(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 384 151**

(51) Int. CI.:
H04L 25/02 (2006.01)
H04L 25/03 (2006.01)
H04L 1/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **09769544 .9**
(96) Fecha de presentación: **26.06.2009**
(97) Número de publicación de la solicitud: **2316208**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **04.05.2011**

(54) Título: **Procedimiento de control dinámico de la focalización de una señal preigualada mediante el retorno temporal**

(30) Prioridad:
27.06.2008 FR 0854358

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
02.07.2012

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
02.07.2012

(73) Titular/es:
FRANCE TELECOM
6 place d'Alleray
75015 Paris, FR

(72) Inventor/es:
PHAN HUY, Dinh Thuy;
WIART, Joe;
ZIADE, Youmni y
DESBAT, Jean-Philippe

(74) Agente/Representante:
Linage González, Rafael

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 control dinámico de la focalización de una señal preigualada mediante el retorno temporal.

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.

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 preigualación 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 preigualación 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 ensanche 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 preigualada 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 predistorsionada 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.

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 predistorsión de la señal, y el canal de propagación efectivamente sufrido por la señal.

Así, por una parte la predistorsión de la señal es inadecuada y por otra parte no se realiza la focalización de la señal en una antena destinataria. La técnica de preigualación por retorno temporal da por lo tanto malos rendimientos para entidades comunicantes que se desplazan rápidamente.

La desfocalización de la señal 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 un retardo de propagación entre la emisión y la recepción de la señal focalizada.

La posición de la antena destinataria relativa a la estimación del canal de propagación aplicado a la señal preigualada define un punto focal. El punto focal corresponde así a la posición de la antena destinataria relativamente en 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 relativamente en la antena de origen, por lo tanto no se respeta el punto focal.

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 señal preigualada.

Es por tanto necesario que la entidad comunicante de origen adapte unos parámetros de transmisión relativos a la focalización de una señal, particularmente en función del movimiento relativo de las entidades comunicantes, con el fin de garantizar una calidad de servicio que puede ser por ejemplo un caudal ofrecido o incluso una tasa de error en los datos vehiculados. Los parámetros de transmisión son por ejemplo el retardo de latencia o la frecuencia portadora de la señal omitida. La entidad comunicantes puede igualmente elegir cambiar de banda de frecuencia, y por lo tanto de frecuencia portadora, en el seno de un mismo sistema de comunicación de radio, o incluso bascular en un sistema de comunicación de radio distinto que opera en una banda de frecuencia distinta.

Existe por lo tanto una necesidad para un procedimiento de control dinámico de la focalización de una señal preigualada por retorno temporal con el fin de adaptar los parámetros de transmisión de una señal preigualada por retorno temporal.

La invención está adaptada para entidades comunicantes con al menos una antena de emisión y al menos una antena de recepción. Una entidad comunicante puede ser un terminal móvil, un punto de acceso de radio, una estación de base terrestre o de satélite, o cualquier equipamiento equipado de una tarjeta comunicante.

Esta solución esta adaptada además para entidades comunicantes con varias antenas de emisión y/o varias antenas de recepción por ejemplo para sistemas de comunicación de radio de tipo MIMO (de *Multiple Input*, *Multiple Output*), SIMO (de *Single Input*, *Multiple Output*) o incluso MISO (de *Multiple Input*, *Single Output*).

Para alcanzar este fin, la invención propone un procedimiento de control dinámico de la focalización de una señal preigualada 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 en un instante actual. El procedimiento comprende las etapas de:

- evaluación por la entidad comunicante destinataria de una calidad relativa de focalización de la señal preigualada emitida por la antena de origen y recibida por la antena destinataria, en relación a una calidad en un punto focal, y si la calidad relativa de focalización evaluada no satisface un criterio predeterminado,

- solicitud, por la entidad comunicante destinataria, de modificación de focalización con destino a la entidad comunicante de origen para un instante siguiente.

Este procedimiento permite así adaptar dinámicamente unos parámetros de transmisión de una señal preigualada por retorno temporal en función de una información de calidad de focalización relativa entregada por la entidad comunicante destinataria. La calidad de servicio se expresa así por una calidad relativa de focalización determinada a partir de la señal recibida por la entidad comunicante destinataria. La evaluación de la calidad relativa de focalización, que explota las propiedades espaciotemporales de la técnica de preigualación por retorno temporal, permite una evaluación simple y rápida de las modificaciones adecuadas de los parámetros de transmisión. Este procedimiento permite así ajustar dinámicamente los parámetros de transmisión, particularmente en función del desplazamiento de una o de las dos entidades comunicantes.

Particularmente, la calidad relativa de focalización se determina a partir de una representación normalizada de una curva de potencia recibida, en función de una distancia entre la antena destinataria y el punto focal, siendo la representación una función decreciente de la distancia y teniendo un máximo en el punto focal.

La calidad de focalización se expresa así relativamente en una calidad máxima que debe ser alcanzada en el punto focal y no en calidad absoluta que depende de la frecuencia portadora. El punto focal corresponde a la posición de la antena destinataria relativamente en la antena de origen antes de que transcurra el retardo de latencia. La representación normalizada de una curva de potencia recibida permite efectuar comparaciones de rendimiento para diferentes parámetros de transmisiones y así seleccionar una configuración más favorable para el instante siguiente con el fin de obtener una calidad de servicio objetivo.

La etapa de solicitud de modificación comprende:

- una estimación de una distancia entre la antena destinataria en el instante actual y una posición que corresponde a una calidad relativa de focalización objetivo,

- una emisión de una petición de modificación con destino a la entidad comunicante de origen que comprende la estimación de dicha distancia.

Así, la entidad comunicante destinataria evalúa simplemente una desviación de distancia entre la antena destinataria y una posición que corresponde a una calidad relativa de focalización objetivo, sin puesta en marcha de tratamiento

complejo en la señal que induciría tiempos de tratamiento complementarios. El simple dato de la desviación permite entonces a la entidad comunicante de origen ajustar los parámetros de transmisión que permiten disminuir o anular esta desviación.

La etapa de solicitud de modificación puede comprender igualmente:

- una estimación de una desviación entre el valor de la calidad relativa de focalización evaluada en el instante actual y un valor de una calidad relativa de focalización objetivo,

- una emisión de una petición de modificación con destino a la entidad comunicante de origen que comprende la estimación de la desviación.

Así, la complejidad de la entidad comunicante destinataria se limita al cálculo de la calidad relativa de focalización y la desviación en relación a una calidad relativa de focalización objetivo. El simple dato de la desviación permite entonces a la entidad comunicante de origen ajustar los parámetros de transmisión que permiten disminuir o anular esta desviación.

La etapa de solicitud de modificación puede igualmente comprender:

- una estimación de una distancia entre la antena destinataria en el instante actual y una posición correspondiente a una calidad relativa de focalización objetivo,

- una selección de un valor para al menos un parámetro, para el instante siguiente, elegido entre una frecuencia portadora y un retardo de latencia,

- una emisión de una petición con destino a la entidad comunicante de origen, que comprende una referencia con el valor de al menos un parámetro seleccionado.

Así, la entidad comunicante destinataria evalúa simplemente una desviación entre la antena destinataria y una posición correspondiente a una calidad relativa de focalización objetivo. Puede entonces seleccionar unos parámetros de transmisión que le permiten alcanzar o acercarse a la calidad relativa de focalización objetivo, y transmitir su selección a la entidad comunicante de origen. Esta última puede entonces ya sea modificar los parámetros según la solicitud recibida, ya sea cambiar la selección antes de la modificación de parámetros.

La selección, efectuada por una u otra de las entidades comunicantes, permite por ejemplo asignar frecuencias portadoras más elevadas en frecuencia para velocidades de desplazamiento rápido. La selección puede igualmente incluir fuerzas relativas por ejemplo en la ocupación de las frecuencias portadoras lo que permite optimizar la asignación de las frecuencias portadoras en función del movimiento relativo de las entidades comunicantes. La selección puede igualmente respetar unas fuerzas de servicios de tiempo reales que necesitan retardos de latencia reducida. La selección puede igualmente considerar un cambio de sistema de transmisión de radio.

La etapa de solicitud de modificación puede comprender igualmente:

- una comparación entre la estimación de la calidad relativa de focalización y una calidad relativa de focalización objetivo,

- una determinación de un índice de variación en función del resultado de la comparación,

- una emisión de una petición de modificación con destino a la entidad comunicante de origen que comprende el índice de variación.

