(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 286 696**

(51) Int. Cl.:
H04B 1/40 (2006.01)
H04B 7/155 (2006.01)
H04L 27/18 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Número de solicitud europea: **04798621 .1**
(86) Fecha de presentación : **19.11.2004**
(87) Número de publicación de la solicitud: **1685653**
(87) Fecha de publicación de la solicitud: **02.08.2006**

(54) Título: **Regeneración de señales.**

(30) Prioridad: **21.11.2003 GB 0327041**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.12.2007

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.12.2007

(73) Titular/es: **BAE Systems plc.**
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD, GB

(72) Inventor/es: **Richardson, Michael, Richard**

(74) Agente: **González Palmero, Fe**

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).

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Regeneración de señales.

La presente invención se refiere a regeneración de señales. Más específicamente, la invención se refiere a la regeneración de una señal transmitida, particularmente, pero no exclusivamente, del tipo de señales transmitidas por estaciones base celulares, siendo usadas dichas señales en sistemas de redes telefónicas móviles o celulares.

Los sistemas telefónicos móviles comprenden normalmente una red de estaciones base. Las señales son transmitidas a/desde teléfonos móviles de un usuario (abonado) para proporcionar servicios telefónicos y otros servicios.

El intervalo operacional de las estaciones base, en los sistemas de redes telefónicas móviles o celulares anteriormente mencionados es típicamente de 10 a 20 kilómetros (km).

Típicamente, tales señales transmitidas por estaciones base son del orden de unas pocas decenas o incluso centenares de vatios. La frecuencia de las señales está normalmente en la zona de microondas bajas del espectro electromagnético, típicamente alrededor del intervalo de 1 GHz a 2 GHz. Este intervalo de frecuencias se encuentra en las redes telefónicas móviles GSM. Sin embargo, se apreciará que el intervalo operacional de frecuencias puede ser diferente en otros sistemas de transmisión/emisión de señales.

Otros sistemas a los que puede aplicarse esta técnica incluyen: por ejemplo, sistemas de emisión de audio digital (DAB), acceso múltiple por división de código (CDMA), sistemas de comunicación de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK), redes de área local de radio de alto rendimiento (HIPERLAN); y redes telefónicas de sistemas universales de telecomunicaciones móviles (UMTS).

Es importante que la estructura de las señales transmitidas dentro del sistema anteriormente mencionado y otros sistemas sea tal que la estructura de las señales tenga características conocidas predefinidas y contenga secuencias de sincronización o ráfagas, secuencias de instrucción, etc.

Tales secuencias son generadas a menudo a partir de códigos seudo-aleatorios, que tienen unas buenas funciones de autocorrelación. Por lo tanto, las técnicas de autocorrelación son usadas ampliamente en sistemas de comunicaciones GSM y similares para realizar sincronización, detección de señales y otras tareas de procesamiento de señales.

Para regenerar una réplica exacta de una señal recibida en un receptor, es necesario eliminar cualquier error que esté presente y/o compensar cualquier degradación que ocurra durante la transmisión. Los errores y la degradación de señales ocurren durante la transmisión de cualquier señal, y pueden surgir como resultado de: atenuación y desvanecimiento de señal; reflexión por multitrayectoria/dispersión por multitrayectoria; ruido de fondo; interferencia por parte de otras señales; o una combinación de estos y otros efectos. Todos los efectos, en diversos grados, reducen la eficiencia y el rendimiento de los sistemas que usan señales transmitidas.

Un tema común de muchos sistemas que utilizan señales, por ejemplo para localizar a un usuario móvil, es que se necesita una indicación o réplica exacta de la señal transmitida.

Existen ciertas técnicas que pueden ayudar a corregir o modificar una señal recibida de manera que pudieran corregirse o compensarse ciertos tipos de errores. Sin embargo, antiguamente, tales señales regeneradas a menudo tenían errores residuales.

El documento EP-A-1501215 (y el documento WO03/088524) describe la arquitectura de repetidores para uso dentro del sistema GSM, donde se aplica intercambio espectral entre las bandas de frecuencia GSM de 900 MHz y 1800 MHz. La banda de 900 MHz se usa para comunicarse con la red GSM, mientras que la banda de 1800 MHz se usa para comunicarse entre repetidores. De esta manera, se impide que los terminales interfieran con la comunicación que tiene lugar entre repetidores. Existe una relación de fase directa entre la frecuencia usada en la banda de 900 MHz y la usada en la banda de 1800 MHz.

El documento WO-A-01/28272 describe un sistema para determinar la posición de una estación base dentro de una red de transmisión celular. Se miden las intensidades de campo procedentes de estaciones base adyacentes y se usa la información relacionada con estas para proporcionar un punto de situación en un transmisor móvil dentro de la célula de la red. La posición está basada en identificar intensidades de señales y realizar un mejor ajuste a los datos cuando se superponen en un mapa geográfico. No se hace intento de reconstruir o regenerar una señal.

Generalmente, un objetivo es reducir toda forma de degradación de señal y ruido. El documento GB-A-2291300 describe un procedimiento de determinación de si un vehículo está viajando por una trayectoria predeterminada comparando la intensidad de señal procedente de una estación base de un sistema de telecomunicaciones móviles a lo largo de un periodo de tiempo normalizando la señal y comparando esta con la intensidad de señal almacenada frente a la información de distancia. De nuevo, como parte del procedimiento de determinación es deseable una indicación de la señal transmitida. Sin embargo, no se hace intento para obtener tal señal.

Otra técnica de mejorar la calidad de la señal o reducir el ruido es orientar una antena a la fuente de señal y sincronizar la fase de la antena a la frecuencia de la señal. Sin embargo, esto no siempre es viable, particularmente donde existe línea de visión restringida y/o donde ocurren reflexiones de señales.

El documento GB-A-2311697 desvela una técnica para estimar la posición de una estación móvil en un sistema de comunicaciones inalámbricas que usa intensidades de señales procedentes de una pluralidad de estaciones base. Estas intensidades de señales son correlacionadas con mediciones obtenidas previamente en una pluralidad de posiciones conocidas. Los datos resultantes se usan para corregir las señales recibidas para proporcionar una indicación de la posición a una estación móvil.

