

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 354**

51 Int. Cl.:

G06T 17/05 (2011.01)

G06T 17/00 (2006.01)

G08G 5/00 (2006.01)

G01C 23/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.05.2011 PCT/DE2011/001105**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.01.2012 WO12006983**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.05.2011 E 11782361 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 2577614**

54 Título: **Dispositivo para la representación de un terreno sobre un dispositivo de visualización de un cuerpo volador**

30 Prioridad:

04.06.2010 DE 102010022726

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

22.11.2019

73 Titular/es:

**HENSOLDT SENSORS GMBH (100.0%)
Willy-Messerschmitt-Straße 1
82024 Taufkirchen, DE**

72 Inventor/es:

SCHAFHITZEL, TOBIAS

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 732 354 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

Dispositivo para la representación de un terreno sobre un dispositivo de visualización de un cuerpo volador

La invención se refiere a un dispositivo para la representación de un terreno sobre un dispositivo de visualización de un avión, según las características de la reivindicación 1.

5 En el contexto de los llamados „sistemas de asistencia de pilotos“, se utilizan siempre los aparatos de visualización para una visión exterior sintética cuando el piloto ve dificultada su visión, o bien incluso la ocultan completamente las condiciones climáticas exteriores, la oscuridad, o las llamadas “fases Brow-nout / Whiteout (los remolinos de arena o nieve). Los métodos usuales para la generación de una visión exterior sintética son los llamados “Synthetic Vision Systems (SVS) o Enhanced Vision Systems (EVS)“. Mientras que en los SVS se obtienen los datos a representar de una base de datos, es decir, el terreno y la información de obstáculos ha de estar previamente disponible, en los sistemas ESV se utilizan cámaras o sensores para procesar directamente los datos captados durante el vuelo.

El estado de la técnica se limita fundamentalmente a sistemas de visión sintética y sistemas mejorados de visión, siendo representada normalmente la imagen del sensor directamente, es decir en dos dimensiones.

15 El documento WO 2008/018906 describe la validación de datos de bancos de datos del terreno mediante datos de sensores. El procedimiento descrito parte de una cantidad fija de puntos de apoyo (proporcionados a través del banco de datos), y aplica la validación a través de los datos registrados de los sensores. Como resultado, un punto se caracteriza aquí como „validado, no validado, o área de alerta“.

El documento US 7,148,861 B2 describe una fusión de datos de dos fuentes de datos sobre un plano 2D de píxeles. Se introduce, junto a los sistemas de coordenadas de las dos fuentes de datos, un tercer sistema adicional de coordenadas, el cual ha de contrarrestar las distintas perspectivas de las fuentes de datos.

20 El documento EP1 084 380 B1 describe métodos de visualización de datos de bancos de datos y de sensores. Otras publicaciones respecto a la fusión de datos de sensores se encuentran en el documento US 2010/0026525 A1 así como en la patente US 2007/0297696 A1.

Del documento US 2009/0040070 A1 se conoce un dispositivo para la representación de terrenos sobre un dispositivo de visualización de un cuerpo volador, según el preámbulo de la reivindicación 1.

El objetivo de la invención es proporcionar un dispositivo mejorado para la representación de terreno sobre un dispositivo de visualización de un cuerpo volador.

Este objetivo se alcanza con el dispositivo según las características de la reivindicación 1 en vigor.

30 El dispositivo según la invención comprende un sistema de visión sintética con un banco de datos de terreno y de obstáculos, un sistema mejorado de visión un sensor para la captación de datos del terreno, un sensor de altura y de posición para la determinación de los datos de estado del vuelo, un dispositivo de visualización, un procesador de fusión para la fusión de los datos del sistema de visión sintética y del sistema mejorado de visión, siendo almacenados los puntos de datos captados por el sistema mejorado de visión, un procesador gráfico, el cual envía al dispositivo de visualización los datos del terreno generados por el procesador de fusión, teniendo en cuenta los datos de las condiciones de vuelo determinados por el sensor de altitud y de posición.

35 Según la invención, el procesador de fusión representa una rejilla adaptativa, la cual a través de sus celdillas se corresponde con una exploración discreta de la superficie de la tierra. Según la invención, el procesador de fusión está equipado para el almacenamiento de los puntos de datos en una zona definida y constante espacialmente, alrededor de un centro definido, configurando el centro de esa zona la posición del sensor, y el procesador de fusión utiliza, al incorporar un punto de datos en la rejilla una función de error, proporcionando la función de error, a partir de la distancia del punto de datos hasta la posición del sensor proyectada en la rejilla, una estimación para el tamaño de la respectiva celdilla en la que es almacenado el pixel. Adicionalmente a la distancia medida del píxel a la posición del sensor, pueden ser tenidos en cuenta también otros parámetros conocidos del sensor, o bien parámetros específicos de navegación.

45 La rejilla bidimensional representa una parametrización de la superficie tangencial de la esfera terrestre, con una estructura jerárquica e irregular, y una cantidad máxima predefinible de celdillas, describiendo el centro de la rejilla la posición del sensor del sistema mejorado de visión. El número de celdillas no es constante, dado que depende del afinamiento de la estructura de la celdilla. Para el caso del nivel máximo de afinamiento de una celdilla, puede calcularse la resolución máxima que resulta de ello.

50 El procesador para la fusión de los datos del sistema de visión sintética y del sistema mejorado de visión se denominará a continuación como „contenedor de píxeles de suelo“.

La idea según la invención se ocupa de la combinación de ambos sistemas, un llamado „Enhanced Synthetic Vision System (ESVS)“, es decir, la fusión de las informaciones del terreno y de los obstáculos, los cuales están depositados en los bancos de datos, y los datos en 3D de los sensores (p.ej. LADAR, RADAR), de los cuales se dispone

previamente a través de una segmentación anterior en forma clasificada.

