

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 988 816**

51 Int. Cl.:

**H04L 27/14** (2006.01)

**H04B 7/08** (2006.01)

**H04B 17/00** (2015.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2022 E 22214790 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2024 EP 4203403**

54 Título: **Método para procesar una señal analógica de frecuencia modulada en un receptor de comunicaciones inalámbricas, programa informático y receptor de comunicaciones inalámbricas asociados**

30 Prioridad:

**21.12.2021 FR 2114059**

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

**21.11.2024**

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)  
4 rue de la Verrerie  
92190 Meudon, FR**

72 Inventor/es:

**MILLE, KÉVIN;  
PIPON, FRANÇOIS y  
KERJEAN, BRUNO**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 988 816 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**

Método para procesar una señal analógica de frecuencia modulada en un receptor de comunicaciones inalámbricas, programa informático y receptor de comunicaciones inalámbricas asociados

5 **Campo técnico**

La invención se sitúa en el campo de la comunicación inalámbrica poniendo en práctica modulaciones de frecuencia.

10 Más precisamente, la invención se refiere a un método para procesar una señal analógica de frecuencia modulada en un receptor de comunicaciones inalámbricas, comprendiendo dicho método las siguientes etapas:

- recepción de dicha señal analógica de frecuencia modulada por una señal útil;
- procesamiento de dicha señal recibida que comprende una demodulación de frecuencia de dicha señal analógica recibida.

15 **Técnica anterior**

20 La técnica de modulación analógica por modulación de frecuencia (FM) se utiliza comúnmente para misiones de tipo ISR (inteligencia/vigilancia/reconocimiento) o CAS (apoyo aéreo cercano). Existen equipos de transmisión, por ejemplo, que históricamente disponen de un modo de transmisión de vídeos analógicos al estándar NTSC o PAL, de frecuencia modulada. Se trata de un modo de transmisión muy utilizado, especialmente, por las fuerzas de intervención, por razones de interoperabilidad.

25 No obstante, la modulación analógica de modulación de frecuencia no es muy resistente al ruido del canal de propagación.

Los siguientes documentos reflejan el estado de la técnica:

- 30 - El documento US 7 697 913 B2;
- BRENDEL JOHANNES ET AL.: "A link quality indicator for analog FM transmission systems", 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SIGNAL PROCESSING AND COMMUNICATION SYSTEMS (ICSPCS), IEEE, 16 de diciembre de 2013.

35 **Sumario de la invención**

Con este fin, según un primer aspecto, la presente invención describe un método para procesar una señal analógica de frecuencia modulada en un receptor de comunicaciones inalámbricas como se mencionó anteriormente, caracterizado por que el receptor comprende Q antenas de recepción y Q canales de procesamiento asociados cada uno con una respectiva antena, con  $Q \geq 2$ , las siguientes etapas se implementan en cada canal de procesamiento n.º q del receptor,  $q = 1$  a Q para obtener la señal demodulada:

45 i/ dicha recepción comprende la recepción, por cada una de las antenas asociadas a los canales, de la señal analógica de frecuencia modulada y dicho procesamiento comprende, en cada canal q, el muestreo de la señal recibida por la antena asociada al canal q y la obtención, mediante transposición de dicha señal muestreada a banda base, de las muestras complejas  $m_q(n)$ ;

50 ii/ la obtención, en cada canal q, de una primera estimación de los valores de señal útil  $\hat{s}_q(n)$  en función de dichas muestras complejas  $m_q(n)$  obtenidas en el canal q;

iii/ en cada canal q, la estimación de la relación señal-ruido  $\overline{RSB}_q$  calculando  $\overline{RSB}_q = \frac{S_q}{2 \cdot B_q}$ , con  $S_q =$

$$mod\_moy_q^2, \quad B_q = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1}^N (mod\_moy_q - |m_q(n)|)^2 \quad \text{y} \quad mod\_moy_q = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1}^N |m_q(n)|^2}$$

donde N es un número entero fijo;

55 iv/ después, la determinación de una segunda estimación  $\hat{s}(n)$  de la señal útil en función de las Q estimaciones de la relación señal-ruido  $\overline{RSB}_q$ ,  $q = 1$  a Q y en función de al menos una de dichas primeras estimaciones obtenidas  $\hat{s}_q(n)$  de la señal útil,  $q = 1$  a Q. Un procesamiento de este tipo permite obtener una señal más robusta a la salida del receptor.

60 En realizaciones, un método de este tipo además comprenderá la al menos una de las siguientes características:

- el método comprende, en la etapa iv/, una etapa de comparación entre sí de las Q estimaciones de la relación señal-ruido  $\overline{RSB}_q$   $q=1$  a Q, después una etapa de determinación, en función de dicha comparación, de cuál es el canal  $q_0$  entre los canales 1 a Q en el que la relación señal-ruido estimada es mayor y se determina que la segunda estimación  $\hat{s}(n)$  de la señal útil es igual a dicha primera estimación obtenida  $\hat{s}_{q_0}(n)$  de la señal útil;

5 - en la etapa iv/, se determina la segunda estimación  $\hat{s}(n)$  de la señal útil, para  $n \in [1; M]$ , calculando:

$$\hat{s}(n) = \sum_{q=1}^Q \frac{\overline{RSB}_q}{\overline{RSB}_{tot}} \cdot \hat{s}_q(n)$$

- con  $\overline{RSB}_{tot} = \sum_{q=1}^Q \overline{RSB}_q$ ;

10 - en la etapa ii, se obtiene, en cada canal q, una primera estimación de los valores de señal útil  $\hat{s}_q(n)$  en función de dichas muestras complejas  $m_q(n)$  obtenidas en el canal q, mediante la siguiente fórmula:

$$\hat{s}_q(n) = \frac{F_e}{2\pi \cdot \Delta f} \cdot \arg(m_q(n) \cdot m_q(n-1)^*), \quad q \in [1; Q]$$

15 donde  $\Delta F$  es la desviación de frecuencia de la señal modulada y  $F_e$  la frecuencia de muestreo;

- la señal útil comprende un vídeo analógico en el estándar PAL o NTSC.

