

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 648 816**

51 Int. Cl.:

H04K 3/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.11.2012** **E 12193882 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.08.2017** **EP 2597806**

54 Título: **Procedimiento de perturbación de comunicaciones en una red controlada en bucle cerrado**

30 Prioridad:

24.11.2011 FR 1103578

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

08.01.2018

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
45, rue de Villiers
92200 Neuilly Sur Seine, FR**

72 Inventor/es:

**DELAVEAU, FRANÇOIS;
HEURGUIER, DOMINIQUE y
GERFAULT, BERTRAND**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 648 816 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de perturbación de comunicaciones en una red controlada en bucle cerrado

5 La invención se refiere a un procedimiento de perturbación selectivo, dinámico y adaptativo de las radiocomunicaciones de terceros externas a una red de comunicación a proteger, que optimiza la eficacia de la perturbación y que limita por medio de un control en bucle cerrado los efectos fraticidas sobre los emisores/receptores de telecomunicación a preservar. La invención se refiere a un procedimiento orientado a MIMO de perturbación dinámica de las comunicaciones de terceros no utilizando más que la interfaz radioeléctrica y controlando en bucle cerrado los efectos fraticidas sobre una red a proteger. La red de comunicación a proteger y el perturbador o la red y los perturbadores se tratan como una macro-red de tipo múltiple entrada múltiple salida o MIMO en bucle cerrado y gestionados de manera conjunta utilizando unas vías de retorno de los receptores a proteger para adaptar las consignas de perturbación y las consignas de emisión.

15 El procedimiento según la invención se aplica, por ejemplo, para perturbar ciertos enlaces de comunicación elegidos entre entidades externas a la red a preservar, presentes en una cierta zona geográfica, mientras se mantienen los enlaces y servicios de comunicaciones disponibles, de calidad suficiente y controlada en la red de comunicaciones a preservar.

20 La utilización conjunta por una misma fuerza de redes de transmisiones y de perturbadores (o de redes de perturbadores) sobre un teatro de operación en el sentido amplio, y particularmente en los convoyes terrestres, en las escuadrillas de aeronaves y en las escuadras de navíos, está frecuentemente muy penalizada por la ausencia de un control preciso de los efectos inducidos por el o los perturbadores sobre la o las estaciones de transmisión del o de las redes de la fuerza.

El problema técnico a resolver para las redes de transmisiones y los perturbadores utilizados conjuntamente es limitar los efectos fraticidas de los perturbadores sobre las estaciones de transmisión, en tanto que se garantiza la eficacia mínima de la perturbación sobre los objetivos o sobre los sectores de interés del teatro.

25 La solicitud de patente US 2004/009768 se aplica una red de tipo WLAN, a priori estática y no ad hoc. Se trata de impedir la interceptación y no de perturbar/neutralizar unas comunicaciones de terceros o enemigas.

La patente US 4.334.322 está dedicada a la gestión centralizada de las asignaciones de frecuencias y de recursos espectrales a unas estaciones de comunicaciones y a unos perturbadores en redes, de media / gran escala.

La solicitud de patente US 2008/239980 describe un método de predicción de tarjetas de interferencias en una red de comunicación utilizando uno o varios emisores de señales interferentes.

30 **Definiciones:**

Perturbador: Sistema de emisión capaz de emitir una señal destinada a impedir el funcionamiento de todo o parte de los equipos que utilizan el espectro electromagnético (estaciones de retransmisión, radares o sistemas de navegación presentes en el teatro de operación).

35 **Redes de perturbadores:** conjunto coordinado de sistemas de emisiones capaces de emitir unas señales destinadas a impedir el funcionamiento de todo o parte de los equipos que utilizan el espectro electromagnético presentes en el teatro de operación.

Estación de transmisión "amiga" o "estación amiga": estación de transmisión definida como que forma parte del sistema de comunicaciones a preservar y que debe protegerse de los efectos de la perturbación.

Red de transmisión "amiga" o "red amiga": conjunto interconectado de estaciones de transmisión "amigas".

40 **Emisión amiga:** emisión procedente de una estación amiga o de un perturbador amigo. **Equipo "objetivo":** equipo definido como que debe ser afectado por la perturbación.

Perturbador comunicante: perturbador dotado de una estación de transmisión "amiga". **Red de perturbadores comunicantes:** Red de perturbadores dotados de estaciones de transmisión "amigas", que constituyen una sub red de transmisiones amigas.

45 **Perturbación de un equipo objetivo:** emisión de una señal o de varias señales, desde un perturbador o desde una red de perturbadores, de manera que el equipo objetivo se vea impedido de realizar o de mantener su servicio.

Perturbación de una zona geográfica: emisión de una señal o de varias señales, desde un perturbador o desde una red de perturbadores, de manera que cualquier equipo objetivo presente en la zona geográfica se vea impedido de realizar o de mantener su servicio.

50 **Detección de una señal:** capacidad para decidir la presencia de una emisión amiga o procedente de una entidad externa y para interceptar la señal. Esta detección se efectúa en la banda y la duración de análisis de uno o varios

interceptores que pueden estar, por ejemplo, alojados por las estaciones de transmisión amigas.

Detector de un emisor: capacidad para decidir la presencia de un emisor en el teatro mediante detección de la o las señales que emite.

5 Localización de un emisor: capacidad para decidir el lugar de un emisor en el teatro mediante la detección de la señal o de las señales que emite.

SISO: entrada simple salida simple: se dice de un sistema de emisiones de una vía emisora Tx, y una vía receptora Rx.

SIMO: entrada simple salida múltiple: se dice de un sistema de emisiones de una vía de Tx, y N vías de Rx.

MISO: Entrada múltiple, Salida simple: se dice de un sistema de emisiones de M vías de Tx, y una vía de Rx.

10 MIMO: Entrada múltiple, Salida múltiple: se dice de un sistema de emisiones de M vías de Tx, y N vías de Rx.

Eficacia de una zona: significa el grado de impedimento para el establecimiento y/o el mantenimiento de las comunicaciones de terceros correspondientes a las estaciones y a las infraestructuras presentes en esta zona, es decir, impedir en la zona todas las comunicaciones diferentes a las comunicaciones protegidas.

15 Efectos fratricidas: grado de impedimento del establecimiento y/o del mantenimiento de las comunicaciones que deberían estar protegidas, debido a unas interferencias y perturbaciones residuales fuera de la zona de perturbación eficaz.

20 La estimación de los canales de propagación corresponde a estimar la respuesta a impulsos del canal de propagación, es decir los números, amplitudes y fases de los diferentes múltiples trayectos de propagación, entre perturbador(es) y receptor(es) protegido(s), lo que permite adaptar la potencia, el esquema y la modulación/codificación del espacio temporal al nivel de la red del perturbador o de la red de perturbadores con el fin de minimizar, incluso anular el impacto sobre el demodulador/decodificador del o de los receptor(es) protegido(s). Al mismo tiempo y en paralelo, la respuesta a impulsos medida sobre los emisores permite, como en una red MIMO, optimizar los enlaces de transmisión protegidos por adaptación de los esquemas de modulación/codificación de los emisores y receptores protegidos.

25 El campo de la perturbación ha sido objeto de numerosos trabajos e invenciones. Sin embargo, los efectos fratricidas son siempre tratados bastante mal en los desarrollos conocidos hasta el momento. En general, las limitaciones asociadas a la realización de los procedimientos y sistemas conocidos por el presente solicitante tienen principalmente por efecto limitar drásticamente los alcances y el número de radiocomunicaciones amigas simultáneas, incluso impedir la utilización de la radiocomunicaciones amigas.

30 El objeto de la presente invención se refiere, en particular, a un procedimiento que permitirá limitar eficazmente los efectos fratricidas con una flexibilidad y un alcance suficientes, para permitir simultáneamente la perturbación de los objetivos o zonas a perturbar y el funcionamiento de las comunicaciones entre estaciones amigas en un contexto operativo. El procedimiento y el sistema realizado por la presente invención se apoya particularmente sobre la utilización de los elementos siguientes:

- 35
- unos perturbadores programables y configurables dinámicamente en términos de forma de onda (envolvente, modulación, amplitud, fase, etc.), de plan de frecuencias (selección de las bandas, sub-bandas y portadoras de la señal de perturbación), de motivo temporal de emisión (recurrencia de las emisiones según el tiempo, la frecuencia, la forma de onda, etc.) gestionadas por un órgano de control centralizado o disperso,
 - 40 • unas secuencias de señales digitales emitidas por los perturbadores, específicamente destinadas a permitir unas medias precisas del canal de transmisión, y unas medidas de potencia de perturbación en las estaciones amigas,
 - unas secuencias de señales digitales emitidas por los emisores amigas, específicamente destinadas a permitir unas medias precisas del canal de transmisión, y unas medidas de potencia de perturbación en las estaciones amigas,
 - 45 • unas comunicaciones entre redes de perturbadores u órgano de gestión de la red de perturbadores, y la red amiga u órgano de control de la red amiga, (vías de retorno, consignas a los perturbadores, etc.),
 - un órgano de control que permite la elaboración de consignas de emisión para los perturbadores con un bucle de control basado en las medidas efectuadas en unos perturbadores sobre las secuencias de señales y sobre la estimación de los canales de propagación.

La invención puede realizarse en unas estaciones amigas cualesquiera con la condición de que:

- 50
- los emisores realicen unas secuencias de señales tales como las que se han precisado anteriormente,
 - los receptores puedan realizar las medidas sobre las señales de perturbación y proporcionar el conjunto de las medidas (sobre las señales de emisores y señales del perturbador), o bien que los elementos de antena del receptor puedan acoplarse a interceptores que realicen estas medidas.

La descripción que sigue de los procedimientos y de los sistemas que realizan la presente invención se apoya

particularmente sobre:

- una descripción formal de las interacciones entre las estaciones emisoras amigas (indicadas abreviadamente como Tx) estaciones receptoras amigas (indicadas abreviadamente como Rx), perturbadores (indicados abreviadamente como Br) y entidades externas a perturbar (indicadas abreviadamente como Ci), mediante unos grafos y macro-grafos que se precisarán en lo que sigue,
- sobre un modelo general de propagación del canal de transmisión, generalizado para tener en cuenta unas interacciones efectivas entre estaciones emisoras y receptoras amigas (Tx, Rx) (integradas generalmente en conjunto en el seno de una estación de transmisión amiga), perturbadores (Br) y entidades externas (Ci), a través de una noción de matriz de canal generalizada precisada en lo que sigue,
- sobre la configuración y posteriormente la resolución de un problema de optimización bajo limitaciones, que se precisa en lo que sigue.

El objeto de la invención se refiere a un procedimiento tal como se describe en las reivindicaciones adjuntas. Surgirán mejor otras características y ventajas de la presente invención con la lectura de la descripción dada a título ilustrativo y en ningún caso limitativo con el adjunto de las figuras que representan:

- La figura 1, un ejemplo de arquitectura del sistema según la invención,
- La figura 2, un ejemplo formal de modelo de canal de propagación generalizado al caso MIMO, con definiciones y notaciones de las magnitudes geométricas y físicas asociadas,
- Las figuras 3A y 3B, una ilustración de las nociones de grafo y de macro-grafo de red, utilizadas para describir los enlaces entre estaciones amigas (Tx, Rx), las interacciones entre perturbadores (Br) y entidades externas a perturbar,
- La figura 4, un producto de software entre el grafo de la red y la matriz de canal, que define una matriz de canal generalizada que tiene en cuenta a la vez unos enlaces o interacciones entre los actores, emisores, receptores, perturbadores, zonas o puntos a perturbar, y unos canales de propagación entre estos actores.

El ejemplo que sigue se da título ilustrativo y en ningún caso limitativo para un sistema que incluye N_{pl} plataformas de transmisión que disponen de estaciones de comunicación MIMO, MISO, SIMO o SISO (una única antena de escucha).

