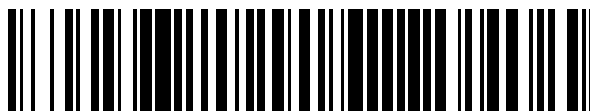


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 622 287**

51 Int. Cl.:

G01S 7/292 (2006.01)

G01S 13/524 (2006.01)

G01S 13/72 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.11.2012 E 12191629 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.02.2017 EP 2730941**

54 Título: **Un método de estimación de una densidad de trazado local en un sistema de radar; un estimador de la densidad de trazado y un sistema de radar con un estimador de la densidad de trazado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.07.2017

73 Titular/es:
**TERMA A/S (100.0%)
Hovmarken 4
8520 Lystrup, DK**

72 Inventor/es:
NIELSEN, ESBEN

74 Agente/Representante:
VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 622 287 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

Un método de estimación de una densidad de trazado local en un sistema de radar; un estimador de la densidad de trazado y un sistema de radar con un estimador de la densidad de trazado

5 **Sumario**

La presente invención se refiere un método de estimación de la densidad de trazado local en un sistema de radar; un estimador de la densidad de trazado y un sistema de radar con un estimador de la densidad de trazado.

10 En particular la presente invención se refiere a un método de estimación de una densidad de trazado local en un sistema de radar observando un volumen de observación y configurado para generar trazados con atributos de trazado, en el que el método comprende:

- 15 - establecer un conjunto no vacío de funciones base M-dimensionales y coeficientes correspondientes; a continuación repetidamente
- actualizar al menos un coeficiente basado en al menos un trazado tal como se ha obtenido del sistema de radar;
- 20 - ajustar las funciones base y coeficientes correspondientes para representar un número de trazados en un intervalo de ajuste predeterminado
- estimar la densidad de trazado local en un punto dado en el volumen de observación.

25 **Antecedentes de la invención**

Los radares proporcionan en general un montón de direcciones objetivo potenciales, denominadas trazados, algunas son falsas y algunas son detecciones verdaderas de objetivos reales.

30 Dichos método se conoce, por ejemplo a partir de la solicitud de Patente Europea EP 2 386 874, que divulga un método de detección de pistas en un mapa de confusión mientras reduce el número de falsas alarmas. El método comprende, en un mapa de confusión, identificar un objetivo aparente; generar una o más células en el mapa dependiendo de la localización de los datos de trazado contenidos en el mapa; calcular una densidad de confusión asociada con la, o cada, celda; y determinar un estado del objetivo aparente dependiendo de, o de cada, densidad de confusión.

35 Es un objetivo de la presente invención proporcionar un método e implementación que mejorará el seguimiento de objetivos así como el descarte de trazados que es poco probable que representen objetivos reales.

40 Las mejoras incluyen más fiabilidad, más rapidez, más simplicidad, y más robustez así como otras medidas relevantes en el rendimiento del radar.

En un aspecto esto lo pueden conseguir estimaciones mejoradas de la densidad de trazado.

45 En otros aspectos son deseables esquemas fiables o robustos para la estimación de una densidad de trazado.

En otros aspectos más son deseables esquemas o subesquemas simples para la estimación de una densidad de trazado.

50 **Descripción**

De acuerdo con la presente invención se divulga un método de estimación de una densidad de trazado local y un sistema de radar que implementa el método de acuerdo con las reivindicaciones 1-16.

55 En consecuencia se proporciona un método de estimación de la densidad de trazado local en un sistema de radar que observa un volumen de observación y configurado para generar trazados con atributos de trazado; comprendiendo el método:

- 60 - establecer un conjunto no vacío de funciones base M-dimensionales y coeficientes correspondientes; posteriormente repetidamente
- actualizar al menos un coeficiente basado en al menos un trazado tal como se ha obtenido del sistema de radar;
- 65 - ajustar las funciones base y coeficientes correspondientes para representar un número de trazados en un intervalo de ajuste predeterminado

- estimar la densidad de trazado local, que puede ser en cualquier punto dado que represente el volumen de observación.

5 Para salir del ajuste se necesita obviamente una condición. Una condición de ese tipo podría ser cuando las funciones base se extienden un tamaño mínimo, normalmente una resolución dada en el sistema de radar.

10 El método puede usarse en un sistema de radar con un radar que funciona mediante la transmisión de una señal tal como una señal de radio o microondas y escucha los ecos dispersados desde varios objetos en el volumen de observación del radar.

10 El sistema de radar puede estar equipado con un extractor de trazados, que analiza la salida del radar e identifica picos en la señal de retorno del radar —normalmente después de algún pre-procesamiento de la señal— como trazados que se interpretan como observaciones potenciales de objetivos.

15 En muchos casos el número de trazados falsos que proceden de ruido o retornos no deseados de las olas, tierra u otros objetos reales, pero no interesantes, que combinados se denominan confusión, es mucho más alto que el número de trazados que se originan de los objetivos en los que el usuario está realmente interesado.

20 Normalmente un trazado de radar, p , tiene un conjunto de atributos z_p , características o medidas. Sus atributos pueden ser el alcance y orientación relativos al emplazamiento del radar, pero son también comunes características del trazado tales como la intensidad, como la intensidad del eco desde el radar, y la velocidad radial (Doppler).

25 Por ejemplo, la división de una celda una vez que la densidad del trazado es demasiado alta o si una célula tiene una densidad de confusión por encima del límite dará como resultado que la densidad de confusión en al menos una de las dos sub-cajas está también por encima del mismo límite.

Un sub espacio también, y de modo importante, comprende dimensiones basadas en mediciones de intensidad.

30 Para un seguimiento efectivo es importante conocer la densidad de trazados falsos de los trazados, $D(z)$. La unidad de este número es la inversa de las unidades combinadas del espacio de medición. Por ejemplo, si el espacio de medición consiste en un alcance y una orientación, la unidad de la densidad sería $m^{-1} rad^{-1}$ cuando se eligen unidades del SI. Pueden establecerse otras medidas basándose en los atributos del trazado y se usarán sus unidades.

35 Adicionalmente, el método puede aplicarse en un sistema de radar con un seguidor que se configura para combinar trazados en pistas de objetivos supuestamente reales.

40 En contextos de radar como se ha indicado, o contextos equivalentes, el método y variantes del método son ventajosos. Adicionalmente, un experto en la materia estará inclinado a ajustar, modificar, o adaptar los equipos físicos a los datos producidos en un formato requerido para hacer uso del método. De la misma forma, el experto en la materia estará inclinado a ajustar, modificar o adaptar el método según se requiera para implementar el método en equipos de radar existentes.

45 Es en dicho contexto en el que se establece un conjunto no vacío de funciones base M -dimensionales y coeficientes correspondientes.

En general la confusión o densidad de trazado pueden expandirse sobre un conjunto de funciones base. Es decir la densidad en un punto dado viene dada por

50
$$[1] \quad D(z) = \sum a_i e_i(z),$$

En la que e_i , $i = 1, 2, \dots, M$, es un conjunto de funciones base en un espacio M -dimensional.

Cuando se normaliza, esto es

55
$$[2] \quad \int e_i dV = 1,$$

entonces a_i es simplemente contar el número de trazados representados por la función básica e_i .

60 De acuerdo con una realización las funciones básicas se localizan para minimizar los acoplamientos entre coeficientes para limitar la carga computacional.

Cuando se añade nuevo trazado, p , el cambio para los coeficientes puede calcularse aproximadamente como

65
$$[3] \quad \Delta a_i = e_i(z_p) / (\sum_j e_j(z_p))$$

y la inversa cuando se elimina un trazado.

En una implementación particular una célula corresponde a una función base que es V_c^{-1} en la célula y 0 en el exterior, e implícitamente el a_i se calcula como anteriormente, dado que $e_i(z_p) / (\sum_i e_i(z_p)) = 1$ en este caso.

5 Estimar la densidad de trazado en cualquier punto dado en el espacio de medición rodeado por una célula dentro de un volumen V_c puede venir dado por ejemplo mediante el uso de

$$[4] \quad D(z_p) = c (n_c + s \text{ raíz}(n_c + 1)) / (V_c S(p, p_0))$$

10 en la que n_c es el número de trazados dentro de la célula y V_c es el volumen de la célula y medida en, por ejemplo, m rad.

$\text{raíz}(n_c + 1)$ es la incertidumbre estadística del número de trazados en la célula.

c y s son parámetros constantes elegidos para realizar la estimación tan conservadora como sea necesario.

15 Una selección sería $c = 1$ y $s = 0$ para la que $D(z_p)$ es la estimación de probabilidad máxima:

$$[5] \quad D(z_p) = n_c / (V_b S(p, p_0))$$

20 $S(p, p_0)$ es la diferencia en escaneados tal como se mide en número de escaneados entre el trazado p llegado de nuevo y el trazado p_0 más antiguo considerado.

El método se inicia teniendo una célula que cubre la totalidad del espacio de medición.

25 Para un radar giratorio, $S(p, p_0)$ puede calcularse como la cantidad total que ha girado la antena desde un trazado al otro calculada en radianes dividido por $2n$.

Para un radar no giratorio, puede usarse el número de imágenes, o simplemente la diferencia de tiempo entre los trazados dividida por un tiempo típico de revisita.

30 Ajustando, es decir dividiendo y mezclando, las células de acuerdo con el número de trazados dentro de las cajas se mantendrá la incertidumbre estadística, $\text{raíz}(n_c + 1)$, dentro de límites aceptables, y podrán obtenerse densidades de trazado fiables.

35 Otra ventaja de la división del espacio para mantener un número deseable de trazados en cada célula dividida en comparación con solamente dividir y mezclar basándose en, digamos, una densidad de trazado estimada es que se eliminan o reducen efectos indeseables.

40 Por ejemplo, la división de la célula una vez la densidad de trazado es demasiado alta o si una célula tiene una densidad de confusión por encima del límite dará como resultado que la densidad de confusión en al menos una de las dos sub-cajas está también por encima del mismo límite. Esto dará como resultado una nueva célula que tendrá que ser asimismo dividida, etc. Este proceso continuará hasta que una célula alcance el tamaño mínimo.

45 Para evitar falsas pistas, podrían elegirse los coeficientes $c > 1$ y $s > 0$. Se ha descubierto que el uso de c desde 1 a 10 y $s = 0-3$ son intervalos de parámetros que funcionan. $c > 1$ es útil para compensar que la confusión no esté distribuida uniformemente dentro de una célula.

50 Adicionalmente, tener $s > 0$ evita una estimación de confusión cero cuando el número de trazados en una célula es $n_c = 0$.

De acuerdo con la invención, el método es ventajoso cuando ajusta las funciones base, y ajustar o modificar los coeficientes correspondientes comprende una etapa de división de las funciones básicas y coeficientes correspondientes.

55 Se entiende que la división se realiza para particionar el espacio de medición de tal manera que se obtenga o mantenga un cierto número, o permanezca dentro de un intervalo, de trazados en cada partición o célula.

De ese modo el proceso de división proporciona una forma de particionar el espacio.

60 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, el método es ventajoso en que el ajuste de las funciones base y coeficientes correspondientes comprende una etapa de actualización de al menos un coeficiente cuando se elimina un trazado.

65 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, el método es ventajoso en que el ajuste de las funciones base y coeficientes correspondientes comprende una etapa de unión de las funciones base y modificación de los coeficientes correspondientes.

En una implementación, esta etapa se realiza para mantener un número predeterminado de trazados o para mantener un número de trazados por función base dentro de un cierto intervalo.

5 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, el método es ventajoso en que las funciones base se normalizan.

Así por ejemplo para una función base $\int e_i dV = 1$, entonces el coeficiente a_i es simplemente contar el número de trazados representados por la función base e_i .

