



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 336 693**

51 Int. Cl.:
G01S 3/02 (2006.01)
H04B 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06012011 .0**
96 Fecha de presentación : **13.12.1999**
97 Número de publicación de la solicitud: **1703296**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.09.2006**

54 Título: **Calibración para sistema de localización inalámbrico.**

30 Prioridad: **08.01.1999 US 227764**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
15.04.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
15.04.2010

73 Titular/es: **TRUEPOSITION, Inc.**
780 Fifth Avenue
King of Prussia, Pennsylvania 19406, US

72 Inventor/es: **Stilp, Louis, A.**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

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

Calibración para sistema de localización inalámbrico.

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere en general al campo de la localización de transmisores inalámbricos, tales como los usados en los sistemas celulares analógicos o digitales, sistemas de comunicación personal (PCS, del inglés “personnel communications systems”), radios móviles especializadas mejoradas (ESMR, del inglés “enhanced specialized mobile radios”) y otros tipos de sistemas de comunicaciones inalámbricos. Este campo se conoce en la actualidad generalmente como localización inalámbrica y tiene aplicación en la localización de llamadas inalámbricas E9-1-1, gestión de flotas, optimización de RF y otras valiosas aplicaciones.

Antecedentes de la invención

Trabajos pioneros en relación con la presente invención se han descrito en la Patente de Estados Unidos N° 5.327.144, del 5 de julio de 1994 “Cellular Telephone Location System”, que describe un sistema para la localización de teléfonos celulares utilizando técnicas novedosas de diferencia en el tiempo de llegada (TDOA, del inglés “time difference of arrival”). Mejoras adicionales del sistema descrito en la patente anterior se describen en la Patente de Estados Unidos N° 5.608.410, del 4 de marzo de 1997, “System for Locating a Source of Bursty Transmissions”. Ambas patentes son propiedad del asignatario de la presente invención. Los presentes inventores han continuado desarrollando mejoras significativas en los conceptos originales y han desarrollado técnicas para mejorar adicionalmente la precisión de los sistemas de localización inalámbricos al mismo tiempo que reducir significativamente el coste de estos sistemas.

Durante los últimos pocos años, la industria celular ha aumentado el número de protocolos de interfaz por aire disponibles para uso por teléfonos inalámbricos, ha aumentado el número de bandas de frecuencia en las que los teléfonos inalámbricos o móviles pueden funcionar y ha expandido el número de términos 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 los AMPS, NAMPS, TDMA, CDMA, GSM, TACS, ESMR 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 descritas y mejoradas por los inventores. Sin embargo, alineándose con la terminología actual de la industria, los inventores denominan ahora al sistema descrito en el presente documento un *Sistema de Localización Inalámbrico*.

Los inventores han realizado amplios experimentos con la tecnología del Sistema de Localización Inalámbrico descrita en el presente documento para demostrar tanto la viabilidad como el valor de la tecnología. Por ejemplo, se realizaron 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 grandes entornos urbanos. A continuación, en 1996 los inventores construyeron un sistema en Houston que se usó para probar la eficiencia de la tecnología en esta área y su capacidad para la interfaz directa con los sistemas de emergencia. A continuación, en 1997 el sistema se comprobó en un área de 905 kilómetros cuadrados en Nueva Jersey y se utilizó para localizar llamadas reales de emergencia de gente real en problemas. Desde ese momento, se han extendido las pruebas del sistema para incluir 125 emplazamientos de célula que cubren un área de más de 5.180 kilómetros cuadrados. Durante todas esas pruebas, se probaron las técnicas tratadas y descritas en el presente documento respecto a su eficacia y el desarrollo adicional del sistema se ha demostrado que supera las limitaciones de otros métodos que se han propuesto para la localización de teléfonos inalámbricos. Realmente, en diciembre de 1998 no se había instalado ningún otro sistema de localización inalámbrica en ningún lugar del mundo que fuese capaz de localizar a comunicantes de emergencia reales. La innovación de los sistemas de localización inalámbricos descritos en el presente documento ha sido reconocida por la industria inalámbrica mediante la extensa cantidad de cobertura de medios dada a las capacidades del sistema así como por los premios. Por ejemplo, se adjudicó al sistema el prestigioso Wireless Appy Award por la Cellular Telephone Industry Association en octubre de 1997 y la Christopher Columbus Fellowship Foundation and Discover Magazine halló al Sistema de Localización Inalámbrico como una de las 4 innovaciones más importantes de 1998 entre un total de 4.000 nominaciones remitidas.

El valor y la importancia del Sistema de Localización Inalámbrico han sido reconocidos por la industria de comunicaciones inalámbricas. En junio de 1996, la Comisión Federal de Comunicaciones editó unos requisitos para la industria de comunicaciones para el despliegue de sistemas de localización para uso en la localización de comunicantes inalámbricos al 9-1-1, con un plazo hasta octubre de 2001. La localización de comunicantes inalámbricos al 9-1-1 ahorrará tiempo de respuesta, salvará vidas y ahorrará enormes costes debido al uso reducido de los recursos de respuesta en emergencia. Además, numerosos análisis y estudios han concluido que diversas aplicaciones inalámbricas, tales como la facturación sensible a la localización, gestión de flotas y otros, tendrán gran valor comercial en los años venideros.

Antecedentes sobre los Sistemas de Comunicaciones Inalámbricos

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

ES 2 336 693 T3

Todos los protocolos de interfaz por aire usan dos tipos de “canales”. El primer tipo incluye canales de control que se usan para enviar información sobre el teléfono o transmisor inalámbrico, para la iniciación o terminación de llamadas o para transmitir datos en ráfagas. Por ejemplo, algunos tipos de servicios de mensajes cortos transfieren datos por el canal de control. En diferentes interfaces por aire, los canales de control se conocen con una terminología diferente, pero el uso de los canales de control en cada interfaz por aire es similar. Los canales de control tienen generalmente información de identificación sobre el teléfono o transmisor inalámbrico contenida en la transmisión.

El segundo tipo incluye los 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 utilizando 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 generalmente hará el uso de los canales de control para finalidades de localización inalámbrica más eficaz en coste que el uso de los canales de voz, aunque hay algunas aplicaciones para las que es deseable la localización regular sobre los canales de voz. Los canales de voz generalmente no tienen información de identificación sobre el teléfono o transmisor inalámbrico en la transmisión. Algunas de las diferencias en los protocolos de interfaz por aire se tratan a continuación:

AMPS - éste es el protocolo de interfaz por aire original utilizado para comunicaciones celulares en los Estados Unidos. En el sistema AMPS, se asignan canales dedicados separados para uso por los canales de control (RCC). De acuerdo con la Norma TLA/EIA IS-553A, cada bloque de canales de control debe comenzar en el canal celular 333 ó 334, pero el bloque puede ser de longitud variable. En los Estados Unidos, por convención, el bloque de canales de control AMPS es de 21 canales de ancho, pero se conoce también el uso de bloques de 26 canales. Un canal de voz inverso (RVC, del inglés “reverse voice channel”) 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, “frequency shift keying”), mientras que los canales de voz se modulan utilizando FM (modulación de frecuencia).

N_AMPS - esta interfaz por aire es una extensión del protocolo de interfaz por aire AMPS y se define por 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, en comparación con los 30 kHz usados por AMPS y la modulación es por FM.

TDMA - esta interfaz por aire se conoce también como D-AMPS y se define por la Norma EIA/TIA IS-136. La interfaz por aire se caracteriza por el uso de separación tanto en la frecuencia como en el tiempo. Los canales de control se conocen como Canales de Control Digital (DCCH, del inglés “Digital Control Channels”) y se transmiten en ráfagas y segmentos de tiempo asignados para el uso por el DCCH. A diferencia del AMPS, el DCCH puede asignarse en cualquier sitio en la banda de frecuencias, aunque hay generalmente algunas asignaciones de frecuencia que son más atractivas que otras basándose en el uso de bloques de probabilidad. Los canales de voz son conocidos como Canales de Tráfico Digital (DTC, del inglés “Digital Traffic Channels”). Los DTC y los DCCH pueden ocupar las mismas asignaciones de frecuencia pero no la misma asignación de segmento de tiempo en una asignación de frecuencia dada. Los DCCH y DTC utilizan el mismo esquema de modulación, conocido como $\pi/4$ DQPSK (modulación por desplazamiento de fase en cuadratura diferencial, “differential quadrature phase shift keying”). En la banda celular, un proveedor puede usar tanto protocolos AMPS como TDMA, mientras que las asignaciones de frecuencia para cada protocolo se mantengan por separado.

CDMA - esta interfaz por aire se define por la Norma EIA/TIA IS-95A. La interfaz por aire se caracteriza por el uso de separación tanto en la frecuencia como en el código. Sin embargo, debido a que los emplazamientos de células adyacentes pueden utilizar los mismos conjuntos de frecuencias, el CDMA se caracteriza también por un control de la potencia muy cuidadoso. Este control de potencia cuidadoso conduce a una situación conocida para los expertos en la técnica como el problema cerca-lejos, que hace difícil el funcionamiento adecuado de la localización inalámbrica para la mayoría de los métodos. Los canales de control se conocen también como Canales de Acceso, y los canales de voz se conocen como Canales de Tráfico. Los Canales de Acceso y de Tráfico pueden compartir la misma banda de frecuencias, pero se separan mediante el código. Los Canales de Acceso y de Tráfico utilizan el mismo esquema de modulación conocido como OQPSK.

GSM - esta interfaz por aire se define mediante la norma internacional Global System for Mobile Communications. Como la TDMA, la GSM se caracteriza por el uso de separación tanto en la frecuencia como en el tiempo. El ancho de banda de los canales es de 200 kHz, que es más ancho que los 30 kHz utilizados para el CDMA. Los canales de control se conocen como Canales de Control Dedicados Autónomos (SDCCH, del inglés “Standalone Dedicated Control Channels”) y se transmiten en ráfagas en segmentos de tiempo asignados para el uso por el SDCCH. Los SDCCH pueden asignarse en cualquier sitio de la banda de frecuencias. Los canales de voz son conocidos como Canales de Tráfico (TCH, del inglés “Traffic Channels”). Los SDCCH y los TCH pueden ocupar las mismas asignaciones de frecuencia, pero no la misma asignación de segmento de tiempo en una asignación de frecuencia dada. Los SDCCH y TCH utilizan el mismo esquema de modulación, conocido como GMSK.

Dentro de esta especificación la referencia a una cualquiera de las interfaces por aire se referirá automáticamente a todas las interfaces por aire, a menos que se especifique de otro modo. Adicionalmente, una referencia a los canales de control o a los canales de voz se referirá a todos los tipos de canales de control o voz, cualquiera que sea la terminología preferida para una interfaz por aire particular. Finalmente, hay muchos más tipos de interfaces por aire usados en el mundo y no se intenta excluir ninguna interfaz por aire de los conceptos inventivos descritos dentro de

esta especificación. Realmente, aquellos expertos en la técnica reconocerán otras interfaces utilizadas en otros lugares como derivadas de o similares en clase a aquellas descritas anteriormente.

El documento WO 98/47019 describe un Sistema de Localización Inalámbrico que utiliza una tecnología de receptor de banda estrecha para procesar las señales recibidas de los transmisores móviles para estimar la localización de los transmisores. Se usa una señal de calibración para medir los retardos de tiempo a través de los diferentes componentes del sistema y se proporcionan filtros para compensar estos retardos.

Las realizaciones preferidas de la invención descritas en este documento tienen muchas ventajas sobre otras técnicas usadas en la localización de teléfonos inalámbricos. Por ejemplo, algunas de estas otras técnicas involucran la adición de funcionalidad GPS a los teléfonos, lo que requiere que se realicen cambios significativos en los teléfonos. Las realizaciones preferidas descritas en este documento no requieren ningún cambio en los teléfonos inalámbricos y de ese modo pueden utilizarse en conexión con la base instalada actual de más de 65 millones de teléfonos inalámbricos en los Estados Unidos y 250 millones de teléfonos inalámbricos en todo el mundo.

Sumario de la invención

En consecuencia, un objeto principal de la presente invención es proporcionar un método para la calibración de un Sistema de Localización Inalámbrico (SLI) para permitir al sistema realizar mediciones altamente precisas de diferencia en el tiempo de llegada (TDOA) y diferencia en la frecuencia de llegada (FDOA).

Esto se obtiene mediante el método tal como se define en la reivindicación 1.

Cuando se utiliza con un esquema de calibración basado en GPS, el método puede comprender además la corrección de las longitudes del cable GPS.

Puede usarse una señal de referencia generada externamente para supervisar cambios en la polarización de la estación que puedan surgir debido al envejecimiento o al tiempo atmosférico.

La polarización de la estación para cada sistema de recepción en el SLI se almacena preferiblemente en forma de tablas para uso en procesamiento de localización posteriores.

A continuación se describen otras ventajas.

Breve descripción de los dibujos

Las Figuras 1 y 1A representan esquemáticamente un Sistema de Localización Inalámbrico.

La Figura 2 representa esquemáticamente un Sistema de Recogida de Señal (SCS, del inglés "Signal Collection System") 10.

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

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

La Figura 2C-1 es un diagrama de flujo de un proceso utilizado en el Sistema de Localización Inalámbrico cuando se usan módulos receptores de banda estrecha.

La Figura 2D representa esquemáticamente un módulo DSP 10-3 utilizado en el Sistema de Recogida de Señal.

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.

Las Figuras 2G-2J representan aspectos de los métodos de calibración SCS preferidos en la actualidad. La Figura 2G es una ilustración esquemática de las líneas base y los valores de error usados para explicar un método de calibración externo. La Figura 2H es un diagrama de flujo de un método de calibración interno. La Figura 2I es un ejemplo de la función de transferencia de un canal de control AMPS y la Figura 2J representa un ejemplo de una señal combinada.

Las Figuras 2K y 2L son diagramas de flujo de dos métodos para supervisión del rendimiento de un Sistema de Localización Inalámbrico.

La Figura 3 representa esquemáticamente un Procesador de Localización TDOA 12.

La Figura 3A representa la estructura de un ejemplo de mapa de red mantenido por los controladores TLP.

ES 2 336 693 T3

Las Figuras 4 y 4A representan esquemáticamente diferentes aspectos del Procesador de Aplicaciones 14.

La Figura 5 es un diagrama de flujo de un método de procesamiento de la localización basado en la estación central.

5 La Figura 6 es un diagrama de flujo de un método de procesamiento de la localización basado en la estación.

La Figura 7 es un diagrama de flujo de método para la determinación, para cada transmisión para la que se desea una localización, de si se emplea procesamiento basado en la central o en la estación.

10 La Figura 8 son diagramas de flujo de un proceso dinámico usado para seleccionar antenas y SCS 10 cooperativos usados en el procesamiento de la localización.

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

15 Las Figuras 10A y 10B son diagramas de flujo de métodos alternativos para aumentar el ancho de banda de una señal transmitida para mejorar la precisión de la localización.

20 Las Figuras 11A-11C son diagramas de flujo de señales y la Figura 11D es un diagrama de flujo y se usan para explicar un método para la combinación de múltiples estimaciones de localización estadísticamente independientes para proporcionar una estimación con precisión mejorada.

25 Las Figuras 12A y 12B son diagramas de bloque y un gráficos, respectivamente, para la explicación de un método de síntesis del ancho de banda.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

30 El Sistema de Localización Inalámbrico (Sistema de Localización Inalámbrico) funciona como una capa superpuesta pasiva de un sistema de comunicaciones inalámbrico, tal como un sistema celular, PCS o ESMR, aunque los conceptos no se limitan sólo a esos tipos de sistemas de comunicaciones. Los sistemas de comunicación inalámbricos en general no son adecuados para los dispositivos inalámbricos de localización debido a que los diseños de los transmisores inalámbricos y de los emplazamientos de célula no incluyen la funcionalidad necesaria para obtener una localización de precisión. La localización de precisión en esta aplicación se define como la precisión de 30 a 120
35 metros RMS (raíz cuadrática media). Esto se distingue de la precisión de localización que puede obtenerse mediante los emplazamientos de célula existentes, que se limita en general al radio del emplazamiento de la célula. En general, los emplazamientos de célula no se diseñan o programan 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 generalmente no tienen una capacidad de localización incluida. El Sistema
40 de Localización Inalámbrico se diseña para ser una adición de bajo coste al sistema de comunicaciones inalámbrico que involucra los mínimos cambios en los emplazamientos de célula y ningún cambio en absoluto a los transmisores inalámbricos estándar. El Sistema de Localización Inalámbrico es pasivo debido a que no contiene transmisores y por lo tanto no puede producir interferencias de ningún tipo al sistema de comunicaciones inalámbrico. El Sistema de Localización Inalámbrico usa sólo sus propios receptores especializados en los emplazamientos de célula u otras
45 localizaciones de recepción.

Visión General del Sistema de Localización Inalámbrico (Sistema de Localización Inalámbrico)

50 Como se muestra en la Figura 1, el Sistema de Localización Inalámbrico tiene cuatro tipos principales de subsistemas: el Sistema de Recogida de Señal (SCS) 10, los Procesadores de Localización TDOA (TLP, del inglés "TDOA Location Processors") 12, los Procesadores de Aplicación (AP, del inglés "Application Processors") 14 y la Consola de Operaciones de Red (NOC, del inglés "Network Operations Console") 16. Cada SCS es responsable de la recepción de las señales de RF transmitidas por los transmisores inalámbricos tanto sobre los canales de control como los canales de voz. En general, cada SCS se instala preferiblemente en un emplazamiento de células de proveedores inalámbricos y por lo tanto funciona en paralelo con la estación base. Cada TLP 12 es responsable de la gestión de una
55 red de SCS 10 y de proporcionar una capacidad de recursos centralizados de procesamiento de señales digitales (DSP, del inglés "digital signal processing") que pueden usarse en los cálculos de localización. Los SCS 10 y los TLP 12 funcionan juntos para determinar la localización del transmisor inalámbrico, como será tratado más completamente a continuación. El procesamiento de señales digitales es la manera preferible en la que procesar señales de radio debido a que los DSP son de costo relativamente bajo, 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 DSP y el software en estos sistemas puede funcionar dinámicamente para determinar dónde realizar una
60 función de procesamiento particular basándose en los intercambios en los tiempos de procesamiento, los tiempos de comunicación, tiempos de cola y costes. Cada TLP 12 existe principalmente de modo centralizado para reducir los costes generales de implementación del Sistema de Localización Inalámbrico, aunque las técnicas tratadas en este documento no se limitan a la arquitectura preferida mostrada. Esto es, los recursos de DSP pueden reubicarse dentro del Sistema de Localización Inalámbrico sin cambios en los conceptos básicos y en la funcionalidad descritos.

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 los “activadores” del Sistema de Localización Inalámbrico. Para conservar recursos, el Sistema de Localización Inalámbrico puede programarse para localizar sólo ciertos tipos predeterminados de transmisiones. Cuando tiene lugar una transmisión del tipo predeterminado, entonces el Sistema de Localización Inalámbrico se activa para comenzar el procesamiento de la localización. En otro caso, el Sistema de Localización Inalámbrico puede programarse para ignorar la transmisión. Cada AP 14 contiene también interfaces de aplicaciones que permiten una variedad de aplicaciones para acceder de modo seguro al Sistema de Localización Inalámbrico. Estas aplicaciones pueden, por ejemplo, acceder a registros de localización en tiempo real o no en tiempo real, crear o borrar ciertos tipos de activadores o hacer que el Sistema de Localización Inalámbrico tome otras acciones. Cada AP 14 también es capaz de ciertas funciones de procesamiento posterior que permiten al AP 14 combinar un número de registros de localización para generar informes o análisis extendidos útiles para aplicaciones tales como supervisión de tráfico u optimización de RF.

La 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. La NOC es la forma más efectiva de gestionar un gran Sistema de Localización Inalámbrico, utilizando capacidades de interfaz de usuario gráficas. La NOC recibirá también alarmas en tiempo real si ciertas funciones dentro del Sistema de Localización Inalámbrico no están funcionando apropiadamente. Estas alarmas en tiempo real pueden usarse por el operador para tomar las acciones correctivas rápidamente e impedir una degradación del servicio de localización. La experiencia con pruebas del Sistema de Localización Inalámbrico muestra que la capacidad del sistema para mantener una buena precisión de localización en el tiempo se relaciona directamente con la capacidad del operador para mantener el sistema en funcionamiento dentro de sus parámetros predeterminados.

Los lectores de las Patentes de Estados Unidos 5.327.144 y 5.608.410 y esta especificación observarán similitudes entre los sistemas respectivos. Realmente, el sistema descrito en el presente documento se basa significativamente en y también se mejora significativamente a partir del 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 ahora tiene 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 10 funcionar con emplazamientos de células sectorizados usados comúnmente en la actualidad. El SCS 10 puede transferir también datos desde múltiples antenas en un emplazamiento de célula al TLP 12 en lugar de combinar siempre datos desde múltiples antenas antes de transferirlos. Adicionalmente, el SCS 10 puede soportar múltiples protocolos de interfaz por aire permitiendo de este modo a las SCS 10 funcionar incluso si un proveedor inalámbrico cambia continuamente la configuración de su sistema.

El TLP 12 es similar al Sistema de Emplazamiento Central descrito en la 5.608.410, pero también se ha extendido y mejorado. Por ejemplo, el TLP 12 se ha hecho escalable de modo que la cantidad de recursos de DSP requeridos por cada TLP 12 puede ser apropiadamente escalada para concordar con el número de localizaciones por segundo requerido 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 puedan cooperar múltiples TLP 12 para compartir datos de RF a través de los límites de la red del sistema de comunicación inalámbrico. Adicionalmente, el TLP 12 ha recibido medios de control para determinar el SCS 10, y más importantemente las antenas en cada una de las SCS 10, desde las que el TLP 12 va a recibir los datos para procesar una localización específica. Anteriormente, el Sistema de Tratamiento de Antena enviaba datos automáticamente al Sistema de Emplazamiento Central, tanto solicitados como 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 de los AP 14. Los AP 14 puede soportar una mayor variedad de aplicaciones que las descritas previamente en la 5.608.410, incluyendo la capacidad de procesar posteriormente grandes volúmenes de registros de localización desde múltiples transmisores inalámbricos. Este procesamiento posterior de datos puede producir, por ejemplo, mapas muy efectivos para el uso por los proveedores inalámbricos para mejorar y optimizar el diseño de RF de los sistemas de comunicaciones. Esto puede obtenerse, 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 a la cobertura exacta de área deseada por el proveedor. El AP 14 también puede ahora almacenar los registros de localización anónimamente, esto es, con la MIN y/u otra información de identidad retirada del registro de localización, de modo que el registro de localización pueda usarse para optimización de la RF o supervisión del tráfico sin crear preocupaciones sobre la privacidad de los usuarios individuales.

Como se muestra en la Figura 1A, una implementación preferida en la actualidad del Sistema de Localización Inalámbrico incluye una diversidad de regiones SCS cada una de las cuales comprende múltiples SCS 10. Por ejemplo, la “Región SCS 1” incluye los SCS 10A y 10B (y preferiblemente otros, no mostrados) que se localizan en emplazamientos de célula respectivos y comparten antenas con las estaciones base en esos emplazamientos de célula. Las unidades de extracción e inserción 11A y 11B se usan para la interfaz de líneas T1/E1 fraccionales en líneas T1/E1 completas, que a su vez se acoplan a un sistema de acceso y control digital (DACS, del inglés “digital access and control system”)

13A. El DACS 13A y otro DACS 13B se usan en la manera descrita más completamente a continuación para las comunicaciones entre los SCS 10A, 10B, etc. y múltiples TLP 12A, 12B, etc. Como se indica, los TLP típicamente se ubican al lado e interconectan por medio de una red Ethernet (columna vertebral) y de una segunda red redundante Ethernet. También están acoplados múltiples AP 14A y 14B, múltiples NOC 16A y 16B y un terminal de servidor 15 a las redes Ethernet. Los enrutadores 19A y 19B se usan para acoplar un Sistema de Localización Inalámbrico a uno o más de otros Sistemas de Localización Inalámbricos.

Sistema de Recogida de Señal 10

10 Generalmente, 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. Dado que el número de emplazamientos de células ha aumentado en los Estados Unidos e internacionalmente, los emplazamientos de células sectorizados se han convertido en la configuración predominante. Sin embargo, hay también un número creciente de micro células y pico células, que
15 puede ser omnidireccionales. Por lo tanto, los SCS 10 se han diseñado para ser configurables para cualquiera de estos emplazamientos de células típicos y han sido provistos con mecanismos para emplear cualquier número de antenas en un emplazamiento de célula.

Los elementos básicos de la arquitectura del SCS 10 continúan los mismos que para 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 del despliegue comercial del sistema. Se describe en el presente documento el SCS 10 más preferido en la actualidad. El SCS 10, del que se muestra una de sus visiones generales en la Figura 2, incluye módulos receptores digitales 10-2A a 10-2C; módulos DSP 10-3A a 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 de reloj 10-7. El SCS 10 tiene las siguientes conexiones
25 externas: alimentación, comunicaciones T1/E1 fraccionales, conexiones de RF a las antenas y una conexión de antena GPS para el módulo de generación de tiempos (o distribución de reloj) 10-7. La arquitectura del empaquetado del SCS 10 le permite estar ubicado físicamente al lado de los emplazamientos de célula (que es el lugar de instalación más común), localizados en otros tipos de torres (tales como de FM, AM, comunicaciones bidireccionales de emergencia, televisión, etc.), o localizados en otras estructuras de edificios (tales como tejados, silos, etc.).

Generación de Tiempos

El Sistema de Localización Inalámbrico depende de la determinación con precisión del tiempo en todos los SCS 10 contenidos dentro de una red. Se han descrito varios sistemas de generación de tiempos diferentes en las descripciones previas, sin embargo el sistema más preferido en la actualidad se basa en el receptor GPS mejorado 10-6. El receptor GPS mejorado difiere de los receptores GPS más tradicionales en que el receptor contiene algoritmos que eliminan algunas de las inestabilidades de tiempo de las señales del GPS y garantizan que dos cualquiera de los SCS 10 contenidos dentro de una red pueden recibir pulsos de tiempo que están dentro de aproximadamente 10 nanosegundos del otro. Estos receptores GPS mejorados están disponibles ahora comercialmente y además reducen algunos de los errores relacionados con los tiempos de referencia que se observaban en implementaciones previas de los sistemas de localización inalámbricos. En tanto que estos receptores GPS mejorados pueden producir una referencia de tiempo muy precisa, la salida del receptor aun puede tener 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 oscilador de cristal, de bajo ruido de fase, que puede producir ahora señales de referencia de 10 MHz y un pulso por segundo (PPS) con menos de 0,01
45 grados RMS de ruido de fase y con la salida del pulso en cualquier SCS 10 de una red del Sistema de Localización Inalámbrico dentro de diez nanosegundos de cualquier otro pulso en otro SCS 10. Esta combinación de receptor GPS mejorado, oscilador de cristal y bucle de enclavamiento de fase es el método más preferido ahora para producir señales de referencia estables de tiempo y frecuencia con bajo ruido de fase.

50 El SCS 10 se ha diseñado para soportar múltiples bandas de frecuencia y múltiples proveedores con equipos localizados en el mismo emplazamiento de célula. Esto puede tener lugar mediante el uso de múltiples receptores internos en un chasis de SCS único, o mediante el uso de múltiples chasis cada uno con receptores separados. En el caso de que se coloquen múltiples chasis de SCS en el mismo emplazamiento de célula, los SCS 10 pueden compartir un circuito de generación de tiempos/distribución de reloj 10-7 y por lo tanto reducir el coste global del sistema. Las
55 señales de salida de 10 MHz y un PPS desde el circuito de generación de tiempos se amplifican y se acondicionan internamente en este SCS 10 y entonces se ponen a disposición por medio de conectores externos. Por lo tanto un segundo SCS puede recibir estos tiempos desde un primer SCS utilizando la salida acondicionada y los conectores externos. Estas señales pueden ponerse a disposición del equipo de la estación base ubicado al lado del emplazamiento de célula. Esto podría ser útil para la estación base, por ejemplo, en la mejora del patrón de reutilización de frecuencia de un sistema de comunicaciones inalámbrico.

Módulo Receptor 10-2 (Versión de Banda Ancha)

65 Cuando un transmisor inalámbrico realiza la transmisión, el Sistema de Localización Inalámbrico debe recibir la transmisión en múltiples SCS 10 situados en múltiples emplazamientos de células dispersos geográficamente. Por lo tanto, cada SCS 10 tiene la capacidad de recibir una transmisión sobre cualquier canal de RF en 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 contrasta con la mayoría de los receptores actuales de

estación base, que típicamente reciben sólo un tipo de canal y normalmente son capaces de recibir sólo sobre canales de RF seleccionados en cada emplazamiento de célula. Por ejemplo, un receptor de estación base de TDMA típico sólo soportará canales de 30 kHz de ancho y cada receptor se programa para recibir señales sólo sobre un canal único cuya frecuencia no cambie a menudo (es decir es un plan de frecuencias relativamente fijo). Por lo tanto, muy pocos de los 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 de frecuencia, los receptores en múltiples estaciones bases no son generalmente capaces de sintonizar simultáneamente a una frecuencia única con la finalidad de realizar un procesamiento de la localización. De hecho, los receptores en una estación base de GSM se programan para saltar de frecuencia para evitar la utilización de un canal de RF que está siendo usado por otro transmisor de modo que se minimice la interferencia.

El módulo receptor SCS 10-2 es preferiblemente un receptor digital dual de banda ancha que puede recibir la banda de frecuencia completa y todos los canales de RF de una interfaz por aire. Para los sistemas celulares en los Estados Unidos, este módulo receptor es o bien de 15 MHz de ancho o de 25 MHz de ancho de modo que pueden recibirse todos los canales de un proveedor único o todos los canales de ambos proveedores. Este módulo receptor tiene muchas de las características del receptor previamente descrito en la Patente Número 5.608.410 y la Figura 2A es un diagrama de bloques del módulo receptor preferido actualmente. Cada módulo receptor contiene una sección del 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 del sintonizador de RF 10-2-1 incluye 2 receptores digitales completamente independientes (incluyendo el Sintonizador #1 y el Sintonizador #2) que convierten la entrada analógica de RF desde un conector externo en un flujo de datos digitalizados. A diferencia de la mayoría de los receptores de estación base, el módulo receptor del SCS no realiza conmutación o combinación de diversidad. Más bien, 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 y especialmente el procesamiento de la mitigación del multitrayecto, al procesar independientemente las señales de cada antena en lugar de realizar la combinación en el módulo receptor.

El módulo receptor 10-2 realiza, o se acopla a los elementos que realizan, las siguientes funciones: control automático de ganancia (para soportar tanto señales fuertes cercanas como señales débiles lejanas), filtrado paso banda para eliminar potenciales señales de interferencia del exterior de la banda de RF de interés, síntesis de las frecuencias necesarias para la mezcla con las señales de RF para crear una señal de IF que pueda ser muestreada, mezclada y convertida de analógico a digital (ADC, del inglés "analog to digital conversion") para muestrear las señales de RF y sacar un flujo de datos digitalizados que tenga un ancho de banda y resolución de bits apropiados. El sintetizador de frecuencia enclava las frecuencias sintetizadas con la señal de referencia de 10 MHz del módulo de distribución de reloj/generación de tiempos 10-7 (Figura 2). Todos los circuitos utilizados en el módulo receptor mantienen la característica de bajo ruido de fase de la señal de referencia de tiempos. El módulo receptor preferiblemente tiene un intervalo dinámico libre de espurios de al menos 80 dB.

El módulo receptor 10-2 contiene también circuitos para generar frecuencias de prueba y señales de calibración, así como puertos de prueba donde pueden realizarse las mediciones por los técnicos durante la instalación o investigación de averías. Se describen a continuación varios procesos de calibración con más detalle. Las frecuencias de prueba generadas internamente y los puertos de prueba proporcionan un método fácil para los ingenieros y técnicos para probar rápidamente el módulo receptor y diagnosticar cualquier problema sospechado. Esto es también especialmente útil durante los procesos de fabricación.

Una de las ventajas del Sistema de Localización Inalámbrico descrito en este documento es que no se requieren nuevas antenas en los emplazamientos de células. El Sistema de Localización Inalámbrico puede utilizar las antenas existentes ya instaladas en la mayoría 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 en relación a otros métodos que se han descrito en técnicas anteriores. Los receptores digitales SCS 10-2 pueden conectarse a las antenas existentes de dos formas, como se muestra en las Figuras 2B y 2C, respectivamente. En la Figura 2B, los receptores SCS 10-2 se conectan a los multiconectores o repartidores de RF de los emplazamientos de célula existentes. De esta manera, el SCS 10 usa el preamplificador de bajo ruido, el filtro paso banda y el multiconector o repartidor de RF existente en el emplazamiento de célula. Este tipo de conexión normalmente limita el SCS 10 a soportar la banda de frecuencias de un único proveedor. Por ejemplo, el proveedor celular del lado A típicamente utilizará filtros paso banda para bloquear las señales de los clientes del proveedor del lado B y viceversa.

En la Figura 2C, el circuito de RF existente en el emplazamiento de célula se ha interrumpido y se ha añadido un nuevo preamplificador, filtro paso banda y repartidor de RF como parte del Sistema de Localización Inalámbrico. El nuevo filtro paso banda pasará múltiples bandas de frecuencia contiguas, tanto las del proveedor celular del lado A como la del lado B, permitiendo de este modo al Sistema de Localización Inalámbrico localizar transmisiones inalámbricas usando ambos sistemas celulares pero usando las antenas de un único emplazamiento de célula. En esta configuración, el Sistema de Localización Inalámbrico utiliza componentes de RF concordados en cada emplazamiento de célula, de modo que las respuestas de fase en relación a la frecuencia sean idénticas. Esto contrasta con los componentes de RF existentes, que puede ser de fabricantes diferentes o utilizar números de modelos diferentes en varios emplazamientos de célula. Concordando las características de respuesta de los componentes de RF se reduce una posible fuente de error para el procesamiento de la localización, aunque el Sistema de Localización Inalámbrico tiene la capacidad de compensar estas fuentes de error. Finalmente, el nuevo preamplificador instalado con el Sistema

de Localización Inalámbrico tendrá una cifra de ruido muy baja para mejorar la sensibilidad del SCS 10 en el emplazamiento de célula. La cifra de ruido global de los receptores digitales de SCS 10-2 está dominada por la cifra de ruido de los amplificadores de bajo ruido. Debido a que el sistema de localización inalámbrica 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 nivel de ruido.

Para mejorar la capacidad del Sistema de Localización Inalámbrico para determinar con precisión el TDOA para una transmisión inalámbrica, la respuesta de fase versus frecuencia de los componentes de RF del emplazamiento de célula se determina en el momento de la instalación y se actualiza cada cierto tiempo almacenándose entonces en una tabla en el Sistema de Localización Inalámbrico. Esto puede ser importante porque, por ejemplo, los filtros paso banda y/o acopladores múltiples realizados por algunos fabricantes tienen una respuesta a saltos y no lineal de fase versus frecuencia cerca del límite de la banda de paso. Si el límite de la banda de paso está muy cerca o es coincidente con los canales inversos de control o voz, entonces el Sistema de Localización Inalámbrico realizará mediciones incorrectas de las características de fase de la señal transmitida si el Sistema de Localización Inalámbrico no corrige las mediciones utilizando las características almacenadas. Esto se hace incluso más importante si un proveedor ha instalado acopladores múltiples y/o filtros paso banda desde más de un fabricante, debido a que las características de cada emplazamiento pueden ser diferentes. Además de la medición de la respuesta de fase versus frecuencia, otros factores medioambientales pueden producir cambios en el circuito de la RF anterior al ADC. Estos factores requieren calibración ocasional y a veces periódica en el SCS 10.

Versión Alternativa de Banda Estrecha del Módulo Receptor 10-2

Además o como una alternativa al módulo receptor de banda ancha, el SCS 10 también soporta una versión de banda estrecha del módulo receptor 10-2. Al contrario que el 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 puede recibir sólo 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 uso en sistemas AMPS/TDMA, que cubren dos canales contiguos de 30 kHz. Este receptor es en todo caso un receptor digital como se ha descrito para el módulo de banda ancha, sin embargo los circuitos de sintetizado y mezcla de frecuencia se usan para sintonizar dinámicamente el módulo receptor a varios de los canales de RF a la orden. Está sintonía dinámica puede tener lugar típicamente en un milisegundo o menos, y el receptor puede concentrarse en un canal de RF específico mientras se requiera para recibir y digitalizar los datos de RF para el procesamiento de la localización.

La finalidad del receptor de banda estrecha es reducir los costes de implementación de un Sistema de Localización Inalámbrico respecto al coste en que se incurre con los receptores de banda ancha. Naturalmente, hay alguna pérdida de rendimiento, pero la disponibilidad de estos receptores múltiples permite a los operadores inalámbricos tener más opciones de coste/rendimiento. Pueden añadirse funciones adicionales 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 todas las SCS 10, y posteriormente a la transmisión, el Sistema de Localización Inalámbrico puede utilizar 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 asegurarse *a priori* que los receptores de banda estrecha en múltiples emplazamientos de células están simultáneamente sintonizados al mismo canal de RF de forma que todos los receptores puedan recibir, digitalizar y almacenar simultáneamente la misma transmisión inalámbrica. Por esta razón, el receptor de banda estrecha se usa generalmente sólo para la localización de transmisiones en el canal de voz, que pueden conocerse *a priori* de la realización de la transmisión. Dado que las transmisiones del canal de control pueden tener lugar asincrónicamente en cualquier momento, el receptor de banda estrecha puede no estar sintonizado en el canal correcto para recibir la transmisión.

Cuando los receptores de banda estrecha se usan para localización de transmisiones en el canal de voz del AMPS, el Sistema de Localización Inalámbrico tiene la capacidad de cambiar temporalmente las características de modulación del transmisor inalámbrico AMPS para ayudar en el procesamiento de la localización. Esto puede ser necesario porque los canales de voz del AMPS se modulan sólo en FM con la adición de un tono de supervisión de bajo nivel conocido como SAT. Como es conocido en la técnica, el límite inferior de Cramer-Rao de la modulación FM del AMPS es significativamente peor que la modulación FSK con codificación Manchester utilizada para los canales inversos del AMPS y transmisiones "blank and burst" del canal de voz. Adicionalmente, los transmisores inalámbricos AMPS pueden transmitir con energía significativamente reducida si no hay señal de entrada de modulación (es decir, nadie está hablando). Para mejorar la estimación de localización mediante la mejora de las características de modulación sin depender de la existencia o la amplitud de la señal de modulación de entrada, el Sistema de Localización Inalámbrico puede hacer que el transmisor inalámbrico AMPS transmita un mensaje "blank and burst" en un momento en el tiempo en que los receptores de banda estrecha en múltiples SCS 10 está sintonizados a un canal de RF sobre el que se enviará el mensaje. Esto se describe adicionalmente más adelante.

