

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 982 080**

51 Int. Cl.:

G05D 1/02 (2010.01)

A01B 69/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.12.2018 PCT/AU2018/051296**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.07.2019 WO19136510**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.12.2018 E 18899524 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2024 EP 3891569**

54 Título: **Planificación de trayectoria de cobertura**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.10.2024

73 Titular/es:
**SWARMFARM ROBOTICS PTY LTD. (100.0%)
"Bendee" 225 Glenorina Access Road
Gindie, QLD 4702, AU**

72 Inventor/es:
**FITCH, ROBERT CHARLES;
LOUAT, GRANT PARKER;
BATE, ANDREW JAMES;
BATE, JOCELYN ANN y
MCCARTHY, WILLIAM JOHN PHILIP**

74 Agente/Representante:
PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 982 080 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

Planificación de trayectoria de cobertura

5 **CAMPO DE LA INVENCION**

La invención se refiere a la planificación de trayectorias de cobertura.

10 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Una trayectoria de cobertura es una trayectoria transitable, p.ej., por un vehículo, para cubrir un área. A modo de ejemplo, al cortar un área rectangular de césped de 3 m de ancho por 10 m de ancho utilizando una cortadora de césped con un corte de 600 mm de ancho, la trayectoria de cobertura podrá tener cinco pasos paralelos de 10 m de largo.

15 Esta trayectoria de cobertura es un ejemplo simple de una trayectoria de bústrofedón. Una trayectoria de bústrofedón es una trayectoria serpenteante de tramos rectos paralelos, cada dos adyacentes de los cuales están conectados entre sí en un extremo de los tramos por una parte de trayectoria corta respectiva que gira 180°.

20 La planificación de trayectorias de cobertura es aplicable en una amplia gama de aplicaciones, incluidas aquellas relacionadas con vehículos terrestres (tal como cortadoras de césped) y otros vehículos tal como embarcaciones y aviones. De hecho, algunas variantes de la tecnología divulgada en el presente documento pueden aplicarse ventajosamente para hacer un uso eficiente de los buscadores humanos.

25 La planificación de la trayectoria simplemente para minimizar la longitud de la trayectoria a recorrer es trivial en el contexto de un área convexa simple tal como el área simple de césped mencionada anteriormente. Sin embargo, a medida que la forma del área que necesita cobertura se vuelve más compleja, la complejidad de la tarea de planificación de la trayectoria de cobertura se dispara de tal manera que minimizar la longitud de la trayectoria de cobertura de algunas áreas realistas puede requerir un tiempo de cálculo poco práctico (por ejemplo, años de cálculo).

30 Además, en diversas aplicaciones, la trayectoria más corta no es necesariamente la trayectoria óptima. En el contexto de un vehículo agrícola fumigador de maleza que pulveriza una gran superficie durante varios días, puede ser deseable tratar ciertas partes del área antes que otras y/o evitar recorridos repetidos de áreas particulares, p. ej., para minimizar el riesgo de atascamiento del vehículo y/o minimizar la compactación del suelo.

35 En principio, es posible llegar a una trayectoria de cobertura óptima mediante, por ejemplo, la asignación de funciones de costos para atravesar áreas particulares y para atravesar áreas particulares en momentos particulares. En la práctica, esto requiere la aportación de expertos altamente cualificados en planificación de trayectorias. También, los problemas del tiempo de cálculo persisten y se agravan. De hecho, los problemas pueden ser computacionalmente intratables.

40 El documento US 2004/193349 A1 divulga un método para planificar una trayectoria de cobertura para cubrir un área dividida en celdas.

45 Sería muy deseable permitir a los usuarios no expertos planificar trayectorias de cobertura satisfactorias dentro de plazos prácticos.

50 Teniendo en cuenta lo anterior, la presente invención tiene como objetivo proporcionar mejoras en y para la planificación de trayectorias de cobertura, o al menos proporcionar una alternativa para aquellos interesados en la planificación de trayectorias de cobertura.

Sumario

55 Un aspecto de la invención proporciona un método para planificar una trayectoria de cobertura para cubrir un área dividida en celdas;

comprendiendo el método una disposición informática, configurada para recibir una variedad de entradas de usuario aceptables, iterativamente

60 generar una trayectoria de cobertura factible basada en las celdas;

mostrar al menos algún detalle de la trayectoria de cobertura factible; y

65 recibir entradas de usuario dentro del rango de entradas de usuario aceptables;

en donde, después de una primera iteración, la generación se basa en la entrada de usuario; y

el rango de entradas de usuario aceptables incluye

- 5 identificar la entrada, y especificar la fusión de, cualesquiera dos celdas adyacentes;
- identificar la entrada, y especificar la división de, una de las celdas; e
- identificar la entrada, y especificar un orden revisado de, dos de las celdas.

10 El área puede dividirse en celdas. La generación puede basarse en las celdas. Preferentemente, la trayectoria de cobertura factible incluye partes de trayectoria respectivas, siendo continua cada una de las partes de trayectoria respectivas y cubriendo una respectiva de las celdas. Lo más preferible es que al menos la mayoría de las partes de trayectoria respectivas sean partes de trayectoria respectivas de bustrofedón.

15 Opcionalmente, cada una de las partes de trayectoria respectivas tiene dos puntos finales y el rango de entradas de usuario aceptables incluye identificar la entrada, y especificar el movimiento de, uno o más de los puntos finales. Preferentemente, la visualización incluye mostrar ubicaciones de puntos finales potenciales, y el rango de entradas de usuario aceptables incluye una selección de las ubicaciones de puntos finales potenciales.

20 La trayectoria de cobertura factible puede incluir partes de trayectoria de recorrido que conectan las partes de trayectoria respectivas. Preferentemente, las partes de trayectoria de recorrido están a lo largo de los límites de las celdas. La visualización puede incluir mostrar las partes de trayectoria de recorrido.

25 El método puede incluir la disposición informática que divide el área en celdas. Preferentemente, la división es dividir de manera que se asegure que cada una de las celdas tenga un límite respectivo conformado para cruzarse no más de dos veces por cualquier línea paralela a una dirección.

El rango de entradas de usuario aceptables puede incluir uno o más de:

- 30 • identificar la entrada, y especificar la fusión de, dos o más de las celdas;
- identificar la entrada, y especificar la división de, una o más de las celdas; y
- 35 • identificar la entrada, y especificar un orden revisado de, dos o más de las celdas.

Preferentemente, al menos algún detalle incluye una indicación de una o más distancias a recorrer, p. ej., de una longitud de la trayectoria de cobertura factible y/o longitudes de distancias hacia y desde los puntos inicial y final de la trayectoria de cobertura factible (por ejemplo, en relación con una ubicación inicial de la entidad que atraviesa) y/o la combinación de estas longitudes.

