



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년11월17일

(11) 등록번호 10-2468852

(24) 등록일자 2022년11월15일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H04W 24/06* (2009.01) *G01S 19/01* (2010.01)  
*H04W 24/02* (2009.01) *H04W 4/40* (2018.01)
- (52) CPC특허분류  
*H04W 24/06* (2013.01)  
*G01S 19/01* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2021-0067419  
 (22) 출원일자 2021년05월26일  
 심사청구일자 2021년05월26일
- (56) 선행기술조사문헌  
 Sejin Seo 외 4명 "Constructing 3-dimension 5G coverage map for real-time airborne missions", Mobicon 20, sep 21-25, 2020

- (73) 특허권자  
 연세대학교 산학협력단  
 서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
- (72) 발명자  
 김성륜  
 서울특별시 용산구 이촌로 303, 32동 1304호 (이촌동, 현대아파트)
- 서세진  
 서울특별시 서대문구 이화여대길 50-12, 108동 407호 (대현동, 럭키대현아파트)  
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
 특허법인(유한)아이시스

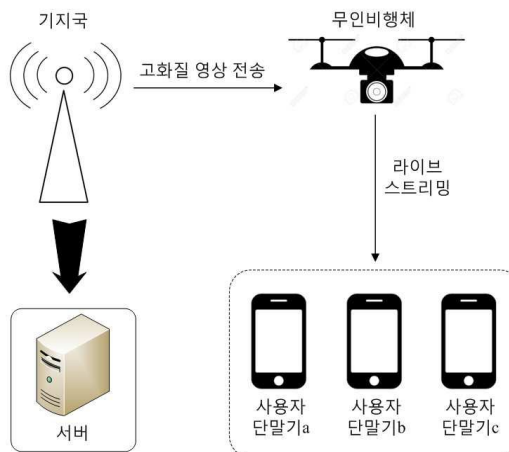
전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 이정구

(54) 발명의 명칭 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 방법 및 장치

**(57) 요약**

개시된 기술은 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 방법 및 장치에 관한 것으로, 무인비행체에 탑재된 모델이 상기 무인비행체의 현재 위치를 파악하는 단계; 상기 모델이 상기 현재 위치에 대응하는 무선이동통신 커버리지 성능을 계산하는 단계; 및 상기 모델이 상기 무인비행체의 이전 위치에서의 무선이동통신 커버리지 성능에 따라 계산된 상위신뢰 한계도(Upper Confidence Bound, UCB)를 상기 현재 위치의 무선이동통신 커버리지 성능을 계산한 결과의 가중치로 적용하여 다음 위치의 무선이동통신 커버리지 성능을 예측하는 단계;를 포함한다.

**대표도** - 도1**100**

(52) CPC특허분류

*H04W 24/02* (2013.01)

*H04W 4/40* (2020.05)

(72) 발명자

**김승환**

서울특별시 서대문구 연희로26다길 51, 201호(연희동)

**국수진**

서울특별시 강북구 덕릉로41길 12, 102동 1504호  
(번동, 수유역 두산위브 아파트 1)

**백시훈**

서울특별시 서대문구 신촌로7안길 80, 406호 (창천동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711097587

과제번호 2018-0-00170-002

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원

연구사업명 방송통신산업기술개발(R&D)

연구과제명 이동체간 가상현실을 위한 5G 이동통신 기술 연구

기 여 율 1/1

과제수행기관명 연세대학교 산학협력단

연구기간 2020.06.01 ~ 2021.05.31

공지예외적용 : 있음

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

무인비행체에 탑재된 모델이 상기 무인비행체의 현재 위치를 파악하는 단계;

상기 모델이 상기 현재 위치에 대응하는 무선이동통신 커버리지 성능을 계산하는 단계; 및

상기 모델이 상기 무인비행체의 이전 위치에서의 무선이동통신 커버리지 성능에 따라 계산된 상위신뢰 한계도(Upper Confidence Bound, UCB)를 상기 현재 위치의 무선이동통신 커버리지 성능을 계산한 결과의 가중치로 적용하여 다음 위치의 무선이동통신 커버리지 성능을 예측하는 단계;를 포함하는 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 모델은 일정 주기마다 상기 무인비행체에 탑재된 GPS 센서에서 전송되는 GPS 정보를 수신하고, 상기 GPS 정보에 따라 상기 무인비행체의 위치를 파악하는 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 방법.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 모델은 이하의 수학적 식 1에 따라 상기 상위신뢰 한계도를 계산하는 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 방법.

[수학적 식 1]

$$UCB_i(t) = \hat{\mu}_i(t) + \alpha \sqrt{\log t / N_i(t)}$$

(여기에서  $\hat{\mu}_i$  는 샘플 평균을 의미하고,  $N_i$  는 공간  $i$  의 샘플들의 개수를 의미하고,  $\alpha$  는 적게 탐험된(explored) 공간에 제공되는 보너스를 결정하는 파라미터를 의미함.)

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 모델은 커널 공간의 평균 UCB를 이용하여 상기 다음 위치를 결정하는 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 방법.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 모델은 이하의 수학적 식 2에 따라 상기 커널 공간의 평균 UCB를 계산하는 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 방법.

[수학식 2]

$$kUCB_i(t) = \frac{\sum_{i \in \mathcal{M}_i} \left[ \hat{\mu}_i(t) + \alpha \sqrt{\log t / N_i(t)} \right]}{M}$$

(여기에서  $\mathcal{M}_i$  는 공간  $i$  에 있는 커널의 공간 집합이고  $M$  는 커널 내 공간의 개수를 의미함.)

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 모델은 상기 무선이동통신 커버리지 성능을 예측하는 과정을 일정 횟수 반복하여 상기 무인비행체에 대한 3차원 무선이동통신 성능 맵을 구축하는 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 방법.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 무인비행체는 상기 모델의 예측 결과에 따라 위치를 이동하면 기지국에 위치한 서버에서 전송되는 스트리밍 콘텐츠를 수신하는 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 방법.