10 Esto es para eliminar los trazados que se originan desde verdaderos objetivos de modo que la densidad de trazado estimada esté más próxima a la densidad de trazados falsos. Esto es importante en el caso en el que los objetivos reales están estrechamente separados y cuando ya no es aplicable que el número de trazados falsos es mucho más alto que el número de trazados verdaderos.

15 Para seguimiento efectivo, es importante conocer la densidad de trazados falsos en los trazados, $D(z)$. La unidad de este número es la inversa de las unidades combinadas del espacio de medición. Por ejemplo, si el espacio de medición consiste en alcance y orientación, la unidad de densidad sería $m^{-1} rad^{-1}$ cuando se eligen unidades del SI. Cuando se incluye el atributo de intensidad, la unidad es $m^{-1} rad^{-1} dB^{-1}$.

20 En un seguidor, cada pista potencial, t , puede predecirse en el futuro. El resultado de esta previsión es una función de densidad de probabilidad $I(z|t)$, que es la probabilidad de la densidad para que el objetivo genere un trazado desde el radar que tenga los atributos z .

Esto tiene la misma dimensión que $D(z)$ y se mide por espacio de medición de volumen.

25 Para cada trazado, p , es importante la relación adimensional $I(z_p|t)/D(z_p)$.

Primero, se usa como una probabilidad de asociación, que proporciona información al seguidor de cómo de probable es que este trazado particular represente un objetivo específico, t .

30 Segundo, la probabilidad de que una pista represente un objetivo real se multiplica por este número, cuando se decide que se asocian el trazado y la pista. Una pista se declara normalmente real cuando la probabilidad supera un cierto límite.

35 Por ello, si $D(z_p)$ se estima demasiado alto, la probabilidad de una pista no se incrementa lo suficiente y la inicialización de la pista es más lenta de lo necesario.

O en el peor de los casos $I(z_p|t) < D(z_p)$, de modo que la probabilidad de la pista disminuye, nunca se declarará real.

40 Si $D(z_p)$, por otro lado, se estima demasiado pequeña, la probabilidad de que se añadan trazados de confusión/ruido y creen una pista falsa, que cuente como un incremento real. De ese modo el seguidor tendrá una tasa de pistas falsas demasiado alta.

Así, es ventajosa una estimación más precisa de $D(z_p)$ incluso en escenarios muy no homogéneos.

45 Normalmente, habrá muchos trazados falsos procedentes de la confusión próxima a la instalación del radar, mientras que a larga distancia los trazados son verdaderas falsas alarmas (ruido).

50 En instalaciones marinas, pueden tener lugar abruptos cambios en las condiciones de confusión y zonas estrechas de confusión debido a las corrientes locales y la variación en la profundidad del agua, convirtiendo en un reto estimar la densidad de confusión local basándose solamente en una partición fija del espacio medido.

De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, el método es ventajoso en que el espacio de medición comprende el menos una medición de la intensidad de un eco desde el sistema de radar.

55 En una realización, la medición de intensidad se combina con al menos una medición espacial.

Si la intensidad no se incluye, la elección de umbral de extracción influye directamente en $D(z_p)$.

60 Si el umbral es más bajo, se extraerán más trazados y se incrementará $D(z_p)$ para todos los trazados, incluyendo trazados con una alta intensidad. Es decir $I(z_p|t)/D(z_p)$ será más bajo y el seguidor no inicializará pistas reales tan rápidamente —o puede que en absoluto— incluso para objetivos que tengan una alta intensidad. Por lo tanto el radar y el extractor de trazados habrán de configurarse para conducir a una densidad de trazados baja, lo que de nuevo conduce a una sensibilidad del radar más baja.

65 Incluir la intensidad hace posible manejar muchos trazados de baja intensidad mientras aún se inicializan pistas

sobre trazados de alta intensidad.

Para trazados de baja intensidad próximos al umbral de extracción, $D(z_p)$ es simplemente más alto que para trazados con intensidad alta. La única limitación es el ancho de banda y recursos computacionales.

5 Sin embargo, cuando se incluye la dimensión intensidad, la densidad de trazados es mucho más no homogénea. Lejos del radar, habrá una estrecha banda de trazados de ruido blanco próximos al umbral de extracción de trazados, mientras que más cerca del radar habrá una expansión de trazados de confusión que tengan una dispersión mucho más amplia en intensidad.

10 La densidad de trazado, $D(z)$, puede usarse también en un discriminador de trazados sin realizar seguimiento: Sea $f(z)$ una función de densidad de objetivos buscados. Si, por ejemplo, el espacio de medición consiste en un alcance, azimut e intensidad esto describe la intensidad de objetivos de acuerdo con la posición e intensidad. Ahora de acuerdo con el lema de Neyman-Pearson, comparando $f(z)/D(z)$ contra un umbral fijo se proporcionará la mejor discriminación de trazados falsos y verdaderos.

15 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, el método es ventajoso en que el método comprende una etapa adicional de eliminación de trazados antiguos.

20 En una realización, la eliminación de trazados antiguos se realiza para mantener un número predeterminado de trazados basándose en una memoria de trazados primero último en salir.

En una realización diferente, los trazados, p_0 , se eliminan siempre que en $S(p, p_0) > N$, siendo p el trazado que llega más nuevo. N es algún número de barridos.

25 Esto asegura una base reciente de trazados y reduce la complejidad computacional. Adicionalmente permite un equilibrado de los recursos computacionales.

30 Es importante también que $n_n \geq N$. Si hay un objetivo real presente, estará por encima de N escaneados generar N trazados casi idénticos y por ello dar como resultado al menos una célula más pequeña que la incertidumbre del trazado alrededor del objetivo real, conduciendo de ese modo a una densidad de trazado muy alta para estos trazados. Un efecto de esto es que un seguidor no puede recoger el objetivo.

35 Se entiende que el ajuste de las funciones base y coeficientes correspondientes se realiza usando operaciones similares a las divulgadas, pero generalmente la operación de división se sustituye por la operación de mezcla o unión.

40 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, el método es ventajoso en que el método incluye adicionalmente al menos una etapa de desvanecimiento de la memoria en la que la contribución desde el trazado se ajusta mediante una ponderación del trazado que decae a lo largo del tiempo.

Alternativamente, cuando la etapa de desvanecimiento de memoria es derivativa, los coeficientes forman una combinación ponderada de trazados con una ponderación que decae a lo largo del tiempo.

45 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, el método es ventajoso en que el desvanecimiento de la ponderación de la memoria decae exponencialmente. Dicho decaimiento exponencial puede ser tal como $\exp(-S(p, p_1)/S_0)$. Alternativamente, el decaimiento puede ser recíproco; tal como $1/S(p, p_0)$ o $1/(S_0(1-S(p, p_0)/S_0))$.

50 Estas ponderaciones de decaimiento exponencial son particularmente fáciles de implementar y proporcionan una implementación efectiva y operativa.

Un experto en la materia implementará estas ponderaciones para evitar errores computacionales tales como singularidades. Esto se realiza mediante la exclusión de ciertos valores tales como $S(p, p_0) = 0$.

55 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, el método es ventajoso en que al menos una sub-dimensión de las funciones base es una célula con un valor finito dentro de la célula y 0 (cero) en el exterior.

Un valor preferido es $1/V_c$ dentro de la célula, en el que V_c es el volumen de la célula. Pueden usarse otras normalizaciones no unitarias. Ese modo la evaluación se simplifica y en casos se reduce a meramente el contaje.

60 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, el método es ventajoso en que el ajuste de las células y coeficientes correspondientes se realiza mediante cualquiera de las siguientes etapas:

- 65
- ajustar células y coeficientes correspondientes mediante alternar cíclicamente dimensiones en las que las células han de ajustarse;
 - ajustar células y coeficientes correspondientes en la dimensión que conduce a una posición de trazado promedio

- que es la más distante desde una posición central;
- ajustar células y coeficientes correspondientes en la dimensión que conduce a una posición de trazado mediano que es la más distante desde una posición central;
- ajustar células y coeficientes correspondientes en la dimensión que conduce a una probabilidad máxima de trazado;

o cualquier combinación de las mismas.

Cuando una célula con n trazados se divide en dos celdas en la que cada una tiene n_1 y n_2 trazados y volúmenes V_1 y V_2 la probabilidad de acuerdo con una distribución de Poisson puede estimarse como:

$$[6] \quad \log L = -n + n_1 \log(n_1/V_1) + n_2 \log(n_2/V_2).$$

Se entiende que el ajuste es división o unión/mezcla tal como se ha divulgado.

Como un ejemplo la división de una célula se realiza cíclicamente entre un eje X y un eje Y en un espacio 2D. Esto es computacionalmente simple y efectivo.

Donde dividir o unir se determina basándose en el uso de una medición o una métrica que puede basarse en una distancia o medida de probabilidad.

De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, el método es ventajoso en que el ajuste de una célula y coeficientes correspondientes en una dimensión realizado en una posición determinada por cualquiera de las siguientes métricas sobre al menos una célula en donde

- la métrica determina la posición central;
- la métrica determina la posición de trazado promedio;
- la métrica determina la posición de trazado mediana;
- la métrica determina la posición de probabilidad de trazado máxima;
- y cualquier combinación de las mismas.

El uso del método del centro es ventajoso dado que es simple de implementar y determinístico con respecto al rendimiento. La complejidad de insertar y eliminar trazados es $O(\log_2$ del volumen total dividido por el volumen de célula mínimo).

De ese modo el método del centro proporciona una forma rápida y simple de determinar una densidad de trazado.

El uso del método de la mediana asegura que hay igualmente muchos trazados en cada lado. Suponiendo que la distribución subyacente no se cambia, esto da un mejor equilibrio y rendimiento en promedio. El inconveniente es que cuando cambia la distribución, existe el riesgo de acabar con un árbol desequilibrado.

De ese modo el método de la mediana proporciona una forma fiable y robusta de determinar una densidad de trazado.

El uso del método del promedio proporciona una aproximación simple al método de la mediana y es un compromiso entre la división del centro y la mediana.

El uso del método de la máxima probabilidad es muy bueno en encontrar la división entre dos densidades diferentes.

Por ejemplo, las sombras de los edificios, barcos y paisaje que lo rodea crean sectores diferenciados en la imagen del radar sin ninguna superficie de confusión. El método de la máxima probabilidad es bueno en hallar apoyos que definan estos sectores.

Sin embargo, un inconveniente puede ser cuando la distribución cambia, lo que da lugar a un riesgo de acabar con un árbol desequilibrado.

De ese modo se proporcionan etapas del método alternativas para que el experto en la materia las aplique para optimizar para diferentes finalidades y en particular en diferentes implementaciones.

Si no se determina un método preferido, entonces puede usarse la experimentación y calibración simple para hallar el mejor método adecuado en una implementación dada.

En una realización particular, el método es especial en que cada función base representa una célula M-dimensional en el espacio de medición que alcanza un valor constante dentro de la célula y cero en el exterior, y el conjunto de funciones base no se solapan en el espacio de medición M-dimensional.

Esta realización particular se implementa adicionalmente de modo que se divide una única célula, cuando el

coeficiente de función base de la célula simple representa un número de trazados, que supera un número de umbral para división.

5 La división puede realizarse mediante la división de una única célula en dos o más células no solapadas que llenan el mismo volumen en el espacio de medición que la célula simple, y con dos o más nuevos coeficientes de función base que representan el mismo número de trazados que el coeficiente de la función base para la célula única.

10 La división de una única célula puede realizarse mediante la división de la célula en dos células mediante un plano de intersección en el espacio de medición.

En un caso especial, el plano de intersección es perpendicular a uno de los M ejes en el espacio de medición y llamado el eje de división.

15 La división de un eje se realiza cíclicamente alternando entre las M dimensiones en el espacio de medición.

La división de un eje puede seleccionarse como el eje a lo largo del que la posición de trazado promedio es la más distante desde una posición central de la célula bajo consideración.