40 El rango de entradas de usuario aceptables puede incluir uno o ambos de:

- señalización de usuario; y
- 45 • entrada a través de una pantalla táctil de la disposición informática.

El método puede incluir asignar cada uno de dos o más vehículos a partes respectivas de la trayectoria de cobertura factible.

50 Otro aspecto de la invención proporciona un método para cubrir un área que incluye planificar una trayectoria de cobertura; y, a continuación

55 provocar que uno o más vehículos sigan la trayectoria de cobertura factible.

El área puede ser un área de tierra agrícola.

Otro aspecto de la invención proporciona un medio legible por ordenador configurado para configurar una disposición informática para cooperar con un humano para planificar una trayectoria de cobertura.

60 Otro aspecto de la invención proporciona una disposición informática configurada para cooperar con un humano para planificar una trayectoria de cobertura.

65 Otro aspecto proporciona un programa informático configurado para configurar una disposición informática para cooperar con un humano para planificar una trayectoria de cobertura.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es un diagrama de flujo de un proceso de cobertura de área;

- 5 las figuras 2 a 5 ilustran opciones para cubrir un área;
las figuras 6 y 7 ilustran opciones para cubrir otra área;
las figuras 8 a 10 ilustran opciones para cubrir otra área; y
10 las figuras 11 y 12 ilustran opciones para cubrir otra área.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

- 15 La figura 1 ilustra un proceso de cobertura de área 1000 para cubrir un área de tierra agrícola utilizando un vehículo autónomo, p. ej., un vehículo de fumigación. El proceso 1000 incluye una etapa de mapeo 100, una etapa de planificación de trayectoria 200, una etapa de asignación de trayectoria 300 y una etapa de cobertura de área 400.

20 En la etapa 100 se mapea el área de interés, p. ej., se mapea en términos de coordenadas GPS o cualquier otro sistema de referencia conveniente. Esto puede implicar (manualmente y/o electrónicamente) seleccionar límites a partir de datos satelitales (por ejemplo, imágenes de satélite) o maniobrar un vehículo con antena GPS sobre los límites del área para registrar los datos necesarios. Ventajosamente, el límite exterior del área se mapea entonces como un polígono (es decir, una cadena cerrada de segmentos de línea). Cualquier límite interno (por ejemplo, árboles, lagos y otros obstáculos dentro del área agrícola) también se mapean como polígonos.

25 En la etapa 201 el área se divide posteriormente en celdas. La división puede formar parte del proceso de planificación de trayectoria 200. Como alternativa, las celdas pueden ser una entrada suministrada al proceso 200.

30 Como se describirá, dentro del proceso 200 cada celda está cubierta teóricamente por una parte respectiva de una trayectoria de cobertura más amplia. En consecuencia, la etapa 201 implica preferentemente dividir de acuerdo con reglas seleccionadas para simplificar la planificación de trayectoria para cada celda respectiva.

35 Preferentemente cada celda tiene una forma tal que, para al menos una dirección, ninguna línea paralela a esa dirección cruza el límite de la celda más de dos veces. Esta restricción geométrica permite que cada celda esté poblada por una parte de trayectoria de bústrofedón respectiva con muy poco esfuerzo computacional.

40 Algunas áreas tienen una dirección A-B correspondiente a una dirección preferida según la cual las entidades móviles (por ejemplo, vehículos o personas) deben moverse a través del área. En el contexto de los cultivos en filas, la dirección A-B es paralela a las filas.

45 En el contexto de áreas que tienen una dirección A-B, la restricción geométrica anterior sobre las celdas se basa preferentemente en la dirección A-B del área, de modo que ninguna celda tenga un límite cruzado más de dos veces por cualquier línea paralela a la dirección A-B del área. En otros contextos, cada celda puede tener su propia dirección A-B.

50 Varios algoritmos, para descomponer un área en celdas según características geométricas, están a disposición del experto. Una variante de la etapa 201 implica que se barre una línea de barrido paralela a la dirección A-B a través del mapa del área y se define un límite de celda paralelo a la dirección A-B cada vez que la línea de barrido coincide con un extremo de una de las líneas del mapa. La etapa 201 preferentemente implica además un algoritmo de fusión automática que funciona a través de las celdas así creadas y fusiona celdas adyacentes si es posible sin violar la restricción geométrica anterior.

55 La disposición informática luego pasa a un bucle iterativo 203 dentro de la etapa de planificación de trayectoria 200. En la etapa 205 se genera una trayectoria de cobertura factible para el área total.

De acuerdo con una implementación preferida, la etapa 205 procede como una secuencia de dos subetapas. En primer lugar, cada celda individual está poblada con una parte de trayectoria respectiva que cubre esa celda.

60 Luego se ordenan las celdas pobladas. Este puede ser un recorrido de gráfico relativamente simple que puede resolverse con algoritmos de aproximación del viajante. Un enfoque preferido implica una primera búsqueda profunda en la jerarquía de celdas principal/secundaria con una selección voraz de permutación de celdas para aproximar la solución óptima para la distancia total. Cada parte de trayectoria de cobertura de celda tendrá sus propios puntos finales a lo largo del límite de la celda. Uno de esos puntos es el punto inicial o de entrada para esa celda y parte de trayectoria. El otro de esos puntos finales es el punto de salida o final de esa celda y parte de trayectoria.

65 Como parte de la subetapa de ordenación de celdas, las partes de trayectoria de recorrido se definen para conectar

mutuamente el punto final de cada celda (que no sea la última celda) con el punto inicial de la celda siguiente. Las partes de trayectoria de recorrido discurren preferentemente a lo largo de los límites de las celdas. Preferentemente, las partes de trayectoria de cobertura de celdas y las partes de trayectoria de recorrido forman juntas una única trayectoria de cobertura factible y continua para cubrir el área.

5 La figura 2 ilustra un área A encerrada por un límite de cinco lados que tiene vértices i a v poblados por una trayectoria de cobertura factible FCP_0 inferior a la ideal. FCP_0 se genera con un algoritmo simple que intenta ajustar una trayectoria de bustrofedón comenzando en el punto inicial SP. La trayectoria incluye un primer tramo descendente R_1 antes de seguir el límite a lo largo de la parte límite BP, luego regresando por el tramo ascendente R_2 .

10 En el siguiente tramo descendente R_3 , el algoritmo reconoce que es necesario atravesar la parte R_3' en alineación con una parte R_3 pero con separación de la misma por la parte de límite reentrante ii-iii-iv. El algoritmo simple hace que la trayectoria siga el límite de la parte reentrante para llegar a la parte R_3' . Las partes de trayectoria R_4 , R_5 también están conectadas a la parte de trayectoria R_4' , R_5' a través de partes de trayectoria que discurren a lo largo de la parte de límite reentrante.

