(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년04월18일
(11) 등록번호 10-2522930
(24) 등록일자 2023년04월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/185 (2006.01) *H04W 84/06* (2019.01)
H04W 88/04 (2023.01)
(52) CPC특허분류
H04B 7/18504 (2013.01)
H04B 7/18506 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0053626
(22) 출원일자 2022년04월29일
심사청구일자 2022년04월29일
(56) 선행기술조사문헌
Doha Hamza et al., "Multi-sided Matching for the Association of Space-Air-Ground Integrated Systems," (2021.10.19)*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김중헌
서울특별시 동작구 상도로 346-2, 212동201호(상도동, 상도엠코타운 애스톤파크)
이현수
서울특별시 강남구 삼성로135길 47,101동 203호(청담동, 한신오페라하우스)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
윤귀상

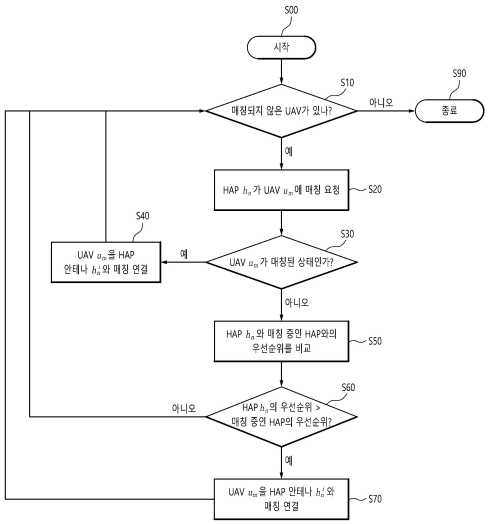
전체 청구항 수 : 총 8 항 심사관 : 신상길

(54) 발명의 명칭 **우주-공중-지상 통합망에서 고고도 플랫폼과 드론 간 매칭 방법, 이를 수행하기 위한 기록 매체 및 장치**

(57) 요 약

우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법은, 적어도 하나의 무인항공기(이하, UAV)와 고고도 플랫폼(이하, HAP)을 포함하는 우주-공중-지상 통합망에서, 매칭되지 않은 UAV가 있는지 확인하는 단계; 매칭되지 않은 UAV가 있는 경우, 연결되지 않은 안테나가 있는 제n(여기서 n은 자연수) HAP가 매칭되지 않은 제m(여기서 m은 자연수) UAV에 매칭을 요청하는 단계; 제m UAV이 다른 HAP와 매칭된 상태인지 확인하는 단계; 제m UAV이 다른 HAP와 매칭된 상태인 경우, 제n HAP와 매칭 중인 HAP와의 우선순위를 비교하는 단계; 및 제n HAP의 우선순위가 매칭 중인 HAP 보다 클 경우, 제n HAP의 연결되지 않은 안테나와 제m UAV를 매칭하는 단계;를 포함한다. 이에 따라, 우선순위 기반으로 고고도 플랫폼과 드론의 최적의 매칭을 수행할 수 있다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
H04W 84/06 (2019.01)
H04W 88/04 (2013.01)
(72) 발명자
이해민
서울특별시 동대문구 무학로45길 32, 303호(용두동)

정소이
서울특별시 동대문구 왕산로 86,101동 1707호(용두동, 동대문 푸르지오시티)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711137637
과제번호	2021R1A4A1030775
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원(R&D)
연구과제명	K-Starlink: 동적 재구성 가능한 지능형 위성-지상 통합 네트워크 핵심기술연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	아주대학교
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

적어도 하나의 무인항공기(이하, UAV)와 고고도 플랫폼(이하, HAP)을 포함하는 우주-공중-지상 통합망에서, 매칭되지 않은 UAV가 있는지 확인하는 단계;

매칭되지 않은 UAV가 있는 경우, 연결되지 않은 안테나가 있는 제n(여기서 n은 자연수) HAP가 매칭되지 않은 제m(여기서 m은 자연수) UAV에 매칭을 요청하는 단계;

제m UAV이 다른 HAP와 매칭된 상태인지 확인하는 단계;

제m UAV이 다른 HAP와 매칭된 상태인 경우, 제n HAP와 매칭 중인 HAP와의 우선순위를 비교하는 단계; 및

제n HAP의 우선순위가 매칭 중인 HAP 보다 클 경우, 제n HAP의 연결되지 않은 안테나와 제m UAV를 매칭하는 단계;를 포함하고,

우선순위는 UAV와 HAP 사이의 경로 손실과 UAV가 제공하는 사용자 수를 기초로 설정되고,

상기 UAV와 HAP 사이의 경로 손실은,

하기 수학식 1과 같이 측정되는, 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법.

[수학식 1]

$$PL = PL_b + PL_g + PL_s$$

여기서, PL은 총 경로 손실(dB), PL_b는 기본 경로 손실(dB), PL_g는 대기 가스로 인한 감쇠(dB), PL_s은 전리층 또는 대류권에 의한 감쇠이다.

청구항 2

제1항에 있어서,

매칭되지 않은 UAV가 없을 때까지 상기 단계들을 반복적으로 수행하는, 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

모든 UAV가 매칭되면 상기 단계들의 수행을 종료하는, 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

제m UAV이 다른 HAP와 매칭되지 않은 상태인 경우, 제n HAP의 연결되지 않은 안테나와 제m UAV를 매칭하는 단계;를 더 포함하는, 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

제n HAP의 우선순위가 매칭 중인 HAP 보다 작거나 같을 경우, 제m UAV는 제n HAP의 매칭을 거부하는 단계;를 더 포함하는, 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

제n HAP의 우선순위가 매칭 중인 HAP 보다 클 경우, 제n HAP와 제m UAV를 매칭하는 단계는,

제m UAV는 매칭 중인 HAP와의 연결을 종료하는 단계;를 더 포함하는, 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

제1항에 따른 상기 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법을 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 저장 매체.