20 Un método alternativo es en el que se selecciona el eje de división, el eje a lo largo de donde la posición de trazado mediana es la más distante desde la posición central de la célula bajo consideración.

Otro método alternativo más es en el que el eje de división se selecciona como el eje a lo largo de donde la posición de división de probabilidad máxima es la más distante desde la posición central de la célula bajo consideración.

25 En una línea similar, y usando métricas similares, las células pueden mezclarse o unirse usando los mismos principios, pero opuestos.

30 Un objetivo de la invención se consigue mediante un estimador de densidad de trazado que comprende una unidad computacional configurada para realizar un método de estimación de la densidad de trazado local de acuerdo con lo divulgado en el presente documento.

35 Un objetivo de la invención se consigue mediante un sistema de radar que comprende un radar configurado para comunicar un transceptor de radar y un extractor de trazados; un estimador de densidad de trazado configurado para recibir trazados desde el extractor de trazados y configurado tal como se ha divulgado en el presente documento y configurado adicionalmente para al menos producir la salida de:

40 estimaciones de la densidad de trazado para un discriminador de trazados; configurado preferentemente con medios de salida para producir la salida de trazados utilizables para un usuario; y/o

trazados para un seguidor; preferentemente configurado con medios de salida para producir la salida de pistas utilizables para un usuario.

45 De ese modo se proporciona un sistema de radar que se configura para implementar y realizar lo divulgado de las etapas divulgadas en el método.

Breve descripción de los dibujos

50 Se describirán en las figuras realizaciones de la invención, en donde:

La Fig. 1 muestra una visión general de una realización de un sistema de radar con un estimador de intensidad de trazado;

55 la Fig. 2 muestra una visión general esquemática de un método de estimación de la densidad de trazado;

la Fig. 3 muestra una visión general particular de un método de estimación de la densidad de trazado;

la Fig. 4 ilustra una adición de un trazado a una célula;

60 la Fig. 5 ilustra un ajuste basado en una métrica central;

la Fig. 6 ilustra un ajuste basado en una métrica de promedio;

la Fig. 7 ilustra un ajuste basado en una métrica de mediana;

65 la Fig. 8 ilustra un ajuste basado en una métrica de probabilidad;

la Fig. 9 ilustra las diferencias de ajuste o división usando diferentes métricas para una distribución particular de trazados en un espacio;

5 la Fig. 10 muestra un sistema de radar giratorio que genera nuevos trazados y elimina trazados antiguos;

la Fig. 11 muestra una predicción de un objetivo desde un seguidor;

10 la Fig. 12 muestra una visión general esquemática de un método de estimación de la densidad del trazado que integra la adición y eliminación de trazados; y

la Fig. 13 muestra una partición alternativa del espacio de medición usando funciones de elementos finitos.

Descripción detallada

15

Número de apartado	Característica
1	Sistema de radar
2	Volumen de observación
3	Objetos
4	Objetivo
5	Objetivo falso, confusión
10	Antena de radar
12	Transceptor del radar
14	Extractor de trazados
15	Trazados
16	Estimador de la densidad de trazados
17	Densidad de trazados
18	Discriminador de trazados
20	Medios de salida de los trazados para el usuario
22	Seguidor
23	Pista
24	Medios de salida de pistas para el usuario
26	Realimentación del seguidor
100	Método
102	Densidad de trazado, $D(z)$
104	Atributos de trazado, z_p
106	Densidad de trazado,
108	Densidad de trazado falso, $D(z)$
110	Espacio de medición
112	Volumen de
200	Establecimiento
202	Función base
204	Coefficientes de la función base/coeficientes
206	M-dimensional
210	Actualización
212	Célula/caja
214	Volumen de célula, V_c
220	Ajuste
222	Número de trazados en la célula c , n_c
224	Número de ajuste
226	Intervalo de ajuste
228	División
230	Estimación
240	Eliminación
242	Trazado antiguo
244	Mezcla/unión
300	Métrica
301	Posición de ajuste
302	Métrica central
303	Posición de trazado central
304	Métrica de promedio
305	Posición de trazado de promedio
306	Métrica de mediana
307	Posición de trazado de mediana
308	Métrica de la máxima probabilidad
309	Posición de la máxima probabilidad

310	Barrido
312	Memoria el desvanecimiento
320	Probabilidad de objetivo/predicción, $I(z t)$
322	Relación de probabilidad, $I(z_p t)/D(z_p)$,
400	Funciones de elementos finitos
402	Puntos de malla
404	Límites

La Fig. 1 muestra una vista general esquemática de un sistema de radar 1 dispuesto para barrer un volumen de observación 2 para objetos 31, cuyos objetos 3 que pueden ser un objetivo 4 o una confusión 5, ruido.

- 5 El sistema de radar 1 comprende una antena de radar 10 conectada a un transceptor de radar 12 con un extractor de trazados 14, que puede estar embebido o ser un periférico, y configurado para alimentar una corriente de trazados 15 para un estimador de la densidad de trazados 16.

10 En la presente realización, el estimador de densidad de trazados 16 se configura adicionalmente para suministrar unas estimaciones de densidad de trazados 17, 17',... a un discriminador de trazados 18 con medios de salida de los trazados para un usuario 20.

15 Opcionalmente el estimador de la densidad de trazados 16 se configura adicionalmente para incrementar una estimación de la densidad de trazados 17 para cada trazado 17, 17' y suministrar estos trazados incrementados 17 a un discriminador de trazados 18 con la salida 20 de los trazados objetivo más probables para un usuario mediante la supresión de la publicación de trazados con una densidad de trazado 17 que supere un umbral de publicación del trazado.

20 También en la presente realización el estimador de la densidad de trazados 16 se configura adicionalmente para suministrar estimaciones de densidad de trazados a un seguidor 22 configurado para suministrar pistas 23 a medios de salida de las pistas hacia un usuario 24.

25 En esta realización se divulga también un realimentador del seguidor 26 opcional desde el seguidor 22 al estimador de densidad de trazados 16, que se configura adicionalmente para utilizar la realimentación del seguidor para eliminar los trazados verdaderos en la densidad de trazados 17.

30 La Fig. 2 muestra un método 100 de estimación de una densidad de trazados local 17 en un estimador de la densidad de trazados 16 en un sistema de radar 1. El método 100 comprende una etapa de establecimiento 200 de un conjunto no vacío de funciones básicas 202 y coeficientes correspondientes 204 en un espacio de medición 206 M-dimensional; una etapa de actualización de los coeficientes 210; una etapa de ajuste 220 de las funciones base y/o coeficientes; y estimación de la densidad de trazado 230. El método puede comprender una etapa adicional 240 de eliminación de trazados antiguos.

35 El método requiere una corriente de trazados 15 desde un radar con una antena de radar 10 y genera una densidad de trazados 17; que en la presente realización se proporciona como una salida junto con el trazado 15.

La Fig. 3 muestra una realización particular del método 100 de estimación de una densidad de trazados local 17.

40 La figura ilustra un caso, en el que las células 212 se eligen como funciones de base 202.

Un trazado 15, p se reciben desde el sistema de radar 1 con una antena 10 y el trazado 15, p se añade a la célula 212 que encierra el trazado 15, p. La célula 212 se detallará a continuación.

45 La etapa de ajustar 220 células 212 y coeficientes 204 se realiza si el número de trazados 222, n_c , en una célula 212 es mayor que un umbral de división n_h , que es un número de ajuste 224, definiendo en este caso un extremo superior de un intervalo de ajuste 226.

En esta realización particular, el ajuste 220 es una etapa de división 228 de la célula 212.

50 Esto es equivalente a la división 228 de las funciones base 202 y coeficientes correspondientes 202 que representan más de un número predeterminado de trazados 222.

De la misma manera la etapa final de la eliminación 240 de trazados 15 antiguos tendrá una etapa de ajuste 202 que incluye las funciones base 202 de mezcla 242 o la unión 242 de células.

55 La Fig. 4 ilustra gráficamente una adición de un trazado 15 a una célula 212, c, que se ha obtenido mediante una serie de divisiones 228', 228'' y división potencial 228''' de unas funciones base 202 que son una célula 212, c que encierra un trazado p, 15.

La célula 212''', c, que encierra el trazado 15, p, se halla mediante el inicio con la célula 212 más alta (en una jerarquía). Si esa célula 228 se divide 228', entonces se intenta la siguiente célula 212'; si esa siguiente célula 212', es también dividida 228'', entonces el proceso continúa hasta que se alcance la célula 212''''.

5 En todo momento se mantiene un registro de qué trazados 15,... están en qué célula 212 y el número de trazados 222 en cada célula 212''''.

10 Se entiende que el ajuste 220 o división 228 está limitado por algún tamaño mínimo de cada dimensión 206 en que el tamaño mínimo se termina el ajuste 220 o división 228. Un tamaño mínimo natural es la resolución del sensor o un tamaño mínimo directamente derivado del mismo.

15 Las Figs. 5 a 8 ilustran formas alternativas para el ajuste 220 en donde el ajuste 220 es la división 228 de una base 202 bidimensional 206 normalizada que se normaliza, es decir en un sistema de coordenadas 110' (z_1, z_2), representando 110' el espacio de medición 110. Por razones ilustrativas los mismos trazados 15 se distribuyen en el espacio de medición 110 en las figuras.

El ajuste 220 se realiza en una posición de ajuste 301 determinada por una métrica 300.

20 En algunas realizaciones, la división 228 se realiza cíclicamente en las M dimensiones 206. En esta realización esto es alternando entre el eje z_1 y el eje z_2 .

25 La Fig. 5 ilustra la métrica 300 de división 228 basada en la división de cada célula 212 usando una métrica central 302 que define una posición central 303 sobre las dimensiones de medición 110', 110'' en una forma cíclica o en este caso forma alternante. Esto es dividiendo cada célula 212 a la mitad.

Las divisiones 228', 228'', 228''' dan como resultado células 212, 212', 212'', 212''' teniendo cada una un número de trazados 222 que está en el intervalo de ajuste 226.

30 La Fig. 6 ilustra una división 228 basada en una métrica de promedio 304 que define una posición promedio 305 sobre las bases 202', 202''. Las divisiones 228', 228'' dan como resultado tres células 212, 212', 212'' teniendo cada una un número de trazados 222 que está en el intervalo de ajuste 226.

35 La Fig. 7 ilustra, de modo muy similar a la métrica de promedio 304, una división 228 basada en una métrica de mediana 306 que define una posición mediana 307 sobre las bases 202', 202''. Las divisiones 228', 228'' dan como resultado tres células 212, 212', 212'' teniendo cada una un número de trazados 222 que está en el intervalo de ajuste 226.

40 La Fig. 8 ilustra una división 228 basada en una métrica de probabilidad 308, en particular una métrica de probabilidad máxima que define una posición de probabilidad 309 sobre las bases 202', 202''. Las divisiones 228', 228'' dan como resultado tres células 212, 212', 212'' teniendo cada una un número de trazados 222 que está en el intervalo de ajuste 226.

45 La Fig. 9 resume las diferentes particiones del espacio 110 relleno por un número de trazados 15 mediante la división del eje z_2 202'' usando diferentes métricas 300 tal como se ha indicado.

La Fig. 10 ilustra como un giro de antena en un sistema de radar 1 configurado para un giro de 360 grados, barre 310 un volumen de observación 2 y detecta y genera nuevos trazados 15, p, que son $S(p, p_0) > N$ escáneres más nuevos.

50 La eliminación de los trazados antiguos 242 sucede cuando el sensor oscila de nuevo.

En la implementación de radar giratorio ilustrado, se calcula $S(p, p_0)$ como la cantidad total que ha girado la antena de radar desde un trazado 15 al otro calculada en radianes dividido por 2π .

55 Para un radar no giratorio, puede usarse el número de imágenes, o simplemente la diferencia de tiempo entre los trazados dividida por un tiempo típico de revisita.