15 Si bien el algoritmo simple es capaz de generar una trayectoria factible con muy poco esfuerzo computacional, esa trayectoria no es ideal. La trayectoria es más larga de lo necesario y el área cercana al vértice iii se recorre tres veces, potencialmente conduciendo a una compactación adversa del suelo, etc.

20 Un algoritmo simple alternativo puede implicar llenar primero la parte triangular superior y luego llenar la parte triangular inferior derecha antes de regresar para llenar el área más grande a la izquierda del vértice iii.

25 Para áreas simples como el área A, estos algoritmos de llenado simples producen resultados viables que no son satisfactorios. La aplicación de algoritmos tan simples a formas más complejas generalmente conduce a una trayectoria aún menos satisfactoria y/o a problemas computacionales.

30 La figura 3 ilustra la división del área A en tres celdas 1, 2, 3. Las celdas 1, 2, 3 se generan moviendo una línea de barrido de derecha a izquierda hasta que alcanza el vértice iii en el que se genera un límite de celda paralelo a la línea de barrido y que se extiende en ambas direcciones desde el vértice iii.

La figura 4 ilustra cómo aplicar el algoritmo simple de la figura 2 a cada una de las celdas 1, 2, 3 por separado conduce a un resultado más eficiente.

35 La celda 1 se puebla primero con una trayectoria de bustrofedón simple que conecta el punto inicial SP con el punto final FP, incluido un tramo final descendente R_F .

De forma similar:

- 40
- la celda 2 está poblada por una trayectoria de bustrofedón simple que conecta el punto inicial SP2 con el punto final FP3; y
 - la celda 3 está poblada por una trayectoria de bustrofedón simple que conecta el punto inicial SP3 con el punto final FP3.
- 45

La siguiente subetapa de la etapa 205 implica ordenar las celdas. El algoritmo dicta que las celdas se recorran en el orden 1-3-2. Para este fin, una trayectoria de recorrido $TP_{1,3}$ se añade desde el punto final FP_1 al punto SP_3 .

50 La trayectoria de recorrido $TP_{1,3}$ incluye una parte ascendente que vuelve sobre el tramo descendente R_F . La trayectoria de recorrido $TP_{3,2}$ conecta el punto final FP_3 al punto inicial SP_2 . A través de estas etapas computacionalmente sencillas, la trayectoria FCP_1 es superior a la trayectoria FCP_0 . También, la lógica se puede extender a áreas más complejas y producir resultados viables dentro de plazos computacionales satisfactorios.

55 En la etapa 207 la trayectoria FCP_1 se muestra a un usuario. Un dispositivo de pantalla táctil, tal como un iPad^{MT}, es una forma preferida de interfaz de usuario que incluye una pantalla, aunque son posibles otras interfaces de usuario y pantallas. A modo de ejemplo, la pantalla podría tomar la forma de un dispositivo portátil tal como gafas Glass^{MT}.

60 En la etapa 207 podría mostrarse sustancialmente toda la trayectoria de cobertura factible, p. ej., de manera similar a la figura 4. Como alternativa, es posible que solo se muestren los detalles seleccionados. Para formas más grandes, las partes de trayectoria de cobertura de celdas individuales pueden saturar la pantalla, en cuyo caso puede ser conveniente mostrar solo las partes de trayectoria de recorrido. De hecho, puede resultar conveniente mostrar solo las partes de trayectoria de recorrido a lo largo de una longitud definida. Como alternativa, la visualización puede tomar la forma de un mapa de calor codificado por colores para transmitir el momento en que se cubren varias áreas o codificado por colores para identificar áreas que son más transitadas que otras. La disposición informática puede configurarse para permitir a un usuario cambiar entre modos de visualización para mostrar detalles seleccionados. Otros detalles, tal como el punto inicial y el punto final de cada vehículo, también se pueden mostrar.

65

Preferentemente, la pantalla incluye detalles superpuestos sobre una imagen del área. En el contexto de cubrir un área de tierra y/o agua, preferentemente la visualización corresponde a una vista aérea del área. Por ejemplo, se puede superponer un contorno correspondiente a una vista aérea sobre una imagen satelital del área.

5 Desde la pantalla, el usuario puede comprender de manera eficiente la trayectoria de cobertura factible FCP_1 y aplicar el juicio y la intuición humanos para identificar margen de mejora.

10 En la etapa 209 se le da a un usuario la oportunidad de expresar su satisfacción o insatisfacción con la trayectoria FCP_1 . El usuario puede transmitir su insatisfacción proporcionando entrada de usuario. Para este fin, la disposición de control está configurada preferentemente para recibir una variedad de entradas. Las características más preferibles del plan (es decir, características del área, características de las celdas, las celdas per se y las características de la trayectoria FCP) se pueden seleccionar por señalización de usuario. Más preferentemente, la disposición informática está configurada para permitir que un usuario proporcione un rango de entradas que le permitan fusionar celdas, dividir celdas, reordenar las celdas e invertir la dirección de recorrido a lo largo de cada una de una o más partes de trayectoria de cobertura de celdas seleccionadas.

20 La señalización de usuario es otra forma preferida de entrada de usuario. Un usuario que toca una pantalla táctil es una forma de señalización de usuario. Otras formas pueden implicar un dispositivo señalador, tal como un ratón o un estilete. Como alternativa, el usuario podría simplemente señalar una región del espacio que comprenda, desde, por ejemplo, una pantalla portátil, para corresponder a una característica del plan.

25 En el contexto de la pantalla táctil, un usuario puede tocar el punto final FP y luego tocar el punto final FP_2 para proporcionar entrada de usuario que identifique, y especifique una conexión secuencial entre, el punto final FP , FP_2 .

30 Después de recibir esta entrada de usuario, la disposición informática puede pasar automáticamente a la etapa 205 o puede esperar instrucciones del usuario para continuar. En la segunda iteración de la etapa 205, una iteración adicional de la trayectoria de cobertura factible FCP_2 se genera en función de la entrada de usuario de que el punto FP_2 debe seguir el punto FP . En respuesta a esta entrada de usuario, la disposición informática define la trayectoria de recorrido $TP_{1,2}$ a lo largo del límite ii-iii-iv y ajusta correspondientemente la dirección de recorrido a lo largo de las partes de trayectoria que cubren las celdas 2, 3. La trayectoria FCP_2 es superior a las trayectorias FCP_0 , FCP_1 porque es más corta y la única parte atravesada dos veces es una parte corta del borde iii-iv.