Un objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento y un aparato para recibir una señal, y para recuperar, a partir de la señal recibida, una señal regenerada para los propósitos de comparación u otras cosas.

Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de regeneración de una señal transmitida a distancia que comprende una corriente de símbolos modulada sobre una portadora de acuerdo con un estándar predeterminado, incluyendo el procedimiento las etapas de:

a) recibir la señal transmitida a distancia que tiene características conocidas;

b) determinar sincronización de tramas de la señal recibida;

c) identificar las ubicaciones de secuencias dentro de la señal a partir de la sincronización de tramas;

d) identificar la estructura de las secuencias;

e) estimar valores de desplazamiento de fase en las ubicaciones de las secuencias;

f) desmodular la corriente de símbolos usando los valores estimados de desplazamiento de fase y la estructura de las secuencias; y

g) remodular la corriente de símbolos usando los valores de desplazamiento de fase.

Ventajosamente, la etapa f) comprende la etapa adicional de corregir la corriente de símbolos antes de la etapa g). Pueden usarse diversas técnicas para efectuar la corrección. Además, la etapa de corregir la corriente de símbolos puede incorporar sustitución de símbolos en la corriente de símbolos donde la corriente de símbolos es conocida *a priori*.

La etapa f) puede comprender además comparar símbolos desmodulados con símbolos conocidos para proporcionar una estimación de la tasa de errores de símbolos.

Se prefiere que la etapa a) incluya conversión descendente de la señal recibida a una frecuencia intermedia nominal de 0 Hz. Adicionalmente, la etapa a) incluye además digitalizar la señal de frecuencia intermedia para proporcionar una corriente de símbolos digitalizada en un dominio de señales complejo.

Preferentemente, la etapa e) incluye estimar la frecuencia media de batido de la señal, eliminar de la señal la frecuencia media de batido estimada y almacenar la frecuencia media de batido en una base de datos. Adicionalmente, la etapa e) incluye además estimar el desplazamiento de fase residual de la señal y almacenar el desplazamiento de fase residual estimado de la señal en la base de datos.

Idealmente, las secuencias incluyen secuencias de instrucción, señales de sincronización, ráfagas de corrección de frecuencia, o ráfagas de relleno. Las secuencias de instrucción pueden incluir ocho secuencias de instrucción asociadas con ráfagas de datos así como una novena secuencia de instrucción asociada con ráfagas de relleno.

Es posible usar secuencias de instrucción y picos de correlación para compensación de multitrayectoria. Para proporcionar la compensación de multitrayectoria, se usan preferentemente técnicas de estimación de canal que usan procesamiento de correlación de secuencias de datos.

La regeneración de la señal se realiza convenientemente a frecuencia de batido nula usando técnicas de procesamiento de señales digitales para conseguir alto rendimiento y fidelidad a bajo coste de implementación. Sin embargo, pueden emplearse otras técnicas para conseguir el resultado deseado.

Proporcionando regeneración de una señal transmitida, es posible utilizar una señal recibida desde una fuente remota, aun cuando la señal recibida pueda haber sido sometida a corrupción a lo largo de su trayectoria de propagación. Por lo tanto, preferentemente, la señal regenerada que se obtiene es sustancialmente idéntica a la señal transmitida, o una que habría sido obtenida desde un transmisor, si se hubiera usado una conexión (línea terrestre) de alta calidad para propagar la señal hasta el receptor.

Más preferentemente, la regeneración de la señal recibida se consigue mediante una combinación selectiva de: reconstruir partes de la señal recibida, corrigiendo la salida detectada a partir de la forma deseada; y mediante otras técnicas para eliminar errores y reducir el ruido.

También pueden proporcionarse aparatos para regenerar una señal. Tales aparatos pueden comprender elementos que (i) permiten que se produzca una corriente de muestreo digital a frecuencia nominal de batido nula en el dominio de señal compleja a partir de la señal recibida, (ii) determinan un desplazamiento de frecuencia media de batido en la señal de frecuencia nominal de batido nula, (iii) determinan desplazamientos de fase residuales a lo largo de la extensión de la señal de frecuencia nominal nula después de que haya sido eliminado el desplazamiento de frecuencia media de batido, (iv) proporcionan un factor de corrección de frecuencia media de batido y parámetros de corrección de desplazamiento de fase residual, (v) comparan partes de la señal recibida con formas de señales conocidas correspondiente, (vi) corrigen partes corruptas de la señal recibida para proporcionar partes de señal reconstruidas, (vii) recombinan las partes de señal reconstruidas con la frecuencia media de batido y desplazamientos de fase residuales para proporcionar una señal regenerada a la frecuencia nominal de batido nula.

Entonces puede extraerse información de sincronización periódica y usarse en conjunción con mediciones de desplazamiento de fase para proporcionar una estimación de la desviación de frecuencia media de batido relativa y desplazamientos de fase "similares a ruido" entre la señal recibida y un oscilador local estable. Idealmente, la información de fase se usa para proporcionar la frecuencia media de batido y parámetros de corrección de desplazamiento de fase residual.

Una vez que ha sido corregida cualquier frecuencia media de batido y cualquier desplazamiento de fase similar a ruido residual, puede realizarse la desmodulación del flujo de bits de la señal para proporcionar una corriente de símbolos desmodulados en la que pueden aplicarse diversas técnicas para corregir errores de símbolos. A continuación se describen algunas técnicas preferidas.

Típicamente, para sistemas GSM, la señal recibida está en la zona de 900 MHz a 1800 MHz y se mezcla a una frecuencia intermedia antes del filtrado de Nyquist y la digitalización para producir corrientes de símbolos a frecuencia nominal de batido nula en el dominio de señales complejo. Pueden emplearse otras realizaciones para conseguir resultados equivalentes.

Usando el procedimiento de la presente invención descrito en general anteriormente, se obtiene una señal que está típicamente tan cerca de una réplica de la señal transmitida a la frecuencia nominal de batido nula como es posible conseguir, sin usar una conexión cableada desde la fuente original de la señal transmitida. De este modo, se obtiene una señal de frecuencia nominal de batido nula regenerada que puede ser almacenada y, por ejemplo, frente a la cual pueden realizarse comparaciones posteriormente.