60 La Fig. 11 muestra una salida de predicción 320 de un seguidor 22. La predicción 320 $l(z|t)$ refleja la densidad de probabilidad del objetivo para generar un trazado desde un radar que tenga los atributos z 104. Esto es —de modo equivalente— la probabilidad $l(z|t)$ 320 de que un objetivo 4, t, genere un trazado 15 a partir del extractor de trazados 14 que tenga los atributos 104, z, en el espacio de medición 110.

65 Para cada trazado 15, p, es importante la relación de menor probabilidad unitaria 322 entre la probabilidad del objetivo 320 y la densidad de trazado 102 $l(z_p|t)/D(z)$ y se usa como una probabilidad de asociación, que dice al seguidor 22 como de probable es que este trazado particular represente el objetivo específico 4, t.

La Fig. 12 muestra un método 100 de estimación de una densidad de trazado local 17 en un estimador de densidad de trazados 16 en un sistema de radar 1. La parte superior del diagrama de flujo es esencialmente una variación del diagrama de flujo ilustrado en la Fig. 2.

5 Adicionalmente, la realización ilustrada tiene en cuenta la eliminación 240 de trazados 15, y en este caso, la eliminación de los puntos más antiguos 242.

10 Si el número de trazados 15, es decir $S(p, p_0)$, es suficientemente grande 330 y hay un trazado antiguo, p_0 , 242, entonces una célula 228' que encierra un trazado, p , 15 y una célula vecina 228'' identificada antes del trazado antiguo 242 se elimina 240 de la célula 228'. Si el número de trazados 222 es menor que el número de ajuste 224', entonces se mezclan 244 dos células 228', 228''.

15 Se observa que hay un número de ajuste superior 224 y un número de ajuste inferior 224' que determinan una división o una mezcla. Estos números o valores están en un intervalo de ajuste 226.

De ese modo esta realización indica un método totalmente adaptativo para la estimación de la densidad de trazado 17 continuamente según llegan nuevos trazados 15 y los trazados se convierten en obsoletos y se descartan como trazados antiguos 242 o disminuyen el valor debido a ponderaciones decadentes.

20 La Fig. 13 muestra un método alternativo 100 que usa funciones de elementos finitos 400.

Esto se realiza estableciendo un conjunto de puntos de malla 402 en el espacio de medición y creando límites 404 y funciones base de elementos finitos 400 estándar. Cuando llega o se elimina un trazado 15, la actualización, ajuste o cambio de los coeficientes relevantes 204 puede realizarse según se ha divulgado.

25 Por ejemplo, cuando un coeficiente 204, a_i , se hace mayor que un número de ajuste 224, n_h , entonces se introduce un nuevo punto de malla 402' y nuevos límites. La inserción del punto de malla 402 y la elección de los límites 404 tal como la probabilidad

30
$$[7] \quad \log L = -\sum_i a_i + \sum_p \log(\sum_i a_i e_i(z_p))$$

se maximiza.

35 La figura ilustra un espacio de medición 110 bidimensional. El espacio de medición 110 es dividido por los límites 404 que transcurren entre los puntos de malla 402.

Alrededor de un punto de malla A, una función base 202 que es 0 en los límites 404' en línea gruesa define una célula. Los nuevos puntos de malla B 402' o C 402'' y los nuevos límites de punto y raya 404'' o límites de puntos 404''' pueden introducirse cuando hay demasiados trazados 15 próximos al punto de malla A 402.

REIVINDICACIONES

1. Un método (100) de estimación de la densidad de trazado local (17) en un sistema de radar (1) que observa un volumen de observación (2) y configurado para generar trazados (15) con atributos de trazado (104), comprendiendo el método (100):
- establecer (200) un conjunto no vacío de funciones base M-dimensionales y coeficientes correspondientes en un espacio de medición M-dimensional, representando el conjunto no vacío de funciones base (202) M-dimensionales y coeficientes correspondientes (204), una densidad de trazado local (17), en donde M es el número de atributos del trazado, representados los coeficientes correspondientes (204) que corresponden a un número de trazados (15) por las funciones base (202), a continuación repetidamente
 - actualizar (210) al menos un coeficiente (204) basado en al menos un trazado (15) tal como se ha obtenido del sistema de radar (1);
 - ajustar (220) las funciones base (202) y los coeficientes correspondientes (204) para representar un número de trazados (222), estando el número de trazados representados por las funciones base ajustadas y los coeficientes correspondientes dentro de un intervalo de ajuste predeterminado (226);
 - estimar (230) la densidad de trazado local (17)
- caracterizado por que** el ajuste de las funciones base (202) y los coeficientes correspondientes (204) comprende el particionado del espacio de medición (110) de modo que se obtenga o mantenga un cierto número de trazados (15) o permanezca dentro de un intervalo de ajuste predeterminado de trazados en cada partición.
2. Método (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el ajuste (220) de las funciones base (204) y los coeficientes correspondientes (206) comprende una etapa de división (228) de las funciones base (204) y modificación de los coeficientes correspondientes (206).
3. Método (100) de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que el ajuste (220) de las funciones base (202) y los coeficientes correspondientes (206) comprende una etapa de actualización (210) de al menos un coeficiente (210) cuando se elimina un trazado (15).
4. Método (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a la reivindicación 3, en el que el ajuste (220) de las funciones base (202) y los coeficientes correspondientes (204) comprende una etapa de unión (244) de las funciones base (202) y modificación de los coeficientes correspondientes (204).
5. Método (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que se normalizan las funciones base (202).
6. Método (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el espacio de medición (110) comprende el menos una medición de la intensidad (114) de un eco desde el sistema de radar (2).
7. Método (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el método (100) incluye adicionalmente al menos una etapa de ajuste de las funciones base (204) y los coeficientes correspondientes (202) basándose en una realimentación (26) de una pista (23), t.
8. Método (100) de acuerdo con cualquiera de la reivindicación 1 a la reivindicación 7, en donde el método (100) comprende una etapa adicional de eliminar trazados antiguos (310).
9. Método (100) de acuerdo con cualquiera de la reivindicación 1 a la reivindicación 8, en donde el método (100) incluye adicionalmente al menos una etapa de desvanecimiento de la memoria (312) en donde los coeficientes (204) se deducen de una combinación ponderada de trazados (100) con una ponderación (312) que decae a lo largo del tiempo.
10. Método (100) de acuerdo con la reivindicación 9, en el que en el desvanecimiento de la memoria (312) la ponderación decae exponencialmente; tal como $\exp(-S(p, p_1)/S_0)$, o recíprocamente; tal como $1/S(p, p_0)$ o $1/(S_0(1-S(p, p_0)/S_0))$.
11. Método (100) de acuerdo con cualquiera de la reivindicación 1 a la reivindicación 10, en el que al menos una sub-dimensión de las funciones base (202) es una célula (212) con un valor finito dentro de la célula (212) y 0 (cero) en el exterior; preferentemente $1/V_c$ dentro de la célula (212), donde V_c es el volumen de la célula (212)
12. Método (100) de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el ajuste (220) de las células (212) y los coeficientes correspondientes (204) se realiza mediante cualquiera de las siguientes etapas:
- ajustar (220) células (212) y coeficientes correspondientes (204) alternando cíclicamente dimensiones en las que las células (212) han de ajustarse;
 - ajustar (220) células (212) y coeficientes correspondientes (204) en la dimensión (206) que conduce a una

posición de trazado promedio (305) que es la más distante desde una posición central (303);

- ajustar (220) células (212) y coeficientes correspondientes (204) en la dimensión que conduce a una posición de trazado mediano (307) que es la más distante desde una posición central (303);

5 - ajustar (220) células (212) y coeficientes correspondientes (204) en la dimensión que conduce a una probabilidad de trazado máxima (309);

o cualquier combinación de las mismas.

10 13. Método (100) de acuerdo con cualquiera de la reivindicación 11 o la reivindicación 12, en el que el ajuste (220) de una célula (212) y los coeficientes correspondientes (204) en una dimensión realizada en una posición (301) determinada por cualquiera de las métricas (300) siguientes sobre al menos una célula (212), en donde la posición en la que cada célula se ajusta viene dada por

una métrica (302) que determina la posición central (303);

15 una métrica (304) que determina la posición de trazado promedio (305);

una métrica (306) que determina la posición de trazado mediana (307);

una métrica (308) que determina la posición de probabilidad de trazado máxima (309);

20 y cualquier combinación de las mismas.

14. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-13, en el que los atributos comprenden uno o más de los siguientes atributos: intensidad de trazado, velocidad radial, velocidad Doppler, alcance, dirección y posición.

25 15. Estimador de densidad de trazado (16) que comprende una unidad computacional configurada para realizar un método de estimación de una densidad de trazado local (17, 106) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.

30 16. Sistema de radar (1) que comprende:

- un radar (10) configurado para comunicar con un transceptor de radar (12) y un extractor de trazados (14);

- un estimador de densidad de trazado (16) configurado para recibir trazados (15) desde el extractor de trazados (14) y configurado de acuerdo con la reivindicación 15 y configurado adicionalmente para producir al menos:

35 - estimaciones de densidad de trazado (17) para un discriminador de trazados (18); configurado preferentemente con medios de salida para producir trazados utilizables para un usuario; y/o

- trazados (15) para un seguidor (22); preferentemente configurado con medios de salida para producir pistas utilizables para un usuario.

