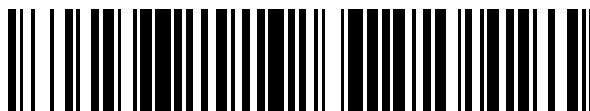


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 490 765**

51 Int. Cl.:

G01S 5/02 (2010.01)

G01S 5/06 (2006.01)

H04W 64/00 (2009.01)

H04W 4/22 (2009.01)

G01S 1/02 (2010.01)

H04W 76/00 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2004 E 04759073 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.07.2014 EP 1616200**

54 Título: **Procesador de localización de pasadas múltiples**

30 Prioridad:

15.04.2003 US 414982

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

04.09.2014

73 Titular/es:

**TRUEPOSITION, INC. (100.0%)
1000 CHESTERBROOK BOULEVARD, SUITE 200
BERWYN, PA 19312, US**

72 Inventor/es:

**ANDERSON, ROBERT J.;
STILP, LOUIS A. y
WARD, MATTHEW L.**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 490 765 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

Procesador de localización de pasadas múltiples

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a métodos y aparato para localizar transmisores inalámbricos, tal como los usados en sistemas celulares analógicos o digitales, sistemas de comunicaciones personales (PCS), radios móviles especializadas mejoradas (ESMRs), y otros tipos de sistemas de comunicaciones inalámbricas. Este campo se conoce ahora en general como localización inalámbrica, y tiene aplicación para Wireless E9-1-1, gestión de flotas, optimización RF y otras aplicaciones valiosas.

Antecedentes de la invención

Los primeros trabajos relativos al campo de la Localización Inalámbrica se describieron en las Patentes de Estados Unidos números 5.327.144, 5 de julio de 1994, "Sistema de localización de teléfono celular", y la Patente de Estados Unidos número 5.608.410, 4 de marzo de 1997, "Sistema para localizar una fuente de transmisiones de ráfagas". Ambas patentes son propiedad del cesionario de la presente invención, TruePosition, Inc. TruePosition ha llevado a cabo amplios experimentos con tecnología de Sistemas de Localización Inalámbrica para demostrar tanto la viabilidad como el valor de la tecnología. Por ejemplo, se realizaron varios experimentos durante varios meses de 1995 y 1996 en las ciudades de Philadelphia y Baltimore para verificar la capacidad del sistema de mitigar trayectos múltiples en entornos urbanos grandes. Después, en 1996 el cesionario construyó en Houston un sistema que se utilizó para verificar la efectividad de la tecnología en dicha zona y su capacidad de conectar directamente con sistemas E911. Después, en 1997, el sistema se comprobó en una zona de 907 km cuadrados (350 millas cuadradas) en New Jersey y se utilizó para localizar llamadas reales a 9-1-1 de personas reales en apuros. Desde entonces, la prueba del sistema se ha ampliado de manera que incluya 125 lugares de celda que cubren un área de más de 5.180 km cuadrados (2.000 millas cuadradas). El cesionario añadió en 1998 capacidad de radio digital al WLS y puso en el campo múltiples sistemas de prueba de modo doble incluyendo: un sistema AMPS/TDMA de 16 lugares en Wilmington Delaware, un sistema AMPS/TDMA de 7 lugares en Redmond Washington, un sistema AMPS/CDMA de 38 lugares rurales en torno a Fort Wayne, Indiana, un sistema AMPS/CDMA de 19 lugares en King of Prussia Pennsylvania, un sistema AMPS/CDMA en 33 lugares urbanos de alta densidad de población en Manhattan Island en Nueva York, y un sistema AMPS/CDMA de 135 lugares en New Jersey, Delaware y Pennsylvania. TruePosition está actualmente en proceso de desplegar un sistema AMPS/TDMA y GPS comercial a nivel nacional, de 16.000 lugares. Durante todas estas pruebas y despliegues comerciales se comprobó y se desarrolló más la efectividad en varias pruebas.

El valor e importancia del Sistema de Localización Inalámbrica ha sido reconocido por la industria de comunicaciones inalámbricas. En junio de 1996, la Comisión Federal de Comunicaciones dio a conocer los requisitos para que la industria de comunicaciones inalámbricas desplegara sistemas de localización a usar para localizar llamadas inalámbricas al 9-1-1, con fecha tope de octubre de 2001. La localización de llamantes inalámbricos al 9-1-1 ahorrará tiempo de respuesta, salvará vidas, y ahorrará enormes costos a causa del uso reducido de los recursos de respuesta a emergencias. Además, numerosas investigaciones y estudios han concluido que varias aplicaciones inalámbricas, tal como facturación sensible a posición, gestión de flota, y otros, tendrán grandes valores comerciales en los próximos años.

TruePosition ha seguido desarrollando sistemas y técnicas para mejorar más la exactitud de los Sistemas de Localización Inalámbrica, reduciendo considerablemente al mismo tiempo el costo de dichos sistemas. Por ejemplo, se concedieron las siguientes patentes del mismo cesionario por varias mejoras en el campo de la Localización inalámbrica:

1. Patente de Estados Unidos número 6.519.465 B2, 11 de febrero de 2003, Método de transmisión modificado para mejorar la exactitud para llamadas E-911;

2. Patente de Estados Unidos número 6.492.944 B1, 10 de diciembre de 2002, Método de calibración interna para un sistema receptor de un sistema de localización inalámbrica;

3. Patente de Estados Unidos número 6.483.460 B2, 19 de noviembre de 2002, Método de selección de línea base para uso en un sistema de localización inalámbrica;

4. Patente de Estados Unidos número 6.463.290 B1, 8 de octubre de 2002, Técnicas basadas en red asistida por móvil para mejorar la exactitud de un sistema de localización inalámbrica;

5. Patente de Estados Unidos número 6.400.320, 4 de junio de 2002, Método de selección de antena para un sistema de localización inalámbrica;

6. Patente de Estados Unidos número 6.388.618, 14 de mayo de 2002, Sistema de recogida de señal para un sistema de

localización inalámbrica;

7. Patente de Estados Unidos número 6.351.235, 26 de febrero de 2002, Método y sistema para sincronizar sistemas receptores de un sistema de localización inalámbrica;

8. Patente de Estados Unidos número 6.317.081, 13 de noviembre de 2001, Método de calibración interna para un sistema receptor de un sistema de localización inalámbrica;

9. Patente de Estados Unidos número 6.285.321, 4 de septiembre de 2001, Método de procesamiento basado en estación para un sistema de localización inalámbrica;

10. Patente de Estados Unidos número 6.334.059, 25 de diciembre de 2001, Método de transmisión modificado para mejorar la exactitud para llamadas E-911;

11. Patente de Estados Unidos número 6.317.604, 13 de noviembre de 2001, Sistema de bases de datos centralizada para un sistema de localización inalámbrica;

12. Patente de Estados Unidos número 6.281.834, 28 de agosto de 2001, Calibración para sistema de localización inalámbrica;

13. Patente de Estados Unidos número 6.266.013, 24 de julio de 2001, Arquitectura para un sistema de recogida de señal de un sistema de localización inalámbrica;

14. Patente de Estados Unidos número 6.184.829, 6 de febrero de 2001, Calibración para sistema de localización inalámbrica;

15. Patente de Estados Unidos número 6.172.644, 9 de enero de 2001, Método de localización de emergencia para un sistema de localización inalámbrica;

16. Patente de Estados Unidos número 6.115.599, 5 de septiembre de 2000, Método de reintento directo para uso en un sistema de localización inalámbrica;

17. Patente de Estados Unidos número 6.097.336, 1 de agosto de 2000, Método para mejorar la exactitud de un sistema de localización inalámbrica;

18. Patente de Estados Unidos número 6.091.362, 18 de julio de 2000, Síntesis de anchura de banda para sistema de localización inalámbrica;

19. Patente de Estados Unidos número 5.608.410, 4 de marzo de 1997, Sistema para localizar una fuente de transmisiones a ráfagas; y

20. Patente de Estados Unidos número 5.327.144, 5 de julio de 1994, Sistema de localización de teléfono celular.

Otras patentes ejemplares en este campo incluyen:

1. Patente de Estados Unidos número 6.546.256, 8 de abril de 2003, Sistema de localización eficiente y robusto;

2. Patente de Estados Unidos número 6.366.241, 2 de abril de 2002, Determinación mejorada de características de señal dependientes de posición;

3. Patente de Estados Unidos número 6.288.676, 11 de septiembre de 2001, Aparato y método para localización de comunicaciones de estación única;

4. Patente de Estados Unidos número 6.288.675, 11 de septiembre de 2001, Sistema de localización de comunicaciones de estación única;

5. Patente de Estados Unidos número 6.047.192, 4 de abril de 2000, Sistema de localización eficiente y robusto;

6. Patente de Estados Unidos número 6.108.555, 22 de agosto de 2000, Sistema mejorado de localización por diferencia de tiempo;

7. Patente de Estados Unidos número 6.101.178, 8 de agosto de 2000, GPS aumentado por pseudolito para localizar teléfonos inalámbricos;

8. Patente de Estados Unidos número 6.119.013, 12 de septiembre de 2000, Sistema mejorado de localización por diferencia de tiempo;

9. Patente de Estados Unidos número 6.127.975, 3 de octubre de 2000, Sistema de localización de comunicaciones de estación única;

5 10. Patente de Estados Unidos número 5.959.580, 28 de septiembre de 1999, Sistema de localización de comunicaciones; y

11. Patente de Estados Unidos número 4.728.959, 1 de marzo de 1988, Sistema de localización por hallazgo de dirección.

10 En los últimos años, la industria celular ha incrementado el número de protocolos de interface de aire disponibles para uso por teléfonos inalámbricos. La industria también ha incrementado el número de bandas de frecuencia en las que los teléfonos inalámbricos o móviles pueden operar, y ha expandido el número de términos que se refieren o relacionan con teléfonos móviles de manera que incluya "servicios de comunicaciones personales", "inalámbrico", y otros. Los cambios de terminología y los aumentos del número de protocolos de interface de aire no cambian los principios básicos y las invenciones descubiertas y mejoradas por el cesionario de la presente invención.

15 Como se ha mencionado, hay muchos tipos diferentes de protocolos de interfaz de aire usados para sistemas de comunicaciones inalámbricas. Estos protocolos se utilizan en diferentes bandas de frecuencia, tanto en los Estados Unidos como internacionalmente. La banda de frecuencia no impacta en la efectividad del sistema de ubicación inalámbrica en la localización de teléfonos inalámbricos.

20 Todos los protocolos de interfaz de aire usan dos tipos de "canales". El primer tipo incluye canales de control que se utilizan para transportar información acerca del teléfono inalámbrico o transmisor, para iniciar o terminar llamadas, o para transferir datos por ráfagas. Por ejemplo, algunos tipos de servicios de mensajes cortos transfieren datos por el canal de control. En diferentes interfaces de aire, los canales de control se conocen con terminología diferente, pero el uso de los canales de control en cada interfaz de aire es similar. Los canales de control tienen en general información de identificación acerca del teléfono inalámbrico o transmisor contenido en la transmisión.

25 El segundo tipo de canales incluye canales de voz, también denominados canales de tráfico, que se utilizan típicamente para transportar comunicaciones de voz por la interfaz de aire. Estos canales sólo se usan después de haber establecido una llamada usando los canales de control. Los canales de voz usarán típicamente recursos dedicados dentro del sistema de comunicaciones inalámbricas mientras que los canales de control usarán recursos compartidos. Esta distinción puede hacer el uso de canales de control para efectos de localización inalámbrica más rentable que el uso de canales de voz, aunque hay algunas aplicaciones para las que se desea localización regular en el canal de voz. Los canales de voz no tienen en general información de identificación acerca del teléfono inalámbrico o el transmisor en la transmisión.

Algunas de las diferencias de los protocolos de interfaz de aire se explican a continuación:

40 AMPS: Éste es el protocolo de interfaz de aire original usado para comunicaciones celulares en los Estados Unidos. En el sistema AMPS, se asigna canales dedicados separados para uso por los canales de control (RCC). Según la norma TIA/EIA IS-553A, cada bloque de canales de control debe comenzar en el canal celular 313 o 334, pero el bloque puede ser de longitud variable. En los Estados Unidos, por convención, el bloque de canales de control AMPS tiene 21 canales de ancho, pero también se conoce el uso de un bloque de 26 canales. Un canal de voz inverso (RVC) puede ocupar cualquier canal que no esté asignado a un canal de control. La modulación de canal de control es FSK (manipulación por desplazamiento de frecuencia), mientras que los canales de voz se modulan usando FM (modulación de frecuencia).

50 N-AMPS: Esta interfaz de aire es una ampliación del protocolo de interfaz de aire AMPS, y se define en la norma EIA/TIA IS-88. Los canales de control son sustancialmente los mismos que para AMPS; pero los canales de voz son diferentes. Los canales de voz ocupan menos de 10 KHz de anchura de banda, frente a los 30 KHz usados para AMPS, y la modulación es FM.

55 TDMA: Esta interfaz también se denomina D-AMPS, y se define en la norma EIA/TIA IS-136. Esta interfaz de aire se caracteriza por utilizar tanto separación de frecuencia como de tiempo. Los canales de control se conocen como canales de control digital (DCCH) y son transmitidos en ráfagas en intervalos de tiempo asignados para uso por DCCH. A diferencia de AMPS, DCCH se puede asignar en cualquier lugar en la banda de frecuencia, aunque generalmente hay algunas asignaciones de frecuencia que son más atractivas que otras en base al uso de bloques de probabilidad. Los canales de voz se conocen como canales de tráfico digital (DTC). DCCH y DTC pueden ocupar las mismas asignaciones de frecuencia, pero no la misma asignación de intervalo de tiempo en una asignación de frecuencia dada. DCCH y DTC usan el mismo esquema de modulación, denominado $\pi/4$ DQPSK (manipulación por desplazamiento diferencial de fase en cuadratura). En la banda celular, una portadora puede usar ambos protocolos AMPS y TDMA, mientras las asignaciones de frecuencia para cada protocolo se mantengan separadas.

65 CDMA: Esta interfaz de aire la define la norma EIA/TIA IS-95A. Esta interfaz de aire se caracteriza por utilizar tanto

separación de frecuencia como de código. Sin embargo, dado que los lugares de celda adyacentes pueden usar los mismos parámetros de frecuencia, CDMA también se caracteriza por control de potencia muy cuidado. Este control de potencia cuidado da lugar a una situación conocida por los expertos en la materia como el problema próximo-lejano, que hace difícil la localización inalámbrica para que la mayoría de los acercamientos funcionen apropiadamente (pero véase la Patente de Estados Unidos número 6.047.192, 4 de abril de 2000, Sistema de localización eficiente y robusto, para una solución de este problema). Los canales de control se conocen como canales de acceso, y los canales de voz se conocen como canales de tráfico. Los canales de acceso y tráfico pueden compartir la misma banda de frecuencia, pero están separados por código. Los canales de acceso y tráfico usan el mismo esquema de modulación, denominado OQPSK.

GSM: El sistema global internacional estándar para comunicaciones móviles define esta interfaz de aire. Como el TDMA, el GSM se caracteriza por utilizar tanto separación de frecuencia como de tiempo. La anchura de banda de canal es 200 KHz, que es más ancha que los 30 KHz usados para TDMA. Los canales de control se conocen como canales de control dedicados autónomos (SDCCH), y son transmitidos en ráfagas en intervalos de tiempo asignados para uso por SDCCH. SDCCH se puede asignar en cualquier lugar en la banda de frecuencia. Los canales de voz se conocen como canales de tráfico (TCH). SDCCH y TCH pueden ocupar las mismas asignaciones de frecuencia, pero no la misma asignación de intervalo de tiempo en una asignación de frecuencia dada. SDCCH y TCH usan el mismo esquema de modulación, denominado GMSK. Los sistemas de Servicio de Radio de Paquetes Generales GSM (GPRS) y Tasas de Datos Mejoradas para Evolución de GSM (EDGE) reutilizan la estructura de canales GSM, pero pueden utilizar múltiples esquemas de modulación y compresión de datos para obtener una mayor producción de datos.

Dentro de esta memoria descriptiva una referencia a canales de control o canales de voz se referirá a todos los tipos de canales de control o voz, sea cual sea la terminología preferida para una interfaz de aire particular. Además, hay muchos más tipos de interfaces de aire (por ejemplo, IS-95 CDMA, CDMA 2000, y UMTS WCDMA) usadas en todo el mundo, y, a no ser que se indique lo contrario, no se pretende excluir ninguna interfaz de aire de los conceptos novedosos descritos dentro de esta memoria descriptiva. En efecto, los expertos en la materia reconocerán que otras interfaces usadas en otro lugar son derivadas o de clase similar a las descritas anteriormente.

El documento US 6.249.252 describe un sistema y método para localizar una estación móvil inalámbrica usando una pluralidad de estimadores de posición de estación móvil inalámbrica. Se utiliza un sistema informático para calibrar el funcionamiento relativo de múltiples modelos, donde cada modelo es capaz de ser activado para generar hipótesis de la posición de la estación móvil inalámbrica.

Las realizaciones preferidas de las invenciones aquí descritas tienen muchas ventajas sobre otras técnicas para localizar teléfonos inalámbricos. Por ejemplo, algunas de estas otras técnicas implican añadir funcionalidad GPS a los teléfonos, lo que requiere hacer cambios significativos en los teléfonos. Las realizaciones preferidas aquí descritas no requieren cambios en los teléfonos inalámbricos, y así pueden ser usadas en conexión con la base actual instalada de más 65 millones de teléfonos inalámbricos en los Estados Unidos y 250 millones de teléfonos inalámbricos en todo el mundo.

Según un aspecto de la presente invención, se facilita un método para uso en un sistema de localización inalámbrica (WLS) capaz de localizar un transmisor móvil y de suministrar estimaciones de posición a una o más aplicaciones basadas en posición, donde un proceso de estimación de posición se lleva a cabo según uno o más parámetros de calidad de servicio, incluyendo los pasos de:

(a) asignar al menos un primer y un segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio predeterminados a una clase de llamada específica o identidad de transmisor móvil;

(b) emplear un factor de densidad de sitio para determinar la cantidad de tiempo de recogida y/o el procesado de señal requeridos para cumplir el primer y el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio, respectivamente;

(c) producir una primera estimación de posición en un proceso por lo que la recogida de datos de señal y el procesado de cálculo de posición son limitados por la cantidad de tiempo de recogida y/o el procesado de señal determinado en el paso (b) para el primer conjunto de parámetros de calidad de servicio;

(d) suministrar la primera estimación de posición a al menos una de dicha una o más aplicaciones basadas en posición;

(e) producir una segunda estimación de posición en un proceso por lo que la recogida de datos de señal y el procesado de cálculo de posición están limitados por la cantidad de tiempo de recogida y/o el procesado de señal determinado en el paso (b) para el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio; y

(f) suministrar la segunda estimación de posición a al menos una de dicha una o más aplicaciones basadas en posición.

- En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio se determina por el tipo de aplicación basada en posición a la que se ha de proporcionar una estimación de posición. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio se determina por el número llamado. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio se determina por el número llamante. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio se determina por la identificación del transmisor móvil. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un nivel de prioridad. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un límite de tiempo en la recogida de señal. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un límite de tiempo en el procesado de señal. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un límite de tiempo en la latencia total. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un umbral de potencia de la señal. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un límite de tiempo para la distribución de una estimación de posición. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un umbral de exactitud de posición. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un umbral de exactitud de velocidad.
- En una realización, la segunda estimación de posición es independiente de la primera estimación de posición. En una realización, la segunda estimación de posición se basa al menos parcialmente en la primera estimación de posición. En una realización, la primera estimación de posición y la segunda estimación de posición son determinadas en paralelo.
- En una realización, la aplicación basada en posición del paso (f) no es la misma que la aplicación basada en posición en el paso (d).
- En una realización, el paso (e) incluye múltiples estimaciones de posición con un período entre estimaciones establecido por el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio. En una realización, el paso (e) incluye múltiples estimaciones de posición con un número establecido por el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio. En una realización, el paso (e) incluye múltiples estimaciones de posición con un período de tiempo total establecido por el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio.
- En una realización, la primera estimación de posición y la segunda estimación de posición incluyen un elemento de información que identifica la estimación de posición como la primera estimación de posición o la segunda estimación de posición.
- Según otro aspecto de la presente invención se facilita un sistema de localización inalámbrica (WLS) capaz de localizar un transmisor móvil y suministrar estimaciones de posición a una o más aplicaciones basadas en posición, donde un proceso de estimación de posición se lleva a cabo según uno o más parámetros de calidad de servicio, incluyendo:
- (a) medios para asignar al menos un primer y un segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio predeterminados a una clase de llamada específica o identidad de transmisor móvil;
 - (b) medios para emplear un factor de densidad de sitio para determinar la cantidad de tiempo de recogida y/o procesado de señal requeridos para cumplir el primer y segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio;
 - (c) medios para producir una primera estimación de posición en un proceso por lo que la recogida de datos de señal y el procesado de cálculo de posición son limitados por la cantidad de tiempo de recogida y/o el procesado de señal determinado en el paso (b) para el primer conjunto de parámetros de calidad de servicio;
 - (d) medios para transmitir la primera estimación de posición a al menos una de dicha una o más aplicaciones basadas en posición;
 - (e) medios para producir una segunda estimación de posición en un proceso por lo que la recogida de datos de señal y el procesado de cálculo de posición son limitados por la cantidad de tiempo de recogida y/o el procesado de señal determinado en el paso (b) para el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio; y
 - (f) medios para transmitir la segunda estimación de posición a al menos una de dicha una o más aplicaciones basadas en posición.
- En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio se determina por el tipo de aplicación basada en posición a la que se ha de suministrar una estimación de posición. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio se determina por el número llamado. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio se determina por el número llamante. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio se determina por la identificación del transmisor móvil. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un nivel de prioridad. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un límite de tiempo en la recogida de señal. En una realización, al

menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un límite de tiempo en el procesado de señal. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un límite de tiempo en la latencia total. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un umbral de potencia de la señal. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un límite de tiempo para el suministro de una estimación de posición. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un umbral de exactitud de posición. En una realización, al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un umbral de exactitud de velocidad.

En una realización, la segunda estimación de posición es independiente de la primera estimación de posición. En una realización, la segunda estimación de posición se basa al menos parcialmente en la primera estimación de posición. En una realización, la primera estimación de posición y la segunda estimación de posición son determinadas en paralelo.

En una realización, la aplicación basada en posición del paso (f) no es la misma que la aplicación basada en posición en el paso (d).

En una realización, el paso (e) incluye múltiples estimaciones de posición con un período entre estimaciones establecido por el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio. En una realización, el paso (e) incluye múltiples estimaciones de posición con un número establecido por el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio. En una realización, el paso (e) incluye múltiples estimaciones de posición con un período de tiempo total establecido por el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio.

En una realización, la primera estimación de posición y la segunda estimación de posición incluyen un elemento de información que identifica la estimación de posición como la primera estimación de posición o la segunda estimación de posición.

En un ejemplo, cuando se recibe una petición de localización de pasadas múltiples, se compara una celda corriente y sector (el "primario") con una lista de posibles lugares cooperantes en la red para calcular un factor de densidad de lugar, o alternativamente se puede mantener un factor de densidad de lugar de celda para cada lugar primario. En base a este factor de densidad de lugar, se puede determinar el tiempo de recogida, los métodos de procesado de señales, y el número de antenas cooperantes para cada una de las posiciones estimadas, primera y siguiente. Dado que la cantidad de tiempo de recogida y procesado de señal requerido, y el número de antenas cooperantes varían en función de la densidad de lugar, el conocimiento de la densidad de lugar permite usar la cantidad correcta de recursos de sistema para cada pasada, optimizando por ello la exactitud y capacidad del sistema.

Como con Sintonización Síncrona Automática (véase a continuación, y véase la Solicitud, en tramitación, número de serie 10/106.089, presentada el 25 de marzo de 2002, "Sintonización Síncrona Automática de receptores de banda estrecha de un sistema de localización inalámbrica para seguimiento de canal de voz/tráfico", que se incorpora aquí por referencia en su totalidad), se utiliza programación de recursos escasos (por ejemplo, receptores, procesadores) para incrementar la capacidad del WLS. Con las cualidades dadas de servicio (tiempo, confianza, exactitud, por ejemplo) para las estimaciones de posición primera y segunda y el conocimiento del WLS del entorno RF, se puede usar un modelo para determinar la duración probable de la fase de recogida de señal del proceso de estimación de posición. Con esta duración probable calculada y un parámetro de latencia o límite de tiempo en las limitaciones de calidad de servicio de la primera pasada, el WLS puede calcular un nivel de prioridad para la petición y programar la petición para optimizar la capacidad del WLS.

Si el sistema determina a partir del modelo que hay disponibles recursos suficientes para satisfacer la lista primera y segunda de parámetros de calidad de servicio con una sola fase de recogida, el WLS puede abortar la segunda pasada y dispensar en la primera pasada la calidad de estimación de posición solicitada en la primera pasada.

Si el WLS instalado tiene capacidades TDOA y de ángulo de llegada (AoA), el escenario de posición multipasada se podría usar para dispensar una medición TDOA seguida de una estimación de posición AoA o TDOA/AoA híbrida para cumplir los requisitos de exactitud o tiempo demandados por la calidad de servicio para la estimación de posición.

El WLS puede almacenar un modelo detallado de características de propagación RF para cada celda y sector de la zona de servicio del WLS. Este modelo, cuando se utiliza con mediciones de tiempo y potencia de celda/sector alimentado por red portadora o estación móvil, permite al WLS calcular una primera estimación de posición de forma útil. Esta forma más útil incluye una latitud y longitud, una latitud y longitud con radio de error y factor de confianza, o un polígono con un factor de confianza. Estas estimaciones de posición derivadas de datos externos (al WLS) se pueden comparar con el primer conjunto de requisitos de calidad de servicio para comprobar la bondad del ajuste.

En una forma más simple, la densidad de celdas/sector o el tamaño de celda/sector almacenado por el WLS se puede comparar con el primer conjunto de parámetros de calidad de servicio. Si la posición derivada de celda/sector es suficiente para lograr la exactitud requerida en los parámetros de calidad de servicio en primera pasada, el sistema puede devolver dicho valor. Si la estimación de posición producida por celda y sector no es suficientemente exacta, el sistema WLS puede combinar la celda y sector con información de tiempo suministrada por red portadora o suministrada

por estación móvil (retardo de ida y vuelta, avance de tiempo en sistemas TDMA tal como IS-54, IS-136 y GSM o desviación FN en sistemas CDMA) o mediciones de potencia suministradas por red portadora o suministradas por estación móvil con información de propagación y ambiente radio almacenada en WLS para generar una primera estimación de posición que se puede comparar con el primer conjunto de parámetros de calidad de servicio para hallar si
5 excede del primer conjunto de parámetros de calidad de servicio. Una primera estimación de posición derivada de esta manera se puede suministrar a la aplicación de posición destino solicitante o especificada.

Si el método de posición de primera pasada, sea cual sea la tecnología usada, excede del primer y segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio, se puede suspender la segunda pasada, ahorrando recursos receptores de posición.
10 Si se suspende la segunda pasada, la aplicación solicitante puede recibir la respuesta de primera pasada o las respuestas de las pasadas segunda y primera. Por ejemplo, el sistema puede usar un señalizador u otro indicador en la respuesta de primera pasada para informar a la aplicación solicitante que no se suministrará una segunda respuesta.

Otro ejemplo incluye la noción de que el procesado de posición multipasada se puede dividir en tres partes: (1) selección de procesado multipasada, (2) rendimiento de procesado multipasada, y (3) identificación. Éstas se explican mejor a
15 continuación.

A continuación se describen otros detalles de la invención.

20 Breve descripción de los dibujos

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

La figura 2 ilustra esquemáticamente un sistema de captación de señales (SCS) 10.
25

La figura 2A ilustra esquemáticamente un módulo receptor 10-2 empleado por el sistema de captación de señales.

Las figuras 2B y 2C ilustran esquemáticamente formas alternativas de acoplar el (los) módulo(s) receptor(es) 10-2 a las antenas 10-1.
30

La figura 2C-1 es un diagrama de flujo de un proceso empleado por el Sistema de Localización Inalámbrica al utilizar módulos receptores de banda estrecha.

La figura 2D ilustra esquemáticamente un módulo DSP 10-3 empleado en el sistema de captación de señales.
35

La figura 2E es un diagrama de flujo de la operación del (los) módulo(s) DSP 10-3, y la figura 2E-1 es un diagrama de flujo del proceso empleado por los módulos DSP para detectar canales activos.

La figura 2F ilustra esquemáticamente un módulo de control y comunicaciones 10-5.
40

Las figuras 2G-2J ilustran aspectos de los métodos de calibración SCS actualmente preferidos. La figura 2G es una ilustración esquemática de líneas base y valores de error usados para explicar un método de calibración externa. La figura 2H es un diagrama de flujo de un método de calibración interna. La figura 2I es una función de transferencia
45 ejemplar de un canal de control AMPS y la figura 2J ilustra una señal peine ejemplar.

Las figuras 2K y 2L son diagramas de flujo de dos métodos para verificar el funcionamiento de un Sistema de Localización Inalámbrica.

La figura 3 ilustra esquemáticamente un procesador de localización TDOA 12.
50

La figura 3A ilustra la estructura de un mapa de red ejemplar mantenido por los controladores TLP.

Las figuras 4 y 4A ilustran esquemáticamente diferentes aspectos de un procesador de aplicaciones 14.

La figura 5 es un diagrama de flujo de un método de procesado de localización basado en estación central.
55

La figura 6 es un diagrama de flujo de un método de procesado de localización basado en estación.

La figura 7 es un diagrama de flujo de un método para determinar, para cada transmisión para la que se desea una localización, si emplear procesado basado en estación o central.
60

La figura 8 es un diagrama de flujo de un proceso dinámico usado para seleccionar antenas cooperantes y SCSs 10 utilizados en el procesado de localización.

La figura 9 es un diagrama al que se hace referencia a continuación al explicar un método para seleccionar una lista de candidatos de SCSs y antenas usando un conjunto predeterminado de criterios.
65

La figura 9A es un diagrama de flujo de un método de procesamiento de posición multipasada. Las figuras 10A y 10B son diagramas de flujo de métodos alternativos para incrementar la anchura de banda de una señal transmitida para mejorar la exactitud de la localización.

Las figuras 11A-11C son diagramas de flujo de señal y la figura 11D es un diagrama de flujo, y se utilizan para explicar un método de la invención para combinar múltiples estimaciones de posición estadísticamente independientes para proporcionar una estimación con mayor exactitud.

Las figuras 12A y 12B son un diagrama de bloques y un gráfico, respectivamente, para explicar un método de síntesis de anchura de banda.

Descripción detallada de realizaciones preferidas

El Sistema de Localización Inalámbrica opera como una superposición pasiva a un sistema de comunicaciones inalámbricas, tal como un sistema celular, PCS, o ESMR, aunque los conceptos no se limitan justamente a esos tipos de sistemas de comunicaciones. Los sistemas de comunicaciones inalámbricas no son generalmente adecuados para localizar dispositivos inalámbricos porque los diseños de los transmisores inalámbricos y lugares de celda no incluyen la funcionalidad necesaria para lograr localización exacta. La localización exacta en esta aplicación se define como exactitud de 30,48 a 121 M (100 a 400 pies) RMS (media cuadrática). Esto se distingue de la exactitud de localización que se puede lograr mediante los lugares de celda actuales, que se limita en general al radio del lugar de celda. En general, los lugares de celda no están diseñados o programados para cooperar entre ellos para determinar la localización del transmisor inalámbrico. Además, los transmisores inalámbricos, tal como teléfonos celulares y PCS están diseñados de manera que sean de bajo costo y por lo tanto no incorporan en general capacidad de localización. El WLS está diseñado de manera que sea una adición de bajo costo a un sistema de comunicaciones inalámbricas que implique cambios mínimos en los lugares de celda y ningún cambio en los transmisores inalámbricos estándar. El WLS es pasivo porque no contiene transmisores, y por lo tanto no produce interferencia en el sistema de comunicaciones inalámbricas. El WLS usa solamente sus propios receptores especializados en sitios de celda u otras posiciones receptoras.

Visión general del Sistema de Localización Inalámbrica

Como se representa en la figura 1, el Sistema de Localización Inalámbrica tiene cuatro tipos principales de subsistemas: los sistemas de captación de señales (SCSs) 10, los procesadores de localización TDOA (TLPs) 12, los procesadores de aplicación (APs) 14, y la Consola de Operaciones de Red (NOC) 16. Cada SCS es responsable de recibir las señales RF transmitidas por los transmisores inalámbricos tanto en los canales de control como los canales de voz. En general, cada SCS está instalado preferiblemente en un lugar de celda de portadora inalámbrica, y por lo tanto opera en paralelo con una estación base. Cada TLP 12 es responsable de administrar una red de SCSs 10 y de obtener un grupo centralizado de recursos de procesamiento de señal digital (DSP) que se puede usar en los cálculos de localización. Los SCSs 10 y los TLPs 12 operan juntos para determinar la localización de los transmisores inalámbricos, como se explicará con más detalle más adelante. El procesamiento de señal digital es la manera preferible en la que procesar radioseñales porque los DSPs son de costo relativamente bajo, proporcionan un funcionamiento consistente, y son fácilmente reprogramables para manejar muchas tareas diferentes. Tanto los SCSs 10 como los TLPs 12 contienen una cantidad considerable de recursos DSP, y el software en estos sistemas puede operar dinámicamente para determinar dónde efectuar una función de procesamiento particular en base a compromisos en el tiempo de procesamiento, tiempo de comunicaciones, tiempo de espera, y costo. Cada TLP 12 existe en el centro primariamente para reducir el costo general de implementar el WLS, aunque las técnicas aquí explicadas no se limitan a la arquitectura preferida mostrada. Es decir, los recursos DSP pueden ser relocados dentro del WLS sin cambiar los conceptos básicos y la funcionalidad descrita.

Los APs 14 son responsables de gestionar todos los recursos en el WLS, incluyendo todos los SCSs 10 y TLPs 12. Cada AP 14 también contiene una base de datos especializada que contiene "disparos" para el WLS. Para conservar recursos, el WLS se puede programar para localizar solamente algunos tipos predeterminados de transmisiones. Cuando se produce una transmisión de un tipo predeterminado, el WLS se dispara después para comenzar el procesamiento de localización. De otro modo, el WLS se puede programar para ignorar la transmisión. Cada AP 14 también contiene interfaces de aplicaciones que permiten a una variedad de aplicaciones acceder con seguridad al WLS. Estas aplicaciones pueden acceder, por ejemplo, a registros de localización en el tiempo real o tiempo no real, crear o borrar algún tipo de disparos, o hacer que el WLS realice otras acciones. Cada AP 14 también es capaz de algunas funciones de postprocesado que permiten al AP 14 combinar un número de registros de localización para generar informes amplios o análisis útiles para aplicaciones tal como vigilancia del tráfico u optimización de RF.

La NOC 16 es un sistema de gestión de red que proporciona a los operadores del WLS fácil acceso a los parámetros de programación del WLS. Por ejemplo, en algunas ciudades, el WLS puede contener muchos cientos o incluso miles de SCSs 10. La NOC es la forma más eficaz de administrar un WLS grande, usando capacidades de interfaz gráfica de usuario. La NOC también recibir á alertas en tiempo real si algunas funciones dentro del WLS no

están operando correctamente. El operador puede usar estas alertas en tiempo real para realizar rápidamente una acción correctora y evitar una degradación del servicio de localización. La experiencia con ensayos del WLS muestra que la capacidad del sistema de mantener buena exactitud de localización con el tiempo está directamente relacionada con la capacidad del operador de mantener el sistema operando dentro de sus parámetros predeterminados.

Los lectores de las patentes de Estados Unidos números 5.327.144 y 5.608.410 y esta memoria descriptiva observarán semejanzas entre los respectivos sistemas. En efecto, el sistema aquí descrito se basa considerablemente y también se mejora considerablemente con respecto al sistema descrito en las patentes anteriores. Por ejemplo, el SCS 10 ha sido ampliado y mejorado con respecto al Sistema de Lugar de Antena descrito en 5.608.410. El SCS 10 tiene ahora la capacidad de soportar muchas más antenas en un solo lugar de celda, y además puede soportar el uso de antenas ampliadas como se describe más adelante. Esto permite al SCS 10 operar con los lugares de celda en sectores ahora utilizados comúnmente. El SCS 10 también puede transferir datos desde múltiples antenas en un lugar de celda al TLP 12 en lugar de combinar siempre datos de múltiples antenas antes de la transferencia. Además, el SCS 10 puede soportar múltiples protocolos de interfaz de aire permitiendo por ello que el SCS 10 funcione incluso cuando una portadora inalámbrica cambie continuamente la configuración de su sistema.

El TLP 12 es parecido al Sistema de Lugar Central descrito en 5.608.410, pero también ha sido expandido y mejorado. Por ejemplo, el TLP 12 se ha hecho escalable de manera que la cantidad de recursos DSP requeridos por cada TLP 12 se pueda escalar apropiadamente de manera que se adapte al número de posiciones por segundo requeridas por clientes del WLS. Para soportar escala para diferentes capacidades del WLS, se ha añadido un esquema de red al TLP 12 de manera que múltiples TLPs 12 puedan cooperar para compartir datos RF a través de los límites de red del sistema de comunicación inalámbrica. Además, el TLP 12 ha recibido medios de control para determinar los SCSs 10, y más importante las antenas en cada uno de los SCSs 10, de las que el TLP 12 ha de recibir datos para procesar una localización específica. Previamente, los Sistemas de Lugar de Antena enviaban automáticamente datos al Sistema de Lugar Central, tanto si lo pedía como si no el Sistema de Lugar Central. Además, el SCS 10 y TLP 12 combinados se han designado con medios adicionales para quitar trayectos múltiples de las transmisiones recibidas.

El Subsistema de Base de Datos del Sistema de Lugar Central ha sido ampliado y desarrollado en el AP 14. El AP 14 puede soportar una mayor variedad de aplicaciones que las descritas anteriormente en 5.608.410, incluyendo la capacidad de postprocesar grandes volúmenes de registros de localización de múltiples transmisores inalámbricos. Estos datos postprocesados pueden producir, por ejemplo, mapas muy efectivos para uso por portadoras inalámbricas para mejorar y optimizar el diseño RF de los sistemas de comunicaciones. Esto se puede lograr, por ejemplo, representando las posiciones de todos los llamantes en un área y las intensidades de la señal recibida en varios lugares de celda. La portadora puede determinar después si, de hecho, cada lugar de celda está sirviendo a la zona exacta de cobertura deseada por la portadora. El AP 14 también puede guardar ahora registros de localización de forma anónima, es decir, con el MIN y/o otra información de identidad quitada del registro de localización, de manera que el registro de localización se pueda usar para optimización de RF o vigilancia del tráfico sin producir problemas sobre privacidad de un usuario individual.

Como se representa en la figura 1A, una implementación actualmente preferida del WLS incluye una pluralidad de regiones SCS cada una de las cuales incluye múltiples SCSs 10. Por ejemplo, la "región SCS 1" incluye los SCSs 10A y 10B (y preferiblemente otros, no representados) que están situados en respectivos lugares de celda y comparten antenas con las estaciones base en dichos lugares de celda. Se utiliza unidades de caída e inserción 11A y 11B para poner en interfaz líneas T1/E1 fraccionales con líneas T1/E1 enteras, que a su vez están acopladas a un sistema de control y acceso digital (DACS) 13A. El DACS 13A y otro DACS 13B se utilizan de la manera descrita con más detalle más adelante para comunicaciones entre los SCSs 10A, 10B, etc., y múltiples TLPs 12A, 12B, etc. Como se representa, los TLPs están colocados típicamente e interconectados mediante una red Ethernet (base) y una segunda red Ethernet redundante. A las redes Ethernet también están acoplados múltiples APs 14A y 14B, múltiples NOCs 16A y 16B, y un terminal servidor 15. Se utiliza enrutadores 19A y 19B para acoplar un WLS a uno u otros varios sistema(s) de localización inalámbrica.

Sistema de captación de señales 10

En general, los lugares de celda tendrán una de las configuraciones de antena siguientes: (i) un lugar omnidireccional con 1 o 2 antenas receptoras o (ii) un lugar de sectores con 1, 2, o 3 sectores, y con 1 o 2 antenas receptoras utilizadas en cada sector. Como el número de lugares de celda ha incrementado en los Estados Unidos e internacionalmente, los lugares de celda de sectores han llegado a ser la configuración predominante. Sin embargo, también hay un número creciente de microceldas y picoceldas, que pueden ser omnidireccionales. Por lo tanto, el SCS 10 ha sido diseñado de manera que se pueda configurar para cualquiera de estos lugares de celda típicos y está provisto de mecanismos para emplear cualquier número de antenas en un lugar de celda.

Los elementos arquitectónicos básicos del SCS 10 siguen siendo los mismos que para el Sistema de Lugares de Antena descrito en 5.608.410, pero se ha hecho varias mejoras para incrementar la flexibilidad del SCS 10 y reducir

el costo de despliegue comercial del sistema. La realización actualmente más preferida del SCS 10 se describe aquí. El SCS 10, del que se muestra una visión general en la figura 2, incluye módulos receptores digitales 10-2A a 10-2C; módulos DSP 10-3a a 10-3C; un bus serie 10-4, un módulo de control y comunicaciones 10-5; un módulo GPS 10-6; y un módulo de distribución de reloj 10-7. El SCS 10 tiene las siguientes conexiones externas: potencia, comunicaciones T1/E1 fraccionales, conexiones RF a antenas, y una conexión de antena GPS para el módulo de generación de temporización (o distribución de reloj) 10-7. La arquitectura y empaquetado del SCS 10 permiten situarlo físicamente junto con lugares de celda (que es el lugar de instalación más común), situarlo en otros tipos de torres (tal como FM, AM, comunicaciones bidireccionales de emergencia, televisión, etc), o situarlo en otras estructuras de construcción (tal como tejados, silos, etc).

Generación de temporización

El Sistema de Localización Inalámbrica depende de la determinación exacta del tiempo en todos los SCSs 10 contenidos dentro de una red. Se ha descrito varios sistemas de generación de temporización diferentes en descripciones anteriores; sin embargo, la realización actualmente más preferida se basa en un receptor GPS mejorado 10-6. El receptor GPS mejorado difiere de la mayoría de los receptores GPS tradicionales en que el receptor contiene algoritmos que quitan parte de la inestabilidad de temporización de las señales GPS, y garantiza que cualesquiera dos SCSs 10 contenidos dentro de una red puedan recibir impulsos de temporización que estén dentro de aproximadamente diez nanosegundos entre sí. Estos receptores GPS mejorados se comercializan ahora, y reducen más algunos de los errores relacionados con la referencia de tiempo que se observaron en implementaciones anteriores de los sistemas de localización inalámbrica. Aunque este receptor GPS mejorado puede producir una referencia de tiempo muy exacta, la salida del receptor todavía puede tener un ruido de fase inaceptable. Por lo tanto, la salida del receptor se introduce en un circuito de bucle de bloqueo de fase movido por oscilador de cristal, de ruido de fase bajo, que puede producir ahora 10 MHz y señales de referencia de un impulso por segundo (PPS) con menos de 0,01 grados RMS de ruido de fase, y con la salida de impulso en cualquier SCS 10 en una red de Sistemas de Localización Inalámbrica dentro de diez nanosegundos de cualquier otro impulso en otro SCS 10. Esta combinación de receptor GPS mejorado, oscilador de cristal, y bucle de bloqueo de fase es ahora el método más preferido para producir señales estables de referencia de tiempo y frecuencia con ruido de fase bajo.

El SCS 10 ha sido diseñado para soportar múltiples bandas de frecuencia y portadoras múltiples con equipo situado en el mismo lugar de celda. Esto puede tener lugar utilizando múltiples receptores internos a un solo chasis SCS, o utilizando chasis múltiples cada uno con receptores separados. En caso de que se localicen múltiples chasis SCS en el mismo lugar de celda, los SCSs 10 pueden compartir un solo circuito de generación de temporización/distribución de reloj 10-7 y por lo tanto reducir el costo general del sistema. Las señales de salida de 10 MHz y un PPS procedentes del circuito de generación de temporización son amplificadas y tamponadas dentro del SCS 10, y después se hacen disponibles mediante conectores externos. Por lo tanto, un segundo SCS puede recibir su temporización de un primer SCS usando la salida tamponada y los conectores externos. Estas señales también pueden estar disponibles para equipo de estación base cosituado en el lugar de celda. Esto podría ser útil para la estación base, por ejemplo, al mejorar la configuración de reutilización de frecuencia de un sistema de comunicaciones inalámbricas.

Módulo receptor 10-2 (realización de banda ancha)

Cuando un transmisor inalámbrico hace una transmisión, el Sistema de Localización Inalámbrica debe recibir la transmisión en múltiples SCSs 10 situados en múltiples lugares de celda geográficamente dispersos. Por lo tanto, cada SCS 10 tiene la capacidad de recibir una transmisión en cualquier canal RF en el que se pueda originar la transmisión. Además, dado que el SCS 10 es capaz de soportar múltiples protocolos de interfaz de aire, el SCS 10 también soporta tipos múltiples de canales RF. Esto está en contraposición a la mayoría de los receptores de estación base corrientes, que reciben típicamente solamente un tipo de canal y generalmente son capaces de recibir solamente en canales RF seleccionados en cada lugar de celda. Por ejemplo, un receptor de estación base TDMA típico solamente soportará canales de 30 KHz de ancho, y cada receptor se programa para recibir señales solamente en un único canal cuya frecuencia no cambia frecuentemente (es decir, hay un plan de frecuencia relativamente fijo). Por lo tanto, muy pocos receptores de estación base TDMA recibirían una transmisión en cualquier frecuencia dada. Otro ejemplo: aunque algunos receptores de estación base GSM son capaces de salto de frecuencia, los receptores en múltiples estaciones base no son generalmente capaces de sintonizar simultáneamente a una frecuencia única al objeto de realizar el procesamiento de localización. De hecho, los receptores en estaciones base GSM se programan a salto de frecuencia para evitar el uso de un canal RF que está siendo utilizado por otro transmisor para minimizar la interferencia.

El módulo receptor SCS 10-2 es preferiblemente un receptor digital de banda ancha doble que puede recibir la banda de frecuencia completa y todos los canales RF de una interfaz de aire. Para sistemas celulares en los Estados Unidos, este módulo receptor tiene 15 MHz de ancho o 25 MHz de ancho de manera que se pueda recibir todos los canales de una sola portadora o todos los canales de ambas portadoras. Este módulo receptor tiene muchas de las características del receptor antes descrito en la patente número 5.608.410, y la figura 2A es un diagrama de bloques de la realización actualmente preferida. Cada módulo receptor contiene una sección de sintonizador RF 10-2-1, una sección de control e interfaz de datos 10-2-2 y una sección de conversión analógica a

digital 10-2-3. La sección de sintonizador RF 10-2-1 incluye dos receptores digitales totalmente independientes (incluyendo el sintonizador nº 1 y el sintonizador nº 2) que convierten la entrada RF analógica de un conector exterior en un flujo de datos digitalizados. A diferencia de la mayoría de los receptores de estación base, el módulo receptor SCS no realiza combinación en diversidad o conmutación. Más bien, la señal digitalizada procedente de cada receptor independiente está disponible para el procesamiento de localización. Los autores de la presente invención han determinado que una ventaja para el procesamiento de localización, y especialmente el procesamiento de mitigación de trayectos múltiples, es procesar independientemente las señales de cada antena en vez de realizar combinación en el módulo receptor.