35 En lugar de conectar específicamente los puntos finales FP , FP_2 , un usuario podría simplemente especificar que las celdas se reordenen. Un modo preferido de reordenar implica tocar la celda y deslizar el dedo, p.ej., hacia la derecha o preferentemente hacia arriba para hacer avanzar la celda en la secuencia y deslizar la celda en la dirección opuesta para disminuir su posición en la secuencia.

40 De forma similar, las mejoras entre FCP_1 (figura 4) y FCP_2 (figura 5) también se pueden realizar fusionando las celdas 2, 3. Un modo preferido de fusión implica tocar y mantener simultáneamente las dos celdas que se van a fusionar. Para evitar dudas, mantener es tocar durante un período más largo que el simple toque que se considera como señalar.

45 Las figuras 6 y 7 ilustran una geometría en donde la fusión de celdas genera ventajas. La figura 6 ilustra un área rectangular simple interrumpida por un pequeño obstáculo en forma de árbol T. Seguir las etapas 201, 205 conduce a cuatro celdas distintas 1, 2, 3, 4 reconociblemente ineficaces para un usuario humano. Al fusionar las celdas 2, 4, el algoritmo de definición de trayectoria de bustrofedón encuentra una trayectoria que sigue el perímetro del árbol (de manera similar a las partes que siguen el límite i-iii-iv en la figura 2) que conduce a una trayectoria más corta que en la figura 6.

50 Podría resultar ventajoso dividir una celda grande donde:

a) dividir una celda grande permite minimizar las trayectorias de recorrido hacia y desde celdas adyacentes más pequeñas; y/o

55 b) es deseable cubrir una parte de la celda grande antes de cubrir otra parte.

60 Preferentemente, el rango de entradas de usuario aceptables incluye un usuario que mantiene una celda en respuesta a la cual se genera un límite divisorio. Preferentemente, el límite divisorio es una línea recta y lo más preferentemente coincide con el punto en el que se mantiene la celda. La línea divisoria puede ser paralela a la dirección A-B de la celda y/o a la dirección A-B del área (si existe dicha dirección A-B). Opcionalmente, la nueva línea divisoria puede permanecer en un modo seleccionable (por ejemplo, permanecer durante un período predeterminado, por ejemplo, dos segundos) durante los cuales se puede mover (por ejemplo, rotar y/o trasladar). Luego, la línea puede "fijarse" en su posición tocando en otra parte de la pantalla o provocando o permitiendo de otro modo que la línea se fije.

65 Las figuras 8 a 10 ilustran las eficiencias que se pueden obtener en el contexto de cubrir un potrero de 568 hectáreas de cultivos en filas utilizando un vehículo que tiene un ancho efectivo de 8 m. La figura 8 ilustra el área dividida en 12

celdas (celdas 0 a 11) tal como se generó y ordenó en la primera iteración de la etapa 205. El vehículo comienza en la celda 0 y recorre las celdas en el orden en que las celdas están numeradas.

5 Al enfrentarse a una pantalla (en la etapa 207) similar a la figura 8, un usuario humano puede intuir que hay margen de mejora invirtiendo el orden de las celdas 6 y 7. En una implementación preferida, un usuario toca la celda 6 para seleccionarla primero y luego desliza hacia arriba para mover la celda 6 a una posición numéricamente más alta en el orden, es decir, intercambiar las celdas 6 y 7 como se ilustra en la figura 9. Por lo tanto, mediante una simple operación de tocar y deslizar, se identifican las celdas 6 y 7 y se especifica su reordenamiento.

10 A partir de esta iteración de la etapa 211, la disposición informática pasa de la etapa 205 a la etapa 207, donde la intuición del usuario humano es confirmada por una pantalla que confirma que la longitud de la trayectoria de cobertura se ha reducido a 715 km.

15 Posteriormente, el usuario humano puede intuir aún más eficiencias que se obtendrán fusionando las celdas 1 y 9. Preferentemente, esto se logra señalando simultáneamente a las celdas 1 y 9 en otra iteración de la etapa 211 antes de que la disposición informática avance a la etapa 207, en la que la intuición del usuario se confirma nuevamente al confirmar una longitud de trayectoria reducida, en este caso la longitud de la trayectoria se reduce a 714 km.

20 Las implementaciones preferidas del método permiten a un usuario proporcionar una entrada que especifique "deshacer" al menos la entrada de usuario más reciente. A modo de ejemplo, si fusionar las celdas 1 y 9 entre las figuras 9 y 10 resultaba contraproducente, un usuario podría simplemente presionar un icono de deshacer en la pantalla táctil en lugar de proporcionar entradas para redefinir un límite entre las dos partes de la celda más grande 1 de la figura 10.

25 Las figuras 11 y 12 ilustran las celdas del plan de trayectoria de cobertura para cubrir un área A de 35 Ha (de césped que rodea una pista de aterrizaje AS) utilizando un vehículo que tiene un ancho efectivo de 6 m.

30 La figura 11 ilustra un conjunto de límites de celdas potenciales correspondientes a una trayectoria de recorrido de 68 km, mientras que la figura 12 ilustra el resultado de fusionar esas celdas de modo que solo queden dos celdas (celda 0 y celda 1), lo que lleva a una longitud de trayectoria de 58 km.

Estas reducciones en la longitud de trayectoria pueden ser importantes, p. ej., en el contexto de un vehículo agrícola que se desplaza a solo 6 km/h, se puede ahorrar mucho tiempo.

35 Las implementaciones preferidas del método permiten asignar dos o más vehículos a la trayectoria de recorrido.

40 El proceso de asignación 300 es preferentemente un proceso iterativo similar al bucle 203. En la primera iteración de la etapa 305, los vehículos disponibles se asignan automáticamente, por la disposición informática, a las partes respectivas de la trayectoria de recorrido factible. En una implementación simple, la trayectoria de cobertura puede simplemente dividirse en segmentos de igual longitud. Potencialmente, esa división puede "redondearse" automáticamente al límite de celda más cercano o al punto final más cercano de una parte de cobertura de celda respectiva de la trayectoria de cobertura factible. En implementaciones más sofisticadas, se podrá tener en cuenta la distancia que cada vehículo debe recorrer hacia y desde el inicio y el final de su respectiva parte de la trayectoria de cobertura factible.

45 La asignación de los vehículos a la trayectoria se muestra en la etapa 307. Un modo de visualización preferido implica una representación gráfica de la trayectoria de cobertura factible en la que cada segmento tiene un código de color respectivo para corresponder a uno de los vehículos. Por supuesto, se pueden usar otros identificadores visuales (tales como símbolos a lo largo de la trayectoria y/o áreas estampadas de la representación) en lugar de o además de la codificación por colores.

