

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 386 669**

51 Int. Cl.:  
**H04W 64/00** (2009.01)  
**G01S 5/02** (2010.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **02714730 .5**
- 96 Fecha de presentación: **10.01.2002**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1417847**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.05.2004**

54 Título: **Procedimiento mejorado para la estimación TDOA y el FDOA en un sistema de localización inalámbrico**

30 Prioridad:  
**18.07.2001 US 908998**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**24.08.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**24.08.2012**

73 Titular/es:  
**TRUEPOSITION, INC.  
780 FIFTH AVENUE  
KING OF PRUSSIA, PA 19406, US y  
MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY**

72 Inventor/es:  
**ANDERSON, Robert J.;  
ROGERS, Alan E. E. y  
STILP, Louis A.**

74 Agente/Representante:  
**Carpintero López, Mario**

**ES 2 386 669 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

Procedimiento mejorado para la estimación TDOA y el FDOA en un Sistema de Localización Inalámbrico

La presente invención se refiere a procedimientos y aparatos usados en la localización de transmisores inalámbricos, tales como los usados en sistemas celulares analógicos o digitales, sistemas de comunicaciones personales (PCS), radios móviles especializadas mejoradas (ESMR) y otros tipos de sistemas de comunicaciones inalámbricos.

Un trabajo pionero en relación a los Sistemas de Localización Inalámbricos se describe en la Patente de Estados Unidos Nº 5.327.144, del 5 de julio de 1994, "Cellular Telephone Location System", que desvela un sistema para la localización de teléfonos celulares usando novedosas técnicas de diferencia en el tiempo de llegada (TDOA). Se desvelan mejoras adicionales al sistema desvelado en la patente 5.327.144 en la Patente de Estados Unidos Nº 5.608.410, del 4 de marzo de 1997, "System for Locating a Source of Bursty Transmissions". En particular, la Patente de Estados Unidos Nº 5.608.410 desvela un sistema para la localización del transmisor en el que se usa un algoritmo de estimación de probabilidad máxima para generar una matriz de valores de la diferencia en el tiempo de llegada y de la diferencia en la frecuencia de llegada. Todos los datos en la matriz se examinan para determinar el pico absoluto y se realiza una interpolación fina para resolver mejor posibles estimaciones. TruePosition ha continuado desarrollando mejoras significativas a los conceptos inventivos originales y ha desarrollado técnicas para mejorar adicionalmente la precisión de los sistemas de localización inalámbricos en tanto que se reduce significativamente el coste de estos sistemas. Las patentes relativas a dichas mejoras incluyen: Patente de Estados Unidos Nº 6.091.362, 18 de julio de 2000, "Bandwidth Synthesis for Wireless Location System"; Patente de Estados Unidos Nº 6.097.336, 1 de agosto de 2000, "Method for Improving the Accuracy of a Wireless Location System"; Patente de Estados Unidos Nº 6.115.599, 5 de septiembre de 2000, "Directed Retry Method for Use in a Wireless Location System"; Patente de Estados Unidos Nº 6.172.644 B1, 9 de enero de 2001, "Emergency Location Method for a Wireless Location System"; y Patente de Estados Unidos Nº 6.184.829 B1, 6 de febrero de 2001, "Calibration for Wireless Location System".

Durante los últimos pocos años, la industria celular ha aumentado el número de protocolos de interfaz por aire disponibles para su uso con teléfonos inalámbricos, aumentado el número de bandas de frecuencia en las que pueden operar los teléfonos inalámbricos o móviles y ha expandido el número de expresiones que se refieren o se relacionan con los teléfonos móviles para incluir "servicios de comunicaciones personales", "inalámbricos" y otros. Los protocolos de interfaz por aire incluyen ahora AMPS, N-AMPS, TDMA, CDMA, GSM, TACS, ESMR, GPRS, EDGE y otros. Los cambios en la terminología y el aumento en el número de interfaces por aire no cambian los principios básicos y las invenciones descubiertas y mejoradas por los inventores. Sin embargo, adaptándose a la terminología actual de la industria, los inventores llaman ahora al sistema descrito en el presente documento un *Sistema de Localización Inalámbrico*.

Los inventores han realizado extensos experimentos con la tecnología del Sistema de Localización Inalámbrico para demostrar tanto la viabilidad como el valor de la tecnología. Por ejemplo, se han realizado varios experimentos durante varios meses de 1995 y 1996 en las ciudades de Filadelfia y Baltimore para verificar la capacidad del sistema para mitigar el multitrayecto en entornos urbanos grandes. A continuación, en 1996 los inventores construyeron un sistema en Houston para ensayar la efectividad de la tecnología en esta área y su capacidad para una interfaz directa con los sistemas E9-1-1. A continuación, en 1997, el sistema se ensayó en un área de 906 kilómetros cuadrados (350 millas cuadradas) en Nueva Jersey y se usó para localizar llamadas reales al 9-1-1 de gente real en problemas. Desde ese momento, los ensayos del sistema se han expandido para incluir 125 emplazamientos celulares cubriendo un área de más de 5180 kilómetros cuadrados (2000 millas cuadradas). Durante todos estos ensayos, las técnicas expuestas y desveladas en el presente documento se probaron respecto a su efectividad y se desarrollaron adicionalmente y el sistema se ha demostrado que supera las limitaciones de otros enfoques que se han propuesto para la localización de teléfonos inalámbricos. En realidad, desde diciembre de 1998, ningún otro Sistema de Localización Inalámbrico se ha instalado en ningún otro lugar del mundo que sea capaz de localizar a comunicantes con el 9-1-1 reales. La innovación del Sistema de Localización Inalámbrico desvelado en el presente documento ha sido reconocida por la industria inalámbrica mediante una extensa cantidad de cobertura de los medios dada a las capacidades del sistema, así como mediante premios. Por ejemplo, el prestigioso Wireless Appy Award adjudicado al sistema por la Cellular Telephone Industry Association en octubre de 1997 y la Christopher Columbus Fellowship Foundation y Discover Magazine encontraron el Sistema de Localización Inalámbrico como una de las 4 innovaciones más importantes de 1998 entre 4000 nominaciones remitidas.

El valor y la importancia del Sistema de Localización Inalámbrico han sido reconocidos por la industria de comunicaciones inalámbrica. En junio de 1996, la Federal Communications Commission editó los requisitos para el despliegue por parte de la industria de comunicaciones de sistemas de localización para su uso en la localización de comunicantes inalámbricos al 9-1-1, con el plazo de octubre de 2001. La localización de comunicantes inalámbricos al E9-1-1 reducirá el tiempo de respuesta, salvará vidas y ahorrará costes enormes debido al uso reducido de recursos en la respuesta a emergencias. Además, numerosos informes y estudios han llegado a la conclusión de que varias aplicaciones inalámbricas, tal como facturación sensible a la localización, gestión de flotas y otros, tendrán un gran valor comercial en los próximos años.

Antecedentes sobre los sistemas de comunicaciones inalámbricos

Hay muchos tipos diferentes de protocolos de interfaz por aire usados para sistemas de comunicaciones inalámbricos. Estos protocolos se usan en diferentes bandas de frecuencia, tanto en los Estados Unidos como internacionalmente. La banda de frecuencia no impacta en la eficacia del Sistema de Localización Inalámbrico para la localización de teléfonos inalámbricos.

Todos los protocolos de interfaz por aire usan dos tipos de "canales". El primer tipo incluye canales de control que se usan para transmitir información acerca del teléfono o transmisor inalámbrico, para el inicio o finalización de llamadas o para transferir datos en ráfagas. Por ejemplo, algunos tipos de servicios de mensajes cortos transfieren datos a través del canal de control. En diferentes interfaces por aire, los canales de control son conocidos por una tecnología diferente, pero el uso de los canales de control en cada interfaz por aire es similar. Los canales de control en general tienen información de identificación sobre el teléfono o transmisor inalámbrico contenida en la transmisión. Los canales de control incluyen también varios protocolos de transferencia de datos que no son específicos de voz, éstos incluyen el Servicio General de Paquetes de Radio (GPRS), tasa de Datos Mejorada para la Evolución de GSM (EDGE) y GPRS Mejorado (EGPRS).

El segundo tipo incluye canales de voz que se usan típicamente para transmitir comunicaciones de voz a través de la interfaz por aire. Estos canales se usan sólo después de que se haya establecido una llamada usando los canales de control. Los canales de voz usarán típicamente recursos dedicados dentro del sistema de comunicaciones inalámbrico mientras que los canales de control usarán recursos compartidos. Esta distinción hará en general más efectivo en coste el uso de los canales de control para finalidades de localización inalámbrica que el uso de canales de voz, aunque hay algunas aplicaciones para las que se desea la localización regular sobre el canal de voz. Los canales de voz en general no tienen información de identificación sobre el teléfono o transmisor inalámbrico en la transmisión. Se explican a continuación algunas de las diferencias en los protocolos de interfaz por aire.

AMPS – Es el protocolo de interfaz por aire original usado para comunicaciones celulares en los Estados Unidos. En el sistema AMPS, se asignan canales dedicados separados para su uso por los canales de control (RCC). De acuerdo con la norma TIA/EIA IS-553A, cada bloque del canal de control debe comenzar en un canal celular 333 ó 334, pero el bloque puede tener una longitud variable. En los Estados Unidos, por convención, el bloque del canal de control AMPS es de 21 canales de ancho, pero es también conocido el uso de un bloque de 26 canales. Un canal de voz inverso (RVC) puede ocupar cualquier canal que no esté asignado a un canal de control. La modulación del canal de control es FSK (modulación por desplazamiento de frecuencia), mientras que los canales de voz se modulan acusando FM (modulación de frecuencia).

N-AMPS – Esta interfaz por aire es una expansión del protocolo de interfaz por aire AMPS y se define en la norma EIA/TIA IS-88. Los canales de control son sustancialmente los mismos que para el AMPS; sin embargo, los canales de voz son diferentes. Los canales de voz ocupan menos de 10 kHz de ancho de banda, respecto a los 30 kHz usados por AMPS y la modulación es FM.

TDMA – Esta interfaz es conocida también como D-AMPS y se define en la norma EIA/TIA IS-136. Esta interfaz por aire se caracteriza por el uso de separación tanto en frecuencia como en tiempo. Los canales de control son conocidos como Canales de Control Digitales (DCCH) y se transmiten en ranuras de tiempo asignadas para su uso por el DCCH. A diferencia del AMPS, el DCCH puede ser asignado en cualquier lugar de la banda de frecuencias, aunque hay generalmente algunas asignaciones de frecuencia que son más atractivas que otras en base al uso de bloques de probabilidad. Los canales de voz son conocidos como Canales de Tráfico Digital (DTC). Los DCCH y DTC pueden ocupar la misma asignación de frecuencia, pero no la misma asignación de ranura de tiempo en una asignación de frecuencia dada. Los DCCH y DTC usan el mismo esquema de modulación, conocido como  $\pi/4$  DQPSK (modulación por desplazamiento de fase en cuadratura diferencial). En la banda celular, un proveedor puede usar tanto los protocolos AMPS como TDMA, siempre que las asignaciones de frecuencia para cada protocolo se mantengan separadas. Un proveedor puede agregar también canales digitales para soportar protocolos de transferencia de datos de alta velocidad tales como GPRS y EDGE.

CDMA – Esta interfaz por aire se define por la norma EIA/TIA IS-95A. Esta interfaz por aire se caracteriza por el uso de separación tanto de frecuencia como de código. Sin embargo, debido a que los emplazamientos de células adyacentes pueden usar los mismos conjuntos de frecuencias, la CDMA se caracteriza también por un control de potencia muy cuidadoso. Este control de potencia conduce a una situación conocida para los expertos en la materia como el problema cerca-lejos, que hace que sea difícil que funcione apropiadamente la localización inalámbrica para la mayoría de los enfoques. Los canales de control son conocidos como Canales de Acceso y los canales de voz son conocidos como Canales de Tráfico. Los Canales de Acceso y de Tráfico pueden compartir la misma banda de frecuencia, pero están separados por el código. Los Canales de Acceso y de Tráfico usan el mismo esquema de modulación, conocido como OQPSK. El CDMA puede soportar protocolos de transferencia de datos de alta velocidad mediante la agregación de códigos.

GSM – Esta interfaz por aire se define por la norma internacional de Sistema Global para las Comunicaciones Móviles. Como el TDMA, el GSM se caracteriza por el uso de separación tanto en frecuencia como en tiempo. El ancho de banda del canal es de 200 kHz, que es más ancho que los 30 kHz usados para TDMA. Los canales de

control son conocidos como Canales de Control Dedicados Independientes (SDCCH) y se transmiten en ráfagas en ranuras de tiempo asignadas para su uso por el SDCCH. El SDCCH puede ser asignado en cualquier lugar en la banda de frecuencia. Los canales de voz son conocidos como Canales de Tráfico (TCH). Los SDCCH y TCH pueden ocupar las mismas asignaciones de frecuencia, pero no la misma asignación de ranura de tiempo en una asignación de frecuencia dada. Los SDCCH y TCH usan el mismo esquema de modulación, conocido como GMSK. El GSM puede soportar también protocolos de transferencia de datos más elevados tales como GPRS y EGPRS.

En la presente memoria, la referencia a cualquiera de las interfaces por aire debe referirse a todas las interfaces por aire, salvo que se especifique lo contrario. Adicionalmente, una referencia a los canales de control o canales de voz se debe referir a todos los tipos de canales de control o de voz, cualquiera que sea la terminología preferida para una interfaz por aire particular. Finalmente, hay muchos tipos de interfaces por aire usadas en todo el mundo y no hay intención de excluir ninguna interfaz por aire de los conceptos inventivos descritos dentro de la presente especificación. Realmente, los expertos en la materia reconocerán que otras interfaces usadas en otros lugares son derivadas o similares en clase a las descritas anteriormente.

### **Sumario de la invención**

Como es bien conocido para los expertos en la materia de localización inalámbrica, los valores TDOA medidos se pueden emplear para determinar la localización geográfica de un transmisor inalámbrico. De modo similar, los valores FDOA medidos se pueden emplear para determinar la velocidad de un transmisor inalámbrico. La presente invención se dirige particularmente a procedimientos mejorados para la determinación de tales valores TDOA y/o FDOA. La invención se puede usar para limitar las frecuencias y el período de tiempo examinado respecto a la presencia de la señal a ser localizada, lo que puede dar como resultado mejoras en términos de una mejor detección de la señal, más baja detección de señales falsas y un uso rápido y más eficiente de los recursos de procesamiento para localizar una llamada.

Por ejemplo, en una implementación de ejemplo, un procedimiento usado en la localización de un transmisor móvil incluye proporcionar un conjunto de valores de correlación cruzada, en el que cada valor de correlación cruzada se asocia con una estimación TDOA y/o FDOA correspondiente y se produce mediante la correlación cruzada de una señal de referencia con una señal cooperante. La señal de referencia comprende una copia de una señal transmitida por el transmisor móvil tal como se recibe en una primera antena y la señal cooperante comprende una copia de la misma señal como se recibe en una segunda antena. El procedimiento incluye además la determinación de un intervalo más probable de las estimaciones de TDOA y/o FDOA y a continuación la identificación de un valor de correlación cruzada último dentro del subconjunto de valores de correlación cruzada que corresponden al intervalo más probable de estimaciones TDOA y/o FDOA. El valor TDOA y/o FDOA que corresponde al valor de correlación cruzada óptimo se emplea a continuación en el cálculo de la localización del transmisor móvil.

La invención se refiere a un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 y a un sistema de acuerdo con la reivindicación 17.

Se desvelarán a continuación otras características y ventajas de la invención.

### **Breve descripción de los dibujos**

Las Figuras 1 y 1A representan esquemáticamente un Sistema de Localización Inalámbrico de acuerdo con la presente invención.

La Figura 2 representa esquemáticamente un Sistema de Recogida de Señal (SCS) de acuerdo con la presente invención.

La Figura 2A representa esquemáticamente un módulo receptor 10-2 empleado por el Sistema de Recogida de Señal.

Las Figuras 2B y 2C representan esquemáticamente formas alternativas de acoplamiento del módulo o módulos receptores 10-2 a las antenas 10-1.

La Figura 2C-1 es un diagrama de flujo de un proceso empleado por el Sistema de Localización Inalámbrico cuando usa módulos receptores de banda estrecha.

La Figura 2D representa esquemáticamente un módulo DSP 10-3 empleado en el Sistema de Recogida de Señal de acuerdo con la presente invención.

La Figura 2E es un diagrama de flujo del funcionamiento del módulo o módulos DSP 10-3 y la Figura 2E-1 es un diagrama de flujo del proceso empleado por los módulos DSP para la detección de canales activos.

La Figura 2F representa esquemáticamente un Módulo de Control y Comunicaciones 10-5 de acuerdo con la presente invención.

Las Figuras 2G-2J representan aspectos de los procedimientos de calibración SCS actualmente preferidos.

La Figura 2G es una ilustración esquemática de los valores de línea base y de error usados para explicar un procedimiento de calibración externo de acuerdo con la presente invención. La Figura 2H es un diagrama de flujo de un procedimiento de calibración interna. La Figura 2I es una función de transferencia de ejemplo de un canal de control AMPS y la Figura 2J representa una señal combinada de ejemplo.

5 Las Figuras 2K y 2L son diagramas de flujo de dos procedimientos para la supervisión del rendimiento del Sistema de Localización Inalámbrico de acuerdo con la presente invención.

La Figura 3 representa esquemáticamente un Procesador de Localización TDOA 12 de acuerdo con la presente invención.

10 La Figura 3A representa la estructura de un mapa de red de ejemplo mantenido por los controladores TLP de acuerdo con la presente invención.

Las Figuras 4 y 4A representan esquemáticamente diferentes aspectos de un Procesador de Aplicaciones 14 de acuerdo con la presente invención.

La Figura 5 es un diagrama de flujo de un procedimiento de procesamiento de la localización en base a estación central de acuerdo con la presente invención.

15 La Figura 6 es un diagrama de flujo de un procedimiento de procesamiento de la localización en base a estación de acuerdo con la presente invención.

La Figura 7 es un diagrama de flujo de un procedimiento para la determinación, para cada transmisión para la que se desea la localización, de si emplear un procesamiento en base a central o en estación.

20 La Figura 8 es un diagrama de flujo de un proceso dinámico usado para seleccionar las antenas cooperantes y los SCS 10 usados en el procesamiento de la localización.

La Figura 9 es un diagrama al que se hace referencia a continuación en la explicación de un procedimiento para la selección de una lista candidata de los SCS y las antenas usando un conjunto de criterios predeterminados.

25 La Figura 10 es un diagrama de flujo de un procedimiento mejorado para la estimación TDOA y/o FDOA de acuerdo con la presente invención.

**Descripción detallada de realizaciones preferidas**

Un objetivo de la presente invención es producir mejores estimaciones TDOA y FDOA para su uso en la determinación de la localización de teléfonos móviles o inalámbricos y otros transmisores móviles mediante el uso de una combinación de topología del sistema, topología geográfica e información de propagación de RF para crear un conjunto de suposiciones acerca de una señal recibida por uno de los receptores de la red de emplazamientos de recogida de señal. Habiendo recibido la señal en un emplazamiento, el intervalo de tiempo para cualquier otro emplazamiento se puede estimar a partir de la distancia entre los dos emplazamientos. El desplazamiento Doppler de la señal en un único emplazamiento permite que se recoja alguna información sobre la velocidad y por ello se puede permitir a cualquier otro emplazamiento limitar las frecuencias buscadas. Dado que se produce una ventana de búsqueda mucho más pequeña por medio del uso de estas suposiciones, el número de "falsos positivos" se reduce y el umbral de correlación de la señal se puede reducir, permitiendo la contribución de señales con una relación señal a ruido (SNR) más baja a los cálculos de localización TDOA, AOA (ángulo de llegada) o híbridos TDOA/AOA. (La expresión "falsos positivos" significa una identificación falsa o incorrecta de una señal recibida en un emplazamiento cooperante como que es la misma que la señal recibida en el emplazamiento de la antena de referencia.)

Lo que sigue es una descripción de un WLS del tipo en el que se puede usar la presente invención. La descripción se pretende que proporcione al lector interesado una comprensión global de un entorno actualmente preferido en el que se puede utilizar la presente invención. Se debería observar, sin embargo, que, excepto en el grado en que pueda estar expresamente así limitado, las reivindicaciones de la presente solicitud no están limitadas de ningún modo a los detalles del WLS ilustrativo descrito en el presente documento. Realmente, por ejemplo, los presentes inventores consideran su invención como aplicable a sistemas de localización inalámbrico caracterizados como sistemas TDOA, sistemas AOA y sistemas híbridos TDOA/AOA. A continuación se desarrollará la descripción del WLS ilustrativo de las realizaciones actualmente preferidas del procedimiento inventivo para la estimación del TDOA y FDOA.

50 Visión global del WLS

Un Sistema de Localización Inalámbrico, o WLS, se puede configurar para funcionar como una capa pasiva de un sistema de comunicaciones inalámbrico, tal como sistema celular, PCS o ESMR, aunque los conceptos no se limitan solamente a esos tipos de sistemas de comunicaciones. Los sistemas de comunicaciones inalámbricos no son en general adecuados para los dispositivos inalámbricos de localización, debido a que los diseños de los transmisores

inalámbricos y los emplazamientos de células no incluyen la funcionalidad necesaria para conseguir una localización precisa. La localización precisa en esta aplicación se define como la precisión de 9,29 a 37,2 metros cuadrados (100 a 400 pies RMS (raíz cuadrática media)). Ésta se distingue de la precisión de localización que se puede conseguir mediante los emplazamientos de célula existentes, que está limitada en general al radio del emplazamiento de la célula. En general, los emplazamientos de célula no se diseñan o programa para cooperar entre ellos para determinar la localización de un transmisor inalámbrico. Adicionalmente, los transmisores inalámbricos tales como los teléfonos celulares y PCS se diseñan para ser de bajo coste y por lo tanto, en general, no tienen una capacidad de localización integrada. Un WLS se puede diseñar para ser un añadido de bajo coste a un sistema de comunicaciones inalámbrico que involucra cambios mínimos en los emplazamientos de célula y ningún cambio en absoluto en los transmisores inalámbricos estándar. El sistema se puede considerar pasivo porque no contiene transmisores y por lo tanto no produce interferencia al sistema de comunicaciones inalámbrico.

Como se muestra en la Figura 1, el Sistema de Localización Inalámbrico tiene cuatro clases principales de subsistemas: los Sistemas de Recogida de Señal (SCS) 10, los Procesadores de Localización TDOA (TLP) 12, los Procesadores de Aplicación (AP) 14 y la Consola de Operaciones de Red (NOC) 16. Cada SCS es responsable de la recepción de las señales de RF transmitidas por los transmisores inalámbricos tanto en los canales de control como en los canales de voz. En general, cada SCS se instala preferentemente en un emplazamiento de célula de un proveedor inalámbrico y por lo tanto funciona en paralelo con la estación base. Cada TLP 12 es responsable de la gestión de una red de SCS 10 y de proporcionar un almacén centralizado de recursos de procesamiento de señal digital (DSP) que se pueden usar en los cálculos de localización. Los SCS 10 y los TLP 12 funcionan conjuntamente para determinar la localización de los transmisores inalámbricos, como se explicará más completamente a continuación. El procesamiento de señal digital es la forma referida en la que procesar señales de radio debido a que los DSP son relativamente de bajo coste, proporcionan un rendimiento consistente y son fácilmente reprogramables para manejar muchas tareas diferentes. Tanto los SCS 10 como los TLP 12 contienen una cantidad significativa de recursos de DSP y el software en estos sistemas puede funcionar dinámicamente para determinar dónde realizar una función de procesamiento particular en base a los compromisos entre tiempo de procesamiento, tiempo de comunicaciones, tiempo en espera y coste. Cada TLP 12 existe centralmente principalmente para reducir el coste global de implementación del Sistema de Localización Inalámbrico, aunque las técnicas explicadas en el presente documento no se limitan a la arquitectura preferida mostrada. Esto es, los recursos de DSP se pueden localizar dentro del Sistema de Localización Inalámbrico sin cambio en los conceptos básicos ni en la funcionalidad desvelada.

Los AP 14 son responsables de la gestión de todos los recursos en el Sistema de Localización Inalámbrico, incluyendo todos los SCS 10 y los TLP 12. Cada AP 14 contiene también una base de datos especializada que contiene "activadores" para el Sistema de Localización Inalámbrico. Para preservar recursos, el Sistema de Localización Inalámbrico se puede programar para localizar solamente ciertos tipos predeterminados de transmisiones. Cuando tiene lugar una transmisión de un tipo predeterminado, entonces el Sistema de Localización Inalámbrico se activa para comenzar el procesamiento de la localización. En caso contrario, se puede programar al Sistema de Localización Inalámbrico para ignorar la transmisión. Cada AP 14 contiene también interfaces de aplicaciones que permiten una variedad de aplicaciones para acceder con seguridad al Sistema de Localización Inalámbrico. Estas aplicaciones pueden, por ejemplo, acceder a registros de localización en tiempo real o tiempo no real, crear o borrar ciertos tipos de activadores o hacer que el Sistema de Localización Inalámbrico tome otras opciones. Cada AP 14 es capaz también de ciertas funciones de procesamiento posterior que permiten al AP 14 combinar un número de registros de localización para generar informes o análisis ampliados útiles para aplicaciones tales como supervisión del tráfico u optimización de la RF.

El NOC 16 es un sistema de gestión de red que proporciona a los operadores del Sistema de Localización Inalámbrico un fácil acceso a los parámetros de programación del Sistema de Localización Inalámbrico. Por ejemplo, en algunas ciudades, el Sistema de Localización Inalámbrico puede contener muchos cientos incluso miles de SCS 10. El NOC es el modo más efectivo de gestionar un Sistema de Localización Inalámbrico grande, usando capacidades de interfaz de usuario gráficas. El NOC recibirá también alertas en tiempo real si ciertas funciones dentro del Sistema de Localización Inalámbrico no están funcionando apropiadamente. Estas alertas en tiempo real se pueden usar por el operador para tomar rápidamente la acción correctiva e impedir una degradación del servicio de localización. La experiencia con ensayos del Sistema de Localización Inalámbrico indican que la capacidad del sistema para mantener una buena precisión de localización a lo largo del tiempo se relaciona directamente con la capacidad del operador para mantener el sistema funcionando dentro de sus parámetros predeterminados.

Los lectores de las patentes de Estados Unidos 5.327.144 y 5.608.410 y la presente memoria observarán similitudes entre estos sistemas respectivos. Realmente, el sistema desvelado en el presente documento se basa significativamente en y también mejora significativamente el sistema descrito en esas patentes previas. Por ejemplo, el SCS 10 se ha extendido y mejorado a partir del Sistema de Emplazamiento de Antena descrito en la 5.608.410. El SCS 10 tiene ahora la capacidad de soportar muchas más antenas en un único emplazamiento de célula y adicionalmente puede soportar el uso de antenas extendidas como se describe a continuación. Esto permite al SCS funcionar con los emplazamientos de célula sectorizados ahora comúnmente usados. El SCS 10 puede transferir también datos desde múltiples antenas a un emplazamiento de célula al TLP 12 en lugar de combinar siempre los datos de múltiples antenas antes de transferirlos. Adicionalmente, el SCS 10 puede soportar múltiples protocolos de interfaz por aire permitiendo de este modo al SCS 10 funcionar incluso cuando un proveedor inalámbrico cambia

continuamente la configuración de su sistema.

El TLP 12 es similar al sistema de emplazamiento central desvelado en la 5.608.410, pero se ha extendido y mejorado también. Por ejemplo, el TLP 12 se ha hecho escalable de modo que la cantidad de recursos de DSP requeridos por cada TLP 12 se puede escalar apropiadamente para ajustar el número de localizaciones por segundo requeridas por los clientes del Sistema de Localización Inalámbrico. Para soportar el escalado para diferentes capacidades del Sistema de Localización Inalámbrico, se ha añadido un esquema de conexión en red al TLP 12 de modo que pueden cooperar múltiples TLP 12 para compartir los datos de RF a través de los límites de la red del Sistema de Comunicaciones Inalámbrico. Adicionalmente, se han dado medios de control al TLP 12 para determinar los SCS 10 y, más importantemente las antenas de cada uno de los SCS 10, desde las que el TLP 12 va a recibir datos para procesar una localización específica. Previamente, los Sistemas de Emplazamiento de Antena enviarán automáticamente datos al Sistema de Emplazamiento Central, tanto si se han requerido o no por el Sistema de Emplazamiento Central. Adicionalmente, el SCS 10 y el TLP 12 combinados se han diseñado con medios adicionales para eliminar el multitrayecto de las transmisiones recibidas.

El Subsistema de Base de Datos del Sistema de Emplazamiento Central se ha extendido y desarrollado dentro del AP 14. El AP 14 puede soportar una variedad mayor de aplicaciones que la previamente desvelada en la 5.608.410, incluyendo la capacidad de procesar posteriormente grandes volúmenes de registros de localización de múltiples transmisores inalámbricos. Estos datos procesados posteriormente pueden producir, por ejemplo, mapas muy eficaces para su uso por los proveedores inalámbricos para mejorar y optimizar el diseño de RF de los sistemas de comunicaciones. Esto se puede conseguir, por ejemplo, mediante el trazado de las localizaciones de todos los comunicantes en un área y la fuerza de la señal recibida en un número de emplazamientos de célula. El proveedor puede determinar entonces si cada emplazamiento de célula está, de hecho, dando servicio al área de cobertura exacta deseada por el proveedor. El AP 14 puede almacenar ahora registros de localización anónimamente, esto es, con la MIN y/u otra información de identidad eliminada del registro de localización, de modo que el registro de localización se pueda usar para una optimización de la RF o supervisión del tráfico sin producir inquietudes sobre la privacidad de un usuario individual.

Como se muestra en la Figura 1A, una implementación actualmente preferida del Sistema de Localización Inalámbrico incluye una pluralidad de regiones SCS cada una de las cuales comprenden múltiples SCS 10. Por ejemplo la "Región SCS 1" incluye los SCS 10A y 10B (y preferentemente otros, no mostrados) que se localizan en emplazamientos de células respectivas y comparten antenas con las estaciones base en esos emplazamientos de célula. Se usan unidades de extracción e inserción 11A y 11B para la interfaz de líneas T1/E1 fraccionales a líneas T1/E1 completas, que a su vez se conectan a un sistema de acceso y control digital (DACS) 13A. El DACS 13A y otro DACS 13B se usan en la forma descrita más concretamente a continuación para comunicaciones entre los SCS 10A, 10B, etc. y múltiples TLP 12A, 12B, etc. Tal como se muestra, los TLP se localizan conjuntamente típicamente e interconectan a través de una red Ethernet (columna vertebral) y una segunda red redundante Ethernet. También se acoplan a las redes Ethernet múltiples AP 14A y 14B, múltiples NOC 16A y 16B y un servidor de terminal 15. Se usan enrutadores 19A y 19B para acoplar un Sistema de Localización Inalámbrico a uno o más de otros Sistema(s) de Localización Inalámbrico(s).

#### Sistemas de recogida de señal 10

En general, los emplazamientos de célula tendrán una de las siguientes configuraciones de antena: (i) un emplazamiento omnidireccional con 1 ó 2 antenas receptoras o (ii) un emplazamiento sectorizado con 1, 2 ó 3 sectores y con 1 ó 2 antenas receptoras usadas en cada sector. Según ha ido aumentando el número de emplazamientos de células en los Estados Unidos e internacionalmente, los emplazamientos de células sectorizadas se han convertido en la configuración predominante. Sin embargo, hay también un número creciente de micro-células y pico-células, que pueden ser omnidireccionales. Por lo tanto, el SCS 10 se ha diseñado para ser configurable para cualquiera de estos emplazamientos de célula típicos y se ha provisto con mecanismos para emplear cualquier número de antenas en un emplazamiento de célula.

Los elementos de arquitectura básicos del SCS 10 permanecen los mismos que en el Sistema de Emplazamiento de Antena descrito en la 5.608.410, pero se han realizado varias mejoras para aumentar la flexibilidad del SCS 10 y para reducir los costes de despliegue comercial del sistema. La realización más preferida actualmente del SCS 10 se describe en el presente documento. El SCS 10, una visión del cual se muestra en la Figura 2, incluye módulos receptores digitales 10-2A a 10-2C; módulos de DSP 10-3A al 10-3C; un bus serie 10-4, un módulo de control y comunicaciones 10-5; un módulo GPS 10-6 y un módulo de distribución del reloj 10-7. El SCS 10 tiene las siguientes conexiones externas: alimentación eléctrica, comunicaciones T1/E1 fraccionales, conexiones de RF a las antenas y conexión de antena GPS para el módulo 10-7 de generación de tiempos (o distribución de reloj). La arquitectura y empaquetado del SCS 10 permite estar físicamente localizado conjuntamente con los emplazamientos de células (que es el lugar de instalación más común), localizados en otros tipos de torres (tales como FM, AM, comunicaciones de emergencia bidireccionales, televisión, etc.) o localizados en otras estructuras de edificios (tales como azoteas, silos, etc.).

Generación de temporizaciones

El Sistema de Localización Inalámbrico depende de la determinación precisa del tiempo de todos los SCS 10 contenidos dentro de una red. Se han descrito varios sistemas de generación de tiempos diferentes en las divulgaciones previas, sin embargo la realización más preferida actualmente se basa en un receptor GPS 10-6 mejorado. El receptor GPS mejorado difiere de la mayoría de los receptores GPS tradicionales en que el receptor contiene algoritmos que eliminan algunas de las inestabilidades en los tiempos de las señales GPS y garantiza que dos SCS 10 cualquiera contenidos dentro de la red puedan recibir pulsos de tiempo que estén dentro de aproximadamente diez nanosegundos entre sí. Estos receptores GPS mejorados están ahora disponibles comercialmente y reducen adicionalmente algunos de los errores relacionados con la referencia de tiempos que se observaron en implementaciones previas de los sistemas de localización inalámbricos. Mientras que estos receptores GPS mejorados pueden producir una referencia de tiempos muy precisa, la salida del receptor puede tener aún un ruido de fase inaceptable. Por lo tanto, la salida del receptor se introduce en un circuito de bucle de enclavamiento de fase controlado por un oscilador de cristal de bajo ruido de fase que puede producir ahora 10 MHz y señales de referencia de un pulso por segundo (PPS) dentro de menos de 0,01 grados RMS de ruido de fase y con una salida del pulso a cualquier SCS 10 en una red del Sistema de Localización Inalámbrico dentro de diez nanosegundos de cualquier otro pulso a otro SCS 10. Esta combinación de receptor GPS mejorado, oscilador de cristal y bucle de enclavamiento de fase es ahora el procedimiento más preferido para producir señales de referencia de tiempos y frecuencia estables con bajo ruido de fase.

El SCS 10 se ha diseñado para soportar múltiples bandas de frecuencia y múltiples proveedores con equipo localizado en el mismo emplazamiento de célula. Esto puede tener lugar mediante el uso de múltiples receptores internos en un único chasis SCS o mediante el uso de múltiples chasis cada uno con receptores separados. En el caso de que se coloquen múltiples chasis SCS en el mismo emplazamiento de célula, los SCS 10 pueden compartir un único circuito de generación de tiempos/distribución de reloj 10-7 y por lo tanto reducir el coste global del sistema. Los 10 MHz y un PPS de señales de salida del circuito de generación de tiempos se amplifican y memorizan temporalmente de modo interno en el SCS 10 y a continuación se ponen a disposición a través de conectores externos. Por lo tanto un segundo SCS puede recibir sus tiempos de un primer SCS usando la salida memorizada y los conectores externos. Estas señales se pueden poner a disposición también del equipo de la estación base localizado conjuntamente en el emplazamiento de célula. Esto podría ser útil para la estación base, por ejemplo, en la mejora del patrón de reutilización de frecuencias de un sistema de comunicaciones inalámbrico.

Módulo de receptor 10-2 (Realización de banda ancha)

Cuando un transmisor inalámbrico realiza la transmisión, el Sistema de Localización Inalámbrico tiene que recibir la transmisión en múltiples SCS 10 localizados en múltiples emplazamientos de célula dispersos geográficamente. Por lo tanto, cada SCS 10 tiene la capacidad de recibir una transmisión en cualquier canal de RF en el que se pueda originar la transmisión. Adicionalmente, dado que el SCS 10 es capaz de soportar múltiples protocolos de interfaz por aire, el SCS 10 también soporta múltiples tipos de canales de RF. Esto es a diferencia de los receptores de estación base más corrientes, que típicamente reciben solamente un tipo de canal y son capaces normalmente de recibir solamente en los canales de RF seleccionados en cada emplazamiento de célula. Por ejemplo, un receptor de estación base TDMA típico sólo soportará canales de 30 kHz de ancho y cada receptor se programa para recibir señales solamente de un canal cuya frecuencia no cambie a menudo (es decir hay un plan de frecuencias relativamente fijo). Por lo tanto, muy pocos receptores de estación base TDMA recibirán una transmisión en cualquier frecuencia dada. Como otro ejemplo, incluso aunque algunos receptores de estaciones base GSM son capaces de saltos en frecuencia, los receptores en múltiples estaciones base no son en general capaces de sintonizar simultáneamente a una única frecuencia con la finalidad de realizar el procesamiento de la localización. De hecho, los receptores en las estaciones base GSM se programan para saltos de frecuencia para evitar el uso de un canal de RF que esté siendo usado por otro transmisor de modo que se minimice la interferencia.

El módulo receptor SCS 10-2 es preferentemente un receptor digital de banda ancha dual que puede recibir la banda de frecuencia completa y todos los canales de RF de una interfaz por aire. Para sistemas celulares en los Estados Unidos, este módulo receptor es o bien de 15 MHz de ancho o bien de 25 MHz de ancho de modo que se puedan recibir todos los canales de un único proveedor o todos los canales de ambos proveedores. Este módulo receptor tiene muchas de las características del receptor descrito previamente en la Patente Número 5.608.410, y la Figura 2A es un diagrama de bloques de la realización actualmente preferida. Cada módulo receptor contiene una sección de sintonizador de RF 10-2-1, una sección de interfaz de datos y control 10-2-2 y una sección de conversión analógica a digital 10-2-3. La sección de sintonizador de RF 10-2-1 incluye dos receptores digitales completamente independientes (que incluyen el Sintonizador #1 y el Sintonizador #2) que convierten la entrada de RF analógica de un conector externo en un flujo de datos digitalizados. A diferencia de la mayoría de los receptores de estación base, el módulo receptor de SCS no realiza una combinación o conmutación de diversidad. Por el contrario, la señal digitalizada de cada receptor independiente se pone a disposición del procesamiento de la localización. Los presentes inventores han determinado que hay una ventaja en el procesamiento de la localización especialmente del procesamiento de la mitigación del multitrayecto en el proceso independientemente de las señales de cada antena en lugar de realizar la combinación en el módulo receptor.

El módulo receptor 10-2 realiza, o se conecta a elementos que realizan, las siguientes funciones: control automático de ganancia (para soportar tanto señales fuertes cercanas como señales débiles lejanas), filtrado de paso de banda para eliminar señales de interferencia potencial del exterior de la banda de RF de interés, síntesis de frecuencias necesarias para la mezcla con las señales de RF para crear una señal de IF que se pueda muestrear, mezclar y conversión analógica a digital (ADC) para el muestreo de las señales de RF y la salida de un flujo de datos digitalizado que tenga un ancho de banda y una resolución de bits apropiados. El sintetizador de frecuencia enclava la frecuencia sintetizada con la señal de referencia de 10 MHz procedente del módulo de distribución de reloj/generación de tiempos 10-7 (Figura 2). Todos los circuitos usados en el módulo receptor mantienen las características de bajo ruido de fase de la señal de referencia de tiempos. El módulo receptor preferentemente tiene un intervalo dinámico libre de espurios de al menos 80 dB.

El módulo receptor 10-2 contiene también circuitos para generar frecuencias de ensayo y señales de calibración, así como puertos de ensayo en los que se pueden realizar mediciones por los técnicos durante la instalación o reparaciones. Se describen varios procesos de calibración con mayor detalle a continuación. Las frecuencias de ensayo generadas internamente y los puertos de ensayo proporcionan un procedimiento fácil para los ingenieros y técnicos para ensayar rápidamente el módulo receptor y diagnosticar cualquier problema sospechado. Esto es especialmente útil durante el proceso de fabricación.

Una de las ventajas del Sistema de Localización Inalámbrico descrito en el presente documento es que no se requieren nuevas antenas en los emplazamientos de célula. El Sistema de Localización Inalámbrico puede usar las antenas existentes ya instaladas en la mayor parte de los emplazamientos de célula, incluyendo tanto antenas omnidireccionales como sectorizadas. Esta característica puede dar como resultado ahorros significativos en los costes de instalación y mantenimiento del Sistema de Localización Inalámbrico respecto a otros enfoques que se han descrito en la técnica anterior. Los receptores digitales SCS 10-2 se pueden conectar a las antenas existentes en dos formas, como se muestra en las Figuras 2B y 2C respectivamente. En la Figura 2B, los receptores SCS 10-2 se conectan al multiconector o repartidor de RF del emplazamiento de la célula existente. De esta forma, el SCS 10 usa el preamplificador de bajo ruido, filtro de pasa banda y multiconector o repartidor de RF existentes en el emplazamiento de célula. Este tipo de conexión limita normalmente al SCS 10 para soportar la banda de frecuencia de un único proveedor. Por ejemplo, un proveedor celular en el emplazamiento A usará típicamente el filtro pasa banda para bloquear señales de los clientes del proveedor en el emplazamiento B y viceversa.

En la Figura 2C, se ha interrumpido el recorrido de RF existente en el emplazamiento de célula y se ha añadido un nuevo de amplificador, filtro de paso banda y repartidor de RF como parte del Sistema de Localización Inalámbrico. El nuevo filtro pasa banda pasará múltiples bandas de frecuencia contiguas, tales como tanto de los proveedores celulares en el emplazamiento A como en el emplazamiento B, permitiendo por lo tanto al Sistema de Localización Inalámbrico localizar transmisores inalámbricos usando ambos sistemas celulares pero usando las antenas de un único emplazamiento de célula. En esta configuración, el Sistema de Localización Inalámbrico usa componentes de RF ajustados en cada emplazamiento de célula, de modo que las respuestas de frecuencia y fase sean idénticas. Esto es a diferencia de los componentes de RF existentes, que pueden ser de diferentes fabricantes o usar diferentes números de modelo en varios emplazamientos de célula. La adaptación de las características de respuesta de los componentes de RF reduce una posible fuente de error para el procesamiento de la localización, aunque el Sistema de Localización Inalámbrico tenga la capacidad de compensar estas fuentes de error. Finalmente, el nuevo pre amplificador instalado con el Sistema de Localización Inalámbrico tendrá una cifra de ruido muy baja para mejorar la sensibilidad del SCS 10 en un emplazamiento de célula. La cifra de ruido global de los receptores digitales del SCS 10-2 está dominada por las cifras del ruido de los amplificadores de bajo ruido. Debido a que el Sistema de Localización Inalámbrico puede usar señales débiles en el procesamiento de la localización, mientras que la estación base típicamente no puede procesar señales débiles, el Sistema de Localización Inalámbrico puede beneficiarse significativamente de un amplificador de alta calidad, muy bajo ruido.

Para mejorar la capacidad del Sistema de Localización Inalámbrico para la determinación de TDOA con precisión para una transmisión inalámbrica, la respuesta de fase respecto a frecuencia de los componentes de RF del emplazamiento de célula se determina en el momento de la instalación y se actualiza en otros ciertos momentos y se almacena a continuación en una tabla en el Sistema de Localización Inalámbrico. Esto puede ser importante porque, por ejemplo, los filtros pasa banda y/o multiconectores realizados por algunos fabricantes tienen una respuesta de fase respecto a frecuencia a saltos y no lineal cerca del límite del paso de banda. Si el límite del paso de banda está muy próximo o coincide con los canales de control inverso o de voz, entonces el Sistema de Localización Inalámbrico realiza mediciones incorrectas de las características de fase de la señal transmitida si el Sistema de Localización Inalámbrico no corrige las mediciones usando las características almacenadas. Esto se convierte incluso en más importante si un proveedor ha instalado conectores múltiples y/o filtros pasa banda de más de un fabricante, debido a que las características en cada emplazamiento pueden ser diferentes. Además de las mediciones de la respuesta de fase respecto a frecuencia, otros factores ambientales pueden producir cambios en el recorrido de RF previamente a la ADC. Estos factores requieren una calibración ocasional y a veces periódica en el SCS 10.

Realización de banda estrecha alternativa del módulo del receptor 10-2

Además o como una alternativa al módulo receptor de banda ancha, el SCS 10 también soporta una realización de banda estrecha del módulo receptor 10-2. A diferencia del módulo receptor de banda ancha que puede recibir simultáneamente todos los canales de RF en uso por un sistema de comunicaciones inalámbrico, el receptor de banda estrecha sólo puede recibir uno o unos pocos canales de RF a la vez. Por ejemplo, el SCS 10 soporta un receptor de banda estrecha de 60 kHz para su uso en sistemas AMPS/TDMA, cubriendo dos canales de 30 kHz contiguos. Este receptor es aún un receptor digital como se ha descrito para el módulo de banda ancha, sin embargo los circuitos de síntesis de frecuencia y mezcla se usan para ajustar dinámicamente el módulo receptor a varios canales de RF bajo demanda. Esta sintonía dinámica puede tener lugar típicamente en un milisegundo o menos, y el receptor puede habitar en un canal de RF específico tanto tiempo como se requiera para recibir y digitalizar los datos de RF para procesamiento de la localización.

