

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 645 843**

51 Int. Cl.:

H04B 7/185

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.10.2014** **PCT/EP2014/071175**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.05.2015** **WO15062810**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.10.2014** **E 14783788 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2017** **EP 3063879**

54 Título: **Método para identificar transmisores interferentes de entre una cantidad de transmisores satelitales conocidos**

30 Prioridad:

31.10.2013 AT 507122013

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

11.12.2017

73 Titular/es:

**SIEMENS CONVERGENCE CREATORS GMBH
(100.0%)**

**Autokaderstrasse 29
1210 Wien, AT**

72 Inventor/es:

NÖLLE, MICHAEL

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 645 843 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para identificar transmisores interferentes de entre una cantidad de transmisores satelitales conocidos

Memoria descriptiva

5 La invención se refiere a un método para comparar señales y a un método para identificar transmisores interferentes de entre una cantidad de transmisores satelitales conocidos. Para la comparación, la invención utiliza un método del contexto de la teoría de la información cuántica.

Estado de la técnica

En relación con la presente solicitud, siempre se entiende por el término V^t de una matriz, la matriz adjuntada a la matriz V , la que resulta la matriz compleja conjugada de la matriz transpuesta de V .

10 A partir del estado de la técnica se conocen diferentes métodos para comparar señales entre sí. En particular, algunas señales pueden ser transformadas con diferentes transformaciones y los resultados de tales transformaciones pueden ser comparadas. Para determinados tipos de señales se puede partir del hecho que presentan en cada caso, periodos de señal consecutivos, dentro de los cuales la señal presenta formas de señal similares, donde sin embargo pueden existir variaciones entre las formas de las señales. Tales periodos de señal
15 pueden ser de cualquier duración. Estas señales se representan por medio de diferentes valores, por ejemplo por muestra que se toman en determinados instantes de tiempo de muestreo.

El objeto de la invención es individualizar eficientemente determinadas características de señales periódicas esenciales y en caso dado, asignarlas a diferentes transmisores señal.

20 Un aspecto preferido de la invención es la demanda creciente de enlaces de comunicaciones satelitales, lo que ha dado origen a una elevada cantidad de diferentes señales satelitales. Otra consecuencia de esto es que se producen interferencias de señal debidas a antenas deficientes. Otros motivos de posibles interferencias pueden ser de índole terrorista o política o pueden deberse simplemente a que el operador de una estación se haya olvidado de desconectar el transmisor. De allí que el operador de satélites no solamente debe poder constatar interferencias,
25 sino que también debe poder identificar su origen y localizarlas geográficamente para detectar rápidamente el transmisor interferente.

Véase Bischof Ch."LAPACK: PORTABLE LINEARE ALGEBRA-SOFTWARE FÜR SUPERKOMPUTER1", Tecnología de la información, Oldenburg Verlag, Munich, Alemania, Tomo 34, Nro. 1, 01.02.1992, páginas 44-49, VP000290486, ISSN: 0179-9738.

Descripción de la invención

30 La mayoría de los métodos conocidos del estado de la técnica tienen una desventaja: con el método conocido en la actualidad es necesario disponer de por lo menos dos satélites para poder determinar el transmisor que interfiere. Con la presente invención se propone un método para identificar transmisores interferentes sobre la base de una única señal detectada por un satélite. De allí que la invención propone un método para la preparación de una señal para la identificación de de transmisores interferentes de entre una pluralidad de transmisores satelitales conocidos,
35 en el que se determina para cada transmisor satelital presente, una señal de muestreo, en particular equidistante, de la respectiva intensidad de la señal y se determina para esta señal un parámetro de comparación para el transmisor, en el cual:

a) la señal es subdividida en una cantidad de periodos de señal consecutivos de igual longitud predefinida,

40 b) cada uno de los valores de muestreo (E_i) se mapea por medio de una función de normalización constante y monótona creciente o decreciente en un valor de muestra normalizado (p_i) dentro de un intervalo normalizado dado, en particular el intervalo entre 0 y 1,

c) para cada uno de los valores de muestra normalizados (p_i) se crea un vector de muestra (q_i) con dos elementos, cuyo primer elemento (q_i) corresponde al valor de muestreo normalizado (p_i) y cuyo segundo elemento (q_{ir}) se selecciona de manera tal que una norma de vector aplicada al vector de muestra (q_i) da el valor 1,

45 d) los elementos (q_i , q_{ir}) de los vectores de muestreo (q_i) son entrados en cada caso en una matriz de señal (M), donde los elementos procedentes del mismo periodo de señal se inscriben en cada caso en la misma línea de la matriz de señal (M),

e) los primeros y segundos elementos ($q_i, q_{i'}$) de vectores de muestreo (q_i), que fueron determinados en un instante de tiempo específico de muestreo en relación con los valores de muestreo (E_i, p_i), determinado al principio del respectivo periodo de señal, están ordenados en cada caso en la misma columna de la matriz de señal (M), donde se prevé en cada caso, una columna separada para el primer elemento y otra para el segundo elemento ($q_i, q_{i'}$),

5 f) los elementos de la matriz de señal (M) se normalizan de manera tal que la aplicación de una norma de vector predefinida a la señal de matriz (M) siempre da el valor 1.

g) se lleva a cabo una descomposición de valor singular de la matriz de señal (M), en la cual la matriz de señal se descompone en la siguiente representación de producto,

$$M = USV^{\dagger}$$

10 donde U y V son en cada caso, matrices unitarias, y

h) para preparar la respectiva señal (S) para la comparación, una o más líneas de la matriz unitaria $V^{\dagger}$ determinada para la respectiva señal (S) se usa como parámetro de comparación y se asigna a la respectiva señal (S),

15 - donde al detectar un transmisor interferente para la señal emitida por el transmisor interferente se determina en cada caso por muestreo, en particular equidistante, la respectiva intensidad de la señal y también se determina un parámetro de comparación para dicha señal interferente de acuerdo con los pasos a) - h), donde se usa el mismo método para la determinación del parámetro de comparación para la respectiva señal y el parámetro de comparación para la señal interferente,

20 - donde el parámetro de comparación del transmisor interferente se compara con cada uno de los parámetros de comparación de los transmisores y en cada caso se mantiene disponible un valor de medida lo que indica cuán grande es la coincidencia de la señal del transmisor interferente con la señal del respectivo transmisor satelital.

25 Una disposición preferida de los primeros y los segundos elementos que mapean ventajosamente su sucesión en el tiempo prevé que los primeros y los segundos elementos de vectores de muestreo sean ordenados en columnas de la matriz de señal de manera tal, que los primeros elementos procedentes de un instante de tiempo anterior sean ordenados en columnas con menor índice de columna que los primeros elementos que proceden de un instante de tiempo posterior y que segundos elementos procedentes de un momento de muestro anterior sean ordenados en columnas de menor índice de columna que los elementos procedentes de un instante de tiempo posterior.

30 Un método preferido para la asignación de primeros y segundos elementos a columnas de la matriz de señal prevé que los primeros y los segundos elementos de vectores de muestreo sean ordenados en columnas de la matriz de señal de manera tal, que en una matriz con $n = 2l$ columnas, todos los primeros elementos sean ordenados en las columnas 1 a l y todos los segundos elementos en las columnas $l + 1$ a $2l$, o que los primeros y segundos elementos ($q_i, q_{i'}$) creados en el mismo instante de tiempo i sean ordenados en las columnas $2i-1$ y $2i$ y $2i$, donde $1 \leq i \leq l$.

Para poder comprobar ventajosamente diferentes variaciones de la forma periódica, se puede prever, que se asigne a la señal en cada caso una línea o varias líneas de la matriz unitaria $V^{\dagger}$ como parámetro de comparación, donde se usa, en particular, la segunda línea de la matriz unitaria $V^{\dagger}$.

35 Un ejemplo de mapeo de las distintas muestras en primeros y segundos elementos prevé que para el mapeo de la respectiva señal en el intervalo normalizado se determina el valor máximo y el valor mínimo de las muestras de la respectiva señal, donde para el valor máximo se ajusta el primer elemento a un valor de intervalo máximo, en particular al valor 1 y para el segundo elemento al valor 0 y donde para el valor mínimo, el segundo elemento se ajuste a un valor de intervalo máximo, en particular el valor 1 y el primer elemento al valor 0.

