

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 370 821**

51 Int. Cl.:
H04L 1/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04077589 .2**

96 Fecha de presentación: **03.02.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1515471**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.03.2005**

54 Título: **UN SISTEMA Y UN MÉTODO DE OPTIMIZACIÓN DINÁMICA DE UN MODO DE TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN TRANSMITIDA DE FORMA INALÁMBRICA.**

30 Prioridad:
01.04.2002 US 72359

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.12.2011

73 Titular/es:
**INTEL CORPORATION
2200 MISSION COLLEGE BOULEVARD
SANTA CLARA, CA 95052, US**

72 Inventor/es:
**Catreux, Severine;
Gesbert, David y
Airy, Manish**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

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).

ES 2 370 821 T3

DESCRIPCIÓN

Un sistema y un método de optimización dinámica de un modo de transmisión de información transmitida de forma inalámbrica

SOLICITUDES RELACIONADAS

- 5 Esta solicitud es una continuación en parte de la solicitud de número de serie 09/665 149 presentada el 19 de septiembre de 2000.

Campo de la Invención

- 10 La invención se refiere, en general, a comunicaciones inalámbricas entre una estación base y múltiples usuarios. Más en concreto, la invención se refiere a un sistema y un método para la optimización dinámica de un modo de transmisión de información transmitida de forma inalámbrica.

Antecedentes de la Invención

Los sistemas de comunicación inalámbrica incluyen normalmente información que transporta señales portadoras moduladas, que son transmitidas de forma inalámbrica desde una fuente de transmisión hasta uno o varios receptores dentro de un área o región.

- 15 Los sistemas de comunicación inalámbrica que dan servicio a abonados estacionarios e inalámbricos móviles están ganando popularidad rápidamente, lo que tiene como resultado la necesidad de una mayor eficiencia en la utilización del espectro disponible de radiofrecuencias. El objetivo es complicado debido a que los canales de comunicaciones inalámbricas entre dispositivos de transmisión y de recepción son variables de manera inherente, de modo que las características de los canales inalámbricos, tales como la calidad de la señal, generalmente varían con el tiempo, la frecuencia y el espacio. Bajo buenas condiciones, los canales inalámbricos presentan buenos parámetros de comunicación, por ejemplo, gran capacidad de datos, calidad de señal elevada, y eficiencia espectral y caudal elevados. Sin embargo, bajo malas condiciones del canal, estos parámetros tienen valores significativamente menores. Por ejemplo, cuando el canal inalámbrico se degrada los datos transmitidos pueden experimentar una corrupción excesiva, que se manifiesta como tasas de errores de bits o tasas de errores de paquetes elevadas. La degradación del canal puede deberse a una multitud de factores tales como ruido general en el canal, desvanecimiento por trayectos múltiples, pérdida del trayecto de visibilidad directa, interferencia cocanal (CCI, Co-Channel Interference) excesiva y otros factores.

- 30 El documento WO 01/82521 da a conocer un método y un aparato para un control de la velocidad en un sistema de comunicación de velocidad de transmisión de datos elevada. Un ejemplo de sistema de comunicación con velocidad de transmisión de datos elevada, define un conjunto de velocidades de transmisión de datos en el cual un punto de acceso puede enviar paquetes de datos a un terminal de acceso. La velocidad de transmisión de datos se selecciona para mantener una tasa de errores de paquetes objetivo. El algoritmo de bucle abierto del terminal de acceso mide a intervalos regulares la relación de señal recibida frente a ruido e interferencia, y utiliza la información para predecir una relación promedio de señal frente a ruido e interferencia, sobre la duración del paquete recibido. El algoritmo de bucle cerrado del terminal de acceso mide una tasa de errores de paquetes de la señal recibida, y utiliza la tasa de errores de paquetes para calcular un factor de corrección de bucle cerrado. El factor de corrección de bucle se suma al valor de la relación de señal frente a ruido e interferencia predicha por el bucle abierto, lo que tiene como resultado una relación de señal frente a ruido e interferencia, ajustada. El terminal de acceso mantiene una tabla de consulta que comprende un conjunto de umbrales para la relación de señal frente a ruido e interferencia, que representan una relación mínima de señal frente a ruido e interferencia, para descodificar satisfactoriamente un paquete, a cada velocidad de transmisión de datos. El terminal de acceso utiliza el conjunto ajustado de umbrales de la relación de señal frente a ruido e interferencia, en la tabla de consulta, para seleccionar la máxima velocidad de transmisión de datos, cuyo umbral de la relación de señal frente a ruido e interferencia está por debajo de la relación prevista de señal frente a ruido e interferencia. A continuación, el terminal de acceso solicita, sobre el enlace inverso, que el punto de acceso envíe el siguiente paquete a esta velocidad de datos.

El documento WO 02/03568 da a conocer un enfoque para la adaptación a un modo seleccionado en base a multiplexado espacial aplicado a un sistema con múltiples antenas de transmisión. Se utilizan umbrales y parámetros de calidad para desconectar ciertas antenas que no satisfacen los requisitos de los parámetros de calidad correspondientes.

- 50 Motivados por estas complicaciones, los sistemas inalámbricos de la técnica anterior han utilizado modulación adaptativa de las señales transmitidas con el uso de retroalimentación desde el receptor, así como codificación adaptativa y retroalimentación del receptor, para ajustar la transmisión de datos a condiciones de canal cambiantes. Dicha modulación adaptativa ha sido aplicada a los sistemas de una entrada una salida (SISO, Single Input Single

Output) así como de múltiple entrada múltiple salida (MIMO, Multiple Input Multiple Output), por ejemplo a sistemas con redes de antenas en los extremos tanto de transmisión como de recepción.

En los sistemas inalámbricos (móviles y fijos), la degradación y la corrupción de la señal se debe principalmente a la interferencia procedente de otros usuarios celulares en el interior o cerca de una celda dada, y al desvanecimiento por trayectorias múltiples, en donde la fase y la amplitud recibidas de una señal varían en el tiempo. En los sistemas de acceso inalámbrico fijo (FWA, Fixed Wireless Access), es decir, en los que el receptor permanece estacionario, la tasa de desvanecimiento de señal es menor que en los sistemas móviles. En este caso, el tiempo de coherencia del canal o el tiempo durante el cual la estimación del canal permanece estable, es más largo debido a que el receptor no se desplaza.

Los sistemas inalámbricos de la técnica anterior han empleado modulación adaptativa de las señales transmitidas, con la utilización de retroalimentación desde el receptor así como de codificación adaptativa y retroalimentación del receptor, para adaptar la transmisión de datos a condiciones de canal cambiantes. Dicha modulación adaptativa se aplica a sistemas de una entrada una salida (SISO). Sin embargo, en los sistemas SISO y MIMO permanece el problema fundamental de una elección eficiente del modo a aplicar a los datos transmitidos.

Supondría un avance dar a conocer una técnica de selección de modo, que permita al sistema seleccionar de manera rápida y eficiente el modo apropiado para codificar datos en un canal rápidamente cambiante. Es importante que dicha técnica sea eficiente en todos los sistemas inalámbricos, incluyendo los sistemas de múltiple entrada múltiple salida (MIMO), múltiple entrada una salida (MISO, Multiple Input Single Output), una entrada una salida (SISO) y una entrada múltiple salida (SIMO, Single Input Multiple Output), así como en los sistemas que utilizan múltiples frecuencias portadoras, por ejemplo, sistemas OFDM.

Resumen de la Invención

La invención incluye un aparato y un método para optimizar de forma adaptativa un modo de transmisión de datos transmitidos a usuarios en el interior de un sistema celular inalámbrico, y se lleva a cabo de acuerdo con las reivindicaciones independientes. El aparato y el método son adaptables para su utilización en sistemas MIMO.

Resultarán evidentes otros aspectos y otras ventajas de la presente invención, a partir de la siguiente descripción detallada, tomada junto con los dibujos anexos, que ilustran a modo de ejemplo los principios de la invención.

Breve Descripción de los Dibujos

La figura 1 muestra un sistema de comunicación inalámbrico.

La figura 2 es un diagrama de bloques de un sistema acorde con una realización de la invención.

La figura 3 es un diagrama de bloques de otro sistema acorde con una realización de la invención.

La figura 4 es una tabla de consulta acorde con una realización de la invención.

La figura 5 muestra un sistema MIMO que incluye una realización de la invención.

La figura 6 es un diagrama de flujo de etapas incluidas dentro de una realización de la invención.

La figura 7 es un diagrama de flujo de etapas incluidas dentro de otra realización de la invención.

Descripción Detallada

Tal como se muestra en los dibujos con propósitos de ilustración, la invención está realizada en un aparato y un método para seleccionar de forma adaptativa un modo de transmisión, para la transmisión de datos a usuarios en el interior de un sistema celular inalámbrico. La invención puede incluir múltiples sistemas de antenas.

