정보에 기반하여 상기 트레이드오프 관계를 결정할 수 있다.
- [0021] 상기한 목적들을 달성하기 위한 구체적인 사항들은 첨부된 도면과 함께 상세하게 후술될 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다.
- [0022] 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라, 서로 다른 다양한 형태로 구성될 수 있으며, 본 발명의 개시가 완전하도록 하고 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자(이하, "통상의 기술자")에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해서 제공되는 것이다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 무인 항공기 시스템(100)에서 릴레이 노드의 허용 가능한 전송 전력을 유지하면서 데이터 전송 강건성을 높일 수 있다.
- [0025] 또한, 리아푸노프 드리프트 플러스 페널티 접근 방식을 사용하여 경로 다양성과 무인 항공기 시스템(100)의 전력 소비 간의 균형 관계를 모델링하여, 에너지 효율적인 전송 방법을 설계할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 효과들은 상술된 효과들로 제한되지 않으며, 본 발명의 기술적 특징들에 의하여 기대되는 잠정적인 효과들은 아래의 기재로부터 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무인 항공기 시스템을 도시한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 중단 확률의 상한값 그래프를 도시한 도면이다.
- 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 라우팅 경로 수와 관련하여 정규화된 처리량 성능 그래프를 도시한 도면이다.
- 도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른 전송 경로 수와 관련하여 정규화된 소비 전력 그래프를 도시한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 효율 성능 그래프를 도시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 경로 다이버시티를 이용한 데이터 전송 방법을 도시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 경로 다이버시티를 이용한 데이터 전송 장치의 기능적 구성을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고, 여러 가지 실시예들을 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 이를 상세히 설명하고자 한다.
- [0030] 청구범위에 개시된 발명의 다양한 특징들은 도면 및 상세한 설명을 고려하여 더 잘 이해될 수 있을 것이다. 명세서에 개시된 장치, 방법, 제법 및 다양한 실시예들은 예시를 위해서 제공되는 것이다. 개시된 구조 및 기능상의 특징들은 통상의 기술자로 하여금 다양한 실시예들을 구체적으로 실시할 수 있도록 하기 위한 것이고, 발명의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다. 개시된 용어 및 문장들은 개시된 발명의 다양한 특징들을 이해하기 쉽게 설명하기 위한 것이고, 발명의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다.
- [0031] 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우, 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0032] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 항공기 시스템에서 경로 다이버시티를 이용한 리아푸노프 기반 데이터 전송 방법 및 장치를 설명한다.
- [0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무인 항공기(unmanned aerial vehicle, UAV) 시스템(100)을 도시한 도면이다.
- [0035] 도 1을 참고하면, 무인 항공기 시스템(100)은 소스 노드(source node)(110), 적어도 하나의 릴레이 노드(relay node)(120) 및 목적지 노드(destination node)(130)를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 무인 항공기 시스템(100)은 무인 항공기 시스템(100)을 의미할 수 있다.
- [0036] 정적 네트워크(stationary network)에 비해 채널 조건이 불안정한 무인 항공기 시스템(100)에서는 소스 노드(110)에서 목적지 노드(130)로의 지연 허용 데이터 전송(delay-tolerant data transmission)이 중요할 수 있다.
- [0037] 특정 시간 임계값 내에 대상에서 데이터를 성공적으로 수신하기 위해 동일한 데이터를 여러 라우팅 경로를 통해 전송하여 경로 다이버시티를 높일 수 있다. 그러나 경로 다이버시티가 증가하면 릴레이 노드(120)의 전력 소비도 증가할 수 있다.
- [0038] 일 실시예에서, 릴레이 노드(120)는 '라우팅 노드(routing node)' 또는 이와 동등한 기술적 의미를 갖는 용어로 지칭될 수 있다.
- [0039] 따라서, 본 발명에 따르면, 무인 항공기 시스템(100)에서 데이터 전송을 위한 리아푸노프(Lyapunov) 기반의 에너지 효율적인 경로 다이버시티(path diversity) 방법이 수행될 수 있다.
- [0040] 본 발명에 따르면, 경로 다이버시티에 따른 지연 강건성(delay robustness)을 계산한 후, 리아푸노프 드리프트 플러스 페널티 접근법을 기반으로 경로 다이버시티와 전력 소비 간의 트레이드오프 관계가 도출될 수 있다.
- [0041] 본 발명에 따른 다중 경로 전송 방법은 도출된 드리프트 플러스 페널티 항을 최소화함으로써, 무인 항공기 시스템(100)에서 허용 가능한 전력 소비로 지연 허용 데이터 전송이 수행될 수 있다.
- [0042] 소스 노드 n_0 이 데이터 패킷 또는 제어 패킷을 목적지 노드 n_N 으로 전송하는 무인 항공기 시스템(100)에서 강건한 데이터 전송이 수행될 수 있다. 소스 노드 n_0 과 목적지 노드 n_N 사이의 무선 연결은 직접 링크 또는 릴레이 노드 $N=\{n_1, n_2, \dots, n_{N-1}\}$ 을 사용하는 다중 링크 모두에서 설정될 수 있다.
- [0043] 예를 들어, N 의 한 노드는 라우팅 경로의 다음 노드로 데이터 전달을 수행하고, 시간 t 에서 노드 n_i 에서 노드 n_j 로의 전송 전력을 $p_{n_i, n_j}(t)$ 로 표시할 수 있다.
- [0044] 무인 항공기 시스템(100)에서 소스 노드 n_0 과 목적지 노드 n_N 사이의 다중 라우팅 경로는 $N=\{n_1, n_2, \dots, n_N-$

$\}$ 의 노드에 의해 설정될 수 있다.

[0045] 가능한 라우팅 경로 중 소스 노드 n_0 은 데이터 전송의 강건성을 높이기 위해 여러 라우팅 경로를 통해 동일한 데이터를 전송할 수 있다. 이 경우, 가능한 라우팅 경로를 $R=\{R_1, R_2, \dots, R_R\}$ 로 표시할 수 있다.

[0046] 실행 가능한 라우팅 경로는 무인 항공기 시스템(100)의 토폴로지에 따라 동적으로 변경될 수 있으며 소스 노드(110)는 네트워크 토폴로지의 변경 사항을 주기적으로 보고할 수 있다.