La presente invención combina las ventajas de los sistemas de visión sintética y de los sistemas mejorados de visión, en los que los datos 3D del terreno, captados por un sensor, son segmentados en tiempo real y son fusionados con los datos existentes del terreno y de los obstáculos de un banco de datos. La segmentación de los datos del sensor decide en ello, sobre la base de píxeles, si el píxel correspondiente ha de clasificarse como parte del terreno, o bien como obstáculo. En ello, la segmentación tiene lugar según los procedimientos conocidos del estado de la técnica.

Mientras que los píxeles clasificados como obstáculos son tratados como una nube de puntos 3D, los llamados „píxeles de suelo“ son almacenados en el contenedor de píxeles. Este contenedor de píxeles de suelo representa, según la invención, una rejilla adaptativa (es decir, según la exactitud de un punto de medición), la cual se corresponde, a través de sus celdillas, con una palpación discreta de la superficie del suelo. Cada celdilla registra respectivamente un valor de un dato, el cual ha de verse entonces como el valor de la altura para la extensión espacial completa de la celdilla. En ello, el contenedor de píxeles respalda al concepto de "See & Remember", es decir, cada zona espacial que fue palpada una vez se deposita en primer lugar en el contenedor de píxeles, y a continuación en un banco de datos.

La invención se aclara a continuación más detalladamente según los dibujos. Se muestra:

Fig. 1 una composición esquemática del dispositivo según la invención,

Fig. 2 una representación a título de ejemplo del contenedor de píxeles, con una estructura de subdivisión del espacio,

Fig. 3 una representación a título de ejemplo del contenedor de píxeles, en el cual se ha registrado un píxel de suelo,

Fig. 4 una representación a título de ejemplo del contenedor de píxeles, en el cambio de posición del sensor para la captación de datos del terreno,

Fig. 5 una representación a título de ejemplo de un corte del contenedor de píxeles, con una triangulación de los datos, para la visualización.

La figura 1 muestra una composición esquemática del dispositivo según la invención. Existe un sensor 1 para la generación de una imagen de datos en bruto, así como un módulo 1a para la segmentación de los píxeles de suelo. Además existe un banco de datos 2 para el almacenamiento de datos de altura, denominado a continuación como „banco de datos de elevación“.

El sensor 1 y el banco de datos 2 están conectados con el contenedor 3 de píxeles de suelo. Entre el contenedor 3 de píxeles de suelo y el banco de datos 2 existe una unión de lectura y escritura para el intercambio de datos del banco de datos y de datos del sensor.

En el contenedor 3 de píxeles de suelo se ha conectado además, a través de una interfase, un módulo 4 de visualización. Con el contenedor 3 de píxeles de suelo y con el módulo 4 de visualización se ha unido un módulo 5 para la medición de los datos del estado del vuelo. El módulo 4 de visualización está conectado con un dispositivo 6 de visualización para la representación del terreno. El módulo 4 de visualización sirve fundamentalmente para preparar los datos de forma adecuada, con la ayuda de algoritmos conocidos de visualización, de forma que los datos puedan ser mostrados en el dispositivo de visualización 6.

En la figura 1, el módulo ES-VS está designado con el signo de referencia 7. En ello, el ESVS significa Enhanced Synthetic Vision System. El módulo ES-VS 7 contiene el contenedor 3 de píxeles de suelo, el módulo 4 de visualización con los algoritmos de visualización (o bien de triangulación), así como el dispositivo 6 de visualización. Como entrada, existe una conexión al sensor 1 y al banco de datos 2. La salida corresponde a una conexión con el banco de datos 2, a fin de escribir datos retrospectivamente, y una memoria geométrica 8, la cual contiene la geometría de la superficie del suelo resultante de los algoritmos de triangulación. Los datos de la memoria geométrica 8 son conducidos directamente al dispositivo 6 de visualización.

La secuencia de procesamiento del módulo ES-VS 7 recibe como entrada los datos en bruto captados por el sensor 1, que pueden ser interpretados como una imagen de profundidad, o bien como una nube de puntos 3D, teniendo en cuenta los datos del estado del vuelo. Esa nube de puntos es sometida en primer lugar a una clasificación, es decir, se decide, por cada punto captado de datos, si el mismo ha de verse como una parte del suelo, o bien como un objeto situado por encima del mismo y no clasificado más detalladamente.

En las próximas aclaraciones se consideran exclusivamente los puntos de datos clasificados como „SUELO“. Además, se necesitan como entrada los datos de estado del vuelo del módulo 5, para la medición de los datos de estado del vuelo, tal como se suministran por un sistema de navegación, compuestos por: la posición en el sistema de coordenadas WGS84, la altura de vuelo referida a MSL y a los ángulos de posición del vuelo.

Las imágenes clasificadas del sensor, como las que resultan de la segmentación del suelo, son transmitidas al contenedor 3 de píxeles de suelo, junto con los datos de estado del vuelo. Los datos de estado del vuelo se necesitan

otra vez, además de ello, en otro paso posterior del proceso, es decir, en la visualización.

El contenedor 3 de píxeles de suelo configura el módulo base de la cadena de procesamiento de datos para la fusión de los datos existentes del terreno y de los obstáculos con los datos si procesar del sensor. Él mismo es competente para el almacenamiento de todos los datos reunidos de los píxeles de suelo dentro de una zona limitada espacialmente, así como para el consiguiente procesamiento de esos datos, por una parte para los algoritmos de visualización subsiguientes en el módulo 4 de visualización, y por otra parte para el almacenamiento en un banco 2 de datos de elevación.

El contenedor de píxeles de suelo se corresponde, según la invención, con una zona, definida espacialmente de forma constante, alrededor de un centro determinado. La figura 2 muestra la configuración del contenedor. El contenedor de píxeles de suelo como una discretización espacial con una longitud lateral definida d (representación izquierda en la figura 2). La representación ha de observarse como vista en planta desde arriba, es decir, como parametrización de la superficie tangencial de la tierra, configurando la posición del sensor el centro del contenedor. La superficie cubierta por el container es discretizada a través de n celdillas con longitud de cantos d_e , los cuales sirven nuevamente como estructuras de subdivisión del espacio, aquí cuadriláteros (representación a la derecha en la figura 2).