A continuación se describirán en detalle en realizaciones concretas de la presente invención, haciendo referencia a las figuras de dibujos. Las técnicas de la presente invención pueden implementarse en diversos tipos diferentes de sistemas de comunicación inalámbrica. Son de particular relevancia los sistemas de comunicación inalámbrica celular, tales como el sistema mostrado en la figura 1. Una estación base 110 transmite señales sobre canales inalámbricos, a múltiples abonados 120, 130, 140. Además, los abonados 120, 130, 140 transmiten señales de enlace ascendente sobre los canales inalámbricos hasta la estación base 110. De este modo, para la comunicación de enlace descendente la estación base 110 es un transmisor y los abonados 120, 130, 140 son receptores, mientras que para la comunicación de enlace ascendente la estación base 10 es un receptor y los abonados 120,

130, 140 son transmisores. Los abonados 120, 130, 140 pueden ser móviles o fijos. Ejemplos de abonados incluyen dispositivos tales como teléfonos portátiles, teléfonos para coche, y receptores estacionarios tales como un módem inalámbrico en una posición fija.

La estación base 110 puede incluir múltiples antenas que permiten técnicas de diversidad de antena y/o técnicas de multiplexado espacial. Además, cada abonado puede incluir múltiples antenas que permiten asimismo multiplexado espacial y/o diversidad de antena. No obstante, pueden utilizarse asimismo antenas únicas. Por lo tanto, son posibles todas las configuraciones de una entrada una salida (SIDO), múltiples entradas una salida (MISO), una entrada múltiples salidas (SIMO), o múltiples entradas múltiples salidas (MIMO). En cualquiera de estas configuraciones, las técnicas de comunicaciones pueden utilizar técnicas de comunicaciones de portadora única o de múltiples portadoras.

Pueden implementarse modos de multiplexado espacial utilizando múltiples antenas en una sola estación base, o a través de la utilización de múltiples estaciones base que transmiten, cada una, una parte de las múltiples señales. El multiplexado espacial de múltiples estaciones base se explicará más adelante en mayor detalle.

Aunque las técnicas de la presente invención aplican a sistemas de punto a multipunto tales como el mostrado en la figura 1, no se limitan a dichos sistemas, sino que aplican a cualquier sistema de comunicación inalámbrica que tenga, por lo menos, dos dispositivos en comunicación inalámbrica. Por consiguiente, por simplicidad, la siguiente descripción se centrará en la invención aplicada a un solo par transmisor-receptor, aunque se entiende que aplica a sistemas con cualquier número de dichos pares.

Habitualmente, las variaciones de los canales inalámbricos provocan que las señales de enlace ascendente y de enlace descendente experimenten niveles fluctuantes de atenuación, interferencia, desvanecimiento por trayectorias múltiples y otros efectos perjudiciales. Además, la presencia de múltiples trayectorias de señal (debido a las reflexiones desde edificios y otros obstáculos en el entorno de propagación) provoca variaciones de la respuesta de canal sobre el ancho de banda de frecuencias, y estas variaciones pueden asimismo cambiar con el tiempo. Como resultado, existen cambios temporales en los parámetros de comunicación del canal tales como la capacidad de datos, la eficiencia espectral, el caudal, y los parámetros de calidad de la señal, por ejemplo la relación de señal frente a ruido e interferencia (SINR, signal-to-interference and noise ratio) y la relación de señal frente a ruido (SNR, signal-to-noise ratio).

La información es transmitida sobre el canal inalámbrico utilizando uno entre varios modos de transmisión posibles. Para los propósitos de la presente solicitud, un modo de transmisión se define como una velocidad y un tipo de modulación concretos, una velocidad y un tipo de codificación concretos, y puede incluir asimismo otros aspectos de la transmisión controlados, tales como la utilización de diversidad de antena o multiplexado espacial. Utilizando un modo de transmisión concreto, los datos previstos para la comunicación sobre el canal inalámbrico son codificados, modulados y transmitidos. Ejemplos de modos de codificación típicos son los códigos de convolución y de bloque, y más en concreto, los códigos conocidos en la técnica tales como los códigos de Hamming, los códigos cíclicos y los códigos de Reed-Solomon. Ejemplos de modos de modulación típicos son las constelaciones circulares tales como BPSK, QPSK y PSK de otros órdenes, y las constelaciones cuadradas tales como 4AM, 16QAM, y QAM de otros órdenes. Técnicas de modulación populares adicionales incluyen GMSK y FSK de otros órdenes. La implementación y utilización de estos diversos modos de transmisión en un sistema de comunicaciones, es conocida en la técnica.

Además del modo de transmisión, la comunicación sobre el canal inalámbrico utiliza una de entre varias posibles canalizaciones. El modo de canalización está relacionado con la utilización del espectro en tiempo y/o en frecuencia, para un abonado concreto. En general, puede utilizarse cualquiera de los diversos esquemas conocidos para dividir el espectro total en frecuencia y/o en tiempo, creando un conjunto de su canales de tiempo/frecuencia que pueden ser asignados a diferentes abonados. El acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA, frequency division multiple access) es un método para dividir el espectro inalámbrico, que asocia cada canal de comunicación con una diferente portadora de frecuencia única. A menudo, la frecuencia única es además dividida en el tiempo, utilizando acceso múltiple por división de tiempo (TDMA, time division multiple access) En TDMA la portadora de frecuencia se divide en sucesivas tramas de tiempo, cada una de las cuales contiene un conjunto de segmentos de tiempo. De este modo, en un sistema FDMA/TDMA se asocia un subcanal único tanto con una frecuencia portadora específica como con un segmento de tiempo concreto. El multiplexado por división de frecuencias ortogonales (OFDM, orthogonal frequency division multiplexing) es un método sofisticado de FDMA/TDMA. En OFDM, cada subcanal está asociado con un segmento de tiempo y un conjunto de múltiples subportadoras (es decir, tonos) multiplexadas conjuntamente, cada subportadora a una frecuencia diferente y, cada una, modulada mediante una señal que venía de manera discreta en lugar de continua. El conjunto de frecuencias subportadoras asociadas con cada canal, se escoge entre un conjunto N de tornos de frecuencias subportadoras disponibles para el sistema. En cualquier esquema de multiplexado, la asignación de canal es el proceso de asignar a cada abonado a uno o varios intervalos de tiempo y/o a una o varias portadoras o subportadoras de frecuencia. Habitualmente, la asignación de canal es una tarea principal realizada por un controlador de acceso al medio (MAC, media access controller) en una estación base del sistema.

Se selecciona un modo de transmisión para codificar datos en unidades de transmisión (estación base) 110, en función de un parámetro de calidad y de un factor de corrección. A continuación, se explicarán los detalles del método, haciendo referencia al funcionamiento de una unidad de transmisión 200 como la mostrada en la figura 2 y una unidad de recepción 300 como la mostrada en la figura 3.

5 Tal como se muestra en la figura 2, una unidad de transmisión 200 recibe datos a transmitir. En general, los datos están en forma de flujo de datos binarios. Los datos son distribuidos a un bloque 210 del proceso de transmisión. El bloque 210 del proceso de transmisión subdivide los datos en una serie de k flujos paralelos. A continuación, el bloque del proceso de transmisión aplica un modo de codificación a cada uno de los k flujos para codificar los datos. Antes de la transmisión, los datos pueden ser entrelazados y precodificados por un entrelazador y un precodificador (no mostrados). El propósito del entrelazado y la precodificación es hacer los datos más sólidos frente a errores. Estas dos técnicas son bien conocidas en la técnica de los sistemas de telecomunicaciones.

La tasa de transmisión o el caudal de datos varían dependiendo de la modulación, de las tasas de codificación y del esquema de transmisión (diversidad o multiplexado espacial) utilizados en cada uno de los k flujos de datos.

Tabla 1

Modo	Tasa de modulación (bits/símbolo)	Tasa de codificación	Esquema de transmisión	Caudal (bits/s/Hz)
1	2	3/4	Diversidad	3/2
2	2	2/3	Diversidad	4/3
3	2	1/2	Diversidad	1
4	2	1/3	Diversidad	2/3
5	4	3/4	Diversidad	3
6	4	2/3	Diversidad	8/3
7	4	1/2	Diversidad	2
8	4	1/3	Diversidad	4/3
9	2	3/4	Mult. espacial	(3/2)*k
10	2	2/3	Mult. espacial	(4/3)*k
11	2	1/2	Mult. espacial	1*k
12	2	1/3	Mult. espacial	(2/3)*k
13	4	3/4	Mult. espacial	3*k
14	4	2/3	Mult. espacial	(8/3)*k
15	4	1/2	Mult. espacial	2*k
16	4	1/3	Mult. espacial	(4/3)*k

La tabla 1 ilustra algunos modos típicos con sus velocidades de modulación, tasas de codificación y esquema de transmisión (diversidad o multiplexado espacial) y los correspondientes caudales para los datos. Los modos están indexados por un número de modo, con objeto de identificar cómodamente las tasas de modulación, de codificación y el esquema de transmisión (diversidad o multiplexado espacial) a aplicar a los datos en cada modo. Pueden obtenerse fácilmente tablas análogas a la tabla 1 para otras tasas de codificación y modulación, puesto que éstas técnicas son bien conocidas en la técnica de los sistemas de comunicación.