En la realización más sencilla de desmodulación de la frecuencia de batido y la versión de fase corregida de la señal de frecuencia nominal de batido nula, los datos (símbolos) desmodulados, obtenidos a partir de las señales recibidas, están muy limitados. Esto tiene el efecto de eliminar la mayoría de la interferencia que pudiera haber, siempre que la señal buscada sea significativamente mayor que la interferencia, lo cual es normalmente el caso para las aplicaciones de interés. También pueden aplicarse otras técnicas de desmodulación más sofisticadas.

Después se aplica la modulación apropiada a los símbolos desmodulados y se aplican la frecuencia media de batido y los parámetros de corrección de desplazamiento de fase residual previamente medidos para crear una señal regenerada a la frecuencia nominal de batido nula, sin corromper por reflexiones de multitrayectoria, interferencia u otros efectos debidos a propagación "por el aire".

Puede aplicarse decodificación más sofisticada (por ejemplo, en ráfagas de datos), por ejemplo decodificación Viterbi, para recuperar algunas secuencias de datos. Otras secuencias de símbolos de datos se reconstruyen usando el conocimiento previo de la estructura de la señal (por ejemplo, secuencias de sincronización y ráfagas previamente identificadas por las funciones de procesamiento de señales como ráfagas de relleno GSM).

El uso de un conocimiento *a priori* de una estructura de señal también puede usarse para proporcionar una estimación de la tasa de errores de bits (BER) a partir del número de correcciones de datos que son necesarios para reconstruir una señal. Las partes de la señal que pueden ser reconstruidas usando un conocimiento *a priori* incluyen, por ejemplo, para GSM, una secuencia de instrucción, una señal de sincronización (sinc), una señal denominada de relleno o ráfagas de corrección de frecuencia (FCBs). Tal conocimiento *a priori* puede obtenerse de bases de datos o tablas de consulta de características de las señales que son publicadas como estándares.

También puede que tengan que ser corregidas o compensadas otras degradaciones de señal para cuando se regenere la señal transmitida. Una de tales degradaciones de señal se denomina dispersión por multitrayectoria. La dispersión por multitrayectoria ocurre como resultado de reflexiones procedentes de edificios, árboles, objetos móviles y otros rasgos geográficos. Por ejemplo, puede ocurrir una secuencia de señales de instrucción en mitad de cada ráfaga de datos para proporcionar un medio de estimación de las características de dispersión por multitrayectoria. Una vez calculada, la estimación puede usarse para corregir tales dispersiones por multitrayectoria.

Las ráfagas de datos activos pueden contener datos relacionados con instrucciones de tratamiento/enrutamiento de llamadas, comandos del operador telefónico, datos relacionados con el control de la estación base e información de usuario, así como datos de carga útil en sí.

Los receptores GSM convencionales decodifican información a partir de una señal portadora para establecer qué ráfagas contienen datos relevantes para ellas, y cuál del conjunto posible de secuencias de instrucción está actualmente en uso para caracterizar esas ráfagas. Las ráfagas que no contienen datos están llenas de un código "de relleno" y no son procesadas posteriormente por receptores convencionales. Se ha comprendido que utilizando todas las ráfagas de datos, incluyendo señales de relleno, es posible regenerar una señal de referencia de alta calidad que es una réplica casi exacta de la que fue transmitida, porque la inmensa mayoría de la señal recibida puede ser procesada para estimar la frecuencia media de batido y los desplazamientos de fase residuales sobre una base de ráfaga a ráfaga. Para ráfagas ocasionales en las que no es posible o conveniente (por ejemplo las ráfagas de corrección de frecuencia), se aplica convenientemente una simple interpolación.

La información obtenida de las secuencias de instrucción permite que se deduzca la estructura de una señal recibida; y que se generen factores de corrección relevantes. Se realiza la comparación con estructuras de señales conocidas y se efectúa la sustitución de datos corruptos usando datos correctos obtenidos, por ejemplo, de tablas de consulta.

En un sistema GSM típico, hay ocho secuencias de señales de instrucción diferentes que pueden usarse en ráfagas de datos en tiempo real para distinguir señales procedentes de diversas estaciones base y minimizar la interferencia debida a reutilización de frecuencia.

La cantidad de tráfico de datos de GSM varía, particularmente de periodos de poco uso a periodos punta. Durante periodos de poco uso las estaciones base están relativamente inactivas y transmiten ráfagas de datos denominadas de relleno. Estas señales se usan, en una realización preferida de la presente invención, para obtener información de fase y frecuencia de la misma manera que las ráfagas de datos activas, tratando el centro de la ráfaga de relleno efectivamente como una secuencia de instrucción adicional. De este modo se puede considerar que las ráfagas de relleno, que no contienen datos, contienen una novena secuencia de instrucción.

Preferentemente, el aparato puede estar adaptado para usar una parte central de una ráfaga de relleno como un dato para correlación y medición de ruido de fase.

De este modo el uso de la información permite que se obtenga la fase y la frecuencia de una señal entrante, relativa al oscilador receptor, operando en el dominio de señales complejo a la frecuencia nominal de batido nula del receptor. Entonces puede obtenerse la variación de fase medida entre osciladores, que transmiten y reciben las señales. Esta información puede analizarse y puede usarse para expresar la variación de fase convenientemente como una frecuencia media de batido y un desplazamiento de fase "similar a ruido" residual a lo largo de la extensión de interés de la señal. Tanto la frecuencia media de batido como los desplazamientos de fase residuales se obtienen de la salida del procedimiento de detección y correlación de ráfagas.

Idealmente para ráfagas GSM recibidas, se realiza una prueba de correlación usando todas las secuencias de instrucción incluyendo la parte apropiada de la ráfaga de relleno. Después se selecciona normalmente la señal que da la mayor magnitud. Esto permite que se identifique únicamente el tipo de ráfaga (por ejemplo, ráfaga de relleno o de datos y la secuencia de instrucción apropiada en uso para la última). La fase de la ráfaga de datos relativa al oscilador receptor puede obtenerse entonces de las salidas "en fase" (I) y de "cuadratura de fase" (Q) del correlador de dominios de señal complejos.