50 En la etapa 309 un usuario evalúa esa visualización. Si no están satisfechos con la asignación, la entrada de usuario se proporciona en la etapa 311. Preferentemente, el rango de entradas de usuario aceptables incluye entradas:

- 55 • variar el número de divisiones;
- asignar un vehículo respectivo a más de uno de los segmentos; y
- 60 • variar las longitudes de los segmentos.

Preferentemente, el número de divisiones es variable usando elementos de interfaz tales como un cuadro desplegable o flechas arriba/abajo para aumentar/disminuir el número de divisiones.

65 Preferentemente, la longitud de un segmento es variable mediante una operación de señalar y deslizar (por ejemplo, tocar y deslizar). A modo de ejemplo, en una pantalla táctil, un usuario puede tocar un segmento y deslizarlo hacia arriba para aumentar su longitud o hacia abajo para disminuir su longitud. Preferentemente, un punto inicial del

segmento seleccionado permanece fijo mientras se mueve su punto final.

5 Preferentemente, los vehículos se pueden asignar a los segmentos respectivos señalando dos veces a, p. ej., tocando dos veces, el segmento respectivo. Lo más preferentemente, esta operación de doble señalización conduce a que aparezca un elemento de interfaz desplegable para permitir elegir un vehículo diferente.

10 Una vez que un usuario está satisfecho en la etapa 309 con la asignación de las trayectorias, el método puede pasar al área que cubre la etapa 400, p. ej., en la etapa 401 un usuario puede presionar un icono de instrucción de vehículos para hacer que los detalles de la trayectoria de cobertura y las asignaciones de vehículos se transmitan a los vehículos.

15 En los ejemplos anteriores, las trayectorias de cobertura factibles son trayectorias de cobertura continuas. Como alternativa, una trayectoria de cobertura para cubrir un área puede estar compuesta por múltiples partes de trayectoria de cobertura discontinuas, p. ej., una parte de trayectoria de cobertura continua respectiva para cada uno de una pluralidad de vehículos. A modo de ejemplo, los bucles 203, 300 pueden combinarse para permitir que la asignación y el transporte de vehículos hacia y desde los puntos inicial y final del vehículo se tengan en cuenta al planificar la trayectoria de cobertura.

20 Una implementación preferida implica un mecanismo mediante el cual un usuario puede cambiar entre un modo de planificación correspondiente al bucle 203 y un modo de asignación correspondiente al bucle 300. En el contexto de un dispositivo de pantalla táctil, el mecanismo puede tomar la forma de botones de planificación y asignación que se muestran en la pantalla táctil, para permitir a un usuario alternar entre los modos de planificación y asignación, y realizar las operaciones asociadas, tocando los botones planificar/asignar. El proceso puede continuar hasta que el usuario llegue a una trayectoria de cobertura factible y asignación final, cuyos detalles pueden guardarse y transmitirse a los vehículos para su ejecución.

25 En los ejemplos anteriores, el área a cubrir se divide en celdas. Otras variantes del proceso de planificación de trayectorias descrito en el presente documento pueden prescindir de esta etapa de división. A modo de ejemplo, una primera iteración de la etapa 207 puede presentar a un usuario una visualización similar a la figura 2, y en respuesta a esa visualización un usuario podría asignar una función de coste al área en las proximidades del vértice iii de modo que es menos probable que una iteración adicional del plan de trayectoria incluya múltiples recorridos en las proximidades de ese vértice.

30 En este ejemplo, el proceso de asignación 300 asigna vehículos a una trayectoria planificada de acuerdo con la etapa de planificación 200. Como alternativa, el proceso de asignación 300 puede aplicarse ventajosamente para asignar vehículos a trayectorias generadas de otro modo.

40 Ventajosamente, un dispositivo informático tal como un iPad^{MT} puede configurarse para realizar el método descrito instalando en la disposición informática un programa informático. El programa informático puede adoptar la forma de una aplicación descargable. Como alternativa, podría transmitirse en un medio legible por ordenador, tal como una llave USB. El medio puede contener instrucciones ejecutables por la disposición informática para hacer que la disposición informática funcione de acuerdo con el método descrito.

45 Si bien se han descrito varios ejemplos, la invención no se limita a estos ejemplos. En su lugar, la invención está definida por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para planificar una trayectoria de cobertura para cubrir un área dividida en celdas;
- 5 comprendiendo el método una disposición informática, configurada para recibir una variedad de entradas de usuario aceptables, iterativamente
- generar (205) una trayectoria de cobertura factible basada en las celdas;
- 10 mostrar (207) al menos algún detalle de la trayectoria de cobertura factible; y
- recibir (211) entradas de usuario dentro del rango de entradas de usuario aceptables;
- 15 en donde, después de una primera iteración, la generación se basa en la entrada de usuario; y
- el rango de entradas de usuario aceptables incluye
- identificar la entrada, y especificar la fusión de, cualesquiera dos celdas adyacentes;
- 20 identificar la entrada, y especificar la división de, una de las celdas; e identificar la entrada, y especificar un orden revisado de, dos de las celdas.
2. El método de la reivindicación 1, en donde la trayectoria de cobertura factible incluye partes de trayectoria respectivas; y
- 25 cada una de las partes de trayectoria respectivas es continua y cubre una respectiva de las celdas.
3. El método de la reivindicación 2, en donde al menos la mayoría de las partes de trayectoria respectivas son respectivas partes de trayectoria de bustrofedón.
- 30 4. El método de la reivindicación 2 o 3, en donde cada una de las partes de trayectoria respectivas tiene dos puntos finales; y
- el rango aceptable de entradas de usuario incluye identificar entradas, y especificar el movimiento de, uno o más de
- 35 los puntos finales.
5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en donde la trayectoria de cobertura factible incluye partes de trayectoria de recorrido que conectan las partes de trayectoria respectivas.
- 40 6. El método de la reivindicación 5, en donde las partes de trayectoria de recorrido están a lo largo de los límites de las celdas.
7. El método de la reivindicación 5 o 6, en donde la visualización incluye visualizar las partes de trayectoria de recorrido.
- 45 8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el al menos algún detalle incluye una indicación de una o más distancias a recorrer.
9. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que incluye asignar cada uno de dos o más vehículos a partes respectivas de la trayectoria de cobertura factible.
- 50 10. Un método de planificar una trayectoria de cobertura que comprende dividir un área en celdas; y planificar de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.
11. El método de la reivindicación 10, en donde la división del área es dividir de manera que se asegure que cada una
- 55 de las celdas tenga un límite respectivo conformado para cruzarse no más de dos veces por cualquier línea paralela a una dirección; y
- la división del área es dividir la disposición informática.
- 60 12. Un método para cubrir un área que incluye
- planificar de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11; y, a continuación
- hacer que uno o más vehículos sigan la trayectoria de cobertura factible para cubrir el área.
- 65 13. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde el área es un área de tierra agrícola.