De nuevo haciendo referencia a la figura 2, un conjunto de modos, dispuestos convenientemente en forma de una tabla indexada tal como la descrita anteriormente, están almacenados en una base de datos 290 de la unidad 200 de transmisión. La base de datos 290 está conectada a un controlador 240, que está conectado asimismo al bloque 210 del proceso de transmisión, y a una unidad 220 de mapeo espacial. El controlador 240 controla qué modo
5 procedente de la base de datos 290 es aplicado a cada uno de los k flujos, y el controlador 240 controla el mapeo espacial a llevar a cabo mediante la unidad 220 de mapeo espacial. El controlador 240 consigue esto a través de un bloque 250 de selección de modo, tal como se describirá más adelante.

Además de codificar los k flujos, el bloque 210 del proceso de transmisión añade información de entrenamiento en tonos de entrenamiento y cualquier otra información de control, tal como es sabido en la técnica. Después de ser
10 procesados, los k flujos son enviados a una etapa 230 de conversión ascendente y amplificación de RF con convertidores individuales de digital a analógico y bloques de conversión ascendente/amplificación de RF, después de pasar a través de la unidad 220 de mapeo espacial. La unidad 220 de mapeo espacial mapea los k flujos a M entradas de la etapa 230 de conversión ascendente y amplificación de RF. Las M salidas de la etapa 230 de amplificación conducen a correspondientes M antenas de transmisión T1, T2... TM de una red de antenas.

Un experto en la materia reconocerá que el número M de antenas de transmisión T1, T2... TM, no tiene que ser
15 igual al número de flujos k. Esto se debe a que pueden utilizarse diversos mapeos espaciales en la asignación de k flujos a las antenas de transmisión T1, T2... TM. En un mapeo, una antena de transmisión dada, por ejemplo la antena de transmisión T2, transmite uno de los k flujos. En otro mapeo, una serie de antenas de transmisión T1, T2... TM transmiten el mismo flujo k. En otra realización, los k flujos son asignados a las M antenas o a un
20 subconjunto de las mismas a través de la unidad 220 de mapeo parcial y de la etapa de 230 de conversión ascendente y amplificación RF. De hecho, puede utilizarse cualquier clase de mapeo que implique la utilización de multiplexado espacial (SM, spatial multiplexing) y diversidad de antena.

Las antenas de transmisión T1, T2... TM transmiten los datos en forma de señales de transmisión TS. Las señales de transmisión TS pueden incluir un esquema de transmisión de múltiples portadoras con n portadoras de frecuencia
25 (tonos). Tal como es bien conocido en los sistemas de múltiples portadoras, se realiza un entrenamiento sobre todos los tonos durante un símbolo de entrenamiento OFDM. Para un experto en la materia resultará evidente que podría utilizarse un subconjunto de estos tonos para el entrenamiento, y en el receptor podría calcularse por interpolación la correspondiente respuesta de frecuencia.

Las señales de transmisión TS se propagan a través de un canal de transmisión entre la unidad 200 de transmisión y la unidad 300 de recepción y, por lo tanto, experimentan los efectos de condiciones cambiantes del canal, tal como
30 se ha descrito anteriormente. Las señales de transmisión TS son recibidas en forma de señales de recepción RS mediante una antena de recepción RN que pertenece a una red de antenas R1, R2... RN de una unidad 300 de recepción, mostrada en la figura 3.

De nuevo haciendo referencia a la figura 3, la unidad 300 de recepción tiene N antenas de recepción R1, R2 ... RN para recibir señales de recepción RS desde la unidad 200 de transmisión. La unidad 300 de recepción puede ser
35 cualquier receptor adecuado capaz de recibir señales de recepción RS a través de las N antenas de recepción R1, R2... RN. Ejemplos de receptores incluyen receptores de ecualizador lineal, receptores de ecualizador de decisión por retroalimentación, receptores de cancelación sucesiva y receptores de máxima verosimilitud.

La unidad 300 de recepción tiene una etapa 310 de amplificación de redes y conversión descendente, con bloques
40 individuales de amplificación RF/conversión descendente y de convertidor de analógico a digital, asociados con cada una de las N antenas de recepción R1, R2... RN. Las N salidas de la etapa 310 de amplificación de RF y conversión descendente están conectadas a un bloque 320 del proceso de recepción, que lleva a cabo el proceso de recepción para recuperar los k flujos codificados por el bloque 210 del proceso de transmisión de la unidad 200 de transmisión. Los k flujos recuperados se pasan a un bloque 330 de detección de señal, descodificación y desmultiplexado, para
45 recuperar los datos. En el caso del proceso de diversidad de antena, debe entenderse que k es igual a uno y, por lo tanto, sólo existe un único flujo recuperado.

El bloque 320 del proceso de recepción calcula generalmente los parámetros de calidad para cada uno de los k flujos, y envía esta información a un bloque de cálculos estadísticos, para calcular parámetros estadísticos de dichos
50 uno o varios parámetros de calidad. Tal como se describirá, esto incluye, en general, calcular primeros parámetros de calidad para cada uno de los k flujos, y a continuación segundos parámetros de calidad para cada estación base (el número de estaciones base se denomina B en la figura 3) que transmite a la unidad de recepción. Tal como se describirá más adelante, múltiples estaciones base transmitiendo a un único receptor, es característico del multiplexado espacial de múltiples bases. El método de la invención puede reconocer variaciones de canal lentas y rápidas, y permite una selección de modo eficiente tomando en cuenta ambos tipos de variación. Esto se consigue
55 teniendo en cuenta estadísticas de dos o más parámetros de calidad.

En este caso, los parámetros de calidad se han denominado un primer parámetro de calidad y un segundo parámetros de calidad. El primer parámetro de calidad puede incluir la relación de señal frente a ruido e interferencia

(SINR), la relación de señal frente a ruido (SNR) y el nivel de potencia. El segundo parámetro de calidad puede incluir una BER (bit error rate, tasa de errores de bits) o una PER (packet error rate, tasa de errores de paquetes) de los datos recibidos.

Básicamente, el primer parámetro de calidad se utiliza para generar una primera estimación de un modo de transmisión óptimo. La primera estimación se determina haciendo referencia a una tabla de consulta (LUT, look-up-table) de modo, predeterminada. La LUT proporciona una primera estimación de un modo de transmisión óptimo, en base a un segundo parámetro de calidad deseado. El segundo parámetro de calidad es medido. Se genera un factor de corrección en base a la diferencia entre el segundo parámetro de calidad medido y el segundo parámetro de calidad deseado o esperado. El factor de corrección se utiliza para modificar la estimación del modo de transmisión óptimo.

La figura 4 muestra un par de ejemplos de tablas de consulta (LUTs) de modo, predeterminadas. Las LUT proporcionan una estimación del modo de transmisión estimado, en base a una comparación del primer parámetro de calidad medido y los umbrales contenidos en las tablas de consulta. Para las tablas mostradas en la figura 4, el primer parámetro de calidad puede incluir una medición de la SNR de las señales recibidas. Los métodos para determinar la SNR de una señal recibida son bien conocidos en la técnica de los sistemas de comunicación.

La primera LUT 420 incluye modos de transmisión estimados, para una BER esperada u objetivo, de X. Es decir, para diversos valores de SNR medidos de las señales recibidas, la LUT 420 proporciona modos de transmisión estimados para mantener una BER de X. Por ejemplo, si la SNR medida es menor de 5 dB, entonces la primera LUT 420 propone un modo de transmisión de 1. Si la SNR medida es mayor de 5 dB, pero menor de 7,5 dB, entonces la LUT 420 propone un modo de transmisión de 2. El resto de los modos de transmisión se proponen de una manera correspondiente.

Una segunda LUT 430 incluye modos de transmisión estimados para una BER esperada u objetivo, de Y. Es decir, para diversos valores de SNR medidos de las señales recibidas, la LUT 430 proporciona modos de transmisión estimados para mantener una BER de Y. Por ejemplo, si la SNR medida es menor de 3 dB, entonces la segunda LUT 430 propone un modo de transmisión de 1. Si la SNR medida es mayor de 3 dB, pero menor de 5,5 dB, entonces la LUT 430 propone un modo de transmisión de 2. El resto de los modos de transmisión se proponen de una manera correspondiente.

Para las LUT 420, 430 descritas anteriormente, cuanto menor es el número del modo de transmisión, menor es la velocidad de transmisión de datos, de los datos que se está transmitiendo. Es decir, generalmente un modo más bajo incluye una modulación de orden menor. Un modo más bajo es más robusto, y por lo tanto, más óptimo para utilizar con transmisión de SNR menor.

Diversos factores pueden influir en la selección LUT. Por ejemplo, un nivel elevado de calidad de servicio puede requerir que la BER objetivo sea menor. Adicionalmente, canales de transmisión diferentes requerirán generalmente diferentes LUT para mantener una BER objetivo. Esto es particularmente importante para el sistema de multiplexado espacial. Más en concreto, para el multiplexado espacial de múltiples estaciones base, en donde pueden ser muy diferentes los canales de transmisión entre un receptor y diferentes estaciones base transceptoras.

