



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 336 001**

51 Int. Cl.:

H04B 1/713 (2006.01)

H04B 1/10 (2006.01)

H04Q 11/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04775449 .4**

96 Fecha de presentación : **17.09.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1673879**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.06.2006**

54 Título: **Método y sistema para variación de desplazamiento de frecuencia por saltos en una red radio.**

30 Prioridad: **09.10.2003 US 681569**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
07.04.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
07.04.2010

73 Titular/es:
TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (publ)
164 83 Stockholm, SE

72 Inventor/es: **Nyberg, Henrik y**
Craig, Stephen

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 336 001 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y sistema para variación de desplazamiento de frecuencia por saltos en una red radio.

5 Antecedentes

Campo de la invención

La presente invención pertenece al campo de las telecomunicaciones y particularmente a técnicas de variación de frecuencia por saltos empleadas en sistemas de telecomunicaciones celulares.

Técnica relacionada y otras consideraciones

La variación de frecuencia por saltos se utiliza con frecuencia en sistemas celulares de telecomunicaciones por radio, tales como Sistema Global para Comunicaciones con Móviles (GSM), para mejorar el rendimiento o comportamiento del sistema. En general, la variación de frecuencia por saltos mejora el rendimiento al introducir diversidad de frecuencias y diversidad de interferencias. El rendimiento mejorado significa que una red celular puede ser más fuertemente cargada si se utiliza variación de frecuencia por saltos de lo que hubiera sido de otro modo. Es decir, la variación de frecuencia por saltos aumenta la capacidad de la red. El impacto de la variación de frecuencia por saltos sobre la interferencia entre móviles ha resultado más importante debido a la tendencia a la planificación de redes de interferencia limitada con el más ajustada reutilización de frecuencias.

En un sistema de telecomunicaciones por radio que utiliza variación de frecuencia por saltos, normalmente se adjudica una secuencia de variación de frecuencia por saltos a un móvil en establecimiento de llamada. La diversidad de frecuencias se consigue transmitiendo cada señal de telecomunicaciones por radio en la secuencia de frecuencias a lo largo del tiempo. Cada señal de radio es transmitida sobre una secuencia de frecuencias debido a que las señales de radio están con frecuencia sometidas a variaciones de amplitud denominadas desvanecimiento o amortiguación de Rayleigh. Sin embargo, en cualquier caso dado, el desvanecimiento de Rayleigh afecta generalmente a señales de radio transportadas en algunas frecuencias más que en otras frecuencias. De ese modo, transmitiendo una señal de telecomunicaciones de radio en la secuencia de frecuencias diferentes se puede aumentar la probabilidad de que la señal sea recibida correctamente, ya que es improbable que el desvanecimiento de Rayleigh impacte negativamente de forma significativa cada frecuencia en la cual está siendo transmitida la señal de telecomunicaciones de radio. Esta ventaja existe para señales que contienen redundancia que hace posible corregir errores de bits experimentados durante los profundos desvanecimientos de Rayleigh. Por lo tanto, se mejora la calidad de la señal y se mejora el rendimiento global del sistema.

En adición al desvanecimiento, una señal de radio está sometida con frecuencia a grados variables de interferencia causados por tráfico (por ejemplo, desde estaciones móviles situadas muy cerca) en la misma frecuencia (es decir, interferencia de co-canales o canales cooperantes) y tráfico en una frecuencia adyacentes (es decir, interferencia de canales adyacentes). Si la interferencia de co-canales y/o canales adyacentes es sustancial, puede resultar gravemente impactada la calidad de la señal asociada. En teoría, la variación de frecuencia por saltos, a través de la introducción de diversidad de interferencias, ensancha o amplía la interferencia de co-canales y de canales adyacentes entre numerosos usuarios finales, de tal manera que se diversifica la interferencia de co-canales y canales adyacentes experimentada por un usuario final particular. El efecto global es elevar la calidad de la señal a través de la red, mejorando con ello el rendimiento del sistema global.

Aunque la variación de la frecuencia por saltos mejora el rendimiento del sistema al mejorar la calidad de la señal, la reutilización de la frecuencia está diseñada para mejorar el rendimiento del sistema aumentando la capacidad del sistema. Más concretamente, la reutilización de frecuencia permite que dos o más células utilicen simultáneamente la misma frecuencia, o grupo de frecuencias, siempre que la distancia (es decir, la "distancia de reutilización") entre las dos células sea suficiente para minimizar cualquier interferencia de co-canales que pudiera de otro modo tener un efecto adverso sobre la calidad de la señal. Sin embargo, al aumentar la demanda de servicio celular, es probable que disminuyan las distancias de reutilización. Y, al disminuir la distancia de reutilización, es probable que aumente la interferencia de co-canales.

Con el fin de evitar grave interferencia entre estaciones de móviles situadas muy cerca (por ejemplo estaciones de móviles conectadas a la misma estación de base) que usan el mismo conjunto de frecuencias, se asignan secuencias ortogonales de variación de frecuencia por saltos a estas estaciones de móviles. Dos secuencias S_1 y S_2 de variación de frecuencia por saltos son ortogonales si $S_1(k) \neq S_2(k)$ para todos los pasos de tiempo k . El carácter ortogonal se representa por la notación $S_1 \perp S_2$. Las dos secuencias S_1 y S_2 son parcialmente ortogonales si la probabilidad de colisión $P(S_1(k) = S_2(k)) = p$ para cierto $0 < p < 1$, como se representa por la notación $S_1 \perp_p S_2$. Si $p = 1/N$, donde N es el número de frecuencias usadas para la variación de frecuencia por saltos, se proporciona diversidad de interferencia plena. Si $p = 0$, existe ortogonalidad.

De acuerdo con técnicas convencionales de variación de frecuencia por saltos, las secuencias de variación de frecuencia por saltos pueden ser derivadas de una secuencia de variación de frecuencia por saltos de referencia que es establecida para todo el sistema o una parte del sistema, por ejemplo una célula. Típicamente (por ejemplo, como en

GSM), la secuencia de variación de frecuencia por saltos es una secuencia cíclica o pseudo-aleatoria determinada por un parámetro específico de célula (por ejemplo, Número de Secuencia de Variación por Saltos "HSN") y un parámetro específico de móvil asignado al establecimiento de llamada o traspaso (handover). Es decir, una estación móvil, en traspaso o establecimiento de llamada, es informada del parámetro específico de célula que determina la secuencia de variación de frecuencia por saltos, de referencia, y le es asignado el parámetro específico de móvil (por ejemplo, un desplazamiento (offset) de frecuencia disponible) asociado con la célula en la cual está operando la estación móvil. La estación móvil salta a través de una secuencia de frecuencias que están, a lo largo del tiempo, desplazadas de la secuencia de variación de frecuencia por saltos en una cantidad fija que es igual a su desplazamiento de frecuencia asignada. De acuerdo con la norma de GSM, cada desplazamiento de frecuencia es referida como una Desplazamiento de Índice de Asignación de Móvil (es decir, MAIO). Dependiendo de los valores de estos dos parámetros (HSN y MAIO, por ejemplo) y el parámetro que sincroniza las secuencias de variación de frecuencia por saltos a través del tiempo (el número de trama de TDMA, por ejemplo), las secuencias de variación de frecuencia por saltos usadas por dos móviles pueden ser o bien idénticas, ortogonales o no ortogonales, pero con colisiones aleatorias, de manera que se consiga la diversidad de interferencia. La asignación de diferentes desplazamientos de frecuencia constantes a estaciones móviles en establecimiento de llamada o traspaso es un intento de obtener la ortogonalidad.

Considérese, por ejemplo, una secuencia de variación de frecuencia por saltos de referencia para un grupo de doce frecuencias indicadas por 1, 2, 3,..., 12 en un periodo de tiempo t_1-t_{10} que es como [9,5,11,1,3,9,12,10,7,8]. Si la primera estación móvil opera en una primera célula con esta secuencia de variación de frecuencia por saltos de referencia le es, por ejemplo, asignado uno desplazamiento de frecuencia de cero, la primera estación móvil saltará a través de la secuencia [9,5,11,1,3,9,12,10,7,8] en el periodo de tiempo t_1-t_{10} . Si la segunda estación móvil opera en una segunda célula con el mismo grupo de doce frecuencias, el mismo número de trama de TDMA simultáneo (u otro parámetro de temporización similar), y a la misma secuencia de variación de frecuencia por saltos de referencia se asigna un desplazamiento de frecuencia de siete, la segunda estación móvil saltará a través de la secuencia [4,12,6,8,10,4,7,5,2,3] en el mismo periodo t_1-t_{10} . De acuerdo con técnicas convencionales de variación de frecuencia por saltos, el desplazamiento de frecuencia asignado a cada estación móvil permanece constante. De ese modo, el desplazamiento de frecuencia entre la primera estación móvil que opera en la primera célula y la segunda estación móvil que opera en la segunda célula permanece, según se ha descrito anteriormente, en un módulo de valor fijo el número de frecuencias en la secuencia de variación de frecuencia por saltos (en este caso, permanece fijo en doce de módulo siete).

Con el fin de manejar más eficazmente redes de interferencia limitada, han sido propuestas varias estrategias, por ejemplo, sincronización de grupos de células combinados con adjudicación inteligente de secuencia de variación de frecuencia por saltos para minimizar la interferencia de co-canales y canales adyacentes entre estaciones móviles en células seleccionadas. Sin embargo, las estrategias convencionales tienen diversas limitaciones. Estas limitaciones emanan del hecho de que, cuando se trata de interferencia, han de considerarse dos importantes componentes. Un primer componente es la interferencia de co-canales entre estaciones móviles que usan la misma frecuencia simultáneamente. Un segundo componente es la interferencia de canales adyacentes entre estaciones móviles que están usando frecuencias contiguas simultáneamente.

Una primera limitación de las estrategias convencionales de variación de frecuencia por saltos es la falta de diversidad de interferencia de canales adyacentes dentro de una célula y entre células sincronizadas que usan la misma secuencia de variación de frecuencia por saltos básica y parámetro de temporización (es decir, células que a las que se adjudican los mismos HSNs y tienen simultáneamente el mismo número de trama de TDMA en GSM).

Una segunda limitación de las estrategias convencionales de variación de frecuencia por saltos es la falta de diversidad de interferencias de co-canales entre células sincronizadas que usan la misma secuencia de variación de frecuencia por saltos básica, el mismo valor de parámetro de temporización y los mismos desplazamientos de frecuencia (por ejemplo, células que usan los mismos HSNs, números de trama de TDMA simultáneos y MAIOs en GSM).

La tercera limitación de estrategias convencionales de variación de frecuencia por saltos es la insensibilidad a discrepancias (por ejemplo, no aleatoriedad) en las secuencias de variación de frecuencia por saltos.

La solicitud PCT publicada WO 01/24400 A1 describe una variación de frecuencia por saltos para explotar diversidad de interferencias. Una secuencia de variación de frecuencia por saltos de referencia se adjudica a cada célula que pertenece a un grupo de células sincronizadas y a los móviles que operan en cualquiera de estas células se adjudica una secuencia de variación de desplazamiento de frecuencia por saltos. Se describe esta variación de desplazamiento de frecuencia por saltos, pero no con dependencia en funcionamiento inter- o intra-células.

El documento US-A-6 112 094 describe variación de frecuencia por saltos para explotar la diversidad de interferencias. Una secuencia de variación de frecuencia por saltos es asignada a una célula y dos células pueden tener la misma secuencia de variación por saltos. Células que tengan la misma secuencia de variación por saltos pueden seleccionar desplazamientos de secuencia al azar que aseguren que estaciones dentro de una célula seleccionen diferentes frecuencias de canal.

En ningún lugar de esta patente se menciona el uso de dos componentes para inter e intra-células como es la idea de la presente invención.

El documento US-B1-6 606 500 describe las bases para la presente invención y menciona la lista de variación por saltos y el MAIO, véase el final del segundo párrafo de la página 3 de la presente descripción. La presente invención es un desarrollo más de esta invención básica e introduce el uso de dos componentes para diversidad de interferencias inter- e intra-células.

La patente US 6.223.048 no está relacionada con la variación de frecuencia por saltos, sino con instalaciones de radio asociadas entre sí, por ejemplo una estación móvil con una estación base. Esto está alejado de la presente invención.

La Patente de Estados Unidos 6.233.270, de Craig *et al.*, describe una estación móvil que salta de una frecuencia a otra como una función de la secuencia de variación de frecuencia por saltos de referencia más una secuencia de variación por saltos de desplazamiento de frecuencia que le ha sido asignada. La secuencia de variación de desplazamiento de frecuencia por saltos es diferente en cada una de las células sincronizadas, creando con ello diversidad de interferencias. La Patente de Estados Unidos 6.233.270 describe así un método para obtener diversidad de interferencias entre células sincronizadas a las que ha sido adjudicada una misma secuencia de variación de frecuencia por saltos.

Pero, como se ha mencionado anteriormente, la diversidad de interferencias dentro de una célula puede ser también importante, tanto para redes sincronizadas como no sincronizadas en las que ocurre ya sea interferencia de co-canales intra-células o de canales adyacentes intra-células. La interferencia intra-células se presenta, por ejemplo, cuando se emplea una configuración de BCCH bloqueada en una red de una reutilización y la carga de hardware es superior a 0,5, ya que no se puede evitar el uso de frecuencias adyacentes en la misma célula en una tal red. En tal caso, sería beneficioso evitar la interferencia continua (ignorando DTX) de canales adyacentes dentro de la célula a través de variación de frecuencia por saltos.

Por lo tanto, el reto consiste en construir secuencias de variación de desplazamiento de frecuencia por saltos que, en combinación con las secuencias de variación de frecuencia por saltos originales, proporcionen tanto diversidad de interferencias entre células (incluso si las células usan las mismas secuencias de variación de frecuencia por saltos básicas, los mismos conjuntos de frecuencias, los mismos valores de parámetros de temporización simultáneos, y los mismos conjuntos de desplazamientos de frecuencia) como diversidad de canales adyacentes (por ejemplo dentro de una célula), mientras se mantiene la ortogonalidad con respecto a la interferencia de co-canales.

Supóngase, por ejemplo, un método típico de variación de frecuencia de GSM por saltos que utilice dos parámetros básicos: el número de secuencias de variación por saltos (HSN: hopping sequence number) y el desplazamiento de frecuencia (MAIO) con respecto a la secuencia de variación de frecuencia por saltos básica. El reto es generar secuencias de variación de desplazamiento de frecuencia por saltos de manera que, dependiendo de los parámetros de entrada, dos secuencias de desplazamiento de frecuencia son o bien ortogonales con diferencia de desplazamientos de frecuencia variable, o no ortogonales con colisión aleatoria de manera que la diversidad de interferencias pueda ser proporcionada por las secuencias de desplazamiento de frecuencia (independientemente de la secuencia de variación de frecuencia por saltos básica).

Por lo tanto, lo que se necesita, y es un objeto de la presente invención, es un aparato y una técnica de variación de frecuencia por saltos que proporcionen diversidad de interferencias dentro de una célula basándose en el desplazamiento de frecuencia.

Ventajosamente, en uno o más de sus aspectos, la presente invención se enfrenta y resuelve las siguientes cuestiones:

- Generación de secuencias de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos que combine la eliminación de interferencia de co-canales (ortogonalidad) y diversidad de interferencias de canales adyacentes entre conexiones seleccionables que usen el mismo conjunto de frecuencias.

- Diversidad mejorada de interferencia de co-canales entre secuencias no ortogonales mediante secuencias de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos que mejoran la aleatoriedad de variación de frecuencia por saltos pseudo-aleatoria, no ideal, en métodos existentes de variación de frecuencia por saltos (por ejemplo, GSM).

- La generación de secuencias de variación de desplazamiento de frecuencia por saltos que se puede combinar fácilmente con cualquier generador existente de variación de frecuencia por saltos que use por ejemplo desplazamientos de frecuencia fijos.

- Óptima, o casi óptima, diversidad de interferencias de canales adyacentes.

- Capacidad de control y flexibilidad por un conjunto apropiado de parámetros que son adjudicados a nodos de redes y estaciones móviles.

- Capacidad de programación que haga el método utilizable y compatible para diferentes configuraciones de planificación de redes y planificación de frecuencia.

Breve resumen

Un sistema generador de secuencias de variación de frecuencia por saltos para utilizar en un sistema de telecomunicaciones por radio utiliza desplazamientos de frecuencia variables para determinar una secuencia de variación de frecuencia por saltos para usar en la comunicación entre una estación móvil y un nodo de red. El generador de secuencias de variación de frecuencia por saltos puede estar situado o bien en el nodo de red o en la estación móvil, y preferiblemente están situados generadores similares de secuencias de variación de frecuencia por saltos tanto en la estación móvil como en el nodo de red.

El sistema generador de secuencias de variación de frecuencia por saltos comprende un generador de variación de desplazamiento de frecuencia por saltos que elige los desplazamientos de frecuencia variables de manera que la secuencia de variación de frecuencia por saltos proporciona diversidad de interferencias intra-células (o canales adyacentes). Para cada estación móvil, el generador de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos determina un índice de desplazamiento de frecuencia que es mapeado para una de la pluralidad de desplazamientos de frecuencia posibles. El índice de desplazamiento de frecuencia (y de ese modo el desplazamiento de frecuencia correspondiente) se determina para proporcionar la secuencia de variación de frecuencia por saltos tanto con diversidad de interferencias como ortogonalidad (en particular ortogonalidad y diversidad de interferencias de canales adyacentes simultáneas entre ciertas secuencias de variación de frecuencia por saltos). El índice de desplazamiento de frecuencia tiene un primer componente y un segundo componente. El primer componente del índice de desplazamiento de frecuencia es un componente inter-células y el segundo componente es un componente intra-células. El primer componente inter-células es generado por un sub-generador de secuencias inter-células, el segundo o componente intra-células es generado por un sub-generador de componentes intra-células.

