

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 418 489**

51 Int. Cl.:

**H04L 27/26** (2006.01)

**H04B 7/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.02.2010** **E 10153700 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2013** **EP 2360883**

54 Título: **Detectar una señal de OFDM transmitida en un receptor que tiene al menos dos ramas receptoras**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**14.08.2013**

73 Titular/es:

**TELEFONAKTIEBOLAGET L M ERICSSON  
(PUBL) (100.0%)  
164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

**NORDSTRÖM, FREDRIK;  
LINCOLN, BO y  
LINDOFF, BENGT**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 418 489 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

Detectar una señal de OFDM transmitida en un receptor que tiene al menos dos ramas receptoras

5 Campo Técnico

Las realizaciones de la invención se refieren a un método y a un receptor para detectar una señal de Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal transmitida en un sistema de comunicación inalámbrico, donde el receptor tiene al menos dos ramas receptoras.

10 Antecedentes

En la futura evolución de los estándares celulares de móviles como el Sistema Global para Comunicación de Móviles (GSM – Global System for Mobile communication, en inglés) y el Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA – Wideband Code Division Multiple Access, en inglés), se darán nuevas técnicas de transmisión como la Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing, en inglés). Una propuesta para un sistema celular flexible tan nuevo es la Evolución a Largo Plazo de Tercera Generación (3G LTE – Third Generation Long Term Evolution, en inglés) que puede considerarse como una evolución del estándar WCDMA de 3G. Tal sistema se describe, por ejemplo, en el estándar TS 36.211, “Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA; Physical channels and modulation”, 3GPP, Versión 8. Este sistema utilizará OFDM como técnica de acceso múltiple (llamado OFDMA) en el enlace descendente.

20 Se requiere que un terminal Móvil que soporta LTE de 3G de Versión 8 tenga dos antenas receptoras, así como se requiere que soporte anchos de banda de entre 1,4 y 20 MHz. En general, un receptor de OFDM con dos antenas receptoras consiste en dos receptores de extremo frontal con radios analógicas y convertidores de analógico a digital, y un procesador de banda de base que incluye (entre otras cosas) dos Transformadas de Fourier Rápidas (FTT – Fast Fourier Transforms, en inglés), bloques de estimación de canal para todas las rutas de canales y un bloque de desmodulación de canal. La complejidad de estos bloques de banda de base aumenta linealmente con el ancho de banda.

30 Uno de los principales factores determinantes para el coste de una plataforma para móviles es el área del microprocesador de banda de base. Esto es sobre todo cierto para terminales de bajo coste/elevado volumen, que quizás no soporten las velocidades de datos de LTE más altas. Además, para un sistema de OFDM de alta capacidad una gran parte del área de microprocesador es la memoria donde se almacenan resultados intermedios. Un ejemplo es los datos de subportadora que deben ser almacenados para la desmodulación hasta que la estimación de canal se ha completado. Como ejemplo práctico; asúmase un sistema de LTE del 3GPP de 20 MHz y un terminal móvil con dos antenas receptoras y 1200 subportadoras y un retardo en el estimador del canal de 7 símbolos. Esto significa que tenemos que almacenar 16800 valores complejos, en los que cada valor complejo puede ocupar 2\*8 bits, que suman aproximadamente 150 Kbits de memoria. Para planteamientos más avanzados estas partes de la banda de base necesitan tener incluso más memoria. Por comparación, la memoria de la banda de base total (incluida la memoria para HARQ (Solicitud de Repetición Automática Híbrida - Hybrid Automatic Repeat Request, en inglés), etc.) es 2 veces ese tamaño en el caso de 20 MHz, y por ello la parte de estimación de canal que se encuentra por encima consiste en una parte significativamente grande de la memoria total necesaria.

45 Además, la parte de estimación de canal aumenta con el ancho de banda. Por ello el ancho de banda de un sistema de 20 MHz requiere aproximadamente dos veces la memoria comparada con el ancho de banda de un sistema de 10 MHz. No obstante, por lo que respecta a los despliegues de LTE más probables, anchos de banda por encima de 10 MHz muy probablemente resultarán muy raros y el sistema y el alto volumen de módems de LTE estarán en el caso de un sistema de 3-10 MHz. Si los terminales de bajo coste utilizan receptores de la técnica anterior diseñados para soportar un rendimiento óptimo también para el raro ancho de banda de 20 MHz, el área de microprocesador total (coste) podría ser demasiado grande, reduciendo el margen por plataforma.

50 El documento WO 2008 028942 describe un receptor de diversidad que adopta su ancho de banda de acuerdo con la aplicación procesada.

55 Así existe la necesidad de receptores que cumplan los requisitos de 20 MHz de la LTE, pero optimizados para un rendimiento optimizado para anchos de banda menores.

Por lo tanto, es un objeto de las realizaciones de la invención proporcionar un método en el cual los requisitos para un alto ancho de banda del sistema puedan cumplirse con una capacidad de memoria reducida.

60 Compendio

De acuerdo con las realizaciones de la invención el objeto se consigue en un método de detectar una señal de Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal transmitida en un receptor de un sistema de comunicación inalámbrico, en el que el receptor tiene al menos dos ramas receptoras, comprendiendo cada rama una antena, un receptor de extremo frontal, una unidad de Transformada de Fourier Discreta para la obtención de una señal recibida

5 en el dominio de la frecuencia, y un estimador de canal para determinar una estimación de canal a partir de la señal recibida en el dominio de la frecuencia; comprendiendo además el receptor un detector para detectar símbolos de datos recibidos de las señales recibidas en el dominio de la frecuencia y las correspondientes estimaciones de canal. El método comprende las etapas de determinar un ancho de banda del sistema asociado con la citada señal transmitida; comparar el ancho de banda del sistema determinado con un valor predeterminado; determinar, si el ancho de banda del sistema determinado es menor que el valor predeterminado, estimaciones de canal separadamente para cada rama, y detectar los símbolos de datos recibidos de las señales recibidas en el dominio de la frecuencia y las correspondientes estimaciones de canal; y calcular, si el ancho de banda del sistema determinado es mayor que el valor predeterminado, una suma ponderada de las señales para cada rama, determinando una estimación de canal combinada a partir de la citada suma ponderada, y detectar los símbolos de datos recibidos a partir de la suma ponderada y de la estimación de canal combinada.

