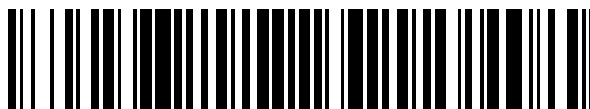


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 448 576**

51 Int. Cl.:

H04L 25/03 (2006.01)

H04L 27/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.09.2009** **E 09764706 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2013** **EP 2342876**

54 Título: **Recepción descentralizada y cooperativa de datos a través de estaciones base**

30 Prioridad:

26.09.2008 EP 08165231

02.10.2008 EP 08165718

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

14.03.2014

73 Titular/es:

VODAFONE HOLDING GMBH (100.0%)

Mannesmannufer 2

40213 Düsseldorf, DE

72 Inventor/es:

KHATTAK, SHAHID

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 448 576 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

Recepción descentralizada y cooperativa de datos a través de estaciones base.

Campo técnico

La invención se refiere a un procedimiento para la eliminación de interferencias para un grupo de estaciones base de una red de radio móvil en una recepción de datos que son transmitidos desde terminales de radio móviles en la red de radio móvil, en el que

- a) los datos en un terminal de radio móvil son codificados como símbolos de un alfabeto de modulación y modulados sobre una frecuencia portadora para la transmisión,
- b) las informaciones relativas a los símbolos recibidos en las estaciones base del grupo son transmitidas entre las estaciones base a través de enlaces de comunicación para la eliminación de interferencias, y
- c) las estaciones base del grupo demodulan y decodifican los símbolos recibidos de forma cooperativa y descentralizada.

Además la invención se refiere a una estación base en un grupo de estaciones base de una red de radio móvil para la eliminación de interferencias en la recepción de datos que son transmitidos desde terminales de radio móviles en la red de radio móvil, que contiene

- a) un receptor para la recepción de los datos que en un terminal de radio móvil son codificados como símbolos de un alfabeto de modulación y modulados sobre una frecuencia portadora para la transmisión,
- b) una interfaz para la emisión y recepción de informaciones relativas a los símbolos recibidos en las estaciones base del grupo mediante enlaces de comunicación para la eliminación de interferencias, y en la que
- c) el receptor está realizado para la demodulación y decodificación de forma cooperativa y descentralizada de los símbolos recibidos junto con otras estaciones base del grupo.

Estado de la técnica

Para garantizar la movilidad en las redes de radio móviles se emplean radioenlaces entre terminales de radio móviles en abonados de radio móvil y estaciones base estacionarias en la red de radio móvil. Cada estación base cubre una o varias regiones geográficas que son denominadas también células de radio. Las estaciones base están unidas mediante conexiones por red fija o radioenlaces dirigidos estacionarios con controladores de estación base y una red de transmisión para datos de voz u otros datos. El tráfico de datos a través de estas conexiones de retorno es denominado en inglés también "Backhaul".

Para transmitir datos entre un terminal de radio móvil y una estación base los datos son modulados en el terminal de radio móvil o la estación base sobre frecuencias portadoras y emitidos como señales de radio. En el estándar UMTS (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles) se emplea por ejemplo una modulación de amplitud en cuadratura (QAM). En la QAM son combinadas entre sí modulación de amplitud y de fase, siendo en primer lugar moduladas en amplitud dos oscilaciones ortogonales entre sí y luego sumadas. Para ello pueden ser empleadas por ejemplo una oscilación seno y una coseno, estos es, una oscilación seno desplazada 90° en fase. La suma representa la frecuencia portadora modulada en amplitud y fase.

En la llamada 4-QAM las dos oscilaciones son multiplicadas, respectivamente, por ejemplo por 1 ó -1 como modulación de amplitud. Resultan, por tanto, cuatro símbolos de emisión diferentes que son también denominados puntos de señal. De esta forma, en un instante se puede transferir el valor de un modelo de dos bits. Imaginariamente por la amplitud y la fase como coordenadas polares se forma un plano bidimensional, el llamado diagrama de constelación. En este diagrama de constelación los puntos de señal están dispuestos como retícula ortogonal. Correspondientemente en el caso de una 16-QAM se dispone de dieciséis símbolos y en el de una 256-QAM de 256. Con ello en un instante es posible una transmisión de 4 u 8 bits. En general una cantidad de símbolos disponibles en una modulación es designada como alfabeto de modulación. Para una secuencia de bits a ser transmitida es seleccionado un símbolo correspondiente de este alfabeto de modulación.

Debido al ruido, interferencias y otras perturbaciones los símbolos recibidos de un símbolo enviado están siempre afectados por errores y se dispersan con una distribución de probabilidad en torno al punto de señal enviado en el diagrama de constelación. Los detectores y decodificadores modernos eficaces determinan a menudo valores de probabilidad relativos a los símbolos o bits recibidos y tienen en cuenta estos en las siguientes etapas de decodificación de una decodificación iterativa. En la salida de un decodificador se tienen entonces como valores de probabilidad o valores estimados por ejemplo los llamados cocientes de verosimilitud o logaritmos de cocientes de verosimilitud. Estos son designados en lo que sigue también como valores L o valores LLR. Un ejemplo de ello conocido para el experto es una decodificación de turbo código que se emplea en redes de radio móviles de la tercera generación (por ejemplo UMTS). Los valores de probabilidad relativos a un símbolo o bits son denominados habitualmente también símbolos ponderados o bits ponderados. Por el contrario para una mejor diferenciación los símbolos o bits reales son denominados símbolos prefijados o bits prefijados.

Para evitar interferencias perturbadoras en la recepción de símbolos habitualmente se emplean frecuencias diferentes en estaciones base colindantes. Con ello se limita aún más el espectro de frecuencias utilizables ya limitado. Esta circunstancia supone una necesidad que crece exponencialmente de radioenlaces de banda ancha. En particular existe una gran demanda de conexiones móviles a internet rápidas con tasas de datos correspondientemente altas.

Un concepto técnico para conseguir una alta reutilización de frecuencias en una recepción de datos de terminales de radio móviles por las estaciones base, el llamado enlace ascendente, y una eliminación de las interferencias que se producen prevé una unidad de procesamiento central para un grupo de estaciones base. Los símbolos recibidos en las estaciones base son cuantificados sin otro procesamiento y transmitidos a la unidad de procesamiento central. La unidad de procesamiento central realiza a continuación un procesamiento y una decodificación común de los símbolos recibidos. Así, por ejemplo, los símbolos recibidos de estaciones base colindantes en el procesamiento de símbolos de una estación base se tienen en cuenta como posibles interferencias. Este enfoque con un procesamiento central es conocido por ejemplo por "A.D. Wyner, "Shannon-theoretic approach to a Gaussian cellular multiple-access channel", IEEE Transactions on Information Theory, 40(6): 1713-1727, 1994. Desfavorable en esta forma de proceder es además de la introducción costosa de nuevas unidades de procesamiento central, en particular, la transferencia de datos muy alta entre las estaciones base y estas unidades de procesamiento.

Otro concepto técnico parte, por tanto, de un procesamiento descentralizado, cooperativo de las señales recibidas por la estaciones base que para ello forman un grupo de estaciones base. Este concepto es conocido, por ejemplo por S. Khattak, G. Fettweis, "Distributive iterative detection in interference limited cellular network", Veh. Techn. Conf. Dublín, Proz. VTC Primavera 2007. Aquí la demodulación de todos los símbolos recibidos se distribuye a través del grupo de estaciones base que interactúan. Cada estación base del grupo realiza así cálculos locales relativos a los símbolos recibidos y los resultados son transmitidos a estaciones base colindantes como información para otro procesamiento. Asimismo es posible también un procesamiento iterativo. Para un intercambio de informaciones están previstos en las estaciones base enlaces de comunicación e interfaces correspondientes.