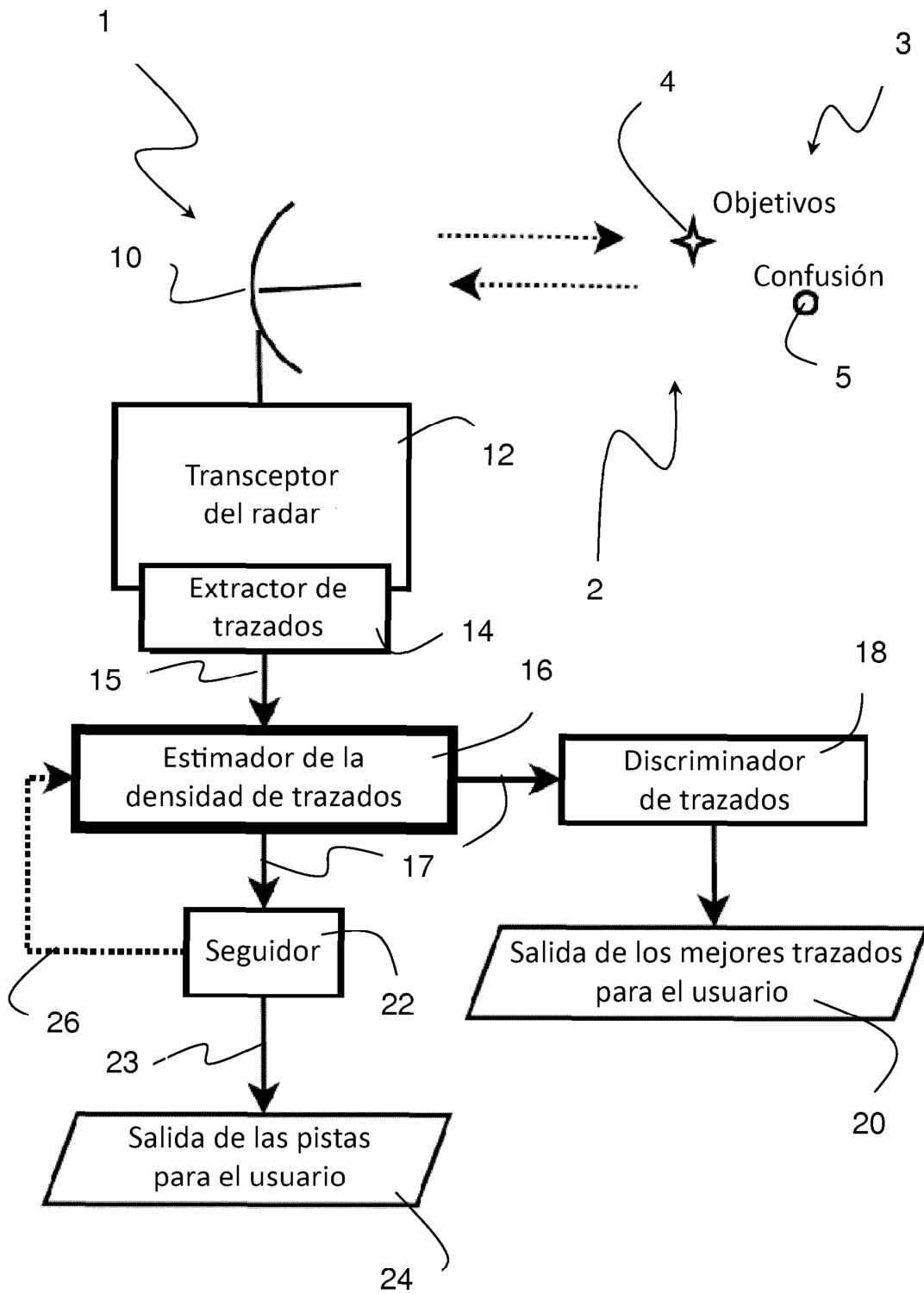


Fig. 1

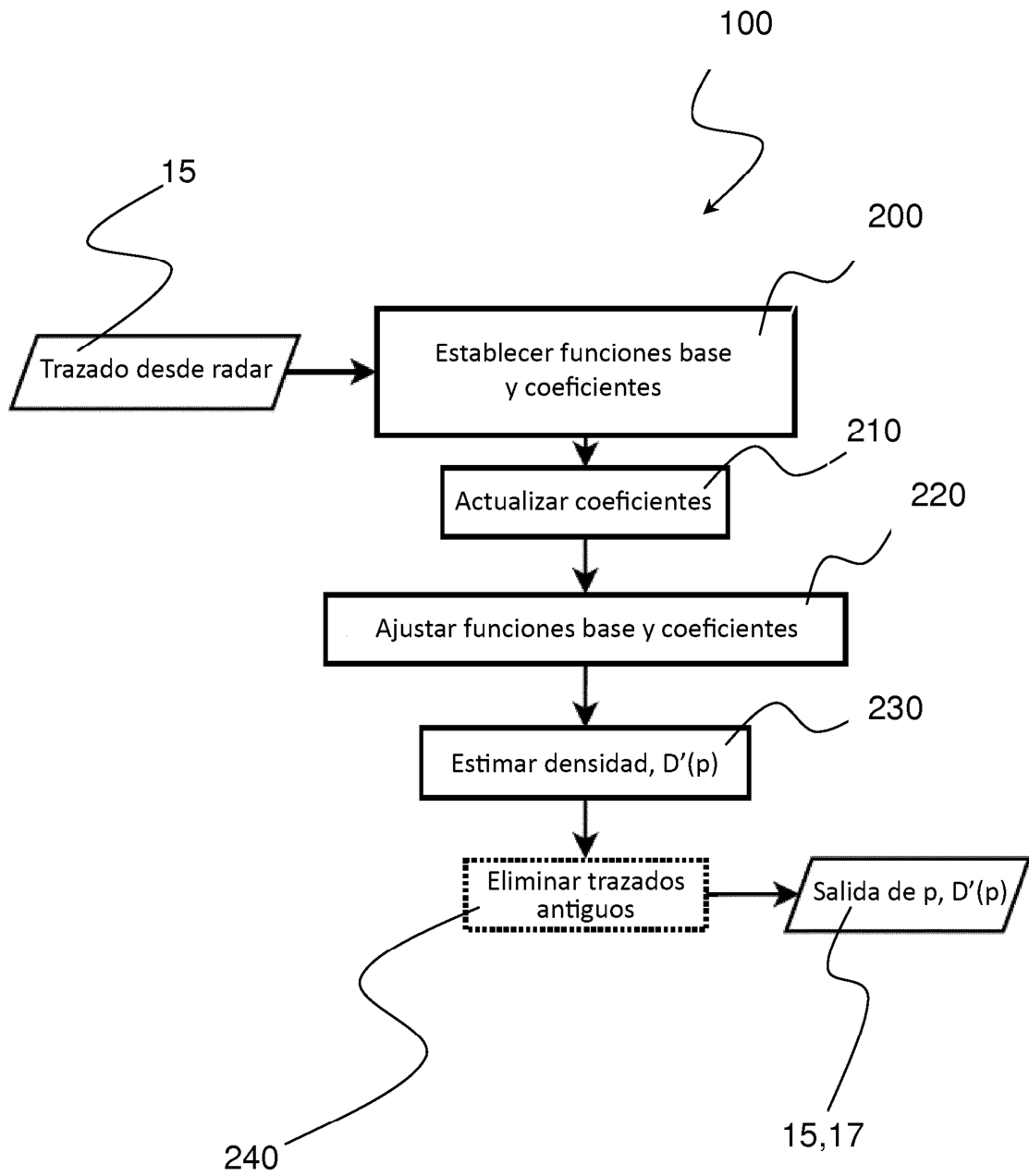


Fig. 2

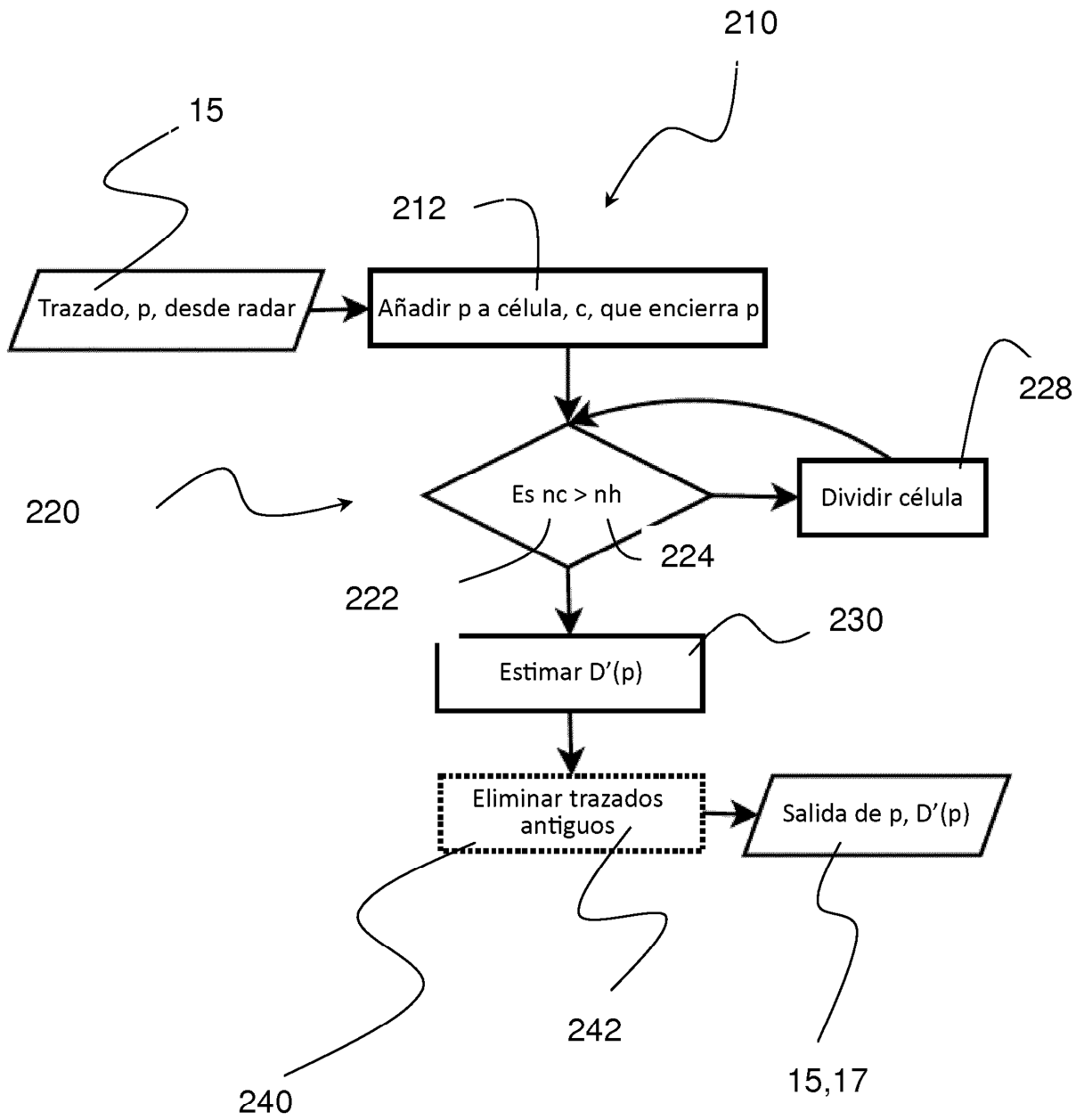


Fig. 3