Así, la complejidad de la entidad comunicante se limita al cálculo de la calidad relativa de focalización y una comparación en relación a una calidad relativa de focalización objetivo. Según el resultado de la comparación obtenida, la entidad comunicante destinataria solicita simplemente un acercamiento o un alejamiento relativamente al punto focal. El simple dato del resultado de la comparación permite entonces a la entidad comunicante de origen ajustar los parámetros de transmisión con el fin de acercarse o alejarse paso a paso relativamente, al punto focal, en el transcurso de iteraciones sucesivas.

En la recepción de la solicitud de modificación la entidad comunicante de origen modifica un valor para al menos un parámetro, para el instante siguiente, elegido entre una frecuencia portadora y un retardo de latencia.

La entidad comunicante de origen modifica por ejemplo la frecuenta portadora y/o el retardo de latencia para la iteración siguiente. Esta modificación se realiza seguida de una selección de los parámetros de transmisión efectuada por la entidad comunicante de origen o incluso seguido de una selección efectuada por la entidad comunicante destinataria.

La invención se refiere igualmente a un dispositivo, para una entidad comunicante destinataria, de control dinámico de la focalización de una señal preigualada por retorno temporal de un canal de propagación estimado entre una antena de origen de una entidad comunicante destinataria en un instante actual. El dispositivo comprende:

- unos medios de evaluación de una calidad relativa de focalización de la señal preigualada emitida por la antena de origen y recibida por la antena destinataria, en relación a una calidad en un punto focal,

- unos medios de solicitud de modificación de focalización con destino a la entidad comunicante de origen para un instante siguiente.

La invención se refiere igualmente a un dispositivo, para una entidad comunicante de origen, de control dinámico de la focalización de una señal preigualada por retorno temporal de un canal de propagación estimado entre una antena de origen y de una entidad comunicante de origen y una antena destinataria de la entidad comunicante destinataria en un instante actual. El dispositivo comprende:

- unos medios de recepción de una solicitud de modificación de focalización emitida por la entidad comunicante destinataria,

- unos medios de modificación de un valor para al menos un parámetro elegido entre una frecuencia portadora y un retardo de latencia.

La invención se refiere igualmente a una entidad comunicante de un sistema de comunicación de radio que comprende al menos uno de los dispositivos para el control dinámico de la focalización según la invención.

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.

Otras características y ventajas de la presente invención aparecerán más claramente a 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:

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

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

- la figura 3 representa un ejemplo de representaciones normalizadas de curvas de potencia recibida en función de una distancia entre una antena destinataria y un punto focal,

- la figura 4 representa las etapas del procedimiento de control dinámico de focalización de una señal preigualada por retorno temporal según un primer modo de realización,

- la figura 5 representa las etapas del procedimiento de control dinámico de focalización de una señal preigualada por retorno temporal según un segundo modo de realización,

- la figura 6 representa las etapas del procedimiento de control dinámico de focalización de una señal preigualada por retorno temporal según un tercer modo de realización,

- la figura 7 representa las etapas del procedimiento de control dinámico de focalización de una señal preigualada por retorno temporal según un cuarto modo de realización.

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

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).

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.

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

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

La entidad comunicantes 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.

Una señal de datos es prefiltrada por aplicación de coeficientes de una respuesta impulsional estimada retornada temporalmente. La respuesta impulsional es representativa del canal de propagación C(E1→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.

En el caso de una transmisión en modo TDD, las transmisiones en un primer sentido, por ejemplo de la entidad comunicante de origen hacia la entidad comunicante destinataria, 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 se realiza 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 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.

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

En la figura 1 están representados solamente unos medios incluidos en la entidad comunicante de origen EC1 y en la entidad comunicante destinataria EC2 en relación a la invención.

La entidad comunicante de origen EC1 y la entidad comunicante destinataria EC2 comprenden además una unidad central de mando, no representada, en la que los medios incluidos están unidos, y destinada a controlar el funcionamiento de estos medios.

La entidad comunicante de origen comprende:

- un receptor REC1 dispuesto para recibir una solicitud de modificación de focalización emitida por la entidad comunicante destinataria,

- un selector SEL1 dispuesto para modificar una frecuencia portadora para la emisión de las señales de datos y/o un retardo de latencia. El retardo de latencia es definido por un intervalo de tiempo configurable que separa la estimación de la respuesta impulsional del canal de propagación y la recepción de la señal preigualada por retorno temporal de esta estimación.

La entidad comunicante destinataria comprende:

- un evaluador EVAL2 dispuesto para evaluar una calidad relativa de focalización, a partir de una señal recibida por la antena destinataria, en relación a una calidad en un punto focal,

- un emisor EMET2 dispuesto para solicitar una modificación de focalización con destino a la entidad comunicante de origen.

El funcionamiento de los medios presentados anteriormente se detalla a continuación mediante la descripción del procedimiento de control de focalización de una señal preigualada por retorno temporal.

En particular, el evaluador EVAL2 de evaluación de la calidad relativa de focalización a partir de una señal recibida por la entidad comunicante destinataria EC2 es descrito en referencia a las figuras 2 y 3.

El evaluador EVAL2 evalúa la calidad relativa de focalización de la señal recibida en la antena destinataria A_2 en relación a un valor de calidad, para un punto focal, de una representación normalizada de una curva de potencia recibida. La representación normalizada de una curva de potencia recibida en función de una distancia entre la antena destinataria y el punto focal es descrita igualmente en relación a las figuras 2 y 3.

La potencia de una señal preigualada 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 la ausencia de movimiento relativo v de la entidad comunicante de origen EC1 en relación a la entidad comunicante destinataria EC2, y en la ausencia del retardo de latencia D_L, la potencia de una señal preigualada 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 retardo de latencia D_L debe ser comprendido como el intervalo de tiempo configurable que separa la estimación de la respuesta impulsional del canal de propagación y la recepción de la señal preigualada por el retorno temporal de esta estimación. El punto focal corresponde así a la posición de la antena destinataria relativamente en 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 estar comprendido a continuación como el desplazamiento de la entidad comunicante de origen visto de 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 preigualada 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 recibida. Esta representación expresa la variación de la calidad en función de la distancia en el 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 es una función decreciente monótona de la distancia en el 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 relativa 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 Q_1 de calidad relativa de focalización, que corresponde a la emisión de una señal preigualada para la frecuencia portadora f_1, es superior al valor Q_2 de calidad relativa de focalización, que corresponde a la emisión de una señal preigualada para la frecuencia portadora f_2.

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

La calidad relativa de focalización de una señal recibida en la antena destinataria es evaluada así en relación al valor de la representación normalizada según la frecuencia portadora de la señal.

Unas evaluaciones de calidad relativa de focalización son ilustradas de forma no limitativa por lo ejemplo siguientes para los que las representaciones normalizadas verifican las propiedades precedentemente descritas.

Así, la calidad relativa de focalización es evaluada por el evaluador EVAL2 a partir de la medida del movimiento relativo v con el fin de determinar una distancia L entre la antena destinataria y el punto focal. Esta distancia L es determinada así por el producto del retardo de latencia D_L y de la estimación del movimiento relativo v, por ejemplo en forma de una velocidad, tal que:

$$L=v \cdot D_L .$$

La calidad relativa de focalización Q_v se expresa entonces en función de la longitud de onda λ de la frecuencia portadora f_p de la señal preigualada emitida por la antena de origen, con $\lambda=c/f_p$, c que designa la celeridad de la luz, tal que:

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

La calidad relativa de focalización Q_{Bessel} puede igualmente ser evaluada a partir de la modelización de la curva de potencia recibida por una función de Bessel de orden 0 tal como:

$$Q_{Bessel} = Bessel(\frac{L}{\lambda}) \ .$$

La calidad relativa de focalización puede igualmente ser evaluada a partir de una estimación de la simetría temporal de la señal recibida. A este efecto, el evaluador EVAL2 evalúa, para cualquier frecuencia portadora f_k de la banda pasante B_{EC} asignada en la entidad destinataria, un parámetro llamado índice de simetría de la señal dada por:

$$IND_k = \frac{Re_k^{\,2}}{(Re_k + Im_k)^2},$$

siendo Re_k y Im_k respectivamente las partes real e imaginaria de la representación frecuencial $S(f_k)$ de la señal de datos s(t) recibida. La calidad relativa de focalización Q_{sym} es así dada por:

$$Q_{sym} = \frac{\sum_{k=1}^{N_f} IND_k}{N_f},$$

donde N_f designa el número de frecuencias portadoras asignadas en la entidad comunicante destinataria EC2 en la banda B_{EC}.