Según otro aspecto, la invención describe un programa informático destinado a estar almacenado en la memoria de un receptor de comunicación inalámbrica de una señal analógica de frecuencia modulada y que comprende además un microordenador, comprendiendo dicho programa informático instrucciones que, cuando se ejecutan en el microordenador, implementan las etapas i, ii, iii y iv de un método según el primer aspecto de la invención.

Según otro aspecto, la invención describe un receptor de comunicaciones inalámbricas adaptado para procesar una señal de comunicación analógica de frecuencia modulada, estando adaptado dicho receptor para recibir la señal analógica de frecuencia modulada por una señal útil y comprendiendo dicho procesamiento de la señal recibida la demodulación de frecuencia de dicha señal analógica recibida;

estando dicho receptor caracterizado por que comprende Q antenas de recepción adaptadas cada una para recibir la señal analógica de frecuencia modulada y Q canales de procesamiento asociados cada uno con una antena respectiva, con  $Q \geq 2$ , y por que el procesamiento por parte del receptor en cada canal de procesamiento q,  $q = 1$  a Q, comprende:

i/ el muestreo de la señal recibida y la obtención, por transposición de dicha señal muestreada a banda base, de muestras complejas  $m_q(n)$ ;

ii/ la obtención, en cada canal q, de una primera estimación de los valores de señal útil  $\hat{s}_q(n)$  en función de dichas muestras complejas  $m_q(n)$  obtenidas en el canal q;

iii/ en cada canal q, la estimación de la relación señal-ruido  $\overline{RSB}_q$  calculando  $\overline{RSB}_q = \frac{S_q}{2 \cdot B_q}$ , con  $S_q =$

$mod_{moyq^2}, B_q = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1}^N (mod_{moyq} - |m_q(n)|)^2$  y  $mod_{moyq} = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1}^N |m_q(n)|^2}$ , donde N es un número entero fijo;

estando adaptado el receptor para determinar una segunda estimación  $\hat{s}(n)$  de la señal útil en función de las Q estimaciones de la relación señal-ruido  $\overline{RSB}_q$ ,  $q = 1$  a Q y en función de al menos una de dichas primeras estimaciones obtenidas  $\hat{s}_q(n)$  de la señal útil,  $q = 1$  a Q.

En realizaciones, un receptor de este tipo además comprenderá al menos una de las siguientes características:

- el receptor está adaptado para comparar entre sí las Q estimaciones de la relación señal-ruido  $\overline{RSB}_q$   $q=1$  a Q y determinar, en función de dicha comparación, cuál es el canal  $q_0$  entre los canales 1 a Q en el que la relación señal-ruido estimada es mayor y determinar la segunda estimación  $\hat{s}(n)$  de la señal útil igual a dicha primera estimación obtenida  $\hat{s}_{q_0}(n)$  de la señal útil;
- el receptor de comunicaciones inalámbricas está adaptado para determinar la segunda estimación  $\hat{s}(n)$  de

la señal útil, para  $n \in [1; N]$ , calculando:

$$\hat{s}(n) = \sum_{q=1}^Q \frac{\overline{RSB}_q}{\overline{RSB}_{tot}} \cdot \hat{s}_q(n)$$

5 con  $\overline{RSB}_{tot} = \sum_{q=1}^Q \overline{RSB}_q$ ,

- en cada canal  $q$ , el procesamiento por dicho receptor comprende una primera estimación de los valores de señal útil  $\hat{s}_q(n)$  en función de dichas muestras complejas  $m_q(n)$  obtenidas en el canal  $q$ , mediante la siguiente fórmula:

$$10 \quad \hat{s}_q(n) = \frac{F_e}{2\pi \cdot \Delta f} \cdot \arg(m_q(n) \cdot m_q(n-1)^*), \quad q \in [1; Q]$$

donde  $\Delta F$  es la desviación de frecuencia de la señal modulada y  $F_e$  la frecuencia de muestreo.

### 15 Breve descripción de las figuras

La invención se comprenderá mejor y otras características, detalles y ventajas aparecerán mejor con la lectura de la siguiente descripción, proporcionada a título no limitativo, y gracias a las figuras adjuntas, proporcionadas a título de ejemplo.

20 La figura 1 es una ilustración de un receptor de comunicaciones inalámbricas en una realización;

la figura 2 representa las etapas de un método para procesar una señal analógica de frecuencia modulada en una realización de la invención;

25 la figura 3 representa imágenes reconstruidas en una realización de la invención con diferentes relaciones señal-ruido y diferentes configuraciones de antena;

la figura 4 representa imágenes reconstruidas en una realización de la invención con diferentes configuraciones de antena.

30 Podrán utilizarse referencias idénticas en figuras diferentes cuando designen elementos idénticos o comparables.

### Descripción detallada

35 La figura 1 representa un sistema de comunicación inalámbrica que comprende uno o más emisores de modulación de frecuencia analógica, por ejemplo, el transmisor 11 y uno o más receptores de modulación de frecuencia analógica, por ejemplo, el receptor 10 de comunicación inalámbrica, que implementa una realización de la invención.

40 De manera conocida, una señal útil, denominada  $s(t)$ , se proporciona como entrada al transmisor 11. Este último comprende un modulador que está adaptado para utilizar esta útil señal y una portadora de frecuencia  $f_p$  (siendo la frecuencia  $f_p$  mucho mayor que la frecuencia de la señal útil), conocida por el transmisor y el (o los) receptor y transformar las variaciones en el tiempo de la señal útil  $s(t)$  en variaciones proporcionales de la frecuencia instantánea de la señal emitida  $S_{FM}(t)$  en la base de la portadora, después para transmitir  $S_{FM}(t)$  por medio de una antena de emisión A0 en el canal de propagación correspondiente a la portadora.