El módulo receptor 10-2 realiza, o está acoplado a elementos que realizan, las funciones siguientes: control automático de ganancia (para soportar tanto señales intensas próximas como señales débiles lejanas), filtración de paso de banda para quitar señales potencialmente interferentes procedentes de fuera de la banda RF de interés, síntesis de las frecuencias necesarias para mezcla con las señales RF para crear una señal IF que puede ser muestreada, mezcla, y conversión analógica a digital (ADC) para muestrear las señales RF y enviar un flujo de datos digitalizados que tiene una anchura de banda y resolución de bits apropiadas. El sintetizador de frecuencia bloquea las frecuencias sintetizadas a la señal de referencia de 10 MHz procedente del módulo de distribución de reloj/generación de temporización 10-7 (figura 2). Todos los circuitos usados en el módulo receptor mantienen las características de ruido de fase bajo de la señal de referencia de temporización. El módulo receptor tiene preferiblemente una banda dinámica espuria libre de al menos 80 dB.

El módulo receptor 10-2 también contiene circuitos para generar frecuencias de prueba y señales de calibración, así como puertos de prueba donde los técnicos pueden hacer mediciones durante la instalación o localización de averías. Se describe varios procesos de calibración con más detalle a continuación. Las frecuencias de prueba generadas internamente y los puertos de prueba proporcionan un método fácil para que los ingenieros y técnicos comprueben rápidamente el módulo receptor y diagnostiquen los posibles problemas. Esto también es especialmente útil durante el proceso de fabricación.

Una de las ventajas del Sistema de Localización Inalámbrica descrito en la presente memoria es que no se requieren nuevas antenas en lugares de celda. El Sistema de Localización Inalámbrica puede usar las antenas existentes ya instaladas en la mayoría de los lugares de celda, incluyendo tanto antenas omnidireccionales como de sectores. Esta característica puede dar lugar a ahorros importantes en los costos de instalación y mantenimiento del Sistema de Localización Inalámbrica frente a otros métodos que se han descrito en la técnica anterior. Los receptores digitales SCSs 10-2 se pueden conectar a las antenas existentes de dos formas, como se representa en las figuras 2B y 2C, respectivamente. En la figura 2B, los receptores SCS 10-2 están conectados al multiacoplador de lugar de celda existente o divisor RF. De esta manera, el SCS 10 usa el preamplificador de bajo ruido existente del lugar de celda, filtro de paso de banda, y multiacoplador o divisor RF. Este tipo de conexión limita generalmente el SCS 10 a soportar la banda de frecuencia de una sola portadora. Por ejemplo, una portadora celular de lado A usará típicamente el filtro de paso de banda para bloquear señales de clientes de la portadora de lado B, y viceversa.

En la figura 2C, el recorrido RF existente en el lugar de celda ha sido interrumpido, y se ha añadido un nuevo preamplificador, filtro de paso de banda, y divisor RF como parte del Sistema de Localización Inalámbrica. El nuevo filtro de paso de banda pasará múltiples bandas de frecuencia contiguas, tal como ambas portadoras celulares de lado A y de lado B, permitiendo por ello que el Sistema de Localización Inalámbrica localice transmisores inalámbricos usando ambos sistemas celulares pero usando las antenas de un solo lugar de celda. En esta configuración, el Sistema de Localización Inalámbrica usa componentes RF adaptados en cada lugar de celda, de manera que las respuestas de fase en función de la frecuencia sean idénticas. Esto está en contraposición a los componentes RF existentes, que pueden ser de diferentes fabricantes o usar diferentes números de modelo en varios lugares de celda. La adaptación de las características de respuesta de los componentes RF reduce una posible fuente de error para el procesamiento de localización, aunque el Sistema de Localización Inalámbrica tiene la capacidad de compensar estas fuentes de error. Finalmente, el nuevo preamplificador instalado con el Sistema de Localización Inalámbrica tendrá una cifra de ruido muy baja para mejorar la sensibilidad del SCS 10 en un lugar de celda. La cifra de ruido general de los receptores digitales SCS 10-2 está dominada por el factor de ruido de los amplificadores de ruido bajo. Dado que el Sistema de Localización Inalámbrica puede usar señales débiles en el procesamiento de localización, mientras que la estación base no puede procesar típicamente señales débiles, el Sistema de Localización Inalámbrica puede beneficiarse considerablemente de un amplificador de alta calidad, de ruido muy bajo.

Para mejorar la capacidad del Sistema de Localización Inalámbrica de determinar con precisión TDOA para una transmisión inalámbrica, la respuesta de fase en función de la frecuencia de los componentes RF del lugar de celda se determina al tiempo de la instalación y se actualiza otras veces y después se guarda en una tabla en el Sistema de Localización Inalámbrica. Esto puede ser importante porque, por ejemplo, los filtros de paso de banda y/o multiacopladores hechos por algunos fabricantes tienen una respuesta pronunciada no lineal de fase en función de la frecuencia cerca del borde de la banda de paso. Si el borde de la banda de paso está muy cerca o es coincidente con los canales de control inverso o de voz, entonces el Sistema de Localización Inalámbrica haría mediciones incorrectas de las características de fase de la señal transmitida si el Sistema de Localización Inalámbrica no corrigió

las mediciones usando las características guardadas. Esto resulta incluso más importante si una portadora ha instalado multiacopladores y/o filtros de paso de banda de más de un fabricante, dado que las características en cada lugar pueden ser diferentes. Además de medir la respuesta de fase en función de la frecuencia, otros factores ambientales pueden producir cambios en el recorrido RF antes del ADC. Estos factores requieren calibración ocasional y a veces periódica en el SCS 10.

Realización de banda estrecha alternativa del módulo receptor 10-2

Además o como alternativa al módulo receptor de banda ancha, el SCS 10 también soporta una realización de banda estrecha del módulo receptor 10-2. En contraposición al módulo receptor de banda ancha que puede recibir simultáneamente todos los canales RF en uso por un sistema de comunicaciones inalámbricas, el receptor de banda estrecha sólo puede recibir uno o unos pocos canales RF a la vez. Por ejemplo, el SCS 10 soporta un receptor de banda estrecha de 60 KHz para uso en sistemas AMPS/TDMA, cubriendo dos canales contiguos de 30 KHz. Este receptor todavía es un receptor digital como se describe para el módulo de banda ancha; sin embargo, los circuitos de mezcla y sintetización de frecuencia se utilizan para sintonizar dinámicamente el módulo receptor a varios canales RF según la orden. Esta sintonización dinámica puede tener lugar típicamente en un milisegundo o menos, y el receptor puede residir en un canal RF específico mientras sea necesario para recibir y digitalizar datos RF para el procesamiento de localización.

La finalidad del receptor de banda estrecha es reducir el costo de implementación de un Sistema de Localización Inalámbrica con respecto al costo en que se incurre con receptores de banda ancha. Naturalmente, hay cierta pérdida de rendimiento, pero la disponibilidad de estos receptores múltiples permite a las portadoras inalámbricas tener más opciones de costo/rendimiento. Se ha añadido funciones novedosas adicionales y mejoras al Sistema de Localización Inalámbrica para soportar este nuevo tipo de receptor de banda estrecha. Cuando se está utilizando el receptor de banda ancha, todos los canales RF se reciben continuamente en todos los SCSs 10, y después de la transmisión, el Sistema de Localización Inalámbrica puede usar los DSPs 10-3 (figura 2) para seleccionar dinámicamente cualquier canal RF de la memoria digital. Con el receptor de banda estrecha, el Sistema de Localización Inalámbrica debe garantizar a priori que los receptores de banda estrecha en múltiples lugares de celda se sintonicen simultáneamente al mismo canal RF de manera que todos los receptores puedan recibir simultáneamente, digitalizar y guardar la misma transmisión inalámbrica. Por esta razón, el receptor de banda estrecha se usa generalmente solamente para localizar transmisiones de canal de voz, que se puede conocer a priori que están efectuando una transmisión. Dado que las transmisiones de canal de control se pueden producir de forma asíncrona en cualquier momento, el receptor de banda estrecha no se puede sintonizar al canal correcto para recibir la transmisión.

Cuando se utiliza los receptores de banda estrecha para localizar transmisiones de canal de voz AMPS, el Sistema de Localización Inalámbrica tiene la capacidad de cambiar temporalmente las características de modulación del transmisor inalámbrico AMPS para contribuir al procesamiento de localización. Esto puede ser necesario porque los canales de voz AMPS solamente se modulan FM con la adición de un tono supervisor de bajo nivel denominado SAT. Como es conocido en la materia, la acotación inferior de Cramér-Rao de la modulación FM AMPS es considerablemente peor que la modulación FSK con código Manchester usada para canales inversos AMPS y transmisiones "espacio-ráfaga" en el canal de voz. Además, los transmisores inalámbricos AMPS pueden estar transmitiendo con energía considerablemente reducida si no hay señal de entrada modulante (es decir, nadie está hablando). Para mejorar la estimación de localización mejorando las características de modulación sin depender de la existencia o amplitud de una señal modulante de entrada, el Sistema de Localización Inalámbrica puede hacer que un transmisor inalámbrico AMPS transmita un mensaje "espacio-ráfaga" en un punto en el tiempo cuando los receptores de banda estrecha en múltiples SCSs 10 se sintonicen al canal RF en el que se enviará el mensaje. Esto se describe mejor más adelante.

El Sistema de Localización Inalámbrica realiza los pasos siguientes al utilizar el módulo receptor de banda estrecha (véase el diagrama de flujo de la figura 2C-1):

un primer transmisor inalámbrico está ocupado a priori en transmitir en un canal RF particular;

el Sistema de Localización Inalámbrica se dispara para hacer una estimación de localización del primer transmisor inalámbrico (el disparo se puede producir internamente o externamente mediante una interfaz de orden/respuesta);

el Sistema de Localización Inalámbrica determina el lugar de celda, sector, canal RF, intervalo de tiempo, máscara de código largo, y clave de encriptado (no todos los elementos de información pueden ser necesarios para todos los protocolos de interfaz de aire) actualmente en uso por el primer transmisor inalámbrico;

el Sistema de Localización Inalámbrica sintoniza un primer receptor de banda estrecha apropiado en un primer SCS apropiado 10 al canal RF e intervalo de tiempo en el lugar y sector de celda designados, donde apropiado significa típicamente tanto disponible como cosituado o en la mayor proximidad;

el primer SCS 10 recibe un segmento de tiempo de datos RF, que va típicamente desde unos pocos microsegundos

a decenas de milisegundos, del primer receptor de banda estrecha y evalúa la potencia de transmisión, SNR, y las características de modulación;

5 si la potencia de transmisión o SNR es inferior a un umbral predeterminado, el Sistema de Localización Inalámbrica espera un período de tiempo predeterminado y vuelve después al tercer paso anterior (donde el Sistema de Localización Inalámbrica determina el lugar de celda, sector, etc);

10 si la transmisión es una transmisión de canal de voz AMPS y la modulación es inferior a un umbral, entonces el Sistema de Localización Inalámbrica ordena al sistema de comunicaciones inalámbricas que envíe una orden al primer transmisor inalámbrico para producir un "espacio-ráfaga" en el primer transmisor inalámbrico;

el Sistema de Localización Inalámbrica solicita al sistema de comunicaciones inalámbricas que evite la transferencia del transmisor inalámbrico a otro canal RF durante un período de tiempo predeterminado;

15 el Sistema de Localización Inalámbrica recibe una respuesta del sistema de comunicaciones inalámbricas indicando el período de tiempo durante el que se evitará la transferencia del primer transmisor inalámbrico, y si se ordena, el período de tiempo durante el que el sistema de comunicaciones inalámbricas enviará una orden al primer transmisor inalámbrico para producir un "espacio-ráfaga";

20 el Sistema de Localización Inalámbrica determina la lista de antenas que se usará en el procesado de localización (el proceso de selección de antena se describe más adelante);

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

30 en base al sello de tiempo más temprano del Sistema de Localización Inalámbrica y los períodos de tiempo en la respuesta del sistema de comunicaciones inalámbricas, el Sistema de Localización Inalámbrica ordena a los receptores de banda estrecha conectados a las antenas que se usará en el procesado de localización que sintonicen con el lugar de celda, sector, y canal RF actualmente en uso por el primer transmisor inalámbrico y reciban datos RF durante un tiempo de parada predeterminado (en base a la anchura de banda de la señal, SNR, y requisitos de integración);

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

comienza el procesado de localización en los datos RF recibidos, como se describe en las patentes números 5.327.144 y 5.608.410 y en las secciones siguientes;

40 el Sistema de Localización Inalámbrica determina de nuevo el lugar de celda, sector, canal RF, intervalo de tiempo, máscara de código largo, y clave de encriptado actualmente en uso por el primer transmisor inalámbrico;

45 si el lugar de celda, sector, canal RF, intervalo de tiempo, máscara de código largo, y clave de encriptado actualmente en uso por el primer transmisor inalámbrico ha cambiado entre consultas (es decir, antes y después de recoger los datos RF), el Sistema de Localización Inalámbrica interrumpe el procesado de localización, produce un mensaje de alerta de que el procesado de localización falló porque el transmisor inalámbrico cambió de estado de transmisión durante el período de tiempo en el que se estaban recibiendo datos RF, y vuelve a disparar todo este proceso;

50 el procesado de localización en los datos RF recibidos termina según los pasos descritos más adelante.

La determinación de los elementos de información incluyendo lugar de celda, sector, canal RF, intervalo de tiempo, máscara de código largo, y clave de encriptado (no todos los elementos de información pueden ser necesarios para todos los protocolos de interfaz de aire) se obtiene típicamente por el Sistema de Localización Inalámbrica mediante una interfaz de orden/respuesta entre el Sistema de Localización Inalámbrica y el sistema de comunicaciones inalámbricas.

60 El uso del receptor de banda estrecha de la manera descrita anteriormente se denomina sintonización aleatoria porque los receptores se pueden dirigir a cualquier canal RF según la orden del sistema. Una ventaja de la sintonización aleatoria es que las localizaciones son procesadas solamente para los transmisores inalámbricos para los que se dispara el Sistema de Localización Inalámbrica. Una desventaja de la sintonización aleatoria es que varios factores de sincronización, incluyendo la interfaz entre el sistema de comunicaciones inalámbricas y el Sistema de Localización Inalámbrica y los tiempos de latencia al programar los receptores necesarios en todo el sistema, pueden limitar la salida total del procesado de localización. Por ejemplo, en un sistema TDMA, la sintonización aleatoria usada en todo el Sistema de Localización Inalámbrica limitará típicamente la salida del procesado de localización a aproximadamente 2,5 localizaciones por segundo por sector de lugar de celda.

Por lo tanto, el receptor de banda estrecha también soporta otro modo, denominado sintonización síncrona o secuencial automática, que puede llevar a cabo el procesamiento de localización a mayor producción. Por ejemplo, en un sistema TDMA, usando supuestos acerca de tiempo de parada y el tiempo de establecimiento similares a los de la operación del receptor de banda estrecha descrita anteriormente, la sintonización secuencial puede lograr una salida de procesamiento de localización de aproximadamente 41 localizaciones por segundo por sector de lugar de celda, lo que significa que todos los 395 canales RF TDMA se pueden procesar en aproximadamente 9 segundos. Esta mayor velocidad se puede lograr aprovechando, por ejemplo, los dos canales RF contiguos que se puede recibir simultáneamente, procesando la localización los tres intervalos de tiempo TDMA en un canal RF, y eliminando la necesidad de sincronización con el sistema de comunicaciones inalámbricas. Cuando el Sistema de Localización Inalámbrica está usando los receptores de banda estrecha para sintonización secuencial, el Sistema de Localización Inalámbrica no tiene conocimiento de la identidad del transmisor inalámbrico porque el Sistema de Localización Inalámbrica no espera ningún disparo, ni el Sistema de Localización Inalámbrica consulta al sistema de comunicaciones inalámbricas la información de identidad antes de recibir la transmisión. En este método, el Sistema de Localización Inalámbrica pasa por cada lugar de celda, canal RF e intervalo de tiempo, realiza el procesamiento de localización, y refiere un registro de localización que identifica un sello de tiempo, lugar de celda, canal RF, intervalo de tiempo, y localización. Después del informe del registro de localización, el Sistema de Localización Inalámbrica y el sistema de comunicaciones inalámbricas adaptan los registros de localización a los datos del sistema de comunicaciones inalámbricas que indican qué transmisores inalámbricos estaban en uso entonces, y qué lugares de celda, canales RF, e intervalos de tiempo fueron utilizados por cada transmisor inalámbrico. Después, el Sistema de Localización Inalámbrica puede retener los registros de localización para los transmisores inalámbricos de interés, y desechar los registros de localización para los transmisores inalámbricos restantes.

Módulo procesador de señales digitales 10-3

Los módulos receptores digitales SCS 10-2 envían un flujo de datos RF digitalizados que tiene una anchura de banda y resolución de bits especificadas. Por ejemplo, una realización de 15 MHz del receptor de banda ancha puede enviar un flujo de datos conteniendo 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 son utilizados por el sistema de comunicaciones inalámbricas. Los módulos DSP 10-3 reciben el flujo de datos digitalizados, y pueden extraer cualquier canal RF individual mediante mezcla y filtración digitales. Los DSPs también pueden reducir la resolución de bits según la orden del Sistema de Localización Inalámbrica, cuando sea necesario reducir los requisitos de anchura de banda entre el SCS 10 y TLP 12. El Sistema de Localización Inalámbrica puede seleccionar dinámicamente la resolución de bits a la que enviar datos RF de banda base digitalizados, en base a los requisitos de procesamiento para cada localización. Se utiliza DSPs para estas funciones para reducir los errores sistémicos que se puede producir de la mezcla y filtración con componentes analógicos. El uso de DSPs permite la adaptación perfecta en el procesamiento entre cualesquiera dos SCSs 10.

Un diagrama de bloques del módulo DSP 10-3 se representa en la figura 2D, y la operación del módulo DSP se ilustra con el diagrama de flujo de la figura 2E. Como se representa en la figura 2D, el módulo DSP 10-3 incluye los elementos siguientes: un par de elementos DSP 10-3-1A y 10-3-1B, a los que se hace referencia colectivamente como un "primer" DSP; convertidores serie a paralelo 10-3-2; elementos de memoria de puerto doble 10-3-3; un segundo DSP 10-3-4; un convertidor paralelo a serie; una memoria intermedia FIFO; un DSP 10-3-5 (incluyendo RAM) para la detección, otro DSP 10-3-6 para desmodulación, y otro DSP 10-3-7 para normalización y control; y un generador de dirección 10-3-8. En una realización actualmente preferida, el módulo DSP 10-3 recibe el flujo de datos de banda ancha digitalizados (figura 2E, paso S1), y usa el primer DSP (10-3-1A y 10-3-1B) para extraer bloques de canales (paso S2). Por ejemplo, un primer DSP programado para operar como un receptor de caída digital puede extraer cuatro bloques de canales, donde cada bloque incluye al menos 1,25 MHz de anchura de banda. Esta anchura 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, puesto que el DSP puede sintonizar independientemente digitalmente con cualquier conjunto de canales RF dentro de la anchura de banda del flujo de datos de banda ancha digitalizados. El DSP también puede realizar detección de energía de banda ancha o de banda estrecha en todos o cualquiera de los canales en el bloque, y referir los niveles de potencia por canal al TLP 12 (paso S3). Por ejemplo, cada 10 ms, el DSP puede llevar a cabo detección de energía de banda ancha y crear un mapa espectral RF para todos los canales para todos los receptores (véase el paso S9). Dado que este mapa espectral puede ser enviado desde el SCS 10 al TLP 12 cada 10 ms a través del enlace de comunicaciones que conecta el SCS 10 y el TLP 12, podría existir una carga de datos significativa. Por lo tanto, el DSP reduce la carga de datos comprimiendo-expandiendo los datos a un número finito de niveles. Normalmente, por ejemplo, 84 dB de banda dinámica podrían requerir 14 bits. En el proceso de compresión-expansión implementado por el DSP, los datos se reducen, por ejemplo, a solamente 4 bits seleccionando 16 niveles espectrales RF importantes a enviar al TLP 12. La elección del número de niveles, y por lo tanto el número de bits, así como la representación de los niveles, pueden ser ajustados automáticamente por el Sistema de Localización Inalámbrica. Estos ajustes se realizan para maximizar el valor de información de los mensajes espectrales RF enviados al TLP 12 así como para optimizar el uso de la anchura de banda disponible en el enlace de comunicaciones entre el SCS 10 y el TLP 12.

Después de la conversión, cada bloque de canales RF (cada 1,25 MHz al menos) se pasa por el convertidor serie a

paralelo 10-3-2 y después se almacena en la memoria digital de puerto doble 10-3-3 (paso S4). La memoria digital es una memoria circular, lo que significa que el módulo DSP comienza escribir datos en la primera dirección de memoria y después continúa secuencialmente hasta que se llega a la última dirección de memoria. Cuando se llega a la última dirección de memoria, el DSP vuelve a la primera dirección de memoria y continúa escribiendo datos secuencialmente en la memoria. Cada módulo DSP contiene típicamente suficiente memoria para almacenar varios segundos de datos para cada bloque de canales RF para soportar los tiempos de latencia y cola en el proceso de localización.

En el módulo DSP, la dirección de memoria en la que se escribe datos RF digitalizados y convertidos en la memoria, es el sello de tiempo usado en todo el Sistema de Localización Inalámbrica y que el procesamiento de localización referencia al determinar TDOA. Para garantizar que los sellos de tiempo estén alineados en cada SCS 10 en el Sistema de Localización Inalámbrica, el generador de dirección 10-3-8 recibe la señal de un impulso por segundo del módulo de generación de temporización/distribución de reloj 10-7 (figura 2). Periódicamente, el generador de dirección en todos los SCSs 10 en un Sistema de Localización Inalámbrica los reposicionará simultáneamente a una dirección conocida. Esto permite que el procesamiento de localización reduzca o elimine errores de temporización acumulados en el registro de sellos de tiempo para cada elemento de datos digitalizado.

El generador de dirección 10-3-8 controla tanto la escritura como la lectura de la memoria digital de puerto doble 10-3-3. La escritura tiene lugar continuamente dado que el ADC está muestreando y digitalizando continuamente señales RF y el primer DSP (10-3-1A y 10-3-1B) está realizando continuamente la función de receptor de caída digital. Sin embargo, la lectura se produce en ráfagas cuando el Sistema de Localización Inalámbrica pide datos para realizar desmodulación y procesamiento de localización. El Sistema de Localización Inalámbrica puede incluso realizar el procesamiento de localización de forma recursiva en una sola transmisión, y por lo tanto requiere acceso a los mismos datos muchas veces. Para cumplir los muchos requisitos del Sistema de Localización Inalámbrica, el generador de dirección permite que la memoria digital de puerto doble sea leída a una velocidad más rápida que aquella a la que se produce la escritura. Típicamente, la lectura se puede realizar ocho veces más rápidamente que la escritura.

El módulo DSP 10-3 usa el segundo DSP 10-3-4 para leer los datos de la memoria digital 10-3-3, y después realiza una segunda función de receptor de caída digital para extraer datos de banda base de los bloques de canales RF (paso S5). Por ejemplo, el segundo DSP puede extraer cualquier canal único AMPS o TDMA de 30 KHz de cualquier bloque de canales RF que han sido digitalizados y almacenados en la memoria. Igualmente, el segundo DSP puede extraer cualquier canal GSM único. No se requiere el segundo DSP para extraer un canal CDMA, dado que la anchura de banda de canal ocupa toda la anchura 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 al módulo DSP seleccionar, guardar y recuperar cualquier canal RF único en un sistema de comunicaciones inalámbricas. Un módulo DSP almacenará típicamente cuatro bloques de canales. En un sistema AMPS/TDMA de modo doble, un solo módulo DSP puede supervisar continua y simultáneamente hasta 42 canales de control inverso analógicos, hasta 84 canales de control digital, y también puede tener la tarea de supervisar y localizar cualquier transmisión de canal de voz. Un solo chasis SCS soportará 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 guardar simultáneamente en la memoria digital una anchura de banda completa de 15 MHz). Así, el SCS 10 es un sistema muy modular que se puede escalar fácilmente de manera que se adapte a cualquier tipo de configuración de lugares de celda y carga de procesamiento.

El módulo DSP 10-3 también realiza otras funciones, incluyendo detección automática de canales activos utilizados en cada sector (paso S6), desmodulación (paso S7), y procesamiento de localización basado en estación (paso S8). El Sistema de Localización Inalámbrica mantiene un mapa activo del uso de los canales RF en un sistema de comunicaciones inalámbricas (paso S9), que permite que el Sistema de Localización Inalámbrica administre los recursos del receptor y procesamiento, e inicie rápidamente el procesamiento cuando se haya producido una transmisión particular de interés. El mapa activo incluye una tabla mantenida dentro del Sistema de Localización Inalámbrica que enumera para cada antena conectada a un SCS 10 los canales primarios asignados a dicho SCS 10 y los protocolos usados en los canales. Un canal primario es un canal RF de control asignado a una estación base cosituada o próxima que la estación base usa para comunicaciones con transmisores inalámbricos. Por ejemplo, en un sistema celular típico con lugares de celda de sectores, habrá una frecuencia de canal de control RF asignada para uso en cada sector. Las frecuencias de canal de control se asignarían típicamente como canales primarios para un SCS cosituado 10.

El mismo SCS 10 también puede ser asignado a supervisar los canales RF de control de otras estaciones base próximas como canales primarios, aunque otros SCSs 10 también tengan los mismos canales primarios asignados. De esta manera, el Sistema de Localización Inalámbrica implementa una redundancia de desmodulación de sistema que garantiza que cualquier transmisión inalámbrica dada tenga una probabilidad infinitesimal de que se pierda. Cuando se utiliza esta característica de redundancia de desmodulación, el Sistema de Localización Inalámbrica recibirá, detectará y desmodulará la misma transmisión inalámbrica dos o más veces en más de un SCS 10. El Sistema de Localización Inalámbrica incluye medios para detectar cuándo se ha producido esta desmodulación múltiple y disparar el procesamiento de localización solamente una vez. Esta función conserva recursos de procesamiento y

comunicaciones del Sistema de Localización Inalámbrica, y se describe mejor a continuación. Esta capacidad para que un solo SCS 10 detecte y desmodule transmisiones inalámbricas que tienen lugar en lugares de celda no cosituados con el SCS 10 permite que los operadores del Sistema de Localización Inalámbrica desplieguen redes más eficientes de Sistemas de Localización Inalámbrica. Por ejemplo, el Sistema de Localización Inalámbrica se puede diseñar de tal manera que el Sistema de Localización Inalámbrica use muchos menos SCSs 10 que estaciones base el sistema de comunicaciones inalámbricas.

En el Sistema de Localización Inalámbrica, los canales primarios se introducen y mantienen en la tabla usando dos métodos: programación directa y detección automática. La programación directa incluye introducir datos de canal primario en la tabla usando una de las interfaces de usuario del Sistema de Localización Inalámbrica, tal como la Consola de Operaciones de Red 16 (figura 1), o recibiendo datos de asignación de canal del Sistema de Localización Inalámbrica a la interfaz del sistema de comunicaciones inalámbricas. Alternativamente, el módulo DSP 10-3 también ejecuta un proceso de fondo denominado detección automática en el que el DSP usa capacidad de procesamiento de reserva o programada para detectar transmisiones en varios canales RF posibles y después intentar desmodular las transmisiones usando protocolos probables. El módulo DSP puede confirmar después que los canales primarios directamente programados son correctos, y también puede detectar rápidamente cambios realizados en canales en la estación base y enviar una señal de alerta al operador del Sistema de Localización Inalámbrica.

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

Para cada control posible y/o canal de voz que se pueda usar en la zona de cobertura del SCS 10, se establecen contadores de ocupación (paso S7-1);

al comienzo de un período de detección, todos los contadores de ocupación se reposicionan a cero (paso S7-2);

cada vez que se produce una transmisión en un canal RF especificado, y el nivel de potencia recibida es superior a un umbral particular predeterminado, se incrementa el contador de ocupación para dicho canal(paso S7-3);

cada vez que se produce una transmisión en un canal RF especificado, y el nivel de potencia recibida es superior a un segundo umbral particular predeterminado, el módulo DSP intenta desmodular una cierta porción de la transmisión usando un primer protocolo preferido (paso S7-4);

si la desmodulación tiene éxito, se incrementa un segundo contador de ocupación para dicho canal (paso S7-5);

si la desmodulación no tiene éxito, el módulo DSP intenta desmodular una porción de la transmisión usando un segundo protocolo preferido (paso S7-6);

si la desmodulación tiene éxito, se incrementa un tercer contador de ocupación para dicho canal (paso S7-7);

al final de un período de detección, el Sistema de Localización Inalámbrica lee todos los contadores de ocupación (paso S7-8); y

el Sistema de Localización Inalámbrica asigna automáticamente canales primarios en base a los contadores de ocupación (paso S7-9).

El operador del Sistema de Localización Inalámbrica puede revisar los contadores de ocupación y la asignación automática de canales primarios y protocolos de desmodulación, e invalidar los parámetros que se realizaron automáticamente. Además, si la portadora inalámbrica puede usar más de dos protocolos preferidos, entonces el módulo DSP 10-3 puede ser descargado con software para detectar los protocolos adicionales. La arquitectura del SCS 10, en base a receptores de banda ancha 10-2, módulos DSP 10-3, y software descargable permite al Sistema de Localización Inalámbrica soportar múltiples protocolos de desmodulación en un sistema único. Hay una ventaja de costo considerable al soportar múltiples protocolos dentro del sistema único, puesto que solamente se requiere un solo SCS 10 en un lugar de celda. Esto está en contraposición a muchas arquitecturas de estación base, que pueden requerir diferentes módulos transceptores para diferentes protocolos de modulación. Por ejemplo, aunque el SCS 10 podría soportar AMPS, TDMA, y CDMA simultáneamente en el mismo SCS 10, no hay estación base actualmente disponible que pueda soportar esta funcionalidad.

La capacidad de detectar y desmodular múltiples protocolos también incluye la capacidad de detectar independientemente el uso de autenticación en mensajes transmitidos por algunos protocolos de interfaz de aire. El uso de campos de autenticación en transmisores inalámbricos comenzó a ser predominante en los últimos años como unos medios de reducir la aparición de fraude en sistemas de comunicaciones inalámbricas. Sin embargo, no todos los transmisores inalámbricos han implementado autenticación. Cuando se utiliza autenticación, el protocolo inserta en general un campo adicional en el mensaje transmitido. Frecuentemente este campo se introduce entre la identidad del transmisor inalámbrico y los dígitos marcados en el mensaje transmitido. Al desmodular una transmisión inalámbrica, el Sistema de Localización Inalámbrica determina el número de campos en el mensaje

transmitido, así como el tipo de mensaje (es decir, registro, origen, respuesta a búsqueda, etc). El Sistema de Localización Inalámbrica desmodula todos los campos y si parece estar presentes campos adicionales, considerando el tipo de mensaje transmitido, el Sistema de Localización Inalámbrica comprueba después en todos los campos una condición de disparo. Por ejemplo, si los dígitos marcados "911" aparecen en el lugar apropiado en un campo, y el campo está situado en su lugar apropiado sin autenticación o su lugar apropiado con autenticación, entonces el Sistema de Localización Inalámbrica se dispara normalmente. En este ejemplo, los dígitos "911" tendrían que aparecer en secuencia como "911" o "**911", sin otros dígitos antes o después de la secuencia. Esta funcionalidad reduce o elimina un disparo falso producido por los dígitos "911" que aparecen como parte de un campo de autenticación.

El soporte para múltiples protocolos de desmodulación es importante para que el Sistema de Localización Inalámbrica opere con éxito porque el procesamiento de localización debe ser disparado rápidamente cuando un llamante inalámbrico ha marcado "911". El Sistema de Localización Inalámbrica puede disparar el procesamiento de localización usando dos métodos: El Sistema de Localización Inalámbrica desmodulará independientemente las transmisiones de canal de control, y disparará el procesamiento de localización usando cualquier número de criterios tal como dígitos marcados, o el Sistema de Localización Inalámbrica puede recibir disparos de una fuente externa tal como el sistema de comunicaciones inalámbricas de la portadora. Los autores de la presente invención han hallado que la desmodulación independiente por el SCS 10 da lugar al tiempo de disparo más rápido, medido desde el momento en que un usuario inalámbrico pulsa el botón "ENVIAR" o "HABLAR" (o similar) en un transmisor inalámbrico.

Módulo de control y comunicaciones 10-5

El módulo de control y comunicaciones 10-5, ilustrado en la figura 2F, incluye memorias intermedias de datos 10-5-1, un controlador 10-5-2, memoria 10-5-3, una CPU 10-5-4 y un chip de comunicaciones T1/E1 10-5-5. El módulo tiene muchas de las características antes descritas en la patente número 5.608.410. Se ha añadido varias mejoras en la presente realización. Por ejemplo, el SCS 10 incluye ahora una capacidad de reposición automática remota, aunque la CPU en el módulo de control y comunicaciones deje de ejecutar su software programado. Esta capacidad puede reducir los costos operativos del Sistema de Localización Inalámbrica porque no es necesario que los técnicos viajen a un lugar de celda para reposicionar un SCS 10 si no logra operar normalmente. El circuito de reposición automática remota opera supervisando la interfaz de comunicaciones entre el SCS 10 y el TLP 12 para una secuencia particular de bits. Esta secuencia de bits es una secuencia que no se produce durante las comunicaciones normales entre el SCS 10 y el TLP 12. Esta secuencia, por ejemplo, puede constar de una configuración todo unos. El circuito de reposición opera independientemente de la CPU de manera que aunque la CPU se haya colocado en un estado bloqueado u otro estado no operativo, el circuito todavía pueda lograr la reposición del SCS 10 y volver la CPU a un estado operativo.

Este módulo también tiene ahora la capacidad de registrar y referir una amplia variedad de estadísticas y variables usadas en la supervisión o diagnóstico del rendimiento del SCS 10. Por ejemplo, el SCS 10 puede supervisar el uso porcentual de 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 refieren regularmente al AP 14 y la NOC 16, y se utilizan para determinar cuándo se requiere recursos adicionales de procesamiento y comunicaciones en el sistema. Por ejemplo, se puede establecer umbrales de alarma en la NOC para indicar a un operador si algún recurso está excediendo consistentemente un umbral predeterminado. El SCS 10 también puede supervisar el número de veces que se ha desmodulado con éxito transmisiones, así como el número de fallos. Esto es útil para que los operadores puedan determinar si los umbrales de señal para desmodulación han sido establecidos de forma óptima.

Este módulo, así como los otros módulos, también puede autorreferir su identidad al TLP 12. Como se describe más adelante, se puede conectar muchos SCSs 10 a un solo TLP 12. Típicamente, las comunicaciones entre SCSs 10 y TLPs 12 se comparten con las comunicaciones entre estaciones base y MSCs. Frecuentemente es difícil determinar rápidamente exactamente qué SCSs 10 han sido asignados a circuitos particulares. Por lo tanto, el SCS 10 contiene una identidad de código duro, que se graba al tiempo de la instalación. Esta identidad puede ser leída y verificada por el TLP 12 para determinar positivamente qué SCS 10 ha sido asignado por una portadora a cada uno de varios circuitos de comunicaciones diferentes.

Las comunicaciones de SCS a TLP soportan una gama de mensajes, incluyendo: órdenes y respuestas, descarga de software, estado y ritmo, descarga de parámetros, diagnóstico, datos espectrales, datos de fase, desmodulación de canal primario, y datos RF. El protocolo de comunicaciones se diseña para optimizar la operación del Sistema de Localización Inalámbrica minimizando la carga 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 pondrán en cola mensajes por prioridad de tal manera que un mensaje de prioridad más alta se envíe antes que un mensaje de menor prioridad. Por ejemplo, los mensajes de desmodulación se ponen generalmente a una alta prioridad porque el Sistema de Localización Inalámbrica debe disparar el procesamiento de localización en algunos tipos de llamadas (es decir, E9-1-1) sin retardo. Aunque los mensajes de prioridad más alta se ponen en cola antes que los mensajes de menor prioridad, el protocolo en general no elimina un mensaje que ya esté en tránsito. Es decir, un mensaje en proceso de ser enviado a través de la interfaz de comunicaciones SCS 10 a TLP 12 se completará completamente, pero

después el mensaje siguiente a enviar será el mensaje de prioridad más alta con el sello de tiempo anterior. Para minimizar la latencia de mensajes de alta prioridad, los mensajes largos, tal como datos RF, se envían en segmentos. Por ejemplo, los datos RF para una transmisión AMPS completa de 100 milisegundos se puede separar en segmentos de 10 milisegundos. De esta manera, un mensaje de alta prioridad puede ser puesto en cola entre segmentos de los datos RF.

Calibración y supervisión de rendimiento

La arquitectura del SCS 10 se basa en gran parte en tecnologías digitales incluyendo el receptor digital y los procesadores de señales digitales. Una vez que las señales RF han sido digitalizadas, la temporización, frecuencia, y diferencias de fase pueden ser controladas con esmero en los varios procesos. Más importante, las diferencias de temporización, frecuencia y fase pueden ser adaptadas perfectamente entre los varios receptores y varios SCSs 10 utilizados en el Sistema de Localización Inalámbrica. Sin embargo, antes del ADC, las señales RF pasan por varios componentes RF, incluyendo antenas, cables, amplificadores de ruido bajo, filtros, duplexores, multiacopladores y divisores RF. Cada uno de estos componentes RF tiene características importantes para el Sistema de Localización Inalámbrica, incluyendo retardo y respuesta de fase en función de la frecuencia. Cuando los componentes RF y analógicos están adaptados perfectamente entre los pares de SCSs 10, tal como SCS 10A y SCS 10B en la figura 2G, entonces los efectos de estas características se eliminan automáticamente en el procesamiento de localización. Pero cuando las características de los componentes no están adaptadas, entonces el procesamiento de localización puede incluir accidentalmente errores instrumentales que resultan de la desadaptación. Además, muchos de estos componentes RF pueden experimentar inestabilidad con la potencia, tiempo, temperatura, u otros factores que pueden añadir errores instrumentales a la determinación de localización. Por lo tanto, se ha desarrollado varias técnicas novedosas para calibrar los componentes RF en el Sistema de Localización Inalámbrica y supervisar regularmente el rendimiento del Sistema de Localización Inalámbrica. Después de la calibración, el Sistema de Localización Inalámbrica almacena los valores de estos retardos y fases en función de la respuesta de frecuencia (es decir, por número de canal RF) en una tabla en el Sistema de Localización Inalámbrica para uso al corregir estos errores instrumentales. A continuación se hace referencia a las figuras 2G-2J al explicar estos métodos de calibración.

Método de calibración externa

Con referencia a la figura 2G, la estabilidad de temporización del Sistema de Localización Inalámbrica se mide a lo largo de líneas base, donde cada línea base consta de dos SCSs, 10A y 10B, y una línea imaginaria (a-b) trazada entre ellos. En un tipo TDOA/FDOA de Sistema de Localización Inalámbrica, las posiciones de transmisores inalámbricos se calculan midiendo las diferencias de los tiempos que cada SCS 10 registra la llegada de la señal de un transmisor inalámbrico. Así, es importante que las diferencias de tiempos medidas por SCSs 10 a lo largo de cualquier línea base se atribuyan en gran parte al tiempo de transmisión de la señal del transmisor inalámbrico y se atribuyan mínimamente a las variaciones en los componentes RF y analógicos de los SCSs 10 propiamente dichos. Para lograr los objetivos de exactitud del Sistema de Localización Inalámbrica, la estabilidad de temporización para cualquier par de SCSs 10 se mantiene muy inferior a 100 nanosegundos RMS (media cuadrática). Así, los componentes del Sistema de Localización Inalámbrica aportarán menos de 30,48 m (100 pies) RMS de error de instrumentación en la estimación de la localización de un transmisor inalámbrico. Parte de este error se asigna a la ambigüedad de la señal usada para calibrar el sistema. Esta ambigüedad se puede determinar a partir de la ecuación conocida de la acotación inferior de Cramér-Rao. En el caso de un canal de control AMPS inverso, este error es aproximadamente 40 nanosegundos RMS. El resto del presupuesto de errores se asigna a los componentes del Sistema de Localización Inalámbrica, primariamente los componentes RF y analógicos en el SCS 10.

En el método de calibración externa, el Sistema de Localización Inalámbrica usa una red de transmisores de calibración cuyas características de señal coinciden con las de los transmisores inalámbricos blanco. Estos transmisores de calibración pueden ser teléfonos inalámbricos ordinarios que emiten señales periódicas de registro y/o señales de respuesta a búsqueda. Cada línea base SCS a SCS utilizable se calibra preferiblemente periódicamente usando un transmisor de calibración que tiene un recorrido relativamente despejado y sin obstáculos a ambos SCSs 10 asociados con la línea base. La señal de calibración se trata de forma idéntica a una señal de un transmisor inalámbrico blanco. Dado que los valores TDOA se conocen a priori, los errores en los cálculos son debidos a errores sistémicos en el Sistema de Localización Inalámbrica. Estos errores sistémicos se pueden quitar después en los cálculos de localización siguientes para transmisores blanco.

La figura 2G ilustra el método de calibración externa para minimizar errores de temporización. Como se representa, 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" llegará teóricamente al primer SCS 10A en el tiempo $T_0 + T_{AC}$. T_{AC} es una medida de la cantidad de tiempo requerido para que la señal de calibración avance desde la antena en el transmisor de calibración a la memoria digital de puerto doble en un receptor digital. Igualmente, la misma señal de calibración llegará al segundo SCS 10B en un tiempo teórico $T_0 + T_{BC}$. Generalmente, sin embargo, la señal de calibración no llegará a la memoria digital y los componentes de procesamiento de señal digital de los respectivos SCSs 10 exactamente en los tiempos correctos. Más bien, habrá errores e_1 y e_2 en la cantidad de tiempo (T_{AC} , T_{BC}) que tarda la señal de calibración en propagarse

desde el transmisor de calibración a los SCSs 10, respectivamente, de tal manera que los tiempos exactos de llegada sean realmente $T_0 + T_{AC} + e_1$ y $T_0 + T_{BC} + e_2$. Tales errores serán debidos en cierta medida a retardos en la propagación de señal por el aire, es decir, desde la antena del transmisor de calibración a las antenas de SCS; sin embargo, los errores serán debidos primariamente a características variables en el tiempo en los componentes de extremo delantero del SCS. Los errores e_1 y e_2 no se pueden determinar en sí mismos porque el sistema no conoce el tiempo exacto (T_0) en que se transmitió la señal de calibración. Sin embargo, el sistema puede determinar el error en la diferencia en el tiempo de llegada de la señal de calibración a los respectivos SCSs 10 desde cualquier par dado de SCSs 10. Este valor de error TDOA se define como la diferencia entre el valor TDOA medido y el valor TDOA teórico τ_0 , donde τ_0 son las diferencias teóricas entre los valores teóricos de retardo T_{AC} y T_{BC} . Los valores TDOA teóricos para cada par de SCSs 10 y cada transmisor de calibración son conocidos porque se conoce las posiciones de los SCSs 10 y el transmisor de calibración, y la velocidad a la que se propaga la señal de calibración. La línea base TDOA medida ($TDOA_{A-B}$) se puede representar como $TDOA_{A-B} = \tau_0 + \varepsilon$, donde $\varepsilon = e_1 - e_2$. De forma similar, una señal de calibración procedente de un segundo transmisor de calibración en el punto "D" tendrá asociados los errores e_3 y e_4 . El valor último de ε a restar de las mediciones TDOA para un transmisor blanco será una función (por ejemplo, media ponderada) de los valores ε derivados para uno o varios transmisores de calibración. Por lo tanto, una medición TDOA dada ($TDOA_{medida}$) para un par de SCSs 10 en los puntos "X" e "Y" y un transmisor inalámbrico blanco en una localización desconocida se corregirá como sigue:

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

$$\varepsilon = k_1\varepsilon_1 + k_2\varepsilon_2 + \dots K_N\varepsilon_N,$$

donde k_1 , k_2 , etc, son factores de ponderación y ε_1 , ε_2 , etc, son los errores determinados restando los valores TDOA medidos de los valores teóricos para cada transmisor de calibración. En este ejemplo, el valor de error ε_1 puede ser el valor de error asociado con el transmisor de calibración en el punto "C" en el dibujo. Los factores de ponderación los determina el operador del Sistema de Localización Inalámbrica, e introducen en tablas de configuración para cada línea base. El operador tomará en consideración la distancia desde cada transmisor de calibración a los SCSs 10 en los puntos "X" e "Y", la línea de visión determinada empíricamente de cada transmisor de calibración a los SCSs 10 en los puntos "X" e "Y", y la contribución que cada SCS "X" e "Y" habría hecho a una estimación de localización de un transmisor inalámbrico que podría estar situado cerca de cada transmisor de calibración. En general, los transmisores de calibración que están más próximos a los SCSs 10 en los puntos "X" e "Y" tendrán una ponderación más alta que los transmisores de calibración que estén más alejados, y los transmisores de calibración con mejor línea de visión a los SCSs 10 en los puntos "X" e "Y" tendrán una ponderación más alta que los transmisores de calibración con peor línea de visión.

Cada componente de error e_1 , e_2 , etc, y por lo tanto el componente de error resultante ε , puede variar ampliamente, y desordenadamente, con el tiempo porque parte del componente de error se debe a reflexión de trayectos múltiples desde el transmisor de calibración a cada SCS 10. La reflexión de trayectos múltiples es muy dependiente del recorrido y por lo tanto variará de una medición a otra y de un recorrido a otro. No es un objeto de este método determinar la reflexión de trayectos múltiples para estos recorridos de calibración, sino más bien determinar la porción de los errores que es atribuible a los componentes de los SCSs 10. Típicamente, por lo tanto, los valores de error e_1 y e_3 tendrán un componente común dado que relacionan con el mismo primer SCS 10A. Igualmente, los valores de error e_2 y e_4 también tendrán un componente común dado que relacionan con el segundo SCS 10B. Es sabido que aunque los componentes de trayectos múltiples pueden variar desordenadamente, los errores de componente varían lentamente y lo hacen típicamente de forma sinusoidal. Por lo tanto, en el método de calibración externa, los valores de error ε se filtran usando un filtro ponderado en base de tiempo que disminuye el peso de los componentes desordenadamente variables de trayectos múltiples a la vez que conservan los componentes de error de cambio relativamente lento atribuidos a los SCSs 10. Tal filtro ejemplar usado en el método de calibración externa es el filtro Kalman.