La calidad relativa de focalización puede igualmente ser evaluada a partir de una estimación de la simetría temporal y en potencia de la señal recibida. El evaluador EVAL2 de la entidad comunicante destinataria EC2 determina N valores de simetría temporal $Sym_t(n)$ de la señal recibida para diferentes desviaciones temporales en relación a la muestra de la señal recibida en un instante t_{max} que corresponde a la muestra $s(t_{max})$ de valor más elevado:

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

donde E es la energía de la señal recibida, y τ el factor de ensanche temporal estimado de la señal recibida, variando n de 1 a N.

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

Además, el evaluador EVAL2 de la entidad comunicante destinataria determina N valores de simetría $Sym_p(n)$ de la potencia de la señal recibida para diferentes desviaciones temporales en relación a la muestra de la señal en el instante t_{max} tales como:

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

La calidad relativa de focalización Q_{symp} es dada así por:

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

donde atan designa el operador arco tangente.

La calidad relativa de focalización puede igualmente ser evaluada a partir de la estimación de un factor de ensanche temporal de la señal recibida relativamente con el ensanche temporal de una señal referente en el punto focal. El factor de ensanche temporal de una señal es igualmente mencionado comúnmente en la literatura mediante el término inglés correspondiente *delay spread*. A este efecto, la entidad comunicante de origen EC1 emite una impulsión con destino a la entidad comunicante destinataria EC2. Esta última recibe así una respuesta impulsional $h_c(t)$ del canal de propagación entre la antena de origen y la antena destinataria. El evaluador EVAL2 de la entidad comunicante destinataria construye una señal referente ref(t) a partir de la impulsión recibida a la que es aplicado el retorno temporal de la estimación de la respuesta impulsional del canal de propagación $h_{rt}(t)$ utilizada por al preigualación de la señal. En el campo frecuencial, la señal referente es así dada por:

$$REF(f) = H_{rt}(f)^* H_c(f).$$

La calidad relativa de focalización Q_{DS} es dada entonces mediante la relación entre el factor de ensanche temporal de la señal referente DS_{ref} y el factor de ensanche de la señal de datos DS_{sig}:

$$Q_{DS} = \frac{DS_{ref}}{DS_{sig}}.$$

La calidad relativa de focalización puede igualmente ser evaluada 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 autocorrelación del canal de propagación.

A este efecto, la entidad comunicante de origen emite una impulsión o una señal piloto con destino a la entidad comunicante destinataria. El evaluador EVAL2 de la entidad comunicante destinataria EC2 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 $H_c(f)$.

El evaluador EVAL2 determina la potencia del canal de propagación. Por ejemplo la potencia del canal de propagación P_c es evaluada relativamente en la banda pasante B de la señal y en el tamaño W(B) de la banda pasante según cualquier método de evaluación de potencia conocida por el experto en la técnica:

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

El evaluador EVAL2 determina igualmente la potencia de un canal equivalente P_{eq}. El canal equivalente es obtenido por el producto del conjugado de la función de transferencia del canal de propagación $H_{rt}(f)$ que corresponde a la respuesta impulsional utilizada para la focalización de la señal, y de la función de transferencia $H_c(f)$:

$$H_{eq}(f) = H_{rt}(f)^* \quad H_c(f)$$

La calidad relativa de focalización Q_{EQ} es dada entonces por la relación de potencia:

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

La evaluación de la calidad relativa de focalización puede igualmente ser obtenida por una combinación de las diferentes evaluaciones descritas precedentemente. 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 ensanche temporal, y de la autocorrelación del canal, la calidad relativa 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.

Un primer modo de realización del procedimiento de control dinámico de la focalización de una señal preigualada por retorno temporal de una estimación de un canal de propagación entre una antena de origen A_1 y una antena destinataria A_2 se describe ahora en referencia a la figura 4.

El procedimiento se reitera en función de una frecuencia de iteración F_{iter} configurable. Durante la duración de transmisión de datos de la entidad comunicante de origen EC1 hacia la entidad comunicante destinataria EC2, la frecuencia de iteración puede, por ejemplo, ser determinada en función de la frecuencia de obtención de una estimación de canal con rendimiento. Las iteraciones son simbolizadas por una etapa IT de iteración de un índice n. Una etapa previa de inicialización INIT corresponde al índice n=1.

Durante la etapa de inicialización INIT, la entidad comunicante de origen selecciona una frecuencia portadora $f_p(1)$ y un retardo de latencia $D_L(1)$ para la emisión de una señal de datos preigualada por retorno temporal. La frecuencia portadora y el retardo de latencia correspondiente a la $n^{ésima}$ iteración del procedimiento se señalan respectivamente $f_p(n)$ y $D_L(n)$.

En la etapa E1-1, la entidad comunicante de origen determina unos coeficientes de preigualación a aplicar en una señal de datos. Los coeficientes de preigualación aplicados a una señal de datos o de referencia, emitida en un instante actual, se obtienen mediante el retorno temporal de una respuesta impulsional estimada $h_{rt.n}(t)$ de un canal de propagación $C_n(EC1 \rightarrow EC2)$ entre la antena de origen A_1 y la antena destinataria A_2.

Esta determinación puede ser realizada, por ejemplo, por emisión de impulsiones o incluso de pilotos por la entidad comunicante de origen, seguida de una estimación del canal de propagación por la entidad comunicante de origen o destinataria respectivamente, según el modo de transmisión FDD o TDD, respectivamente. En el caso de una estimación efectuada por la entidad destinataria, ésta entrega la estimación a la entidad comunicante de origen.

En la etapa E1-2, la entidad comunicante de origen emite a partir de la antena de origen A_1 la señal de datos preigualada $s_n(t)$ obtenida después de prefiltrado por los coeficientes de preigualación determinados durante la etapa E1-1.

En la etapa E1-3, el evaluador EVAL2 de la entidad comunicante destinataria evalúa una calidad relativa de focalización Q(n) a partir de la señal recibida, por ejemplo según uno de los métodos precedentemente descritos.

En la etapa E1-4, la entidad comunicante destinataria EC2 determina, en vista de la calidad relativa de focalización Q(n), si procede solicitar una modificación de focalización en la entidad comunicante de origen EC1. Un criterio aplicado puede por ejemplo y de forma no limitativa corresponder a la comparación de la calidad relativa de focalización Q(n) en una calidad relativa de focalización objetivo $Q_{objetivo}$. Si la desviación entre la calidad relativa de focalización y la calidad relativa de focalización objetivo es inferior a un umbral configurable, la entidad comunicante destinataria no solicita modificación de focalización.

Si no procede solicitar una modificación de focalización, las iteraciones E1-5 a E1-10 no se efectúan.

Como variante, la entidad comunicante destinataria no aplica criterio y las iteraciones E1-5 y siguientes se efectúan sistemáticamente.

En la etapa E1-5, la entidad comunicante destinataria estima una distancia L(n) entre la antena destinataria y el punto focal en el instante actual. El punto focal corresponde a la posición de la antena destinataria relativamente a la antena de origen a la $n^{ésima}$ iteración antes de que transcurra el retardo de latencia.

La estimación de la distancia L(n) puede por ejemplo ser efectuada a partir de la lectura de una tabla de calidad relativa de focalización. La tabla de calidad configurable comprende unos puntos de medidas para diversas posiciones de la antena destinataria. Estas medidas pueden ser realizadas previamente por simulaciones o bien por evaluaciones de calidad relativa de focalización efectuadas durante un periodo de aprendizaje por la entidad comunicante destinataria.

En el caso de una evaluación de la calidad relativa de focalización por una función de Bessel de orden 0 tal como se describe precedentemente, la evaluación de la distancia puede ser igualmente realizada a partir de la función de Bessel tal como:

$$Bessel(L(n))=Q(n).$$

En la etapa E1-6, la entidad comunicante destinataria estima una distancia $\Delta L(n)$ entre la antena destinataria y una posición $P_{objetivo}$ que corresponde a la calidad relativa de focalización objetivo $Q_{objetivo}$.

La estimación de la distancia $\Delta L(n)$ puede por ejemplo se efectuada a partir de la lectura de la tabla de calidad relativa precedentemente descrita que permite evaluar una distancia objetivo $L_{objetivo}$ entre la posición $P_{objetivo}$ y el

punto focal. La distancia $\Delta L(n)$ es entonces obtenida por la diferencia entre L(n) y $L_{objetivo}$.

