

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 404 837**

51 Int. Cl.:

G01S 5/14 (2006.01)

G01S 5/02 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2009 E 09779418 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2013 EP 2374021**

54 Título: **Métodos y disposiciones para la localización de huellas digitales**

30 Prioridad:

17.12.2008 US 138279 P

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

29.05.2013

73 Titular/es:

**TELEFONAKTIEBOLAGET L M ERICSSON
(PUBL) (100.0%)
164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

WIGREN, KARL TORBJÖRN

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 404 837 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

Métodos y disposiciones para la localización de huellas digitales.

Campo técnico

5 La presente invención se refiere en general a los servicios basados en localización o en ubicación en diferentes arquitecturas de red.

Antecedentes

10 La posibilidad de determinar la posición de un dispositivo de telefonía móvil ha permitido a los desarrolladores de aplicaciones y a los operadores de redes inalámbricas proporcionar servicios basados en la ubicación y que conocen la ubicación. Ejemplos de ellos son los sistemas de guiado, asistencia a compras, localizador de amigos, servicios de presencia, servicios de comunidad y de comunicación y otros servicios de información que proporcionan al usuario de telefonía móvil información acerca de su entorno.

15 Además de los servicios comerciales, los gobiernos de varios países han puesto requisitos a los operadores de red para que sean capaces de dispositivo de determinar la posición de una llamada de emergencia. Por ejemplo, los requisitos gubernamentales en USA (FCC E911) establecen que debe ser posible determinar la posición de un cierto porcentaje de todas las llamadas de emergencia. Los requisitos no establecen ninguna diferencia entre entornos de interior o de exterior.

20 En entornos de exterior, la estimación de la posición puede ser realizada utilizando por ejemplo el sistema de localización global, es decir, GPS (Global Positioning System, en inglés), o métodos basados en el mismo, tales como el GPS Asistido (A-GPS – Assisted GPS, en inglés). No obstante, esto requiere que el equipo de usuario tenga que ser provisto de funcionalidades adicionales relativas, por ejemplo, a la recepción de señales de radio.

25 La estimación de posición puede ser también llevada a cabo utilizando la propia red inalámbrica. Los métodos que utilizan la red inalámbrica pueden ser agrupados en diferentes grupos. Un primer grupo comprende métodos que se basan en la identificación de la celda de radio a la cual está unido el terminal de telefonía móvil, por ejemplo, utilizando un ID de Celda. En su forma más simple, un equipo de usuario (UE – User Equipment, en inglés) es conocido por estar situado dentro del área de cobertura de una cierta estación de base si el equipo de usuario se está comunicando con la red inalámbrica a través de esa estación de base. Esto puede ser mejorado también teniendo en cuenta información de las llamadas listas de vecinos. No obstante, la precisión es incluso entonces no muy elevada.

30 Otro grupo de métodos de estimación de posición se basan en mediciones de los tiempos de propagación de señal o en cantidades relativas a ellos. El Avance de Tiempo (TA – Timing Advance, en inglés) en los sistemas de LTE y en los sistemas de WCDMA de Tiempo de Ida y Vuelta (RTT – Round Trip Time, en inglés) son ejemplos de tales métodos. Brevemente, se mide el tiempo de propagación de las ondas de radio desde la Estación de Base de Radio (RBS – Radio Base Station, en inglés) hasta el UE y vuelta. La medición del tiempo de ida y vuelta sola define un círculo, o si se tiene en cuenta la imprecisión, una banda circular alrededor de la RBS, dentro de la cual está situado el UE. Combinando tal información con los tiempos de propagación hasta las RBSs que habilitan los cálculos de trilateración, la precisión puede mejorar algo. No obstante, esta posibilidad sólo ocurre en una parte limitada de las celdas, típicamente menos de 25%. Las mediciones del tiempo de propagación de la señal pueden ser combinadas también con información del ID de Celda, que típicamente restringe el área en la cual el UE puede estar situado al sector de la banda circular que está situado en el interior de la celda. Por lo que se refiere a otros métodos de localización terrestre, como la diferencia de tiempo de llegada observada (OTDOA – Observed Time Difference of Arrival, en inglés), éstos adolecen de un bajo rendimiento de detección para proporcionar un rendimiento suficientemente bueno, al menos en la configuración básica.

45 Un planteamiento más prometedor se proporciona mediante la llamada localización de huella digital, véase por ejemplo "Adaptive enhanced cell-ID fingerprinting localization by clustering of precise position measurement", en Trans. Vehicular Tech. del IEEE, vol. 56, nº 5, 2007, pags. 3199 - 3209 por T. Wigren. Los algoritmos de localización de huella digital operan creando una huella digital de radio para cada punto de una malla fina de coordenadas que cubre la Red de Acceso por Radio (RAN – Radio Access Network, en inglés). La huella digital puede, por ejemplo, consistir en IDs de celda detectables, mediciones de pérdida de ruta cuantificada o de potencia de señal, RTT o TA cuantificados, elevación cuantificada del ruido, información de conexión de radio como el portador de acceso por radio (RAB – Radio Access Bearer, en inglés) y/o el tiempo cuantificado.

50 Cuando se proporcionan datos de asistencia a determinación de posición en una red de comunicaciones celular necesarios para la localización del ID de celda mejorada adaptativa (AECID – Adaptive Enhanced Cell ID, en inglés), se establece una configuración de relación de celda para un equipo de usuario, para la cual se crea una marca, y se lleva a cabo una determinación de posición de alta precisión para el mismo equipo de usuario. Esto se repite una pluralidad de veces. Una segunda etapa es recoger todas las mediciones de localización de alta precisión que tienen la misma marca en grupos de mediciones de alta precisión separados. En una tercera etapa, se calcula un polígono

que representa la extensión geográfica de un grupo, para cada grupo de mediciones de posición de alta precisión almacenada. Los detalles de este algoritmo se describen en las solicitudes de patente internacional publicadas WO 2007/043915, WO 2008/118052 y WO 2008/069712. El área del polígono está típicamente minimizada, lo que a su vez maximiza la precisión cuando se utiliza. La probabilidad de que el terminal esté en el interior del polígono, es decir, la confianza, es conocida de manera precisa puesto que está establecida como una restricción en el algoritmo. El planteamiento típico para esto es crear un polígono que se sabe que encierra todas mediciones agrupadas de la marca que va a ser tratada. Un punto de contracción es seleccionado dentro de ese polígono y el polígono es contraído de acuerdo con diferentes algoritmos hacia ese punto de contracción, bajo la restricción de que una cierta fracción de todas las mediciones agrupadas sigue estando en el interior del polígono, hasta que se obtiene un área mínima del polígono.

Cuando va a llevarse a cabo una localización, se detecta una huella digital y se compara con las relaciones entre huellas digitales y posición almacenadas. De tal manera, puede alcanzarse un área dentro de la cual está situado el UE con una cierta certeza.

No obstante, se ha encontrado que las rutinas actuales para la tecnología de crear una huella digital no operan óptimamente en ciertos casos. Se ha encontrado que los procedimientos de contracción de polígono en algunas ocasiones encuentran mínimos locales del área en lugar de un mínimo más global.

Existe por ello la necesidad de métodos y aparatos para mejorar más las precisiones de localización para encontrar mejores rutinas de contracción del polígono o alternativas a las rutinas de contracción del polígono.

Breve descripción de los dibujos

La invención, junto con otros objetos y ventajas de la misma, puede comprenderse mejor haciendo referencia a la siguiente descripción tomada junto con los dibujos que se acompañan, en los cuales:

la FIG. 1 es un dibujo esquemático que ilustra la función de localización del RTT;

la FIG. 2 es un esquema de bloques de un nodo que tiene una disposición de AECID;

la FIG. 3 es un diagrama de mediciones de localización de alta precisión agrupadas;

la FIG. 4 es un diagrama de flujo que ilustra etapas de una realización de un método de acuerdo con la presente invención;

la FIG. 5 es un diagrama similar a la FIG. 3, en el cual se determina un centro de gravedad local;

la FIG. 6 es un diagrama de flujo que ilustra una realización de otro método de acuerdo con la presente invención;

la FIG. 7 ilustra una geometría de iniciación en un procedimiento de asociación de área;

la FIG. 8 ilustra una geometría para determinar un movimiento máximo de vértice del polígono; y

la FIG. 9 ilustra una geometría para el cálculo de la reducción de área.

Compendio

Un objeto de la presente invención es proporcionar métodos y disposiciones que operan de acuerdo con procedimientos de contracción de polígono mejorados. El objeto anterior se alcanza mediante métodos y disposiciones de acuerdo con las reivindicaciones de patente independientes adjuntas. Diferentes realizaciones preferidas se consiguen mediante los métodos y disposiciones de acuerdo con las reivindicaciones de patente dependientes adjuntas. En términos generales, de acuerdo con un primer aspecto, un método para proporcionar datos de asistencia a determinación de posición en una red de comunicaciones celular comprende el establecimiento de una configuración de relación de celda para un equipo de usuario y llevar a cabo una determinación de posición de alta precisión para el equipo de usuario. El establecimiento y realización se repiten una pluralidad de veces. Resultados de las determinaciones de posición de alta precisión que pertenecen a la misma configuración de relación de celda son agrupados en resultados agrupados separados. Una definición de área está asociada con al menos uno de los resultados agrupados encerrando los resultados agrupados mediante un polígono, contrayendo el polígono moviendo los vértices del polígono hacia un punto de contracción y definiendo la definición del área como un polígono contraído que comprende una fracción predeterminada de los resultados agrupados. El punto de contracción se selecciona siempre para estar situado en el interior de los resultados agrupados. El método comprende también la creación de datos de asistencia a determinación de posición que comprenden una relación entre las configuraciones de relación de celda y las definiciones de área asociadas.

De acuerdo con un segundo aspecto, un método para una planificación de red de radio comprende la obtención de datos de asistencia a determinación de posición proporcionados de acuerdo con el primer aspecto y la evaluación de

los datos de asistencia para determinación de posición relativos a la propagación por radio real. La realización de la determinación de posición de alta precisión se lleva a cabo bajo demanda.

5 De acuerdo con un tercer aspecto, un método para determinar una posición de un equipo de usuario en una red de comunicaciones celular comprende la obtención de datos de asistencia para determinación de posición proporcionados de acuerdo con el primer aspecto, establecer una configuración de relación de celda para el equipo de usuario y determinar, mediante los datos de asistencia para determinación de posición, una definición de área relativa a la configuración de relación de celda definiendo un área en la cual está situado el equipo de usuario.

10 De acuerdo con un cuarto aspecto, una disposición para proporcionar datos de asistencia a determinación de posición relativos a una red de comunicaciones celular comprende un dispositivo para establecer una configuración dispuesto para establecer una configuración de relación de celda para un equipo de usuario, un dispositivo para obtener datos dispuesto para obtener datos de una determinación de posición de alta precisión para el citado equipo de usuario. La disposición comprende también un agrupador conectado al dispositivo para establecer una configuración y al dispositivo para obtener de datos. El agrupador está dispuesto para agrupar resultados de las determinaciones de posición de alta precisión que pertenecen a la misma configuración de relación de celda en resultados agrupados separados. La disposición comprende también un dispositivo para asociar conectado al agrupador. El dispositivo para asociar está dispuesto para asociar una definición de área con al menos uno de los resultados agrupados y crear datos de asistencia para determinación de posición que comprenden una relación entre las configuraciones de relación de celda y las definiciones de área asociadas. El dispositivo para asociar está también dispuesto para encerrar los resultados agrupados mediante un polígono, contrayendo el polígono moviendo los vértices del polígono hacia el punto de contracción, y definiendo la definición de área como un polígono contraído que comprende una fracción predeterminada de los resultados agrupados. El dispositivo para asociar está también dispuesto para seleccionar el punto de contracción siempre para estar situado en el interior de los resultados agrupados.

25 De acuerdo con un quinto aspecto, una disposición para determinar una posición de un equipo de usuario en una red de comunicaciones celular comprende una disposición preparada para proporcionar datos de asistencia para determinación de posición de acuerdo con el cuarto aspecto. La disposición comprende también un dispositivo para establecer una configuración dispuesto para establecer una configuración de relación de celda para el equipo de usuario. La disposición también comprende un dispositivo para determinar una posición conectado a la disposición preparada para proporcionar datos de asistencia para determinación de posición y al dispositivo para establecer una configuración. El dispositivo para determinar una posición está dispuesto para determinar, mediante los datos de asistencia para determinación de posición, una definición de área relativa a la configuración de relación de celda definiendo un área en la cual está situado el equipo de usuario.