#### 청구항 8

무인비행체에 탑재되고 기지국 내 서버에 저장된 스트리밍 콘텐츠를 무선으로 수신하는 통신장치;

상기 무인비행체에 탑재되고 일정 주기마다 상기 무인비행체의 위치를 파악하는 GPS 센서;

상기 무인비행체에 탑재되고 상기 무인비행체의 무선이동통신 커버리지 성능을 계산하는 모델을 저장하는 저장장치; 및

상기 모델을 이용하여 상기 무인비행체의 이전 위치에서의 무선이동통신 커버리지 성능에 따라 계산된 상위신뢰 한계도(Upper Confidence Bound, UCB)를 상기 무인비행체의 현재 위치의 무선이동통신 커버리지 성능을 계산한 결과의 가중치로 적용하여 다음 위치의 무선이동통신 커버리지 성능을 예측하는 프로세서;를 포함하는 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 장치.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 프로세서는 이하의 수학식 1에 따라 상기 상위신뢰 한계도를 계산하는 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 장치.

[수학식 1]

$$UCB_i(t) = \hat{\mu}_i(t) + \alpha \sqrt{\log t / N_i(t)}$$

(여기에서  $\hat{\mu}_i$  는 샘플 평균을 의미하고,  $N_i$  는 공간  $i$  의 샘플들의 개수를 의미하고,  $\alpha$  는 적게 탐험된(explored) 공간에 제공되는 보너스를 결정하는 파라미터를 의미함.)

#### 청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 프로세서는 커널 공간의 평균 UCB를 이용하여 상기 무인비행체의 다음 위치를 결정하는 3차원 무선이동통신

신 커버리지 맵 구축 장치.

#### 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 프로세서는 이하의 수학식 2에 따라 상기 커널 공간의 평균 UCB를 계산하는 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 장치.

[수학식 2]

$$kUCB_i(t) = \frac{\sum_{i \in \mathcal{M}_i} \left[ \hat{\mu}_i(t) + \alpha \sqrt{\log t / N_i(t)} \right]}{M}$$

(여기에서  $\mathcal{M}_i$  는 공간  $i$  에 있는 커널의 공간 집합이고  $M$  는 커널 내 공간의 개수를 의미함.)

#### 청구항 12

제 8 항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 무선이동통신 커버리지 성능을 예측하는 과정을 일정 횟수 반복하여 상기 무인비행체에 대한 3차원 무선이동통신 성능 맵을 구축하는 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 장치.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 개시된 기술은 무인비행체의 3차원 무선이동통신 커버리지 맵을 구축하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 드론과 같은 무인비행체의 발달과 5G 네트워크의 보급으로 인하여 고해상도 항공 이미지를 실시간으로 제공하는 다양한 비행 업무를 수행하는 것이 가능하다. 예컨대, 드론을 이용하여 라이브 스트리밍을 수행할 수 있다. 그러나 이와 같은 고해상도의 이미지를 원활하게 제공하기 위해서는 3차원 셀룰러 범위에 대한 신뢰도가 뒷받침되어야 한다.

[0003] 최근 한국-유럽 5G 프로젝트와 관련하여 3차원 5G 커버리지 맵을 수동으로 구성하여 3D 커버리지에 대한 성능 맵을 구축하는 방법이 제시되었다. 일 실시예로, 일정 인터벌마다 측정한 무인비행체의 위치 정보에 대응하는 5G 커버리지 성능을 추정하여 각 위치 별 평균적인 성능을 예측함으로써 성능 맵을 구축하는 것이 가능하다. 그러나 이는 성능 맵에 대한 정확도 측면에 있어서는 좋은 방법일 수 있겠으나 맵 구축에 따른 시간과 비용이 대폭 증가하기 때문에 맵 구축의 효율성은 떨어지는 문제가 있었다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 한국 등록특허 제10-2174205호

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0005] 개시된 기술은 무인비행체의 3차원 무선이동통신 커버리지 맵을 구축하는 방법 및 장치를 제공하는데 있다.

#### 과제의 해결 수단

[0006] 상기의 기술적 과제를 이루기 위하여 개시된 기술의 제 1 측면은 무인비행체에 탑재된 모델이 상기 무인비행체의 현재 위치를 파악하는 단계, 상기 모델이 상기 현재 위치에 대응하는 무선이동통신 커버리지 성능을 계산하는 단계 및 상기 모델이 상기 무인비행체의 이전 위치에서의 무선이동통신 커버리지 성능에 따라 계산된 상위신뢰 한계도(Upper Confidence Bound, UCB)를 상기 현재 위치의 무선이동통신 커버리지 성능을 계산한 결과의 가중치로 적용하여 다음 위치의 무선이동통신 커버리지 성능을 예측하는 단계를 포함하는 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 방법을 제공하는데 있다.

[0007] 상기의 기술적 과제를 이루기 위하여 개시된 기술의 제 2 측면은 무인비행체에 탑재되고 기지국에 저장된 스트리밍 콘텐츠를 무선으로 수신하는 통신장치, 상기 무인비행체에 탑재되고 일정 주기마다 상기 무인비행체의 위치를 파악하는 GPS 센서, 상기 무인비행체에 탑재되고 상기 무인비행체의 무선이동통신 커버리지 성능을 계산하는 모델을 저장하는 저장장치 및 상기 모델을 이용하여 상기 무인비행체의 이전 위치에서의 무선이동통신 커버리지 성능에 따라 계산된 상위신뢰 한계도(Upper Confidence Bound, UCB)를 상기 무인비행체의 현재 위치의 무선이동통신 커버리지 성능을 계산한 결과의 가중치로 적용하여 다음 위치의 무선이동통신 커버리지 성능을 예측하는 프로세서를 포함하는 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 장치를 제공하는데 있다.