Inicialmente se usan secuencias de sincronización ("sinc") dedicadas para establecer datos de sincronización de tramas. Entonces puede establecerse sincronización de tramas y otra información necesaria de la estructura de las señales.

Idealmente, la información de sincronización periódica incluye información de sincronización de tramas. En los sistemas GSM, la sincronización inicial de tramas y ráfagas se obtiene ventajosamente mediante una búsqueda de correlación de un patrón de ráfaga de sincronización principal. Después se obtiene información de desviación de fase y frecuencia correlacionando preferentemente, por ejemplo usando una sección central de una señal GSM o una ráfaga de datos seleccionada, con versiones almacenadas de patrones permitidos de modulación para esas señales o ráfagas de datos. La comparación puede realizarse con valores almacenados guardados en una base de datos o tabla de consulta.

Preferentemente, la sincronización de tramas de las señales se obtiene usando un correlador. El correlador identifica secuencias de sincronización GSM de una señal recibida. Típicamente, la sincronización GSM principal o secuencia "sinc" tiene una longitud de 64 símbolos.

Un ordenador, un chip dedicado de procesamiento de señales digitales (DSP), una matriz de puertas programable *in situ* (FPGA) o un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) se usa idealmente para llevar a cabo las tareas anteriormente mencionadas. Una ventaja de las técnicas digitales es que puede conseguirse procesamiento de señales de fidelidad más alta en comparación con los procedimientos analógicos.

Para mejorar más la reconstrucción de la señal se realiza una medición de desplazamiento de fase sobre las señales recibidas. Esto se usa para mejorar el procedimiento de reconstrucción de la señal teniendo en cuenta cualquier desviación de frecuencia y desplazamiento de fase que pueda haber ocurrido. Entonces puede calcularse un factor de compensación para cualquier error de frecuencia y desplazamiento de fase. El factor de compensación se usa para compensar los siguientes errores, que se definen convenientemente de la siguiente manera:

(i) una frecuencia media de batido (que es la diferencia de frecuencia media entra los osciladores transmitido y recibido a lo largo de un periodo predeterminado, medida con respecto a la frecuencia nominal de batido nula del receptor); y

(ii) cualquier desplazamiento de fase "similar a ruido" residual (que sea debido a fluctuaciones a corto plazo de la frecuencia relativa de la señal a lo largo de un periodo predeterminado) entre los osciladores transmitido y recibido.

Los errores se eliminan a medida que se generan señales como y cuando surja la necesidad, de manera que una seña completa puede ser reconstruida posteriormente. Para este propósito puede usarse una memoria o caché dinámica borrable.

Después puede tener lugar la regeneración de la señal de referencia, idealmente en el dominio digital, por ejemplo bajo control de un microprocesador. La regeneración de la señal se basa en el hecho de que algunas partes de la señal han sido medidas directamente, reconstruidas y estimadas. El aparato de regeneración comprende, por lo tanto, efectivamente: un procesador de señal y memoria asociada que operan bajo la dirección de software, programado para llevar a cabo funciones asignadas o específicas, cada una de las cuales se describe con mayor detalle más adelante.

Para una mejor comprensión de la presente invención, a continuación se hará referencia, sólo a modo de ejemplo, a los dibujos adjuntos en los que:

la Figura 1 es una representación en diagrama de un sistema de comunicación celular;

la Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema de regeneración de señales des acuerdo con la presente invención;

la Figura 3 es una tabla de resultados de un ensayo usando el sistema de la Figura 2; y

la Figura 4 es un gráfico de la medición de desplazamiento de fase residual frente al número de ráfagas dentro de una señal.

Haciendo referencia inicialmente a la Figura 1, en ella se muestra en forma de diagrama una red 10 con estaciones base 12A a 12J, en un sistema de comunicación celular. Un receptor, como un teléfono móvil 14, recibe señales procedentes de varias estaciones base 12E, 12F, 12G, 12I y 12J. Las señales recibidas generalmente están superpuestas con ruido; pueden incluir errores y a menudo están acompañadas por señales no deseadas (espurias). La señal recibida puede ser convertida a una señal de frecuencia de batido nulo o de frecuencia intermedia (IF), filtrada, digitalizada y procesada en términos de corrientes de muestreo en fase (I) y cuadratura (Q). Pueden usarse otras técnicas.

Donde resulte apropiado la interferencia puede reducirse enfocando la antena del teléfono móvil 14 sobre una estación base deseada para utilizar cualquier característica de ganancia directiva. Aunque esto sirve para reducir la interferencia y los efectos de desvanecimiento por multitrayectoria se requieren más técnicas de reducción de interferencia y multitrayectoria para mejorar la calidad final de la señal recibida.

La señal 20 (Figura 1) es recibida desde la estación base 12J por el teléfono móvil u otro receptor adecuado 14 y es del tipo encontrado en un sistema de comunicaciones celulares GSM. La señal recibida 20 así obtenida está generalmente corrompida por efectos de dispersión e interferencia por multitrayectoria, por ejemplo, de otras estaciones base. Para obtener una versión de alta calidad de la señal que fue transmitida originalmente, es necesaria la regeneración de la señal transmitida a partir de la señal recibida. Esto se explicará a continuación con mayor detalle más adelante, con referencia a la Figura 2.

La frecuencia de señal recibida es reducida y procesada para proporcionar corrientes de muestreo separadas digitalizadas I y Q a frecuencia de batido nula. Las corrientes de muestreo Y y Q forman una señal compleja 100 (Figura 2) que es procesada posteriormente en un sistema de regeneración de señales de acuerdo con la presente invención.

La frecuencia media de batido y los desplazamientos de fase "similares a ruido" residuales surgen como consecuencia de un desajuste y desviación de frecuencia entre osciladores estables en el receptor y el transmisor, y representan una aproximación conveniente para representar, medir y procesar tales desajustes y desviaciones de frecuencia.

Haciendo referencia a continuación a la Figura 2, se muestra un sistema de regeneración de señales 200 que comprende un correlador de señales 24, un correlador de sincronización de tramas y ráfagas 28, un correlador de desplazamiento de fase residual 30, un mezclador de frecuencias 32, una base de datos (o tabla de consulta) 34, un desmodulador 40, un mezclador 42, un corrector de errores de bits 46, un modulador GSM 48 y un remodulador 50. Los componentes del sistema de regeneración 200 están conectados como se muestra.