De acuerdo con un sexto aspecto, un nodo de una red de comunicaciones celular comprende una disposición de acuerdo con el quinto aspecto.

35 De acuerdo con un séptimo aspecto, una red de comunicaciones celular comprende una disposición de acuerdo con el quinto aspecto.

De acuerdo con un octavo aspecto, un nodo comprende una disposición de acuerdo con el quinto aspecto. El dispositivo para establecer una configuración y el citado dispositivo para obtener datos comprenden un receptor dispuesto para recibir datos de una red de comunicaciones celular.

40 Una ventaja de la presente invención es que mejora la precisión de la localización para el método de localización de huella digital de AECID. En particular, la presente invención presenta modos de alcanzar un punto de contracción que está situado en el interior del grupo, una necesidad para la correcta operación del método de localización de AECID en algunas aplicaciones. En otras palabras, en comparación con las soluciones de la técnica anterior, el punto de contracción se desplaza para calcular un área de manera que el punto de contracción esté situado en el interior del grupo.

Descripción detallada

En los dibujos, los mismos números de referencia se utilizan para elementos similares o correspondientes.

La presente invención está permitida por la percepción de que los problemas encontrados con la contracción no óptima de los polígonos al menos para apartar fueron provocados por la forma de las mediciones agrupadas. Por ejemplo, en situaciones en las que las mediciones agrupadas cubriesen un área que fuese alargada y curvada, el centro de gravedad total de todas las mediciones agrupadas podría estar situado fuera del grupo real. Esto se sigue puesto que el algoritmo de AECID calcula un polígono que describe la región en cuestión. El polígono se calcula siendo los vértices del polígono forzadas a moverse hacia el centro de gravedad de un grupo de mediciones de referencia de posición de alta precisión. El problema ahora se manifiesta porque el centro de gravedad, por ejemplo, debido a la curvatura de la banda y del grupo puede estar fuera del grupo, por ejemplo, si el grupo tiene la forma de

una banda circular, más cercana a la estación de base. La consecuencia es un bajo rendimiento puesto que los vértices del polígono no pueden converger hacia la frontera del grupo real.

5 Puesto que también las formas de grupo alargadas y curvadas son así posibles de manejar, la presente invención permite de este modo un cálculo preciso del polígono de AECID, por ejemplo, en el caso en el que las huellas digitales de radio estén basadas en mediciones de Avance de Tiempo (TA – Timing Advance, en inglés) en GSM, en una medición del Tiempo de Ida y Vuelta (RTT – Round Trip Time, en inglés) en WCDMA, en mediciones de TA en LTE o en mediciones de tiempo adicional en LTE.

10 El problema resuelto se origina por el hecho de que las mediciones de TA y de RTT determinan todas ellas la distancia entre la estación de base y el terminal o el equipo de usuario. Estos métodos determinan por ello que la posición del terminal se encuentre dentro de una banda circular a la distancia medida desde la estación de base. El grosor de la banda corresponde a la no certeza de la medición y aparecen ángulos de límite izquierdo y derecho debido a la extensión de la celda.

15 Puede comprenderse ahora que las bandas circulares serán muy anchas y finas, y poseen una curvatura significativa, cuando la distancia entre la estación de base y el terminal aumenta. Esto es ahora posible de manejar de acuerdo con la presente invención.

La presente invención resuelve el problema anterior mediante un nuevo cálculo de otro punto de centro de contracción hacia el cual se hace que los vértices del polígono converjan. Los detalles se elaboran más en lo que sigue.

20 Con el fin de apreciar mejor las ventajas con la presente invención, los métodos de localización mediante TA y RTT se describirán primero de alguna manera con más detalle. A continuación se proporciona una visión global de los métodos de localización de huella digital de AECID.

25 El Avance de Tiempo (TA – Timing Advance, en inglés) o el Tiempo de Ida y Vuelta (RTT – Round Trip Time, en inglés) son dos ejemplos de métodos basados en mediciones de los tiempos de propagación de las señales dentro de una red inalámbrica. El principio de la medición del tiempo de ida y vuelta se representa en la FIG. 1. Brevemente, se mide el tiempo de propagación de las ondas de radio desde la RBS 10 al UE 20 y vuelta. La distancia desde la RBS 10 al UE 20 entonces se obtiene de la fórmula:

$$r = c \frac{RTT}{2}, \quad (1)$$

30 donde RTT es el tiempo de ida y vuelta y donde c es la velocidad de la luz. En (1) cualquier latencia de señal en el UE se asume que está compensada de manera que el RTT representa el tiempo de propagación verdadero de las ondas de radio. Esto define una banda circular 6. Combinando esta información con el polígono 5 de la celda, pueden calcularse los ángulos de límite izquierdo y derecho de la banda circular 6, dentro de cuyo arco de sector 7 está situado el UE 20.

35 En varios sistemas, entre éstos el sistema de Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA – Wideband Code Division Multiple Access, en inglés), el Tiempo de Ida y Vuelta (RTT - Round Trip Time, en inglés) puede por tanto ser utilizado para identificar la distancia desde la antena a la cual está situado el UE. Esto proporciona sólo una distancia y no es posible asegurar dónde en el círculo o sector alrededor de la antena está el UE. Si por ejemplo las mediciones del RTT determinan que el UE está a 500 m de la estación de base, esta localización es a lo largo de un arco en un sector 7 ó en la circunferencia de un círculo.

40 Las mediciones de trilateración del RTT desde varias estaciones de base pueden ser utilizadas para aumentar la precisión. No obstante, esta posibilidad está limitada por el hecho de que el terminal necesita estar en transferencia con más de una estación de base para que esto sea posible, es decir, en transferencia blanda (o más blanda). Esto sólo ocurre en una parte limitada de las celdas, típicamente menos de 25%. Por ello, el RTT de multi-pata en WCDMA no tendrá una buena disponibilidad.

45 La localización de huella digital de AECID es una tecnología de localización de huella digital que refina los métodos de huella digital de varias maneras. Una primera solicitud de patente internacional reciente (WO 2007/043915) describe las principales ideas del planteamiento de localización. La presente descripción está escrita con la información de ésta como punto de partida.

50 El método de localización de AECID se basa en la idea de que las mediciones de localización de alta precisión, por ejemplo, las mediciones de A-GPS, pueden ser consideradas como puntos que pertenecen a regiones en las que persiste cierta condición de propagación de radio celular. En su forma más simple para las mediciones de A-GPR que son llevadas a cabo al mismo tiempo que un cierto ID de celda es válido representar las mediciones de A-GPS que se encuentran dentro de una celda específica de un sistema celular. El método de localización de AECID reconoce esto e introduce una huella digital o marca de mediciones de alta precisión de acuerdo con ciertos criterios.

La huella digital o marca puede por ejemplo comprender los IDs de celda que son detectados por el terminal. Puede comprender también mediciones de pérdida de ruta cuantificada o de potencia de señal, con respecto a múltiples RBSs, llevadas a cabo por el terminal. Debe observarse que un ID asociado de la RBS puede ventajosamente ser también necesario. Un Tiempo de Ida y Vuelta cuantificado en cada punto de la malla puede ser también una parte de una huella digital o marca. Debe observarse que también aquí resulta beneficioso un ID asociado de la RBS. Otro parámetro que es posible utilizar en una huella digital o marca es la elevación cuantificada del ruido. Esta cantidad representa la carga de un sistema de CDMA. Además, puede utilizarse también en la huella digital o marca información de conexión de radio como el portador de acceso de radio (RAB – Radio Access Bearer, en inglés) o el tiempo cuantificado.

5 El método de AECID también necesita posiciones de referencia. Estas posiciones de referencia son mediciones de posición de alta precisión de oportunidad, y se consiguen entonces mediciones de radio de huella digital para esos puntos. Esto requiere la definición de algoritmos para la creación de grupos de mediciones de posición de alta precisión de oportunidad. Además, se necesita también definir algoritmos para el cálculo de descripciones geográficas de los grupos.

15 Las principales partes de los algoritmos de AECID utilizadas junto con la presente invención se describen con detalle en el Apéndice A. Para discriminar la información del núcleo de la presente invención, todas las ecuaciones disponibles como técnica anterior están nombradas como (A1),...

20 La segunda etapa del método de localización de AECID es recoger todas las mediciones de localización de alta precisión que tienen la misma marca en grupos de mediciones de alta precisión separados, y llevar a cabo otro procesamiento del citado grupo con el fin de definirlo, véase, por ejemplo la solicitud de patente internacional publicada WO 2008/054272. Resulta claro que cada uno de tales grupos consiste en mediciones de posición de alta precisión recogidas de una región con similares condiciones de radio – por ello las mediciones son normalmente de la misma región geográfica bien definida. De manera más específica, esa región geográfica específica es normalmente substancialmente menor que la extensión de una celda del sistema celular.

25 En una tercera etapa del método de localización de AECID, se calcula un polígono marcado que representa la extensión geográfica de un grupo marcado, para cada grupo de mediciones de posición de alta precisión almacenado. Los detalles de este algoritmo se describen en las solicitudes de patente internacional publicadas WO 2007/043915, WO 2008/118052 y WO 2008/069712 y no se repiten aquí con detalle, puesto que se asume que son parte del conocimiento de cualquier experto en la materia. Una propiedad pronunciada del algoritmo comprende que el área del polígono está minimizada. En otras palabras, la precisión está maximizada. Además, el algoritmo comprende que la probabilidad de que el terminal esté dentro del polígono, es decir, la confianza, es conocida de manera precisa. Está establecida como una restricción en el algoritmo.

30 Hasta aquí se han descrito las etapas hasta la creación de una base de datos de polígonos marcada. Una posición de AECID es ahora fácilmente determinada mediante una primera determinación de la marca persistente. Esto se lleva a cabo buscando los IDs de celda, realizando mediciones auxiliares y buscando información de conexión auxiliar, como se ha descrito anteriormente. El polígono correspondiente a la marca determinada es entonces buscado en la base de datos de polígonos, seguido de un reporte, por ejemplo sobre el RANAP.

35 La Fig. 2 es un diagrama de bloques de una realización de un nodo de localización 65 basada en localización de AECID. En la presente realización, que se asume que está comprendida en un sistema de WCDMA, tal funcionalidad está preferiblemente comprendida en el RNC 60. Otra posibilidad es implementar la invención en el nodo de SAS (por ejemplo, un SMLC de Ericsson) en el otro lado de la interfaz Iurc. Otra posibilidad más es registrar las mediciones y ejecutar los algoritmos en OSS-RC o incluso un nodo completamente externo. Pueden entonces ser necesarias nuevas interfaces y/o elementos de información en las interfaces existentes que permitan el intercambio de conjuntos de celdas detectadas y resultados de determinación de posición de alta precisión. En lo que sigue en esta memoria se presentan más alternativas.

40 El RNC 60 se comunica con los UEs, de manera transparente a través de RBSs, utilizando la interfaz de RRC 55. El RNC 60 comprende una disposición para proporcionar datos de asistencia para determinación de posición relativos a la red de comunicaciones celular. En el presente contexto, al menos dos tipos de información son de interés; mediciones de localización 56, en particular mediciones de localización de alta precisión, y mediciones de huella digital o de parámetro de relación de celda 57. Las mediciones del parámetro de huella digital 57 son proporcionadas a un dispositivo para establecer una configuración 61, también conocido como una sección de determinación de huella digital. El dispositivo para establecer una configuración 61 está dispuesto para establecer una configuración de relación de celda, o configuración de huella digital, para un equipo de usuario. La configuración de relación de celda determinada de un equipo de usuario particular es proporcionada a un agrupador 62, también conocido como una sección de agrupamiento. El agrupador 62 está conectado al dispositivo para establecer una configuración 61.

45 Las mediciones de localización 56 son proporcionadas al nodo de localización 65. Las mediciones de localización de alta precisión son proporcionadas a un dispositivo para obtener datos de posición de alta precisión 66, también conocido como una sección de información de alta precisión, que por ejemplo puede comprender localización

basada en UTD OA o A-GPS. El dispositivo para obtener datos 66 está así dispuesto para obtener datos de una determinación de posición de alta precisión para el equipo de usuario. Otras mediciones de localización, por ejemplo, mediciones de localización de ID de celda o de RTT son en la presente realización proporcionadas a una sección de localización de precisión media 68. El resultado del análisis de las mediciones de localización de alta precisión, es decir, LAS posiciones de alta precisión es proporcionado al agrupador 62, donde la posición de alta precisión es asociada con una correspondiente configuración de relación de celda. Las mediciones son agrupadas dependiendo de la configuración de relación de celda. El agrupador 62 está dispuesto para agrupar los resultados de las determinaciones de posición de alta precisión que pertenecen a la misma configuración de relación de celda en resultados agrupados separados.

