



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 367 396**

51 Int. Cl.:  
**G05D 1/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07118517 .7**

96 Fecha de presentación : **15.10.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2051151**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.04.2009**

54 Título: **Procedimiento y aparato para generar al menos una trayectoria de vuelo votada de un vehículo.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**03.11.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**03.11.2011**

73 Titular/es: **Saab AB.**  
**581 88 Linköping, SE**

72 Inventor/es: **Gustafsson, Daniel**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 367 396 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y aparato para generar al menos una trayectoria de vuelo votada de un vehículo

### Campo de la invención

5 La invención se refiere a un aparato y procedimiento para generar datos de vuelo de vehículos. En particular, las realizaciones se refieren a un procedimiento redundante para generar trayectorias para vehículos no tripulados.

### Antecedentes de la invención

10 En el campo del transporte y aviación el uso de vehículos no tripulados está aumentando muchísimo. Cuando se manipula un grupo de vehículos no tripulados, tales como Vehículos Aéreos No Tripulados de Combate (UCAV), dentro de un espacio, el problema de coordinación es un aspecto a tener en cuenta. Es necesario que parte de la funcionalidad para coordinar las rutas de transporte, tales como trayectorias de vuelo, para todos los vehículos no tripulados, esté presente en todo momento.

15 Hay algunas maneras tradicionales de resolver el vuelo coordinado de los UCAV, por ejemplo la funcionalidad de coordinación requerida puede estar localizada en la estación del grupo de control (GPS), en un vehículo no tripulado o en un UCAV asignado como líder. Todas estas alternativas, sin embargo, tienen un solo punto de coordinación, y carecen de suficiente fiabilidad en un entorno de combate dinámico. Todos los UCAV se pierden si se pierde el punto de coordinación, por un fallo de comunicación o por pérdida en batalla.

20 El documento US 2006/0235584 describe un procedimiento para controlar las maniobras de un vehículo autónomo en una red que tiene una pluralidad de vehículos autónomos. El procedimiento comprende controlar el estado del vehículo autónomo. El procedimiento comprende también recibir periódicamente datos de los estados de un subconjunto de la pluralidad de vehículos autónomos, y determinar periódicamente, al menos, una orden a un bucle de control para el vehículo autónomo, basada en el estado controlado y los datos del subconjunto de la pluralidad de vehículos autónomos.

25 El documento de ABEL A Y COL.: "The Coordination of Multiple Autonomous Systems using Formation Theoretic Political Science Voting Models" 2006 IEEE/SMC INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM OF SYSTEMS ENGINEERING LOS ANGELES, CALIFORNIA, EE.UU., 24-26 ABRIL, 2006, PISCATAWAY, NJ, EE.UU., IEEE, 24 de abril de 2006 (24-04-2006), páginas 149-154, XP010926192 ISBN: 1-4244-0188-7 representa un enfoque para resolver un problema de coordinación que implica múltiples sistemas autónomos heterogéneos, que trabajan en un dominio de misión de múltiples objetivos. Un mecanismo de coordinación distribuido presentado aplica un modelo de votación de ciencia política teórica de información a un procedimiento de agregación ponderado dinámico, permitiendo de este manera que los que toman las decisiones, es decir, los sistemas autónomos, influyan en los pesos asignados al objetivo de la misión. Se presentan los resultados de una particularización simulada de una misión de múltiples objetivos, demostrando el uso del mecanismo de votación para coordinar las acciones realizadas por los sistemas autónomos.

35 El documento US 6.926.233 desvela un sistema totalmente integrado para control de vuelo de múltiples vehículos en formación automática. El rumbo, velocidad, altitud, turbulencia y correcciones del plan de vuelo futuro se comparten entonces y se envían al piloto automático y/o regulador automático respectivo, para alterar el rumbo para evitar una colisión en vuelo. Sin embargo, si ocurre un fallo de comunicación, los vehículos viajarán ciegos.

Es decir, de esta manera, es necesario proporcionar un procedimiento que potencie la manera de generar las trayectorias para vehículos en un grupo de vehículos.

### Sumario de la invención

40 Las realizaciones de la invención abordan el deseo anterior de proporcionar una manera de determinar trayectorias.

45 Una realización de la invención se refiere a un aparato para un primer vehículo, adaptado para generar una trayectoria votada de al menos un vehículo, estando configurado el aparato para recibir datos de trayectoria de al menos un segundo vehículo, relacionado con al menos un vehículo determinado, estando determinado el vehículo determinado entre un grupo que comprende el primer y segundo vehículos, recuperar una trayectoria calculada a partir de medios de cálculo de trayectoria en el aparato, relacionada con cada vehículo determinado, y realizar un procedimiento de votación sobre los datos de trayectoria recibidos y la trayectoria calculada para cada vehículo determinado para generar la trayectoria votada de cada vehículo determinado.

Además, el vehículo determinado puede ser el primer vehículo.

50 Adicionalmente, el aparato puede estar dispuesto para recibir datos locales relacionados con el primer vehículo desde los sensores en el primer vehículo, y los datos locales pueden usarse en los medios de cálculo para calcular la trayectoria del primer vehículo.

El vehículo determinado puede ser, en una realización, al menos un segundo vehículo.

Adicionalmente, el aparato puede estar dispuesto para recibir datos relacionados con al menos un segundo vehículo, enviados por el aire, y los datos pueden usarse en los medios de cálculo para calcular la trayectoria de al menos un segundo vehículo.

5 En una realización, el aparato está dispuesto para generar una trayectoria votada de un primer vehículo, así como una trayectoria votada de al menos un segundo vehículo.

El aparato puede estar configurado, adicionalmente, para controlar el al menos un segundo vehículo, basado en la trayectoria calculada votada de el al menos un segundo vehículo.

Adicionalmente, el aparato puede disponerse adicionalmente para transmitir los datos de trayectoria controlada a al menos un segundo vehículo.

10 En una realización, el procedimiento de votación puede dar como resultado cualquier clase de valor medio de trayectoria o valor promedio de trayectoria, ponderado o no ponderado, de las trayectorias calculadas y recibidas.