El sub-generador de componentes intra-células introduce un nuevo parámetro (FOSEED); el componente inter-células introduce un nuevo parámetro (FOHSN). El parámetro FOHSN sirve como un número de secuencias de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos y se asigna a una estación móvil para obtener una única secuencia pseudo-aleatoria. El parámetro FOSEED se asigna a una estación móvil y se usa para evitar colisiones de frecuencias entre móviles con iguales HSN y FOHSN e iguales adjudicaciones de desplazamientos de frecuencia (FOs) y frecuencias. La salida del sub-generador de componentes intra-células es un entero I_2 en el intervalo de 0 a NFO-1 (siendo NFO el número de desplazamientos posibles de frecuencia en un conjunto de desplazamientos de frecuencia). El componente intra-células proporciona secuencias ortogonales (no colisionantes) con una diferencia variable entre dos secuencias. El efecto de la diferencia variable es la diversidad de interferencias de canales adyacentes. La diversidad de frecuencias de canales adyacentes significa que dos estaciones móviles no son "contiguas" en frecuencia constantemente a través de todas las sesiones.

El sub-generador de componentes intra-células puede operar ya sea en un modo de "secuencias cortas" o en un modo de "secuencias largas". El modo de secuencias largas interpreta velocidades de colisión de frecuencias adyacentes entre dos secuencias con igual FOHSN independiente de la elección de los dos FOSEED diferentes seleccionados. Por otra parte, el modo de secuencias cortas produce mayores velocidades de colisión de frecuencias adyacentes entre ciertos pares que entre otros pares.

En el modo de secuencias cortas, una secuencia de variación de frecuencia por saltos adjudicada a una estación móvil se repite cíclicamente. En una realización ejemplar de un escenario de modo de secuencias cortas, el componente I_2 intra-células es determinado por el sub-generador de componentes intra-células evaluando la expresión $I_2(\text{FN}, \text{FOSEED}) = S(1 + (\text{FN} + \text{FOSEED}) \bmod \text{NFO})$, en la que S es una secuencia básica de 0, 2, 4, ..., K_1 , K_2 , K_2-2 , ..., 3, 1, en la cual $K_1 = 2 * \lfloor (\text{NFO}-1)/2 \rfloor$; $K_2 = 2 * \lfloor (\text{NFO})/2 \rfloor - 1$; FN es un índice de tiempo; FOSEED es un entero único asignado a una estación móvil en establecimiento de llamada; y NFO es un número de desplazamientos de frecuencia en un conjunto de desplazamientos de frecuencia posibles. La salida del sub-generador de componentes intra-células es un entero I_2 en el intervalo 0 a NFO-1.

En el modo de secuencias largas, en lugar de repetir la misma secuencia corta cada ciclo, se emplea otra de las secuencias ortogonales de acuerdo con un esquema cíclico para conmutar entre diferentes secuencias cortas para móviles diferentes. En una realización ejemplar de un escenario de modo de secuencias largas, el componente I_2 intra-células es determinado por el sub-generador de componentes intra-células evaluando la expresión $I_2(\text{FN}, \text{FOSEED}) = S(1 + (\text{FN} + K) \bmod \text{NFO})$, en la que los parámetros S, K_1 , K_2 , FN, NFO y FOSEED se definen similarmente al modo de secuencias cortas, pero $K = S(1 + (\text{FOSEED} + \text{FN} \bmod \text{NFO})) \bmod \text{NFO}$.

El componente inter-células proporciona, por ejemplo, diversidad de colisiones entre secuencias de variación por saltos de FO que no son ortogonales. Aquel toma como entrada, para cada paso de tiempo, FOHSN, FN y NFO (FOHSN y NFO son normalmente constantes durante una sesión). La salida del sub-generador de componentes inter-células es preferiblemente un entero pseudo-aleatorio que debe tomar valores, y ha de ser distribuido uniformemente, en un intervalo 0-M, donde M debe ser igual o mayor que NFO-1. Diferentes FOHSNs producen secuencias de salida únicas para FN=0,1,2,... con una velocidad de colisión media igual a $1/(M+1)$ entre dos secuencias diferentes cualesquiera. El sub-generador de componentes inter-células puede usar cualquier método siempre que se cumplan los requisitos en la entrada y la salida. Un generador de ejemplo para usar como sub-generador de componentes inter-células es el generador estándar de variación de frecuencia por saltos de GSM.

Breve descripción de los dibujos

El precedente y otros objetos, características y ventajas de la invención resultarán evidentes de la siguiente descripción más particular de realizaciones preferidas según se ilustran en los dibujos que se acompañan, en los cuales se refieren los mismos caracteres de referencia a las mismas partes a través de todas las figuras. Los dibujos no están necesariamente a escala, poniéndose, por el contrario, énfasis en la ilustración de los principios de la invención. Además, se muestran bloques de función en algunas de las figuras. Los expertos en la técnica apreciarán que las funciones pueden ser puestas en práctica usando circuitos individuales de hardware, usando software que funcione en relación con un microprocesador apropiadamente programado u ordenador de finalidad general, usando un circuito integrado específico de aplicación (ASIC), y/o usando uno o más procesadores de señales digitales (DSPs).

La figura 1 es una vista esquemática de una red de telecomunicaciones en la que se adjudican secuencias de variación de frecuencia por saltos de manera conveniente.

La figura 2 es una vista esquemática de una red de telecomunicaciones en la que las secuencias de variación de frecuencia por saltos se adjudican de acuerdo con un desplazamiento de frecuencia variable.

La figura 3 es una vista esquemática de un sistema de generación de secuencias de variación de frecuencia por saltos de ejemplo que utiliza desplazamientos de frecuencia variables para comunicación entre un nodo de red y una estación móvil.

La figura 4 es una vista esquemática de un ejemplo de generador de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos incluido en el sistema de generación de secuencias de variación de frecuencia por saltos de la figura 3.

La figura 5 es una vista esquemática que representa un ejemplo de operación de una unidad de mapeado incluida en el generador de variación de desplazamiento de frecuencia por saltos de la figura 4.

La figura 6 es una vista esquemática que ilustra un ejemplo de secuencia corta periódica generada por un sub-generador de componentes intra-células del generador de variación de desplazamiento de frecuencia por saltos de la figura 4.

Las figuras 7A a 7E muestran la generación de dos ejemplos de secuencias de variación de frecuencia por saltos ortogonales empleando el método de secuencias cortas intra-células y que tienen desplazamiento variable una con respecto a otra.

Las figuras 8A a 8E muestran la generación de dos ejemplos de secuencias de variación de frecuencia por saltos ortogonales utilizando el método de secuencias largas intra-células.

Las figuras 9A a 9E muestran la generación de dos ejemplos de secuencias de variación de frecuencia por saltos, no ortogonales, obtenidas con un establecimiento de parámetro que produce colisiones aleatorias entre secuencias de FO y secuencias de variación de frecuencia por saltos finales.

La figura 10 es una vista esquemática que ilustra la situación de un sistema de generación de secuencias de variación de frecuencia por saltos en un nodo de red y situación de una misma o similar versión, pero compatible, del sistema de generación de secuencias de variación de frecuencia por saltos en una estación móvil, y la descarga de parámetros para facilitar la variación de frecuencia por saltos con desplazamientos variables de frecuencia.

La figura 11A y la figura 11B son gráficos que muestran la distribución de FER media por usuario para el enlace ascendente y el enlace descendente, para una primera estrategia.

La figura 12 es un gráfico que ilustra una velocidad de colisión local para dos secuencias de variación de frecuencia por saltos.

Las figuras 13A a 13D son gráficos que muestran funciones auto-covariantes de secuencias de variación de frecuencia por saltos.

Descripción detallada de los dibujos

En la siguiente descripción, para los fines de explicación y no de limitación, se exponen detalles concretos, tales como disposiciones particulares, interfaces, técnicas, etc. con el fin de proporcionar un entendimiento completo de la presente invención. Sin embargo, resultará evidente para los expertos en la técnica que la presente invención puede ser puesta en práctica en otras realizaciones que se aparten de estos detalles concretos. En otros casos, se omiten descripciones detalladas de dispositivos, circuitos y métodos bien conocidos para que se no se oscurezca la descripción de la presente invención con detalles innecesarios. Además, se muestran en algunas de las figuras bloques de función individuales.

La figura 1 muestra una red de telecomunicaciones en la que se adjudica variación de frecuencia por saltos de una manera convencional. La red de telecomunicaciones de la figura 1 ilustra tres células, en particular célula A, célula B y célula C, cada una de las cuales tiene una respectiva estación de base asociada 20_A , 20_B y 20_C . En el tiempo mostrado en la figura 1, dos estaciones móviles representativas 22_1 y 22_2 de ejemplo están operando en la célula A. Todas las estaciones de base ilustradas en la figura 1 les ha sido asignada la misma adjudicación de frecuencia. Es decir, cada estación de base puede operar a frecuencias f_1 , f_2 , ... f_N .

A cada estación de base de la figura 1 le ha sido asignado un número de secuencia de variación por saltos (HSN). Concretamente, para la estación de base 20_A HSN = 1; para la estación de base 20_B , HSN = 4; y para la estación de 20_C , HSN = 18. Cada número de secuencia de variación por saltos (HSN) se refiere a una secuencia de variación de frecuencia por saltos básica (o de referencia) particular. El uso del número de secuencia de variación por saltos (HSN) es así un modo taquigráfico de asignar la correspondiente secuencia de variación de frecuencia por saltos básica (o de referencia) a la estación de base.

De acuerdo con la práctica usual, a cada una de las estaciones móviles 22 que opera en la célula A le ha sido asignado un desplazamiento de frecuencia (FO) diferente. Por ejemplo, a la estación móvil 22_1 le ha sido asignado FO=4, mientras que a la estación móvil 22_2 le ha sido asignado FO=0. En lenguaje de GSM, el desplazamiento de frecuencia (FO) es conocido como el desplazamiento de Índice de Adjudicación a Móvil (MAIO). Como se ha explicado previamente, la comunicación entre cada estación móvil y la estación de base se realiza en frecuencias de una secuencia de variación de frecuencia por saltos, siendo la secuencia de variación de frecuencia por saltos dependiente del HSN y del desplazamiento de frecuencia (FO) adjudicado a la estación móvil.

En contraposición a la figura 1, la figura 2 muestra una red de telecomunicaciones en la que las secuencias de variación de frecuencia por saltos se adjudican de acuerdo con un desplazamiento de frecuencia variable. Las estaciones de base 30_A - 30_C de la figura 2 que sirven a las respectivas células A, B, C se muestran como teniendo el mismo desplazamiento de frecuencia y el mismo número de secuencias de variación por saltos (HSN) que las correspondientes células de la figura 1. En vista de la capacidad de usar desplazamientos de frecuencia variables, las estaciones móviles de la figura 2 están provistas de un conjunto de desplazamientos de frecuencia (conjunto de FO) que tiene N - 1 números, así como un nuevo parámetro conocido como FOSEED. En particular, a la estación móvil 32_1 le ha sido asignado FOSEED = 4, mientras que a la estación 32_2 le ha sido asignado FOSEED = 0. Además, en la red de la figura 2, a cada estación de base le ha sido asignado un valor diferente para un nuevo parámetro, FOHSN. Como se muestra en la figura 2, para la estación de base 30_A FOHSN = 13; para la estación de base 30_B , FOHSN = 25; y para la estación de base 30_C , FOHSN = 2.

El significado de estos nuevos parámetros (por ejemplo, FOSEED y FOHSN), así como el empleo y ventajas de desplazamientos de frecuencia variables en general, se describirán ahora en el contexto de un ejemplo de realización de un nuevo sistema de generación de secuencias de variación de frecuencia por saltos compatible con la misma. Se ha de entender que la realización que se explica aquí es sólo representativa, y que se pueden utilizar en su lugar otras ejecuciones prácticas y versiones de la misma.

La figura 3 muestra un ejemplo de sistema 40 de generación de secuencias de variación de frecuencia por saltos que utiliza desplazamientos de frecuencia variables para comunicación entre un nodo de red y una estación móvil. Como se explica a continuación, el sistema 40 de generación de secuencias de variación de frecuencia por saltos puede estar o bien en un nodo de red o en una estación móvil, y se emplean versiones compatibles del sistema 40 de generación de secuencias de variación de frecuencia por saltos tanto en el nodo de red como en las estaciones móviles en comunicación con el nodo de red.

El sistema 40 de generación de secuencias de variación de frecuencia por saltos incluye un generador 41 de variación de frecuencia por saltos que recibe un desplazamiento de frecuencia (FO) para cada trama desde el generador 42 de variación de frecuencia por saltos. Para cada paso de tiempo (por ejemplo trama), el generador 41 de variación de frecuencia por saltos recibe las siguientes entradas: un número de secuencia de variación por saltos (HSN) (como se representa por el bloque 43); una adjudicación de frecuencia de número "N" de frecuencias usadas para variación de frecuencia por saltos en la célula (como se representa mediante el bloque 44); un contador o número de trama (FN) que sincroniza la variación de frecuencia por saltos (como se representa mediante el bloque 45); y el desplazamiento de frecuencia (FO) que es proporcionado por el generador 42 de variación de frecuencia por saltos.

En lo que respecta a ciertas entradas al generador 41 de variación de frecuencia por saltos, en un ejemplo de realización práctica, el número de secuencias de variación por saltos (HSN) es normalmente un valor entero de 0 a 63 inclusive. De estos valores de HSN, 1-63 produce diferentes secuencias de salida pseudo-aleatorias, mientras que HSN = 0 (no utilizado en la presente explicación) produce secuencias cíclicas. El número de secuencia de variación por saltos (HSN) se fija normalmente en una base de por célula. El FN (Número de Trama) se incrementa generalmente en uno para cada paso de tiempo (o ráfaga de transmisión). El Número de Trama (FN) se reinicia a 0 cuando FN alcanza un valor grande (por ejemplo, FNMAX).

Una entrada importante al generador 41 de variación de frecuencia por saltos es el desplazamiento de frecuencia (FO) que es proporcionado por el generador 42 de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos. El desplazamiento de frecuencia (FO) es un entero en el intervalo de 0 a N-1 (siendo N el número de desplazamientos posibles de frecuencia en un conjunto de posibles desplazamientos de frecuencia). En el generador 41 de variación de frecuencia

ES 2 336 001 T3

por saltos el desplazamiento de frecuencia (FO) se añade (módulo N) a la secuencia de base determinada por HSN y N. Típicamente, diferentes estaciones móviles en una célula (con igual HSN) emplean diferentes desplazamientos de frecuencia con el fin de evitar colisiones de frecuencias entre ellas. En la variación de frecuencia por saltos (GSM) convencional, una estación móvil usa la misma desplazamiento de frecuencia (FO) a lo largo de toda una sesión dada.

5 La persona experta en la técnica reconocerá que el desplazamiento de frecuencia (FO) es semejante al Desplazamiento de Índice de Adjudicación de Móviles (MAIO) empleado en GSM, pero es generado por el generador 42 de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos con el fin de que sea un desplazamiento de frecuencia variable para conseguir la operación ventajosa que se describe en esta memoria.

10 El generador 42 de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos se muestra en la figura 3 como recibiendo (por cada paso de tiempo, por ejemplo, trama) las siguientes entradas: el contador, índice de tiempo o número de trama (FN) que sincroniza la variación de frecuencia por saltos (como se representa por el bloque 45); un FOHSN entero (representado por el bloque 46); el conjunto de desplazamientos de frecuencia (FOs) (representados por el bloque 47); un número NFO (representado por el bloque 48) que informa del número de desplazamientos de frecuencia (FOs) en el conjunto; y un número o germen conocido como FOSEED (representado por el bloque 49). Por cada paso de tiempo, por ejemplo para cada trama de tiempo, el generador 42 de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos da salida a su desplazamiento de frecuencia (FO).

20 De ese modo, el sistema 40 de generación de secuencias de variación de frecuencia por saltos que incluye el generador 42 de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos genera los desplazamientos de frecuencia variables durante una sincronización de un índice de tiempo (por ejemplo, FN) y como una función del índice de tiempo para determinar una secuencia de variación de frecuencia por saltos para usar en comunicación entre una estación móvil y un nodo de red. Mientras que en otros sistemas los desplazamientos de frecuencia pueden ser dependientes de parámetros que están predeterminados o previamente asignados, el sistema 40 de generación de secuencia de variación de frecuencia por saltos descrito en este documento genera los desplazamientos de frecuencia variables en el vuelo como una función del índice de tiempo (y parámetros especificados en un establecimiento de llamada).

El FOHSN entero (representado por el bloque 46) sirve como un número de secuencia de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos y se asigna a una estación móvil para producir una única secuencia pseudo-aleatoria.

30 En un ejemplo de realización práctica, el FOHSN entero es fijado sobre la base de uno por célula y tiene un valor en un intervalo de 1 a 63. Una vez asignado, una estación móvil usa el mismo FOHSN a través de toda la sesión.

El conjunto de desplazamientos de frecuencia (FOs) representados por el bloque 47 son adjudicados a un usuario concreto (estación móvil) durante una sesión. El número NFO informa del número de desplazamientos de frecuencia (FOs) en el conjunto. El conjunto de FO puede ser común para todos los móviles de una célula, pero se puede fijar también individualmente para móviles diferentes. En una realización en la que ocurre un mapeado, es necesario que los FOs sean clasificados en orden ascendente de manera que se haga correctamente el mapeado desde un índice de FO (FOI) a FO.

40 El parámetro de FOSEED (representado por el bloque 49) se usa para evitar colisiones de frecuencia entre móviles con igual HSN y FOHSN e iguales adjudicaciones de FOs y frecuencias. Una estación móvil usa el mismo FOSEED a través de toda la sesión.

La salida del generador 42 de variación de frecuencia por saltos es el desplazamiento de frecuencia (FO). El desplazamiento de frecuencia (FO) es un entero que se aplica al generador 41 de variación de frecuencia por saltos.

Como se muestra en la figura 4, el generador 42 de variación de desplazamiento de frecuencia por saltos tiene dos componentes: sub-generador 51 de secuencias inter-células y sub-generador 52 de componentes intra-células. El sub-generador 51 de secuencia inter-células genera un primer componente I_1 inter-células de un índice (FOI) de desplazamiento de frecuencia; el sub-generador 52 de componentes intra-células genera un segundo componente I_2 intra-células del índice (FOI) de desplazamiento de frecuencia. Tanto el componente I_1 inter-células como el componente I_2 intra-células son enteros en el intervalo de 0 a NFO-1.