Un procedimiento similar está descrito en el artículo S. Kattak et al. "Distributed iterative multiuser detection through base station cooperation"; EURASIP journal on Wireless Communications and Networking.

Como información intercambiable entre las estaciones base se emplean por ejemplo valores L para los símbolos recibidos que están presentes en la salida de un detector o decodificador en cada estación base. Obviamente se consigue entonces una alta eficacia si todos los valores L relativos a los símbolos recibidos son transmitidos con alta precisión entre las estaciones base. Una estación base que recibe estas informaciones emplea los valores L para la reconstrucción de los símbolos recibidos en estaciones base colindantes. De acuerdo con los símbolos son determinadas a continuación las perturbaciones por estos en los símbolos recibidos y eliminadas. No obstante, para ello es igualmente necesaria desfavorablemente una transferencia de datos muy grande a través de los enlaces de comunicación. Puesto que para ello habitualmente son alquiladas conexiones de cable de firmas ajenas, se producen costes elevados.

Si por otro lado a partir de los valores L por una llamada decisión de bit prefijado son determinados los bits prefijados recibidos e intercambiados como información, esto conduce a una tasa de datos significativamente menor. Puesto que los bits prefijados ya no contienen ningún tipo de informaciones sobre fiabilidad, en la reconstrucción de interferencias y la determinación de valores de fiabilidad en una decodificación se producen errores considerables y por tanto una eficacia esencialmente menor de la demodulación distribuida.

Objeto de la invención

El objeto de la invención es, por tanto, evitar los inconvenientes del estado de la técnica y conseguir una mayor eficacia con tasas de transferencia de datos menores en un procesamiento descentralizado cooperativo de los símbolos recibidos en un grupo de estaciones base.

Según la invención el objeto se lleva a cabo con un procedimiento del tipo mencionado al principio para la eliminación de interferencias para un grupo de estaciones base de una red de radio móvil en una recepción de datos que son transmitidos desde terminales de radio móviles en una red de radio móvil, de manera que

d) es determinado, respectivamente, un valor esperado estadístico de un símbolo recibido en una estación base del grupo y transmitido como información para la eliminación de interferencias.

Además el objeto se lleva a cabo con una estación base del tipo mencionado al principio en un grupo de estaciones base de una red de radio móvil para la eliminación de interferencias en la recepción de los datos que son transmitidos por terminales de radio móviles en la red de radio móvil, de modo que

d) está previsto un módulo de determinación para la determinación de un valor esperado estadístico de un símbolo recibido, siendo determinado el valor esperado estadístico como información para la eliminación de interferencias.

El valor esperado estadístico de un símbolo recibido se puede representar como punto en un diagrama de constelación y por tanto como valor bidimensional o vector. En lugar de intercambiar por ejemplo todos los valores L

de un símbolo recibido relativos a los símbolos de un alfabeto de modulación empleado como información entre las estaciones base del grupo, en el procedimiento según la invención y la estación base según la invención, es transmitido, respectivamente, solo un valor esperado estadístico de un símbolo recibido. Con ello se consigue una reducción considerable del volumen de transferencia de datos entre las estaciones base, el llamado "Backhaul", en un procesamiento de los símbolos recibidos distribuido de forma cooperativa. Por otra parte el valor esperado estadístico contiene informaciones sobre una fiabilidad de los símbolos recibidos. Esto no se tiene en modelos de bits o símbolos que son determinados en una decodificación de valores L . Por tanto, por la transmisión de valores esperados en lugar de modelos de bits o símbolos decodificados se eleva la eficacia de la demodulación y la decodificación de forma cooperativa descentralizada a través de un grupo de estaciones base. El procedimiento según la invención y la estación base según la invención representan, por tanto, una coordinación óptima entre el volumen de transferencia de datos y la eficacia en la recepción cooperativa descentralizada de símbolos por un grupo de estaciones base.

Una realización ventajosa del procedimiento según la invención para la eliminación de interferencias para un grupo de estaciones base de una red de radio móvil en una recepción de datos se consigue por un cálculo del valor esperado estadístico a partir de valores estimados del símbolo recibido tras una etapa de decodificación seleccionada del receptor de la estación base. Los valores estimados de los símbolos recibidos están presentes en procedimientos de decodificación eficientes recientes por ejemplo como valores L tras una etapa de decodificación en una salida de detector o decodificador. El valor esperado estadístico de un símbolo recibido se puede determinar así de forma rápida sin gran esfuerzo y empleando recursos existentes a partir de los valores estimados presentes con ayuda del módulo de determinación.

Preferentemente en una realización del procedimiento según la invención están previstas una selección de un símbolo del alfabeto de modulación que se sitúa más próximo al valor esperado estadístico y una transmisión de los bits correspondientes a este símbolo como cuantificación del valor esperado estadístico. Por tal cuantificación el volumen de transferencia de datos corresponde al volumen de transferencia de datos pequeño favorable de la transmisión de modelos de bits decodificados. A diferencia de los modelos de bits decodificados los bits transmitidos como cuantificación del valor esperado contienen, sin embargo, informaciones sobre la fiabilidad de los símbolos recibidos y posibilitan una demodulación y una decodificación de forma cooperativa y distribuida más eficaz. Puesto que el valor esperado como símbolo ponderado en valores estimados más débiles se deriva hacia el origen de un diagrama de constelación, los bits determinados por la cuantificación descrita del valor esperado se diferencian de aquellos bits que son determinados por una decodificación.

Otra realización preferida del procedimiento según la invención se consigue si en una estación base del grupo

- a) con valores esperados recibidos de otras estaciones base del grupo son reconstruidos, respectivamente, los símbolos recibidos en otras estaciones, y
- b) los símbolos reconstruidos son empleados para la eliminación de interferencias en un símbolo recibido.

Para la reconstrucción de los símbolos recibidos en otras estaciones base por valores esperados recibidos puede servir por ejemplo un modulador en el receptor de una estación base. Los símbolos reconstruidos son interpretados como interferencia y sustraídos de los símbolos recibidos por ejemplo con ayuda de un sustractor. De esta forma se realiza una eliminación muy efectiva de las interferencias que se producen por una reutilización de frecuencias en una recepción cooperativa de datos con un grupo de estaciones base.

En una realización ventajosa del procedimiento según la invención es determinado iterativamente con valores esperados recibidos un nuevo valor esperado para un símbolo recibido y el nuevo valor esperado es transmitido a otras estaciones base del grupo. Por este procedimiento iterativo se consiguen una demodulación y decodificación de los símbolos recibidos de forma cooperativa muy eficaz y distribuida a través de las estaciones base del grupo. Asimismo mediante el número de iteraciones puede controlarse una precisión de los resultados. Una decodificación iterativa muy efectiva de símbolos recibidos puede ser realizada de forma cooperativa también por un grupo de estaciones base.