Los grupos de posiciones para una cierta configuración de relación de celda son proporcionados a un dispositivo para asociar 63, en forma de un bloque de algoritmo. En el dispositivo para asociar 63 se calculan las definiciones de área. Un área que describe cada grupo de mediciones, en un nivel de confluencia especificado es calculada en el dispositivo para asociar 63. En el caso de WCDMA, la definición de área preferida es un polígono definido por 3 a 15 coordenadas de vértices. En una realización particular, el dispositivo para asociar 63 proporciona polígonos de manera que la probabilidad de que una fracción dada de las mediciones de alta precisión de un grupo estén situadas en el interior del polígono. Este dispositivo para asociar 63 preferiblemente lleva a cabo nuevos cálculos repetidos de polígonos, para todos los grupos de mediciones con un número suficiente de mediciones de alta precisión recientes. En otras palabras, el dispositivo para asociar 63 está conectado al agrupador 62 y está dispuesto para asociar una definición de área con al menos uno de los resultados agrupados y para crear datos de asistencia a determinación de posiciones que comprenden una relación entre las configuraciones de relación de celda y las definiciones de área asociadas. El dispositivo para asociar 63 está también dispuesto para encerrar los resultados agrupados mediante un polígono, contrayendo el polígono moviendo los vértices del polígono hacia un centro de gravedad de resultados agrupados, y definiendo la definición de área como un polígono contraído que comprende una fracción predeterminada de los resultados agrupados. Las definiciones de área son proporcionadas a un almacén de área 64, donde los polígonos que representan A un conjunto organizado jerárquicamente de configuraciones de relación de celda están almacenados. Los polígonos almacenados son entonces utilizados por los algoritmos de localización del sistema. La estructura de datos de los polígonos almacenados preferiblemente contiene una lista de punteros que cubren cada configuración de huella digital relevante. Cada uno de tales punteros apunta hacia un polígono de 3-15 vértices correspondiente, calculado repetitivamente como se ha descrito anteriormente. La estructura de datos preferiblemente también contiene una marca de tiempo para cada polígono que define el tiempo en el que el polígono fue calculado.

Cuando se solicita una determinación de posición de acuerdo con los principios de la presente invención, se determina una configuración de relación de celda en el dispositivo para establecer una configuración 61 de la manera habitual. El resultado es transmitido a una sección de control 69 en el nodo de localización 65. Cuando una solicitud de localización 51 es recibida, por ejemplo un llamado mensaje de Control de Reporte de Ubicación sobre la interfaz de RANAP 67, la sección de control 69 puede, basándose en los parámetros de calidad de servicio y en la capacidad del UE, solicitar una determinación de posición obteniendo una definición de área del almacén de área 64, que corresponde a la actual configuración de huella digital del UE. La definición de área conseguida, preferiblemente una definición de polígono es incluida en un mensaje de reporte de localización 52, que típicamente es devuelto sobre la interfaz de RANAP 67 utilizando por ejemplo un llamado mensaje de Reporte de Ubicación.

El AECID ha sido aplicado también con marcas conectadas a las mediciones de TA y de RTT. En tales casos se han realizado varios refinados. La solicitud de patente WO 2008/118052 resuelve un problema de cálculo de polígono para grupos con una elevada relación de aspecto, es decir, con una extensión lateral que es mucho mayor que la radial. Esta descripción resuelve la distribución de los vértices iniciales del polígono, y presenta una estrategia de reconformado de vértices para mejorar el rendimiento.

Como se ha mencionado anteriormente, puesto que los resultados de TA y de RTT determinan la distancia hasta una estación de base con mucha precisión, pero no la dirección, las áreas resultantes que están asociadas con marcas basadas en mediciones de TA y de RTT son generalmente muy anchas y delgadas, y poseen una curvatura significativa. Con los algoritmos de AECID de la técnica anterior hay problemas con la selección del punto de contracción.

La importancia del punto de contracción utilizado por el algoritmo de cálculo del polígono se ilustra mediante la Fig. 3, que muestra un grupo 30 de mediciones de posición de alta precisión 32 correspondientes a una medición de TA- o de RTT-. En el diagrama el centro de gravedad 31 global de las mediciones de posición de alta precisión 32 está también marcado. Puede observarse aquí que el centro de gravedad no está en el interior del grupo. Esto a su vez significa que cuando se encierra el grupo 30 con un polígono y se permite que el polígono se contraiga moviendo los vértices del polígono hacia el centro de gravedad 31 global, no será posible que el vértice del polígono pase el centro de gravedad 31 global con el fin de encontrar una mejor representación del área.

La Fig. 4 ilustra un diagrama de flujo de etapas de una realización de un método de acuerdo con la presente invención. Un método para proporcionar datos de asistencia para determinación de posición en una red de comunicaciones celular se inicia en la etapa 200. En la etapa 210, se establece una configuración de relación de

celda para un equipo de usuario. Una determinación de posición de alta precisión para el equipo de usuario se lleva a cabo en la etapa 212. En la Fig. 4, la etapa 210 se ilustra llevándose a cabo antes de la etapa 212. No obstante, la etapa 212 puede ser también llevada a cabo antes o a la vez, parcial o completamente, que la etapa 210. Las etapas 210 y 212, es decir, las etapas de establecimiento y de ejecución, se repiten una pluralidad de veces, como se indica mediante la flecha 213 a trazos. En la etapa 214, los resultados de las determinaciones de posición de alta precisión que pertenecen a la misma configuración de relación de celda son agrupadas en resultados agrupados separados.

En la etapa 220, una definición de área es asociada con al menos uno de los resultados agrupados. Esta etapa a su vez comprende las etapas 221, 222 y 223. En la etapa 221, los resultados agrupados están encerrados por un polígono. El polígono es contraído en la etapa 222, moviendo los vértices del polígono hacia un punto de contracción cuando se excluyen los puntos de medición de posición de referencia del grupo, uno tras otro, hasta que queda una fracción predeterminada de los puntos originales. De acuerdo con la presente invención, el punto de contracción es seleccionado siempre para estar situado en el interior de los resultados agrupados. En tal posición, el punto de contracción está rodeado localmente por resultados agrupados individuales. La presente invención proporciona por ello un nuevo método para el cálculo del punto de contracción, hacia el cual se contraen los vértices del polígono inicial. Esto puede a su vez ser conseguido de diferentes maneras, de las cuales dos ejemplos particulares se explicarán con más detalle a continuación. En la primera realización de ejemplo, la selección se lleva a cabo mediante un cálculo iterativo de una secuencia de centros de gravedad locales. Los centros de gravedad locales se basan en un subconjunto de puntos de referencia de alta precisión del grupo que están más cerca de un centro de gravedad local previo de la secuencia. La cercanía se mide mediante una medición de distancia. En la segunda realización de ejemplo, la selección se lleva a cabo mediante la optimización de una función de criterio, dependiendo del punto del centro de contracción que se esté calculando. La función de criterio refleja cómo es de interior el punto del centro de contracción en el grupo de puntos de medición de posición de referencia.

Intuitivamente, este procedimiento reemplaza el cálculo del centro de gravedad previo en el AECID de la técnica anterior, mediante un algoritmo que garantiza que el punto del centro de contracción está muy en el interior del grupo de mediciones de posición de referencia. Esto asegura un buen rendimiento del algoritmo de contracción del polígono modificado cuando se aprovechan las mediciones de TA y de RTT.

En la etapa 223, la definición de área se define como un polígono contraído que comprende una fracción predeterminada de los resultados agrupados. Los datos de asistencia para determinación de posición que comprenden una relación entre las configuraciones de relación de celda y las definiciones de área asociadas se crean en la etapa 230. El método finaliza en la etapa 299.

La asociación de un área es típicamente llevada a cabo en el dispositivo para asociar previamente mencionado (véase la Fig. 2). De acuerdo con la presente invención, tal dispositivo para asociar está por lo tanto dispuesto también para seleccionar el punto de contracción siempre para estar situado en el interior de los resultados agrupados, donde el punto de contracción está localmente rodeado por los resultados agrupados individuales.

Primero, se describe la realización particular basada en la iniciación iterativa del centro de gravedad local. Esto se describe junto con la Fig. 5. Se muestra el mismo grupo de resultados 30 que en la Fig. 3. Primero, se calcula el centro de gravedad "global" 31, como en los planteamientos de la realización anterior. Como se puede ver, este centro de gravedad global se encuentra fuera del grupo 30. A continuación, se encuentra el v % de puntos de medición del grupo 30, que están más cerca del centro de gravedad global 31. Estas son las mediciones de posición de alta precisión 32 situadas dentro del círculo 33. Esto requiere en un planteamiento un cálculo de la distancia entre el centro de gravedad global y cada medición de posición de alta precisión 32, seguido por una búsqueda del v % de las mediciones de posición de alta precisión 32 más cercanas. En la Fig. 5, v se selecciona para ser 15 %. Debe observarse que no es necesario clasificar estas mediciones de posición de alta precisión 32 de acuerdo con su cercanía, lo que requeriría un algoritmo más complejo. Los puntos así obtenidos son los que aparecen dentro del círculo 33.

Alternativamente, estos puntos se encuentran incrementando sucesivamente un área circular alrededor del centro de gravedad global 31 y contando el número de mediciones de posición de alta precisión 32 que se encuentran en el interior del área circular. Cuando se alcanza la fracción v %, se han seleccionado todos los puntos del interior del círculo.

Un centro de gravedad local 34, correspondiente a las mediciones de posición de alta precisión 32 que se encuentran en el interior del círculo 33, es entonces calculado. Puede observarse que este centro de gravedad local 34 está ahora casi siempre en el interior del grupo 30.

En la presente realización, en la etapa de contracción 222 de la Fig. 4, el punto de contracción es así seleccionado para ser un centro de gravedad local de un subconjunto de resultados agrupados encerrados por el polígono. El subconjunto es una cantidad predeterminada de todos los resultados agrupados encerrados por el polígono situado más cerca de un centro de gravedad total de todos los resultados agrupados encerrados por el polígono. Asimismo, en una disposición adaptada para operar de acuerdo con tal realización, el dispositivo para asociar (véase la Fig. 2) está dispuesto para seleccionar el punto de contracción como un cálculo local de un subconjunto de resultados

agrupado encerrados por el citado polígono. El subconjunto es una cantidad predeterminada de todos los elementos de los resultados agrupados encerrados por el polígono situado más cerca de un centro de gravedad total de todos los resultados agrupados por el polígono.

5 Para obtener el mejor resultado, el procedimiento es iterado un número predeterminado de veces, donde el nuevo centro de gravedad local reemplaza al centro de gravedad global / centro de gravedad local calculado previamente, en cada repetición. Esto típicamente se lleva a cabo antes de que se ejecuten los algoritmos de contracción del polígono. El centro de gravedad local final es entonces seleccionado como el punto de contracción. En otras palabras, la realización del cálculo del punto de contracción ocurre antes de que se inicie la etapa de contracción del polígono.

10 Como refinado posterior, el proceso puede ser también llevado a cabo después de que se han llevado a cabo un número predeterminado de etapas del algoritmo de contracción del polígono de AECID. Entonces, sólo las mediciones de posición de alta precisión que se encuentran aún en el interior del polígono son utilizadas para el cálculo. Éste es el mejor procedimiento, puesto que el objetivo global de la invención es asegurar que el punto de contracción, hacia el cual se contraen los vértices del polígono, permanece en el interior del polígono. En otras palabras, el cálculo del punto de contracción es llevado a cabo intermitentemente durante la etapa de contracción del polígono. En otra versión refinada, la etapa de llevar a cabo un cálculo del punto de contracción se lleva a cabo sólo si el centro de gravedad total de todos los resultados agrupados encerrados por el polígono se encuentra fuera del interior de los resultados agrupados encerrados por el polígono.

20 Se hace hincapié en que aunque el procedimiento puede parecer simple, es de crucial importancia para que la operación del algoritmo de contracción del polígono de AECID tenga éxito.

Otro planteamiento para conseguir un punto de contracción dentro del grupo sería utilizar un criterio que asegure que el punto de contracción encontrado está situado en el interior del grupo de puntos de medición de alta precisión. Tal criterio necesitaría asegurar que hay un entorno de tamaño mínimo con al menos un número predeterminado (>1) de puntos de referencia de alta precisión del grupo en el entorno del punto de contracción.