La finalidad del receptor de banda estrecha es reducir los costes de implementación de un Sistema de Localización Inalámbrico por los costes en que se incurre con los receptores de banda ancha. Naturalmente, hay una pérdida en el rendimiento, pero la disponibilidad de estos receptores múltiples permite a los proveedores inalámbricos tener más opciones de coste/rendimiento. Se han añadido funciones adicionales inventivas y mejoras al Sistema de Localización Inalámbrico para soportar este nuevo tipo de receptor de banda estrecha. Cuando se está usando el receptor de banda ancha, todos los canales de RF se reciben continuamente en todos los SCS 10 y, posteriormente a la transmisión, el Sistema de Localización Inalámbrico puede usar los DSP 10-3 (Figura 2) para seleccionar dinámicamente cualquier canal de RF de la memoria digital. Con el receptor de banda estrecha, el Sistema de Localización Inalámbrico debe asegurar *a priori* que los receptores de banda estrecha en múltiples emplazamientos de célula se sintonizan simultáneamente al mismo canal de RF de modo que todos los receptores puedan recibir, digitalizar y almacenar simultáneamente la misma transmisión inalámbrica. Por esta razón, el receptor de banda estrecha se usa en general solamente para la localización de transmisiones en el canal de voz, que puede ser conocido *a priori* que va a realizar una transmisión. Dado que las transmisiones en el canal de control pueden tener lugar asincrónicamente en cualquier momento, el receptor de banda estrecha puede no estar ajustado al canal correcto para recibir la transmisión.

Cuando se usan receptores de banda estrecha para localización de transmisiones en el canal de voz de AMPS, el Sistema de Localización Inalámbrico tiene la capacidad para cambiar temporalmente las características de modulación del transmisor inalámbrico AMPS para ayudar en el procesamiento de la localización. Esto puede ser necesario debido que los canales de voz de AMPS están sólo modulados en FM con la suma de un tono de supervisión de bajo nivel conocido como SAT. Como es conocido en la técnica, un límite inferior de Cramer-Rao de la modulación FM de AMPS es significativamente peor que la modulación FSK codificada en Manchester usada por los canales inversos AMPS y las transmisiones "blanco y ráfaga" en el canal de voz. Adicionalmente, los transmisores inalámbricos AMPS pueden estar transmitiendo con una energía significativamente reducida si no hay señal de entrada de modulación (es decir nadie está hablando). Para mejorar la estimación de la localización mediante la mejora de las características de modulación sin depender de la existencia o amplitud de la señal de modulación de entrada, el Sistema de Localización Inalámbrico puede hacer que un transmisor inalámbrico AMPS transmita un mensaje "blanco y ráfaga" en un instante de tiempo cuando los receptores de banda estrecha en múltiples SCS 10 está sintonizados en el canal de RF en el que se enviará al mensaje. Eso se describe adicionalmente a continuación.

El Sistema de Localización Inalámbrico realiza las siguientes etapas cuando usa el módulo receptor de banda estrecha (ver el diagrama de flujo de la Figura 2C-1):

- un primer transmisor inalámbrico se conecta *a priori* a la transmisión en un canal de RF particular;
- el Sistema de Localización Inalámbrico se activa para realizar una estimación de la localización del primer transmisor inalámbrico (la activación puede tener lugar tanto internamente como externamente a través de una interfaz de mando/respuesta);
- el Sistema de Localización Inalámbrico determina el emplazamiento de célula, sector, canal de RF, intervalo de tiempo, máscara de código largo y clave de cifrado (todos los elementos de información pueden no ser necesarios para todos los protocolos de interfaz por aire) actualmente en uso por el primer transmisor inalámbrico;
- el Sistema de Localización Inalámbrico sintoniza un primer receptor de banda estrecha apropiado y un primer SCS 10 apropiado en el canal de RF y ranura de tiempos en el emplazamiento de célula y sector designados, en el que "apropiado" significa típicamente tanto disponible como localizado conjuntamente o en una proximidad cercana;
- el primer SCS 10 recibe un segmento de tiempo de datos de RF, típicamente variando desde unos pocos microsegundos a decenas de milisegundos, desde el primer receptor de banda estrecha y evalúa la potencia de la transmisión, SNR y características de modulación;
- si la potencia o SNR de la transmisión está por debajo de un umbral predeterminado, el Sistema de Localización Inalámbrico espera una duración de tiempo predeterminada y a continuación vuelve a la etapa tercera anterior (en la que el Sistema de Localización Inalámbrico determina el emplazamiento de célula, sector, etc.);
- si la transmisión es una transmisión en el canal de voz AMPS y la modulación está por debajo del umbral,

entonces el Sistema de Localización Inalámbrico manda al sistema de comunicaciones inalámbrico enviar un comando al primer transmisor inalámbrico para producir un "blanco y ráfaga" en el primer transmisor inalámbrico;

5 el Sistema de Localización Inalámbrico solicita al sistema de comunicaciones inalámbrico impedir el traspaso del transmisor inalámbrico a otro canal de RF durante un periodo de tiempo predeterminado;

el Sistema de Localización Inalámbrico recibe una respuesta del sistema de comunicaciones inalámbrico indicando el período de tiempo durante el que se impedirá que el primer transmisor inalámbrico sea traspasado y, si se solicita, el período de tiempo durante el que el sistema de comunicaciones inalámbrico enviará un comando al primer transmisor inalámbrico para producir un "blanco y ráfaga";

10 el Sistema de Localización Inalámbrico determina la lista de antenas que se usarán en el procesamiento de la localización (el proceso de selección de antenas se describe a continuación);

el Sistema de Localización Inalámbrico determina la marca de tiempos del Sistema de Localización Inalámbrico más temprana en la que los receptores de banda estrecha conectados a las antenas seleccionadas están disponibles para comenzar simultáneamente la recogida de datos de RF del canal de RF

15 actualmente en uso por el primer transmisor inalámbrico;

en base a la marca de tiempos del Sistema de Localización Inalámbrico más temprana y los periodos de tiempo en la respuesta del sistema de comunicaciones inalámbrico, el Sistema de Localización Inalámbrico manda a los receptores de banda estrecha conectarse a las antenas que se usarán en el procesamiento de la localización para sintonizarse con el emplazamiento de célula, sector y canal de RF actualmente en uso por

20 el primer transmisor inalámbrico y para recibir datos de RF durante un periodo de permanencia predeterminado (en base a los requisitos de ancho de banda de la señal, SNR e integración);

los datos de RF recibidos por los receptores de banda estrecha se escriben en la memoria del puerto dual; comienza el procesamiento de la localización sobre los datos de RF recibidos, como se describe en las patentes números 5.327.14 4 y 5.608.410 y en las secciones a continuación;

25 el Sistema de Localización Inalámbrico determina de nuevo el emplazamiento de célula, sector, canal de RF, ranura del tiempo, máscara de código largo y clave de cifrado actualmente en uso por el primer transmisor inalámbrico;

si el emplazamiento de célula, sector, canal de RF, ranura de tiempo, máscara de código largo y clave de cifrado actualmente en uso por el primer transmisor inalámbrico ha cambiado entre consultas (es decir antes

30 y después de recoger los datos de RF) el Sistema de Localización Inalámbrico finaliza el proceso de localización, produce un mensaje de alerta de que el procesamiento la localización falló debido a que el transmisor inalámbrico cambió el estado de la transmisión durante el periodo de tiempo en el que los datos de RF estaban siendo recibidos y reactiva este proceso completo;

el procesamiento de la localización con los datos de RF recibidos se completa de acuerdo con las etapas descritas a continuación.

35

La determinación de los elementos de información que incluyen el emplazamiento de célula, sector, canal de RF, ranura del tiempo, máscara de código largo, y claves de cifrado (todos los elementos de información pueden no ser necesarios para todos los protocolos de interfaz por aire) se obtienen típicamente por el Sistema de Localización Inalámbrico a través de una interfaz de comando/respuesta entre el Sistema de Localización Inalámbrico y el sistema de comunicaciones inalámbrico.

40

El uso del receptor de banda estrecha en la forma descrita anteriormente es conocido como sintonía aleatoria debido a que los receptores se pueden dirigir a cualquier canal de RF bajo demanda del sistema. Una ventaja de la sintonía aleatoria es que las localizaciones se procesan solamente para aquellos transmisores inalámbricos para los que está activado el Sistema de Localización Inalámbrico. Una desventaja de la sintonía aleatoria es que hay varios factores

45 de sincronización, que incluyen la interfaz entre el sistema de comunicaciones inalámbrico y el Sistema de Localización Inalámbrico y los tiempos de latencia en la planificación de la producción de los receptores necesarios del sistema, puede limitar el rendimiento del procesamiento de la localización total. Por ejemplo, en un sistema TDMA, una sintonía aleatoria usada a través del Sistema de Localización Inalámbrico limitará típicamente el procesamiento de localización a aproximadamente 2,5 localizaciones por segundo por sector de emplazamiento de

50 célula.

Por lo tanto, el receptor de banda estrecha también soporta otro modo, conocido como sintonía secuencial automática, que puede realizar el procesamiento de la localización con un rendimiento más elevado. Por ejemplo, en un sistema TDMA, usando suposiciones similares sobre el tiempo de permanencia y tiempo de establecimiento iguales a la operación en el receptor de banda estrecha descrito anteriormente, la sintonía secuencial puede

55 conseguir un rendimiento en el procesamiento de la localización de aproximadamente 41 localizaciones por segundo por sector de emplazamiento de célula, significando que se pueden procesar todos los 395 canales de RF TDMA en aproximadamente 9 segundos. Esta tasa incrementada se puede conseguir aprovechando por ejemplo, los dos canales de RF contiguos que se pueden recibir simultáneamente, procesando la localización de las tres ranuras de tiempo TDMA en un canal de RF eliminando la necesidad de la sincronización con el sistema de comunicaciones inalámbrico. Cuando el Sistema de Localización Inalámbrico está usando los receptores de banda estrecha para sintonía secuencial, el Sistema de Localización Inalámbrico no tiene conocimiento de la identidad del transmisor inalámbrico debido a que el Sistema de Localización Inalámbrico no espera a una activación ni el Sistema de Localización Inalámbrico consulta al sistema de comunicaciones inalámbrico acerca de la información de identidad

60

previamente a la recepción de la transmisión. En este procedimiento, el Sistema de Localización Inalámbrico avanza secuencialmente a través de cada emplazamiento de célula, canal de RF y ranura de tiempo, realiza el procesamiento de la localización y notifica un registro de localización identificando una marca de tiempos, emplazamiento de célula, canal de RF, ranura de tiempos y localización. Posteriormente al informe del registro de localización, el Sistema de Localización Inalámbrico y el sistema de comunicaciones inalámbrico ajustan los registros de localización a los datos del sistema de comunicaciones inalámbricos que indican qué transmisores inalámbricos estaban en uso en el momento y qué emplazamientos de célula, canales de RF y ranuras de tiempo se usaron para cada transmisor inalámbrico. A continuación, el Sistema de Localización Inalámbrico puede retener los registros de localización para los transmisores inalámbricos de interés y descartar aquellos registros de localización para los restantes transmisores inalámbricos.

### Módulo procesador de señal digital 10-3

Los módulos del receptor digital SCS 10-2 producen la salida de un flujo de datos de RF digitalizados que tienen un ancho de banda especificado y una resolución de bits. Por ejemplo, una realización de 15 MHz del receptor de banda ancha puede producir la salida de un flujo de datos que contiene 60 millones de muestras por segundo, a una resolución de 14 bits por muestra. Este flujo de datos de RF contendrá todos los canales de RF que se usan por el sistema de comunicaciones inalámbrico. Los módulos de DSP 10-3 reciben el flujo de datos digitalizado y pueden extraer cualquier canal de RF individual a través de la mezcla y filtrado digital. Los DSP pueden reducir también la resolución de bits bajo demanda del Sistema de Localización Inalámbrico, según sea necesario para reducir los requisitos de ancho de banda entre el SCS 10 y el TLP 12. El Sistema de Localización Inalámbrico puede seleccionar dinámicamente la resolución de bits con la que enviar los datos de RF de banda base digitalizados, en base a los requisitos de procesamiento para cada localización. Los DSP se usan para estas funciones para reducir los errores sistemáticos que pueden tener lugar por la mezcla y filtrado con componentes analógicos. El uso de los DSP permite una perfecta adaptación en el procesamiento entre dos SCS 10 cualesquiera.

Se muestra un diagrama de bloques del módulo DSP 10-3 en la Figura 2D y se representa la operación del módulo DSP en el diagrama de flujo de la Figura 2E. Como se muestra en la Figura 2D, el módulo DSP 10-3 comprende los siguientes elementos: un par de elementos DSP 10-3-1A y 10-3-1B, denominados colectivamente como un "primer" DSP; convertidores serie a paralelo 10-3-2; elementos de memoria de puerto dual 10-3-3; un segundo DSP 10-3-4; un convertidor paralelo a serie; una memoria intermedia FIFO; un DSP 10-3-5 (que incluye la RAM) para detección, otro DSP 10-3-6 para demodulación y otro DSP 10-3-7 para normalización y control y un generador de direcciones 10-3-8. En una realización actualmente preferida, el módulo DSP 10-3 recibe el flujo de datos digitalizados de banda ancha (Figura 2E, etapa S1) y utiliza el primer DSP (10-3-1A y 10-3-1B) para extraer bloques de canales (etapa S2). Por ejemplo, un primer DSP programado para funcionar como un receptor de extracción digital puede extraer cuatro bloques de canales, en el que cada bloque incluye al menos 1,25 MHz de ancho de banda. Este ancho de banda puede incluir 42 canales de AMPS o TDMA, 6 canales de GSM o un canal de CDMA. El DSP no requiere que los bloques estén contiguos, dado que el DSP puede sintonizar digitalmente de modo independiente a cualquier conjunto de canales de RF dentro del ancho de banda del flujo de datos digitalizados de banda ancha. El DSP puede realizar también una detección de la energía en banda ancha o banda estrecha en todos o cualquiera de los canales en el bloque, y notificar los niveles de potencia por canal al TLP (etapa S3). Por ejemplo, cada 10 ms, el DSP puede realizar una detección de la energía en banda ancha y crear un mapa espectral de RF para todos los canales y todos los receptores (véase la etapa S9). Debido a que este mapa espectral se puede enviar desde el SCS 10 al TLP 12 cada 10 ms por medio del enlace de comunicaciones que conecta el SCS 10 y el TLP 12, podría existir una sobrecarga de datos significativa. Por lo tanto, el DSP reduce la sobrecarga de datos mandando los datos en un número finito de niveles. Normalmente, por ejemplo, 84 dB de rango dinámico podría requerir 14 bits. En el proceso de compactado implementado por el DSP, los datos se reducen, por ejemplo, a solamente cuatro bits mediante la selección de 16 niveles espectrales de RF importantes a enviar al TLP 12. La elección del número de niveles y, por lo tanto del número de bits, así como la representación de los niveles, se puede ajustar automáticamente por el Sistema de Localización Inalámbrico. Estos ajustes se realizan para maximizar el valor de la información de los mensajes espectrales de RF enviados al TLP 12 así como para optimizar el uso del ancho de banda disponible en el enlace de comunicaciones entre el SCS 10 y el TLP 12.

Después de la conversión, cada bloque de canales de RF (cada al menos 1,25 MHz) se pasa a través del convertidor serie a paralelo 10-3-2 y a continuación se almacenan en la memoria digital de puerto dual 10-3-3 (etapa S4). La memoria digital es una memoria circular, que significa que el módulo DSP comienza a escribir datos en la primera dirección de la memoria y sigue a continuación secuencialmente hasta que se alcanza la última dirección de memoria. Cuando se alcanza la última dirección de la memoria, el DSP vuelve a la primera dirección de memoria y continúa secuencialmente escribiendo datos en la memoria. Cada módulo DSP contiene típicamente memoria suficiente para almacenar varios segundos de datos para cada bloque de canales de RF para soportar los tiempos de latencia y de cola en el proceso de la localización.

En el módulo DSP, la dirección de memoria en la que se escriben en la memoria los datos de RF digitalizados y convertidos es la marca de tiempos usada en todo el Sistema de Localización Inalámbrico y a la que hace referencia el proceso de localización en la determinación TDOA. Para asegurar que las marcas de tiempo están alineadas en cada SCS 10 en el Sistema de Localización Inalámbrico, el generador de direcciones 10-3-8 recibe la señal de un pulso por segundo del módulo de generación de tiempos/distribución de reloj 10-7 (Figura 2). Periódicamente, el

generador de direcciones en todos los SCS 10 en un Sistema de Localización Inalámbrico se repondrán simultáneamente a sí mismos a direcciones conocidas. Esto permite al procesamiento de la localización reducir o eliminar los errores de tiempo acumulados en el registro de las marcas de tiempos para cada elemento de datos digitalizados.

5 El generador de direcciones 10-3-8 controla tanto la escritura como la lectura desde la memoria digital de puerto dual 10-3-3. La escritura tiene lugar continuamente dado que el ADC está muestreando continuamente y digitalizando las señales de RF y el primer DSP (10-3-1A y 10-3-1B) está realizando continuamente la función de recepción de extracción digital. Sin embargo, la lectura ocurre en ráfagas cuando el Sistema de Localización Inalámbrico solicita datos para realizar la demodulación y procesamiento de la localización. El Sistema de  
10 Localización Inalámbrico puede incluso realizar el procesamiento de la localización recursivamente en una única transmisión y por lo tanto requiere el acceso a los datos múltiples veces. Para dar servicio a los muchos requerimientos del Sistema de Localización Inalámbrico, el generador de direcciones permite a la memoria digital de puerto dual ser leída a una velocidad más rápida que la que tiene lugar la escritura. Típicamente, la lectura se puede realizar ocho veces más rápida que la escritura.

15 El módulo DSP 10-3 usa el segundo DSP 10-3-4 para leer los datos desde la memoria digital 10-3-3 y a continuación realiza una segunda función de receptor de extracción digital para extraer datos de la banda base de los bloques de canales de RF (etapa S5). Por ejemplo, el segundo DSP puede extraer cualquier canal de 30 kHz AMPS o TDMA simple de cualquier bloque de canales de RF que se hayan digitalizado y almacenado en la memoria. De la misma manera, el segundo DSP puede extraer cualquier canal de GSM simple. El segundo DSP no se requiere que  
20 extraiga un canal CDMA, dado que el ancho de banda del canal ocupa el ancho de banda completo de los datos de RF almacenados. La combinación del primer DSP 10-3-1A, 10-3-1B y el segundo DSP 10-3-4 permite al módulo DSP seleccionar, almacenar y recuperar cualquier canal de RF simple en un sistema de comunicaciones inalámbrico. Un módulo DSP almacenará típicamente cuatro bloques de canales. En un sistema AMPS/TDMA en modo dual, un único módulo DSP puede supervisar continua y simultáneamente hasta 42 canales de control inverso  
25 analógicos, hasta 84 canales de control digitales y también tener la tarea de supervisar y localizar cualquier transmisión del canal de voz. Un único chasis SCS dará soporte típicamente hasta tres módulos receptores 10-2 (Figura 2), para cubrir los tres sectores de dos antenas cada uno y hasta nueve módulos DSP (tres módulos DSP por receptor lo que permite que un ancho de banda de 15 MHz completo sea almacenado simultáneamente en la memoria digital). Por ello, el SCS 10 es un sistema muy modular que se puede escalar fácilmente para adaptarse a  
30 cualquier tipo de configuración de emplazamiento de célula y carga de procesamiento.

El módulo DSP 10-3 realiza también otras funciones, incluyendo la detección automática de canales activos usados en cada sector (etapa S6), demodulación (etapa S7) y procesamiento de la localización en base a estación (etapa S8). El Sistema de Localización Inalámbrico mantiene un mapa activo del uso de los canales de RF en un sistema de comunicaciones inalámbrico (etapa S9), lo que permite al Sistema de Localización Inalámbrico gestionar los  
35 recursos del receptor y procesamiento e iniciar rápidamente el procesamiento cuando ha tenido lugar una transmisión particular de interés. El mapa activo comprende una tabla mantenida dentro del Sistema de Localización Inalámbrico que lista para cada antena conectada a un SCS 10 los canales primarios asignados a ese SCS 10 y los protocolos usados en esos canales. Un canal primario es un canal de control de RF asignado a una estación base localizada conjuntamente o próxima a la de la estación base que usa para comunicaciones con los transmisores  
40 inalámbricos. Por ejemplo, en un sistema celular típico con emplazamientos de células sectorizados, habrá una frecuencia del canal de control de RF asignada para su uso en cada sector. Esas frecuencias del canal de control estarían típicamente asignadas como canales primarios para un SCS 10 localizado conjuntamente.

El mismo SCS 10 puede ser asignado también para supervisar los canales de control de RF u otras estaciones base próximas como canales primarios, incluso si otras SCS 10 también tienen los mismos canales primarios asignados. De esta forma, el Sistema de Localización Inalámbrico implementa una redundancia de demodulación del sistema que asegura que cualquier transmisión inalámbrica dada tiene una probabilidad infinitesimal de ser perdida. Cuando se usa esta característica de redundancia en la demodulación, el Sistema de Localización Inalámbrico recibirá, detectará y demodulará la misma transmisión inalámbrica dos o más veces en más de un SCS 10. El Sistema de Localización Inalámbrico incluye medios para detectar cuándo esta múltiple demodulación ha tenido lugar y para  
50 activar el procesamiento de la localización sólo una vez. Esta función conserva los recursos de procesamiento y comunicaciones del Sistema de Localización Inalámbrico y se describe adicionalmente a continuación. Esta capacidad para que un SCS 10 simple detecte y demodule transmisiones inalámbricas que tienen lugar en emplazamientos de célula no localizados conjuntamente con el SCS 10 permite a los operadores del Sistema de Localización Inalámbrico desplegar más eficientemente redes del Sistema de Localización Inalámbrico. Por ejemplo,  
55 el Sistema de Localización Inalámbrico se puede diseñar de modo que el Sistema de Localización Inalámbrico use muchos menos SCS 10 que las estaciones base que tiene el sistema de comunicaciones inalámbrico.

En el Sistema de Localización Inalámbrico, los canales primarios se introducen y mantienen en la tabla usando dos procedimientos: programación directa y detección automática. La programación directa comprende la entrada de los datos del canal primario en la tabla usando uno de los interfaces de usuario del Sistema de Localización Inalámbrico, tal como la Consola de Operaciones de la Red 16 (Figura 1) o mediante la recepción de los datos de asignación del canal desde el Sistema de Localización Inalámbrico a la interfaz del sistema de comunicaciones inalámbrico. Alternativamente, el módulo DSP 10-3 también ejecuta un proceso en segundo plano conocido como detección  
60

automática en el que el DSP usa una capacidad de procesamiento de reserva o planificada para detectar transmisiones en varios canales de RF posibles y a continuación intenta la demodulación de aquellas transmisiones usando protocolos probables. El módulo DSP puede confirmar a continuación que los canales primarios programados directamente son correctos y pueden detectar rápidamente también cambios realizados en los canales en la estación base y enviar una alerta al operador del Sistema de Localización Inalámbrico.

El módulo DSP realiza las siguientes etapas en detección automática (véase la figura 2E-1):

para cada posible canal de control y/o voz que se pueda usar en el área de cobertura del SCS 10, se establecen contadores de métricas (etapa S7-1);  
 al comienzo de un periodo de detección, todos los contadores de métricas se repone a cero (etapa S7-2);  
 cada vez que tiene lugar una transmisión en un canal de RF especificado, y el nivel de potencia recibido está por encima de un umbral prestablecido particular, el contador de métricas para ese canal se incrementa (etapa S7-3);  
 cada vez que tiene lugar una transmisión en un canal de RF especificado y el nivel de potencia recibida está por encima de un segundo umbral prestablecido particular, el módulo DSP intenta demodular una cierta parte de la transmisión usando un primer protocolo preferido (etapa S7-4);  
 si la demodulación tiene éxito, se incrementa un segundo contador de métricas para ese canal (etapa S7-5);  
 si la demodulación no tiene éxito, el módulo DSP intenta demodular una parte de la transmisión usando un segundo protocolo preferido (etapa S7-6);  
 si la demodulación tiene éxito, se incrementa un tercer contador de métricas para ese canal (etapa S7-7);  
 al final de un periodo de detección, el Sistema de Localización Inalámbrico lee todos los contadores de métricas (etapa S7-8) y el Sistema de Localización Inalámbrico asigna automáticamente canales primarios en base a los contadores de métricas (etapa S7-9).

El operador del Sistema de Localización Inalámbrico puede revisar los contadores de métricas y la asignación automática de canales primarios y protocolos de modulación y sobreponerse a cualquier ajuste que se haya realizado automáticamente. Además, si se pueden usar más de dos protocolos preferidos por el proveedor inalámbrico, entonces el módulo DSP 10-3 puede ser descargado con software para detectar los protocolos adicionales. La arquitectura del SCS 10, basada en los receptores de banda ancha 10-2, los módulos DSP 10-3 y el software descargable permite al Sistema de Localización Inalámbrico soportar múltiples protocolos de demodulación en un único sistema. Hay una ventaja significativa en costes en el soporte de múltiples protocolos dentro de un único sistema, dado que sólo se requiere un único SCS 10 en un emplazamiento de célula. Esto es a diferencia de muchas arquitecturas de estación base, que pueden requerir diferentes módulos transceptores para diferentes protocolos de modulación. Por ejemplo, mientras que el SCS 10 podría soportar simultáneamente AMPS, TDMA y CDMA en el mismo SCS 10, no hay ninguna estación base actualmente disponible que pueda soportar esta funcionalidad.

La capacidad para detectar y demodular múltiples protocolos incluye también la capacidad para detectar independientemente el uso de autenticación en mensajes transmitidos a través de ciertos protocolos de interfaz por aire. El uso de campos de autenticación en los transmisores inalámbricos comenzó a ser frecuente en los últimos pocos años como un medio para reducir la aparición de fraudes en los sistemas de comunicaciones inalámbricos. Sin embargo, no todos los transmisores inalámbricos han implementado la autenticación. Cuando se usa la autenticación, el protocolo inserta generalmente un campo adicional en el mensaje transmitido. Frecuentemente este campo se inserta entre la identidad del transmisor inalámbrico y las cifras marcadas en el mensaje transmitido. Cuando se demodula una transmisión inalámbrica, el Sistema de Localización Inalámbrico determina el número de campos en el mensaje transmitido, así como el tipo de mensaje (es decir registro, origen, respuesta a busca, etc.). El Sistema de Localización Inalámbrico demodula todos los campos si surge que están presentes campos extra, en consideración al tipo de mensaje transmitido, a continuación el Sistema de Localización Inalámbrico comprueba en todos los campos una condición de activación. Por ejemplo, si aparecen las cifras marcadas "911" en el lugar apropiado en un campo y el campo se localiza tanto en su lugar apropiado sin autenticación como en su lugar apropiado con autenticación, entonces el Sistema de Localización Inalámbrico se activa normalmente. En este ejemplo, las cifras "911" se requeriría que aparezcan en secuencia como "911" o "\*911", sin ninguna otra cifra antes o después de ambas secuencias. Esta funcionalidad reduce o elimina la falsa activación debida a que aparezcan las cifras "911" como parte de un campo de autenticación.

El soporte para múltiples protocolos de demodulación es importante para que el Sistema de Localización Inalámbrico funcione con éxito debido a que el procesamiento de la localización debe ser activado rápidamente cuando un comunicante inalámbrico ha marcado "911". El Sistema de Localización Inalámbrico puede activar el procesamiento de la localización usando dos procedimientos: el Sistema de Localización Inalámbrico demodula de modo independiente las transmisiones del canal de control y activará el procesamiento de la localización usando cualquier número de criterios tales como las cifras marcadas o bien el Sistema de Localización Inalámbrico puede recibir activaciones de una fuente externa tal como el sistema de comunicaciones inalámbrico del proveedor. Los presentes inventores han descubierto que la demodulación independiente por el SCS 10 da como resultado un tiempo más rápido de activación, cuando se mide desde el momento en que el usuario inalámbrico pulsa el botón de "ENVÍO" o "HABLAR" (o similar) en un transmisor inalámbrico.

Módulo de control y comunicaciones 10-5

El módulo de control y comunicaciones 10-5, representado en la Figura 2F, incluye memorias intermedias de datos 10-5-1, un controlador 10-5-2, una memoria 10-5-3, una CPU 10-5-4 y un chip de comunicaciones T1/E1 10-5-5. El módulo tiene muchas de las características descritas previamente en la Patente Número 5.608.410. Se han añadido varias mejoras en la presente realización. Por ejemplo, el SCS 10 incluye ahora una capacidad de reposición remota automática, incluso aunque la CPU en el módulo de control y comunicaciones cese en la ejecución de su software programado. Esta capacidad puede reducir los costes de operación del Sistema de Localización Inalámbrico debido a que no se requiere que los técnicos viajen al emplazamiento de célula para reponer un SCS 10 si cesa de funcionar normalmente. El circuito de reposición remota automática funciona mediante la supervisión de la interfaz de comunicaciones entre el SCS 10 y el TLP 12 para una secuencia particular de bits. Esta secuencia de bits es una secuencia que no tiene lugar durante las comunicaciones normales entre el SCS 10 y el TLP 12. Esta secuencia, por ejemplo, puede consistir en un patrón de todos unos. El circuito de reposición funciona independientemente de la CPU de modo que incluso si la CPU se ha colocado a sí misma en un estado bloqueado u otro no operativo, el circuito puede aún conseguir la reposición del SCS 10 y devolver a la CPU a un estado operativo.

Este módulo tiene ahora la capacidad de registrar y notificar una amplia variedad de estadísticas y variables usadas en la supervisión o diagnóstico del rendimiento del SCS 10. Por ejemplo, el SCS 10 puede supervisar el uso de la capacidad porcentual de cualquier DSP u otro procesador en el SCS 10, así como la interfaz de comunicaciones entre el SCS 10 y el TLP 12. Estos valores se notifican regularmente al AP 14 y al NOC 16 y se usan para determinar cuándo se requieren recursos adicionales de procesamiento y comunicaciones en el sistema. Por ejemplo, se pueden establecer umbrales de alarma en el NOC para indicar a un operador si cualquier recurso está excediendo consistentemente un umbral preestablecido. El SCS 10 puede supervisar también el número de veces que las transmisiones se han demodulado con éxito, así como el número de fallos. Esto es útil para permitir a los operadores determinar si los umbrales de la señal para demodulación se han establecido óptimamente.

Este módulo, así como los otros módulos, pueden también auto notificar su identidad al TLP 12. Como se describe a continuación, muchos SCS 10 se pueden conectar a un único TLP 12. Típicamente, las comunicaciones entre los SCS 10 y los TLP 12 se comparten con las comunicaciones entre las estaciones base y los MSC. Es frecuentemente difícil determinar rápidamente con exactitud qué SCS 10 se ha asignado a circuitos particulares. Por lo tanto, los SCS 10 contienen una identidad codificada permanentemente, que se registra en el momento de la instalación. Esta identidad se puede leer y verificar por parte del TLP 12 para determinar positivamente qué SCS 10 ha asignado un proveedor para cada uno de los varios diferentes circuitos de comunicaciones.

Las comunicaciones del SCS al TLC soportan una variedad de mensajes, incluyendo: órdenes y respuestas, descarga de software, estado y velocidad, descarga de parámetros, diagnósticos, datos de espectro, datos de fase, demodulación del canal primario y datos de RF. El protocolo de comunicaciones se diseña para optimizar el funcionamiento del Sistema de Localización Inalámbrico mediante el minimizado de la sobrecarga del protocolo y el protocolo incluye un esquema de prioridad de mensajes. Cada tipo de mensaje tiene asignada una prioridad y el SCS 10 y el TLP 12 pondrán en cola los mensajes por prioridad de modo que un mensaje de prioridad más alta se envíe antes de que se envíe un mensaje de prioridad más baja. Por ejemplo, los mensajes de demodulación se establecen en general a una prioridad alta debido a que el Sistema de Localización Inalámbrico debe activar el procesamiento de la localización en ciertos tipos de llamadas (por ejemplo, E9-1-1) sin retardo. Aunque los mensajes de prioridad más alta se ponen en la cola antes que los mensajes de prioridad más baja, el protocolo en general no se adelanta a un mensaje que ya esté en tránsito. Esto es, un mensaje en el proceso de ser enviado a través de la interfaz de comunicaciones del SCS 10 al TLP 12 será totalmente completado, pero a continuación el siguiente mensaje a ser enviado será el mensaje de prioridad más alta con la marca de tiempos anterior. Para minimizar la latencia de los mensajes de prioridad alta, mensajes largos, tales como los datos de RF, se envían en segmentos. Por ejemplo, los datos de RF para una transmisión AMPS de 100 milisegundos completa pueden estar separados en segmentos de 10 milisegundos. De esta forma, un mensaje de prioridad alta se puede poner en cola entre segmentos de los datos de RF.

Calibración y supervisión del rendimiento

La arquitectura del SCS 10 se basa fuertemente en las tecnologías digitales que incluyen el receptor digital y los procesadores de señal digital. Una vez que se han digitalizado las señales de RF, los tiempos, frecuencia y diferencias de fase se pueden controlar cuidadosamente en varios procesos. De modo más importante, cualquier tiempo, frecuencia y diferencias de fase se pueden ajustar perfectamente entre los diversos receptores y varios SCS 10 usados en el Sistema de Localización Inalámbrico. Sin embargo, previamente a la ADC, las señales de RF pasan a través de un cierto número de componentes de RF, incluyendo antenas, cables, amplificadores de bajo ruido, filtros, duplexores, multiconectores y repartidores de RF. Cada uno de estos componentes de RF tiene características importantes para el Sistema de Localización Inalámbrico, incluyendo la respuesta de retardo y fase respecto a frecuencia. Cuando los componentes de RF analógicos están perfectamente ajustados entre los pares de SCS 10, tales como entre el SCS 10A y el SCS 10B en la Figura 2G, entonces los efectos de estas características se eliminan automáticamente en el procesamiento de la localización. Pero cuando las características de los componentes no están ajustadas, entonces el procesamiento de la localización puede involuntariamente incluir errores instrumentales resultantes del desajuste. Adicionalmente, muchos de estos componentes de RF pueden

experimentar inestabilidad con la potencia, el tiempo, la temperatura u otros factores que pueden añadir errores instrumentales a la determinación de la localización. Por lo tanto, se han desarrollado varias técnicas inventivas para calibrar los componentes de RF en el Sistema de Localización Inalámbrico y para supervisar el rendimiento del Sistema de Localización Inalámbrico de un modo regular. Posteriormente a la calibración, el Sistema de Localización Inalámbrico almacena los valores de estas respuestas de retardo y fase respecto a frecuencia (es decir el número del canal de RF) en una tabla en el Sistema de Localización Inalámbrico para su uso en la corrección de estos errores instrumentales. Las Figuras 2G-2J son referidas a continuación en la explicación de estos procedimientos de calibración.

Procedimiento de calibración externo

10 Con referencia a la Figura 2G, la estabilidad de tiempos del Sistema de Localización Inalámbrico se mide a lo largo de líneas base, en la que cada línea base está compuesta de dos SCS, 10A y 10B, y una línea imaginaria (A – B) dibujada entre ellos. En un tipo TDOA / FDOA del Sistema de Localización Inalámbrico, las localizaciones de los transmisores inalámbricos se calcula mediante la medición de las diferencias en los tiempos en que cada SCS 10 registra la llegada de la señal desde un transmisor inalámbrico. Por ello, es importante que las diferencias en los tiempos medidos por los SCS 10 a lo largo de cualquier línea base se atribuyan fundamentalmente al tiempo de transmisión de la señal desde el transmisor inalámbrico y se atribuyan de modo mínimo a las variaciones en los componentes de RF y analógicos de los SCS 10 en sí mismos. Para cumplir los objetivos de precisión del Sistema de Localización Inalámbrico, la estabilidad de tiempos para cualquier par de SCS 10 se mantiene en mucho menor que 100 nanosegundos RMS (raíz cuadrática media). Por ello, los componentes del Sistema de Localización Inalámbrico contribuirán en menos de 9,29 metros cuadrados (100 pies) de error de instrumentación en la estimación de la localización de un transmisor inalámbrico. Parte de este error se asigna a la ambigüedad de la señal usada para calibrar el sistema. Esta ambigüedad se puede determinar a partir de la bien conocida ecuación de límite inferior de Cramer-Rao. En el caso de un canal de control inverso de AMPS, este error es aproximadamente de 40 nanosegundos RMS. El resto del error registrado se asigna a los componentes del Sistema de Localización Inalámbrico, principalmente a los componentes de RF y analógicos en el SCS 10.

En el procedimiento de calibración externa, el Sistema de Localización Inalámbrico usa una red de transmisores de calibración cuya característica de señal se ajusta a las de los transmisores inalámbricos objetivo. Estos transmisores de calibración pueden ser teléfonos inalámbricos ordinarios que emiten señales de registro periódicas y/o señales de respuesta a busca. Cada línea base SCS a SCS utilizable se calibra preferentemente periódicamente usando un transmisor de calibración que tiene un recorrido relativamente claro y sin obstrucciones para ambos SCS 10 asociados con la línea base. La señal de calibración se procesa de modo idéntico a una señal de un transmisor inalámbrico objetivo. Dado que los valores TDOA son conocidos a priori, cualquier error en los cálculos es debido a errores sistemáticos en el Sistema de Localización Inalámbrico. Estos errores sistemáticos se pueden eliminar a continuación en los cálculos de localización posteriores para los transmisores objetivo.

35 La Figura 2G ilustra el procedimiento de calibración externo para minimizar errores de tiempos. Como se muestra, un primer SCS 10A en un punto “A” y un segundo SCS 10B en un punto “B” tienen una línea base asociada A-B. Una señal de calibración emitida en un tiempo  $T_0$  por un transmisor de calibración en el punto “C” alcanzará teóricamente el primer SCS 10A en un tiempo  $T_0 + T_{AC}$ .  $T_{AC}$  es la medida de la cantidad de tiempo requerida para que la señal de calibración viaje desde la antena en el transmisor de calibración a la memoria digital de puerto dual en un receptor digital. De la misma manera, la misma señal de calibración alcanzará un segundo SCS 10B en un tiempo teórico  $T_0 + T_{BC}$ . Normalmente, sin embargo, la señal de calibración no alcanzará la memoria digital en el los componentes de procesamiento de la señal digital de las respectivas SCS 10 exactamente en los tiempos correctos. Por el contrario, habrá errores  $e_1$  y  $e_2$  en la cantidad de tiempo ( $T_{AC}$ ,  $T_{BC}$ ) que lleva a la señal de calibración propagarse desde el transmisor de calibración a los SCS 10, respectivamente, de modo que los tiempos exactos de llegada serán realmente  $T_0 + T_{AC} + e_1$  y  $T_0 + T_{BC} + e_2$ . Tales errores serán debidos en algún grado a retardos en la propagación de la señal a través del aire, es decir, desde la antena de los transmisores de calibración a las antenas de los SCS; sin embargo, los errores serán principalmente debidos a características de variación de tiempo en los componentes frontales del SCS. Los errores  $e_1$  y  $e_2$  no se pueden determinar *per se* debido a que el sistema no conoce el momento exacto ( $T_0$ ) en el que se transmitió la señal de calibración. El sistema puede, sin embargo determinar el error en la *diferencia* en el tiempo de llegada de la señal de calibración en los SCS 10 respectivos en cualquier par de SCS 10. Este valor de error TDOA se define como la diferencia entre el valor de TDOA medido y el valor de TDOA teórico  $\tau_0$ , en el que  $\tau_0$  es la diferencia teórica entre los valores de retardos teóricos  $T_{AC}$  y  $T_{BC}$ . Los valores TDOA teóricos para cada par de SCS 10 y cada transmisor de calibración son conocidos debido a que las posiciones de los SCS 10 y del transmisor de calibración y la velocidad a la que la señal de calibración se propaga, son conocidos. La línea base TDOA medida ( $TDOA_{A-B}$ ) se puede representar como  $TDOA_{A-B} = \tau_0 + \epsilon$ , en la que  $\epsilon = e_1 - e_2$ . En una forma similar, una señal de calibración desde un segundo transmisor de calibración en el punto “D” tendrá asociados errores  $e_3$  y  $e_4$ . El valor final de  $\epsilon$  a restar de las mediciones TDOA para un transmisor objetivo será una función (por ejemplo, media ponderada) de los valores  $\epsilon$  deducidos para uno o más transmisores de calibración. Por lo tanto, una medición TDOA dada ( $TDOA_{medida}$ ) para un par de SCS 10 en los puntos “X” e “Y” y un transmisor inalámbrico en una localización desconocida será corregida como sigue:

$$TDOA_{X-Y} = TDOA_{medida} - \epsilon$$

$$\epsilon = k_1 \epsilon_1 + k_2 \epsilon_2 + \dots k_N \epsilon_N$$

en la que  $k_1$ ,  $k_2$ , etc., son factores de ponderación y  $\epsilon_1$ ,  $\epsilon_2$ , etc., son los errores determinados mediante resta de los valores TDOA medidos de los valores teóricos para cada transmisor de calibración. En este ejemplo, el valor de error  $\epsilon_1$  puede ser el valor de error asociado con el transmisor de calibración en el punto "C" del dibujo. Los factores de ponderación se determinan por el operador del Sistema de Localización Inalámbrico e introducidos en las tablas de configuración para cada línea base. El operador tendrá en consideración la distancia desde cada transmisor de calibración a los SCS 10 en los puntos "X" e "Y", la línea de visión determinada empíricamente para cada transmisor de calibración a los SCS 10 en los puntos "X" e "Y", y la contribución que cada SCS "X" e "Y" tendría a una estimación de localización de un transmisor inalámbrico que pudiera localizarse en la proximidad de cada transmisor de calibración. En general, los transmisores de calibración que están más cercanos a los SCS 10 en los puntos "X" e "Y" serán ponderados más altos que los transmisores de calibración que están más separados y los transmisores de calibración con una mejor línea de visión a los SCS 10 en los puntos "X" e "Y" serán ponderados más altos que los transmisores de calibración con una línea de visión peor.

Cada componente de error  $\epsilon_1$ ,  $\epsilon_2$ , etc., y por lo tanto el componente de error resultante  $\epsilon$ , pueden variar ampliamente, y desordenadamente, con el tiempo debido a que algunos de los componentes de error son debidos a la reflexión multitrayecto desde el transmisor de calibración a cada SCS 10. La reflexión multitrayecto depende en gran medida del recorrido y por lo tanto varía de medición a medición y de recorrido a recorrido. No es un objetivo de este procedimiento determinar la reflexión multitrayecto para estos recorridos de calibración, sino más bien determinar la parte de los errores que se pueden atribuir a los componentes del SCS 10. Típicamente, por lo tanto, los valores de error  $\epsilon_1$  y  $\epsilon_3$  tendrán un componente común dado que se relacionan con el mismo primer SCS 10A. De la misma manera, los valores de error  $\epsilon_2$  y  $\epsilon_4$  tendrán también un componente común dado que se relacionan con el segundo SCS 10B. Es conocido que mientras que los componentes multitrayecto pueden variar desordenadamente, los componentes de errores varían lentamente y típicamente varían de modo senoidal. Por lo tanto, en el procedimiento de calibración externo, los valores de error  $\epsilon$  se filtran usando un filtro ponderado, en base al tiempo, que disminuye la ponderación de los componentes multitrayecto que varían desordenadamente mientras que mantiene los componentes de error que cambian relativamente lentos atribuidos a los SCS 10. Uno de tales filtros de ejemplo usados en el procedimiento de calibración externo es el filtro de Kalman.

El período entre transmisiones de calibración se varía dependiendo de las tasas de deriva de error determinadas para los componentes del SCS. El periodo de la tasa de deriva debería ser mucho más largo que el período del intervalo de calibración. El Sistema de Localización Inalámbrico supervisa el periodo de la tasa de deriva para determinar continuamente la tasa de cambio y puede ajustar periódicamente el intervalo de calibración, si es necesario. Típicamente, la tasa de calibración para el Sistema de Localización Inalámbrico tal como uno de acuerdo con la presente invención está entre 10 y 30 minutos. Esto se corresponde bien con el periodo el tiempo típico para una tasa de registro en un sistema de comunicaciones inalámbrico. Si el Sistema de Localización Inalámbrico determinase que el intervalo de calibración se debe ajustar a una calibración más rápida que la tasa de registro del sistema de comunicaciones inalámbrico, entonces el AP 14 (Figura 1) forzaría automáticamente que los transmisores de calibración transmitieran mediante una busca al transmisor en el intervalo prescrito. Cada transmisor de calibración puede ser dirigido individualmente y por lo tanto el intervalo de calibración asociado con cada transmisor de calibración puede ser diferente.

Dado que los transmisores de calibración usados en el procedimiento de calibración externo son teléfonos estándar, el Sistema de Localización Inalámbrico debe tener un mecanismo para distinguir esos teléfonos de otros transmisores inalámbricos que se estén localizando para varias finalidades de aplicación. El Sistema de Localización Inalámbrico mantiene una lista de las identidades de los transmisores de calibración, típicamente en el TLP 12 y en el AP 14. En un sistema celular, la identidad del transmisor de calibración puede ser el Número de Identidad Móvil, o MIN. Cuando el transmisor de calibración realiza una transmisión, del transmisor es recibido en cada SCS 10 y demodulado por el SCS 10 apropiado. El Sistema de Localización Inalámbrico compara la identidad de la transmisión con la lista de asignación de tareas previamente almacenada de identidades de todos los transmisores de calibración. Si el Sistema de Localización Inalámbrico determina que la transmisión era una transmisión de calibración, entonces el Sistema de Localización Inalámbrico inicia el procesamiento de la calibración externo.