La señal compleja 100 se introduce, en paralelo, en el correlador de señales 24 y el correlador de sincronización de tramas y ráfagas 28. El correlador de sincronización de tramas y ráfagas 28 detecta dónde comienzan y terminan las tramas de señales GSM en la señal 100, así como las posiciones de secuencias de instrucción y otros componentes de la estructura de la señal. Esta información de sincronización de señales se suministra al correlador 24, el correlador de desplazamiento de fase residual 30 y el desmodulador 40.

El correlador de señales 24 usa la secuencia de instrucción GSM en cada ráfaga para estimar la frecuencia media de batido estimando el cambio medio en el desplazamiento de fase entre ráfagas sucesivas a lo largo de la extensión de interés de la señal. La estimación 24A de la frecuencia media de batido se suministra a la base de datos 34. La señal de salida 102 también se suministra a la base de datos 34. La señal de salida 102 también se pasa al mezclador de frecuencias 32 desde el correlador de señales 24.

El mezclador de frecuencias 32 elimina la frecuencia de batido 24A de la señal de salida 102 y proporciona una señal de entrada 104 para el correlador de desplazamiento de fase residual 30.

El correlador de desplazamiento de fase residual 30 estima las características de desplazamiento de fase "similar a ruido" residual presentes en la señal 104 y proporciona una estimación 30A del desplazamiento de fase residual (una medición para cada ráfaga GSM) para la base de datos 34. La señal 106 también se proporciona para el mezclador 42.

El mezclador 42 elimina la estimación 30A del desplazamiento de fase residual y la señal resultante 108 se pasa al desmodulador 40 que desmodula la señal 108. Los símbolos de datos desmodulados 40A se envían a la base de datos 34.

El desmodulador 40 puede usar varias técnicas que pueden incluir las siguientes: decisión firme, que tiene el efecto de suprimir la interferencia; y/o técnicas de corrección de errores (por ejemplo, corrección Viterbi).

Se comprenderá que el tipo particular de técnica de desmodulación o corrección de errores aplicada dependerá de la implementación así como del contenido y estructura de la señal.

Las señales 24A, 30A y 40A enviadas a la base de datos 34 se vuelven a montar posteriormente como una señal de referencia regenerada como se explica más adelante.

Las secuencias de símbolos predefinidos dentro del protocolo GSM permiten detección y corrección de errores de secciones conocidas de la corriente de símbolos desmodulada. Tales secuencias que pueden ser requeridas en la presente invención son almacenadas en la base de datos o en la tabla de consulta 34. Estas secuencias se usan para medir la tasa de errores de símbolos y corregir símbolos de datos erróneos en la señal 24A. La reconstrucción de la señal transmitida se lleva a cabo entonces usando la corriente de símbolos corregidos en conjunción con la información de frecuencia y fase contenida en 24A y 30A.

La base de datos 34 suministra símbolos al corrector de errores 46 e información relacionada con la frecuencia de batido y desplazamientos de fase residuales al remodulador 50 respectivamente. El corrector de errores de bits 46, el modulador GSM 48 y el remodulador 50 permiten y controlan el acceso a la base de datos 34 de manera que los errores de bits pueden ser detectados y corregidos; la corriente de símbolos de datos corregidos puede ser modulada; y los desplazamientos de fase residuales y las estimaciones de frecuencia media de batido pueden volver a aplicarse para proporcionar una versión de frecuencia de batido nula de la señal GSM como se transmitió originalmente.

Volver a aplicar la frecuencia media de batido y los desplazamientos de fase residuales es esencial para obtener una aproximación exacta a la señal transmitida originalmente 20 convertida a frecuencia de batido nula, con respecto al oscilador local estable en el receptor. Consecuentemente, se obtiene, por lo tanto, casi una aproximación a la señal original 20.

Un corrector de bits 46 accede a la base de datos 34 y descarga datos almacenados. En ciertas partes conocidas de la señal GSM los símbolos corruptos son sustituidos con símbolos definidos guardados en tablas de consulta en la memoria de la base de datos 34. Una comparación de partes conocidas de la señal recibida (por ejemplo, secuencias sync y ráfagas de relleno) en la base de datos con señales procedentes de una tabla de consulta permite que se realice una estimación de la tasa de errores de símbolos en la señal recibida. La corriente de bits resultante es entonces efectivamente una mejor estimación de los símbolos que fueron transmitidos originalmente.

La mejor estimación de la corriente de símbolos de datos transmitidos es suministrada al modulador GSM 48 para crear una señal corregida modulada 48A, que después se pasa a un remodulador 50. El remodulador 50 accede a la base de datos 34 y vuelve a aplicar el desplazamiento de fase residual 24A y la estimación de frecuencia media de batido 30A. La señal de referencia GSM regenerada es generada luego desde el remodulador 50 como la señal 150.

Remodulando las señales GSM desmoduladas y volviendo a aplicar la frecuencia media de batido y las correcciones de desplazamiento de fase residual, se obtiene una réplica regenerada de alta calidad de la señal procedente del transmisor referida a la frecuencia nominal de batido nula del receptor.

Se apreciará que, si la estructura de la señal es conocida *a priori*, una simple sustitución del elemento relevante para corrección puede implementarse a partir de la base de datos o la tabla de consulta 34. Alternativamente, la corrección se efectúa durante el procesamiento posterior.

Por consiguiente, en resumen, por lo tanto, un regenerador de señales recibe una señal corrupta, usa un conjunto de secuencias de señales conocidas (por ejemplo secuencias de sync e instrucción) para determinar la sincronización de señal y para correlacionar la señal. Se estima la frecuencia media de batido, se mezcla y se almacena en una base de datos. Después se estiman los desplazamientos de fase residuales y se almacenan en una base de datos. Se obtiene una corriente de símbolos mediante técnicas de desmodulación adecuadas y la corriente de símbolos se almacena en una base de datos. La información almacenada se extrae de la base de datos para medir y corregir errores de símbolos GSM, modular la corriente de símbolos corregida y remodular los desplazamientos de fase residuales y la frecuencia media de batido.