La figura 1 esquematiza un ejemplo de arquitectura de red de transmisión en el que puede realizarse el procedimiento según la invención. Una estación maestra 1 está en enlace por vía de comunicación herciana por ejemplo con $N_{pl} - 1$ plataformas o estaciones emisoras/receptoras amigas, es decir unas estaciones equipadas con una parte emisora Tx y una parte receptora Rx. Entre estas N_{pl} plataformas, J plataformas "interferidoras", $B_{r1} \dots B_{rJ}$, disponen de una antena de perturbación, de tipo omnidireccional, de tipo directivo o de tipo de red. Las plataformas amigas ("interferidoras" o sin perturbador) disponen por tanto de la red de comunicaciones inter plataformas que aparece, si se considera el conjunto de los elementos de antenas, como una macro-red. En la figura 1 se ha representado también una zona a perturbar 3 en la que pueden encontrarse unos equipos de radio externos a la red de estaciones amigas. La estación maestra 1 recibe de las N estaciones $R_{x1} \dots R_{xN}$ las medidas de señal común y las medidas de señal de perturbación. La estación maestra transmite las consignas de perturbación a los J perturbadores $B_{r1}, \dots B_{rJ}$.

La red de transmisión puede estar constituida por varios nodos y es posible utilizar como estación maestra uno de los nodos o plataformas de la red de transmisión asociada a un medio de cálculo de las consignas destinadas a los perturbadores.

Los enlaces de comunicación se representan de la manera siguiente:

- I: enlace común clásico que incluye el conjunto de las medidas efectuadas sobre los enlaces de comunicaciones o en inglés "reporting" (medidas efectuadas por los interceptores en las secuencias de señales emitidas por los emisores amigos Tx, por ejemplo en las estaciones de Rx amigas) retransmitidas por vía de retorno hacia las estaciones Tx amigas y/o hacia la estación maestra de los perturbadores,
- II: enlace que comprende el "reporting" de las medidas sobre la señal del perturbador, es decir el conjunto de las medidas efectuadas sobre las señales interferidoras (medidas efectuadas por los interceptores sobre las secuencias de señales emitidas por los perturbadores Br, por ejemplo en las estaciones de Rx amigas) retransmitidas por la vía de retorno hacia la estación maestra de los perturbadores y/o hacia las estaciones de Tx amigas,
- III: enlace de mando que sirve de soporte para la difusión y la aplicación de las consignas de la estación maestra por los perturbadores, y
- IV: emisión de las señales de perturbación hacia la zona deseada 3 y/o hacia las entidades externas Ci a la red amiga.

El procedimiento realizado por la invención se basa particularmente en:

- los registros/mediciones de señales de comunicación recibidas por los interceptores, que son por ejemplo las estaciones amigas,
- los registros/mediciones de señales de perturbación que interfieren con las estaciones amigas.

En lo que sigue de la descripción, los canales se determinan como constituidos por el conjunto de las propagaciones hercianas entre cada uno de los emisores (perturbador o emisor de comunicación amiga) y cada uno de los receptores de comunicación amiga o cada uno de los objetivos o zonas a perturbar C_i (estando discretizadas las zonas a perturbar bajo la forma de listas de puntos a perturbar).

5 La matriz de canal es la matriz de las combinaciones de los canales de propagación herciana entre los emisores y receptores (matriz de canal Tx, Rx), entre los perturbadores y los receptores (matriz de canal Br, Rx) o entre los perturbadores y cada uno de los puntos a perturbar (partir de canal Br, C_i). Estas matrices se consideran en un primer planteamiento global entre las plataformas (y no entre los elementos de antena) y el valor $a_{i,j}$ de un elemento de la matriz de canal describe por tanto física y globalmente el canal herciano entre la plataforma i y la plataforma j .
 10 En el caso en el que entra en juego un receptor amigo, la matriz se rellena a partir de las medidas efectuadas sobre las señales útiles e perturbadores. En el caso en el que entra en juego una zona o un punto a perturbar, la matriz se rellena a partir de un modelo de propagación entre un perturbador Br y un objetivo C_i . Todas estas matrices se consideran a continuación en un segundo planteamiento entre cada elemento de antena de emisión (cada plataforma puede estar dotada de varias antenas de emisión, por ejemplo antena de perturbación y antena de transmisión, estando constituidas a su vez por redes de elementos) y cada elemento de antena de recepción (cada plataforma puede estar dotada de varias antenas de recepción, a su vez constituidas por redes de elementos). Para cada uno de estos planteamientos, el primer nivel de descripción de esta matriz es binario $a_{i,j} = 1$ si la plataforma, respectivamente la antena, j recibe la señal de la plataforma (respectivamente de la antena) i , un nivel más fino en el segundo planteamiento en particular, corresponde a considerar $a_{i,j}$ como la respuesta a impulsos del canal i,j , lo que caracteriza completamente un canal lineal múltiple entrada múltiple salida o MIMO, múltiple entrada salida única o MISO, entrada única múltiple salida o SIMO, o simple entrada simple salida o SISO. Esta respuesta a impulsos puede estimarse a partir de las medidas efectuadas por los receptores Rx amigos sobre las secuencias de señales, o a partir de los modelos de propagación considerados entre perturbadores y objetivo o zona a perturbar.

25 El conocimiento de las posiciones de las estaciones es útil para la optimización del funcionamiento de la red de comunicación y necesario para la optimización de la perturbación. Un sincronismo o una datación precisa de las medidas es útil también para una mejor optimización global. Igualmente es necesario el conocimiento preciso de las secuencias de señales contenidas en las señales de perturbación o de comunicación en la medida de los canales de propagación por los receptores Rx amigos y contribuye a la optimización global.

30 Las representaciones en grafos presentan la ventaja de ofrecer una representación sintética del conjunto de las interacciones entre los actores. Por ejemplo, es posible representar las plataformas o las antenas poniendo un arco entre dos plataformas o antenas si la señal emitida por una es recibida por la otra, y por tanto si el canal ha podido medirse.

Ejemplo dado para la realización del procedimiento según la invención

35 Se dispone de estaciones de comunicación "útiles" MIMO, MISO, SIMO, SISO, sobre unas plataformas en número N_{PI} , cuyas J plataformas incluyen unos perturbadores.

"Útiles"

40 Se dispone por tanto de N_{pl} plataformas de comunicación. Cada una de estas plataformas es MIMO, MISO, SIMO o SISO. Se indica por $M_1, M_2, \dots, M_{N_{pl}}$, el número de elementos de antenas de emisión de cada una de estas plataformas. Se indica por $N_1, N_2, \dots, N_{N_{pl}}$, el número de elementos de antenas de recepción de cada una de estas N_{pl} plataformas.

45 La red constituida por los $\sum_{m=1 \dots N_{pl}} M_m$ elementos de antena de emisores Tx o Br y unos $\sum_{n=1 \dots N_{pl}} N_n$ elementos de antena de Rx aparece como una macro-red, a priori fuertemente incompleta. El conjunto de las plataformas de comunicación constituye una red representada por el grafo de red de tamaño N_{pl} tal como se define más arriba e indicado por G_0 . Cuando se considera el conjunto de los elementos de antena, se prefiere una representación mediante el macro-grafo de tamaño $\sum_{m=1 \dots N_{pl}} M_m + \sum_{n=1 \dots N_{pl}} N_n$ tal como se ha definido más arriba e indicado por G_0' .

50 La matriz de canal de esta macro-red constituida por N_{pl} plataformas y $\sum_{m=1 \dots N_{pl}} M_m + \sum_{n=1 \dots N_{pl}} N_n$ elementos de antena puede escribirse formalmente, como se explicará a continuación o como puede verse en las figuras 3A, 3B, 4, bajo la forma generalizada $H_0'(Tx, Rx) = G_0'$ oc $[H_0^{(A)}(Tx, Rx), H_0^{(R)}(Rx, Tx)]$. Se determina por la topología de la red (que determina G_0 y G_0') y las matrices de canal $H_0^{(A)}$ y $H_0^{(R)}$ propias de cada enlace $Tx_m \rightarrow Rx_n$. Los enlaces de comunicación $Tx_m \rightarrow$ Estación Maestra comprenden los enlaces de retorno de los mensajes de baja velocidad destinados a transmitir los datos sobre las medidas del canal y sobre las medidas de calidad de las transmisiones hacia la estación maestra con el fin de adaptar y optimizar las consignas de emisión.

55 En el procedimiento realizado, denominado "en bucle cerrado", los emisores, receptores y nodos de comunicación de la red amiga generan en cada instante t (muestreo t_k , $k = 1, 2, \dots$), los enlaces de comunicación y los parámetros asociados (protocolos, velocidades, esquemas de codificación y modulación, si es necesario, la ponderación de las redes de antena de emisiones/recepción, utilización de retransmisión, etc.), adaptándose al entorno radioeléctrico y a los residuos de perturbación eventuales, pero sin estar específicamente mandados por el órgano de control. Es la perturbación en sí la que está controlada a través de la estimación y la minimización de los efectos fraticidas

residuales.

El conjunto de las redes de antenas de los emisores Tx_1, \dots, Tx_M ($M \leq N_{pl}$) y de los receptores Rx_1, \dots, Rx_N ($N \leq N_{pl}$) se formaliza por tanto como una macro-red G_0' (definida por una matriz de tamaño $(\sum_{m=1}^M N_{pl} + \sum_{n=1}^N N_{pl})^2$) cuyos enlaces se describen completamente como en la figura 4 por una matriz de canal generalizada que determina el canal generalizado completo (o "ida y vuelta") $H_0'(Tx, Rx, \tau)$. Estas matrices se determinan por la topología del macro-grafo de red G' por las matrices de canal apropiadas para cada enlace $Tx_m \rightarrow Rx_n$. La construcción formal de estas matrices se da en la figura 4, unos ejemplos de las figuras 3A y 3B, y de la figura 2 ilustran la toma en consideración del canal de propagación para construir las matrices de canal propias de cada enlace $Tx_m \rightarrow Rx_n$. Para el trayecto $Tx_m \rightarrow Rx_n$, la expresión formal de las señales útiles procedentes de las plataformas emisoras recibidas en las plataformas receptoras es entonces en cada instante t:

$$X(t) = (H_0' * S)(t) \text{ es decir } \begin{bmatrix} X_1(t) \\ \vdots \\ X_N(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{0'11} & \dots & H_{0'1M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ H_{0'N1} & \dots & H_{0'NM} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} S_1 \\ \vdots \\ S_M \end{bmatrix} (t)$$

en la que

- N es el número exacto de plataformas receptoras que incluyen una antena de recepción ($N \leq N_{pl}$),
- M es el número exacto de plataformas emisoras que incluyen una antena de emisión destinada a las transmisiones útiles ($M \leq N_{pl}$),
- H_0' es la matriz generalizada de canal "emisores respecto receptores",
- $X_n(t)$ $n = 1, \dots, N$ es el vector de las señales útiles recibidas sobre la red de los elementos de antenas de la plataforma receptora de índice n,
- $S_m(t)$ $m = 1, \dots, M$ es el vector de las señales emitidas sobre la red de los elementos de antenas de la plataforma emisora de índice m, de banda B,

En la figura 2 se ha representado también la geometría de la propagación en un eje X(Este), Y(Norte). El enlace entre el elemento de índice m de la red de plataformas emisoras y el elemento de índice n de la red de plataformas receptoras se caracteriza por:

- $S_m(t)$ antes mencionado,
- $X_{nm}(t)$, el vector contribución de la señal S_m recibida sobre el elemento n de la red de antenas de recepción,
- $X_n(t)$ antes mencionado,
- L_{mn} el número de trayectos del canal de propagación,
- l el índice del l-ésimo multi-trayecto,
- $\alpha^{(m,n)l}$ la atenuación del trayecto l con relación a las pérdidas medias,
- $\gamma^{(m,n)l}$ la dirección de llegada promedio del trayecto l,
- $\tau^{(m,n)l}$, el retardo medio del trayecto l, los retardos están contenidos en un intervalo $[0, T^{(m,n)}]$ que depende del canal urbano, montañoso, etc.
- $N^{(m,n)}$, es el número de sub-trayectos asociados al trayecto l supuestos indeterminables para la señal de banda B por tanto
- repartidos en un intervalo de duración $T^{(m,n)} \ll 1/B$
- n_l es el índice del sub-trayecto l,
- $\phi^{(m,n)l, n_l}$ es la fase del sub-trayecto de índices l y n_l ,
- $\alpha^{(m,n)l, n_l}$ es el nivel relativo del sub-trayecto de índices l y n_l
- $\theta^{(m,n)l, n_l}$ es la dirección de llegada del sub-trayecto de índices l y n_l
- $U_s(\theta^{(m,n)l, n_l})$ es el vector direccional correspondiente al sub-trayecto de índices l y n_l para la fuente de señal s.