#### Procedimiento de calibración interna

Además del procedimiento de calibración externo, es un objetivo de la presente invención calibrar todos los canales de un receptor digital de banda ancha usado en el SCS 10 del Sistema de Localización Inalámbrico. El procedimiento de calibración externo calibrará típicamente solamente un único canal de los múltiples canales usados en el receptor digital de banda ancha. Esto es debido a que los transmisores de calibración fijos explorarán típicamente en el canal de control de potencia más alta, que típicamente será el mismo canal de control cada vez. La función de transferencia de un receptor digital de banda ancha, junto con los otros componentes asociados, no permanecen perfectamente constantes, sin embargo, y variarán con el tiempo y la temperatura. Por lo tanto, incluso aunque el procedimiento de calibración externo pueda calibrar con éxito un único canal, no hay seguridad de que los restantes canales sean también calibrados.

El procedimiento de calibración interno, representado en el diagrama de flujo de la Figura 2H, se adecúa particularmente para la calibración de un primer sistema receptor individual (es decir, SCS 10) que se caracterice por una función de transferencia que varíe con el tiempo y la frecuencia, en el que la función de transferencia define como se alteraran la amplitud y la fase de una señal recibida por el sistema receptor, y el sistema receptor se utiliza en un sistema de localización para determinar la localización de un transmisor inalámbrico mediante, en parte, la determinación de una diferencia en el tiempo de llegada de la señal transmitida por un transmisor inalámbrico y recibida por el sistema receptor a ser calibrado y otro sistema receptor y en el que la precisión de la estimación de la localización depende, en parte, de la precisión de las mediciones TDOA realizadas por el sistema. Un ejemplo de una función de transferencia de RCC de AMPS se representa en la Figura 2I, que representa como varía la fase de la función de transferencia a través de los 21 canales de control que se extienden 630 kHz.

Con referencia a la Figura 2H, el procedimiento de calibración interna incluye las etapas de desconectar temporal y electrónicamente la antena usada por un sistema receptor del sistema receptor (etapa S- 20); la inyección de una señal de banda ancha generada internamente con unas características de señal conocidas y estables en el primer sistema receptor (etapa S-21); la utilización de la señal de banda ancha generada para obtener una estimación de la forma en la que la función de transferencia varía a través del ancho de banda del primer sistema receptor (etapa S-22) y la utilización de la estimación para mitigar los efectos de la variación de la primera función de transferencia con las mediciones de tiempo y frecuencia realizadas por el primer sistema receptor (etapa S-23). Un ejemplo de una señal de banda ancha usada para calibración interna es una señal combinada, que se compone de múltiples elementos individuales, de frecuencia amplitud igual y separación conocida, tal como 5 kHz. Un ejemplo de tal señal se muestra en la Figura 2I.

La antena se debe desconectar temporalmente durante el proceso de calibración interna para impedir que entren las señales externas en el receptor de banda ancha y garantizar que el receptor sólo está recibiendo la señal de banda ancha estable. La antena se desconecta electrónicamente sólo durante unos pocos milisegundos para minimizar la posibilidad de perder también demasiadas señales de un transmisor inalámbrico. Además, la calibración interna se realiza típicamente inmediatamente después de la calibración externa para minimizar la posibilidad de que cualquier componente en el SCS 10 derive durante el intervalo entre la calibración externa e interna. La antena se desconecta del receptor de banda ancha usando dos relés de RF controlados electrónicamente (no mostrados). Un conmutador de RF no puede proporcionar un aislamiento perfecto entre la entrada y la salida incluso cuando está en la posición "desconectado", sino que puede proporcionar hasta 70 dB de aislamiento. Se pueden usar dos relés en serie para aumentar la cantidad de aislamiento y para asegurar adicionalmente que ninguna señal se fuga desde la antena del receptor de banda ancha durante la calibración. De modo similar, cuando la función de calibración interna no se está usando, la señal de calibración interna se desconecta y también se desconectan los relés de RF para impedir cualquier fuga de las señales de calibración interna dentro del receptor de banda ancha cuando el receptor está recogiendo señales de transmisores inalámbricos.

El procedimiento de calibración externa proporciona una calibración absoluta de un único canal y el procedimiento de calibración interno calibra a continuación todos los otros canales con relación al canal que se ha calibrado de modo absoluto. La señal combinada es particularmente adecuada como señal de banda ancha estable debido a que se puede generar fácilmente usando una réplica almacenada de la señal y un convertidor digital a analógico.

#### Calibración externa usando una señal de calibración de banda ancha

El procedimiento de calibración externa descrito a continuación se puede usar en conexión con un sistema receptor SCS 10 caracterizado por una función de transferencia variable de tiempo y frecuencia, que incluye preferentemente las antenas, filtros, amplificadores, duplexores, multiconectores, repartidores y cableado asociado con el sistema receptor SCS. El procedimiento incluye la etapa de transmisión de una señal de calibración de banda ancha estable, conocida desde un transmisor externo. La señal de calibración de banda ancha se usa a continuación para estimar la función de transferencia a través del ancho de banda prescrito del sistema receptor SCS. La estimación de la función de transferencia se emplea posteriormente para mitigar los efectos de variación de la función de transferencia en mediciones TDOA/FDOA posteriores. La transmisión externa es preferentemente de corta duración y baja potencia para evitar interferencias con el sistema de comunicaciones inalámbrico que aloja el Sistema de Localización Inalámbrico.

En el procedimiento preferido, el sistema receptor del SCS se sincroniza con el transmisor externo. Tal sincronización se puede realizar usando unidades de tiempos GPS. Más aún, el sistema receptor se puede programar para recibir y procesar el ancho de banda completo de la señal de calibración solamente en el momento en que la señal de calibración se está enviando. El sistema receptor no realiza el procesamiento de calibración en cualquier momento distinto a durante la sincronización con las transmisiones de calibración externas. Además, se usa un enlace de comunicaciones inalámbrico entre el sistema receptor y el transmisor de calibración externo para intercambiar órdenes y respuestas. El transmisor externo puede usar una antena direccional para dirigir la señal de banda ancha solamente a las antenas del sistema receptor SCS. Tal antena direccional puede ser una antena Yagi (es decir matriz de radiación longitudinal lineal). El procedimiento de calibración incluye preferentemente la realización de la transmisión externa solamente cuando la antena direccional está dirigida a las antenas del sistema receptor y el riesgo de reflexión multitrayecto es bajo.

Calibración por deriva de la estación

Otro aspecto de la presente invención se refiere al procedimiento de calibración para corregir las derivas de la estación en un sistema receptor SCS. La “deriva de la estación” se define como el retardo finito entre cuando una señal de RF desde un transmisor inalámbrico alcanza la antena y cuando la misma señal alcanza el receptor de banda ancha. El procedimiento inventivo incluye la etapa de medición de la longitud del cable desde las antenas a los filtros y la determinación de los retardos correspondientes asociados con la longitud del cable. Además, el procedimiento incluye la inyección de una señal conocida en el filtro, duplexor, multiconector o repartidor de RF y la medición de la respuesta de retardo y respuesta de fase respecto a la frecuencia desde la entrada de cada dispositivo receptor de banda ancha. Los valores de retardo y fase se combinan y usan entonces para corregir mediciones de localización posteriores. Cuando se usa con la generación de tiempos en base a GPS descrita anteriormente, el procedimiento incluye preferentemente la corrección de las longitudes del cable GPS. Más aún, una señal de referencia generada externamente se usa preferentemente para supervisar cambios en la deriva de la estación que puedan surgir debido, al tiempo atmosférico y al envejecimiento. Finalmente, la deriva de la estación por canal de RF y para cada sistema receptor en el Sistema de Localización Inalámbrico se almacena preferentemente en forma de tabla en el Sistema de Localización Inalámbrico para su uso en la corrección del procesamiento de localización posterior.

Supervisión del rendimiento

El Sistema de Localización Inalámbrico usa procedimientos similares a la calibración para supervisión del rendimiento de una forma regular y desarrollada. Estos procedimientos se representan en los diagramas de flujo de las Figuras 2K y 2L. Se usan dos procedimientos de supervisión del rendimiento: teléfonos fijos y conducción de ensayos de puntos supervisados. El procedimiento de teléfono fijo comprende las siguientes etapas (véase la Figura 2K):

- se colocan permanentemente transmisores inalámbricos estándar en varios puntos dentro del área de cobertura del Sistema de Localización Inalámbrico (estos se conocen a continuación como teléfonos fijos) (etapa S- 30);
- los puntos en los que se han colocado teléfonos fijos son medidos de modo que su localización sea conocida con precisión dentro de una distancia predeterminada, por ejemplo 3,05 metros (diez pies) (etapa S-31);
- las localizaciones medidas se almacenan en una tabla en el AP 14 (etapa S-32);
- se permite que los teléfonos fijos se registren en el sistema de comunicaciones inalámbricos, a un ritmo e intervalos fijados por el sistema de comunicaciones inalámbrico para todos los transmisores inalámbricos en el sistema (etapa S-33)
- en cada transmisión de registro por un teléfono fijo, el Sistema de Localización Inalámbrico localiza el teléfono fijo usando el procesamiento de localización normal (como con los transmisores de calibración, el Sistema de Localización Inalámbrico puede identificar una transmisión como procedente de un teléfono fijo almacenando las identidades en una tabla) (etapa S-34);
- el Sistema de Localización Inalámbrico calcula un error entre en la localización calculada determinada por el procesamiento de la localización y la localización almacenada determinada por las mediciones (etapa S-35);
- la localización, el valor de error y otros parámetros medidos se almacenan junto con la marca de tiempos en una base de datos en el AP 14 (etapa S- 36);
- el AP 14 supervisa el error instantáneo y otros parámetros medidos (colectivamente denominados como un registro de localización extendido) y calcula adicionalmente varios valores estadísticos de los errores y otros parámetros medidos (etapa S- 37) y
- si cualquiera de los errores u otros valores exceden un umbral predeterminado o un valor estadístico histórico, bien instantáneamente o bien después de realizar un filtrado estadístico en un número prescrito de estimaciones de localización, el AP 14 señaliza una alarma al operador del Sistema de Localización Inalámbrico (etapa S-38).

El registro de localización extendido incluye un gran número de parámetros medidos útiles para el análisis del rendimiento instantáneo e histórico del Sistema de Localización Inalámbrico. Estos parámetros incluyen: el canal de RF usado por el transmisor inalámbrico, los puertos de antena usados por el Sistema de Localización Inalámbrico para demodular la transmisión inalámbrica, los puertos de antena desde los que el Sistema de Localización Inalámbrico solicitó datos de RF, el pico, media y varianza en la potencia de la transmisión durante el intervalo usado para el procesamiento de la localización, el SCS 10 y el puerto de la antena elegidos para referencia en el procesamiento de la localización, el valor de correlación de la correlación de espectro cruzado entre cada SCS 10 y antena usados en el procesamiento de la localización y el SCS 10 y antena de referencia, el valor de retardo para cada línea base, los parámetros de mitigación multitrayecto y los valores residuales restantes después de los cálculos de mitigación multitrayecto. Cualquiera de estos parámetros medidos se puede supervisar por parte del Sistema de Localización Inalámbrico con la finalidad de determinar el rendimiento del Sistema de Localización Inalámbrico. Un ejemplo del tipo de supervisión realizada por el Sistema de Localización Inalámbrico puede ser la varianza entre el valor instantáneo de la correlación en una línea base y el intervalo histórico del valor de correlación. Otro puede ser la varianza entre el valor instantáneo de la potencia recibida en una antena particular el intervalo histórico de las potencias recibidas. Cualquier otro valor estadístico se puede calcular y esta lista no es exhaustiva.

El número de teléfonos fijos colocados dentro del área de cobertura del Sistema de Localización Inalámbrico se puede determinar en base a la densidad de los emplazamientos de células, la dificultad del terreno y la facilidad histórica con la que los sistemas de comunicaciones inalámbricos han funcionado en el área. Típicamente la relación es aproximadamente de un teléfono fijo por cada seis emplazamientos de células. Sin embargo en algunas áreas se puede requerir una relación de uno a uno. Los teléfonos fijos proporcionan unos medios continuos para supervisar el rendimiento del Sistema de Localización Inalámbrico, así como para supervisar cualquier cambio en el plan de frecuencias que el proveedor pueda realizar. Muchas veces, los cambios en el plan de frecuencias producirán una variación en el rendimiento del Sistema de Localización Inalámbrico y la supervisión del rendimiento de los teléfonos fijos proporciona una indicación inmediata al operador del Sistema de Localización Inalámbrico.

La conducción de ensayos de puntos supervisados es muy similar a la supervisión de teléfonos fijos. Los teléfonos fijos solamente pueden localizarse típicamente en el interior en donde se tenga acceso a alimentación eléctrica (es decir los teléfonos deben estar alimentados continuamente para ser efectivos). Para tener una medición más completa del rendimiento de la localización, se realiza también la conducción de ensayos de puntos de ensayo exteriores. Con referencia a la Figura 2L, como con los teléfonos fijos, se miden puntos de prueba prescritos a través del área de cobertura del Sistema de Localización Inalámbrico dentro de 3,05 metros (diez pies) (etapa S-40). Cada punto de ensayo tiene asignado un código, en el que el código consiste bien en un "\*" o un "#", seguido por una secuencia de números (etapa S- 41). Por ejemplo, "\*1001" a "\* 1099" puede ser una secuencia de 99 códigos usados para puntos de ensayo. Estos códigos deberían ser secuencias, que cuando se marquen, no tengan significado para el sistema de comunicaciones inalámbrico (es decir los códigos no produzcan una característica o tenga lugar otra traducción en el MSC, excepto para un mensaje de interceptación). El AP 14 almacena el código para cada punto de ensayo junto con la localización medida (etapa S- 42). Posteriormente a estas etapas iniciales, cualquier transmisor inalámbrico que marque cualquiera de los códigos será activado y localizado usando el procesamiento de localización normal (etapas S-43 y S-44). El Sistema de Localización Inalámbrico calcula automáticamente un error entre la localización calculada determinada por el procesamiento de la localización y la localización almacenada determinada por mediciones y la localización y el valor del error se almacenan junto con la marca de tiempos en una base de datos en el AP 14 (etapas S-45 y S-46). El AP 14 supervisa el error instantáneo, así como varios valores estadísticos del error. Si los valores de error exceden un umbral predeterminado o un valor estadístico histórico, bien instantáneamente o después de realizar un filtrado estadístico a través de un número prescrito de estimaciones de localización, el AP 14 envía una señal de alarma al operador del Sistema de Localización Inalámbrico (etapa S-47).

#### Procesador de la localización TDOA (TLP)

El TLP 12, representado en las Figuras 1, 1A y 3, es un sistema de procesamiento de señal digital centralizado que gestiona muchos aspectos del Sistema de Localización Inalámbrico, especialmente los SCS 10 y proporciona un control en todo el procesamiento de la localización. Debido a que el procesamiento de la localización es intensivo en DSP, una de las ventajas principales del TLP 12 es que los recursos de DSP se pueden compartir entre procesamientos de la localización iniciados por las transmisiones en cualquiera de los SCS 10 en un Sistema de Localización Inalámbrico. Esto es, el coste adicional de los DSP en los SCS 10 se reduce teniendo los recursos disponibles centralmente. Como se muestra en la Figura 3, hay tres componentes principales del TLP 12: módulos DSP 12-1, módulos de comunicaciones T1/E1 12-2 y un módulo controlador 12-3.

Los módulos de comunicaciones T1/E1 12-2 proporcionan la interfaz de comunicaciones a los SCS 10 (T1 y E1 son velocidades de comunicaciones estándar disponibles en todo el mundo). Cada SCS 10 comunica con un TLP 12 usando uno o más DS0 (que son típicamente de 56 kbps o 64 kbps). Cada SCS 10 se conecta típicamente con un circuito T1 o E1 fraccional, usando, por ejemplo, una unidad de extracción e inserción o un banco de canales en el emplazamiento de células. Frecuentemente, este circuito se comparte con la estación base, que comunica con el MSC. En un emplazamiento central, el DS0 asignado a la estación base se separa del DS0 asignado al SCS 10. Esto se realiza típicamente de modo externo al TLP 12 usando un sistema de acceso y control digital (DACS) 13A que no solamente separa los DS0 sino también prepara los DS0 de múltiples SCS 10 en circuitos T1 o E1 completos. Estos circuitos se conectan a continuación desde el DACS 13A al DACS 13B y a continuación al módulo de comunicaciones T1/E1 en el TLP 12. Cada módulo de comunicaciones T1/E1 contiene suficiente memoria digital para almacenar temporalmente paquetes de datos a y desde cada SCS 10 que comunica con el módulo. Un único chasis TLP puede soportar uno o más módulos de comunicaciones T1/E1.

Los módulos DSP 12-1 proporcionan un recurso en fondo común para los procesamientos de la localización. Un único módulo puede contener típicamente de dos a ocho procesadores de señal digital, cada uno de los cuales está igualmente disponible para el procesamiento de la localización. Se soportan dos tipos de procesamiento de la localización: en base a central y en base a estación, que se describen con más detalle a continuación. El controlador de TLP 12-3 maneja los módulos DSP 12-1 para obtener un rendimiento óptimo. Cada módulo DSP contiene suficiente memoria digital para almacenar todos los datos necesarios para el procesamiento de la localización. Un DSP no estará implicado hasta que todos los datos necesarios para comenzar el procesamiento de la localización se han trasladado desde cada uno de los SCS 10 involucrados a la memoria digital del módulo DSP. Solamente entonces se asigna a un DSP la tarea específica de localizar un transmisor inalámbrico específico. Usando esa técnica, los DSP, que son un recurso caro, nunca se mantienen a la espera, un chasis TLP único puede soportar uno o más módulos DSP.

El módulo de controlador 12-3 proporciona una gestión en tiempo real de todos los procesamientos de localización dentro del Sistema de Localización Inalámbrico. El AP 14 es la entidad de gestión de nivel superior dentro del Sistema de Localización Inalámbrico, sin embargo su arquitectura de base de datos no es suficientemente rápida para realizar la toma de decisiones en tiempo real cuando tiene lugar la transmisión. El módulo controlador 12-3 recibe mensajes de los SCS 10, incluyendo: estado, energía espectral en varios canales para varias antenas, mensajes demodulados y diagnósticos. Esto permite al controlador determinar continuamente eventos que ocurren en el Sistema de Localización Inalámbrico, así como enviar órdenes para tomar ciertas acciones. Cuando un módulo controlador recibe mensajes demodulados de los SCS 10, el módulo controlador decide si se requiere un procesamiento de la localización para una transmisión inalámbrica particular. El módulo controlador 12-3 determina también qué SCS 10 y antenas usar en el procesamiento de la localización, incluyendo si usar un procesamiento de la localización en base a central o en base a estación.

El módulo controlador ordena a los SCS 10 devolver los datos necesarios y ordena secuencialmente a los módulos de comunicaciones y módulos DSP realizar sus papeles necesarios en el procesamiento de la localización. Estas etapas se describen a continuación con más detalle.

El módulo controlador 12-3 mantiene una tabla conocida como la Tabla de Señales de Interés (SOIT). Esta tabla contiene todos los criterios que se pueden usar para activar el procesamiento de la localización en una transmisión inalámbrica particular. Los criterios pueden incluir, por ejemplo, el Número de Identidad Móvil, el ID de la Estación Móvil, el Número de Serie electrónico, las cifras marcadas, ID del sistema, número de canal de RF, número del emplazamiento de célula o número de sector, tipo de la transmisión y otros tipos de elementos de datos. Algunos de los elementos de activación pueden tener unos niveles de prioridad más altos o más bajos asociados con ellos para su uso en la determinación del orden del procesamiento. Los activadores de la localización de prioridad más alta serán siempre procesados antes que los activadores de localización de prioridad más baja. Sin embargo, un activador de prioridad más baja que haya comenzado ya el procesamiento de la localización completa el procesamiento antes de que sea asignado a una tarea de prioridad más alta. La Lista de Asignación de Tareas maestras para el Sistema de Localización Inalámbrico se mantiene en el AP 14 y copia la Lista de Asignación de Tareas se descarga automáticamente a la Tabla de Señales de Interés en cada TLP 12 en el Sistema de Localización Inalámbrico. La Tabla de Señales de Interés completa se descarga a un TLP 12 cuando el TLP 12 se repone o se inicia en primer lugar. Posteriormente a estos dos eventos, sólo se descargan los cambios desde el AP 14 a cada TLP 12 para conservar el ancho de banda de las comunicaciones. El protocolo de comunicaciones de TLP 12 a AP 14 contiene preferentemente suficiente redundancia y comprobación de error para impedir que nunca se hayan introducido datos incorrectos dentro de la Tabla de Señales de Interés. Cuando el AP 14 y el TLP 12 periódicamente tienen una capacidad de procesamiento de reserva disponible, el AP 14 reconfirma las entradas en la Tabla de Señales de Interés para asegurar que todas las entradas en la Tabla de Señales de Interés en el Sistema de Localización Inalámbrico están en completa sincronización.

Cada chasis TLP tiene una capacidad máxima asociada con el chasis. Por ejemplo, un chasis TLP simple puede tener solamente suficiente capacidad para soportar entre 48 y 60 SCS 10. Cuando un sistema de comunicaciones inalámbrico es más grande que la capacidad del chasis TLP único, se conectan múltiples chasis TLP juntos usando conexión en red Ethernet. El módulo controlador 12-3 es responsable de las comunicaciones y conexión en red entre TLP y comunica con los módulos controladores en otros chasis TLP y con los Procesadores de Aplicación 14 a través de la red Ethernet. Las comunicaciones entre TLP se requieren cuando el procesamiento de la localización requiere el uso de SCS 10 que están conectados a diferentes chasis TLP. El procesamiento de la localización para cada transmisión inalámbrica se asigna a un único módulo DSP en un único chasis TLP. Los módulos controladores 12-3 en los chasis TLP seleccionan el módulo DSP en el que realizar el procesamiento de la localización y a continuación encaminan todos los datos de RF usados en el procesamiento de la localización a ese módulo DSP. Si se requieren datos de RF de los SCS 10 conectados a más de un TLP 12, entonces los módulos controladores en todos los chasis TLP necesarios se comunican para trasladar los datos de RF desde todos los SCS 10 necesarios a sus TLP 12 conectados respectivos y a continuación al módulo DSP y chasis TLP asignado al procesamiento de la localización. El módulo controlador soporta dos redes Ethernet totalmente independientes por redundancia. Una rotura o fallo en cualquiera de las redes hace que los TLP 12 afectados desplacen inmediatamente todas las comunicaciones a la otra red.

Los módulos controladores 12-3 mantienen un mapa de red completo del Sistema de Localización Inalámbrico, incluyendo los SCS 10 asociados con cada chasis TLP. El mapa de la red es una tabla almacenada en el módulo controlador que contiene una lista de SCS/antenas candidatas que se pueden usar en el procesamiento de la localización y varios parámetros asociados con cada uno de los SCS/antenas. La estructura de un mapa de red de ejemplo se representa en la Figura 3A. Hay una entrada separada en la tabla para cada antena conectada a un SCS 10. Cuando tiene lugar una transmisión inalámbrica en área que esté cubierta por un SCS 10 que comunica con más de un chasis TLP, los módulos controladores en los chasis TLP involucrados determinan qué chasis TLP será el chasis TLP "maestro" con la finalidad de gestionar el procesamiento de la localización. Típicamente, el chasis TLP asociado con el SCS 10 que tiene la asignación del canal primario para la transmisión inalámbrica es el asignado como el maestro. Sin embargo, otros chasis TLP pueden ser asignados en su lugar si ese TLP no tiene temporalmente recursos DSP disponibles para el procesamiento de la localización o si la mayor parte de los SCS 10 involucrados en el procesamiento de la localización están conectados a otros chasis TLP y el módulo controlador están minimizando las comunicaciones entre TLP. Este proceso de toma de decisión es totalmente dinámico, pero

está ayudado por tablas en el TLP 12 que predeterminan el chasis TLP preferido para cada asignación de canal primario. Las tablas se crean por el operador del Sistema de Localización Inalámbrico y se programan usando la Consola de Operaciones de Red.

La conexión en red descrita en el presente documento funciona tanto para los chasis TLP asociados con el mismo proveedor inalámbrico, como para chasis que solapan o en el borde de un área de cobertura entre dos proveedores inalámbricos. Por ello es posible que un TLP 12 que pertenece a un primer proveedor inalámbrico sea conectado en red y por lo tanto reciba datos de RF de un TLP 12 (y los SCS 10 asociados con ese TLP 12) que pertenezca a un segundo proveedor inalámbrico. Esta conexión en red es particularmente valiosa en áreas rurales, en las que el rendimiento del Sistema de Localización Inalámbrico se puede mejorar mediante el despliegue de SCS 10 en emplazamientos de células de múltiples proveedores inalámbricos. Dado que en muchos casos los proveedores inalámbricos no localizan conjuntamente emplazamientos de células, esta característica permite al Sistema de Localización Inalámbrico acceder a antenas más geográficamente diversas de lo que podrían estar disponibles si el Sistema de Localización Inalámbrico usase solamente los emplazamientos de células de un único proveedor inalámbrico. Como se describe a continuación, la selección apropiada y el uso de antenas para procesamiento de la localización pueden mejorar el rendimiento del Sistema de Localización Inalámbrico.

El módulo controlador 12-3 pasa muchos mensajes, incluyendo registros de localización, al AP 14, muchos de los cuales se describen a continuación. Normalmente, sin embargo, los datos demodulados no se pasan desde el TLP 12 al AP 14. Si, sin embargo, el TLP 12 recibe datos demodulados desde un transmisor inalámbrico particular y el TLP 12 identifica el transmisor inalámbrico como que es un cliente registrado de un segundo proveedor inalámbrico en un área de cobertura diferente, el TLP 12 puede pasar los datos demodulados al primer (en servicio) AP 14A. Esto permitirá al primer AP 14A comunicar con el segundo AP 14B asociado con el segundo proveedor inalámbrico y determinar si el transmisor inalámbrico particular se ha registrado en cualquier tipo de servicios de localización. Si es así, el segundo AP 14B puede dar instrucciones al primer AP 14A para situar la identidad del transmisor inalámbrico particular dentro de la Tabla de Señales de Interés de modo que el transmisor inalámbrico particular sea localizado siempre que el transmisor inalámbrico particular esté en el área de cobertura del primer Sistema de Localización Inalámbrico asociado con el primer AP 14A. Cuando el primer Sistema de Localización Inalámbrico ha detectado que el transmisor inalámbrico particular no se ha registrado durante un periodo de tiempo que excede un umbral predeterminado, el primer AP 14A puede dar instrucciones al segundo AP 14B de que la identidad del transmisor inalámbrico particular sea eliminada de la Tabla de Señales de Interés por la razón de que no está ya presente en el área de cobertura asociada con el primer AP 14A.

#### Puerto de diagnóstico

El TLP 12 soporta un puerto de diagnóstico que es altamente útil en la operación y diagnóstico de problemas dentro del Sistema de Localización Inalámbrico. Este puerto de diagnóstico puede ser accedido tanto localmente en un TLP 12 como remotamente a través de la red Ethernet que conecta los TLP 12 a los AP. El puerto de diagnóstico permite al operador escribir en un archivo todos los datos de demodulación y RF recibidos desde el SCS 10, así como los resultados intermedios y finales de todo el procesamiento de la localización. Estos datos se borran del TLP 12 después del procesamiento de la estimación de localización y por lo tanto el puerto de diagnóstico proporciona los medios para guardar los datos para un pos procesamiento posterior y análisis. La experiencia de los inventores en la operación de grandes sistemas de localización inalámbricos a gran escala es que un pequeño número de estimaciones de localización pueden ocasionalmente tener muy grandes errores, y estos grandes errores pueden dominar las estadísticas de funcionamiento global del Sistema de Localización Inalámbrico a través de cualquier periodo de medición. Por lo tanto, es importante proporcionar al operador un conjunto de herramientas que permitan al Sistema de Localización Inalámbrico detectar y trazar la causa de errores muy grandes para diagnosticar y mitigar estos errores. El puerto de diagnóstico se puede ajustar para obtener la información anterior para todas las estimaciones de localización, para estimaciones de localización de transmisores inalámbricos particulares o en puntos de prueba particulares o para estimaciones de localización que satisfagan un cierto criterio. Por ejemplo, para teléfonos fijos o conducción de pruebas de puntos medidos, el puerto diagnóstico determina el error en la estimación de localización en tiempo real y a continuación escribe la información anteriormente descrita solamente para aquellas estimaciones de localización cuyo error excede un umbral predeterminado. El puerto de diagnóstico determina el error en tiempo real mediante el almacenamiento de las coordenadas de latitud, longitud medidas de cada teléfono fijo y punto de conducción de ensayos en una tabla y a continuación se realiza un cálculo de un error radial entre una estimación de localización para el punto de ensayo correspondiente.

#### Redundancia

Los TLP 12 implementan la redundancia usando varias técnicas inventivas, permitiendo al Sistema de Localización Inalámbrico soportar un procedimiento de redundancia M más N. Redundancia M más N significa que se usan N chasis TLP redundantes (o de reserva) para proporcionar una reserva redundante completa a M chasis TLP en línea. Por ejemplo, M puede ser diez y N puede ser dos.

Primero, los módulos controladores en diferentes chasis TLP intercambian continuamente el estado y mensajes de "latidos" en intervalos de tiempo predeterminados entre ellos mismos y con cada AP 14 asignado para supervisar el chasis TLP. Por ello, cada módulo controlador tiene continua y completamente el estado de cada uno de los otros

módulos controladores en el Sistema de Localización Inalámbrico. Los módulos controladores en diferentes chasis TLP seleccionan periódicamente un módulo controlador en un TLP 12 para ser el controlador maestro para un grupo de chasis TLP. El controlador maestro puede decidir colocar un primer chasis TLP en un estado fuera de línea si el primer TLP 12A notifica una condición de fallo o degradación en su mensaje de estado o si el primer TLP 12A no consigue notificar ningún estatus o mensajes de latidos dentro de su tiempo asignado y predeterminado. Si el controlador maestro coloca a un primer TLP 12A en un estado fuera de línea, el controlador maestro puede asignar a un segundo TLP 12B realizar una conmutación redundante y asumir las tareas del primer TLP 12A fuera de línea. Se envían automáticamente al segundo TLP 12B la configuración que se ha cargado en el primer TLP 12A; esta configuración se puede descargar o bien desde el controlador maestro o desde un AP 14 conectado a los TLP 12. El controlador maestro puede ser un módulo controlador de uno cualquiera de los TLP 12 que no esté en estado fuera de línea, sin embargo hay una preferencia de que el controlador maestro sea un módulo controlador en un TLP 12 de reserva. Cuando el controlador maestro es un módulo controlador en un TLP 12 de reserva, se puede acelerar el tiempo requerido para detectar un primer TLP 12A en fallo, colocar el primer TLP 12A en un estado fuera de línea y a continuación realizar una conmutación redundante.

Segundo, todas las comunicaciones T1 o E1 entre los SCS 10 y cada una de los módulos de comunicaciones T1/E1 12-2 se enrutan preferentemente a través de un DACS de alta fiabilidad que se dedica al control de la redundancia. El DACS 13B se conecta a cada circuito T1/E1 preparado que contiene DS0 de los SCS 10 y se conecta también a cada módulo de comunicaciones T1/E1 12-2 de cada TLP 12. Cada módulo controlador en cada TLP 12 contiene un mapa de los DACS 13B que describe la lista de conexiones de los DACS y asignaciones de puertos. Este DACS 13B se conecta a la red Ethernet descrita anteriormente y puede ser controlado por cualquiera de los módulos controladores 12-3 en cualquiera de los TLP 12. Cuando se coloca o segundo TLP 12 en un estado fuera de línea por el controlador maestro, el controlador maestro envía comandos al DACS 13B para conmutar el circuito T1/E1 preparado que comunica con el primer TLP 12A a un segundo TLP 12B que ha estado en un estado de reserva. Al mismo tiempo, el AP 14 descarga el archivo de configuración completa que se ha estado usando por el segundo (y ahora fuera de línea) TLP 12B al tercer (y ahora en línea) TLP 12C. El tiempo desde la primera detección de un primer chasis TLP en fallo al cambio completo y asunción de las responsabilidades de procesamiento por un tercer chasis TLP es típicamente menor de unos pocos segundos. En muchos casos, no se pierde ningún dato de RF por los SCS 10 asociados con el primer chasis TLP en fallo y el procesamiento de la localización puede continuar sin interrupción. En el momento de un fallo de TLP cuando un primer TLP 12A se ha colocado en un estado fuera de línea, el NOC 16 crea una alerta para notificar al operador del Sistema de Localización Inalámbrico que ha tenido lugar el evento.

Tercero, cada chasis TLP contiene alimentación de potencia, ventiladores y otros componentes redundantes. Un chasis TLP puede soportar también múltiples módulos DSP, de modo que el fallo de un único módulo DSP o incluso un único DSP en un módulo de DSP reduce la cantidad global de recursos de procesamiento disponibles pero no produce el fallo del chasis TLP. En todos los otros casos descritos en este párrafo, el componente en fallo del TLP 12 se puede sustituir sin colocar al chasis TLP completo en un estado fuera de línea. Por ejemplo, si falla una única fuente de alimentación, la fuente de alimentación redundante tiene suficiente capacidad para soportar únicamente la carga del chasis. La fuente de alimentación en fallo contiene los circuitos necesarios para eliminarse a sí misma de la carga del chasis y no producir una degradación adicional en el chasis. De modo similar, un módulo DSP en fallo puede también quitarse a sí mismo de las partes activas del chasis, de modo que no produzca un fallo de la placa base o de otros módulos. Esto permite al resto del chasis, incluyendo un segundo módulo DSP, continuar funcionando normalmente. Naturalmente, el rendimiento de procesamiento total del chasis se reduce pero se evita un fallo total.

#### Procesador de aplicación (AP) 14

El AP 14 es un sistema de base de datos centralizada, que comprende un número de procesos de software que gestionan el Sistema de Localización Inalámbrico completo, proporciona interfaces a usuarios y aplicaciones externos, almacena registros y configuraciones de localización y soportan varias funcionalidades relativas a la aplicación. El AP 14 usa una plataforma de hardware comercial que se dimensiona para adaptarse al rendimiento del Sistema de Localización Inalámbrico. El AP usa también un sistema de base de datos relacional comercial (RDBMS), que se ha personalizado significativamente para proporcionar la funcionalidad descrita en el presente documento. Mientras que el SCS 10 y el TLP 12 funcionan preferentemente juntos en un modo en tiempo real puro para determinar la localización y crear registros de localización, el AP 14 puede funcionar tanto en modo de tiempo real para almacenar y enviar registros de localización como en un modo en tiempo no real para posprocesar registros de localización y proporcionar acceso e informes a lo largo del tiempo. La capacidad de almacenar, recuperar y posprocesar registros de localización para varios tipos de sistemas y análisis de aplicación ha demostrado ser una ventaja poderosa de la presente invención. La colección principal de procesos de software es conocida como el ApCore, que se muestra en la Figura 4 e incluye las siguientes funciones:

El Vigilante del Rendimiento de AP (ApPerfGuard) es un proceso de software dedicado que es responsable de iniciar, detener y supervisar la mayoría de los otros procesos ApCore así como las comunicaciones del ApCore con el NOC 16. Tras recibir un comando de actualización de la configuración desde el NOC, el ApPerfGuard actualiza la base de datos y notifica a todos los otros procesos el cambio. El ApPerfGuard inicia y detiene los procesos apropiados cuando el NOC da indicaciones al ApCore para introducir estados de ejecución específicos y supervisa

constantemente todos los otros procesos de software planificados para su ejecución para reiniciarlos si se han salido o detenido y reiniciar cualquier proceso que no esté ya respondiendo apropiadamente. Se asigna al ApPerfGuard una de las prioridades de procesamiento más altas de modo que este proceso no pueda ser bloqueado por otros procesos que estén "escapados". El ApPerfGuard tiene también memoria dedicada que no es accesible por otros procesos de software para impedir cualquier posible corrupción desde otros procesos de software.

El Despachador de AP (ApMnDsptch) es un proceso de software que recibe registros de localización desde los TLP 12 y envía los registros de localización a otros procesos. Este proceso contiene un hilo separado para cada TLP 12 físico configurado en el sistema y cada hilo recibe registros de localización desde ese TLP 12. Para una fiabilidad del sistema, el ApCore mantiene una lista que contiene el último número en secuencia de registro de localización recibido desde cada TLP 12 y envía este número de secuencia al TLP 12 después de la conexión inicial. Posteriormente, el AP 14 y el TLP 12 mantienen un protocolo mediante el que el TLP 12 envía cada registro de localización con un único identificador. El ApMnDsptch envía registros de localización a múltiples procesos, incluyendo el Ap911, ApDbSend, ApDbRecvLoc y ApDbFileRecv.

El Proceso de Asignación de Tareas de AP (ApDbSend) controla la Lista de Asignación de Tareas dentro del Sistema de Localización Inalámbrico. La Lista de Asignación de Tareas es la lista maestra de todos los criterios de activación que determinan qué transmisores inalámbricos se localizarán, qué aplicaciones crearon los criterios y qué aplicaciones pueden recibir información de registros de localización. El proceso ApDbSend contiene un hilo separado para cada TLP 12, a través del que el ApDbSend sincroniza la Lista de Asignación de Tareas con la Tabla de Señales de Interés en cada TLP 12. El ApDbSend no envía información de aplicación a la Tabla de Señales de Interés, solamente los criterios de activación. Por ello el TLP 12 no conoce por qué debe ser localizado un transmisor inalámbrico. La Lista de Asignación de Tareas permite a los transmisores inalámbricos ser localizados en base al Número de Identidad Móvil (MIN), Identificador de Estación Móvil (MSID), Número de Serie Electrónico (ESN) y otros números de identidad, secuencias marcadas de caracteres y/o cifras, ID del Sistema local (SID), emplazamiento de célula y sector de origen, canal de RF de origen o tipo de mensaje. La Lista de Asignación de Tareas permite a múltiples aplicaciones recibir registros de localización desde el mismo transmisor inalámbrico. Por ello, un único registro de localización de un transmisor inalámbrico que haya marcado el "911" se puede enviar, por ejemplo, a un PSAP 911, a una aplicación de gestión de flotas, a una aplicación de gestión de tráfico y a una aplicación de optimización de la RF.

La Lista de Asignación de Tareas contiene también una variedad de marcadores y campos para cada criterio de activación, algunos de los cuales se describen en alguna parte en la presente especificación. Un marcador, por ejemplo, especifica el límite de tiempo máximo antes de que el Sistema de Localización Inalámbrico deba proporcionar una estimación aproximada o final del transmisor inalámbrico. Otro marcador permite al procesamiento de la localización ser inhabilitado para un criterio de activación particular tal como la identidad del transmisor inalámbrico. Otro campo contiene la autenticación requerida para realizar cambios en los criterios para una activación particular; la autenticación permite al operador del Sistema de Localización Inalámbrico especificar qué aplicaciones están autorizadas para añadir, borrar o realizar cambios en cualquier criterio de activación y campos o marcadores asociados. Otro campo contiene el Grado de Servicio de la Localización asociado con el criterio de activación; el Grado de Servicio indica al Sistema de Localización Inalámbrico el nivel de precisión y nivel de prioridad deseados para el procesamiento de la localización asociado con un criterio de activación particular. Por ejemplo, algunas aplicaciones pueden ser satisfechas con una estimación de la localización aproximada (quizás por una tarifa de procesamiento de la localización reducida), mientras otras aplicaciones pueden estar satisfechas con un procesamiento de baja prioridad que no garantice que se complete para ninguna transmisión dada (y que pueda ser sobrepasada por tareas de procesamiento de prioridad alta). El Sistema de Localización Inalámbrico incluye medios para soportar el uso de comodines para los criterios de activación en la Lista de Asignación de Tareas. Por ejemplo un criterio activación se puede introducir como "MIN = 21555\*\*\*\*". Esto hará que el Sistema de Localización Inalámbrico active el procesamiento de la localización para cualquier transmisor inalámbrico cuyo MIN comience con las seis cifras 215555 y finalice con cuatro cifras cualesquiera. Los caracteres comodín se pueden colocar en cualquier posición en un criterio de activación. Esta característica puede ahorrar el número de localizaciones de memoria requeridas en la Lista de Asignación de Tareas y la Tabla de Señales de Interés mediante la agrupación de bloques de transmisores inalámbricos relacionados juntos.

El ApDbSend también soporta asignación de tareas dinámicas. Por ejemplo, el MIN, ESN, MSID u otra identidad de cualquier transmisor inalámbrico que haya marcado "911" se colocará automáticamente en la Lista de Asignación de Tareas por el ApDbSend durante una hora. Por ello, cualquier transmisión adicional del transmisor inalámbrico que marcó "911" se localiza también en casos de emergencia adicional. Por ejemplo, si un PSAP devuelve la llamada a un transmisor inalámbrico que haya marcado "911" en la última hora, el Sistema de Localización Inalámbrico se activará en el mensaje de respuesta a la busca del transmisor inalámbrico y puede poner a disposición del PSAP este nuevo registro de localización. Esta asignación de tareas dinámica se puede establecer para cualquier intervalo de tiempos después de un evento de inicio y para cualquier tipo de criterio de activación. El proceso ApDbSend es también un servidor para solicitudes de asignación de tareas recibidas de otras aplicaciones. Estas aplicaciones, tales como una gestión de flota, pueden enviar solicitudes de asignación de tareas por medio de una conexión directa, por ejemplo. Estas aplicaciones pueden o bien colocar o bien eliminar criterios de activación. El ApDbSend realiza un proceso de autenticación con cada aplicación para verificar que la aplicación ha sido autorizada para colocar o eliminar criterios de activación y cada aplicación sólo puede cambiar los criterios de activación

relacionados con esa aplicación.

El proceso AP 911 (Ap911) gestiona cada interfaz entre el Sistema de Localización Inalámbrico y los elementos de la red E9-1-1, tales como conmutadores en tándem, enrutadores selectivos, bases de datos ALI y/o los PSAP. El proceso Ap911 contiene un hilo separado para cada conexión a un elemento de la red E9-1-1 y puede soportar más de un hilo para cada elemento de la red. El proceso Ap911 puede funcionar simultáneamente en muchos modos en base a la configuración del usuario y como se ha descrito en el presente documento. El procesamiento de los registros de localización del E9-1-1 a tiempo es una de las prioridades de procesamiento más altas en el AP 14 y por lo tanto el Ap911 se ejecuta completamente en la memoria de acceso aleatorio (RAM) para evitar el retardo asociado con primero almacenar y a continuación recuperar un registro de localización de cualquier tipo de disco. Cuando el ApMnDspch envía un registro de localización al Ap911, el Ap911 realiza inmediatamente una determinación del enrutado y envía el registro de localización a través de la interfaz apropiada al elemento de la red E9-1-1. Un proceso separado, funcionando en paralelo, registra los registros de localización dentro de la base de datos del AP 14.

El AP 14, a través del proceso Ap911 y otros procesos, soporta dos modos de proporcionar registros de localización a las aplicaciones, incluyendo el E9-1-1: los modos "empujar" y "tirar". Las aplicaciones que requieren el modo empujar reciben un registro de localización tan pronto como esté disponible en el AP 14. Este modo es especialmente efectivo para el E9-1-1 que tiene una necesidad muy crítica de tiempo para los registros de localización, dado que las redes E9-1-1 deben encaminar llamadas 9-1-1 inalámbricas al PSAP correcto en unos pocos segundos después de que el comunicante inalámbrico haya marcado "911". Las aplicaciones que solicitan el modo de tirar no reciben automáticamente registros de localización, sino que en su lugar deben enviar una consulta al AP 14 en relación a un transmisor inalámbrico particular para recibir el último, o cualquier otro registro de localización, sobre el transmisor inalámbrico. La consulta desde la aplicación puede especificar el último registro de localización, una serie de registros de localización o todos los registros de localización que satisfagan un tiempo específico u otro criterio, tal como el tipo de transmisión. Un ejemplo del uso del modo de tirar en el caso de una llamada "911" es que la red E9-1-1 recibe primero la parte de voz de la llamada "911" y a continuación consultan al AP 14 para recibir el registro de localización asociado con esa llamada.

