



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102018000000616
Data Deposito	08/01/2018
Data Pubblicazione	08/07/2019

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	05	D	1	10

Titolo

SISTEMA E METODO PER ESEGUIRE OPERAZIONI SU UN OGGETTO TRAMITE DRONI

DESCRIZIONE DELL'INVENZIONE INDUSTRIALE dal titolo:

"SISTEMA E METODO PER ESEGUIRE OPERAZIONI SU UN OGGETTO TRAMITE DRONI"

a nome di Istituto Superiore Mario Boella sulle Tecnologie dell'Informazione e delle Telecomunicazioni elettivamente domiciliato, ai fini del presente incarico, presso i Mandatari Matteo BARONI (No. Iscr. Albo 1064BM), Mirco BIANCO (No. Iscr. Albo 1639B), Corrado BORSANO (No. Iscr. Albo 446BM), Marco CAMOLESE (No. Iscr. Albo 882BM), Filippo FERRONI (No. Iscr. Albo 530BM), Elisa GIRALDI (No. Iscr. Albo 1650B) e Giancarlo REPOSIO (No. Iscr. Albo 1168BM) c/o Metroconsult S.r.l., Via Sestriere 100, 10060 NONE (TO).

Inventori:

- Pietro RUIU, nazionalità italiana, residente in via Marialisa de Carolis 11, 07100 Sassari (SS);
- Francesco Sottile, nazionalità italiana, residente in via Issiglio 95/8, 10137 Torino (TO);
- Massimo Marcarini, nazionalità italiana, Via Baudana 27, San Raffaele Cimena (TO);
- Frediano Checchinato, nazionalità italiana, via Cascina 106/3, 10090 Bruino (TO);

Depositata il:

No.:

DESCRIZIONE

Campo dell'invenzione

La presente invenzione riguarda in generale l'esecuzione di operazioni sulle superfici di un oggetto, in particolare un edificio, un'opera architettonica come un monumento o un ponte, o una siepe, per mezzo di una flotta di droni.

Lo scopo principale dell'invenzione è fornire un sistema per eseguire una operazione sulle superfici di un oggetto, siano esse superfici orizzontali o verticali, di

qualsiasi forma e materiale, quali per esempio strutture naturali come piante o siepi, edifici, manufatti.

In particolare, tali operazioni possono essere eseguite da droni o in generale da aeromobili a volo autonomo.

Descrizione dello stato della tecnica

Con il termine drone si intende un mezzo aereo a pilotaggio remoto, destinato al trasporto per aria di persone o cose. Il volo dei droni è regolato da leggi speciali, ad esempio dai regolamenti dell'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile) e, per le zone militari, dai decreti del Ministero della Difesa.

Il volo di un drone è controllato da un pilota o da un navigatore elettronico, che da una postazione remota indica i parametri di volo attuabili per mezzo di un computer di bordo.

L'utilizzo di droni in ambito militare è consolidato già da parecchi anni, soprattutto per operazioni di attacco o monitoraggio di aree a rischio, ritenute particolarmente pericolose per aeromobili con umani a bordo.

Tuttavia, negli ultimi anni, i droni stanno prendendo sempre più peso nel settore dell'aviazione civile a livello globale, sia per la veloce diffusione che per le potenzialità di nuove ed innovative attività economiche.

Oltre al monitoraggio ambientale e al telerilevamento, i droni in ambito civile vengono impiegati per garantire la sicurezza e il monitoraggio di aree specifiche quali le frontiere, i siti archeologici, gli impianti industriali, oppure a supporto di enti specializzati per attività di ricerca e soccorso.

I droni sono anche impiegati per svolgere attività di logistica, come la gestione dei magazzini o il trasporto e la consegna di merce.

Sempre più spesso inoltre, vengono impiegati per

attività commerciali di videoriprese e fotografia o in eventi artistici e culturali.

I droni, ancora oggi, pongono notevoli sfide nell'individuazione di regole adeguate sia per la sicurezza delle città e dei cittadini, con i quali i droni entreranno in contatto, sia per gli operatori economici che intendono farne uso.

La ricerca sullo stato dell'arte nell'ambito della soluzione qui proposta ha riguardato due applicazioni principali, ovvero l'utilizzo di droni in ambito agricolo per la potatura di piante, anche a fine decorativo, e l'utilizzo di droni per la stampa di oggetti tridimensionali.

Di seguito le due suddette applicazioni verranno indicate rispettivamente con le seguenti diciture: droni per la potatura e droni per la stampa 3D.

Eseguendo la ricerca in questi ambiti è stata rilevata una importante attività inventiva sui temi analizzati, riscontrabile dall'elevato numero di brevetti e documenti riscontrabili.

In particolare sul tema dei droni per la potatura di piante e siepi esiste un elevato numero di brevetti (prevalentemente brevetti cinesi).

Di seguito alcuni riferimenti ai brevetti sui droni per potatura:

- CN105684746 - "Unmanned aerial vehicle special for agriculture and forestry pruning",

- CN205623357U - "Prune branch device based on unmanned aerial vehicle",

- CN106612944 - "Portable type light trimming structure of unmanned aerial vehicle (UAV) provided with multiple rotary wings",

- CN206365272U - "Efficient cutting structure for an agricultural one unmanned aircraft",

- CN106941944 - "Horticultural pruning flying robot",
e
- CN105667762 - "Municipal garden the unmanned aircraft".

Un approfondimento di ricerca che esce dall'ambito brevettuale ha portato ad individuare anche alcuni link in cui si parla di come costruire un drone per potare gli alberi.

Di seguito alcuni riferimenti:

<http://www.popularmechanics.com/flight/drones/a26102/jamie-hyneman-drone-plants/>,

<http://diydrones.com/profiles/blogs/drones-for-tree-trimming>,

<https://www.youtube.com/watch?v=FEigumNOXA4>,

<https://www.youtube.com/watch?v=6Viwwetf0gU>,

Per quanto riguarda invece l'applicazione dei droni per la stampa 3D è stato identificato un solo brevetto riconducibile all'idea mentre nella ricerca nel campo non brevettuale ha permesso di rilevare solamente alcuni accenni alla possibilità di stampare oggetti con i droni, ma al momento non esistono implementazioni.

