

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 572 179**

51 Int. Cl.:

H04L 1/00 (2006.01)

H04L 1/06 (2006.01)

H04B 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2006 E 06832139 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.03.2016 EP 1961143**

54 Título: **Transmisión de canal espacial múltiple con control de velocidad**

30 Prioridad:

09.12.2005 CN 200510139493

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

30.05.2016

73 Titular/es:

**KONINKLIJKE PHILIPS N.V. (100.0%)
HIGH TECH CAMPUS 5
5656 AE EINDHOVEN, NL**

72 Inventor/es:

SUN, YANMENG

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 572 179 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

Transmisión de canal espacial múltiple con control de velocidad

5 Esta invención se refiere a un transmisor, a un procesador de banda base para un transmisor, y a un método de transmisión de información.

10 Se conoce el proporcionar unos sistemas de comunicación inalámbrica de múltiples antenas que explotan canales múltiples espaciales en el medio de transmisión entre un transmisor y un receptor, para transmitir simultáneamente múltiples flujos de información diferente, o para transmitir simultáneamente múltiples copias de la misma información de manera redundante. En el primer caso se aumenta la capacidad, y en el segundo caso puede aumentarse la calidad o la robustez. Los sistemas de comunicación inalámbrica de múltiples antenas de este tipo se conocen como sistemas MIMO (múltiples entradas múltiples salidas), en los que hay múltiples antenas en ambos extremos. Se les conoce como MISO (múltiples entradas salida única) y SIMO (entrada única múltiples salidas) en los que solo hay una única antena en el receptor o en el transmisor, respectivamente. Los múltiples flujos de datos pueden denominarse como canales MIMO o canales espaciales, para distinguirse de los canales de frecuencia, los canales de división de tiempo o los canales de código.

20 Los flujos de datos transmitidos pueden experimentar diferentes condiciones de canal, tales como diferentes efectos de atenuamiento y de trayectoria múltiple, y así tener una señal diferente para las relaciones de ruido (SNR). Ya que las condiciones de canal normalmente varían con el tiempo, la velocidad de datos soportada por cada canal puede variar con el tiempo. Si se conocen las características de cada canal MIMO, tales como las SNR para los flujos de datos, en el transmisor, entonces el transmisor puede ser capaz de determinar una codificación específica y un esquema de modulación para cada flujo de datos de manera adaptativa con un control de bucle cerrado para conseguir una SNR de canal deseada. Sin embargo, para algunos sistemas MIMO, esta información no está disponible en el transmisor, por lo que estos son sistemas de bucle abierto.

25 El documento US 2005/0075073 A1 desvela un sistema MIMO en el que el transmisor recibe una información de retroalimentación desde el receptor para controlar la transmisión de datos a través de las antenas.

30 El control de velocidad por antena (PARC) es una técnica MIMO de múltiples trayectorias, múltiples antenas que se ha propuesto dentro del Proyecto asociado de tercera generación (3GPP). Dentro de 3GPP, el PARC se aplica a los sistemas de acceso múltiple por división de código (CDMA), pero el método puede aplicarse también a los sistemas sin difusión o que emplean otras técnicas de transmisión, incluyendo OFDM (multiplexación por división de frecuencia ortogonal). Las figuras 1 y 2 muestran un transmisor y un receptor, respectivamente, para ilustrar cómo funciona el esquema PARC.

35 Haciendo referencia a la figura 1, un flujo de bits a transmitirse se divide por un demultiplexor 15 en un número de flujos llevando cada uno información diferente y, posiblemente, en diferentes plazos. Cada flujo tiene una modulación (potencialmente diferente) y una codificación aplicada, así como un entrelazado por una fase 25. Los flujos se encaminan por una fase 35 al transmisor de fases de salida 45 para su transmisión a través de unas antenas independientes 48. En el receptor (véase la figura 2) se necesita normalmente un número de antenas 68 igual o mayor que el número de antenas de transmisión 48. La señal en cada antena de recepción 68 es una combinación de las señales transmitidas desde cada antena de transmisión 48. El receptor puede aplicar un algoritmo tal como la estimación del error cuadrático medio mínimo (MMSE) o el MMSE más la cancelación de interferencia sucesiva (SIC) con el fin de estimar los símbolos de cada flujo de transmisión. El receptor también puede proporcionar una retroalimentación al transmisor de las mediciones de la calidad de canal, por ejemplo, la señal para la relación interferencia y ruido (SINR), para cada flujo transmitido. El transmisor puede usar esta información para decidir la modulación y la codificación apropiadas para cada flujo demux. Si un canal tiene una SINR baja y por lo tanto se cambia un flujo demux a un esquema de modulación de orden menor, esto requerirá una velocidad de datos más baja y por lo tanto otros flujos demux se cambian a unos sistemas de orden superior con velocidades de datos más altas para compensar.

40 El PARC puede lograr unas ganancias de multiplexado espacial por la transmisión simultánea de múltiples flujos de datos usando los mismos recursos de tiempo y de frecuencias pero diferentes recursos 'espaciales', es decir, unas múltiples antenas de transmisión. Estas transmisiones simultáneas podrían estar destinadas a una única unidad de recepción, o a diferentes unidades receptoras. En este último caso, esto se conoce como acceso múltiple por división espacial (SDMA). El PARC puede considerarse como un refinamiento de la familia BLAST original de las técnicas de multiplexado espacial que incluye la adaptación de velocidad de los flujos espacialmente multiplexados, como se describe en "V-BLAST: An Architecture for Realising Very High Data Rates Over the Rich-Scattering Wireless Channel", Wolniansky P.W. et al, Proc. ISSSE 98, Pisa, Septiembre de 1998.

45 Se conoce a partir del documento US 2004/0266484, cómo proporcionar un sistema de canales múltiples que tenga una retroalimentación a un transmisor de estación base de una información de largo plazo y de corto plazo acerca de los parámetros o fase de canal de la correlación entre las antenas. La información de largo plazo cambia a una velocidad más lenta que la información de corto plazo, por lo que se transmite con menos frecuencia que la

información de corto plazo. En consecuencia, puede reducirse el ancho de banda necesario para la retroalimentación.

Es un objeto de la invención proporcionar un aparato o métodos mejorados.

5 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un procesador de banda base como se define en la reivindicación 1.

10 El control de los parámetros de más corto plazo del procesamiento de flujos demultiplexados independientemente del procesamiento de los parámetros de más largo plazo significa que las transmisiones pueden adaptarse a las condiciones de canal más rápidamente ya que un cambio de los parámetros de más corto plazo implica menos sobrecarga que un cambio en los parámetros de más largo plazo. Esta sobrecarga es en muchos casos específicamente extrema en el receptor si necesita realizar una transformación inversa. Los cambios en el procesamiento son útiles para mejorar la eficiencia en términos de velocidad de datos y de tasa de error de bits
15 generales para un ancho de banda dado y las condiciones de canal dado. De esta manera, los parámetros de procesamiento de más largo plazo de control independiente y los parámetros de procesamiento de más corto plazo para cada flujo demultiplexado pueden proporcionar un mejor equilibrio de respuesta rápida a las condiciones cambiantes y de eficiencia en las condiciones cambiantes menos rápidamente.

20 Esto se basa en un reconocimiento de que el receptor puede manejar los cambios en la velocidad de datos más fácilmente que los cambios en el procesamiento, específicamente cuando el procesamiento implica bloques o secuencias de datos, tales como, por ejemplo, la codificación de detección de errores, el entrelazado, o la modulación en símbolos, o unas operaciones de matriz o transformada de Fourier. Por lo tanto, las velocidades de datos para los canales múltiples pueden cambiarse con más frecuencia.

25 El controlador que está dispuesto para controlar los parámetros de procesamiento de más corto plazo con mayor frecuencia que los parámetros de más largo plazo en el procesamiento permite la rápida respuesta a los cambios en las condiciones con menos sobrecarga de cálculo.

30 Una característica adicional de algunas realizaciones se proporciona tal como se define en la reivindicación 2. Esto es específicamente útil, por ejemplo, para reducir el almacenamiento en búfer. El origen de datos puede comprender múltiples usuarios.

35 Una característica adicional de algunas realizaciones se proporciona tal como se define en la reivindicación 3. Se proporciona algunas de las formas principales de mejorar la eficiencia de la transmisión.

Una característica adicional de algunas realizaciones se proporciona tal como se define en la reivindicación 4. Esto puede hacer el control más estable durante los cambios rápidos, y reducir los errores del control que se vuelve inestable.