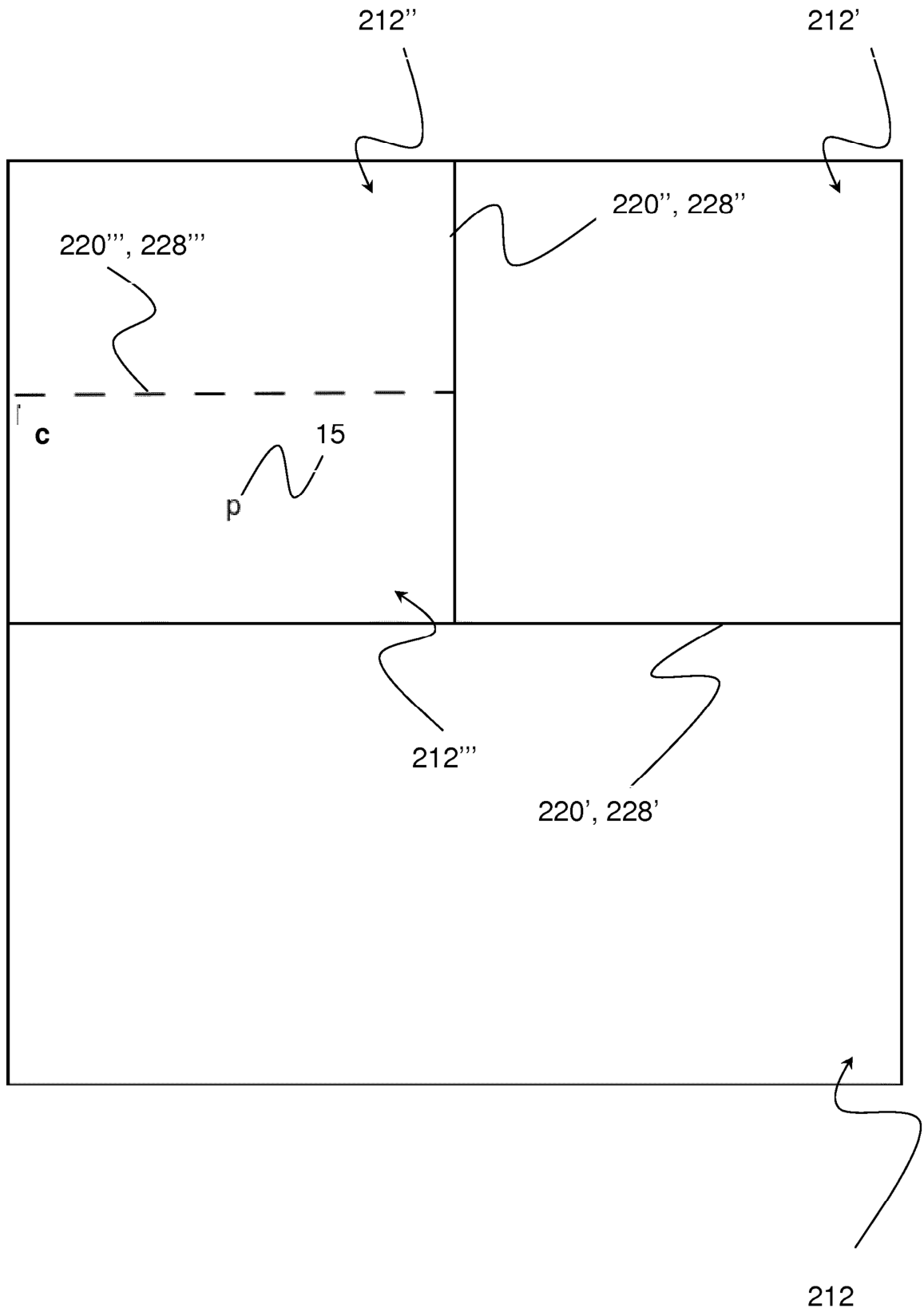


Fig. 4

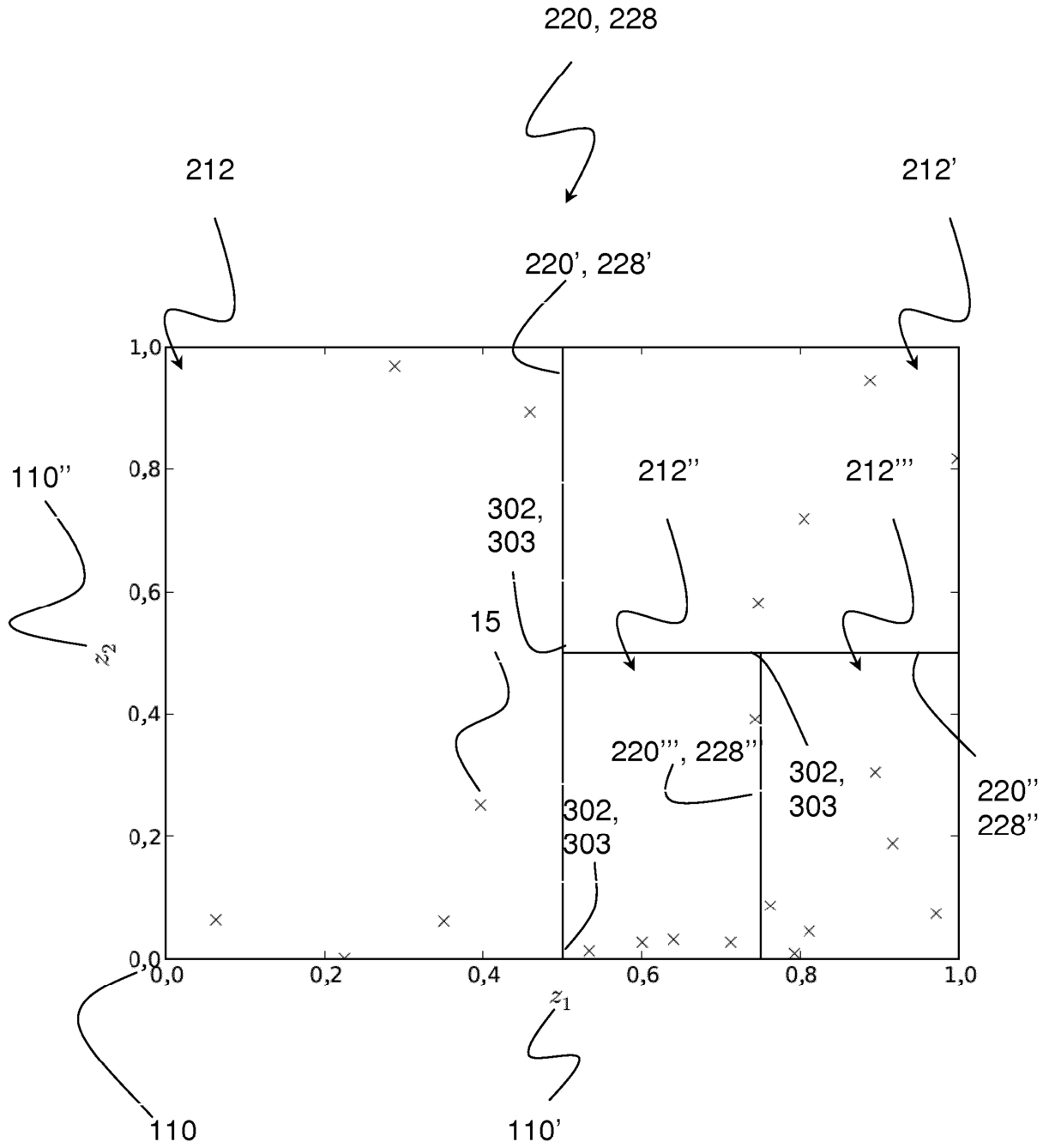


Fig. 5

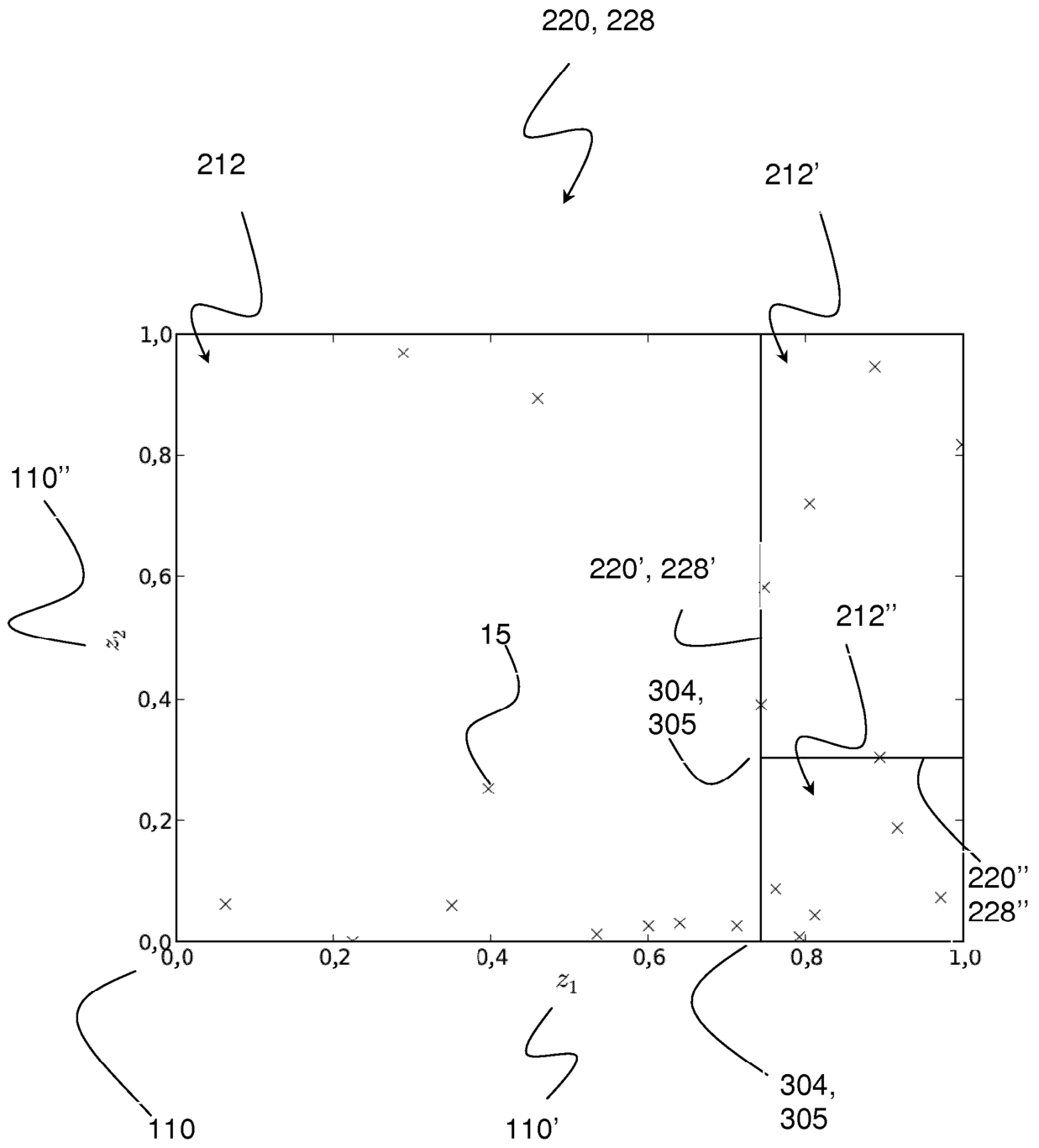


Fig. 6

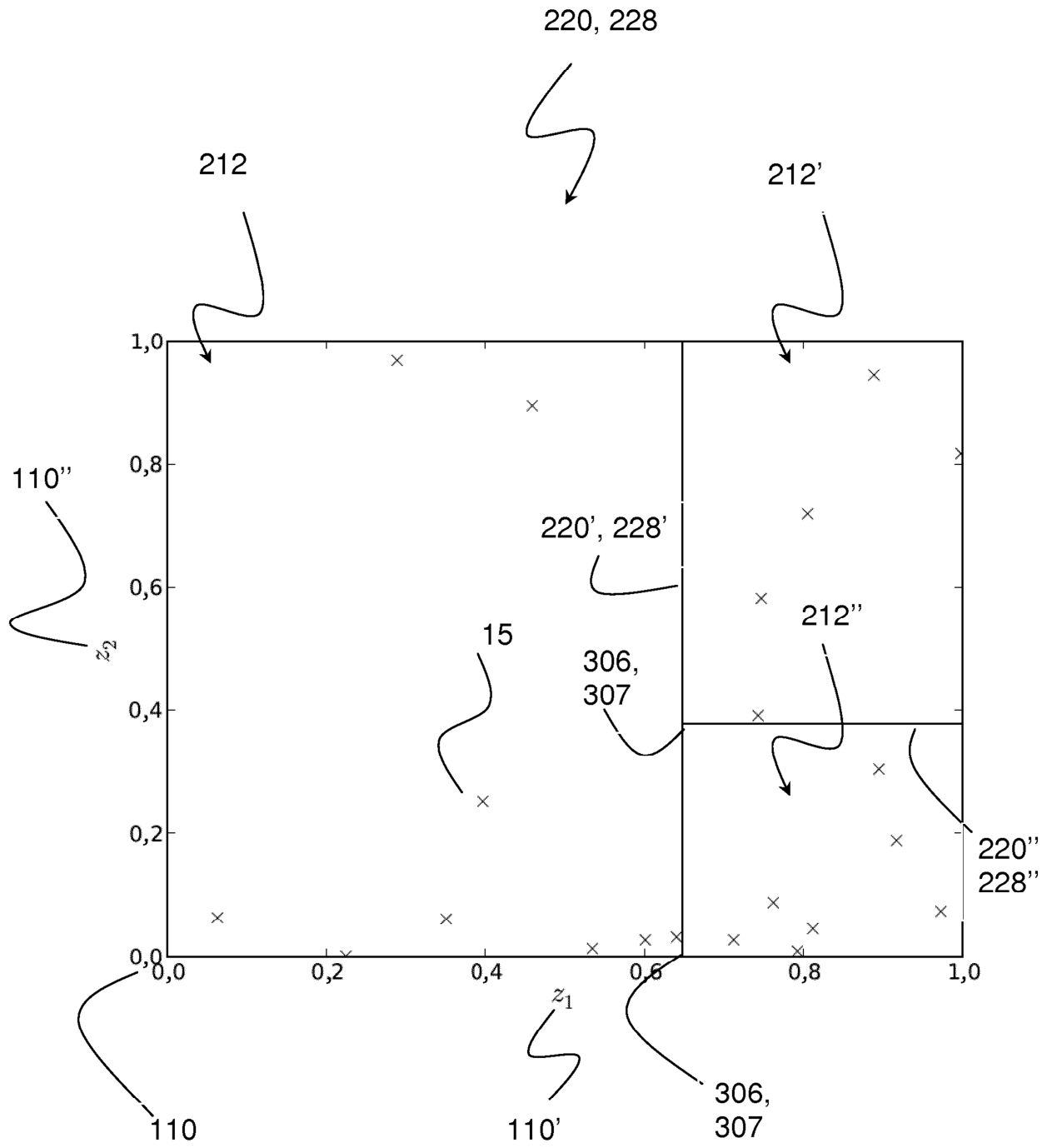