El período entre transmisiones de calibración se varía dependiendo de las tasas de deriva de error determinadas para los componentes SCS. El período de la velocidad de deriva deberá ser mucho más largo que el período del intervalo de calibración. El Sistema de Localización Inalámbrica comprueba el período de la velocidad de deriva para determinar continuamente la velocidad de cambio, y puede ajustar periódicamente el intervalo de calibración, si es necesario. Típicamente, la velocidad de calibración para un Sistema de Localización Inalámbrica, tal como según la presente invención, es entre 10 y 30 minutos. Esto corresponde bien al período de tiempo típico para la velocidad de registro en un sistema de comunicaciones inalámbricas. Si el Sistema de Localización Inalámbrica tuviese que determinar que el intervalo de calibración se debe ajustar a una velocidad más rápida que la velocidad de registro del sistema de comunicaciones inalámbricas, entonces el AP 14 (figura 1) forzaría automáticamente al transmisor de calibración a transmitir buscando el transmisor en el intervalo preestablecido. Cada transmisor de calibración es direccionable individualmente y por lo tanto el intervalo de calibración asociado con cada transmisor de calibración puede ser diferente.

Puesto que los transmisores de calibración utilizados en el método de calibración externa son teléfonos estándar, el Sistema de Localización Inalámbrica debe tener un mecanismo para distinguir los teléfonos de los otros

transmisores inalámbricos que están siendo localizados a varios efectos de aplicación. El Sistema de Localización Inalámbrica mantiene una lista de las identidades de los transmisores de calibración, típicamente en el TLP 12 y en el AP 14. En un sistema celular, la identidad del transmisor de calibración puede ser el número de identidad del móvil, o MIN. Cuando el transmisor de calibración hace una transmisión, la transmisión se recibe por cada SCS 10 y es desmodulada por el SCS apropiado 10. El Sistema de Localización Inalámbrica compara la identidad de la transmisión con una lista de tareas prealmacenada de identidades de todos los transmisores de calibración. Si el Sistema de Localización Inalámbrica determina que la transmisión era una transmisión de calibración, entonces el Sistema de Localización Inalámbrica inicia el procesado de calibración externa.

Método de calibración interna

Además del método de calibración externa, un objeto es calibrar todos los canales del receptor digital de banda ancha usado en el SCS 10 de un Sistema de Localización Inalámbrica. El método de calibración externa calibrará típicamente solamente un único canal de los canales múltiples usados por el receptor digital de banda ancha. Esto es debido a que los transmisores de calibración fija explorarán típicamente al canal de control de potencia más alta, que será típicamente el mismo canal de control cada vez. La función de transferencia de un receptor digital de banda ancha, junto con los otros componentes asociados, no permanecen perfectamente constantes, sin embargo, y variarán con el tiempo y la temperatura. Por lo tanto, aunque el método de calibración externa puede calibrar con éxito un único canal, no hay seguridad de que los canales restantes también serán calibrados.

El método de calibración interna, representado en el diagrama de flujo de la figura 2H, es especialmente adecuado para calibrar un primer sistema receptor individual (es decir, SCS 10) que se caracteriza por una función de transferencia con variación de tiempo y frecuencia, donde la función de transferencia define cómo será alterada la amplitud y fase de una señal recibida por el sistema receptor y el sistema receptor se utiliza en un sistema de localización para determinar la localización de un transmisor inalámbrico, en parte, determinando una diferencia en el tiempo de llegada de una señal transmitida por el transmisor inalámbrico y recibida por el sistema receptor a calibrar y otro sistema receptor, y donde la exactitud de la estimación de localización depende, en parte, de la exactitud de las mediciones TDOA realizadas por el sistema. Un ejemplo de una función de transferencia AMPS RCC se ilustra en la figura 2I, que ilustra cómo la fase de la función de transferencia varía a través de los 21 canales de control que se extienden 630 KHz.

Con referencia a la figura 2H, el método de calibración interna incluye los pasos de desconectar temporal y electrónicamente la antena usada por un sistema receptor del sistema receptor (paso S-20); inyectar una señal de banda ancha generada internamente con características de señal conocidas y estables al primer sistema receptor (paso S-21); utilizar la señal de banda ancha generada para obtener una estimación de la manera en que la función de transferencia varía a través de la anchura de banda del primer sistema receptor (paso S-22); y utilizar la estimación para mitigar los efectos de la variación de la primera función de transferencia en las mediciones de tiempo y frecuencia realizadas por el primer sistema receptor (paso S-23). Un ejemplo de una señal de banda ancha estable usada para calibración interna es una señal peine, que consta de múltiples elementos individuales de frecuencia de igual amplitud a una separación conocida, tal como 5 KHz. Un ejemplo de tal señal se representa en la figura 2I.

La antena se debe desconectar temporalmente durante el proceso de calibración interna para evitar que entren señales externas en el receptor de banda ancha y garantizar que el receptor solamente reciba la señal de banda ancha estable. La antena se desconecta electrónicamente solamente durante unos pocos milisegundos para minimizar la posibilidad de perder demasiado de una señal de un transmisor inalámbrico. Además, la calibración interna se realiza típicamente inmediatamente después de la calibración externa para minimizar la posibilidad de que cualquier componente en el SCS 10 derive durante el intervalo entre calibración externa e interna. La antena se desconecta del receptor de banda ancha usando dos relés RF controlados electrónicamente (no representados). Un relé RF no puede proporcionar aislamiento perfecto entre entrada y salida incluso cuando está en la posición de "desconexión", pero puede proporcionar hasta 70 dB de aislamiento. Se puede usar dos relés en serie para incrementar la cantidad de aislamiento y para garantizar además que no escape señal de la antena al receptor de banda ancha durante la calibración. Igualmente, cuando no se está usando la función de calibración interna, se desactiva la señal de calibración interna, y también se desactivan los dos relés RF para evitar el escape de las señales de calibración interna al receptor de banda ancha cuando el receptor esté captando señales de transmisores inalámbricos.

El método de calibración externa proporciona una calibración absoluta de un único canal y el método de calibración interna calibra después con otro canal con relación al canal que se había calibrado absolutamente. La señal peine es especialmente adecuada como una señal de banda ancha estable porque se puede generar fácilmente usando una réplica guardada de la señal y un convertidor de digital a analógico.

Calibración externa usando señal de calibración de banda ancha

El método de calibración externa descrito a continuación se puede usar en conexión con un sistema receptor del SCS 10 caracterizado por una función de transferencia variable en tiempo y frecuencia, que incluye preferiblemente

las antenas, filtros, amplificadores, duplexores, multiacopladores, divisores, y cableado asociado con el sistema receptor SCS. El método incluye el paso de transmitir una señal de calibración de banda ancha conocida estable desde un transmisor externo. La señal de calibración de banda ancha se usa después para estimar la función de transferencia a través de una anchura de banda preestablecida del sistema receptor SCS. La estimación de la función de transferencia se emplea después para mitigar los efectos de la variación de la función de transferencia en las mediciones TDOA/FDOA siguientes. La transmisión externa es preferiblemente de corta duración y potencia baja para evitar la interferencia con el sistema de comunicaciones inalámbricas que aloja el Sistema de Localización Inalámbrica.

En el método preferido, el sistema receptor SCS se sincroniza con el transmisor externo. Tal sincronización se puede realizar usando unidades de temporización GPS. Además, el sistema receptor se puede programar para recibir y procesar toda la banda ancha de la señal de calibración solamente al tiempo que la señal de calibración está siendo enviada. El sistema receptor no realizará procesamiento de calibración en ningún momento distinto de cuando esté en sincronización con las transmisiones de calibración externa. Además, se utiliza un enlace de comunicaciones inalámbricas entre el sistema receptor y el transmisor de calibración externa para intercambiar órdenes y respuestas. El transmisor externo puede usar una antena direccional para dirigir la señal de banda ancha solamente a las antenas del sistema receptor SCS. Tal antena direccional puede ser una antena Yagi (es decir, antena de radiación longitudinal lineal). El método de calibración incluye preferiblemente hacer la transmisión externa solamente cuando la antena direccional apunta a las antenas del sistema receptor y es bajo el riesgo de reflexión de trayectos múltiples.

Calibración de desviaciones de estación

Otro ejemplo se refiere a un método de calibración para corregir desviaciones de estación en un sistema receptor SCS. La "desviación de estación" se define como el retardo finito entre cuando una señal RF de un transmisor inalámbrico llega a la antena y cuando esa misma señal llega al receptor de banda ancha. El método de la invención incluye el paso de medir la longitud del cable desde las antenas a los filtros y determinar los retardos correspondientes asociados con la longitud del cable. Además, el método incluye inyectar una señal conocida al filtro, duplexor, multiacoplador, o divisor RF y medir la respuesta de retardo y fase en función de la respuesta de frecuencia desde la entrada de cada dispositivo al receptor de banda ancha. Los valores de retardo y fase se combinan después y usan para corregir mediciones de localización siguientes. Cuando se utilizan con la generación de temporización a base de GPS descrita anteriormente, el método incluye preferiblemente corregir las longitudes de cable GPS. Además, se usa preferiblemente una señal de referencia generada externamente para supervisar cambios de desviación de estación que pueden surgir debido a envejecimiento y tiempo. Finalmente, la desviación de estación por canal RF y para cada sistema receptor en el Sistema de Localización Inalámbrica se almacena preferiblemente en forma de tabla en el Sistema de Localización Inalámbrica para uso al corregir el procesamiento de localización siguiente.

Supervisión del rendimiento

El Sistema de Localización Inalámbrica usa métodos parecidos a la calibración para la supervisión del rendimiento en base regular y continua. Estos métodos se ilustran en los diagramas de flujo de las figuras 2K y 2L. Se utiliza dos métodos de supervisión del rendimiento: teléfonos fijos y prueba de activación de puntos vigilados. El método de teléfonos fijos incluye los pasos siguientes (véase la figura 2K):

se coloca permanentemente transmisores inalámbricos estándar en varios puntos dentro de la zona de cobertura del Sistema de Localización Inalámbrica (estos se denominan después los teléfonos fijos) (paso S-30);

los puntos en los que se han colocado los teléfonos fijos son vigilados de manera que su localización sea conocida exactamente dentro de una distancia predeterminada, por ejemplo 3,048 M (10 pies) (paso S-31);

las posiciones vigiladas se almacenan en una tabla en el AP 14 (paso S-32);

los teléfonos fijos se pueden registrar en el sistema de comunicaciones inalámbricas, a la velocidad e intervalo establecidos por el sistema de comunicaciones inalámbricas para todos los transmisores inalámbricos en el sistema (paso S-33);

en cada transmisión de registro por un teléfono fijo, el Sistema de Localización Inalámbrica localiza el teléfono fijo usando el procesamiento de localización normal (como con los transmisores de calibración, el Sistema de Localización Inalámbrica puede identificar una transmisión como de un teléfono fijo almacenando las identidades en una tabla) (paso S-34);

el Sistema de Localización Inalámbrica calcula un error entre la localización calculada determinada por el procesamiento de localización y la localización almacenada determinada por análisis (paso S-35);

la localización, el valor de error, y otros parámetros medidos se almacenan junto con un sello de tiempo en una base

de datos en el AP 14 (paso S-36);

el AP 14 comprueba el error instantáneo y otros parámetros medidos (denominados en conjunto un registro de localización ampliado) y calcula adicionalmente varios valores estadísticos del (de los) error(es) y otros parámetros medidos (paso S-37); y

si algún error u otros valores exceden de un umbral predeterminado o un valor estadístico histórico, al instante o después de realizar filtración estadística sobre un número preestablecido de estimaciones de localización, el AP 14 envía una alarma al operador del Sistema de Localización Inalámbrica (paso S-38).

El registro de localización ampliado incluye gran número de parámetros medidos útiles para analizar el rendimiento instantáneo e histórico del Sistema de Localización Inalámbrica. Estos parámetros incluyen: El canal RF usado por el transmisor inalámbrico, el (los) puerto(s) de antena usado(s) por el Sistema de Localización Inalámbrica para desmodular la transmisión inalámbrica, los puertos de antena de los que el Sistema de Localización Inalámbrica solicitó datos RF, el máximo, media, y varianza en potencia de la transmisión en el intervalo usado para el procesamiento de localización, el SCS 10 y puerto de antena elegido como la referencia para el procesamiento de localización, el valor de correlación de la correlación espectral cruzada entre cada SCS 10 y la antena utilizada en el procesamiento de localización el SCS de referencia 10 y la antena, el valor de retardo para cada línea base, los parámetros de mitigación de trayectos múltiples, y los valores residuales restantes después de los cálculos de mitigación de trayectos múltiples. Cualquiera de estos parámetros medidos puede ser supervisado por el Sistema de Localización Inalámbrica al objeto de determinar cómo el Sistema de Localización Inalámbrica está funcionando. Un ejemplo del tipo de supervisión realizada por el Sistema de Localización Inalámbrica puede ser la varianza entre el valor instantáneo de la correlación en una línea base y el rango histórico del valor de correlación. Otro puede ser la varianza entre el valor instantáneo de la potencia recibida en una antena particular y el rango histórico de la potencia recibida. Se puede calcular otros muchos valores estadísticos y esta lista no es exhaustiva.

El número de teléfonos fijos colocados en la zona de cobertura del Sistema de Localización Inalámbrica se puede determinar en base a la densidad de los lugares de celda, la dificultad del terreno, y la facilidad histórica con la que los sistemas de comunicaciones inalámbricas han operado en la zona. Típicamente, la relación es aproximadamente un teléfono fijo por cada seis lugares de celda; sin embargo en algunas zonas puede ser necesaria una relación de uno a uno. Los teléfonos fijos proporcionan unos medios continuos para supervisar el rendimiento del Sistema de Localización Inalámbrica, así como supervisar los cambios en el plan de frecuencia que la portadora puede haber hecho. Muchas veces, los cambios del plan de frecuencia producirán una variación del rendimiento del Sistema de Localización Inalámbrica y la supervisión del rendimiento de los teléfonos fijos proporciona una indicación inmediata al operador del Sistema de Localización Inalámbrica.

La prueba de activación de puntos vigilados es muy parecida a la supervisión de teléfonos fijos. Los teléfonos fijos solamente pueden estar situados típicamente en el interior donde el acceso a potencia está disponible (es decir, los teléfonos deben ser alimentados continuamente para que sean efectivos). Para obtener una medición más completa de la operación de localización, también se realiza una prueba de activación de puntos de prueba exteriores. Con referencia a la figura 2L, como con los teléfonos fijos, los puntos de prueba predeterminados en toda la zona de cobertura del Sistema de Localización Inalámbrica se vigilan dentro de 3,048 M (10 pies) (paso S-40). A cada punto de verificación se le asigna un código, donde el código consta de un "*" o un "#", seguido de un número de secuencia (paso S-41). Por ejemplo, "*1001" a "*1099" puede ser una secuencia de 99 códigos usados para puntos de prueba. Estos códigos deberán ser secuencias, que cuando se marcan, carecen de significado para el sistema de comunicaciones inalámbricas (es decir, los códigos no hacen que tenga lugar una característica u otra traducción en el MSC, a excepción de un mensaje de interceptación). El AP 14 guarda el código para cada punto de verificación junto con la localización vigilada (paso S-42). Después de estos pasos iniciales, cualquier transmisor inalámbrico que marque cualquiera de los códigos será activado y localizado usando el procesamiento de localización normal (pasos S-43 y S-44). El Sistema de Localización Inalámbrica calcula automáticamente un error entre la localización calculada determinada por el procesamiento de localización y la localización almacenada determinada por análisis, y la localización y el valor de error se almacenan junto con un sello de tiempo en una base de datos en el AP 14 (pasos S-45 y S-46). El AP 14 comprueba el error instantáneo, así como varios valores estadísticos históricos del error. Si los valores de error exceden de un umbral predeterminado o un valor estadístico histórico, al instante o después de realizar filtración estadística sobre un número preestablecido de estimaciones de localización, el AP 14 envía una alarma al operador del Sistema de Localización Inalámbrica (paso S-47).

Procesador de localización TDOA (TLP)

El TLP 12, ilustrado en las figuras 1, 1A y 3, es un sistema centralizado de procesamiento de señales digitales que administra muchos aspectos del Sistema de Localización Inalámbrica, especialmente los SCSs 10, y proporciona control sobre el procesamiento de localización. Dado que el procesamiento de localización requiere muchos DSP, una de las principales ventajas del TLP 12 es que los recursos DSP pueden ser compartidos entre el procesamiento de localización iniciado por transmisiones a cualquiera de los SCSs 10 en un Sistema de Localización Inalámbrica. Es decir, el costo adicional de DSPs en los SCSs 10 se reduce teniendo el recurso disponible en el centro. Como se representa en la figura 3, hay tres componentes principales del TLP 12: módulos DSP 12-1, módulos de comunicaciones T1/E1 12-2

y un módulo controlador 12-3.

Los módulos de comunicaciones T1/E1 12-2 proporcionan la interfaz de comunicaciones a los SCSs 10 (T1 y E1 son velocidades de comunicaciones estándar disponibles en todo el mundo). Cada SCS 10 comunica con un TLP 12 usando uno o varios DSOs (que son típicamente 56 kbps o 64 kbps). Cada SCS 10 conecta típicamente con un circuito T1 o E1 fraccional, usando, por ejemplo, una unidad de caída e inserción o banco de canales en el lugar de celda. Frecuentemente, este circuito se comparte con la estación base, que comunica con el MSC. En un lugar central, los DSOs asignados a la estación base se separan de los DSOs asignados a los SCSs 10. Esto se realiza típicamente fuera del TLP 12 usando un sistema de control y acceso digital (DACS) 13A que no sólo separa los DSOs sino también cuida los DSOs de múltiples SCSs 10 sobre circuitos T1 o E1 completos. Estos circuitos conectan después desde el DACS 13A al DACS 13B y después al módulo de comunicaciones T1/E1 en el TLP 12. Cada módulo de comunicaciones T1/E1 contiene suficiente memoria digital para poner en memoria intermedia paquetes de datos a y de cada SCS 10 que comunica con el módulo. Un solo chasis TLP puede soportar uno o varios módulos de comunicaciones T1/E1.

Los módulos DSP 12-1 proporcionan un recurso agrupado para el procesamiento de localización. Un solo módulo puede contener típicamente de dos a ocho procesadores de señal digital, cada uno de los cuales está igualmente disponible para el procesamiento de localización. Se soporta dos tipos de procesamiento de localización: basado en central y basado en estación, que se describen con más detalle a continuación. El controlador TLP 12-3 administra el (los) módulo(s) DSP 12-1 para obtener producción óptima. Cada módulo DSP contiene suficiente memoria digital para almacenar todos los datos necesarios para el procesamiento de localización. Un DSP no está ocupado hasta que todos los datos necesarios para comenzar el procesamiento de localización hayan sido pasados de cada uno de los SCSs implicados 10 a la memoria digital en el módulo DSP. Solamente después se le da a un DSP la tarea específica de localizar un transmisor inalámbrico específico. Usando esta técnica, los DSPs, que son un recurso caro, nunca están en espera. Un solo chasis TLP puede soportar uno o varios módulos DSP.

El módulo controlador 12-3 realiza la administración en tiempo real de todo el procesamiento de localización dentro del Sistema de Localización Inalámbrica. El AP 14 es la entidad de administración de alto nivel dentro del Sistema de Localización Inalámbrica; sin embargo su arquitectura de base de datos no es suficientemente rápida para realizar la toma de decisiones en tiempo real cuando tienen lugar transmisiones. El módulo controlador 12-3 recibe mensajes de los SCSs 10, incluyendo: Estado, energía espectral en varios canales para varias antenas, mensajes desmodulados, y diagnósticos. Esto permite al controlador determinar continuamente eventos que se producen en el Sistema de Localización Inalámbrica, así como enviar órdenes para realizar algunas acciones. Cuando un módulo controlador recibe mensajes desmodulados de SCSs 10, el módulo controlador decide si se requiere el procesamiento de localización para una transmisión inalámbrica particular. El módulo controlador 12-3 también determina qué SCSs 10 y antenas utilizar en el procesamiento de localización, incluyendo si utilizar procesamiento de localización basado en central o basado en estación. El módulo controlador ordena a los SCSs 10 que devuelvan los datos necesarios, y ordena a los módulos de comunicaciones y módulos DSP que realicen secuencialmente sus funciones necesarias en el procesamiento de localización. Estos pasos se describen a continuación con más detalle.

El módulo controlador 12-3 mantiene una tabla denominada la Tabla de Señal de Interés (SOIT). Esta tabla contiene todos los criterios que se puede usar para disparar el procesamiento de localización en una transmisión inalámbrica particular. Los criterios pueden incluir, por ejemplo, el número de identidad del móvil, la ID de estación móvil, el número electrónico de serie, dígitos marcados, ID del sistema, número de canal RF, número de lugar de celda o número de sector, tipo de transmisión y otros tipos de elementos de datos. Algunos de los eventos de disparo pueden tener niveles de prioridad más altos o más bajos asociados con ellos para uso al determinar el orden de procesamiento. Los disparos de localización de prioridad más alta siempre serán procesados antes que los disparos de localización de menor prioridad. Sin embargo, un disparo de menor prioridad que ya ha iniciado el procesamiento de localización completará el procesamiento antes de que sea asignado a una tarea de prioridad más alta. La lista principal de tareas para el Sistema de Localización Inalámbrica se mantiene en el AP 14, y se descarga automáticamente copias de la Lista de Tareas a la Tabla de Señal de Interés en cada TLP 12 en el Sistema de Localización Inalámbrica. La Tabla de Señal de Interés completa se descarga a un TLP 12 cuando el TLP 12 se reposiciona o pone en funcionamiento por vez primera. Después de los dos eventos, solamente se descarga cambios del AP 14 a cada TLP 12 para conservar la anchura de banda de las comunicaciones. El protocolo de comunicaciones de TLP 12 a AP 14 contiene preferiblemente suficiente redundancia y verificación de errores para evitar que entren datos incorrectos en la Tabla de Señal de Interés. Cuando el AP 14 y TLP 12 tienen periódicamente capacidad de reserva de procesamiento disponible, el AP 14 reconfirma las entradas en la Tabla de Señal de Interés para garantizar que todas las entradas de la Tabla de Señal de Interés en el Sistema de Localización Inalámbrica estén en plena sincronización.

Cada chasis TLP tiene una capacidad máxima asociada con el chasis. Por ejemplo, un solo chasis TLP puede tener solamente capacidad suficiente para soportar entre 48 y 60 SCSs 10. Cuando un sistema de comunicaciones inalámbricas es mayor que la capacidad de un solo chasis TLP, se conectan múltiples chasis TLP usando red Ethernet. El módulo controlador 12-3 es responsable de las comunicaciones entre TLP y red, y comunica con los módulos controladores en otro chasis TLP y con procesadores de aplicación 14 por la red Ethernet. Se requiere comunicaciones entre TLP cuando el procesamiento de localización requiere el uso de SCSs 10 que están conectados a

un chasis TLP diferente. El procesamiento de localización para cada transmisión inalámbrica es asignado a un solo módulo DSP en un solo chasis TLP. Los módulos controladores 12-3 en el chasis TLP seleccionan el módulo DSP en el que efectuar el procesamiento de localización, y después enrutan todos los datos RF usados en el procesamiento de localización a dicho módulo DSP. Si se requiere datos RF procedentes de los SCSs 10 conectados a más de un TLP 12, entonces los módulos controladores en todos los chasis TLP necesarios comunican para pasar los datos RF desde todos los SCSs necesarios 10 a sus respectivos TLPs conectados 12 y después al módulo DSP y chasis TLP asignado al procesamiento de localización. El módulo controlador soporta dos redes Ethernet completamente independientes para redundancia. Una avería o fallo en cualquier red hace que los TLPs afectados 12 desplacen inmediatamente todas las comunicaciones a la otra red.

Los módulos controladores 12-3 mantienen un mapa de red completo del Sistema de Localización Inalámbrica, incluyendo los SCSs 10 asociados con cada chasis TLP. El mapa de red es una tabla almacenada en el módulo controlador conteniendo una lista de los SCSs/antenas candidatos que se puede usar en el procesamiento de localización, y varios parámetros asociados con cada uno de los SCSs/antenas. La estructura de un mapa de red ejemplar se ilustra en la figura 3A. Hay una entrada separada en la tabla para cada antena conectada a un SCS 10. Cuando se produce una transmisión inalámbrica en una zona cubierta por SCSs 10 que comunican con más de un chasis TLP, los módulos controladores en el chasis TLP implicado determinan qué chasis TLP será el chasis TLP "principal" al objeto de administrar el procesamiento de localización. Típicamente, el chasis TLP asociado con el SCS 10 que tiene la asignación de canal primario para la transmisión inalámbrica es asignado de manera que sea el principal. Sin embargo, se puede asignar en cambio otro chasis TLP si dicho TLP no tiene temporalmente recursos DSP disponibles para el procesamiento de localización, o si la mayoría de los SCSs 10 implicados en el procesamiento de localización están conectados a otro chasis TLP y los módulos controladores están minimizando las comunicaciones entre TLP. Este proceso de toma de decisiones es completamente dinámico, pero es facilitado por las tablas en el TLP 12 que predeterminan el chasis TLP preferido para cada asignación de canal primario. Las tablas son creadas por el operador del Sistema de Localización Inalámbrica, y se programan usando la Consola de Operaciones de Red.

La red descrita en la presente memoria funciona para ambos chasis TLP asociados con la misma portadora inalámbrica, así como para chasis que solapan o delimitan la zona de cobertura entre dos portadoras inalámbricas. Así, es posible que un TLP 12 perteneciente a una primera portadora inalámbrica esté en red y por lo tanto reciba datos RF de un TLP 12 (y los SCSs 10 asociados con dicho TLP 12) perteneciente a una segunda portadora inalámbrica. Esta red es especialmente valiosa en zonas rurales, donde el rendimiento del Sistema de Localización Inalámbrica se puede mejorar desplegando SCSs 10 en lugares de celda de múltiples portadoras inalámbricas. Dado que en muchos casos las portadoras inalámbricas no colocan lugares de celda, esta característica permite al Sistema de Localización Inalámbrica acceder a antenas más geográficamente diversas que lo que podría estar disponible si el Sistema de Localización Inalámbrica usase solamente los lugares de celda de una sola portadora inalámbrica. Como se describe más adelante, la selección apropiada y el uso de antenas para el procesamiento de localización puede mejorar el rendimiento del Sistema de Localización Inalámbrica.

El módulo controlador 12-3 pasa muchos mensajes, incluyendo registros de localización, al AP 14, de los que muchos se describen a continuación. Generalmente, sin embargo, no se pasa datos desmodulados del TLP 12 al AP 14. Sin embargo, si el TLP 12 recibe datos desmodulados de un transmisor inalámbrico particular y el TLP 12 identifica el transmisor inalámbrico como un cliente registrado de una segunda portadora inalámbrica en una zona de cobertura diferente, el TLP 12 puede pasar los datos desmodulados al primer AP (servidor) 14A. Esto permitirá que el primer AP 14A comunique con un segundo AP 14B asociado con la segunda portadora inalámbrica, y determine si el transmisor inalámbrico particular tiene registrado algún tipo de servicios de localización. Si es así, el segundo AP 14B puede ordenar al primer AP 14A que ponga la identidad del transmisor inalámbrico particular en la Tabla de Señal de Interés de manera que el transmisor inalámbrico particular se localice mientras el transmisor inalámbrico particular esté en la zona de cobertura del primer Sistema de Localización Inalámbrica asociado con el primer AP 14A. Cuando el primer Sistema de Localización Inalámbrica ha detectado que el transmisor inalámbrico particular no se ha registrado en un período de tiempo superior a un umbral predeterminado, el primer AP 14A puede ordenar al segundo AP 14B que la identidad del transmisor inalámbrico particular está siendo quitada de la Tabla de Señal de Interés por la razón de que ya no está presente en la zona de cobertura asociada con el primer AP 14A.

Puerto de diagnóstico

El TLP 12 soporta un puerto de diagnóstico que es altamente útil en la operación y diagnóstico de problemas dentro del Sistema de Localización Inalámbrica. A este puerto de diagnóstico se puede acceder localmente en un TLP 12 o a distancia por la red Ethernet que conecta los TLPs 12 a los APs. El puerto de diagnóstico permite a un operador escribir en un archivo todos los datos de desmodulación y RF recibidos de los SCSs 10, así como los resultados intermedios y finales de todo el procesamiento de localización. Estos datos se borran del TLP 12 después de procesar una estimación de localización, y por lo tanto el puerto de diagnóstico proporciona los medios para guardar los datos para postprocesado y análisis posteriores. La experiencia del inventor en operar sistemas de localización inalámbrica a gran escala es que un número muy pequeño de estimaciones de localización puede tener ocasionalmente errores muy grandes, y estos errores grandes pueden dominar las estadísticas operativas generales del Sistema de Localización Inalámbrica en cualquier período de medición. Por lo tanto, es importante proporcionar

al operador un conjunto de herramientas que permitan al Sistema de Localización Inalámbrica detectar y atrapar la causa de los errores muy grandes para diagnosticar y mitigar dichos errores. El puerto de diagnóstico se puede poner para guardar la información anterior para todas las estimaciones de localización, para estimaciones de localización de transmisores inalámbricos particulares o en puntos de prueba particulares, o para estimaciones de localización que cumplen algunos criterios. Por ejemplo, para teléfonos fijos o prueba de activación de puntos vigilados, el puerto de diagnóstico puede determinar el error en la estimación de localización en tiempo real y después escribir la información antes descrita solamente para las estimaciones de localización cuyo error exceda de un umbral predeterminado. El puerto de diagnóstico determina el error en tiempo real almacenando la coordenada vigilada de latitud, longitud de cada teléfono fijo y punto de activación de verificación en una tabla, y calcular después un error radial cuando se haga una estimación de localización para el punto de verificación correspondiente.

Redundancia

Los TLPs 12 implementan redundancia usando varias técnicas, que permiten al Sistema de Localización Inalámbrica soportar un método de redundancia de M más N. Redundancia M más N significa que se utiliza chasis TLP redundante N (o de espera) para proporcionar plena reserva redundante al chasis TLP en línea M. Por ejemplo, M puede ser diez y N puede ser dos.

En primer lugar, los módulos controladores en chasis TLP diferentes intercambian continuamente mensajes de estado y "ritmo" a intervalos de tiempo predeterminados entre sí y con cada AP 14 asignado para supervisar el chasis TLP. Así, cada módulo controlador tiene el estado continuo y pleno de cada otro módulo controlador en el Sistema de Localización Inalámbrica. Los módulos controladores en chasis TLP diferentes seleccionan periódicamente un módulo controlador en un TLP 12 para que sea el controlador principal para un grupo de chasis TLP. El controlador principal puede decidir poner un primer chasis TLP en estado fuera de línea si el primer TLP 12A refiere una condición fallida o degradada en su mensaje de estado, o si el primer TLP 12A no logra referir ningún mensaje de estado o de ritmo dentro de su tiempo asignado y predeterminado. Si el controlador principal pone un primer TLP 12A en estado fuera de línea, el controlador principal puede asignar un segundo TLP 12B para efectuar una conmutación redundante y asumir las tareas del primer TLP fuera de línea 12A. Se envía automáticamente al segundo TLP 12B la configuración que ha sido cargada en el primer TLP 12A; esta configuración puede ser descargada del controlador principal o de un AP 14 conectado a los TLPs 12. El controlador principal puede ser un módulo controlador en cualquiera de los TLPs 12 que no esté en estado fuera de línea; sin embargo, se prefiere que el controlador principal sea un módulo controlador en un TLP 12 de espera. Cuando el controlador principal es el módulo controlador en un TLP de espera 12, se puede acelerar el tiempo requerido para detectar un primer TLP fallido 12A, poner el primer TLP 12A en estado fuera de línea, y después realizar una conmutación redundante.

En segundo lugar, todas las comunicaciones T1 o E1 entre los SCSs 10 y cada uno de los módulos de comunicaciones T1/E1 TLP 12-2 se enrutan preferiblemente mediante un DACS de alta fiabilidad que se dedica a control de redundancia. El DACS 13B está conectado a cada circuito T1/E1 preparado conteniendo DSOs de SCSs 10 y también es conectado a cada módulo de comunicaciones T1/E1 12-2 de cada TLP 12. Cada módulo controlador en cada TLP 12 contiene un mapa del DACS 13B que describe la lista de conexiones y asignaciones de puerto del DACS. Este DACS 13B está conectado a la red Ethernet descrita anteriormente y se puede controlar por cualquiera de los módulos controladores 12-3 en cualquiera de los TLPs 12. Cuando se pone un segundo TLP 12 en estado fuera de línea por un controlador principal, el controlador principal envía órdenes al DACS 13B para conmutar el circuito T1/E1 preparado que comunica con el primer TLP 12A a un segundo TLP 12B que ha estado en estado de espera. Al mismo tiempo, el AP 14 descarga el archivo de configuración completo que estaba usando el segundo (y ahora fuera de línea) TLP 12B al tercer (y ahora en línea) TLP 12C. El tiempo desde la primera detección de un primer chasis TLP fallido a la completa conmutación y asunción de responsabilidades de procesamiento por un tercer chasis TLP es típicamente inferior a pocos segundos. En muchos casos, no pierden datos RF los SCSs 10 asociados con el primer chasis TLP fallido, y el procesamiento de localización puede continuar sin interrupción. Al tiempo de un fallo de TLP cuando un primer TLP 12A se pone en estado fuera de línea, la NOC 16 crea una alerta para notificar al operador del Sistema de Localización Inalámbrica que se ha producido el evento.

En tercer lugar, cada chasis TLP contiene fuentes de alimentación redundantes, ventiladores, y otros componentes. Un chasis TLP también puede soportar múltiples módulos DSP, de manera que el fallo de un solo módulo DSP o incluso un solo DSP en un módulo DSP reduzca la cantidad general de recursos de procesamiento disponibles, pero no produzca el fallo del chasis TLP. En todos los casos descritos en este párrafo, el componente fallido del TLP 12 se pueden sustituir sin poner todo el chasis TLP en estado fuera de línea. Por ejemplo, si falla una sola fuente de alimentación, la fuente de alimentación redundante tiene capacidad suficiente para soportar en solitario la carga del chasis. La fuente de alimentación averiada contiene la circuitería necesaria para quitarse de la carga del chasis y no producir más degradación en el chasis. Igualmente, un módulo DSP fallido también se puede quitar de las porciones activas del chasis, para no producir un fallo del plano posterior u otros módulos. Esto permite que el resto del chasis, incluyendo el segundo módulo DSP, siga funcionando normalmente. Naturalmente, se reduce el procesamiento total producido del chasis, pero se evita un fallo total.

Procesador de aplicación (AP) 14

El AP 14 es un sistema centralizado de base de datos, incluyendo varios procesos de software que administran todo el Sistema de Localización Inalámbrica, proporcionan interfaces a usuarios y aplicaciones externos, guardan registros de localización y configuraciones, y soportan funcionalidad relacionada con varias aplicaciones. El AP 14 usa una plataforma comercial de hardware que está dimensionada de manera que se adapte a la producción del Sistema de Localización Inalámbrica. El AP 14 también usa un sistema de base de datos relacional comercial (RDBMS), que ha sido personalizado considerablemente para proporcionar la funcionalidad aquí descrita. Aunque el SCS 10 y TLP 12 operan preferiblemente juntos en base de tiempo puramente real para determinar la localización y crear registros de localización, el AP 14 puede operar en una base en tiempo real para almacenar y enviar registros de localización y una base en tiempo no real para postprocesar registros de localización y proporcionar acceso e informe en el tiempo. La capacidad de almacenar, recuperar, y postprocesar registros de localización para varios tipos de análisis de sistema y aplicación ha demostrado ser una potente ventaja. La colección principal de procesos de software se denomina el ApCore, que se representa en la figura 4 e incluye las funciones siguientes:

El Guardián de Funcionamiento AP (ApPerfGuard) es un proceso de software dedicado que es responsable de iniciar, parar y supervisar la mayor parte de otros procesos ApCore así como comunicaciones ApCore con la NOC 16. Al recibir una orden de actualización de configuración de la NOC, ApPerfGuard actualiza la base de datos y notifica el cambio a todos los demás procesos. ApPerfGuard inicia y para procesos apropiados cuando la NOC ordena al ApCore que entre en estados de ejecución específicos, y supervisa constantemente otros procesos de software programados para que se estén ejecutando para volver a iniciarlos si han salido o parar y volver a iniciar cualquier proceso que ya no responda adecuadamente. A ApPerfGuard se le asigna una de las prioridades de procesado más altas de manera que este proceso no pueda ser bloqueado por otro proceso que haya "escapado". A ApPerfGuard también se le asigna memoria dedicada que no sea accesible por otros procesos de software para evitar toda posible corrupción de otros procesos de software.

El Repartidor 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 posicionamiento separado para cada TLP físico 12 configurado en el sistema, y cada posicionamiento recibe registros de localización de dicho TLP 12. Para fiabilidad del sistema, el ApCore mantiene una lista que contiene el último número de secuencia de registro de localización recibido de cada TLP 12, y envía dicho número de secuencia al TLP 12 a la conexión inicial. Después, el AP 14 y el TLP 12 mantienen un protocolo por lo que el TLP 12 envía cada registro de localización con un identificador único. ApMnDsptch envía registros de localización a múltiples procesos, incluyendo Ap911, ApDbSend, ApDbRecvLoc, y ApDbFileRecv.

El Proceso de Tareas AP (ApDbSend) controla la Lista de Tareas dentro del Sistema de Localización Inalámbrica. La Lista de Tareas es la lista principal de todos los criterios de disparo que determina qué transmisores inalámbricos se localizará, qué aplicaciones crearon los criterios, y qué aplicaciones pueden recibir información de registro de localización. El proceso ApDbSend contiene un posicionamiento separado para cada TLP 12, sobre el que el ApDbSend sincroniza la Lista de Tareas con la Tabla de Señal de Interés en cada TLP 12. ApDbSend no envía información de aplicación a la Tabla de Señal de Interés, solamente los criterios de disparo. Así el TLP 12 no conoce por qué se debe localizar un transmisor inalámbrico. La Lista de Tareas permite a los transmisores inalámbricos localizar en base al Número de Identidad del Móvil (MIN), el Identificador de Estación Móvil (MSID), el Número Electrónico de Serie (ESN) y otros números de identidad, secuencias marcadas de caracteres y/o dígitos, ID del sistema inicial (SID), lugar de celda y sector originante, canal RF originante, o tipo de mensaje. La lista de tareas permite a las aplicaciones múltiples recibir registros de localización del mismo transmisor inalámbrico. Así, un solo registro de localización de un transmisor inalámbrico que ha marcado "911" puede ser enviado, por ejemplo, a 911 PSAP, una aplicación de gestión de flota, una aplicación de gestión del tráfico, y a una aplicación de optimización de RF.

La Lista de Tareas también contiene varios señalizadores y campo para cada criterio de disparo, algunos de los cuales se describen en otro lugar en esta memoria descriptiva. Un señalizador, por ejemplo, especifica el límite de tiempo máximo antes de que el Sistema de Localización Inalámbrica deba proporcionar una estimación aproximada o final del transmisor inalámbrico. Otro señalizador permite inhabilitar el procesado de localización para un criterio de disparo particular tal como la identidad del transmisor inalámbrico. Otro campo contiene la autenticación necesaria para hacer cambios en los criterios para un disparo particular; la autenticación permite que el operador del Sistema de Localización Inalámbrica especifique qué aplicaciones están autorizadas para añadir, borrar o hacer cambios en cualquier criterio de disparo y campos o señalizadores asociado. Otro campo contiene el Grado de Servicio de Localización asociado con los criterios de disparo; Grado de Servicio indica al Sistema de Localización Inalámbrica el nivel de exactitud y el nivel de prioridad deseados para el procesado de localización asociado con un criterio particular de disparo. Por ejemplo, algunas aplicaciones pueden ser cumplidas con una estimación de localización aproximada (tal vez por una tarifa reducida de procesado de localización), aunque otras aplicaciones puede ser cumplidas con procesado de baja prioridad que no se garantiza que termine para cualquier transmisión dada (y que se puede sustituir por tareas de procesado de alta prioridad). El Sistema de Localización Inalámbrica también incluye medios para soportar el uso de comodines para criterios de disparo en la Lista de Tareas. Por ejemplo, se puede introducir un criterio de disparo como "MIN = 215555*****". Esto hará que el Sistema de Localización Inalámbrica dispare el procesado de localización para cualquier transmisor inalámbrico cuyo MIN comience con los seis dígitos

215555 y termine con cualesquiera cuatro dígitos siguientes. Los caracteres comodín pueden estar colocados en cualquier posición en un criterio de disparo. Esta característica puede guardar el número de posiciones de memoria requerido en la Lista de Tareas y la Tabla de Señal de Interés agrupando bloques de transmisores inalámbricos relacionados.

ApDbSend también soporta tareas dinámicas. Por ejemplo, el MIN, ESN, MSID, u otra identidad de cualquier transmisor inalámbrico que haya marcado "911" serán colocados automáticamente en la Lista de Tareas por ApDbSend durante una hora. Así, cualesquiera otras transmisiones realizadas por el transmisor inalámbrico que marcó "911" también se localizará en caso de emergencia adicional. Por ejemplo, si un PSAP devuelve la llamada a un transmisor inalámbrico que marcó "911" dentro de la última hora, el Sistema de Localización Inalámbrica se disparará en el mensaje de respuesta a búsqueda del transmisor inalámbrico, y puede hacer que este nuevo registro de localización esté disponible para el PSAP. Estas tareas dinámicas se pueden poner durante cualquier intervalo de tiempo después de un evento de inicio, y para cualquier tipo de criterios de disparo. El proceso ApDbSend también es un servidor para recibir peticiones de tareas de otras aplicaciones. Estas aplicaciones, tal como gestión de flota, pueden enviar peticiones de tareas mediante una conexión de enchufe hembra, por ejemplo. Estas aplicaciones pueden poner o quitar criterios de disparo. ApDbSend realiza un proceso de autenticación con cada aplicación para verificar que la aplicación ha sido autorizada para poner o quitar criterios de disparo, y cada aplicación solamente puede cambiar criterios de disparo relacionados con dicha aplicación.

El Proceso AP 911 (Ap911) administra cada interfaz entre el Sistema de Localización Inalámbrica y elementos de red E9-1-1, tal como interruptores en tándem, enrutadores selectivos, bases de datos ALI y/o PSAPs. El proceso Ap911 contiene un posicionamiento separado para cada conexión a un elemento de red E9-1-1, y puede soportar más de un posicionamiento a cada elemento de red. El proceso Ap911 puede operar simultáneamente en muchos modos en base a configuración de usuario, y como se describe aquí. El procesamiento oportuno de registros de localización E9-1-1 es una de las prioridades de procesamiento más altas en el AP 14, y por lo tanto el Ap911 se ejecuta totalmente desde la memoria de acceso aleatorio (RAM) para evitar el retardo asociado con el primer almacenaje y posterior recuperación de un registro de localización de cualquier tipo del disco. Cuando ApMnDsptch envía un registro de localización a Ap911, Ap911 hace inmediatamente una determinación de ruta 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 de AP 14.

El AP 14, mediante el proceso Ap911 y otros procesos, soporta dos modos de suministrar registros de localización a aplicaciones, incluyendo E9-1-1: los modos de "empuje" y "extracción". Las aplicaciones que piden modo de empuje reciben del AP 14 un registro de localización tan pronto como esté disponible. Este modo es especialmente efectivo para E9-1-1 que tiene una necesidad de tiempo muy crítico de registros de localización, dado que las redes E9-1-1 deben enrutar las llamadas inalámbricas 9-1-1 al PSAP correcto dentro de unos pocos segundos después de que un llamante inalámbrico haya marcado "911". Las aplicaciones que piden modo de extracción no reciben automáticamente registros de localización, sino que más bien deben enviar una consulta al AP 14 con respecto a un transmisor inalámbrico particular para recibir el último registro o cualquier otro registro de localización acerca del transmisor inalámbrico. La consulta procedente de la aplicación puede especificar el último registro de localización, una serie de registros de localización, o todos los registros de localización que cumplen unos criterios de tiempo específicos u otros, tal como el tipo de transmisión. Un ejemplo del uso del modo de extracción en el caso de una llamada "911" es la red E9-1-1 que primero recibe la porción de voz de la llamada "911" y que después consulta al AP 14 para recibir el registro de localización asociado con dicha llamada.

Cuando el proceso Ap911 está conectado a muchos Elementos de redes E9-1-1, Ap911 debe determinar a qué elemento de red E9-1-1 empujar el registro de localización (suponiendo que se ha seleccionado el modo de "empuje"). El AP 14 hace esta determinación usando una tabla de enrutamiento dinámico. La tabla de enrutamiento dinámico se utiliza para dividir una región geográfica en celdas. Cada celda, o entrada, en la tabla de enrutamiento dinámico contiene las instrucciones de enrutamiento para dicha celda. Es sabido que un minuto de latitud es 1.854 m (6083 pies), que es aproximadamente 111,2 m (365 pies) por miligrado. Además, un minuto de longitud es coseno (latitud) por 1.854 m (6083 pies), que para la zona de Philadelphia es aproximadamente 1420 m (4659 pies), o aproximadamente 85,3 m (280 pies) por miligrado. Una tabla de tamaño mil por mil, o un millón de celdas, puede contener las instrucciones de enrutamiento para un área de aproximadamente 111 km (69 millas) por 85 km (53 millas), que es más grande que el área de Philadelphia en este ejemplo, y cada celda podría contener una zona geográfica de 111,2 m (365 pies) por 85,3 m (280 pies). El número de bits asignados a cada entrada en la tabla debe ser suficiente solamente para soportar el número máximo de posibilidades de enrutamiento. Por ejemplo, si el número total de posibilidades de enrutamiento es dieciséis o menos, entonces la memoria para la tabla de enrutamiento dinámico es un millón por cuatro bits, o medio megabyte. Usando este esquema, un área del tamaño de Pennsylvania podría contenerse en una tabla de aproximadamente veinte megabytes o menos, con amplias posibilidades de enrutamiento disponibles. Dado el costo relativamente barato de memoria, esta tabla de enrutamiento dinámico proporciona al AP 14 unos medios de empujar rápidamente los registros de localización para llamadas "911" solamente al elemento de red E9-1-1 apropiado.

El AP 14 permite poblar cada entrada en enrutamiento dinámico usando medios manuales o automáticos. Usando los medios automáticos, por ejemplo, una aplicación de mapa electrónico puede crear una definición poligonal de la

zona de cobertura de un elemento específico de red E9-1-1, tal como un PSAP. La definición poligonal se traduce después a una lista de puntos de latitud, longitud contenidos dentro del polígono. La celda de la tabla de enrutamiento dinámico correspondiente a cada punto de latitud, longitud recibe después la instrucción de enrutamiento para dicho elemento de red E9-1-1 que es responsable de dicho polígono geográfico.

Cuando el proceso Ap911 recibe un registro de localización "911" para un transmisor inalámbrico específico, Ap911 convierte la latitud, longitud en la dirección de una celda específica en la tabla de enrutamiento dinámico. Ap911 consulta después la celda para determinar las instrucciones de enrutamiento, que puede ser modo de empuje o extracción y la identidad del elemento de red E9-1-1 responsable de servir a la zona geográfica en la que se produjo la llamada "911". Si se ha seleccionado el modo de empuje, entonces Ap911 automáticamente empuja el registro de localización a dicho elemento de red E9-1-1. Si se ha seleccionado el modo de extracción, entonces Ap911 pone el registro de localización en una tabla circular de registros de localización "911" y espera una consulta.