En el caso de una evaluación de la calidad relativa de focalización por una función de Bessel de orden 0 tal como se ha descrito precedentemente, la evaluación de la distancia objetivo $L_{objetivo}$ puede ser igualmente realizada a partir de la función de Bessel tal como:

$$Bessel(L_{objetivo}) = Q_{objetivo}$$

Como variante, la estimación de la distancia $\Delta L(n)$ puede igualmente ser efectuada a partir del valor $L_{objetivo}$ memorizado en la entidad comunicante destinataria.

En la etapa E1-7, el emisor EMET2 de la entidad comunicante destinataria solicita una modificación de focalización con destino a la entidad comunicante de origen.

Esta solicitud corresponde a la emisión de una petición que comprende la estimación de la distancia $\Delta L(n)$ determinada durante la etapa E1-6.

En la etapa E1-8, el receptor REC1 de la entidad comunicante de origen recibe la solicitud de modificación de focalización y extrae la estimación de la distancia $\Delta L(n)$ contenida en la petición.

En la etapa E1-9, la entidad comunicante de origen selecciona un valor para al menos un parámetro elegido entre una frecuencia portadora y un retardo de latencia.

La selección se hace a partir de las propiedades de la representación normalizada de una curva de potencia recibida ilustrada en la figura 3 que es tal como:

- por una parte es decreciente en función de la distancia en el punto focal y por lo tanto en función del producto del movimiento relativo v y del retardo de latencia D_L,

- y por otra parte es tal que para una distancia dada L(n) entre la antena destinataria y el punto focal, si Q_1 y Q_2 son dos valores de calidad relativa 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.

La entidad comunicante de origen puede así seleccionar una nueva frecuencia portadora, o bien seleccionar un nuevo retardo de latencia, o incluso seleccionar conjuntamente la frecuencia portadora y el retardo de latencia con el fin de hacer efectiva la solicitud de modificación de focalización. La selección se hace así por comparación de las diferentes representaciones normalizadas de las curvas de potencia recibida para diferentes frecuencias portadoras. Estas representaciones normalizadas de curva de potencia recibida son por ejemplo prememorizadas en la entidad comunicante de origen en forma de tabla de calidad.

La selección puede efectuarse por elección de una frecuencia portadora en una misma banda de frecuencia, pero igualmente en una banda de frecuencia distinta o incluso por elección de otro sistema de comunicación de radio.

En la etapa E1-10, el selector SEL1 de la entidad comunicante de origen modifica los parámetros de transmisión seleccionados durante la etapa E1-9. Las etapas del procedimiento son entonces reiteradas con este nuevo par de parámetros $f_p(n+1)$, $D_L(n+1)$.

La atención a estos nuevos parámetros por la entidad comunicante destinataria puede efectuarse después de la notificación por la entidad comunicante de origen, o incluso por unos métodos de sincronización temporal y frecuencial de tipo ciegos bien conocidos por el experto en la técnica.

Un segundo modo de realización del procedimiento de control dinámico de la focalización de una señal preigualada por retorno temporal entre una entidad comunicante de origen EC1 y una entidad comunicante destinataria EC2 se describe ahora en referencia a la figura 5.

El procedimiento es reiterado en función de una frecuencia de iteración F_{iter} configurable. Durante la duración de transmisión de datos de la entidad comunicante de origen hacia la entidad comunicante destinataria, la frecuencia de iteración puede, por ejemplo, ser determinada en función de la frecuencia de obtención de una estimación de canal con rendimiento. Las iteraciones son simbolizadas por una etapa IT de iteración de un índice n. Una etapa previa de inicialización INIT corresponde al índice n=1.

Durante la etapa de inicialización INIT, la entidad comunicante de origen selecciona una frecuencia portadora $f_p(1)$ y un retardo de latencia $D_L(1)$ para la emisión de una señal de datos preigualados por retorno temporal. La frecuencia portadora y el retardo de latencia correspondiente a la $n^{ésima}$ iteración del procedimiento son señalados respectivamente $f_p(n)$ y $D_L(n)$.

En la etapa E2-1, la entidad comunicante de origen determina coeficientes de preigualación para aplicar a una señal de datos. Los coeficientes de preigualación aplicados a una señal de datos o de referencia, emitida en un instante actual, son dados por el retorno temporal de una respuesta impulsional estimada $h_{rt.n}(t)$ de un canal de propagación

C_n(EC1→EC2) entre la antena de origen A_1 y la antena destinataria A_2.

Esta determinación puede ser realizada, por ejemplo, por emisión de impulsiones o incluso de pilotos por la entidad comunicante de origen, seguido de una estimación del canal de propagación por la entidad comunicante de origen o destinataria respectivamente, según el modo de transmisión FDD o TDD, respectivamente. En el caso de una estimación efectuada por la entidad destinataria, ésta entrega la estimación a la entidad comunicante de origen.

En la etapa E2-2, la entidad comunicante de origen emite a partir de la antena de origen A_1 la señal de datos preigualada $s_n(t)$ obtenida después de prefiltrado por los coeficientes de preigualización determinados entonces durante la etapa E2-1.

En la etapa E2-3, el evaluador EVAL2 de la entidad comunicante destinataria evalúa una calidad relativa de focalización Q(n) a partir de la señal recibida por ejemplo según uno de los métodos precedentemente descritos.

En la etapa E2-4, la entidad comunicante destinataria EC2 determina, en vista de la calidad relativa de focalización Q(n), si procede solicitar una modificación de focalización en la entidad comunicante de origen EC1. Un criterio aplicado puede por ejemplo y de forma no limitativa corresponder a la comparación de la calidad relativa de focalización Q(n) en una calidad relativa de focalización objetivo $Q_{objetivo}$. Si la desviación entre la calidad relativa de focalización y la calidad relativa de focalización objetivo es inferior a un umbral configurable, la entidad comunicante destinataria no solicita modificación de focalización.

Si no procede solicitar una modificación de focalización, las iteraciones E2-5 a E2-10 no se efectúan.

Como variante, la entidad comunicante destinataria no aplica criterio y las iteraciones E2-5 y siguientes se efectúan sistemáticamente.

En la etapa E2-5, la entidad comunicante destinataria estima una desviación de calidad relativa $\Delta Q(n)$ entre la calidad relativa de focalización objetivo $Q_{objetivo}$ y la calidad relativa de focalización Q(n).

En la etapa E2-6, el emisor EMET2 de la entidad comunicante destinataria solicita una modificación de focalización con destino a la entidad comunicante de origen.

Esta solicitud corresponde a la emisión de una petición que comprende la estimación de la desviación de calidad relativa $\Delta Q(n)$ determinada durante la etapa E2-5.

En la etapa E2-7, el receptor REC1 de la entidad comunicante de origen recibe la solicitud de modificación de focalización y extrae de la petición la estimación de la desviación de calidad relativa $\Delta Q(n)$.

En la etapa E2-8, la entidad destinataria de origen estima, a partir del valor de $\Delta Q(n)$, una distancia $\Delta L(n)$ entre la antena destinataria y una posición $P_{objetivo}$ que corresponde a la calidad relativa de focalización objetivo $Q_{objetivo}$.

La estimación de la distancia $\Delta L(n)$ puede por ejemplo ser efectuada a partir de la lectura de una tabla de calidad relativa de focalización en función de la distancia en el punto focal. Estas medidas pueden ser realizadas previamente por simulaciones.

En el caso de una evaluación de la calidad relativa de focalización por una función de Bessel de orden 0 tal como se ha descrito precedentemente, la estimación de la distancia la tabla de calidad relativa de focalización $\Delta L(n)$ puede ser obtenida igualmente a partir de la aplicación de la función de Bessel.

En la etapa E2-9, la entidad comunicante de origen selecciona un valor para al menos un parámetro elegido entre una frecuencia portadora y un retardo de latencia.

La selección se hace a partir de las propiedades de la representación normalizada de una curva de potencia de la señal recibida ilustrada en la figura 3 que es tal como:

- por una parte es decreciente en función de la distancia en el punto focal y por lo tanto en función del producto del movimiento relativo v y del retardo de latencia D_L,

- y por otra parte es tal que para una distancia dada L(n) entre la antena destinataria y el punto focal, si Q_1 y Q_2 son dos valores de calidad relativa de focalización para unas frecuencias portadoras respectivas f_1 y f_2, f_1 inferior f_2, entonces Q_1 es superior a Q_2.

La entidad comunicante de origen puede así seleccionar una nueva frecuencia portadora, o bien seleccionar un nuevo retardo de latencia, o incluso seleccionar conjuntamente la frecuencia portadora y el retardo de latencia con el fin de hacer efectiva la solicitud de modificación de focalización. La selección se hace así por comparación de las diferentes representaciones normalizadas para las diferentes frecuencias portadoras. Estas representaciones normalizadas de curvas de potencia recibidas son por ejemplo prememorizadas en la entidad comunicante de origen en forma de tabla de calidad.

