

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 623 372**

51 Int. Cl.:

**G01C 23/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.11.2008 PCT/GB2008/051065**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.07.2009 WO09081177**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2008 E 08863694 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.02.2017 EP 2227676**

54 Título: **Aparato y método para el aterrizaje de una aeronave de alas rotativas**

30 Prioridad:

**21.12.2007 GB 0725091**  
**21.12.2007 EP 07255029**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.07.2017**

73 Titular/es:

**BAE SYSTEMS PLC (100.0%)**  
**6 Carlton Gardens**  
**London SW1Y 5AD, GB**

72 Inventor/es:

**ANDERS, JOHN THOMAS**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 623 372 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

Aparato y método para el aterrizaje de una aeronave de alas rotativas

La presente invención se refiere a un método y un aparato para ayudar al aterrizaje de una aeronave de alas rotativas, en particular, el aterrizaje de una aeronave de alas rotativas en entornos de baja visibilidad.

5 Un piloto de una aeronave de alas rotativas que vuela a una altitud relativamente baja y a una velocidad de avance relativamente baja puede experimentar una visión oscurecida debido a que las partículas son aspiradas desde el suelo por debajo de la aeronave por el o los rotores horizontales o de cola de la aeronave. Las partículas pueden formar una nube que envuelve la aeronave, lo que reducirá la visibilidad del piloto, ocasionará la pérdida de referencias externas y la vista de las obstrucciones y, por lo tanto, también reducirá la capacidad del piloto para controlar con seguridad la aeronave y evitar peligros. Este efecto de oscurecimiento se conoce comúnmente como efecto polvo o "brownout". Esta condición tiene lugar con más frecuencia cuando la aeronave está operando sobre un terreno seco y polvoriento, por ejemplo, en las regiones desérticas del mundo. También ocurre en otras áreas del mundo debido al agua, hielo y/o la nieve, y comúnmente se conoce como efecto sábana o "white out" y puede tener lugar cuando las gotas de agua son aspiradas de superficies saturadas. La visibilidad reducida puede hacer que el piloto se desoriente espacialmente y pierda noción de la ubicación. Por consiguiente, la visibilidad reducida puede aumentar la dificultad para controlar la aeronave durante las fases de aterrizaje o despegue del vuelo en condiciones diurnas o nocturnas. La reducción de la visibilidad debido al *brownout* o *white out* ha sido reconocida directamente como la causa principal de una serie de accidentes, algunos de los cuales han resultado fatales para la tripulación de la aeronave.

20 Se conoce la provisión de ayudas para la navegación personal para pilotos, como las descritas en la publicación de la solicitud de patente internacional WO 2006/087709. El sistema descrito en ese documento proporciona una ayuda para la navegación personal montada en un cabezal, que tiene un visor a través de la cual un piloto puede visualizar una escena externa y ver, superpuestos en dicha escena externa, símbolos seleccionados que indican la posición y mantienen la alineación con ubicaciones seleccionadas o predeterminadas en el suelo o en el espacio aéreo dentro de ese campo de visión, mientras el piloto mueve su cabeza. Si el piloto mira hacia afuera, de tal manera que la ubicación seleccionada o predeterminada está fuera del campo de visión del piloto a través del visor, se visualizan símbolos, como flechas, para redirigir la línea visual del piloto de modo de recuperar la visibilidad de la característica indicada.

30 De conformidad con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método para ayudar al aterrizaje de una aeronave de ala rotatoria en condiciones de visibilidad reducida de una zona de aterrizaje, donde un piloto de la aeronave de alas rotativas está provisto de un dispositivo de visualización montado en un cabezal o un casco, dispuesto de manera de mostrar a los piloto símbolos superpuestos sobre una escena que está siendo vista por el piloto. El método incluye las siguientes etapas:

(i) determinar la línea visual del piloto;

35 (ii) indicar un punto de aterrizaje deseado para la aeronave de alas rotativas en función de la línea visual determinada del piloto;

(iii) determinar la ubicación, incluso la altura sobre una superficie del suelo, de la aeronave de alas rotativas;

(iv) determinar la localización del punto de aterrizaje deseado indicado en desplazamiento (ii) con respecto a la ubicación determinada de la aeronave de alas rotativas;

40 (v) generar una simbología de aterrizaje conforme al suelo, que comprende uno o más símbolos que proporcionan una representación tridimensional de una zona de aterrizaje en la ubicación determinada del punto de aterrizaje deseado;

(vi) mostrar la simbología de aterrizaje conforme al suelo al piloto en el dispositivo de visualización; y

45 (vii) actualizar el tamaño o la forma de uno o más símbolos de la simbología de aterrizaje conforme al suelo que se muestra de conformidad con un cambio en la ubicación determinada de la aeronave de alas rotativas con respecto a la ubicación determinada del punto de aterrizaje deseado.

De esta manera, se presenta al piloto una simbología de aterrizaje tal que si se produce una situación de baja visibilidad, el piloto puede usar la simbología de aterrizaje para completar la fase de aterrizaje o despegue del vuelo para la aeronave.

50 En una realización ejemplar, la etapa (iv) comprende además generar una indicación visual en el dispositivo de visualización de la ubicación determinada del punto de aterrizaje deseado, y el método incluye repetir las etapas (i) a (iv) en diferentes ubicaciones de la aeronave de alas rotativas hasta que exista una correlación aceptable entre la indicación visual generada en la etapa (iv) y el punto de aterrizaje deseado indicado en la etapa (ii).

En una variante del procedimiento para refinar la ubicación de un punto de aterrizaje deseado, la etapa (iv)

- comprende además generar una indicación visual en el dispositivo de visualización de la ubicación determinada del punto de aterrizaje deseado y permitir al piloto controlar la indicación visual del punto de aterrizaje deseado en el dispositivo de visualización para volver a designar el punto de aterrizaje deseado, y el procedimiento incluye repetir las etapas (i) a (iv) hasta que haya una correlación aceptable entre la indicación visual generada en la etapa (iv) y el punto de aterrizaje deseado indicado en la etapa (ii).
- 5 El método puede incluir resolver inconsistencias entre ubicaciones del punto de aterrizaje deseado calculadas sucesivamente.
- El método puede incluir determinar la ubicación actual de la aeronave de alas rotativas en relación con un esquema universal de coordenadas geográficas. El método puede incluir calcular la ubicación del punto de aterrizaje deseado a partir de la ubicación actual determinada de la aeronave de alas rotativas.
- 10 En un ejemplo del tipo de actualización que puede realizarse en la etapa (vii) del método, el o los símbolos generados en la etapa (v) y mostrados en la etapa (vi) representan características tridimensionales de un tamaño predeterminado y, en la etapa (vii), el tamaño o la forma de uno o más símbolos, como aparecen en el visor, se actualizan de conformidad con un cambio en la ubicación determinada de la aeronave de alas rotativas con respecto a la ubicación determinada del punto de aterrizaje deseado.
- 15 El método puede incluir determinar la presencia de obstáculos cerca del punto de aterrizaje deseado a partir de un radar y la indicación al piloto en el visor de los obstáculos detectados. El radar puede ser, por ejemplo, un radar de emisión convencional, unidad láser utilizada en modo radar, es decir, LADAR, o un dispositivo pasivo que se apoye en la radiación natural de los obstáculos.
- 20 El método puede incluir el uso de un aparato de navegación inercial para determinar la ubicación actual de la aeronave de alas rotatorias y un altímetro para determinar la altura de la nave de alas rotatorias.
- El método puede incluir determinar el alcance de la aeronave de alas rotativas desde el punto de aterrizaje deseado mediante el uso de una disposición de medición de alcance. Por ejemplo, un láser. El método puede incluir calcular la velocidad de acercamiento de la aeronave de alas rotativas con respecto al punto de aterrizaje deseado a partir de determinaciones sucesivas de autonomía y mostrar la velocidad de acercamiento al piloto en el visor.
- 25 El método puede incluir generar una representación sintética de una escena a lo largo de la línea visual del piloto y mostrar la escena sintética al piloto en el visor.
- El método puede incluir definir el punto de aterrizaje deseado para la aeronave de alas rotatorias en función de la línea visual del piloto, que ve el punto de aterrizaje deseado a través de un dispositivo montado en un casco o cabezal usado por el piloto, y el seguimiento del dispositivo montado en el casco o cabezal con un sistema de seguimiento.
- 30 De conformidad con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato para ayudar al aterrizaje de una aeronave de alas rotativas en condiciones de visibilidad reducida de una zona de aterrizaje, que incluye:
- un sistema de seguimiento para determinar la línea visual del piloto;
  - un sistema de activación operable por el piloto para iniciar la captura de un punto de aterrizaje deseado para la aeronave de alas rotativas a lo largo de una determinada línea visual del piloto;
  - una entrada que reciba datos de un sensor, que indiquen la ubicación, incluso la altura sobre una superficie del suelo, de la aeronave de alas rotativas;
  - un dispositivo de visualización montado en un cabezal o casco para mostrar al piloto la simbología de aterrizaje conforme al suelo, que comprende uno o más símbolos que proporcionan una representación tridimensional de una zona de aterrizaje en el punto de aterrizaje deseado, superpuestos sobre una escena que está siendo vista por el piloto; y
  - un procesador dispuesto de modo de determinar, a partir de los datos de sensor recibidos, la ubicación del punto de aterrizaje deseado y la ubicación de la aeronave de alas rotativas y generar la simbología de aterrizaje conforme al suelo para su visualización en el dispositivo de visualización, superpuesta sobre la escena que está siendo vista por el piloto, así como una actualización del tamaño o la forma del o los símbolos de la simbología de conformidad con un cambio en la ubicación determinada de la aeronave de alas rotativas con relación a la ubicación determinada del punto de aterrizaje deseado.
- 40 El sistema de activación puede estar dispuesto de modo de ser operado por el piloto para capturar sucesivamente un punto de aterrizaje deseado para la aeronave de alas rotativas a lo largo de la línea visual del piloto en diferentes ubicaciones de la aeronave hasta que haya una correlación aceptable entre la simbología de aterrizaje y el punto de aterrizaje deseado.
- 50 El procesador también puede estar dispuesto de modo de resolver inconsistencias entre ubicaciones del punto de aterrizaje deseado calculadas sucesivamente.

Se puede configurar un sistema de navegación para determinar la ubicación actual de la aeronave de alas rotativas en relación con un esquema universal de coordenadas geográficas. El procesador se puede configurar para calcular la ubicación del punto de aterrizaje deseado a partir de la ubicación actual determinada de la aeronave de alas rotativas.

- 5 El procesador puede estar configurado para generar el o los símbolos que representan características tridimensionales de un tamaño predeterminado y actualizar el tamaño o la forma de uno o más símbolos, como aparecen en el visor, de conformidad con un cambio en la ubicación determinada de la aeronave de alas rotativas con respecto a la ubicación determinada del punto de aterrizaje deseado.

- 10 Se puede incluir un sistema de radar para determinar la presencia de obstáculos cerca del punto de aterrizaje deseado, y los obstáculos detectados pueden mostrarse al piloto en el visor. La visualización de obstáculos puede ser asistida por el establecimiento de alarmas audibles y alertas, en función de la proximidad de los obstáculos al punto de aterrizaje deseado. Estas alarmas y alertas pueden ser sensibles a la dirección y usar un rastreador de rumbo para dar una señal sonora al piloto en el oído izquierdo o derecho a fin de que busque el obstáculo en la dirección correcta.

- 15 El sistema de navegación puede incluir un aparato de navegación inercial para determinar la ubicación actual de la aeronave de alas rotatorias y un altímetro para determinar la altura de la nave de alas rotatorias.

Un sistema de medición de distancia puede ser operable para determinar la distancia de la aeronave de alas rotativas desde el punto de aterrizaje deseado. Por ejemplo, un láser. El método puede incluir calcular la velocidad de acercamiento de la aeronave de alas rotativas con respecto al punto de aterrizaje deseado a partir de determinaciones sucesivas de distancia y mostrar la velocidad de acercamiento al piloto en el visor.

- 20 Se puede disponer un sistema de cámaras para capturar una escena a lo largo de la línea visual del piloto, el procesador puede estar configurado de modo de generar una representación sintética de la escena capturada y el visor puede estar configurado de modo de mostrar la escena sintética al piloto.

El sistema de seguimiento puede incluir un dispositivo de visualización montado en un cabezal o casco usado por el piloto y estar configurado para determinar la línea visual del piloto.

- 25 La invención se describirá ahora, a modo de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos adjuntos, donde:

La Figura 1 es una vista esquemática de un aparato de ayuda para el aterrizaje para una aeronave de alas rotativas de conformidad con la invención;

La Figura 2 es diagrama operativo esquemático de un aparato de ayuda para el aterrizaje para una aeronave de alas rotativas de conformidad con la invención;

- 30 La Figura 3 es un diagrama de flujo de un método de ayuda para el aterrizaje para una aeronave de alas rotativas de conformidad con la invención;

La Figura 4 es una ilustración, de vista elevada, del uso de una línea visual de un piloto para determinar un punto de aterrizaje deseado de conformidad con la invención;

- 35 La Figura 5 es una ilustración esquemática, de vista plana, de la aproximación para el aterrizaje de una aeronave de alas rotativas y la designación de los puntos de aterrizaje deseados de conformidad con la invención;

La Figura 6 es un gráfico de tiempo que indica la altura de la aeronave de alas rotativas antes de encontrar una condición de *brownout* para el aterrizaje y la designación de los puntos de aterrizaje deseados ilustrados en la Figura 5 de conformidad con la invención;

- 40 La Figura 7 es un gráfico acumulativo que indica el error de designación para la designación de los puntos de aterrizaje deseados ilustrados en la Figura 5 de conformidad con la invención;

Las Figuras 8 a 10 son ilustraciones esquemáticas, de vista plana, de aproximaciones para el aterrizaje de una aeronave de alas rotativas y designaciones de puntos de aterrizaje deseados alternativas de conformidad con la invención;

- 45 La figura 11 es una ilustración esquemática, de vista elevada, del efecto acumulativo de errores en un cálculo del punto de aterrizaje deseado con relación al punto de aterrizaje deseado real de conformidad con la invención;

La Figura 12 es una vista de la simbología de aterrizaje que se muestra a un piloto de una aeronave de alas rotativas de conformidad con la invención;

La Figura 13 es una vista plana de la simbología de aterrizaje que se muestra a un piloto en relación con una huella de aterrizaje de una aeronave de alas rotativas de conformidad con la invención;

- 50 Las Figuras 14 a 17 son vistas de la simbología de aterrizaje que se muestra a un piloto de una aeronave de alas

rotativas de conformidad con la invención;

La Figura 18 es una vista de elevación lateral de una aeronave de alas rotativas, que ilustra el punto ciego de un piloto y simbología de aterrizaje de conformidad con la invención;

5 La Figura 19 es una vista parcial de una disposición de simbología de aterrizaje alternativa, que se muestra a un piloto de una aeronave de alas rotativas de conformidad con otro aspecto de la invención; y

La Figura 20 es una vista de la disposición de la simbología de aterrizaje alternativa que se muestra en la Figura 20, con la incorporación de la simbología de instrumentos existentes.

