

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 448 947**

51 Int. Cl.:

H04L 25/02 (2006.01)

H04L 25/03 (2006.01)

H04L 1/00 (2006.01)

H04B 7/005 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2009 E 09769546 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2013 EP 2316207**

54 Título: **Procedimiento de estimación de la calidad de focalización de una señal pre-equalizada por retorno temporal**

30 Prioridad:

27.06.2008 FR 0854360

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

17.03.2014

73 Titular/es:

**ORANGE (100.0%)
78, rue Olivier de Serres
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**PHAN HUY, DINH THUY;
WIART, JOE;
ZIADE, YOUNNI y
DESBAT, JEAN-PHILIPPE**

74 Agente/Representante:

PÉREZ BARQUÍN, Eliana

ES 2 448 947 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

Procedimiento de estimación de la calidad de focalización de una señal pre-ecualizada por retorno temporal

5 El campo de la invención es el de las telecomunicaciones y más precisamente de las técnicas de comunicación de radio entre entidades comunicantes.

Más particularmente, la invención se refiere a la calidad de transmisión de una señal basada en una técnica de retorno temporal entre dos entidades comunicantes.

10 Una señal de radio transmitida por una antena de una entidad comunicante sufre deformaciones en función de las condiciones de propagación entre un punto de origen definido en la salida de la antena de origen y un punto destinatario definido en la entrada de una antena de la entidad comunicante destinataria. Con el fin de limitar estas deformaciones, la señal es distorsionada previamente por aplicación de coeficientes de pre-ecualización en función de las características del canal de propagación entre estas dos antenas. Es por lo tanto necesario caracterizar este canal de propagación.

Entre los métodos de pre-ecualización existentes se distinguen los métodos basados en el retorno temporal debido a su complejidad reducida, a su rendimiento y a su capacidad intrínseca de focalizar una onda de radio en una antena de recepción. El retorno temporal permite reducir significativamente la dispersión temporal del canal de propagación focalizando la energía de la señal recibida en el tiempo y en el espacio.

El retorno temporal es una técnica de focalización de las ondas, típicamente de las ondas acústicas, que reposa en la invariancia por inversión del tiempo de la ecuación de onda. Así, una onda temporalmente invertida se propaga como una onda directa que remontaría el tiempo. Una impulsión breve emitida desde un punto de origen se propaga en un medio de propagación. Una parte de esta onda recibida por un punto destinatario es retornada temporalmente antes de ser reenviada al medio de propagación. La onda converge hacia el punto de origen reformando una impulsión breve y la energía de la onda se focaliza en el punto de origen. La señal, focalizada por retorno temporal en el punto de origen, es casi idéntica en su forma a la señal de origen emitida en el punto de origen. Hay así recompresión temporal en el punto de origen. En particular la onda retornada converge tanto más precisamente cuanto que el medio de propagación es complejo.

La técnica del retorno temporal se aplica así a las redes de comunicación de radio para anular el efecto del canal de propagación en la señal, particularmente reduciendo el ensanchamiento del canal, y simplificar el tratamiento de símbolos recibidos después de la travesía del canal. La señal emitida por una antena de la entidad comunicante de origen es así pre-ecualizada por aplicación de coeficientes obtenidos a partir del retorno temporal de la respuesta impulsional del canal de propagación que esta señal debe atravesar. El retorno temporal del canal de propagación aplicado a la señal permite anular el efecto de este canal durante la transmisión de la señal así pre-distorsionada a partir del punto de origen, y focalizar la señal en una antena destinataria. La puesta en marcha del retorno temporal necesita así el conocimiento del canal de propagación por la entidad comunicante de origen.

El artículo de P. Pajusco y P. Pagani titulado *Characterization of UWB time reversal using circular array measurement* describe medidas, al nivel de receptores distribuidos en un plano, de la potencia de una señal de radio de banda ultra-ancha pre-ecualizada por retorno temporal. El análisis de estas medidas pone en valor los efectos de focalización temporal y de focalización espacial obtenidos por esta técnica de pre-ecualización.

No obstante, cuando las entidades comunicantes son móviles, la estimación del canal efectuada en un instante dado por una entidad comunicante puede revelarse errónea en un instante siguiente debido a la movilidad de las entidades comunicantes. Este error se califica en relación a un movimiento relativo definido en función de la velocidad de desplazamiento de la entidad comunicante de origen observada desde la entidad comunicante destinataria. Para movimientos relativos importantes hay decorrelación entre la estimación del canal de propagación, aplicada para la pre-distorsión de la señal, y el canal de propagación efectivamente atravesado por la señal. La focalización de la señal en la antena de la entidad comunicante destinataria no es realizada, y la potencia de la señal recibida es inferior a la potencia de la señal que sería recibida en la ausencia de movimiento relativo.

La desfocalización de la señal en la antena destinataria de hecho es generada por el movimiento relativo pero igualmente por un retardo de latencia. El retardo de latencia es el retardo global que comprende un retardo de tratamiento entre la medida del canal de propagación y la emisión de la señal focalizada, y por un retardo entre la emisión y la recepción de la señal pre-ecualizada.