Los medios de enrutamiento dinámico descritos anteriormente comportan el uso de una base de datos definida geográficamente que se puede aplicar a otras aplicaciones además de 911, y por lo tanto es soportada por otros procesos además de Ap911. Por ejemplo, el AP 14 puede determinar automáticamente la zona de facturación desde la que se hizo una llamada inalámbrica para una aplicación de Facturación Sensible a Posición. Además, el AP 14 puede enviar automáticamente una señal de alerta cuando un transmisor inalámbrico particular ha entrado o salido de una zona geográfica predeterminada definida por una aplicación. El uso de bases de datos geográficas particulares, acciones de enrutamiento dinámico, cualquier otras acciones disparadas de localización se definen en los campos y señalizadores asociados con cada criterio de disparo. El Sistema de Localización Inalámbrica incluye medios para administrar fácilmente estas bases de datos definidas geográficamente usando un mapa electrónico que puede crear polígonos que rodean una zona geográfica predeterminada. El Sistema de Localización Inalámbrica extrae del mapa electrónico una tabla de puntos de latitud, longitud contenidos con 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 disparada se contiene dentro de cada polígono del conjunto.

El Proceso de Recepción de Base de Datos AP (ApDbRecvLoc) recibe todos los registros de localización de ApMnDsptch mediante la memoria compartida, y pone los registros de localización en la base de datos de localización AP. ApDbRecvLoc inicia diez caminos cada uno de los cuales recupera registros de localización de la memoria compartida, valida cada registro antes de introducir los registros en la base de datos, e introduce después los registros en la división de registros de localización correcta en la base de datos. Para preservar la integridad, los registros de localización con algún tipo de error no se escriben en la base de datos de registros de localización, sino que, en cambio, se ponen en un archivo de error que puede ser revisado por el operador del Sistema de Localización Inalámbrica y después introducido manualmente en la base de datos después de eliminar el error. Si la base de datos de localización ha fallado o ha sido localizada en estado fuera de línea, los registros de localización se escriben en una tabla de dos dimensiones donde pueden ser procesados posteriormente por ApDbFileRecv.

El Proceso de Recepción de Archivo AP (ApDbFileRecv) lee tablas de dos dimensiones conteniendo registros de localización e inserta los registros en la base de datos de localización. Las tablas de dos dimensiones son un mecanismo seguro usado por el AP 14 para preservar completamente la integridad del AP 14 en todos los casos a excepción de un fallo completo de las unidades de disco duro. Hay varios tipos diferentes de tablas de dos dimensiones leídas por ApDbFileRecv, incluyendo Base de Datos Caída, Sincronización, Rebosamiento, y Error Resuelto. Las tablas de dos dimensiones de Base de Datos Caída son escritas por el proceso ApDbRecvLoc si la base de datos de localización es temporalmente inaccesible; este archivo permite al AP 14 garantizar que los registros de localización se conserven durante la aparición de este tipo de problema. Las tablas de dos dimensiones de Sincronización son escritas por el proceso ApLocSync (descrito más adelante) al transferir registros de localización entre pares de sistemas AP redundantes. Las tablas de dos dimensiones de Rebosamiento son escritas por ApMnDsptch cuando los registros de localización están llegando al AP 14 a una velocidad más rápida de la que ApDbRecvLoc puede procesar e insertar los registros en la base de datos de localización. Esto se puede producir durante períodos de velocidad máxima muy alta. Los archivos de rebosamiento impiden que se pierdan registros durante períodos punta. Las tablas de dos dimensiones de Error Resuelto contienen registros de localización que tenían errores, pero ahora han sido resueltos, y se pueden introducir ahora en la base de datos de localización.

Dado que el AP 14 tiene un papel centralizado crítico en el Sistema de Localización Inalámbrica, la arquitectura de AP 14 ha sido diseñada de manera que sea totalmente redundante. Un sistema AP 14 redundante incluye plataformas de hardware totalmente redundantes, RDBMS totalmente redundante, unidades de disco redundantes, y redes redundantes entre sí, los TLPs 12, los NOCs 16, y aplicaciones externas. La arquitectura de software del AP 14 también ha sido diseñada para soportar redundancia tolerante a los fallos. Los ejemplos siguientes ilustran funcionalidad soportada por los APs redundantes. Cada TLP 12 envía registros de localización a los AP 14 primario y redundante cuando ambos APs están en un estado en línea. Solamente el AP primario 14 procesará peticiones de tareas entrantes, y solamente el AP primario 14 aceptará peticiones de cambio de configuración de la NOC 16. El AP primario 14 sincroniza después el AP redundante 14 bajo control esmerado. Ambos APs primario y redundante aceptarán órdenes básicas de arranque y parada de la NOC. Ambos APs supervisan constantemente sus propios parámetros del sistema y la corrección de la aplicación y supervisan los parámetros correspondientes para el otro AP 14, y después deciden qué AP 14 será primario y cuál será redundante en base a una puntuación compuesta.

Esta puntuación compuesta se determina compilando errores referidos por varios procesos a un área de memoria compartida, y supervisando el espacio de permutación y el espacio en disco. Hay varios procesos dedicados a soportar redundancia.

El Proceso de Sincronización de Localización AP (ApLocSync) funciona en cada AP 14 y detecta la necesidad de sincronizar registros de localización entre APs, y después crea "registros de sincronización" que enumeran los registros de localización que tienen que ser transferidos de un AP 14 a otro AP 14. Los registros de localización son transferidos después entre APs usando una conexión de enchufe hembra. ApLocSync compara las divisiones de registro de localización y los números de secuencia de registro de localización almacenados en cada base de datos de localización. Normalmente, si ambos APs primario y redundante 14 operan correctamente, no se necesita sincronización porque ambos APs están recibiendo registros de localización simultáneamente de los TLPs 12. Sin embargo, si un AP 14 falla o se encuentra en un modo fuera de línea, entonces se requerirá sincronización. ApLocSync es notificado siempre que ApMnDsptch conecta con un TLP 12 de manera que pueda determinar si se requiere sincronización.

El Proceso de Sincronización de Tareas AP (ApTaskSync) funciona en cada AP 14 y sincroniza la información de tareas entre el AP primario 14 y el AP redundante 14. ApTaskSync en el AP primario 14 recibe información de tareas de ApDbSend, y envía después la información de tareas al proceso ApTaskSync en el AP redundante 14. Si el AP primario 14 iba a fallar antes de que ApTaskSync hubiese terminado de replicar tareas, entonces ApTaskSync realizará una sincronización completa de la base de datos de tareas cuando el AP fallido 14 vuelva a estar en un estado en línea.

El Proceso de Sincronización de Configuración AP (ApConfigSync) funciona en cada AP 14 y sincroniza la información de configuración entre el AP primario 14 y el AP redundante 14. ApConfigSync usa una facilidad de réplica RDBMS. La información de configuración incluye toda la información que necesitan los SCSs 10, TLPs 12, y APs 14 para el funcionamiento apropiado del Sistema de Localización Inalámbrica en una red de portadora inalámbrica.

Además de las funciones centrales descritas anteriormente, el AP 14 también soporta gran número de procesos, funciones e interfaces útiles en la operación del Sistema de Localización Inalámbrica, así como útiles para varias aplicaciones que deseen información de localización. Aunque los procesos, funciones e interfaces aquí descritos están en esta sección perteneciente al AP 14, la implementación de muchos de estos procesos, funciones e interfaces recorre todo el Sistema de Localización Inalámbrica y por lo tanto no se deberá considerar que su valor novedoso se limita solamente al AP 14.

Itinerancia

El AP 14 soporta "itinerancia" entre sistemas de localización inalámbrica situados en diferentes ciudades o explotados por diferentes portadoras inalámbricas. Si un primer transmisor inalámbrico se ha abonado a una aplicación en un primer Sistema de Localización Inalámbrica, y por lo tanto tiene una entrada en la Lista de Tareas en el primer AP 14 en el primer Sistema de Localización Inalámbrica, entonces el primer transmisor inalámbrico también puede abonarse a itinerancia. Cada AP 14 y TLP 12 en cada Sistema de Localización Inalámbrica contiene una tabla en la que se lleva una lista de identidades de abonado "iniciales" válidas. La lista es típicamente un rango, y por ejemplo, para teléfonos celulares corrientes, el rango se puede determinar por los códigos NPA/NXX (o código de zona e intercambio) asociado con la MIN o MSID de teléfonos celulares. Cuando un transmisor inalámbrico que cumple los criterios "iniciales" hace una transmisión, un TLP 12 recibe datos desmodulados de uno o varios SCSs 10 y comprueba la información de disparo en la Tabla de Señal de Interés. Si se cumple algún criterio de disparo, el procesamiento de localización comienza en dicha transmisión; de otro modo, la transmisión no es procesada por el Sistema de Localización Inalámbrica.

Cuando un primer transmisor inalámbrico que no cumple el criterio "inicial" hace una transmisión en un segundo Sistema de Localización Inalámbrica, el segundo TLP 12 en el segundo Sistema de Localización Inalámbrica verifica un disparo en la Tabla de Señal de Interés. Después se produce una de tres acciones: (i) si la transmisión cumple unos criterios ya existentes en la Tabla de Señal de Interés, el transmisor está localizado y el registro de localización se envía desde el segundo AP 14 en el segundo Sistema de Localización Inalámbrica al primer AP 14 en el primer Sistema de Localización Inalámbrica; (ii) si el primer transmisor inalámbrico tiene una entrada de "itinerante" en la Tabla de Señal de Interés indicando que el primer transmisor inalámbrico se ha "registrado" en el segundo Sistema de Localización Inalámbrica pero no tiene criterios de disparo, entonces la transmisión no es procesada por el segundo Sistema de Localización Inalámbrica y el sello de tiempo de expiración se ajusta como se describe más adelante; (iii) si el primer transmisor inalámbrico no tiene entrada de "itinerante" y por lo tanto no se ha "registrado", entonces los datos desmodulados se pasan del TLP 12 al segundo AP 14.

En el tercer caso anterior, el segundo AP 14 usa la identidad del primer transmisor inalámbrico para identificar el primer AP 14 en el primer Sistema de Localización Inalámbrica como el Sistema de Localización Inalámbrica "inicial" del primer transmisor inalámbrico. El segundo AP 14 en el segundo Sistema de Localización Inalámbrica envía una consulta al primer AP 14 en el primer Sistema de Localización Inalámbrica para determinar si el primer transmisor

inalámbrico se ha abonado a alguna aplicación de localización y por lo tanto tiene algunos criterios de disparo en la Lista de Tareas del primer AP 14. Si está presente un disparo en el primer AP 14, se envía los criterios de disparo, junto con los campos y señalizadores asociados, desde el primer AP 14 al segundo AP 14 y se introduce en la lista de tareas y la Tabla de Señal de Interés como una entrada de "itinerante" con criterios de disparo. Si el primer AP 14 responde al segundo AP 14 indicando que el primer transmisor inalámbrico no tiene criterios de disparo, entonces el segundo AP 14 "registra" el primer transmisor inalámbrico en la lista de tareas y la Tabla de Señal de Interés como "itinerante" sin criterios de disparo. Así las transmisiones corrientes y futuras del primer transmisor inalámbrico pueden ser identificadas positivamente por el TLP 12 en el segundo Sistema de Localización Inalámbrica como registradas sin criterios de disparo, y no es preciso que el segundo AP 14 haga consultas adicionales al primer AP 14.

Cuando el segundo AP 14 registra el primer transmisor inalámbrico con una entrada de itinerante en la Lista de Tareas y la Tabla de Señal de Interés con o sin criterios de disparo, a la entrada de itinerante se le asigna un sello de tiempo de expiración. El sello de tiempo de expiración se establece al tiempo corriente más un primer intervalo predeterminado. Cada vez que el primer transmisor inalámbrico hace una transmisión, el sello de tiempo de expiración de la entrada de itinerante en la Lista de Tareas y la Tabla de Señal de Interés se regula al tiempo actual de la transmisión más reciente más el primer intervalo predeterminado. Si el primer transmisor inalámbrico no hace más transmisiones antes del sello de tiempo de expiración de su entrada de itinerante, entonces se borra automáticamente la entrada de itinerante. Si, después del borrado, el primer transmisor inalámbrico hace otra transmisión, entonces se produce de nuevo el proceso de registro.

El primer AP 14 y segundo AP 14 mantienen comunicaciones por una red de área amplia. La red se puede basar en TCP/IP o en un protocolo parecido a la versión más reciente de IS-41. Cada AP 14 en comunicaciones con otros APs en otros sistemas de localización inalámbrica mantiene una tabla que proporciona la identidad de cada AP 14 y Sistema de Localización Inalámbrica correspondiente a cada rango válido de identidades de los transmisores inalámbricos.

Registros de localización de pasadas múltiples

Algunas aplicaciones pueden requerir una estimación muy rápida de la localización general de un transmisor inalámbrico, seguido de una estimación más exacta de la localización que puede ser enviada después. Esto puede ser valioso, por ejemplo, para sistemas E9-1-1 que manejan llamadas inalámbricas y deben hacer muy rápidamente una decisión de enrutamiento de llamada, pero pueden esperar un poco más para una localización más exacta a visualizar en el terminal de mapa electrónico del que recibe una llamada E9-1-1. El Sistema de Localización Inalámbrica soporta estas aplicaciones con un modo novedoso de procesamiento de localización de pasadas múltiples (o "multipasada"), que se describe más adelante. El AP 14 soporta este modo con registros de localización de pasadas múltiples. Para algunas entradas, la Lista de Tareas en el AP 14 contiene un señalizador indicando el límite de tiempo máximo antes de que una aplicación especial deba recibir una estimación aproximada de localización, y un segundo límite de tiempo máximo en el que una aplicación especial debe recibir una estimación de localización final. Para estas aplicaciones, el AP 14 incluye un señalizador en el registro de localización indicando el estado de la estimación de localización contenida en el registro, que puede ponerse, por ejemplo, a estimación de primera pasada (es decir, aproximada) o estimación de pasada final. El Sistema de Localización Inalámbrica determinará en general la mejor estimación de localización dentro del límite de tiempo establecido por la aplicación, es decir, el Sistema de Localización Inalámbrica procesará la mayor cantidad de datos RF que se puede soportar en el límite de tiempo. Dado que cualquier transmisión inalámbrica particular puede disparar un registro de localización para una o varias aplicaciones, el Sistema de Localización Inalámbrica soporta múltiples modos simultáneamente. Por ejemplo, un transmisor inalámbrico con un MIN particular puede marcar "911". Esto puede disparar un registro de localización de dos pasadas para la aplicación E9-1-1, pero un registro de localización de pasada única para una aplicación de gestión de flota que esté supervisando dicha MIN particular. Esto se puede ampliar a cualquier número de aplicaciones.

La idea de una posición multipasada se puede ampliar a abarcar parámetros adicionales de calidad de servicio que determinan la necesidad de una estimación de posición primera y siguiente. Por ejemplo, un primer conjunto de parámetros de calidad de servicio puede incluir un límite de tiempo, una exactitud, un factor de confianza, prioridad, u otro umbral o límite. Se puede combinar múltiples parámetros de calidad de servicio como ilustra el ejemplo E9-1-1 donde se requiere una posición aproximada (umbral de exactitud) y un límite de tiempo (limitación de tiempo) para una aplicación mejorada de enrutamiento de llamada. Un segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio también puede incluir un límite de tiempo, una exactitud, una confianza, una prioridad u otro umbral o límite. se puede especificar múltiples parámetros de calidad de servicio. Además, el número de pasadas se puede definir también en el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio o se puede continuar un tren de estimaciones de posición hasta que se logre un cierto umbral o límite de calidad de servicio.

Usando información de tiempo y potencia suministrada por portadora con la información RF detallada almacenada por el AP 14, el WLS puede elegir la tecnología usada en cada pasada de la técnica de posición multipasada. Por ejemplo, en un sistema AMPS o cualquier sistema basado en TDMA (IS-136 o GSM), se podría usar las medidas de celda, sector y avance de tiempo y/o retardo de ida y vuelta y/o potencia con el modelo de propagación RF del sector pertinente. En un

sistema basado en CDMA, se podría usar las mediciones de celda, sector y desviación PN y/o retardo de ida y vuelta y/o potencia con el modelo de propagación RF del sector en cuestión. Si el tamaño de la zona calculada resultante está por debajo del requisito de exactitud del primer conjunto, o conjuntos primero y segundo, de parámetros de calidad de servicio, el WLS puede suministrar el valor calculado o realizar una estimación de posición TDOA, AoA o TDOA/AoA independiente para confirmar el valor antes de suministrarlo. Si la zona resultante determinada no cumple el primer conjunto de parámetros de calidad de servicio, el WLS seleccionaría tecnología TDOA o TDOA/AoA para las estimaciones de posición primera y segunda. Si la zona resultante determinada no cumple el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio, el WLS puede optar por suministrar el valor calculado para la primera pasada y realizar posteriormente una estimación de posición TDOA o TDOA/AoA para el suministro de posición siguiente.

Otro ejemplo de selección de tecnología WLS para localización multipasada sería si se hace una medición inicial de posición basada en TDOA que no cumple el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio, el WLS puede elegir de manera que incluya cualesquiera sensores AoA disponibles para generar la estimación de posición de pasada siguiente.

El modelo detallado del entorno RF usado con información suministrada por red portadora o suministrada por móvil también se puede utilizar en la programación de estimaciones de posición por el WLS. Por ejemplo, se puede mantener en el AP 14 una cifra de densidad de celdas para cada sector que se consulte cuando se realice una petición de posición para dicho sector. Esta densidad de celdas resume varia información RF ambiental almacenada en el WLS tal como el tamaño de celda, sectorización, bajada de antena, y características de tiempo RF y propagación de potencia. Consultando esta cifra de densidad de celdas, el WLS puede modelar el tiempo de recogida de señal requerido para cumplir cualesquiera requisitos de confianza o exactitud en el primer conjunto o el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio. Una vez estimada la duración de la recogida de señal, el WLS puede programar posteriormente el SCS 10 para efectuar recogida de señal en base a la duración estimada, el nivel de prioridad requerido, la limitación de tiempo y otros parámetros de calidad de servicio.

Desmodulación múltiple y disparos

En sistemas de comunicaciones inalámbricas en zonas urbanas o suburbanas densas, las frecuencias o los canales se pueden reutilizar varias veces dentro de distancias relativamente próximas. Dado que el Sistema de Localización Inalámbrica es capaz de detectar y desmodular independientemente transmisiones inalámbricas sin la ayuda del sistema de comunicaciones inalámbricas, una sola transmisión inalámbrica puede detectarse frecuentemente y desmodularse con éxito en múltiples SCSs 10 dentro del Sistema de Localización Inalámbrica. Esto puede suceder tanto intencionadamente como de forma no intencionada. Se produce una aparición no intencionada por reutilización de frecuencia próxima, de tal manera que se pueda recibir una transmisión inalámbrica particular por encima de un umbral predeterminado en más de un SCS 10, cuando cada SCS 10 considera que está supervisando solamente transmisiones que se producen solamente dentro del lugar de celda colocalizado con el SCS 10. Se produce una aparición intencionada programando más de un SCS 10 para detectar y desmodular transmisiones que se producen en un lugar de celda particular y a una frecuencia particular. Como se ha descrito anteriormente, esto se usa generalmente con SCSs adyacentes o próximos 10 para proporcionar redundancia de desmodulación de sistema para aumentar más la probabilidad de que cualquier transmisión inalámbrica particular sea detectada y desmodulada con éxito.

Ambos tipos de eventos podrían conducir potencialmente a múltiples disparos dentro del Sistema de Localización Inalámbrica, haciendo que el procesado de localización se inicie varias veces para la misma transmisión. Esto produce un uso excesivo e ineficiente de los recursos de procesado y comunicaciones. Por lo tanto, el Sistema de Localización Inalámbrica incluye medios para detectar cuándo la misma transmisión se ha detectado y desmodulado más de una vez, y seleccionar el mejor SCS desmodulante 10 como el punto de partida para el procesado de localización. Cuando el Sistema de Localización Inalámbrica detecta y desmodula con éxito la misma transmisión muchas veces en múltiples SCS/antenas, el Sistema de Localización Inalámbrica usa los criterios siguientes para seleccionar el SCS/antena desmodulante a utilizar para continuar el proceso de determinar si disparar y posiblemente iniciar el procesado de localización (de nuevo, estos criterios pueden ser ponderados al determinar la decisión final): (i) un SCS/antena colocalizado en el lugar de celda al que ha sido asignada una frecuencia particular, se prefiere a otro SCS/antena, pero esta preferencia se puede ajustar si no hay SCS/antena operativo y en línea cosituado en el lugar de celda a la que ha sido asignada la frecuencia particular, (ii) los SCS/antenas con SNR medio más alto se prefieren a los que tienen SNR medio más bajo, y (iii) los SCS/antenas con menos errores de bit al desmodular la transmisión se prefieren a los que tienen más errores de bit. La ponderación aplicada a cada una de estas preferencias puede ser ajustada por el operador del Sistema de Localización Inalámbrica para adecuarla al diseño particular de cada sistema.

Interfaz a sistema de comunicaciones inalámbricas

El Sistema de Localización Inalámbrica contiene medios para comunicar por una interfaz con un sistema de comunicaciones inalámbricas, tal como un centro móvil de conmutación (MSC) o controlador de posicionamiento móvil (MPC). Esta interfaz se puede basar, por ejemplo, en un protocolo seguro estándar tal como la versión más reciente de los protocolos IS-41 o TCP/IP. Los formatos, campos, y aspectos de autenticación de estos protocolos

son conocidos. El Sistema de Localización Inalámbrica soporta una variedad de mensajes de orden/respuesta y de información por esta interfaz que están diseñados para ayudar en la detección, desmodulación, y disparo exitosos de transmisiones inalámbricas, además de proporcionar medios para pasar registros de localización al sistema de comunicaciones inalámbricas. En particular, esta interfaz proporciona medios para que el Sistema de Localización Inalámbrica obtenga información acerca de qué transmisores inalámbricos han sido asignados a parámetros particulares de canal de voz en lugares de celda particulares. Los mensajes ejemplo soportados por el Sistema de Localización Inalámbrica por esta interfaz al sistema de comunicaciones inalámbricas incluyen los siguientes:

Consulta sobre correlación de MIN/MDN/MSID/ IMSI/TMSI: Algunos tipos de transmisores inalámbricos transmitirán su identidad en forma familiar que puede ser marcada por la red telefónica. Otros tipos de transmisores inalámbricos transmiten una identidad que no puede ser marcada, pero que es traducida a un número que puede ser marcado usando una tabla dentro del sistema de comunicaciones inalámbricas. La identidad transmitida es permanente en la mayoría de los casos, pero también puede ser temporal. Los usuarios de aplicaciones de localización conectadas al AP 14 prefieren típicamente poner los disparos en la Lista de Tareas usando identidades que puede ser marcadas. Las identidades que pueden ser marcadas se denominan típicamente Números de Directorio Móvil (MDN). Los otros tipos de identidades para las que puede ser necesaria la traducción, incluyen Número de Identidad de Móvil (MIN), Identidad de Abonado Móvil (MSID), Identidad de Abonado Móvil Internacional (IMSI), e Identidad de Abonado Móvil Temporal (TMSI). Si el sistema de comunicaciones inalámbricas ha habilitado el uso de encriptado para cualquiera de los campos de datos en los mensajes transmitidos por transmisores inalámbricos, el Sistema de Localización Inalámbrica también puede consultar información de encriptado junto con la información de identidad. El Sistema de Localización Inalámbrica incluye medios para consultar en el sistema de comunicaciones inalámbricas las identidades alternativas para una identidad de disparo que ha sido localizada en la Lista de Tareas por una aplicación de localización, o para consultar en el sistema de comunicaciones inalámbricas identidades alternativas para una identidad que ha sido desmodulada por un SCS 10. Otros eventos pueden disparar también este tipo de consulta. Para este tipo de consulta, el Sistema de Localización Inalámbrica inicia típicamente la orden, y el sistema de comunicaciones inalámbricas responde.

Cambio de consulta/orden en la asignación RF de canal de voz: Muchas transmisiones inalámbricas en canales de voz no contienen información de identidad. Por lo tanto, cuando el Sistema de Localización Inalámbrica se dispara para efectuar el procesamiento de localización en una transmisión de canal de voz, el Sistema de Localización Inalámbrica consulta el sistema de comunicaciones inalámbricas para obtener la información de asignación corriente de canal de voz para el transmisor particular para el que el Sistema de Localización Inalámbrica ha sido disparado. Para una transmisión AMPS, por ejemplo, el Sistema de Localización Inalámbrica requiere preferiblemente el lugar de celda, sector, y número de canal RF actualmente en uso por el transmisor inalámbrico. Para una transmisión TDMA, por ejemplo, el Sistema de Localización Inalámbrica requiere preferiblemente el lugar de celda, sector, número de canal RF, e intervalo de tiempo actualmente en uso por el transmisor inalámbrico. Otros elementos de información que pueden ser necesarios, incluyen máscara de código largo y claves de encriptado. En general, el Sistema de Localización Inalámbrica iniciará la orden, y el sistema de comunicaciones inalámbricas responderá. Sin embargo, el Sistema de Localización Inalámbrica también aceptará una orden de disparo del sistema de comunicaciones inalámbricas que contiene la información aquí detallada.

La temporización en este conjunto de mensajes de orden/respuesta es muy crítica dado que se puede producir transferencias de canal de voz bastante frecuentemente en sistemas de comunicaciones inalámbricas. Es decir, el Sistema de Localización Inalámbrica localizará cualquier transmisor inalámbrico que esté transmitiendo en un canal particular: por lo tanto, el Sistema de Localización Inalámbrica y el sistema de comunicaciones inalámbricas deben estar ciertos conjuntamente de que la identidad del transmisor inalámbrico y la información de asignación de canal de voz están en sincronización perfecta. El Sistema de Localización Inalámbrica usa varios medios para lograr este objetivo. El Sistema de Localización Inalámbrica puede consultar, por ejemplo, la información de asignación de canal de voz para un transmisor inalámbrico particular, recibir los datos RF necesarios, después consultar de nuevo la información de asignación de canal de voz para ese mismo transmisor inalámbrico, y verificar después que el estado del transmisor inalámbrico no cambió durante el tiempo en el que se estaba recogiendo los datos RF por el Sistema de Localización Inalámbrica. No es necesario que el procesamiento de localización termine antes de la segunda consulta, dado que solamente es importante verificar que se recibió los datos RF correctos. El Sistema de Localización Inalámbrica también puede, por ejemplo, como parte de la primera consulta, ordenar al sistema de comunicaciones inalámbricas que evite que se produzca una transferencia para el transmisor inalámbrico particular durante el período de tiempo en el que el Sistema de Localización Inalámbrica está recibiendo los datos RF. Posteriormente, después de recoger los datos RF, el Sistema de Localización Inalámbrica consultará de nuevo la información de asignación de canal de voz para ese mismo transmisor inalámbrico, ordenará al sistema de comunicaciones inalámbricas que permita de nuevo transferencias para dicho transmisor inalámbrico y después verifique que el estado del transmisor inalámbrico no cambió durante el tiempo en el que el Sistema de Localización Inalámbrica estaba recogiendo los datos RF.

Por varias razones, el Sistema de Localización Inalámbrica o el sistema de comunicaciones inalámbricas puede preferir que el transmisor inalámbrico sea asignado a otro canal de voz RF antes de realizar el procesamiento de localización. Por lo tanto, como parte de la secuencia de orden/respuesta, el sistema de comunicaciones inalámbricas puede ordenar al Sistema de Localización Inalámbrica que suspenda temporalmente el procesamiento de

localización hasta que el sistema de comunicaciones inalámbricas haya terminado una secuencia de transferencia con el transmisor inalámbrico, y el sistema de comunicaciones inalámbricas haya notificado al Sistema de Localización Inalámbrica que se puede recibir datos RF, y el canal de voz RF en el que se puede recibir los datos. Alternativamente, el Sistema de Localización Inalámbrica puede determinar que el canal de voz RF particular que un transmisor inalámbrico particular está usando actualmente, no es adecuado para obtener una estimación de localización aceptable, y pedir que el sistema de comunicaciones inalámbricas ordene al transmisor inalámbrico que efectúe transferencia. Alternativamente, el Sistema de Localización Inalámbrica puede pedir que el sistema de comunicaciones inalámbricas ordene al transmisor inalámbrico que efectúe transferencia a una serie de canales de voz RF en secuencia para realizar una serie de estimaciones de localización, por lo que el Sistema de Localización Inalámbrica puede mejorar la exactitud de la estimación de localización mediante la serie de transferencias. Este método se describe mejor más adelante.

El Sistema de Localización Inalámbrica también puede usar este conjunto de mensajes de orden/respuesta para consultar al sistema de comunicaciones inalámbricas sobre la identidad de un transmisor inalámbrico que ha estado usando un canal de voz particular (y el intervalo de tiempo, etc) en un lugar de celda particular en un tiempo particular. Esto permite que el Sistema de Localización Inalámbrica realice primero el procesamiento de localización en transmisiones sin conocer las identidades, y después determine la identidad de los transmisores inalámbricos que efectúan las transmisiones y añada esta información al registro de localización. Esta característica particular permite el uso de localización secuencial automática de transmisiones de canal de voz.

Recibir disparos: El Sistema de Localización Inalámbrica puede recibir disparos del sistema de comunicaciones inalámbricas para efectuar el procesamiento de localización en una transmisión de canal de voz sin conocer la identidad del transmisor inalámbrico. Este conjunto de mensajes ignora la Lista de Tareas, y no usa los mecanismos de disparo dentro del Sistema de Localización Inalámbrica. Más bien, el sistema de comunicaciones inalámbricas solo determina qué transmisiones inalámbricas localizar, y después envía al Sistema de Localización Inalámbrica una orden de recoger datos RF de un canal de voz particular en un lugar de celda particular y efectuar el procesamiento de localización. El Sistema de Localización Inalámbrica responde con una confirmación conteniendo un sello de tiempo cuando se recogieron los datos RF. El Sistema de Localización Inalámbrica también responde con un registro de localización de formato apropiado cuando ha terminado el procesamiento de localización. En base al tiempo de la orden al Sistema de Localización Inalámbrica y la respuesta con el sello de tiempo de recogida de datos RF, el sistema de comunicaciones inalámbricas determina si el estado del transmisor inalámbrico cambió después de la orden y si hay una buena probabilidad de recogida exitosa de datos RF.

Hacer transmitir: El Sistema de Localización Inalámbrica puede ordenar al sistema de comunicaciones inalámbricas que fuerce a un transmisor inalámbrico particular a hacer una transmisión en un tiempo particular, o dentro de un rango predeterminado de tiempos. El sistema de comunicaciones inalámbricas responde con una confirmación y un tiempo o rango de tiempo en el que esperar la transmisión. Los tipos de transmisiones que el Sistema de Localización Inalámbrica puede forzar, incluyen, por ejemplo, respuestas a auditoría y respuestas a búsqueda. Usando este conjunto de mensajes, el Sistema de Localización Inalámbrica también puede ordenar al sistema de comunicaciones inalámbricas que fuerce al transmisor inalámbrico a transmitir usando un parámetro de nivel de potencia superior. En muchos casos, los transmisores inalámbricos intentarán utilizar los parámetros de nivel de potencia más bajo al transmitir para prolongar la duración de la batería. Para mejorar la exactitud de la estimación de localización, el Sistema de Localización Inalámbrica puede preferir que el transmisor inalámbrico use un parámetro de nivel de potencia superior. El sistema de comunicaciones inalámbricas responderá al Sistema de Localización Inalámbrica con una confirmación de que se usará el parámetro de nivel de potencia superior y un tiempo o rango de tiempo en el que esperar la transmisión.

Retardar la respuesta del sistema de comunicaciones inalámbricas a acceso a móvil: Algunos protocolos de interfaz de aire, tal como CDMA, usan un mecanismo en el que el transmisor inalámbrico inicia transmisiones en un canal, tal como un Canal de Acceso, por ejemplo, al parámetro de nivel de potencia más bajo o muy bajo, y después entra en una secuencia de pasos en la que (i) el transmisor inalámbrico hace una transmisión de acceso; (ii) el transmisor inalámbrico espera una respuesta del sistema de comunicaciones inalámbricas; (iii) si el transmisor inalámbrico no recibe del sistema de comunicaciones inalámbricas una respuesta dentro de un tiempo predeterminado, el transmisor inalámbrico aumenta su parámetro de nivel de potencia en una cantidad predeterminada, y vuelve después al paso (i); (iv) si el transmisor inalámbrico recibe del sistema de comunicaciones inalámbricas una respuesta dentro de un tiempo predeterminado, el transmisor inalámbrico entra entonces en un intercambio normal de mensajes. Este mecanismo es útil para garantizar que el transmisor inalámbrico use solamente el parámetro de nivel de potencia útil más bajo para transmitir y no desperdiciar más energía o duración de la batería. Es posible, sin embargo, que el parámetro de nivel de potencia más bajo al que el transmisor inalámbrico puede comunicar con éxito con el sistema de comunicaciones inalámbricas, no sea suficiente para obtener una estimación de localización aceptable. Por lo tanto, el Sistema de Localización Inalámbrica puede ordenar al sistema de comunicaciones inalámbricas que retarde su respuesta a estas transmisiones un tiempo predeterminado o cantidad. Esta acción de retardo hará que el transmisor inalámbrico repita la secuencia de pasos (i) a (iii) una o más veces de lo normal con el resultado de que una o más de las transmisiones de acceso estarán a un nivel de potencia superior al normal. El mayor nivel de potencia puede permitir preferiblemente al Sistema de Localización Inalámbrica que determine una estimación de localización más exacta. El Sistema de Localización Inalámbrica puede ordenar este tipo de acción de

retardo 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 una banda especificada de la estación base con la que el transmisor está intentando comunicar, o para todos los transmisores inalámbricos en una zona particular.

Enviar confirmación a transmisor inalámbrico: El Sistema de Localización Inalámbrica no incluye dentro de sí mismo medios para notificar al transmisor inalámbrico una acción porque el Sistema de Localización Inalámbrica no puede transmitir; como se ha descrito anteriormente, el Sistema de Localización Inalámbrica solamente puede recibir transmisiones. Por lo tanto, si el Sistema de Localización Inalámbrica desea enviar, por ejemplo, un tono de confirmación a la terminación de una acción determinada, el Sistema de Localización Inalámbrica ordena al sistema de comunicaciones inalámbricas que transmita un mensaje particular. El mensaje puede incluir, por ejemplo, un tono audible de confirmación, mensaje hablado, o mensaje sintetizado al transmisor inalámbrico, o un mensaje de texto enviado mediante un servicio de mensajes cortos o una búsqueda. El Sistema de Localización Inalámbrica recibe confirmación del sistema de comunicaciones inalámbricas de que el mensaje ha sido aceptado y enviado al transmisor inalámbrico. Este conjunto de mensajes de orden/respuesta es importante al permitir que el Sistema de Localización Inalámbrica soporte determinadas funciones de aplicación de usuario final tal como Prohibir Procesado de Localización.

Referir registros de localización: El Sistema de Localización Inalámbrica refiere automáticamente registros de localización al sistema de comunicaciones inalámbricas para los transmisores inalámbricos que tienen la tarea de referir al sistema de comunicaciones inalámbricas, así como para las transmisiones para las que el sistema de comunicaciones inalámbricas inició los disparos. El Sistema de Localización Inalámbrica también refiere sobre cualquier registro histórico de localización consultado por el sistema de comunicaciones inalámbricas y que el sistema de comunicaciones inalámbricas está autorizado a recibir.

Supervisar interfaces internas del sistema de comunicaciones inalámbricas, tabla de estado

Además de esta interfaz anterior entre el Sistema de Localización Inalámbrica y el sistema de comunicaciones inalámbricas, el Sistema de Localización Inalámbrica también incluye medios para supervisar interfaces existentes dentro del sistema de comunicaciones inalámbricas al objeto de interceptar mensajes importantes para el Sistema de Localización Inalámbrica para identificar transmisores inalámbricos y los canales RF en uso por estos transmisores. Estas interfaces pueden incluir, por ejemplo la "interfaz a" y la "interfaz a-bis" utilizadas en sistemas de comunicaciones inalámbricas que emplean el protocolo de interfaz de aire GSM. Estas interfaces son conocidas y se han publicado en varias normas. Supervisando los mensajes bidireccionales en estas interfaces entre estaciones base (BTS), controladores de estación base (BSC), y centros de conmutación móvil (MSC), y otros puntos, el Sistema de Localización Inalámbrica puede obtener la misma información acerca de la asignación de transmisores inalámbricos a canales específicos que el sistema de comunicaciones inalámbricas propiamente dicho conozca. El Sistema de Localización Inalámbrica incluye medios para supervisar estas interfaces en varios puntos. Por ejemplo, el SCS 10 puede supervisar una interfaz BTS a BSC. Alternativamente, un TLP 12 o AP 14 también puede supervisar un BSC donde se ha concentrado un número de interfaces BTS a BSC. Las interfaces internas al sistema de comunicaciones inalámbricas no están encriptadas y los protocolos en capas son conocidos por los expertos en la técnica. La ventaja para el Sistema de Localización Inalámbrica de supervisar estas interfaces es que puede no ser necesario que el Sistema de Localización Inalámbrica detecte y desmodule independientemente mensajes de canal de control de transmisores inalámbricos. Además, el Sistema de Localización Inalámbrica puede obtener de estas interfaces toda la información necesaria de asignación de canal de voz.

Usando dichos medios para una transmisión de canal de control, el SCS 10 recibe las transmisiones como se ha descrito anteriormente y registra en memoria los datos RF de canal de control sin realizar detección y desmodulación. Por separado, el Sistema de Localización Inalámbrica comprueba los mensajes que se producen en interfaces predeterminadas dentro del sistema de comunicaciones inalámbricas, y produce un disparo en el Sistema de Localización Inalámbrica cuando el Sistema de Localización Inalámbrica descubre un mensaje conteniendo un evento de disparo. Iniciado por el evento de disparo, el Sistema de Localización Inalámbrica determina el tiempo aproximado en que se produjo la transmisión inalámbrica, y ordena a un primer SCS 10 y un segundo SCS 10B que busquen en su memoria el comienzo de la transmisión. Este primer SCS 10A elegido es un SCS que está colocalizado con la estación base con la que había comunicado el transmisor inalámbrico, o un SCS que es adyacente a la estación base con la que había comunicado el transmisor inalámbrico. Es decir, el primer SCS 10A es un SCS al que se habría asignado el canal de control como un canal primario. Si el primer SCS 10A determina con éxito y refiere el comienzo de la transmisión, entonces el procesado de localización prosigue normalmente, usando los medios descritos más adelante. Si el primer SCS 10A no puede determinar con éxito el comienzo de transmisión, entonces el segundo SCS 10B refiere el comienzo de transmisión, y después el procesado de localización prosigue normalmente.

El Sistema de Localización Inalámbrica también usa dichos medios para transmisiones de canal de voz. Para todos los disparos contenidos en la lista de tareas, el Sistema de Localización Inalámbrica comprueba en las interfaces predeterminadas mensajes pertenecientes a los disparos. Los mensajes de interés incluyen, por ejemplo, mensajes de asignación de canal de voz, mensajes de transferencia, mensajes de salto de frecuencia, mensajes de

suministro/corte de alimentación, mensajes de reintentos redirigidos, mensajes de terminación, y otros mensajes similares de acción y estado. El Sistema de Localización Inalámbrica mantiene continuamente una copia del estado y situación de estos transmisores inalámbricos en una Tabla de Estado en el AP 14. Cada vez que el Sistema de Localización Inalámbrica detecta un mensaje perteneciente a una de las entradas en la Lista de Tareas, el Sistema de Localización Inalámbrica actualiza su propia Tabla de Estado. Después, el Sistema de Localización Inalámbrica puede disparar para efectuar el procesamiento de localización, tal como en un intervalo de tiempo regular, y acceder a la Tabla de Estado para determinar exactamente qué lugar de celda, sector, canal RF, e intervalo de tiempo está siendo utilizado actualmente por el transmisor inalámbrico. El ejemplo aquí contenido describió los medios por los que el Sistema de Localización Inalámbrica se conecta a un sistema de comunicaciones inalámbricas basado en GSM. El Sistema de Localización Inalámbrica también soporta funciones similares con sistemas basados en otras interfaces de aire.

Para algunas interfaces de aire, tal como CDMA, el Sistema de Localización Inalámbrica también mantiene alguna información de identidad obtenida de ráfagas de acceso en el canal de control en la Tabla de Estado; esta información se usa después para descodificar las máscaras usadas para canales de voz. Por ejemplo, el protocolo de interfaz de aire CDMA usa el Número Electrónico de Serie (ESN) de un transmisor inalámbrico para, en parte, determinar la máscara de código largo usada en la codificación de transmisiones de canal de voz. El Sistema de Localización Inalámbrica mantiene esta información en la Tabla de Estado para entradas en la lista de tareas porque muchos transmisores inalámbricos pueden transmitir la información solamente una vez; por ejemplo, muchos móviles CDMA solamente transmitirán su ESN durante la primera ráfaga de acceso después de que el transmisor inalámbrico esté activo en una zona geográfica. Esta capacidad de determinar independientemente la máscara de código largo es muy útil en casos en los que una interfaz entre el Sistema de Localización Inalámbrica y el sistema de comunicaciones inalámbricas no es operativa y/o el Sistema de Localización Inalámbrica no es capaz de supervisar una de las interfaces internas al sistema de comunicaciones inalámbricas. El operador del Sistema de Localización Inalámbrica puede poner opcionalmente el Sistema de Localización Inalámbrica para mantener la información de identidad para todos los transmisores inalámbricos. Además de las razones anteriores, el Sistema de Localización Inalámbrica puede proporcionar el seguimiento de canal de voz para todos los transmisores inalámbricos que disparan el procesamiento de localización llamando al "911". Como se ha descrito anteriormente, el Sistema de Localización Inalámbrica usa tareas dinámicas para proporcionar localización a un transmisor inalámbrico durante un tiempo predeterminado después de marcar "911", por ejemplo. Manteniendo la información de identidad para todos los transmisores inalámbricos en la Tabla de Estado, el Sistema de Localización Inalámbrica es capaz de proporcionar seguimiento de canal de voz para todos los transmisores en caso de un evento de disparo predeterminado, y no justamente los que tienen entradas anteriores en la lista de tareas.

Interfaz de aplicaciones

Usando el AP 14, el Sistema de Localización Inalámbrica soporta una variedad de interfaces basadas en normas con aplicaciones de localización de portadora y usuario final usando protocolos seguros tal como TCP/IP, X.25, SS-7, e IS-41. Cada interfaz entre el AP 14 y una aplicación externa es una conexión segura y autenticada que permite el 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 concede solamente acceso limitado a registros de localización en una base en tiempo real y/o histórica. Además, el AP 14 soporta funciones adicionales de orden/respuesta, tiempo real y postprocesado que se detallan mejor a continuación. El acceso a estas funciones adicionales también requiere autenticación. El AP 14 mantiene una lista de usuarios y los medios de autenticación asociados con cada usuario. Ninguna aplicación puede acceder a registros de localización o funciones para los que la aplicación no tiene la autenticación apropiada o derechos de acceso. Además, el AP 14 soporta el registro completo de todas las acciones realizadas por cada aplicación en caso de que surjan problemas o se requiera una investigación posterior de las acciones. Para cada orden o función en la lista siguiente, el AP 14 soporta preferiblemente un protocolo en el que se confirma cada acción o el resultado de cada una, según sea apropiado.

Editar Lista de Tareas: Esta orden permite a las aplicaciones externas añadir, quitar o editar entradas en la Lista de Tareas, incluyendo cualesquiera campos y señalizadores asociados con cada entrada. Esta orden se puede soportar en base de entrada única, o base de entrada en lotes donde se incluye una lista de entradas en una sola orden. Esto último es útil, por ejemplo, en una aplicación masiva, tal como facturación sensible a posición, por lo que la aplicación externa soporta mayores volúmenes de transmisores inalámbricos, y se desea minimizar la carga de protocolo. Esta orden puede añadir o borrar aplicaciones para una entrada particular en la Lista de Tareas; sin embargo, esta orden no pueden borrar una entrada totalmente si la entrada también contiene otras aplicaciones no asociadas o autorizadas por la aplicación que emite la orden.

Poner intervalo de localización: El Sistema de Localización Inalámbrica se puede poner a efectuar el procesamiento de localización a cualquier intervalo para un transmisor inalámbrico particular, en canales de control o voz. Por ejemplo, algunas aplicaciones pueden requerir la localización de un transmisor inalámbrico cada pocos segundos cuando el transmisor opera en un canal de voz. Cuando el transmisor inalámbrico efectúa una transmisión inicial, el Sistema de Localización Inalámbrica se dispara inicialmente usando una entrada estándar en la Lista de Tareas. Si uno de los campos o señalizadores en esta entrada especifica localización actualizada en un intervalo establecido, entonces el Sistema de Localización Inalámbrica crea una tarea dinámica en la Lista de Tareas disparada por un temporizador

en lugar de una identidad u otros criterios transmitidos. Cada vez que expire el temporizador, lo que puede oscilar de 1 segundo a varias horas, el Sistema de Localización Inalámbrica se disparará automáticamente para localizar el transmisor inalámbrico. El Sistema de Localización Inalámbrica usa su interfaz al sistema de comunicaciones inalámbricas para consultar el estado del transmisor inalámbrico, incluyendo parámetros de llamada de voz como se ha descrito anteriormente. Si el transmisor inalámbrico opera en un canal de voz, entonces el Sistema de Localización Inalámbrica realiza el procesamiento de localización. Si el transmisor inalámbrico no opera transmisiones existentes, el Sistema de Localización Inalámbrica ordenará al sistema de comunicaciones inalámbricas que haga que el transmisor inalámbrico transmita inmediatamente. Cuando se pone la tarea dinámica, el Sistema de Localización Inalámbrica también pone un tiempo de expiración en el que cesa la tarea dinámica.