En general, cada LUT se genera en base a simulaciones de caracterizaciones de canales de transmisión. Por lo tanto, las LUT se generan en base a un modelo de canal concreto, o a un canal en un instante concreto. Debe entenderse que pueden existir desajustes entre las condiciones de propagación simuladas y las reales. Sin correcciones, los modos de transmisión estimados pueden conducir a transmisiones de datos con BER que son diferentes a la BER objetivo. Las LUT no captura la falta de coherencia de canal entre el periodo de tiempo en que es seleccionado un modo, y el periodo de tiempo en que la selección del modo es utilizada por un transmisor.

De nuevo haciendo referencia a la figura 2 y a la figura 3, ambas figuras incluyen una LUT correspondiente 270, 370. En la figura 2, la selección de modo es realizada en la unidad 200 de transmisión. En la figura 3, la selección de modo es realizada en la unidad 300 de recepción.

Una realización de la unidad 200 de la figura 2 incluye un bloque 250 de selección de modo. El bloque de selección de modo genera una primera selección de modo en base a un primer parámetro de calidad retroalimentado desde la unidad receptora. El primer parámetro de calidad puede basarse en señales transmitidas en un modo inicial. El modo inicial puede seleccionarse aleatoriamente, o predeterminarse a un modo inicial seleccionado. Un ejemplo incluye el primer parámetro de calidad siendo una medición de la SNR realizada en la unidad receptora. Tal como se ha descrito previamente, pueden utilizarse otros parámetros de calidad además de la SNR. En general, la selección de modo inicial se realiza haciendo referencia a la LUT 270. La primera selección de modo se realiza en base al primer parámetro de calidad, donde la selección de modo se realiza haciendo referencia a la LUT con el primer parámetro de calidad.

Después de fijar el modo de transmisión de la unidad 200 de transmisión en base a la selección del modo de transmisión inicial, se mide un segundo parámetro de calidad. Un ejemplo incluye que el segundo parámetro de calidad sea la PER. Tanto el primer parámetro de calidad como el segundo parámetro de calidad son retroalimentados a la unidad 200 de transmisión. La unidad 200 de transmisión recibe retroalimentación desde la unidad 300 de recepción a través del extractor 260 de retroalimentación.

Un primer escenario incluye la generación de un factor de correlación mediante una unidad 280 de cálculo del factor de error. Esencialmente, la unidad 280 de cálculo del factor de error genera el factor de error determinando la diferencia entre el segundo parámetro de calidad medido y un segundo parámetro de calidad esperado. Es decir, la LUT 270 es una tabla previamente generada, en base a un segundo parámetro de calidad esperado, deseado o previsto. Si el segundo parámetro de calidad es la PER, entonces el factor de corrección es un valor generado que representa la diferencia entre la PER medida y la PER prevista por la LUT 270.

Un segundo escenario incluye el extractor 260 de retroalimentación, que detecta el índice de modo o cualquier otra denominación de los modos seleccionados para cada uno de los k flujos, y reenvía esta información al controlador 240. El controlador 240 consulta el modo mediante el índice de modo en la base de datos 290, y de ese modo determina la modulación, la tasa de codificación y cualesquiera otros parámetros a utilizar para cada uno de los k flujos.

En el caso de utilizar duplexado por división de tiempo (TDD, time-division duplexing), que es una técnica conocida en la técnica, los parámetros de calidad pueden ser extraídos durante la transmisión inversa desde la unidad 300 de recepción o unidad remota de abonado, y no se requiere de retroalimentación dedicada.

En la figura 2, la unidad 280 de cálculo del factor de error incluye líneas de trazos conectadas a la unidad 250 de selección de modo y a la LUT 270. Las líneas de trazos indican dos posibles configuraciones de la invención. Debe entenderse que éstas configuraciones son solamente ejemplos de cómo puede implementarse la invención.

Una primera configuración incluye la unidad 280 de cálculo del factor de error, estando conectada a la unidad 250 de selección de modo. Tal como se ha descrito previamente, la unidad 250 de selección de modo hace referencia a la LUT 270 con el primer parámetro de calidad, y genera una selección del modo de transmisión. Esta configuración incluye el factor de corrección generado por la unidad 280 de cálculo del factor de error, sumado con el primer parámetro de calidad, para modificar la selección del modo de transmisión resultante. Tal como se describirá, el factor de corrección puede ser un número negativo o positivo, dependiendo de si el paquete de datos más reciente se recibió correcta o incorrectamente.

Una segunda ilustración incluye la unidad 280 de cálculo del factor de error, conectada a la LUT 270. Tal como se ha descrito previamente, la unidad 250 de selección de modo hace referencia a la LUT 270 con el primer parámetro de calidad, y genera una selección del modo de transmisión. Esta configuración incluye el factor de corrección generado por la unidad 280 de cálculo del factor de error, sumado con los umbrales contenidos en la LUT 270, para modificar la sección resultante del modo de transmisión. Tal como se describirá, el factor de corrección puede ser un número negativo o positivo, dependiendo de si el paquete de datos más reciente se recibió correcta o incorrectamente.

En la figura 3, la unidad 380 de cálculo del factor de error incluye líneas de trazos conectadas a la unidad 340 del primer parámetro de calidad y a la LUT 370. Las líneas de trazos indican dos posibles configuraciones de la invención. Debe entenderse que éstas configuraciones son solamente ejemplos de cómo puede implementarse la invención.

Una primera configuración incluye la unidad 380 de cálculo del factor de error, que está conectada a la unidad 340 del primer parámetro de calidad. Tal como se ha descrito previamente, la unidad 360 de selección de modo hace referencia a la LUT 370 con el primer parámetro de calidad, y genera una selección del modo de transmisión. Esta configuración incluye el factor de corrección generado por la unidad 380 de cálculo del factor de error, sumado con el primer parámetro de calidad, para modificar la selección del modo de transmisión resultante. Tal como se describirá, el factor de corrección puede ser un número negativo o positivo, dependiendo de si el paquete de datos más reciente se recibió correcta o incorrectamente.

Una segunda ilustración incluye la unidad 380 de cálculo del factor de error, conectada a la LUT 370. Tal como se ha descrito previamente, la unidad 360 de selección de modo hace referencia a la LUT 370 con el primer parámetro de calidad, y genera una selección del modo de transmisión. Esta configuración incluye el factor de corrección generado por la unidad 380 de cálculo del factor de error, sumado con los umbrales contenidos en la LUT 370, para modificar la sección resultante del modo de transmisión. Tal como se describirá, el factor de corrección puede ser un número negativo o positivo, dependiendo de si el paquete de datos más reciente se recibió correcta o incorrectamente.

La unidad 370 de selección de modo, selecciona el número de modo subsiguiente para codificar los datos transmitidos. La unidad 360 de selección de modo está conectada a un bloque 390 de retroalimentación y a un correspondiente transmisor 395 para la transmisión de la retroalimentación a la unidad 200 de transmisión. En este caso, la conveniencia de indexar modos resulta evidente, puesto que la retroalimentación de un número de índice a la unidad 200 de transmisión no requiere mucho ancho de banda. Debe observarse que en el presente ejemplo, se realiza una selección de modo para cada uno de los k flujos. En otras palabras, un índice de modo que indica el modo a utilizar para cada uno de los k flujos es retroalimentado a la unidad a 200 de transmisión. En otro ejemplo, puede ser apropiado enviar una diferencia de modo que indica cómo modificar el modo actual para la transmisión subsiguiente. Por ejemplo, si la transmisión actual está en modo 1, y el índice de modo del subsiguiente modo es 3, la diferencia de modo será 2. En otro ejemplo, puede ser adecuado enviar de vuelta a la unidad 200 de transmisión las características del canal. En este caso, el cálculo de estadísticas de los parámetros de calidad y la selección de modo son realizados en la unidad 200 de transmisión.

El factor de corrección generado por la unidad 380 de cálculo del factor de corrección proporciona optimización o corrección continua de la selección del modo de transmisión. La velocidad a la cual es generado el factor de corrección (por ejemplo, para cada paquete de datos recibido) es sustancialmente más rápida que aquella a la que es actualizado el primer parámetro de calidad. Cada paquete de datos, se recibe el paquete de datos con o sin error, determina si el factor de corrección es asignado a un valor negativo o positivo, e incrementa o disminuye el primer parámetro de calidad o los umbrales contenidos en una LUT. Los paquetes de datos recibidos con error provocan generalmente que la corrección de error sea positiva, mientras que los paquetes de datos recibidos sin error provocan que la corrección de error sea negativa.

Una realización incluye la asignación de una corrección de error positiva a un valor X, y de una corrección negativa a un valor de X/N. A través de simulación y analíticamente puede determinarse que en la convergencia, el valor N está relacionado directamente con la PER objetivo. La simulación sugiere que:

$$N = (1/(PER_{\text{objetivo}})) - 1$$

Por ejemplo, en la convergencia, si la PER objetivo es de 5%, entonces $N = 19$.