Il campo di applicazione dei droni per la stampa 3D è soprattutto l'edilizia.

Di seguito vengono riportati il documento brevettuale e i link identificati durante la ricerca in questo campo:

- US20170190104 - "Multi-drone based three-dimensional printing",

<http://www.bath.ac.uk/research/news/2016/02/17/robotic-drones-to-'print'-emergency-shelters-for-those-in-need/>,

<https://jiaqirao.deviantart.com/journal/3D-printing-with-drones-650232814>,

<https://geekcon-prod.herokuapp.com/projects/156>,

<http://people.bath.ac.uk/ps281/research/publications/>,

e

https://www.youtube.com/watch?v=S_CRP2wtEdw.

Analizzando le soluzioni di arte nota individuate, gli inventori hanno riscontrato numerose criticità.

In primo luogo quasi tutte le soluzioni di arte nota considerate, ad eccezione del brevetto per la stampa 3D (US20170190104), utilizzano un singolo drone.

Inoltre, con le soluzioni descritte nei documenti di arte nota non è considerata la possibilità di effettuare una molteplicità di operazioni simultaneamente.

Nelle soluzioni di arte nota i droni sono predisposti per effettuare una singola operazione, come per esempio la potatura, utilizzando un singolo attrezzo, come per esempio una cesoia o una lama rotante.

Nelle soluzioni di arte nota, ad eccezione del brevetto per la stampa 3D (US20170190104), il drone è equipaggiato con dispositivi (telecamere o sensori) che permettono all'operatore di controllare il volo del drone e di visualizzare il punto su cui agire.

Infine per quanto riguarda il brevetto per la stampa 3D (US20170190104), sebbene le operazioni siano predeterminate, risulta che la tecnica adottata, chiamata additiva, sia limitativa per alcune tipologie di operazioni. Tale tecnica permette infatti di aggiungere materiale ad un oggetto, rendendo difficoltose le operazioni o la realizzazione di parti a sbalzo rispetto alla superficie principale.

Scopo e sintesi

Lo scopo principale dell'invenzione è quello di fornire un sistema per effettuare una operazione sulle superfici di un oggetto, siano esse orizzontali o verticali e di qualsiasi forma e materiale, quali per esempio strutture naturali come alberi o siepi, edifici, ponti, manufatti.

Tale obiettivo è raggiunto attraverso una flotta di

droni, che volano in modo autonomo e effettuano almeno una operazione sulle superfici dell'oggetto considerato, aggiungendo o sottraendo materiale (spruzzatura, rilascio, soffiamento, asportazione, raschiamento), attraverso l'uso di specifica attrezzatura posta a bordo del drone.

La presente invenzione considera la possibilità di equipaggiare i droni con una molteplicità di attrezzi che permettono di effettuare diverse operazioni sulle superfici di un oggetto.

Inoltre nella presente invenzione il punto su cui eseguire l'operazione e il tipo di operazione, viene determinato da un operatore, prima del volo dei droni, con un apposito sistema che permette di visualizzare una rappresentazione 3D dell'oggetto su cui eseguire l'operazione.

Inoltre nella presente invenzione l'uso di tecniche sottrattive, in cui gli utensili a bordo dei droni possono eseguire operazioni tipo rasatura, raschiamento di materiale dalle pareti e possono permettere di superare le criticità delle anteriorità sopra indicate.

In particolare, tale scopo viene raggiunto da un sistema per eseguire un'operazione su un oggetto per mezzo di una flotta di droni equipaggiati con utensili per eseguire l'operazione. Il sistema comprende:

- mezzi di elaborazione atti a ricevere in ingresso informazioni per calcolare le traiettorie per portare la flotta di droni nella posizione desiderata per eseguire l'operazione, e i mezzi di elaborazione sono atti a trasmettere le traiettorie di volo e le istruzioni per eseguire l'operazione sull'oggetto ai droni, e

- un sistema di posizionamento locale comprendente una pluralità di nodi ancora in tecnologia Ultra-Wide-Band disposti intorno all'oggetto lungo i lati delle superfici

del poliedro ideale che circostrive l'oggetto.

Ciascun drone della flotta è equipaggiato con:

- un ricetrasmittitore UWB in comunicazione con i nodi ancora, e in ogni istante il drone è in comunicazione con almeno quattro nodi ancora, e

- una pluralità di sensori a ultrasuoni per misurare la distanza del drone rispetto agli altri droni e rispetto ad ostacoli,

in cui la flotta di droni seguendo per punti le traiettorie inviate dai mezzi di elaborazione esegue l'operazione sull'oggetto per mezzo degli utensili.

La presente invenzione riguarda anche un metodo per eseguire un'operazione su un oggetto per mezzo di una flotta di droni equipaggiati con utensili.

Il metodo comprende i seguenti passi:

- un passo di identificazione punto, in cui tramite una rappresentazione 3D dell'oggetto si individua il punto dell'oggetto su cui si intende operare e le operazioni da compiere,

- un passo di elaborazione traiettorie (102), in cui il punto dell'oggetto su cui si intende operare e le operazioni da compiere vengono elaborate attraverso un Central Server CS per restituire le traiettorie per la flotta di droni, e

- un passo di equipaggiamento in cui ciascun drone della flotta viene equipaggiato con l'attrezzo necessario per svolgere la prima operazione.

Per ciascun drone (20) della flotta si ha:

- un passo di localizzazione in cui ciascun drone riceve da un sistema di localizzazione informazioni sulla posizione del drone,

- un passo di verifica posizione in cui ciascun drone verifica se si trova nella posizione corretta per effettuare l'operazione prevista, e

- in caso negativo, il drone continua a volare per spostarsi nel punto desiderato e il controllo ritorna al passo di localizzazione,

- in caso affermativo, in un passo di esecuzione il drone esegue l'operazione prevista,

- un passo di verifica termine lavoro, in cui il drone verifica se si tratta dell'ultima operazione da compiere,

- in caso negativo, il controllo ritorna al passo di equipaggiamento e il drone rientra al punto di partenza e attende l'installazione dell'attrezzo necessario per svolgere la successiva operazione, e

- in caso affermativo, in un passo finale il drone rientra alla posizione iniziale e spegne i motori.