40 Una característica adicional de algunas realizaciones se proporciona tal como se define en la reivindicación 5. Esto puede proporcionar una información más precisa que las estimaciones o las extrapolaciones de las condiciones de canal, y la retroalimentación de tasa de error general significa que los errores en el procesamiento inverso en el receptor, y las propiedades estadísticas a lo largo del tiempo, pueden incluirse en los bucles de control, para mejorar el control.

45 Una característica adicional de algunas realizaciones se proporciona tal como se define en la reivindicación 6. Esto puede ayudar a mejorar la estabilidad del control.

50 Una característica adicional de algunas realizaciones se proporciona tal como se define en la reivindicación 3. La retroalimentación de tasa de error general significa que los errores en el procesamiento inverso en el receptor, y las propiedades estadísticas a lo largo del tiempo, pueden incluirse en el bucle de control. Esto puede mejorar la estabilidad del control y la frecuencia de actualización menor puede ayudar a evitar las variaciones de corto plazo innecesarias o frecuentes en el procesamiento.

55 Otro aspecto de la invención proporciona un transmisor como se define en la reivindicación 8.

Otro aspecto proporciona un método correspondiente de procesamiento de la información tal como se define en la reivindicación 9.

60 Las características y las ventajas adicionales se describirán a continuación. Cualquiera de las características adicionales puede combinarse entre sí o con cualquiera de los aspectos de la invención, como será evidente para los expertos en la materia. Otras ventajas pueden ser evidentes para los expertos en la materia, especialmente a través de otra técnica anterior no conocida por los inventores.

65

Las realizaciones de la invención se describirán a continuación a modo de ejemplo solamente, y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

5 las figuras 1 y 2 muestran unas vistas esquemáticas de un transmisor y un receptor, respectivamente, de acuerdo con una disposición de tipo PARC conocida;
 la figura 3 muestra un diagrama de flujo del funcionamiento conocido;
 la figura 4 muestra una vista esquemática de un procesador de banda base para un transmisor de acuerdo con una realización;
 10 la figura 5 muestra un diagrama de flujo de un proceso de control de acuerdo con una realización;
 la figura 6 muestra un transmisor de acuerdo con otra realización;
 la figura 7 muestra un receptor de acuerdo con otra realización; y
 la figura 8 muestra un diagrama de flujo de funcionamiento de la realización de las figuras 6 y 7;
 la figura 9 es una gráfica de la tasa de error de paquetes PER frente a la relación señal a ruido SNR de canal; y
 la figura 10 es una tabla de los parámetros de transmisión y los valores SINR requeridos en un sistema PARC.

15 Antes de describir las realizaciones con más detalle, se explicarán las características de un sistema MIMO típico. Un sistema de comunicaciones MIMO emplea múltiples antenas de transmisión (N_T) y múltiples antenas receptoras (N_R). Un canal MIMO formado por N_T antenas de transmisión y N_R antenas receptoras puede descomponerse en N_S canales espaciales independientes, en el que $N_S \leq \min(N_T, N_R)$. El sistema MIMO puede proporcionar un rendimiento mejorado si se utiliza la capacidad de canal adicional creada por las múltiples antenas de transmisión y recepción.

20 En general, para usar suficientemente el aumento de la capacidad de transmisión, se asigna el flujo de datos de usuario original en el transmisor (es decir, demultiplexado) en múltiples antenas como un conjunto de flujos de subdatos, llamados en el presente documento flujos demux. Después de un procesamiento, tal como la codificación de espacio-tiempo, las múltiples antenas de transmisión envían estos flujos demux simultáneamente y estos flujos demux alcanzan el receptor a través de los N_S canales espaciales independientes. Las antenas de recepción recogen estos flujos demux mezclados, los recuperan, respectivamente, y, finalmente, los vuelven a ensamblar para recrear el flujo de datos de usuario original.

30 Como se ha mencionado anteriormente, ya que los parámetros de canal en un sistema de comunicaciones inalámbrico pueden variar en todo momento y todos los N_S canales espaciales son independientes, es evidente que los parámetros de todos los N_S canales espaciales no son constantes tampoco. Para utilizar mejor todos los N_S canales espaciales para la transmisión de datos, se introduce la tecnología de control de velocidad de antena (ARC) en el sistema MIMO para asignar dinámicamente los parámetros de transmisión de datos apropiados, tales como la velocidad de datos, el modo de modulación y la velocidad de codificación, para cada antena de transmisión.

35 La figura 1 muestra un diagrama de bloques de un sistema MIMO ARC conocido. Los datos de un origen de datos 5 se alimentan a un demultiplexor 15 que divide los datos en una pluralidad de flujos demux. Los flujos demux se alimentan a una parte de codificación y modulación 25, a continuación, a través de una parte de procesamiento de espacio-tiempo 35 a las fases de salida de transmisor 45 acopladas a las antenas 48. Un controlador de velocidad 55 toma la retroalimentación del receptor y controla la parte de codificación y modulación 25 y hace unos cambios en las velocidades de datos de flujo demux en el demultiplexor 15 garantizadas por los cambios en la codificación y modulación.

45 En general, el controlador de velocidad 55 en el transmisor recoge la información acerca de cada canal espacial del receptor y determina además la velocidad de datos apropiada, de acuerdo con el modo de modulación y de codificación seleccionado, y la antena adecuada 48 para cada canal de acuerdo con un cierto criterio. A continuación, el demultiplexor 15 divide los datos de usuario originales en N_T flujos demux con las velocidades respectivas $r_0, r_1, \dots, r_{N_T-1}$ para la transmisión a través de las N_T antenas de transmisión correspondientes 48.

50 En el receptor se ejecuta el procedimiento inverso. La figura 2 muestra el receptor correspondiente que tiene una serie de antenas de recepción 68, la circuitería de recepción 65 para cada antena de recepción 68, un procesador de espacio-tiempo de receptor 75, seguido por una parte de decodificación y demodulación 85, seguida por un remultiplexor 95 que alimenta un dissipador de datos 105. Las N_R antenas 68 reciben una mezcla de señales procedentes de cada una de las N_T antenas de transmisión 48 y los módulos sucesivos 65, 75, 85 recuperan los N_T flujos demux que tienen velocidades $r_0, r_1, \dots, r_{N_T-1}$, respectivamente, y los vuelven a ensamblar en orden en un flujo de datos. El procesador de espacio-tiempo 75 puede determinar las relaciones de señal a ruido de cada canal espacial y alimenta esta información de vuelta al transmisor.

60 Hasta ahora, casi todos los sistemas MIMO ARC adoptan los métodos de control de bucle cerrado y emplean un criterio de métrica y de control de canal basado en la SINR de receptor, por ejemplo, PARC (control de velocidad por antena), PU²RC (usuario de flujo y control de velocidad por unidad base), y S-PARC (PARC selectivo). La implementación de estos esquemas puede seguir la práctica establecida, véase, por ejemplo, "Status Report for MIMO Physical Layer to TSG", Lucent, TSGR1 n.º 20 (03) 0237, 3 al 6 de junio de 2003, Hameenlinna, Finlandia; o "Increasing MIMO throughput with per-antenna rate control", Lucent, TSGR1 (01) 0879, 27-31 de agosto, Turino,

Italia. El procesamiento de control de velocidad de antena básico de estos métodos se resume en el diagrama de flujo de la figura 3. Esta muestra las etapas del transmisor en el lado izquierdo y las etapas del receptor en el lado derecho con el flujo de tiempo representado por la gráfica. Después de ajustar los parámetros de transmisión iniciales, tal como el modo de modulación, la velocidad de codificación y la velocidad de datos para cada antena, se inician las transmisiones. En la etapa 31 se seleccionan los parámetros de transmisión para cada antena de transmisión, incluyendo el modo de modulación $M_0, M_1, \dots, M_{N_T-1}$, la velocidad de codificación $C_0, C_1, \dots, C_{N_T-1}$, y la velocidad de datos, $r_0, r_1, \dots, r_{N_T-1}$. En la etapa 32 los datos de usuario se dividen en flujos demux que tienen unas velocidades de datos $r_0, r_1, \dots, r_{N_T-1}$ y la codificación y la modulación aplicadas con la velocidad de codificación correspondiente $C_0, C_1, \dots, C_{N_T-1}$, y el modo de modulación $M_0, M_1, \dots, M_{N_T-1}$, respectivamente. En la etapa 33, el transmisor transmite todos los flujos demux procesados de espacio-tiempo a través de las N_T antenas.