Adición/supresión de usuario final: Esta orden puede ser ejecutada por un usuario final de un transmisor inalámbrico para poner la identidad del transmisor inalámbrico en la Lista de Tareas con el procesamiento de localización habilitado, para quitar la identidad del transmisor inalámbrico de la Lista de Tareas y por lo tanto eliminar la identidad como un disparo, o poner la identidad del transmisor inalámbrico en la Lista de Tareas con el procesamiento de localización inhabilitado. Cuando el procesamiento de localización haya sido inhabilitado por el usuario final, lo que se denomina Prohibición de Procesado de Localización, entonces no se realizará ningún procesamiento de localización para el transmisor inalámbrico. El operador del Sistema de Localización Inalámbrica puede seleccionar opcionalmente una de varias acciones mediante el Sistema de Localización Inalámbrica en respuesta a una orden de Prohibir Procesado de Localización por el usuario final: (i) la acción inhabilitante puede anular todos los otros disparos en la Lista de Tareas, incluyendo un disparo debido a una llamada de emergencia tal como "911", (ii) la acción inhabilitante puede anular cualquier otro disparo en la Lista de Tareas, a excepción de un disparo debido a una llamada de emergencia tal como "911", (iii) la acción inhabilitante puede ser anulada por otros disparos seleccionados en la Lista de Tareas. En el primer caso, al usuario final se le concede control completo sobre la privacidad de las transmisiones por el transmisor inalámbrico, puesto que no se realizará procesamiento de localización en dicho transmisor por ninguna razón. En el segundo caso, el usuario final todavía puede recibir los beneficios de la localización durante una emergencia, pero no en otros tiempos. En un ejemplo del tercer caso, un empleador que sea el propietario real de un transmisor inalámbrico particular, puede anular una acción de usuario final realizada por un empleado que esté usando el transmisor inalámbrico como parte del trabajo pero que puede no querer ser localizado. El Sistema de Localización Inalámbrica puede consultar el sistema de comunicaciones inalámbricas, como se ha descrito anteriormente, para obtener la correspondencia de la identidad contenida en la transmisión inalámbrica a otras identidades.

Las adiciones y supresiones por el usuario final se efectúan mediante secuencias marcadas de caracteres y dígitos y pulsando el botón "ENVIAR" o equivalente en el transmisor inalámbrico. Estas secuencias pueden ser elegidas opcionalmente y dadas a conocer por el operador del Sistema de Localización Inalámbrica. Por ejemplo, una secuencia puede ser "*55 ENVIAR" para inhabilitar el procesamiento de localización. También son posibles otras secuencias. Cuando el usuario final pueda marcar esta secuencia predeterminada, el transmisor inalámbrico transmitirá la secuencia por uno de los canales de control predeterminados del sistema de comunicaciones inalámbricas. Dado que el Sistema de Localización Inalámbrica detecta y desmodula independientemente todas las transmisiones de canal de control inverso, el Sistema de Localización Inalámbrica puede interpretar independientemente la secuencia marcada predeterminada y realizar las actualizaciones de características adecuadas en la Lista de Tareas, como se ha descrito anteriormente. Cuando el Sistema de Localización Inalámbrica ha terminado la actualización en la Lista de Tareas, el Sistema de Localización Inalámbrica ordena al sistema de comunicaciones inalámbricas que envíe una confirmación al usuario final. Como se ha descrito anteriormente, esto puede tomar la forma de un tono audible, voz grabada o sintetizada, o un mensaje de texto. Esta orden es ejecutada por la interfaz entre el Sistema de Localización Inalámbrica y el sistema de comunicaciones inalámbricas.

Ordenar transmisión: Esta orden permite que aplicaciones externas hagan que el Sistema de Localización Inalámbrica envíe una orden al sistema de comunicaciones inalámbricas para hacer que un transmisor inalámbrico particular, o grupo de transmisores inalámbricos, transmita. Esta orden puede contener un señalizador o campo de que el (los) transmisor(es) inalámbrico(s) deberá(n) transmitir inmediatamente o en un tiempo predeterminado. Esta orden tiene el esfuerzo de localizar el (los) transmisor(es) inalámbrico(s) según la orden, dado que las transmisiones serán detectadas, desmoduladas, y disparadas, produciendo el procesamiento de localización y la generación de un registro de localización. Esto es útil para eliminar o reducir todo retardo al determinar la localización tal como esperar el siguiente período de registro de tiempo para el transmisor inalámbrico o esperar que se produzca una transmisión independiente.

Consulta y actualización de base de datos externa: El Sistema de Localización Inalámbrica incluye medios para acceder a una base de datos externa, para consultar dicha base de datos externa usando la identidad del transmisor inalámbrico u otros parámetros contenidos en la transmisión o los criterios de disparo, y para unir los datos obtenidos de la base de datos externa con los datos generados por el Sistema de Localización Inalámbrica para crear un nuevo registro de localización mejorado. El registro de localización mejorado puede ser enviado después a las aplicaciones solicitantes. la base de datos externa puede contener, por ejemplo, elementos de datos tal como información de cliente, información médica, características suscritas, información relacionada con aplicaciones, información de cuentas de clientes, información de contacto, o conjuntos de acciones predeterminadas a realizar en

un evento de disparo de localización. El Sistema de Localización Inalámbrica también puede producir actualizaciones en la base de datos externa, por ejemplo, incrementar o decrementar un contador de facturación asociado con la provisión de servicios de localización, o actualizar la base de datos externa con el último registro de localización asociado con el transmisor inalámbrico particular. El Sistema de Localización Inalámbrica contiene medios para realizar las acciones aquí descritas en más de una base de datos externa. La lista y secuencia de bases de datos externas a acceder y las acciones siguientes a realizar se contienen en uno de los campos contenidos en los criterios de disparo en la Lista de Tareas.

Procesado de localización anónima aleatoria: El Sistema de Localización Inalámbrica incluye medios para efectuar procesamiento de localización anónima aleatoria a gran escala. Esta función es valiosa para algunos tipos de aplicaciones que tienen que recoger un gran volumen de datos acerca de una población de transmisores inalámbricos sin consideración a las identidades específicas de los transmisores individuales. Las aplicaciones de este tipo incluyen: Optimización de RF, que permite a las portadoras inalámbricas medir el rendimiento del sistema de comunicaciones inalámbricas determinando simultáneamente la localización y otros parámetros de una transmisión; Gestión del Tráfico, que permite a las agencias gubernamentales y empresas comerciales supervisar el flujo de tráfico en varias autopistas usando muestras estadísticamente significativas de transmisores inalámbricos que viajan en vehículos; y Estimación de Tráfico Local, que permite a las empresas comerciales estimar el flujo de tráfico alrededor de una zona particular que puede contribuir a determinar la viabilidad de negocios particulares.

Las aplicaciones que piden procesamiento de localización anónima aleatoria reciben opcionalmente registros de localización de dos fuentes: (i) una copia de registros de localización generados para otras aplicaciones, y (ii) registros de localización que han sido disparados aleatoriamente por el Sistema de Localización Inalámbrica sin considerar ningún criterio específico. Todos los registros de localización generados a partir de ambas fuentes se envían con toda la información de identidad y criterios de disparo extraída de los registros de localización; sin embargo, la(s) aplicación(es) solicitante(s) pueden determinar si el registro se generó a partir del proceso completamente aleatorio o es una copia de otros criterios de disparo. Los registros de localización aleatoria son generados por una tarea de baja prioridad dentro del Sistema de Localización Inalámbrica que realiza el procesamiento de localización en transmisiones seleccionadas aleatoriamente siempre que los recursos de procesamiento y comunicaciones estén disponibles y de otro modo no se usaría en un instante particular en el tiempo. La(s) aplicación(es) solicitante(s) puede(n) especificar si el procesamiento de localización aleatoria se lleva a cabo en toda la zona de cobertura de un Sistema de Localización Inalámbrica, en zonas geográficas específicas tal como a lo largo de autopistas predeterminadas, o por las zonas de cobertura de lugares de celda específicos. Así, la(s) aplicación(es) solicitante(s) puede(n) dirigir los recursos del Sistema de Localización Inalámbrica a las zonas de mayor interés para cada aplicación. Dependiendo de la aleatoriedad deseada por la(s) aplicación(es), el Sistema de Localización Inalámbrica puede regular preferencias para seleccionar aleatoriamente algunos tipos de transmisiones, por ejemplo, mensajes de registro, mensajes de origen, mensajes de respuesta a búsqueda, o transmisiones de canal de voz.

Seguimiento anónimo de un grupo geográfico: El Sistema de Localización Inalámbrica incluye medios para disparar el procesamiento de localización en una base repetitiva para grupos anónimos de transmisores inalámbricos dentro de una zona geográfica predeterminada. Por ejemplo, una aplicación de localización concreta puede desear verificar la ruta de viaje de un transmisor inalámbrico durante un período preestablecido de tiempo, pero sin que el Sistema de Localización Inalámbrica descubra la identidad particular del transmisor inalámbrico. El período de tiempo puede ser muchas horas, días, o semanas. Usando los medios, el Sistema de Localización Inalámbrica selecciona aleatoriamente un transmisor inalámbrico que inicia una transmisión en la zona geográfica de interés para la aplicación; realiza el procesamiento de localización en la transmisión de interés; traduce y encripta irreversiblemente la identidad del transmisor inalámbrico a un nuevo identificador codificado; crea un registro de localización usando solamente el nuevo identificador codificado como unos medios identificadores; envía el registro de localización a la(s) aplicación(es) de localización solicitante(s); y crea una tarea dinámica en la Lista de Tareas para el transmisor inalámbrico, donde la tarea dinámica tiene un tiempo de expiración asociado. Después, siempre que el transmisor inalámbrico predeterminado inicie la transmisión, el Sistema de Localización Inalámbrica se disparará usando la tarea dinámica, realizará el procesamiento de localización en la transmisión de interés, traducirá y encriptará irreversiblemente la identidad del transmisor inalámbrico al nuevo identificador codificado usando los mismos medios que antes de tal manera que el identificador codificado sea el mismo, creará un registro de localización usando el identificador codificado, y enviará el registro de localización a la(s) aplicación(es) de localización solicitante(s). Los medios aquí descritos se pueden combinar con otras funciones del Sistema de Localización Inalámbrica para efectuar este tipo de supervisión usando transmisiones de canal de control o voz. Además, los medios aquí descritos para preservar completamente la identidad privada del transmisor inalámbrico, permiten todavía otra clase de aplicaciones que pueden supervisar las configuraciones del viaje de transmisores inalámbricos. Esta clase de aplicaciones puede ser de gran valor al determinar la planificación y diseño de nuevas carreteras, planificación de rutas alternativas, o la construcción de espacios comerciales y de venta al menor.

Agrupación, clasificación y etiquetado de registros de localización: El Sistema de Localización Inalámbrica incluye medios para postprocesar los registros de localización para algunas aplicaciones solicitantes para agrupar, clasificar o etiquetar los registros de localización. Para cada interfaz soportada por el Sistema de Localización Inalámbrica, el Sistema de Localización Inalámbrica almacena un perfil de los tipos de datos para los que la aplicación está

autorizada y los pide, y los tipos de filtros o acciones de postprocesado deseadas por la aplicación. Muchas aplicaciones, tal como los ejemplos aquí contenidos, no requieren registros de localización individuales o las identidades específicas de los transmisores individuales. Por ejemplo, una aplicación de optimización de RF deriva más valor de un conjunto grande de datos de registros de localización para un lugar de celda particular o canal de lo que puede de cualquier registro de localización individual. Otro ejemplo: una aplicación de vigilancia del tráfico requiere solamente registros de localización de transmisores que están en carreteras o autopistas predeterminadas, y requiere adicionalmente que estos registros estén agrupados por sección de carretera o autopista y por dirección de viaje. Otras aplicaciones puede pedir que el Sistema de Localización Inalámbrica envíe registros de localización que hayan sido formateados para mejorar la atracción visual de la pantalla regulando, por ejemplo, la estimación de localización del transmisor de manera que la localización del transmisor aparezca en un mapa electrónico directamente en un segmento de carretera trazado en vez de junto al segmento de carretera. Por lo tanto, el Sistema de Localización Inalámbrica "salta" preferiblemente la estimación de localización al segmento siguiente de carretera trazado.

El Sistema de Localización Inalámbrica puede filtrar y referir registros de localización a una aplicación para transmisores inalámbricos que comunican solamente en un lugar de celda particular, sector, canal RF, o grupo de canales RF. Antes de enviar el registro a la aplicación solicitante, el Sistema de Localización Inalámbrica verifica primero que los campos apropiados en el registro cumplan los requisitos. Los registros que no cumplen los requisitos no son enviados, y los registros que cumplen los requisitos son enviados. Algunos filtros son geográficos y deben ser calculados por el Sistema de Localización Inalámbrica. Por ejemplo, el Sistema de Localización Inalámbrica puede procesar un registro de localización para determinar el segmento de carretera más próximo y la dirección de viaje del transmisor inalámbrico en el segmento de carretera. El Sistema de Localización Inalámbrica puede enviar después a la aplicación solamente registros que se determinan de manera que estén en un segmento de carretera particular, y además puede mejorar el registro de localización añadiendo un campo conteniendo el segmento de carretera determinado. Para determinar el segmento de carretera más próximo, el Sistema de Localización Inalámbrica está provisto de una base de datos de segmentos de carretera de interés por la aplicación solicitante. Esta base de datos se almacena en una tabla donde cada segmento de carretera se almacena con una coordenada de latitud y longitud que define el punto final de cada segmento. Cada segmento de carretera se puede modelar como una línea recta o curvada, y se puede modelar para soportar una o dos direcciones de viaje. Después, para cada registro de localización determinado por el Sistema de Localización Inalámbrica, el Sistema de Localización Inalámbrica compara la latitud y longitud en el registro de localización con cada segmento de carretera almacenado en la base de datos, y determina la distancia más corta de una línea modelada que conecta los puntos de extremo del segmento con la latitud y longitud del registro de localización. La distancia más corta es una línea imaginaria calculada ortogonal a la línea que conecta los dos puntos de extremo del segmento de carretera guardado. Cuando se ha determinado el segmento de carretera más próximo, el Sistema de Localización Inalámbrica puede determinar además la dirección de viaje en el segmento de carretera comparando la dirección de viaje del transmisor inalámbrico referida por el procesado de localización con la orientación del segmento de carretera. La dirección que produce el error más pequeño con respecto a la orientación de los segmentos de carretera es referida después por el Sistema de Localización Inalámbrica.

Consola de Operaciones de Red (NOC) 16

La NOC 16 es un sistema de gestión de red que permite a los operadores del Sistema de Localización Inalámbrica el acceso fácil a los parámetros de programación del Sistema de Localización Inalámbrica. Por ejemplo, en algunas ciudades, el Sistema de Localización Inalámbrica puede contener muchos cientos o incluso miles de SCSs 10. La NOC es la forma más eficaz de administrar un sistema grande de localización inalámbrica, usando capacidades de interfaz gráfica de usuario. La NOC también recibe alertas en tiempo real si algunas funciones dentro del Sistema de Localización Inalámbrica no están operando correctamente. Estas alertas en tiempo real pueden ser usadas por el operador para realizar acción correctora rápidamente y evitar una degradación del servicio de localización. La experiencia con ensayos del Sistema de Localización Inalámbrica muestran que la capacidad del sistema de mantener buena exactitud de localización con el tiempo está directamente relacionada con la capacidad del operador de mantener el sistema operando dentro de sus parámetros predeterminados.

Procesado de localización

El Sistema de Localización Inalámbrica es capaz de realizar el procesado de localización usando dos métodos conocidos diferentes como procesado basado en central y procesado basado en estación. Ambas técnicas se describieron por vez primera en la patente número 5.327.144, y se mejoran más en esta memoria descriptiva. El procesado de localización depende en parte de la capacidad de determinar con precisión algunas características de fase de la señal recibida en múltiples antenas y en múltiples SCSs 10. Por lo tanto, un objeto del Sistema de Localización Inalámbrica es identificar y eliminar fuentes de error de fase que impiden la capacidad del procesado de localización de determinar las características de fase de la señal recibida. Una fuente de error de fase está dentro del transmisor inalámbrico propiamente dicho, a saber, el oscilador (típicamente un oscilador de cristal) y los bucles de bloqueo de fase que permiten al teléfono sintonizar con canales específicos para transmitir. Los osciladores de cristal de menor costo tendrán generalmente mayor ruido de fase. Algunas especificaciones de interfaz de aire, tal como IS-136 e IS-95A, tienen especificaciones que cubren el ruido de fase con el que un teléfono inalámbrico puede

transmitir. Otras especificaciones de interfaz de aire, tal como IS-553A, no especifican estrictamente el ruido de fase. Por lo tanto, un objeto es reducir automáticamente y/o eliminar el ruido de fase de un transmisor inalámbrico como una fuente de error de fase en el procesamiento de localización, en parte seleccionando automáticamente el uso de procesamiento basado en central o procesamiento basado en estación. La selección automática también considerará la eficiencia con que se utiliza el enlace de comunicaciones entre el SCS 10 y el TLP 12, y la disponibilidad de recursos DSP en cada uno del SCS 10 y TLP 12.

Al utilizar procesamiento basado en central, la determinación TDOA y FDOA y el procesamiento de trayectos múltiples se realizan en el TLP 12 junto con la determinación de posición y velocidad. Este método se prefiere cuando el transmisor inalámbrico tiene un ruido de fase que es superior a un umbral predeterminado. En estos casos, el procesamiento basado en central es más efectivo al reducir o eliminar el ruido de fase del transmisor inalámbrico como una fuente de error de fase porque la estimación TDOA se lleva a cabo usando una representación digital de la transmisión RF real de dos antenas, que pueden estar en el mismo SCS 10 o diferentes SCSs 10. En este método, los expertos en la materia reconocerán que el ruido de fase del transmisor es un ruido de modo común en el procesamiento TDOA, y por lo tanto se cancela a sí mismo en el proceso de determinación TDOA. Este método funciona mejor, por ejemplo, con muchos teléfonos celulares AMPS de costo muy bajo que tienen un alto ruido de fase. Los pasos básicos en el procesamiento basado en central incluyen los pasos expuestos a continuación y representados en el diagrama de flujo de la figura 6:

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

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

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

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

la transmisión es desmodulada (paso S54);

el Sistema de Localización Inalámbrica determina si comenzar el procesamiento de localización para la transmisión (paso S55);

si se dispara, el TLP 12 pide copias de los datos digitales de la memoria en receptores en múltiples SCSs 10 (paso S56);

se envía datos digitales desde múltiples SCSs 10 a un TLP seleccionado 12 (paso S57);

el TLP 12 realiza TDOA, FDOA, y mitigación de trayectos múltiples en los datos digitales de pares de antenas (paso S58);

el TLP 12 realiza determinación de posición y velocidad usando los datos TDOA, y después crea un registro de localización y envía el registro de localización al AP 14 (paso S59).

El Sistema de Localización Inalámbrica usa un número variable de bits para representar la transmisión al enviar datos digitales de los SCSs 10 al TLP 12. Como se ha explicado anteriormente, el receptor SCS digitaliza transmisiones inalámbricas con una alta resolución, o un alto número de bits por muestra digital para lograr una banda dinámica suficiente. Esto se requiere especialmente al utilizar receptores digitales de banda ancha, que pueden estar recibiendo simultáneamente señales cerca del SCS 10A y lejos del SCS 10B. Por ejemplo, pueden ser necesarios hasta 14 bits para representar una banda dinámica de 84 dB. Sin embargo, el procesamiento de localización no siempre requiere la alta resolución por muestra digital. Frecuentemente, el Sistema de Localización Inalámbrica puede llegar a posiciones de suficiente exactitud usando un menor número de bits por muestra digital. Por lo tanto, para minimizar el costo de la implementación del Sistema de Localización Inalámbrica conservando anchura de banda en los enlaces de comunicación entre cada SCS 10 y TLP 12, el Sistema de Localización Inalámbrica determina el menor número de bits necesario para representar digitalmente una transmisión a la vez que todavía mantiene un nivel deseado de exactitud. Esta determinación se basa, por ejemplo, en el protocolo de interfaz de aire particular usado por el transmisor inalámbrico, el SNR de la transmisión, el grado en que la transmisión ha sido perturbada por debilitamiento y/o trayectos múltiples, y el estado corriente de las colas de procesamiento y comunicación en cada SCS 10. El número de bits enviados desde el SCS 10 al TLP 12 se reduce de dos formas: se minimiza el número de bits por muestra, y se utiliza la longitud más corta, o el menor número de segmentos, de la transmisión posible para el procesamiento de localización. El TLP 12 puede utilizar estos datos RF mínimos para efectuar el procesamiento de localización y comparar después el resultado con el nivel deseado de exactitud. Esta comparación se lleva a cabo en base a un cálculo del intervalo de confianza. Si la estimación de localización no cae dentro de los límites de exactitud deseados, el TLP 12 pedirá de forma recursiva datos adicionales de los SCSs seleccionados 10. 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 pedir datos adicionales puede continuar de forma recursiva hasta que

el TLP 12 haya logrado la exactitud de localización predeterminada.

Hay detalles adicionales en los pasos básicos descritos anteriormente. Estos detalles se describen en las patentes anteriores números 5.327.144 y 5.608.410 en otras partes de esta memoria descriptiva. Una mejora de los procesos descritos en las patentes anteriores es la selección de un solo SCS/antena de referencia que se utiliza para cada línea base en el procesamiento de localización. En la técnica anterior, se determinaron líneas base usando pares de lugares de antena alrededor de un aro. En el sistema presente de localización inalámbrica, el único SCS/antena de referencia usado es generalmente la señal SNR más alta, aunque también se usa otros criterios como se describe más adelante. El uso de una referencia SNR alta facilita el procesamiento de localización basado en central cuando los otros SCS/antenas utilizados en el procesamiento de localización son muy débiles, tal como en o por debajo del suelo de ruido (es decir, relación de señal a ruido cero o negativa). Cuando se utiliza procesamiento de localización basado en estación, la señal de referencia es una señal remodulada, que se crea intencionadamente para tener una relación de señal a ruido muy alta, además de contribuir al procesamiento de localización para señales muy débiles en otros SCS/antenas. La selección real del SCS/antena de referencia se describe más adelante.

El Sistema de Localización Inalámbrica puede mitigar trayectos múltiples modelando la señal recibida y comparando el modelo con la señal real recibida e intentando minimizar la diferencia entre las dos usando una diferencia de cuadrados mínimos ponderada. 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:

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

donde $x(t)$ es la señal transmitida por el transmisor inalámbrico;

a_n y τ_n son la amplitud compleja y retardos de los componentes de trayectos múltiples;

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

a_0 y τ_0 son constantes para el componente de ruta más directo.

El operador del Sistema de Localización Inalámbrica determina empíricamente un conjunto de limitaciones para cada componente del trayecto múltiple que aplica al entorno específico en el que cada Sistema de Localización Inalámbrica está operando. La finalidad de las limitaciones es limitar la cantidad de tiempo de procesamiento que el Sistema de Localización Inalámbrica pasa optimizando los resultados para cada cálculo de la mitigación de trayectos múltiples. Por ejemplo, el Sistema de Localización Inalámbrica se puede establecer para determinar solamente cuatro componentes del trayecto múltiple: se puede suponer que el primer componente tiene un retardo de tiempo del orden de τ_{1A} a τ_{1B} ; se puede suponer que el segundo componente tiene un retardo de tiempo del orden de τ_{2A} a τ_{2B} ; se puede suponer que el tercer componente tiene un retardo de tiempo del orden de τ_{3A} a τ_{3B} ; y lo mismo para el cuarto componente; sin embargo, el cuarto componente es un valor único que representa efectivamente una combinación compleja de muchas decenas de componentes individuales (y algo difusos) de trayectos múltiples cuyos retardos de tiempo exceden del rango del tercer componente. Para facilitar el procesamiento, el Sistema de Localización Inalámbrica transforma la ecuación anterior en el dominio de frecuencia, y después resuelve para los componentes individuales de tal manera que se minimice una diferencia de cuadrados mínimos ponderada.

Al utilizar procesamiento basado en estación, la determinación TDOA y FDOA y la mitigación de trayectos múltiples se realizan en los SCSs 10, mientras que la determinación de posición y velocidad se realizan típicamente en el TLP 12. La principal ventaja del procesamiento basado en estación, como se describe en la patente número 5.327.144, es reducir la cantidad de datos que se envía en el enlace de comunicación entre cada SCS 10 y TLP 12. Sin embargo, puede haber otras ventajas también. Un nuevo objeto es aumentar la ganancia efectiva de procesamiento de señal durante el procesamiento TDOA. Como se ha señalado anteriormente, el procesamiento basado en central tiene la ventaja de eliminar o reducir el error de fase producido por el ruido de fase en el transmisor inalámbrico. Sin embargo, la descripción anterior no se refería a cómo eliminar o reducir el mismo error de ruido de fase al utilizar procesamiento basado en estación. El ejemplo descrito reduce el error de fase y aumenta la ganancia efectiva de procesamiento de señal usando los pasos expuestos a continuación y representados en la figura 6:

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

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

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

se almacena los datos digitales en una memoria en el SCS 10 (paso S63);

la transmisión es desmodulada (paso S64);

el Sistema de Localización Inalámbrica determina si comenzar el procesado de localización para la transmisión (paso S65);

5 si se dispara, un primer SCS 10A desmodula la transmisión y determina un intervalo de corrección de fase apropiado (paso S66);

10 para cada intervalo de corrección de fase, el primer SCS 10A calcula una corrección de fase y corrección de amplitud apropiadas, y codifica este parámetro de corrección de fase y el parámetro de corrección de amplitud junto con los datos desmodulados (paso S67);

los datos desmodulados y los parámetros de corrección de fase y corrección de amplitud se envían del primer SCS 10A a un TLP 12 (paso S68);

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

el TLP 12 envía los datos desmodulados y los parámetros de corrección de fase y corrección de amplitud a cada segundo SCS 10B que se usará en el procesado de localización (paso S70);

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

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

los datos de TDOA, FDOA, y mitigación de trayectos múltiples se envían del primer SCS 10A y cada segundo SCS 10B al TLP 12 (paso S73);

30 el TLP 12 realiza determinación de posición y velocidad usando los datos TDOA (paso S74); y

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

35 Las ventajas de determinar los parámetros de corrección de fase y corrección de amplitud son muy obvios en la localización de transmisores inalámbricos CDMA en base a IS-95A. Como es conocido, las transmisiones inversas de un transmisor IS-95A se envían usando modulación no coherente. La mayoría de las estaciones base CDMA solamente integran en un solo intervalo de bits a causa de la modulación no coherente. Para un Canal de Acceso CDMA, con una tasa de bits de 4800 bits por segundo, hay 256 chips enviados por bit, lo que permite una ganancia de integración de 24 dB. Usando la técnica descrita anteriormente, el procesado TDOA en cada SCS 10 se puede integrar, por ejemplo, en una ráfaga completa de 160 milisegundos (196.608 chips) para producir una ganancia de integración de 53 dB. Esta ganancia adicional de procesado permite que el sistema descrito detecte y localice transmisiones CDMA usando múltiples SCSs 10, aunque las estaciones base colocalizadas con los SCSs 10 no puedan detectar la misma transmisión CDMA.

45 Para una transmisión particular, si los parámetros de corrección de fase o los parámetros de corrección de amplitud se calculan de manera que sean cero, o no se necesiten, entonces estos parámetros no se envían para conservar el número de bits transmitidos en el enlace de comunicaciones entre cada SCS 10 y TLP 12. En otro ejemplo, el Sistema de Localización Inalámbrica puede usar un intervalo fijo de corrección de fase para una transmisión particular o para todas las transmisiones de un protocolo de interfaz de aire particular, o para todas las transmisiones realizadas por un tipo particular de transmisor inalámbrico. Esto se puede basar, por ejemplo, en datos empíricos recogidos durante algún período de tiempo por el Sistema de Localización Inalámbrica mostrando una consistencia razonable en el ruido de fase exhibido por varias clases de transmisores. En estos casos, el SCS 10 puede ahorrar el paso de procesado de determinar el intervalo de corrección de fase apropiado.

55 Los expertos en la materia reconocerán que hay muchas formas de medir el ruido de fase de un transmisor inalámbrico. En una realización, los DSPs en el SCS pueden generar digitalmente una copia remodulada sin ruido, pura, de la señal recibida en el primer SCS 10A, después se puede comparar la señal recibida con la señal pura en cada intervalo de corrección de fase y se puede medir directamente la diferencia de fase. En esta realización, el parámetro de corrección de fase se calculará como el negativo de la diferencia de fase en dicho intervalo de corrección de fase. El número de bits necesario 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 pronto en la transmisión, y menos ruido de fase en el medio y más tarde en la transmisión.

65 El procesado basado en estación es muy útil para transmisores inalámbricos que tienen ruido de fase relativamente bajo. Aunque no lo requieren necesariamente sus respectivas normas de interfaz de aire, los teléfonos inalámbricos que usan los protocolos TDMA, CDMA o GSM exhibirán típicamente menos ruido de fase. A medida que aumenta el

ruido de fase de un transmisor inalámbrico, la longitud de un intervalo de corrección de fase puede disminuir y/o aumenta el número de bits necesario para representar los parámetros de corrección de fase. El procesamiento basado en estación no es efectivo cuando el número de bits necesario para representar los datos desmodulados más los parámetros de corrección de fase y amplitud excede de una proporción predeterminada del número de bits necesario para realizar procesamiento basado en central. Por lo tanto, un objeto es determinar automáticamente para cada transmisión para la que se desea una localización si procesar la localización usando procesamiento basado en central o procesamiento basado en estación. Los pasos al hacer esta determinación se exponen a continuación y se representan en 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 un formato digital en el receptor conectado a cada antena (paso S82);

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

si se dispara, un primer SCS 10A desmodula la transmisión y estima un intervalo de corrección de fase apropiado y el número de bits necesario para codificar los parámetros de corrección de fase y corrección de amplitud (paso S84);

el primer SCS 10A estima después el número de bits necesario para procesamiento basado en central;

en base al número de bits necesario para cada método respectivo, el SCS 10 o el TLP 12 determinan si utilizar procesamiento basado en central o procesamiento basado en estación para efectuar el procesamiento de localización para esta transmisión (paso S85).

En otro ejemplo, el Sistema de Localización Inalámbrica siempre puede usar procesamiento basado en central o procesamiento basado en estación para todas las transmisiones de un protocolo de interfaz de aire particular, o para todas las transmisiones realizadas por un tipo particular de transmisor inalámbrico. Esto puede basarse, por ejemplo, en datos empíricos recogidos en algún período de tiempo por el Sistema de Localización Inalámbrica mostrando una consistencia razonable en el ruido de fase exhibido por varias clases de transmisores. En estos casos, el SCS 10 y/o el TLP 12 pueden ahorrarse el paso de procesamiento de determinar el método de tratamiento apropiado.

Otra mejora, usada tanto para procesamiento basado en central como procesamiento basado en estación, es el uso de criterios de umbral para incluir líneas base en la determinación final de la localización y velocidad del transmisor inalámbrico. Para cada línea base, el Sistema de Localización Inalámbrica calcula un número de parámetros que incluyen: El puerto de SCS/antena usado con el SCS/antena de referencia al calcular la línea base, la máxima, media, y varianza en la potencia de la transmisión recibida en el puerto de SCS/antena utilizado en la línea base y en el intervalo usado para el procesamiento de localización, el valor de correlación de la correlación espectral cruzada entre el SCS/antena utilizado en la línea base y el SCS/antena de referencia, el valor de retardo para la línea base, los parámetros de mitigación de trayectos múltiples, los valores residuales restantes después de los cálculos de mitigación de trayectos múltiples, la contribución del SCS/antena al GDOP ponderado en la solución de localización final, y una medida de la calidad de encaje de la línea base si se incluye en la solución de localización final. Cada línea base se incluye en la solución de localización final si cada una cumple o excede los criterios de umbral para cada uno de los parámetros aquí descritos. Se puede excluir una línea base de la solución de localización si no cumple uno o varios de los criterios umbral. Por lo tanto, frecuentemente es posible que el número de SCS/antenas realmente utilizado en la solución de localización final sea inferior al número total considerado.

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

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

En la presente implementación, esta ecuación ha sido reordenada a la forma siguiente para hacer más eficiente el código de procesamiento de localización:

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

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

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

τ_i = el tiempo teórico de propagación de la línea de visión del transmisor inalámbrico al lugar i-ésimo;

τ_0 = el tiempo teórico de propagación de la línea de visión del transmisor a la referencia; y

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

En la presente implementación, el Sistema de Localización Inalámbrica también usa otra forma alterna de la ecuación que puede ayudar a determinar soluciones de localización cuando la señal de referencia no es muy intensa o cuando es probable que haya un desvío en la solución de localización usando la forma anterior de la ecuación:

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

donde N = número de SCS/antenas utilizados en el procesado de localización;

$TDOA_{0i}$ = TDOA al lugar i -ésimo de lugar de referencia 0;

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

τ_i = el tiempo teórico de propagación de la línea de visión del transmisor inalámbrico al lugar i -ésimo;

b = un desvío que se calcula por separado para cada punto teórico que minimiza LSD' en dicho punto teórico; y

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

La forma LSD' de la ecuación ofrece unos medios más fáciles de extraer un desvío en soluciones de localización en el lugar de referencia haciendo w_0 igual al valor máximo de los otros pesos o derivando w_0 en la intensidad de señal relativa en el lugar de referencia. Obsérvese que si w_0 es mucho más grande 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 explicados anteriormente para los criterios umbral al incluir líneas base. Es decir, los resultados de los cálculos de criterios se utilizan para pesos y cuando los criterios caen por debajo de umbral, el peso se pone después a cero y no se incluye efectivamente en la determinación de la solución de localización final.

Proceso de selección de antena para procesado de localización

Las invenciones y descripciones anteriores, tal como las antes indicadas, describen técnicas en las que se requiere un primer, segundo, o posiblemente tercer lugar de antena, lugar de celda, o estación base para determinar localización. La patente número 5.608.410 describe además un Subsistema de Selección Dinámica (DSS) que es responsable de determinar qué bloques de datos de qué posiciones de lugar de antena se usará para calcular la localización de un transmisor de respuesta. En el DSS, si se recibe bloques de datos de más de un número umbral de lugares, el DSS determina cuáles son candidatos para retención o exclusión, y después organiza dinámicamente bloques de datos para el procesado de localización. El DSS prefiere utilizar más del número mínimo de lugares de antena de manera que la solución esté sobre-determinada. Además, el DSS garantiza que todas las transmisiones utilizadas en el procesado de localización se recibieron del mismo transmisor y de la misma transmisión.

Sin embargo, las realizaciones preferidas de las invenciones anteriores tenían varias limitaciones. En primer lugar, solamente se utiliza una antena por lugar de antena (o lugar de celda), o los datos de dos o cuatro antenas de diversidad se combinaban primero en el lugar de antena (o lugar de celda) antes de la transmisión al lugar central. Además, todos los lugares de antena que recibieron la transmisión enviaron bloques de datos al lugar central, aunque el DSS desechase después los bloques de datos. Así, se puede haber desperdiciado parte de la anchura de banda de las comunicaciones enviando datos que no se usaron.

Los autores de la presente invención han determinado que aunque se requiere un mínimo de dos o tres lugares para determinar localización, la selección real de antenas y SCSs 10 a usar en el procesado de localización puede tener un efecto considerable en los resultados del procesado de localización. Además, es ventajoso incluir los medios para utilizar más de una antena en cada SCS 10 en el procesado de localización. La razón para usar datos de múltiples antenas en un lugar de celda independientemente en el procesado de localización es que la señal recibida en cada antena está afectada únicamente por trayectos múltiples, debilitamiento, y otras perturbaciones. Es conocido en la materia que cuando dos antenas están separadas en distancia más de una longitud de onda, cada antena recibirá la señal en un recorrido independiente. Por lo tanto, frecuentemente hay información adicional y única a obtener acerca de la localización del transmisor inalámbrico utilizando múltiples antenas, y por consiguiente se mejora la capacidad del Sistema de Localización Inalámbrica de mitigar trayectos múltiples.

Por lo tanto, un objeto es proporcionar un método mejorado para usar las señales recibidas de más de una antena en un SCS 10 en el procesado de localización. Otro objeto es proporcionar un método para mejorar el proceso dinámico usado para seleccionar las antenas cooperantes y SCSs 10 utilizados en el procesado de localización. El primer objeto se logra disponiendo medios dentro del SCS 10 para seleccionar y usar cualquier segmento de datos recogidos de cualquier número de antenas en un SCS en el procesado de localización. Como se ha descrito anteriormente, cada antena en un lugar de celda está conectada a un receptor interno al SCS 10. Cada receptor convierte señales recibidas de la antena a una forma digital, y después guarda las señales digitalizadas

temporalmente en una memoria en el receptor. El TLP 12 está provisto de medios para dirigir cualquier SCS 10 para recuperar segmentos de datos de la memoria temporal de cualquier receptor, y para proporcionar los datos para uso en el procesamiento de localización. El segundo objeto se logra disponiendo medios dentro del Sistema de Localización Inalámbrica para supervisar gran número de antenas para recepción de la transmisión que el Sistema de Localización Inalámbrica desea localizar, y seleccionar después un menor conjunto de antenas para uso en el procesamiento de localización en base a un conjunto predeterminado de parámetros.

Un ejemplo de este proceso de selección se representa en el diagrama de flujo de la figura 8:

- 10 un transmisor inalámbrico inicia una transmisión en un canal de control o un canal de voz (paso S90);
la transmisión se recibe en múltiples antenas y en múltiples SCSs 10 en el Sistema de Localización Inalámbrica (paso S91);
- 15 la transmisión se convierte a un formato digital en el receptor conectado a cada antena (paso S92);
se almacena los datos digitales en una memoria en cada SCS 10 (paso S93);
la transmisión es desmodulada en al menos un SCS 10A y se determina el número de canal en el que se produjo la transmisión y el lugar de celda y sector que sirve al transmisor inalámbrico (paso S94);
en base al lugar y sector de celda servidora, un SCS 10A se designa como el SCS "primario" 10 para procesar dicha transmisión (paso S95);
- 25 el SCS primario 10A determina un sello de tiempo asociado con los datos desmodulados (paso S96);
el Sistema de Localización Inalámbrica determina si comenzar el procesamiento de localización para la transmisión (paso S97);
- 30 si se dispara el procesamiento de localización, el Sistema de Localización Inalámbrica determina una lista de candidatos de SCSs 10 y antenas a utilizar en el procesamiento de localización (paso S98);
cada SCS/antena candidato mide y refiere varios parámetros en el número de canal de la transmisión y al tiempo del sello de tiempo determinado por el SCS primario 10A (paso S99);
- 35 el Sistema de Localización Inalámbrica ordena a los SCS/antenas candidatos que usen criterios especificados y selecciona un SCS/antena de referencia y una lista de procesamiento de SCS/antenas a utilizar en el procesamiento de localización (paso S100); y
- 40 el Sistema de Localización Inalámbrica prosigue con el procesamiento de localización como se ha descrito anteriormente, usando datos de la lista de procesamiento de SCS/antenas (paso S101).

Selección del SCS/antena primario

- 45 El proceso para elegir el SCS/antena "primario" es crítico, dado que la lista de candidatos de SCSs 10 y antenas 10-1 se determina en parte en base a la designación del SCS/antena primario. Cuando un transmisor inalámbrico hace una transmisión en un canal RF particular, la transmisión se puede propagar frecuentemente muchas millas antes de que la señal se atenúe por debajo de un nivel al que puede desmodularse. Por lo tanto, hay frecuentemente muchos SCS/antenas capaces de desmodular la señal. Esto se produce especialmente en zonas urbanas y suburbanas donde la configuración de reutilización de frecuencia de muchos sistemas de comunicaciones inalámbricas puede ser bastante densa. Por ejemplo, a causa de la alta tasa de uso de inalámbricos y la densa espaciación de lugares de celda, los autores de la presente invención han comprobado sistemas de comunicaciones inalámbricas en los que se utilizó el mismo canal de control RF y código de color digital en lugares de celda espaciados aproximadamente una milla. Dado que el Sistema de Localización Inalámbrica está desmodulando independientemente estas transmisiones, el Sistema de Localización Inalámbrica puede desmodular frecuentemente la misma transmisión en dos, tres, o más SCS/antenas separados. El Sistema de Localización Inalámbrica detecta que la misma transmisión ha sido desmodulada muchas veces en múltiples SCS/antenas cuando el Sistema de Localización Inalámbrica recibe múltiples bloques de datos desmodulados enviados desde diferentes SCS/antenas, cada uno con un número de errores de bit por debajo de un umbral predeterminado de errores de bit, y con los datos desmodulados que caen dentro de un límite aceptable de errores de bit, y sucediendo todo ello dentro de un intervalo predeterminado de tiempo.
- 50
- 55
- 60

Cuando el Sistema de Localización Inalámbrica detecta datos desmodulados de múltiples SCS/antenas, examina los parámetros siguientes para determinar qué SCS/antena designará el SCS primario: SNR medio en el intervalo de transmisión usado para el procesamiento de localización, la varianza en el SNR en el mismo intervalo, correlación del comienzo de la transmisión recibida contra un precursor puro (es decir, para AMPS, el punteado y código Barker), el

65

número de errores de bit en los datos desmodulados, y la magnitud y velocidad de cambio del SNR justo desde antes del inicio de la transmisión al inicio de la transmisión, así como otros parámetros similares. El SNR medio se determina típicamente en cada SCS/antena sobre la longitud completa de la transmisión a usar para el procesamiento de localización, o en un intervalo más corto. El SNR medio en el intervalo más corto se puede determinar realizando una correlación con la secuencia de punteado y/o código Barker y/o palabra de sincronización, dependiendo del protocolo de interfaz de aire particular, y en un rango de tiempo corto antes de, durante, y después del sello de tiempo referido por cada SCS 10. El rango de tiempo puede ser típicamente +/-200 microsegundos centrado en el sello de tiempo, por ejemplo. El Sistema de Localización Inalámbrica ordenará en general a los SCS/antenas que usen los criterios siguientes, cada uno de los cuales puede ser ponderado (multiplicado por un factor apropiado) al combinar los criterios para determinar la decisión final: se prefieren los SCS/antenas con un menor número de errores de bit a los SCS/antenas con un número más alto de errores de bit, el SNR medio para un SCS/antena dado debe ser mayor que un umbral predeterminado a designar como el primario; se prefieren los SCS/antenas con el SNR medio más alto a los de SNR medio más bajo; se prefieren los SCS/antenas con menor varianza SNR a los de mayor varianza SNR; y se prefieren los SCS/antenas con una velocidad de cambio SNR más rápida al inicio de la transmisión a los de una velocidad de cambio más lenta. La ponderación aplicada a cada uno de estos criterios puede ser ajustada por el operador del Sistema de Localización Inalámbrica para adecuarla al diseño particular de cada sistema.

La lista de candidatos de SCSs 10 y antenas 10-1 se selecciona usando un conjunto predeterminado de criterios basados, por ejemplo, en el conocimiento de los tipos de lugares de celda, los tipos de antenas en los lugares de celda, la geometría de las antenas, y un factor de ponderación que pondera algunas antenas más que otras antenas. El factor de ponderación tiene en cuenta el conocimiento del terreno en el que el Sistema de Localización Inalámbrica está operando, datos empíricos pasados sobre la contribución que cada antena ha hecho a buenas estimaciones de localización, y otros factores que pueden ser específicos de cada instalación WLS diferente. En una realización, por ejemplo, el Sistema de Localización Inalámbrica puede seleccionar la lista de candidatos de manera que incluya todos los SCSs 10 hasta un número máximo de lugares (número_max_de_lugares) que están más próximos que un radio máximo predefinido del lugar primario (radio_max_del_primario). Por ejemplo, en un entorno urbano o suburbano, donde puede haber gran número de lugares de celda, el número_max_de_lugares se puede limitar a diecinueve. Diecinueve lugares incluirían el primario, el primer aro de seis lugares que rodean el primario (suponiendo una distribución hexagonal clásica de lugares de celda), y el aro siguiente de doce lugares que rodean el primer aro. Esto se ilustra en la figura 9. En otra realización, en un entorno suburbano o rural, el radio_max_del_primario se puede establecer a 64,3 km (40 millas) para garantizar que esté disponible el conjunto más amplio posible de SCS/antenas candidatos. El Sistema de Localización Inalámbrica está provisto de medios para limitar el número total de SCSs candidatos 10 a un número máximo (número_max_candidatos), aunque se puede permitir que cada SCS candidato elija el mejor puerto de entre sus antenas disponibles. Esto limita el tiempo máximo empleado por el Sistema de Localización Inalámbrica en procesar una localización concreta. Número_max_candidatos se puede establecer a veintidós, por ejemplo, lo que significa que en un sistema típico de comunicaciones inalámbricas de tres sectores con diversidad, podría considerarse hasta $32 \times 6 = 192$ antenas en total para el procesamiento de localización para una transmisión particular. Para limitar el tiempo empleado en procesar una localización concreta, el Sistema de Localización Inalámbrica está provisto de medios para limitar a número_max_antenas_procesadas el número de antenas utilizadas en el procesamiento de localización. El número_max_antenas_procesadas es generalmente inferior a número_max_candidatos, y se pone típicamente a dieciséis.

Aunque el Sistema de Localización Inalámbrica está provisto de la capacidad de determinar dinámicamente la lista de candidatos de SCSs 10 y antenas en base al conjunto predeterminado de criterios antes descrito, el Sistema de Localización Inalámbrica también puede almacenar una lista fija de candidatos en una tabla. Así, para cada lugar de celda y sector en el sistema de comunicaciones inalámbricas, el Sistema de Localización Inalámbrica tiene una tabla separada que define la lista de candidatos de SCSs 10 y antenas 10-1 a utilizar siempre que un transmisor inalámbrico inicia una transmisión en dicho lugar de celda y sector. En vez de elegir dinámicamente los SCS/antenas candidatos cada vez que se dispara una petición de localización, el Sistema de Localización Inalámbrica lee la lista de candidatos directamente de la tabla cuando se inicia el procesamiento de localización.

En general, se elige gran número de SCSs candidatos 10 para dar al Sistema de Localización Inalámbrica suficiente oportunidad y capacidad para medir y mitigar trayectos múltiples. En cualquier transmisión dada, cualquiera o más antenas particulares en uno o varios SCSs 10 pueden recibir señales que han sido afectadas en varios grados por trayectos múltiples. Por lo tanto, es ventajoso proporcionar estos medios dentro del Sistema de Localización Inalámbrica para seleccionar dinámicamente un conjunto de antenas que pueden haber recibido menos trayectos múltiples que otras antenas. El Sistema de Localización Inalámbrica usa varias técnicas para mitigar tantos trayectos múltiples como sea posible de cualquier señal recibida; sin embargo, frecuentemente es prudente elegir un conjunto de antenas que contenga la menor cantidad de trayectos múltiples.