### 발명의 효과

[0008] 개시된 기술의 실시 예들은 다음의 장점들을 포함하는 효과를 가질 수 있다. 다만, 개시된 기술의 실시 예들이 이를 전부 포함하여야 한다는 의미는 아니므로, 개시된 기술의 권리범위는 이에 의하여 제한되는 것으로 이해되어서는 아니 될 것이다.

[0009] 개시된 기술의 일 실시예에 따르면 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 방법 및 장치는 무인비행체가 최적의 무선이동통신 퍼포먼스를 나타낼 수 있는 성능 맵을 실시간으로 구축하는 효과가 있다.

[0010] 또한, 커널 공간의 평균 UCB를 이용하여 무인비행체가 통신을 위한 최적의 위치를 자동으로 찾는 효과가 있다.

[0011] 또한, 구축된 무선이동통신 성능 맵을 이용하여 고화질 영상의 라이브 스트리밍을 제공하는 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 개시된 기술의 일 실시예에 따른 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 과정을 나타낸 도면이다.

도 2는 개시된 기술의 일 실시예에 따른 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 방법에 대한 순서도이다.

도 3은 개시된 기술의 일 실시예에 따른 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 장치에 대한 블록도이다.

도 4는 UCB 알고리즘에 따라 경로를 결정하는 것을 나타낸 도면이다.

도 5는 3차원 무선이동통신 커버리지 맵을 나타낸 도면이다.

도 6은 각 알고리즘 별 성능을 평가한 것을 나타낸 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0014] 제 1, 제 2, A, B 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 해당 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않으며, 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제 1 구성요소는 제 2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제 2 구성요소도 제 1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0015] 본 명세서에서 사용되는 용어에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 해석되지 않는 한 복수의 표현을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 그리고 "포함한다" 등의 용어는 실시된 특징, 개수, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 의미하는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 개수, 단계 동작 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [0016] 도면에 대한 상세한 설명을 하기에 앞서, 본 명세서에서의 구성부들에 대한 구분은 각 구성부가 담당하는 주기능 별로 구분한 것에 불과함을 명확히 하고자 한다. 즉, 이하에서 설명할 2개 이상의 구성부가 하나의 구성부로 합쳐지거나 또는 하나의 구성부가 보다 세분화된 기능별로 2개 이상으로 분화되어 구비될 수도 있다.
- [0017] 그리고 이하에서 설명할 구성부 각각은 자신이 담당하는 주기능 이외에도 다른 구성부가 담당하는 기능 중 일부 또는 전부의 기능을 추가적으로 수행할 수도 있으며, 구성부 각각이 담당하는 주기능 중 일부 기능이 다른 구성부에 의해 전담되어 수행될 수도 있음은 물론이다. 따라서, 본 명세서를 통해 설명되는 각 구성부들의 존재 여부는 기능적으로 해석되어야 할 것이다.
- [0018] 도 1은 개시된 기술의 일 실시예에 따른 3차원 무선이동통신 커버리지 맵 구축 과정을 나타낸 도면이다. 도 1을 참조하면 3차원 무선이동통신 커버리지 맵은 드론과 같이 3차원 공중 공간을 이동하는 무인비행체의 무선이동통신 성능을 유지하기 위해서 계산된다. 여기에서 무선이동통신은 고화질의 영상이나 고용량의 콘텐츠를 스트리밍할 수 있도록 빠른 데이터 전송률과 낮은 지연 시간을 보장하는 모바일 네트워크 내지는 차세대 네트워크일 수 있다. 이하부터는 설명의 편의성을 위해 5G 네트워크를 기준으로 설명한다.
- [0019] 무인비행체는 5G 커버리지 맵을 구축하기 위한 모델을 탑재할 수 있으며 모델의 계산 결과에 따라 5G 성능이 저하되는 위치를 피해서 이동 경로를 결정할 수 있다. 여기에서 5G 성능을 유지하기 위한 이유는 기지국에서 전송되는 고화질 영상과 같은 콘텐츠를 복수의 사용자 단말기들에 실시간으로 스트리밍하기 위함이다. 복수의 사용자 단말기들은 지상에 위치한 사용자의 단말기들일 수도 있고 공중, 예컨대 비행중인 사용자가 소지한 단말기일 수도 있다. 특히, 공중에 위치한 사용자의 단말에서 스트리밍 서비스를 이용하는 경우 드론이 최적의 통신 위치로 이동할 필요성이 있다. 이를 위해서 통신 음영 구간과 같이 5G 성능이 저하되는 위치는 피하고 이동하는 무인비행체가 계속해서 균일한 5G 성능을 유지할 수 있는 위치를 추정하고자 한다.
- [0020] 먼저, 무인비행체의 5G 커버리지 맵을 구축하기에 앞서 무인비행체에 탑재된 모델은 무인비행체의 현재 위치를 파악한다. 일 실시예로, 무인비행체의 GPS 정보를 이용하여 현재 위치를 파악할 수 있다. 모델과 마찬가지로 무인비행체의 몸체에는 GPS 센서가 탑재될 수 있으며 GPS 센서에서 전송되는 GPS 정보를 일정 주기마다 수신하여 실시간으로 이동중인 무인비행체의 현재 위치를 파악할 수 있다.
- [0021] 한편, 모델은 GPS 정보에 따라 현재 무인비행체의 위치에 대응하는 5G 커버리지 성능을 계산한다. 5G 커버리지 성능은 Iperf-3과 같은 네트워크 성능 측정 도구를 이용하여 계산할 수 있다. 예컨대, Iperf-3을 이용하여 네트워크 대역폭을 측정하거나 시스템 디버그 데이터, SINR, 다운로드 처리량 등의 5G 모델 데이터를 수집하여 커버리지 성능을 계산할 수 있다. 당연하게도 무인비행체가 위치를 이동함에 따라 5G 커버리지 성능은 이전 위치와 유사한 수준으로 유지될 수도 있고 이전보다 성능이 떨어질 수도 있다. 특히 5G 네트워크의 경우 커버리지 맵이 특정 지역에 밀집해있는 경우가 많고 통신 음영지역이 구간 마다 존재할 수 있는데 이러한 위치를 지나는 경우 5G 성능이 저해될 수 있다.
- [0022] 따라서, 이러한 문제점을 방지하기 위해서 모델을 이용하여 드론이 이동할 다음 위치의 5G 커버리지 성능을 예측하고 해당 위치의 커버리지 성능에 따라 드론을 이동시킬 수 있다. 예컨대, 이전 위치에서의 5G 커버리지 성능에 따라 계산된 상위신뢰 한계도(Upper Confidence Bound, UCB)를 현재 위치의 5G 커버리지 성능을 계산한 결과의 가중치로 적용하여 다음 위치의 5G 커버리지 성능을 예측할 수 있다.
- [0023] 종래의 경우 수동으로 이동 경로를 설정하거나 통계적 모델을 이용하여 이동 경로를 설정하였다. 그러나 수동 설정의 경우 코스트가 너무 많이 발생하는 문제가 있었으며 통계적 모델을 이용하는 경우에는 만족스럽지 못한 성능을 나타내는 경우가 많았다. 개시된 기술에서는 이러한 문제점을 해결하고자 상위신뢰 한계도를 응용하여 무인비행체의 5G 성능 맵을 구축한다.
- [0024] UCB는 종래 MAB(Multi armed bandits) 문제를 기반으로 한 알고리즘이다. MAB는 복수의 슬롯머신들 중 최적의 수익을 얻을 수 있는 특정 슬롯머신을 결정하기 위해서 탐험(Exploration)과 활용(Exploitation)을 적절하게 이용하여 통계적 방법이 갖는 부정확성을 개선하는 것이 핵심이다. UCB도 MAB처럼 탐험에 대한 경험을 바탕으로 최적의 선택을 하는 것과 마찬가지로 무인비행체가 이동하는 위치에 대한 정보를 일정한 주기마다 획득하고 각 위치 별 5G 커버리지 성능을 이용하여 최적의 이동 경로를 선택하는 것이다. 무인비행체에 탑재된 모델은 드론이 이동한 이전 위치에 대한 UCB를 저장하고 있으며 이를 현재 위치의 5G 커버리지 계산 결과의 가중치로 이용할 수 있다. UCB 알고리즘에 따라 계산된 성능 맵은 라운드에서 특정 공간 채널 데이터의 신뢰 상한이 표시된 (Labeled) 공간 행렬로 구성될 수 있다.
- [0025] 한편, 모델은 이하의 수학적 1에 따라 UCB를 계산할 수 있다.