55 El generador 42 de variación de desplazamiento de frecuencia por saltos comprende además un sumador 54 de módulo NFO y una unidad de mapeado 56. La unidad de mapeado 56 tiene acceso al conjunto de desplazamientos de frecuencia (FOs) (representado por el bloque 47). Para cada paso de tiempo (por ejemplo, cada trama), el sub-generador 51 de secuencia inter-célula y el sub-generador 52 de componentes intra-células producen el respectivo componente I_1 inter-células y el componente I_2 intra-células que son combinados por el sumador 54 de módulo NFO. Concretamente, el sumador 54 de módulo NFO realiza la indicación de operación por la Expresión 1 para proporcionar un índice de desplazamiento de frecuencia (FOI, ó I). El índice de desplazamiento de frecuencia I es un entero en un intervalo de 0 a NFO-1.

$$I = (I_1 + I_2) \bmod NFO \quad \text{Expresión 1}$$

65

Por cada paso de tiempo, el índice de desplazamiento de frecuencia (FOI) obtenido por el sumador 54 de módulo NFO se aplica a la unidad de mapeado 56. Un escenario de ejemplo de operación de la unidad de mapeado 56 está ilus-

trado en la figura 5. En otras palabras, la unidad de mapeado 56 representa el índice de desplazamiento de frecuencia (FOI) para el conjunto de FOs clasificados (orden ascendente) que son dados en el conjunto de FO (representado por el bloque 47). De ese modo, la unidad de mapeo 56 obtiene del conjunto de desplazamientos de frecuencia (representado por el bloque 47) y desplazamiento de frecuencia (FO) apropiado en vista del índice de desplazamiento de frecuencia (FOI). Para la disposición particular de mapeado de ejemplo, mostrada en la figura 5, el índice de desplazamiento de frecuencia (FOI) de 0 da lugar a que la unidad de mapeado 56 proporcione un desplazamiento de frecuencia (FO) de 0. En la figura 5 se puede además apreciar que existen los siguientes otros mapeados: cuando FOI = 1, el desplazamiento de frecuencia (FO) = 3; cuando FOI = 2, FO = 6; cuando FOI = 3, FO = 9, y cuando FOI = 4, FO = 12. Se apreciará que el ejemplo de la figura 5 es para un escenario en el que NFO es igual a cinco. El valor particular de NFO y los mapeados ilustrados en la figura 5 son ejemplares solamente y pueden variar para otras ejecuciones prácticas.

Por cada paso de tiempo, el desplazamiento de frecuencia (FO) emitido por la unidad de mapeado 56 se aplica, como la última salida desde el generador 42 de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos, al generador 41 de variación de frecuencia por saltos. El generador 41 de variación de frecuencia por saltos añade el desplazamiento de frecuencia (FO), módulo de número de frecuencias N, a una secuencia de variación de frecuencia por saltos básica (determinada a partir del número HSN de desplazamiento por saltos), para proporcionar una secuencia específica de móvil.

La persona experta en la técnica apreciará que las funciones del sistema de generación 40 de secuencias de variación de frecuencia por saltos, incluyendo uno o ambos, el generador 41 de variación de frecuencia por saltos y el generador 42, así como las funciones del sub-generador 51 de secuencias inter-células y/o el sub-generador 52 de componentes intra-células, pueden ser realizadas usando circuitos de hardware individuales, usando software que funciona en combinación con un microprocesador digital apropiadamente programado u ordenador de finalidad general, usando un circuito integrado específico de aplicación (ASIC), y/o usando uno o más procesadores de señal digitales (DSPs).

Sub-generadores

Como se ha mencionado anteriormente, el generador 42 de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos comprende el sub-generador 51 de secuencias inter-células para generar el componente I_1 inter-células y el sub-generador 52 de componentes intra-células para generar el componente I_2 intra-células. Una razón para usar dos componentes y combinarlos con una adición simple (en el módulo que usa la unidad de mapeado 56) es manejar requisitos inter-células e intra-células separadamente y asegurar que se preservan propiedades estadísticas deseables (variación por saltos aleatoria) proporcionados por uno o ambos componentes. El componente I_1 inter-células proporciona diversidad de interferencias mientras que el componente I_2 intra-células proporciona secuencias ortogonales (no solapantes) con diversidad de colisiones adyacentes. En otras palabras, el componente I_1 inter-células (que es común para todos los móviles en una célula) se ocupa de interferencia inter-células (diversidad de interferencias por "diversidad" de colisiones de FO mediante variación por saltos aleatoria), mientras que el componente I_2 intra-células se ocupa de la interferencia intra-células (proporciona secuencias ortogonales de variación por saltos con diversidad de colisiones adyacentes). Las propiedades combinadas serán esencialmente la suma de las propiedades individuales de los componentes.

Sub-generador de secuencias inter-celulas

En un ejemplo de realización, el sub-generador 51 de secuencias inter-células es, por ejemplo un generador de número pseudo-aleatorio sincronizado por el contador FN. El sub-generador 51 de secuencias inter-células genera el componente I_1 inter-células para que tenga un valor entre 0 y NFO-1. El sub-generador 51 de secuencias inter-células tiene los siguientes requisitos: (1) la secuencia que utiliza para generar está únicamente determinada por el parámetro de FOHSN; (2) secuencias con diferentes FOHSNs han de coincidir con uno de los pasos de tiempo de NFO, a largo plazo. Además, en una realización ilustrada, el sub-generador 51 de secuencias inter-células satisface las siguientes condiciones: (3) Toma tres argumentos de entrada: FOHSN, NFO, FN; (4) da salida a un entero en el intervalo de 0 a NFO-1; y (5) es pseudo-aleatorio con una distribución uniforme en los enteros de NFO.

Hay varios tipos disponibles de generadores de números pseudo-aleatorios que pueden ser utilizados de acuerdo con los precedentes criterios. Un ejemplo de tal generador de números pseudo-aleatorios es el generador de secuencia de variación de frecuencia por saltos de GSM convencional, descrito, por ejemplo, en la Especificación 05.02 de GSM, que se incorpora aquí como referencia. Para un generador G pseudo-aleatorio genérico que toma dos argumentos de entrada para formar un germen único, el índice I_1 inter-células en el tiempo FN para un móvil con parámetro FOHSN se puede escribir como Expresión 2.

$$I_1(FN, FOHSN) = G(FN, FOHSN) \quad \text{Expresión 2}$$

El sub-generador 51 de secuencias inter-células es así un generador básico de variación de frecuencia por saltos del mismo tipo que el especificado para GSM. Esto significa que tiene entradas y una salida del mismo tipo. El mecanismo interno del generador es arbitrario siempre que cumpla algunos requisitos básicos de un generador de

números aleatorios, es decir, la salida es distribuida uniformemente en un intervalo especificado de enteros y diferentes secuencias (diferentes números de secuencias de variación por saltos, HSNs) tienen una correlación mutua próxima a cero. Como el generador GSM, puede haber fijaciones de ciertos parámetros (por ejemplo, ciertos HSNs) que producen secuencias no aleatorias (por ejemplo cíclicas). Tales secuencias de salida especiales pueden ser usadas en el método de variación por saltos de FO, aunque la idea básica es el uso de salida pseudo-aleatoria.

Sub-generador de secuencias intra-células

Como se ha explicado anteriormente, el generador 41 de secuencias de variación de frecuencia por saltos comprende un generador 42 de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos que elige los desplazamientos de frecuencia variables de manera que la secuencia de variación de frecuencia por saltos proporciona diversidad de interferencias de canales adyacentes. Para cada estación móvil, el generador 42 de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos determina un índice de desplazamiento de frecuencia FOI que es mapeado por la unidad de mapeado 56 para uno de los desplazamientos de frecuencia posibles plurales (véase la figura 5). El índice de desplazamiento de frecuencia (y de ese modo el desplazamiento de frecuencia correspondiente) está determinado para proporcionar la secuencia de variación de frecuencia por saltos tanto con diversidad de interferencias como de ortogonalidad. Como se ha descrito también anteriormente, el índice de desplazamiento de frecuencia tiene dos componentes: el componente I_1 inter-células y el componente I_2 intra-células. El componente I_2 intra-células es generado por un sub-generador 52 de componentes intra-células.

Las secuencias intra-células generadas por el sub-generador 52 de componentes intra-células son un conjunto de secuencias ortogonales y proporcionan diversidad de interferencias de canales adyacentes que se obtiene asegurando que dos secuencias intra-células no proporcionen índices adyacentes para tramas sucesivas o pasos de tiempo, por ejemplo existe diversidad de interferencias de canales adyacentes. La diversidad de interferencias de canales adyacentes significa que dos estaciones móviles no son "vecinas" en frecuencias constantemente a través de las sesiones. Como se explica más adelante, el sub-generador de componentes intra-células puede operar ya sea en un modo de "secuencias cortas" o un modo de "secuencias largas".

Modo de secuencias cortas

En el modo de secuencias cortas, se repite cíclicamente una secuencia de variación de frecuencia por saltos adjudicada a una estación móvil. Una secuencia corta utilizada en el modo de secuencias cortas es determinante y periódica, como se ilustra por la secuencia básica intra-células de la figura 6. Como se comprenderá de la observación de la figura 6, el contador de número de trama (FN) y el parámetro FOSEED específico del móvil determinan el componente I_2 intra-células. En el modo de secuencias cortas, todas las estaciones móviles de una célula usan la misma secuencia básica, pero con un desplazamiento de tiempo dado por el parámetro FOSEED. Para FOSEED igual a 0, 1, ..., NFO-1, NFO se proporcionan un número de secuencias ortogonales.

En un ejemplo de realización que ejecuta en la práctica el modo de secuencias cortas, el sub-generador 52 de componentes intra-células evalúa la Expresión 3 para determinar el componente I_2 intra-células.

$$I_2(\text{FN}, \text{FOSEED}) = S(1 + (\text{FN} + \text{FOSEED}) \bmod \text{NFO}) \quad \text{Expresión 3}$$

En la Expresión 3, S es una secuencia básica de 0, 2, 4, ..., K_1 , K_2 , $K_2 - 2$, ..., 3, 1. En la secuencia básica de S, los valores de K_1 y K_2 son proporcionados por la Expresión 4 y la Expresión 5, respectivamente.

$$K_1 = 2 * [(NFO-1)/2] \quad \text{Expresión 4}$$

$$K_2 = 2 * [(NFO)/2] - 1 \quad \text{Expresión 5}$$

Los parámetros utilizados en la Expresión 3, la Expresión 4 y la Expresión 5 han sido previamente explicados. Brevemente, FN es un índice de tiempo; FOSEED es un entero único asignado a una estación móvil en establecimiento de llamada; y NFO es un número de desplazamientos de frecuencias en un conjunto de posibles desplazamientos de frecuencias. La salida del sub-generador de componentes intra-células, I_2 , es un entero en el intervalo de 0 a NFO-1.

La Tabla 1 ilustra un escenario de modo de secuencias cortas (un periodo) para la secuencia de la figura 6 en la que NFO es igual a siete. La Tabla 1 ilustra particularmente el componente I_2 intra-células para pasos de tiempo $I_2(0)$ a $I_2(6)$ para estaciones móviles que tienen siete valores diferentes de FOSEED. Cada fila de la Tabla 1 muestra el componente I_2 intra-células para un FOSEED dado para cada uno de los pasos de tiempo. Por ejemplo, la fila uno de la Tabla 1 muestra los valores 0, 2, 4, 6, 5, 3, 1 para los pasos de tiempo de 0 a 6, respectivamente, para una estación móvil que tiene FOSEED = 0.

ES 2 336 001 T3

TABLA 1

Ejemplo de modo de secuencias cortas

FOSEED	$I_2(0)$	$I_2(1)$	$I_2(2)$	$I_2(3)$	$I_2(4)$	$I_2(5)$	$I_2(6)$	# de colisiones adyacentes con FOSEED 0
0	0	2	4	6	5	3	1	-
1	2	4	6	5	3	1	0	2
2	4	6	5	3	1	0	2	2
3	6	5	3	1	0	2	4	3
4	5	3	1	0	2	4	6	3
5	3	1	0	2	4	6	5	2
6	1	0	2	4	6	5	3	2

La columna más a la derecha de la Tabla 1 muestra el número de colisiones adyacentes con la primera secuencia (FOSEED = 0) para una estación móvil con un FOSEED dado. Por ejemplo, considerando la fila FOSEED = 1, hay sólo dos colisiones adyacentes con la fila FOSEED = 0. Una primera tal colisión adyacente ocurre en el paso de tiempo 3, en el que $I_2(3) = 6$ para la primera fila (FOSEED = 0) es adyacente $I_2(3) = 5$ para la segunda fila (FOSEED = 1), ya que 6 es adyacente a 5. Una tal segunda colisión adyacente ocurre en el paso de tiempo 6, en el que $I_2(6) = 1$ para la primera fila (FOSEED = 0) es adyacente a $I_2(6) = 0$ para la segunda fila (FOSEED = 1), ya que 1 es adyacente a 0. Como se ilustra en la Tabla 1, la mayor parte de los pares de secuencias tienen dos colisiones adyacentes con FOSEED = 0, y sólo unos pocos pares tienen tres colisiones adyacentes. En la determinación del número de colisiones adyacentes se ha de tener en cuenta que $I_2(k) = 6$ se considera que es adyacente a $I_2(k) = 0$ para diferentes valores de FOSEED.

La elección óptima de secuencias minimizaría el número máximo de colisiones adyacentes entre todos los pares, que puede mostrar que son tres (independientemente del valor de NFO). La secuencia sugerida cumple esto para un número impar de desplazamientos de frecuencia (NFO impar). Si NFO es par, la secuencia sugerida es ligeramente inferior a la óptima, ya que proporciona cuatro colisiones adyacentes entre ciertos pares (pero dos colisiones adyacentes para la mayoría de los pares).

Una posible desventaja de usar estas secuencias cortas es que ciertos pares experimentarán siempre, por ejemplo, tres colisiones adyacentes por periodo (por pasos de tiempo de NFO), mientras que otros pares experimentarán dos colisiones adyacentes. Otra propiedad, que podría ser deseable evitar, es que la diferencia entre dos secuencias cortas, por ejemplo, FOSEED = 0 y FOSEED = 1, no varíe mucho. Para algunos sistemas, tal como variación de frecuencia por saltos de GSM, que tienen velocidades de colisión que para ciertas secuencias de variación por saltos son sensibles a diferencias de desplazamientos de frecuencias, es más deseable tener una diferencia más variable de desplazamientos de frecuencias (FO).

Modo de secuencias largas

A la vista de la(s) posible(s) desventaja(s) precedente(s) del modo de secuencias cortas, se prefiere utilizar las secuencias básicas dadas por S, pero después de cada periodo para cambiar una versión desplazada de la secuencia utilizada en el periodo precedente. En otras palabras, para periodos sucesivos de NFO (cada uno de los cuales comprende pasos de tiempo de NFO), se utiliza una nueva secuencia ortogonal entre las disponibles (véase la Tabla 1). La conmutación se realiza de manera que dos estaciones móviles nunca usan las mismas secuencias durante el mismo periodo. La conmutación se efectúa de una manera irregular de manera que se obtiene variación incrementada de diferencia de desplazamientos de frecuencia (FO). La secuencia básica S se utiliza para determinar qué secuencia usar para qué sub-periodo del periodo total (que comprende subperiodos de NFO).

La Tabla 2 muestra un ejemplo de modo de operación de secuencias largas para sub-periodos $K = 0$ a $K = 6$ para una estación móvil (la estación móvil que tiene FOSEED = 0), y para un caso en el que NFO = 7. La Tabla 2 muestra un periodo que incluye siete sub-periodos (siendo cada sub-periodo una fila de la Tabla 2), tomados en el orden dado por (FN div NFO), es decir, $K = 0, 2, 4, 6, 5, 3, 1$.

TABLA 2

Ejemplo de Modo de Secuencias Largas

K (sub-periodo)	$I_2(0)$	$I_2(1)$	$I_2(2)$	$I_2(3)$	$I_2(4)$	$I_2(5)$	$I_2(6)$
0 (FN div NFO=0)	0	2	4	6	5	3	1
1 (FN div NFO=6)	2	4	6	5	3	1	0
2 (FN div NFO=1)	4	6	5	3	1	0	2
3 (FN div NFO=5)	6	5	3	1	0	2	4
4 (FN div NFO=2)	5	3	1	0	2	4	6
5 (FN div NFO=4)	3	1	0	2	4	6	5
6 (FN div NFO=3)	1	0	2	4	6	5	3

De ese modo, en la Tabla 2, K da el orden de las sub-secuencias ortogonales. El parámetro FOSEED específico de estación móvil se usa para distribuir estaciones móviles diferentes en las secuencias ortogonales de NFO disponibles durante un periodo.

De lo precedente se comprenderá que, en otro ejemplo de realización que utiliza el modo de secuencias largas, el sub-generador 52 de componentes intra-células evalúa la Expresión 6 para determinar el componente I_2 intra-células.

$$I_2(\text{FN}, \text{FOSEED}) = S(1 + (\text{FN} + K) \bmod \text{NFO}) \quad \text{Expresión 6}$$

En la expresión 6, S es de nuevo una secuencia básica de 0, 2, 4, ..., K_1 , K_2 , $K_2 - 2$, ..., 3, 1 como se ha definido anteriormente, pero en la que K viene dada por la Expresión 7. En la Expresión 7, "div" significa división de enteros, es decir $x \text{ div } y$ es equivalente a $\lfloor x/y \rfloor$.

$$K = S(1 + (\text{FOSEED} + \text{FN div NFO}) \bmod \text{NFO}) \quad \text{Expresión 7}$$

Así, el modo de secuencias largas, en lugar de repetir la misma secuencia corta cada ciclo, se emplea otra de las secuencias ortogonales de acuerdo con un esquema cíclico apropiado para conmutar entre diferentes secuencias cortas para diferentes móviles. El modo de secuencias largas hace velocidades de colisión de frecuencias adyacentes entre dos secuencias con igual FOHSN independientemente de la elección de los dos FOSEEDs diferentes seleccionados. Por otra parte, el modo de secuencias cortas produce mayores velocidades de colisión entre ciertos pares que entre otros pares.

Ejemplos

Las figuras 7A-7E; figuras 8A-8E; y figuras 9A-9E ilustran tres ejemplos separados de variación de frecuencia por saltos con desplazamiento de frecuencias variable (FO) facilitado por el sistema 40 de generación de secuencias de variación de frecuencia por saltos, y particularmente por el generador 42 de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos. Las figuras 7A-7E ilustran colectivamente un primer ejemplo; las figuras 8A-8E ilustran colectivamente un segundo ejemplo; las figuras 9A-9E ilustran colectivamente un tercer ejemplo. En los tres ejemplos, la variación de frecuencia por saltos se realiza sobre $N = 5$ frecuencias contiguas, etiquetadas a lo largo del eje vertical (Y) como frecuencias 0, 1, 2, 3 y 4. El eje horizontal (X) de las figuras corresponde a un paso de tiempo creciente (por ejemplo, FN creciente).