45 Siendo la señal real  $S_{FM}(t) = A_p \cdot \cos[2\pi \cdot f(t) \cdot t]$ , siendo  $A_p$  una constante, siendo  $f(t)$  la frecuencia instantánea, se puede escribir, de forma conocida:

$$S_{FM}(t) = A_p \cdot \cos[2\pi \cdot f_p \cdot t + 2\pi \cdot \Delta f \cdot \int_0^t s(\tau) d\tau]$$

50 Con  $s(t)$  la señal útil, y  $\Delta F$  la desviación de frecuencia.

La señal analógica de frecuencia modulada  $S_{FM}(t)$  emitida de esta forma se propaga desde la antena A0.

55 Hay que tener en cuenta que la frecuencia de la portadora emitida puede tomar varios valores, en HF, VHF, UHF, las bandas L, C, etc. y que la señal útil también puede ser de naturaleza variada: audio, vídeo, otros datos, etc.

La señal útil  $s$ , que se transmite de esta forma variando la frecuencia, en el transmisor 11, de la señal emitida  $S_{FM}$  es analógica y la portadora es analógica. La señal analógica modulada, aquí  $S_{FM}(t)$ , resultante de la transformación de la portadora por la señal útil  $s(t)$ , es continua y puede tomar cualquier valor (dentro de un rango determinado). La señal analógica de frecuencia modulada  $S_{FM}(t)$  se recibe luego por el receptor de modulación FM analógico 10 en un modo de implementación de la invención.

El receptor de modulación FM analógico de 10 comprende Q antenas de recepción  $A_q$ ,  $q = 1$  a Q, adaptadas para recibir la señal resultante de la emisión de  $S_{FM}(t)$ , siendo Q un número entero mayor o igual a 2, Q canales de procesamiento  $CH_q$  y un módulo de determinación de la señal demodulada 24.

La cadena de procesamiento  $CH_q$ ,  $q = 1$  a Q, está adaptada para recibir como entrada la señal suministrada por la antena  $A_q$  y consta de un módulo electrónico convertidor analógico a digital (CAD) 20\_q, un módulo electrónico transpositor de frecuencia 21\_q, un módulo electrónico de demodulación FM digital 22\_q y un módulo electrónico de estimación de la relación señal-ruido 23\_q.

El CAN 20\_q está adaptado para realizar la digitalización (es decir, muestreo y cuantificación) de la señal recibida por la antena  $A_q$  a la frecuencia de muestreo  $F_e$ .

El módulo electrónico transpositor de frecuencia 21\_q está adaptado para, de forma conocida, transponer la señal digitalizada de esta forma por el CAN 20\_q de la frecuencia  $f_p$  en banda base y para suministrar muestras complejas  $m_q(n)$  (las partes reales e imaginarias correspondientes a las salidas de los canales respectivamente en fase y en cuadratura del transpositor de frecuencia).

El módulo electrónico de demodulación FM digital 22\_q está adaptado para realizar demodulación FM a partir de muestras complejas  $m_q(n)$  proporcionadas por el transpositor de frecuencia 21\_q y suministrar la señal digitalizada demodulada  $\hat{s}_q(n)$ .

El módulo electrónico de estimación de la relación señal-ruido 23\_q está adaptado para efectuar una estimación de la relación señal-ruido,  $\overline{RSB}_q$ , de la señal recibida en el canal q en función de muestras complejas  $m_q(n)$  proporcionadas por el transpositor de frecuencia 21\_q.

El módulo de determinación de señal demodulada 24 está adaptado para recopilar como entrada las señales digitalizadas demoduladas  $\hat{s}_q(n)$  y las relaciones señal-ruido  $\overline{RSB}_q$  obtenidas en los canales  $CH_q$ ,  $q = 1$  a Q y para determinar una estimación de la señal útil  $\hat{s}(n)$  a partir de estos elementos recopilados.

Los detalles de las operaciones efectuadas por el receptor de modulación FM analógico 10 se describen ahora con referencia a la figura 2, que ilustra las etapas de un método 100 para procesar una señal analógica de frecuencia modulada que se implementa, en un modo de realización, por el receptor 10.

En una etapa 101, cada antena  $A_q$  recibe una onda procedente de la emisión de la señal  $S_{FM}(t)$  y la transforma en una señal eléctrica,  $q = 1$  a Q; en cada canal  $CH_q$ , esta señal es muestreada por el CAN 20\_q en la frecuencia  $F_e$ , después las muestras resultantes se someten a una transposición de banda base realizada por el transpositor de frecuencia 21\_q, que suministra las muestras complejas resultantes de esta transposición; se considera un conjunto de muestras complejas sucesivas obtenidas de esta forma, expresadas  $m_q(n)$ ,  $n = 1$  a N, N es un número entero que define el tamaño de la ventana de interés (por ejemplo, N se elige entre 100 y 1000); el valor de N se ajusta en función del tiempo de coherencia del canal de propagación.

En una etapa 102, en cada canal  $CH_q$ , el módulo electrónico de demodulación FM digital 22\_q calcula las muestras reales  $\hat{s}_q(n)$  de la señal digitalizada demodulada a partir de las muestras complejas  $m_q(n)$ , aplicando la siguiente fórmula:

$$\hat{s}_q(n) = \frac{F_e}{2\pi\Delta f} \cdot \arg(m_q(n), m_q(n-1)^*), \quad q \in [1; Q] \quad \text{fórmula (1)}$$

donde:

- 55  $F_e$  es la frecuencia de muestreo del CAN 20\_q, en ech/s;
- $\Delta f$  es la desviación de frecuencia, en Hz/V de  $S_{FM}(t)$ ;
- ( )\* es la función "conjugada compleja".