Cuando el proceso Ap911 se conecta a muchos elementos de la red E9-1-1, el Ap911 debe determinar a qué elemento de la red E9-1-1 empujar el registro de localización (suponiendo que se haya seleccionado el modo "empujar"). El AP 14 realiza esta determinación usando una tabla de enrutado dinámica. La tabla de enrutado dinámica se usa para dividir una región geográfica en células. Cada célula, o entrada, en la tabla de enrutado dinámica contiene las instrucciones de enrutado para esa célula. Es bien conocido que un minuto de latitud tiene 1,03 kilómetros (6083 pies), que es aproximadamente 111 metros (365 pies) por milésima de grado. Adicionalmente, cada minuto de longitud es el coseno(latitud) por 1,83 kilómetros (6083 pies), que para el área de Filadelfia es aproximadamente 1,42 kilómetros (4659 pies) o aproximadamente 85,3 metros (380 pies) por milésima de grado. Una tabla de tamaño de mil por mil o un millón de células, puede contener así una tabla de enrutado para un área que es de aproximadamente 111 km (69 millas) por 85,3 km (53 millas) que es más grande que el área de Filadelfia en este ejemplo y cada célula podría contener un área geográfica de 112 m (365 pies) por 85,3 m (280 pies). El número de bits asignados a cada entrada en la tabla debe ser solamente suficiente para soportar el número máximo de posibilidades de enrutado. Por ejemplo, si el número total de posibilidades de enrutado es de dieciséis o menor, entonces la memoria para la tabla de enrutado dinámica es un millón de veces cuatro bits, o medio megabyte. Usando este esquema, un área del tamaño de Pennsylvania podría contenerse en una tabla de aproximadamente veinte megabytes o menor, con amplias posibilidades de enrutado disponibles. Dado el coste relativamente barato de la memoria, esta tabla de enrutado dinámica de la invención proporciona al AP 14 unos medios para rápidamente empujar los registros de localización para llamadas "911" solamente al elemento de la red E9-1-1 apropiado.

El AP 14 permite que cada entrada en el enrutador dinámico sea rellena usando medios manuales o automáticos. Usando los medios automatizados, por ejemplo, una aplicación de mapas electrónicos puede crear una definición de polígonos del área de cobertura de un elemento de la red E9-1-1 específico, tal como un PSAP. La definición del polígono se traduce entonces en una lista de puntos de latitud, longitud contenido dentro del polígono. Se da entonces a la célula de la tabla de enrutado dinámica correspondiente a cada punto de latitud, longitud la instrucción de enrutado para ese elemento de la red E9-1-1 que es el responsable para ese polígono geográfico.

Cuando el proceso Ap911 recibe un registro de localización "911" para un transmisor inalámbrico específico, el Ap911 convierte la latitud, longitud en la dirección de una célula específica en la tabla de enrutado dinámica. El Ap911 consulta entonces la célula para determinar las instrucciones de enrutado, que puede ser el modo de empuje o de tirar y la identidad del elemento de la red E9-1-1 responsable del servicio al área geográfica en la que ocurrió la llamada "911". Si se ha seleccionado el modo de empuje, entonces el Ap911 empuja automáticamente el registro de localización hacia el elemento de la red E9-1-1. Si se ha seleccionado el modo de tirar, entonces el Ap911 coloca el registro de localización en una tabla circular de registros de localización "911" y espera a una consulta.

El medio de enrutado dinámico descrito anteriormente conlleva el uso de una base de datos definida geográficamente que se puede aplicar a otras aplicaciones además de la 911 y por lo tanto soportada por otros procesos además del Ap911. Por ejemplo el AP 14 puede determinar automáticamente la zona de facturación desde la que se situó una llamada inalámbrica para una aplicación de Facturación Sensible a la Localización. Además, el

- AP 14 puede enviar automáticamente una alerta cuando un transmisor inalámbrico particular ha entrado o salido de un área geográfica prescrita definida por una aplicación. El uso de bases de datos geográficas particulares, acciones de enrutado dinámicas, cualquier otra acción activada por la localización se define en los campos y marcadores asociados con cada criterio de activación. El Sistema de Localización Inalámbrico incluye medios para gestionar fácilmente estas bases de datos definidos geográficamente usando un mapa electrónico que puede crear polígonos que engloban un área geográfica prescrita. El Sistema de Localización Inalámbrico extrae del mapa electrónico una tabla de puntos de latitud, longitud contenida dentro del polígono. Cada aplicación puede usar su propio conjunto de polígonos y puede definir un conjunto de acciones a ser tomadas cuando un registro de localización para una transmisión inalámbrica activada está contenido dentro de cada polígono en el conjunto.
- 5 El proceso de recepción de base de datos de AP (ApDbRecvLoc) recibe todos los registros de localización desde el ApMnDsptch a través de la memoria compartida y coloca los registros de localización dentro de la base de datos de localización de AP. El ApDbRecvLoc comienza diez hilos y cada uno recupera registros de localización de la memoria compartida, valida cada registro antes de insertar los registros en la base de datos e inserta los registros en la partición de registros de localización correcta en la base de datos. Para preservar la integridad, los registros de localización con cualquier tipo de error no se escriben en la base de datos de registros de localización sino que en su lugar se colocan en un archivo de error que se puede revisar por el operador del Sistema de Localización Inalámbrico y a continuación introducirlo manualmente en la base de datos después de la resolución del error. Si la base de datos de localización ha fallado o se ha colocado en un estado fuera de línea, los registros de localización se escriben en un archivo plano desde donde se pueden procesar posteriormente por el ApDbFileRecv.
- 10 El proceso de recepción de archivos de AP (ApDbFileRecv) lee archivos planos que contienen registros de localización e inserta los registros en la base de datos de localización. Los archivos planos son un mecanismo de seguridad usado por el AP 14 para reservar completamente la integridad del AP 14 en todos los casos excepto en un completo fallo de las unidades de disco duro. Hay varios diferentes tipos de archivos planos leídos por el ApDbFileRecv, incluyendo el de Base de Datos Caída, Sincronización, Desbordamiento y Error Corregido. Los archivos planos de Base de Datos Caída son escritos por el proceso ApDbRecvLoc si la base de datos de localización esta temporalmente inaccesible; este archivo permite al AP 14 asegurar que los registros de localización se preservan durante la aparición de este tipo de problema. Los archivos planos de Sincronización se escriben por el proceso ApLocSync (descrito a continuación) cuando se transfieren registros de localización entre pares de sistemas de AP redundantes. Los archivos planos de Desbordamiento son escritos por el ApMnDsptch cuando los registros de localización están llegando al AP 14 a una velocidad más rápida de la que el ApDbRecvLoc puede procesar e insertar los registros en la base de datos de localización. Esto puede suceder durante periodos de velocidad de pico muy alta. Los archivos de Desbordamiento impiden que en ningún registro se pierda durante los periodos de pico. Los archivos planos de Error Corregido contienen los registros de localización que tenían errores pero que han sido ya corregidos y que ahora pueden ser insertados en la base de datos de localización.
- 15 El proceso de recepción de archivos de AP (ApDbFileRecv) lee archivos planos que contienen registros de localización e inserta los registros en la base de datos de localización. Los archivos planos son un mecanismo de seguridad usado por el AP 14 para reservar completamente la integridad del AP 14 en todos los casos excepto en un completo fallo de las unidades de disco duro. Hay varios diferentes tipos de archivos planos leídos por el ApDbFileRecv, incluyendo el de Base de Datos Caída, Sincronización, Desbordamiento y Error Corregido. Los archivos planos de Base de Datos Caída son escritos por el proceso ApDbRecvLoc si la base de datos de localización esta temporalmente inaccesible; este archivo permite al AP 14 asegurar que los registros de localización se preservan durante la aparición de este tipo de problema. Los archivos planos de Sincronización se escriben por el proceso ApLocSync (descrito a continuación) cuando se transfieren registros de localización entre pares de sistemas de AP redundantes. Los archivos planos de Desbordamiento son escritos por el ApMnDsptch cuando los registros de localización están llegando al AP 14 a una velocidad más rápida de la que el ApDbRecvLoc puede procesar e insertar los registros en la base de datos de localización. Esto puede suceder durante periodos de velocidad de pico muy alta. Los archivos de Desbordamiento impiden que en ningún registro se pierda durante los periodos de pico. Los archivos planos de Error Corregido contienen los registros de localización que tenían errores pero que han sido ya corregidos y que ahora pueden ser insertados en la base de datos de localización.
- 20 Debido a que el AP 14 tiene un papel centralizado en el Sistema de Localización Inalámbrico, la arquitectura del AP 14 se ha diseñado para ser completamente redundante. Un sistema AP 14 redundante incluye plataformas de hardware completamente redundantes, RDBMS completamente redundante, unidades de disco redundantes y redes redundantes entre sí, los TLP 12, los NOC 16 y las aplicaciones externas. La arquitectura de software del AP 14 se ha diseñado también para soportar una redundancia tolerante al fallo. Los siguientes ejemplos ilustran la funcionalidad soportada por los AP redundantes. Cada TLP 12 envía registros de localización tanto al AP 14 primario como al redundante cuando ambos AP están en un estado en línea. Solamente el AP 14 primario procesará las solicitudes de asignación de tareas entrantes y sólo el AP 14 primario aceptará las solicitudes de cambio de configuración desde el NOC 16. El AP 14 primario se sincroniza entonces con el AP 14 redundante bajo un cuidadoso control. Tanto el AP primario como el redundante aceptarán órdenes básicas de inicio y parada desde el NOC. Ambos AP supervisan constantemente sus propios parámetros del sistema y salud de la aplicación y supervisan los parámetros correspondientes del otro AP 14 y deciden qué AP 14 será el primario y cuál será el redundante en base a una puntuación compuesta. Esta puntuación compuesta se determina compilando los errores notificados por varios procesos en un área de memoria compartida y supervisan el espacio de intercambio y el espacio de disco. Hay varios procesos dedicados al soporte de la redundancia.
- 25 Debido a que el AP 14 tiene un papel centralizado en el Sistema de Localización Inalámbrico, la arquitectura del AP 14 se ha diseñado para ser completamente redundante. Un sistema AP 14 redundante incluye plataformas de hardware completamente redundantes, RDBMS completamente redundante, unidades de disco redundantes y redes redundantes entre sí, los TLP 12, los NOC 16 y las aplicaciones externas. La arquitectura de software del AP 14 se ha diseñado también para soportar una redundancia tolerante al fallo. Los siguientes ejemplos ilustran la funcionalidad soportada por los AP redundantes. Cada TLP 12 envía registros de localización tanto al AP 14 primario como al redundante cuando ambos AP están en un estado en línea. Solamente el AP 14 primario procesará las solicitudes de asignación de tareas entrantes y sólo el AP 14 primario aceptará las solicitudes de cambio de configuración desde el NOC 16. El AP 14 primario se sincroniza entonces con el AP 14 redundante bajo un cuidadoso control. Tanto el AP primario como el redundante aceptarán órdenes básicas de inicio y parada desde el NOC. Ambos AP supervisan constantemente sus propios parámetros del sistema y salud de la aplicación y supervisan los parámetros correspondientes del otro AP 14 y deciden qué AP 14 será el primario y cuál será el redundante en base a una puntuación compuesta. Esta puntuación compuesta se determina compilando los errores notificados por varios procesos en un área de memoria compartida y supervisan el espacio de intercambio y el espacio de disco. Hay varios procesos dedicados al soporte de la redundancia.
- 30 El Proceso de Sincronización de la Localización de AP (ApLocSync) se ejecuta en cada AP 14 y detecta la necesidad de sincronizar los registros de localización entre los AP y a continuación crea los "registros de sincronización" que listan los registros de localización que necesitan ser transferidos desde un AP 14 a otro AP 14. Los registros de localización se transfieren entonces entre los AP usando una conexión directa. El ApLocSync compara las particiones de registros de localización y los números de secuencia de registros de localización almacenados en cada base de datos de localización. Normalmente, si tanto el AP 14 primario como el redundante están funcionando apropiadamente, la sincronización no se necesita debido a que ambos AP están recibiendo los registros de localización simultáneamente desde los TLP 12. Sin embargo, si un AP 14 falla o se coloca en un modo fuera de línea, entonces se requerirá posteriormente la sincronización. El ApLocSync es notificado cuando el ApMnDsptch se conecta a un TLP 12 de modo que pueda determinar si se requiere o no la sincronización.
- 35 El Proceso de Sincronización de Asignación de Tareas de AP (ApTaskSync) se ejecuta en cada AP 14 y sincroniza la información de asignación de tareas entre el AP 14 primario y el AP 14 redundante. El ApTaskSync en el AP 14 primario recibe la información de asignación de tareas desde el ApDbSend y a continuación envía la información de
- 40 El Proceso de Sincronización de la Localización de AP (ApLocSync) se ejecuta en cada AP 14 y detecta la necesidad de sincronizar los registros de localización entre los AP y a continuación crea los "registros de sincronización" que listan los registros de localización que necesitan ser transferidos desde un AP 14 a otro AP 14. Los registros de localización se transfieren entonces entre los AP usando una conexión directa. El ApLocSync compara las particiones de registros de localización y los números de secuencia de registros de localización almacenados en cada base de datos de localización. Normalmente, si tanto el AP 14 primario como el redundante están funcionando apropiadamente, la sincronización no se necesita debido a que ambos AP están recibiendo los registros de localización simultáneamente desde los TLP 12. Sin embargo, si un AP 14 falla o se coloca en un modo fuera de línea, entonces se requerirá posteriormente la sincronización. El ApLocSync es notificado cuando el ApMnDsptch se conecta a un TLP 12 de modo que pueda determinar si se requiere o no la sincronización.
- 45 El Proceso de Sincronización de Asignación de Tareas de AP (ApTaskSync) se ejecuta en cada AP 14 y sincroniza la información de asignación de tareas entre el AP 14 primario y el AP 14 redundante. El ApTaskSync en el AP 14 primario recibe la información de asignación de tareas desde el ApDbSend y a continuación envía la información de
- 50 El Proceso de Sincronización de la Localización de AP (ApLocSync) se ejecuta en cada AP 14 y detecta la necesidad de sincronizar los registros de localización entre los AP y a continuación crea los "registros de sincronización" que listan los registros de localización que necesitan ser transferidos desde un AP 14 a otro AP 14. Los registros de localización se transfieren entonces entre los AP usando una conexión directa. El ApLocSync compara las particiones de registros de localización y los números de secuencia de registros de localización almacenados en cada base de datos de localización. Normalmente, si tanto el AP 14 primario como el redundante están funcionando apropiadamente, la sincronización no se necesita debido a que ambos AP están recibiendo los registros de localización simultáneamente desde los TLP 12. Sin embargo, si un AP 14 falla o se coloca en un modo fuera de línea, entonces se requerirá posteriormente la sincronización. El ApLocSync es notificado cuando el ApMnDsptch se conecta a un TLP 12 de modo que pueda determinar si se requiere o no la sincronización.
- 55 El Proceso de Sincronización de Asignación de Tareas de AP (ApTaskSync) se ejecuta en cada AP 14 y sincroniza la información de asignación de tareas entre el AP 14 primario y el AP 14 redundante. El ApTaskSync en el AP 14 primario recibe la información de asignación de tareas desde el ApDbSend y a continuación envía la información de
- 60 El Proceso de Sincronización de la Localización de AP (ApLocSync) se ejecuta en cada AP 14 y detecta la necesidad de sincronizar los registros de localización entre los AP y a continuación crea los "registros de sincronización" que listan los registros de localización que necesitan ser transferidos desde un AP 14 a otro AP 14. Los registros de localización se transfieren entonces entre los AP usando una conexión directa. El ApLocSync compara las particiones de registros de localización y los números de secuencia de registros de localización almacenados en cada base de datos de localización. Normalmente, si tanto el AP 14 primario como el redundante están funcionando apropiadamente, la sincronización no se necesita debido a que ambos AP están recibiendo los registros de localización simultáneamente desde los TLP 12. Sin embargo, si un AP 14 falla o se coloca en un modo fuera de línea, entonces se requerirá posteriormente la sincronización. El ApLocSync es notificado cuando el ApMnDsptch se conecta a un TLP 12 de modo que pueda determinar si se requiere o no la sincronización.
- 65 El Proceso de Sincronización de Asignación de Tareas de AP (ApTaskSync) se ejecuta en cada AP 14 y sincroniza la información de asignación de tareas entre el AP 14 primario y el AP 14 redundante. El ApTaskSync en el AP 14 primario recibe la información de asignación de tareas desde el ApDbSend y a continuación envía la información de

asignación de tareas al proceso ApTaskSync en el AP 14 redundante. Si el AP 14 primario hubiese fallado antes de que el ApTaskSync hubiera completado la replicación de tareas, entonces el ApTaskSync realizará una sincronización completa de la base de datos de asignación de tareas cuando el AP 14 que falló se coloque de vuelta a un estado en línea.

- 5 El proceso de sincronización de la configuración del AP (ApConfigSync) se ejecuta en cada AP 14 y sincroniza la información de configuración entre el AP 14 primario y el AP 14 redundante. El ApConfigSync usa la facilidad de replicación de la RDBMS. La información de configuración incluye toda la información necesitada por los SCS 10, TLP 12 y AP 14 para un funcionamiento apropiado del Sistema de Localización Inalámbrico en una red de un proveedor inalámbrico.
- 10 Además de las funciones del núcleo descritas anteriormente, el AP 14 también soporta un gran número de procesos, funciones e interfaces útiles en el funcionamiento del Sistema de Localización Inalámbrico, así como útiles para varias aplicaciones que deseen la información de localización. En tanto que los procesos, funciones e interfaces descritas en el presente documento pertenecen en esta sección al AP 14, la implementación de muchos de estos procesos, funciones e interfaces se extiende por todo el Sistema de Localización Inalámbrico completo y por lo tanto su valor inventivo no se debe leer como que está limitado solamente al AP 14.

#### Itinerancia

El AP 14 soporta "itinerancia" entre sistemas de localización inalámbricos situados en diferentes ciudades u operados por proveedores inalámbricos diferentes. Si un primer transmisor inalámbrico se ha abonado a una aplicación en un primer Sistema de Localización Inalámbrico y por lo tanto tiene una entrada en la Lista de Asignación de Tareas en el primer AP 14 en el primer Sistema de Localización Inalámbrico, entonces el primer transmisor inalámbrico puede abonarse también a la itinerancia. Cada AP 14 y TLP 12 en cada Sistema de Localización Inalámbrico contiene una tabla en la que se mantiene una lista de identidades de abonados "locales" válidos. La lista es típicamente un intervalo y por ejemplo, para teléfonos celulares normales, el intervalo se puede determinar por los códigos NPA/NXX (o código de área de intercambio) asociados con el MIN o MSID de los teléfonos celulares. Cuando un transmisor inalámbrico que satisface los criterios "locales" realiza una transmisión, un TLP 12 recibe datos demodulados desde uno o más SCS 10 y comprueba la información de activación en la Tabla de Señales de Interés. Si se satisface cualquier criterio de activación, el proceso de localización comienza en esa transmisión; en caso contrario, la transmisión no se procesa por parte del Sistema de Localización Inalámbrico.

30 Cuando un primer transmisor inalámbrico que no satisface los criterios "locales" realiza la transmisión en un segundo Sistema de Localización Inalámbrico, el segundo TLP 12 en el segundo Sistema de Localización Inalámbrico comprueba la Tabla de Señales de Interés respecto a una activación. Pueden suceder una de tres acciones: (i) si la transmisión satisface un criterio ya existente en la Tabla de Señales de Interés, el transmisor se localiza y el registro de localización se envía desde el segundo AP 14 en el segundo Sistema de Localización Inalámbrico al primer AP 14 en el primer Sistema de Localización Inalámbrico; (ii) si el primer transmisor inalámbrico tiene una entrada de "itinerante" en la Tabla de Señales de Interés que indica que el primer transmisor inalámbrico se ha "registrado" en el segundo sistema de localización pero no tienen criterio de activación, entonces la transmisión no se procesa por el segundo Sistema de Localización Inalámbrico y se ajusta la marca de tiempos de expiración como se describe a continuación; (iii) si el primer transmisor inalámbrico no tiene entrada de "itinerante" y por lo tanto no se ha "registrado", entonces los datos demodulados se pasan desde el TLP 12 al segundo AP 14.

40 En el tercer caso anterior, el segundo AP 14 usa la identidad del primer transmisor inalámbrico para identificar el primer AP 14 en el primer Sistema de Localización Inalámbrico como el Sistema de Localización Inalámbrico "local" del primer transmisor inalámbrico. El segundo AP 14 en el segundo Sistema de Localización Inalámbrico envía una consulta al primer AP 14 en el primer Sistema de Localización Inalámbrico para determinar si el primer transmisor inalámbrico se ha abonado a cualquier aplicación de localización y por lo tanto tiene cualquier criterio de activación en la Lista de Asignación de Tareas del primer AP 14. Si está presente una activación en el primer AP 14, el criterio de activación, junto con cualquier campo o marcadores asociados, se envían desde el primer AP 14 al segundo AP 14 y se introducen en la Lista de Asignación de Tareas y la Tabla de Señales de Interés como una entrada "itinerante" con el criterio de activación. Si el primer AP 14 responde al segundo AP 14 indicando que el primer transmisor inalámbrico no tiene criterio de activación, entonces el segundo AP 14 "registra" al primer transmisor inalámbrico en la Lista de Asignación de Tareas y en la Tabla de Señales de Interés como un "itinerante" sin criterio de activación. Por ello tanto en la transmisión actual como futuras desde el primer transmisor inalámbrico se pueden identificar positivamente por el TLP 12 en el segundo Sistema de Localización Inalámbrico como que se han registrado sin criterios de activación y no se requiere que el segundo AP 14 realice consultas adicionales al primer AP 14.

55 Cuando el segundo AP 14 registra al primer transmisor inalámbrico con una entrada de itinerante en la Lista de Asignación de Tareas y la Tabla de Señales de Interés con o sin criterio de activación, se asigna a la entrada de itinerante una marca de tiempos de expiración. La marca de tiempo de expiración se establece en el tiempo actual más un primer intervalo predeterminado. Cada vez que el primer transmisor inalámbrico realiza una transmisión, la marca de tiempos de expiración de la entrada itinerante en la Lista de Asignación de Tareas en la Tabla de Señales de Interés se ajusta al tiempo actual de la transmisión más reciente más en primer intervalo predeterminado. Si el

primer transmisor inalámbrico no realiza transmisiones adicionales previamente a la expiración de la marca de tiempos de su entrada de itinerante, entonces la entrada itinerante se borra automáticamente. Si, posteriormente al borrado, el primer transmisor inalámbrico realiza otra transmisión, entonces tiene lugar de nuevo el proceso de registro.

- 5 El primer AP 14 y el segundo AP 14 mantienen comunicaciones a través de una red de área grande. La red puede basarse en TCP/IP o en un protocolo similar a la versión más reciente del IS-41. Cada AP 14 en comunicaciones con otros AP en otros sistemas de localización inalámbricos mantiene una tabla que proporciona la identidad de cada AP 14 y el Sistema de Localización Inalámbrico correspondiente a cada intervalo de identidades válidas de transmisores inalámbricos.

#### 10 Registros de localización de paso múltiple

Ciertas aplicaciones pueden requerir una estimación muy rápida de la localización general de un transmisor inalámbrico, seguida de una estimación más precisa de la localización que se puede enviar posteriormente. Esto puede ser valioso, por ejemplo para sistemas E9-1-1 que manejan llamadas inalámbricas y deben realizar una decisión de enrutado de la llamada muy rápidamente, pero que pueden esperar un poco más tiempo para que se muestre una localización más exacta en el terminal de mapa electrónico de toma de llamadas del E9-1-1. El Sistema de Localización Inalámbrico soporta estas aplicaciones con un modo de procesamiento de la localización de paso múltiple inventivo, descrito a continuación. El AP 14 soporta este modo con registros de localización de paso múltiple. Para ciertas entradas, la Lista de Asignación de Tareas en el AP 14 contiene un marcador que indica el límite de tiempo máximo antes de que una aplicación particular deba recibir una estimación aproximada de la localización y un segundo límite de tiempo máximo en el que una aplicación particular deba recibir una estimación de localización final. Para estas ciertas aplicaciones, el AP 14 incluye un marcador en el registro de localización que indica el estado de la estimación de la localización contenida en el registro, que puede, por ejemplo, establecerse en una estimación del primer paso (es decir aproximada) o estimación de paso final. El Sistema de Localización Inalámbrico determinará en general la mejor estimación de localización dentro del límite de tiempo establecido por la aplicación, esto es el Sistema de Localización Inalámbrico procesará la máxima cantidad de datos de RF que puedan soportarse en el límite del tiempo. Dado que cualquier transmisión inalámbrica particular puede activar un registro de localización para una o más aplicaciones, el Sistema de Localización Inalámbrico soporta múltiples modos simultáneamente. Por ejemplo, un transmisor inalámbrico con un MIN particular puede marcar "911". Esto puede activar un registro de localización en dos pasos para la aplicación del E9-1-1, aunque un registro de localización en un único paso para una aplicación de gestión de flotas que está supervisando ese MIN particular. Esto se puede extender a cualquier número de aplicaciones.

#### Múltiple de modulación y activadores

En los sistemas de comunicaciones inalámbricos en áreas urbanas o suburbanas densas, las frecuencias o canales se pueden reutilizar varias veces dentro de distancias relativamente cortas. Dado que el Sistema de Localización Inalámbrico es capaz de detectar y demodular independientemente transmisiones inalámbricas sin la ayuda del sistema de comunicaciones inalámbrico, una única transmisión inalámbrica puede ser detectada y demodulada con éxito frecuentemente en múltiples SCS 10 dentro del Sistema de Localización Inalámbrico. Esto puede suceder tanto intencionadamente como no intencionadamente. Una circunstancia no intencionada se produce por una reutilización de frecuencia cercana, tal como una transmisión inalámbrica particular que se puede recibir por encima de un umbral predeterminado en más de un SCS 10, cuando cada SCS 10 cree que está supervisando sólo transmisiones que suceden solamente dentro del emplazamiento de célula localizado conjuntamente con el SCS 10. Un suceso intencionado se produce por la programación de más de una SCS 10 para detectar y demodular transmisiones que sucedan en un emplazamiento de célula particular en una frecuencia particular. Como se ha descrito anteriormente, esto se usa en general con SCS 10 adyacentes o próximos para proporcionar una redundancia de demodulación del sistema para aumentar adicionalmente la probabilidad de que cualquier transmisión inalámbrica particular se detecte y demodule con éxito.

Cualquier tipo de evento podría potencialmente conducir a múltiples activaciones dentro del Sistema de Localización Inalámbrico, haciendo que el procesamiento de la localización se inicie varias veces para la misma transmisión. Esto produce un uso en exceso e ineficiente de los recursos de procesamiento y comunicaciones. Por lo tanto, el Sistema de Localización Inalámbrico incluye medios para detectar cuando se ha detectado y demodulado la misma transmisión más de una vez y para seleccionar la mejor SCS 10 en demodulación como el punto de inicio para el proceso de localización. Cuando el Sistema de Localización Inalámbrico detecta y demodula con éxito la misma transmisión múltiples veces en múltiples SCS/antenas, el Sistema de Localización Inalámbrico usa el criterio siguiente para seleccionar la SCS/antena de demodulación a usar para continuar el proceso de determinación de si activar y posiblemente iniciar el procesamiento de la localización (de nuevo, estos criterios se pueden ponderar en la determinación de la decisión final): (i) un SCS/antena localizado conjuntamente en el emplazamiento de célula al que se ha asignado una frecuencia particular es preferido sobre otro SCS/antena, pero esta preferencia se puede adaptar si no hay una SCS/antena operativa y en línea y localizada conjuntamente en el emplazamiento de célula al que la frecuencia particular se ha asignado, (ii) los SCS/antenas con una SNR promedio más elevada son preferidos sobre aquellos con una SNR promedio más baja y (iii) los SCS/antenas con menores errores de bits en la demodulación de la transmisión son preferidos sobre aquellos con mayores errores de bits. La ponderación aplicada

a cada una de estas preferencias se puede ajustar por el operador del Sistema de Localización Inalámbrico para adaptarse al diseño particular de cada sistema.

#### Interfaz con el sistema de comunicaciones inalámbrico

5 El Sistema de Localización Inalámbrico contiene medios para comunicar a través de una interfaz con el sistema de comunicaciones inalámbrico, tal como un centro de conmutación de móviles (MSC) o controlador de posicionamiento móvil (MPC). Esa interfaz se puede basar, por ejemplo, en un protocolo seguro estándar tal como la versión más reciente de los protocolos IS-41 o TCP/IP. Los formatos, campos y aspectos de autenticación de estos protocolos son bien conocidos. El Sistema de Localización Inalámbrico soporta una variedad de mensajes de orden/respuesta e informativos a través de esta interfaz que se diseña para ayudar en la detección, demodulación y activación con éxito de transmisiones inalámbricas, así como proporcionar medios para pasar los registros de localización al sistema de comunicaciones inalámbrico. En particular, esta interfaz proporciona medios para que el Sistema de Localización Inalámbrico obtenga información sobre qué transmisores inalámbricos se han asignado a parámetros de canal de voz particulares y emplazamientos de células particulares. Mensajes de ejemplo soportados por el Sistema de Localización Inalámbrico sobre esta interfaz con el sistema de comunicaciones inalámbrico incluyen los siguientes:

20 Consultas sobre Mapeados MIN / MDN / MSID / IMSI / TMSI – Ciertos tipos de transmisores inalámbricos transmitirán su identidad en una forma familiar que se puede marcar a través de la red telefónica. Otros tipos de transmisores inalámbricos transmiten una identidad que no se puede marcar, pero que se traduce en un número que se puede marcar usando una tabla dentro del sistema de comunicaciones inalámbrico. La identidad transmitida es permanente la mayor parte de los casos, pero puede ser también temporal. Los usuarios de aplicaciones de localización conectados al AP 14 prefieren típicamente colocar activadores en la Lista de Asignación de Tareas usando identidades que se puedan marcar. Las identidades que se pueden marcar son conocidas típicamente como Números de Directorio Móvil (MDN).

25 Los otros tipos de identidades para los que se puede requerir traducción incluyen el Número de Identidad Móvil (MIN), Identidad de Abonado Móvil (MSID), Identidad de Abonado Móvil Internacional (IMSI) e Identidad de Abonado Móvil Temporal (TMSI). Si el sistema de comunicaciones inalámbrico ha habilitado el uso del cifrado para cualquiera de estos campos de datos de los mensajes transmitidos por los transmisores inalámbricos, el Sistema de Localización Inalámbrico puede consultar también la información de cifrado junto con la información de identidad. El Sistema de Localización Inalámbrico incluye medios para consultar al sistema de comunicaciones inalámbrico sobre identidades alternativas para una identidad de activador que se ha colocado en la Lista de Asignación de Tareas por una aplicación de localización o para consultar al sistema de comunicaciones inalámbrico sobre identidades alternativas para una identidad que se ha demodulado por un SCS 10. Otros eventos pueden también activar este tipo de consulta. Para este tipo de consulta, típicamente el Sistema de Localización Inalámbrico inicia la orden y el sistema de comunicaciones inalámbrico responde.

40 Consulta / Cambio de Comando en la Asignación del Canal de RF de Voz – Muchas transmisiones inalámbricas en los canales de voz no contienen información de identidad. Por lo tanto, cuando el Sistema de Localización Inalámbrico se activa para realizar el procesamiento de la localización en una transmisión en el canal de voz, el Sistema de Localización Inalámbrico consulta al sistema de Comunicaciones inalámbrico para obtener la información de la asignación del canal de voz actual para el transmisor particular para el que el Sistema de Localización Inalámbrico se ha activado. Para una transmisión AMPS, por ejemplo, el Sistema de Localización Inalámbrico solicita preferentemente el emplazamiento de célula, sector y número de canal de RF actualmente en uso por el transmisor inalámbrico. Para una transmisión TDMA, por ejemplo, el Sistema de Localización Inalámbrico consulta preferentemente el emplazamiento de célula, sector, número de canal de RF y ranura de tiempo actualmente en uso por el transmisor inalámbrico. Otros elementos de información que pueden ser necesarios incluyen la máscara de código largo y claves de cifrado. En general, el Sistema de Localización Inalámbrico iniciará la orden y el sistema de comunicaciones inalámbrico responderá. Sin embargo, el Sistema de Localización Inalámbrico aceptará también una orden de activación desde el sistema de comunicaciones inalámbrico que contenga la información detallada en el presente documento.

50 El ajuste de tiempo en este mensaje de orden / respuesta es muy crítico dado que los traspasos en el canal de voz pueden suceder bastante frecuentemente en sistemas de comunicaciones inalámbricos. Esto es, el Sistema de Localización Inalámbrico localizará cualquier transmisor inalámbrico que esté transmitiendo en un canal particular – por lo tanto el Sistema de Localización Inalámbrico y el sistema de comunicaciones inalámbrico deben conjuntamente cerciorarse de que la identidad del transmisor inalámbrico y las información de asignación del canal de voz están en perfecta sincronización. El Sistema de Localización Inalámbrico usa varios medios para conseguir este objetivo. El Sistema de Localización Inalámbrico puede, por ejemplo, consultar la información de asignación del canal de voz para un transmisor inalámbrico particular, recibir los datos de RF necesarios, consultar entonces de nuevo la información de asignación del canal de voz para el mismo transmisor inalámbrico y a continuación verificar que el estado del transmisor inalámbrico no ha cambiado durante el tiempo en que los datos de RF han sido recogidos por el Sistema de Localización Inalámbrico. No se requiere que se complete el procesamiento de la localización antes de la segunda consulta, dado que es solamente importante verificar que se han recibido los datos de RF correctos. El Sistema de Localización Inalámbrico puede también, por ejemplo como parte de la primera

orden de consulta al sistema de comunicaciones inalámbrico impedir que tenga lugar un traspaso para el transmisor inalámbrico particular durante el periodo de tiempo en que el Sistema de Localización Inalámbrico está recibiendo los datos de RF. A continuación, posteriormente a la recogida de los datos de RF, el Sistema de Localización Inalámbrico consultará de nuevo la información de asignación del canal de voz para el mismo transmisor inalámbrico, ordenará al sistema de comunicaciones inalámbrico que permita de nuevo traspasos para dicho transmisor inalámbrico y a continuación verificará que el estado del transmisor inalámbrico no ha cambiado durante el tiempo en que los datos de RF se estaban recogiendo por parte del Sistema de Localización Inalámbrico.

Por varias razones, tanto el Sistema de Localización Inalámbrico como el sistema de comunicaciones inalámbrico pueden preferir que el transmisor inalámbrico se asigne a otro canal de RF de voz previamente a la realización del procesamiento de la localización. Por lo tanto, como parte de la secuencia de orden / respuesta, el sistema de comunicaciones inalámbrico puede dar instrucciones al Sistema de Localización Inalámbrico para suspender temporalmente el procesamiento de la localización hasta que el sistema de comunicaciones inalámbrico haya completado una secuencia de traspaso con el transmisor inalámbrico y el sistema de comunicaciones inalámbrico haya notificado al Sistema de Localización Inalámbrico que se pueden recibir datos de RF y del canal de RF de voz en el que los datos se pueden recibir. Alternativamente, el Sistema de Localización Inalámbrico puede determinar que el canal de RF de voz particular que un transmisor inalámbrico particular está usando actualmente no es adecuado para la obtención de una estimación de la localización aceptable y solicite que el sistema de comunicaciones inalámbrico dé una orden al transmisor inalámbrico para un traspaso. Alternativamente, el Sistema de Localización Inalámbrico puede solicitar que el sistema de comunicaciones inalámbrico ordene al transmisor inalámbrico traspasarse a una serie de canales de RF de voz en secuencia para realizar una serie de estimaciones de la localización, mediante lo que el Sistema de Localización Inalámbrico puede mejorar la precisión de la estimación de la localización a través de una serie de traspasos; este procedimiento se describe adicionalmente a continuación.

El Sistema de Localización Inalámbrico puede usar también este conjunto de mensajes de orden / respuesta para consultar al sistema de comunicaciones inalámbrico sobre la identidad de un transmisor inalámbrico que haya estado usando un canal de voz particular (y ranura de tiempo, etc.) en un emplazamiento de célula particular en un momento particular. Esto permite al Sistema de Localización Inalámbrico realizar primero un procesamiento de la localización en transmisiones sin conocer las identidades y a continuación de esto determinar la identidad de los transmisores inalámbricos que realizan las transmisiones y añadir esta información al registro de localización. Esta característica inventiva particular permite el uso de localización secuencial automática de transmisiones en el canal de voz.

Recepción de activadores – El Sistema de Localización Inalámbrico puede recibir activadores del sistema de comunicaciones inalámbrico para realizar un procesamiento de la localización en una transmisión del canal de voz sin conocer la identidad del transmisor inalámbrico. Este conjunto de mensajes elude la Lista de Asignación de Tareas y no usa los mecanismos de activación dentro del Sistema de Localización Inalámbrico. Por el contrario, el sistema de comunicaciones inalámbrico sólo determina qué transmisiones inalámbricas localizar y a continuación envía una orden al Sistema de Localización Inalámbrico para la recogida de datos de RF de un canal de voz particular en un emplazamiento de célula particular y realizar el procesamiento de la localización. El Sistema de Localización Inalámbrico responde con una confirmación que contiene una marca de tiempos de cuándo los datos de RF se recogieron. El Sistema de Localización Inalámbrico responde también con un registro de localización en formato apropiado cuando se ha completado el procesamiento de la localización. En base al tiempo de la orden al Sistema de Localización Inalámbrico y la respuesta con la marca de tiempos de recogida de datos de RF, el sistema de comunicaciones inalámbrico determina si el estado del transmisor inalámbrico cambió posteriormente a la orden y si hay una buena probabilidad de éxito en la recogida de datos de RF.

Realizar la transmisión – El Sistema de Localización Inalámbrico puede ordenar al sistema de comunicaciones inalámbrico forzar a que un transmisor inalámbrico particular realice una transmisión en un momento particular o dentro de un intervalo de tiempo prescrito. El sistema de comunicaciones inalámbrico responde con una confirmación de un tiempo o intervalo de tiempo en el que esperar la transmisión. Los tipos de transmisiones que el Sistema de Localización Inalámbrico puede forzar incluyen, por ejemplo, respuestas de auditoría y respuestas a busca. Usando este conjunto de mensajes, el Sistema de Localización Inalámbrico puede también ordenar al sistema de comunicaciones inalámbrico forzar a que el transmisor inalámbrico transmita usando un ajuste en el nivel de potencia más alto. En muchos casos, los transmisores inalámbricos intentarán usar los ajustes de nivel de potencia más bajos cuando transmiten para preservar la vida de la batería. Para mejorar la precisión de la estimación de la localización, el Sistema de Localización Inalámbrico puede preferir que el transmisor inalámbrico use un ajuste de nivel de potencia más alto. El sistema de comunicaciones inalámbrico responde al Sistema de Localización Inalámbrico con una confirmación de que se usará el ajuste de nivel de potencia más alto y un tiempo o intervalo de tiempo en el que esperar la transmisión.

Retardar la respuesta del sistema de comunicaciones inalámbrico al acceso del móvil – Algunos protocolos de interfaz por aire, tal como el CDMA, usan un mecanismo en el que el transmisor inalámbrico inicia transmisiones en un canal, tal como un Canal de Acceso, por ejemplo, en un ajuste más bajo o un ajuste del nivel de potencia muy bajo y a continuación entra en una secuencia de etapas en las que (i) el transmisor inalámbrico realiza una transmisión de acceso; (ii) el transmisor inalámbrico espera a una respuesta desde el sistema de comunicaciones

inalámbrico; (iii) si no se recibe ninguna respuesta por el transmisor de inalámbrico desde el sistema de comunicaciones inalámbrico dentro de un tiempo predeterminado, el transmisor inalámbrico aumenta su ajuste de nivel de potencia en una cantidad predeterminada, y a continuación vuelve a la etapa (i); (iv) si se recibe la respuesta por el transmisor inalámbrico desde el sistema de comunicaciones inalámbrico dentro de un tiempo predeterminado, el transmisor inalámbrico entra a continuación en un intercambio de mensajes normal. Este mecanismo es útil para asegurar que el transmisor inalámbrico usa solamente el ajuste de nivel de potencia útil más bajo para la transmisión y no desperdicia energía adicional o vida de la batería. Es posible, sin embargo, que el ajuste de nivel de potencia más bajo al que el transmisor inalámbrico puede comunicar con éxito con el sistema de comunicaciones inalámbrico no sea suficiente para obtener una estimación de la localización aceptable. Por lo tanto, el Sistema de Localización Inalámbrico puede ordenar al sistema de comunicaciones inalámbrico retardar su respuesta a estas transmisiones en una cantidad o tiempo predeterminado. La acción de retardo hará que el transmisor inalámbrico repita la secuencia de etapas (i) a (iii) una o más veces que lo normal con el resultado de que una o más transmisiones de acceso estarán a un nivel de potencia más alto que el normal. El nivel de potencia más alto puede permitir preferentemente al Sistema de Localización Inalámbrico determinar una estimación de la localización más precisa. El Sistema de Localización Inalámbrico puede ordenar este tipo de acción de retardo tanto para un transmisor inalámbrico particular, como para un tipo particular de transmisiones inalámbricas (por ejemplo, para todas las llamadas "911"), para transmisores inalámbricos que estén a un alcance especificado de la estación base a la que el transmisor está intentando comunicar o para todos los transmisores inalámbricos en un área particular.

Enviar confirmación al transmisor inalámbrico – El Sistema de Localización Inalámbrico no incluye medios en su interior para notificar al transmisor inalámbrico de una acción debido a que el Sistema de Localización Inalámbrico no puede transmitir; como se ha descrito anteriormente el Sistema de Localización Inalámbrico sólo puede recibir transmisiones. Por lo tanto, si el Sistema de Localización Inalámbrico desea enviar, por ejemplo, un tono de confirmación tras la finalización de una cierta acción, el Sistema de Localización Inalámbrico ordena al sistema de comunicaciones inalámbrico transmitir un mensaje particular. El mensaje puede incluir, por ejemplo, un tono de confirmación audible, mensaje hablado o mensaje sintetizado al transmisor inalámbrico o un mensaje de texto enviado vía un servicio de mensajes cortos o un busca. El Sistema de Localización Inalámbrico recibe confirmación del sistema de comunicaciones inalámbrico de que se ha aceptado el mensaje y enviado al transmisor inalámbrico. Este conjunto de mensajes de orden / respuesta es importante para permitir que el Sistema de Localización Inalámbrico soporte ciertas funciones de aplicación de usuario final tales como la Prohibición del Procesamiento de Localización.

Notificar registros de localización – El Sistema de Localización Inalámbrico notifica automáticamente los registros de localización al sistema de comunicaciones inalámbricos para aquellos transmisores inalámbricos asignados para notificarlo al sistema de comunicaciones inalámbrico, así como para aquellas transmisiones para las que el sistema de comunicaciones inalámbrico inició activadores. El Sistema de Localización Inalámbrico también notifica sobre cualquier registro de localización histórico consultado por el sistema de comunicaciones inalámbrico y que el sistema de comunicaciones inalámbrico esté autorizado a recibir.

Supervisión de las interfaces internas del sistema de comunicaciones inalámbrico, tabla de estado

Además de la interfaz anterior entre el Sistema de Localización Inalámbrico el sistema de comunicaciones inalámbrico, el Sistema de Localización Inalámbrico incluye también medios para supervisar las interfaces existentes dentro del sistema de comunicaciones inalámbrico con la finalidad de interceptar mensajes importantes para el Sistema de Localización Inalámbrico para la identificación de transmisores inalámbricos y los canales de RF en uso por estos transmisores. Estas interfaces pueden incluir como por ejemplo, la "interfaz-a" y "la interfaz a-bis" usadas en los sistemas de comunicaciones inalámbricos que emplean el protocolo de interfaz por aire GSM. Estas interfaces son bien conocidas y publicadas en varias normas. Mediante la supervisión de los mensajes bidireccionales en estas interfaces entre las estaciones base (BTS), controladores de estación base (BSC) y centros de conmutación móviles (MSC) y otros puntos, el Sistema de Localización Inalámbrico puede obtener la misma información sobre la asignación de transmisores inalámbricos a canales específicos que el sistema de comunicaciones inalámbrico conoce por sí mismo. El Sistema de Localización Inalámbrico incluye medios para supervisar estas interfaces en varios puntos. Por ejemplo, el SCS 10 puede supervisar una interfaz de BTS a BSC. Alternativamente, un TLP 12 o AP 14 puede supervisar también un BSC en el que se han concentrado un número de interfaces de BTS a BSC. Las interfaces internas al sistema de comunicaciones inalámbrico no se codifican y los protocolos en capas son conocidos para los expertos en la materia. La ventaja para el Sistema de Localización Inalámbrico en la supervisión de estas interfaces es que el Sistema de Localización Inalámbrico puede no requerir detectar independientemente y demodular los mensajes del canal de control de los transmisores inalámbricos. Además, el Sistema de Localización Inalámbrico puede obtener toda la información de asignación del canal de voz necesaria desde estas interfaces.

Usando estos medios para una transmisión en el canal de control, el SCS 10 recibe las transmisiones como se ha descrito anteriormente y registra los datos de RF del canal de control en la memoria sin realizar la detección y demodulación. De modo separado, el Sistema de Localización Inalámbrico supervisa los mensajes que suceden a través de interfaces prescritas dentro del sistema de comunicaciones inalámbrico y produce una activación en el Sistema de Localización Inalámbrico cuando el Sistema de Localización Inalámbrico descubre un mensaje que

contenga un evento de activación. Iniciado por el evento de activación, el Sistema de Localización Inalámbrico determina el tiempo aproximado en el que sucedió la transmisión inalámbrica y ordena al primer SCS 10 y a un segundo SCS 10B que cada uno busque en su memoria el comienzo de la transmisión. Este primer SCS 10A elegido es un SCS que o bien está localizado conjuntamente con la estación base a la que el transmisor inalámbrico ha comunicado o bien es un SCS que está adyacente a la estación base a la que ha comunicado el transmisor inalámbrico. Esto es, el primer SCS 10A es un SCS al que se había asignado el canal de control como un canal primario. Si el primer SCS 10A determina con éxito y notifica el comienzo de la transmisión, entonces el procesamiento de la localización prosigue normalmente, usando los medios descritos a continuación. Si el primer SCS 10A no puede determinar con éxito el comienzo de la transmisión, entonces el segundo SCS 10B notifica el comienzo de la transmisión y el procesamiento de la localización prosigue normalmente.