Además en un perfeccionamiento ventajoso del procedimiento según la invención está previsto que con una distribución de probabilidad para los símbolos recibidos sea optimizado el nivel de reconstrucción de la cuantificación del valor esperado estadístico. Una cuantificación del valor esperado estadístico provoca una pérdida de información inevitable en el procesamiento cooperativo descentralizado de los símbolos recibidos por un grupo de estaciones base. Los errores de cuantificación así producidos prosiguen especialmente en un procesamiento de señal iterativo e influyen negativamente sobre el proceso de procesamiento de señal completo. Según una distribución de probabilidad de los símbolos recibidos, en una cuantificación de valores esperados se producen modelos de bits de diferente frecuencia. Por tanto, por un proceso de cuantificación adecuado se puede optimizar el nivel de reconstrucción de forma que la pérdida de información y por tanto los errores de cuantificación se reduzcan. Esto afecta de forma ventajosa al procesamiento cooperativo descentralizado de los símbolos recibidos. Una cuantificación puede realizarse por ejemplo con ayuda de una cuantificación Lloyd-Max de acuerdo con S. Lloyd "Least squares quantization in PCM" (no publ. Bell Lab. Techn. Nota, 1957) IEEE Trans. Inf. Theory, vol. IT-28, págs. 129-137, 1982 y J. Max "Quantizing for minimum distortion", IEEE Trans. Inf. Theory, vol. 6, págs. 7-12, 1960. En

esta cuantificación el error cuadrático medio entre las densidades de probabilidad de valores continuos y cuantificados es minimizado por una adaptación del nivel de reconstrucción.

Una realización ventajosa de la estación base según la invención en un grupo de estaciones base de una red de radio móvil para la eliminación de interferencias en la recepción de datos prevé un módulo de cuantificación que selecciona un símbolo del alfabeto de modulación más próximo al valor esperado estadístico y proporciona los bits correspondientes a este símbolo como cuantificación del valor esperado estadístico para una transmisión. De este modo el volumen de transferencia de datos corresponde al volumen de transferencia de datos pequeño favorable de la transmisión de modelos de bits decodificados. Asimismo los bits transmitidos como cuantificación del valor esperado contienen adicionalmente informaciones sobre la fiabilidad de los símbolos recibidos y posibilitan, por tanto, una demodulación y decodificación de forma distribuida y cooperativa eficaz de los símbolos recibidos.

Otra realización preferida de la estación base según la invención se consigue si está prevista una unidad de optimización para optimizar el nivel de reconstrucción de la cuantificación del valor esperado estadístico, respectivamente, de acuerdo con una distribución de probabilidad de los símbolos recibidos. Asimismo, por ejemplo puede ser empleada por la unidad de optimización una cuantificación Lloyd-Max. Como en la realización correspondiente del procedimiento según la invención en esta realización se reducen los errores de cuantificación y por tanto la pérdida de información en una cuantificación. Esto eleva el rendimiento del procesamiento cooperativo descentralizado de los símbolos recibidos por un grupo de estaciones base.

Otros perfeccionamientos y ventajas resultan del contenido de las reivindicaciones subordinadas, así como de los dibujos con la descripción correspondiente.

Un ejemplo de realización de la invención está explicado en detalle a continuación con referencia a los dibujos correspondientes.

Breve descripción de los dibujos

Fig. 1, muestra en un diagrama de principio esquemático un grupo de estaciones base en una red de radio móvil para una recepción descentralizada y cooperativa de datos que son transmitidos desde terminales de radio móviles;

Fig. 2, muestra en un diagrama de principio esquemático un receptor de una estación base para la recepción descentralizada y cooperativa de datos según la Fig. 1;

Fig. 3, muestra en un diagrama de constelación diferentes símbolos reconstruidos en una estación base;

Fig. 4, muestra un desplazamiento de un valor esperado como símbolo ponderado en un diagrama de constelación en una cuantificación 16-QAM con codificación Gray cuando varía una fiabilidad de valores L;

Fig. 5, muestra como función de la varianza de valores L, la probabilidad de que un valor ponderado o valor esperado, respectivamente, se encuentre dentro de una región de Voronoi en torno a diferentes puntos de constelación de una 16-QAM con codificación Grey;

Fig. 6, muestra en un diagrama niveles de reconstrucción optimizados como función de la varianza de los valores L para diferentes bits transmitidos dentro de una constelación de una 16-QAM; y

Fig. 7, muestra en un diagrama tasas de error en un grupo con cuatro estaciones base y cuatro terminales de radio móviles como resultado de una simulación numérica.

Ejemplo de realización preferido

En la Fig. 1 se designa con 10 una red de radio móvil celular pública para la comunicación móvil y la utilización de servicios. La red de radio móvil 10 puede estar diseñada esencialmente por ejemplo según los estándares UMTS, HSPA (Acceso mediante Paquetes Alta Velocidad), LTE/SAE (Evolución a largo Plazo/Evolución de la arquitectura del servicio) u otro estándar de la tercera o cuarta generación. Para el experto son bien conocidas tales redes de radio móviles con sus correspondientes componentes. Por simplicidad la red de radio móvil 10 está representada esquematizada por una nube.

La red de radio móvil 10 contiene estaciones base 12, 14, 16 estacionarias para establecer radioenlaces 18 con terminales de radio móviles 20, 22, 24. De esta forma es realizada una movilidad para los abonados de radio móvil en caso de uso de los terminales de radio móviles 20, 22, 24. Las estaciones base 12, 14, 16 forman así células de radio 26, 28, 30 como regiones geográficas de cobertura. Las células de radio 26, 28, 30 están representadas simbólicamente como hexágonos en la Fig. 1. Las células de radio reales pueden adoptar formas muy diferentes, por ejemplo dependiendo de las influencias del terreno y el medioambiente u otra adaptación dinámica de una potencia de emisión. Según la célula de radio 26, 28, 30 en la que se encuentre un terminal de radio móvil 20, 22, 24 es asignada habitualmente la estación base 12, 14, 16 correspondiente para el intercambio de datos.

Adicionalmente las estaciones base 12, 14, 16 forman un grupo 32 de estaciones base para la recepción descentralizada y cooperativa de datos 34 que son transmitidos por los terminales de radio móviles 20, 22, 24. Los terminales de radio móviles 20, 22, 24 emplean preferentemente las mismas frecuencias de radio para conseguir una alta reutilización de frecuencias dentro de un espectro de frecuencias limitado predeterminado. Asimismo las interferencias 36 que se producen y que están representadas como flechas con línea de trazos en la Fig. 1 son eliminadas por un intercambio de informaciones 38 mediante señales recibidas entre las estaciones base 20, 22, 24. Para ello tiene lugar un procesamiento iterativo de las señales recibidas. Esta forma de proceder se denomina, por tanto, también detección de usuarios múltiples distribuida iterativa por una cooperación de las estaciones base.

Para la transmisión de las informaciones 38 mediante señales recibidas están previstos enlaces de comunicación 40 entre las estaciones base 12, 14, 16. Los enlaces de comunicación 40 están diseñados preferentemente como conexiones por cable o radioenlaces dirigidos estacionarios y pueden ser realizados directamente entre las estaciones base 12, 14, 16 o a través de otros componentes de la red de radio móvil 10, como por ejemplo unidades de control de estación base (BSC: Controlador de estación base o RNC: Controlador de red de radio).

En lugar del grupo 32 de tres estaciones base 12, 14, 16 representado a modo de ejemplo en la Fig. 1, es posible también un grupo de dos o más de tres estaciones base colindantes. Además en la red de radio móvil 10 pueden estar previstos varios grupos 34 de estaciones base, pudiendo una estación base 12, 14, 16 ser también simultáneamente miembro de varios grupos 34. Los grupos 34 de estaciones base 12, 14, 16 pueden ser previstos en la red de radio móvil 10 de forma estática o dinámica, por ejemplo según una aparición de abonados.