La selección puede efectuarse por elección de una frecuencia portadora en una misma banda de frecuencia, pero igualmente en una banda de frecuencia distinta o incluso por elección de otro sistema de comunicación de radio.

En la etapa E2-10, el selector SEL1 de la entidad comunicante de origen modifica los parámetros de transmisión seleccionados durante la etapa E2-9. Las etapas del procedimiento son reiteradas con este nuevo par de parámetros $f_p(n+1)$, $D_L(n+1)$.

La atención a estos nuevos parámetros por la entidad comunicante destinataria puede efectuarse después de la notificación por la entidad comunicante de origen, o incluso por unos métodos de sincronización temporal y frecuencial de tipo ciegos conocidos por el experto en la técnica.

Un tercer modo de realización del procedimiento de control dinámico de la focalización de una señal preigualada por retorno temporal entre una entidad comunicante de origen EC1 y una entidad comunicante destinataria EC2 se describe ahora en referencia a la figura 6.

El procedimiento es reiterado en función de una frecuencia de iteración F_{iter} configurable. Durante la duración de transmisión de datos de la entidad comunicante de origen hacia la entidad comunicante destinataria, la frecuencia de iteración puede, por ejemplo, ser determinada en función de la frecuencia de obtención de una estimación de canal con rendimiento. Las iteraciones son simbolizadas por una etapa IT de iteración de un índice n. Una etapa previa de inicialización INIT corresponde al índice n=1.

Durante la etapa de inicialización INIT, la entidad comunicante de origen selecciona una frecuencia portadora $f_p(1)$ y un retardo de latencia $D_L(1)$ para la emisión de una señal de datos preigualada por retorno temporal. La frecuencia portadora y el retardo de latencia que corresponde a la $n^{ésima}$ iteración del procedimiento son señalados respectivamente $f_p(n)$ y $D_L(n)$.

En la etapa E3-1, la entidad comunicante de origen determina unos coeficientes de preigualación para aplicar a una señal de datos. Los coeficientes de preigualación aplicados a una señal de datos o de referencia, emitida en un instante actual, son dados por el retorno temporal de una respuesta impulsional estimada $h_{rt.n}(t)$ de un canal de propagación C_n (EC1→EC2) entre la antena de origen A_1 y la antena destinataria A_2.

Esta determinación puede ser realizada, por ejemplo, por emisión de impulsiones o incluso de pilotos por la entidad comunicante de origen, seguida de una estimación del canal de propagación por la entidad comunicante de origen o destinataria respectivamente, según el modo de transmisión FDD o TDD, respectivamente. En el caso de una estimación efectuada por la entidad destinataria, ésta entrega la estimación a la entidad comunicante de origen.

En la etapa E3-2, la entidad comunicante de origen emite a partir de la antena de origen A_1 la señal de datos preigualados $s_n(t)$ obtenida después de prefiltrado por los coeficientes de preigualación determinados durante la etapa E3-1.

En la etapa E3-3, el evaluador EVAL2 de la entidad comunicante destinataria evalúa una calidad relativa de focalización Q(n) a partir de la señal recibida, por ejemplo según uno de los métodos descritos precedentemente.

En la etapa E3-4, la entidad comunicante destinataria EC2 determina, en vista de la calidad relativa de focalización Q(n), si procede solicitar una modificación de focalización en la entidad comunicante de origen EC1. Un criterio aplicado puede por ejemplo y de forma no limitativa corresponder a la comparación de la calidad relativa de focalización Q(n) en una calidad relativa de focalización objetivo $Q_{objetivo}$. Si la desviación entre la calidad relativa de focalización y la calidad relativa de focalización objetivo es inferior a un umbral configurable, la entidad comunicante destinataria no solicita modificación de focalización.

Si no procede solicitar una modificación de focalización, las iteraciones E3-5 a E3-10 no se efectúan.

Como variante, la entidad comunicante destinataria no aplica criterio y las iteraciones E3-5 y siguientes se efectúan sistemáticamente.

En la etapa E3-5, la entidad comunicante destinataria estima una distancia L(n) entre la antena destinataria y el punto focal. El punto focal corresponde a la posición de la antena destinataria relativamente en la antena de origen en la $n^{ésima}$ iteración antes de que transcurra el retardo de latencia.

La estimación de las distancia L(n) puede por ejemplo ser efectuada a partir de la lectura de una tabla de calidad relativa de focalización. La tabla de calidad configurable comprende unos puntos de medidas para diversas posiciones de la antena destinataria. Estas medidas pueden ser realizadas previamente por unas simulaciones o por unas evaluaciones de calidad relativa de focalización efectuadas durante un periodo de aprendizaje por la entidad comunicante destinataria.

En el caso de una evaluación de la calidad relativa de focalización por una función de Bessel de orden 0 tal como se ha descrito precedentemente, la evaluación de la distancia puede ser realizada igualmente a partir de la función de Bessel tal como:

$$Bessel(L(n))=Q(n).$$

En la etapa E3-6, la entidad comunicante destinataria estima una distancia $\Delta L(n)$ entre la antena destinataria y una posición $P_{objetivo}$ que corresponde a la calidad relativa de focalización objetivo $Q_{objetivo}$.

La estimación de la distancia $\Delta L(n)$ puede por ejemplo ser efectuada a partir de la lectura de la tabla de calidad relativa precedentemente descrita que permite evaluar una distancia objetivo $L_{objetivo}$ entre la posición $P_{objetivo}$ y el punto focal. La distancia $\Delta L(n)$ es entonces obtenida por la diferencia entre L(n) y $L_{objetivo}$.

En el caso de una evaluación de la calidad relativa de focalización por una función de Bessel de orden 0 tal como se ha descrito precedentemente, la evaluación de la distancia objetivo $L_{objetivo}$ puede ser igualmente realizada a partir de la función de Bessel tal como:

$$Bessel(L_{objetivo}) = Q_{objetivo}$$

Como variante, la estimación de la distancia $\Delta L(n)$ puede igualmente ser efectuada a partir del valor $L_{objetivo}$ configurado previamente.

En la etapa E3-7, la entidad comunicante destinataria selecciona un valor para al menos un parámetro elegido entre una frecuencia portadora y un retardo de latencia. La selección se hace a partir de las propiedades de la representación normalizada de la curva de potencia de la señal recibida ilustradas en la figura 3 que es tal como:

- por una parte es decreciente en función de la distancia en el punto focal y por lo tanto en función del producto del movimiento relativo v y del retardo de latencia D_L,

- y por otra parte es tal que para una distancia dada L(n) entre la antena destinataria y el punto focal, si Q_1 y Q_2 son dos valores de calidad relativa 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.

La entidad comunicante destinataria puede así seleccionar una nueva frecuencia portadora, o bien seleccionar un nuevo retardo de latencia, o incluso seleccionar conjuntamente la frecuencia portadora y el retardo de latencia con el fin de hacer efectiva la solicitud de modificación de focalización. La selección se hace así por comparación de las diferentes representaciones normalizadas para las diferentes frecuencias portadoras. Estas representaciones normalizadas de curvas de potencia recibida son por ejemplo prememorizadas en la entidad comunicante destinataria en forma de tabla de calidad.

La selección puede efectuarse por elección de una frecuencia portadora en una misma banda de frecuencia, pero igualmente en una banda de frecuencia distinta o incluso por elección de otro sistema de comunicación de radio.

En la etapa E3-8, el emisor EMET2 de la entidad comunicante destinataria solicita una modificación de focalización con destino a la entidad comunicante de origen.

Esta solicitud corresponde a la emisión de una petición que comprende una referencia en el valor de la frecuencia seleccionada y/o del retardo de latencia seleccionada.

En el etapa E3-9, el receptor REC1 de la entidad comunicante de origen recibe la solicitud de modificación de focalización y extrae de la petición la referencia en el valor de la frecuencia seleccionada y/o del retardo de latencia seleccionado.

En la etapa E3-10, el selector SEL1 de la entidad comunicante de origen modifica los parámetros de transmisión seleccionados durante la etapa E3-9 por la entidad comunicante destinataria.

Las etapas del procedimiento son reiteradas con este nuevo par de parámetros $f_p(n+1)$, $D_L(n+1)$.

Como variante, después de la recepción del mensaje de modificación por el receptor REC1 de la entidad comunicante de origen durante la etapa E3-9, la entidad comunicante de origen selecciona un valor para al menos un parámetro elegido entre una frecuencia portadora y un retardo de latencia a partir de la referencia emitida por la entidad comunicante de origen. Esta selección puede efectuarse tal como se ha descrito en la etapa E3-6.