[0047] 가능한 라우팅 경로 중 소스 노드(110)는 경로 다양성을 높이기 위해 라우팅 경로의 하위 집합을 선택하고 경로 선택을 α^{R_l} 로 표시하며 <수학식 1>과 같이 표현할 수 있다.

수학식 1

$$\alpha^{R_l} = \begin{cases} 1, & \text{if } R_l \text{ is selected} \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

[0048]

[0049] 예를 들어, 라우팅 경로 R_l 의 경우, $x_{n_i, n_j}^{R_l}$ 는 $n_i \in N$ 에서 $n_j \in N$ 까지의 링크가 $R_l \in R$ 에 포함되는지 여부를 나타내고, $x_{n_i, n_j}^{R_l}$ 는 <수학식 2>와 같이 표현될 수 있다.

수학식 2

$$x_{n_i, n_j}^{R_l} = \begin{cases} 1, & \text{if path from } n_i \text{ to } n_j \text{ in } R_l \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

[0050]

[0051] 선택된 라우팅 경로를 통해 소스 노드(110)는 경로 다양성을 높이기 위해 동일한 데이터를 여러 라우팅 경로로 전송하여 데이터 전송이 특정 시간 임계값 내에 목적지 노드(130)에서 성공적으로 수신되도록 보장할 수 있다.

[0052] 시간 t 에서 소스 노드(110)의 데이터 큐를 $Q(t)$ 로 표시하고 큐 변경은 <수학식 3>과 같이 표현될 수 있다.

수학식 3

$$Q(t+1) = \max\{Q(t) + \theta(t), 0\}$$

[0053]

[0054] 여기서, $\theta(t)$ 는 시간 t 에서 도착 데이터와 처리 데이터의 합계를 나타낸다. 큐 상태가 $\frac{1}{t} \sum_{\tau=0}^{t-1} \mathbb{E}[\theta(\tau)] \leq \frac{\mathbb{E}[Q(t)]}{t}$ 를 따르는 경우, 큐 $Q(t)$ 는 평균 속도가 안정적일 수 있다.

[0055] 일 실시예에서, 리아푸노프 기반 에너지 효율적인 경로 다양성 측면에서, 무인 항공기 시스템(100)에서 데이터 전송을 위한 경로 다양성 방법이 사용될 수 있다.

[0056] 경로 다양성의 증가는 데이터 전송 강건성으로 이어져 전송된 데이터가 수신기에서 성공적으로 수신 및 디코딩될 수 있다.

[0057] 그러나 소스 노드(110)가 다중 라우팅 경로를 사용하므로 릴레이 노드(120)의 전력 소비도 증가할 수 있다.

[0058] 전력 소비는 무인 항공기 시스템(100)을 유지하는데 중요한 요소 중 하나이므로, 네트워크에서 릴레이 노드

(120)의 허용 가능한 전송 전력을 유지하면서 데이터 전송 강건성을 높이는 방법이 필요하다.

- [0059] 무인 항공기 시스템(100)의 사용 시나리오와 UAV의 에너지 용량에 따라 무인 항공기 시스템(100)을 유지하기 위해 전송 전력 소비를 제어할 수 있다.
- [0060] 또한, 에너지 효율적인 데이터 전송을 위해 처리량 성능을 달성하기 위해 전력이 덜 필요한 전송 방법을 설계할 수 있다.
- [0061] 에너지 효율적인 전송 방법을 설계하기 위해 리아푸노프 드리프트 플러스 페널티 접근 방식을 사용하여 경로 다이버시티와 무인 항공기 시스템(100)의 전력 소비 간의 균형 관계가 모델링될 수 있다.
- [0063] 일 실시예에서, 지연에 강건한(Delay-Robust) 경로 다이버시티 측면에서, 소스 노드(110)에서 목적지 노드(130)로의 데이터 전송은 다중 라우팅 경로를 통해 수행되며, 각 데이터 전송 경로는 서로 다른 데이터 전송 지연을 가질 수 있다.
- [0064] 데이터 전송의 경로 다이버시티를 결정하기 위해 지연을 포함한 네트워크 정보가 주기적으로 소스 노드(110)에 보고되고, 적어도 하나의 라우팅 경로의 데이터 전송이 일정 시간 임계값 내에 완료되면 목적지 노드(130)가 데이터를 성공적으로 수신할 수 있다.
- [0065] 예를 들어, $d_{n_0, n_N}^{\mathbf{R}_l}(t) = \sum_{n_i, n_j \in \{\mathcal{N} \cup n_0 \cup n_N\}} x_{n_i, n_j}^{\mathbf{R}_l} d_{n_i, n_j}^{\mathbf{R}_l}(t)$ 는 라우팅 경로 $\mathbf{R}_l$ 을 통한 노드 n_0 에서 n_N 까지의 총 지연을 나타낼 수 있다. $\mathcal{R}$ 에서 선택한 라우팅 경로 중 최소 지연은 지연 임계값 d_{th} 보다 짧아야 할 수 있다.
- [0066] 선택된 경로 $\mathbf{R}_l \in \mathcal{R}$ 에 대한 $d_{\min}(t) = \min\{d_{n_0, n_N}^{\mathbf{R}_l}(t)\}$ 에서 $d_{\min}(t)$ 는 최소 지연을 나타낼 수 있다. 선택되지 않은 경로는 $\mathcal{R}' = \{\{\mathbf{R}_l\} \mid \alpha^{\mathbf{R}_l} = 0, \mathbf{R}_l \in \mathcal{R}\}$ 로 나타낼 수 있다.
- [0067] 무인 항공기 시스템(100)에서 데이터 전송의 지연 제약(delay constraint)은 아래 <수학식 4>와 같이 표현될 수 있다.