El factor de corrección se utiliza para corregir continuamente el primer parámetro de calidad con los umbrales contenidos en las LUT. Por lo tanto, la PER es monitorizada continuamente para permanecer próxima a la PER objetivo.

En la inicialización, el factor de corrección se fija a cero. A continuación, tras la recepción de cada paquete de datos, se genera un factor de corrección positivo o negativo.

Otro ejemplo incluye que el factor de corrección sea generado una vez cada cantidad de tiempo predeterminada. El factor de error puede fijarse a un primer valor si una PER promedio es mayor que un umbral límite superior, y el factor de corrección puede fijarse a un segundo valor si la PER promedio es menor que un umbral límite inferior.

La figura 5 muestra un sistema de multiplexado espacial con múltiples estaciones base. Una primera estación transceptora base 510 transmite datos a un abonado 530. Una segunda estación transceptora base 520 transmite asimismo datos al abonado 530. Tal como se muestra en la figura 5, los datos transmitidos al abonado 520 desde la primera estación transceptora base 520 viajan a través de un primer canal h1. Los datos transmitidos al abonado 530 desde la segunda estación transceptora base 520 viajan a través de un segundo canal h2.

Las antenas de las múltiples estaciones base 510, 520 pueden utilizarse para la transmisión de datos con multiplexado espacial al abonado 530. Debido a la separación física de las múltiples estaciones base 510, 520, el primer canal h1 y el segundo canal h2 pueden ser muy diferentes. Por lo tanto, generalmente se genera una LUT para el primer canal h1, que es diferente respecto de una LUT generada para el segundo canal h2. Los ejemplos de la invención descritos anteriormente pueden extenderse para incluir la configuración de multiplexado espacial con múltiples estaciones base de la figura 5, en la que se crea una LUT diferente para cada uno de los canales de transmisión diferentes. Claramente, pueden utilizarse más de dos estaciones transceptoras base. Además, cada una de las estaciones transceptoras base de la figura 5 puede incluir múltiples antenas.

La figura 6 es un diagrama de flujo que incluye etapas de una realización de la invención.

Una primera etapa 610 incluye la selección de un modo de transmisión inicial en función de una base de datos del canal predeterminada y de una caracterización inicial del canal.

Una segunda etapa 620 incluye la generación de un factor de error en base a una diferencia entre una característica de rendimiento estimado de las señales de datos transmitidas de acuerdo con el modo de transmisión inicial, y una

característica de rendimiento esperada de las señales de datos transmitidas de acuerdo con el modo de transmisión inicial.

Una tercera etapa 630 incluye la selección de un modo de transmisión subsiguiente, en función de la base de datos del canal predeterminada, del factor de error y de una caracterización subsiguiente del canal.

5 La figura 7 es un diagrama de flujo que incluye etapas de otra realización de la invención.

Una primera etapa 710 incluye recibir señales de transmisión que incluyen datos codificados en un modo de transmisión inicial.

La segunda etapa 720 incluye medir un primer parámetro de calidad de las señales de transmisión recibidas.

10 Una tercera etapa 730 incluye seleccionar un modo de transmisión subsiguiente en función del parámetro de calidad.

Una cuarta etapa 740 incluye recibir señales de transmisión con datos codificados en el modo de transmisión subsiguiente.

Una quinta etapa 750 incluye medir un segundo parámetro de calidad.

15 Una sexta etapa 760 incluye ajustar un parámetro con criterios de selección de otro modo de transmisión subsiguiente, en base al segundo parámetro de calidad.

Si bien han sido descritas e ilustradas realizaciones específicas de la invención, ésta no se limita a las formas y disposiciones específicas de las partes así descritas e ilustradas. La invención está limitada solamente por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método de optimización de un modo de transmisión de datos transmitidos de forma inalámbrica, teniendo el modo de transmisión un esquema de modulación, un esquema de codificación y un esquema de transmisión asociados, comprendiendo el método:

- 5 recibir (710) señales de transmisión que incluyen datos codificados en un modo de transmisión inicial con un esquema de modulación inicial, un esquema de codificación inicial y un esquema de transmisión inicial;

 medir (720) un primer parámetro de calidad de las señales de transmisión recibidas;

 seleccionar (730) un modo de transmisión subsiguiente con un esquema de modulación subsiguiente, un
10 esquema de codificación subsiguiente y un esquema de transmisión subsiguiente en base al primer parámetro de calidad;

 recibir (740) señales de transmisión con datos codificados en el modo de transmisión subsiguiente;

 medir (750) un segundo parámetro de calidad;

 ajustar (760) uno entre el esquema de modulación subsiguiente, el esquema de codificación subsiguiente y
15 el esquema de transmisión subsiguiente, para proporcionar un segundo modo de transmisión subsiguiente, mediante

 generar un factor de corrección en base a la diferencia entre el segundo parámetro de calidad medido y un
 segundo parámetro de calidad deseado o esperado, mediante lo que un factor de corrección positivo se
 asigna a un valor X y un factor de corrección negativo se asigna a un valor X/N, donde N es función de la
 tasa de errores de paquetes objetivo;

20 utilizando el factor de corrección, corregir el primer parámetro de calidad o los umbrales en una tabla de
 consulta predeterminada que proporciona el modo de transmisión subsiguiente;

 hacer referencia a la tabla de consulta predeterminada utilizando el primer parámetro de calidad, para
 proporcionar el segundo modo de transmisión subsiguiente.
- 25 2. Un método acorde con la reivindicación 1, en el que la selección (730) de un modo de transmisión subsiguiente en
 base al parámetro de calidad comprende hacer referencia a una tabla de consulta predeterminada (370) que
 proporciona una selección del modo de transmisión subsiguiente en base al primer parámetro de calidad.
3. Un método acorde con la reivindicación 2, en el que la tabla de consulta (370) comprende una serie de umbrales
 de parámetros de calidad que determinan la selección de un modo de transmisión subsiguiente.
- 30 4. Un método acorde con la reivindicación 3, en el que ajustar un parámetro dentro de un criterio de selección del
 modo de transmisión subsiguiente en función del segundo parámetro de calidad, comprende:

 ajustar los umbrales del parámetro de calidad dentro de la tabla de consulta predeterminada (370).
5. El método de la reivindicación 3, en el que el segundo parámetro de calidad se obtiene una vez para cada
 paquete de datos recibido.
- 35 6. El método de la reivindicación 5, en el que obtener el segundo parámetro de calidad comprende incrementar un
 factor de corrección de la tabla mediante un primer valor si un paquete de datos se ha recibido adecuadamente, e
 incrementar el factor de corrección de la tabla mediante un segundo valor si el paquete de datos se ha recibido
 incorrectamente.
7. El método de la reivindicación 6, en el que los umbrales del parámetro de calidad contenidos en la tabla de
 consulta predeterminada son ajustados por el factor de corrección de la tabla después de la recepción de cada
40 paquete de datos.
8. El método de la reivindicación 6, en el que una magnitud del primer valor y una magnitud del segundo valor
 dependen de un tiempo de convergencia.
9. El método de la reivindicación 1, en el que se selecciona periódicamente un modo de transmisión subsiguiente en
 base al parámetro de calidad.

10. El método de la reivindicación 1, en el que ajustar un parámetro dentro de un criterio de selección del modo de transmisión subsiguiente en función del segundo parámetro de calidad, comprende:

ajustar un valor del primer parámetro de calidad antes de hacer referencia a la tabla de consulta predeterminada.

5 11. Un dispositivo de comunicación inalámbrico, que comprende:

una o varias antenas omnidireccionales (T1, ..., TM); y

10 un transmisor (200), acoplado selectivamente, por lo menos, con un subconjunto de dichas una o varias antenas omnidireccionales, para generar una señal de transmisión inalámbrica, incluyendo el transmisor un controlador (240), para aplicar un modo de transmisión seleccionado a la transmisión inalámbrica de información,

una unidad (280) de cálculo del factor de error, que está configurada para generar un factor de corrección, y

una unidad (250) de selección de modo, acoplada al controlador (240) y a la unidad (280) de cálculo del factor de error, y configurada para

15 - utilizando el factor de corrección, corregir un primer parámetro de calidad o los umbrales en una tabla de consulta predeterminada (270) que proporciona un modo de transmisión subsiguiente; y

- referirse a la tabla de consulta predeterminada utilizando el primer parámetro de calidad para proporcionar el modo de transmisión subsiguiente, **caracterizado porque**

20 la unidad (280) de cálculo del factor de error está configurada para generar el factor de corrección en base a una diferencia entre un segundo parámetro de calidad medido y un segundo parámetro de calidad deseado o esperado, mediante lo cual un factor de corrección positivo se asigna a un valor X y un factor de corrección negativo se asigna a un valor X/N, donde N es función de la tasa de errores de paquetes objetivo.

