



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 316 195**

51 Int. Cl.:
G01S 5/02 (2006.01)
H04B 7/185 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **99965231 .6**
96 Fecha de presentación : **13.12.1999**
97 Número de publicación de la solicitud: **1145036**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.10.2001**

54 Título: **Método para mejorar el sistema inalámbrico de localización.**

30 Prioridad: **08.01.1999 US 227764**
12.01.1999 US 229056

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.04.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.04.2009

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

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

74 Agente: **Molinero Zofío, Félix**

ES 2 316 195 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para mejorar el sistema inalámbrico de localización.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere en general a métodos y aparatos para localizar transmisores inalámbricos, tales como los utilizados en sistemas celulares analógicos o digitales, sistemas de comunicaciones de manejo de personal (PCS), radios móviles especializados mejorados (ESMRs), y otros tipos de sistemas inalámbricos de comunicaciones. Este campo es ahora en general conocido como localización inalámbrica, y tiene aplicación para E9-1-1 Inalámbrico, manejo de flotillas, optimización RF, y otras aplicaciones valiosas.

Antecedentes de la invención

Los primeros trabajos relacionados con la presente invención se han descrito en la Patente de los EE. UU. No. 5 327 144 del 5 de julio de 1994, "Sistema de Localización de Teléfono Celular", que presenta un sistema para localizar teléfonos celulares utilizando técnicas novedosas de diferencia de tiempo de arribo (TDOA). Se presentan mejoras posteriores del sistema de la patente '144 en la Patente de los EE. UU. No. 5 608 410, de 4 de marzo de 1997, "Sistema para la Localización de una Fuente de Transmisiones de Descarga intermitente"). Ambas patentes son propiedad del cesionario de la presente invención. Los presentes inventores han continuado desarrollando mejoras significativas a los conceptos inventivos originales y han desarrollado técnicas para mejorar ulteriormente la precisión de los Sistemas Inalámbricos de Localización reduciendo significativamente el costo de estos sistemas.

Otro documento de la técnica anterior es el WO 98/47 019.

En los últimos años, la industria celular ha incrementado el número de protocolos de interfaz aérea disponible para uso por parte de teléfonos inalámbricos, incrementado el número de bandas de frecuencia en las cuales pueden operar teléfonos inalámbricos o móviles, y ampliado la terminología que se refiere o relaciona con teléfonos móviles para incluir "servicios de comunicaciones de manejo de personal", y otros. Los protocolos de interfaz aérea ahora incluyen AMPS, N-AMPS, TDMA, CDMA, GSM, TACS, ESMR y otros. Los cambios en terminología y los incrementos en el número de interfaces aéreas no cambian los principios básicos ni las invenciones descubiertas y mejoradas por los inventores. Sin embargo, para mantenerse en línea con la terminología actual de la industria, los inventores ahora le llaman al sistema aquí descrito un Sistema Inalámbrico de Localización.

Los inventores han llevado a cabo experimentos extensos con la tecnología del Sistema Inalámbrico de Localización presentado aquí para demostrar tanto la viabilidad como el valor de la tecnología. Por ejemplo, diversos experimentos se condujeron durante varios meses en 1995 y 1996 en las ciudades de Filadelfia y Baltimore para verificar la capacidad del sistema para mitigar la senda múltiple (o sendas múltiples) en grandes entornos urbanos. Entonces, en 1996 los inventores construyeron un sistema en Houston que fue utilizado para probar la efectividad de la tecnología en esa área y su capacidad para colocarse en interfaz directamente con sistemas E9-1-1. Entonces, en 1997, el sistema fue probado en un área de 350 millas cuadradas en Nueva Jersey y fue utilizado para localizar llamadas 911 reales de personas necesitadas de auxilio. Desde ese momento, la prueba del sistema se ha expandido para incluir 125 sitios celulares que cubren un área de más de 2 000 millas cuadradas. Durante todas estas pruebas, las técnicas aquí discutidas y presentadas fueron probadas y desarrolladas aún más respecto a su efectividad, y el sistema ha demostrado ser capaz de superar las limitaciones de otros enfoques que han sido propuestos para la localización de teléfonos inalámbricos. De hecho, desde diciembre de 1998, no se ha instalado otro Sistema Inalámbrico de Localización en cualquier otro lugar en el mundo capaz de localizar a usuarios vivos que llamen al 911. La innovación del Sistema Inalámbrico de Localización aquí presentado ha sido reconocida por la industria inalámbrica a través de una extensa cobertura de los medios dadas las capacidades del sistema, así como a través de distinciones. Por ejemplo, el prestigioso Premio Wireless Appy fue otorgado al sistema por parte de la Asociación de la Industria de Telefonía Celular en octubre de 1997, y la Christopher Columbus Fellowship Foundation y la Revista Discovery concluyeron que el Sistema Inalámbrico de Localización era una de las cuatro innovaciones principales de 1998 de entre 4 000 nominaciones presentadas.

El valor e importancia del Sistema Inalámbrico de Localización han sido reconocidos por la industria de las comunicaciones inalámbricas. En junio de 1996, la Comisión Federal de Comunicaciones emitió requerimientos para la industria de comunicaciones inalámbricas para desplegar sistemas de localización para uso en la localización de llamadas inalámbricas de usuarios al 911 con fecha tope octubre del 2001. La localización de llamadas inalámbricas E911 ahorrará tiempo de respuesta, salvará vidas, y ahorrará enormes gastos por el uso reducido de los recursos destinados a respuestas de emergencia. Adicionalmente, numerosas encuestas y estudios han concluido que diversas aplicaciones inalámbricas, tales como la localización de facturación sensible, manejo de flotillas y otros, tendrán grandes valores comerciales en los próximos años.

Antecedentes de los Sistemas Inalámbricos de Comunicación

Hay muchos tipos diferentes de protocolos de interfaz aérea utilizados en los sistemas inalámbricos de comunicaciones. Estos protocolos se utilizan en diferentes bandas de frecuencia, tanto en los EE. UU. como internacionalmente. La banda de frecuencia no impacta la efectividad del Sistema Inalámbrico de Localización en la localización de teléfonos inalámbricos.

ES 2 316 195 T3

Todos los protocolos de interfaz aérea utilizan dos tipos de “canales”. El primer tipo incluye canales de control que se utilizan para trasladar información respecto al teléfono inalámbrico o transmisor, para iniciar o terminar llamadas, o para transferir datos “de descarga”. Por ejemplo, algunos tipos de servicios de mensajería breve transfieren datos por el canal de control. En diferentes interfaces aéreas, los canales de control son conocidos con diferente terminología, pero el uso de los canales de control es similar en cada interfaz aérea. Los canales de control en general tienen información de identificación respecto al teléfono inalámbrico o transmisor contenido en la transmisión.

El segundo tipo incluye canales de voz que se utilizan típicamente para trasladar comunicaciones de voz por la interfaz aérea. Estos canales se utilizan solo después que se ha establecido una llamada utilizando los canales de control. Los canales de voz utilizarán típicamente recursos dedicados dentro del sistema inalámbrico de comunicaciones mientras que los canales de control utilizarán recursos compartidos. Esta distinción en general hará uso de los canales de control con propósitos de localización inalámbrica más efectiva desde el punto de vista del costo que el uso de los canales de voz, aunque hay algunas aplicaciones para las cuales se desea la localización regular por el canal de voz. Los canales de voz en general no tienen información de identificación en la transmisión respecto al teléfono inalámbrico o transmisor. A continuación se detallan algunas de las diferencias en los protocolos de interfaz aérea:

AMPS - Este es el protocolo original de interfaz aérea, utilizado por las comunicaciones celulares en los EE. UU. En el sistema AMPS, se asignan canales dedicados separados para uso de los canales de control (RCC). Según el Estándar IS-553A de la TIA/EIA, cada bloque del canal de control debe comenzar en el canal celular 333 0 334, pero el bloque puede ser de longitud variable. En los EE. UU., según convención, el bloque de canales de control AMPS tiene una amplitud de 21 canales, pero también se conoce del uso de un bloque de 26 canales. Un canal de voz en sentido inverso (RVC) puede ocupar cualquier canal que no esté asignado a un canal de control. La modulación del canal de control es FSK (sintonización del cambio de frecuencia), mientras que los canales de voz se modulan utilizando FM (modulación de frecuencia).

N-AMPS - Esta interfaz aérea es una expansión del protocolo de interfaz aérea AMPS, y se define en el estándar IS-88 de la EIA/TIA. Los canales de control son sustancialmente iguales que para el AMPS, sin embargo, los canales de voz son diferentes. Los canales de voz ocupan menos de 10 KHz del ancho de banda, versus los 30 KHz utilizados por los AMPS, y la modulación es FM.

TDMA - Esta interfaz es también conocida como D-AMPS, y se define en el Estándar IS- 136 de la EIA/TIA. Esta interfaz aérea se caracteriza por el uso tanto de separación de frecuencia como de tiempo. Los canales de control son conocidos como Canales Digitales de Control (DCCH) y se transmiten en descargas en intervalos de tiempos (ventanillas de tiempo, “timeslots”) asignados para uso por los DCCH. A diferencia del AMPS, los DCCH pueden asignarse en cualquier lugar en la banda de frecuencia, aunque hay en general algunas asignaciones de frecuencia más atractivas que otras basándose en el uso de bloques de probabilidad. Los canales de voz se conocen como Canales Digitales de Tráfico (DTC). Los DCCH y DTC pueden ocupar las mismas asignaciones de frecuencia, pero no la misma asignación de ventanilla de tiempo en una asignación de frecuencia dada. Los DCCH y DTC utilizan el mismo esquema de modulación, conocido como $\pi/4$ DQPSK (sintonización diferencial de cuadratura de cambio de fase). En la banda celular, un portador puede utilizar ambos protocolos, AMPS y TDMA, siempre y cuando las asignaciones de frecuencia para cada protocolo se mantengan separadas.

CDMA - Esta interfaz aérea se define por el estándar IS-95A de la EIA/TIA. Esta interfaz aérea se caracteriza por el uso tanto de separación de frecuencia como de código. Sin embargo, debido a que los sitios celulares adyacentes pueden utilizar los mismos conjuntos de frecuencia, la CDMA también se caracteriza por un control de potencia muy cuidadoso. Este control cuidadoso de potencia lleva a una situación conocida por los expertos en la técnica como el problema cercano/lejano, que dificulta la localización inalámbrica en la mayoría de los intentos de un funcionamiento apropiado. Los canales de control son conocidos como Canales de Acceso, y los canales de voz son conocidos como Canales de Tráfico. Los canales de Acceso y de Tráfico pueden compartir la misma banda de frecuencia, pero están separados por código. Los Canales de Acceso y Tráfico utilizan el mismo esquema de modulación, conocido como OQPSK.

GSM - Esta interfaz aérea está definida por el estándar internacional Sistema Global para Comunicaciones Móviles. Al igual que los TDMA, el GSM se caracteriza por el uso de separación de frecuencia y de tiempo. El ancho de banda del canal es de 200 KHz que es más ancho que el de 30 KHz utilizado por los TDMA. Los canales de control son conocidos como Canales de Control Dedicados Independientes (SDCCH), y se transmiten en modo de descarga en intervalos de tiempo asignados para el uso de los SDCCH. Los SDCCH pueden asignarse en cualquier sitio de la banda de frecuencias. Los canales de voz son conocidos como Canales de Tráfico (TCH). Los canales SDCCH y TCH pueden ocupar las mismas asignaciones de frecuencia, pero no las mismas asignaciones de intervalos de tiempo en una asignación de frecuencia dada. Los SDCCH y TCH utilizan el mismo esquema de modulación, conocido como GMSK.

Dentro de esta descripción la referencia a una cualquiera de las interfaces aéreas debe referirse automáticamente a todas las interfaces aéreas, a menos que se especifique lo contrario. Adicionalmente, una referencia a canales de control o canales de voz debe referirse a todos los tipos de canales de control o de voz, cualquiera sea la terminología preferente para una interfaz aérea en particular. Finalmente, hay muchos tipos más de interfaces aéreas utilizadas en todo el mundo, y no hay intención de excluir ninguna interfaz de los conceptos de la presente invención descritos dentro de esta solicitud. Es más, los expertos en la técnica reconocerán que otras interfaces utilizadas en otros sitios son derivadas de, o similares en clase, a las aquí antes descritas.

Las realizaciones preferentes de las invenciones aquí descritas pueden tener ventajas sobre otras técnicas para localizar teléfonos inalámbricos. Por ejemplo, algunas de estas otras técnicas incluyen la adición de funcionalidad GPS a los teléfonos, lo que requiere la realización de cambios significativos a los teléfonos. Las realizaciones preferentes aquí presentadas no requieren de cambios de ningún tipo en los teléfonos inalámbricos, de manera que pueden ser utilizadas en conexión con la base actualmente instalada de más de 65 millones de teléfonos inalámbricos en los EE. UU. y de 250 millones de teléfonos celulares a nivel mundial.

Sumario de la invención

La presente invención se refiere a un método para localizar teléfonos celulares o similares con una precisión y confiabilidad incrementadas. La precisión de cualquier estimado de localización dado puede mejorarse si se toman múltiples medidas de localización estadísticamente independientes y entonces se combinan en un promedio. La presente invención brinda un método para facilitar tales mediciones estadísticamente independientes, y es particularmente útil en una situación de emergencia o fraude en la que es necesario o deseable brindar un estimado de localización muy preciso.

Según la presente invención se brinda un método para la localización de un teléfono móvil y para uso en un sistema inalámbrico de localización, incluyendo el sistema inalámbrico de localización una pluralidad de sistemas recopiladores de señales para recibir transmisiones desde el teléfono móvil, y al menos un procesador de localización para calcular la localización del teléfono móvil, comprendiendo el método el paso de:

a) hacer un primer estimado de la localización de dicho teléfono móvil, haciéndose dicho primer estimado sobre la base de una primera transmisión en sentido inverso desde el teléfono móvil tal como se recibió por parte del sistema inalámbrico de localización;

caracterizada porque comprende además los pasos de

b) finalizar la llamada con el teléfono móvil;

c) iniciar otra llamada ubicando al teléfono móvil;

d) hacer un segundo estimado independiente de la localización del teléfono móvil basado en otra transmisión desde el teléfono móvil, transmitida en respuesta a dicha ubicación, tal como se recibiera del sistema inalámbrico de localización y;

e) combinar al menos dichos primeros y segundos estimados utilizando un promedio sopesado o proceso matemáticamente equivalente para obtener un estimado mejorado, más preciso de la localización del teléfono móvil.

Las características preferentes de la presente invención se ofrecen en las reivindicaciones anexas.

Breve descripción de los dibujos

Las figuras 1 y 1A ilustran esquemáticamente un Sistema Inalámbrico de Localización.

La Figura 2 ilustra esquemáticamente un Sistema Recopilador de Señales (SCS).

La Figura 2A ilustra esquemáticamente un módulo receptor 10-2 empleado por el Sistema Recopilador de Señales.

Las Figuras 2B y 2C ilustran esquemáticamente formas alternativas de acoplar el módulo(s) receptor(es) 10-2 a las antenas 10-1.

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

La Figura 2D ilustra esquemáticamente un módulo DSP 10-3 empleado en el Sistema Recopilador de Señales.

La Figura 2E es un diagrama de flujo de la operación del módulo(s) 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 ilustra esquemáticamente un Módulo de Control y Comunicaciones 10-5.

Las Figuras 2G-2J ilustran aspectos de los métodos de calibración de los SCS preferentes al presente. La Figura 2G es una ilustración esquemática de líneas base y valores de error utilizados para explicar un método externo de calibración. La Figura 2H es un diagrama de flujo de un método interno de calibración. La Figura 2I es una función de transferencia a manera de ejemplo de un canal de control AMPS y la Figura 2J ilustra una señal de rastreo a manera de ejemplo.

ES 2 316 195 T3

Las Figuras 2K y 2L son diagramas de flujo de dos métodos para monitorear el comportamiento de un Sistema Inalámbrico de Localización.

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

La Figura 3A ilustra la estructura de un mapa de redes a manera de ejemplo mantenido por los controladores TLP.

Las Figuras 4 y 4A ilustran esquemáticamente aspectos de un Procesador de Aplicaciones 14.

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

La Figura 6 es un diagrama de flujo de un método de procesamiento de localización de base en estación.

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

La Figura 8 es un diagrama de flujo de un proceso dinámico utilizado para seleccionar antenas cooperantes y SCSs 10 utilizados en procesamiento de localización.

La Figura 9 es un diagrama al que se hace referencia más adelante al explicar un método para seleccionar una lista de candidatos de SCSs y antenas utilizando un conjunto predeterminado de criterios.

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

Las Figuras 11A-11C son diagramas de flujo de señales y la Figura 11D es un diagrama de flujo, y se utilizan para explicar un método para combinar estimados múltiples de localización estadísticamente independientes para brindar un estimado con precisión mejorada.

Las Figuras 12A y 12B son un diagrama de bloque y un gráfico, respectivamente, para explicar un método de síntesis de ancho de banda.

Descripción detallada de las realizaciones preferentes

El Sistema Inalámbrico de Localización (Sistema Inalámbrico de Localización) opera como una sobrecubierta pasiva a un sistema inalámbrico de comunicaciones, tal como un sistema celular, PCS o ESMR, aunque los conceptos no se limitan a solo esos tipos de sistemas de comunicaciones. Los sistemas inalámbricos de comunicaciones en general no son apropiados para localizar dispositivos inalámbricos porque los diseños de los transmisores inalámbricos y los sitios celulares no incluyen la funcionalidad necesaria para lograr una localización precisa. La localización precisa en esta aplicación se define como la precisión de 100 a 400 pies RMS (media de la raíz cuadrada). Esto se diferencia de la precisión de localización que puede lograrse por parte de los sitios celulares existentes, que se limita en general al radio del sitio celular. En general, los sitios celulares no están diseñados o programados para cooperar entre sí para determinar la localización del transmisor inalámbrico. Adicionalmente, los transmisores inalámbricos tales como teléfonos celulares y PCS están diseñados como de bajo costo y por tanto en general no tienen incorporada una capacidad de localización. El Sistema Inalámbrico de Localización está diseñado para ser una adición de bajo costo a un sistema inalámbrico de comunicaciones que involucra cambios mínimos a sitios celulares sin cambios de ningún tipo a transmisores inalámbricos estándar. El Sistema Inalámbrico de Localización es pasivo porque no contiene transmisores, y por tanto no puede causar interferencia de ningún tipo al sistema inalámbrico de comunicaciones. El Sistema Inalámbrico de Localización utiliza solamente sus propios receptores especializados en los sitios celulares u otras localizaciones receptoras.

Panorámica del Sistema Inalámbrico de Localización (Sistema Inalámbrico de Localización)

Como se muestra en la Figura 1, el Sistema Inalámbrico de Localización tiene cuatro tipos de subsistemas principales: los Sistemas Recopilares de Señales (SCSs) 10, los Procesadores TDOA de localización (TLPs) 12, los Procesadores de Aplicación (APs) 14, y la Consola de Operaciones de Redes (NOC) 16. Cada SCS es responsable de recibir las señales RF transmitidas por los transmisores inalámbricos tanto en los canales de control como de voz. En general, cada SCS está instalado preferiblemente en un sitio inalámbrico del portador, y por tanto opera en paralelo con una estación de base. Cada TLP 12 es responsable del manejo de una red de SCSs 10 y de proveer un conglomerado (pool) centralizado de recursos de procesamiento digital de señales (DSP) que puede utilizarse en los cálculos de la localización. Los SCSs 10 y los TLPs 12 operan de conjunto para determinar la localización de los transmisores inalámbricos, como se discutirá en mayor detalle más adelante. El procesamiento digital de señales es la manera preferente de procesamiento de señales de radio porque los DSPs son de bajo costo relativamente, brindan un comportamiento consistente y son fácilmente reprogramables para asimilar muchas tareas diferentes. Tanto los SCSs 10 y los TLPs 12 contienen una cantidad significativa de recursos DSP, y el software en estos sistemas puede operar de manera dinámica para determinar donde llevar a cabo una función de procesamiento en particular basándose en negociaciones respecto al tiempo de procesamiento, tiempo de comunicaciones, tiempo de espera y costo. Cada TLP 12 existe de manera central básicamente para reducir el costo total de implementación del Sistema Inalámbrico de

ES 2 316 195 T3

Localización, aunque las técnicas aquí discutidas no se limitan a la arquitectura preferente mostrada. Esto es, los recursos DSP pueden ser reubicados dentro del Sistema Inalámbrico de Localización sin cambiar los conceptos básicos y la funcionalidad presentada.

5 Los APSs 14 son responsables del manejo de todos los recursos en el Sistema Inalámbrico de Localización, incluyendo todos los SCSs 10 y TLPs 12. Cada AP 14 contiene también una base de datos especializada que contiene “disparadores” (triggers) del Sistema Inalámbrico de Localización. Para conservar los recursos, el Sistema Inalámbrico de Localización puede programarse para localizar solo ciertos tipos predeterminados de transmisiones. Cuando ocurre una transmisión de un tipo determinado, el Sistema Inalámbrico de Localización se activa para comenzar el procesamiento de localización. De lo contrario, el Sistema Inalámbrico de Localización puede estar programado para ignorar la transmisión. Cada AP 14 también contiene interfaces de aplicación que permiten una variedad de aplicaciones para acceder con seguridad al Sistema Inalámbrico de Localización. Estas aplicaciones pueden, por ejemplo, acceder al registro de localización en tiempo real o no real, crear o borrar ciertos tipos de activaciones, o hacer que el Sistema Inalámbrico de Localización adopte otras acciones. Cada AP 14 es también capaz de ciertas funciones post procesamiento que le permiten al AP 14 combinar un número de registros de localización para generar informes ampliados o análisis útiles para aplicaciones tales como monitoreo de tráfico u optimización RF.

EL NOC 16 es un sistema de manejo de redes que le brinda a los operadores del Sistema Inalámbrico de Localización acceso fácil a los parámetros de programación del Sistema Inalámbrico de Localización. Por ejemplo, en algunas ciudades, el Sistema Inalámbrico de Localización puede contener cientos y hasta miles de SCSs 10. El NOC es la forma más efectiva de manejo de un Sistema Inalámbrico de Localización grande, utilizando capacidades gráficas de interfaz de usuario. El NOC también recibirá alertas en tiempo real si ciertas funciones dentro del Sistema Inalámbrico de Localización no operan apropiadamente. Estas alertas en tiempo real pueden utilizarse por el operador para tomar acción correctiva rápidamente para la evitación de la degradación del servicio de localización. La experiencia con pruebas del Sistema Inalámbrico de Localización muestran que la capacidad del sistema para mantener una buena precisión de localización en el tiempo está relacionada directamente con la capacidad del operador para mantener al sistema operando dentro de sus parámetros predeterminados.

Los lectores de las Patentes de los EE. UU. 5 327 144 y 5 608 410 y de esta descripción notarán similitudes entre los sistemas respectivos. Ciertamente, el sistema presentado aquí está basado significativamente en, y también significativamente mejorado a partir del, sistema descrito en aquellas patentes anteriores. Por ejemplo, el SCS 10 ha sido ampliado y mejorado a partir del Sistema de Sitio de Antena descrito en la 5 608 410. El SCS 10 ahora tiene la capacidad de sostener muchas más antenas en un solo sitio celular, y aún más puede asimilar el uso de antenas ampliadas como se describe más adelante. Esto le permite al SCS 10 operar con los sitios celulares sectorizados ahora de uso común. El SCS 10 puede también transferir datos a partir de múltiples antenas en un sitio celular al TLP 12 en lugar de combinar siempre datos de múltiples antenas antes de la transferencia. Adicionalmente el SCS 10 puede asimilar múltiples protocolos de interfaz aérea permitiendo por tanto al SCS 10 funcionar aún cuando un portador inalámbrico cambie continuamente la configuración de su sistema.

El TLP 12 es similar al Sistema de Sitio Central presentado en la 5 608 410, pero también ha sido ampliado y mejorado. Por ejemplo, el TLP 12 ha sido llevado a escala de manera que la cantidad de recursos DSP requeridos por cada TLP 12 puedan ser llevados a escala apropiadamente para igualar el número de localizaciones por segundo requeridas por los clientes del Sistema Inalámbrico de Localización. Para poder llevar a escala diferentes capacidades del Sistema Inalámbrico de Localización, se ha añadido un esquema de red al TLP 12 de manera que puedan cooperar múltiples TLPs 12 para compartir datos RF a lo largo de las fronteras de la red del sistema inalámbrico de comunicación. Adicionalmente, el TLP 12 ha sido provisto de medios de control para determinar el SCSs 10, y de mayor importancia las antenas en cada uno de los SCSs 10, de las cuales el TLP 12 debe recibir datos para procesar una localización específica. Previamente, los Sistemas de Sitio Central enviaban automáticamente los datos al Sistema de Sitio Central, fueran o no solicitados por el Sistema de Sitio Central. Es más, el SCS 10 y el TLP 12 combinados han sido diseñados con medios adicionales para eliminar la senda múltiple de las transmisiones recibidas.

El Subsistema de Base de Datos del Sistema de Sitio Central ha sido ampliado y desarrollado hacia el AP 14. El AP 14 puede sostener una mayor variedad de aplicaciones respecto a las presentadas previamente en la 5 608 410, incluyendo la capacidad de post procesar grandes volúmenes de registros de localización a partir de múltiples transmisores inalámbricos. Estos datos post procesados pueden aportar, por ejemplo, mapas muy efectivos para uso de los portadores inalámbricos para mejorar y optimizar el diseño RF de los sistemas de comunicaciones. Esto puede lograrse, por ejemplo, graficando las localizaciones de todas las llamadas de usuarios en un área y la fortaleza de las señales recibidas en un número de sitios celulares. El portador puede determinar entonces si cada sitio celular está, de hecho, sirviendo al área exacta de cobertura deseada por el portador. El AP 14 puede ahora también almacenar registros de localización de manera anónima, esto es, con el MIN y/o otra información de identificación eliminada del registro de localización, de manera que el registro de localización pueda utilizarse para la optimización RF o el monitoreo del tráfico sin causar preocupaciones respecto a la privacidad de un usuario individual.

Como se muestra en la Figura 1A, una implementación actualmente preferente del Sistema Inalámbrico de Localización incluye una pluralidad de regiones SCS cada una de las cuales comprende múltiples SCSs 10. Por ejemplo, “la Región 1 SCS” incluye SCSs 10A y 10B (y preferiblemente otras, no se muestran) que están situadas en sitios respectivos celulares y comparten antenas con las estaciones de base en esos sitios celulares. Se utilizan unidades de “soltar e insertar” (drop and insert) 11A y 11B para realizar la interfaz de las líneas fraccionales T1/E1 a líneas completas

ES 2 316 195 T3

T1/E1, que a su vez están acopladas a un sistema digital de acceso y control (DACS) 13A. El DACS 13A y otro DACS 13B se utilizan en la manera descrita en mayor detalle más adelante para comunicaciones entre el SCSs 10A, 10B, etc. y múltiples TLPs 12A, 12B, etc. Como se muestra, los TLPs están colocados típicamente e interconectados vía una red Ethernet (columna vertebral) y una segunda red Ethernet, redundante. También acoplados a las redes Ethernet hay múltiples APs 14A y 14B, múltiples NOCs 16A y 16B, y un servidor de Terminal 15. Los routers 19A y 19B se utilizan para acoplar un Sistema Inalámbrico de Localización a uno o más Sistema(s) Inalámbricos de Localización.

Sistema Recopilador de Señales 10

En general, los sitios celulares tendrán una de las configuraciones de antena siguientes: (i) un sitio omnidireccional con 1 o 2 antenas receptoras o (ii) un sitio sectorizado con 1, 2, o 3 sectores, y con 1 o 2 antenas de receptoras utilizadas en cada sector. Como el número de sitios celulares se ha incrementado en los EE. UU. e internacionalmente, los sitios celulares sectorizados se han convertido en la configuración predominante. Sin embargo, hay también un número creciente de micro celulares y pico celulares, que pueden ser omnidireccionales. Por tanto, el SCS 10 ha sido diseñado para que pueda configurarse para cualquiera de estos sitios celulares típicos y ha sido provisto de mecanismos para emplear cualquier número de antenas en un sitio celular.

Los elementos básicos de la arquitectura del SCS 10 se mantienen iguales respecto al Sistema de Sitio de Antena descrito en la 5 608 410, pero se han hecho muchas mejoras para incrementar la flexibilidad del SCS 10 y para reducir el costo de despliegue comercial del sistema. La realización de mayor preferencia actualmente de los SCS 10 se describe aquí. El SCS 10, del cual se muestra una panorámica en la Figura 2, incluye módulos digitales de recepción 10-2A a 10-2C; módulos DSP 10-3A a 10-3C; un bus en serie 10-4, un módulo de control y comunicaciones 10-5; un módulo GPS 10-6; y un módulo de distribución de registro de tiempo 10-7. El SCS 10 tiene las siguientes conexiones externas: potencia, comunicaciones fraccionadas T1/E1, conexiones RF a antenas y una conexión de antena GPS para el módulo 10-7 de generación de cronometraje (o distribución de registro de tiempo). La arquitectura y empaque del SCS 10 le permiten estar colocado físicamente en sitios celulares (que es el lugar de instalación más común), situado en otros tipos de torres (tales como FM, AM, comunicaciones de emergencia de dos vías, televisión, etc.) o situado en otras estructuras constructivas (tales como azoteas, silos, etc.).

Generación de Cronometraje

El Sistema Inalámbrico de Localización depende de la precisión en la determinación del tiempo en todos los SCSs 10 contenidos dentro de una red. Se han descrito muchos sistemas diferentes de generación de cronometraje en presentaciones previas, sin embargo la realización de mayor preferencia se basa en un receptor GPS mejorado 10-6. El receptor GPS mejorado difiere de la mayoría de los receptores GPS más tradicionales en que el receptor contiene algoritmos que eliminan parte de la inestabilidad en el cronometraje de las señales GPS, y garantiza que cualquiera dos SCSs 10 contenidos dentro de una red puedan recibir pulsos de cronometraje que estén aproximadamente dentro de nanosegundos entre sí. Estos receptores GPS mejorados están disponibles comercialmente ahora, y reducen además algunos de los errores relacionados con la referencia de tiempo que se observaban en implementaciones previas de los sistemas inalámbricos de localización. Aunque este receptor GPS mejorado puede producir una referencia de tiempo muy precisa, la salida del receptor puede tener todavía un ruido de fase inaceptable. Por tanto, la salida del receptor es la entrada a un circuito de ruido de fase bajo y de lazo cerrado mediante fase guiado por un oscilador de cristal que ahora puede producir señales de referencia de 10 MHz y un pulso por segundo (PPS) con menos de 0,01 grados RMS de ruido de fase, y con la salida de pulso a cualquier SCS 10 en una red del Sistema Inalámbrico de Localización dentro de diez nanosegundos respecto a otro pulso en otro SCS 10. Esta combinación de receptor GPS mejorado, oscilador de cristal, y lazo cerrado mediante fase es ahora el método de mayor preferencia para producir señales de referencia estables respecto al tiempo y frecuencia con ruido de fase bajo.

El SCS 10 ha sido diseñado para asimilar bandas de múltiples frecuencias y portadores múltiples con equipamiento situado en el mismo sitio celular. Esto puede realizarse utilizando receptores múltiples internos en un solo chasis SCS, o utilizando chasis múltiples cada uno con receptores separados. En el caso que los chasis múltiples estén colocados en el mismo sitio celular, los SCSs 10 pueden compartir un solo circuito 10-7 de generación de cronometraje/distribución de registro de tiempo reduciendo por tanto el costo total del sistema. Las señales de salida de 10 MHz y un PPS del circuito de generación de cronometraje se amplifican y amortiguan internas al SCS 10, y entonces quedan disponibles vía conectores externos. Por tanto un segundo SCS puede recibir su cronometraje desde un primer SCS utilizando la salida amortiguada y los conectores externos. Esas señales también pueden brindarse a un equipo de estación de base colocado en el sitio celular. Esto puede ser útil a la estación de base, por ejemplo, para mejorar el patrón de reutilización de frecuencia de un sistema inalámbrico de comunicaciones.

Módulo Receptor 10-2 (Realización de Banda Ancha)

Cuando un transmisor inalámbrico realiza una transmisión, el Sistema Inalámbrico de Localización debe recibir la transmisión en múltiples SCSs 10 situados en múltiples sitios celulares dispersos geográficamente. Por tanto, cada SCS 10 tiene la capacidad de recibir una transmisión en cualquier canal RF en el cual pueda originarse la transmisión. Adicionalmente, debido a que el SCS 10 es capaz de asimilar múltiples protocolos de interfaz aérea, el SCS 10 también puede asimilar múltiples tipos de canales RF. Esto es en contraste a la mayoría de los receptores de estación de base actuales que típicamente reciben solo un tipo de canal y son usualmente capaces de recibir solo en canales RF selectos en cada sitio celular. Por ejemplo, un receptor típico TDMA de estación de base solo asimilará canales de 30 KHz de

amplitud, y cada receptor está programado para recibir señales solo de un único canal cuya frecuencia no cambie a menudo (i. e. existe un plan de frecuencia relativamente fija). Por tanto, pocos receptores TDMA de estación de base recibirían una transmisión en cualquier frecuencia dada. Como otro ejemplo, aún cuando algunos receptores GSM de estación de base son capaces de saltar frecuencias, los receptores en las múltiples estaciones base no son capaces de
 5 sintonizarse simultáneamente a una única frecuencia con el objeto de llevar a cabo el procesamiento de localización. De hecho, los receptores GSM de estación de base están programados para saltar frecuencias para evitar el uso de un canal RF que esté siendo utilizado por otro transmisor con el objeto de minimizar la interferencia.

El módulo receptor SCS 10-2 es preferiblemente un receptor digital dual de banda ancha que puede recibir la
 10 totalidad de la banda de frecuencia y todos los canales RF de una interfaz aérea. Para sistemas celulares en los EE. UU., este módulo receptor es de 15 MHz de amplitud o de 25 MHz de amplitud de manera que puedan recibirse todos los canales de un portador único o todos los canales de ambos portadores. Este módulo receptor tiene muchas de las características del receptor descrito previamente en la Patente 5 608 410 y la Figura 2A es un diagrama de bloque de la realización actualmente preferente. Cada módulo receptor contiene una sección de sintonización RF
 15 10-2-1, una interfaz de datos y una sección de control 10-2-2 y una sección de conversión analógica a digital 10-2-3. La sección de sintonización RF 10-2-1 incluye dos receptores digitales totalmente independientes (incluyendo el Receptor No. 1 y el Receptor No. 2) que convierten la entrada analógica RF de un conector externo a un flujo digitalizado de datos. A diferencia de la mayoría de los receptores de estación de base, el módulo receptor SCS no lleva a cabo una diversidad de combinaciones o conmutaciones. En su lugar, la señal digitalizada de cada receptor
 20 independiente se le proporciona al procesamiento de localización. Los presentes inventores han determinado que hay una ventaja respecto al procesamiento de localización, y especialmente al procesamiento de mitigación de multisenada, para procesar independientemente las señales de cada antena en lugar de llevar a cabo la combinación en el módulo receptor.

El módulo receptor 10-2 lleva a cabo, o está acoplado a elementos que llevan a cabo, las siguientes funciones: control automático de ganancia (para sostener tanto señales cercanas fuertes y señales lejanas bajas), filtrado de banda para eliminar señales potencialmente interferentes desde el exterior de la banda RF de interés, síntesis de frecuencias
 25 necesarias para mezclarse con las señales RF para crear una señal IF que pueda ser muestreada, mezclada y convertida de analógica a digital (ADC) para muestrear las señales RF y dar salida a un flujo digitalizado de datos que tenga un ancho de banda apropiado y resolución en bites. El sintetizador de frecuencias ancla las frecuencias sintetizadas a la señal de referencia de 10 MHz del módulo 10-7 (Figura 2) de distribución de registro de tiempo/generación de cronometraje. Todos los circuitos utilizados en el módulo receptor mantienen las características de ruido de fase
 30 bajo de la señal de cronometraje de referencia. El módulo receptor preferiblemente tiene un intervalo aparente libre dinámico 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 en los que pueden tomarse mediciones por parte de los técnicos durante la instalación o
 35 solución de problemas. Diversos procesos de calibración se describen en mayor detalle más adelante. Las frecuencias de prueba y puertos de prueba internamente generados brindan un método fácil a ingenieros y técnicos para comprobar con rapidez el módulo receptor y diagnosticar cualquier problema del que se sospeche. Esto es también especialmente útil durante el proceso de fabricación.

Una de las ventajas del Sistema Inalámbrico de Localización aquí descrito es que no se requieren nuevas antenas en los sitios celulares. El Sistema Inalámbrico de Localización puede utilizar las antenas existentes ya instaladas en
 45 la mayoría de los sitios celulares, incluyendo tanto antenas omnidireccionales como sectorizadas. Esta característica puede llevar a ahorros significativos en los costos de instalación y mantenimiento del Sistema Inalámbrico de Localización versus otros enfoques que han sido descritos en técnicas anteriores. Los receptores digitales SCSs 10-2 pueden conectarse a las antenas existentes en dos formas, como se muestra en las Figuras 2B y 2C, respectivamente. En la Figura 2B, los receptores SCS 10-2 están conectados al multiacoplador de sitio celular existente o separador RF. De esta
 50 forma, el SCS 10 utiliza el preamplificador de ruido bajo existente del sitio celular, el filtro de banda, y multiacoplador o separador RF. Este tipo de conexión usualmente limita el SCS 10 en el sostén de la banda de frecuencia de un solo portador. Por ejemplo, un portador celular de lado A típicamente utilizará el filtro de banda para bloquear señales de clientes del portador del lado B y viceversa.

En la Figura 2C, se ha interrumpido la ruta de acceso RF existente en el sitio celular, y un nuevo preamplificador, filtro de banda y separador RF han sido añadidos como parte del Sistema Inalámbrico de Localización. El nuevo
 55 filtro de banda permitirá el paso de bandas de frecuencias múltiples contiguas, tales como los portadores celulares del lado A y del lado B, permitiendo por tanto al Sistema Inalámbrico de Localización la localización de transmisores inalámbricos que utilicen ambos sistemas celulares pero que utilicen también las antenas de un solo sitio celular. En esta configuración, el Sistema Inalámbrico de Localización utiliza componentes RF igualados en cada sitio celular, de manera que las respuestas de fase versus frecuencia sean idénticas. Esto es en contraste con los componentes RF existentes, que pueden ser de diferentes fabricantes o utilicen diferentes números de modelo en diferentes sitios
 60 celulares. Al igualar las características de respuesta de los componentes RF se reduce una posible fuente de error para el procesamiento de localización, aunque el Sistema Inalámbrico de Localización tiene la capacidad de compensar estas fuentes de error. Finalmente, el nuevo preamplificador instalado con el Sistema Inalámbrico de Localización tendrá una cifra de ruido bajo para mejorar la sensibilidad del SCS 10 en un sitio celular. La cifra total de ruido de los receptores digitales SCS 10-2 es dominada por la cifra de ruido de los amplificadores de ruido bajo. Debido a que el Sistema Inalámbrico de Localización puede usar el procesamiento de localización de señales bajos, mientras

que la estación de base típicamente no puede procesar señales bajas, el Sistema Inalámbrico de Localización puede beneficiarse significativamente de un amplificador de ruido muy bajo, de alta calidad.

Para mejorar la capacidad del Sistema Inalámbrico de Localización para determinar con precisión el TDOA para una transmisión inalámbrica, la fase versus frecuencia de respuesta de los componentes RF del sitio celular se determina al momento de instalación y se actualiza en otros determinados momentos y entonces se almacena en una tabla en el Sistema Inalámbrico de Localización. Esto puede ser importante porque, por ejemplo, los filtros de banda y/o multiacopladores fabricados por algunos fabricantes tienen una fase muy aguda y no lineal versus la respuesta de frecuencia cerca del borde de la banda de paso. Si el borde de la banda de paso está muy cercano o coincide con el control de sentido inverso o canales de voz, entonces el Sistema Inalámbrico de Localización hará mediciones incorrectas de las características de la fase de la señal transmitida si el Sistema Inalámbrico de Localización no corrigió las mediciones utilizando las características almacenadas. Esto se hace más importante aún si un portador ha instalado multiacopladores y/o filtros de banda de más de un fabricante, porque las características en cada sitio pueden ser diferentes. Adicionalmente a la medición de la fase versus la respuesta de frecuencia, otros factores ambientales pueden provocar cambios en la ruta de acceso RF antes del ADC. Estos factores requieren de calibración ocasional y a veces periódica en los SCS 10.

Realización Alternativa de Banda Estrecha del Módulo Receptor 10-2

En adición o como una alternativa al módulo receptor de banda ancha, el SCS 10 también asimila una realización de banda estrecha del módulo receptor 10-2. En contraste con el módulo receptor de banda ancha que puede recibir simultáneamente todos los canales RF en uso de un sistema inalámbrico de comunicaciones, el receptor de banda estrecha puede recibir solo uno o unos pocos canales a la vez. Por ejemplo, el SCS 10 sostiene un receptor de banda estrecha de 60 KHz para uso en sistemas AMPS/TDMA, que cubre dos canales contiguos de 30 KHz. Este receptor sigue siendo un receptor digital tal como se ha descrito en el módulo de banda ancha, sin embargo los circuitos sintetizadores de frecuencia y de mezcla se utilizan para sintonizar dinámicamente el módulo receptor a varios canales RF a la orden. Esta sintonización dinámica puede ocurrir típicamente en un milisegundo o menos, y el receptor puede albergarse en un canal RF específico durante el tiempo que se requiera para recibir y digitalizar los datos RF para el procesamiento de localización.

El propósito del receptor de banda estrecha es reducir el costo de implementación de un Sistema Inalámbrico de Localización respecto al costo incurrido con los receptores de banda ancha. Por supuesto, hay alguna pérdida de calidad en el comportamiento, pero la disponibilidad de estos receptores múltiples le permite a los portadores inalámbricos tener más opciones costo/calidad de comportamiento. Se han añadido funciones inventivas y mejoras al Sistema Inalámbrico de Localización para asimilar este nuevo tipo de receptor de banda estrecha. Cuando el receptor de banda ancha está en uso, todos los canales RF se reciben continuamente en todos los SCSs 10, y subsiguientemente a la transmisión, el Sistema Inalámbrico de Localización puede utilizar los DSPs 10-3 (Figura 2) para seleccionar dinámicamente cualquier canal RF desde la memoria digital. Con el receptor de banda estrecha el Sistema Inalámbrico de Localización debe asegurar *a priori* que los receptores de banda estrecha en múltiples sitios celulares estén sintonizados simultáneamente al mismo canal RF de manera que todos los receptores puedan recibir simultáneamente, digitalizar y almacenar la misma transmisión inalámbrica. Por esta razón, el receptor de banda estrecha se utiliza en general solo para localizar transmisiones de canal de voz, que pueden ser conocidas *a priori* a la ejecución de una transmisión. Debido a que las transmisiones de los canales de control pueden ocurrir asincrónicamente en cualquier momento, el receptor de banda estrecha no puede sintonizarse al canal correcto para recibir la transmisión.

Cuando los receptores de banda estrecha se utilizan para localizar transmisiones AMPS de canal de voz, el Sistema Inalámbrico de Localización tiene la capacidad de cambiar temporalmente las características de modulación del transmisor inalámbrico AMPS para ayudar al procesamiento de localización. Esto puede ser necesario porque los canales de voz AMPS son solo modulados en FM con la adición de un tono supervisor de bajo nivel conocido como SAT. Como se conoce en la técnica, el límite inferior Cramer Rao de la modulación AMPS FM es significativamente peor que la modulación Manchester codificada FSK utilizada para canales en sentido inverso AMPS y transmisiones “de interrupción y descarga” en el canal de voz. Es más, los transmisores inalámbricos AMPS pueden estar transmitiendo con energía significativamente reducida si no hay señal moduladora de entrada (i. e., nadie está hablando). Para mejorar el estimado de localización mejorando las características de modulación sin depender de la existencia o amplitud de una señal moduladora de entrada, el Sistema Inalámbrico de Localización puede hacer que un transmisor inalámbrico AMPS transmita un mensaje “de interrupción y descarga” en un punto en el tiempo en el que los receptores de banda estrecha en múltiples SCSs 10 estén sintonizados al canal RF en el cual se enviará el mensaje. Esto se describirá más adelante.