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

un primer transmisor inalámbrico se conecta *a priori* en la transmisión sobre un canal de RF particular;

ES 2 336 693 T3

el Sistema de Localización Inalámbrico se activa para realizar una estimación de localización del primer transmisor inalámbrico (la activación puede ocurrir tanto interna como externamente por medio de una interfaz comando/respuesta);

el Sistema de Localización Inalámbrico determina el emplazamiento de célula, sector, canal de RF, segmento de tiempo, máscara de código largo y clave de cifrado (pueden no ser necesarios todos los elementos de información para todos los protocolos de interfaz) actualmente en uso para el primer transmisor inalámbrico;

el Sistema de Localización Inalámbrico sintoniza un primer receptor de banda estrecha apropiado en un primer SCS 10 apropiado al canal de RF y segmento de tiempo en el emplazamiento de célula y sector designados, donde apropiado significa típicamente tanto disponible como ubicado al lado o en la proximidad más 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 la modulación;

si la potencia de la transmisión o el SNR está por debajo del umbral predeterminado, el Sistema de Localización Inalámbrico espera un periodo de tiempo predeterminado y entonces vuelve a la tercera etapa anterior (donde 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 de un umbral, entonces el Sistema de Localización Inalámbrico manda al sistema de comunicación inalámbrico enviar un comando al primer transmisor inalámbrico para producir un "blank and burst" en el primer transmisor inalámbrico;

el Sistema de Localización Inalámbrico solicita al sistema de comunicaciones inalámbricas impedir una transferencia 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 periodo de tiempo durante el que se impedirá que el primer transmisor inalámbrico transfiera, y si se comanda, el periodo de tiempo durante el que el sistema de comunicaciones inalámbricas enviará un comando al primer transmisor inalámbrico para producir un "blank and burst";

el Sistema de Localización Inalámbrico determina la lista de antenas que se usarán en el procesamiento de la localización (el proceso de selección de antena se describe más adelante);

el Sistema de Localización Inalámbrico determina el marcado de tiempo del Sistema de Localización Inalámbrico más temprano en el que los receptores de banda estrecha conectados a las antenas seleccionadas están disponibles para comenzar simultáneamente a recoger datos de RF del canal de RF actualmente en uso por el primer transmisor inalámbrico;

basándose en la marca de tiempo más temprana del Sistema de Localización Inalámbrico y en los periodos de tiempo en la respuesta desde los sistemas de comunicaciones inalámbricos, el Sistema de Localización Inalámbrico comanda a los receptores de banda estrecha conectados a las antenas que se usarán en el procesamiento de la localización sintonizar con el emplazamiento de célula, sector y canal de RF actualmente en uso por el primer transmisor inalámbrico y recibir datos de RF durante un tiempo de permanencia predeterminado (basándose en el ancho de banda de la señal, SNR y requisitos de integración);

los datos de RF recibidos por los receptores de banda estrecha se escriben en la memoria de puerto dual;

comienza el procesamiento de la localización sobre los datos de RF recibidos, como se describe en las Patentes N° 5.327.144 y 5.608.410 y en las secciones a continuación;

el Sistema de Localización Inalámbrico determina de nuevo el emplazamiento de célula, sector, canal de RF, segmento de 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, segmento de tiempo, máscara de código largo y clave de cifrado actualmente en uso por el primer transmisor inalámbrico ha cambiado entre solicitudes (es decir antes y después de recoger los datos de RF) el Sistema de Localización Inalámbrico cesa el procesamiento de la localización, produce un mensaje de alarma de que el procesamiento de la localización falló debido a que el transmisor inalámbrico cambió el estado de la transmisión durante el periodo de tiempo en el que se estaban recibiendo los datos de RF, y reactiva este proceso completo;

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

La determinación de los elementos de información que incluyen el emplazamiento de célula, sector, canal de RF, segmento de tiempo, máscara de código largo y clave de cifrado (pueden no ser necesarios todos los elementos de información 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.

El uso del receptor de banda estrecha en la manera descrita anteriormente se conoce como sintonía aleatoria debido a que los receptores pueden dirigirse a cualquier canal de RF a petición del sistema. Una ventaja de la sintonía aleatoria es que las localizaciones se procesan sólo para aquellos transmisores inalámbricos para los que el Sistema de Localización Inalámbrico se activa. Una desventaja de la sintonía aleatoria es que diversos factores de sincronización, incluyendo la interfaz entre los sistemas de comunicaciones inalámbricas y el Sistema de Localización Inalámbrico y los tiempos de permanencia en la planificación de los receptores necesarios a través del sistema, pueden limitar el rendimiento del procesamiento de la localización. Por ejemplo, en el sistema TDMA, la sintonía aleatoria utilizada a través del Sistema de Localización Inalámbrico limitará típicamente el rendimiento del procesamiento de la localización a aproximadamente 2,5 localizaciones por segundo por sector del emplazamiento de 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 mantenimiento y el tiempo de ajuste que para el funcionamiento del receptor de banda estrecha descrito anteriormente, la sintonía secuencial puede obtener un rendimiento del procesamiento de la localización de aproximadamente 41 localizaciones por segundo por sector de emplazamiento de célula, significando que todos los 395 canales de RF del TDMA pueden procesarse en aproximadamente 9 segundos. Esta tasa incrementada puede obtenerse usando la ventaja de que, por ejemplo, pueden recibirse simultáneamente los dos canales de RF contiguos, procesando la localización de los tres segmentos de tiempo del TDMA en un canal RF y eliminando la necesidad de 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 consulta el Sistema de Localización Inalámbrico al sistema de comunicaciones inalámbrico sobre la información de identidad previamente a la recepción de la transmisión. En este método, las secuencias del Sistema de Localización Inalámbrico a través de cada emplazamiento de célula, canal de RF y segmento de tiempo, realizan el procesamiento de la localización e informan de un registro de localización que identifica una marca de tiempo, emplazamiento de célula, canal de RF, asignación de tiempo y localización. Posteriormente al informe del registro de localización, el Sistema de Localización Inalámbrico y el sistema de comunicaciones inalámbrico concuerdan los registros de localización con los datos del sistema de comunicaciones inalámbrico que indican qué transmisores inalámbricos estaban en uso en el momento y qué emplazamientos de células, canales de RF y segmentos de tiempo se usaron en cada transmisor inalámbrico. Entonces, el Sistema de Localización Inalámbrico puede retener los registros de localización de los transmisores inalámbricos de interés y descartar los registros de localización de los restantes transmisores inalámbricos.

Módulo del Procesador de Señales Digital 10-3

Los módulos del receptor digital SCS 10-2 obtienen un flujo de datos de RF digitalizados que tienen un ancho de banda y una resolución de bits especificados. Por ejemplo, una versión de 15 MHz del receptor de banda ancha puede obtener 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 los de todos los canales de RF que se usan por el sistema de comunicaciones inalámbrico. Los módulos DSP 10-3 reciben el flujo de datos digitalizado y pueden extraer cualquier canal de RF individual por medio de la mezcla y filtrado digitales. Los DSP pueden reducir también la resolución de bits bajo petición 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 a las que dirigir los datos de RF de la banda base, basándose en los requisitos de procesamiento para cada localización. Los DSP se usan para estas funciones para reducir los errores sistemáticos que pueden tener lugar debido a la mezcla y filtrado con los componentes analógicos. El uso de los DSP permite concordar perfectamente el procesamiento entre dos SCS 10 cualquiera.

Un diagrama de bloques del módulo DSP 10-3 se muestra en la Figura 2D y el funcionamiento del módulo DSP se representa 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 de 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; un acondicionador FIFO; un DSP 10-3-5 (incluyendo 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 versión actualmente preferida, el módulo DSP 10-3 recibe el flujo de datos digitalizados de banda ancha (Figura 2E, etapa S1), y usa 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 4 bloques de canales, donde 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 1 canal de CDMA. El DSP no requiere que los bloques sean contiguos, dado que el DSP puede sintonizar digitalmente de modo independiente en cualquier conjunto de canales de RF dentro del ancho de banda del flujo de datos digitalizados de banda ancha. El DSP puede también realizar detección de energía de banda ancha o banda estrecha sobre todos o cualquiera de los canales del bloque e informar de los niveles de potencia por canal al TLP 12 (etapa S3). Por ejemplo, cada 10 ms, el DSP puede realizar una detección de la energía de banda ancha y crear un mapa espectral de RF para todos los canales para todos los receptores (véase

la etapa S9). Debido a que este mapa espectral puede enviarse 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 significativa de datos. Por lo tanto, el DSP reduce la carga de datos limitando los datos a un número finito de niveles. Normalmente, por ejemplo, 84 dB de rango dinámico podrían requerir 14 bits. En el proceso de limitación implementado por el DSP, los datos se reducen, por ejemplo, a sólo 4 bits mediante la selección de 16 niveles espectrales de RF importantes que enviar al TLP 12. La elección del número de niveles y por lo tanto el número de bits, así como la representación de los niveles, puede ajustarse automáticamente por el Sistema de Localización Inalámbrico. Esos 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 sobre el enlace de comunicaciones entre el SCS 10 y el TLP 12.

Tras 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 se almacena entonces en la memoria digital de puerto dual 10-3-3 (etapa S4). La memoria digital es una memoria circular, lo que significa que cada módulo DSP comienza a escribir los datos en la primera dirección de memoria y entonces continúa secuencialmente hasta que se alcanza la última dirección de memoria. Cuando se alcanza la última dirección de memoria, el DSP vuelve a la primera dirección de memoria y continúa escribiendo secuencialmente en la memoria. Cada módulo DSP contiene típicamente suficiente memoria para almacenar varios segundos de datos para cada bloque de canales de RF para soportar los tiempos de permanencia y consulta en el procesamiento de la localización.

En el módulo DSP, la dirección de memoria en la que los datos de RF digitalizados y convertidos se escriben en memoria es la marca de tiempo usada a través del Sistema de Localización Inalámbrico y a la que se refiere el procesamiento de la localización en la determinación del TDOA. Para asegurar que las marcas de tiempo se alinean 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 a sí mismos simultáneamente a una dirección conocida. Esto permite al procesamiento de la localización reducir o eliminar los errores de tiempo acumulados en el registro de las marcas de tiempo para cada elemento de dato digitalizado.

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

El módulo DSP 10-3 usa el segundo DSP 10-3-4 para leer los datos desde la memoria digital 10-3-3, y entonces realiza una segunda función de recepción de extracción digital para extraer los datos de la banda base del bloque de canales de RF (etapa S5). Por ejemplo, el segundo DSP puede extraer cualquier canal único de 30 kHz del AMPS o TDMA 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 GSM único. El segundo DSP no es requerido para que 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 10-3-1 A, 10-3-1B y el segundo DSP 10-3-4 permite al módulo DSP seleccionar, almacenar y recuperar cualquier canal de RF único en un sistema de comunicaciones inalámbrico. Un módulo DSP almacenará típicamente cuatro bloques de canales. En un sistema de modo dual AMPS/TDMA, un único módulo DSP puede supervisar continua y simultáneamente hasta 42 canales de control inverso, hasta 84 canales de control digital y también encargarse de supervisar y localizar cualquier transmisión del canal de voz. Un único chasis SCS soportará típicamente hasta tres módulos receptores 10-2 (Figura 2), para cubrir tres sectores de dos antenas cada uno, de hasta nueve módulos DSP (tres módulos DSP por receptor permite que se almacene simultáneamente en la memoria digital un ancho de banda completo de 15 MHz). De ese modo, el SCS 10 es un sistema muy modular que puede descargarse fácilmente para cumplir con cualquier tipo de configuración de emplazamiento de células y carga de procesamiento.

El módulo DSP 10-3 realiza también otras funciones, incluyendo la detección automática de los canales activos usados en cada sector (etapa S6), demodulación (etapa S7) y procesamiento de la localización basado en la 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), que permite al Sistema de Localización Inalámbrico gestionar los recursos de recepción 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 ubicada al lado o cercana que usa la estación base para las comunicaciones con los transmisores inalámbricos. Por ejemplo, en un sistema celular típico con emplazamientos de célula sectorizados, habrá una frecuencia de canal de control de RF para uso en cada sector. Esas secuencias del canal de control se asignarían típicamente como canales primarios para un SCS 10 ubicado al lado.

ES 2 336 693 T3

El mismo SCS 10 puede asignarse también para supervisar los canales de control de RF de otras estaciones base cercanas como canales primarios, incluso si otros SCS 10 también tienen los mismos canales primarios asignados. En 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 que se pierda. Cuando se usa esta característica de redundancia en la demodulación, el Sistema de Localización Inalámbrico incluye medios para detectar cuando ha tenido lugar esta demodulación múltiple y activar el procesamiento de la localización solo una vez. Esta función conserva los recursos de procesamiento y comunicaciones del Sistema de Localización Inalámbrico y se describe adicionalmente a continuación. Esta capacidad de un SCS 10 único para detectar y demodular transmisiones inalámbricas que tienen lugar en emplazamientos de células no ubicadas al lado del SCS 10 permite a los proveedores del Sistema de Localización Inalámbrico desplegar redes más eficientes del Sistema de Localización Inalámbrico. Por ejemplo, el Sistema de Localización Inalámbrico puede diseñarse de forma que el Sistema de Localización Inalámbrico usa 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 utilizando dos métodos: programación directa y detección automática. La programación directa comprende la introducción de los datos del canal primario en la tabla usando una de las interfaces de usuario del Sistema de Localización Inalámbrico, tal como la Consola de Operaciones de Red 16 (Figura 1) o mediante la recepción de los datos de asignación de canales del Sistema de Localización Inalámbrico a la interfaz con el sistema de comunicaciones inalámbrico. Alternativamente, el módulo DSP 10-13 también ejecuta un proceso en segundo plano conocido como detección automática en el que el DSP usa capacidad de procesamiento de reserva o planificada para detectar transmisiones sobre varios canales posibles de RF y entonces intenta demodular esas transmisiones usando protocolos probables. El módulo DSP puede entonces confirmar que los canales primarios programados directamente son correctos y puede detectar también rápidamente cambios hechos a los canales en la estación base y enviar una alarma al operador del Sistema de Localización Inalámbrico.

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

para cada posible canal de voz y/o control que puede usarse en el área de cobertura del SCS 10, se establecen contadores de hitos (etapa S7-1);

al comienzo de un periodo de detección, todos los contadores de hitos se ponen a cero (etapa S7-2);

cada vez que tiene lugar una transmisión en un canal de RF especificado y el nivel de potencia recibida está por encima de un umbral particular preajustado, el contador de hitos 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 del segundo umbral preajustado 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 hitos 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 hitos para ese canal (etapa S7-7);

al final del período de detección, el Sistema de Localización Inalámbrico lee todos los contadores de hitos (etapa S7-8) y

el Sistema de Localización Inalámbrico asigna automáticamente canales primarios basándose en los contadores de hitos (etapa S7-9).

El operador del Sistema de Localización Inalámbrico puede revisar los contadores de hitos y la asignación automática de los canales primarios y protocolos de demodulación y anular cualquier ajuste que se hubiera realizado automáticamente. Además, si pueden usarse por el proveedor inalámbrico más de dos protocolos preferidos, entonces el módulo DSP 10-3 puede descargarse 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 que puede descargarse permite al Sistema de Localización Inalámbrico protocolos de demodulación múltiples en un único sistema. Hay una ventaja de coste significativa en soportar múltiples protocolos dentro de un único sistema, dado que sólo se requiere un único SCS 10 en un emplazamiento de célula. Esto contrasta con muchas arquitecturas de estación base, que pueden requerir diferentes módulos de transceptor para diferentes protocolos de modulación. Por ejemplo, mientras que el SCS 10 puede soportar simultáneamente AMPS, TDMA y CDMA en el mismo SCS 10, actualmente no hay disponible ninguna estación base que pueda soportar esta funcionalidad.

La capacidad para detectar y demodular múltiples protocolos también incluye la capacidad para detectar independientemente el uso de autenticación en mensajes transmitidos sobre ciertos protocolos de interfaz por aire. El uso de campos de autenticación en los transmisores inalámbricos se convirtió en frecuente en los últimos pocos años como un medio para reducir la incidencia del fraude en los sistemas de comunicaciones inalámbricas. Sin embargo, no todos los transmisores inalámbricos han implementado la autenticación. Cuando se usa la autenticación, el protocolo general-

mente inserta 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. En el momento de la demodulación de 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 búsqueda, etc.). El Sistema de Localización Inalámbrico demodula todos los campos y si aparecen como presentes campos extra, teniendo en consideración el tipo de mensaje transmitido, entonces 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 adecuado en un campo, y el campo se localiza en su lugar apropiado sin autenticación o 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 la secuencia como “911” o “*911”, sin otras cifras antes o después de ambas secuencias. Esta funcionalidad reduce o elimina una falsa activación causada por las cifras “911” apareciendo 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 métodos: el Sistema de Localización Inalámbrico demodula independientemente las transmisiones del canal de control y activará el procesamiento de la localización usando cualquier número de criterios tales como las cifras marcadas, o el Sistema de Localización Inalámbrico puede recibir activaciones desde una fuente externa tal como el sistema de comunicaciones inalámbricos del proveedor. Los presentes inventores han hallado que la demodulación independiente por el SCS 10 da como resultado el tiempo más rápido en la activación, medido desde el momento en que un usuario inalámbrico pulsa el botón “ENVIAR” o “HABLAR” (o similar) sobre un transmisor inalámbrico.

Módulo de Control y Comunicaciones 10-5

El módulo de control y comunicaciones 10-5, representado en la Figura 2F, incluye acondicionadores de datos 10-5-1, un controlador 10-5-2, 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. Por ejemplo, el SCS 10 incluye ahora una capacidad de reposición remota automática, incluso si la CPU en el módulo de control y comunicaciones para de ejecutar su software programado. Esta capacidad puede reducir los costes operativos del Sistema de Localización Inalámbrico debido a que no se requiere que los técnicos viajen al emplazamiento de la célula para reponer un SCS 10 si falla en su funcionamiento normal. Los circuitos de reposición remota automática funcionan mediante la supervisión de la interfaz de comunicaciones entre el SCS 10 y el TLP 12 para una secuencia de bits particular. 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 de bloqueo u otro de no funcionamiento, el circuito puede aún conseguir la reposición del SCS 10 y devolver a la CPU a un estado de funcionamiento.

Ese módulo tiene ahora también la capacidad de registrar e informar 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 tanto por ciento de la capacidad usada 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 informan regularmente al AP 14 y a la NOC 16 y se usan para determinar cuándo se requieren recursos de procesamiento y comunicaciones adicionales en el sistema. Por ejemplo, pueden ajustarse umbrales de alarma en la NOC para indicar a un operador si cualquier recurso está consistentemente excediendo un umbral preajustado. 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 al permitir a los operadores determinar si los umbrales de la señal para demodulación se han ajustado óptimamente.

Este módulo, así como los otros módulos, pueden también auto informar de su identidad al TLP 12. Como se describirá a continuación, muchos SCS 10 pueden conectarse 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, el SCS 10 contiene una identidad codificada firmemente que se registra en el momento de la instalación. Esta identidad puede leerse y verificarse por el TLP 12 para determinar positivamente qué SCS 10 ha sido asignado por el proveedor a cada uno de los diferentes circuitos de comunicaciones.

Las comunicaciones de SCS a TLP soportan una diversidad de mensajes, incluyendo: órdenes y respuestas, descarga de software, estado y latidos, descarga de parámetros, diagnóstico, datos espectrales, datos de fase, demodulación del canal primario y datos de RF. Los protocolos de comunicaciones se diseñan para optimizar el funcionamiento del Sistema de Localización Inalámbrico mediante la minimización 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 forma que el mensaje de prioridad más alta se envíe antes de que se envíe un mensaje de prioridad más baja. Por ejemplo, los mensajes de modulación se fijan generalmente a una prioridad alta debido que el Sistema de Localización Inalámbrico debe activar el procesamiento de la localización con ciertos tipos de llamadas (es decir, E9-1-1) sin retardo. Aunque los mensajes de mayor prioridad son puestos en cola antes que los mensajes de menor prioridad, el protocolo generalmente no vacía un mensaje que ya está en tránsito. Esto es, un mensaje en proceso de enviarse a través de la interfaz de comunicaciones del SCS 10 al TLP 12 será plenamente

completado, pero a continuación el siguiente mensaje a enviar será el mensaje de la prioridad más alta con la marca de tiempo más temprana. Para minimizar la permanencia de los mensajes de alta actividad, los mensajes largos, tales como los datos de RF, se envían en segmentos. Por ejemplo, los datos de RF para una transmisión completa de AMPS de 100 milisegundos pueden separarse en segmentos de 10 milisegundos. En esta forma, un mensaje de alta calidad puede ser puesto en cola entre medias de los segmentos de los datos de RF.

Calibración y Supervisión del Rendimiento

La arquitectura del SCS 10 se basa en alto grafo en las tecnologías digitales que incluyen el receptor digital y los procesadores de señales digitales. Una vez que se han digitalizado las señales de RF, pueden controlarse cuidadosamente las diferencias de tiempos, frecuencia y fase en los diversos procesos. De modo más importante, cualquier diferencia en los tiempos, frecuencia y fase pueden concordarse perfectamente entre los diversos receptores y diversos SCS 10 usados en el Sistema de Localización Inalámbrico. Sin embargo, antes de la ADC, las señales de RF pasan a través de un número de componentes de RF, que incluyen antenas, cables, amplificadores de bajo ruido, filtros, duplexores, multiacopladores, 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 versus frecuencia. Cuando los componentes de RF y analógicos están perfectamente concordados entre los pares de SCS 10, tales como SCS 10A y 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 concordadas, entonces el procesamiento de la localización puede inadvertidamente incluir errores instrumentales resultantes de la falta de concordancia. 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 para calibrar los componentes de RF en el Sistema de Localización Inalámbrico y para supervisar el rendimiento del Sistema de Localización Inalámbrico de una manera regular. Posteriormente a la calibración, el Sistema de Localización Inalámbrico almacena los valores de estas respuestas de retardo y fase versus frecuencia (es decir por número de canal de RF) en una tabla en el Sistema de Localización Inalámbrico para uso en la corrección de estos errores instrumentales. Se hace referencia a las Figuras 2G-2J a continuación en la explicación de estos métodos de calibración.

Método de Calibración Externa

Con referencia a la Figura 2G, la estabilidad de tiempos del Sistema de Localización Inalámbrico se mide a lo largo de líneas base, donde cada línea base se compone de dos SCS, 10A y 10B, y una línea imaginaria (A-B) dibujada entre ellos. En un tipo de Sistema de Localización Inalámbrico TDOA/FDOA, las localizaciones de los transmisores inalámbricos se calculan por la medición de las diferencias en los tiempos que cada SCS 10 registra en la llegada de la señal desde un transmisor inalámbrico. De ese modo, es importante que las diferencias en los tiempos medidos por los SCS 10 a lo largo de cualquier línea base sean ampliamente atribuidas a los tiempos de transmisión de la señal desde el transmisor inalámbrico y mínimamente atribuidas a las variaciones en los componentes de RF y analógicos de los SCS 10 en sí. Para cumplir con los objetivos de precisión del Sistema de Localización Inalámbrico, la estabilidad de tiempos para cualquier par de SCS 10 se mantienen como mucho menor de 100 nanosegundos RMS (raíz cuadrática media). De ese modo, los componentes del Sistema de Localización Inalámbrico contribuirán en menos de 30 metros RMS de error de instrumentación en la estimación de la localización de un transmisor inalámbrico. Algo de este error se asigna a la ambigüedad de la señal usada para calibrar el sistema. Esta ambigüedad puede determinarse a partir de la bien conocida ecuación de límites inferiores de Cramer-Rao. En el caso de un canal de control inverso AMPS, este error es aproximadamente 40 nanosegundos RMS. El resto de la previsión de error se asigna a los componentes del Sistema de Localización Inalámbrico, principalmente a los componentes de RF y analógicos en el SCS 10.

En el método de calibración externa, el Sistema de Localización Inalámbrico usa una red de transmisores de calibración cuyas características de señal concuerdan con las de los transmisores inalámbricos objetivo. Estos transmisores de calibración pueden ser teléfonos inalámbricos ordinarios emitiendo señales de registro periódicas y/o señales de respuesta de búsqueda. Cada línea base SCS a SCS utilizable se calibra preferiblemente de modo periódico usando un transmisor de calibración que tenga un trayecto relativamente claro y libre de obstrucciones a ambos SCS 10 asociados con la línea base. La señal de calibración se procesa de modo idéntico a la señal desde un transmisor inalámbrico objetivo. Dado que los valores TDOA son conocidos *a priori*, cualquier error en los cálculos se debe a errores sistemáticos en el Sistema de Localización Inalámbrico. Estos errores sistemáticos pueden eliminarse en los cálculos de localización posteriores para los transmisores objetivo.

La Figura 2G ilustra el método de calibración externa para minimizar los errores de tiempos. Como se sabe, un primer SCS 10A en el punto "A" y un segundo SCS 10B en el punto "B" tienen una línea base asociada A-B. Una señal de calibración emitida en el momento T_0 por un transmisor de calibración en el punto "C" teóricamente alcanzará el primer SCS 10A en el momento $T_0 + T_{AC}$. T_{ac} es una 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 el segundo SCS 10B en el momento teórico $T_0 + T_{BC}$. Normalmente, sin embargo, la señal de calibración no alcanzará la memoria digital y los componentes de procesamiento de señales digitales de los respectivos SCS 10 a exactamente los tiempos correctos. Más bien, habrá errores e_1 y e_2 en la cantidad de tiempo (T_{AC} , T_{BC} que le lleva a la señal de calibración propagarse desde el transmisor

de calibración a los SCS 10, respectivamente, de forma que los tiempos exactos de llegada son realmente $T_0 + T_{AC} + e1$ y $T_0 + T_{BC} + e2$. Tales errores serán debidos hasta cierto punto a retardos en la propagación de la señal a través del aire, es decir, desde la antena del transmisor de calibración a las antenas de los SCS; sin embargo, los errores serán debidos principalmente a las características de variaciones de tiempos en los componentes avanzados del SCS. Los errores $e1$ y $e2$ no pueden determinarse *per se* debido a que el sistema no conoce el tiempo 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 respectivos SCS 10 de cualquier par dado de SCS 10. Este error en el valor TDOA se define como la diferencia entre los valores TDOA medidos y el valor TDOA teórico τ_0 , donde τ_0 es la diferencia teórica entre los valores de retardo teóricos T_{AC} y T_{BC} . Los valores de 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 se propaga la señal de calibración, son conocidas. La línea base medida del TDOA ($TDOA_{A-B}$) puede representarse como $TDOA_{A-B} = \tau_0 + \epsilon$, donde $\epsilon = e1 - e2$. En una forma similar, una señal de calibración desde un segundo transmisor de calibración en el punto "D" tendrá errores asociados $e3$ y $e4$. El valor último de ϵ a ser restado de las mediciones de los TDOA para un transmisor objetivo será una función (por ejemplo, media ponderada) de los valores ϵ derivados para uno o más transmisores de calibración. Por lo tanto, una medición de TDOA dada ($TDOA_{medida}$) para un par de SCS 10 en los puntos "X" e "Y" y un transmisor inalámbrico objetivo en una localización desconocida será corregida como sigue:

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

$$\epsilon = k1 \epsilon1 + k2 \epsilon2 + \dots kN \epsilonN,$$

donde $k1, k2$, etc., son factores de ponderación y $\epsilon1, \epsilon2$, etc., son los errores determinados mediante la resta de los valores TDOA medidos de los valores teóricos para cada transmisor de calibración. En este ejemplo, el valor de error $\epsilon1$ puede ser el valor de error asociado con el transmisor de calibración en el punto "C" en el dibujo. Los factores de ponderación se determinan por el operador del Sistema de Localización Inalámbrico y se introducen en las tablas de configuración para cada línea base. El operador tendrá en cuenta la distancia desde cada transmisor de calibración a los SCS 10 en los puntos "X" e "Y", la línea de visión determinada empíricamente desde cada transmisor de calibración a los SCS 10 en los puntos "X" e "Y" y la contribución que cada SCS "X" e "Y" tendrá a la estimación de localización de un transmisor inalámbrico que pueda localizarse en la proximidad de cada transmisor de calibración. En general, los transmisores de calibración que estén más cerca de los SCS 10 en los puntos "X" e "Y" tendrán una ponderación mayor que los transmisores de calibración que están más alejados y los transmisores de calibración con 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 peor línea de visión.

Cada componente de error $e1, e2$, etc., y por lo tanto el componente de error resultante ϵ , pueden variar ampliamente y desordenadamente, en el tiempo debido a que algunos de los componentes de error se deben a la reflexión multitrayecto desde el transmisor de calibración a cada SCS 10. La reflexión multitrayecto depende en gran medida del trayecto y por lo tanto variará de medición a medición y de trayecto a trayecto. No es un objeto de este método determinar la reflexión multitrayecto para estos trayectos de calibración, sino más bien determinar la parte de los errores que son atribuibles a los componentes de los SCS 10. Típicamente, por lo tanto, los valores de error $e1$ y $e3$ tendrán un componente común dado que se refieren al mismo primer SCS 10A. De la misma forma, los valores de error $e2$ y $e4$ tendrán también un componente común dado que se refieren al segundo SCS 10B. Es conocido que mientras que los componentes multitrayecto pueden variar desordenadamente, los componentes de error varían lentamente y típicamente varían de modo senoidal. Por lo tanto, en el método de calibración externo, los valores de error ϵ se filtran usando un filtro ponderado, basado en el tiempo que disminuye la ponderación de los componentes multitrayecto que varían desordenadamente en tanto preserva los componentes de error que cambian relativamente con lentitud atribuidos a los SCS 10. Uno de tales filtros de ejemplo usado en los métodos de calibración externa es el filtro Kalman.

El período entre transmisiones de calibración se varía dependiendo de las velocidades de deriva en el error determinadas por los componentes del SCS. El periodo de la velocidad de deriva debería ser mucho mayor que el periodo del intervalo de calibración. El Sistema de Localización Inalámbrico supervisa el periodo de la velocidad de deriva para determinar continuamente la velocidad de cambio y puede ajustar periódicamente el intervalo de calibración, si es necesario. Típicamente, la velocidad de calibración para el Sistema de Localización Inalámbrico tal como el descrito en este documento está entre 10 y 30 minutos. Esto se corresponde bien con el periodo de tiempo típico para la velocidad de registro en un sistema de comunicaciones inalámbrico. Si el Sistema de Localización Inalámbrico determinase que el intervalo de calibración debe ajustarse a una velocidad más rápida que la velocidad de registro del sistema de comunicaciones inalámbrico, entonces el AP 14 (Figura 1) forzaría automáticamente al transmisor de calibración a transmitir buscando al transmisor en los intervalos preestablecidos. Cada transmisor de calibración se puede direccionar 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 método de calibración externo son teléfonos estándar, el Sistema de Localización Inalámbrico debe tener un mecanismo para distinguir esos teléfonos de los otros transmisores inalámbricos que se están localizando para varios propósitos 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, la transmisión se recibe en cada SCS 10 y se demodula por el SCS 10 apropiado. El Sistema de Localización Inalámbrico compara la identidad de la transmisión con una lista de identidades de tareas prealmacenadas 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 un procesamiento de calibración externo.

Método de Calibración Interna

Además del método de calibración externo, es deseable calibrar todos los canales del receptor digital de banda ancha usado en el SCS 10 de un Sistema de Localización Inalámbrico. El método de calibración externo calibrará típicamente sólo un único canal de los múltiples canales usados por el receptor digital de banda ancha. Esto es debido a que los transmisores de calibración fijos exploran típicamente el canal de control de potencia más elevada, que típicamente será el mismo que el canal de control cada vez. La función de transferencia de un receptor digital de banda ancha, junto con los otros componentes asociados, no permanece perfectamente constante, sin embargo, y variará con el tiempo y la temperatura. Por lo tanto, incluso aunque el método de calibración externa pueda calibrar con éxito un único canal, no hay seguridad de que los restantes canales estarán también calibrados.

El método de calibración interno, representado en el diagrama de flujo de la Figura 2H, es particularmente adecuado para la calibración de un primer sistema receptor individual (es decir, el SCS 10) que se caracteriza por una función de transferencia variable con el tiempo y la frecuencia, en donde la función de transferencia define como la amplitud y la fase de una señal recibida se alterará 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 la diferencia en el tiempo de llegada de una señal transmitida por el 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 localización depende, en parte, de la precisión de las mediciones de TDOA realizadas por el sistema. Un ejemplo de una función de transferencia RCC de AMPS se representa en la Figura 2I, que representa como la función de transferencia de fase varía a través de los 21 canales de control que abarcan 630 kHz.

Con referencia a la Figura 2H, el método de calibración interno incluye las etapas de desconectar temporal y electrónicamente la antena usada por el sistema receptor del sistema receptor (etapa S-20); la inyección de una señal de banda ancha generada internamente con características de señal conocidas y estables en el primer sistema receptor (etapa S-21); utilizando la señal de banda ancha generada para obtener una estimación de la manera 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 en las mediciones de tiempo y frecuencia realizadas por el primer sistema receptor (etapa S-23). Un ejemplo de la señal de banda ancha estable usada para calibración interna es una señal combinada, que se compone de múltiples elementos de frecuencia individuales, de igual amplitud con una separación conocida, tal como 5 kHz. Un ejemplo de tal señal se muestra en la Figura 2I.

La antena debe desconectarse temporalmente durante los procesos de calibración interna para impedir que las señales externas entren en el receptor de banda ancha y para 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 que pierda demasiado de una señal desde 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 relé de RF no puede proporcionar un aislamiento perfecto entre la entrada y la salida incluso estando en la posición "desconectado", pero puede proporcionar hasta 70 dB de aislamiento. Pueden usarse dos relés en serie para aumentar la cantidad de aislamiento y para asegurar adicionalmente que no hay fuga de señal desde la antena al receptor de banda ancha durante la calibración. De modo similar, cuando no se está usando la función de calibración interna, la señal de calibración interna se desconecta y los dos relés de RF también se desconectan para impedir la fuga de las señales de calibración interna al receptor de banda ancha cuando el receptor está recogiendo señales de transmisores inalámbricos.

El método de calibración externo proporciona una calibración absoluta de un único canal y el método de calibración interno calibra entonces los otros canales con relación al canal que se ha calibrado absolutamente. La señal combinada es particularmente adecuada como señal de banda ancha estable debido a que puede generarse fácilmente usando una réplica almacenada de la señal y un convertidor digital a analógico.

Calibración Externa Usando Señal de Calibración de Banda Ancha

El método de calibración externa descrito a continuación puede usarse en conexión con un sistema receptor de SCS 10 caracterizado por una función de transferencia variable en el tiempo y frecuencia, que incluye preferiblemente las antenas, filtros, amplificadores, duplexores, multiacopladores, repartidores y cableado asociado con el sistema receptor SCS. El método incluye la etapa de transmitir una señal de calibración estable, conocida de banda ancha desde un transmisor externo. La señal de calibración de banda ancha se usa entonces para estimar la función de transferencia a través del ancho de banda preestablecido del sistema receptor del SCS. La estimación de la función de transferencia se emplea posteriormente para mitigar los efectos de la variación de la función de transferencia en mediciones

ES 2 336 693 T3

TDOA/FDOA posteriores. La transmisión externa es preferiblemente de corta duración y baja potencia para evitar interferencias con el sistema de comunicaciones inalámbrica que aloja el Sistema de Localización Inalámbrico.

En el método preferido, el sistema receptor del SCS se sincroniza con el transmisor externo. Tal sincronización puede realizarse usando unidades de tiempos GPS. Más aún, el sistema receptor puede programarse para recibir y procesar el ancho de banda completo de la señal de calibración sólo en el momento en que la señal de calibración se está enviando. El sistema receptor no realizará el proceso de calibración en otro momento más que cuando está en sincronización con las transmisiones de calibración externa. Además, se usa un enlace de comunicaciones inalámbrico entre el sistema receptor y el transmisor de calibración externo para intercambiar comandos y respuestas. El transmisor externo puede utilizar una antena direccional para dirigir una señal de banda ancha sólo a las antenas del sistema receptor del SCS. Tal antena direccional puede ser una antena Yagi (es decir una matriz lineal de fase progresiva). El método de calibración incluye preferiblemente la realización de la transmisión externa sólo cuando la antena direccional está dirigida a las antenas del sistema receptor y el riesgo de reflexión multitrayecto es bajo.

15 *Calibración para Polarización de la Estación*

La presente invención concierne a un método de calibración para corregir las polarizaciones de la estación en un sistema receptor del SCS. La “polarización de la estación” se define como el retardo finito entre cuando una señal de RF de un transmisor inalámbrico alcanza la antena y cuando la misma señal alcanza al receptor de banda ancha. El método inventivo incluye la etapa de medir la longitud del cable desde las antenas a los filtros y determinar los retardos correspondientes asociados con la longitud del cable. Además, el método incluye inyectar una señal conocida en el filtro, duplexor, multiacoplador o repartidor de RF y medir la respuesta de retardo y de fase en relación a la respuesta de frecuencia desde la entrada a cada dispositivo del receptor de banda ancha. Los valores de retardo y fase se combinan y usan para corregir mediciones de localización posteriores. Cuando se usan con la generación de tiempos basados en GPS descrita anteriormente, el método incluye preferiblemente la corrección de las longitudes del cable del GPS. Más aún, se usa preferiblemente una señal de referencia generada externamente para supervisar los cambios en la polarización de la estación que puedan surgir debido al envejecimiento y al tiempo atmosférico. Finalmente, la polarización de la estación por un canal de RF y para cada sistema receptor en el Sistema de Localización Inalámbrico se almacena preferiblemente en forma de tabla en el Sistema de Localización Inalámbrico para uso en la corrección de procesamientos de la localización posteriores.

