



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 338 065**

51 Int. Cl.:
H04B 1/707 (2006.01)
H04L 27/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07730026 .7**
96 Fecha de presentación : **08.06.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2039016**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.03.2009**

54 Título: **Detección de un movimiento de alta velocidad en un sistema de telecomunicación.**

30 Prioridad: **12.07.2006 US 456998**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.05.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.05.2010

73 Titular/es: **Telefonaktiebolaget LM Ericsson (publ)**
164 83 Stockholm, SE

72 Inventor/es: **Engdahl, Karin y**
Andersson, Lennart

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 338 065 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

Detección de un movimiento de alta velocidad en un sistema de telecomunicación.

5 Antecedentes

El presente invento se refiere a sistemas de telecomunicación móvil, y más específicamente a métodos y aparatos que determinan un movimiento relativo de alta velocidad entre un transmisor y un receptor en un sistema de telecomunicación.

Los sistemas de comunicación digital incluyen sistemas de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), tales como sistemas de telefonía celular por radio que cumplen la norma de telecomunicación GSM y mejoras tales como GSM/EDGE, y los sistemas de Acceso Múltiple de División de Código (CDMA), tales los sistemas de telefonía celular por radio que cumplen la IS-95, cdma 2000, y las normas de telecomunicación de banda ancha CDMA (WCDMA). Los sistemas de comunicación digital también incluyen sistemas TDMA y CDMA “mezclados”, tales como los sistemas de telefonía celular por radio que cumplen la norma del Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS), la cual especifica una tercera generación (3G) de sistema móvil que está siendo desarrollada por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) dentro del marco IMT-2000 de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (ITU’s). El Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP) establece la norma UMTS. Esta aplicación está centrada en sistemas WCDMA para abreviar la explicación, aunque se entenderá que los principios descritos en esta aplicación pueden ser puestos en práctica en otros sistemas de comunicaciones digitales.

El WCDMA está basado en técnicas de espectro extendido de secuencia directa, con códigos de aleatorización por pseudo ruido y códigos de canalización ortogonal que separan estaciones de base y canales físicos (equipo de usuario o usuarios), respectivamente, en la dirección del enlace descendente (base a equipo de usuario). El Equipo de Usuario (UE) comunica con el sistema a través, por ejemplo, de los respectivos canales físicos especializados (DPCHs). Aquí se usa la terminología WCDMA, aunque se apreciará que otros sistemas tienen una terminología correspondiente. Los códigos de mezclado y de canalización y el control de potencia de transmisión son bien conocidos en la técnica.

La Figura 1 representa un sistema de telecomunicación celular por radio móvil 100, el cual puede ser, por ejemplo, un sistema de comunicación CDMA o un WCDMA. Los controladores de red de radio (RNCs) 112, 114 controlan diversas funciones de red de radio que incluyen, por ejemplo, el establecimiento de la portadora de acceso, diversidad de transferencia, y similares. Más generalmente, cada RNC dirige las llamadas del UE a través de la estación o estaciones de base adecuadas (BSs). El UE y la BS se comunican entre sí a través de los canales de enlace descendente (es decir, de base a UE o Retransmisión) y enlace ascendente (es decir, UE a canales de base o a la inversa. El RNC 112 se muestra acoplado a las BS 116, 118, 120, y el RNC 114 se muestra acoplado a las BS 122, 124, 126. Cada BS sirve a un área geográfica que puede estar dividida en una o más celdas. La BS 126 se muestra como teniendo cinco sectores de antena S1-S5, de los que se puede decir que forman la celda de la BS 126. Las BSs están acopladas a sus correspondientes RNCs por líneas telefónicas especializadas, por enlaces de fibra óptica, por enlaces de microondas, y similares. Los RNCs 112, 114 están conectados con redes externas tales como la red telefónica pública conmutada (PSTN), Internet, y similares a través de uno o más nodos de la red básica como un centro de conmutación móvil (no mostrado) y/o un nodo de servicio de radio por paquetes (no mostrado). En la Figura 1, el UE 128 se muestra comunicando con la BS 118. El UE 130 se muestra comunicando con varias estaciones base, a saber las BSs 120 y 122. Un enlace de control entre los RNCs 112, 114 permite diversas comunicaciones a/desde el UE 130 a través de las BSs 120, 122.

En el UE la señal portadora modulada (Capa 1) es procesada para producir una estimación de la corriente de datos de información original destinada al receptor. La señal ensanchada de banda de base recibida compuesta es normalmente proporcionada a un procesador RAKE que incluye un número de “dedos”, o de desensanchadores, cada uno de los cuales está asignado a cada uno de los respectivos componentes seleccionados, tales como ecos o flujos multirayecto procedentes de estaciones de base diferentes, en la señal recibida. Cada dedo combina un componente recibido con la secuencia de aleatorización y el código de canalización apropiado para desensanchar un componente de la señal compuesta recibida. El procesador RAKE típicamente desensancha ambos datos de información enviados y los símbolos experimentales o de instrucción que están incluidos en la señal compuesta.

En un sistema típico de comunicación inalámbrica cada dispositivo (por ejemplo, UE, BS) tiene su propio oscilador local que define una referencia temporal. Es crucial que los osciladores locales de dispositivos que se comunican entre sí estén alineados lo más precisamente posible, de otro modo se desplazarían sus referencias temporales una con respecto a otra. Este desplazamiento podría hacer que los dispositivos no fueran capaces más tiempo de recibir información apropiada entre sí, lo que a su vez provocaría una calidad de funcionamiento deteriorada del receptor. Por último, la conexión puede perderse debido a la pérdida de sincronización entre el UE y la BS.

Esto se refiere en particular a sistemas de comunicación inalámbrica tales como el WCDMA. En tales sistemas el UE aplica un mecanismo de control automático de frecuencia (AFC) para ajustar su oscilador local de una forma que lo conserve bien alineado con los osciladores locales de la o las estaciones de base a las que está conectado.

El funcionamiento típico del AFC comprende analizar una característica (por ejemplo, estimaciones de canal complejo) a lo largo del tiempo, e intentar ajustar el oscilador local de forma que no se detecten estimaciones de rotación de

ES 2 338 065 T3

canal en el plano complejo. Este algoritmo está basado en el hecho de que la rotación corresponde al desplazamiento de frecuencia relativo, que a su vez corresponde al desplazamiento de referencia temporal relativo.

La Figura 2 es un diagrama de bloques de las partes de un UE que interviene en el funcionamiento del AFC. De especial importancia a esta discusión es el oscilador local (VCXO) 201 que genera las frecuencias necesarias para poner en funcionamiento las secciones del Receptor Frontal (RX Fe) 203 y del Transmisor Frontal (no mostrados). Un AFC 205 genera una señal de control digital (f_{err}) que después de la conversión en una tensión de control analógico por un Convertidor Digital-Analógico (DAC) 207 ajusta la frecuencia de salida del oscilador local 201.

El AFC 205 puede ser hecho funcionar selectivamente en uno de una pluralidad de modos de velocidad diferentes. El modo de velocidad puede ser fijado por un estimador Doppler 209.

Considérese un ejemplo en el que existen dos modos de velocidad diferentes. En el modo de velocidad baja a modo de ejemplo se recoge una estimación de canal por dedo en cada ranura, y en un modo de alta velocidad a modo de ejemplo se recogen cinco estimaciones de canal por dedo en cada ranura. El valor

$$y = \sum_f \hat{h}_f \left(\hat{h}_f^{(previous)} \right) \quad (1)$$

(en donde $\|*\|$ significa conjugación compleja) es calculado y después filtrado de acuerdo con

$$y_{filt} = \lambda \left(y - y_{filt}^{(previous)} \right) + y_{filt}^{(previous)} \quad (2)$$

en donde λ es un parámetro de filtro, f significa los dedos que intervienen en el funcionamiento del AFC, y $\hat{h}_f$ y $\hat{h}_f^{(previous)}$ son las estimaciones de canal actual y previa, respectivamente, por dedo f , cada una generada por un estimador de canales 211. El estado del filtro es apropiadamente reajustado siempre que ocurra una actualización de la referencia de frecuencia del UE (f_{UE}) o un cambio de modo de velocidad. El error de frecuencia comunicado se calcula como

$$\varphi = \arg(y_{filt}), \quad f_{err} = \frac{\varphi}{2\pi\Delta t} \quad (3)$$

en donde Δt es el intervalo de tiempo entre dos actualizaciones sucesivas del AFC (es decir, dos estimaciones de canal recogidas consecutivas), por ejemplo 1/1500 segundos en el modo de velocidad baja y 1/7500 segundos en el modo de alta velocidad.

En las disposiciones descritas anteriormente existe un alto riesgo de retorno automático del AFC en ciertas situaciones. El retorno automático se produce cuando

$$|\Delta f| > \frac{1}{2\Delta t} \quad (4)$$

en donde Δf es el error de frecuencia causado por el desplazamiento Doppler juntamente con la diferencia entre la referencia de frecuencia de transmisión de la BS y la referencia de frecuencia de recepción del UE, y Δt es el intervalo de tiempo entre dos actualizaciones sucesivas del AFC (esto es, dos estimaciones de canal consecutivas recogidas). La desigualdad expresada en la ecuación (4) corresponde a una situación en la que las estimaciones de canal rotan más de $\pm\pi$ entre dos estimaciones de canal consecutivas recogidas por el AFC, lo que da lugar a un error de frecuencia

f_{err} comunicado por el AFC, que es erróneo en un múltiplo de $\frac{1}{\Delta t}$ Hz. Como ejemplo, puede ser ideado un UE en el que el AFC sea actualizado una vez cada ranura en modo de velocidad baja, por lo que $\frac{1}{2\Delta t} = 750$ Hz. En un modo de alta velocidad a modo de ejemplo, el AFC del UE puede ser actualizado cinco veces cada ranura, por lo que $\frac{1}{2\Delta t} = 3750$ Hz. Se puede ver que el AFC es sustancialmente más tolerante a los errores de frecuencia en modo de alta velocidad que en modo de velocidad baja. Se ha observado que en otras realizaciones que requieren un número diferente de estimaciones de canal por ranura, se obtienen valores diferentes de Δt . Además, como se ha mencionado anteriormente, el número de modos de velocidad puede ser mayor de dos.

Se debería observar que, en aplicaciones actuales de la WCDMA el UE pierde la sincronización si no se restaura la referencia de frecuencia correcta dentro de aproximadamente 50-150 ranuras.

Una situación que es especialmente vulnerable al retorno automático del AFC cuando el UE se mueve a velocidades relativamente altas (suponiendo que el AFC esté funcionando en modo de velocidad baja) es aquella en la que el UE está pasando muy cerca de una estación de base (menos de 10 m o así).

5 En tal situación puede darse un suceso de retorno automático para velocidades relativas de alrededor o superiores a 185 km/h (es decir, la velocidad del UE con relación a la estación de base) para realizaciones en las que $\Delta t = 1/1500$.

10 Las Figuras 3(a)-(c) a las 5(a)-(c) son gráficos que representan los resultados a modo de ejemplo obtenidos simulando la situación anteriormente descrita, que emplea un canal de línea de visión (LOS) de derivación sin desvanecimiento o interferencia.

En esta simulación se supone que el UE pasa la estación de base a una distancia de 2 m. La referencia de frecuencia del UE se muestra sin el componente de frecuencia portadora. Se aplican los mismos ajustes a todas las simulaciones mostradas en esta especificación.

15 Las Figuras 2a-c son gráficos que representan la capacidad de seguimiento del AFC 205 cuando permanece en el modo de velocidad baja (*modo de velocidad* igual a cero, que significa modo de velocidad baja, para todas las ranuras representadas en el gráfico de la Figura 3c) a una velocidad relativa de 150 Km/h. La Figura 3a permite hacer una comparación entre el desplazamiento Doppler verdadero (gráfico 301) y el desplazamiento en la frecuencia del UE (gráfico 303). La Figura 3b permite hacer una comparación entre el error de frecuencia verdadero (gráfico 305) y el error de frecuencia comunicado (gráfico 307) generado por el AFC 205. Se puede ver que, en esta velocidad relativa, el UE es capaz de seguir el desplazamiento Doppler provocado por el cambio de frecuencia incluso cuando la velocidad de actualización del AFC sea baja.

25 Las Figuras 4a-c son gráficos que representan la capacidad de seguimiento del AFC 205 cuando permanece en un modo de velocidad baja (*modo de velocidad* igual a cero, que significa modo de velocidad baja para todas las ranuras representadas en el gráfico de la Figura 4c) pero la velocidad relativa aumenta hasta 350 Km/h. La Figura 4a permite hacer una comparación entre el desplazamiento Doppler verdadero (gráfico 401) y el desplazamiento en la frecuencia del UE (gráfico 403). La Figura 4b permite hacer una comparación entre el error de frecuencia verdadero (gráfico 405) y el error de frecuencia comunicado (gráfico 407) generado por el AFC 205. Como puede verse, en esta velocidad relativa, el AFC 205 es incapaz de seguir el desplazamiento Doppler provocado por el cambio de frecuencia cuando es actualizado a la velocidad baja.