60 De hecho, se observa:

$s(n)$ : que correspondería a muestras reales de la señal  $s$  en la entrada del modulador,

$b_q(n)$ : muestras complejas de ruido añadido a la entrada del demodulador, en el canal de recepción con índice q, se tiene:

$$m_q(n) = e^{i2\pi\frac{\Delta f}{f_c}\sum_{k=1}^n s(k)} + b_q(n).$$

5

Y por tanto:

$$m_q(n+1) = e^{i2\pi\frac{\Delta f}{f_c}\sum_{k=1}^{n+1} s(k)} + b_q(n+1).$$

10

Al ignorar el ruido  $b_q(n)$ , se observa que:  $m_q(n+1) \cdot m_q(n)^* \approx e^{i2\pi\frac{\Delta f}{f_c}s(n+1)}$  y se deduce la fórmula (1).

En una etapa 103 que, según las realizaciones, tiene lugar antes, al mismo tiempo o después de la etapa 102, en cada canal de recepción  $CH_q$ , el módulo de estimación de la relación señal-ruido 23\_q estima la relación señal-ruido,

$\widehat{RSB}_q$ , en función de las muestras complejas  $m_q(n)$  proporcionadas por el transpositor de frecuencia 21\_q aplicando la siguiente fórmula:

15

$$\widehat{RSB}_q = \frac{S_q}{2B_q} \quad \text{fórmula (2)}$$

De hecho, como la modulación FM tiene una envolvente constante, se puede estimar la relación señal-ruido midiendo la dispersión del módulo instantáneo. Se observa:

20

$$mod\_moy_q = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1}^N |m_q(n)|^2},$$

la estimación de la potencia de la señal es  $S_q = mod\_moy_q^2$ . La estimación de la potencia del ruido es

25

$B_q = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1}^N (mod\_moy_q - |m_q(n)|)^2$ . Después se obtiene la fórmula (2) para la estimación de la relación señal-ruido, sobre la base de la señal analógica FM digitalizada recibida en el canal q:

En una etapa 104, el módulo de determinación de la señal demodulada 24 determina una estimación de la señal útil

30

$\hat{s}(n)$  en función de las señales digitalizadas demoduladas  $\hat{s}_q(n)$  y de las relaciones señal-ruido  $\widehat{RSB}_q$  obtenidas en los canales  $CH_q$ ,  $q = 1$  a  $Q$ .

En una realización de esta etapa 104 (etapa 104\_1), el módulo de determinación de la señal demodulada 24

35

compara  $\widehat{RSB}_q$  entre sí para  $q = 1$  a  $Q$ , para determinar la relación señal-ruido más alta entre los  $Q$  valores y selecciona la señal demodulada  $\hat{s}_{q0}(n)$  que corresponde al canal de recepción ( $CH_{q0}$ ) que tiene la relación señal-ruido más alta entre los  $Q$  canales: la estimación de la señal útil  $\hat{s}(n)$  suministrada a la salida del demodulador de FM 10 se elige entonces igual a  $\hat{s}_{q0}(n)$ :

$$\hat{s}(n) = \hat{s}_{q0}(n)$$

40

Dependiendo de las realizaciones, se seleccionan las  $N$  muestras  $\hat{s}_{q0}(n)$ ,  $n = 1$  a  $N$  como muestras de salida del demodulador o estas etapas se repiten para cada muestra, considerando cada vez una ventana de tamaño  $N$  que comprende las  $N-1$  muestras que la preceden y ella misma.

En otra realización de esta etapa 104 (etapa 104\_2), el módulo de determinación de la señal demodulada 24 efectúa una recombinación MRC (*Maximal Ratio Combining*) de los  $Q$  canales de recepción ponderados por las respectivas relaciones señal-ruido.

45

Para ello, calcula una estimación de la relación señal-ruido total:

50

$$\widehat{RSB}_{tot} = \sum_{q=1}^Q \widehat{RSB}_q.$$

$$\hat{s}(n) = \sum_{q=1}^Q \frac{\overline{RSB}_q}{\overline{RSB}_{tot}} \cdot \hat{s}_q(n), n \in [1; N]$$

Después calcula la recombinación MRC: y después suministra este valor a la salida del demodulador FM 10. Como anteriormente, las ventanas de tamaño N se suceden o se superponen según las realizaciones.

5 Un receptor de modulación de FM según la invención permite mejorar las prestaciones de recepción y la calidad de la señal suministrada a la salida del receptor de FM, especialmente haciéndolas más resistentes al ruido del canal de propagación, al enmascaramiento de la antena y al despunte de la antena.

10 En una realización, el receptor de comunicaciones 10 comprende una memoria en la que se almacenan instrucciones de software y un microprocesador; y al menos algunas de las funciones de los bloques CAN 20\_q, transposición de frecuencia 21\_q, demodulación digital 22\_q, estimación de la relación señal-ruido 23\_q y/o determinación de  $\hat{s}(n)$  24 se implementan tras la ejecución en el microprocesador de dichas instrucciones de software, q = 1 a Q.

15 La figura 3 ilustra los resultados obtenidos por la implementación de la invención con un receptor con recombinación MRC (etapa 104\_2) y que comprende Q = 4 antenas (columna derecha) en comparación con la recepción con una única antena (columna izquierda) para diferentes valores de relación señal-ruido. Se presentan tres filas de imágenes: una fila superior, una fila intermedia y una fila inferior. Las imágenes de la fila intermedia corresponden a una RSB de 3 dB más que la RSB, denominada RSBO, de las imágenes de la fila superior; las imágenes de la fila inferior corresponden a una RSB de 6 dB más que las imágenes de la fila superior. La figura 3 ilustra un caso en el que los 4 canales son homogéneos en términos de RSB. La señal útil considerada aquí es un patrón de vídeo analógico, PAL o NTSC, que por tanto es digitalizado por el receptor como una serie de imágenes matriciales.