## 수학식 1

$$UCB_i(t) = \hat{\mu}_i(t) + \alpha \sqrt{\log t / N_i(t)}$$

[0026]

[0028]

여기에서  $\hat{\mu}_i$  는 샘플 평균을 의미하고,  $N_i$  는 공간  $i$  의 샘플들의 개수를 의미하고,  $\alpha$  는 적게 탐험된 (explored) 공간에 제공되는 보너스를 결정하는 파라미터를 의미한다. 즉, 무인비행체에 탑재된 모델은 아직 탐험하지 않은 공간에 가중치를 두어 3차원 공간에서 무인비행체의 이동 경로를 샘플링할 수 있다.

[0029]

한편, UCB를 이용하여 3차원 셀룰러 커버리지 맵을 샘플링하는 경우 특정 상황에서는 정확도가 떨어지는 문제가 있었다. 예컨대, 무인비행체가 5G 통신 범위의 음역지역(Hole)에 갇힌 경우에는 너무 근시적인 결과값을 계산할 수 있었다. 따라서 이러한 문제점을 극복하기 위해서 관심 공간의 주변 공간의 평균 채널 상태 정보(CSI)의 평균을 구하여 모델이 근시적인 결과값을 계산하지 않도록 할 수 있다. 모델은 커널 공간의 평균 UCB를 이용하여 무인비행체의 다음 위치를 결정할 수 있다.

[0030]

한편, 모델은 이하의 수학식 2에 따라 커널 공간의 평균 UCB를 계산할 수 있다.

## 수학식 2

$$kUCB_i(t) = \frac{\sum_{i \in \mathcal{M}_i} [\hat{\mu}_i(t) + \alpha \sqrt{\log t / N_i(t)}]}{M}$$

[0031]

[0033]

여기에서  $\mathcal{M}_i$  는 공간  $i$  에 있는 커널의 공간 집합이고  $M$  는 커널 내 공간의 개수를 의미한다. 모델은 무인비행체의 현재 위치에 대한 UCB에 주변의 성능치를 가산하여 다음 위치에 대한 5G 성능을 예측할 수 있다.

[0034]

한편, 이와 같이 5G 커버리지 성능을 예측하는 과정을 일정 횟수 반복하면 무인비행체에 대한 3차원 5G 성능 맵을 구축할 수 있다. 즉, 3차원 공간 상에서 무인비행체가 5G 커버리지를 고성능으로 지원할 수 있는 경로들을 추출(Sampling)할 수 있다. 무인비행체는 모델의 예측 결과에 따라 위치를 이동한 후 기지국에서 전송되는 스트리밍 콘텐츠를 수신할 수 있다. 무인비행체의 위치가 5G 커버리지 성능이 높은 위치이므로 수신된 스트리밍 콘텐츠를 이용하여 라이브 스트리밍을 할 수 있다.

[0035]

도 2는 개시된 기술의 일 실시예에 따른 3차원 5G 커버리지 맵 구축 방법에 대한 순서도이다. 도 2를 참조하면 3차원 5G 커버리지 맵 구축 방법은 드론에 탑재된 모델을 통해 수행될 수 있다. 모델은 종래의 MAB 알고리즘을 개선한 UCB 알고리즘에 해당하며 해당 알고리즘을 탑재한 디바이스가 무인비행체에 탑재될 수 있다. 그리고 무인비행체가 비행하는 중 실시간으로 이하의 방법들을 순차적으로 수행할 수 있다.