"Perturbadores"

Además J plataformas entre las N_{pl} están provistas de "perturbadores" adaptados para perturbar las comunicaciones de los elementos externos a la red amiga, se les indica por Br_1, \dots, Br_J . El conjunto de los perturbadores Br_1, \dots, Br_J y de los receptores Rx_1, \dots, Rx_N constituye una red de "perturbación" representada por un grafo de interferencia indicado por GJ y sometido un canal de propagación generalizado $H_J' = G_J' \& H_J(Br, Rx)$ definido según el proceso descrito en la figura 4, considerando el número de plataformas emisoras J, el número de plataformas receptoras N y las J x N matrices de canal elementales asociadas.

El conjunto de los emisores útiles Tx_1, \dots, Tx_M , de los perturbadores Br_1, \dots, Br_J y de los receptores útiles Rx_1, \dots, Rx_N está constituido por una red de "interferencias/perturbaciones" representada por un grafo de interferencias indicado por GI, y sometido canal de propagación generalizado $H_I' = G_I' \& H_I(Br, Rx)$ definido según el mismo proceso que en la figura 4, considerando el número de plataformas emisoras M+J, el número de plataformas receptoras N y las (M+J) x N matrices de canal elementales asociadas.

Cada uno de los perturbadores Br_j , de índice j , dispone de un nivel de potencia equivalente de radiación en emisión (PIRE) definido por un intervalo $[0, \text{PIREMAX}]$, al que se asocia para la realización de la invención:

- una consigna de nivel de potencia C_PIRE_j ,
- una señal de perturbación B_j ,
- 5 - una o varias duraciones de perturbación Tb_j con las recurrencias Rb_j y un avance o un retardo τ_j en emisión de la señal B_j con relación a una consigna que emana de la estación maestra,
- uno o varios intervalos de frecuencia indicados por Fb_j de perturbación correspondiente a los intervalos de perturbación,
- unas ponderaciones en amplitud A_j y en fase ϕ_j ,
- 10 - si es necesario una orientación de antena Ψ_j que se asimilará en lo que sigue a una ponderación espacial inducida por la directividad de antena.

La estación maestra indica a los perturbadores los niveles de potencia PIRE, las señales de perturbación, las duraciones de las señales de perturbación, las recurrencias con las que aparecen estas señales, los retardos, las frecuencias, y las ponderaciones $A_j\phi_j\Psi_j$ a aplicar, a través del enlace de comunicaciones específico. La red de comunicación amiga permite informar a la estación maestra en tiempo real (es decir en cada instante t o en cada muestra temporal t_k) y realizar la gestión de los perturbadores sobre los canales de propagación $Br - Rx$ (niveles útiles recibidos, interferencias recibidas, multi-trayectos, etc.) y sobre los efectos fraticidas inducidos por las señales B_j $j = 1 \dots J$.

"Interferencias de perturbadores":

20 Según lo que antecede, el conjunto de las redes de antena de los perturbadores $Br_1 Br_j$ y de las redes de antena de recepción de las plataformas receptoras Rx_1, \dots, Rx_N se formaliza por dos macro-redes de interferencias definidas por:

- un macro-grafo "perturbación fraticida de red" indicado por GJ' que integra las emisiones de los únicos perturbadores y la matriz de canal generalizada asociada HJ' (figuras 2, 3A, 3B).
- un macro-grafo "perturbación fraticida + interferencias de red" indicado por GI' que integran los emisores útiles y los perturbadores, y la matriz de canal generalizada asociada HI' (figuras 2, 3A, 3B).

25 La expresión formal $J(t)$ de las señales interferentes/perturbadores recibidas en una red receptora es entonces la siguiente en cualquier instante t :

limitándose a las señales procedentes de los únicos perturbadores Br :

$$J(t) = (HJ^{(A)} * B)(t) \quad \text{es decir} \quad \begin{bmatrix} J_1(t) \\ \vdots \\ J_N(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (HJ'_{11} & HJ'_{1J}) \\ \vdots \\ (HJ'_{N1} & HJ'_{NJ}) \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} B_1 \\ \vdots \\ B_J \end{bmatrix} (t)$$

30 en la que

- N es el número exacto de plataformas receptoras que incluyen una antena de recepción ($N \leq N_pl$),
- J es el número exacto de plataformas que incluyen una antena de perturbación ($J \leq N_pl$),
- $HJ^{(0)}$ es la matriz generalizada de canal "perturbadores respecto a receptores",
- $J_n(t)$ $n = 1 \dots N$ es el vector de las señales de perturbación recibidas sobre la red de los elementos de antena de la plataforma receptora de índice n ,
- $B_j(t)$ $j = 1 \dots J$ es el vector de las señales de perturbación emitidas sobre la red de los elementos de antena de la plataforma de índice j .

"Objetivos e perturbadores":

Redes de perturbadores:

40 El conjunto de las redes de antena de los perturbadores Br_1, \dots, Br_j y de los puntos objetivo Ci_1, \dots, Ci_P se formaliza en el instante en que antecede por una macro-red de perturbación definida por:

- un "macro-grafo de red perturbador" indicado por GB' y la matriz de canal generalizada HB' determinados por la topología de los perturbadores y de las zonas objetivo (que determina GB')
- los modelos de matrices de canal apropiados para cada "perturbación" de Br_j hacia C_p que determinan HB' (compárese con las figuras 2, 3A, 3B, 4).

45 La expresión formal de las señales interferidoras en los puntos objetivo es entonces en cada instante t :

$$Z(t) = (HB' * B)(t) \text{ es decir } \begin{bmatrix} Z_1(t) \\ \vdots \\ Z_P(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (HB'_{11} & HB'_{1J}) \\ \vdots \\ (HB'_{N1} & H'_{NJ}) \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} B_1 \\ \vdots \\ B_J \end{bmatrix} (t)$$

Red de los emisores útiles + perturbadores:

El conjunto de las contribuciones de redes de antena de los emisores útiles TX₁, TX_M a los perturbadores de los puntos

- 5 objetivo Ci₁ Ci_P; indicado lo que sigue por bi₁ bi_P, puede tenerse también en cuenta y formalizarse mediante una macro-red de perturbación inducida definida por un macro-grafo de los "emisores útiles" indicado por Gbi' y la matriz de canal generalizada Hbi' determinados por la topología de los emisores y de las zonas objetivos (que determina GBi') y los modelos de matrices de canal apropiados de cada "enlace herciano" de Tx_m hacia Ci_p que determinan Hbi'.
- 10 La expresión formal de las señales de perturbación se convierte entonces en cada instante t:

$$bi(t) + Z(t) = \left(\left[(HB') \quad (Hb') \right] * \begin{pmatrix} S \\ B \end{pmatrix} \right) (t) \text{ es decir } \begin{bmatrix} Z_1(t) \\ \vdots \\ Z_P(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (Hbi'_{11} & Hbi'_{1M}) \\ \vdots \\ (Hbi'_{N1} & Hbi'_{NM}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (HB'_{11} & HB'_{1J}) \\ \vdots \\ (HB'_{N1} & H'_{NJ}) \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} S_1 \\ \vdots \\ S_M \\ B_1 \\ \vdots \\ B_J \end{bmatrix} (t)$$

"Consigna de optimización de señales interferidoras":

Además cada uno de los perturbadores aplica en cada instante t una consigna indicada por Cons_j(t) correspondiente a un conjunto de parámetros definidos en un campo de valores indicado formalmente por Dom_{C_j}.

- 15 Dom_{C_j} es un conjunto definido por las parametrizaciones posibles de las emisiones de perturbación:
- un valor PIRE_j a elegir en un intervalo [PIREMIN_j, PIREMAX_j] (es necesaria una restricción PIREMIN_j > 0 para evitar que la solución del problema de optimización no converja sistemáticamente a 0 en la inicialización y/o en fase transitoria),
 - una señal de perturbación b_j en un conjunto de señales preprogramado discreto y finito,
 - 20 • una o varias duraciones de perturbación Tb_j con las recurrencias Rb_j y un avance o un retardo en emisión τ_j, estando delimitados todos estos valores por unos valores límite Max_Tb_j, Max_Rb_j Max_τ_j predefinidos,
 - uno o varios intervalos de frecuencia indicados por Fb_j delimitados por unos valores límite [Fb_min, Fb_max],
 - unas ponderaciones en amplitud relativa A_j en fase φ_j y en directividad relativa D_j delimitadas por unos intervalos de valores límites, respectivamente [√(PIREMIN_j), √(PIREMAX_j)]; [0, 2π] y [0, 1].
- 25 En la práctica, si se indica por b_j(t) la forma de onda de perturbación emitida por el perturbador Br_j, el vector señal de perturbación se define formalmente por b_j(t) y por Cons_j(t): el conjunto de las consignas aplicadas a la forma de onda de perturbación bj(t).

Se obtiene a la salida un vector señal de perturbación B_j(t) de dimensión indicada por Mb_j que toma la forma siguiente, similar a la formulación general de una señal emitida a la salida de antena:

- 30 En banda base:

$$B_j(t) = D_j(\psi_j, t) b_j(t - \tau_j) \cdot \begin{pmatrix} A_{j,1}(t) e^{i\phi_{j,1}(t)} \\ \vdots \\ A_{j,M_{B_j}}(t) e^{i\phi_{j,M_{B_j}}(t)} \end{pmatrix} = D_j(\psi_j, t) b_j(t - \tau_j) \cdot \bar{s}_B(t)$$

Sobre la portadora f₀:

$$B_j(t) = \operatorname{Re} \left\{ e^{2j\pi f_0 t} \cdot D_j(\psi_j, t) b_j(t - \tau_j) \cdot \begin{pmatrix} A_{j,1}(t) e^{j\phi_{j,1}(t)} \\ \dots \\ A_{j,M_{Br_j}}(t) e^{j\phi_{j,M_{Br_j}}(t)} \end{pmatrix} \right\} = \operatorname{Re} \left\{ e^{2j\pi f_0 t} \cdot D_j(\psi_j, t) b_j(t - \tau_j) \cdot \bar{S}_{B_j}(t) \right\}$$

en la que:

- M_{Br_j} : es el número de elementos de antena de la red que sirven para emitir la señal de perturbación desde la plataforma j , teniendo cada elemento de antena la directividad $D_j(\psi_j, t)$ supuesta idéntica para simplificar la escritura dada como ejemplo no limitativo,
- $b_j(t - \tau_j)$ es la forma de onda en banda base de la señal de perturbación emitida por la plataforma j , retardada por τ_j , y supuesta para simplificar la escritura idéntica en todos los elementos de la red de emisión, dada como ejemplo no limitativo,
- $A_{j,m}(t)$, $(\phi_{j,m}(t))$ son las ponderaciones en amplitud y fase de la señal de perturbación sobre el elemento m de la red de antenas de la plataforma de perturbación j ,
- S_{B_j} es el vector director de la señal de perturbación emitida por la plataforma j , formado por las ponderaciones en amplitud y fase $A_{j,m}(t)$ y $\phi_{j,m}(t)$,
- f_0 es la frecuencia portadora de la señal de perturbación después de la transposición.

Todos los parámetros distintos a la aplicación de un retardo, la elección de las frecuencias o de las sub-bandas de emisión, y la elección de la forma de onda, se aplican linealmente sobre la señal de perturbación y que corresponde a un campo admisible convexo.

