

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 537**

51 Int. Cl.:
H04B 7/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07010284 .3**

96 Fecha de presentación: **31.08.2000**

97 Número de publicación de la solicitud: **1816759**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **08.08.2007**

54 Título: **Procedimiento y aparato para la formación de haces en un sistema de comunicaciones inalámbricas**

30 Prioridad:
01.09.1999 US 388267

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
22.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
22.06.2012

73 Titular/es:
**QUALCOMM, INCORPORATED
5775 MOREHOUSE DRIVE
SAN DIEGO, CA 92121-1714, US**

72 Inventor/es:
Jalali, Ahmad

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 383 537 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

Procedimiento y aparato para la formación de haces en un sistema de comunicaciones inalámbricas

I. Campo de la invención

5 La presente invención versa acerca de comunicaciones inalámbricas de datos. Más en particular, la presente invención versa acerca de un procedimiento y un aparato novedosos y mejorados para una transmisión de paquetes de datos con una elevada velocidad de transferencia en un sistema de comunicaciones inalámbricas.

II. Descripción de la técnica relacionada

10 Se requiere un sistema moderno de comunicaciones para soportar varias aplicaciones. Un sistema de comunicaciones de ese tipo es un sistema de acceso múltiple por división de código (CDMA) que se atenga al estándar "TIA/EIA/IS-95 Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System", denominado en lo sucesivo estándar IS-95. El sistema CDMA permite comunicaciones de voz y datos entre usuarios por un enlace terrestre. El uso de técnicas CDMA en un sistema de comunicaciones de acceso múltiple se da a conocer en la patente estadounidense nº 4.901.307, titulada "SPREAD SPECTRUM MULTIPLE ACCESS COMMUNICATION SYSTEM USING SATELLITE OR TERRESTRIAL REPEATERS" y en la
15 patente estadounidense nº 5.103.459, titulada "SYSTEM AND METHOD FOR GENERATING WAVEFORMS IN A CDMA CELLULAR TELEPHONE SYSTEM", estando ambas transferidas al cesionario de la presente invención.

20 En la presente memoria, estación base se refiere a un soporte físico con el que se comunican las estaciones de abonado. Célula se refiere al soporte físico o a la zona de cobertura geográfica, dependiendo del contexto en el que se use el término. Un sector es una partición de una célula. Dado que un sector de un sistema CDMA tiene los atributos de una célula, las enseñanzas descritas en términos de células se extienden con facilidad a los sectores.

25 En un sistema CDMA, las comunicaciones entre los usuarios se realizan a través de una o más estaciones base. Un primer usuario en una estación de abonado se comunica con un segundo usuario en una segunda estación de abonado transmitiendo datos por el enlace inverso a una estación base. La estación base recibe los datos y puede encaminar los datos a otra estación base. Los datos son transmitidos por el enlace directo de la misma estación base o una segunda estación base, a la segunda estación de abonado. El enlace directo se refiere a la transmisión de la estación base a una estación de abonado y el enlace inverso se refiere a la transmisión desde la estación de abonado a una estación base. En los sistemas IS-95, se asignan frecuencias separadas al enlace directo y al enlace inverso.

30 La estación de abonado se comunica con al menos una estación base durante una comunicación. Las estaciones de abonado CDMA son capaces de comunicarse simultáneamente con múltiples estaciones base durante una conmutación suave. La conmutación suave es el procedimiento de establecer un enlace con una nueva estación base antes de romper el enlace con la estación base anterior. La conmutación suave minimiza la probabilidad de llamadas interrumpidas. El procedimiento y el sistema para proporcionar una comunicación con una estación de abonado a través de más de una estación base durante el procedimiento de conmutación suave son dados a
35 conocer en la patente estadounidense nº 5.267.261, titulada "MOBILE ASSISTED SOFT HANDOFF IN A CDMA CELLULAR TELEPHONE SYSTEM", transferida al cesionario de la presente invención. La conmutación más suave es el procedimiento mediante el cual la comunicación ocurre en múltiples sectores que son atendidos por la misma estación base. El procedimiento de la conmutación más suave es descrito con detalle en la patente estadounidense, en tramitación como la presente, nº 5.625.876, titulada "METHOD AND APPARATUS FOR PERFORMING HANDOFF BETWEEN SECTORS OF A COMMON BASE STATION", transferida al cesionario de la presente
40 invención.

45 Dada la creciente demanda de aplicaciones inalámbricas de datos, la necesidad de sistemas muy eficientes de comunicaciones inalámbricas de datos se ha vuelto cada vez más significativa. El estándar IS-95 es capaz de transmitir datos de tráfico y datos de voz por los enlaces directo e inverso. Se describe con detalle un procedimiento para transmitir datos de tráfico en tramas de canal de código de tamaño fijo en la patente estadounidense nº 5.504.773, titulada "METHOD AND APPARATUS FOR THE FORMATTING OF DATA FOR TRANSMISSION", transferida al cesionario de la presente invención. Según el estándar IS-95, los datos de tráfico o los datos de voz se dividen en tramas de canal de código que tienen una anchura de 20 mseg con velocidades de transferencia de datos de hasta 14,4 Kbps.

50 Una diferencia significativa entre los servicios de voz y los servicios de datos es el hecho de que los primeros imponen requisitos de retardos estrictos y fijos. Típicamente, el retardo unidireccional global de las tramas de voz debe ser menor de 100 mseg. En cambio, el retardo de los datos puede convertirse en un parámetro variable usado para optimizar la eficiencia del sistema de comunicaciones de datos. Especialmente, pueden utilizarse técnicas de codificación más eficientes de corrección de errores que requieren retardos significativamente mayores que los que
55 pueden ser tolerados por los servicios de voz. Un esquema ejemplar de codificación eficiente de datos se da a conocer en la patente estadounidense nº 5.933.462, titulada "SOFT DECISION OUTPUT DECODER FOR DECODING CONVOLUTIONALLY ENCODED CODEWORDS", transferida al cesionario de la presente invención.

Otra diferencia significativa entre los servicios de voz y los servicios de datos es que los primeros requieren un grado de servicio (GOS) fijo y común para todos los usuarios. Típicamente, para sistemas digitales que proporcionan servicios de voz, esto se traduce en una velocidad de transmisión fija e igual para todos los usuarios y en un valor máximo tolerable para las tasas de error de las tramas de voz. En cambio, para los servicios de datos, el GOS puede ser diferente de usuario en usuarios y puede ser un parámetro optimizado para aumentar la eficiencia global del sistema de comunicaciones de datos. El GOS de un sistema de comunicaciones de datos se define típicamente como el retardo total en el que se incurre en la transferencia de una cantidad predeterminada de datos, denominada en lo sucesivo paquete de datos.

Otra diferencia significativa adicional entre servicios de voz y servicios de datos es que los primeros requieren un enlace fiable de comunicaciones que, en el sistema ejemplar de comunicaciones CDMA, es proporcionado por medio de conmutación suave. La conmutación suave da como resultado transmisiones redundantes procedentes de dos o más estaciones base para mejorar la fiabilidad. Sin embargo, esta fiabilidad adicional no se requiere para la transmisión de los datos, porque los paquetes de datos recibidos con error pueden ser retransmitidos. Para los servicios de datos, la potencia de transmisión usada para soportar la conmutación suave puede ser usada más eficientemente para transmitir datos adicionales.

Los parámetros que miden la calidad y la efectividad de un sistema de comunicaciones de datos son el retardo de transmisión requerido para transferir un paquete de datos y la tasa de rendimiento medio del sistema. El retardo de transmisión no tiene el mismo impacto en la comunicación de datos que en la comunicación de voz, pero es una métrica importante para medir la calidad del sistema de comunicaciones de datos. La tasa de rendimiento medio es una medida de la eficiencia de la capacidad de la transmisión de datos del sistema de comunicaciones.

Es bien conocido que en los sistemas celulares la relación portadora-interferencia C/I de cualquier usuario dado es función de la ubicación del usuario dentro de la zona de cobertura. Para mantener un nivel de servicio dado, los sistemas TDMA y FDMA recurren a técnicas de reutilización de frecuencias, es decir, no se usan todos los canales de frecuencia ni/o las ranuras de tiempo en cada estación base. En un sistema CDMA, se reutiliza la misma asignación de frecuencia en todas las células del sistema, mejorando con ello la eficiencia global. La relación C/I que logre una estación de abonado de cualquier usuario dado determina la tasa de información que puede ser soportada para este enlace particular desde la estación base a la estación de abonado del usuario. Dada la modulación específica y el procedimiento de corrección de errores usados para la transmisión, que la presente invención busca optimizar para transmisiones de datos, se logra un nivel dado de rendimiento con un nivel correspondiente de la relación C/I. Para un sistema celular idealizado con trazados de células hexagonales y que utiliza una frecuencia común en cada célula, puede calcularse la distribución de C/I lograda dentro de las células idealizadas. Se da a conocer un sistema ejemplar de transmisión de datos digitales con velocidad elevada de transferencia en sistemas de comunicaciones inalámbricas en la solicitud de patente estadounidense, en tramitación como la presente, con nº de serie 08/963.386, titulada "METHOD AND APPARATUS FOR HIGHER RATE PACKET DATA TRANSMISSION", transferida al cesionario de la presente aplicación.

También es bien conocida que gran parte de la interferencia de las señales en un sistema CDMA cargado es causada por transmisores pertenecientes al mismo sistema CDMA. En un esfuerzo por aumentar la capacidad, las células son a menudo divididas en sectores o células menores que operan con menor potencia, pero tales procedimientos son costosos y difíciles de aplicar en áreas que tienen propiedades muy cambiantes de propagación de la señal. El sistema de comunicaciones de datos de la presente invención proporciona una manera de disminuir la interferencia mutua entre elementos del sistema sin requerir un gran número de células pequeñas.