El selector SEL1 de la entidad comunicante de origen modifica entonces los parámetros de transmisión. En este caso, la atención a estos nuevos parámetros por la entidad comunicante destinataria puede efectuarse después de la notificación por la entidad comunicante de origen, o incluso para unos métodos de sincronización temporal y frecuencial de tipo ciegos bien conocidos por el experto en la técnica.

Un cuarto modo de realización del procedimiento de control dinámico de la focalización de una señal preigualada por retorno temporal entre una entidad comunicante de origen EC1 y una entidad comunicante destinataria EC2 se describe ahora en referencia a la figura 7.

El procedimiento es reiterado en función de una frecuencia de iteración F_{iter} configurable. Durante la duración de transmisión de datos de la entidad comunicante de origen hacia la entidad comunicante destinataria, la frecuencia de iteración puede, por ejemplo, ser determinada en función de la frecuencia de obtención de una estimación de canal con rendimiento. Las iteraciones son simbolizadas por una etapa IT de iteración de un índice n. Una etapa previa de inicialización INIT corresponde al índice n=1.

Durante la etapa de inicialización INIT, la entidad comunicante de origen selecciona una frecuencia portadora $f_p(1)$ y un retardo de latencia $D_L(1)$ para la emisión de una señal de datos preigualada por retorno temporal. La frecuencia portadora y el retardo de latencia que corresponde a la $n^{ésima}$ iteración del procedimiento son señalados respectivamente $f_p(n)$ y $D_L(n)$.

En la etapa E4-1, la entidad comunicante de origen determina unos coeficientes de preigualación para aplicar a una señal de datos. Los coeficientes de preigualación aplicados a una señal de datos o de referencia, emitidos en un instante actual, son dados por el retorno temporal de una respuesta impulsional estimada $h_{rt.n}(t)$ de un canal de propagación C_n (EC1→EC2) entre la antena de origen A_1 y la antena destinataria A_2.

Esta determinación puede ser realizada, por ejemplo, por emisión de impulsiones o incluso de pilotos por la entidad comunicante de origen, seguida de una estimación del canal de propagación por la entidad comunicante de origen o destinataria respectivamente, según el modo de transmisión FDD o TDD, respectivamente. En el caso de una estimación efectuada por la entidad destinataria, ésta entrega la estimación a la entidad comunicante de origen.

En la etapa E4-2, la entidad comunicante de origen emite a partir de la antena de origen A_1 la señal de datos preigualada $s_n(t)$ obtenido por prefiltrado por los coeficientes de preigualación determinados durante la etapa E4-1.

En la etapa E4-3, el evaluador EVAL2 de la entidad comunicante destinataria evalúa una calidad relativa de focalización Q(n) a partir de la señal recibida, por ejemplo según uno de los métodos precedentemente descritos.

En la etapa E4-4, la entidad comunicante destinataria EC2 determina, en vista de la calidad relativa de focalización Q(n), si procede solicitar una modificación de focalización en la entidad comunicante de origen EC1. Un criterio aplicado puede por ejemplo y de forma no limitativa corresponder a la comparación de la calidad relativa de focalización Q(n) en una calidad relativa de focalización objetivo Q objetivo. Si la desviación entre la calidad relativa de focalización y la calidad relativa de focalización objetivo es inferior a un umbral configurable, la entidad comunicante destinataria no solicita modificación de focalización.

Si no procede solicitar una modificación de focalización, las iteraciones E4-5 a E4-9 no se efectúan.

Como variante, la entidad comunicante destinataria no aplica criterio y las iteraciones E4-9 y siguientes son efectuadas sistemáticamente.

En la etapa E4-5, la entidad comunicante destinataria determina la desviación $\Delta Q(n)$ entre la calidad relativa de focalización Q(n) evaluada en la etapa E4-4 y la calidad relativa de focalización objetivo $Q_{objetivo}$. Según las propiedades de las curvas de potencia recibida que son monótonas decrecientes en función de la distancia en el punto focal, la entidad destinataria en vista del signo de la desviación $\Delta Q(n)$, determina si la antena destinataria está demasiado cerca o demasiado alejada del punto focal para que pueda obtener la calidad relativa de focalización $Q_{objetivo}$. La entidad comunicante destinataria define así un índice de variación $IND_{var}(n)$ que indica su deseo de alejarse o acercarse del punto focal. El índice de variación puede por ejemplo y de forma no limitativa ser el signo, o incluso el valor de la desviación $\Delta Q(n)$.

En la etapa E4-6, el emisor EMET2 de la entidad comunicante destinataria solicita una modificación de focalización con destino a la entidad comunicante de origen.

Esta solicitud corresponde a la emisión de una petición que comprende el índice de variación $IND_{var}(n)$ determinado durante la etapa E1-6.

En la etapa E4-7, el receptor REC1 de la entidad comunicante de origen recibe la solicitud de modificación de focalización y extrae el índice de variación $IND_{var}(n)$ contenido en la petición.

En la etapa E4-8, la entidad comunicante de origen selecciona un valor para al menos un parámetro elegido entre una frecuencia portadora y un retardo de latencia que corresponde al índice de variación $IND_{var}(n)$. Así, en el caso de un índice que corresponde a una solicitud de acercamiento del punto focal, la entidad comunicante de origen selecciona un par $[f_p(n+1), D_L(n+1)]$ tal como el producto $f_p(n+1).D_L(n+1)$ es inferior al producto $f_p(n).D_L(n)$.

Por ejemplo, la entidad comunicante de origen selecciona una frecuencia $f_p(n+1)$ inferior a la frecuencia $f_p(n)$, o incluso obtenido por un desfase en la frecuencia de un valor $-\Delta f$ configurable.

La entidad comunicante de origen puede igualmente seleccionar un retardo de latencia $D_L(n+1)$ inferior al retardo de latencia $D_L(n)$, o incluso obtenido por decremento de un retardo configurable Δt.

La entidad comunicante de origen puede igualmente combinar el cambio de frecuencia portadora y el cambio de

retardo de latencia. La selección de una frecuencia portadora puede igualmente efectuarse en una misma banda de frecuencia, en una banda de frecuencia distinta o incluso para otro sistema de comunicación de radio.

Igualmente, en el caso de un índice de variación $IND_{var}(n)$ que corresponde a una solicitud de alargamiento del punto focal, la entidad comunicante de origen selecciona un par $[f_p(n+1), D_L(n+1)]$ tal como el producto $f_p(n+1).D_L(n+1)$ es superior al productor $f_p(n).D_L(n)$.

En la etapa E4-9, el selector SEL1 de la entidad comunicante de origen modifica los parámetros de transmisión seleccionados durante la etapa E4-8. Las etapas del procedimiento son reiteradas con este nuevo par de parámetros $f_p(n+1)$, $D_L(n+1)$.

La atención a estos nuevos parámetros por la entidad comunicante destinataria puede efectuarse después de la notificación por la entidad comunicante de origen, o incluso por unos métodos de sincronización temporal y frecuencial de tipo ciegos bien conocidos por el experto en la técnica.

El procedimiento puede ser puesto en marcha igualmente para una transmisión bidireccional. En este modo particular de realización, el procedimiento es puesto en marcha en los dos sentidos de transmisión de tal manera que unas señales no sean emitidas simultáneamente en los dos sentidos de transmisión.

La invención descrita aquí se refiere a un dispositivo de control dinámico de la focalización de una señal preigualada por retorno temporal puesto en marcha en una entidad comunicante destinataria. 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 de código intermediario entre código fuente y código objeto tal como en una forma parcialmente compilada, o no importa en qué otra forma deseable para implementar esas etapas del procedimiento según la invención puestas en marcha en la entidad comunicante destinataria.

La invención descrita aquí se refiere a un dispositivo de control dinámico de la focalización de una señal preigualada por retorno temporal puesto en marcha en una entidad comunicante de origen. 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 de código intermediario entre código fuente y código objeto tal como en una forma parcialmente compilada, o no importa en qué otra forma deseable para implementar esas etapas del procedimiento según la invención puestas en marcha en la entidad comunicante de origen.

