



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 327 779**

51 Int. Cl.:

G01S 13/93 (2006.01) **G01S 13/536** (2006.01)
G01S 13/56 (2006.01) **G01S 13/58** (2006.01)
G01S 13/34 (2006.01) **G01S 13/72** (2006.01)
G01S 13/42 (2006.01) **H01Q 21/06** (2006.01)
H01Q 21/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06747562 .4**

96 Fecha de presentación : **31.05.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1886168**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.02.2008**

54 Título: **Sistema de radar para aviones.**

30 Prioridad: **01.06.2005 EP 05076271**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.11.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.11.2009

73 Titular/es: **Nederlandse Organisatie voor
Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek
TNO
Schoemakerstraat 97
2628 VK Delft, NL**

72 Inventor/es: **Huizing, Albert, Gezinus y
Van Gent, Ronald, Nikola, Huib, Willem**

74 Agente: **Durán Moya, Carlos**

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

Sistema de radar por aviones.

5 La presente invención se refiere a un sistema de radar para aviones, para su utilización, como mínimo, en la detección de otro objeto aéreo dentro de una zona que rodea al avión.

10 Este sistema de radar es conocido y es utilizado por los aviones militares de las fuerzas aéreas. Los sistemas de radar conocidos son capaces de efectuar búsquedas en una zona que se extiende a una distancia de hasta 150 millas náuticas desde el avión que utiliza este sistema. El sistema es utilizado para detectar otros aviones lo antes posible, no con la finalidad de evitar una colisión, sino de permitir la determinación lo antes posible de si el avión detectado es, por ejemplo, un avión hostil que debe pasar a ser objetivo, o un avión que puede ser ignorado. El transmisor de los sistemas de radar conocidos es capaz de transmitir señales potentes que llegan a una gran distancia y son detectables después de su reflexión. Una antena del transmisor puede desplazarse mecánicamente, por ejemplo puede girar, a efectos de transmitir una señal a todas las zonas de interés mediante un movimiento de escaneado de la antena. El transmisor puede también estar dispuesto para escanear electrónicamente todas las zonas de interés sin rotación física de la propia antena. No obstante, en ambos casos hay zonas de interés dentro de una zona de exploración a la que se accede solo temporalmente. Dada la necesidad de explorar todas las zonas de interés, requiere un cierto tiempo obtener información sobre la posible presencia de otro avión en la zona que rodea al avión propio. Este periodo es habitualmente de más de varios segundos. Como consecuencia de ello el sistema conocido es, por ejemplo, incapaz de sustituir la inspección visual directa del volumen de seguridad de vuelo que rodea a un avión en vuelo.

25 Es un objetivo de la invención dar a conocer un sistema de radar capaz de proporcionar realimentación de información al piloto de manera más rápida que la realimentación facilitada por el sistema antes descrito correspondiente a la técnica anterior.

Este objetivo se consigue mediante un sistema de radar, según la reivindicación 1.

30 Esto permite el desarrollo del sistema de radar, según la invención, de manera tal que es capaz de sustituir la inspección visual.

Se conocen sistemas de radar alternativos por los documentos US 3.714.651 y US 5.907.302. Estos sistemas de radar, no obstante, se refieren a sistemas de radar de exploración y no poseen, como mínimo, un subsistema dispuesto para operar en la primera modalidad y a continuación en la segunda modalidad.

35 La unidad de proceso de señales puede estar dispuesta para determinar una dirección relativa con respecto al avión, desde la cual se origina la reflexión recibida, con independencia de la posición del objeto aéreo detectado dentro de la zona de interés. Resulta de ello que la unidad de proceso de señal puede determinar de manera casi instantánea la dirección, solucionando de esta manera la necesidad de que los receptores exploren la zona de interés, lo que conduce a una determinación lenta de la dirección.

40 Más particularmente, la unidad de proceso de señal está dispuesta para utilizar formación de haz digital múltiple a efectos de ser capaz de determinar la dirección relativa con respecto al avión, desde cuya dirección se origina la reflexión recibida, lo cual es una forma muy adecuada para disponer la unidad de proceso de señal para determinar la dirección independientemente de la posición del objeto aéreo detectado dentro de la zona de interés.

45 En particular, se cumple que el, como mínimo un subsistema, está dispuesto para transmitir la señal de exploración de manera que dicha señal cubre continuamente la zona de interés. Esto ofrece la ventaja de que en todo momento dicha zona de interés es controlada para observar la presencia de otro dispositivo aéreo. Este sistema es capaz de proporcionar de manera continua información al piloto. Por lo tanto, la información es facilitada de manera que es mucho más rápida que la forma en la que los sistemas de radar conocidos proporcionan dicha información.

50 En la actualidad, el volumen de seguridad que rodea un avión comercial en vuelo es controlado por controladores humanos del tráfico aéreo, con el objetivo de evitar colisiones. Estos controladores del tráfico aéreo reciben información sobre la presencia de aviones en una zona determinada del espacio aéreo. Esta información se basa en la detección de aviones mediante sistemas de radar que están situados en el suelo y que controlan la zona de interés. Un controlador humano del tráfico aéreo, experimentado, es capaz de controlar el vuelo de unos 30 aviones en las zonas circundantes en un momento determinado. Esto ha contribuido a permitir un número máximo de aviones en una zona determinada del espacio aéreo.

60 Investigaciones realizadas han demostrado que la eficacia del espacio aéreo podría ser mejorada significativamente si los propios aviones fueran capaces de mantener su separación en un espacio aéreo determinado.

65 Se ha propuesto el desarrollo de un sistema en el que todos los aviones estén dotados con un transmisor que transmite continuamente una señal que contiene información con respecto a su posición. Cuando todos los aviones estén dotados también de un receptor para recibir estas señales transmitidas por otros aviones, todos los aviones deberían observar en cualquier momento la posición de todos los demás aviones que utilizan el mismo espacio aéreo. En base a esta información cada uno de los aviones debería ser capaz de evitar una colisión con cualquier otro avión. Una

desventaja de este sistema es que cada avión depende de otros aviones. El sistema funcionará solamente satisfactoriamente si todos los aviones están dotados de este sistema. Por lo tanto, este sistema no puede ser implementado gradualmente. Esto inhibe seriamente el desarrollo de este sistema.

