

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 443 140**

51 Int. Cl.:

**H04L 1/00** (2006.01)

**H04L 1/06** (2006.01)

**H04L 25/03** (2006.01)

**H04B 7/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2010 E 10003498 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2013 EP 2237463**

54 Título: **Sistema de comunicación con un receptor de diversidad que funciona con modulación adaptativa**

30 Prioridad:

**02.04.2009 IT BG20090013**

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

**18.02.2014**

73 Titular/es:

**SIAE MICROELETTRONICA S.P.A. (100.0%)  
VIA BUONARROTI 21  
20093 COLOGNO MONZESE (MI), IT**

72 Inventor/es:

**ROSSI, LEONARDO**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

**ES 2 443 140 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**

Sistema de comunicación con un receptor de diversidad que funciona con modulación adaptativa.

5 La presente invención se refiere a un sistema de protección para enlaces de radiocomunicaciones digitales con modulación adaptativa que funcionan con diversidad, y se refiere también al método relativo.

10 En los sistemas de enlaces de radiocomunicaciones de punto-a-punto, en ocasiones se deben realizar conexiones que requieren un alto rendimiento de aplicación para contrarrestar problemas debidos al deterioro de los canales de transmisión, especialmente debidos a ecos y atenuaciones suplementarias por trayectorias múltiples.

15 Para lograr este rendimiento, se usan, por ejemplo, sistemas de modulación adaptativa (o variable) en los cuales el tipo de modulación se cambia con respecto al estado de calidad del canal. En condiciones de propagación normales, la modulación usada es aquella que puede transportar la mayor cantidad de información: si a continuación el canal se encuentra con condiciones de propagación degradadas, la modulación se cambia a un tipo de menor complejidad y más robusto con respecto al ruido.

20 También es habitual usar sistemas de diversidad espacial y/o de frecuencia. Esto implica la transmisión de más señales de radiocomunicaciones que transportan la misma información o por lo menos la producción, en el extremo de recepción, de una multiplicidad de señales de radiocomunicaciones que transportan la misma información. Véase, por ejemplo, el documento de la técnica anterior EP 2015468.

25 Sobre esta multiplicidad de señales recibidas se usan varios métodos con el fin de reconstruir la información original de la mejor forma posible.

Los canales se cambian, seleccionando aquel que proporciona el mejor resultado, o se usa una combinación de canales.

30 La conmutación entre canales se efectúa por medio de sistemas tales que presentan, en forma de salida conmutada, una continuidad de un flujo de datos decodificado que no se ve afectado por errores debido a la conmutación, por lo que a esto se le define como "sin impacto".

35 El método sin impacto se encuentra con complicaciones de coste y procesado si el sistema de enlaces de radiocomunicaciones es también del tipo con modulación adaptativa.

A este respecto, si la calidad del canal que se está usando disminuye, el canal no se debe cambiar si existe una modulación inferior aplicable cuya calidad sea, sin embargo, mayor que la de los canales restantes, los cuales se podrían encontrar bajo condiciones incluso peores.

40 Por otra parte, si se produce un fallo repentino en el canal que se está usando, y el cual se puede producir o bien en la transmisión o bien en las fases iniciales de recepción anteriores al demodulador, el método sin impacto no garantiza un flujo continuo de datos de salida, por cuanto la conmutación ocurre después de la detección de fallos y después de la alineación.

45 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de protección para enlaces de radiocomunicaciones digitales con modulación adaptativa que funcionan con diversidad, el cual no padezca los inconvenientes de la técnica conocida.

50 Otro objetivo es proporcionar una combinación, de banda base, de señales recibidas, que resulte sencillo de implementar, aunque al mismo tiempo logrando un rendimiento considerable.

55 Estos y otros objetivos se logran de acuerdo con la presente invención, por medio de un sistema y un método de protección para enlaces de radiocomunicaciones digitales con modulación adaptativa, según la reivindicación adjunta.

60 Según la presente invención, los canales de transmisión se mantienen con la misma modulación y transportando los mismos paquetes de información mientras se ignoran las condiciones individuales del canal físico concreto de radiofrecuencia. Esto se logra gracias a una señal de control de modulación adaptativa individual, que lo controla de acuerdo con criterios ya conocidos existentes en el caso de un canal no redundante.