수학식 4

$$\begin{aligned} \gamma &= \Pr[d_{\min}(t) > d_{th}] \\ &= \prod_{\mathbf{R}_l \in \mathcal{R} \setminus \mathcal{R}'} \alpha^{\mathbf{R}_l} \Pr[d_{n_0, n_N}^{\mathbf{R}_l}(t) > d_{th}] \\ &= \prod_{\mathbf{R}_l \in \mathcal{R} \setminus \mathcal{R}'} \alpha^{\mathbf{R}_l} (1 - \Pr[d_{n_0, n_N}^{\mathbf{R}_l}(t) \leq d_{th}]) \\ &< \epsilon, \end{aligned}$$

- [0068]
- [0069] 여기서, γ 는 중단 확률이고 지연 중단 확률의 임계값을 나타낸다. 일 실시예에서, 지연 중단 확률은 지연 임계값 ϵ 보다 작을 수 있다.
- [0070] 일 실시예에서, $\lambda^{\mathbf{R}_l}$ 을 $\ln(1 - \Pr[d_{n_0, n_N}^{\mathbf{R}_l}(t) \leq d_{th}])$ 로 하고 $\ln$ 을 ω 라고 하는 경우, <수학식 4>의 양변에 로그를 취한 후 지연 제약 조건은 <수학식 5>와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 5

$$\sum_{\mathbf{R}_l \in \mathcal{R}} \alpha^{\mathbf{R}_l} \lambda^{\mathbf{R}_l} \leq \omega.$$

[0071]

[0072] 여기서, $\sum_{R_l \in \mathcal{R}} \alpha^{R_l} \lambda^{R_l} = \sum_{R_l \in \mathcal{R} \setminus \mathcal{R}'} \alpha^{R_l} \lambda^{R_l}$ 은 $R_l \in \mathcal{R}_0$ 에 대해 $\alpha^{R_l} = 0$ 일 수 있다.

[0073] 라우팅 경로의 지연은 $\lambda^{R_l} \in [\bar{\lambda}^{R_l} - \hat{\lambda}^{R_l}, \bar{\lambda}^{R_l} + \hat{\lambda}^{R_l}]$ 범위에서 대칭 분포를 가질 수 있다. 여기서 $\bar{\lambda}^{R_l}$ 및 $\hat{\lambda}^{R_l}$ 은 평균이고 지연 불확실성 간격을 나타낼 수 있다. 그런 다음, 일 실시예에서, 중단 확률의 상한을 <수학식 6>과 같이 도출할 수 있다.

수학식 6

$$\Pr \left[\sum_{R_l \in \mathcal{R}} \alpha^{R_l} \lambda^{R_l} > \omega \right] \leq 1 - \Phi \left(\frac{\Gamma - 1}{\sqrt{R}} \right)$$

[0075] 여기서 $\Phi(k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^k \exp -\frac{t^2}{2} dt$ 및 Γ ($1 \leq \Gamma \leq R$)는 조정 가능한 강건성 값을 나타낸다. 대칭 분포 (symmetric distribution)의 지연 가정은 무선 네트워크에서 가능한 시나리오를 제한할 수 있다.

[0076] 그러나 무선 네트워크에서 측정된 지연 분포에 대한 실증적 연구에 따르면 지연은 감마 또는 로지스틱 분포에 적합할 수 있으며, <수학식 6>에 표시된 상한은 지연 제약을 완화하여 상한이 비대칭 분포에 유효하게 유지되도록 할 수 있다.

[0077] 지연 중단 확률(delay outage probability)의 상한은 경로 다이버시티를 나타내는 강건성 값 Γ 에 따라 다를 수 있다. Γ 가 증가하면 여러 라우팅 경로가 데이터 전송에 사용되고 경로 다이버시티가 증가할 수 있다.

[0078] 조정 가능한 강건성 값에 따라 소스 노드 n_0 에서 목적지 노드 n_N 으로의 데이터의 전송 성공 확률은 <수학식 7>과 같이 정의될 수 있다.

수학식 7

$$\begin{aligned} f(\Gamma) &= 1 - (1 - \Phi \left(\frac{\Gamma - 1}{\sqrt{R}} \right)) \\ &= \Phi \left(\frac{\Gamma - 1}{\sqrt{R}} \right). \end{aligned}$$

[0080] 일 실시예에서, <수학식 7>의 전송 성공 확률 함수는 무인 항공기 시스템(100)에서 라우팅 경로를 결정하는데 활용될 수 있다.

[0082] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 중단 확률의 상한값 그래프를 도시한 도면이다.

[0083] 도 2를 참고하면, 조정 가능한 강건성 값 Γ 와 관련하여 <수학식6>의 중단 확률 상한을 확인할 수 있다. 결과는 강건성 값이 증가함에 따라 중단 확률이 감소함을 나타낼 수 있다. 더 많은 전송 경로를 선택하여 Γ 가 증가하면 중단 확률이 감소할 수 있다.

[0084] 그러나, 데이터 전송 경로가 증가하면 무인 항공기 시스템(100)에서 전송 전력의 합도 증가할 수 있다.

[0085] 따라서, 에너지 효율적인 데이터 전송을 위한 경로를 선택할 때 중단 확률과 전력 소비를 모두 고려할 수 있다.

[0087] 일 실시예에서, 리아푸노프 기반 라우팅 경로 선택 측면에서, 데이터 전송 시나리오에서, 본 발명에 따르면, UAV 센터 또는 소스 노드(110)가 다중 라우팅 경로를 통해 목적지 노드(130)로 데이터를 전송할 수 있다. 일 실시예에서, 큐 상태는 <수학식 3>과 같이 표현될 수 있다.

[0088] $\theta(t)$ 는 데이터 도착량 $a(t)$ 와 처리 능력 $b(t)$ 의 합이기 때문에, 예상 큐 상태 변경(expected queue state change) 정보는, <수학식 7>의 전송 성공 확률 함수를 사용하여 <수학식 8>과 같이 다시 표현될 수 있다.

수학식 8

[0089]
$$\mathbb{E}[\theta(t)] = \mathbb{E}[a(t) - f(\Gamma)b(t)]$$

[0090] 본 발명에 따르면, 다중 경로 전송 결정에서 예상 큐 상태 변경 정보를 활용함으로써 무인 항공기 시스템(100)에서 허용 가능한 전력 소비를 유지하면서 데이터 전송의 강건성을 높일 수 있다.

[0091] 데이터 전송을 위한 라우팅 경로 $\mathbb{R}_l \in \mathcal{R}$ 이 선택되면, 릴레이 노드(120)는 수신된 데이터를 전력 $p_{n_i, n_j}(t)$ 로 다음 노드로 전달할 수 있다.