청구항 9

적어도 하나의 무인항공기(이하, UAV)와 고고도 플랫폼(이하, HAP)을 포함하는 우주-공중-지상 통합망에서, 매칭되지 않은 UAV가 있는지 확인하는 UAV 확인부;

매칭되지 않은 UAV가 있는 경우, 매칭되지 않은 제m(여기서 m은 자연수) UAV에 매칭을 요청하는 매칭 요청부;

제m UAV이 다른 HAP와 매칭된 상태인지 확인하는 매칭 확인부;

제m UAV이 다른 HAP와 매칭된 상태인 경우, 매칭을 요청한 HAP와 매칭 중인 HAP와의 우선순위를 비교하는 우선순위 비교부; 및

매칭을 요청한 HAP의 우선순위가 매칭 중인 HAP 보다 클 경우, 매칭을 요청한 HAP의 연결되지 않은 안테나와 제m UAV를 매칭하는 매칭 완료부;를 포함하고,

우선순위는 UAV와 HAP 사이의 경로 손실과 UAV가 제공하는 사용자 수를 기초로 설정되고,

상기 UAV와 HAP 사이의 경로 손실은,

하기 수학식 1과 같이 측정되는, 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 장치.

[수학식 1]

$$PL = PL_b + PL_g + PL_s$$

여기서, PL은 총 경로 손실(dB), PL_b는 기본 경로 손실(dB), PL_g는 대기 가스로 인한 감쇠(dB), PL_s은 전리층 또는 대류권에 의한 감쇠이다.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 우주-공중-지상 통합망에서 고고도 플랫폼과 드론 간 매칭 방법, 이를 수행하기 위한 기록 매체 및 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 우주-공중-지상 통합망에서 게일-섀플리(Gale-Shapley) 알고리즘을 이용하여

트래픽 인식을 위한 고고도 플랫폼(High Altitude Platform; HAP)과 드론(Unmanned Aerial Vehicle; UAV) 간 안정적 매칭 기법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 우주-공중-지상 통합망(Space-Air-Ground Integrated networks; SAGIN)은 기존의 망들을 통합하거나, 새로운 계층의 추가를 통해 향후 미래 이동통신 기술인 5G와 B5G에서 활용하기 위한 기반 기술로, 많은 연구기관과 산업계에서 여러 계층망의 통합에 대한 연구를 활발히 수행하고 있다. 또한, 3GPP, ITU 등 국제표준 제정기관에서 표준화 연구가 진행되고 있다.

[0004] 한편, 고고도 플랫폼(High Altitude Platform; HAP)은 통신 탑재체를 싣고 있는 비행선 또는 비행기 등을 인구 밀집지역, 재난 지역 등과 같은 서비스 수요가 발생하는 지역 상공에서 양방향 정보통신을 실행하는 기술이다. 이는 지상망을 설치할 수 없거나 비용이 많이 드는 곳에서 지상망을 대체할 수 있는 기술로 위성통신의 광역성, 광대역성뿐만 아니라 지상통신의 고속, 저지연성 등의 특성을 가진다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) KR 10-2021-0064032 A

(특허문헌 0002) KR 10-2280484 B1

비특허문헌

[0007] (비특허문헌 0001) H. Lee, H. Lee, S. Jung and J. Kim, "Stable Marriage Matching for Traffic-Aware Space-Air-Ground Integrated Networks: A Gale-Shapley Algorithmic Approach," 2022 International Conference on Information Networking (ICOIN), 2022, pp. 474-477, doi: 10.1109/ICOIN53446.2022.9687261.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 이에, 본 발명의 기술적 과제는 이러한 점에서 착안된 것으로 본 발명의 목적은 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명의 다른 목적은 상기 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법을 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램이 기록된 기록 매체를 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법을 수행하기 위한 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 따른 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법은, 적어도 하나의 무인항공기(이하, UAV)와 고고도 플랫폼(이하, HAP)을 포함하는 우주-공중-지상 통합망에서, 매칭되지 않은 UAV가 있는지 확인하는 단계; 매칭되지 않은 UAV가 있는 경우, 연결되지 않은 안테나가 있는 제n(여기서 n은 자연수) HAP가 매칭되지 않은 제m(여기서 m은 자연수) UAV에 매칭을 요청하는 단계; 제m UAV이 다른 HAP와 매칭된 상태인지 확인하는 단계; 제m UAV이 다른 HAP와 매칭된 상태인 경우, 제n HAP와 매칭 중인 HAP와의 우선순위를 비교하는 단계; 및 제n HAP의 우선순위가 매칭 중인 HAP 보다 클 경우, 제n HAP의 연결되지 않은 안테나와 제m UAV를 매칭하는 단계;를 포함한다.

[0013] 본 발명의 실시예에서, 상기 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법은, 매칭되지 않은 UAV가 없을 때까지 상기 단계들을 반복적으로 수행할 수 있다.

[0014] 본 발명의 실시예에서, 상기 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법은, 모든 UAV가 매칭되면

상기 단계들의 수행을 종료할 수 있다.

[0015] 본 발명의 실시예에서, 상기 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법은, 제m UAV이 다른 HAP와 매칭되지 않은 상태인 경우, 제n HAP의 연결되지 않은 안테나와 제m UAV를 매칭하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 실시예에서, 상기 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법은, 제n HAP의 우선순위가 매칭 중인 HAP 보다 작거나 같을 경우, 제m UAV는 제n HAP의 매칭을 거부하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0017] 본 발명의 실시예에서, 제n HAP의 우선순위가 매칭 중인 HAP 보다 클 경우, 제n HAP와 제m UAV를 매칭하는 단계는, 제m UAV는 매칭 중인 HAP와의 연결을 종료하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0018] 본 발명의 실시예에서, 우선순위는 UAV와 HAP 사이의 경로 손실과 UAV가 제공하는 사용자 수를 기초로 설정될 수 있다.