35 Las Figuras 5a-c son gráficos que representan la capacidad de seguimiento del AFC 205 cuando funciona en un modo de alta velocidad (*modo de velocidad* igual a cero, que significa modo de alta velocidad para todas las ranuras representadas en el gráfico de la Figura 5c) y la velocidad relativa es 350 Km/h. La Figura 6a permite hacer una comparación entre el desplazamiento Doppler verdadero (gráfico 501) y el desplazamiento en la frecuencia del UE (gráfico 503). La Figura 5b permite hacer una comparación entre el error de frecuencia verdadero (gráfico 505) y el error de frecuencia comunicado (gráfico 507) generado por el AFC 205. Como puede verse, incluso en esta velocidad relativa, el AFC 205 es capaz de seguir el desplazamiento Doppler provocado por el cambio de frecuencia cuando es actualizado a la alta velocidad.

En un UE a modo de ejemplo, el retorno automático se produce cuando $\Delta f > 3750$ Hz si el AFC está funcionando en el modo de alta velocidad. Por lo tanto, el retorno automático ocurriría alrededor y por encima de 935 Km/h en la situación anteriormente descrita. Esto indica que si el AFC estuviera en modo de alta velocidad en el momento de tiempo apropiado se resolvería el problema del retorno automático para todas las velocidades previsibles actuales. Sin embargo, puede no ser deseable ejecutar el AFC en modos de alta velocidad en todos los momentos debido a que el AFC puede llegar a ser más sensible al ruido, lo que puede ser causa de una conmutación innecesaria en las compensaciones de frecuencia del UE en el modo de alta velocidad. Ésta es una razón de por qué se emplea un estimador Doppler 209 en el UE a modo de ejemplo mostrado en la Figura 2. El estimador Doppler 209 determina el estado de *modo de velocidad*, que a su vez decide si la velocidad de actualización del AFC será alta o baja. (El estimador Doppler 209 también puede ser usado para otros fines en la cadena del receptor, tal como fijar parámetros por ejemplo filtros para estimación de canal, estimación SIR, y similares; y conectar y desconectar algoritmos, por ejemplo GRAKE en modo de velocidad baja y RAKE en modo de alta velocidad). Para este fin pueden ser considerados los diferentes algoritmos de estimación Doppler, tales como el algoritmo de cruce de nivel y el algoritmo de cruce de argumento (o cero). No obstante, como se explicará, ambos algoritmos tienen problemas con la detección de situaciones de alta velocidad en condiciones por debajo de la línea de visión (LOS), ya que los algoritmos miden las propiedades de desvanecimiento (que están relacionadas con el ensanchamiento Doppler) y no con la velocidad propiamente dicha. Una estimación Doppler está relacionada con las características de desvanecimiento del canal, y se supone que son aproximadamente proporcionales a la velocidad relativa del dispositivo, el cual es cierto para los canales de desvanecimiento Rayleigh pero no para todos los canales con poco (por ejemplo Riceano) o sin desvanecimiento (por ejemplo, Ruido Gaussiano Blanco Aditivo, o "AWGN").

65 El algoritmo de cruce de nivel cuenta el número de veces que el valor absoluto de, por ejemplo, la estimación de canal complejo o un valor estimado de relación señal-interferencia (SIR) cruza un nivel dado y convierte el número de cruces de nivel registrados en una estimación Doppler.

El algoritmo de cruce de nivel se basa en la asunción de que cuanto mayor es la velocidad relativa más rápido es el desvanecimiento y por tanto el número de cruces de nivel por unidad de tiempo debería corresponder a la velocidad relativa. Éste es un método absolutamente exacto en tanto que los trayectos tratados sigan una distribución de Rayleigh. No obstante, en condiciones LOS el trayecto más potente es normalmente muy dominante y tiene una distribución Riceana (por lo que tal vez se desvanezca muy débilmente o casi nada). Usando un estimador Doppler de cruce de nivel en tal situación daría lugar a que las situaciones de velocidad relativa alta no fueran detectadas y a que el AFC permaneciera en un modo de velocidad baja.

En una de sus variantes el algoritmo de cruce de argumento cuenta el número de veces que la estimación de canal complejo cruza cualquiera de los ejes imaginarios o reales, y convierte el número de cruces de ejes registrados en una estimación Doppler.

El algoritmo de cruce de argumento supone que las variaciones de fase llegan a ser más rápidas cuanto mayor es la velocidad relativa, y por tanto el número de cruces por unidad de tiempo debería corresponder a la velocidad relativa. Éste es también un método absolutamente exacto en tanto que los trayectos que intervienen tengan todos un desvanecimiento Rayleigh. Sin embargo, en condiciones LOS el trayecto más potente experimenta típicamente una rotación debida al desplazamiento Doppler, y esta rotación domina típicamente a lo largo de las variaciones de fase aleatorias. A continuación el estimador Doppler de cruce de argumento registrará principalmente la rotación debida a los cambios en el desplazamiento Doppler. Esto crea un grave riesgo de que la velocidad relativa sea subestimada, lo cual puede dar lugar, por ejemplo, a que el AFC permanezca en un modo de velocidad baja cuando debería cambiar a un modo de alta velocidad.

Como ninguno de los algoritmos de estimación Doppler convencionales detectará situaciones de alta velocidad en un entorno LOS, su uso en el estimador Doppler 209 podría mantener el AFC 205 en modo de velocidad baja cuando debería estar en modo de alta velocidad, por lo que se crea un alto riesgo de retorno automático de AFC en estas situaciones.

Además de la aplicación anterior, la estimación Doppler también se usa en dispositivos de comunicación inalámbrica (por ejemplo, un UE) para definir otras operaciones (por ejemplo, constantes de filtro) para cosas tales como la estimación de canal, estimación SIR, y similares.

La solicitud de patente EP 1.416.692 expone la detección del desplazamiento Doppler utilizando una combinación de estimaciones de desfase de frecuencia.

Existe una necesidad de métodos y aparatos que puedan detectar movimiento de alta velocidad en situaciones LOS.

Compendio

Se debería resaltar que los términos “comprende” y “que comprende”, cuando se usen en esta especificación, se toman para especificar la presencia de características establecidas, enteros, pasos o componentes; pero el uso de estos términos no impide la presencia o adición de una o más de otras características, enteros, pasos, componentes o grupos de ellos.

De acuerdo con un aspecto del presente invento, lo que antecede y otros objetos se consiguen en métodos y aparatos que detectan si una velocidad relativa entre un transmisor y un receptor en un sistema de telecomunicaciones celular es mayor de una cantidad predeterminada. En un aspecto esto implica el uso de una técnica de estimación Doppler para generar una estimación del ensanchamiento Doppler, $\hat{f}_D^{(1)}$, basada en una señal recibida; y que usa una técnica de estimación de velocidad alternativa para generar una estimación de velocidad $\hat{V}$ basada en la señal recibida, en la que la técnica de estimación de velocidad alternativa difiere de la técnica de estimación Doppler. Entonces se usa una pluralidad de estimaciones para detectar si la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada, en donde la pluralidad de estimaciones incluye al menos la estimación del ensanchamiento Doppler y la estimación de velocidad.

En algunas realizaciones la técnica de estimación Doppler es una primera técnica de estimación Doppler; la estimación del ensanchamiento Doppler $\hat{f}_D^{(1)}$ es una primera estimación del ensanchamiento Doppler; la técnica de estimación de la velocidad alternativa es una segunda técnica de estimación Doppler que difiere de la primera técnica de estimación Doppler; y la estimación de la velocidad es una segunda estimación del ensanchamiento Doppler $\hat{f}_D^{(2)}$.

En tales realizaciones la primera técnica de estimación Doppler comprende utilizar información sobre una parte de la señal recibida asociada con el trayecto más potente entre el transmisor y el receptor. Además, la segunda técnica de estimación comprende excluir información sobre una parte de la señal recibida asociada con el trayecto más potente entre el transmisor y el receptor, y utilizar información sobre una parte de la señal recibida asociada con un trayecto secundario entre el transmisor y el receptor.

En otro aspecto más, que usa la pluralidad de estimaciones para detectar si una velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada comprende concluir que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada si

$$(\hat{f}_D^{(1)} > \tau_{high}) \text{ OR } ((\hat{f}_D^{(2)} > \tau_{high}) \text{ AND } (r(\hat{f}_D^{(2)}) > \tau_r)) ;$$

y que concluye que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es inferior que la cantidad predeterminada si

$$(\hat{f}_D^{(1)} > \tau_{low}) \text{ AND } ((\hat{f}_D^{(2)} > \tau_{low}) \text{ OR } (r(\hat{f}_D^{(2)}) > \tau_r)) ,$$

en donde $r(\hat{f}_D^{(2)})$ es un parámetro que indica la fiabilidad de, $(\hat{f}_D^{(2)})$, τ_{high} es un umbral que representa un valor Doppler mínimo asociado con una velocidad relativa entre el transmisor y el receptor que es mayor que la cantidad predeterminada, τ_{low} es un umbral que representa un valor Doppler máximo asociado con una velocidad relativa entre el transmisor y el receptor que es inferior que la cantidad predeterminada, y τ_r es un umbral que representa un valor mínimo de fiabilidad requerido.

En otro aspecto, para detectar si la velocidad relativa entre un receptor y un transmisor es mayor de una cantidad predeterminada es preciso detectar si existe una estimación de una rotación ininterrumpida de un canal a lo largo de un período de tiempo predeterminado; y en respuesta detectar la existencia de estimación de una rotación ininterrumpida del canal a lo largo de un período de tiempo predeterminado, concluir que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada.

En otro aspecto más, en respuesta a detectar que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada, un controlador de frecuencia automático es hecho funcionar a una velocidad de actualización alta. El funcionamiento del controlador de frecuencia automático se cambia a una velocidad de actualización baja para determinar que una magnitud de un error de frecuencia generado por el controlador de frecuencia automático ha permanecido continuamente por debajo de un valor umbral predeterminado durante un período de tiempo predeterminado.

En otro aspecto más, para detectar si la velocidad relativa entre un receptor y un transmisor es mayor que una cantidad predeterminada es preciso determinar un valor de desfase de frecuencia residual $f_{err,f}^{(res)}$, $f \in F$, en donde F representa un conjunto de dedos receptores RAKE que intervienen en un funcionamiento de control de frecuencia; determinar una función del valor de desfase de frecuencia residual, $\zeta(f_{err,f}^{(res)})$; y concluir que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada en respuesta a determinar que la función del valor de desfase de frecuencia residual, $\zeta(f_{err,f}^{(res)})$, es mayor que un valor umbral predeterminado.

En otro aspecto, el uso de la pluralidad de estimaciones comprende concluir que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor no es mayor que la cantidad predeterminada sólo si ninguna de la pluralidad de estimaciones indica que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada.

En diversas realizaciones los resultados de detectar si la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada pueden ser usados para fijar parámetros del receptor tales como los parámetros de control automático de frecuencia.

Los diversos aspectos pueden ponerse en práctica en un equipo de usuario, así como por ejemplo, en una estación de base de un sistema de telecomunicaciones. El sistema de telecomunicaciones puede ser, por ejemplo, un sistema de telecomunicaciones (WCDMA) de Acceso Múltiple por División de Código.

Breve descripción de los dibujos

Los objetos y ventajas del invento serán comprendidos mediante la lectura de la siguiente descripción detallada en conjunción con los dibujos, en los que:

La Figura 1 representa un sistema de telecomunicación celular móvil por radio 100, el cual puede ser, por ejemplo, un CDMA o un sistema de comunicación WCDMA.

La Figura 2 es un diagrama de bloques de las partes de un UE que participan en el funcionamiento del AFC.

Las Figuras 3a-c son gráficos que representan los resultados de simular la capacidad de seguimiento del AFC cuando permanece en un modo de funcionamiento de velocidad baja y la velocidad relativa entre el transmisor simulado y el receptor es relativamente baja (150 Km/h).

Las Figuras 4a-c son gráficos que representan la capacidad de seguimiento del AFC cuando permanece en un modo de funcionamiento de velocidad baja pero la velocidad relativa aumenta a 350 Km/h.

Las Figuras 5a-c son gráficos que representan la capacidad de seguimiento del AFC cuando funciona en un modo de alta velocidad y la velocidad relativa es 350 Km/h.

La Figura 6a es un diagrama de flujos de los pasos/procesos efectuados en una realización a modo de ejemplo que excluye las señales del dedo RAKE más potente.