25 De esta forma, para las imágenes con RSB igual a RSBO (fila superior), se debe notar la pérdida de ciertas líneas en la imagen IM0\_SISO obtenida con una sola antena mientras que la imagen es correcta en la imagen IM0\_SIMO obtenida en el receptor en una realización de la invención con 4 antenas.

30 Para imágenes con una relación señal-ruido igual a RSBO + 3 dB (fila intermedia), aparecen errores de sincronización en algunas líneas en la imagen IM3\_SISO obtenida con una sola antena mientras que la imagen es correcta en la imagen IM3\_SIMO obtenida en el receptor en una realización de la invención con 4 antenas.

35 Para una relación señal-ruido igual a RSBO + 6 dB (fila inferior), la imagen IM6\_SISO obtenida es correcta con una sola antena así como la imagen IM6\_SIMO obtenida en el receptor en una realización de la invención con 4 antenas. Se observa, en una realización de la invención, una ganancia de 6 dB con un receptor con Q = 4 antenas y utilizando la recombinación MRC con respecto al resultado obtenido con una sola antena. Se observa, en una realización de la invención, una ganancia de 3 dB, con respecto al resultado obtenido con una sola antena, con un receptor con Q = 2 antenas y utilizando la recombinación MRC.

40 La figura 4 ilustra los resultados obtenidos mediante la implementación de la invención con canales heterogéneos en términos de RSB en un receptor con recombinación MRC (etapa 104\_2) y que comprende Q = 2 antenas (imagen de la derecha) en comparación con la recepción con una sola antena (imagen de la izquierda).

45 La imagen IM\_SISO es la imagen obtenida en el caso de una relación señal-ruido igual a RSBO - 10 dB en el caso de una sola antena; la imagen IM\_SIMO es la imagen obtenida según la invención en el caso de una relación señal-ruido igual a RSBO - 10 dB en uno de los dos canales y una relación señal-ruido igual a RSBO + 10 dB en el otro canal: si un canal recibe una señal significativamente más débil que otro canal en un receptor según la invención, tras un enmascaramiento o un despunte de la antena, por ejemplo, la recombinación MRC (etapa 104\_2) sobrepondera automáticamente el mejor canal de recepción.

REIVINDICACIONES

1. Método para procesar una señal analógica de frecuencia modulada, implementado por un receptor (10) de comunicaciones inalámbricas, comprendiendo dicho método las siguientes etapas:

- recepción por dicho receptor (10) de dicha señal analógica ( $S_{FM}(t)$ ) de frecuencia modulada por una señal útil (s);
- procesamiento de dicha señal recibida que comprende una demodulación de frecuencia de dicha señal analógica recibida; siendo dicho método tal que, el receptor (10) que comprende Q antenas de recepción ( $A_1, \dots, A_Q$ ) y Q canales de procesamiento (CH1, ..., CHQ) cada uno asociado a una respectiva antena, con  $Q \geq 2$ , el receptor implementa las siguientes etapas, para obtener la señal demodulada:
  - i/ dicha recepción comprende la recepción, por cada una de las antenas asociadas a los canales, de la señal analógica de frecuencia modulada, y dicho procesamiento comprende, en cada canal q,  $q = 1$  a Q, el muestreo de la señal recibida por la antena asociada al canal q y la obtención, mediante transposición de dicha señal muestreada a banda base, de las muestras complejas  $m_q(n)$ ;
  - ii/ la obtención, sobre cada canal q (CHq), de una primera estimación de los valores de señal útil  $\hat{s}_q(n)$  en función de dichas muestras complejas  $m_q(n)$  obtenidas en el canal q;

- iii/ en cada canal q, la estimación de la relación señal-ruido  $\overline{RSB}_q$  calculando  $\overline{RSB}_q = \frac{S_q}{2 \cdot B_q}$ , con

$$S_q = \text{mod\_moy}_{q^2}, \quad B_q = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1}^N (\text{mod\_moy}_q - |m_q(n)|)^2 \quad \text{y} \quad \text{mod\_moy}_q = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1}^N |m_q(n)|^2}$$

donde N es un número entero fijo;

- iv/ después, la determinación de una segunda estimación  $\hat{s}(n)$  de la señal útil en función de las Q estimaciones de la relación señal-ruido  $\overline{RSB}_q$ ,  $q = 1$  a Q y en función de al menos una de dichas primeras estimaciones obtenidas  $\hat{s}_q(n)$  de la señal útil,  $q = 1$  a Q.

2. Método para procesar una señal analógica ( $S_{FM}(t)$ ) de frecuencia modulada según la reivindicación 1, que comprende, en la etapa iv/, una etapa de comparación entre sí de las Q estimaciones de la relación señal-ruido  $\overline{RSB}_q$ ,  $q = 1$  a Q, después, una etapa de determinación, en función de dicha comparación, de cuál es el canal q0 entre los canales 1 a Q (CHq,  $q = 1$  a Q) en el que la relación señal-ruido estimada es mayor y se determina que la segunda estimación  $\hat{s}(n)$  de la señal útil es igual a dicha primera estimación obtenida  $\hat{s}_{q0}(n)$  de la señal útil.

3. Método para procesar una señal analógica ( $S_{FM}(t)$ ) de frecuencia modulada según la reivindicación 1, según el cual, en la etapa iv/, se determina la segunda estimación  $\hat{s}(n)$  de la señal útil, para  $n \in [1; N]$ , calculando:

$$\hat{s}(n) = \sum_{q=1}^Q \frac{\overline{RSB}_q}{\overline{RSB}_{tot}} \cdot \hat{s}_q(n)$$

con

$$\overline{RSB}_{tot} = \sum_{q=1}^Q \overline{RSB}_q.$$

4. Método para procesar una señal analógica ( $S_{FM}(t)$ ) de frecuencia modulada según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, según el cual en la etapa ii, en cada canal q se obtiene una primera estimación de los valores de señal útil  $\hat{s}_q(n)$  en función de dichas muestras complejas  $m_q(n)$  obtenidas en el canal q, mediante la siguiente fórmula:

$$\hat{s}_q(n) = \frac{F_e}{2\pi \cdot \Delta f} \cdot \text{arg}(m_q(n) \cdot m_q(n-1)^*), \quad q \in [1; Q]$$

donde  $\Delta f$  es la desviación de frecuencia de la señal modulada y  $F_e$  la frecuencia de muestreo.