15 Determinar las estimaciones de canal separadamente para bajos anchos de banda del sistema asegura un rendimiento óptimo, por ejemplo, medido como una tasa de error de símbolo, para estos anchos de banda. Por otro lado, calculando una suma ponderada de las señales y determinando así sólo una estimación de canal combinada para altos anchos de banda, los requisitos de memoria para estos anchos de banda se reducen considerablemente. Aunque el rendimiento en esta situación se reduce algo, esto será normalmente completamente aceptable puesto que estos altos anchos de banda del sistema sólo ocurren raramente.

20 El método puede comprender también las etapas de determinar a partir de la citada estimación de canal combinada un indicador de calidad del canal; y determinar a partir del citado indicador de calidad del canal los factores de ponderación para ser utilizados en el cálculo de la citada suma ponderada.

25 En una realización, la suma ponderada se calcula a partir de las señales en el dominio del tiempo y subsiguientemente es proporcionada a una unidad de Transformada de Fourier Discreta para obtener una señal recibida en el dominio de la frecuencia común. Tomando la suma ponderada antes de la unidad de Transformada de Fourier Discreta la carga de cálculo de la Transformada de Fourier se relaja porque la transformada no necesita ser calculada para cada rama.

30 Alternativamente, la suma ponderada puede ser calculada a partir de señales recibidas en el dominio de la frecuencia obtenidas de las unidades de Transformada de Fourier Discreta de cada rama.

35 En el último caso, una suma ponderada puede ser calculada separadamente para subportadoras individuales o grupos de subportadoras utilizando factores de ponderación determinados para las citadas subportadoras individuales o grupos de subportadoras. Así, si la suma ponderada se toma después de la unidad de Transformada de Fourier Discreta el uso de diferentes pesos para subportadoras individuales o grupos de subportadoras es posible. Esto permite una mejor sintonización al coste de más cálculos.

40 Algunas realizaciones de la invención también se refieren a un receptor configurado para recibir una señal de Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal transmitida en un sistema de comunicación inalámbrico, comprendiendo el receptor al menos dos ramas receptoras, comprendiendo cada rama una antena, un receptor de extremo frontal, una unidad de Transformada de Fourier Discreta para obtener una señal recibida en el dominio de la frecuencia y un estimador de canal para determinar una estimación de canal a partir de la señal recibida en el dominio de la frecuencia; y un detector para detectar símbolos de datos recibidos de las señales recibidas en el dominio de la frecuencia y las correspondientes estimaciones de canal. El receptor está configurado para determinar un ancho de banda del sistema asociado con la citada señal transmitida; comparar el ancho de banda del sistema determinado con un valor predeterminado; determinar, si el ancho de banda del sistema determinado es menor que el valor predeterminado, las estimaciones de canal separadamente para cada rama, y detectar los símbolos de datos recibidos de las señales recibidas en el dominio de la frecuencia y de las correspondientes estimaciones de canal; y calcular, si el ancho de banda del sistema determinado es mayor que el valor predeterminado, una suma ponderada de las señales de cada rama, determinar una estimación de canal combinada a partir de la citada suma ponderada, y detectar los símbolos de datos recibidos a partir de la suma ponderada y de la estimación de canal combinada.

55 Las realizaciones correspondientes a las mencionadas anteriormente para el método también aplican para el receptor.

La unidad de Transformada de Fourier Discreta puede ser una unidad de Transformada de Fourier Rápida.

60 Algunas realizaciones de la invención se refieren a un programa de ordenador y a un medio legible por ordenador con un medio de código de programa para llevar a cabo el método descrito anteriormente.

Breve Descripción de los Dibujos

Realizaciones de la invención se describirán ahora de manera más completa en lo que sigue con referencia a los dibujos, en los cuales:

5 la Figura 1 muestra un diagrama de bloques de un circuito receptor de un terminal móvil;  
 la Figura 2 muestra un diagrama de bloques más detallado para tal receptor;  
 la Figura 3 muestra un diagrama de bloques de un circuito receptor modificado para detectar el ancho de  
 banda de un sistema y llevar a cabo un procesamiento de la banda de base de acuerdo con él;  
 la Figura 4 muestra un diagrama de flujo de un esquema del receptor sugerido;  
 la Figura 5 muestra un diagrama de bloques de una realización en el que se toma una suma ponderada antes  
 de la FFT;  
 10 la Figura 6 muestra un diagrama de flujo correspondiente al diagrama de bloques de la Figura 5;  
 la Figura 7 muestra un diagrama de bloques de una realización en el que se toma una suma ponderada tras  
 la FFT;  
 la Figura 8 muestra un diagrama de flujo correspondiente al diagrama de bloques de la Figura 7;  
 la Figura 9 muestra una realización que utiliza diferentes pesos para diferentes subportadoras; y  
 15 la Figura 10 muestra la Tasa de Error de Símbolos en función de la Relación de Señal a Ruido para diferentes  
 esquemas de receptor.

#### Descripción Detallada de las Realizaciones

20 Un diagrama de bloques de un circuito receptor 1 de un terminal móvil en el cual puede ser utilizada la invención se  
 muestra en la Figura 1. Como ejemplo, puede ser un receptor de OFDM para un sistema celular de LTE de 3G, de  
 Versión 8, en el cual se requiere que un terminal móvil tenga al menos dos antenas receptoras 2, 3. El receptor  
 comprende una cadena receptora o rama receptora para cada antena. Así, una señal transmitida es recibida a  
 través de las dos antenas 2, 3 y a continuación reducida a señales de banda de base digitales en un extremo frontal  
 receptor 4 que tiene dos receptores de extremo frontal de radio analógicos y dos convertidores de analógico a  
 25 digital. El receptor comprende también un procesador de banda de base 5 que incluye entre otras cosas dos  
 unidades de Transformada de Fourier Rápida (FFT – Fast Fourier Transform, en inglés), dos bloques de estimación  
 de canal y un bloque de desmodulación o detector 6, en el cual los símbolos de datos recibidos son detectados.  
 Debe observarse que la Transformada de Fourier Rápida es una implementación específica de una Transformada  
 de Fourier Discreta (DFT – Discrete Fourier Transform, en inglés). Así, aunque el término FFT se utilice en la  
 siguiente descripción, podría utilizarse también otro tipo de DFT.

30 La Figura 2 muestra un diagrama de bloques más detallado para tal receptor. El receptor de extremo frontal 4 tiene  
 dos circuitos de extremo frontal 11, 12, es decir, uno por cada antena receptora. En el procesador de banda de base  
 5 las dos unidades de FFT 13, 14 aplican FFT de las señales de banda de base digitales recibidas para obtener  
 representaciones de la señal en el dominio de la frecuencia, y cada señal del dominio de la frecuencia es a  
 35 continuación proporcionada a uno de los dos bloques de estimación de canal 15, 16, el cual estima el  
 correspondiente canal de transmisión. Las dos señales del dominio de la frecuencia son también proporcionadas al  
 bloque de desmodulación/detector 6, en el cual las estimaciones de canal son utilizadas para detectar los símbolos  
 de datos recibidos de las correspondientes señales del dominio de la frecuencia.