El Sistema de Localización Inalámbrico usa estos medios para las transmisiones en el canal de voz. Para todos los activadores contenidos en la Lista de Asignación de Tareas, el Sistema de Localización Inalámbrico supervisa las interfaces prescritas en busca de mensajes que pertenezcan a esos activadores. Los mensajes de interés incluyen, por ejemplo, mensajes de asignación del canal de voz, mensajes de traspaso, mensajes de salto de frecuencia, mensajes de subida de potencia / bajada de potencia, mensajes de reintento dirigido, mensajes de finalización y otros mensajes de acción y estado similares. El Sistema de Localización Inalámbrico mantiene continuamente una copia del estado y estados de estos transmisores inalámbricos y una Tabla de Estado en el AP 14. Cada vez que el Sistema de Localización Inalámbrico detecta un mensaje que pertenezca a una de las entradas en la Lista de Asignación de Tareas, el Sistema de Localización Inalámbrico actualiza su propia Tabla de Estado. Posteriormente, el Sistema de Localización Inalámbrico puede activarse para realizar el procesamiento de la localización, tal como en un intervalo de tiempo regular y acceder a la Tabla de Estado para determinar con precisión cada emplazamiento de célula, sector, canal de RF y ranura de tiempo que se está usando actualmente por el transmisor inalámbrico. El ejemplo contenido en el presente documento describe los medios mediante los que el Sistema de Localización Inalámbrico tiene una interfaz con un sistema de comunicaciones inalámbrico basado en GSM. El Sistema de Localización Inalámbrico también soporta funciones similares con sistemas basados en otras interfaces por aire.

Para ciertas interfaces por aire, tales como CDMA, el Sistema de Localización Inalámbrico también mantiene una cierta información de identidad obtenida de las ráfagas de Acceso en el canal de control en la Tabla de Estado; esta información se usa posteriormente para decodificar las máscaras usadas por los canales de voz. Por ejemplo, el protocolo de interfaz por aire CDMA usa un número de serie electrónico (ESN) de un transmisor inalámbrico para, en parte, determinar la máscara de código largo usada en la codificación de las transmisiones del canal de voz. El Sistema de Localización Inalámbrico mantiene su información en la Tabla de Estado para entradas en la Lista de Asignación de Tareas debido a que muchos transmisores inalámbricos pueden transmitir la información sólo una vez; por ejemplo, muchos móviles CDMA sólo transmitirán su ESN durante la primera ráfaga de Acceso después de que el transmisor inalámbrico se convierta en activo en un área geográfica. Esta capacidad para determinar de modo independiente la máscara de código largo es muy útil en casos en los que no es operativa una interfaz entre el Sistema de Localización Inalámbrico y el sistema de comunicaciones inalámbrico y/o el Sistema de Localización Inalámbrico no es capaz de supervisar una de las interfaces internas del sistema de comunicaciones inalámbrico. El operador del Sistema de Localización Inalámbrico puede establecer opcionalmente al Sistema de Localización Inalámbrico para que mantenga la información de identidad de todos los transmisores inalámbricos. Además de las razones anteriores, el Sistema de Localización Inalámbrico puede proporcionar un seguimiento en el canal de voz para todos los transmisores inalámbricos que activen el procesamiento de la localización mediante llamada al "911". Como se ha descrito anteriormente, el Sistema de Localización Inalámbrico usa la asignación de tareas dinámica para proporcionar una localización de un transmisor inalámbrico durante un tiempo prescrito después de marcar "911", por ejemplo. Mediante el mantenimiento de la información de identidad para todos los transmisores inalámbricos en la Tabla de Estado, el Sistema de Localización Inalámbrico es capaz de proporcionar un seguimiento en el canal de voz para todos los transmisores en caso de un evento de activación prescrito y no solamente aquellos con entradas previas en la Lista de Asignación de Tareas.

#### Interfaz de aplicaciones

Usando el AP 14, el Sistema de Localización Inalámbrico soporta una variedad de normas basadas en interfaces del usuario final y aplicaciones de localización del proveedor usando protocolos seguros tales como el TCP/IP, X.25, SS-7 e IS-41. Cada interfaz entre el AP 14 y una aplicación externa es una conexión segura y autenticada que permite al AP 14 verificar positivamente la identidad de la aplicación que se conecta al AP 14. Esto es necesario debido a que cada aplicación conectada tiene concedido solamente un acceso limitado a los registros de localización en un modo en tiempo real y/o histórico. Además, el AP 14 soporta funciones de orden/respuesta, tiempo real y procesamiento posterior adicionales que se describen con más detalle a continuación. El acceso a estas funciones adicionales también requiere autenticación. El AP 14 mantiene una lista de usuarios y los medios de autenticación asociados con cada usuario. Ninguna aplicación puede tener acceso a los registros de localización o funciones para las que la aplicación no tiene los derechos apropiados de autenticación o acceso. Además, el AP 14 soporta un registro completo de todas las acciones tomadas por cada aplicación en el caso de que surjan problemas o se requiera una investigación posterior sobre las acciones. Para cada orden o función en la lista a continuación, el AP 14 soporta preferentemente un protocolo en el que se confirma cada acción o el resultado de cada una, según sea apropiado.

- 5 Editar Lista de Asignación de Tareas – Esta orden permite a las aplicaciones externas añadir, eliminar o editar entradas en la Lista de Asignación de Tareas, incluyendo cualquier campo o marcador asociado con cada entrada. Este comando puede estar soportado en un modo de entrada única, o en un modo de entrada por lotes en el que se incluye una lista de entradas en una única orden. Esto último es útil, por ejemplo, en una aplicación masiva tal como una facturación sensible a la localización en la que se da soporte por parte de la aplicación externa a grandes volúmenes de transmisores inalámbricos y se desea minimizar la sobrecarga del protocolo. Este comando puede añadir o borrar aplicaciones para una entrada particular en la Lista de Asignación de Tareas, sin embargo, este comando no puede borrar una entrada completamente si la entrada contiene también otras aplicaciones no asociadas o autorizadas por la aplicación que envía la orden.
- 10 Fijar intervalo de localización – El Sistema de Localización Inalámbrico puede ajustarse para procesar la localización en cualquier intervalo para un transmisor inalámbrico particular, tanto en el canal de control como de voz. Por ejemplo, ciertas aplicaciones pueden requerir la localización de un transmisor inalámbrico cada pocos segundos cuando el transmisor está ocupado en un canal de voz. Cuando el transmisor inalámbrico realiza una transmisión inicial, el Sistema de Localización Inalámbrico se activa inicialmente usando una entrada estándar en la Lista de Asignación de Tareas. Si uno de los campos o marcadores en esta entrada especifica la actualización de la localización en un intervalo establecido, entonces el Sistema de Localización Inalámbrico crea una tarea dinámica en la Lista de Asignación de Tareas que se activa mediante un temporizador en lugar de por una identidad u otro criterio transmitido. Cada vez que expira el temporizador, que puede variar desde un segundo a varias horas, el Sistema de Localización Inalámbrico se activará automáticamente para localizar el transmisor inalámbrico. El Sistema de Localización Inalámbrico usa su interfaz con el sistema de comunicaciones inalámbrico para consultar el estado del transmisor inalámbrico, incluyendo los parámetros de llamadas de voz como se ha descrito anteriormente. Si el transmisor inalámbrico está ocupado en un canal de voz, entonces el Sistema de Localización Inalámbrico realiza el procesamiento de la localización. Si el transmisor inalámbrico no está ocupado en ninguna de las transmisiones existentes, el Sistema de Localización Inalámbrico ordenará al sistema de comunicaciones inalámbrico que haga que el transmisor inalámbrico transmita inmediatamente. Cuando se establece la tarea dinámica, el Sistema de Localización Inalámbrico también fija un tiempo de expiración en el que finaliza la tarea dinámica.
- 15
- 20
- 25
- Adición / Borrado de usuario final – Esta orden se puede ejecutar por un usuario final de un transmisor inalámbrico para colocar la identidad del transmisor inalámbrico en la Lista de Asignación de Tareas con el procesamiento de la localización permitido, para eliminar la identidad del transmisor inalámbrico de la Lista de Asignación de Tareas y por lo tanto eliminar la identidad como un activador o para colocar la identidad del transmisor inalámbrico en la Lista de Asignación de Tareas con el procesamiento de la localización inhabilitado. Cuando el procesamiento de la localización se ha inhabilitado por parte del usuario final, conocido como Procesamiento de la Localización Prohibido entonces no se realizará ningún procesamiento de la localización para el transmisor inalámbrico. El operador del Sistema de Localización Inalámbrico puede seleccionar opcionalmente una de varias acciones por parte del Sistema de Localización Inalámbrico en respuesta a un orden de Procesamiento de la Localización Prohibido por el usuario final: (i) la acción de inhabilitación se puede sobreponer a todos los otros activadores en la Lista de Asignación de Tareas, incluyendo el activador debido a una llamada de emergencia tal como “911”, (ii) la acción de inhabilitación se puede sobreponer a cualquier otro activador en la Lista de Asignación de Tareas, excepto un activador debido a una llamada de emergencia tal como “911”, (iii) la acción de inhabilitación se puede sobreponer por otros activadores seleccionados en la Lista de Asignación de Tareas. En el primer caso, se concede al usuario final un control completo sobre la privacidad de las transmisiones mediante el transmisor inalámbrico dado que no se realizará ningún procesamiento de la localización en ese transmisor por ninguna razón. En el segundo caso, el usuario final puede aún recibir los beneficios de la localización durante una emergencia, pero no en otros momentos. En un ejemplo del tercer caso, un empleador que es el propietario real de un transmisor inalámbrico particular, puede sobreponerse a una acción del usuario final por parte de un empleado que esté usando el transmisor inalámbrico como parte de su trabajo pero que puede no desear ser localizado. El Sistema de Localización Inalámbrico puede consultar al sistema de comunicaciones inalámbrico, como se ha descrito anteriormente, para obtener el mapeado de la identidad contenida en la transmisión inalámbrica a otras identidades.
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50 Las adiciones y borrados por parte del usuario final se efectúan mediante marcado de secuencias de caracteres y cifras y pulsando el botón de “ENVIAR” o equivalente en el transmisor inalámbrico. Estas secuencias se pueden elegir opcionalmente y pueden ser conocidas para el operador del Sistema de Localización Inalámbrico. Por ejemplo, una secuencia puede ser “\*55 ENVIAR” para inhabilitar el procesamiento de la localización. Son posibles también otras secuencias. Cuando el usuario final pueda marcar esta secuencia prescrita, el transmisor inalámbrico transmitirá la secuencia a través de uno de los canales de control prescritos del sistema de comunicaciones inalámbrico. Dado que el Sistema de Localización Inalámbrico detecta y demodula de modo independiente todas las transmisiones en el canal de control inverso, el Sistema de Localización Inalámbrico puede interpretar independientemente la secuencia marcada prescrita y realizar las actualizaciones de la característica apropiada en la Lista de Asignación de Tareas, como se ha descrito anteriormente. Cuando el Sistema de Localización Inalámbrico ha completado la actualización en la Lista de Asignación de Tareas, el Sistema de Localización Inalámbrico da la orden al sistema de comunicaciones inalámbrico de envío de una confirmación al usuario final. Como se ha descrito anteriormente, esto toma la forma de un tono audible, voz grabada o sintetizada o un mensaje de texto. Esta orden se ejecuta a través de la interfaz entre el Sistema de Localización Inalámbrico y el sistema de
- 55
- 60

comunicaciones inalámbrico.

Orden de transmitir – Esta orden permite a aplicaciones externas al Sistema de Localización Inalámbrico enviar una orden al sistema de comunicaciones inalámbrico para hacer que un transmisor inalámbrico particular, o grupo de transmisores inalámbricos, transmita. Esta orden puede contener un marcador o campo de que el(los) transmisor(es) inalámbrico(s) deben transmitir inmediatamente o en un momento prescrito. Esta orden incluye el esfuerzo de localizar el o los transmisores inalámbricos bajo demanda, dado que las transmisiones se detectarán, demodularán y activarán, provocando el procesamiento de la localización y la generación de un registro de localización. Esto es útil en la eliminación o reducción de cualquier retardo en la determinación de la localización tal como la espera hasta el siguiente periodo de tiempo de registro por el transmisor inalámbrico o la espera a que suceda una transmisión independiente.

Consulta y actualización de base de datos externa – El Sistema de Localización Inalámbrico incluye medios para acceder a una base de datos externa, consultar dicha base de datos externa usando la identidad del transmisor inalámbrico u otros parámetros contenidos en la transmisión o el criterio de activación y para mezclar los datos obtenidos desde la base de datos externa con los datos generados por el Sistema de Localización Inalámbrico para crear un nuevo registro de localización mejorado.

El registro de localización mejorado puede enviarse entonces a las aplicaciones solicitantes. La base de datos externa puede contener, por ejemplo, elementos de datos tales como información del cliente, información médica, características abonadas, información relativa a la aplicación, información de cuenta de cliente, información de contacto o conjuntos de acciones prescritas a tomar tras un evento de activación de la localización. El Sistema de Localización Inalámbrico puede provocar también actualizaciones a la base de datos externa, por ejemplo, para incrementar o disminuir una cuenta de facturación asociada con la provisión de servicios de localización o para actualizar la base de datos externa con el último registro de localización asociado con el transmisor inalámbrico particular. El Sistema de Localización Inalámbrico contiene medios para realizar las acciones descritas en el presente documento en más de una base de datos externa. La lista y la secuencia de bases de datos externas a acceder y las acciones posteriores a tomar están contenidas en uno de los campos contenidos en el criterio de activación en la Lista de Asignación de Tareas.

Procesamiento de localización anónimo aleatorio – El Sistema de Localización Inalámbrico incluye medios para realizar el procesamiento de la localización anónimo aleatorio a gran escala. Esta función es valiosa para ciertos tipos de aplicaciones que requieren la recogida de un gran volumen de datos sobre una población de transmisores inalámbricos sin consideración a las identidades específicas de los transmisores individuales. Las aplicaciones de este tipo incluyen: Optimización de RF, que permite a los proveedores inalámbricos medir el rendimiento del sistema de comunicaciones inalámbrico determinando simultáneamente la localización y otros parámetros de la transmisión; Gestión de Tráfico, que permite a las agencias gubernamentales y comerciales afectadas supervisar el flujo de tráfico en varias autopistas usando muestras estadísticamente significativas de transmisores inalámbricos viajando en vehículos y Estimación de Tráfico Local, que permite a las empresas comerciales estimar el flujo de tráfico alrededor de un área particular lo que puede ayudar a determinar la viabilidad de un negocio particular.

Las aplicaciones que soliciten un procesamiento de la localización anónimo aleatorio reciben opcionalmente registros de localización de dos fuentes: (i) una copia de los registros de localización generados por otras aplicaciones y (ii) registros de localización que pueden haber sido activados aleatoriamente por el Sistema de Localización Inalámbrico sin consideración a ningún criterio específico. Todos los registros de localización generados desde cualquier fuente se envían con toda la información de identidad y de criterios de activación eliminada de los registros de localización; sin embargo, la aplicación o aplicaciones solicitantes pueden determinar si el registro se generó a partir de un proceso totalmente aleatorio o es una copia de otro criterio de activación. Los registros de localización aleatoria se generan mediante una tarea de baja prioridad dentro del Sistema de Localización Inalámbrico que realiza el procesamiento de la localización en transmisiones seleccionadas aleatoriamente siempre que los recursos de procesamiento y comunicaciones estén disponibles y estuviesen en otro caso sin utilizar en un instante de tiempo particular. La aplicación o aplicaciones solicitantes pueden especificar si el procesamiento de la localización aleatoria se realiza sobre el área de cobertura completa del Sistema de Localización Inalámbrico, sobre áreas geográficas específicas tales como a lo largo de autopistas prescritas o mediante áreas de cobertura de emplazamientos de célula específicos. Por ello, la aplicación o aplicaciones solicitantes pueden dirigir los recursos del Sistema de Localización Inalámbrico a aquella área de mayor interés para cada aplicación. Dependiendo de la aleatoriedad deseada por la aplicación o aplicaciones, el Sistema de Localización Inalámbrico puede ajustar las preferencias para seleccionar aleatoriamente ciertos tipos de transmisiones como por ejemplo, mensajes de registro, mensajes de origen, mensajes de respuesta a busca o transmisiones en el canal de voz.

Seguimiento anónimo de un grupo geográfico – El Sistema de Localización Inalámbrico incluye medios para activar el procesamiento de la localización de modo repetitivo para grupos anónimos de transmisores inalámbricos dentro de un área geográfica prescrita. Por ejemplo, una aplicación de localización particular puede desear supervisar la ruta de viaje de un transmisor inalámbrico a lo largo de un periodo de tiempo prescrito, pero sin que el Sistema de Localización Inalámbrico desvele la identidad particular del transmisor inalámbrico. El período de tiempo puede ser de muchas horas, días o semanas. Usando los medios, el Sistema de Localización Inalámbrico: selecciona

aleatoriamente un transmisor inalámbrico que inicie una transmisión en el área geográfica de interés para la aplicación; realiza el procesamiento de la localización en la transmisión de interés; traduce de modo irreversible y codifica la identidad del transmisor inalámbrico en un nuevo identificador codificado; crea un registro de localización usando solamente el nuevo identificador codificado como un medio de identificación; envía el registro de localización a la aplicación o aplicaciones de localización solicitantes; y crea una tarea dinámica en la Lista de Asignación de Tareas para el transmisor inalámbrico, en la que la tarea dinámica tiene un periodo de expiración asociado. Posteriormente, cuando el transmisor inalámbrico prescrito inicia la transmisión, el Sistema de Localización Inalámbrico debe activarse usando la tarea dinámica, realizar el procesamiento de la localización en la transmisión de interés, producir de modo irreversible y codificar la identidad del transmisor inalámbrico en el nuevo identificador codificado usando los mismos medios que antes de modo que el identificador codificado sea el mismo, crear un registro de localización usando el identificador codificado y enviar el registro de localización a la aplicación o aplicaciones de localización solicitantes. Los medios descritos en el presente documento se pueden combinar con otras funciones del Sistema de Localización Inalámbrico que para realizar este tipo de supervisión usa las transmisiones en el canal o bien de control o bien de voz. Adicionalmente, los medios descritos en el presente documento preservan completamente la identidad privada del transmisor inalámbrico, y además permiten que otra clase de aplicaciones puedan supervisar los recorridos de viaje de transmisores inalámbricos. Esta clase de aplicaciones pueden ser de gran valor en la determinación de la planificación y diseño de las carreteras, planificación de rutas alternativas o la construcción de espacios comerciales y de venta minorista.

Agrupación, clasificación y etiquetado de registros de localización – El Sistema de Localización Inalámbrico incluye medios para procesar posteriormente los registros de localización para ciertas aplicaciones solicitantes para agrupar, clasificar o etiquetar los registros de localización. Para cada interfaz soportada por el Sistema de Localización Inalámbrico, el Sistema de Localización Inalámbrico almacena un perfil de los tipos de datos para los que la aplicación tanto está autorizada como es solicitante y los tipos de filtros o acciones de procesamiento posterior deseadas por la aplicación. Muchas aplicaciones, tales como los ejemplos contenidos en el presente documento, no requieren registros de localización individuales o identidades específicas de los transmisores individuales. Por ejemplo, una aplicación de optimización de RF deduce más valor de un gran conjunto de datos de registros de localización para un emplazamiento de célula particular o canal que el que deduciría de cualquier registro de localización individual. Como otro ejemplo, una aplicación de supervisión de tráfico requiere solamente registros de localización de transmisores que estén en carreteras o autopistas prescritas y adicionalmente requiere que estos registros se agrupen por sección de carretera o autopista y por dirección de viaje. Otras aplicaciones pueden solicitar que el Sistema de Localización Inalámbrico envíe los registros de localización que se hayan formateado para mejorar la apariencia de visualización mediante, por ejemplo, ajustar la estimación de la localización del transmisor de modo que la localización del transmisor aparezca sobre un mapa electrónico directamente en un segmento de carretera dibujado el lugar de adyacente al segmento de carretera. Por lo tanto, el Sistema de Localización Inalámbrico preferentemente “pega” la estimación de localización al segmento de carretera dibujado más próximo.

El Sistema de Localización Inalámbrico puede filtrar y notificar registros de localización a una aplicación para la comunicación de transmisores inalámbricos sólo en un emplazamiento de célula, sector, canal terrestre o grupo de canales de RF particulares. Antes de enviar el registro a la aplicación solicitante, el Sistema de Localización Inalámbrico verifica primero que los campos apropiados en el registro satisfacen los requisitos. Los registros que no satisfacen los requisitos no se envían y los registros que satisfacen los requisitos se envían. Algunos filtros son geográficos y deben calcularse por el Sistema de Localización Inalámbrico. Por ejemplo, el Sistema de Localización Inalámbrico puede procesar un registro de localización para determinar el segmento de carretera más próximo y la dirección de viaje del transmisor inalámbrico en el segmento de carretera. El Sistema de Localización Inalámbrico puede enviar entonces a la aplicación solamente registros que se determine que están en un segmento de carretera particular y pueden mejorar adicionalmente el registro de localización mediante la adición de un campo que contenga el segmento de carretera determinado. Para determinar el segmento de carretera más próximo, se proporciona al Sistema de Localización Inalámbrico una base de datos de segmentos de carretera de interés por la aplicación solicitante. Esta base de datos se almacena en una tabla en la que cada segmento de carretera se almacena con una coordenada de latitud y longitud que define los puntos extremos de cada segmento. Cada segmento de carretera se puede modelizar como una línea recta o curva y se puede modelizar para soportar una o dos direcciones de viaje. A continuación, para cada registro de localización determinado por el Sistema de Localización Inalámbrico, el Sistema de Localización Inalámbrico compara la latitud y la longitud en el registro de localización con cada segmento de carretera almacenado en la base de datos y determina la distancia más corta a partir de una línea modelizada que conecta los dos puntos extremos de segmento con la latitud y longitud del registro de localización. La distancia más corta es una línea imaginaria calculada ortogonal a la línea que conecta los dos puntos extremos del segmento de carretera almacenado. Cuando se ha determinado el segmento de carretera más próximo, el Sistema de Localización Inalámbrico puede determinar adicionalmente la dirección del movimiento en el segmento de carretera mediante la comparación de la dirección de viaje del transmisor inalámbrico notificada por el procesamiento de la localización con la orientación del segmento de carretera. La dirección que produce el error más pequeño con respecto a la orientación de los segmentos de carretera se notifica entonces por el Sistema de Localización Inalámbrico.

Consola de Operaciones de Red (NOC) 16

La NOC 16 es un sistema de gestión de red que permite a los operadores del Sistema de Localización Inalámbrico acceder fácilmente a los parámetros de programación del Sistema de Localización Inalámbrico. Por ejemplo, en algunas ciudades, el Sistema de Localización Inalámbrico puede contener muchos cientos e incluso miles de SCS 10. La NOC es la forma más efectiva para gestionar un Sistema de Localización Inalámbrico grande, usando capacidades de interfaz de usuario gráficas. La NOC recibirá también alertas en tiempo real si ciertas funciones dentro del Sistema de Localización Inalámbrico no están funcionando apropiadamente. Estas alarmas en tiempo real se pueden usar por el operador para tomar la acción correctiva rápidamente e impedir una degradación del servicio de localización. La experiencia con pruebas del Sistema de Localización Inalámbrico muestran que la capacidad del sistema para mantener una buena precisión de la localización a lo largo del tiempo se relaciona directamente con la capacidad del operador para mantener el sistema funcionando dentro de sus parámetros predeterminados.

Procesamiento de la localización

El Sistema de Localización Inalámbrico es capaz de realizar un procesamiento de la localización usando dos procedimientos diferentes conocidos como procesamiento en base a central y procesamiento en base a estación. Ambas técnicas se desvelan primero en la Patente Número 5.327.144 y se mejoran adicionalmente en la presente especificación. El procesamiento de la localización depende en parte de la capacidad para determinar con precisión ciertas características de fase de la señal tal como se recibe en múltiples antenas y en múltiples SCS 10. Por lo tanto, es un objetivo del Sistema de Localización Inalámbrico identificar y eliminar las fuentes de error de fase que impidan la capacidad de procesamiento de la localización para determinar las características de fase de la señal recibida. Una fuente de error de fase está dentro del transmisor inalámbrico en sí, concretamente el oscilador (típicamente un oscilador de cristal) y los bucles de enclavamiento de fase que permiten al teléfono sintonizar con unos canales específicos para la transmisión. Los osciladores de cristal de bajo coste tendrán en general un ruido de fase más elevado. Algunas especificaciones de interfaz por aire, tales como la IS-136 y la IS-95A, tienen especificaciones que cubren el ruido de fase con el que un teléfono inalámbrico puede transmitir. Otras especificaciones de interfaz por aire, tales como la IS-553A, no especifican detalladamente el ruido de fase. Es por lo tanto un motivo de la presente invención reducir automáticamente y/o eliminar el ruido de fase del transmisor inalámbrico como fuente del error de fase en el procesamiento de la localización, en parte mediante la selección de modo automático del uso de un procesamiento en base a central o procesamiento en base a estación. La selección automática también considera la eficiencia con la que se usa el enlace de comunicaciones entre el SCS 10 y el TLP 12 y la disponibilidad de recursos de DSP en cada uno de los SCS 10 y TLP 12.

Cuando se usa un procesamiento en base a central, la determinación TDOA y FDOA y el procesamiento multitrayecto se realizan en el TLP 12 junto con la determinación de posición y velocidad. Este procedimiento se prefiere cuando el transmisor inalámbrico tiene un ruido de fase que está por encima de un umbral predeterminado. En estos casos, el procesamiento en base a central es más efectivo en la reducción o eliminación del ruido de fase del transmisor inalámbrico como fuente de error de fase debido a que la estimación TDOA se realiza usando una representación digital de la transmisión de RF real desde dos antenas, que pueden estar en el mismo SCS 10 o en diferentes SCS 10. En este procedimiento, los expertos en la materia reconocerán que el ruido de fase del transmisor es un ruido en modo común en el procesamiento TDOA y por lo tanto se cancela automáticamente en el proceso de determinación TDOA. Este procedimiento trabaja mejor, por ejemplo, con muchos teléfonos celulares AMPS de bajo coste que tienen un ruido de fase alto. Las etapas básicas en el procesamiento en base a central incluyen las etapas enumeradas a continuación y representadas en el diagrama de flujo de la Figura 6:

- un transmisor inalámbrico inicia una transmisión o bien en un canal de control o bien un canal de voz (etapa S50);
- la transmisión se recibe en múltiples antenas y múltiples SCS 10 en el Sistema de Localización Inalámbrico (etapa S51);
- la transmisión se convierte a un formato digital en el receptor conectado a cada SCS/antena (etapa S52);
- los datos digitales se almacenan en una memoria de los receptores en cada SCS 10 (etapa S53);
- la transmisión se demodula (etapa S54);
- el Sistema de Localización Inalámbrico determina si comenzar el procesamiento de la localización para la transmisión (etapa S55);
- si se activa, el TLP 12 solicita copia de los datos digitales desde la memoria de los receptores en múltiples SCS 10 (etapa S56);
- los datos digitales se envían desde múltiples SCS 10 a un TLP 12 seleccionado (etapa S57);
- el TLP 12 realiza el TDOA, FDOA y mitigación multitrayecto sobre los datos digitales desde pares de antenas (etapa S58);
- el TLP 12 realiza la determinación de posición y velocidad usando los datos TDOA y a continuación crea un registro de localización y envía el registro de localización al AP 14 (etapa S59).

El Sistema de Localización Inalámbrico usa un número variable de bits para representar la transmisión cuando se envían datos digitales desde los SCS 10 al TLP 12. Como se ha explicado anteriormente, el receptor SCS digitaliza las transmisiones inalámbricas con una elevada resolución o un número alto de bits por muestra digital para conseguir un intervalo dinámico suficiente. Esto se requiere especialmente cuando se usan receptores digitales de

banda ancha, que pueden estar recibiendo simultáneamente señales próximas al SCS 10A y lejanas del SCS 10B. Por ejemplo, se pueden requerir hasta 14 bits para representar un intervalo dinámico de 84 dB. El procesamiento de la localización no requiere siempre esa elevada resolución por muestra digital, sin embargo. Frecuentemente, se pueden conseguir localizaciones de suficiente precisión por parte del Sistema de Localización Inalámbrico usando un menor número de bits por muestra digital. Por lo tanto, para minimizar los costes de implementación del Sistema de Localización Inalámbrico mediante la conservación del ancho de banda en los enlaces de comunicaciones entre cada SCS 10 y TLP 12, el Sistema de Localización Inalámbrico determina el número de bits más pequeño requerido para representar digitalmente la transmisión en tanto se mantenga aún un nivel de precisión deseado. Esta determinación se basa, por ejemplo, en el protocolo de interfaz por aire particular usado por el transmisor inalámbrico, la SNR de la transmisión, el grado en que la transmisión se ha perturbado por desvanecimiento y/o multitrayecto y el estado actual de las colas de procesamiento y comunicación en cada SCS 10. El número de bits enviado desde el SCS 10 al TLP 12 se reduce en dos formas: el número de bits por muestra se minimiza y se usa para el procesamiento de la localización la longitud más corta o los menos segmentos posibles de la transmisión. El TLP 12 puede usar estos datos de RF mínimos para realizar el procesamiento de la localización y comparar a continuación el resultado con el nivel de precisión deseado. Esta comparación se realiza en base a un cálculo del intervalo de confianza. Si la estimación de localización no cae dentro de los límites de precisión deseados, el TLP 12 solicitará recursivamente datos adicionales de los SCS 10 seleccionados. Los datos adicionales pueden incluir un número adicional de bits por muestra digital y/o pueden incluir más segmentos de la transmisión. Este proceso de solicitar datos adicionales puede continuar recursivamente hasta que el TLP 12 haya conseguido la precisión de localización prescrita.

Hay detalles adicionales a las etapas básicas descritas anteriormente. Estos detalles se describen en las previas Patentes Número 5.327.144 y 5.608.410 en otras partes de la presente especificación. Una mejora a los procesos descritos en patentes anteriores es la selección de un único SCS/antena de referencia que se usa para cada línea base en el procesamiento de la localización. En técnicas anteriores, se determinaban las líneas base usando pares de emplazamientos de antena alrededor de un anillo. En el presente Sistema de Localización Inalámbrico, el único SCS/antena de referencia usado es generalmente el de la señal de SNR más alta, aunque se pueden usar también otros criterios como se describe a continuación. El uso que una referencia de SNR elevada ayuda al procesamiento de la localización en base a central cuando los otros SCS/antenas usados en el procesamiento de la localización son muy débiles, tal como en o por debajo del suelo de ruido (es decir una relación de señal a ruido cero o negativa). Cuando se usa el procesamiento de la localización en base a estación, la señal de referencia es una señal remodulada, que se crea intencionadamente para que tenga una relación señal a ruido alta, ayudando adicionalmente al procesamiento de la localización para señales muy débiles en otros SCS/antenas. La selección real del SCS/antena de referencia se describe a continuación.

El Sistema de Localización Inalámbrico mitiga el multitrayecto primero mediante la estimación recursiva de los componentes del multitrayecto recibido además del componente de trayecto directo y a continuación la resta de estos componentes de la señal recibida. Por ello el Sistema de Localización Inalámbrico modeliza la señal recibida y compara el modelo con la señal recibida real e intenta minimizar la diferencia entre las dos usando una diferencia de mínimos cuadrados ponderada. Para cada señal  $x(t)$  transmitida desde un transmisor inalámbrico, la señal  $y(t)$  recibida en cada SCS/antena es una combinación compleja de señales:

$$y(t) = \sum x(t - \tau_n) a_n e^{j\omega(t-\tau_n)}, \text{ para todo } n = 0 \text{ a } N;$$

en la que  $x(t)$  es la señal tal como se transmite por el transmisor inalámbrico;  
 $a_n$  y  $\tau_n$  son la amplitud compleja y los retardos de los componentes multitrayecto;  
 $N$  es el número total de componentes multitrayecto en la señal recibida y  
 $a_0$  y  $\tau_0$  son constantes para el componente de trayecto más directo.

El operador del Sistema de Localización Inalámbrico determina empíricamente un conjunto de restricciones para cada componente del multitrayecto que aplican al entorno específico en el que cada Sistema de Localización Inalámbrico está funcionando. La finalidad de estas restricciones es limitar la cantidad de tiempo de procesamiento que utiliza el Sistema de Localización Inalámbrico en la optimización de los resultados para cada cálculo de mitigación multitrayecto. Por ejemplo, el Sistema de Localización Inalámbrico se puede fijar para determinar sólo cuatro componentes de multitrayecto: el primer componente se puede suponer que tiene un retardo de tiempo en el intervalo  $\tau_{1A}$  a  $\tau_{1B}$ ; el segundo componente se puede suponer que tiene un retardo de tiempo en el intervalo  $\tau_{2A}$  a  $\tau_{2B}$ ; el tercer componente se puede suponer que tiene un retardo de tiempo en el intervalo  $\tau_{3A}$  a  $\tau_{3B}$ ; y similar para el cuarto componente; sin embargo el cuarto componente es un único valor que representa de modo efectivo una combinación compleja de muchas decenas de componentes multitrayecto individuales (y de alguna forma difusos) cuyo retardo de tiempo excede el intervalo del tercer componente. Para una facilidad de procesamiento, el Sistema de Localización Inalámbrico transforma la ecuación previa al dominio de la frecuencia y resuelve a continuación los componentes individuales de modo que se minimice la diferencia de mínimos cuadrados ponderada.

Cuando se usa un procesamiento en base a estación, la determinación TDOA y FDOA y mitigación multitrayecto se realizan en los SCS 10, mientras que la determinación de posición y velocidad se realiza típicamente en el TLP 12. La ventaja principal del procesamiento en base a estación, como se describe en la Patente Número 5.327.144, es la reducción de la cantidad de datos que se envían en el enlace de comunicaciones entre cada SCS 10 y TLP 12. Sin

embargo, puede haber asimismo otras ventajas. Un nuevo objetivo de la presente invención es incrementar la ganancia de procesamiento de señal efectiva durante el procesamiento TDOA. Como se ha indicado anteriormente, el procesamiento en base a central tiene la ventaja de eliminar o reducir el error de fase producido por el ruido de fase en el transmisor inalámbrico. Sin embargo, ninguna divulgación previa ha tratado sobre cómo eliminar o reducir el mismo error de ruido de fase cuando se usa el procesamiento en base a estación. La presente invención reduce el error de fase y aumenta la ganancia de procesamiento de señal efectiva usando las etapas enumeradas a continuación y mostradas en la Figura 6:

5 un transmisor inalámbrico inicia una transmisión o bien en un canal de control o bien un canal de voz (etapa S60);  
 10 la transmisión se recibe en múltiples antenas y en múltiples SCS 10 en el Sistema de Localización Inalámbrico (etapa S61);  
 la transmisión se convierte a un formato digital en el receptor conectado a cada antena (etapa S62);  
 los datos digitales se almacenan en una memoria en los SCS 10 (etapa S63);  
 la transmisión se demodula (etapa S64);  
 15 el Sistema de Localización Inalámbrico determina si comenzar el procesamiento de la localización para la transmisión (etapa S65);  
 si se activa, un primer SCS 10A demodula la transmisión y determina un intervalo de corrección de fase apropiado (etapa S66);  
 para cada dicho intervalo de corrección de fase, el primer SCS 10A calcula una corrección de fase apropiada y una corrección de amplitud y codifica este parámetro de corrección de fase y parámetro de corrección de amplitud junto con los datos demodulados (etapa S67);  
 20 los datos demodulados y los parámetros de corrección de fase y corrección de amplitud se envían desde el primer SCS 10A al TLP 12 (etapa S68);  
 el TLP 12 determina los SCS 10 y antenas receptoras a usar en el procesamiento de la localización (etapa S69);  
 25 el TLP 12 envía los datos demodulados y los parámetros de corrección de fase y de corrección de amplitud a cada segundo SCS 10B que se usará en el procesamiento de la localización (etapa S70);  
 el primer SCS 10 y cada segundo SCS 10B crean una primera señal remodulada en base a los datos demodulados y parámetros de corrección de fase y de corrección de amplitud (etapa S71);  
 30 el primer SCS 10A y cada segundo SCS 10B realizan el TDOA, FDOA y mitigación multitrayecto usando los datos digitales almacenados en memoria en cada SCS 10 y la primera señal remodulada (etapa S72);  
 los datos de TDOA, FDOA y mitigación multitrayecto se envían desde el primer SCS 10A y cada segundo SCS 10B al TLP 12 (etapa S73);  
 el TLP 12 realiza la determinación de posición y velocidad usando los datos de TDOA (etapa S74) y  
 35 el TLP 12 crea un registro de localización y envía el registro de localización al AP 14 (etapa S75).

Las ventajas de la determinación de los parámetros de corrección de fase y de corrección de amplitud son más obvias en la localización de transmisores inalámbricos CDMA en base a IS-95A. Como es bien conocido, las transmisiones inversas desde el transmisor IS-95A se envían usando modulación no coherente. La mayor parte de las estaciones base CDMA sólo integran sobre un intervalo de un único bit debido a la modulación no coherente.  
 40 Para el Canal de Acceso CDMA, con una tasa de bits de 4800 bits por segundo, hay 256 chips enviados por bit, lo que permite una ganancia de integración de 24 dB. Usando la técnica descrita anteriormente, el procesamiento TDOA en cada SCS 10 puede integrar, por ejemplo sobre una ráfaga de 160 milisegundos completa (196.608 chips) para producir una ganancia de integración de 53 dB. Esta ganancia de procesamiento adicional permite a la presente invención detectar y localizar transmisiones CDMA usando múltiples SCS 10, incluso si las estaciones base  
 45 localizadas conjuntamente con los SCS 10 no pueden detectar la misma transmisión CDMA.

Para una transmisión particular, si tanto los parámetros de corrección de fase como los parámetros de corrección de amplitud se calculan para que sean cero, o no son necesarios, entonces estos parámetros no se envían para conservar el número de bits transmitidos en el enlace de comunicaciones entre cada SCS 10 y TLP 12. En otra realización de la invención, el Sistema de Localización Inalámbrico usa un intervalo de corrección de fase fijo para una transmisión particular o para todas las transmisiones de un protocolo de interfaz por aire particular o para todas las transmisiones realizadas por un tipo particular de transmisor inalámbrico. Esto puede, por ejemplo, basarse en los datos empíricos recogidos durante algún periodo de tiempo por el Sistema de Localización Inalámbrico que muestren una consistencia razonable en el ruido de fase exhibido por varias clases de transmisores. En estos casos, el SCS 10 puede ahorrar la etapa de procesamiento de determinación del intervalo de corrección de fase apropiado.

Los expertos en la materia reconocerán que hay muchas formas de medir el ruido de fase de un transmisor inalámbrico. En una realización, se puede generar una copia pura, sin ruido remodulada de la señal recibida en el primer SCS 10A por los DSP en el SCS, a continuación la señal recibida se podrá comparar contra la señal pura en cada intervalo de corrección de fase y se puede medir directamente la diferencia de fase. En esta realización, el parámetro de corrección de fase se calculará como el negativo de la diferencia de fase a través del intervalo de corrección de fase. El número de bits requeridos para representar el parámetro de corrección de fase variará con la magnitud del parámetro de corrección de fase y el número de bits puede variar para cada intervalo de corrección de fase. Se ha observado que algunas transmisiones, por ejemplo, muestran un ruido de fase mayor inicialmente en la transmisión y menor ruido de fase hacia la mitad y más adelante en la transmisión.

El procesamiento en base a estación es más útil para transmisores inalámbricos que tengan relativamente bajo ruido de fase. Aunque no necesariamente requeridos por sus respectivas normas de interfaz por aire, los teléfonos inalámbricos que usan los protocolos TDMA, CDMA o GSM muestran típicamente un menor ruido de fase. Según aumenta el ruido de fase de un transmisor inalámbrico, la longitud del intervalo de corrección de fase puede disminuir y/o el número de bits requeridos para representar los parámetros de corrección de fase aumenta. El procesamiento en base a estación no es efectivo cuando el número de bits requeridos para representar los datos demodulados más los parámetros de corrección de fase y amplitud excede en una proporción determinada al número de bits requeridos para realizar el procesamiento en base a central. Es por lo tanto un objetivo de la presente invención determinar automáticamente para cada transmisión para la que se desee una localización si procesar la localización usando procesamiento en base a central o procesamiento en base a estación. Las etapas en la realización de esta determinación se enumeran a continuación y se muestran en la Figura 7:

un transmisor inalámbrico inicia la transmisión bien en un canal de control o bien en un canal de voz (etapa S80);  
 la transmisión se recibe en un primer SCS 10A (etapa S81);  
 la transmisión se convierte a un formato digital en el receptor conectado a cada antena (etapa S82);  
 el Sistema de Localización Inalámbrico determina si comenzar el procesamiento de la localización para la transmisión (etapa S83);  
 si se activa, un primer SCS 10A demodula la transmisión y estima un intervalo de corrección de fase apropiado y el número de bits requeridos para codificar los parámetros de corrección de fase y de corrección de amplitud (etapa S84);  
 el primer SCS 10A estima a continuación el número de bits requeridos para el procesamiento en base a central;  
 en base al número de bits requerido para cada procedimiento respectivo, el SCS 10 o el TLP 12 determina si usar un procesamiento en base a central o un procesamiento en base a estación para la realización del procesamiento de la localización para esta transmisión (etapa S85).

En otra realización de la invención, el Sistema de Localización Inalámbrico puede usar siempre procesamiento en base a central o procesamiento en base a estación para todas las transmisiones de un protocolo de interfaz por aire particular o para todas las transmisiones realizadas por una clase particular de transmisor inalámbrico. Esto puede, por ejemplo, basarse en los datos empíricos recogidos a lo largo de algún periodo de tiempo por el Sistema de Localización Inalámbrico que muestren una consistencia razonable en el ruido de fase exhibido por varias clases de transmisores. En estos casos, el SCS 10 y/o el TLP 12 pueden ahorrarse la etapa de procesamiento de determinación del procedimiento de procesamiento apropiado.

Una mejora adicional de la presente invención, usada tanto para el procesamiento en base a central como para el procesamiento en base a estación es el uso de criterios de umbral para incluir líneas bases en la determinación final de la localización y velocidad del transmisor inalámbrico. Para cada línea base, el Sistema de Localización Inalámbrico calcula un número de parámetros que incluyen: el puerto de SCS/antena usado con la SCS/antena de referencia en el cálculo de la línea base, el pico, promedio y varianza en la potencia de la transmisión tal como se recibe en el puerto del SCS/antena usado en la línea base y sobre el intervalo usado para el procesamiento de la localización, el valor de correlación de la correlación de espectro cruzado entre el SCS/antena usado en la línea base y el SCS/antena de referencia, el valor de retardo para la línea base, los parámetros de mitigación multitrayecto, los valores residuales restantes después de los cálculos de mitigación multitrayecto, la contribución del SCS/antena al GDOP ponderado en la solución de localización final y una medición de la calidad de ajuste de la línea base si se incluye en la solución de localización final. Cada línea base se incluye en la solución de localización final si cada una cumple con o excede los criterios de umbral para cada uno de los parámetros descritos en el presente documento. Una línea base puede excluirse de la solución de la localización si no consigue satisfacer uno o más de los criterios de umbral. Por lo tanto, es posible frecuentemente que el número de SCS/antenas realmente usado en la solución de localización final sea menor que el número total considerado.

Las Patentes Números 5.327.144 y 5.608.410 previas desvelan un procedimiento mediante el que el procesamiento de la localización minimiza el valor de la diferencia de mínimos cuadrados (LSD) de la ecuación siguiente:

$$LSD = [Q_{12} (\text{Retardo\_T}_{12} - \text{Retardo\_O}_{12})^2 + Q_{13} (\text{Retardo\_T}_{13} - \text{Retardo\_O}_{13})^2 + \dots + Q_{xy} (\text{Retardo\_T}_{xy} - \text{Retardo\_O}_{xy})^2]$$

En la presente implementación, esta ecuación se ha vuelto a disponer en la forma siguiente para hacer el código de procesamiento de la localización más eficiente:

$$LSD = \sum (TDOA_{0i} - \tau_i + \tau_0)^2 w_i^2; \text{ para todo } i = 1 \text{ a } N-1$$

en la que N = número de SCS/antenas usadas en el procesamiento de la localización;  
 TDOA<sub>0i</sub> = la TDOA para el i-ésimo emplazamiento desde el emplazamiento 0 de referencia;  
 τ<sub>i</sub> = el tiempo de propagación en la línea teórica de visión desde el transmisor inalámbrico al i-ésimo emplazamiento,  
 τ<sub>0</sub> = el tiempo de propagación en la línea teórica de visión desde el transmisor a la referencia y

$w_i$  = el factor de ponderación, o de calidad, aplicado a la i-ésima línea base.