Fig. 7

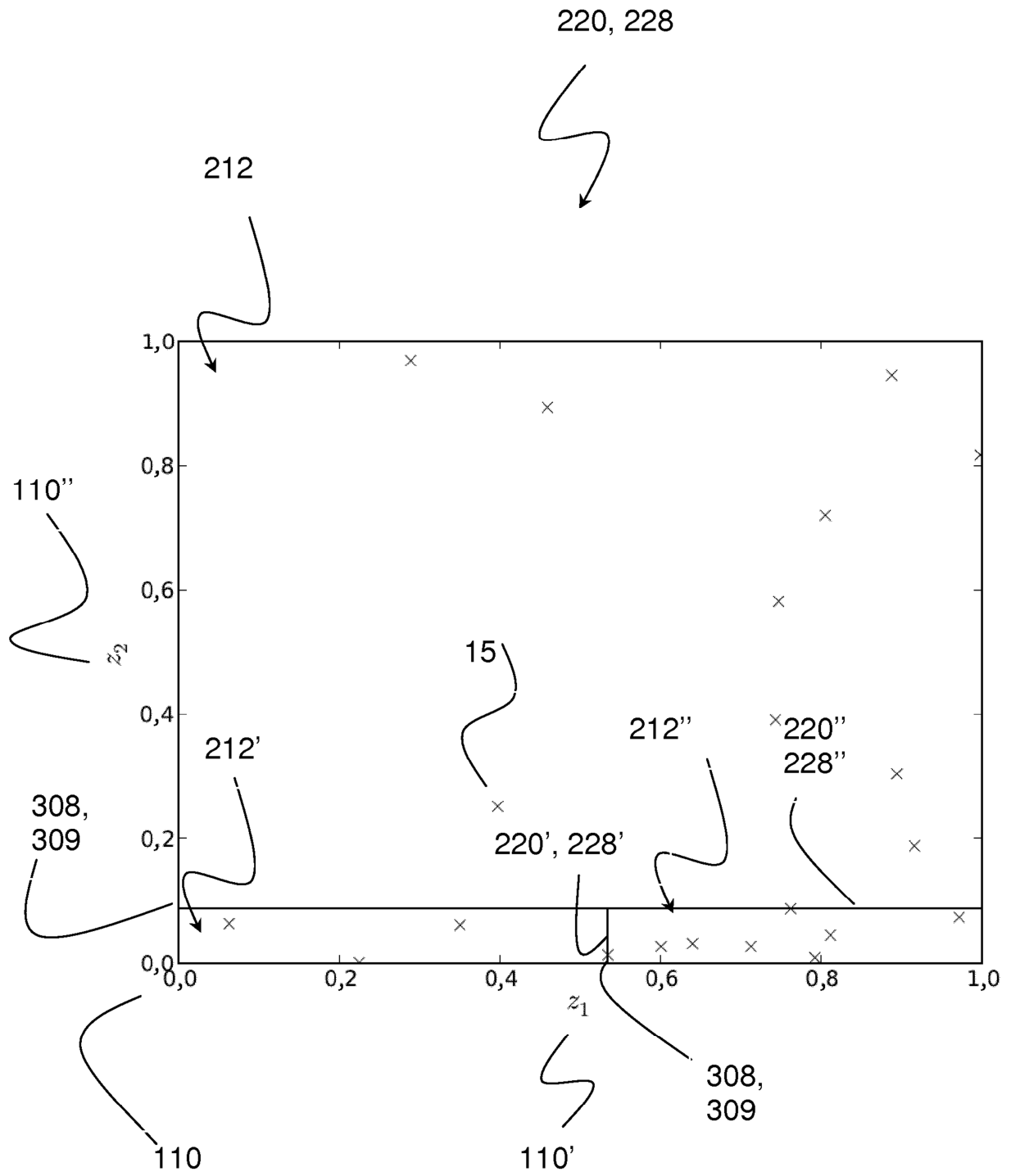


Fig. 8

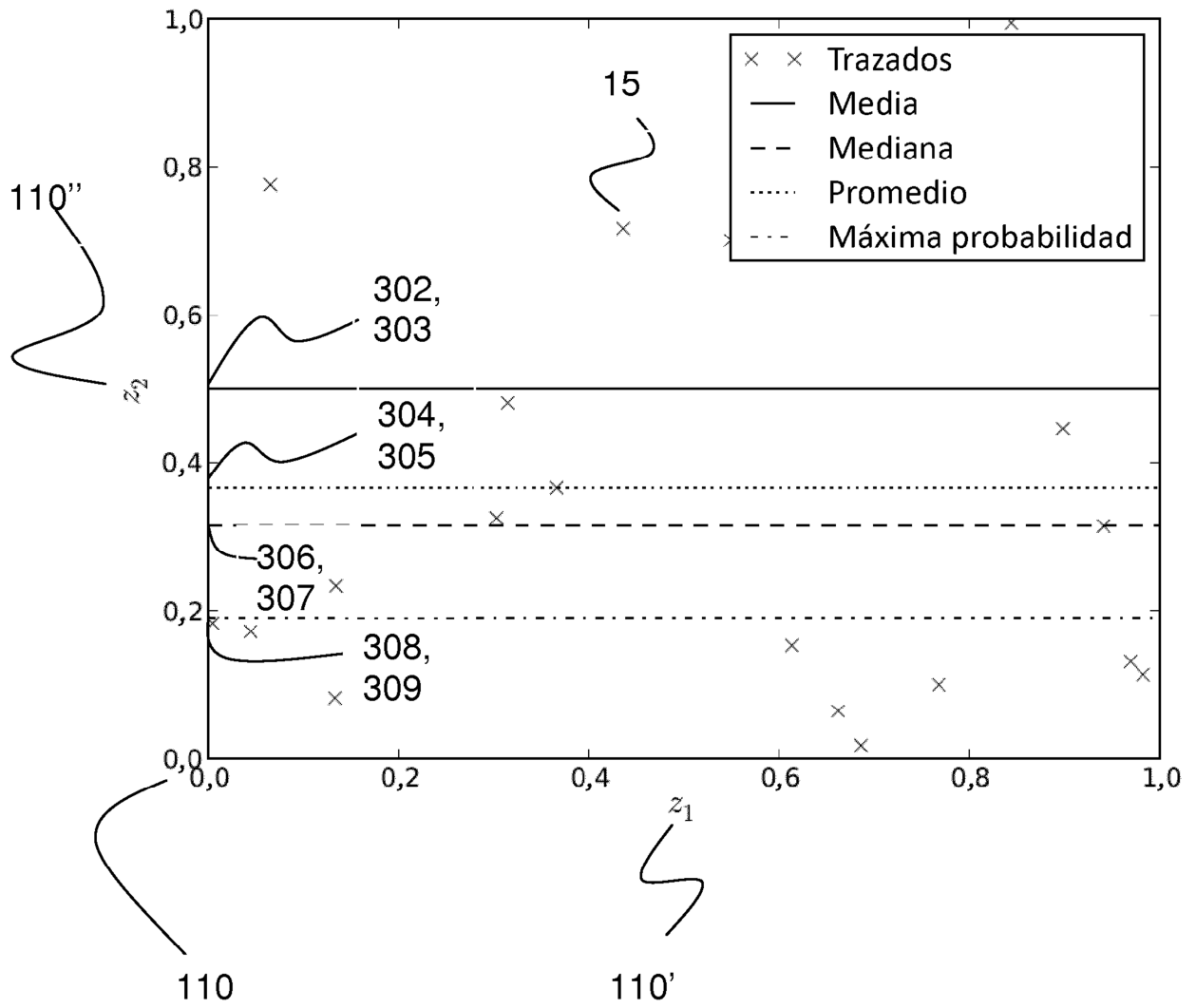


Fig. 9

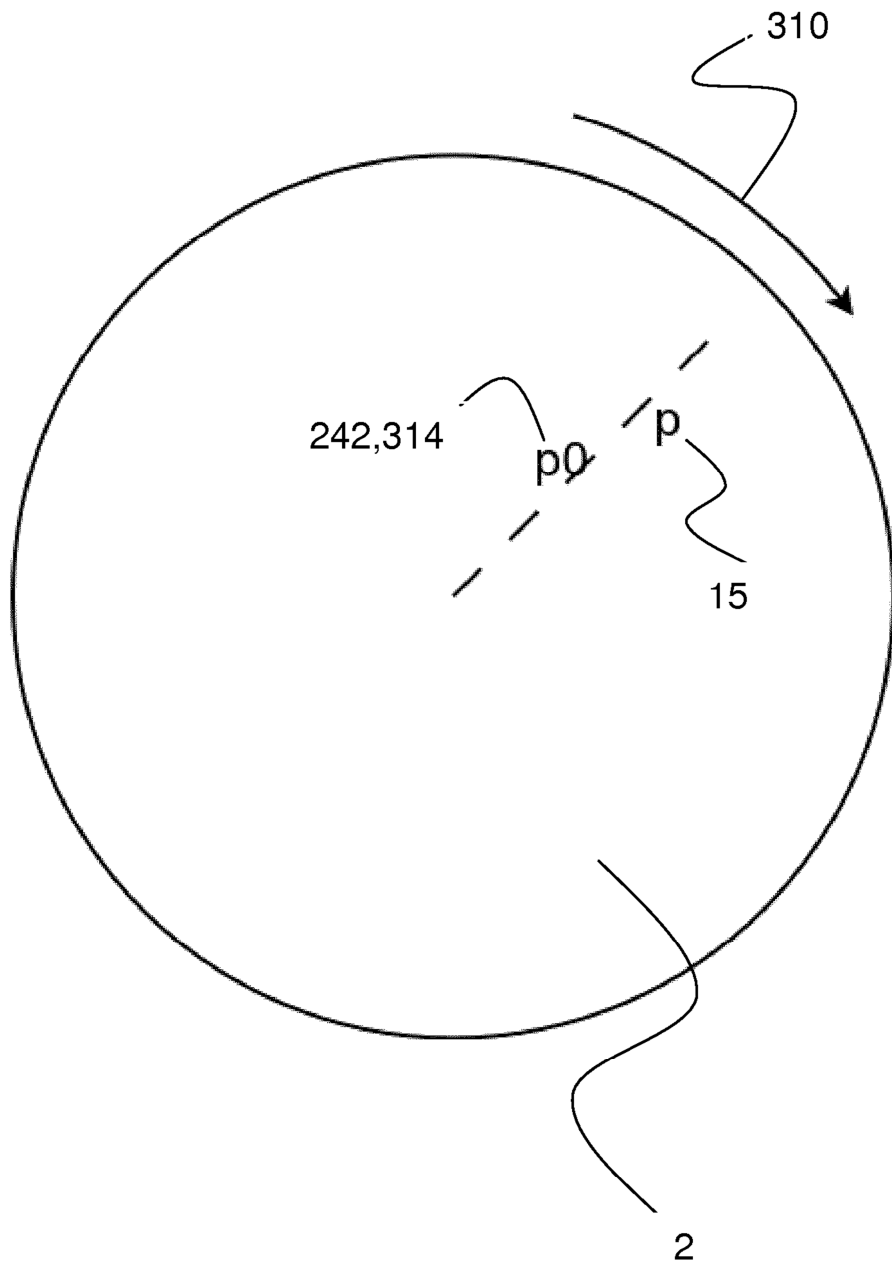