- 5 Un sistema de radar de acuerdo con la presente invención puede ser puesto en práctica para cada avión de forma independiente del tiempo en el que el sistema de radar es puesto en práctica en otros aviones.

En realidad, dado que un sistema de radar, de acuerdo con la invención, puede sustituir en principio una inspección visual para una zona de interés en una zona que rodea un avión, este avión puede también volar de acuerdo con normas de vuelo visuales en circunstancias en las que las normas de vuelo visual no pueden ser nuevamente aplicadas debido, por ejemplo, a circunstancias de mal tiempo. Se deduce que un avión equipado con un sistema de radar, de acuerdo con la invención, puede ser capaz, por ejemplo, de aterrizar en un aeropuerto al que se puede llegar solamente en base a la aplicación de normas de vuelo visual y por lo tanto, solamente cuando las circunstancias del tiempo permiten la aplicación de dichas normas de vuelo visual. En otras palabras, una consecuencia de la invención es que se puede acceder a un gran número de aeropuertos también cuando las circunstancias del tiempo normalmente no lo permitirían.

Además, dado que un sistema de radar, de acuerdo con la invención, puede sustituir en principio la inspección visual, el sistema de radar puede ser aplicado de manera apropiada en aviones sin piloto. Estos aviones sin piloto pueden incluso ser también controlados así debido a la aplicación de la invención, que dichos aviones pueden ser autorizados en espacios aéreos regulares.

Tal como se explicará más adelante, la velocidad relativa de un avión presente en la zona de interés y que refleja la señal de sonda o de exploración, puede ser deducida de la recepción de la reflexión de dicha señal de exploración.

- 25 En una realización de un sistema de radar, de acuerdo con la invención, la dirección de la señal de exploración es estática con respecto al avión. Esto asegura que la zona cubierta por la señal de exploración tiene de forma continuada una forma predeterminada. El sistema de radar es capaz por lo tanto de controlar de manera continua una zona de interés que es estática con respecto al avión.

- 30 En una realización del sistema de radar, según la invención, el como mínimo un subsistema está dispuesto para transmitir la señal de exploración que tiene frecuencia constante. Esto permite la detección de un avión presente en la zona de interés en base al bien conocido efecto Doppler.

- 35 En una realización de un sistema de radar, de acuerdo con la invención, el como mínimo un subsistema está dispuesto para transmitir la señal de exploración que tiene una onda continua modulada de frecuencia (FMCW). Esto permite la posibilidad de determinar en base a la reflexión de la señal de exploración la distancia de un avión que se aproxima y que se encuentra en la zona de interés.

- 40 Cuando la señal de exploración es una señal de onda continua modulada de frecuencia (FMCW), se puede estimar la distancia del avión que se aproxima. Cuando se lleva a cabo una serie de barridos llamados FMCW, es posible deducir la trayectoria del avión que se está aproximando. Entonces es posible calcular el punto de aproximación más próximo (C.P.A.) y el momento en que ello tendrá lugar, pudiéndose llevar a cabo una maniobra anticolidión por el piloto.

- 45 Preferentemente el transmisor de como mínimo uno de los subsistemas de un sistema de radar, de acuerdo con la presente invención, comprende un transmisor de estado sólido. En oposición a microondas o tubos, que requieren el suministro de un elevado voltaje y que en general tienen notables dimensiones, los transmisores de estado sólido son relativamente baratos y pueden ser activados por un voltaje relativamente bajo.

- 50 Además es posible que en una realización de un sistema de radar, de acuerdo con la invención, cada uno de los receptores de como mínimo uno de los subsistemas comprende un único receptor chip. Asimismo, la utilización de dicho receptor chip único permite conseguir un sistema de radar relativamente económico, según la invención. Estos receptores únicos chip son utilizados por ejemplo en dispositivos de telecomunicaciones portátiles tales como teléfonos móviles y en dispositivos que funcionan con una red LAN sin cables.

- 55 En una realización preferente de un sistema de radar, de acuerdo con la invención, el sistema de radar comprende una serie de subsistemas para controlar una primera zona de interés por delante del avión y como mínimo una segunda zona de interés que se encuentra o bien por detrás del avión, por encima del avión, por debajo del mismo o a un lado. En otras palabras, es posible conseguir una zona de seguridad en una región que rodea el avión de manera que cubre las zonas más vulnerables alrededor de un avión en las que podría volar otro avión.

La presente invención hace referencia también a un avión dotado de dicho sistema de radar.

La invención se explica además en base a dibujos a título de ejemplo en los cuales:

- 65 La figura 1 muestra esquemáticamente una realización de un sistema de radar de acuerdo con la invención;

La figura 2 muestra esquemáticamente una realización de un método de acuerdo con la invención;

ES 2 327 779 T3

La figura 3 muestra esquemáticamente una modificación de la realización del sistema de radar mostrado en la figura 1;

La figura 4 muestra esquemáticamente la utilización de la realización del sistema de radar mostrado en la figura 3;

La figura 5 muestra esquemáticamente el resultado para un avión dotado de una realización de un sistema de radar de acuerdo con la invención.

En los dibujos las partes iguales están dotadas de iguales numerales de referencia.

La figura 1 muestra esquemáticamente una realización de un sistema de radar para un avión para detectar en su utilización como mínimo otro objeto aéreo dentro de una zona que rodea al avión.

El avión puede ser un aeroplano, un helicóptero, un dirigible, etc. El objeto aéreo puede ser cualquier estructura o dispositivo que refleje radiaciones electromagnéticas y pueda provocar un accidente si colisiona con el avión.

El sistema comprende como mínimo un subsistema (1). El subsistema (1) comprende un transmisor (2) para transmitir una señal de exploración electromagnética a la zona de interés y un conjunto de receptores en fase (3) para recibir simultáneamente reflexiones de la señal de exploración transmitida y para generar señales de recepción, cada uno de los cuales representa una reflexión recibida de la señal de exploración. El subsistema está dispuesto para transmitir por medio del transmisor la señal de exploración de manera que cubre una zona de interés estática con respecto al avión. Es posible, por ejemplo, que una antena transmisora (2a) esté fijada a la parte frontal del avión, volando el avión en la dirección F, y que la antena transmisora (2a) envíe en su utilización una señal de exploración que es dirigida sustancialmente hacia delante a la zona de interés tal como un cono definido por las líneas Z. Una vez que la antena transmisora se encuentra en funcionamiento, la antena transmisora (2a) no es desplazada mecánicamente con respecto al avión. La zona de interés, definida por las líneas Z es estática con respecto al avión. Si bien no es visible de la figura 1 en su utilización, la dirección de la señal de exploración es estática con respecto al avión. El subsistema está dispuesto para transmitir la señal de exploración de manera que dicha señal cubre de manera continua la zona de interés.