[0036]

210 단계에서 모델은 무인비행체의 현재 위치를 파악한다. 무인비행체에 탑재된 GPS 센서로부터 일정 주기마다 전송되는 GPS 정보를 이용하여 위치를 파악할 수 있다.

[0037]

220 단계에서 모델은 무인비행체의 현재 위치에 대응하는 5G 커버리지 성능을 계산할 수 있다. 5G 커버리지 성능은 앞서 도 1을 참조하여 설명한 바와 같이 Iperf-3과 같은 네트워크 성능 측정 도구를 이용하여 계산할 수 있다.

[0038]

230 단계에서 모델은 무인비행체의 이전 위치에서의 5G 커버리지 성능에 따라 계산된 상위신뢰 한계도(Upper Confidence Bound, UCB)를 현재 위치의 5G 커버리지 성능을 계산한 결과의 가중치로 적용하여 무인비행체의 다음 위치의 5G 커버리지 성능을 예측할 수 있다. 모델은 커널 공간의 평균 UCB를 이용하여 무인비행체의 다음 위치를 결정할 수 있다. 모델은 210 내지 230 단계를 일정 횟수 반복하여 무인비행체에 대한 3차원 5G 성능 맵을



구축할 수 있다. 그리고 무인비행체는 모델의 예측 결과에 따라 위치를 이동한 뒤, 기지국에서 전송되는 스트리밍 콘텐츠를 수신하여 라이브 스트리밍을 할 수 있다.

- [0039] 도 3은 개시된 기술의 일 실시예에 따른 3차원 5G 커버리지 맵 구축 장치에 대한 블록도이다. 도 3을 참조하면 3차원 5G 커버리지 맵 구축 장치(300)는 무인비행체에 탑재되는 5G 디바이스일 수 있으며 통신장치(310), GPS 센서(320), 저장장치(330) 및 프로세서(340)를 포함한다.
- [0040] 통신장치(310)는 기지국에 저장된 스트리밍 콘텐츠를 무선으로 수신한다. 기지국의 스트리밍 콘텐츠는 고화질 영상일 수 있으며 통신장치(310)는 무인비행체가 고화질 영상을 실시간으로 스트리밍할 수 있도록 기지국과 통신하는 장치 내지는 모듈일 수 있다.
- [0041] GPS 센서(320)는 무인비행체에 탑재되며 일정 주기마다 무인비행체의 위치를 파악할 수 있다. GPS 센서는 일정한 궤도를 따라 움직이는 위성으로부터 전파를 수신하는 GPS 수신기를 이용할 수 있다.
- [0042] 저장장치(330)는 무인비행체의 5G 커버리지 성능을 계산하는 모델을 저장한다. 저장장치(330)에 저장된 모델은 사전에 학습된 일종의 강화학습 모델일 수 있다. 모델은 무인비행체의 이동경로 별 5G 커버리지 성능과 UCB를 학습하여 무인비행체의 다음 위치를 결정할 수 있다.
- [0043] 프로세서(340)는 모델을 이용하여 무인비행체의 이전 위치에서의 5G 커버리지 성능에 따라 계산된 상위신뢰 한계도(Upper Confidence Bound, UCB)를 무인비행체의 현재 위치의 5G 커버리지 성능을 계산한 결과의 가중치로 적용하여 다음 위치의 5G 커버리지 성능을 예측한다. 프로세서는 커널 공간의 평균 UCB를 이용하여 무인비행체의 다음 위치를 결정할 수 있으며 위치 결정에 따른 계산 과정을 반복함으로써 무인비행체에 대한 3차원 5G 성능 맵을 샘플링할 수 있다.
- [0044] 한편, 상술한 바와 같은 3차원 5G 커버리지 맵 구축 장치(300)는 컴퓨터에서 실행될 수 있는 실행가능한 알고리즘을 포함하는 프로그램(또는 어플리케이션)으로 구현될 수도 있다. 상기 프로그램은 일시적 또는 비일시적 판독 가능 매체(non-transitory computer readable medium)에 저장되어 제공될 수 있다.
- [0045] 비일시적 판독 가능 매체란 레지스터, 캐쉬, 메모리 등과 같이 짧은 순간 동안 데이터를 저장하는 매체가 아니라 반영구적으로 데이터를 저장하며, 기기에 의해 판독(reading)이 가능한 매체를 의미한다. 구체적으로는, 상술한 다양한 어플리케이션 또는 프로그램들은 CD, DVD, 하드 디스크, 블루레이 디스크, USB, 메모리카드, ROM(read-only memory), PROM(programmable read only memory), EPROM(Erasable PROM, EPROM) 또는 EEPROM(Electrically EPROM) 또는 플래시 메모리 등과 같은 비일시적 판독 가능 매체에 저장되어 제공될 수 있다.
- [0046] 일시적 판독 가능 매체는 스태틱 램(Static RAM, SRAM), 다이내믹 램(Dynamic RAM, DRAM), 싱크로너스 디램(Synchronous DRAM, SDRAM), 2배속 SDRAM(Double Data Rate SDRAM, DDR SDRAM), 증강형 SDRAM(Enhanced SDRAM, ESDRAM), 동기화 DRAM(SyncLink DRAM, SLDRAM) 및 직접 램버스 램(Direct Rambus RAM, DRRAM) 과 같은 다양한 RAM을 의미한다.
- [0047] 도 4는 UCB 알고리즘에 따라 경로를 결정하는 것을 나타낸 도면이다. 도 4는 실제 필드 데이터를 기반으로 시뮬레이션을 수행한 것을 나타낸 결과로, 무인비행체가 UCB에 따라 커버리지 맵을 갱신하여 이동 가능한 위치 중 첫 번째 위치(401)로 이동한 것을 가정한 것이다. 도 4에 도시된 5G NSA 필드 테스트는 동일한 크기의 GPS 고도 공간 150개를 사용하여 100m x 120m x 100m 의 3차원 공간에서 수행되었으며 각 공간에는 약 300개의 UL 대역폭을 측정하였으며 무인비행체에 장착된 5G 디바이스와 기지국에 있는 서버 간의 테스트를 통해 수행되었다.
- [0048] 도 5는 3차원 5G 커버리지 맵을 나타낸 도면이다. 도 5의 (a)는 사전에 설정된 메뉴얼을 따라 샘플링된 맵을 나타낸 것이고, (b)는 통계적 샘플링에 따른 맵을 나타낸 것이고, (c)는 랜덤 워크 방식으로 샘플링된 맵을 나타낸 것이고, (d)는 UCB의 파라미터를 10으로 설정하여 샘플링된 맵을 나타낸 것이고 (e)는 UCB의 파라미터를 100으로 설정하여 샘플링된 맵을 나타낸 것이고 (f)는 커널 공간의 평균 UCB를 이용하여 샘플링된 맵을 나타낸 것이다. 참고로 UCB를 이용한 샘플링 방식을 MADUS(Multi Armed Drone UCB Sampling)이라고 하고, 커널 공간의 평균 UCB를 이용한 샘플링 방식을 K-MADUS(Kernelized-Multi Armed Drone UCB Sampling)이라고 한다.
- [0049] 도 5와 같이 각 공간의 평균 업링크(Up Link) 처리 성능을 살펴보면 공급업체에서 제공한 지상과 커버리지 맵은 해당 지역이 완전히 커버된 것으로 표시되고 있으나 실제로는 고도에 따라 다를 수 있다. 이는 일반적인 지상과 사용자에게는 전혀 문제되지 않지만 공중에 위치한 사용자에게는 통신이 제한되는 문제가 발생할 수 있다. 즉, 지상의 셀룰러 네트워크에서는 정상적인 커버리지 영역으로 처리되고 있지만 지상보다 높은 고도에 위치한 사용