Por lo tanto, la invención reduce y elimina idealmente las corrupciones de señales que surgen de efectos como dispersión por multitrayectoria, interferencia y ruido.

El procedimiento descrito anteriormente con referencia a la Figura 2 se lleva a cabo sobre cada ráfaga dentro de la señal que ha de ser regenerada de manera que se obtienen datos para cada ráfaga. La Figura 3 ilustra una parte de una tabla de datos obtenida de un ensayo usando el sistema de regeneración de señales mostrado en la Figura 2 (para ráfagas números 293 a 348). Los datos indican, para cada ráfaga dentro de la señal, el número de ráfaga, la desviación de ráfaga en la base de datos de almacenamiento, un campo de indicador usado para propósitos de control interno, el identificador de secuencia de instrucción (8 = “de relleno”), la fase de ráfaga medida inicialmente y el desplazamiento de fase residual después de la corrección de frecuencia media de batido.

La Figura 4 muestra un gráfico compuesto de desplazamiento de fase frente a recuento de ráfagas construido a partir de la tabla mostrada en la Figura 3. Cada punto del gráfico corresponde a la medición de desplazamiento de fase residual de una ráfaga.

Se apreciará que puede variarse la realización preferida sin apartarse del ámbito de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de regeneración de una señal transmitida a distancia que comprende una corriente de símbolos modulada sobre una portadora de acuerdo con un estándar predeterminado, incluyendo el procedimiento las etapas de:

a) recibir la señal transmitida a distancia que tiene características conocidas;

estando el procedimiento **caracterizado** por

b) determinar sincronización de tramas de la señal recibida;

c) identificar las ubicaciones de secuencias dentro de la señal a partir de la sincronización de tramas;

d) identificar la estructura de las secuencias;

e) estimar valores de desplazamiento de fase en las ubicaciones de las secuencias;

f) desmodular la corriente de símbolos usando los valores estimados de desplazamiento de fase y la estructura de las secuencias; y

g) remodular la corriente de símbolos usando los valores de desplazamiento de fase.

2. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha etapa f) comprende la etapa adicional de corregir la corriente de símbolos antes de la etapa g).

3. Un procedimiento según la reivindicación 2, en el que la etapa de corregir la corriente de símbolos incorpora sustitución de símbolos en la corriente de símbolos donde la corriente de símbolos es conocida *a priori*.

4. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha etapa f) comprende además comparar símbolos desmodulados con símbolos conocidos para proporcionar una estimación de la tasa de errores de símbolos.

5. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha etapa a) incluye conversión descendente de la señal recibida a una frecuencia intermedia nominal de 0 Hz.

6. Un procedimiento según la reivindicación 5, en el que dicha etapa a) incluye además digitalizar la señal de frecuencia intermedia para proporcionar una corriente de símbolos digitalizada en un dominio de señales complejo.

7. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha etapa e) incluye estimar la frecuencia media de batido de la señal, eliminar de la señal la frecuencia media de batido estimada y almacenar la frecuencia media de batido en una base de datos.

8. Un procedimiento según la reivindicación 7, en el que dicha etapa e) incluye además estimar el desplazamiento de fase residual de la señal y almacenar el desplazamiento de fase residual estimado de la señal en la base de datos.

9. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las secuencias incluyen secuencias de instrucción, señales de sincronización, ráfagas de corrección de frecuencia, o ráfagas de relleno.

10. Un procedimiento según la reivindicación 9, en el que las secuencias de instrucción incluyen ocho secuencias de instrucción asociadas con ráfagas de datos.

11. Un procedimiento según la reivindicación 10, en el que las secuencias de instrucción incluyen una novena secuencia de instrucción asociada con ráfagas de relleno.

12. Un procedimiento según la reivindicación 10 u 11, que además incluye la etapa de usar secuencias de instrucción y picos de correlación para compensación de multitrayectoria.

13. Un procedimiento según la reivindicación 12, en el que se usa estimación de canal de secuencias de datos para compensación de multitrayectoria.

Fig.1.