10 Con referencia a la Figura 1, un aparato de ayuda para el aterrizaje 10 para una aeronave de alas rotativas, por ejemplo, un helicóptero, incluye un casco 12, con un dispositivo de visualización montado en el casco 13 y un sistema de mejora de imagen, por ejemplo, un set de lentes 14 de visión nocturna. Un piloto que lleva puesto el casco 12 ve una escena de mundo real 16 a lo largo de una línea visual 18 a través de un visor del casco 12 y del dispositivo de visualización montado en el casco 13. Si la aeronave de alas rotativas se opera durante la noche, los lentes de visión nocturna 14 se mueven a una posición desplegada, como se ilustra, de manera que coincidan con la línea visual 18. El movimiento del casco 12 se rastrea mediante un dispositivo de seguimiento, que incluye sensores de seguimiento 15 20 y 22 dispuestos de modo de proporcionar información a un procesador de seguimiento 24, configurado para determinar la posición y la orientación del casco 12. Los datos producidos por el procesador de seguimiento 24 son proporcionados a un procesador 26 por medio de una conexión de entrada 28. El procesador 26 calcula la línea visual del piloto en un sistema de coordenadas con referencia a la tierra adecuado para proporcionar al piloto una señal de línea visual a través del dispositivo de visualización montado en casco 13, que coincide con la línea visual real del piloto, superpuesta sobre la escena del mundo real 16.

El procesador 26 también está configurado de modo de recibir datos de vuelo de instrumentos de vuelo 30 para proporcionar información de vuelo, incluso la velocidad de aire, la altura que surge del radio altímetro, el estado del torque de la aeronave y la dirección del viento a través de la conexión de entrada 32.

25 Además, el procesador 26 está configurado para recibir información de navegación desde el dispositivo de navegación 34, que puede incluir un sistema de navegación inercial con una entrada de sistema de posición global recibida a través de un receptor de satélite adecuado 36. Los datos de navegación procedentes del dispositivo de navegación 32 se proporcionan al procesador 26 a través de una conexión de entrada 38.

30 El procesador 26 está también configurado para recibir datos de control de vuelo a través de la conexión de entrada 40 desde el ordenador 42 de control de vuelo de la aeronave y el dispositivo manos en colectivo y palanca (HOCAS) 44.

35 El procesador 26 está también configurado para emitir señales de audio por medio de una conexión de salida 46, que alimenta una interfaz de audio de la aeronave 48. La interfaz de audio de la aeronave 48 proporciona señales de audio desde el procesador 26 a un auricular dentro del casco 12 por medio de una conexión 50. Además, la interfaz de audio de la aeronave 48 está también configurada para recibir señales de audio de aeronaves procedentes de otros sistemas a través de un enlace de comunicación 52 y enviarlas al auricular del casco 12 y para recibir señales de un micrófono, no ilustrado, dentro del casco 12 y enviarlas a través de un enlace de comunicación 52 a otros sistemas dentro de la aeronave.

40 Además, la simbología de aterrizaje generada por el procesador 26 se proporciona a un conector de liberación rápida (QRC) 56 a través de la conexión 54 y se muestra al piloto a través del dispositivo de visualización montado en el casco 13 asociados con el casco 12. Se entenderá que el piloto verá la simbología de aterrizaje generada en el dispositivo de visualización montado en el casco 13, superpuesta sobre la escena delantera 16. La escena delantera 16 se puede mejorar para la operación nocturna mediante el despliegue de los lentes de visión nocturna 14 y la simbología generada aparecerá superpuesta sobre la vista delantera mejorada mediante los lentes de visión nocturna 16 del piloto. Se entenderá que, alternativamente, una cámara montada en un casco, no ilustrada, puede representar la escena delantera 16 y proporcionar una señal de video al procesador 26 a través de una conexión 54 por medio del QRC 56. La escena delantera 16, representada por dicha cámara, puede ser mejorada por el procesador 26 para generar una imagen sintética que se proporciona al piloto por medio del dispositivo de visualización montado en el casco dentro del casco 12 a través de una conexión 54.

50 El procesador de seguimiento 24 está configurado también para suministrar información de accionamiento del dispositivo de seguimiento a través de una salida 58, que a su vez alimenta dispositivos emisores en el casco mediante un QRC 56 y enlace 59 para proporcionar a los dispositivos emisores información de control a fin de ayudar a la operación mediante los sensores de seguimiento asociados 20 y 22.

55 El procesador 26 también puede suministrar opcionalmente señales de video a un dispositivo de visualización dentro de la cabina del piloto 60 para proporcionar una mayor conciencia situacional al piloto, por ejemplo, un mapa o una fotografía del punto de aterrizaje deseado para la aeronave.

Además, el procesador 26 puede opcionalmente recibir información adicional de una torreta infrarroja delantera 62,

un radar, por ejemplo un detector óptico láser 64, o un buscador de alcance 66.

Con referencia a la Figura 2, el piloto observará una escena real 70 a lo largo de la línea visual del piloto. Como se indica en la sumatoria 72, la percepción de un piloto de la escena real 70 se ve afectada por el ruido de observación 74 debido al movimiento de la aeronave pilotada por el piloto y al movimiento involuntario de la cabeza del piloto. En funcionamiento, el aparato de ayuda para el aterrizaje incluye un dispositivo de activación, por ejemplo, un interruptor 76, que es operable por el piloto para capturar el punto de aterrizaje deseado para la aeronave, según se determina por la línea visual del piloto con respecto a la escena real 70. Por consiguiente, la simbología de aterrizaje generada es visualizada por el piloto sobre la escena real 70 en la etapa del proceso de visualización 78, y en una etapa del proceso de estimación de error 80 se determina un cálculo de error para la posición de la simbología de aterrizaje con respecto a la escena real 70. El cálculo del error puede incluir la posición, la velocidad, la altitud, el rumbo o la altura de la aeronave o los errores asociados con el dispositivo de seguimiento utilizado para rastrear el casco y, por lo tanto, la línea de visualización del piloto. Dichos errores asociados al dispositivo de seguimiento pueden incluir aquellos debidos a la distorsión en la línea visual del piloto, causada por el efecto óptico de la cúpula de la cabina del piloto de la aeronave de alas rotatorias.

Las coordenadas geográficas universales para el punto de aterrizaje deseado se calculan en la etapa del proceso generador de coordenadas 82 y las coordenadas geográficas universales calculadas se utilizan para generar la simbología de aterrizaje en la etapa del proceso de simbología 84. La simbología de aterrizaje generada se emite en la salida 86 para ser vista por un piloto que observará una simbología de aterrizaje conforme al suelo superpuesta sobre la escena real 70, lo que proporciona una vista en bucle cerrada de los errores dentro del aparato de ayuda para el aterrizaje.

Una segunda salida de la etapa del proceso generador de coordenadas 82 se puede conectar a un sensor adecuado, como una sección de radar de dirección 88, a través de un interruptor 90. Se entenderá que el radar de dirección 88 solo necesita ser utilizado en ciertas condiciones ambientales, por ejemplo, vuelos nocturnos, y el interruptor 90 es operable por el piloto o automáticamente en respuesta a las condiciones ambientales. El radar de dirección 88 proporciona datos sobre el punto de aterrizaje deseado, que se utilizan para determinar una superficie de mapa del punto de aterrizaje deseado en la etapa del proceso de mapeo 92. La salida de la etapa del proceso de mapeo 92 se usa para crear una representación sintética de la superficie del punto de aterrizaje deseado en la etapa del proceso de representación sintética 94. La salida del radar de dirección 88 puede combinarse con una base de datos adecuada, que contiene datos de terreno y/u obstáculos para generar la representación sintética de la superficie del punto de aterrizaje deseado en la etapa del proceso de representación sintética 94. La representación sintética se combina con la salida 86 por una sumatoria 96, de tal manera que un piloto observará la representación sintética de la escena y la simbología de aterrizaje superpuesta sobre la escena real en una salida 87. Alternativamente, el sensor adecuado podría operar con la cámara en el espectro de infrarrojos y estar configurado para capturar y generar una representación sintética que debe ser observada por el piloto en la salida 87.

El radar de dirección 88 también se puede usar para medir el alcance hasta el punto de aterrizaje deseado en la etapa del proceso de alcance 98 y la información de alcance se puede proporcionar en el proceso de estimación de error 80 para mejorar las estimaciones de error. Como se indica en la sumatoria 100, la determinación del alcance hasta el punto de aterrizaje deseado incluirá el ruido de medición 102, que puede tenerse en cuenta en la etapa del proceso de estimación de error 80.

Existe una vía de retroalimentación de corrección de errores 104 entre la etapa del proceso de simbología 84, como resultado 86, y la sumatoria 72 para contrarrestar la navegación y errores de colocación de simbología generada y el ruido de observación 74 inducido por el movimiento de la aeronave. Además, se proporciona un bucle de retroalimentación de validez global 106 a partir de la simbología de visualización y de la sumatoria de imágenes sintéticas 96 para corregir la escena real 70 percibida por el piloto general 108.

Con referencia a la Figura 3, en funcionamiento, el aparato de ayuda para el aterrizaje es utilizado por un piloto para seleccionar un punto de aterrizaje deseado en desplazamiento 110, cuando el piloto utiliza el dispositivo de activación para capturar el punto de aterrizaje deseado seleccionado. Cuando el dispositivo de activación ha sido activado, el aparato de ayuda para el aterrizaje calcula la línea visual del piloto en desplazamiento 112 y, por tanto, puede determinar el punto de aterrizaje deseado observado por el piloto.

El aparato de ayuda para el aterrizaje realiza entonces un primer cálculo de las coordenadas geográficas universales para el punto de aterrizaje deseado en desplazamiento 114, cuyo resultado se muestra como simbología de aterrizaje en un visor en desplazamiento 116.

El piloto observa entonces la simbología de aterrizaje superpuesta sobre una escena real y decide si acepta o no la correlación entre la posición calculada y visualizada del punto de aterrizaje deseado y el punto de aterrizaje deseado real en desplazamiento 118. Si el piloto decide que la simbología de aterrizaje mostrada se correlaciona suficientemente con el punto de aterrizaje deseado, entonces la simbología de aterrizaje con referencia al suelo se muestra al piloto en desplazamiento 120 para permitir que el piloto aterrice si se produce un evento de *brownout*. De lo contrario, si el piloto decide que la simbología de aterrizaje calculada y mostrada no se correlaciona suficientemente con el punto de aterrizaje deseado, entonces el piloto puede dirigir la simbología de aterrizaje en la

etapa 122 para volver a designar el punto de aterrizaje deseado, de modo que el aparato de ayuda para el aterrizaje sea capaz de calcular el error entre el primer intento de cálculo de coordenadas geográficas universales y el punto de aterrizaje deseado en la etapa 124, lo que permite calcular correcciones a las coordenadas geográficas universales en la etapa 126, las cuales son entonces proporcionadas nuevamente a la etapa 114. La etapa 114 luego recalcula las coordenadas geográficas universales y vuelve a mostrar la simbología de aterrizaje al piloto en la etapa 116. El piloto puede entonces reevaluar si las correcciones aplicadas han establecido o no una correlación aceptable entre la simbología de aterrizaje mostrada y el punto de aterrizaje deseado en desplazamiento 118. Se entenderá que el piloto puede continuar rechazando la simbología de aterrizaje calculada y mostrada hasta que el desplazamiento 114 proporcione coordenadas geográficas universales que produzcan simbología de aterrizaje que se correlaciona suficientemente con el punto de aterrizaje deseado en desplazamiento 118. Cuando se acepta la simbología de aterrizaje en desplazamiento 118, la simbología de aterrizaje con referencia al suelo se muestra al piloto en desplazamiento 120.

Las coordenadas geográficas universales calculadas en desplazamiento 114 pueden utilizarse también para dirigir un sensor adecuado en desplazamiento 128, por ejemplo, un radar de dirección, que puede producir información de alcance desde la posición actual de la aeronave hasta el punto de aterrizaje deseado en desplazamiento 130. La información de alcance entre la aeronave y el punto de aterrizaje deseado también puede proporcionarse en desplazamiento 114 para ser utilizada en cálculos adicionales de las coordenadas geográficas universales en desplazamiento 114.

Opcionalmente, la salida del sensor en desplazamiento 128 puede usarse para generar una escena sintética en desplazamiento 132 para la visualización en desplazamiento 134 de una imagen mejorada de la escena observada por un piloto.

Además, el desplazamiento 114 también puede usarse para calcular la simbología de ruta de vuelo que se muestran al piloto en el desplazamiento 136.

Con referencia a la figura 4, se entenderá que la línea visual 140 de un piloto de una aeronave 142 se usa para determinar el punto de aterrizaje deseado 144 para la aeronave 142. La altura 146 de la aeronave 142 por encima de un terreno determinado 148 puede determinarse mediante un radar o un radio altímetro. Se puede utilizar una base de datos de terreno para contrarrestar las diferencias de altura de terreno entre la posición de la aeronave y el punto de aterrizaje deseado. Como la aeronave 142 incluirá un dispositivo de navegación para determinar la ubicación de la aeronave 142, el aparato de ayuda para el aterrizaje puede determinar las coordenadas geográficas universales para el punto de aterrizaje deseado 144.

Con referencia a la Figura 5, se ilustra una aeronave 160, que hace un acercamiento de 360° a un punto de aterrizaje deseado 162 y sigue una ruta de vuelo 164 a un primer punto de designación 166. En el primer punto de designación 166, el piloto de la aeronave observa y designa el punto de aterrizaje deseado 162 mediante la activación del aparato de ayuda para el aterrizaje cuando la línea visual del piloto es dirigida al punto de aterrizaje deseado 162 para calcular las primeras coordenadas geográficas universales para el punto de aterrizaje deseado 162. El piloto revisará entonces la simbología de aterrizaje mostrada generada por el aparato de ayuda para el aterrizaje y decidirá si existe o no una correlación aceptable con el punto de aterrizaje deseado 162. De no ser así, el piloto continuará a lo largo de la ruta de vuelo de aproximación de 360° 164 hasta un segundo punto de designación 168. Nuevamente, el piloto observa y designa la posición de aterrizaje deseada 162 desde una ubicación alternativa y activa el aparato de ayuda para el aterrizaje. La toma de una segunda designación desde una posición alternativa reduce el error de designación entre las coordenadas geográficas universales calculadas por el aparato de ayuda para el aterrizaje y la posición de aterrizaje deseada real 162 observada por el piloto.