I passi vengono ripetuti finché l'operazione sull'oggetto non è conclusa.

Breve descrizione delle figure

Ulteriori vantaggi, obiettivi e caratteristiche nonché forme di realizzazione della presente invenzione sono definite nelle rivendicazioni e risulteranno chiare dalla descrizione dettagliata esposta nel seguito con riferimento alle tavole di disegno nelle quali parti identiche o corrispondenti sono identificate per mezzo degli stessi numero di riferimento.

Nelle figure:

- la Figura 1 è uno schema a blocchi indicativo dell'architettura generale del sistema oggetto dell'invenzione,

- la Figura 2 è una rappresentazione esemplificativa di una flotta di droni che operano su un oggetto e si spostano in modo autonomo grazie al sistema di localizzazione e un modulo che gestisce il movimento del drone, e

- la Figura 3 è un diagramma di flusso dei passi del metodo secondo l'invenzione.

Descrizione particolareggiata

Nella seguente descrizione sono illustrati vari dettagli specifici finalizzati ad una approfondita comprensione di esempi di una o più forme di attuazione. Le forme di attuazione possono essere realizzate senza uno o più dei dettagli specifici, o con altri metodi, componenti, materiali ecc. In altri casi, strutture, materiali o operazioni noti non sono mostrati o descritti in dettaglio per evitare di rendere oscuri vari aspetti delle forme di attuazione. Il riferimento ad "una forma di attuazione" nell'ambito di questa descrizione sta ad indicare che una particolare configurazione, struttura o caratteristica descritte in relazione alla forma di attuazione è compresa in almeno una forma di attuazione. Quindi, frasi come "in una forma di attuazione", eventualmente presenti in diversi luoghi di questa descrizione, non sono necessariamente riferite alla stessa forma di attuazione. Inoltre, particolari conformazioni, strutture o caratteristiche possono essere combinati in un modo adeguato in una o più forme di attuazione.

I riferimenti qui utilizzati sono soltanto per comodità e non definiscono dunque l'ambito di tutela o la portata delle forme di attuazione.

Mentre la presente invenzione verrà chiarita nel seguito per mezzo di una descrizione dettagliata con riferimento alle tavole di disegni di alcune sue forme di realizzazione, va notato che la presente invenzione non è limitata alle forme di realizzazione descritte e rappresentate nelle tavole di disegno, ma piuttosto che le forme di realizzazione descritte e illustrate esemplificano i vari aspetti della presente invenzione, lo scopo della quale è definito dalle rivendicazioni.

In sintesi la soluzione qui descritta prevede

l'utilizzo di una flotta di droni, ad esempio una flotta di quattro o più droni, per effettuare operazioni sulle superfici S di un oggetto tridimensionale O attraverso l'utilizzo di specifica attrezzatura e di specifici utensili (come ad esempio spruzzatori, lame, etc.) atti ad effettuare l'operazione prevista.

Ad esempio, per effettuare l'operazione di manutenzione su un oggetto O come un edificio, un'opera muraria, o delle siepi, vengono utilizzate le traiettorie di volo calcolate sulla base di informazioni iniziali fornite dall'utilizzatore.

Le informazioni iniziali possono comprendere la posizione iniziale del drone rispetto all'oggetto, il tipo di operazione da svolgere, lo strumento da utilizzare, e il materiale da utilizzare.

La soluzione qui descritta permette di eseguire operazioni su di un oggetto O per mezzo di un sistema che comprende un Central Server CS 10 e una pluralità di droni 20.

Il Central Server CS 10 comprende un modulo Action Receiver AC 14 che integra una GUI (Graphical User Interface) attraverso la quale l'utilizzatore può settare tutte le operazioni che la flotta di droni 20 deve eseguire sulla superficie S dell'oggetto O .

Il modulo Action Receiver AC 14 invia le informazioni ad un modulo Fleet Trajectory Calculator FTC 16, che riceve in ingresso i dati di settaggio dal modulo Action Receiver AC 14.

Infine, il modulo Fleet Trajectory Calculator FTC 16 invia ad un modulo Fleet Manager FM 18 le traiettorie calcolate dal modulo Fleet Trajectory Calculator FTC 16.

Inoltre, ogni drone 20 della flotta è equipaggiato con un modulo Flight Controller FC 22 che rappresenta

l'autopilota del drone 20 e un modulo Onboard PC 30.

Il modulo Onboard PC 30 comprende un modulo di localizzazione software Localization Algorithm LA 32 che colloquia con un modulo UWB-Mobile 26 che è un dispositivo basato sulla tecnologia UWB (Ultra Wide Band) collocato sul drone 20.

Il modulo Localization Algorithm LA 32 a bordo di ogni drone 20 riceve in ingresso le misure eseguite dal modulo UWB-Mobile 26 e stima le coordinate del drone 20 nello spazio rispetto all'oggetto O.

Il modulo UWB-Mobile 26 comunica con il modulo di interfaccia grafica UWB-Loc GUI (Graphical User Interface) 12 nel CS 10 tramite l'invio di UWB_Loc data 54.

Il modulo di interfaccia grafica UWB-Loc GUI 12 permette di visualizzare in tempo reale le posizioni della flotta di droni.

Il modulo Localization Algorithm LA 32 restituisce in uscita la stima di posizione del drone 20 che viene inviata in ingresso al modulo Drone Trajectory Manager DTM 34. Il modulo Drone Trajectory Manager DTM 34, elaborando tali informazioni determina in modo dinamico il prossimo punto da raggiungere o prossimo Way Point.

Le coordinate del Way Point vengono inviate a due moduli ovvero al modulo Action Actuator Manager AAM 36 e al modulo Flight Controller FC 22.