En el receptor, en la etapa 34, el receptor recibe todas las señales a través de las N_R antenas, y mide la SINR ($SINR_0, SINR_1, \dots, SINR_{N_T-1}$) de cada canal. El receptor alimenta de nuevo al transmisor con los valores de SINR en la etapa 36. En la etapa 37, el receptor continúa el procesamiento de espacio-tiempo, recupera todos los N_T flujos demux, y los vuelve a ensamblar en orden para recrear los datos de usuario. El transmisor recibe los valores de SINR de retroalimentación $SINR_0, SINR_1, \dots, SINR_{N_T-1}$ del receptor en la etapa 38, y en la etapa 39, actualiza todos los parámetros de transmisión ($r_0, r_1, \dots, r_{N_T-1}$), ($M_0, M_1, \dots, M_{N_T-1}$) y ($C_0, C_1, \dots, C_{N_T-1}$) de acuerdo con los valores de SINR recibidos $SINR_0, SINR_1, \dots, SINR_{N_T-1}$.

Por lo general, el sistema MIMO ARC selecciona un conjunto de valores SINR como valores de umbral para el ajuste del modo de modulación y la velocidad de codificación, y por lo tanto una velocidad de datos predeterminada para adaptarse a la modulación y a la velocidad de codificación. La figura 10 es un ejemplo de unos parámetros de transmisión y unas SINR necesarias en un sistema PARC.

Como se conoce, las condiciones de canal inalámbrico cambian algunas veces rápidamente y de manera extrema debido al entorno o debido a la movilidad del usuario. En estas circunstancias, el método de control de velocidad de antena simple descrito con referencia a la figura 3 y a la figura 10 puede conducir a algunas desventajas de la siguiente manera:

1. La adopción de solo un criterio SINR puede conducir a decisiones poco fiables acerca del control de velocidad de datos, e incluso ocasionar un rendimiento de sistema degradado en algunas circunstancias extremas. El ajuste de los parámetros de transmisión puede llegar a estar fuera de fase e incluso completamente fuera de fase de las correcciones necesarias debidas al rápido cambio de las condiciones de los canales espaciales MIMO. Con la acumulación de los efectos de ajuste después de un número de iteraciones del bucle de control, el rendimiento de sistema puede degradarse si una capa más alta de una pila de protocolos recibe con frecuencia una sucesión de paquetes SINR bajos que tienen una tasa de error de bit alta, y desencadena muchos procedimientos de ARQ (solicitud de repetición automática).

2. Una variación extrema en las condiciones de canal conduce a una SINR que cambia rápidamente, y puede conducir a un ajuste frecuente y extremo de los parámetros de transmisión en cada antena. Siendo necesario el ajuste de modo de transmisión continuo en los resultados del transmisor en un procesamiento complejo en el receptor, lo que incluye la modificación frecuente de las métricas de mapeado inverso de constelación, la profundidad del búfer para la velocidad de codificación cambiada, el ajuste de retardo de cada cambio de velocidad de datos de un flujo demux, etc.

Las realizaciones de la invención se refieren a un método de control de velocidad de antena para un sistema MIMO, que puede ajustar los parámetros de transmisión de manera más eficiente para abordar o mitigar las desventajas mencionadas anteriormente.

Una primera realización se muestra en forma esquemática en la figura 4, que muestra un procesador de banda base 10 para un transmisor. Esta muestra un demultiplexor 20 que tiene una entrada 21 para los datos a transmitirse y unas salidas 22, 24 para los flujos demux. Los flujos demux se alimentan a unos procesadores de flujo 30, 40 para procesar cada flujo demux antes de su transmisión. Un controlador 50 recibe una indicación de las condiciones de canal en una entrada 51 y controla los procesadores de flujo 30, 40 de acuerdo con las condiciones de canal por medio de una primera señal de control en una salida 52. Las condiciones de canal pueden ser estimaciones o una retroalimentación real, y pueden estar en diversas formas, tales como una SINR de canal individual, unos valores promediados de tiempo, unas tasas de error de bit generales para todos los canales, unas tasas de error de paquetes, unas tasas ARQ, o combinaciones de los mismos. La primera señal de control se envía al demultiplexor 20 para alterar las velocidades de datos de flujo demux en función del control del procesamiento. Cabe destacar que el controlador 50 también envía una segunda señal de control por una salida 53 al demultiplexor 20 para cambiar las velocidades de flujo demux independientes del procesamiento. El transmisor puede considerarse como que abarca las partes normalmente implementadas como un procesador de banda base, conduciendo a la circuitería de radio frecuencia (RF) asociada, y a las antenas, o puede abarcar todo el sistema incluyendo la circuitería de RF y las antenas.

La figura 5 muestra un diagrama de flujo de una operación de control. En la etapa 100, el controlador 50 recibe una indicación de un cambio en las condiciones de canal. En la etapa 110, el controlador 50 compara las condiciones de

canal con los umbrales. Si hay un cambio significativo en las condiciones de canal en la etapa 130, esto puede provocar un cambio en el tipo de procesamiento de al menos los peores canales. Esto conduce a un cambio en las velocidades de datos en la etapa 140, para corresponder al nuevo tipo de procesamiento para uno o más de los flujos demux. El controlador 50 puede ayudar a mantener la velocidad de datos general (combinada sobre todos los flujos demux) a una velocidad deseada para coincidir con el origen de datos aumentando la velocidad de datos de algunos flujos demux y reduciendo la velocidad de datos de otros flujos demux. Si hay un cambio más moderado en las condiciones, en la etapa 120, las velocidades de datos de los peores canales, o de los mejores canales, pueden cambiarse sin un cambio en el tipo de procesamiento. Para un cambio más pequeño en las condiciones de canal, no se toma ninguna acción y el flujo vuelve desde la etapa 110 a la etapa 100 en la que se repite el proceso. Cabe destacar que, en la etapa 130, el cambio más significativo en las condiciones puede hacerse para provocar un cambio de tipo de procesamiento solamente si el cambio se prolonga más allá de un umbral de tiempo dado. Esto puede hacer el control más estable y evitar los frecuentes cambios en el tipo de procesamiento. La frecuencia de los cambios en el tipo de proceso puede limitarse de manera explícita, mientras que la frecuencia de los cambios en las velocidades de datos puede permitirse que exceda de este límite. Otros parámetros pueden usarse también como entradas para el control de las velocidades de procesamiento y de datos. Por ejemplo, el origen de datos puede especificar un nivel revisado de prioridad o de calidad de servicio para algunos o todos los datos. Esto puede lograrse por el controlador 50, por ejemplo, alterando las velocidades de datos o el procesamiento para reducir la velocidad de datos para una calidad más alta. Si se aplica a solo algunos de los datos, el demultiplexor 20 necesitaría ser capaz de determinar cuál son los datos de mayor calidad y garantizar que se envíen a los flujos demux apropiados.

Otra realización se muestra en las figuras 6, 7 y 8. Se han usado números de referencia similares donde corresponde, a los usados en las figuras 1 y 2. La figura 6 muestra un diagrama de bloques de un transmisor que tiene unos bucles de control interno y externo para su uso en un sistema de comunicaciones MIMO. Esta realización emplea dos bucles de control anidados para realizar el control de velocidad de datos; un controlador de bucle externo 165 proporciona un control basado en una métrica de estadísticas de largo plazo entregada desde una capa más alta de una pila de protocolos después de que el re-multiplexor 95 en el receptor, y un controlador de bucle interno 155 proporcionen un control basado en una retroalimentación de medición de canal de corto plazo de la parte de procesamiento de espacio-tiempo 75. Como ha tratado anteriormente, otros parámetros pueden alimentarse de nuevo en adición o como alternativas. En un sistema OFDM (división de frecuencia ortogonal multiplexada), las tasas de error pueden ser sensibles a los cambios en las frecuencias de subportadoras, por lo que esto puede detectarse y alimentarse de nuevo.

El ajuste de parámetros de transmisión para cada antena está limitado tanto por los dos estados de bucle de control externo e interno de manera simultánea. El bucle de control externo determina un cierto intervalo del ajuste de parámetros de transmisión que el bucle de control interno debería cumplir. Con el efecto combinado de los bucles de control externo e interno, el transmisor puede lograr un control de velocidad de datos más fiable y moderado en entornos de RF difíciles y proporcionar un mayor rendimiento para los sistemas MIMO.