5. Método para procesar una señal analógica ( $S_{FM}(t)$ ) de frecuencia modulada según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, según el cual la señal útil (s) comprende un vídeo analógico según el estándar PAL o NTSC.

6. Programa informático, destinado a estar almacenado en la memoria de un receptor (10) de comunicación

inalámbrica de una señal analógica de frecuencia modulada y que comprende además un microordenador, comprendiendo dicho programa informático instrucciones que, cuando se ejecutan en el microordenador, implementan las etapas de un método según una de las reivindicaciones anteriores.

5 7. Receptor de comunicaciones inalámbricas (10) adaptado para procesar una señal de comunicación analógica ( $S_{FM}(t)$ ) de frecuencia modulada, estando adaptado dicho receptor (10) para recibir la señal analógica ( $S_{FM}(t)$ ) de frecuencia modulada por una señal útil (s) y comprendiendo dicho procesamiento de la señal recibida una demodulación de frecuencia de dicha señal analógica recibida; siendo dicho receptor (10) tal que comprende Q antenas de recepción ( $A_1, \dots, A_Q$ ) adaptadas cada una para recibir la señal analógica de frecuencia modulada y Q  
10 canales de procesamiento (CH1, ..., CHQ) asociados cada uno con una antena respectiva, con  $Q \geq 2$ , y que el procesamiento por parte del receptor en cada canal de procesamiento q,  $q = 1$  a Q comprende:

i/ el muestreo de la señal recibida por la antena asociada al canal q y la obtención, por transposición de dicha señal muestreada a banda base, de las muestras complejas  $m_q(n)$ ;

15 ii/ la obtención, en cada canal q, de una primera estimación de los valores de señal útil  $\hat{s}_q(n)$  en función de dichas muestras complejas  $m_q(n)$  obtenidas en el canal q;

iii/ en cada canal q, la estimación de la relación señal-ruido  $\overline{RSB}_q$  calculando  $\overline{RSB}_q = \frac{S_q}{2 \cdot B_q}$ , con

$$S_q = \text{mod\_moy}_{q^2}, B_q = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1}^N (\text{mod\_moy}_q - |m_q(n)|)^2$$

$$\text{mod\_moy}_q = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1}^N |m_q(n)|^2}$$

20 donde N es un número entero fijo; estando adaptado el receptor (10) para determinar una segunda estimación  $\hat{s}(n)$  de la señal útil en función de las

25 Q estimaciones de la relación señal-ruido  $\overline{RSB}_q$ ,  $q = 1$  a Q y en función de al menos una de dichas primeras estimaciones obtenidas  $\hat{s}_q(n)$  de la señal útil,  $q = 1$  a Q.

8. Receptor de comunicaciones inalámbricas (10) según la reivindicación 7, adaptado para comparar entre sí las Q estimaciones de la relación señal-ruido  $\overline{RSB}_q$ ,  $q = 1$  a Q y determinar, en función de dicha comparación, cuál es el canal  $q_0$  entre los canales 1 a Q en el que la relación señal-ruido estimada es mayor y determinar que la segunda estimación  $\hat{s}(n)$  de la señal útil es igual a dicha primera estimación obtenida  $\hat{s}_{q_0}(n)$  de la señal útil.

9. Receptor de comunicaciones inalámbricas (10) según la reivindicación 7, adaptado para determinar la segunda estimación  $\hat{s}(n)$  de la señal útil, para  $n \in [1; N]$ , calculando:

$$\hat{s}(n) = \sum_{q=1}^Q \frac{\overline{RSB}_q}{\overline{RSB}_{tot}} \cdot \hat{s}_q(n)$$

con

$$\overline{RSB}_{tot} = \sum_{q=1}^Q \overline{RSB}_q$$

10. Receptor de comunicaciones inalámbricas (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que en cada canal q, el procesamiento por dicho receptor comprende una primera estimación de los valores de señal útil  $\hat{s}_q(n)$  en función de dichas muestras complejas  $m_q(n)$  obtenidas en el canal q, mediante la siguiente fórmula:

$$\hat{s}_q(n) = \frac{F_e}{2\pi \cdot \Delta f} \cdot \arg(m_q(n) \cdot m_q(n-1)^*), \quad q \in [1; Q]$$

donde  $\Delta F$  es la desviación de frecuencia de la señal modulada y  $F_e$  la frecuencia de muestreo.