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento de control dinámico de la focalización de una señal preigualada por retorno temporal de un canal de propagación estimado entre una antena (A_1) de origen de una entidad comunicante (EC1) de origen y una antena destinataria (A_2) de una entidad comunicante destinataria (EC2) en un instante actual, estando caracterizado dicho procedimiento porque comprende las etapas de:

- evaluación por la entidad comunicante destinataria de una calidad relativa de focalización (Q(n)) de la señal preigualada emitida por la antena de origen y recibida por la antena destinataria, en relación a una calidad en un punto focal (FO), y si la calidad relativa de focalización evaluada no satisface un criterio predeterminado,

- solicitud, por la entidad comunicante destinataria, de modificación de focalización con destino a la entidad comunicante de origen para un instante siguiente.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la calidad relativa de focalización (Q(n)) es determinada a partir de una representación normalizada (QUAL1, QUAL2) de una curva de potencia recibida, en función de una distancia entre la antena destinataria y el punto focal, siendo dicha representación una función decreciente de la distancia y teniendo un máximo en el punto focal.

3.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que la etapa de solicitud de modificación comprende:

- una estimación de una distancia (L(n)) entre la antena destinataria en el instante actual y una posición ($P_{objetivo}$) que corresponde a una calidad relativa de focalización objetivo ($Q_{objetivo}$),

- una emisión de una petición de modificación con destino a la entidad comunicante de origen que comprende la estimación de dicha distancia.

4.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en la que la etapa de solicitud de modificación comprende:

- una estimación de uns desviación (ΔL(n)) entre el valor de la calidad relativa de focalización evaluada en el instante actual y un valor de una calidad relativa de focalización objetivo ($Q_{objetivo}$),

- una emisión de una petición de modificación con destino a la entidad comunicante de origen que comprende la estimación de la desviación.

5.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en la que la etapa de solicitud de modificación comprende:

- una estimación de una distancia (L(n)) entre la antena destinataria en el instante actual y una posición ($P_{objetivo}$) que corresponde a una calidad relativa de focalización objetivo ($Q_{objetivo}$),

- una selección de un valor para al menos un parámetro, para el instante siguiente, elegido entre una frecuencia portadora y un retardo de latencia,

- una emisión de una petición con destino a la entidad comunicante de origen, que comprende una referencia al valor de al menos un parámetro seleccionado.

6.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en la que la etapa de solicitud de modificación comprende:

- una comparación entre la estimación de la calidad relativa de focalización y una calidad relativa de focalización objetivo ($Q_{objetivo}$),

- una determinación de un índice de variación IND_{var}(n) en función del resultado de la comparación,

- una emisión de una petición de modificación con destino a la entidad comunicante de origen que comprende el índice de variación.

7.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que, en recepción de la solicitud de modificación, la entidad comunicante de origen modifica un valor para al menos un parámetro, para el instante siguiente, elegido entre una frecuencia portadora y un retardo de latencia.

8.- Dispositivo, para una entidad comunicante destinataria (EC2), de control dinámico de la focalización de una señal preigualada por retorno temporal de un canal de propagación estimado entre una antena (A_1) de origen de una entidad comunicante EC1 de origen y una antena destinataria (A_2) de la entidad comunicante destinataria (EC2) en un instante actual, estando caracterizado dicho dispositivo porque comprende:

- unos medios (EVAL2) de evaluación de una calidad relativa (Q(n)) de focalización de la señal preigualada emitida

por la antena de origen y recibida por la antena destinataria, en relación a una calida en un punto focal (FO),

- unos medios (EMET2) de solicitud de modificación de focalización con destino a la entidad comunicante de origen para un instante siguiente.

9.- Dispositivo, para una entidad comunicante de origen (EC1), de control dinámico de la focalización de una señal preigualada por retorno temporal de un canal de propagación estimado entre una antena (A_1) de origen de una entidad comunicante (EC1) de origen y una antena destinataria (A_2) de la entidad comunicante destinataria (EC2) en un instante actual, estando caracterizado dicho dispositivo porque comprende:

- unos medios (REC1) de recepción de una solicitud de modificación de focalización emitida por la entidad comunicante destinataria,

- unos medios (SEL1) de modificación de un valor para al menos un parámetro elegido entre una frecuencia portadora y un retardo de latencia.

10.- Entidad comunicante de un sistema de comunicación de radio que comprende al menos uno de los dispositivos según las reivindicaciones 8 ó 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 destinataria que comprende las instrucciones del programa para accionar la puesta en marcha por dicha entidad de estas etapas del procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 cuando el programa es ejecutado por la entidad comunicante destinataria.

13.- Programa de ordenador para una entidad comunicante de origen que comprende las instrucciones del programa para accionar la puesta en marcha por dicha entidad de estas etapas del procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 cuando el programa es ejecutado por la entidad comunicante de origen.