Supervisión del Rendimiento

El Sistema de Localización Inalámbrico usa métodos similares a la calibración para la supervisión del rendimiento de una forma regular y continua. Estos métodos se representan en los diagramas de flujo de las Figuras 2K y 2L. Se usan 2 métodos de supervisión del rendimiento: teléfonos fijos y pruebas de accionamiento de puntos supervisados. El método 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 (se conoce entonces a éstos como teléfonos fijos) (etapa S-30);

los puntos en los que se han colocado los teléfonos fijos son supervisados de forma que su localización se conoce con precisión dentro de una distancia predeterminada, por ejemplo tres metros (etapa S-31);

las localizaciones supervisadas se almacenan en una tabla en el AP 14 (etapa S-32);

se permite a los teléfonos fijos registrarse en el sistema de comunicaciones inalámbrico, al ritmo e intervalos fijados por el sistema de comunicaciones inalámbricos para todos los transmisores inalámbricos en el sistema (etapa S-33);

en cada transmisión de registro de un teléfono fijo, el Sistema de Localización Inalámbrico localiza el teléfono fijo usando el procesamiento de la localización normal (como con los transmisores de calibración, el Sistema de Localización Inalámbrico puede identificar una transmisión como que procede de un teléfono fijo mediante el almacenamiento de las identidades en una tabla) (etapa S-34);

el Sistema de Localización Inalámbrico calcula un error entre la localización calculada determinada por el procesamiento de la localización y la localización almacenada determinada por la supervisión (etapa S-35);

la localización, el valor de error y otros parámetros medidos se almacenan junto con la marca de tiempo en una base de datos en el AP 14 (etapa S-36);

el AP 14 supervisa el error instantáneo y otros parámetros medidos (denominados colectivamente como un registro de localización extendido) y calcula adicionalmente varios valores estadísticos del error o 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 después de realizar un filtrado estadístico sobre un número preestablecido de estimaciones de localización, el AP 14 señala 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, el puerto o 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 en el intervalo usado para el procesamiento de la localización, el SCS 10 y puerto de antena elegido como referencia para el procesamiento de la localización, el valor de correlación de la correlación espectral cruzada entre cada uno de los 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 tras los cálculos de mitigación multitrayecto. Cualquiera de estos parámetros medidos puede ser supervisado por el Sistema de Localización Inalámbrico con la finalidad de determinar cómo está rindiendo el 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 y el intervalo histórico de la potencia recibida. Pueden calcularse muchos otros valores estadísticos y esta lista no es exhaustiva.

El número de teléfonos fijos colocados dentro del área de cobertura del Sistema de Localización Inalámbrico puede determinarse basándose en la densidad de los emplazamientos de célula, la dificultad del terreno y la facilidad histórica con la que los sistemas de comunicaciones inalámbricas han funcionado en el área. Típicamente la relación es de aproximadamente un teléfono fijo por cada seis emplazamientos de célula, sin embargo en algunas áreas puede requerirse una relación de uno a uno. Los teléfonos fijos proporcionan un medio continuo para supervisar el rendimiento del Sistema de Localización Inalámbrico, así como 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 el supervisor de rendimiento de los teléfonos fijos proporciona una indicación inmediata al operador del Sistema de Localización Inalámbrico.

La prueba de accionamiento de puntos supervisados es muy similar a la supervisión de los teléfonos fijos. Los teléfonos fijos típicamente sólo pueden localizarse en el interior donde se disponga de acceso a alimentación (es decir los teléfonos deben estar continuamente alimentados para ser eficaces). Para tener una medición más completa del rendimiento en la ejecución de la localización, se realizan también unas pruebas de accionamiento de puntos de prueba exteriores. Con referencia a la Figura 2L, como con los teléfonos fijos, se supervisan puntos de prueba preestablecidos a través del área de cobertura del Sistema de Localización Inalámbrico dentro de cada tres metros (etapa S- 40). Cada punto de prueba tiene asignado un código, en donde el código consiste o bien en un "*" o en un "#", seguido de un número de secuencia (etapa S-41). Por ejemplo, "*1001" a "*1099" puede ser una secuencia de 99 códigos usados para puntos de prueba. Estos códigos deberían ser secuencias, que cuando se marquen, no tengan significado para el sistema de comunicaciones inalámbrico (es decir los códigos no hagan que tenga una característica u otra traducción en el MSC, excepto para el mensaje de interceptación). El AP 14 almacena el código de cada punto de prueba junto con la localización analizada (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 la localización normal (etapas S-43 y S-44). El Sistema de Localización Inalámbrico automáticamente calcula un error entre la localización calculada determinada por el procesamiento de la localización y la localización almacenada determinada por el análisis, y la localización del valor de error se almacena junto con una marca de tiempo en una base de datos en el AP 14 (etapa S-45 y S-46). El AP 14 supervisa el error instantáneo, así como varios valores estadísticos históricos del error. Si los valores de error exceden un umbral predeterminado o un valor estadístico histórico, tanto instantáneamente como después de realizar un filtrado estadístico en un periodo preestablecido de estimaciones de localización, el AP 14 señala una alarma al operador del Sistema de Localización Inalámbrico (etapa S-47).

Procesador de localización de TDOA (TLP)

El TLP 12, representado en las Figuras 1, 1A y 3, es un sistema de procesamiento de señales digital centralizado que gestiona muchos aspectos del Sistema de Localización Inalámbrico, especialmente los SCS 10, y proporciona control sobre 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 pueden compartirse entre el procesamiento de la localización iniciado por transmisiones en cualquiera de los SCS 10 en el Sistema de Localización Inalámbrico. Esto es, el coste adicional de los DSP en los SCS 10 se reduce teniendo los recursos disponibles centralizadamente. Como se muestra en la Figura 3, hay tres componentes principales del TLP 12: los módulos DSP 12-1, los 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 se comunica con un TLP 12 usando uno o más DS0 (que son típicamente de 56 kbps o de 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 cada emplazamiento de células. Frecuentemente, este circuito se comparte con la estación base, que comunica con el MSC. En un emplazamiento central, los DS0 asignados a la estación base se separan de los DS0 asignados a los SCS 10. Esto se lleva a cabo típicamente de modo externo al TLP 12 usando un sistema de control y acceso digital (DACS) 13A que no sólo separa los DS0 sino también prepara los DS0 de múltiples SCS 10 en circuitos T1 o E1 completos. Estos circuitos a continuación se conectan desde el DACS 13A al DACS 13B y después al módulo de comunicaciones

ES 2 336 693 T3

T1/E1 en el TLP 12. Cada módulo de comunicaciones T1/E1 contiene suficiente memoria digital para acondicionar paquetes de datos a y desde cada SCS 10 que se comunica con el módulo. Un chasis TLP único puede soportar uno o más módulos de comunicaciones T1/E1.

Los módulos DSP 12-1 proporcionan recursos acumulados para procesamiento de la localización. Un módulo único puede contener típicamente de dos a ocho procesadores de señales digitales, cada uno de los cuales está igualmente disponible para el procesamiento de la localización. Se soportan dos tipos de procesamiento de la localización: basados en la central y basados en la estación, que se describen en más detalle a continuación. El controlador del TLP 12-3 gestiona el módulo o 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 se compromete 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. Sólo entonces proporciona un DSP la tarea específica de localizar un transmisor inalámbrico específico. Usando esta técnica, los DSP, que son un recurso caro, no están nunca en espera. Un chasis TLP único puede soportar uno o más módulos DSP.

El módulo controlador 12-3 proporciona la gestión en tiempo real de todo el procesamiento de la 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 ejecutar la toma de decisiones en tiempo real cuando tienen lugar transmisiones. El módulo controlador 12-3 recibe mensajes de los SCS 10, incluyendo: estatus, energía espectral en varios canales para varias antenas, los mensajes demodulados y diagnósticos. Esto permite al controlador determinar continuamente eventos que tienen lugar en el Sistema de Localización Inalámbrico, así como enviar comandos para tomar ciertas acciones. Cuando un módulo controlador recibe mensajes demodulados desde los SCS 10, el módulo controlador decide si se requiere el procesamiento de la localización para una transmisión inalámbrica particular. El módulo controlador 12-3 también determina qué SCS 10 y antenas usar en el procesamiento de la localización, incluyendo si usar o no un procesamiento de la localización basado en la central o basado en la estación. El módulo controlador ordena a los SCS 10 devolver los datos necesarios, le ordena a los módulos de comunicaciones y módulos DSP realizar secuencialmente 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 Tabla de Señales de Interés (SOIT, del inglés "Signal of Interest Table"). Esta tabla contiene todos los criterios que pueden usarse para activar el procesamiento de la localización en una transmisión inalámbrica particular. Los criterios pueden incluir, por ejemplo, el Número de Identidad Móvil, la ID de la Estación Móvil, el Número de Serie Electrónico, las cifras marcadas, la ID del Sistema, el número de canal de RF, el número de emplazamiento de célula o el número de sector, tipo de transmisión y otros tipos de elementos de datos. Algunos de los eventos de activación pueden tener niveles mayores o menores de prioridad asociados con ellos para su uso en la determinación del orden de procesamiento. Las activaciones de localización de prioridad más alta se procesarán siempre antes que las activaciones de localización de prioridad más baja. Sin embargo, una activación de prioridad más baja que ya ha comenzado el procesamiento de la localización completará el proceso antes de que se asigne a una tarea de prioridad más alta. La lista de tareas master para el Sistema de Localización Inalámbrico se mantiene en el AP 14 y se descargan copias de las listas de tareas 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 comienza de nuevo. 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 comunicaciones. El protocolo de comunicaciones del TLP 12 al AP 14 contiene preferiblemente suficiente redundancia y comprobación de error para impedir que entren datos incorrectos en la Tabla de Señales de Interés. Cuando el AP 14 y el TLP 12 tienen periódicamente capacidad de procesamiento de reserva disponible, el AP 14 reconfirma las entradas de la Tabla de Señales de Interés para asegurar que las entradas en Tabla de Señales de Interés en el Sistema de Localización Inalámbrico están en completa sincronización.

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

Los módulos controladores 12-3 mantienen un mapa de la 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 los SCS/antenas candidatas que pueden usarse en el procesamiento de la locali-

zación 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 un área que está 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” para la finalidad de gestionar el procesamiento de la localización. Típicamente, el chasis TLP asociado con el SCS 10 que tiene la asignación de canal principal para la transmisión inalámbrica es asignado como el maestro. Sin embargo, pueden asignarse otros chasis TLP en su lugar si el TLP temporalmente no tiene 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 otro chasis TLP y los módulos controladores están minimizando las comunicaciones inter-TLP. Este proceso de toma de decisión es completamente dinámico, pero se ayuda de tablas en el TLP 12 que predeterminan el chasis TLP preferido para cada asignación de canal principal. 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 este documento funciona tanto para los chasis TLP asociados con el mismo proveedor inalámbrico, como con los chasis que solapan o bordean el área de cobertura entre dos proveedores inalámbricos. De ese modo es posible para un TLP 12 que pertenece a un primer proveedor inalámbrico estar conectado en red y por lo tanto recibir datos de RF desde un TLP 12 (y los SCS 10 asociados con ese TLP 12) que pertenece a un segundo proveedor inalámbrico. Esta conexión en red es particularmente valiosa en áreas rurales, donde el rendimiento del Sistema de Localización Inalámbrico puede mejorarse mediante el despliegue de los SCS 10 en los emplazamientos de célula de múltiples proveedores inalámbricos. Dado que en muchos casos los proveedores inalámbricos no ubican al lado los emplazamientos de células, esta característica permite al Sistema de Localización Inalámbrico acceder a antenas más dispersas geográficamente de las que pudieran estar disponibles si el Sistema de Localización Inalámbrico usase sólo emplazamientos de célula de un único proveedor inalámbrico. Como se describe a continuación, la selección apropiada y el uso de antenas para el 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 de 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 un segundo AP 14B asociado con el segundo proveedor inalámbrico y determinar si el transmisor inalámbrico particular se ha registrado para cualquier tipo de servicios de localización. Si es así, el segundo AP 14B puede dar instrucciones al primer AP 14A para colocar la identidad del transmisor inalámbrico particular en la Tabla de Señales de Interés de modo que el transmisor inalámbrico particular se localizará en tanto en cuanto 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 en 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 está siendo eliminada de la Tabla de Señales de Interés por la razón de no estar ya presente en el área de cobertura asociada con el primer AP 14A.

Puerto de Diagnóstico

El TLP de 12 soporta un puerto de diagnóstico que es altamente útil en el funcionamiento y diagnóstico de problemas dentro del Sistema de Localización Inalámbrico. A este puerto de diagnóstico puede accederse tanto localmente en un TLP 12 o remotamente sobre la red Ethernet que conecta los TLP 12 a los AP. El puerto de diagnóstico permite a un operador escribir en un archivo todos los datos de demodulación y de RF recibidos de los SCS 10, así como los resultados intermedios y finales de todos los procesamientos de la localización. Estos datos se borran del TLP 12 tras el procesamiento de una estimación de localización y por lo tanto el puerto de diagnóstico proporciona los medios para guardar los datos para procesamiento y análisis posterior. La experiencia de los inventores en el funcionamiento a gran escala de los sistemas de localización inalámbricos es que un muy pequeño número de estimaciones de localización pueden ocasionalmente tener grandes errores, estos grandes errores pueden dominar las estadísticas de funcionamiento globales del Sistema de Localización Inalámbrico durante cualquier período de medición. Por lo tanto, es importante proporcionar al operador con un conjunto de herramientas que permitan al Sistema de Localización Inalámbrico detectar y retener la causa de los errores muy grandes para diagnosticar y mitigar esos errores. El puerto de diagnóstico puede ajustarse para guardar la información anterior para todas las estimaciones de localización, para estimaciones de localización desde transmisores inalámbricos particulares o en puntos de prueba particulares o para estimaciones de localización que cumplan un cierto criterio. Por ejemplo, para teléfonos fijos o accionamiento de pruebas de puntos supervisados, el puerto de diagnóstico puede determinar el error en la estimación de localización en tiempo real y entonces escribir la información descrita anteriormente sólo para aquellas estimaciones de localización cuyo error supere un umbral predeterminado. El puerto de diagnóstico determina el error en tiempo real almacenando las coordenadas de latitud, longitud analizadas de cada teléfono fijo y punto de accionamiento de prueba en una tabla y después calcula un error radial cuando se realiza una estimación de localización para el correspondiente punto de prueba.

Redundancia

Los TLP 12 implementan la redundancia usando varias técnicas, que permiten al Sistema de Localización Inalámbrico soportar un método de redundancia M más N. La redundancia M más N significa que N chasis TLP redundantes (o en espera) se usan para proporcionar una completa reserva redundante de 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 mensajes de estado y de “latidos” en intervalos de tiempo predeterminados entre ellos mismos y con cada AP 14 asignado para supervisar el chasis TLP. De ese modo, cada módulo controlador tiene un estado continuo y completo de cada otro módulo controlador en el Sistema de Localización Inalámbrico. Los módulos controladores en diferentes chasis TLP seleccionan periódicamente un módulo controlador en un TLP 12 para que sea el controlador maestro para un grupo de chasis TLP. El controlador maestro puede decidir colocar un primer chasis TLP en estado fuera de línea si el primer TLP 12A informa de una condición de fallo o degradación en su mensaje de estado o si el primer TLP 12A falla en cualquier mensaje de informe de estado o 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. Al segundo TLP 12B se le envía automáticamente la configuración que se ha cargado en el primer TLP 12A; esta configuración puede descargarse tanto desde el controlador maestro como 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 un estado fuera de línea, sin embargo hay una preferencia de que el controlador maestro sea un módulo controlador TLP 12 en espera. Cuando el controlador maestro es un módulo controlador TLP 12 en espera, el tiempo requerido para detectar un primer TLP 12A en fallo, colocar el primer TLP 12A el estado fuera de línea y entonces realizar una conmutación redundante puede acelerarse.

Segundo, todas las comunicaciones T1 o E1 entre los SCS 10 y cada uno de los módulos de comunicaciones TLP T1/E1 12-2 se enrutan preferiblemente a través de un DACS altamente fiable que se dedica al control de la redundancia. El DACS 13B se conecta a cada circuito T1/E1 preparado que contiene los 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 y asignaciones de puerto de los DACS. Este DACS 13B se conecta a la red Ethernet descrita anteriormente y puede controlarse por cualquiera de los módulos controladores 12-3 en cualquiera de los TLP 12. Cuando se coloca un segundo TLP 12 en estado fuera de línea por un controlador maestro, el controlador maestro envía órdenes al DACS 13B para conmutar el circuito T1/E1 preparado que comunica con el primer TLP 12A con un segundo TLP 12B que ha estado en estado de espera, al mismo tiempo, el AP 14 descarga el archivo de configuración completo que se está usando por el segundo (y ahora fuera de línea) TLP 12B a un tercero (y ahora en línea) TLP 12C. El tiempo desde la primera detección de un primer chasis TLP con fallo hasta la conmutación completa y asunción de las responsabilidades de procesamiento por un tercer chasis TLP es típicamente menor de unos pocos segundos. En muchos casos, no se pierden datos 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 del TLP, cuando un primer TLP 12A se coloca en estado fuera de línea, la NOC 16 crea una alerta para notificar al operador del Sistema de Localización Inalámbrico de que ha ocurrido el evento.

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

Procesador de Aplicación (AP) 14

El AP 14 es un sistema de base de datos centralizado, que se compone de un número de procesos de software que gestionan el Sistema de Localización Inalámbrico completo, proporcionan interfaces a los usuarios y aplicaciones externos, almacenan registros de localización y configuraciones y soportan varias funcionalidades relacionadas con aplicaciones. El AP 14 usa una plataforma de hardware comercial que se dimensiona para cumplir con el rendimiento del Sistema de Localización Inalámbrico. El AP 14 también usa un sistema de base de datos relacional comercial (RDBMS, de inglés “commercial relational database system”), que se ha personalizado significativamente para proporcionar la funcionalidad descrita en el presente documento. Mientras que el SCS 10 del TLP 12 preferiblemente funcionan conjuntos en un modo puramente en tiempo real para determinar la localización y crear registros de localización, el AP 14 puede funcionar tanto en modo en tiempo real para almacenar y dirigir registros de localización como no en tiempo real para procesar posteriormente registros de localización y proporcionar acceso e información en el tiempo. La capacidad de almacenar, recuperar, y procesar posteriormente registros de localización para varios

tipos de análisis del sistema y la aplicación ha probado ser una poderosa ventaja. La colección principal de procesos de software se conoce como la ApCore, que se muestra en la Figura 4 e incluye las siguientes funciones:

5 Custodia del Rendimiento de AP (ApPerfGuard) es un proceso de software dedicado que es responsable de comenzar, detener y supervisar la mayor parte de los otros procesos del ApCore así como las comunicaciones del ApCore con la NOC 16. Tras recibir una orden 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 comienza y detiene los procesos apropiados cuando la NOC dirige al ApCore para que entre en estados de ejecución específicos y supervisa constantemente todos los otros procesos de software planificados para estar en ejecución para reiniciarlos si han salido o se han
10 detenido y reiniciar cualquier proceso que no esté respondiendo ya adecuadamente. El ApPerfGuard se asigna a una de las prioridades de procesamiento más elevadas de forma que este proceso no pueda bloquearse por otro proceso que esté “fuera de control”. El ApPerfGuard tiene también memoria dedicada asignada que no está accesible para otros procesos de software para impedir cualquier posible corrupción desde otros procesos de software.

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

El proceso de asignación de tareas 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
25 pueden recibir información de los registros de localización. El proceso ApDbSend contiene un hilo separado para cada TLP 12, en el 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 la aplicación a la Tabla de Señales de Interés, sólo los criterios de activación. De ese modo, el TLP 12 no sabe por qué un transmisor inalámbrico debe localizarse. La Lista de
30 Asignación de Tareas permite a los transmisores inalámbricos ser localizados basándose en el Número de Identidad Móvil (MIN, del inglés “Mobile Identity Number”), el Identificador de la Estación Móvil (MSID, del inglés “Mobile Station Identifier”), el Número de Serie Electrónico (ESN, del inglés “Electronic Serial Number”) y otros números de identidad, secuencias de marcado de caracteres y/o cifras, ID del Sistema propio (SID, del inglés “System ID”),
35 emplazamiento y sector de la célula 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 del mismo transmisor inalámbrico. De ese modo, un único registro de localización desde un transmisor inalámbrico que ha marcado “911” puede enviarse, por ejemplo, a un PSAP del 911, una aplicación de gestión de flotas, una aplicación de gestión de tráfico y a una aplicación de optimización de RF.

40 La Lista de Asignación de Tareas también contiene una variedad de marcadores y campo para cada criterio de activación, algunos de los cuales se describen en algún lado en esta 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 que se inhabilite al procesamiento de la localización para un determinado criterio de activación particular tal como la identidad del transmisor inalámbrico. Otro
45 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 se autorizan para añadir, borrar o realizar cambios a cualquier criterio y campos o marcadores asociados. Otro campo contiene el Grado del Servicio de Localización asociado con el criterio de activación; el Grado del Servicio indica al Sistema de Localización Inalámbrico el nivel de precisión y nivel de prioridad deseado para el procesamiento de la localización asociado con un criterio de activación particular. Por ejemplo, algunas aplicaciones pueden satisfacerse con una
50 estimación de localización aproximada (quizás por una tasa de procesamiento de la localización reducida), mientras otras aplicaciones pueden satisfacerse con procesamientos de baja prioridad en los que no se garantiza que se completen para cualquier transmisión dada (y que puede ser de vaciados para tareas de procesamiento de alta prioridad). El Sistema de Localización Inalámbrico también incluye medios para soportar el uso de comodines para los criterios
55 de activación en la Lista de Asignación de Tareas. Por ejemplo, un criterio de activación puede ser introducido como “MIN = 215555*****”. 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 termine con cuatro cifras cualesquiera. Los caracteres comodines pueden colocarse 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
60 Tabla de Señales de Interés mediante la agrupación de bloques de transmisores inalámbricos relacionados juntos.

El ApDbSend también soporta asignación de tareas dinámica. Por ejemplo, el MIN, ESN, MSID u otra identidad de cualquier transmisor inalámbrico que ha marcado “911” se colocará automáticamente en la Lista de Asignación
65 de Tareas por el ApDbSend durante una hora. De ese modo, cualesquiera transmisiones adicionales del transmisor inalámbrico que marcó “911” será también localizado en caso de emergencia adicional. Por ejemplo, si un PSAP devuelve la llamada a un transmisor inalámbrico que había marcado “911” en la última hora, el Sistema de Localización Inalámbrico activará el mensaje de respuesta de localización desde el transmisor inalámbrico y puede realizar

ES 2 336 693 T3

este nuevo registro de localización disponible para el PSAP. Esta asignación de tareas dinámica puede ajustarse para cualquier intervalo de tiempo tras un evento de iniciación y para cualquier tipo de criterio de activación. El proceso ApDbSend es también un servidor para la recepción de solicitudes de asignación de tareas desde otras aplicaciones. Estas aplicaciones, tales como gestión de flotas, pueden enviar solicitudes de asignación de tareas por medio de una conexión “socket”, por ejemplo. Estas aplicaciones pueden o bien situar 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 situar o eliminar criterios de activación y cada aplicación puede cambiar sólo los criterios de activación relativos a esa aplicación.

El Proceso de AP 911 (Ap911) gestiona cada interfaz entre el Sistema de Localización Inalámbrico y los elementos de la red E9-1-1, tales como conmutadores tandem, enrutadores selectivos, bases de datos ALI y/o los PSAP. El proceso Ap911 contiene un hilo separado para cada conexión a un elemento de red E9-1-1 y puede soportar más de un hilo para cada elemento de red. El proceso Ap911 puede funcionar simultáneamente en muchos modos basándose en la configuración del usuario y se describe en este documento. El procesamiento en tiempo de los registros de localización E9-1-1 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 almacenar primero y recuperar después un registro de localización desde cualquier tipo de disco. Cuando el ApMnDsptch dirige un registro de localización al Ap911, el Ap911 inmediatamente realiza una determinación de encaminamiento y dirige el registro de localización sobre la interfaz apropiada al elemento de la red E9-1-1. Un proceso separado, funcionando en paralelo, registra los registros de localización en 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 la E9-1-1: los modos “empujar” y “tirar”. Las aplicaciones que solicitan el modo empujar reciben un registro de localización tan pronto como esté disponible en el AP 14. Este modo es especialmente efectivo para la E9-1-1 que tiene una necesidad de tiempo muy crítico para los registros de localización, dado que las redes E9-1-1 deben enrutar las llamadas inalámbricas 9-1-1 al PSAP correcto en unos pocos segundos después de que el comunicante inalámbrico haya marcado “911”. Las aplicaciones que solicitan el modo tirar no reciben automáticamente los registros de localización, sino que más bien deben enviar una consulta al AP 14 en relación con 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 cumplan un tiempo específico u otro criterio, tal como el tipo de transmisión. Un ejemplo del uso del modo 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 entonces consulta al AP 14 para recibir el registro de localización asociado con esa llamada.

Cuando el proceso Ap911 se conecta a muchos elementos de redes E9-1-1, el Ap911 debe determinar a qué elemento de la red E9-1-1 empujar el registro de localización (suponiendo que se ha seleccionado el modo “empujar”). El AP 14 hace su 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 equivale a 1854 metros, lo que son 111 metros por milésima de grado. Adicionalmente, un minuto de longitud es el coseno(latitud) por 1854 metros, lo que para el área de Filadelfia es aproximadamente 1420 metros, o aproximadamente 85 metros por milésima de grado. Una tabla del tamaño de mil por mil, o un millón de células, puede contener las instrucciones de enrutado para un área que es aproximadamente 111 kilómetros por 85 kilómetros, que es más grande que el área de Filadelfia en este ejemplo y cada célula podría contener un área geográfica de 111 metros por 85 metros. El número de bits asignados a cada entrada en la tabla debe ser sólo suficiente para soportar el máximo número de posibilidades de enrutado. Por ejemplo, si el número total de posibilidades de enrutado es dieciséis o menos, 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 Pensilvania 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 proporciona al AP 14 unos medios para rápidamente empujar los registros de localización para las llamadas “911” sólo al elemento de la red E9-1-1 apropiado.

El AP 14 permite a cada entrada en el enrutado dinámico rellenarse usando medios manuales o automáticos. Usando los medios automáticos como, por ejemplo, una aplicación de mapa electrónico puede crear una definición del polígono 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 contenida dentro del polígono. La célula de la tabla de enrutado dinámica correspondiente a cada punto de latitud, longitud tiene entonces la instrucción de enrutado para ese elemento de la red E9-1-1 que es 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 del modo empujar o tirar y la identidad del elemento de la red E9-1-1 responsable para dar servicio al área geográfica en la que ha tenido lugar la llamada “911”. Si se ha seleccionado el modo empujar, entonces el Ap911 automáticamente empuja el registro de localización a ese elemento de la red E9-1-1. Si se ha seleccionado el modo tirar, entonces el Ap911 sitúa el registro de localización en una tabla circular de registros de localización “911” y espera a una consulta.

Los medios de enrutado dinámicos descritos anteriormente conllevan el uso de una base de datos definida geográficamente que puede aplicarse a otras aplicaciones además de la 911, y es soportada por lo tanto 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 preestablecida definida por una aplicación. El uso de bases de datos geográficas particulares, acciones de enrutado dinámicas y otras acciones de activación de la localización se definen 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 definidas geográficamente usando un mapa electrónico que puede crear polígonos que engloban un área Geográfica preestablecida. El Sistema de Localización Inalámbrico extrae del mapa electrónico una tabla de puntos de latitud, longitud contenidos en el polígono. Cada aplicación puede usar su propio conjunto de polígonos y puede definir un conjunto de acciones que se tomarán cuando se contiene un registro de localización para una transmisión inalámbrica activada dentro de cada polígono en el conjunto.

El Proceso de Recibir Bases de Datos de AP (ApDbRecvLoc) recibe todos los registros de localización desde el ApMnDsptch a través de la memoria compartida y sitúa los registros de localización dentro de la base de datos de localización del AP. El ApDbRecvLoc comienza diez hilos, cada uno de ellos recupera un registro de localización de la memoria compartida, valida cada registro antes de insertar los registros en la base de datos y entonces inserta los registros dentro de la partición del registro de localización correcta en la base de datos. Para preservar la integridad, los registros de localización con cualquier tipo de error no se escriben dentro de la base de datos del registro de localización sino que se insertan en su lugar en un archivo de errores que puede ser recuperado por el operador del Sistema de Localización Inalámbrico y entonces se introducen 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 a un archivo plano donde pueden procesarse posteriormente por el ApDbRecvLoc.

El Proceso de Recibir Archivos del AP (ApDbFileRecv) lee archivos planos que contienen registros de localización e inserta los registros en bases de datos de localización. Los archivos planos son un mecanismo de seguridad usado por el AP 14 para preservar completamente la integridad del AP 14 en todos los casos excepto en un fallo completo de las unidades de disco duro. Hay varios tipos diferentes de archivos planos leídos por el ApDbFileRecv, incluyendo el de Base de Datos Caída, de Sincronización, de Sobrecarga y de Error Corregido. Los archivos planos de Base de Datos Caída son escritos por el proceso ApDbRecvLoc si la base de datos de localización está temporalmente inaccesible; este archivo permite al AP 14 asegurar que los registros de localización se preservan durante la incidencia de este tipo de problemas. Los archivos planos de Sincronización se escriben por el proceso ApLocSync (descrito a continuación) cuando se transfieren registros de localización entre pares de sistemas AP redundantes. Los archivos planos de Sobrecarga se escriben por el ApMnDsptch cuando los registros de localización están llegando dentro del AP 14 a una velocidad más rápida que la que puede procesar e insertar el ApDbRecvLoc los registros en la base de datos de localización. Esto puede ocurrir durante periodos de velocidad pico muy alta. El archivo de sobrecarga impide que cualquier registro se pierda durante períodos pico. El archivo plano de Error Corregido contiene los registros de localización que tenían errores pero que se han corregido ya y pueden insertarse ahora en la base de datos de localización.

Debido a que el AP a 14 tiene un papel centralizado crítico 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 redundantes, unidades de disco redundantes y redes redundantes entre cada uno de los TLP 12, los NOC 16 y aplicaciones externas. La arquitectura del software del AP 14 se ha diseñado también para soportar 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. Sólo el AP 14 primario procesará la solicitud de tarea entrante y sólo el AP 14 primario aceptará los cambios de configuración solicitados desde la NOC 16. El AP 14 primario sincroniza entonces al AP 14 redundante bajo un cuidadoso control. Tanto el AP primario como el redundante aceptarán comandos básicos de arranque y parada desde la NOC. Ambos AP supervisan constantemente sus propios parámetros del sistema y la salud de la aplicación y supervisan los parámetros correspondientes del otro AP 14 y deciden entonces qué AP 14 será el primario y cuál será el redundante basándose en una puntuación compuesta. Esta puntuación compuesta se determina compilando los errores notificados por varios procesos a una área de memoria compartida y supervisan el espacio de intercambio y el espacio de disco. Hay varios procesos dedicados a soportar la redundancia.

El Proceso de Sincronización de Localización de AP (ApLocSync) se ejecuta en cada AP 14 y detecta la necesidad de sincronizar los registros de localización entre los AP y crea entonces los “registros de sincronización” que listan los registros de localización que necesitan transferirse desde un AP 14 a otro AP 14. Los registros de localización se transfieren entonces entre los AP usando una conexión “socket”.

El ApLocSync compara las particiones de los 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, no es necesaria la sincronización debido a que ambos AP están recibiendo simultáneamente los registros de localización de los TLP 12. Sin embargo, si un AP 14 falla o se sitúa en un modo fuera de línea, se requerirá posteriormente la sincronización. El ApLocSync recibe notificación cuando el ApMnDsptch conecta con un TLP 12 de forma que puede determinar si se requiere la sincronización.

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 la asignación de tareas del ApDbSend y entonces envía la información de la asignación de tareas al proceso ApTaskSync en el AP 14 redundante. Si el AP 14 primario fallase antes de que el ApTaskSync hubiese completado la replicación de las tareas, entonces el ApTaskSync realizará una sincronización completa de la base de datos de asignación de tareas cuando el AP 14 que falló se coloca de nuevo en un estado en línea.

El Proceso de Sincronización de la Configuración (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 del RDBMS. La información de configuración incluye toda la información necesitada por los SCS 10, los TLP 12 y los AP 14 para el funcionamiento apropiado del Sistema de Localización Inalámbrico en una red del proveedor inalámbrico. Además de las funciones de 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 información de localización. Mientras que los procesos, funciones e interfaces descritas en este documento están en esta sección que pertenece al AP 14, la implementación de muchos de estos procesos, funciones e interfaces impregna al Sistema de Localización Inalámbrico en su totalidad y por lo tanto su valor no debe ser leído como que se limita sólo al AP 14.

Itinerancia

El AP 14 soporta "itinerancia" entre los sistemas de localización inalámbrica situados en diferentes ciudades o operados por diferentes proveedores inalámbricos. 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 suscribirse también a 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 suscriptores "propios" válida. La lista es típicamente un intervalo y por ejemplo, para los teléfonos celulares actuales, el intervalo puede determinarse por los códigos NPA/NXX (o código de área e intercambio) asociados con el MIN o el MSID de los teléfonos celulares. Cuando un transmisor inalámbrico que cumple los criterios "propios" realiza una transmisión, un TLP 12 recibe datos demodulados desde uno o más SCS 10 y comprueba la información de la activación en la Tabla de Señales de Interés. Si se cumple algún criterio de activación, comienza el procesamiento de la localización de esa transmisión; en otro caso, la transmisión no se procesa por el Sistema de Localización Inalámbrico.

Cuando un primer transmisor inalámbrico que no cumple el criterio de "propio" realiza una transmisión en un segundo Sistema de Localización Inalámbrico, el segundo TLP 12 en el segundo Sistema de Localización Inalámbrico comprueba en la Tabla de Señales de Interés una activación. Entonces tiene lugar una de tres acciones: (i) si la transmisión cumple un criterio ya existente en la Tabla de Señales de Interés, el transmisor se localiza y el registro de localización se dirige 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 tiene una entrada "itinerante" en la Tabla de Señales de Interés que indica que el primer transmisor inalámbrico se ha "registrado" en el segundo Sistema de Localización Inalámbrico pero no tiene criterio de activación, entonces la transmisión no se procesa por el segundo Sistema de Localización Inalámbrico y entonces la marca de tiempo de expiración se fija como se describe a continuación; (iii) si el primer transmisor inalámbrico no tiene una 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.

En el tercer caso anterior, el segundo AP 14 usa la identidad del primer transmisor inalámbrico para identificar al primer AP 14 en el primer Sistema de Localización Inalámbrico como el Sistema de Localización Inalámbrico "propio" 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 suscrito 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 cualesquiera campos y marcadores asociados, se envían desde el primer AP 14 al segundo AP 14 y se introduce en la Lista de Asignación de Tareas y la Tabla de Señales de Interés como una entrada de "itinerante" con los criterios de activación. Si el primer AP 14 responde al segundo AP 14 indicando que el primer transmisor inalámbrico no tiene criterios 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. De ese modo tanto las transmisiones actuales como futuras desde el primer transmisor inalámbrico pueden identificarse positivamente por el TLP 12 en el segundo Sistema de Localización Inalámbrico como que están registradas sin criterio de activación y no se solicita al segundo AP 14 que realice consultas adicionales al primer AP 14.

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

de Interés al tiempo actual de la transmisión más reciente más un primer intervalo predeterminado. Si el primer transmisor inalámbrico no realiza transmisiones adicionales antes de la marca de tiempo de expiración de su entrada 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.

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

Registros de Localización de Múltiples Pasos

Ciertas aplicaciones pueden requerir una estimación muy rápida de la localización general de un transmisor inalámbrico, seguidos 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 manejan llamadas inalámbricas y deben realizar una decisión de enrutado de la llamada muy rápidamente, pero que pueden esperar un poco más a que una localización más exacta se muestre sobre el mapa de la terminal electrónica del recogedor de llamadas E9-1-1. El Sistema de Localización Inalámbrico soporta estas aplicaciones con un modo de procesamiento de la localización de múltiples pasos, descrito posteriormente. El AP 14 soporta este modo con registros de localización de múltiples pasos. Para ciertas entradas, la Lista de Asignación de Tareas en el AP 14 contiene un marcador que indica el máximo límite de tiempo antes de que una aplicación particular deba recibir una estimación aproximada de la localización y un segundo límite de tiempo máximo en la que una aplicación particular debe 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, ajustarse a un primer paso de estimación (es decir aproximado) o a un paso final de estimación. El Sistema de Localización Inalámbrico determinará generalmente la mejor estimación de localización dentro del tiempo límite fijado por la aplicación, esto es el Sistema de Localización Inalámbrico procesará la mayor cantidad de datos de RF que pueda soportar en el tiempo límite. 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 de dos pasos para la aplicación E9-1-1, pero un único paso de registro de localización para una aplicación de gestión de rutas que esté supervisando ese MIN particular. Esto puede extenderse a cualquier número de aplicaciones.

Múltiples Demodulaciones y Activaciones

En los sistemas de comunicaciones inalámbricos en áreas urbanas o suburbanas densas, las frecuencias o canales pueden reutilizarse 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, frecuentemente una única transmisión inalámbrica puede detectarse y demodularse con éxito en múltiples SCS 10 dentro del Sistema de Localización Inalámbrico. Esto puede ocurrir tanto intencionalmente como no intencionadamente. Una incidencia no intencionada se produce por una reutilización de frecuencia cercana, de forma que una transmisión inalámbrica particular puede recibirse por encima de un umbral predeterminado en más de un SCS 10, cuando cada SCS 10 cree que está supervisando sólo transmisiones que tiene lugar únicamente dentro del emplazamiento de célula ubicado al lado del SCS 10. Una incidencia intencionada se produce al programar más de un SCS 10 para detectar y demodular transmisiones que sucedan en un emplazamiento de célula particular y en una frecuencia particular. Como se ha descrito anteriormente, esto se usa generalmente con SCS 10 adyacentes o cercanos para proporcionar redundancia de demodulación al sistema para aumentar adicionalmente la probabilidad de que cualquier transmisión inalámbrica particular se detecte y demodule con éxito.