Elegir SCS/antenas de referencia y cooperantes

Al elegir el conjunto de SCS/antenas a utilizar en el procesamiento de localización, el Sistema de Localización Inalámbrica ordena a los SCS/antenas candidatos que usen varios criterios, incluyendo por ejemplo: SNR medio en

el intervalo de transmisión usado para el procesamiento de localización, la varianza en el SNR en el mismo intervalo, correlación del comienzo de la transmisión recibida contra un precursor puro (es decir, para AMPS, el punteado y código Barker) y/o datos desmodulados del SCS/antena primario, el tiempo del inicio de la transmisión con relación al inicio referido en el SCS/antena en el que se desmoduló la transmisión, y la magnitud y velocidad de cambio del SNR desde justo antes del inicio de la transmisión al inicio de la transmisión, así como otros parámetros similares. El SNR medio se determina típicamente en cada SCS, y para cada antenna en la lista de candidatos sobre la longitud completa de la transmisión a usar para el procesamiento de localización, o en un intervalo más corto. El SNR medio en el intervalo más corto se puede determinar realizando una correlación con la secuencia de punteado y/o código Barker y/o palabra de sincronización, dependiendo del protocolo de interfaz de aire particular, y en un rango de tiempo corto antes, durante, y después del sello de tiempo referido por el SCS primario 10. El rango de tiempo puede ser típicamente ± 200 microsegundos centrado en el sello de tiempo, por ejemplo. El Sistema de Localización Inalámbrica ordenará en general a los SCS/antenas candidatos que usen los criterios siguientes, cada uno de los cuales puede ser ponderado al combinar los criterios para determinar la decisión final: SNR medio para un SCS/antena dado debe ser mayor que un umbral predeterminado a usar en el procesamiento de localización; se prefieren los SCS/antenas con SNR medio más alto a los de SNR medio más bajo; se prefieren los SCS/antenas con menor varianza SNR a los de mayor varianza SNR; se prefieren los SCS/antenas con un inicio más próximo al inicio referido por el SCS/antena desmodulante a los de un inicio más distante en el tiempo; se prefieren los SCS/antenas con una velocidad de cambio SNR más rápida a los de una velocidad de cambio más lenta; se prefieren los SCS/antenas con menor GDOP incremental ponderado a los que tiene mayor GDOP incremental ponderado, donde la ponderación se basa en la pérdida de trayecto estimada del SCS primario. La ponderación aplicada a cada una de estas preferencias puede ser ajustada por el operador del Sistema de Localización Inalámbrica para adecuarla al diseño particular de cada sistema. El número de SCSs diferentes 10 utilizados en el procesamiento de localización se maximiza hasta un límite predeterminado; el número de antenas usado en cada SCS 10 se limita a un límite predeterminado; y el número total de SCS/antenas usado se limita a número_max_antenas_procesadas. El SCS/antena con la clasificación más alta que use el procedimiento antes descrito se designa el SCS/antena de referencia para el procesamiento de localización.

Selección de mejor puerto dentro de un SCS 10

Frecuentemente, los SCS/antenas en la lista de candidatos o en la lista a utilizar en el procesamiento de localización incluirán solamente una o dos antenas en un SCS particular 10. En estos casos, el Sistema de Localización Inalámbrica puede permitir que el SCS 10 elija el "mejor puerto" de todas o algunas de las antenas en el SCS particular 10. Por ejemplo, si el Sistema de Localización Inalámbrica elige utilizar solamente una antena en un primer SCS 10, entonces el primer SCS 10 puede seleccionar el mejor puerto de antena de los seis puertos de antena típicos que están conectados a dicho SCS 10, o puede elegir el mejor puerto de antena de entre los dos puertos de antena de un sector del lugar de celda. El mejor puerto de antena se elige utilizando el mismo proceso y comparando los mismos parámetros que se ha descrito anteriormente para elegir el conjunto de SCS/antenas a utilizar en el procesamiento de localización, a excepción de que todas las antenas que se considera para mejor puerto están en el mismo SCS 10. Al comparar antenas para mejor puerto, el SCS 10 también puede dividir opcionalmente la señal recibida en segmentos, y medir después el SNR por separado en cada segmento de la señal recibida. Después, el SCS 10 puede elegir opcionalmente el mejor puerto de antena con SNR más alto (i) usando el puerto de antena con más segmentos con el SNR más alto, (ii) promediando el SNR en todos los segmentos y usando el puerto de antena con el SNR medio más alto, o (iii) usando el puerto de antena con el SNR más alto en cualquier segmento.

El aspecto de "selección de antena" se puede resumir afirmando que incluye el cálculo de un número de parámetros para cada una de una pluralidad de líneas base, e incluye en una solución de posición final solamente las líneas base que cumplen o exceden de criterios umbral predefinidos para cada uno de los parámetros. Esta metodología es especialmente útil, aunque sin limitarse necesariamente, en aplicaciones que implican un Sistema de Localización Inalámbrica que tiene sistemas de recogida de señal y al menos un procesador de posición para procesar datos digitales proporcionados por los sistemas de recogida de señal, donde los datos TDOA se determinan con respecto a una pluralidad de líneas base del primer sistema de recogida de señal/antena - segundo sistema de recogida de señal/antena. Los parámetros pueden incluir la potencia media de la transmisión recibida en el puerto del segundo sistema de recogida de señal/antena utilizado en una línea base y durante un intervalo usado para procesamiento de localización. Alternativamente, los parámetros pueden incluir la potencia máxima de la transmisión recibida en el puerto del segundo sistema de recogida de señal/antena utilizado en una línea base y durante un intervalo usado para procesamiento de localización. Otras alternativas para los parámetros incluyen: la varianza de la potencia de la transmisión recibida en el puerto del segundo sistema de recogida de señal/antena utilizado en una línea base y durante un intervalo usado para procesamiento de localización; el valor de correlación de una correlación de espectro cruzado entre el segundo sistema de recogida de señal/antena utilizado en la línea base y un primer sistema de recogida de señal/antena: el valor de retardo para la línea base; otros parámetros de mitigación de trayectos múltiples; valores residuales restantes después de los cálculos de mitigación de trayectos múltiples; contribución del segundo sistema de recogida de señal/antena a una dilución de precisión geométrica ponderada en la solución de posición final; y/o una medida de la calidad de ajuste de la línea base en la solución de posición final, si se incluyese la línea base.

Detección y recuperación de colisiones

Dado que el sistema de localización inalámbrica usará datos de muchos puestos de SCS/antena en procesamiento de posición, es posible que la señal recibida en uno o varios puestos de SCS/antena particulares contenga energía que sea interferencia del canal propio de otro transmisor inalámbrico (es decir, se ha producido una colisión total o parcial entre dos transmisiones inalámbricas separadas). También hay una probabilidad razonable de que la interferencia del canal propio tenga una SNR mucho más alta que la señal del transmisor inalámbrico deseado, y si no es detectada por el sistema de localización inalámbrica, la interferencia del canal propio puede producir una elección incorrecta del mejor puerto de antenna en un SCS 10, SCS/antena de referencia, SCS/antena candidato, o SCS/antena a usar en procesamiento de posición. La interferencia del canal propio también puede producir pobres resultados TDOA y FDOA, lo que da lugar a una fallida o pobre estimación de posición. La probabilidad de colisión aumenta con la densidad de lugares de celda en el sistema huésped de comunicaciones inalámbricas, especialmente en entornos suburbanos densos o rurales donde las frecuencias son reutilizadas frecuentemente y el uso inalámbrico por abonados es alto.

Por lo tanto, el sistema de localización inalámbrica incluye medios para detectar y recuperarse de los tipos de colisiones descritos anteriormente. Por ejemplo, en el proceso de seleccionar un puerto mejor, SCS/antena de referencia, o SCS/antena candidato, el sistema de localización inalámbrica determina la SNR media de la señal recibida y la varianza de la SNR en el intervalo de la transmisión; cuando la varianza de la SNR es superior a un umbral predeterminado, el sistema de localización inalámbrica asigna una probabilidad de que se ha producido una colisión. Si la señal recibida en un SCS/antena ha incrementado o disminuido su SNR en un paso único, y en una cantidad mayor que un umbral predeterminado, el sistema de localización inalámbrica asigna una probabilidad de que se ha producido una colisión. Además, si la SNR media de la señal recibida en un SCS remoto es mayor que la SNR media prevista por un modelo de propagación, dado el lugar de celda en el que el transmisor inalámbrico inició su transmisión y los niveles de potencia de transmisión conocidos y las configuraciones de antenna de las antenas transmisora y receptora; el sistema de localización inalámbrica asigna una probabilidad de que se ha producido una colisión. Si la probabilidad de que se ha producido una colisión es superior a un umbral predeterminado, el sistema de localización inalámbrica realiza el procesamiento adicional descrito a continuación para verificar si y en qué medida una colisión puede haber deteriorado la señal recibida en un SCS/antena. La ventaja de asignar probabilidades es reducir o eliminar el procesamiento adicional para la mayor parte de transmisiones para las que no se han producido colisiones. Se deberá observar que el nivel umbral, las probabilidades asignadas, y otros detalles de los procesos de detección y recuperación de colisión descritos en la presente memoria son configurables, es decir, se seleccionan en base a la aplicación especial, entorno, variables del sistema, etc, que afectarían a su selección.

Para transmisiones recibidas en un SCS/antena en el que la probabilidad de una colisión es superior al umbral predeterminado y antes de usar datos RF de un puerto de antenna particular en una determinación de SCS/antena de referencia, determinación de mejor puerto o procesar en posición, el sistema de localización inalámbrica verifica preferiblemente que los datos RF de cada puerto de antenna son del transmisor inalámbrico correcto. Esto se determina, por ejemplo, demodulando segmentos de la señal recibida para verificar, por ejemplo, que el MIN, MSD, u otra información de identificación es correcto o que los dígitos marcados u otras características del mensaje coinciden con los recibidos por el SCS/antena que inicialmente desmoduló la transmisión. El sistema de localización inalámbrica también puede correlacionar un segmento corto de la señal recibida en un puerto de antenna con la señal recibida en el SCS primario 10 y verificar que al menos el resultado de correlación es superior a un umbral predeterminado. Si el sistema de localización inalámbrica detecta que la varianza en la SNR en toda la longitud de la transmisión es superior a un umbral predeterminado, el sistema de localización inalámbrica puede dividir la transmisión en segmentos y probar cada segmento como se describe en la presente memoria para determinar si la energía en dicho segmento es primariamente de la señal del transmisor inalámbrico para el que se procesó el procesamiento de posición o de un transmisor interferente.

El sistema de localización inalámbrica puede optar por utilizar los datos RF de un SCS/antena particular en procesamiento de posición aunque el sistema de localización inalámbrica haya detectado que se ha producido una colisión parcial en dicho SCS/antena. En estos casos, el SCS 10 usa los medios descritos anteriormente para identificar dicha porción de la transmisión recibida que representa una señal del transmisor inalámbrico para el que se seleccionó procesamiento de posición, y dicha porción de la transmisión recibida que contiene interferencia del canal propio. El sistema de localización inalámbrica puede ordenar al SCS 10 que envíe o use solamente segmentos seleccionados de la transmisión recibida que no contengan la interferencia del canal propio. Al determinar LA TDOA y FDOA para una línea base usando solamente segmentos seleccionados de un SCS/antena, el sistema de localización inalámbrica usa solamente los correspondientes segmentos de la transmisión recibidos al SCS/antena de referencia. El sistema de localización inalámbrica puede seguir utilizando todos los segmentos para líneas base en los que no se detectaron colisiones. En muchos casos, el sistema de localización inalámbrica es capaz de completar el procesamiento de posición y lograr un error de posición aceptable usando solamente una porción de la transmisión. Esta capacidad de la invención de seleccionar el subconjunto apropiado de la transmisión recibida y realizar procesamiento de posición en base de segmento a segmento permite al sistema de localización inalámbrica completar con éxito el procesamiento de posición en casos que podría haber fallado usando técnicas anteriores.

Procesado de localización de pasadas múltiples

Algunas aplicaciones pueden requerir una estimación muy rápida de la localización general de un transmisor inalámbrico, seguida de una estimación más exacta de la localización que puede ser enviada después. Esto puede

ser valioso, por ejemplo, para sistemas E9-1-1 que manejan llamadas inalámbricas y deben hacer una decisión de enrutamiento de llamada muy rápidamente, pero pueden esperar un poco más para a que se visualice una localización más exacta en el terminal de mapa electrónico del que recibe una llamada E9-1-1. El Sistema de Localización Inalámbrica soporta estas aplicaciones con un modo novedoso de procesamiento de localización de pasadas múltiples.

En muchos casos, la exactitud de la localización se mejora utilizando segmentos más largos de la transmisión y aumentando la ganancia de procesamiento mediante intervalos de integración más largos. Pero los segmentos más largos de la transmisión requieren períodos de procesamiento más largos en el SCS 10 y TLP 12, así como períodos de tiempo más largos para transmitir los datos RF a través de la interfaz de comunicaciones del SCS 10 al TLP 12. Por lo tanto, el Sistema de Localización Inalámbrica incluye medios para identificar las transmisiones que requieren una estimación rápida pero aproximada de la localización seguido del procesamiento de localización más completa que produce una mejor estimación de localización. La Tabla de Señal de Interés incluye un señalizador para cada señal de interés que requiere un método de localización de pasadas múltiples. Este señalizador especifica la cantidad máxima de tiempo permitida por la aplicación de localización solicitante para la primera estimación a enviar, así como la cantidad máxima de tiempo permitida por la aplicación de localización solicitante para la estimación de localización final a enviar. El Sistema de Localización Inalámbrica realiza la estimación de localización aproximada seleccionando un subconjunto de la transmisión para el que efectuar el procesamiento de localización. El Sistema de Localización Inalámbrica puede elegir, por ejemplo, el segmento que se identificó en el SCS/antena primario con el SNR medio más alto. Después de haber determinado la estimación de localización aproximada, usando los métodos descritos anteriormente, pero solamente con un subconjunto de la transmisión, el TLP 12 envía la estimación de localización al AP 14, que después envía la estimación aproximada a la aplicación solicitante con un señalizador indicando que la estimación es solamente aproximada. El Sistema de Localización Inalámbrica realiza después su procesamiento de localización estándar usando todos estos métodos, y envía esta estimación de localización con un señalizador indicando el estado final de esta estimación de localización. El Sistema de Localización Inalámbrica puede realizar la estimación de localización aproximada y la estimación de localización final secuencialmente en el mismo DSP en un TLP 12, o puede realizar el procesamiento de localización en paralelo en DSPs diferentes. El procesamiento en paralelo puede ser necesario para cumplir los requisitos de tiempo máximo de las aplicaciones de localización solicitantes. El Sistema de Localización Inalámbrica soporta requisitos diferentes de tiempo máximo de diferentes aplicaciones de localización para la misma transmisión inalámbrica.

Así, en una implementación ejemplar, el método de procesamiento de posición multipasada de la invención incluye identificar una transmisión recibida que requiere procesamiento de localización de pasadas múltiples por lo que el WLS produce una primera estimación de posición de menor calidad y después produce una segunda estimación de posición de calidad más alta. El WLS proporciona la primera estimación de posición a una primera aplicación de posición, y produce posteriormente la segunda estimación de posición. La segunda estimación de posición puede ser una estimación más exacta que la primera estimación de posición y/o de una confianza más alta que la primera estimación de posición. Este método es adecuado, pero sin limitación, para uso en conexión con localizar un transmisor inalámbrico implicado en una llamada a servicios de emergencia y enrutar la llamada a un centro de llamadas.

La segunda estimación de posición puede ser una estimación más exacta, y/o puede ser una estimación de una confianza más alta que la primera estimación de posición. Además, realizaciones específicas pueden incluir los pasos o funciones de: identificar una pluralidad de transmisiones recibidas que requieren procesamiento de localización de pasadas múltiples; identificar uno o varios transmisores inalámbricos que requieren procesamiento de posición multipasada; identificar la transmisión recibida que requiere procesamiento de localización de pasadas múltiples en base a la identidad de la primera aplicación de posición; identificar la transmisión recibida que requiere procesamiento de localización de pasadas múltiples en base a un número llamante del transmisor inalámbrico; y/o identificar una o varias aplicaciones de posición para las que se requiere procesamiento de localización de pasadas múltiples.

Otras características ejemplares pueden incluir seleccionar un subconjunto de la transmisión recibida para uso al proporcionar una estimación aproximada de la posición del transmisor inalámbrico; determinar un nivel de prioridad a asociar con procesamiento de posición para el transmisor inalámbrico; determinar un límite de tiempo para recogida de señal para producir la primera estimación de posición; determinar un límite de tiempo para procesamiento de señal para producir la primera estimación de posición; determinar un límite de tiempo en latencia total para obtener la primera estimación de posición; determinar un umbral de potencia de señal; determinar un límite de tiempo para suministro de una estimación de posición a la primera aplicación de posición; determinar múltiples aplicaciones de posición a las que se ha de suministrar la primera estimación de posición; determinar un límite de tiempo para recogida de señal para la segunda estimación de posición; determinar un límite de tiempo para procesamiento de señal para la segunda estimación de posición; determinar un límite de tiempo para latencia total para la segunda estimación de posición; determinar un umbral de exactitud de posición para la primera estimación de posición; determinar un umbral de exactitud de velocidad para la primera estimación de posición; hacer la segunda estimación de posición independiente de la primera estimación de posición; usar la primera estimación de posición al derivar la segunda estimación de posición; derivar las estimaciones de posición primera y segunda en paralelo; suministrar la segunda estimación de posición a la primera aplicación de posición; suministrar la segunda estimación de posición a una segunda aplicación de posición; suministrar la primera estimación de posición con un elemento de información que la identifica como una estimación de menor calidad; y/o suministrar la segunda estimación de posición con un elemento de información que la identifica como una estimación de

calidad más alta.

En una realización ilustrativa de la invención, cuando se recibe una petición de localización de pasadas múltiples, se compara una celda corriente y sector (el "primario") con una lista de posibles lugares cooperantes en la red para calcular un factor de densidad de lugar, o alternativamente un factor de densidad de lugar de celda se puede mantener para cada lugar primario. En base a este factor de densidad de lugar, el tiempo de recogida, métodos de procesamiento de señales, y el número de antenas cooperantes se puede determinar para cada una de las posiciones multipasada, primera y siguiente. Dado que la cantidad de tiempo de recogida requerido, el método de procesamiento de señal, y el número de antenas cooperantes varía en función de la densidad de lugar, la cantidad correcta de recursos de sistema se puede usar para cada pasada, optimizando la exactitud y capacidad del sistema.

La programación de recursos escasos (por ejemplo, receptores, procesadores) se puede hacer para incrementar la capacidad del WLS. Con calidades de servicio dadas (tiempo, confianza, exactitud, por ejemplo) para las estimaciones de posición primera y segunda y el conocimiento del entorno RF por el WLS, se puede usar un modelo para determinar la duración probable de la fase de recogida de señal del proceso de estimación de posición. Con esta duración probable calculada y un parámetro de latencia o límite de tiempo en las limitaciones de calidad de servicio de la primera pasada, el WLS puede calcular un nivel de prioridad para la petición y programar la petición para optimizar la capacidad del WLS.

Si el sistema determina a partir del modelo que hay disponibles suficientes recursos para cumplir las listas de parámetros de calidad de servicio primera y segunda con una sola fase de recogida, el WLS puede suspender la segunda pasada y suministrar en la primera pasada la calidad de estimación de posición pedida en la primera pasada.

Si el WLS instalado tiene capacidades de TDOA y ángulo de llegada (AoA), el escenario de posición multipasada se puede usar para suministrar una medición TDOA seguida de una estimación de posición AoA o TDOA/AoA híbrida.

Naturalmente, si la densidad de celdas/sectores es suficiente para lograr la exactitud requerida en los parámetros de calidad de servicio de primera pasada, el sistema puede devolver dicho valor. Si la estimación de posición producida por celda y sector no es suficientemente exacta, el sistema WLS puede combinar la celda y sector con información de tiempo suministrada por red portadora o suministrada por estación móvil (retardo de ida y vuelta, avance de tiempo en sistemas TDMA tal como IS-54, IS-136 y GSM o desviación PN en sistemas CDMA) o mediciones de potencia suministradas por red portadora o suministrada por estación móvil para generar una primera estimación de posición que excede del primer conjunto de parámetros de calidad de servicio.

Si el método de posición de primera pasada, sea cual sea la tecnología usada, excede del primer y segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio, la segunda pasada puede ser suspendida, ahorrando recursos receptores de posición. Si se suspende la segunda pasada, la aplicación solicitante puede recibir justamente la respuesta de primera pasada o las respuestas de segunda y primera pasada según una predisposición o notificación de que una segunda respuesta no será suministrada por un señalizador o indicador en la respuesta de primera pasada.

Otro ejemplo incluye la noción de que el procesamiento de posición multipasada se puede dividir en tres partes: (1) selección de procesamiento multipasada, (2) rendimiento de procesamiento multipasada, y (3) identificación.

1. Selección de multipasada (opción externa o interna)

La selección de procesamiento multipasada puede estar basada en una petición específica de multipasada de una fuente externa, tal como el sistema de comunicaciones inalámbricas. Alternativamente, la selección puede estar basada en los parámetros de calidad de servicio/limitaciones en una petición de posición genérica (potencia, SNR). Esto puede ser clasificado conceptualmente como una selección interna en base a factores externos. Como otra alternativa, la selección puede estar basada en parámetros de configuración interna tal como densidad de celdas, etc.

Como se ha indicado, el procesamiento multipasada se puede suspender si la estimación de posición de primera pasada cumple los criterios de calidad de servicio relevantes.

2. Rendimiento de multipasada

Al realizar el procesamiento multipasada, la primera estimación de posición puede estar basada en un límite de tiempo, como se ha explicado anteriormente. Alternativamente, puede estar basada en un umbral de exactitud o un umbral de calidad de servicio definido. Además, las estimaciones primera y segunda pueden estar basadas en tecnologías alternativas basadas en red; por ejemplo, la primera podría basarse en celda, celda/sector, celda/sector/tiempo de celda/sector/potencia, celda/sector/tiempo/potencia, TDOA, etc, y la segunda podría estar basada en TDOA, AoA o incluso TDOA/AoA híbrido. Obsérvese que celda/sector/avance de tiempo/potencia/desviación PN/retardo de ida y vuelta pueden ser suministrados al WLS mediante una interface J-STD-036. Véase, por ejemplo, *Enhanced Wireless TIA/EIA/I--STD-036-A 9-1-1 Phase 2*.

3. Identificación

Con respecto a identificación, se puede observar que las estimaciones de posición primera y segunda pueden tener señalizadores distintivos (provisional/final). Alternativamente, las estimaciones primera y segunda se pueden comunicar mediante diferentes mecanismos de mensajes/transporte, o mediante diferentes recorridos de transmisión. Además, se puede emplear un señalizador específico si la primera pasada cumple los criterios de calidad de servicio establecidos, en cuyo caso no hay que suministrar la segunda estimación, o el señalizador primero/provisional puede ser sustituido por el señalizador final si se alcanza el objetivo de calidad de servicio.

Se deberá observar que J-STD-036, publicado por vez primera en agosto de 2000, es un estándar ANSI/ETSI conjunto concebido para establecer una sola interface común entre la portadora inalámbrica y el proveedor de seguridad público local de respuesta de llamada de emergencia (9-1-1). El cesionario de la presente invención, TruePosition, Inc., contribuyó al estándar pero se centró en la interface entre la portadora y los elementos específicos de red de posición. Por lo tanto, se suministraron varios elementos de información al sistema de posición en caso de que fuesen útiles en el futuro. Estos parámetros se pueden incluir en el campo "MobileInformation" generado por la portadora inalámbrica de equipo de red inalámbrica y transmisiones recibidas del dispositivo inalámbrico. Cuando fue evidente que los sistemas de canal de tráfico no proporcionarían una estimación de posición en un tiempo oportuno, se implementó un método de posición multipasada como se describe en la Patente de Estados Unidos número 6.184.829 B1, de 6 de febrero de 2001. El uso de parámetros suministrados por MobileInformation y el acercamiento de posición multipasada permite a un sistema basado en red ofrecer calidad de servicio variable y aumenta la eficiencia y fiabilidad del sistema en la producción de estimaciones de posición para emergencia y otros servicios. Esta invención también se puede emplear ventajosamente en soluciones basadas en microteléfono.

La figura 9A ilustra y resume un método de procesado de localización de pasadas múltiples según la presente invención. Como se ha representado y descrito anteriormente, se utiliza una pluralidad de receptores para recibir y, opcionalmente, registrar digitalmente una transmisión de un transmisor inalámbrico. Posteriormente se identifica la transmisión recibida que requiere procesado de localización de pasadas múltiples. Posteriormente se produce una primera estimación de posición de menor calidad, y después se suministra la primera estimación de posición a una primera aplicación de posición (por ejemplo, una aplicación E-911). A continuación se produce una segunda estimación de posición de calidad más alta, y después se suministra la segunda estimación a la primera o una segunda aplicación de posición.

Línea base muy corta TDOA

El Sistema de Localización Inalámbrica se diseña para operar en zonas urbanas, suburbanas y rurales. En zonas rurales, cuando no hay suficientes lugares de celda disponibles de una sola portadora inalámbrica, el Sistema de Localización Inalámbrica puede ser desplegado con SCSs 10 situados en los lugares de celda de otras portadoras inalámbricas o en otros tipos de torres, incluyendo estación de radio AM o FM, búsqueda, y torres inalámbricas bidireccionales. En estos casos, en vez de compartir las antenas existentes de la portadora inalámbrica, el Sistema de Localización Inalámbrica puede requerir la instalación de antenas apropiadas, filtros, y amplificadores de ruido bajo de manera que se adapte a 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. Sin embargo, puede haber casos donde no haya torres adicionales de ningún tipo disponibles a costo razonable y el Sistema de Localización Inalámbrica deba ser desplegado en unas pocas torres de la portadora inalámbrica. En estos casos, el Sistema de Localización Inalámbrica soporta un modo de antena denominado línea base muy corta TDOA. Este modo de antena resulta activo cuando se instala antenas adicionales en una sola torre de lugares de celda, por lo que las antenas se sitúan a una distancia de menos de una longitud de onda. Esto puede requerir la adición de una antena por sector de lugar de celda de tal manera que el Sistema de Localización Inalámbrica use una antena receptora existente en un sector y una antena adicional que haya sido situada junto a la antena receptora existente. Típicamente, las dos antenas en el sector se orientan de tal manera que los ejes primarios, o línea de dirección, de los haces principales sean paralelos y la separación entre los dos elementos de antena se conozca con precisión. Además, se calibran los dos recorridos RF de los elementos de antena a los receptores en el SCS 10.

En su modo normal, el Sistema de Localización Inalámbrica determina las TDOA y FDOA para pares de antenas que están separadas muchas longitudes de onda. Para una TDOA en una línea base usando antenas de dos lugares de celda diferentes, los pares de antenas se separan miles de longitudes de onda. Para una TDOA en una línea base usando antenas en el mismo lugar de celda, los pares de antenas se separan por decenas de longitudes de onda. En cualquier caso, la determinación TDOA da lugar efectivamente a una línea hiperbólica que biseca la línea base y que pasa por la localización del transmisor inalámbrico. Cuando las antenas están separadas múltiples longitudes de onda, la señal recibida ha tomado recorridos independientes del transmisor inalámbrico a cada antena, incluyendo la experimentación de diferentes trayectos múltiples y desviaciones Doppler. Sin embargo, cuando dos antenas están más próximas que una longitud de onda, las dos señales recibidas han tomado esencialmente el mismo recorrido y experimentado el mismo debilitamiento, trayectos múltiples, y desviación Doppler. Por lo tanto, el procesado TDOA y FDOA del Sistema de Localización Inalámbrica produce típicamente una desviación Doppler de cero (o casi cero) hertzios, 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 ambigua entre las señales recibidas en las dos antenas en la línea base muy corta. Por ejemplo, a 834 MHz, la longitud de onda de una transmisión de canal de control AMPS inverso es aproximadamente 0,35 m (1,18 pies). Una diferencia de tiempo de 0,1 nanosegundos es equivalente a una

diferencia de fase recibida de aproximadamente 30 grados. En este caso, la medición TDOA produce una hipérbola que es esencialmente una línea recta, pasando todavía por la localización del transmisor inalámbrico, y en una dirección girada 30 grados de la dirección de las líneas paralelas formadas por las dos antenas en la línea base muy corta. Cuando los resultados de esta línea base muy corta TDOA al solo lugar de celda se combinan con una medición TDOA en una línea base entre dos lugares de celda, el Sistema de Localización Inalámbrica puede determinar una estimación de localización usando solamente dos lugares de celda.

Método de supervisión de anchura de banda para mejorar la exactitud de la localización

Los transmisores celulares AMPS incluyen hoy día la gran mayoría de transmisores utilizados en los Estados Unidos y las transmisiones de canal de voz inverso AMPS son por lo general señales FM moduladas por un tono audio de supervisión (SAT). La modulación de voz es FM estándar, y es directamente proporcional a la voz hablante de la persona que usa el transmisor inalámbrico. En una conversación típica, cada persona habla menos de 35% del tiempo, lo que significa que la mayor parte del tiempo el canal de voz inverso no está siendo modulado debido a voz. Con o sin voz, el canal inverso es modulado continuamente por SAT, que es utilizado por el sistema de comunicaciones inalámbricas para supervisar el estado de canal. La velocidad de modulación SAT es solamente aproximadamente 6 KHz. Los canales de voz soportan mensajes en banda que se utilizan para control de transferencia y por otras razones, tal como para establecer una llamada a tres, para contestar a una segunda llamada entrante mientras ya se está en una primera llamada, o para responder a un mensaje de "auditoría" del sistema de comunicaciones inalámbricas. Todos estos mensajes, aunque soportados en el canal de voz, tienen características similares a los mensajes de canal de control. Estos mensajes son transmitidos con poca frecuencia, y los sistemas de localización han ignorado estos mensajes y se han centrado en las transmisiones SAT más relevantes como la señal de interés.

En vista de las dificultades antes descritas que presenta la anchura de banda limitada de las señales de canal de voz inverso SAT y de voz FM, un objeto es proporcionar un método mejorado por el que las señales de canal de voz inverso (RVC) se pueden utilizar para localizar un transmisor inalámbrico, en particular en una situación de emergencia. Otro objeto es proporcionar un método de localización que permite que el sistema de localización evite hacer estimaciones de posición usando señales RVC en situaciones en las que es probable que la medición no cumplirá los requisitos preestablecidos de exactitud y fiabilidad. Esto ahorra recursos de sistema y mejora la eficiencia general del sistema de localización. El método mejorado se basa en dos técnicas. La figura 10A es un diagrama de flujo de un primer método para medir la localización usando señales de canal de voz inverso. El método incluye los pasos siguientes:

(i) Se supone en primer lugar que un usuario con un transmisor inalámbrico desea ser localizado o desea que su posición sea actualizada o mejorada. Éste puede ser el caso, por ejemplo, si el usuario inalámbrico ha marcado "911" y pide asistencia por emergencia. Por lo tanto, se supone también que el usuario es coherente y está en comunicación con un repartidor situado en el centro.

(ii) Cuando el repartidor desea una actualización de posición de un transmisor inalámbrico particular, el repartidor envía una orden de actualización de posición con la identidad del transmisor inalámbrico al Sistema de Localización Inalámbrica por una interfaz de aplicación.

(iii) El Sistema de Localización Inalámbrica responde al repartidor con una confirmación de que el Sistema de Localización Inalámbrica ha consultado el sistema de comunicaciones inalámbricas y ha obtenido la asignación de canal de voz para el transmisor inalámbrico.

(iv) El repartidor ordena al usuario inalámbrico que marque un número de 9 o más dígitos y que después pulse el botón "ENVIAR". Esta secuencia puede ser parecida a "123456789" o "911911911". Dos funciones tienen lugar en el canal de voz inverso cuando el usuario inalámbrico marca una secuencia de al menos 9 dígitos y después pulsa el botón "ENVIAR". En primer lugar, especialmente para un canal de voz celular AMPS, la marcación de dígitos produce el envío de tonos multifrecuencia de tono dual (DTMF) por el canal de voz. El índice de modulación de tonos DTMF es muy alto y durante el envío de cada dígito en la secuencia DTMF llevará típicamente la anchura de banda de la señal transmitida más allá de ± 10 KHz. La segunda función se produce a la pulsación del botón "ENVIAR". Tanto si el usuario inalámbrico está abonado como si no a llamada a tres u otras características especiales, el transmisor inalámbrico enviará un mensaje de voz usando un modo de "espacio y ráfaga" donde el transmisor deja brevemente de enviar la voz FM y SAT, y en cambio envía un mensaje de ráfaga modulado de la misma manera que el canal de control (10 Kbits Manchester). Si el usuario inalámbrico marca menos de 9 dígitos, el mensaje se compondrá de aproximadamente 544 bits. Si el usuario inalámbrico marca 9 dígitos o más, el mensaje consta de aproximadamente 987 bits.

(v) Después de la notificación por el repartidor, el Sistema de Localización Inalámbrica supervisa la anchura de banda de la señal transmitida en el canal de voz. Como se ha explicado anteriormente, cuando solamente el SAT se está transmitiendo, y aunque se estén transmitiendo voz y SAT, puede no haber suficiente anchura de banda en la señal transmitida para calcular una estimación de posición de alta calidad. Por lo tanto, el Sistema de Localización Inalámbrica conserva recursos de procesamiento de localización y espera hasta que la señal transmitida excede de una anchura de banda predeterminada. Ésta se puede establecer, por ejemplo, en algún punto en el rango de 8 KHz a 12 KHz. Cuando se envían los dígitos DTMF marcados o cuando se envía el mensaje de ráfaga, la anchura de banda excederá típicamente la anchura de banda predeterminada. De hecho, si el transmisor inalámbrico transmite los tonos DTMF

durante la marcación, cabría esperar que la anchura de banda excediese muchas veces de la anchura de banda predeterminada. Esto proporcionaría múltiples oportunidades para efectuar una estimación de posición. Si los tonos DTMF no se envían durante la marcación, el mensaje de ráfaga todavía se envía al tiempo de pulsar "ENVIAR", y la anchura de banda excederá típicamente del umbral predeterminado.

(vi) Solamente cuando la anchura de banda de la señal transmitida excede de la anchura de banda predeterminada, el Sistema de Localización Inalámbrica inicia el procesado de localización.

La figura 10B es un diagrama de flujo de otro método para medir la posición usando señales de canal de voz inverso. El método incluye los pasos siguientes:

(i) Se supone en primer lugar que un usuario con un transmisor inalámbrico desea ser localizado, o desea que se actualice o mejore su localización. Éste puede ser el caso, por ejemplo, si el usuario inalámbrico ha marcado "911" y está pidiendo asistencia por emergencia. Se supone que el usuario puede no desear marcar dígitos o puede no ser capaz de marcar ningún dígito según el método anterior.

(ii) Cuando el repartidor desea una actualización de posición para un usuario particular de transmisor inalámbrico, el repartidor envía una orden de actualización de posición al Sistema de Localización Inalámbrica por una interfaz de aplicación con la identidad del transmisor inalámbrico.

(iii) El Sistema de Localización Inalámbrica responde al repartidor con una confirmación.

(iv) El Sistema de Localización Inalámbrica ordena al sistema de comunicaciones inalámbricas que haga que el transmisor inalámbrico transmita enviando al transmisor inalámbrico un mensaje de "auditoría" o parecido. El mensaje de auditoría es un mecanismo por el que el sistema de comunicaciones inalámbricas puede obtener una respuesta del transmisor inalámbrico sin precisar una acción por parte del usuario final y sin hacer que el transmisor inalámbrico suene o sea alertado de otro modo. La recepción de un mensaje de auditoría hace que el transmisor inalámbrico responda con un mensaje de "respuesta a auditoría" en el canal de voz.

(v) Después de la notificación por el repartidor, el Sistema de Localización Inalámbrica comprueba la anchura de banda de la señal transmitida en el canal de voz. Como se ha explicado anteriormente, cuando solamente el SAT se está transmitiendo, y aunque se estén transmitiendo voz y SAT, puede no haber suficiente anchura de banda en la señal transmitida para calcular una estimación de posición de alta calidad. Por lo tanto, la radio localización conserva recursos de procesado de localización y espera hasta que la señal transmitida exceda de una anchura de banda predeterminada. Ésta se puede establecer, por ejemplo, en algún punto en el rango de 8 KHz a 12 KHz. Cuando se envíe el mensaje de respuesta a auditoría, la anchura de banda excederá típicamente de la anchura de banda predeterminada.

(vi) Solamente cuando la anchura de banda de la señal transmitida excede de la anchura de banda predeterminada, el Sistema de Localización Inalámbrica inicia el procesado de localización.

Método de combinación de estimaciones para mejorar la exactitud de la posición

La exactitud de la estimación de posición proporcionada por el Sistema de Localización Inalámbrica se puede mejorar combinando múltiples estimaciones de posición estadísticamente independiente hechas mientras el transmisor inalámbrico mantiene su posición. Incluso cuando un transmisor inalámbrico está 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 haya producido una colisión durante una estimación de posición puede haber dejado de transmitir o cambiado su posición para no colisionar ya durante las siguientes estimaciones de posición. Por lo tanto, la estimación de posición proporcionada por el Sistema de Localización Inalámbrica cambiará para cada transmisión, aunque se hagan transmisiones sucesivas dentro de un período muy corto de tiempo, y cada estimación de posición es estadísticamente independiente de las otras estimaciones, en particular con respecto a los errores producidos por el entorno cambiante.

Cuando se hacen varias estimaciones de posición consecutivas estadísticamente independientes para un transmisor inalámbrico que no ha cambiado su posición, las estimaciones de posición tenderán a agruparse en torno a la posición verdadera. El Sistema de Localización Inalámbrica combina las estimaciones de posición usando una media ponderada u otra construcción matemática similar para determinar la mejor estimación. El uso de una media ponderada es asistido por la asignación de un factor de calidad a cada estimación de posición independiente. Este factor de calidad se puede basar, por ejemplo, en los valores de correlación, intervalo de confianza, u otras mediciones similares derivadas del procesado de localización para cada estimación independiente. El Sistema de Localización Inalámbrica usa opcionalmente varios métodos para obtener múltiples transmisiones independientes del transmisor inalámbrico, incluyendo (i) usar su interfaz al sistema de comunicaciones inalámbricas para la orden de Hacer Transmitir; (ii) usar múltiples ráfagas consecutivas desde un protocolo de interfaz de aire basado en intervalo de tiempo, tal como TDMA o GSM; o (iii) dividir un canal de transmisión de voz en múltiples segmentos en un período de tiempo y realizar procesado de localización independientemente para cada segmento. Como el Sistema de Localización Inalámbrica aumenta el número de estimaciones de localización independientes que se combinan con la estimación de posición final, supervisa

una estadística indicando la calidad del grupo. Si la estadística está por debajo de un valor umbral preestablecido, el Sistema de Localización Inalámbrica asume que el transmisor inalámbrico está manteniendo su posición. Si la estadística sube por encima del valor umbral preestablecido, el Sistema de Localización Inalámbrica supone que el transmisor inalámbrico no está manteniendo su posición y por lo tanto deja de efectuar estimaciones de posición adicionales. La estadística que indica la calidad del grupo puede ser, por ejemplo, un cálculo de desviación estándar o un cálculo de media cuadrática (RMS) para las estimaciones de posición individuales que se combinan y con respecto a la estimación de posición combinada calculada dinámicamente. Al referir un registro de posición a una aplicación solicitante, el Sistema de Localización Inalámbrica indica, usando un campo en el registro de posición, el número de estimaciones de posición independientes combinadas para producir la estimación de posición referida.

Otro proceso ejemplar para obtener y combinar múltiples estimaciones de posición se explicará con referencia ahora a las figuras 11A-11D. Las figuras 11A, 11B y 11C ilustran esquemáticamente el "origen" conocido, "respuesta a búsqueda" y secuencias de "auditoría" de un sistema de comunicaciones inalámbricas. Como se representa 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 "originante" y una señal de "confirmación de orden". La señal de confirmación de orden se envía en respuesta a una asignación de canal de voz del sistema de comunicaciones inalámbricas (por ejemplo, MSC). Igualmente, como se representa en la figura 11B, una secuencia de búsqueda puede implicar dos transmisiones del transmisor inalámbrico. La secuencia de búsqueda se inicia por el sistema de comunicaciones inalámbricas, por ejemplo, cuando el transmisor inalámbrico es llamado por otro teléfono. Después de ser buscado, el transmisor inalámbrico transmite una respuesta a búsqueda; y a continuación, después de asignarle un canal de voz, el transmisor inalámbrico transmite una señal de confirmación de orden. El proceso de auditoría, en contraposición, provoca una sola transmisión inversa, una señal de respuesta a auditoría. Una secuencia de auditoría y respuesta a auditoría tiene el beneficio de no llamar al transmisor inalámbrico que está respondiendo.

Ahora se explicará la manera en que se puede usar estas secuencias para localizar un teléfono con mayor exactitud. Según un ejemplo, un teléfono robado, o un teléfono con un número de serie robado, se hace sonar repetidas veces con una señal de auditoría, que obliga a responder con múltiples respuestas de auditoría, permitiendo así localizar el teléfono con mayor exactitud. Sin embargo, para utilizar la secuencia de auditoría, el Sistema de Localización Inalámbrica envía las órdenes apropiadas usando su interfaz al sistema de comunicaciones inalámbricas, que envía el mensaje de auditoría al transmisor inalámbrico. El Sistema de Localización Inalámbrica también puede forzar una terminación de llamada (colgar) y después llamar de nuevo al transmisor inalámbrico usando el código ANI estándar. La llamada se puede terminar ordenando verbalmente al usuario móvil que desconecte la llamada, desconectando la llamada en el extremo de línea de tierra de la llamada, o enviando un mensaje artificial de desconexión por aire a la estación base. Este mensaje de desconexión por aire simula la pulsación del botón "FIN" en una unidad móvil. La rellamada invoca la secuencia de búsqueda antes descrita y fuerza al teléfono a iniciar dos transmisiones que se pueden utilizar para hacer estimaciones de posición.

Con referencia ahora a la figura 11D, ahora se resumirá el método de localización de gran exactitud. En primer lugar, se hace una estimación de posición inicial. A continuación, se emplea el proceso antes descrito de auditoría o "colgar y rellamar" para provocar una transmisión de respuesta por parte de la unidad móvil, y se hace después una segunda estimación de posición. Si se utiliza o no el proceso de auditoría o "colgar y rellamar" dependerá de si el sistema de comunicaciones inalámbricas y transmisor inalámbrico han implementado la funcionalidad de auditoría. Sin embargo, los pasos segundo y tercero se repiten para obtener muchas estimaciones de posición independientes que se consideran necesarias o deseables, y en último término las múltiples estimaciones de posiciones estadísticamente independientes se combinan en una media, media ponderada, o construcción matemática similar para obtener una mejor estimación. El uso de una media ponderada es asistido por la asignación de un factor de calidad a cada estimación de posición independiente. Este factor de calidad se puede basar en un porcentaje de correlación, intervalo de confianza, u otras mediciones similares derivadas del proceso de cálculo de posición.

Método de síntesis de anchura de banda para mejorar la exactitud de la localización

Además, el Sistema de Localización Inalámbrica es capaz de mejorar la exactitud de estimaciones de posición para transmisores inalámbricos cuya anchura de banda es relativamente estrecha usando una técnica de síntesis artificial de anchura de banda. Esta técnica se puede aplicar, por ejemplo, a los transmisores que usan los protocolos de interfaz de aire AMPS, NAMPS, TDMA, y GSM y para los que hay gran número de canales RF individuales disponibles para uso por el transmisor inalámbrico. A efectos ejemplificativos, la descripción siguiente se referirá a detalles específicos de AMPS; sin embargo, la descripción se puede alterar fácilmente para aplicarla a otros protocolos. Este método se basa en el principio de que cada transmisor inalámbrico es operativo para transmitir solamente señales de banda estrecha a frecuencias que se abarcan una banda de frecuencias ancha predefinida que es más ancha que la anchura de banda de las señales de banda estrecha individuales transmitidas por el transmisor inalámbrico. Este método se basa también en dicha interfaz entre el Sistema de Localización Inalámbrica y el sistema de comunicaciones inalámbricas en el que el WLS puede ordenar al sistema de comunicaciones inalámbricas que haga una transferencia de transmisor inalámbrico o conmute a otra frecuencia o canal RF. Emitiendo una serie de órdenes, el Sistema de Localización Inalámbrica puede forzar al transmisor inalámbrico a conmutar secuencialmente y de manera controlada a una serie de canales RF, lo que permite al WLS sintetizar efectivamente una señal de banda más ancha recibida de la serie de señales de banda estrecha transmitidas al objeto de procesamiento de localización.

En un ejemplo, los medios de síntesis de anchura de banda incluyen medios para determinar una fase de banda ancha frente a la frecuencia característica de las transmisiones del transmisor inalámbrico. Por ejemplo, las señales de banda estrecha tienen típicamente una anchura de banda de aproximadamente 20 KHz y la banda ancha predefinida de frecuencias abarca aproximadamente 12,5 MHz, que en este ejemplo, es el espectro asignado a cada portadora celular por la FCC. Con síntesis de anchura de banda, la resolución de las mediciones TDOA se puede incrementar a aproximadamente 1/12,5 MHz; es decir, la resolución disponible en el tiempo es la recíproca de la anchura de banda efectiva.

Un transmisor inalámbrico, un transmisor de calibración (si se utiliza), SCSs 10A, 10B y 10C, y un TLP 12 se muestran en la figura 12A. La posición del transmisor de calibración y los tres SCSs son conocidos con precisión a priori. Las señales, representadas por flechas de trazos en la figura 12A, son transmitidas por el transmisor inalámbrico y el transmisor de calibración, y recibidas en los SCSs 10A, 10B y 10C, y procesadas usando técnicas antes descritas. Durante el procesamiento de localización, los datos RF de un SCS (por ejemplo 10B) experimentan correlación cruzada (en el dominio de tiempo o frecuencia) con el flujo de datos de otro SCS (por ejemplo 10C) por separado para cada transmisor y para cada par de SCSs 10 para generar estimaciones TDOA TDOA₂₃ y TDOA₁₃. Una salida intermedia del procesamiento de localización es un conjunto de coeficientes que representa la potencia cruzada compleja en función de la frecuencia (por ejemplo, R₂₃).

Por ejemplo, si X(f) es la transformada de Fourier de la señal x(t) recibida en un primer lugar e Y(f) es la transformada de Fourier de la señal y(t) recibida en un segundo lugar, la potencia cruzada compleja R(f)=X(f)Y*(f), donde Y* es el conjugado complejo de Y. El ángulo de fase de R(f) a cualquier frecuencia f es igual a la fase de X(f) menos la fase de Y(f). El ángulo de fase de R(f) se puede denominar la fase marginal. En ausencia de ruido, interferencia y otros errores, la fase marginal es una función de frecuencia perfectamente lineal dentro de una banda de frecuencia (contigua) observada; y la pendiente de la línea es menos el retardo de grupo interferométrico, o TDOA; la interceptación de la línea en la frecuencia central de la banda, igual al valor promedio de la fase de R(f), se denomina "la" fase marginal de la observación cuando se hace referencia a toda la banda. Dentro de una banda, la fase marginal se puede considerar una función de la 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 TDOA calibradas TDOA₂₃ y TDOA₁₃, respectivamente. En el proceso de calibración, la fase marginal del transmisor de calibración se resta de la fase marginal del transmisor inalámbrico para cancelar errores sistemáticos que son comunes a ambos. Puesto que cada fase marginal original es la diferencia entre las fases de señales recibidas en dos SCSs 10, el proceso de calibración se denomina frecuentemente de doble diferenciación y se dice que el resultado calibrado está doblemente diferenciado. La estimación TDOA T-ij es una estimación con probabilidad máxima de la diferencia de tiempo de llegada (TDOA), entre los lugares i y j, de la señal transmitida por el transmisor inalámbrico, calibrada y también corregida para efectos de propagación de caminos múltiples en las señales. Las estimaciones TDOA de diferentes pares de lugares de celdas se combinan para derivar la estimación de posición. Es sabido que se puede obtener estimaciones TDOA más exactas observando una anchura de banda más ancha. Generalmente no es posible incrementar la anchura de banda "instantánea" 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 corto, se pueda observar una anchura de banda ancha.