En la presente implementación, el Sistema de Localización Inalámbrico usa también otra forma alternativa de la ecuación que puede ayudar en la determinación de soluciones de localización cuando la señal de referencia no es muy fuerte o cuando es probable que exista una desviación en la solución de localización usando la forma previa de evacuación:

$$\text{LSD}' = \sum (TDOA_{0i} - \tau_i)^2 w_i^2 - b^2 \sum w_i^2; \text{ para todo } i = 0 \text{ a } N-1$$

en la que N = número de SCS/antenas usadas en el procesamiento de la localización;

$TDOA_{0i}$  = la TDOA para el i-ésimo emplazamiento desde el emplazamiento 0 de referencia;

$\tau_i$  = el tiempo de propagación en la línea teórica de visión desde el transmisor inalámbrico al i-ésimo emplazamiento,

b = una desviación que se calcula por separado para cada punto teórico que minimiza el LSD' en ese punto teórico y

$w_i$  = el factor de ponderación, o de calidad, aplicado a la i-ésima línea base.

La forma LSD' de la ecuación ofrece medios más fáciles de eliminar una desviación en las soluciones de localización en el emplazamiento de referencia haciendo  $w_0$  igual al valor máximo de las otras ponderaciones o basando  $w_0$  en la fuerza de señal relativa en el emplazamiento de referencia. Nótese que si  $w_0$  es mucho mayor que otras ponderaciones, entonces b es aproximadamente igual a  $\tau_0$ . En general, las ponderaciones o factores de calidad se basan en criterios similares a los explicados anteriormente para los criterios de umbral en la inclusión de líneas base. Esto es, los resultados de los cálculos de criterios se usan para ponderaciones y cuando caen los criterios por debajo del umbral la ponderación se fija entonces en cero y de modo efectivo no se incluye en la determinación de la solución de localización final.

#### Proceso de selección de antena para el procesamiento de la localización

Inventiones y divulgaciones previas, tal como aquellas listadas anteriormente, han descrito técnicas en las que se requiere un primer, un segundo o posiblemente un tercer emplazamiento de antena, emplazamiento de célula o estación base para determinar la localización. La Patente Número 5.608.410 desvela además un Subsistema de Selección Dinámica (DSS) que es responsable de la determinación de qué tramas de datos y desde qué localizaciones de emplazamiento de antena se usarán para calcular la localización de un transmisor que responde. En el DSS, si se reciben las tramas de datos desde más de un número umbral de emplazamientos, el DSS determina cuáles son los candidatos para retención o exclusión y organiza a continuación dinámicamente las tramas de datos para procesamiento de la localización. El DSS prefiere usar más de un número mínimo de emplazamientos de antena de modo que la solución esté sobredeterminada. Adicionalmente, el DSS asegura que todas las transmisiones usadas en el procesamiento de la localización se recibieron desde el mismo transmisor y desde la misma transmisión.

Las realizaciones preferidas de las invenciones previas tienen varias limitaciones, sin embargo. Primero, o bien sólo se usa una antena por emplazamiento de antena (o emplazamiento de célula) o bien los datos desde dos o cuatro antenas de diversidad se combinaron primero en el emplazamiento de antena (o emplazamiento de célula) previamente a la transmisión al emplazamiento central. Adicionalmente, todos los emplazamientos de antena que recibieron la transmisión envían tramas de datos al emplazamiento central, incluso si el DSS descartara posteriormente las tramas de datos. Por ello, puede haberse desperdiciado algún ancho de banda de comunicaciones enviando datos que no se usaron.

Los presentes inventores han determinado que mientras que se requiere un mínimo de dos o tres emplazamientos para determinar la localización, la selección real de antenas y SCS 10 para su uso en el procesamiento de la localización puede tener un efecto significativo en los resultados del procesamiento de la localización. Además, es ventajoso incluir los medios para usar más de una antena en cada SCS 10 en el procesamiento de la localización. La razón para el uso de datos desde múltiples antenas en un emplazamiento de célula independientemente en el procesamiento de la localización es que la señal recibida en cada antena está afectada de modo único por multitrayecto, desvanecimiento y otras perturbaciones. Es bien conocido en la técnica que cuando dos antenas están separadas en una distancia de más de una longitud de onda, entonces cada antena recibirá la señal en un trayecto independiente. Por lo tanto, frecuentemente hay información adicional y única a ser obtenida sobre la localización del transmisor inalámbrico mediante el uso de múltiples antenas y se mejora en consecuencia la capacidad del Sistema de Localización Inalámbrico para mitigar el multitrayecto.

Es por lo tanto un objetivo de la presente invención proporcionar un procedimiento mejorado para el uso de las señales recibidas desde más de una antena en un SCS 10 en el procesamiento de la localización. Es un objetivo adicional proporcionar un procedimiento para mejorar el proceso dinámico usado para seleccionar las antenas cooperantes y SCS 10 usados en el procesamiento de la localización. El primer objetivo se consigue proporcionando medios dentro del SCS 10 para seleccionar y usar cualquier segmento de datos recogido desde cualquier número de antenas en un SCS en el procesamiento de la localización. Como se ha descrito anteriormente, cada antena en un emplazamiento de células se conecta a un receptor interno del SCS 10. Cada receptor convierte las señales

recibidas desde la antena en una forma digital y a continuación almacena temporalmente las señales digitalizadas en una memoria en el receptor. Se ha provisto al TLP 12 con medios para indicar a cualquier SCS 10 para que recupere segmentos de datos desde la memoria temporal de cualquier receptor y para proporcionar los datos para su uso en el procesamiento de la localización. El segundo objetivo se consigue proporcionando medios dentro del Sistema de Localización Inalámbrico para supervisar un gran número de antenas para la recepción de la transmisión que el Sistema de Localización Inalámbrico desea localizar, y a continuación la selección de un conjunto de antenas más pequeño para su uso en el procesamiento de la localización en base a un conjunto predeterminado de parámetros. Un ejemplo de este proceso de selección se representa por el diagrama de flujo de la Figura 8:

un transmisor inalámbrico inicia una transmisión bien en un canal de control o bien en un canal de voz (etapa S90)  
 la transmisión se recibe en múltiples antenas y en múltiples SCS 10 en el Sistema de Localización Inalámbrico (etapa S91);  
 la transmisión se convierte a un formato digital en el receptor conectado a cada antena (etapa S92);  
 los datos digitales se almacenan en una memoria en cada SCS 10 (etapa S93);  
 la transmisión se demodula en al menos un SCS 10A y se determina el número de canal en el que sucedió la transmisión y el emplazamiento de célula y sector que da servicio al transmisor inalámbrico (etapa S94);  
 en base al emplazamiento de célula y sector en servicio, se designa a un SCS 10A como el SCS 10 'primario' para el procesamiento de esa transmisión (etapa S95);  
 el SCS 10A primario determina una marca de tiempos asociada con los datos demodulados (etapa S96);  
 el Sistema de Localización Inalámbrico determina si comenzar el procesamiento para la transmisión (etapa S97);  
 si se activa el procesamiento de la localización, el Sistema de Localización Inalámbrico determina una lista de SCS 10 y antenas candidatos a usar en el procesamiento de la localización (etapa S98);  
 cada SCS/antena candidato mide y notifica varios parámetros en el número de canal de la transmisión y en el momento de la marca de tiempos determinada por el SCS 10A primario (etapa S99);  
 el Sistema de Localización Inalámbrico ordena a los SCS/antenas candidatos que usen criterios especificados y selecciona un SCS/antena de referencia y una lista de procesamiento de SCS/antenas a usar en el procesamiento de la localización (etapa S100) y  
 el Sistema de Localización Inalámbrico prosigue con el procesamiento de la localización como se ha descrito anteriormente, usando datos de la lista de procesamiento de SCS/antenas (etapa S101).

#### Selección del SCS/antena primario

El proceso para la elección del SCS/antena 'primario' es crítico, debido que la lista de candidatos de SCS 10 y antenas 10-1 se determina en parte en base a la designación del SCS/antena primario. Cuando un transmisor inalámbrico realiza la transmisión en un canal de RF particular, la transmisión se puede propagar frecuentemente muchos kilómetros (millas) antes de que la señal se atenúe por debajo del nivel en que puede ser demodulada. Por lo tanto, hay frecuentemente muchos SCS/antenas capaces para la demodulación de la señal. Esto sucede especialmente en áreas urbanas y suburbanas en las que el patrón de reutilización de frecuencias de muchos sistemas de comunicaciones inalámbricos puede ser completamente denso. Por ejemplo, debido a la alta tasa de utilización de inalámbricos y la densa separación de emplazamientos de células, los presentes inventores han probado sistemas de comunicaciones inalámbricos en los que el mismo canal de control de RF y código de color digital se usaron en emplazamientos de células separados aproximadamente 1,6 kilómetros (una milla). Debido a que el Sistema de Localización Inalámbrico demodula independientemente estas transmisiones, el Sistema de Localización Inalámbrico puede demodular frecuentemente la misma transmisión en dos, tres o más SCS/antenas separados. El Sistema de Localización Inalámbrico detecta que se ha demodulado la misma transmisión múltiples veces en múltiples SCS/antenas cuando el Sistema de Localización Inalámbrico recibe múltiples tramas de datos demodulados enviados desde diferentes SCS/antenas, cada uno con un número de errores de bits por debajo de un umbral de error de bits predeterminado y con los datos demodulados coincidiendo dentro de un límite aceptable de errores de bits y todo sucediendo dentro de un intervalo de tiempo predeterminado.

Cuando el Sistema de Localización Inalámbrico detecta datos demodulados desde múltiples SCS/antenas, examina los siguientes parámetros para determinar qué SCS/antena será designado el SCS primario: SNR promedio a través del intervalo de transmisión usado para procesamiento de la localización, la varianza en la SNR a través del mismo intervalo, correlación del comienzo de la transmisión recibida contra un precursor puro (es decir para AMPS, el punteado y código de Barker), el número de errores de bits en los datos demodulados y la magnitud y tasa de cambio de la SNR desde justamente antes del establecimiento de la transmisión al establecimiento de la transmisión así como otros parámetros similares. La SNR promedio se determina típicamente en cada SCS/antena o bien a través de la duración completa de la transmisión a ser usada para el procesamiento de la localización o bien sobre un intervalo más corto. La SNR promedio en un intervalo más corto se puede determinar mediante la realización de una correlación con la secuencia de punteado y/o el código Barker y/o la palabra de sincronismo, dependiendo del protocolo de interfaz por aire particular y a través de un intervalo corto de tiempo antes, durante y después de la marca de tiempos notificada por cada SCS 10. El intervalo de tiempo puede ser típicamente +/- 200 microsegundos centrados en la marca de tiempos, por ejemplo. El Sistema de Localización Inalámbrico ordenará generalmente a los SCS/antenas usando los siguientes criterios, cada uno de los cuales puede estar ponderado (multiplicado por un factor apropiado) cuando se combinan los criterios para determinar la decisión final: SCS/antenas con el número

inferior de errores de bits son preferidos a SCS/antenas con un número más elevado de errores de bits, SNR promedio para un SCS/antena dado debe ser mayor que un umbral predeterminado para ser designado como el primario; los SCS/antenas con una SNR promedio más alta se prefieren sobre aquellos con una SNR más baja; los SCS/antenas con una varianza de SNR más baja se prefieren a aquellos con una varianza de SNR más alta y los SCS/antenas con una tasa de cambio de SNR más rápida en el establecimiento de la transmisión se prefieren a aquellos con una tasa de cambio más baja. La ponderación aplicada a cada uno de estos criterios se pueda ajustar por el operador del Sistema de Localización Inalámbrico para adaptarse al diseño particular de cada sistema.

La lista de candidatos de SCS 10 y antenas 10-1 se seleccionan usando un conjunto predeterminado de criterios en base, por ejemplo, al conocimiento de los tipos de emplazamientos de células, tipos de antenas en los emplazamientos de células, geometría de las antenas y factor de ponderación que pondera ciertas antenas más que otras antenas. El factor de ponderación tiene en cuenta el conocimiento del terreno en el que el Sistema de Localización Inalámbrico está operando, datos empíricos anteriores sobre la contribución que cada antena ha tenido a buenas estimaciones de la localización y otros factores que pueden ser específicos para cada instalación de WLS diferente. En una realización, por ejemplo, el Sistema de Localización Inalámbrico puede seleccionar la lista de candidatos para incluir todos los SCS 10 hasta un número máximo de emplazamientos (número\_máximo\_de\_emplazamientos) que sea más cercano a un radio máximo predefinido desde el emplazamiento primario (máximo\_radio\_desde\_primario). Por ejemplo, en un entorno urbano o suburbano, en el que puede haber un gran número de emplazamientos de células, el número máximo de emplazamientos se puede limitar a diecinueve. Diecinueve emplazamientos incluirían el primario, el primer anillo de seis emplazamientos que rodea al primario (suponiendo una distribución hexagonal clásica de emplazamientos de células), y el siguiente anillo de doce emplazamientos que rodea a este primer anillo. Esto se representa en la Figura 9. En otra realización, en un entorno suburbano o rural, el máximo\_radio\_desde\_primario se puede establecer en 64,4 kilómetros (40 millas) para asegurar que está disponible el conjunto más amplio posible de SCS/antenas candidatos. El Sistema de Localización Inalámbrico está provisto con medios para limitar el número total de SCS 10 candidatos a un número máximo (número\_máximo\_candidatos), aunque cada SCS candidato puede tener permitido elegir el mejor puerto de entre sus antenas disponibles. Esto limita el tiempo máximo empleado por el Sistema de Localización Inalámbrico procesando una localización particular. El número\_máximo\_candidatos se puede establecer en treinta y dos, por ejemplo, lo que significa que en un sistema de comunicaciones inalámbrico típico de tres sectores con diversidad, se podrían considerar hasta  $32 \times 6 = 192$  antenas en total para el procesamiento de la localización para una transmisión particular. Para limitar el tiempo empleado procesando una localización particular, el Sistema de Localización Inalámbrico está provisto con medios para limitar el número de antenas usadas en el procesamiento de la localización al número\_máximo\_antenas\_procesadas. El número\_máximo\_antenas\_procesadas es menor generalmente que número\_máximo\_candidatos y se establece típicamente en dieciséis.

Mientras que el Sistema de Localización Inalámbrico está provisto con la capacidad para determinar dinámicamente la lista de candidatos de SCS 10 y antenas en base a un conjunto de criterios predeterminados descrito anteriormente, el Sistema de Localización Inalámbrico puede almacenar también una lista de candidatos fija en una tabla. Por ello, para cada emplazamiento de célula y sector en el sistema de comunicaciones inalámbrico, el Sistema de Localización Inalámbrico tiene una tabla separada que define la lista de candidatos de SCS 10 y antenas 10-1 para usar siempre que un transmisor inalámbrico inicie una transmisión en ese emplazamiento de célula y sector. En lugar de elegir dinámicamente los SCS/antenas candidatos cada vez que se activa una solicitud de localización, el Sistema de Localización Inalámbrico lee la lista de candidatos directamente de la tabla cuando se inicia el procesamiento de la localización.

En general, se elige un gran número de SCS 10 candidatos para proporcionar al Sistema de Localización Inalámbrico una oportunidad y capacidad suficiente para medir y mitigar el multitrayecto. En cualquier transmisión dada, cualquiera de una o más antenas particulares en uno o más SCS 10 puede recibir señales que estén afectadas en grado variable por el multitrayecto. Por lo tanto, es ventajoso proporcionar este medio dentro del Sistema de Localización Inalámbrico para seleccionar dinámicamente un conjunto de antenas que pueden recibir menos multitrayecto que otras antenas. El Sistema de Localización Inalámbrico usa varias técnicas para mitigar tanto multitrayecto como sea posible de la señal recibida; sin embargo es prudente frecuentemente elegir un conjunto de antenas que contengan la menor cantidad de multitrayecto.

#### Elección de los SCS/antenas de referencia y cooperantes

En la elección del conjunto de SCS/antenas a usar en el procesamiento de la localización, el Sistema de Localización Inalámbrico ordena los SCS/antenas candidatos usando diversos criterios, incluyendo por ejemplo: SNR promedio en el intervalo de transmisión usado para procesamiento de la localización, la varianza en la SNR en el mismo intervalo, correlación del comienzo de la transmisión recibida contra un precursor puro (es decir para AMPS, el punteado y el código Barker) y/o datos demodulados desde el SCS/antena primario, el tiempo de establecimiento de la transmisión en relación al establecimiento notificado en el SCS/antena en el que se demoduló la transmisión y la magnitud y tasa de cambio de la SNR justamente antes del establecimiento de la transmisión al establecimiento de la transmisión así como otros parámetros similares. La SNR promedio se determina típicamente en cada SCS y para cada antena en la lista de candidatos tanto durante la duración completa de la transmisión a ser usada para el procesamiento de la localización como a lo largo de un intervalo más corto. La SNR promedio a través del intervalo más corto se puede determinar realizando una correlación con la secuencia de punteado y/o código

Barker y/o palabra de sincronismo, dependiendo del protocolo de interfaz por aire particular y durante un intervalo más corto de tiempo antes, durante y después de la marca de tiempos notificada por el SCS 10 primario. El intervalo de tiempo puede ser típicamente +/-200 microsegundos centrados en la marca de tiempos, por ejemplo. El Sistema de Localización Inalámbrico ordenará generalmente los SCS/antenas usando los siguientes criterios, cada uno de los cuales puede estar ponderado cuando se combinan los criterios para determinar la decisión final: la SNR promedio para un SCS/antena dado debe ser mayor que un umbral predeterminado para ser designado como el primario; los SCS/antenas con una SNR promedio más alta se prefieren sobre aquellos con una SNR más baja; los SCS/antenas con un establecimiento más cercano al establecimiento notificado por el SCS/antena de la demodulación se prefieren a aquellos con un establecimiento más distante en el tiempo; los SCS/antenas con una tasa de cambio de la SNR más rápida se prefieren a aquellos con una tasa de cambio más lenta; los SCS/antenas con menor GDOP ponderada incremental se prefieren sobre aquellos con un GDOP ponderado incremental mayor, en el que la ponderación se basa en la pérdida de trayectoria estimada desde el SCS primario. La ponderación aplicada a cada una de estas preferencias se puede ajustar por el operador del Sistema de Localización Inalámbrico para adaptarse al diseño particular de cada sistema. El número de SCS 10 diferentes usados en el procesamiento de la localización se maximiza hasta un límite predeterminado; el número de antenas usadas en cada SCS 10 se limita hasta un límite predeterminado y el número total de SCS/antenas usados se limita a un número\_máximo\_antenas\_procesadas. El SCS/antena con la calificación más alta usando los procesos descritos anteriormente se designa como el SCS/antena de referencia para el procesamiento de la localización.

#### Selección del mejor puerto dentro de un SCS 10

Frecuentemente, los SCS/antenas en la lista de candidatos o en la lista a usar en el procesamiento de la localización incluirán solamente una o dos antenas en un SCS particular. En estos casos, el Sistema de Localización Inalámbrico puede permitir al SCS 10 elegir el "mejor puerto" de entre todas o algunas de las antenas en un SCS particular. Por ejemplo, si el Sistema de Localización Inalámbrico elige usar solamente una antena en un primer SCS 10, entonces el primer SCS 10 puede seleccionar el mejor puerto de antena de entre los seis puertos de antena típicos que se conectan a ese SCS 10 o puede elegir el mejor puerto de antena de entre los dos puertos de antena o solamente un sector del emplazamiento de célula. El mejor puerto de antena se elige usando el mismo proceso y comparando los mismos parámetros que se han descrito anteriormente para la elección del conjunto de SCS/antenas a usar en el procesamiento de la localización, excepto que todas las antenas que se están considerando para el mejor puerto están todas en el mismo SCS 10. En la comparación de antenas para el mejor puerto, el SCS 10 puede también dividir opcionalmente la señal recibida en segmentos y a continuación medir la SNR por separado en cada segmento de la señal recibida. A continuación, el SCS 10 puede elegir opcionalmente el mejor puerto de antena con la SNR más alta mediante: (i) el uso del puerto de antena con la mayor parte de segmentos con la SNR más alta, (ii) promediando la SNR en todos los segmentos y usando el puerto de antena con la SNR promedio más alta o (iii) usando el puerto de antena con la SNR más alta de cualquier segmento.

#### Detección y recuperación de colisiones

Debido a que el Sistema de Localización Inalámbrico usará datos de muchos puertos de SCS/antena en la localización y procesamiento, hay una oportunidad de que la señal recibida en uno o más puertos de SCS/antenas contengan energía que sea una interferencia de canal contiguo de otro transmisor inalámbrico (es decir ha tenido lugar una colisión parcial o total entre dos transmisiones inalámbricas separadas). Hay también una probabilidad razonable de que la interferencia de canal contiguo tenga una SNR mucho más alta que la señal desde el transmisor inalámbrico objetivo y si no se detecta por parte del Sistema de Localización Inalámbrico, la interferencia de canal contiguo puede producir una elección incorrecta del mejor puerto de antena en un SCS 10, SCS/antena de referencia, SCS/antenas candidatos o SCS/antena a usar en el procesamiento de la localización. La interferencia del canal contiguo puede producir también unos pobres resultados de TDOA y FDOA, conduciendo a una estimación de la localización defectuosa o pobre. La probabilidad de colisión se incrementa con la densidad de emplazamientos de células en el sistema de comunicaciones inalámbrico huésped, especialmente en entornos suburbanos o rurales densos en los que las frecuencias se reutilizan a menudo y la utilización inalámbrica por abonados es elevada.

Por lo tanto, el Sistema de Localización Inalámbrico incluye medios para detectar y recuperarse de los tipos de colisiones descritos anteriormente. Por ejemplo, en el proceso de selección de un mejor puerto, los SCS/antena de referencia o SCS/antena candidatos, el Sistema de Localización Inalámbrico determina la SNR promedio de la señal recibida y la varianza de la SNR durante el intervalo de la transmisión; cuando la varianza de la SNR está por encima de un umbral predeterminado, el Sistema de Localización Inalámbrico asigna una probabilidad de que haya ocurrido una colisión. Si la señal recibida en un SCS/antena ha incrementado o disminuido su SNR en un único escalón, y en una cantidad mayor que un umbral predeterminado, el Sistema de Localización Inalámbrico asigna una probabilidad de que haya ocurrido una colisión. Adicionalmente, si la SNR promedio de la señal recibida en un SCS remoto es mayor que la SNR promedio que se predeciría por un modelo de propagación, dado el emplazamiento de célula en el que el transmisor inalámbrico inició su transmisión y los niveles de potencia de transmisión conocidos y patrones de antena de las antenas transmisora y receptora, el Sistema de Localización Inalámbrico asigna una probabilidad de que haya ocurrido una colisión. Si la probabilidad de que haya ocurrido una colisión está por encima del umbral predeterminado, entonces el Sistema de Localización Inalámbrico realiza el procesamiento adicional descrito a continuación para verificar si y a hasta qué punto una colisión puede haber perturbado a la señal recibida en un SCS/antena. La ventaja de la asignación de probabilidades es reducir o eliminar el procesamiento extra para

la mayoría de las transmisiones para las que las colisiones no han sucedido. Se debería observar que los niveles de umbral, probabilidades asignadas y otros detalles de los procesos de detección y recuperación de colisión descritos en el presente documento son configurables, es decir, seleccionados en base a la aplicación, entorno, variables del sistema, etc. particulares, que afectarían a su selección.

- 5 Para transmisiones recibidas en un SCS/antena para el que la probabilidad de una colisión está por encima de un umbral predeterminado y antes del uso de los datos de RF de un puerto de antena particular en una determinación del SCS/antena de referencia, determinación del mejor puerto o el procesamiento de la localización, el Sistema de Localización Inalámbrico verifica preferentemente que los datos de RF desde cada puerto de antena proceden del transmisor inalámbrico correcto. Esto se determina, por ejemplo, mediante la demodulación de segmentos de la
- 10 señal recibida para verificar, por ejemplo que el MIN, MSID u otra información de identificación es correcto o que las cifras marcadas u otras características del mensaje coinciden con las recibidas por el SCS/antena que demoduló inicialmente la transmisión. El Sistema de Localización Inalámbrico puede correlacionar también un mensaje corto de la señal recibida en un puerto de antena con la señal recibida en el SCS 10 primario para verificar que el resultado de la correlación está por encima de un umbral predeterminado. Si el Sistema de Localización Inalámbrico
- 15 detecta que la varianza en la SNR a lo largo de la duración completa de la transmisión está por encima del umbral predeterminado, el Sistema de Localización Inalámbrico puede dividir la transmisión en segmentos y ensayar cada segmento como se ha descrito en el presente documento para determinar si la energía en ese segmento procede principalmente de la señal del transmisor inalámbrico para el que se ha seleccionado el procesamiento de la localización o desde un transmisor que interfiere.
- 20 El Sistema de Localización Inalámbrico puede elegir usar los datos de RF desde un SCS/antena particular en el procesamiento de la localización incluso si el Sistema de Localización Inalámbrico ha detectado que ha ocurrido una colisión parcial en ese SCS/antena. En estos casos, el SCS 10 usa los medios descritos anteriormente para identificar esa parte de la transmisión recibida que representa una señal desde el transmisor inalámbrico para el que se ha seleccionado el procesamiento de la localización y esa parte de la transmisión recibida que contiene
- 25 interferencia de canal contiguo. El Sistema de Localización Inalámbrico puede ordenar al SCS 10 enviar o utilizar solamente segmentos seleccionados de la transmisión recibida que no contengan interferencia de canal contiguo. Cuando se determinan el TDOA y FDOA para una línea base usando sólo segmentos seleccionados desde un SCS/antena, el Sistema de Localización Inalámbrico usa solamente los elementos correspondientes de la transmisión tal como se reciben en el SCS/antena de referencia. El Sistema de Localización Inalámbrico puede
- 30 continuar usando todos los segmentos para líneas bases en las que no se detectaron colisiones. En muchos casos, el Sistema de Localización Inalámbrico es capaz de completar el procesamiento de la localización y conseguir un error de localización aceptable usando sólo una parte de la transmisión. Esta capacidad inventiva para seleccionar un subconjunto apropiado de la transmisión recibida y realizar el procesamiento de la localización en un modo segmento a segmento permite al Sistema de Localización Inalámbrico completar el procesamiento de la localización
- 35 con éxito en casos en los que podría haber fallado usando técnicas previas.

#### Procesamiento de la localización en múltiples pasos

- Ciertas aplicaciones pueden requerir una estimación muy rápida de la localización general del transmisor inalámbrico, seguida por una estimación más precisa de la localización que se puede enviar posteriormente. Esto puede ser valioso, por ejemplo para sistemas E9-1-1 que pueden manejar llamadas inalámbricas y deben realizar
- 40 una decisión de encaminamiento de la llamada muy rápidamente, pero pueden esperar un poco más a que una localización más exacta se muestre en el terminal de mapa electrónico de toma de llamadas del E9-1-1. El Sistema de Localización Inalámbrico soporta esas aplicaciones con un modo de procesamiento de la localización en múltiples pasos.

- En muchos casos, la precisión de la localización se mejora mediante el uso de segmentos más largos de la transmisión y aumentando la ganancia de procesamiento a través de unos intervalos de integración más largos. Los
- 45 segmentos más largos de la transmisión requieren periodos de procesamiento más largos en el SCS 10 y TLP 12, así como periodos de tiempo más largos para la transmisión de los datos de RF a través de la interfaz de comunicaciones desde el SCS 10 al TLP 12. Por lo tanto, el Sistema de Localización Inalámbrico incluye medios para identificar aquellas transmisiones que requieren una estimación rápida pero aproximada de la localización
- 50 seguida por un procesamiento de la localización más completo que produzca una estimación de la localización mejor. La Tabla de Señales de Interés incluye un marcador para cada Señal de Interés que requiera enfoque de localización en múltiples pasos. Este marcador especifica la máxima cantidad de tiempo permitida por la aplicación de localización solicitante para que se envíe la primera estimación así como la máxima cantidad de tiempo permitido por la aplicación de localización solicitante para que se envíe la estimación de localización final. El Sistema de
- 55 Localización Inalámbrico realiza una estimación de la localización aproximada seleccionando un subconjunto de la transmisión sobre el que realizar el procesamiento de la localización. El Sistema de Localización Inalámbrico puede elegir, por ejemplo, el segmento que se identificó en el SCS/antena primario con la SNR promedio más alta. Después de que se haya determinado una estimación de la localización aproximada, usando los procedimientos descritos anteriormente, pero solamente con un subconjunto de la transmisión, el TLP 12 envía la estimación de
- 60 localización al AP 14, que a continuación envía la estimación aproximada a la aplicación solicitante con un marcador indicando que la estimación es sólo aproximada. El Sistema de Localización Inalámbrico realiza entonces su procesamiento de localización estándar usando todos los procedimientos mencionados anteriormente y envía esta

estimación de localización con un marcador indicando el estado final de esta estimación de localización. El Sistema de Localización Inalámbrico puede realizar la estimación de localización aproximada y la estimación de localización final secuencialmente en el mismo DSP en un TLP 12 o puede realizar el procesamiento de la localización en paralelo en diferentes DSP. El procesamiento paralelo puede ser necesario para cumplir con los requisitos de tiempo máximo de las aplicaciones de localización solicitantes. El Sistema de Localización Inalámbrico soporta diferentes requisitos de tiempo máximo de diferentes aplicaciones de localización para la misma transmisión inalámbrica.

TDOA de línea base muy corta

El Sistema de Localización Inalámbrico se diseña para operar en áreas urbanas, suburbanas y rurales. En áreas rurales, cuando no hay suficientes emplazamientos de células disponibles para un único proveedor inalámbrico, el Sistema de Localización Inalámbrico se puede desplegar con SCS 10 localizados en los emplazamientos de células de otros proveedores inalámbricos o en otros tipos de torres, incluyendo estaciones de radio AM o FM, busca, y torres inalámbricas bidireccionales. En estos casos, en lugar de compartir las antenas existentes del proveedor inalámbrico, el Sistema de Localización Inalámbrico puede requerir la instalación de antenas, filtros y amplificadores de bajo ruido apropiados para adaptarse a la banda de frecuencia de los transmisores inalámbricos de interés a ser localizados. Por ejemplo, una torre de una estación de radio AM puede requerir la adición de antenas de 800 MHz para localizar transmisores en banda celular. Puede haber casos, sin embargo, en los que no estén disponibles torres adicionales de ningún tipo a coste razonable y el Sistema de Localización Inalámbrico se deba desplegar solamente en unas pocas torres del proveedor inalámbrico. En estos casos, el Sistema de Localización Inalámbrico soporta un modo de antena conocido como TDOA de línea base muy corta. Este modo de antena se convierte en activo cuando se instalan antenas adicionales en una única torre de emplazamiento de célula, por lo que las antenas se colocan separadas a una distancia menor de una longitud de onda. Esto puede requerir la adición de solamente una antena por sector de emplazamiento de célula de modo que el Sistema de Localización Inalámbrico use una antena receptora existente en un sector y una antena adicional que se haya colocado próxima a la antena receptora existente. Típicamente, las dos antenas en el sector se orientan de modo que los ejes primarios, o línea de dirección, de los ejes principales sean paralelos y la separación entre los dos elementos de antena sea conocida con precisión. Además, se calibran los dos trayectos de RF de los elementos de antena a los receptores en el SCS 10.

En el modo normal, el Sistema de Localización Inalámbrico determina el TDOA y FDOA por pares de antenas que están separadas en muchas longitudes de onda. Para una TDOA sobre una línea base que usa antenas desde dos emplazamientos de células diferentes, los pares de antenas están separados por miles de longitudes de ondas. Para una TDOA en una línea base que usa antenas en el mismo emplazamiento de células, los pares de antenas están separados por decenas de longitudes de ondas. En cualquier caso, la determinación TDOA da como resultado efectivamente una línea hiperbólica que divide en dos la línea base y que pasa a través de la localización del transmisor inalámbrico. Cuando las antenas están separadas en múltiples longitudes de ondas, la señal recibida ha tomado trayectos independientes del transmisor inalámbrico a cada antena, incluyendo la experimentación de diferentes multitrayectos y desplazamientos Doppler. Sin embargo, cuando dos antenas están más cercanas que una longitud de onda, las dos señales recibidas han tomado esencialmente el mismo trayecto y experimentado el mismo desvanecimiento, multitrayecto y desplazamiento Doppler. Por lo tanto, el procesamiento TDOA y FDOA del Sistema de Localización Inalámbrico produce típicamente un desplazamiento Doppler de cero (o casi cero) hercios y una diferencia de tiempos del orden de cero a un nanosegundo. Una diferencia de tiempo tan corta equivalente a una diferencia de fase no ambigua entre las señales recibidas en las dos antenas en una línea base muy corta. Por ejemplo, a 834 MHz, la longitud de onda de una transmisión en el canal de control inverso AMPS es de aproximadamente 0,36 metros (1,18 pies). Una diferencia de tiempos de 0,1 nanosegundos es equivalente a una diferencia de fase recibida de aproximadamente 30 grados. En este caso, la medición TDOA produce una hipérbola que es esencialmente una línea recta, aunque pasa a través de la localización del transmisor inalámbrico y en una dirección que está girada 30 grados desde la dirección de las líneas paralelas formadas por las dos antenas sobre la línea base muy corta. Cuando los resultados de esta TDOA de línea base muy corta en un único emplazamiento de célula se combina con una medición TDOA en una línea base entre dos emplazamientos de células, el Sistema de Localización Inalámbrico puede determinar una estimación de la localización usando sólo dos emplazamientos de células.

Procedimientos mejorados para la estimación TDOA y/o FDOA

Los Sistemas de Localización Inalámbricos basados totalmente o en parte en TDOA realizan en general una correlación cruzada sobre pares de señales recibidas. Un teléfono móvil u otro transmisor móvil realiza la transmisión, que se recibe a continuación en múltiples antenas en el sistema. El sistema de localización puede elegir dinámicamente entonces una de las antenas como la antena "primaria" y usar las antenas restantes como antenas "cooperantes". La señal recibida en la antena primaria es conocida entonces como la señal de referencia y las señales recibidas en las antenas cooperantes son conocidas como señales cooperantes. La correlación cruzada, tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia, se realiza para determinar con precisión la TDOA y/o FDOA de las señales primaria y cooperantes.

Como se ha mencionado, el WLS realiza la correlación cruzada de cada señal cooperante con la señal de referencia, usando o bien uno de los conjuntos equivalentes matemáticamente de los procesos, tanto un proceso de correlación cruzada en el dominio del tiempo como un proceso de espectro cruzado en el dominio de la frecuencia.

Tanto el proceso de correlación cruzada en el dominio del tiempo como el proceso de espectro cruzado en el dominio de la frecuencia se denominan como correlación cruzada y así cualquier referencia en el presente documento a correlación cruzada se debería entender que se refiere tanto al proceso de correlación cruzada en el dominio del tiempo como al proceso de espectro cruzado en el dominio de la frecuencia o cualquier otro proceso equivalente matemáticamente. Estos procesos equivalentes matemáticamente a la correlación cruzada incluyen el uso de filtros de Kalman, Filtros Coincidentes u otros filtros adaptados. Las técnicas de reconocimiento de patrones se pueden usar también en la señal cooperante en los dominios del tiempo y/o la frecuencia para estimar la bondad de ajuste a la señal de referencia. Con finalidades de eficiencia en el procesamiento, se usa normalmente un proceso de espectro cruzado. El WLS correlaciona de modo cruzado por separado cada señal cooperante recibida con la señal de referencia, produciendo un resultado de TDOA separado para cada par de señales. Una línea imaginaria dibujada desde la antena primaria a cada antena cooperante es conocida como una línea base y por lo tanto cada resultado TDOA se asocia con una línea más específica. Los resultados TDOA, o líneas base, se combinan entonces conjuntamente junto con un conocimiento *a priori* de las localizaciones de las antenas receptoras para producir una estimación de la localización del transmisor móvil.

Los procesos de correlación cruzada producen una matriz de valores. La matriz puede ser tanto de una dimensión como bidimensional. Una matriz de una dimensión contiene valores que representan la magnitud de la correlación cruzada en un intervalo de posibles valores de tiempo de TDOA. Por ejemplo, una matriz puede contener células que se desplacen en el tiempo en 5 microsegundos cada una. Cada célula contiene el resultado de correlación cruzada cuando ese valor del tiempo se comprueba con una posible estimación TDOA. En la matriz, un resultado de la correlación cruzada será más óptimo que los otros resultados y la estimación TDOA para esa línea base se establece en igual al valor de tiempo asociado con la célula que contiene el resultado de correlación cruzada óptimo. Las técnicas de súper resolución usadas en un WLS pueden dar como resultado valores de tiempo que se interpolan entre dos valores de tiempo. Una matriz bidimensional contiene valores que representan la magnitud de la correlación cruzada en un intervalo de tanto valores de tiempo TDOA posibles, como valores de frecuencia FDOA posibles. Un valor FDOA no cero puede ser el resultado de un desplazamiento Doppler si el transmisor móvil (o una superficie reflectora) se está moviendo. Cada búsqueda en la matriz de correlación cruzada para hallar el valor óptimo dará como resultado entonces simultáneamente encontrar un valor TDOA y un FDOA.

Debido a que el WLS no conoce en general ni la localización del transmisor móvil ni si el transmisor se está moviendo (y de ese modo produciendo un desplazamiento Doppler) antes de iniciar el procesamiento, los resultados de la correlación cruzada se buscan en un amplio intervalo de valores de TDOA y FDOA posibles para hallar los valores óptimos. La presencia de transmisores en interferencia, multitrayecto y otras fuentes de ruido pueden producir falsos resultados —esto es, puede haber otros valores en la matriz de resultados de correlación cruzada que estén próximos al valor óptimo o quizás incluso mayores que el valor óptimo—. Estos valores pueden producir una interpretación engañosa o incorrecta de los resultados o una falsa identificación del valor óptimo y por lo tanto un valor TDOA y/o FDOA asociado incorrecto. Hay, por lo tanto, una gran ventaja en un procedimiento que pueda reducir la probabilidad de que se ocurran falsos resultados.

La presente invención, que se puede denominar como TDOA/FDOA *restringida*, limita la búsqueda de TDOA o FDOA a intervalos de valores que representan el intervalo más probable de valores con exclusión de todos los otros valores posibles. La presente invención tiene un valor particular para señales de baja SNR, en la que la probabilidad de un resultado falso debido al ruido aumenta significativamente con relación a la probabilidad de encontrar el verdadero resultado óptimo. Los transmisores móviles en base a CDMA u otro protocolo de interfaz por aire de espectro ampliado son ejemplos de protocolos que usan frecuentemente señales de SNR baja.

Un ejemplo de TDOA restringida involucra la limitación de la búsqueda del valor óptimo de la magnitud de correlación cruzada a un intervalo o intervalo de búsqueda que no sea mayor que la distancia en el tiempo entre la primera antena asociada con la señal de referencia y la segunda antena asociada con la señal cooperante. En este ejemplo, si la primera y segunda antenas están en emplazamientos de células diferentes separados 8 kilómetros (5 millas), entonces están separadas en el tiempo en aproximadamente 26,8 microsegundos (suponiendo que las ondas de radio se propagan a la velocidad de 0,3 metros por nanosegundo (0,984 pies por nanosegundo). Por convención, un valor TDOA de 0 microsegundos se define que está en el punto exactamente a medio camino entre la primera y la segunda antena, por lo tanto el intervalo de valores de tiempo entre la primera y la segunda antenas es desde +13,4 microsegundos a -13,4 microsegundos. Debido que puede haber errores asociados con el conocimiento con precisión del tiempo exacto en que cada receptor se conectó a cada antena, el intervalo de valores de tiempo buscado se puede extender ligeramente en un valor de error predeterminado. Si se usa un valor de error de 100 nanosegundos en este ejemplo, entonces el intervalo de tiempos buscado puede ser de +13,5 microsegundos a -13,5 microsegundos.

Este ejemplo se puede extender mediante el uso de información adicional sobre el transmisor móvil para limitar adicionalmente el intervalo de valores de tiempo buscado. Si el transmisor móvil se sabe que está más cercano al emplazamiento de referencia que al emplazamiento cooperante, entonces el intervalo de valores de tiempo buscado se puede limitar solamente a los valores positivos: +13,5 microsegundos a 0 microsegundos. Si se sabe que el transmisor móvil está dentro de una distancia particular del emplazamiento de la célula de referencia, determinado por o bien el tiempo de una medición de retardo de ida y vuelta o bien medición de potencia relativa, entonces el intervalo de valores de tiempo buscado se puede limitar adicionalmente. Cada limitación del intervalo buscado

aumenta la probabilidad de hallar correctamente el resultado óptimo y disminuye la probabilidad de seleccionar de modo incorrecto un falso resultado.

5 Cuando se consideran los transmisores móviles tales como teléfonos móviles, la matriz de valores de correlación es normalmente bidimensional debido a que los teléfonos están frecuentemente en movimiento. Un transmisor móvil en movimiento producirá un desplazamiento Doppler diferente para cada línea base, o cada par de señales referencia-cooperante para las que se realiza la correlación cruzada. La probabilidad de selección de modo incorrecto de un falso resultado aumenta en una matriz bidimensional debido a que se han de determinar simultáneamente el FDOA y el TDOA. Un error en la identificación del desplazamiento Doppler (FDOA) correctamente puede conducir a identificar también el TDOA incorrectamente. La capacidad para identificar correctamente desplazamientos Doppler  
10 disminuye con señales de SNR baja tales como las generadas por CDMA u otros protocolos de interfaz por aire de espectro extendido. Por lo tanto, la invención desvelada incluye también un mecanismo para la limitación de la búsqueda de valores FDOA a un intervalo predefinido.

15 En un ejemplo, si el transmisor móvil se sabe que está fijo, entonces el intervalo de búsqueda FDOA se puede limitar a 0 hercios, o a de 0 hercios a +/- un valor de error predefinido. Si los relojes usados en los receptores en la primera y segunda antenas tienen una tasa de deriva relativa menor de 1 Hz, entonces el intervalo de búsqueda FDOA se puede limitar a +1 Hz a -1 Hz. El transmisor móvil puede saberse que está fijo si está localizado en un coche aparcado o en una caja de un almacén. El transmisor se presupone que está también fijo si una o más líneas base con señales recibidas fuertes dan como resultado cero o muy bajo desplazamiento Doppler. Ese conocimiento se puede usar en el procesamiento de la correlación para otras líneas base en las que las señales recibidas pueden ser más débiles y el procesamiento de la correlación de modo independiente puede tener más dificultad en la determinación de la FDOA correctamente.  
20

La invención desvelada es particularmente ventajosa si se pueden restringir tanto la TDOA como la FDOA cuando se buscan los resultados de la correlación.

25 Mediante la limitación adicionalmente de las búsquedas en base a condiciones de umbral, se producen cuatro posibles casos de restricción:

1. búsqueda Doppler completa, búsqueda de tiempos completa;
2. búsqueda Doppler restringida, búsqueda de tiempos completa;
3. búsqueda Doppler completa, búsqueda de tiempos estrechamente restringida;
4. búsqueda Doppler restringida, búsqueda de tiempos estrechamente restringida.

30 Estos casos son apropiados bajo circunstancias muy específicas.

Para el primer caso, búsqueda Doppler completa con una búsqueda de tiempo completa, el dispositivo inalámbrico puede estar o bien moviéndose o fijo y puede estar en cualquier lado en el intervalo de recogida de señal del receptor del sistema.

35 En el segundo caso, búsqueda Doppler restringida y búsqueda de tiempos completa, el dispositivo inalámbrico se supone que está casi fijo en base a la señal inicialmente recibida por el emplazamiento primario. El dispositivo inalámbrico puede estar en cualquier lugar en el intervalo de recogida de señal del receptor del sistema.

En el tercer caso, búsqueda Doppler completa y búsqueda de tiempos estrechamente restringida, el dispositivo inalámbrico se supone que está moviéndose, pero está muy cerca al emplazamiento cooperante. Ambas suposiciones se extraen de la señal recibida por el emplazamiento primario.

40 Además, en el cuarto caso, búsqueda Doppler restringida, búsqueda de tiempos estrechamente restringida, el dispositivo inalámbrico se supone que está fijo o moviéndose muy lentamente y está muy cerca del emplazamiento cooperante. Ambas suposiciones se extraen de la señal recibida por el emplazamiento primario.

45 Con referencia ahora a la Figura 10, la implementación preferida actualmente de la invención se puede resumir como sigue: Primero, se proporciona un conjunto de valores de correlación cruzada. Como se ha explicado anteriormente, cada valor de correlación cruzada se asocia con una estimación TDOA y/o FDOA correspondiente y se produce mediante la correlación cruzada de una señal de referencia con una señal cooperante. A continuación, se determina un intervalo de estimaciones TDOA y/o FDOA más probable y a continuación se identifica el valor de correlación cruzada óptimo dentro del subconjunto de valores de correlación cruzada que corresponden al intervalo de estimaciones TDOA y/o FDOA más probable. Finalmente, el valor de TDOA y/o FDOA que corresponde al valor de correlación cruzada óptimo se emplea en el cálculo de la localización del transmisor móvil.  
50

### Conclusión

55 El verdadero alcance de la presente invención no está limitado a las realizaciones preferidas actualmente desveladas en el presente documento. Por ejemplo, la divulgación precedente de una realización actualmente preferida del Sistema de Localización Inalámbrico usa términos explicativos, tales como Sistema de Recogida de Señal (SCS), Procesador de Localización TDOA (TLP), Procesador de Aplicaciones (AP) y similares, que no se

deberían interpretar como limitadoras del alcance de protección de las siguientes reivindicaciones o que impliquen en otra forma que los aspectos inventivos del sistema se limitan a los procedimientos y aparatos particulares desvelados. Más aún, como se comprenderá por los expertos en la materia, muchos de los aspectos inventivos desvelados en el presente documento se pueden aplicar en sistemas de localización que no estén basados en técnicas TDOA. Por ejemplo, los procesos mediante los que el Sistema de Localización Inalámbrico determina los valores TDOA y FDOA se pueden aplicar a sistemas no TDOA. De modo similar, la invención no se limita a sistemas que empleen SCS contruidos como se ha descrito anteriormente y a sistemas que empleen AP que satisfagan todas las particularidades descritas anteriormente. Los SCS, TLP y AP son, en esencia, dispositivos de recogida y procesamiento de datos programables que podrían tomar una variedad de formas sin separarse de los conceptos inventivos desvelados en el presente documento. Dados los costes rápidamente decrecientes de las funciones de procesamiento de señal y otras funciones de procesamiento, es posible fácilmente, por ejemplo, transferir el procesamiento de una función particular desde uno de los elementos funcionales (tal como el TLP) descrito en el presente documento a otros elementos funcionales (tal como el SCS o AP) sin cambiar el funcionamiento inventivo del sistema. En muchos casos, el lugar de implementación (es decir el elemento funcional) descrito en el presente documento es meramente una preferencia del diseñador y no un requisito estricto. En consecuencia, excepto en lo que pueda estar expresamente así limitado, el alcance de protección de las reivindicaciones siguientes no se pretende que se limiten a las realizaciones específicas descritas anteriormente.