En los ejemplos, por razones de simplicidad, existe un mapeado de uno-a-uno de índice de desplazamiento de frecuencia (FOI) para desplazamientos de frecuencia (FOS) como sigue: FOI = 0 representa a FO=0; FOI=1 representa FO=1; FOI=2 representa a FO=2; FOI=3 representa a FO=3; y FOI=4 representa a FO=4.

Cada ejemplo caracteriza dos secuencias de variación de frecuencia por saltos. Una primera de las secuencias de variación de frecuencia por saltos ilustrada (por ejemplo, una primera estación móvil MS 1 que tiene FOSEED=0) se representa por símbolos de asterisco en los gráficos de las figuras; una segunda de las secuencias de variación de frecuencia por saltos ilustradas (para, por ejemplo, una segunda estación móvil MS2 que tiene FOSEED=1) se representa por símbolos circulares en los gráficos de las figuras.

La figura primera o “A” de cada ejemplo (es decir, la figura 7A, la figura 8A y la figura 9A) muestra para el respectivo ejemplo el valor del componente I_1 inter-células generado por el sub-generador 51 de secuencias inter-células. La figura segunda o “B” de cada ejemplo (es decir, la figura 7B, la figura 8B y la figura 9B) muestra para el respectivo ejemplo el valor de componente I_2 intra-células generado por el sub-generador 52 de componentes intra-células. La figura tercera o “C” de cada ejemplo muestra para el respectivo ejemplo el índice de desplazamiento de frecuencia (FOI) o valor de I combinado, calculado por el sumador 54 de módulo NFO como la combinación del componente I_1 inter-células y del componente I_2 intra-células. La cuarta o “D” figura de cada ejemplo muestra para el respectivo ejemplo la secuencia de desplazamiento de frecuencia (FO) que resulta del mapeo realizado por la unidad de mapeo 56 basándose en el índice de desplazamiento de frecuencia (FOI) o valor de I. La figura quinta o “E” de cada ejemplo muestra, para el respectivo ejemplo, la secuencia de variación de frecuencia por saltos resultante o final emitida como salida por el generador 41 de variación de frecuencia por saltos del sistema 40 de generación de secuencias de variación de frecuencia por saltos.

Las figuras 7A-7E muestran la generación de dos secuencias de variación de frecuencia por saltos, ortogonales, de ejemplo, que emplean el método de secuencias cortas inter-células y que tienen desplazamiento variable entre ellas. Las secuencias intra-células son periódicas (periodo = NFO=5 pasos). En el ejemplo de las figuras 7A-7E, N=NFO=5; HSN=1; FOHSN=1; el conjunto de FO consiste en frecuencias {0, 1, 2, 3, 4}; FOSEED=0 para la primera estación móvil y FOSEED=1 para la segunda estación móvil.

La figura 7A y la figura 7B muestran que, para trama FN=0, la primera estación móvil tiene componente $I_1=0$ inter-células y componente $I_2=2$ intra-células, mientras que para trama FN=0, la segunda estación móvil tiene componente $I_1=0$ inter-células y componente $I_2=4$ intra-células. La determinación del componente I_2 intra-células resulta de la evaluación de la Expresión 3.

La figura 7C muestra que el índice de desplazamiento de frecuencia (FOI) o valor I (que es igual a $I_1 + I_2$) para la primera estación móvil es $0+2=2$; mientras que el FOI o I para la segunda estación móvil es $0+4=4$. A la vista del mapeado simplificado, el desplazamiento de frecuencia (FO) determinado por la unidad de mapeo 56 para la primera estación móvil es 2, mientras que el desplazamiento de frecuencia (FO) determinado por la unidad de mapeo 56 para la segunda estación móvil es 4, como se ilustra en la figura 7D.

Suponiendo que HSN = 1 representa una secuencia de variación de frecuencia por saltos {0, 3, 0, 3, 3, 4} para trama FN=0 a la primera estación móvil (que tiene el valor de FO de 2) se le adjudica la frecuencia 2, mientras que a la segunda estación móvil (que tiene el valor de FO de 4) se le adjudica la frecuencia 4 (Véase la figura 7E). Para FN=1, la figura 7D muestra que la primera estación móvil tiene FO=2 y la segunda estación móvil tiene FO=1, de manera que estos valores de FO añadidos al segundo miembro de la secuencia {3} dan lugar a que a la primera estación móvil le sea asignada la frecuencia $(2+3) \bmod 5 = 0$ para tiempo FN=1, mientras que a la segunda estación móvil le es asignada la frecuencia $(1+3) \bmod 5 = 4$ para tiempo FN=1. La secuencia básica de variación por saltos para todos los pasos de tiempo es 0, 3, 0, 3, 3, 4, 2, 1, 1, 2, 4, 4, 1, 1, 3.

Las figuras 8A a 8E muestran la generación de dos secuencias de variación de frecuencia por saltos, ortogonales, que emplean el método de secuencias largas inter-células, con los mismos establecimientos de parámetros que en la figura 7A-figura 7E (N=NFO=5; HSN=1; FOHSN=1); el conjunto de FO consiste en desplazamientos de frecuencia {0, 1, 2, 3, 4}; FOSEED=0 para la primera estación móvil y FOSEED=1 para la segunda estación móvil). Las secuencias intra-células tienen ahora un periodo mayor que el número de pasos de tiempo mostrado. El resultado es dos secuencias ortogonales con desplazamiento variable una con respecto a otra.

Las figuras 9A a 9E muestran la generación de dos secuencias de variación de frecuencia por saltos, no ortogonales, obtenidas con un establecimiento o fijación de parámetro que produce colisiones aleatorias entre las secuencias de FO y las secuencias finales de variación de frecuencia por saltos. El ejemplo de la figura 9A-figura 9E tiene los mismos establecimientos de parámetros que los dos ejemplos previos, excepto en que usan diferentes FOHSNs (MS2 está ahora usando FOHSN=2 en lugar de FOHSN=1).

Expresiones funcionales

Algunos de los conceptos descritos anteriormente se describen ahora desde una perspectiva funcional. A este respecto, el nuevo método de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos genera su desplazamiento de frecuencia variable como una función de seis parámetros. En particular, de acuerdo con la Expresión 8, el desplazamiento de frecuencia FO(k) para el paso de tiempo $k = 1, 2, \dots$ es

$$FO(k) = f_0(HSN, g(FOHSN, FOSEED, \text{conjunto de FO}, FN(k), N, FN(k)))$$

Expresión 8

en la que f_0 es la funcionalidad proporcionada por el generador 41 de variación de frecuencia por saltos, y g es la funcionalidad proporcionada por el generador 42 de variación de desplazamiento de frecuencia por saltos. El procedimiento realizado por el generador 42 de variación de desplazamiento de frecuencia por saltos para calcular un índice de FO (FOI) que es mapeado a uno de los FOs en el conjunto de FO está representado por el Expresión 9.

Expresión 9:

FO(k) = g(FOHSN, FOSEED, conjunto de FO, FN(k) = elemento FOI + 1 en el conjuntoFO

para pasos de tiempo $k = 1, 2, \dots$, donde FOI adopta valores en $\{0, 1, \dots, \text{NFO} - 1\}$. Para una ejecución práctica de mapeado, es importante que los elementos en el conjunto de FO sean clasificados en orden ascendente.

El índice de FO, FOI, para ráfaga k está dado por dos componentes I_1 e I_2 , como se indica en la Expresión 10 para $k = 1, 2, \dots$

**Expresión 10: $\text{FOI}(k) = (I_1(k) + I_2(k)) \bmod \text{NFO}$
 $= (g_1(\text{FOHSN}, \text{NFO}, \text{FN}(k)) + g_2(\text{FOSEED}, \text{FN}(k), \text{NFO})) \bmod \text{NFO}$**

Como se ha explicado anteriormente, una posible elección para el componente inter-células es utilizar el algoritmo original (GSM 05.02) de variación por saltos, reflejado por la Expresión 11:

$I_1 = g_1(\text{FOHSN}, \text{NFO}, \text{FN}(k)) = f_0(\text{FOHSN}, 0, \text{NFO}, \text{FN}(k))$ Expresión 11

Otra posibilidad es utilizar una versión modificada del algoritmo original GSM de variación por saltos para obtener más secuencias aleatorias. Todavía otra opción es utilizar códigos de encriptación donde el parámetro FOHSN determina un código único a aplicar por una estación de base y por las estaciones móviles conectadas a ella. En WCDMA se usan códigos de encriptación para obtener diversidad de interferencias.

Cuando se usa el modo de secuencias cortas, un generador sugerido de secuencias de variación por saltos es determinante y periódico, donde el valor de orden k es determinado por una secuencia fijada S , $\text{FN}(K)$, y FOSEED que es asignado en el establecimiento de llamada. La secuencia intra-células para un tal modo de secuencias cortas viene dado por la Expresión 12.

$I_2(k) = g_2(\text{FN}(k), \text{NFO}, \text{FOSEED}) = S(1 + (\text{FN} + \text{FOSEED}) \bmod \text{NFO})$ Expresión 12

Las secuencias (S) son construidas con respecto a consideraciones como sigue. En general, es posible generar como máximo NFO secuencias ortogonales. La ortogonalidad de secuencias intra-células es necesaria, ya que si dos móviles usaran en algún paso de tiempo el mismo valor de secuencia intra-células, aquellos usarían el mismo FO y la misma frecuencia (suponiendo que tuvieran el mismo conjunto de FO y adjudicaciones de frecuencias). Esto se evita fácilmente construyendo las secuencias de manera que la ortogonalidad se obtuviera para diferentes valores de FOSEED. Con respecto a las colisiones de frecuencias adyacentes, si dos móviles utilizan en algún paso de tiempo valores de secuencias intra-células adyacentes (módulo NFO), aquellos utilizarán FOs adyacentes si la variación por saltos de FO se realiza sobre FOs adyacentes. Aquellos utilizarán usualmente en ese caso frecuencias adyacentes si la adjudicación de móvil consiste en frecuencias contiguas. La finalidad del esquema sugerido (elección de S) consiste en obtener diversidad de interferencias con respecto a frecuencias adyacentes (en adición a la ortogonalidad). Además, las secuencias (S) deben ser graduables de manera que el método puede ser usado para cualquier elección de NFO. Estos requisitos son cumplidos por secuencias ya sea de acuerdo con el modo de secuencias cortas o de acuerdo con el modo de secuencias largas.

Para un modo de secuencias largas, la Expresión 13 proporciona la determinación del componente I_3 intra-células.

$g_2(\text{FN}(k), \text{NFO}, \text{FOSEED}) = S(1 + (\text{FN}(k) + K) \bmod \text{NFO})$ Expresión 13

donde $K = S(1 + (\text{FOSEED} + \text{FN}(k) \text{ div } \text{NFO}) \bmod \text{NFO})$.

Situaciones generales

Los parámetros de variación de frecuencia por saltos pueden ser elegidos para evitar totalmente interferencia (usando secuencia de variación de frecuencia por saltos ortogonales) o para eliminar interferencia (secuencias con colisiones aleatorias). El nuevo concepto de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos, para desplazamiento de fre-

cuencia variable, como se ha descrito anteriormente, añade parámetros que aumentan la flexibilidad de combinación de ortogonalidad y diversidad de interferencias. En particular, el concepto combina ortogonalidad con respecto a (o eliminación de) interferencia de co-canales con diversidad de interferencias con respecto a interferencia de canales adyacentes.

Sin variación de desplazamiento de frecuencia por saltos, hay dos posibilidades. Una primera posibilidad (situación A') es que la secuencia de variación de frecuencia por saltos (FH) es ortogonal a secuencia S_2 de FJ, es decir, $S_1 \perp S_2$, si $HSN_1 = HSN_2$ y $FOSEED_1$ no es igual a $FOSEED_2$. Una segunda (situación B') es que secuencia S_1 de FH sea parcialmente ortogonal a secuencia S_2 , es decir, $S_1 \perp_p S_2$, si HSN_1 no es igual a HSN_2 (probabilidad de colisión $p = 1/N$, siendo N el número de frecuencias disponible (para variación de frecuencia por saltos) en cada célula).

Con variación de desplazamiento de frecuencias por saltos, hay otras posibilidades. Una primera posibilidad (situación A) es que secuencia S_1 de FH sea ortogonal a secuencia S_2 de FH, es decir, $S_1 \perp S_2$, si o bien (situación A1): $HSN_1 = HSN_2$ y no existe solape de conjunto FO_1 y conjunto FO_2 ; o bien (situación A2) $HSN_1 = HSN_2$, conjunto $FO_1 =$ conjunto FO_2 , y $FOSEED_1$ no es igual a $FOSEED_2$. Una segunda (situación B) es que secuencia S_1 de FH sea parcialmente ortogonal a secuencia S_2 , es decir, $S_1 \perp_p S_2$, si o bien: (situación B1) HSN_1 no es igual a HSN_2 (probabilidad de colisión $p = 1/N$, siendo N el número de frecuencias disponible en cada célula), o bien (situación B2) $HSN_1 = HSN_2$ y $FOHSN_1$ no es igual a $FOHSN_2$ ($p = 1/NFO$).

La interferencia de co-canales es así evitada si se aplica A1 ó A2. La diversidad de interferencias de co-canales es obtenida si se aplica la situación B1 o la situación B2, o ambas. La diversidad de interferencias se reduce si sólo se aplica la situación B2, y el número de FOs en el conjunto FO es menor que el número de frecuencias. Tanto la situación A1 como la situación B2 pueden aplicarse simultáneamente al mismo par de secuencias.

La interferencia de canales adyacentes se evita si las secuencias S_1 y S_2 de FH satisfacen las siguientes condiciones: $S_1 \perp S_2 - 1$, es decir, S_1 es ortogonal a S_2 desplazado en -1 , y $S_1 \perp S_2 + 1$, es decir, S_1 es ortogonal a S_2 desplazado en $+1$, donde la separación de la frecuencia de portadora es 1 (en unidades apropiadas). Para frecuencias contiguas, esto se obtiene si o bien la situación A1 o la situación A2 se mantienen siendo desplazado conjunto FO_2 en $+1$ y -1 (módulo NFO).

La diversidad de interferencias de canales adyacentes (ACID) se obtiene si o bien se aplica la situación B1 o la situación B2, ya que $S_1 \perp_p S_2$ implica que $S_1 \perp_p S_2 - 1$ y $S_1 \perp_p S_2 + 1$. ACID es también proporcionado por la situación A2 debido a las diferencias de FO variables entre secuencias de variación por saltos de FO generadas para la misma FOHSN.

Comunicación de parámetros por interfaz de aire

La figura 10 ilustra que el sistema de generación de secuencias de variación de frecuencia por saltos puede estar situado en un nodo de red tal como la estación de base 30_A de la figura 2, mientras que una misma o similar, pero compatible, versión del sistema de generación de secuencia de variación de frecuencia por saltos se puede instalar en una estación móvil tal como la estación móvil 32_A de la figura 2. Además, la figura 10 muestra un ejemplo de una conexión de enlace ascendente que utiliza variación de frecuencia por saltos y variación de desplazamiento de frecuencias por saltos, como se ha descrito anteriormente. Típicamente, una conexión de enlace descendente simultánea utiliza la misma secuencia de variación de frecuencia por saltos.

La figura 10 muestra también cómo parámetros implicados en el rendimiento de la técnica de variación de frecuencia por saltos con desplazamiento variable (como se ha descrito anteriormente), que incluye parámetros específicos de móviles tal como FOSEED, son transmitidos (por ejemplo, señalados) por la interfaz de aire hacia la estación móvil desde la red (por ejemplo, desde la estación de base) en tiempos estratégicos tales como en un procedimiento inicial de establecimiento de llamada y un procedimiento de traspaso. La figura 10 muestra particularmente un ejemplo de mensaje en el que los parámetros pueden ser transmitidos a la estación móvil en, por ejemplo, un mensaje de establecimiento de llamada. Parámetros específicos incluidos en el mensaje de establecimiento de llamada para facilitar el rendimiento del desplazamiento de frecuencia variable incluyen los parámetros de FN, HSN, FOHSN, FOSEED, así como el conjunto de FO y la adjudicación de frecuencia (el conjunto de frecuencias adjudicadas para la estación móvil).

Los parámetros que habilitan la variación de desplazamiento de frecuencias por saltos son típicamente transmitidos por canales de señalización definidos para establecimiento de llamada o señalización de traspaso. Se ha de apreciar que el mensaje particular en el que son transmitidos los parámetros no es crítico. Por ejemplo, si en un sistema dado el mensaje de establecimiento de llamada no acomoda dicha transmisión, pueden-ser definidos nuevos mensajes o utilizados otros mensajes.

El uso de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos (por ejemplo, el desplazamiento de frecuencia variable) descrito anteriormente entraña naturalmente un nodo de red tal como una estación de base que mantiene el seguimiento de qué valores de FOSEED adjudicados a una célula han sido asignados o no asignados, de manera que se pueda asignar un valor de FOSEED variable en el establecimiento de llamada con una nueva estación móvil. Qué valor particular de FOSEED es asignado a una estación móvil desde un grupo de valores disponibles puede ser arbitrario

ES 2 336 001 T3

(por ejemplo, aleatorio o menos frecuentemente utilizado), o puede ser influido por la misma estrategia de selección de canal.

El conjunto de desplazamientos de frecuencia que son utilizados por una célula pueden ser adjudicados, cuando es puesta o establecida una célula. La adjudicación es generalmente realizada por un operador de red que usa un sistema de operación o mantenimiento o similar, o algún otro de tales procedimientos utilizados para establecer células y nodos de red asociados.

El conjunto de desplazamientos de frecuencia adjudicado a una célula puede ser también actualizado o cambiado subsiguientemente (debido a cambios en la planificación de la red o de la frecuencia, por ejemplo). Tal puede ser también el caso para otros parámetros asociados con la célula, tales como HSN y FOHSN, etc.

Incluso si un conjunto de desplazamientos de frecuencia en una célula es fijo (por ejemplo, los desplazamientos de frecuencia consisten en 0, 1,..., N-1), los conjuntos de desplazamiento de frecuencia especificados para nuevas llamadas pueden ser subconjuntos del conjunto total y pueden así diferir entre diferentes llamadas.