El Sistema Inalámbrico de Localización lleva a cabo los siguientes pasos cuando utiliza el módulo del receptor de banda estrecha (ver diagrama de flujo de la Figura 2C-1):

Un primer transmisor inalámbrico está ocupado *a priori* en la transmisión en un canal RF particular;

El Sistema Inalámbrico de Localización se activa para hacer un estimado de localización del primer transmisor inalámbrico (la activación puede ocurrir interna o externamente vía una interfaz orden/respuesta);

ES 2 316 195 T3

El Sistema Inalámbrico de Localización determina el sitio celular, sector, canal RF, ventanilla de tiempo, máscara de código largo (long code mask), y tecla de encriptado (todos los elementos de información pueden no ser necesarios para todos los protocolos de interfaz aérea) actualmente en uso por parte del primer transmisor inalámbrico;

5 El Sistema Inalámbrico de Localización sintoniza un primer receptor de banda estrecha apropiado en un primer SCS 10 apropiado al canal RF y ventanilla de tiempo en el sitio celular y sector designado, en el que están colocados medios apropiados típicamente disponibles o en una proximidad cercana;

10 El primer SCS 10 recibe un segmento de tiempo de datos RF, abarcando típicamente de unos cuantos microsegundos a decenas de milisegundos, del primer receptor de banda estrecha y evalúa la potencia de la transmisión, SNR, y características de modulación;

15 Si la potencia de transmisión o SNR está por debajo de un umbral predeterminado, el Sistema Inalámbrico de Localización espera un tiempo determinado y entonces regresa al tercer paso anterior (en el que el Sistema Inalámbrico de Localización determina el sitio celular, sector, etc.);

20 Si la transmisión es una transmisión AMPS de canal de voz y la modulación está por debajo de un umbral, entonces el Sistema Inalámbrico de Localización ordena al sistema inalámbrico de comunicaciones que envíe una orden al primer transmisor inalámbrico para realizar una “interrupción y descarga” en el primer transmisor inalámbrico;

El Sistema Inalámbrico de Localización solicita al sistema inalámbrico de comunicaciones que evite el traspaso del transmisor inalámbrico a otro canal RF durante un período predeterminado de tiempo;

25 El Sistema Inalámbrico de Localización recibe una respuesta del sistema inalámbrico de comunicaciones indicando el período de tiempo durante el cual al primer transmisor inalámbrico se le ha impedido el traspaso, y de ser ordenado, el período de tiempo durante el cual el sistema inalámbrico de comunicaciones enviará una orden al primer transmisor inalámbrico para provocar una “interrupción y descarga”;

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

35 El Sistema Inalámbrico de Localización determina la marca de tiempo (timestamp) más temprana del Sistema Inalámbrico de Localización en el cual los receptores de banda estrecha conectados a las antenas seleccionadas están disponibles para comenzar a recopilar simultáneamente datos RF del canal RF actualmente en uso por el primer transmisor inalámbrico;

40 Basado en la marca de tiempo más temprana del Sistema Inalámbrico de Localización y los períodos de tiempo en la respuesta del sistema inalámbrico de comunicaciones, el Sistema Inalámbrico de Localización ordena a los receptores de banda estrecha conectados a las antenas que serán utilizadas en el procesamiento de localización que se sintonicen al sitio celular, sector y canal RF actualmente en uso por el primer transmisor inalámbrico y reciban datos RF de un tiempo predeterminado de estancia (basado en el ancho de banda de la señal, SNR, y requerimientos de integración);

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

El procesamiento de localización respecto a los datos RF recibidos comienza, tal como se describe en las Patentes Nos. 5 327 144 y 5 608 410 y en las secciones más adelante;

50 El Sistema Inalámbrico de Localización determina de nuevo el sitio celular, sector, canal RF, ventanilla de tiempo, máscara de código largo y tecla de encriptado en uso por el primer transmisor inalámbrico;

55 Si el sitio celular, sector, canal RF, ventanilla de tiempo, máscara de código largo y tecla de encriptado actualmente en uso por el primer transmisor inalámbrico han cambiado entre consultas (queries) (i. e. antes y después de la recopilación de los datos RF) el Sistema Inalámbrico de Localización cesa el procesamiento de localización, produce un mensaje de alerta señalando que el procesamiento de localización fallo debido a que el transmisor inalámbrico cambió el status de transmisión durante el período de tiempo en el cual los datos RF se estaban recibiendo, y reactiva este proceso completo;

60 El procesamiento de localización respecto a los datos RF recibidos se completa según los pasos descritos más adelante.

65 La determinación de los elementos informativos incluyendo sitio celular, sector, canal RF, ventanilla de tiempo, máscara de código largo y tecla de encriptado (todos los elementos informativos pueden no ser necesarios para todo los protocolos de interfaz aérea) se obtiene típicamente por el Sistema Inalámbrico de Localización a través de una interfaz orden/respuesta entre el Sistema Inalámbrico de Localización y el sistema de inalámbrico de comunicaciones.

El uso del receptor de banda estrecha en la manera antes descrita es conocido como sintonización aleatoria porque los receptores pueden estar dirigidos a cualquier canal RF a la orden del sistema. Una ventaja de la sintonización aleatoria es que las localizaciones se procesan solo para aquellos transmisores inalámbricos para los cuales el Sistema Inalámbrico de Localización se active. Una desventaja de la sintonización aleatoria es que varios factores de sincronización, incluyendo la interfaz entre el sistema inalámbrico de comunicaciones y el Sistema Inalámbrico de Localización y los tiempos de latencia en programar los receptores necesarios a través del sistema, pueden limitar la productividad del proceso total de localización. Por ejemplo, en un sistema TDM, la sintonización aleatoria utilizada a lo largo del Sistema Inalámbrico de Localización limitará típicamente la productividad del procesamiento de localización en alrededor de 2,5 localizaciones por segundo por sector de sitio celular.

Por tanto, el receptor de banda estrecha también asimila otro modo, conocido como sintonización secuenciada automática, que puede llevar a cabo el procesamiento de localización con una productividad superior. Por ejemplo, en un sistema TDMA, utilizando presunciones similares sobre el tiempo de estancia y tiempo de puesta a punto respecto a la operación del receptor de banda estrecha descritas anteriormente, la sintonización secuenciada puede lograr una productividad del proceso de localización de alrededor de 41 localizaciones por segundo por sector de sitio celular, significando que todos los 395 canales TDMA RF pueden procesarse en unos 9 segundos. Esta velocidad incrementada puede lograrse aprovechando, por ejemplo, los dos canales RF contiguos que pueden recibirse simultáneamente, el procesamiento de localización de todas las tres intervalos de tiempo TDMA en un canal RF, y la eliminación de la necesidad de sincronización con el sistema inalámbrico de comunicaciones. Cuando el Sistema Inalámbrico de Localización está usando los receptores de banda estrecha para sintonización secuenciada, el Sistema Inalámbrico de Localización no tiene conocimiento de la identidad del transmisor inalámbrico porque el Sistema Inalámbrico de Localización no espera por una activación, ni el Sistema Inalámbrico de Localización interroga al sistema inalámbrico de comunicación la información de identidad antes de recibir la transmisión. En este método, el Sistema Inalámbrico de Localización lleva a cabo la secuenciación a través de cada sitio celular, canal RF y ventanilla de tiempo, realiza el procesamiento de localización y informa un registro de localización que identifica una marca de tiempo, sitio celular, canal RF, ventanilla de tiempo y localización. Subsiguientemente al informe del registro de localización, el Sistema Inalámbrico de Localización y el sistema inalámbrico de comunicaciones igualan los registros de localización a los datos del sistema inalámbrico de comunicaciones indicando que transmisores inalámbricos estaban en uso en ese momento, y que sitios celulares, canales RF, y intervalo de tiempo se utilizaron por cada transmisor inalámbrico. Entonces, el Sistema Inalámbrico de Localización puede retener los registros de localización para los transmisores inalámbricos de interés, y descartar aquellos registros de localización de los transmisores inalámbricos restantes.

Módulo 10-3 del Procesador Digital de Señales

Los módulos 10-2 del receptor digital SCS dan salida a un flujo digitalizado de datos RF que tienen un ancho de banda específico y bits de resolución. Por ejemplo, una realización de 15 MHz del receptor de banda ancha puede dar salida a un flujo de datos que contiene 60 millones de muestras por segundo, a una resolución de 14 bits por muestra. Este flujo de datos RF contendrá todos los canales RF que utiliza el sistema inalámbrico de comunicaciones. Los módulos DSP 10-3 reciben el flujo de datos digitalizado y pueden extraer cualquier canal individual RF a través de la mezcla y filtrado digital. Los DSPs pueden reducir también la resolución en bits a la orden del Sistema Inalámbrico de Localización, como se necesite para reducir los requerimientos de ancho de banda entre el SCS 10 y TLP 12. El Sistema Inalámbrico de Localización puede seleccionar de manera dinámica la resolución en bits a la cual enviar los datos RF digitalizados de la banda base, basado en los requerimientos de procesamiento para cada localización. Los DSPs se utilizan para estas funciones para reducir los errores sistémicos que pueden ocurrir a partir de la mezcla y filtrado con componentes analógicos. El uso de DSPs permite una igualación perfecta en el procesamiento entre cualquiera dos SCSs 10.

Un diagrama de bloques del módulo DSP 10-3 se muestra en la Figura 2D, y la operación del módulo DSP se ilustra mediante el diagrama de flujo de la Figura 2E. Como se muestra en la Figura 2D, el módulo DSP 10-3 comprende los siguientes elementos: un par de elementos DSP 10-3-1A y 10-3-1 B, referidos colectivamente como un "primer" DSP; convertidores en serie a paralelos 10-3-2; elementos de la memoria dual de puerto 10-3-3; un segundo DSP 10-3-4; un convertidor paralelo a en serie; un búfer FIFO; un DSP 10-3-5 (incluyendo RAM) para la detección, otro DSP 10-3-6 para demodulación, y otro DSP 10-3-7 para normalización y control; y un generador de direcciones 10-3-8. En una realización actualmente preferente, el módulo DSP 10-3 recibe el flujo de datos digitalizados de banda ancha (Figura 2E, paso Si), y utiliza el primer DSP (10-3-1A y 10-3-1 B) para extraer bloques de canales (paso S2). Por ejemplo, un primer DSP programado para operar como un receptor digital de colocación puede extraer cuatro bloques de canales, en los que cada bloque incluye al menos 1,25 MHz de ancho de banda. Este ancho de banda puede incluir 42 canales de AMPS o TDMA, 6 canales de GSM, o 1 canal de CDMA. El DSP no requiere que los bloques sean contiguos, ya que el DSP puede sintonizarse independiente y digitalmente a cualquier conjunto de canales RF dentro del ancho de banda del flujo de datos digitalizado de banda ancha. El DSP puede realizar también detección de energía de banda ancha o estrecha en uno o cualquiera de los canales en el bloque, y informar los niveles de potencia por canal al TLP 12 (paso S3). Por ejemplo, cada 10 ms, el DSP puede realizar la detección de la energía del ancho de banda y crear un mapa espectral RF para todos los canales para todos los receptores (ver paso S9). Debido a que este mapa espectral puede enviarse desde el SCS 10 al TLP 12 cada 10 ms vía el enlace de comunicación que conecta el SCS 10 y el TLP 12, puede existir una acumulación significativa de datos. Por tanto, el DSP reduce la acumulación de datos compactándolos a un número finito de niveles. Normalmente, por ejemplo, un intervalo dinámico de 84 dB pudiera requerir 14 bits. En el proceso de compactación implementado por el DSP, los datos se reducen, por ejemplo, a solo 4 bits eligiendo 16 niveles espectrales RF importantes para enviar al TLP 12. La elección del número de niveles, y

ES 2 316 195 T3

por tanto el número de bits, así como la representación de los niveles, puede ajustarse automáticamente por el Sistema Inalámbrico de Localización. Estos ajustes se llevan a cabo para maximizar el valor de la información de los mensajes espectrales RF enviados al TLP 12 así como para optimizar el uso del ancho de banda disponible en el enlace de comunicación entre el SCS 10 y el TLP 12.

Después de la conversión, cada bloque de canales RF (cada uno de al menos 1,25 MHz) pasa a través del convertidor de serie a paralelo 10-3-2 y entonces se almacena en la memoria digital de puerto dual 10-3-3 (paso S4). La memoria digital es una memoria circular lo que significa que el módulo DSP comienza escribiendo datos en la dirección de la primera memoria y entonces continúa secuenciadamente hasta que se alcanza la dirección de la última memoria. Cuando se alcanza la dirección de la última memoria, el DSP regresa a la dirección de la primera memoria y continúa escribiendo datos secuenciadamente en la memoria. Cada módulo DSP contiene típicamente suficiente memoria para almacenar varios segundos de datos para cada bloque de canales RF para sostener la latencia y tiempos de espera en el proceso de localización.

En el módulo DSP, la dirección de memoria en cuya memoria se escriben los datos RF digitalizados y convertidos es la marca de tiempo utilizada a lo largo del Sistema Inalámbrico de Localización y al que el procesamiento de localización se refiere en la determinación del TDOA. Para asegurar que los marcadores de tiempo estén alineados en cada SCS 10 en el Sistema Inalámbrico de Localización, el generador de direcciones 10-3-8 recibe la señal de un pulso por segundo del módulo de generación de cronometraje/distribución del registro de tiempo 10-7 (Figura 2). Periódicamente, en el generador de direcciones todos los SCSs 10 en un Sistema Inalámbrico de Localización se resetearán simultáneamente a una dirección conocida. Esto le permite al procesamiento de localización reducir o eliminar errores acumulados de cronometraje en el registro de la marca de tiempo para cada elemento de datos digitalizados.

El generador de direcciones 10-3-8 controla tanto la escritura a como la lectura desde la memoria digital del puerto dual 10-3-3. La escritura se realiza continuamente ya que el ADC está muestreando y digitalizando continuamente las señales RF y el primer DSP (10-3-1A y 10-3-1B) está realizando continuamente la función de receptor de colocación digital. Sin embargo, la lectura ocurre en descargas a medida que el Sistema Inalámbrico de Localización solicita datos para llevar a cabo la demodulación y el procesamiento de localización. El Sistema Inalámbrico de Localización puede aún llevar a cabo el procesamiento de localización de manera recursiva en una sola transmisión, y por tanto requiere acceso a los mismos datos en múltiples ocasiones. Para poder cumplimentar los muchos requerimientos del Sistema Inalámbrico de Localización, el generador de direcciones le permite a la memoria digital del puerto dual que sea leída a una velocidad mayor que en la que ocurre la escritura. Típicamente, la lectura puede realizarse ocho veces más rápido que la escritura.

El módulo DSP 10-3 utiliza el segundo DSP 10-3-4 para leer los datos desde la memoria digital 10-3-3, y entonces lleva a cabo una segunda función digital de colocación del receptor para extraer datos de la banda de base desde los bloques de canales RF (paso S5). Por ejemplo, el segundo DSP puede extraer un solo AMPS de 30 KHz o canal TDMA de cualquier bloque de canales RF que hayan sido digitalizados y almacenados en la memoria. Igualmente, el segundo DSP puede extraer cualquier canal GSM individual. El segundo DSP no requiere la extracción de un canal CDMA, ya que el ancho de banda del canal ocupa la totalidad del ancho de banda de los datos RF almacenados. La combinación del primer DSP 10-3-1A, 10-3-1B y el segundo DSP 10-3-4 permite que el módulo DSP elija, almacene y recupere cualquier canal individual RF en un sistema inalámbrico de comunicaciones. Un módulo DSP almacenará típicamente cuatro bloques de canales. En un sistema AMPS/TDM de modo dual, un solo módulo DSP puede típicamente de manera continua y simultánea monitorear hasta 42 canales analógicos de control en sentido inverso, hasta 84 canales digitales de control, y también asignarse al monitoreo y localización de cualquier transmisión de canal de voz. Un solo chasis SCS asimilará típicamente hasta tres módulos receptores 10-2 (Figura 2), para cubrir tres sectores de dos antenas cada uno, y hasta nueve módulos DSP (tres módulos DSP por receptor permiten que la totalidad de un ancho de banda de 15 MHz pueda almacenarse simultáneamente en memoria digital). Por tanto, el SCS 10 es un sistema muy modular que puede llevarse a escala fácilmente para igualar cualquier tipo de configuración de procesamiento celular y carga de procesamiento.

El módulo DSP 10-3 también lleva a cabo otras funciones, incluyendo detección automática de canales activos utilizados en cada sector (paso S6), demodulación (paso S7), y procesamiento de localización de estación de base (paso S8). El Sistema Inalámbrico de Localización mantiene un mapa activo del uso de los canales RF en un sistema inalámbrico de comunicaciones (paso S9) que le permite al Sistema Inalámbrico de Localización manejar los recursos del receptor y del procesamiento, y de iniciar rápidamente el procesamiento cuando una transmisión particular de interés ha ocurrido. El mapa activo comprende una tabla mantenida dentro del Sistema Inalámbrico de Localización que lista para cada antena conectada a un SCS 10 los canales primarios asignados a ese SCS 10 y los protocolos utilizados en esos canales. Un canal primario es un canal de control RF asignado a o colocado cerca de una estación de base que la estación de base utiliza para comunicaciones con transmisores inalámbricos. Por ejemplo, en un sistema celular típico con sitios celulares sectorizados, habrá una frecuencia de canal de control RF asignada para uso en cada sector. Esas frecuencias de canal de control se asignarían típicamente como canales primarios para un SCS 10 colocado.

Puede asignarse también el mismo SCS 10 para monitorear canales de control RF de otras estaciones de base cercanas como canales primarios, aún si otros SCSs 10 tienen también los mismos canales primarios asignados. En esta forma, el Sistema Inalámbrico de Localización implementa una redundancia de la demodulación del sistema que

ES 2 316 195 T3

asegura que cualquier transmisión inalámbrica dada tenga una probabilidad infinitesimal de ser obviada. Cuando se utiliza esta característica de redundancia de la demodulación, el Sistema Inalámbrico de Localización recibirá, detectará, y demodulará la misma transmisión inalámbrica dos o más veces en más de un SCS 10. El Sistema Inalámbrico de Localización incluye medios para detectar cuando esta desmodulación múltiple ha ocurrido y para activar el procesamiento de localización solamente una vez. Esta función conserva los recursos de procesamiento y comunicaciones del Sistema Inalámbrico de Localización, y se describe más adelante. Esta capacidad de que un solo SCS 10 detecte y demodule transmisiones inalámbricas que ocurren en sitios celulares que no están colocados en el SCS 10 le permite a los operadores del Sistema Inalámbrico de Localización desplegar redes más eficientes del Sistema Inalámbrico de Localización. Por ejemplo, el Sistema Inalámbrico de Localización puede estar diseñado de manera que el Sistema Inalámbrico de Localización utilice muchos menos SCSs 10 que las estaciones de base que tiene el sistema inalámbrico de comunicaciones.

En el Sistema Inalámbrico de Localización, a los canales primarios se les da entrada y se mantienen en la tabla utilizando dos métodos: programación directa y detección automática. La programación directa comprende la entrada de datos de canales primarios en la tabla utilizando una de las interfaces de usuario del Sistema Inalámbrico de Localización, tales como la Consola de Operaciones de Red 16 (Figura 1), o recibiendo datos de asignación de canales desde el Sistema Inalámbrico de Localización a la interfaz del sistema inalámbrico de comunicaciones. Alternativamente, el módulo DSP 10-3 también corre un proceso en paralelo en un segundo plano conocido como detección automática en el cual el DSP utiliza capacidad de procesamiento disponible o programada para detectar transmisiones en diversos canales RF posibles y entonces intenta demodular esas transmisiones utilizando protocolos probables. El módulo DSP puede entonces confirmar que los canales primarios programados directamente son correctos, y puede entonces rápidamente detectar cambios hechos a los canales en la estación de base y enviar una alerta al operador del Sistema Inalámbrico de Localización.

El módulo DSP lleva a cabo los pasos siguientes en la detección automática (Figura 2E-1):

Para cada canal de voz y/o control posible que pueda ser utilizado en el área de cobertura del SCS 10, se establecen contadores de clavija (peg counters) (paso S7-1);

Al comienzo de un período de detección, todos los contadores se resetean a cero (paso S7-2);

Cada vez que ocurre una transmisión en un canal RF especificado, y el nivel de potencia recibido está por encima de un umbral preestablecido en particular, el contador de clavija para ese canal se incrementa (paso S7-3);

Cada vez que ocurre una transmisión en un canal RF especificado, y el nivel de potencia recibido está por encima de un segundo umbral preestablecido en particular, el módulo DSP intenta demodular una porción de la transmisión utilizando un primer protocolo preferente (paso S7-4);

Si la demodulación tiene éxito, se incrementa un segundo contador de clavija para ese canal (paso S7-5);

Si la demodulación no tiene éxito, el módulo DSP intenta demodular una porción de la transmisión utilizando un segundo protocolo preferente (paso S7-6);

Si la demodulación tiene éxito, se incrementa un tercer contador de clavija para ese canal (paso S7-7);

Al final de un período de detección, el Sistema Inalámbrico de Localización lee todos los contadores de clavija (paso S7-8); y

El Sistema Inalámbrico de Localización automáticamente asigna canales primarios basados en los contadores de clavija (paso S7-9).

El operador del Sistema Inalámbrico de Localización puede revisar los contadores de clavija y la asignación automática de los canales primarios y los protocolos de desmodulación, y eliminar cualquier configuración llevada a cabo automáticamente. Adicionalmente, si más de dos protocolos preferentes pueden ser utilizados por el portador inalámbrico, entonces el módulo DSP 10-3 puede descargarse con software para detectar los protocolos adicionales. La arquitectura del SCS 10, basada en receptores de banda ancha 10-2, los módulos 10-3 y el software que puede ser descargado le permiten al Sistema Inalámbrico de Localización sostener múltiples protocolos de demodulación en un solo sistema. Hay una ventaja de costo significativa para el sostenimiento de protocolos múltiples dentro del sistema único, ya que se requiere un solo SCS 10 en un sitio celular. Esto contrasta con muchas arquitecturas de estación de base, que pueden requerir diferentes módulos transreceptores para diferentes protocolos de modulación. Por ejemplo, mientras el SCS 10 puede asimilar AMPS, TDMA y CDMA simultáneamente en el mismo SCS 10, no hay actualmente estación de base disponible que pueda asimilar esta funcionalidad.

La capacidad de detección y desmodulación de múltiples protocolos también incluye la habilidad de detectar independientemente el uso de autenticación en mensajes transmitidos por ciertos protocolos de interfaz aérea. El uso de campos de autenticación en transmisores inalámbricos comenzó a prevalecer en los últimos años como un medio de reducción de la ocurrencia de fraudes en los sistemas inalámbricos de comunicaciones. Sin embargo, no todos los transmisores inalámbricos tienen implementada la autenticación. Cuando se utiliza la autenticación, el protocolo en

general inserta un campo adicional en el mensaje transmitido. Frecuentemente este campo se inserta entre la identidad del transmisor inalámbrico y los dígitos marcados en el mensaje transmitido. Al demodular una transmisión inalámbrica, el Sistema Inalámbrico de Localización determina el número de campos en el mensaje transmitido, así como el tipo de mensaje (i. e. registro, origen, respuesta de ubicación, etc.) El Sistema Inalámbrico de Localización demodula todos los campos y si parecen estar presentes campos extra, considerando el tipo de mensaje transmitido, entonces el Sistema Inalámbrico de Localización pone a prueba todos los campos en una condición de activación. Por ejemplo, si los dígitos marcados “911” aparecen en el sitio apropiado en un campo, y el campo está situado en su lugar correspondiente sin autenticación o en su lugar correspondiente con autenticación, entonces el Sistema Inalámbrico de Localización se activa normalmente. En este ejemplo se requeriría que los dígitos “911” aparecieran en secuencia como “911” o “*911”, sin otros dígitos antes o después de cada secuencia. Esta funcionalidad reduce o elimina una activación falsa causada por la aparición de los dígitos “911” como parte de un campo de autenticación.

El soporte de múltiples protocolos de desmodulación es importante para el Sistema Inalámbrico de Localización para operar con éxito debido a que el proceso de localización debe activarse rápidamente cuando un usuario a través de comunicación inalámbrica ha marcado el “911”. El Sistema Inalámbrico de Localización puede activar el procesamiento de localización utilizando dos métodos: el Sistema Inalámbrico de Localización demodulará de manera independiente las transmisiones de los canales de control y activará el procesamiento de localización utilizando cualquier número de criterios tales como dígitos marcados, o el Sistema Inalámbrico de Comunicación puede recibir activaciones desde una fuente externa tales como el sistema inalámbrico de comunicaciones del portador.

Los presentes inventores han encontrado que la demodulación independiente mediante los SCS 10 se constituye en el tiempo más rápido de activación, tal como se mide desde el momento en que un usuario inalámbrico presiona el botón “ENVIAR” o “HABLAR” (o similar) en un transmisor inalámbrico.

25 *Módulo de Control y Comunicaciones 10-5*

El módulo de control y comunicaciones 10-5, ilustrado en la Figura 2F, incluye búferes de datos 10-5-1. Un controlador 10-5-2, memoria 10-5-3, una unidad de procesamiento (CPU) 10-5-4 y un chip de comunicaciones T1/E1 10-5-5. El módulo tiene muchas de las características previamente descritas en la Patente Número 5 608 410. Se han añadido diversas mejoras en la presente realización. Por ejemplo, el SCS 10 ahora incluye una capacidad automática remota de reseteo, aún si el CPU en el módulo de control y comunicaciones cesa de ejecutar su software programado. Esta capacidad puede reducir los costos operativos del Sistema Inalámbrico de Localización porque no se requiere que los técnicos viajen a un sitio celular para resetear un SCS 10 si este falla en su operación normal. El circuito remoto automático de reseteo opera monitoreando la interfaz de comunicaciones entre el SCS 10 y el TLP 12 para una secuencia de bits en particular. Esta secuencia de bits es una secuencia que no ocurre durante comunicaciones normales entre el SCS 10 y el TLP 12. Esta secuencia, por ejemplo, puede consistir en un patrón de todos uno. El circuito de reseteo opera con independencia del CPU de manera que aún si el CPU se ha colocado a sí mismo en un estado cerrado u otro no operativo, el circuito todavía puede lograr el reseteo del SCS 10 y devolver al CPU a un estado operativo.

Este módulo también tiene ahora la capacidad de registrar y informar una amplia variedad de estadísticas y variables utilizadas en el monitoreo o diagnóstico del comportamiento del SCS 10. Por ejemplo, el SCS 10 puede monitorear el uso porcentual de la capacidad 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 al NOC 16, y se utilizan para determinar cuando se requieren recursos de procesamiento y de comunicaciones adicionales en el sistema. Por ejemplo, pueden establecerse los umbrales de alarma en el NOC para indicarle a un operador si cualquier recurso está excediendo consistentemente un umbral preestablecido. El SCS 10 puede monitorear también el número de veces que las transmisiones se han demodulado exitosamente, así como el número de fallos. Esto es útil ya que permite a los operadores determinar si los umbrales de señales para demodulación se han fijado de manera óptima.

Este módulo, al igual que los otros módulos, puede también auto informar su identidad al TLP 12. Como se describe más adelante, muchos SCSs 10 pueden conectarse a un solo TLP 12. Típicamente, las comunicaciones entre SCSs 10 y TLPs 12 se comparten con las comunicaciones entre estaciones de base y MSCs. Es difícil frecuentemente determinar con rapidez exactamente cuales SCSs 10 han sido asignados a circuitos particulares. Por tanto, el SCS 10 contiene una identidad de codificación permanente, que se registra al momento de instalación. Esta identidad puede leerse y verificarse por parte del TLP 12 para determinar positivamente cual SCS 10 ha sido asignado por un portador a cada uno de los muchos y diferentes circuitos de comunicaciones.

Las comunicaciones SCS a TLP asimilan una diversidad de mensajes, incluyendo: órdenes y respuestas, descarga de software, status y pulsaciones (heartbeat), descarga de parámetros, diagnóstico, datos espectrales, datos de fase, demodulación de canales primarios y datos RF. El protocolo de comunicaciones está diseñado para optimizar la operación del Sistema Inalámbrico de Localización minimizando los gastos de protocolo y el protocolo incluye un esquema de prioridad de mensajes. A cada tipo de mensaje se le asigna una prioridad, y el SCS 10 y el TLP 12 ordenarán los mensajes por prioridad de manera que un mensaje de alta prioridad se envíe antes que uno de menor prioridad. Por ejemplo, los mensajes de demodulación se establecen en general a una alta prioridad debido a que el Sistema Inalámbrico de Localización debe activar el procesamiento de localización de ciertos tipos de llamadas (i. e. E9-1-1) sin demora. Aunque los mensajes de mayor prioridad se ordenan en la cola por delante de los mensajes de menor prioridad, el protocolo en general no establece derecho de prioridad en caso de un mensaje que ya esté en tránsito. Esto

es, un mensaje en proceso, de ser enviado a través de la interfaz de comunicaciones SCS 10 a TLP 12 se completará plenamente, pero entonces el próximo mensaje a enviar será el mensaje de máxima prioridad con la marca de tiempo más temprana. Para minimizar la latencia de mensajes de alta prioridad, mensajes largos, tales como datos RF, éstos se envían en segmentos. Por ejemplo, los datos RF para una transmisión completa AMPS de 100 milisegundos pueden separarse en segmentos de 10 milisegundos. De esta manera, un mensaje de alta prioridad puede intercalarse en la cola entre segmentos de los datos RF.

Monitoreo de Calibración y Comportamiento

La arquitectura de los SCS 10 está fuertemente basada en tecnologías digitales incluyendo los procesadores digitales de recepción y procesadores digitales de señales. Una vez se hayan digitalizado las señales RF, el cronometraje, frecuencia, y diferencias de fase pueden controlarse cuidadosamente en los diversos procesos. De mayor importancia, cualquier cronometraje, frecuencia y diferencias de fase pueden igualarse perfectamente entre los diversos receptores y diversos SCSs 10 utilizados en el Sistema Inalámbrico de Localización. Sin embargo, antes de los ADC, las señales RF pasan a través de un número de componentes RF, incluyendo antenas, cables, amplificadores de ruido bajo, filtros, duplexores, multiacopladores y separadores RF. Cada uno de estos componentes RF tiene características importantes para el Sistema Inalámbrico de Localización, incluyendo demora y fase versus respuesta de frecuencia. Cuando los componentes RF y analógicos están perfectamente igualados entre los pares de SCSs 10, tales como SCS 10A y SCS 10B en la Figura 2G, entonces los efectos de estas características se eliminan automáticamente en el proceso de localización. Pero cuando las características de los componentes no se igualan, entonces el procesamiento de localización puede incluir inadvertidamente errores sustanciales resultantes de la no igualación. Adicionalmente, muchos de estos componentes RF pueden experimentar inestabilidad con la potencia, tiempo, temperatura, u otros factores que pueden añadir errores sustanciales a la determinación de la localización. Por tanto se han desarrollado varias técnicas para calibrar los componentes RF en el Sistema Inalámbrico de Localización y para monitorear el comportamiento del Sistema Inalámbrico de Localización de manera regular. Subsecuentemente a la calibración, el Sistema Inalámbrico de Localización almacena los valores de estas demoras y fases versus respuesta de frecuencia (i. e. por el número del canal RF) en una tabla en el Sistema Inalámbrico de Localización para uso en la corrección de estos errores sustanciales. En las Figuras 2G-2J se hace referencia más adelante a la explicación de estos métodos de calibración.

Método de Calibración Externa

Con referencia a la Figura 2G, la estabilidad de cronometraje del Sistema Inalámbrico de Localización se mide a lo largo de líneas base, donde cada línea base está compuesta por dos SCSs 10A y 10B, y una línea imaginaria (A - B) trazada entre ellos. En un tipo de Sistema Inalámbrico de Localización TDOA/FDOA, las localizaciones de los transmisores inalámbricos se calculan midiendo las diferencias entre los tiempos en que cada SCS 10 registra el arribo de la señal de un transmisor inalámbrico. Por tanto, es importante que las diferencias en tiempo medidas por los SCSs 10 a lo largo de cualquier línea base sean mayormente atribuidas al tiempo de transmisión de la señal desde el transmisor inalámbrico y mínimamente atribuibles a las variaciones en los componentes analógicos y RF de los SCSs 10 en sí mismos. Para cumplir con los objetos de precisión del Sistema Inalámbrico de Localización, la estabilidad de cronometraje de cualquier par de SCSs 10 se mantiene a mucho menos de 100 nanosegundos RMS (media de la raíz cuadrada). Por tanto, los componentes del Sistema Inalámbrico de Localización contribuirán con menos de 100 pies RMS de error de instrumentación en el estimado de la localización de un transmisor inalámbrico. Parte de este error se asigna a la ambigüedad de la señal utilizada para calibrar el sistema. Esta ambigüedad puede determinarse a partir de la bien conocida ecuación Cramer-Rao de límite inferior. En el caso de un canal de control de sentido inverso AMPS, este error es aproximadamente de 40 nanosegundos RMS. El resto del presupuesto del error se asigna a los componentes del Sistema Inalámbrico de Localización, fundamentalmente a los componentes RF y analógicos en el SCS 10.

En el método de calibración externa, el Sistema Inalámbrico de Localización utiliza una red de transmisores de calibración cuyas características de señal igualan a las de los transmisores inalámbricos objetivo. Estos transmisores de calibración pueden ser teléfonos inalámbricos ordinarios que emiten señales periódicas de registro y/o señales de respuestas de ubicación. Cada SCS a línea base SCS utilizable se calibra preferiblemente de manera periódica utilizando un transmisor de calibración que tiene una ruta de acceso relativamente clara y sin obstrucción para ambos SCSs 10 asociados con la línea base. La señal de calibración se procesa de manera idéntica a la de una señal de un transmisor inalámbrico objetivo. Debido a que los valores TDOA son conocidos *a priori*, cualquier error en los cálculos se debe a errores sistémicos en el Sistema Inalámbrico de Localización. Estos errores sistémicos pueden ser entonces eliminados en los cálculos de la localización subsiguiente respecto a los transmisores objetivo.

La Figura 2G ilustra el método de calibración externa para minimizar errores de cronometraje. Como se muestra, un primer SCS 10A en un punto "A" y un segundo SCS 10A en un punto "B" tienen una línea base asociada A-B. Una señal de calibración emitida en el tiempo T_0 por un transmisor de calibración en el punto "C" teóricamente llegará primero al SCS 10A en el tiempo $T_0 + TAC$. TAC es una medida de la cantidad de tiempo requerida por parte de la señal de calibración para viajar desde la antena en el transmisor de calibración a la memoria digital de puerto dual en un receptor digital. Igualmente, la misma señal de calibración llegará al segundo SCS 10B en un tiempo teórico $T_0 + TBC$. Usualmente, sin embargo, la señal de calibración no llegará a la memoria digital y a los componentes de procesamiento digital de señales de los respectivos SCSs 10 en exactamente los tiempos correctos. Por el contrario, habrá errores ϵ_1 y ϵ_2 en la cantidad de tiempo (TAC, TBC) que le toma a la señal de calibración propagarse desde el transmisor de calibración a los SCSs 10 respectivamente, de manera que los tiempos exactos de arribo son realmente

ES 2 316 195 T3

T0 + TAC + e1 y T0 + TBC + e2. Tales errores serán debidos en cierta medida a las demoras en la propagación de la señal a través del aire, i.e. desde la antena del transmisor de calibración a las antenas de los SCS; sin embargo, los errores se deberán fundamentalmente a las características variables de tiempo en los componentes del extremo frontal del SCS. Los errores e1 y e2 no pueden determinarse *per se* porque el sistema no conoce el tiempo exacto (T0) en el cual se transmitió la señal de calibración. El sistema puede, sin embargo, determinar el error en la diferencia en el tiempo de arribo de la señal de calibración a los SCSs 10 respectivos de cualquier par dado de SCSs 10. Este valor de error TDOA se define como la diferencia entre el valor TDOA medido y el valor teórico TDOA τ_0 , donde τ_0 responde a las diferencias teóricas entre los valores teóricos de demora TAC y TBC. Los valores teóricos TDOA para cada par de SCSs 10 y cada transmisor de calibración son conocidos porque las posiciones de los SCSs 10 y el transmisor de calibración, y la velocidad a la cual se propaga la señal de calibración, son conocidos. La línea base medida TDOA (TDOA_{A-B}) puede representarse como TDOA_{A-B} = $\tau_0 + \epsilon$, donde $\epsilon = e_1 - e_2$. De manera similar, una señal de calibración desde un segundo transmisor de calibración en el punto "D" tendrá asociados errores e3 y e4. El valor último de ϵ a sustraer de las mediciones TDOA para un transmisor objetivo será una función (e. g., promedio sopesado) de los valores de ϵ derivados de uno o más transmisores de calibración. Por tanto, una medición TDOA dada (TDOA_{measured}) para un par de de SCSs 10 en los puntos "X" y "Y" y un transmisor inalámbrico objetivo en una localización desconocida se corregirán como sigue:

$$\text{TDOA}_{X,Y} = \text{TDOA}_{\text{measured}} - \epsilon$$

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

Donde k1, k2, etc., son factores sopesados y ϵ_1, ϵ_2 , etc., son errores determinados sustrayendo los valores TDOA medidos de los valores teóricos de cada transmisor de calibración. En este ejemplo, el valor del error ϵ_1 , puede ser el valor de error asociado con el transmisor de calibración en el punto "C" en el dibujo. Los factores a sopesar se determinan por el operador del Sistema Inalámbrico de Localización, y entrada a las tablas de configuración para cada línea base. El operador tomará en consideración la distancia desde cada transmisor de calibración a los puntos SCSs 10 en los puntos "X" y "Y", la línea de visión determinada empíricamente desde cada transmisor de calibración a los puntos SCSs 10 en los puntos "X" y "Y", y la contribución que cada SCS "X" y "Y" habría hecho a un estimado de localización de un transmisor inalámbrico que puede estar localizado en la vecindad de cada transmisor de calibración. En general, los transmisores de calibración que están más cerca de los SCSs 10 en los puntos "X" y "Y" serán sopesados de forma superior a los transmisores de calibración que están más alejados, y los transmisores de calibración con mejor línea de visión SCSs 10 en los puntos "X" y "Y" serán sopesados de forma superior a los transmisores de calibración con una línea de visión peor.

Cada componente de error e1, e2, etc., y por tanto el componente de error resultante ϵ puede variar ampliamente y desorganizadamente en el tiempo debido a que parte del componente de error se debe al reflejo de la senda múltiple desde el transmisor de calibración a cada SCS 10. El reflejo de la senda múltiple depende mucho de la ruta de acceso y por tanto variará de medición a medición y de ruta de acceso a ruta de acceso. No es objeto de este método determinar el reflejo de la senda múltiple para estas rutas de calibración, si no para determinar la porción de los errores que son atribuibles a los componentes de los SCSs 10. Típicamente por tanto, los valores de error e1 y e3 tendrán un componente común ya que se relacionan con el mismo primer SCS 10A. Igualmente, los valores de error e2 y e4 también tendrán un componente común ya que se relacionan con el segundo SCS 10B. Se conoce que mientras los componentes de la senda múltiple pueden variar desorganizadamente, los errores de los componentes varían lentamente y típicamente varían de manera sinusoidal. Por tanto, en el método de calibración externa, los valores de error ϵ se filtran utilizando un filtro sopesado, basado en el tiempo, que disminuye el peso de los componentes de la ruta múltiple que varían desorganizadamente mientras se preservan los componentes de error de cambio relativamente lento atribuidos a los SCSs 10. El filtro Kalman es uno de tales filtros a manera de ejemplo utilizado en el método de calibración externa.

El período entre transmisiones de calibración se varía en dependencia de las velocidades de deriva de los errores determinadas por los componentes SCS. El período de la velocidad de deriva debe ser mucho mayor que el período del intervalo de calibración. El Sistema Inalámbrico de Localización monitorea el período de la velocidad de deriva para determinar continuamente la velocidad de cambio, pudiendo ajustar periódicamente el intervalo de calibración, de ser necesario. Típicamente, la velocidad de calibración para un Sistema Inalámbrico de Localización es de entre 10 y 30 minutos. Esto se corresponde bien con el período típico de tiempo para la velocidad de registro en un sistema inalámbrico de comunicaciones. Si el Sistema Inalámbrico de Localización fuera a determinar que el intervalo de calibración debiera ser ajustado a una velocidad mayor que la velocidad de registro del sistema inalámbrico de comunicaciones, entonces el AP 14 (Figura 1) forzaría automáticamente al transmisor de calibración a transmitir ubicando al transmisor en el intervalo prescrito. Cada transmisor de calibración es abordable individualmente y por tanto el intervalo de calibración asociado con cada transmisor de calibración puede ser diferente.

Como los transmisores de calibración utilizados en el método de calibración externa son teléfonos estándar, el Sistema Inalámbrico de Localización debe tener un mecanismo para distinguir esos teléfonos de otros transmisores inalámbricos que se localizan con diversos propósitos de aplicación. El Sistema Inalámbrico de Localización mantiene una lista de las identidades de los transmisores de calibración, típicamente en el TLP 12 y en el AP 14. En un sistema

ES 2 316 195 T3

celular, la identidad del transmisor de calibración puede ser el Número de Identificación del Móvil o MIN. Cuando el transmisor de calibración hace una transmisión, la transmisión se recibe en cada SCS 10 y demodula mediante el SCS 10 apropiado. El Sistema Inalámbrico de Localización compara la identidad de la transmisión con una lista de identidades de asignación de tareas prealmacenadas de todos los transmisores de calibración. Si el Sistema Inalámbrico de Localización determina que la transmisión fue una transmisión de calibración, entonces el Sistema Inalámbrico de Localización inicia el procesamiento de calibración externa.

Método de Calibración Interna

En adición al método de calibración externa, es posible calibrar todos los canales del receptor digital de banda ancha utilizados en el SCS 10 de un Sistema Inalámbrico de Localización. El método de calibración externa típicamente calibrará un solo canal de los múltiples canales utilizados por el receptor digital de banda ancha. Esto se debe a que los transmisores de calibración fija típicamente escanearán al canal de control de más alta potencia, que típicamente será el mismo canal de control cada vez. La función de transferencia de un receptor digital de banda ancha, conjuntamente con los otros componentes asociados, no se mantiene perfectamente constante, sin embargo, y variará con el tiempo y la temperatura. Por tanto, aún cuando el método de calibración externa pueda calibrar con éxito un solo canal, no hay seguridad de que los canales restantes también sean calibrados.

El método de calibración interna, representado en el diagrama de flujo de la Figura 2H, es particularmente apropiado para calibrar un primer sistema receptor individual (i. e., SCS 10) que se caracteriza por una función de transferencia de tiempo y frecuencia variable, en el que la función de transferencia define cómo la amplitud y fase de cada señal recibida será alterada por parte del sistema receptor y el sistema receptor se utiliza en un sistema de localización para determinar la localización de un transmisor inalámbrico, determinando, en parte, una diferencia en tiempo de arribo entre una señal transmitida por el transmisor inalámbrico y recibida por el sistema receptor para ser calibrada y otro sistema receptor, y en el que la precisión del estimado de localización depende, en parte, de la precisión de las mediciones TDOA hechas por el sistema. Un ejemplo de una función de transferencia AMPS RCC se ilustra en la Figura 2I, que ilustra como la fase de la función de transferencia varía a lo largo de los 21 canales de control abarcando 630 KHz.

Con referencia a la Figura 2H, el método de calibración interna incluye los pasos de desconexión temporal y automática del sistema receptor de la antena utilizada por un sistema receptor (paso S-20); inyección de una señal de banda ancha generada internamente con características de señal conocidas y estables al primer sistema receptor (paso S-21); utilización de la señal de banda ancha generada para obtener un estimado de la manera en la cual la función de transferencia varía a lo largo del ancho de banda del primer sistema receptor (paso S-22), y utilización del estimado para mitigar los efectos de la variación de la función de la primera transferencia con respecto a las mediciones de tiempo y frecuencia hechas por el primer sistema receptor (paso S-23). Un ejemplo de una señal estable de banda ancha utilizada para la calibración interna es una señal de rastreo, que está compuesta de elementos múltiples, individuales de frecuencia, de igual amplitud en un espaciado conocido, tal como 5 KHz. Un ejemplo de tal señal se muestra en la Figura 2I.