La Figura 6b es un diagrama de flujos de los pasos/procesos efectuados en una realización alternativa a modo de ejemplo que excluye las señales del dedo RAKE más potente para determinar la estimación Doppler para fijar un parámetro *modo de velocidad*.

La Figura 7 es un diagrama de flujos de partes de un UE que participan en un funcionamiento del AFC y la detección LOS de acuerdo con realizaciones que emplean la rotación de fase como un detector LOS.

La Figura 8 es un diagrama de flujos que representa pasos/procesos efectuados por un detector LOS a modo de ejemplo para determinar si cambiar el funcionamiento del AFC del modo de velocidad baja al modo de alta velocidad.

La Figura 9 es un diagrama de flujos que representa pasos/procesos efectuados por un detector LOS a modo de ejemplo para determinar si cambiar el funcionamiento del AFC del modo de alta velocidad al modo de velocidad baja.

Las Figuras 10a-c son gráficos que representan la capacidad de seguimiento de un AFC cuando el parámetro *modo de velocidad* es controlado de acuerdo con las técnicas de detección LOS aquí descritas, y la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es 350 Km/h.

Las Figuras 11a-c son gráficos que representan la capacidad de seguimiento de un AFC cuando el parámetro *modo de velocidad* es controlado de acuerdo con las técnicas de detección LOS aquí descritas, y la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es 450 Km/h.

Descripción detallada

A continuación se describirán las diversas características del invento con referencia a las figuras, en la que partes iguales están identificadas con los mismos caracteres de referencia.

A continuación se describirán con más detalle los diversos aspectos del invento en conexión con varias realizaciones a modo de ejemplo. Para facilitar un entendimiento del invento, muchos aspectos del mismo se describen en términos de secuencias de acciones para ser realizadas por elementos de un sistema informático u otro soporte físico capaz de ejecutar instrucciones programadas. Se admitirá que en cada una de las realizaciones, las diversas acciones podrían ser realizadas por circuitos especializados (por ejemplo, puertas lógicas discretas interconectadas para realizar una función especializada), mediante instrucciones de programa que son ejecutadas por uno o más procesadores, o por una combinación de ambos. Además, el invento puede adicionalmente ser considerado como incorporado enteramente dentro de cualquier tipo de portadora que pueda ser leída por un ordenador, tal como una memoria de estado sólido, un disco magnético, un disco óptico u onda portadora (tal como las ondas portadoras de frecuencia de radio, frecuencia de audio o frecuencia óptica) que contengan un conjunto apropiado de instrucciones informáticas que hicieran que un procesador realizara las técnicas descritas aquí. Así, los diversos aspectos del invento pueden ser incorporados de muchas formas diferentes, y todas estas formas están contempladas para que caigan dentro del alcance del invento. Para cada uno de los diversos aspectos del invento cualquier forma de realización puede ser referida aquí como “configurada lógica para” realizar una acción descrita, o alternativamente como “lógica que” realiza una acción descrita.

En un aspecto, la mayor fiabilidad de las estimaciones de la velocidad relativas en condiciones LOS se consigue excluyendo el trayecto más potente asociado con la señal recibida de la estimación Doppler, ya que es más probable que los otros trayectos sean Rayleigh distribuidos todas las veces. Los resultados de tal estimación Doppler pueden ser usados solos, pero se combinan ventajosamente (por ejemplo por medio de un OR lógico) con los resultados producidos por técnicas de estimación Doppler normales.

Otras realizaciones están basadas en el comportamiento de las estimaciones de canal en una situación LOS con poco o ningún desvanecimiento del trayecto más potente. En tal situación las variaciones de fase tienen un componente aleatorio superpuesto pero, a menos que el AFC esté completamente alineado (o desplazado una cantidad $k/\Delta t$, en donde k es un entero), hay una rotación de fase determinista que domina completamente. Estas otras realizaciones incluyen la detección de tales situaciones de rotación, y utilizan esta detección como un indicador de una situación LOS de velocidad relativa alta, en la que existe un alto riesgo de retorno automático del AFC.

A continuación se describirán estos y otros aspectos incluso con más detalle. La Figura 6a es un diagrama de flujos de los pasos/procesos realizados por una lógica en un UE en una realización a modo de ejemplo que excluye las señales de un dedo RAKE más potente. Se evalúan las señales de los diversos dedos del receptor RAKE en el UE, y se identifica el dedo que genera la señal más potente (paso 601). A continuación se realiza la estimación Doppler utilizando señales de uno o más de los dedos RAKE excluyendo el dedo RAKE identificado por tener la señal más potente (paso 603).

La estimación Doppler puede ser realizada utilizando cualquiera de varias técnicas, tales como, pero no limitadas a, el algoritmo de cruce de nivel y al algoritmo de cruce de argumento. En algunas realizaciones se usan señales de solamente un dedo RAKE, tales como las señales del segundo dedo RAKE más potente. En realizaciones alternativas puede promediarse el número de cruces en varios dedos RAKE, excluyéndose en el cálculo las señales del dedo RAKE más potente.

Se ha observado que los trayectos secundarios (es decir, los uno o más trayectos de la señal que quedan después de haber excluido el trayecto más potente) pueden ser mucho más débiles que el trayecto más potente, y en algunas situaciones demasiado débil para dar una estimación Doppler $\hat{f}_D^{(2)}$ útil. Tales situaciones pueden ser causa de conmutación *modo de velocidad* innecesaria o sin fundamento. Así, en realizaciones alternativas se puede generar una pluralidad de estimaciones Doppler por técnicas diferentes, al menos una de las cuales excluya las señales del dedo RAKE más potente como se ha descrito anteriormente, y los resultados pueden combinarse en una forma que sea útil para la aplicación en cuestión. Por ejemplo, el parámetro *modo de velocidad* para controlar el AFC 205 en el UE de la Figura 2 puede ser determinado por un estimador Doppler 209 que realiza pasos tales como los pasos/procesos a modo de ejemplo ilustrados en el diagrama de flujos de la Figura 6b. En un aspecto, se evalúan las señales de los diversos dedos del receptor RAKE en el UE, y se identifica el dedo que genera la señal más potente (paso 651). Se genera una primera estimación Doppler $\hat{f}_D^{(1)}$ utilizando una técnica de estimación Doppler que incluye señales del dedo RAKE identificado por tener la señal más potente (paso 653). Adicionalmente, se genera una segunda estimación Doppler $\hat{f}_D^{(2)}$ por medio de una técnica de estimación Doppler que utiliza señales procedentes de uno o más de los dedos RAKE excluyendo el dedo RAKE identificado por tener la señal más potente (paso 655). En cada caso se puede usar cualquier técnica de estimación Doppler, tal como, pero no limitada a, el algoritmo de cruce de nivel y al algoritmo de cruce de argumento.

Si cualquiera de las dos estimaciones Doppler primera y segunda ($\hat{f}_D^{(1)}$ y $\hat{f}_D^{(2)}$) indica una velocidad relativamente alta entre el receptor en el UE y el transmisor de las señales recibidas (trayecto “YES” fuera del bloque de decisión 657), entonces se fija el parámetro *modo de velocidad* igual a modo “alta velocidad” (paso 659). Por el contrario, (el trayecto “NO” está fuera del bloque de decisión 657), el parámetro *modo de velocidad* se fija en un valor que indica modo “velocidad baja” (paso 661).

La comprobación de si una de las dos estimaciones Doppler primera y segunda ($\hat{f}_D^{(1)}$ y $\hat{f}_D^{(2)}$) indica una velocidad relativamente alta entre el receptor en el UE y el transmisor de las señales recibidas puede ser realizada en cualquiera de varias maneras en una realización a modo de ejemplo, la comprobación y la consiguiente fijación del parámetro *modo de velocidad* se realiza de acuerdo con

modo de velocidad(n) =

$$\begin{cases} \text{high if } (\hat{f}_D^{(1)}(n) > \tau_{\text{high}}) \text{ OR } ((\hat{f}_D^{(2)}(n) > \tau_{\text{high}}) \text{ AND } (r(\hat{f}_D^{(2)}(n)) > \tau_r)) \\ \text{low if } (\hat{f}_D^{(1)}(n) > \tau_{\text{low}}) \text{ AND } ((\hat{f}_D^{(2)}(n) > \tau_{\text{low}}) \text{ OR } (r(\hat{f}_D^{(2)}(n)) > \tau_r)) \\ \text{de otro modo, speedmode}(n-1) \end{cases} \quad (5)$$

en donde $r(\hat{f}_D^{(2)}(n))$ es un parámetro que indica la fiabilidad de ($\hat{f}_D^{(2)}(n)$), τ_{high} , es un umbral que representa un valor Doppler mínimo asociado con un modo de alta velocidad, τ_{low} es un umbral que representa un valor Doppler máximo asociado con un modo de velocidad baja, y τ_r es un umbral que representa un valor de fiabilidad mínimo requerido. El parámetro $r(\hat{f}_D^{(2)}(n))$ puede definirse en cualquiera de varias formas, incluyendo pero limitado a, un valor SIR filtrado del segundo dedo más potente, un nivel de potencia del segundo dedo más potente, y un promedio SIR o valor de nivel de potencia para todos excepto los dedos más potentes. El umbral de fiabilidad τ_r puede ser un valor umbral absoluto (es decir, constante), o puede alternativamente ser determinado dinámicamente, tal como teniéndolo como una función de un valor filtrado SIR del dedo más potente.

Las realizaciones anteriormente descritas deberían ser capaces de detectar una velocidad relativamente alta en todas las situaciones excepto en las situaciones LOS sin o con trayectos secundarios muy débiles. La situación en la que el trayecto más potente no es un trayecto LOS, pero es Rayleigh distribuido no debería tener efecto negativo alguno en el método. La consistencia con, por ejemplo, las estimaciones de canal imperfectas deberían ser las mismas que para los estimadores Doppler normales. El coste de aplicación extra es básicamente una duplicación del estimador Doppler, y una comparación ligeramente más complicada (por ejemplo, como en la Ecuación (5)).

La discusión se centrará ahora en otras realizaciones que incluyen la detección de rotación de fase, y el uso de tal detección como un indicador de situaciones LOS de velocidad relativa alta. En una situación LOS la envoltura de las estimaciones de canal del trayecto más potente será claramente constante. Estudiando las variaciones de fase hay una rotación de fase que es alternativamente constante, creciente o decreciente, y esta rotación es típicamente dominante sobre las variaciones de fase aleatorias provocadas por desvanecimiento. La rotación es constante, por ejemplo, cuando

ES 2 338 065 T3

el UE se mueve recto hacia o alejándose de una estación de base, y es creciente o decreciente cuando el UE está, por ejemplo, pasando por una estación de base, acelerando, o en período de preparación.

Por lo tanto, un criterio para detectar una situación LOS es evaluar si el ángulo entre las estimaciones de canal del trayecto más potente (con las actualizaciones de referencia de la frecuencia de UE tenidas en cuenta) tiene el mismo signo a lo largo del tiempo, lo que significa que las estimaciones de canal están rotando.

La detección de rotación ininterrumpida de las estimaciones de canal indica una situación LOS, pero ella sola no necesariamente significa que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor sea alta. De esta forma, es útil un criterio adicional para impedir que las situaciones LOS de velocidad relativa baja activen el funcionamiento del AFC en modo de alta velocidad. Por ejemplo, se pueden configurar realizaciones para permitir el funcionamiento en modo de alta velocidad solamente si el ángulo de rotación es mayor que algún umbral.

La Figura 7 es un diagrama de bloques de parte de un UE que participa en el funcionamiento del AFC y en la detección LOS de acuerdo con las realizaciones que emplean la rotación de fase como un detector LOS. El oscilador local (VCXO) 201 genera las frecuencias necesarias para hacer funcionar las secciones del Receptor Frontal (RXFe) 203 y del Transmisor Frontal (no mostrado). Un AFC 205 genera una señal de control digital (f_{err}) que, después de la conversión en analógica por un Convertidor Digital-Analógico (DAC) 207 ajusta la frecuencia de salida del oscilador local 201.

El UE incluye además un detector LOS 701 que recibe estimaciones de canales $\hat{h}_f$ del estimador de canales 211; y la señal de error de frecuencia f_{err} del AFC 205. El detector LOS 701 genera el parámetro *modo de velocidad* para controlar el AFC 205. El funcionamiento a modo de ejemplo del detector LOS 701 está ilustrada por los pasos/procesos representados en los diagramas de flujo de las Figuras 8 y 9. La Figura 8 es un diagrama de flujo que representa los pasos/procesos para determinar si el parámetro *modo de velocidad* de los UE debería ser cambiado de indicar un modo de velocidad baja a indicar un modo de alta velocidad de funcionamiento del AFC 205. La estrategia es determinar si las estimaciones de canal están experimentando una rotación de fase durante un período de tiempo predeterminado. En esta realización a modo de ejemplo se inicializa a cero un contador (paso 801). A continuación la lógica en el UE determina si se ha detectado una rotación de fase entre una estimación de canal más reciente y la estimación de canal previa, y si la rotación es del mismo signo que el de la rotación anteriormente detectada (bloque de decisión 803). Si no se ha detectado rotación de fase (trayecto “NO” fuera del bloque de decisión 803), el contador es restablecido a cero (paso 801).