25 Para formalizar esto, el vector del punto de contracción se expresa como:

$$r_c = (x_c \quad y_c)^T$$

Y el entorno correspondiente:

$$B_{r_c} = \{(x \quad y)^T \mid (x - x_c)^2 + (y - y_c)^2 \leq \delta\}$$

30 Aquí x e y denotan las coordenadas x- e y- del espacio de 2 dimensiones, y donde δ es una medida del tamaño del entorno. El criterio puede entonces ser formalizado como

$$V = \underset{\substack{x_q, y_c, \delta \\ \kappa(r_{HighPrecision} \in B_{r_c}) = M}}{\text{arg min}} B_{r_c}$$

En el criterio $\kappa()$ cuenta el número de puntos que obedece a la condición de estar en el interior del entorno y M denota el número de puntos (>1) que se requiere que estén en el entorno.

35 En la presente realización, en la etapa de contracción 222 de la Fig. 4, el punto de contracción es así seleccionado como un punto dentro del polígono que tiene una distancia menor hasta el elementos n-ésimo más cercano al resultado agrupado, donde n es uno de un número predeterminado y una fracción predeterminada de todos los resultados agrupados.

40 Asimismo, en una disposición adaptada para operar de acuerdo con tal realización, el dispositivo para asociar (véase la Fig. 2) está dispuesto para seleccionar el punto de contracción como un punto del interior del polígono que tiene la menor distancia al n-ésimo elemento más cercano al resultado agrupado, donde n es uno de un número predeterminado y una fracción predeterminada de todos los resultados agrupados.

45 Debe observarse que la minimización encuentra tanto un punto de contracción como un tamaño mínimo de una esfera alrededor de ese punto de contracción que contiene un número predeterminado de puntos del grupo en su interior. Puesto que también el tamaño de la esfera medido por δ es minimizado, se sigue que la solución al problema de minimización del criterio estará en el interior del grupo.

El problema con el planteamiento es que requiere una búsqueda exhaustiva para su solución, algo que es enormemente complejo. Esta es la razón de por qué se prefiere el planteamiento de la sección previa.

Debe observarse también que el número de puntos interiores M puede también ser variado o iterado.

5 Como en las versiones básicas del AECID, los datos de asistencia para determinación de posición proporcionados pueden ser evaluados con respecto a la propagación de radio real. La etapa de ejecución de la determinación de posición de alta precisión para el equipo de usuario es entonces preferiblemente llevada a cabo bajo demanda.

10 Otro uso de los datos de asistencia para determinación de posición es por supuesto para determinar una posición de un equipo de usuario en una red de comunicaciones celular. Las etapas básicas se ilustran mediante la Fig. 6. El método para determinar una posición de un equipo de usuario en una red de comunicaciones celular se inicia en la etapa 300. En la etapa 302, se obtienen los datos de asistencia para determinación de posición, proporcionados de acuerdo con los principios descritos anteriormente en esta memoria. En la etapa 304, se establece una configuración de relación de celda para que el equipo de usuario sea localizado. Un área en la cual está situado el equipo de usuario se define en la etapa 306 como una definición de área relativa a la configuración de relación de celda establecida. Esta definición de área se determina utilizando los datos de asistencia para determinación de posición. El método finaliza en la etapa 399.

20 El nodo ilustrado en la Fig. 2 es un RNC. No obstante, una disposición para proporcionar datos de asistencia para determinación de posición puede estar comprendida también en otros tipos de nodos dentro de una red de comunicaciones celular real. El dispositivo para establecer una configuración y el dispositivo para obtener datos comprenden en tal caso preferiblemente un receptor dispuesto para recibir datos de la red de comunicaciones celular.

25 Las realizaciones descritas anteriormente deben ser comprendidas como unos pocos ejemplos ilustrativos de la presente invención. Los expertos en la materia comprenderán que pueden hacerse varias modificaciones, combinaciones y cambios a las realizaciones sin separarse del alcance de la presente invención. En particular, diferentes soluciones parciales en las diferentes realizaciones pueden ser combinadas en otras configuraciones, donde sea técnicamente posible. El alcance de la presente invención es, no obstante definido mediante las reivindicaciones adjuntas.

ABREVIATURAS

AECID	- ID de Celda Mejorado Adaptativo	(Adaptive Enhanced Cell-ID, en inglés)
A-GPS	- Sistema de Localización Global Asistido	(Assisted Global Positioning System, en inglés)
GPS	- Sistema de Localización Global	(Global Positioning System, en inglés)
GSM	- Sistema Global para comunicaciones mediante Telefonía Móvil	(Global System for Mobile communications, en inglés)
LTE	- Evolución a Largo Plazo	(Long Term Evolución, en inglés)
OSS-RC	- Sistema de Operación y Soporte – Radio y Núcleo	(Operation and Support System – Radio and Core, en inglés)
OTDOA	- Diferencia de Tiempo de Llegada Observada	(Observed Time Difference Of Arrival, en inglés)
RAB	- Portador de Acceso de Radio	(Radio Access Bearer, en inglés)
RAN	- Red de Acceso de Radio	(Radio Access Network, en inglés)
RANAP	- Parte de Aplicación de Red de Acceso de Radio	(Radio Access Network Application Part, en inglés)
RBS	- Estación de Base de Radio	(Radio Base Station, en inglés)
RNC	- Controlador de Red de Radio	(Radio Network Controller, en inglés)
RRC	- Control de Recurso de Radio	(Radio Resource Control, en inglés)
RTT	- Tiempo de Ida y Vuelta	(Round Trip Time, en inglés)
SMLS	- Centro de Ubicación de Móviles de Servicio	(Service Mobile Location Centre, en inglés)
TA	- Avance de Tiempo	(Timing Advance, en inglés)

UE	- Equipo de Usuario	(User Equipment, en inglés)
WCDMA	- Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha	(Wideband Code Division Multiple Access, en inglés)

APÉNDICE A

Agrupamiento

Las mediciones de alta precisión se obtienen normalmente expresadas en el sistema de referencia geográfica WGS 84. Las mediciones que están disponibles en el tiempo t se expresan:

$$5 \quad \left(lat_j(t_j) \quad long_j(t_j) \right)^T, \quad j = 1, \dots, N(t), \quad (A1)$$

donde $lat_j(t_j)$ y $long_j(t_j)$ expresan la latitud y longitud medidas, respectivamente, en el tiempo t_j . $N(t)$ expresa el número total de mediciones disponibles en el tiempo t.

En el mismo tiempo t_j (con cierta precisión razonable en tiempo), el conjunto activo es muestreado para identidades de celda. El resultado es el vector fila (o puntero):

$$10 \quad \text{Conjunto Activo } t_j = (cID_1(t_j) \quad cID_2(t_j) \quad \dots \quad cID_{N(t_j)}(t_j)), \quad (A2)$$

donde $cID_1(t_j)$ es la identidad de celda de la l-ésima celda más fuerte en la transferencia blanda, para el UE para el cual la localización de alta precisión fue realizada en el tiempo t_j . $N(t_j)$ es el número de celdas en el conjunto activo en el tiempo t_j .

Un puntero posible arbitrario utilizado para agrupar las mediciones, definido de acuerdo con (A2), se expresa mediante:

$$15 \quad \text{Puntero}_k = (\text{Índice}_1(k) \quad \dots \quad \text{Índice}_{N(k)}(k)), \quad k = 1, \dots, K \quad (A3)$$

donde $\text{Índice}_l(k)$ es el l-ésimo componente del puntero k (hijo), $N(k)$ es la dimensión del puntero k y K es el número de contadores. La lista de mediciones de alta precisión correspondiente se denota mediante Lista_k . En el tiempo t:

$$20 \quad \text{Lista}_k(t) = \begin{pmatrix} lat_{k,1}(t_{k,1}) & lat_{k,2}(t_{k,2}) & \dots & lat_{k,M(k,t)}(t_{k,M(k,t)}) \\ long_{k,1}(t_{k,1}) & long_{k,2}(t_{k,2}) & \dots & long_{k,M(k,t)}(t_{k,M(k,t)}) \\ t_{k,1} & t_{k,2} & \dots & t_{k,M(k,t)} \end{pmatrix} \quad (A4)$$

25 donde $M(k,t)$ denota el número de mediciones de alta precisión de la lista k en el tiempo t. Como se ha establecido anteriormente, las mediciones más antiguas de un umbral pre-especificado son descartadas de cada lista. El máximo tamaño de una lista puede ser también especificado, en cuyo caso la medición más antigua es descartada independientemente de su antigüedad cuando llega una nueva medición.

Quando se obtiene una nueva medición de alta precisión y el correspondiente conjunto activo en el tiempo $t_{N(t)+1}$ el algoritmo de agrupamiento opera como sigue:

Para k = 1 a K

Si $\text{Puntero}_k = \text{Conjunto Activo } (t_{N(t)+1})$

$$30 \quad \text{Lista}_k(t_{N(t)+1}) = \left(\text{Lista}_k(t) \begin{pmatrix} lat_{N(t)+1}(t_{N(t)+1}) \\ long_{N(t)+1}(t_{N(t)+1}) \\ t_{N(t)+1} \end{pmatrix} \right)$$

fin

si no

35 no hacer nada

fin

fin

Cálculo del polígono

Notación

Con el fin de facilitar una descripción efectiva del algoritmo, es necesaria la siguiente notación:

$p = (p_1 \dots p_N)$ – un puntero específico, correspondiente a un conjunto activo ordenado específico.

5 $\mathbf{r}_{i,p}^p = (x_{i,p}^p \quad y_{i,p}^p)^T$, $i = 1, \dots, N_p$ – los vértices del polígono correspondiente al conjunto activo p en notación de latitud longitud WGS 84.

$\mathbf{r}_i^p = (x_i^p \quad y_i^p)^T$, $i = 1, \dots, N_p$ – los vértices del polígono correspondiente al conjunto activo p en un sistema de coordenadas Cartesianas tangencial terrestre local, con el origen en alguna parte en el área de cobertura del sistema celular. Los ejes de coordenadas son normalmente este y norte, independientemente de la altitud. Véase por ejemplo, [2] y las referencias que hay en él para detalles acerca de los sistemas de coordenadas.

10 $\mathbf{r}_{j,p}^{m,p} = (x_{j,p}^{m,p} \quad y_{j,p}^{m,p})$, $j = 1, \dots, N_p^m$ – las mediciones de alta precisión utilizadas para determinar los vértices del polígono correspondiente al conjunto activo p . Debe observarse que estas mediciones corresponden a una de las entradas de la Lista_k que corresponde a p .

15 $\mathbf{r}_j^{m,p} = (x_j^{m,p} \quad y_j^{m,p})$, $j = 1, \dots, N_p^m$ – las mediciones de alta precisión utilizadas para determinar los vértices del polígono correspondiente al conjunto activo p . Las mediciones de alta precisión son transformadas al mismo sistema de coordenadas Cartesiano tangencial terrestre local, con el origen en alguna parte en el área de cobertura del sistema celular, que se usó anteriormente.

C^p – La confianza especificada del polígono correspondiente a p . Este valor corresponde a la probabilidad de que el UE esté situado en el interior del polígono, cuando el conjunto activo corresponde a p .

A^p – El área del polígono correspondiente a p .

20 P^p – La región definida por el polígono.

Transformaciones de coordenadas

25 El procedimiento se inicia mediante una transformación de todas las mediciones de alta precisión correspondientes a p al sistema de coordenadas Cartesiano tangencial terrestre local, en el cual todos los cálculos son llevados a cabo. Sólo las nuevas mediciones, que no han sido transformadas todavía necesitan ser procesadas. Véase [2] y las referencias que hay en él para detalles sobre esta transformación de coordenadas estándar.

Problema de minimización del área de celda restringida.

El principio que se encuentra detrás del cálculo del polígono está gobernado por las siguientes tres ideas:

El área del polígono debe ser lo más pequeña posible, maximizando con ello la precisión.

La restricción del valor de la confianza debe ser mantenida, para las mediciones de alta precisión disponibles.

30 Las restricciones geométricas básicas en el polígono deben mantenerse, en particular el requisito de que el polígono no debe cortarse a sí mismo, y que el último punto de vértice numerado está conectado con el primero (carácter de cerrado).