El sistema de radar mostrado esquemáticamente en la figura 1 comprende un sistema (1) que tiene un conjunto de receptores en fase dispuestos en 8 filas y 16 columnas. El subsistema comprende además medios para el proceso de señales que se explicarán más adelante. Los receptores (3) se han mostrado comprendiendo una antena reflectora (3a) y un elemento electrónico RX para transferir las señales de recepción adicionalmente en el subsistema. Quedará evidente que como mínimo un receptor (3) debe encontrarse presente en cada subsistema para posibilitar que éste detecte la presencia de un objeto aéreo en la zona de interés. No obstante, para establecer la dirección de un dispositivo aéreo presente en la zona de interés, deben encontrarse presentes como mínimo dos receptores. Los medios de proceso de la señal que se explicarán más adelante, están dispuestos para obtener información de un objeto aéreo detectado con respecto al avión en, como mínimo, una dimensión. Preferentemente, cada uno de los subsistemas comprende como mínimo tres receptores para recibir una reflexión de la señal de exploración que es transmitida por la antena de transmisión (2) de dicho subsistema. Los medios de proceso de la señal que se explicarán más adelante, están dispuestos para obtener información de un objeto aéreo detectado con respecto al avión como mínimo en dos dimensiones. Tal como se ha mostrado, los receptores (3) están dispuestos unos con respecto al otro de acuerdo con un modelo predeterminado que se extiende como mínimo en dos dimensiones. Es posible que cada uno de los receptores (3) se encuentren dentro del modelo predeterminado con respecto a cada uno de los receptores dispuestos de forma adyacente, colocados de manera equidistante. Preferentemente, esta distancia corresponde más o menos a la mitad de la longitud de onda de la señal de exploración transmitida por la antena transmisora (2) del subsistema.

El subsistema (1) comprende una unidad de proceso de señales SPU para procesar cada una de las señales recibidas para obtener información con respecto al objeto aéreo detectado dentro de la zona que rodea el avión. Los términos: unidad de proceso de señales y medios de proceso de señales se utilizan de forma intercambiable en esta descripción.

El subsistema (1) puede estar dispuesto para convertir para cada receptor (3) de dicho subsistema una señal de reflexión analógica recibida en una señal de reflexión digital. Tal como se ha mostrado en la figura 1, para este objetivo cada receptor de como mínimo un subsistema comprende un convertidor analógico a digital (ADC). El subsistema (1) puede comprender además un transformador de Fourier (FFT) para transformaciones rápidas de Fourier de las señales de reflexión digital de todos los receptores (3) de dicho subsistema. La señal de salida del FFT comprende información con respecto a la dirección del avión que se aproxima con respecto a los receptores (3). El subsistema puede comprender además un detector Det para detectar, en base a la señal de salida del FFT, la presencia de un avión que se aproxima, así como la dirección del avión que se aproxima con respecto a los receptores (3). El subsistema está por lo tanto dispuesto para detectar por medio de la disposición en fase de los receptores y de los medios de proceso de señal un objeto aéreo situado en la zona de interés con independencia de la posición del objeto aéreo estando situado dicho objeto dentro de la zona de interés. En esta realización, la unidad de proceso de señal puede determinar la dirección con respecto al avión desde cuya dirección se origina la reflexión, con independencia de la posición del objeto aéreo detectado dentro de la zona de interés. A efectos de conseguir este objetivo, la unidad de proceso de señales está dispuesta para utilizar formación digital de haces múltiples por medio del FFT. No es necesario en esta realización que los receptores (3) y/o la unidad de proceso de señales exploren la zona de interés. El subsistema

simplemente “observa” en su estado como mínimo casi toda la zona de interés evitando la exploración o escaneado. Cada uno de los receptores puede comprender un receptor de chip único. Estos receptores de chip único son utilizados, por ejemplo, en redes de área local sin cables (LAN). Ello es bien conocido por los técnicos en la materia.

5 El transmisor (2) de un subsistema puede comprender un transmisor de estado sólido de tipo comercial y bien conocido por los técnicos en la materia. Este transmisor de estado sólido puede estar dispuesto para transmitir una señal que tiene una frecuencia constante, por ejemplo, 10 GHz. Este transmisor de estado sólido puede estar dispuesto también para transmitir una señal que tiene una Onda Continua Modulada en Frecuencia (FMCW). El transmisor (2) puede estar equipado con un Generador de Forma de Onda WFG y, por ejemplo, con un convertidor amplificador
10 UC para determinar, respectivamente, el tipo de señal a transmitir por el transmisor (2) y dirigir esta señal de manera adecuada a la antena transmisora (2a). El Detector Det puede estar dispuesto para controlar el Generador de Forma de Onda y se explicará adicionalmente más adelante. El subsistema (1) puede estar dispuesto de forma tal que en su utilización el transmisor de dicho subsistema (1) transmite una señal que tiene una frecuencia constante hasta que el subsistema indica la presencia de un avión que se aproxima dentro de la zona de interés. El subsistema puede estar
15 dispuesto además de forma tal que cuando en su utilización el subsistema indica la presencia de un avión que se aproxima dentro de la zona de interés, el transmisor de dicho subsistema transmite una señal que tiene Onda Continua Modulada en Frecuencia (FMCW). Este subsistema puede estar dispuesto además para repetir la transmisión de una señal que tiene una Onda Continua Modulada en Frecuencia, de manera que se puede calcular la trayectoria del avión que se aproxima. La Onda Continua Modulada en Frecuencia, comprende un modelo de frecuencia que se recibe a sí mismo a lo largo del tiempo. Preferentemente, el sistema de radar comprende como mínimo dos subsistemas (1) para
20 controlar una primera zona por delante del avión y una segunda zona que se encuentra o bien por detrás del avión, por encima del avión, por debajo del mismo o a un lado del avión.