Figura 1

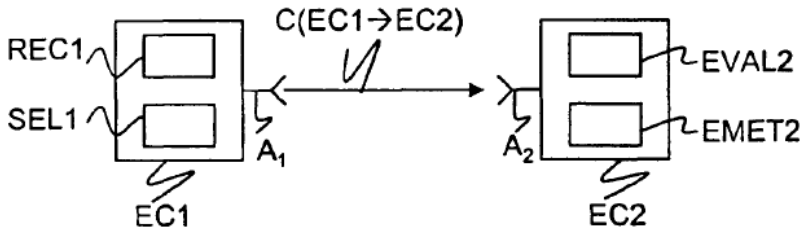

Figura 2

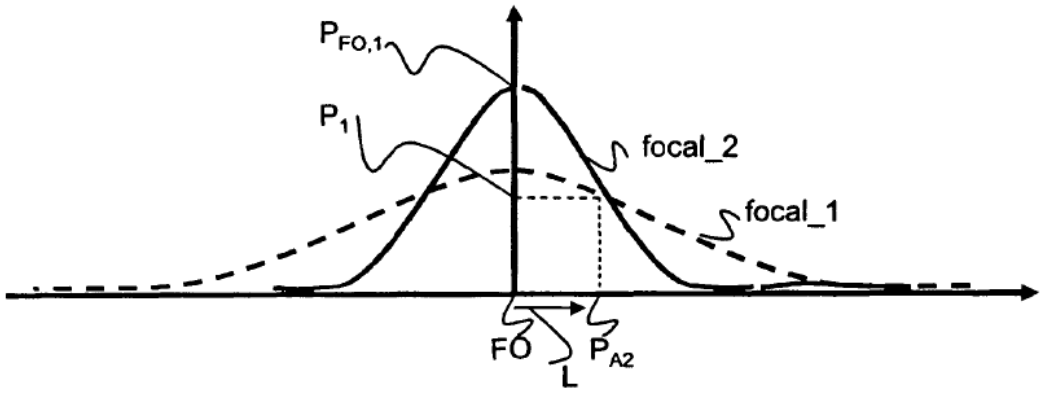

Figura 3

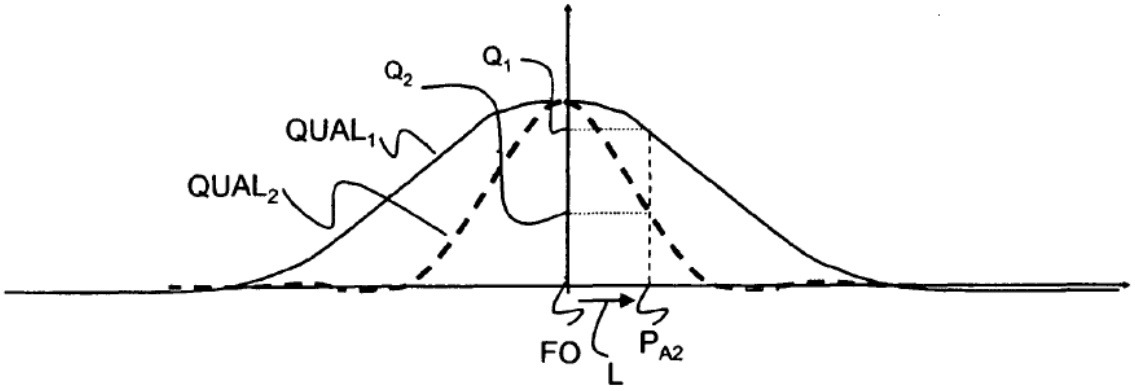

Figura 4

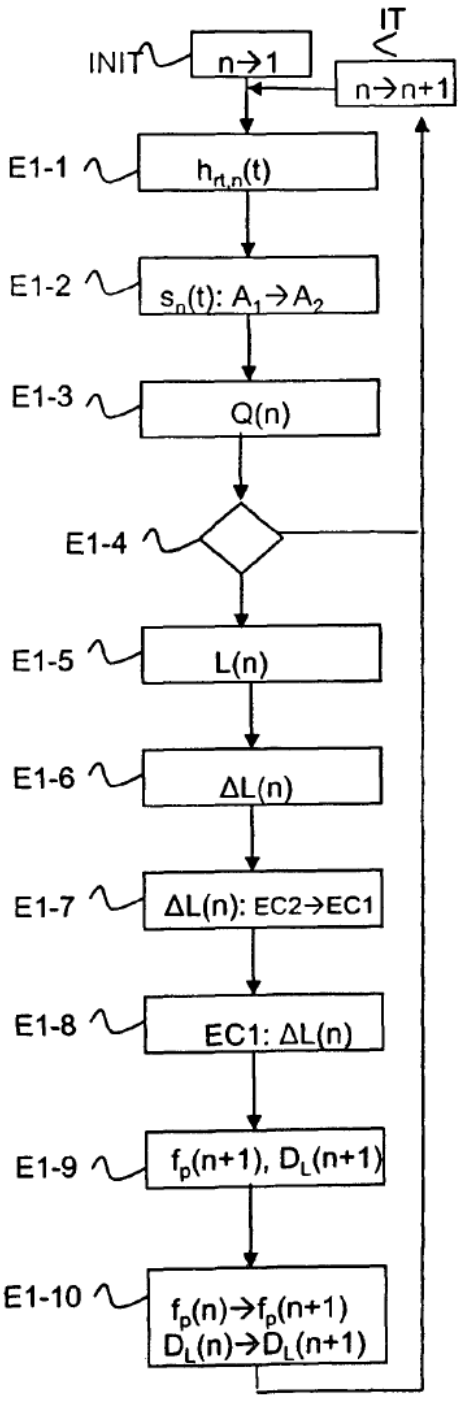

Figura 5

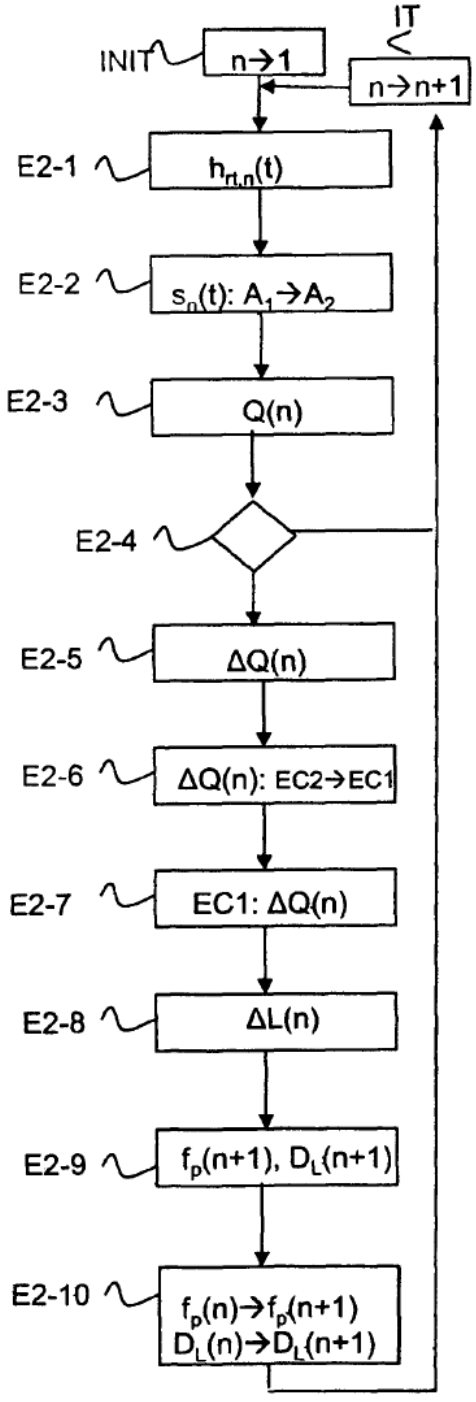

Figura 6

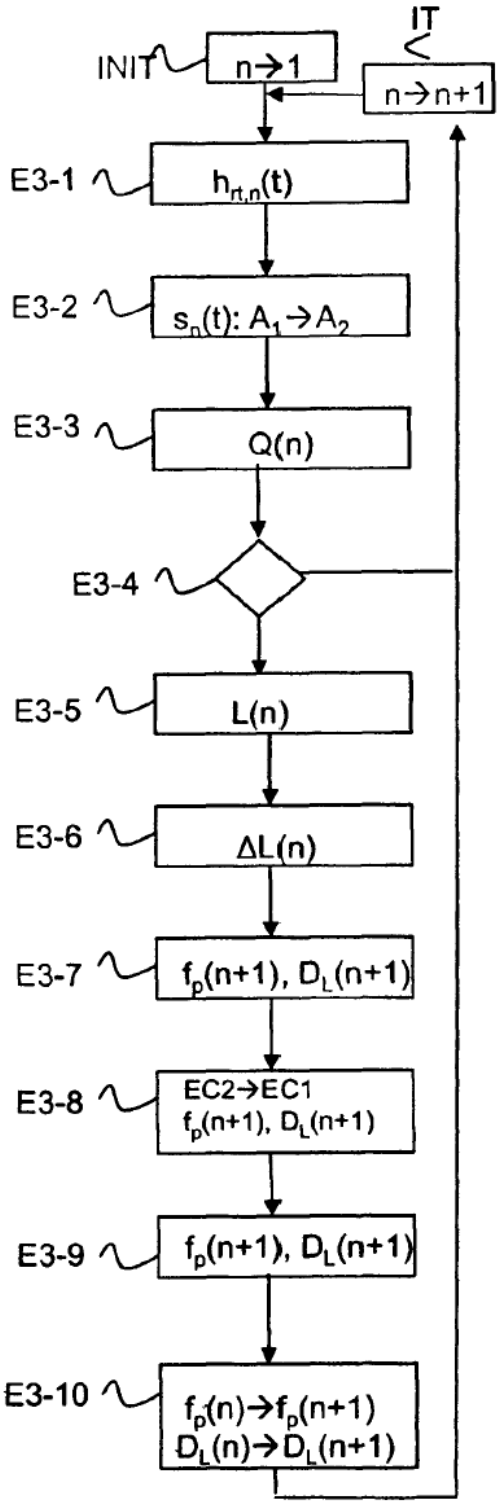
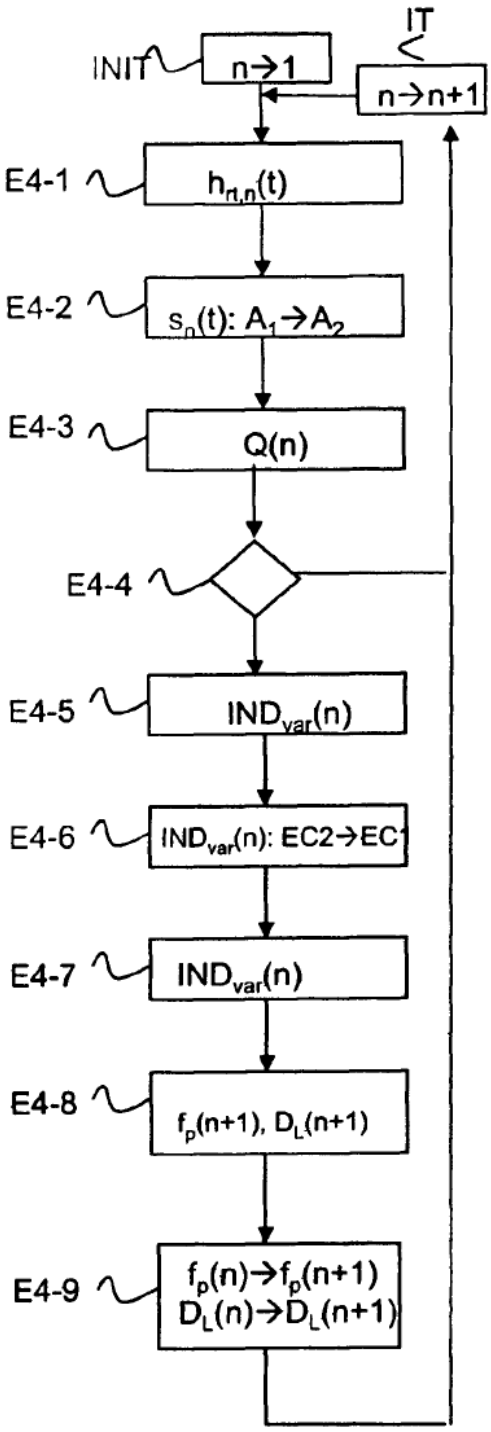
Figura 7