Cualquier tipo de evento podría conducir potencialmente a activaciones múltiples dentro del Sistema de Localización Inalámbrico, haciendo que el procesamiento de la localización se inicie varias veces para la misma transmisión. Esto produce un exceso y uso 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 seleccionar el mejor SCS 10 de demodulación como el punto de comienzo para el procesamiento de la 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 los siguientes criterios para seleccionar qué antena/SCS demodulante usar para continuar el proceso de determinar si activar y posiblemente iniciar un procesamiento de la localización (de nuevo, estos criterios pueden ponderarse en la determinación de la decisión final): (i) un SCS/antena ubicado al lado de un emplazamiento de célula al que se asignan una frecuencia particular se prefiere sobre otro SCS/antena, en esta preferencia puede ajustarse si no hay SCS/antena funcionando y en línea ubicado al lado del emplazamiento de célula al que se ha asignado la frecuencia particular, (ii) unos SCS/antenas con SNR medio más elevado se prefieren sobre aquellos con menor SNR medio y (iii) unos SCS/antenas con menores errores de bits en la demodulación de la transmisión se prefieren sobre aquellos con mayores errores de bits. La ponderación aplicada a cada una de estas preferencias puede ajustarse por el operador del Sistema de Localización Inalámbrico para adaptar el diseño particular a cada sistema.

Interfaz con el Sistema de Comunicaciones Inalámbrico

El Sistema de Localización Inalámbrico contiene medios para comunicarse sobre una interfaz con un sistema de comunicaciones inalámbrico, tal como un centro de conmutación móvil (MSC, del inglés “mobile switching center”) o controlador de posición móvil (MPC, del inglés “mobile positioning controller”). Esta interfaz puede basarse, por ejemplo, en un protocolo de seguridad 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 diversidad de órdenes/respuestas y mensajes de información sobre esta interfaz que se diseña para ayudar en la detección, demodulación y activación con éxito de transmisiones inalámbricas, así como proporcionar medios para pasar 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 tienen asignados parámetros particulares del canal de voz en emplazamientos de células particulares. Por ejemplo los mensajes soportados por el Sistema de Localización Inalámbrico sobre esta interfaz con el sistema de comunicaciones inalámbrico incluyen lo siguiente:

Consulta sobre el mapeado MIN/MDN/MSID/IMSI/TMSI - Ciertos tipos de transmisores inalámbricos transmitirán su identidad en un formato familiar que puede marcarse sobre la red telefónica. Otros tipos de transmisores inalámbricos transmitirán una identidad que no puede marcarse, pero que se traduce en un número que puede marcarse usando una tabla en el interior del sistema de comunicaciones inalámbrico. La identidad transmitida es permanente en la mayor parte de los casos, pero puede ser también temporal. Los usuarios de aplicaciones de localización conectados al AP 14 prefieren típicamente colocar activaciones sobre la Lista de Asignación de Tareas usando identidades que puedan marcarse. Identidades que puedan marcarse se conocen típicamente como Números de Directorio Móviles (MDN, del inglés “Mobile Directory Numbers”). Los otros tipos de identidades para los que puede requerirse traducción incluyen el Número de Identidad Móvil (MIN), la Identidad de Suscriptor Móvil (MSID), la Identidad de Suscriptor Móvil Internacional (IMSI) y la Identidad de Suscriptor Móvil Temporal (TMSI). Si el sistema de comunicaciones inalámbrico tiene habilitado el uso de cifrado para cualquiera de los campos de datos en 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 móviles sobre identidades alternativas de una identidad de activación que se ha colocado sobre la Lista de Asignación de Tareas por una aplicación de localización o consultar al sistema de comunicaciones inalámbrico sobre identidades alternativas de una identidad que se ha demodulado por un SCS 10. Otros eventos pueden activar también este tipo de consultas. Para este tipo de consultas, típicamente el Sistema de Localización Inalámbrico inicia la orden y el sistema de comunicaciones inalámbrico responde.

Consulta/Orden de Cambio de la Asignación de los Canales de RF de Voz - Muchas transmisiones inalámbricas sobre canales de voz no contienen información de identidad. Por lo tanto, cuando el Sistema de Localización Inalámbrico se activa para realizar un procesamiento de la localización sobre una transmisión en el canal de voz, el Sistema de Localización Inalámbrico consulta al sistema de comunicaciones inalámbrico para obtener la información de asignación del canal de voz actual para el transmisor particular para el que se ha iniciado el Sistema de Localización Inalámbrico. Para una transmisión AMPS, por ejemplo, el Sistema de Localización Inalámbrico solicita preferiblemente 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 solicita preferiblemente el emplazamiento de célula, sector, número canal de RF y segmento de tiempo actualmente en uso por el transmisor inalámbrico. Otros elementos de información que pueden necesitarse incluyen máscaras 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 iniciación del sistema de comunicaciones inalámbrico que contenga la información detallada en este documento.

Los tiempos en este conjunto de mensajes de órdenes/respuestas son muy críticos dado que las transferencias en el canal de voz pueden tener lugar bastante frecuentemente en los sistemas de comunicaciones inalámbricas. 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 asegurarse conjuntamente de que la identidad del transmisor inalámbrico y la información de asignación del canal de voz están en perfecta sincronización-. El Sistema de Localización Inalámbrico usa varios medios para alcanzar 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 a continuación de nuevo la información de asignación del canal de voz para ese mismo transmisor inalámbrico y verificar entonces que el estado del transmisor inalámbrico no ha cambiado durante el tiempo en el que se estaban recogiendo los datos de RF por el Sistema de Localización Inalámbrico. No se requiere que el procesamiento de la localización se complete antes de la segunda consulta, dado que es 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 consulta, ordenar al sistema de comunicaciones inalámbrico impedir que tengan lugar las transferencias para un transmisor inalámbrico particular durante el tiempo en el que el Sistema de Localización Inalámbrico está recibiendo los datos de RF. Entonces, posteriormente a la recolección de los datos de RF, el Sistema de Localización Inalámbrico consultará de nuevo la información de asignación del canal de voz para ese mismo transmisor inalámbrico, ordenará al sistema de comunicaciones inalámbrico que permita de nuevo transferencias a dicho transmisor inalámbrico y a continuación verificará que el estado del transmisor inalámbrico no ha cambiado durante el tiempo en el que los datos de RF se estaban recogiendo por el 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 antes de realizar el procesamiento de la localización. Por lo tanto, como parte de la secuencia orden/respuesta, el sistema de comunicaciones inalámbrico puede dar instrucciones al Sistema de Localización Inalámbrico para suspender temporalmente el procesamiento de la localización antes de que el sistema de comunicaciones inalámbrico haya completado una secuencia de transferencia con el transmisor inalámbrico y el sistema de comunicaciones inalámbrico haya notificado al Sistema de Localización Inalámbrico que pueden recibirse datos de la red y el canal de RF de voz sobre el que pueden recibirse los datos. 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 obtener una estimación de localización aceptable y solicitar que el sistema de comunicaciones inalámbrico ordene al transmisor inalámbrico que haga una transferencia. Alternativamente, el Sistema de Localización Inalámbrico puede solicitar que el sistema de comunicaciones inalámbrico ordene al transmisor inalámbrico transfiera una serie de canales de RF de voz en secuencia para realizar una serie de estimaciones de localización, con lo que el Sistema de Localización Inalámbrico puede mejorar la precisión de la estimación de localización a través de la serie de transferencias; este método se describe adicionalmente más adelante.

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 ha estado usando un canal de voz particular (y segmento 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 sobre las transmisiones sin conocer las identidades y a continuación determinar posteriormente la identidad de los transmisores inalámbricos que realizan las transmisiones y añadir esta información al registro de localización. Esta característica particular permite el uso de localización secuencial automática de las transmisiones en el canal de voz.

Recibir Activaciones - El Sistema de Localización Inalámbrico puede recibir activaciones desde el sistema de comunicaciones inalámbrico para realizar el procesamiento de la localización sobre transmisiones en el canal de voz sin conocer la identidad del transmisor inalámbrico. Este conjunto de mensajes se salta 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 en solitario determina qué transmisiones inalámbricas localizar y entonces envía una orden al Sistema de Localización Inalámbrico para que recoja los datos de RF de un canal de voz particular en un emplazamiento de célula particular y realice un procesamiento de la localización. El Sistema de Localización Inalámbrico responde con una confirmación que contiene una marca de tiempo de cuándo se han recogidos los datos de RF. El Sistema de Localización Inalámbrico también responde con un registro de localización de formato apropiado y cuándo se ha completado el procesamiento de la localización. Basándose en el tiempo de la orden al Sistema de Localización Inalámbrico y la respuesta de la marca de tiempo de la 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 recogida de datos de RF con éxito.

Realizar Transmisión - El Sistema de Localización Inalámbrico puede ordenar al sistema de comunicaciones inalámbrico forzar a un transmisor inalámbrico particular para que realice una transmisión en un momento particular o dentro de un intervalo preestablecido de tiempos. El sistema de comunicaciones inalámbrico responde con una confirmación de un tiempo o intervalo de tiempos 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 de búsqueda. Utilizando este conjunto de mensajes, el Sistema de Localización Inalámbrico puede también ordenar al sistema de comunicaciones inalámbrico forzar la transmisión inalámbrica para que transmita utilizando un ajuste en el nivel de potencia mayor. En muchos casos, los transmisores inalámbricos intentarán usar los ajustes en el nivel de potencia menor cuando transmiten para conservar la vida de la batería. Para mejorar la precisión en la estimación de localización, el Sistema de Localización Inalámbrico puede preferir que el transmisor inalámbrico utilice un ajuste mayor en el nivel de potencia. El sistema de comunicaciones inalámbrico responderá al Sistema de Localización Inalámbrico con una confirmación de que se usará un ajuste mayor en el nivel de potencia y el tiempo o intervalo de tiempos en el que esperar la transmisión.

Retardo en la Respuesta del Sistema de Comunicaciones Inalámbrico al Acceso del Móvil - algunos de los protocolos de interfaz por aire, tales como el CDMA, usa un mecanismo en el que el transmisor inalámbrico inicia las transmisiones en un canal, tal como un canal de acceso, por ejemplo, con el ajuste más bajo o muy bajo en el nivel de potencia y entonces introduce una secuencia de etapas en las que (i) el transmisor inalámbrico realiza una transmisión de acceso; (ii) el transmisor inalámbrico espera a una respuesta del sistema de comunicaciones inalámbrico; (iii) si no se recibe respuesta en el transmisor inalámbrico del sistema de comunicaciones inalámbrico dentro de un tiempo predeterminado, el transmisor inalámbrico aumenta su ajuste en el nivel de potencia en una cantidad predeterminada y vuelve entonces a la etapa (i); (iv) si se recibe una respuesta en el transmisor inalámbrico del sistema de comunicaciones inalámbrico dentro de un tiempo predeterminado, el transmisor inalámbrico introduce entonces un intercambio de mensajes normal. Este mecanismo es útil para asegurar que el transmisor inalámbrico usa sólo el ajuste en el nivel de potencia útil más bajo para transmitir y no gasta adicionalmente la energía o vida de la batería. Es posible, sin embargo, que el ajuste en el 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 localización aceptable. Por lo tanto, el Sistema de Localización Inalámbrico puede ordenar al sistema de comunicaciones inalámbrico que retarde su respuesta a estas transmisiones en un tiempo o cantidad predeterminados. Esta acción de retardo hará

que el transmisor inalámbrico repita la secuencia de etapas (i) a (iii) una o más veces de lo normal con el resultado de que una o más que las transmisiones de acceso estarán a un nivel de potencias mayor que el normal. El nivel de potencia mayor puede permitir preferiblemente al Sistema de Localización Inalámbrico determinar una estimación de localización más precisa. El Sistema de Localización Inalámbrico puede ordenar este tipo de acción de retardo bien para una transmisión inalámbrica particular, para un tipo particular de transmisiones inalámbricas (por ejemplo, para todas las llamadas '911'), para transmisores inalámbricos que estén en un intervalo especificado desde la estación base con la que el transmisor está intentando comunicar, o para todas las transmisiones inalámbricas en un área particular.

Envío de Confirmación al Transmisor Inalámbrico - El Sistema de Localización Inalámbrico no incluye medios dentro de él 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 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, un mensaje hablado o un mensaje sintetizado al transmisor inalámbrico, un mensaje de texto enviado a través de un servicio de mensajes cortos o de búsqueda. El Sistema de Localización Inalámbrico recibe confirmación del sistema de comunicaciones inalámbrico de que el mensaje se ha aceptado y enviado al transmisor inalámbrico. Este conjunto de mensajes de orden / respuesta es importante al permitir al Sistema de Localización Inalámbrico soportar ciertas funciones de aplicaciones de usuario final tales como Prohibición del Procesamiento de la localización.

Informe de los Registros de Localización - El Sistema de Localización Inalámbrico informará automáticamente de los registros de localización al sistema de comunicaciones inalámbrico para aquellos transmisores inalámbricos asignados para informar al sistema de comunicaciones inalámbricos, así como para aquellas transmisiones para las que el sistema de comunicaciones inalámbrico inició la activación. El Sistema de Localización Inalámbrico también informa sobre cualquier registro de localización histórico consultado por el sistema de comunicaciones inalámbrico y que el sistema de comunicaciones inalámbrico está autorizado para recibir.

Supervisión Interna de las Interfaces del Sistema de Comunicaciones Inalámbrico, Tabla de Estado

Además de esta interfaz anterior entre el Sistema de Localización Inalámbrico y 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 identificar transmisores inalámbricos y los canales de RF en uso por sus transmisores. Estas interfaces pueden incluir, 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 sobre estas interfaces entre las estaciones base (BTS, del inglés "base stations"), los controladores de estación base (BSC, del inglés "base station controllers") 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 la que el sistema de comunicaciones inalámbricos conoce por sí mismo. El Sistema de Localización Inalámbrico incluye medios para supervisar éstas interfaces en varios puntos. Por ejemplo, el SCS 10 puede supervisar una interfaz BTS a BSC. Alternativamente, un TLP 12 o AP 14 puede supervisar también una BSC donde se han concentrado un número de interfaces BTS a BSC. Las interfaces internas al sistema de comunicaciones inalámbrico no están cifradas y los protocolos estratificados son conocidos para aquellos familiarizados con la técnica. La ventaja del Sistema de Localización Inalámbrico en la supervisión de estas interfaces es que puede no se le requiera al Sistema de Localización Inalámbrico para que detecte y demodule independientemente los mensajes del canal de control de los transmisores inalámbricos. Además, el Sistema de Localización Inalámbrico puede obtener toda la información de asignación de canales de voz necesaria de estas interfaces.

Usando estos medios para una transmisión del 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. Separadamente, el Sistema de Localización Inalámbrico supervisa los mensajes que tienen lugar sobre las interfaces preestablecidas 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 contiene un evento de activación. Iniciado por el evento de activación, el Sistema de Localización Inalámbrico determina el tiempo aproximado en el que tuvo lugar la transmisión inalámbrica y ordena a un 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 ubicado al lado de la estación base a la que ha comunicado el transmisor inalámbrico o un SCS que está adyacente a la estación base con la que ha comunicado el transmisor inalámbrico. Esto es, el primer SCS 10A es un SCS al que se habría asignado el canal de control como canal primario. Si el primer SCS 10A determina con éxito e informa del 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 informa del comienzo de la transmisión y entonces el procesamiento de la localización prosigue normalmente.

El Sistema de Localización Inalámbrico usa también estos medios para las transmisiones en el canal de voz. Para todas las activaciones contenidas en la Lista de Asignación de Tareas, el Sistema de Localización Inalámbrico supervi-

sa las interfaces preestablecidas para mensajes que pertenezcan a esas activaciones. Los mensajes de interés incluyen, por ejemplo, mensajes de asignación del canal de voz, mensajes de intercambio, mensajes de salto de frecuencia, mensajes de subir/bajar la potencia, mensajes de reintento dirigidos, mensajes de finalización y otros mensajes de acción y estados similares. El Sistema de Localización Inalámbrico mantiene continuamente una copia del estado y situación de estos transmisores inalámbricos en 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 un procesamiento de la localización, tal como sobre un intervalo de tiempo regular, y acceder a la Tabla de Estado para determinar con precisión qué emplazamiento de célula, sector, canal de RF y segmento de tiempo se está usando actualmente por el transmisor inalámbrico. El ejemplo contenido en este documento describe los medios con los que el Sistema de Localización Inalámbrico realiza la interfaz con los sistemas de comunicaciones inalámbricos basados 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 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) para, en parte, determinar la máscara del código largo utilizada en la codificación de las transmisiones en el 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 porque muchos transmisores inalámbricos pueden transmitir la información sólo una vez; por ejemplo, muchos móviles CDMA transmitieran sólo su ESN durante la primera ráfaga de Acceso después de que el transmisor inalámbrico se convierte en activo en un área geográfica. Esta capacidad para determinar independientemente la máscara de código largo es muy útil en casos en los que la interfaz entre el Sistema de Localización Inalámbrico y el sistema de comunicaciones inalámbrico no es operativa y/o el Sistema de Localización Inalámbrico no es capaz de supervisar una de las interfaces internas al sistema de comunicaciones inalámbrico. El operador del Sistema de Localización Inalámbrico puede opcionalmente ajustar el Sistema de Localización Inalámbrico para mantener la información de identidad para todos los transmisores inalámbricos. Además de las razones anteriores, el Sistema de Localización Inalámbrico puede proporcionar el seguimiento del canal de voz para todos los transmisores inalámbricos que activan el procesamiento de la localización llamando al "911". Como se ha descrito anteriormente, el Sistema de Localización Inalámbrico usa asignación de tareas dinámica para proporcionar la localización a un transmisor inalámbrico durante un tiempo preestablecido después de marcar "911", por ejemplo. Manteniendo la información de identidad para todos los transmisores inalámbricos en la Tabla de Estado, el Sistema de Localización Inalámbrico es capaz de proporcionar seguimiento del canal de voz para todos los transmisores en el caso de un evento de activación preestablecido y no solamente para aquellos con entradas previas en la Lista de Asignación de Tareas.

Interfaces de Aplicaciones

Usando el AP 14, el Sistema de Localización Inalámbrico soporta una variedad de interfaces con el usuario final basados en normas y aplicaciones de localización del proveedor usando protocolos seguros tales como 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 con el AP 14. Esto es necesario porque cada aplicación conectada tiene garantizado sólo acceso limitado a registros de localización en modo tiempo real y/o histórico. Además, el AP 14 soporta funciones adicionales de órdenes/respuestas, tiempo real, y procesamiento posterior que se detallan adicionalmente a continuación. El acceso a estas funciones adicionales requiere también autenticación. El AP 14 mantiene una lista de usuarios y los medios de autenticación asociados con cada usuario. Ninguna aplicación puede obtener acceso a registros de localización o funciones para las que la aplicación no tenga los adecuados derechos de autenticación o acceso. Además, el AP 14 soporta un completo registro de todas las acciones tomadas por cada aplicación en el caso de que surjan problemas o que se requiera una investigación posterior sobre las acciones. Para cada orden o función en la lista a continuación, el AP 14 soporta preferiblemente un protocolo en el que cada acción o el resultado de cada una se confirma, como sea apropiado.

Edición de la 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 y marcador asociado con cada entrada. Esta orden puede soportarse en base a una entrada única o en base a entradas por lotes donde se incluye una lista de entradas en una única orden. Lo último es útil, por ejemplo, en una aplicación en masa tal como Facturación Sensible a la Localización en donde grandes volúmenes de transmisores inalámbricos son soportados por la aplicación externa, y se desea minimizar la sobrecarga del protocolo. Esta orden puede añadir o borrar aplicaciones para una entrada particular en la Lista de Asignación de Tareas, sin embargo, esta orden no puede borrar una entrada completamente si la entrada contiene también otras aplicaciones no asociadas con o autorizadas por la aplicación que envía la orden.

Fijación del Intervalo de Localización - El Sistema de Localización Inalámbrico puede ajustarse para realizar un procesamiento de la localización en cualquier intervalo para un transmisor inalámbrico particular tanto sobre los canales de control como de voz. Por ejemplo, ciertas aplicaciones pueden requerir la localización de un transmisor inalámbrico cada pocos segundos cuando el transmisor está comunicando 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 esa entrada especifica

una localización actualizada en un intervalo fijado, entonces el Sistema de Localización Inalámbrico crea una tarea dinámica en la Lista de Asignación de Tareas que se activa por un temporizador en lugar de por una identidad u otro criterio transmitido. Cada vez que expira el temporizador, lo que puede oscilar desde un segundo a varias horas, el Sistema de Localización Inalámbrico se activará automáticamente para localizar la transmisión inalámbrica. El Sistema de Localización Inalámbrico usa su interfaz con el sistema de comunicaciones inalámbrico para consultar el estado de un transmisor inalámbrico, incluyendo los parámetros de la llamada de voz como se ha descrito anteriormente. Si el transmisor inalámbrico está comunicando en un canal de voz, entonces el Sistema de Localización Inalámbrico realiza el procesamiento de la localización. Si el transmisor inalámbrico no está comunicando en cualquier transmisión existente, el Sistema de Localización Inalámbrico ordenará al sistema de comunicaciones inalámbrico hacer que el transmisor inalámbrico transmita inmediatamente. Cuando se fija la tarea dinámica, en Sistema de Localización Inalámbrico también fija un tiempo de expiración en el que finalizar la tarea dinámica.

Adición/Borrado de Usuario Final - Esta orden puede ejecutarse por un usuario final de un transmisor inalámbrico para colocar la identidad del transmisor inalámbrico sobre la Lista de Asignación de Tareas con el procesamiento de la localización permitido, eliminar la identidad de transmisor inalámbrico de la Lista de Asignación de Tareas y por lo tanto eliminar la identidad como un activador o 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 el usuario final, conocido como Prohibir el Procesamiento de la Localización entonces no se realizará ningún procesamiento de la localización para el transmisor inalámbrico. El operador del Sistema de Localización Inalámbrico puede opcionalmente seleccionar una o varias acciones mediante el Sistema de Localización Inalámbrico en respuesta a la orden de Prohibir el Procesamiento de la Localización por el usuario final: (i) la acción de inhabilitación puede anular todos los otros activaciones en la Lista de Asignación de Tareas, incluyendo una activación debida a una llamada de emergencia tal como "911", (ii) la acción de inhabilitación puede anular cualquier otra activación en la Lista de Asignación de Tareas, excepto una activación debido a una llamada de emergencia tal como "911", (iii) la acción de inhabilitación puede ser anulada por otras activaciones seleccionadas en la Lista de Asignación de Tareas. En el primer caso, se garantiza al usuario final un control completo sobre la privacidad de las transmisiones con el transmisor inalámbrico, ya que ningún procesamiento de la localización se realizará en ese transmisor por ninguna razón. En el segundo caso, el usuario final puede recibir aún 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 anular la acción de usuario final por parte de un empleado que está usando el transmisor inalámbrico como parte del trabajo pero que puede que no desee ser localizado. El Sistema de Localización Inalámbrico consulta al sistema de comunicaciones inalámbrico, como se ha descrito anteriormente, para obtener el mapa de las identidades contenidas en las transmisiones inalámbricas a otras identidades.

Las adiciones y borrados por el usuario final se efectúan mediante secuencias de caracteres y cifras marcadas y presionando el botón "ENVIAR" o equivalente sobre el transmisor inalámbrico. Estas secuencias pueden elegirse opcionalmente y darse a conocer por el operador del Sistema de Localización Inalámbrico. Por ejemplo, una secuencia puede ser "*55 ENVIAR" para inhabilitar el procesamiento de la localización. Otras secuencias son también posibles. Cuando el usuario final puede marcar esta secuencia preestablecida, el transmisor inalámbrico transmitirá la secuencia sobre uno de los canales de control preestablecidos del sistema de comunicaciones inalámbrico. Dado que el Sistema de Localización Inalámbrico detecta independientemente y demodula todas las transmisiones de los canales de control inverso, el Sistema de Localización Inalámbrico puede interpretar independientemente la secuencia marcada preestablecida y realizar las actualizaciones de características apropiadas en la Lista de Asignación de Tareas, como se ha descrito anteriormente. Cuando el Sistema de Localización Inalámbrico ha completado la actualización de la Lista de Asignación de Tareas, el Sistema de Localización Inalámbrico ordena al sistema de comunicaciones inalámbrico enviar una confirmación al usuario final. Como se ha descrito anteriormente, esto puede tomar la forma de un tono audible, una voz grabada o sintetizada o un mensaje de texto. Esta orden se ejecuta sobre la interfaz entre el Sistema de Localización Inalámbrico y el sistema de comunicaciones inalámbrico.

Transmisión de Órdenes - Esta orden permite a las aplicaciones externas hacer que el Sistema de Localización Inalámbrico envíe una orden al sistema de comunicaciones inalámbrico para hacer que un transmisor inalámbrico particular, o un grupo de transmisores inalámbricos, transmitan. La orden puede contener un marcador o campo por el que el transmisor o transmisores inalámbricos deberían transmitir inmediatamente o en un tiempo preestablecido. Esta orden tiene el esfuerzo de localizar el transmisor o transmisores inalámbricos bajo pedido, dado que las transmisiones se detectarán, demodularán y activarán, iniciando el procesamiento de la localización y la generación de un registro de localización. Esto es útil en la eliminación o reducción de cualquier retraso en la determinación de la localización tal como una espera por el transmisor inalámbrico al siguiente periodo de tiempo de registro o una espera para que tenga lugar una transmisión independiente.

Consulta y Actualización de Bases de Datos Externas - 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 mezclar los datos obtenidos de 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 que lo solicitaron. Esta base de datos externa puede contener, por ejemplo, elementos de datos tales como información del cliente, información médica, características del suscriptor, información relacionada con la aplicación, información de la cuenta del cliente, información de contacto o conjuntos de acciones preestablecidas para ser tomadas tras el evento

de activación de la localización. El Sistema de Localización Inalámbrico puede también producir actualizaciones en la base de datos externa, por ejemplo, para incrementar o decrementar 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 este documento sobre más de una base de datos externa. La lista y secuencia de bases de datos externas para acceder y las acciones posteriores a tomar se contienen en uno de los campos contenidos en los criterios de activación en la Lista de Asignación de Tareas.

Procesamiento de la Localización Anónimo Aleatorio - El Sistema de Localización Inalámbrico incluye medios para realizar procesamiento de la localización anónimos aleatorios 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 mediante la determinación de la localización de modo simultáneo y otros parámetros de la transmisión; Gestión de Tráfico, que permite a las agencias gubernamentales y comerciales relacionadas supervisar el flujo de tráfico sobre varias autopistas usando muestras estadísticamente significativas de transmisores inalámbricos que viajan en vehículos; y Estimación de Tráfico Local, que permite a las empresas comerciales estimar el flujo de tráfico alrededor de un área particular que puede ayudar a determinar la viabilidad de negocios particulares.

Las aplicaciones que solicitan procesamiento de la localización anónimo aleatorio reciben opcionalmente registros de localización desde dos fuentes: (i) una copia de los registros de localización generados por otras aplicaciones y (ii) registros de localización que se han activado aleatoriamente por el Sistema de Localización Inalámbrico sin considerar ningún criterio específico. Todos los registros de localización generados de cualquier fuente se dirigen con toda la identidad e información de criterio de activación eliminado de los registros de localización; sin embargo, la aplicación o aplicaciones solicitantes pueden determinar si el registro se generó a partir de un proceso completamente aleatorio o si es una copia de otro criterio de activación. Los registros de localización aleatorios 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 cuando los recursos de procesamiento y comunicaciones están disponibles y en otro caso estarían sin utilizar en un instante particular en el tiempo. La aplicación o aplicaciones solicitantes pueden especificar si el procesamiento de la localización aleatorio se realiza sobre el área de cobertura completa de un Sistema de Localización Inalámbrico, en áreas geográficas específicas tales como a lo largo de autopistas preestablecidas o por áreas de cobertura de emplazamientos de célula específicos. De ese modo, la aplicación o aplicaciones solicitantes pueden dirigir los recursos del Sistema de Localización Inalámbrico a aquellas áreas 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 la selección de modo aleatorio de ciertos tipos de transmisiones, por ejemplo, mensajes de registro, mensajes de origen, mensajes de respuesta a búsqueda o transmisiones del canal de voz.

Seguimiento Anónimo de un Grupo Geográfico - El Sistema de Localización Inalámbrico incluye medios para activar el procesamiento de la localización de una forma repetitiva para grupos anónimos de transmisores inalámbricos dentro de un área geográfica preestablecida. Por ejemplo, una aplicación de localización particular puede desear supervisar la ruta de viaje de un transmisor inalámbrico en un periodo de tiempo preestablecido, pero sin que el Sistema de Localización Inalámbrico revele la identidad particular del transmisor inalámbrico. El periodo de tiempo puede ser de horas, días o semanas. Usando los medios, el Sistema de Localización Inalámbrico selecciona aleatoriamente un transmisor inalámbrico que inicia una transmisión en un área geográfica de interés para la aplicación; realiza el procesamiento de la localización sobre la transmisión de interés; traduce y cifra de modo irreversible la identidad del transmisor inalámbrico en un identificador nuevamente codificado, crea un registro de localización utilizando sólo el nuevo identificador codificado como un medio de identificación; dirige el registro de localización a la aplicación o aplicaciones solicitantes de la localización y crea una tarea dinámica en la Lista de Asignación de Tareas para el transmisor inalámbrico, donde la tarea dinámica tiene un tiempo de expiración asociado. Posteriormente, en el momento en que el transmisor inalámbrico preestablecido inicia la transmisión, el Sistema de Localización Inalámbrico debería activarse usando la tarea dinámica, realizar el procesamiento de la localización sobre la transmisión de interés, traducir y cifrar de modo irreversible la identidad del transmisor inalámbrico en un identificador codificado de nuevo usando los mismos medios que anteriormente de modo que el identificador codificado sea el mismo, crear un registro de localización usando el identificador codificado y dirigir el registro de localización a la aplicación o aplicaciones que solicitan la localización. Los medios descritos en este documento pueden combinarse con otras funciones del Sistema de Localización Inalámbrico para realizar este tipo de supervisión con el uso tanto de las transmisiones por el canal de control como por el de voz. Adicionalmente, los medios descritos en este documento preservan completamente la identidad privada del transmisor inalámbrico, y aún permiten otra clase de aplicaciones que puede supervisar los patrones de viaje de los transmisores inalámbricos. Esta clase de aplicaciones puede ser de gran valor en la determinación de la planificación y diseño de nuevas carreteras, planificación de rutas alternativas o en la construcción de espacios comerciales y de venta.

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 se autoriza como se solicita, y los tipos de filtros o acciones de procesamiento posterior deseados por

la aplicación. Muchas aplicaciones, tal como los ejemplos contenidos en este documento, no requieren registros de localización individuales o las 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 o canal particular que el que puede de cualquier registro de localización individual. En otro ejemplo, una aplicación de supervisión de tráfico requiere sólo registros de localización de transmisores que están en carreteras o autopistas preestablecidas y adicionalmente requiere que estos registros se agrupen por sección de la carretera o autopista y por la dirección de viaje. Otras aplicaciones pueden solicitar que el Sistema de Localización Inalámbrico dirija los registros de localización que se han formateado para mejorar el aspecto visual de representación mediante, por ejemplo, el ajuste de la estimación de localización del transmisor de forma que la localización del transmisor aparezca sobre un mapa electrónico directamente sobre un segmento de carretera dibujado antes que adyacente al segmento de carretera. Por lo tanto, el Sistema de Localización Inalámbrico preferiblemente hace “saltar” la estimación de localización al segmento de carretera dibujado más cercano.

El Sistema de Localización Inalámbrico puede filtrar e informar de los registros de localización a una aplicación para transmisores inalámbricos que comunica sólo sobre un emplazamiento de célula particular, sector, canal de RF o grupo de canales de RF. Antes de dirigir 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 cumplen los requisitos no se envían y los registros que cumplen el requisito 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 cercano y la dirección de viaje del transmisor inalámbrico sobre el segmento de carretera. El Sistema de Localización Inalámbrico puede entonces dirigir a la aplicación sólo registros que se ha determinado que están en un segmento de carretera particular y puede mejorar adicionalmente el registro de localización añadiendo un campo que contiene el segmento de carretera determinado. Para determinar el segmento de carretera más cercano, el Sistema de Localización Inalámbrico se provee con una base de datos de segmentos de carretera de interés por la aplicación solicitante. Esta base de datos se almacena en una tabla donde cada segmento de carretera se almacena con unas coordenadas de latitud y longitud que definen el punto final de cada segmento. Cada segmento de carretera puede ser modelizado como una línea recta o curva, y puede ser modelizado para soportar una o dos direcciones de viaje. Entonces para cada registro de localización determinado por el Sistema de Localización Inalámbrico, el Sistema de Localización Inalámbrico compara la latitud y longitud en el registro de localización para 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 puntos extremos del segmento a 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 cercano, el Sistema de Localización Inalámbrico puede determinar adicionalmente la dirección de viaje sobre el segmento de carretera mediante la comparación de la dirección de viaje del transmisor inalámbrico notificado 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 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 centenares o incluso miles de SCS 10. La NOC es la forma más efectiva de gestionar un gran Sistema de Localización Inalámbrico, usando capacidades de interfaz de usuario gráfica. La NOC también recibe alarmas en tiempo real si ciertas funciones dentro del Sistema de Localización Inalámbrico no están funcionando apropiadamente. Estas alarmas en tiempo real pueden usarse por el operador para tomar la acción correctora rápidamente e impedir una degradación del servicio de localización. La experiencia con pruebas del Sistema de Localización Inalámbrico indica que la capacidad del sistema para mantener una buena precisión de localización con el tiempo se relaciona directamente con la capacidad de los operadores para mantener el funcionamiento del sistema dentro de sus parámetros predeterminados.

Procesamiento de la Localización

El Sistema de Localización Inalámbrico es capaz de realizar el procesamiento de la localización usando dos métodos diferentes conocidos como proceso basado en la central y proceso basado en la estación. Ambas técnicas se describieron primero en la Patente Número 5.327.144, y se mejoran adicionalmente en esta especificación. El procesamiento de la localización depende en parte de la capacidad para determinar con precisión ciertas características de fase de la señal cuando se recibe en múltiples antenas de múltiples SCS 10. Por lo tanto es un objeto del Sistema de Localización Inalámbrico identificar y eliminar fuentes de error de fase que dificulten la capacidad del 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 mismo, concretamente el oscilador (típicamente un oscilador de cristal) y un bucle de enclavamiento de fase que permite al teléfono sintonizar con canales específicos para la transmisión. Los osciladores de cristal de bajo coste tienen generalmente un ruido de fase mayor. Algunas especificaciones de interfaz por aire, tales como la IS-136 e IS-95A, tienen especificaciones que cubren este ruido de fase con el que un teléfono inalámbrico puede transmitir. Otras especificaciones de interfaz por aire, tales como la IS-553A, no especifican con detalle el ruido

ES 2 336 693 T3

de fase. Es deseable por lo tanto reducir automáticamente y/o eliminar un ruido de fase del transmisor inalámbrico como la fuente de error de fase en el procesamiento de la localización, en parte mediante la selección automática del uso de procesos basados en la central o procesos basados en la estación. La selección automática considera también la eficiencia con la que se usa el enlace de comunicaciones entre el SCS 10 y el TLP 12 y la disponibilidad de los recursos de DSP en cada uno de los SCS 10 y TLP 12.

Cuando se usa procesamiento basado en la central, la determinación del TDOA y FDOA y el procesamiento multitrayecto se realizan en el TLP 12 junto con la determinación de posición y velocidad. Este método se prefiere cuando el transmisor inalámbrico tiene un ruido de fase que está por encima de un umbral predeterminado. En estos casos, el procesamiento basado en la central es más efectivo para reducir o eliminar el ruido de fase del transmisor inalámbrico como una fuente de error de fase porque 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 método, aquellos expertos en la técnica reconocerán que el ruido de fase del transmisor es un ruido en modo común en el procesamiento TDOA y por lo tanto se auto cancela en el proceso de determinación del TDOA. Este método trabaja mejor, por ejemplo, con muchos teléfonos celulares AMPS de muy bajo coste que tienen un alto ruido de fase. Las etapas básicas en el procesamiento basado en la central incluyen las etapas enumeradas a continuación y representadas en el diagrama de flujo de la Figura 6:

un transmisor inalámbrico inicia una transmisión sobre o bien un canal de control o bien un canal de voz (etapa S50);

la transmisión se recibe en múltiples antenas y en múltiples SCS 10 en el Sistema de Localización Inalámbrico (etapa S51);

la transmisión se convierte en 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 copias 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 la TDOA, la FDOA y la mitigación multitrayecto sobre los datos digitales de pares de antenas (etapa S58);

el TLP 12 realiza la determinación de posición y velocidad usando los datos del TDOA y entonces crea un registro de localización y dirige 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 envía los datos digitales desde el SCS 10 al TLP 12. Como se ha tratado anteriormente, el receptor SCS digitaliza las transmisiones inalámbricas con una alta resolución, o un alto número de bits por muestra digital para alcanzar un rango dinámico suficiente. Esto se requiere especialmente cuando se utilizan receptores digitales de banda ancha, que pueden estar recibiendo simultáneamente señales cerca del SCS 10A y lejos del SCS 10B. Por ejemplo, pueden requerirse hasta 14 bits para representar un rango dinámico de 84 dB. El procesamiento de la localización no siempre requiere la alta resolución por muestra digital, sin embargo, se pueden obtener localizaciones de suficiente precisión por el 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 en tanto se conserva el ancho de banda de los enlaces de comunicación entre cada SCS 10 y TLP 12, el Sistema de Localización Inalámbrico determina el menor número de bits requerido para representar digitalmente una transmisión mientras se mantiene 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 el que se ha perturbado la transmisión 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 de dos maneras: se minimiza el número de bits por muestra y se usan la longitud más corta o los menores segmentos posibles de la transmisión para el procesamiento de la localización. El TLP 12 puede usar estos mínimos datos de RF para realizar el procesamiento de la localización y compara entonces el resultado con el nivel de precisión deseado. Esta comparación se realiza sobre la base de un cálculo del intervalo de confianza. Si la estimación de localización no cae dentro de los límites de precisión deseados, el TLP 12 solicitada de modo recursivo datos adicionales del SCS 10 seleccionado. 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 solicitud de datos adicionales puede continuar de modo recursivo hasta que el TLP 12 haya alcanzado la precisión de localización preestablecida.