Se atrae la atención al documento EP 0 807 989 A, que versa acerca de un dispositivo receptor de comunicaciones que recibe una señal de referencia transmitida a través de al menos una de las antenas de un conjunto de antenas de un dispositivo transmisor de comunicaciones. El dispositivo receptor de comunicaciones determina un coeficiente de ponderación que debe ser asociado con la al menos una de las antenas, y transmite información del coeficiente de ponderación al dispositivo transmisor de comunicaciones. El dispositivo transmisor de comunicaciones calibra el coeficiente de ponderación asociado con la al menos una de las antenas según la información del coeficiente de ponderación recibida del dispositivo receptor de comunicaciones.

Resumen

Según la presente invención, se proporcionan un procedimiento de transmisión de datos desde una primera estación base de una pluralidad de estaciones base a una estación de abonado, según se define en la reivindicación 1, un aparato de estación base, según se define en la reivindicación 2, un procedimiento de recepción de datos en una estación de abonado transmitidos desde una primera estación base de una pluralidad de estaciones base, según se define en la reivindicación 3, y un aparato de estación de abonado, según se define en la reivindicación 4.

La presente invención son un procedimiento y un aparato novedosos y mejorados para la transmisión de paquetes de datos con velocidad de transferencia elevada en un sistema CDMA. La presente invención mejora la eficiencia de un sistema CDMA proporcionando un medio para proporcionar una señal potente de enlace directo a una estación de abonado de destino mientras se provoca una interferencia mínima a las demás estaciones de abonado.

La presente invención proporciona un enfoque alternativo a la capacidad de maximización en un sistema inalámbrico de alta velocidad de transferencia de datos adaptando técnicas de formación de haces para su uso en aplicaciones inalámbricas terrestres. Según la presente invención, se describe un sistema celular con múltiples antenas de transmisión en cada estación base. Desde cada estación base, se transmite desde cada antena la misma señal, pero teniendo cada una desfases relativos y niveles de potencia diferentes. Para maximizar la relación portadora-interferencia (C/I) del receptor previsto de la señal (normalmente una única estación de abonado), las fases de las señales que se transmiten desde cada una de las antenas de transmisión deben configurarse de manera apropiada.

Un procedimiento de maximización de la relación C/I en la estación de abonado es determinando la respuesta de impulsos de canal desde cada una de las antenas de transmisión de la estación base servidora a la estación de abonado. La estación base servidora requiere conocimiento de la fase y la ganancia de cada señal recibida en la antena de la estación de abonado desde cada antena de transmisión de la estación base servidora. Por lo tanto, debe idearse un esquema para permitir que la estación de abonado estime la fase y la ganancia de la señal recibida de cada una de las antenas de transmisión. Un procedimiento es enviar una señal de referencia que tenga características conocidas tanto por el transmisor como el receptor en cada una de las antenas de transmisión. En una realización ejemplar de la presente invención, se envía una ráfaga de señales de referencia desde cada antena de la estación base, permitiendo que una estación de abonado estime la respuesta de impulsos de canal correspondiente a cada una de las antenas de transmisión por separado. Las ráfagas de señales de referencia pueden separarse ya sea transmitiendo las ráfagas por medio de una antena cada vez, o usando un espacio de código diferente para cada antena, tal como un código de Walsh diferente para cada antena.

La estación base puede enviar alternativamente señales de referencia de respuesta de impulsos de canal de manera continua por cada antena de transmisión, pero usando una señal de referencia que tenga una estructura diferente para cada antena. Las estaciones de abonado pueden detectar las diferentes referencias por separado y estimar la respuesta de impulsos de canal correspondientes a cada antena de transmisión. Cuando hay múltiples antenas de recepción en la estación de abonado, la estación de abonado debe estimar la respuesta de impulsos de canal correspondiente a cada par de antena de transmisión-antena de recepción.

La estación de abonado transmite una señal indicativa de las respuestas de impulsos de canal estimadas correspondiente a cada par de antena de transmisión-antena de recepción a la estación base por el enlace inverso. Una vez que se conoce la respuesta de impulsos de canal de cada par de antena de transmisión-antena de recepción, la estación base puede formar óptimamente entonces un haz hacia cada estación de abonado.

Un procedimiento alternativo de calibración de las señales enviadas desde las antenas de transmisión se basa en el envío de una información de retorno de la calidad de la señal distinta de la respuesta de impulsos de canal desde la estación de abonado a la estación base. Por ejemplo, la estación de abonado puede medir la relación C/I que recibe y enviar a la estación base una señal indicativa del valor estimado de la relación C/I recibida. La estación base puede entonces ajustar la fase de la señal transmitida por una de sus antenas de transmisión o en todas ellas. La estación de abonado realiza entonces una nueva estimación de la relación C/I recibida y envía esa estimación a la estación base. La estación base compara la nueva relación C/I con la antigua relación C/I. Si la relación C/I ha aumentado, la estación base ajusta más las fases de las señales de transmisión en la misma dirección que antes para aumentar más la relación C/I en la estación de abonado. Sin embargo, si la nueva relación C/I es menor que la antigua relación C/I, la estación base ajusta las fases de transmisión en la dirección opuesta. Pueden usarse diferentes algoritmos para actualizar la fase y las ganancias de la señal de transmisión en las diferentes antenas con base en la información de retorno de la calidad de la señal de las estaciones de abonado.

La estación de abonado puede usar cualquier métrica de la calidad de las señales que se base en la relación C/I estimada como información de retorno para la estación base. En el sistema ejemplar de comunicaciones inalámbricas de alta velocidad de transferencia de datos descrito en la solicitud 08/963.386, la estación de abonado determina una velocidad de transferencia de datos en la que puede recibir con éxito paquetes con base en tu relación C/I estimada. Se envía a la estación base la velocidad de transferencia de datos, en vez de la medición de la relación C/I, en forma de una señal de control de la velocidad de transferencia de datos (DRC). En el sistema ejemplar, la información de DRC es embebida en la señal de enlace inverso enviado por la estación de abonado. La estación base puede entonces usar los cambios en la señal de DRC para determinar si está cambiando la fase de la señal de transmisión en la dirección acertada. Una vez que se encuentran las fases correspondientes a la señal de la máxima velocidad de transferencia de datos (máximo DRC) procedentes de una estación de abonado, la estación base usa esas fases para todas las transmisiones a esa estación de abonado particular. Normalmente, la estación base debe programar que se transmitan paquetes a múltiples estaciones de abonado. En esta situación, se idea un algoritmo de programación que determina el orden en el que se transmiten los paquetes por el enlace directo a diferentes estaciones de abonado. Una vez que el programador decide a qué estación de abonado atender, la estación base usa las fases correspondientes al DRC máximo para transmitir señales a esa estación de abonado.

En el sistema ejemplar descrito en la solicitud 08/963.386, la relación C/I y la información de DRC medida en una estación de abonado se basan en comparar una señal procedente de la estación base servidora con interferencia procedente de todas las demás estaciones base.

La interferencia causada por otras estaciones base en cualquier momento concreto depende de las fases de las señales transmitidas por esas estaciones base. Supongamos que durante la ranura de tiempo dentro de la cual la estación de abonado está programada para recibir datos procedentes de una primera estación base, una segunda estación base cambia sus fases de transmisión. Esto puede aumentar el nivel de interferencia en la estación de abonado bajo consideración, reduciendo la fiabilidad de la recepción de la señal transmitida por la primera estación base hasta un nivel inaceptable, dando como resultado un aumento de la tasa de paquetes con error en la estación de abonado.

Una manera de resolver el anterior problema es que cada estación base asigne una ráfaga adicional de señales (denominada en el presente documento ráfaga de referencia de DRC), que se envía usando fases de transmisión que la estación base se propone usar un número predeterminado de ranuras en el futuro. Las estaciones de abonado pueden entonces calcular velocidades futuras apropiadas de transferencia de datos de enlace directo usando la ráfaga de referencia de DRC. Así, las estaciones de abonado estimarán los DRC futuros conociendo cuáles serán los niveles de interferencia. Por lo tanto, durante cada ranura de tiempo, se enviarán dos tipos de ráfagas de señales: ráfagas piloto de datos para desmodular los datos en la ranura actual y ráfagas de referencia de DRC para estimar el DRC de dos ranuras desde ahora. Obsérvese que el piloto de datos se envía usando las mismas fases de transmisión que se usan para enviar los datos en la ranura actual.

En los sistemas CDMA propuestos de tercera generación, las señales se modulan usando una modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK). Para equilibrar la carga en los componentes en fase (I) y en fase de cuadratura (Q) de las señales QPSK, se emplea un procedimiento de separación de PR complejo. La separación de PR complejo se describe en la solicitud de patente estadounidense nº 08/856.428, titulada "REDUCED PEAK-TO-AVERAGE TRANSMIT POWER HIGH DATA RATE IN A CDMA WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM", transferida al cesionario de la presente invención.

Un procedimiento y un aparato para desmodular señales procedentes de diferentes estaciones base en conmutación suave y para una estimación mejorada de la señal basada en la recepción con trayectorias múltiples son descritos con detalle en la patente estadounidense nº 5.109.390, titulada "DIVERSITY RECEIVER IN A CDMA CELLULAR TELECOMMUNICATION SYSTEM", transferida al cesionario de la presente invención.

Un procedimiento y un aparato para llevar a cabo la búsqueda y la adquisición en un sistema de comunicaciones de CDMA son dados a conocer con detalle en las patentes estadounidenses nºs 5.644.591 y 5.805.648, tituladas "METHOD AND APPARATUS FOR PERFORMING SEARCH ACQUISITION IN A CDMA COMMUNICATIONS SYSTEM", transferidas ambas al cesionario de la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

Las características, los objetos y las ventajas de la presente invención se harán más evidentes a partir de la descripción más detallada expuesta en lo que sigue cuando se toma en conjunto con los dibujos, en los que números de referencia semejantes identifican partes correspondientes de principio a fin y en los que:

La **FIG. 1** es un diagrama de estaciones base terrestres y estaciones de abonado configuradas según una realización de la invención.

La **FIG. 2** es un diagrama de la estructura de las tramas transmitidas por el aire según una realización de la invención.