[0019] 상기한 본 발명의 다른 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 따른 컴퓨터로 판독 가능한 저장 매체에는, 상기 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법을 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램이 기록되어 있다.

[0020] 상기한 본 발명의 또 다른 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 따른 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 장치는, 적어도 하나의 무인항공기(이하, UAV)와 고고도 플랫폼(이하, HAP)을 포함하는 우주-공중-지상 통합망에서, 매칭되지 않은 UAV가 있는지 확인하는 UAV 확인부; 매칭되지 않은 UAV가 있는 경우, 매칭되지 않은 제m(여기서 m은 자연수) UAV에 매칭을 요청하는 매칭 요청부; 제m UAV이 다른 HAP와 매칭된 상태인지 확인하는 매칭 확인부; 제m UAV이 다른 HAP와 매칭된 상태인 경우, 매칭을 요청한 HAP와 매칭 중인 HAP와의 우선순위를 비교하는 우선순위 비교부; 및 매칭을 요청한 HAP의 우선순위가 매칭 중인 HAP 보다 클 경우, 매칭을 요청한 HAP의 연결되지 않은 안테나와 제m UAV를 매칭하는 매칭 완료부;를 포함한다.

발명의 효과

[0022] 이와 같은 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법에 따르면, 게일-섀플리(Gale-Shapley) 알고리즘을 이용하여 우선순위 기반으로 고고도 플랫폼과 드론의 최적의 매칭을 통해 네트워크 최적화를 구현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명에서 사용하는 HAP(High Altitude Platform)와 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)를 포함하는 우주-공중-지상 통합망 시나리오의 예시 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 장치의 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법의 흐름도이다.

도 4는 본 발명에 따라 우선순위를 기반으로 HAP와 UAV의 매칭을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 랜덤 기반 매칭과 본 발명에 따른 매칭 알고리즘의 평균 점수를 나타낸 그래프이다.

도 6은 랜덤 기반 매칭과 본 발명에 따른 매칭 알고리즘 간의 점수 차이를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은, 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예에 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는, 적절하게 설명된다면, 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.

[0026] 이하, 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 보다 상세하게 설명하기로 한다.

[0027] 도 1은 본 발명에서 사용하는 HAP(High Altitude Platform)와 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)를 포함하는 우주-공중-지상 통합망 시나리오의 예시 도면이다.

[0028] 5G 및 B5G(Beyond 5G) 통신 기술의 급속한 발전과 함께 무선 전파 방식뿐만 아니라 우주-공중-지상 통합망(Space-Air-Ground Integrated networks; SAGIN)과 같은 정교한 통신 프레임워크가 등장하였다.

[0029] 본 발명은 우주-공중-지상 통합망에서 최대한 많은 지상 사용자들에게 서비스를 제공하기 위해 고고도 플랫폼(이하, HAP)과 무인항공기(이하, UAV)를 최적으로 매칭하는 기법을 제공한다.

[0030] 도 1을 참조하면, 우주-공중-지상 통합망(1)은 다수의 UAV와 다수의 HAP를 포함한다. 또한, UAV는 지상의 사용자 장비(UE)에게 릴레이 네트워크 서비스를 중계하고 저궤도(Low Earth Orbit; LEO) 위성(Satellite)은 클라우드 서버(Cloud Server)와 컴퓨터 통신할 수 있다.

[0031] 통신 기술의 급속한 발전에 따라 차세대 통신 시스템에서는 새로운 통신 구조가 요구되고 있다. 특히, 기존 지상망에 HAP나 UAV를 활용하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0032] 일 실시예에서, 본 발명은 릴레이 통신에서 게일-섀플리(Gale-Shapley) 알고리즘을 사용하여 HAP와 UAV를 매칭하는 방법을 제안한다. 게일-섀플리 알고리즘은 1962년 제안된 경제학 매칭 이론으로, 매칭 양측에 우선순위가 설정되어 있는 상황에서 항상 안정된 상태의 매칭을 보장할 수 있는 매칭 방법이다. 본 발명은 게일-섀플리 알고리즘을 이용함으로써 계층 내 요소 간 매칭을 원활하게 수행할 수 있다.

[0033] HAP와 UAV를 포함한 차세대 네트워크는 새로운 지상 인프라를 구축하는 것보다 비용이 훨씬 저렴할 뿐만 아니라 밀리미터파 무선 통신을 사용하여 더 높은 데이터 속도를 지원할 수 있는 잠재력이 있다.

[0034] 한편, 우주-공중-지상 통합망에서의 중계 통신은 UAV의 빠른 이동성과 UAV와 HAP 간의 장거리 때문에 문제가 있을 수 있다.

[0035] 따라서, HAP와 일치시킬 UAV를 선택하는 것이 필수적인 문제가 되었다. HAP는 거리를 고려하는 것 외에도 지상 사용자를 만족시키기 위해 지상에서 최대한 많은 사용자에게 서비스를 제공해야 하므로 주어진 환경에서 최적의 매칭을 찾는 방법이 필요하다.

[0036] 본 발명은 HAP와 UAV 간의 안정적인 매칭 알고리즘을 위해 경제학 매칭 이론인 게일-섀플리 알고리즘을 적용하였다. 본 발명은 최적의 매칭을 찾기 위해 GSA를 적용하여 항상 안정적인 매칭을 보장한다. 또한, 본 발명에서는 거리에서 계산된 경로 손실과 UAV가 제공하는 지상 사용자 수를 모두 고려한다.

[0037] 우주-공중-지상 통합망에서 각 UAV는 HAP와 연결되고 역시 HAP는 LEO 위성과 연결된다.