[0092] 그런 다음, 다중 경로 데이터 전송에 필요한 모든 릴레이 노드(120)의 전송 소비 전력은 <수학식 9>와 같이 계산될 수 있다.

수학식 9

[0093]
$$p(t) = \sum_{\mathbf{R}_l \in \mathcal{R}} \sum_{n_i, n_j \in \mathcal{N}} \alpha^{\mathbf{R}_l} x_{n_i, n_j}^{\mathbf{R}_l} p_{n_i, n_j}(t)$$

[0094] 여기서, $\sum_{\mathbf{R}_l \in \mathcal{R}} \alpha^{\mathbf{R}_l} = 1 + \Gamma$ 이다. 데이터 전송을 위한 추가 라우팅 경로는 강건성 값 Γ 다음에 선택될 수 있다.

[0095] 강력한 데이터 전송 및 전력 소비를 위한 경로 다이버시티의 증가는 상충 관계가 있다.

[0096] 허용 가능한 전력 소비를 유지하면서 데이터 전송 강건성을 높이기 위해 본 발명에 따른 방법은 리아푸노프 드리프트 플러스 페널티 접근 방식을 기반으로 모델링될 수 있다. 리아푸노프 함수 $L(t)$ 를 <수학식 10>과 같이 정의될 수 있다.

수학식 10

[0097]
$$L(t) = \frac{1}{2}Q(t)^2$$

[0098] 본 발명에 따른 접근 방식에서는 시간 경과에 따른 큐 변경을 최소화하여 데이터 큐를 안정화할 수 있다. $\Delta L(t)$ 는 두 개의 연속된 시간 슬롯 사이의 리아푸노프 함수의 차이를 나타낼 수 있다.

[0099] 그런 다음, 일 실시예에서, 리아푸노프 드리프트 $\Delta L(t)$ 는 <수학식 11>과 같이 표현될 수 있다.

수학식 11

[0100]
$$\begin{aligned} \Delta L(t) &= L(t+1) - L(t) \\ &\leq \frac{1}{2}\theta(t)^2 + Q(t)\theta(t) \\ &\leq B + Q(t)\theta(t), \end{aligned}$$

[0101] 여기서, B는 $\frac{1}{2}\theta(t)^2$ 의 상한을 나타낼 수 있다.

[0102] 일 실시예에서, <수학식 12>를 참고하면, 무인 항공기 시스템(100)에서 다중 경로 데이터 전송시 전력 소비를 고려하기 위해 <수학식 9>의 방정식과 음이 아닌 가중치 V가 <수학식 11>에 추가될 수 있다.

수학식 12

[0103]
$$\Delta L(t) + Vp(t) \leq B + Vp(t) + Q(t)\theta(t)$$

[0104] 본 발명에 따른 방법은 <수학식 12>의 리아푸노프 드리프트 플러스 페널티 항(drift-plus-penalty term)의 상한을 최소화하여, 소량의 전송 전력을 소비하면서, 실행 가능한 경로 중에서 라우팅 경로를 선택할 수 있다.

[0105] 소스 노드(110)에서 목적지 노드(130)로의 데이터 전송 성공 확률은 <수학식 7>과 같이 주어지며 성공 확률은 강건성 값 Γ 에 의해 조정될 수 있다.

[0106] 그러나 강건성을 높이면 네트워크에서 UAV의 전송 전력이 증가할 수 있다.

[0108] 일 실시예에서, <표 1>은 허용 가능한 전송 전력량을 유지하면서 성공적인 데이터 전송을 보장하기 위해 다중 라우팅 경로를 선택할 수 있다.

표 1

[0109]

1: Initialize V .
2: while $Q(t) \neq \emptyset$ do
3: Update Q(t).
4: for $l = 1, 2, \dots, R$ do
5: Calculate the required transmit power.
$\sum_{n_i, n_j \in \mathcal{N}} x_{n_i, n_j}^{\mathbf{R}_l} p_{n_i, n_j}(t)$
6: end for
7: Select the routing path with the minimum transmit power.
8: for $\Gamma = 0, 1, 2, \dots, R - 1$ do
9: Select additional Γ paths with minimum power.
10: Calculate $\hat{\theta}(t) = a(t) - f(\Gamma)b(t)$.
11: Calculate $\hat{B} + Vp(t) + Q(t)\hat{\theta}(t)$.
12: end for
13: For the feasible routing path selections, select the routing paths with the minimum value of $\hat{B} + Vp(t) + Q(t)\hat{\theta}(t)$ for data transmissions at time t.
14: t = t + 1.
15: end while

[0110] 일 실시예에서, 강건성과 전력 소비 간의 트레이드오프 관계와 관련된 음이 아닌 가중치 V가 초기화될 수 있다. 소스 노드(110)에 전송할 데이터가 있는 경우 각 라우팅 경로의 총 전송 전력은 <표 1>의 라인(line) 5에서와 같이 계산될 수 있다.

[0111] 그런 다음 최소 전송 전력을 가진 라우팅 경로가 선택될 수 있다. 그 후 본 발명에 따른 알고리즘은 특정 시간 임계값 내에 목적지 노드에서 데이터를 성공적으로 수신할 수 있도록 강건성을 높이기 위해 추가 라우팅 경로를 선택할 수 있다.

[0112] <표 1>의 라인 10에서 추가 라우팅 경로는 Γ 만큼 선택될 수 있다. 지연 중단 확률은 도 2에서와 같이 상한일

수 있다.