ES 2 336 693 T3

Hay detalles adicionales a las etapas básicas descritas anteriormente. Estos detalles se describen en las Patentes previas Números 5.327.144 y 5.608.410 y en otras partes de esta 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, las líneas base se determinaban 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 mayor SNR en la señal, aunque se usan también otros criterios como se describe a continuación. El uso de una referencia de alta SNR ayuda al procesamiento de la localización basado en la central cuando las otras SCS/antenas usados en el procesamiento de la localización son muy débiles, tal como en o por debajo del ruido base (es decir la relación señal a ruido es cero o negativa). Cuando se usa el procesamiento de la localización basado en la estación, la señal de referencia es una señal remodulada, que se crea intencionalmente para tener una muy alta relación señal a ruido, ayudando adicionalmente al procesamiento de la localización para señales muy débiles en otras SCS/antenas. La selección real de la SCS/antena de referencia se describe a continuación.

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

$$y(t) = \sum x(t - \tau_n) a_n e^{j\omega(t - \tau_n)}, \text{ para todo } n = 1 \text{ a } N;$$

donde

$x(t)$ es la señal como se transmite por el transmisor inalámbrico;

a_n y τ_n son las amplitudes y retardos complejos de los componentes multitrayecto;

N es el número total de componentes multitrayecto en la señal recibida; y

a_0 y τ_0 son constantes para el componente del trayecto más directo.

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

Cuando se usa un procesamiento basado en la estación, la determinación del TDOA y FDOA y la mitigación multitrayecto se realizan en el SCS 10, mientras que la determinación de posición y velocidad se realizan típicamente en el TLP 12. La principal ventaja del proceso basado en la estación, como se describe en la Patente Número 5.327.144, es reducir la cantidad de datos que se envían a través del enlace de comunicación entre cada SCS 10 y TLP 12. Sin embargo, puede haber asimismo otras ventajas. Es deseable aumentar la ganancia del procesamiento de señal efectivo durante el procesamiento del TDOA. Como se ha señalado anteriormente, el procesamiento basado en la 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 descripción previa ha encarado cómo eliminar o reducir el mismo error de ruido de fase cuando se usa procesamiento basado en la estación. El método y los aparatos descritos en este documento reducen el error de fase y aumentan la ganancia del procesamiento efectivo de la señal usando las etapas enumeradas a continuación y mostradas en la Figura 6:

un transmisor inalámbrico inicia una transmisión sobre o bien un canal de control o bien un canal de voz (etapa S60);

la transmisión se recibe en múltiples antenas y en múltiples SCS 10 en el Sistema de Localización Inalámbrico (etapa S61);

la transmisión se convierte en un formato digital en el receptor conectado a cada antena (etapa S62);

ES 2 336 693 T3

los datos digitales se almacenan en una memoria en el SCS 10 (etapa S63);

la transmisión se demodula (etapa S64);

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 tal intervalo de corrección de fase, el primer SCS 10A calcula una corrección de fase apropiada y la amplitud de la corrección y codifica este parámetro de corrección de fase y parámetro de corrección de altitud junto con los datos demodulados (etapa S67);

los datos demodulados y los parámetros de corrección de fase y de corrección de amplitud se envían desde el primer SCS 10A al TLP 12 (etapa S68);

el TLP 12 determina los SCS 10 y las antenas receptoras que usar en el procesamiento de la localización (etapa S69);

el TLP 12 envía los datos demodulados y los parámetros de corrección de fase y corrección de amplitud a cada segundo SCS 10B que se usará en el procesamiento de la localización (etapa D70);

el primer SCS 10 y cada segundo SCS 10B crea una primera señal remodulada basada en los datos demodulados y los parámetros de corrección de fase y corrección de amplitud (etapa S71);

el primer SCS 10A y cada segundo SCS 10B realiza la TDOA, la FDOA y la mitigación multitrayecto usando los datos digitales almacenados en la memoria en cada SCS 10 y la primera señal remodulada (etapa S72);

los datos del TDOA, del FDOA y de la 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 del TDOA (etapa S74) y

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 basados en IS-95A. Como es bien conocido, las transmisiones inversas desde un transmisor IS-95A se envían usando modulación no coherente. La mayoría de las estaciones base CDMA sólo se integran sobre un único intervalo de bits debido a la modulación no coherente. Para un 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 del TDOA en cada SCS 10 puede integrar, por ejemplo, más de una ráfaga completa de 160 milisegundos (196.608 chips) para producir una ganancia de integración de 53 dB. Esta ganancia de procesamiento adicional hace posible detectar y localizar transmisiones CDMA usando múltiples SCS 10, incluso si las estaciones base ubicadas al lado de los SCS 10 no pueden detectar la misma transmisión CDMA.

Para una transmisión particular, si o bien los parámetros de corrección de fase o bien los parámetros de corrección de amplitud se calcula que son cero, o no se necesitan, entonces estos parámetros no se envían para conservar el número de bits transmitidos sobre el enlace de comunicaciones entre cada SCS 10 y TLP 12. Alternativamente, el Sistema de Localización Inalámbrico puede usar 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 datos empíricos recogidos sobre algún periodo de tiempo por el Sistema de Localización Inalámbrico que muestra 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 la determinación del intervalo de corrección de fase apropiado.

Aquellos expertos en la técnica reconocerán que hay muchas formas de medir el ruido de fase de un transmisor inalámbrico. Por ejemplo, una copia pura, sin ruido remodulada de la señal recibida en el primer SCS 10A puede generarse digitalmente por los DSP en el SCS, a continuación puede compararse la señal recibida con la señal pura en cada intervalo de corrección de fase y puede medirse directamente la diferencia de fase. En este ejemplo, el parámetro de corrección de fase se calculará como el negativo de la diferencia de fase sobre ese intervalo de corrección de fase. El número de bits requerido para representar el parámetro de corrección de fase variará con la magnitud del parámetro de corrección de fase y el número de bits que pueden variar para cada intervalo de corrección de fase. Se ha observado que algunas transmisiones, por ejemplo, exhiben un mayor ruido de fase inicialmente en la transmisión y menor ruido de fase en la mitad o en la última parte de la transmisión.

ES 2 336 693 T3

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

un transmisor inalámbrico inicia una transmisión sobre o bien un canal de control o bien un canal de voz (etapa S80);

la transmisión se recibe en un primer SCS 10 (etapa S81);

la transmisión se convierte en 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 requerido para codificar los parámetros de corrección de fase y corrección de amplitud (etapa S84);

el primer SCS 10A estima a continuación el número de bits requerido para el procesamiento basado en la central; basado en el número de bits requerido para cada método respectivo, el SCS 10 o el TLP 12 determinan si usar el procesamiento basado en la central o procesamiento basado en la estación para realizar el procesamiento de la localización para esta transmisión (etapa S85).

Alternativamente, el Sistema de Localización Inalámbrico puede usar siempre un proceso basado en la central o un proceso basado en la 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 datos empíricos recogidos durante algún periodo de tiempo por el Sistema de Localización Inalámbrico que demuestre 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 método de proceso apropiado.

Tanto para el procesamiento basado en la central como para el procesamiento basado en la estación, es deseable el uso de criterios de umbral para la inclusión de líneas base 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 incluye: el puerto del SCS/antena usado con la referencia del SCS/antena en el cálculo de la línea base, el pico, media 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 desde la correlación del 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 tras los cálculos de mitigación multitrayecto, la contribución del SCS/antena al GDOP ponderado en la solución de localización final y una medida de la calidad del 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 o excede los criterios de umbral para cada uno de los parámetros descritos en este documento. Una línea base puede excluirse de la solución de localización si falla en cumplir uno o más de los criterios de umbral. Por lo tanto, es posible frecuentemente que el número de SCS/antenas realmente usadas en la solución de localización final sea menor que el número total considerado.

Las Patentes previas Números 5.327.144 y 5.608.410 describen un método por el que el procesamiento de la localización minimizó el valor de la diferencia de mínimos cuadrados (LSD) de la siguiente ecuación:

$$\text{LSD} = Q_{12}(\text{Retardo_T}_{12} - \text{Retardo_O}_{12})^2 + Q_{13}(\text{Retardo_T}_{13} - \text{Retardo_O}_{13})^2 + \dots + Q_{xy}(\text{Retardo_T}_{xy} - \text{Retardo_O}_{xy})^2$$

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

$$\text{LSD} = \sum (\text{TDOA}_{0i} - \tau_i + \tau_0)^2 w_i^2;$$

para todo $i = 1$ hasta $N-1$

donde N = número de SCS/antenas usados en el procesamiento de la localización;

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

τ_i = el tiempo de propagación en la línea de visión teórica desde el transmisor inalámbrico al emplazamiento i -ésimo;

τ_0 = el tiempo de propagación en la línea de visión teórica desde el transmisor a la referencia y

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

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

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

Donde N = número de SCS/antenas usados en el procesamiento de la localización;

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

$TDOA_{00}$ = se supone que es cero;

τ_i = el tiempo de propagación en la línea de visión teórica desde el transmisor inalámbrico al emplazamiento i -ésimo;

b = una polarización que se calcula separadamente para cada punto teórico que minimiza LSD' en ese punto teórico y

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

La forma LSD' de la ecuación ofrece medios más fáciles para eliminar la polarización 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 relativa de la señal en el emplazamiento de referencia. Obsérvese que si w_0 es mucho mayor que otras ponderaciones, entonces b es aproximadamente igual a τ_0 . En general, las ponderaciones, o factores de calidad se basan en criterios similares a los tratados anteriormente para los criterios de umbral en la inclusión de las líneas bases. Esto es, los resultados de los cálculos de los criterios se usan para las ponderaciones y cuando los criterios caen por debajo del umbral entonces la ponderación se fija en cero y no se incluye de modo efectivo en la determinación de la solución de localización final.

Proceso de Selección de Antena para el Procesamiento de la Localización

Inventiones y descripciones previas, como las listadas anteriormente, han descrito técnicas en las que se requiere un primer, segundo o posiblemente un tercer emplazamiento de antena, emplazamiento de célula o estación base para determinar la localización. La Patente Número 5.608.410 describe además un Subsistema de Selección Dinámico (DSS, "Dynamic Selection Subsystem") que es el responsable de la determinación de qué estructuras de datos desde qué localización de emplazamiento de antena se usarán para calcular la localización de un transmisor que responde. En el DSS, si las estructuras de datos se reciben desde más de un número umbral de emplazamientos, el DSS determina cuáles son los candidatos para retención o exclusión y entonces organiza dinámicamente las estructuras de datos para el procesamiento de la localización. El DSS prefiere usar más que el mínimo número de emplazamientos de antena de forma que la solución quede sobredeterminada. Adicionalmente, el DSS asegura que todas las transmisiones usadas en el procesamiento de la localización se reciben desde el mismo transmisor y desde la misma transmisión.

Las realizaciones preferidas de las invenciones previas tienen, sin embargo, varias limitaciones. Primero, o bien se usa sólo una antena por emplazamiento de antena (o emplazamiento de célula) o los datos desde dos a cuatro antenas de diversidad se combinaron primero en el emplazamiento de antena (o emplazamiento de célula) antes de la transmisión al emplazamiento central. Adicionalmente, todos los emplazamientos de antena que recibieron la transmisión enviaron estructuras de datos al emplazamiento central, incluso si el DSS posteriormente descartó las estructuras de datos. De ese modo, puede haberse desperdiciado algo del ancho de banda de comunicaciones enviando datos que no se usaron.

Los presentes inventores han determinado que mientras que se requieren un mínimo de dos o tres emplazamientos para determinar la localización, la selección real de antenas y SCS 10 para usar en el procesamiento de la localización puede tener un efecto significativo en los resultados del procesamiento de la localización. Además, es ventajoso incluir

ES 2 336 693 T3

los medios para usar más de una antena en cada SCS 10 y en el procesamiento de la localización. La razón para usar datos desde múltiples antenas en un emplazamiento independientemente en el procesamiento de la localización es que la señal recibida en cada antena queda afectada de modo único por el multitrayecto, el desvanecimiento y otras perturbaciones. Es bien conocido en el campo que cuanto las antenas están separadas una distancia de más de una longitud de onda, entonces cada antena recibirá la señal en un trayecto independiente. Por lo tanto, hay frecuentemente información adicional y única que se obtiene en la localización del transmisor inalámbrico mediante el uso de antenas múltiples y se mejora en consecuencia la capacidad del Sistema de Localización Inalámbrico para mitigar el multitrayecto.

Es deseable por lo tanto proporcionar un método mejorado para el uso de las señales recibidas desde más de una antena en un SCS 10 y en el procesamiento de la localización. Es un objeto adicional proporcionar un método para mejorar el proceso dinámico usado para seleccionar las antenas que cooperan y los SCS 10 usados en el procesamiento de la localización. El primer objeto se consigue proporcionando medios dentro de los SCS 10 para seleccionar y usar cualquier segmento de datos recogidos de cualquier número de antenas en un SCS en el procesamiento de la localización. Como se ha descrito anteriormente, cada antena en un emplazamiento de célula se conecta a un receptor interno del SCS 10. Cada receptor convierte las señales recibidas desde la antena en un formato digital y a continuación almacena las señales digitalizadas temporalmente en una memoria en el receptor. El TLP 12 ha sido provisto con medios para dirigir 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 objeto se consigue proporcionado 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 entonces seleccionar un conjunto más pequeño de antenas para su uso en el procesamiento de la localización basándose en un conjunto de parámetros predeterminados. Un ejemplo de este proceso de selección se representa en el diagrama de flujo de la Figura 8:

un transmisor inalámbrico inicia una transmisión sobre o bien un canal de control o bien 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 sobre el que tiene lugar la transmisión y el emplazamiento de célula y sector que da servicio al transmisor inalámbrico (etapa S94);

basándose en el emplazamiento de célula y sector que dan el servicio, un SCS 10A se designa como el SCS 10 “primario” para el procesamiento de esa transmisión (etapa S95);

el SCS 10A primario determina la marca de tiempo asociada con los datos demodulados (etapa S96);

el Sistema de Localización Inalámbrico determina si comenzar el procesamiento de la localización para la transmisión (etapa S97);

si se ha activado el procesamiento de la localización, el Sistema de Localización Inalámbrico determina una lista de SCS 10 y antenas candidatos para usar en el procesamiento de la localización (etapa S98);

cada SCS/antena candidato mide e informa de varios parámetros en el número de canal de la transmisión en el momento de la marca de tiempo 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 SCS/antenas de procesamiento para 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 desde la lista de procesamiento de SCS/antenas (etapa S101).

Selección del SCS/Antena Primario

El proceso para elegir el SCS/antena “primario” es crítico, porque la lista de candidatos de SCS 10 y antenas 10-1 se determina en parte basándose en la designación del SCS/antena primario. Cuando un transmisor inalámbrico realiza una transmisión en un canal de RF particular, la transmisión frecuentemente puede propagarse muchos kilómetros antes de que la señal se atenúe por debajo del nivel en el que se puede demodular. Por lo tanto, hay frecuentemente muchas SCS/antenas capaces de demodular la señal. Esto ocurre especialmente en áreas urbanas y suburbanas donde el patrón de reutilización de frecuencia de muchos sistemas de comunicaciones inalámbricos puede ser bastante denso. Por ejemplo, debido a la elevada tasa de uso de inalámbricos y el denso espaciado de los emplazamientos de célula, 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 kilómetro y medio. Debido a que el Sistema de Localización Inalámbrico está demodulando independientemente estas transmisiones, el Sistema de Localización Inalámbrico puede demodular frecuentemente la misma transmisión en dos, tres o más

5 SCS/antenas separadas. 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 estructuras de datos demoduladas enviadas desde diferentes SCS/antenas, cada uno con un número de errores de bits por debajo de un umbral de errores de bits predeterminado y con los datos demodulados concordando dentro de un límite aceptable de errores de bits y todo teniendo lugar dentro de un intervalo de tiempo predeterminado.

10 Cuando el Sistema de Localización Inalámbrico detecta datos demodulados desde múltiples SCS/antenas, examina los siguientes parámetros para determinar qué SCS/antena debería designarse como SCS primario: el SNR medio en el intervalo de transmisión usado para el procesamiento de la localización, la varianza del SNR en el mismo intervalo, la correlación del comienzo de la transmisión recibida contra un precursor puro (es decir para AMPS, el punteado y

15 código Barker), el número de errores de bits en los datos demodulados y la magnitud y velocidad de cambio del SNR desde justo antes del inicio de la transmisión al inicio de la transmisión, así como otros parámetros similares. El SNR medio se determina típicamente en cada SCS/antena o bien durante la duración completa de la transmisión para que se use en el procesamiento de la localización o bien en un intervalo más corto. El SNR medio en un intervalo más corto puede determinarse mediante la realización de una correlación con la secuencia de punteado y/o código Barker y/o

20 palabra de sincronización, dependiendo del protocolo de interfaz por aire particular, y durante un intervalo más corto de tiempo antes, durante, y después de la marca de tiempo notificada por cada SCS 10. El intervalo de tiempo puede ser típicamente +/-200 microsegundos centrados en la marca de tiempo, por ejemplo. El Sistema de Localización Inalámbrico ordenará generalmente los SCS/antenas usando los siguientes criterios, cada uno de los cuales puede ser ponderado (multiplicado por un factor apropiado) cuando se combinan los criterios para determinar la decisión final:

25 los SCS/antenas con un número inferior de errores de bits se prefieren respecto a los SCS/antenas con un número de errores de bits más alto, el SNR medio para un SCS/antena dado debe ser mayor que un umbral predeterminado para ser designado como primario; los SCS/antenas con un SNR medio mayor se prefieren sobre aquellos con el SNR medio inferior; los SCS/antenas con una varianza del SNR inferior se prefieren a aquellos con una varianza del SNR mayor y los SCS/antenas con una velocidad de cambio que SNR más rápida en el inicio de la transmisión se prefieren

30 aquellos con una la velocidad de cambio inferior. La ponderación aplicada a cada uno de estos criterios puede ajustarse 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 selecciona usando un conjunto de criterios determinados basados, por ejemplo, en el conocimiento de los tipos de emplazamientos de células, tipos de antena en los emplazamientos

35 de células, geometría de las antenas y un 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 funcionando, datos empíricos pasados de la contribución que cada antena ha hecho a unas buenas estimaciones de localización y otros factores que pueden ser específicos de cada instalación SLI diferente. Por ejemplo, el Sistema de Localización Inalámbrico puede seleccionar la lista de candidatos para incluir todos los SCS 10 hasta un número

40 máximo de emplazamientos (num_max_de_emplaz) que estén más cerca que un radio máximo predefinido desde el emplazamiento primario (max_radio_desde_primario). Por ejemplo, en un entorno urbano o suburbano, donde puede haber un gran número de emplazamientos de células, el num_max_de_emplaz puede limitarse a diecinueve. Diecinueve emplazamientos incluirían el primario, el primer anillo de seis emplazamientos que rodean al primario (suponiendo la distribución hexagonal clásica de los emplazamientos de células), y el siguiente anillo de doce emplazamientos

45 que rodean al primer anillo. Esto se representa en la Figura 9. En otro ejemplo, en un entorno suburbano o rural, el max_radio_desde_primario puede fijarse en 64 kilómetros para asegurar que se dispone del 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 (max_numero_candidatos), aunque se permite a cada SCS candidato elegir el mejor puerto entre sus antenas disponibles. Esto limita el tiempo máximo empleado por el Sistema

50 de Localización Inalámbrico en el procesamiento de una localización particular. El max_numero_candidatos puede fijarse en treinta y dos, por ejemplo, lo que significa que en un sistema de comunicaciones inalámbrico típico con tres sectores con diversidad, podrían considerarse para el procesamiento de la localización hasta $32 \times 6 = 192$ antenas en total 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

55 de la localización a max_numero_antenas_procesadas.

El max_numero_antenas_procesadas es generalmente menor que max_numero_candidatos y se fija típicamente en dieciséis.

60 Mientras que el Sistema de Localización Inalámbrico está provisto con la capacidad de determinar dinámicamente la lista de candidatos de SCS 10 y antenas basándose en el conjunto de criterios predeterminados descritos anteriormente, el Sistema de Localización Inalámbrico puede almacenar también una lista de candidatos fija en una tabla. De ese modo, 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 SCS 10 y antenas 10-1 candidatos para

65 usarla cuando un transmisor inalámbrico inicia una transmisión en ese emplazamiento de célula y sector. En lugar de elegir dinámicamente el SCS/antena candidato 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 suficiente oportunidad y capacidad para medir y mitigar el multitrayecto. En cualquier transmisión dada, una cualesquiera o más antenas particulares en uno o más SCS 10 pueden recibir señales que se vean afectadas en grados variables por el multitrayecto. Por lo tanto, es ventajoso proporcionar estos medios dentro del Sistema de Localización Inalámbrico para seleccionar dinámicamente un conjunto de antenas que puede haber recibido menos multitrayecto que otras antenas. El Sistema de Localización Inalámbrico usa varias técnicas para mitigar el multitrayecto tanto como sea posible en una señal recibida, sin embargo es prudente frecuentemente elegir un conjunto de antenas que contengan la menor cantidad de multitrayecto.

10 *Elección de las SCS/Antenas de Referencia y Colaboradoras*

En la elección del conjunto de SCS/antenas para uso en el procesamiento de la localización, el Sistema de Localización Inalámbrico ordena a las SCS/antenas candidatos usar varios criterios, incluyendo por ejemplo: el SNR medio en el intervalo de transmisión usado para el procesamiento de la localización, la varianza en el SNR en el mismo intervalo, la correlación en el comienzo de la transmisión recibida contra un precursor puro (es decir para AMPS, el punteado y código Barker) y/o los datos demodulados desde el SCS/antena primario, el tiempo del inicio de la transmisión con relación al inicio notificado en el SCS/antena en el que se demoduló la transmisión y la magnitud y velocidad de cambio del SNR desde justamente antes del inicio de la transmisión al inicio de la transmisión, así como otros parámetros similares. El SNR medio se determina típicamente en cada SCS, y para cada antena en la lista de candidatos tanto en la duración completa de la transmisión que se usa para el procesamiento de la localización como en un intervalo más corto. El SNR medio en un intervalo más corto puede determinarse realizando una correlación con la secuencia de punteado y/o código Barker y/o palabra de sincronización, dependiendo del protocolo de interfaz por aire particular y en un intervalo de tiempo más corto antes, durante y después de la marca de tiempo notificada por el SCS primario. Este intervalo de tiempo puede ser típicamente ± 200 microsegundos centrados en la marca de tiempo, por ejemplo. El Sistema de Localización Inalámbrico ordenará generalmente los SCS/antenas candidatos usando los siguientes criterios, cada uno de los cuales puede ponderarse cuando se combinan los criterios para determinar la decisión final: el SNR medio para un SCS/antena dado debe ser mayor que un umbral predeterminado para ser designado como primario; los SCS/antenas con un SNR medio mayor se prefieren sobre aquellos con el SNR medio inferior; los SCS/antenas con una varianza del SNR menor se prefieren a aquellos con una varianza del SNR mayor; los SCS/antenas con un inicio más cercano al inicio notificado por la SCS/antena que demodula se prefieren a aquellos con un inicio más distante en el tiempo; los SCS/antenas con una velocidad de cambio de SNR más rápida se prefieren a aquellos con una velocidad de cambio más lenta; los SCS/antenas con un GDOP ponderado incremental inferior se prefieren sobre aquellos con un GDOP ponderado incremental más alto, donde la ponderación se basa en la pérdida de trayecto estimada desde el SCS primario. La ponderación aplicada a cada una de estas preferencias puede ajustarse 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 a un límite predeterminado y el número total de SCS/antenas usados se limita al `max_numero_antenas_procesadas`. El SCS/antena con la puntuación más alta usando el proceso descrito anteriormente se designa como el SCS/antena de referencia para el procesamiento de la localización.

40 *Mejor Selección de Puerto Dentro de un SCS 10*

Frecuentemente, los SCS/antenas en la lista de candidatos o en la lista para uso en el procesamiento de la localización incluyen sólo 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" entre todas o algunas de las antenas en el SCS particular. Por ejemplo, si el Sistema de Localización Inalámbrico elige usar sólo una antena en un primer SCS 10, entonces el primer SCS 10 puede seleccionar el mejor puerto de antena entre los seis puertos de antenas típicos que se conectan a este SCS 10, o puede elegir el mejor puerto de antena entre los dos puertos de antena en 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 elegir el conjunto de SCS/antenas para uso en el procesamiento de la localización, excepto que todas las antenas que se consideran 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 opcionalmente dividir la señal recibida en segmentos y entonces medir el SNR separadamente en cada segmento de la señal recibida. A continuación, el SCS 10 puede elegir opcionalmente el mejor puerto de antena con el SNR más alto bien mediante (i) el uso del puerto de antena con la mayor parte de los segmentos con el de SNR más alto, bien (ii) haciendo la media del SNR en todos los segmentos y usando el puerto de antena con el SNR medio más alto, o bien (iii) usando el puerto de antena con el SNR más alto en cualquiera de los segmentos.

60 *Detección y Recuperación de Colisiones*

Debido a que el Sistema de Localización Inalámbrico usará datos desde muchos SCS/puertos de antena en el procesamiento de la localización, hay una oportunidad de que la señal recibida en uno o más SCS/ puertos de antena particular contenga energía que tiene interferencia del canal contiguo de otro transmisor inalámbrico (es decir, ha tenido lugar una colisión parcial o completa entre dos transmisores inalámbricos separados). Hay también una probabilidad razonable de que la interferencia de canal contiguo tenga una SNR mucho más alta que la señal del transmisor inalámbrico objetivo y si no se detecta por el 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/antena candidato o SCS/antena para uso en el procesamiento de la localización. La interferencia de canal conti-

guo puede producir también pobres resultados en el TDOA y FDOA, conduciendo a una estimación de localización con fallo o pobre. La probabilidad de colisión aumenta con la densidad de emplazamientos de células en el sistema de comunicaciones inalámbrico huésped, especialmente en entornos suburbanos densos o rurales donde las frecuencias se reutilizan a menudo y el uso inalámbrico por suscriptores es alto.

Por lo tanto, el Sistema de Localización Inalámbrico incluye medios para la detección y recuperación de los tipos de colisiones descritos anteriormente. Por ejemplo, en el proceso de selección del mejor puerto, SCS/antena de referencia o SCS/antena candidato, el Sistema de Localización Inalámbrico determina el SNR medio de la señal recibida y la varianza del SNR en el intervalo de transmisión, cuando la varianza del SNR está por encima de un umbral predeterminado, el Sistema de Localización Inalámbrico asigna una probabilidad de que haya tenido lugar una colisión. Si la señal recibida en un SCS/antena ha aumentado o disminuido su SNR en un único salto y en una cantidad mayor que un umbral predeterminado, el Sistema de Localización Inalámbrico asigna una probabilidad de que haya tenido lugar una colisión. Adicionalmente, si el SNR medio de la señal recibida en un SCS remoto es mayor que el SNR medio que se hubiera predicho mediante 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 los patrones de antena de las antenas de transmisor y receptor, el Sistema de Localización Inalámbrico asigna una probabilidad de que haya tenido lugar una colisión. Si la probabilidad de que haya tenido lugar una colisión está por encima de un umbral predeterminado, entonces el Sistema de Localización Inalámbrico realiza un procesamiento adicional descrito a continuación para verificar si y hasta qué punto una colisión pueda haber impregnado la señal recibida en un SCS/antena. La ventaja de asignar probabilidades es reducir o eliminar el procesamiento extra de la mayoría de las transmisiones para las que las colisiones no han tenido lugar. Debe observarse que los niveles de umbral, probabilidades asignadas y otros detalles de la detección de la colisión y procesos de recuperación descritos en este documento son configurables, es decir, seleccionados en base a la aplicación particular, entorno, variables del sistema, etc., que podrían afectar su selección.

Para las transmisiones recibidas en un SCS/antena para el que la probabilidad de una colisión está por encima del umbral predeterminado y antes de usar los datos de RF de un puerto de antena particular en una determinación del SCS/antena de referencia, una determinación del mejor puerto o en un procesamiento de la localización, el Sistema de Localización Inalámbrico verifica preferiblemente que los datos de RF de cada puerto de antena son del transmisor inalámbrico correcto. Esto se determina, por ejemplo, mediante la demodulación de los segmentos de la señal recibida para verificar, por ejemplo, que el MIN, MSID u otra información de identificación es correcta o que las cifras marcadas u otras características del mensaje se ajustan a las recibidas por el SCS/antena que demoduló inicialmente la transmisión. El Sistema de Localización Inalámbrico puede correlacionar también un segmento 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 del umbral predeterminado. Si el Sistema de Localización Inalámbrico detecta que la varianza en el SNR en la duración completa de la transmisión está por encima de un umbral predeterminado, el Sistema de Localización Inalámbrico puede dividir la transmisión en segmentos y probar cada segmento como se ha descrito en este documento para determinar si la energía en ese segmento es principalmente de la señal desde el transmisor inalámbrico para el que se ha seleccionado el procesamiento de la localización o desde un transmisor que interfiere.

El Sistema de Localización Inalámbrico puede elegir usar los datos de RF de un SCS/antena particular en el procesamiento de la localización incluso si el Sistema de Localización Inalámbrico ha detectado que ha tenido lugar una colisión parcial en ese SCS/antena. En estos casos, el SCS 10 usa los medios descritos anteriormente para identificar esa porción de la transmisión recibida que representa una señal del transmisor inalámbrico para el que se ha seleccionado el procesamiento de la localización, y esa porción de la transmisión recibida que contiene la interferencia de canal contiguo. El Sistema de Localización Inalámbrico puede ordenar al SCS 10 enviar o usar sólo segmentos seleccionados de la transmisión recibida que no contienen la interferencia de canal contiguo. En la determinación del TDOA y FDOA para una línea base usando sólo segmentos seleccionados de un SCS/antena, el Sistema de Localización Inalámbrico puede continuar usando todos los segmentos para las líneas bases en los que no se detectaron colisiones. En muchos casos, el Sistema de Localización Inalámbrico es capaz de completar el procesamiento de la localización y obtener un error de localización aceptable usando sólo una parte de la transmisión. Esta capacidad para seleccionar un subconjunto apropiado de la transmisión recibida y realizar el procesamiento de la localización segmento a segmento posibilita al Sistema de Localización Inalámbrico para completar con éxito el procesamiento de la localización en casos en que podría haber fallado usando técnicas previas.

Procesamiento de la Localización de Múltiples Pasos

Ciertas aplicaciones pueden requerir una estimación muy rápida de la localización general de un transmisor inalámbrico, seguidas 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 manejan llamadas inalámbricas y deben realizar una decisión de encaminamiento de la llamada muy rápidamente, pero que pueden esperar un poco más para que se muestre una localización más exacta en el terminal del mapa electrónico del recogedor de llamadas del E9-1-1. El Sistema de Localización Inalámbrico soporta estas aplicaciones con un modo de procesamiento de la localización en múltiples pasos.

En muchos casos, la precisión de la localización se mejora usando segmentos más largos de la transmisión y aumentando la ganancia del procesamiento a través de la integración de intervalos más largos. Pero 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 las interfaces de comunicaciones desde el SCS 10 al TLP 12. Por lo tanto, el Sistema de Localización Inalámbrico incluye medios para identificar esas transmisiones que requieren una estimación rápida aunque aproximada de la localización seguida por un procesamiento de la localización más completo que produce una estimación de localización mejor. La Tabla de Señales de Interés incluye un marcador para cada Señal de Interés que requiere un método de localización en múltiples pasos. Este marcador especifica la máxima cantidad de tiempo permitido por la aplicación que solicita la localización para que se envíe la primera estimación, así como la máxima cantidad de tiempo permitido por la aplicación que solicita la localización para que se envíe la estimación de localización final. El Sistema de Localización Inalámbrico realiza la estimación de localización aproximada mediante la selección de un subconjunto de la transmisión para el que se realiza 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 el SNR medio más alto. Después de que se ha determinado la localización aproximada, usando los métodos descritos anteriormente, pero sólo con un subconjunto de la transmisión, el TLP 12 envía la estimación de 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 a continuación el procesamiento de la localización estándar usando todos los métodos mencionados anteriormente y envía esta estimación de localización con un marcador que indica 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 proceso en 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.

Línea Base TDOA Muy Corta

El Sistema de Localización Inalámbrico se diseña para funcionar en áreas urbanas, suburbanas y rurales. En áreas rurales, cuando no hay suficientes emplazamientos de células disponibles de un proveedor inalámbrico único, el Sistema de Localización Inalámbrico puede desplegarse con SCS 10 localizado en emplazamientos de células de otros proveedores inalámbricos o en otros tipos de torres, incluyendo estaciones de radio AM o FM, de búsqueda y torres inalámbricas de dos vías. En estos casos, en lugar de compartir las antenas existentes del proveedor inalámbrico, el Sistema de Localización Inalámbrico puede requerir la instalación de las antenas, filtros y amplificadores de bajo ruido apropiados para concordar con la banda de frecuencias de los transmisores inalámbricos de interés para localización. Por ejemplo, una torre de una estación de radio de AM puede requerir la adición de antenas de 800 MHz para localizar transmisores en la banda celular. Puede haber casos, sin embargo, donde no haya torres adicionales de ningún tipo disponibles a coste razonable y el Sistema de Localización Inalámbrico debe desplegarse sólo sobre unas pocas torres del proveedor inalámbrico. En estos casos, el Sistema de Localización Inalámbrico soporta un modo de antena conocido como línea base TDOA muy corta. Este modelo de antena se convierte en activo cuando se instalan antenas adicionales en una única torre de emplazamiento de célula, por medio del que las antenas se colocan separadas a una distancia de menos de una longitud de onda. Esto puede requerir la adición de solamente una antena por sector de emplazamiento de célula de forma que el Sistema de Localización Inalámbrico usa sólo una antena receptora en un sector y una antena adicional que se ha colocado próxima a la antena receptora existente. Típicamente, las dos antenas en el sector se orientan de forma que el eje primario, o línea de dirección, de los haces principales son paralelos y la separación entre los dos elementos de antena es conocida con precisión. Además, se calibran los dos trayectos de RF desde los elementos de antena a los receptores en los SCS 10.

En su modo normal, el Sistema de Localización Inalámbrico determina el TDOA y el FDOA para pares de antenas que están separadas por muchas longitudes de onda. Para un TDOA sobre una línea base que usa antenas desde dos diferentes emplazamientos de células, los pares de antena están separados por miles de longitudes de onda. Para un TDOA en una línea base que usa antenas en el mismo emplazamiento de células, los pares de antena están separados por decenas de longitudes de onda. En cualquier caso, la determinación del TDOA da como resultado efectivamente una línea hiperbólica que corta la línea base y pasa a través de la localización del transmisor inalámbrico. Cuando las antenas están separadas por múltiples longitudes de onda, la señal recibida ha tomado diferentes trayectos desde el 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 del TDOA y FDOA del Sistema de Localización Inalámbrico produce típicamente un desplazamiento Doppler a cero (o cercano a cero) hercios y una diferencia de tiempo del orden de cero a un nanosegundo. Una diferencia de tiempo así de corta es equivalente a una ambigüedad en la diferencia de fase entre las señales recibidas en las dos antenas sobre la línea base muy corta. Por ejemplo, a 834 MHz, la longitud de onda de la transmisión de un canal de control inverso AMPS es de aproximadamente 36 centímetros. Una diferencia de tiempo 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, que aún 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 combinan con las mediciones TDOA sobre una línea base entre dos emplazamientos de células, el Sistema de Localización Inalámbrico puede determinar una estimación de localización usando sólo dos emplazamientos de células.

Método de Supervisión del Ancho de Banda Para Mejorar la Precisión de Localización

Los transmisores celulares AMPS actualmente comprenden la gran mayoría de los transmisores inalámbricos usados en los EE.UU. y las transmisiones del canal de voz inverso AMPS son generalmente señales FM moduladas tanto por voz como por un tono de audio de supervisión (SAT). La modulación de voz es FM estándar, y es directamente proporcional a la voz que habla de la persona que usa el transmisor inalámbrico. En una conversación típica, cada persona habla menos del 35% del tiempo, lo que significa que la mayor parte del tiempo el canal de voz inverso no está siendo modulado debido a la voz. Con o sin voz, el canal de voz inverso está continuamente modulado por el SAT, lo que se usa por el sistema de comunicaciones inalámbrico para supervisar el estado del canal. La tasa de modulación del SAT es sólo aproximadamente 6 kHz. Los canales de voz soportan mensajes en banda que se usan para trasladar el control y para otras razones, tales como para establecer una llamada a tres, para responder a una segunda llamada entrante mientras se está ya en una primera llamada o para responder a un mensaje de "auditoría" del sistema de comunicaciones inalámbrico. Todos estos mensajes, aunque portados sobre el canal de voz, tienen características similares a los mensajes del canal de control. Estos mensajes se transmiten infrecuentemente, y los sistemas de localización han ignorado estos mensajes y se han enfocado en las transmisiones SAT más prevalentes como la señal de interés.