En un sistema celular inalámbrico típico, por ejemplo, los canales 313-333 son canales de control y los 395 canales restantes son canales de voz. La frecuencia central de un transmisor inalámbrico que transmite en el canal RF de voz número 1 (RVC 1) es 826,030 MHz y el intervalo de frecuencia de centro a centro de canales sucesivos de 0,030 MHz. El número de canales de voz asignados a cada celda de un bloque típico de reutilización de frecuencia de siete celdas es aproximadamente 57 (es decir, 395 dividido por 7) y estos canales se distribuyen en todo el rango de 395 canales, espaciados cada 7 canales. Obsérvese después que cada lugar de celda utilizado en un sistema AMPS tiene canales que abarcan toda la banda de 12,5 MHz asignada por la FCC. Por ejemplo, si designamos las celdas de cada frecuencia establecidas en configuración de reutilización celdas "A" a "G", los números de canal asignados a la(s) celda(s) "A" podría ser 1, 8, 15, 22,..., 309; los números de los canales asignados a las celdas "B" se determinan añadiendo 1 a los números de canal "A"; y así sucesivamente hasta G.

El método comienza cuando el transmisor inalámbrico ha sido asignado a un canal RF de voz, y el Sistema de Localización Inalámbrica ha disparado el procesamiento de localización para las transmisiones del transmisor inalámbrico. Como parte del procesamiento de localización, las estimaciones TDOA TDOA₁₃ y TDOA₂₃ combinadas pueden tener, por ejemplo, un error de desviación estándar de 0,5 microsegundo. El método que combina mediciones de diferentes canales RF explota la relación entre TDOA, fase marginal, y radiofrecuencia. Denotar el valor "verdadero" del retardo de grupo o TDOA, es decir, el valor que se observaría en ausencia de ruido, trayectos múltiples y cualquier error instrumental, por τ ; igualmente, denotar el valor verdadero de fase marginal por φ ; y denotar la radiofrecuencia por f. La fase marginal φ está relacionada con τ y f por:

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

donde φ se mide en ciclos, f en Hz y τ en segundos; y n es un entero que representa la ambigüedad intrínseca de ciclo

entero de una medición de fase doblemente diferenciada. El valor de n no es conocido a priori, pero es el mismo para observaciones a frecuencias contiguas, es decir, dentro de cualquier canal de frecuencia. El valor de n es generalmente diferente para observaciones a frecuencias separadas. τ se puede estimar a partir de observaciones en un canal de frecuencia única, en efecto, ajustando una línea recta a la fase marginal observada en función de la frecuencia dentro del canal. La pendiente de la línea de mejor ajuste es igual a menos la estimación deseada de τ . En el caso de canal único, n es constante y así la ecuación 1 se puede diferenciar para obtener:

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

Se pueden obtener estimaciones independientes de τ por ajuste de línea recta a las observaciones de ϕ en función de f por separado para cada canal, pero cuando se observan dos canales de frecuencia separados (no contiguos), una sola línea recta no ajustará en general en las observaciones de ϕ en función de f de ambos canales porque, en general, el entero n tiene valores diferentes para los dos canales. Sin embargo, en algunas condiciones, es posible determinar y quitar la diferencia entre estos dos valores enteros y después ajustar una sola línea recta a todo el conjunto de datos de fase que abarca ambos canales. La pendiente de esta línea recta se determinará mucho mejor porque se basa en una banda más amplia de frecuencias. En algunas condiciones, la incertidumbre de la estimación de pendiente es inversamente proporcional al intervalo de frecuencia.

En este ejemplo, supóngase que el transmisor inalámbrico ha sido asignado al canal RF de voz 1. La diferencia de radiofrecuencia entre los canales 1 y 416 es tan grande que no se puede determinar inicialmente la diferencia entre los enteros n_1 y n_{416} correspondientes a estos canales. Sin embargo, de las observaciones en uno o ambos canales tomados por separado, se puede derivar una estimación TDOA inicial τ_0 . Ahora el Sistema de Localización Inalámbrica ordena al sistema de comunicaciones inalámbricas 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 es procesada para actualizar o refinar la estimación τ_0 . A partir de τ_0 se puede calcular la fase marginal "teórica" ϕ_0 en función de la frecuencia, igual a $(-\tau_0)$. Se puede calcular la diferencia entre la fase realmente observada ϕ y la función teórica ϕ_0 , donde la fase realmente observada es igual a la fase verdadera dentro de una fracción muy pequeña, típicamente 1/50 de un ciclo:

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

o

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

donde $\Delta\phi = \phi - \phi_0$ y $\Delta\tau = \tau - \tau_0$. La ecuación 4 se representa en la figura 12B que ilustra la diferencia, $\Delta\phi$, entre la fase marginal observada ϕ y el valor ϕ_0 calculado a partir de la estimación TDOA inicial τ_0 , en función de la frecuencia f para los canales 1 y 8.

Para la banda de frecuencias de 20 KHz de ancho correspondiente al canal 1, un gráfico de $\Delta\phi$ en función de f es típicamente una línea recta horizontal. Para la banda de frecuencias de 20 KHz de ancho correspondiente al canal 8, el gráfico de $\Delta\phi$ en función de f también es una línea recta horizontal. Las pendientes de estos segmentos de línea son generalmente casi cero porque la cantidad $(f\Delta\tau)$ generalmente no varía una fracción significativa de un ciclo dentro de 20 KHz porque $\Delta\tau$ es menos el error de la estimación τ_0 . La magnitud de este error no excederá típicamente de 1,5 microsegundos (3 veces la desviación estándar de 0,5 microsegundos en este ejemplo), y el producto de 1,5 microsegundos y 20 KHz está por debajo de 4% de un ciclo. En la figura 12B, el gráfico de $\Delta\phi$ para el canal 1 se desplaza verticalmente del gráfico de $\Delta\phi$ para el canal 8 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 medios de $\Delta\phi$ para los canales 1 y 8, estará (con probabilidad sumamente alta) dentro de $\pm 0,3$ ciclo del valor verdadero de la diferencia, n_1 y n_8 , porque el producto de la magnitud probablemente máxima de $\Delta\tau$ (1,5 microsegundos) y la separación de canales 1 y 8 (210 KHz) es 0,315 ciclo. En otros términos, la diferencia $n_1 - n_8$ es igual a la diferencia entre los valores medios de $\Delta\phi$ para los canales 1 y 8, redondeada al entero más próximo. Después de determinar la diferencia entera $n_1 - n_8$ por este procedimiento de redondeo, se suma el entero $\Delta\phi$ para el canal 8 o se resta de $\Delta\phi$ para el canal 1. La diferencia entre los valores medios de $\Delta\phi$ para los canales 1 y 8 es generalmente igual al error en la estimación TDOA inicial, τ_0 , por 210 KHz. La diferencia entre los valores medios de $\Delta\phi$ para los canales 1 y 8 se divide por 210 KHz y el resultado se añade a τ_0 para obtener una estimación de τ , el valor verdadero de TDOA; esta nueva estimación puede ser considerablemente más exacta que τ_0 .

Este método de escalonamiento de frecuencia y afino de TDOA se puede extender a canales más espaciados para obtener resultados todavía más exactos. Si se utiliza τ_1 para representar el resultado afinado obtenido de los canales 1 y 8, τ_0 se puede sustituir por τ_1 en el método recién descrito; y el Sistema de Localización Inalámbrica puede ordenar al sistema de comunicaciones inalámbricas que el transmisor inalámbrico conmute, por ejemplo, del canal 8 al canal 36; después se puede usar τ_1 para determinar la diferencia entera $n_8 - n_{16}$ y se puede obtener una estimación TDOA en base al intervalo de frecuencia de 1,05 MHz entre los canales 1 y 36. La estimación se puede denominar τ_2 ; y el transmisor inalámbrico conmutarse, por ejemplo, del canal 36 al 112, y así sucesivamente. En principio, el rango completo de frecuencias asignado a la portadora celular puede ser abarcado. Los números de canal (1, 8, 36, 112) utilizados en este ejemplo son, naturalmente, arbitrarios. El principio general es que una estimación de la TDOA en base a un intervalo

pequeño de frecuencias (comenzando con un único canal) se utiliza para resolver toda la ambigüedad de la diferencia de fase marginal entre frecuencias más ampliamente separadas. Ésta última separación de frecuencia no debería ser demasiado grande: se limita por la incertidumbre de la estimación anterior de TDOA. En general, el peor error en la estimación anterior multiplicado por la diferencia de frecuencia no puede exceder de 0,5 ciclo.

Si el intervalo de frecuencia más pequeño (por ejemplo, 210 KHz) entre los canales menos espaciados asignados a una celda particular no puede ser puentado porque la peor incertidumbre de la estimación TDOA de canal único excede de 2,38 microsegundos (igual a 0,5 ciclo dividido por 0,210 MHz), el Sistema de Localización Inalámbrica ordena al sistema de comunicaciones inalámbricas que fuerce al transmisor inalámbrico a efectuar una transferencia de un lugar de celda a otro (por ejemplo de un grupo de frecuencias a otro), de tal manera que el salto de frecuencia sea menor. Hay posibilidad de identificar mal la diferencia entera entre las diferencias de fase ($\Delta\phi$ s) para dos canales, por ejemplo, porque el transmisor inalámbrico se movió durante la transferencia de un canal al otro. Por lo tanto, como verificación, el Sistema de Localización Inalámbrica puede invertir cada transferencia (por ejemplo, después de conmutar del canal 1 al canal 8, conmutar de nuevo del canal 8 al canal 1) y confirmar que la diferencia de ciclo entero determinada tiene exactamente la misma magnitud y el signo contrario que para la transferencia "directa". Se puede usar una estimación de velocidad considerablemente no cero de las observaciones FDOA de canal único para extrapolar el intervalo de tiempo implicado en un cambio de canal. De ordinario este intervalo de tiempo se puede mantener a una pequeña fracción de 1 segundo. El error de estimación FDOA multiplicado por el intervalo de tiempo entre canales debe ser pequeño en comparación con 0,5 ciclo. El Sistema de Localización Inalámbrica emplea preferiblemente varias redundancias y verificaciones contra mala identificación de enteros.

Reentrada dirigida para 911

Otro aspecto novedoso del Sistema de Localización Inalámbrica se refiere a un método de "reentrada dirigida" para uso en conexión con un sistema de comunicaciones inalámbricas de modo doble que soporta al menos un primer método de modulación y un segundo método de modulación. En tal situación, se supone que los métodos de modulación primero y segundo se usan en diferentes canales RF (es decir, canales para el sistema de comunicaciones inalámbricas que soporta un WLS y el sistema PCS, respectivamente). También se supone que el transmisor inalámbrico a localizar es capaz de soportar ambos métodos de modulación, es decir, es capaz de marcar "911" en el sistema de comunicaciones inalámbricas que tiene soporte del Sistema de Localización Inalámbrica.

Por ejemplo, el método de reentrada dirigida se podría usar en un sistema en el que haya un número insuficiente de estaciones base para soportar un Sistema de Localización Inalámbrica, pero que está operando en una región servida por un Sistema de Localización Inalámbrica asociado con otro sistema de comunicaciones inalámbricas. El "primer" sistema de comunicaciones inalámbricas podría ser un sistema telefónico celular y el "segundo" sistema de comunicaciones inalámbricas podría ser un sistema PCS que opere dentro del mismo territorio que el primer sistema. Cuando el transmisor móvil está usando actualmente el segundo método (PCS) de modulación e intenta originar una llamada a 911, se hace que el transmisor móvil conmute automáticamente al primer método de modulación, y después origine la llamada a 911 usando el primer método de modulación en uno del conjunto de canales RF preestablecidos para uso por el primer sistema de comunicaciones inalámbricas. De esta manera, se puede proporcionar servicios de localización a clientes de un sistema PCS o análogo que no sea servido por su propio Sistema de Localización Inalámbrica.

Conclusión

La descripción anterior de una realización actualmente preferida de un Sistema de Localización Inalámbrica usa términos explicativos, tal como Sistema de Recogida de Señales (SCS), Procesador de localización TDOA (TLP), Procesador de Aplicaciones (AP), y análogos. Como entenderán los expertos en la materia, muchos de los aspectos aquí descritos se pueden aplicar en sistemas de localización que no se basan en técnicas TDOA. Por ejemplo, los procesos por los que el Sistema de Localización Inalámbrica usa la Lista de Tareas, etc, se puede aplicar a sistemas no TDOA. En tales sistemas no TDOA, los TLPs descritos anteriormente no serían necesarios para realizar cálculos TDOA. Igualmente, los ejemplos no se limitan a sistemas que emplean SCSs contruidos como se ha descrito anteriormente, ni a sistemas que emplean APs que cumplen todos los detalles descritos anteriormente. Los SCSs, TLPs y APs son, en esencia, dispositivos programables de recogida y procesamiento de datos que podrían tomar varias formas. Dado el costo rápidamente decreciente del procesamiento de señales digitales 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 el SCS o AP) sin cambiar el funcionamiento del sistema. En muchos casos, el lugar de implementación (es decir, el elemento funcional) aquí descrito es meramente una preferencia del diseñador y no un requisito estricto.

REIVINDICACIONES

1. Un método para uso en un sistema de localización inalámbrica capaz de localizar un transmisor móvil y suministrar estimaciones de posición a una o más aplicaciones basadas en posición, donde un proceso de estimación de posición se lleva a cabo según uno o más parámetros de calidad de servicio, incluyendo los pasos de:
 - (a) asignar al menos un primer y un segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio predeterminados a una clase de llamada específica o identidad de transmisor móvil;
 - (b) emplear un factor de densidad de sitio para determinar la cantidad de tiempo de recogida y/o el procesado de señal requerido para cumplir el primer y el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio, respectivamente;
 - (c) producir una primera estimación de posición en un proceso por lo que la recogida de datos de señal y el procesado de cálculo de posición son limitados por la cantidad de tiempo de recogida y/o el procesado de señal determinado en el paso (b) para el primer conjunto de parámetros de calidad de servicio;
 - (d) suministrar la primera estimación de posición a al menos una de dicha una o más aplicaciones basadas en posición;
 - (e) producir una segunda estimación de posición en un proceso por lo que la recogida de datos de señal y el procesado de cálculo de posición son limitados por la cantidad de tiempo de recogida y/o el procesado de señal determinado en el paso (b) para el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio; y
 - (f) suministrar la segunda estimación de posición a al menos una de dicha una o más aplicaciones basadas en posición.
2. El método expuesto en la reivindicación 1, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio se determina por el tipo de aplicación basada en posición a la que se ha de suministrar una estimación de posición.
3. El método expuesto en la reivindicación 1, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio se determina por el número llamado.
4. El método expuesto en la reivindicación 1, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio se determina por el número llamante.
5. El método expuesto en la reivindicación 1, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio se determina por la identificación del transmisor móvil.
6. El método expuesto en la reivindicación 1, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un nivel de prioridad.
7. El método expuesto en la reivindicación 1, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un límite de tiempo en la recogida de señal.
8. El método expuesto en la reivindicación 1, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un límite de tiempo en el procesado de señal.
9. El método expuesto en la reivindicación 1, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un límite de tiempo en la latencia total.
10. El método expuesto en la reivindicación 1, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un umbral de potencia de la señal.
11. El método expuesto en la reivindicación 1, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un límite de tiempo para suministro de una estimación de posición.
12. El método expuesto en la reivindicación 1, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un umbral de exactitud de posición.
13. El método expuesto en la reivindicación 1, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un umbral de exactitud de velocidad.
14. El método expuesto en la reivindicación 1, donde la segunda estimación de posición es independiente de la primera estimación de posición.
15. El método expuesto en la reivindicación 1, donde la segunda estimación de posición se basa al menos

parcialmente en la primera estimación de posición.

16. El método expuesto en la reivindicación 1, donde la primera estimación de posición y la segunda estimación de posición son determinadas en paralelo.

17. El método expuesto en la reivindicación 1, donde la aplicación basada en posición del paso (f) no es la misma que la aplicación basada en posición del paso (d).

18. El método expuesto en la reivindicación 1, donde el paso (e) incluye múltiples estimaciones de posición con un período entre estimaciones establecido por el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio.

19. El método expuesto en la reivindicación 1, donde el paso (e) incluye múltiples estimaciones de posición con un número establecido por el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio.

20. El método expuesto en la reivindicación 1, donde el paso (e) incluye múltiples estimaciones de posición con un período de tiempo total establecido por el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio.

21. El método expuesto en la reivindicación 1, donde la primera estimación de posición y la segunda estimación de posición incluyen un elemento de información que identifica la estimación de posición como la primera estimación de posición o la segunda estimación de posición.

22. Un sistema de localización inalámbrica capaz de localizar un transmisor móvil y suministrar estimaciones de posición a una o más aplicaciones basadas en posición, donde un proceso de estimación de posición se lleva a cabo según uno o más parámetros de calidad de servicio, incluyendo:

(a) medios para asignar al menos un primer y un segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio predeterminados a una clase de llamada específica o identidad de transmisor móvil;

(b) medios para emplear un factor de densidad de sitio para determinar la cantidad de tiempo de recogida y/o el procesamiento de señal requerido para cumplir el primer y el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio;

(c) medios para producir una primera estimación de posición en un proceso por lo que la recogida de datos de señal y el procesamiento de cálculo de posición son limitados por la cantidad de tiempo de recogida y/o el procesamiento de señal determinado en el paso (b) para el primer conjunto de parámetros de calidad de servicio;

(d) medios para transmitir la primera estimación de posición a al menos una de dicha una o más aplicaciones basadas en posición;

(e) medios para producir una segunda estimación de posición en un proceso por lo que la recogida de datos de señal y el procesamiento de cálculo de posición son limitados por la cantidad de tiempo de recogida y/o el procesamiento de señal determinado en el paso (b) para el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio; y

(f) medios para transmitir la segunda estimación de posición a al menos una de dicha una o más aplicaciones basadas en posición.

23. El sistema expuesto en la reivindicación 22, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio se determina por el tipo de aplicación basada en posición a la que se ha de suministrar una estimación de posición.

24. El sistema expuesto en la reivindicación 22, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio se determina por el número llamado.

25. El sistema expuesto en la reivindicación 22, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio se determina por el número llamante.

26. El sistema expuesto en la reivindicación 22, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio se determina por la identificación del transmisor móvil.

27. El sistema expuesto en la reivindicación 22, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un nivel de prioridad.

28. El sistema expuesto en la reivindicación 22, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un límite de tiempo en la recogida de señal.

29. El sistema expuesto en la reivindicación 22, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un límite de tiempo en el procesamiento de señal.

30. El sistema expuesto en la reivindicación 22, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un límite de tiempo en la latencia total.
- 5 31. El sistema expuesto en la reivindicación 22, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un umbral de potencia de la señal.
32. El sistema expuesto en la reivindicación 22, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un límite de tiempo para suministro de una estimación de posición.
- 10 33. El sistema expuesto en la reivindicación 22, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un umbral de exactitud de posición.
34. El sistema expuesto en la reivindicación 22, donde al menos uno de los parámetros de calidad de servicio incluye un umbral de exactitud de velocidad.
- 15 35. El sistema expuesto en la reivindicación 22, donde la segunda estimación de posición es independiente de la primera estimación de posición.
- 20 36. El sistema expuesto en la reivindicación 22, donde la segunda estimación de posición se basa al menos parcialmente en la primera estimación de posición.
37. El sistema expuesto en la reivindicación 22, donde la primera estimación de posición y la segunda estimación de posición son determinadas en paralelo.
- 25 38. El sistema expuesto en la reivindicación 22, incluyendo medios para producir múltiples estimaciones de posición con un período entre estimaciones establecido por el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio.
39. El sistema expuesto en la reivindicación 23, incluyendo medios para producir múltiples estimaciones de posición con un número establecido por el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio.
- 30 40. El sistema expuesto en la reivindicación 22, incluyendo medios para producir múltiples estimaciones de posición con un período de tiempo total establecido por el segundo conjunto de parámetros de calidad de servicio.