La posición de la antena destinataria con relación a la estimación del canal de propagación aplicado a la señal pre-ecualizada define un punto focal. El punto focal corresponde así a la posición de la antena destinataria con relación a la antena de origen antes de que transcurra el retardo de latencia. En otros términos, el punto focal corresponde al punto de convergencia de las ondas para unas entidades comunicantes estáticas y en la ausencia de retardo de latencia. En el caso de un desplazamiento de una o dos de las entidades comunicantes durante el retardo de latencia, la antena destinataria se encuentra en una posición que es diferente de la posición del punto focal con

relación a la antena de origen, por lo tanto no se respeta el punto focal.

5 Cuando la focalización de la señal no se realiza, la calidad de servicio se degrada. La calidad de servicio es por ejemplo el caudal ofrecido o incluso una tasa de error en los datos vehiculados por la señal. Así, la calidad de servicio se degrada desde que la entidad comunicante destinataria y/o la entidad comunicante de origen se desplazan. Esta degradación aumenta cuando aumenta el movimiento relativo de la entidad comunicante de origen en relación a la entidad comunicante destinataria, habiendo tenido lugar este movimiento durante la duración de latencia. En otros términos, la potencia recibida en la antena destinataria disminuye cuando el movimiento relativo aumenta durante la duración de latencia. Además, esta degradación es función de la frecuencia portadora de la
10 señal pre-ecualizada.

Es por tanto necesario calificar la calidad de focalización.

15 Para lograr este objetivo, la invención propone un procedimiento de estimación de la calidad de focalización de una señal pre-ecualizada por retorno temporal de un canal de propagación estimado entre una antena de origen de una entidad comunicante de origen y una antena destinataria de una entidad comunicante destinataria, siendo capaces las entidades comunicantes de estar en movimiento relativo. El procedimiento de estimación comprende una etapa de evaluación de una calidad de focalización de la señal recibida en la antena destinataria, en relación a un valor, para un punto focal, de una representación de una curva de potencia recibida en función de una distancia entre la
20 antena destinataria y el punto focal, el punto focal correspondiendo a una posición de dicha antena destinataria con relación a dicha antena de origen antes de que transcurra un retardo de latencia.

25 Este procedimiento permite así estimar la calidad de focalización a partir de una explotación de las propiedades espaciotemporales del retorno temporal para cualquier frecuencia de la señal emitida. La calidad de focalización se expresa así con relación a la calidad máxima que debe ser lograda en un punto focal y no en calidad absoluta que depende de la frecuencia portadora de la señal. El punto focal corresponde a la posición de la antena destinataria con relación a la antena de origen antes de que transcurra el retardo de latencia. La estimación de la calidad de focalización basándose en la posición de la antena destinataria en relación al punto focal permite una evaluación simple y rápida de la calidad.
30

La representación de la curva de potencia recibida es una función decreciente de la distancia entre la antena destinataria y el punto focal.

35 La representación de la curva de potencia recibida expresa así la variación de la calidad resultante del desplazamiento de una o de las dos entidades comunicantes durante el retardo de latencia.

La calidad de focalización es evaluada a partir de una evaluación de un movimiento relativo de la entidad comunicante de origen en relación a la entidad comunicante destinataria.

40 La evaluación de la calidad de focalización se efectúa así simplemente por evaluación de la degradación de la calidad de la señal en relación a un desplazamiento de la antena destinataria con relación al punto focal sin necesitar la medida de la potencia de la señal recibida.

45 La calidad de focalización es así dada directamente por la frecuencia portadora de la señal y por la estimación del movimiento relativo de la entidad comunicante de origen en relación a la entidad comunicante destinataria.

La calidad de focalización puede ser igualmente evaluada a partir de una estimación de una simetría temporal de la señal recibida.

50 La evaluación de la calidad se efectúa así por tratamientos en la señal poco complejos y rápidos.

La calidad de focalización puede igualmente ser evaluada a partir de una estimación de una simetría temporal y de una simetría en potencia de la señal recibida.

55 Informaciones temporales y de potencia de la señal recibida son así explotadas conjuntamente permitiendo aumentar la precisión de la evaluación de la calidad de focalización.

60 La calidad de focalización puede ser evaluada igualmente a partir de una estimación de un factor de ensanchamiento temporal de la señal recibida por la antena destinataria con relación a un factor de ensanchamiento temporal de una señal referente al punto focal, o incluso a partir de una estimación de una auto-correlación del canal de propagación.

65 Estas dos evaluaciones de la calidad de focalización son poco sensibles a los errores de sincronización de la señal recibida por la entidad comunicante destinataria. Estas dos evaluaciones de la calidad comprenden además una etapa de recepción por la antena destinataria de una impulsión emitida por la antena de origen. El dato de la impulsión recibida permite así comparaciones entre estimaciones de la respuesta impulsional de un canal

efectuadas en instantes diferentes y permite así aumentar la precisión de la evaluación.

5 La invención se refiere igualmente a un dispositivo de estimación de la calidad de focalización de una señal pre-
 ecualizada por retorno temporal de un canal de propagación estimado entre una antena de origen, de una entidad
 comunicante de origen y una antena destinataria de una entidad comunicante destinataria, siendo capaces las
 entidades comunicantes de estar en movimiento relativo. El dispositivo comprende un evaluador de una calidad de
 focalización de la señal recibida en la antena destinataria, en relación a un valor, para un punto focal, de una
 representación de una curva de potencia recibida en función de una distancia entre la antena destinataria y el punto
 focal, correspondiendo el punto focal a una posición de dicha antena destinataria con relación a la antena de origen
 10 antes de que transcurra un retardo de latencia.