Una realización del sistema de radar según la invención, de la que se ha mostrado un subsistema en la figura 1, funciona tal como se describe más adelante. La figura 2 muestra, representado de forma esquemática, un método para
25 detectar un avión dentro de una zona que rodea un avión dotado de un sistema de radar de acuerdo con la invención. El método comporta, en funcionamiento normal, la transmisión de una señal de exploración continua que tiene una frecuencia constante. Ésta es la fase SI.1 de un método, según la invención. SI se refiere a una etapa en una primera modalidad de funcionamiento. Un subsistema tal como se ha mostrado en la figura 1 es capaz de transmitir esta señal de exploración continua. Esta frecuencia puede ser, por ejemplo, 10 GHz, es decir, una señal que tiene una longitud de onda de unos 3 cm. La fase siguiente de esta realización de método mostrada en la figura 2 comprende el recibir reflexiones de la señal de exploración (SI.2). En la realización mostrada en la figura 1 los receptores (3) comprenden
30 elementos receptores (3a) para recibir estas señales de reflexión. Una etapa siguiente en la realización mostrada en la figura 2 comprende la conversión de las señales que se reciben en señales digitales (SI.3). En la realización mostrada en la figura 1 cada uno de los receptores comprende para este objetivo un convertidor analógico a digital (ADC). En la etapa siguiente de la realización del método según la invención, cada una de las señales recibidas es introducida en un transformador rápido de Fourier 3D de manera que cada una de las señales recibidas es transformada por Fourier en tres dimensiones, siendo las tres dimensiones las dos dimensiones espaciales y una de tiempo. El transformador rápido de Fourier 3D comprende un transformador rápido de Fourier 2D para formar haces múltiples digitales utilizando el
40 transformador rápido de Fourier 2D para formar haces múltiples digitales, resultando la formación de estos haces de la diferencia de fase entre las antenas receptoras (3a). Por lo tanto, las entradas del transformador rápido de Fourier 2D son facilitadas por las antenas receptoras (3a). Asimismo, el transformador rápido de Fourier comprende un transformador rápido de Fourier 1D para determinar la frecuencia Doppler. Por lo tanto, la entrada del transformador rápido de Fourier 1D puede ser proporcionada solamente por una de las antenas receptoras. A partir de este espectro Doppler es
45 posible, para cada señal recibida, detectar (SI.5) la presencia de un objeto aéreo que se aproxima situado en la zona de interés, del que se han recibido reflexiones de la señal de exploración. Por lo tanto, es posible deducir la velocidad y la dirección del dispositivo aéreo detectado. Los medios de proceso de señales están dispuestos para obtener información con respecto a la velocidad de un objeto aéreo detectado con respecto al avión en base a la información Doppler en las reflexiones de la señal de exploración. Será evidente para los técnicos en la materia que las reflexiones estacionarias o por ejemplo del suelo, se pueden suprimir en base a la frecuencia Doppler. Si no se detecta objeto aéreo alguno que se aproxime, se continuará la transmisión de una señal de exploración continua, que tiene una frecuencia constante, hasta detectar un dispositivo aéreo.

55 Cuando se ha detectado un dispositivo aéreo en aproximación, la etapa siguiente comprende la transmisión de una señal de exploración de onda continua modulada en frecuencia (SII.1). SII se refiere a una etapa en una segunda modalidad de funcionamiento. Se recibirán también reflexiones de esta señal de exploración (SII.2). Estas señales recibidas serán convertidas en señales recibidas digitales (SII.3) y un transformador rápido de Fourier 3D transformará todas las señales digitales recibidas (SII.4) en tres dimensiones, siendo las tres dimensiones dos dimensiones espaciales y una dimensión de tiempo. El transformador rápido de Fourier 3D utiliza un transformador rápido de Fourier 2D para
60 formar haces digitales múltiples, resultando la formación de estos haces de la diferencia de fase entre las antenas receptoras 3a. Por lo tanto, las entradas del transformador rápido de Fourier 2D son facilitadas por las antenas receptoras (3a). Las señales transformadas proporcionan información de la dirección del avión en aproximación con respecto a los receptores (3). Los medios de proceso de señales están dispuestos por lo tanto para determinar una dirección con respecto al avión, de cuya dirección se originan las señales. Asimismo, el transformador rápido de Fourier 3D comprende un transformador rápido de Fourier 1D para determinar la distancia del dispositivo aéreo que se aproxima. Por lo tanto, la entrada del transformador rápido de Fourier 1D puede ser proporcionada solamente por una de las antenas receptoras. Después de repetir el envío de la señal de exploración de onda continua modulada en frecuencia y sucesivamente la etapa (SII.2), la etapa (SII.3) y la etapa (SII.4) una serie de veces, se deducirá un perfil de distancia

del objeto aéreo detectado. Las ondas continuas moduladas en frecuencia pueden tener una amplitud de banda del orden de un par de MHz. La frecuencia de repetición de un barrido de onda continua modulada en frecuencia se puede seleccionar de manera que las reflexiones estacionarias no alteren la medición de la distancia. Al llevar a cabo las etapas SI.1-SI.5 se deduce la velocidad y dirección del objeto aéreo detectado. Al llevar a cabo las etapas SI.1-SI.5 se deduce un perfil de distancia del objeto aéreo detectado. Esto permite que el sistema de radar calcule la ruta del dispositivo aéreo que se aproxima y que calcule el punto más cercano de aproximación (CPA) y el tiempo para el CPA. En base a esta información, el piloto podrá llevar a cabo, en caso necesario, una maniobra anticolidión.

Una vez se ha calculado el CPA, el subsistema puede empezar nuevamente a transmitir una señal de exploración continua que tiene frecuencia constante.

Será evidente que cada subsistema puede ser apreciado como "sistema de radar de observación" ("staring radar system") en oposición a un "sistema de radar de escaneado" conocido en la técnica anterior.