La invención se puede referir, adicionalmente, a un vehículo que comprende un aparato de acuerdo con lo anterior, medios de recepción para recibir datos de al menos un vehículo diferente y medios de transmisión para transmitir datos a fuentes externas.

15 Una realización se refiere a un procedimiento para generar, al menos, una trayectoria votada de un vehículo en un primer vehículo, que comprende las etapas de: recibir datos de una primera trayectoria de al menos un segundo vehículo en los medios receptores del primer vehículo, calcular datos de trayectoria en los medios de cálculo de trayectoria en el primer vehículo, refiriéndose los datos de trayectoria calculados y los datos de la primera trayectoria recibidos a un vehículo determinado, determinándose el vehículo determinado entre un grupo que comprende el  
20 primer y segundo vehículos, y generando la al menos una trayectoria votada de un vehículo mediante un procedimiento de votación basado en los datos de trayectoria calculados y los datos de la primera trayectoria recibidos.

25 En una realización, el procedimiento puede comprender adicionalmente la etapa de: recibir datos, tales como datos de posición y similares, desde sensores dispuestos en el primer vehículo a usar para calcular datos de trayectoria relacionados con el primer vehículo.

Además, el procedimiento puede comprender adicionalmente la etapa de: recibir datos, tales como datos de posición y similares de el al menos un segundo vehículo a usar para calcular datos de trayectoria relacionados con el al menos un segundo vehículo.

30 El procedimiento puede comprender adicionalmente la etapa de transmitir los datos de trayectoria calculados a al menos un segundo vehículo.

Adicionalmente, el procedimiento puede generar una trayectoria votada para el primer vehículo y una trayectoria votada para el segundo vehículo.

35 El procedimiento, en una realización, puede comprender adicionalmente la etapa de transferir la al menos una trayectoria votada, que está relacionada con el al menos un segundo vehículo, a un procedimiento de control, para comparar el valor de posición predicho y real de al menos un segundo vehículo.

Adicionalmente, el procedimiento puede comprender también la etapa de transferir la al menos una trayectoria votada a un sistema de control del primer vehículo.

### **Breve descripción de los dibujos**

40 La invención, junto con otros objetivos y ventajas de la misma, puede entenderse mejor con referencia a la siguiente descripción, tomada junto con los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 muestra una visión de conjunto esquemática de las trayectorias calculadas de diferentes UAV,

La Figura 2 muestra una visión de conjunto esquemática de una pluralidad de UAV,

La Figura 3 muestra un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento para generar una trayectoria planeada,

45 La Figura 4 muestra un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento asumido por un vehículo no tripulado,

La Figura 5 muestra una realización de un encabezado de un paquete de datos, y

La Figura 6 muestra una realización de un paquete que contiene datos para un cálculo de trayectoria.

**Descripción detallada de las realizaciones**

- El principio fundamental que dirige la solución es usar una conciencia unánime, una funcionalidad común para todos los vehículos no tripulados. Esto significa que todos los vehículos no tripulados tienen toda la información pertinente, que incluye lo que otros miembros del grupo están haciendo, planeando hacer y su percepción ambiental. Esto es necesario para eliminar el único punto donde se ha realizado toda la coordinación, y conseguir una buena robustez y detección de fallos.
- La solución para esta necesidad es usar una arquitectura del sistema distribuida, donde toda la funcionalidad de coordinación se implemente a bordo de cada vehículo. Todas las funciones se ejecutan en cada vehículo no tripulado, derivando órdenes de control para sí mismos así como para los otros vehículos no tripulados en el grupo, basándose en información de entrada común, que se está distribuyendo entre ellos. Las decisiones se distribuyen entonces y se votan para conseguir un resultado unánime.
- Todo esto ayuda a la robustez, especialmente frente a fallos. Un grupo de vehículos no tripulados funcionará correctamente siempre y cuando un vehículo no tripulado pueda calcular las trayectorias coordinadas y, por lo tanto, sea capaz de controlar los vehículos del grupo.
- La Figura 1 muestra una visión de conjunto esquemática de tres vehículos aéreos no tripulados, UAV, que van del punto A al punto B. Un primer UAV 10 ha calculado una primera trayectoria 11 para sí mismo, para volar al punto B, y ha recibido también una segunda trayectoria 12 de un segundo UAV 20, y una tercera trayectoria 13 de un tercer UAV 30. Un procesador en el primer UAV 10 realiza entonces un procedimiento de votación sobre las trayectorias 11-13, para determinar una trayectoria votada 15 a seguir.
- De una manera similar, el segundo UAV 20 recibe las trayectorias 21, 23 del primer UAV 10, y el tercer UAV 30. Se determina entonces una trayectoria votada 25 realizando un procedimiento de votación sobre una trayectoria propia calculada 22 y las trayectorias recibidas 21 y 23.
- De una manera similar, el tercer UAV 30 recibe las trayectorias 31, 32 del primer UAV 10 y el segundo UAV 20. Se determina entonces una trayectoria votada 35 realizando un procedimiento de votación sobre una trayectoria propia calculada 33 y las trayectorias recibidas 31 y 32.
- Adicionalmente, el primer UAV 10 recibe las trayectorias calculadas 22, 32 del segundo UAV 20, así como las trayectorias calculadas 23 y 33 del tercer UAV 30. De esta manera, el procesador en el primer UAV tiene acceso a todas las trayectorias recibidas 12, 22, 32, 13, 23, 33, y las trayectorias calculadas internamente 11, 21, 31. Realizando un procedimiento de votación, que es el mismo en todos los UAV, el primer UAV conocerá entonces la trayectoria votada 25 del segundo UAV 20, así como la trayectoria votada 35 del tercer UAV 30.
- En otras palabras, se transfieren múltiples soluciones de trayectorias a cada UAV en un grupo. Sabiendo el procesamiento de las trayectorias recibidas en cada UAV, como los datos se procesan de la misma manera, los diferentes UAV podrán determinar las rutas planeadas de cada UAV.
- Debe observarse que los UAV pueden calcular las trayectorias de cualquier manera conocida.
- Cuando una trayectoria se envía por el aire en un paquete, la trayectoria puede presentarse, por ejemplo, enviando un número de puntos, tal como quinientos, que indican la trayectoria, una ecuación con cinco valores, o similares.
- En la Figura 2, se muestra una visión de conjunto esquemática de un grupo de UAV. El grupo comprende el primer UAV 10, un segundo UAV 20 y un tercer UAV 30. En una realización, el primer UAV 10 comprende una unidad transceptora 107, medios de trayectoria 101, medios de control 103 y medios de votación 105. Debe entenderse que el UAV puede comprender adicionalmente un equipo GPS para determinar la posición, un sistema de control para controlar el UAV, una fuente de energía y similares.
- La unidad transceptora 107 está dispuesta para recibir y transmitir datos, tales como datos de trayectoria, datos de posición de otros vehículos y similares.
- Los medios de trayectoria 101 están dispuestos para calcular trayectorias de sí mismo, basadas en datos recibidos y almacenados/medidos, tal como datos de GPS, datos de destino y similares, y calcular trayectorias de otros vehículos, basadas en datos recibidos de una unidad transceptora 107. Estos cálculos optimizan las trayectorias para todos los vehículos al mismo tiempo. Puede usarse cualquier Sistema de Satélite de Navegación Global, GNSS, o navegación por radio para adquirir datos de posición.
- Los medios de control 103 están configurados para controlar otros UAV y predecir posiciones de los otros UAV.
- Los medios de votación 105 están dispuestos para determinar una trayectoria votada, basada en trayectorias recibidas y calculadas. La trayectoria votada para el propio UAV se transfiere después para usarla en un sistema de control para maniobrar el UAV, y las trayectorias votadas de los otros UAV se transfieren a la unidad de control 103 para usarlas en el procedimiento de predicción.