La **FIG. 3** es un diagrama de bloques de un aparato de estación base configurado según una realización de la invención.

La **FIG. 4** es un diagrama de una porción de un aparato de estación de abonado CDMA configurado según una realización preferente de la invención.

La **FIG. 5** es un diagrama de flujo que representa un procedimiento de optimización del haz de transmisión usado por una estación base en la transmisión a una estación de abonado según una realización de la invención.

Descripción detallada de realizaciones preferentes

La **FIG. 1** muestra a la estación base terrestre **102** transmitiendo a la estación **112** de abonado dentro del área de célula **124** y a la estación base terrestre **104** transmitiendo a la estación **116** de abonado dentro del área de célula **126**. La estación base **102** transmite a través de una pluralidad de antenas **106** de transmisión, y la estación base **104** transmite a través de una pluralidad de antenas **108** de transmisión. Aunque cada estación base es mostrada con solo dos antenas de transmisión, la presente invención es aplicable a una estación base que tenga dos o más antenas de transmisión, incluyendo una que utilice un conjunto direccional de antenas. Además, un experto en la técnica apreciará que pueden usarse, sin apartarse de la presente invención, antenas que tengan una variedad de tipos y de polarizaciones, incluyendo antenas omnidireccionales y direccionales de 120 grados. Además, una antena usada para la transmisión desde una estación base puede ser de un tipo diferente de otras antenas usadas por la misma estación base sin apartarse de la presente invención.

Las señales transmitidas a través de la pluralidad de antenas de una sola estación base son idénticas, excepto en las diferencias en la fase de transmisión. Cuando se transmite una señal a una estación **112** de abonado, la estación base **102** ajusta la fase de las señales transmitidas por medio de las antenas **106** para formar un haz **110** de señales dirigido a las una o más antenas de recepción pertenecientes a la estación **112** de abonado. Por ejemplo, una señal transmitida por medio de la antena **106a** puede ser transmitida ligeramente antes que la misma señal transmitida por medio de la antena **106n** para que las dos señales lleguen en fase a la estación **112** de abonado. De modo similar, la estación base **104** ajusta la fase de la señal transmitida por medio de sus antenas **108** para formar un haz **118** de señales hacia la estación **116** de abonado, o para formar un haz **122** de señales hacia la estación **120** de abonado.

En general, una estación base que use la formación de haces para transmitir a estaciones de abonado repartidas al azar por su cobertura causa menos interferencia a las estaciones de abonado en las células vecinas que una estación base que transmita por medio de una sola antena a todas sus estaciones de abonado. Dependiendo de la ubicación de una estación **112** de abonado en su célula, un haz **110** procedente de una primera estación base **102** puede causar una interferencia mínima a una estación **116** de abonado que reciba una señal procedente de una segunda estación base **104**. En otras ocasiones, el haz **110** procedente de la primera estación base **102** estará orientado en tal dirección que cause una mayor interferencia a la estación **116** de abonado. Para maximizar el uso eficiente del espectro de transmisión, la estación base **104** ajusta la señal enviada a la estación **116** de abonado con base en la interferencia causada por el haz **110** transmitido por la estación base **102**.

A veces, una estación base debe enviar información de emisión a todas las estaciones de abonado en su área de cobertura celular. Dado que es improbable que todas las estaciones de abonado en la célula se encuentren a lo largo del mismo haz, tal información de emisión es transmitida usando un haz ancho pensado para alcanzar todas las estaciones de abonado en el área de cobertura de la estación base.

Estimación de la relación portadora-interferencia (C/I) y del control de la velocidad de transferencia de datos (DRC)

En la realización preferente, las transmisiones son señales de CDMA en las que las transmisiones de estaciones base que sirven a otras estaciones de abonado y áreas celulares causan a menudo la mayoría de la interferencia experimentada por una estación de abonado receptora. En la realización preferente, cada estación de abonado lleva a cabo estimaciones periódicas de C/I, o relación portadora-interferencia. La información de la medición de C/I resultante es transmitida entonces desde cada estación de abonado a su estación base servidora. La estación base transmite a un nivel de potencia fijo, pero varía la velocidad de transferencia de datos usada para transmitir a cada estación de abonado según la información de C/I recibida de esa estación de abonado.

Existe un retardo inherente entre el momento en el que la estación de abonado mide la relación C/I, transmite los resultados a su estación base servidora y el momento en el que la estación base transmite datos a la estación de abonado usando esas mediciones de C/I. Si la interferencia presente durante la transmisión de datos supera la interferencia presente durante las mediciones de C/I, la estación base envía datos a la estación de abonado medidora a una velocidad de transferencia de datos demasiado elevada para una recepción fiable. El resultado son datos perdidos para la estación de abonado. Si la interferencia presente durante la transmisión de datos es menor que durante las mediciones de C/I, la estación base enviará datos a la estación de abonado medidora a una velocidad de transferencia de datos inferior a la que puede ser soportada realmente por el canal. Aunque esto no causa una pérdida de datos en la estación de abonado, el uso de velocidades de transferencia de datos por debajo de la óptima es poco deseable, porque reduce la capacidad total del sistema.

En la realización ejemplar, cada estación base transmite a las estaciones de abonado situadas dentro de su área de cobertura celular, transmitiendo ráfagas de datos de alta velocidad a una estación de abonado en un momento durante ranuras de tiempo de una duración predeterminada. Si una estación base ha puesto datos en cola para varias estaciones de abonado en un momento particular, la estación base lleva a cabo un enfoque priorizado en el que el primero en entrar es el primero en salir al escoger el orden en el que se envían los datos a las estaciones de abonado. En la realización ejemplar, cada estación base programa ranuras de tiempo para cada una de sus estaciones de abonado sin consideración del efecto del haz resultante en las estaciones de abonado en las células vecinas.

En una realización alternativa, las estaciones base coordinan la programación de haces de transmisión para minimizar la interferencia a estaciones de abonado en células vecinas y para maximizar el rendimiento en cada estación de abonado de la red.

En un sistema CDMA que use la formación de haces de transmisión en estaciones base, cada estación base dirige un haz de señales a cada estación de abonado a la que envía una ráfaga de datos. Cuando la estación base transmite a las diversas estaciones de abonado de su área de cobertura, la dirección de su haz de transmisión cambia según la ubicación de cada estación de abonado receptora. Tal como se representa en la **FIG. 1**, un haz **118** de la estación base **104** hacia la estación **116** de abonado puede estar en una dirección para provocar una gran interferencia en una señal recibida por una estación **112** de abonado en otra célula **124**. En otras ocasiones, la estación base **104** puede transmitir a una estación **120** de abonado diferente a lo largo de una trayectoria **122** que cause una interferencia mínima a las señales recibidas en cualquier estación **112** de abonado. Por supuesto, la

dirección del haz **118** o **122** usado por la estación base **104** es sumamente importante para la estación **112** de abonado cuando la estación base **102** debe escoger una velocidad de transferencia de datos para ella.

Tal como se ha expuesto en lo que antecede, la estación **112** de abonado lleva a cabo mediciones de C/I para enviar a la estación base **102** información usada para escoger una velocidad de transferencia de datos para transmisiones desde la estación base **102** a la estación **112** de abonado. Si la cantidad de interferencia en la estación **112** de abonado causada por estaciones base distintas de la estación base servidora **102** es grande, entonces la estación base **102** transmite a la estación **112** de abonado con una velocidad de transferencia de datos baja. Al contrario, si la interferencia en la estación **112** de abonado desde estaciones base distintas de la estación base servidora **102** es pequeña, entonces la estación base **102** transmite a la estación **112** de abonado con una velocidad de transferencia de datos elevada.

Desgraciadamente, dado que la dirección de los haces usados por otras estaciones base puede variar con base en la ubicación de las estaciones de abonado en sus respectivas áreas de cobertura celulares, la C/I medida por una estación de abonado también puede variar muchísimo. Una estimación de C/I solo es útil para seleccionar una velocidad apropiada de transferencia de datos para una ranura de tiempo si corresponde a la interferencia presente durante la ranura de tiempo de transmisión. Una incapacidad de predecir la relación C/I para una estación de abonado dada y una ranura de tiempo dados hace imposible una selección precisa de una velocidad óptima de transferencia de datos.

Los problemas de la predicción de la relación C/I son abordados en una realización de la presente invención en la que cada estación base de la red inalámbrica transmite una señal de referencia de control de la velocidad de transferencia de datos (DRC) junto con el haz que ha de ser usado en una transmisión futura. Esta señal de referencia de DRC es usada por cada estación de abonado para estimar y predecir el nivel de interferencia que existirá cuando la estación de abonado reciba una transmisión futura.

La **FIG. 2** muestra la estructura de la señal de una ranura de tiempo de transmisión según la realización preferente de la invención. la estación base transmite datos en ranuras de tiempo de un periodo predeterminado **202**. Cada ranura de tiempo está dividida en dos semirranuras iguales **204a** y **204b**. En la realización preferente de la invención, cada ranura de tiempo tiene una longitud de 2048 segmentos de código de símbolos, y cada semirranura tiene una longitud de 1024 segmentos de código. En el centro de cada semirranura **204** está una ráfaga piloto **208** de datos. En la realización preferente de la invención, cada ráfaga piloto **208** de datos tiene una duración de 96 segmentos de código. Algún tiempo antes que el piloto **208a** de datos de la primera semirranura **204a**, la estación base transmite una ráfaga **206** de referencia de control de la velocidad de transferencia de datos (DRC). En la realización preferente, la ráfaga **206** de referencia de DRC también tiene una longitud de 96 segmentos de código. Las porciones **210** restantes de cada ranura **202** contienen los datos de la ranura de la estación de abonado, junto con otros componentes necesarios de la señal, tal como información de control de potencia. Los datos de la estación de abonado son desmodulados usando ráfagas **208** de pilotos de datos transmitidos en el mismo haz que los datos de la estación de abonado. Un experto en la técnica apreciará que las longitudes descritas de segmentos de código, tal como la longitud de la ranura, la longitud de la semirranura, la longitud de la ráfaga del piloto de datos y la longitud de la ráfaga de referencia de DRC, pueden variarse sin apartarse de la presente invención.