Partiendo de dos vectores tangenciales, situados de forma superpuesta ortogonalmente, en un sistema de coordenadas orientado al norte (sistema de coordenadas geodésicas locales) la superficie cubierta por el contenedor de píxeles de suelo se despliega con respecto a un origen t_0 definido en el tiempo. Este proceso puede ser aclarado de forma evidente como una vista superior de la superficie de la tierra, en la cual la posición del sensor (por ejemplo, la posición de GPS del avión en el que está situado el sensor), configura el centro de la superficie procesada por el contenedor de píxeles de suelo. Esa superficie, con una longitud lateral d, la cual puede ser de varios kilómetros de longitud, es subdividida en n celdillas.

En ello, la idea principal del contenedor de píxeles de suelo consiste en almacenar datos de altura en las celdillas, lo cual se corresponde matemáticamente con un campo de altitudes $f(x,y) \rightarrow z$.

A fin de contrarrestar las inseguridades que aparezcan en la medición, se amplió la estructura regular equidistante (es decir, un tamaño d_c constante de la celdilla) del contenedor de píxeles de suelo, a través de otros mecanismos de subdivisión del espacio. Las inseguridades de medición afectan fundamentalmente a las posiciones tridimensionales de los píxeles de suelo, las cuales son transmitidas desde el preprocesamiento al contenedor de píxeles de suelo. Así, puede imaginarse que las inexactitudes mecánicas de los sensores, así como también las inexactitudes del sistema de navegación (inercial) utilizado (INS), contribuyen a que la posición de un píxel de suelo no pueda ser garantizada. En ello, las posibles fuentes de error son:

- errores mecánicos del sensor en el interior del mismo
- errores de instalación, por ejemplo a través de inexactitudes en el montaje
- errores en el INS, es decir, inexactitudes del ángulo de posición de vuelo
- errores de posición del INS, es decir, una posición inexacta del aparato de vuelo

Dado que las citadas fuentes de errores no afectan igualmente sobre cada píxel de suelo, sino que son dependientes de determinados factores, la inexactitud de cada punto de exploración puede ser considerada individualmente.

Para ello pueden utilizarse 2 mecanismos correspondientes. Por una parte puede ser un, conocido del estado de la técnica. El cuadrilátero sirve como estructura de subdivisión del espacio, y, partiendo del tamaño d_c de la celdilla, subdividir la misma en 4 respectivas subceldillas del mismo tamaño, y por otra parte una función f_e de error, la cual expresa la susceptibilidad al error de un punto de exploración en función de parámetros definidos. Un ejemplo sencillo de ello sería

$$f_e(\text{dist}) = f_{\text{sensor}} + 4 \cdot \sigma(\hat{e})$$

calculándose aquí un error, dependiente de la distancia, en dependencia de un error constante del sensor y del valor del 4-sigma, es decir del error angular máximo del INS. Esta función de error se comportaría linealmente, y será utilizada nuevamente más tarde para aclaración.

Ahora, partiendo de la figura 2 (representación de la izquierda), el cuadrilátero es usado en cada celdilla. En detalle, esto significa que cada celdilla del contenedor de píxeles de suelo se corresponde con el nivel más grueso observado, o sea, la resolución más gruesa, o bien el „nivel 0“ de un cuadrilátero.

Si se deseara ahora afinar una celdilla en un nivel, la celdilla se subdivide con la longitud lateral d_c en cuatro celdillas del tamaño $d_c/4$. Dado que se trata de un procedimiento recursivo, esa subdivisión puede ser utilizada sobre cada una de las cuatro nuevas celdillas, de forma que finalmente se produce una estructura semejante a la representación de la derecha en la figura 2. Esta muestra que a través de la utilización de un cuadrilátero, la superficie de la tierra puede ser explorada con distintos grados de detalle, a fin de considerar, por ejemplo, la susceptibilidad al error de un punto de exploración. En ese momento entra también nuevamente en juego la función de errores citada anteriormente; la

misma sirve como criterio para la decisión de que nivel individual del cuadrilátero ha de ser asignado a un píxel de suelo.

5 Si se deseara ahora representar un píxel de suelo entrante en el cuadrilátero, se utiliza un procedimiento que se observa claramente en la figura 3. A fin de insertar un píxel de suelo en el contenedor de píxeles de suelo, se determina, partiendo de la posición del sensor, la distancia al respectivo píxel de suelo. Esta sirve como entrada para una función de errores, la cual calcula, a partir del error tomado como base, un tamaño adecuado de celdilla, por ejemplo, un tamaño de celdilla de cuadrilátero. En este ejemplo, la resolución del cuadrilátero es de nivel 2, es decir que la celdilla originaria se subdivide dos veces.

10 El último paso, en la figura 3 arriba a la derecha, trata las zonas limítrofes. Si la dimensión de la desviación correspondiente es lo bastante grande como para que el correspondiente píxel de suelo pudiese estar igual de bien en la celdilla adyacente, el mismo es copiado e insertado también allí. Las respectivas cantidades describen el número de celdillas adyacentes afectadas si el píxel de suelo hubiese de situarse en las zonas marcadas.