40 Una normalización de los distintos elementos de la matriz de señal prevé que toda la matriz de señal sea multiplicada por un factor de peso w que corresponde al valor recíproco de la raíz de la mitad de la cantidad elementos de matriz, en particular que se elija

$$w = \sqrt{\frac{2}{mn}}$$

donde m corresponde a la cantidad de líneas y n a la cantidad de columnas de la matriz

Para poder detectar ventajosamente señales no equidistantes en el tiempo se puede prever que previamente se fijen dentro del periodo de señal instantes de tiempo de muestreo e intervalos de muestreo equidistantes, que se determine una función de interpolación que tenga una forma de señal predefinida por los valores y el instante de tiempo de muestreo y los intervalos de muestreo y que el parámetro de comparación de la señal se determine sobre la base de otra señal que es determinada por muestreo de la función de interpolación en los instantes de tiempo de muestreo predefinidos.

Para poder comparar entre si algunas señales que han sido preparadas según la invención se puede prever que para cada una de las dos señales se determine un parámetro de comparación según una o varias de las reivindicaciones 1 a 7, y que para la comparación de las dos señales se crea un valor de distancia para ambas señales aplicando un valor de distancia a los parámetros de comparación asignados a las respectivas señales y se mantiene a disposición la medida así determinado como valor de comparación para la coincidencia de las señales.

$$D(\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2) = \sqrt{1 - |\mathbf{v}_1^\dagger \mathbf{v}_2|^2},$$

donde $\mathbf{v}_1$ es una columna de la matriz $\mathbf{V}_1^*$ asignada a la primera señal S_1 y donde $\mathbf{v}_2$ es una columna de la matriz $\mathbf{V}_2^*$ asignada a la segunda señal S_2 . Aquí $(\mathbf{V}^*)_{ij} = (\mathbf{V}_{ij})^*$.

Una determinación ventajosa de los primeros y los segundos elementos a partir de los valores de medición se puede efectuar determinando el primer elemento del vector de muestra según $q_i = \sqrt{p_i}$ y el segundo elemento según $\bar{q}_i = \sqrt{1 - p_i}$ o bien el primer elemento del vector de muestra según $q_j = e^{i\varphi_j} \sqrt{p_j}$ y el segundo elemento en particular según $q_j = e^{i\chi_j} \sqrt{1 - p_j}$.

La invención logra este objeto con un método para la identificación de transmisores interferentes de entre una cantidad de transmisores satelitales de que tienen las características distintivas que se enumeran en la reivindicación 1.

En particular se puede prever que la duración de los periodos de señal sean en cada caso de un día o un periodo de tiempo de igual longitud.

Una identificación preferida del transmisor interferente prevé que el transmisor satelital sea identificado como transmisor interferente para el cual se ha determinado un valor de distancia que indica gran coincidencia, en particular la mayor coincidencia.

Un programa para la aplicación del método de la invención puede ser almacenado en un soporte de datos.

Ejecución de la invención

A continuación, se describe más detalladamente una forma de realización preferida por medio de un ejemplo de realización.

En la Fig. 1 se ha representado una señal que consta de una cantidad de muestras E_i que fueron registradas durante un periodo de tres días con cuatro mediciones por día. Para apreciar mejor determinadas oscilaciones, en la Figura 2a se ha representado la formación de un valor medio móvil de dichas muestras. La Figura 2b representa una variación de la señal detectada en la serie de muestras de la media móvil. Las Figuras 3a y 3b muestran la duración en el tiempo de los elementos de uno de los vectores de muestra. En las Figuras 4a a 6b se representan gráficamente distintos componentes de señal de las matrices U y V . La Figura 4a muestra la primera columna de la matriz U . La Figura 4b muestra la primera columna de la matriz V . La Fig. 5a muestra la segunda columna de la matriz U y la segunda columna de la matriz V . La Fig. 6 muestra la tercera columna de la matriz U . La Fig. 7 muestra la tercera columna de la matriz V .

En la Fig. 8a se representa el valor del primer elemento del vector de la muestra en el tiempo. Los datos proceden de la estación Rugby, Gran Bretaña y muestran la trayectoria de la señal durante un mes. En la Fig. 8b se representa la segunda columna de la matriz V que es característica de dicha señal. La Fig. 9a muestra otro ejemplo de valores de señales de la misma antena con un soporte diferente en un intervalo de un mes. En la Fig. 9b se puede ver que las señales de tiempo así determinadas son muy parecidas a las representadas en la Fig. 8b. Por lo tanto, la selección del segundo vector de la matriz V es altamente característica de la respectiva estación transmisora. Las Figs. 10a, 10b, 11a y 11b se representan para compararlas con las representaciones análogas de las Figs. 8a y 8b de una estación en Kabul, Afganistán. Se comprueba fácilmente que la segunda columna de la matriz V es altamente característica de la respectiva estación transmisora.

En el ejemplo de realización preferido de la invención que se representa se desea encontrar aquella antena que fue detectada como transmisor interferente a raíz de su mal manejo, por medio de una multiplicidad de señales de antenas conocida que están almacenadas en una base de datos históricos y a partir de la cual se conocen las respectivas intensidades de señal de la antena. Este método se basa en que la intensidad de la señal de la antena varía con el tiempo debido a una multiplicidad de factores, en particular por el movimiento de los satélites, las condiciones atmosféricas y climáticas, así como por cambios en la intensificación de las señales o la orientación de las antenas con respecto a la estación del puerto uplink. Se ha comprobado que en algunas estaciones transmisoras existen determinados patrones de variación de la intensidad de la señal, las que son características de una determinada antena. Con el ejemplo de realización preferido de la invención que se representa se encuentra una

signatura para la variación de la intensidad de la señal de la estación transmisora y para cada uno de los portadores y se determina una característica de la antena del puerto uplink.

El punto de partida del método que se representa son señales en forma de intensidades de señal de un portador durante un intervalo de tiempo determinado, donde se determina la intensidad de la señal en instantes de tiempo de detección equidistantes y se almacenan los valores así creados. En el caso que no hayan sido dados los instantes de tiempo de detección equidistantes para la determinación de la intensidad de la señal o solamente se disponga de valores de medición detectados en instantes de tiempo no equidistantes, se puede llevar a cabo una interpolación, de manera de disponer de señales que contengan muestras de la intensidad de señal en instantes de tiempo de detección equidistantes.

En un paso siguiente, se normalizan las señales. En la normalización que se describe a continuación, se calcula primeramente la media móvil de la respectiva señal. A continuación, se resta este valor de la respectiva señal. La Fig. 1 muestra el respectivo conjunto de datos de la señal en bruto. Los valores de la señal describen la densidad de potencia de la respectiva señal en forma de una potencia radiante isotrópica, equivalente. La Fig. 2b muestra la señal que resulta cuando el valor medio móvil se resta de la respectiva señal.

Para la normalización se hace uso de una función de normalización que mapea las diferentes muestras E_i en un rango de valores de entre 0 y 1. En lugar de la normalización que se describió aquí, también se pueden usar otros diferentes tipos normalización. De allí que sea posible usar por ejemplo, una función de valor umbral para los diferentes valores, para ajustar los valores que son superiores a 1 o inferiores a 0 al respectivo valor umbral máximo o mínimo.

Después de este mapeo de las muestras E_i en el intervalo normalizado dado se dispone de muestras normalizadas p_i . En el presente ejemplo de realización, la señal S es dada por el vector de valores $E = (E_1, E_2, \dots, E_N)$. Las muestras normalizadas p_i se determinan de acuerdo con la regla $p_i = (E_i + E_{\max}) / (2 E_{\max})$. Aquí, $E_{\max}$ representa el valor máximo del conjunto de valores que se presentan en el vector E para toda la señal; E_i representa cada uno de los elementos del vector E . De allí en adelante, para cada elemento E_i con $1 \leq i \leq N$ se dispones de una muestra normalizada p_i .

En un paso siguiente se crea, para cada muestra normalizada p_i , un vector de muestra q_i con dos elementos. En el presente ejemplo de realización, los diferentes vectores de muestras serán q_i según:

$$q_i = \begin{pmatrix} q_i \\ \bar{q}_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sqrt{p_i} \\ \sqrt{1 - p_i} \end{pmatrix}$$

Debido a este valor concreto predefinido, cada vector de muestra q tiene una norma de 1, independientemente de cuán grande sea el valor de muestra E_i .

$$\|q_i\| = \sqrt{q_i^T q_i} = 1$$

A raíz de esta transformación especial, q representa un determinado estado de un sistema cuántico de dos estados que es conocido en el contexto de la teoría de la información cuántica como cubit o "bit cuántico".