El siguiente problema de minimización puede entonces ser establecido para el cálculo de los vértices del polígono:

$$\{\hat{\mathbf{r}}_1^p, \dots, \hat{\mathbf{r}}_{N_p}^p\} = \arg \min_{\mathbf{r}_1^p, \dots, \mathbf{r}_{N_p}^p} A^p(\mathbf{r}_1^p, \dots, \mathbf{r}_{N_p}^p) \quad (A5)$$

35 sometido a las restricciones geométricas poligonales y

$$\sum_{j=1}^{N_p^m} 1 \geq C^p N_p^m$$

$\mathbf{r}_j^{m,p} \in P^p$

Este es un problema de optimización no lineal. Muchos métodos que pueden aplicarse a la solución de (A5) han sido desarrollados a lo largo de los años. En esta memoria se describe un nuevo algoritmo, que se basa en un planteamiento directo, adaptado al problema existente.

Algoritmo de contracción del polígono

- 5 La principal idea de este algoritmo es empezar con un polígono inicial que contiene todas las mediciones de alta precisión recogidas para el conjunto activo particular. El polígono inicial puede, por ejemplo, ser calculado a partir del centro de gravedad de las mediciones de alta precisión, seguido por un cálculo de la máxima distancia desde este centro de gravedad, para todas las mediciones de alta precisión. Esto define un círculo que contiene todos los puntos de medición de alta precisión. El polígono inicial es entonces seleccionado para contener este círculo.
- 10 A continuación de esta etapa inicial, el área del polígono se reduce entonces en etapas, mediante el movimiento de un punto de vértice seleccionado del polígono hacia el interior hacia el centro de gravedad momentáneo, de manera que un punto de medición de alta precisión es eliminado del interior del polígono, para cada etapa. La reducción de área es llevada a cabo de manera que la reducción de área, en cada etapa, se maximiza, al mismo tiempo que se siguen cumpliendo las restricciones.
- 15 El algoritmo resultante se describe a continuación. El algoritmo se describe en términos de un número de operaciones que se explican primero en sub-secciones.

Centro de gravedad

Puesto que las mediciones de alta precisión son tratadas como puntos (no estocásticos), el centro de gravedad es la media aritmética, es decir:

$$\mathbf{r}_{CG} = (x_{CG} \quad y_{CG}) = \frac{1}{N_p^{m,rem}} \sum_{q=1}^{N_p^{m,rem}} (x_q^{m,p,rem} \quad y_q^{m,p,rem})^T, \quad (A6)$$

donde el superíndice ^{rem} indica mediciones de alta precisión que no han sido eliminadas todavía del interior del polígono que se contrae mediante el algoritmo de contracción del polígono.

Iniciación

- 25 Puesto que la iniciación del algoritmo sólo afecta a las N_p primeras etapas del algoritmo, en esta memoria se toma un planteamiento conservador. La primera etapa es calcular la máxima distancia desde el centro de gravedad, es decir:

$$j_{max}^p = \max_j \sqrt{(x_j^{m,p} - x_{CG})^2 + (y_j^{m,p} - y_{CG})^2} \quad (A7)$$

$$r^p = \sqrt{(x_{j_{max}}^{m,p} - x_{CG})^2 + (y_{j_{max}}^{m,p} - y_{CG})^2}. \quad (A8)$$

- 30 Por ello, todas las mediciones de alta precisión están ahora en el alcance de una distancia r^p del centro de gravedad. Debe observarse que si un número finito de puntos de vértice del polígono se extendiese alrededor de este círculo, no hay garantía de que el polígono contenga todos los puntos de medición de alta precisión.

- 35 Puesto que los puntos iniciales, distribuidos simétricamente alrededor de un círculo, es atractivo, se determina un círculo exterior adicional, de manera que contenga el polígono más simple con tres vértices que contiene al círculo con radio r^p , véase la Fig. 7. Los puntos de vértice del polígono iniciales pueden ser distribuidos alrededor de este círculo exterior con radio R^p . Es geoméricamente obvio que el mayor círculo exterior se obtiene para un polígono definido por la mínima cantidad de vértices, 3.

El radio exterior puede ahora relacionarse con el radio interior calculado mediante la consideración de la Fig. 7. La simetría geométrica muestra que:

$$R^p = \frac{r^p}{\sin(30)} = 2r^p. \quad (A9)$$

Los puntos de vértice de polígono iniciales $\{\mathbf{r}_i^{p,0}\}_{i=1}^{N_p}$ pueden ser entonces distribuidos alrededor del círculo exterior de acuerdo con:

$$x_i^{p,0} = x_{CG} + R^p \cos\left(360 \frac{(i-1)}{N_p}\right) \quad (\text{A10})$$

$$y_i^{p,0} = y_{CG} + R^p \text{sen}\left(360 \frac{(i-1)}{N_p}\right). \quad (\text{A11})$$

Otras estrategias son por supuesto también posibles.

5 Máximo movimiento de vértice

Debe observarse que los cálculos descritos en esta sub-sección consideran los puntos de medición de alta precisión que quedan en el interior del polígono que se contrae, en cada etapa de la iteración. Esto es cierto para (A12)-(A21) y para (A24)-(A26).

Movimiento con respecto a los puntos de medición de alta precisión.

10 Con el fin de evaluar qué vértice del polígono resulta más beneficioso mover hacia el interior en una etapa dada de la iteración, primero es necesario determinar cuál es el movimiento máximo. Esto requiere tener en cuenta dos restricciones:

15 El segundo punto de alta precisión que abandona el polígono cuando un punto de vértice específico es movido hacia el interior a lo largo de la dirección especificada hacia el centro de gravedad restringe el movimiento hacia el interior. Esto requiere una búsqueda sobre todos los puntos de medición de alta precisión que permanecen en el interior del polígono en la etapa específica de la iteración del algoritmo.

20 El primer segmento de línea del polígono que es cortado cuando un punto de vértice específico es movido hacia el interior a lo largo de la dirección especificada hacia el centro de gravedad restringe el movimiento hacia el interior. Esto requiere una búsqueda sobre todos los segmentos de línea (entre puntos de vértice del polígono) del polígono.

Estas dos restricciones necesitan ser comprobadas. Juntas determinan el máximo movimiento hacia el interior.

25 El máximo movimiento de vértice del polígono con respecto a un punto de medición de alta precisión específico puede ser determinado como sigue, en referencia a la Fig. 8. Esa figura muestra una situación con tres vértices de polígono adyacentes $\mathbf{r}_k^p, \mathbf{r}_i^p, \mathbf{r}_l^p$. La numeración arbitraria es debida a la necesidad de cubrir el hecho de que el último y el primero de los puntos de vértice del polígono están conectados. La frontera inicial de polígono se denota como 92 y el interior del polígono como 91.

30 El punto medio r_i^p es movido a continuación hacia el interior hacia el centro de gravedad. Como consecuencia los segmentos de línea que conectan r_k^p y r_i^p , así como r_i^p y r_l^p también se mueven. En algún punto del movimiento el punto de medición de alta precisión considerado puede ser cortado por algunos de estos dos segmentos de línea – los dos necesitan ser comprobados.

Para determinar un punto tentativo de intersección el movimiento de r_i^p se calcula para ser:

$$\mathbf{r}_i^p(\alpha^p) = \mathbf{r}_i^p + \alpha^p(\mathbf{r}_{CG} - \mathbf{r}_i^p) \quad (\text{A12})$$

35 Aquí α^p es un parámetro escalar que varía entre 0 y 1 cuando r_i^p (α) se mueve entre r_i^p y r_{CG} . Debe observarse que esta es una manera estándar para describir un segmento de línea matemáticamente. Debe observarse también que el movimiento puede en este caso extenderse hacia el centro de gravedad.

Un requisito necesario (pero no suficiente) para una intersección de la frontera móvil del polígono con el punto de medición de alta precisión considerado es que $\mathbf{r}_i^p(\alpha^p) - \mathbf{r}_k^p$ y $\mathbf{r}_j^{m,p} - \mathbf{r}_k^p$ resulten paralelos o que

$\mathbf{r}_i^p(\alpha^p) - \mathbf{r}_i^p$ y $\mathbf{r}_j^{m,p} - \mathbf{r}_i^p$ resulten paralelos. Aprovechando el hecho de que el producto cruzado entre vectores paralelos es cero, esto permite el cálculo de α^p . Un álgebra sencilla proporciona los resultados:

$$\alpha_{ik}^{j,p} = \frac{-(x_i^p - x_k^p)(y_j^{m,p} - y_k^p) + (x_j^{m,p} - x_k^p)(y_i^p - y_k^p)}{(x_{CG} - x_i^p)(y_j^{m,p} - y_k^p) - (x_j^{m,p} - x_k^p)(y_{CG} - y_i^p)} \quad (\text{A13})$$

$$\alpha_{il}^{j,p} = \frac{-(x_i^p - x_l^p)(y_j^{m,p} - y_l^p) + (x_j^{m,p} - x_l^p)(y_i^p - y_l^p)}{(x_{CG} - x_i^p)(y_j^{m,p} - y_l^p) - (x_j^{m,p} - x_l^p)(y_{CG} - y_i^p)}. \quad (\text{A14})$$

5 Los subíndices indican los puntos de vértice del polígono que definen el segmento de línea que se está evaluando. El superíndice denota el índice del punto de medición de alta precisión. Tanto (A13) como (A14) son candidatos para ser una restricción activa. Debe observarse no obstante, que un requisito para esto es que:

$$\alpha_{ik}^{j,p} > 0 \quad (\text{A15})$$

$$\alpha_{il}^{j,p} > 0 \quad (\text{A16})$$

En caso de que (A15) y (A16) no se cumplan, la estrategia de intersección correspondiente debe ser descartada.

10 Asumiendo que (A15) y (A16) se cumplen, queda comprobar si el punto de intersección se encuentra entre los puntos que limitan el segmento de línea del polígono. Esto significa que las siguientes ecuaciones deben cumplirse, para algún $\beta_{ik}^{j,p} \in [0,1]$ o bien $\beta_{il}^{j,p} \in [0,1]$:

$$\mathbf{r}_j^{m,p} = \mathbf{r}_i^p(\alpha_{ik}^{j,p}) + \beta_{ik}^{j,p}(\mathbf{r}_k^p - \mathbf{r}_i^p) \quad (\text{A17})$$

$$\mathbf{r}_j^{m,p} = \mathbf{r}_i^p(\alpha_{il}^{j,p}) + \beta_{il}^{j,p}(\mathbf{r}_l^p - \mathbf{r}_i^p). \quad (\text{A18})$$

Puesto que los vectores que conducen a (A13) y (A14) son paralelos, es suficiente considerar una de las coordenadas de (A17) y (A18) cuando se resuelven para β^p . Los resultados son:

$$\beta_{ik}^{j,p} = \frac{x_j^{m,p} - x_i^p(\alpha_{ik}^{j,p})}{x_k^p - x_i^p(\alpha_{ik}^{j,p})} \quad (\text{A19})$$

$$\beta_{il}^{j,p} = \frac{x_j^{m,p} - x_i^p(\alpha_{il}^{j,p})}{x_l^p - x_i^p(\alpha_{il}^{j,p})}. \quad (\text{A20})$$

15 La lógica final necesaria en la evaluación del punto $\mathbf{r}_j^{m,p}$, con respecto al movimiento de \mathbf{r}_i^p , puede ser brevemente resumida como sigue: Siempre que:

$\alpha_{ik}^{j,p} > 0$ y $0 < \beta_{ik}^{j,p} < 1$, $\alpha_{ik}^{j,p}$ representa un máximo movimiento factible para el segmento de línea entre \mathbf{r}_i^p y \mathbf{r}_k^p .

20 $\alpha_{ik}^{j,p} > 0$ y $\beta_{ik}^{j,p} > 1 \vee \beta_{ik}^{j,p} < 0$, $\alpha_{ik}^{j,p}$ representa un punto hacia el interior pero el máximo movimiento factible no es relevante puesto que la intersección está fuera del segmento de línea entre \mathbf{r}_i^p y \mathbf{r}_k^p . En este caso el

movimiento hacia el interior no limitará el mínimo movimiento hacia el interior permitido. Esto se cumple haciendo

$$\alpha_{ik}^{j,p} = \alpha_{\max}, \text{ donde } \alpha_{\max} \text{ es un movimiento hacia el interior grande, digamos } 10.$$

$0 < \beta_{ik}^{j,p} < 1$, $\alpha_{ik}^{j,p}$ representa un máximo movimiento factible para el segmento de línea entre r_i^p y r_k^p . No obstante, puesto que es un movimiento hacia el exterior, será puesto a cero puesto que el algoritmo está diseñado para movimiento hacia el interior.