Si se detecta una rotación de fase (trayecto “YES” fuera del bloque de decisión 803) entonces se ajusta el valor del contador (por ejemplo incrementándolo en “1”) (paso 805) y se compara el valor de contador resultante con un valor umbral $\tau_{min_for_HS}$, que corresponde al período mínimo de tiempo predeterminado en el que la rotación de fase debería ser detectada continuamente antes de que el funcionamiento del AFC debiera ser cambiado del modo de velocidad “baja” a “alta” (bloque de decisión 807). Si el contador es mayor que o igual a $\tau_{min_for_HS}$ (trayecto “YES” fuera del bloque de decisión 807), entonces se fija el parámetro *modo de velocidad* para indicar un modo de funcionamiento “alto” (paso 809). Por el contrario, (trayecto “NO” fuera del bloque de decisión 807), la rotación de fase no ha sido detectada durante un período de tiempo suficiente, y la comprobación continúa retrocediendo al bloque de decisión 803.

Una aplicación particular de los principios discutidos anteriormente con respecto a la Figura 8 pueden estar de acuerdo con el siguiente pseudocódigo:

```
if (sign( $f_{err.mom}^{rot}(present)$ ) = sign( $f_{err.mom}^{rot}(previous)$ )) AND ( $|f_{err.mom}(present)| > \tau_1$ )
```

```
    Counter = Counter + 1;
```

```
else
```

```
    Counter = 0;
```

```
end
```

```
if Counter  $\geq \tau_{min\_for\_HS}$ 
```

```
    speedmode = high
```

```
end
```

ES 2 338 065 T3

en donde $f_{err.mom}$ representa el error de frecuencia momentáneo (es decir, no filtrado) del dedo más potente ($(f_{err.mom}^{rot})$)

con las actualizaciones de referencia de frecuencia del UE $\Delta f_{UE}^{(tot)}$ tenidas en cuenta; esto es, $f_{err.mom}^{rot} = f_{err.mom} - \Delta f_{UE}^{(tot)}$.

5 Aquí $f_{err.mom}$ depende del ángulo de rotación $\varphi_{mom} = \arg \left(\hat{h} \left(\hat{h}^{(previous)} \right)^* \right)$ como $f_{err.mom} = \varphi_{mom} / 2\pi\Delta t$, siendo

10 y $\hat{h}^{(previous)}$ las estimaciones de canal del trayecto más potente de la ranura actual y previa respectivamente, y Δt es el intervalo de tiempo del modo de velocidad baja entre dos actualizaciones consecutivas del AFC 205, por ejemplo $\Delta t = 1/1500$ s.

15 Se ha observado que el propósito de la comprobación de $|f_{err.mom}(\text{present})| > \tau_1$ en la primera declaración “if” el pseudocódigo anterior tiene como fin permitir la entrada en modo de alta velocidad solamente si el ángulo de rotación es mayor que un umbral predeterminado. En realizaciones alternativas se puede añadir una condición extra a la detección LOS, esto es, una comparación de la envolvente de $\hat{h}$ con un umbral superior e inferior para determinar que hay poco o ningún desvanecimiento.

20 En otro aspecto, una vez que está funcionando en modo de alta velocidad, el UE puede hacer una determinación de cuándo volver al modo de velocidad baja. La Figura 9 es un diagrama de flujos que representa los pasos/procesos para determinar si se debería cambiar el parámetro *modo de velocidad* de indicar un modo de alta velocidad a indicar un modo de velocidad baja de funcionamiento del AFC 205. La estrategia es determinar cuándo la magnitud del error de frecuencia generado por el AFC 205 ha permanecido continuamente por debajo de un valor umbral, aquí indicado como $\tau_{max_FE_for_LS}$ durante una cantidad de tiempo predeterminada. Esto es para evitar cambiar el funcionamiento del AFC 205 de nuevo al modo de velocidad baja demasiado rápidamente, lo que puede hacer que enseguida aparezcan problemas de frecuencias virtuales. En lugar de ello, se permite que el funcionamiento del AFC 205 permanezca en modo de alta velocidad hasta que se pueda confirmar que el error de frecuencia ya no aumenta más. Esto indica que el oscilador local (VCXO) 201 ha aceptado un valor correcto y que el desplazamiento Doppler es estático.

30 Por lo tanto, en la realización a modo de ejemplo de la Figura 9 un contador se inicializa a cero (paso 901). A continuación, se compara el error de frecuencia (generado por el AFC 205) con un valor umbral $\tau_{max_FE_for_LS}$ (bloque de decisión 903). Si el error de frecuencia no es menor que el valor umbral $\tau_{max_FE_for_LS}$ (trayecto “NO” fuera del bloque de decisión 903), el contador es puesto a cero (paso 901) y la comprobación continúa.

35 Si el error de frecuencia es menor que el valor umbral $\tau_{max_FE_for_LS}$ (trayecto “YES” fuera del bloque de decisión 903), entonces se ajusta el valor del contador (por ejemplo incrementándolo en “1”) (paso 905). El valor del contador ajustado es después comparado con un valor umbral $\tau_{min_for_LS}$ que corresponde a un período de tiempo predeterminado en el que el error de frecuencia debería ser considerado menor que el valor umbral $\tau_{max_FE_for_LS}$ con el fin de volver al modo de velocidad baja (bloque de decisión 907). Si el valor del contador ajustado no es mayor que el valor umbral $\tau_{min_for_LS}$ (trayecto “NO” fuera del bloque de decisión 907), se repite la comprobación, comenzando de nuevo en el bloque de decisión 903.

45 No obstante, si el valor de contador ajustado es mayor que el valor umbral $\tau_{min_for_LS}$ (trayecto “YES” fuera del bloque de decisión 907), entonces se ajusta el parámetro *modo de velocidad* para indicar el modo de velocidad baja (paso 909).

50 Una aplicación particular de los principios discutidos anteriormente con respecto a la Figura 9 puede estar de acuerdo con el siguiente pseudo código:

```

if ( $|f_{err}| < \tau_{max\_FE\_for\_LS}$ )
55     Counter = Counter + 1;
else
    Counter = 0;
60 end
if Counter  $\geq \tau_{min\_for\_LS}$ 
65     speedmode = low,
end

```

En otro aspecto, las realizaciones son capaces de tener un modo de funcionamiento característico cuando el trayecto más potente está desvaneciéndose combinando el algoritmo descrito con referencia a las Figuras 8 y 9 con los resultados generados por, por ejemplo, técnicas de estimación Doppler tales como las descritas anteriormente. La combinación puede conseguirse en una forma OR lógica (esto es, si al menos uno de los resultados de la detección LOS y de la estimación Doppler indica un modo de alta velocidad, entonces el AFC 205 debería ser hecho funcionar en modo de alta velocidad, y el AFC 205 debería ser hecho funcionar en modo de velocidad baja si, y solamente si, los dos resultados de detección LOS y de la estimación Doppler indicaran un modo de velocidad baja). Esta disposición está ilustrada en la Figura 7 por la inclusión de un estimador Doppler 703 (representado en líneas discontinuas para indicar que es un elemento opcional), el cual proporciona sus resultados al detector LOS 701. El estimador Doppler 703 puede, por ejemplo, funcionar como se ha discutido antes con respecto a las Figuras 6a o 6b, o de acuerdo con cualesquiera otras técnicas de estimación Doppler, incluyendo las técnicas convencionales.

Se realizaron las simulaciones de las técnicas de detección LOS descritas antes con respecto a las Figuras 8 y 9, y los resultados fueron representados en las Figuras 10-11. Las estimaciones Doppler no se usan en el ajuste *modo de velocidad* en ninguna de las simulaciones. Los umbrales fueron fijados de la siguiente forma:

$$\tau_1 = 60 \text{ Hz};$$

$$\tau_{\text{min_for_HS}} = 16 \text{ cuentas (= 16 ranuras en modo de velocidad baja)};$$

$$\tau_{\text{max_FE_for_LS}} = 50 \text{ Hz, y}$$

$$\tau_{\text{min_for_HS}} = 64 \text{ cuentas (= 64/5 ranuras en modo de alta velocidad)}.$$

Las Figuras 10a-c son gráficos que representan la capacidad de seguimiento del AFC 205 cuando el parámetro *modo de velocidad* es controlado de acuerdo con las técnicas de detección LOS anteriormente descritas, y la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es 350 Km/h en las condiciones de la situación descritas anteriormente. La Figura 10a permite realizar una comparación entre el desplazamiento Doppler verdadero (gráfico 1001) y el desplazamiento en la frecuencia del UE (gráfico 1003). La Figura 10b permite realizar una comparación entre el error de frecuencia verdadero (gráfico 1005) y el error de frecuencia comunicado (gráfico 1007) generado por el AFC 205. Se produce un gran cambio de frecuencia a lo largo del intervalo que va aproximadamente de la ranura 925 a la ranura 1075. Como puede verse en la Figura 10c, las técnicas de detección LOS anteriormente descritas hacen que el AFC 205 conmute a funcionamiento de alta velocidad durante el intervalo que va aproximadamente desde la ranura 975 a la ranura 1140. Como consecuencia, el AFC 205 es capaz de seguir con éxito el cambio de la frecuencia (compárese con la Figura 4).

Las Figuras 11a-c son gráficos que representan la capacidad de seguimiento del AFC cuando el parámetro *modo de velocidad* es controlado de acuerdo con las técnicas de detección LOS antes descritas, y la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es 450 Km/h en las condiciones de la situación 1. La Figura 11a permite realizar una comparación entre el desplazamiento Doppler verdadero (gráfico 1101) y el desplazamiento en la frecuencia del UE (gráfico 1103). La Figura 11b permite realizar una comparación entre el error de frecuencia verdadero (gráfico 1105) y el error de frecuencia comunicado (gráfico 1107) generado por el AFC 205. Se produce un gran cambio de frecuencia a lo largo del intervalo que va aproximadamente de la ranura 925 a la ranura 1075. Como puede verse en la Figura 11c, las técnicas de detección LOS anteriormente descritas hacen que el AFC 205 cambie a funcionamiento de alta velocidad durante el intervalo que va aproximadamente desde la ranura 960 a la ranura 1130. Como consecuencia, el AFC 205 es capaz de seguir con éxito el cambio de frecuencia.

Realizaciones alternativas podrían hacer que se intentase detectar situaciones LOS solamente cuando el desplazamiento Doppler está cambiando gradualmente. Esto puede conseguirse evaluando si el ángulo entre las estimaciones de canal del trayecto más potente (habiendo tenido en cuenta las actualizaciones de referencia de frecuencia de UE) está aumentando o disminuyendo gradualmente.

En otro aspecto, cuando la señal recibida comprende varios componentes y/o señales multitrayecto de varias celdas (por ejemplo, como ocurre en las transferencias programadas), varios dedos RAKE participan entonces en el funcionamiento del AFC, y en tales casos un AFC típico comunica un error de frecuencia f_{err} que es una combinación ponderada de los errores de frecuencia de los dedos respectivos del receptor RAKE. Son posibles otras combinaciones de los errores de frecuencia de los dedos. Por ejemplo, uno podría usar una combinación no ponderada, el valor medio, o simplemente el error de frecuencia del dedo más potente. El error de frecuencia comunicado podría incluso ser igual al de una de las celdas en la transferencia programada, por ejemplo, la celda servidora HSPDA cuando sea procedente. En cualquier caso, el AFC comunicará un único error de frecuencia que se usa para fijar la frecuencia del oscilador local 201. Esta frecuencia está aquí indicada como la frecuencia de AFC, y el error de frecuencia por dedo que permanece (es decir, la diferencia entre la frecuencia del respectivo dedo y la frecuencia de AFC) es aquí referida como el desfase de frecuencia residual por dedo, $f_{\text{err}}^{(\text{res})}$, en donde f indica uno de los dedos en el receptor RAKE.

El conocimiento sobre los desfases de frecuencia residuales de los respectivos dedos puede ser usado para mejorar la realización del receptor UE en situaciones de velocidad relativa alta. Esto es, una función de $f_{\text{err},f}^{(\text{res})}$, $f \in F$ (en donde F

representa el conjunto de dedos que participan en el funcionamiento del AFC) puede usarse como un conmutador para conectar y desconectar los algoritmos del receptor, o puede usarse para fijar parámetros en los algoritmos del receptor tal como el *modo de velocidad* para el AFC. La función puede ser, por ejemplo,

$$\zeta(f_{err.f}^{(res)}) = \max_{f \in F} f_{err.f}^{(res)} \quad (6)$$

Alternativamente, la función podría ser

$$\zeta(f_{err.f}^{(res)}) = \frac{1}{|F|} \sum_{f \in F} f_{err.f}^{(res)}, \quad (7)$$

entre otras.