[0038] 본 발명에서 UAV 세트는 $U = \{u_1, u_2, \ldots, u_m\}$으로 정의되고, HAP 세트는 $H = \{h_1, h_2, \ldots, h_m\}$로 정의된다. HAP의 안테나와 UAV는 매칭될 필요가 있고, HAP의 안테나는 $H^i = \{\mathrm{h}_1^1, \mathrm{h}_1^2, \ldots, \mathrm{h}_n^i\}$로 정의된다. 매칭 $M(\mathrm{h}_n^i, u_m)$은 HAP h_n^i의 안테나와 UAV u_m 사이가 매칭된 것으로 정의된다.

[0039] 본 발명에서 사용된 주요 표기법은 아래의 표 I에 나타내었다.

[0040] [표 1]

Symbol	Description
U, H, M	The set of UAVs, HAPs and matchings
h_n^i	The antenna of each HAP h_n
u_m, h_n	The specific UAV $u_m \in U$, HAP $h_n \in H$
$M(h_n^i, u_m)$	The match between h_n^i and u_m
f_c	Radio frequency between HAP and UAV
d	Distance between each HAP and UAV

[0041]

[0043] 기본적으로 UAV와 HAP 간의 경로 손실은 다음의 수학식 1과 같이 측정된다.

[0044] [수학식]

[0045] $$PL = PL_b + PL_g + PL_s$$

[0047] 여기서, PL은 총 경로 손실(dB), PL_b는 기본 경로 손실(dB), PL_g는 대기 가스로 인한 감쇠(dB)를 나타낸다. 예를 들어, PL_g를 23 dB로 설정하고, PL_s은 전리층 또는 대류권에 의한 감쇠로 설정할 수 있다. 위도의 ±20°에서 ±60° 사이의 위도에 대해, PL_s = 0이 된다.

[0048] 거리 d(km)에 대한 자유 공간 경로 손실(Free Space Path Loss; FSPL)과 주파수 f_c(GHz)는 아래의 수학식 2와 같이 정의된다.

[0049] [수학식 2]

[0050] $$FSPL(d, f_c) = 92.45 + 20\log_{10}(f_c) + 20\log_{10}(d)$$

[0052] 기본 경로 손실(dB)은 다음의 수학식 3과 같이 모델링된다.

[0053] [수학식 3]

[0054] $$PL_b = FSPL(d, f_c) + SF + CL(\alpha, f_c)$$

[0056] 예시적인 시나리오의 경우 가시선이 아닌 그림자 페이딩은 평균이 0이고 분산이 6인 가우시안 분포를 따르며, 클러터 손실은 각각 약 25.5 dB이다.

[0057] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 장치의 블록도이다.

[0058] 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 장치(10, 이하 장치)는 UAV 확인부(110), 매칭 요청부(130), 매칭 확인부(150), 우선순위 비교부(170) 및 매칭 완료부(190)를 포함한다.

[0059] 본 발명의 상기 장치(10)는 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭을 수행하기 위한 소프트웨어(애플리케이션)가 설치되어 실행될 수 있으며, 상기 UAV 확인부(110), 상기 매칭 요청부(130), 상기 매칭 확인부(150), 상기 우선순위 비교부(170) 및 상기 매칭 완료부(190)의 구성은 상기 장치(10)에서 실행되는 상기 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭을 수행하기 위한 소프트웨어에 의해 제어될 수 있다.

[0060] 상기 장치(10)는 상기 우주-공중-지상 통합망(1)는 위성 또는 클라우드 서버에 설치되거나 포함될 수 있다. 이와 다르게, 상기 장치(10)는 각 HAP에 설치되거나 포함될 수 있다.

[0061] 상기 장치(10)는 별도의 단말이거나 또는 단말의 일부 모듈일 수 있다. 또한, 상기 UAV 확인부(110), 상기 매칭 요청부(130), 상기 매칭 확인부(150), 상기 우선순위 비교부(170) 및 상기 매칭 완료부(190)의 구성은 통합 모듈로 형성되거나, 하나 이상의 모듈로 이루어 질 수 있다. 그러나, 이와 반대로 각 구성은 별도의 모듈로 이루어질 수도 있다.

[0062] 상기 장치(10)는 이동성을 갖거나 고정될 수 있다. 상기 장치(10)는, 서버(server) 또는 엔진(engine) 형태일 수 있으며, 디바이스(device), 기구(apparatus), 단말(terminal), UE(user equipment), MS(mobile station), 무선기기(wireless device), 휴대기기(handheld device) 등 다른 용어로 불릴 수 있다.

[0063] 상기 장치(10)는 운영체제(Operation System; OS), 즉 시스템을 기반으로 다양한 소프트웨어를 실행하거나 제작할 수 있다. 상기 운영체제는 소프트웨어가 장치의 하드웨어를 사용할 수 있도록 하기 위한 시스템 프로그램으로서, 안드로이드 OS, iOS, 윈도우 모바일 OS, 바다 OS, 심비안 OS, 블랙베리 OS 등 모바일 컴퓨터 운영체제 및 윈도우 계열, 리눅스 계열, 유닉스 계열, MAC, AIX, HP-UX 등 컴퓨터 운영체제를 모두 포함할 수 있다.

[0064] 상기 UAV 확인부(110)는 우주-공중-지상 통합망(1)에서 매칭되지 않은 UAV가 있는지 확인하고, 상기 매칭 요청부(130)는 매칭되지 않은 UAV가 있는 경우, 매칭되지 않은 제m(여기서 m은 자연수) UAV에 매칭을 요청한다.

[0065] 상기 매칭 확인부(150)는 제m UAV이 다른 HAP와 매칭된 상태인지 확인하고, 제m UAV이 다른 HAP와 매칭되지 않은 상태인 경우, 제n HAP의 연결되지 않은 안테나와 제m UAV를 매칭한다.

[0066] 상기 우선순위 비교부(170)는 제m UAV이 다른 HAP와 매칭된 상태인 경우, 매칭을 요청한 HAP와 매칭 중인 HAP와의 우선순위를 비교한다. 우선순위는 UAV와 HAP 사이의 경로 손실과 UAV가 제공하는 사용자 수를 기초로 설정될 수 있다.