La antena debe desconectarse temporalmente durante el proceso de calibración interna para evitar que señales externas entren al receptor de banda ancha y garantizar que el receptor reciba solamente la señal de banda ancha estable. La antena se desconecta electrónicamente solo por unos pocos milisegundos para minimizar la posibilidad de perder gran parte de una señal desde un transmisor inalámbrico. Adicionalmente, la calibración interna se lleva a cabo típicamente inmediatamente después de la calibración externa para minimizar la posibilidad 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 utilizando dos repetidores RF controlados electrónicamente (no se muestran). Un repetidor RF no puede brindar aislamiento perfecto entre la entrada y salida aún cuando esté en la posición de "apagado", pero puede brindar hasta 70 dB de aislamiento. Dos repetidores pueden utilizarse en serie para incrementar la cantidad de aislamiento y para asegurar además que no se filtre señal alguna de la antena al receptor de banda ancha durante la calibración. De manera similar, cuando la función de calibración interna no se utiliza, la señal de calibración interna se apaga, y los dos repetidores RF también se apagan para evitar filtración de las señales de calibración interna al receptor de banda ancha cuando el receptor está recopilando señales de los transmisores inalámbricos.

El método de calibración externa brinda una calibración absoluta de un solo canal y el método de calibración interna entonces calibra cada uno de los otros canales con respecto al canal que ha sido calibrado de manera absoluta. La señal de rastreo es particularmente apropiada como señal estable de banda ancha porque puede generarse con facilidad utilizando una réplica almacenada de la señal y un convertidor digital a analógico.

Calibración Externa Utilizando Señal de Calibración de Banda Ancha

El método de calibración externa descrito a continuación puede utilizarse en conexión con un sistema receptor SCS 10 caracterizado por una función de transferencia de tiempo y frecuencia variable, que incluye preferiblemente las antenas, filtros, amplificadores, duplexores, multiacopladores, separadores y cableado asociado con el sistema receptor SCS. El método incluye el paso de transmitir una señal de calibración conocida estable de banda ancha desde un transmisor externo. La señal de calibración de banda ancha se utiliza entonces para estimar la función de transferencia a lo largo de un ancho de banda prescrito del sistema receptor SCS. El estimado de la función de transferencia se emplea subsiguientemente para mitigar los efectos de la variación de la función de transferencia

ES 2 316 195 T3

en subsiguientes mediciones TDOA/FDOA. La transmisión externa es preferiblemente de corta duración y de baja potencia para evitar interferencia con el sistema inalámbrico de comunicaciones que alberga al Sistema Inalámbrico de Localización.

En el método preferente, el sistema receptor SCS se sincroniza con el transmisor externo. Tal sincronización puede llevarse a cabo utilizando unidades GPS de cronometraje. Es más, el sistema receptor puede estar programado para recibir y procesar toda la banda ancha de la señal de calibración solo en el momento en que la señal de calibración es enviada. El sistema receptor no llevará a cabo el procesamiento de calibración en cualquier otro momento que no sea en el de sincronización con las transmisiones de calibración externa. Adicionalmente, un enlace inalámbrico de comunicaciones se utiliza entre el sistema receptor y el transmisor de calibración externa para intercambiar órdenes y respuestas. El transmisor externo puede utilizar una antena direccional para dirigir la señal de banda ancha solo a las antenas del sistema receptor SCS. Tal antena direccional puede ser una antena Yagi (i. e. disposición lineal de disparo terminal). El método de calibración preferiblemente incluye hacer la transmisión externa solo cuando la antena direccional esté dirigida a las antenas del sistema receptor y el riesgo de reflejo de senda múltiple sea bajo.

Calibrando Sesgos de Estación

Otra posibilidad se refiere a un método de calibración para corregir sesgos de estación en un sistema receptor SCS. El “sesgo de estación” se define como la demora finita entre el momento en que una señal RF de un transmisor inalámbrico llega a la antena y cuando esa misma señal llega al receptor de banda ancha. El método incluye el paso de medición de la longitud del cable desde las antenas a los filtros y la determinación de las demoras correspondientes asociadas a la longitud del cable. Adicionalmente, el método incluye la inyección de una señal conocida al filtro, duplexor, multiacople, o separador RF y la medición de la demora y respuesta de fase versus la respuesta de frecuencia de la entrada de cada dispositivo del receptor de banda ancha. Los valores de demora y fase se combinan entonces y se utilizan para corregir mediciones subsiguientes de localización. Cuando se utiliza con la generación de cronometraje basada en GPS antes descrita, el método incluye preferiblemente la corrección de la longitud de los cables GPS. Es más, una señal de referencia de generación externa se utiliza preferiblemente para monitorear cambios en el sesgo de estación que puede surgir debido a envejecimiento y clima. Finalmente, el sesgo de estación para canal RF y para cada sistema receptor en el Sistema Inalámbrico de Localización se almacena preferiblemente en forma tabular en el Sistema Inalámbrico de Localización para uso en la corrección de procesamientos de localización subsiguientes.

Monitoreo de Comportamiento

El Sistema Inalámbrico de Localización utiliza métodos similares de calibración para monitorear el comportamiento de manera regular y permanente. Estos métodos se ilustran en los diagramas de flujo de las Figuras 2K y 2L. Se utilizan dos métodos de monitoreo de comportamiento: teléfonos fijos y comprobaciones guía de puntos inspeccionados. El método de teléfono fijo comprende los siguientes pasos (ver Figura 2K):

Se colocan de manera permanente transmisores inalámbricos estándar en diversos puntos dentro del área de cobertura del Sistema Inalámbrico de Localización (estos son entonces conocidos como teléfonos fijos) (paso S-30);

Los puntos en los cuales los teléfonos fijos han sido situados se supervisan de manera que su localización se conozca con precisión dentro de una distancia predeterminada, por ejemplo diez pies (paso S-31);

Las localizaciones supervisadas se colocan en una tabla en el AP 14 (paso S-32);

A los teléfonos fijos se les permite registrarse en el sistema inalámbrico de comunicaciones, a la velocidad e intervalo establecido por el sistema inalámbrico de comunicaciones para todos los transmisores inalámbricos en el sistema (paso S-33);

En cada transmisión de registro mediante un teléfono fijo, el Sistema Inalámbrico de Localización localiza al teléfono fijo utilizando procesamiento normal de localización (al igual que con los transmisores de calibración, el Sistema Inalámbrico de Localización puede identificar una transmisión como proveniente de un teléfono fijo almacenando las identidades en una tabla) (paso S-34);

El Sistema Inalámbrico de Localización computa un error entre la localización calculada determinada mediante el procesamiento de localización y la localización almacenada determinada mediante supervisión (paso S-35);

La localización, el valor del error y otros parámetros medidos se almacenan conjuntamente con una marca de tiempo en una base de datos en el AP 14 (paso S-36);

El AP 14 monitorea el error instantáneo y otros parámetros medidos (referidos colectivamente como un registro ampliado de localización) y adicionalmente computa diversos valores estadísticos del error(es) y otros parámetros medidos (paso S-37); y

Si algún error u otros valores exceden un umbral predeterminado o un valor estadístico histórico, instantáneamente o después de realizar un filtrado estadístico respecto a un número prescrito de estimados de localización, el AP 14 emite una señal de alarma al operador del Sistema Inalámbrico de Localización (paso S-38).

ES 2 316 195 T3

El registro ampliado de localización incluye un gran número de parámetros medidos útiles para el análisis del comportamiento instantáneo e histórico del Sistema Inalámbrico de Localización. Estos parámetros incluyen: el canal RF utilizado por el transmisor inalámbrico, el puerto(s) de antena utilizado por el Sistema Inalámbrico de Localización para demodular la transmisión inalámbrica, los puertos de antena desde los cuales el Sistema Inalámbrico de Localización solicitó los datos RF, el pico, promedio y variación en potencia de la transmisión en el intervalo utilizado para el procesamiento de localización, el SCS 10 y puerto de antena elegido como referencia para el procesamiento de localización, el valor de correlación de la correlación de espectro cruzado entre cada otro SCS 10 y antena utilizados en el procesamiento de localización y la referencia SCS 10 y antena, el valor de demora para cada línea base, los parámetros de mitigación de la multisenda, y los valores residuales remanentes luego de los cálculos de mitigación de la multisenda. Cualquiera de estos parámetros medidos puede ser monitoreado por el Sistema Inalámbrico de Localización con el objeto de determinar como se comporta el Sistema Inalámbrico de Localización. Un ejemplo del tipo de monitoreo realizado por el Sistema Inalámbrico de Localización puede ser la variación entre el valor instantáneo de la correlación en la línea base y el intervalo histórico del valor de la correlación. Otro puede ser la variación entre el valor instantáneo de la potencia recibida en una antena particular y el intervalo histórico de la potencia recibida. Muchos otros valores estadísticos pueden calcularse y esta lista no es exhaustiva.

El número de teléfonos fijos situados dentro de un área de cobertura del Sistema Inalámbrico de Localización puede ser determinado basándose en la densidad de los sitios celulares, la dificultad del terreno y la facilidad histórica con la cual los sistemas inalámbricos de comunicaciones se han comportado en el área. Típicamente la proporción es de alrededor de un teléfono fijo por cada seis sitios celulares, sin embargo en algunas áreas puede requerirse la razón de uno a uno. Los teléfonos fijos brindan un medio continuo para monitorear el comportamiento del Sistema Inalámbrico de Localización, así como monitorear cualquier cambio en el plan de frecuencia que el portador haya hecho. Muchas veces, los cambios en el cambio de frecuencia provocarán una variación en el comportamiento del Sistema Inalámbrico de Localización y el comportamiento del monitoreo de los teléfonos fijos brinda una indicación inmediata al operador del Sistema Inalámbrico de Localización.

La comprobación en marcha de los puntos supervisados es muy similar al monitoreo de teléfono fijo. Los teléfonos fijos típicamente pueden ser colocados bajo techo donde se dispone de acceso a la electricidad (i. e. los teléfonos deben mantenerse cargados para ser efectivos). Para obtener una medición más completa de cómo se comporta el comportamiento de localización, también se lleva a cabo la comprobación en marcha al aire libre de los puntos de comprobación. En referencia a la Figura 2L, al igual que con los teléfonos fijos, se supervisan puntos de comprobación preestablecidos a lo largo del área de cobertura del Sistema Inalámbrico de Localización dentro de un área de 10 pies (paso S-40). A cada punto de comprobación se le asigna un código, donde el código consiste en un "*" o un "#", seguido de un número de secuencia (paso S-41). Por ejemplo, "*1001" hasta "*1099" puede ser una secuencia de 99 códigos utilizados como puntos de comprobación. Estos códigos deben ser secuencias, que al marcarlas, no tienen sentido para el sistema inalámbrico de comunicaciones (i. e. los códigos no provocan una característica u otra traslación en el MSC, excepto por un mensaje intercepto). El AP 14 almacena el código para cada punto de comprobación conjuntamente con la localización supervisada (paso S-42). Subsecuentemente a estos pasos iniciales, cualquier transmisor inalámbrico que marque cualquiera de los códigos será activado y localizado utilizando el procesamiento normal de localización (pasos S-43 y S-44). El Sistema Inalámbrico de Localización computa automáticamente un error entre la localización calculada determinada por el procesamiento de localización y la localización almacenada determinada por supervisión, y la localización y el valor de error se almacenan conjuntamente con una marca de tiempo en una base de datos en el AP 14 (pasos S-45 y S-46). El A14 monitorea el error instantáneo, así como diversos valores históricos estadísticos del error. Si los valores de error exceden un umbral predeterminado o un valor histórico estadístico, instantáneamente o después de llevar a cabo el filtrado estadístico en un número prescrito de estimados de localización, el AP 14 emite una señal de alarma al operador del Sistema Inalámbrico de Localización (paso S-47).

Procesador de Localización TDOA (TLP)

El TLP 12, ilustrado en las Figuras 1, 1A y 3, es un sistema centralizado digital de procesamiento de señales que maneja muchos aspectos del Sistema Inalámbrico de Localización, especialmente los SCSs 10, y controla el procesamiento de localización. Debido a que el procesamiento de localización es intensivo desde el punto de vista DSP, una de las mayores ventajas del TLP 12 es que los recursos DSP pueden compartirse entre el proceso de localización iniciado por transmisiones en cualquiera de los SCSs 10 en un Sistema Inalámbrico de Localización. Esto es, el costo adicional de los DSPs en los SCSs 10 se reduce al tener el recurso centralizado. Como muestra la Figura 3, hay tres componentes principales del TLP 12: módulos DSP 12-1, módulos de comunicación T1/E1 12-2 y un módulo del controlador 12-3.

Los módulos de comunicaciones T1/E1 12-2 aportan la interfaz de comunicaciones a los SCSs 10 (T1 y E1 son velocidades de comunicaciones estándares disponibles en todo el mundo). Cada SCS 10 comunica a un TLP 12 utilizando uno o más DSOs (que son típicamente de 56 Kbps o 64 Kbps). Cada SCS 10 típicamente se conecta a un circuito fraccional T1 o E1, utilizando por ejemplo una unidad de "soltar e insertar" o banco de canal en el sitio celular. Frecuentemente, el circuito se comparte con la estación de base, que se comunica con el MSC. En un sitio central, los DSOs asignados a la estación de base se separan de los DSO asignados a los SCSs 10. Esto se logra típicamente de manera externa al TLP 12 utilizando un acceso digital y sistema de control (DACS) 13A que no solo separa los DSOs sino que también transforma los DSOs de SCSs múltiples a circuitos completos T1 o E1. Estos circuitos entonces se conectan desde los DACS 13A a los DACS 13B y entonces al módulo de comunicaciones T1/E1 en el TLP 12.

ES 2 316 195 T3

Cada módulo de comunicaciones T1/E1 contiene suficiente memoria digital para compensar paquetes de datos desde y hacia cada SCS 10 que se comunique con el módulo. Un solo chasis TLP puede asimilar uno o más módulos de comunicaciones T1/E1.

Los módulos DSP 12-1 brindan un recurso integrado para el procesamiento de localización. Un solo módulo puede contener típicamente de dos a ocho procesadores digitales de señales, cada uno de los cuales está igualmente disponible para el procesamiento de localización. Se sostienen dos tipos de procesamiento de localización: de base central y de base en estación, que se describen en detalle más adelante. El controlador TLP 12-3 opera el módulo(s) DSP para obtener una productividad óptima. Cada módulo DSP contiene suficiente memoria digital para almacenar todos los datos necesarios para el procesamiento de localización. Un DSP no se involucra hasta que todos los datos necesarios para comenzar el procesamiento de localización han sido trasladados desde cada uno de los SCSs 10 en cuestión a la memoria digital en el módulo DSP. Solo entonces se le da a un DSP la tarea específica de localizar un transmisor inalámbrico en específico. Utilizando esta técnica, los DSPs que son un recurso costoso, nunca se mantienen a la espera. Un solo chasis de TLP puede asimilar uno o más módulos DSP.

El módulo del controlador 12-3 provee la operación en tiempo real de todo el procesamiento de localización dentro del Sistema Inalámbrico de Localización. El AP 14 es la entidad de operación de mayor nivel dentro del Sistema Inalámbrico de Localización, sin embargo la arquitectura de su base de datos no es lo suficientemente rápida como para conducir la toma de decisiones en tiempo real cuando las transmisiones ocurren. El módulo del controlador 12-3 recibe mensajes de los SCSs 10, incluyendo: status, energía espectral en diversos canales para diversas antenas, mensajes demodulados, y diagnósticos. Esto le permite al controlador determinar continuamente eventos que ocurren en el Sistema Inalámbrico de Localización, así como enviar órdenes para tomar ciertas acciones. Cuando un módulo del controlador recibe mensajes demodulados de los SCSs 10, el módulo del controlador decide si se requiere procesamiento de localización para una transmisión inalámbrica particular. El módulo del controlador 12-3 también determina que SCSs 10 y antenas utilizar en el procesamiento de localización, incluyendo si usar procesamiento de localización de base central o de base en estación. El módulo del controlador ordena a los SCSs 10 la devolución de los datos necesarios, y ordena a los módulos de comunicaciones y módulos DSP que lleven a cabo de manera secuenciada sus roles necesarios en el procesamiento de localización. Estos pasos se describen en detalle más adelante.

El módulo del controlador 12-3 mantiene una tabla conocida como la Tabla de Señales de Interés (SOIT). Esta tabla contiene todos los criterios que pueden utilizarse para activar el procesamiento de localización en una transmisión inalámbrica en particular. Los criterios pueden incluir, por ejemplo, el Número de Identidad del Móvil, el número de identidad de la Estación del Móvil, el Número Electrónico de Serie, dígitos marcados, el número de identidad del Sistema, el número del canal RF, el número del sitio celular o número de sector, tipo de transmisión y otros tipos de datos. Algunos de los eventos activados pueden tener niveles de prioridad más elevados o más bajos asociados a ellos para uso en la determinación del orden de procesamiento. Las activaciones de localizaciones de alta prioridad siempre se estarán procesando antes de las activaciones de menor prioridad. Sin embargo, una activación de baja prioridad que ya haya comenzado el procesamiento de localización completará el procesamiento antes de que se asigne a una tarea de alta prioridad. El Listado Maestro de Tareas del Sistema Inalámbrico de Localización se mantiene en el AP 14, y las copias del Listado de Tareas se descargan automáticamente a la Tabla de Señal de Interés en cada TLP 12 en el Sistema Inalámbrico de Localización. La tabla completa de Señal de Interés se descarga a un TLP 12 cuando el TLP 12 se resetea o cuando comienza por primera vez. Subsiguiente a estos dos eventos, solo se descargan cambios desde el AP 14 a cada TLP 12 para conservar el ancho de banda de las comunicaciones. Los protocolos de comunicación TLP 12 a AP 14 contienen preferiblemente suficiente redundancia y chequeo de errores para evitar que nunca se de entrada a datos incorrectos a la Tabla de Señal de Interés. Cuando los TLP 12 y AP 14 tienen una capacidad de procesamiento libre disponible periódicamente, el AP 14 reconfirma las entradas en la Tabla de Señal de Interés para asegurar que todas las entradas a la Tabla de Señal de Interés en el Sistema Inalámbrico de Localización estén en total sincronización.

Cada chasis TLP tiene una capacidad máxima asociada al chasis. Por ejemplo, un solo chasis TLP puede tener solo capacidad suficiente para asimilar entre 48 y 60 SCSs 10. Cuando un sistema inalámbrico de comunicaciones es mayor que la capacidad de un chasis TLP individual, se conectan juntos múltiples chasis TLP utilizando la red Ethernet. El módulo del controlador 12-3 es responsable de las intercomunicaciones TLP y de la red, y se comunica con los módulos del controlador en otro chasis TLP y con los Procesadores de Aplicaciones 14 en la red Ethernet. Las comunicaciones inter TLP se requieren cuando el procesamiento de localización requiere del uso de SCSs 10 que están conectados a diferentes chasis TLP. El procesamiento de localización para cada transmisión inalámbrica se asigna a un solo módulo DSP en un solo chasis TLP. Los módulos del controlador 12-3 en el chasis TLP seleccionan el módulo DSP en el cual llevar a cabo el procesamiento de localización, y entonces dirigen todos los datos RF utilizados en el procesamiento de localización hacia ese módulo DSP. Si se requieren datos RF de los SCSs 10 conectados a más de un TLP 12, entonces los módulos del controlador en todos los chasis TLP necesarios comunican el desplazamiento de los datos RF de todos los SCSs 10 necesarios a sus TLPs 12 conectados respectivos y entonces al módulo DSP y chasis TLP asignados al procesamiento de localización. El módulo del controlador sostiene dos redes Ethernet plenamente independientes respecto a redundancia. Una rotura o fallo en cualquier red hace que los TLPs 12 afectados trasladen inmediatamente todas las comunicaciones a la otra red.

Los módulos del controlador 12-3 mantienen un mapa completo de la red del Sistema Inalámbrico de Localización, incluyendo los SCSs 10 asociados a cada chasis TLP. El mapa de la red es una tabla almacenada en el módulo

ES 2 316 195 T3

del controlador que contiene una lista a candidatos de antenas/SCS que pueden utilizarse en el procesamiento de localización, y varios parámetros asociados con cada uno de los SCS/antenas. La estructura de un mapa de red a manera de ejemplo se ilustra en la Figura 3A. Hay una entrada separada en la tabla para cada antena conectada a un SCS 10. Cuando ocurre una transmisión inalámbrica en un área que está cubierta por SCSs 10 que se comunican con más de un chasis TLP, los módulos del controlador en el chasis TLP involucrado determinan que chasis TLP será el chasis TLP “maestro” con el objeto de dirigir el procesamiento de localización. Típicamente, el chasis TLP asociado con el SCS 10 que tiene la asignación primaria de canal para la transmisión inalámbrica se asigna para que sea el maestro. Sin embargo, otro chasis TLP puede ser asignado en su lugar si ese TLP no tiene recursos DSP disponibles temporalmente para el procesamiento de localización, o si la mayoría de los SCSs 10 involucrados en el procesamiento de localización están conectados a otros chasis TLP y los módulos del controlador están minimizando las comunicaciones inter TLP. Este proceso de toma de decisiones es plenamente dinámico pero es asistido por las tablas en el TLP 12 que predeterminan el chasis TLP preferente para cada asignación primaria de canal. Las tablas se crean por parte del operador del Sistema Inalámbrico de Localización, y se programan utilizando la Consola de Operaciones de Redes.

El trabajo de redes aquí descrito funciona tanto para chasis TLP asociados con el mismo portador inalámbrico, como con chasis que sobresalen o bordean el área de cobertura entre dos portadores inalámbricos. Por tanto es posible que un TLP 12 que pertenezca a un primer portador inalámbrico se trabaje en red y por tanto reciba datos RF de un TLP 12 (y los SCSs 10 asociados con ese TLP 12) que pertenezcan a un segundo portador inalámbrico. Este trabajo de redes es particularmente valioso en áreas rurales, donde el comportamiento del Sistema Inalámbrico de Localización puede mejorarse desplegando los sitios celulares SCSs 10 de múltiples portadores inalámbricos. Debido a que en muchos casos los portadores inalámbricos no colocan sitios celulares, esta característica le permite al Sistema Inalámbrico de Localización acceder a antenas más diversas geográficamente que las que pudieran estar disponibles si el Sistema Inalámbrico de Localización utilizara solo sitios celulares de un solo portador inalámbrico. Como se describe más adelante, la selección adecuada y el uso de antenas para procesamiento de localización pueden mejorar el comportamiento del Sistema Inalámbrico de Localización.

El módulo del controlador 12-3 pasa muchos mensajes, incluyendo registros de localización, al AP 14, muchos de los cuales se describen más adelante. Usualmente sin embargo, los datos demodulados no pasan del TLP 12 al AP 14. Si, sin embargo, el TLP 12 recibe datos demodulados de un transmisor inalámbrico particular y el TLP 12 identifica al transmisor inalámbrico como un cliente registrado de un segundo portador inalámbrico en un área de cobertura diferente, el TLP 12 puede pasar los datos demodulados al primer AP 14A (servidor). Esto le permitirá al primer AP 14A comunicarse con un segundo AP 14B asociado con el segundo portador inalámbrico, y determinar si el transmisor inalámbrico particular ha registrado algún tipo de servicio de localización. Si es así, el segundo AP 14B puede instruir al primer AP 14 que coloque la identidad del transmisor inalámbrico particular en la Tabla de Señal de Interés de manera que el transmisor inalámbrico particular pueda ser localizado mientras el transmisor inalámbrico particular esté en el área de cobertura del primer Sistema Inalámbrico de Localización asociado con el primer AP 14A. Cuando el primer Sistema Inalámbrico de Localización ha detectado que el transmisor inalámbrico particular no se ha registrado en un período de tiempo que exceda un umbral predeterminado, el primer AP 14A puede instruir al segundo AP 14B que la identidad del transmisor inalámbrico particular se ha eliminado de la Tabla de Señal de Interés en razón de que ya no está presente en el área de cobertura asociada con el primer AP 14A.

Puerto Diagnóstico

El TLP 12 sostiene un puerto diagnóstico que es altamente útil en la operación y diagnóstico de problemas dentro del Sistema Inalámbrico de Localización. A este puerto diagnóstico puede accederse localmente en un TLP 12 o de manera remota en la red Ethernet que conecta a los TLPs 12 a los APs. El puerto diagnóstico le permite a un operador escribir en una carpeta todos los datos de demodulación y RF recibidos de los SCSs 10, así como los resultados intermedios y finales de todo procesamiento de localización. Estos datos son borrados del TLP 12 después de procesar un estimado de localización, y por tanto el puerto diagnóstico brinda los medios para guardar los datos para posterior procesamiento y análisis. La experiencia del inventor en la operación de sistemas inalámbricos de localización a gran escala es que un número muy pequeño de estimados de localización pueden ocasionalmente tener errores muy grandes, y estos grandes errores pueden dominar la totalidad de las estadísticas operativas del Sistema Inalámbrico de Localización en cualquier período de medición. Por tanto, es importante brindarle al operador un conjunto de herramientas que le permitan al Sistema Inalámbrico de Localización detectar y atrapar la causa de los errores muy grandes para diagnosticarlos y mitigarlos. Puede establecerse que el puerto diagnóstico guarde la información anterior para todos los estimados de localización, para estimados de localización de transmisores inalámbricos particulares o en puntos particulares de supervisión, o para estimados de localización que cumplan con un cierto criterio. Por ejemplo, para teléfonos fijos o comprobaciones guía de puntos supervisados, el puerto diagnóstico puede determinar el error en el estimado de localización en tiempo real y entonces escribir la información antes descrita solo para aquellos estimados de localización cuyo error exceda un umbral preestablecido. El puerto diagnóstico determina el error en tiempo real almacenando la latitud supervisada, la coordenada de longitud de cada teléfono fijo y punto de comprobaciones guía en una tabla, calculando entonces un error radial cuando se hace un estimado de localización para el punto de comprobación correspondiente.

ES 2 316 195 T3

Redundancia

Los TLPs 12 implementan la redundancia utilizando diversas técnicas, permitiendo que el Sistema Inalámbrico de Localización sostenga un método de redundancia M más N, la redundancia M más N significa que los chasis TLP redundantes M (o de espera) se utilizan para brindar respaldo redundante pleno al chasis TLP M en línea. Por ejemplo, M puede ser diez y N puede ser dos.

Primero, los módulos del controlador en diferentes chasis TLP intercambian continuamente mensajes de status y de “pulsación” en intervalos de tiempo predeterminados entre sí y con cada AP14 asignado para monitorear el chasis TLP. Por tanto, cada módulo del controlador tiene status pleno y continuo de cada otro módulo del controlador en el Sistema Inalámbrico de Localización. Los módulos del controlador en diferentes chasis TLP seleccionan periódicamente un módulo del controlador en un TLP para que sea el controlador maestro para un grupo de chasis TLP. El controlador maestro puede decidir colocar un primer chasis TLP en status fuera de línea si el primer TLP 12 A informa una condición de fallo o degradación en su mensaje de status, o si el primer TLP 12 A deja de informar cualquier mensaje de status o pulsación dentro de su tiempo asignado predeterminado. Si el controlador maestro coloca un primer TLP 12 A en status fuera de línea, el controlador maestro puede asignar un segundo TLP 12 B para llevar a cabo una conmutación redundante y asumir las tareas de fuera de línea del primer TLP 12 A. Al segundo TLP 12 B se le envía automáticamente la configuración que había sido cargada en el primer TLP 12 A; esta configuración puede ser descargada o del controlador maestro o de un AP 14 conectado a los TLPs 12. El controlador maestro puede ser un módulo del controlador en cualquiera de los TLPs 12 que no está en status fuera de línea, sin embargo hay una preferencia en que el controlador maestro sea un módulo de controlador en un TLP 12 en espera. Cuando el controlador maestro es el módulo del controlador en un TLP 12 en espera, el tiempo requerido para detectar un primer TLP 12 A que ha fallado, coloca al primer TLP 12 A en status fuera de línea, y entonces lleva a cabo un intercambio redundante que puede acelerarse.

Segundo, todas las comunicaciones T1 o E1 entre los SCSs 10 y cada uno de los módulos de comunicación TLP T1/E1 se “rutean” (enrumban) preferiblemente a través de un DACS de alta confiabilidad que se dedica al control de redundancia. El DACS 13B se conecta a cada circuito T1/E1 alistado que contenga DSOs de SCSs 10 y también se conecta a cada módulo de comunicaciones T1/E1 12-2 de cada TLP 12. Cada módulo del controlador en cada TLP 12 contiene un mapa de DACS 13B 173 describe la lista de conexión del DACS y asignaciones de puertos. Este DACS 13B está conectado a la red Ethernet antes descrita y puede controlarse por cualquiera de los módulos del controlador 12-3 en cualquiera de los TLPs 12. Cuando se coloca un Segundo TLP 12 en un estado fuera de línea por parte de un controlador maestro, el controlador maestro envía ordenes al DACS 13B para que conmute el circuito alistado T1/E1 comunicando con el primer TLP 12A a un segundo TLP 12B que había estado en status de espera. A la vez, el AP 14 descarga la configuración total que fue utilizada por el segundo TLP 12B (ahora fuera de línea) al tercer TLP 12C (ahora en línea). El tiempo desde la primera detección de un primer chasis TLP que ha fallado al intercambio completo y asunción de responsabilidades de procesamiento por parte de un tercer chasis TLP es típicamente menor de unos pocos segundos. En muchos casos, no se pierde ningún dato RF por los SCSs 10 asociados al primer chasis TLP que ha fallado, y el procesamiento de localización puede continuar sin interrupción. Al momento de un fallo de un TLP cuando un primer TLP 12A es colocado en status fuera de línea, el NOC 16 emite una alerta para notificar al operador del Sistema Inalámbrico de Localización que ha ocurrido el evento.

Tercero, cada chasis TLP contiene suministros redundantes de electricidad, ventiladores, y otros componentes. Un chasis TLP puede también sostener múltiples módulos DSP, de manera que el fallo de un módulo DSP o aún de un DSP en un módulo DSP reduce la cantidad total de recursos de procesamiento disponibles pero no provoca el fallo del chasis TLP. En todos los casos descritos en este párrafo, el componente del TLP 12 que ha fallado puede ser reemplazado sin colocar a la totalidad del chasis TLP en status de fuera de línea. Por ejemplo, si falla un solo suministro de electricidad, el suministro redundante de electricidad tiene capacidad suficiente para sostener por sí solo la carga del chasis. El suministro de electricidad que ha fallado contiene los circuitos necesarios para retirarse de la carga del chasis sin causar degradación posterior del mismo. De manera similar, un módulo DSP que ha fallado puede también retirarse de las porciones activas del chasis, para no causar un fallo del plano posterior u otros módulos. Esto le permite al resto del chasis, incluyendo el segundo módulo DSP, continuar funcionando normalmente. Por supuesto, se reduce la productividad de la totalidad del chasis pero se evita un fallo total.

Procesador de Aplicaciones (AP) 14

El AP 14 es un sistema de base de datos centralizado, que comprende un número de procesos de software que operan la totalidad del Sistema Inalámbrico de Localización, brinda interfaces a usuarios externos y aplicaciones, almacena registros de localización y configuraciones y sostiene diversa funcionalidad relacionada con aplicaciones. El AP 14 utiliza una plataforma de hardware comercial que está diseñada para igualar la productividad del Sistema Inalámbrico de Localización. El AP 14 también utiliza un sistema de base de datos comercial relacional (RDBMS) que se ha adaptado significativamente para brindar la funcionalidad aquí descrita. Mientras el SCS 10 y TLP 12 operan preferiblemente de conjunto en una base de tiempo puramente real para determinar la localización y crear registros de localización, el AP 14 puede operar tanto en base al tiempo real para almacenar y enviar registros de localización y en base al tiempo no real para procesar posteriormente registros de localización y brindar acceso y informar en el tiempo. La capacidad de almacenar, recuperar, y post procesar registros de localización para diversos tipos de análisis de sistemas y de aplicación ha probado ser una ventaja poderosa.

ES 2 316 195 T3

La principal recopilación de procesos de software se conoce como ApCore que se muestra en la Figura 4 e incluye las siguientes funciones:

5 El Guardián de Comportamiento AP (ApPerfGuard) es un proceso de software dedicado responsable de comenzar, detener y monitorear la mayoría de los otros procesos ApCore así como las comunicaciones ApCore con el NOC 16. Al recibir una orden de actualización de configuración del NOC, el ApPerfGuard actualiza la base de datos y notifica a todos los otros procesos del cambio. El ApPerfGuard comienza y detiene procesos apropiados cuando el NOC dirige al ApCore para que de entrada a estados de corridas específicas, y monitorea constantemente otros procesos de software programados para que corran para recomenzarlos si se ha salido de ellos o detenido, recomenzando cualquier proceso que ya no responda apropiadamente. El ApPerfGuard se asigna a una de las prioridades más elevadas de procesamiento de manera que este proceso no pueda bloquearse por algún otro que se “haya escapado”. Al ApPerfGuard también se le asigna memoria dedicada que no está asequible a otros procesos de software para evitar cualquier posible corrupción desde otros procesos de software.

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

25 El Proceso de Asignación de Tareas del AP (ApDbSend) controla el Listado de Asignación de Tareas dentro del Sistema Inalámbrico de Localización. El Listado de Tarea es la lista maestra de todos los criterios de activación que determina que transmisores inalámbricos serán localizados, que aplicaciones crearon los criterios, y que aplicaciones pueden recibir información del registro de localización. El proceso ApDbSend contiene una hebra separada para cada TLP 12, mediante la cual el ApDbSend sincroniza el Listado de Asignación de Tareas con la Tabla de Señal de Interés en cada TLP 12. El ApDbSend no envía información de aplicación a la Tabla de Señal de Interés, solo los criterios de activación. Por tanto el TLP 12 no sabe por qué debe localizarse un transmisor inalámbrico. El Listado de Tarea permite la localización de los transmisores inalámbricos basada en el Número de Identidad del Móvil (MIN), el Identificador de la Estación del Móvil (MSID), el Número Electrónico de Serie (ESN) y otros números de identidad, secuencias marcadas de caracteres y/o dígitos, Sistema Local de ID (SID), sitio celular y sector de origen, canal RF de origen o tipo de mensaje. El Listado de Asignación de Tareas permite que múltiples aplicaciones reciban registros de localización desde el mismo transmisor inalámbrico. Por tanto, un solo registro de localización desde un transmisor inalámbrico que haya marcado “911” puede enviarse, por ejemplo a un PSAP 911, una aplicación de manejo de flotilla; una aplicación de manejo de tráfico y a una aplicación de optimización de RF.

40 El Listado de Asignación de Tareas contiene una diversidad de marcadores y campos para cada criterio de activación; algunos de los cuales se describen en otro lugar de esta solicitud. Un marcador por ejemplo, especifica el tiempo máximo límite antes del cual el Sistema Inalámbrico de Localización debe aportar un estimado aproximado o final del transmisor inalámbrico. Otro marcador permite la desactivación del procesamiento de localización a partir de un criterio de activación particular tal como la identidad del transmisor inalámbrico. Otro campo contiene la autenticación requerida para hacer cambios a los criterios para una activación en particular; la autenticación permite al operador del Sistema Inalámbrico de Localización especificar que aplicaciones están autorizadas para añadirlas, eliminarlas, o hacer cambios asociados a cualquier criterio de activación y a los campos asociados y marcadores. Otro campo contiene el Grado de Servicio de Localización asociado con el criterio de activación; el Grado de Servicio indica al Sistema Inalámbrico de Localización el nivel de precisión deseado para el proceso de localización asociado con un criterio de activación en particular. Por ejemplo, algunas aplicaciones pueden quedar satisfechas con un estimado somero de localización (quizás por un honorario reducido del procesamiento de localización), mientras que otras aplicaciones pueden satisfacerse con procesamiento de baja prioridad que no se garantiza se complete para cualquier transmisión dada (y que puede ser dejado a un lado en función de tareas de alta prioridad de procesamiento). El Sistema Inalámbrico de Localización también incluye medios para sostener el uso de tarjetas aleatorias (wildcards) para criterios de activación en el Listado de Asignación de Tareas. Por ejemplo, un criterio de activación puede entrarse como “MIN=215555****”. Esto hará que el Sistema Inalámbrico de Localización active el procesamiento de localización para cualquier transmisor inalámbrico cuyo MIN comience con los seis dígitos 21 5555 y termine con cualesquiera cuatro dígitos siguientes. Los caracteres de tarjeta aleatoria pueden colocarse en cualquier posición en un criterio de activación. Esta característica puede ahorrar el número de localizaciones de memoria requeridas en el Listado de Asignación de Tareas y Tabla de Señal de Interés por bloques agrupados de transmisores inalámbricos relacionados unidos.

60 El ApDbSend también asimila la ejecución dinámica de asignación de tareas. Por ejemplo, el MIN, ESN, MSD, u otra identidad de cualquier transmisor inalámbrico que también ha marcado “911” automáticamente se colocará en el Listado de Asignación de Tareas por el ApDbSend durante una hora. Por tanto, cualquier transmisión ulterior del transmisor inalámbrico que marcó “911” también será localizada en caso de emergencia posterior. Por ejemplo si un PSAP hace una llamada de retorno a un transmisor inalámbrico que había marcado “911” dentro de la última hora, el Sistema Inalámbrico de Localización activará el mensaje de respuesta de ubicación del transmisor inalámbrico, y puede lograr la disponibilidad de este nuevo registro de localización al PSAP. Esta asignación dinámica de tareas puede alistarse durante cualquier intervalo de tiempo después de un evento de iniciación, y para cualquier tipo de criterio

ES 2 316 195 T3

de activación. El proceso ApDbSend es también un servidor de las solicitudes de recepción de asignación de tareas de otras aplicaciones. Estas aplicaciones, tales como manejo de flotillas, pueden enviar solicitudes de asignación de tareas, por ejemplo vía una conexión de conmutador (socket). Estas aplicaciones pueden colocar o retirar criterios de activación. El ApDbSend conduce un proceso de autenticación con cada aplicación para verificar que esa aplicación ha sido autorizada para colocar o retirar el criterio de activación, y cada aplicación solo puede cambiar el criterio de activación relacionado con esa aplicación.

El Proceso AP 911 (Ap911) opera cada interfaz entre el Sistema Inalámbrico de Localización y los elementos de la red E9-1-1, tales como conmutadores de tandem, routers selectivos, bases de datos ALI y/o PSAPs. El proceso Ap911 contiene una hebra separada para cada conexión a un elemento de red E9-1-1 y puede asimilar más de una hebra para cada elemento de red. El proceso Ap911 puede operar simultáneamente en muchos modos basados en la configuración del usuario, y como aquí se describen. El procesamiento a tiempo de los registros de localización E9-1-1 es una de las más elevadas prioridades de procesamiento en el AP 14, y por tanto el Ap911 ejecuta totalmente fuera de la memoria de acceso aleatorio (RAM) para evitar la demora asociada con primero almacenar y luego recuperar un registro de localización de cualquier tipo de disco. Cuando el ApMnDsptch envía un registro de localización al Ap911, el Ap911 inmediatamente hace una determinación de “ruteo” (routing) y envía el registro de localización por la interfaz apropiada a un elemento de red E9-1-1. Un proceso separado, que opera en paralelo, registra el registro de localización en la base de datos del AP 14.

El AP 14, a través del proceso Ap911 y otros procesos, sostiene dos modos para brindarle registros de localización a aplicaciones, incluyendo los modos E9-1-1: “empujar y tirar”. Las aplicaciones que requieren el modo empujar reciben un registro de localización tan pronto como esté disponible a partir del AP 14. Este modo es especialmente efectivo para E9-1-1 que tiene una necesidad muy crítica de tiempo para localización de registros, ya que las redes E9-1-1 deben enrumbar las llamadas inalámbricas 9-1-1 al PSAP correcto en unos cuantos segundos luego que un usuario ha marcado “911”. Las aplicaciones que solicitan el modo tirar no reciben automáticamente los registros de localización, si no que más bien inquieren del AP 14 sobre un transmisor inalámbrico en particular para recibir el último, o cualquier otro registro de localización, sobre el transmisor inalámbrico. Al interrogar sobre la aplicación puede especificarse el último registro de localización, una serie de registros de localización, o todos los registros de localización que cumplan con un tiempo específico u otro criterio, tal como tipo de transmisión. Un ejemplo del uso del modo tirar en el caso de una llamada “911” consiste en que la red E9-1-1 recibe primero la porción de voz de la llamada “911” y entonces interroga al AP 14 para recibir el registro de localización asociado con esa llamada.

Cuando el proceso Ap911 se conecta a muchos elementos de las redes E9-1-1, el Ap911 debe determinar a que elemento de la red E9-1-1 debe empujar el registro de localización (asumiendo que se ha elegido el modo “empujar”). El AP 14 toma esta determinación utilizando una tabla dinámica de ruteo. La tabla dinámica de ruteo se utiliza para dividir una región geográfica en células. Cada célula, o entrada, en la tabla dinámica de ruteo contiene las instrucciones de ruteo para esa célula. Es bien conocido que un minuto de latitud es 6 083 pies, que es alrededor de 365 pies por milgrado. Adicionalmente, un minuto de longitud es el coseno (latitud) por 6 083 pies., que para el área de Filadelfia es de alrededor de 4 659 pies, o alrededor de 280 pies por milgrado. Una tabla de escala mil por mil, o un millón de células, puede contener las instrucciones de ruteo para un área que es de alrededor de 69 x 53 millas, que es mayor que el área de Filadelfia en este ejemplo, y cada célula podría contener un área geográfica de 365 pies por 280 pies. El número de bits asignados a cada entrada en la tabla debe ser solo suficiente para sostener el número máximo de posibilidades de ruteo. Por ejemplo, si el número total de posibilidades de ruteo es 16 o menos, entonces la memoria para la tabla dinámica de ruteo es un millón de veces cuatro bits, o medio megabyte. Utilizando este esquema, un área del tamaño de Pensilvania podría estar contenida en una tabla de aproximadamente 20 megabytes o menos, con amplia disponibilidad de ruteo. Dado el costo relativamente bajo de memoria, esta tabla dinámica de ruteo le brinda al AP 14 un medio de empujar rápidamente los registros de localización para llamadas “911” solo al elemento de red E9-1-1 apropiado.

El AP 14 permite que cada entrada en ruteo dinámico sea poblada utilizando medios manuales o automáticos. Utilizando medios automáticos, por ejemplo, una aplicación de mapa electrónico puede crear una definición de polígono del área de cobertura de un elemento de red E9-1-1 específico, tal como un PSAP. La definición de polígono se traduce entonces a una lista de puntos de latitud, longitud contenidos dentro del polígono. A la célula de la tabla dinámica de ruteo correspondiente a cada punto de latitud, longitud se le da entonces la instrucción de ruteo para ese elemento de red E9-1-1 que es responsable de ese polígono geográfico.

Cuando el proceso Ap911 recibe un registro de localización “911” para un transmisor inalámbrico específico, el Ap911 convierte la latitud y longitud en direcciones de una célula en específico en la tabla dinámica de ruteo. El Ap911 entonces inquiera de la célula para determinar las instrucciones de ruteo, que pueden ser del modo empujar o tirar y la identidad del elemento de red E9-1-1 responsable de servir al área geográfica en el cual ocurrió la llamada “911”. Si se selecciona el modo empujar, entonces el Ap911 automáticamente empuja el registro de localización a ese elemento de la red E9-1-1. Si se selecciona el modo tirar, entonces el Ap911 coloca el registro de localización en un tabla circular de registros de localización “911” y espera una consulta.