## REIVINDICACIONES

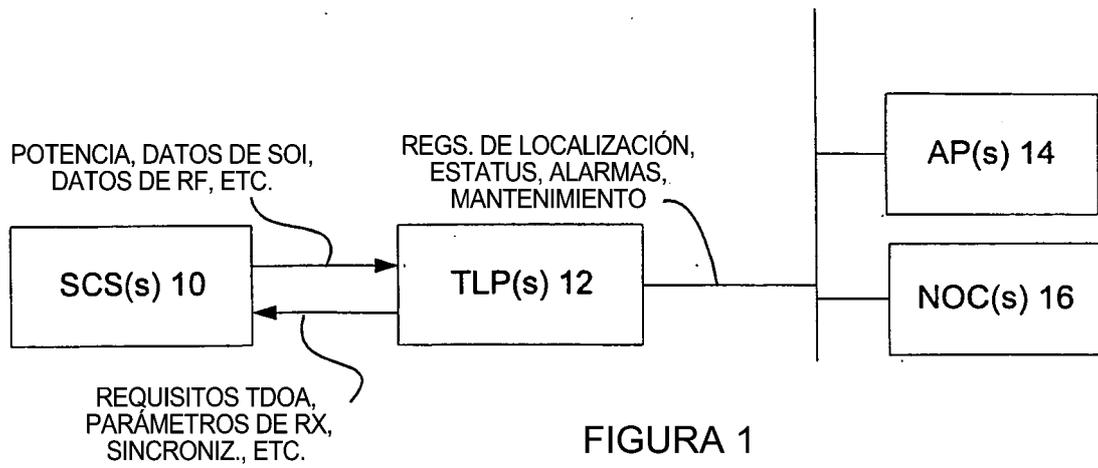
1. Un procedimiento usado en la localización de un transmisor móvil, que comprende:
  - a. proporcionar un conjunto de valores de correlación cruzada, en el que cada valor de correlación cruzada se asocia con una estimación de la diferencia en el tiempo de llegada, TDOA, y/o diferencia en la frecuencia de llegada, FDOA, correspondiente y se produce mediante correlación cruzada de una señal de referencia con una señal cooperante, comprendiendo la señal de referencia una copia de una señal transmitida por el transmisor móvil según se recibe en una primera antena y comprendiendo la señal cooperante una copia de la señal transmitida por el transmisor móvil según se recibe en una segunda antena;
  - caracterizado porque** el procedimiento comprende además:
    - b. la determinación del intervalo de estimaciones TDOA y/o FDOA más probable;
    - c. la búsqueda de valores de correlación cruzada sólo dentro del intervalo de estimaciones TDOA y/o FDOA más probable determinado para identificar un valor de correlación cruzada óptimo y
    - d. el empleo del valor TDOA y/o FDOA correspondiente al valor de correlación cruzada óptimo en el cálculo de la localización del transmisor móvil.
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en el que la etapa c. comprende la búsqueda de ambas diferencias de frecuencia de las estimaciones FDOA y TDOA simultáneamente para identificar un valor de correlación cruzada óptimo para TDOA y en el que la etapa d. comprende el empleo del valor TDOA correspondiente al valor de correlación cruzada óptimo en el cálculo de la localización del transmisor móvil.
3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 en el que el intervalo de estimaciones FDOA más probable se limita a valores de frecuencia asociados con un transmisor móvil fijo o casi fijo.
4. Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación precedente en el que el intervalo de estimaciones TDOA más probable se limita a valores de tiempo asociados con la distancia entre la primera antena en la que se recibió la señal de referencia y la segunda antena en la que se recibió la señal cooperante, más un valor de error predeterminado.
5. Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación precedente en el que el valor de correlación cruzada es el pico de magnitud más alta de la correlación cruzada en el dominio del tiempo y/o proceso de espectro cruzado en el dominio de la frecuencia equivalente.
6. Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación precedente en el que el valor de correlación cruzada óptimo es el punto más cercano en el tiempo cuando la magnitud de correlación cruzada en el dominio del tiempo y/o proceso de espectro cruzado en el dominio de la frecuencia equivalente no es menor que una proporción predeterminada del pico de magnitud más alto de la correlación cruzada en el dominio del tiempo y/o proceso de espectro cruzado en el dominio de la frecuencia equivalentes.
7. Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación precedente en el que el valor de correlación cruzada óptimo es el punto más cercano en el tiempo cuando la magnitud de correlación cruzada en el dominio del tiempo y/o proceso de espectro cruzado en el dominio de la frecuencia equivalente es menor que una proporción predeterminada del nivel de ruido promedio.
8. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en el que la correlación cruzada comprende la correlación cruzada en el dominio del tiempo.
9. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 u 8, en el que la correlación cruzada comprende una correlación cruzada en el dominio de la frecuencia.
10. Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación precedente en el que el intervalo de estimaciones TDOA o FDOA más probables se basa en una estimación aproximada de la localización del transmisor móvil.
11. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10 en el que la estimación aproximada se basa al menos en parte en la distancia entre la primera y la segunda antenas.
12. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11 en el que la estimación aproximada se basa adicionalmente en un valor de error predeterminado.
13. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12 en el que la estimación aproximada se basa en un área en la que el transmisor móvil se sabe *a priori* que está localizado.
14. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13 en el que la estimación aproximada se basa en un área dentro de una distancia predeterminada de la primera antena o un área dentro de una distancia predeterminada de la segunda antena.

15. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14 en el que la distancia predeterminada se determina usando una medición del retardo de ida y vuelta.

16. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14 o 15 en el que la distancia predeterminada se determina mediante la medición de la potencia recibida del transmisor móvil en la primera y segunda antenas.

5 17. Un sistema de localización inalámbrico (WLS) para la localización de un transmisor, que comprende:

- 10 a. medios para proporcionar un conjunto de valores de correlación cruzada, en el que cada valor de correlación cruzada se asocia con una estimación de la diferencia en el tiempo de llegada, TDOA, y/o diferencia en la frecuencia de llegada, FDOA, correspondiente y se produce mediante correlación cruzada de una señal de referencia con una señal cooperante, comprendiendo la señal de referencia una copia de una señal transmitida por el transmisor móvil según se recibe en una primera antena y comprendiendo la señal cooperante una copia de la señal transmitida por el transmisor móvil según se recibe en una segunda antena; **caracterizado porque** el sistema comprende además:
- 15 b. medios para la determinación de un intervalo de estimaciones TDOA y/o FDOA más probable;
- c. medios para la búsqueda de valores de correlación cruzada sólo dentro del intervalo de estimaciones TDOA y/o FDOA más probable determinado para identificar un valor de correlación cruzada óptimo y
- d. medios para el empleo del valor TDOA y/o FDOA correspondiente al valor de correlación cruzada óptimo en el cálculo de la localización del transmisor móvil.