"Zona objetivo o receptor objetivo"

Las J plataformas $Br_1 \dots Br_J$ están destinadas a perturbar uno o varios objetivos o zonas caracterizados por una lista de posiciones $Ci_1 \dots Ci_P$ a perturbar. Estas posiciones son inicialmente geográficas, pero pueden definirse por extensión "en el sentido amplio" en los campos tiempo / frecuencia / espacio:

- en el campo temporal: la zona Ci puede corresponder a unas ranuras temporales a perturbar indexadas en una trama pseudo-periódica conocida y/o controlada por la estación maestra de los perturbadores,
- en el campo de la frecuencia: la zona Ci puede corresponder a unas sub-bandas de perturbación a perturbar o bien de manera continua, o bien de manera periódica (con indexación sobre una trama pseudo-periódica) conocida y/o controlada por la estación maestra de los perturbadores,
- en el campo espacial: la zona Ci puede corresponder a la posición de un objetivo identificado, a la zona geográfica alrededor de esta posición, a una focalización hacia esta posición. Esto permite considerar una matriz de canal H_{BC} de los perturbadores hacia las zonas objetivo (que se reduce en el caso de una única zona de perturbación a un vector lineal $1 \times J$), cuyos valores por omisión pueden determinarse en función de un modelo geométrico o de un modelo empírico de atenuación media isotrópica dependiente de la distancia o de cualquier otro modelo paramétrico o empírico (la zona objetivo no informa a priori a los perturbadores de la eficacia de la perturbación... la red de perturbadores no puede por tanto iniciar su estrategia de perturbación más que después de un modelo, y solamente a continuación de controlar, si es necesario, la eficacia de la perturbación —con una técnica conocida bajo la expresión inglesa look-through por ejemplo—).

Se aprovechan los resultados de medición de los interceptores, realizados por ejemplo en los receptores amigos, para calcular unas consignas a nivel de una plataforma maestra gestora de los perturbadores (control/comando centralizado):

- las señales útiles y los procedimientos de medición y de equalización de las señales en los interceptores, principalmente en unas secuencias de sincronización o unas secuencias piloto, permiten estimar los $M \times N$ canales de comunicaciones útiles,
- integrándose así las señales de perturbación también de secuencias conocidas, de los procedimientos de medición y de equalización de las señales se aplican de la misma manera sobre estas señales en los interceptores.

Los resultados de las medidas se comunican al órgano de control de la estación maestra. para estimar los $J \times N$ canales de perturbación sobre los objetivos Ci , la estación maestra extrapola la determinación del canal de propagación (obtenida a nivel de los Rx amigos) al canal de propagación $Br_j \rightarrow Cp$ (a partir de los modelos de comportamiento de los canales por ejemplo).

la estación maestra optimiza la recepción de las comunicaciones útiles mediante unas consignas de amplitud y de fase enviadas a los perturbadores lo que permite una minimización de los niveles fraticidas recibidos a la altura de las antenas de recepción (consigna = minimización de la perturbación fraticida bajo la restricción de potencia media T_x o bajo otra restricción) mientras se mantiene el objetivo de rendimiento sobre los objetivos Ci .

Minimizar los efectos fraticidas sobre las N plataformas de recepción consiste de una manera esquemática en garantizar los efectos fraticidas tolerables al mismo tiempo que una perturbación.

- 5 Garantizar unos efectos fraticidas tolerables se convierte en minimizar o en garantizar un nivel inferior a un cierto límite del impacto de las señales que emanan de los perturbadores, sobre la relación señal a ruido + interferencia + perturbaciones residuales a la salida de los de moduladores/decodificadores a proteger, dependiendo los límites de los niveles en cuestión precisamente de la forma de onda y del esquema de demodulación/codificación y de la estructura de la red a proteger. Por ejemplo, un orden de magnitud actual para un umbral de ese tipo es una tasa de error binaria o BER (Binary Error Rate) inducida por las interferencias y perturbaciones residuales de 10^{-3} en la salida de la demodulación, lo que se traduce por un umbral sobre el nivel de S/J en la recepción que depende de la modulación (del orden de 7 dB para una modulación BPSK mono-portadora clásica recibida de fuerte aportación de la señal a ruido S/N).
- 10 Garantizar una perturbación eficaz se convierte en maximizar el nivel de perturbación o en obtener un nivel de perturbación superior a un umbral dado a los puntos de la zona perturbar: Los únicos min de eficacia dependen también de la robustez de las estaciones objetivo que se busca perturbar, pero salvo casos muy particulares (forma de onda PN), generar una relación J/S (perturbación sobre señal) superior a 0 dB en la banda del receptor objetivo es suficiente para garantizar la eficacia de la perturbación.
- 15 La estación optimiza bajo las restricciones anteriores una codificación espacio-temporal en la red de perturbadores.

Variantes de realización

- 1/ Naturaleza de las consignas y modos de perturbación:
- sectorial
 - potencia mín/máx/media
 - 20 - patrón espacio-temporal
- 2/ En una variante del procedimiento, pueden elaborarse igualmente unas consignas y difundirse a las emisoras amigas.
- 3/ Naturaleza de los esquemas espacio-temporales realizados en las estaciones emisoras amigas:
- redundancia espacial simple entre vías de Tx y redundancia temporal
 - esquema ST robusto en Rx a las interferencias externas (es decir no multi-trayecto)
 - utilización de una de las antenas de Tx para la señal de perturbación en cada Tx MIMO y otras antenas de Tx para la comunicación
 - formación de "vías espaciales" de perturbación con una sub-red en emisión (lagunar)) de Tx MISO "híbridas" comunicación/perturbadores.
- 25
- 4/ Naturaleza de los filtros espacio-temporales realizados en las estaciones receptoras amigas
- 30 Pueden realizarse diferentes soluciones de filtros espacio-temporales. Una lista, no exhaustiva y no limitativa, se da a continuación:
- Anulación del perturbador
 - SIMO por formación de vía (FV) o por filtrado adaptado espacial (FAE)
 - 35 - Filtro óptimo en presencia de interferencia(s) externa(s)
 - Filtro de rechazo que aprovecha el a priori F.O. T perturbador conocido
 - etc.

Optimización al nivel del órgano de control de la estación maestra

- 40 Dadas la topología de las redes y las señales útiles de transmisiones S_1, \dots, S_M , se busca en cada instante $t = \dots, t_{k-1}, t_k, \dots$ un vector de consignas $Cons = (Cons_1, \dots, Cons_J)$ en el campo de definición "admisibles" $Dom_{C_1} \times \dots \times Dom_{C_J}$ que inducen el vector de señales de perturbación $B = (B_1, \dots, B_J)^T$ y verificando varias restricciones tales como las explicadas a continuación.
- (i) al menos una "restricción BC" vinculadas a la eficacia esperada de la perturbación, lo que puede describirse a partir de lo que antecede bajo varias formas, haciendo surgir una de las funcionalidades convexas siguientes:
- 45 - una restricción de tipo BC1 que trata sobre el nivel máximo de perturbación media o de "perturbación + residual útil" media sobre los puntos objetivo C_i

$$\begin{aligned}
 & (\text{Cons}_1, \dots, \text{Cons}_J) \in (\text{Dom}_{C_1} \times \dots \times \text{Dom}_{C_J}) \\
 & \text{haciendo } \underset{\substack{\text{Cons}_1, \dots, \text{Cons}_J \\ \in (\text{Dom}_{C_1} \times \dots \times \text{Dom}_{C_J})}}{\text{Max}} \|Z\| = \underset{\substack{\text{Cons}_1, \dots, \text{Cons}_J \\ \in (\text{Dom}_{C_1} \times \dots \times \text{Dom}_{C_J})}}{\text{Max}} \left[\frac{1}{P} \sqrt{\sum_{p=1}^P \left| \sum_{j=1}^J (\text{HB}'_{pj} * B_j)(t) \right|^2} \right] \\
 & \text{o} \\
 & \text{haciendo } \underset{\substack{\text{Cons}_1, \dots, \text{Cons}_J \\ \in (\text{Dom}_{C_1} \times \dots \times \text{Dom}_{C_J})}}{\text{Max}} \|Z + b\|^2 = \underset{\substack{\text{Cons}_1, \dots, \text{Cons}_J \\ \in (\text{Dom}_{C_1} \times \dots \times \text{Dom}_{C_J})}}{\text{Max}} \left[\frac{1}{P} \sqrt{\sum_{p=1}^P \left| \sum_{j=1}^J (\text{HB}'_{pj} * B_j)(t) \right|^2} + \sum_{p=1}^P \left| \sum_{m=1}^M (\text{HO}'_{pm} * S_m)(t) \right|^2 \right]
 \end{aligned}$$

y/o

- una restricción de tipo BC2 que trata sobre un umbral mínimo para el nivel medio sobre los puntos objetivo C_{ip} de la señal de perturbación o "perturbación + residual útil"

$$\begin{aligned}
 & (\text{Cons}_1, \dots, \text{Cons}_J) \in (\text{Dom}_{C_1} \times \dots \times \text{Dom}_{C_J}) \\
 & \text{t.q. } \frac{1}{P} \sqrt{\sum_{p=1}^P |Z_p|^2} = \frac{1}{P} \sqrt{\sum_{p=1}^P \left| \sum_{j=1}^J (\text{HB}'_{pj} * B_j)(t) \right|^2} \geq \text{Umbral_med_ef_BC} \\
 & \text{o} \\
 & \text{t.q. } \frac{1}{P} \sqrt{\sum_{p=1}^P |Z_p + b_p|^2} = \frac{1}{P} \sqrt{\sum_{p=1}^P \left| \sum_{j=1}^J (\text{HB}'_{pj} * B_j)(t) \right|^2 + \sum_{p=1}^P \left| \sum_{m=1}^M (\text{HO}'_{pm} * S_m)(t) \right|^2} \geq \text{Umbral_med_ef_BC}
 \end{aligned}$$

5

y/o

- una restricción de tipo BC3 que trata sobre un umbral mínimo para el nivel de señal de perturbación o la señal de "perturbación + residual útil" en cada punto objetivo C_{ip} :

$$\begin{aligned}
 & (\text{Cons}_1, \dots, \text{Cons}_J) \in (\text{Dom}_{C_1} \times \dots \times \text{Dom}_{C_J}) \\
 & \text{t.q. } \underset{p=1, \dots, P}{\text{Min}} \|Z_p\| = \underset{p=1, \dots, P}{\text{Min}} \sqrt{\sum_{j=1}^J (\text{HB}'_{pj} * B_j)(t)} \geq \text{Umbral_mín_ef_BC} \\
 & \text{o} \\
 & \text{t.q. } \underset{p=1, \dots, P}{\text{Min}} \|Z_p + b_p\| = \underset{p=1, \dots, P}{\text{Min}} \sqrt{\sum_{j=1}^J (\text{HB}'_{pj} * B_j)(t) + \sum_{m=1}^M (\text{HO}'_{pm} * S_m)(t)} \geq \text{Umbral_mín_ef_BC}
 \end{aligned}$$

10 etc.