40 Como se ha mencionado anteriormente, el consumo de memoria en la parte de estimación de canal en un receptor  
 de OFDM aumenta con el ancho de banda del sistema requerido, el cual puede ser determinado por el terminal  
 móvil una vez que se ha realizado el establecimiento/ubicación/registro de la conexión con el sistema. Se requiere  
 que un sistema de receptor de OFDM para un LTE de 3G, de Versión 8 soporte anchos de banda del sistema de  
 hasta 20 MHz. No obstante, sobre todo en terminales de bajo coste/alto volumen tales anchos de banda elevados  
 45 sólo se utilizarán raramente.

Por lo tanto, el consumo de memoria en la parte de estimación de canal puede ser reducido detectando el ancho de  
 banda del sistema requerido actualmente y comparándolo con un valor predeterminado, típicamente la mitad del  
 ancho de banda del sistema soportado máximo. Así, en el caso anterior con un ancho de banda del sistema  
 50 soportado máximo de 20 MHz, el valor predeterminado puede ser 10 MHz. Siempre que el ancho de banda del  
 sistema sea menor que el valor predeterminado, se utiliza un receptor como el descrito anteriormente. En el caso de  
 un ancho de banda del sistema mayor que el valor predeterminado, se utiliza por el contrario un esquema de  
 receptor modificado con un menor consumo de memoria tal como se describe a continuación. Aunque este esquema  
 55 tendrá un rendimiento ligeramente menor, éste resultará ser normalmente aceptable puesto que estos anchos de  
 banda altos sólo son raramente utilizados.

La Figura 3 muestra un diagrama de bloques de un circuito receptor 21 modificado de acuerdo con esto. El circuito  
 de ancho de banda 22 detecta el ancho de banda del sistema requerido y lo compara con el valor predeterminado.  
 Dependiendo del resultado el circuito de ancho de banda 22 controla al procesador de banda de base 25 para que  
 60 utilice el esquema del receptor apropiado.

Las realizaciones de la invención tratan el consumo de memoria en la parte de estimación de canal en un receptor  
 de OFDM haciendo una suma ponderada de las señales recibidas de las (al menos) dos antenas receptoras antes o

después de la FFT. En el caso de que el ancho de banda del sistema sea mayor que el valor predeterminado (es decir, mayor que 10 MHz), los dos flujos de antena se combinan, es decir, de acuerdo con la ecuación

$$\tilde{r} = w_1 r_1 + w_2 r_2 = A_1 \exp(i\varphi_1) r_1 + A_2 \exp(i\varphi_2) r_2$$

donde  $r_i$  es la  $i$ -ésima cadena receptora y  $w_i$  es el correspondiente peso complejo. Puesto que sólo hay una señal recibida tras la unidad de FFT cuando se utiliza la invención, esto significa que sólo la mitad de la memoria es necesaria en las etapas de estimación de canal en comparación con las soluciones existentes. Los pesos  $W_1$  y  $W_2$  son elegidos de manera que maximicen la SINR recibida.

En el caso de que el ancho de banda del sistema sea menor que el valor predeterminado, entonces se lleva a cabo la estimación de canal y la combinación de la técnica anterior.

Con el esquema propuesto los requisitos de memoria para (el caso raro de) un ancho de banda de sistema grande (20 MHz) pueden ser reducidos al caso de 10 MHz (utilizado comúnmente). En el ejemplo anterior, la reducción en el tamaño de la memoria es aproximadamente de 1/3. Además, el escenario de caso peor para la estimación de canal, la desmodulación de frecuencia y los informes de CQI requiere menos cálculos.

La Figura 4 muestra un diagrama de flujo 100 del esquema receptor sugerido. En la etapa 101 se detecta el ancho de banda del sistema requerido actualmente, y el resultado se compara con un valor predeterminado en la etapa 102. Si el ancho de banda del sistema requerido es menor que el valor predeterminado, se determina una estimación de canal para cada rama receptora, es decir, cada antena, en la etapa 103, como se ilustró en la Figura 2, y los símbolos de datos recibidos son detectados en la etapa de las dos señales del dominio de la frecuencia y de las correspondientes estimaciones de canal. Si, por otro lado, el ancho de banda del sistema requerido es mayor que el valor predeterminado, se calcula una suma ponderada de las señales recibidas en las dos ramas receptoras en la etapa 105. Como se describirá a continuación, la suma ponderada puede tomarse antes o después de las unidades de FFT. En la etapa 106 se determina a continuación una única estimación de canal a partir de la suma ponderada, y esta estimación se utiliza en la etapa 107 para detectar los símbolos de datos recibidos a partir de la suma ponderada.

Como se ha mencionado anteriormente, la suma ponderada de las señales recibidas de las dos antenas puede hacerse antes o después de la unidad de FFT. La Figura 5 muestra un diagrama de bloques de una realización en la que la suma se toma antes de la unidad de FFT, es decir, en el dominio del tiempo. Así, en el procesador de banda de base 25 las señales de los dos circuitos de extremo frontal 11, 12 son proporcionadas a los multiplicadores 26, 27 en los que los dos pesos  $W_1$  y  $W_2$  son aplicados a las señales, y las dos señales ponderadas son a continuación sumadas entre sí en el sumador 28 para conseguir la suma ponderada. La suma ponderada es a continuación proporcionada a la única unidad de FFT 29 para obtener la señal en el dominio de la frecuencia. A partir de esta señal el único estimador de canal 30 estima el canal de transmisión, y el resultado se utiliza en el bloque desmodulador 6 para detectar los símbolos de datos recibidos de la señal en el dominio de la frecuencia. Las estimaciones del canal y las estimaciones de ruido son también señaladas desde el estimador de canal 30 a una unidad de cálculo de calidad de canal 31, y la calidad del canal (por ejemplo SINR o Información Mutua) es enviada a una unidad de control 32 que calcula los pesos  $W_1$  y  $W_2$ .