5 $\alpha_{ii}^{j,p} > 0$ y $0 < \beta_{ii}^{j,p} < 1$, $\alpha_{ii}^{j,p}$ representa un máximo movimiento factible para el segmento de línea entre r_i^p y r_k^p .

10 $\alpha_{ii}^{j,p} > 0$ y $\beta_{ii}^{j,p} > 1 \vee \beta_{ii}^{j,p} < 0$, $\alpha_{ii}^{j,p}$ representa un punto en el interior pero el máximo movimiento factible no es relevante puesto que la intersección está fuera del segmento de línea entre r_i^p y r_k^p . En este caso el movimiento hacia el interior no limitará el mínimo movimiento hacia el interior permitido. Esto se logra haciendo $\alpha_{ii}^{j,p} = \alpha_{\max}$, donde α_{\max} es un movimiento hacia el interior grande, digamos 10.

$\alpha_{ii}^{j,p} < 0$ y $0 < \beta_{ii}^{j,p} < 1$, $\alpha_{ii}^{j,p}$ representa un máximo movimiento factible para el segmento de línea entre r_i^p y r_k^p . No obstante, es un movimiento hacia el exterior, estará puesto a cero puesto que el algoritmo está diseñado para el movimiento hacia el interior.

15 En el caso de que tanto $\alpha_{ik}^{j,p}$ y $\alpha_{ii}^{j,p}$ sean movimientos máximos factibles, se elige el menor.

$$\alpha_i^{j,p} = \begin{cases} \alpha_{\max}, & \alpha_{ik}^{j,p} < 0, \quad \alpha_{ii}^{j,p} > 0, \quad \beta_{ik}^{j,p} \notin [0,1], \quad \beta_{ii}^{j,p} \notin [0,1] \\ \alpha_{ii}^{j,p}, & \alpha_{ik}^{j,p} < 0, \quad \alpha_{ii}^{j,p} > 0, \quad \beta_{ik}^{j,p} \notin [0,1], \quad \beta_{ii}^{j,p} \in [0,1] \\ \alpha_{\max}, & \alpha_{ik}^{j,p} < 0, \quad \alpha_{ii}^{j,p} > 0, \quad \beta_{ik}^{j,p} \in [0,1], \quad \beta_{ii}^{j,p} \notin [0,1] \\ \alpha_{ii}^{j,p}, & \alpha_{ik}^{j,p} < 0, \quad \alpha_{ii}^{j,p} > 0, \quad \beta_{ik}^{j,p} \in [0,1], \quad \beta_{ii}^{j,p} \in [0,1] \\ \alpha_{\max}, & \alpha_{ik}^{j,p} > 0, \quad \alpha_{ii}^{j,p} < 0, \quad \beta_{ik}^{j,p} \notin [0,1], \quad \beta_{ii}^{j,p} \notin [0,1] \\ \alpha_{\max}, & \alpha_{ik}^{j,p} > 0, \quad \alpha_{ii}^{j,p} < 0, \quad \beta_{ik}^{j,p} \notin [0,1], \quad \beta_{ii}^{j,p} \in [0,1] \\ \alpha_{ik}^{j,p}, & \alpha_{ik}^{j,p} > 0, \quad \alpha_{ii}^{j,p} < 0, \quad \beta_{ik}^{j,p} \in [0,1], \quad \beta_{ii}^{j,p} \notin [0,1] \\ \alpha_{ik}^{j,p}, & \alpha_{ik}^{j,p} > 0, \quad \alpha_{ii}^{j,p} < 0, \quad \beta_{ik}^{j,p} \in [0,1], \quad \beta_{ii}^{j,p} \in [0,1] \\ \alpha_{\max}, & \alpha_{ik}^{j,p} > 0, \quad \alpha_{ii}^{j,p} > 0, \quad \beta_{ik}^{j,p} \notin [0,1], \quad \beta_{ii}^{j,p} \notin [0,1] \\ \alpha_{ii}^{j,p}, & \alpha_{ik}^{j,p} > 0, \quad \alpha_{ii}^{j,p} > 0, \quad \beta_{ik}^{j,p} \notin [0,1], \quad \beta_{ii}^{j,p} \in [0,1] \\ \alpha_{ik}^{j,p}, & \alpha_{ik}^{j,p} > 0, \quad \alpha_{ii}^{j,p} > 0, \quad \beta_{ik}^{j,p} \in [0,1], \quad \beta_{ii}^{j,p} \notin [0,1] \\ \min(\alpha_{ik}^{j,p}, \alpha_{ii}^{j,p}), & \alpha_{ik}^{j,p} > 0, \quad \alpha_{ii}^{j,p} > 0, \quad \beta_{ik}^{j,p} \in [0,1], \quad \beta_{ii}^{j,p} \in [0,1] \\ 0, & \text{otro} \end{cases} \quad (A21)$$

Debe observarse que algunos de los casos listados nunca pueden ocurrir. Esto tiene menos consecuencias en el caso de que los cálculos sean implementados de una manera consecutiva, siguiendo el orden de presentación de este documento.

20 Movimiento con respecto a segmentos de línea del polígono

La intersección entre la línea de movimiento viene dada por (A12), y el segmento de línea entre r_m^p y r_n^p , está dado mediante la solución al siguiente sistema de ecuaciones, el cual se resuelve con respecto a los parámetros

$\alpha_{i,mn}^p$ y γ_{mn}^p , donde el subíndice se refiere a los puntos implicados en el cálculo

$$\mathbf{r}_i^p + \alpha_{i,mn}^p (\mathbf{r}_{CG} - \mathbf{r}_i^p) = \mathbf{r}_m^p + \gamma_{mn}^p (\mathbf{r}_n^p - \mathbf{r}_m^p)$$

$$\Leftrightarrow \left((\mathbf{r}_{CG} - \mathbf{r}_i^p) - (\mathbf{r}_n^p - \mathbf{r}_m^p) \right) \begin{pmatrix} \alpha_{i,mn}^p \\ \gamma_{mn}^p \end{pmatrix} = \mathbf{r}_m^p - \mathbf{r}_i^p. \quad (A22)$$

La solución no será calculada para los puntos adyacentes a \mathbf{r}_i^p . Además, la intersección entre las dos líneas se encuentra fuera del segmento de línea relevante entre \mathbf{r}_m^p y \mathbf{r}_n^p en el caso de $\gamma_{mn}^p \notin [0,1]$. Si éste es el caso, la intersección será despreciada en la evaluación del vértice \mathbf{r}_i^p . El requisito de que $\alpha_{i,mn}^p > 0$ también sigue existiendo. Debe observarse también que sólo es necesario resolver (A22) una vez para cada punto de vértice y etapa de la iteración del algoritmo.

Para obtener la imagen completa, (A22) se resuelve primero para todos los segmentos de línea, excluyendo los que son adyacentes a \mathbf{r}_i^p . La solución será el valor mínimo de $\alpha_{i,mn}^p$, de manera que $\alpha_{i,mn}^p > 0$ y $\gamma_{mn}^p \in [0,1]$, se expresa como (debe observarse que puesto que el movimiento es hacia el interior tal solución siempre existe)

$$\alpha_{i,m_0n_0}^p, \gamma_{m_0n_0}^p \quad (A23)$$

Combinación

Puesto que todos los puntos de medición de alta precisión son evaluados a lo largo de la misma dirección en lo que se refiere a las restricciones, pueden ser combinados directamente. Debe observarse también que puesto que un punto debe ser eliminado del interior del polígono para cada etapa de iteración, el punto de medición de alta precisión de límite debe ser seleccionado como el segundo que se activa. El punto de medición de alta precisión que resulta una restricción activa viene por ello dado por (A24), donde (A24) puede ser calculado como sigue:

$$j_{\text{primera}} = \arg \min_{\substack{j \\ \{\mathbf{r}_j^{m,p} \in P^p\}}} \alpha_i^{j,p}$$

$$j_{\text{restricción activa}} = \arg \min_{\substack{j \neq j_{\text{primera}} \\ \{\mathbf{r}_j^{m,p} \in P^p\}}} \alpha_i^{j,p}. \quad (A24)$$

El movimiento correspondiente resulta

$$\alpha_i^{p, \text{restricciones de medición}} = \alpha_i^{j_{\text{restricción activa}}, p}. \quad (A25)$$

El resultado (A25) es finalmente combinado con la restricción compuesta por la posibilidad de una auto-intersección:

$$\alpha_i^{p, \text{Restricciones de todo}} = \min \left(\alpha_i^{p, \text{restricciones de medición}}, \alpha_{i,m_0n_0}^p \right) - \varepsilon, \quad (A26)$$

donde ε es un número pequeño que impide que la restricción se haga exactamente activa, de manera que la búsqueda se inicia fuera del punto de restricción en la siguiente etapa de la iteración.

Reducción de área del polígono obtenida

La reducción de área obtenida sigue con la integración, o de manera equivalente, el cálculo de las áreas bajo las partes del polígono mostradas en la Fig. 9.

Por consideración de los hechos de que:

el área bajo la curva puede ser calculada como sumas de áreas de rectángulos y triángulos,

sólo son las áreas relativas al movimiento y los puntos adyacentes los que resultan afectados por el movimiento,

se sigue que las áreas antes y después del movimiento pueden ser expresadas como

$$A_{i, \text{ antes}}^p = A_0 + \frac{1}{2}(x_i^p - x_k^p)(y_k^p + y_i^p) + \frac{1}{2}(x_i^p - x_i^p)(y_i^p + y_i^p) \quad (\text{A27})$$

$$A_{i, \text{ después}}^p = A_0 + \frac{1}{2}(x_i^p(\alpha_i^{p, \text{ Restricciones a todo}_i}) - x_k^p)(y_k^p + y_i^p(\alpha_i^{p, \text{ Restricciones a todo}_i})) + \frac{1}{2}(x_i^p - x_i^p(\alpha_i^{p, \text{ Restricciones a todo}_i}))(y_i^p(\alpha_i^{p, \text{ Restricciones a todo}_i}) + y_i^p) \quad (\text{A28})$$

La reducción de área obtenida viene por ello dada por

$$\Delta A_i^{p, \text{ Restricciones a todo}} = \left\{ \frac{1}{2}(x_i^p - x_k^p)(y_k^p + y_i^p) + \frac{1}{2}(x_i^p - x_i^p)(y_i^p + y_i^p) - \frac{1}{2}(x_i^p(\alpha_i^{p, \text{ Restricciones a todo}_i}) - x_k^p)(y_k^p + y_i^p(\alpha_i^{p, \text{ Restricciones a todo}_i})) - \frac{1}{2}(x_i^p - x_i^p(\alpha_i^{p, \text{ Restricciones a todo}_i}))(y_i^p(\alpha_i^{p, \text{ Restricciones a todo}_i}) + y_i^p) \right\} \quad (\text{A29})$$

- 5 El máximo de esta medida de reducción de área determina qué vértice mover, mientras que (A12) y (A26) determinan el movimiento.

El algoritmo

En el algoritmo que sigue $N_p^{m, rem}$ denota el número de puntos de movimiento de alta precisión que quedan en el interior del polígono, en cada etapa de iteración del movimiento de cada vértice. El algoritmo para el cálculo del polígono, para un conjunto activo p específico es entonces:

Inicialización:

- Calcular el centro de gravedad de todas las mediciones de alta precisión del grupo (A6).
- Calcular la máxima distancia r desde el centro de gravedad (A7), (A8).
- Calcular el polígono inicial distribuido alrededor del círculo R (A9), (A10), (A11).

- 15 Minimización de área:

1. Repetir hasta que $N_p^{m, rem} < C^p N_p^m$ o bien $\alpha_i^{p, \text{ Restricciones a todo}} \leq 0$ (Bucle de eliminación de medición).

- a. Calcular el centro de gravedad para los puntos que quedan en el interior del polígono (A6).
- b. Para $i = 1$ a N_p (Bucle de evaluación de vértice)

- i. Para $j = 1$ a $N_p^{m, rem}$ (Bucle de evaluación de restricción del punto de medición)

- 20 A. Calcular y almacenar el movimiento de vértice permitido, restringido a punto inteligente (A21).

- ii. Fin (Bucle de evaluación de restricción del punto de medición).

- iii. Calcular y almacenar el movimiento, combinado, de restricción de medición permitido (A24), (A25).