En la Fig. 1 se ha representado una señal que consiste en una cantidad de muestras E_i que fueron tomadas en el transcurso de tres días con cuatro mediciones por día. Para poder apreciar mejor las oscilaciones de la señal, en la Fig. 2a se representa la formación continua de un valor medio de la señal. La Fig. 2b muestra las variaciones del valor medio móvil de la señal detectada.

En otro paso siguiente se crea una matriz de señal M a partir de las diferentes muestras normalizadas p_i . Para esto se fija primeramente una duración del periodo de la señal, la que en el presente ejemplo de realización es de 24 hs. Naturalmente que en lugar de un día se pueden seleccionar múltiples días o partes de un día como duración del periodo de la señal. El uso de una duración del periodo de señal de 24 hs está perfectamente justificado en relación

con la periodicidad de las señales de los satélites, ya que la posición de los satélites geoestacionarios varía sustancial con un ritmo día/noche, dado que describen un circuito de 24 hs alrededor de la tierra. En el presente ejemplo de realización se usan los distintos vectores de muestra q_i que fueron detectados en el transcurso de un mismo día con respecto a un determinado punto de la tierra. Cada vector de muestra q_i presenta dos elementos q_i , q_{ir} que proceden del mismo periodo de señal. Estos elementos q_i , q_{ir} se inscriben en la misma línea de la matriz de líneas M . Los primeros y segundos elementos q_i , q_{ir} de vectores de muestreo q_i , los que fueron determinados en un determinado instante de tiempo con respecto al principio del respectivo periodo de señal, se disponen en cada caso en la misma columna de la matriz de señal M , donde en cada caso se prevén columnas separadas para el primero y el segundo elemento q_i , q_{ir} . En este caso, una línea de la matriz de señal M , que se denomina w_j comprende, en cada caso, todos los elementos de un vector de muestra q_i , que fueron determinados el mismo día a partir de muestras. El índice j , que representa el índice de líneas de la matriz de señal M designa en cada caso el día o el periodo de señal en que fue determinado el respectivo vector de muestra q_i y $1 \leq j \leq m$. En el presente ejemplo de realización los diferentes días se ordenan en orden cronológico en la matriz de señal M en carácter de vectores de línea w_j . Sin embargo, esto no es obligatorio, de manera que también es posible un orden diferente de los distintos vectores w_j en la matriz de señal M . Antes de la entrada de los distintos elementos de los vectores de muestra q_i o del vector w_j en la matriz de señal M , los vectores también se normalizan con un valor de peso, de manera que cada vector de líneas w_j en cada caso cumple la condición siguiente.

$$\|w_j\| = \sqrt{w_j^T w_j} = 1$$

En una forma de realización preferida de la invención, el vector de líneas w_j resulta:

$$w_j = \frac{1}{\sqrt{l}} (q_{(j-1)l+1}, q_{(j-1)l+2}, \dots, q_{jl}, \bar{q}_{(j-1)l+1}, \bar{q}_{(j-1)l+2}, \dots, \bar{q}_{jl})$$

En cada caso, los vectores de línea disponen del doble de entradas de muestras p_i por muestras por periodo de señal. Si, como en este caso, se dispone de $l=4$ valores de medición para un día, el vector de líneas w_j tiene una cantidad de $n=2l=8$ de entradas. En el presente ejemplo de realización se usan valores de medición de 3 periodos de señal sucesivos, específicamente de tres días sucesivos. Los diferentes vectores línea w_1 , w_2 , w_3 de la matriz de señal S resultan como sigue:

$$w_1 = \frac{1}{\sqrt{4}} (q_1, q_2, q_3, q_4, \bar{q}_1, \bar{q}_2, \bar{q}_3, \bar{q}_4)$$

$$w_2 = \frac{1}{\sqrt{4}} (q_5, q_6, q_7, q_8, \bar{q}_5, \bar{q}_6, \bar{q}_7, \bar{q}_8)$$

$$w_3 = \frac{1}{\sqrt{4}} (q_9, q_{10}, q_{11}, q_{12}, \bar{q}_9, \bar{q}_{10}, \bar{q}_{11}, \bar{q}_{12})$$

Los distintos valores asignados a la matriz de medición M se vuelven a dividir por la raíz de las líneas disponibles w_j . Esto hace que resulte un vector de medición s que contiene todos los elementos de la matriz de valores de medición M de la forma

$$s = \frac{1}{\sqrt{3}} (w_1 \oplus w_2 \oplus w_3)$$

$$s = \frac{1}{\sqrt{12}} (q_1, q_2, q_3, q_4, \bar{q}_1, \bar{q}_2, \bar{q}_3, \bar{q}_4, q_5, q_6, q_7, q_8, \bar{q}_5, \bar{q}_6, \bar{q}_7, \bar{q}_8, q_9, q_{10}, q_{11}, q_{12}, \bar{q}_9, \bar{q}_{10}, \bar{q}_{11}, \bar{q}_{12})$$

presenta la norma 1.

Para poder determinar un parámetro de comparación relevante para la característica de una señal detectada S , se puede llevar a cabo una descomposición de Schmidt. Se determina la variación de la señal en 24 hs, efectuando una descomposición Schmidt del vector de valores de medición s de acuerdo con la siguiente fórmula y como resultado de la descomposición Schmidt de s se determinan los valores α y los vectores u_i , v_i .

$$s = \sum_{i=1}^k \alpha_i u_i \otimes v_i$$

donde los vectores u_i son vectores ortonormales de magnitud m , y v_i son vectores ortonormales de magnitud n y los valores escalares α_i tienen un valor superior a 0 y son $k = \min\{m, n\}$.

- 5 Por eso se describe a continuación una forma general en la que están a disposición todas las señales de m días, donde están a disposición para cada día $n = 2l$ elementos de vectores de muestreo, es decir, muestras l :

$$M = \begin{pmatrix} s_1 & s_2 & \cdots & s_n \\ s_{n+1} & s_{n+2} & \cdots & s_{2n} \\ s_{2n+1} & s_{2n+2} & \cdots & s_{3n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{(m-1)n+1} & s_{(m-1)n+2} & \cdots & s_{mn} \end{pmatrix}$$

En el presente ejemplo de realización, la matriz de valores de medición M tiene entonces la siguiente forma:

$$M = \frac{1}{\sqrt{12}} \begin{pmatrix} q_1 & q_2 & q_3 & q_4 & \bar{q}_1 & \bar{q}_2 & \bar{q}_3 & \bar{q}_4 \\ q_5 & q_6 & q_7 & q_8 & \bar{q}_5 & \bar{q}_6 & \bar{q}_7 & \bar{q}_8 \\ q_9 & q_{10} & q_{11} & q_{12} & \bar{q}_9 & \bar{q}_{10} & \bar{q}_{11} & \bar{q}_{12} \end{pmatrix}$$

- 10 Este ejemplo de realización que se representa aquí muestra un ejemplo de una matriz de valores de medición M en el que en tres periodos de señal están a disposición en cada caso cuatro muestras p_i . Sin embargo, no es necesaria una limitación de este tipo. Gracias a la descomposición singular de valores puede obtenerse la matriz M como producto de matriz de tres matrices:

$$M = USV^\dagger$$

- 15 donde U y V son matrices unitarias. Los vectores de columna de la matriz U son los vectores u_i y los vectores de línea de la matriz $V^\dagger$ son los vectores v_i .

Cada línea de la matriz M describe una trayectoria de 24 horas de la señal, con lo cual se determinan, por medio de la descomposición Schmidt, señales características propias para la respectiva señal, las que están contenidas en los vectores v_i .

- 20 Una implementación numérica ventajosa se describe en E. Anderson, Z. Bai, C. Bischof, S. Blackford, J. Demmel, J. Dongarra, J. Du Croz, A. Greenbaum, S. Hammarling, A. McKenney, y D. Sorensen LAPACK, Users' Guide, Society for Industrial and Applied Mathematics, Filadelfia, PA, tercera edición, 1999.