Los medios de ruteo dinámico descritos anteriormente implican el uso de una base de datos definida geográficamente que pueda aplicarse a otras aplicaciones en adición al 911, y es por tanto sostenida por otros procesos en adición al 911. Por ejemplo, el AP 14 puede determinar automáticamente la zona de facturación desde la cual se colocó una llamada inalámbrica para una aplicación de Localización de Facturación Sensible. Adicionalmente, el AP

14 puede enviar automáticamente una alerta cuando un transmisor inalámbrico particular ha entrado o salido de un área geográfica prescrita definida por una aplicación. El uso de bases de datos geográficas particulares, las acciones de ruteo dinámico y otras acciones de activación de localización se definen en los campos y marcadores asociados a cada criterio de activación. El Sistema Inalámbrico de Localización incluye medios para operar fácilmente estas bases de datos definidas geográficamente utilizando un mapa electrónico que puede crear polígonos que abarcan un área geográfica prescrita. El Sistema Inalámbrico de Localización extrae del mapa electrónico una tabla de puntos de latitud, longitud contenidos en el polígono. Cada aplicación puede utilizar su propio conjunto de polígonos, y puede definir un conjunto de acciones a tomar cuando un registro de localización para una transmisión inalámbrica activada está contenido dentro de cada polígono en el conjunto.

El Proceso de Recepción de Base de Datos del AP (ApDbRecvLoc) recibe todos los registros de localización del ApMnDspch vía memoria compartida, y coloca los registros de localización en la base de datos de localización del AP. El ApDbRecvLoc comienza con diez hebras recuperando cada uno registros de localización de la memoria compartida, valida cada registro antes de insertar los registros en la base de datos, y entonces inserta los registros en la partición correcta del registro de localización en la base de datos. Para preservar la integridad, los registros de localización con cualquier tipo de error no se escriben en la base de datos del registro de localización sino que se colocan en una carpeta de error que puede ser revisada por el operador del Sistema Inalámbrico de Localización dándole entonces entrada manual a la base de datos después de resolver el error. Si la base de datos de localización ha fallado o ha sido colocada en status de fuera de línea, los registros de localización se escriben en una carpeta fija en la que puedan ser procesados más tarde por el ApDbFileRecv.

El Proceso de Recepción de Carpetas del AP (ApDbFileRecv) lee carpetas fijas que contienen registros de localización e inserta los registros en la base de datos de localización. Las carpetas fijas son un mecanismo seguro utilizado por el AP 14 para preservar totalmente la integridad del AP 14 en todo caso excepto una falla total de los discos duros. Hay diversos tipos de carpetas fijas leídas por el ApDbFileRecv, incluyendo Base de Datos de Baja, Sincronización, Desborde y Error Fijo. Las carpetas fijas de Base de Datos de Baja se escriben mediante el proceso ApDbRecvLoc si la base de datos de localización es inasequible temporalmente; esta carpeta le permite al AP 14 asegurarse que los registros de localización estén preservados durante la ocurrencia de este tipo de problema. Las carpetas fijas de sincronización se escriben mediante el proceso ApLocSync (descrito más adelante) cuando se transfieren registros de localización entre pares de sistemas AP redundantes. Las carpetas fijas de desborde se escriben mediante el proceso ApMnDspch cuando los registros de localización llegan al AP 14 a una velocidad superior a la que el ApDbRecvLoc puede procesarlos e insertar los registros en la base de datos de localización. Esto puede ocurrir durante períodos pico de muy alta velocidad. Las carpetas de desborde evitan que muchos registros se pierdan durante períodos pico. Las carpetas fijas de Error Fijo contienen registros de localización que tenían errores que ahora se han solucionado, y pueden insertarse ahora en la base de datos de localización.

Debido a que el AP 14 tiene un papel central crítico en el Sistema Inalámbrico de Localización, la arquitectura del AP 14 ha sido diseñada para que sea plenamente redundante. Un sistema AP 14 redundante incluye plataformas de hardware plenamente redundantes, RDBMS plenamente redundantes, discos redundantes y redes redundantes entre sí, los TLPs 12, los NOCs 16 y aplicaciones externas. La arquitectura del software del AP 14 también ha sido diseñada para sostener redundancia con tolerancia a fallos. Los siguientes ejemplos ilustran la funcionalidad sostenida por los APs redundantes. Cada TLP 12 envía registros de localización a ambos el AP 14 redundante y el primario cuando ambos APs 14 están en línea. Solo el AP 14 primario procesará las solicitudes de asignación de tareas de entrada, y solo el AP 14 primario aceptará solicitudes de cambio de configuración provenientes del NOC 16. El AP 14 primario entonces sincroniza al AP 14 redundante bajo control cuidadoso. Tanto los APs redundantes y primarios aceptarán órdenes básicas de inicio y cierre provenientes del NOC. Ambos APs monitorearán constantemente los parámetros y el estado de salud de las aplicaciones de sus propios sistemas monitoreando los parámetros para los otros AP 14, y entonces decidirán que AP 14 será el primario y cual redundante en base a un resultado compuesto. Este resultado compuesto se determina compilando errores informados por diversos procesos a un área de memoria compartida monitoreando el espacio de intercambio y el espacio en disco. Hay diversos procesos dedicados al sostén de redundancia.

El Proceso de Sincronización de Localización del AP (ApLocSync) corre en cada AP 14 y detecta la necesidad de sincronización de registros de localización entre APs y entonces crea "registros sinc" que listan los registros de localización que necesitan transferirse de un AP 14 a otro AP 14. Los registros de localización se transfieren entonces entre APs utilizando una conexión de socket. El ApLocSync compara las particiones del registro de localización y los números de secuencia del registro de localización almacenados en cada base de datos de localización. Normalmente, si ambos el AP primario y redundante están operando apropiadamente, no se necesita sincronización porque ambos APs reciben registros de localización simultáneamente de los TLPs 12. Sin embargo, si un AP 14 falla o se coloca en un modo fuera de línea, entonces se requerirá la sincronización posterior. El ApLocSync es notificado cuando el ApMnDspch se conecta a un TLP 12 para que pueda determinar si se requiere sincronización.

El Proceso de Sincronización de Asignación de Tareas (ApTaskSync) corre 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 información de asignación de tareas del AdDbSend, y entonces envía la información de asignación de tareas al proceso ApTaskSync en el AP 14 redundante. Si el AP 14 primario fallara antes de que el ApTaskSync hubiese completado la replicación de tareas, entonces el ApTaskSync llevará a cabo una sincronización completa de asignación de tareas de la base de datos cuando el AP 14 se coloque de nuevo en estado en línea.

ES 2 316 195 T3

El Proceso de Sincronización de Configuración del AP (ApConfigSync) corre en cada AP 14 y sincroniza la información de configuración entre el AP 14 primario y el AP 14 redundante. El ApConfigSync utiliza un mecanismo de replicación RDBMS. La información de configuración incluye toda la información necesitada por los SCSs 10, los TLPs 12 y APs 14 para la operación adecuada del Sistema Inalámbrico de Localización en una red de portador inalámbrico.

En adición a las funciones de cuidado antes descritas, el AP 14 también asimila un gran número de procesos, funciones e interfaces útiles en la operación del Sistema Inalámbrico de Localización, así como útiles para diversas aplicaciones que desean información de localización. Aunque los procesos, funciones e interfaces aquí descritas están en esta sección que se refiere al AP 14, la implementación de muchos de estos procesos, funciones e interfaces penetra todo el Sistema Inalámbrico de Localización y por tanto sus valores no deben entenderse como limitados solo al AP 14.

Roaming

El AP 14 sostiene el “roaming” entre sistemas inalámbricos de localización en diferentes ciudades u operados por diferentes portadores inalámbricos. Si un primer transmisor inalámbrico se ha suscrito a una aplicación en un primer Sistema Inalámbrico de Localización, y por tanto tiene una entrada en el Listado de Asignación de Tareas en el primer AP 14 en el primer Sistema Inalámbrico de Localización, entonces el primer transmisor inalámbrico puede también suscribirse al roaming. Cada AP 14 y TLP 12 en cada Sistema Inalámbrico de Localización contiene una tabla en la cual se mantiene una lista de identidades de suscriptores válidos “domésticos”. La lista es típicamente un rango, y por ejemplo, para teléfonos celulares actuales, el intervalo puede determinarse mediante códigos NPA/NXX (o código de área e intercambio) asociado con el MIN o MSID de teléfonos celulares. Cuando un transmisor inalámbrico que cumple el criterio “doméstico” hace una transmisión, un TLP 12 recibe datos demodulados de uno o más SCSs 10 y chequea la información de activación en la Tabla de Señal de Interés. Si se cumple cualquier criterio de activación, comienza el procesamiento de localización en esa transmisión; de lo contrario, la transmisión no se procesa por el Sistema Inalámbrico de Localización.

Cuando un primer transmisor inalámbrico que no cumple el criterio “doméstico” efectúa una transmisión en un segundo Sistema Inalámbrico de Localización, el segundo TLP 12 en el segundo Sistema Inalámbrico de Localización chequea la Tabla de Señal de Interés buscando una activación. Ocurre una de tres acciones: (i) si la transmisión cumple un criterio ya existente en la Tabla de Señal de Interés, el transmisor se localiza y el registro de localización se envía desde el segundo AP 14 en el segundo Sistema Inalámbrico de Localización al primer AP 14 en el primer Sistema Inalámbrico de Localización; (ii) si el transmisor inalámbrico tiene una entrada de “roamer” en la Tabla de Señal de Interés indicando que el primer transmisor inalámbrico se ha “registrado” en el segundo Sistema Inalámbrico de Localización pero no tiene criterio de activación, entonces no procede la transmisión por parte del segundo Sistema Inalámbrico de Localización y se ajusta la marca de tiempo como se describe más adelante; (iii) si el primer transmisor inalámbrico no tiene entrada tipo roamer y por tanto no se ha “registrado”, entonces los datos demodulados pasan del TLP 12 al segundo AP 14.

En el tercer caso anterior, el Segundo AP 14 utiliza la identidad del primer transmisor inalámbrico para identificar al primer AP 14 en el Sistema Inalámbrico de Localización como el Sistema Inalámbrico de Localización “doméstico” del primer transmisor inalámbrico. El segundo AP 14 en el segundo Sistema Inalámbrico de Localización envía una consulta al primer AP 14 en el primer Sistema Inalámbrico de Localización para determinar si el primer transmisor inalámbrico se ha suscrito a cualquier aplicación de localización y por tanto tiene un criterio de activación en el Listado de Asignación de Tareas del primer AP 14. Si está presente una activación en el primer AP 14, el criterio de activación, conjuntamente con cualesquiera campos y marcadores asociados, se envía desde el primer AP 14 al segundo AP 14 y se le da entrada en el Listado de Asignación de Tareas y en la Tabla de Señal de Interés como una entrada tipo roamer con criterio de activación. Si el primer AP 14 responde al segundo AP 14 indicando que el primer transmisor inalámbrico no tiene criterio de activación, entonces el segundo AP 14 “registra” al primer transmisor inalámbrico en el Listado de Asignación de Tareas y en la Tabla de Señal de Interés como un roamer sin criterio de activación. Por tanto las transmisiones actuales y futuras desde el primer transmisor inalámbrico pueden identificarse positivamente por el TLP 12 en el segundo Sistema Inalámbrico de Localización como registradas sin criterio de activación, y el segundo AP no requiere hacer consultas adicionales a las del primer AP 14.

Cuando el segundo AP 14 registra al primer transmisor inalámbrico con una entrada tipo roamer en el Listado de Asignación de Tareas y en la Tabla de Señal de Interés con o sin criterio de activación, a la entrada roamer se le asigna una marca de tiempo de expiración. La marca de tiempo de expiración se fija al tiempo actual más un primer intervalo predeterminado. Cada vez que el primer transmisor inalámbrico hace una transmisión, la marca de tiempo de expiración de la entrada roamer en la Lista de Asignación de Tareas y en la Tabla de Señal de Interés se ajusta a la fecha actual de la transmisión más reciente más el primer intervalo predeterminado. Si el primer transmisor inalámbrico no hace transmisiones adicionales antes de la expiración de la marca de tiempo de su entrada roamer, entonces la entrada roamer se borra automáticamente. Si, subsiguiente al borrado, el primer transmisor inalámbrico hace otra transmisión, entonces ocurre de nuevo el proceso de registro.

El primer AP 14 y segundo AP 14 mantienen comunicaciones sobre un área de redes extensa. La red puede estar basada en un TCP/IP o en un protocolo similar a la versión más reciente del IS-41. Cada AP 14 en comunicaciones con otros APs en otros sistemas inalámbricos de localización mantiene una tabla que brinda la identidad de cada AP

14 y Sistema Inalámbrico de Localización correspondiente a cada intervalo valido de identidades de transmisores inalámbricos.

Registros de Localización de Paso Múltiple

5 Ciertas aplicaciones pueden requerir un estimado muy rápido de la localización general de un transmisor inalámbrico, seguido de un estimado más preciso de la localización que puede enviarse subsiguientemente. Esto puede ser valioso, por ejemplo, para sistemas E9-1-1 que manejan llamadas inalámbricas y deben tomar una decisión de ruteo de llamada muy rápidamente, pero que pueden esperar un poco más en aras de una localización más exacta a desplegarse en la terminal del mapa electrónico del receptor de la llamada E9-1-1. el Sistema Inalámbrico de Localización asimila estas aplicaciones mediante un modo de procesamiento de localización de paso múltiple, descrito más adelante. El AP 14 asimila este modo con registros de localización de paso múltiple. Para ciertas entradas, el Listado de Asignación de Tareas en el AP 14 contiene un marcador que indica el límite máximo de tiempo antes del cual una aplicación particular debe recibir un estimado somero de localización, y un segundo límite máximo de tiempo en el cual una aplicación particular debe recibir un estimado final de localización. Para estas ciertas aplicaciones, el AP 14 incluye un marcador en el registro de localización indicando el status del estimado de localización contenido en el registro, que puede por ejemplo, establecerse para un estimado de primer paso (i.e. somero) o el estimado de paso final. El Sistema Inalámbrico de Localización en general determinará el mejor estimado de localización dentro del límite de tiempo establecido por la aplicación, esto es, el Sistema Inalámbrico de Localización procesará la mayor cantidad de datos RF que puedan asimilarse dentro del límite de tiempo. Dado que cualquier transmisión inalámbrica en particular puede activar un registro de localización para una o más aplicaciones, el Sistema Inalámbrico de Localización asimila 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 que constituye un registro de localización de un solo paso para una aplicación de manejo de flotilla que está monitoreando ese MN particular. 25 Esto puede extenderse a cualquier número de aplicaciones.

Demodulación Múltiple y Activaciones

30 En sistemas inalámbricos de comunicaciones en áreas urbanas o suburbanas densas, las frecuencias o canales pueden reutilizarse varias veces dentro de distancias relativamente cortas. Debido a que el Sistema Inalámbrico de Localización es capaz de detectar de manera independiente y demodular transmisiones inalámbricas sin la ayuda del sistema inalámbrico de comunicaciones, puede detectarse frecuentemente una sola transmisión inalámbrica y demodularla satisfactoriamente en múltiples SCSs 10 dentro del Sistema Inalámbrico de Localización. Esto puede suceder tanto intencional como no intencionalmente. Una ocurrencia no intencional es causada por una reutilización de una frecuencia cercana, de manera tal que una transmisión inalámbrica particular pueda recibirse sobre un umbral predefinido en más de un SCS 10, cuando cada SCS 10 cree que está monitoreando solo transmisiones que ocurren solo dentro del sitio celular colocado con el SCS 10. Una ocurrencia intencional es causada al programar más de un sitio SCS 10 para detectar y demodular transmisiones que ocurran en un sitio celular particular y en una frecuencia particular. Como se describió anteriormente, esto se utiliza en general con SCSs 10 adyacentes o cercanos para brindar redundancia de demodulación del sistema para aumentar aún más la probabilidad de que cualquier transmisión inalámbrica particular sea detectada y demodulada con éxito.

Cualquiera de los dos eventos podría llevar potencialmente a múltiples activaciones dentro del Sistema Inalámbrico de Localización, causando el inicio del procesamiento de localización varias veces para la misma transmisión. Esto provoca un exceso y el uso ineficiente de recursos de procesamiento y comunicaciones. Por tanto, el Sistema Inalámbrico de Localización incluye medios para detectar cuando ha sido detectada la misma transmisión y demodulada más de una vez, y para seleccionar el mejor SCS 10 para demodular como punto de comienzo para el procesamiento de localización. Cuando el Sistema Inalámbrico de Localización detecta y demodula satisfactoriamente la misma transmisión en múltiples ocasiones en múltiples SCS/antenas, el Sistema Inalámbrico de Localización utiliza los siguientes criterios para seleccionar el SCS/antena a utilizar para demodular para continuar el proceso de determinación de si activar y posiblemente iniciar el procesamiento de localización (de nuevo, estos criterios pueden sopesarse en la determinación de la decisión final): (i) un SCS/antena colocada en el sitio celular al cual se ha asignado una frecuencia particular se prefiere sobre otro SCS/antena, pero esta preferencia puede ajustarse si no hay SCS/antena operando y en línea colocado en el sitio celular al cual se ha asignado la frecuencia particular, (ii) SCS/antenas con mayor promedio SNR se prefieren a las que tienen menor promedio SNR, y (iii) SCS/antenas con menores errores en términos de bits en demodulación de la transmisión se prefieren a las que tienen mayores errores en términos de bits. El sopesado aplicado a cada una de estas preferencias puede ajustarse por el operador del Sistema Inalámbrico de Localización para acomodar el diseño particular de cada sistema.

Interfaz al Sistema Inalámbrico de Comunicaciones

El Sistema Inalámbrico de Localización contiene medios para comunicarse en una interfaz a un sistema inalámbrico de comunicaciones, tal como un centro móvil de conmutación (MSC) o controlador móvil de posicionamiento (MPC). Esta interfaz puede basarse, por ejemplo, en un protocolo seguro estándar tal como la versión más reciente del IS 41 o protocolos TCP/IP. Los formatos, campos y aspectos de autenticación de estos protocolos son bien conocidos. El Sistema Inalámbrico de Localización asimila una diversidad de ordenes/respuestas y otros mensajes de información en esta interfaz que están diseñados para auxiliar en la detección exitosa, demodulación y activación de transmisiones inalámbricas, así como brindar los medios para pasarle registros de localización al sistema inalámbrico

de comunicaciones. En particular, esta interfaz brinda medios para que el Sistema Inalámbrico de Localización obtenga información sobre que transmisores inalámbricos han sido asignados a parámetros de canales de voz particulares en sitios celulares particulares. El ejemplo de mensajes sostenidos por el Sistema Inalámbrico de Localización en esta interfaz al sistema inalámbrico de comunicación incluye lo siguiente:

5 Consulta de Cartografía (mapping) MIN/MSID/IMSI/TMSI - Ciertos tipos de transmisores inalámbricos transmitirán su identidad en una forma familiar que puede marcarse en la red telefónica. Otros tipos de transmisores inalámbricos transmiten una identidad que no puede marcarse, pero que se traduce a un número que puede marcarse utilizando una tabla dentro del sistema inalámbrico de comunicaciones. La identidad transmitida es permanente en la
10 mayoría de los casos, pero puede ser también temporal. Los usuarios de aplicaciones de localización conectados al AP 14 prefieren típicamente colocar activaciones en el Listado de Asignación de Tareas utilizando identidades que puedan marcarse. Las identidades que pueden marcarse son típicamente conocidas como Números de Directorio de Móviles (MDN). Los otros tipos de identidades para los cuales puede requerirse traducción incluyen Número de Identificación del Móvil (MIN), Identidad del Suscriptor del Móvil (MSID), Identidad Internacional del Suscriptor del
15 Móvil (IMSI), e Identidad Temporal del Suscriptor del Móvil (TMSI). Si el sistema inalámbrico de comunicaciones ha facilitado el uso de encriptado para cualquiera de los campos de datos en el mensaje transmitido por transmisores inalámbricos, el Sistema Inalámbrico de Localización puede también solicitar la información de encriptado conjuntamente con la información de identificación. El Sistema Inalámbrico de Localización incluye medios para interrogar al sistema inalámbrico de comunicaciones respecto a identidades alternas para una identidad de activación que ha sido
20 colocada en el Listado de Asignación de Tareas por una aplicación de localización, o interrogar al sistema inalámbrico de comunicaciones respecto a identidades alternas para una identidad que ha sido demodulada por un SCS 10. Otros eventos pueden también activar este tipo de consulta. Para este tipo de consulta, típicamente el Sistema Inalámbrico de Localización inicia la orden, y el sistema inalámbrico de comunicaciones responde.

25 Consulta/Orden de Cambio de la Asignación en Canal de Voz RF - Muchas transmisiones inalámbricas en canales de voz no contienen información de identidad. Por tanto, cuando el Sistema Inalámbrico de Localización se activa para llevar a cabo el procesamiento de localización en una transmisión de canal de voz, el Sistema Inalámbrico de Localización interroga al sistema inalámbrico de comunicaciones para obtener la información actual de la asignación del canal de voz para el transmisor particular para el cual se ha activado el Sistema Inalámbrico de Localización.
30 Para una transmisión AMPS, por ejemplo, el Sistema Inalámbrico de Localización preferiblemente requiere el sitio celular, sector y número de canal RF actualmente en uso por el transmisor inalámbrico. Para una transmisión TDMA, por ejemplo, el Sistema Inalámbrico de Localización preferiblemente requiere el sitio celular, el sector, número de canal RF y ventanilla de tiempo actualmente en uso por el transmisor inalámbrico. Pueden necesitarse otros elementos informativos que incluyen la máscara de código largo y teclas de encriptado. En general el Sistema Inalámbrico
35 de Localización iniciará la orden, y el sistema inalámbrico de comunicaciones responderá. Sin embargo, el Sistema Inalámbrico de Localización también aceptará orden de activación del sistema inalámbrico de comunicaciones que contengan la información aquí detallada.

El cronometraje de este mensaje de orden/respuesta es muy crítico porque pueden ocurrir traspasos del canal de
40 voz con frecuencia en los sistemas inalámbricos de comunicaciones. Esto es, el Sistema Inalámbrico de Localización localizará cualquier transmisor inalámbrico que esté transmitiendo en un canal particular - por tanto el Sistema Inalámbrico de Localización y el sistema inalámbrico de comunicaciones deben de conjunto asegurarse que la identidad del transmisor inalámbrico y de la información de asignación del canal de voz estén en perfecta sincronización. El Sistema Inalámbrico de Localización utiliza diversos medios para lograr este objeto. El Sistema Inalámbrico de Localización puede por ejemplo, inquirir la información de la asignación del canal de voz para un transmisor inalámbrico
45 en particular, recibir los datos RF necesarios, entonces de nuevo inquirir la información de la asignación del canal de voz de ese mismo transmisor inalámbrico, y entonces verificar que el status del transmisor inalámbrico no cambió durante el tiempo en el cual se recopilaban los datos RF por parte del Sistema Inalámbrico de Localización. No se requiere que se complete el procesamiento de localización antes de la segunda consulta, ya que solo es importante
50 verificar que se recibieran los datos RF correctos. El Sistema Inalámbrico de Localización puede también, por ejemplo, como parte de la primera consulta ordenarle al sistema inalámbrico de comunicaciones que evite la ocurrencia de un traspaso que ocurra en el transmisor inalámbrico particular durante el período de tiempo en el cual el Sistema Inalámbrico de Localización está recibiendo los datos RF. Entonces, subsiguiente a la recopilación de los datos RF, el Sistema Inalámbrico de Localización interrogará de nuevo la información de asignación del canal de voz para el mismo
55 transmisor inalámbrico, ordenando al sistema inalámbrico de comunicaciones que permita de nuevo los traspasos de dicho transmisor inalámbrico y entonces verificará que el status del transmisor inalámbrico no cambió durante el tiempo en el cual los datos RF se recopilaban por parte del Sistema Inalámbrico de Localización.

Por diversas razones, el Sistema Inalámbrico de Localización o el sistema inalámbrico de comunicaciones pueden preferir que el transmisor inalámbrico sea asignado a otro canal de voz RF antes de realizar el procesamiento de localización. Por tanto, como parte de la secuencia de orden/respuesta, el sistema inalámbrico de comunicaciones puede instruir al Sistema Inalámbrico de Localización que suspenda temporalmente el procesamiento de localización hasta que el sistema inalámbrico de comunicaciones haya completado una secuencia de intervención con el transmisor inalámbrico, y el sistema inalámbrico de comunicaciones haya notificado al Sistema Inalámbrico de Localización que
60 pueden recibirse los datos RF, y el canal de voz RF en el cual pueden recibirse los datos. Alternativamente, el Sistema Inalámbrico de Localización puede determinar que el canal de voz RF particular que actualmente utiliza un transmisor inalámbrico no es apropiado para obtener un estimado aceptable de localización, y solicita que el sistema inalámbrico de comunicaciones ordene al transmisor inalámbrico que traspase. Alternativamente, el Sistema Inalámbrico de Localización
65

lización puede solicitar que el sistema inalámbrico de comunicaciones ordene al transmisor inalámbrico que traspase a una serie de canales RF en secuencia para llevar a cabo una serie de estimados de localización, de manera que el Sistema Inalámbrico de Localización pueda mejorar la precisión del estimado de localización a través de la serie de traspasos; este método se describe más adelante.

5

El Sistema Inalámbrico de Localización puede utilizar también este conjunto de mensaje orden/respuesta para inquirir del sistema inalámbrico de comunicaciones la identidad de un transmisor inalámbrico que hubiese estado utilizando un canal de voz particular (y ventanilla de tiempo, etc) en un sitio celular particular en un tiempo dado. Esto le permite al Sistema Inalámbrico de Localización primero realizar el procesamiento de localización en transmisiones sin conocer las identidades, y entonces determinar posteriormente la identidad de los transmisores inalámbricos haciendo la transmisión y adjuntando esta información al registro de localización. Esta característica particular permite el uso de localización automática secuencial de transmisiones de canal de voz.

10

Recibir Activaciones - El Sistema Inalámbrico de Localización puede recibir activaciones de los sistemas inalámbricos de comunicaciones para llevar a cabo el procesamiento de localización en una transmisión de canal de voz sin saber la identidad del transmisor inalámbrico. Este conjunto de mensaje obvia el Listado de Asignación de Tareas y no utiliza los mecanismos de activación dentro del Sistema Inalámbrico de Localización. En su lugar el sistema inalámbrico de comunicaciones solo determina que transmisiones inalámbricas localizar, y entonces envía una orden al Sistema Inalámbrico de Localización para recopilar datos RF de un canal de voz particular en un sitio celular particular y realizar el procesamiento de localización. El Sistema Inalámbrico de Localización responde con una confirmación que contiene una marca de tiempo cuando se recopilan los datos RF. El Sistema Inalámbrico de Localización también responde con un registro de localización de formato apropiado cuando se ha completado el proceso de localización. Basado en el tiempo de la orden al Sistema Inalámbrico de Localización y la respuesta con la marca de tiempo de la recopilación de datos RF, el sistema inalámbrico de comunicaciones determina si cambió el status del transmisor inalámbrico subsecuentemente a la orden y si hay una buena probabilidad de una recopilación exitosa de datos RF.

15

20

25

Transmitir - El Sistema Inalámbrico de Localización puede ordenar al sistema inalámbrico de comunicaciones forzar un transmisor inalámbrico particular a hacer una transmisión en un momento dado, o dentro de un intervalo de tiempo prescrito. El sistema inalámbrico de comunicaciones responde con una confirmación y un tiempo o intervalo de tiempo en el cual puede esperarse la transmisión. Los tipos de transmisiones que puede forzar el Sistema Inalámbrico de Localización incluyen, por ejemplo, respuestas de auditoria y respuestas de ubicación. Utilizando este conjunto de mensajes, el Sistema Inalámbrico de Localización puede también ordenar al sistema inalámbrico de comunicaciones a que obligue al transmisor inalámbrico a transmitir utilizando un formato de mayor nivel de potencia. En muchos casos, los transmisores inalámbricos intentarán utilizar los formatos de menor nivel de potencia al transmitir para conservar la vida de la batería. Para mejorar la precisión del estimado de localización, el Sistema Inalámbrico de Localización puede preferir que el transmisor inalámbrico utilice un formato de mayor nivel de potencia. El sistema inalámbrico de comunicaciones responderá al Sistema Inalámbrico de Localización con una confirmación de que se utilizará el formato de mayor nivel de potencia y un tiempo o intervalo de tiempo en el cual debe esperarse la transmisión.

30

35

Demorar Respuesta del Sistema Inalámbrico de Localización al Acceso Móvil - Algunos protocolos de interfaz aérea, tales como CDMA, utilizan un mecanismo en el cual el transmisor inalámbrico inicia transmisiones en un canal, tal como un Canal de Acceso, por ejemplo, en el nivel más bajo o en un formato de un nivel muy bajo de potencia, y entonces da entrada a una secuencia de pasos en los cuales (i) el transmisor inalámbrico realiza una transmisión de acceso; (ii) el transmisor inalámbrico espera por una respuesta del sistema inalámbrico de comunicaciones; (iii) si el transmisor inalámbrico no recibe respuesta del sistema inalámbrico de comunicaciones dentro de un tiempo predeterminado, el transmisor inalámbrico incrementa su formato de nivel de potencia en una cantidad predeterminada, y entonces regresa al paso (i); (iv) si el transmisor inalámbrico recibe una respuesta del sistema inalámbrico de comunicaciones dentro de un tiempo predeterminado, el transmisor inalámbrico entonces da entrada a un intercambio normal de mensajes. Este mecanismo es útil para asegurar que el transmisor inalámbrico utilice solo el formato de utilización del nivel más bajo de potencia para transmitir y no desperdicie energía o vida de la batería. Es posible, sin embargo, que el formato de nivel mas bajo de potencia al cual el transmisor inalámbrico puede comunicarse exitosamente con el sistema inalámbrico de comunicaciones no sea suficiente para obtener un estimado de localización aceptable. Por tanto, el Sistema Inalámbrico de Localización puede ordenarle al sistema inalámbrico de comunicaciones que demore su repuesta a estas transmisiones durante un tiempo predeterminado o cantidad. Esta acción de demora hará que el transmisor inalámbrico repita la secuencia de pasos (i) al (iii) una o más veces de lo normal con el resultado de que una o más de las transmisiones de acceso será de un nivel de potencia superior a lo normal. El nivel superior de potencia puede preferiblemente permitirle al Sistema Inalámbrico de Localización determinar un estimado de localización más preciso. El Sistema Inalámbrico de Localización puede ordenar este tipo de acción de demora para un transmisor inalámbrico particular, para un tipo particular de transmisión inalámbrica (por ejemplo para todas las llamadas "911"), para transmisores inalámbricos que están en un intervalo especificado de la estación de base con los cuales el transmisor está tratando de comunicarse, o para todos los transmisores inalámbricos en un área particular.

40

45

50

55

60

Enviar Confirmación a TI - El Sistema Inalámbrico de Localización no incluye medios internos para notificar al transmisor inalámbrico de una acción porque el Sistema Inalámbrico de Localización no transmite, como se describió anteriormente el Sistema Inalámbrico de Localización solo puede recibir transmisiones. Por tanto, si el Sistema Inalámbrico de Localización desea enviar, por ejemplo, un tono de confirmación al completar cierta acción, el Sistema Inalámbrico de Localización ordena al sistema inalámbrico de comunicaciones que transmita un mensaje particular. El mensaje puede incluir, por ejemplo, un tono audible de confirmación, mensaje hablado o mensaje sintetizado al trans-

65

misor inalámbrico; o un mensaje de texto enviado vía un servicio breve de mensajería o una localización. El Sistema Inalámbrico de Localización recibe confirmación del sistema inalámbrico de comunicaciones de que el mensaje ha sido aceptado y enviado al transmisor inalámbrico. Este mensaje de orden/respuesta funciona como una Prohibición de Procesamiento de Localización.

5

Informar Registros de Localización - El Sistema Inalámbrico de Localización informa automáticamente los registros de localización al sistema inalámbrico de comunicaciones para aquellos ti asignados a la tarea de informar al sistema inalámbrico de comunicaciones, así como aquellas transmisiones para las que el sistema inalámbrico de comunicaciones inició activaciones. El Sistema Inalámbrico de Localización también informa un registro histórico de localización inquirido por el sistema inalámbrico de comunicaciones y el cual el sistema inalámbrico de comunicaciones está autorizado para recibir.

10

Monitorear Interfaces Internas del Sistema Inalámbrico de Localización, Tabla Estatal

15

En adición a esta interfaz anterior entre el Sistema Inalámbrico de Localización y el sistema inalámbrico de comunicaciones, el Sistema Inalámbrico de Localización también incluye medios para monitorear interfaces existentes dentro del sistema inalámbrico de comunicaciones con el objeto de interceptar mensajes importantes al Sistema Inalámbrico de Localización para identificar transmisores inalámbricos y los canales RF en uso por estos transmisores. Estas interfaces pueden incluir, por ejemplo, la "interfaz a" y una "interfaz bis" utilizada en los sistemas inalámbricos de comunicaciones que emplean el protocolo de interfaz aérea GSM. Estas interfaces son bien conocidas y publicadas en diversos estándares. Al monitorear los mensajes bidireccionales en estas interfaces entre las estaciones base (BTS), controladores de estaciones base (BSC), y centros móviles de conmutación (MSC), y otros puntos, el Sistema Inalámbrico de Localización puede obtener la misma información sobre la asignación de transmisores inalámbricos a canales específicos como el propio sistema inalámbrico de comunicaciones sabe. El Sistema Inalámbrico de Localización incluye medios para monitorear estas interfaces en varios puntos. Por ejemplo, el SCS 10 puede monitorear una interfaz BTS o BSC. Alternativamente, un TLP 12 o AP 14 pueden también monitorear un BSC en el que un número de interfaces BTS o BSC han sido concentradas. Las interfaces internas al sistema inalámbrico de comunicaciones no están encriptadas y los protocolos por capas son conocidos por parte de aquellos expertos en la técnica. La ventaja del Sistema Inalámbrico de Localización para monitorear estas interfaces radica en que no se requiere que el Sistema Inalámbrico de Localización detecte independientemente y demodule mensajes del canal de control de los transmisores inalámbricos. Adicionalmente, el Sistema Inalámbrico de Localización puede obtener toda la información necesaria de asignaciones de canal de voz de estas interfaces.

20

25

30

35

Utilizando estos medios para una transmisión de canal de control, el SCS 10 recibe las transmisiones como se describió anteriormente y registra datos del canal de control RF en memoria sin llevar a cabo la detección y demodulación. De manera separada, el Sistema Inalámbrico de Localización monitorea los mensajes que ocurren en interfaces prescritas dentro del sistema inalámbrico de comunicaciones, y provoca una activación en el Sistema Inalámbrico de Localización cuando el Sistema Inalámbrico de Localización descubre un mensaje que contiene un evento de activación. Iniciado por el evento de activación, el Sistema Inalámbrico de Localización determina el tiempo aproximado en el cual ocurrió la transmisión inalámbrica, y ordena a un primer SCS 10 y a un segundo SCS 10 que busquen en sus memorias el comienzo de la transmisión. Este primer SCS 10 elegido es un SCS que está colocado con la estación de base con la cual se ha comunicado el transmisor inalámbrico, o un SCS adyacente a la estación de base con la cual se ha comunicado el transmisor inalámbrico. Esto es, el primer SCS 10 es un SCS que podría haber sido asignado al canal de control como un canal primario. Si el primer SCS 10A determina con éxito y informa el comienzo de la transmisión, entonces el procesamiento de localización procede normalmente utilizando los medios antes descritos. Si el primer SCS 10A no puede determinar con éxito el comienzo de la transmisión, entonces el segundo SCS 10B informa el comienzo de la transmisión, y entonces el procesamiento de localización procede normalmente.

40

45

50

El Sistema Inalámbrico de Localización también utiliza estos medios para transmisiones de canal de voz. Para todas las activaciones contenidas en el Listado de Asignación de Tareas, el Sistema Inalámbrico de Localización monitorea las interfaces prescritas para mensajes relativos a esas activaciones. Los mensajes de interés incluyen, por ejemplo, asignación de mensajes de canal de voz, mensajes de traspaso, mensajes de salto de frecuencia, mensajes de potencia activa/potencia inactiva, mensajes dirigidos de retirada, mensajes de terminación y otras acciones similares y mensajes de status. El Sistema Inalámbrico de Localización mantiene continuamente una copia del status y estado de estos transmisores inalámbricos en una Tabla de Estado en el AP 14. Cada vez que el Sistema Inalámbrico de Localización detecta un mensaje relacionado con una de esas entradas en el Listado de Asignación de Tareas, el Sistema Inalámbrico de Localización actualiza su propia Tabla de Estado. A partir de ahí, el Sistema Inalámbrico de Localización puede activar para llevar a cabo el procesamiento de localización, tal como en un intervalo de tiempo regular, y acceder a la Tabla de Estado para determinar con precisión que sitio celular, sector, canal RF y ventanilla de tiempo están siendo usados actualmente por el transmisor inalámbrico. El ejemplo aquí contenido describía los métodos mediante los cuales el Sistema Inalámbrico de Localización realiza una interfaz con un sistema inalámbrico de comunicaciones de base GSM. El Sistema Inalámbrico de Localización también asimila funciones similares con sistemas basados en otras interfaces aéreas.

60

65

Para ciertas interfaces aéreas, tales como CDMA, el Sistema Inalámbrico de Localización también mantiene cierta información de identidad obtenida de descargas del Acceso en el canal de control en la Tabla de Estado; esta información se utiliza luego para decodificar la máscara utilizado por los canales de voz. Por ejemplo, el protocolo de interfaz aérea CDMA utiliza el Número Electrónico de Serie (ESN) de un transmisor inalámbrico para, en parte, determinar

la máscara de código largo utilizado en la codificación de las transmisiones de canal de voz. El Sistema Inalámbrico de Localización mantiene esta información en la Tabla de Estado para entradas en el Listado de Asignación de Tareas porque muchos transmisores inalámbricos pueden transmitir información solo una vez; por ejemplo, muchos CDMA móviles transmitirán únicamente su ESN durante la primera descarga de Acceso después que el transmisor inalámbrico se ha activado en un área geográfica. Esta capacidad para determinar de manera independiente la máscara de código largo es muy útil en casos en que una interfaz entre el Sistema Inalámbrico de Localización y el sistema inalámbrico de comunicaciones no esté operativa y/o el Sistema Inalámbrico de Localización no pueda monitorear una de las interfaces internas al sistema inalámbrico de comunicaciones. El operador del Sistema Inalámbrico de Localización puede opcionalmente alistar el Sistema Inalámbrico de Localización para mantener la información de identificación para todos los transmisores inalámbricos. Adicionalmente a las razones anteriores, el Sistema Inalámbrico de Localización puede brindarle al canal de voz seguimiento de todos los transmisores inalámbricos que activan un procesamiento de localización llamando al "911". Como se describió anteriormente, el Sistema Inalámbrico de Localización utiliza la asignación dinámica de tareas para brindar la localización a un transmisor inalámbrico durante un tiempo prescrito después de marcar "911", por ejemplo. Al mantener la información de identidad para todos los transmisores inalámbricos en la Tabla de Estado, el Sistema Inalámbrico de Localización es capaz de brindar seguimiento de canal de voz para todos los transmisores en caso de un evento de activación prescrito, y no solo a aquellos con entradas previas en el Listado de Asignación de Tareas.

Interfaz de Aplicaciones

Utilizando el AP 14, el Sistema Inalámbrico de Localización asimila una diversidad de interfaces basadas en estándares para aplicaciones de localización de usuario final y portador utilizando protocolos seguros tales como TCP/IP, X25, SS7 e IS41. Cada interfaz entre el AP 14 y una aplicación externa es una conexión segura y autenticada que le permite al AP 14 verificar positivamente la identidad de la aplicación que está conectada al AP 14. Esto es necesario porque a cada aplicación conectada se le otorga solo acceso limitado a registros de localización en base a tiempo real y/o histórico. Adicionalmente, el AP 14 asimila funciones adicionales de orden/respuesta, de tiempo real y de post procesamiento que se detallan más adelante. El acceso a estas funciones adicionales también requiere autenticación. El AP 14 mantiene una lista de usuario y los medios de autenticación asociados con cada usuario. Ninguna aplicación puede tener acceso a registros de localización o funciones para los cuales la aplicación no tiene la autenticación apropiada o derecho de acceso. Adicionalmente, el AP 14 sostiene pleno registro de todas las acciones tomadas por cada aplicación en el caso que surjan o se requiera una investigación respecto a acciones. Para cada orden o función en el listado a continuación, el AP 14 sostiene preferiblemente un protocolo en el cual cada acción o el resultado de cada una se confirme como apropiado.

Editar Lista de Asignación de Tareas - esta orden le permite a las aplicaciones externas añadir, eliminar o editar entradas en el Listado de Asignación de tareas, incluyendo cualquier campo y marcadores asociados con cada entrada. Esta orden puede sostenerse en base a una única entrada, o en base a una tanda de entradas en las que se incluye una lista de entradas en una sola orden. Lo último es útil, por ejemplo, en una aplicación masiva tal como la localización de facturación sensible en la que la aplicación externa asimila grandes volúmenes de transmisores inalámbricos, y se desea minimizar el costo de protocolo. Esta orden puede añadir o borrar aplicaciones para una entrada particular en el Listado de Asignación de Tareas, sin embargo, esta orden no puede borrar una entrada totalmente si la entrada también contiene otras aplicaciones no asociadas con o autorizadas por la aplicación que emite la orden.

Establecer Intervalo de Localización - El Sistema Inalámbrico de Localización puede alistarse para llevar a cabo procesamiento de localización en cualquier intervalo para un transmisor inalámbrico particular, en canal de control o de voz. Por ejemplo, ciertas aplicaciones pueden requerir la localización de un transmisor inalámbrico cada pocos segundos cuando el transmisor está vinculado a un canal de voz. Cuando el transmisor inalámbrico realiza la transmisión inicial, el Sistema Inalámbrico de Localización se activa inicialmente utilizando una entrada estándar en el Listado de Asignación de Tareas. Si uno de los campos o marcadores en esta entrada especifica la localización actualizada en un intervalo establecido, entonces el Sistema Inalámbrico de Localización crea una tarea dinámica en el Listado de Asignación de Tareas que es activado por un cronómetro en lugar de una identidad u otro criterio transmitido. Cada vez que el cronómetro agota el plazo de tiempo, lo que puede oscilar de un segundo a varias horas, el Sistema Inalámbrico de Localización automáticamente se activará para localizar al transmisor inalámbrico. El Sistema Inalámbrico de Localización utiliza su interfaz con el sistema inalámbrico de comunicaciones para inquirir sobre el status del transmisor inalámbrico, incluyendo parámetros de llamada de voz tal como se describió anteriormente. Si el transmisor inalámbrico está vinculado a un canal de voz, entonces el Sistema Inalámbrico de Localización lleva a cabo el procesamiento de localización. Si el transmisor inalámbrico no está vinculado a ninguna transmisión existente, el Sistema Inalámbrico de Localización le ordenará al sistema inalámbrico de comunicaciones que haga transmitir al transmisor inalámbrico inmediatamente. Cuando se establece la tarea dinámica, el Sistema Inalámbrico de Localización también establece un tiempo de expiración en el cual la tarea dinámica cesa.

Adición/Eliminación de Usuario Final - Esta orden puede ejecutarse por un usuario final de un transmisor inalámbrico para colocar la identidad del transmisor inalámbrico en el Listado de Asignación de Tareas con activación del procesamiento de localización, para eliminar la identidad del transmisor inalámbrico del Listado de Asignación de Tareas y por tanto eliminar la identidad como un disparador, o colocar la identidad del transmisor inalámbrico en el Listado de Asignación de Tareas con desactivación del procesamiento de localización. Cuando el procesador de localización ha sido desactivado por el usuario final, conocido como Prohibición de Procesamiento de Localización entonces no se llevará a cabo ningún procesamiento de localización por el transmisor inalámbrico. El operador del

Sistema Inalámbrico de Localización puede seleccionar opcionalmente una de varias acciones a tomar por el Sistema Inalámbrico de Localización en respuesta a la orden de Prohibición de Procesamiento de Localización por el usuario final: (i) la acción de desactivación puede anular todas las otras activaciones en el Listado de Asignación de Tareas, incluyendo una activación debida a una llamada de emergencia tal como “911”; (ii) la acción de desactivación puede anular cualquier otra activación en el Listado de Asignación de Tareas, excepto una activación debida a una llamada de emergencia tal como “911”; (iii) la acción de desactivación puede ser anulada por otras activaciones seleccionadas del Listado de Asignación de Tareas. En el primer caso, al usuario final se le otorga total control sobre la privacidad de las transmisiones por parte del transmisor inalámbrico, ya que no llevará a cabo procesamiento de localización en ese transmisor por razón alguna. En el segundo caso, el usuario final puede recibir todavía los beneficios de localización durante una emergencia, pero no en otras circunstancias. En un ejemplo del tercer caso, un empleador que es el verdadero propietario de un transmisor inalámbrico particular puede anular una acción de usuario final por parte de un empleado que está utilizando el transmisor inalámbrico como parte del trabajo pero que no desea ser localizado. El Sistema Inalámbrico de Localización puede interrogar al sistema inalámbrico de comunicaciones, como se describió anteriormente, para obtener el mapeo de la identidad contenida en la transmisión inalámbrica a otras identidades.