Generalmente, la ráfaga **206** de referencia de DRC no se transmite con el mismo haz que los pilotos **208** de datos ni que los datos de la estación de abonado, sino que se transmite más bien con un haz potencialmente diferente que se usará con un desfase temporal predeterminado en el futuro. En la realización preferente de la invención, este desfase temporal predeterminado son dos ranuras. Por lo tanto, si la ranura **202** representada en la ranura n , entonces la ráfaga **206** de referencia de DRC es transmitida con el haz que será usado para transmitir las ráfagas de pilotos de datos y las secciones de datos de la estación de abonado de la ranura $n+2$. Un experto en la técnica apreciará que el desfase temporal predeterminado puede ser de una longitud distinta a dos ranuras sin apartarse de la presente invención.

Si los datos han de ser dirigidos desde la estación base **102** hasta la estación **112** de abonado durante la ranura $n+2$, entonces la estación base **102** transmitirá su ráfaga de referencia de DRC con un haz **110** asociado con la estación **112** de abonado durante la ranura n . Durante la misma ranura n , una estación base vecina **104** transmite una ráfaga de referencia de DRC con un haz asociado con la estación de abonado a la que transmitirá en la ranura $n+2$. Por ejemplo, supongamos que la estación **116** de abonado es el destino de los datos procedentes de la estación base **104** junto con el haz **118** durante la ranura $n+2$. La estación **112** de abonado recibe entonces las señales de la ráfaga de referencia de DRC procedentes de ambas estaciones base **102** y **104**, y genera una medición C/I con base en las señales recibidas. En la realización preferente de la invención, las transmisiones de cada estación base se mezclan con una secuencia de pseudoruido (PR) que tiene desfases de PR que permiten que las estaciones de abonado distingan entre sí las estaciones base. La estación **112** de abonado mantiene la adquisición de las señales piloto y de referencia transmitidas por su estación base servidora **102**. Durante la ranura n , la estación **112** de abonado genera una medición C/I que compara la intensidad de la ráfaga de referencia de DRC transmitida con el haz **110** a interferencia causada por las ráfagas de referencia de DRC procedentes de las estaciones base circundantes, tales como la ráfaga de referencia de DRC procedente de la estación base **104**.

La ráfaga **206** de referencia de DRC debe ser transmitida cerca del comienzo de cada ranura **202**, para que haya tiempo suficiente para que la estación de abonado genere estimaciones de interferencia a partir de las señales de referencia de DRC, para que transmita la información de interferencia a la estación base y para que la estación base use la información para transmitir datos a la estación de abonado con la velocidad de transferencia apropiada. Por esta razón, se muestra la realización ejemplar con la ráfaga **206** de referencia de DRC transmitida al comienzo del periodo **202** de la ranura. Un experto en la técnica apreciará que la posición de la ráfaga **206** de referencia de DRC dentro de la ranura **202** puede variar sin apartarse de la presente invención.

Optimización de la formación de haces

Para usar técnicas de formación de haces para dirigir haces de señales en estaciones de abonado particulares, las estaciones base transmisoras deben conocer el haz óptimo para cada estación de abonado. En una red inalámbrica terrestre, resulta deseable poder añadir o mover estaciones de abonado sin llevar a cabo algún tipo de calibración de formación de haces de las estaciones base en la red o en cada estación de abonado añadida o movida. Aunque la calibración fuera permisible para cada estación de abonado añadida o movida, el entorno de propagación en entornos inalámbricos terrestres puede cambiar con el tiempo, independientemente de la adición o del movimiento. Existe la necesidad de poder optimizar de forma adaptativa los haces usados para transmitir señales a cada estación de abonado en el transcurso del tiempo.

Las realizaciones de la presente invención ilustran varios procedimientos de optimización de la formación de haces. Ninguno requiere calibración de la formación de haces y todos pueden ser usados para ajustar de manera adaptativa los haces de transmisión en una red inalámbrica en la que las estaciones base transmiten en haces a las estaciones de abonado.

Una primera realización de la invención usa señales controladas por puerta para caracterizar el canal de transmisión de la estación base a cada estación de abonado. Las estaciones base transmiten una señal de referencia que tiene características conocidas por las estaciones de abonado a través de cada una de una pluralidad de antenas de transmisión, y la estación de abonado usa las señales recibidas para estimar la respuesta de impulsos de canal del canal. Evaluando una señal de referencia predeterminada transmitida por medio de solo una antena de transmisión cada vez, la estación de abonado puede proporcionar a las estaciones base información de respuesta de impulsos de canal para cada antena individual de transmisión.

En una realización alternativa, en vez de separar señales de referencia para cada antena en el tiempo, las señales de referencia para cada una de la pluralidad de antenas de transmisión son transmitidas simultáneamente, pero son separadas por codificación ortogonal, por ejemplo usando un código de Walsh diferente para cada antena.

En la realización preferente de la invención, la señal de referencia predeterminada es una señal de pseudoruido (PR) de CDMA, y la estación de abonado utiliza un explorador de CDMA para estimar los desfases relativos de las señales piloto recibidas de cada antena de transmisión. Una vez que los desfases relativos son comunicados de vuelta a una estación base, esa estación base puede usar la información para ajustar la fase de las señales transmitidas por medio de cada antena, de tal modo que lleguen en fase al receptor de la estación de abonado. El resultado de tales ajustes de fase de las señales de transmisión por medio de múltiples antenas será un haz en la dirección de la estación de abonado asociada.

En una realización alternativa, las señales de referencia correspondientes a las diferentes antenas de transmisión de cada estación base son transmitidas continuamente, pero difieren en estructura, de modo que la estación de abonado pueda distinguir las entre sí. Las técnicas que pueden emplearse para variar la estructura de las diferentes señales de referencia incluyen variar sus desfases de PR o mezclar cada una con un código de Walsh ortogonal diferente. Se describe un procedimiento para transmitir múltiples señales piloto de una manera eficiente en el espacio de código en la solicitud de patente estadounidense, en tramitación como la presente, n° 08/925.521, titulada "METHOD AND APPARATUS FOR PROVIDING ORTHOGONAL SPOT BEAMS, SECTORS AND PICOCELLS", transferida al cesionario de la presente invención.

En una realización alternativa, cada estación de abonado también mide la amplitud de las señales recibidas de cada antena de transmisión. En algunos casos, las obstrucciones puede causar el bloqueo de señales desde una antena de transmisión de una estación base a una estación de abonado, pero no a otras. Cuando las mediciones de amplitud son comunicadas por la estación de abonado a la estación base, la estación base usa la información para decidir qué antenas de transmisión usar cuando transmite datos a la estación de abonado medidora. En vez de transmitir una señal desde una antena bloqueada, lo que no beneficiará a la estación de abonado de destino y causará interferencia adicional a las células vecinas, se usan únicamente las antenas de transmisión no bloqueadas para transmitir señales a la estación de abonado de destino.

Las ventajas de realizar tales mediciones de respuesta de impulsos de canal incluyen la precisión y el establecimiento rápido de haces de transmisión óptima a cada estación de abonado. Sin embargo, a medida que va aumentando el número de antenas de transmisión usadas por una estación base, la sobrecarga requerida para medir las características de respuesta de impulsos de canal para cada antena y para mantenerlas en la estación base servidora se vuelve gravosa.

La realización preferente de la presente invención logra la optimización de la formación de haces usando información de medición de C/I enviada desde cada estación de abonado a cada una de sus estaciones base servidoras. Cada estación base servidora ajusta de forma iterativa el haz usado para transmitir a cada estación de abonado y evalúa el impacto del ajuste del haz en la información de C/I devuelta desde la estación de abonado. Este procedimiento es más simple y requiere menos sobrecarga que medir la respuesta de impulsos de canal para cada antena individual de transmisión. Sin embargo, siendo iterativa, la optimización de la formación de haces usando este procedimiento puede llevar más tiempo que el procedimiento de respuesta de impulsos de canal.

En la realización preferente, las mediciones de C/I generadas por una estación de abonado son usadas para seleccionar velocidad de transferencia de datos que han de ser usadas con las transmisiones subsiguientes a la estación de abonado por una estación base. La información resultante de velocidad de transferencia de datos es transmitida desde cada estación de abonado a una estación base servidora a través de un canal de control de la velocidad de transferencia de datos (DRC). En la realización preferente, la información de la velocidad de transferencia de datos enviada a cada estación base por el canal de DRC es usada también para la optimización de la formación de haces. Aunque las mediciones de C/I están necesariamente cuantificadas en la formación de la información de DRC, la información de DRC requiere menos ancho de banda. La reutilización del canal de DRC para llevar a cabo la optimización de la formación de haces también facilita una optimización continua que puede compensar los cambios en el entorno de propagación o el movimiento de las estaciones de abonado en el transcurso del tiempo.

Aparato transmisor de estación base de formación de haces

La FIG. 3 muestra un diagrama de bloques de una realización ejemplar de una estación base de CDMA usada para transmitir señales a una o más estaciones de abonado en una célula por medio de múltiples antenas de transmisión según una realización preferente de la presente invención. Los datos que han de ser transmitidos se generan en forma de corrientes de muestras en banda (I) y en cuadratura (Q) que son proporcionadas como entrada a un separador 302 de pseudoruido (PR) complejo. El separador 302 de pseudoruido (PR) complejo mezcla las muestras I y Q con muestras de código de PR corto generadas por el generador 304 de código de PR corto. Las corrientes resultantes de muestras de dispersión de PR son filtradas por filtros 306 de respuesta de impulsos finitos (FIR) de banda base para generar las corrientes de muestras complejas de banda base para ser aumentadas en frecuencia y transmitidas a las estaciones de abonado. Según las técnicas de separación de PR complejo, según se describen en la solicitud antes mencionada de patente estadounidense con n° de serie 08/856.428, las señales proporcionadas a los FIR 306 de banda base son según las ecuaciones siguientes:

$$X_I = I * PN_I - Q * PN_Q \quad (1)$$

$$X_Q = Q * PN_I - I * PN_Q \quad (2)$$

en las que I son las muestras digitales en fase, Q son las muestras digitales en fase de cuadratura, PR_I es la secuencia de PR corto en fase, PR_Q es la secuencia de PR en fase de cuadratura y X_I y X_Q son las señales que han de ser moduladas en los canales en fase y en fase de cuadratura, respectivamente. La señal representada por la Ecuación (1) es filtrada por el filtro FIR 306a, y la señal representada por la Ecuación (2) es filtrada por el filtro FIR 306b. Los filtros FIR 306 actúan formando la forma de onda de transmisión para que encaje en el ancho de banda asignado y para minimizar la interferencia entre símbolos.