Adicionalmente, no se requiere una conmutación sin impacto, por lo que no son necesarias alineaciones de sincronismo entre canales.

65 Incluso un fallo inesperado en uno de los dos canales no evita que el combinador proporcione una señal de salida combinada, de manera que el combinador usa continuamente la señal que ha permanecido íntegra tras el fallo, con lo que no se necesitan aquellas señales de alarma de alineación que se requieren para un sistema tradicional de

conmutación sin impacto.

Por lo tanto se obtiene un sistema de protección muy simplificado.

5 Las características y ventajas de la presente invención se pondrán de manifiesto a partir de la subsiguiente descripción detallada de una forma de realización de la misma, ilustrada a título de ejemplo no limitativo en los dibujos adjuntos, en los cuales:

10 la figura 1 muestra esquemáticamente un enlace de radiocomunicaciones, según la presente invención;

la figura 2 muestra esquemáticamente un detalle del enlace de radiocomunicaciones de la figura 1, con respecto a un combinador de banda base y un control relativo de modulación adaptativa para los moduladores, de acuerdo con la presente invención.

15 En referencia a las figuras adjuntas, un enlace de radiocomunicaciones de la presente invención comprende, en el lado de transmisión, una fuente de datos por paquetes 10 conectada a un bloque de control de paquetes 11 en el que los paquetes se clasifican de acuerdo con una jerarquía de importancia, la cual establece qué paquetes se pueden perder durante el transcurso del periodo de degradación.

20 A continuación, la señal se transfiere al bloque 12, el cual a continuación traslada el flujo de datos a los sistemas individuales de transmisión con modulación adaptativa.

El bloque 12 comprende un divisor 13 para encaminar la misma señal a los moduladores 14 y 15.

25 Los moduladores 14 y 15 comprenden, cada uno de ellos, una modulación adaptativa (ACM), y están conectados a un sistema de transmisión y radiación 17, con diversidad.

30 Los moduladores 14 y 15 comprenden una señal de mando individual 51 para la modulación adaptativa, que pasa por ejemplo a través de una 4/16/64QAM, sobre la base de las condiciones de propagación disponibles en cualquier momento.

En el lado de recepción, el enlace de radiocomunicaciones de la presente invención comprende un sistema de receptor 20.

35 El sistema de receptor 20 alimenta el bloque de recepción 21.

La figura 2 es una vista detallada esquemática del sistema de receptor 20, y del bloque de recepción 21 el cual comprende un combinador de banda base.

40 Una antena de receptor 30, que recibe una señal de radiofrecuencia  $sr_1$ , está conectada a un receptor 31 y a continuación a un demodulador 32, el cual suministra una señal demodulada  $s_1$  a un ecualizador 40.

45 Una antena de receptor 33, separada de la antena 32 en el caso de diversidad espacial, y que recibe una señal de radiofrecuencia  $sr_2$ , está conectada a un receptor 34 y a continuación a un demodulador 35, el cual suministra una señal demodulada  $s_2$  a un ecualizador 42.

Las señales de salida  $se_1$  y  $se_2$  de los ecualizadores 40 y 42 están conectadas a un sumador 44.

50 La señal de salida  $ss$  del sumador 44 está conectada a un circuito de decisión 46, y a un controlador de modulación individual 47.

55 El circuito de decisión 46 tiene una salida 48 para los datos determinados y una salida 49, en la cual está presente el valor de error calculado  $err$ , y está conectado a los ecualizadores 40 y 42. El valor de error  $err$  se usa como control de realimentación para los coeficientes tetradimensionales de los ecualizadores 40 y 42, y se usa para actualizarlos.

Los ecualizadores 40 y 42 son ecualizadores adaptativos tetradimensionales (4D) que se corresponden con una estructura transversal que dispone de una adaptación de los coeficientes tetradimensionales (complejos) y con una separación de símbolo o menor.

60 Los demoduladores 32 y 35 suministran las señales demoduladas de banda base, incluyendo la recuperación de sincronismo, y posiblemente usan métodos conocidos para hacer frente a las distorsiones de canal debidas a trayectorias múltiples. La salida del demodulador suministra de forma independiente, es decir, sin la necesidad de realimentación, en forma de periodos de símbolos, la mejor sucesión posible de reconstrucción individual de señales transmitidas, que contienen cualquier ruido presente.