5 Como se ilustra en la Figura 2, los UAV 10, 20, 30 están todos en comunicación entre sí, por ejemplo, el primer UAV 10 está en comunicación bidireccional con el segundo UAV 20. El segundo UAV 20 comprende, análogamente al primer UAV 10, una unidad transceptora 207 dispuesta para recibir y transmitir datos, medios de trayectoria 201 para calcular trayectorias de sí mismos y/u otros, basándose en los datos recibidos y almacenados/detectados, medios de control 203 dispuestos para controlar otros UAV y predecir posiciones de los otros UAV, y medios de votación 205 dispuestos para determinar las trayectorias votadas, basándose en trayectorias recibidas y calculadas. Las trayectorias votadas se transfieren después a y se usan en un sistema de control del UAV 20 y/o los medios de control 203.

10 De la misma manera, el primer UAV 10 está en comunicación con el tercer UAV 30. El tercer UAV 30 comprende, como los otros UAV, una unidad transceptora 307, dispuesta para recibir y transmitir datos, medios de trayectoria 301 para calcular trayectorias de sí mismo y/u otros, basándose en los datos recibidos y almacenados/medidos, medios de control 303 dispuestos para controlar otros UAV y posiciones predichas de los otros UAV, y medios de votación 305 dispuestos para determinar las trayectorias votadas, basándose en trayectorias recibidas y calculadas. Las trayectorias votadas se transfieren después a, y se usan en, un sistema de control del UAV 30 y/o a los medios de control 303.

En la realización ilustrada, el segundo UAV 20 y el tercer UAV 30 también están en comunicación entre sí.

Debe entenderse que la realización en la que se controlan los otros vehículos no tripulados puede usarse para evitar colisiones cuando tiene que realizarse una maniobra de evasión.

20 Como se indica mediante las líneas discontinuas en los UAV, los medios de procedimiento, es decir, los medios de cálculo, control, votación, pueden realizarse en un microprocesador, sin embargo, los procedimientos pueden realizarse por microordenadores separados, procesadores o similares.

Como se indica mediante las flechas, los procedimientos se ejecutan en un bucle, como se describe con más detalle a continuación.

En una realización, una formulación de solución puede dividirse en tres partes,

- 25 - Definiciones de reglas y restricciones
- Optimización
- Distribución y votación

30 Las dos primeras partes calculan las trayectorias para todos los vehículos no tripulados del grupo. En la última parte de esta solución todos los cálculos individuales están distribuidos dentro del grupo y después se votan para conseguir una decisión unánime.

35 La trayectoria puede consistir, por ejemplo, en velocidad,  $v$ , ángulo de trayectoria de desplazamiento,  $Y$ , y/o ángulo de seguimiento,  $X$ . El ángulo de seguimiento está definido como el vector de velocidad de los aviones respecto al norte en el plano horizontal, magnético o verdadero. El ángulo de trayectoria de desplazamiento está definido como el ángulo entre el vector de velocidad de los aviones y el plano horizontal. Sin embargo, puede usarse cualquier manera de implementar una trayectoria.

**Definiciones de reglas y restricciones**

La rutina de definición de reglas indica un conjunto de reglas dependientes del plan de vuelo actual, del estado del vehículo y de las restricciones del vehículo. Estas reglas se usan después como restricciones en la rutina de optimización. Las reglas pueden definirse, por ejemplo, como

40 
$$\left| (t_i - t) - \frac{dist(p, p_t)}{v_{nom}} \right| \leq T_{lapso},$$

que indica que el UAV (en la posición  $p$ ) debe estar en el siguiente punto de trayecto,  $p_t$  dentro de un intervalo de tiempo dado,  $T_{lapso}$ , desde el momento  $t_t$  cuando se vuela a una velocidad nominal  $V_{nom}$  y

$$\frac{\|p - p_s\|}{d_{intervalo}} \geq 1$$

45 que indica que la distancia mínima a una Superficie dada del sitio de Misil de Aire (SAM) estará al menos en el intervalo del SAM. En la ecuación  $p$  es la posición UAV,  $p_s$  es la posición del SAM y  $d_{intervalo}$  es el intervalo definido del SAM.