Un diagrama de flujo 200 correspondiente se muestra en la Figura 6. En la etapa 201 las señales son recibidas desde los dos receptores de extremo frontal. En la etapa 202 las señales son multiplicadas por pesos, que son respuestas retardadas desde la unidad de control 32. En la etapa 203 las señales tras la ponderación son a continuación sumadas entre sí. La etapa 204 toma la FFT de las señales recibidas. La estimación de canal en la una señal combinada es entonces realizada en la etapa 205 y en la etapa 206 se realiza la desmodulación. Desde el bloque de estimación de canal las estimaciones del canal y las estimaciones del ruido son señaladas a la unidad de cálculo de calidad de canal 31 para el cálculo de la calidad del canal en la etapa 207. La calidad del canal puede ser, por ejemplo, SINR o Información Mutua. La calidad del canal es enviada al bloque de cálculo de peso (unidad de control 32), donde los pesos  $W_1$  y  $W_2$  son calculados en la etapa 208. Finalmente los pesos calculados son retardados en la etapa 209 antes de ser aplicados para la siguiente subtrama en la etapa 202.

La Figura 7 muestra un diagrama de bloques de una realización en la que la suma se realiza después de la unidad de FFT, es decir, en el dominio de la frecuencia. Así, en el procesador de banda de base 25 las señales de los dos circuitos de extremo frontal 11, 12 son proporcionadas a las dos unidades de FFT 13 y 14 como en la Figura 2 para obtener las señales en el dominio de la frecuencia. Las dos señales en el dominio de la frecuencia son a continuación proporcionadas a los multiplicadores 33, 34 donde los dos pesos  $W_1$  y  $W_2$  son aplicados a las señales, y las dos señales ponderadas son a continuación sumadas entre sí en el sumador 35 para conseguir la suma ponderada. A partir de esta suma ponderada el estimador de canal 30 único estima el canal de transmisión, y el resultado se utiliza en el bloque desmodulador 6 para detectar los símbolos de datos recibidos de la señal del

dominio de la frecuencia. Las estimaciones de canal y las estimaciones de ruido son también señalizadas desde el estimador de canal 30 a una unidad de cálculo de calidad del canal 31, y la calidad del canal (por ejemplo SINR o Información Mutua) es enviada a una unidad de control 32 que calcula los pesos  $W_1$  y  $W_2$ .

5 Un diagrama de flujo 300 correspondiente se muestra en la Figura 8. En la etapa 301 las señales son recibidas desde los dos extremos frontales del receptor. La etapa 302 toma la FFT de las señales recibidas. En la etapa 303 las señales son multiplicadas por los pesos, que son respuestas retardadas de la unidad del control 32. En la etapa 304 las señales tras la ponderación son a continuación sumadas entre sí. La estimación de canal en la una señal combinada es a continuación realizada en la etapa 305 y en la etapa 306 se realiza la desmodulación. Desde el  
10 bloque de estimación de canal las estimaciones de canal y las estimaciones de ruido son señaladas a la unidad de cálculo de calidad de canal 31 para el cálculo de la calidad del canal en la etapa 307. La calidad del canal puede, por ejemplo, ser SINR o Información Mutua. La calidad del canal es enviada al bloque de cálculo de ponderación (unidad de control 32), donde los pesos  $W_1$  y  $W_2$  son calculados en la etapa 308. Finalmente, los pesos calculados son retardados en la etapa 309 antes de que sean aplicados para la siguiente subtrama en la etapa 303.

15 En la realización mostrada en las Figuras 7 y 8, es decir, donde la suma ponderada es tomada después de las unidades de FFT, los pesos pueden ser diferentes para diferentes subportadoras. Esto significa que subportadoras individuales o grupos de subportadoras pueden ser ponderadas con un factor de ponderación diferente. Esto se ilustra en la Figura 9, en la que los pesos  $W_1$  y  $W_2$  comunes son reemplazados por los pesos  
20 individuales  $w_1^1, w_1^2, \dots, w_1^n$  and  $w_2^1, w_2^2, \dots, w_2^n$ , respectivamente, donde n se refiere al número de subportadoras o grupos de subportadoras. En este caso, también la estimación del canal y la calidad del canal son calculadas para cada subportadora o grupo de subportadoras, de manera que la unidad de control pueda calcular los pesos individuales.

25 Puede haber muchas maneras de calcular los pesos. Es posible hacer que uno de los pesos sea igual a uno, por ejemplo,  $w_1=1$ . Como un control más simple, incluso, el otro peso puede tener amplitud constante o fase constante, es decir, puede hacerse  $A_2=1$  ó  $\varphi_2=1$ .

30 Como ejemplo de un algoritmo de control hacemos  $A_1=1$ ,  $\varphi_1=1$  y  $A_2=1$ . Así, sólo utilizamos  $\varphi_2$  para controlar los pesos. Un algoritmo de actualización podría ser

si  $SNR < SNR_{prev}$

dir = (-1)\*dir

fin

$\varphi_2 = \varphi_2 + dir * \delta$

40 donde delta es un tamaño de etapa adecuado, SNR es la calidad del canal actual y  $SNR_{prev}$  es la calidad del canal de la subtrama previa. Como valores de inicio elegimos dir = 1 y  $\varphi_2 = 0$ .

45 La Figura 10 muestra la Tasa de Error de Símbolo (SER – Symbol Error Rate, en inglés) en función de la Relación de Señal a Ruido (SNR – Signal to Noise Ratio, en inglés) para un algoritmo de recepción óptimo para 2 antenas receptoras (MRC), un algoritmo de recepción óptimo para 1 antena receptora (1 RX) y la solución proporcionada por la solución descrita anteriormente (IvD) y la actualización de los pesos dada anteriormente. Así, puede verse que aunque el rendimiento de la solución sugerida se reduce en comparación con el algoritmo óptimo para dos antenas receptoras, es aun considerablemente mejor que el rendimiento del receptor sólo con una antena.

50 En lo anterior se asume que hay dos antenas receptoras, si hay más antenas receptoras el problema puede ser tratado de una manera similar. También es posible tener más de una salida después de la suma ponderada, siempre que el número de salidas sea menor que el número de entradas. Por ello, es posible combinar más de dos cadenas de recepción y es posible tener más de una salida. No obstante, con más entradas y salidas hay más parámetros de control que tienen que ser estimados.