65 El funcionamiento del sistema según la invención es evidente a partir de lo descrito e ilustrado, y es esencialmente el

siguiente.

Se suministra la misma información a los moduladores 14 y 15, con lo que las señales de radiofrecuencia sr1 y sr2 se reciben con diversidad, aunque transportan la misma información.

5 Existe un control de modulación adaptativa individual, por medio de la señal 50 generada por el controlador de modulación 47, que se alimenta en 51 a los moduladores 14 y 15. Para los dos moduladores presentes se usa una señal de mando individual 51.

10 Esta información se alimenta normalmente junto con otra información de servicio por medio de una conexión de retorno no mostrada explícitamente.

Por lo tanto, la modulación es idéntica para cada modulador presente en el enlace de radiocomunicaciones, es decir, los canales con diversidad tienen el mismo tipo de modulación.

15 Para determinar la elección del tipo de modulación, no se evalúa la calidad de la señal de salida de los demoduladores, sino, en su lugar, aquella mejorada sustancialmente con respecto a la misma, gracias al hecho intrínseco proporcionado por la suma combinada de las señales.

20 Esta mejora también existe en el caso de falta de diversificación en la calidad de las señales individuales, tal como en el caso de lluvia. A este respecto, se sabe en términos matemáticos que la suma de la amplitud de dos réplicas de la misma señal, afectadas por ruidos térmicos Gaussianos independientes, suma los ruidos únicamente en términos de su potencia media, con lo cual al final se incrementa la relación señal/ruido.

25 Tras el uso de los ecualizadores 40 a 42, en la salida 48 hay presente una señal combinada de las señales recibidas por las antenas de receptor 30 y 33.

En el transmisor solamente podría haber presentes un único modulador y un único transmisor, implementándose la diversidad espacial en el receptor por medio de varias antenas.

30 La sucesión de señales demoduladas entra en los ecualizadores, los cuales constan de un filtro FIR (respuesta impulsional finita) tetradimensional con coeficientes variables y con una separación de símbolo o menos. Los mismos pueden suministrar una señal de salida equivalente (recalculada) a la señal de entrada modificada por un desplazamiento de tiempo, una variación de nivel y una rotación de fase.

35 En el caso de la modulación en cuadratura, el sumador suma entre sí tanto las partes reales como las partes imaginarias de las señales.

La salida del sumador 44 se alimenta al bloque de decisión 46 y al controlador de modulación 47.

40 El controlador de modulación 47 evalúa la calidad de la señal recibida para determinar qué tipo de modulación usar, y alimenta una señal individual 50. La señal 51, recibida por el lado transmisor, se usa para los dos moduladores 14 y 15, de tal manera que estos tienen el mismo tipo de modulación.

45 De forma ventajosa, los ecualizadores 40 a 42 pueden tener una estructura clásica sencilla y una separación simple, es decir, no son FSE (ecualizador con separación fraccionada) sino que procesan una única muestra por cada periodo de símbolo. La operación en particular no requiere que la separación de coeficientes sea menor que el tiempo del símbolo.

50 Por tanto, cada coeficiente C del ecualizador de 4D, cuando se encuentra en la posición de retardo de tiempo m, es un vector definido de acuerdo con la técnica conocida, por:

$$c_m = [c_m^{11}; c_m^{22}; jc_m^{12}; jc_m^{21}]$$

55 y en el tiempo (n+1)\*T, el mismo se puede actualizar, a título de ejemplo, usando el error calculado como:

$$\begin{aligned} c_{(n+1)T}^{11} &= c_{nT}^{11} - stsz * \text{Re}(\text{err}_{(n+1)T}) * \text{Re}(s1) \\ c_{(n+1)T}^{22} &= c_{nT}^{22} - stsz * \text{Im}(\text{err}_{(n+1)T}) * \text{Im}(s1) \\ c_{(n+1)T}^{12} &= c_{nT}^{12} - stsz * \text{Im}(\text{err}_{(n+1)T}) * \text{Re}(s1) \end{aligned}$$

$$c_{(n+1)T}^{21} = c_{nT}^{21} - stsz * \text{Re}(\text{err}_{(n+1)T}) * \text{Im}(s1)$$

en el que:

stsz es un factor de compresión constante (por ejemplo  $10^{-5}$ )

err es el error de cálculo en el tiempo  $(n+1)T$ , esta operación se debe repetir para cada señal  $s1$  y  $s2$ .