Optimización

Una rutina de optimización calcula entonces la trayectoria óptima a partir de las reglas y restricciones dadas, por ejemplo, la rutina trata de encontrar las trayectorias de vuelo óptimas que satisfacen las restricciones para todos los vehículos. El algoritmo de optimización, por ejemplo, puede ser cualquier algoritmo de programación dinámica, tal como el algoritmo de modelo de control predictivo o el algoritmo de función Lyapunov de control de comportamiento o similares.

Votación

El concepto de votación es usar vehículos no tripulados como nodos en un sistema distribuido que calcula y vota para simular una conciencia unánime. Un vehículo no tripulado calcula la trayectoria para sí mismo, así como para todos los demás vehículos no tripulados del grupo. Después, las trayectorias se comunican entre los vehículos no tripulados, de manera que cada vehículo no tripulado puede votar entre todos los cálculos realizados por los diferentes vehículos no tripulados en su propia lógica de votación. La votación se realiza sobre cálculos de trayectoria calculada en vehículos no tripulados y cálculos de trayectoria calculada en otros vehículos no tripulados, transferidos al vehículo no tripulado. El procedimiento de votación puede realizarse de cualquier manera conocida. En un ejemplo, en el que las trayectorias están definidas como ecuaciones, puede realizarse un procedimiento de votación de valor medio, dando como resultado un valor medio o puede realizarse un procedimiento de valor promedio ponderado que da como resultado un valor medio ponderado de todos los coeficientes en la ecuación.

En esta realización un sistema de control de bucle externo distribuido ofrece gran resistencia para fallos de la plataforma. La votación hace el sistema muy seguro frente a fallos, con mucha información redundante. Si un vehículo no tripulado pierde su capacidad de cálculo aún tiene varias trayectorias calculadas de otros para realizar un procedimiento de votación activa.

En la Figura 3 se muestra una visión de conjunto esquemática de un procedimiento para generar una trayectoria votada.

En la etapa 62, un vehículo no tripulado recibe datos de un grupo de vehículos no tripulados. Los paquetes recibidos pueden contener datos de posición, datos de destino, datos de rendimiento de vehículo desde un vehículo transmisor y similares.

En la etapa 64, el vehículo no tripulado calcula trayectorias de cada vehículo no tripulado del grupo, incluyéndose a sí mismo, usando los datos en los paquetes recibidos y los datos relacionados con el propio vehículo desde los sensores, tales como sensores de velocidad, sensores de posición y similares.

En la etapa 66, el vehículo no tripulado transmite las trayectorias calculadas por el aire a los otros vehículos no tripulados, usando medios transceptores.

En la etapa 68, las trayectorias calculadas de los otros vehículos no tripulados son recibidas en los medios transceptores del vehículo.

En la etapa 70, se realiza un procedimiento de votación sobre todas las trayectorias calculadas del vehículo, es decir, la trayectoria calculada localmente en un procesador del presente vehículo no tripulado y las trayectorias calculadas para el vehículo desde otros vehículos no tripulados. El procedimiento de votación da como resultado una trayectoria votada para el vehículo no tripulado.

En la etapa 72, la trayectoria votada del propio vehículo se transfiere al sistema de control del vehículo.

Cada vehículo no tripulado puede realizar también procedimientos de votación para todos los demás vehículos no tripulados, lo que significa que cada vehículo no tripulado tiene acceso a una trayectoria de votación para cada vehículo no tripulado del grupo. Esta información puede usarse para predecir posiciones futuras de otros vehículos no tripulados, mientras que cada vehículo puede tener un modelo dinámico para los otros vehículos del grupo.

En la Figura 4 se muestra un diagrama de flujo de esquemático de un procedimiento similar, para generación de trayectorias para vehículos. Sin embargo, en esta realización el vehículo controla también otros vehículos en un grupo.

En la etapa 82, un vehículo no tripulado recibe datos de un grupo de vehículos no tripulados. Los paquetes recibidos pueden contener datos de posición, datos de destino y datos de rendimiento del vehículo desde el vehículo transmisor.

En la etapa 84, el vehículo no tripulado calcula trayectorias de cada vehículo no tripulado del grupo, incluyéndose a sí mismo, usando los datos de los paquetes recibidos y los datos relacionados con el propio vehículo desde sensores, tales como sensores de velocidad, sensores de posición y similares.

En la etapa 86, el vehículo no tripulado transmite las trayectorias calculadas, por el aire, a los otros vehículos no tripulados usando medios transceptores.

En la etapa 88, las trayectorias calculadas de los otros vehículos no tripulados son recibidas en el medio transceptor del vehículo.

5 En la etapa 90, se realiza un procedimiento de votación sobre todas las trayectorias calculadas para cada vehículo, es decir, las trayectorias calculadas localmente en un procesador del vehículo no tripulado de la presente invención, y las trayectorias calculadas de otros vehículos no tripulados. El procedimiento de votación da como resultado una trayectoria votada para cada vehículo no tripulado.

En la etapa 92, la trayectoria votada del propio vehículo se transfiere al sistema de control y se usa para controlar el vehículo.

10 En la etapa 94, la trayectoria votada de los otros vehículos se transfiere a un procedimiento de control, en el que los datos de posición predichos se transfieren de vuelta al procedimiento de cálculo, y el procedimiento forma un procedimiento de bucle iterativo. El valor predicho se compara con un valor real, que se envía de los otros vehículos al vehículo y, si la diferencia se considera grande, se considera que ha ocurrido un error.

15 Una predicción puede reducir la velocidad de transferencia del estado del vehículo entre vehículos no tripulados, ahorrando así ancho de banda. En una realización, los vehículos no tripulados pueden determinar, como un grupo, un diagnóstico de fallo de un vehículo no tripulado, si la predicción y el valor real recibido de un vehículo no tripulado se desvían demasiado uno de otro, por ejemplo, más de 30 metros.

En una realización, un vehículo no tripulado que pierde comunicación con otros en el grupo aún calculará su trayectoria y predecirá dónde están los otros vehículos no tripulados. Esto le permitirá funcionar adecuadamente hasta que vuelva a obtener contacto con el grupo.