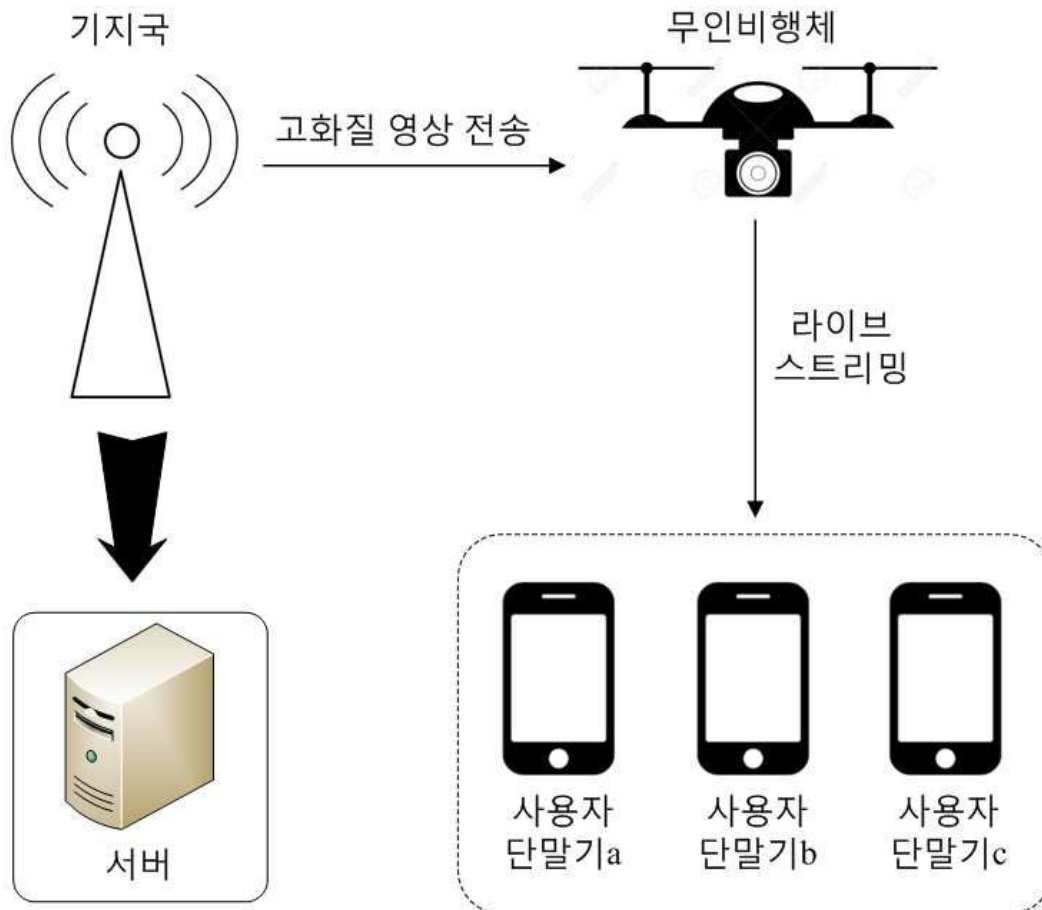
자에게는 프레임 드랍이 발생하는 음영지역일 수 있다.