El índice de posición  $m$  se ha omitido, lo cual significa que la actualización del coeficiente de posición hace uso de la muestra de retardo de tiempo de la posición  $m$  de la señal  $s$ , de acuerdo con la técnica conocida de los ecualizadores.

La señal de salida compleja  $se1$  (y de modo similar la señal de salida  $se2$ ) del ecualizador de 4D se define a continuación como:

$$\begin{aligned} \text{Re}(se1_n) &= \sum_{-p}^p c_i^{11} \text{Re}(s1_{n-i}) + \sum_{-p}^p c_i^{21} \text{Im}(s1_{n-i}) \\ \text{Im}(se1_n) &= \sum_{-p}^p c_i^{22} \text{Im}(s1_{n-i}) + \sum_{-p}^p c_i^{12} \text{Re}(s1_{n-i}) \end{aligned}$$

El subíndice  $n$  significa el tiempo de muestreo  $n$ , el subíndice  $i$  significa la posición del coeficiente, y los extremos  $-p$  y  $p$  del sumatorio son el número total de coeficientes.

El circuito de decisión 46 calcula el error  $err$  en el cual se basa la funcional, que se usará para actualizar los coeficientes.

Un ejemplo de una funcional minimizable en el cálculo de error mediante el método de MSE (error cuadrático medio) es el siguiente:

$$\text{Re}(err) = (\text{Re}(sc) - \text{Re}(sd))$$

$$\text{Im}(err) = \text{Im}(s) - \text{Im}(sd)$$

en el que:

$sc$  es la señal combinada y  $sd$  la denominada señal determinada.

Este sistema no se describe de forma adicional y detallada en la presente puesto que un experto en la materia, basándose en lo anterior, puede implementarlo de acuerdo con detalles de construcción conocidos y los requisitos específicos.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para enlaces de radiocomunicaciones digitales con modulación adaptativa que funcionan con diversidad, que comprende las etapas siguientes:

5 modular una señal que transporta la información por medio de al menos un modulador, siendo dicho al menos un modulador un modulador adaptativo;

10 transmitir la señal modulada;

10 recibir la señal transmitida, con diversidad, y suministrar una primera (sr1) y una segunda (sr2) señales que transportan la misma información;

15 demodular dicha primera señal (sr1) y suministrar una primera señal demodulada (s1);

15 demodular dicha segunda señal (sr2) y suministrar una segunda señal demodulada (s2);

20 ecualizar dicha primera señal demodulada (s1) por medio de un primer ecualizador adaptativo (40) y suministrar una primera señal ecualizada (se1);

20 ecualizar dicha segunda señal demodulada (s2) por medio de un segundo ecualizador adaptativo (42) y suministrar una segunda señal ecualizada (se2);

25 sumar dicha primera (se1) y dicha segunda (se2) señales ecualizadas para suministrar una señal de suma individual (ss);

usar dicha señal de suma (ss) para calcular una señal de error (49) y suministrarla a dichos primer (40) y segundo (42) ecualizadores adaptativos,

30 comprendiendo dichos primer (40) y segundo (42) ecualizadores adaptativos un ecualizador tetradimensional que se corresponde con una estructura transversal que tiene una adaptación de los coeficientes tetradimensionales, en el que

35 dicha señal de error (49) se usará para actualizar dichos coeficientes tetradimensionales, y

dicha primera señal ecualizada (se1) y, de modo similar, dicha segunda señal ecualizada (se2) se define como:

$$\begin{aligned} \operatorname{Re}(se1_n) &= \sum_{i=-p}^p c_i^{11} \operatorname{Re}(s1_{n-i}) + \sum_{i=-p}^p c_i^{21} \operatorname{Im}(s1_{n-i}) \\ \operatorname{Im}(se1_n) &= \sum_{i=-p}^p c_i^{22} \operatorname{Im}(s1_{n-i}) + \sum_{i=-p}^p c_i^{12} \operatorname{Re}(s1_{n-i}) \end{aligned}$$

40 en el que

n es el tiempo de muestreo,  
 i es la posición del coeficiente,  
 45 los extremos -p y p indican el intervalo de todos los coeficientes,  
 se1<sub>n</sub> es la señal de salida compleja del primer ecualizador,  
 s1<sub>n</sub> es la señal de entrada compleja del primer ecualizador,  
 y los coeficientes se actualizan usando el error calculado;

50 derivar una señal de control de modulación individual (50, 51) a partir de dicha señal de suma (ss) y alimentar con dicha señal de control de modulación individual (50, 51), de vuelta dicho al menos un modulador (14, 15) para determinar qué tipo de modulación adaptativa se debe usar.