En la Fig. 2 en un diagrama de bloques esquemático está representado un receptor 50 que está previsto, respectivamente, en las estaciones base 12, 14, 16 (véase la Fig. 1) para la recepción descentralizada y cooperativa de datos 34. El receptor 50 contiene una unidad de entrada 52 para señales recibidas por una antena y una unidad de detector y decodificación 54 para la decodificación iterativa de las señales o símbolos recibidos. Además en el receptor 50 están previstos un módulo de determinación 56 para la determinación de un valor esperado estadístico de un símbolo recibido a partir de valores estimados relativos a los símbolos recibidos y un módulo de cuantificación 58 para la cuantificación o digitalización del valor esperado estadístico determinado para una transmisión a otras estaciones base 12, 14, 16. La transmisión se realiza a través de una interfaz 60 y los enlaces de comunicación 40. Mediante la interfaz 60 es posible además una recepción de los valores esperados correspondientes de otras estaciones base 12, 14, 16 del grupo 32. Estos valores esperados sirven como información 38 sobre los símbolos recibidos en cada caso en las otras estaciones base 12, 14, 16. Con un modulador 62 para la reconstrucción de símbolos a partir de informaciones recibidas 38, medios 64 para la consideración de propiedades de canal, como por ejemplo pérdidas de ruta, y un substractor 66, en las otras estaciones base 12, 14, 16 los símbolos recibidos son eliminados como interferencia de los símbolos recibidos. El módulo de determinación 56, el módulo de cuantificación 58, la interfaz 60, el modulador 62, los medios 64 y el substractor 66 están previstos en este ejemplo de realización en el receptor 50. En realizaciones alternativas algunos de estos componentes pueden estar previstos parcial o completamente dentro del receptor 50 en la estación base 12, 14, 16 respectiva o en otros componentes del receptor 50. Además puede ser empleado un módulo de optimización 68 para la optimización del nivel de reconstrucción en una cuantificación de valores esperados.

A continuación se describirán en virtud de las figuras 1, 2 y 3 modos de funcionamiento de las estaciones base 12, 14, 16 junto con los receptores 50 con un procedimiento a modo de ejemplo para la recepción iterativa, descentralizada y cooperativa de datos 34. Para ello es seleccionada a modo de ejemplo una estación base 12, 14, 16 del grupo 32 y designada como estación base l -ésima. En la Fig. 2 se ilustra esta circunstancia por un subíndice l . El subíndice d designa una corriente de datos deseada y el índice i una corriente de datos de interferencia dominante. Con un superíndice e se designan informaciones de probabilidad extrínsecas o a posteriori.

Los terminales de radio móviles 20, 22, 24 activos en la red de radio móvil 10 están asignados, respectivamente, a una estación base 12, 14, 16 (véanse las flechas 18 en la Fig. 1). Para una transmisión de datos 34 desde un terminal de radio móvil 20, 22, 24 a la estación base 12, 14, 16 asignada mediante un enlace 18, un llamado enlace ascendente, los datos 34 son modulados como símbolos sobre una frecuencia portadora y emitidos por el terminal de radio móvil 20, 22, 24. Los símbolos son seleccionados así según los modelos de bits a ser transmitidos de una cantidad disponible de símbolos. Esta cantidad de símbolos se denomina también alfabeto de modulación. Por ejemplo, en una modulación de amplitud en cuadratura con dieciséis símbolos (16-QAM) es transmitida una secuencia de bits con cuatro bits por símbolo. Los símbolos de la 16-QAM se pueden representar en un diagrama de constelación (véase la Fig. 3). Para la corrección de errores se diferencian secuencias de bits de símbolos colindantes solo por un bit. Tal codificación se denomina codificación Gray.

Una antena en la estación base 12, 14, 16 l -ésima recibe los símbolos del terminal de radio móvil 20, 22, 24 asociado con interferencias. Además de ruido se producen en particular interferencias 36 por los terminales de radio móviles 20, 22, 24 que están emitiendo en células de radio 26, 28, 30 colindantes. Tales interferencias son denominadas también OCI (Interferencia de otras células) y se producen, por ejemplo, por una reutilización de frecuencias. Las señales o símbolos r_l recibidos son redirigidos a la unidad de entrada 52 del receptor 50.

En una primera etapa son transmitidos los símbolos r_l recibidos desde la unidad de entrada 52 directamente a la unidad de detector y decodificación 54. La unidad de detector y decodificación 54 realiza de forma convencional una

primera detección de usuario individual y decodificación de usuario individual, siendo tratados como interferencia los símbolos que interfieren de otros terminales de radio móviles 20, 22, 24. Después, en una salida de la unidad de detector y decodificación 54 se tienen cocientes de verosimilitud L_d^e como valores estimados para los símbolos

transmitidos. Estos cocientes de verosimilitud L_d^e utilizan a continuación el módulo de determinación 56 para

- 5 determinar un valor esperado $\hat{s}_d$ para un símbolo transmitido. El valor esperado $\hat{s}_d$ se obtiene por ejemplo de:

$$\hat{s}_d = E \{S_d | L_d^e\} = \sum_{s_k \in A} s_k p(s_d = s_k | L_d^e)$$

Aquí se designa con A un alfabeto de modulación, con s_k un símbolo del alfabeto de modulación y con s_d un símbolo recibido como variable aleatoria. El valor esperado estadístico $\hat{s}_d$ se denomina en lo que sigue también símbolo ponderado o estimación de símbolo ponderado.

- 10 El símbolo ponderado $\hat{s}_d$ es cuantificado y digitalizado con el módulo de cuantificación 58 para una transmisión a otras estaciones base 12, 14, 16. Para ello es determinado en primer lugar el símbolo s_{exch} del alfabeto de modulación que se sitúa más próximo al símbolo $\hat{s}_d$:

$$s_{\text{exch}} = \arg \min_{s_k \in A} |\hat{s}_d - s_k|$$

- 15 Tal decisión para un símbolo prefijado s_{exch} es designada decisión de símbolo prefijado o en inglés Hard-Symbol-Decision. La secuencia de bits u_i correspondiente a este símbolo prefijado s_{exch} es transmitida a otras estaciones base 12, 14, 16 a través de la interfaz 60 y los enlaces de comunicación 40 como información 38 de intercambio.

- Esta forma de proceder está representada gráficamente en la Fig. 3 basándose en un diagrama de constelación 80. En el diagrama de constelación 80 todos los símbolos o puntos de constelación de una 16-QAM con codificación Gray están representados como círculos 82. Mediante los puntos de constelación 82 se muestran secuencias de bits 84 asignadas correspondientemente a una codificación Gray. Las secuencias de bits 84 colindantes se diferencian solo por un bit. En torno a los puntos de constelación 82 se han ilustrado con ayuda de líneas de trazos regiones de Voronoi 86 respectivas. Una decisión de bit prefijado directamente a partir de los cocientes de verosimilitud L_d^e conduciría por ejemplo al símbolo 88 con la secuencia de bits 0000 representado como cuadrado. El valor

- esperado $\hat{s}_d$ determinado en este ejemplo a partir de los cocientes de verosimilitud L_d^e se muestra en la Fig. 3 como cruz 90. El símbolo s_{exch} situado más próximo al valor esperado $\hat{s}_d$ está caracterizado con un triángulo 92. La secuencia de bits 0101 asignada es transmitida como información 38 (véase la Fig. 2) a otras estaciones base 12, 14, 16 (véase la Fig. 1). Así, la secuencia de bits 0101 respecto a la secuencia de bits 0000 (decisión de bit prefijado directa a partir de los cocientes de verosimilitud L_d^e) teniendo el mismo volumen de datos contiene ventajosamente informaciones de probabilidad sobre un símbolo recibido y posibilita así una recepción descentralizada y cooperativa más efectiva de símbolos por el grupo 32 de estaciones base.