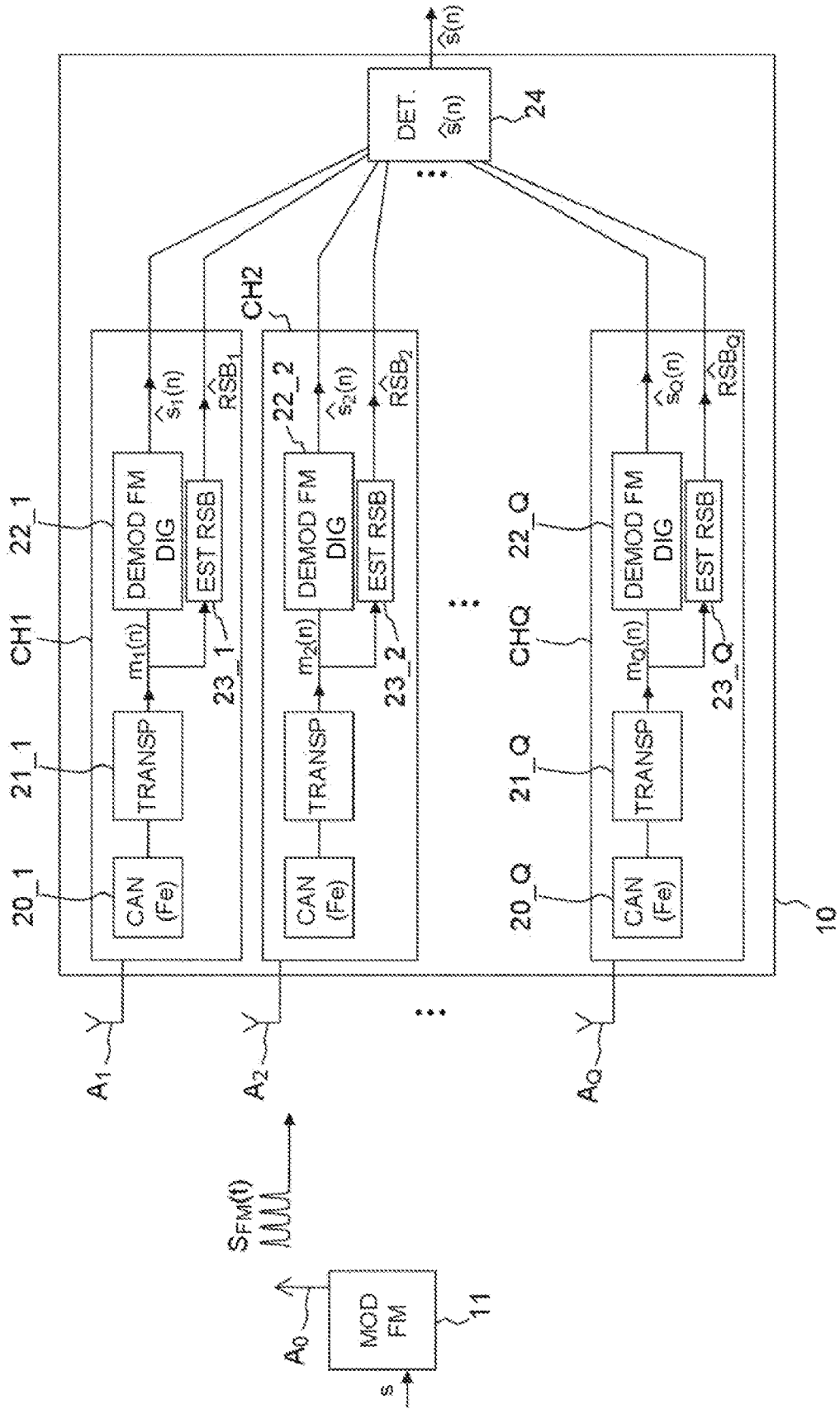


FIG.1

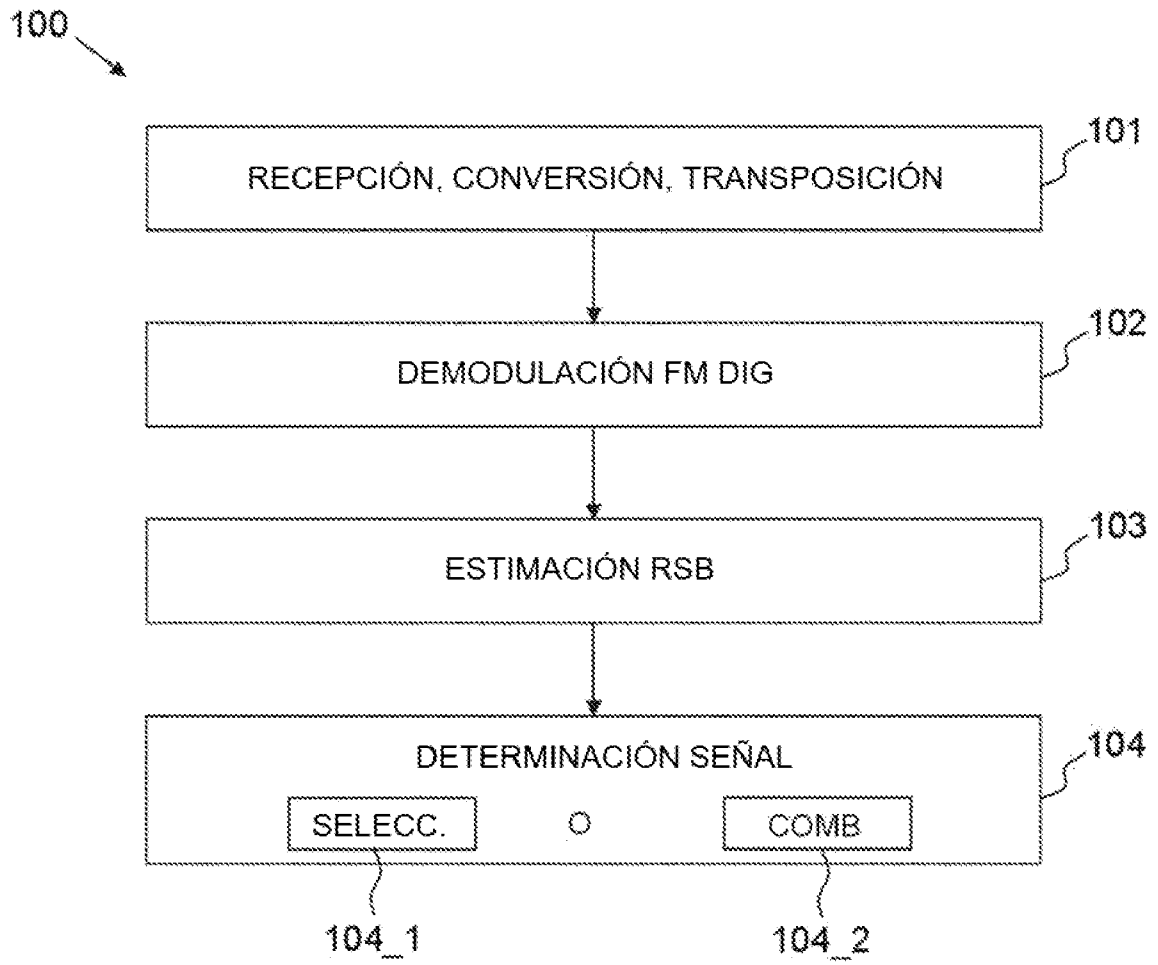


FIG.2