15 La dimensión de la desviación corresponde fundamentalmente al error espacial de medición (expresado, por ejemplo, en metros) del píxel de suelo individual, y puede derivarse de la función f_e de errores. El nivel más elevado del cuadrilátero (es decir, la celdilla más pequeña) debería ser elegido de tal forma que, partiendo del intervalo de error a soportar (aquí especialmente el mayor error todavía permisible para esa celdilla), quede todavía espacio suficiente en la celdilla para poder acumular los píxeles de suelo sin un copiado no necesario (véase la figura 3 arriba), ya que una elección de una celdilla demasiado pequeña conduce a un copiado costoso en las celdillas adyacentes. Es decir, una elección cuidadosa de una imagen discreta „nivel de celdilla = $f_{\text{nivel}}(f_e(\text{dist}))$ “ del error del sensor respecto a los tamaños de celdilla a utilizar, es absolutamente necesario. Una implementación a título de ejemplo de esa imagen sería „nivel de celdilla = $(L_{\text{max}} - 1) - \log_2(2 * f_e(\text{dist}))$ “, siendo L_{max} el máximo nivel de cuadrilátero soportado. La dimensión de la desviación $f_e(\text{dist})$ se multiplica por 2, ya que ese valor corresponde a un error de posicionamiento igual a un radio alrededor de una posición aproximada. No obstante, la posición real de un punto puede estar en algún lugar dentro de un círculo de radio $f_e(\text{dist})$, y de ahí que el tamaño de la celdilla tiene que considerar también al menos el diámetro de ese círculo.

Un cálculo detallado de la anchura del borde, sobre la base de distribuciones y probabilidades, no ha de tratarse aquí.

Una vez que se ha determinado el tamaño correspondiente de la celdilla, ha de diferenciarse entre los siguientes casos:

30 1.) La celdilla estaba vacía al principio: la misma se subdivide según el mecanismo de subdivisión del espacio, y se introduce el nuevo valor. La celdilla puede continuar subdividiéndose posteriormente, pero solo a través de la introducción de un nuevo valor, cuyo error (por ejemplo debido a una distancia menor al sensor en el momento de la captación) sea menor que el error existente. La distancia de un valor previamente almacenado respecto a una nueva posición, debido al desplazamiento de la cuadrícula no tiene importancia, ya que, a través de ello, la exactitud de medición (es decir, el error en el momento de la captación) permanece constante, y no es corregida más adelante.

35 2.) En la celdilla ya hay un valor de un nivel más bajo: se subdivide y se introduce el nuevo valor. Todas las demás celdillas que se derivan de allí reciben el antiguo valor; por lo tanto, se copia de arriba abajo.

3.) En la celdilla hay un valor del mismo nivel: se compara si el nuevo valor es mayor que el valor antiguo. En caso afirmativo, el mismo sustituye al valor antiguo. Con ello se garantiza que la superficie posterior del suelo tiene en cuenta también el obstáculo más elevado clasificado como suelo.

40 Si se utiliza ese procedimiento sobre todos los píxeles de suelo de casa imagen del sensor, entonces se llega automáticamente a una acumulación de los valores a través del tiempo; no obstante, espacialmente no se acumula, sino solamente se almacena el píxel de suelo que es válido como el punto más alto. En ello, se almacena el correspondiente valor centrado en una línea, ya que su posición exacta no es conocida, debido a las inexactitudes descritas de medición - solamente es conocido que debe estar situado dentro de la limitación espacial preestablecida a través de la celdilla.

45 Otra consideración de la exactitud de posición de un punto tiene lugar a través de una valoración temporal de las entradas individuales en celdas. El motivo para ello es la posición del avión, cuya exactitud está orientada, en el sistema geodésico local, según el del INS. Como ejemplo se supone un error de 0,2 m/s, un error de posicionamiento del todo usual en un INS. Este valor significa que, después de un segundo, la posición del avión respecto a un punto almacenado en el contenedor de píxeles de suelo puede ser erróneo en unos 0,2m. A fin de contrarrestar ese comportamiento, cada punto almacenado es dotado de una duración y de una ponderación. El valor ponderado

temporalmente h_w dentro de una celdilla de cuadrícula se establece con ello de
$$h_w = \sum_{i=0}^{t_{\text{max}}} \alpha_i * h_i$$
 con los factores de

ponderación discretizados α_i , los factores h_i de elevación determinados por cada imagen del sensor, y el número máxima t_{max} de puntos en el tiempo almacenados. La elección de la función de ponderación está sometida a la

condición $\sum_{i=0}^{i_{\max}} \alpha_i = 1.$ E

Una ponderación de ese tipo conduce a un desplazamiento espacial de los puntos medidos dentro del contenedor de píxeles de suelo, y tiene sentido para una visualización del campo de elevación. No obstante si esos datos debiesen devolverse escribiéndolos en un banco de datos referenciado geodésicamente, es necesaria entonces una consideración de esa ponderación.

Una acumulación temporal de los píxeles de suelo, así como el hecho de que el centro del contenedor es definido a través de la posición cualificada del sensor (dado que se trabaja con una cuadrícula discreta), implica finalmente una modificación temporal de la posición del contenedor de píxeles de suelo. No obstante, dado que el tamaño del contenedor es constante espacialmente, nuevas celdas se añaden respectivamente en el caso de que se desplace el contenedor, pero las celdas viejas también desaparecen. A fin de evitar una pérdida de esos datos, los mismos se almacenan, en el caso de un movimiento de la cuadrícula, en el banco de datos de elevación 2, conectado con el anterior. La figura 4 muestra esa situación, desplazándose la cuadrícula, tras una modificación suficiente de la posición del sensor, con la anchura de paso de la discretización preestablecida, es decir, el tamaño más grueso de celdilla tras el nivel 0. Mientras que en la figura 4a se añaden las celdillas coloreadas de gris oscuro, desaparecen las celdillas blancas, y se almacenan en la figura 4b en el banco de datos de elevación 2.

El banco de datos de elevación 2 se utiliza una segunda vez, junto al almacenamiento de datos del contenedor de píxeles de suelo, a fin de rellenar con datos de elevación las celdillas del contenedor que todavía permanecen vacías. Debido a la limitada visión de un sensor, es decir, no solamente en el alcance, sino también en la amplitud, o sea, en el ángulo de apertura, se llena respectivamente con datos del sensor solamente una zona de la superficie que representa el contenedor de píxeles de suelo. Aunque esa zona se amplía a través de la acumulación temporal de los datos del sensor, especialmente a través del movimiento del avión, es no obstante altamente probable que zonas de la superficie que representa el contenedor de píxeles de suelo permanezcan vacías. A fin de conseguir una independencia del ángulo de apertura para la visualización del ángulo respectivo de apertura del sensor, se rellenan las zonas vacías con datos de elevación del banco de datos de elevación 2, lo que conducirá más tarde a una fusión visual de datos del sensor y de los datos del banco de datos de elevación.