55 La solución sugerida reduce la memoria necesaria para la estimación del canal y la desmodulación del canal en un 50% y el área de microprocesador de banda de base total en un 33%, en el ejemplo anterior. Hay también requisitos más relajados en la estimación del canal, la desmodulación del canal y el cálculo del informe de CQI, que en los peores casos necesita menos MIPS. Por ello el área de microprocesador y el coste para la plataforma de móviles de OFDM se reduce. El rendimiento está entre el receptor óptimo para dos cadenas receptoras y el receptor óptimo para una cadena receptora.  
60

Aunque se han descrito y se muestran varias realizaciones de la presente invención, la invención no está restringida a ellas, sino que puede ser realizada también de otras maneras dentro del alcance del tema central definido en las reivindicaciones que siguen.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un método de detectar una señal de Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal transmitida en un receptor (21) de un sistema de comunicación inalámbrico, en el que el receptor tiene al menos dos ramas receptoras, comprendiendo cada rama una antena (2, 3), un receptor de extremo frontal (11, 12), una unidad de Transformada de Fourier Discreta (13, 14; 29) para obtener una señal recibida en el dominio de la frecuencia, y un estimador de canal (15, 16; 30) para determinar una estimación de canal a partir de la señal recibida en el dominio de la frecuencia; comprendiendo también el receptor un detector (6) para detectar símbolos de datos recibidos de las señales recibidas en el dominio de la frecuencia y de las correspondientes estimaciones de canal, **caracterizado**
- 10 **porque** el método comprende las etapas de:
- determinar (101) un ancho de banda del sistema asociado con la citada señal transmitida;
  - comparar (102) el ancho de banda del sistema determinado con un valor predeterminado;
  - 15 • determinar (103), si el ancho de banda del sistema determinado es menor que el valor predeterminado, las estimaciones del canal separadamente para cada rama, y detectar (104) los símbolos de datos recibidos de las señales recibidas en el dominio de la frecuencia y las correspondientes estimaciones del canal; y
  - calcular (105), si el ancho de banda del sistema determinado es mayor que el valor predeterminado, una suma ponderada de las señales de cada rama, determinando (106) una estimación de canal combinada a partir de cada suma ponderada, y detectar (107) los símbolos de datos recibidos a partir de la suma ponderada y la estimación de canal combinada.
- 20 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el método comprende también las etapas de:
- 25 • determinar (207; 307) a partir de la citada estimación de canal combinada un indicador de calidad del canal; y
  - determinar (208; 308) a partir del citado indicador de calidad de canal los factores de ponderación para ser utilizados en el cálculo de la citada suma ponderada.
- 30 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** la citada suma ponderada se calcula (202, 203) a partir de las señales en el dominio del tiempo y es subsiguientemente proporcionada a una unidad de Transformada de Fourier Discreta (204) para obtener una señal recibida en el dominio de la frecuencia común.
- 35 4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** la citada suma ponderada se calcula (303, 304) a partir de las señales recibidas en el dominio de la frecuencia obtenidas de las unidades de Transformada de Fourier Discreta de cada rama.
- 40 5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado porque** se calcula una suma ponderada separadamente para subportadoras individuales o grupos de subportadoras utilizando factores de ponderación determinados para las citadas subportadoras individuales o grupos de subportadoras.
- 45 6. Un receptor (21) configurado para recibir una señal de Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal transmitida en un sistema de comunicación inalámbrico, comprendiendo el receptor:
- al menos dos ramas receptoras, comprendiendo cada rama una antena (2, 3), un receptor de extremo frontal (11, 12), una unidad de Transformada de Fourier Discreta (13, 14; 29) para obtener una señal recibida en el dominio de la frecuencia, y un estimador de canal (15, 16; 30) para determinar una estimación de canal a partir de la señal recibida en el dominio de la frecuencia; y
  - 50 • un detector (6) para detectar símbolos de datos recibidos de las señales recibidas del dominio de la frecuencia y de las correspondientes estimaciones de canal, **caracterizado porque** el receptor está configurado para:
  - determinar (22) un ancho de banda del sistema asociado con la citada señal transmitida;
  - comparar el ancho de banda del sistema determinado con un valor predeterminado;
  - 55 • determinar, si el ancho de banda del sistema determinado es menor que el valor predeterminado, las estimaciones del canal separadamente para cada rama, y detectar los símbolos de datos recibidos de las señales recibidas en el dominio de la frecuencia y de las correspondientes estimaciones de canal; y
  - calcular, si el ancho de banda del sistema determinado es mayor que el valor predeterminado, una suma ponderada de las señales de cada rama, determinar una estimación de canal combinada a partir de la suma ponderada, y detectar los símbolos de datos recibidos a partir de la suma ponderada y de la estimación de canal combinada.
- 60 7. Un receptor de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** el receptor está también configurado para:

- determinar (31) a partir de la estimación de canal combinada un indicador de calidad de canal; y
- determinar (32) a partir del indicador de calidad de canal los factores de ponderación para ser utilizados en el cálculo de la citada suma ponderada.

- 5 8. Un receptor de acuerdo con la reivindicación 6 ó 7, **caracterizado porque** el receptor está configurado para calcular la citada suma ponderada a partir de las señales del dominio del tiempo y para proporcionar subsiguientemente la suma ponderada a una unidad de Transformada de Fourier Discreta para obtener una señal recibida del dominio de la frecuencia común.
- 10 9. Un receptor de acuerdo con la reivindicación 6 ó 7, **caracterizado porque** el receptor está configurado para calcular la citada suma ponderada a partir de las señales recibidas del dominio de la frecuencia obtenidas a partir de las unidades de Transformada de Fourier Discreta de cada rama.
- 15 10. Un receptor de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado porque** el receptor está configurado para calcular una suma ponderada separadamente para subportadoras individuales o grupos de subportadoras utilizando factores de ponderación determinados para las citadas subportadoras individuales o grupos de subportadoras.
- 20 11. Un receptor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, **caracterizado porque** la unidad de Transformada de Fourier Discreta (13, 14; 29) es una unidad de Transformada de Fourier Rápida.
12. Un programa de ordenador que comprende un medio de código de programa para llevar a cabo las etapas de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 cuando el citado programa de ordenador es ejecutado en un ordenador.
- 25 13. Un medio legible por ordenador que tiene almacenado en el mismo un medio de código de programa para llevar a cabo el método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 cuando el citado medio de código de programa es ejecutado en un ordenador.