- 25 En el presente ejemplo de realización, la matriz U es una matriz 3x3, la matriz S una matriz 3x8 y la matriz V una matriz 8x8. La matriz U o sus columnas muestran en cada caso la variación de la señal que se presenta en los diferentes periodos de señal. La matriz $V^\dagger$ o sus líneas muestra diferentes componentes y variaciones dentro de un periodo de señal. Dado que para determinados tipos de transmisores pueden ser características oscilaciones y variaciones día/noche, como se ha dicho más arriba, las contenidas en la matriz $V^\dagger$ son oscilaciones características, día/noche del respectivo transmisor que son particularmente relevantes para la caracterización numérica de los transmisores, mientras que los cambios a lo largo de varios días de duración son de significación más bien secundaria. Por esta razón es ventajoso representar los diferentes vectores de línea de la matriz $V^\dagger$ para la
- 30 caracterización de las señales S descriptas por la matriz de señal M .

En las Figs. 4 a 7 se han representado gráficamente diferentes componentes de señal de las matrices U y $V^\dagger$. La Fig. 4a muestra la primera columna de la matriz U y la Fig. 4b la primera línea de la matriz $V^\dagger$. La Fig. 5a muestra la segunda columna de la matriz U y la Fig. 5b muestra la segunda línea de la matriz $V^\dagger$. La Fig. 6 muestra la tercera columna de la matriz U . La Fig. 7 muestra la tercera línea de la matriz $V^\dagger$.

- 35 Se ha comprobado que en 24 horas, el primer vector de línea de la matriz $V^\dagger$ contiene la mayor parte de las variaciones de la señal que no son particularmente características de la respectiva unidad transmisora o antena uplink. Para ésta es particularmente característico el segundo vector de línea de la matriz $V^\dagger$, que en el presente ejemplo de realización se usa como signatura para otras comparaciones de señal.

5 Por lo tanto se determinó un parámetro característico de comparación para las señales S determinadas a partir de los datos satelitales que permite una simple comparación entre estas señales. En este caso se representa un ejemplo de realización especial de una comparación de este tipo, en el que se parte de la suposición que ya se dispones de los correspondientes parámetros de comparación característicos de los distintos transmisores satelitales. Si se presenta una interferencia, se puede determinar también para ésta un parámetro característico según la misma regla. En este caso, estos dos parámetros característicos de comparación se denominan r y s . Para obtener una medida para estas diferencias entre los dos parámetros se puede usar, por ejemplo, la siguiente regla de determinación de medida:

$$D(r, s) = \sqrt{1 - |\langle r, s \rangle|^2}$$

10 Gracias a la elección especial de esta medida de distancia se puede establecer que los vectores idénticos tienen un valor de distancia de 0, mientras que los vectores que son ortogonales entre si, presentan en cada caso una distancia mutua máxima de 1. Si las signaturas o los parámetros característicos de comparación presentan un valor bajo, se puede partir del hecho que los dos parámetros característicos de comparación proceden de la misma antena.

15 Si se dispone de una base de datos de antenas conocidas también se puede comprobar fácilmente de dónde procede la interferencia.

20 Para el presente ejemplo de realización, cuyos resultados se han volcado en una siguiente tabla, se usaron señales de once antenas de seis diferentes ciudades, aunque de algunas estaciones se determinaron y usaron varias señales. Como surge claramente de la Tabla, los resultados de comparación marcados con líneas dobles, en los cuales se compararon entre si señales de las mismas antenas, presentan valores muy bajos, mientras que las comparaciones entre las señales características de antenas diferentes presentan valores muy elevados, en particular superiores a 0,75. De esta manera es posible diferenciar entre si fácilmente señales de diferente procedencia y también asignar interferencias simplemente a un transmisor determinado. En cambio, las señales que proceden de un mismo transmisor, presentan en esta Tabla valores que están muy por debajo de aquellos.

C	Antenna Code	D(J1)	D(K1)	D(K3)	D(K4)	D(K5)	D(K7)	D(L1)	D(M1)	D(M3)	D(R1)	D(T1)
J1	ISR-JER-006	0	0,932	0,995	1	1	0,997	1	0,983	0,99	0,999	0,992
J2	ISR-JER-006	0,062	0,93	0,995	1	1	0,998	1	0,984	0,991	0,999	0,991
K1	AFG-KAB-008	0,932	0	0,892	0,986	0,999	1	0,978	0,941	0,981	1	1
K2	AFG-KAB-008	0,911	0,425	0,908	0,982	0,993	1	0,979	0,95	0,977	0,999	1
K3	AFG-KAB-142	0,995	0,892	0	1	1	1	0,991	0,994	1	1	1
K4	AFG-KAB- 040	1	0,986	1	0	1	0,999	1	1	0,999	0,994	0,996
K5	AFG-KAB- 135	1	0,999	1	1	0	0,995	0,987	0,996	0,996	0,995	1
K6	AFG-KAB-135	0,996	0,999	0,999	1	0,643	0,983	0,983	0,994	0,996	0,998	1
K7	AFG-KAB-063	0,997	1	1	0,999	0,995	0	0,989	0,87	1	1	0,999
L1	POR-LIS-005	1	0,978	0,991	1	0,987	0,989	0	0,993	1	0,999	1
M1	POL-MMI-001	0,983	0,941	0,994	1	0,996	0,87	0,993	0	0,924	1	0,989
M2	POL-MMI-001	0,992	0,981	1	1	0,995	0,795	0,998	0,377	0,979	1	0,996
M3	POL-MMI-006	0,99	0,981	1	0,999	0,996	1	1	0,924	0	0,999	0,893
R1	UKI-RBY-006	0,999	1	1	0,994	0,995	1	0,999	1	0,999	0	0,995
R2	UKI-RBY-006	0,996	1	1	0,995	0,995	1	0,999	1	0,997	0,225	0,997
R3	UKI-RBY-006	0,998	0,999	1	0,995	0,994	1	1	1	0,996	0,227	0,996
R4	UKI-RBY-006	0,998	1	1	0,996	0,994	1	0,999	1	0,997	0,22	0,998
R5	UKI-RBY-006	0,997	1	1	0,996	0,994	1	0,999	1	0,997	0,206	0,994
R6	UKI-RBY-006	0,999	0,999	1	0,995	0,994	1	1	1	0,998	0,191	0,996
T1	ITA-TOR-022	0,992	1	1	0,996	1	0,999	1	0,989	0,893	0,995	0

La medida de distancia que se usa en el presente ejemplo de realización y la formación de los distintos elementos del vector de muestra no deben entenderse como concluyentes. Naturalmente que es posible usar, en lugar de los vectores distancia reales usados q_i , vectores muestra de valor complejo q_i y obtener así información adicional sobre el estado de las distintas señales. De allí que en lugar de la regla de formación del vector de muestra q que se ha mencionado, se pueda usar un vector de muestra alternativo, como el siguiente:

$$q = \begin{pmatrix} e^{i\phi} \sqrt{p} \\ e^{i\chi} \sqrt{1-p} \end{pmatrix}$$

Para poder determinar la coincidencia de dos vectores con números complejos, se puede usar una regla aritmética alternativa en lugar de la formación del producto interno usado para cifras reales.

$$10 \quad \langle r, s \rangle = r^\dagger s$$

Con este tipo de formación de un producto interno también es posible, obtener una distancia según la conocida fórmula

$$D(r, s) = \sqrt{1 - |\langle r, s \rangle|^2}$$

Es indicado en este caso para el vector muestreo q

$$15 \quad \|q\| = \sqrt{q^\dagger q} = 1$$

Más arriba se utilizaron los términos “descomposición Schmidt” y “descomposición singular de valor”. Estos dos métodos se diferencian exclusivamente por la disposición de los datos: la descomposición Schmidt opera sobre la base de vectores s y la descomposición singular de valor opera sobre la base de una matriz M . Los valores contenidos en el vector s y en la matriz M son numéricamente idénticos, lo mismo que los vectores v_i y la matriz V .