Ha de observarse que en el banco de datos de elevación 2 pueden encontrarse también los datos del sensor ya almacenados previamente en un momento anterior.

Los datos del contenedor de píxeles de suelo relleno se envían por último a los algoritmos de visualización, los cuales son responsables entonces de la generación de una geometría representable y de su visualización. También es aquí una ventaja el mantenimiento de los datos dentro de la cuadrícula comentada; así pueden realizarse de forma muy sencilla diversos algoritmos Level-of-Detail (LOD) a través de una restricción del nivel de la cuadrícula a considerar.

El banco de datos de elevación 2 según la figura 1 está compuesto al principio de una grabación solamente de datos de elevación previamente existentes, los cuales existen en una resolución determinada. Durante la grabación de los datos del sensor, es decir, durante el vuelo, se recogen esos datos para interactuar con el contenedor 3 de los datos del suelo. Estos sirven aquí, como se aclaró anteriormente, por una parte para la finalización de la cuadrícula representada por el contenedor de píxeles del suelo, llena solamente de forma parcial, y por otra parte para la igualación y la actualización a través de los datos del sensor.

La lectura de los datos de elevación a partir del banco de datos es propiciada a través del contenedor de píxeles del suelo, es decir, para cada celdilla vacía del contenedor de píxeles del suelo se calcula la correspondiente posición WGS84, la cual sirve como referencia para el acceso al banco de datos. Como resultado de la consulta al banco de datos se recibe un valor de elevación, el cual es almacenado en el contenedor de píxeles del suelo según su exactitud. También aquí se autoriza explícitamente a los datos de elevación a continuar subdividiendo la retícula existente del contenedor de píxeles del suelo, a fin de hacer justicia lo mejor posible a los errores de captación y a la tasa de error de los datos del banco de datos de elevación.

La escritura de los datos de elevación se controla asimismo por el contenedor de píxeles del suelo. Aquí se almacenan todos los datos del sensor, los cuales o bien presentan una mayor exactitud que los datos existentes hasta el momento en el banco de datos, o bien son más elevados que los puntos existentes, para una misma exactitud. La configuración del banco de datos es aquí flexible, es decir, ha de cederse al diseño del banco de datos si los datos han de ser sustituidos o solamente añadidos.

Si el sensor falla, entonces se ocupan todas las celdillas del contenedor de píxeles del suelo con datos de elevación desde el banco de datos, lo cual correspondería a un llamado „Synthetic Vision System“.

La visualización consiste en dos módulos, y sigue directamente al contenedor 3 de píxeles del suelo, según la figura 1, en la cadena de procesamiento. Hasta ahora se almacenaron los datos según su precisión de medición, pero no obstante para una visualización no es adecuada esa representación, ya que para la representación de una superficie de suelo es deseable si es posible una superficie cerrada, a fin de no despistar a los pilotos con nubes de puntos que

se modifican con frecuencia alta.

5 El primer paso de la visualización contempla un procesamiento previo de los datos del contenedor de píxeles del suelo, es decir, de la cuadrícula. En ese paso se genera una rejilla continua de triángulos a partir de los datos de elevación, la cual representa una superficie cerrada, con la excepción de los agujeros intencionados. Ya que se trata, en los datos del contenedor de píxeles del suelo, de una llamada „cuadrícula ilimitada“, es decir, que las elevaciones de celdillas adyacentes pueden diferenciarse en más de 1, se trabaja aquí con los llamados „abanicos triangulares“. Un abanico triangular está formado por un punto central y distintos puntos de esquina, los cuales son utilizados para la generación de triángulos, y es especialmente adecuado para representar la superficie cubierta por una celdilla cuadrangular. La figura 5 ilustra esa generación geométrica de una triangulación de los datos del contenedor de píxeles del suelo. Los valores centrados en las celdillas configuran respectivamente el punto medio de un abanico triangular. La cohesión de la superficie se garantiza a través de la conectividad de todas las celdillas adyacentes, como por ejemplo el vértice circundado.

10 El segundo paso consiste en la visualización de la superficie calculada del suelo. Esta puede ser visualizada como rejilla de triángulos en la visualización de alambrada, o bien como superficie coloreada e iluminada, a fin de destacar aún más las irregularidades existentes.

15 La visualización tiene lugar desde una perspectiva discrecional, siendo tratados aquí los datos de estado del vuelo de forma separada de los datos del sensor. Es decir, las modificaciones a considerar del estado del vuelo del avión, como por ejemplo los movimientos y los cambios de dirección, no tiene por qué ser representadas necesariamente con la frecuencia de los datos del sensor, a menudo más baja, y con ello también la generación de la superficie del suelo.

20

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la representación de un terreno sobre un dispositivo de visualización de un avión, conteniendo un sistema sintético de visión con un banco de datos del terreno y de los obstáculos, un sistema mejorado de visión con un sensor (1) para la captación de los datos del terreno, un sensor (5) de elevación y de posición para la determinación de los datos del estado del vuelo, un dispositivo (6) de visualización, un procesador de fusión (3) para la fusión de los datos del sistema sintético de visión y del sistema mejorado de visión, siendo almacenados los puntos de datos captados por el sistema mejorado de visión, un procesador gráfico (4, 8) que envía los datos generados por el procesador de fusión (3) al dispositivo (6) de visualización, bajo la consideración de los datos de estado del vuelo, determinados mediante el sensor (5) de elevación y de posición caracterizado por que el procesador de fusión (3) representa una rejilla adaptativa, la cual corresponde a través de sus celdillas a una captación discreta de la superficie de la tierra, el procesador de fusión (3) está estructurado para el almacenamiento de los puntos de datos en una zona definida espacialmente como constante, alrededor de un centro determinado, configurando el centro de esa zona la posición del sensor, y el procesador de fusión (3) utiliza una función de error al insertar un punto de datos en la rejilla, suministrando la función de error una estimación de la celdilla correspondiente, en la que el píxel es almacenado, a partir de la distancia del punto de datos hacia la posición del sensor proyectada en la rejilla.