(ii) al menos una restricción J vinculada a la reducción de las interferencias sobre los receptores, lo que puede describirse a partir de lo que antecede bajo varias formas, tales como las siguientes, que hacen surgir unas funcionalidades convexas:

- una restricción de tipo J1 que trata sobre la minimización del nivel de la señal fraticida media o fraticida + interferente media en los receptores R_{x_n} :

15

$$\begin{aligned}
 & (\text{Cons}_1, \dots, \text{Cons}_J) \in (\text{Dom}_{C_1} \times \dots \times \text{Dom}_{C_J}) \\
 & \text{haciendo } \underset{\substack{(\text{Cons}_1, \dots, \text{Cons}_J) \\ \in (\text{Dom}_{C_1} \times \dots \times \text{Dom}_{C_J})}}{\text{Min}} \left[\|J\| \right] = \underset{\substack{(\text{Cons}_1, \dots, \text{Cons}_J) \\ \in (\text{Dom}_{C_1} \times \dots \times \text{Dom}_{C_J})}}{\text{Min}} \left[\frac{1}{N} \sqrt{\sum_{n=1}^N \left| \sum_{j=1}^J (\text{HJ}'_{nj} * \text{B}_j)(t) \right|^2} \right] \\
 & \text{o haciendo } \underset{\substack{(\text{Cons}_1, \dots, \text{Cons}_J) \\ \in (\text{Dom}_{C_1} \times \dots \times \text{Dom}_{C_J})}}{\text{Min}} \left[\|I\| \right] = \underset{\substack{(\text{Cons}_1, \dots, \text{Cons}_J) \\ \in (\text{Dom}_{C_1} \times \dots \times \text{Dom}_{C_J})}}{\text{Min}} \left[\frac{1}{N} \sqrt{\sum_{n=1}^N \left| \sum_{m=1}^M (\text{HO}'_{nm} * \text{S}_m)(t) \right|^2 + \sum_{j=1}^J \left| \sum_{n=1}^N (\text{HJ}'_{nj} * \text{B}_j)(t) \right|^2} \right]
 \end{aligned}$$

y/o

- una restricción de tipo J2 que trata sobre una umbralización máxima del nivel medio de la señal fraticida o fraticida + interferente sobre cada receptor Rx_n:

$$\begin{aligned}
 & (\text{Cons}_1, \dots, \text{Cons}_J) \in (\text{Dom}_{C_1} \times \dots \times \text{Dom}_{C_J}) \\
 & \text{t.q. } \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{n=1}^N |J_n|^2} = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{n=1}^N \left| \sum_{j=1}^J (\text{HJ}'_{nj} * \text{B}_j)(t) \right|^2} \leq \text{Umbral_med_J_Rx} \\
 & \text{o} \\
 & \text{t.q. } \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{n=1}^N |I_n|^2} = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{n=1}^N \left| \sum_{m=1}^M (\text{HO}'_{nm} * \text{S}_m)(t) \right|^2 + \sum_{j=1}^J \left| \sum_{n=1}^N (\text{HJ}'_{nj} * \text{B}_j)(t) \right|^2} \leq \text{Umbral_med_J_Rx}
 \end{aligned}$$

5

y/o

- una restricción de tipo J3 que trata sobre una umbralización máxima del nivel de señal interferente sobre cada receptor Rx_n:

$$\begin{aligned}
 & (\text{Cons}_1, \dots, \text{Cons}_J) \in (\text{Dom}_{C_1} \times \dots \times \text{Dom}_{C_J}) \\
 & \text{t.q. } \underset{n=1, \dots, N}{\text{Max}} \left[\|J_n\| \right] = \underset{n=1, \dots, N}{\text{Max}} \left[\frac{1}{N} \sqrt{\sum_{j=1}^J \left| (\text{HJ}'_{nj} * \text{B}_j)(t) \right|^2} \right] \leq \text{Umbral_máx_J_Rx} \\
 & \text{o} \\
 & \text{t.q. } \underset{n=1, \dots, N}{\text{Max}} \left[\|I_n\| \right] = \underset{n=1, \dots, N}{\text{Max}} \left[\frac{1}{N} \sqrt{\sum_{m=1}^M \left| (\text{HO}'_{nm} * \text{S}_m)(t) \right|^2 + \sum_{j=1}^J \left| (\text{HJ}'_{nj} * \text{B}_j)(t) \right|^2} \right] \leq \text{Umbral_máx_J_Rx}
 \end{aligned}$$

10 etc.

(iii) si es necesario una consigna MinJ vinculada a la minimización de la potencia de perturbación emitida, lo que puede describirse a partir de lo que antecede bajo varias formas, tales como las siguientes, haciendo surgir unas funcionalidades convexas:

- Una consigna de tipo MinJ1: minimizar la potencia media de perturbación en el transcurso del tiempo t y sobre los perturbadores j

15

$$\begin{aligned}
 & (\text{Cons}_1, \dots, \text{Cons}_J) \in (\text{Dom}_{C_1} \times \dots \times \text{Dom}_{C_J}) \\
 & \text{Min} \left\{ \sqrt{\frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \left\langle |B_j(t)|^2 \right\rangle_t} \right\}
 \end{aligned}$$

y/o

- una consigna de tipo MinJ2: minimizar el máximo de potencia media en el tiempo, emitida por cada

perturbador j

$$\left(\text{Cons}_1, \dots, \text{Cons}_j \right) \in \left(\text{Dom}_{C_1} \times \dots \times \text{Dom}_{C_j} \right)$$

$$\text{Min} \left\{ \text{Max}_j \left(\left\langle |B_j(t)|^2 \right\rangle \right) \right\}$$

y/o

- una consigna de tipo MinJ3: minimizar la potencia instantánea emitida por cada perturbador j

$$\left(\text{Cons}_1, \dots, \text{Cons}_j \right) \in \left(\text{Dom}_{C_1} \times \dots \times \text{Dom}_{C_j} \right)$$

$$\text{Min} \left\{ \text{Max}_{j,t} \left(|B_j(t)|^2 \right) \right\}$$

5

etc.

Ejemplo 1: perturbación de contención cooperativa

Este ejemplo particular de realización de la invención se aplica a la optimización de la perturbación de contención táctica en presencia de estaciones amigas de comunicación de evasión de frecuencia, procedimiento que forma el objeto de la patente del presente Solicitante bajo el número EP 1303069.

10

Se muestra a continuación cómo el procedimiento general de la invención descrito anteriormente se presenta para esta aplicación particular.

La estación maestra gestiona un perturbador de contención o una red perturbadores de contención capaces de interrumpir sobre su consigna sus emisiones en una ranura temporal y en un canal de frecuencia indicado por una consigna.

15

P estaciones tácticas presentes en el teatro son para perturbar indicadas por C_{ip} , $p = 1, \dots, P$. Estas estaciones son de posiciones conocidas o no. Los servicios que utilizan y los puntos de funcionamiento correspondientes se suponen conocidos así como sus características (umbrales de perturbación/denegación de los diferentes servicios, márgenes de funcionamiento, etc.).

20

N receptores tácticos de salto de frecuencia amigos son para preservar, indicados por R_n , $n = 1, \dots, N$. Estos receptores son de posiciones aproximadamente conocidas. Su forma de onda y sus modos de funcionamiento son de características conocidas por la estación maestra de los perturbadores:

25

- La ley de salto de frecuencia, y si es necesario, las potencias de las emisiones y formas de onda utilizadas son conocidas a priori, incluso controladas por un nodo de comunicación táctica.
- El nodo de comunicación táctica informa a la estación maestra de los perturbadores, estaciones que conoce por tanto a priori:
 - de los riesgos de interferencias inducidas sobre los receptores a preservar,
 - de las ranuras temporales y los canales de frecuencia ocupados en cada instante por los escalones EVF.

Considerando una rejilla tiempo-frecuencia de las emisiones útiles definida por:

30

- el conjunto de los canales de frecuencia (y de las bandas asociadas) del plan de frecuencia de la red táctica, numerados de F_1 a F_V
- la trama temporal de las emisiones EVF se define por el tiempo de guarda, los frentes de ascenso y descenso de los escalones, la duración del escalón, el periodo de recurrencia, y el número T_s de ranuras en las que se emiten los escalones por periodo de recurrencia.

35

Se pueden indexar los procesos temporales sobre la trama a aplicar al procedimiento según la invención trama por trama. La k-ésima trama se indicará por t_k . Se trata entonces para la estación maestra y el (los) perturbador(es) de cada trama de:

40

- dejar vacíos de señal de perturbación las ranuras tiempo-frecuencia en las que se emiten y reciben los escalones EVF de las comunicaciones útiles,
- de emitir una señal de perturbación en todas las otras ranuras tiempo/frecuencia.

Los tiempos de propagación de las señales en algunas decenas de kilómetros al menos son despreciables frente a

las duraciones de los escalones útiles. Igualmente los desfases Doppler son despreciables frente a las bandas de las emisiones útiles. El problema físico se reduce por tanto a la determinación de los instantes de comienzo de las emisiones y de los canales correspondientes a estas emisiones.

5 El problema teórico de optimización a resolver para este ejemplo preciso de realización de la invención se simplifica entonces:

El campo admisible es discreto y definido por:

- el conjunto de los canales de frecuencia F_1 a F_V ,
- el conjunto de las ranuras T_1 a T_S de la trama t_k ,
- dos valores de potencia emitidos por el (los) perturbador(es): 0 (no emisión) o P (emisión).

10 En cada trama t_k , cada perturbador indicará por tanto la ranuras (indexadas por $1 < s_{1,k}, s_{2,k}, \dots, s_{k1,k} < S$) y las frecuencias ((indexadas por $1 < v_{1,k}, v_{2,k}, v_{k2,k} < S$)) a dejar vacías de señal de perturbación (es decir aplicar la consigna $P=0$).

Resolución determinista directa del problema de optimización

15 Si el perturbador es ideal y sabe exactamente colocar sus "agujeros de perturbación" en las ranuras útiles sin desbordar sobre las frecuencias adyacentes ni sobre las ranuras adyacentes, el problema de optimización se resuelve directamente porque no hay ningún efecto fratricida sobre las estaciones útiles si se respeta perfectamente la consigna siguiente: para cada trama t_k , aplicar al perturbador la consigna de no emisión en cada ranura "útil" (S_{ksk}, v_{kvk})

20 Caso de un perturbador único con omisión + toma en consideración de la atenuación de propagación por utilización de vías de retorno

Este ejemplo de realización de la invención se extiende directamente a la toma en consideración de las imperfecciones de los perturbadores y de la atenuación debida a la propagación del perturbador hacia los útiles:

- Tiempos de descenso y de ascenso de la señal de perturbación que induce una duración mínima de perturbación t_{Br} superior a la duración de la ranura, lo que reduce en la misma medida la eficacia de la perturbación de contención,
- Desbordamiento del espectro del agujero de perturbación sobre las frecuencias adyacentes, modelizado por una banda equivalente B_{Br} que debe ser superior a la banda del escalón para garantizar la ausencia de efecto fratricida, lo que reduce en la misma medida la eficacia de la perturbación de contención,
- Balance del enlace entre el perturbador y el receptor útil R_n modelizados por un coeficiente de pérdida L_n que induce un nivel en la entrada $L_n P$. Este nivel de entrada puede medirse por los receptores útiles e indica por vía de retorno a la maestra que adapta en consecuencia las consignas al perturbador,
- Umbral de funcionamiento de los receptores útiles para $L_n P < \Delta$.

35 El problema de optimización se resuelve aquí también de manera muy simplificada porque no hay ningún efecto fratricida sobre las estaciones útiles si se respeta perfectamente la consigna siguiente: para cada trama t_k , aplicar al perturbador la consigna de no emisión en cada ranura "útil" (S_{ksk}, v_{kvk}) para el que $L_n P < \Delta$.

Caso de varios perturbadores en red con omisiones + toma en consideración de la atenuación de propagación por utilización de vías de retorno

40 El ejemplo de realización de la invención se extiende directamente a la toma en consideración de perturbadores múltiples con imperfecciones y con atenuaciones debidas a las condiciones de propagación diferenciadas de los perturbadores hacia los útiles.

- Tiempos de descenso y de ascenso de la señal de perturbación que induce una duración mínima de perturbación t_{Br} superior a la duración de la ranura, lo que reduce en la misma medida la eficacia de la perturbación de contención
- Desbordamiento del espectro del agujero de perturbación sobre las frecuencias adyacentes, modelizado por una banda BW_{Br} que debe ser superior a la banda del escalón para garantizar la ausencia de efecto fratricida, lo que reduce en la misma medida la eficacia de la perturbación de contención:
- Balance del enlace entre el perturbador B_{rj} y el receptor útil R_n modelizados por un coeficiente de pérdida $L_{j,n}$ que induce un nivel en la entrada $L_{j,n} P$. NB: este nivel de entrada puede medirse por los receptores útiles e indica por vía de retorno a la maestra que adapta en consecuencia las consignas al perturbador
- Umbral de funcionamiento de los receptores útiles para $L_{j,n} P < \Delta$.