12. Un receptor, que comprende:

25 una unidad (300) del proceso de recepción, para recibir una señal inalámbrica codificada de acuerdo con un primer modo de transmisión;

una unidad (380) de cálculo del factor de error, que está configurada para generar un factor de corrección, y

una unidad (360) de selección de modo, que está configurada para

- utilizando el factor de corrección, corregir un primer parámetro de calidad o los umbrales en una tabla de consulta predeterminada (370) que proporcionan un modo de transmisión subsiguiente; y

30 - referirse a la tabla de consulta predeterminada (370) utilizando el primer parámetro de calidad para proporcionar el modo de transmisión subsiguiente, **caracterizado porque**

35 la unidad (380) de cálculo del factor de error está configurada para generar el factor de corrección en base a una diferencia entre un segundo parámetro de calidad medido y un segundo parámetro de calidad deseado o esperado, mediante lo cual un factor de corrección positivo se asigna a un valor X y un factor de corrección negativo se asigna a un valor X/N, donde N es función de la tasa de errores de paquetes objetivo.

13. Receptor, acorde con la reivindicación 12, que comprende además una unidad (390) de generación de retroalimentación, sensible a la unidad (300) del proceso de recepción, para recibir un modo de transmisión seleccionado en base, por lo menos en parte, al primer parámetro de calidad y al factor de error calculado.

40 14. Un receptor acorde con la reivindicación 12, que comprende además:

un transmisor (395), acoplado a la unidad (390) de generación de retroalimentación, para recibir uno o varios entre el modo de transmisión subsiguiente y los parámetros de calidad calculados para una transmisión subsiguiente a un transmisor remoto (200).

15. Un receptor, acorde con la reivindicación 13, en el que dicha unidad (360) de selección del modo está acoplada a la unidad de generación de retroalimentación.