Esto se basa en el reconocimiento de que los parámetros de transmisión MIMO ARC de cada antena de transmisión pueden dividirse en dos categorías: los parámetros de más corto plazo y los parámetros de más largo plazo. Los parámetros de más corto plazo se refieren a los parámetros que podrían modificarse casi simultáneamente tanto en el transmisor como en el receptor, tales como la velocidad de datos de cada flujo demux. Los parámetros de más largo plazo son los que pueden conducir a un tiempo de retardo considerable o a un ajuste de configuración entre el transmisor y el receptor cuando se produce una modificación. Como se ha mencionado anteriormente, la velocidad de codificación y el modo de modulación son ejemplos de parámetros de más largo plazo.

Como se ha descrito anteriormente, para proporcionar un sistema que tenga un control de velocidad de datos más fiable y estable, junto con un seguimiento de canal sensible, mientras que se reduce la complejidad del ARC en el receptor, los parámetros de más corto plazo y parámetros de más largo plazo se controlan por dos bucles de control distintos. Estos son los así llamados bucle de control interno y bucle de control externo. Estos dos bucles de control pueden ser dependientes entre sí, por ejemplo, teniendo una jerarquía de bucles de control.

El bucle de control externo se usa para el ajuste de los parámetros de más largo plazo basándose en una métrica de estadísticas entregada desde una capa más alta de una pila de protocolos convencional, tal como PER (tasa de error de paquetes) o BER (tasa de error de bits). Usando una capa más alta, pueden agregarse las métricas de múltiples conexiones por múltiples usuarios. Las métricas de estadísticas procedentes de los promedios de capa más alta a través de un periodo determinado tienen un efecto en el rendimiento de ajuste de parámetros de cada antena de transmisión, y pueden reflejar las tendencias de cambio de canal y proporcionar unas indicaciones fiables para el ajuste en la siguiente etapa. Para evitar la modificación demasiado extrema y demasiado frecuente de los parámetros, el bucle de control externo puede restringir la cantidad de, o la velocidad de, ajuste de los parámetros de más corto plazo dentro de un cierto intervalo. Una disposición de este tipo para el bucle de control externo puede reducir la frecuencia de ajuste de los parámetros de más largo plazo basándose en una retroalimentación más fiable, y en consecuencia, disminuir la complejidad del receptor. El bucle de control externo puede funcionar en modo de bucle cerrado usando una retroalimentación desde el receptor, y el intervalo de tiempo entre los ajustes de control puede configurarse en uno o más periodos de trama como se define por una norma de interfaz aérea aplicable al

sistema de comunicaciones, para proporcionar un periodo suficientemente largo para establecer las estadísticas de retroalimentación fiables.

El bucle de control interno es responsable del reajuste fino de los parámetros de más corto plazo con un periodo mucho más corto en comparación con el bucle de control externo. El bucle de control interno se ejecuta con el fin de complementar el funcionamiento del bucle de control externo y debería cumplir con la restricción impuesta en el ajuste de parámetros de más corto plazo dentro de un intervalo determinado. El bucle de control interno puede funcionar o en un modo de bucle cerrado o en un modo de bucle abierto, y el intervalo de control puede configurarse como un número de intervalos de tiempo, como se define de nuevo por una norma de interfaz aérea aplicable del sistema de comunicaciones, para el ajuste de parámetros de manera oportuna. Normalmente, las medidas usadas para el bucle de control interno se obtienen directamente de los parámetros de canal espaciales, tales como la SINR, y son incluso los propios parámetros de canal. La retroalimentación puede enviarse a través de unas trayectorias de señalización multiplexadas con la información de carga útil siguiendo la práctica establecida.

Para mejorar la fiabilidad del ajuste de parámetros de más corto plazo y también para reducir las complejidades de la de-multiplexación y la re-multiplexación del flujo de datos en el transmisor y en el receptor, respectivamente, la invención emplea un control de parámetros de más corto plazo consecutivo en lugar de uno discreto convencional. Por ejemplo, la velocidad de datos r_i , $i = 0, 1, \dots, N_{T-1}$ en las antenas de transmisión respectivas, debería respetar las limitaciones de la ecuación 1.

$$r_i(t+t_p) = \left\{ \begin{array}{ll} r_i(t) + \Delta & \text{si } \Delta_i^{SINR}(t) \geq T_r \text{ y } SINR_i(t+t_p) < SINR_i^{superior} \\ r_i(t) & \text{si } T_l < \Delta_i^{SINR}(t) < T_r \\ r_i(t) - \Delta & \text{si } \Delta_i^{SINR}(t) \leq T_l \text{ y } SINR_i(t+t_p) > SINR_i^{inferior} \end{array} \right\} \quad (1)$$

En la ecuación 1, t_p representa el periodo de control y $SINR_i(t)$ indica la SINR recibida correspondiente a la i -ésima antena de transmisión en el tiempo t en el receptor. Las constantes $SINR_i^{superior}$ y $SINR_i^{inferior}$ son los límites de ajuste actuales en la i -ésima antena de transmisión que se determinan por el bucle de control externo. T_r y T_l son unos umbrales para aumentar o reducir la velocidad de datos en la i -ésima antena de transmisión y Δ es la etapa de ajuste de velocidad que, por lo general, debería ser un divisor común de todos los posibles valores de velocidad de datos en los canales. La variable $\Delta_i^{SINR}(t)$ se define por la ecuación (2)

$$\Delta_i^{SINR}(t) = SINR_i(t + t_p) - SINR_i(t) \quad (2)$$

La ecuación (1) muestra que cada velocidad de datos en un intervalo de tiempo siguiente puede aumentarse, disminuirse o permanecer igual, y muestra las condiciones de cada una de estas tres opciones.

El bucle de control interno solo puede mantener o cambiar los parámetros de más corto plazo con una etapa determinada de acuerdo con la retroalimentación de medición de corto plazo en un periodo de control. Algunos parámetros de ajuste en el bucle de control interno, tales como $SINR_i^{superior}$ y $SINR_i^{inferior}$ están determinados por el bucle de control externo basándose en unas mediciones más fiables, por ejemplo, la tasa de errores de paquetes (PER) alimentada de nuevo desde el receptor, para evitar la acumulación de errores de ajuste. La figura 7 muestra un receptor que puede proporcionar esta retroalimentación. Una alternativa a proporcionar la retroalimentación de la PER sería usar un promedio de todas las SINR de canal, promediadas sobre algún tiempo. Esto tendría el inconveniente de no permitir que las partes de procesamiento de receptor estén dentro del bucle de control de más largo plazo.

La Figura 8 ilustra el procedimiento de control de velocidad de la invención en un diagrama de flujo. Inicialmente, los parámetros de transmisión del sistema de comunicaciones MIMO se ajustan para unos valores iniciales predeterminados. Estos parámetros incluyen los parámetros de corto plazo, tales como la velocidad de datos $r_0, r_1, \dots, r_{N_T-1}$, en cada antena de transmisión, los límites de ajuste $SINR_i^{superior}$ y $SINR_i^{inferior}$, y los parámetros de más largo plazo en el bucle de control externo, tales como la velocidad de codificación $C_0, C_1, \dots, C_{N_T-1}$ y el modo de modulación $M_0, M_1, \dots, M_{N_T-1}$ de cada antena de transmisión.

A continuación, el sistema de comunicaciones MIMO comienza ambos bucles de control exterior e interior de manera simultánea. Normalmente, el bucle de control externo tiene un periodo de control $T_{externo}$ que es un múltiplo del periodo de $T_{interno}$ del bucle de control interno, así $T_{externo} = N \cdot T_{interno}$ en la que N es un entero. En la etapa 200, el transmisor ajusta los parámetros de transmisión de cada antena, incluyendo el modo de modulación, la velocidad de codificación y los límites de ajuste. Durante el periodo de control de bucle externo, todos los parámetros de más largo plazo y los límites en el ajuste de los parámetros de más corto plazo permanecen fijos y solo se cambian periódicamente los parámetros de corto plazo de acuerdo con la ecuación (1). En la etapa 210, las velocidades de datos $r_0, r_1, \dots, r_{N_T-1}$ se ajustan de acuerdo con el resultado del bucle de control externo. En la etapa 220, el flujo de datos de usuario se divide en unos flujos demux de acuerdo con las velocidades de datos $r_0, r_1, \dots, r_{N_T-1}$ y la

modulación $M_0, M_1, \dots, M_{NT-1}$, y la codificación $C_0, C_1, \dots, C_{NT-1}$, se aplican respectivamente. En la etapa 230, todos los flujos demux procesados de espacio-tiempo se transmiten a través de las N_T antenas.