REIVINDICACIONES

1. Un método para identificar transmisores interferentes de entre una pluralidad de transmisores satelitales conocidos, en el que se determina para cada transmisor satelital presente, una señal de muestreo (S), en particular equidistante, de la respectiva intensidad de la señal y se determina para esta señal (S) un parámetro de comparación para el transmisor, en el cual:
- 5 a) la señal (S) es subdividida en una cantidad de periodos de señal consecutivos de igual longitud predefinida,
- b) cada uno de los valores de muestreo (E_i) se mapea por medio de una función de normalización constante y monótona creciente o decreciente en un valor de muestra normalizado (p_i) dentro de un intervalo normalizado dado, en particular el intervalo entre 0 y 1,
- 10 c) para cada uno de los valores de muestra normalizados (p_i) se crea un vector de muestra (q_i) con dos elementos, cuyo primer elemento (q_i) corresponde al valor de muestreo normalizado (p_i) y cuyo segundo elemento ($q_{i'}$) se selecciona de manera tal que una norma de vector aplicada al vector de muestra (q_i) da el valor 1,
- d) los elementos (q_i , $q_{i'}$) de los vectores de muestreo (q_i) son entrados en cada caso en una matriz de señal (M), donde los elementos procedentes del mismo periodo de señal se inscriben en cada caso en la misma línea de la matriz de señal (M),
- 15 e) los primeros y segundos elementos (q_i , $q_{i'}$) de vectores de muestreo (q_i), que fueron determinados en un instante de tiempo específico de muestreo en relación con los valores de muestreo (E_i , p_i), determinado al principio del respectivo periodo de señal, están ordenados en cada caso en la misma columna de la matriz de señal (M), donde se prevé en cada caso, una columna separada para el primer elemento y otra para el segundo elemento (q_i , $q_{i'}$),
- 20 f) los elementos de la matriz de señal (M) se normalizan de manera tal que la aplicación de una norma de vector predefinida a la señal de matriz (M) siempre da el valor 1.
- g) se lleva a cabo una descomposición de valor singular de la matriz de señal (M), en la cual la matriz de señal se descompone en la siguiente representación de producto,
- $$M = USV^\dagger$$
- 25 donde U y V son en cada caso, matrices unitarias, y
- h) para preparar la respectiva señal (S) para la comparación, una o más líneas de la matriz unitaria $V^\dagger$ determinada para la respectiva señal (S) se usa como parámetro de comparación y se asigna a la respectiva señal (S),
- donde al detectar un transmisor interferente para la señal emitida por el transmisor interferente se determina en cada caso por muestreo, en particular equidistante, la respectiva intensidad de la señal y también se determina un parámetro de comparación para dicha señal interferente de acuerdo con los pasos a) - h), donde se usa el mismo método para la determinación del parámetro de comparación para la respectiva señal y el parámetro de comparación para la señal interferente,
- 30 - donde el parámetro de comparación del transmisor interferente se compara con cada uno de los parámetros de comparación de los transmisores y en cada caso se mantiene disponible un valor de medida lo que indica cuán grande es la coincidencia de la señal del transmisor interferente con la señal del respectivo transmisor satelital.
- 35 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque los primeros y los segundos elementos (q_i , $q_{i'}$) de los vectores de muestreo (q_i) son ordenados, en cada caso, en columnas de la matriz de señal (M), de manera tal que
- los primeros elementos (q_i), que proceden de un instante de tiempo de muestreo anterior se disponen en cada caso en columnas que tienen un índice de columna más pequeño que el índice de columna (q_j) que procede de un instante de tiempo de muestreo posterior y
- 40 - los segundos elementos ($q_{i'}$), que proceden de un instante de tiempo de muestreo anterior se disponen en cada caso en columnas que tienen un índice de columna más pequeño que los segundos elementos ($q_{j'}$), que proceden de un instante de tiempo de muestreo posterior.

3. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque los primeros y los segundos elementos (q_i, q_j) de vectores de muestreo (q_i) son ordenados en cada caso en columnas de la matriz de señal (M) de manera tal que en una matriz de señal con $n = 2l$ columnas,

5 - todos los primeros elementos (q_i) son ordenados en las columnas 1 a l y todos los segundos elementos en las columnas $1+l$ a $2l$

o

- los primeros y segundos elementos (q_i, q_j) creados en el mismo instante de tiempo de muestreo i se ordenan en cada caso en las columnas $2i-1$ y $2i$ donde $1 \leq i \leq l$.

10 4. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque a cada señal (S) se asigna en cada caso, una línea o múltiples líneas de la matriz unitaria V^t como parámetro de comparación, donde se usa en particular la segunda línea de la matriz unitaria V^t

5. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque para el mapeo de la respectiva señal (S) en el intervalo normalizado se determina el valor máximo y el valor mínimo de los valores de muestreo (E_i) de la respectiva señal (S),

15 - donde, para el valor de muestreo máximo (E_i), el primer elemento (q_i) se ajusta a un valor de intervalo máximo, en particular el valor 1 y el segundo elemento (q_j) se ajusta al valor 0, y

- donde, para el valor de muestreo mínimo (E_i), el segundo elemento (q_j) se ajusta al valor de intervalo máximo, en particular el valor 1, y el primer elemento (q_i) se ajusta al valor 0.

20 6. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque toda la matriz de señal (M) se multiplica por un factor de peso w que corresponde al valor inverso de la raíz de la mitad de la cantidad de elementos de la matriz, en particular que se elija

$$w = \sqrt{\frac{2}{mn}}$$

donde m corresponde a la cantidad de líneas y n a la cantidad de columnas de la matriz (M)

7. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque

25 - se predefinen instantes de tiempo de muestreo e intervalos de muestreo equidistantes dentro del periodo de la señal,

- se determina para la señal, una función de interpolación que tiene una forma de señal predefinida por los valores de señal y el instante de tiempo de muestreo y los intervalos de muestreo y

30 - el parámetro de comparación para la señal es determinado sobre la base de una señal siguiente, que es determinada por el muestreo de la función de interpolación en el instante de tiempo de muestreo predefinido.

8. Un método para la comparación de dos señales (S_1, S_2) que tiene una duración predefinida de los periodos de señal caracterizado porque

a) se determina un parámetro de comparación en cada caso para las dos señales (S_1, S_2) de acuerdo con una o más reivindicaciones 1 a 7, y

35 b) se crea un valor de distancia $D(S_1, S_2)$ para comparar las dos señales (S_1, S_2) aplicando un valor de distancia a los parámetros de comparación asignados a las respectivas señales (S_1, S_2) y manteniendo disponible el así determinado valor de distancia como valor de comparación para la coincidencia de las señales (S_1, S_2)

$$D(v_1, v_2) = \sqrt{1 - |v_1^\dagger v_2|^2},$$

donde v_1 es una columna de la matriz V_1^* asignada a la primera señal S_1 y donde v_2 es una columna de la matriz V_2^* asignada a la segunda señal S_2 .

Aquí $(V^*)_{ij} = (V^*)_{ji}$.

9. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque

5 a) el primer elemento (q_i) del vector de muestra es determinado según $q_i = \sqrt{p_i}$

y el segundo elemento (q_i) es determinado, en particular, por $\bar{q}_i = \sqrt{1 - p_i}$

o

b) el primer elemento (q_j) del vector de muestra es determinado según $q_j = e^{i\varphi_j} \sqrt{p_j}$

y el segundo elemento (q_j) es determinado, en particular según $q_j = e^{i\chi_j} \sqrt{1 - p_j}$.

10 10. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque como duración del periodo de la señal se usa en cada caso un día o un periodo de tiempo de igual duración.

11. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque se identifica como transmisor interferente un transmisor satelital para el cual se ha determinado un valor de distancia que indica un alto grado de coincidencia, en particular la mayor coincidencia

15 12. Un soporte de datos en el cual se encuentra almacenado un programa para la ejecución de un método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.