20 Un aspecto que es necesario considerar es el hecho de la cobertura que puede requerirse durante ciertas fases de la misión. El requisito de cobertura establece restricciones sobre la comunicación entre vehículos no tripulados en un grupo. Puesto que todos los vehículos no tripulados dentro de un grupo están relativamente cercanos entre sí, los enlaces de comunicación no tienen un requisito de intervalo grande. Esto puede usarse para disminuir la posibilidad de detección si el enlace de datos está construido de manera que el intervalo máximo es, por ejemplo, mucho menor que la altitud de vuelo actual. Después, la separación de la trayectoria de desplazamiento desde el suelo ayudará a minimizar la posibilidad de detección.

25 En una realización, en la que se decide un silencio de la radio, y no es posible la comunicación de datos, se establecen ciertas restricciones para los vehículos, asegurando que los vehículos no tripulados tengan un espacio sin conflicto dentro del espacio del grupo. Como un ejemplo, esto puede hacerse

- 30
- exponiendo que un vehículo permanecerá en el lado izquierdo de la ruta de puntos de referencia y otro vehículo en el lado derecho (en el caso de grupos de dos vehículos).
  - estableciendo un requisito de que no habrá dos vehículos no tripulados entre dos mismos puntos de referencia en el mismo momento, hecho mediante un planificador que coloca una mayor cantidad de puntos de referencia en un área durante la planificación de una misión y, posteriormente, decide un silencio de la radio.

35 En una realización, puede usarse una combinación de dos procedimientos.

Hay dos cosas principales que contribuyen al requisito de ancho de banda: la cantidad de información comunicada y la velocidad de comunicación. Estas pueden elegirse de diferentes maneras, con diferentes resultados.

40 La cantidad de datos transferidos entre los vehículos no tripulados puede variar; algunos datos no son necesarios tan a menudo como otros. La posición es una variable que puede enviarse a una menor velocidad que, por ejemplo, los parámetros de trayectoria de vuelo, tales como ángulo de seguimiento, ángulo de trayectoria de vuelo y velocidad. El algoritmo puede ser también tan inteligente que solo envía información que ha cambiado desde la última transferencia.

45 En las Figuras 5 y 6 se muestran visiones de conjunto esquemáticas de paquetes de mensaje o partes de paquetes. Cada mensaje transferido puede contener un encabezado 40, mostrado en la Figura 5, que contiene una ID de remitente 42, un sello de hora 44, una ID de mensaje 46, una verificación de suma 48, y una clave de cifrado, como se muestra en la Figura 6. Como se muestra en la Figura 6, se muestra un ejemplo de un paquete transferido a un UAV que contiene datos para calcular una trayectoria. El paquete puede incluir un encabezado, secciones de cifrado y datos del vehículo, tales como ángulo de seguimiento, velocidad, ángulo de trayectoria de vuelo, altitud, longitud, latitud. Como un ejemplo, la cantidad de información que puede enviarse es: encabezado 56 bits, cifrado 128 bits, ángulo de seguimiento 32 bits, velocidad 32 bits, ángulo de trayectoria de vuelo 32 bits y posición 3x32 bits. Esto establece un requisito de ancho de banda total de 365 kbits/s en un grupo de 8 vehículos no tripulados, y con una frecuencia de comunicación de 15 Hz.

50 La velocidad de comunicación puede verse afectada por circunstancias externas, tales como cobertura y estructura de los puntos de referencia. Si hay un requisito de que los vehículos no tripulados vuelen con una comunicación tan

pequeña como sea posible, entonces el ajuste inicial de velocidad de, por ejemplo, 15 Hz, no puede alcanzarse. También, si el grupo vuela en una trayectoria de puntos de referencia muy recta, entonces la necesidad de actualizar el ángulo de seguimiento y la velocidad puede disminuir. Esto puede planificarse previamente, o decidirse en tiempo real en el algoritmo, a partir del cambio en las variables entre cada iteración.

- 5 Debe observarse que, en una realización, un UAV que diverge mucho de una trayectoria planeada puede enviar un aviso a los otros UAV, y los otros UAV pueden realizar acciones evasivas, y después se iniciará un nuevo procedimiento de cálculo.

- 10 En una realización, se fuerza a un UAV a tomar una cierta trayectoria para evitar una amenaza o similar. Esa cierta trayectoria está determinada basándose en los cálculos de las trayectorias de los otros UAV, para evitar colisiones. Sin embargo, esa cierta trayectoria se establece, pero es desconocida para los otros, de manera que los otros UAV deben realizar un nuevo procedimiento de votación sobre las trayectorias de los otros UAV, teniendo en cuenta esa cierta trayectoria. Por lo tanto, se envían nuevos datos de posición, así como datos de trayectoria tales como una pluralidad de puntos o una ecuación.

- 15 Lo anterior ha descrito los principios, realizaciones preferidas y modos de operación de la presente invención. Sin embargo, la invención debería considerarse más ilustrativa que restrictiva, y no limitada a las realizaciones particulares analizadas anteriormente. Por lo tanto, debe apreciarse que los expertos en la materia pueden hacer variaciones a estas realizaciones, sin alejarse del alcance de la presente invención como se define en las siguientes reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