Una modificación de la realización mostrada en la figura 1 se ha representado esquemáticamente en la figura 3. La disposición por fases comprende la misma cantidad de receptores (3) que en la disposición por fases mostrada en la figura 1. No obstante, se ha mostrado a efectos de claridad en la figura 3 solamente tres de los receptores (3). Tal como se puede apreciar en la figura 3, cada uno de los receptores (3) comprende un mezclador (4). Los mezcladores (4) están situados entre el elemento electrónico RX y el convertidor analógico a digital (ADC). Además, los mezcladores (4) están dispuestos para generar como señal de salida una señal de mezclador que tiene una frecuencia que como mínimo es aproximadamente igual a la diferencia entre las frecuencias de las dos señales de entrada. El subsistema está dispuesto para enviar una señal de referencia a los mezcladores (4) cuya señal de referencia es similar a la señal de exploración a enviar por la antena transmisora (2). Por lo tanto, las señales mezcladoras son señales cuya frecuencia es igual a la diferencia entre las frecuencias de la señal de referencia y la reflexión receptora.

La modificación se representa adicionalmente en la figura 4 en la que se han añadido las etapas adicionales SI.2a y SII.2a. Por la añadidura del mezclador (4) en el sistema de radar y por la adición de las etapas adicionales SI.2a y SII.2a, las señales correspondientes a convertir SI.3 y SII.3 por los convertidores analógico a digital (ADC) se encuentran dentro de un rango para el que los convertidores analógico a digital se encuentran a disposición a precios muy razonables. De manera típica, tanto la señal de referencia como la reflexión recibida tienen una frecuencia aproximada de 10^{10} Hz. No obstante, la señal del mezclador puede ser del orden aproximado de 10^4 Hz, con lo cual existen convertidores analógicos a digitales relativamente simples.

La figura 5 muestra esquemáticamente la forma en la que un vehículo aéreo, tal como un avión, puede ser dotado de un sistema de radar que comprende una serie de subsistemas, de manera tal que se cubre una zona estática de interés por la señal de exploración por delante del avión. La zona se extiende aproximadamente hasta unos 10 Km del avión. La zona estática de interés cubierta por la señal de exploración se encuentra presente por detrás del avión y se extiende aproximadamente a 1 Km del propio avión. Una zona estática de interés cubierta por una señal de exploración se encuentra presente tanto por encima como por debajo del avión y se extiende aproximadamente a 1,5 Km del avión.

También se puede prever que se encuentre presente una zona de interés en cada uno de los lados del avión. Cada zona de interés requiere su propio subsistema. También es posible que cada subsistema comprenda dos antenas transmisoras, a saber, una para transmitir de manera continua la señal de exploración que tiene frecuencia constante y otra para transmitir de manera continua la señal de exploración que tiene FMCW. En este caso la detección y determinación de la distancia de un avión detectado no son excluyentes entre sí, sino que se pueden realizar simultáneamente de manera que también se pueden detectar nuevos objetos aéreos cuando se ha determinado la distancia de un objeto ya detectado. Es posible, no obstante, que las zonas de interés se solapen. Estas realizaciones se comprenderá que en su totalidad están incluidas dentro del ámbito de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de radar (1) para un avión, para su utilización como mínimo para detectar otro objeto aéreo dentro de una zona que rodea el avión, en el que el sistema comprende como mínimo un subsistema dotado de: como mínimo un transmisor (2) para transmitir una señal de exploración electromagnética; un conjunto de receptores (3), en fase, para recibir simultáneamente reflexiones de la señal de exploración transmitida y para generar señales de recepción cada una de las cuales representa una reflexión recibida de la señal de exploración; y una unidad de proceso de señales para procesar cada una de las señales de recepción para obtener información con respecto a un objeto aéreo detectado dentro de la zona que rodea el avión, de manera que el subsistema está dispuesto para transmitir, por medio del transmisor (2), la señal de exploración de manera que dicha señal de exploración cubre una zona de interés que es estática con respecto al avión y en el que el subsistema está dispuesto para detectar, por medio de un conjunto en fase de receptores (3) y de los medios de proceso de señales, un objeto aéreo en la zona de interés, de manera que la unidad de proceso de señales está dispuesta para determinar la dirección con respecto al avión, de cuya dirección se origina la reflexión recibida, y en el que, a efectos de determinar dicha dirección, la unidad de proceso de señales está dispuesta para llevar a cabo una transformada rápida de Fourier sobre una señal de recepción para formar haces digitales múltiples, mientras que el conjunto de receptores en fase y la unidad de proceso de señales evitan el escaneado de la zona de interés, de manera que la zona de interés sea observada como un conjunto, en el que el por lo menos un subsistema está dispuesto de forma tal que en una primera modalidad se transmite una señal de exploración que tiene frecuencia constante hasta que el subsistema indica la presencia de un objeto aéreo en la zona de interés, y el subsistema está dispuesto además de forma tal que cuando el subsistema indica la presencia de un objeto aéreo en la zona de interés, a continuación, en una segunda modalidad, se transmite una señal de exploración que tiene una Onda Continua Modulada en Frecuencia.

2. Sistema de radar (1), según la reivindicación 1, en el que el subsistema está dispuesto para transmitir la señal de exploración de manera tal que la señal de exploración cubre de manera continua la zona de interés.

3. Sistema de radar (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la dirección de la señal de exploración es estática con respecto al avión.

4. Sistema de radar (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de proceso de señales están dispuestos para obtener información de la dirección del objeto aéreo detectado con respecto al avión, como mínimo en una dimensión.

5. Sistema de radar (1), según la reivindicación 4, en el que los medios de proceso de señales están dispuestos para obtener información de la dirección del dispositivo aéreo detectado con respecto al avión, por lo menos en dos dimensiones.

6. Sistema de radar (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de proceso de señales están dispuestos para determinar la posición de un objeto aéreo detectado con respecto al avión.

7. Sistema de radar (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de proceso de señales están dispuestos para obtener información con respecto a la velocidad del objeto aéreo detectado con respecto al avión en base a información doppler en las reflexiones de la señal de exploración.

8. Sistema de radar (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el transmisor de, como mínimo un subsistema, comprende un transmisor de estado sólido.

9. Sistema de radar (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada uno de los receptores del por lo menos un subsistema, comprende un receptor de chip único.

10. Sistema de radar (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el como mínimo un subsistema está dispuesto para transmitir la señal de exploración que comprende la Onda Continua Modulada en Frecuencia, en el que la Onda Continua Modulada en Frecuencia comprende un modelo de frecuencia que se repite a sí mismo a lo largo del tiempo.