A la vista de las dificultades descritas anteriormente presentadas por el ancho de banda limitado de la señales de voz en FM y del canal de voz inverso SAT, es deseable proporcionar un método mejorado por el que las señales del canal de voz inverso (RVC) pueden utilizarse para localizar un transmisor inalámbrico, particularmente en una situación de emergencia. Es deseable también proporcionar un método de localización que permita al sistema de localización evitar realizar las estimaciones de la localización utilizando señales RVC en situaciones en las que es probable que las mediciones no cumplan los requisitos de fiabilidad y precisión preestablecidos. Esto ahorra recursos del sistema y mejora la eficiencia global del sistema de localización. El método mejorado se basa en dos técnicas. La Figura 10A es un diagrama de flujo de un primer método para medir la localización utilizando señales del canal de voz inverso. El método comprende las siguientes etapas:

- (i) Se supone primero que un usuario con un transmisor inalámbrico desea ser localizado, o desea tener su localización actualizada o mejorada además. Este puede ser el caso, por ejemplo, si el usuario inalámbrico ha marcado "911" y está buscando ayuda de emergencia. Se supone por lo tanto también que el usuario es coherente y está en comunicación con un distribuidor situado centralmente.
- (ii) Cuando el distribuidor desea una actualización de la localización para un transmisor inalámbrico particular, el distribuidor envía una orden de actualización de la localización con la identidad del transmisor inalámbrico al Sistema de Localización Inalámbrico sobre una interfaz de aplicación.
- (iii) El Sistema de Localización Inalámbrico responde al distribuidor con una confirmación de que el Sistema de Localización Inalámbrico ha consultado al sistema de comunicaciones inalámbrico y ha obtenido las asignaciones del canal de voz para el transmisor inalámbrico.
- (iv) El distribuidor da instrucciones al usuario inalámbrico para marcar un número de 9 o más dígitos y pulsar la tecla "ENVIAR". Esta secuencia puede ser algo parecido a "123456789" o "911911911". Suceden dos funciones en el canal de voz inversa cuando el usuario inalámbrico marca una secuencia de al menos 9 cifras y a continuación la tecla "ENVIAR". Primero, especialmente para un canal de voz celular AMPS, la marcación de los dígitos produce el envío de tonos multifrecuencia de doble tono (DTMF) sobre el canal de voz. El índice de modulación de los tonos DTMF es muy alto y durante el envío de cada cifra en la secuencia DTMF llevará típicamente al ancho de banda de la señal transmitida más allá de ± 10 kHz. La segunda función sucede al presionar la tecla "ENVIAR". Independientemente de que el usuario esté suscrito a las llamadas a tres u otras características especiales, el transmisor inalámbrico enviará un mensaje sobre la voz utilizando un modo "blank and burst" donde el transmisor detiene brevemente el envío de la voz FM y SAT, y en su lugar envía un mensaje en ráfagas modulado de la misma manera que el canal de control (10 kbits Manchester). Si el usuario inalámbrico marca menos de 9 cifras, el mensaje estará compuesto de aproximadamente 544 bits. Si el usuario inalámbrico marca 9 o más cifras, el mensaje estará compuesto de aproximadamente 987 bits.
- (v) Después de la notificación por el distribuidor, el Sistema de Localización Inalámbrico supervisa el ancho de banda de la señal transmitida en el canal de voz. Como se ha tratado anteriormente, cuando sólo se está transmitiendo la SAT, e incluso si se están transmitiendo voz y SAT, puede no haber suficiente ancho de banda en la señal transmitida para calcular una estimación de localización de alta calidad. Por lo tanto, el Sistema de Localización Inalámbrico conserva los recursos del procesamiento de la localización y espera hasta que la señal transmitida excede un ancho de banda predeterminado. Este puede estar, por ejemplo, fijado en algún punto en el intervalo de 8 kHz a 12 kHz. Cuando se envían los dígitos DTMF marcados o cuando se envía el mensaje en ráfagas, el ancho de banda excede típicamente el ancho de banda predeterminado. De hecho, si el transmisor inalámbrico no transmite los tonos DTMF durante el marcado, se esperaría que el ancho de banda exceda el ancho de banda predeterminado múltiples veces. Esto proporcionaría múltiples oportunidades para realizar una estimación de localización. Si los tonos DTMF no se envían durante el marcado, aún se envía el mensaje en ráfagas en el momento de pulsar "ENVIAR", y el ancho de banda excedería típicamente el umbral predeterminado.

- (vi) Sólo cuando el ancho de banda transmitido de la señal excede el ancho de banda predeterminado, el Sistema de Localización Inalámbrico inicia el procesamiento de la localización.

5 La Figura 10B es un diagrama de flujo de otro método para la medición de la localización usando las señales del canal de voz inverso. El método comprende las siguientes etapas:

- (i) Se supone primero que un usuario con un transmisor inalámbrico desea ser localizado, o desea tener su localización actualizada o mejorada además. Este puede ser el caso, por ejemplo, si el usuario inalámbrico ha marcado "911" y está buscando ayuda de emergencia. Se supone que el usuario puede no desear marcar los dígitos o puede no ser capaz de marcar ningún dígito de acuerdo con el método previo.
- (ii) Cuando el distribuidor desea una actualización de la localización para un usuario de un transmisor inalámbrico particular, el distribuidor envía una orden de actualización de la localización al Sistema de Localización Inalámbrico sobre una interfaz de aplicación con la identidad del transmisor inalámbrico.
- (iii) El Sistema de Localización Inalámbrico responde al distribuidor con una confirmación.
- (iv) El Sistema de Localización Inalámbrico da una orden al sistema de comunicaciones inalámbrico para hacer que el transmisor inalámbrico transmita mediante el envío de un mensaje de "auditoría" o similar al transmisor inalámbrico. El mensaje de auditoría es un mecanismo por el que el sistema de comunicaciones inalámbrico puede obtener una respuesta del transmisor inalámbrico sin solicitar una acción del usuario final y sin hacer que el transmisor inalámbrico suene o alerte en algún otro modo. La recepción de un mensaje de auditoría hace que el transmisor inalámbrico responda con un mensaje de "respuesta de auditoría" sobre el canal de voz.
- (v) Después de la notificación por el distribuidor, el Sistema de Localización Inalámbrico supervisa el ancho de banda de la señal transmitida en el canal de voz. Como se ha tratado anteriormente, cuando sólo se está transmitiendo la SAT, e incluso si se están transmitiendo voz y SAT, puede no haber suficiente ancho de banda en la señal transmitida para calcular una estimación de localización de alta calidad. Por lo tanto, la localización por radio conserva los recursos del procesamiento de la localización y espera hasta que la señal transmitida exceda un ancho de banda predeterminado. Este puede estar, por ejemplo, fijado en algún punto en el intervalo de 8 kHz a 12 kHz. Cuando se envía el mensaje de respuesta de auditoría, el ancho de banda excedería típicamente el ancho de banda predeterminado.
- (vi) Sólo cuando el ancho de banda transmitido de la señal excede el ancho de banda predeterminado, el Sistema de Localización Inalámbrico inicia el procesamiento de la localización.

40 *Método de Combinación de la Estimación Para Mejorar la Precisión de la Localización*

La precisión de la estimación de localización proporcionada por el Sistema de Localización Inalámbrico puede mejorarse mediante la combinación de múltiples estimaciones de localización estadísticamente independientes realizadas mientras el transmisor inalámbrico está manteniendo su posición. Incluso cuando un transmisor inalámbrico está perfectamente estacionario, el entorno físico y de RF alrededor de un transmisor inalámbrico está cambiando constantemente. Por ejemplo, los vehículos pueden cambiar su posición u otros transmisores inalámbricos que habían causado una colisión durante una estimación de localización pueden haber parado de transmitir o cambiado su posición de forma que no colisionen ya durante estimaciones de localización posteriores. La estimación de localización proporcionada por el Sistema de Localización Inalámbrico cambiará por lo tanto para cada transmisión, incluso si se realizan transmisiones consecutivas dentro de un período de tiempo muy corto, y cada estimación de localización es estadísticamente independiente de las otras estimaciones, particularmente con respecto a los errores producidos por el entorno cambiante.

Cuando se realizan varias estimaciones de localización estadísticamente independientes consecutivas para un transmisor inalámbrico que no ha cambiado su posición, las estimaciones de localización tenderán a agruparse alrededor de la posición verdadera. El Sistema de Localización Inalámbrico combina las estimaciones de localización usando una media ponderada u otra construcción matemática similar para determinar la estimación mejorada. El uso de una media ponderada se apoya en la asignación de un factor de calidad a cada estimación de localización independiente. Este factor de calidad puede basarse en, por ejemplo, los valores de correlación, el intervalo de confianza u otras mediciones similares derivadas del procesamiento de la localización para cada estimación independiente. El Sistema de Localización Inalámbrico usa opcionalmente varios métodos para obtener múltiples transmisiones independientes del transmisor inalámbrico, incluyendo (i) el uso de su interfaz con el sistema de comunicaciones inalámbrico para la orden Realizar Transmisión; (ii) usar múltiples ráfagas consecutivas desde un protocolo de interfaz por aire basado en segmentos de tiempo, tales como el TDMA o el GSM o (iii) dividir una transmisión en el canal de voz en múltiples segmentos durante un periodo de tiempo y realizar el procesamiento de la localización independientemente para cada segmento. Cuando el Sistema de Localización Inalámbrico aumenta el número de estimaciones de localización independientes que se combinan en la estimación de localización final, supervisa una estadística que indica la

calidad del agrupamiento. Si la estadística está por debajo de un valor de umbral preestablecido, entonces el Sistema de Localización Inalámbrico supone que el transmisor inalámbrico está manteniendo su posición. Si la estadística se eleva por encima del valor de umbral preestablecido, el Sistema de Localización Inalámbrico supone que el transmisor inalámbrico no está manteniendo su posición y por lo tanto para de realizar estimaciones de localización adicionales.

- 5 La estadística que indica la calidad de la agrupación puede ser, por ejemplo, un cálculo de desviación estándar o un cálculo de raíz cuadrática media (RMS) para las estimaciones de localización individuales que se combinan juntas y con respecto a la estimación de localización combinada calculada dinámicamente. Cuando se notifica un registro de localización a la aplicación solicitante, el Sistema de Localización Inalámbrico indica, utilizando un campo en el registro de localización, el número de estimaciones de localización independientes combinadas juntas para producir el informe de estimación de localización.

- Otro proceso de ejemplo para obtener y combinar múltiples estimaciones de localización se explicará ahora con referencia las Figuras 11A-11D. Las Figuras 11A, 11B y 11C representan esquemáticamente las secuencias bien conocidas de “originar”, “respuesta a búsqueda” y “auditoría” de un sistema de comunicaciones inalámbrico. Como se muestra en la Figura 11A, la secuencia originar (iniciada por el teléfono inalámbrico para realizar una llamada) puede requerir dos transmisiones desde el transmisor inalámbrico, una señal de “originar” y una señal de “confirmación de orden”. La señal de confirmación de orden se envía en respuesta a una asignación del canal de voz desde el sistema de comunicaciones inalámbrico (por ejemplo, MSC). Similarmente, como se muestra en la Figura 11B, una secuencia de búsqueda puede involucrar dos transmisiones desde el transmisor inalámbrico. La secuencia de búsqueda se inicia por el sistema de comunicaciones inalámbrico, por ejemplo, cuando el transmisor inalámbrico es llamado por otro teléfono. Después de ser buscado, el transmisor inalámbrico transmite una respuesta a la búsqueda; y entonces, después de que se ha asignado un canal de voz, el transmisor inalámbrico transmite una señal de confirmación de orden. El proceso de auditoría, por el contrario, suscita una única transmisión inversa, una señal de respuesta de auditoría. Una secuencia de auditoría y respuesta de auditoría tiene el beneficio de no hacer sonar el transmisor inalámbrico que está respondiendo.

- Se explicará ahora la manera en la que estas secuencias pueden usarse para localizar un teléfono con precisión mejorada. Por ejemplo, a un teléfono robado, o a un teléfono con un número de serie robado, se le solicita repetidamente con una señal de auditoría, que le fuerza a responder con múltiples respuestas de auditoría, permitiendo de este modo que el teléfono sea localizado con mayor precisión. Para usar la secuencia de auditoría, sin embargo, el Sistema de Localización Inalámbrico envía las órdenes apropiadas usando su interfaz con el sistema de comunicaciones inalámbrico, que envía el mensaje de auditoría al transmisor inalámbrico. El Sistema de Localización Inalámbrico puede forzar también una terminación de llamada (colgar) y entonces llamar de vuelta al transmisor inalámbrico usando el código ANI estándar. La llamada puede terminarse bien dando instrucciones verbalmente al usuario de desconectar la llamada, desconectando la llamada en el extremo terrestre de la llamada o enviando un mensaje de desconexión artificial por el aire a la estación base. Este mensaje de desconexión por el aire simula la pulsación de la tecla “FIN” en la unidad móvil. La llamada de retorno invoca la secuencia de busca anteriormente descrita y fuerza al teléfono a iniciar dos transmisiones que pueden utilizarse para realizar estimaciones de localización.

- Con referencia ahora a la Figura 11D, se resumirá ahora el método de localización de alta precisión. Primero, se realiza una estimación de la localización inicial. A continuación, se emplea el proceso de auditoría o de “colgar y llamar de vuelta” descrito anteriormente para suscitar una transmisión de respuesta desde la unidad móvil y a continuación se realiza una segunda estimación de la localización. Si se usa el proceso de auditoría o el de “colgar y llamar de vuelta” dependerá de si el sistema de comunicaciones inalámbrico y el transmisor inalámbrico tienen implementada ambos la funcionalidad de auditoría. Las etapas segunda y tercera se repiten para obtener sin embargo muchas estimaciones de localización independientes tal como se considere necesario o deseable y finalmente las múltiples estimaciones de localización estadísticamente independientes se combinan en una media, media ponderada o construcción matemática similar para obtener una estimación mejorada. El uso de la media ponderada se apoya en la asignación de un factor de calidad a cada estimación de localización independiente. Este factor de calidad puede basarse en un porcentaje de correlación, intervalo de confianza u otras medidas similares derivadas del proceso de cálculo de la localización.

50 *Método de Síntesis del Ancho de Banda Para Mejorar la Precisión de la Localización*

- El Sistema de Localización Inalámbrico es capaz adicionalmente de mejorar la precisión de las estimaciones de localización para transmisores inalámbricos cuyo ancho de banda sea relativamente estrecho usando una técnica de síntesis del ancho de banda. Esta técnica puede aplicarse, por ejemplo, a aquellos transmisores que usan los protocolos de interfaz por aire AMPS, NAMPS, TDMA y GSM y para los que hay un gran número de canales de RF individuales disponibles para uso por el transmisor inalámbrico. Con propósito de ejemplo, la siguiente descripción se referirá a los detalles específicos del AMPS; sin embargo, la descripción puede alterarse fácilmente para aplicarla a otros protocolos. Este método se basa en el principio de que cada transmisor inalámbrico es operativo para transmitir sólo señales de banda estrecha en frecuencias que se extienden en un ancho de banda de frecuencias predefinido que es más ancho que el ancho de banda de las señales de banda estrecha individuales transmitidas por el transmisor inalámbrico. Este método también se basa en la interfaz mencionada anteriormente entre el Sistema de Localización Inalámbrico y el sistema de comunicaciones inalámbrico a través del que el SLI puede ordenar al sistema de comunicaciones inalámbrico que haga que un transmisor inalámbrico transfiera o conmute a otra frecuencia o canal de RF. Mediante el envío de una serie de órdenes, el Sistema de Localización Inalámbrico puede forzar al transmisor inalámbrico a conmutar secuencialmente y de forma controlada a una serie de canales de RF, permitiendo al SLI sintetizar de modo efectivo una señal recibida de banda más ancha a partir de la serie de señales transmitidas de banda estrecha para la finalidad del procesamiento de la localización.

ES 2 336 693 T3

Los medios de síntesis del ancho de banda pueden incluir medios para determinar una característica del ancho de banda de fase versus frecuencia de las transmisiones desde el transmisor inalámbrico. Por ejemplo, las señales de banda estrecha típicamente tienen un ancho de banda de aproximadamente 20 kHz y el ancho de banda predefinido de las frecuencias se extiende aproximadamente a 12,5 MHz, lo que en este ejemplo, es el espectro asignado a cada proveedor celular por la FCC. Con el síntesis del ancho de banda, la resolución de las mediciones TDOA puede aumentarse en aproximadamente 1/12,5 MHz; es decir, la resolución disponible en el tiempo es la recíproca del ancho de banda efectivo.

Se muestran en la Figura 12A un transmisor inalámbrico, un transmisor de calibración (si se usa), un SCS 10A, 10B y 10C y un TLP 12. La localización del transmisor de calibración y las de los tres SCS se conocen con precisión *a priori*. Las señales, representadas por flechas de puntos en la Figura 12A, se transmiten por el transmisor inalámbrico y el transmisor de calibración y se reciben en las SCS 10A, 10B y 10C y se procesan usando las técnicas descritas previamente. Durante el procesamiento de la localización, los datos de RF desde un SCS (por ejemplo 10B) se relacionan de modo cruzado (en el dominio del tiempo o de la frecuencia) con el flujo de datos de otra SCS (por ejemplo 10C) de modo separado para cada transmisor y para cada par de SCS 10 para generar estimaciones TDOA, TDOA₂₃ y TDOA₁₃. Una salida intermedia del procesamiento de la localización es un conjunto de coeficientes que representan la potencia cruzada compleja como una función de la frecuencia (por ejemplo R₂₃).

Por ejemplo, si X(f) es la transformada de Fourier de la señal x(t) recibida en un primer emplazamiento e Y(t) es la transformada de Fourier de la señal y(t) recibida en un segundo emplazamiento, entonces la potencia cruzada compleja R(f) = X(f)Y*(f), donde Y* es la conjugada compleja de Y. El ángulo de fase de R(f) a cualquier frecuencia f es igual a la fase de X(f) menos la fase de Y(f). El ángulo de fase de R(f) puede denominarse fase marginal. En ausencia de ruido, interferencia y otros errores, la fase marginal es una función perfectamente lineal de la frecuencia dentro de una banda de frecuencias (contigua) observada; y la pendiente de la línea es menos el retardo del grupo interferométrico o TDOA; la interceptación de la línea en el centro de la banda de frecuencias, igual al valor medio de la fase de R(f), se denomina "la" fase marginal de la observación cuando se hace referencia a la banda completa. Dentro de la banda, la fase marginal puede considerarse como una función de la frecuencia.

Los coeficientes obtenidos por el transmisor de calibración se combinan con los obtenidos por el transmisor inalámbrico y las combinaciones se analizan para obtener mediciones TDOA calibradas TDOA₂₃ y TDOA₁₃, respectivamente. En el proceso de calibración, la fase marginal del transmisor de calibración se resta de la fase marginal del transmisor inalámbrico para cancelar errores sistemáticos que sean comunes a ambos. Dado que cada fase marginal original es en sí misma la diferencia entre las fases de las señales recibidas en dos SCS 10, el proceso de calibración se denomina a menudo *doble diferenciación* y el resultado de calibración se dice que está *doblemente diferenciado*. La estimación TDOA T-ij es una estimación de máxima probabilidad de la diferencia de tiempo de llegada (TDOA), entre los emplazamientos i y j, de la señal transmitida por el transmisor inalámbrico, calibrada y también corregida de los efectos sobre las señales de la propagación multitrayecto. Las estimaciones TDOA desde diferentes pares de emplazamientos de células se combinan para derivar la estimación de la localización. Es bien conocido que pueden obtenerse estimaciones TDOA más precisas mediante la observación de un ancho de banda más amplio. Generalmente no es posible aumentar el ancho de banda "instantáneo" de la señal transmitida por un transmisor inalámbrico, pero es posible ordenar a un transmisor inalámbrico conmutar desde un canal de frecuencia a otro de forma que, en un corto tiempo, pueda observarse un ancho de banda más amplio.

En un sistema celular típico no cableado, por ejemplo, los canales 313- 333 son canales de control y los restantes 395 canales son canales de voz. La frecuencia central de un transmisor inalámbrico que transmite sobre un canal RF de voz número 1 (RVC 1) es 826,030 MHz y la separación de la frecuencia centro a centro de canales sucesivos es de 0,030 MHz. El número de canales de voz asignados a cada célula de un bloque de reutilización de frecuencias de siete células es aproximadamente 57 (es decir, 395 dividido por 7) y estos canales se distribuyen a través del intervalo de 395 canales, separados cada 7 canales. Obsérvese entonces que cada emplazamiento de célula utilizado en un sistema AMPS tiene canales que abarcan la banda de 12,5 MHz completa asignada por la FCC. Si, por ejemplo, designamos las células de cada conjunto de frecuencias según un patrón de reuso como células "A" a "G", los números de canal asignados a las células "A" pueden ser 1, 8, 15, 22,..., 309; los números de los canales asignados a las células "B" se determinan añadiendo 1 a los números de canal de "A"; y así sucesivamente hasta G.

El método comienza cuando el transmisor inalámbrico ha sido asignado a un canal RF de voz, y el Sistema de Localización Inalámbrico ha activado el procesamiento de la localización para la transmisión desde el transmisor inalámbrico. Como parte del procesamiento de la localización, las estimaciones de la TDOA, TDOA₁₃ y TDOA₂₃ combinadas pueden tener, por ejemplo, un error de desviación estándar de 0,5 microsegundos. El método de combinación de las mediciones desde diferentes canales de RF explota la relación entre el TDOA, la fase marginal y la frecuencia de radio. Se denota el "verdadero" valor del retardo de grupo o TDOA, es decir, el valor que se observaría en ausencia de ruido, multitrayecto y cualquier error instrumental, por τ ; de modo similar, se denota el verdadero valor de la fase marginal por ϕ ; y se denota la frecuencia de radio por f. La fase marginal ϕ se relaciona con τ y con f por:

$$\phi = -f\tau + n \quad (\text{Ec. 1})$$

donde ϕ se mide en ciclos, f en Hz y τ en segundos; y n es un entero que representa la ambigüedad intrínseca de ciclo completo de una medición de fase doblemente diferenciada. El valor de n es desconocido *a priori* pero es la misma para observaciones a frecuencias contiguas, es decir, dentro de un canal de frecuencia cualquiera. El valor de n es generalmente diferente para observaciones a frecuencias separadas. τ puede estimarse a partir de observaciones en un único canal de frecuencia, en efecto, ajustando una línea recta a la fase marginal observada como una función de la frecuencia dentro del canal. La pendiente de la línea de mejor aproximación es igual a menos la estimación deseada de τ . En el caso de canal único, n es constante y así la Ec. 1 puede diferenciarse para obtener:

$$d\phi/df = -\tau \quad (\text{Ec. 2}).$$

Se pueden obtener estimaciones independientes de τ mediante el ajuste de una línea recta a las observaciones de ϕ versus f separadamente para cada canal, pero cuando se observan dos frecuencias separadas (no contiguas), una línea recta única no se ajustará generalmente a las observaciones de ϕ versus f de ambos canales porque, en general, el entero n tiene diferentes valores para los dos canales. Sin embargo, bajo ciertas condiciones, es posible determinar y eliminar la diferencia entre estos dos valores enteros y entonces ajustar una línea recta única al conjunto entero de datos de fase que abarcan ambos canales. La pendiente de esta línea recta se determinará mucho mejor porque se basa en un intervalo de frecuencias más amplio. Bajo ciertas condiciones, la incertidumbre de la estimación de la pendiente es inversamente proporcional a la amplitud de frecuencia.

En este ejemplo, se supone que el transmisor inalámbrico se ha asignado al canal de RF de voz 1. La diferencia de frecuencias de radio entre los canales 1 y 416 es tan grande que inicialmente la diferencia entre los enteros n_1 y n_{416} correspondientes a estos canales no puede determinarse. Sin embargo, a partir de las observaciones en cualquiera o en ambos canales tomados por separado, puede derivarse una estimación inicial de TDOA, τ_0 . A continuación el Sistema de Localización Inalámbrico ordena al sistema de comunicaciones inalámbrico hacer que el transmisor móvil conmute desde el canal 1 al canal 8. La señal del transmisor inalámbrico se recibe en el canal 8 y se procesa para actualizar o refinar la estimación τ_0 . A partir de τ_0 , puede calcularse la fase marginal "teórica" ϕ_0 como una función de la frecuencia, igual a $(-f\tau_0)$. Puede calcularse la diferencia entre la fase observada realmente ϕ y la función teórica ϕ_0 , donde la fase observada realmente es igual a la fase verdadera dentro de una pequeña porción, típicamente 1/50 de ciclo:

$$\phi - \phi_0 = -f(\tau - \tau_0) + n_1 \text{ ó } n_8, \text{ dependiendo del canal} \quad (\text{Ec. 3})$$

o

$$\Delta\phi = -\Delta f\tau - n_1 \text{ ó } n_8, \text{ dependiendo del canal} \quad (\text{Ec. 4})$$

donde $\Delta\phi = \phi - \phi_0$ y $\Delta\tau = \tau - \tau_0$. La Ecuación (4) se traza gráficamente en la Figura 12B, representando la diferencia, $\Delta\phi$, entre la fase marginal observada ϕ y el valor ϕ_0 calculado a partir de la estimación de TDOA inicial τ_0 , versus la frecuencia f para los canales 1 y 8.

Para la banda de frecuencias de 20 kHz de ancho correspondientes al canal 1, un gráfico de $\Delta\phi$ versus f es típicamente una línea recta horizontal. Para la banda de frecuencias de 20 kHz de ancho correspondientes al canal 8, el gráfico de $\Delta\phi$ versus f es también una línea recta horizontal. Las pendientes de estos segmentos de línea están generalmente cercanas a cero porque la cantidad $(f\Delta\tau)$ normalmente no varía en una fracción significativa de un ciclo dentro de los 20 kHz, porque $\Delta\tau$ es menos el error de la estimación τ_0 . La magnitud de este error no excederá típicamente de 1,5 microsegundos (tres veces la desviación estándar de 0,5 microsegundos en este ejemplo), y el producto de 1,5 microsegundos y 20 kHz está por debajo del 4% de un ciclo. En la Figura 12B, el gráfico de $\Delta\phi$ para el canal 1 se desplaza verticalmente del gráfico de $\Delta\phi$ para el canal 8 en relativamente una cantidad grande porque la diferencia entre n_1 y n_8 puede ser arbitrariamente grande. Este desplazamiento vertical, o diferencia entre los valores medios de $\Delta\phi$ para los canales 1 y 8, estará (con extremadamente alta probabilidad) dentro de $\pm 0,3$ ciclos del valor verdadero de la diferencia, n_1 y n_8 , porque el producto de la máxima magnitud probable de $\Delta\tau$ (1,5 microsegundos) y la separación de los canales 1 y 8 (210 kHz) es 0,315 ciclos. En otras palabras, la diferencia $n_1 - n_8$ es igual a la diferencia entre los valores medios de $\Delta\phi$ para los canales 1 y 8, redondeada al entero más próximo. Tras la determinación de la diferencia entera $n_1 - n_8$ por este procedimiento de redondeo, se añade el entero $\Delta\phi$ para el canal 8 o se resta de $\Delta\phi$ para el canal 1. La diferencia entre los valores medios de $\Delta\phi$ para los canales 1 y 8 es generalmente igual al error en la estimación de TDOA inicial, τ_0 , por 210 kHz. La diferencia entre los valores medios de $\Delta\phi$ para los canales 1 y 8 se divide por 210 kHz y el resultado se añade a τ_0 para obtener una estimación de τ , el valor verdadero de TDOA; esta nueva estimación puede ser significativamente más precisa que τ_0 .

Este método de salto de frecuencias y refinamiento del TDOA puede extenderse a canales separados más ampliamente para obtener resultados aún más precisos. Si se usa τ_1 para representar el resultado refinado obtenido a partir de los canales 1 y 8, τ_0 puede sustituirse por τ_1 en el método recientemente descrito; y el Sistema de Localización Inalámbrico puede ordenar al sistema de comunicaciones inalámbrico que haga que el transmisor inalámbrico conmute, por ejemplo, desde el canal 8 al canal 36; entonces τ_1 puede usarse para determinar la diferencia entera $n_8 - n_{36}$ y la estimación de TDOA puede obtenerse basándose en la amplitud de frecuencia de 1,05 MHz entre los canales 1 y 36.

La estimación puede etiquetarse τ_2 ; y el transmisor inalámbrico conmutarse, por ejemplo, desde el canal 36 al canal 112, y así sucesivamente. En principio, pueden expandirse el intervalo completo de frecuencias asignadas al proveedor celular. Los números de canal (1, 8, 36, 112) usados en este ejemplo son, naturalmente, arbitrarios. El principio general es que se usa una estimación del TDOA basada en una pequeña separación de frecuencias (comenzando con un único canal) para resolver la ambigüedad de entero de la diferencia de fase marginal entre frecuencias separadas más ampliamente. La última separación de frecuencias no debería ser muy grande; se limita por la incertidumbre en la estimación previa de TDOA. En general, el peor caso de error en la estimación previa multiplicada por la diferencia de frecuencias no puede superar 0,5 ciclos.

Si la holgura realmente más pequeña (por ejemplo 210 kHz) de frecuencia entre los canales más próximamente separados asignados a una célula particular no pueden ser puenteados debido a que la incertidumbre del peor caso de una estimación TDOA de canal único excede 2,38 microsegundos (igual a 0,5 ciclos divididos por 0,210 MHz), el Sistema de Localización Inalámbrico ordena al sistema de comunicaciones inalámbrico forzar al transmisor inalámbrico a transferirse desde un emplazamiento de célula a otro (por ejemplo desde un grupo de frecuencias a otro), de forma que el salto de frecuencias sea menor. Hay una posibilidad de identificación errónea de la diferencia entera entre las diferencias de fase (las $\Delta\phi$) para los canales, por ejemplo, porque el transmisor inalámbrico se movió durante la transferencia desde un canal al otro. Por lo tanto, como comprobación, el Sistema de Localización Inalámbrico puede invertir cada transferencia (por ejemplo después de conmutar del canal 1 al canal 8, conmutar desde el canal 8 de vuelta al canal 1) y confirmar que la diferencia de ciclos enteros determinada tiene con precisión la misma magnitud y el signo opuesto que para la transferencia “directa”. Una estimación de velocidad significativamente no cero a partir de las observaciones FDOA de canal único puede usarse para extrapolar a través del intervalo de tiempo involucrado en un cambio de canal. Ordinariamente este intervalo de tiempo puede mantenerse en una pequeña fracción de 1 segundo. El error de estimación de FDOA multiplicado por el intervalo de tiempo entre canales debe ser pequeño en comparación con 0,5 ciclos. El Sistema de Localización Inalámbrico emplea preferiblemente una diversidad de redundancias y comprobaciones contra la identificación errónea de entero.

Reintento Dirigido para 911

Otro aspecto del Sistema de Localización Inalámbrico se refiere al método de “reintentos dirigidos” para uso en conexión con comunicaciones inalámbricas de modo dual que soportan al menos un primer método de modulación y un segundo método de modulación. En tal situación, el primer y el segundo métodos de modulación se supone que se usan en diferentes canales de RF (es decir canales para el sistema de comunicaciones inalámbricos que soportan un SLI y el sistema PCS, respectivamente). Se supone también que el transmisor inalámbrico a localizar es capaz de soportar ambos métodos de modulación, es decir es capaz de marcar “911” sobre el sistema de comunicaciones inalámbrico que soporta el Sistema de Localización Inalámbrico.

Por ejemplo, el método de reintento dirigido podría usarse en un sistema en el que hay un número insuficiente de estaciones base para soportar un Sistema de Localización Inalámbrico, pero que está funcionando en una región servida por un Sistema de Localización Inalámbrico asociado con otro sistema de comunicaciones inalámbrico. El “primer” sistema de comunicaciones inalámbrico podría ser un sistema de teléfonos celulares y el “segundo” sistema de comunicaciones inalámbrico podría ser un sistema PCS funcionando dentro del mismo territorio que el primer sistema. Cuando el transmisor móvil está usando actualmente el segundo (PCS) método de modulación e intenta originar una llamada al 911, se hace que el transmisor móvil conmute automáticamente al primer método de modulación, y entonces origine la llamada al 911 usando el primer método de modulación sobre uno del conjunto de canales de RF preestablecidos para uso por el primer sistema de comunicaciones inalámbrico. En esta manera, pueden proporcionarse los servicios de localización a los clientes de un sistema PCS o similar que no está servido por su propio Sistema de Localización Inalámbrico.

Conclusión

La descripción precedente de la realización actualmente preferida de un Sistema de Localización Inalámbrico usa términos explicativos, tales como Sistema de Recogida de Señales (SCS), Procesador de Localización TDOA (TLP), Procesador de Aplicaciones (AP) y similares. Más aún, como se comprenderá por aquellos expertos en la técnica, muchos de los aspectos descritos en este documento pueden aplicarse en sistemas de localización que no se basen en técnicas TDOA. Por ejemplo, el proceso por el que el Sistema de Localización Inalámbrico usa la Lista de Asignación de Tareas, etc. puede aplicarse a sistemas no TDOA. En tales sistemas no TDOA, no se requeriría que los TLP descritos anteriormente realicen cálculos TDOA.

Los SCS, TLP y AP son, en esencia, dispositivos programables de recogida y procesamiento de datos que podrían tomar una variedad de formas sin separarse de los conceptos descritos en este documento. Dada la rápida caída de costes del procesamiento de señales digitales y otras funciones de procesamiento, es fácilmente posible, por ejemplo, transferir el proceso de una función particular desde uno de los elementos funcionales (tal como el TLP) descrito en este documento a otro elemento funcional (tal como el SCS o el AP) sin cambiar el funcionamiento del sistema. En muchos casos, el lugar de implementación (es decir el elemento funcional) descrito en este documento es meramente una preferencia del diseñador y no un requisito firme.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la calibración y corrección de una polarización de estación en un sistema receptor (10) empleado en un Sistema de Localización Inalámbrico (SLI), comprendiendo el sistema receptor una matriz de antenas (10-1), un cableado, un filtro, un duplexor, un multiacoplador o repartidor de RF, un preamplificador y un receptor de banda ancha (10-2), en el que la polarización de la estación se define como el retardo finito entre una señal de RF desde un transmisor móvil que alcanza la antena y la misma señal que alcanza el receptor de banda ancha, el método comprende:

inyectar una señal conocida en la entrada de cada filtro, duplexor, multiacoplador o repartidor de RF y medir el retardo y la respuesta de fase en relación a la respuesta de frecuencia desde la entrada de cada receptor de banda ancha,

medir la longitud del cable desde la antena al filtro y determinar el retardo asociado con la medición de la longitud del cable y

el método comprende además calcular la polarización de la estación mediante la combinación de retardos y valores de fase desde cada uno de los filtros, duplexores, multiacopladores o repartidores de RF al receptor de banda ancha y el retardo asociado con la medición de la longitud del cable;

y usar la polarización de la estación calculada para corregir mediciones de localización posteriores.

2. Un método como se enumera en la reivindicación 1 en el que, cuando se usa con un esquema de calibración basado en GPS, el método comprende además la corrección de las longitudes del cable GPS.

3. Un método como se enumera en la reivindicación 1 en el que se usa una señal de referencia generada externamente para supervisar cambios en la polarización de la estación que puedan surgir debido al envejecimiento y al tiempo atmosférico.

4. Un método como se enumera en la reivindicación 1 en el que la polarización de la estación para cada sistema receptor en el SLI se almacena en forma tabular para uso en procesamientos de la localización posteriores.