Con el fin de limitar la señalización en la transmisión de parámetros entre el nodo de red y la estación móvil, es posible especificar que FOHSN = HSN y que el conjunto de FO comprende siempre {0, 1, ..., N-1}. Al hacerlo así, la mensajería de GSM existente puede ser más fácilmente utilizada para informar a la estación móvil de los parámetros necesarios para variación de desplazamiento de frecuencias por saltos.

Estrategias

Para diferentes casos o estrategias del sistema, simulaciones con variación por saltos de FO muestran que la ganancia de capacidad de variación por salto de FO, en comparación con variación de frecuencia por saltos ordinaria, es significativa para los casos cubiertos en estas simulaciones. Además, aquellas muestran que el rendimiento o comportamiento es similar a, o mejor que, la variación por saltos de FO puramente aleatoria.

Los cuatro ejemplos de estrategia diferentes (también conocidos como "casos") se describen ahora en lo que sigue y se referirán posteriormente en relación con una explicación de simulaciones. Para estrategias 2-4, se supone una carga de hardware fraccionaria de 33% y se supone que están sincronizados los contadores de FN en estaciones de base con iguales HSNs. Algunos de los establecimientos de parámetros en las estrategias pueden ser menos que óptimos.

La estrategia 1 se refleja en la Tabla 3. La estrategia S 1 ejecuta las situaciones B1 y B2 explicadas anteriormente, es decir, HSN_1 no es igual a HSN_2 (situación B1) ó $HSN_1 = HSN_2$ y $FOHSN_1$ no es igual a $FOHSN_2$ (situación B2). En la estrategia 1, existe una adjudicación aleatoria de HSNs y FOHSNs. En comparación con una situación de no variación por saltos de FO con adjudicación de HSN aleatoria, la estrategia 1 ha probado diversidad de interferencias de co-canales (ACID) en cada célula.

TABLA 3

Estrategia 1

Lugar	1	1	1	2	2	2
Célula	1	2	3	4	5	6
HSN	3	9	14	17	1	8
FOHSN	1	2	3	4	5	6
ConjuntoFO	0-14	0-14	0-14	0-14	0-14	0-14
FOSEED	0-14	0-14	0-14	0-14	0-14	0-14

La estrategia 2 está reflejada en la Tabla 4. La estrategia S2 ejecuta las situaciones A1 y B2 dentro de lugares, y situaciones B1 y B2 entre lugares. En otras palabras, dentro de lugares ya sea $HSN_1 = HSN_2$ y no exista solape de $conjuntoFO_1$ y $conjuntoFO_2$ (situación A1), o bien $HSN_1 = HSN_2$ y $FOHSN_1$ no sea igual a $FOHSN_2$ (situación B2), mientras que entre lugares HSN_1 no es igual a HSN_2 (situación B1) o $HSN_1 = HSN_2$ y $FOHSN_1$ no es igual a $FOHSN_2$ (situación B2). En comparación con una situación de no variación por saltos de FO (pero con la misma adjudicación de HSN y adjudicación de FO), la estrategia 2 a mejorado la diversidad de interferencias de canales adyacentes (ACID). Sin embargo, no existe ortogonalidad entre estaciones móviles en diferentes lugares. Los conjuntosFO tendrían que ser reorganizados para evitar interferencia de canales adyacentes intra-células.

ES 2 336 001 T3

TABLA 4

Estrategia 2

Lugar	1	1	1	2	2	2
Célula	1	2	3	4	5	6
HSN	3	3	3	9	9	9
FOHSN	4	9	14	17	1	8
ConjuntoFO	0-4	5-9	10-14	0-4	5-9	10-14
FOSEED	0-4	0-4	0-4	0-4	0-4	0-4

La estrategia 3 se refleja en la Tabla 5. La estrategia S3 ejecuta la situación A1 dentro de lugares y entre ciertas células en diferentes lugares, y la situación B2 entre todas las células. En otras palabras, dentro de lugares y entre ciertas células en diferentes lugares $HSN_1 = HSN_2$ y no existe solape de conjuntoFO₁ y conjuntoFO₂ (situación A1), mientras que entre todas las células $HSN_1 = HSN_2$ y FOHSN₁ no es igual a FOHSN₂ (situación B2). En comparación con una situación de no variación por saltos de FO, pero con diferentes HSNs en lugares, la situación 3 proporciona ortogonalidad entre más pares de células (67% en lugar de 33%). Sin embargo, se reduce la diversidad de interferencias entre células no ortogonales en comparación con no variación por saltos de FO ($p = 1/5$ en lugar de $p_f = 1/15$).

TABLA 5

Estrategia 3

Lugar	1	1	1	2	2	2
Célula	1	2	3	4	5	6
HSN	1	1	1	1	1	1
FOHSN	4	9	14	17	11	8
ConjuntoFO	0-4	5-9	0-14	0-4	5-9	10-14
FOSEED	0-4	0-4	0-4	0-4	0-4	0-4

La estrategia 4 está reflejada en la Tabla 6. La estrategia S4 ejecuta la situación A2 dentro de lugares, y la situación B1 o la situación B2 entre lugares. En otras palabras, dentro de lugares $HSN_1 = HSN_2$, conjuntoFO₁ = conjuntoFO₂, y FOSEED₁ no es igual a FOSEED₂ (situación A2), mientras que entre lugares HSN_1 no es igual a HSN_2 (situación B1) o $HSN_1 = HSN_2$ y FOHSN₁ no es igual a FOHSN₂ (situación B2). La estrategia 4 proporciona ortogonalidad dentro de un lugar y plena diversidad de interferencias (co-canales y adyacentes) dentro y entre lugares.

TABLA 6

Estrategia 4

Lugar	1	1	1	2	2	2
Célula	1	2	3	4	5	6
HSN	3	3	3	9	9	9
FOHSN	4	4	4	17	17	17
ConjuntoFO	0-14	0-14	0-14	0-14	0-14	0-14
FOSEED	0-4	5-9	9-14	0-4	5-9	10-14

Simulaciones

Los resultados de simulaciones mostrados más abajo son principalmente para comparación del esquema sugerido de variación por saltos de FO (secuencias largas) con variación por saltos de MAIO “ideal”, puramente aleatorio, que utiliza funciones de permutación aleatorias en Matlab. Los contadores de número de trama utilizados en diferentes células están sincronizados y no desplazados.

La tabla 7 muestra algún sistema importante y parámetros o establecimientos de tráfico implicados y que resultan de las simulaciones.

TABLA 7

Establecimientos de Simulaciones

No. de células	48
No. de frecuencias	15
Reutilización	1
No. de TRXs/célula	5
No. de TSs/TRX	2
Tráfico/célula ofrecido	5E
Anchura de banda de coherencia	4,8MHz
DTX	Activado
Control de potencia	Activado
Radio de célula	500m
Atenuación de canal adyacente	1%
Desvanecimiento Lognormal, desviación estándar	8dB
No. de células	48
No. de frecuencias	15
Desvanecimiento lognormal, correlación, 1 MS a BSs	0
Distancia de correlación de desvanecimiento lognormal	110m
Velocidad promedio de móvil	3m/s
Tiempo de mantenimiento de llamada, media	40s

La Tabla 8 muestra adjudicaciones de parámetros de variación por salto para cuatro estrategias o casos simulados explicados anteriormente. En la Tabla 8, “aleatorio” significa una adjudicación aleatoria de diferentes valores. “Sincr de lugar” significa iguales valores dentro de lugares, pero una adjudicación aleatoria entre lugares. Adjudicaciones de conjunto de FO y de FOSEED son o bien el mismo conjunto para todas las células ó 3 conjuntos diferentes por lugar de 3 sectores: {0, 3, 6, 9, 12}, {1, 4, 7, 10, 13}, {2, 5, 8, 11, 14}.

ES 2 336 001 T3

TABLA 8

Estrategias de Simulación

	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 4
No. de móviles servidos	3798	3776	3776	3776
Adjudicación de HSN	Aleatoria	Sincr de lugar	HSN=1 (todas las células)	Sincr de lugar
Adjudicación de FOHSN	Aleatoria	Aleatoria	Aleatoria	Sincr de lugar
Adjudicación de FO	0-14	3 conjun./lugar: $\Delta = 3$	3 conjun./lugar: $\Delta = 3$	0-14
FOSEEDs por célula	0-14	0-4	0-4	3 conjun./lugar $\Delta = 3$

Los resultados se dan en la Tabla 9 como la fracción de móviles que experimentan más de 2% velocidad de borrado de trama (FER) ya sea en enlace ascendente o en enlace descendente (usuarios “no satisfechos”). Se muestran también los resultados de enlace ascendente y enlace descendente separados. La figura 11A y la figura 11B muestran las distribuciones de FER media por usuario para el enlace ascendente (figura 11A) y el enlace descendente (figura 11B) para la estrategia 1. La diferencia entre variación por saltos ideal y sugerida de FO es pequeña.

En la Tabla 9, la fracción de usuarios no satisfechos (PER media > 2% sobre UL ó DL); fracción de usuarios con más de 2% FER sobre UL; fracción de usuarios con más de 2% de FER sobre DL; y fracción de 0,48-periodos segundo con >2% de FER media.

Los resultados de la Tabla 9 muestran rendimiento similar para el esquema sugerido de variación por saltos de FO (secuencias largas) que para variación por saltos ideal de FO. El rendimiento para secuencias cortas es similar, pero, como se explica más abajo, se obtiene robustez incrementada contra ciertos desplazamientos “peligrosos” de FN y otros establecimientos de parámetros con secuencias largas intra-células.

(Tabla pasa a página siguiente)

ES 2 336 001 T3

TABLA 9

Resultados de Simulación

	No. de saltos de FO	Sec. corta	Sec. larga	Ideal
Estrategia 1				
Fracción insatisfecha	11,6%	9,3%	9,3%	9,2%
UL:	3,7%	0,7%	0,8%	1,1%
DL:	8,8%	9,0%	8,9%	8,7%
Voz con > 2% FER	12,7%	12,3%	12,3%	12,7%
Estrategia 2				
Fracción insatisfecha	7,1%	5,9%	6,1%	6,2%
UL:	1,1%	0,2%	0,2%	0,3%
DL:	6,2%	5,9%	6,0%	6,2%
Voz con > 2% de FER	10,1%	10,0%	10,0%	10,1%
Estrategia 3				
Fracción insatisfecha	36,4%	7,7%	7,7%	7,7%
UL:	15,7%	0,4%	0,3%	0,3%
DL:	30,7%	7,5%	7,5%	7,5%
Voz con > 2% de FER	15,1%	9,5%	9,5%	9,3%
Estrategia 4				
Fracción insatisfecha	20,0%	6,3%	6,1%	6,3%
UL:	9,3%	0,2%	0,1%	0,4%
DL:	12,7%	6,3%	6,1%	6,1%
Voz con > 2% de FER	12,9%	10,2%	10,2%	10,5%

Propiedades de colisión

Han sido investigadas para varios casos diversas propiedades tales como velocidades de colisión en tiempo y diferencias de FO. En lo que sigue se explican unos pocos ejemplos comparativos ilustrativos.

La primera comparación, mostrada en la Tabla 10, ilustra velocidades de colisión para parámetros “peligrosos” de variación por saltos (FN y HSN). La variación por saltos de FO con secuencias largas no es afectada mucho por la elección de parámetros de variación por saltos, mientras que la variación por saltos de FO con secuencias cortas muestra cierta dispersión de las velocidades de colisión de canales adyacentes. En comparación con no variación por saltos de FO, la reducción de la dispersión es todavía significativa.

TABLA 10
Velocidades de Colisión

	ideal	larga	corta	no salto de MAIO
co-canal c1-c2	0,104/0,118	0,100/0,116	0,103/0,123	0,058/0,286
canal adyac., c1	0,212/0,234	0,195/0,255	0,195/0,299	0/0,891
canal adyac., c2	0,214/0,231	0,195/0,255	0,196/0,298	0/0,891

La Tabla 10 muestra las velocidades de colisión mínima/máxima entre o dentro de las células c1 y c2. Parámetros pertinentes para la Tabla 10 son como sigue: N = 9, célula 1: FN=1-10000, FOs=0-8, HSN=2; FOHSN=1; célula 2: FN=2-10001, FOs=0-8, HSN=3, FOHSN=1.

Las velocidades de colisión medias a largo plazo son igualadas por variación por saltos de FO. Además, la figura 12 muestra cómo la variación por saltos de FO con secuencias largas intra-células mejora las propiedades de colisión dinámica entre dos secuencias con la misma combinación de HSNs y desplazamiento de FN (igual a 1). La expresión velocidad de colisión “dinámica” significa aquí la fracción de colisiones para una ventana deslizante que cubre 100 pasos de tiempo (FNs). Sin variación por saltos de FO aparecen grandes velocidades de colisión periódicamente debido al comportamiento del algoritmo de variación por saltos de GSM para ciertas combinaciones de desplazamientos de FN y HSNs. Las secuencias cortas proporcionan una mejora similar.

La figura 12 ilustra por tanto que la fracción media de colisiones entre dos secuencias de variación de frecuencia por saltos (N=9) sobre 100 FNs (ventana deslizante) ha de residir entre las dos líneas discontinuas dadas por $1/9 \pm 3\sigma$ donde σ es la desviación estándar de la fracción de colisiones sobre 100 FNs para secuencias perfectamente aleatorias e independientes.

La Tabla 11 muestra las velocidades de colisión cuando se eligen parámetros peligrosos de variación por saltos tanto para el generador de variación de frecuencia por saltos (diferencia de HSN y FN) y para variación por saltos de FO (diferencia de FO y FN). Se puede concluir que el método que utiliza secuencias cíclicas cortas está significativamente afectado, mientras que el método con secuencias largas es sólo afectado ligeramente.

TABLA 11

	ideal	larga	corta	no salto de MAIO
Co-canal, c1-c2	0,103/0,121	0,090/0,144	0,058/0,168	0,058/0,286
Canal-adyac, c1	0,217/0,229	0,196/0,256	0,197/0,200	0/0,891

De ese modo, la Tabla 11 ilustra las velocidades de colisión mín/máx entre o dentro de las células c1 y c2. En la Tabla 11, los parámetros pertinente son N=9, célula 1: FN=1-10000, FOs=0-8, HSN=2, FOHSN=2; célula 2: FN=2-10001, FOs=0-8, HSN=3; FOHSN=3.

La función auto-covariante (ACF) de una secuencia general de variación de frecuencia por saltos muestra que la variación de frecuencia por saltos de GSM pseudo-aleatoria tiene dependencias temporales significativas (N = 9, NFO = 9, HSN = 3). Los diferentes métodos de variación por saltos de FO producen una secuencia de variación de frecuencia por saltos más aleatoria que el algoritmo original de GSM.

Las figuras 13A a 13D muestran funciones auto-covariantes de secuencias de variación de frecuencia por saltos. La figura 13A muestra no variación por saltos de FO; la figura 13B muestra variación por saltos de FO, secuencias cortas; la figura 13C muestra variación por saltos de FO, secuencias largas; la figura 13D muestra variación por saltos de FO, aleatoria ideal.

ES 2 336 001 T3

El uso de desplazamientos de frecuencia variables de una manera tal como la descrita anteriormente tiene numerosas ventajas, tales como las siguientes (por ejemplo): (1) diversidad mejorada de interferencia de canales adyacentes (por ejemplo, dentro de una célula); (2) diversidad mejorada de interferencia de co-canales; (3) posibilidades mejoradas de adjudicar secuencias de variación por saltos ortogonales entre interferidores fuertes mientras se mantiene la diversidad de interferencias entre otros; (4) flexibilidad con respecto a la elección de generador de secuencias inter-células; y (5) aleatoriedad mejorada (por ejemplo, correlación cruzada) si se aplica a GSM.

Aunque la invención ha sido descrita en relación con lo que actualmente se considera que es la realización más práctica y preferida, se ha de entender que la invención no está limitada a la realización descrita, sino que, por el contrario, se pretende cubrir diversas modificaciones y disposiciones equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Un generador (430) de secuencias de variación de frecuencia por saltos para utilizar en un sistema de telecomunicaciones por radio que utiliza desplazamientos de frecuencia variables FO generados durante una sincronización de un índice de tiempo FN (45), para determinar una secuencia de variación de frecuencia por saltos para usar en comunicación entre una estación móvil (32₁, 32₂) y un nodo de redes (30A, 30B, 30C), que incluye

medios (43) para almacenar un número de secuencias de saltos HSN,

medios (46) para almacenar un número de secuencias de variación de desplazamiento de frecuencia por saltos FOHSN que es característico para dicho nodo de red (30A, 30B, 30C),

medios (47) para almacenar conjuntos de desplazamientos de frecuencia FOset, y un generador (41) de variación de frecuencia por saltos,

caracterizado por

un generador (42) de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos para suministrar un desplazamiento de frecuencia FO a dicho generador (41) de variación de frecuencia por saltos, estando dicho generador (42) de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos adaptado para generar el desplazamiento de frecuencia como una función del índice de tiempo, incluyendo el generador de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos

a) un sub-generador (51) de secuencias inter-células que genera un componente I₁ inter-células de un índice de desplazamiento de frecuencia FOI con dependencia de dicho número de secuencias de variación de desplazamiento de frecuencia por saltos FOHSN (46), del índice de tiempo FN (45) y de un número NFO (48) que informa del número de desplazamientos de frecuencia FOs en dicho conjunto de desplazamientos de frecuencia; y

b) un sub-generador (52) intra-células para generar un componente I₂ intra-células del índice de desplazamiento de frecuencia FOI, con dependencia del índice de tiempo FN, (45), del número NFO (48), que informa del número de desplazamientos de frecuencia, FOs, en dicho conjunto de desplazamientos de frecuencia, y un parámetro FOSEED (49), asignado a una estación móvil y utilizado para evitar colisiones de frecuencias entre móviles con igual número de secuencia de saltos HSN (43), igual número de secuencias de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos (FOHSN) e iguales adjudicaciones de desplazamientos de frecuencia FOs, y frecuencias,

medios (54) para determinar un índice de desplazamiento de frecuencia FOI, a partir de dichos componentes I₁, I₂ inter-células e intra-células, y medios (56) para representar (mapping) el índice de desplazamiento de frecuencia para uno de los desplazamientos de frecuencia en el conjunto de desplazamientos de frecuencia; estando dicho generador (42) de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos conectado a dicho generador (41) de variación de frecuencia por saltos para suministrar dicho desplazamiento de frecuencia FO y para proporcionar la secuencia de variación de frecuencia por saltos FO tanto con diversidad de interferencias inter- e intra-células como ortogonalidad de secuencias de variación por saltos.