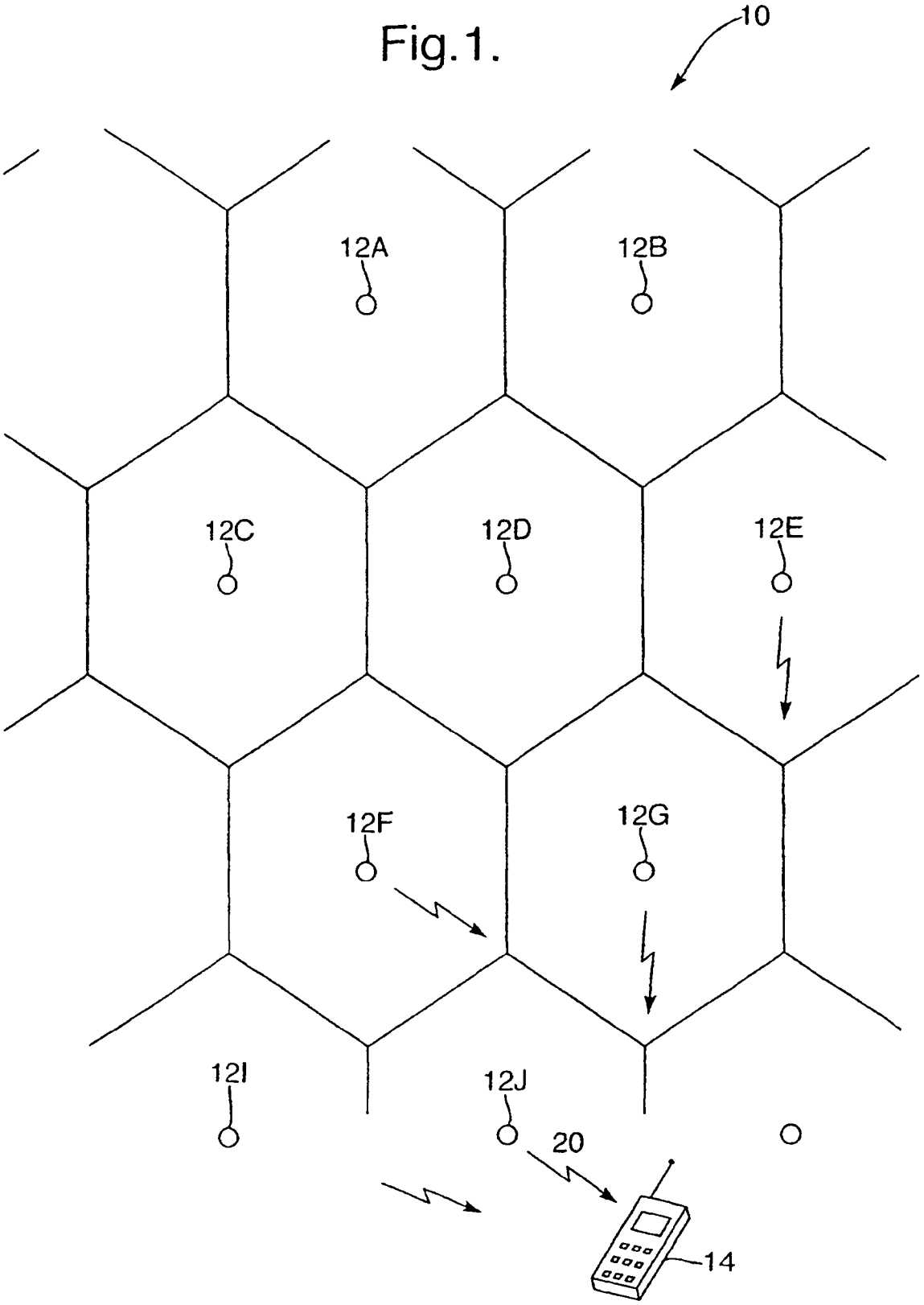


Fig.2.

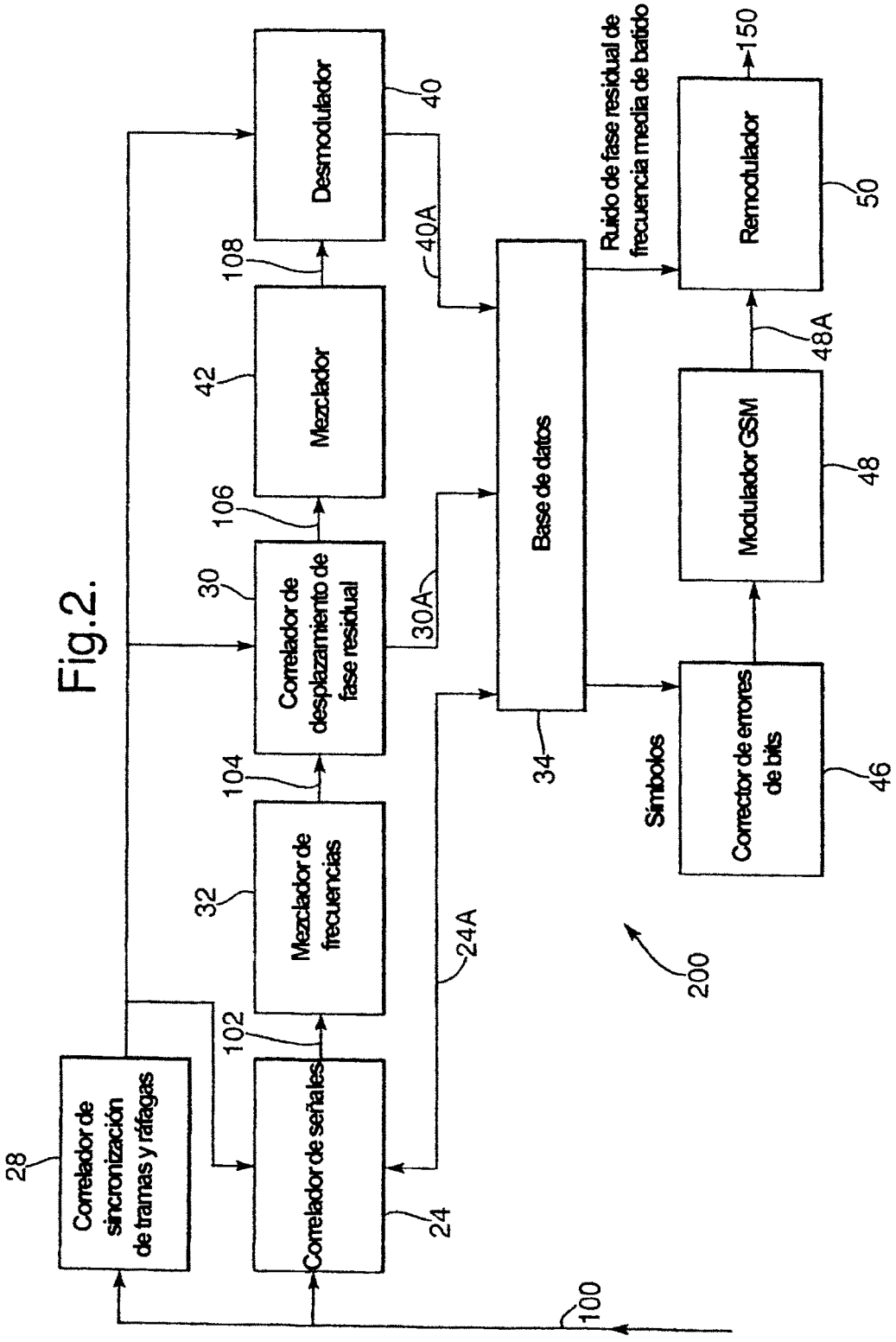
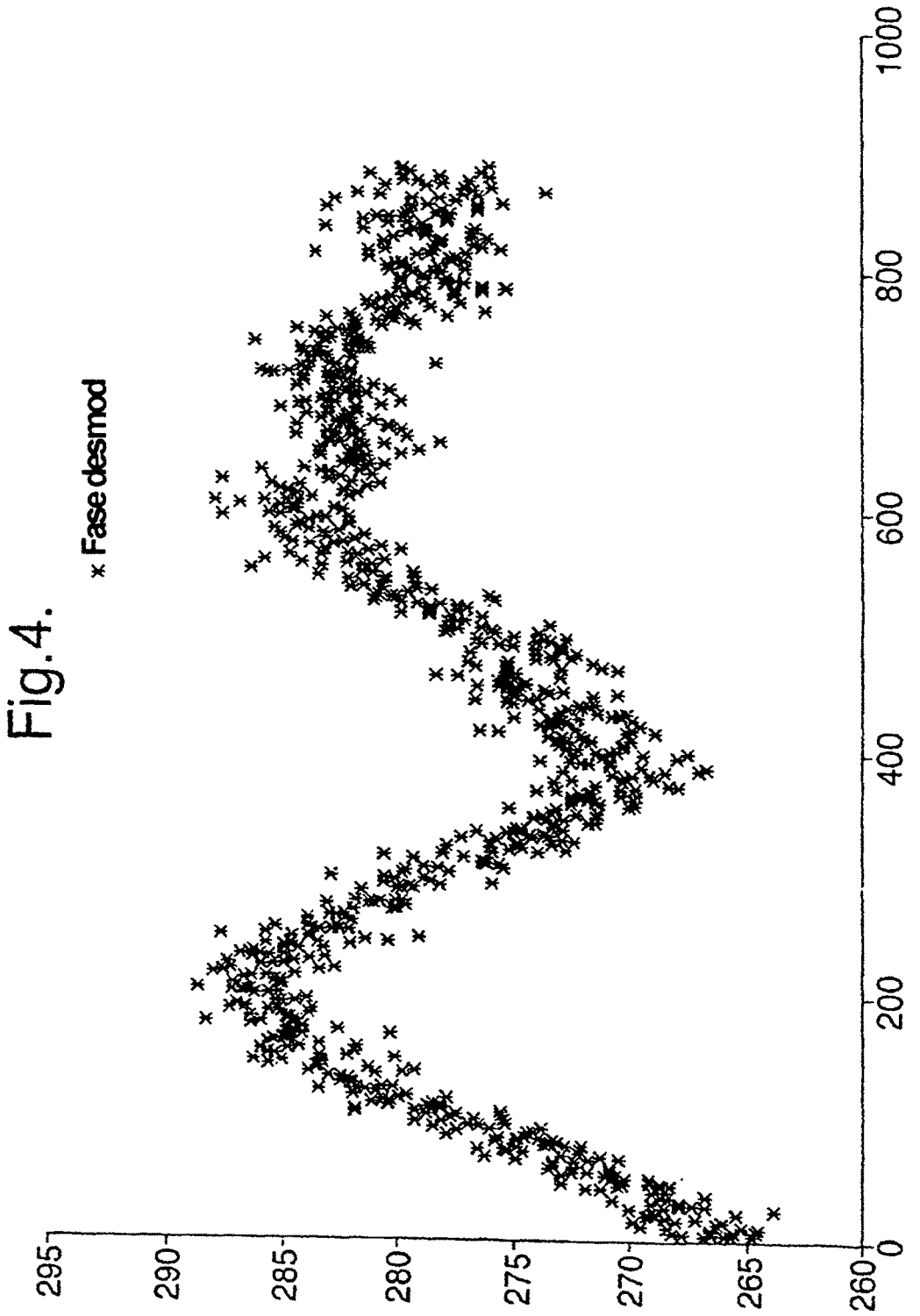