De las otras estaciones base 14, 16, 18 del grupo, la estación base l-ésima 14, 16, 18 recibe a través de los enlaces de comunicación 40 y la interfaz 60 secuencias de bits u_i^e relativas a los valores esperados $\hat{s}_i$ determinados (véase la Fig. 2). Con letra en negrita son designados los vectores. El modulador 62 reconstruye a partir de las secuencias de bits u_i^e los valores esperados $\hat{s}_i$ correspondientes o los símbolos $s_{i,\text{exch}}$ situados más próximos al valor esperado

- 35 $\hat{s}_i$. A continuación estos valores esperados $\hat{s}_i$ son eliminados de la señal recibida como interferencia perturbadora. Para ello en una reconstrucción a través de los medios 64 se tienen en cuenta propiedades de canal h_i , por ejemplo pérdidas de ruta. Una energía determinada de esta forma de los símbolos de interferencia $h_i \cdot \hat{s}_i$ es substraída de la señal r_i recibida con el substractor 66. Como resultado, tras tal eliminación de interferencias se tiene una señal de interferencia reducida y_i :

$$40 \quad y_i = r_i - h_i \cdot \hat{s}_i = r_i - \sum_{\forall i \neq l} h_i \hat{s}_i$$

La señal y_i es transferida a la unidad de detector y decodificación 54. Tras una detección y decodificación de usuario individual se tienen cocientes de verosimilitud L_d^e esencialmente más precisos a partir de los cuales es determinado

de nuevo un valor esperado $\hat{s}_d$ más preciso y transmitido a otras estaciones base 12, 14, 16 del grupo 32. En cada siguiente iteración del procedimiento se realiza en primer lugar la substracción de interferencias descrita antes y a continuación una detección y decodificación de usuario individual para los símbolos recibidos. Finalmente el símbolo deseado s_d tiene una tasa de error pequeña a pesar de las interferencias por una reutilización de frecuencias.

- 5 La Fig. 4 muestra un desplazamiento del valor esperado como símbolo ponderado en un diagrama de constelación en una 16-QAM con codificación Gray cuando cambia una fiabilidad de los valores estimados. Allí el valor de los logaritmos de los cocientes de verosimilitud varía desde ∞ hasta 0 y se considera el 2. bit y el 4. bit de una secuencia de bits asignada al símbolo ponderado. La probabilidad de un símbolo ponderado reconstruido varía como está representado en la Fig. 4, desplazándose muchos de los símbolos ponderados reconstruidos al origen del diagrama de constelación (abajo a la derecha). Con I se designa en una QAM una oscilación de portadora “en fase” y con Q una oscilación de portadora con “cuadratura”, es decir desplazada 90° en fase.

- 10 Con una distribución de probabilidad conocida de los símbolos ponderados $\hat{s}_d$ reconstruidos es posible otra elevación de la eficacia de la recepción cooperativa descentralizada con el grupo 32 de estaciones base por una optimización del nivel de reconstrucción. En la Fig. 5 están representadas probabilidades para los diferentes
15 símbolos ponderados como función de la varianza σ_L^2 de los logaritmos de los cocientes de verosimilitud. Para ello se ajusta una distribución gaussiana bimodal. Los símbolos ponderados están situados en la región de Voronoi en torno a diferentes puntos de constelación de una 16-QAM con codificación Gray. Según la distribución de probabilidad de los símbolos ponderados reconstruidos en una cuantificación se producen secuencias de bits con diferente frecuencia. Por la codificación Gray también los bits individuales de una secuencia de bits tienen una
20 probabilidad diferente.

- Si se conoce la distribución de probabilidad de los cocientes de verosimilitud para cada bit dentro de una región de Voronoi se puede determinar un nivel de reconstrucción óptimo como función de la varianza de los cocientes de verosimilitud. Una optimización se realiza de forma que se reduce una pérdida de información en una cuantificación. Para ello la unidad de optimización 68 puede realizar una cuantificación Lloyd-Max de acuerdo con S. Lloyd “Least
25 squares quantization in PCM” (no publ. Bell Lab. Techn. Nota, 1957) IEEE Trans. Inf. Theory, vol IT-28, págs. 129-137, 1982 y J. Max “Quantizing for minimum distortion”, IEEE Trans. Inf. Theory, vol 6, págs. 7-12, 1960. En esta cuantificación se minimiza el error cuadrático medio entre las densidades de probabilidad de forma continua y cuantificada por una adaptación del nivel de reconstrucción. También es posible una llamada “cuantificación Lloyd-Max en los dominios de bits ponderados” según S. Khattak, W. Rave y G. Fettweis, “Distributed Iterative Multiuser
30 Detection through Base Station Cooperation” EURASIP J. on Wireless Comm. and Networking, volumen 2008, artículo ID 390489.

- Niveles de reconstrucción optimizados pueden ser calculados aquí antes como función de la varianza σ_L^2 de los logaritmos de cocientes de verosimilitud y ser empleados en una recepción de bits prefijados según la secuencia de bits de una estación base 12, 14, 16. En la Fig. 6 se muestran niveles de reconstrucción optimizados para bits de
35 símbolos diferentes que son determinados por una aplicación de una cuantificación Lloyd-Max en los dominios de los bits ponderados. La varianza σ_L^2 es determinada y proporcionada por el modulador 62 (véase la Fig. 2).

- En la Fig. 7 están representadas en un diagrama tasas de error de bit (BER) para diferentes informaciones intercambiadas en una recepción descentralizada y cooperativa de datos por un grupo de estaciones base. La tasa de error de bit está representada como función de la relación de la energía de bit y la densidad de potencia de ruido E_b/N_0 . La relación de la energía E_b empleada para un bit de información respecto a la densidad de potencia de ruido
40 espectral N_0 designa la relación señal/ruido sobre un bit de información. Al aumentar el ruido, es decir al disminuir E_b/N_0 , aumenta habitualmente la tasa de error de bit. Las tasas de error de bit representadas en la Fig. 7 fueron calculadas por una simulación numérica de cuatro terminales de radio móviles transmisores en un grupo de cuatro estaciones base con células de radio correspondientes. Asimismo fueron adoptadas o empleadas entre otras las
45 siguientes características: canal IID Rayleigh, palabra de código = 512 símbolos, modulación 16-QAM con codificación Gray, codificación PCCC con tasa de codificación $1/2$ y pérdida de ruta $p = 12$ db.

- Un intercambio de cocientes de verosimilitud como información ponderada entre las estaciones base, curva continua 100, conduce a una tasa de error de bit muy baja, pero también a un volumen de transferencia de datos muy grande (Backhaul en inglés). Todos los cocientes de verosimilitud deben ser transmitidos con suficiente precisión entre las
50 estaciones base. Un intercambio de cocientes de verosimilitud puede, no obstante, ser considerado como límite superior para la eficacia de una recepción descentralizada y cooperativa de datos por un grupo de estaciones base.