Inoltre il modulo Onboard PC 30 a bordo di ogni drone 20 della flotta comprende anche un modulo Collision Avoidance Module CAM 38 che riceve i dati misurati dai moduli Ultrasounds sensors US 24, li elabora e invia messaggi relativi alla presenza di ostacoli o di altri droni della flotta al Flight Controller FC 22.

Infine, sul drone 20 è presente anche un modulo Action Actuator AA 28 che è un modulo attuatore che gestisce l'avvio

e il termine delle operazioni sull'oggetto O.

Per provare a definire meglio le operazioni che possono essere eseguite, a titolo esemplificativo, si possono ipotizzare i seguenti esempi:

- realizzare una scultura partendo da oggetti di forma grezza tramite sottrazione di materiale in eccesso (per esempio la scultura di un tutto tondo, un'immagine in rilievo o la potatura artistica di una siepe o di un albero), e

- applicare materiale su oggetti a scopo costruttivo o manutentivo, per esempio del cemento o del materiale impermeabilizzante su una parete di un edificio o palazzo.

I droni 20 della flotta possono muoversi nello spazio in modo autonomo, grazie ad un sistema di localizzazione di precisione e ad un sistema di controllo del volo, che sono a bordo di ciascun drone 20 per fornire le traiettorie da seguire permettendo al drone 20 di volare attorno all'oggetto O in modo da raggiungerne le superfici S da lavorare.

Il drone 20 è equipaggiato con speciali dispositivi e attrezzi che consentono di eseguire l'operazione prestabilita.

Tali attrezzi e dispositivi saranno diversi a seconda del materiale di cui è costituito l'oggetto O.

Ad esempio, gli attrezzi saranno lame rotanti o fisse se si tratta di piante e se l'operazione da eseguire è la potatura.

Diversamente, nel caso in cui l'operazione da eseguire sia la lavorazione della superficie di un edificio gli attrezzi comprenderanno delle frese per materiali duri quale legno, pietre o mattoni.

Infine, è possibile pensare ad attrezzi come ugelli per lo spruzzamento o il deposito di fluidi o liquidi sulle pareti di un edificio, come per esempio acqua ad alta pressione mischiata a sabbia per erodere materiali friabili

o per ricoprire una parete con un materiale impermeabilizzante.

Nella soluzione qui proposta la forma originale dell'oggetto O di partenza è nota all'utilizzatore, sotto forma di una rappresentazione digitale 3D, come per esempio il disegno CAD di un edificio, oppure la scansione 3D dell'oggetto O stesso.

Attraverso appositi strumenti software, la rappresentazione 3D verrà utilizzata per identificare i punti sull'oggetto O che dovranno essere lavorati e l'elenco delle operazioni da eseguire sull'oggetto O.

Una volta definito l'elenco delle operazioni da svolgere, questo verrà inviato al Server Centrale CS 10 del sistema che elaborerà le traiettorie di volo da trasmettere ai droni 20 della flotta.

La soluzione qui descritta prevede inoltre un sistema di posizionamento locale ad alta precisione, per esempio basato su sistemi a banda larga (UWB - Ultra Wide Band), che permetterà la localizzazione di ciascun drone 20 della flotta e la determinazione del punto esatto in cui ciascun drone 20 dovrà operare sull'oggetto O.

Il sistema di posizionamento necessita dell'installazione di un numero di nodi UWB fissi di riferimento, chiamati anche "nodi ancora" e indicati in Figura 1 con i riferimenti UWB-A1, UWB-A3, UWB-A3, UWB-Ax e UWB-AN, che sono disposti in modo da circondare l'oggetto O su cui i droni 20 lavoreranno per eseguire le operazioni.

Come già anticipato, la Figura 1 è uno schema a blocchi indicativo dell'architettura generale del sistema secondo la soluzione qui descritta e la Figura 2 è una rappresentazione esemplificativa di una flotta di droni 20 che operano su un oggetto O e si spostano in modo autonomo grazie al sistema di localizzazione e al modulo che gestisce il movimento dei

droni 20 della flotta.

Il sistema comprende mezzi di elaborazione denominati Central Server CS 10, per esempio ospitati in cloud o su un server nelle vicinanze, che possono comunicare con i droni 20 della flotta ai quali trasmettono le traiettorie di volo e le istruzioni per eseguire le operazioni da effettuare, facendo in modo che i droni 20 della flotta non collidano tra loro e con gli oggetti circostanti (fissi o in movimento).

I nodi ancora UWB-A1, UWB-A3, UWB-A3, UWB-A4, UWB-Ax e UWB-AN del sistema di localizzazione di precisione L dovranno essere dislocati attorno all'oggetto O in modo che ciascun drone 20 della flotta, equipaggiato con un ricetrasmittitore UWB 12, sia in comunicazione con almeno quattro nodi ancora UWB-A1, UWB-A3, UWB-A3, UWB-A4, UWB-Ax e UWB-AN per calcolare la sua posizione in 3D rispetto alle superfici S dell'oggetto O.

I mezzi di elaborazione Central Server CS 10 ricevono dall'utilizzatore come dati in ingresso le informazioni utili per calcolare le traiettorie per arrivare al punto in cui effettuare l'operazione desiderata, la durata dell'operazione, lo strumento e il materiale da utilizzare. Tali informazioni vengono memorizzate a bordo dei mezzi di elaborazione ME ospitati a bordo del Central Server CS 10.

I componenti principali dell'architettura di sistema e funzionale possono essere riassunti come segue.

Il Central Server CS 10, per esempio ospitato in cloud o su un server nelle vicinanze, comunica con i droni 20 della flotta ai quali trasmette le traiettorie di volo e le istruzioni sulle operazioni da effettuare, facendo in modo che i droni 20 non collidano tra loro e con gli oggetti circostanti. Gli oggetti circostanti possono essere fermi o in movimento.

Il Central Server CS 10 riceve come dati in ingresso, forniti dall'utilizzatore, le informazioni utili per calcolare le traiettorie per arrivare al punto in cui effettuare l'operazione desiderata, la durata dell'operazione, lo strumento e il materiale da utilizzare. Queste informazioni vengono memorizzate a bordo del Central Server CS 10.