Las señales producidas por los filtros FIR 306 son proporcionadas a los dos o más subsistemas 324 de transmisión por antena, comprendiendo cada subsistema de transmisión por antena una sola antena 322 de transmisión. El generador 307 de temporización de TDM de ranura genera señales de temporización correspondientes a los diversos periodos de transmisión múltiples por división de tiempo (TDM) dentro de cada ranura 202 de transmisión. El generador 307 de temporización de TDM de ranura proporciona esta señal de salida al procesador 308 de control de formación de haces, que usa la señal para transmitir señales correspondientes a los diferentes periodos de TDM en diferentes haces de señales. Tal como se ha descrito en lo que antecede, el haz usado para transmitir la porción de referencia de DRC de la señal 206 puede ser diferente del haz usado para transmitir el piloto 208 de datos y las porciones de cada ranura 202 de datos de la estación de abonado.

Con base en la señal procedente del generador 307 de temporización de TDM de ranura, el procesador 308 de control de formación de haces proporciona señales separadas de control de fase y amplitud a cada subsistema 324 de transmisión por antena. Ajustando las señales de control de fase a cada subsistema 324 de transmisión por antena, el procesador 308 de control de formación de haces varía el haz de transmisión de la estación base con el transcurso del tiempo junto con haces correspondientes a diferentes estaciones de abonado en su célula. Tal como se muestra, el procesador 308 de control de formación de haces proporciona la señal α₁ de control de la amplitud y la señal φ₁ de control de la fase al subsistema 324a de transmisión por antena, y proporciona la señal α_n de control de la amplitud y la señal φ_n de control de la fase al subsistema 324n de transmisión por antena. Además, tal como se ha expuesto en lo que precede, la fase de formación del haz y las señales de amplitud generadas por el procesador

308 de control de formación de haces se basan en la información de C/I recibida por la estación base desde cada estación de abonado en su célula.

5 En una realización ejemplar, el procesador **308** de control de formación de haces mantiene una base de datos de los parámetros de formación de haces óptimos para cada estación de abonado en el área de cobertura de la estación base. Tal como se muestra, el procesador **308** de control de formación de haces recibe una señal que indica la asignación de ranuras a estaciones o haces de abonado desde un procesador de control de estaciones base (no mostrado).

10 El procesador **308** de control de formación de haces puede ser implementado usando microprocesadores, matrices de puertas programables in situ (FPGA), dispositivos lógicos programables (PLD), procesadores de señales digitales (DSP), un circuito integrado de aplicaciones específicas (ASIC) u otro dispositivo capaz de generar y ajustar las señales necesarias de control de la amplitud y la fase. Un experto en la técnica apreciará que esto no excluye implementar la función del procesador **308** de control de formación de haces dentro de otro procesador ya presente en el aparato transmisor.

15 Tal como se ha descrito en lo que antecede, si se determinó con anterioridad que la trayectoria de propagación de las señales desde la antena **322n** hasta la estación de abonado de destino estaba bloqueada, el procesador **308** de control envía una señal α_n de control de la amplitud al subsistema **324n** de transmisión por antena que indique una transmisión con una potencia muy baja o incluso cero.

20 Cada subsistema **324** de transmisión por antena incluye los componentes necesarios para la elevación de fase, el control de fase, la amplificación y la transmisión de la señal por medio de una antena **322** de transmisión. Las señales proporcionadas por el FIR **306a** de banda base son mezcladas en el mezclador **312** con una señal de mezclado proporcionada por el oscilador **310** controlado por fase. Las señales proporcionadas por el FIR **306b** de banda base son mezcladas en el mezclador **314** con una señal de mezclado proporcionada por el oscilador **318** controlado por fase. Tal como se indica, los osciladores **310** y **318** controlados por fase reciben señales de control de amplitud y de fase procedentes del procesador **308** de control de formación de haces, que se usan para variar la fase y la amplitud de sus señales de mezcla de salida. Las señales de salida de los mezcladores **312** y **314** son mezcladas entre sí en el sumador **316** y proporcionadas al amplificador **320** para su transmisión por medio de la antena **322** de transmisión.

25 No mostrados para cada subsistema **324** de transmisión por antena son los convertidores digital-analógico (DAC) requeridos para convertir las señales digitales al formato analógico antes de la amplificación y la transmisión. Un experto en la técnica apreciará que hay múltiples lugar en los que puede realizarse la conversión al formato analógico sin apartarse de la presente invención.

30 En la realización preferente de la invención, cada subsistema **324** de transmisión por antena incluye un DAC que está situado entre el sumador **316** y el amplificador **320**. En esta realización preferente, los mezcladores **312** y **314** son mezcladores digitales y los osciladores **310** y **318** controlados por fase generan señales digitales de oscilador. Cada DAC sirve para convertir la salida digital del sumador **316** a una señal analógica que es entonces amplificada y transmitida por el amplificador **320**.

35 En una realización alternativa, la señal de entrada proporcionada a los subsistemas **324** de transmisión por antena ya está en formato analógico (convertida a analógico antes de proporcionar la señal al subsistema **324** de transmisión por antena). En esta realización alternativa, los osciladores **310** y **318** controlados por fase generan señales de mezclado analógicas, los mezcladores **312** y **314** son mezcladores analógicos y los sumadores **316** son sumadores analógicos.

40 Un experto en la técnica apreciará también que el control de amplitud de las señales transmitidas por medio de cada antena puede ser implementado de diferentes maneras sin apartarse de la presente invención. En una realización ejemplar, el procesador **308** de control de formación de haces proporciona señales de control de la amplitud a cada amplificador individual **320** de cada subsistema **324** de transmisión por antena.

45 Un experto en la técnica reconocerá que los osciladores **310** y **318** controlados por fase pueden ser implementados de varias maneras sin apartarse de la presente invención. En una realización ejemplar, puede usarse un sintetizador digital directo (DDS) controlado por fase para generar una señal sinusoidal digital con una resolución de fase muy precisa. En otra realización, los osciladores **310** y **318** no están controlados por fase, sino que se sitúa un desfasador entre el sumador **316** y el amplificador **320**.

50 Aunque en la **FIG. 3** se muestran dos subsistemas **324** de transmisión por antena, pueden implementarse más de dos subsistemas de transmisión por antena en una estación base de formación de haces sin apartarse de la presente invención.

Aparato de estación de abonado

La **FIG. 4** es un diagrama de una porción de un aparato de estación de abonado de CDMA configurado según una realización preferente de la presente invención. El aparato mostrado se usa para estimar la relación portadora-interferencia (C/I) de cada una de las posibles trayectorias o "dedos" de propagación de la señal.

5 La estación de abonado de CDMA recibe una señal inalámbrica por medio de la antena **402**. Esta señal recibida incluye componentes de señal procedentes de las estaciones base servidoras de la estación de abonado, de estaciones base de células vecinas y ruido térmico.

10 Las señales recibidas en la antena **402** son proporcionadas al receptor **404**, que lleva a cabo varias funciones bien conocidas en la técnica, incluyendo un control automático de ganancia (AGC), la conversión descendente y muestreo complejo para producir corrientes de muestras digitales X_I y X_Q explicadas más arriba con las Ecuaciones (1) y (2). Las corrientes de muestra son proporcionadas a los uno o más módulos desmoduladores de dedos del receptor. La **FIG. 4** muestra los componentes de un subconjunto de cada módulo desmodulador de dedos denominado módulo **422** de estimación de C/I. Cada módulo **422** de estimación de C/I genera estimaciones de C/I correspondientes a la señal recibida por una sola trayectoria de propagación desde una única estación base.

15 En la realización preferente, cada desmodulador de dedos incluye un estrechador **410** de PR complejo que recibe las corrientes de muestra X_I y X_Q y usa las secuencias de pseudoruido PR_I y PR_Q procedentes de un generador **412** de PR para producir corrientes de muestra I y Q estrechadas de PR. El desfase temporal de la señal de PR generada por cada generador **412** de PR es controlado por un controlador de asignación de dedos (no mostrado). El controlador **408** de temporización TDM de ranura proporciona una señal de temporización de referencia de DRC al módulo **422** de estimación de C/I de cada desmodulador de dedo correspondiente al periodo **206** de referencia de DRC de cada periodo **202** de trama. La señal de temporización de referencia de DRC procedente del controlador **408** de temporización de TDM de ranura es alineada con señales generadas por el correspondiente generador **412** de PR de cada desmodulador de dedo.

25 Dentro de cada módulo **422** de estimación de C/I los acumuladores **414** generan medias separadas de muestras I y Q antes de ser elevadas al cuadrado y sumadas en el módulo **418**. Usando la señal proporcionada por el controlador **408** de temporización TDM de ranura, el acumulador **414** acumula muestras en el periodo **206** de referencia de DRC, al final del cual el total acumulado es dividido por n_{DRC} , que es la duración de la muestra del periodo **206** de referencia de DRC. Por ejemplo, si las señales I y Q producidas por el estrechador **410** de PR complejo son producidas cada una a una frecuencia de una muestra por segmento de código, y el periodo **206** de referencia de DRC es de 96 segmentos de código, entonces la suma acumulada en cada acumulador **414** en cada periodo **206** de referencia de DRC es dividida por 96 al final de cada periodo de referencia de DRC. El resultado de este cálculo de división producido por cada acumulador **414** es el valor medio de la muestra I o Q durante el periodo **206** de referencia de DRC. Estas dos medias son elevadas al cuadrado y sumadas en el módulo **418** para producir el valor medio de energía de la portadora E_c usado en cálculos subsiguientes de C/I.