FIG 1

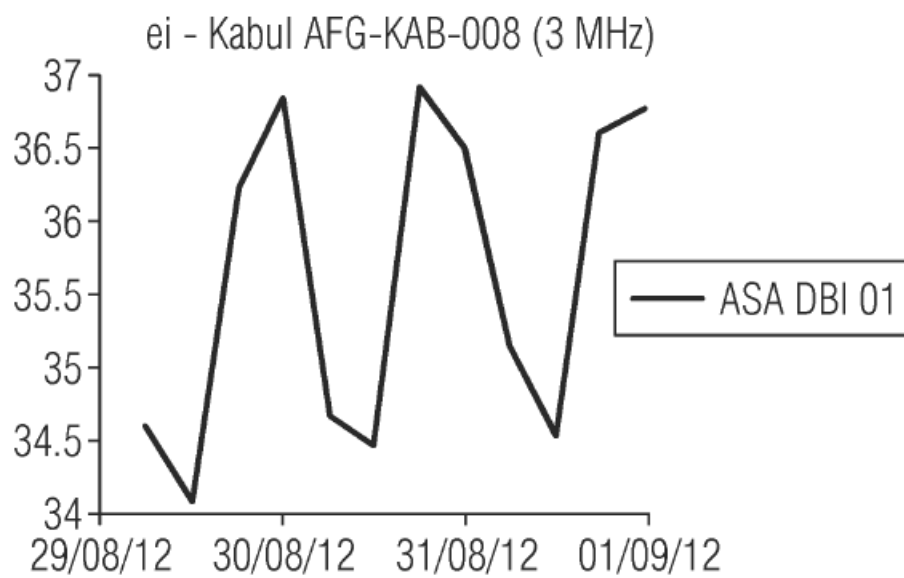


FIG 2A

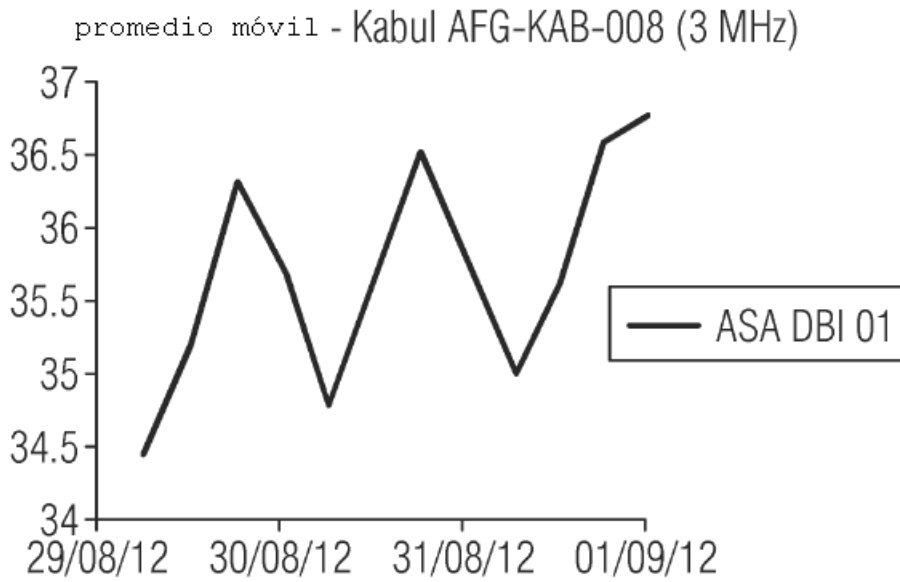


FIG 2B

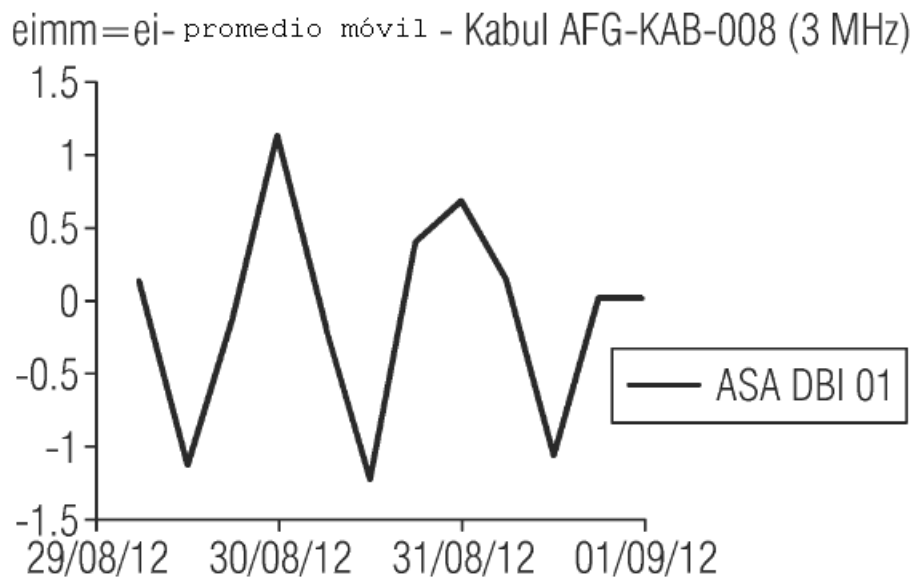


FIG 3A

$q(:, 1, 1):q=R2Q(rango, eimm)$ - Kabul AFG-KAB-008 (3 MHz)

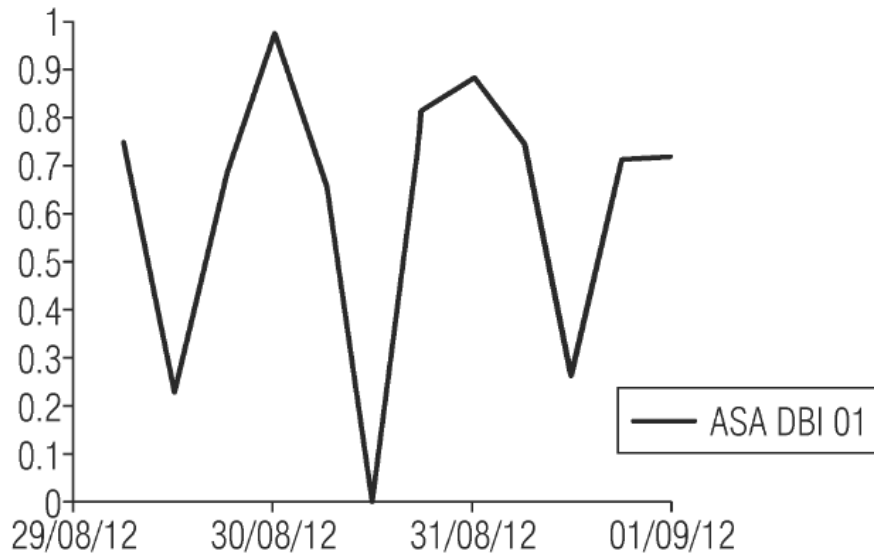


FIG 3B

$q(:, 1, 2):q=R2Q(rango, eimm)$ - Kabul AFG-KAB-008 (3 MHz)