[0067] 상기 매칭 완료부(190)는 매칭을 요청한 HAP의 우선순위가 매칭 중인 HAP 보다 클 경우, 제m UAV는 매칭 중인 HAP와의 연결을 종료하고, 매칭을 요청한 HAP의 연결되지 않은 안테나와 제m UAV를 매칭한다.

[0068] 한편, 제n HAP의 우선순위가 매칭 중인 HAP 보다 작거나 같을 경우, 제m UAV는 제n HAP의 매칭을 거부한다.

[0069] 상기 장치(10)는 매칭되지 않은 UAV가 없을 때까지 매칭을 반복적으로 수행하고, 모든 UAV가 매칭되면 종료할 수 있다.

[0070] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법의 흐름도이다.

[0071] 본 실시예에 따른 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법은, 도 1의 우주-공중-지상 통합망(1) 환경에서 도 2의 장치(10)와 실질적으로 동일한 구성에서 진행될 수 있다.

[0072] 따라서, 도 1의 우주-공중-지상 통합망(1) 및 도 2의 장치(10)와 동일한 구성요소는 동일한 도면부호를 부여하고, 반복되는 설명은 생략한다. 또한, 본 실시예에 따른 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법은 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭을 수행하기 위한 소프트웨어(애플리케이션)에 의해 실행될 수 있다.

[0073] 본 발명은 HAP와 위성 사이의 채널이 준진공이고, AWGN(Additive White Gaussian Noise)이 있는 거의 이상적인 채널이라고 가정한다.

[0074] HAP와 UAV는 원활한 통신 상태를 보장하기 위해 안정적인 매칭을 유지해야 한다. HAP와 UAV 간의 매칭은 두 가지 기준에 따라 기본 설정 목록을 따른다.

[0075] 일 실시예에서, HAP는 상대적으로 경로 손실이 적은 UAV를 선호할 수 있다. HAP에서 멀리 떨어진 UAV는 매칭 시 많은 전력을 소모하기 때문에 HAP는 가까운 UAV를 선택하고자 한다.

[0076] 한편, HAP는 더 많은 사용자에게 서비스를 제공할 수 있는 UAV와 매칭하는 것을 선호할 수 있다. 즉, HAP가 하나의 장치에 서비스를 제공할 수 있는 UAV보다 10 개의 장치를 서비스할 수 있는 UAV와 연결하는 것이 더 유리하다고 판단한다.

[0077] 도 3을 참조하면, 우주-공중-지상 통합망에서(단계 S00), 매칭되지 않은 UAV가 있는 경우 매칭 알고리즘이 시작된다(단계 S10).

[0078] 매칭되지 않은 UAV가 있는 경우, 연결되지 않은 안테나 h_n^i이 있는 HAP h_n은 UAV u_m에 매칭을 제공하고(단계 S20), UAV u_m이 다른 HAP와 매칭된 상태인지 확인한다(단계 S30).

[0079] UAV u_m이 다른 HAP와 매치된 상태가 아니면, HAP와 UAV 간에 매칭(h_n^i, u_m)이 생성된다(단계 S40).

[0080] 반면, UAV가 다른 HAP와 매칭된 상태이면(단계 S50), UAV u_m은 HAP h_n과 현재 연결된 HAP h_n'의 우선순위를 비교한다(단계 S60). h_n'의 우선 순위가 h_n의 우선 순위보다 높으면 UAV는 새로운 HAP h_n의 제안을 거부한다.

[0081] 반대로, 새로 제안된 HAP h_n의 우선순위가 더 높으면, UAV u_m은 현재 매칭($\mathrm{h}_n'^i$, u_m)을 끊고 새로 제안된 HAP h_n과 매칭하여 새로운 매칭(h_n^i, u_m)을 구축한다(단계 S70). 이 과정은 매칭하지 않는 UAV가 있는 한 반복되고, 모든 UAV가 매칭되면 프로세스가 종료된다(단계 S90).

[0082] 본 발명의 환경은 예를 들어, 도시 지역에서 18~22 km 고도에서 작동하는 100~500 개의 HAP와 지상 50~350 m 높이에서 작동하는 500~2500 개의 UAV를 가정한다.

[0083] 각 HAP에는 UAV와 연결하기 위한 5개의 안테나가 있다. 따라서, 매칭이 끝나면 최대 2500 개의 매칭이 생성된다. UAV는 더 낮은 경로 손실로 자체적으로 연결할 수 있는 HAP를 선호하고, HAP는 더 많은 사용자를 포함하는 UAV를 선택하는 것뿐만 아니라 자체적으로 더 낮은 경로 손실을 갖는 UAV를 선호한다. 이러한 기본 설정

은 GSA의 기본 설정 목록에 반영될 수 있다.

[0084] 도 4는 본 발명에 따라 우선순위를 기반으로 HAP와 UAV의 매칭을 설명하기 위한 도면이다.

[0085] 도 4를 참조하면, HAP는 3개로 가정하고 상단으로부터 HAP A, HAP B, HAP C로 정의하고, UAV는 3개로 가정하고 상단으로부터 UAV 1, UAV 2, UAV 3, UAV 4, UAV 5, UAV 6으로 정의한다.

[0086] 이 실시예에서는 각 HAP가 2개의 UAV에 연결될 수 있으며, 각각의 우선순위는 도 3에서 언급한 것과 같다고 가정한다.

[0087] 먼저 HAP A는 우선순위가 가장 높은 UAV 1, UAV 2에 매칭을 제안하며, 아직 매칭되지 않았기 때문에 모두 수락한다.