La aeronave 160 puede continuar a lo largo de la ruta de vuelo de aproximación parcial de 360° 164, que activa el aparato de ayuda para el aterrizaje en otros puntos de designación 170 y 172 para reducir aún más el error de designación hasta que el piloto sepa que la simbología de aterrizaje mostrada tiene una correlación aceptable con punto de aterrizaje deseado real 162. En este punto, el piloto puede entrar en una fase de aterrizaje del vuelo y aterrizar la aeronave 160 en el punto de aterrizaje deseado 162, incluso cuando el helicóptero 160 entra en un evento de *brownout* indicado por la nube de polvo 174.

Con referencia a la Figura 6, donde se han usado referencias similares para indicar números enteros similares a los ilustrados con referencia a la Figura 5, los puntos de designación 166, 168, 170 y 172 están indicados con respecto a la altura a lo largo del eje de ordenadas 176 y con respecto al tiempo a lo largo del eje de abscisas 178. Cuando una aeronave se aproxima al punto de aterrizaje deseado 162, el aparato de ayuda para el aterrizaje está configurado para calcular coordenadas geográficas universales en cada punto de designación 166, 168, 170 y 172 de modo de mostrar simbología de aterrizaje que está correlacionada con el punto de aterrizaje deseado 162 antes de que la aeronave entre en la nube de polvo 174.

Con referencia a la Figura 7, donde se han usado referencias similares para indicar números enteros similares a los ilustrados con referencia a las Figuras 5 y 6, se indica un error de designación a lo largo del eje de ordenadas 180 para cada punto de designación a lo largo del eje de abscisas 182. El error de designación acumulativo para cada punto de designación 166, 168, 170 y 172, como se indica mediante la línea de puntos 184, mejora con cada

activación del dispositivo de ayuda para el aterrizaje de la aeronave, ante las incertidumbres probables de la ubicación del punto de designación, que será una función fuera del ángulo del campo de visión, la incertidumbre de la altura de la aeronave y el ángulo de visión hacia abajo del piloto desde la aeronave hasta el punto de aterrizaje deseado 162.

5 Con referencia a las Figuras 8, 9 y 10, donde se han usado referencias similares para indicar números enteros similares a los ilustrados con referencia a la Figura 5, se ilustran patrones de aproximación alternativos para una aeronave 160 que se aproxima a un punto de aterrizaje deseado 162. La aeronave sigue una ruta de vuelo 164 y la activación del aparato de ayuda para el aterrizaje ocurre en los puntos de designación 166, 168, 170 y 172 para proporcionar simbología de aterrizaje a un piloto antes de que la aeronave 160 entre en un evento de *brownout* indicado por una nube de polvo 174.

Preferiblemente, la aeronave 160 seguirá una ruta de vuelo 164 de manera de proporcionar un error de designación mejorado con cada activación del sistema de aterrizaje en el siguiente punto de designación 166, 168, 170 y 172.

La Figura 8 ilustra un viraje de aproximación de 90° para la aeronave 160 a través de la ruta de vuelo 164 al punto de aterrizaje deseado 162.

15 La Figura 9 ilustra una aproximación paralela de 180° para la aeronave 160 a través de la ruta de vuelo 164 al punto de aterrizaje deseado 162.

La Figura 10 ilustra una aproximación directa para la aeronave 160 a través de la ruta de vuelo 164 al punto de aterrizaje deseado 162.

20 Con referencia a la Figura 11, se ilustra el efecto acumulativo de errores en el cálculo de la altura de una aeronave, la posición de la aeronave y el ángulo de observación calculado del piloto para un punto de aterrizaje calculado 190 en comparación con el punto de aterrizaje deseado 192 observado por el piloto. El aparato de ayuda para el aterrizaje utiliza un modelo de terreno plano 194 del terreno real 196 por encima del cual está volando una aeronave 198. Un radar altímetro a bordo de la aeronave 198 determina la altura de la aeronave 198 por encima del terreno real 197. Esta determinación de altura se utiliza para crear el modelo de terreno plano 194. Como se ilustra, el punto de aterrizaje deseado 192 se encuentra, de hecho, por debajo del modelo de terreno plano 194. Alternativamente, se puede usar una base de datos de terreno para corregir la altura determinada de la aeronave sobre el terreno real 197.

25 Además, un sistema de navegación inercial transportado por la aeronave 198 proporciona una posición estimada de la altura de la aeronave 200, que en este caso, está a cierta distancia por encima de la posición real de la aeronave 198. Esto da como resultado que el aparato de ayuda para el aterrizaje determine erróneamente la línea visual del piloto como la línea visual 202 cuando, de hecho, la línea visual del piloto es la línea visual 204. Esto también da como resultado un cálculo erróneo del ángulo de visión de la línea visual del piloto. El resultado es que el primer punto de aterrizaje calculado 190 es de hecho desplazado desde el punto de aterrizaje deseado 192 a una distancia 206. Por consiguiente, cuando se muestra la simbología de aterrizaje al piloto, el punto de aterrizaje calculado 190 no se corresponderá con el punto de aterrizaje deseado 192 y al piloto le parecerá que el punto de aterrizaje calculado 190 se encuentra a lo largo de una línea visual diferente 208.

30 Un objetivo del aparato de ayuda para el aterrizaje es proporcionar cálculos adicionales del punto de aterrizaje 190 desde diferentes ubicaciones de la aeronave 198 para reducir la distancia 206 entre el punto de aterrizaje deseado 192 y el siguiente punto de aterrizaje calculado 190 y así proporcionar una correlación aceptable entre el punto de aterrizaje calculado 190 y el punto de aterrizaje deseado 192.

40 En la Figura 12 se ilustra la simbología de aterrizaje con conocimiento conforme al suelo junto con la ya existente y conocida simbología de instrumentos de la aeronave que se muestra al piloto a través de un dispositivo de visualización montado en un casco. La simbología de aterrizaje proporciona al piloto señales sobre el estado de la aeronave con respecto a la superficie del suelo del punto de aterrizaje deseado que podría ver si el suelo fuera visible para el piloto. La simbología de los instrumentos de la aeronave proporciona información sobre el estado de esta que permite volar al piloto, sin referencia a instrumentos internos de la cabina, para maximizar el conocimiento de la situación del mundo exterior.

La simbología de aterrizaje incluye:

50 un círculo 220 u otra forma que representa la distancia segura requerida para la aeronave; por lo general, tiene una vez y media el diámetro del rotor de la aeronave. El círculo 220 está centrado en una posición correspondiente al punto de aterrizaje deseado calculado y está alineado con la superficie estimada del suelo;

55 los marcadores tridimensionales 221, típicamente tienen forma de pilón, dos metros y medio de altura y un metro de diámetro de base. Se proporcionan bandas horizontales en los marcadores 221 para indicar altura, típicamente en incrementos de 1 metro. Los marcadores 221 están orientados hacia los puntos cardinales (norte, este, sur y oeste) o en otra alineación elegida por el piloto, por ejemplo, contraria al viento o con una alineación táctica, y están situados en la circunferencia del círculo 220;

los marcadores 222 son similares al marcador 221, pero tienen una altura reducida para proporcionar indicaciones de rumbos intermedios, con el fin de reducir la cantidad de movimientos de cabeza que el piloto tiene que hacer para ver la simbología cuando usa un dispositivo de visualización de campo de visión limitado;

5 el círculo 220 y los marcadores asociados 221 y 222 pueden ser un círculo completo, como se ilustra, o incompleto, por ejemplo, un semicírculo, para indicar una puerta de entrada para el piloto; el piloto entraría en la zona de aterrizaje deseada a través de la parte abierta del círculo 220.

Se utiliza un símbolo H estándar 223 para indicar el punto central del punto de aterrizaje deseado. El símbolo H 223 se puede conformar, por ejemplo mediante la inclinación de las líneas, no ilustradas, para indicar el norte o la alineación deseada del piloto;

10 Una señal de flecha 224 representa la alineación del eje longitudinal de la aeronave con respecto al punto de aterrizaje deseado;

Una pantalla 225, típicamente en formato numérico, indica la distancia entre la aeronave y el punto de aterrizaje deseado y el tiempo requerido para alcanzar el punto de aterrizaje deseado a la velocidad actual de la aeronave; y

15 El indicador 226 situado sobre la superficie del suelo calculada, delante del círculo 220, proporciona señales laterales y horizontales al piloto de la senda de planeo de la aeronave. Este indicador 226 puede ser una representación de los patrones estándar de la OTAN "T" o "Y".

20 El tamaño del círculo 220, los marcadores 221 y 222 y el símbolo H 223 pueden proporcionar indicaciones visuales de la distancia entre la aeronave y el punto de aterrizaje deseado. La forma del círculo 220, los marcadores 221 y 222 y el símbolo H 223 pueden proporcionar indicaciones visuales de la orientación entre la aeronave y el punto de aterrizaje deseado. Los cambios en el tamaño del círculo 220, los marcadores 221 y 222 y el símbolo H 223 proporcionan indicaciones visuales de la velocidad de acercamiento entre la aeronave y el punto de aterrizaje deseado. La velocidad de acercamiento, no ilustrada, calculada a partir de un sensor, como un radar, también se puede indicar numéricamente.

25 Una cuadrícula, no ilustrada, puede superponerse por encima o por debajo del círculo 220 para representar la superficie del suelo; esta cuadrícula puede derivarse de un modelo geológico plano o una base de datos del terreno.

Adicionalmente, se puede mostrar una representación de superficie del suelo derivada de un sensor, como un RADAR o LADAR, junto con la cuadrícula o independientemente de ella, para brindar indicaciones de obstáculos detectados.

30 Además, los obstáculos aéreos detectados por un sensor pueden representarse dentro del espacio de visualización para proporcionar indicaciones de un peligro potencial al piloto.

La simbología de instrumentos de aeronave existente incluye:

Indicador de inclinación lateral de la aeronave 227;

Indicador de tonel de la aeronave 228;

Indicador de barra de cabeceo 229, que muestra el ángulo de cabeceo de la aeronave;

35 Indicador de velocidad y aceleración 230, que muestra una vista en planta de los vectores de aceleración y velocidad de la aeronave con respecto al cuerpo de la aeronave;

Indicador de velocidad 231, que muestra la velocidad en aire y tierra;

Indicador de torsión 232;

Línea de horizonte conforme 233, que muestra el horizonte calculado;

40 Indicador de altura 234, que muestra la altura barométrica y la altura que surge del radio altímetro;

Indicador de velocidad vertical 235;

Un símbolo 236 que representa el cuerpo de la aeronave, alineado con el eje longitudinal de la aeronave; y

45 Un símbolo de rumbo de la aeronave 237 que representa el rumbo de la aeronave, la trayectoria y el rumbo deseado para alcanzar un punto geográfico de referencia (*waypoint*) seleccionado o el punto de aterrizaje deseado. La "v" invertida indica el rumbo deseado al *waypoint* o punto de aterrizaje deseado.

La Figura 13, que presenta una vista en planta de la simbología de aterrizaje mostrada al piloto con relación a la huella de aterrizaje de una aeronave 240, por ejemplo una aeronave de tipo CH47, tendrá una huella de suelo de aproximadamente 30 metros por 18 metros. Para este tipo de aeronave 240, se proporcionan marcadores de

simbología de aterrizaje seguro 242, 244, 246 y 248 al piloto de la aeronave 240 en un radio de aterrizaje seguro 250 de aproximadamente 23 metros desde un punto central 252 de la aeronave 240.

5 Como se indica mediante las líneas de puntos 254 y 256, existe una opción para que el aparato de ayuda para el aterrizaje muestre la simbología de marcadores de aterrizaje seguro de "círculo recortado" para minimizar el margen lateral de modo que la aeronave 240 pueda aterrizar junto a otra aeronave cerca del punto de aterrizaje deseado.

10 Los marcadores de simbología de aterrizaje 258, 260, 262 y 264 también pueden mostrarse al piloto para brindarle un mayor conocimiento situacional de la posición de la aeronave 240 con relación a una zona de aterrizaje segura 266 y ayudarlo cuando solo está disponible un dispositivo de visualización de campo de visión limitado para transmitir la simbología de aterrizaje al piloto. Se comprenderá que el piloto tendrá un campo de visión limitado desde la aeronave 240, por ejemplo, el campo de visión de los lentes de visión nocturna es de aproximadamente 40°, como indica el ángulo 268, mientras que el campo de visión de la simbología de aterrizaje generada será de aproximadamente 20°, como indica el ángulo 270. Se pueden usar otros campos de visión si están disponibles en un dispositivo particular empleado para transmitir simbología de aterrizaje al piloto.

15 En referencia a las Figuras 14 a 17, donde se han usado referencias similares para indicar números enteros similares en cada una de estas figuras, se muestra una pantalla 280 con marcadores de simbología de aterrizaje 282, 284, 286, 288 y 290 a través del dispositivo de visualización montado en el casco. También se muestra la dirección de la aeronave como señal de flecha 292 y una indicación de la dirección y velocidad lateral de la aeronave como señal 294 y la magnitud de la aceleración lateral de la aeronave como señal de cadena 296.

20 La Figura 14 ilustra la pantalla 280 para una aeronave de alas rotativas con velocidad hacia adelante como indica la señal 294, una pequeña aceleración hacia adelante, como indica la longitud de la señal de cadena 296, y ninguna velocidad lateral o aceleración que actúe sobre la aeronave, como indica la posición vertical de las señales 294 y 296. Existe la posibilidad de que el piloto pueda desorientarse en cuanto a la relación entre la línea visual actual del piloto y el eje longitudinal de la aeronave de alas rotativas. Esta desorientación se mitiga comúnmente mediante la adición de marcadores de cúpula o marcadores de fuselaje que se muestran al piloto a través del dispositivo de visualización montado en el casco. Sin embargo, la señal de flecha 292 de la presente invención ilustrada en la pantalla 280 permite que un piloto mantenga la orientación dentro de las limitaciones de un campo de visión relativamente pequeño de la pantalla 280, sin la carga adicional de los marcadores de cúpula o marcadores de fuselaje que se muestran a través del dispositivo de visualización montado en el casco.

30 La señal de flecha 292 muestra el ángulo de orientación del eje longitudinal de la aeronave de alas rotativas con respecto a los marcadores de simbología de aterrizaje 282 a 290. Es decir, el piloto mira directamente hacia adelante a lo largo de la aeronave, como muestra la posición vertical de la señal 292 en la pantalla 280. La coincidencia vertical de las señales 292, 294 y 296 indica la configuración de aterrizaje correcta para la aeronave de alas rotatorias, sin velocidad o aceleración lateral en la aeronave de alas rotativas, y el piloto mira directamente hacia adelante en la línea de movimiento de la aeronave de alas rotatorias.