1. Un aparato para un primer vehículo (10), adaptado para generar una trayectoria votada (15; 25; 35) de al menos un vehículo (10, 20, 30), estando configurado el aparato para
  - 5 - recibir datos de trayectoria desde al menos un segundo vehículo (20, 30) relacionado con al menos un vehículo determinado, estando determinado el vehículo determinado entre un grupo que comprende el primer (10) y el segundo (20, 30) vehículos, **caracterizado porque** el aparato está configurado para:
    - recuperar una trayectoria calculada a partir de los medios de cálculo de trayectoria (101; 201; 301) en el aparato relacionado con cada vehículo determinado, y
    - 10 - realizar un procedimiento de votación (70; 90) sobre los datos de trayectoria recibidos y la trayectoria calculada para cada vehículo determinado, para generar la trayectoria votada (15; 25; 35) de cada vehículo determinado.
2. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el vehículo determinado es el primer vehículo (10).
3. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el aparato está dispuesto para recibir datos locales relacionados con el primer vehículo (10), desde sensores en el primer vehículo, y en el que los datos locales se usan en los medios de cálculo (101) para calcular la trayectoria del primer vehículo (10).
- 15 4. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el vehículo determinado es el al menos un segundo vehículo (20, 30).
5. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el aparato está dispuesto para recibir datos relacionados con el al menos un segundo vehículo (20, 30), enviados por el aire, y en el que los datos se usan en los medios de cálculo para calcular la trayectoria de al menos un segundo vehículo (20, 30).
- 20 6. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el aparato está dispuesto para generar una trayectoria votada (15) del primer vehículo, así como una trayectoria votada (25, 35) de al menos un segundo vehículo.
7. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicación 4-6, en el que el aparato está configurado adicionalmente para controlar el al menos un segundo vehículo, basándose en la trayectoria calculada votada (25, 35) de el al menos un segundo vehículo (20, 30).
- 25 8. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que el aparato está dispuesto adicionalmente para transmitir los datos de trayectoria calculados a el al menos un segundo vehículo.
9. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que el procedimiento de votación da como resultado cualquier clase de trayectoria media o trayectoria promedio, ponderada o no ponderada, de las trayectorias calculadas y recibidas.
- 30 10. Un vehículo que comprende un aparato de acuerdo con las reivindicaciones 1-9, medios receptores (107) para recibir datos desde al menos un vehículo diferente, y medios transmisores (107) para transmitir datos a fuentes externas.
11. Procedimiento para generar al menos una trayectoria votada de un vehículo, en un primer vehículo (10), que comprende las etapas de:
  - 35 - recibir datos de una primera trayectoria desde al menos un segundo vehículo (20, 30) en los medios receptores (107) del primer vehículo (10), **caracterizado por** las etapas de:
    - calcular (64, 84) datos de trayectoria en los medios de cálculo de trayectoria (101) en el primer vehículo (10), en el que los datos de trayectoria calculados y los datos de la primera trayectoria recibidos se refieren a un vehículo determinado, estando determinado el vehículo determinado entre un grupo que comprende el primer
    - 40 (10) y el segundo (20, 30) vehículos, y
    - generar (70; 90) la al menos una trayectoria votada de un vehículo mediante un procedimiento de votación basado en los datos de trayectoria calculados y los datos de la primera trayectoria recibidos.
12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el procedimiento comprende adicionalmente la etapa de:
  - 45 - recibir (62; 82) datos, tales como datos de posición y similares, desde sensores dispuestos en el primer vehículo a usar, para calcular datos de trayectoria relacionados con el primer vehículo.
13. Procedimiento para generar una trayectoria de un vehículo, en un primer vehículo, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-12, que comprende adicionalmente la etapa de:
  - 50 - recibir datos, tales como datos de posición y similares, desde el al menos un segundo vehículo a usar, para calcular datos de trayectoria relacionados con al menos un segundo vehículo (20, 30).
14. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-13, en el que el procedimiento comprende

adicionalmente la etapa de:

- transmitir (66; 86) los datos de trayectoria calculados a al menos un segundo vehículo.

15. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-14, en el que el procedimiento genera una trayectoria votada (15) para el primer vehículo (10) y una trayectoria votada (25) para el segundo vehículo (20).

5 16. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 11-15, en el que el procedimiento comprende adicionalmente la etapa de:

- transferir la al menos una trayectoria votada, que está referida a al menos un segundo vehículo (20, 30), a un procedimiento de control, para comparar el valor de posición predicho y real de el al menos un vehículo diferente.

10 17. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 11-16, en el que el procedimiento comprende adicionalmente la etapa de:

- transferir la al menos una trayectoria votada a un sistema de control del primer vehículo.