Se ha observado que $\zeta(f_{err.f}^{(res)})$ puede ser interpretado como una forma de estimación de la velocidad relativa, ya que los valores de desfase de frecuencia residuales grandes solamente ocurren en situaciones de velocidad relativa alta, tales como en una situación LOS de celda única.

Así, en realizaciones alternativas, la función $\zeta(f_{err.f}^{(res)})$ puede usarse como estimación suplementaria de la velocidad relativa, estando indicada la alta velocidad cuando $\zeta(f_{err.f}^{(res)})$ es mayor que un valor umbral predefinido. Los resultados de esta comprobación pueden entonces ser combinados (por ejemplo, en una forma OR) con una estimación Doppler, y/o posiblemente uno o dos de los diversos métodos suplementarios descritos anteriormente. Cuando al menos uno de los estimadores Doppler, los algoritmos de detección descritos antes, y $\zeta(f_{err.f}^{(res)})$ indica alta velocidad, el UE debería participar en el funcionamiento en modo de alta velocidad, y el modo de velocidad baja debería solamente ser aplicado si todos los algoritmos indicasen velocidad baja.

El invento ha sido descrito con referencia a realizaciones particulares. No obstante, será rápidamente evidente a los expertos en la técnica que es posible realizar el invento en formas específicas distintas de las de la realización anteriormente descrita.

Por ejemplo, las realizaciones a modo de ejemplo están centradas en la recepción de enlace descendente en el UE. Sin embargo, los diversos aspectos descritos aquí son igualmente aplicables a la recepción de enlace ascendente por una estación de base.

Adicionalmente, las diversas realizaciones han sido descritas en el contexto de las telecomunicaciones celulares. Sin embargo, el invento no está limitado a tales realizaciones, aunque también pueden ser aplicadas en otros tipos de sistemas de comunicaciones, tales como, pero no limitados a, sistemas de Red de Área Local Inalámbrica (WLAN) y de Red de Área Personal (PAN) que usan, por ejemplo, tecnología Bluetooth®. En tales realizaciones se admitirá que la velocidad relativa detectada representa el efecto combinado de movimiento entre los diversos dispositivos de comunicación.

Además, las diversas realizaciones ilustran situaciones en las que se supone que las velocidades relativas tienen que estar caracterizadas por uno o más estados, por ejemplo, “alto” y “bajo”. Sin embargo, el invento es útil para detectar si una velocidad relativa entre un transmisor y un receptor es mayor que un umbral predeterminado. Así, en algunas realizaciones se pueden definir varios valores umbral, que a su vez definen más de dos estados de velocidad relativa. Por ejemplo, definiendo dos umbrales puede permitir que la velocidad relativa sea caracterizada como “baja”, “media”, y “alta”. Las personas con una experiencia normal en la técnica rápidamente serán capaces de adaptar las enseñanzas anteriores a realizaciones que realizan pruebas frente a varios valores umbral posibles, para que la velocidad relativa pueda ser caracterizada con una mayor resolución.

REIVINDICACIONES

1. Un método para detectar que una velocidad relativa entre un transmisor y un receptor en un sistema de telecomunicaciones es mayor que una cantidad predeterminada, comprendiendo el método:

usar una técnica de estimación Doppler para generar una estimación del ensanchamiento Doppler $\hat{f}_D^{(1)}$, basada en una señal recibida;

usar una técnica de estimación de velocidad para generar una estimación de velocidad $\hat{V}$ basada en la señal recibida, en la que la técnica de estimación de velocidad difiere de la técnica de estimación Doppler; y

usar una pluralidad de estimaciones para detectar si la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada;

en el que la pluralidad de estimaciones incluye al menos la estimación de ensanchamiento Doppler y la estimación de velocidad.

2. El método de la reivindicación 1, en el que:

la técnica de estimación Doppler es una primera técnica de estimación Doppler;

la estimación del ensanchamiento Doppler $\hat{f}_D^{(1)}$, es una primera estimación de ensanchamiento Doppler;

la técnica de estimación de velocidad es una segunda técnica de estimación Doppler que difiere de la primera técnica de estimación Doppler; y

la estimación de velocidad es una segunda estimación de ensanchamiento Doppler, $\hat{f}_D^{(2)}$.

3. El método de la reivindicación 2, en el que:

la primera técnica de estimación Doppler comprende utilizar información sobre una parte de la señal recibida asociada con el trayecto más potente entre el transmisor y el receptor; y

la segunda técnica de estimación Doppler comprende:

excluir la información sobre una parte de la señal recibida asociada con el trayecto más potente entre el transmisor y el receptor; y

utilizar información sobre una parte de la señal recibida asociada con un trayecto secundario entre el transmisor y el receptor.

4. El método de la reivindicación 2, que además comprende:

detectar si las estimaciones de canal experimentan una rotación de fase durante un período de tiempo predeterminado;

y en el que el paso de usar una pluralidad de estimaciones para detectar si la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada comprende:

concluir que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor no es mayor que la cantidad predeterminada si las estimaciones de canal no experimentan la rotación de fase y las estimaciones primera y segunda del ensanchamiento Doppler indican que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor no es mayor que la cantidad predeterminada.

5. El método de la reivindicación 4, que comprende:

en respuesta a detectar que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada, hacer funcionar un controlador automático de frecuencia a una velocidad de actualización alta; y

cambiar el funcionamiento del controlador automático de frecuencia a una velocidad de actualización baja en respuesta a determinar que una magnitud de un error de frecuencia generado por el controlador automático de frecuencia ha permanecido continuamente por debajo de un valor umbral predeterminado durante un período de tiempo predeterminado.

6. El método de la reivindicación 1, en el que el uso de la pluralidad de estimaciones comprende concluir que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor no es mayor que la cantidad predeterminada sólo si ninguna de la pluralidad de estimaciones indica que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada.

7. El método de la reivindicación 1, en el que la técnica alternativa de estimación de velocidad comprende:

detectar si las estimaciones de canal experimentan una rotación de fase durante un período de tiempo predeterminado;

y en el que el paso de usar una pluralidad de estimaciones para detectar si la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada comprende:

concluir que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor no es mayor que la cantidad predeterminada si las estimaciones de canal no experimentan la rotación de fase y la estimación del ensanchamiento Doppler indica que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor no es mayor que la cantidad predeterminada.

8. El método de la reivindicación 1, en el que la técnica de estimación de velocidad alternativa comprende:

determinar un valor de desfase de frecuencia residual, $f_{err,f}^{(res)}$, $f \in F$, en el que F representa un conjunto de dedos de receptor RAKE que participan en el funcionamiento de control automático de frecuencia; y

determinar una función del valor de desfase de frecuencia residual, $\zeta(f_{err,f}^{(res)})$,

en donde:

$$\zeta(f_{err,f}^{(res)}) = \max_{f \in F} f_{err,f}^{(res)} \quad \text{o} \quad \zeta(f_{err,f}^{(res)}) = \frac{1}{|F|} \sum_{f \in F} f_{err,f}^{(res)}$$

y en el que el paso de usar una pluralidad de estimaciones para detectar si la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada comprende:

concluir que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor no es mayor que la cantidad predeterminada si la función del valor de desfase de frecuencia residual, $\zeta(f_{err,f}^{(res)})$, es menor que un valor umbral predeterminado y la estimación del ensanchamiento Doppler indica que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor no es mayor que la cantidad predeterminada.

9. Un aparato para detectar que una velocidad relativa entre un transmisor y un receptor en un sistema de telecomunicaciones es mayor que una cantidad predeterminada, comprendiendo el aparato:

un estimador Doppler que genera una estimación del ensanchamiento Doppler $\hat{f}_D^{(1)}$, basada en una señal recibida;

un estimador de velocidad que genera una estimación de velocidad, $\hat{V}$, basada en la señal recibida; y

una lógica que usa una pluralidad de estimaciones para detectar si la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada,

en el que:

la pluralidad de estimaciones incluye al menos la estimación del ensanchamiento Doppler y la estimación de velocidad;

el estimador Doppler usa una técnica de estimación Doppler;

el estimador de velocidad usa una técnica de estimación de velocidad; y

la técnica de estimación Doppler difiere de la técnica de estimación de velocidad.

10. El aparato de la reivindicación 9, en el que:

la técnica de estimación Doppler es una primera técnica de estimación Doppler;

la estimación del ensanchamiento Doppler $\hat{f}_D^{(1)}$ es una primera estimación del ensanchamiento Doppler,

la técnica de estimación de velocidad es una segunda técnica de estimación Doppler que difiere de la primera técnica de estimación Doppler; y

la estimación de velocidad es una segunda estimación del ensanchamiento Doppler, $\hat{f}_D^{(2)}$.

11. El aparato de la reivindicación 10, en el que:

el primer estimador Doppler comprende una lógica que utiliza información sobre una parte de la señal recibida asociada con el trayecto más potente entre el transmisor y el receptor; y

la segunda técnica de estimación Doppler comprende:

excluir información sobre una parte de la señal recibida asociada con el trayecto más potente entre el transmisor y el receptor; y

utilizar información sobre una parte de la señal recibida asociada con un trayecto secundario entre el transmisor y el receptor.

12. El aparato de la reivindicación 10, que además comprende:

una lógica que detecta si las estimaciones de canal experimentan una rotación de fase durante un período de tiempo predeterminado; y en el que la lógica que usa una pluralidad de estimaciones para detectar si la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada comprende:

una lógica que concluye que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor no es mayor que la cantidad predeterminada si las estimaciones de canal no experimentan la rotación de fase y las estimaciones primera y segunda del ensanchamiento Doppler indican que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor no es mayor que la cantidad predeterminada.

13. El aparato de la reivindicación 12, que comprende:

una lógica que, en respuesta a detectar que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada, pone en funcionamiento un controlador automático de frecuencia a una velocidad de actualización alta; y

una lógica que cambia el funcionamiento del controlador automático de frecuencia a una velocidad de actualización baja en respuesta a determinar que una magnitud de un error de frecuencia generado por el controlador automático de frecuencia ha permanecido continuamente por debajo de un valor umbral predeterminado durante un período de tiempo predeterminado.

14. El aparato de la reivindicación 9, en el que la lógica que usa la pluralidad de estimaciones comprende una lógica que concluye que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor no es mayor que la cantidad predeterminada solamente si ninguna de la pluralidad de estimaciones indica que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada.

15. El aparato de la reivindicación 9, en el que el estimador de velocidad alternativa comprende:

una lógica que detecta si las estimaciones de canal experimentan una rotación de fase durante un período de tiempo predeterminado; y en el que la lógica que usa una pluralidad de estimaciones para detectar si la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada comprende:

una lógica que concluye que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor no es mayor que la cantidad predeterminada si las estimaciones de canal no experimentan la rotación de fase y la estimación del ensanchamiento Doppler indica que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor no es mayor que la cantidad predeterminada.

16. El aparato de la reivindicación 9, en el que el estimador de velocidad alternativa comprende:

una lógica que determina un valor de desfase de frecuencia residual, $f_{\text{err},f}^{(\text{res})}$, $f \in F$,

ES 2 338 065 T3

en el que F representa un conjunto de dedos de receptor RAKE que participan en el funcionamiento de control automático de frecuencia; y

una lógica que determina una función del valor de desfase de la frecuencia residual, $\zeta(f_{err,f}^{(res)})$,

en donde:

$$\zeta(f_{err,f}^{(res)}) = \max_{f \in F} f_{err,f}^{(res)} \quad \text{o} \quad \zeta(f_{err,f}^{(res)}) = \frac{1}{|F|} \sum_{f \in F} f_{err,f}^{(res)}$$

y en el que la lógica que usa una pluralidad de estimaciones para detectar si la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor es mayor que la cantidad predeterminada comprende:

una lógica que concluye que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor no es mayor que la cantidad predeterminada si la función del valor de desfase de frecuencia residual, $\zeta(f_{err,f}^{(res)})$, es menor que un valor umbral predeterminado y la estimación del ensanchamiento Doppler indica que la velocidad relativa entre el transmisor y el receptor no es mayor que la cantidad predeterminada.