[0088] 다음으로, HAP B는 HAP A와 이미 매칭된 우선순위가 가장 높은 UAV 2에게 매칭을 제안한다. 이때 UAV는 HAP A와 HAP B의 우선순위를 고려하여 HAP B의 매칭을 거부한다. HAP B는 다음 우선순위인 UAV 3에 매칭을 제안하면, 수락 후 다시 UAV 1에게 매칭을 제안한다. UAV 1은 HAP A보다 HAP B를 선호하므로 기존 매칭을 깨고 HAP B와 연결한다.

[0089] 다음으로 HAP C는 HAP A와 마찬가지로 HAP C도 아직 짝을 이루지 못한 두 개의 UAV에 매칭을 제안하고 둘 다 수락한다.

[0090] 이때 HAP A는 하나 이상의 UAV와 매칭되어야 한다. 다음 우선 순위를 가진 UAV 3에 제안하지만, UAV 3은 HAP A보다 우선 순위가 높은 HAP B와 이미 매칭된 상태이므로 HAP A의 매칭을 거부한다.

[0091] 이후 HAP A는 UAV 4에게 매칭을 제안하고 UAV 4가 HAP A를 가장 선호하기 때문에 매칭이 수락된다.

[0092] 마지막으로 HAP C는 UAV 5에 매칭을 제안하고, UAV 5가 매칭을 수락하고 알고리즘이 종료된다.

[0093] 본 발명은 UAV와 HAP 사이의 경로 손실과 UAV가 제공하는 사용자 수를 고려하여 알고리즘을 평가하기 위한 새로운 점수 지표를 제안한다. 점수가 낮을수록 더 많은 사용자에게 서비스를 제공하면서 경로 손실이 낮은 UAV와 매칭한다는 의미이다.

[0094] 이하에서는 본 발명에 따라 GSA(Gale-Shapley 알고리즘)를 사용하여 HAP 및 UAV를 매칭하여 지상 사용자 장비(UE)에 대한 서비스를 지원하는 가능성을 평가하기 위해 수행한 시뮬레이션 결과를 설명한다.

[0095] 도 5는 랜덤 기반 매칭과 본 발명에 따른 매칭 알고리즘의 평균 점수를 나타낸 그래프이다.

[0096] 도 5를 참조하면, 18 km~22 km의 공중에 떠 있는 HAP와 50~350 m 범위 내를 비행하는 UAV를 가정한다. 도 5에서는 각 HAP와 5개의 UAV가 일치한다고 가정하고 HAP를 1000에서 500으로, UAV를 500에서 2500으로 늘리는 시뮬레이션 결과이다.

[0097] 도 5에서의 점수는 본 발명에서 고안한 평가지표로서 값이 작을수록 매칭의 질이 높다. 그 결과 랜덤 매칭보다 본 발명에 따른 매칭 알고리즘이 더 높은 성능을 보였으며 그 차이는 시간이 지남에 따라 일정해짐을 확인하였다.

[0098] 즉, 본 발명을 적용한 알고리즘은 매칭이 수행되는 모든 경우에 더 나은 성능을 보이는 것으로 입증되었다.

[0099] 도 6은 랜덤 기반 매칭과 본 발명에 따른 매칭 알고리즘 간의 점수 차이를 나타낸 그래프이다.

[0100] 도 6을 참조하면, 매칭이 진행될수록 본 발명을 적용한 알고리즘은 랜덤 매칭에 비해 안정적이고 높은 성능을 보인다.

[0101] 본 발명에서는 HAP와 UAV를 연결할 때 게일-섀플리 알고리즘을 이용한 매칭을 수행하였다. 실험 결과를 통해 거리만 고려하는 무작위 매칭 및 알고리즘보다 성능이 우수하다는 것이 입증되었다.

[0102] 즉, 수치해석 결과는 본 발명과 같이 게일-섀플리 알고리즘(GSA)을 적용한 알고리즘이 랜덤 매칭에 비해 우수한 성능을 나타냄을 보여준다.

[0103] 이와 같은, 우주-공중-지상 통합망에서 플랫폼과 드론 간 매칭 방법은 애플리케이션으로 구현되거나 다양한 컴퓨터 구성요소를 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령어의 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체는 프로그램 명령어, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다.

[0104] 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록되는 프로그램 명령어는 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거니와 컴퓨터 소프트웨어 분야의 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.

[0105] 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체의 예에는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령어를 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다.

[0106] 프로그램 명령어의 예에는, 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드도 포함된다. 상기 하드웨어 장치는 본 발명에 따른 처리를 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0107] 이상에서는 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

산업상 이용가능성

[0109] 통신업체에서 본 발명의 매칭 적용을 통해 사용자 경험을 향상시키는 통신기술을 개발할 수 있으며, 아직 상용화가 많이 되지 않은 고고도 플랫폼에 대한 연구로 시의성이 있는 선행 연구이다. 이에 따라, 통신 시장, AAM 시장 등에서 네트워크 시스템의 구축 및 운용방식으로 유용하게 활용될 것으로 예상된다. 또한, 정부기관에서 본 발명을 기반으로 고고도 플랫폼 기반 국가 통신망에 적용할 수 있다.