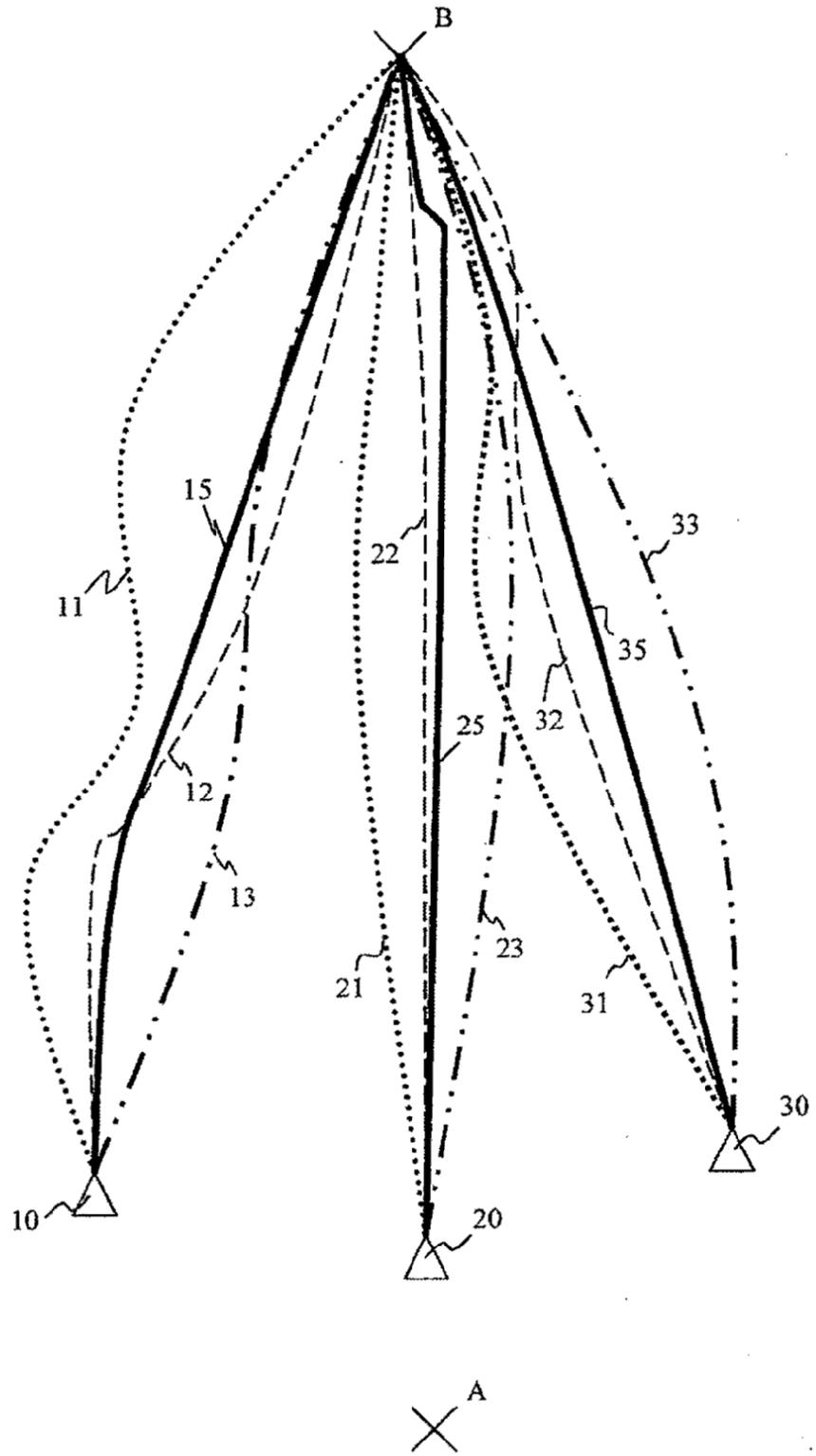


FIG.1

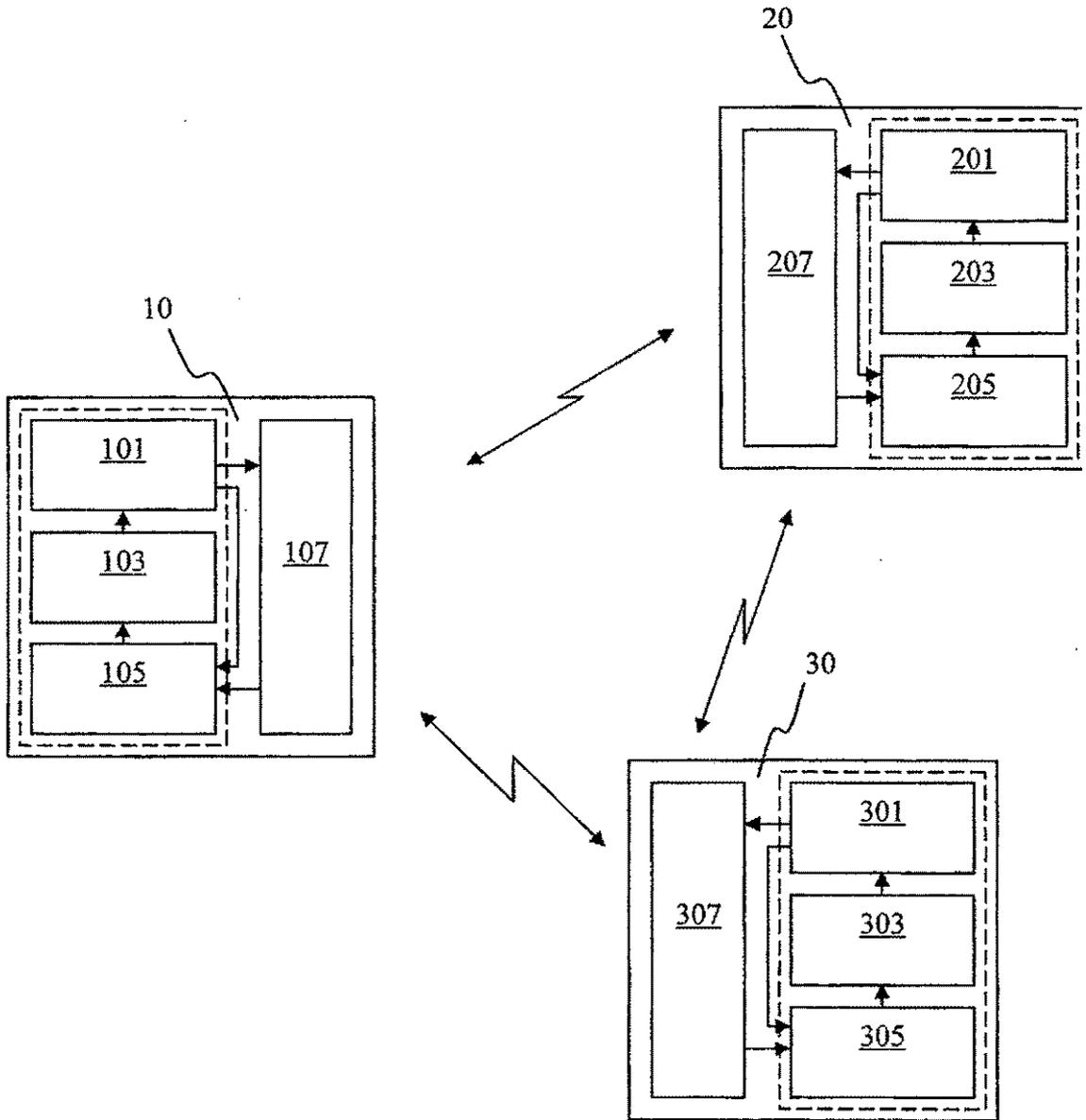


FIG.2

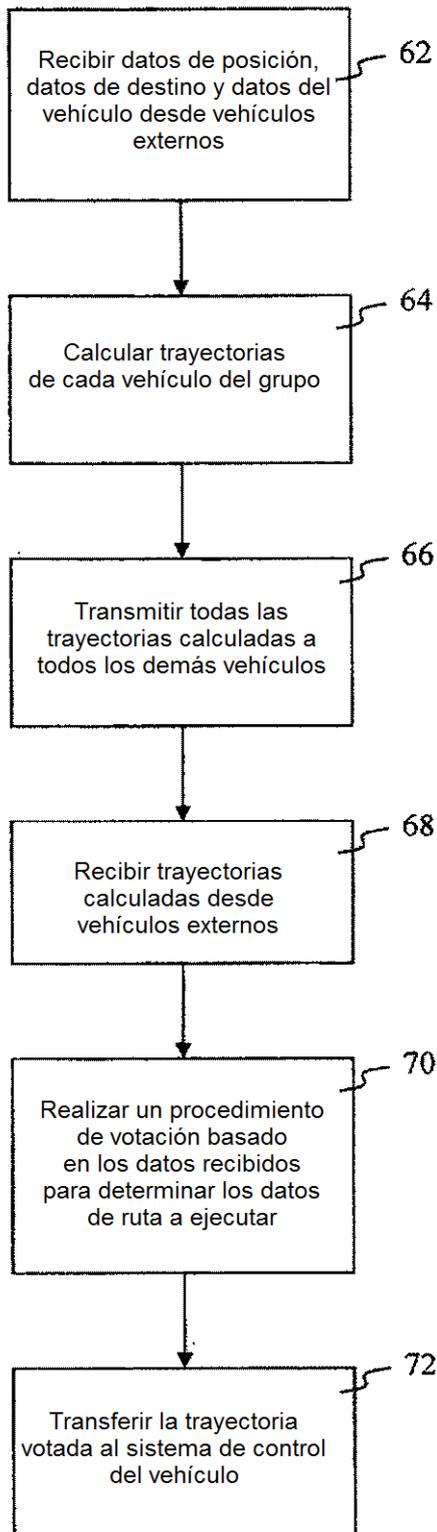


FIG.3

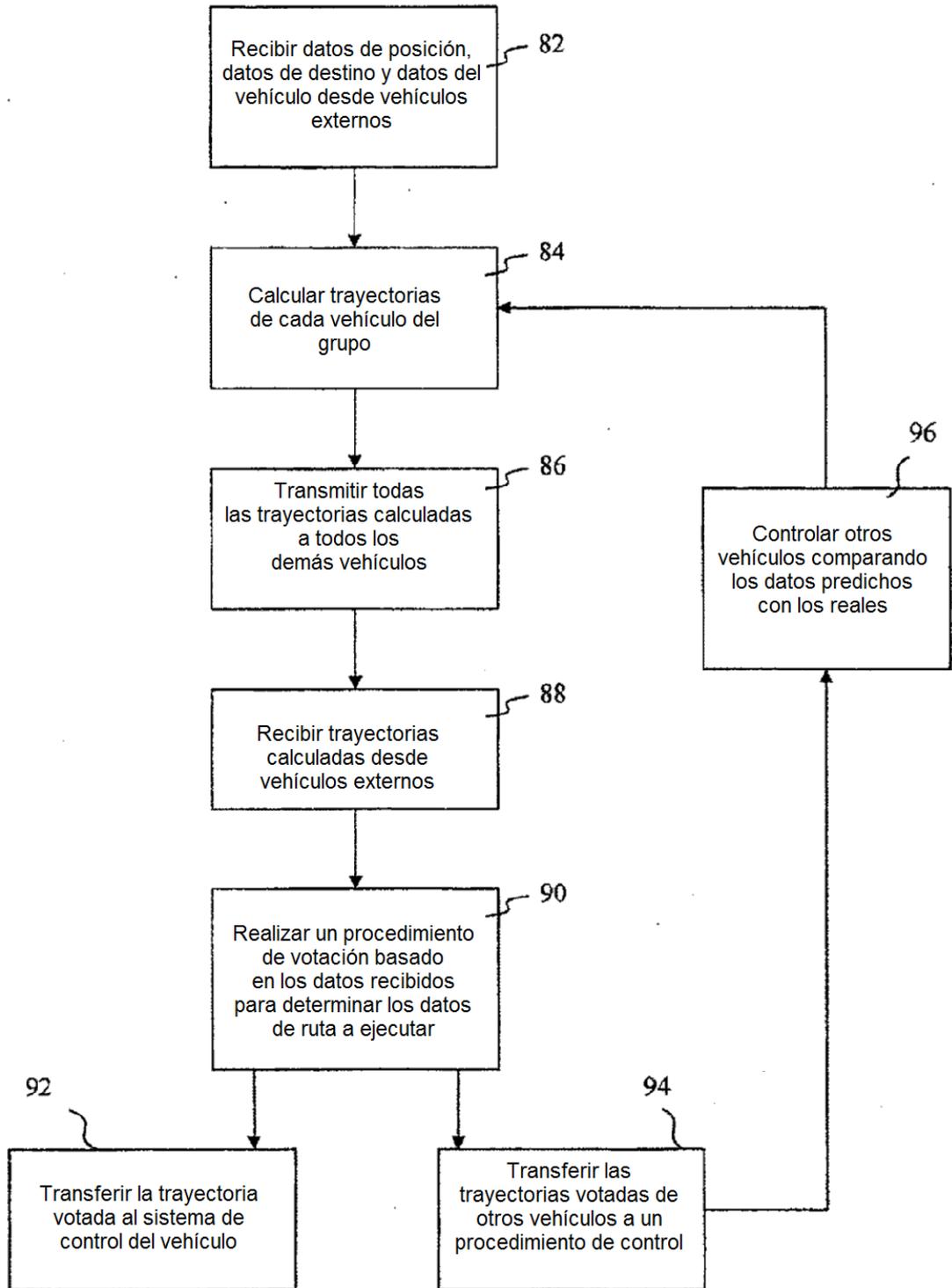


FIG. 4

<u>42</u>	<u>44</u>	<u>46</u>	<u>48</u>
-----------	-----------	-----------	-----------

FIG.5

ENCABEZADO	
CIFRADO	CIFRADO
CIFRADO	CIFRADO
ÁNGULO DE SEGUIMIENTO	VELOCIDAD
ÁNGULO DE TRAYECTORIA DE VUELO	LATITUD
LONGITUD	ALTITUD

FIG. 6