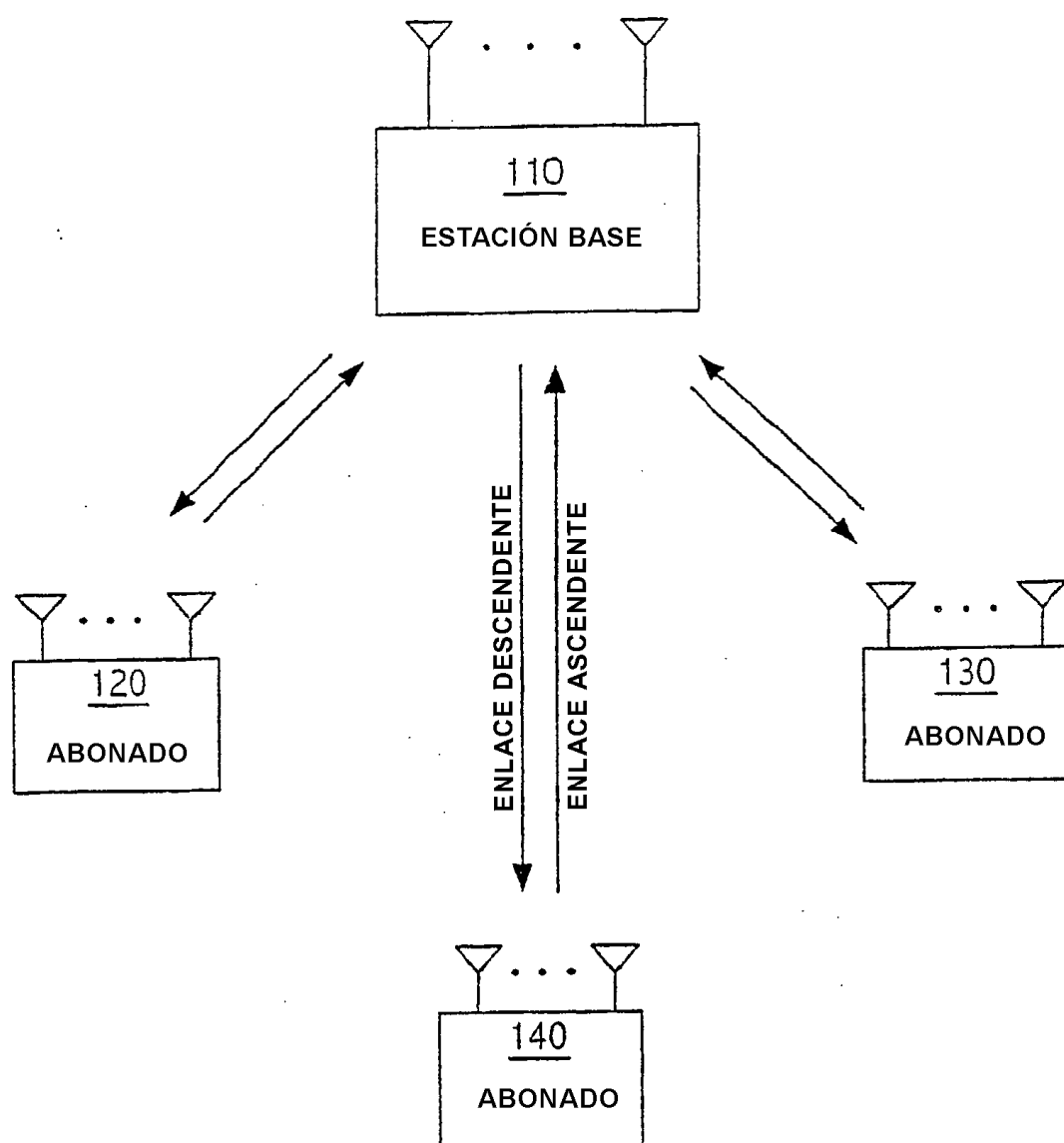


FIGURA 1

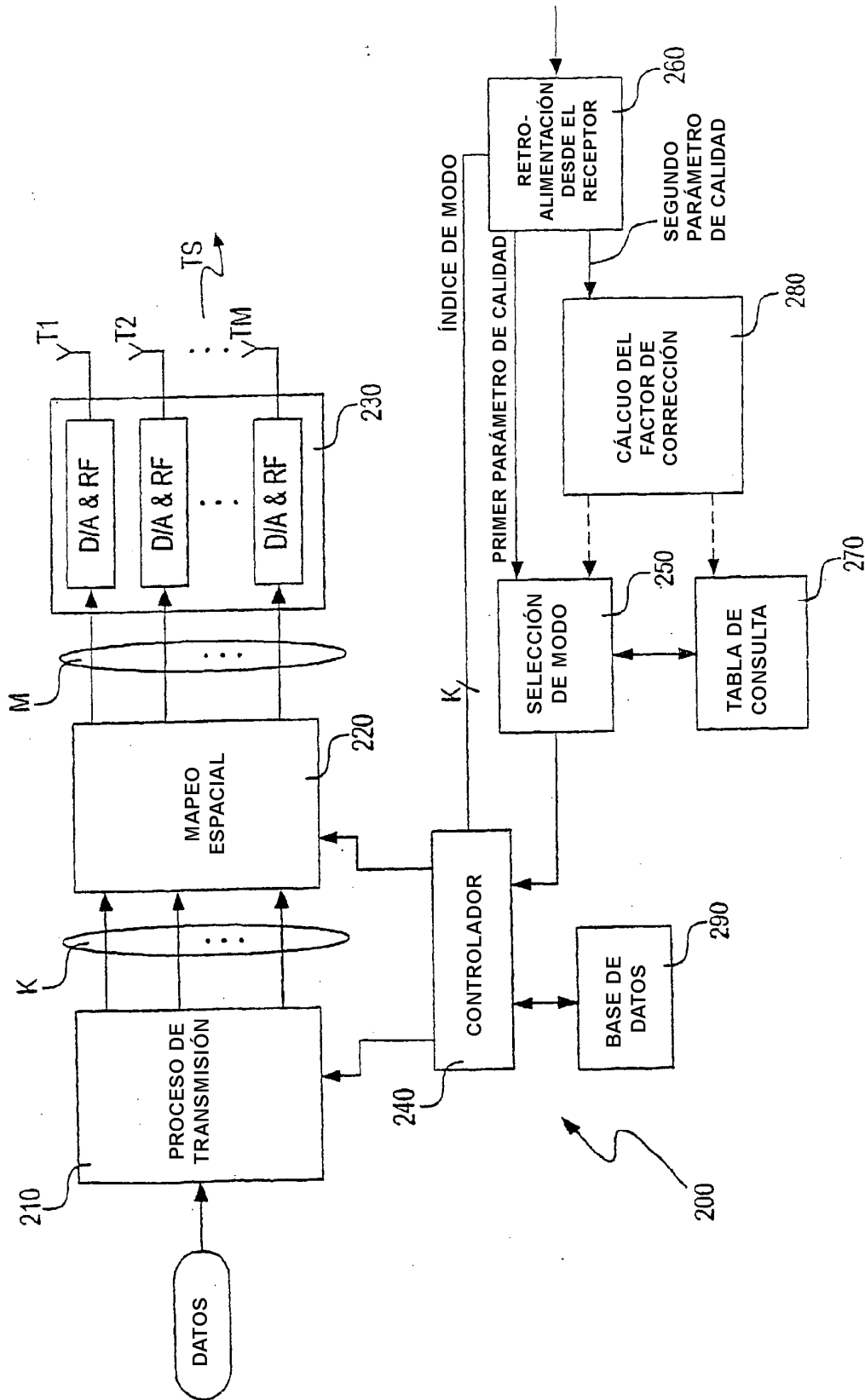


FIGURA 2

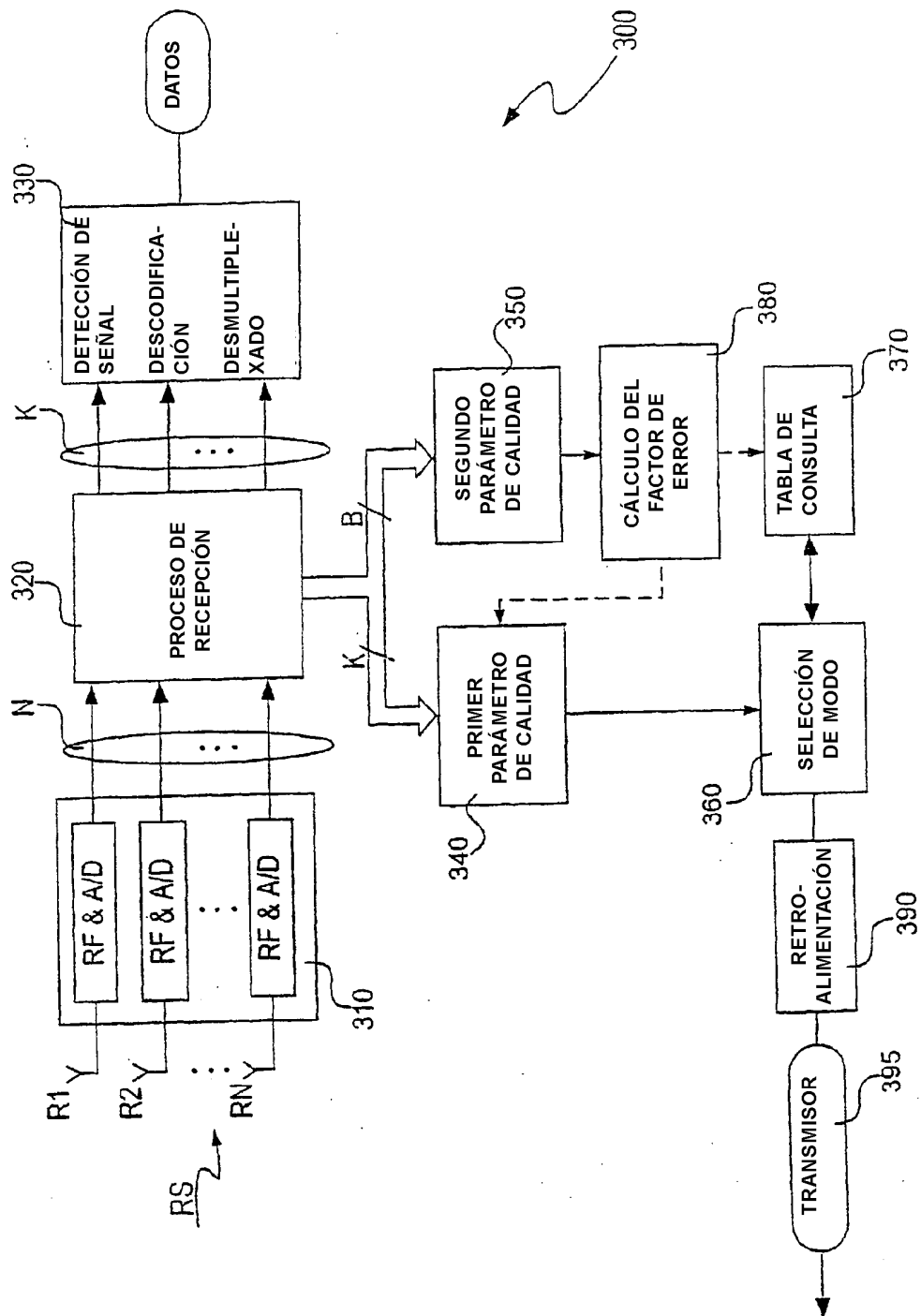


FIGURA 3

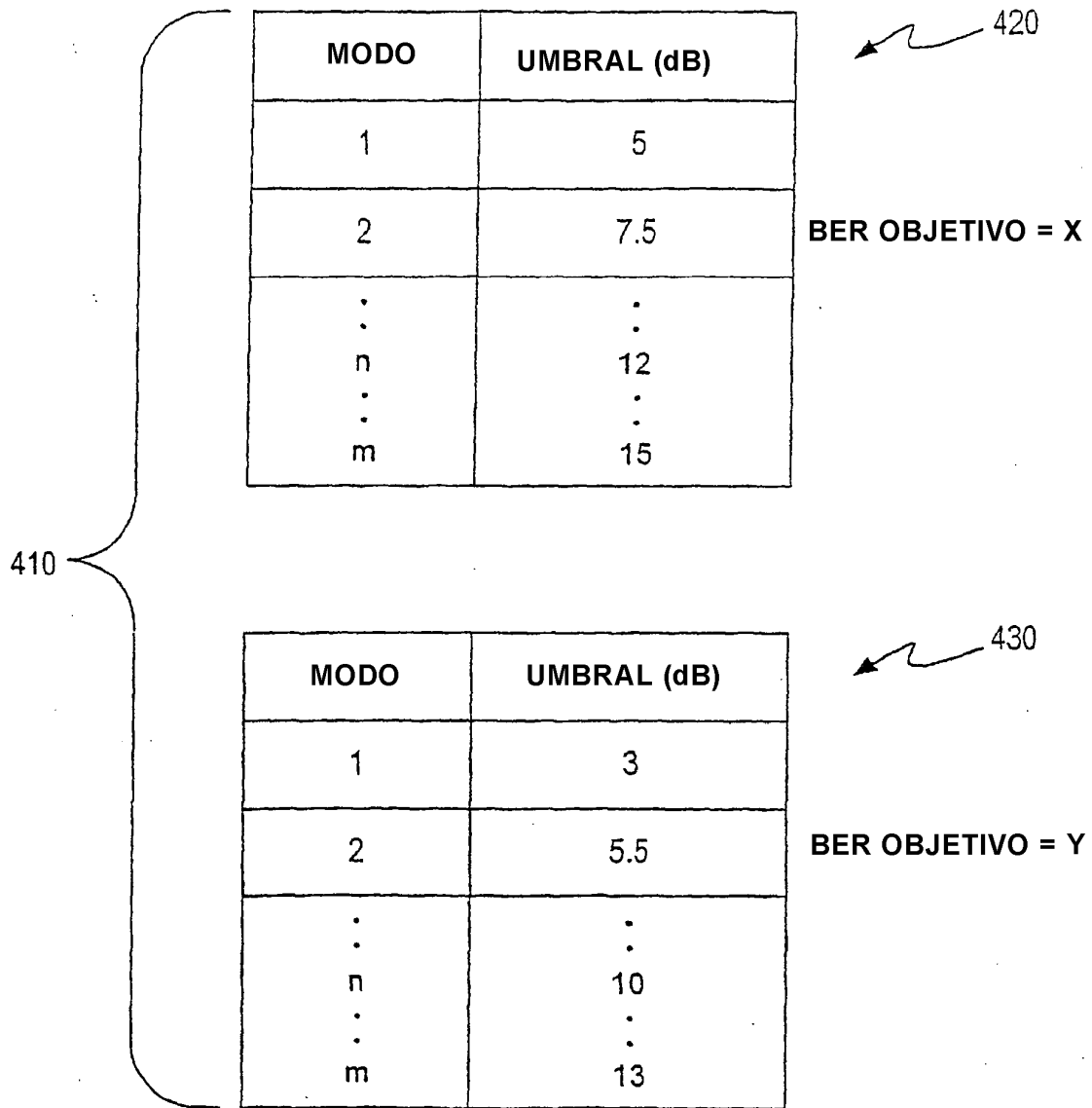