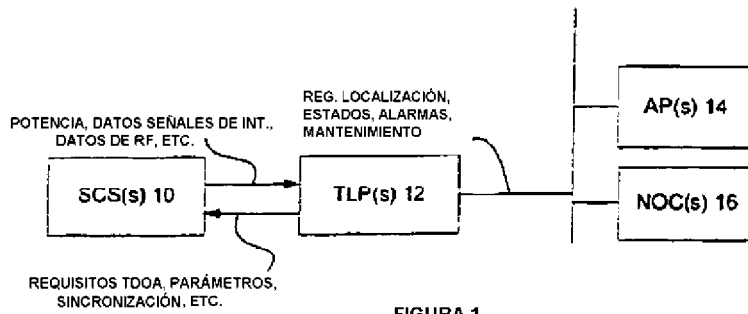


FIGURA 1

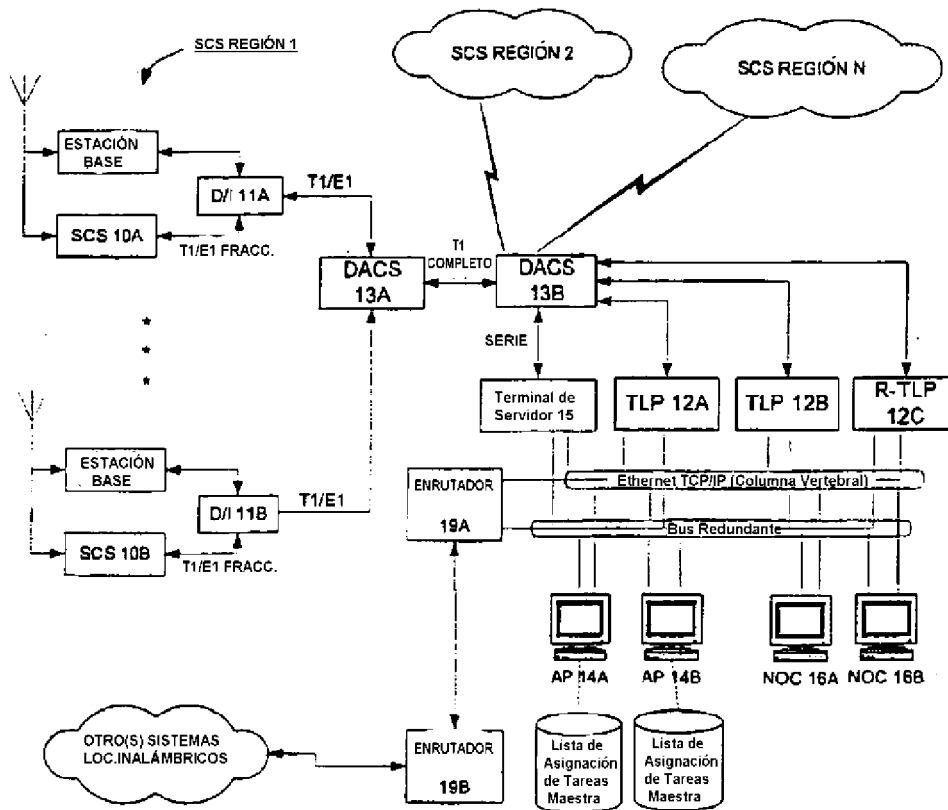


FIGURA 1A

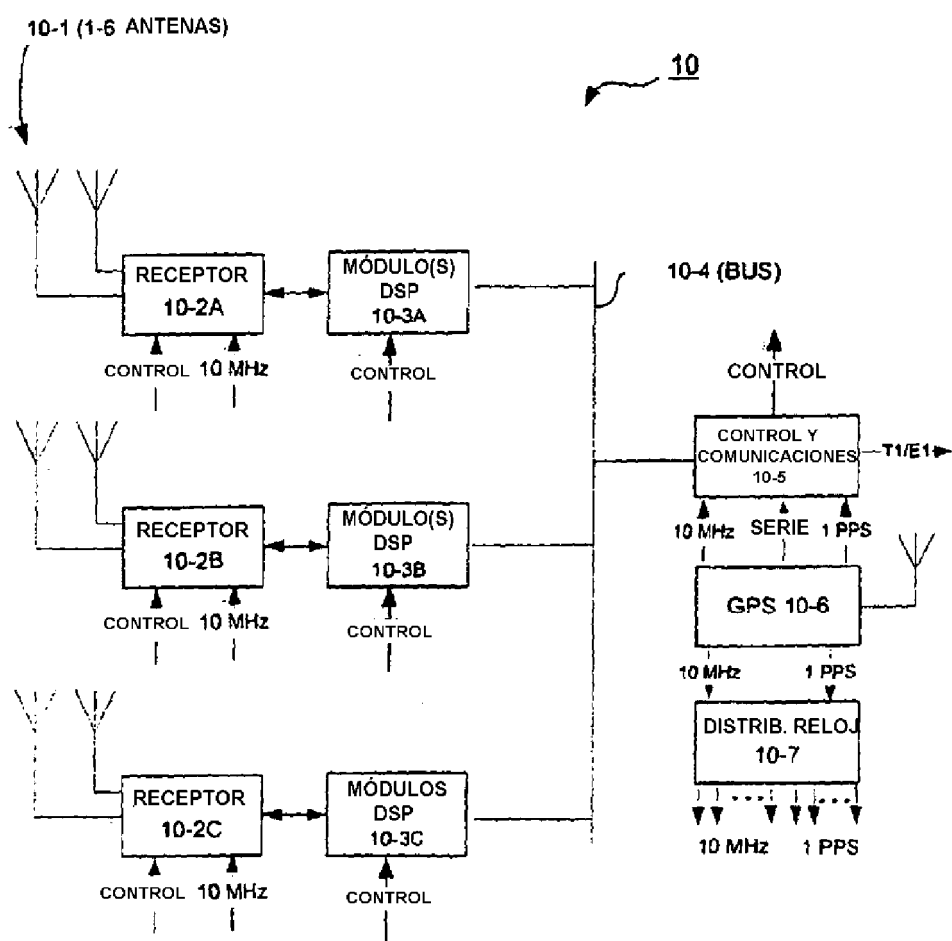


FIGURA 2

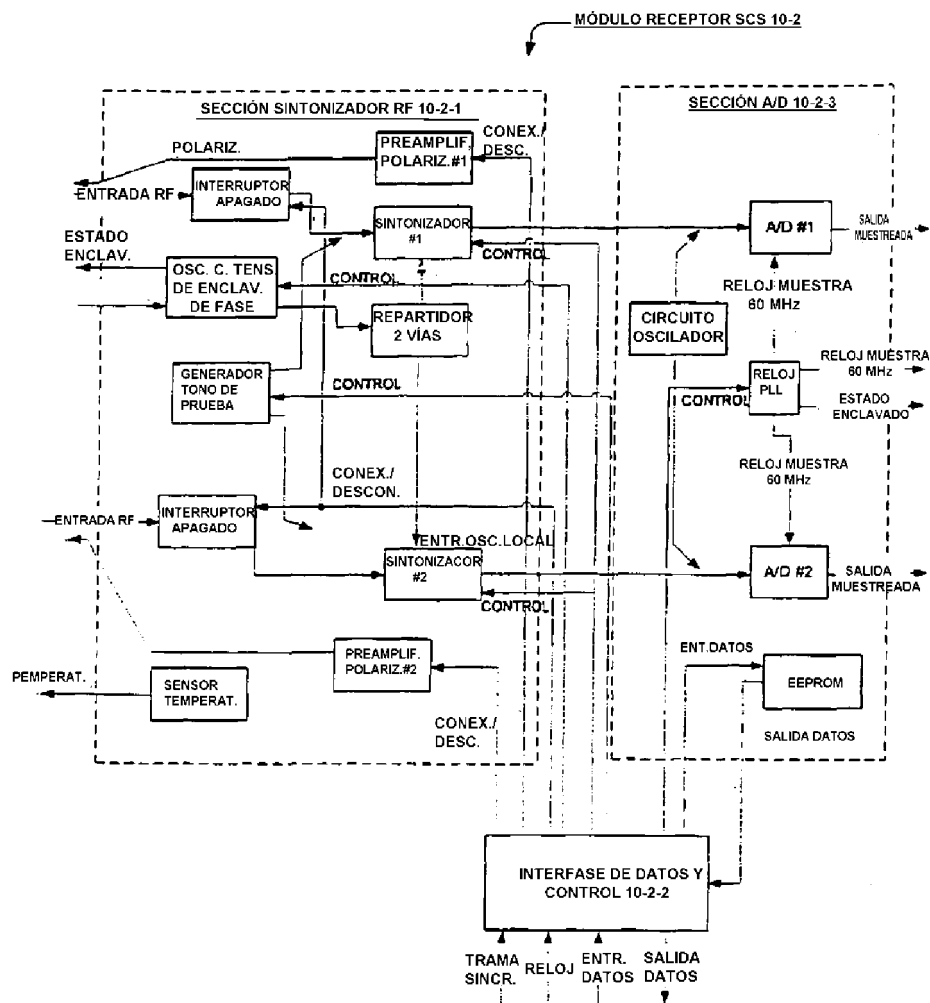


FIGURA 2A

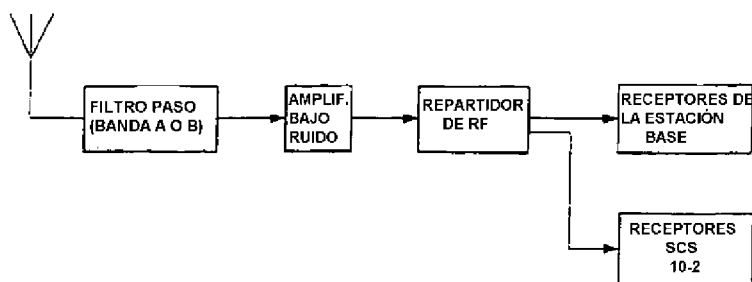


FIGURA 2B

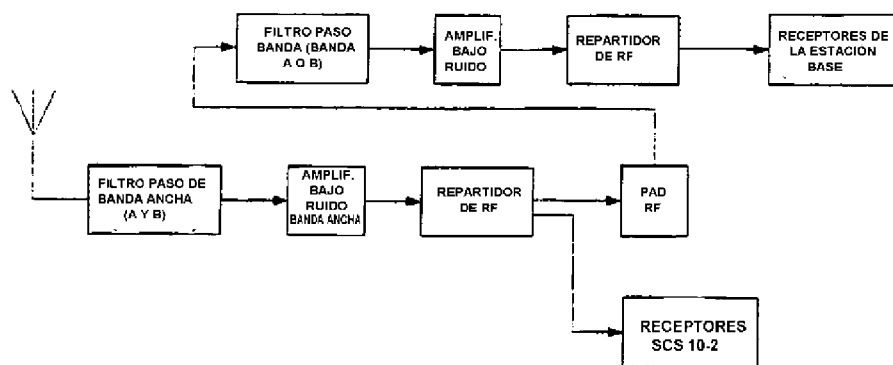


FIGURA 2C

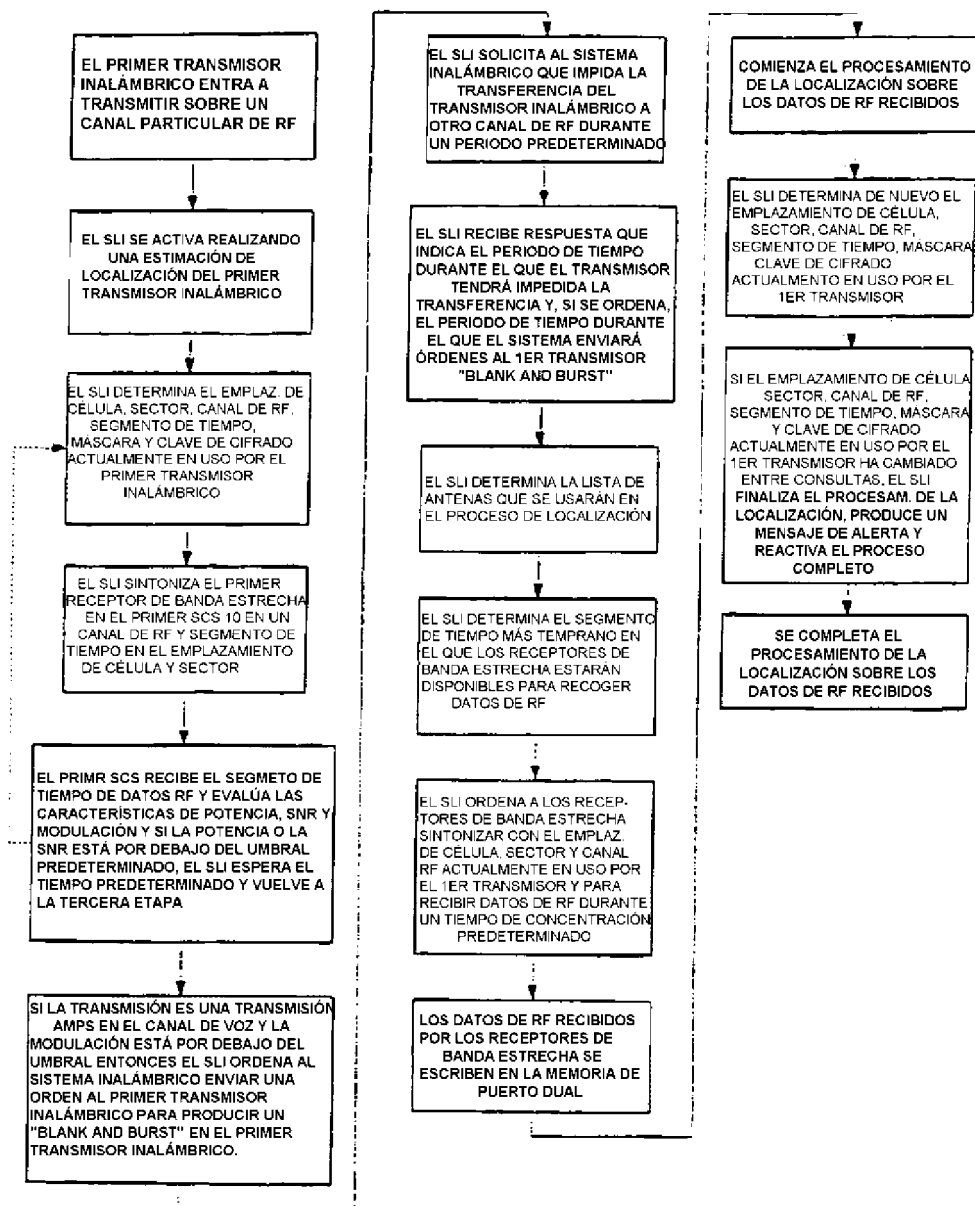


FIGURA 2C-1

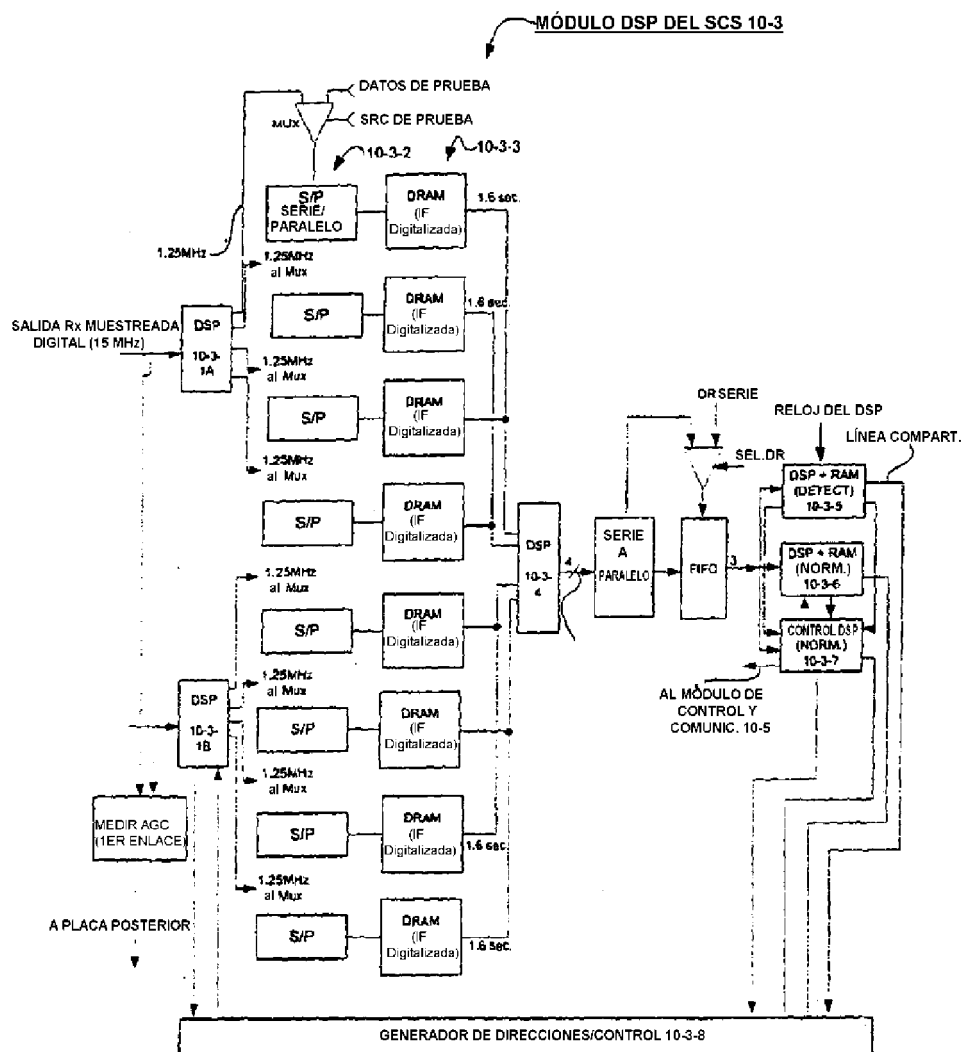


FIGURA 2 D

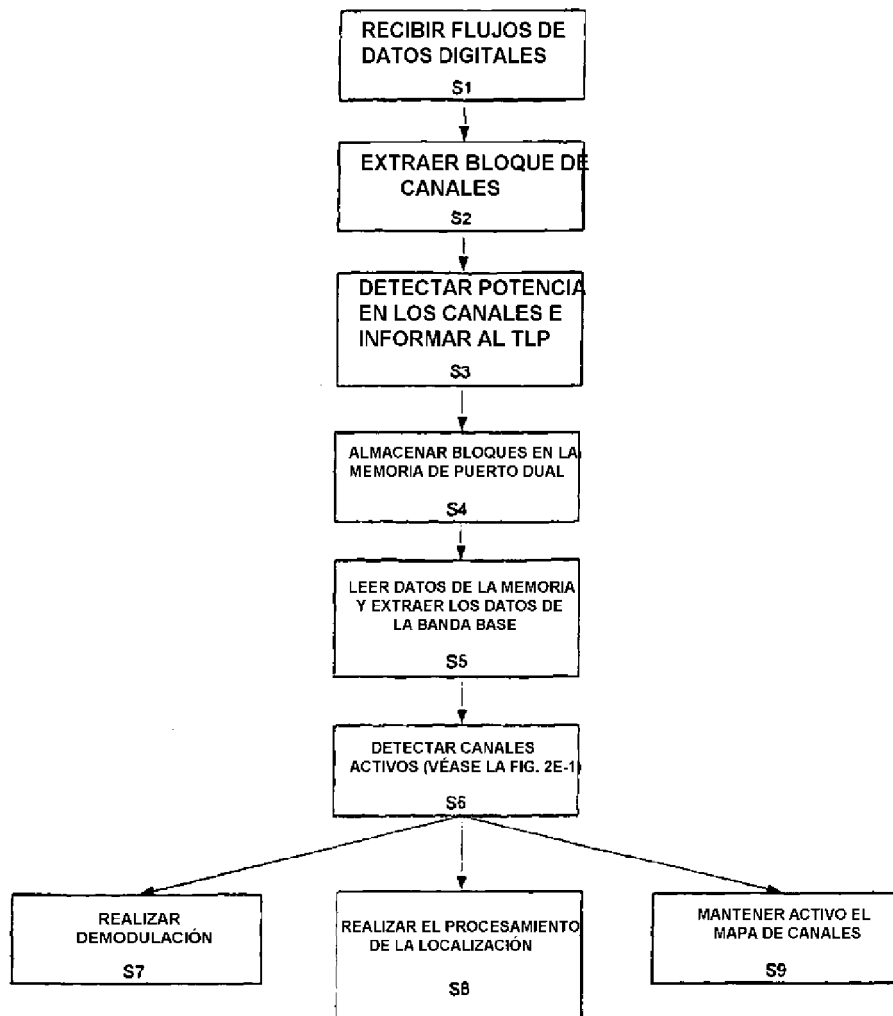


FIGURA 2E

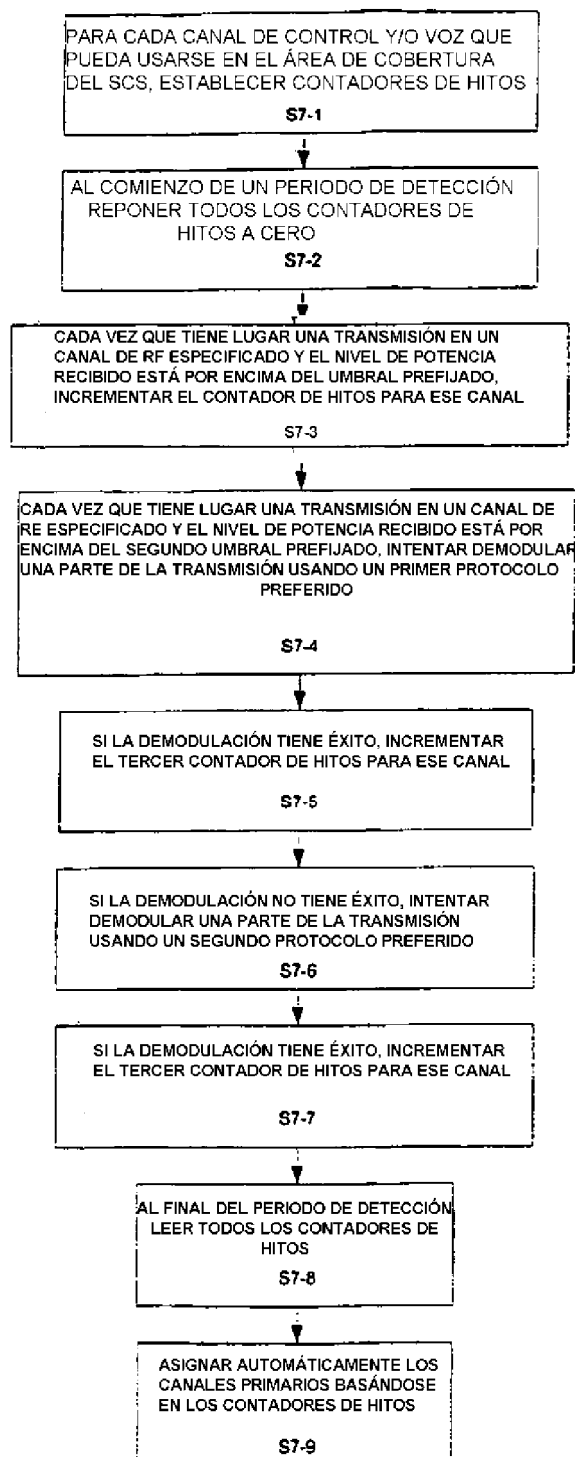


FIGURA 2E-1

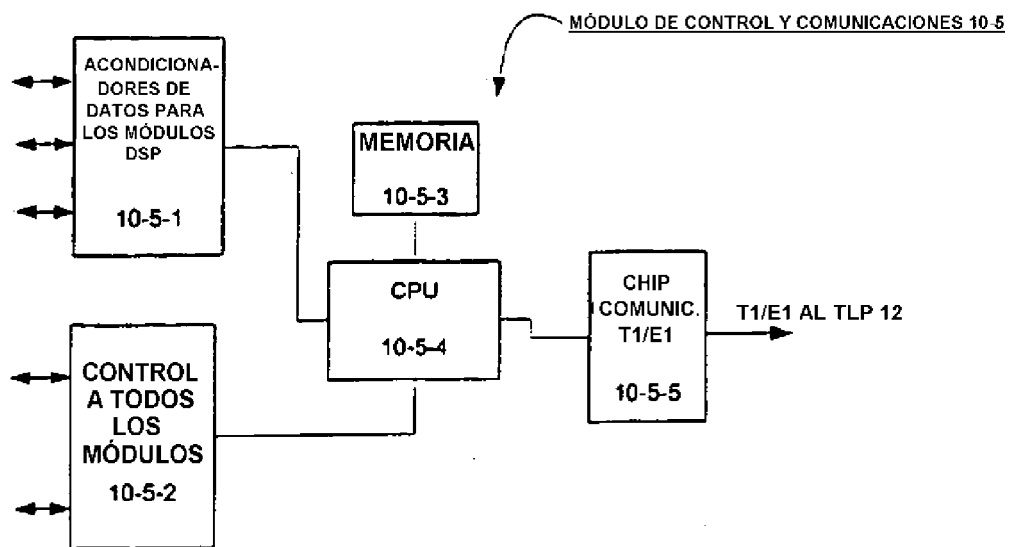


FIGURA 2F

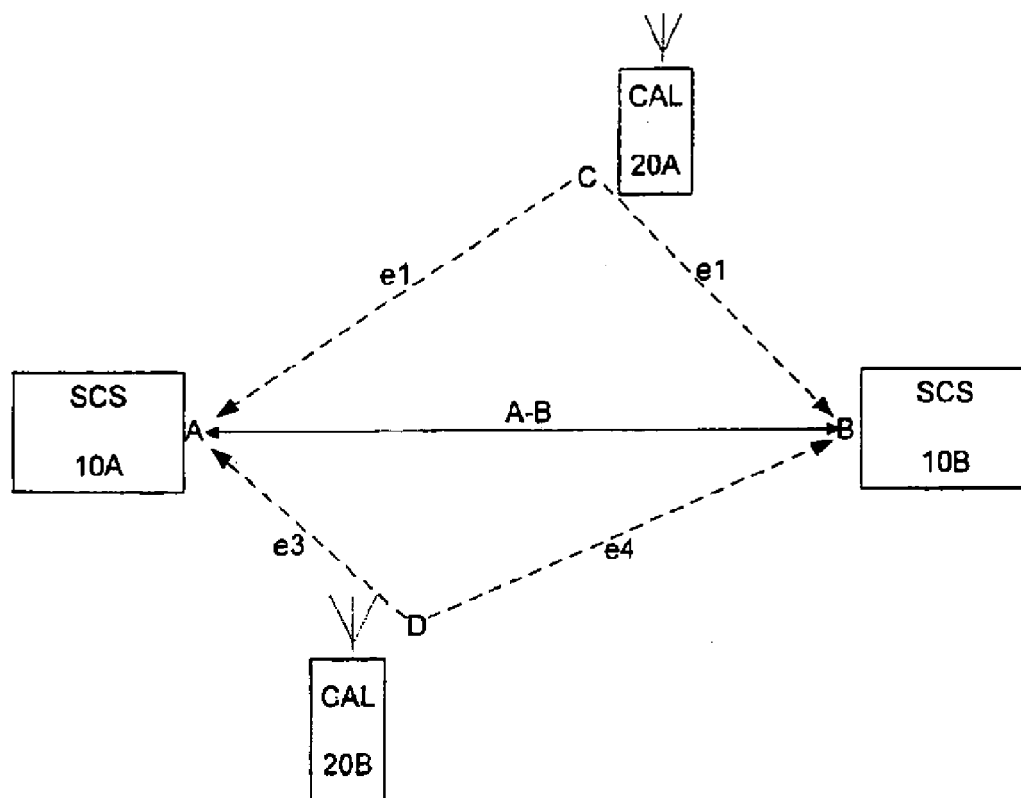


FIGURA 2G

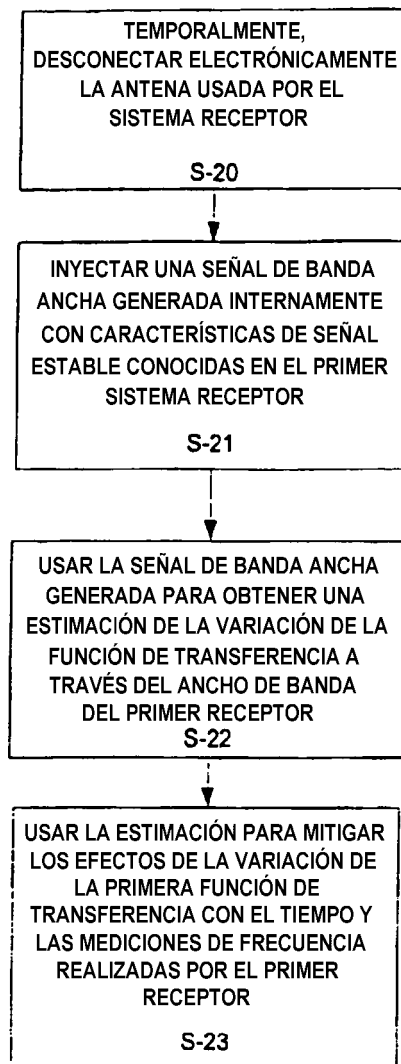


FIGURA 2H

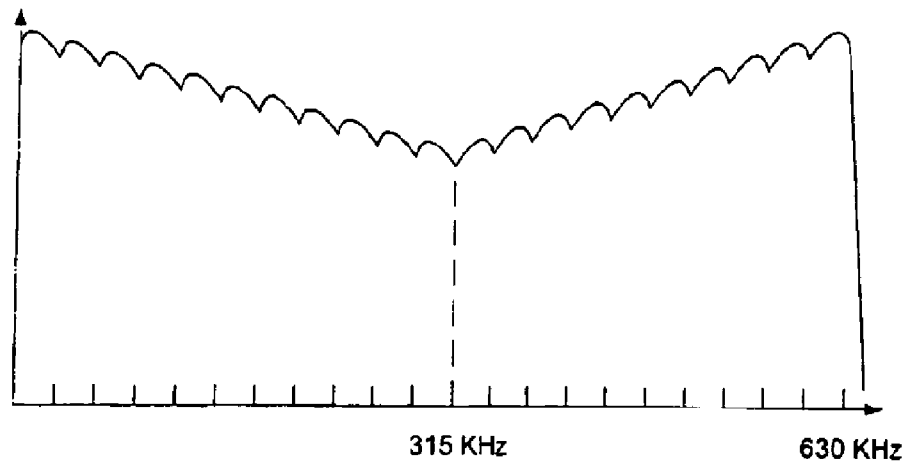


FIGURA 2I

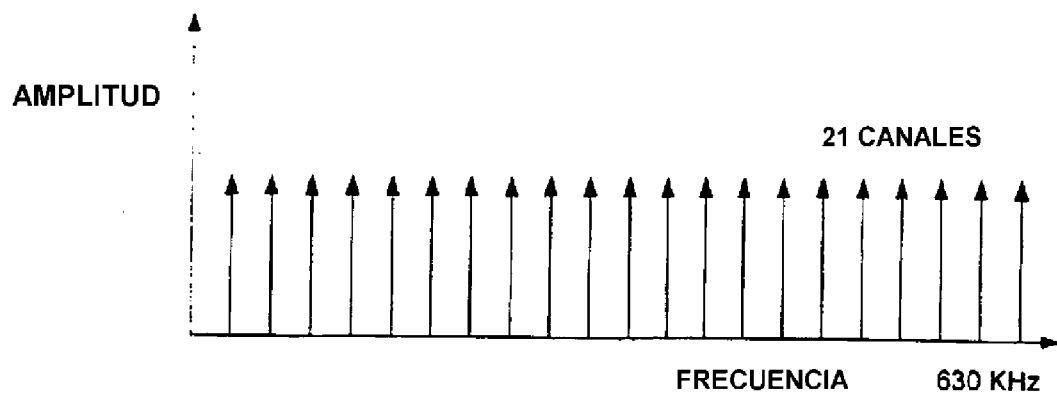


FIGURA 2J

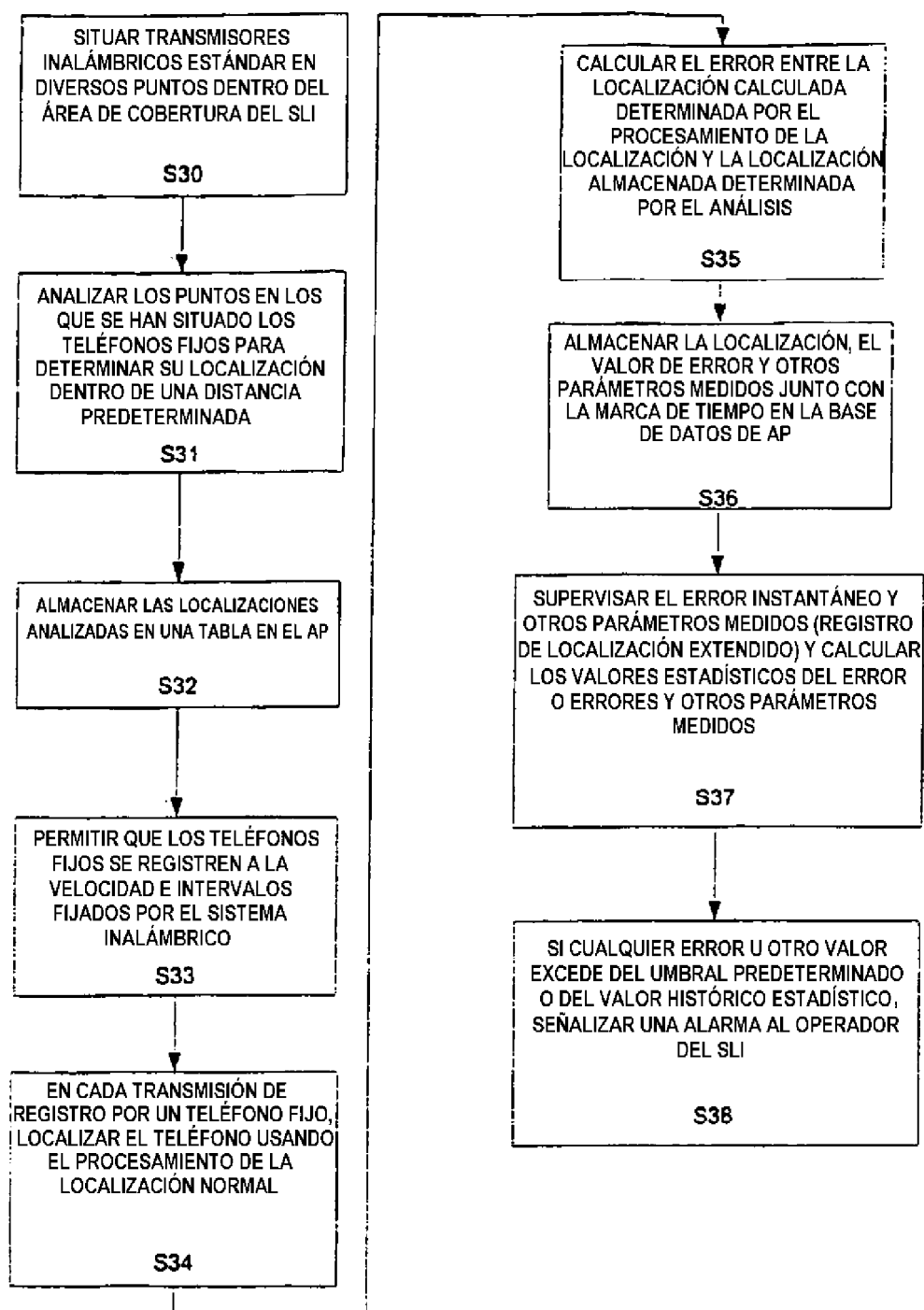


FIGURA 2K

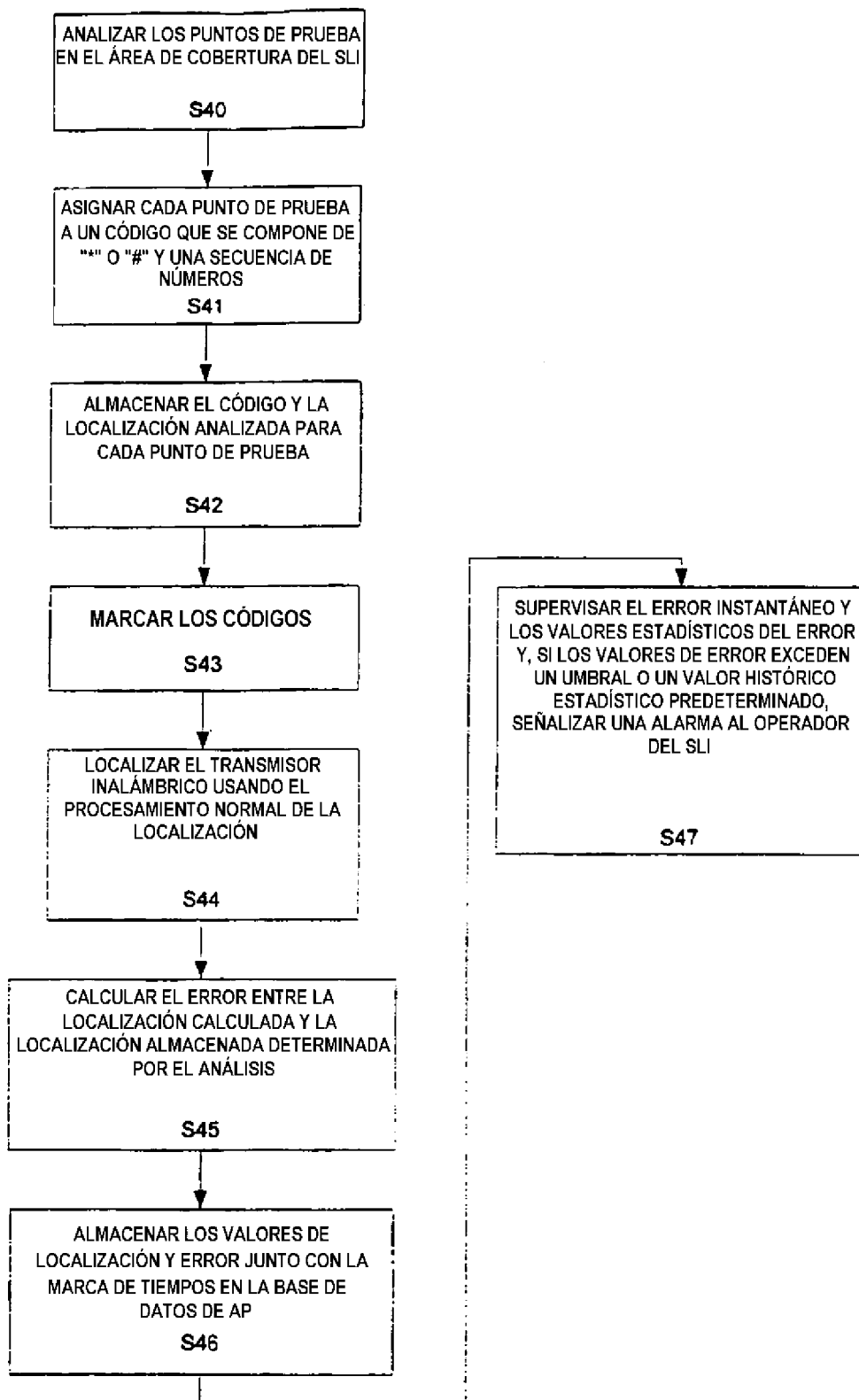


FIGURA 2L