La invención se refiere igualmente a una entidad comunicante de un sistema de comunicación de radio que
 comprende un dispositivo de estimación de la calidad de focalización precitada.

15 La invención se refiere igualmente a un sistema de comunicación de radio que comprende al menos una entidad
 comunicante según la invención.

Los dispositivos, la entidad comunicante y el sistema presentan unas ventajas análogas a las descritas
 precedentemente.

20 Otras características y ventajas de la presente invención aparecerán más claramente con la lectura de la descripción
 siguiente de varios modos particulares de realización de la invención, y unas entidades comunicantes asociadas,
 dadas a título de simples ejemplos ilustrativos y no limitativos, y de los dibujos adjuntos, en los que:

25 - la figura 1 es un diagrama de bloques esquemático de una entidad comunicante de origen que comunica con una
 entidad comunicante destinataria según un modo de realización de la invención,

- la figura 2 representa ejemplos de representaciones de curvas de potencia recibidas en función de una distancia
 entre una antena destinataria y un punto focal,

30 - la figura 3 representa ejemplos de representaciones normalizadas de curvas de potencias recibidas,

- las figuras 4, 5, 6, 7 y 8 representan las etapas de evaluación de la calidad de focalización según diferentes modos
 de realización de la invención.

35 Para mayor claridad, la invención es presentada para la transmisión unidireccional de una señal de datos de una
 entidad comunicante EC1 con destino a una entidad comunicante EC2. La invención se refiere igualmente a las
 transmisiones bidireccionales y se refiere igualmente a entidades comunicantes que comprenden varias antenas de
 emisión o de recepción.

40 En referencia a la figura 1, una entidad comunicante EC1 es capaz de comunicarse con una entidad destinataria
 EC2 a través de una red de comunicación de radio no representada en la figura.

45 Por ejemplo, la red de comunicación de radio es una red de radiocomunicación celular de tipo UMTS (de *Universal
 Mobile Communication System* en inglés) definida por el organismo de especificación 3GPP (de *3rd Generation
 Partnership Project* en inglés), y sus evoluciones 3GPP-LTE (de *Long Term Evolution* en inglés) o incluso una red de
 comunicación de radio de tipo WIMAX (de *Worldwide Interoperability for Microwave Access* en inglés).

50 Las entidades comunicantes pueden ser terminales móviles, estaciones de base terrestre o de satélite, puntos de
 acceso, o cualquier equipamiento equipado con una tarjeta comunicante.

La entidad comunicante de origen EC1 es capaz de emitir una señal de datos en una frecuencia portadora f_p a partir
 de una antena A_1 con destino a la entidad comunicante destinataria EC2.

55 La entidad comunicante destinataria EC2 es dispuesta para recibir la señal de datos y restituir los datos a partir de la
 señal recibida en una antena A_2 de la entidad comunicante destinataria.

60 Una señal de datos es pre-filtrada por aplicación de coeficientes de una respuesta impulsional $h_n(t)$ estimada
 retornada temporalmente. La respuesta impulsional es representativa del canal de propagación $C(E1 \rightarrow E2)$ entre la
 antena de la entidad comunicante de origen A_1 , llamada antena de origen, y la antena de la entidad comunicante
 destinataria A_2 , llamada antena destinataria.

65 En el caso de una transmisión en modo TDD, las transmisiones en un primer sentido, por ejemplo de la entidad
 comunicante de origen EC1 hacia la entidad comunicante destinataria EC2, y las transmisiones en un segundo
 sentido, inverso al primer sentido, se efectúan en una misma frecuencia portadora en instantes diferentes. La
 estimación de la respuesta impulsional del canal de propagación es realizada clásicamente por la entidad

comunicante de origen a partir del análisis de las señales de transmisión del segundo sentido.

En el caso de una transmisión en modo FDD, las transmisiones en el primer sentido y las transmisiones en el sentido inverso se efectúan en bandas de frecuencias distintas. El conocimiento por la entidad comunicante de origen EC1 del canal de propagación que corresponde al primer sentido de transmisión puede ser, por ejemplo, obtenido por la entrega de una estimación del canal de propagación efectuada por la entidad comunicante destinataria EC2.

Según el modo de transmisión considerado, la entidad comunicante de origen EC1 o la entidad comunicante destinataria EC2 se dispone así para realizar la estimación de un canal de propagación. Si esta estimación se realiza por la entidad comunicante destinataria EC2, esta es capaz de entregar la estimación a la entidad comunicante de origen, o de entregar unos coeficientes de pre-ecualización obtenidos por retorno temporal de la estimación.

Un retardo de tratamiento es definido por el intervalo de tiempo que separa la medida del canal de propagación y la emisión de la señal pre-ecualizada determinada a partir de estas medidas. El retardo de tratamiento al que se añade un intervalo de tiempo que separa la emisión y la recepción de la señal pre-ecualizada, determina un retardo de latencia D_L . El retardo de latencia es un parámetro de configuración de las entidades comunicantes.

En la figura 1 están representados solamente unos medios incluidos en la entidad comunicante destinataria en relación con la invención. La entidad comunicante destinataria EC2 comprende además una unidad central de mando, no representada en la que los medios incluidos están unidos, destinada a controlar el funcionamiento de estos medios.