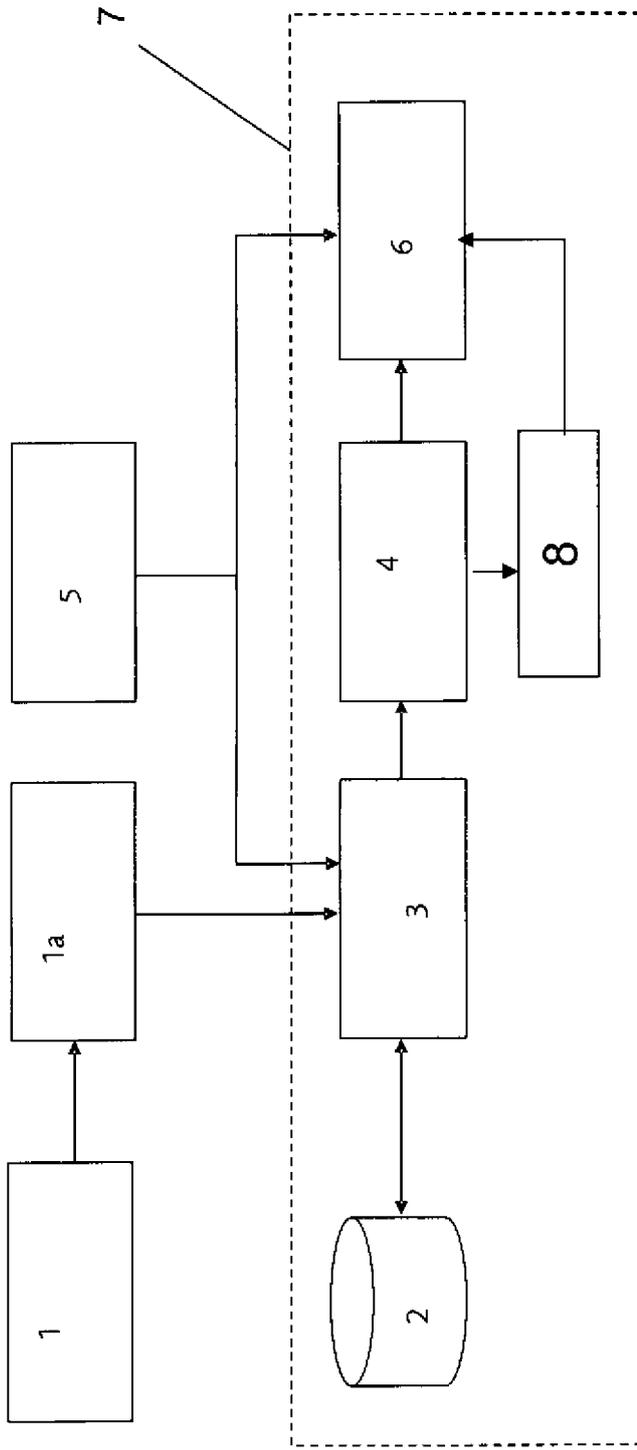


Fig. 1

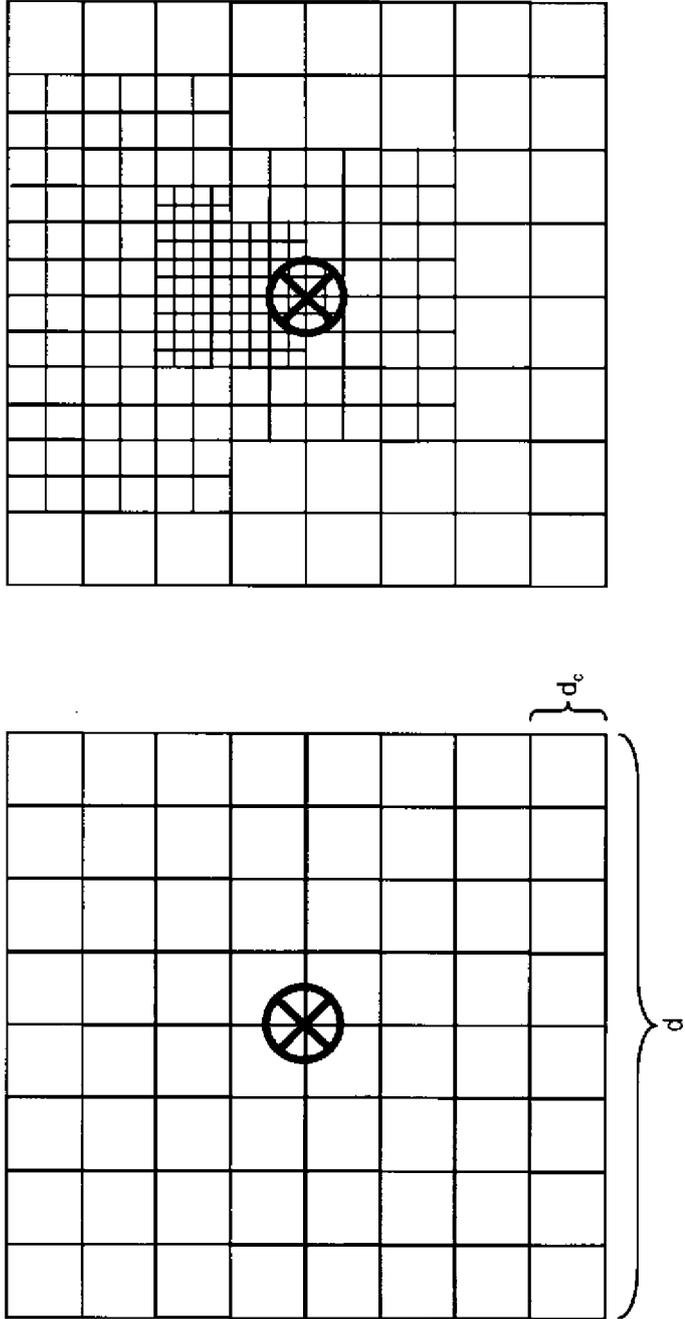