En la etapa 240, el receptor recibe todas las señales a través de las N_R antenas, y mide la SINR de cada canal espacial, para obtener $SINR_0, SINR_1, \dots, SINR_{NT-1}$, y en la etapa 250, se alimenta de nuevo una indicación de estos valores al transmisor. En la etapa 260, el receptor continúa el procesamiento de espacio-tiempo y se recuperan todos los N_T flujos demux, y los vuelve a ensamblar en orden, y entrega los datos a las capas más altas de una pila de protocolos. En la etapa 290, el receptor toma una medición estadística, por ejemplo, PER o BER, de las capas más altas y transmite esto al transmisor.

En la etapa 270, el transmisor recibe la retroalimentación de $SINR_0, SINR_1, \dots, SINR_{NT-1}$, desde el receptor y actualiza los parámetros de más corto plazo $r_0, r_1, \dots, r_{NT-1}$. En la etapa 280, si el tiempo T ha alcanzado $T_{externo}$, entonces el bucle de control externo funciona con el flujo volviendo a la etapa 200, de lo contrario las etapas 210 a 270 se repiten. Durante cada periodo de $T_{externo}$, todos los límites de los parámetros de corto plazo y de los parámetros de más largo plazo permanecen fijos, y solo los parámetros de corto plazo se cambian periódicamente de acuerdo con la ecuación 1.

Después de cada N periodos de control de bucle interno (es decir, un periodo de control de bucle externo), en la etapa 300, el bucle de control externo funciona para actualizar los parámetros de más largo plazo $SINR_i^{superior}$ y $SINR_i^{inferior}$, $C_0, C_1, \dots, C_{NT-1}$, $M_0, M_1, \dots, M_{NT-1}$, para cada antena de acuerdo con las estadísticas retroalimentadas correspondientes a cada antena de transmisión durante los N periodos de control interno anteriores. A continuación, el flujo vuelve a la etapa 200 y el bucle de control interno se ejecuta con los parámetros actualizados. Todo el procedimiento se ejecuta repetidamente con un periodo de $T_{externo}$.

La figura 9 muestra una gráfica de la tasa de error de tramas PER frente a la SNR de canal, para dos disposiciones conocidas y para una realización de la invención. La línea superior muestra los errores de un sistema BLAST conocido, la línea intermedia es para un sistema PARC conocido, y la línea inferior es para una realización de la invención. Esto muestra que para un valor de SNR dado, la realización puede lograr una tasa de error considerablemente más baja que cualquiera de estos sistemas conocidos.

El presente método de control de velocidad puede aplicarse tanto al enlace ascendente como al enlace descendente en un sistema de comunicaciones MIMO. Como se ha tratado anteriormente, las realizaciones pueden ayudar a evitar el primer problema de la acumulación de errores de bits de más largo plazo que conduce a las ARQ, si el control no es suficientemente rápido para que coincida con los cambios rápidos de condición de canal, al tiempo que también se aborda el segundo problema de la sobrecarga de procesamiento en el receptor si los cambios en la codificación son demasiado frecuentes.

El controlador puede implementarse usando un ordenador o microprocesador digital de fin general convencional programado de acuerdo con las enseñanzas de la presente memoria descriptiva, como será evidente para los expertos en ordenadores. Una codificación de software apropiada puede prepararse fácilmente por programadores expertos basándose en las enseñanzas de la presente divulgación, como será evidente para los expertos en software.

Las realizaciones también pueden implementarse por la preparación de unos circuitos integrados de aplicación específica o interconectando una red apropiada de circuitos de componentes convencionales, como será fácilmente evidente para los expertos en la materia.

Las realizaciones también pueden implementarse mediante un producto de programa de ordenador, en particular, los métodos de control, en un medio de almacenamiento que incluye instrucciones que pueden usarse para programar un ordenador para que realice un procedimiento de la invención. El medio de almacenamiento puede incluir, pero no se limitan a, cualquier tipo de disco incluyendo disquetes, discos ópticos, CD-ROM, y discos magneto-ópticos, ROM, RAM, EPROM, EEPROM, tarjetas magnéticas u ópticas, o cualquier tipo de medios adecuados para almacenar instrucciones electrónicas.

Las realizaciones y ventajas anteriores son simplemente a modo de ejemplo y no deben interpretarse como limitantes de la presente invención. La presente enseñanza puede aplicarse fácilmente a otros tipos de aparatos. La descripción de la presente invención está destinada a ser ilustrativa, y no a limitar el alcance de las reivindicaciones. Muchas alternativas, modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la materia dentro del alcance de las reivindicaciones.

En la presente memoria descriptiva y en las reivindicaciones la palabra "un" o "una" precediendo a un elemento no excluye la presencia de una pluralidad de tales elementos. Además, la palabra "comprende" no excluye la presencia de otros elementos o etapas aparte de los enumerados.

La inclusión de signos de referencia entre paréntesis en las reivindicaciones pretende ayudar a la comprensión y no pretende ser limitante.

REIVINDICACIONES

1. Un procesador de banda base (10) para procesar información, que comprende un demultiplexor (15, 20) dispuesto para obtener dos o más flujos demultiplexados que llevan unas partes respectivas de la información, a unas velocidades de datos respectivas, un procesador de flujos (25, 30, 40) para procesar cada uno de los flujos demultiplexados antes de la transmisión a través de un canal de transmisión espacial respectivo, y un controlador (50, 155, 165) que está dispuesto para controlar el procesamiento independientemente del control de las velocidades de datos basándose en unos parámetros de más largo plazo de acuerdo con una métrica de estadísticas de canal y para controlar unos parámetros de más corto plazo de acuerdo con las mediciones de canal, respectivamente, en el que el control basado en los parámetros de más largo plazo y en los parámetros de más corto plazo se realiza de acuerdo con un primer bucle y un segundo bucle, respectivamente, siendo los bucles primero y segundo independientes o anidados, y estando el controlador dispuesto además para controlar las variaciones en el procesamiento a una primera frecuencia que no excede un límite dado, mientras que está dispuesto para controlar las velocidades de datos a una segunda frecuencia que excede dicho límite.
2. El procesador de banda base de la reivindicación 1, en el que el controlador (50, 155, 165) está dispuesto además para variar las velocidades de datos de los flujos demultiplexados para variar uno en relación con otro, mientras que mantiene una velocidad de datos general que coincide con una velocidad de datos de un origen de datos (5).
3. El procesador de banda base de una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, en el que el procesador de flujos (25, 30, 40) tiene uno cualquiera o más de: un codificador de detección de errores, un codificador de corrección de errores, y un modulador, y las variaciones que comprenden uno cualquiera o más de: el tipo de codificación, la cantidad de redundancia en la codificación, el tipo de modulación, y la asignación de subportadoras en una modulación de tipo subportadora.
4. El procesador de banda base de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el controlador (50, 155, 165) está dispuesto además para controlar las velocidades de datos dentro de un intervalo variable, variándose el intervalo con una respuesta más lenta que el control de las velocidades de datos.
5. El procesador de banda base de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el controlador (50, 155, 165) está dispuesto además para recibir una retroalimentación de una medición de canal de más corto plazo y de una tasa de error general de más largo plazo desde un receptor (75, 85, 95).
6. El procesador de banda base de la reivindicación 5, en el que el controlador (50, 155, 165) está dispuesto además para controlar las velocidades de datos de acuerdo con la medición de canal dentro de las restricciones determinadas en función de la tasa de error general de más largo plazo.
7. El procesador de banda base de la reivindicación 5 o 6, en el que el controlador (50, 155, 165) está dispuesto además para variar el procesamiento a una frecuencia menor que una frecuencia de actualización de las velocidades de datos, y estando la variación de acuerdo con la tasa de error general de más largo plazo.
8. Un transmisor que comprende un procesador de banda base (10) como se define en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
9. Un método de procesamiento de información que comprende las etapas de obtener dos o más flujos demultiplexados que llevan las partes respectivas de la información, a unas velocidades de datos respectivas, procesar cada uno de los flujos demultiplexados antes de la transmisión a través de un canal de transmisión espacial respectivo que controla el procesamiento independientemente del control de las velocidades de datos basándose en unos parámetros de más largo plazo de acuerdo con una métrica de estadísticas de canal y basándose en unos parámetros de más corto plazo de acuerdo con las mediciones de canal, respectivamente, en el que el control basado en los parámetros de más largo plazo y en los parámetros de más corto plazo se realiza de acuerdo con un primer bucle y un segundo bucle respectivamente, siendo los bucles primero y segundo independientes o anidados, estando las variaciones en el procesamiento controladas a una primera frecuencia que no excede un límite dado, mientras que las velocidades de datos están controladas a una segunda frecuencia que excede de dicho límite.
10. El método de la reivindicación 9, que comprende además la etapa de variar las velocidades de datos de los flujos demultiplexados permitiendo que varíen uno en relación con otro, mientras que se mantiene una velocidad de datos general que coincide con una velocidad de datos de una fuente de datos.
11. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10, en el que el procesamiento implica uno cualquiera o más de: una codificación de detección de errores, una codificación de corrección de errores y una modulación, y las variaciones que comprenden uno cualquiera o más de: el tipo de codificación, la cantidad de redundancia en la codificación, el tipo de modulación y la asignación de subportadoras en una modulación de tipo subportadora.