La entidad comunicante destinataria comprende un evaluador EVAL de la calidad de focalización de una señal recibida por la antena destinataria en relación a un valor, para un punto focal, de una representación de una curva de potencia recibida en función de una distancia entre la antena destinataria y un punto focal.

La determinación de la representación de la curva de potencia recibida es descrita en relación con las figuras 2 y 3.

La potencia de una señal pre-ecualizada recibida en la antena destinataria A_2 determina la calidad de la señal y así una calidad de servicio que puede ser por ejemplo un caudal ofrecido o incluso una tasa de error en los datos. En ausencia de movimiento relativo v de la entidad comunicante de origen EC1 en relación a la entidad comunicante destinataria EC2, y en ausencia de retardo de latencia D_L , la potencia de una señal pre-ecualizada por retorno temporal es máxima en el punto de convergencia de las ondas, llamado punto focal, que se sitúa al nivel de la antena destinataria. El punto focal corresponde así a la posición de la antena destinataria, con relación a la antena de origen, antes de que transcurra el retardo de latencia.

Desde que las entidades comunicantes se desplazan durante la duración de latencia, el punto focal ya no es respetado. Esta trasgresión se expresa en función del retardo de latencia D_L y del movimiento relativo v de la entidad comunicante de origen en relación a la entidad comunicante destinataria. La distancia entre la antena destinataria y el punto focal es así dada por el producto del movimiento relativo v , por ejemplo en forma de una velocidad, y del tiempo de latencia:

$$L = v \cdot D_L$$

El movimiento relativo v debe ser comprendido a continuación como el desplazamiento de la entidad comunicante de origen vista desde la entidad comunicante destinataria.

Cuando la antena destinataria está distante del punto focal, por ejemplo para un retardo de latencia no adaptado o durante un desplazamiento de una o de las dos entidades comunicantes, la potencia ya no es máxima. La figura 2 representa así dos ejemplos de representación de curva de potencia recibida en función de la distancia entre la antena destinataria y el punto focal. La función focal_1, que corresponde a la emisión de una señal pre-ecualizada emitida en una frecuencia portadora f_1 , es máxima en el punto focal FO y disminuye monótonamente en función de la distancia L en el punto focal.

Para una posición de la antena destinataria P_{A2} a una distancia L del punto focal, la potencia recibida P_1 es inferior a la potencia recibida $P_{FO,1}$ en el punto focal.

La extensión y la forma de una curva de potencia recibida es función del canal de propagación y particularmente de la frecuencia portadora de la señal. La representación de la curva de potencia recibida se ensancha cuando la frecuencia portadora disminuye. Así, la función focal_1, que corresponde a una frecuencia f_1 más baja que la frecuencia portadora f_2 , está más extendida que la función focal_2.

Las propiedades anteriores se demuestran por ejemplo en el artículo titulado *Signal Frequency and Bandwidth Effects on the Performance of UWB Time-Reversal Technique*, cuyos autores son A. Khaleghi y G. El Klein,

presentado en 2007 durante la conferencia *Loughborough Antennas and Propagation Conference*, páginas 97 a 100.

En el caso general la calificación de la calidad de focalización puede apoyarse en una representación de la curva de potencia de la señal recibida. Esta representación expresa la variación de la calidad en función de la distancia al punto focal y depende de la frecuencia portadora de la señal. La representación es tal que:

- su valor máximo se alcanza en el punto focal,
- es monótona decreciente en función de la distancia entre la antena destinataria y el punto focal.

Se puede considerar igualmente una representación llamada normalizada de la curva de potencia recibida para la que el valor máximo es idéntico para todas las frecuencias portadoras. La representación normalizada de la curva de potencia recibida es una función monótona decreciente de la distancia al punto focal y tal que, para una distancia dada L entre la antena destinataria y el punto focal, si Q_1 y Q_2 son dos valores de calidad de focalización para unas frecuencias portadoras respectivas f_1 y f_2 , f_1 inferior a f_2 , entonces Q_1 es superior a Q_2 . Así, para una posición P_{A2} de la antena destinataria a una distancia L del punto focal, el valor de calidad de focalización, que corresponde a la emisión de una señal en la frecuencia portadora f_1 , es superior al valor de calidad de focalización, que corresponde a la emisión de una señal en la frecuencia portadora f_2 .

La figura 3 ilustra representaciones normalizadas de curva de potencia recibida, la curva $QUAL_1$ que corresponde a la emisión de una señal pre-ecualizada emitida en una frecuencia f_1 , y la curva $QUAL_2$ que corresponde a la emisión de una señal pre-ecualizada emitida en una frecuencia f_2 , de manera que la frecuencia f_1 sea inferior a la frecuencia f_2 .

Más adelante, varios modos de realización de la evaluación de la calidad de focalización son presentados. Estos diferentes modos están basados en las propiedades espaciotemporales de la focalización de una señal por retorno temporal de una estimación de la respuesta impulsional $h_n(t)$. La respuesta impulsional $h_n(t)$ es representativa del canal de propagación $C(EC1 \rightarrow EC2)$ entre la antena de origen y la antena destinataria. La función de transferencia de la estimación de la respuesta impulsional del canal de propagación es señalada $H_n(f)$.