11. Sistema de radar (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sistema de radar comprende una serie de subsistemas para controlar la primera zona por delante del avión y como mínimo una segunda zona que se encuentra o bien detrás del avión, por encima del avión o por debajo del avión.

12. Avión, en particular avión no tripulado, dotado de un sistema de radar (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

13. Procedimiento para detectar como mínimo otro objeto aéreo dentro de una zona que rodea un avión, en el que el procedimiento comprende:

transmitir una señal de exploración electromagnética tal que la señal de exploración cubre una zona de interés que es estática con respecto al avión, utilizando como mínimo un transmisor (2);

ES 2 327 779 T3

recibir simultáneamente reflexiones de la señal de exploración transmitida y generar señales de recepción, cada una de las cuales representa una reflexión recibida de la señal de exploración utilizando un conjunto de receptores en fase (3);

5 procesar cada una de las señales de recepción para obtener información con respecto al objeto aéreo detectado dentro de la zona que rodea el avión, utilizando una unidad de proceso de señales, y

detectar por medio del conjunto en fase de receptores (3) y de la unidad de proceso de señales un objeto aéreo en la zona de interés,

10

determinar la dirección con respecto al avión, de cuya dirección se origina la reflexión recibida, a efectos de determinar dicha dirección, llevando a cabo una transformación rápida de Fourier sobre una señal de recepción para formar múltiples haces digitales, mientras que el conjunto de receptores en fase y la unidad de proceso de señal evitan escanear la zona de interés, de manera que dicha zona de interés es observada como un conjunto

15

y, en una primera modalidad, transmitir una señal de exploración que tiene una frecuencia constante hasta que el subsistema indica la presencia de un objeto aéreo en la zona de interés, y, cuando el subsistema indica la presencia de un objeto aéreo en la zona de interés, transmitir a continuación, en una segunda modalidad, una señal de exploración que tiene una Onda Continua Modulada en Frecuencia.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