Il Central Server CS 10 include al suo interno i seguenti moduli software SW (Figura 1):

- il modulo Action Receiver AR 14 che si occupa di ricevere dall'utilizzatore le istruzioni da effettuare sulle superfici dell'oggetto, per esempio la posizione rispetto all'oggetto O in cui eseguire l'operazione, lo strumento da utilizzare, il materiale, la forza da adoperare, la durata dell'intervento;

- il modulo Fleet Trajectory Calculator FTC 16 che prende in ingresso i dati dal modulo Action Receiver AR 14 e calcola le dinamiche (traiettorie e velocità) della flotta di droni 20 in modo tale da ottimizzare i tempi e minimizzare il rischio di collisioni nella fase di esecuzione dell'operazione; e

- il modulo Fleet Manager FM 18 che riceve in ingresso le dinamiche determinate dal modulo Fleet Trajectory Calculator FTC 16 e gestisce di volta in volta le flotte di droni 20 inviando a ciascun drone 20 della flotta, tramite un data link wireless 50 (esempio alla frequenza di 433 MHz), i dati di traiettoria, velocità e attivazione dell'operazione relativi all'intera durata di vita della batteria del drone (circa 20 - 30 minuti).

Ciascun drone 20 della flotta è un dispositivo capace di volare in modo autonomo ed equipaggiato con i mezzi atti ad effettuare delle operazioni sulle superfici di un oggetto O.

Ciascun drone 20 della flotta ospita a bordo cinque componenti Hardware HW fondamentali (Figura 1):

- il modulo Flight Controller FC 22, che rappresenta l'autopilota del drone 20. In particolare, il Flight Controller FC 22 gestisce lo spostamento del drone 20 agendo sui motori sulla base della posizione attuale (le cui coordinate sono stimate dal sistema di localizzazione L basato sulla tecnologia UWB) e delle coordinate relative al prossimo "Way Point WP", ovvero il prossimo punto da raggiungere;

- i sensori Ultrasound Sensors US 24, che stimano la distanza rispetto agli ostacoli (mobili e fissi) e agli altri droni 20 della flotta che si presentano nel raggio d'azione di ciascun sensore a ultrasuoni 24; questi sensori 24 permettono anche di mantenere il più possibile costante la distanza del drone 20 rispetto all'oggetto O;

- il modulo UWB-Mobile UWB-M 26, è un dispositivo basato sulla tecnologia UWB collocato su ciascun drone 20 della flotta; esso misura in modo periodico le distanze rispetto ai nodi ancora UWB-A1, UWB-A2, UWB-A3, e UWB-AN; tali misure vengono portate in ingresso all'algoritmo di localizzazione che viene eseguito sul modulo Onboard PC 30;

- il modulo Action Actuator AA 28, è un attuatore che gestisce l'attivazione e la disattivazione delle operazioni sull'oggetto O da lavorare;

- il modulo Onboard PC 30, ovvero un PC embedded collocato a bordo di ogni drone 20 della flotta che ospita l'intelligenza principale del velivolo; il modulo Onboard PC 30 interagisce con tutti i moduli hardware HW sopra citati attraverso opportuni moduli Software SW brevemente descritti qui di seguito.

Il modulo Onboard PC 30 comprende i seguenti moduli Software SW:

- il modulo Localization Algorithm LA 32, che è un modulo software che implementa l'algoritmo di localizzazione 3D; il modulo Localization Algorithm LA 32 prende in ingresso le misure di ranging data 52 (ovvero la distanza) effettuate dal modulo UWB-Mobile UWB-M 26 rispetto ai nodi ancora UWB-A1, UWB-A2, UWB-A3, e UWB-AN e stima le coordinate del modulo UWB-Mobile UWB-M 26 nello spazio rispetto all'oggetto O su cui operare;

- il modulo Drone Trajectory Manager DTM 34, prende in ingresso la stima di posizione attuale del drone 20 della flotta calcolata dal modulo Localization Algorithm LA 32, le traiettorie ricevute dal modulo Flight Controller FC 22 e determina in modo dinamico il prossimo Way Point WP da raggiungere; questo dato di Way Point WP calcolato viene inviato al modulo Flight Controller FC 22 insieme alla stima di posizione fornita dal modulo Localization Algorithm LA 32;

- il modulo Action Actuator Manager AAM 36 gestisce l'attuatore delle operazioni (cioè il modulo Action Actuator AA 28) sulla base della stima di posizione attuale ottenuta dal modulo Localization Algorithm LA 32 e dei dati relativi all'attivazione ricevuti dal modulo Fleet Manager FM 18;

- il modulo Collision Avoidance Module CAM 38 prende in ingresso i dati di distanza rilevati dai sensori Ultrasound Sensors US 24 e gestisce potenziali eventi di collisione (con oggetti presenti nel raggio di azione o con altri droni 20 della flotta) attraverso l'invio di opportuni messaggi correttivi al modulo Flight Controller FC 22;

- il sistema di localizzazione L, è composto da una serie di nodi ancora UWB-A1, UWB-A2, UWB-A3, UWB-A4, UWB-Ax, e UWB-AN che sono dispositivi ricetrasmittenti, disposti attorno all'oggetto O (vedere Figura 2); i dispositivi che realizzano i nodi ancora UWB-A1, UWB-A2, UWB-A3, UWB-A4,

UWB-Ax e UWB-AN sono disposti lungo i lati delle superfici del poliedro ideale che circonda l'oggetto O; la disposizione dei nodi ancora UWB-A1, UWB-A2, UWB-A3, UWB-A4, UWB-Ax e UWB-AN deve tener conto della capacità del drone 20 di poter ricevere il segnale da almeno quattro nodi ancora UWB-A1, UWB-A2, UWB-A3, UWB-Ax e UWB-AN ed in modo da ottimizzare l'accuratezza di localizzazione.