Fig. 10

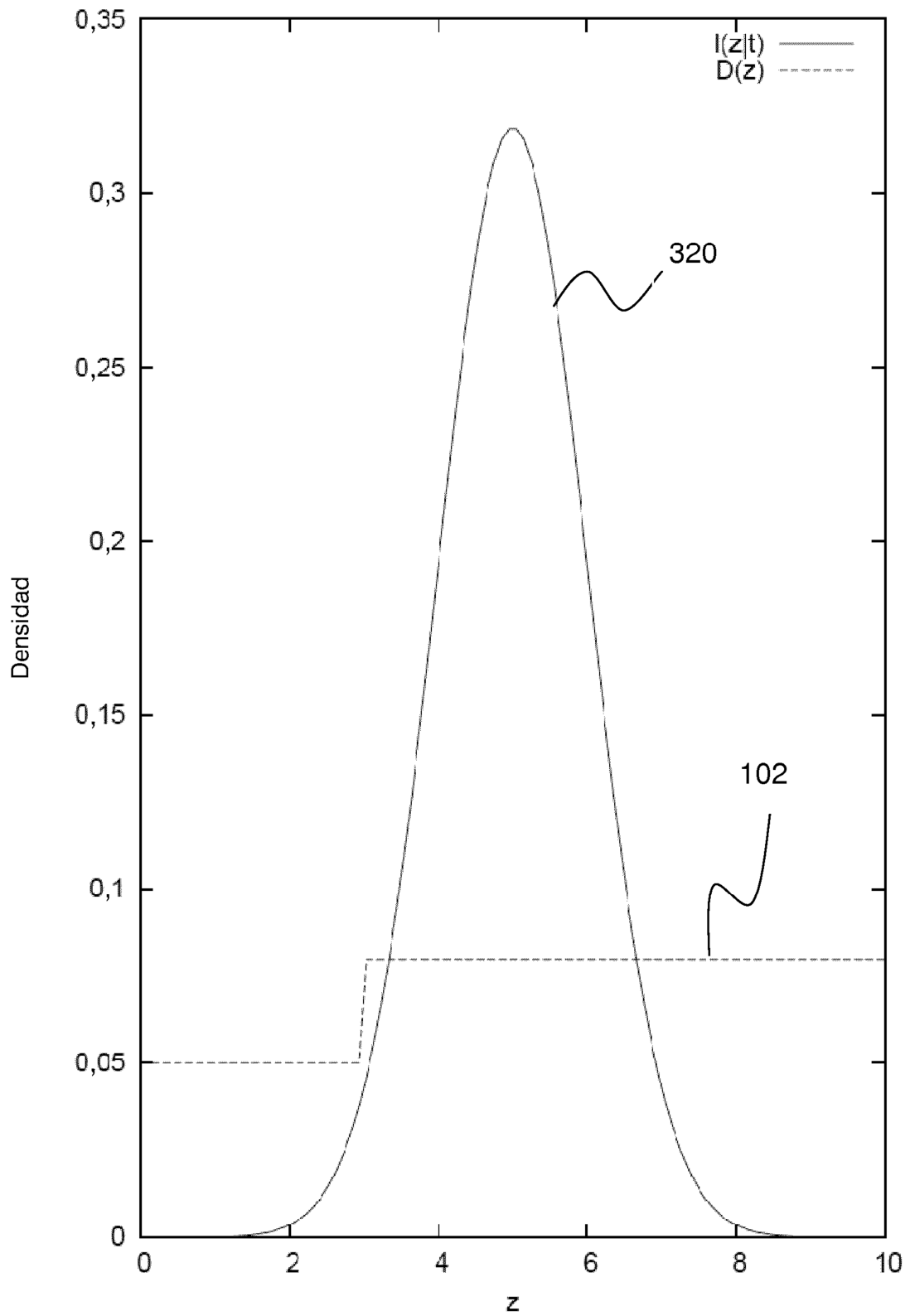


Fig. 11

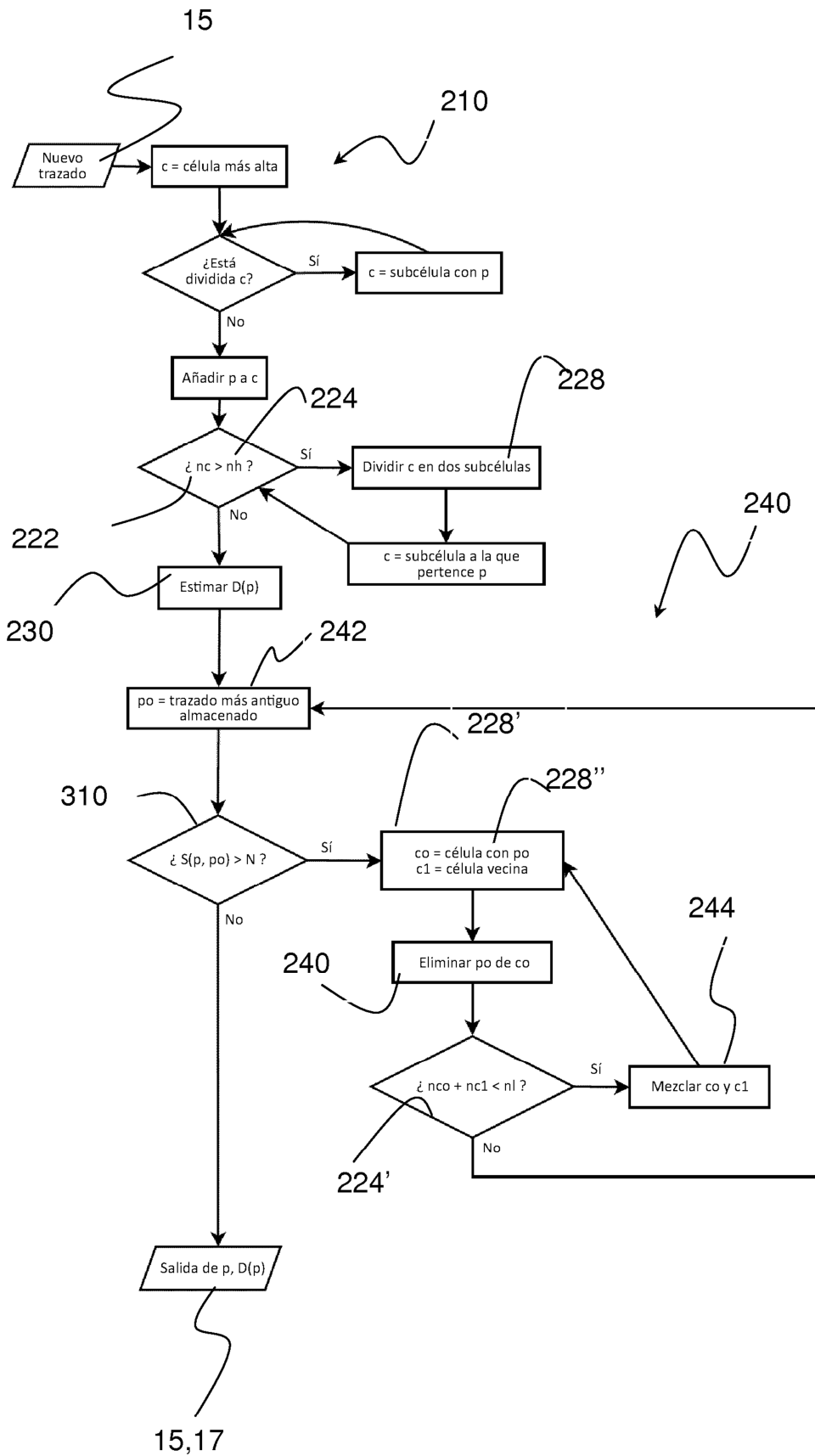


Fig. 12

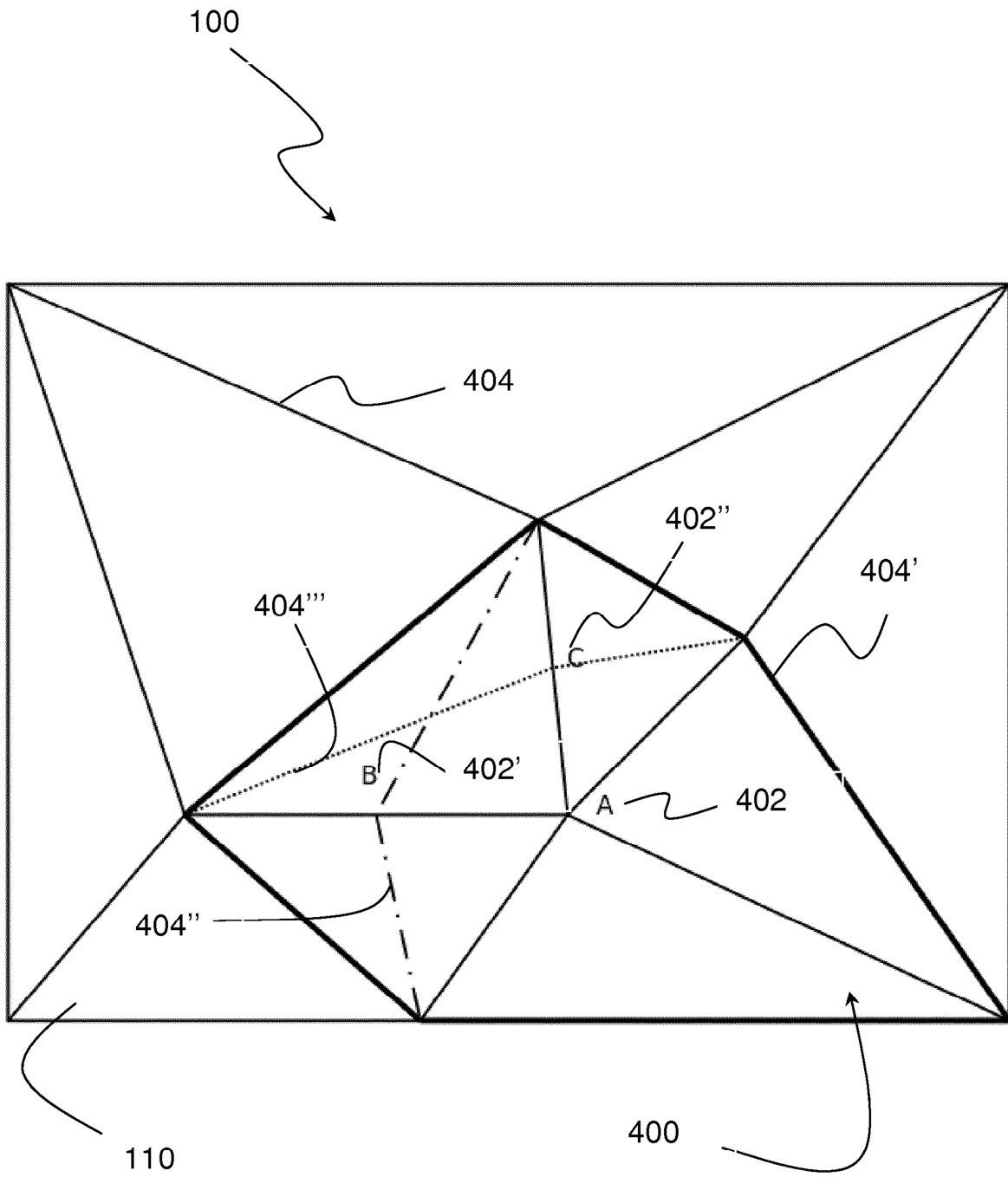


Fig. 13