Las adiciones y eliminaciones por parte del usuario final se efectúan por secuencias marcadas de caracteres y dígitos presionando el botón “ENVIAR” u otro equivalente en el transmisor inalámbrico. Estas secuencias pueden elegirse y hacer que se conozcan por parte del operador del Sistema Inalámbrico de Localización. Por ejemplo, una secuencia puede ser *55SENVIAIR” para desactivar el procesamiento de localización. Otras secuencias también son posibles. Cuando el usuario final disca esta frecuencia prescrita, el transmisor inalámbrico transmitirá la secuencia por uno de los canales de control prescritos del sistema inalámbrico de comunicaciones. Debido a que el Sistema Inalámbrico de Localización detecta de manera independiente y demodula todas las transmisiones en sentido inverso de los canales de control, el Sistema Inalámbrico de Localización puede interpretar independientemente la secuencia marcada prescrita y hacer la actualización apropiada de las características en el Listado de Asignación de Tareas, como se describió anteriormente. Cuando el Sistema Inalámbrico de Localización ha completado la actualización al Listado de Asignación de Tareas, el Sistema Inalámbrico de Localización ordena al sistema inalámbrico de comunicaciones que envíe una confirmación al usuario final. Como se describió anteriormente, esto puede tomar la forma de un tono audible, voz grabada o sintetizada, o un mensaje en texto. Esta orden se ejecuta en la interfaz entre el Sistema Inalámbrico de Localización y el sistema inalámbrico de comunicaciones.

Orden de Transmitir - Esta orden le permite a las aplicaciones externas hacer que el Sistema Inalámbrico de Localización envíe una orden al sistema inalámbrico de comunicaciones para hacer que un transmisor inalámbrico, o un grupo de ellos, transmitan.

Esta orden puede contener un marcador o campo que el transmisor inalámbrico(es) pueda(n) transmitir inmediatamente o en un tiempo prescrito. Esta orden tiene el efecto de localización del transmisor inalámbrico(es) a la orden, ya que las transmisiones serán detectadas, demoduladas y activadas, provocando el procesamiento de localización y la generación de un registro de localización. Esto es útil en la eliminación o reducción de cualquier demora en la determinación de la localización tal como la espera por parte del transmisor inalámbrico del próximo período de tiempo de registro o espera de que ocurra una transmisión independiente.

Consulta y Actualización de la Base de Datos Externa - El Sistema Inalámbrico de Localización incluye medios para acceder a una base de datos externa, interrogar dicha base de datos utilizando la identidad del transmisor inalámbrico u otros parámetros contenidos en la transmisión o el criterio de activación, y fusionar los datos obtenidos de la base de datos externa con los datos generados por el Sistema Inalámbrico de Localización para crear un nuevo registro mejorado de localización. El registro mejorado de localización puede entonces enviarse a las aplicaciones de solicitud. La base de datos externa puede contener, por ejemplo, elementos de datos tales como información de cliente, información médica, características suscritas, información relacionada con la aplicación, información de cuenta de cliente, información de contactos, o conjuntos de acciones prescritas a adoptar en caso de activación de localización. El Sistema Inalámbrico de Localización puede también realizar actualizaciones a la base de datos externa, por ejemplo, para incrementar o disminuir un contador de facturación asociado a 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 Inalámbrico de Localización contiene medios para llevar a cabo las acciones aquí descritas en más de una base externa. La lista y secuencia de bases de datos externas a acceder y las acciones subsiguientes a tomar están contenidas en uno de los campos contenidos en el criterio de activación en el Listado de Asignación de Tareas.

Procesamiento Aleatorio Anónimo de Localización - El Sistema Inalámbrico de Localización incluye medios para llevar a cabo procesamiento aleatorio anónimo de localización a gran escala. Esta función es valiosa para ciertos tipos de aplicaciones que requieren la recopilación de un gran volumen de datos sobre una población de transmisores inalámbricos sin tener en cuenta las identidades específicas de los transmisores individuales. Las aplicaciones de este tipo incluyen: Optimización de RF, que posibilita a los portadores inalámbricos medir el comportamiento del sistema inalámbrico de comunicaciones determinando simultáneamente la localización y otros parámetros de una transmisión; el Manejo de Tráfico, que le posibilita a las agencias gubernamentales y entidades comerciales monitorear el flujo de tráfico de diversas carreteras utilizando muestras estadísticamente significativas de transmisores inalámbricos que viajan en vehículos; y Estimación del Tráfico Local, que le posibilita a las entidades comerciales estimar el flujo de tráfico alrededor de un área particular que puede contribuir a determinar la viabilidad de un negocio particular.

Las aplicaciones que solicitan procesamiento aleatorio anónimo de localización reciben opcionalmente registros de dos fuentes: (i) una copia de registros de localización generados por otras aplicaciones, y (ii) registros de localización que han sido activados al azar por el Sistema Inalámbrico de Localización sin criterios específicos. Todos los registros de localización generados de cualquier fuente se envían con toda la información de criterios de identidad y activación borrada de los registros de localización; sin embargo, la aplicación de solicitud(es) puede determinar si el registro se generó a partir del proceso totalmente aleatorio o es una copia de otro criterio de activación. Los registros aleatorios de localización se generan por una tarea de baja prioridad dentro del Sistema Inalámbrico de Localización que lleva a cabo el proceso de localización sobre transmisiones seleccionadas de manera aleatoria siempre y cuando estén disponibles los recursos de comunicación y procesamiento y que de otra forma estarían inactivos en un instante particular de tiempo. La(s) aplicación(es) de solicitud pueden especificar si el procesamiento de localización aleatorio se lleva a cabo en la totalidad del área de cobertura del Sistema Inalámbrico de Localización, en áreas geográficas específicas tales como a lo largo de carreteras prescritas, o por las áreas de cobertura de sitios celulares específicos. Por tanto, las aplicaciones de solicitud pueden dirigir los recursos del Sistema Inalámbrico de Localización a esas áreas de mayor interés a cada aplicación. En dependencia de la aleatoriedad deseada por la aplicación, el Sistema Inalámbrico de Localización puede ajustar preferencias para seleccionar al azar ciertos tipos de transmisiones, por ejemplo, mensajes de registro, mensajes de origen, mensajes de respuesta a localización o transmisiones de canales de voz.

Seguimiento Anónimo de un Grupo Geográfico - El Sistema Inalámbrico de Localización incluye medios para activar el procesamiento de localización sobre una base repetitiva para grupos anónimos de transmisores inalámbricos dentro de un área geográfica prescrita. Por ejemplo, una aplicación de localización particular puede desear monitorear la ruta de viaje de un transmisor inalámbrico durante un período prescrito de tiempo, pero sin que el Sistema Inalámbrico de Localización revele la identidad particular del transmisor inalámbrico. El período de tiempo puede ser de muchas horas, días o semanas. Utilizando los medios el Sistema Inalámbrico de Localización: elige al azar un transmisor inalámbrico que inicie una transmisión en el área geográfica de interés a la aplicación; lleva a cabo el procesamiento de localización en la transmisión de interés, traduce de manera irreversible y encripta la identidad del transmisor inalámbrico a un nuevo identificador codificado; crea un registro de localización utilizando solo el nuevo identificador codificado como medio de identificación; envía el registro de localización a la aplicación de solicitud de localización; y crea una tarea dinámica en el Listado de Asignación de Tareas para el transmisor inalámbrico, en el que la tarea dinámica tiene un tiempo asociado de expiración. De manera subsiguiente, cada vez que el transmisor inalámbrico prescrito inicie una transmisión, el Sistema Inalámbrico de Localización se activará utilizando la tarea dinámica, realizará el procesamiento de localización respecto a la transmisión de interés, traducirá de manera irreversible y encriptará la identidad del transmisor inalámbrico en el nuevo identificador codificado utilizando los mismos medios anteriores de manera que el identificador codificado sea el mismo, creará un registro de localización utilizando el identificador codificado, y enviará el registro de localización a la aplicación que solicita la localización. Los medios aquí descritos pueden combinarse con otras funciones del Sistema Inalámbrico de Localización para llevar a cabo este tipo de monitoreo utilizando transmisiones de canal de control o de voz. Es más, los medios descritos aquí preservan totalmente la identidad privada del transmisor inalámbrico, y sin embargo permiten a otra clase de aplicaciones que pueden monitorear los patrones de viaje de transmisores inalámbricos. Esta clase de aplicaciones pueden ser de gran valor en la determinación del planeamiento y diseño de nuevas carreteras, planeamiento de rutas alternativas o la construcción de espacios comerciales y minoristas.

Etiquetado, Clasificación y Agrupación de Registros de Localización - El Sistema Inalámbrico de Localización incluye medios para post procesar los registros de localización de ciertas aplicaciones de solicitud para agrupar, clasificar o etiquetar los registros de localización. Para cada interfaz sostenida por el Sistema Inalámbrico de Localización, el Sistema Inalámbrico de Localización almacena un perfil de los tipos de datos para los cuales la aplicación está tanto autorizada como solicitando, y los tipos de filtros o acciones de post procesamiento deseados por la aplicación. Muchas aplicaciones, tales como los ejemplos aquí contenidos, no requieren registros individuales de localización o las identidades específicas de transmisores individuales. Por ejemplo, una aplicación RF de optimización deriva más valor de un gran conjunto de datos de registros de localización para un sitio celular en particular o canal que lo que podría de cualquier registro individual de localización. En otro ejemplo, una aplicación de monitoreo de tráfico requiere solo registros de localización de transmisores que están en las carreteras o caminos prescritos, y adicionalmente requiere que estos registros estén agrupados por sección de camino o carretera y por dirección de movimiento. Otras aplicaciones pueden solicitar que el Sistema Inalámbrico de Localización envíe registros de localización que han sido formateados para mejorar el aspecto de despliegue visual ajustando por ejemplo, el estimado de localización del transmisor para que la localización del transmisor aparezca en un mapa electrónico directamente en un segmento de carretera perfilado en lugar de adyacente al segmento de la carretera. Por tanto, el Sistema Inalámbrico de Localización preferiblemente "hace una instantánea" del estimado de localización del segmento perfilado de carretera más cercano.

El Sistema Inalámbrico de Localización puede filtrar e informar registros de localización a una aplicación para transmisores inalámbricos que se comunican solo en un sitio celular, sector, canal RF o grupo de canales RF en particular. Antes de enviar el registro a la aplicación solicitante, el Sistema Inalámbrico de Localización verifica primero que los campos apropiados en el registro satisfagan los requerimientos. Los registros que no igualan los requerimientos no se envían, y los registros que igualan los requerimientos se envían. Algunos filtros son geográficos y deben calcularse por el Sistema Inalámbrico de Localización. Por ejemplo el Sistema Inalámbrico de Localización puede procesar un registro de localización para determinar el segmento de carretera más cercano y dirección en que viaje el transmisor inalámbrico en el segmento de carretera. El Sistema Inalámbrico de Localización puede entonces enviar solo registros a la aplicación que se determine que estén en un segmento de carretera en particular, y puede mejorar aún más el registro de localización añadiendo un campo que contenga el segmento determinado de carretera.

Para determinar el segmento más cercano de carretera, el Sistema Inalámbrico de Localización está provisto de una base de datos de segmentos de carretera de interés de la aplicación solicitante. Esta base de datos se almacena en una tabla en la que cada segmento se almacena con una coordenada de latitud y longitud definiendo el punto de terminación de cada segmento. Cada segmento de carretera puede ser modelado como una línea recta o curva, y puede modelarse para sostener una o dos direcciones de movimiento. Entonces para cada registro de localización determinado por el Sistema Inalámbrico de Localización, el Sistema Inalámbrico de Localización compara la latitud y longitud en el registro de localización respecto a cada segmento de carretera almacenado en la base de datos, y determina la distancia más corta de una línea modelada que conecta los puntos terminales del segmento a la latitud y longitud del registro de localización. La distancia más corta es una línea calculada imaginaria ortogonal a la línea que conecta los dos puntos extremos del segmento de carretera almacenado. Cuando el segmento de carretera más cercano ha sido determinado, el Sistema Inalámbrico de Localización puede determinar aún más la dirección de movimiento en el segmento de carretera comparando la dirección de movimiento del transmisor inalámbrico informado por el procesamiento de localización a la orientación del segmento de carretera. La dirección que produce el menor error respecto a la orientación de los segmentos de carretera se informa entonces por el Sistema Inalámbrico de Localización.

Consola de Operaciones en Redes (NOC) 16

El NOC 16 es un sistema de manejo de redes que le permite a los operadores del Sistema Inalámbrico de Localización N fácil acceso a los parámetros de programación del Sistema Inalámbrico de Localización. Por ejemplo, en algunas ciudades, el Sistema Inalámbrico de Localización puede contener muchos cientos y hasta miles de SCSs 10. El NOC es la manera más efectiva de manejar un Sistema Inalámbrico de Localización grande, utilizando las posibilidades gráficas de la interfaz de usuario. El NOC recibirá también alertas en tiempo real si ciertas funciones dentro del Sistema Inalámbrico de Localización no operan adecuadamente. Estas alertas en tiempo real pueden utilizarse por el operador para tomar acción correctiva rápidamente evitando una degradación del servicio de localización. La experiencia con pruebas del Sistema Inalámbrico de Localización muestran que la capacidad del sistema para mantener buena precisión de localización en el tiempo se relaciona directamente con la capacidad del operador para mantener el sistema operando dentro de sus parámetros predeterminados.

Procesamiento de Localización

El Sistema Inalámbrico de Localización es capaz de llevar a cabo el procesamiento de localización utilizando dos métodos diferentes conocidos como procesamiento de base central y de base en estación. Ambas técnicas fueron primero presentadas en la Patente Número 5 327 144 y se mejoran aún más en esta solicitud. El procesamiento de localización depende en parte de la capacidad para determinar con precisión ciertas características de fase de la señal tal como se recibe en las múltiples antenas y en múltiples SCSs 10. Por tanto, es objeto del Sistema Inalámbrico de Localización identificar y eliminar fuentes de error de fase que impidan la capacidad del procesamiento de localización para determinar las características de fase de la señal recibida. Una fuente de error de fase está dentro del transmisor inalámbrico propiamente, a saber, el oscilador (típicamente un oscilador de cristal) y los lazos de cierre de fase que le permiten al teléfono sincronizarse a canales específicos para transmitir. Los osciladores de cristal de bajo costo tendrán en general mayor ruido de fase. Algunas especificaciones de interfaz aérea, tales como la IS136 e IS95A, tienen especificaciones que cubren el ruido de fase con el cual transmite un teléfono inalámbrico. Otras especificaciones de interfaz aérea, tales como la IS553A, no especifican en detalle el ruido de fase. Es posible reducir automáticamente y/o eliminar un ruido de fase de transmisor inalámbrico como una fuente de error de fase del procesamiento de localización, en parte seleccionando automáticamente el uso de procesamiento de base central o de base en estación. La selección automática también considerará la eficiencia con la cual se utilizan los enlaces de comunicación entre el SCS 10 y los TLP 12, y la disponibilidad de recursos DSP en cada uno de los SCS 10 y TLP 12.

Al utilizar el procesamiento de base central, la determinación mediante TDOA y FDOA y el procesamiento de rutas múltiples se realiza en el TLP 12 conjuntamente con la determinación de posición del sistema inalámbrico de comunicaciones 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 de base central es más efectivo en la reducción o eliminación del ruido de fase del transmisor inalámbrico como una fuente de error de fase porque el estimado TDOA se lleva a cabo utilizando una representación digital de la transmisión real RF desde dos antenas, que pueden estar en el mismo SCS 10 o en diferentes SCSs 10. En este método, los expertos en la técnica reconocerán que el ruido de fase del transmisor es un ruido común de modo en el procesamiento TDOA y por tanto se auto cancela en el proceso de determinación TDOA. Este método funciona mejor, por ejemplo, con muchos teléfonos celulares AMPS de bajo costo que tienen un elevado ruido de fase. Los pasos básicos en el procesamiento de base central incluyen los pasos enumerados más adelante y representados en el diagrama de flujo de la Figura 6:

Un transmisor inalámbrico inicia una transmisión en un canal de control o canal de voz (paso S50);

La transmisión se recibe en múltiples antenas y en múltiples SCSs 10 en el Sistema Inalámbrico de Localización (paso S51);

La transmisión se convierte a formato digital en el receptor conectado a cada SCS/antena (paso S52);

ES 2 316 195 T3

Los datos digitales se almacenan en una memoria en los receptores en cada SCS 10 (paso S53);

La transmisión se demodula (paso S54);

5 El Sistema Inalámbrico de Localización determina si comenzar el proceso de localización para la transmisión (paso S55);

De activarse, el TLP 12 solicita copias de los datos digitales de la memoria en receptores en múltiples SCSs 10 (paso S56);

10 Los datos digitales se envían de los múltiples SCSs 10 a un TLP 12 seleccionado (paso S57);

El TLP 12 lleva a cabo TDOA, FDOA y mitigación de rutas múltiples en los datos digitales desde pares de antenas (paso S58);

15 El TLP 12 lleva a cabo la determinación de posición del sistema inalámbrico de comunicaciones y velocidad utilizando el dato TDOA, y entonces crea un registro de localización y envía el registro de localización al AP 14 (paso S59).

20 El Sistema Inalámbrico de Localización utiliza un número variable de bits para representar la transmisión cuando envía datos digitales de los SCSs 10 al TLP 12. Como se señaló anteriormente, el receptor del SCS digitaliza las transmisiones inalámbricas con una alta resolución, o un gran número de bits por muestra digital para alcanzar un intervalo dinámico suficiente. Esto se requiere especialmente cuando se utilizan receptores digitales de banda ancha, que puede estar recibiendo simultáneamente señales cercanas al SCS 10A y lejos del SCS 10B. Por ejemplo, hasta 25 14 bits pueden requerirse para representar un intervalo dinámico de 84 dB. El procesamiento de localización sin embargo, no siempre requiere alta resolución por muestra digital. Frecuentemente, las localizaciones con suficiente precisión pueden lograrse por parte del Sistema Inalámbrico de Localización utilizando un número menor de bits por muestra digital. Por tanto para minimizar el costo de implementación del Sistema Inalámbrico de Localización conservando el ancho de banda en los enlaces de comunicación entre cada SCS 10 y TLP 12, el Sistema Inalámbrico 30 de Localización determina el número menor de bits requerido para representar digitalmente una transmisión a la vez que mantiene un nivel deseado de precisión. Esta determinación se basa, por ejemplo, en el protocolo particular de interfaz aérea, utilizado por el transmisor inalámbrico, el SNR de la transmisión, en el grado en el cual la transmisión ha sido perturbada por desvanecimiento y/o multisenda, y en el estado actual del procesamiento y listas de espera de comunicación en cada SCS 10. El número de bits enviado desde el SCS 10 al TLP 12 se reduce de dos formas: el 35 número de bits por muestra se minimiza, y la longitud más corta, o los segmentos más escasos de la transmisión, se utilizan para el procesamiento de localización. El TLP 12 puede utilizar estos datos RF mínimos para llevar a cabo el procesamiento de localización y entonces comparar el resultado con el nivel de precisión deseado. Esta comparación se lleva a cabo sobre la base del cálculo de un intervalo de confianza. Si el estimado de localización no cae dentro de los límites deseados de precisión, el TLP 12 requerirá de manera recursiva datos adicionales de SCSs 10 seleccionados. 40 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 manera recursiva hasta que el TLP 12 haya logrado la precisión de localización prescrita.

Hay detalles adicionales a los pasos básicos antes descritos. Estos detalles se describen en las Patentes anteriores 5 327 144 y 5 608 410 en otras partes de esta solicitud. Una mejora a los procesos descritos en patentes anteriores es la selección de un SCS/antena de referencia individual utilizado para cada línea base en el procesamiento de localización. En técnicas anteriores, las líneas base se determinaban utilizando pares de sitios de antenas alrededor de un anillo. En el Sistema Inalámbrico de Localización presente, el SCS/antena de referencia individual utilizado es en general la 50 señal SNR más elevada, aunque otros criterios son también utilizados tal como se describe más adelante. El uso de una referencia elevada de SNR ayuda al procesamiento de localización de base central cuando los otros SCS/antenas utilizados en el procesamiento de localización son muy bajos, tales como los que están en el nivel del piso de ruido o por debajo (i. e. cero o señal negativa respecto a proporción de ruido). Cuando se utiliza el procesamiento de estación de base, la señal de referencia es una señal remodulada que se crea intencionalmente para que tenga una proporción muy elevada de señal respecto a ruido, asistiendo aún más al procesamiento de localización para señales muy bajas en 55 otros SCS/antenas. La selección actual de SCS/antena de referencia se describe más adelante.

El Sistema Inalámbrico de Localización mitiga la senda múltiple estimando de manera recursiva primero los componentes de senda múltiple recibidos en adición al componente de ruta directa y sustrayendo entonces estos componentes de la señal recibida. Por tanto el Sistema Inalámbrico de Localización modela la señal recibida y compara 60 el modelo con la señal real recibida e intenta minimizar la diferencia entre los dos utilizando una diferencia sopesada de cuadrado menor. Para cada señal transmitida $x(t)$ de un transmisor inalámbrico, la señal recibida $y(t)$ en cada SCS/antena es una combinación compleja de señales:

65
$$y(t) = \sum x(t - \tau_n) a_n e^{j\omega(t - \tau_n)},$$

ES 2 316 195 T3

Para toda $n = 0$ hasta N ;

5 Donde $x(t)$ es la señal tal como se transmite por el transmisor inalámbrico, a_0 y τ_0 son la amplitud compleja y demoras de los componentes de multisenda; N es el número total de componentes de senda múltiple en la señal recibida; y a_0 y τ_0 son constantes para el componente de la ruta más directa.

10 El operador del Sistema Inalámbrico de Localización determina de manera empírica un conjunto de restricciones para cada componente de senda múltiple que se aplique al entorno específico en el cual opera cada Sistema Inalámbrico de Localización. El propósito de las restricciones es limitar la cantidad de tiempo de procesamiento que el Sistema Inalámbrico de Localización dedica a optimizar los resultados para cada cálculo de mitigación de multisenda. Por ejemplo, el Sistema Inalámbrico de Localización puede estar alistado para determinar solo cuatro componentes de multisenda: el primer componente puede asumirse que tiene una demora de tiempo en el intervalo de τ_{1A} a τ_{1B} ; el segundo componente puede asumirse que tiene una demora de tiempo en el intervalo de τ_{2A} a τ_{2B} ; el tercer componente puede asumirse que tiene una demora de tiempo en el intervalo de τ_{3A} a τ_{3B} ; y de manera similar para el cuarto componente; sin embargo el cuarto componente es un valor único que efectivamente representa una combinación compleja de muchas decenas de componentes individuales (y algo difusos) de senda múltiple cuyos tiempos de demora exceden del intervalo del tercer componente. Para facilidad de procesamiento, el Sistema Inalámbrico de Localización transforma la ecuación previa al dominio de frecuencia, y entonces resuelve para los componentes individuales tal que se minimice una diferencia sopesada de cuadrado menor.

20 Cuando se utilice procesamiento de estación de base, la determinación TDOA y FDOA y la mitigación de senda múltiple se llevan a cabo en los SCSs 10, mientras que la determinación de posición y velocidad se llevan a cabo típicamente en el TLP 12. La ventaja principal del procesamiento de estación de base tal como se describe en la Patente Número 5 327 144 es la reducción de la cantidad de datos enviados al enlace de comunicación entre cada SCS 10 y TLP 12. Sin embargo, puede haber otras ventajas también. Es posible la ganancia efectiva de procesamiento de señales durante el procesamiento TDOA. Como se señaló anteriormente, el procesamiento de base central tiene la ventaja de eliminar o reducir el error de fase causado por el ruido de fase en el transmisor inalámbrico. Sin embargo, ninguna presentación anterior ha enfrentado como eliminar o reducir el mismo error de ruido de fase al utilizar el procesamiento de estación de base.

30 Es posible reducir el error de fase e incrementar la ganancia efectiva de procesamiento de señales utilizando los pasos enumerados a continuación y mostrados en la Figura 6:

35 Un transmisor inalámbrico inicia una transmisión en un canal de control o en un canal de voz (paso S60);

La transmisión se recibe en múltiples antenas y en múltiples SCSs 10 en el Sistema Inalámbrico de Localización paso (S61);

40 La transmisión se convierte en un formato digital en el receptor conectado a cada antena (paso S62);

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

La transmisión se demodula (paso S64);

45 El Sistema Inalámbrico de Localización determina si comienza el procesamiento de localización para la transmisión (paso S65);

Si activado, un primer SCS 10A demodula la transmisión y determina un intervalo apropiado de corrección de fase (paso S66);

50 Para cada intervalo de corrección de fase, el primer SCS 10A calcula una corrección de fase apropiada y corrección de amplitud, y codifica estos parámetros de corrección de fase y de corrección de amplitud conjuntamente con los datos remodulados (paso S67);

55 Los datos demodulados y los parámetros de corrección de fase, y de amplitud se envían desde el primer SCS 10A a un TLP 12 (paso S68);

El TLP 12 determina los SCSs 10 y antenas receptoras a utilizar en el proceso de localización (paso S69);

60 El TLP 12 envía los datos demodulados y parámetros de corrección de fase y de amplitud a cada segundo SCS 10B que será utilizado en el proceso de localización (paso S70);

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

65 El primer SCS 10 y cada segundo SCS 10 B llevan a cabo TDOA, FDOA y mitigación de senda múltiple utilizando los datos digitales almacenados en memoria en cada SCS 10 y la primera señal remodulada (paso S72);

ES 2 316 195 T3

El TDOA, FDOA y los datos de mitigación de senda múltiple se envían desde el primer SCS 10A y cada segundo 10B al TLP 12 (paso S73);

El TLP 12 lleva a cabo determinación de posición y velocidad utilizando datos TDOA (paso S74); y

El TLP 12 crea un registro de localización, y sigue y envía el registro de localización al AP 14 (paso S75).

Las ventajas al determinar los parámetros de corrección de fase y corrección de amplitud son más obvias en la localización de transmisores inalámbricos CDMA en IS-95A. Como es bien conocido, las transmisiones en sentido inverso de un transmisor IS-95A se envían utilizando modulación no coherente. La mayoría de las estaciones de base CDMA solo integran en un intervalo de un solo bit debido a la modulación no coherente. Para un Canal de Acceso CDMA, con una velocidad de 4 800 bits por segundo, se envían 256 chips por bit, lo que permite una ganancia de integración de 24 dB. Utilizando la técnica antes descrita, el procesamiento TDOA en cada SCs 10 puede integrar, por ejemplo, más de una descarga total de 160 milisegundos (196 608 chips) para producir una ganancia de integración de 53 dB. Esta ganancia adicional de procesamiento permite la detección y localización de transmisiones CDMA utilizando múltiples SCSs 10, aún si las estaciones de base colocadas con los SCSs 10 no pudieran detectar la misma transmisión CDMA.

Para una transmisión particular, si los parámetros de corrección de fase o de corrección de amplitud se calculan como de valor cero, o no se necesitan, entonces estos parámetros no se envían para poder conservar el número de bits transmitidos a través del enlace de comunicaciones entre cada SCS 10 y TLP 12. El Sistema Inalámbrico de Localización puede utilizar alternativamente un intervalo de corrección de fase excitada para una transmisión particular o para todas las transmisiones de un protocolo particular de interfaz aérea, o para todas las transmisiones hechas por un tipo particular de transmisor inalámbrico. Esto puede por ejemplo, basarse en datos empíricos reunidos durante un período de tiempo por el Sistema Inalámbrico de Localización mostrando una consistencia razonable en el ruido de fase exhibido por varias clases de transmisores. En estos casos, el SCS 10 puede guardar el paso de procesamiento para determinar el intervalo apropiado de corrección de fase.

Los expertos en la técnica reconocerán que hay muchas formas de medición del ruido de fase de un transmisor inalámbrico. En una realización, una copia pura, silente, remodulada de la señal recibida en un primer SCS 10A puede generarse digitalmente por DSPs en el SCS, entonces la señal recibida puede compararse contra la señal pura en cada intervalo de corrección de fase y la diferencia de fase puede medirse directamente. En esta realización, el parámetro de corrección de fase se calculará como el negativo de la diferencia de fase en ese intervalo de corrección de fase. El número de bits requeridos para representar el parámetro de corrección de fase variará con la magnitud del parámetro de corrección de fase, y el número de bits puede variar para cada intervalo de corrección de fase. Se ha observado que algunas transmisiones, por ejemplo, exhiben mayor ruido de fase al comienzo de la transmisión, y menor ruido de fase a mediado y más tarde durante la transmisión.

El procesamiento de base en estación es muy útil para transmisores inalámbricos que tienen ruido de fase relativamente bajo. Aunque no se requiere necesariamente por sus respectivos estándares de interfaz aérea, los teléfonos inalámbricos que utilizan los protocolos TDMA, CDMA o GSM típicamente exhibirán ruido de fase más bajo. A medida que el ruido de fase de un transmisor inalámbrico incrementa, la longitud de un intervalo de corrección puede disminuir y/o el número de bits requeridos para representar los parámetros de corrección de fase aumenta. El procesamiento de base en estación no es efectivo cuando el número de bits requerido para representar el área demodulada más los parámetros de corrección de fase y de amplitud excede una proporción predeterminada del número de bits requerido para llevar a cabo el procesamiento de base central. Es posible determinar automáticamente para cada transmisión para la cual se requiere una localización si procesar la localización utilizando procesamiento de base central o de base en estación. Los pasos para tomar esta determinación se enuncian más adelante como muestra la Figura 7:

Un transmisor inalámbrico inicia una transmisión en un canal de control o un canal de voz (paso S80);

La transmisión se recibe en un primer SCS 10A (paso S81);

La transmisión se convierte a formato digital en el receptor conectado a cada antena (paso S82);

El Sistema Inalámbrico de Localización determina si comenzar el procesamiento de localización para la transmisión (paso S83);

De activarse, un primer SCS 10A demodula la transmisión y estima un intervalo apropiado de corrección de fase y el número de bits requerido para codificar los parámetros de corrección de fase y de corrección de amplitud (paso S84);

El primer SCS 10A entonces estima el número de bits requerido para el procesamiento de base central, basado en el número de bits requerido para cada método respectivo, el SCS 10 o el TLP 12 determinan si utilizar procesamiento de base central o de base en estación para llevar a cabo el procesamiento de localización para esta transmisión (paso S85).

ES 2 316 195 T3

El Sistema Inalámbrico de Localización puede utilizar siempre el procesamiento de base central o de base en estación para todas las transmisiones de un protocolo de interfaz aérea particular, o para todas las transmisiones hechas por un tipo particular de transmisor inalámbrico. Esto puede, por ejemplo, basarse en datos empíricos reunidos durante un período de tiempo por el Sistema Inalámbrico de Localización mostrando una consistencia razonable en el ruido de fase exhibido por diversas clases de transmisores. En estos casos, el SCS 10 y/o el TLP 12 pueden haber guardado el paso de procesamiento para la determinación del método apropiado de procesamiento.

Una mejora posterior, utilizada para ambos procesamientos, de base central y de base en estación, consiste en el uso del criterio de umbral para incluir líneas base en la determinación final de localización y velocidad de transmisores inalámbricos. Para cada línea base, el Sistema Inalámbrico de Localización calcula un número de parámetros que incluye: el puerto SCS/antena utilizado con la referencia SCS/antena en el cálculo de la línea base, el pico, promedio, y variación en la potencia de la transmisión como se recibe en el puerto SCS/antena utilizado en la línea base y en el intervalo utilizado por el procesamiento de localización, el valor de la correlación a partir de la correlación de espectro cruzado entre el SCS/antena utilizado en la línea base y la referencia SCS/antena, el valor de demora para la línea base, los parámetros de mitigación de multisenda, los valores residuales remanentes luego de los cálculos de la mitigación de multisenda, la contribución de SCS/antena al GDOP sopesado en la solución final de localización y una medición de la calidad de ajuste de la línea base si se incluyera en la solución final de localización. Cada línea base incluida en la solución final de localización cumple o excede el criterio de umbral para cada uno de los parámetros aquí descritos. Una línea base puede ser excluida de la solución de localización si ésta falla en el cumplimiento de uno o más criterios de umbral. Por tanto, es posible frecuentemente que el número de SCS/antenas actualmente utilizados en la solución final de localización sea menor que el número total considerado.

Los Números de Patentes previas 5 327 144 y 5 608 410 presentaban un método mediante el cual el procesamiento de localización minimizaba la diferencia del cuadrado menor (LSD) de la siguiente ecuación:

$$\text{LSD} = [Q_{12}(\text{Delay_T}_{12} - \text{Delay_O}_{12})^2 + Q_{13}(\text{Delay_T}_{13} - \text{Delay_O}_{13})^2 + \dots + Q_{N2}(\text{Delay_T}_{N2} - \text{Delay_O}_{N2})^2]$$

En la presente implementación, esta ecuación ha sido reagrupada a la forma siguiente para que el código del procesamiento de localización sea más eficiente.

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

para total $i = 1$ a $N - 1$

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

$TDOA_{0i}$ = el TDOA al i -ésimo sitio desde el sitio de referencia 0;

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

τ_0 = la línea teórica del tiempo de propagación de la visión desde el transmisor inalámbrico a la referencia; y

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

En la presente implementación, el Sistema Inalámbrico de Localización también utiliza otra forma alterna de la ecuación que puede auxiliar en la determinación de soluciones de localización cuando la señal de referencia no es muy fuerte o cuando es posible que exista un sesgo en la solución de localización utilizando la forma previa de la ecuación:

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

para total $i = 0$ a $N - 1$

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

$TDOA_{0i}$ = el TDOA al sitio i -ésimo desde el sitio de referencia 0;

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

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

ES 2 316 195 T3

b = un sesgo que se calcula de manera separada para cada punto teórico que minimiza el LSD' en el punto teórico;
y

w_i = el peso, o factor de calidad, aplicado a la enésima línea base.

La forma LSD' de la ecuación ofrece un medio más fácil de eliminar un sesgo en las soluciones de localización en el sitio de referencia haciendo a w_0 igual al valor máximo de los otros pesos o basando w_0 en la fuerza relativa de la señal en el sitio de referencia. Debe notarse que si w_0 es mucho mayor que los otros pesos, entonces b es aproximadamente igual a τ_0 . En general, los pesos, o factores de calidad se basan en criterios similares a los discutidos anteriormente respecto al criterio de umbral en la inclusión de líneas base. Esto es, los resultados de los cálculos de criterios se utilizan para pesos y cuando el criterio cae por debajo del umbral, el peso se fija entonces en cero y efectivamente no es incluido en la determinación de la solución final de localización.

Proceso de Selección de Antena para Procesamiento de Localización

Inventiones y presentaciones previas, tales como las enumeradas anteriormente, han descrito técnicas en las cuales se requieren un primer, segundo o posible tercer sitio de antena, sitio celular, o estación de base para determinar la localización. La Patente número 5 608 410 presenta además un Subsistema Dinámico de Selección (DSS) que es responsable de la determinación del soporte de datos a partir del cual se utilizarán localizaciones de sitios de antena para calcular la localización de un transmisor de respuesta. En el DSS, si los soportes de datos se reciben de más de un número de sitios de un umbral, el DSS determina cuales son candidatos a retención o exclusión, y entonces organiza de manera dinámica los soportes de datos para procesamiento de localización. El DSS prefiere utilizar más de un número mínimo de sitios de antena de manera que la solución se determine por exceso. Adicionalmente, el DSS asegura que todas las transmisiones utilizadas en el procesamiento de localización se recibieron del mismo transmisor y de la misma transmisión.

Las realizaciones preferentes de invenciones anteriores tenían sin embargo, varias limitaciones. Primero, o solo se utiliza una antena por sitio de antenas (o sitio celular), o los datos de dos a cuatro antenas diversas se combinaron primero en el sitio de antenas (o sitio celular) antes de la transmisión al sitio central. Adicionalmente, todos los sitios de antena que recibieron la transmisión enviaron soportes de datos al sitio central, aún si el DSS descartara después los soportes de datos. Por tanto, el ancho de banda de algunas comunicaciones puede haberse malgastado enviando datos que no se utilizaron.

Los presentes inventores han determinado que aunque se requiere un mínimo de tres sitios para determinar la localización, la selección real de antenas y SCSs 10 a utilizar en procesamiento de localización puede tener un efecto significativo en los resultados del procesamiento de localización. Adicionalmente, es ventajoso incluir los medios para utilizar más de una antena en cada SCS 10 en el procesamiento de localización. La razón para utilizar datos de múltiples antenas en un sitio celular independientemente en el procesamiento de localización es que la señal recibida en cada antena se afecta de manera única por la multisenda, desvanecimiento y otros disturbios. Es bien conocido en la técnica que cuando dos antenas se separan en distancia por más de una longitud de onda, entonces cada antena recibirá la señal de una senda independiente. Por tanto, frecuentemente se gana información adicional y única acerca de la localización del transmisor inalámbrico utilizando múltiples antenas, mejorando en correspondencia, la capacidad del Sistema Inalámbrico de Localización para mitigar multisendas.

Es por tanto posible brindar un método mejorado para utilizar las señales recibidas desde más de una antena en un SCS 10 en el procesamiento de localización. Es un objeto adicional el de brindar un método para mejorar el proceso dinámico utilizado para seleccionar las antenas cooperantes y SCSs 10 utilizados en el procesamiento de localización. El primer objeto se logra proveyendo medios dentro del SCS 10 para seleccionar y utilizar cualquier segmento de datos recopilado desde cualquier número de antenas en un SCS en el procesamiento de localización. Como se describió anteriormente, cada antena en un sitio celular se conecta a un receptor interno al SCS 10. Cada receptor convierte señales recibidas de la antena a una forma digital, y entonces almacena temporalmente las señales digitalizadas en una memoria en el receptor. El TLP 12 ha sido provisto con medios para dirigir cualquier SCS 10 para recuperar segmentos de datos de la memoria temporal de cualquier receptor, y brindar los datos para uso en procesamiento de localización. El segundo objeto se logra proveyendo medios dentro del Sistema Inalámbrico de Localización para monitorear un gran número de antenas para recepción de la transmisión que el Sistema Inalámbrico de Localización desea localizar, y entonces elegir un conjunto menor de antenas para uso en procesamiento de localización basado en un conjunto predeterminado de parámetros. Un ejemplo de este proceso de selección se representa en el diagrama de flujo de la Figura 8:

Un transmisor inalámbrico inicia una transmisión en un canal de control o canal de voz (paso S90);

La transmisión se recibe en múltiples antenas y en múltiples SCSs 10 en el Sistema Inalámbrico de Localización (paso S91);

La transmisión se convierte a formato digital en el receptor conectado a cada antena (paso S92);

Los datos digitales se almacenan en una memoria en cada SCS 10 (paso S93);

ES 2 316 195 T3

La transmisión se demodula en al menos un SCS 10A y se determina el número del canal en el cual ocurrió la transmisión y el sitio celular y sector que sirven al trasmisor inalámbrico (paso S94);

Basado en el sitio celular y sector servidor, un SCS 10A se designa como el SCS 10 “primario” para procesar esa transmisión (paso S95);

El SCS 10A primario determina una marca de tiempo asociada con los datos demodulados (paso S96);

El SIL determina si comenzar el procesamiento de localización para la transmisión (paso S97);

Si se activa el procesamiento de localización, el Sistema Inalámbrico de Localización determina una lista de candidatos de SCSs 10 y antenas a utilizar en el procesamiento de localización (paso S98);

Cada SCS/antena candidato mide e informa varios parámetros en el número de canal de la transmisión y en el momento de la marca de tiempo determinada por el SCS 10A primario (paso S99);

El Sistema Inalámbrico de Localización ordena a los SCS/antenas candidatos utilizando criterios especificados y selecciona un SCS/antena de referencia y una lista de procesamiento de SCS/antenas a utilizar en el procesamiento de localización (paso S100); y

El Sistema Inalámbrico de Localización procede con el procesamiento de localización como se describió anteriormente, utilizando datos de la lista de procesamiento de los SCS/antenas (paso S101).

Selección de SCS Primario/Antena

El proceso de selección del SCS “primario”/antena es crítico, porque la lista de candidatos de SCSs 10 y antenas 10-1 se determina en parte en base a la designación del SCS primario/antena. Cuando un transmisor inalámbrico realiza una transmisión en un canal RF particular, la transmisión frecuentemente puede propagarse a muchas millas antes de que se atenúe la señal por debajo de un nivel al cual puede ser demodulada. Por tanto, frecuentemente hay muchos SCS/antenas capaces de demodular la señal. Esto ocurre especialmente en áreas urbanas y suburbanas donde el patrón de reuso de frecuencia de muchos sistemas inalámbricos de comunicaciones puede ser muy denso. Por ejemplo, debido a la alta proporción de uso de muchos sistemas inalámbricos de comunicaciones y al espaciamiento denso de los sitios celulares, los inventores presentes han examinado sistemas inalámbricos de comunicaciones en los cuales el mismo canal de control RF y el código digital de color se utilizaron en sitios celulares espaciados de alrededor de una milla entre sí. Debido a que el Sistema Inalámbrico de Localización está demodulando estas transmisiones de forma independiente, el Sistema Inalámbrico de Localización puede demodular frecuentemente la misma transmisión en dos, tres o más SCS/antenas independientes. El Sistema Inalámbrico de Localización detecta que la misma transmisión ha sido demodulada en múltiples veces en múltiples SCS/antenas cuando el Sistema Inalámbrico de Localización recibe múltiples soportes de datos demodulados enviados desde diferentes SCS/antenas, cada uno con un número de bits de errores por debajo de un umbral predeterminado de bits de errores, y con la igualación de los datos demodulados dentro de un límite aceptable de bits de errores, ocurriendo todo dentro de un intervalo de tiempo predeterminado.

Cuando el Sistema Inalámbrico de Localización detecta datos demodulados de múltiples SCS/antenas, éste examina los siguientes parámetros para determinar cual SCS/antena debe designarse como SCS primario: SNR promedio en el intervalo de transmisión utilizado para procesamiento de localización, la variación en el SNR en el mismo intervalo, la correlación del comienzo de la transmisión recibida contra un precursor puro (i.e. por AMPS, el punteo y código de Barrer), el número de bits de errores en los datos demodulados, y la magnitud y razón de cambio del SNR de antes del arranque de la transmisión al arranque de la transmisión, así como otros parámetros similares. El SNR promedio se determina típicamente en cada SCS/antena a lo largo de toda la extensión de la transmisión utilizada para el procesamiento de localización, o a lo largo de un intervalo más corto. El SNR promedio en el intervalo más corto puede determinarse llevando a cabo una correlación con la secuencia de punteo y/o código Barker y/o palabra de sincronización (sync word), en dependencia del protocolo de interfaz aérea particular, y en un corto marco de tiempo antes, durante y después de la marca de tiempo informada por cada SCS 10. El marco de tiempo puede por ejemplo, ser típicamente más/menos 200 microsegundos centrado en la marca de tiempo. El Sistema Inalámbrico de Localización en general ordenará a los SCS/antenas, que utilizan los criterios siguientes, cada uno de los cuales puede ser sopesado (multiplicado por un factor apropiado) cuando combinan los criterios para determinar la decisión final: se prefieren SCS/antenas con un número más bajo de bits de errores que SCS/antenas con un número más elevado de bits de errores; el SNR promedio para un SCS/antena dado debe ser mayor que un umbral predeterminado a designar como el primario; los SCS/antenas con mayor SNR promedio se prefieren en relación con los de menor SNR promedio; y los SCS/antenas con una razón de cambio SNR mas rápida al comienzo de la transmisión se prefieren respecto a aquellos con una razón de cambio más lenta. El sopesado aplicado a cada uno de estos criterios puede ser ajustado por el operador del Sistema Inalámbrico de Localización para ajustarse al diseño particular de cada sistema.