- [0050] 한편, 도 5에 도시된 바와 같이 채널이 불량한 공간은 밝은 색의 구체로 표시되며 채널이 좋은 공간은 어두운 색의 구체로 표시된다. 공간에 대해 수집된 데이터의 양은 구의 크기로 표현된다. 구가 클수록 데이터의 양이 많은 것을 의미한다. 도 5와 같이 커널 공간의 평균 UCB를 이용하는 경우의 구체의 크기가 가장 큰 것으로 테스트되었다.
- [0051] 도 6은 각 알고리즘 별 성능을 평가한 것을 나타낸 도면이다. 순서대로 첫 번째는 통계적인 샘플링 결과이고 두 번째는 랜덤 워크 기반 샘플링 결과이고 세 번째는 UCB 기반 샘플링(MADUS) 결과이고 네 번째는 커널 공간의 평균 UCB를 이용한 샘플링(K-MADUS) 결과이다.
- [0052] 도 6과 같이 통계적 방식(Survey)과 무작위 방식을 기준으로 하여 MADUS 방식과 K-MADUS 방식을 비교하면 기준보다 더 효과적인 샘플링을 처리한 것을 확인할 수 있다. 통계적 방식은 앞서 도 5에서 일관된 구 크기로 표시된 것처럼 모든 지점을 공정하게 커버하는 전체 관심 영역에 걸쳐서 지그재그로 횡단하는 것으로 샘플링된다. 랜덤 워크 기반 샘플링은 동일한 확률로 무작위로 인접한 지점으로 이동하면서 샘플링된다. 반면, MADUS와 K-MADUS는 두 기준 방식 대비 Regret이 더 적게 나타나고 있으므로 효과적인 경로 샘플링을 수행한 것이다.
- [0053] 한편, 근시안적인 MADUS의 단점을 극복하기 위해서 K-MADUS 커널은 현재 위치를 포함한 모든 인접 지점으로 설정될 수 있다. K-MADUS의 성능은 커널의 모양에 크게 좌우될 수 있다. 선택된 커널은 수렴 보장(Convergence Guarantee)을 글로벌 최대값으로 타협하여 이웃이 고성능을 나타내는 로컬 최대값으로 초고속 수렴을 가능하게 한다. 즉, 무인비행체의 주변 성능치를 가산하여 5G 커버리지 성능을 예측할 수 있다.
- [0054] 도 6에서의 시뮬레이션은 실제 필드 데이터를 사용하여 수행된 것으로, 2,900회 샘플링 라운드를 실행하여 얻은 결과이다. 도 6에서 MADUS와 K-MADUS는 모두 처리량 관점에서 상술한 2가지 기준 방식보다 높은 성능을 나타내는 것으로 확인되었다. 즉, MADUS와 K-MADUS는 두 알고리즘 대비 더 나은 채널을 가진 공간을 찾는 것으로 해석할 수 있으며 이는 공간의 채널 정보를 더 빨리 학습하고 있다고 해석할 수 있다.
- [0055] 개시된 기술의 일 실시예에 따른 3차원 5G 커버리지 맵 구축 방법 및 장치는 이해를 돕기 위하여 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 분야에서 통상적 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 개시된 기술의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위에 의해 정해져야 할 것이다.