La calidad de focalización de la señal en la antena destinataria es evaluada por el evaluador EVAL en relación al valor para el punto focal de la representación de la curva de potencia recibida en función de una distancia entre la antena destinataria y el punto focal. El punto focal corresponde a la posición de la antena destinataria con relación a la antena de origen antes de que transcurra el retardo de latencia.

Los diferentes modos de realización presentados están basados respectivamente, a partir de la señal recibida en la antena destinataria, en una estimación del movimiento relativo una evaluación de la simetría temporal o en potencia de la señal recibida, o incluso una estimación del ensanchamiento temporal de la señal recibida o de la auto-correlación del canal de propagación. Los diferentes índices de calidad son entonces determinados, independientemente de la posición real del punto focal que no necesita ser conocido, y sin medida efectuada en este punto focal.

Un primer modo de realización de la evaluación de la calidad de focalización es descrito en referencia a la figura 4. La evaluación de la calidad de focalización es obtenida a partir de la estimación del movimiento relativo de la entidad comunicante de origen en relación a la entidad comunicante destinataria.

En la etapa E1-1, la entidad comunicante destinataria estima el movimiento relativo v de la entidad comunicante de origen. La estimación del movimiento relativo puede por ejemplo ser realizada a partir de un posicionamiento de las entidades comunicantes establecido a partir de una tecnología de tipo GPS (de *Global Positioning System* en inglés) bien conocido por el experto en la técnica. A título de ejemplo no limitativo, el artículo titulado *The SMART Project-Speed Measurement Validation in Real Traffic Condition*, cuyos autores son P. Bellucci, E. Cipriani, M. Gagliarducci y C. Riccucci, y publicado en la selección *Proceedings of the 8th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, Viena, Austria, 13-16 de septiembre de 2005, presenta un método de medida del movimiento relativo para un sistema móvil.

En la etapa E1-2, la entidad comunicante destinataria estima una distancia L de la antena destinataria en el punto focal a partir del retardo de latencia D_L y de la estimación del movimiento relativo v , por ejemplo en forma de una velocidad, tal como:

$$L = v \cdot D_L$$

En la etapa E1-3, la entidad comunicante estima la calidad de focalización Q_v , en relación al valor en el punto focal de la representación de la curva de potencia recibida, a partir de la distancia estimada en el punto focal. La calidad de focalización es dada por:

$$Q_v = \frac{(\lambda/2) - L}{(\lambda/2)}$$

donde λ es la longitud de onda de la frecuencia portadora f_p de la señal pre-ecualizada emitida por la antena de origen, y dada por $\lambda=c/f_p$, designando c la celeridad de la luz.

5 En una variante, la calidad de focalización Q_{bessel} es estimada a partir de la modelización de la curva de potencia recibida a partir de una función de Bessel del orden 0 dada por:

$$Q_{\text{Bessel}} = \text{Bessel}\left(\frac{L}{\lambda}\right)$$

10 Un segundo modo de realización de la evaluación de la calidad de focalización es descrito en referencia a la figura 5. La evaluación de la calidad de focalización es realizada a partir de una estimación de la simetría temporal de la señal recibida. Para esto, se introduce un índice de simetría de la señal. Es conocido que una señal pre-ecualizada por retorno temporal es perfectamente simétrica en tiempo en el punto focal. Esta simetría ya no es realizada fuera del punto focal y la disimetría aumenta con la distancia en el punto focal.

15 En la etapa E2-1, la entidad comunicante efectúa la transformada de Fourier discreta de la señal pre-ecualizada recibida por la antena destinataria con el fin de obtener una representación frecuencial de la señal. Una representación frecuencial $S(f_k)$ de la señal de datos $s(t)$ recibida es compleja y compuesta por una parte real Re_k de $S(f_k)$ y por una parte imaginaria Im_k de $S(f_k)$, para cualquier frecuencia portadora f_k de la banda pasante B_{EC} total asignada a la entidad comunicante destinataria.

20 En la etapa E2-2, la entidad comunicante destinataria evalúa, para cada frecuencia portadora f_k asignada a la entidad comunicante destinataria, un índice de simetría IND_k de la señal recibida dada por:

$$\text{IND}_k = \frac{\text{Re}_k^2}{(\text{Re}_k + \text{Im}_k)^2}$$

25 En la etapa E2-3, la entidad comunicante determina la calidad de focalización Q_{sym} , en relación al valor en el punto focal de la representación de la curva de potencia, dada por:

$$Q_{\text{sym}} = \frac{\sum_{k=1}^{N_f} \text{IND}_k}{N_f}$$

30 donde N_f designa el número de frecuencias portadoras asignadas en la entidad comunicante destinataria en la banda B_{EC} .

35 Un tercer modo de realización de la evaluación de la calidad de focalización es descrito en referencia a la figura 6. La evaluación de la calidad de focalización es realizada a partir de una estimación de la simetría temporal y de la simetría en potencia de la señal recibida. En efecto, una disimetría temporal medida en un instante t_{max} , el tiempo t_{max} correspondiente al instante para el que la energía de la señal es concentrada, debe tener una influencia más importante en la calidad que una disimetría medida en otro instante. En otros términos, una disimetría en un instante dado es más influente en la disimetría global de la señal cuando la energía de la señal es más grande en este punto.