- Por otra parte un intercambio de bits prefijados, curva continua 102, que es determinada directamente a partir de los cocientes de verosimilitud con una decisión de bit prefijado (véase la Fig. 3, 88) conduce a un volumen de transferencia de datos pequeño pero con una alta tasa de error de bit. Los bits prefijados ya no contienen ningún tipo
55 de información de fiabilidad como se ha descrito antes. De esta forma solo se consigue una eficacia pequeña en la

recepción descentralizada y cooperativa por un grupo de estaciones base. No obstante, tal intercambio de bits prefijados puede ser considerado un límite inferior para la eficacia del grupo de estaciones base.

5 Un intercambio de valores esperados estadísticos como secuencia de bits de una decisión de símbolo prefijado según el procedimiento descrito anteriormente y las estaciones base 12, 14, 16 tiene como resultado como tasa de error de bit la curva representada con línea de trazos 104. Partiendo de la curva 100 se reduce la tasa de error de bit a aproximadamente la mitad frente a un intercambio de bits prefijados (curva 102). Asimismo el volumen de transferencia de datos corresponde al del intercambio de bits prefijados. Con el mismo volumen de transferencia de datos pequeño con el procedimiento descrito y las estaciones base 12, 14, 16 se consigue, por tanto, una elevación esencial de la eficacia de la recepción cooperativa descentralizada. Asimismo, ventajosamente para una recepción y 10 reconstrucción de valores esperados y para una substracción de interferencias no son necesarias etapas de procedimiento o componentes adicionales en una estación base respecto a un intercambio de una decisión de bit prefijado.

Otra mejora de la tasa de error de bit y, por tanto, un aumento de la eficacia se posibilita por una optimización descrita antes del nivel de reconstrucción en una transmisión de valores esperados estadísticos, curva con línea de 15 trazos 106.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la eliminación de interferencias (36) para un grupo (32) de estaciones base (12, 14, 16) de una red de radio móvil (10) en una recepción de datos (34) que son transmitidos desde terminales de radio móviles (20, 22, 24) en la red de radio móvil (10), en el que
- 5 a) los datos (34) son codificados en un terminal de radio móvil (20, 22, 24) como símbolos de un alfabeto de modulación y modulados sobre una frecuencia portadora para la transmisión,
- b) las informaciones (38) relativas a los símbolos recibidos en las estaciones base (12, 14, 16) del grupo (32) son transmitidas entre las estaciones base (12, 14, 16) mediante enlaces de comunicación (40) para eliminar interferencias (36), y
- 10 c) las estaciones base (12, 14, 16) del grupo (32) demodulan y decodifican los símbolos recibidos de forma cooperativa y descentralizada,
- caracterizado por que
- d) es determinado en cada caso un valor esperado estadístico de un símbolo recibido en una estación base (12, 14, 16) del grupo (32) y transmitido como información (38) para la eliminación de interferencias (36) al resto de
- 15 estaciones base del grupo.
2. Procedimiento para la eliminación de interferencias (36) para un grupo (32) de estaciones base (12, 14, 16) de una red de radio móvil (10) en una recepción de datos (34) según la reivindicación 1, caracterizado por un cálculo del valor esperado estadístico a partir de valores estimados del símbolo recibido tras una etapa de decodificación seleccionada de un receptor (50) de la estación base (12, 14, 16).
- 20 3. Procedimiento para la eliminación de interferencias (36) para un grupo (32) de estaciones base (12, 14, 16) de una red de radio móvil (10) en una recepción de datos (34) según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por la selección de un símbolo del alfabeto de modulación que está más próximo al valor esperado estadístico y la transmisión de los bits correspondientes a este símbolo como cuantificación del valor esperado estadístico.
- 25 4. Procedimiento para la eliminación de interferencias (36) para un grupo (32) de estaciones base (12, 14, 16) de una red de radio móvil (10) en una recepción de datos (34) según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que en una estación base del grupo
- a) con valores esperados recibidos de otras estaciones base (12, 14, 16) del grupo (32) son reconstruidos, respectivamente, los símbolos recibidos en las otras estaciones base (12, 14, 16),y
- b) los símbolos reconstruidos son empleados para la eliminación de interferencias (36) de un símbolo recibido.
- 30 5. Procedimiento para la eliminación de interferencias (36) para un grupo (32) de estaciones base (12, 14, 16) de una red de radio móvil (10) en una recepción de datos (34) según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que un nuevo valor esperado para un símbolo recibido es determinado de forma iterativa con los valores esperados recibidos y el nuevo valor esperado es transmitido a otras estaciones base (12, 14, 16) del grupo (32).
- 35 6. Procedimiento para la eliminación de interferencias (36) para un grupo (32) de estaciones base (12, 14, 16) de una red de radio móvil (10) en una recepción de datos (34) según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que con una distribución de probabilidad para los símbolos recibidos son optimizados los niveles de reconstrucción de la cuantificación del valor esperado estadístico.
- 40 7. Estación base (12, 14, 16) en un grupo (32) de estaciones base (12, 14, 16) de una red de radio móvil (10) para la eliminación de interferencias (36) en la recepción de datos (34) que son transmitidos por terminales de radio móviles (20, 22, 24) en la red de radio móvil (10) que contiene
- a) un receptor (50) para la recepción de los datos (34) que son codificados en un terminal de radio móvil (20, 22, 24) como símbolos de un alfabeto de modulación y son modulados sobre una frecuencia portadora para la transmisión,
- 45 b) una interfaz (60) para la emisión y recepción de informaciones (38) relativas a los símbolos recibidos en las estaciones base (12, 14, 16) del grupo (32) mediante enlaces de comunicación (40) para la eliminación de interferencias (36), y en el que
- c) el receptor (50) está diseñado para la demodulación y decodificación de manera cooperativa y descentralizada de los símbolos recibidos junto con otras estaciones base (12, 14, 16) del grupo (32),
- caracterizada por que

- d) está previsto un módulo de determinación (56) para la determinación de un valor esperado estadístico de un símbolo recibido, de modo que el valor esperado estadístico es transmitido al resto de las estaciones base del grupo como información (38) para la eliminación de interferencias (36).
- 5 8. Estación base (12, 14, 16) en un grupo (32) de estaciones base (12, 14, 16) de una red de radio móvil (10) para la eliminación de interferencias (36) en la recepción de datos (34) según la reivindicación 7, caracterizada por un módulo de cuantificación (58) que selecciona un símbolo del alfabeto de modulación que está más próximo al valor esperado estadístico y proporciona a este símbolo los bits correspondientes como cuantificación del valor esperado estadístico para la transmisión.
- 10 9. Estación base (12, 14, 16) en un grupo (32) de estaciones base (12, 14, 16) de una red de radio móvil (10) para la eliminación de interferencias (36) en la recepción de datos (34) según la reivindicación 7 u 8, caracterizada por que está prevista una unidad de optimización (68) para la optimización del nivel de reconstrucción de la cuantificación del valor esperado estadístico en cada caso basándose en una distribución de probabilidad de los símbolos recibidos.