35 En referencia a la Figura 15, la pantalla 280 indica que hay una pequeña velocidad hacia adelante sin componentes laterales, como indica la posición vertical de las señales 294 y 296 y el piloto está mirando hacia la izquierda, señal de flecha 292. Por consiguiente, existe el riesgo de desorientación del piloto bajo condiciones de visibilidad fuertemente degradadas que ocurren durante un *brownout*.

40 En referencia a la Figura 16, la pantalla 280 ilustra que el piloto mira directamente a lo largo del eje longitudinal de la aeronave de alas rotativas, como indica la señal de flecha 292, pero hay una velocidad lateral significativa y creciente que actúa sobre la aeronave, como indica la señal 294, que está apuntando a la derecha, y la longitud de la señal de cadena 296. Esta velocidad lateral podría hacer que la aeronave de alas rotatorias vuelque cuando hace el contacto con el suelo durante el aterrizaje.

45 En referencia a la Figura 17, la pantalla 280 indica que el piloto está mirando hacia la derecha del eje longitudinal de la aeronave, como indica la flecha 292, y hay velocidad y aceleración significativas y correctas como indica la señal 294 y la longitud de la señal de cadena 296. Hay un alto riesgo de desorientación y la velocidad lateral podría hacer que la aeronave de alas rotatorias vuelque cuando haga contacto con el suelo durante el aterrizaje.

50 Las Figuras 15, 16 y 17 indican una aproximación incorrecta de la aeronave al punto de aterrizaje deseado y proporcionan al piloto de la aeronave información para ajustar la posición de la aeronave con respecto a los marcadores 282 a 290. También ilustran que la observación lejos del eje longitudinal de la aeronave se informa al piloto a través de la señal de flecha 292.

55 La Figura 18 ilustra una vista lateral en elevación de una aeronave 300 con relación a los marcadores de simbología de aterrizaje 302 y 304, a partir de la cual se puede determinar que los marcadores de simbología de aterrizaje 302 y 304 tendrán que ser generados de modo que tengan al menos 2,5 metros de altura con relación al terreno 306 y una base de aproximadamente un metro para ser observable a lo largo de una línea visual del piloto 308 cuando la aeronave se acerca al terreno 306 durante el aterrizaje. Además, los marcadores 302 y 304 de simbología de aterrizaje deberán estar aproximadamente a 23 metros de una posición central de la aeronave 300, como indica la línea 310, lo que dará un espacio entre los marcadores 302 y 304 y el rotor de la aeronave de aproximadamente ocho

metros, como indica la línea 312. Además, la mayor dirección hacia abajo 314 inhibe la visión del piloto del terreno 306 por debajo de la aeronave 300, como indica el punto ciego 316, que comienza aproximadamente a ocho metros del marcador de simbología de aterrizaje hacia delante 302. La nariz de la aeronave 300 estará aproximadamente a 16 metros del marcador 302, como indica la línea 318.

- 5 Dado que se tomarán varias observaciones del punto de aterrizaje deseado para diferentes posiciones de la aeronave y ángulos de seguimiento, es importante resolver, en la medida de lo posible, los errores respecto de las diferentes posiciones de la aeronave y ángulos de seguimiento y, posteriormente, corregir dichos errores en los componentes correctos de la posición de la aeronave y el ángulo de seguimiento. Esto puede lograrse mediante la resolución de cada fuente de error a través de distancias hacia el norte, distancias hacia el este, alturas, elevaciones de la vista y ángulos azimutales equivalentes. Se puede utilizar un modelo de error para predecir el probable error de seguimiento y las incertidumbres de navegación producidas por el sistema de navegación inercial de modo de reducir esos errores.

15 Considere el caso simplificado de una aeronave que se desplaza en una pista hacia el este mientras el piloto hace una observación y designación hacia el norte hasta un punto de aterrizaje deseado X y donde el aparato de ayuda para el aterrizaje calcula el punto de aterrizaje deseado en el punto A. El error en la distancia al norte será XA y será causado por una combinación de errores en la distancia al norte (En), la altura (Eh) y el ángulo de observación de elevación (Ese). La resolución de estos errores en sus distancias de suelo equivalentes da el error de distancia de suelo probable como la suma de los cuadrados de los componentes individuales, a saber:

$$XA^2 = En^2 + Eh^2 + Ese^2$$

20 Como la proporción probable de las cantidades de errores se conoce como función de rango, ángulo de observación, modelo de error de seguimiento e incertidumbres de navegación estimadas, se puede calcular el error revelado en la designación de punto de aterrizaje deseada mediante un proceso de observación y designación y correcciones para mejorar la exactitud del aparato de ayuda para el aterrizaje. Estas correcciones pueden aplicarse a la observación y designación actuales y se utilizan como una forma de calibración para mejorar el rendimiento de observaciones y designaciones posteriores. El caso simplificado descrito anteriormente para un solo eje puede aplicarse a múltiples ejes. Se entenderá que las observaciones se realizarán para alcances que sean operacionalmente relevantes para el aparato de ayuda para el aterrizaje y que puedan utilizarse para alcances de menos de 2.000 metros y alturas de menos de 150 metros.

30 Las incertidumbres respecto de la altura probablemente serán de aproximadamente 0,6 metros, aproximadamente 10 metros para la posición horizontal y aproximadamente 1° para el ángulo de observación.

35 Por lo tanto, el error de posición acumulada será de aproximadamente 10 metros antes de la corrección para una altura de aproximadamente 30 metros con un ángulo de observación hacia abajo de 45°. Para un error de posición final deseado de la corrección de menos de 0,6 metros es necesario un error de observación equivalente a 0,66°. En consecuencia, si se proporciona un factor de mejora de tres de las estimaciones de error de fuente para cada iteración, se necesita una primera observación y tres correcciones posteriores para dar un error terminal menor que 0,6 metros. Si se logra un factor de mejora de cinco para las estimaciones de error de fuente en cada iteración, se requiere una primera observación y dos correcciones subsiguientes para dar un error terminal mayor que 0,6 metros.

40 Como se ha discutido anteriormente, se puede mejorar el rendimiento del aparato de ayuda para el aterrizaje mediante el uso de un buscador de alcance apropiado de modo de determinar el alcance entre el punto de aterrizaje deseado y la aeronave. Además, se puede usar un láser de mapeo de suelo o un radar adecuado para medir la superficie del suelo en el punto de aterrizaje deseado antes de que ocurra un *brownout* y un radar adecuado para proporcionar información adicional al piloto de modo que este pueda evitar objetos durante el *brownout*.

45 El *brownout* es causado por suelos desérticos y arcillosos que se extienden a partir de una densidad de 2 micrones a 50 micrones. Las arcillas tienen usualmente un tamaño menor que 2 micras, los sedimentos generalmente entre 2 y 50 micras y las arenas usualmente son mayores que 50 micras. De manera similar, se puede perder la visión al aterrizar debido a las gotas de agua o a hielo y/o nieve que se elevan desde el terreno y oscurecen la visión del piloto. En consecuencia, es posible equipar el aparato de ayuda para el aterrizaje con un sensor adecuado, según la naturaleza del material de oscurecimiento, que sea activo o pasivo, por ejemplo, un radar orientable que funcione a frecuencias milimétricas, por ejemplo 92Ghz, que le permita al piloto conocer la situación de otros objetos mientras la aeronave atraviesa un *brownout*.

50 Nótese que el punto de aterrizaje deseado podría ser preprogramado como el mejor sitio de aterrizaje disponible en una zona dada para la aeronave antes o durante un vuelo de la aeronave. La correlación entre la simbología de aterrizaje calculada y mostrada y un punto de aterrizaje deseado la determinará el piloto de la aeronave, como se describió anteriormente. También es posible que un procesador pueda utilizarse para determinar un factor de correlación aceptable entre la simbología de aterrizaje calculada y el punto de aterrizaje deseado, en lugar de basarse en una correlación visual aceptable por parte del piloto. En este caso, el aparato de ayuda para el aterrizaje asumiría puntos de designación adecuados durante la aproximación de la aeronave a un punto de aterrizaje deseado preprogramado.

Además, si se dispone de una base de datos de resolución adecuada, por ejemplo de una medición escaneada con láser, procesador adecuado podría correlacionar los resultados de los sensores de la aeronave con esa base de datos para mejorar la precisión general de navegación y localizar con precisión el punto de aterrizaje deseado frente a características significativas contenidas en esa base de datos. Tales características podrían incluir objetos pequeños tales como rocas, zanjas y otros detalles de textura superficial que pueden causar daño a la aeronave de alas rotatorias así como otros objetos más grandes, como postes y cables.

Aunque el sistema de seguimiento del casco 20, 22 y 24 de la Figura 1 indica que los sensores 20 y 22 están fijados a la estructura de la aeronave y se utilizan para seguir el movimiento del casco 12, que tiene una cantidad de dispositivos emisores asociados conectados, se entiende que hay varios otros métodos y aparatos de seguimiento del casco 12 y que podrían incorporarse al aparato de ayuda para el aterrizaje 10.

El sistema de navegación 34 de la Figura 1 también puede proporcionar información de orientación y velocidad para la aeronave, que se puede mostrar al piloto a través de un dispositivo de visualización montado en el casco.

Nótese que el sistema de ayuda para el aterrizaje en una forma simple puede operar de manera relativa si la posición de la aeronave es desconocida. El aparato de ayuda para el aterrizaje calculará el punto de aterrizaje deseado en relación con la aeronave de alas rotativas y a los errores de la línea visual se les dará la debida consideración. Esto es útil para aeronaves que no tienen aparatos de navegación o no tienen tales aparatos disponibles.

Los lentes de visión nocturna 14 y el dispositivo de visualización montado en el casco 13 que se ilustran en la Figura 1 pueden combinarse en lentes de visión diurna y nocturna.

El aparato de ayuda para el aterrizaje puede utilizarse en aeronaves de alas rotativas operadas por cabina de tripulación doble. Muchos helicópteros, Chinook, Merlin, Lynx, Blackhawk, etc., son operados por dos tripulantes. El aterrizaje de visibilidad restringida se logra generalmente mediante la cooperación mutua entre los dos tripulantes. Por ejemplo, un miembro de la tripulación, el piloto, operará los controles de la aeronave de alas rotativas y vigilará las referencias externas fuera de la cabina, mientras que el otro miembro de la tripulación vigilará los instrumentos de la aeronave dentro de la cabina y pedirá parámetros importantes tales como la altura y la velocidad para asistir al piloto y así mantener la aeronave de alas rotativas segura.

Además, en condiciones de degradación severa de visibilidad en las que solo un miembro de la tripulación puede ver las referencias externas en cualquier momento, el control de la aeronave se pasará entre los tripulantes basándose en la mejor visibilidad de las referencias externas. Generalmente, el control siempre recae en el tripulante que tiene mejor visión de las referencias externas.

Además, un tercer miembro de la tripulación, si lo hubiera, tratará de mantener contacto visual con el suelo directamente debajo la aeronave de alas rotativas, típicamente mirando por una puerta abierta e informando al piloto la distancia para hacer contacto con el suelo.

La presente invención combina la simbología de aterrizaje y la simbología de instrumentos de aeronave en un dispositivo de visualización montado en el casco, lo que reduce la carga de trabajo del piloto al eliminar la necesidad de que el segundo tripulante pida los parámetros de la aeronave desde los instrumentos internos de la cabina. Adicionalmente, ambos tripulantes tienen acceso al mismo conjunto de información para la simbología de aterrizaje del punto de aterrizaje deseado y la simbología de instrumentos de aeronave que permite a ambos tripulantes monitorear referencias externas mientras trabajan cooperativamente para mantener un conocimiento común de la situación.

Una vez calculado, el punto de aterrizaje deseado se puede mostrar en un mapa, fotografía o representación similar del área de interés para ayudar a la tripulación a evaluar la ubicación adecuada para el aterrizaje u otros propósitos de modo de que puedan tener un mayor conocimiento de la situación del área. Igualmente se pueden realizar transmisiones por radio para indicar la intención del piloto y resolver posibles conflictos con otros elementos. Estos elementos podrían incluir fuerzas terrestres u otras aeronaves de alas rotativas que intenten aterrizar en la misma área que el punto de aterrizaje deseado.

El sistema de activación también puede incluir un medio para modificar un punto de aterrizaje deseado, para establecer la orientación de la simbología de aterrizaje a norte, para alinear la aeronave de alas rotativas o para proporcionar un rumbo táctico para la aeronave de alas rotativas. El sistema de activación también puede borrar, almacenar o recuperar un punto de aterrizaje deseado.

En referencia a las Figuras 19 y 20, donde se han utilizado referencias equivalentes para indicar números enteros similares a los descritos respecto de la Figura 12, se ilustra una simbología de aterrizaje con conocimiento conforme al suelo alternativa, que incluye otras características (véase Figura 19) y la simbología de aterrizaje con conocimiento conforme al suelo alternativa junto con la ya existente y conocida simbología de instrumentos de la aeronave (véase la Figura 20), como se muestra al piloto a través de un dispositivo de visualización montado en un casco. Nuevamente, la simbología de aterrizaje proporciona al piloto señales sobre el estado de la aeronave con respecto a la superficie del suelo del punto de aterrizaje deseado que podría ver si el suelo fuera visible para el piloto. La simbología de los instrumentos de la aeronave proporciona información sobre el estado de esta que permite volar al

piloto, sin referencia a instrumentos internos de la cabina, para maximizar el conocimiento de la situación del mundo exterior.

En referencia a la Figura 19, que ilustra en parte la simbología de aterrizaje para mayor claridad, la simbología de aterrizaje alternativa incluye además:

- 5 Una cuadrícula 320 superpuesta por encima o por debajo del círculo 220 que representa la superficie del suelo del punto de aterrizaje y puede derivarse de un modelo geológico plano o una base de datos del terreno. Adicionalmente, se puede mostrar una representación de superficie del suelo derivada de un sensor, como un RADAR o LADAR, junto con la cuadrícula 320 o independientemente de ella, para brindar indicaciones de obstáculos detectados cerca del punto de aterrizaje. Además, los obstáculos aéreos detectados por un sensor pueden representarse dentro del espacio de visualización para proporcionar indicaciones de un peligro potencial al piloto. La cuadrícula 320 proporciona al piloto una vista de los contornos de superficie en el punto de aterrizaje y sus alrededores.

Se utiliza una "Y" estándar de la OTAN 322 para indicar el punto central del círculo 220 en el punto de aterrizaje deseado.

- 15 Un par de marcadores tridimensionales 324, típicamente con forma de cono, dispuestos según la "Y" de la OTAN 322 para proporcionar al piloto una vista de la ubicación y orientación "Y" de la OTAN 322 con respecto a la aeronave; y

Un par de marcadores tridimensionales 326 o torres distales dispuestas fuera del círculo 220 para proporcionar al piloto una perspectiva en cuanto a la orientación de la aeronave con respecto al círculo 220.