- [0113] 그런 다음, $\hat{\theta}(t) = a(t) - f(\Gamma)b(t)$ 및 $\hat{B} + Vp(t) + Q(t)\hat{\theta}(t)$ 는 각각 라인 11과 라인 12에서와 같이 계산될 수 있다. $\hat{B}$ 는 $\frac{1}{2}\hat{\theta}(t)^2$ 의 상한일 수 있다.
- [0114] 여기서 $\hat{B} \geq \frac{1}{2}\hat{\theta}(t)^2$ 이고 $\hat{B}$ 는 단일 소스 시나리오에서 가능한 모든 경로 다이버시티 사례와 동일한 제곱 큐 도착 속도(squared queue arrival rate) $a(t)^2$ 에 의해 계산될 수 있다.
- [0115] 가능한 모든 Γ 선택에 대해 $\hat{B} + Vp(t) + Q(t)\hat{\theta}(t)$ 를 최소화하는 추가 라우팅 경로가 선택될 수 있다.
- [0117] 일 실시예에서, 소스 노드(110)와 목적지 노드(130)를 포함하여 20개의 UAV 노드로 구성된 무인 항공기 시스템(100)이 구축될 수 있다.
- [0118] 네트워크의 UAV 노드는 실행 가능한 라우팅 경로에 포함될 수 있으며 일부 노드는 여러 라우팅 경로에서 여러 데이터 전송에 참여할 수 있다. 각 릴레이 노드(120)의 전송 전력은 단순성을 위해 동일한 것으로 가정하고 네트워크에 있는 노드의 총 전송 전력으로 정규화할 수 있다.
- [0119] 라우팅 경로 선택이 증가함에 따라 경로 다이버시티 방법에 의한 전송 전력의 합도 증가할 수 있다.
- [0120] 이 네트워크 토폴로지에서 처리량은 <수학식 7>에 표시된 성공 확률을 고려하여 측정되며, 전력 소비는 선택된 라우팅 경로에서 노드의 전송 전력을 합산하여 측정될 수 있다.
- [0121] 지연 모델은 감마 분포를 따르며 데이터는 <수학식 7>과 같이 시간 내에 성공적으로 전송될 수 있다. 본 발명에 따른 전송 방법의 처리량 성능과 전력 소비량을 다양한 트레이드오프 가중치 V 로 평가하여 경로 다이버시티의 지연 강건성과 전력 소비 증가 간의 관계를 조정할 수 있다.
- [0122] 리아푸노프 함수 및 리아푸노프 드리프트는 0과 1 사이의 정규화된 큐 길이를 기반으로 계산될 수 있으며, <표 1>에서와 같이 다중 경로 선택에서 리아푸노프 드리프트의 상한이 이용될 수 있다.
- [0123] V 는 사용 시나리오에 따라 조정 가능한 매개 변수이며 세 가지 V 값에 따라 결과를 비교하여 트레이드오프 매개 변수가 데이터 전송을 위한 다중 경로 선택에 어떤 영향을 미치는지 확인할 수 있다.
- [0124] 본 발명에 따른 방법의 성능을 경로 다이버시티를 포함하거나 포함하지 않는 임의의 전송 방법과 비교할 수 있다. 시뮬레이션 결과는 처리량과 전력의 성능 메트릭이 다르기 때문에 정규화된 처리량과 전력 소비를 확인할 수 있다.
- [0126] 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 라우팅 경로 수와 관련하여 정규화된 처리량 성능 그래프를 도시한 도면이다.
- [0127] 도 3a를 참고하면, 무인 항공기 시스템(100)에서 전송 가능한 라우팅 경로의 수와 관련하여 정규화된 처리량 성능을 확인할 수 있다. 결과는 본 발명에 따른 전송 방법(Proposed transmission method)의 처리량 성능이 트레이드오프 가중치 V 에 따라 달라짐을 확인할 수 있다.
- [0128] 본 발명에 따른 전송 방법의 처리량 성능은 트레이드오프 가중치(V)가 감소할수록 증가하는데, 이는 <수학식 12>의 전력 소비 항에 비해 지연 제약을 만족시키기 위한 경로 다이버시티의 상대적 가중치가 증가하기 때문일 수 있다.
- [0129] 본 발명에 따른 전송 방법의 처리 성능은 트레이드오프 값 V 에 따라 달라지지만, 일반적으로 본 발명에 따른 전송 방법은 경로 다이버시티를 갖는 임의의 전송 방법보다 더 나은 처리 성능을 나타냄을 확인할 수 있다.
- [0130] 실현 가능한 전송 경로의 수가 적을 때, 임의의 전송 방식은 지연 허용 데이터 전송을 위해 적은 수의 추가 경로를 확률적으로 선택할 수 있다.
- [0131] 임의의 전송 방식(Random transmission)에 의해 추가 경로가 임의로 선택됨에 따라 처리 성능이 향상될 수 있다.
- [0132] 그러나, 본 발명에 따른 전송 방법은 추가 경로를 적응적으로 선택하기 때문에, 트레이드오프 가중치 V 를 갖는

본 발명에 따른 방법은 무인 항공기 시스템(100)에서 실행 가능한 전송 경로 수에 관계없이 더 나은 처리 성능을 나타냄을 확인할 수 있다.