El problema de optimización se resuelve aquí también de manera muy simplificada porque no hay ningún efecto fratricida sobre las estaciones útiles si se respeta perfectamente la consigna siguiente:

Para cada perturbador B_j ,
para cada trama t_k ,

aplicar al perturbador la consigna de no emisión en cada ranura "útil" (s_{ksk}, v_{kvk}) para el que $L_{j,n}P < \Delta$.

Ejemplo 2: perturbador GNSS

Este ejemplo particular de realización de la invención se aplica la optimización del perturbador GNSS multiservicio, descrito en la Solicitud de patente FR09/05346 titulada "Procédé et système pour le brouillage des signaux GNSS". Se muestra a continuación cómo el procedimiento general de la invención descrito anteriormente se presenta para esta aplicación particular. Se observa que las señales GNSS al ser de naturaleza esencialmente continua, no hay dependencia del tiempo en la aplicación del procedimiento mientras que el entorno permanezca fijo. Se considera:

un dispositivo de perturbación fijo constituido por J perturbadores B_j indexados por $j = 1, \dots, J$, de potencias máximas dadas. Los perturbadores son de posiciones y de orientaciones conocidas. A cada servicio GNSS soportado por una señal útil s, se asocia la forma de onda de perturbación dedicada (FOB) indicada por $B_{j,s}(t)$. Cada perturbador puede parametrizarse para emitir una o varias FOB con unas potencias medias respectivas $C_{j,s} = \langle |B_{j,s}(t)|^2 \rangle_t$ diferentes. Si estas formas de onda se descorrelacionan, se tiene entonces para cada perturbador una potencia media total emitida $C_j = \langle |B_j(t)|^2 \rangle_t$ que se escribe $j = 1, \dots, J$; $C_j = \sum_{s=1, \dots, s} C_{j,s}$

P receptores GNSS son para perturbar indicados por C_p $p = 1, \dots, P$. Estos receptores son de posiciones conocidas. Los servicios GNSS que utilizan se suponen conocidos así como sus características (umbrales de perturbación/denegación de los diferentes servicios, márgenes de funcionamiento, etc.).

N receptores GNSS a preservar, indicados por R_n $n = 1, \dots, N$. Estos receptores son de posiciones conocidas y de características conocidas. En este sentido, la estación maestra de los perturbadores es informada a priori de las interferencias inducidas sobre los receptores a preservar como si existiera una vía de retorno. Un modelo de interferencia lineal para el servicio s de cada receptor n bien conocido por los expertos en la materia (y, con el fin de simplificar las notaciones, se supone en lo que sigue homogéneo para cada receptor, lo que no induce ninguna pérdida de generalidad para la invención):

$$SINR_{n,j,s} = \frac{GR_s \cdot C_s / \eta_R}{N_{th} \cdot F_R + C_{j,s} \cdot GE_{j,n} \cdot L_{j,n} \cdot D_{n,j} \cdot SSC_{j,s}}$$

siendo:

- C_s : la potencia de la señal útil ante la antena para servicio soportado por la señal s (dBm)
- GR_s : la ganancia proporcionada por el procesamiento y por la antena de recepción o la red de antenas de recepción sobre la señal útil (dBi)
- η_R : el rendimiento interno de la cadena de recepción (rendimiento de antenas, pérdidas de cables, etc.)
- $F_R \cdot N_{th}$: el ruido térmico del receptor que tiene en cuenta el factor de ruido F_R de la cadena de recepción
- $GE_{j,n}$: la ganancia de antena del perturbador j en la dirección del receptor n (dBi), la Potencia Isótropa Radiada Equivalente correspondiente se escribe por tanto $PIRE_j = C_s \cdot GE_{j,n}$
- $D_{j,n}$: la directividad de la antena de recepción n en la dirección del perturbador j (dBi)
- $SSC_{j,s}$: el coeficiente de correlación espectral entre la señal del perturbador $B_j(t)$ y la señal útil s(t) (tiene el valor entre 0 y 1)
- $C_{j,s}$: la potencia media de la señal emitida por el perturbador j para la denegación del servicio soportado por la señal s (dBm) (es decir nivel de potencia asignada por el perturbador j a la FOB dedicada al servicio s) $C_{j,s} = \langle |B_{j,s}(t)|^2 \rangle_t$
- C_j : la potencia total media de la señal emitida por el perturbador j (dBm): $C_j = \langle |B_j(t)|^2 \rangle_t$
- $L_{j,n}$: la pérdida de propagación entre el perturbador j y el receptor n (dB).

Con el formalismo anterior, el problema se modeliza entonces bajo la forma de consignas en los perturbadores B_j que deben respetar las restricciones de eficacia de la perturbación sobre los objetivos C_p $p=1, \dots, P$, y las restricciones de ausencia de denegación fraticida sobre los receptores R_n $n = 1, \dots, N$; mientras se minimiza la potencia total media de perturbación:

$$\begin{aligned}
 & (\text{Cons}_1, \dots, \text{Cons}_J) \in (\text{Dom}_{C_1} \times \dots \times \text{Dom}_{C_J}) \\
 & \text{t.q.} \\
 & \text{Min}_{p=1, \dots, P} \left[|Z_p| \right] = \text{Min}_{p=1, \dots, P} \sqrt{\left| \sum_{j=1}^J (\text{HB}'_{pj} * B_j)(t) \right|^2} \geq \text{Umbral_mín_ef_BC} \quad (\text{restricción de tipo (BC3)}) \\
 & \text{Max}_{n=1, \dots, N} \left[|J_n| \right] = \text{Max}_{n=1, \dots, N} \left[\frac{1}{N} \sqrt{\left| \sum_{j=1}^J (\text{HJ}'_{nj} * B_j)(t) \right|^2} \right] \leq \text{Umbral_máx_J_Rx} \quad (\text{restricción de tipo (J3)}) \\
 & \min_{\{J_{k,s}\}} \left(\sum_{j=1}^J \sum_{s=1}^S C_{j,s} \right) \quad (\text{restricción de tipo (MinJ1)})
 \end{aligned}$$

Las respuestas a impulsos HB' y HJ' no son conocidas precisamente pero los canales asociados pueden modelizarse mediante una atenuación A estimada a partir de los modelos de propagación.

5 La utilización del modelo de interferencia multi origen y de los diagramas de antenas permite por el contrario explicitar de manera más precisa las restricciones de eficacia y de ausencia de denegación fratricida:

Para cada receptor $p=1, \dots, P$ a perturbar,
para cada servicio $s_p = 1, \dots, S$ utilizado por el receptor p:

$$\sum_{j=1}^J \sum_{s_p=1}^S GE_{j,p} \cdot C_{j,s_p} \cdot L_{j,p} \cdot D_{j,p} \cdot SSC_{s_j,s_p} \geq \Delta'_{s_p} \quad \forall p = 1, \dots, P \quad \text{y} \quad \forall s_p = 1, \dots, S$$

10 en la que Δ'_{s_p} es el umbral de no funcionamiento garantizado de los receptores para el servicio S_p
Para cada receptor $n=P+1, \dots, P+N$ a preservar,
para cada servicio $s_n = 1, \dots, S$ utilizado por el receptor n:

$$\sum_{j=1}^J \sum_{s_n=1}^S GE_{j,n} \cdot C_{j,s_n} \cdot D_{j,n} \cdot L_{j,n} \cdot SSC_{s_j,s_n} \leq \Delta_{s_n} \quad \forall n = P+1, \dots, P+N \quad \text{y} \quad \forall s_n = 1, \dots, S$$

en la que Δ_{s_n} es el umbral de funcionamiento garantizado de los receptores para el servicio S_n
Para cada perturbador j:

$$\sum_{s=1}^S C_{j,s} \leq C_{j, \text{max}} \quad \forall j = 1, \dots, J$$

15

siendo dados S servicios GNSS, J perturbadores, N receptores protegidos y P receptores objetivo, hay $N1+M1+J$ restricciones:

- P1 restricciones de perturbación ($P1 \leq P \times S$)
 - N1 restricciones de no perturbación ($N1 \leq N \times S$)
 - J restricciones de potencia.
- 20

Con ayuda de las operaciones explicadas posteriormente, el problema de optimización multiservicio se escribe en la forma matricial siguiente:

$$\text{Max } C^t \cdot x$$

Bajo las restricciones

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{b}$$

25

$$\mathbf{x} \geq \mathbf{0}$$

Notaciones:

C se define por:

$$C = \begin{bmatrix} [-1] \\ [0] \end{bmatrix}$$

[-1] vector de componentes -1 de dimensión JxS

[0] vector nulo de dimensión N1+M1+J

$$x = \begin{bmatrix} CJ \\ E \end{bmatrix}$$

x se define por vector de dimensión J.S + (N1+M1+J)

5

con la ordenación siguiente: l=j,s: j=1, ...J y para cada j: s= 1,..., S

$$CJ = \begin{bmatrix} C_1 \\ \vdots \\ C_J \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{1,1} \\ \vdots \\ C_{1,S} \end{bmatrix} \\ \vdots \\ \begin{bmatrix} C_{J,1} \\ \vdots \\ C_{J,S} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

siendo : vector de dimensión JxS,

$$E = \begin{bmatrix} \vdots \\ e_n \\ \vdots \end{bmatrix}$$

siendo vector de dimensión N1+M1+J

en la que en es una variable libre que representa el margen de funcionamiento sobre el receptor n (diferencia entre el umbral de funcionamiento del receptor y el nivel de interferencia global).

$$A = \begin{bmatrix} [-A_a] \\ A_b \\ Q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{N1} & 0 & 0 \\ 0 & I_{M1} & 0 \\ 0 & 0 & I_J \end{bmatrix}$$

10

de dimensión (N1+M1+J) x (J.S+N1+M1+J)

I_{N1} matriz identidad de tamaño N1

I_{M1} matriz identidad de tamaño M1

I_J matriz identidad de tamaño J

$$A_a = \begin{bmatrix} \vdots \\ \dots \alpha_{p,l} \dots \\ \vdots \end{bmatrix} \alpha_{p,l} \cdot GE_{j,p} \cdot D_{j,p} \cdot SSC_{s,sp} \cdot L_{j,sp} \quad (p=1, \dots, P.S ; l=(j,s)=1, \dots, JxS)$$

$$A_b = \begin{bmatrix} \vdots \\ \dots \beta_{n,l} \dots \\ \vdots \end{bmatrix} \beta_{n,l} \cdot GE_{j,n} \cdot D_{j,n} \cdot SSC_{s,sn} \cdot L_{j,sn} \quad (n=P.S+1, \dots, (P+N).S ; l=(j,s)=1 \dots JxS)$$

15

$$Q = \begin{bmatrix} \vdots & & \\ \dots & q_{n,k} & \dots \\ \vdots & & \end{bmatrix} \quad q_{n,k} = 1 \text{ para } k=(n-1).S+1, \dots, n.S ; \quad q_{n,k} = 0 \text{ si no}$$

b se define por

$$b = \begin{bmatrix} -D_\alpha \\ D_\beta \\ CJ_{\max} \end{bmatrix} \quad \text{vector de dimensi3n } N1+M1+K$$

siendo:

$$D_\alpha = \begin{bmatrix} \vdots \\ \Delta'_p \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \text{vector de dimensi3n } N1, p= 1.. N1$$

5

$$D_\beta = \begin{bmatrix} \vdots \\ \Delta_n \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \text{vector de dimensi3n } M1, n= N1+1..(N1+M1)$$

$$CJ_{\max} = \begin{bmatrix} \vdots \\ CJ_{k_{\max}} \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \text{vector de dimensi3n } J$$

10 El problema de optimizaci3n planteado anteriormente que corresponde a la realizaci3n de la invenci3n en este ejemplo particular es lineal. La soluci3n se obtiene entonces por la implementaci3n del algoritmo s3mplex, bien conocido para el experto en la materia, para resolver los problemas de programaci3n lineal: dado un conjunto de desigualdades lineales sobre n variables reales, el algoritmo permite encontrar la soluci3n 3ptima para una funci3n objetivo tambi3n lineal.