부호의 설명

[0111] 1: 우주-공중-지상 통합망

10: 플랫폼과 드론 간 매칭 장치

110: UAV 확인부

130: 매칭 요청부

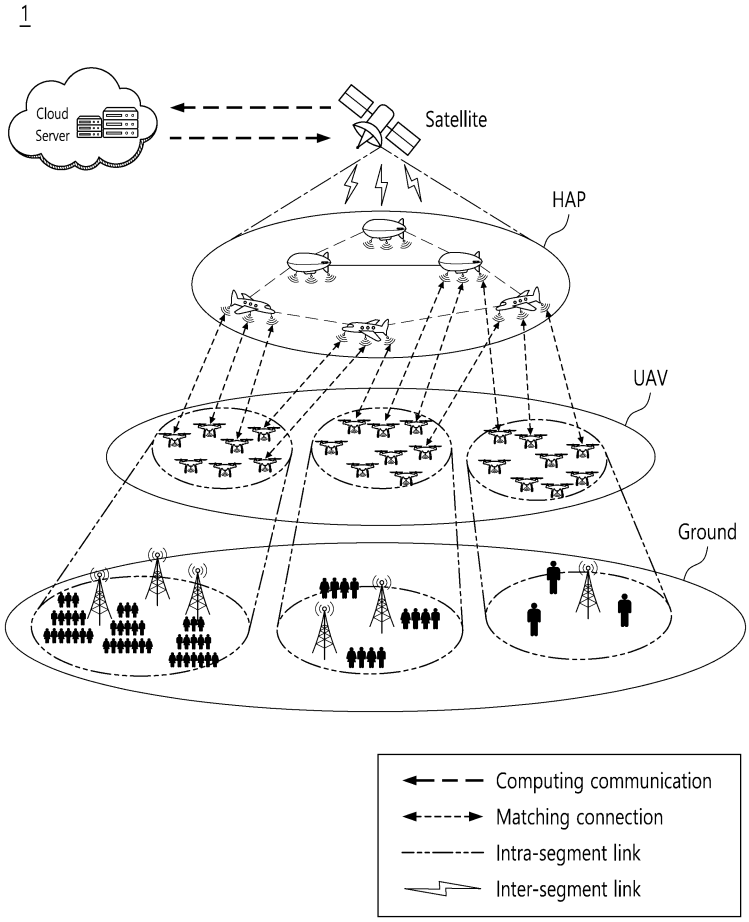
150: 매칭 확인부

170: 우선순위 비교부

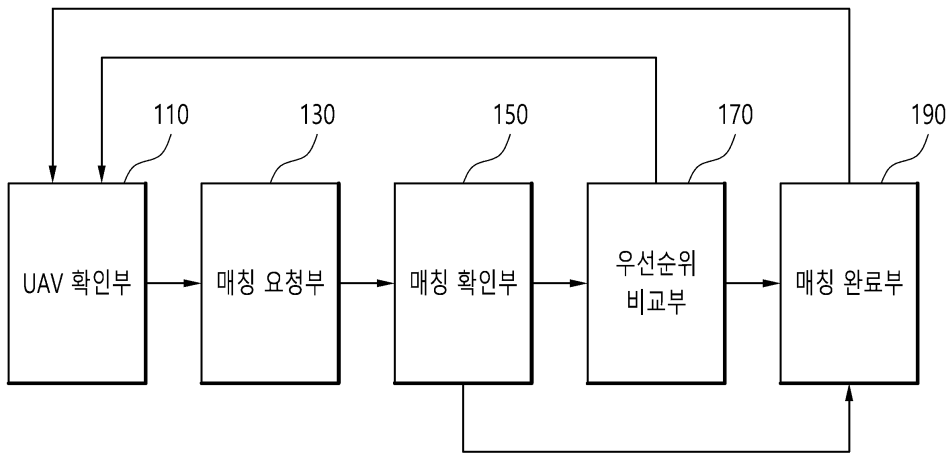
190: 매칭 완료부

도면

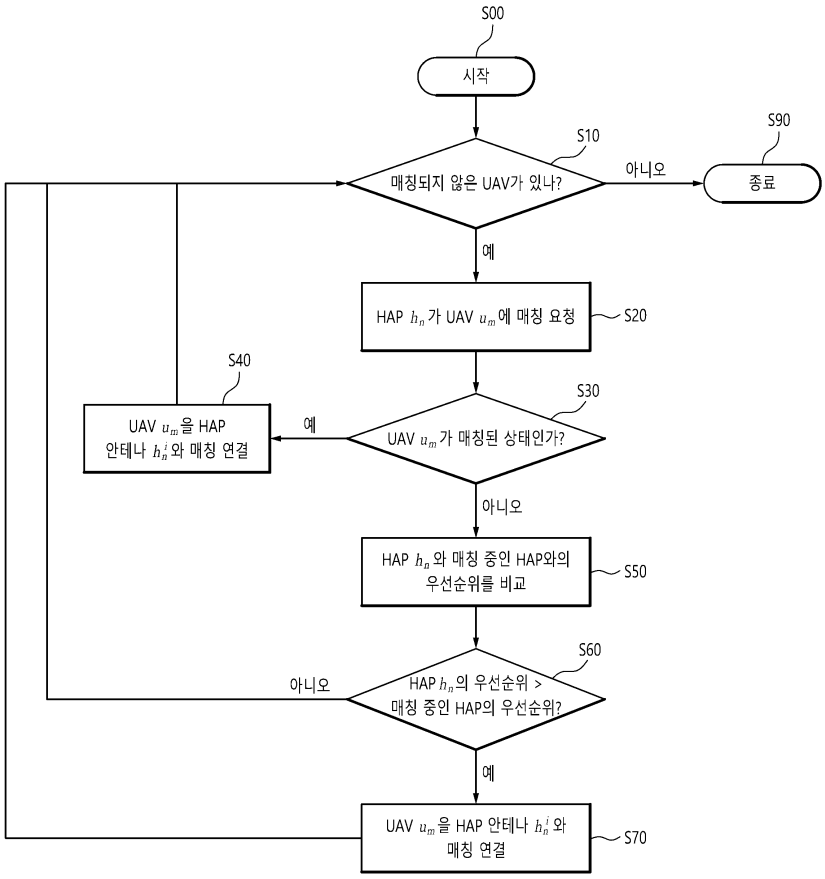
도면1


1
Cloud Server
Satellite
HAP
UAV
Ground
Computing communication
Matching connection
Intra-segment link
Inter-segment link