FIGURA 4

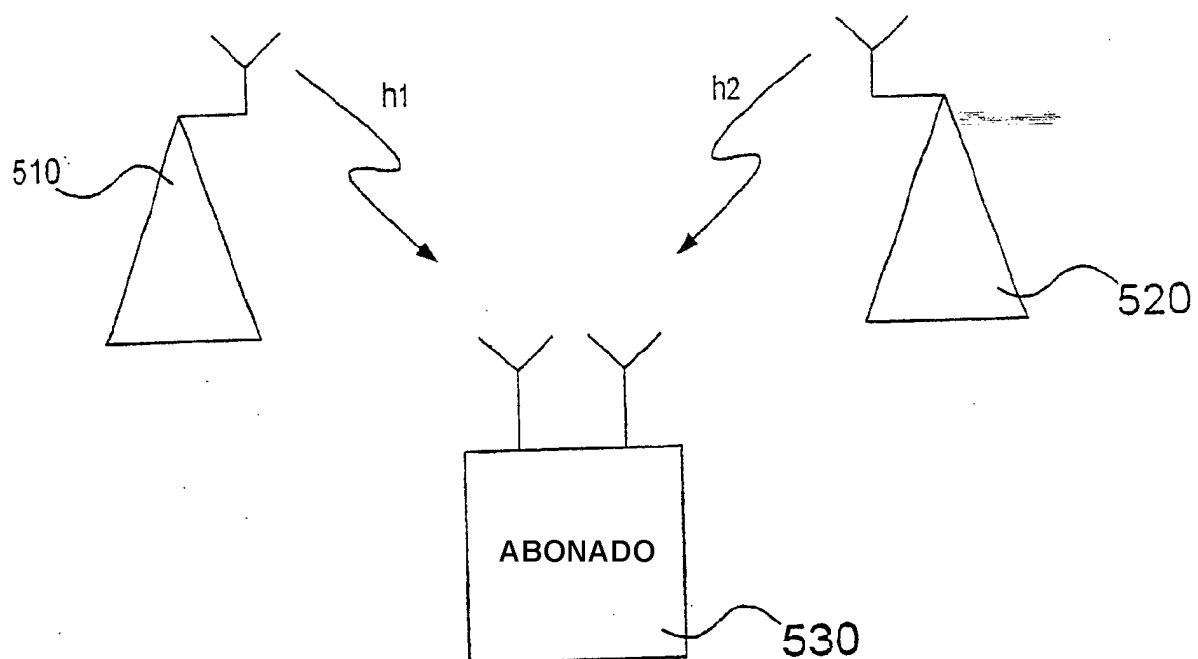


FIGURA 5

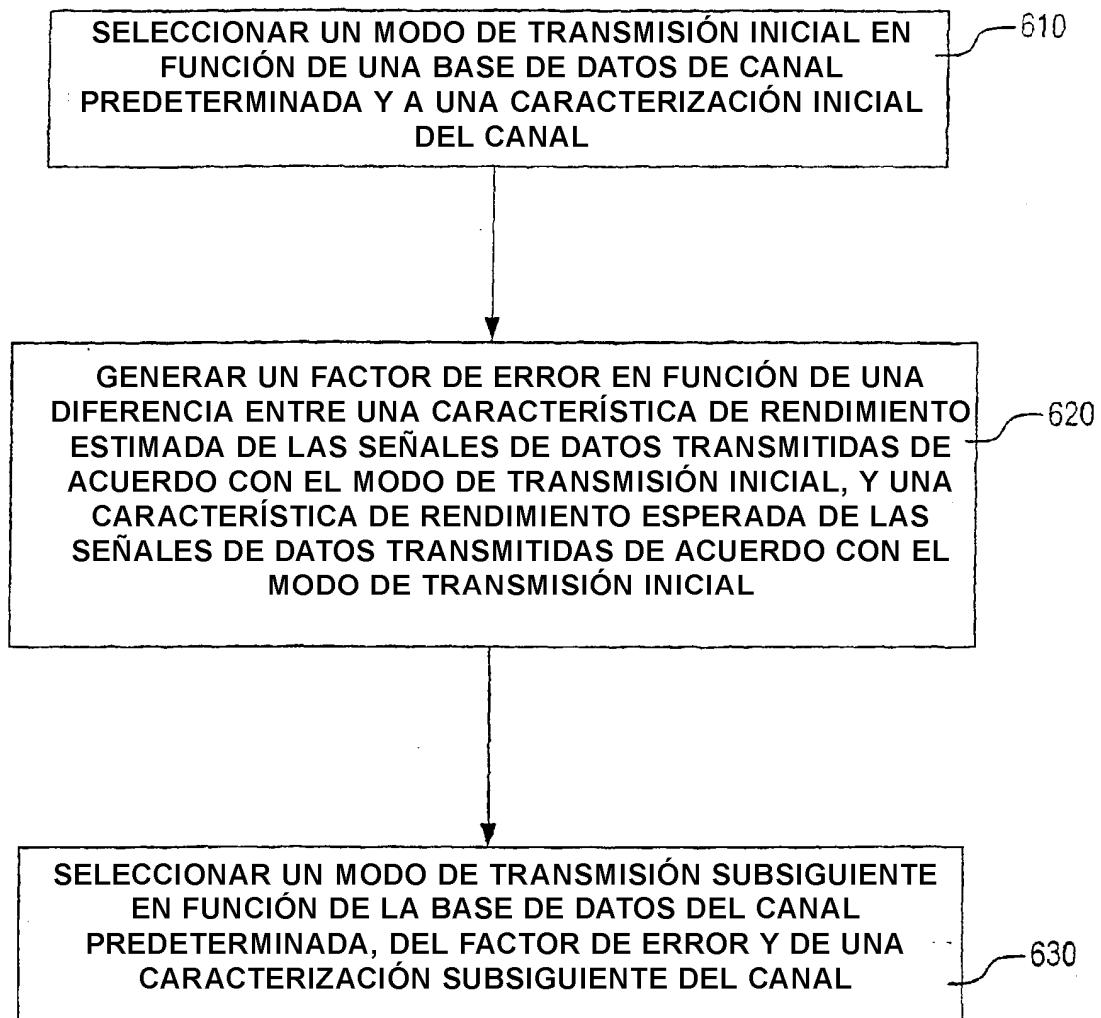


FIGURA 6

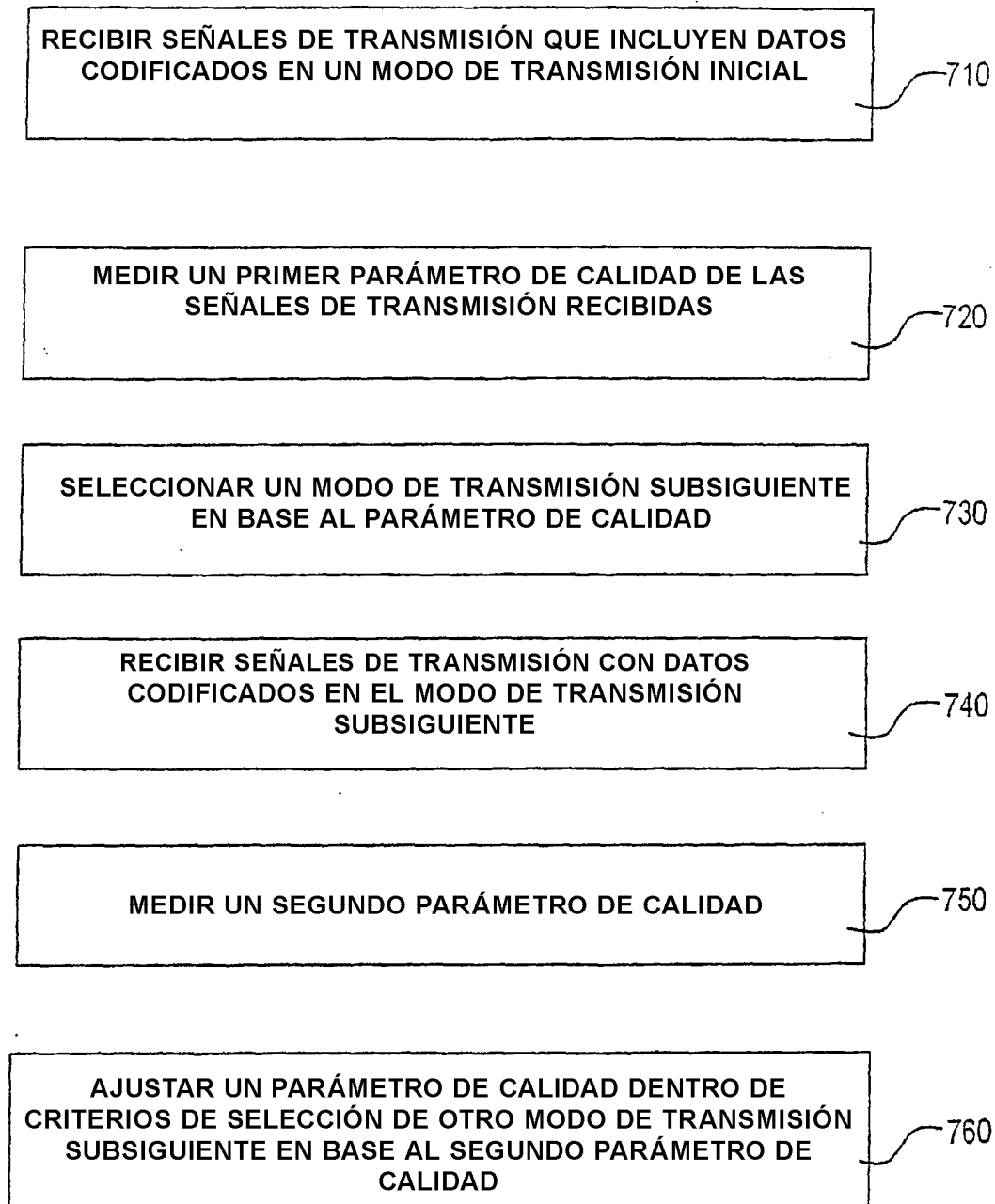


FIGURA 7