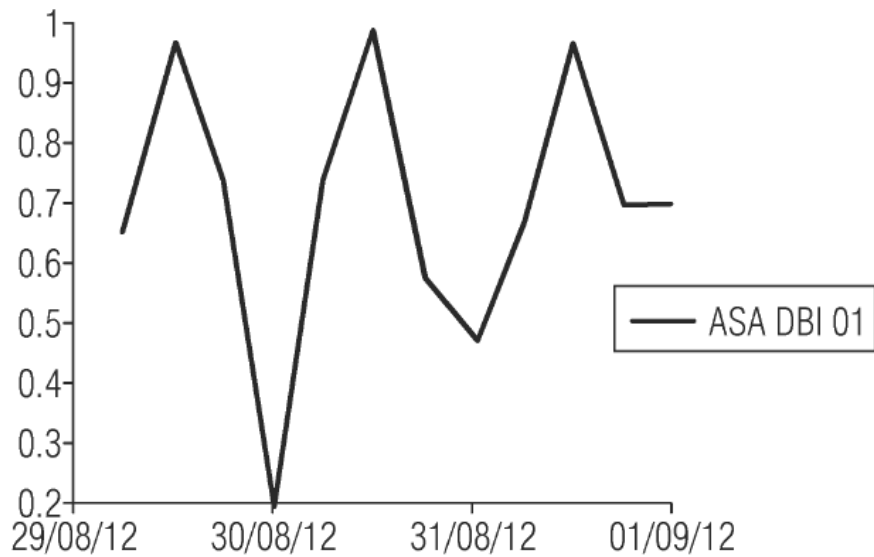


FIG 4A

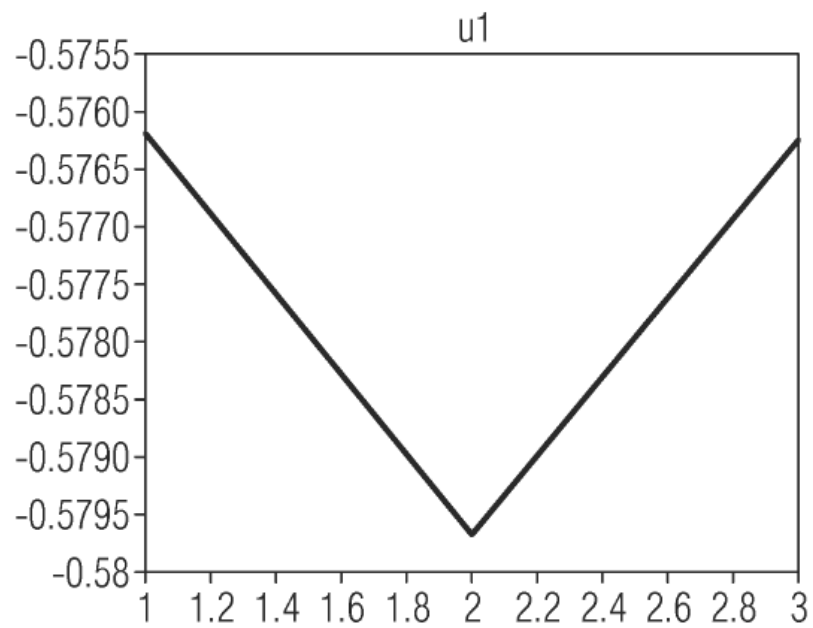


FIG 4B

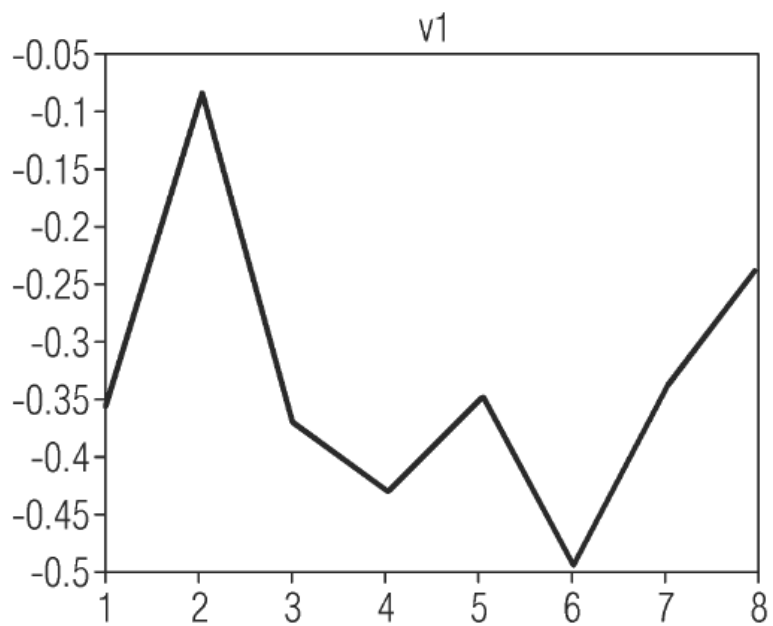


FIG 5A

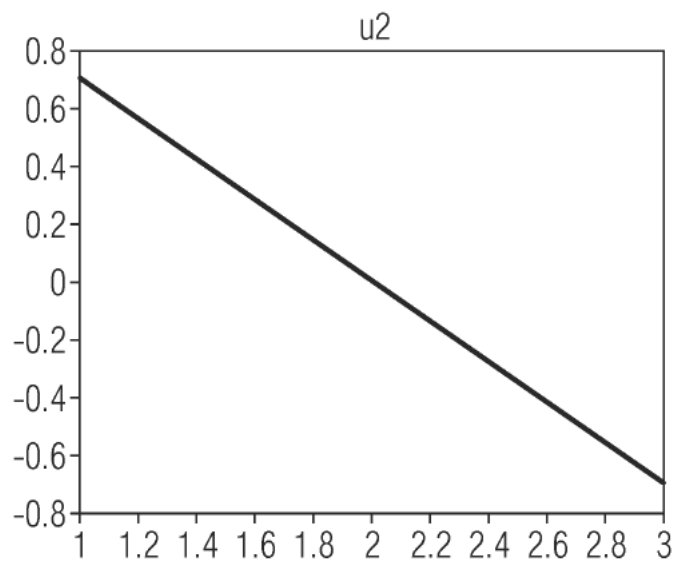


FIG 5B

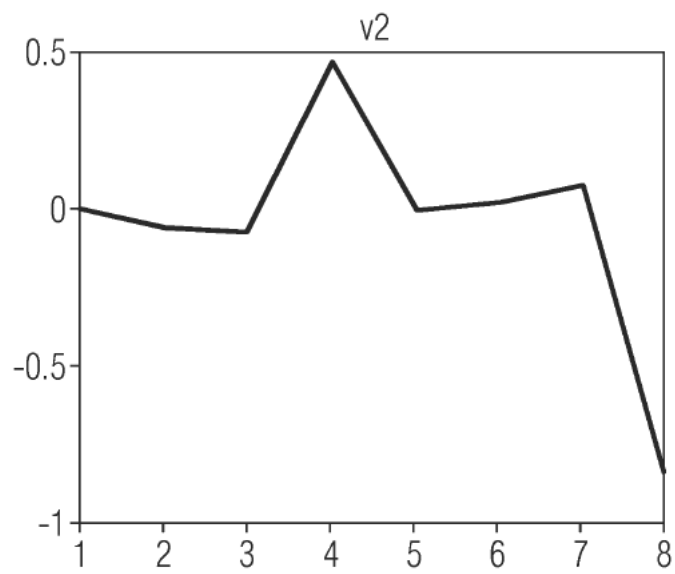


FIG 6

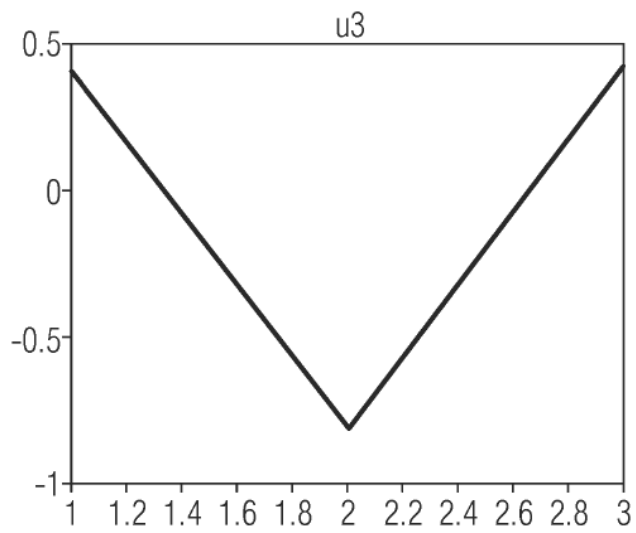


FIG 7

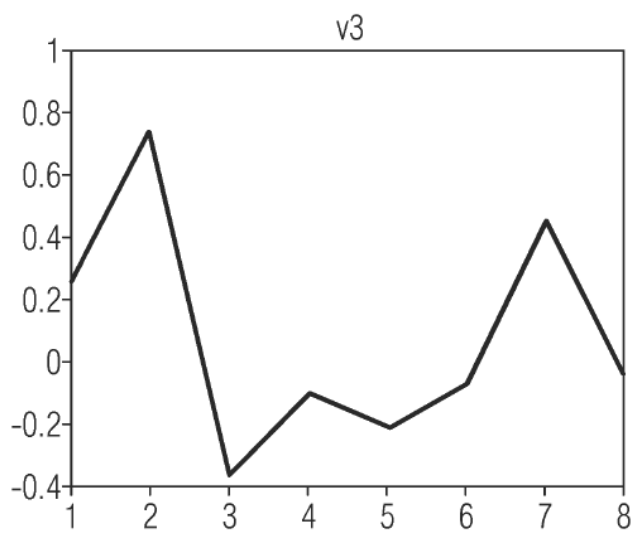


FIG 8A

$q(:, 1, 1):q=R2Q(rango, eimm)$ - Rugby UKI-RBY-006 (C0001)