Fig. 2

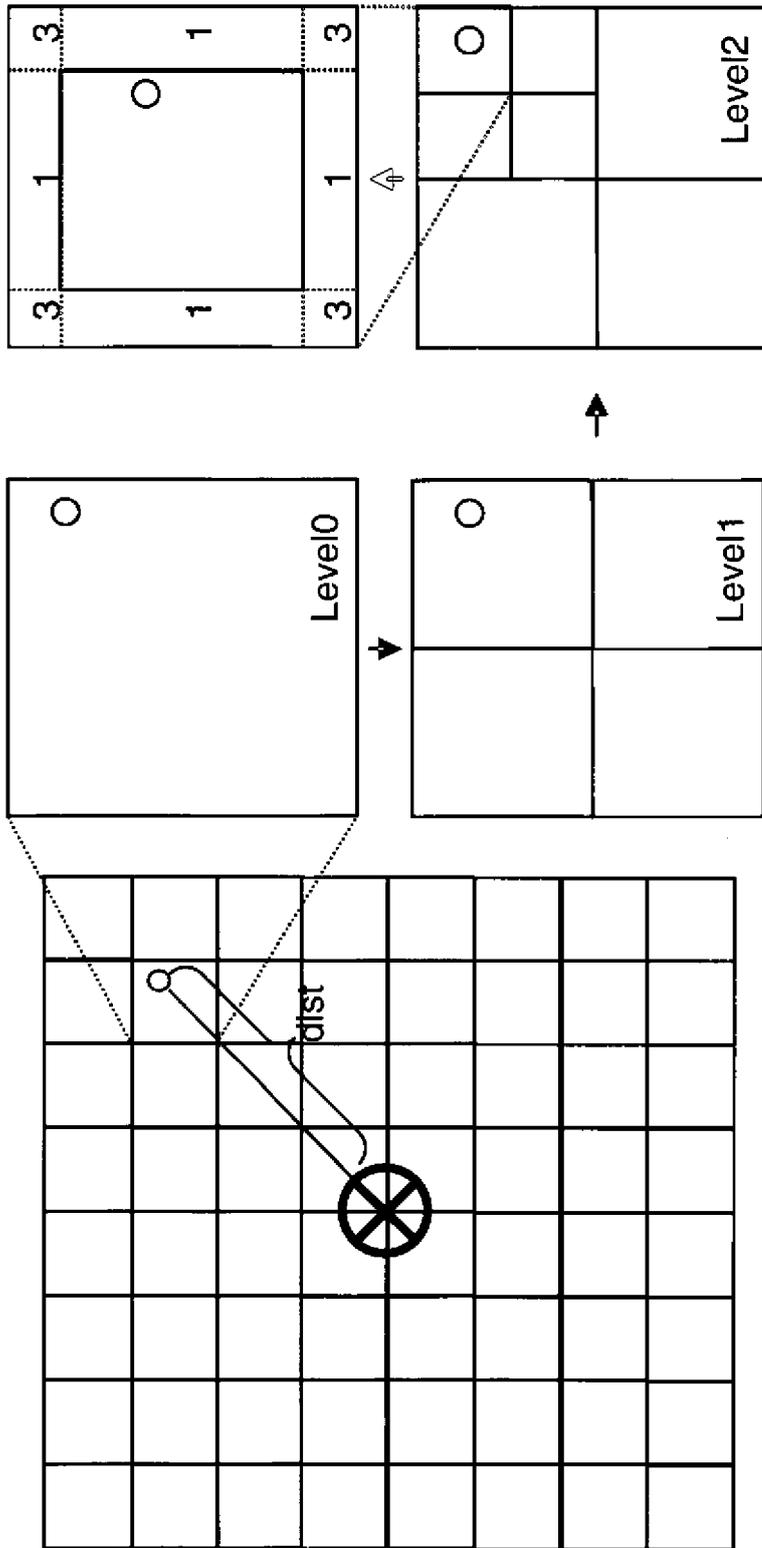


Fig. 3