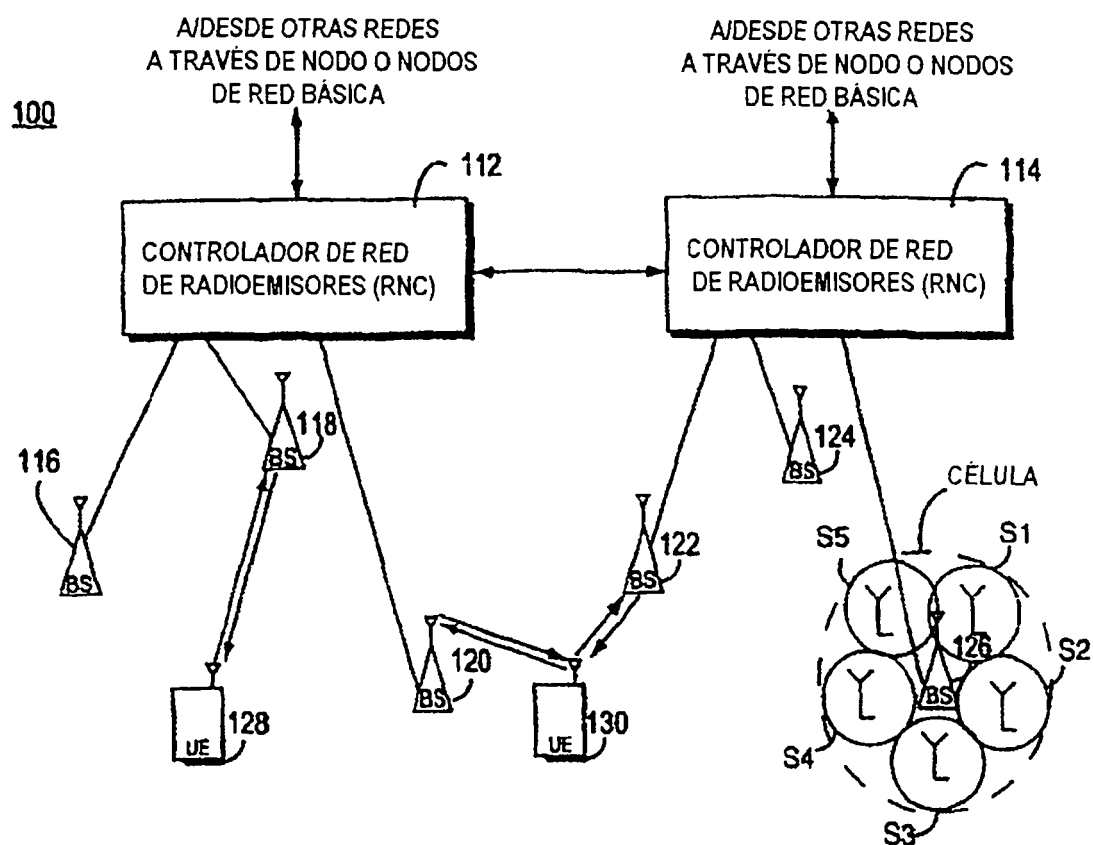


FIG. 1

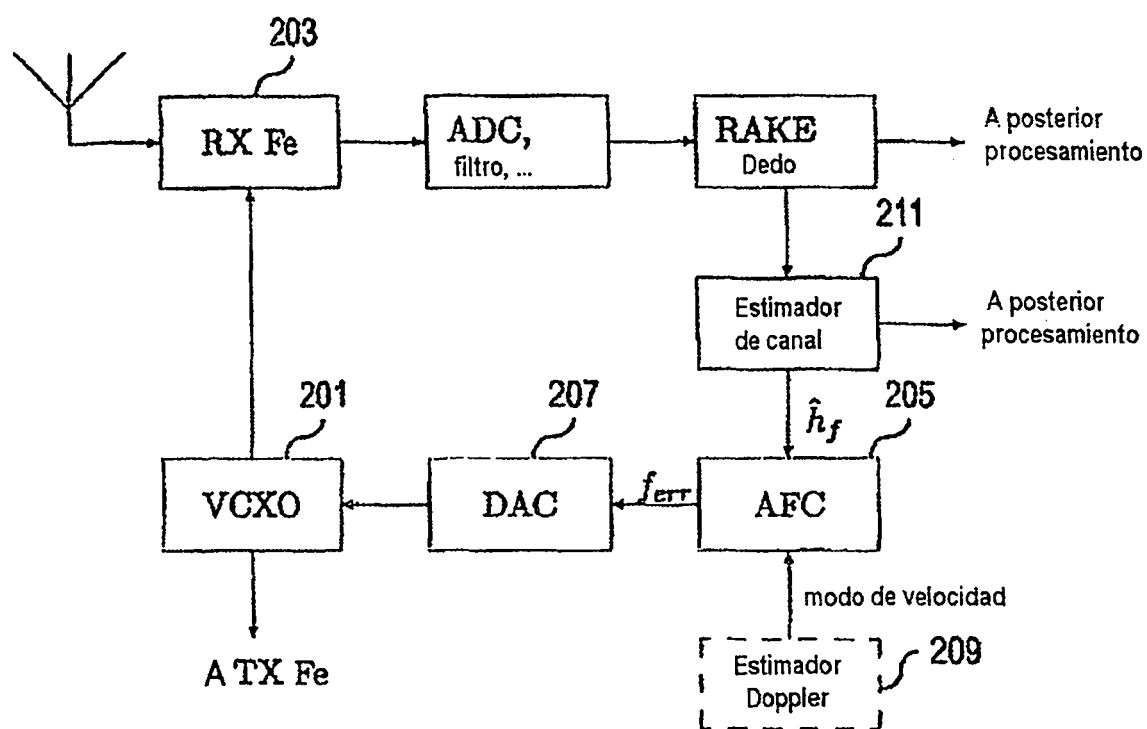


FIG. 2

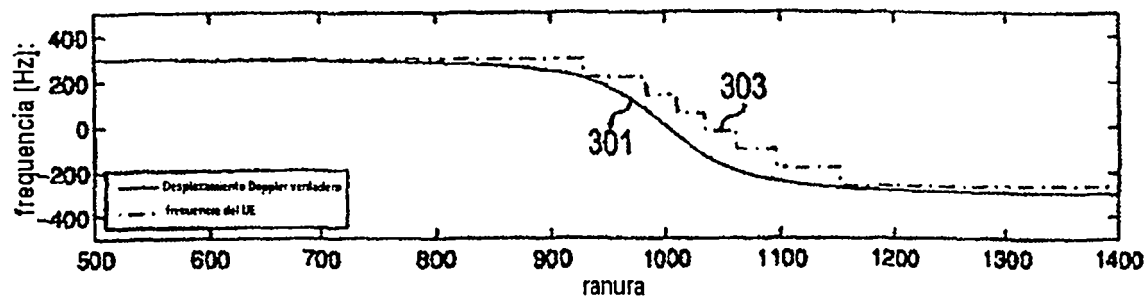


FIG. 3a

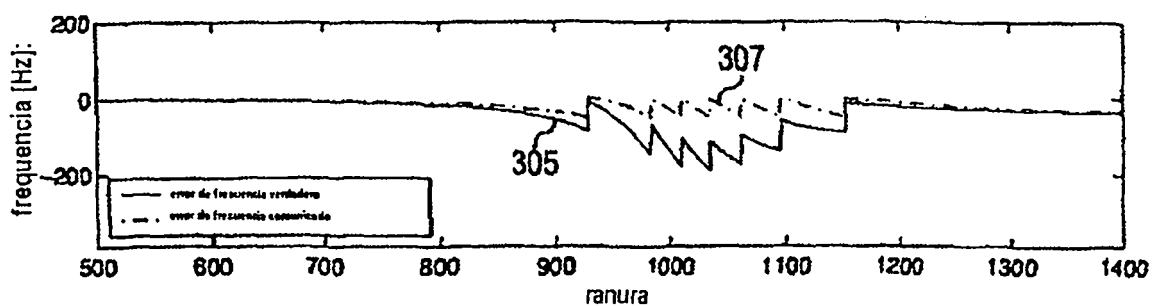


FIG. 3b

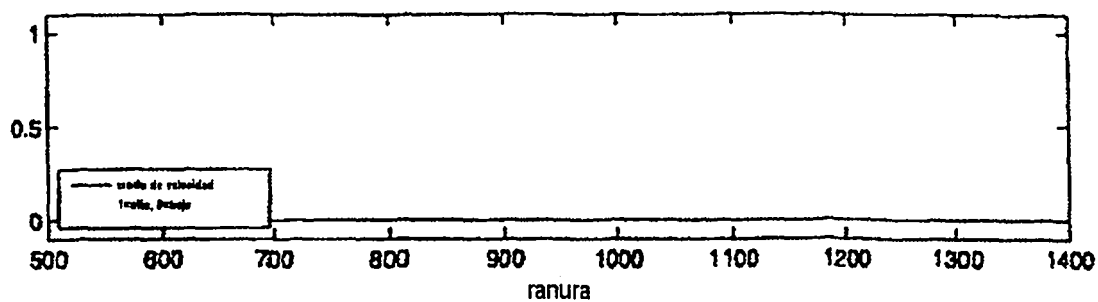


FIG. 3c

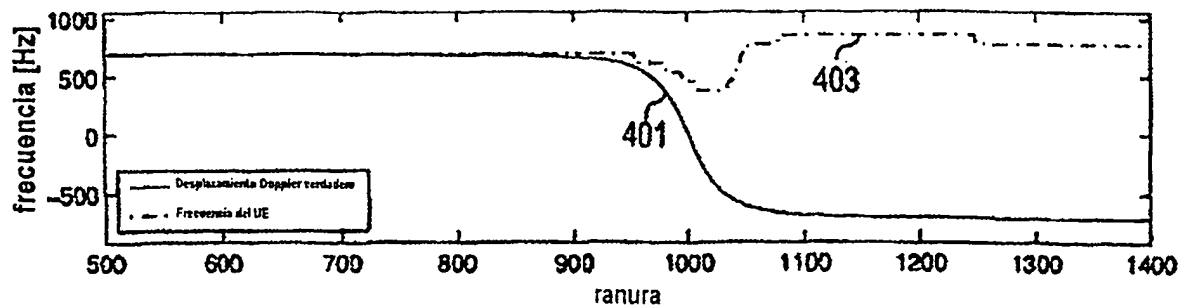


FIG. 4a

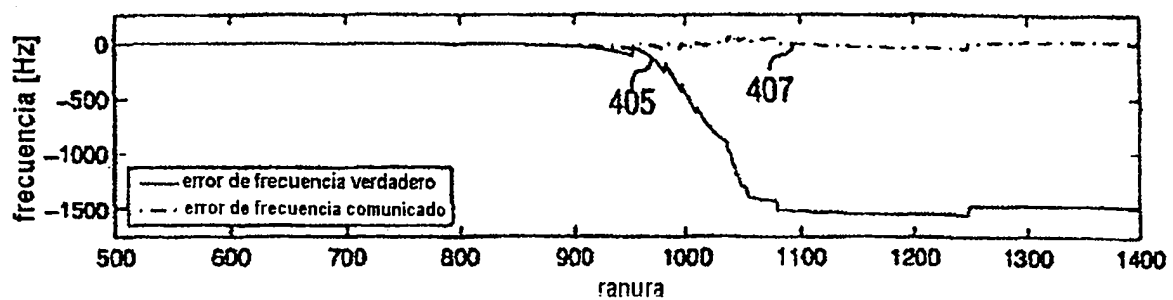


FIG. 4b