En t3rminos geom3tricos, el conjunto de las desigualdades lineales define un politopo en el espacio de n dimensiones.

15 La resoluci3n por s3mplex permite determinar si el problema posee unas soluciones y cuando este es el caso (por ejemplo para un politopo convexo), determinar un extremum, Es decir una soluci3n de perturbaci3n de potencia m3nima.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para optimizar selectiva y dinámicamente con efectos fraticidas reducidos la perturbación de P zonas o posiciones predefinidas (3) en una red de emisores, perturbadores perturbadores y receptores de comunicaciones que comprende un número N_{pl} de plataformas, estando equipadas un número $M \leq N_{pl}$ de dichas plataformas (Tx1, Tx2 TxN) con antenas y sistemas de emisión de señales de transmisión útiles, estando equipadas un número $N \leq N_{pl}$ de dichas plataformas (Rx1, Rx2 RxN) con antenas y sistemas de recepción de señales de transmisión útiles, gestionadas un número $J \leq N_{pl}$ de dichas plataformas ($B_{r1}, B_{r2}, \dots, B_{rj}$) por una estación maestra (1) que están equipadas con sistemas y antenas de perturbación adaptadas para impedir las transmisiones entre entidades externas a dicha red, **caracterizado porque** incluye al menos las etapas siguientes:
- medir las señales de transmisión útiles recibidas por el conjunto de las N plataformas de recepción, a partir de estas medidas, estimar los $M \cdot N$ canales de propagación útiles, y transmitir estas medidas y estimaciones a la estación maestra que gestiona las plataformas equipadas con las antenas de perturbación,
 - medir el conjunto de las señales de perturbación recibidas por las N plataformas de recepción, a partir de estas medidas estimar los $J \cdot N$ canales de propagación fraticidas, y transmitir estas medidas y estimaciones a dicha estación maestra,
 - a partir de las medidas de las señales de transmisión y estimaciones de los canales de propagación útiles y a partir de las medidas de las señales y estimaciones de los canales de propagación de perturbación, calcular al nivel de la estación maestra unos valores de consignas de perturbación, las señales de perturbación, la recurrencia de las emisiones, las frecuencias portadoras de las emisiones, los avances/retardos en la emisión con relación a una referencia de sincronización, las potencias equivalentes radiadas, las ponderaciones en amplitud y fase en las redes de antenas en emisión y en las antenas de perturbación, garantizando una eficacia para las P zonas a perturbar correspondiente a las entidades externas a la red, mientras se minimizan los efectos fraticidas sobre las N plataformas de recepción,
 - transmitir estas consignas a las J plataformas equipadas con antenas de perturbación,
 - a partir de las primeros consignas calculadas y aplicadas, aprovechando continuamente las medidas de los canales de propagación fraticidas procedentes de las plataformas receptoras, optimizar por iteración la perturbación de las zonas a perturbar manteniendo una perturbación fraticida aceptable para la calidad de las transmisiones útiles.
2. Procedimiento según la reivindicación 1 **caracterizado porque** utiliza la medida de los canales de propagación procedente de las N plataformas de recepción, con el fin de optimizar conjuntamente la perturbación y la calidad de las transmisiones útiles en el nivel de las plataformas emisoras adaptando los niveles de potencia de emisión, y/o los esquemas de codificación espacio-temporales y/o los protocolos de transmisión en el dominio tiempo-frecuencia de los perturbadores perturbadores y de los emisores.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** se utiliza como estación maestra una de las plataformas de la red de emisores, de perturbadores perturbadores y de receptores de comunicaciones que comprenden varias N_{pl} plataformas asociadas a un medio de cálculo de las consignas destinadas a los perturbadores.
4. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** utiliza perturbadores programables adaptados para tener en cuenta dinámicamente consignas de emisión, relativas a la potencia y/o a parámetros temporales, forma de onda, codificación espacio-temporal, ponderación de amplitud fase.
5. Utilización del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4 en una red de transmisión utilizando los protocolos MIMO, MISO, SIMO o SISO con vía de retorno de los receptores hacia los emisores.
6. Utilización del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4 en una red de radio en la que los receptores están adaptados para medir valores de los canales en los emisores útiles y en los perturbadores.
7. Utilización del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4 en una red de radio en la que las estaciones de recepción incluyen unos elementos de antenas acoplados a un interceptor que realiza las mediciones de canal en los emisores útiles y en los perturbadores.

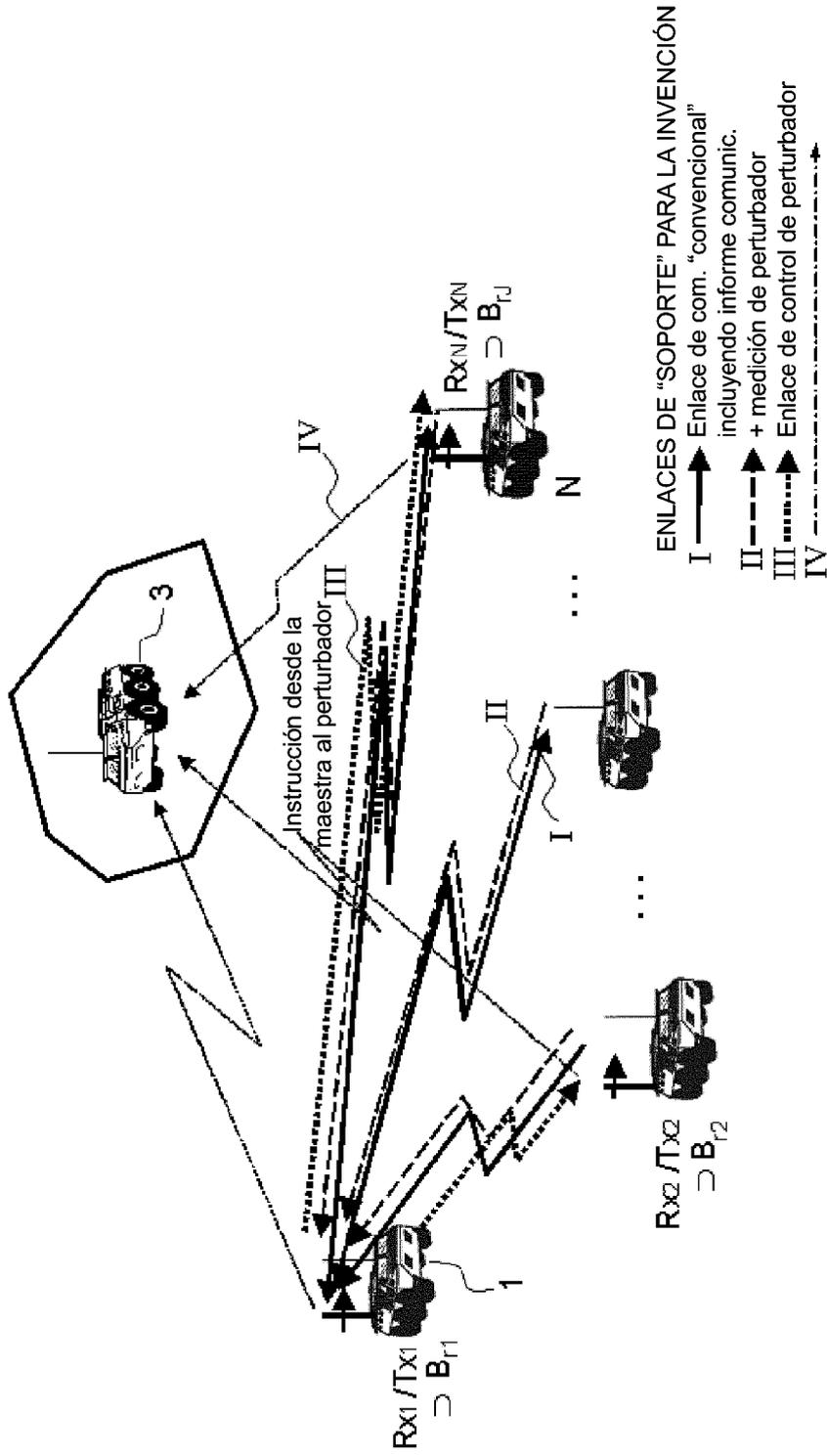
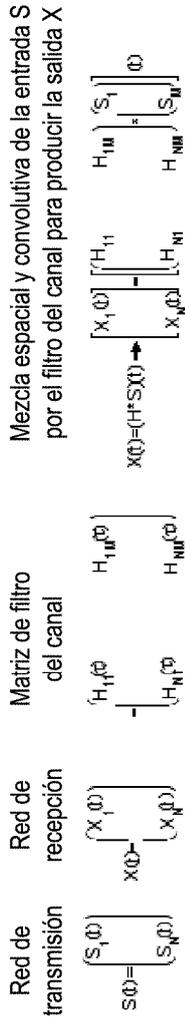


FIG.1



Mezcla temporal convolutiva entre los elementos n y m de las redes de transmisión/recepción

$$X_{nm}(t) = (H_{nm} * S_m)(t) = \sum_{l=1}^{L_m} \alpha_l^{(m,n)} \left[\sum_{l_1=1}^{N_1} d_{l_1}^{(m,n)} \right] \exp \left[j \left((2\pi f / \lambda) \cos \theta_{(n,l)}^{(m,n)} \right) t + \phi_{(n,l)}^{(m,n)} \right] U \left(e_{(n,l)}^{(m,n)} \right) S_m(t - \tau_{(m,n)})$$

Mezcla espacio-temporal convolutiva entre el elemento n y el vector de señal transmitido $s(t) = \begin{bmatrix} S_1(t) \\ S_2(t) \\ \vdots \\ S_M(t) \end{bmatrix}$

$$X_n(t) = \sum_{m=1}^M X_{nm}(t) = \sum_{m=1}^M (H_{nm} * S_m)(t)$$

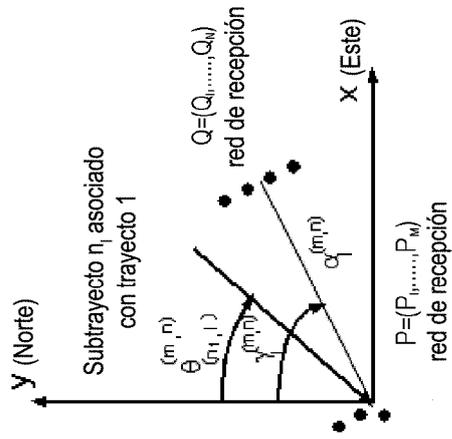
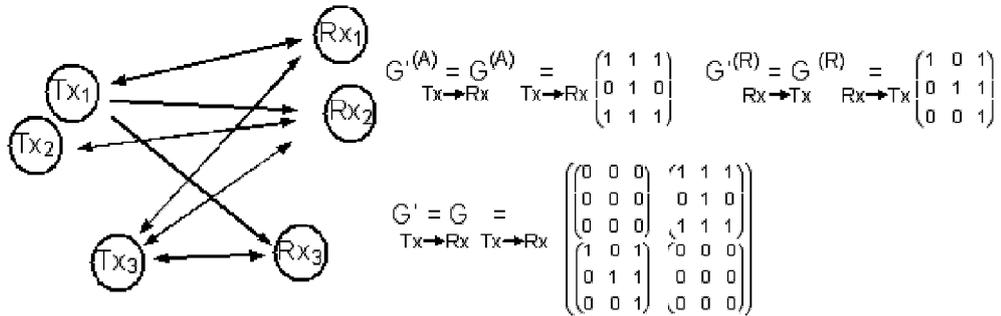
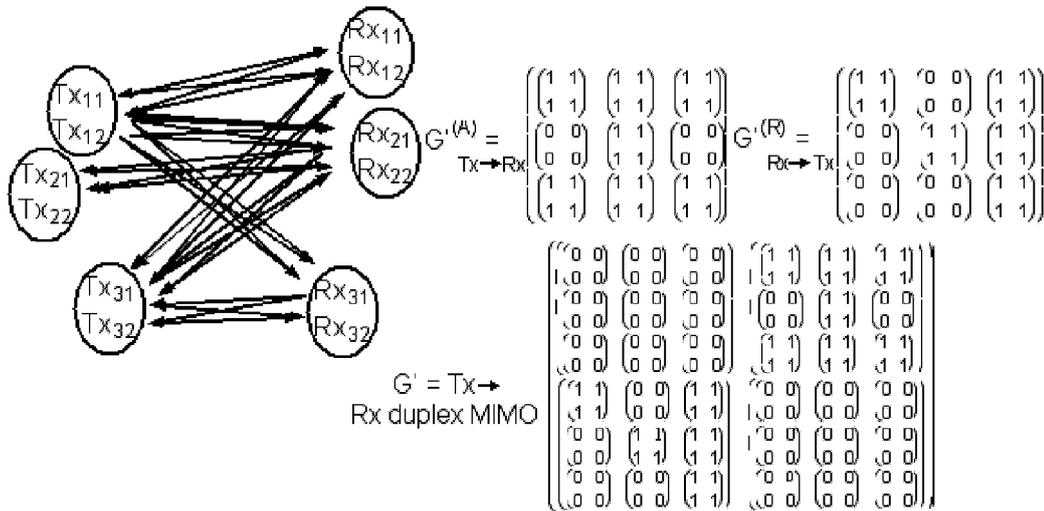