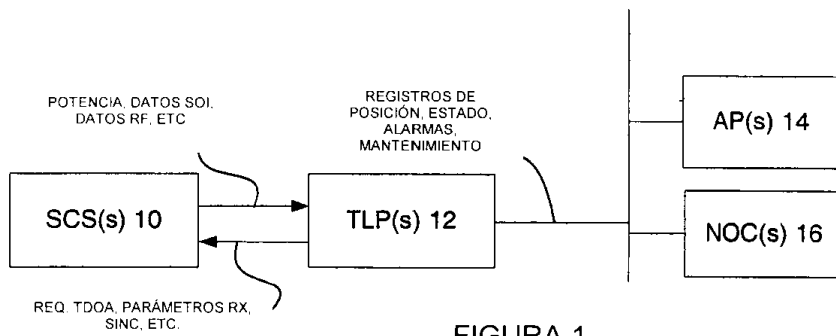


FIGURA 1

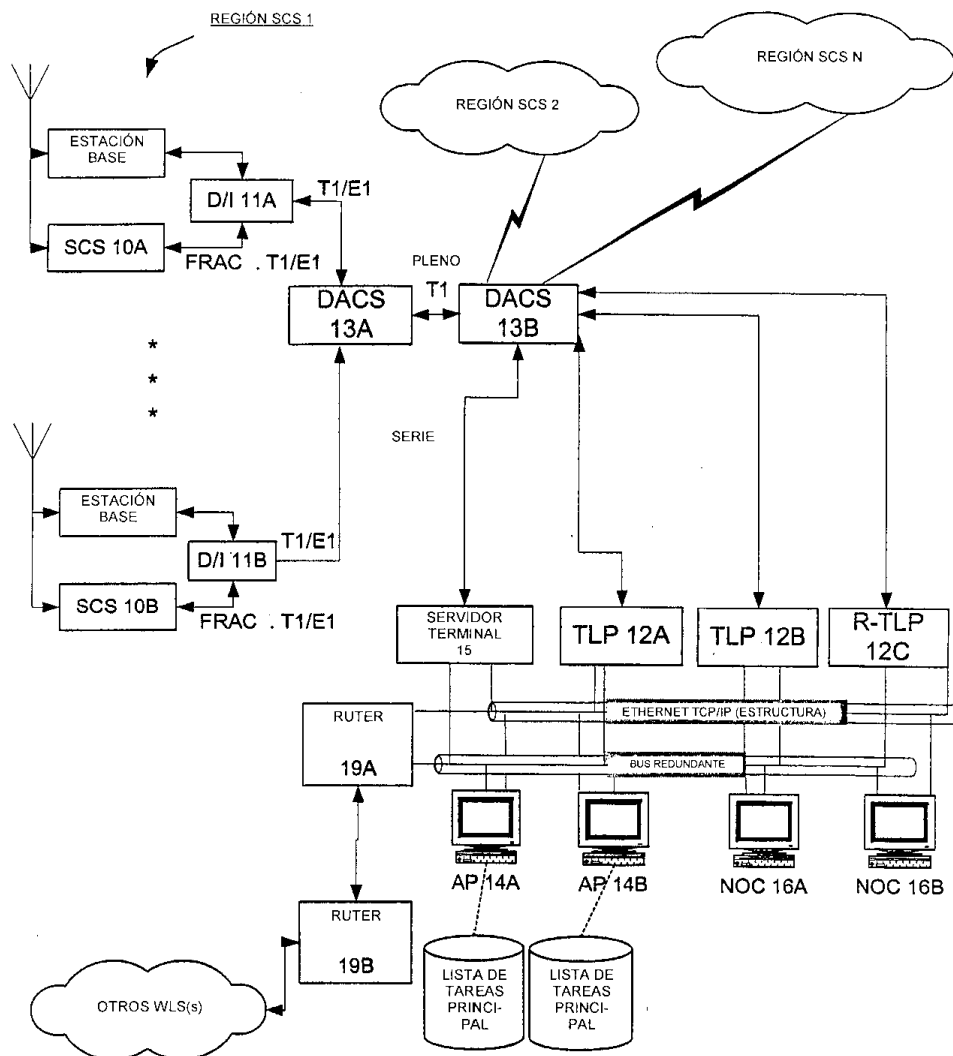


FIGURA 1A

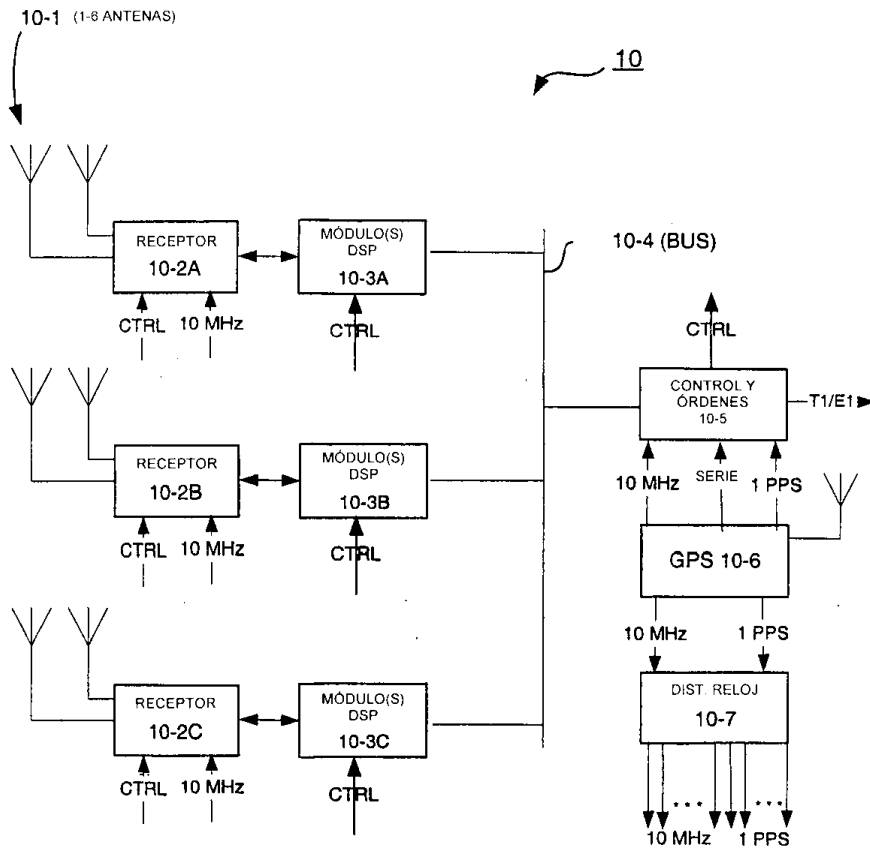


FIGURA 2

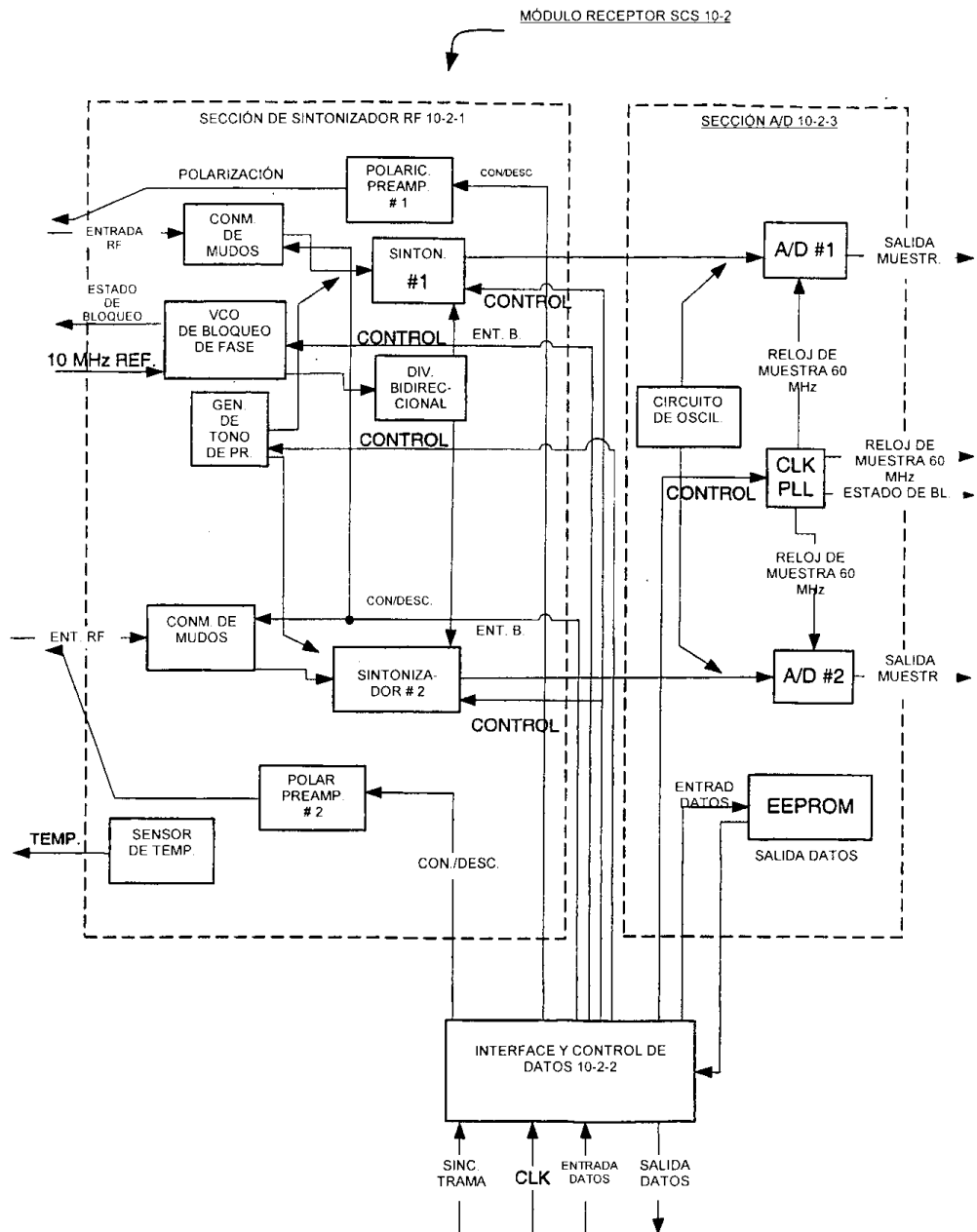


FIGURA 2A

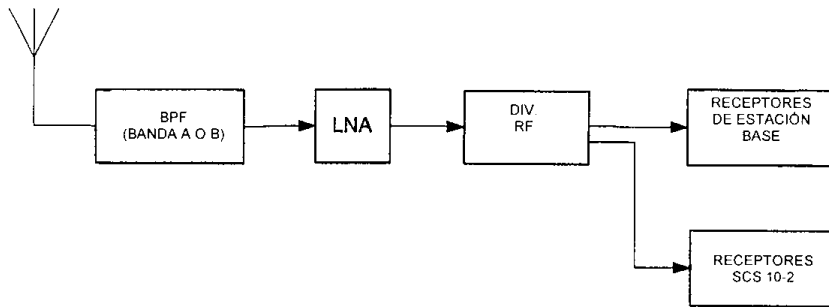


FIGURA 2B

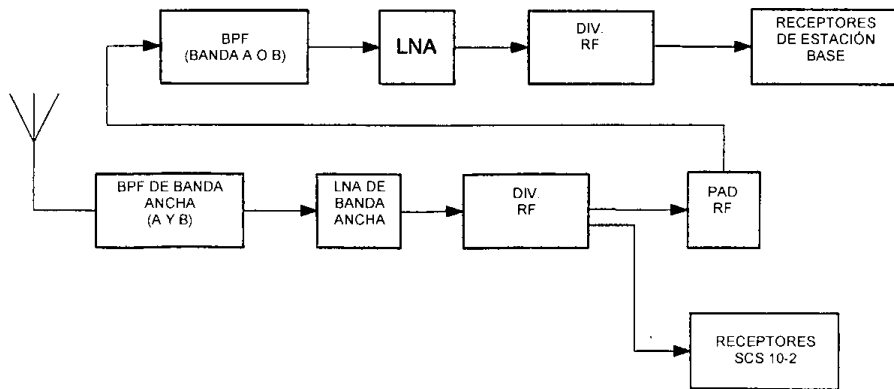


FIGURA 2C

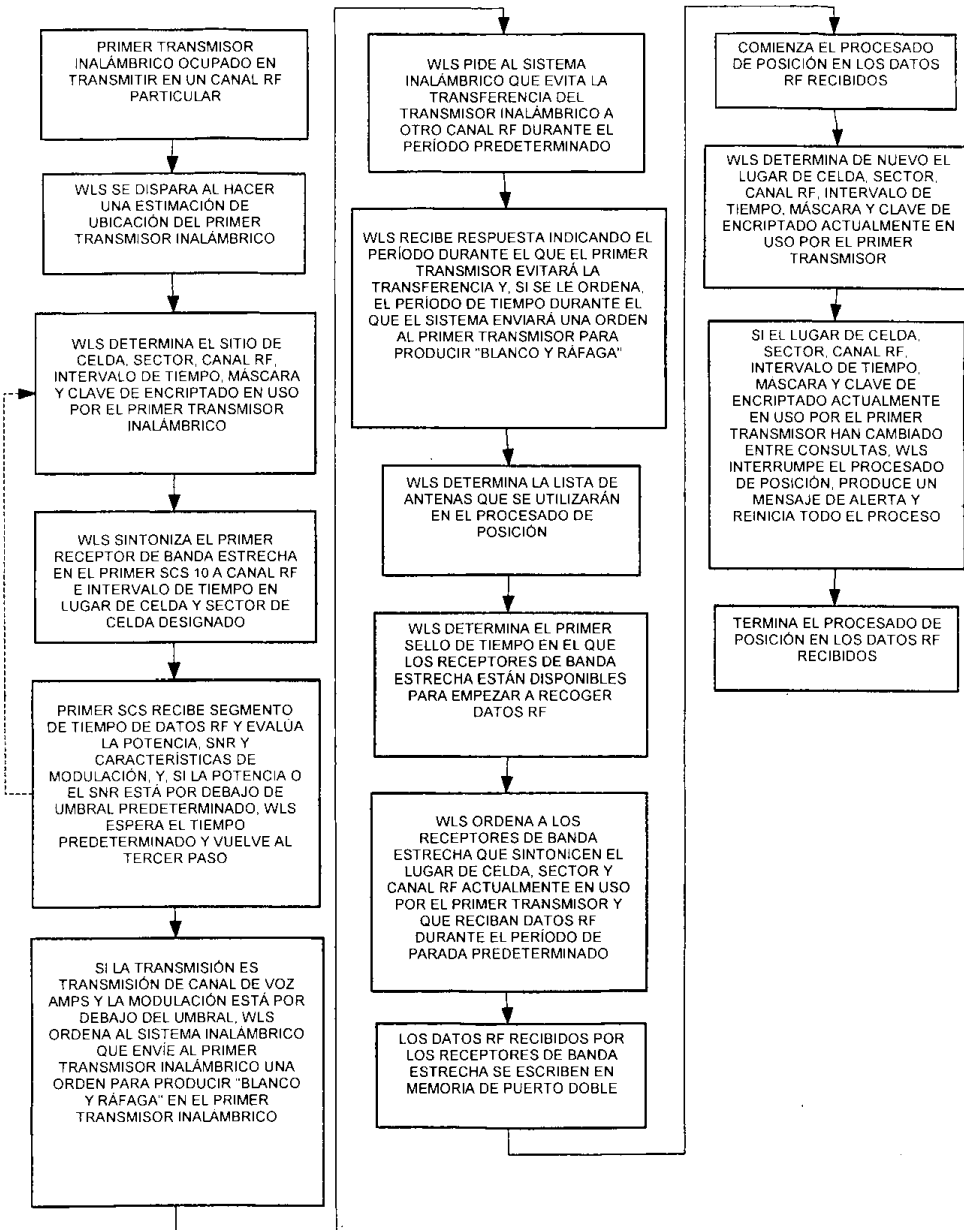


FIGURA 2C-1

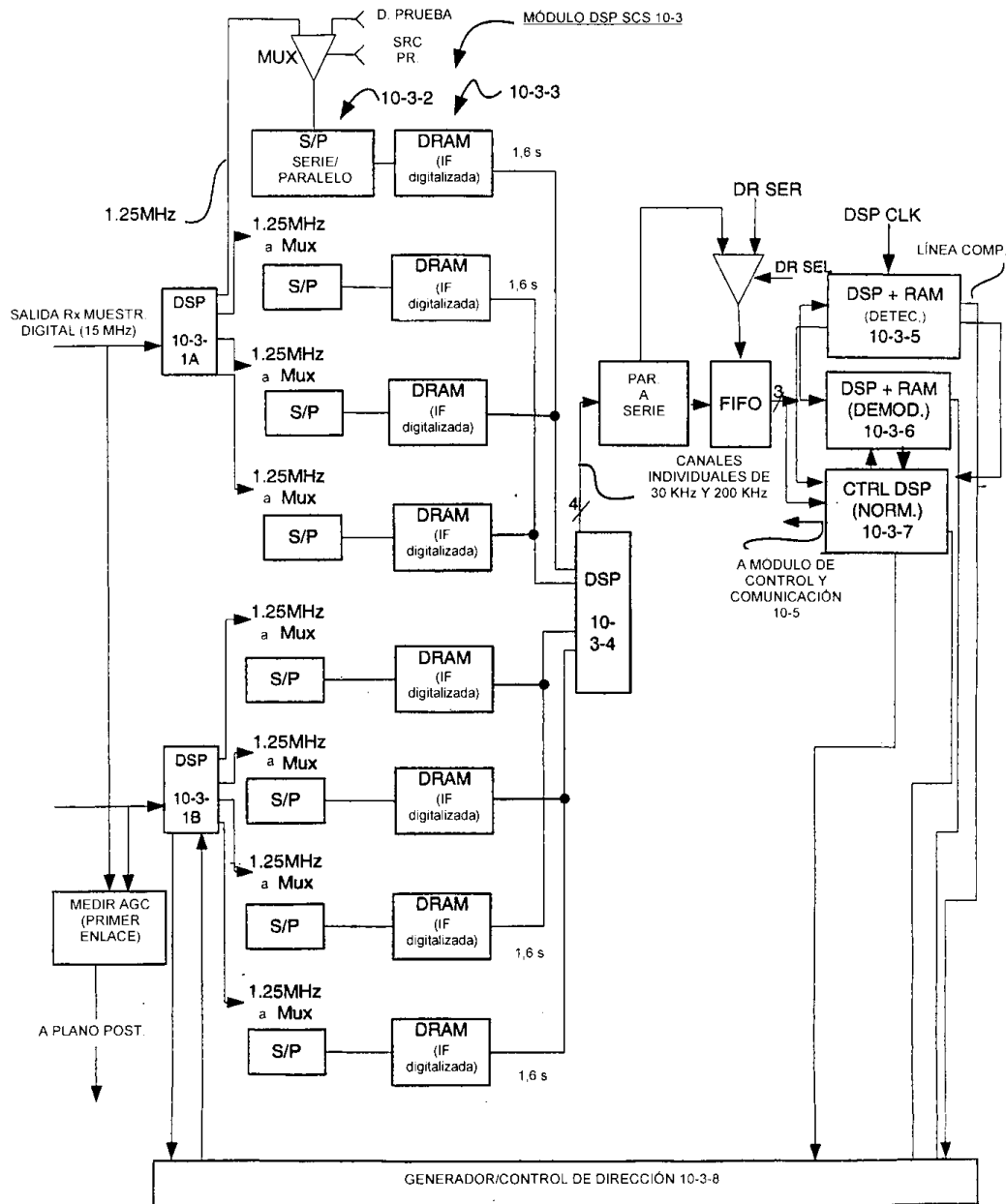


FIGURA 2D

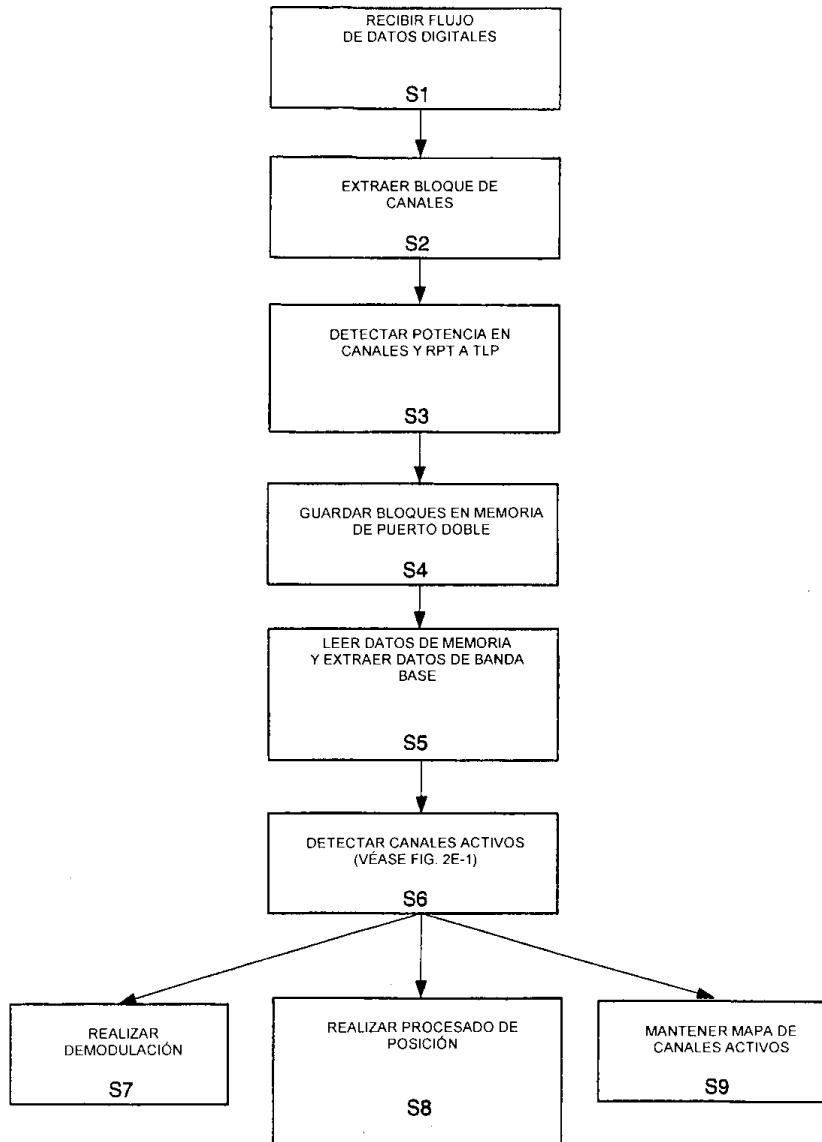


FIGURA 2E

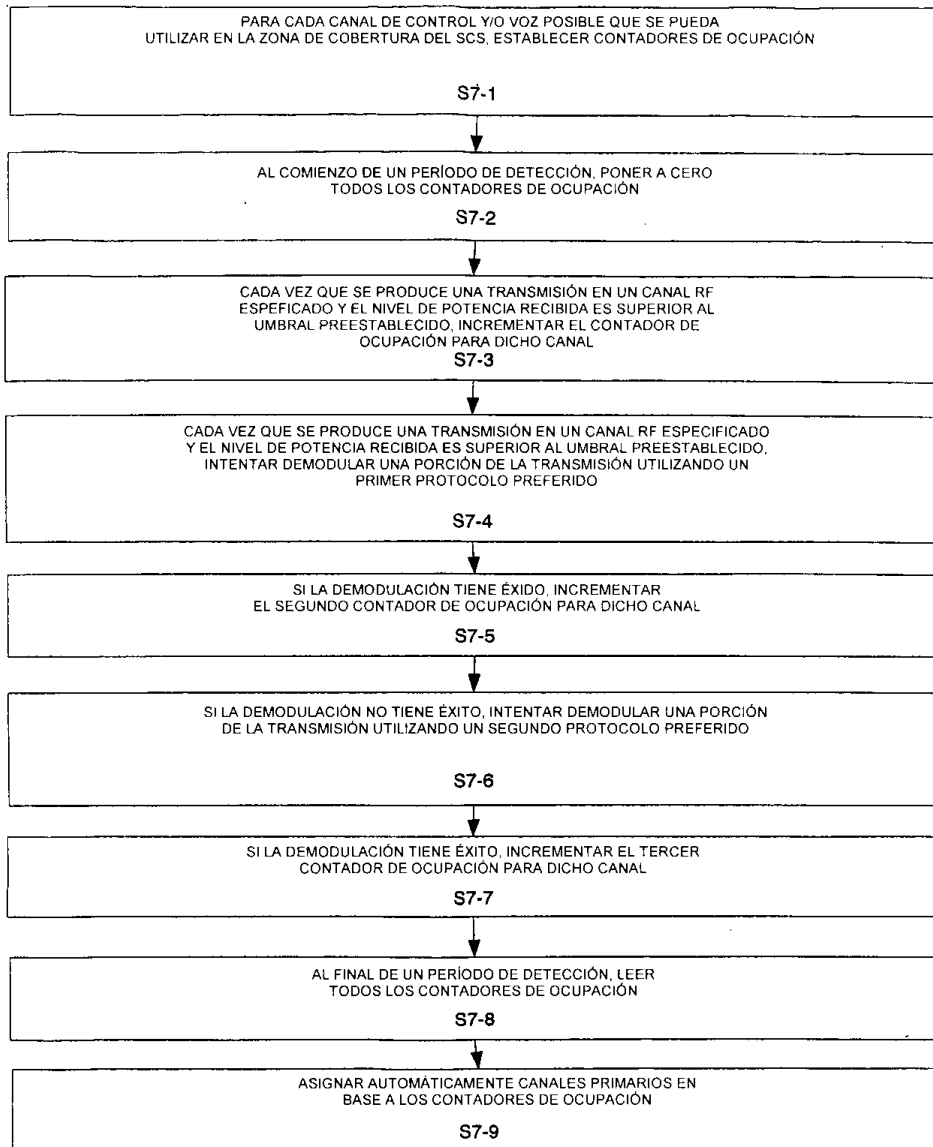


FIGURA 2E-1

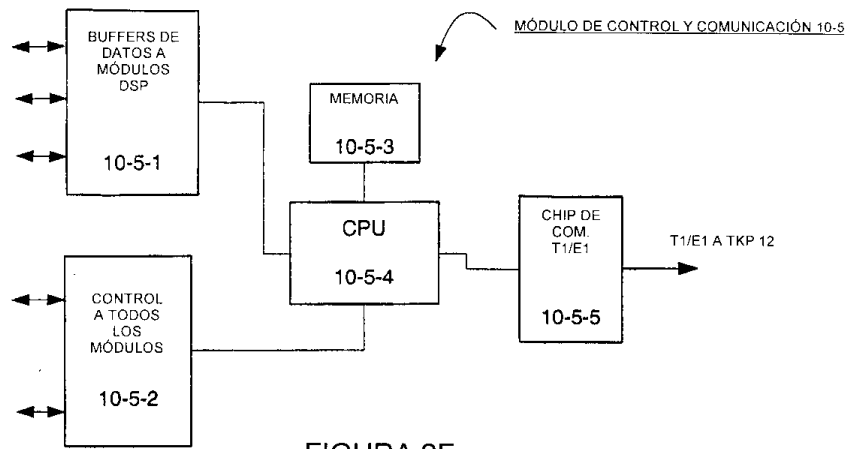


FIGURA 2F

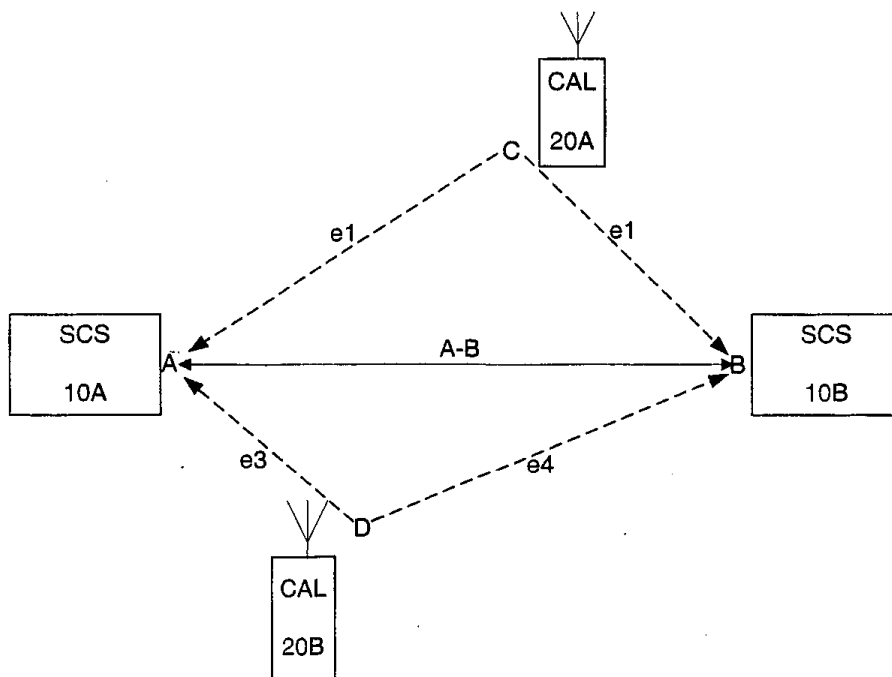


FIGURA 2G

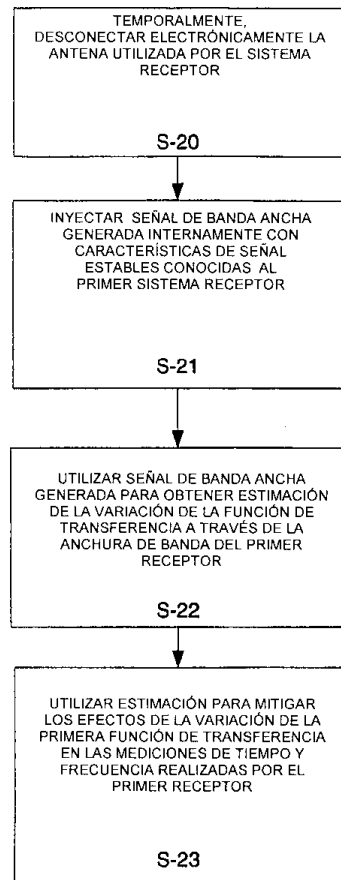


FIGURA 2H

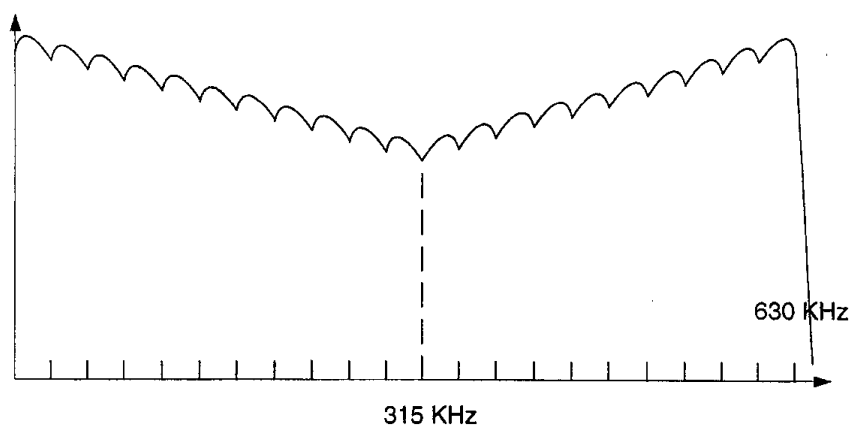


FIGURA 2I

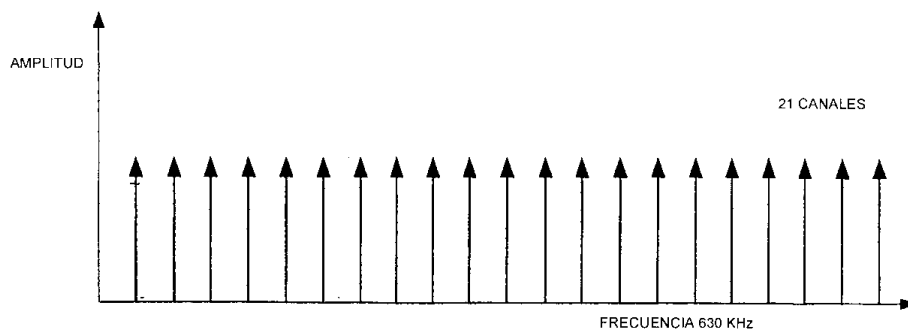


FIGURA 2J

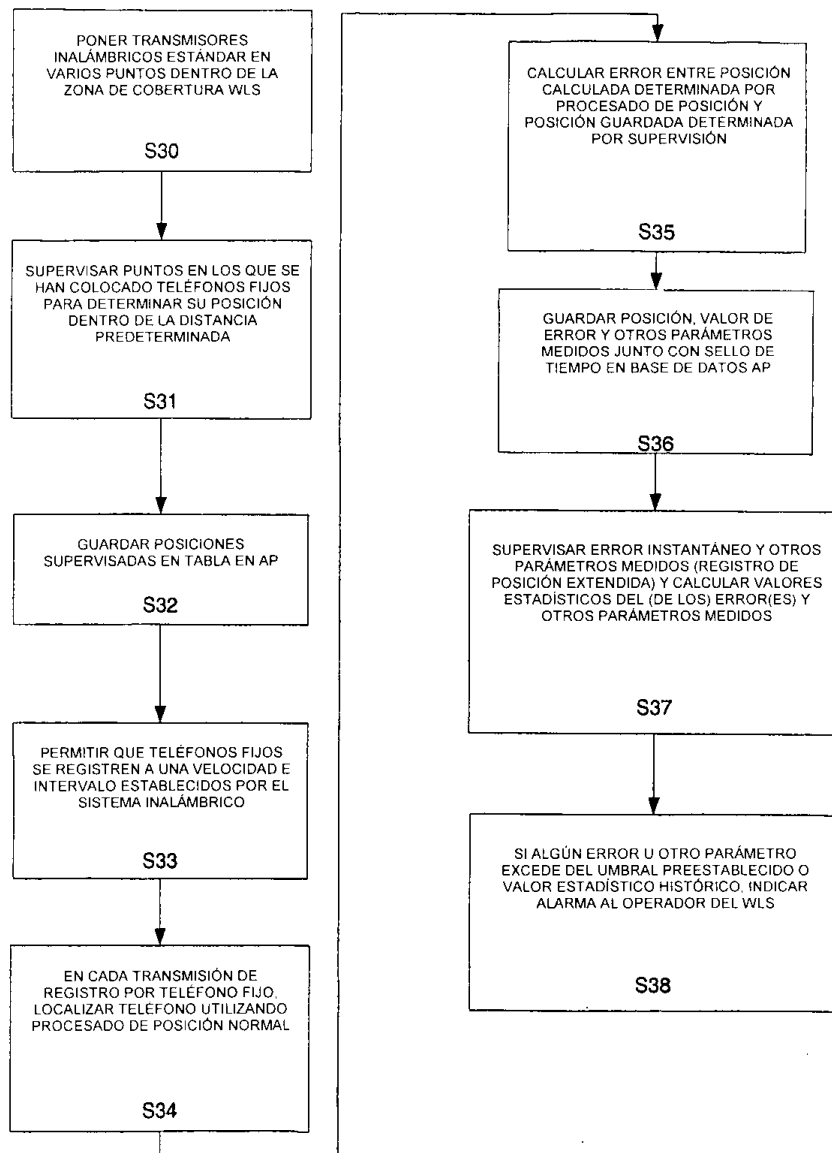


FIGURA 2K

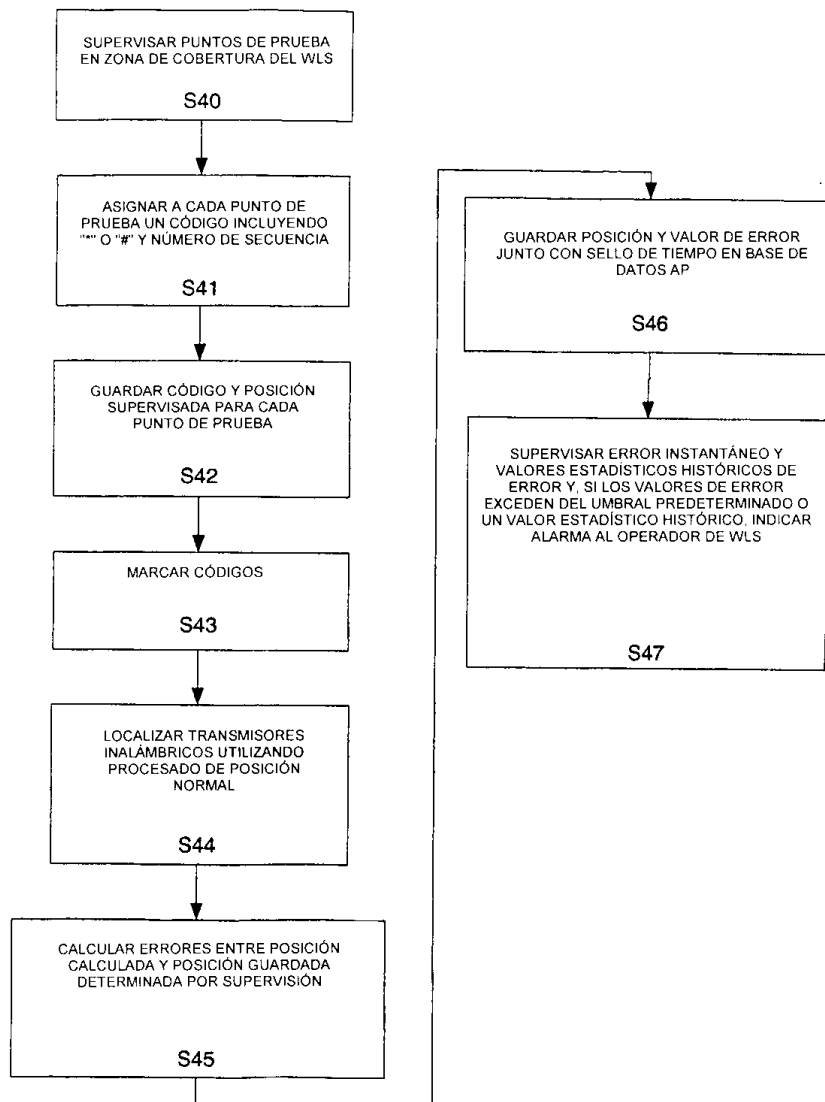


FIGURA 2L

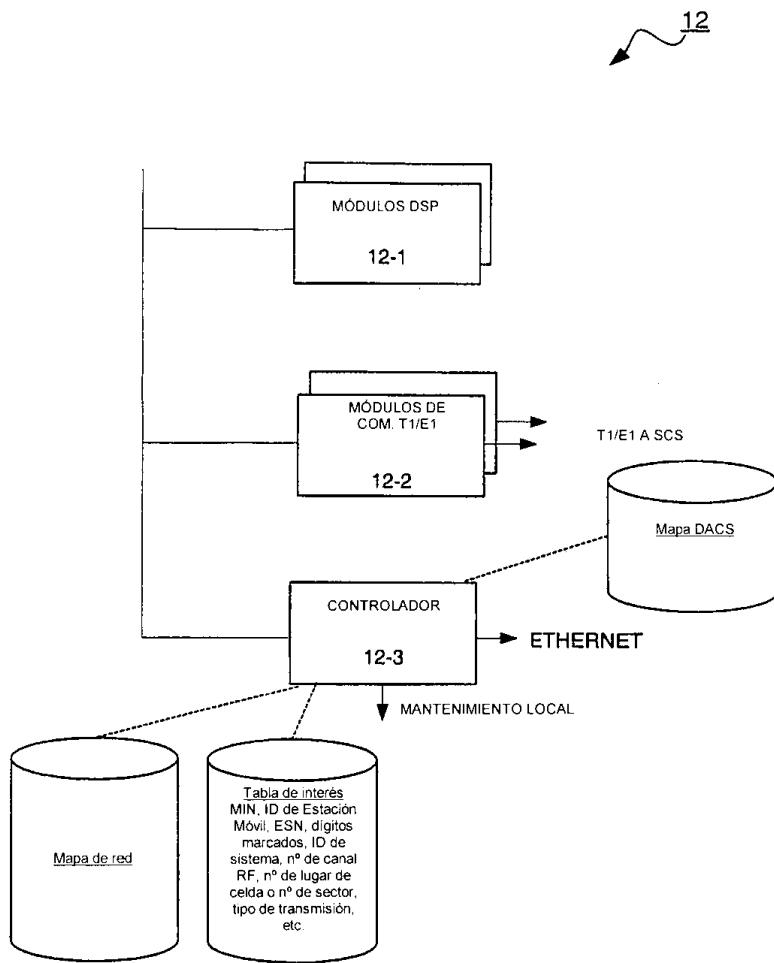


FIGURA 3

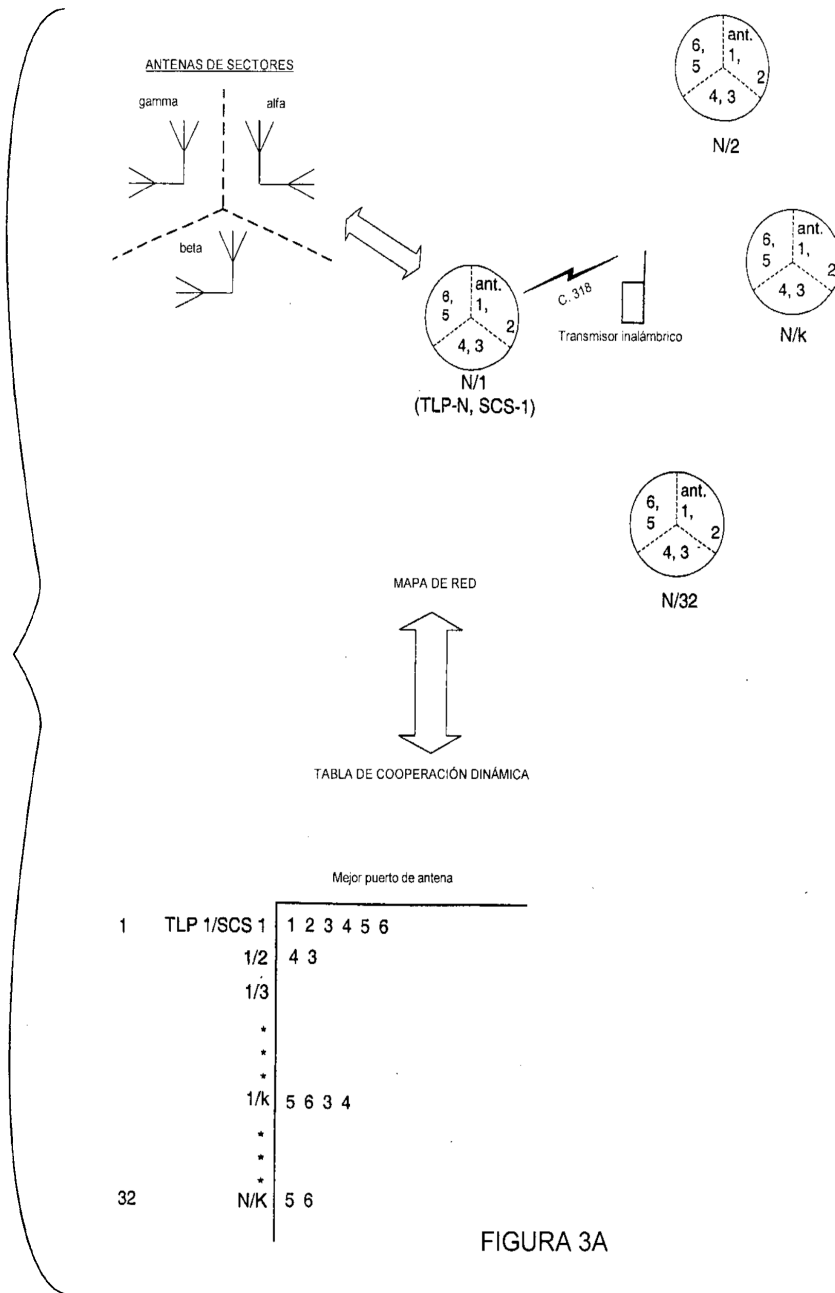


FIGURA 3A

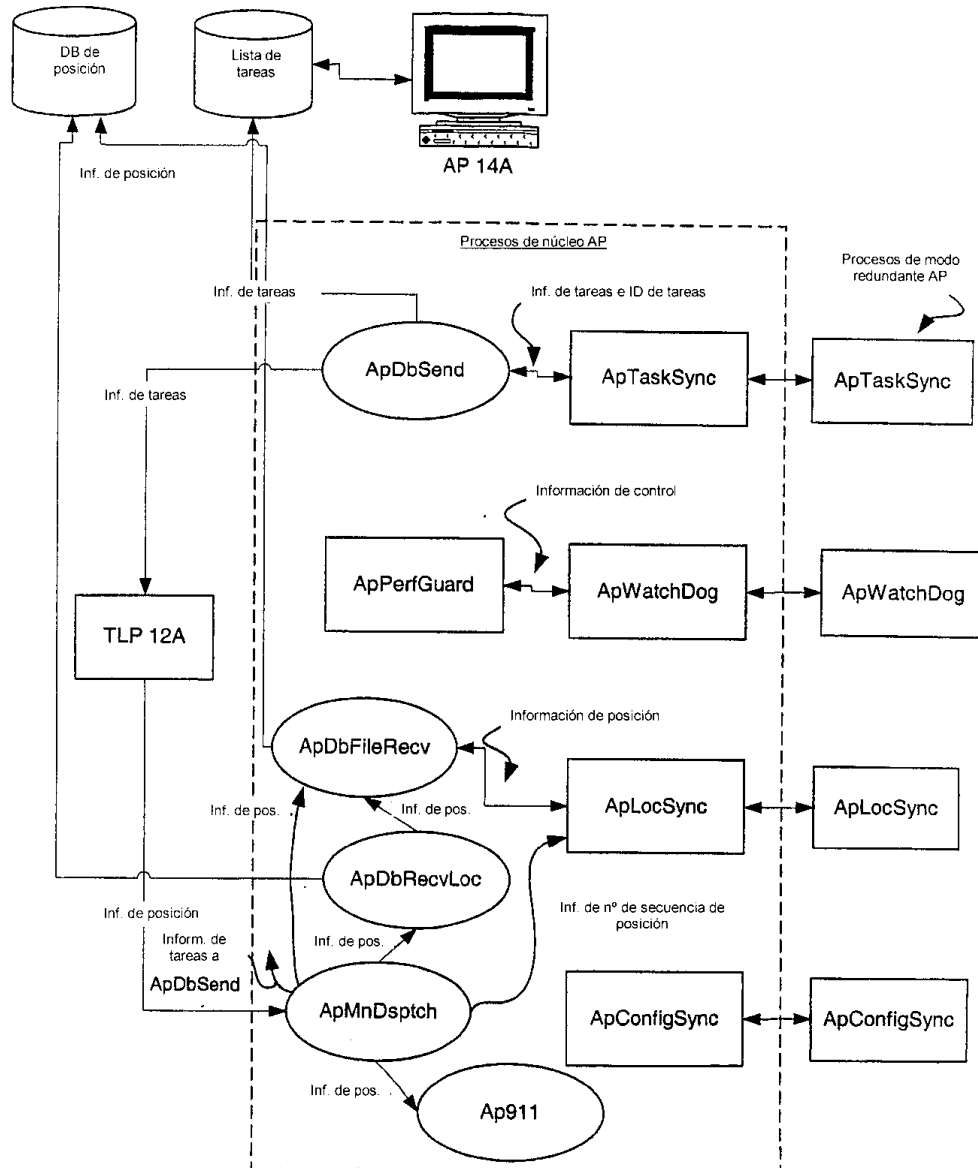


FIGURA 4

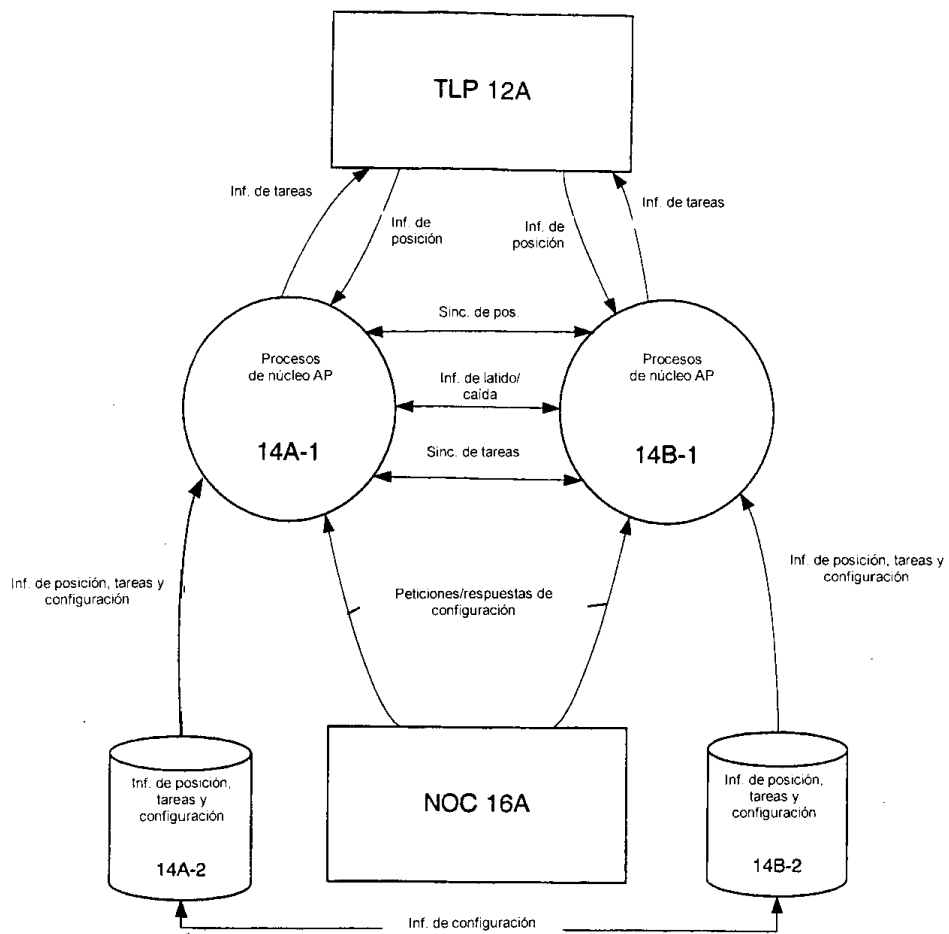


FIGURA 4A

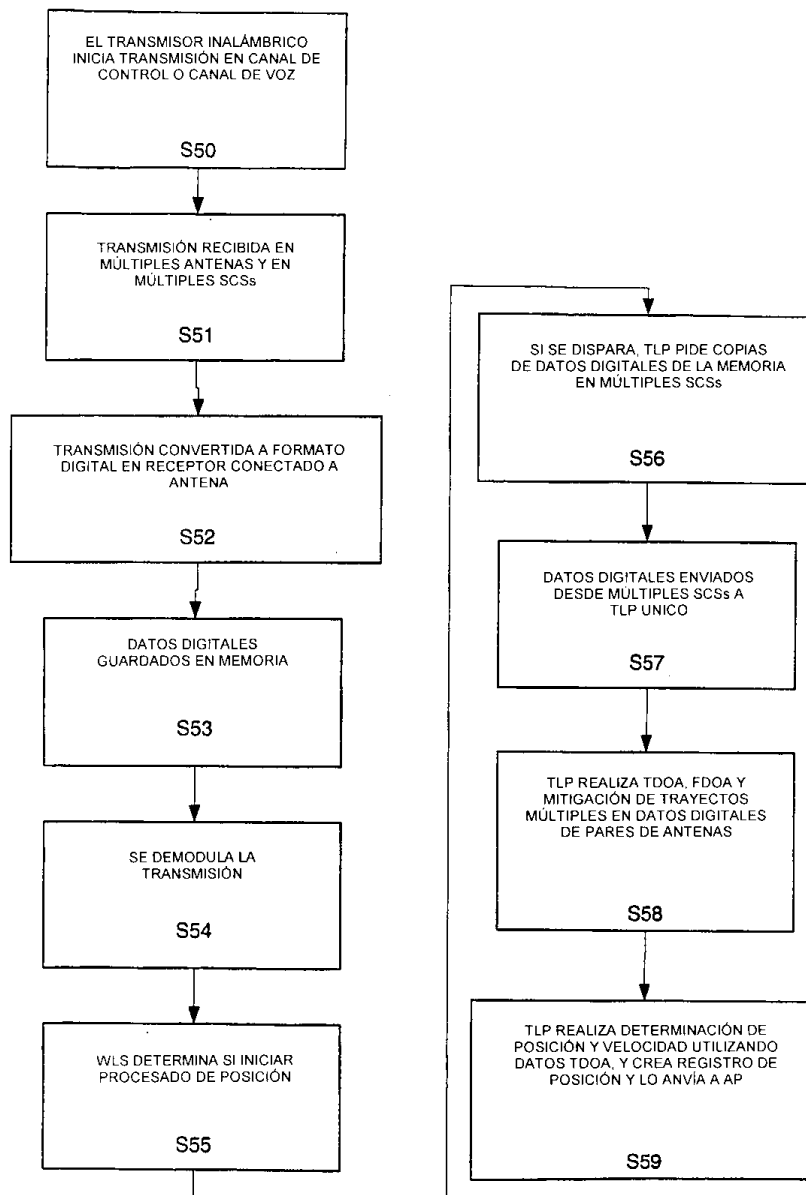


FIGURA 5

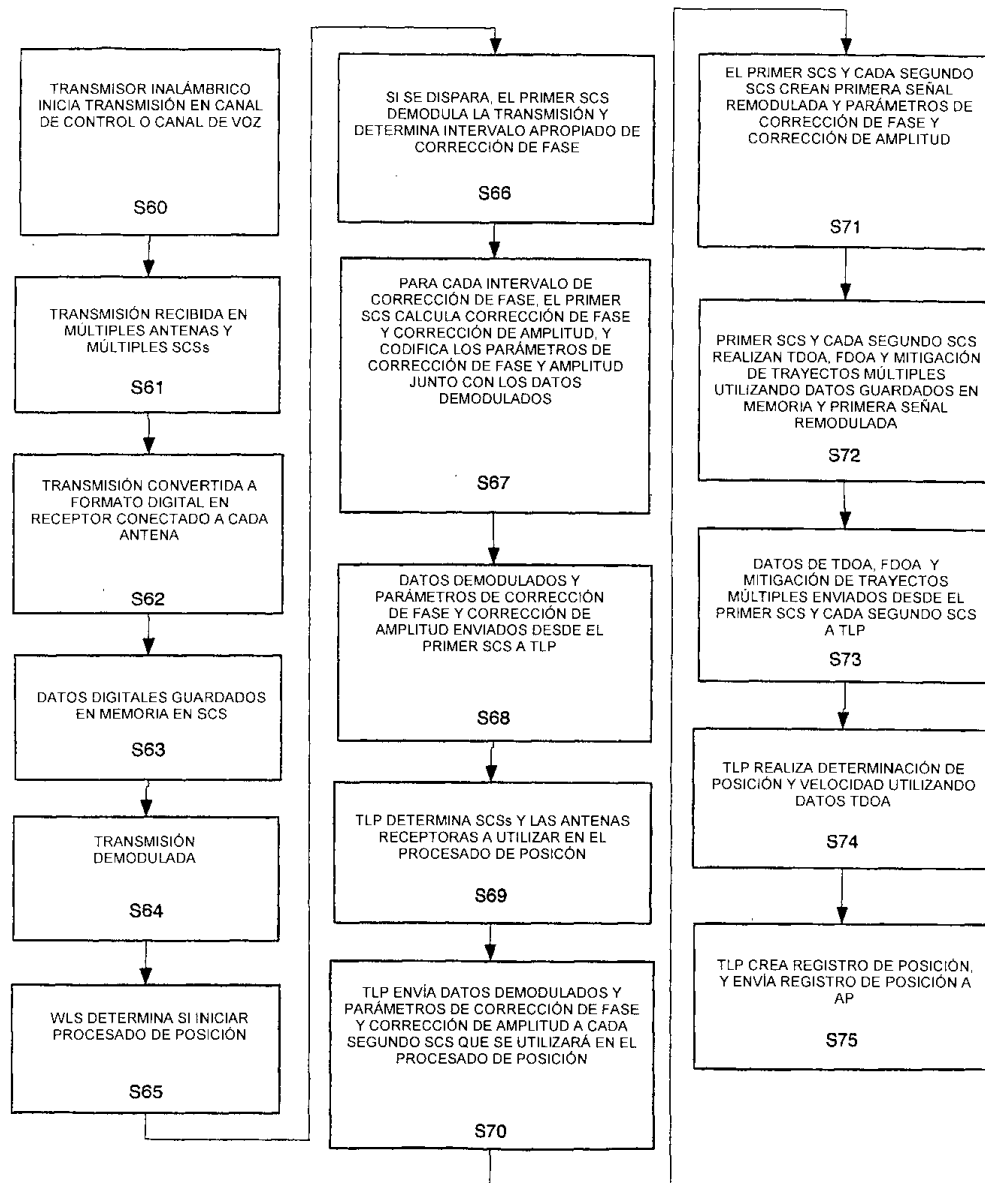


FIGURA 6

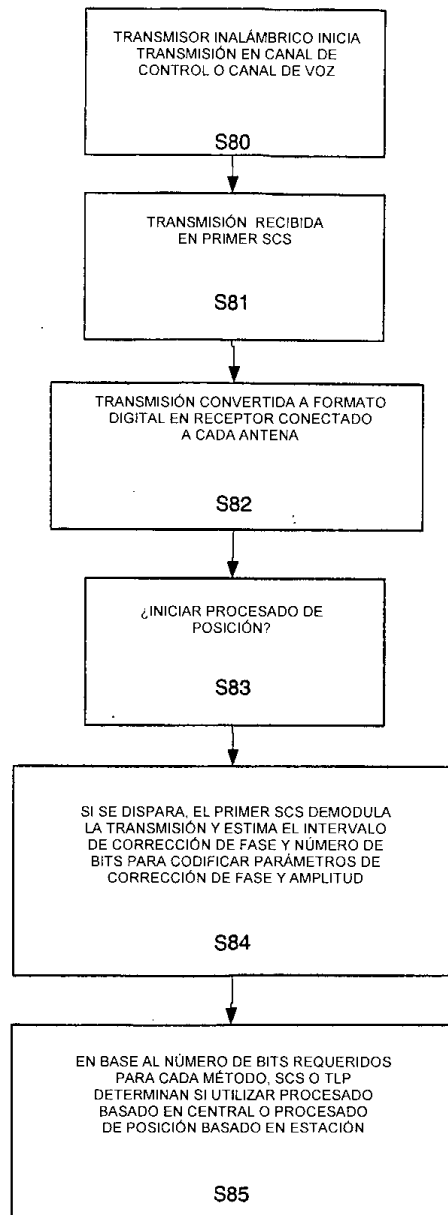


FIGURA 7

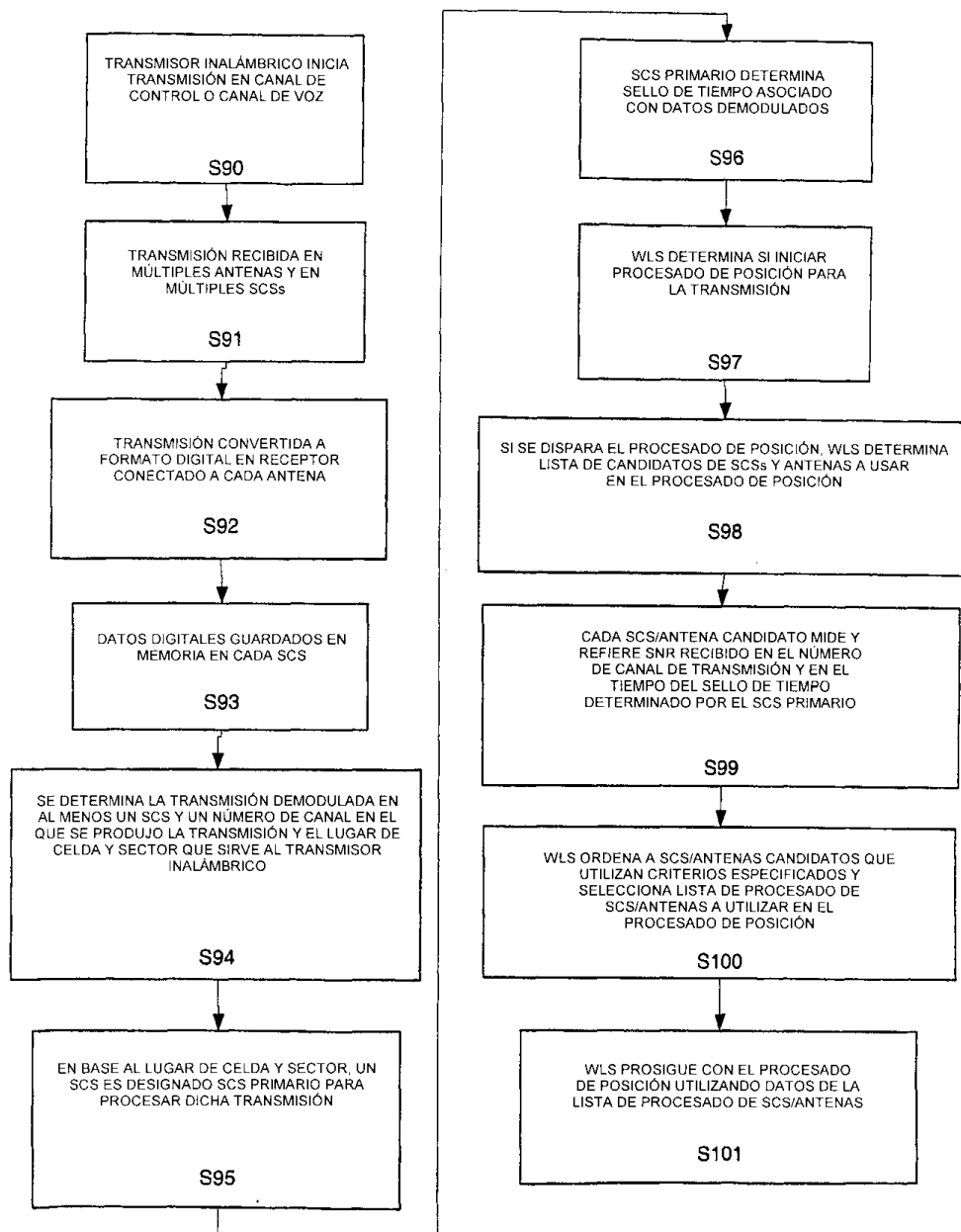


FIGURA 8

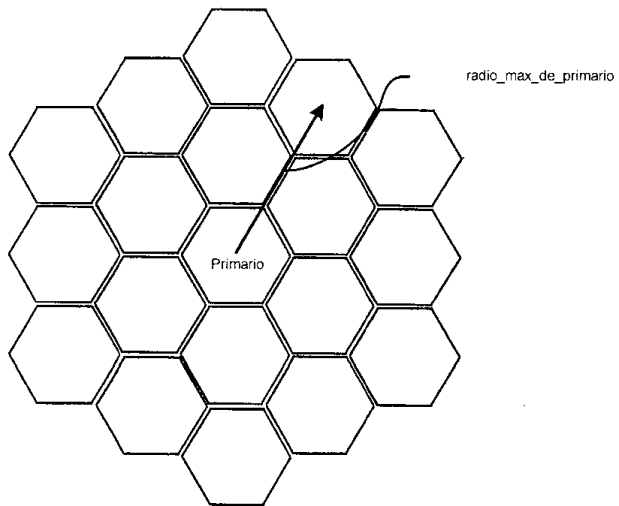


FIGURA 9

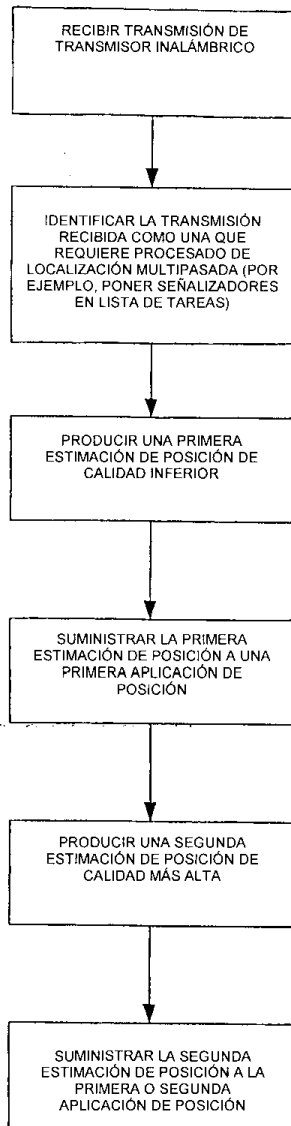


FIGURA 9A

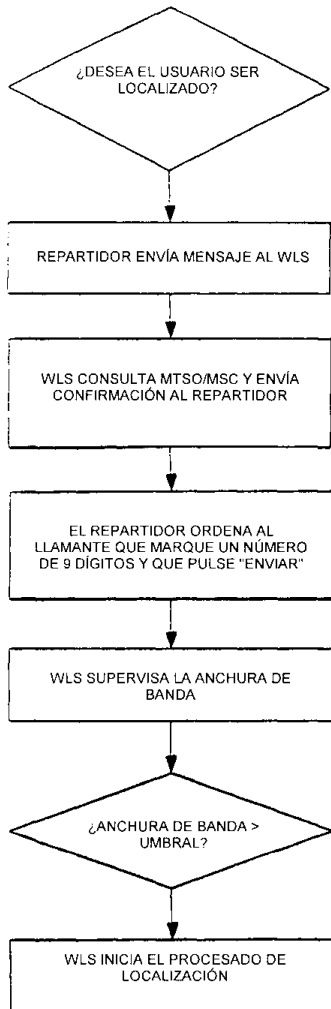


FIGURA 10A

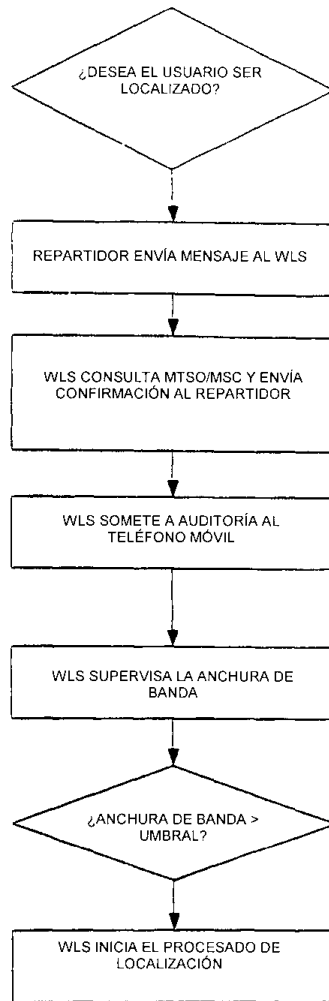


FIGURA 10B

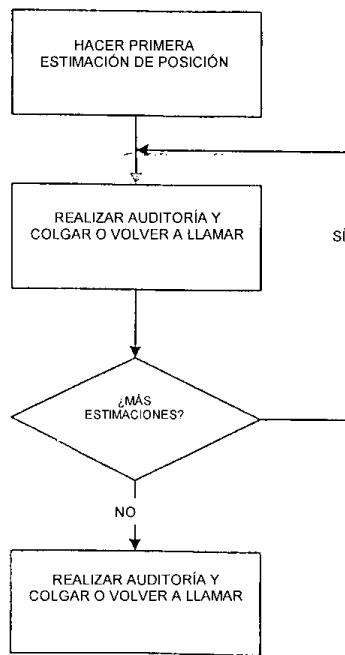
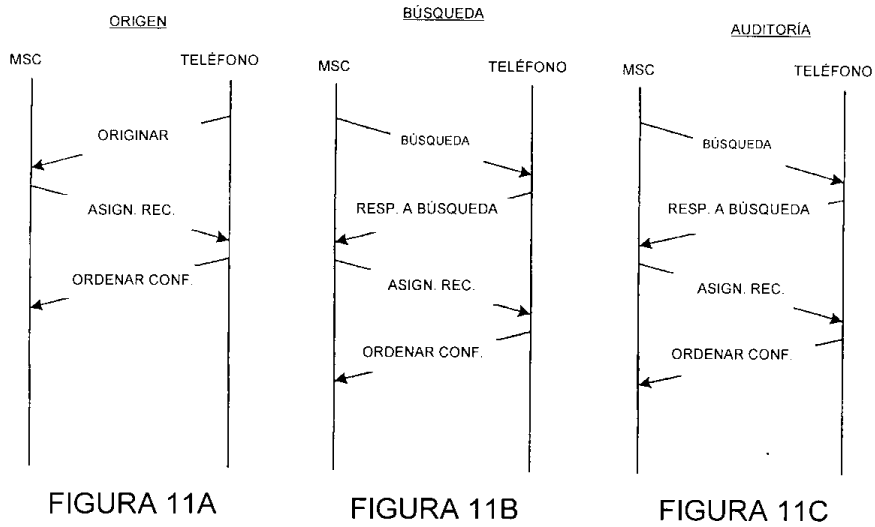


FIGURA 11D

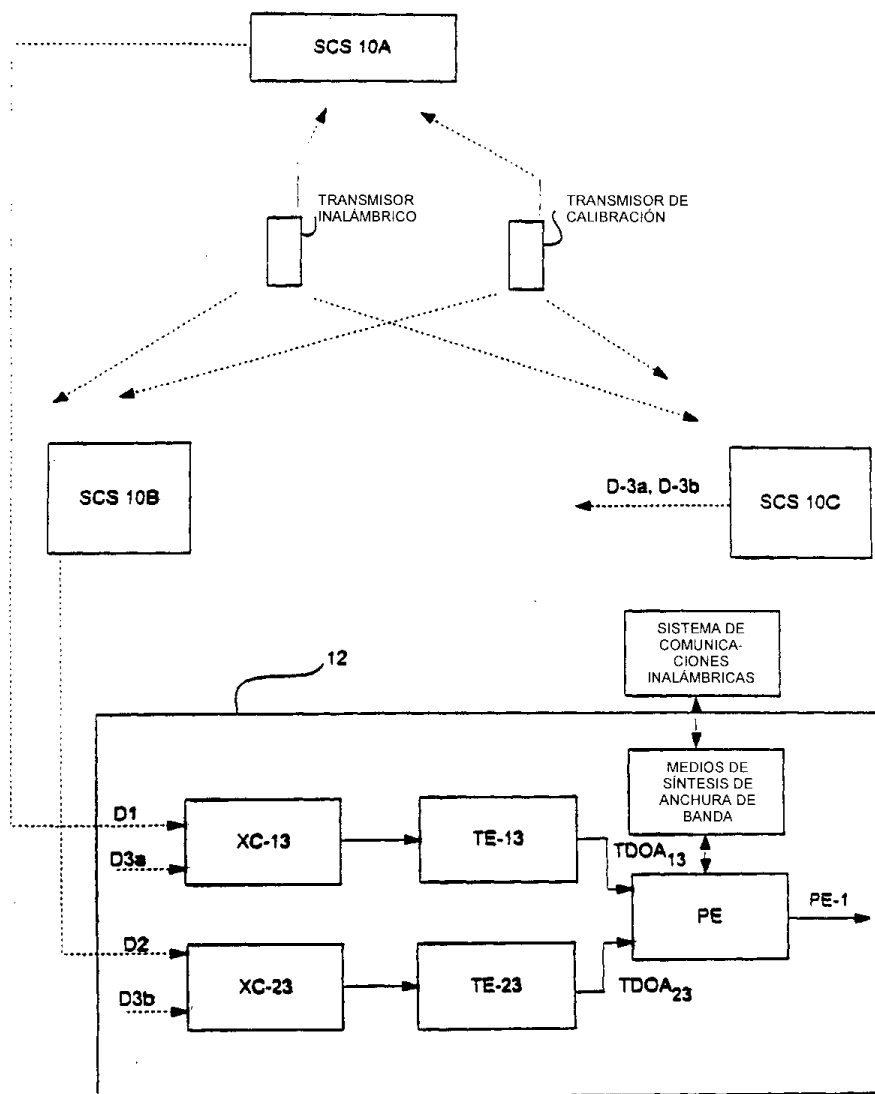


FIGURA 12A

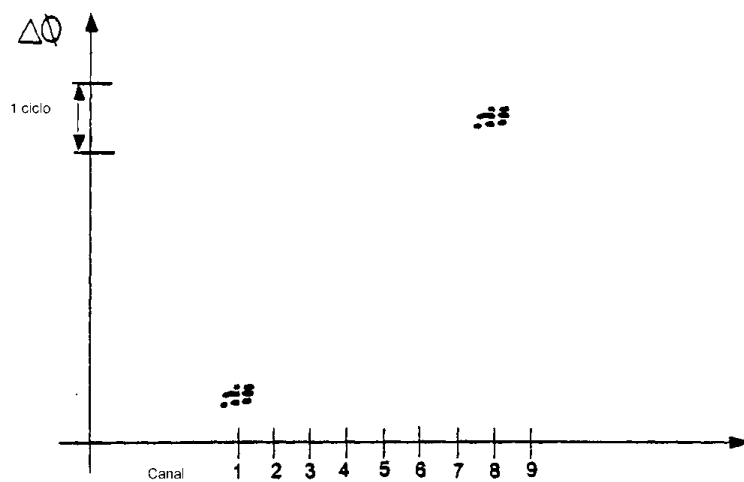


FIGURA 12B