La Figura 20 ilustra la simbología de aterrizaje con conocimiento conforme al suelo junto con la ya existente y conocida simbología de instrumentos de la aeronave.

20

**REIVINDICACIONES**

- 5 **1.** Un método de ayuda para el aterrizaje de una aeronave de alas rotativas (142, 160, 198) en condiciones de visibilidad reducida en una zona de aterrizaje, donde un piloto de la aeronave de alas rotativas está provisto de un dispositivo de visualización montado en un cabezal o un casco (13), dispuesto de manera de mostrar al piloto símbolos superpuestos sobre una escena (16) que está siendo vista por el piloto. El método incluye las siguientes etapas:
- (i) determinar la línea visual (140, 204) del piloto;
- (ii) indicar un punto de aterrizaje deseado (144, 162, 192) para la aeronave de alas rotativas en función de la línea visual determinada del piloto;
- 10 (iii) determinar la ubicación, incluso la altura (146) sobre una superficie del suelo (148, 196), de la aeronave de alas rotativas;
- (iv) determinar la localización del punto de aterrizaje deseado indicado en la etapa (ii) con respecto a la ubicación determinada de la aeronave de alas rotativas;
- 15 (v) generar una simbología de aterrizaje conforme al suelo, que comprende uno o más símbolos (220-224, 242-248, 254-264, 282-290, 302, 304, 320-326) que proporcionan una representación tridimensional de una zona de aterrizaje en la ubicación determinada del punto de aterrizaje deseado;
- (vi) mostrar la simbología de aterrizaje conforme al suelo al piloto en el dispositivo de visualización; y
- (vii) actualizar el tamaño o la forma de uno o más símbolos de la simbología de aterrizaje conforme al suelo mostrada de conformidad con un cambio en la ubicación determinada de la aeronave de alas rotativas con respecto a la ubicación determinada del punto de aterrizaje deseado.
- 20 **2.** El método que se reivindica en la Reivindicación 1, donde la etapa (iv) comprende además generar una indicación visual en el dispositivo de visualización de la ubicación determinada del punto de aterrizaje deseado, y donde el método incluye repetir las etapas (i) a (iv) en diferentes ubicaciones de la aeronave de alas rotativas hasta que exista una correlación aceptable entre la indicación visual generada en la etapa (iv) y el punto de aterrizaje deseado indicado en la etapa (ii).
- 25 **3.** El método que se reivindica en la Reivindicación 1, donde la etapa (iv) comprende además generar una indicación visual en el dispositivo de visualización de la ubicación determinada del punto de aterrizaje deseado y permitir al piloto controlar la indicación visual del punto de aterrizaje deseado en el dispositivo de visualización para volver a designar el punto de aterrizaje deseado, y el procedimiento incluye repetir las etapas (i) a (iv) hasta que haya una correlación aceptable entre la indicación visual generada en la etapa (iv) y el punto de aterrizaje deseado indicado en la etapa (ii).
- 30 **4.** El método que se reivindica en la Reivindicación 2 o la Reivindicación 3, incluido resolver inconsistencias entre ubicaciones del punto de aterrizaje deseado determinadas sucesivamente.
- 5.** El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, incluido determinar la localización de la aeronave de alas rotativas de conformidad con un esquema de coordenadas geográficas universales.
- 35 **6.** El método que se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el o los símbolos generados en la etapa (v) y mostrados en la etapa (vi) representan características tridimensionales de un tamaño predeterminado y donde, en la etapa (vii), el tamaño o la forma de uno o más símbolos, como aparecen en el visor, se actualizan de conformidad con un cambio en la ubicación determinada de la aeronave de alas rotativas con respecto a la ubicación determinada del punto de aterrizaje deseado.
- 40 **7.** El método que se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, incluido determinar la presencia de obstáculos cerca del punto de aterrizaje deseado a partir de un radar y la indicación al piloto en el visor de los obstáculos detectados.
- 8.** El método que se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, incluido el uso de un aparato de navegación inercial para determinar la ubicación de la aeronave de alas rotatorias y un altímetro para determinar la altura de la aeronave de alas rotatorias.
- 45 **9.** El método que se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, incluido determinar el alcance de la aeronave de alas rotativas desde el punto de aterrizaje deseado mediante el uso de una disposición de medición de alcance.
- 50 **10.** El método que se reivindica en la Reivindicación 9, incluido el cálculo de la velocidad de acercamiento de la aeronave de alas rotativas con respecto al punto de aterrizaje deseado a partir de determinaciones sucesivas de autonomía y mostrar la velocidad de acercamiento al piloto en el visor.

- 11.** El método que se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, incluido generar una representación sintética de una escena a lo largo de la línea visual del piloto y mostrar la escena sintética al piloto en el visor.
- 5 **12.** El método que se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, incluido definir el punto de aterrizaje deseado para la aeronave de alas rotatorias en función de la línea visual del piloto, que ve el punto de aterrizaje deseado a través de un dispositivo montado en un casco o cabezal usado por el piloto, y el seguimiento del dispositivo montado en el casco o cabezal con un sistema de seguimiento.
- 13.** Un aparato (10) de ayuda para el aterrizaje de una aeronave de alas rotativas (142, 160, 198) en condiciones de visibilidad reducida en una zona de aterrizaje, incluyendo:
- 10 un sistema de seguimiento para determinar la línea visual (140, 204) del piloto;
- un sistema de activación operable por el piloto para iniciar la captura de un punto de aterrizaje deseado (144, 162, 192) para la aeronave de alas rotativas a lo largo de una determinada línea visual del piloto;
- una entrada (38) que reciba datos de un sensor, que indiquen la ubicación, incluso la altura (146) sobre una superficie del suelo (148, 196), de la aeronave de alas rotativas;
- 15 un dispositivo de visualización montado en un cabezal o casco (13) para mostrar al piloto la simbología de aterrizaje conforme al suelo, que comprende uno o más símbolos (220-224, 242-248, 254-264, 282-290, 302, 304, 320-326) que proporcionan una representación tridimensional de una zona de aterrizaje en el punto de aterrizaje deseado, superpuestos sobre una escena (16) que está siendo vista por el piloto; y
- 20 un procesador (26) dispuesto de modo de determinar, a partir de los datos de sensor recibidos, la ubicación del punto de aterrizaje deseado y la ubicación de la aeronave de alas rotativas y generar la simbología de aterrizaje conforme al suelo para su visualización en el dispositivo de visualización, superpuesta sobre la escena que está siendo vista por el piloto, así como una actualización del tamaño o la forma del o los símbolos de la simbología de conformidad con un cambio en la ubicación determinada de la aeronave de alas rotativas con relación a la ubicación determinada del punto de aterrizaje deseado.
- 25 **14.** El aparato que se reivindica en la Reivindicación 13, donde el sistema de activación puede estar dispuesto para ser operado por el piloto de manera de capturar sucesivamente un punto de aterrizaje deseado para la aeronave de alas rotativas dentro de la línea visual del piloto en diferentes ubicaciones de la aeronave hasta que haya una correlación aceptable entre la simbología de aterrizaje y el punto de aterrizaje deseado.
- 30 **15.** El aparato que se reivindica en la Reivindicación 13 o la Reivindicación 14, donde el procesador se dispone para resolver inconsistencias entre ubicaciones del punto de aterrizaje deseado calculadas sucesivamente.
- 16.** El aparato que se reivindica en cualquiera de las Reivindicaciones 13 a 15, donde el sistema de navegación se dispone para determinar la localización de la aeronave de alas rotativas en relación con un esquema de coordenadas geográficas universales.
- 35 **17.** El aparato que se reivindica en cualquiera de las Reivindicaciones 13 a 16, donde el procesador puede estar configurado para generar el o los símbolos que representan características tridimensionales de un tamaño predeterminado y actualizar el tamaño o la forma de uno o más símbolos, como aparecen en el visor, de conformidad con un cambio en la ubicación determinada de la aeronave de alas rotativas con respecto a la ubicación determinada del punto de aterrizaje deseado.
- 40 **18.** El aparato de conformidad con cualquiera de las Reivindicaciones 13 a 17, donde se dispone de un sistema de radar para determinar la presencia de obstáculos cerca del punto de aterrizaje deseado y los obstáculos detectados se muestran al piloto en el visor.
- 19.** El aparato que se reivindica en cualquiera de las Reivindicaciones 16 a 18, donde el sistema de navegación incluye un aparato de navegación inercial para determinar la ubicación actual de la aeronave de alas rotatorias y un altímetro para determinar la altura de la nave de alas rotatorias.
- 45 **20.** El aparato que se reivindica en cualquiera de las Reivindicaciones 13 a 19, donde se puede determinar el alcance de la aeronave de alas rotativas desde el punto de aterrizaje deseado mediante el uso de un sistema de medición de alcance.
- 21.** El aparato que se reivindica en la Reivindicación 20, donde el procesador se dispone para calcular la velocidad de acercamiento de la aeronave de alas rotativas con respecto al punto de aterrizaje deseado a partir de determinaciones sucesivas de distancia y mostrar la velocidad de acercamiento al piloto en el visor.
- 50 **22.** El aparato que se reivindica en cualquiera de las Reivindicaciones 13 a 21, donde se dispone de un sistema de cámaras para capturar una escena a lo largo de la línea visual del piloto, el procesador está configurado de modo de generar una representación sintética de la escena capturada y el visor está configurado de modo de mostrar la

escena sintética al piloto.