- 25 iv. Calcular y almacenar el movimiento, restringido por auto-intersección, permitido (A23).

v. Calcular y almacenar el movimiento combinado permitido, restringido por medición y auto-intersección (A26).

c. Fin (Bucle de evaluación de movimiento de vértice).

d. Encontrar el vértice con índice i_0 correspondiente a la reducción de área máxima.

5

e. Actualizar (A12) el vértice i_0 con el movimiento $\alpha_{i_0}^p$ p, Restricciones a todo.

f. Eliminar el punto de medición de alta precisión que ya no está en el interior del polígono, de cualquier lista de puntos interiores.

$$g. N_p^{m,rem} := N_p^{m,rem} - 1.$$

2. Fin (Bucle de eliminación de medición).

10

3. Transformar los puntos de vértice finales del polígono en latitudes y longitudes de WGS 84c.

REIVINDICACIONES

1. Un método para proporcionar datos de asistencia para determinación de posición con propósitos de localización de ID de celda mejorada adaptativa en una red de posición celular, que comprende las etapas de:

establecer (210) una configuración de relación de celda para un equipo de usuario;

5 llevar a cabo (212) una determinación de posición de alta precisión para el citado equipo de usuario;

repetir (213) las citadas etapas de establecimiento y funcionamiento una pluralidad de veces;

agrupar (214) los resultados de las citadas determinaciones de posición de alta precisión que pertenecen a la misma configuración de relación de celda en resultados agrupados separados;

asociar (220) una definición de área con al menos uno de los citados resultados agrupados mediante:

10 encerrar (221) los citados resultados agrupados mediante un polígono;

contraer (222) el citado polígono moviendo los vértices del polígono hacia un punto de contracción; y

definir (223) la citada definición de área como un polígono contraído que comprende una fracción predeterminada de los citados resultados agrupados;

15 crear (230) datos de asistencia para determinación de posición que comprenden una relación entre las citadas configuraciones de relación de celda y las citadas definiciones de área asociadas,

caracterizado porque

el citado punto de contracción siempre se selecciona para que esté situado en el interior de los citados resultados agrupados, donde el citado punto de contracción está localmente rodeado por resultados agrupados individuales.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque**

20 el citado punto de contracción es un centro de gravedad local de un subconjunto de los resultados agrupados encerrados por el citado polígono; y el citado subconjunto es una cantidad predeterminada de todos los elementos de los resultados agrupados encerrados por el citado polígono situado más cerca de un centro de gravedad total de todos los resultados agrupados encerrados por el citado polígono.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque**

25 el citado punto de contracción es seleccionado como un punto dentro del citado polígono que tiene una distancia menor al n-ésimo elemento más cercano del citado resultado agrupado, donde n es uno de un número predeterminado y una fracción predeterminada de todos los resultados agrupados.

4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por** realizar un cálculo del citado punto de contracción antes de que la citada etapa de contracción del polígono empiece.

30 5. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por** realizar un cálculo del citado punto de contracción intermitentemente durante la citada etapa de contracción del citado polígono.

35 6. El método de acuerdo con la reivindicación 4 ó 5, **caracterizado porque** la citada etapa de realizar un cálculo del citado punto de contracción se lleva a cabo sólo si el citado centro de gravedad total de todos los resultados agrupados encerrados por el citado polígono se encuentra fuera del interior de los resultados agrupados encerrados por el citado polígono.

7. Un método para la planificación de una red de radio, que comprende las etapas de:

obtener datos de asistencia para determinación de posición proporcionados de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6;

40 que la citada etapa de realizar (212) una determinación de posición de alta precisión sea realizada bajo demanda; y

evaluar los citados datos de asistencia para determinación de posición con respecto a la propagación de radio real.

8. Un método para determinar una posición de un equipo de usuario en una red de comunicaciones celular, que comprende las etapas de:

obtener (302) datos de asistencia para determinación de posición proporcionados de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6;

establecer (304) una configuración de relación de celda para el citado equipo de usuario; y

5 determinar (306), mediante los citados datos de asistencia para determinación de posición, una definición de área relativa a la citada configuración de relación de celda definiendo un área en la cual está situado el equipo de usuario.

9. Una disposición para proporcionar datos de asistencia para determinación de posición con propósitos de localización de ID de celda mejorada adaptativa relativa a una red de comunicaciones celular, que comprende:

10 un dispositivo para establecer (61) una configuración dispuesto para establecer una configuración de relación de celda para un equipo de usuario (20);

un dispositivo para obtener datos (66) dispuesto para obtener datos de una determinación de posición de alta precisión para el citado equipo de usuario (20);

15 un agrupador (62) conectado al citado dispositivo para establecer una configuración (61) y al citado dispositivo para obtener datos (66) y dispuesto para agrupar resultados de las citadas determinaciones de posición de alta precisión que pertenecen a la misma configuración de relación de celda en resultados agrupados separados; y

un dispositivo para asociar (63) conectado al citado agrupador (62) y dispuesto para asociar una definición de área con al menos uno de los citados resultados agrupados y crear datos de asistencia para determinación de posición que comprenden una relación entre las citadas configuraciones de relación de celda y las citadas definiciones de área asociadas;

20 estando el citado dispositivo para asociar (63) dispuesto también para encerrar los citados resultados agrupados mediante un polígono, contrayendo el citado polígono moviendo los vértices del polígono hacia un punto de contracción, y definiendo la citada definición de área como un polígono contraído que comprende una fracción predeterminada de los citados resultados agrupados,

caracterizado porque

25 el citado dispositivo para asociar (63) está también dispuesto para seleccionar el citado punto de contracción siempre para estar situado en el interior de los citados resultados agrupados, donde el citado punto de contracción está localmente rodeado por resultados agrupados individuales.

10. La disposición de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizada porque**

30 el citado dispositivo para asociar (63) está dispuesto para seleccionar el citado punto de contracción como un centro de gravedad local de un subconjunto de los resultados agrupados encerrados por el citado polígono;

siendo el citado subconjunto una cantidad predeterminada de todos los elementos de los resultados agrupados encerrados por el citado polígono situado más cerca de un centro de gravedad total de todos los resultados agrupados encerrados por el citado polígono.

11. La disposición de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizada porque**

35 el citado dispositivo para asociar (63) está dispuesto para seleccionar el citado punto de contracción como un punto en el interior del citado polígono que tiene una distancia menor al n-ésimo elemento del citado resultado agrupado, donde n es uno de un número predeterminado y una fracción predeterminada de todos los resultados agrupados.

12. Una disposición para determinar una posición de un equipo de usuario (20) en una red de comunicaciones celular, que comprende:

40 una disposición preparada para proporcionar datos de asistencia para determinación de posición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11;

un dispositivo para establecer una configuración (61) dispuesto para establecer una configuración de relación de celda para el citado equipo de usuario; y

45 un dispositivo para determinar una posición (69) conectado a la citada disposición preparada para proporcionar datos de asistencia para determinación de posición y al citado dispositivo para establecer una configuración (61), y dispuesto para determinar, mediante los citados datos de asistencia para determinación de posición, una definición de área relativa a la citada configuración de relación de celda definiendo un área en la cual está situado el citado equipo de usuario.

13. Un nodo de una red de comunicaciones celular, que comprende una disposición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12.

14. Una red de comunicaciones celular, que comprende una disposición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12.

5 15. Un nodo, que comprende:

una disposición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12;

el citado dispositivo para establecer una configuración (61) y el citado dispositivo para obtener datos (66), que comprenden un receptor dispuesto para recibir datos de una red de comunicaciones celular.