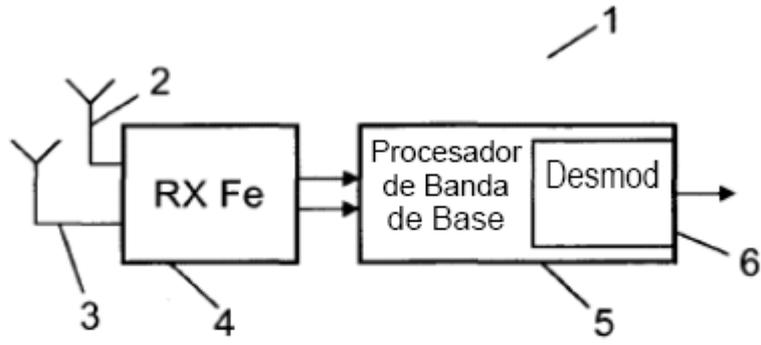


Fig. 1

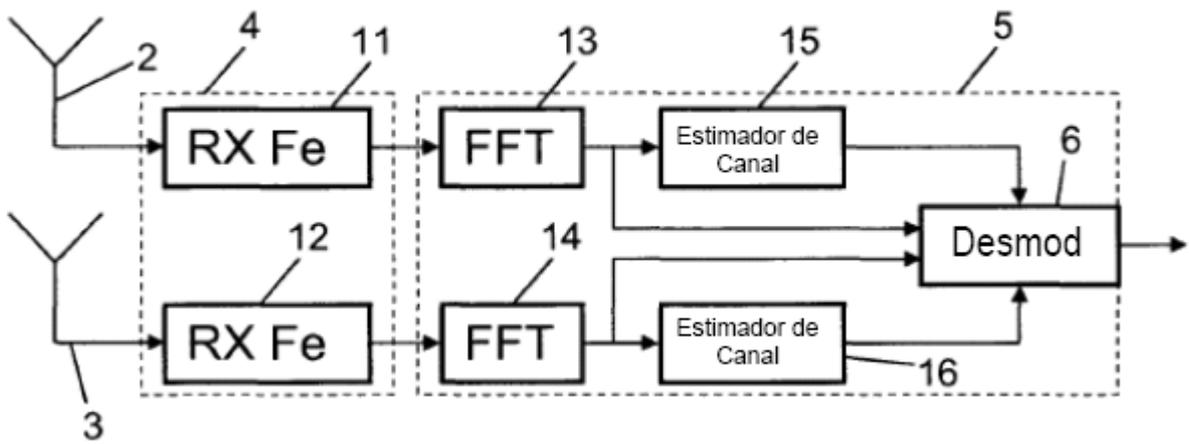


Fig. 2

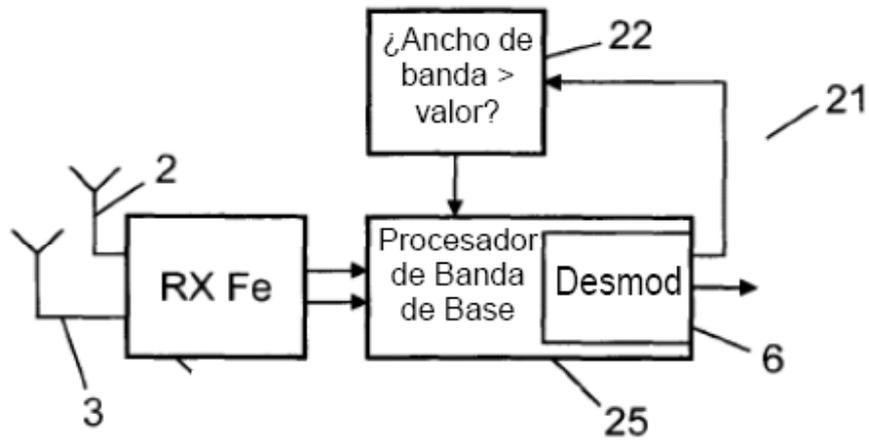


Fig. 3

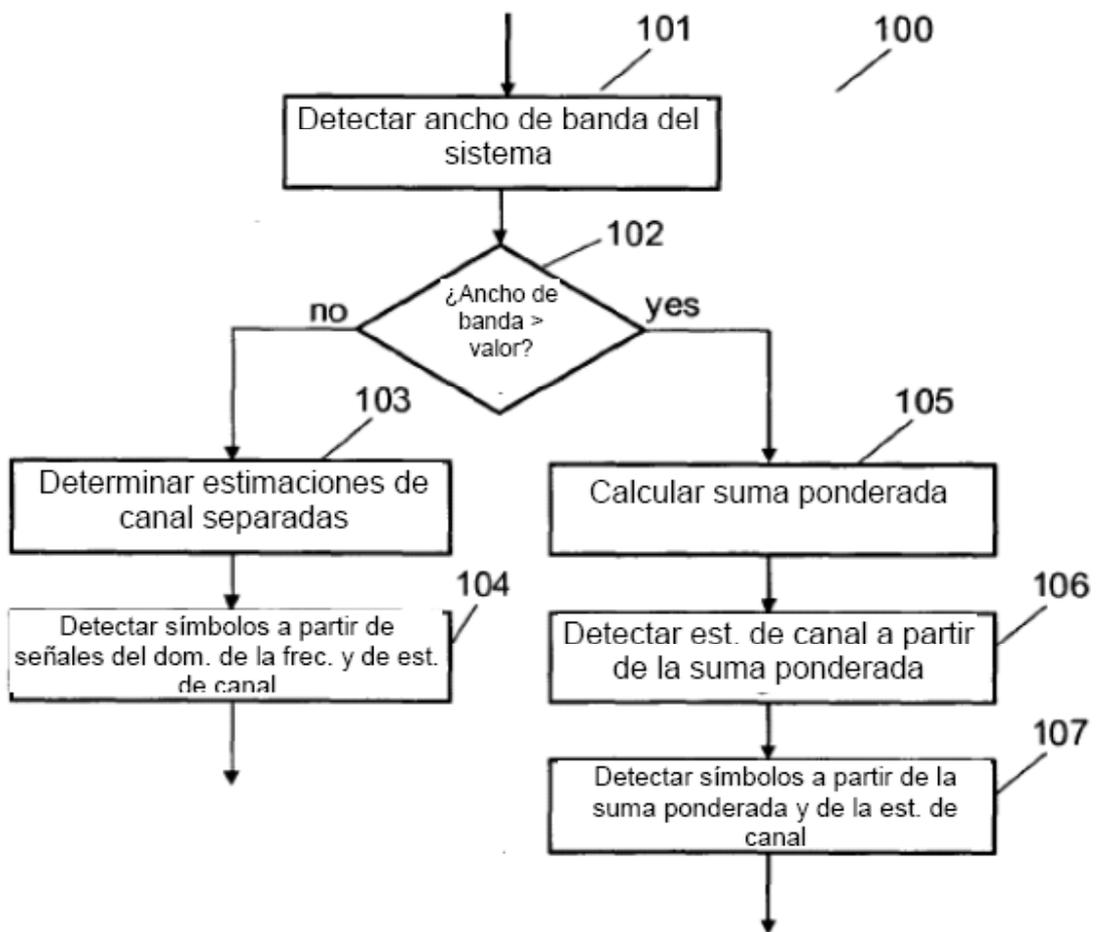