2. El generador de secuencias de variación de frecuencia por saltos de la reivindicación 1, que comprende además un contador (45) para generar el índice de tiempo.

3. El generador de secuencias de variación de frecuencia por saltos de la reivindicación 1 o la 2, en el que los medios (54) para determinar el índice de desplazamiento de frecuencia comprenden un sumador (56) de módulo-NFO.

4. Un generador de secuencias de variación de frecuencia por saltos de las reivindicaciones 1-3, en el que el componente I₂ intra-células está determinado por $I_2(FN, FOSEED) = S(1 + (FN + FOSEED) \bmod NFO)$

en donde S es una secuencia básica de 0, 2, 4, ..., K₁, K₂, K₂ - 2, ..., 3, 1, en la que

$$K_2 = 2 \cdot \left\lceil \frac{NFO}{2} \right\rceil - 1$$

$$K_1 = 2 \cdot \left\lceil \frac{NFO - 1}{2} \right\rceil$$

ES 2 336 001 T3

FN es un índice de tiempo;

NFO es un número de desplazamientos de frecuencia en un conjunto de posibles desplazamientos de frecuencia; y

5 FOSEED es un único entero asignado a la estación móvil en uno de entre establecimiento de llamada y traspaso (handover).

10 5. El generador de las reivindicaciones 1-3, en el que el componente I_2 intra-células está determinado por $I_2(\text{FN}, \text{FOSEED}) = S(1 + (\text{FN} + K) \bmod \text{NFO})$,

en el que S es una secuencia básica de 0, 2, 4,... K_1 , K_2 , $K_2 - 2$, ..., 3, 1, en la que

15
$$K_1 = 2 \cdot \left\lfloor \frac{\text{NFO} - 1}{2} \right\rfloor$$

20
$$K_2 = 2 \cdot \left\lfloor \frac{\text{NFO}}{2} \right\rfloor - 1$$

$K = S(1 + (\text{FOSEED} + \text{FN} \bmod \text{NFO})) \bmod \text{NFO}$;

25 FN es un índice de tiempo;

NFO es un número de desplazamientos de frecuencia en un conjunto de posibles desplazamientos de frecuencia;

30 “div” significa división de enteros

y

FOSEED es un entero único asignado a la estación móvil en una de entre establecimiento de llamada y traspaso.

35 6. Un método de operar un receptor que incluye un generador (40) de variación de frecuencia por saltos para utilizar en un sistema de telecomunicaciones por radio, incluyendo el método

40 generar desplazamientos de frecuencias variables FO durante una temporización de un índice de tiempo FN(45),

utilizar los desplazamientos de frecuencia variables FO para determinar una secuencia de variación de frecuencia por saltos para usar en comunicación entre una estación móvil (32_1 , 32_2) y un nodo de red (20A),

45 **caracterizado por**

ser el desplazamiento de frecuencia determinado como una función del índice de tiempo;

50 generar un componente I_1 inter-células de un índice de desplazamiento de frecuencia FOI con dependencia de un número de secuencias de variación de desplazamiento de frecuencias por saltos FOHSN (46), del índice de tiempo FN (45) y de un número NFO (48) que informa del número de desplazamientos de frecuencia FOs en dicho conjunto de desplazamientos de frecuencia, en el que FOHSN es asignado a una estación móvil para obtener una única secuencia pseudo-aleatoria, y

55 generar un componente I_2 intra-células con dependencia del índice de tiempo FN (45), de un número NFO (48) que informa del número de desplazamientos de frecuencia FOs en un conjunto de desplazamientos de frecuencia, y de un parámetro FOSEED (49) asignado a una estación móvil y utilizado para evitar colisiones de frecuencias entre móviles con igual número de secuencias de variación por saltos HSN (43), igual número de secuencias de variación de desplazamiento de frecuencia por saltos FOHSN e iguales adjudicaciones de desplazamientos de frecuencia FOs y frecuencias;

60 determinar el índice de desplazamiento de frecuencia FOI a partir de dichos componentes I_1 , I_2 inter-células e intra-células para proporcionar la secuencia de variación de frecuencia por saltos tanto con diversidad de interferencias inter- e intra-células como ortogonalidad de secuencias de variación por saltos; y

65 mapear el índice de desplazamiento de frecuencia (FOI) para uno de los posibles plurales desplazamientos de frecuencia.

ES 2 336 001 T3

7. El método de la reivindicación 6, que comprende además determinar el componente I_2 intra-células como:

$$I_2(\text{FN}, \text{FOSEED}) = S(1 + (\text{FN} + \text{FOSEED}) \bmod \text{NFO}),$$

en donde S es una secuencia básica de 0, 2, 4,..., K_1 , K_2 , $K_2 - 2$, ...3, 1, en la que

$$K_1 = 2 \cdot \left\lceil \frac{\text{NFO} - 1}{2} \right\rceil \quad K_2 = 2 \cdot \left\lceil \frac{\text{NFO}}{2} \right\rceil - 1$$

FN es un índice de tiempo;

NFO es un número de desplazamientos de frecuencia en un conjunto de posibles desplazamientos de frecuencia; y

FOSEED es un entero único asignado a la estación móvil en uno de entre establecimiento de llamada y traspaso.

8. El método de la reivindicación 6, que comprende además determinar el componente I_2 intra-células como:

$$I_2(\text{FN}, \text{FOSEED}) = S(1 + (\text{FN} + K) \bmod \text{NFO}),$$

en donde S es una secuencia básica de 0, 2, 4, ... K_1 , K_2 , $K_2 - 2$, ...3, 1, en la que

$$K_1 = 2 \cdot \left\lceil \frac{\text{NFO} - 1}{2} \right\rceil$$

$$K_2 = 2 \cdot \left\lceil \frac{\text{NFO}}{2} \right\rceil - 1$$

$$K = S(1 + (\text{FOSEED} + \text{FN} \bmod \text{NFO}) \bmod \text{NFO});$$

FN es un índice de tiempo;

NFO es un número de desplazamientos de frecuencia en un conjunto de posibles desplazamientos de frecuencia;

“div” significa división de entero; y FOSEED es un entero único asignado a la estación móvil en uno de entre establecimiento de llamada y traspaso.

9. El método de la reivindicación 6, que comprende además adjudicar una secuencia de componentes intra-células a una conexión entre la estación móvil y el nodo de red para uso cíclico repetido.

10. El método de la reivindicación 6, que comprende además conmutar cíclicamente entre secuencias de componentes ortogonales plurales intra-células para una conexión entre la estación móvil y el nodo de red.

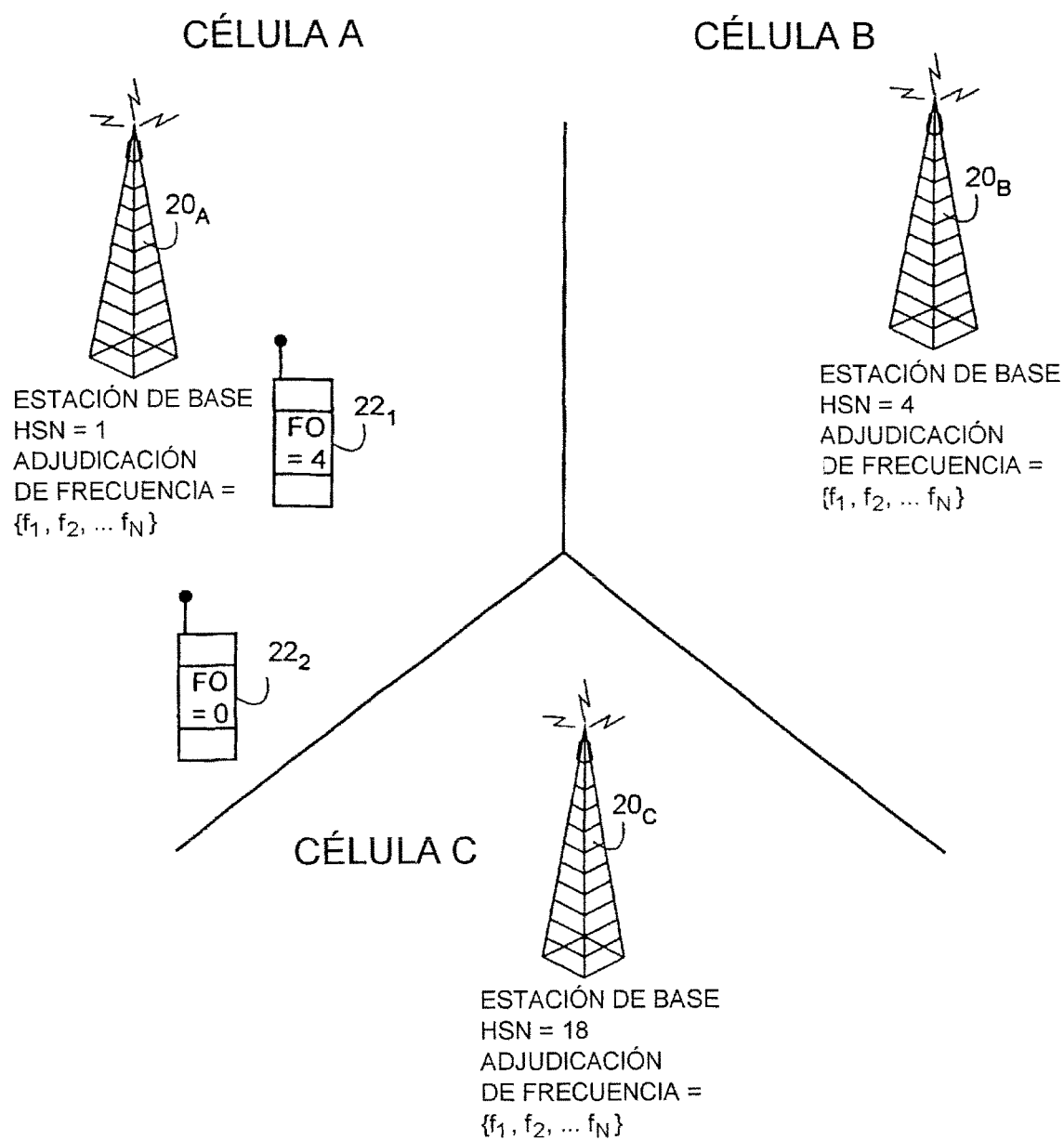


Fig. 1

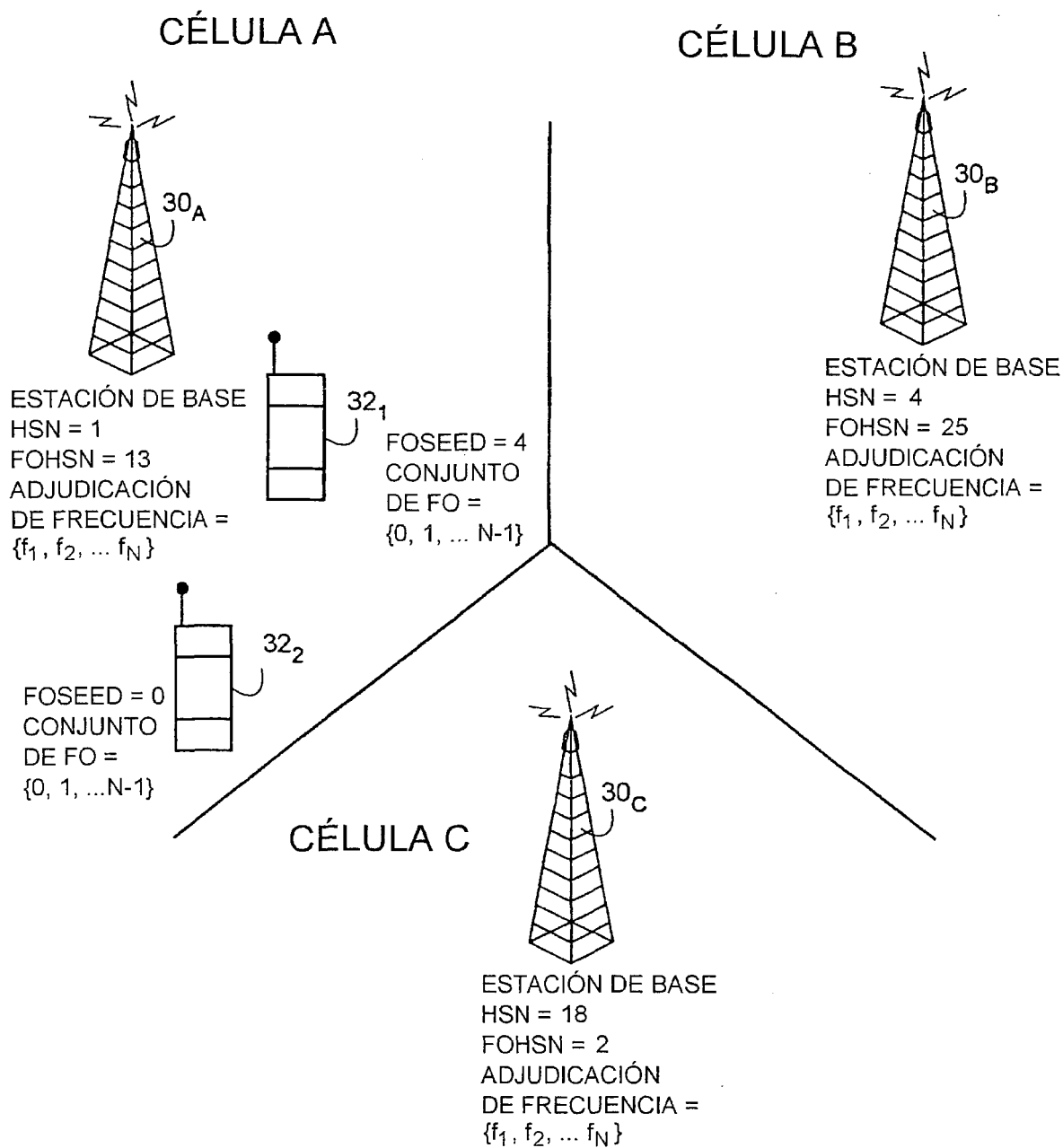
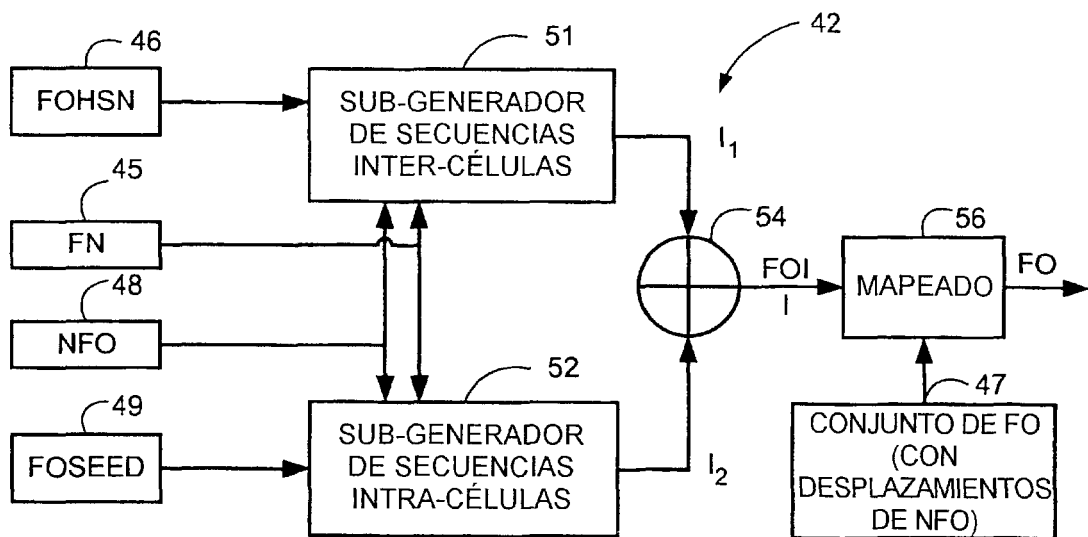
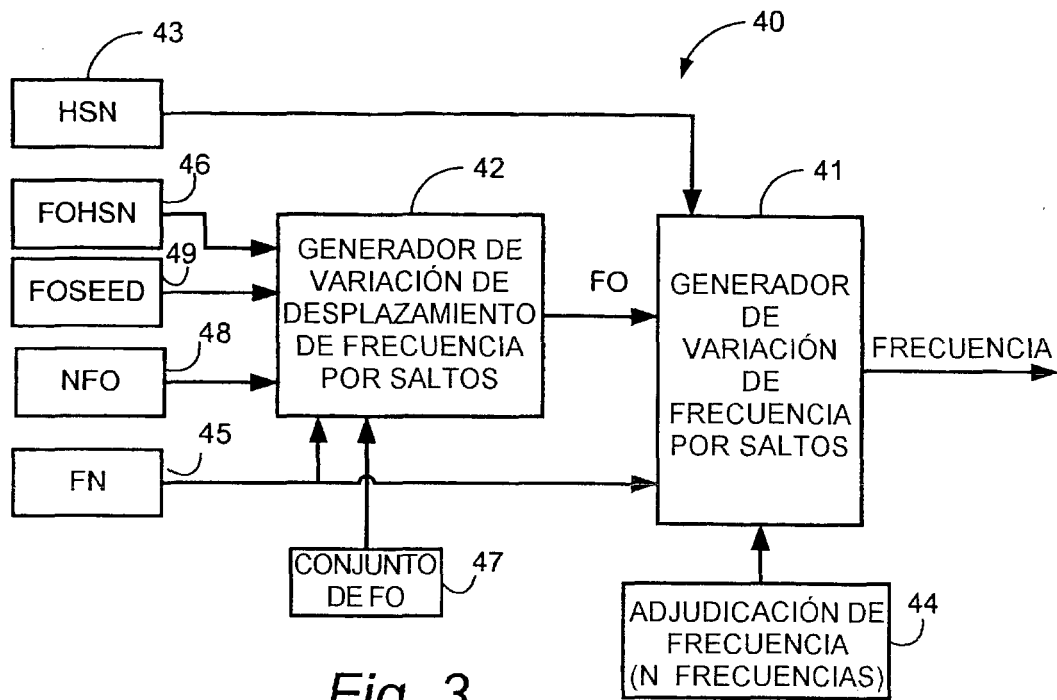