Con riferimento alla Figura 3, in un passo di identificazione punto 100 un utente utilizzatore in possesso di una rappresentazione 3D dell'oggetto O su cui si intende agire visualizza l'oggetto su un PC e attraverso un apposito applicativo indica il punto dell'oggetto O su cui si intende operare e le operazioni da compiere.

In un passo di elaborazione traiettorie 102, queste informazioni vengono utilizzate come input dal sistema oggetto della presente invenzione, che attraverso il Central Server CS 10 può elaborare le traiettorie dei droni 20, tenendo conto delle posizioni indicate, del numero di droni 20 coinvolti e delle operazioni da compiere. Avendo tutte queste informazioni, il Central Server CS 10 può calcolare le traiettorie per ciascun drone 20, facendo in modo che durante il volo le traiettorie non si incrocino ed evitando perciò possibili collisioni tra i droni 20. Una volta elaborate le traiettorie, queste vengono comunicate ai singoli droni 20.

In un successivo passo di equipaggiamento 104, un operatore, seguendo le indicazioni fornite dal Central Server CS 10, equipaggia ciascun drone 20 della flotta con l'attrezzo necessario per svolgere la prima operazione e comunica al drone 20 che è pronto a partire.

Una volta che tutti i droni 20 sono stati equipaggiati con gli attrezzi previsti, la flotta inizia a volare.

In un passo di localizzazione 106 ciascun drone 20

riceve dal sistema di localizzazione informazioni sulla sua posizione.

In un passo decisionale di verifica posizione 108 il drone 20, attraverso il suo computer di bordo, verifica se si trova nella posizione corretta per effettuare l'operazione prevista.

In caso negativo, il drone 20 continua a volare per spostarsi nel punto desiderato e il controllo ritorna al passo di localizzazione 106, in caso affermativo in un passo di esecuzione 110 il drone 20 esegue l'operazione prevista.

Successivamente, in un passo decisionale di verifica termine lavoro 112 il drone 20 verifica attraverso le informazioni che gli sono state inviate dal Central Server CS 10, se si tratta dell'ultima operazione da compiere. In caso negativo, il controllo ritorna al passo di equipaggiamento 104 e il drone 20 rientra al punto di partenza e attende che l'operatore installi l'attrezzo necessario per svolgere la successiva operazione. In caso affermativo, in un passo finale 114 il drone 20 rientra alla posizione iniziale e spegne i motori.

Naturalmente, fermo restando il principio dell'invenzione, le forme di attuazione ed i particolari di realizzazione potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto è stato descritto ed illustrato a puro titolo di esempio non limitativo, senza per questo uscire dall'ambito di protezione della presente invenzione definito dalle rivendicazioni allegate.

RIVENDICAZIONI

1) Sistema per eseguire un'operazione su un oggetto (0) per mezzo di una flotta di droni (20) equipaggiati con utensili per eseguire detta operazione, in cui detto sistema comprende:

- mezzi di elaborazione (10) atti a ricevere in ingresso informazioni per calcolare le traiettorie per portare detta flotta di droni (20) nella posizione desiderata per eseguire detta operazione, detti mezzi di elaborazione (10) essendo atti a trasmettere le traiettorie di volo e le istruzioni per eseguire detta operazione su detto oggetto (0) a detta flotta di droni (20),

- un sistema di posizionamento locale (L) comprendente una pluralità di nodi ancora in tecnologia Ultra-Wide-Band (UWB-A1,UWB-A2,UWB-A3,UWB-Ax,UWB-AN) disposti intorno a detto oggetto (0) lungo i lati delle superfici del poliedro ideale che circonda detto oggetto (0),

in cui ciascun drone (20) di detta flotta è equipaggiato con:

- un ricetrasmittitore UWB (26) in comunicazione con detti nodi ancora (UWB-A1,UWB-A2,UWB-A3,UWB-Ax,UWB-AN), in cui in ogni istante ciascun drone (20) è in comunicazione con almeno quattro nodi ancora (UWB-A1,UWB-A2,UWB-A3,UWB-Ax,UWB-AN), e

- una pluralità di sensori a ultrasuoni (24) per misurare la distanza di ciascun drone (20) rispetto agli altri droni e rispetto ad ostacoli,

in cui detta flotta di droni (20) seguendo per punti (WP) dette traiettorie inviate da detti mezzi di elaborazione (10) esegue detta operazione su detto oggetto (0) per mezzo di detti utensili.

2) Sistema secondo la rivendicazione 1, in cui detti mezzi di elaborazione (10) comprendono:

- un modulo Action Receiver (14) che riceve dall'utilizzatore le istruzioni per eseguire le operazioni desiderate,

- un modulo Fleet Trajectory Calculator (16) che riceve in ingresso i dati elaborati dal modulo Action Receiver (14) e calcola dette traiettorie, e

- un modulo Fleet Manager (18) che tramite le traiettorie calcolate dal modulo Fleet Trajectory Calculator (16) gestisce detta flotta di droni (20) inviando dati di traiettoria, velocità e attivazione dell'operazione.

3) Sistema secondo la rivendicazione 1 o la rivendicazione 2, in cui ciascun drone (20) di detta flotta di droni è equipaggiato con:

- un modulo Flight Controller (22) che rappresenta l'autopilota del drone,

- moduli sensori a ultrasuoni (24),

- un modulo UWB-Mobile (26) basato sulla tecnologia Ultra Wide Band,

- un modulo Action Actuator (28), e

- un modulo Onboard PC (30),

in cui detto modulo Onboard PC (30) comprende:

- un modulo di localizzazione software Localization Algorithm (32),

- un modulo Drone Trajectory Manager (34),

- un modulo Action Actuator Manager (36), e

- un modulo Collision Avoidance Module (38).