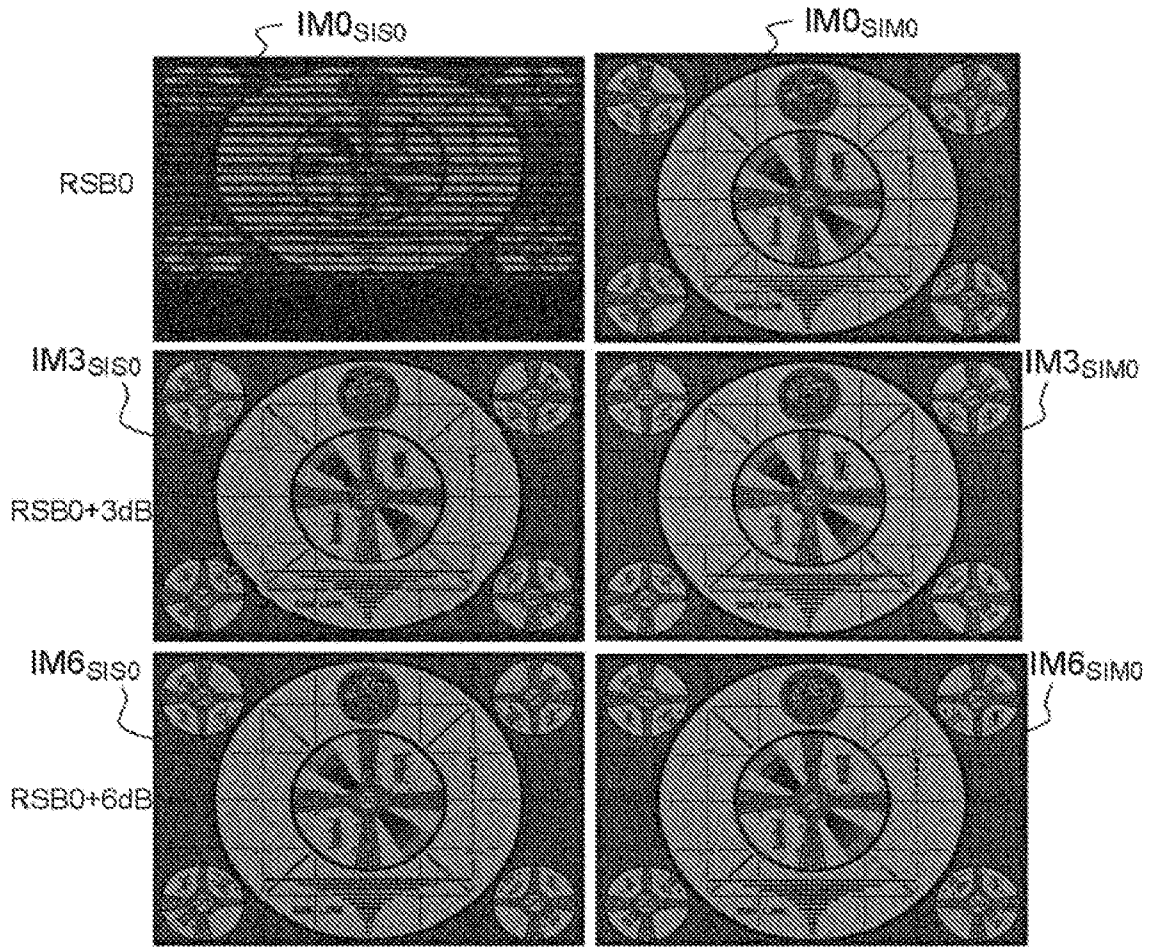


FIG.3

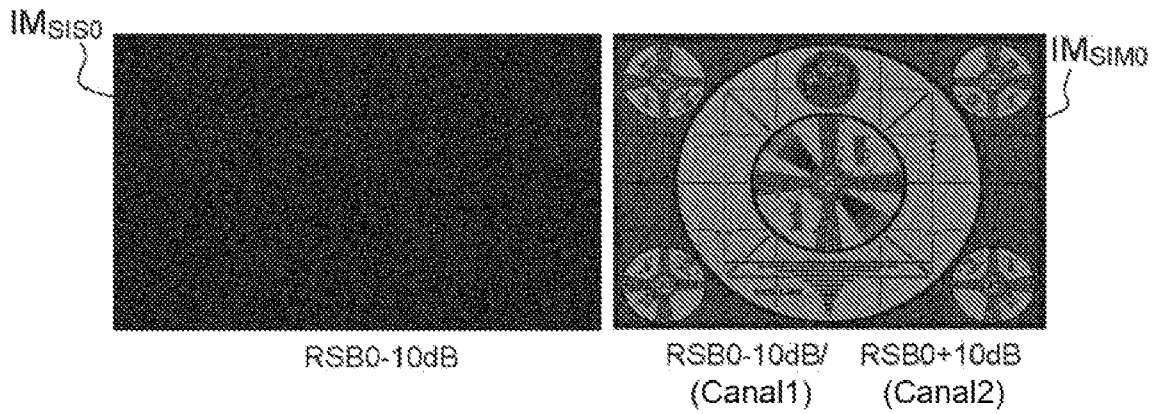


FIG.4