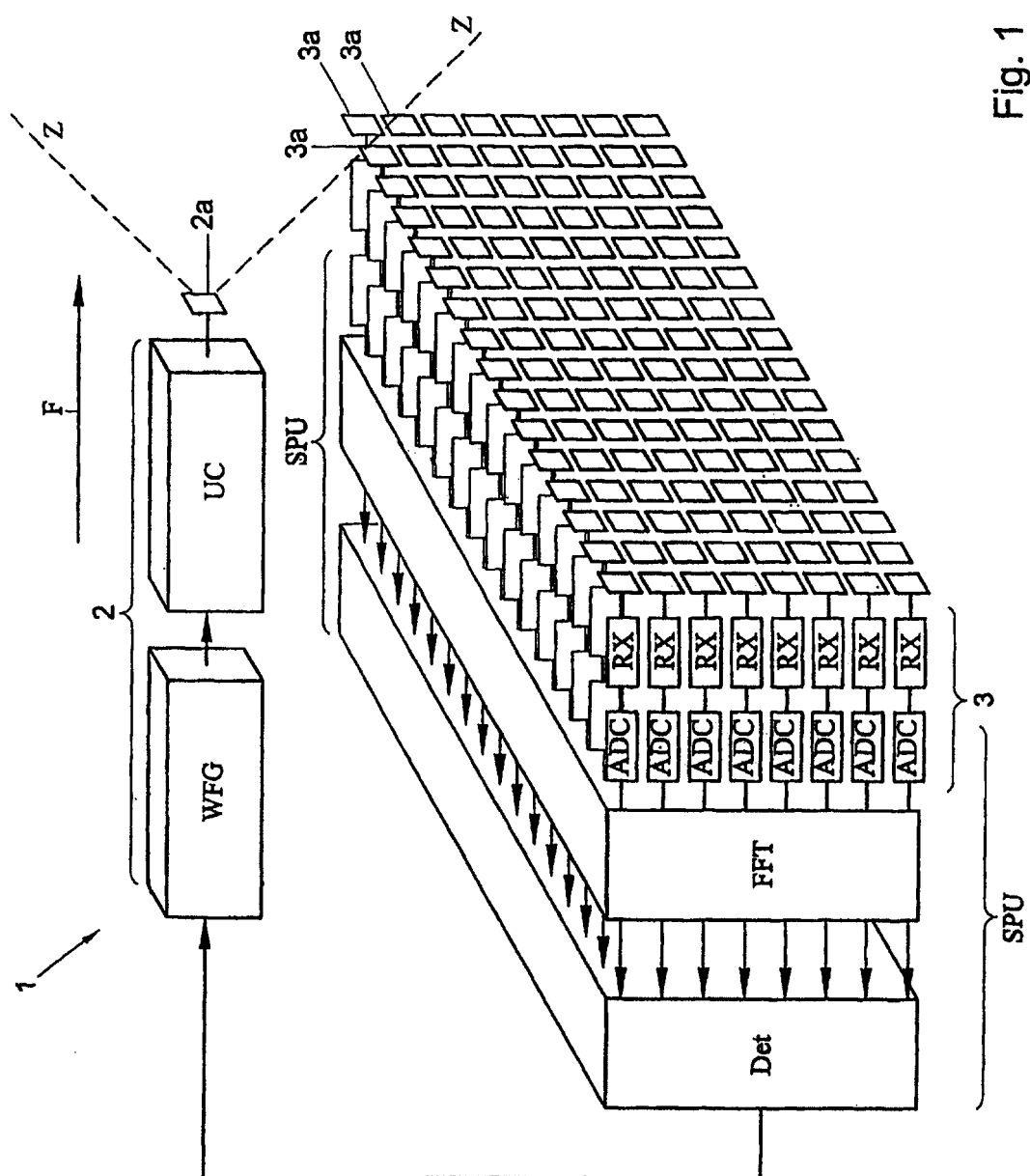


Fig. 1

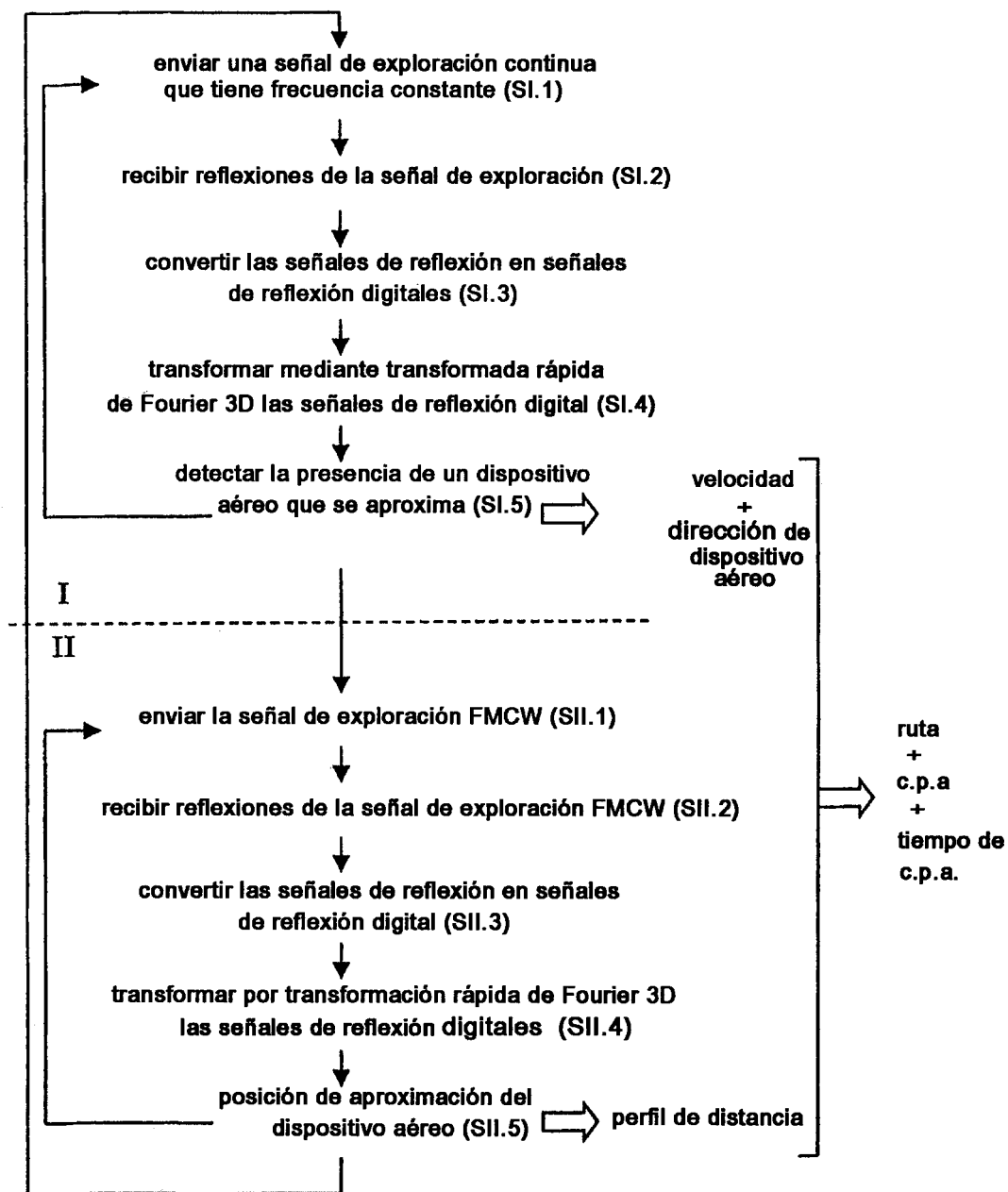


Fig. 2

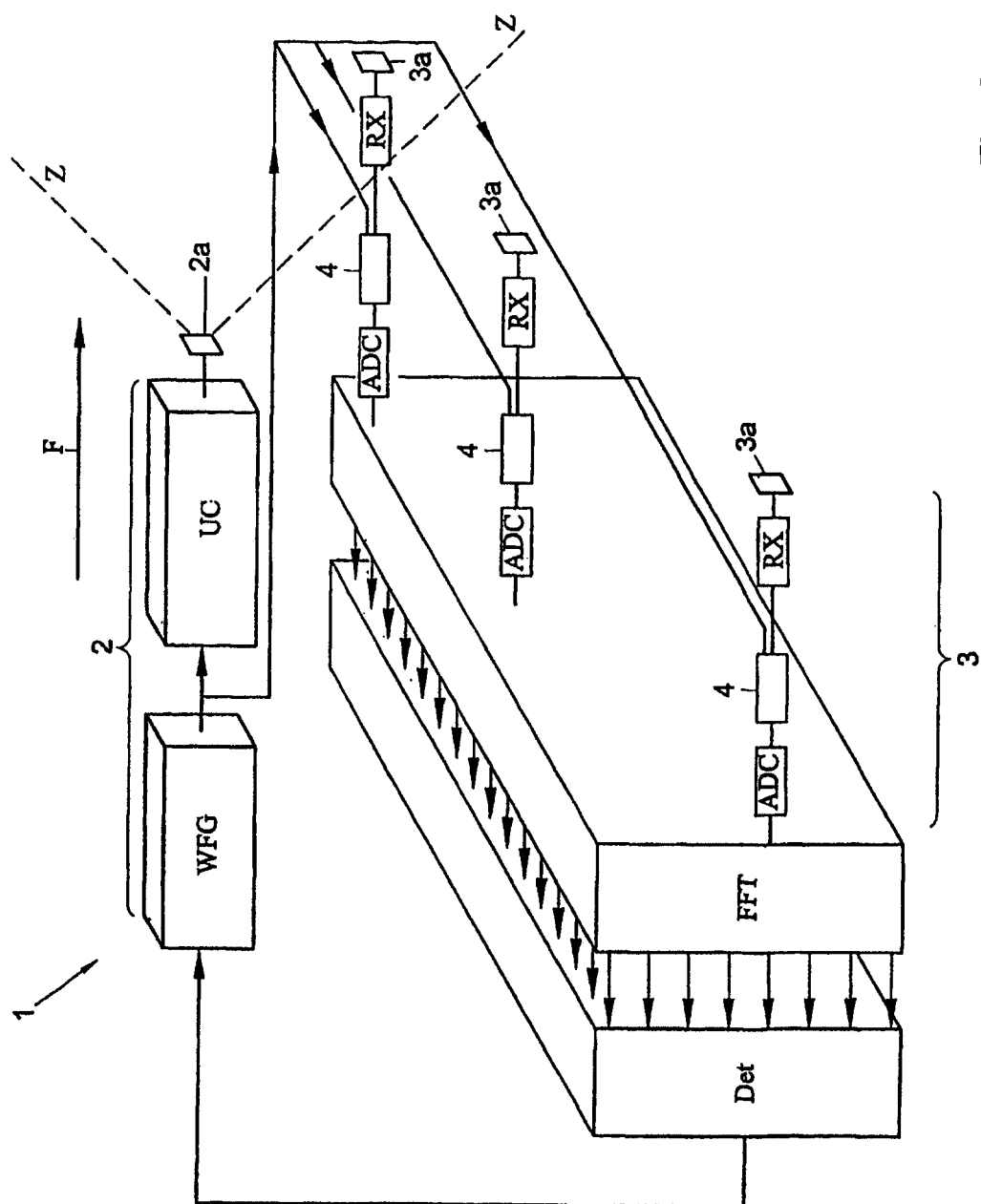