La evaluación de la calidad de focalización es realizada a partir de la señal temporal recibida muestreada cuya muestra en un instante t_n es señalada $s(t_n)$.

45 En la etapa E3-1, la entidad comunicante determina el índice señalado max tal como el valor de la muestra $s(t_{\text{max}})$ de la señal ya sea máximo.

50 En la etapa E3-2, la entidad comunicante determina N valores de simetría temporal $\text{Sym}_t(n)$ de la señal recibida para diferentes intervalos temporales en relación a la muestra de la señal en el instante t_{max} determinado durante la etapa E3-1:

$$Sym_t(n) = \frac{\left| s(t_{max} + t_{n+max}) - s(t_{max} - t_{n+max}) \right| / \sqrt{E}}{\left(t_{n+max} - t_{max} \right) / \tau}$$

donde E es la energía de la señal recibida, y τ el factor de ensanchamiento temporal estimado de la señal recibida.

5 El número N de valores de simetría es un parámetro configurable de la entidad comunicante destinataria, la precisión en la evaluación de la calidad siendo creciente con N.

10 El factor de ensanchamiento temporal τ puede ser evaluado por ejemplo según el método presentado en el artículo *Delay Spread Estimation for Wireless Communication Systems*, cuyos autores son Hüseyin Arslan y Tevfik Yücek, y publicado en 2003 en la revista *Proceedings of the Eighth IEEE International Symposium on Computers and Communications*.

15 En la etapa E3-3, la entidad comunicante determina N valores de simetría $Sym_p(n)$ de la potencia de la señal recibida para diferentes intervalos temporales en relación a la muestra de la señal en el instante t_{max} determinada durante la etapa E3-1:

$$Sym_p(n) = \frac{\left[\sqrt{\left| s(t_{max} + t_{n+max}) \right|^2 + \left| s(t_{n+max} - t_{max}) \right|^2} \right] / \sqrt{E}}{2 \left(t_{n+max} - t_{max} \right) / \tau}$$

20 En la etapa E3-4, la entidad comunicante determina la calidad de focalización Q_{symp} , en relación al valor en el punto focal de la representación de la curva de potencia recibida, dada por:

$$Q_{symp} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{\left(\pi^2 / 4 \right) - \left[\text{atan}(Sym_t(n)) \cdot \text{atan}(Sym_p(n)) \right]}{\pi^2 / 4}$$

25 donde atan designa el operador arco tangente.

30 Un cuarto modo de realización de la evaluación de la calidad de focalización es descrito en referencia a la figura 7. La evaluación de calidad de focalización es realizada a partir de la estimación de un factor de ensanchamiento temporal de la señal recibida con relación al ensanchamiento temporal de una señal referente al punto focal. El factor de ensanchamiento temporal de una señal es igualmente comúnmente mencionado en la literatura por el término inglés correspondiente *delay spread*.

35 Una propiedad del factor de ensanchamiento es su decrecimiento con la distancia al punto focal así demostrado en el artículo titulado *Characterization of Space-Time Focusing in Time Reversed Random Fields* cuyos autores son Claude Oestges, Alrnold D. Kim, George Papanicolaou, y Arogyaswami J. Paulraj, y publicado en la revista *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol 53, enero de 2005.

40 En la etapa E4-1, la entidad comunicante de origen emite una impulsión con destino a la entidad comunicante destinataria. Esta última recibe así una respuesta impulsional $h_c(t)$ del canal de propagación entre la entidad de origen y la entidad destinataria, o de forma equivalente la función de transferencia del canal de propagación $H_c(f)$.

45 En la etapa E4-2, la entidad comunicante destinataria mide el factor de ensanchamiento temporal DS_{sig} de la señal recibida. Esta medida es por ejemplo realizada según el método presentado en el artículo *Delay Spread Estimation for Wireless Communication Systems*, cuyos autores son Hüseyin Arslan y Tevfik Yücek, y publicado en 2003 en la revista *Proceedings of the Eighth IEEE International Symposium on Computers and Communications*.

En la etapa E4-3, la entidad comunicante destinataria evalúa el factor de ensanchamiento temporal DS_{ref} de una

señal referente $ref(t)$. La señal referente $ref(t)$ es construida a partir de la impulsión recibida durante la etapa E4-1 a la que es aplicado el retorno temporal de la estimación de la respuesta impulsional del canal de propagación $h_n(t)$ utilizada para la pre-ecualización de la señal. En el campo frecuencial, la señal referente es así dada por:

$$5 \quad REF(f) = H_n(f) * H_c(f)$$

En la etapa E4-4, la entidad comunicante determina la calidad de focalización Q_{DS} , en relación al valor en el punto focal de la representación de la curva de potencia recibida, dada por:

$$10 \quad Q_{DS} = \frac{DS_{ref}}{DS_{sig}}$$

Un quinto modo de realización de la evaluación de la evaluación de la calidad de focalización es descrito en referencia a la figura 8. La evaluación de la calidad de focalización es realizada a partir de una relación entre la potencia de la señal recibida y la potencia de una señal referente. Esta relación de potencia es representativa de una estimación de la auto-correlación del canal de propagación.

En la etapa E5-1, la entidad comunicante de origen emite una impulsión o una señal piloto con destino a la entidad comunicante destinataria. Esta última estima una respuesta impulsional $h_c(t)$ del canal de propagación entre la entidad comunicante de origen y la entidad comunicante destinataria, o de forma equivalente la función de transferencia del canal de propagación $H_c(f)$.