35 Dentro de cada módulo **422** de estimación de C/I, las corrientes de muestras I y Q procedentes del estrechador **410** de PR complejo también son elevadas al cuadrado y sumadas muestra a muestra en el módulo **416**. La corriente resultante de valores de suma de cuadrados es acumulada en el acumulador **420**, que desempeña la misma función que los acumuladores **414**. Usando la señal proporcionada por el controlador **408** de temporización TDM de ranura, el acumulador **420** acumula muestras en el periodo **206** de referencia de DRC, al final del cual el total acumulado es dividido por la duración de la muestra del periodo **206** de referencia de DRC. La media producida por el acumulador **420** es un nivel medio de señal I_0 usado en cálculos subsiguientes de C/I.

Un experto en la técnica apreciará que los acumuladores **414** y **420** pueden ser implementados de varias maneras, incluyendo sumadores, integradores, memorias intermedias o filtros de paso bajo sin apartarse de la presente invención.

45 Una vez que se producen los valores E_c e I_0 para cada desmodulador de dedo, se calcula la relación C/I para ese dedo según la ecuación siguiente:

$$\frac{C}{I} = \frac{E_c}{I_0 - E_c} \quad (3)$$

en la que C/I es la relación portadora-interferencia. En la realización preferente, se suman los valores de C/I para todos los desmoduladores de dedos en la estación de abonado para generar un valor global de C/I según la Ecuación (4) :

$$\left(\frac{C}{I}\right)_{global} = \sum_{i=1}^{n^{\circ} \text{ de desmod}} \left(\frac{C}{I}\right)_i \quad (4)$$

en la que $(C/I)_{global}$ es el valor de C/I usado por la estación de abonado para generar la señal de DRC a la estación base, $(C/I)_i$ es el valor de C/I medido por cada desmodulador de dado y n° de desmod es el número de desmoduladores de dedos en uso por el receptor. Se establece entonces una correlación entre el valor global de C/I y un conjunto predeterminado de velocidades de transferencia de datos, que son transmitidos por el aire a las una o más estaciones base servidoras de la estación de abonado.

Aunque el receptor se representa con solo dos desmoduladores de dedos, un experto en la técnica reconocerá que un receptor puede tener más de dos desmoduladores de dedos y, por ende, más de dos módulos **422** de estimación de C/I sin apartarse de la presente invención. Además, un receptor puede usar un procedimiento de estrechamiento distinto del estrechamiento de PR complejo, tal como la codificación ortogonal o el estrechamiento de PR simple, sin apartarse de la presente invención.

Procedimiento de optimización de la formación de haces

La **FIG. 5** es un diagrama de flujo que represente un procedimiento para optimizar el haz de transmisión usado por una estación base al transmitir a una estación de abonado según una realización de la presente invención. En la realización ejemplar, el procedimiento de optimización, que comprende las etapas entre el bloque **501** de inicio y el bloque **520** de continuar, se completa para cada estación de abonado en un área de cobertura de la estación base.

La primera etapa en la optimización del haz de transmisión para una sola estación de abonado es medir la relación C/I en la estación de abonado y proporcionar esa información de medición a la estación base servidora **502**. El valor de C/I se calcula según las Ecuaciones (3) y (4) anteriores. Después de que se obtiene este nivel de C/I como línea base, se desplaza el ángulo del haz de transmisión de la estación base servidora en un incremento positivo predeterminado **504** del ángulo del haz. Digamos para este ejemplo que aumentar el ángulo del haz es mover el haz en una dirección en el sentido de las agujas del reloj en torno a la estación base. (Se reconocerá fácilmente que la designación de que una dirección sea "aumentar" el ángulo es arbitraria).

En la etapa **506a** de estimación de la relación C/I, la estación de abonado vuelve a medir la relación C/I de su señal recibida y proporciona la información a la estación base servidora. La estación base evalúa entonces el cambio en C/I resultante del aumento en el ángulo del haz en la etapa **508a**. Si C/I aumenta, se repiten las etapas **504**, **506a** y **508a** y son repetidas hasta que el aumento del ángulo del haz de la señal ya no dé como resultado un aumento medible en la relación C/I o dé como resultado una disminución en C/I. Cuando uno de estos ajustes **504** en el ángulo del haz dé como resultado una disminución en C/I, se deshace (invierte) **510** el ajuste más reciente en el ángulo del haz. La etapa **510** restaura el ángulo del haz de transmisión a su estado previo al ajuste más reciente del ángulo del haz.

En la etapa **514**, se evalúan los efectos del aumento del ángulo del haz de transmisión para ver si disminuir el ángulo del haz de transmisión podría dar como resultado una relación C/I mejorada. Si las etapas **504** a **510** dieron como resultado una disminución duradera del ángulo del haz, se saltan las etapas de probar una disminución en el ángulo del haz (etapas **512** a **518**). En otras palabras, si se ha efectuado más de un aumento del ángulo del haz, o si las etapas **504**, **506** y **508** dieron como resultado un aumento del ángulo del haz que no es deshecho por la etapa **510**, entonces no es necesario evaluar si disminuir el ángulo del haz de transmisión mejorará la relación C/I. En este caso, el presente procedimiento prosigue desde la etapa **514** a la etapa **520**.

Sin embargo, si sigue siendo cuestionable si una disminución del ángulo del haz mejoraría la relación C/I, entonces el ángulo del haz de transmisión es desplazado en un desplazamiento negativo predeterminado **504** del ángulo del haz, y la relación C/I resultante es estimada en la estación de abonado y proporcionada a la estación base servidora **506b**.

En la etapa **508b** de decisión, se evalúa el cambio en la relación C/I resultante del ajuste **512** en el ángulo del haz. Si la relación C/I aumentó, entonces se repiten las etapas **512**, **506b** y **508b** y son repetidas hasta que el aumento del ángulo del haz de la señal ya no dé como resultado un aumento medible en la relación C/I o dé como resultado una disminución en C/I. Cuando uno de estos ajustes **512** en el ángulo del haz dé como resultado una menor relación C/I, se deshace (invierte) **518** el ajuste más reciente en el ángulo del haz. La etapa **518** restaura el ángulo del haz de la señal de entrada a su estado previo al ajuste más reciente del ángulo del haz.

Después de la etapa **518**, concluye **520** la optimización de la formación de haces para la estación de abonado seleccionada, y la optimización también se lleva a cabo para la siguiente estación de abonado, si es necesario.

Las realizaciones de la presente invención también prevén varias variaciones del procedimiento descrito. En una realización ejemplar, cada estación de abonado transmite a la estación base servidora velocidades de transferencia de datos en vez de mediciones detalladas de C/I. Al establecer una correlación entre los valores medidos de C/I y las velocidades de transferencia de datos, puede haber un error de cuantificación, de modo que se envíe la misma

5 velocidad de transferencia de datos a la estación base para un intervalo de valores de C/I. Es deseable que la estación base transmita con un haz que corresponda no solo a la velocidad de transferencia de datos más elevada, sino al valor más alto de C/I obtenible. Por lo tanto, una realización de la invención lleva a cabo mediciones de C/I para identificar el intervalo de ángulos del haz de transmisión correspondientes a la velocidad de transferencia de datos más alta obtenible para una estación de abonado. Una vez que se identifica este intervalo para una estación de abonado, la estación base usa el ángulo del haz de transmisión en el centro de ese intervalo para transmitir a esa estación de abonado.

10 Aunque ha sido descrita en términos de la caracterización de C/I del enlace directo, un experto en la técnica reconocerá que la presente invención también puede ser aplicada a la estimación de C/I del enlace inverso sin apartarse de la presente invención.

15 Se proporciona la anterior descripción de las realizaciones preferentes para permitir que cualquier persona experta en la técnica realice o use la presente invención. Las diversas modificaciones a estas realizaciones resultarán inmediatamente evidentes a los expertos en la técnica y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden ser aplicados a otras realizaciones sin el uso de la facultad inventiva. Así, no se pretende que la presente invención esté limitada a las realizaciones mostradas en el presente documento, sino que debe otorgársele el alcance más amplio coherente con los principios y las características novedosas tal como son definidos en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de transmisión de datos desde una primera estación base (104) de una pluralidad de estaciones base (102, 104) a una estación (120) de abonado, comprendiendo el procedimiento:

5 transmitir, dentro de una primera ranura (204A) de tiempo, y a lo largo de un primer haz de señales, una ráfaga de señales de referencia;
 transmitir, dentro de dicha primera ranura (204A) de tiempo, y a lo largo de un segundo haz de señales, una primera porción de datos de ranura de tiempo;
 recibir información de medición de canal procedente de la estación (120) de abonado, correspondiendo la información de medición a mediciones de dicha ráfaga de señales de referencia realizadas en la estación
 10 (120) de abonado; y
 transmitir, dentro de una segunda ranura (204B) de tiempo, a lo largo (204B) de dicha primera ráfaga de señales, una segunda porción de datos de ranura de tiempo, siguiendo la segunda ranura (204B) de tiempo a dicha primera ranura (204A) de tiempo tras un número predeterminado de ranuras de tiempo intermedias,
 15 y estando la transmisión de la segunda porción de datos de ranura de tiempo a una velocidad de transferencia de datos que se basa en la información de medición de canal.