14. Un medio legible por ordenador configurado para configurar una disposición informática para cooperar con un humano para planificar una trayectoria de cobertura de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.
- 5 15. Una disposición informática configurada para cooperar con un humano para planificar una trayectoria de cobertura de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.

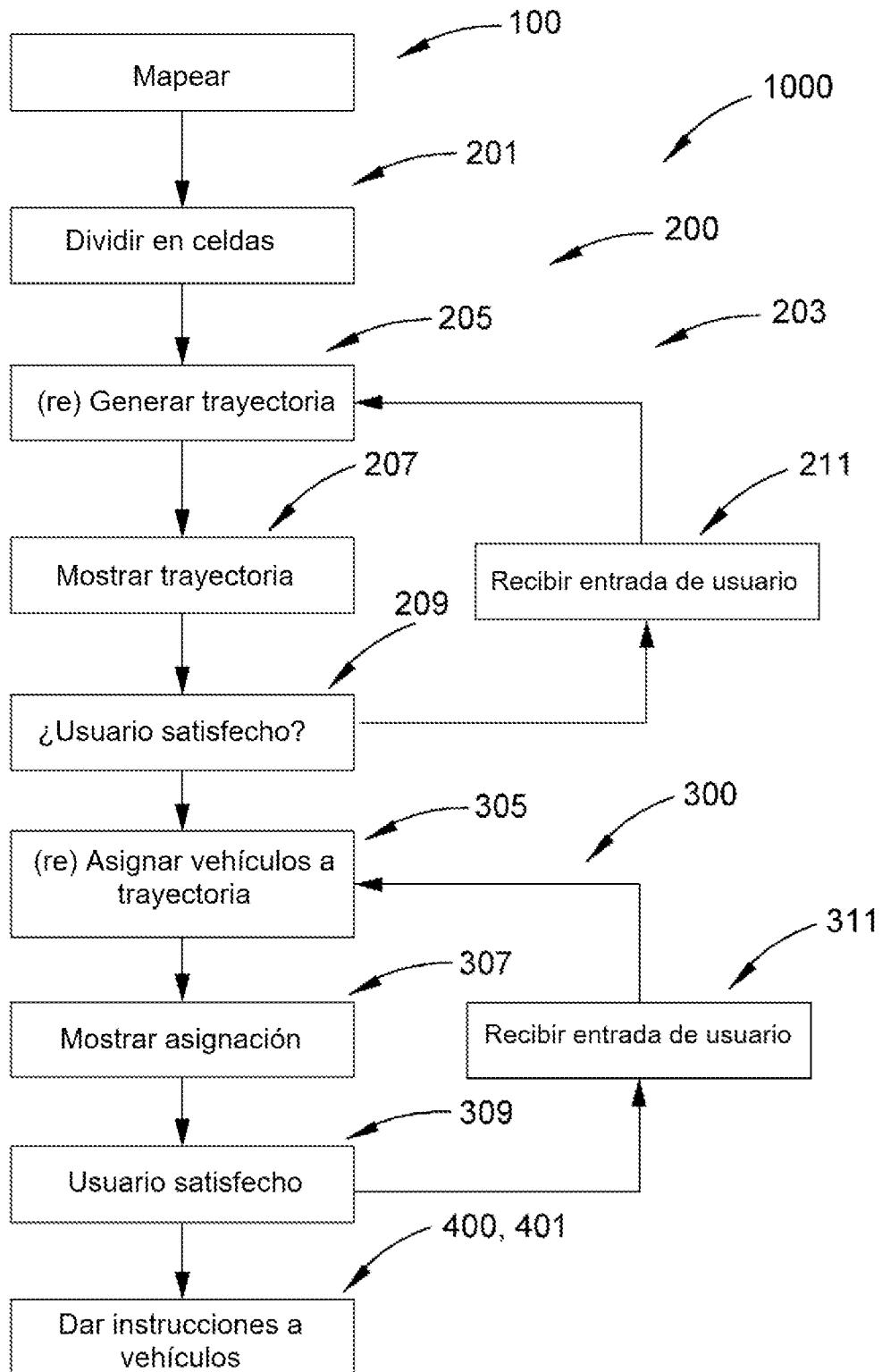


Fig. 1

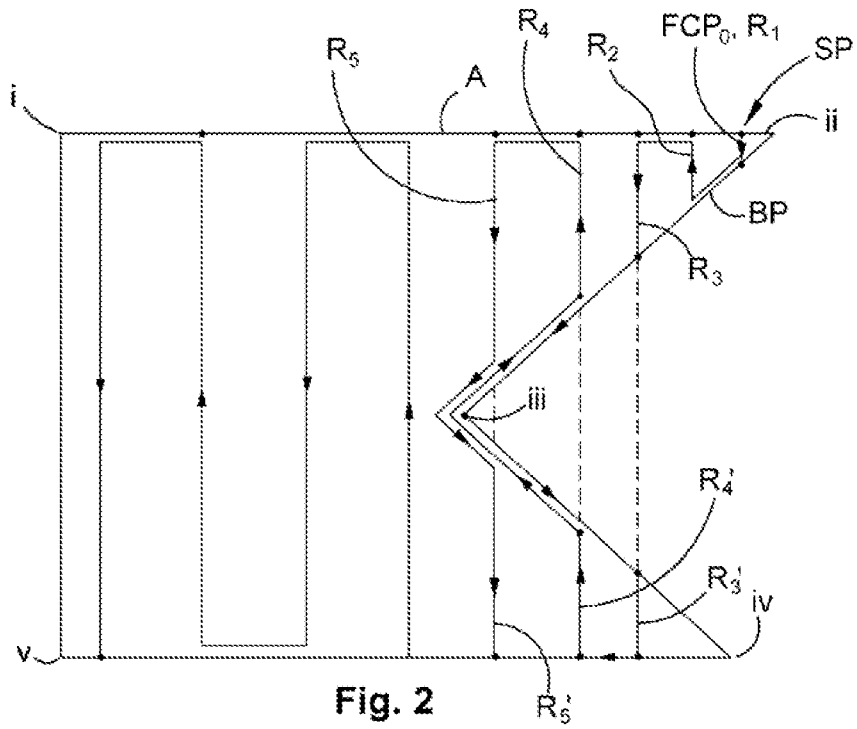


Fig. 2

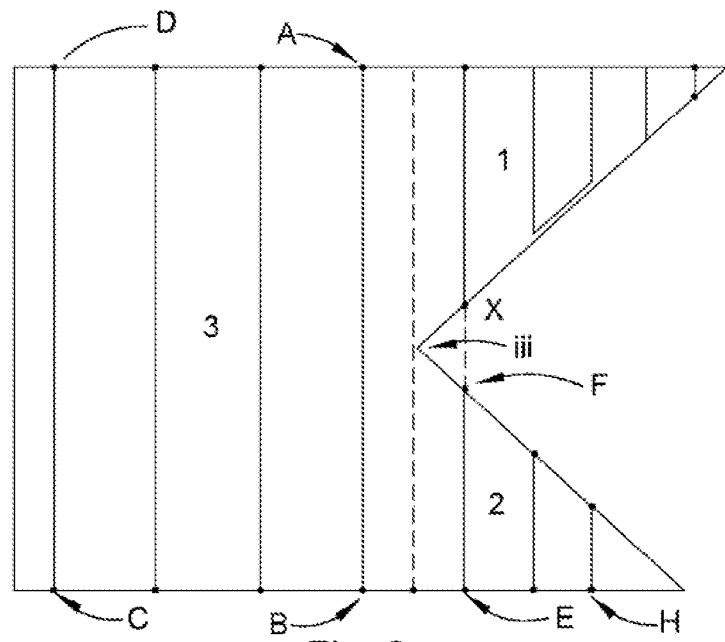


Fig. 3

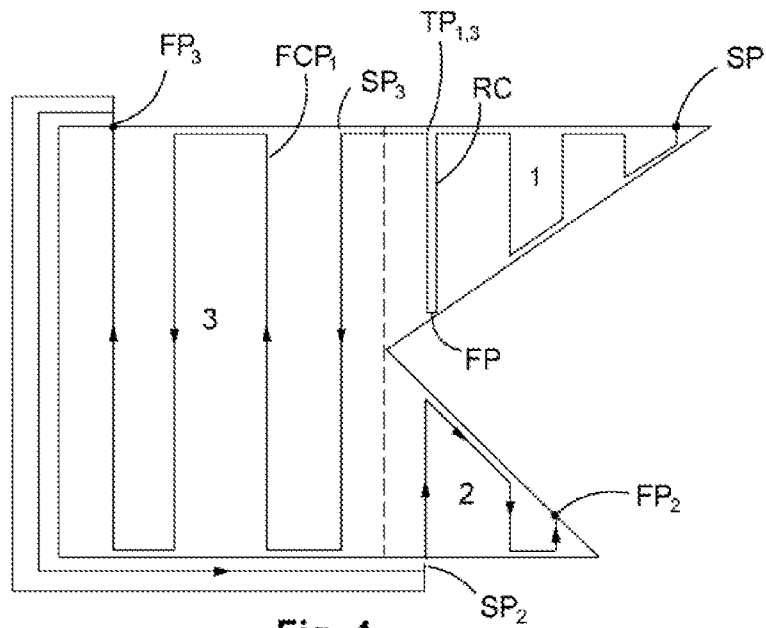


Fig. 4

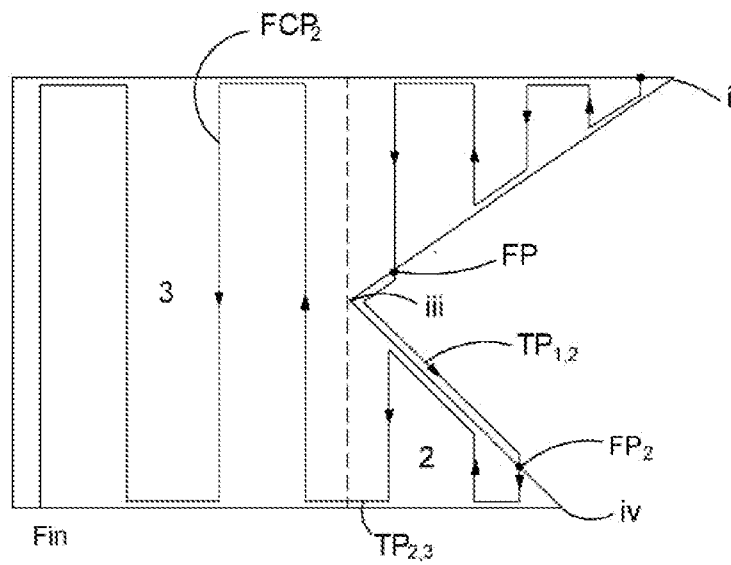


Fig. 5