Fig. 4

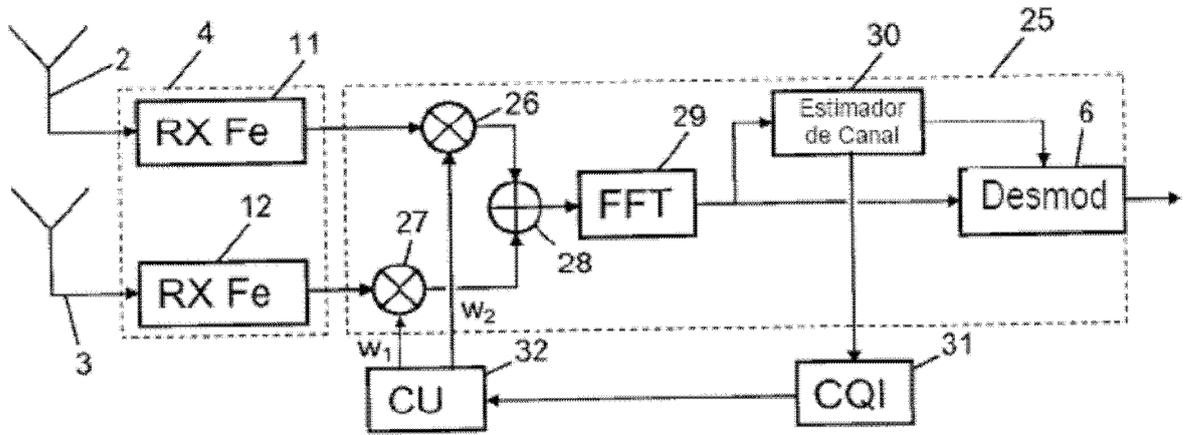


Fig. 5

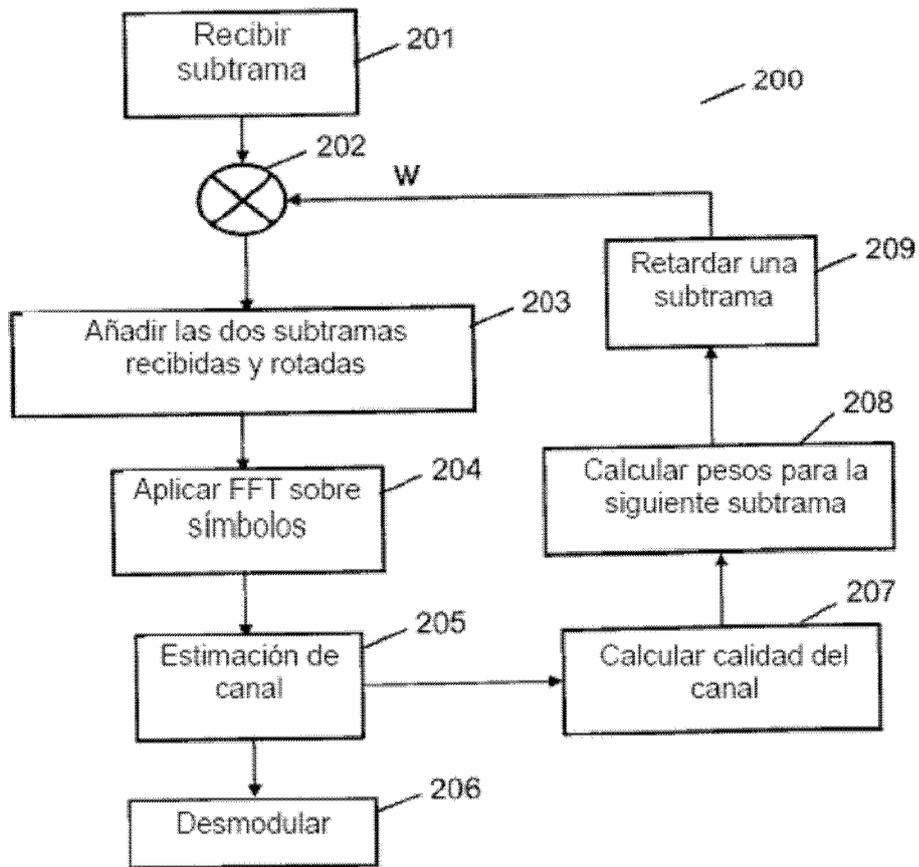
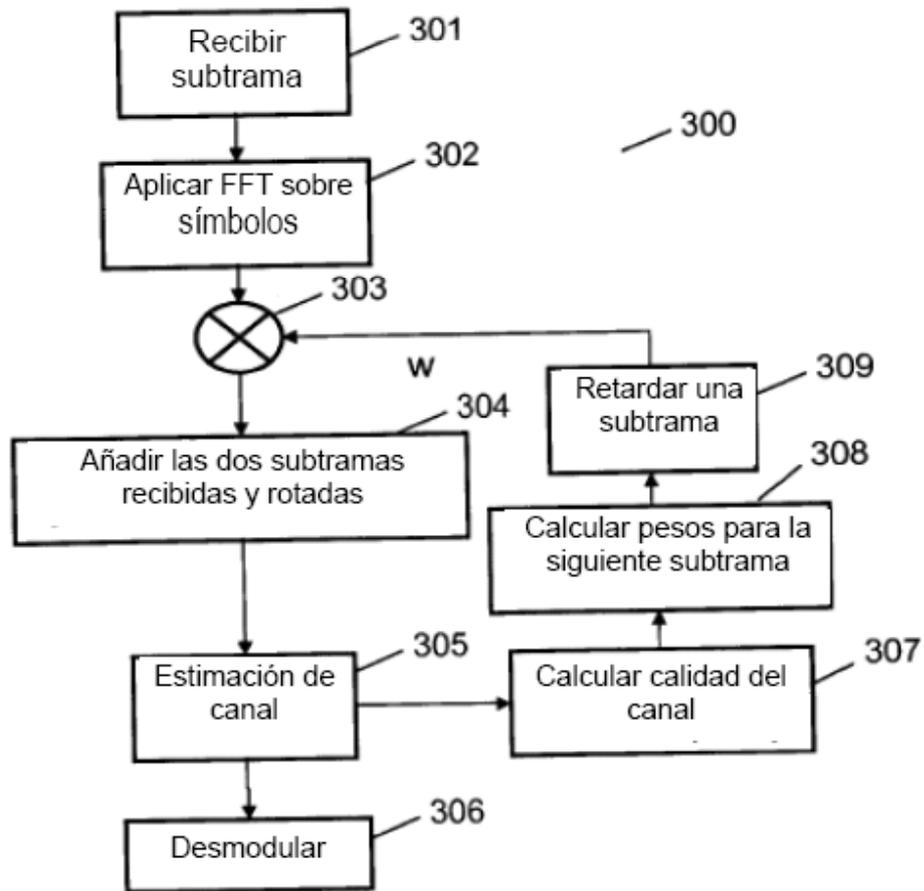
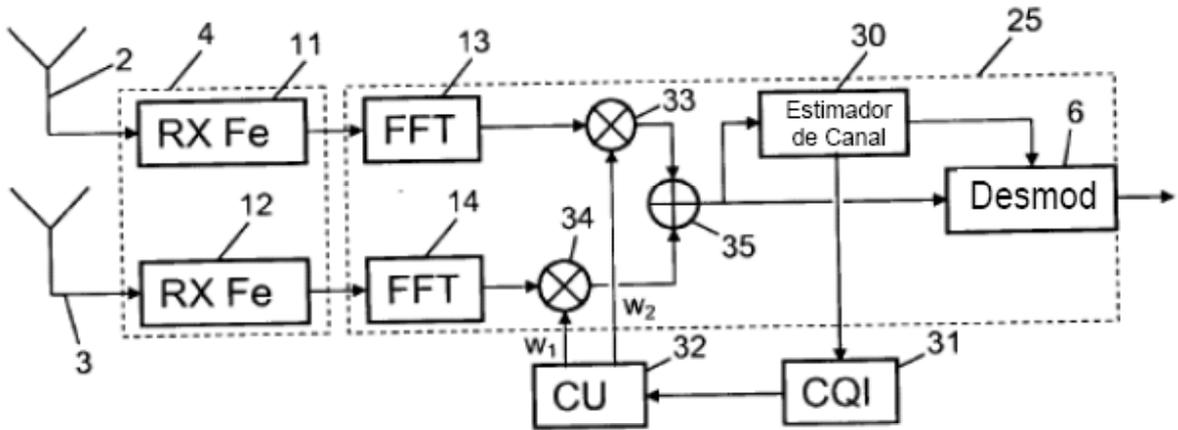