Fig. 3

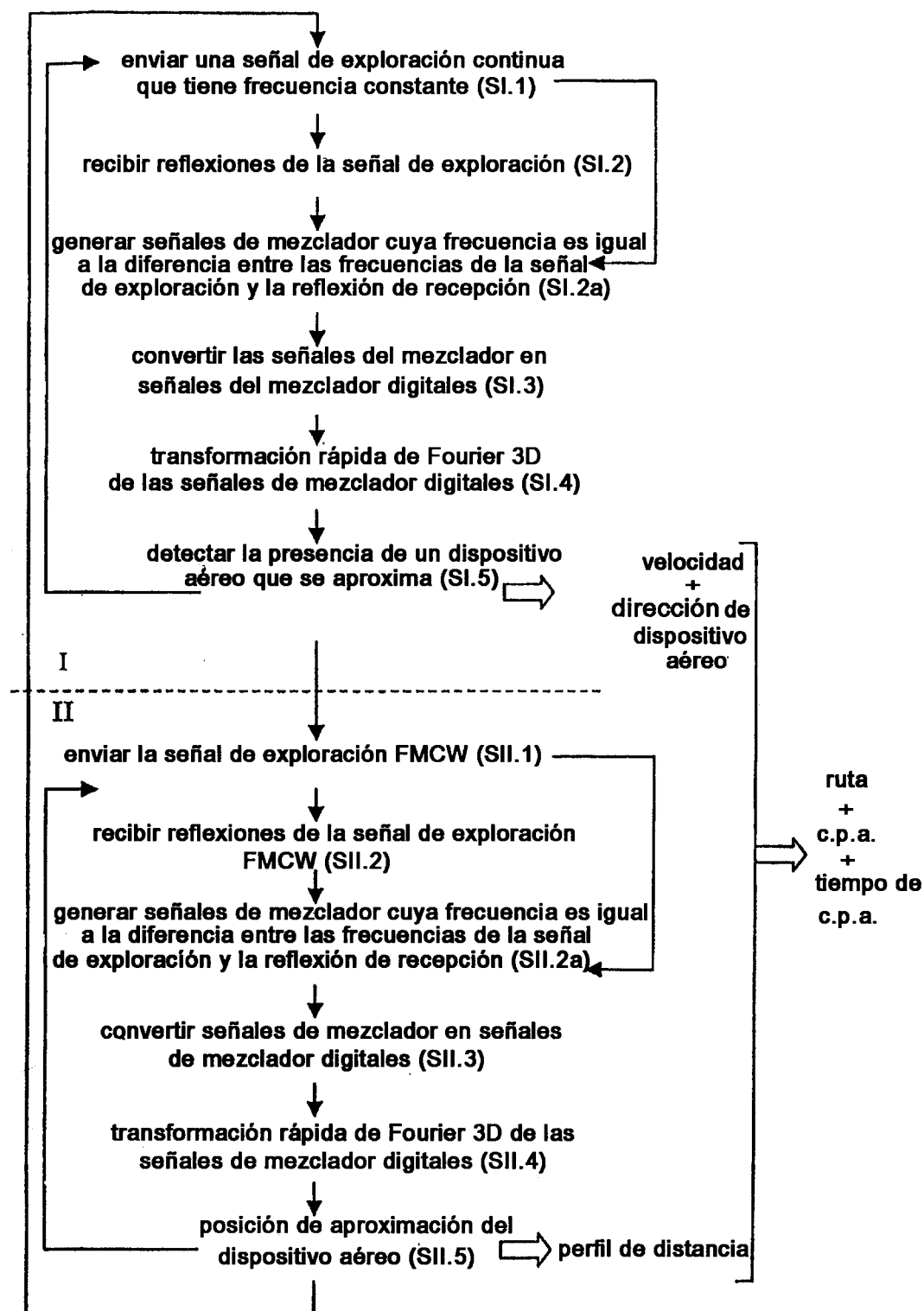


Fig. 4

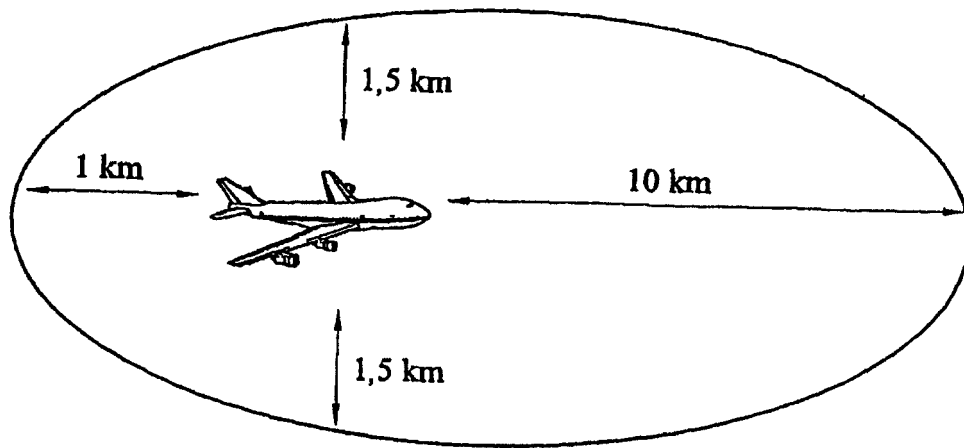


Fig. 5