2. Un aparato (104) de estación base que comprende:

medios para transmitir, dentro de una primera ranura (204A) de tiempo, y a lo largo de un primer haz de señales, una ráfaga de señales de referencia;
 20 medios para transmitir, dentro de dicha primera ranura (204A) de tiempo, y a lo largo de un segundo haz de señales, una primera porción de datos de ranura de tiempo;
 medios para recibir información de medición de canal procedente de una estación (120) de abonado, correspondiendo la información de medición a mediciones de dicha ráfaga de señales de referencia realizadas en la estación (120) de abonado; y
 25 medios para transmitir, dentro de una segunda ranura (204B) de tiempo, a lo largo de dicha primera ráfaga de señales, una segunda porción de datos de ranura de tiempo, siguiendo la segunda ranura (204B) de tiempo a dicha primera ranura (204A) de tiempo tras un número predeterminado de ranuras de tiempo intermedias, y estando la transmisión de la segunda porción de datos de ranura de tiempo a una velocidad de transferencia de datos que se basa en la información de medición de canal.

3. Un procedimiento de recepción de datos en una estación (120) de abonado transmitidos desde una primera estación base de una pluralidad de estaciones base, comprendiendo el procedimiento:

30 recibir dentro de una primera ranura (204A) de tiempo, y a lo largo de un primer haz de señales, una ráfaga de señales de referencia;
 medir al menos una característica de dicha ráfaga de señales de referencia según se recibe en la estación (120) de abonado;
 35 transmitir información de medición de canal procedente de la estación (120) de abonado, correspondiendo la información de medición a dicha medición; y
 descodificar, dentro de una segunda ranura (204B) de tiempo, a lo largo de dicha primera ráfaga de señales, una porción de datos de ranura de tiempo, siguiendo la segunda ranura (204B) de tiempo a dicha primera ranura (204A) de tiempo tras un número predeterminado de ranuras de tiempo intermedias, y
 40 estando la descodificación de la segunda porción de datos de ranura de tiempo a una velocidad de transferencia de datos que se basa en la información de medición de canal.

4. Un aparato (120) de estación de abonado que comprende:

medios para recibir de una estación base (104) dentro de una primera ranura (204A) de tiempo, y a lo largo de un primer haz de señales, una ráfaga de señales de referencia;
 45 medios para medir al menos una característica de dicha ráfaga de señales de referencia según se recibe en la estación (120) de abonado;
 medios para transmitir información de medición de canal procedente de la estación (120) de abonado a dicha estación base (104), correspondiendo la información de medición a dicha medición; y
 50 medios para descodificar, dentro de una segunda ranura (204B) de tiempo recibida de dicha estación base (104), a lo largo de dicha primera ráfaga de señales, una porción de datos de ranura de tiempo, siguiendo la segunda ranura (204B) de tiempo a dicha primera ranura (204A) de tiempo tras un número predeterminado de ranuras de tiempo intermedias, y estando la descodificación de la segunda porción de datos de ranura de tiempo a una velocidad de transferencia de datos que se basa en la información de medición de canal.