FIG.2

CONJUNTO DE PLATAFORMAS HACIA CONJUNTO DE PLATAFORMAS
 GRAFO Y MATRIZ DE GRAFO DE RED DIRIGIDA G: enlaces SISO G'=G



MISMA TOPOLOGÍA CON MACROGRAFO Y MATRIZ DE
 MACROGRAFO DE RED DIRIGIDA G' 2x2 ENLACES MIMO



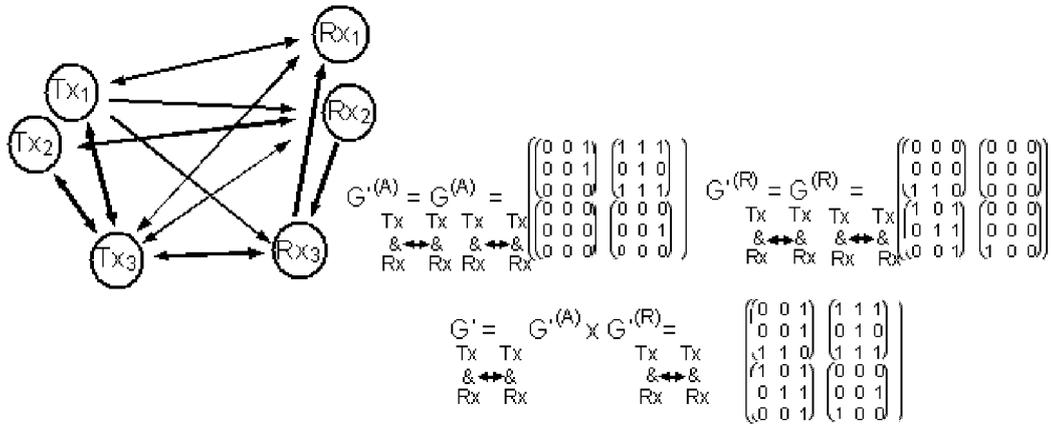
MISMA TOPOLOGÍA DE RED CON ENLACES MIMO DE
 TAMAÑO IDÉNTICO KxK' (TRANSMISORESxRECEPTORES),
 sentido Tx→Rx: MATRICES DE PROPAGACIÓN G^(A)_{mn} m=1...M, n=1...N, tamaño KxK'
 sentido Rx→Tx: MATRICES DE PROPAGACIÓN G^(R)_{mn} m=1...M, n=1...N, tamaño K'xK
 ⇒ DETERMINA LA MATRIZ DE MACROGRAFO DIRIGIDA G'

G' MIMO Duplex
 Tx₁, ..., Tx_M → Rx₁, ..., Rx_N
 $\sum_{m=1}^M K_m \text{ elts} \rightarrow \sum_{n=1}^N K'_n \text{ elts}$
 Caso simplificado K_m = K_n = K_l
 K' = K_n = K_l
 MK_M elts → NK_N elts

$$Tx \rightarrow Rx = \begin{pmatrix} \begin{bmatrix} [0]_{K \times K'} \\ [0]_{K \times K'} \\ \dots \\ [0]_{K \times K'} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} [0]_{K \times K'} \\ [0]_{K \times K'} \\ \dots \\ [0]_{K \times K'} \end{bmatrix} & \dots & \begin{bmatrix} [0]_{K \times K'} \\ [0]_{K \times K'} \\ \dots \\ [0]_{K \times K'} \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} [0]_{K \times K'} \\ [0]_{K \times K'} \\ \dots \\ [0]_{K \times K'} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} [0]_{K \times K'} \\ [0]_{K \times K'} \\ \dots \\ [0]_{K \times K'} \end{bmatrix} & \dots & \begin{bmatrix} [0]_{K \times K'} \\ [0]_{K \times K'} \\ \dots \\ [0]_{K \times K'} \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} G_{11}^{(A)} \\ G_{12}^{(A)} \\ \dots \\ G_{M1}^{(A)} \\ G_{M2}^{(A)} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} [0]_{K \times K'} \\ [0]_{K \times K'} \\ \dots \\ [0]_{K \times K'} \end{bmatrix} & \dots & \begin{bmatrix} G_{M1}^{(R)} \\ G_{M2}^{(R)} \\ \dots \\ G_{MN}^{(R)} \end{bmatrix} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \begin{bmatrix} [0]_{K \times K'} \\ [0]_{K \times K'} \\ \dots \\ [0]_{K \times K'} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} [0]_{K \times K'} \\ [0]_{K \times K'} \\ \dots \\ [0]_{K \times K'} \end{bmatrix} & \dots & \begin{bmatrix} [0]_{K \times K'} \\ [0]_{K \times K'} \\ \dots \\ [0]_{K \times K'} \end{bmatrix} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \begin{bmatrix} G_{11}^{(A)} \\ G_{12}^{(A)} \\ \dots \\ G_{M1}^{(A)} \\ G_{M2}^{(A)} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} G_{12}^{(A)} \\ G_{22}^{(A)} \\ \dots \\ G_{M2}^{(A)} \end{bmatrix} & \dots & \begin{bmatrix} G_{1N}^{(A)} \\ \dots \\ G_{MN}^{(A)} \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} [0]_{K \times K'} \\ [0]_{K \times K'} \\ \dots \\ [0]_{K \times K'} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} [0]_{K \times K'} \\ [0]_{K \times K'} \\ \dots \\ [0]_{K \times K'} \end{bmatrix} & \dots & \begin{bmatrix} [0]_{K \times K'} \\ [0]_{K \times K'} \\ \dots \\ [0]_{K \times K'} \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} [0]_{K \times K'} \\ [0]_{K \times K'} \\ \dots \\ [0]_{K \times K'} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} [0]_{K \times K'} \\ [0]_{K \times K'} \\ \dots \\ [0]_{K \times K'} \end{bmatrix} & \dots & \begin{bmatrix} [0]_{K \times K'} \\ [0]_{K \times K'} \\ \dots \\ [0]_{K \times K'} \end{bmatrix} \end{pmatrix}$$

FIG.3A

OTRO EJEMPLO DE UN GRAFO DE RED DIRIGIDA CON MATRIZ DE GRAFO Y MATRIZ DE MACROGRAFO G', ENLACES SISO (G'=G)



MISMA TOPOLOGÍA CON MACROGRAFO G' Y MATRIZ DE MACROGRAFO DE RED DIRIGIDA, 2x2 ENLACES MIMO

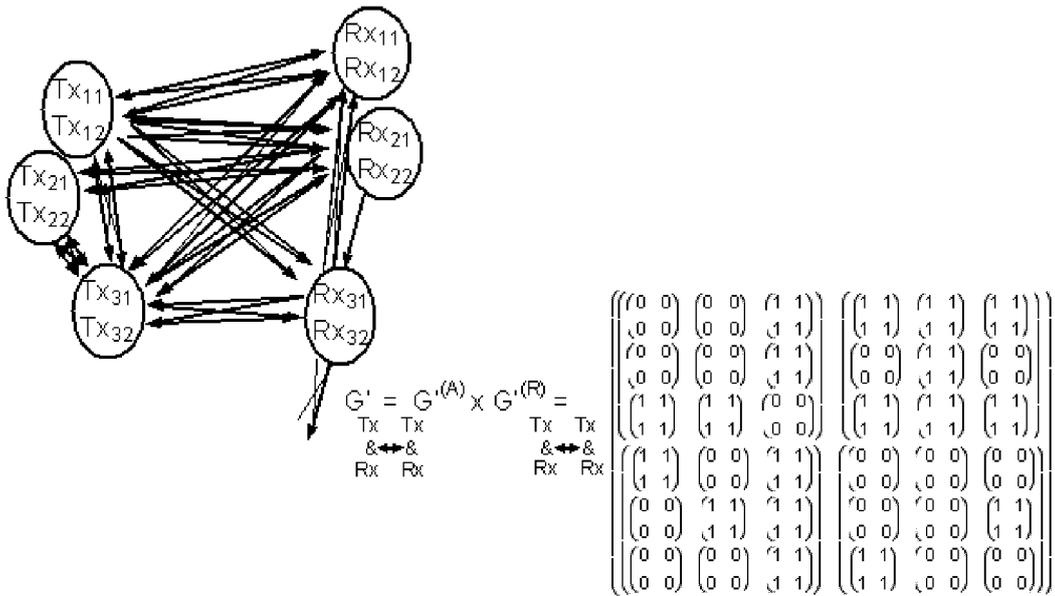


FIG.3B

DEFINICIÓN DEL PRODUCTO LÓGICO, TÉRMINO A TÉRMINO, CASO GENERAL

A y B matrices del mismo tamaño NxM.

$$A = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{1M} \\ & \\ A_{N1} & A_{NM} \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} B_{11} & B_{1M} \\ & \\ B_{N1} & B_{NM} \end{pmatrix}$$

A y B: producto término a término.
 Equivalente a producto lógico término a término
 Para grafos de red

$$A \& B = \begin{pmatrix} A_{11} \cdot B_{11} & A_{1M} \cdot B_{1M} \\ & \\ A_{N1} \cdot B_{N1} & A_{NM} \cdot B_{NM} \end{pmatrix}$$

DEFINICIÓN DE LA MATRIZ DE CANAL GENERALIZADA

Matriz de canal

$$H(\tau)_{T \times 1, \dots, T \times M \rightarrow R \times 1, \dots, R \times N} = \begin{pmatrix} H_{11}(\tau) & H_{1M}(\tau) \\ & \\ H_{N1}(\tau) & H_{NM}(\tau) \end{pmatrix}$$

(Macro)grafo de red

$$G'(\tau)_{T \times 1, \dots, T \times M \rightarrow R \times 1, \dots, R \times N} = \begin{pmatrix} G'_{11}(\tau) & G'_{1M}(\tau) \\ & \\ G'_{N1}(\tau) & G'_{NM}(\tau) \end{pmatrix}$$

Canal generalizado

$$H'(\tau)_{T \times 1, \dots, T \times M \rightarrow R \times 1, \dots, R \times N} = \begin{pmatrix} G'_{11}(\tau) \& H_{11}(\tau) & G'_{1M}(\tau) \& H_{1M}(\tau) \\ & \\ G'_{N1}(\tau) \& H_{N1}(\tau) & G'_{NM}(\tau) \& H_{NM}(\tau) \end{pmatrix} = [G'] \& [H'(\tau)]$$

FIG.4