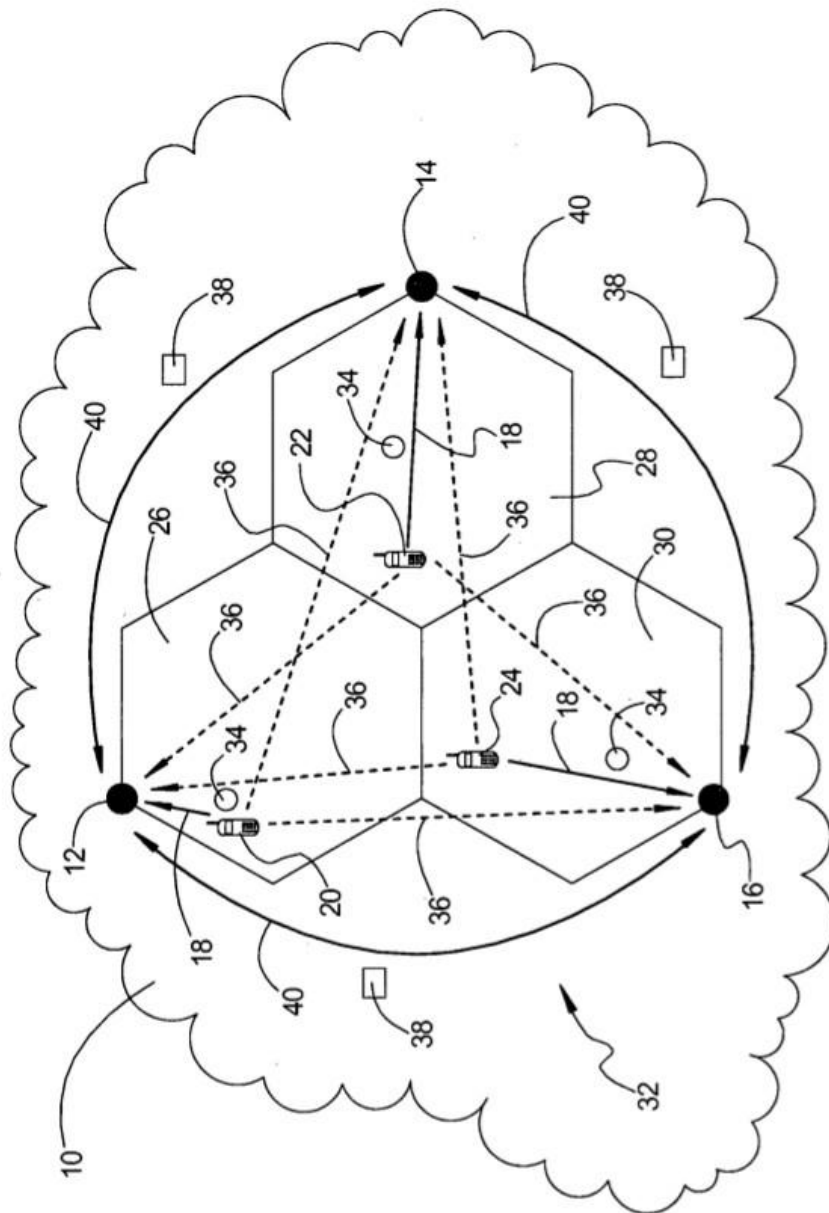


Fig. 1

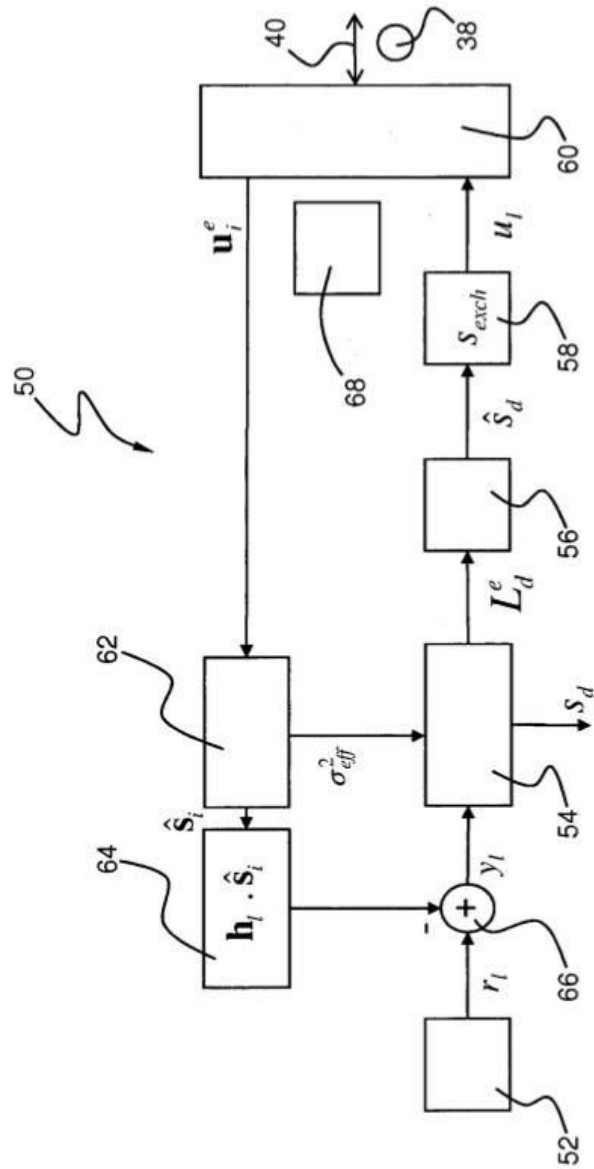


Fig. 2

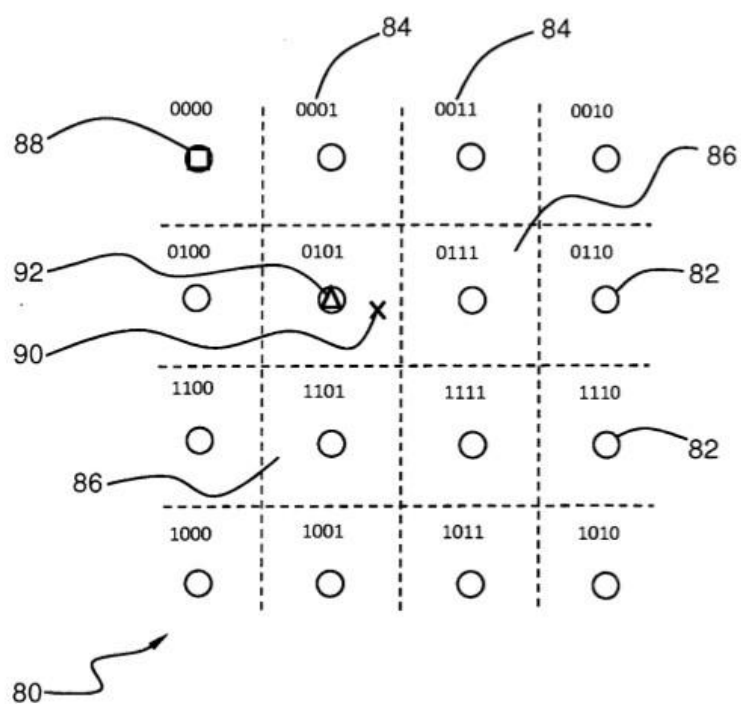


Fig. 3

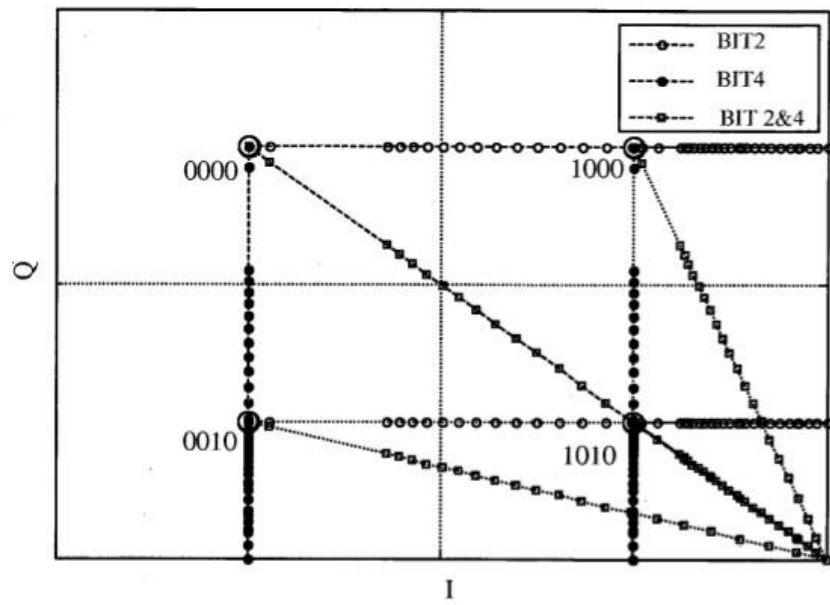