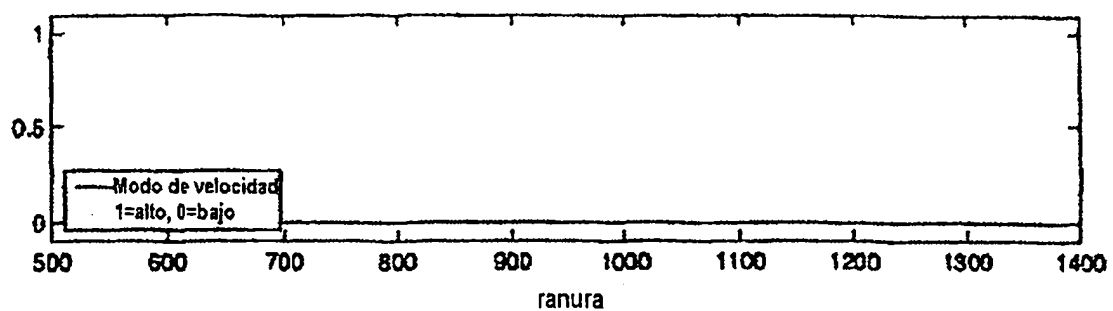


FIG. 4c

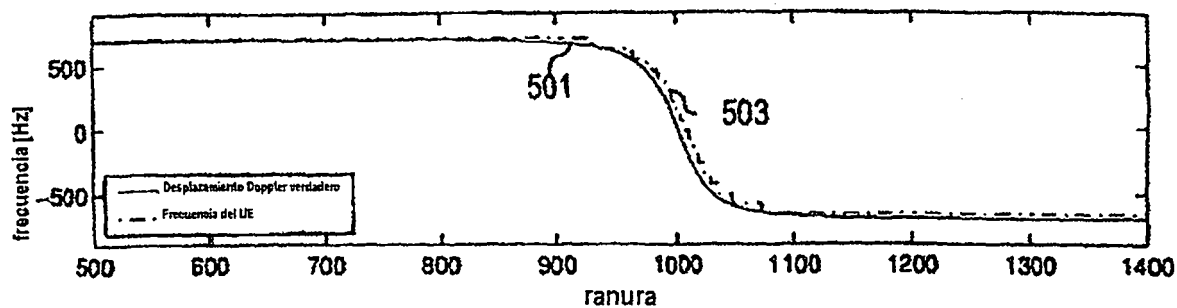


FIG. 5a

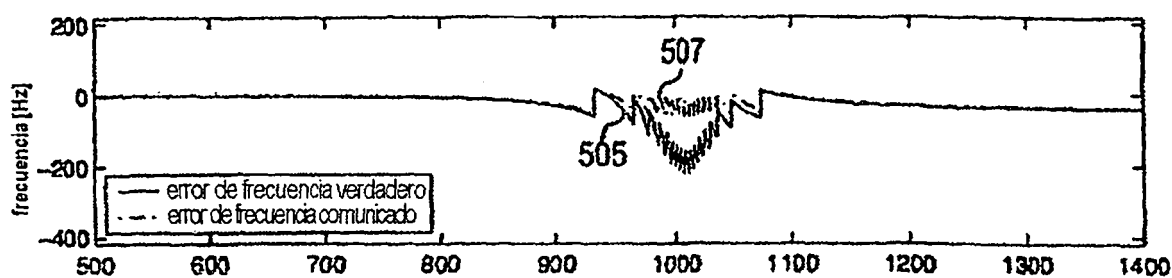


FIG. 5b

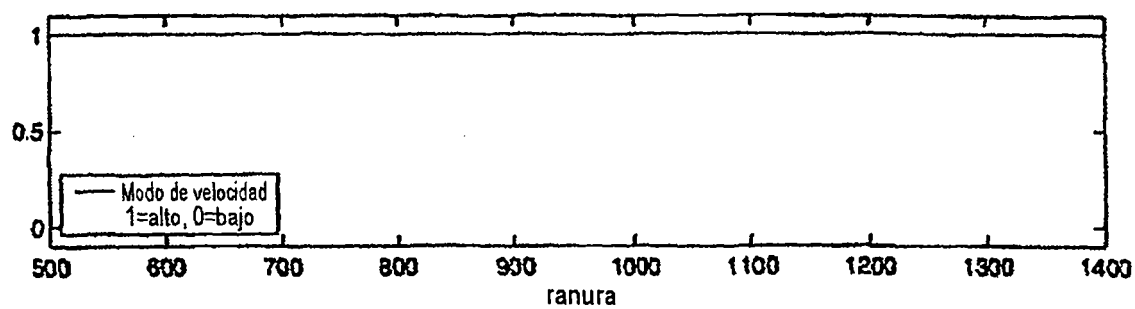


FIG. 5c

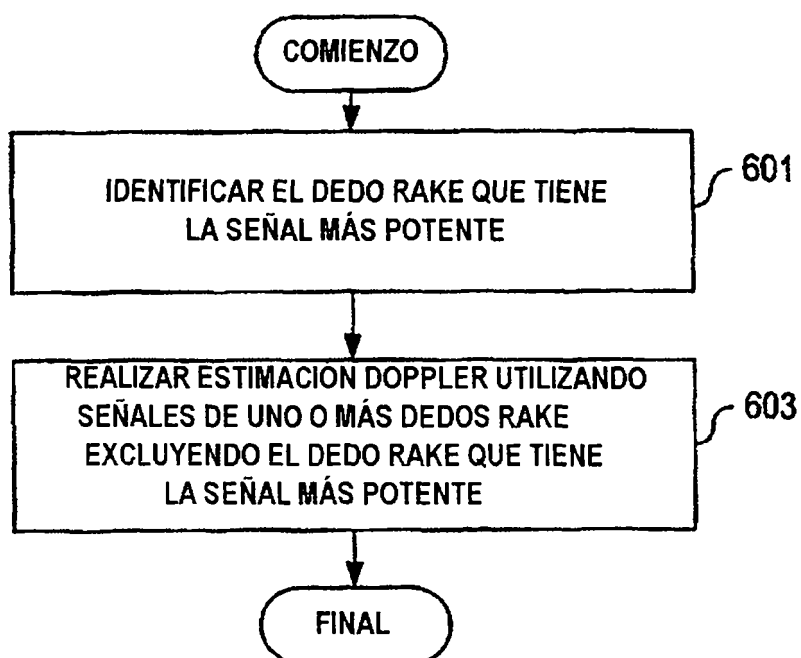


FIG. 6a

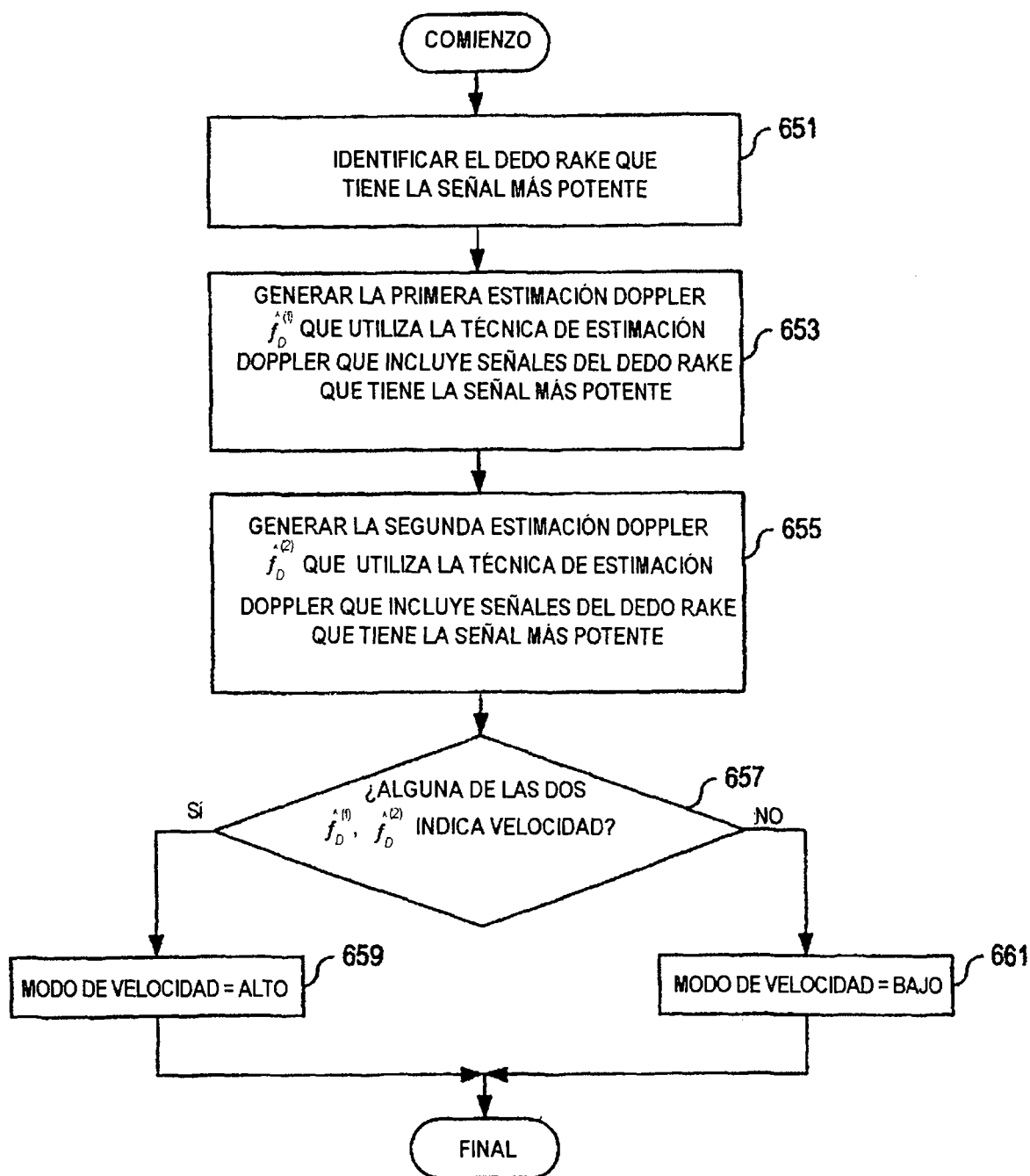


FIG. 6b

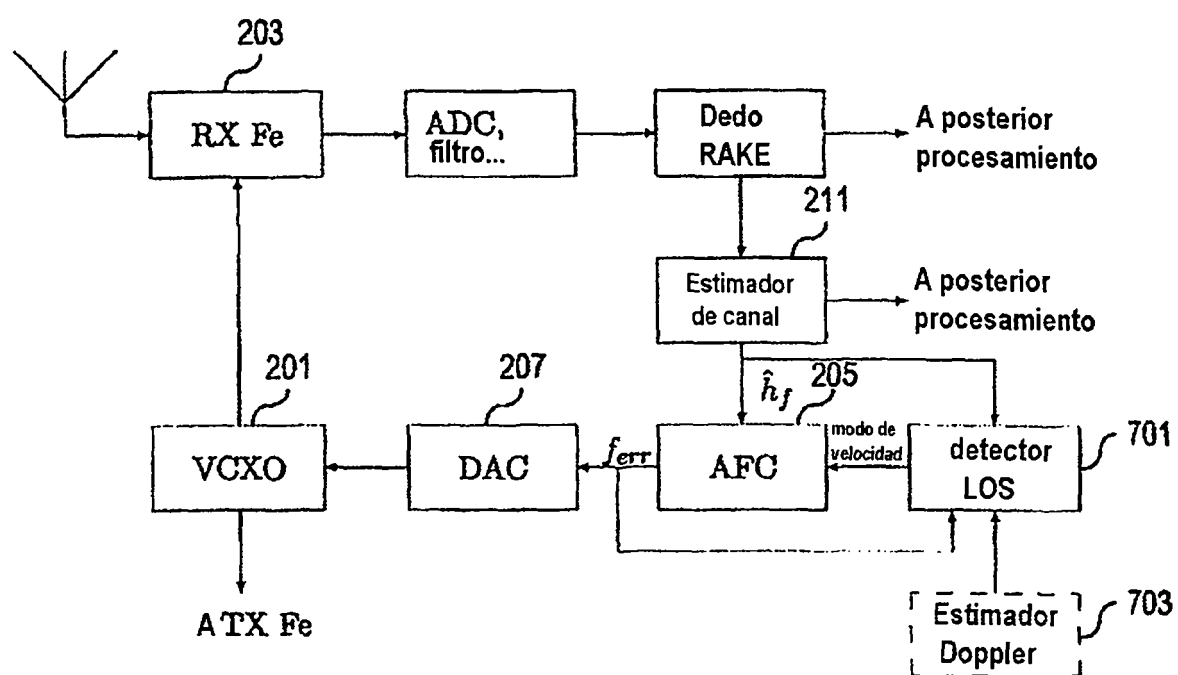


FIG. 7

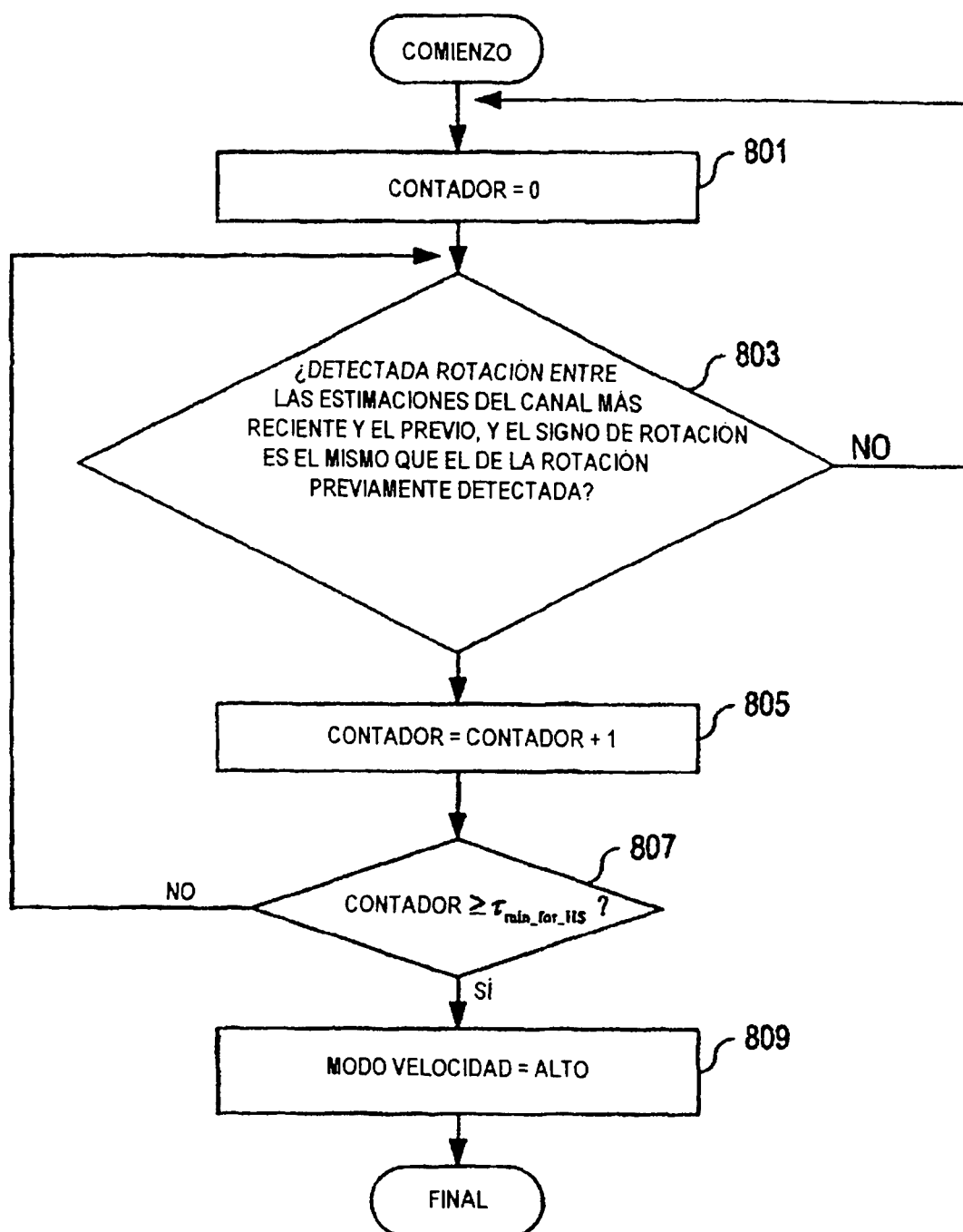