4) Sistema secondo una o più delle precedenti rivendicazioni 2-3, in cui:

- detto modulo Action Receiver (14) ricevere dall'utilizzatore le istruzioni da effettuare sulle superfici dell'oggetto (0), la posizione rispetto all'oggetto (0) in cui eseguire l'operazione, lo strumento da utilizzare, il materiale, la forza da adoperare, e la

durata dell'operazione,

- detto modulo Fleet Trajectory Calculator (16) riceve in ingresso i dati dal modulo Action Receiver (14) e calcola le dinamiche di traiettorie e velocità di detta flotta di droni (20) in modo tale da ottimizzare i tempi e minimizzare il rischio di collisioni nella fase di esecuzione dell'operazione, e

- detto modulo Fleet Manager (18) riceve in ingresso le dinamiche determinate da detto modulo Fleet Trajectory Calculator (16) e gestisce detta flotta di droni (20) inviando tramite un data link wireless (50) i dati di traiettoria, velocità e attivazione dell'operazione da eseguire.

5) Sistema secondo una o più delle precedenti rivendicazioni 3-4, in cui:

- detto modulo Flight Controller (22) gestisce lo spostamento di ciascun drone (20) di detta flotta agendo sui motori sulla base della posizione attuale le cui coordinate sono stimate dal sistema di localizzazione (L) basato sulla tecnologia UWB e delle coordinate riguardanti il prossimo punto da raggiungere o Way Point WP,

- detti sensori a ultrasuoni (24) stimano la distanza rispetto agli ostacoli che si presentano nel raggio d'azione di ciascun sensore a ultrasuoni e servono per mantenere il più possibile costante la distanza del drone (20) rispetto all'oggetto (O);

- detto modulo UWB-Mobile (26) misura in modo periodico le distanze rispetto ai nodi ancora (UWB-A1,UWB-A2,UWB-A3,UWB-AN) e invia tali misure in ingresso al modulo Onboard PC (30), e

- detto modulo Action Actuator (28) gestisce l'attivazione e la disattivazione delle operazioni sull'oggetto (O).

6) Sistema secondo una o più delle precedenti rivendicazioni 3-5, in cui:

- detto modulo Localization Algorithm (32) prende in ingresso le misure di ranging data (52) effettuate dal modulo UWB-Mobile (26) rispetto ai nodi ancora (UWB-A1,UWB-A2,UWB-A3,UWB-AN) e stima le coordinate del modulo UWB-Mobile (26) nello spazio rispetto all'oggetto (O) su cui operare;

- detto modulo Drone Trajectory Manager (34) determina in modo dinamico il prossimo punto da raggiungere,

- detto modulo Action Actuator Manager (36) gestisce detto modulo Action Actuator (28) sulla base della stima di posizione attuale ottenuta dal modulo Localization Algorithm (32) e dei dati relativi all'attivazione ricevuti dal modulo Fleet Manager (18), e

- detto modulo Collision Avoidance Module (38) gestisce potenziali eventi di collisione attraverso l'invio di opportuni messaggi correttivi al modulo Flight Controller (22).

7) Metodo per eseguire un'operazione su un oggetto (O) per mezzo di una flotta di droni (20) equipaggiati con utensili per eseguire detta operazione, in cui detto metodo comprende i seguenti passi:

- un passo di identificazione punto (100), in cui tramite una rappresentazione 3D dell'oggetto (O) si individua il punto dell'oggetto (O) su cui si intende operare e le operazioni da compiere,

- un passo di elaborazione traiettorie (102), in cui il punto dell'oggetto (O) su cui si intende operare e le operazioni da compiere vengono elaborate attraverso un Central Server CS (10) per restituire le traiettorie per detta flotta di droni (20),

- un passo di equipaggiamento (104) in cui ciascuno di detti droni (20) della flotta viene equipaggiato con

l'attrezzo necessario per svolgere la prima operazione,

in cui per ciascun drone (20) di detta flotta si ha:

- un passo di localizzazione (106) in cui ciascun drone (20) di detta flotta riceve da un sistema di localizzazione informazioni sulla posizione del drone (20),

- un passo di verifica posizione (108) in cui ciascun drone (20) di detta flotta verifica se si trova nella posizione corretta per effettuare l'operazione prevista, e

- in caso negativo, detto drone (20) continua a volare per spostarsi nel punto desiderato e il controllo ritorna al passo di localizzazione (106),

- in caso affermativo, in un passo di esecuzione (110) detto drone (20) esegue l'operazione prevista,

- un passo di verifica termine lavoro (112), in cui detto drone (20) verifica se si tratta dell'ultima operazione da compiere,

- in caso negativo, il controllo ritorna al passo di equipaggiamento (104) e detto drone (20) rientra al punto di partenza e attende l'installazione dell'attrezzo necessario per svolgere la successiva operazione, e

- in caso affermativo, in un passo finale (114), detto drone (20) rientra alla posizione iniziale e spegne i motori,

in cui detti passi vengono ripetuti finché l'operazione sull'oggetto (0) non è conclusa.

8) Prodotto informatico caricabile in una memoria di un dispositivo comprendente porzioni di codice software atte ad implementare il metodo secondo la rivendicazione 7.