12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que las velocidades de datos se controlan dentro de un intervalo variable, variándose el intervalo con una respuesta más lenta que el control de las velocidades de datos.
- 5 13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, que comprende además la etapa de recibir la retroalimentación de la medición de canal de más corto plazo y de una tasa de error general de más largo plazo desde un receptor.
- 10 14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 13, en el que las velocidades de datos se controlan de acuerdo con la medición de canal dentro de las restricciones determinadas en función de la tasa de error general de más largo plazo.
- 15 15. El método de cualquiera de las reivindicaciones 13 a 14, en el que la variación del procesamiento se actualiza a una frecuencia menor que una frecuencia de actualización de las velocidades de datos, y estando la variación de acuerdo con la tasa de error general de más largo plazo.

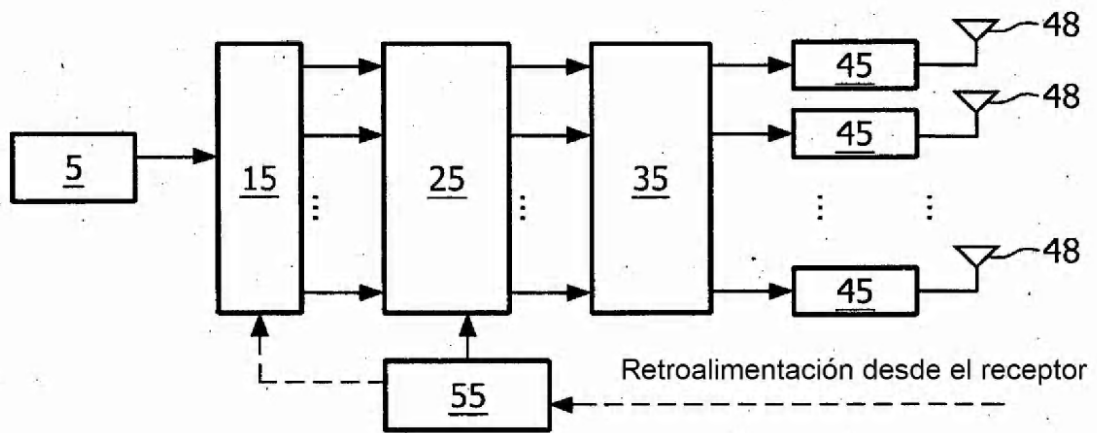


FIG. 1 TÉCNICA ANTERIOR

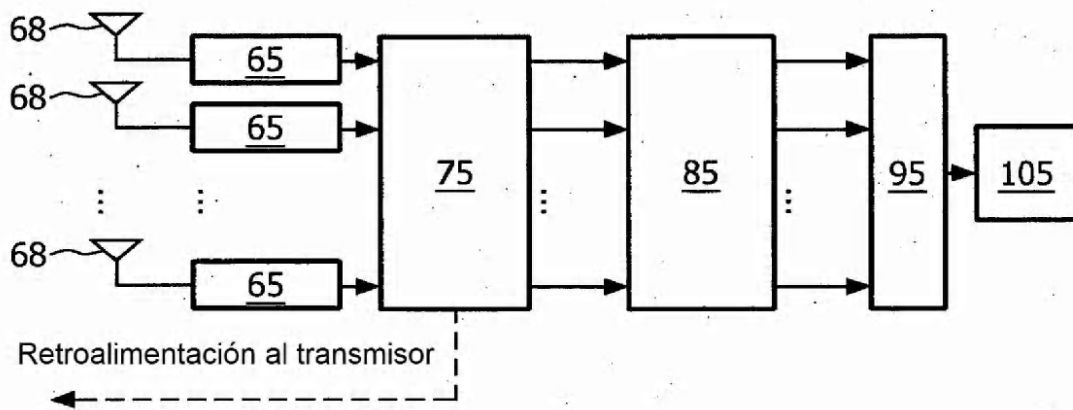