La lista de candidatos SCSs10 y antenas 10-1 se eligen utilizando un conjunto predeterminado de criterios, basados, por ejemplo, en el conocimiento de los tipos de sitios celulares, tipos de antenas en los sitios celulares, geometría de las antenas, y un factor de sopesado que sopesa ciertas antenas más que otras. El factor sopesado toma en cuenta el conocimiento del terreno en el cual opera el Sistema Inalámbrico de Localización, datos empíricos pasados de la contribución que ha hecho cada antena a buenos estimados de localización, y otros factores que pueden ser específicos

de cada instalación diferente del Sistema Inalámbrico de Localización. En una realización, por ejemplo, el Sistema Inalámbrico de Localización puede seleccionar la lista de candidatos para que incluya todos los SCSs 10 hasta un número máximo de sitios (número-máximo-de-sitios) que están más cerca respecto a un radio máximo predeterminado desde el sitio primario (radio-máximo-desde-primario). Por ejemplo, en un entorno urbano o suburbano, en el que puede haber un gran número de sitios celulares, el número-máximo-de-sitios puede estar limitado a diecinueve. Diecinueve sitios incluirían al primario, al primer anillo de seis sitios que rodea al primario (asumiendo una distribución hexagonal clásica de sitios celulares), y el próximo anillo de doce sitios que rodea al primer anillo. Esto se ilustra en la Figura 9. En otra realización, en un entorno urbano o suburbano, el radio-máximo-desde-el-primario puede fijarse a 40 millas para asegurar que esté disponible el máximo conjunto de SCS/antenas candidatos. El Sistema Inalámbrico de Localización está provisto de medios para limitar el número total de SCSs candidatos a un número máximo (número-máximo-de-candidatos), aunque a cada SCS candidato se le permite elegir el mejor puerto de entre sus antenas disponibles. Esto limita el tiempo máximo dedicado por el Sistema Inalámbrico de Localización al procesamiento de una localización particular. El máximo-número-de-candidatos puede fijarse en treinta y dos, por ejemplo, lo que significa que en un sistema inalámbrico de comunicaciones típico de tres sectores con diversidad, hasta $32 \times 6 = 192$ antenas totales serían tenidas en cuenta para el procesamiento de localización de una transmisión particular. Para limitar el tiempo dedicado al procesamiento de una localización particular, el Sistema Inalámbrico de Localización está provisto con medios para limitar el número de antenas utilizadas en el procesamiento de localización al número-máximo-de-antenas-procesadas. El número-máximo-de-antenas-procesadas es en general menor que el-número-máximo-de-candidatas y se fija típicamente en dieciséis.

Aunque el Sistema Inalámbrico de Localización dispone de la capacidad para determinar de manera dinámica la lista de candidatos SCSs 10 y antenas basado en el conjunto de criterios predeterminados antes descritos, el Sistema Inalámbrico de Localización puede almacenar también una lista fija de candidatos en una tabla. Por tanto, para cada sitio celular y sector en el sistema inalámbrico de comunicaciones, el Sistema Inalámbrico de Localización tiene una tabla independiente que define la lista de candidatos SCS 10 y antenas 10-1 a utilizar cuando un transmisor inalámbrico inicie una transmisión en ese sitio celular y sector. En lugar de elegir de manera dinámica a los candidatos SCSs 10 y antenas cada vez que se activa una solicitud de localización, el Sistema Inalámbrico de Localización lee la lista de candidatos directamente de la tabla cuando se inicia el procesamiento de localización.

En general se elige un gran número de candidatos SCSs 10 para brindarle al Sistema Inalámbrico de Localización oportunidad suficiente y capacidad de medición y mitigación de multisenda. En cualquier transmisión dada una cualquiera o más antenas particulares en uno o más SCSs 10 pueden recibir señales que han sido afectadas en diverso grado por la multisenda. Por tanto, es ventajoso proveer este medio dentro del Sistema Inalámbrico de Localización para seleccionar de manera dinámica un conjunto de antenas que pueda haber recibido menos sendas múltiples que otras antenas. El Sistema Inalámbrico de Localización utiliza diversas técnicas para mitigar tanta senda múltiple de cualquier señal recibida como sea posible; sin embargo es prudente seleccionar frecuentemente un conjunto de antenas que contenga la menor cantidad de multisendas.

Elección de SCS/Antenas de Referencia y Cooperantes

Al elegir el conjunto de SCS/antenas a utilizar en el procesamiento de localización, el Sistema Inalámbrico de Localización ordena los SCS/antenas candidatos utilizando varios criterios, incluyendo por ejemplo: SNR promedio utilizando durante el intervalo de transmisión para procesamiento de localización, la variación en el SNR durante el mismo intervalo, la correlación del arranque de la transmisión recibida contra un precursor puro (i. e. para AMPS, el punteado y código Barker) y/o datos demodulados del SCS/antena primarios en los cuales se demoduló la transmisión, y la magnitud y proporción de cambio del SNR desde justo antes del arranque de la transmisión al arranque de la transmisión, así como otros parámetros similares. El SNR se determina típicamente en cada SCs y para cada antena en la lista de candidatos durante la totalidad de la extensión de la transmisión utilizada para, o durante un intervalo más corto. El SNR promedio durante 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 aérea particular, y durante un corto período de tiempo antes, durante y después de la marca de tiempo informada por el SCS 10 primario. El período de tiempo puede ser típicamente de más/menos 200 microsegundos centrado en la marca de tiempo, por ejemplo. El Sistema Inalámbrico de Localización ordenará en general los SCS/antenas candidatos utilizando los siguientes criterios, cada uno de los cuales puede ser sopesado al combinar los criterios para determinar la decisión final: el SNR promedio para un SCS/antena dado debe ser mayor que un umbral predeterminado a utilizar en procesamiento de localización; los SCS/antenas con mayor promedio de SNR se prefieren respecto a los de menor promedio; los SCS/antenas con menor variación de SNR se prefieren respecto a los de mayor variación; los SCS/antenas con un arranque más cercano al arranque informado por los SCS/antenas demoduladores se prefieren respecto a los de un arranque más distante en el tiempo; los SCS/antenas con una razón de cambio del SNR más rápida se prefieren sobre los de menor razón de cambio; los SCS/antenas con menor GDOP sopesado de incremento se prefieren sobre los de mayor GDOP sopesado de incremento, en los que el sopesado se basa en pérdida de ruta estimada desde el SCS primario. El sopesado aplicado a cada una de estas preferencias puede ajustarse por el operador del Sistema Inalámbrico de Localización para acomodar el diseño particular de cada sistema. El número de SCSs 10 diferentes utilizados en el procesamiento de localización se maximiza hasta un límite predeterminado; el número de antenas utilizadas en cada SCS 10 se limita hasta un límite predeterminado y el número total de SCS/antenas utilizados se limita al número-máximo-de-antenas-procesadas. El SCS/antena con el cómputo mayor utilizando el proceso antes descrito se designa como SCS/antena de referencia para procesamiento de localización.

Mejor Elección de Puerto Dentro de un SCS 10

Frecuentemente, los SCS/antenas en la lista de candidatos o en la lista a utilizar en procesamiento de localización incluirán solo una o dos antenas en un SCS 10 particular. En estos casos, el Sistema Inalámbrico de Localización puede permitirle al SCS 10 elegir el “mejor puerto” a partir de todas o de algunas antenas en un SCS 10 particular. Por ejemplo, si el Sistema Inalámbrico de Localización selecciona utilizar solo una antena en un primer SCS 10, entonces el primer SCS 10 puede seleccionar el mejor puerto de antena a partir de los puertos típicos de seis antenas que están conectados a ese SCS 10, o puede seleccionar el mejor puerto de antena entre los dos puertos de antena de solo un sector del sitio celular. El mejor puerto de antena se elige utilizando el mismo proceso y comparando los mismos parámetros descritos anteriormente para elegir el conjunto de SCS/antenas a utilizar en procesamiento de localización, excepto que todas las antenas consideradas para el mejor puerto están todos en el mismo SCS 10. Al comparar antenas para el mejor puerto, el SCS 10 puede también dividir opcionalmente la señal recibida en segmentos, y entonces medir el SNR separadamente en cada segmento de la señal recibida. Entonces, el SCS 10 puede elegir opcionalmente el mejor puerto de antena con el mayor SNR utilizando (i) el puerto de antena con la mayor cantidad de segmentos con mayor SNR, o (ii) utilizar el puerto de antena con el mayor SNR en cualquier segmento.

Detección y Recuperación de Colisiones

Debido a que el Sistema Inalámbrico de Localización utiliza datos de muchos puertos SCS/antena, hay una probabilidad de que la señal recibida en uno o más puertos SCS/antena en particular contenga energía que sea interferencia de cocanal de otro transmisor inalámbrico (i. e. ocurrencia de colisión total o parcial entre dos transmisiones inalámbricas independientes). Hay también una probabilidad razonable de que la interferencia de cocanal tenga un SNR mucho mayor que la señal del transmisor inalámbrico objetivo, y de no detectarse por el Sistema Inalámbrico de Localización, la interferencia de cocanal puede provocar una elección incorrecta del mejor puerto de antena en un SCS 10, referencia de SCS/antena, SCS/antena candidatos o SCS/antena a utilizar en procesamiento de localización. La interferencia de cocanal puede causar también un TDOA pobre y resultados de FDOA, provocando un fallo o estimado de localización pobre. La probabilidad de colisión aumenta con la densidad de sitios celulares en el sistema huésped de la comunicación inalámbrica, especialmente en entornos urbanos o rurales densos donde las frecuencias son frecuentemente reusadas y el empleo de inalámbricos es alto.

Por tanto, el Sistema Inalámbrico de Localización incluye medios para detectar y recuperarse de los tipos de colisiones antes descritas. Por ejemplo, en el proceso de selección de un mejor puerto, de la antena/SCS de referencia, o del SCS/antena candidato, el Sistema Inalámbrico de Localización determina el SNR promedio de la señal recibida y la variación del SNR durante el intervalo de la transmisión; cuando la variación del SNR está por encima de un umbral predeterminado, el Sistema Inalámbrico de Localización asigna una probabilidad de que haya ocurrido una colisión. Si la señal recibida en un SCS/antena ha aumentado o disminuido su SNR en un solo paso, y en una cantidad mayor que un umbral predeterminado, el Sistema Inalámbrico de Localización asigna una probabilidad de que haya ocurrido una colisión. Además, si el SNR promedio de la señal recibida en un SCS remoto es mayor que el SNR promedio que se predijera por parte de un modelo de propagación, dado el sitio celular en el cual el transmisor inalámbrico inició su transmisión y los niveles conocidos de potencia de transmisión y patrones de antena del transmisor y antenas receptoras, el Sistema Inalámbrico de Localización asigna una probabilidad de que haya ocurrido una colisión. Si la probabilidad de que haya ocurrido una colisión está por encima de un umbral predeterminado, entonces el Sistema Inalámbrico de Localización lleva a cabo el procesamiento posterior descrito más adelante para verificar si y en que medida una colisión puede haber dañado la señal recibida en un SCS/antena. La ventaja de asignar probabilidades reside en la reducción o eliminación del procesamiento extra para la mayoría de las transmisiones en las cuales no ha ocurrido colisión. Debe notarse que los niveles del umbral, probabilidades asignadas, y otros detalles de los procesos de detección y recuperación de colisiones aquí descritos pueden configurarse, i. e. seleccionarse en base a la aplicación particular, entorno, variables del sistema, etc. que afectarían su selección.

Para transmisiones recibidas en un SCS/antena para el cual la probabilidad de una colisión está por encima del umbral predeterminado y antes de utilizar los datos RF de un puerto particular de antena en una determinación de referencia SCS/antena, o en la determinación de mejor puerto o procesamiento de localización, el Sistema Inalámbrico de Localización preferiblemente verifica que los datos RF de cada puerto de antena provengan del transmisor inalámbrico correcto. Esto se determina, por ejemplo, demodulando segmentos de la señal recibida para verificar, por ejemplo, que el MIN, MSID, u otra información de identificación es correcta o que los dígitos marcados u otras características del mensaje igual a los recibidos por el SCS/antena que inicialmente demoduló la transmisión. El Sistema Inalámbrico de Localización puede también correlacionar 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 esté por encima de un umbral predeterminado. Si el Sistema Inalámbrico de Localización detecta que la variación en el SNR a lo largo de la totalidad de la transmisión está por encima de un umbral predeterminado, el Sistema Inalámbrico de Localización puede dividir la transmisión en segmentos y examinar cada segmento como aquí se describió para determinar si la energía en ese segmento es primariamente de la señal proveniente del transmisor inalámbrico para el cual se ha elegido el procesamiento de localización o de un transmisor interferente.

El Sistema Inalámbrico de Localización puede elegir utilizar los datos RF de un SCS/antena particular en el procesamiento de localización aún si el Sistema Inalámbrico de Localización ha detectado que ha ocurrido una colisión parcial en ese SCS/antena. En estos casos, el SCS 10 utiliza los medios antes descritos para identificar la porción de la transmisión recibida que representa una señal del transmisor inalámbrico que se ha elegido para procesamiento

de localización, y esa porción de la transmisión recibida que contiene interferencia de cocal. El Sistema Inalámbrico de Localización puede ordenar al SCS 10 que envíe o utilice solo segmentos seleccionados de la transmisión recibida que no contengan interferencia de cocal. Al determinar el TDOA y FDOA para una línea base utilizando solo segmentos seleccionados de un SCS/antena, el Sistema Inalámbrico de Localización utiliza solo los segmentos correspondientes de la transmisión como se recibieron en el SCS/antena de referencia. En muchos casos, el Sistema Inalámbrico de Localización es capaz de completar el procesamiento de localización y alcanzar un error aceptable de localización utilizando solo una porción de la transmisión. Esta capacidad para seleccionar el subconjunto apropiado de la transmisión recibida y llevar a cabo el procesamiento de localización segmento a segmento le permite al Sistema Inalámbrico de Localización completar con éxito el procesamiento de localización en casos en los que pueda haber fallado utilizando técnicas previas.

Procesamiento de Localización de Paso Múltiple

Ciertas aplicaciones pueden requerir un estimado muy rápido de la localización general de un transmisor de localización, seguido de un estimado más preciso de la localización que puede ser enviado subsiguientemente. Esto puede ser valioso, por ejemplo, para sistemas E9-1-1 que manejan llamadas inalámbricas y deben tomar muy rápidamente una decisión de ruteo de la llamada, pero pueden esperar un poco más en aras de que se despliegue una localización más exacta en el mapa electrónico de la terminal E9-1-1 del receptor de la llamada. El Sistema Inalámbrico de Localización asimila estas aplicaciones con un modo de procesamiento de paso múltiple.

En muchos casos la precisión de localización se mejora utilizando segmentos más largos de la transmisión e incrementando la ganancia de procesamiento a través de intervalos de integración más largos. Pero los segmentos más largos de la transmisión requieren períodos de procesamiento más largo en el SCS 10 y TLP 12, así como períodos de tiempo más largos para transmitir los datos RF a lo largo de la interfaz de comunicaciones desde el SCS 10 al TLP 12. Por tanto, el Sistema Inalámbrico de Localización incluye medios para identificar aquellas transmisiones que requieren un estimado rápido pero somero de la localización, seguido de un procesamiento de localización más completo que produzca un mejor estimado de localización. La Tabla de Señal de Interés incluye un marcador para cada Señal de Interés que requiera un enfoque de localización de paso múltiple. Este marcador especifica la cantidad máxima de tiempo permitida por parte de la aplicación que solicita la localización respecto al primer estimado a enviar, así como el tiempo máximo permitido por la aplicación que solicita la localización respecto al estimado final de localización a enviar. El Sistema Inalámbrico de Localización lleva a cabo el estimado somero de localización seleccionando un subconjunto de la transmisión respecto a la cual se lleve a cabo el procesamiento de localización. El Sistema Inalámbrico de Localización puede elegir por ejemplo, el segmento que fue identificado en el SCS/antena primario con el promedio SNR más alto. Después que se ha determinado un estimado somero de localización, utilizando los métodos antes descritos, pero con solo un subconjunto de la transmisión, el TLP 12 envía el estimado de localización al AP 14, que entonces envía el estimado somero a la aplicación que solicita con un marcador que indica que el estimado es solo somero. El Sistema Inalámbrico de Localización entonces lleva a cabo su procesamiento de localización estándar utilizando todos los métodos antes mencionados y envía este estimado de localización con un marcador que indica el status final de este estimado de localización. El Sistema Inalámbrico de Localización puede llevar a cabo el estimado somero de localización y el estimado final de localización secuencialmente en el mismo DSP en un TLP 12, o puede llevar a cabo el procesamiento de localización en paralelo en diferentes DSPs. El procesamiento paralelo puede ser necesario para cumplir con el requerimiento de tiempo máximo de las aplicaciones solicitantes de la localización. El Sistema Inalámbrico de Localización asimila diferentes requerimientos de tiempo máximo de diferentes aplicaciones de localización para la misma transmisión inalámbrica.

TDOA de Línea Base Muy Corta

El Sistema Inalámbrico de Localización está diseñado para que opere en áreas urbanas, suburbanas y rurales. En áreas rurales, cuando no hay suficientes sitios celulares disponibles a partir de un solo portador inalámbrico, el Sistema Inalámbrico de Localización puede desplegarse con SCSs 10 localizados en los sitios celulares de otros portadores inalámbricos o en otros tipos de torres, incluyendo de estación de radio AM o FM, de ubicación y torres de dos vías inalámbricas. En estos casos en lugar de compartir las antenas existentes del portador inalámbrico, el Sistema Inalámbrico de Localización puede requerir la instalación de antenas apropiadas, filtros y amplificadores de ruido bajo para igualar la banda de frecuencia de los transmisores inalámbricos de interés a localizar. Por ejemplo una torre de estación de radio AM puede requerir la adición de antenas de 800 MHz para localizar transmisores de banda celular. Puede haber casos, sin embargo, en los que no se disponga de torres adicionales de ningún tipo a un costo razonable y el Sistema Inalámbrico de Localización deba desplegarse en solo unas pocas torres del portador inalámbrico. En estos casos, el Sistema Inalámbrico de Localización asimila un modo de antena conocido como TDOA muy corto de línea base. Este modo de antena se activa cuando se instalan antenas adicionales en una torre de un solo sitio celular, por lo que las antenas se colocan a una distancia de menos de una longitud de onda de separación. Esto puede requerir la adición de solo una antena por sector de sitio celular de manera que el Sistema Inalámbrico de Localización utilice una antena receptora existente en un sector y una antena adicional que ha sido colocada contigua a la antena receptora existente. Típicamente las dos antenas en el sector se orientan de manera que los ejes primarios, o línea de dirección, de los haces principales sean paralelos y que el espacio entre los elementos de las dos antenas se conozca con precisión. Adicionalmente, las dos rutas RF desde los elementos de la antena a los receptores en los SCS 10 están calibradas.

En su modo normal, el Sistema Inalámbrico de Localización determina el TDOA y FDO para pares de antena que están separados por muchas longitudes de onda. Para un TDOA en una línea base que utilice antenas desde dos sitios celulares diferentes, los pares de antenas están separados por miles de longitudes de onda. Para un TDOA en una línea base que utilice antenas en el mismo sitio celular, los pares de antenas están separados por decenas de longitudes de onda. En cualquier caso, la determinación del TDOA efectivamente resulta en una línea hiperbólica que biseca la línea base y que pasa a través de la localización del transmisor inalámbrico. Cuando las antenas están separadas por múltiples longitudes de onda, la señal recibida ha tomado rutas independientes desde el transmisor inalámbrico a cada antena, incluyendo la experimentación de diferentes sendas múltiples y desplazamiento Doppler. Sin embargo, cuando dos antenas están más cercanas que una longitud de onda, las dos señales recibidas han tomado esencialmente la misma ruta y experimentado el mismo desvanecimiento, senda múltiple y desplazamiento Doppler. Por tanto el procesamiento TDOA y FDOA del Sistema Inalámbrico de Localización típicamente produce un desplazamiento Doppler de cero (o cercano a cero) y una diferencia de tiempo del orden de cero a un nanosegundo. Una diferencia de tiempo tan corta es equivalente a una diferencia de fase no ambigua entre las señales recibidas y las dos antenas en la línea base muy corta. Por ejemplo a 834 MHz, la longitud de onda de una transmisión en sentido inverso AMPS de canal de control es de alrededor de 1,18 pies. Una diferencia de tiempo de 0,1 nanosegundos es equivalente a la diferencia recibida de fase de alrededor de 30 grados. En este caso, la medición del TDOA produce una hipérbola que es esencialmente una línea recta, que está pasando todavía a través de la localización del transmisor inalámbrico, y en una dirección que se rota en 30 grados a partir de la dirección de las líneas paralelas formadas por las dos antenas en la línea base muy corta. Cuando los resultados de este TDOA de línea base muy corta en un solo sitio celular se combinan con una medición de TDOA en una línea base entre dos sitios celulares, el Sistema Inalámbrico de Localización puede determinar un estimado de localización utilizando solo dos sitios celulares.

Método de Monitoreo de Ancho de Banda para Mejorar Precisión de Localización

Los transmisores celulares AMPS al presente abarcan la mayor cantidad de transmisores inalámbricos utilizados en los EE. UU. y las transmisiones AMPS de canal de voz en sentido inverso son en general señales FM moduladas por voz y un tono supervisor de audio (SAT). La modulación de voz es FM estándar, y es directamente proporcional a la voz hablada de la persona que utiliza el transmisor inalámbrico. En una conversación típica, cada persona habla menos del 35% del tiempo, lo que significa que la mayoría del tiempo el canal de voz en sentido inverso no está siendo modulado debido a la voz. Con o sin voz, el canal en sentido inverso está modulado continuamente por el SAT, que se utiliza por el sistema inalámbrico de comunicaciones para monitorear el status del canal. La velocidad de modulación SAT es solamente de alrededor de 6 KHz. Los canales de voz sostienen mensajes en banda que se utilizan para el control de traspaso y por otras razones, tales como el establecimiento de una llamada de tres vías, para responder una segunda llamada entrante mientras está ya en una primera llamada, o para responder a un mensaje “de auditoría” desde el sistema inalámbrico de comunicaciones. Todos estos mensajes, aunque realizados por el canal de voz, tienen características similares a los mensajes de canal de control. Estos mensajes se transmiten con poca frecuencia, y los sistemas de localización han ignorado estos mensajes y se han enfocado en las transmisiones SAT más prevalecientes como la señal de interés.

En vista de las dificultades antes descritas presentadas por el limitado ancho de banda de las señales de voz FM y de canal de voz en sentido inverso SAT, se desea brindar un método mediante el cual las señales del canal de voz en sentido inverso (RVC) puedan ser utilizadas para localizar un transmisor inalámbrico, particularmente en una situación de emergencia. También se desea brindar un método de localización que le permita al sistema de localización evitar hacer estimados de localización utilizando señales RVC en situaciones en las cuales es posible que la medición no cumpla con la precisión prescrita y los requerimientos de confiabilidad. Esto ahorra recursos del sistema y mejora la eficiencia total del sistema de localización. El método mejorado se basa en dos técnicas. El método comprende los siguientes pasos:

(i) se asume primero que un usuario con un transmisor inalámbrico desea ser localizado, o desea que su localización se actualice o mejore. Este puede ser el caso, por ejemplo, si el usuario inalámbrico ha marcado “911” y está buscando ayuda de emergencia. Se asume también por tanto que el usuario es coherente y en comunicación con un despachador situado centralmente.

(ii) cuando el despachador desea una actualización de localización para un transmisor inalámbrico particular, el despachador envía una orden de actualización de localización con la identidad del transmisor inalámbrico al Sistema Inalámbrico de Localización a través de una interfaz de aplicación.

(iii) el Sistema Inalámbrico de Localización responde al despachador con una confirmación de que el Sistema Inalámbrico de Localización ha interrogado al sistema inalámbrico de comunicaciones y ha obtenido la asignación del canal de voz para el transmisor inalámbrico.

(iv) el despachador instruye al usuario inalámbrico que marque un 9 o un número de más dígitos y entonces el botón “ENVIAR”. Esta secuencia puede ser algo como “123456789” o “911911911”. Suceden dos funciones al canal de voz en sentido cuando el usuario inalámbrico marca una secuencia de al menos 9 dígitos y entonces presiona el botón “ENVIAR”. Primero, especialmente para un canal de voz celular AMPS, el marcado de los dígitos provoca el envío de tonos de frecuencia múltiple de tono dual (DTMF) por el canal de voz. El índice de modulación de los tonos DTMF es muy alto y durante el envío de cada dígito en la secuencia DTMF típicamente se empujará el ancho de banda de la señal transmitida más allá más/menos 10 KHz. La segunda función ocurre al presionar el botón

ES 2 316 195 T3

“ENVIAR”. Se haya suscrito o no el usuario inalámbrico a llamadas de tres vías u otras características especiales, el transmisor inalámbrico enviará un mensaje por la voz utilizando un modo “interrupción y descarga” en el que el transmisor deja brevemente de enviar la voz FM y SAT, y en su lugar envía un mensaje de descarga modulado en la misma forma que el canal de control (10 kbits Manchester). Si el usuario inalámbrico marca menos de 9 dígitos, el mensaje estará compuesto de aproximadamente 544 bits. Si el usuario inalámbrico marca 9 o más dígitos, el mensaje estará compuesto de aproximadamente 987 bits.

(v) después de notificación por el despachador, el Sistema Inalámbrico de Localización monitorea el ancho de banda de la señal transmitida en el canal de voz. Como se señaló anteriormente, cuando solo se transmite el SAT, y aún si se transmiten voz y SAT, puede que no haya suficiente ancho de banda en la señal transmitida para calcular un estimado de localización de alta calidad. Por tanto, el Sistema Inalámbrico de Localización conserva los recursos de procesamiento de localización y espera hasta que la señal transmitida exceda de un ancho de banda predeterminado. Esto puede ser, por ejemplo, establecido en el intervalo de 8 KHz a 12 KHz. Cuando los dígitos DTMF marcados se envían o cuando se envía el mensaje de descarga, el ancho de banda típicamente excederá del ancho de banda predeterminado. De hecho, si el transmisor inalámbrico transmite los tonos DTMF durante el marcado, el ancho de banda debe exceder el ancho de banda predeterminado en muchas veces. Esto brindaría múltiples oportunidades para llevar a cabo un estimado de localización. Si los tonos DTMF no se envían durante el marcado, el mensaje de descarga todavía se envía al momento de presionar “ENVIAR” y el ancho de banda típicamente excederá del umbral predeterminado.

(vi) solo cuando el ancho de banda transmitido de la señal exceda del ancho de banda predeterminado, el Sistema Inalámbrico de Localización inicia el procesamiento de localización.

La Figura 10B es un diagrama de flujo de otro método de medición de la localización utilizando señales de canal de voz en sentido inverso. El método comprende los siguientes pasos:

(i) se asume primero que un usuario con un transmisor inalámbrico desea ser localizado, o desea que su localización se actualice o se mejore. Este puede ser el caso, por ejemplo, si el usuario inalámbrico ha marcado “911” y está buscando ayuda de emergencia. Se asume que el usuario no desea marcar los dígitos o puede no estar en condiciones de marcar dígito alguno en correspondencia con el método previo.

(ii) cuando el despachador desea una actualización de localización de un usuario de un transmisor inalámbrico particular, el despachador envía una orden de actualización de localización al Sistema Inalámbrico de Localización por la interfaz de aplicación con la identidad del transmisor inalámbrico.

(iii) el Sistema Inalámbrico de Localización responde al despachador con una confirmación.

(iv) el Sistema Inalámbrico de Localización ordena al sistema inalámbrico de comunicaciones que haga que el transmisor inalámbrico transmita enviando un mensaje de “auditoria” o similar al transmisor inalámbrico. El mensaje de auditoria es un mensaje mediante el cual el sistema inalámbrico de comunicaciones puede obtener una respuesta del transmisor inalámbrico sin requerir una acción por parte del usuario final y sin obligar al transmisor inalámbrico a llamar o a estar alerta. El recibo de un mensaje de auditoria hace que el transmisor inalámbrico responda con un mensaje de “respuesta de auditoria” en el canal de voz.

(v) después de la notificación por parte del despachador, el Sistema Inalámbrico de Localización monitorea el ancho de banda de la señal transmitida en el canal de voz. Como se señaló anteriormente, cuando solo se transmite el SAT, y aún cuando se transmitan voz y SAT, puede no haber suficiente ancho de banda en la señal transmitida para calcular un estimado de localización de alta calidad. Por tanto, la localización por radio conserva los recursos de procesamiento de localización y espera hasta que la señal transmitida exceda de un ancho de banda predeterminado. Esto puede establecerse por ejemplo, en el intervalo de 8KHz a 12 KHz. Cuando se envía el mensaje de respuesta de auditoria, el ancho de banda típicamente excederá al ancho de banda predeterminado.

(vi) solo cuando el ancho de banda de la señal exceda del ancho de banda predeterminado, el Sistema Inalámbrico de Localización iniciará el procesamiento de localización.

Método de Estimación Combinada para Mejorar la Precisión de Localización

La precisión del estimado de localización brindado por el Sistema Inalámbrico de Localización puede mejorarse combinando estimados múltiples de localización estadísticamente independientes hechos mientras el transmisor inalámbrico mantiene su posición. Aún cuando un transmisor inalámbrico esté perfectamente estacionario, el entorno físico y RF alrededor de un transmisor inalámbrico está cambiando constantemente. Por ejemplo, los vehículos pueden cambiar su posición u otro transmisor inalámbrico que ha causado una colisión durante un estimado de localización puede haber parado de transmitir o cambiado su posición para no colisionar más durante estimados de localización subsiguientes. El estimado de localización provisto por el Sistema Inalámbrico de Localización por tanto cambiará para cada transmisión, aún si se efectúan transmisiones consecutivas dentro de un período de tiempo muy corto, y cada estimado de localización es estadísticamente independiente de los otros estimados, particularmente con respecto a los errores provocados por el entorno cambiante.

Quando se realizan diversos estimados de localización estadísticamente independientes para un transmisor inalámbrico que no ha cambiado su posición, los estimados de localización tenderán a agruparse alrededor de la verdadera posición. El Sistema Inalámbrico de Localización combina los estimados de localización utilizando un promedio sopesado u otra construcción matemática similar para determinar el estimado mejorado. El uso de un promedio sopesado es auxiliado por la asignación de un factor de calidad a cada estimado de localización independiente. Este factor de calidad puede basarse en, por ejemplo, los valores de correlación, intervalo de confianza, u otras mediciones similares derivadas del procesamiento de localización para cada estimado independiente. El Sistema Inalámbrico de Localización opcionalmente utiliza varios métodos para obtener múltiples transmisiones independientes a partir del transmisor inalámbrico, incluyendo (i) la utilización de su interfaz al sistema inalámbrico de comunicaciones para la orden Hacer Transmisión; (ii) utilizar irrupciones múltiples consecutivas desde un protocolo de interfaz aérea basado en una ventana de tiempo, tal como TDMA o GSM; o (iii) dividiendo una transmisión de canal de voz en múltiples segmentos durante un período de tiempo y realizando el procesamiento de localización independientemente para cada segmento. A medida que el Sistema Inalámbrico de Localización incrementa el número de estimados de localización independientes combinados en el estimado final de localización, éste monitorea una estadística que indica la calidad del cluster. Si la estadística está por debajo de un valor de umbral prescrito, entonces el Sistema Inalámbrico de Localización asume que el transmisor inalámbrico está manteniendo su posición. Si la estadística se eleva por encima del valor del umbral prescrito, el Sistema Inalámbrico de Localización asume que el transmisor inalámbrico no está manteniendo su posición y por tanto cesa de realizar estimados adicionales de localización. La estadística que indica la calidad del cluster puede ser por ejemplo, un cálculo de desviación estándar o cálculo de la media de la raíz cuadrada (RMS) para los estimados de localización individuales que se combinan de conjunto y con respecto al estimado de localización combinado calculado dinámicamente. Cuando se informa un registro de localización a una aplicación solicitante, el Sistema Inalámbrico de Localización indica, utilizando un campo en el registro de localización, el número del estimado de localización independiente combinado conjuntamente para producir el estimado de localización informado.

Otro proceso a manera de ejemplo para obtener y combinar múltiples estimados de localización se explicará ahora con referencia a las Figuras 11A-11D. Las Figuras 11A, 11B y 11C ilustran esquemáticamente las bien conocidas secuencias de "origen", respuesta de ubicación" y "auditoria" de un sistema inalámbrico de comunicaciones. Como se muestra en la Figura 11A, la secuencia de origen (iniciada por el teléfono inalámbrico para hacer una llamada) puede requerir dos transmisiones del transmisor inalámbrico, una señal de "origen" y una señal de "confirmación de orden". La señal de confirmación de orden se envía en respuesta a una asignación de canal de voz desde el sistema inalámbrico de comunicaciones (e. g. MSC). De manera similar, como se muestra en la Figura 11B, una secuencia de ubicación puede involucrar dos transmisiones desde el transmisor inalámbrico. La secuencia de ubicación se inicia por el sistema inalámbrico de comunicaciones, e. g. cuando el transmisor inalámbrico es llamado desde otro teléfono. Después de ser ubicado, el transmisor inalámbrico transmite una respuesta de ubicación; y entonces, después de asignársele un canal de voz, el transmisor inalámbrico transmite una señal de confirmación de orden. El proceso de auditoria en contraste, emite una sola transmisión en sentido inverso, una señal de auditoria de respuesta. Una secuencia de auditoria y respuesta de auditoria tiene el beneficio de no llamar al transmisor inalámbrico que está respondiendo.

La manera en la cual estas secuencias pueden utilizarse para localizar un teléfono con precisión mejorada se explicará ahora. Por ejemplo, un teléfono robado, o un teléfono con un número de serie robada, recibe repetidamente una señal de auditoria en forma de silbido, lo que obliga a responder con múltiples respuestas de auditoria, permitiendo al teléfono ser localizado con mayor precisión. Para utilizar la secuencia de auditoria, sin embargo, el Sistema Inalámbrico de Localización envía las órdenes apropiadas utilizando su interfaz al sistema inalámbrico de comunicaciones, que envía el mensaje de auditoria al transmisor inalámbrico. El Sistema Inalámbrico de Localización puede también obligar una terminación de llamada (colgar) y entonces llamar de nuevo al transmisor inalámbrico utilizando el código estándar ANI. La llamada puede terminarse mediante instrucción verbal al usuario del móvil para que desconecte la llamada, desconectando la llamada en el extremo de la línea terrestre (landline) de la llamada, o enviando un mensaje artificial aéreo de desconexión a la estación de base. Este mensaje aéreo de desconexión simula la opresión del botón "FIN" en una unidad móvil. La llamada de retorno invoca la secuencia antes descrita de ubicación y obliga al teléfono a iniciar dos transmisiones que pueden utilizarse para hacer estimados de localización.

Con referencia ahora a la Figura 11D, el método de localización de alta precisión se resumirá ahora. Primero, se hace un estimado de localización inicial. Luego, se emplea el antes descrito proceso de auditoria o "colgar y llamar de nuevo" para emitir una transmisión de respuesta desde la unidad móvil, y entonces se hace un segundo estimado de localización. Si se usa la auditoria o el proceso de "colgar y llamar de nuevo" dependerá de si el sistema inalámbrico de comunicaciones y transmisor inalámbrico han implementado ambos la funcionalidad de la auditoria. Los segundo y tercer pasos se repiten para obtener sin embargo muchos estimados independientes de localización necesarios o deseados, y finalmente los estimados de localización múltiples estadísticamente independientes se combinan en un promedio, promedio sopesado, o construcción matemática similar para obtener un estimado mejorado. El uso de un promedio sopesado es apoyado por la asignación de un factor de calidad a cada estimado de localización independiente. Este factor de calidad puede basarse en el porcentaje de correlación, intervalo de confianza, u otras mediciones adicionales derivadas del proceso del cálculo de localización.

Método de Síntesis de Ancho de Banda para Mejorar la Precisión de Localización

El Sistema Inalámbrico de Localización es capaz además de mejorar la precisión de los estimados de localización para un transmisor inalámbrico cuyo ancho de banda sea relativamente estrecho utilizando una técnica de síntesis artificial de ancho de banda. Esta técnica puede aplicarse, por ejemplo a aquellos transmisores que utilizan los protocolos

de interfaz aérea AMPS, NAMPS, TDMA y GSM y para los cuales hay un gran número de canales RF individuales disponibles para uso por el transmisor. A manera de ejemplo, la siguiente descripción hará referencia a detalles específicos del AMPS; sin embargo, la descripción puede alterarse fácilmente para aplicarse a otros protocolos. Este método descansa en el principio de que cada transmisor inalámbrico es operativo para transmitir solo señales de banda estrecha a frecuencias que abarcan un ancho de banda predeterminado de frecuencias que es más ancho que el ancho de banda de las señales individuales transmitidas por el transmisor inalámbrico. Este método también descansa en la interfaz antes mencionada entre el Sistema Inalámbrico de Localización y el sistema inalámbrico de comunicaciones mediante el cual el Sistema Inalámbrico de Localización puede ordenarle al sistema inalámbrico de comunicaciones que haga una transferencia de transmisor inalámbrico o conmutación a otra frecuencia o canal RF. Al emitir una serie de ordenes, el Sistema Inalámbrico de Localización puede obligar al transmisor inalámbrico a conmutar secuencialmente y de una manera controlada a una serie de canales RF, permitiendo al Sistema Inalámbrico de Localización sintetizar de manera efectiva una señal recibida de una banda más ancha desde la serie de señales de banda estrecha transmitidas con el objeto de procesamiento de localización.

Los medios de síntesis de ancho de banda pueden incluir medios para determinar una fase de ancho de banda versus característica de 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 secuencias abarca aproximadamente 12,5 MHz, que en este ejemplo, es el espectro asignado a cada portador celular por la FCC. Con la síntesis del ancho de banda, la resolución de las mediciones de TDOA pueden incrementarse en alrededor de 1/12,5 MHz, i. e., la resolución de tiempo disponible es el recíproco del ancho de banda efectivo.

La Figura 12A muestra un transmisor inalámbrico, un transmisor de calibración (si se utilizara), SCSs 10, 10B y 10C y un TLP 12. La localización del transmisor de calibración y todos los tres SCSs son conocidos con precisión *a priori*. Las señales, representadas por flechas discontinuas en la Figura 12A, se transmiten mediante el transmisor inalámbrico y transmisor de calibración, y se reciben en los SCSs 10A, 10B y 10C y se procesan utilizando técnicas previamente descritas. Durante el procesamiento de localización, los datos RF de un SCS (e. g. 10B) se correlacionan de manera cruzada (en el dominio de tiempo o frecuencia) con el flujo de datos de otro SCS (e. g. 10C) de manera separada para cada transmisor y para cada par de SCSs 10 para generar estimados de TDOA, TDOA₂₃ y TDOA₁₃. Una salida intermedia del procesamiento de localización se fija para coeficientes que representan la potencia cruzada compleja como una función de frecuencia (e. g. R₂₃).

Por ejemplo, si $X(f)$ es la transformada de Fourier de la señal $x(t)$ recibida en el primer sitio e $Y(f)$ es la transformada de Fourier de la señal $y(t)$ recibida en el segundo sitio, entonces la potencia compleja cruzada $R(f)=X(f)Y^*(f)$, donde Y^* es la conjugada compleja de Y . El ángulo de fase de $R(f)$ en 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 llamarse la fase "orillada" (fringe). En la ausencia de ruido, interferencia y otros errores, la fase orillada es una función perfectamente lineal de frecuencia dentro de una banda (contigua) de frecuencia observada; y la pendiente de la línea es menos la demora interferométrica de grupo, o TDOA; el intercepto de la línea en la frecuencia del centro de la banda, igual al valor promedio de la fase de $R(f)$, es llamado "la" fase orillada de la observación cuando se hace referencia a la totalidad de la banda. Dentro de una banda, la fase orillada puede considerarse como una función de frecuencia.

Los coeficientes obtenidos para el transmisor de calibración se combinan con los obtenidos para el transmisor inalámbrico y las combinaciones se analizan para obtener mediciones calibradas TDOA, TDOA₂₃ y TDOA₁₃, respectivamente). En el proceso de calibración, la fase orillada del transmisor de calibración se sustrae de la fase orillada del transmisor inalámbrico para cancelar errores sistemáticos que son comunes a ambos. Debido a que cada fase orillada original es en sí misma la diferencia entre las fases de señales recibidas en dos SCSs 10, el proceso de calibración es llamado a menudo de doble diferenciación y el resultado calibrado se conoce como doblemente diferenciado. El estimado TDOA T-ij es un estimado de máxima probabilidad de la diferencia de tiempo de arribo (TDOA), entre sitios i y j , de la señal transmitida por el transmisor inalámbrico, calibrada y también corregida respecto a los efectos de propagación senda múltiple sobre las señales. Los estimados TDOA de diferentes pares de sitios celulares se combinan para derivar el estimado de localización. Es bien conocido que estimados más precisos de TDOA pueden obtenerse observando un ancho de banda más ancho. No es posible en general incrementar el ancho de banda "instantáneo" de la señal transmitida por un transmisor inalámbrico, pero es posible ordenar a un transmisor inalámbrico que conmute de un canal de frecuencia a otro de manera que, en un tiempo breve, pueda observarse un ancho de banda ancho.

En un sistema celular típico de línea no inalámbrica, por ejemplo, los canales 313-333 son canales de control y los 395 canales restantes son canales de voz. La frecuencia del centro de un transmisor inalámbrico que transmite en el número 1 de canal RF de voz (RVC 1) es 826,030 MHz y el espaciamiento de frecuencia de centro a centro de los canales sucesivos es de 0,030 MHz. El número de canales de voz asignados a cada célula de un bloque típico de reuso de frecuencia de siete células es alrededor de 57 (i. e. 395 dividido por 7) y estos canales se distribuyen a lo largo del intervalo de 395 canales, espaciados cada 7 canales. Debe notarse que cada sitio celular utilizado en un sistema AMPS tiene canales que abarcan la totalidad de la banda de 12,5 MHz asignada por la FCC. Si, por ejemplo, designamos las células de cada conjunto de frecuencias en un patrón de reuso como células "A" a "G", los números de canales asignados a la célula(s) "A" pudieran ser 1, 8, 15, 22..., 309; los números de los canales asignados a las células "B" se determinan añadiendo 1 a los números de los canales "A", y así hasta "G".

El método comienza cuando el transmisor inalámbrico ha sido asignado a un canal RF de voz, y el Sistema Inalámbrico de Localización ha activado el procesamiento de localización para las transmisiones desde el transmisor

ES 2 316 195 T3

inalámbrico. Como parte del procesamiento de localización, los estimados TDOA, TDOA₁₃, TDOA₂₃ combinados pueden tener, por ejemplo, un error de la desviación estándar de 0,5 microsegundos. El método combinando las mediciones de diferentes canales RF explota la relación entre TDOA, la fase orillada y una radio frecuencia. Denota el “verdadero” valor de la demora de grupo o TDOA, i. e. el valor que se observaría en la ausencia de ruido, senda múltiple y cualquier error instrumental, con τ ; de manera similar denota el verdadero valor de la fase orillada con φ ; y denota la radio frecuencia mediante f . La fase orillada φ se relaciona con τ y f mediante:

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

donde φ se mide en ciclos, f en Hz y τ en segundos; y τ es un entero que representa la ambigüedad intrínseca del ciclo de entero de una medición de fase doblemente diferenciada. El valor de n es desconocido *a priori* pero es el mismo para observaciones en frecuencias contiguas, i. e. dentro de un canal cualquiera de frecuencia. El valor de n es en general diferente para observaciones en frecuencias separadas. τ puede estimarse de observaciones en un único canal de frecuencia, es en efecto, ajustando una línea recta a la fase orillada observada como una función de frecuencia dentro del canal. La pendiente de la línea de mejor ajuste igual a menos el estimado deseado de τ . En el caso de canal único, n es la constante y así la ecuación 1 puede diferenciarse para obtener:

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

Pueden obtenerse estimados independientes de τ mediante ajuste de línea recta a las observaciones de φ vs. f de manera separada para cada canal, pero cuando dos canales de frecuencia separados (no contiguos) se observan, una sola línea recta no se ajustará en general a las observaciones de φ vs. f de ambos canales porque, en general, el entero n tiene valores diferentes 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 a la totalidad del conjunto de datos de fase que abarca ambos canales. La pendiente de esta línea recta será determinada mucho mejor porque se basa en un intervalo más amplio de frecuencias. En ciertas condiciones, la incertidumbre del estimado de la pendiente es inversamente proporcional al tramo de la frecuencia.