En la etapa E5-2, la entidad comunicante destinataria determina la potencia del canal de propagación. Por ejemplo la potencia del canal de propagación P_c es evaluada con relación a la banda pasante B de la señal y con el tamaño $W(B)$ de la banda pasante según cualquier método de evaluación de potencia bien conocido por el experto en la técnica:

$$P_c = \frac{1}{W(B)} \int_{f \in B} \|H_c(f) * H_c(f)\|^2$$

En la etapa E5-3, la entidad comunicante destinataria demodula la señal pre-ecualizada recibida en la antena destinataria, y estima el canal de propagación equivalente $H_{eq}(f)$ dado por el producto del conjugado de la función de transferencia del canal de propagación $H_n(f)$ y de la función de transferencia $H_c(f)$:

$$H_{eq}(f) = H_n(f) * H_c(f)$$

35 la función de transferencia $H_n(t)$ correspondiente a la respuesta impulsional $h_n(t)$ utilizada para la pre-ecualización de la señal emitida.

En la etapa E5-4, la entidad comunicante determina la potencia del canal equivalente P_{eq} . Por ejemplo, la potencia del canal equivalente es evaluada con relación a la banda pasante B de la señal y con el tamaño $W(B)$ de la banda pasante:

$$P_{eq} = \frac{1}{W(B)} \int_{f \in B} \|H_{eq}(f)\|^2$$

45 En la etapa E5-5, la entidad comunicante destinataria determina la calidad de focalización Q_{EQ} , en relación con el valor en el punto focal de la representación de la curva de potencia recibida, dada por:

$$Q_{EQ} = \frac{\|P_{eq}\|^2}{\|P_c\|^2}$$

5 En una variante, la evaluación de la calidad de focalización es obtenida por una combinación de las diferentes medidas precedentemente descritas. Así, considerando las evaluaciones Q_v , Q_{Bessel} , Q_{sym} , Q_{symp} , Q_{DS} , Q_{EQ} , respectivamente definidas a partir del movimiento relativo y de la longitud de onda, del movimiento relativo y de la función de Bessel, de la estimación de la simetría temporal de la señal recibida, de la estimación de la simetría en tiempo y en potencia, del factor de ensanchamiento temporal, y de la auto-correlación del canal, la calidad de focalización se obtiene mediante aplicación de una función combinatoria de las evaluaciones Q_v , Q_{Bessel} , Q_{sym} , Q_{symp} , Q_{DS} , y Q_{EQ} , monótona creciente.

10 La invención descrita aquí se refiere a un dispositivo de estimación de la calidad de focalización y puesta en marcha en una entidad comunicante. En consecuencia, la invención se aplica igualmente a un programa de ordenador, particularmente un programa de ordenador sobre o en un soporte de registro de informaciones, adaptado para poner en marcha la invención. Este programa puede utilizar no importa qué lenguaje de programación, y estar en forma de código fuente, código objeto, o código intermedio entre código fuente y código objeto tal como en una forma parcialmente compilada, o no importa qué otra forma deseable para implementar las de las etapas del procedimiento
15 según la invención puestas en marcha en la entidad comunicante destinataria.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de estimación de la calidad de focalización de una señal pre-ecualizada por retorno temporal de un canal de propagación estimado entre una antena de origen (A_1) de una entidad comunicante de origen (EC1) y una antena destinataria (A_2) de una entidad comunicante destinataria (EC2), siendo capaces dichas entidades comunicantes de estar en movimiento relativo, estando caracterizado dicho procedimiento porque comprende una etapa de evaluación de una calidad de focalización (Q_v , Q_{Bessel} , Q_v , Q_{sym} , Q_{symp} , Q_{DS} , Q_{EQ}) de la señal recibida en la antena destinataria, en relación a un valor, para un punto focal (FO), de una representación ($QUAL_1$, $QUAL_2$) de una curva de potencia recibida en función de una distancia (L) entre la antena destinataria y el punto focal, correspondiendo dicho punto focal a una posición de dicha antena destinataria con relación a dicha antena de origen antes de que transcurra un retardo de latencia.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la representación de la curva de potencia recibida es una función decreciente de la distancia entre la antena destinataria y el punto focal.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que la calidad de focalización (Q_v , Q_{Bessel}) es evaluada a partir de una evaluación de un movimiento relativo (v) de la entidad comunicante de origen en relación a la entidad comunicante destinataria.
4. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que la calidad de localización (Q_{symp}) es evaluada a partir de una estimación de una simetría temporal de la señal recibida.
5. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que la calidad de localización (Q_{symp}) es evaluada a partir de una estimación de una simetría temporal y de una simetría en potencia de la señal recibida.
6. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que la calidad de localización (Q_{DS}) es evaluada a partir de una estimación de un factor de ensanchamiento temporal de la señal recibida por la antena destinataria con relación a un factor de ensanchamiento temporal de una señal referente al punto focal.
7. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que la calidad de localización (Q_{EQ}) es evaluada a partir de una estimación de una auto-correlación del canal de propagación.
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 7, en el que la evaluación de la calidad de focalización comprende además una etapa de recepción por la antena destinataria de una impulsión emitida por la antena de origen.
9. Dispositivo de estimación de la calidad de focalización de una señal pre-ecualizada por retorno temporal de un canal de propagación estimado entre una antena de origen (A_1) de una entidad comunicante de origen (EC1) y una antena destinataria (A_2) de una entidad comunicante destinataria (EC2), siendo capaces dichas entidades comunicantes de estar en movimiento relativo, estando caracterizado dicho procedimiento porque comprende un evaluador (EVAL) de una calidad de focalización (Q_v , Q_{Bessel} , Q_v , Q_{sym} , Q_{symp} , Q_{DS} , Q_{EQ}) de la señal recibida en la antena destinataria, en relación a un valor, para un punto focal (FO), de una representación ($QUAL_1$, $QUAL_2$) de una curva de potencia recibida en función de una distancia (L) entre la antena destinataria y el punto focal, dicho punto focal correspondiente a una posición de dicha antena destinataria con relación a dicha antena de origen antes de que transcurra un retardo de latencia.
10. Entidad comunicante de un sistema de comunicación de radio que comprende un dispositivo según la reivindicación 9.
11. Sistema de comunicación de radio que comprende al menos una entidad comunicante según la reivindicación 10.
12. Programa de ordenador para una entidad comunicante que comprende las instrucciones de programa para ordenar la puesta en marcha por dicha entidad de aquellas etapas del procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 cuando el programa es ejecutado por la entidad comunicante.