FIG. 8

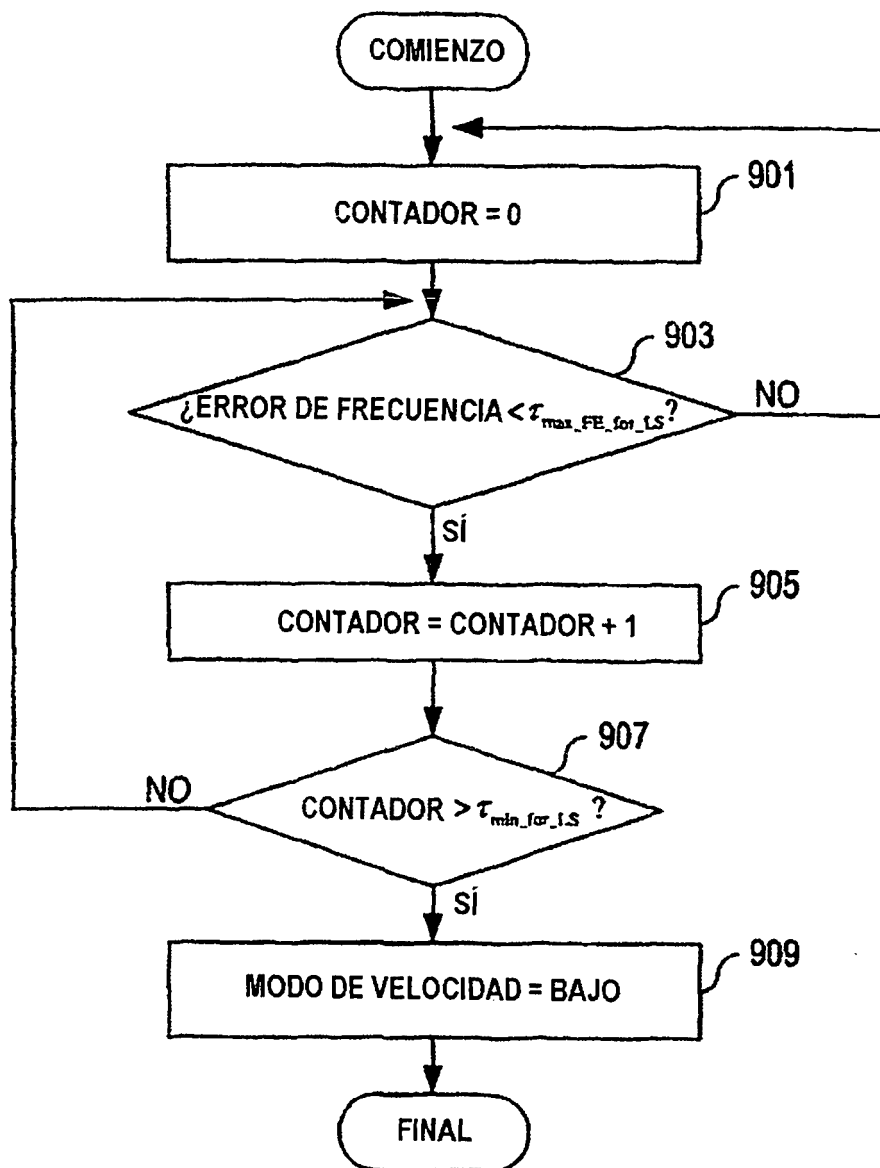


FIG. 9

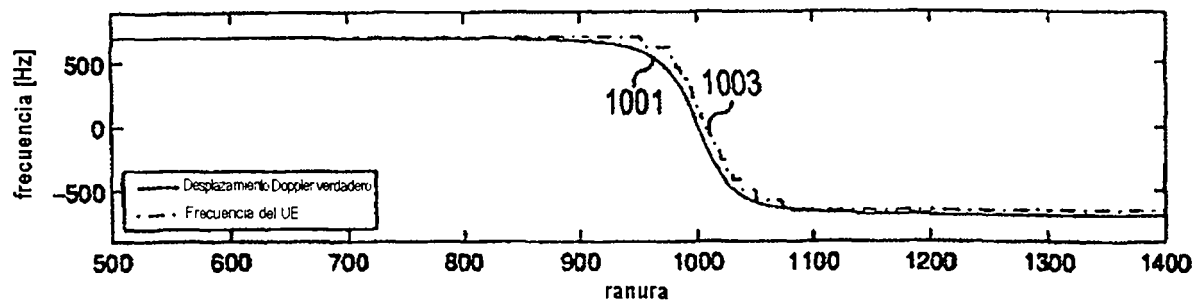


FIG. 10a

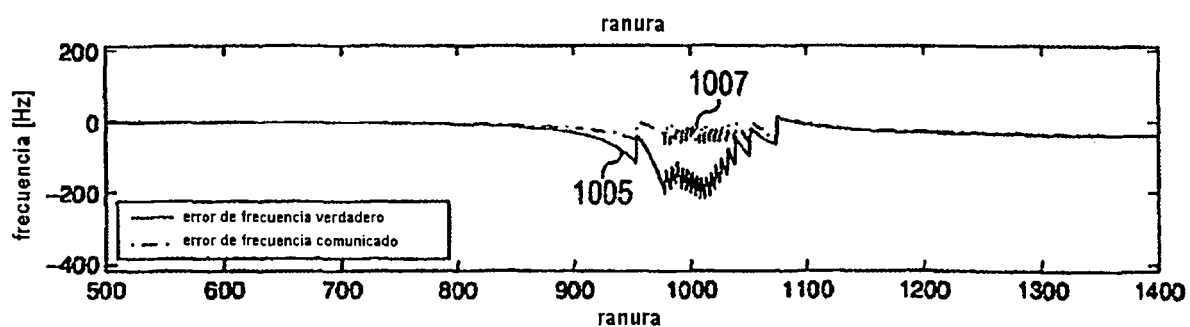


FIG. 10b

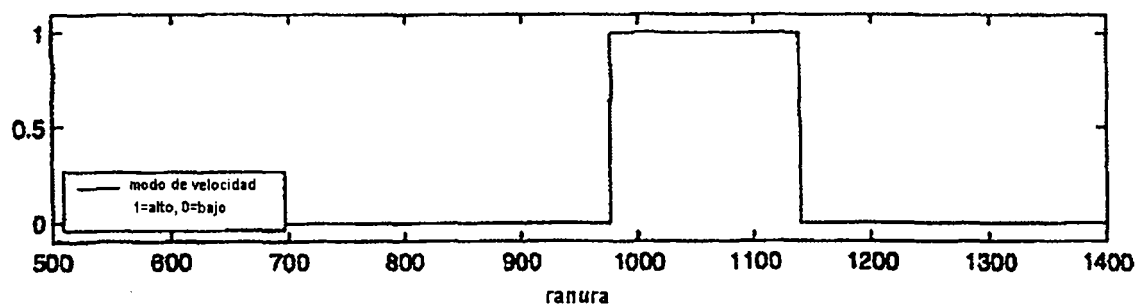


FIG. 10c

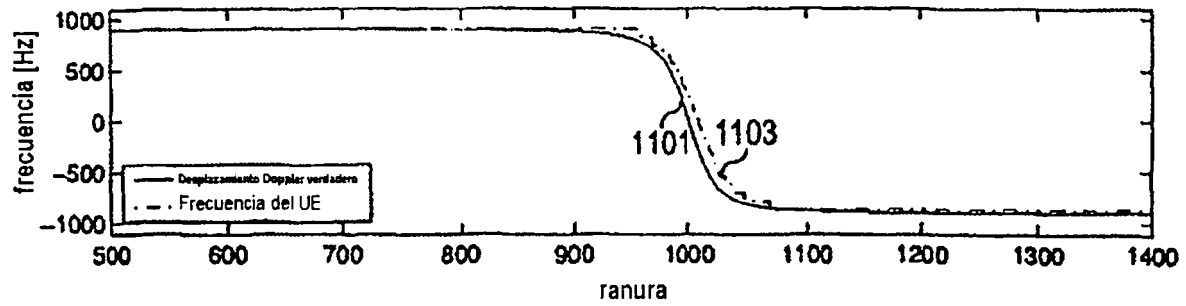


FIG. 11a

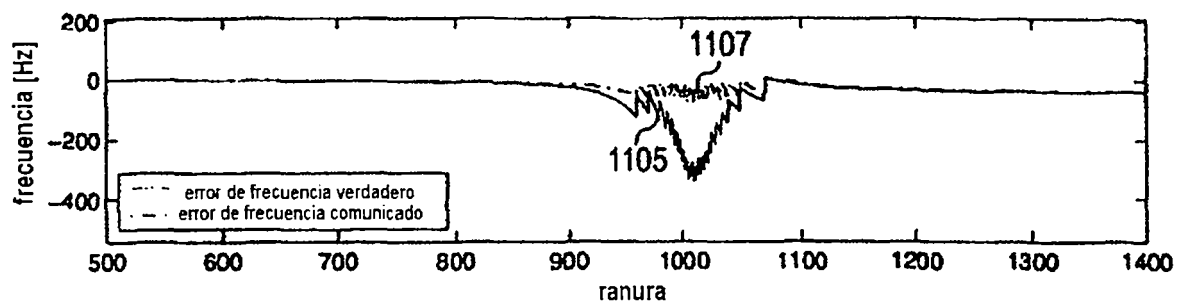


FIG. 11b

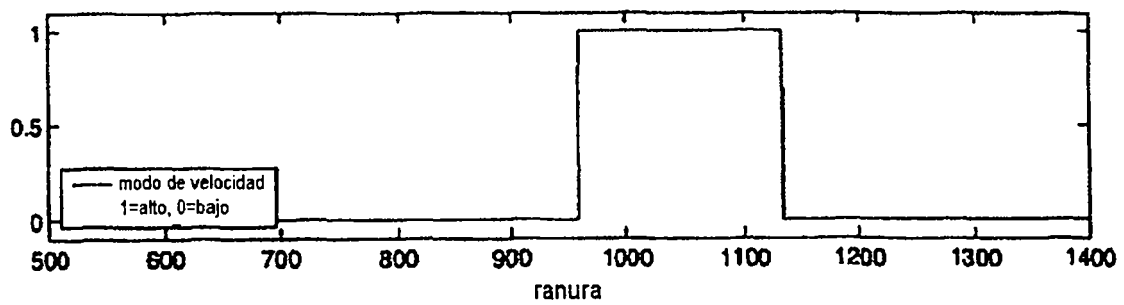


FIG. 11c