FIG. 2 TÉCNICA ANTERIOR

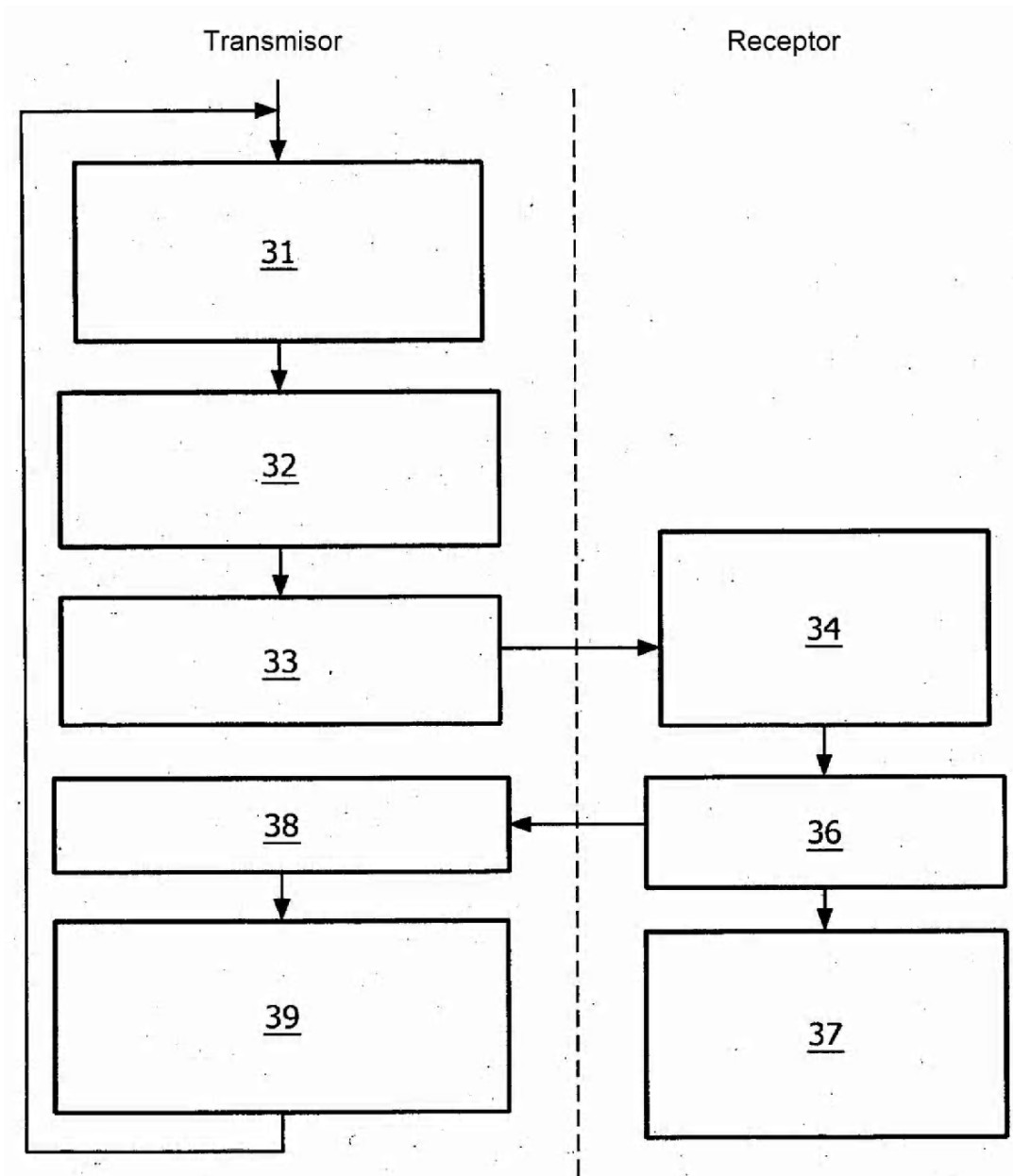


FIG. 3 TÉCNICA ANTERIOR

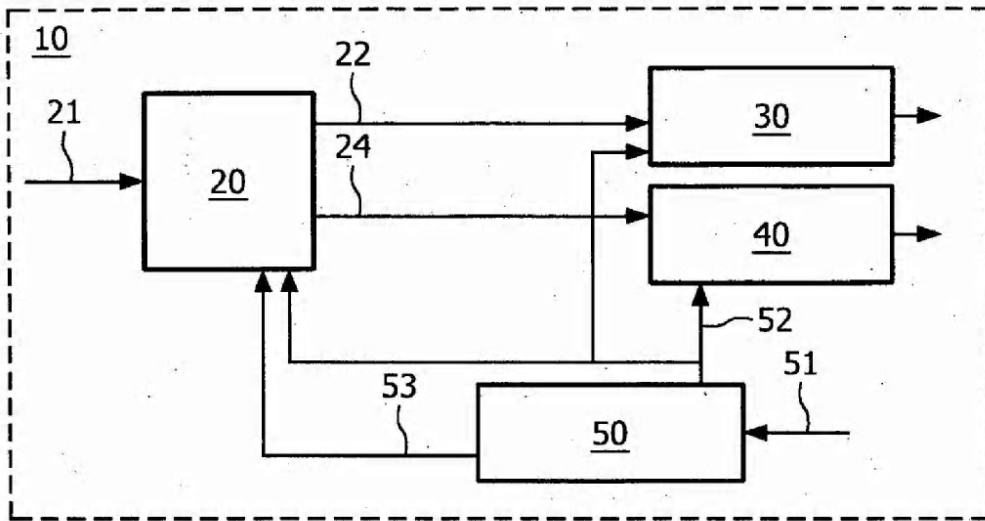


FIG. 4

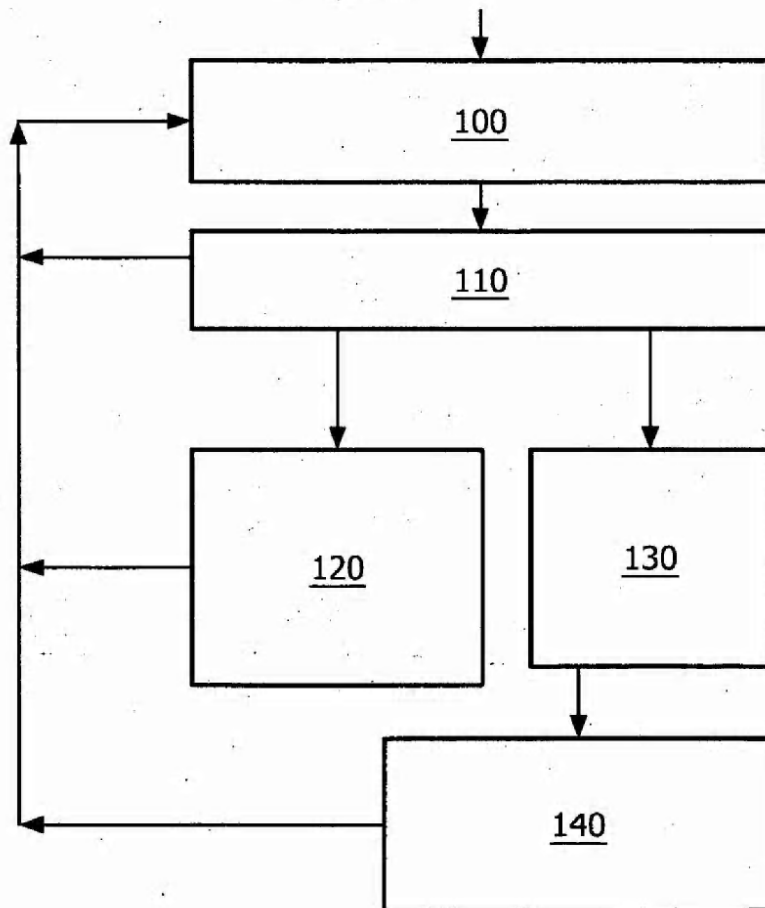


FIG. 5

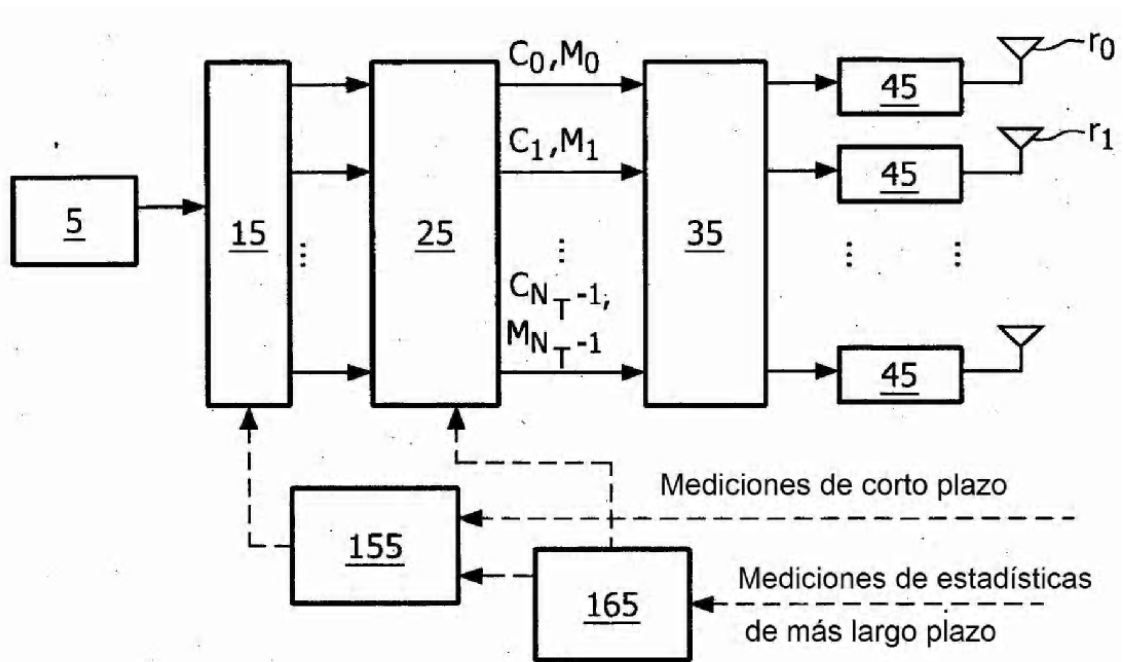


FIG. 6

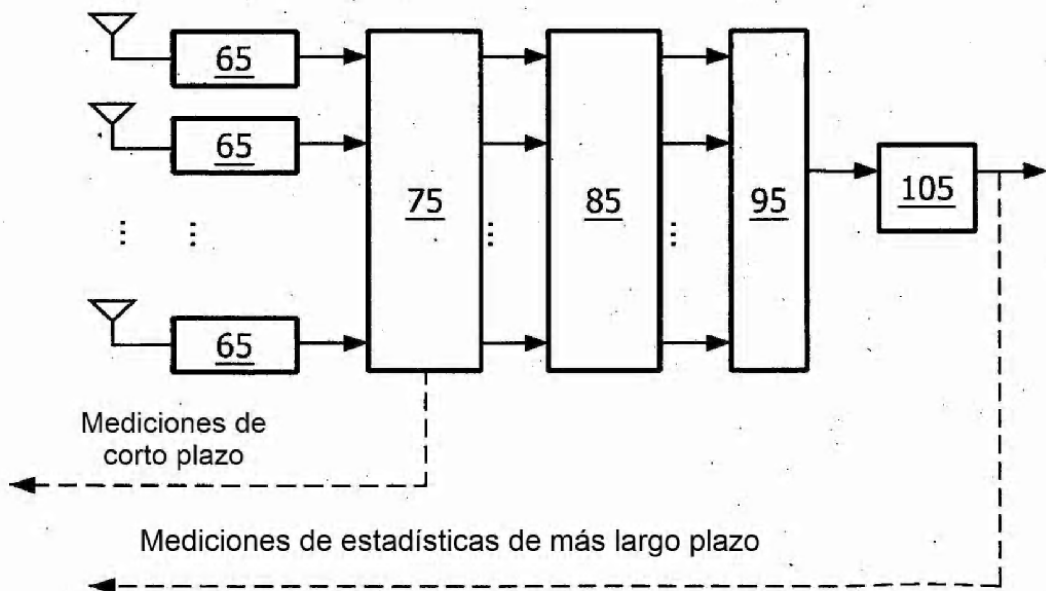


FIG. 7

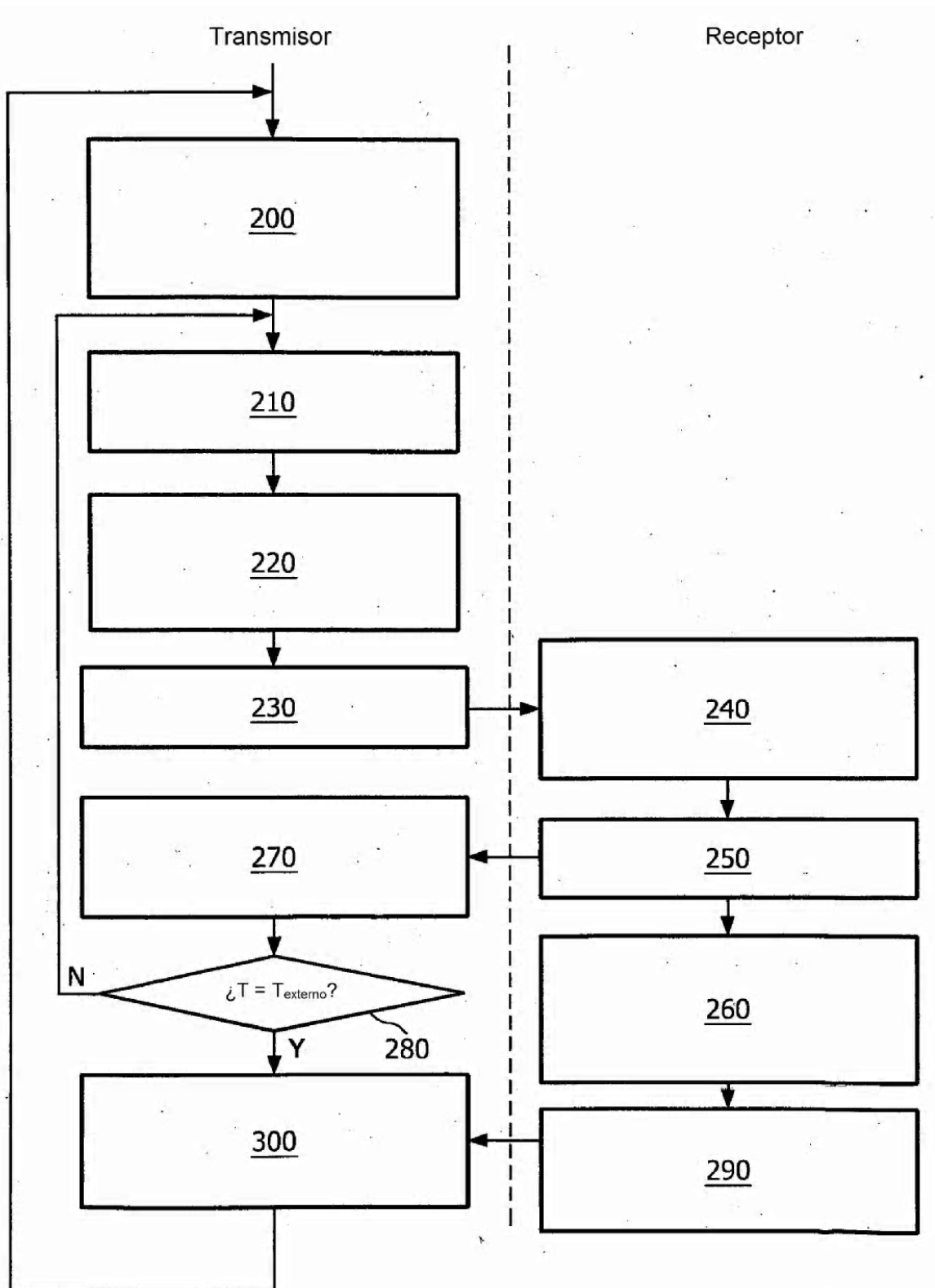


FIG. 8

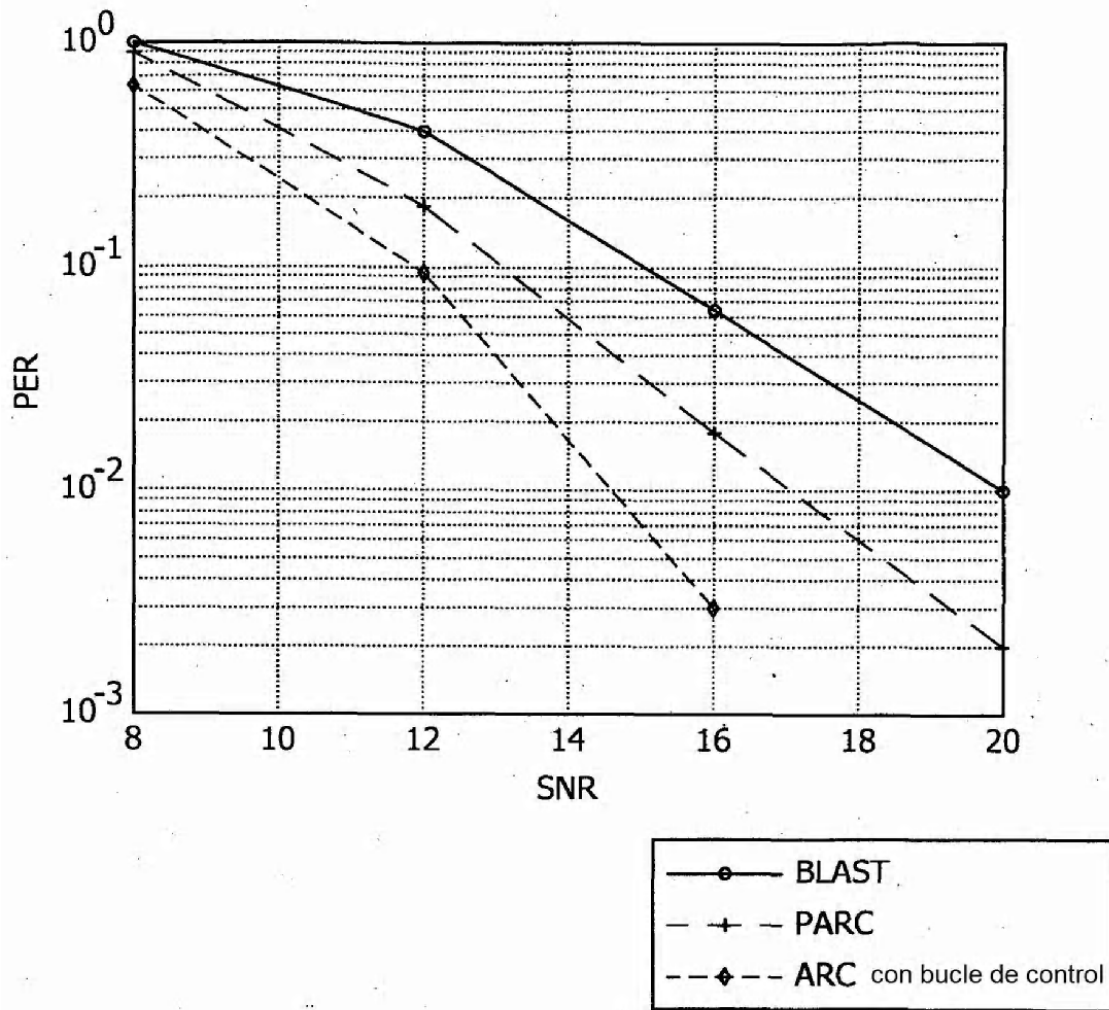


FIG. 9

Vel. datos (Mbps)	modulación	Vel. Cod.	SINR necesaria (dB)
2,4	QPSK	1/2	-Infinito
3,6	QPSK	3/4	3,5
4,8	16QAM	1/2	5,8
7,2	16QAM	3/4	9,5

FIG. 10