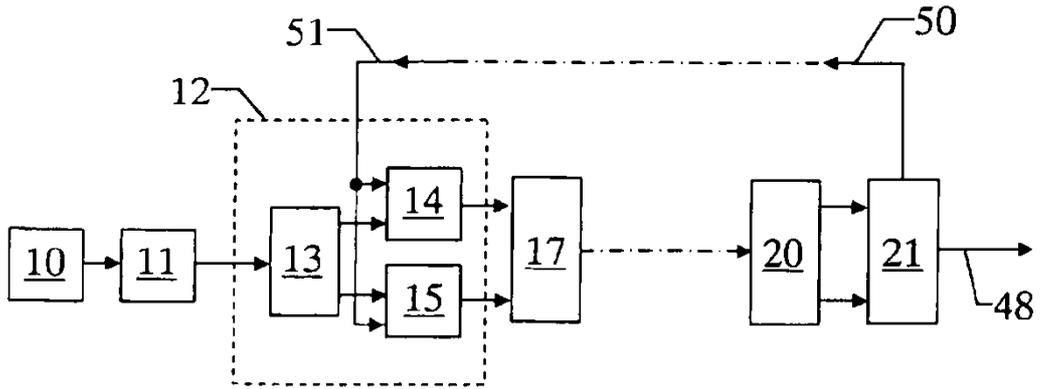


Fig. 1

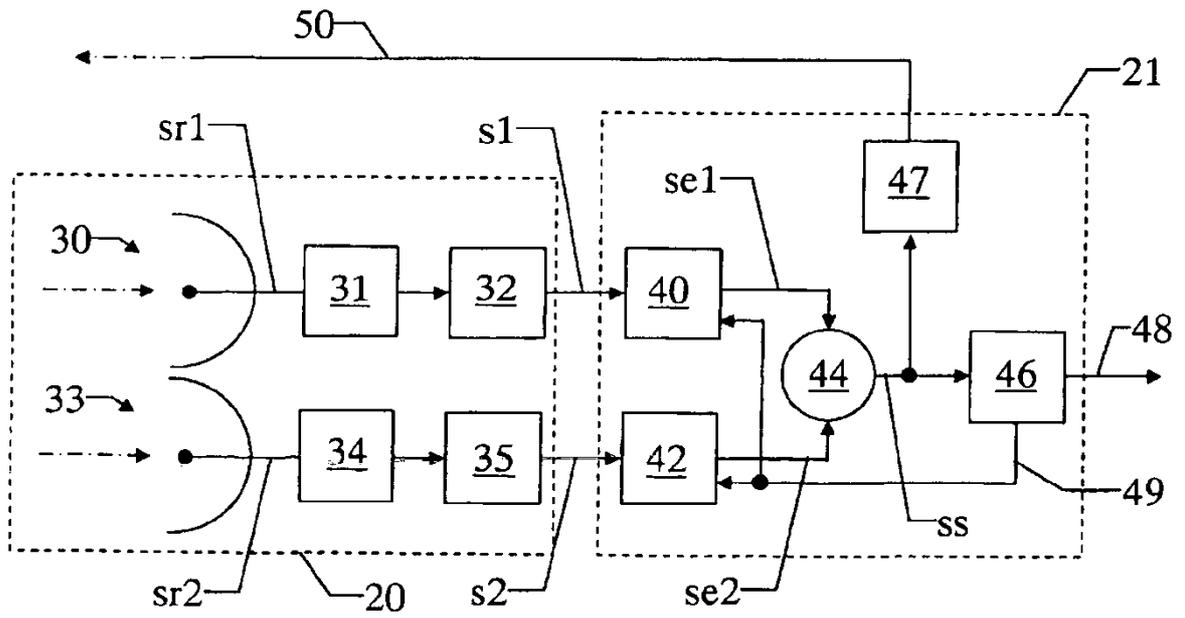


Fig. 2