FIG. 1

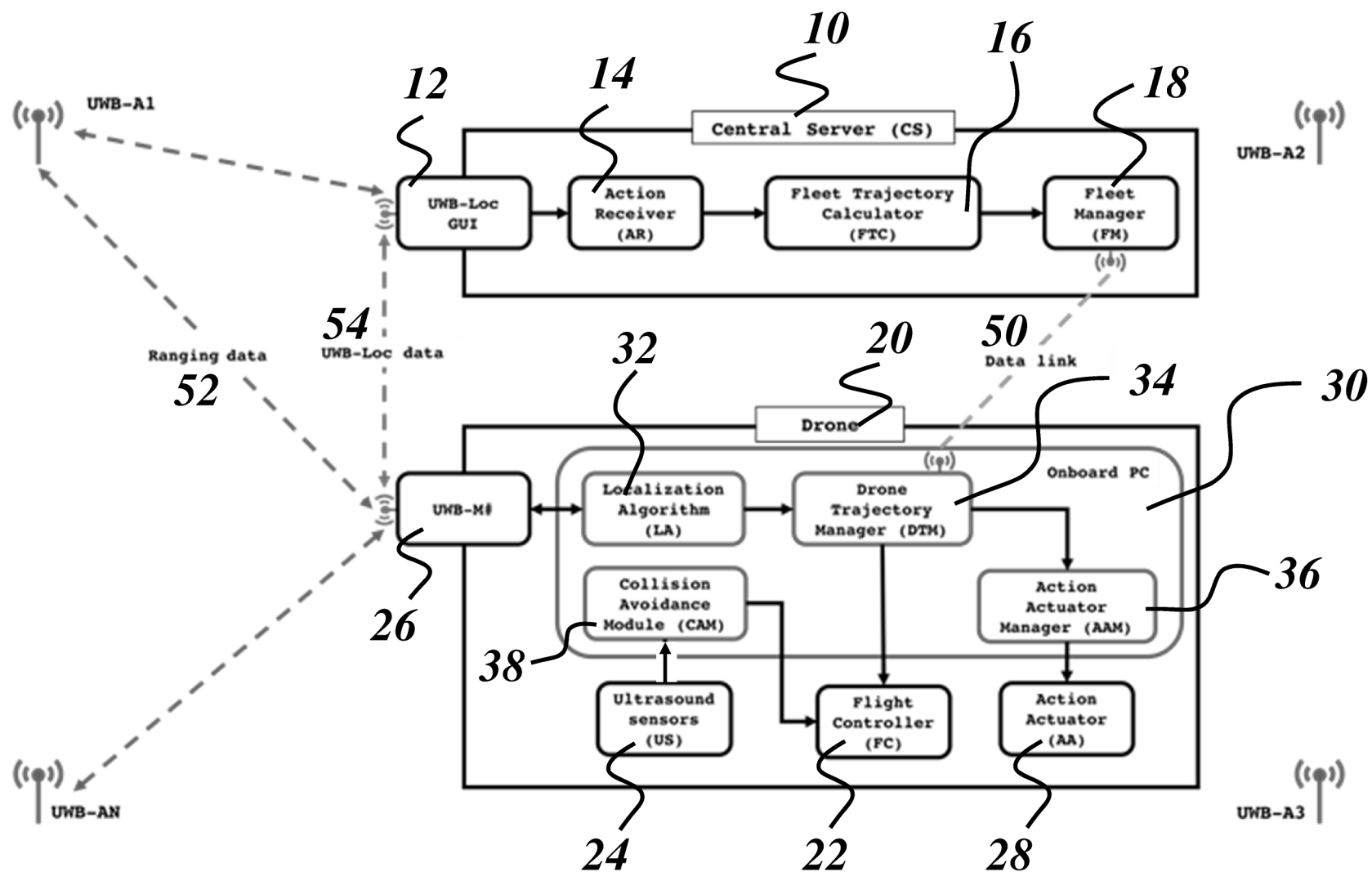


FIG. 2

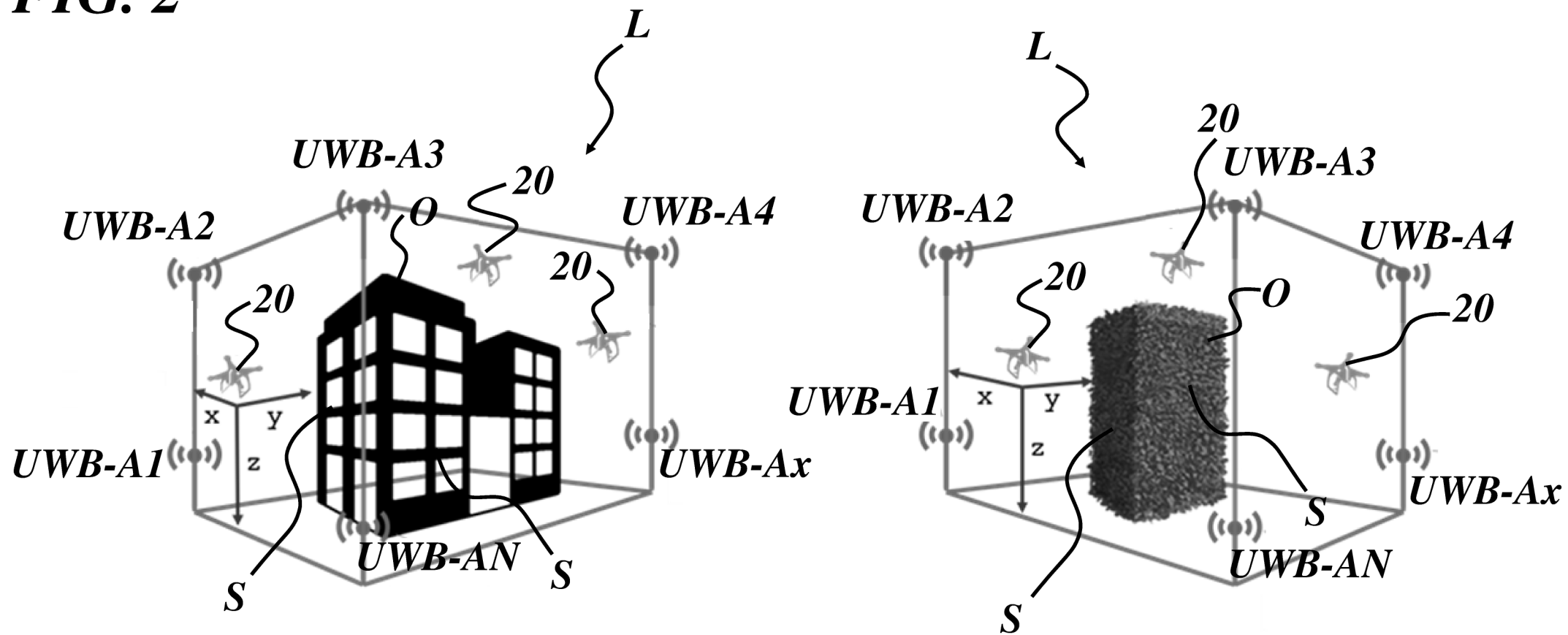


FIG. 3