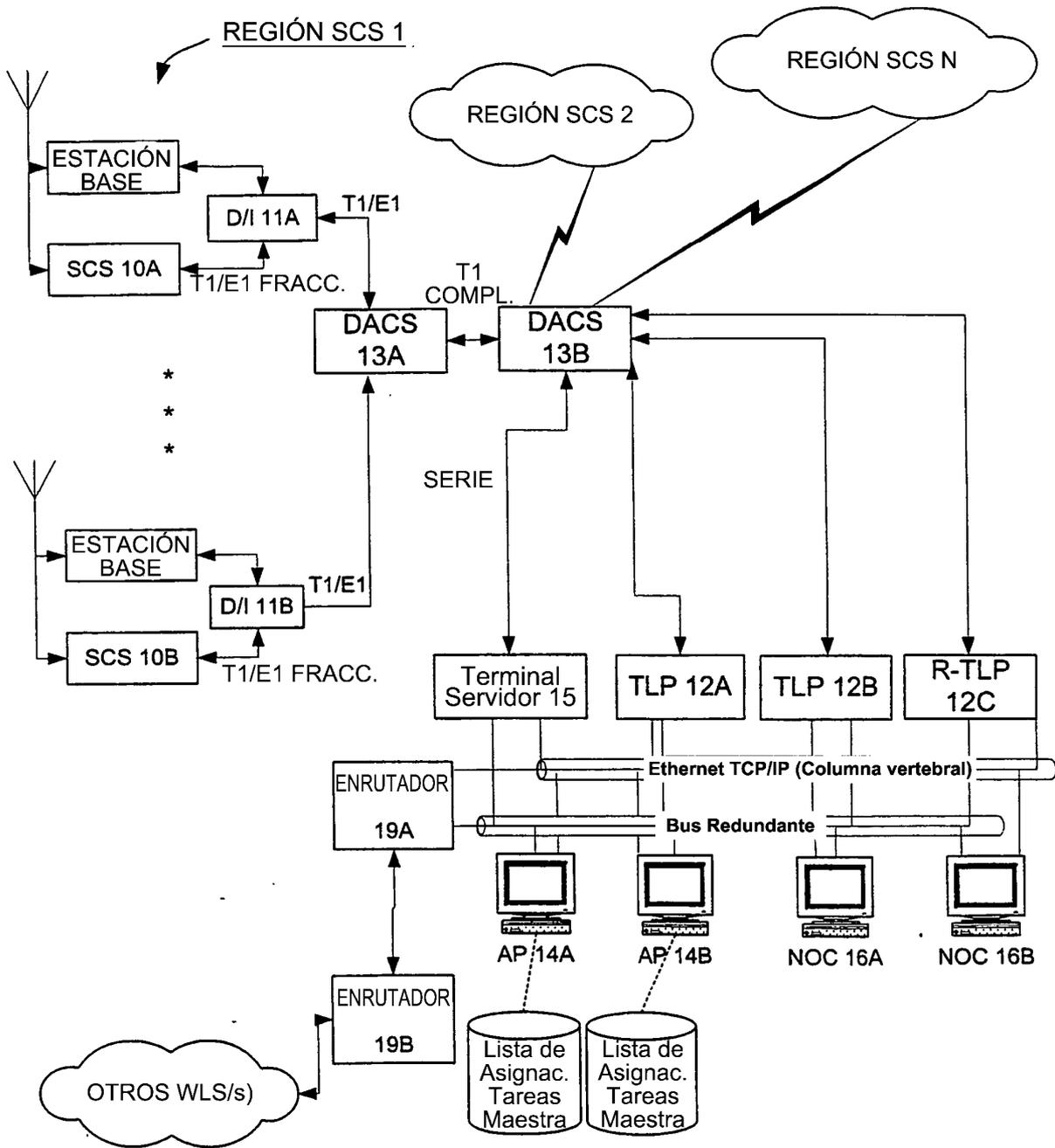


FIGURA 1A

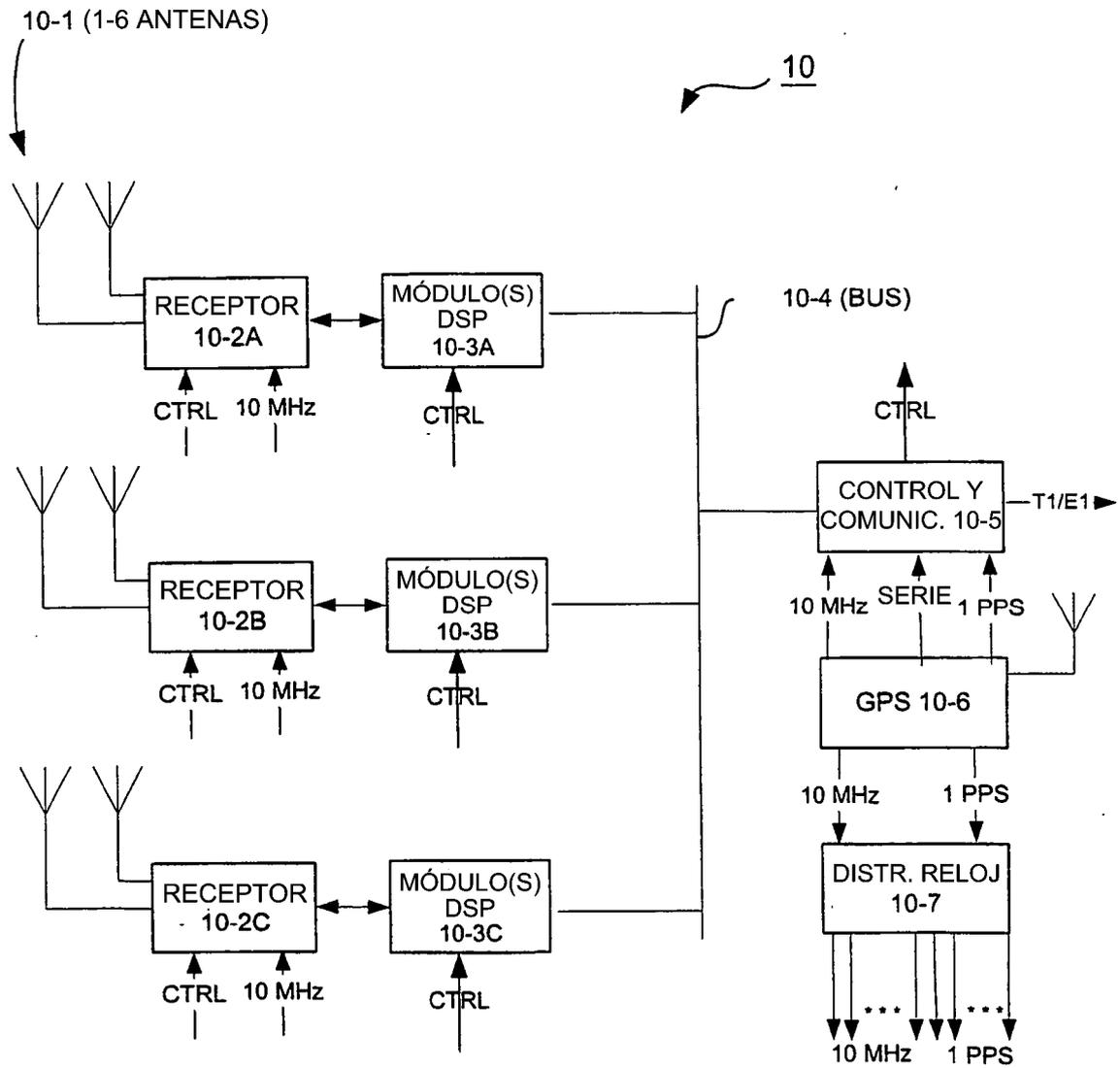


FIGURA 2

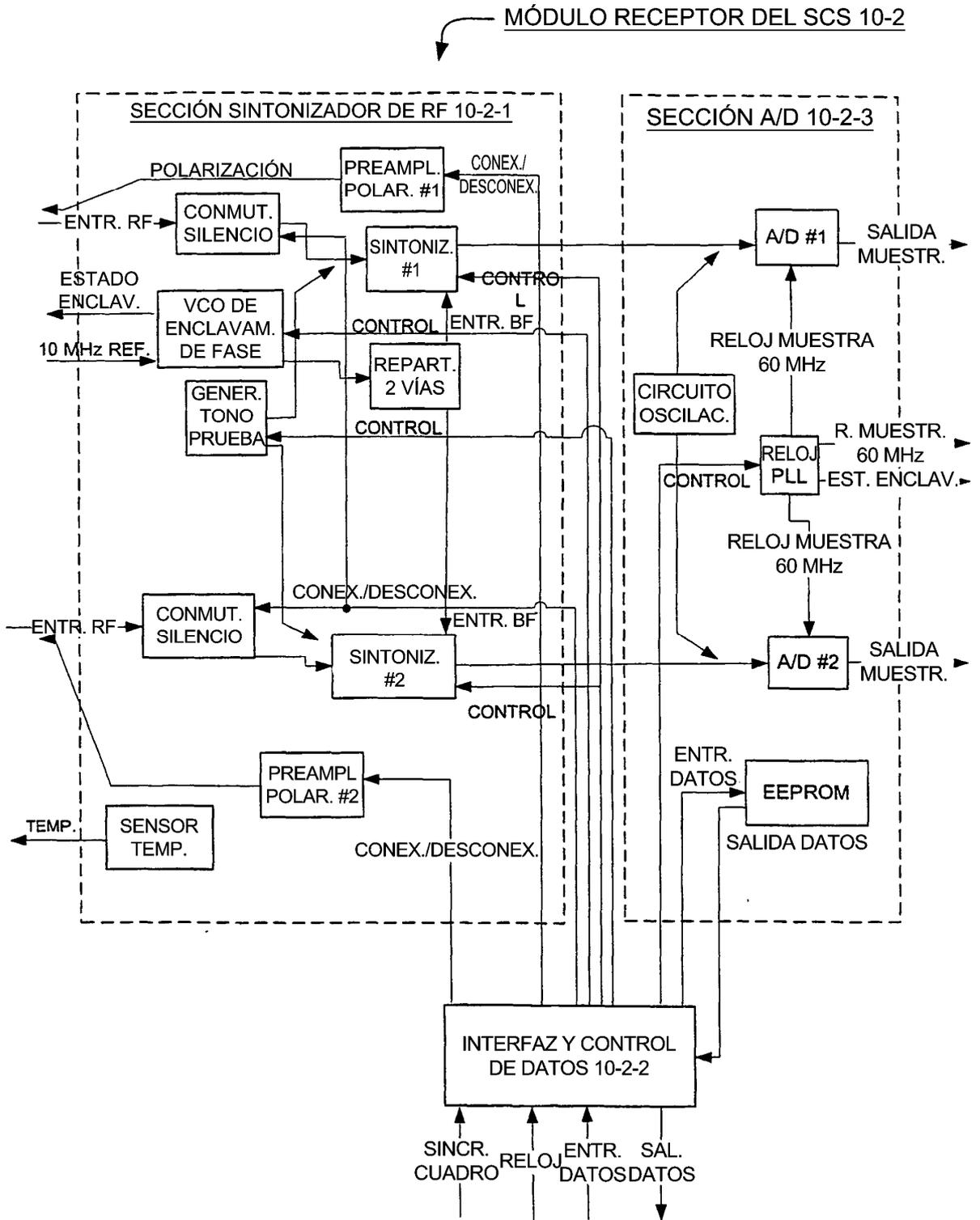


FIGURA 2A

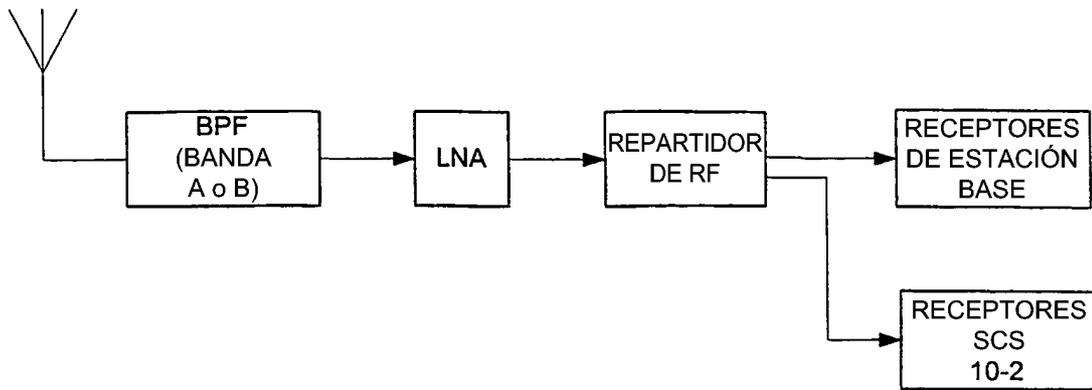


FIGURA 2B

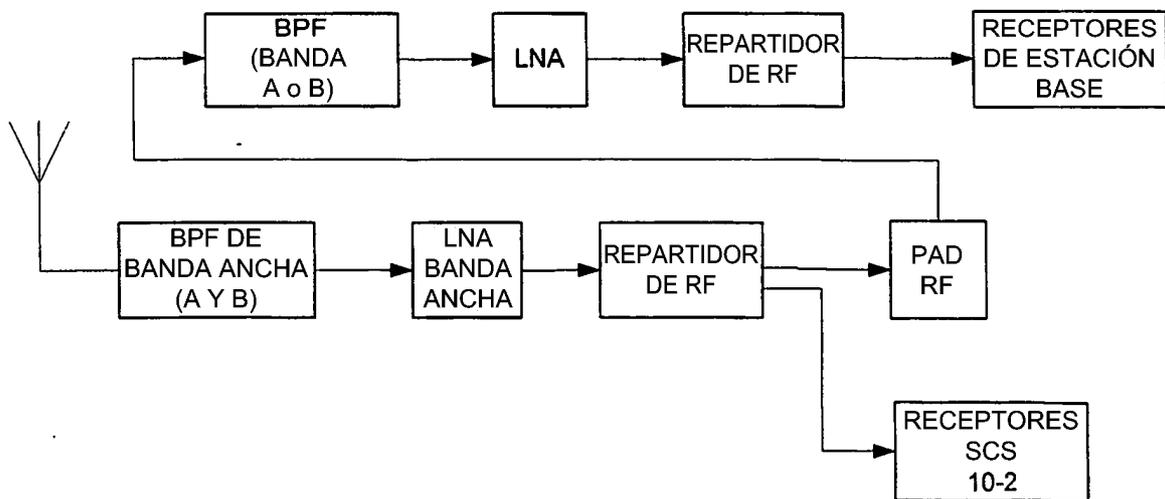


FIGURA 2C

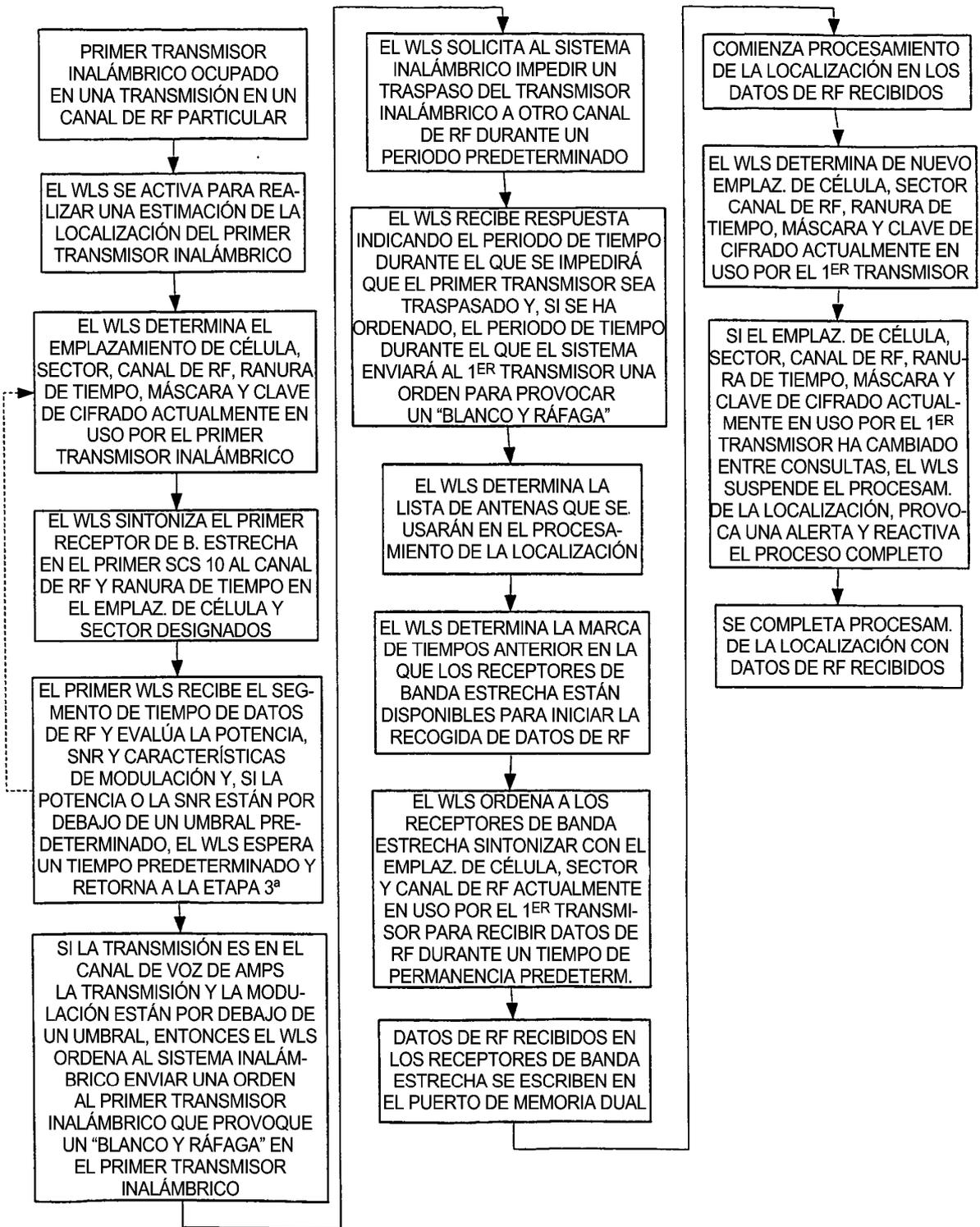


FIGURA 2C-1

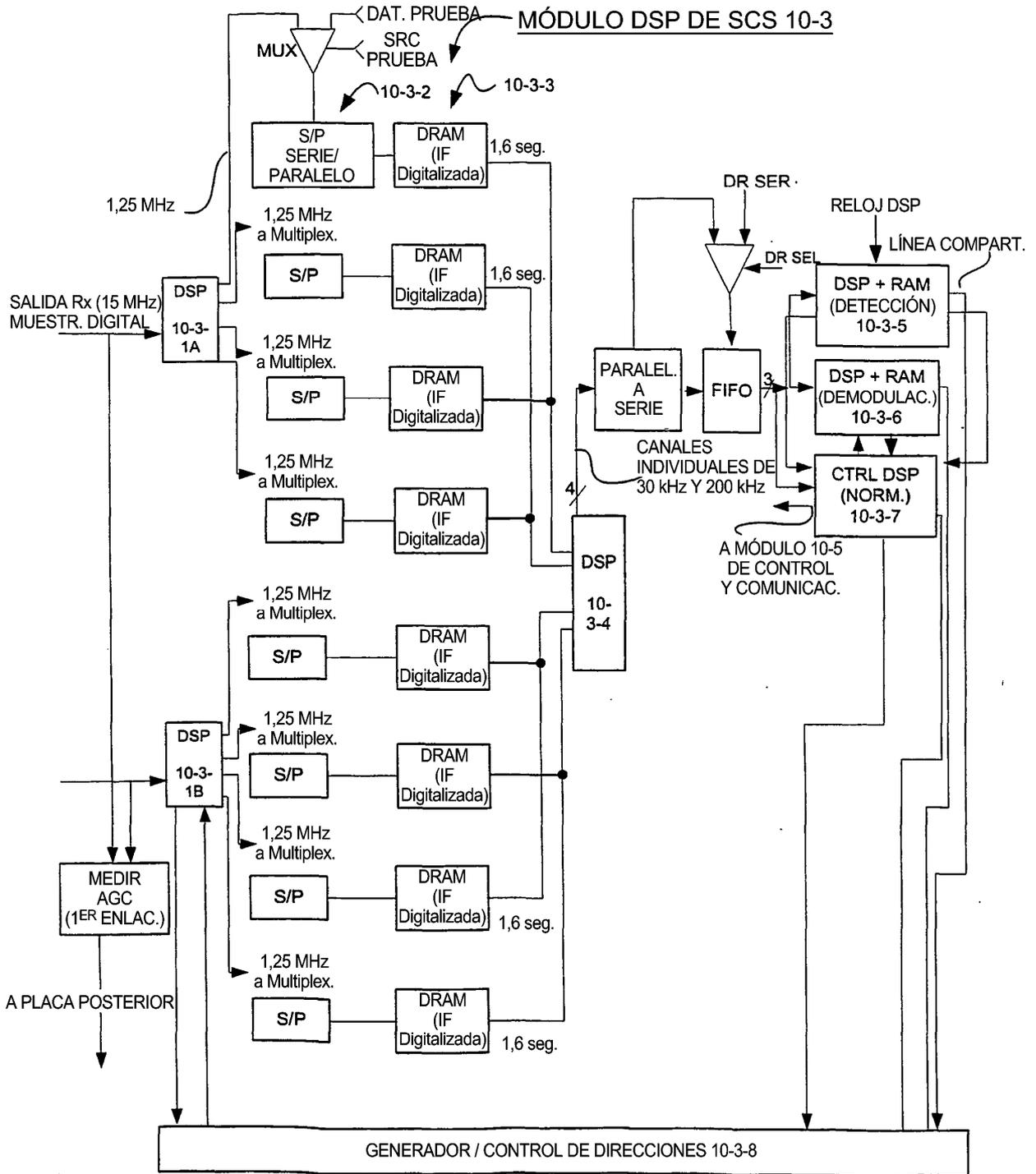


FIGURA 2D

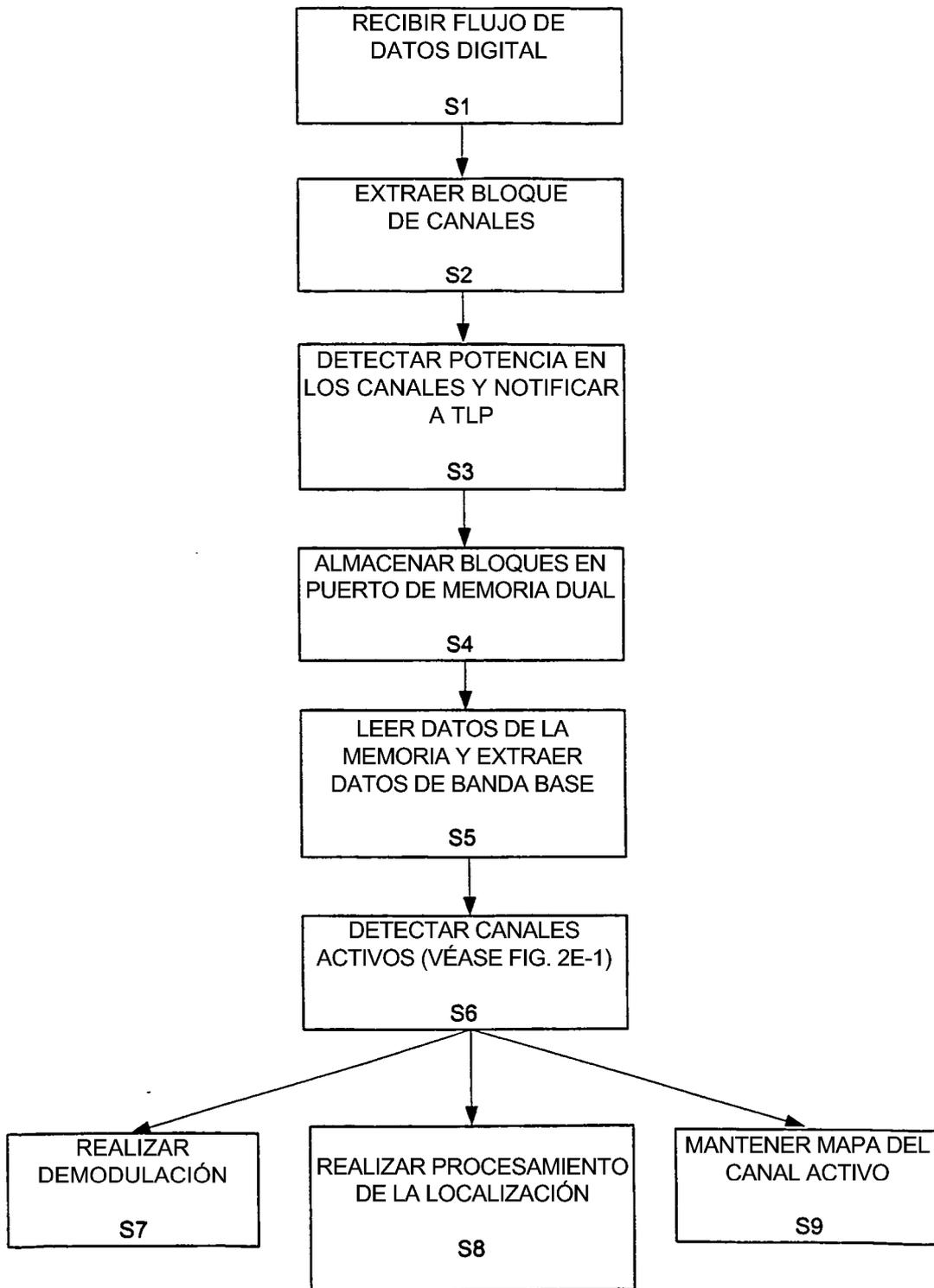


FIGURA 2E

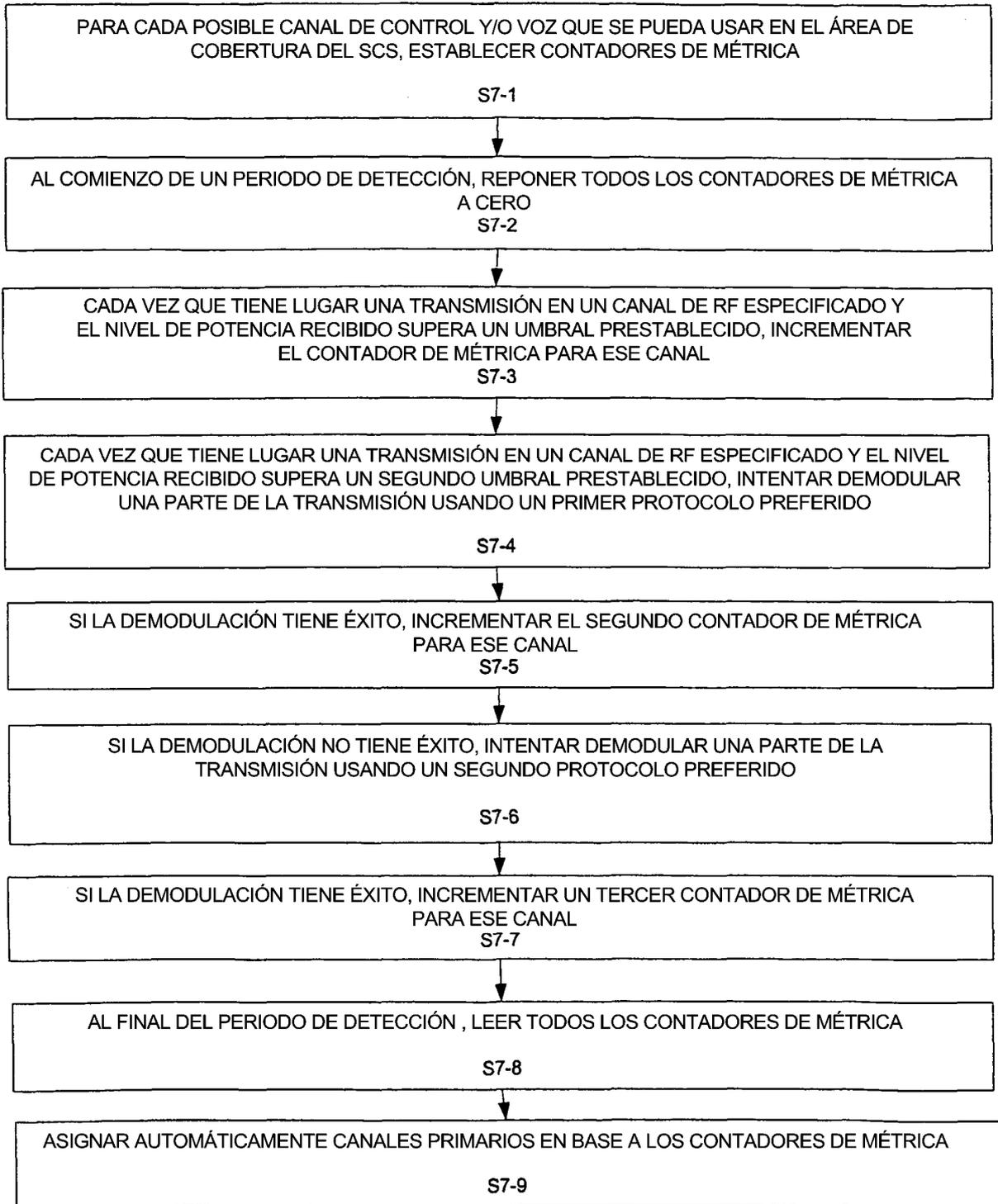


FIGURA 2E-1

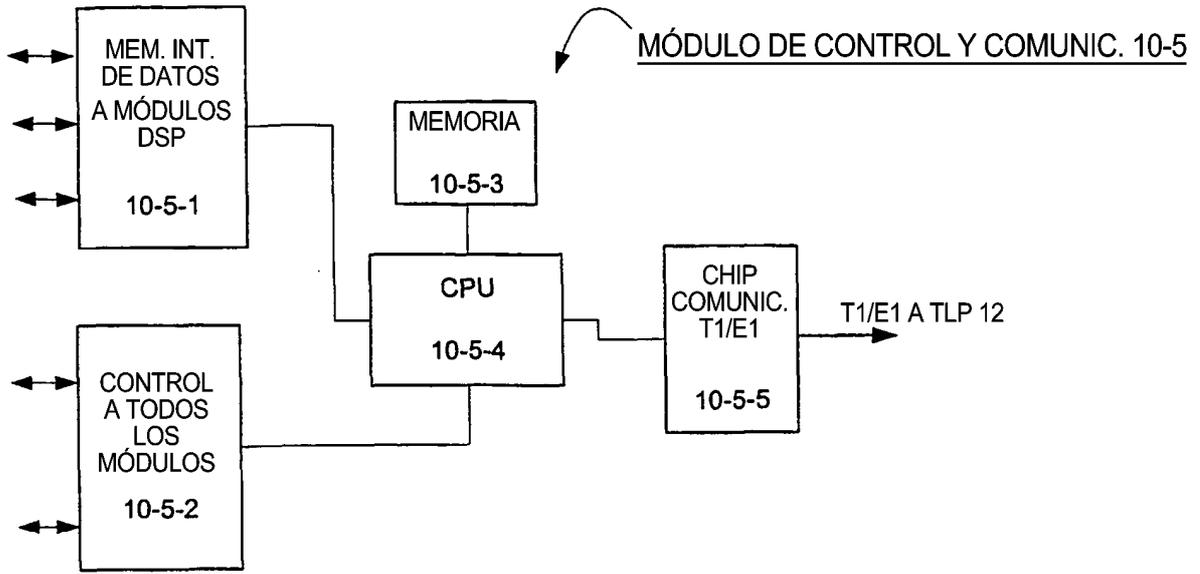


FIGURA 2F

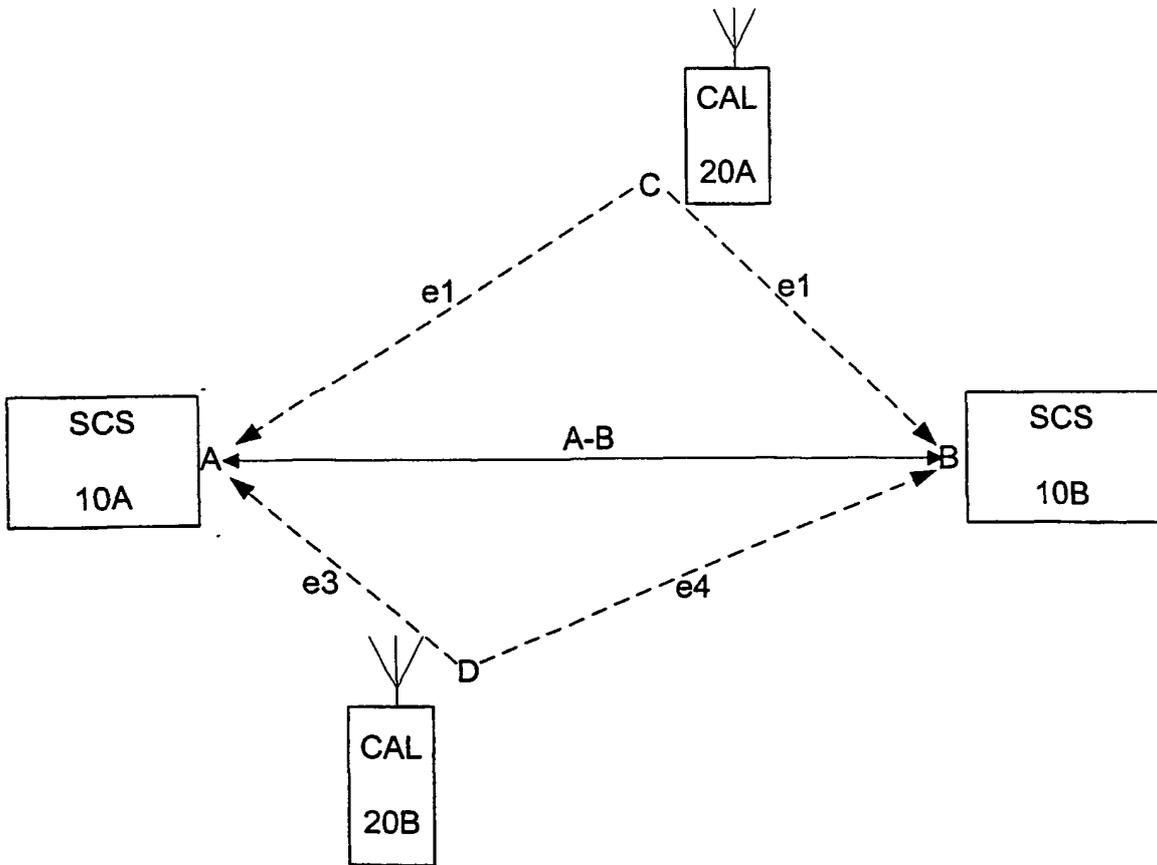


FIGURA 2G

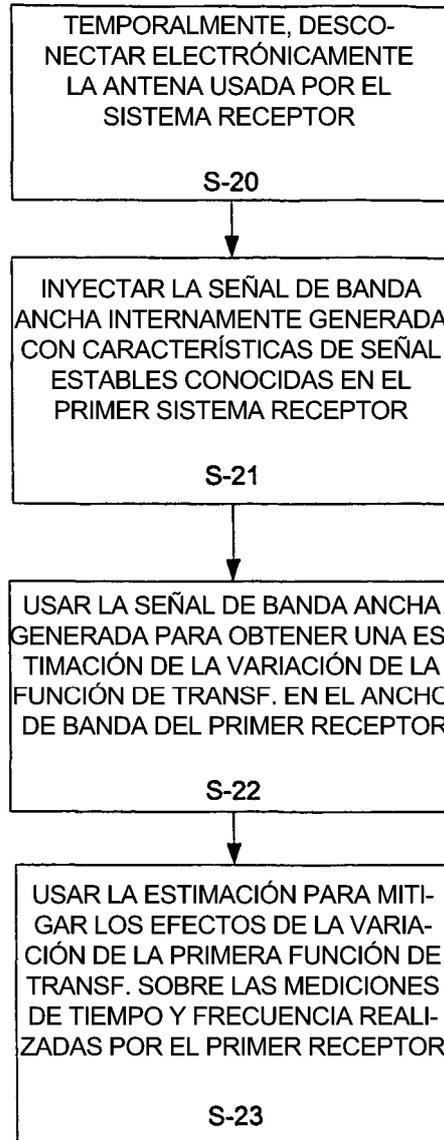


FIGURA 2H

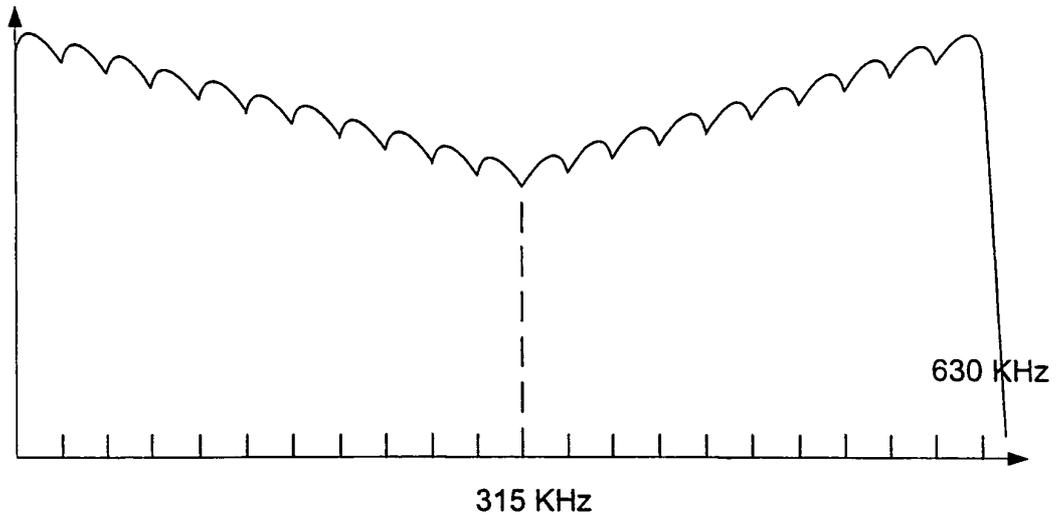


FIGURA 2I

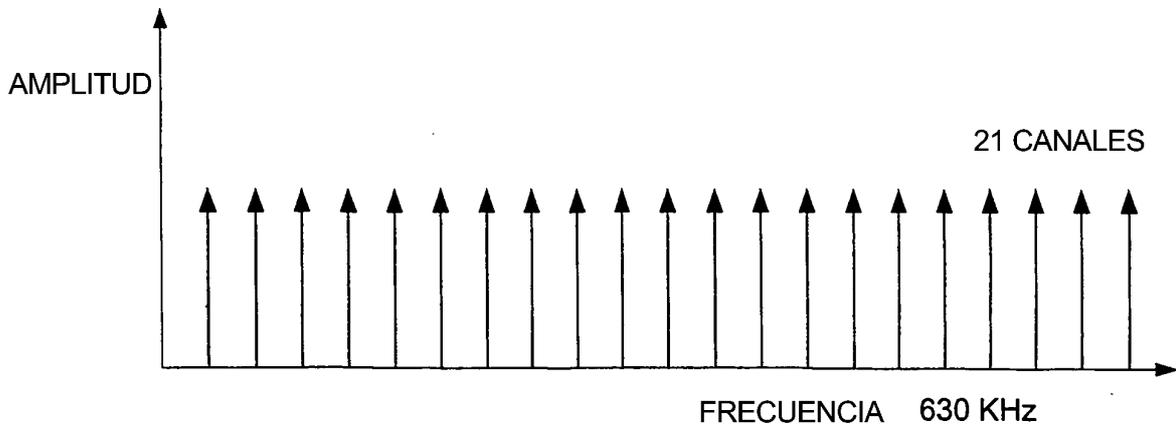


FIGURA 2J

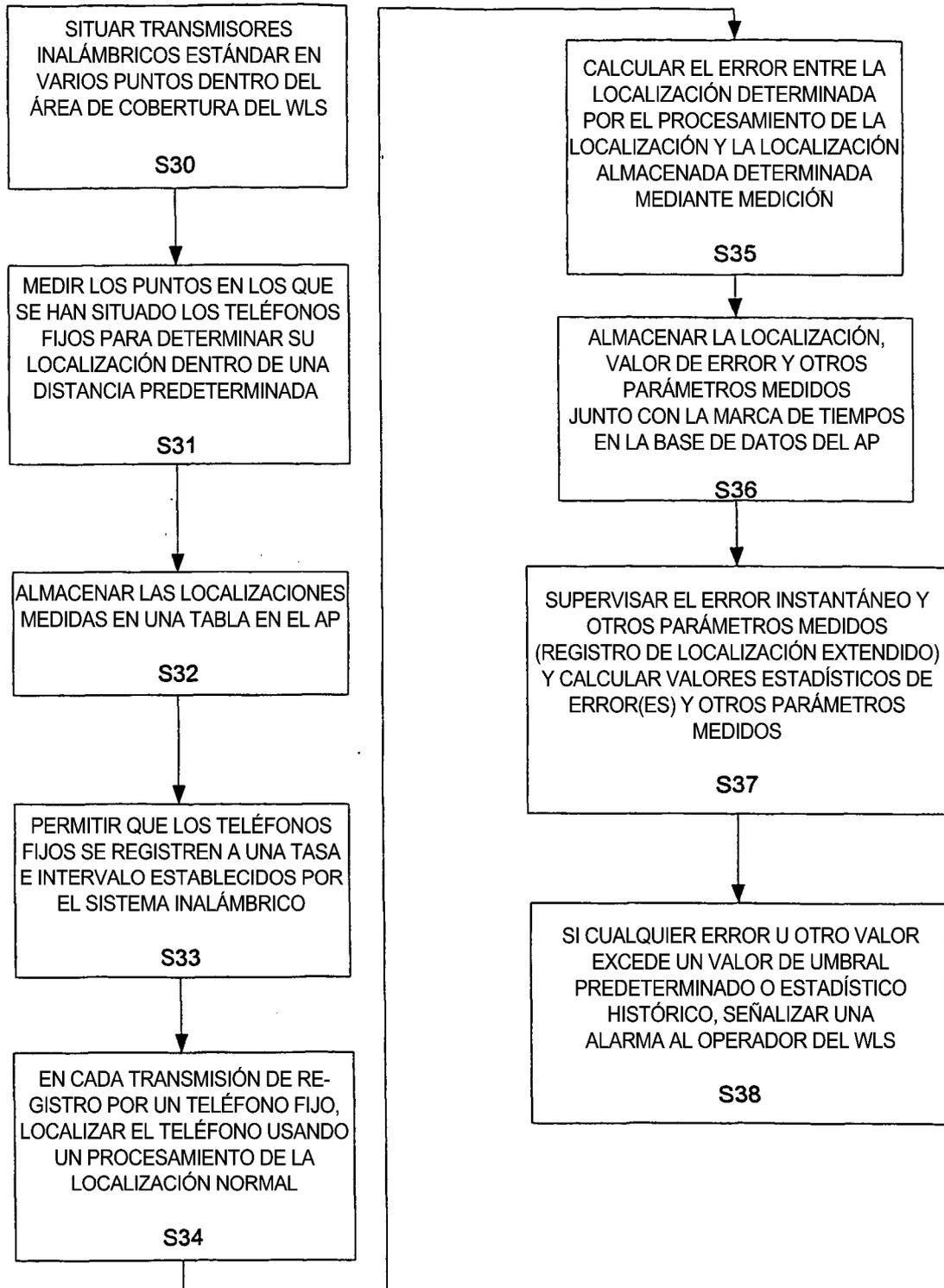


FIGURA 2K

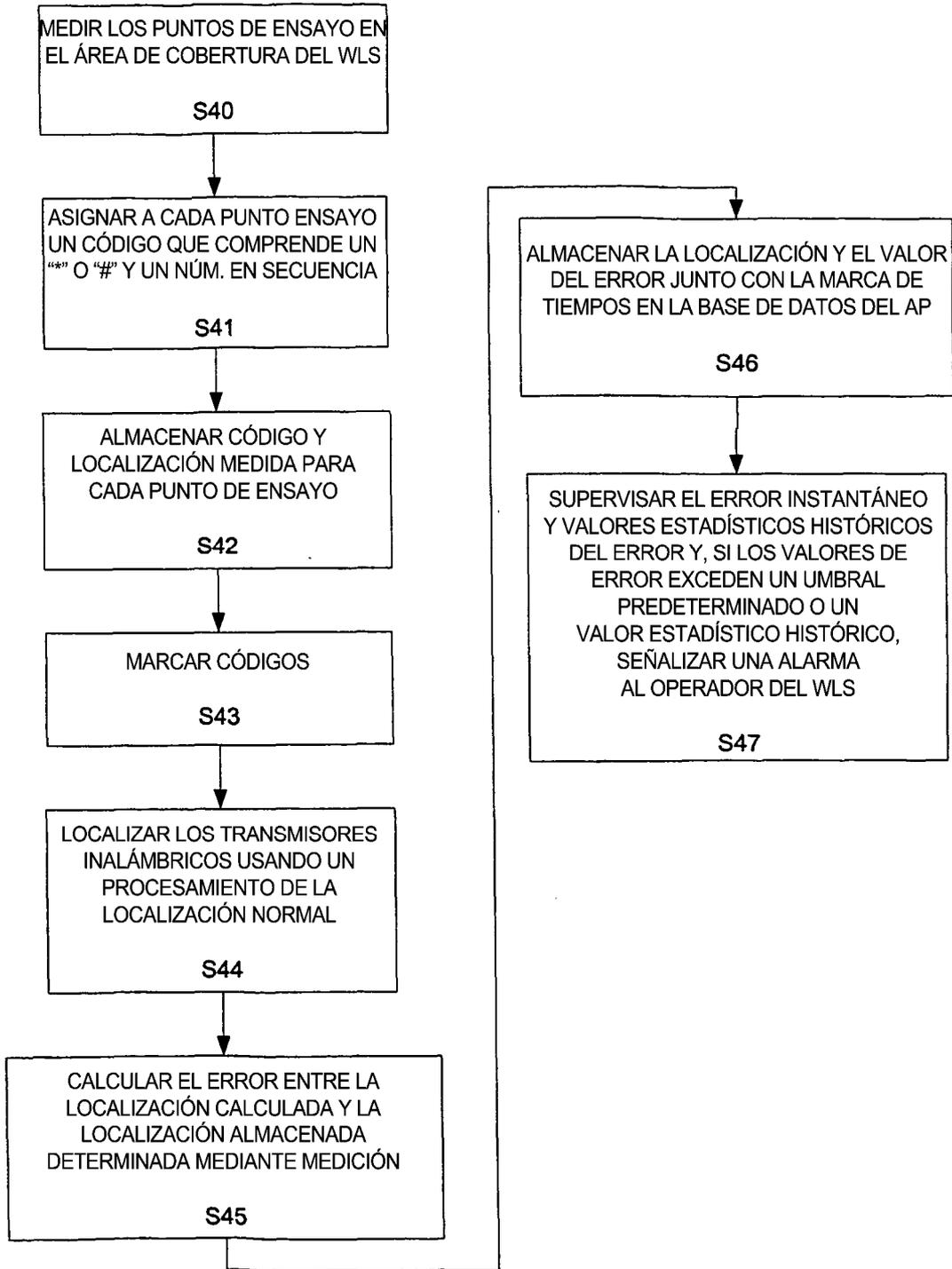


FIGURA 2L

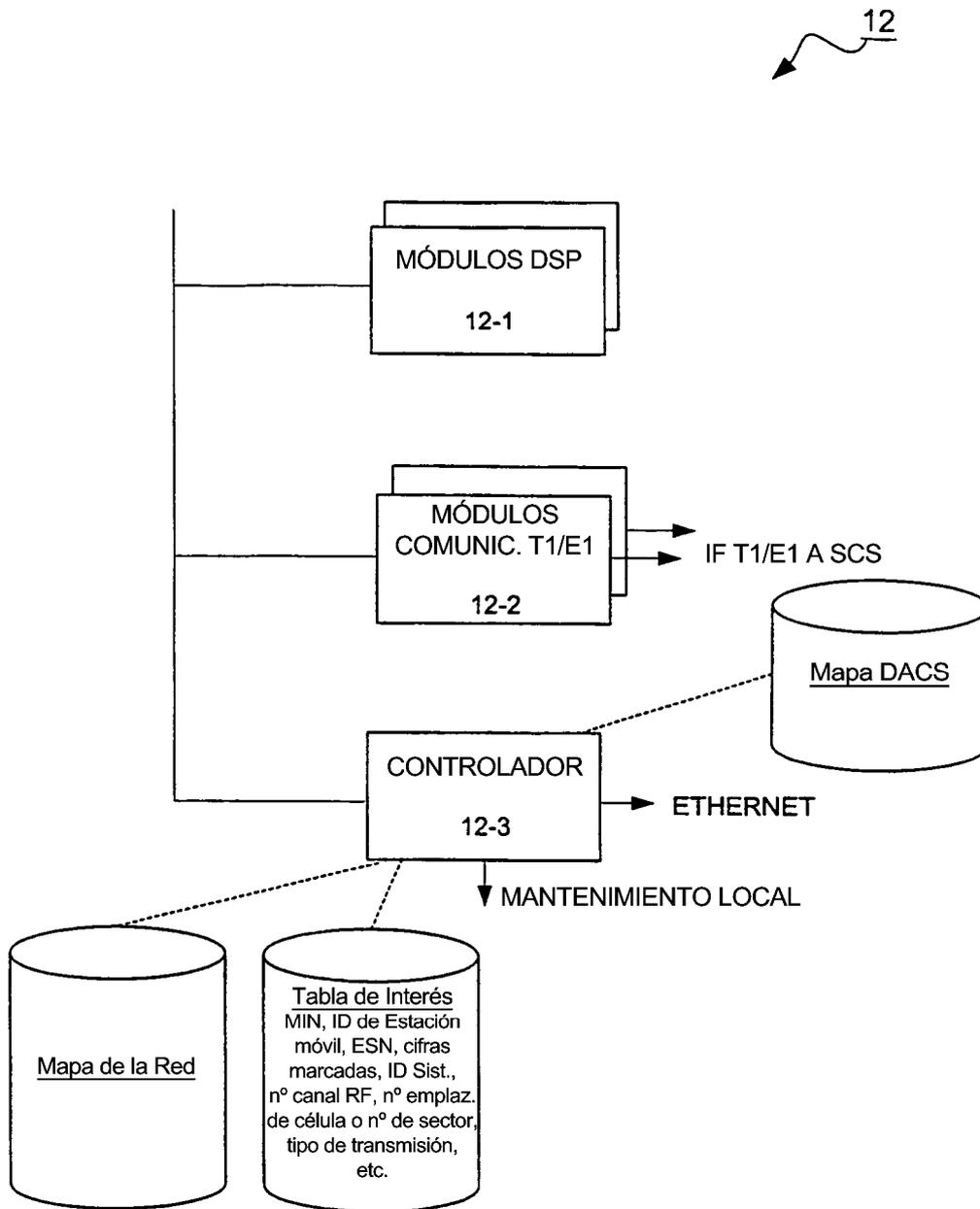
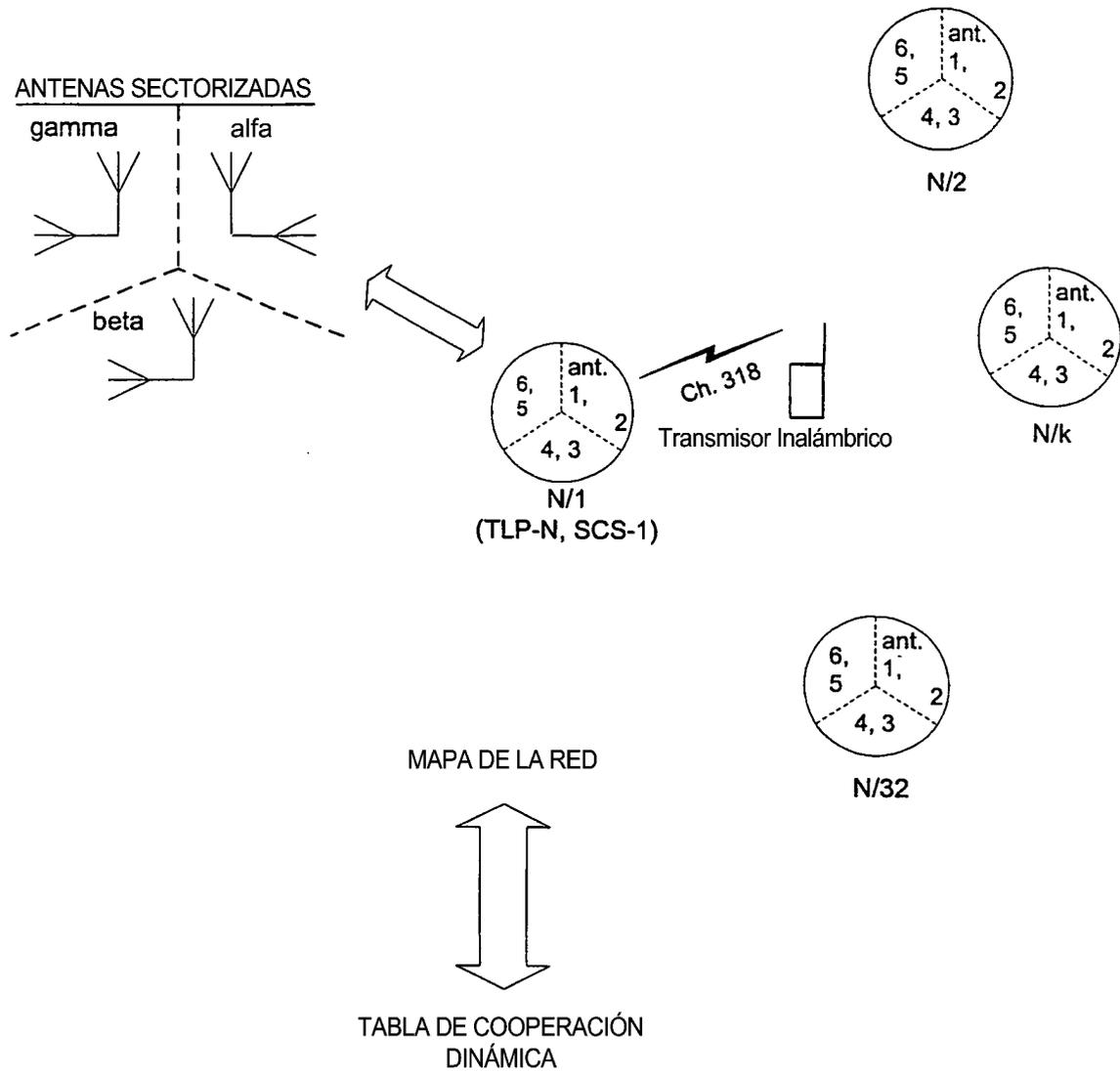


FIGURA 3



		Mejor Puerto de Antena					
1	TLP 1/SCS.1	1	2	3	4	5	6
	1/2	4	3				
	1/3						
	*						
	*						
	*						
	1/k	5	6	3	4		
	*						
	*						
	*						
32	N/K	5	6				

FIGURA 3A

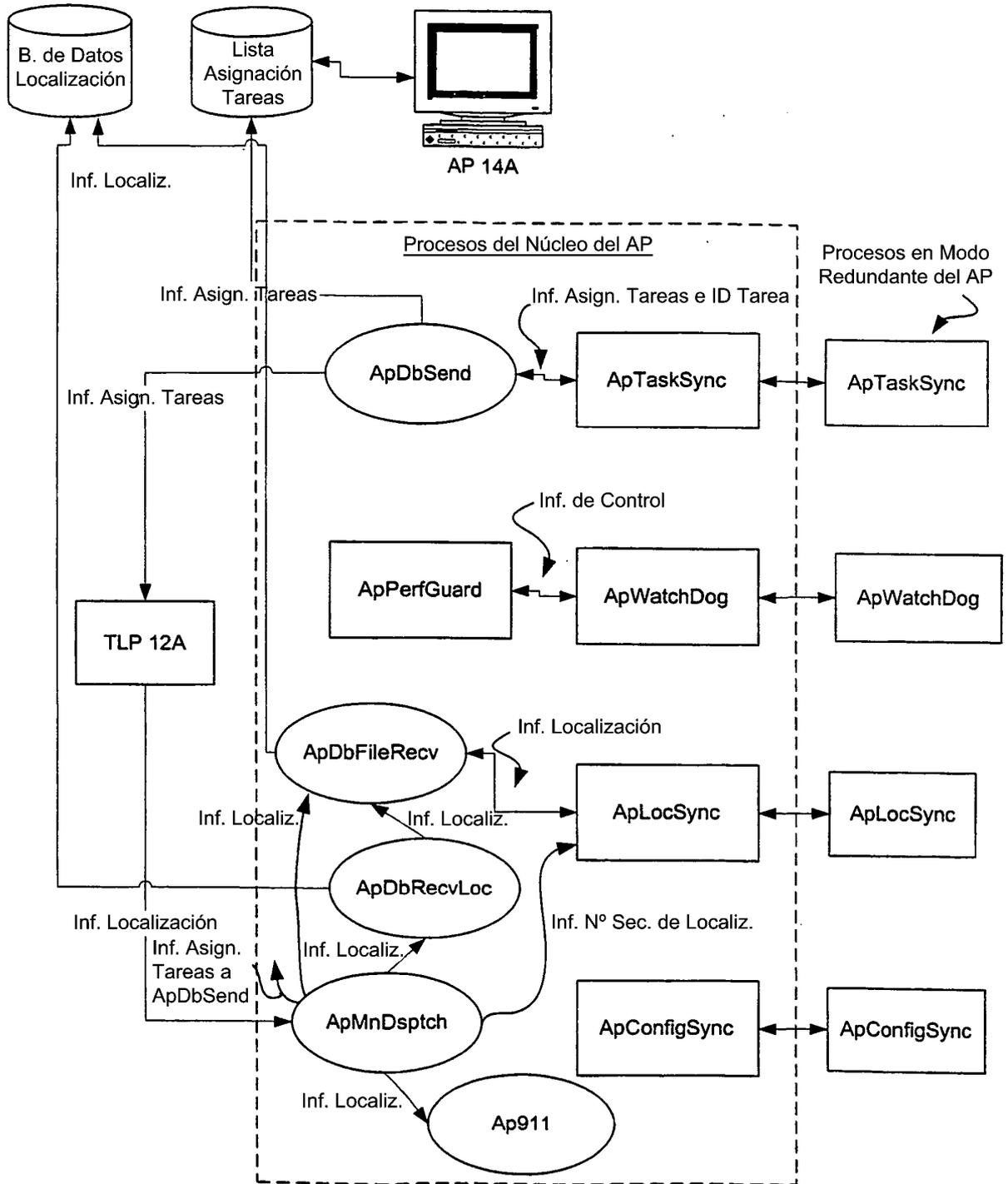


FIGURA 4

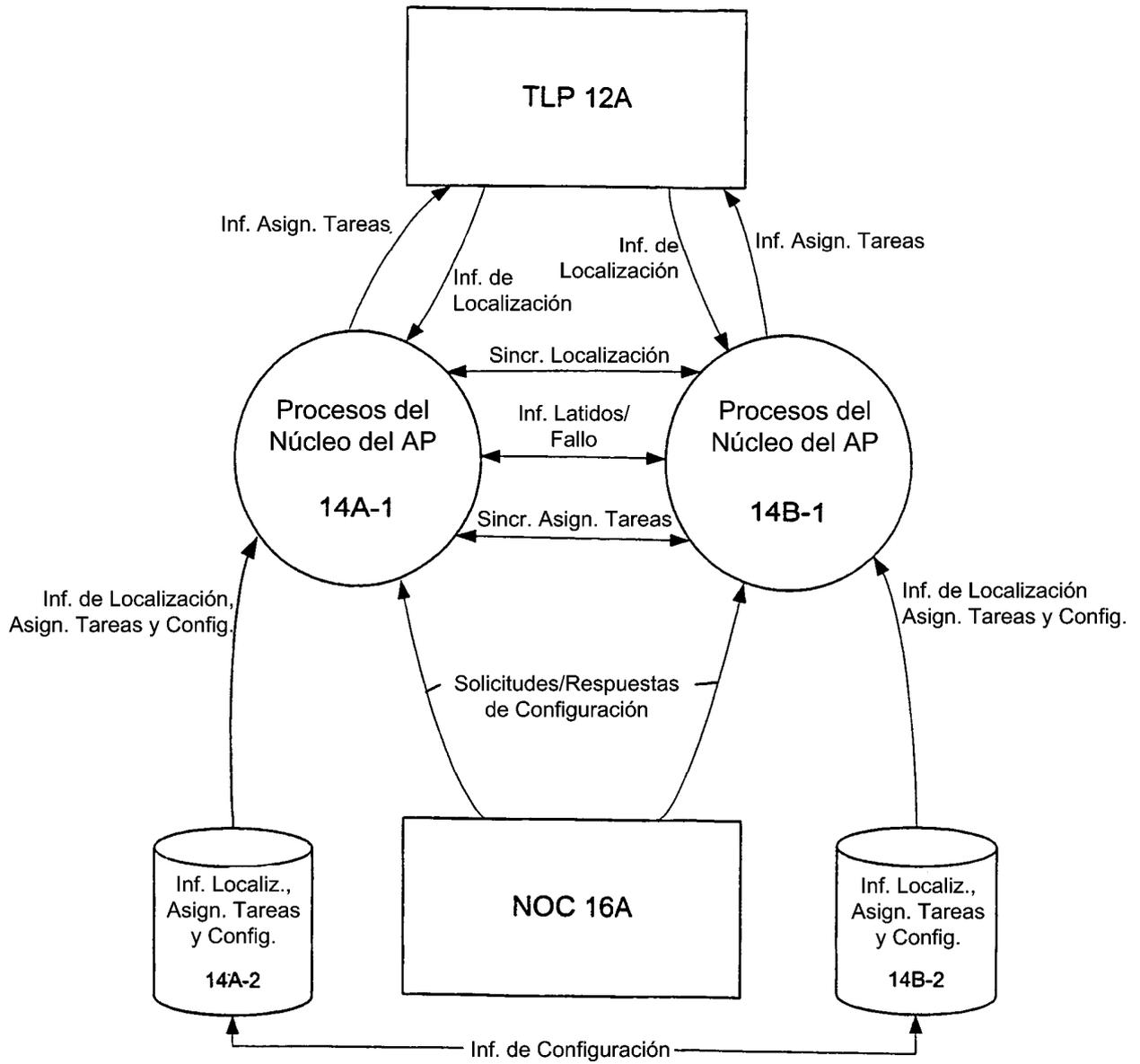


FIGURA 4A

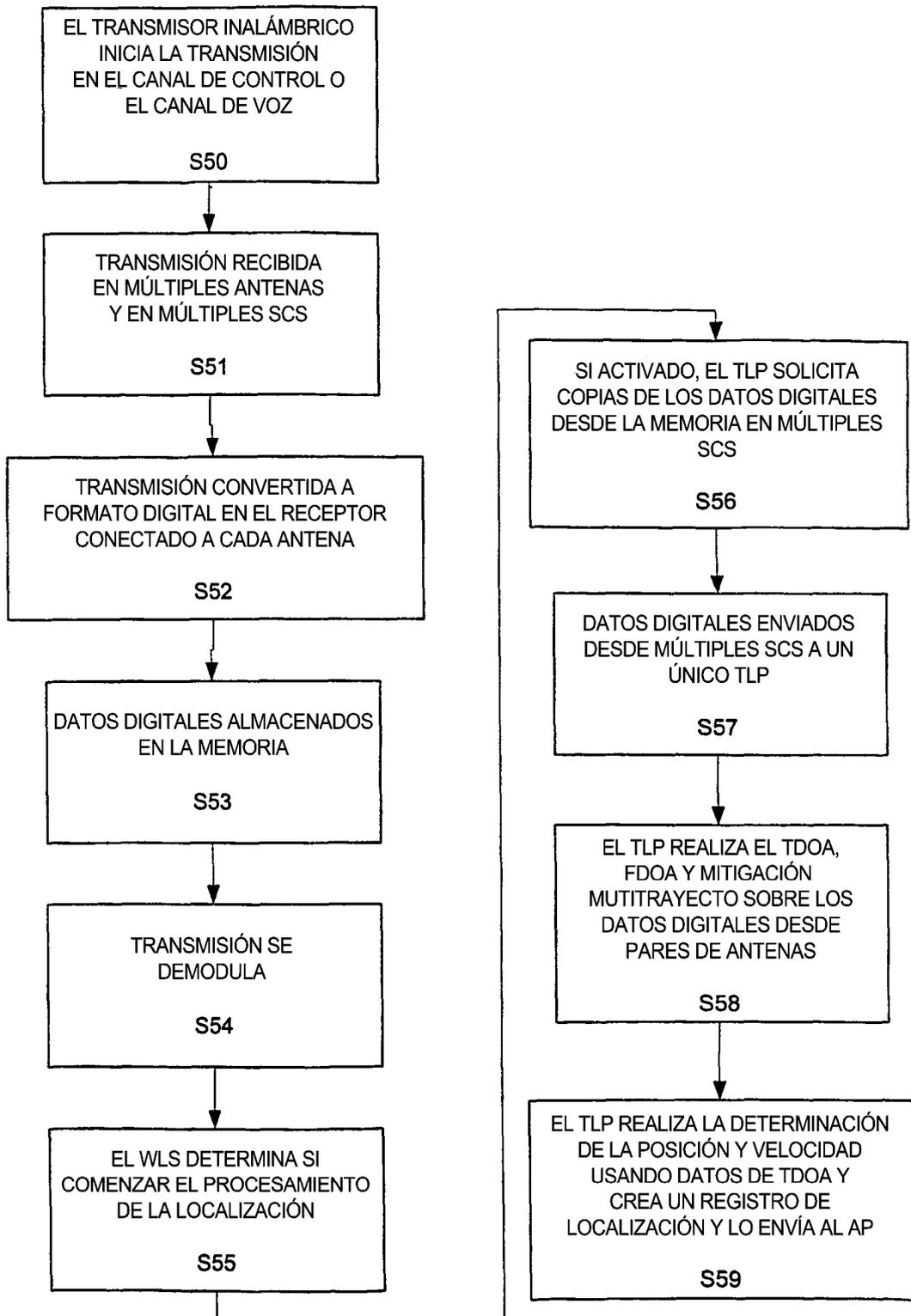


FIGURA 5

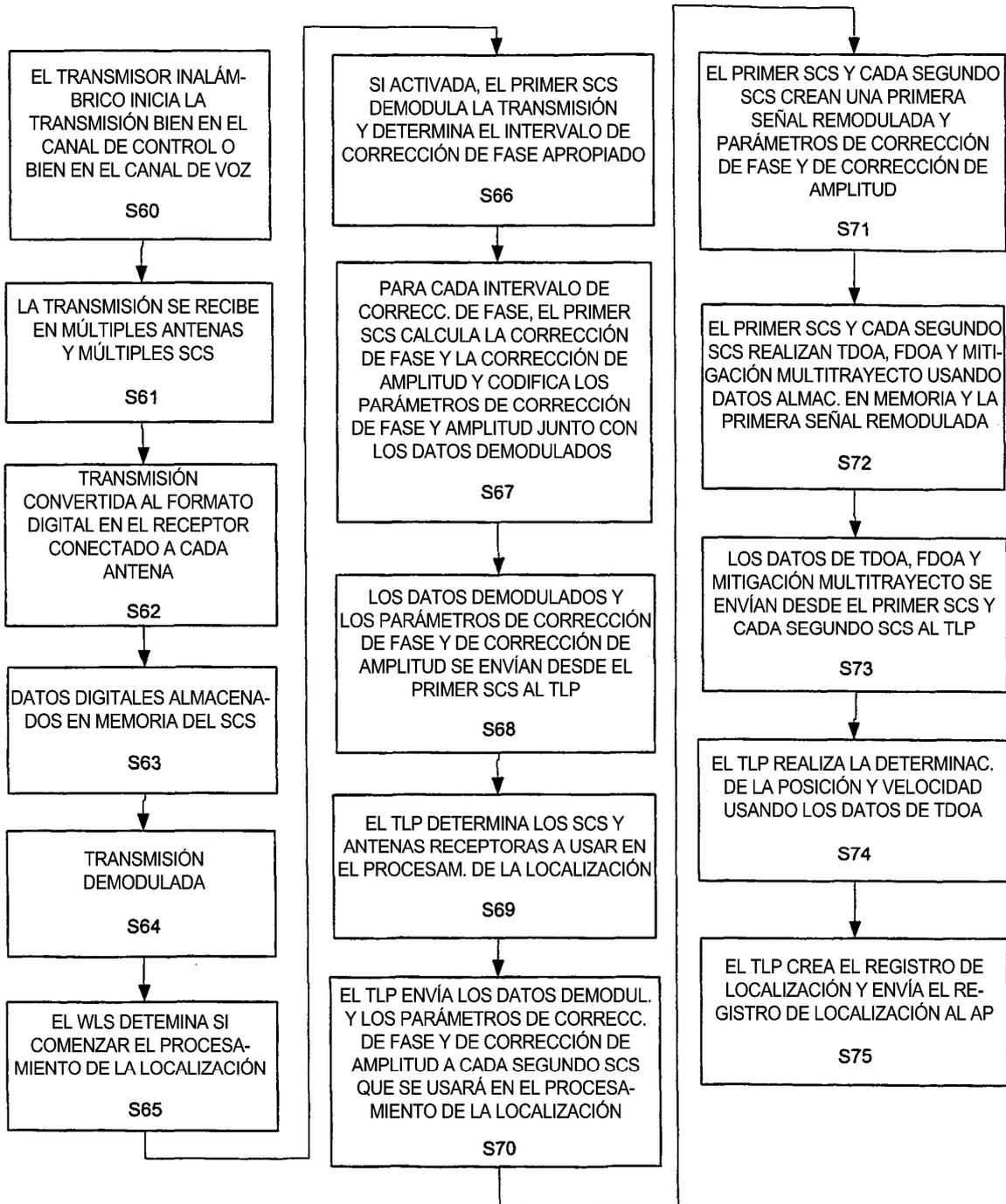


FIGURA 6

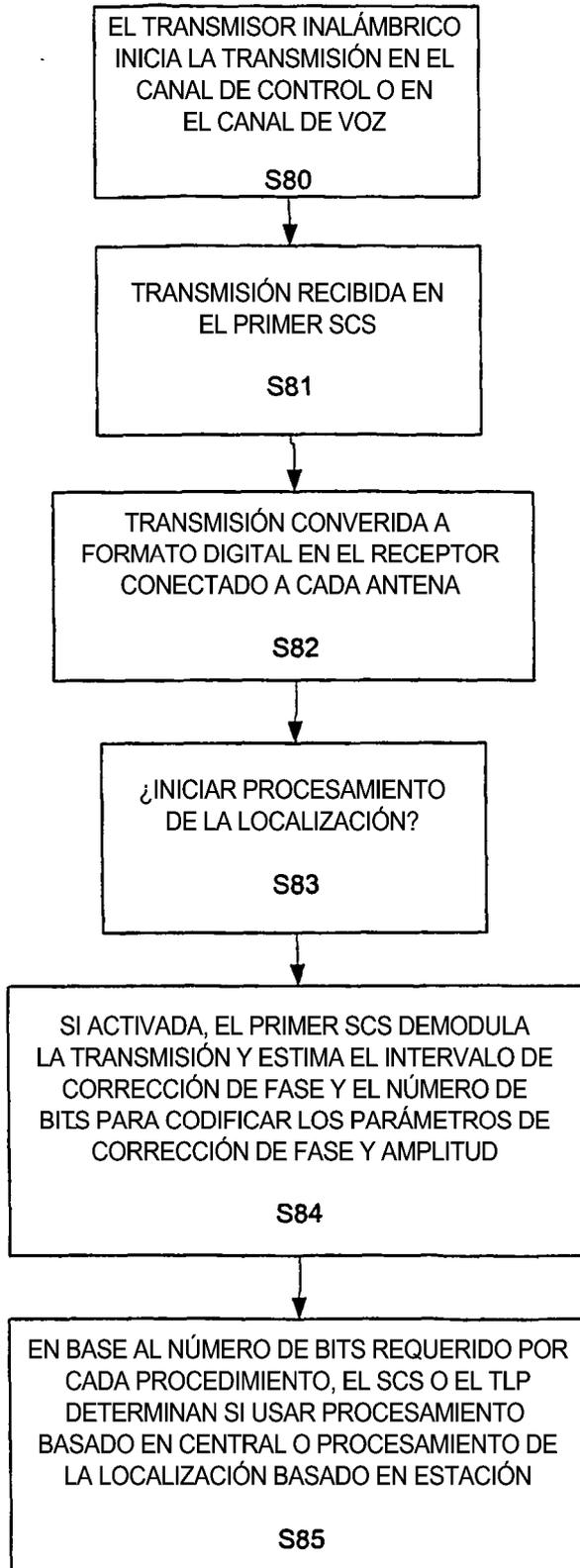


FIGURA 7

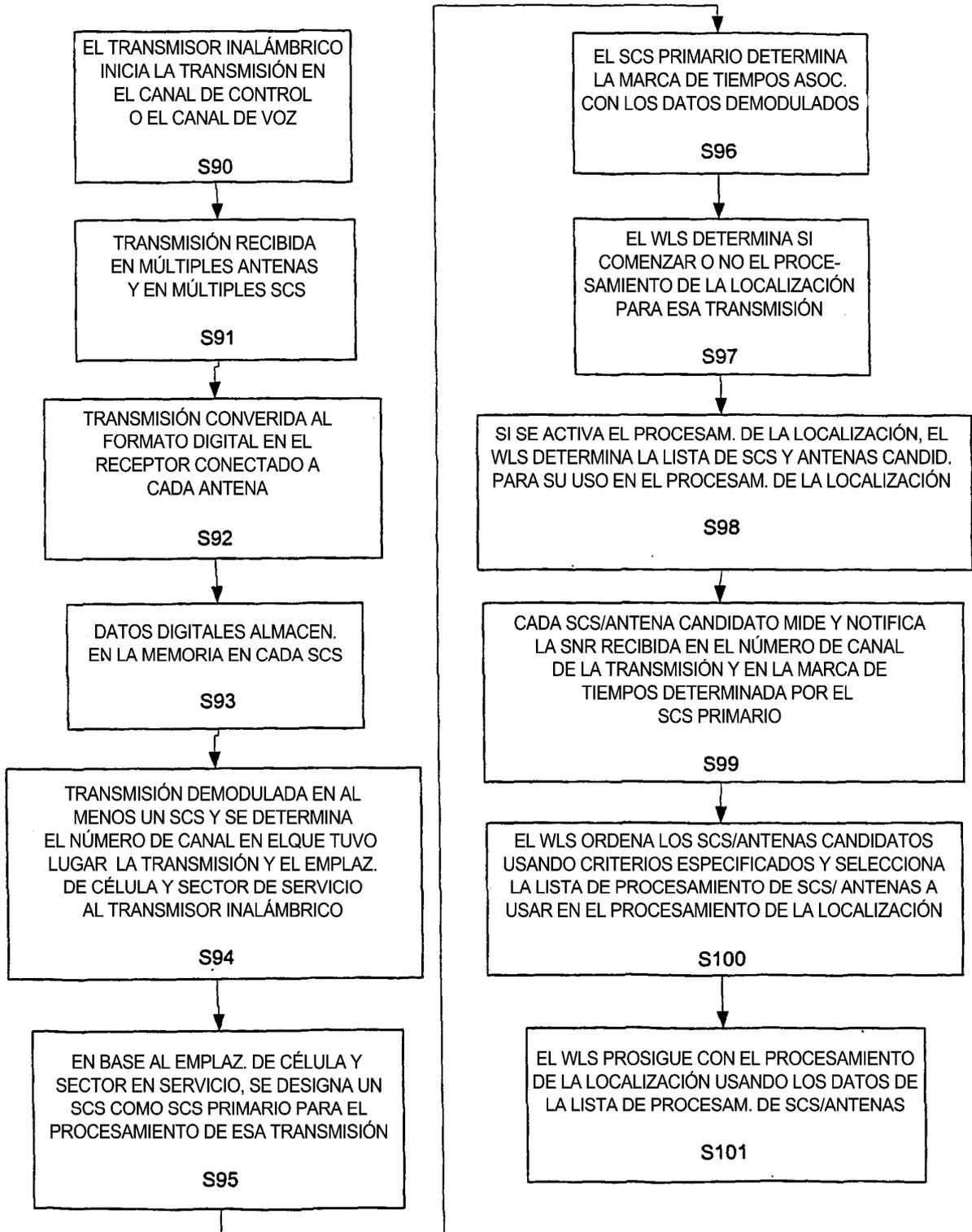


FIGURA 8

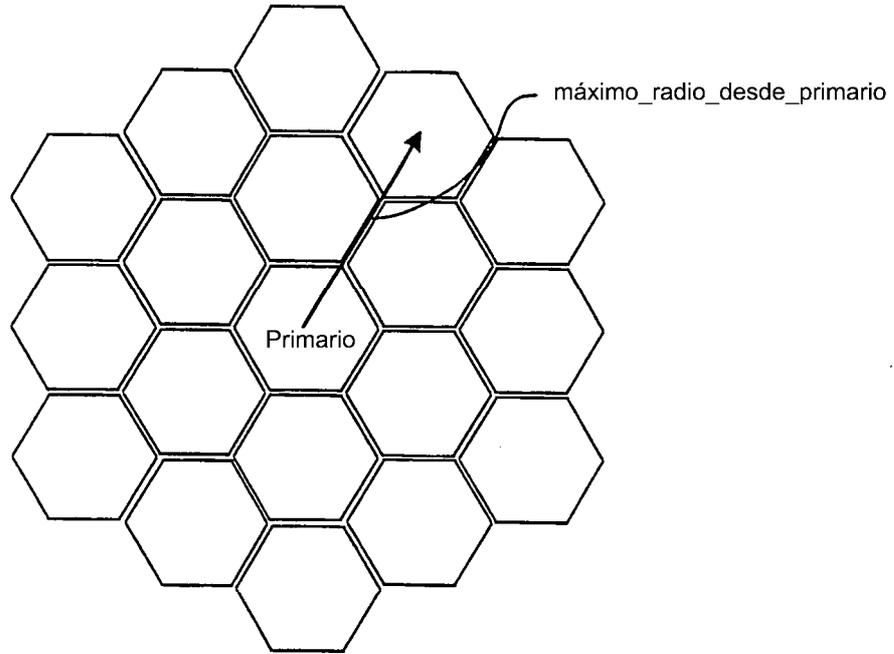


FIGURA 9

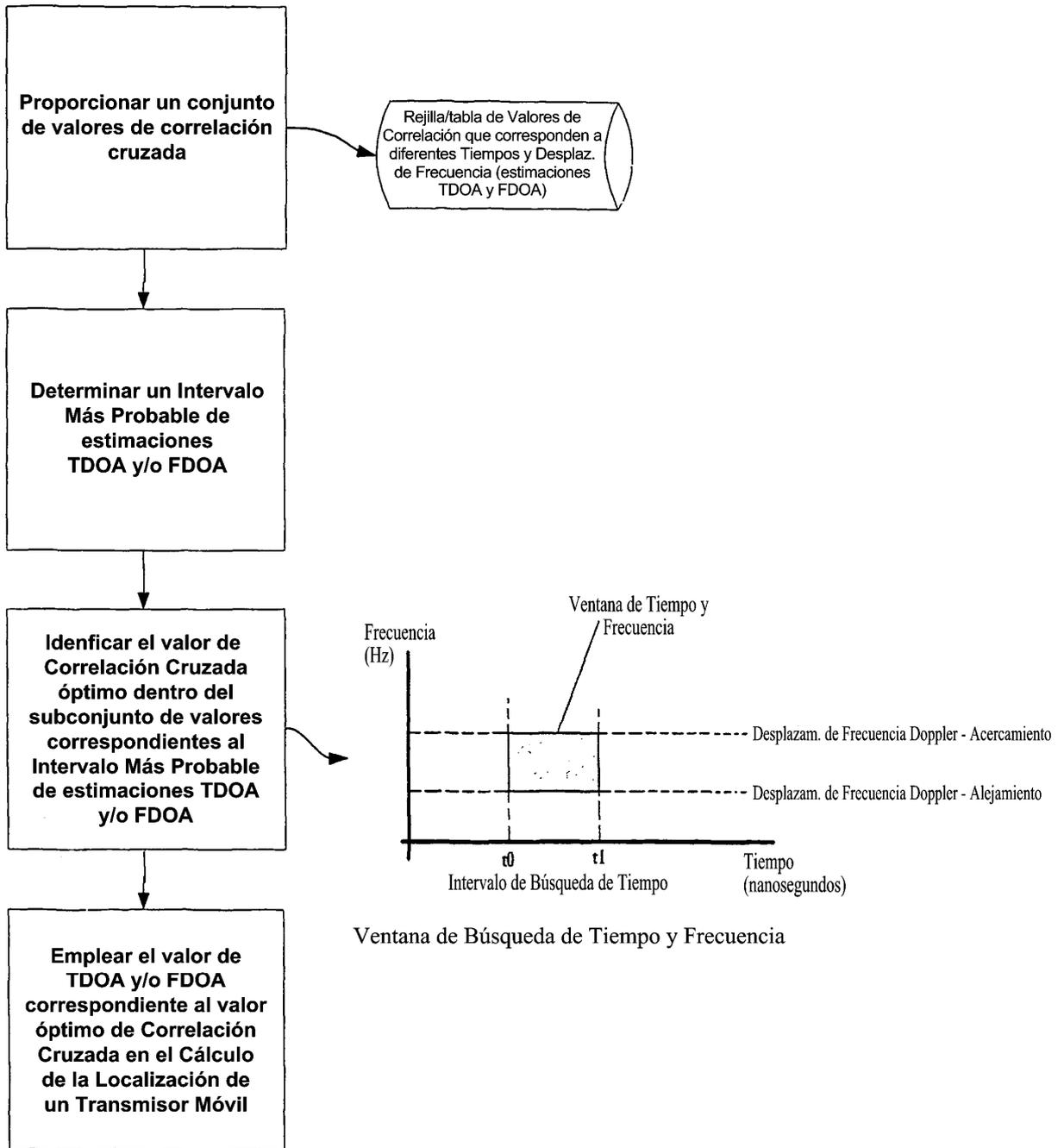


FIGURA 10