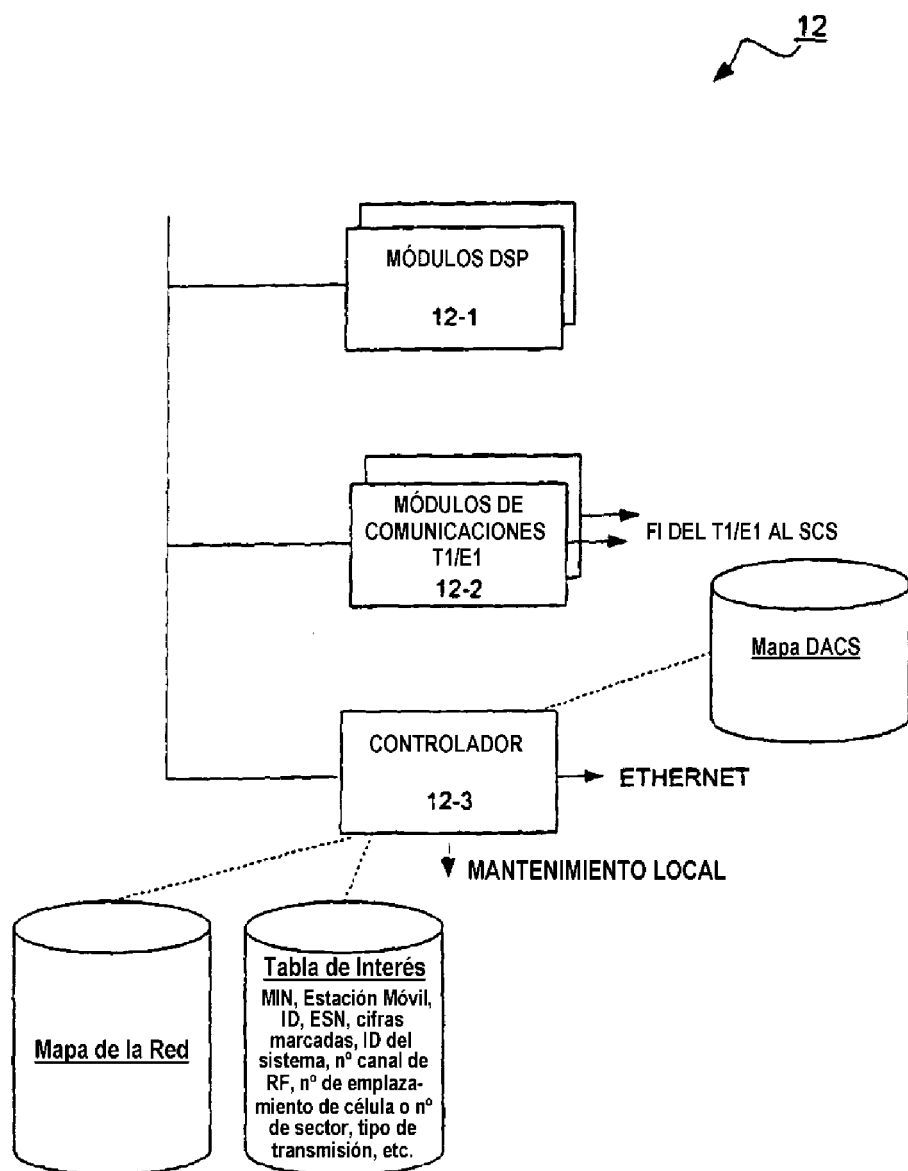


FIGURA 3

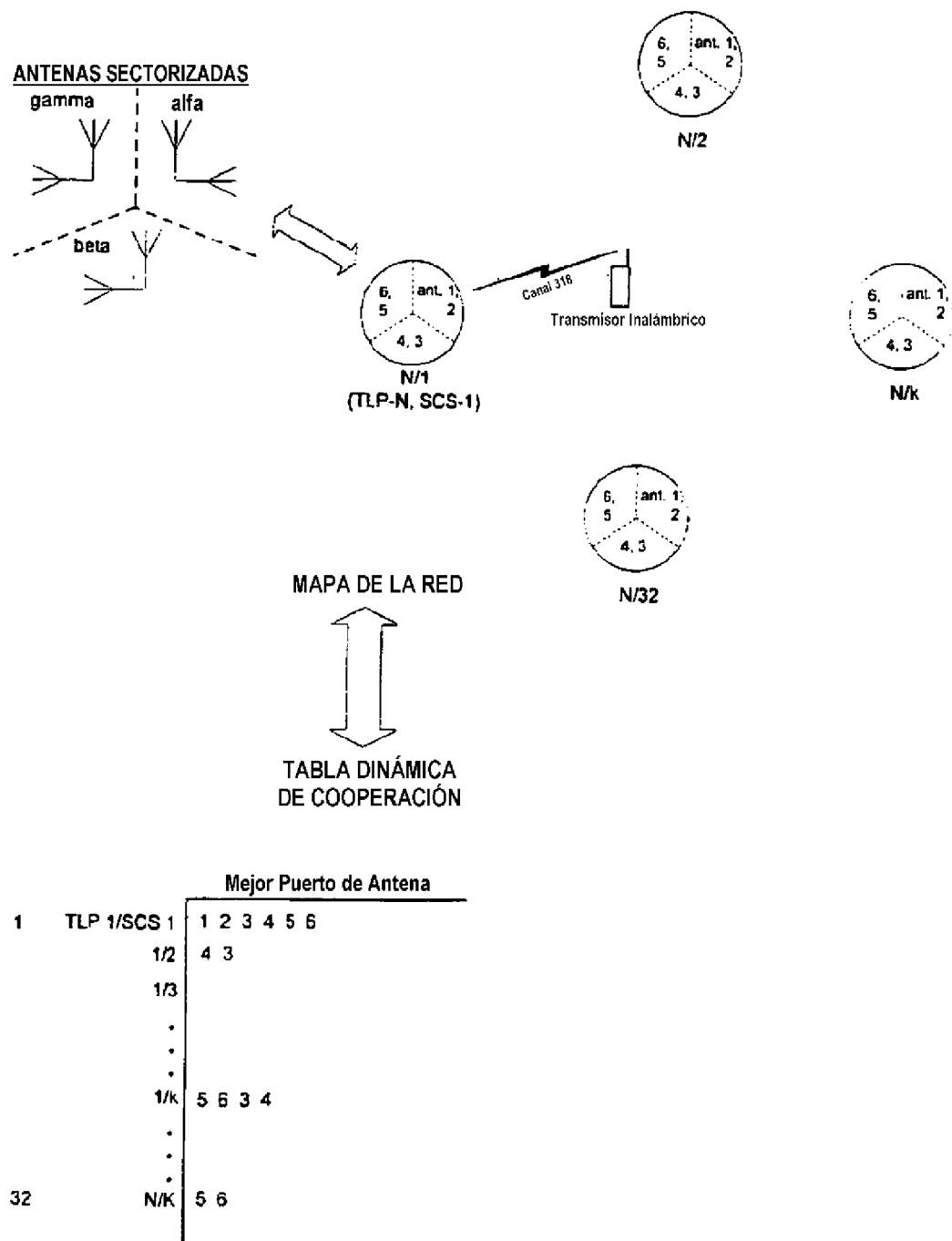


FIGURA 3A

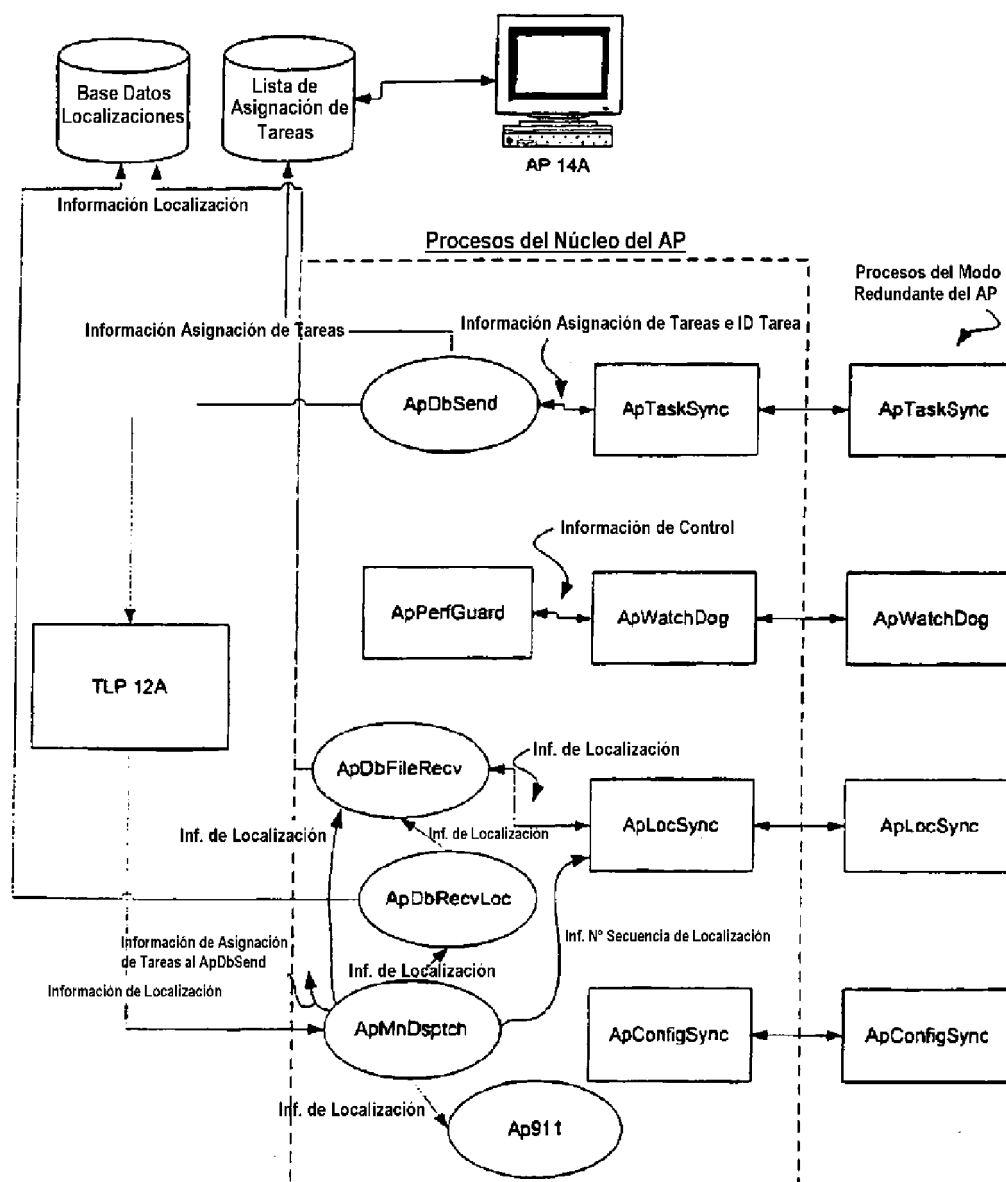


FIGURA 4

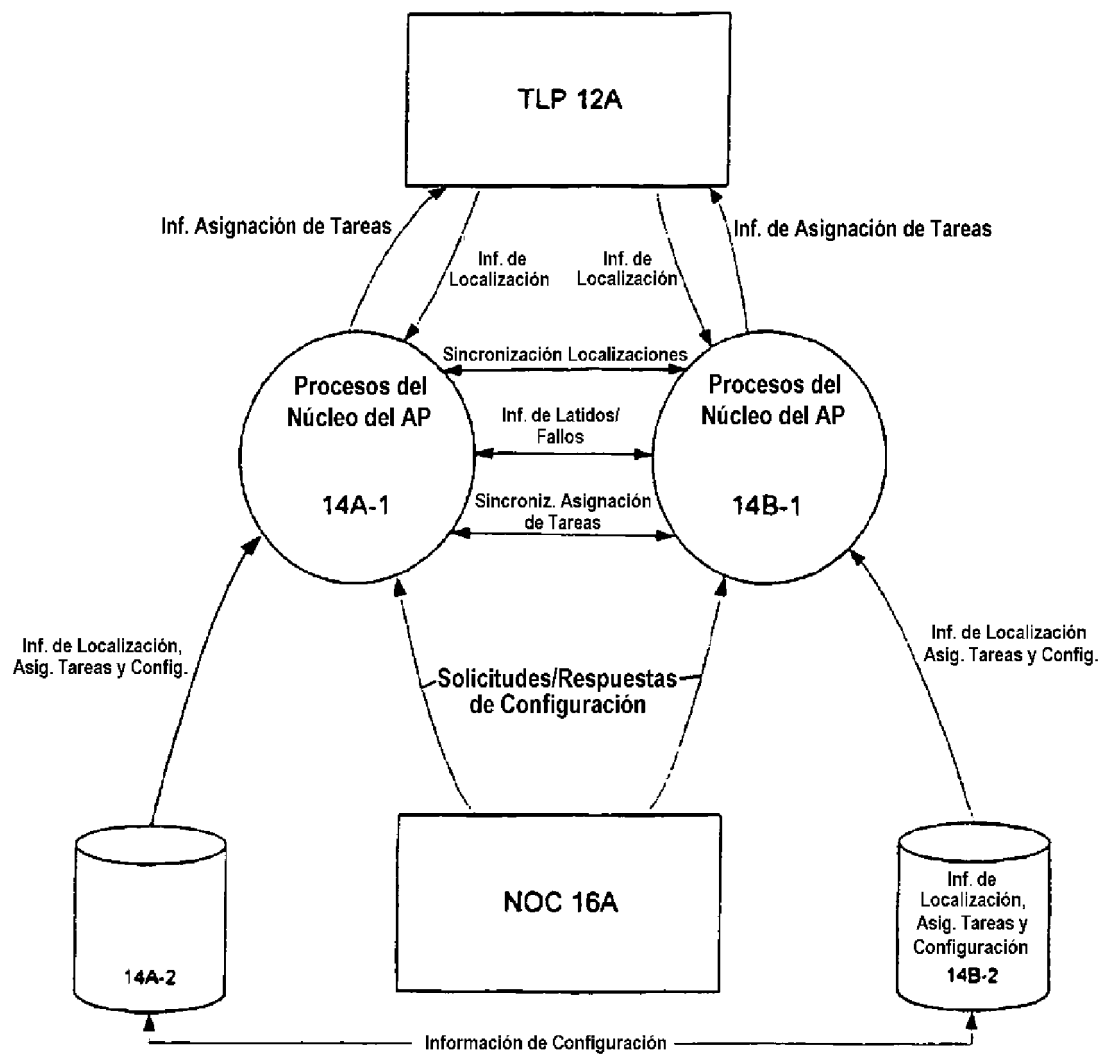


FIGURA 4A

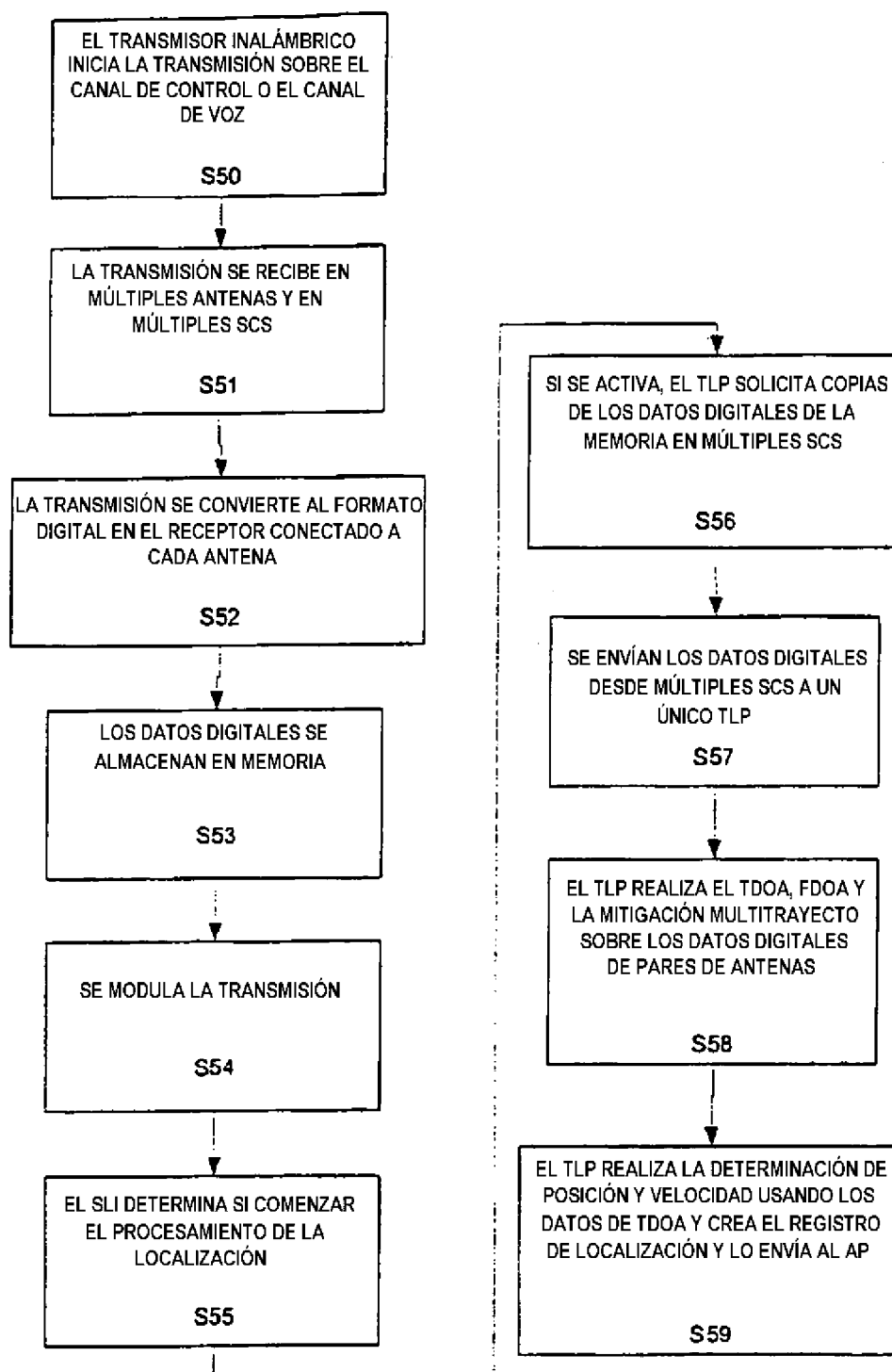


FIGURA 5

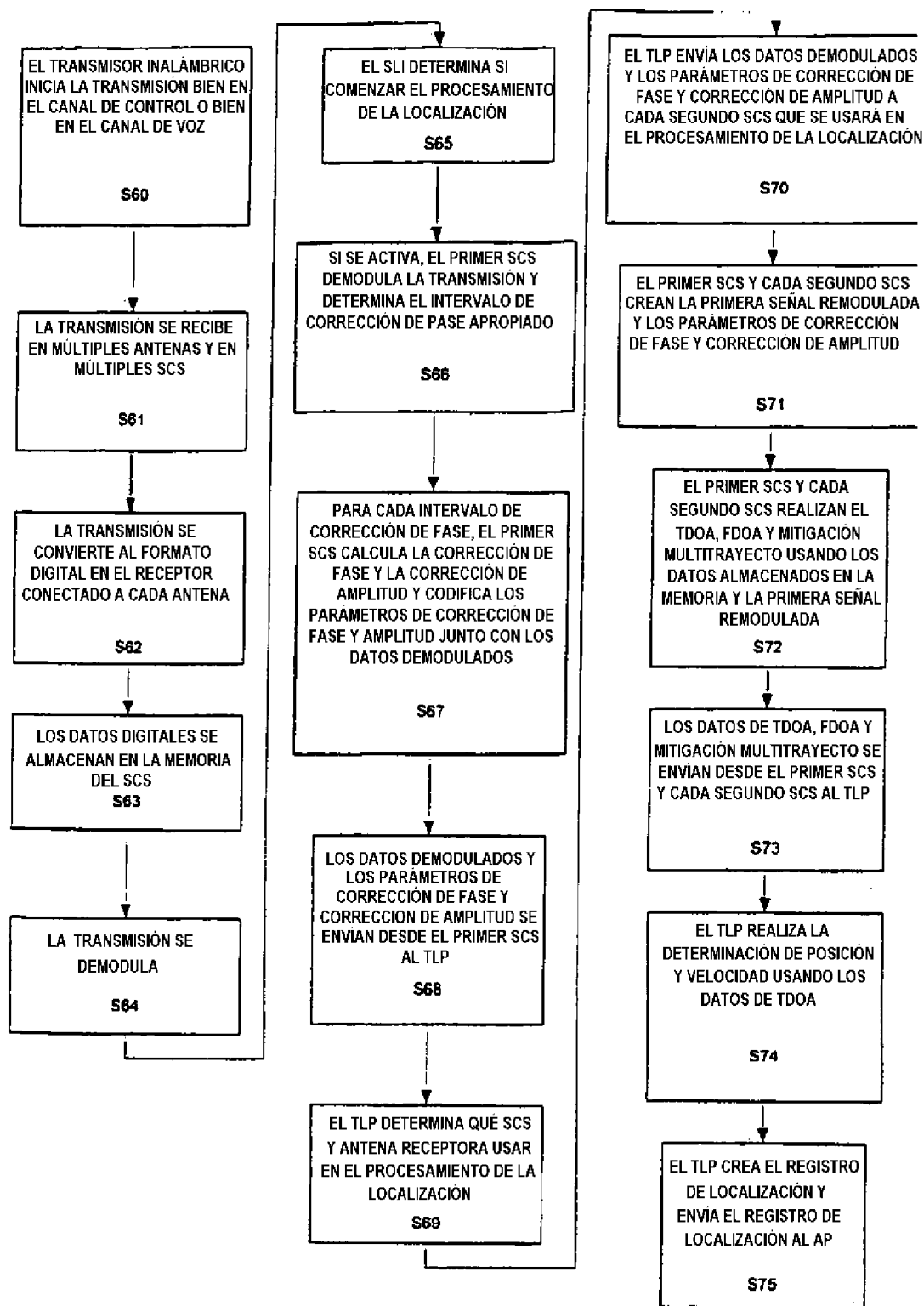


FIGURA 6

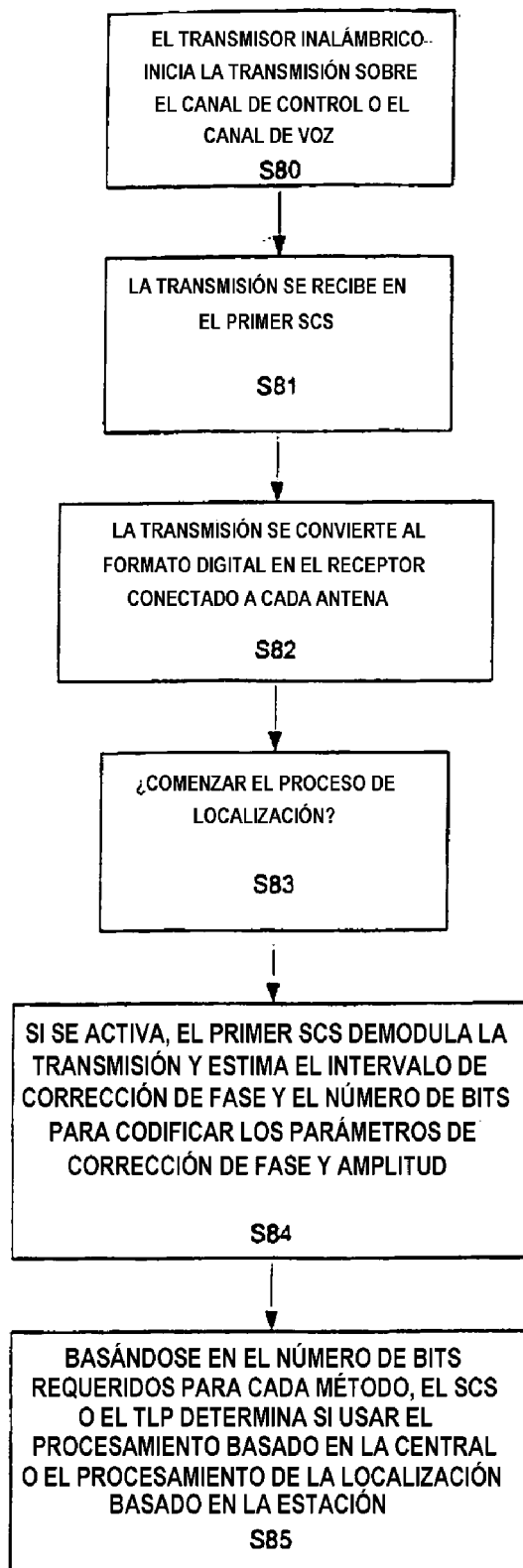


FIGURA 7

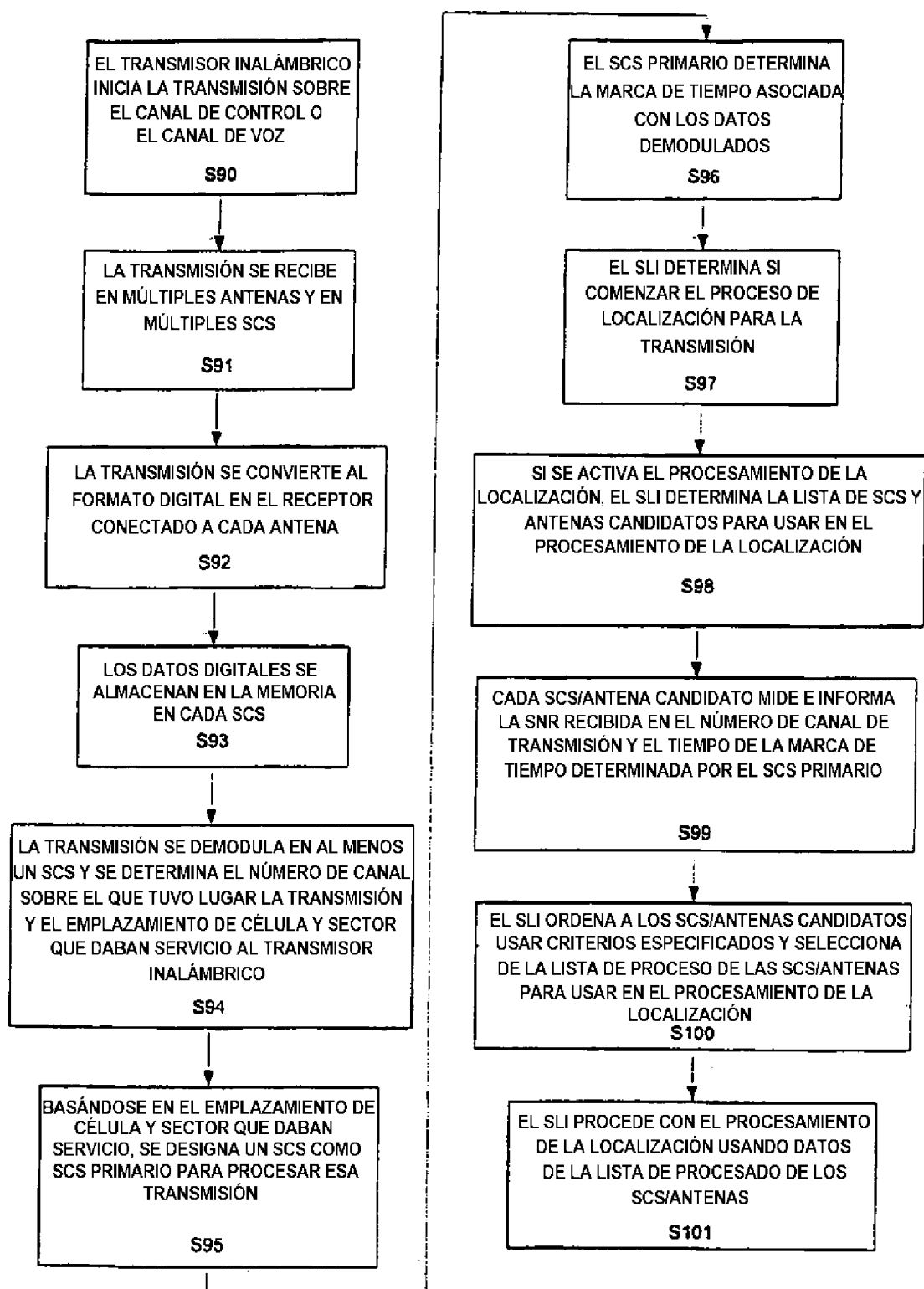


FIGURA 8

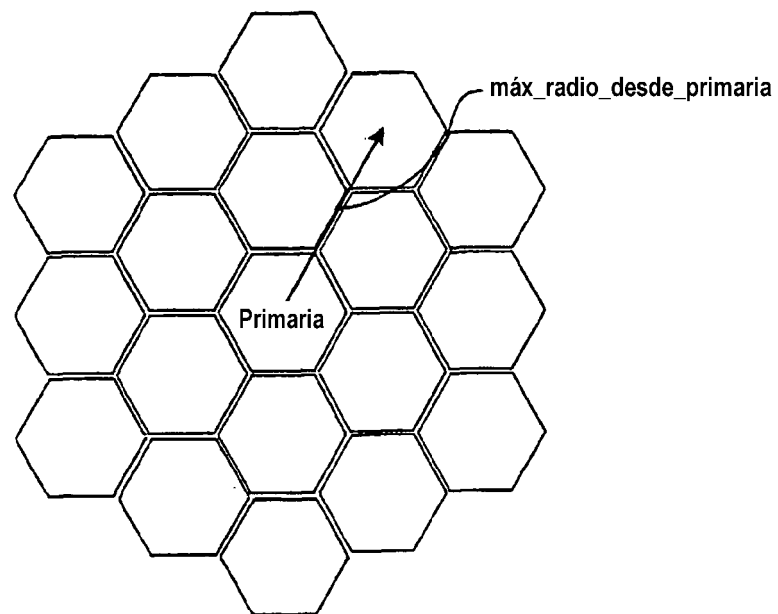


FIGURA 9

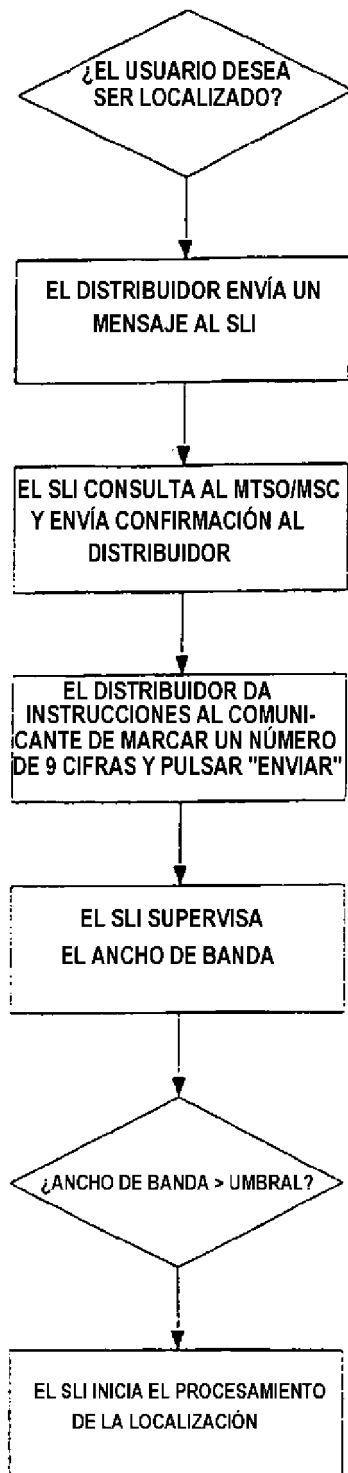


FIGURA 10A

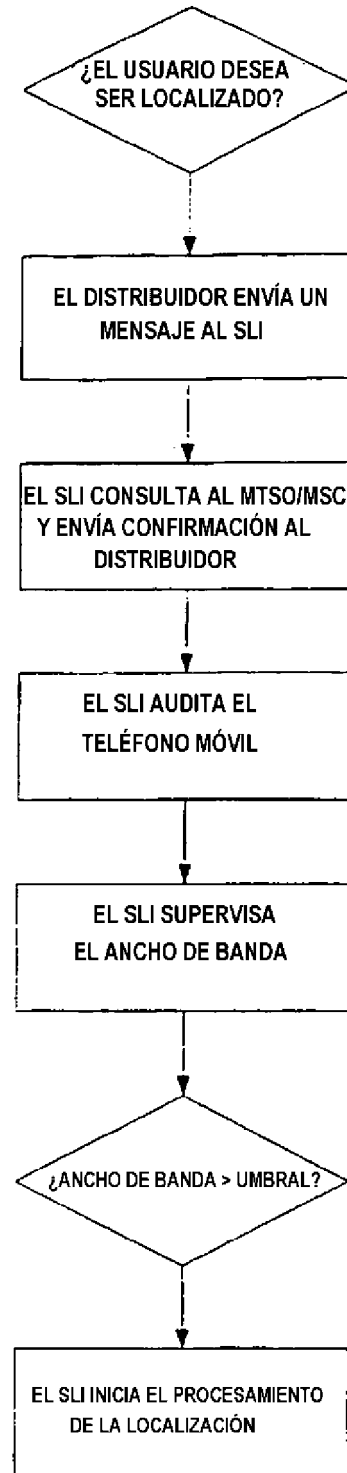


FIGURA 10B

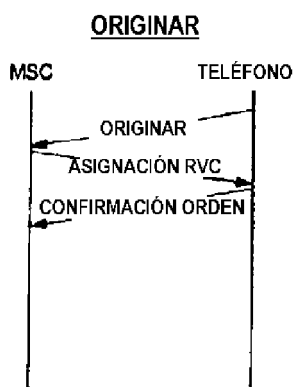


FIGURA 11A

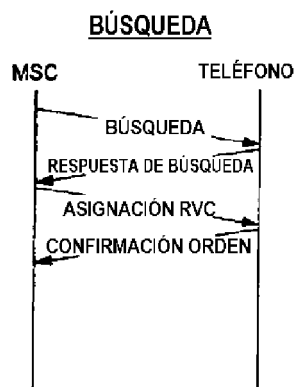


FIGURA 11B

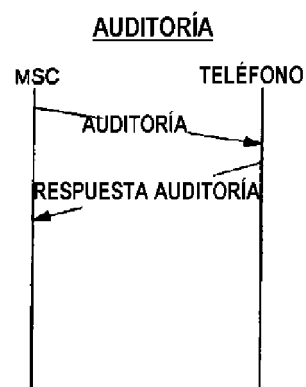


FIGURA 11C

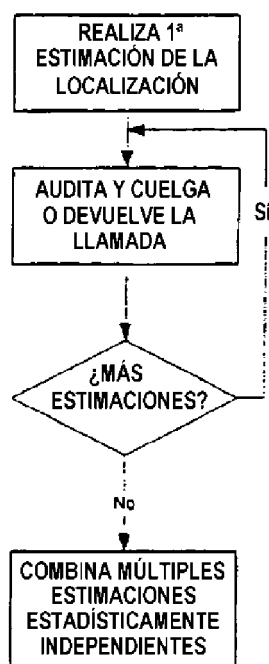


FIGURA 11D

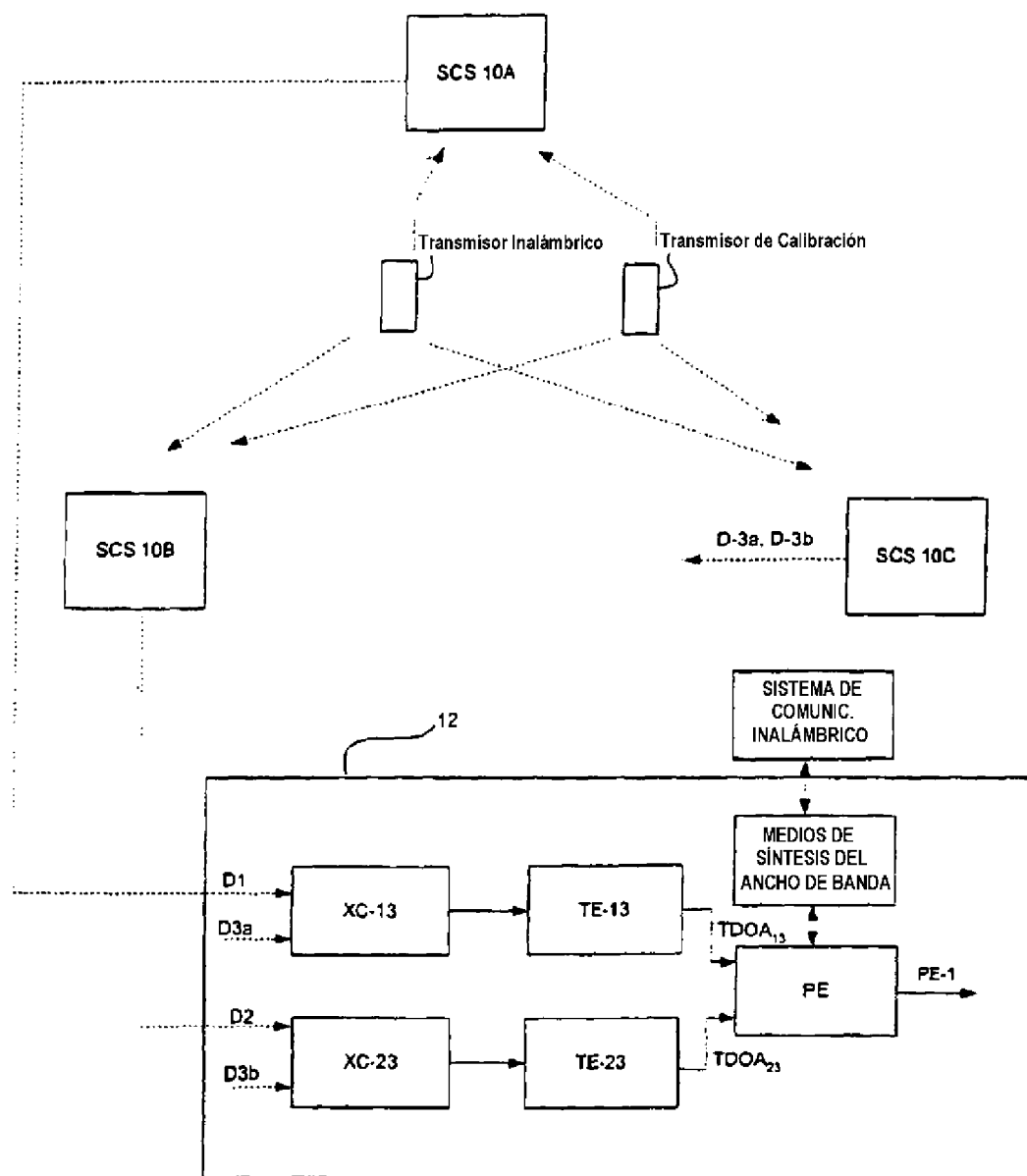


FIGURA 12A

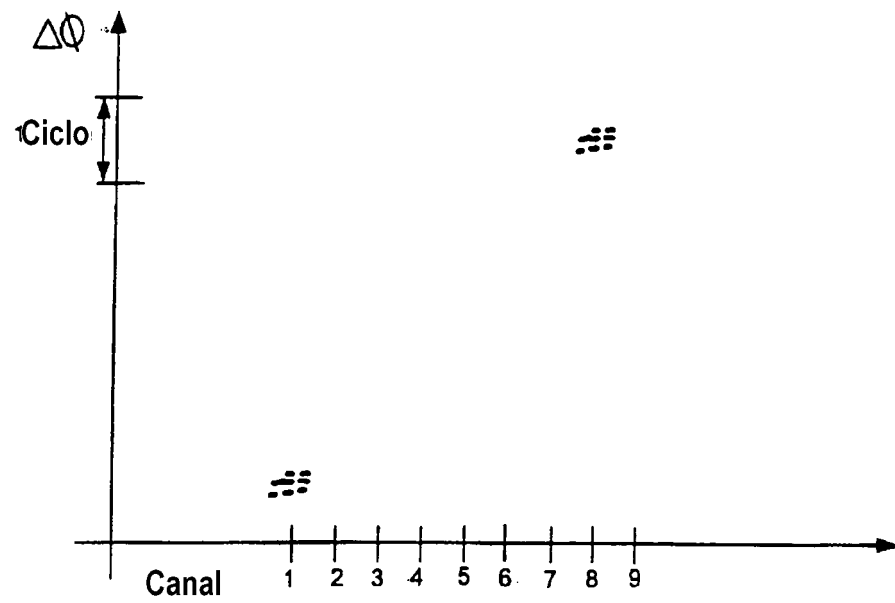


FIGURA 12B