- [0133] 도 3a의 결과는 또한 지연에 민감한 네트워크에서 경로 다이버시티의 중요성을 나타낼 수 있다. 경로 다이버시티 기술이 없는 임의 선택 방법은 다른 전송 방법보다 훨씬 더 나쁜 처리 성능을 나타낼 수 있다.
- [0135] 도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른 전송 경로 수와 관련하여 정규화된 소비 전력 그래프를 도시한 도면이다.
- [0136] 도 3b를 참고하면, 전송 가능한 라우팅 경로의 수와 관련된 소비 전력 그래프를 확인할 수 있다.
- [0137] V의 증가는 무인 항공기 시스템(100)에서 더 적은 총 전송 전력을 요구하는 추가 라우팅 경로를 선택함으로써 본 발명에 따른 전송 방법의 전력 소비를 감소시킬 수 있다.
- [0138] 본 발명에 따른 전송 방법에서 의도한 바와 같이, V 값이 큰 방법은 가능한 전송 경로 수에 관계없이 V 값이 작은 방법보다 전력 소모가 적을 수 있다.
- [0139] 본 발명에 따른 전송 방법의 전력 소모와 경로 다이버시티를 이용한 임의 전송을 비교할 수 있다. 그 결과, 본 발명에 따른 전송 방법은 실행 가능한 경로가 적은 경우 경로 다이버시티를 사용하는 임의 전송에 비해 더 많은 전력을 소비하는 것으로 나타남을 확인할 수 있다.
- [0140] 그러나 실현 가능한 전송 경로의 수가 증가할수록 임의 전송 방식의 전력 소모는 급격히 증가할 수 있다. 반대로 본 발명에 따른 전송 방법은 일반적으로 전력 소모의 급격한 증가 없이 안정적인 전력 소비를 보임을 확인할 수 있다.
- [0142] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 효율 성능 그래프를 도시한 도면이다.
- [0143] 도 4를 참고하면, 달성 가능한 처리량 성능과 관련하여 필요한 전력을 나타낼 수 있다.
- [0144] 결과는 본 발명에 따른 전송 방법이 유사한 처리 성능을 달성하기 위해 경로 다이버시티를 갖는 임의 전송 방법에 비해 훨씬 적은 전력 소비를 필요로 한다는 것을 확인할 수 있다.
- [0145] 예를 들어, 제안된 $V=0.5$ 방식과 경로 다이버시티 방식의 임의 전송 방식은 0.43~0.48 사이에서 유사한 처리 성능을 달성할 수 있다.
- [0146] 그러나 본 발명에 따른 전송 방법의 요구 정규화 전력은 4보다 낮고, 경로 다이버시티를 갖는 임의 전송 방법의 요구 정규화 전력은 4보다 높을 수 있다.
- [0147] 한편, 경로 다이버시티가 없는 임의 전송 방식은 다른 방식에 비해 전력 소모가 적지 만 높은 처리 성능을 달성할 수 없다.
- [0148] 성능 평가는 본 발명에 따른 전송 방법이 경로 다이버시티를 위한 전력 소비의 급격한 증가 없이 지연에 민감한 무인 항공기 시스템(100)에서 데이터 전송의 강건성을 증가시키는 것을 나타낼 수 있다.
- [0149] 잘 조정된 트레이드오프 가중치 V를 통해 제안된 리아푸노프 기반 에너지 효율적인 경로 다이버시티 방법은 처리량과 전력 소비 모두에서 우수한 성능을 제공할 수 있다.
- [0151] 일 실시예에서, 무인 항공기 시스템(100)에서 경로 다이버시티와 전력 소비 간의 트레이드오프 관계가 제공될 수 있다. 본 발명에 따른 전송 방법은 경로 다이버시티에 따른 지연 강건성을 계산하고, 리아푸노프 드리프트 플러스 페널티 기반 전송 결정에서 강건성 값이 사용될 수 있다.
- [0152] 시뮬레이션 결과를 통해, 본 발명에 따른 전송 방법이 무인 항공기 시스템(100)에서 합리적인 전력 소비로 높은 처리 성능을 제공함을 확인할 수 있다. 여러 소스 노드가 있는 동적으로 변화하는 네트워크에서 효율적인 데이터 전송을 위한 실행 가능한 라우팅 경로가 결정될 수 있다.
- [0154] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 경로 다이버시티를 이용한 데이터 전송 방법을 도시한 도면이다. 일 실시예

에서, 도 5의 각 단계는 도 1의 소스 노드(110)에 의해 수행될 수 있다.

- [0155] 도 5를 참고하면, S501 단계는, 적어도 하나의 릴레이 노드(120)를 포함하는 라우팅 경로에 대한 경로 다이버시티(path diversity)를 나타내는 지연 강건성(delay robustness) 값을 산출하는 단계이다.
- [0156] S503 단계는, 지연 강건성 값과 소비 전력 간 트레이드오프 관계를 결정하는 단계이다.
- [0157] 일 실시예에서, 리아푸노프(Lyapunov) 함수에 따라, 지연 강건성 값과 소비 전력 간 트레이드오프 관계를 결정할 수 있다.
- [0158] 일 실시예에서, 지연 강건성 값에 기반하여 라우팅 경로에 대한 지연 중단 확률(delay outage probability)을 결정하고, 지연 중단 확률에 기반하여 전송 성공 확률 함수를 결정하고, 전송 성공 확률 함수에 기반하여 큐 상태 변경(queue state change) 정보를 결정하며, 큐 상태 변경 정보에 기반하여 트레이드오프 관계를 결정할 수 있다.
- [0159] 전송 경로 다이버시티를 나타내는 강건성 매개 변수를 도입하여 가능한 라우팅 경로 선택의 중단 확률(outage probability)의 상한(upper bound)을 계산합니다.
- [0160] 계산된 중단 확률과 목적지 노드에 대한 소스 노드의 큐 도착(queue arrival)을 이용하여, 리아푸노프 드리프트-플러스-페널티 접근 방식(Lyapunov drift-plus-penalty approach) [7]에 따라, 경로 다이버시티의 지연 강건성과 전력 소비 간의 트레이드오프 관계가 도출됩니다.
- [0161] 데이터 전송을 위해 강력하고 리아푸노프 최적화 기반 접근 방식을 활용함으로써 제안된 방법은 무인 항공기 시스템(100)에서 효율적인 에너지 소비로 지연 성능의 강건성을 효율적으로 증가시킵니다.
- [0162] S505 단계는, 트레이드오프 관계에 기반하여 소비 전력 및 라우팅 경로를 결정하는 단계이다.
- [0163] 일 실시예에서, 리아푸노프 함수의 리아푸노프 드리프트-플러스-페널티(Lyapunov drift-plus-penalty)의 상한을 최소화하여, 소비 전력 및 라우팅 경로를 결정할 수 있다.
- [0164] S507 단계는, 소비 전력에 따라 라우팅 경로를 통해 목적지 노드(130)로 데이터를 송신하는 단계이다.
- [0166] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 경로 다이버시티를 이용한 데이터 전송 장치(600)의 기능적 구성을 도시한 도면이다.
- [0167] 도 6을 참고하면, 데이터 전송 장치(600)는 제어부(610), 통신부(620) 및 저장부(630)를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 데이터 전송 장치(600)는 도 1의 소스 노드(110)를 포함할 수 있다.
- [0168] 제어부(610)는 적어도 하나의 릴레이 노드(120)를 포함하는 라우팅 경로에 대한 경로 다이버시티(path diversity)를 나타내는 지연 강건성(delay robustness) 값을 산출하고, 지연 강건성 값과 소비 전력 간 트레이드오프 관계를 결정하고, 트레이드오프 관계에 기반하여 소비 전력 및 라우팅 경로를 결정할 수 있다.
- [0169] 일 실시예에서, 제어부(610)는 적어도 하나의 프로세서 또는 마이크로(micro) 프로세서를 포함하거나, 또는, 프로세서의 일부일 수 있다. 또한, 제어부(610)는 CP(communication processor)라 지칭될 수 있다. 제어부(610)는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 데이터 전송 장치(600)의 동작을 제어할 수 있다.
- [0170] 통신부(620)는 소비 전력에 따라 라우팅 경로를 통해 목적지 노드(130)로 데이터를 송신할 수 있다.
- [0171] 일 실시예에서, 통신부(620)는 유선 통신 모듈 및 무선 통신 모듈 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 통신부(620)의 전부 또는 일부는 '송신부', '수신부' 또는 '송수신부(transceiver)'로 지칭될 수 있다.
- [0172] 저장부(630)는
- [0173] 일 실시예에서, 저장부(630)는 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리 또는 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리의 조합으로 구성될 수 있다. 그리고, 저장부(630)는 제어부(610)의 요청에 따라 저장된 데이터를 제공할 수 있다.
- [0174] 도 6을 참고하면, 데이터 전송 장치(600)는 제어부(610), 통신부(620) 및 저장부(630)를 포함할 수 있다. 본 발명의 다양한 실시 예들에서 데이터 전송 장치(600)는 도 6에 설명된 구성들이 필수적인 것은 아니어서, 도 6에 설명된 구성들보다 많은 구성들을 가지거나, 또는 그보다 적은 구성들을 가지는 것으로 구현될 수 있다.