Fig. 2



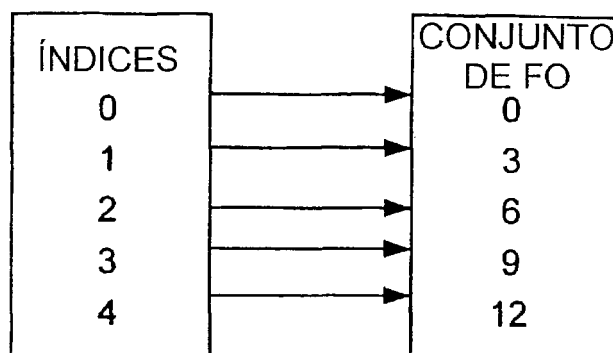


Fig. 5

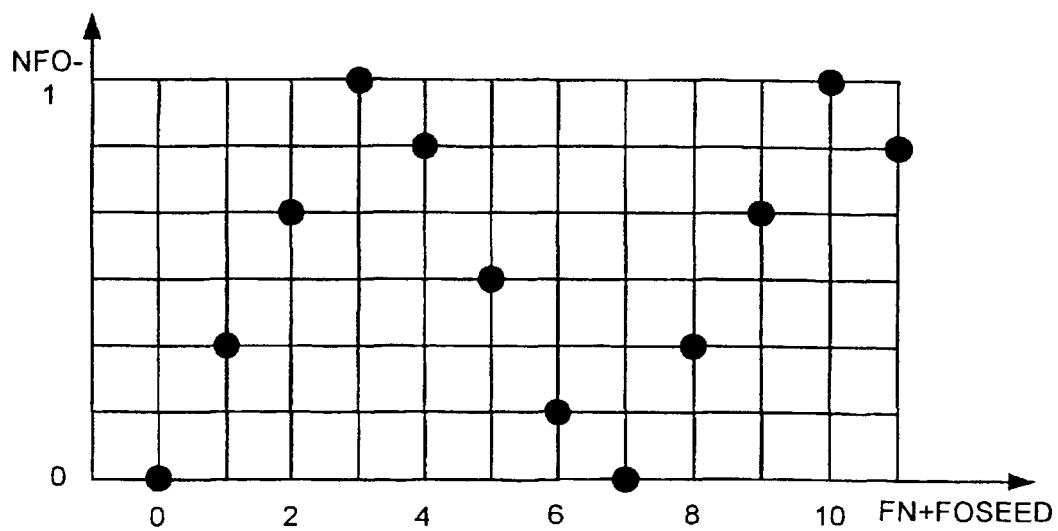


Fig. 6

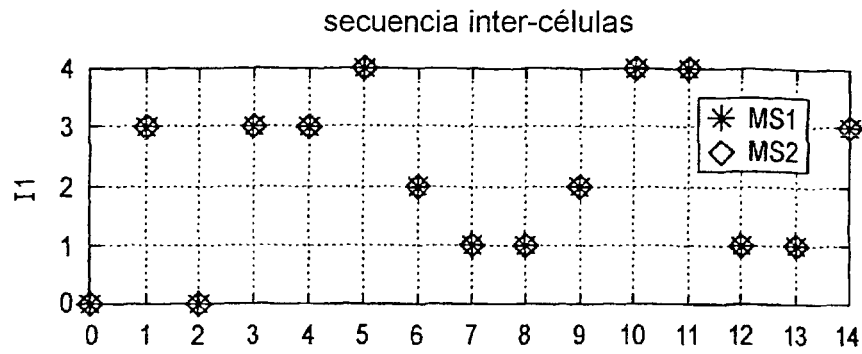


Fig. 7A

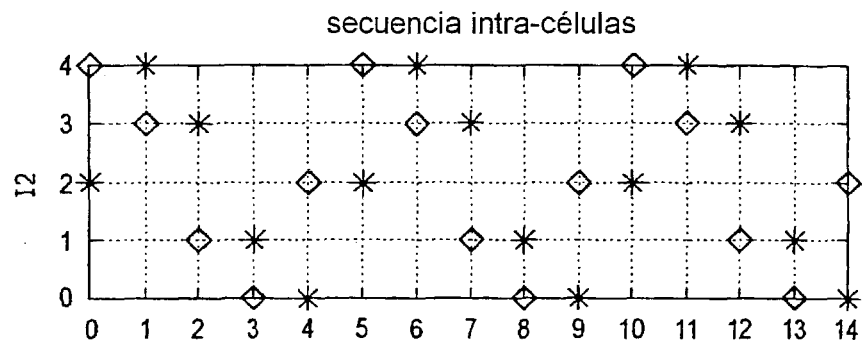


Fig. 7B

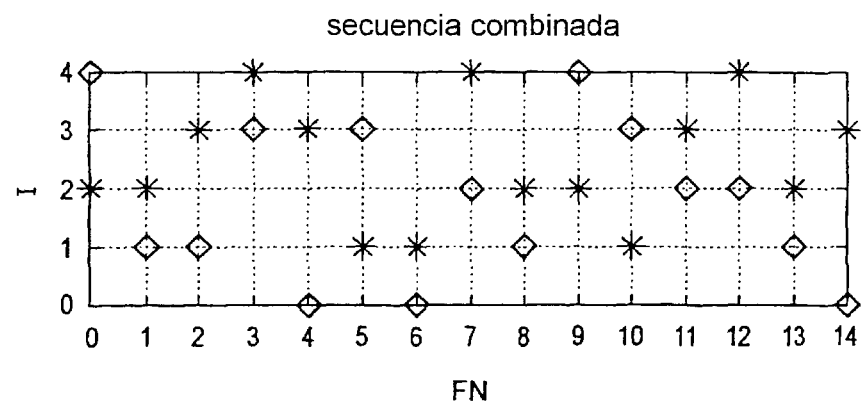


Fig. 7C

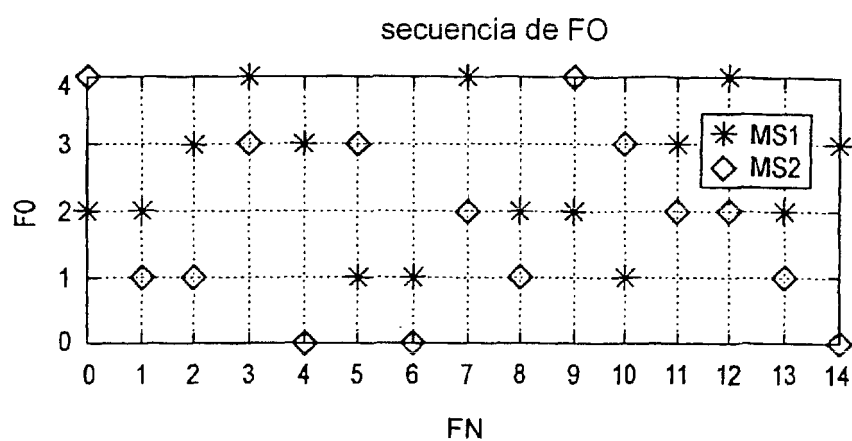


Fig. 7D

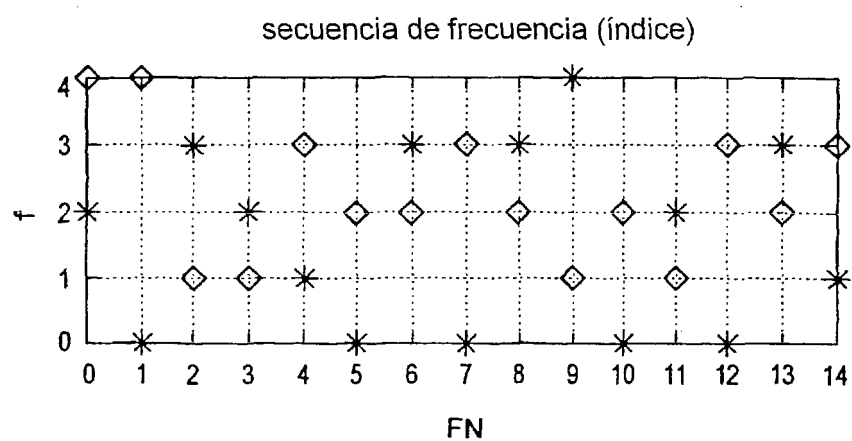


Fig. 7E

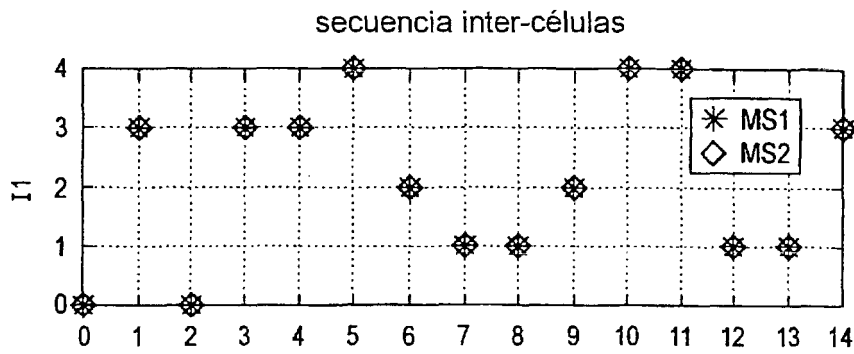


Fig. 8A

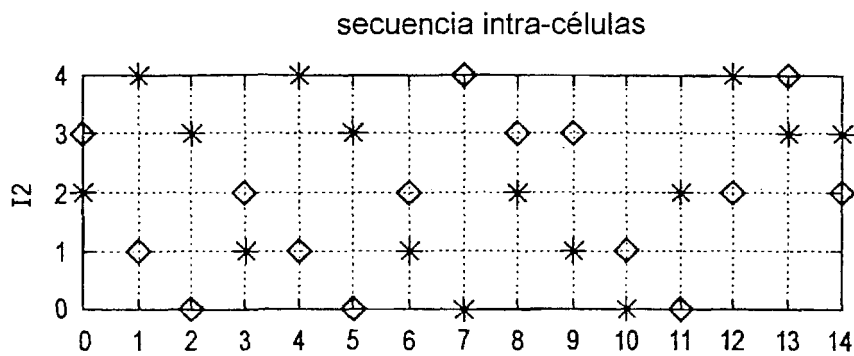


Fig. 8B

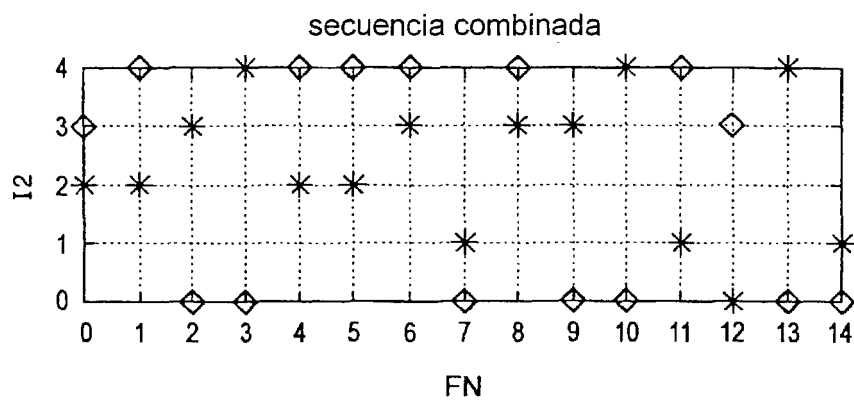


Fig. 8C

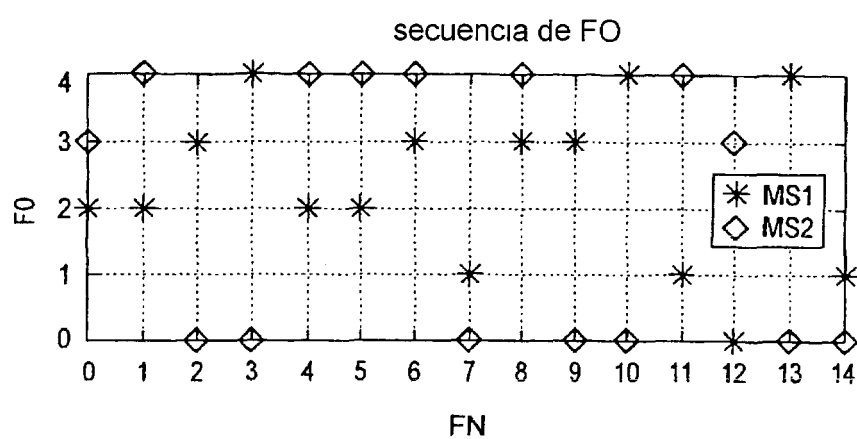


Fig. 8D

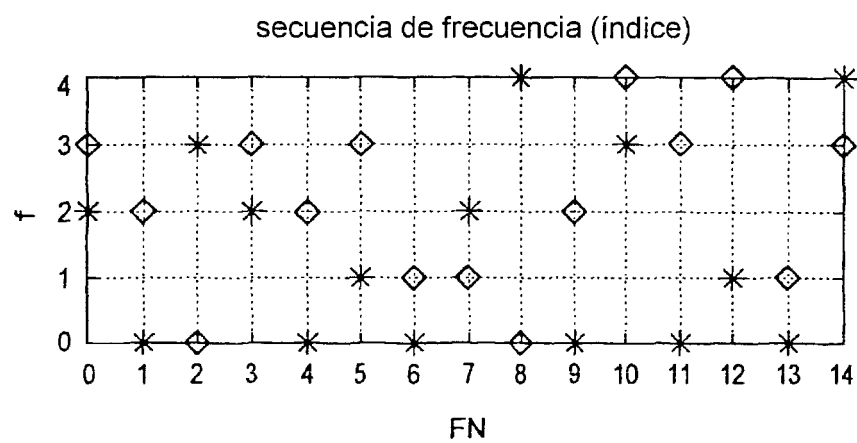


Fig. 8E

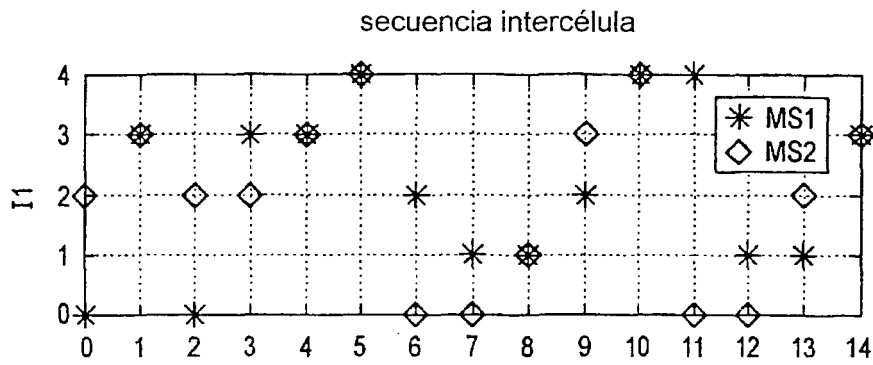


Fig. 9A

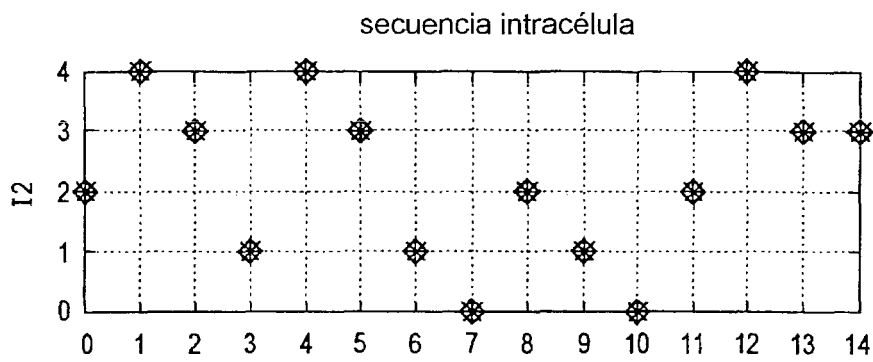


Fig. 9B

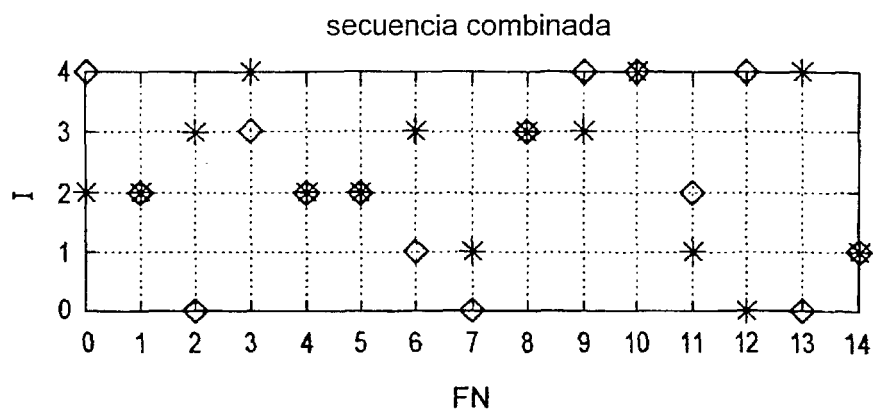


Fig. 9C

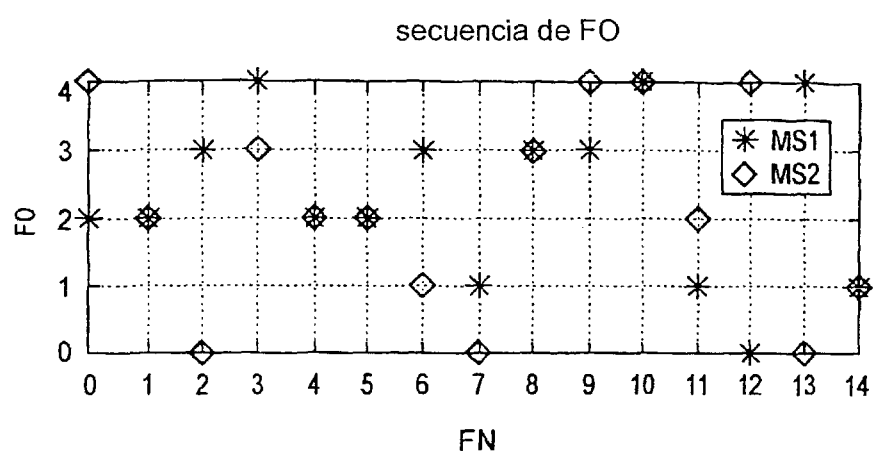