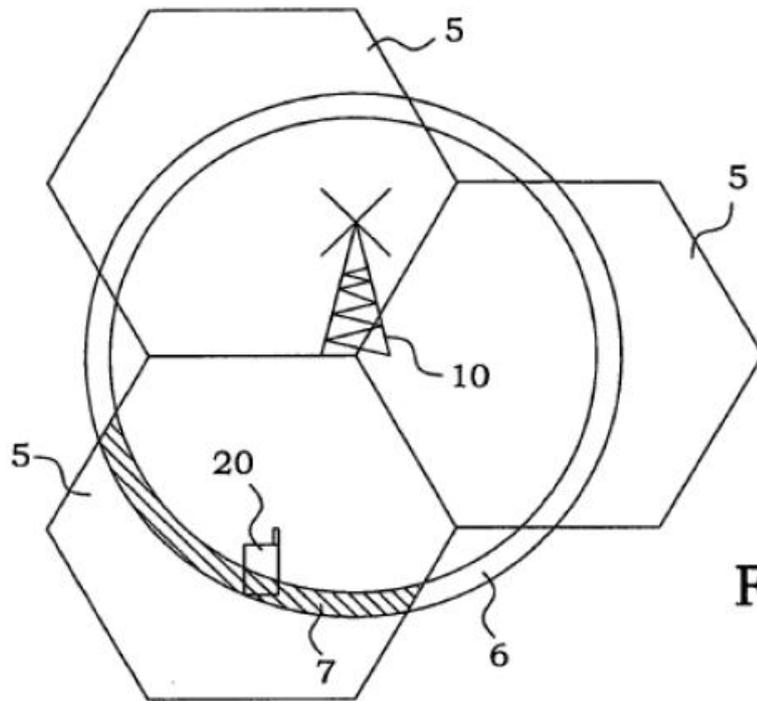


Fig. 1

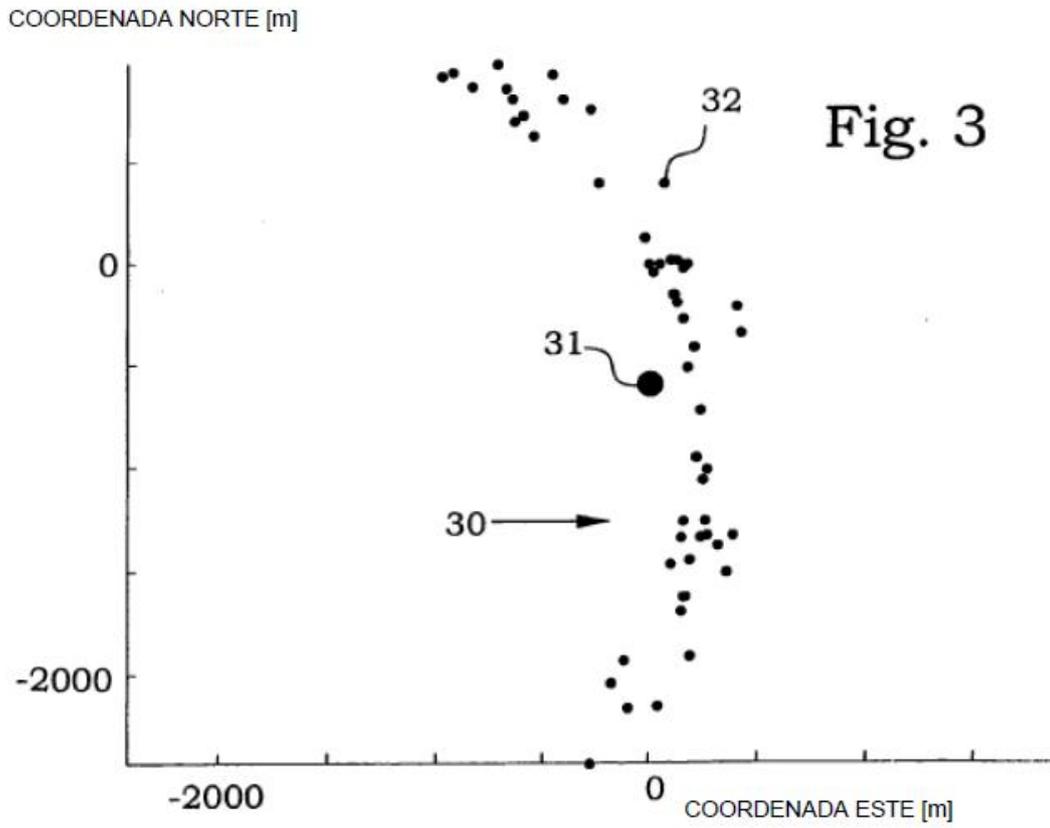
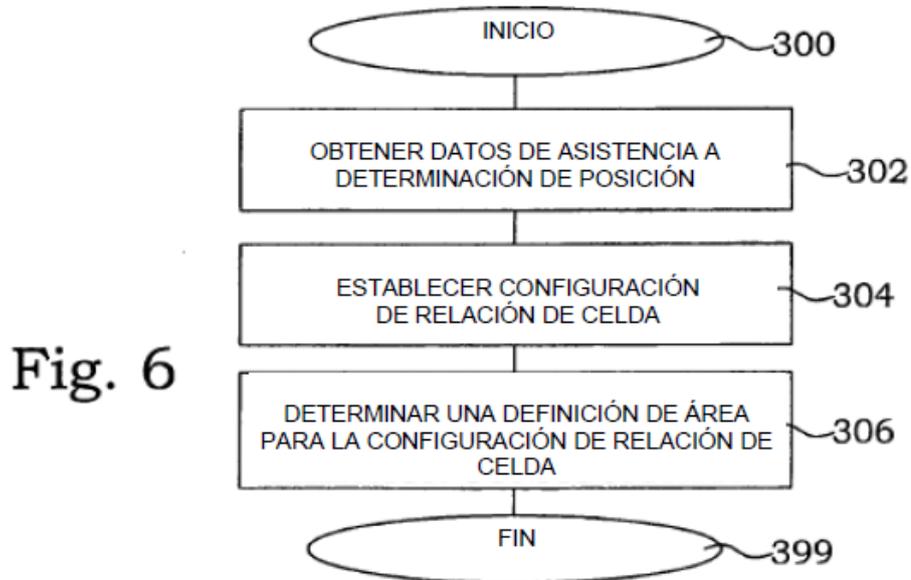
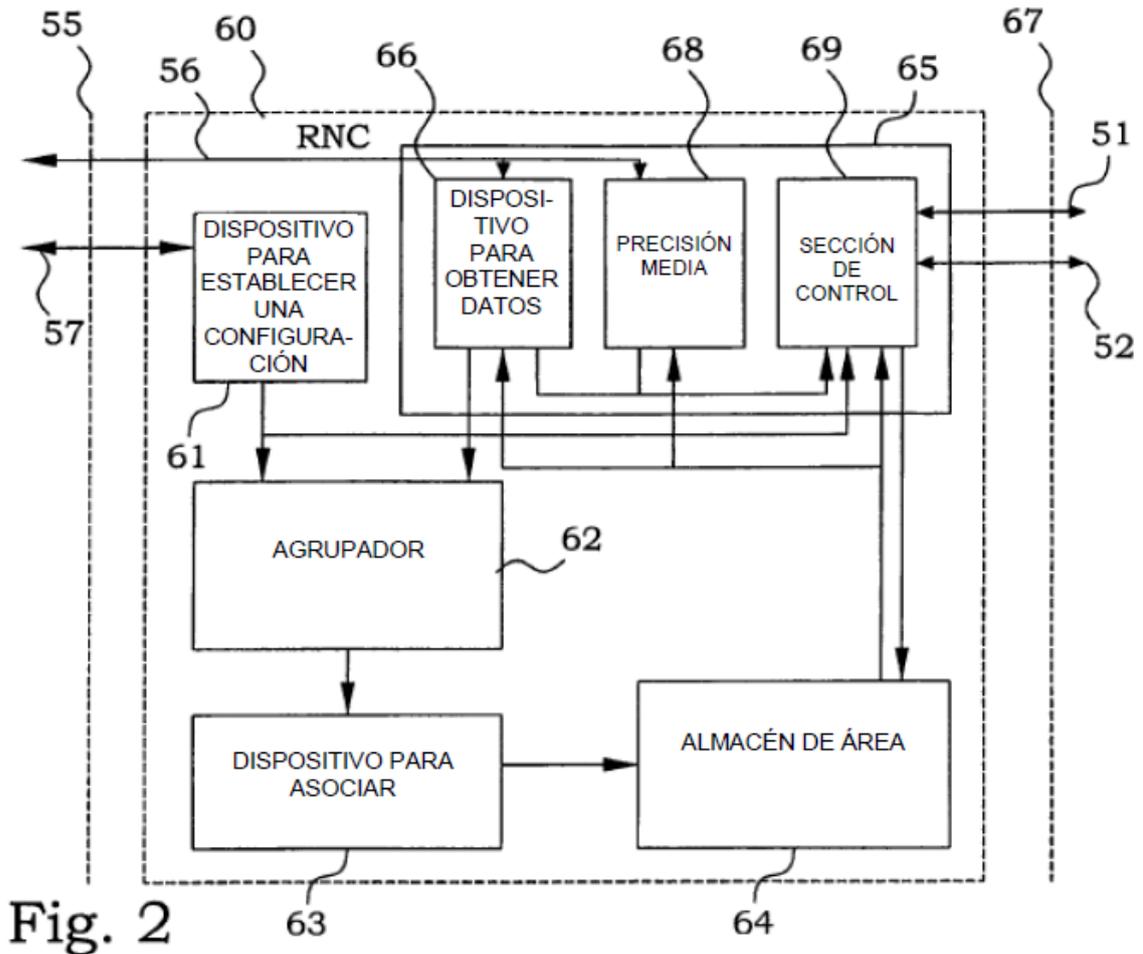


Fig. 3



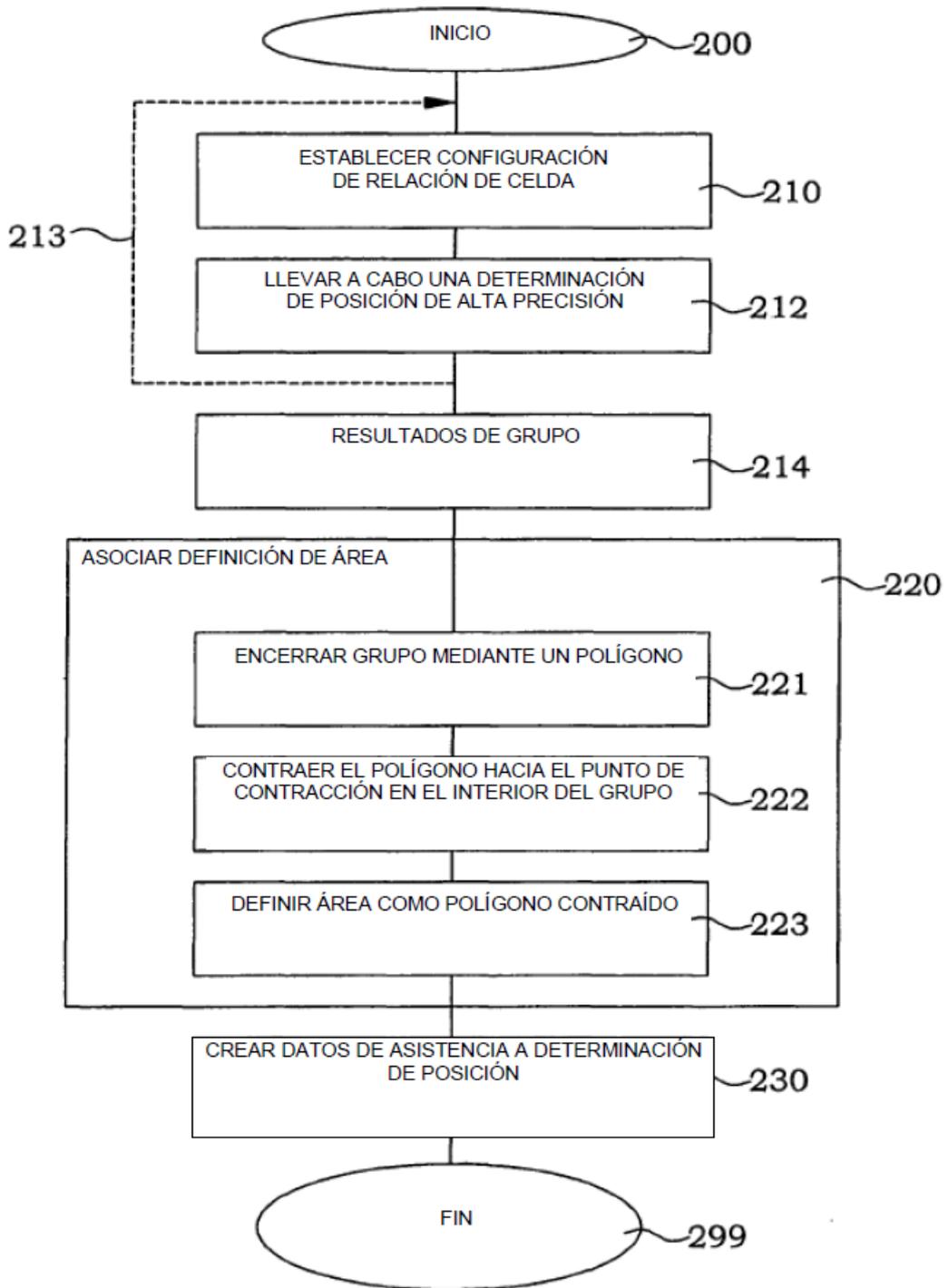


Fig. 4

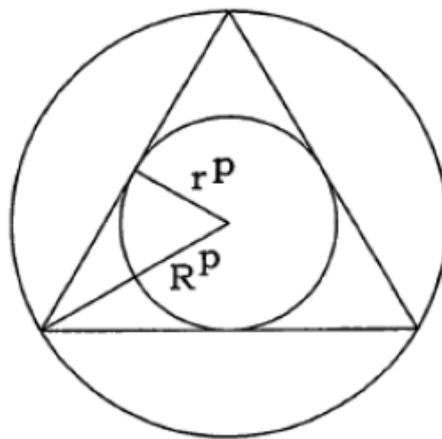
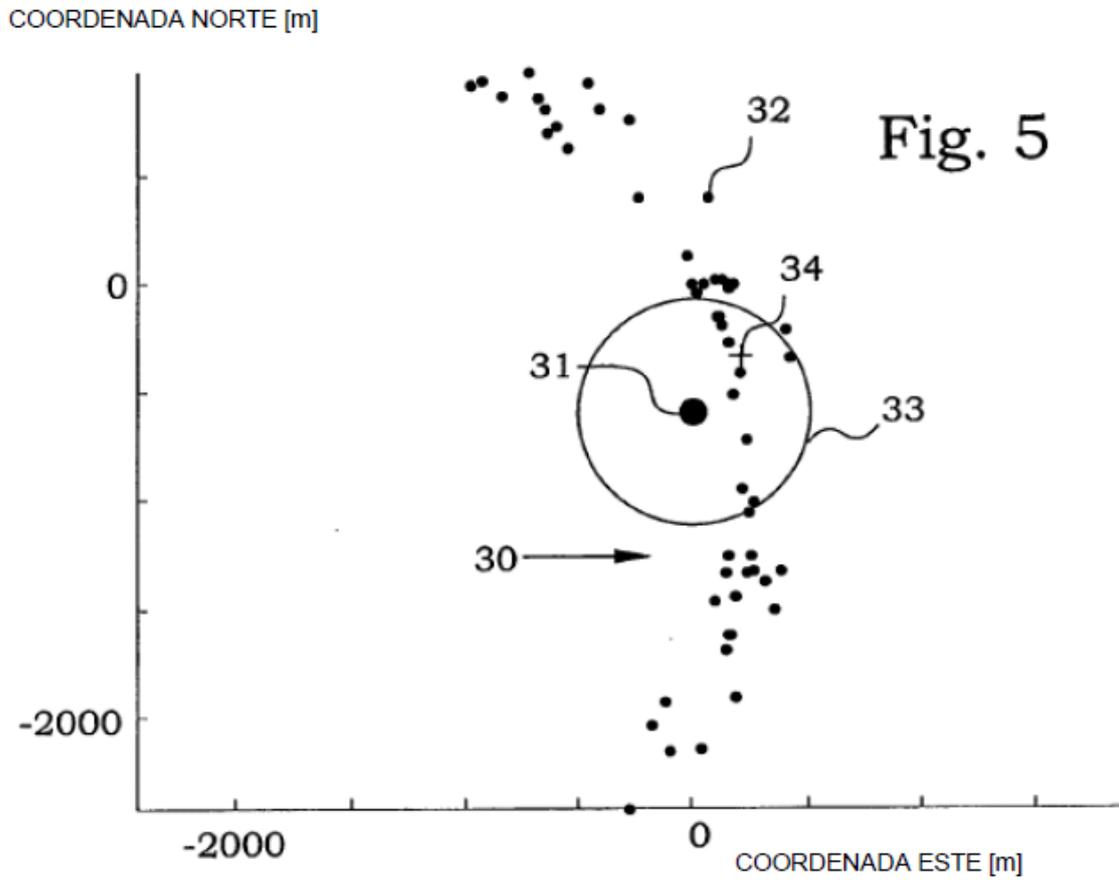


Fig. 7