En este ejemplo, supongamos que el transmisor inalámbrico ha sido asignado al canal de voz RF 1. La diferencia de radio frecuencia 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, de las observaciones en uno o ambos canales tomadas separadamente, puede derivarse un estimado TDOA τ_0 inicial. Ahora el Sistema Inalámbrico de Localización ordena al sistema inalámbrico de comunicaciones que haga que el transmisor inalámbrico conmute del canal 1 al canal 8. La señal del transmisor inalámbrico se recibe en el canal 8 y se procesa para actualizar o refinar el estimado τ_0 . De τ_0 , la fase orillada “teórica” φ_0 como una función de frecuencia puede computarse, igual a $(-f\tau_0)$. La diferencia entre la fase actualmente observada φ y la función teórica φ_0 puede computarse, donde la fase actualmente observada es igual a la verdadera fase dentro de una fracción muy pequeña, típicamente 1/50ava parte de un ciclo:

$$\phi - \phi_0 = -f(\tau - \tau_0) + n_1 \text{ or } n_8, \text{ depending on the channel} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\Delta\phi = -\Delta f\tau - n_1 \text{ or } n_8, \text{ depending on the channel} \quad (\text{Eq. 4})$$

O donde $\Delta\varphi \equiv \varphi - \varphi_0$ y $\Delta\tau \equiv \tau - \tau_0$. La ecuación (4) es gráfica en la Figura 12B, ilustrando la diferencia, $\Delta\varphi$ entre la fase orillada observada φ y el valor φ_0 computado a partir del estimado inicial TDOA τ_0 , versus la frecuencia f para los canales 1 y 8.

Para la banda ancha de 20 KHz de frecuencias correspondientes al canal 1, un gráfico de $\Delta\varphi$ vs. f es típicamente una línea recta horizontal. Para la banda ancha de frecuencias de 20 KHz correspondiente al canal 8, el gráfico de $\Delta\varphi$ vs. f es también una línea horizontal. Las pendientes de estos segmentos de línea son en general cero porque la cantidad $(f\Delta\tau)$ usualmente no varía en una fracción significativa de un ciclo dentro de 20 KHz, porque $\Delta\tau$ es menos el error del estimado τ_0 . La magnitud de este error típicamente no excederá 1,5 microsegundos (3 veces la desviación estándar de 0,5 microsegundos en este ejemplo), y el producto de 1,5 microsegundos y 20 KHz está 4% por debajo de un ciclo. En la Figura 12B, el gráfico de $\Delta\phi$ para el canal 1 está desplazado verticalmente del gráfico de $\Delta\varphi$ para el canal 8 por una cantidad relativamente grande porque la diferencia entre n_1 y n_8 puede ser arbitrariamente grande. Este desplazamiento vertical, o diferencia entre los valores promedio de $\Delta\varphi$ para los canales 1 y 8 (con una probabilidad extremadamente alta) estarán dentro del ciclo 0,3 del verdadero valor de la diferencia, n_1 y n_8 , porque el producto de la magnitud máxima más probable de $\Delta\tau$ (1,5 microsegundos) y el espaciado 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 promedio de $\Delta\varphi$ para los canales 1 y 8, redondeada al entero más cercano. Después que la diferencia del entero $n_1 - n_8$ se determina mediante

este procedimiento de redondeo, el entero $\Delta\varphi$ se añade para el canal 8 o se sustrae de $\Delta\varphi$ para el canal 1. La diferencia entre los valores promedio de $\Delta\varphi$ para los canales 1 y 8 es en general igual al error en el estimado inicial TDOA, τ_0 , por 2210 KHz. La diferencia entre los valores promedio de $\Delta\varphi$ para los canales 1 y 8 se divide entre 210 KHz y el resultado se añade a τ_0 para obtener un estimado de τ , el verdadero valor del TDOA; este nuevo estimado puede ser

5 significativamente más preciso que τ_0 .

Este método de salto de frecuencia y de refinación del TDOA puede extenderse a canales más ampliamente espaciados para obtener resultados aún más precisos. Si se utiliza τ_1 para representar el resultado refinado obtenido de los canales 1 y 8, τ_0 puede ser reemplazado por τ_1 en el método justo descrito; y el Sistema Inalámbrico de Localización puede ordenar al sistema inalámbrico de comunicaciones que haga que el transmisor inalámbrico conmute, e. g. del canal 8 al canal 36; entonces τ_1 puede utilizarse para determinar la diferencia del entero $n_8 - n_{36}$ y puede obtenerse un estimado TDOA basado en el tramo de la frecuencia de 1,05 KHz entre los canales 1 y 36. El estimado puede denominarse τ_2 ; y el ti conmutado, e. g. del canal 36 al 112, y así sucesivamente. En principio, puede abarcarse el intervalo total de frecuencias asignadas al portador celular. Los números de canal (1, 8, 36, 112) utilizados en este ejemplo son, por supuesto arbitrarios. El principio general es que un estimado del TDOA basado en un tramo de pequeña frecuencia (comenzando con un solo canal) se utiliza para resolver la ambigüedad del entero de la diferencia de la fase orillada entre frecuencias separadas más ampliamente. La separación de frecuencia última no debía ser muy grande; se limita por la incertidumbre del estimado previo del TDOA. En general, el error del peor caso en el estimado anterior multiplicado por la diferencia de frecuencia puede no exceder 0,5 ciclos.

Si la separación de frecuencias muy pequeñas (e. g., 210 KHz) entre los canales más cercanamente espaciados asignados a una célula particular no puede puentearse debido a que la incertidumbre del peor caso del estimado de TDOA de un canal único excede de 2,38 microsegundos (igual a 0,5 ciclos dividido entre 0,210 MHz), el Sistema Inalámbrico de Localización ordena al sistema inalámbrico de comunicaciones que obligue al transmisor inalámbrico a que traspase de un sitio celular a otro (e. g. de un grupo de frecuencias a otro) de manera que el paso de frecuencia es menor. Hay una posibilidad de error de identificación de la diferencia del entero entre las diferencias de fase ($\Delta\varphi$'s) para dos canales, e. g. debido a que el transmisor inalámbrico se movió durante el traspaso de un canal al otro. Por tanto, como chequeo, el Sistema Inalámbrico de Localización puede invertir cada traspaso (e. g. después de conmutar del canal 1 al canal 8, conmutar del canal 8 de regreso al canal 1) y confirmar que la diferencia de ciclo de entero determinada tiene precisamente la misma magnitud y el signo opuesto como para el traspaso "hacia delante". Un estimado significativo de velocidad no cero de las observaciones del canal único FDOA puede utilizarse para extrapolar a lo largo del intervalo de tiempo involucrado en un cambio de canal. Ordinariamente este intervalo de tiempo puede sostenerse hasta una pequeña fracción de un segundo. El error de estimación FDOA multiplicado por el intervalo de tiempo entre canales debe ser pequeño en comparación con 0,5 ciclos. El Sistema Inalámbrico de Localización preferiblemente emplea una diversidad de redundancias y chequeos contra la falsa identificación del entero.

Retirada Dirigida para el 911

Otro aspecto del Sistema Inalámbrico de Localización se refiere a un método de "retirada dirigida" para uso en conexión con un sistema inalámbrico de comunicaciones de modo dual que sostiene al menos un primer método de modulación y un segundo método de modulación. En tal situación, el primer y segundo métodos de modulación se asume que se utilizan en canales RF diferentes (i. e. canales para el sistema inalámbrico de comunicaciones que sostiene un Sistema Inalámbrico de Localización y el sistema PCS, respectivamente). También se asume que el transmisor inalámbrico a ser localizado es capaz de sostener ambos métodos de modulación, i. e. es capaz de marcar "911" en el sistema inalámbrico de comunicaciones que tiene un soporte de Sistema Inalámbrico de Localización.

Por ejemplo, el método de retirada dirigida pudiera utilizarse en un sistema en el cual hay un número insuficiente de estaciones de base para sostener el Sistema Inalámbrico de Localización, pero que operan en una región servida por un Sistema Inalámbrico de Localización asociado con otro sistema inalámbrico de comunicaciones. El "primer" sistema inalámbrico de comunicaciones podría ser un sistema de teléfono celular y el "segundo" sistema inalámbrico de comunicaciones podría ser un sistema PCS que opera dentro del mismo territorio del primer sistema. Cuando el transmisor móvil está utilizando el segundo método de modulación (PCS) e intenta originar una llamada al 911, el transmisor móvil es obligado a conmutar automáticamente al primer método de modulación, y entonces originar la llamada al 911 utilizando el primer método de modulación en uno del conjunto de canales RF prescrito para uso por el primer sistema inalámbrico de comunicaciones. De esta manera los servicios de localización pueden brindarse a clientes de un PCS o sistema similar que no es servido por su propio Sistema Inalámbrico de Localización.

Conclusión

El verdadero alcance de la presente invención no se limita a las realizaciones preferentes actualmente aquí presentadas. Por ejemplo, la presentación precedente de una realización actualmente preferente de un Sistema Inalámbrico de Localización utiliza términos explicativos, tales como Sistema de Recopilación de Señales (SCS), Procesador TDOA de Localización (TLP), Procesador de Aplicaciones (AP), y similares, que no deben ser interpretados como limitantes al alcance de protección de las siguientes reivindicaciones. Es más, como entenderán los expertos en la técnica, muchos de los aspectos presentados aquí pueden aplicarse en sistemas de localización que no estén basados en técnicas TDOA. Por ejemplo, los procesos mediante los cuales el Sistema Inalámbrico de Localización utiliza el Listado de Asignación de Tareas, etc. pueden aplicarse a sistemas diferentes a TDOA. En tales sistemas diferentes a TDOA, no

ES 2 316 195 T3

se requeriría que los TLPs descritos anteriormente llevaran a cabo cálculos TDOA. De manera similar la presente invención no se limita a sistemas que empleen SCSs contruidos como se describió anteriormente, ni a sistemas que empleen APs que cumplan todos los particulares antes descritos. Los SCSs, TLPs y APs son en esencia, dispositivos programables de recopilación y procesamiento de datos que pudieran adoptar una diversidad de formas sin apartarse de los conceptos inventivos aquí presentados. Dado el costo rápidamente decreciente del procesamiento digital de señales y otras funciones de procesamiento, es fácilmente posible por ejemplo, transferir el procesamiento para una función particular de uno de los elementos funcionales (tal como el TLP) aquí descritos a otro elemento funcional (tal como los SCS o AP) sin cambiar la operación inventiva del sistema. En muchos casos, el lugar de implementación (i. e. el elemento funcional) aquí descrito es simplemente una preferencia del diseñador y no un requerimiento establecido.

REIVINDICACIONES

1. Un método para localizar un teléfono móvil y para uso en un sistema inalámbrico de localización, incluyendo el sistema inalámbrico de localización una pluralidad de sistemas de recopilación de señales (10) para recibir transmisiones desde el teléfono móvil, y al menos un procesador de localización (12) para calcular la localización del teléfono móvil, comprendiendo el método el paso de

(a) hacer un primer estimado de la localización de dicho teléfono móvil, haciendo dicho primer estimado sobre la base de una primera transmisión en sentido inverso desde el teléfono móvil tal como se recibiera por el sistema inalámbrico de localización;

caracterizado porque comprende además los pasos de

(b) terminar la llamada con el teléfono móvil;

(c) iniciar otra llamada solicitando ubicación al teléfono móvil;

(d) hacer un segundo estimado independiente de la localización del teléfono móvil basado en otra transmisión desde el teléfono móvil, transmitida en respuesta a dicha solicitud de ubicación, tal como se recibiera por parte del sistema inalámbrico de localización; y

(e) combinar al menos dichos primero y segundo estimados utilizando un promedio sopesado o proceso matemáticamente equivalente para obtener un estimado mejorado, más preciso de la localización del teléfono móvil.

2. Un método como el detallado en la reivindicación 1, en el que el paso (b) comprende uno de: instruir verbalmente a un usuario del teléfono móvil a desconectar la llamada; desconectar la llamada en un extremo de una línea terrestre de la transmisión; y enviar un mensaje artificial aéreo de desconexión a la estación de base.

3. Un método como el detallado en la reivindicación 1 o 2, que comprende además el paso de hacer estimados independientes adicionales de la localización del teléfono móvil, y en el que el paso de combinar al menos dichos primeros y segundos estimados comprende el promediar la pluralidad de estimados independientes de localización.

4. Un método como el detallado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes y que comprende además la asignación de un factor de calidad a cada uno de la pluralidad de estimados independientes de localización.

Figuras 1 y 1A

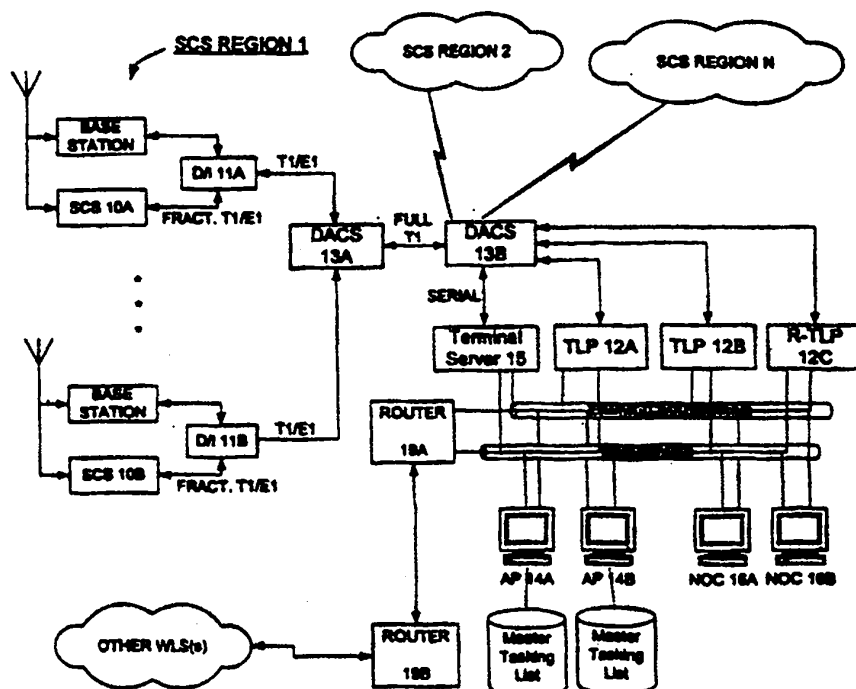
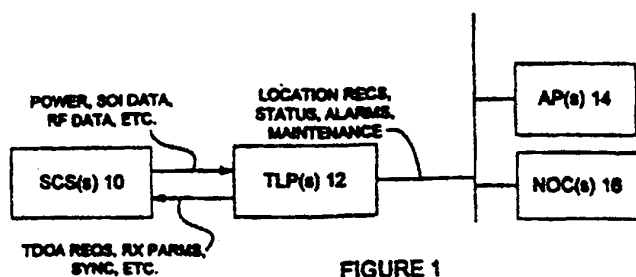


Figura 1

- Potencia, Datos SOI, Datos RF (datos de RF, Radio Frecuencia), etc.
- SCS 10 (Signal Collection System) – (Sistema Recopilador de Señales)
- TDOA Reqs. (Requerimientos), Rx. Parms, Sync (Sincronización) de la Diferencia de Tiempos de Arribo (TDOA)
- Receptores de Localización, Status, Alarmas, Mantenimiento.
- TLP 12 – procesador(s) de localización 12
- AP 14 – Procesador de aplicación 14
- NOC 16 – Consola de operación de redes 16

Figura 1A

- Base station – Estación Base
- Fract. T1/E1 – T1/E1 fraccional
- Full T1: T1 total
- Terminal Server – Servidor de terminal
- Serial: En Serie
- Other WLS: Otros sistemas inalámbricos de localización
- Master tasking list: Lista maestra de tareas
- Redundant: Redundante

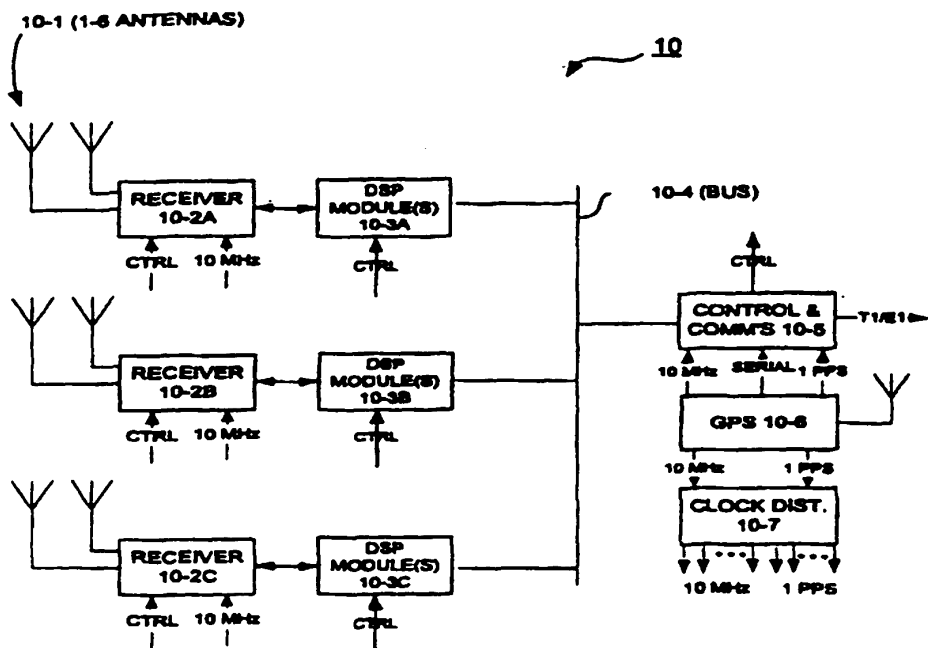
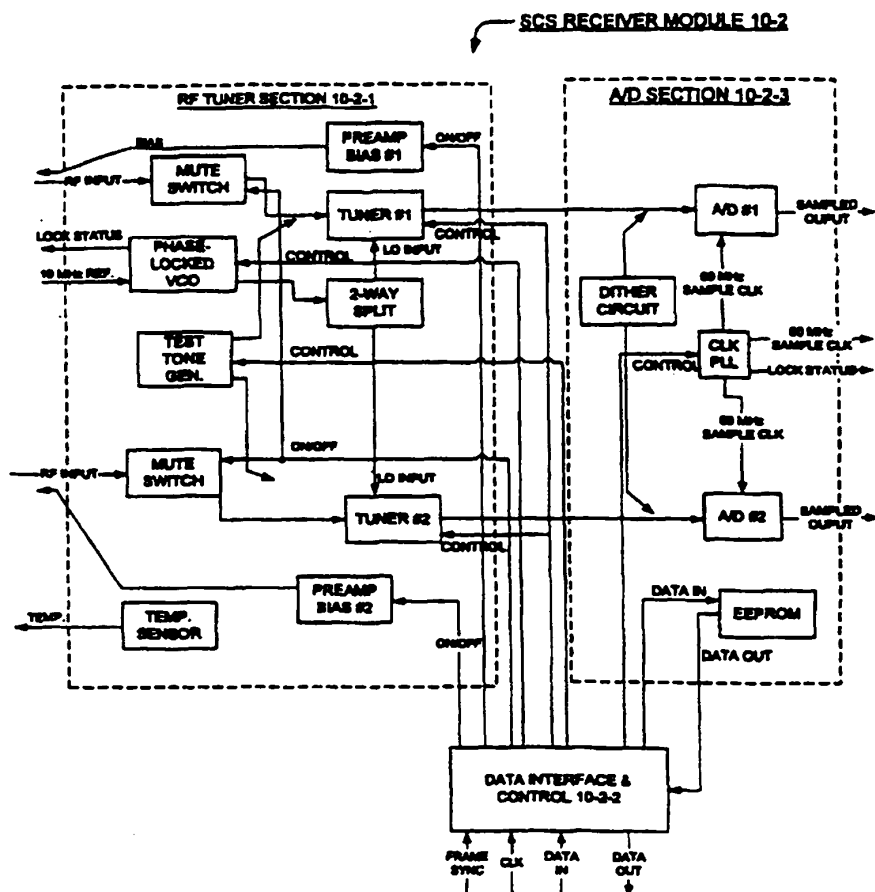


Figura 2

leyendas Fig. 2

- Antennas: antenas
- Receiver: receptor
- Control & comms: control y comunic.
- Clock dist: Distribuc. de crono

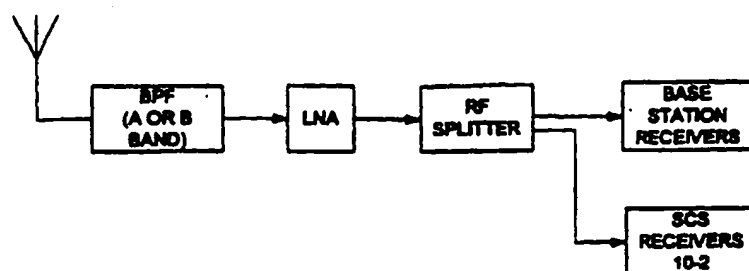
Figura 2A



Leyendas Fig. 2A

- SCS receiver module – modulo receptor SCS
- RF tuner section – sección RF de sintonización
- Mute switch – conmutador a mudo
- Preamp bias – Sesgo de preamplificación
- Phase locked – De cierre por fase
- 2 way split: Separación de dos vías
- Test tone gen: Generador de comprobación de tono
- Temp. Sensor: Sensor de temperatura
- Sampled output: Salida de muestreo
- Dither circuit – circuito fluctuante
- Sample CLK: Muestra CLK
- Lock status: Estado del cierre (candado)
- Data in/out: Entrada/Salida de datos
- Data interface and control: Interfaz y control de datos
- Frame sync – Sincronización del conjunto

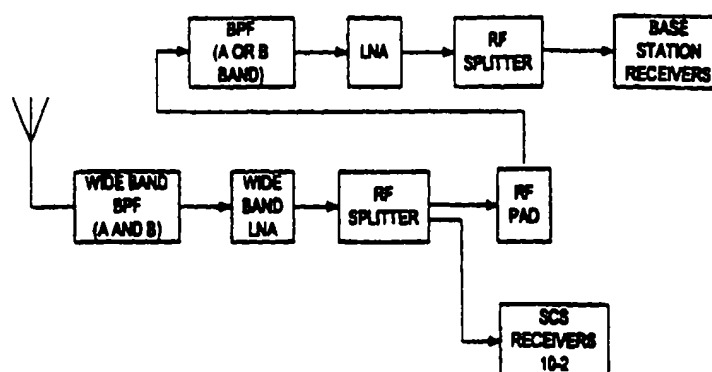
Figura 2 B



Leyendas Fig. 2B

- Rf splitter – separador RF
- Base station receivers – receptores de estación base

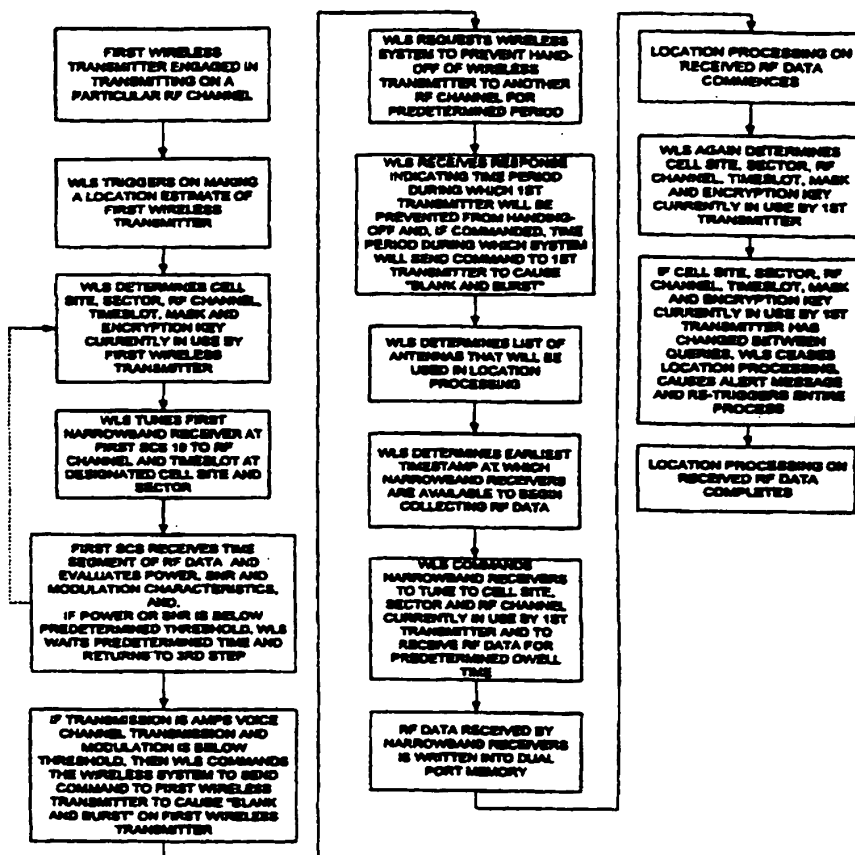
Figura 2C



Leyendas Fig. 2C

- Rf splitter – separador RF
- Base station receivers – receptores de estación base
- Wide band – banda ancha

Figura 2 C-1



Leyendas Fig. 2C-1

(bloque a la izquierda)

- Primer transmisor inalámbrico transmitiendo en un canal RF en particular.
- WLS (SIL – sistema inalámbrico de localización) se activa para realizar un estimado de localización del primer transmisor inalámbrico.
- SIL detecta sitio celular, sector, canal RF, atajo, tecla de máscara y encriptado actualmente en uso por parte del primer transmisor inalámbrico.
- SIL sintoniza primer receptor banda estrecha en el primer SCS 10 a canal RF y atajo en el sitio celular y sector designados.
- Primer SCS recibe segmento de tiempo de datos RF y evalúa características de potencia SNR y modulación y, si la potencia o el SNR están por debajo del umbral determinado, el SIL espera un tiempo predeterminado y regresa al tercer paso.
- Si la transmisión es una transmisión de canal de voz AMPS y la modulación está por debajo del umbral, entonces el SIL ordena al sistema enviar orden al primer transmisor inalámbrico para causar "interrupción y descarga" en el primer transmisor inalámbrico.

(bloque central)

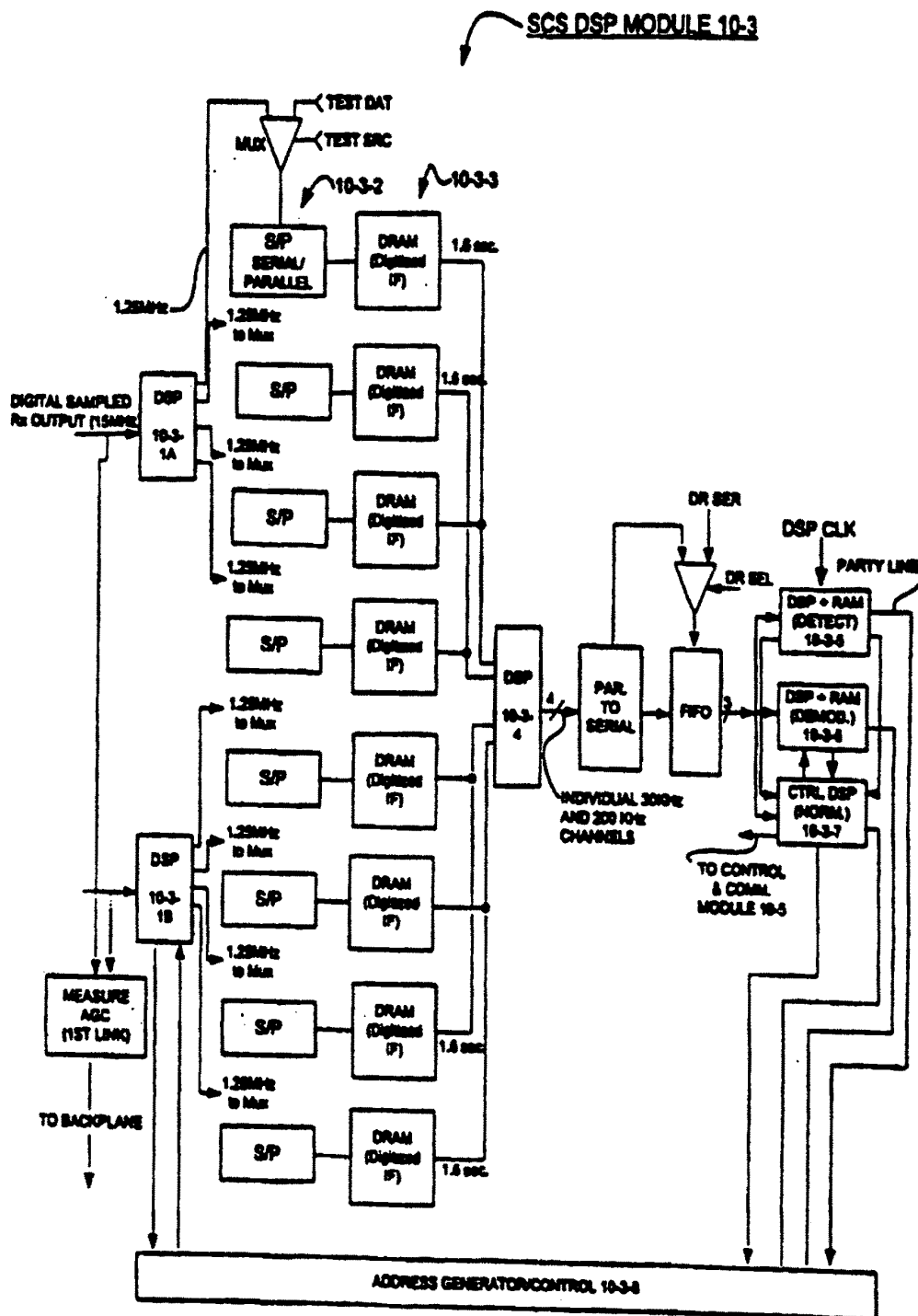
- SIL solicita al sistema que evite traspaso del transmisor inalámbrico a otro canal RF durante un periodo predeterminado.
- SIL recibe respuesta indicando periodo de tiempo durante el cual al primer transmisor se le impedirá el traspaso, y de ordenársele, el periodo de tiempo durante el cual el sistema enviará órdenes al primer transmisor para causar "interrupción y descarga".
- SIL determina lista de antenas que serán utilizadas en el proceso de localización
- SIL determina marcador de tiempo más temprano en el cual están disponibles los receptores de banda estrecha para comenzar la recopilación de datos.
- SIL ordena a receptores de banda estrecha sintonizarse a sitio celular, sector y canal RF actualmente en uso por el primer transmisor y recibir datos RF durante un tiempo predeterminado de estancia.
- Los datos RF recibidos por los receptores de banda estrecha se escriben en memoria de puerto dual.

(bloque a la derecha)

- Comienza proceso de localización de datos RF recibidos

- EL SIL determina de nuevo sitio celular, sector, canal RF, atajo, tecla de enmascaramiento y encriptado actualmente en uso por el primer transmisor.
- Si el sitio celular, sector, canal RF, atajo, tecla de enmascaramiento y encriptado en uso por el primer transmisor han cambiado entre rutinas (preguntas), el SIL cesa el procesamiento de localización, emite un mensaje de alerta y reactiva todo el proceso.
- Se completa el procesamiento de localización respecto a los datos RF recibidos.

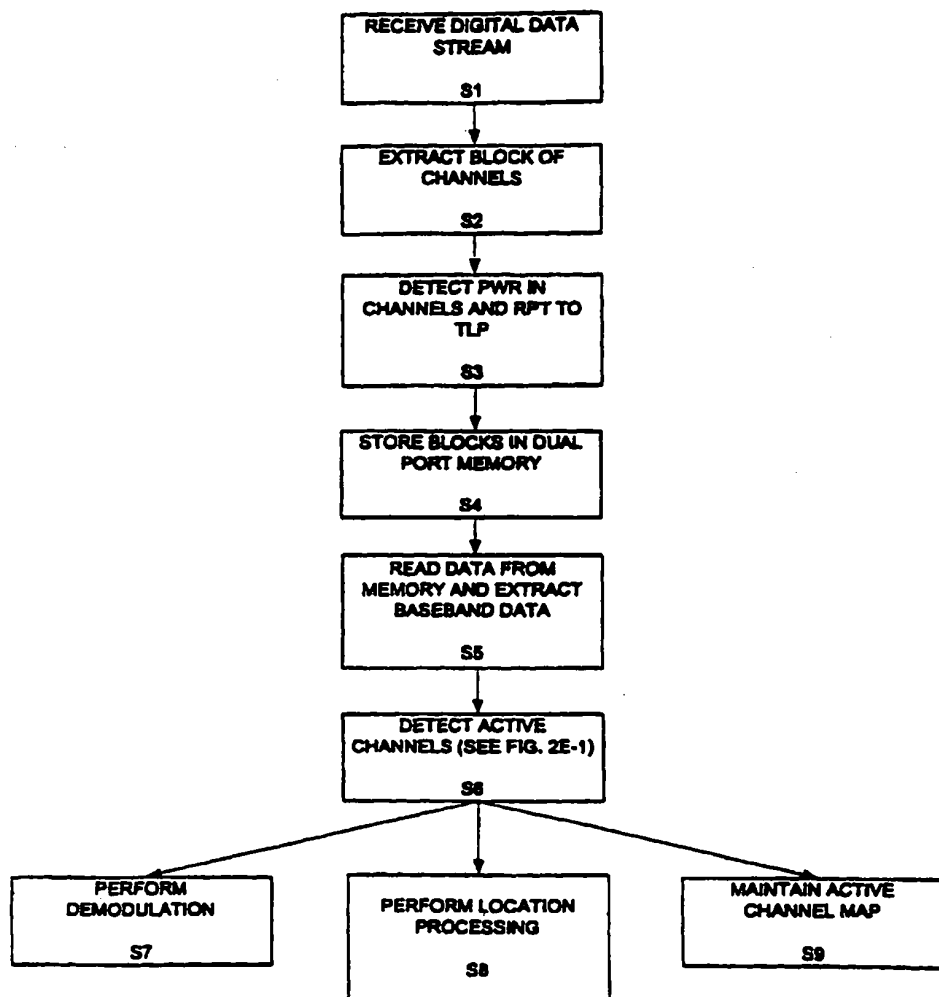
Figura 2D



Leyendas Fig. 2D

- SCS DSP module - módulo SCS DSP 10-3
- DRAM digitized (F) – DRAM digitalizado (F)
- Digital sampled Rx output – salida Rx con muestreo digital
- Measure AGC (1st link) - medición AGC (1er enlace)
- To backplane – al plano posterior
- Party line – línea compartida
- Par. To serial – paralelo a en serie
- Individual 30 – 200 KHz channels – canales individuales 30 a 200 KHz
- To control & comms module – al módulo de control y comunicaciones
- Address generation control – control de generación de dirección

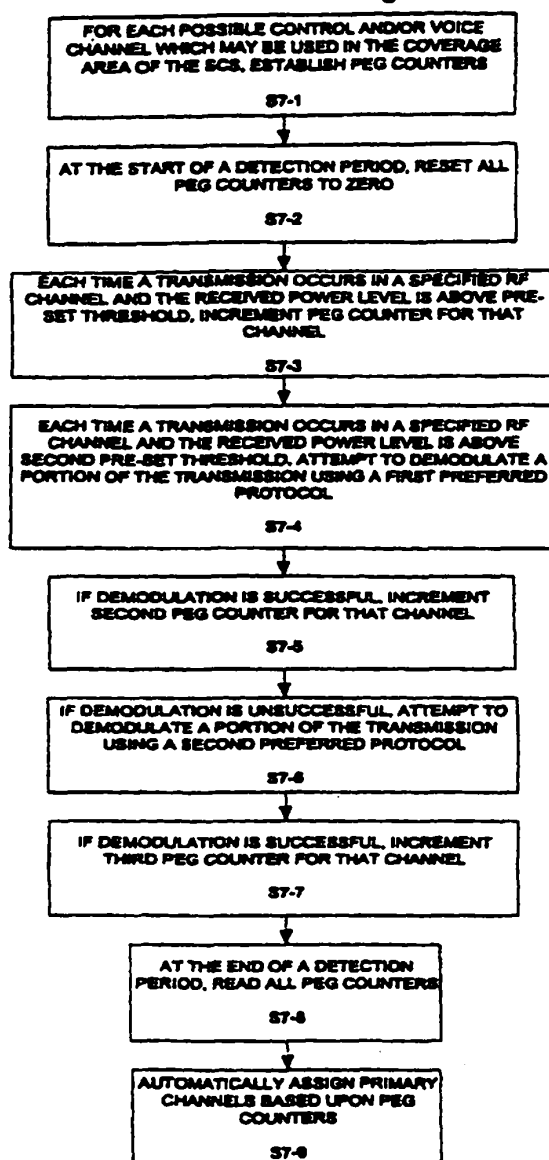
Figura 2E



Leyendas Fig. 2E

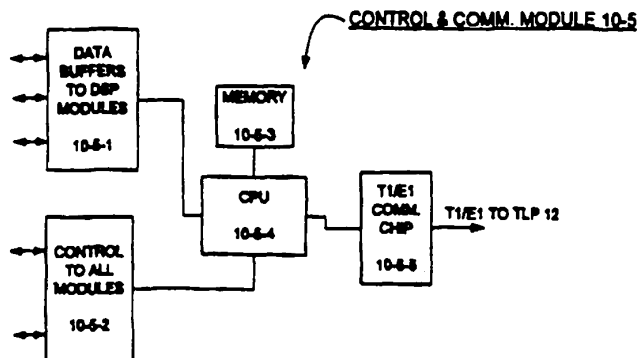
- Receive digital stream S1- recibir flujo digital S1
- Extract block of channels S2 – extraer bloque de canales S2
- Detect PWR in channels and RPT to TLP S3 – detectar PWR en canales y RPT a TLP S3
- Store blocks in dual port memory S4 – almacenar bloques en memoria de puerto dual S4
- Read data from memory and extract baseband data S5 – leer datos de la memoria y extraer datos de banda base S5
- Detect active channels S7 – detectar canales activos S7
- Perform demodulation - Realizar demodulación – S7
- Perform location process S8 – Realizar proceso de localización S8
- Main active channel map S9 –mapa de canal principal activo S9.

Figura 2E-1

**Leyendas Fig. 2E-1**

- Para cada canal posible de control y/o de voz que pueda utilizarse en el área de cobertura del SCS, establecer contadores de clavija S7-1.
- Al comienzo de un periodo de detección, resetear todos los contadores a cero S7-2.
- Cada vez que ocurre una transmisión en un canal RF especificado, y el nivel de potencia recibido está por encima de un umbral preestablecido en particular, el contador de clavija para ese canal se incrementa S7-3.
- Cada vez que ocurre una transmisión en un canal RF especificado, y el nivel de potencia recibido está por encima de un segundo umbral preestablecido en particular, el módulo DSP intenta demodular una porción de la transmisión utilizando un primer protocolo preferido S7-4.
- Si la desmodulación tiene éxito, se incrementa un segundo contador de clavija para ese canal S7-5.
- Si la desmodulación no tiene éxito, el módulo DSP intenta demodular una porción de la transmisión utilizando un segundo protocolo preferido S7-6.
- Si la desmodulación tiene éxito, se incrementa un tercer contador de clavija para ese canal S7-7.
- Al final de un periodo de detección, el SIL lee todos los contadores de clavija S7-8.
- SIL automáticamente asigna canales primarios basados en los contadores de clavija S7-9.

Figura 2F



Leyendas Fig. 2F

- Control and comms module 10 -5 – Módulo de control y comunicaciones
- Data buffers to DSP modules 10-5-1- Búferes de datos a módulos DSP
- Control to all modules 10-5-2- Control a todos los módulos
- Memory 10-5- 3 - Memoria
- T1/E1 comm. Chips - 10-5-5 T1/E1 chips de comunicación
- T1/E1 to TLP 12 –T1/E1 a TLP 12

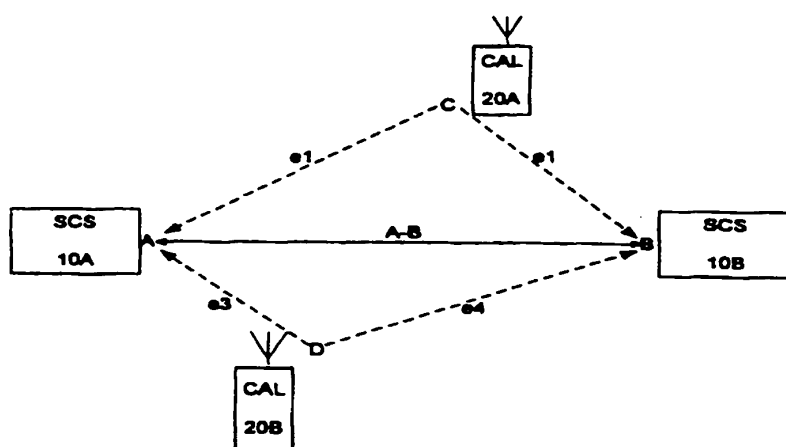


FIGURA 2G

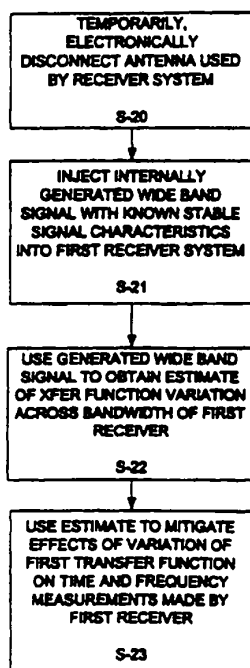


Figura 2H

Leyendas Fig. 2H

- Desconectar de manera temporal y automática la antena utilizada por un sistema receptor del sistema receptor S-20.
- Inyectar una señal de banda ancha generada internamente con características conocidas de señales al primer sistema receptor S-21.
- Utilizar la señal de banda ancha generada para obtener un estimado de variación de la función de transferencia a lo largo del ancho de banda del primer sistema receptor S-22.
- Utilizar el estimado para mitigar los efectos de la variación de la función de la primera transferencia con respecto a las mediciones de tiempo y frecuencia hechas por el primer sistema receptor S-23.