Fig. 6



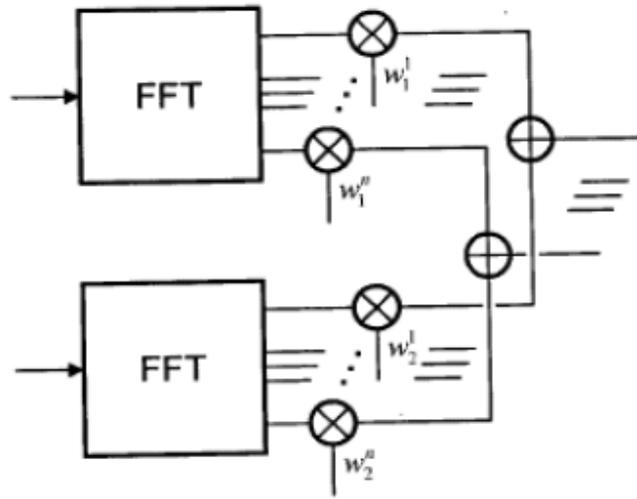


Fig. 9

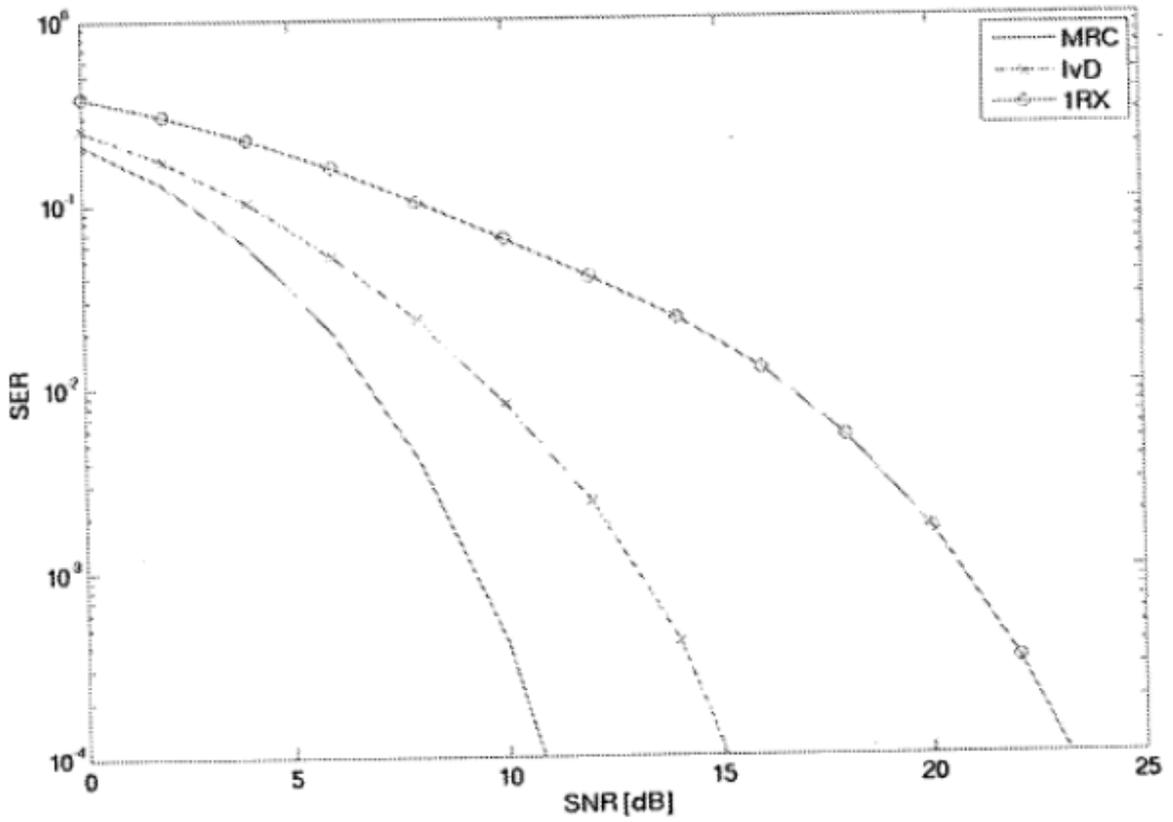


Fig. 10