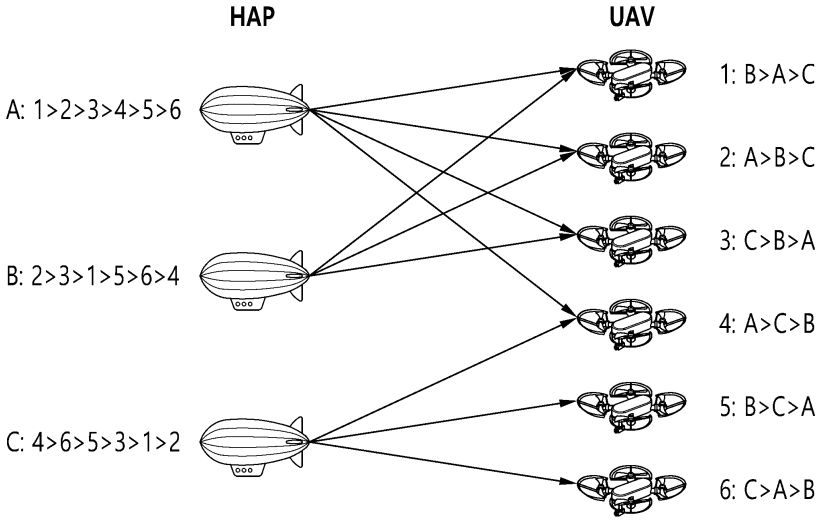
도면2


100
110
130
150
170
190
UAV 확인부
매칭 요청부
매칭 확인부
우선순위 비교부
매칭 완료부

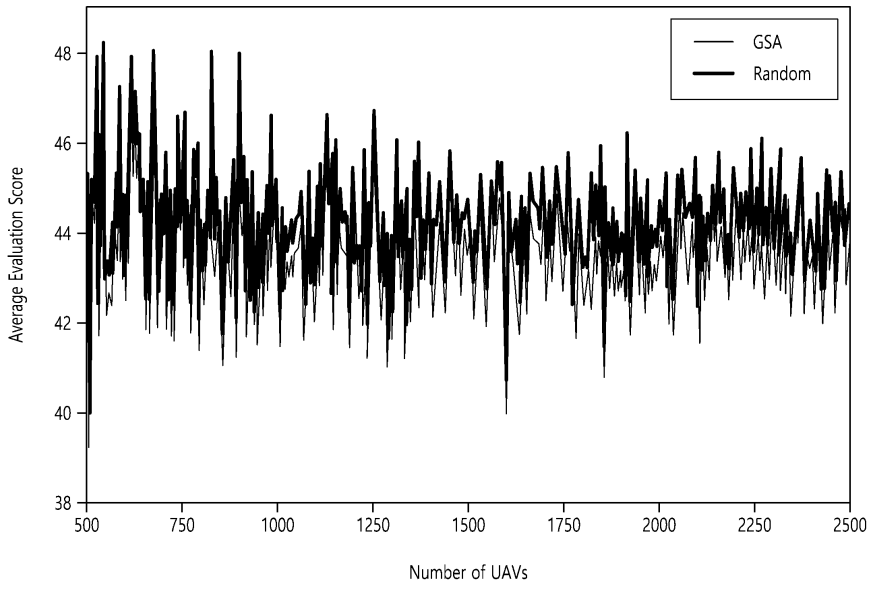
도면3


S00
시작
S10
매칭되지 않은 UAV가 있나?
아니오
S90
종료
예
HAP h_n가 UAV u_m에 매칭 요청
S20
S30
UAV u_m가 매칭된 상태인가?
예
S40
UAV u_m을 HAP 안테나 h_n^i와 매칭 연결
아니오
HAP h_n와 매칭 중인 HAP와의 우선순위를 비교
S50
S60
HAP h_n의 우선순위 > 매칭 중인 HAP의 우선순위?
아니오
예
UAV u_m을 HAP 안테나 h_n^i와 매칭 연결
S70

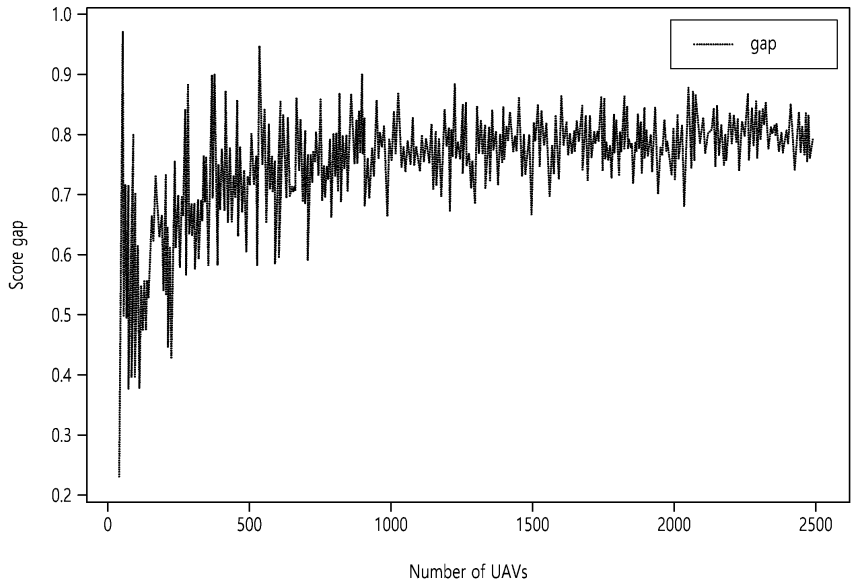
도면4


HAP
UAV
A: 1>2>3>4>5>6
B: 2>3>1>5>6>4
C: 4>6>5>3>1>2
1: B>A>C
2: A>B>C
3: C>B>A
4: A>C>B
5: B>C>A
6: C>A>B

도면5


GSA
Random
Average Evaluation Score
48
46
44
42
40
38
500
750
1000
1250
1500
1750
2000
2250
2500
Number of UAVs

도면6


gap
Score gap
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0
500
1000
1500
2000
2500
Number of UAVs