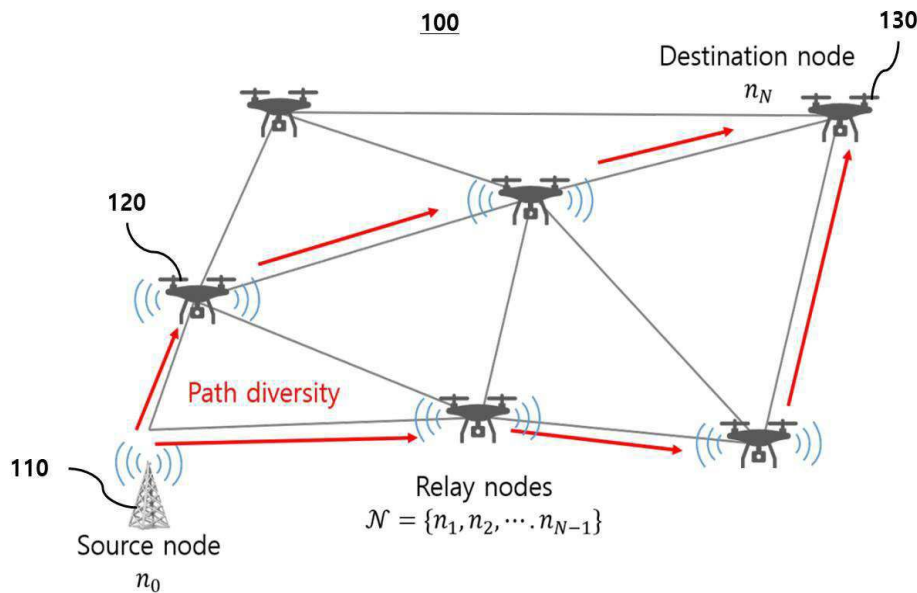
- [0176] 이상의 설명은 본 발명의 기술적 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로, 통상의 기술자라면 본 발명의 본질적인 특성이 벗어나지 않는 범위에서 다양한 변경 및 수정이 가능할 것이다.
- [0177] 본 명세서에 개시된 다양한 실시예들은 순서에 관계없이 수행될 수 있으며, 동시에 또는 별도로 수행될 수 있다.
- [0178] 일 실시예에서, 본 명세서에서 설명되는 각 도면에서 적어도 하나의 단계가 생략되거나 추가될 수 있고, 역순으로 수행될 수도 있으며, 동시에 수행될 수도 있다.
- [0179] 본 명세서에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술적 사상을 한정하기 위한 것이 아니라, 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예들에 의하여 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.
- [0180] 본 발명의 보호범위는 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.

부호의 설명

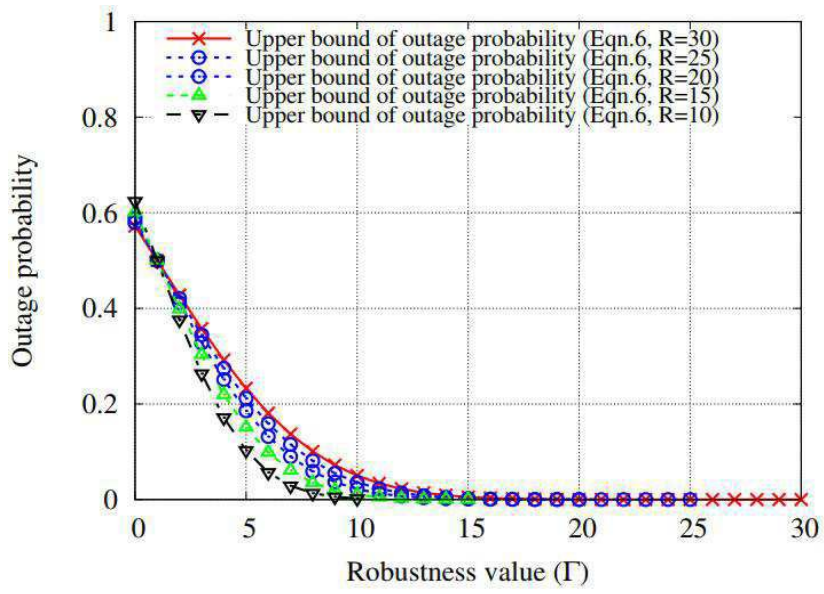
- [0182] 100: 무인 항공기 시스템
110: 소스 노드
120: 릴레이 노드
130: 목적지 노드