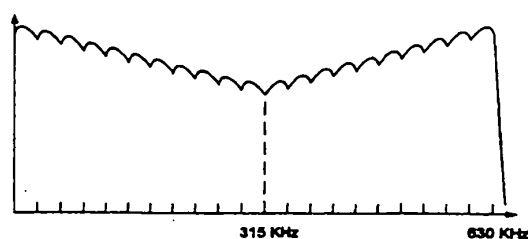
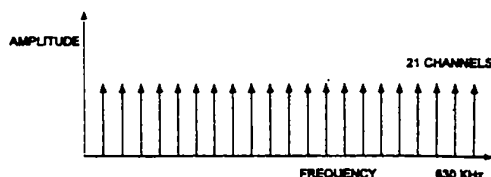


FIGURA 2I

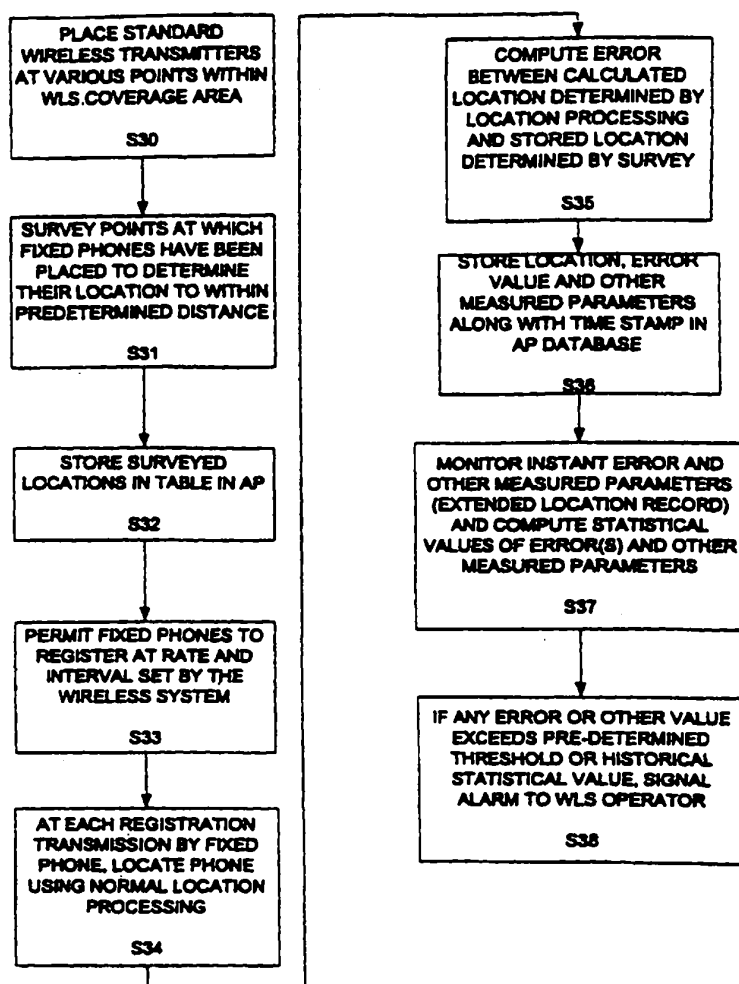
Figura 2J



Leyendas Fig. 2J

Amplitude – amplitud
 21 channels – 21 canales
 Frequency - frecuencia

Figura 2K



Leyendas Fig. 2K

- Colocar de manera permanente transmisores inalámbricos estándar en diversos puntos dentro del área de cobertura del SIL S-30.
- Supervisar los puntos en los cuales los teléfonos fijos han sido situados de manera que su localización se conoce con precisión dentro de una distancia predeterminada, por ejemplo diez pies S-31.
- Almacenar las localizaciones supervisadas en una tabla en el AP S-32.
- Permitir a los teléfonos fijos registrarse en el sistema inalámbrico de comunicaciones, a la velocidad e intervalo establecido por el sistema inalámbrico de comunicaciones para todos los

transmisores inalámbricos en el sistema S-33.

- Localizar en cada transmisión de registro mediante un teléfono fijo, al teléfono fijo utilizando procesamiento normal de localización S-34.

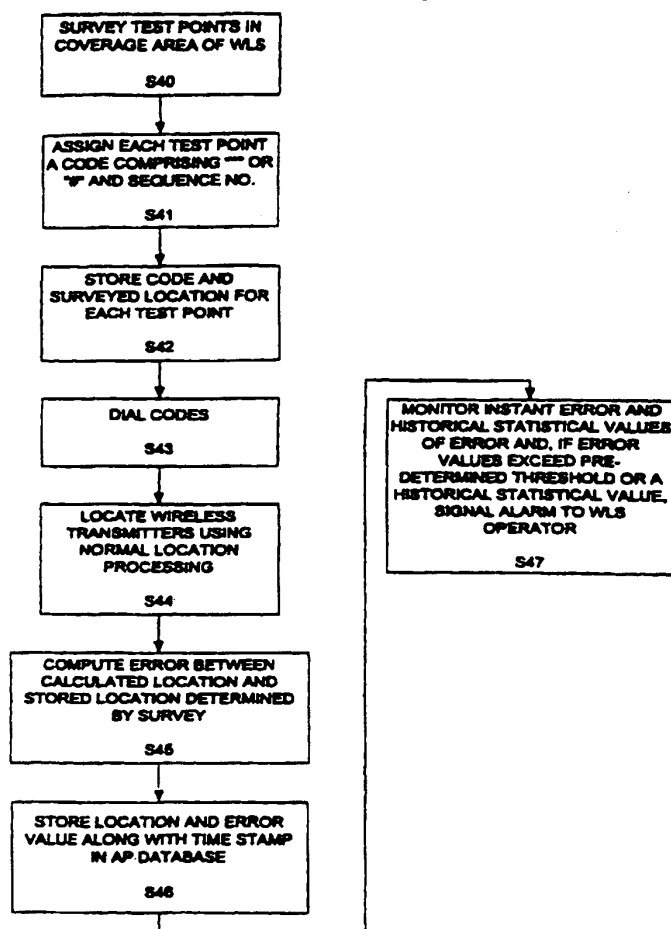
- Computar un error entre la localización calculada determinada mediante el procesamiento de localización y la localización almacenada determinada mediante supervisión S-35.

- Almacenar localización, valor del error y otros parámetros medidos conjuntamente con un marcador de tiempo en una base de datos en el AP 14 S-36.

- Monitorear el error instantáneo y otros parámetros medidos (referidos colectivamente como un registro ampliado de localización) y computar diversos valores estadísticos del error(es) y otros parámetros medidos S-37.

- Si algún error u otros valores exceden un umbral predeterminado o un valor estadístico histórico emitir una señal de alarma al operador del SIL S-38.

Figura 2L



Leyendas Fig. 2L

- Supervisar puntos de comprobación preestablecidos a lo largo del área de cobertura del SNL S-40. 2- 2- Asignar a cada punto de comprobación un código, "*" o un "#", seguido de un número de secuencia S-41.

- Almacenar el código para cada punto de comprobación conjuntamente con la localización supervisada S-42.

- Marcar códigos S-43.

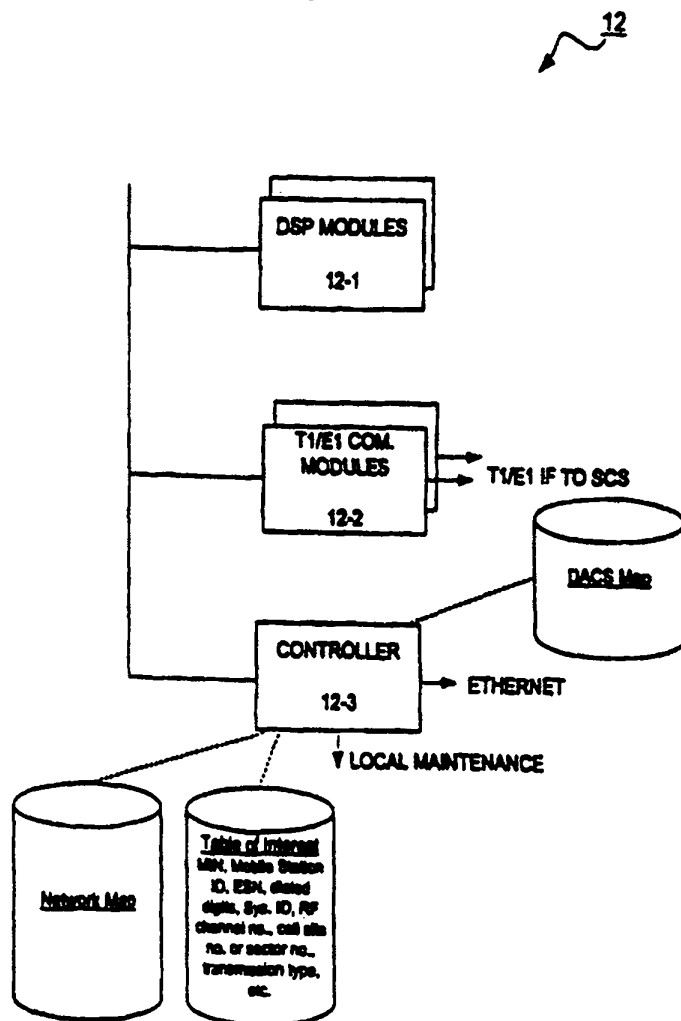
- Localizar transmisores inalámbricos utilizando el procesamiento normal de localización S-44.

- Computar error entre la localización calculada determinada por el procesamiento de localización y la localización almacenada determinada por supervisión S-45.

- Almacenar localización y valor de error conjuntamente con un marcador de tiempo en base de datos S-46.

- Monitorear error instantáneo y valor del error estadístico histórico, si los valores del error exceden umbral predeterminado o un valor estadístico histórico, emitir señal de alarma al operador del SIL S-47.

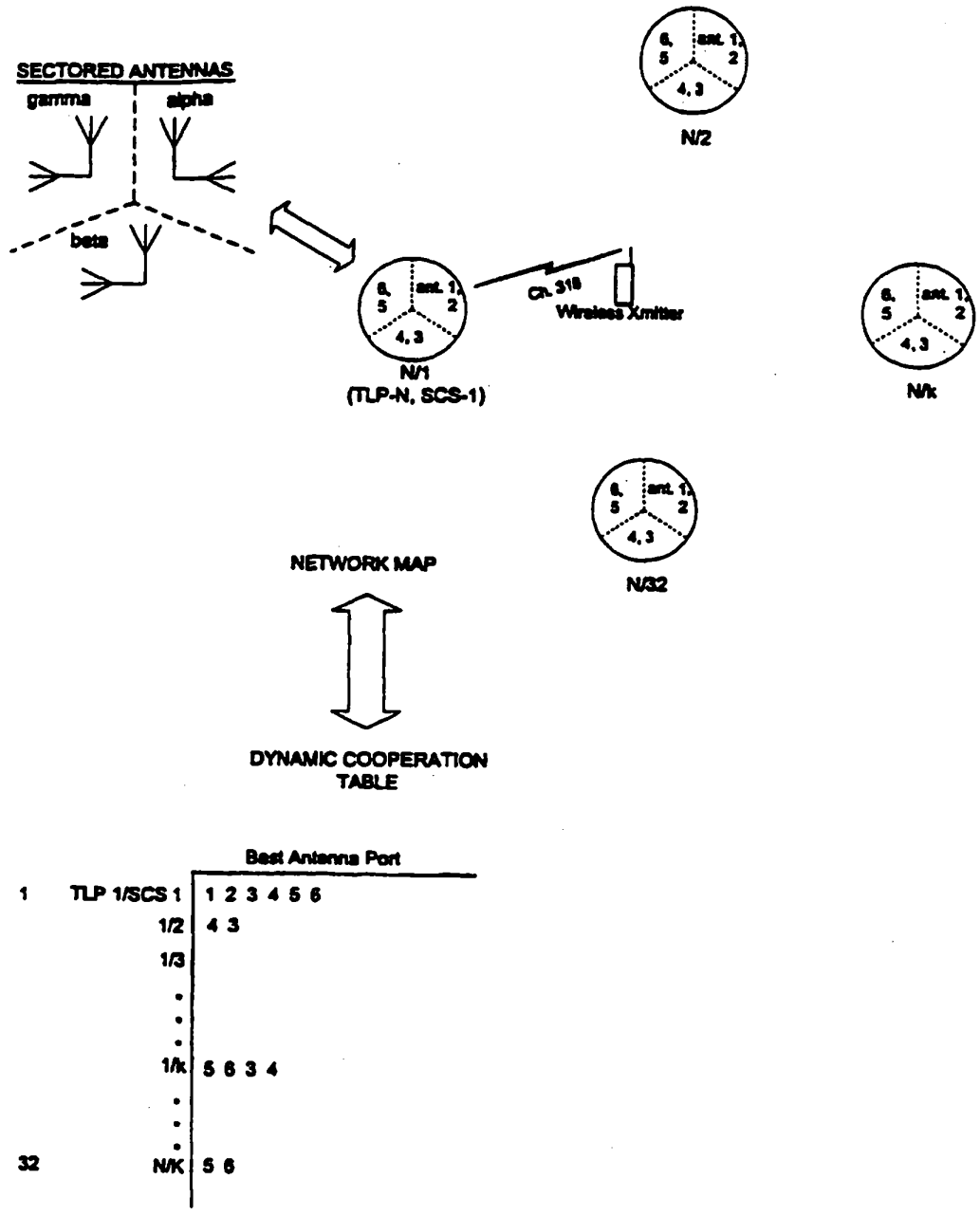
Figura 3



Leyendas Fig. 3

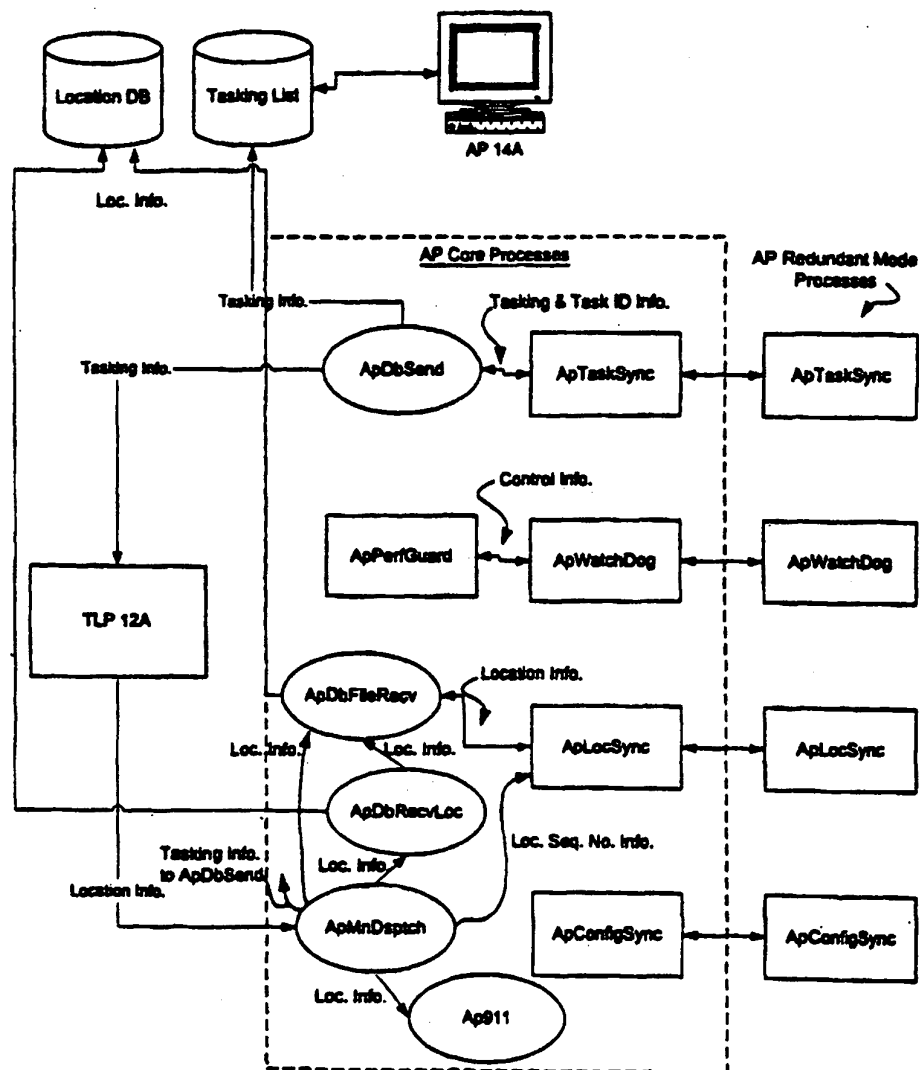
- DSP modules 12- 1 - módulos DSP
- T1/E1 modules 12-2 - módulos T1/E1
- Controller 12- 3 - controlador
- Local maintenance – mantenimiento local
- DAC map – mapa DAC
- Network map – mapa de red
- Table of interest - Tabla de interés: MIN, ID estación móvil, ESN, dígitos marcados, ID sistema, No. canal RF, No. sitio celular o No. sector, tipo de transmisión, etc.

Figura 3A



- Leyendas Fig. 3A**
- Sectores antennas – antenas sectorizadas
 - Network map – mapa de red
 - wireless xmitter – transmisor inalámbrico
 - dynamic cooperation table – tabla de cooperación dinámica
 - best antenna port – mejor puerto de antena

Figura 4

**Legendas Fig. 4**

Location DB – localización base datos

Tasking list – listado de tareas

Loc. Info – localización información

Tasking info – información de tareas

Tasking info to APdb send – información de tareas a AP

AP core processes – procesos básicos del procesador AP

Tasking and task ID info. – tarea y listado de tareas de información de ID

APdb send – proceso del listado de tareas del AP

AP Task Sync – proceso de sincronización de tareas del AP

AP Perf Guard – guardián del comportamiento del AP

AP Watchdog - guardián del AP

APdb file receiv – proceso de recepción ficheros del AP

APdb rev loc – proceso de recepción base de datos del AP

APMn Dispatch – despachador del AP

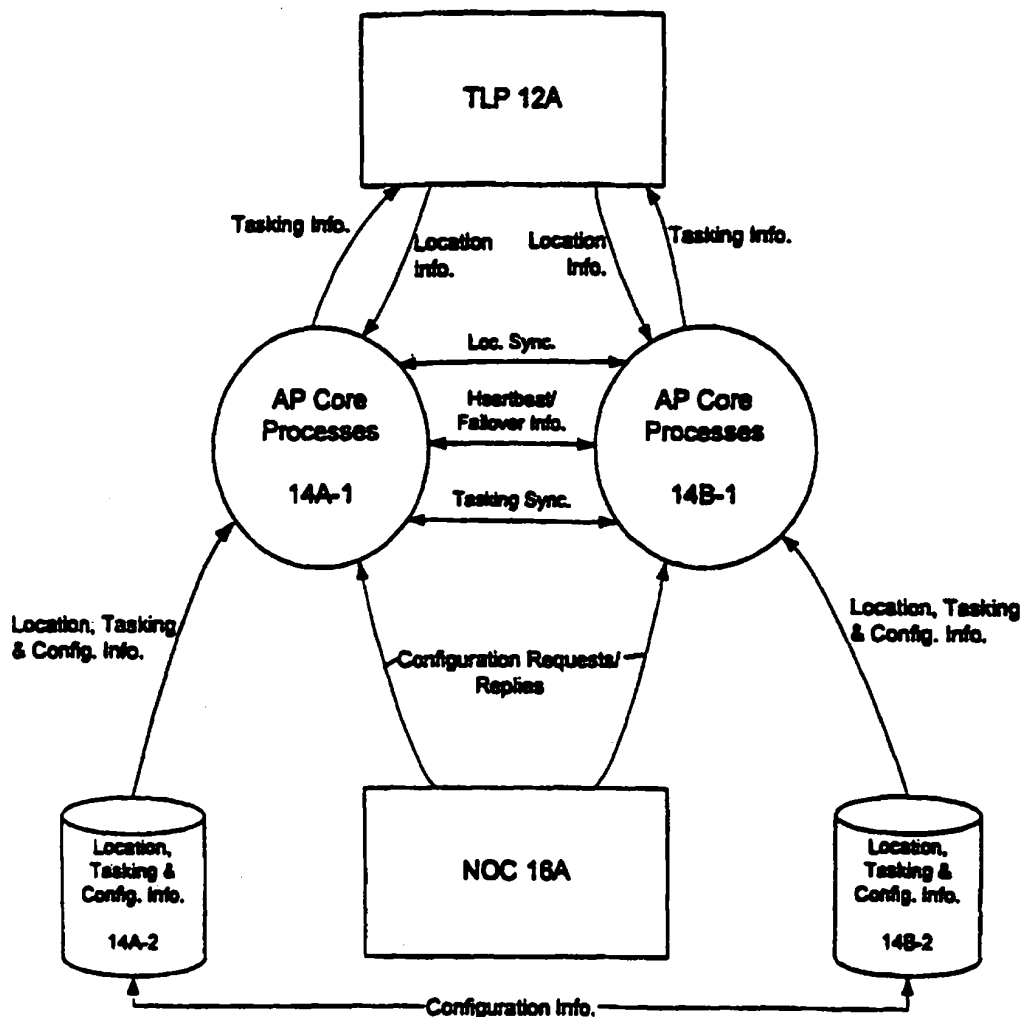
Loc. Seq. No. info. – localización no. secuencia de información

AP redundant mode processes – procesos modo redundante del AP

APLocSync – procesos de sincronización de localización del AP

APConfig Sync – procesos de sincronización de configuración del AP

Figura 4 A



Leyendas 4 A

Tasking info – info de asignación de tareas

Location info – info de localización

Loc. Sync. – sincronización de localización

Heartbeat/failover info – información de pulsación....

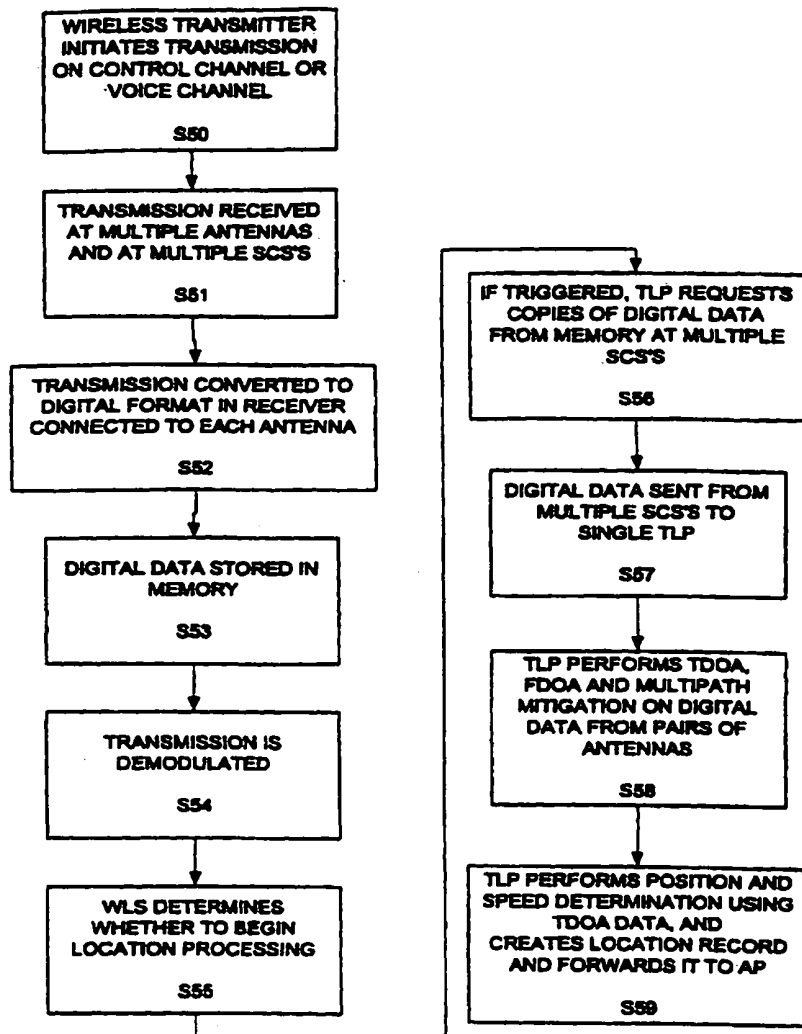
Tasking sync – sincronización de asignación de tareas

AP core processes –procesos básicos del AP

Location, tasking & config. Info – info de localización, asignación de tareas y configuración

Configuration requests/replies – solicitudes/respuestas de configuración

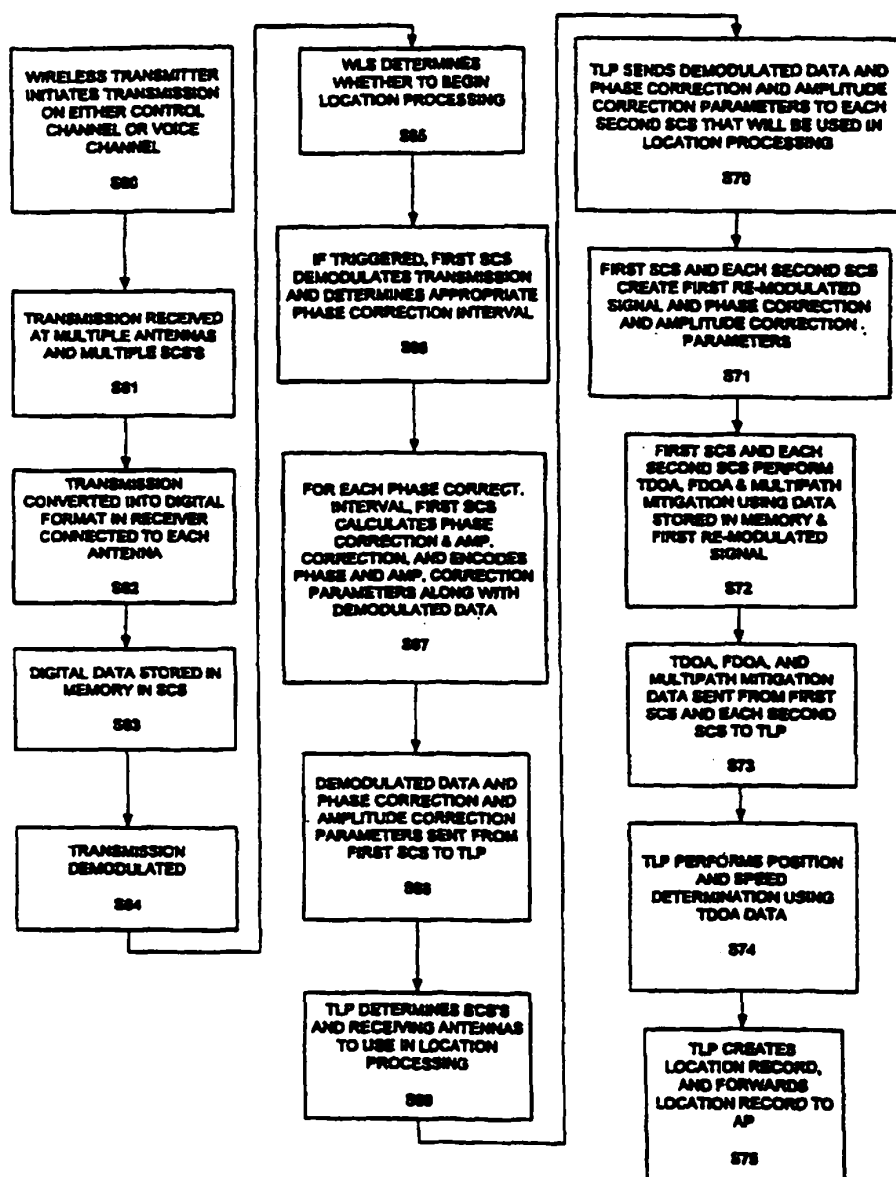
Figura 5



Leyendas Fig. 5

- Transmisor inalámbrico inicia transmisión en canal de control o de voz S-50
- Transmisión recibida en múltiples antenas y múltiples SCCs S-51
- Transmisión convertida a formato digital en receptor conectado a cada antena S-52
- Datos digitales almacenados en memoria S-53
- Transmisión se remodula S-54
- SIL determina si comenzar procesamiento de localización S-55
- De activarse, TLP solicita copias de datos digitales de memoria en múltiples SCSs S-56
- Datos digitales enviados de múltiples SCSs a un solo TLP S-57
- TLP lleva a cabo TDOA, FDOA y mitigación de rutas de múltiple acceso en datos digitales de pares de antenas S-58
- TLP lleva a cabo determinación de posición y velocidad utilizando datos TDOA y crea registro de localización y lo envía a AP S-59

Figura 6

**Leyendas Fig. 6**

Transmisor inalámbrico inicia transmisión en canal de control o de voz S-60

Se recibe transmisión en múltiples antenas y múltiples SCSs S-61

Transmisión se convierte a formato digital en receptor conectado a cada antena S-62

Datos digitales almacenados en memoria en SCS S-63

Transmisión demodulada S-64

SIL determina si comenzar procesamiento de localización S-65

Si activado, primer SCC demodula transmisión y determina intervalo apropiado de corrección de fase S-66

Para cada intervalo de corrección de fase, primer SCS calcula corrección de fase y corrección AMP y codifica parámetros de corrección de fase y de AMP conjuntamente con datos demodulados S-67

Datos demodulados y parámetros de corrección de fase y de amplitud enviados de primer SCS a TLP S-68

TLP determina SCSs y antenas receptoras a utilizar en procesamiento de localización S-69

TLP envía datos demodulados y parámetros de corrección de fase y de amplitud a c/2do SCS que será utilizado en procesamiento de localización S-70

Primer SCS y cada segundo SCS crean primera señal re-modulada y parámetros de

corrección de fase y de amplitud S-71.

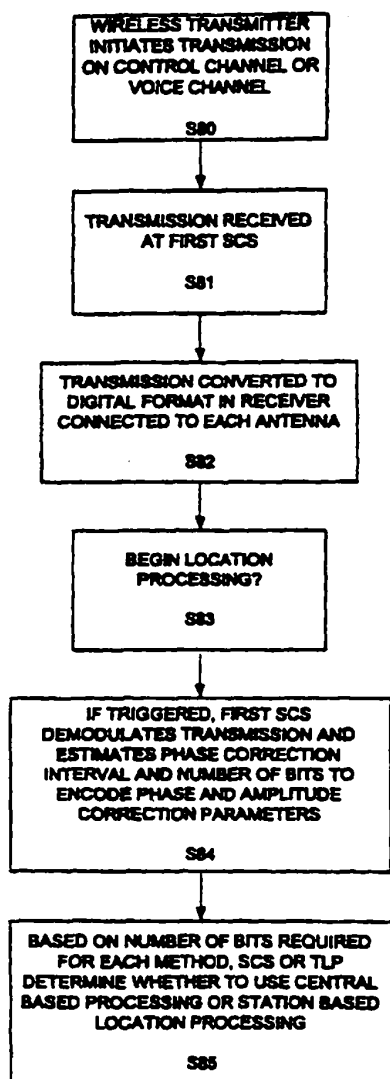
Primer SCS y cada segundo SCS llevan a cabo TDOA, FDOA y mitigación de rutas de múltiple acceso utilizando datos almacenados en memoria y primera señal re-modulada S-72.

Datos TDOA, FDOA y mitigación de rutas de múltiple acceso enviados desde primer SCS y cada segundo SCS a TLP S-73.

TLP lleva a cabo determinación de posición y velocidad utilizando datos TDOA S-74.

TLP crea registro de localización y lo envía a AP S-75.

Figura 7



Leyendas Fig. 7

Transmisor inalámbrico inicia transmisión en canal de control o de voz S-80.

Transmisión recibida en primer SCS S-81.

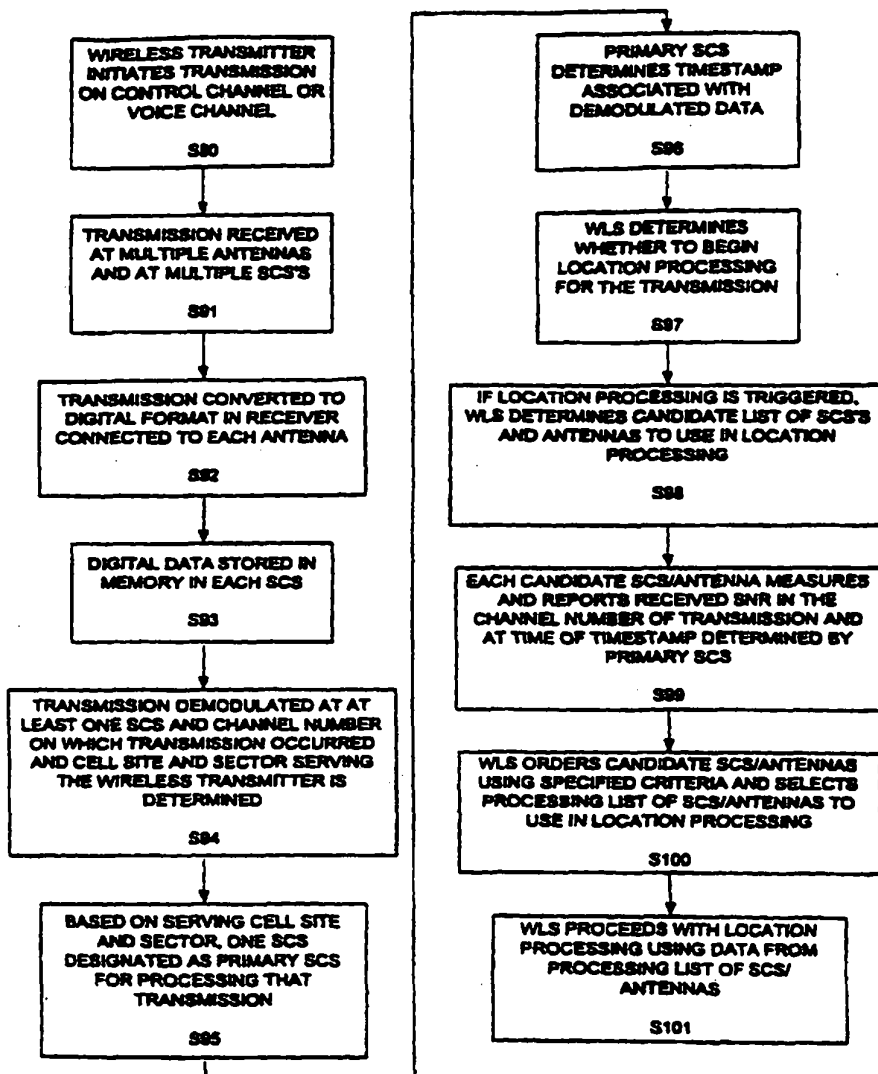
Transmisión convertida a formato digital en receptor conectado a cada antena S-82.

¿Comenzar proceso de localización? S-83

Si activado, primer SCS demodula y estima intervalo de corrección de fase y número de bits para codificar parámetros de fase y de amplitud S-84

Basado en número de bits requeridos para cada método, SCS o TLP determina si utilizar procesamiento de localización centralizado o de base S-85.

Figura 8



Leyendas Fig. 8

Transmisor inalámbrico inicia transmisión en canal de control o de voz S-90.

Transmisión recibida en múltiples antenas y en múltiples SCSs S-91.

Transmisión convertida a formato digital en cada antena y receptor S-92.

Datos digitales almacenados en cada SCS S-93.

Transmisión demodulada en al menos un SCS y número de canal en los que ocurrió la transmisión, determinando sitio celular y sector que sirven al transmisor inalámbrico S-94.

Basado en sitio celular y sectores sirvientes se designa un SCS como SCS primario para procesar esa transmisión S-95.

SCS primario determina marcador de tiempo asociado a datos demodulados S-96.

SIL determina si comenzar procesamiento de localización para la transmisión S-97.

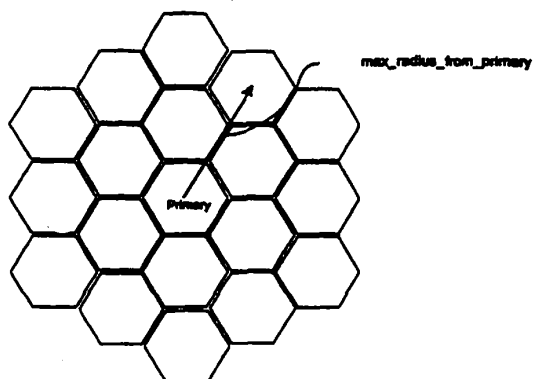
Si se activa el procesamiento de localización el SIL determina listado de candidatos y antenas a utilizar en el procesamiento de localización S-98.

Cada medición de candidato a antena/SCS y reporte recibido SNR en el número del canal de transmisión y al momento del marcador de tiempo determinado por SCS primario S-99.

SIL ordena a candidato a antena/SCS utilizando criterio especificado y elección de lista de procesamiento de antena/SCS a utilizar en procesamiento de localización S-100.

SIL procede con procesamiento de localización utilizando datos de lista de procesamiento de antena/SCS S-101.

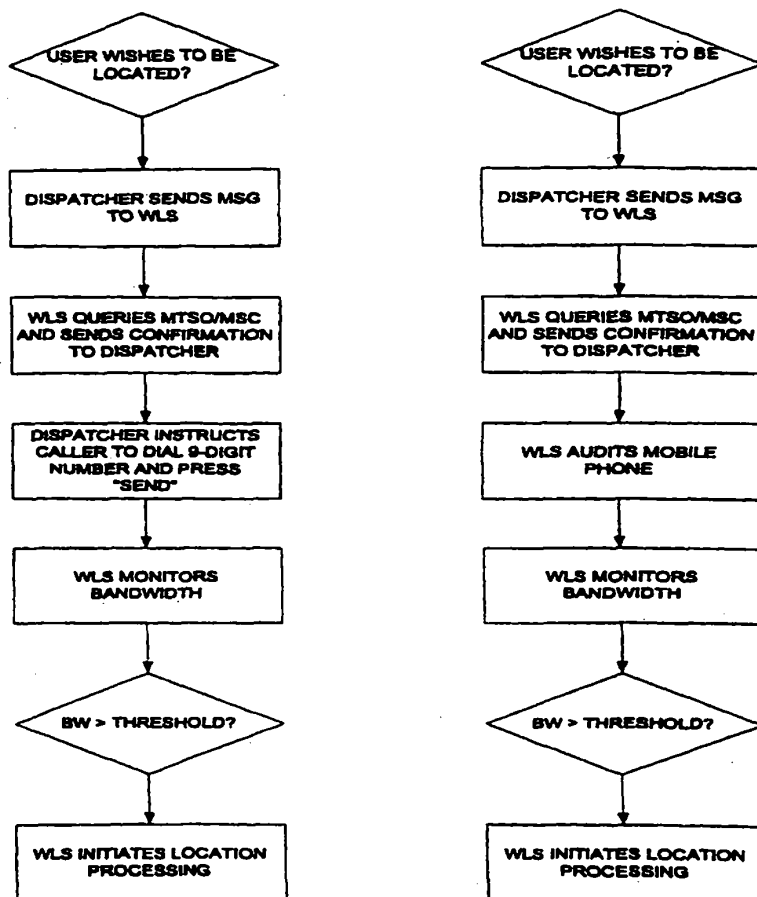
Figura 9



Leyendas Fig. 9

Max radius from primary – radio máx. desde primario

Figura 10A y 10B



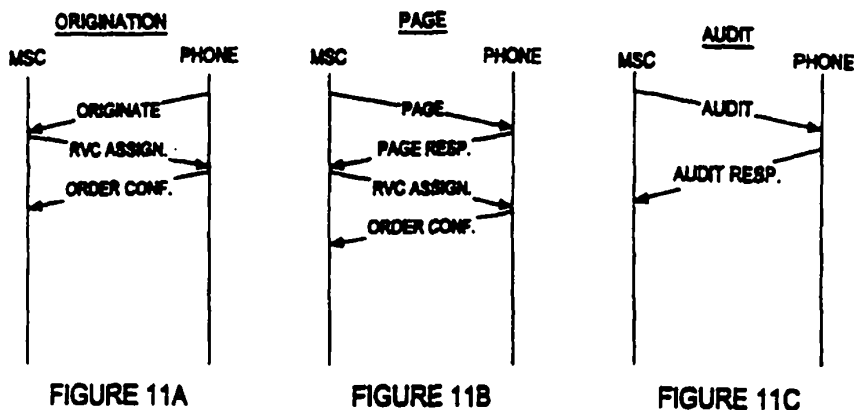
Leyendas 10A

¿Usuario desea ser localizado?
 Despachador envía mensaje a SIL
 SIL pregunta a MT S/MSC y envía confirmación a despachador
 Despachador solicita al usuario que marque número de 9 dígitos y presione "enviar"
 SIL monitorea ancho de banda
 ¿Ancho de banda mayor que umbral?
 SIL comienza procesamiento de localización

Leyendas 10B

- ¿Usuario desea ser localizado?
- Despachador envía mensaje a SIL
- SIL pregunta a MT S/MSD y envía confirmación a despachador
- SIL audita teléfono móvil
- SIL monitorea ancho de banda
- ¿Ancho de banda mayor que umbral?
- SIL comienza procesamiento de localización

Figura 11A-11B-11C



Leyendas

Figura 11 A

MSC – MSC
Phone – teléfono
Origination – origen
Originate – se origina
RVC assign. – asignación
RVC

Figura 11B

Order conf - confirmación de orden

MSC – MSC
Phone – teléfono
Page – ubicar, localizar
Page resp. - respuesta de ubicación
RVC assign. – asignación RVC
Order conf. - confirmación de orden

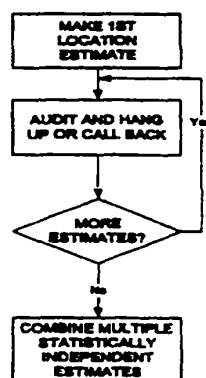
Figura 11C

MSC – MSC
Phone – teléfono
audit – auditar
audit resp. – respuesta de auditoria

_Figura 11D

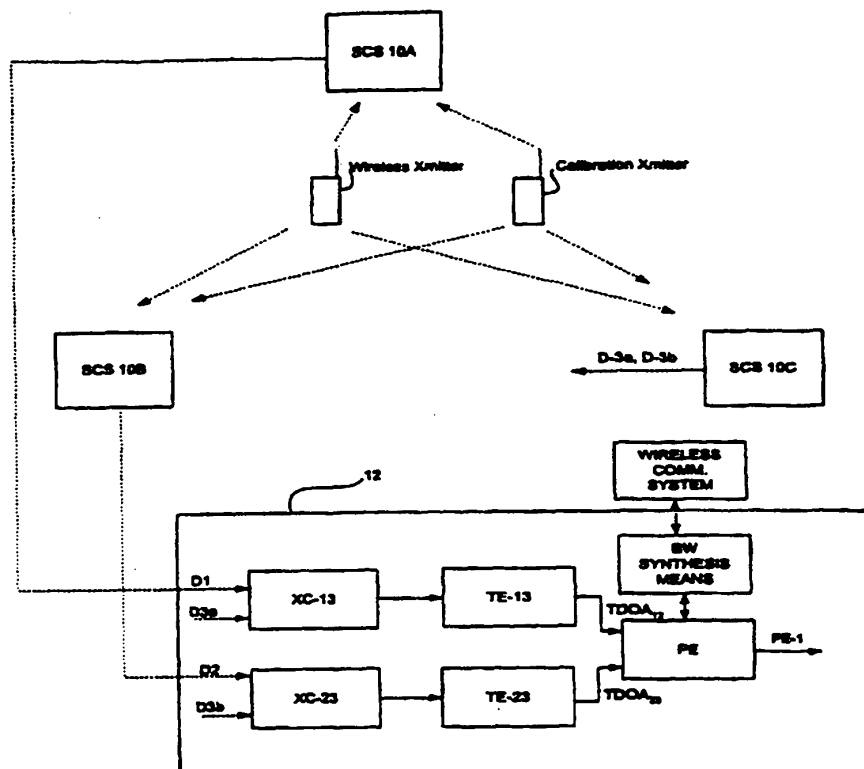
Leyenda Figura 11D

- Realizar primer estimado de localización
- Auditar o colgar y llamar de nuevo
- Yes – Si
- ¿Más estimados?-NO



Combinar múltiples estimados estadísticos independientes

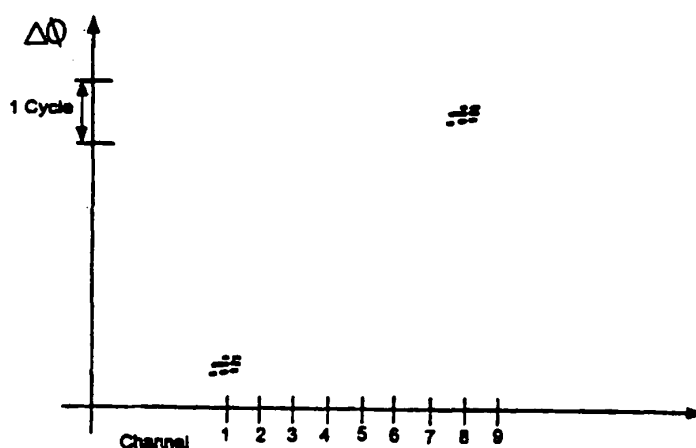
Figura 12A



Leyendas 12 A

wireless xmitter – transmisor inalámbrico
 calibration xmitter – transmisor de calibración
 wireless com. System – sistema inalámbrico de comunicaciones
 BW synthesis means – medios de síntesis de banda ancha

Figura 12B



Leyendas 12B

Cycle - ciclo
 Channel - Canal