Fig. 4

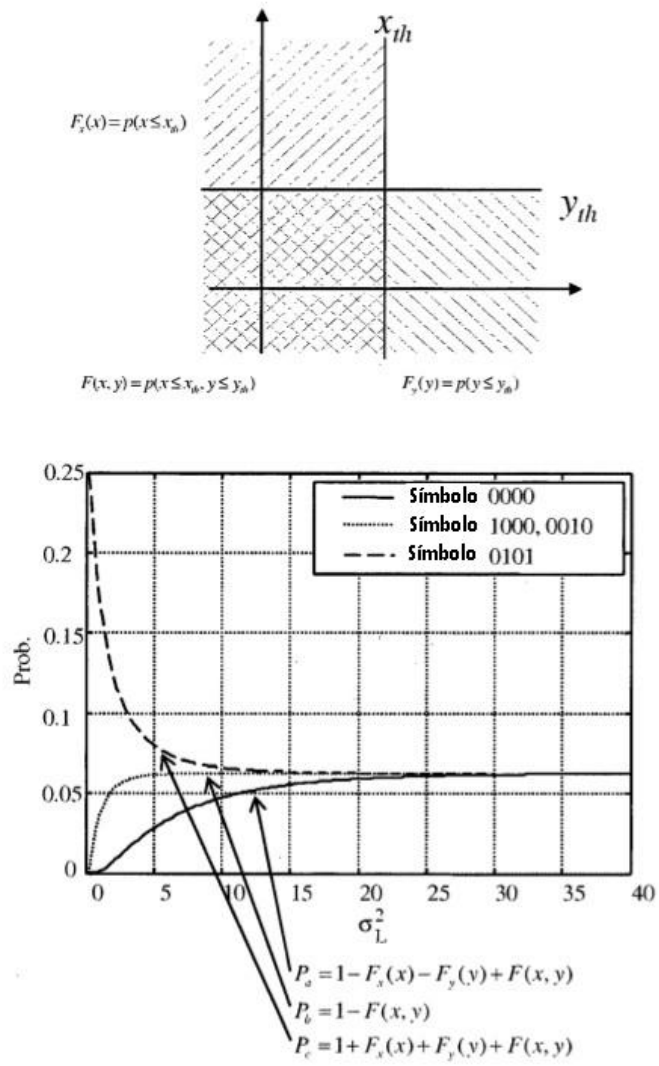


Fig. 5

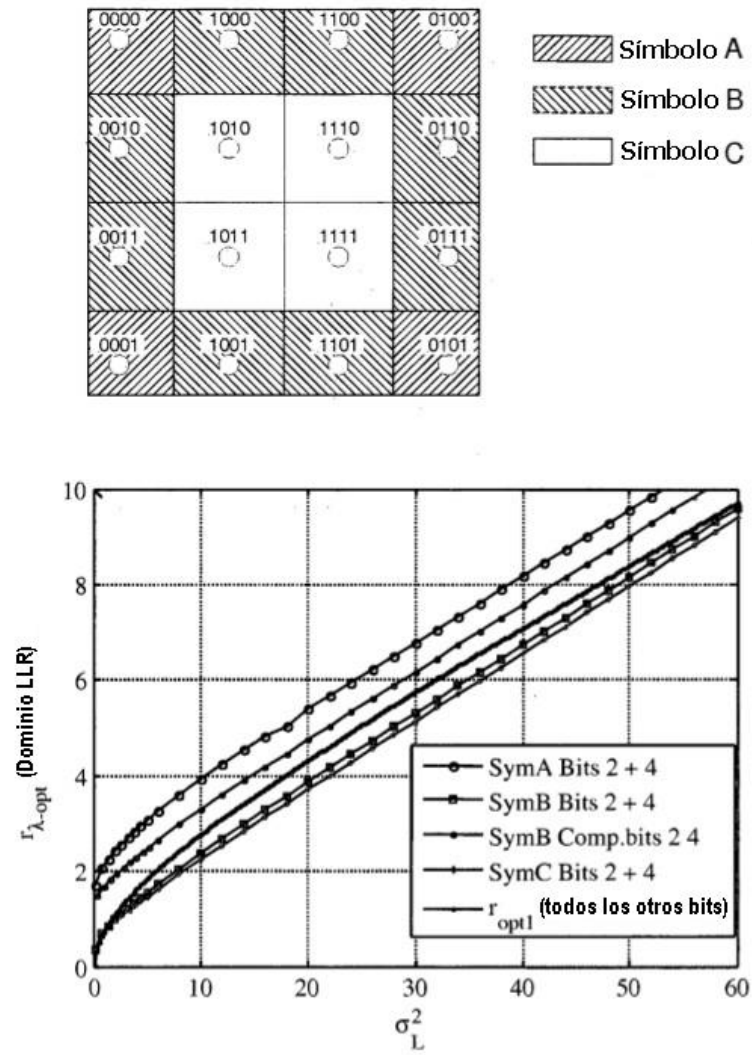


Fig. 6

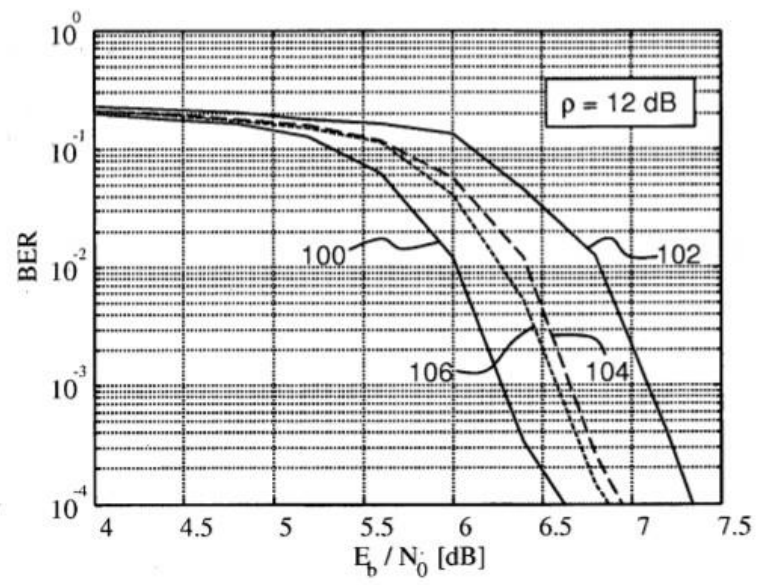


Fig. 7