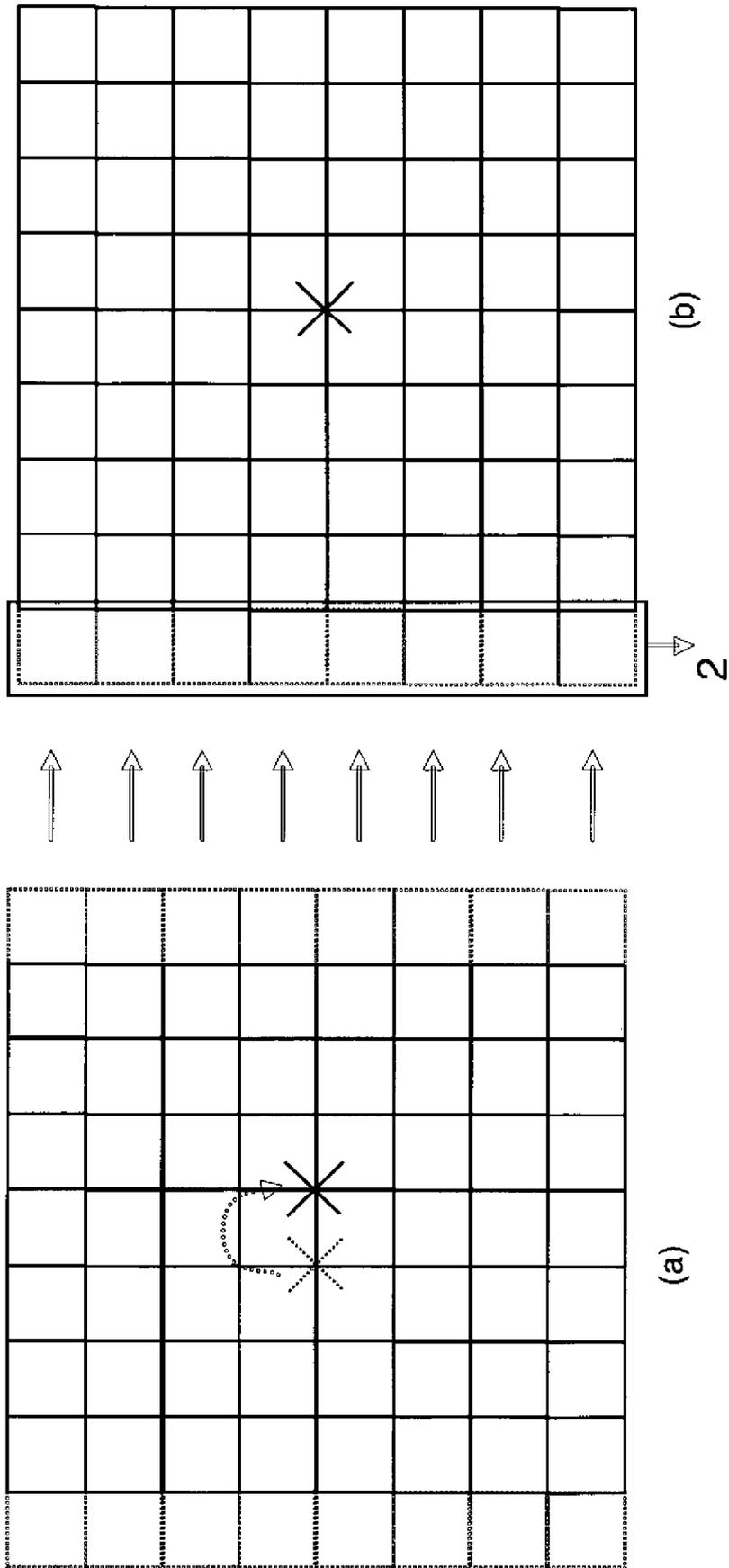


Fig. 4

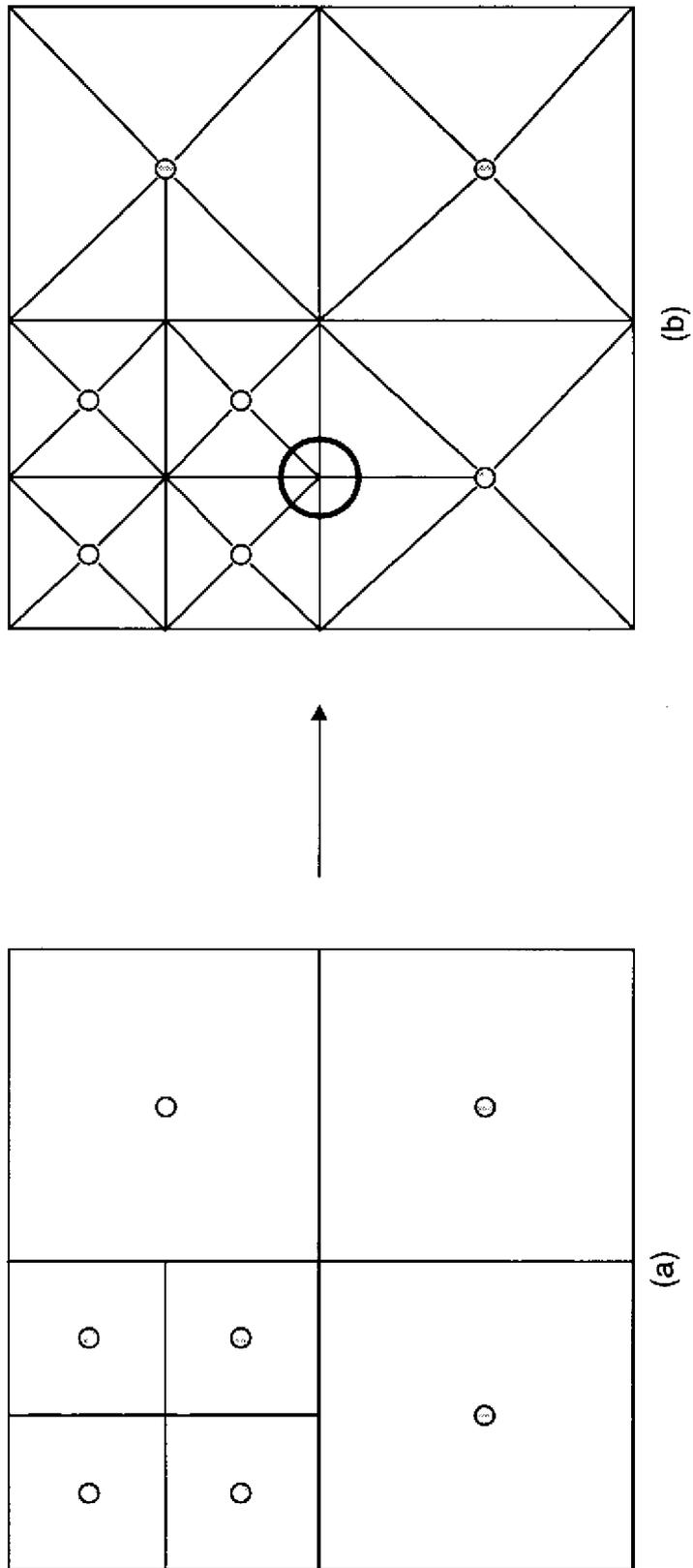


Fig. 5