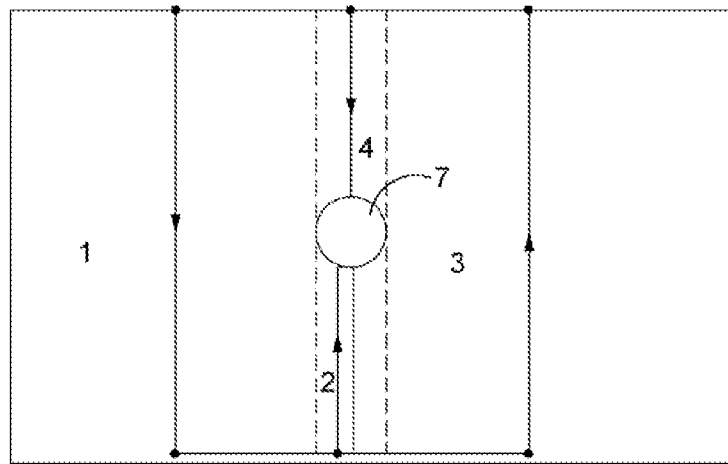


Fig. 6

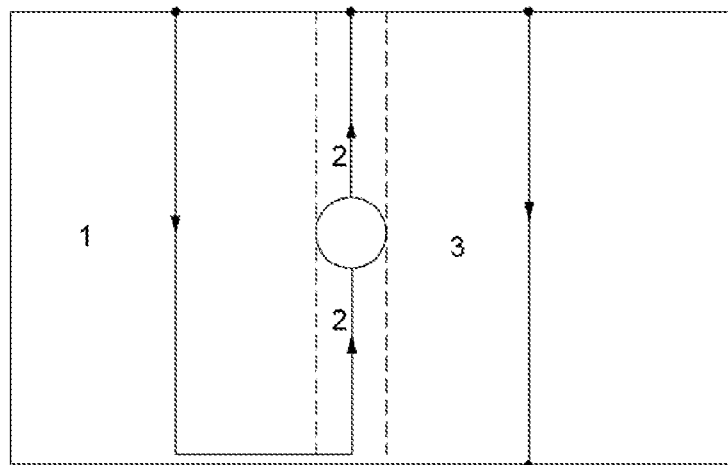


Fig. 7

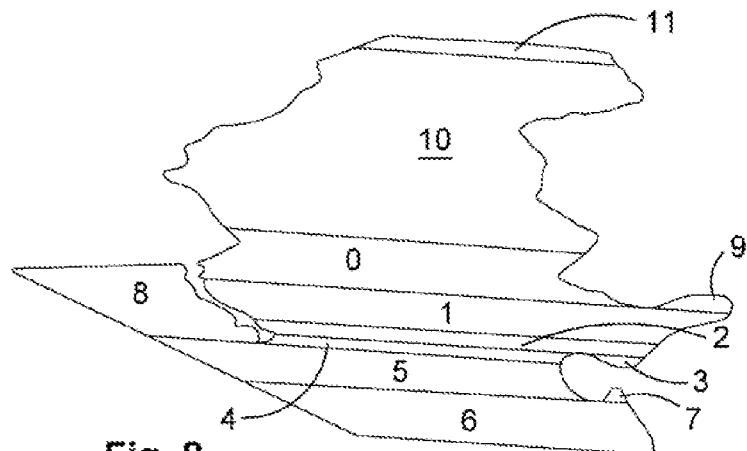


Fig. 8

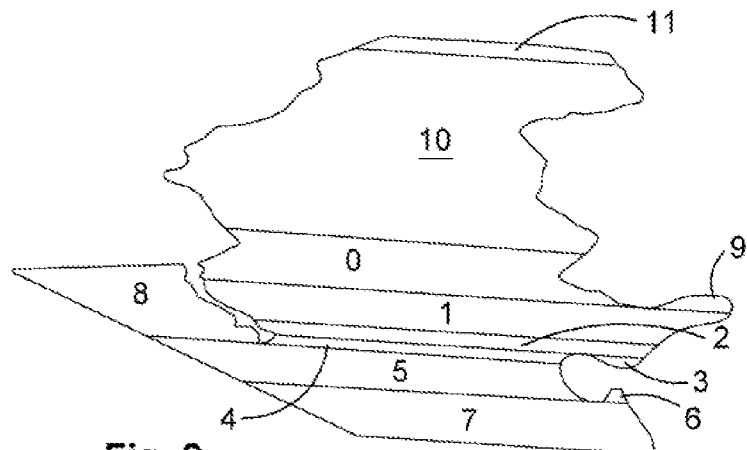


Fig. 9

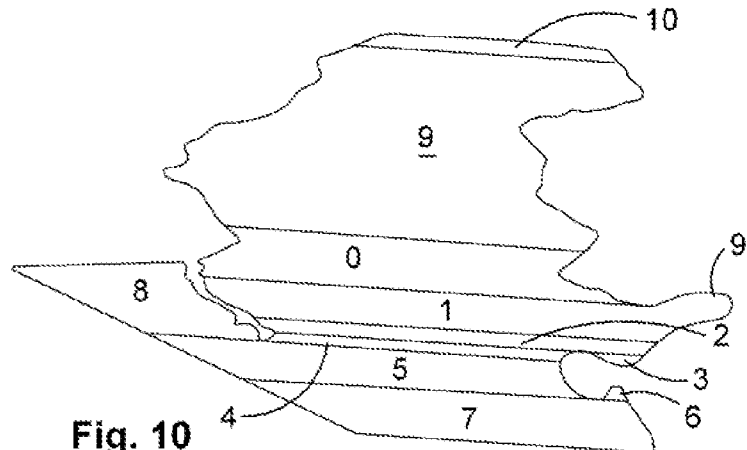


Fig. 10

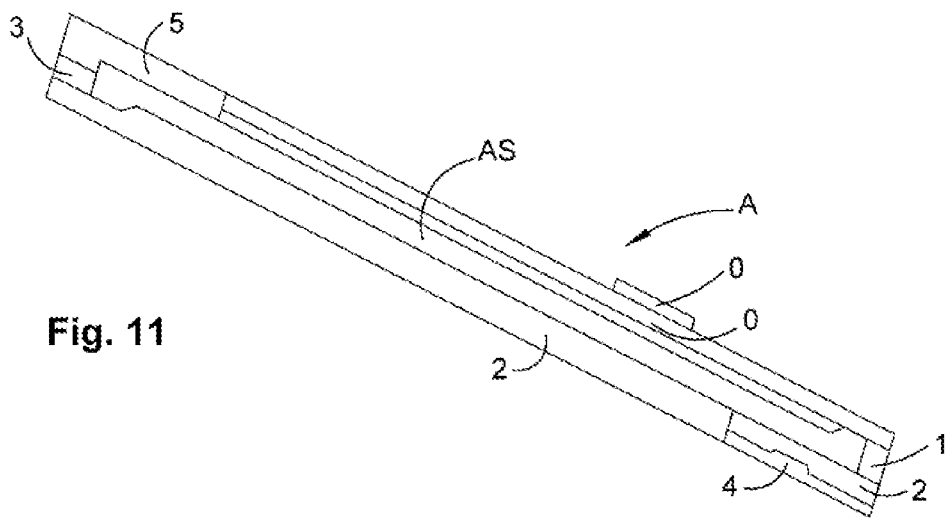


Fig. 11

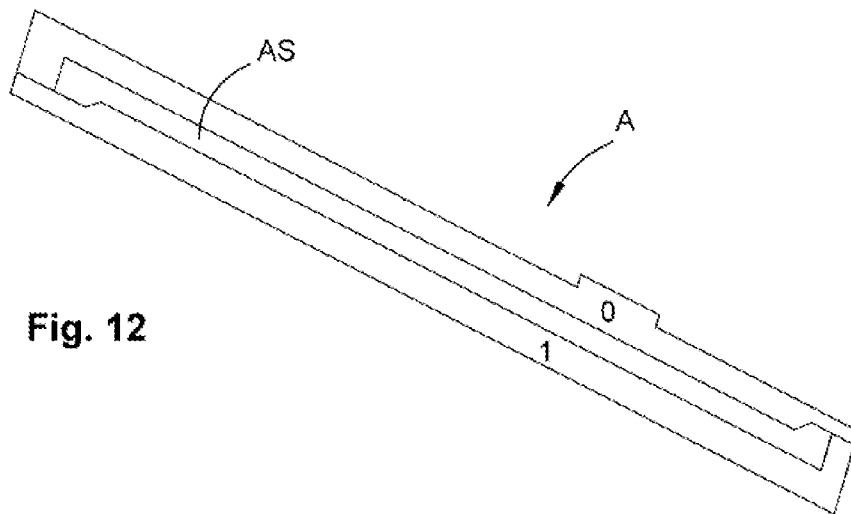


Fig. 12