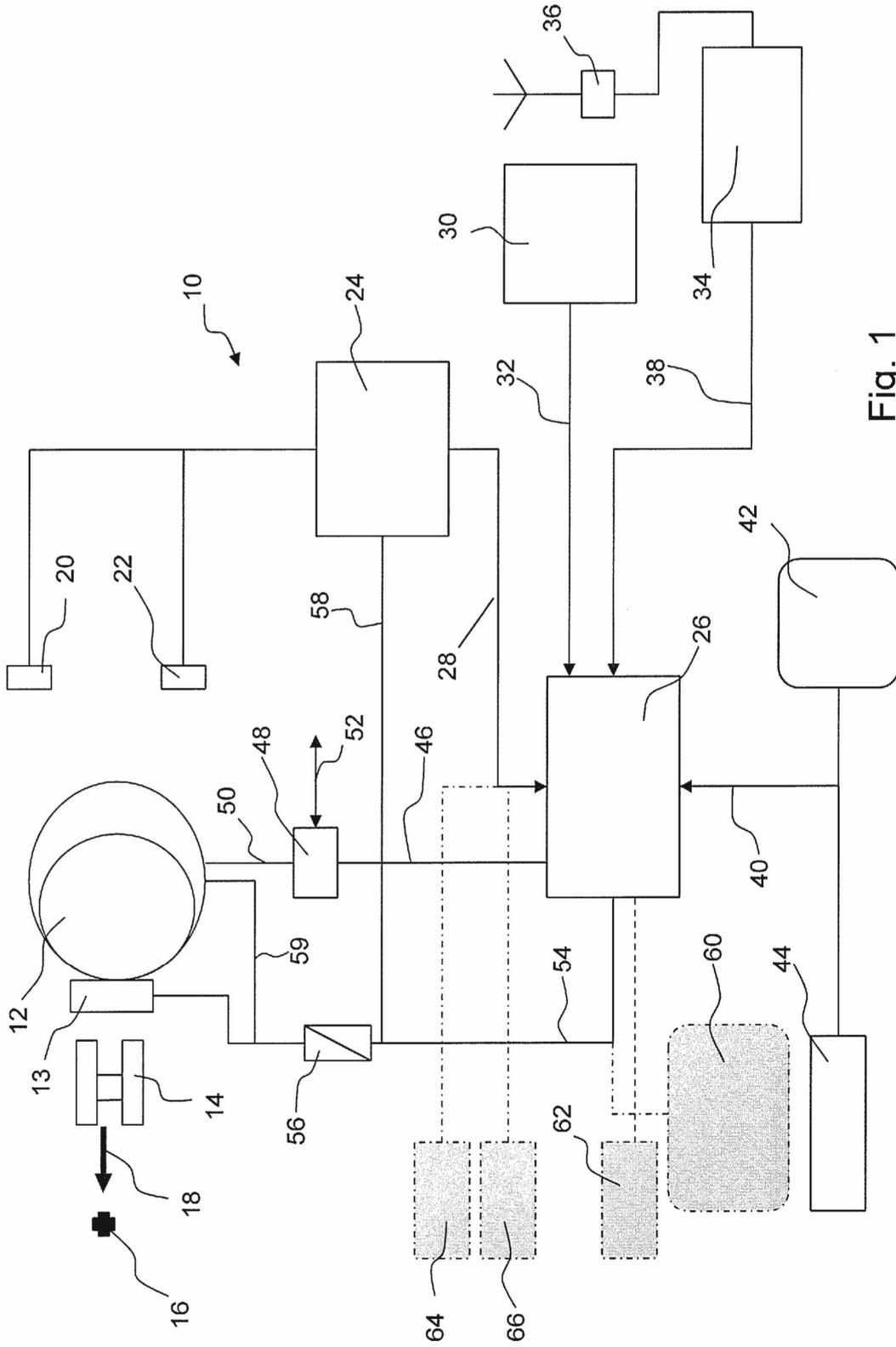


Fig. 1

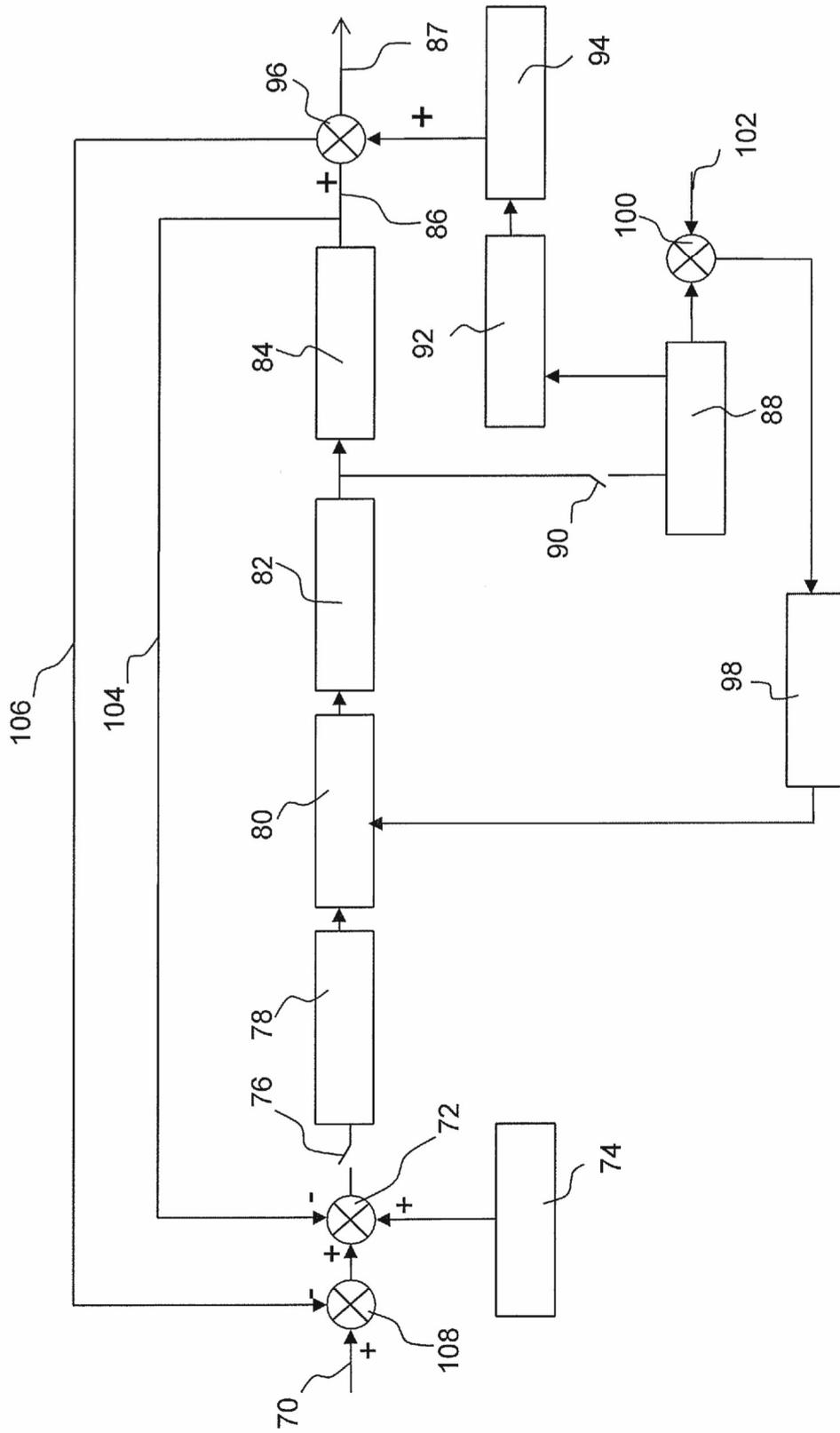


Fig. 2

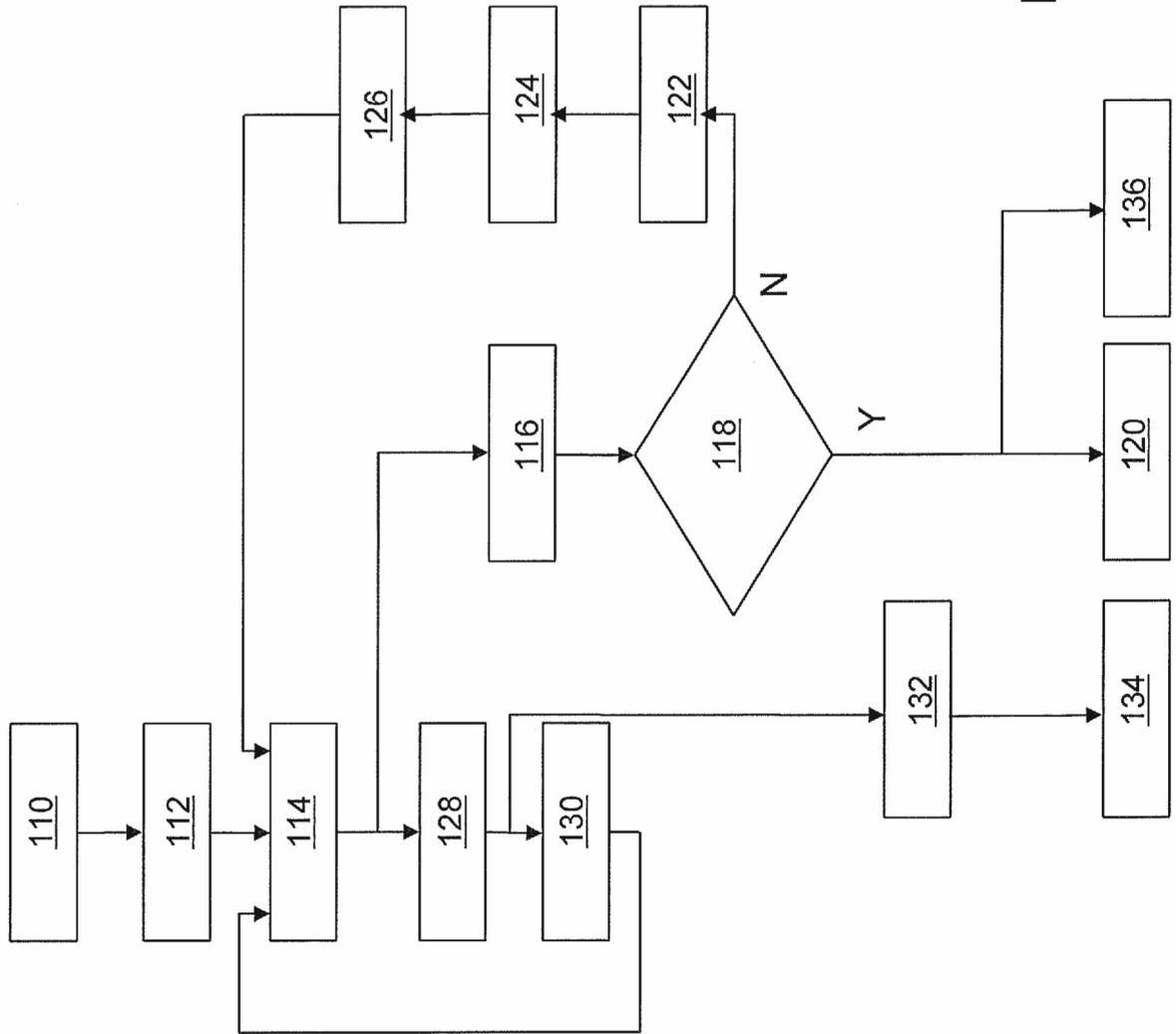


Fig. 3

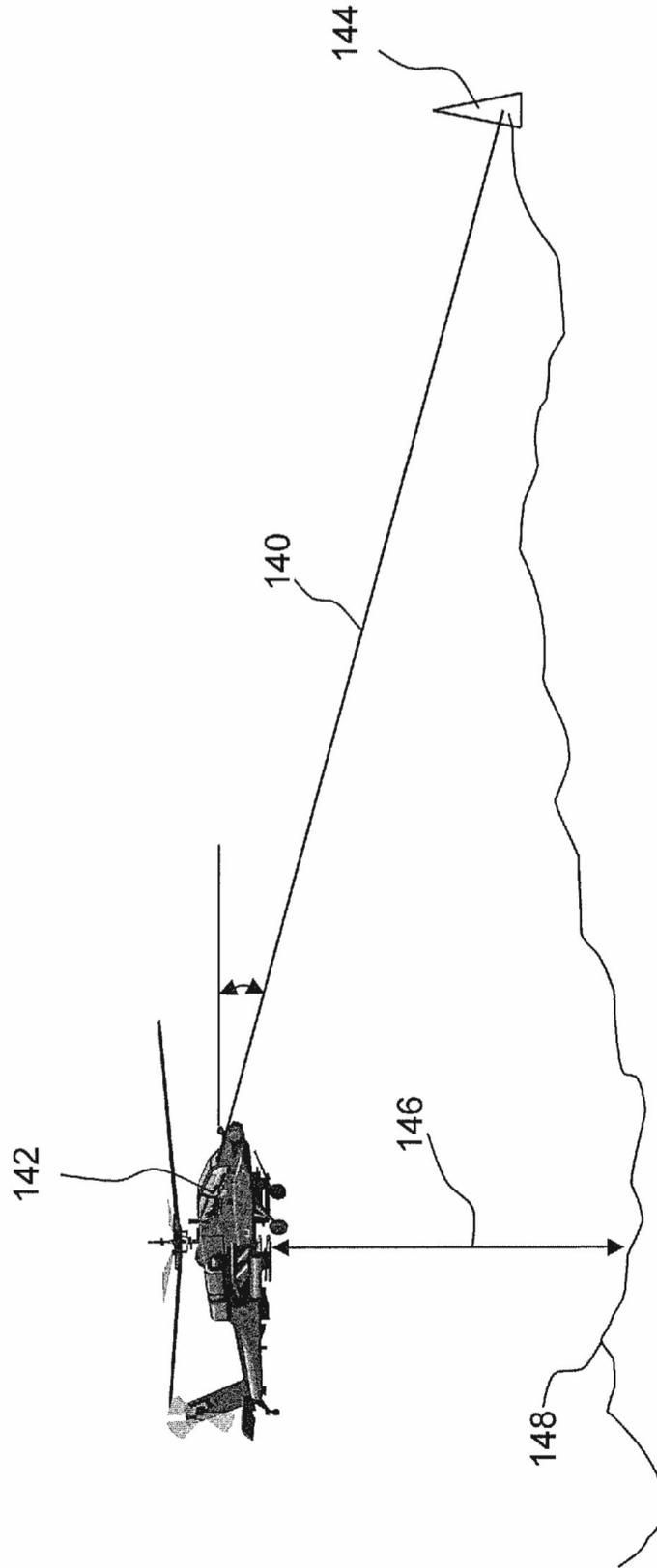
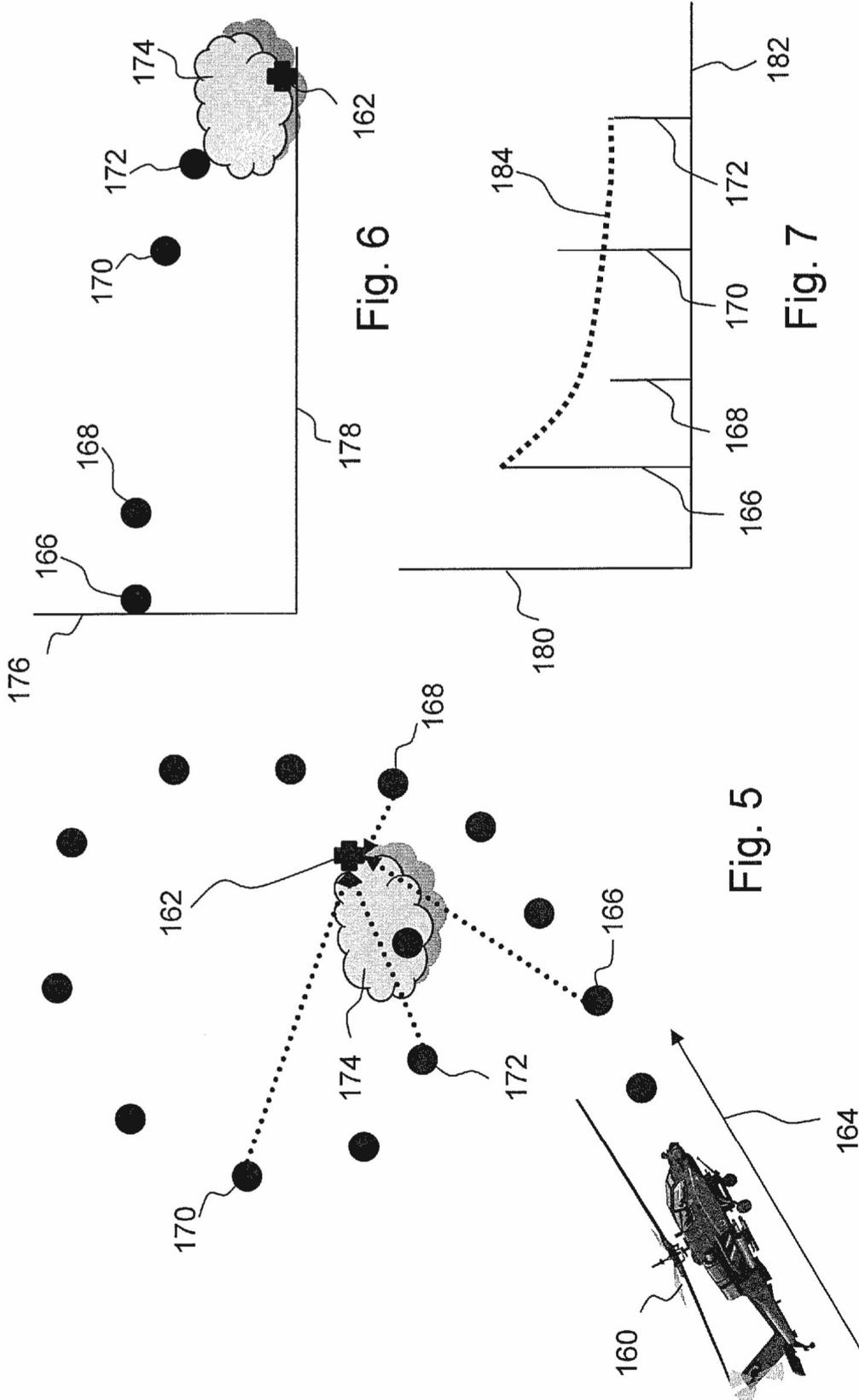