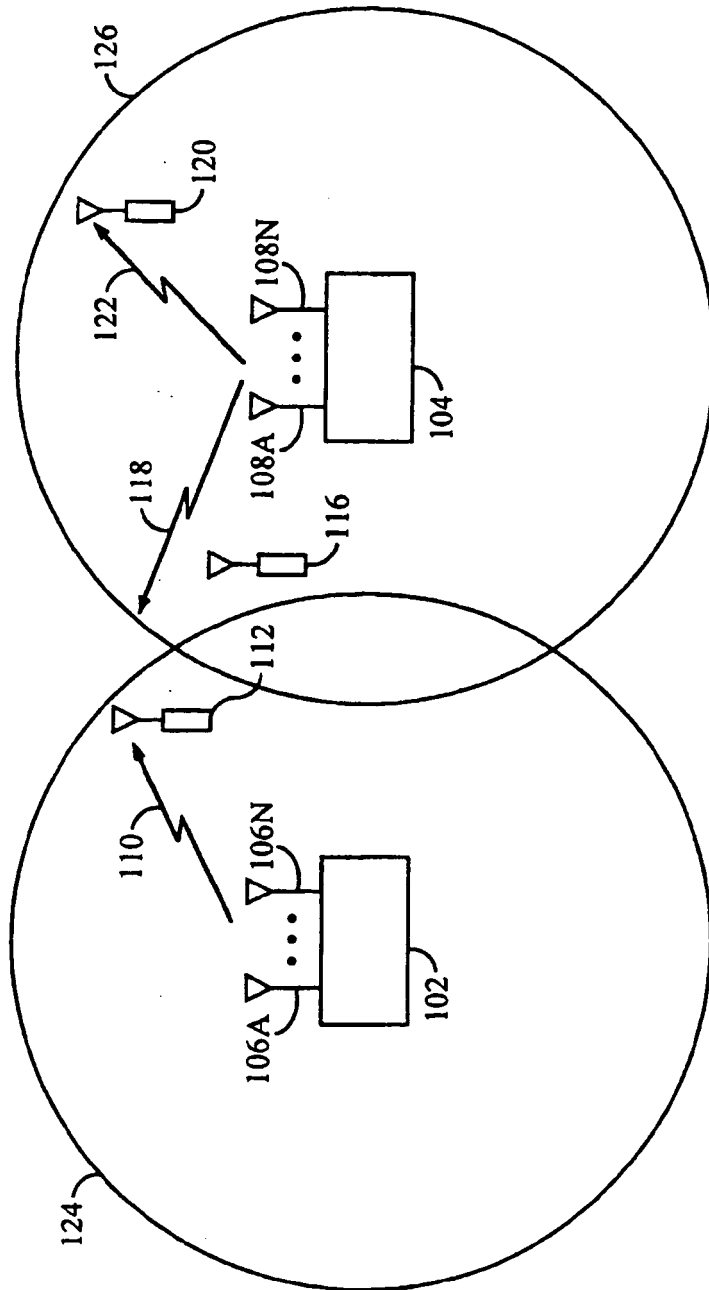


FIG. 1

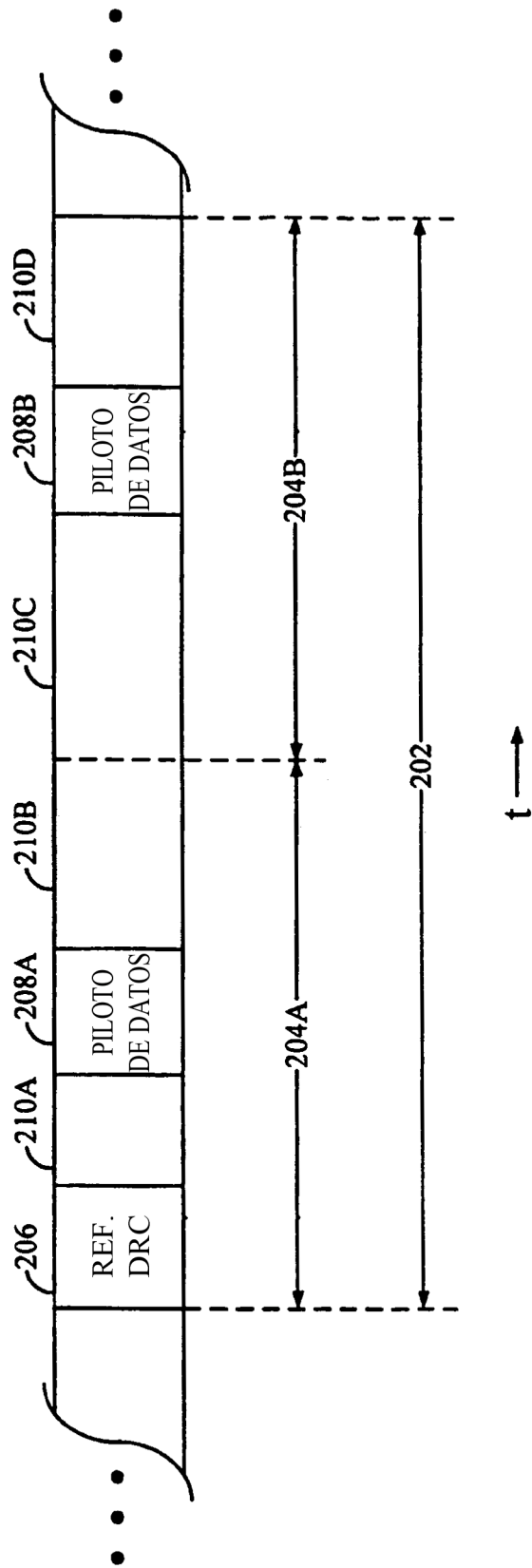


FIG. 2

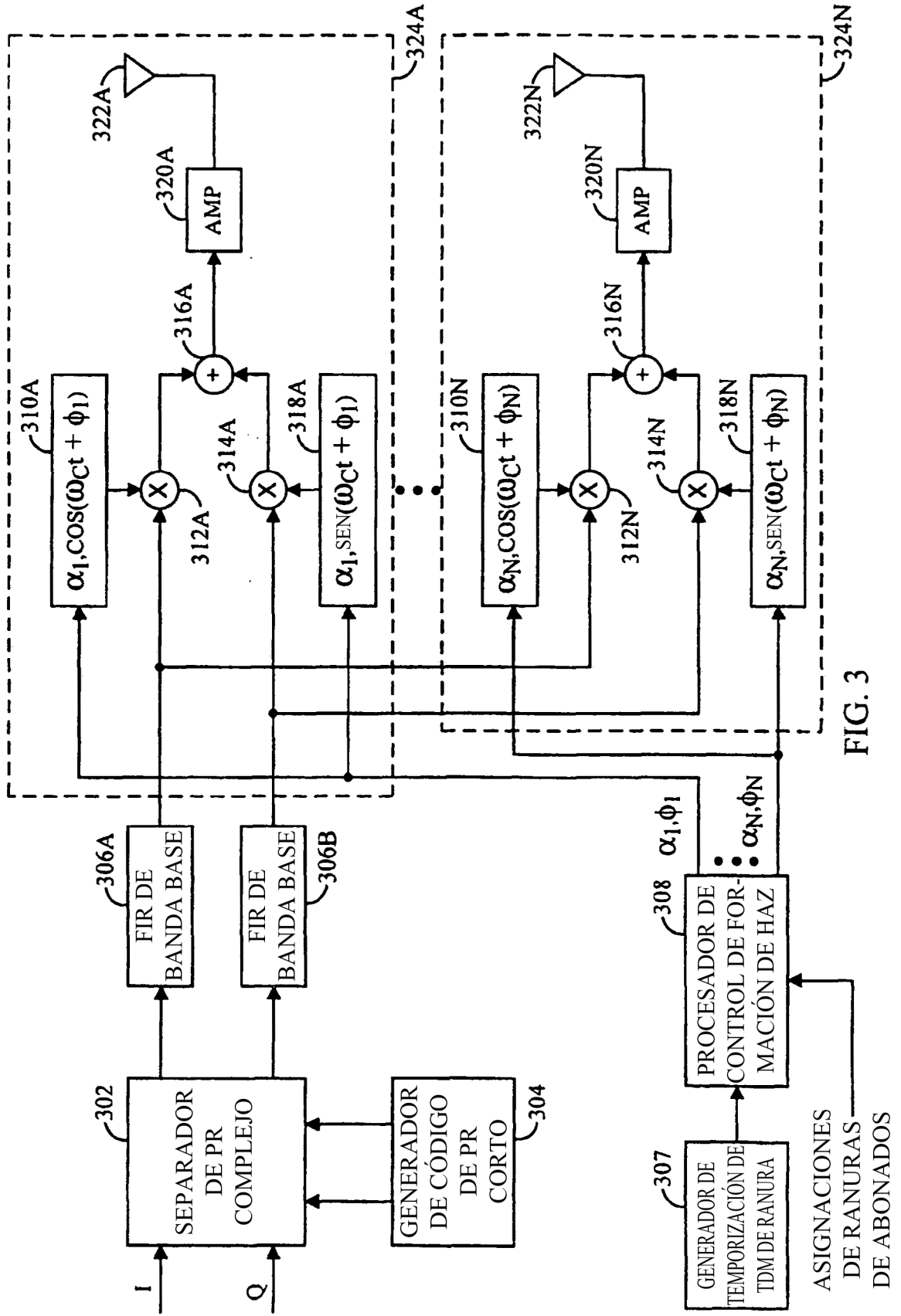


FIG. 3

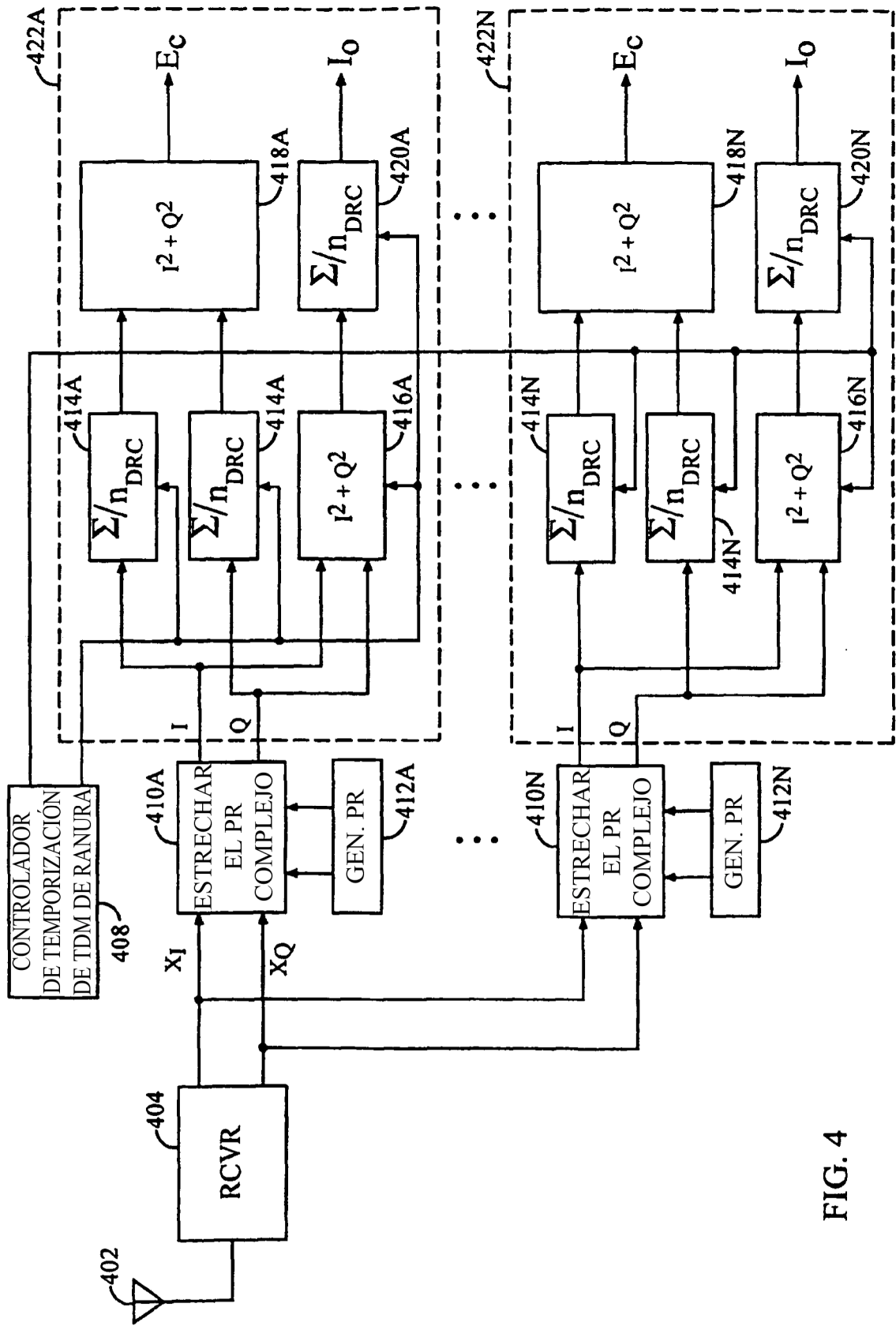


FIG. 4

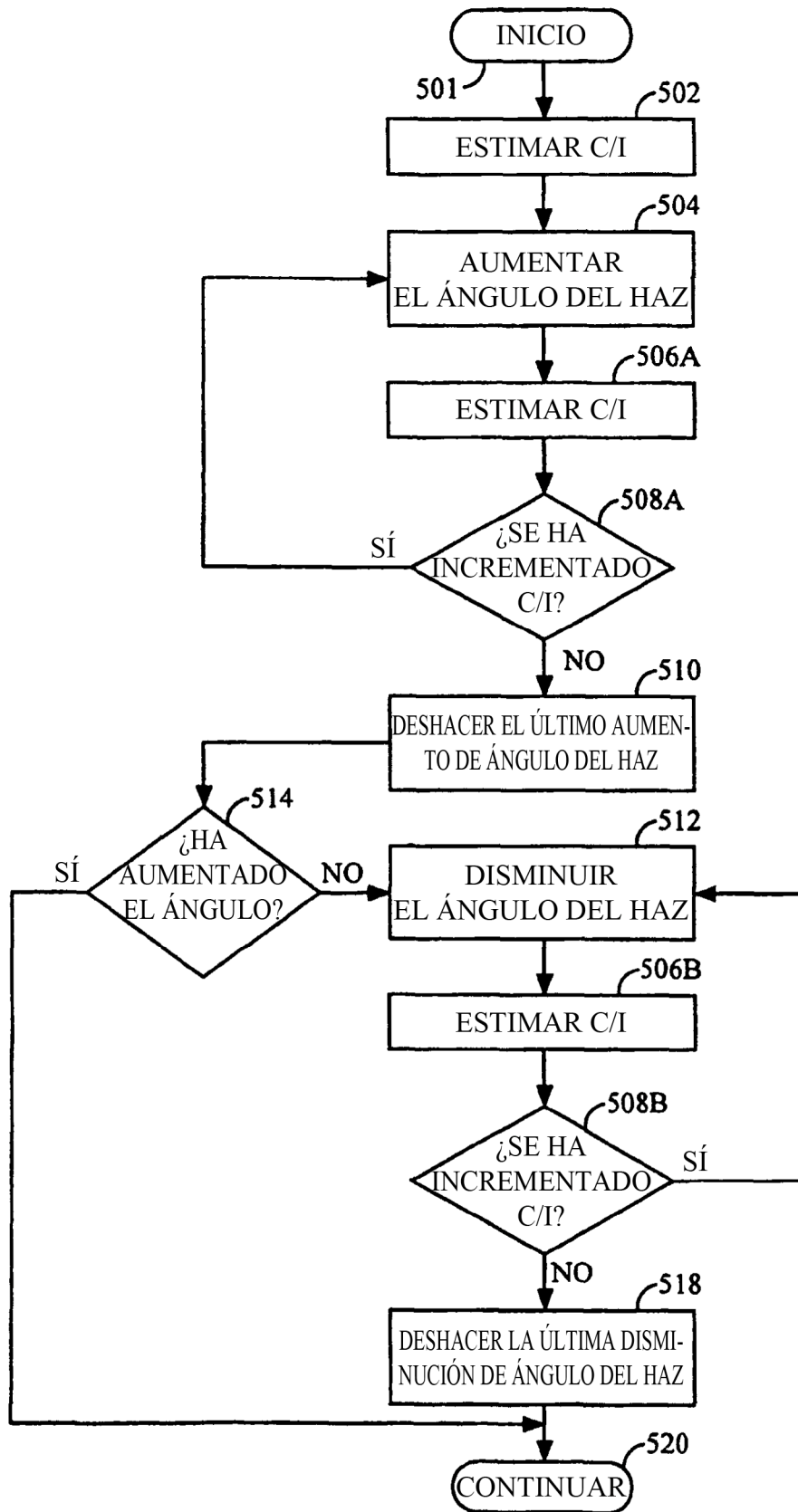


FIG. 5