Correlador de sincronización de tramas y ráfagas
28
Correlador de señales
24
Mezclador de frecuencias
32
102
Correlador de desplazamiento de fase residual
30
104
Mezclador
42
106
Desmodulador
40
108
40A
Base de datos
34
30A
24A
100
Símbolos
Corrector de errores de bits
46
Modulador GSM
48
48A
Remodulador
50
150
Ruido de fase residual de frecuencia media de batido
200

Fig.3.

Recuento	Desviación	Indicadores	TS	Fase	Fase desmodulada
293	45913 FCB		8	356,1	276
294	46070	18	8	240,5	280,7
295	46226	16	8	208,4	278,6
296	46382	16	8	180	280,2
297	46538	17	8	148,7	278,9
298	46695	18	8	30,3	280,6
299	46851	16	8	2,6	282,9
300	47007	16	8	329,4	279,8
301	47163 SYNC		8	296,7	279,8
302	47320	18	8	177,3	277,9
303	47476	16	8	149,1	279,7
304	47632	16	8	118,1	278,6
305	47788	17	8	84,9	275,5
306	47945	18	8	327,4	278,2
307	48101	16	8	298,2	278,9
308	48257	16	8	264,9	275,7
309	48413	17	7	55,4	276,3
310	48570	18	8	115,5	276,4
311	48726	16	8	85,3	276,3
312	48882	16	8	55,3	276,2
313	49038	17	7	208,2	279,3
314	49195	18	7	84,8	276
315	49351	16	8	236	277,2
316	49507	16	8	209,4	280,6
317	49663	17	7	356,8	278,1
318	49820	18	8	54,7	276
319	49976	16	8	22,7	274,1
320	50132	16	8	351,4	272,8
321	50288	17	8	323,9	275,2
322	50445	18	8	203,2	274,7
323	50601	16	8	176,3	277,9
324	50757	16	8	142	273,5
325	50913	17	7	294,4	276
326	51070	18	8	353	274,8
327	51226	16	8	321,3	273,1
328	51382	16	8	290,8	272,5
329	51538	17	8	264,1	275,8
330	51695	18	8	145,3	277,3
331	51851	16	8	111,7	273,7
332	52007	16	8	82,4	274,4
333	52163	17	7	231,7	273,7
334	52320	18	8	293,1	275,2
335	52476	16	8	264,4	276,6
336	52632	16	8	230,7	272,9
337	52788	17	7	22,7	274,9
338	52945	18	7	262,4	274,8
339	53101	16	8	51,1	273,5
340	53257	16	8	21,1	273,5
341	53413	17	7	170,7	273,2
342	53570	18	8	229,2	271,8
343	53726	16	8	198,9	271,5
344	53882	16	8	171,2	273,7
345	54038	17	8	140,4	273
346	54195	18	8	20,8	273,6
347	54351	16	8	351,3	274,1
348	54507	16	8	318,7	271,5

Fig.4.


Fase desmod
295
290
285
280
275
270
265
260
0
200
400
600
800
1000