Fig. 9D

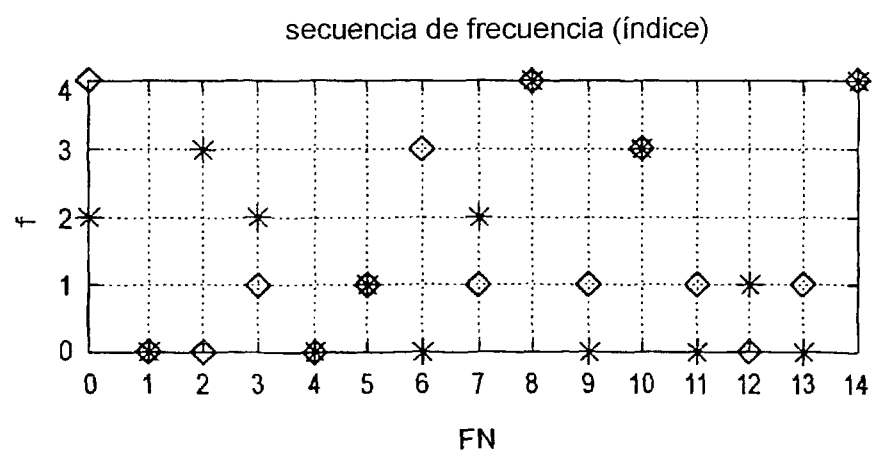


Fig. 9E

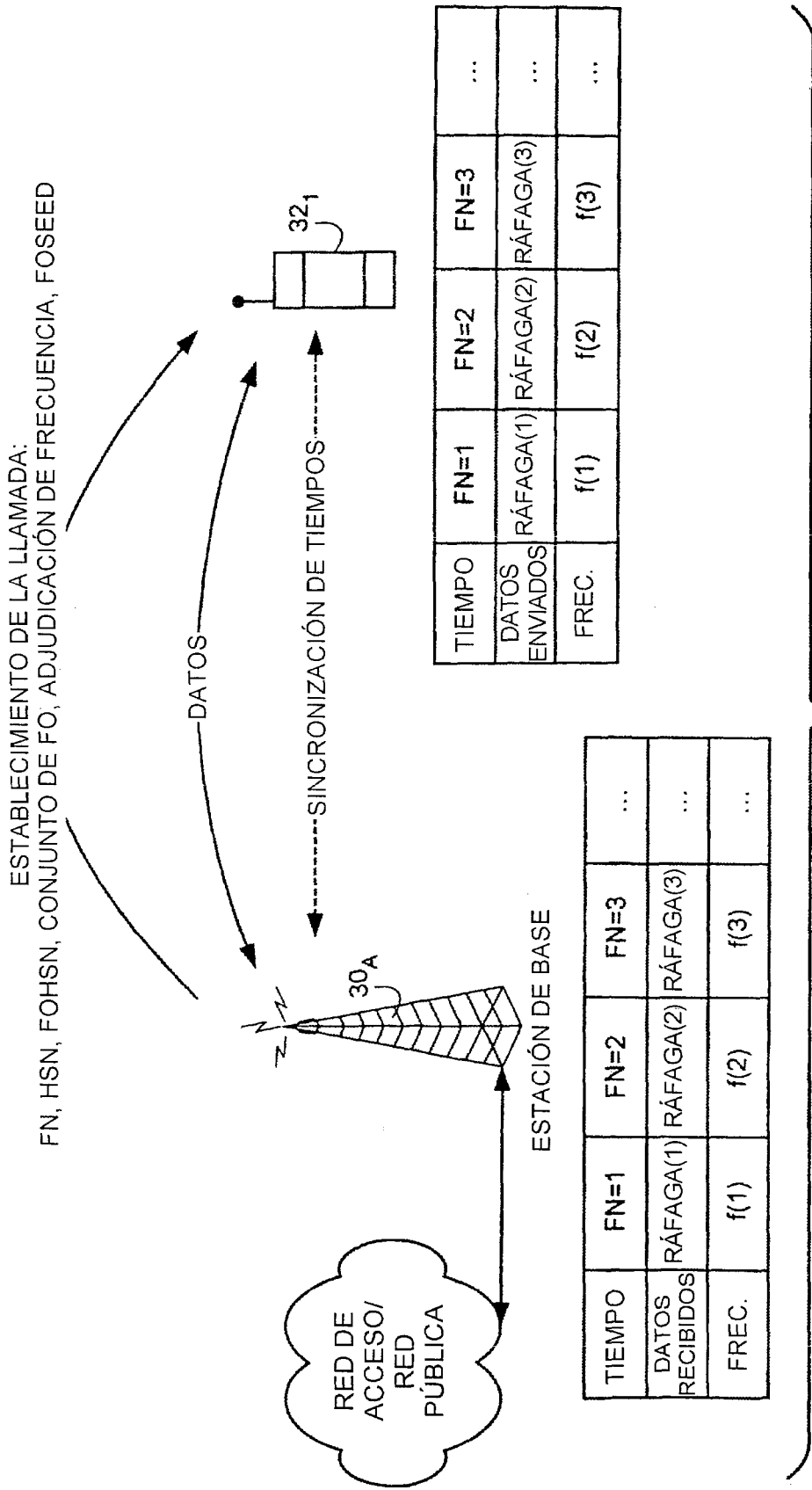


Fig. 10

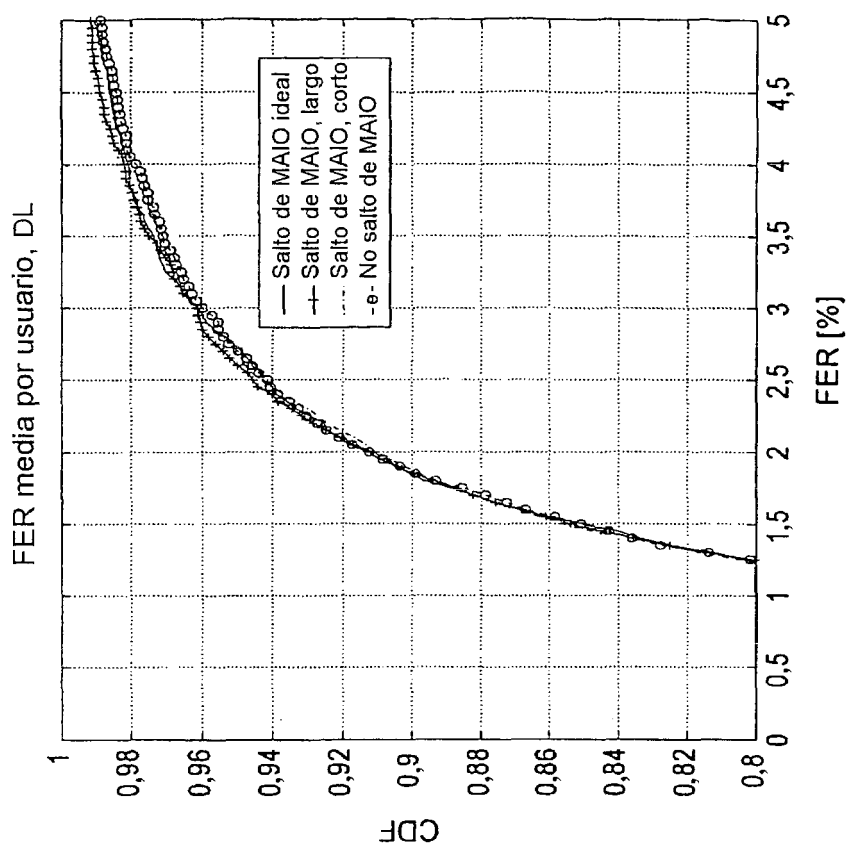


Fig. 11B

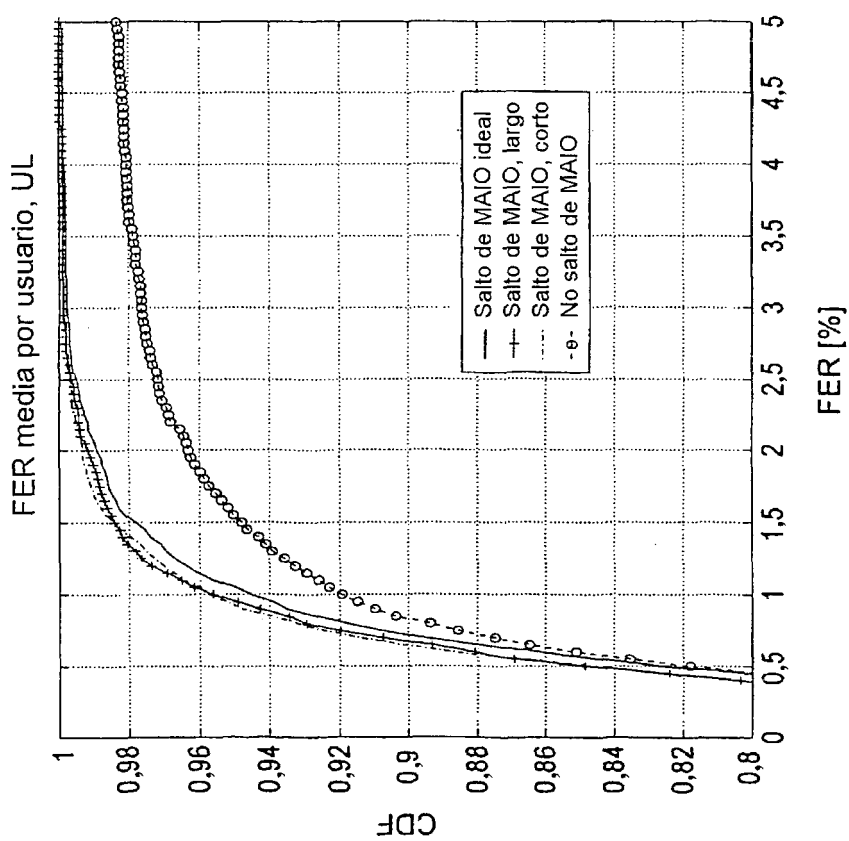


Fig. 11A

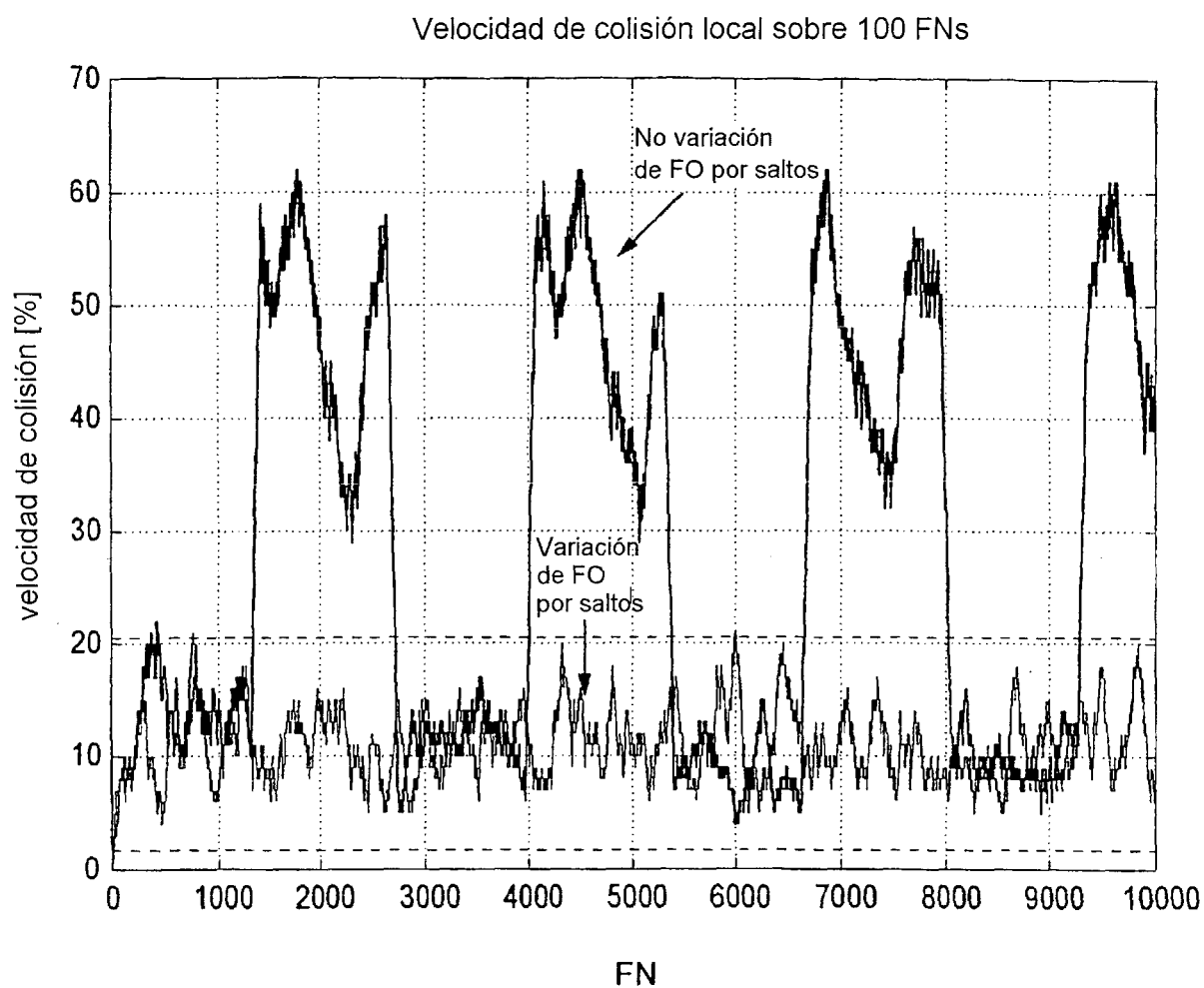


Fig. 12

Variación de frecuencia por saltos ACF,
no variación de FO por saltos (N = 9)

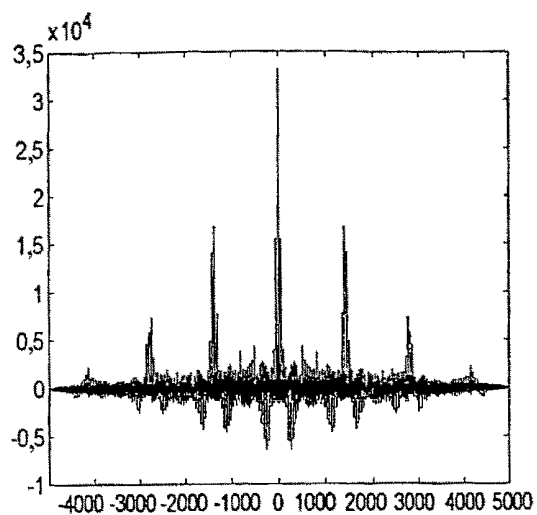


Fig. 13A

Variación de frecuencia por saltos ACF, secuencia
cíclica corta de variación de FO por saltos

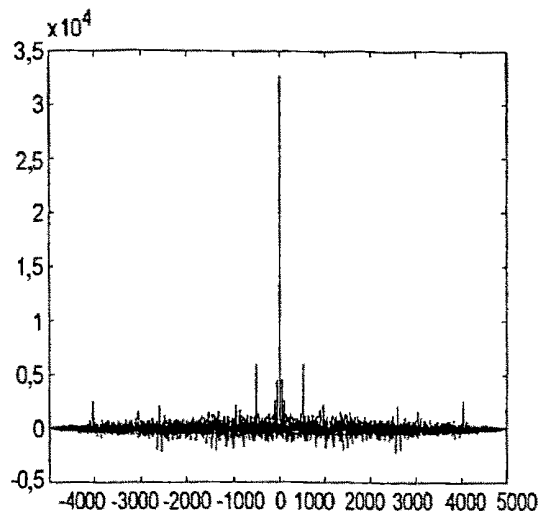


Fig. 13B

Variación de frecuencia por saltos ACF, secuencia
cíclica larga de variación de FO por saltos

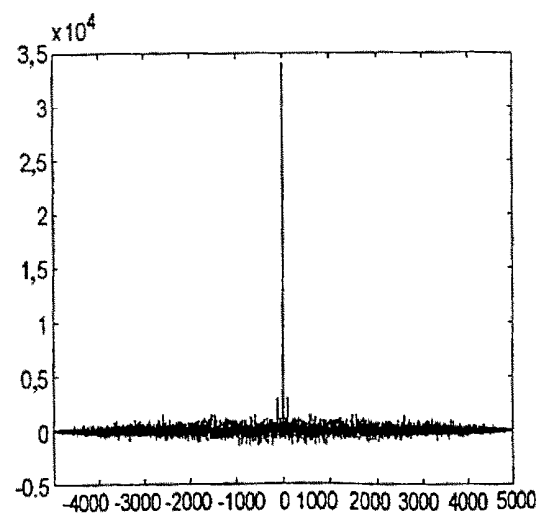


Fig. 13C

Variación de frecuencia por saltos ACF, variación de FO por saltos aleatoria ideal

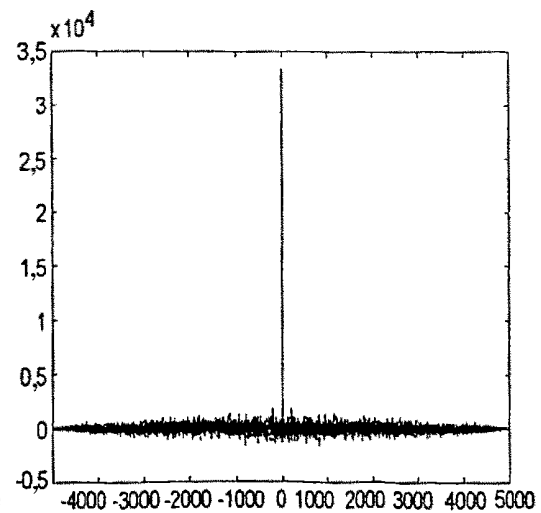


Fig. 13D