Fig. 4



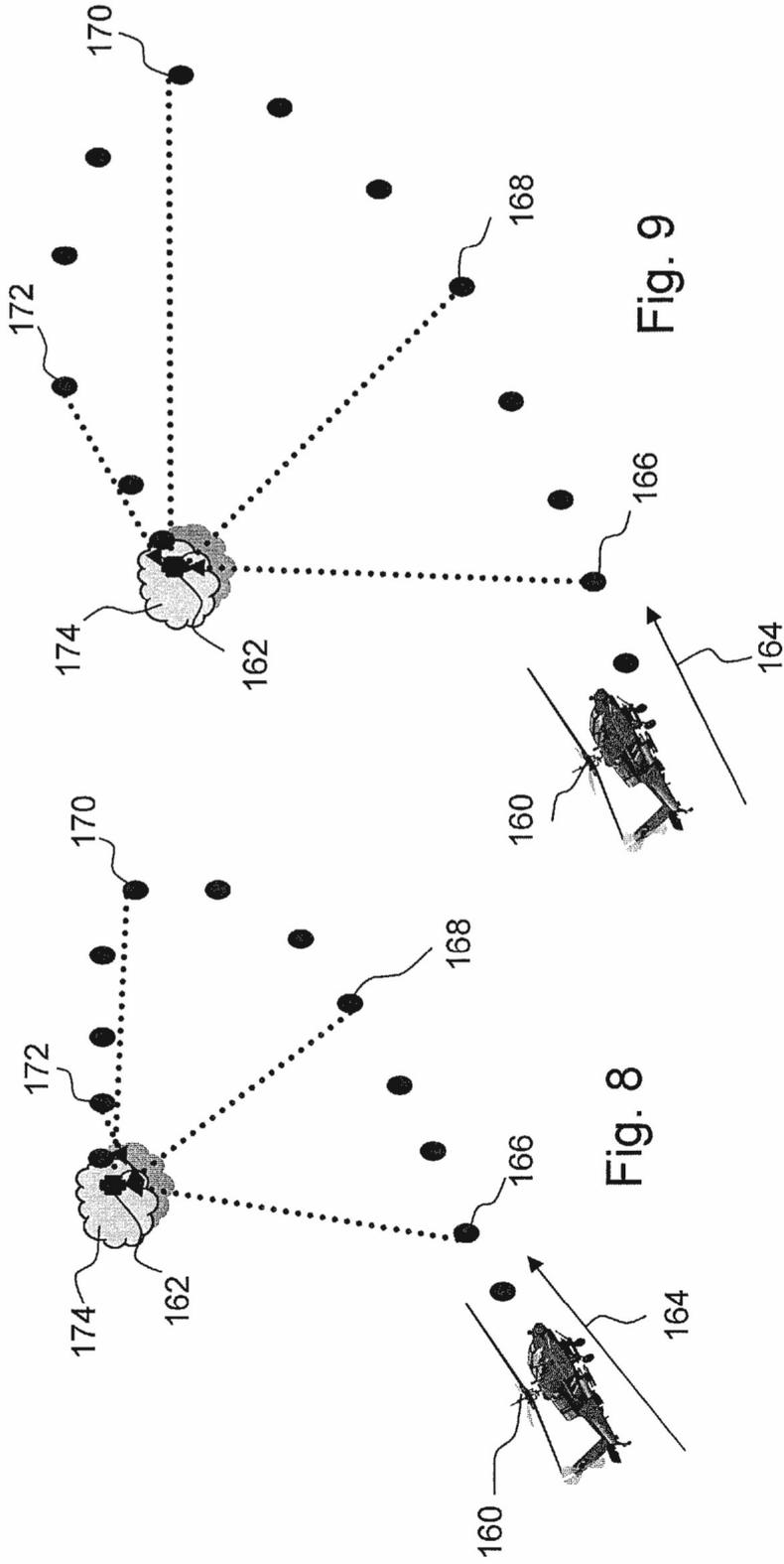


Fig. 9

Fig. 8

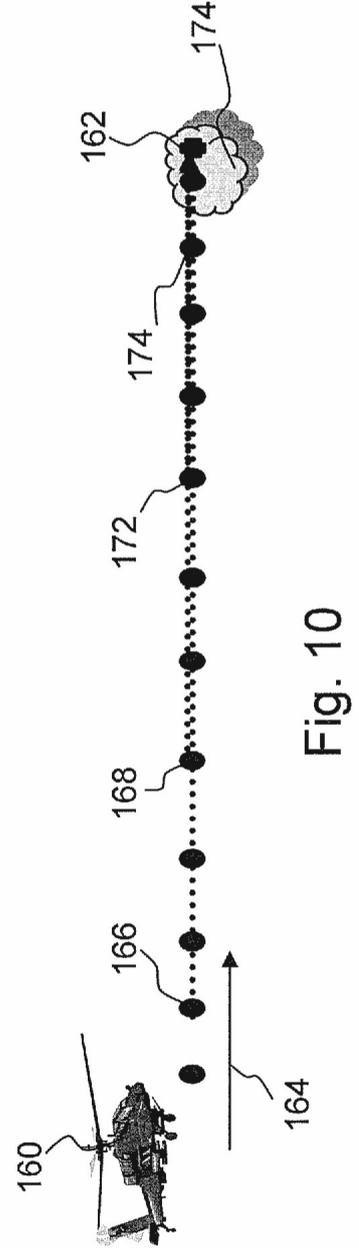


Fig. 10

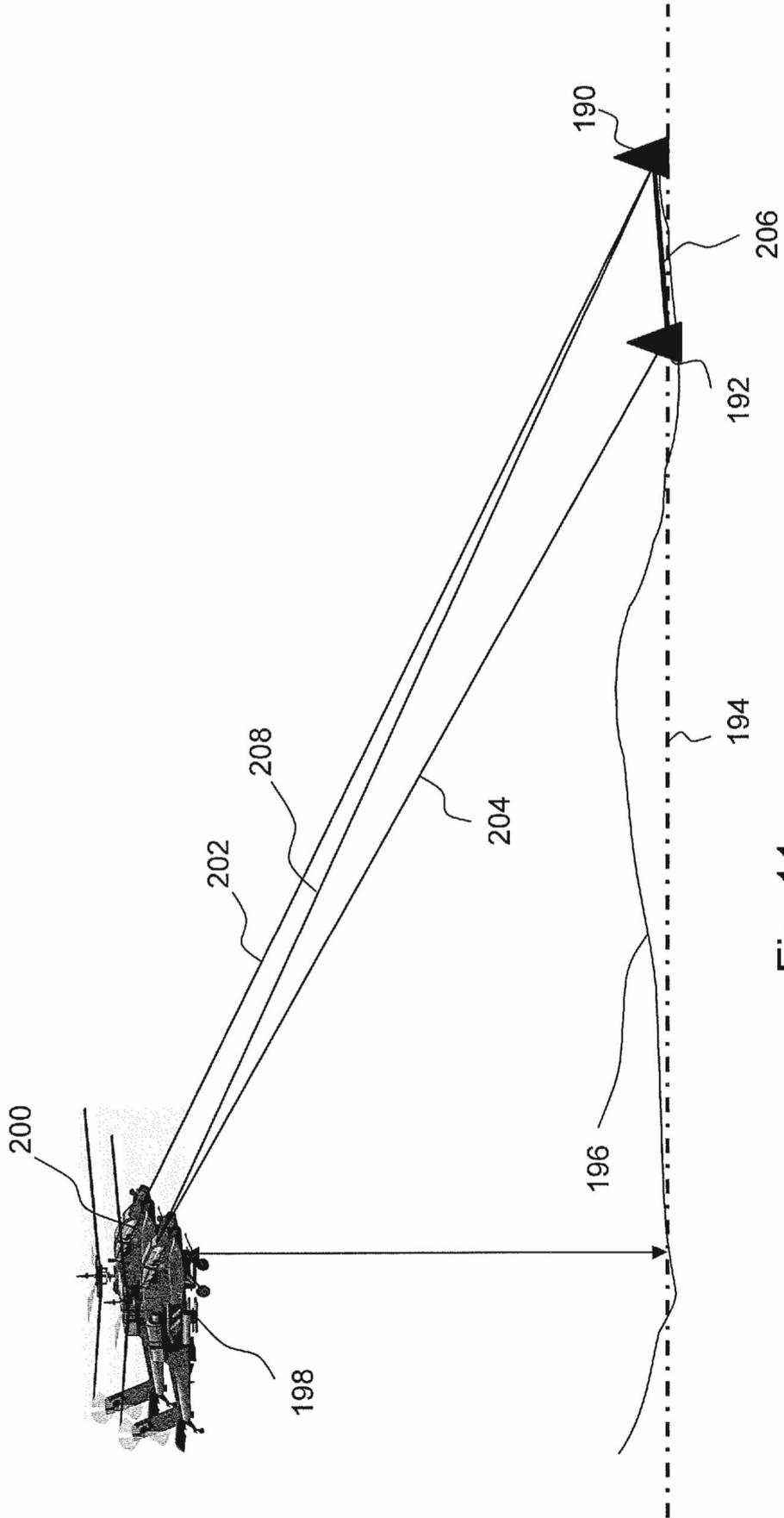


Fig. 11

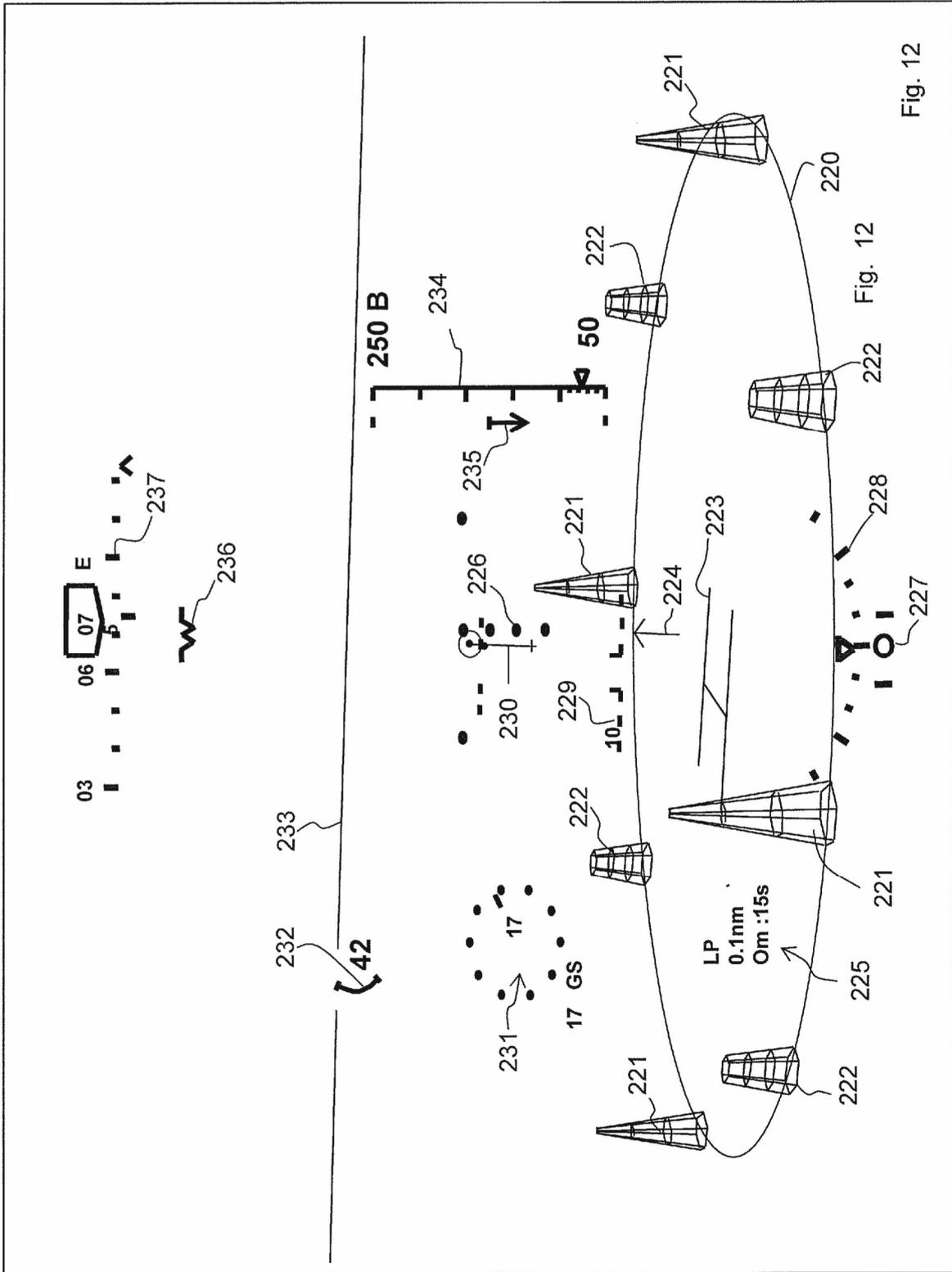


Fig. 12

Fig. 12

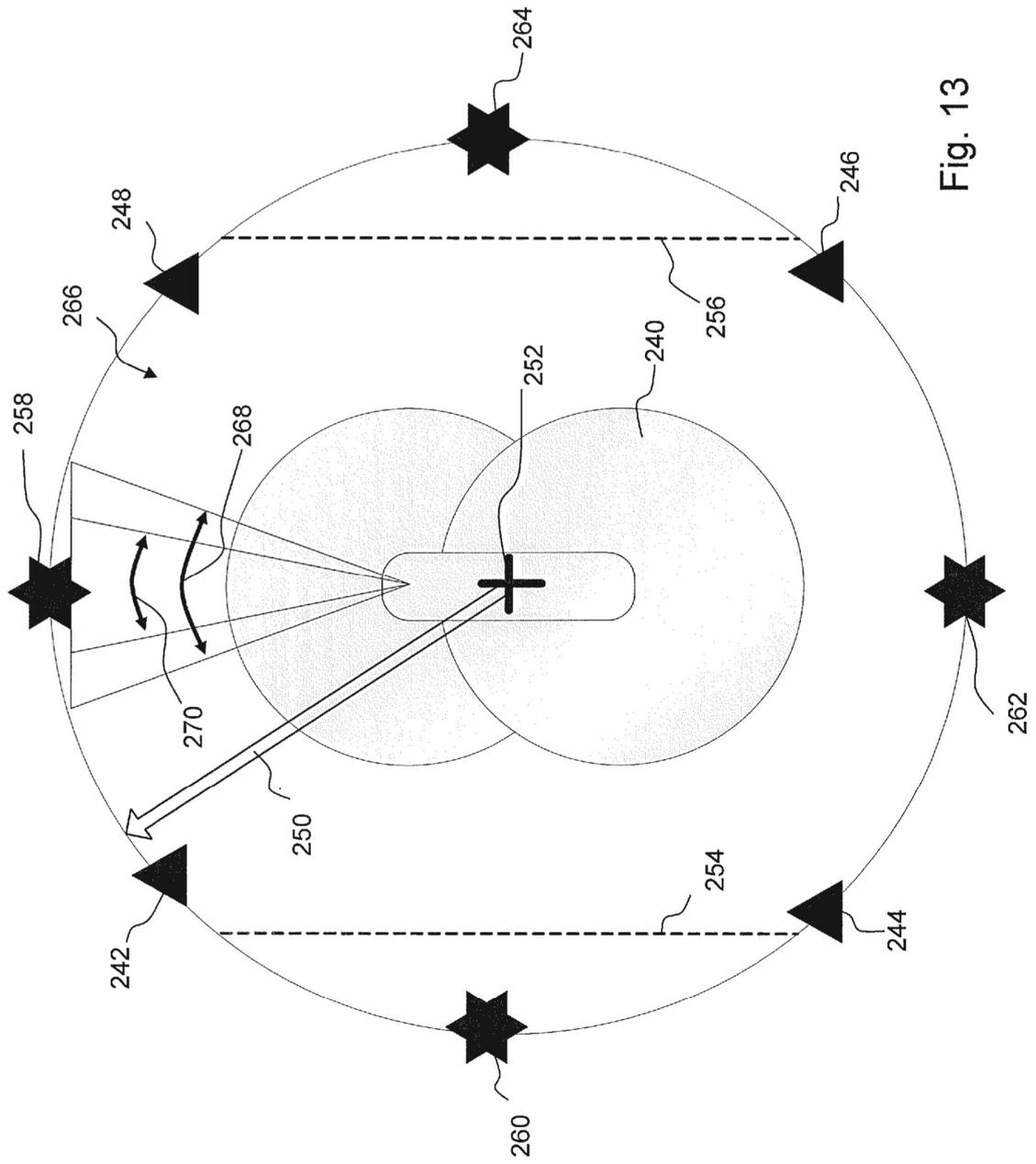


Fig. 13

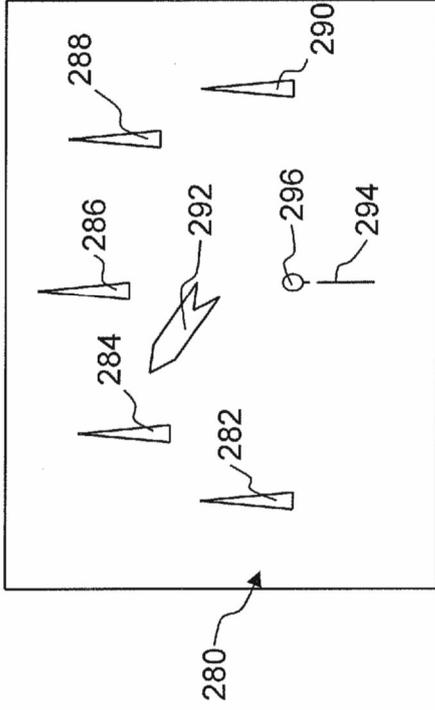