도면

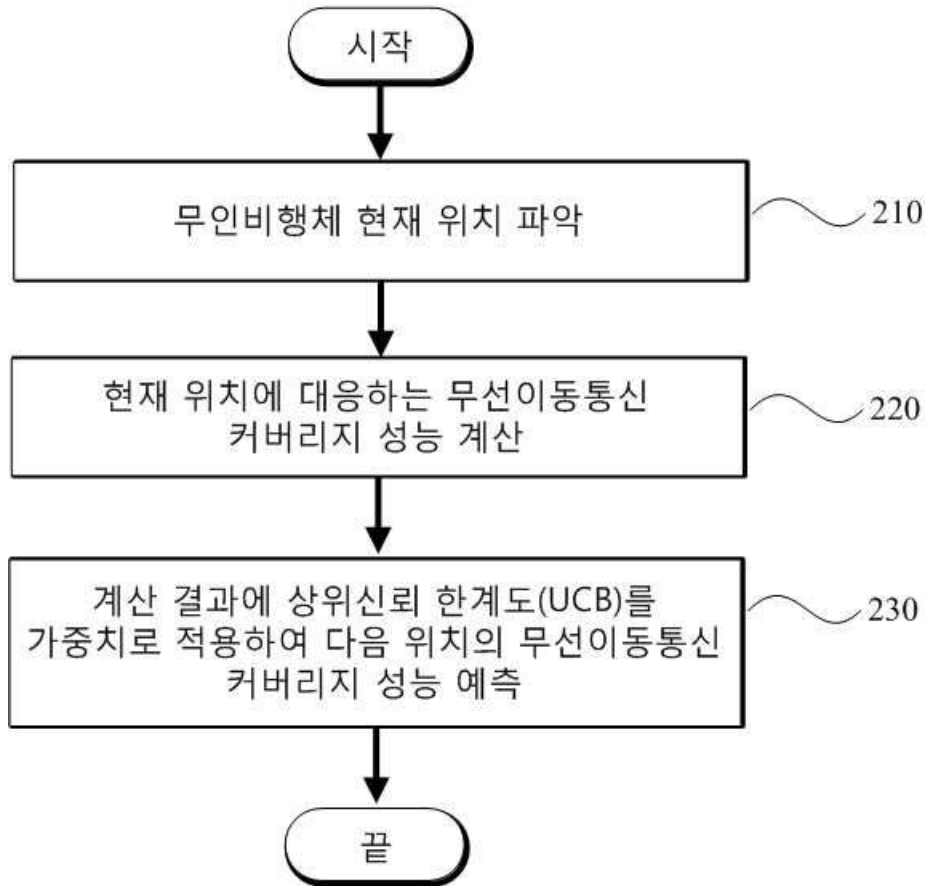
도면1

**100**

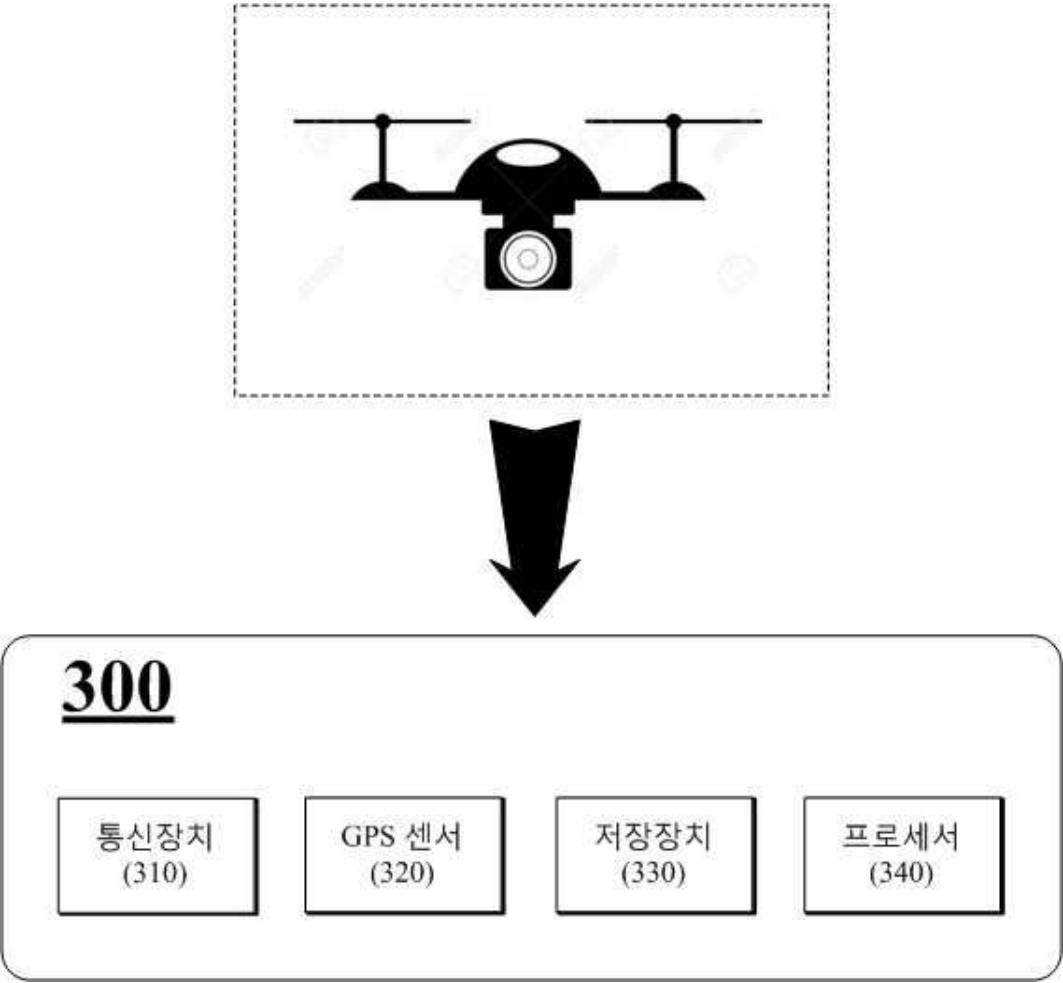


도면2

**200**

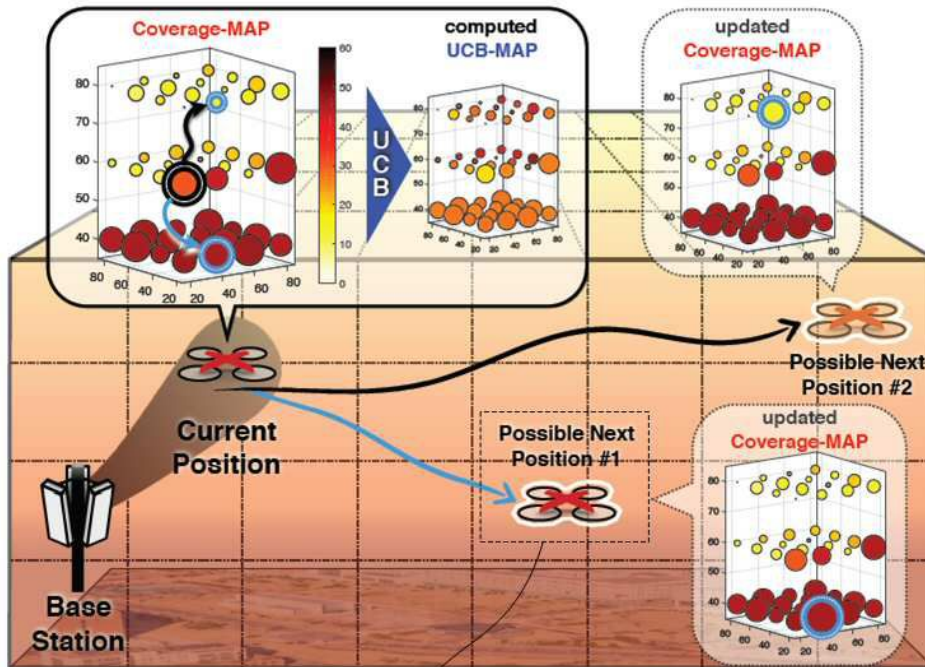


도면3



도면4

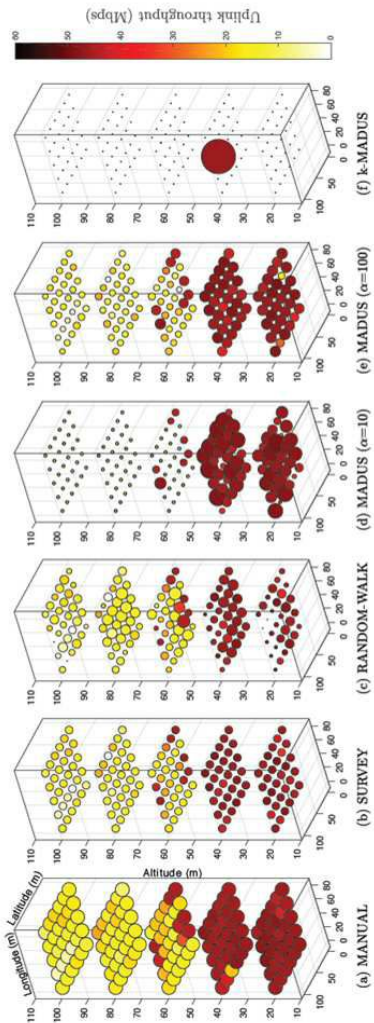
**400**



401

도면5

500





도면6

600