도면

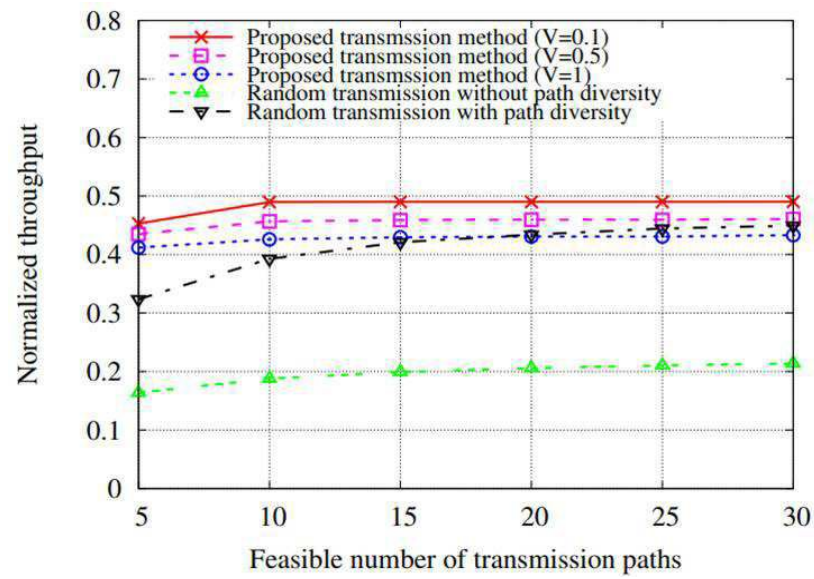
도면1



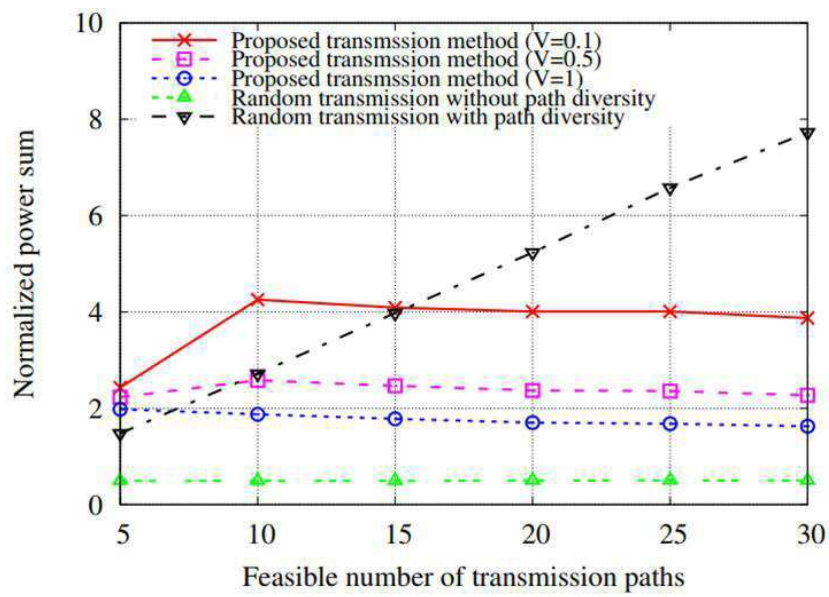
도면2



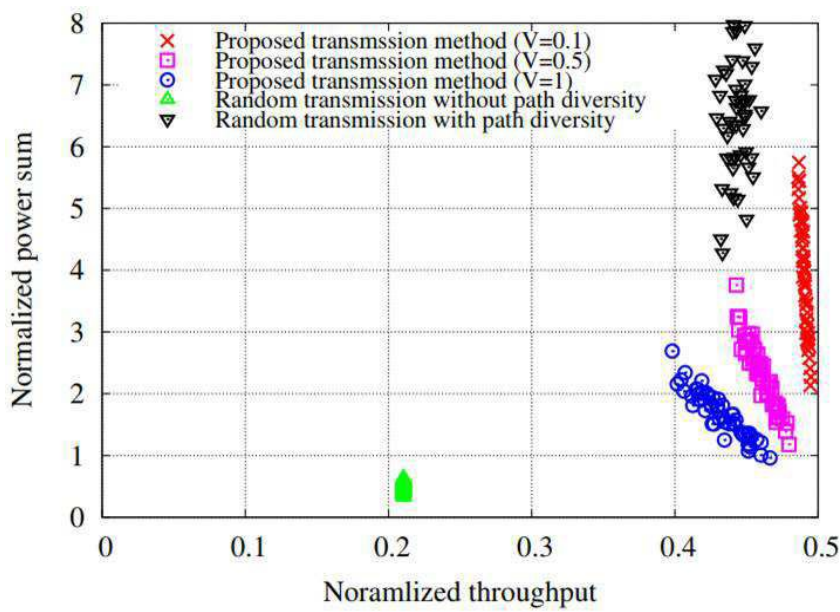
도면3a



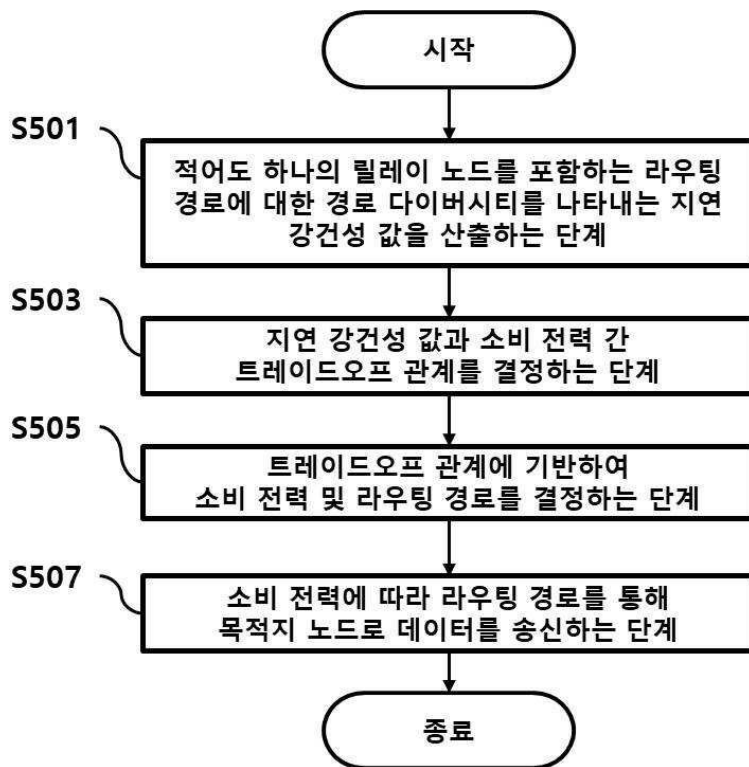
도면3b



도면4



도면5



도면6