Figura 1

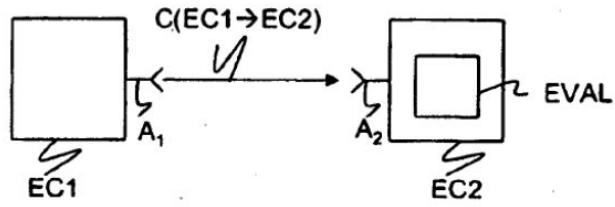


Figura 2

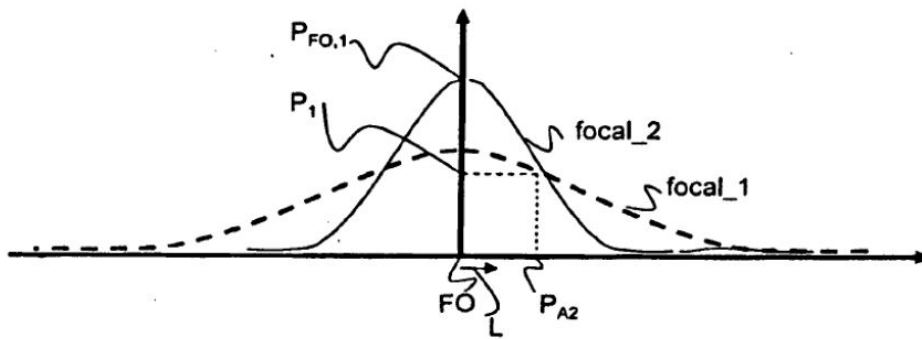


Figura 3

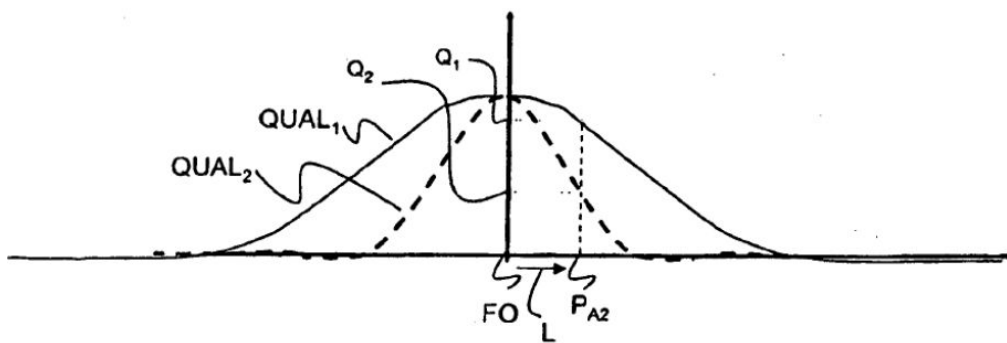


Figura 4

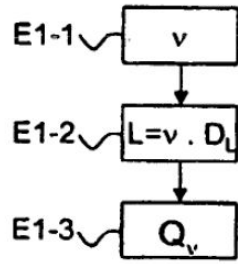


Figura 5

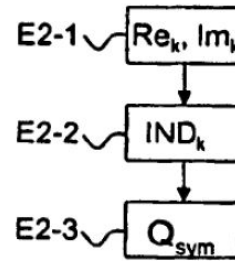


Figura 6

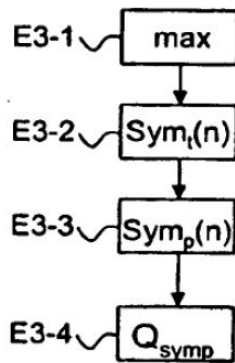


Figura 7

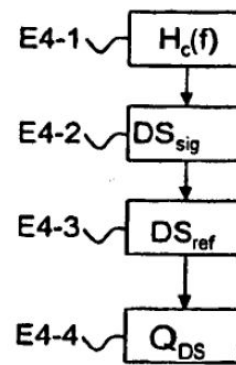


Figura 8