Fig. 14

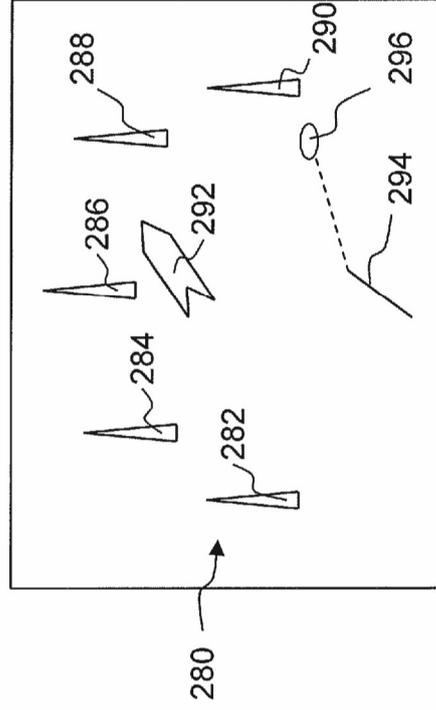


Fig. 15

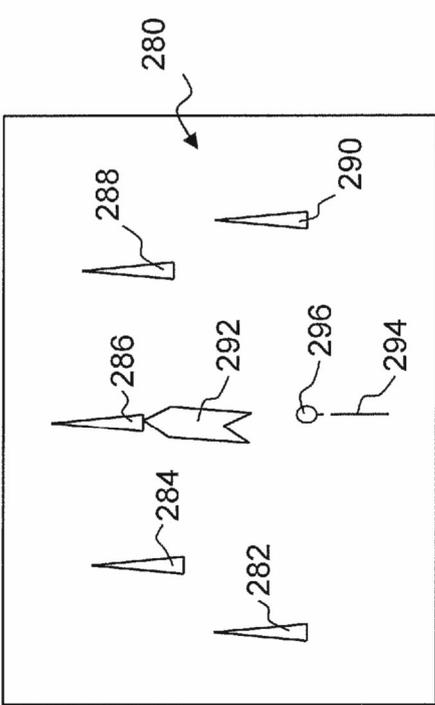


Fig. 16

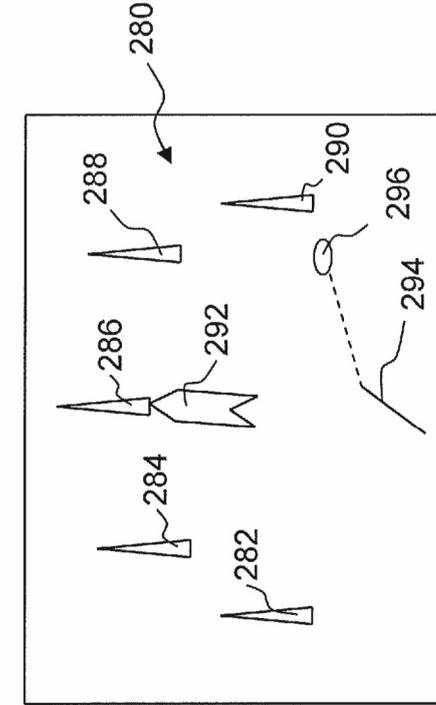


Fig. 17

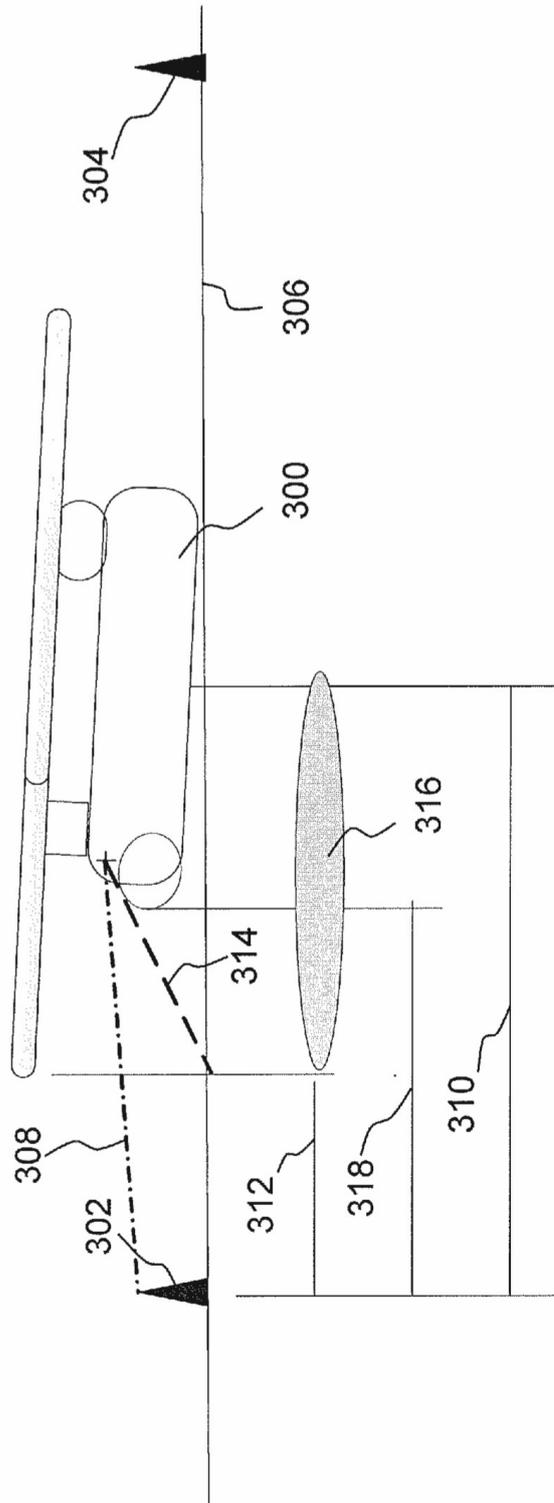


Fig. 18

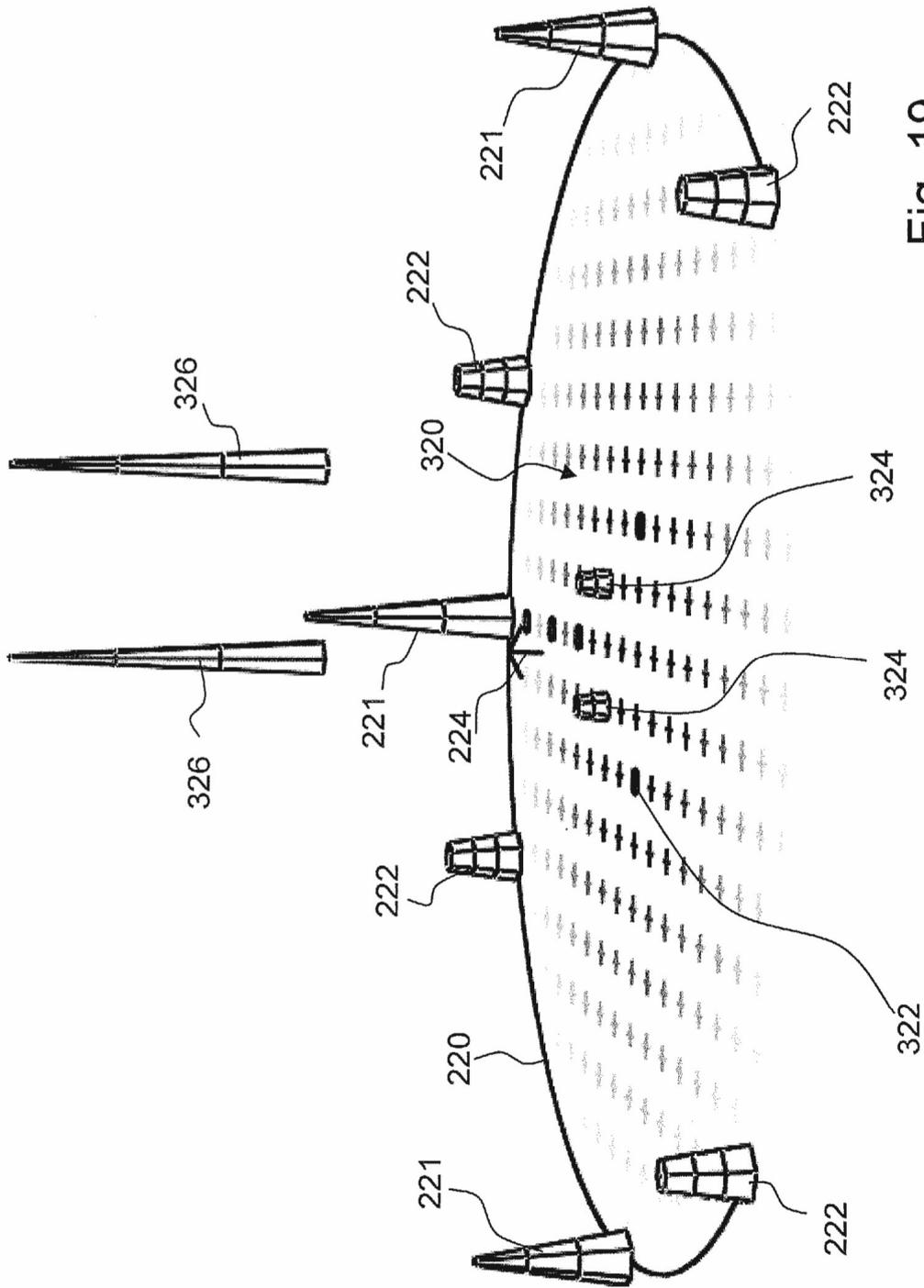


Fig. 19

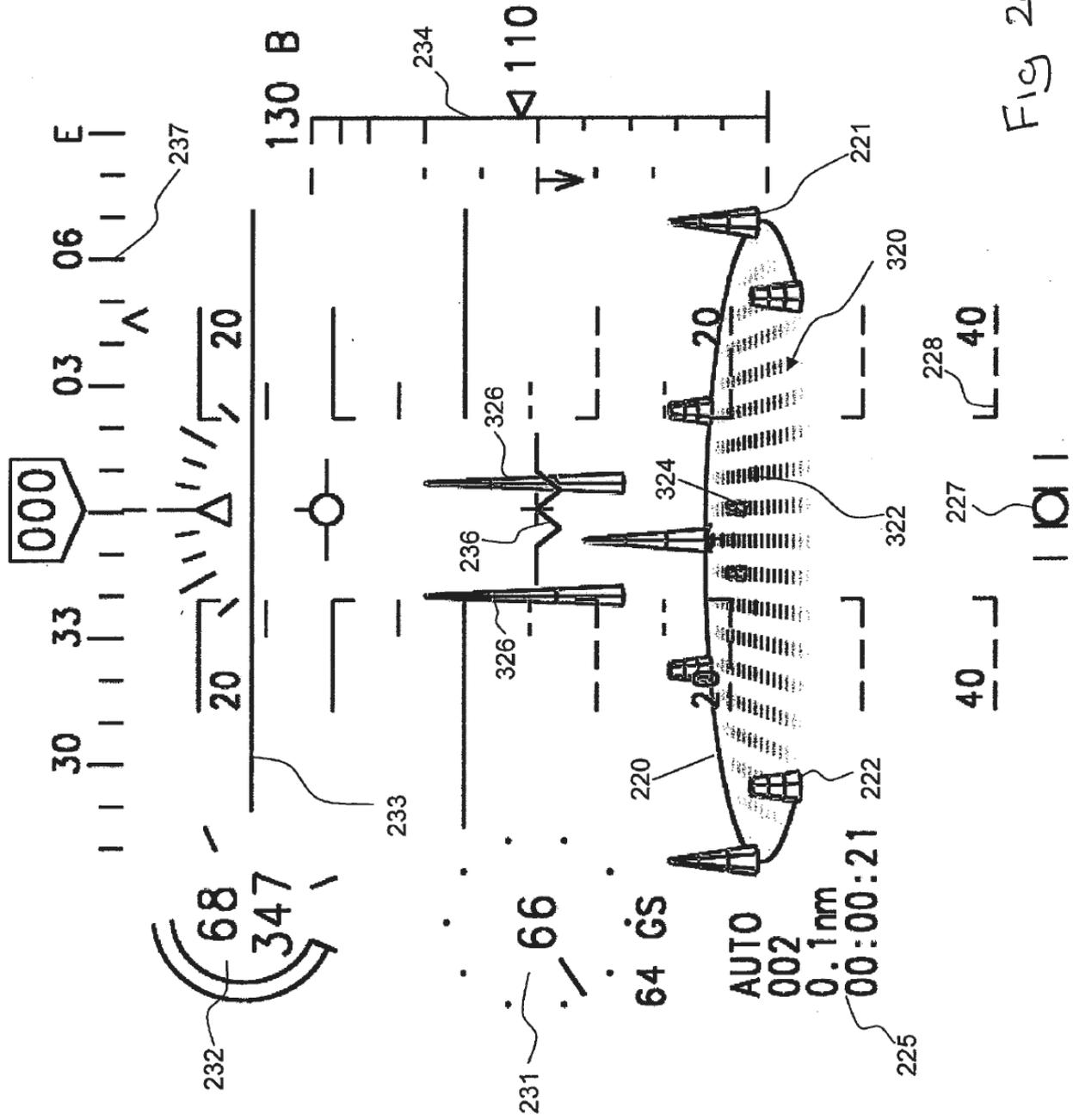


Fig 20