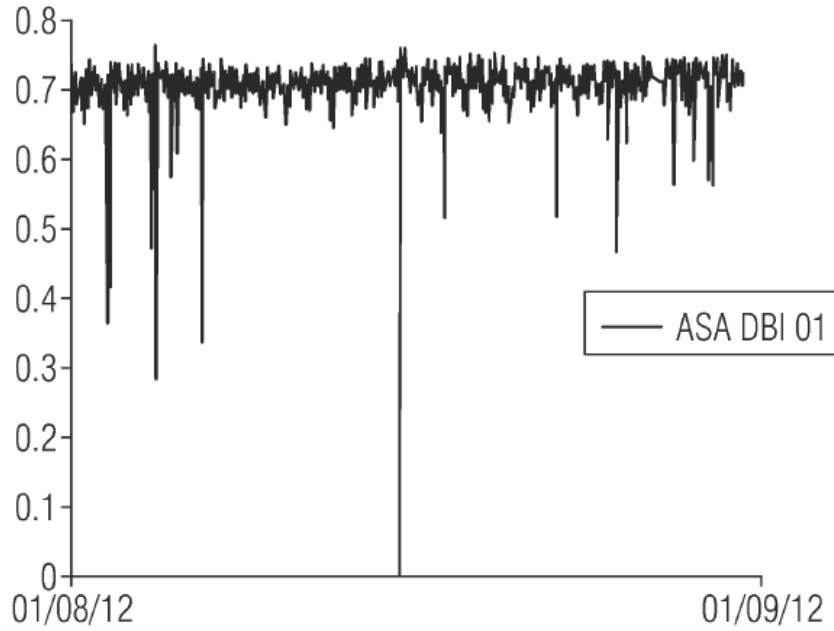


FIG 8B

$R. u(:, 2)$ - Rugby UKI-RBY-006 (C0001)

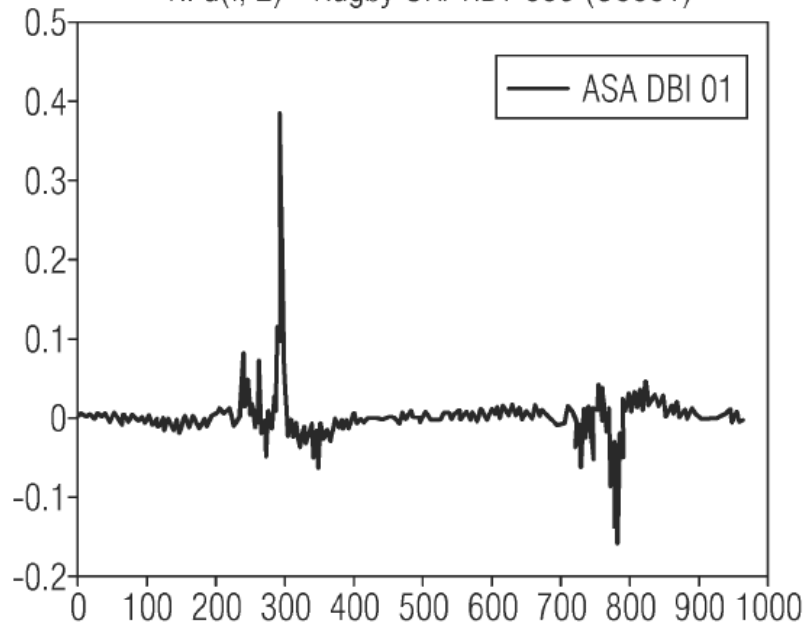


FIG 9A

$q(:, 1, 1):q=R2Q(rango, eimm)$ - Rugby UKI-RBY-006 (C0004)

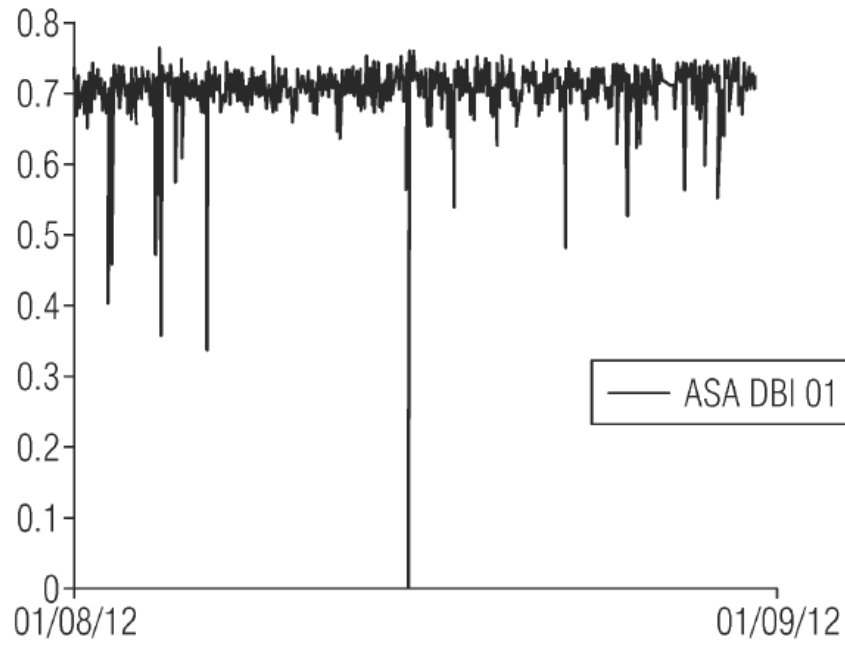


FIG 9B

$R. u(:, 2)$ - Rugby UKI-RBY-006 (C0004)

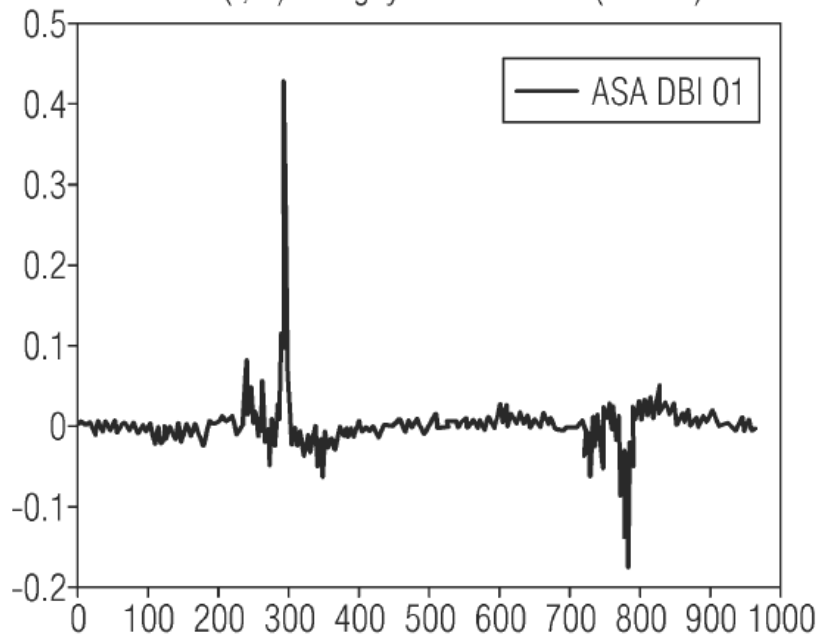


FIG 10A

$q(:, 1, 1):q=R2Q(rango, eimm)$ - Kabul AFG-KAB-008 (3 MHz)

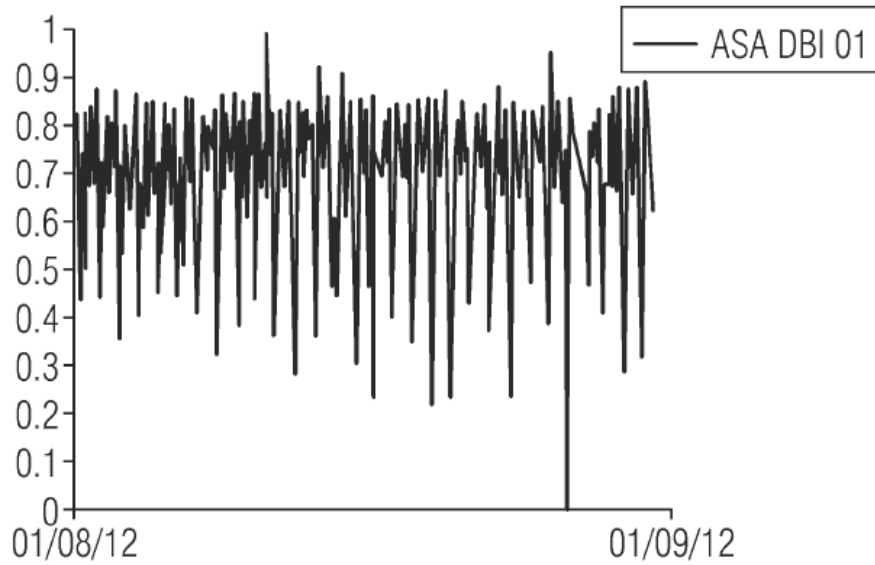


FIG 10B

R. $u(:, 2)$ - Kabul AFG-KAB-008 (3 MHz)

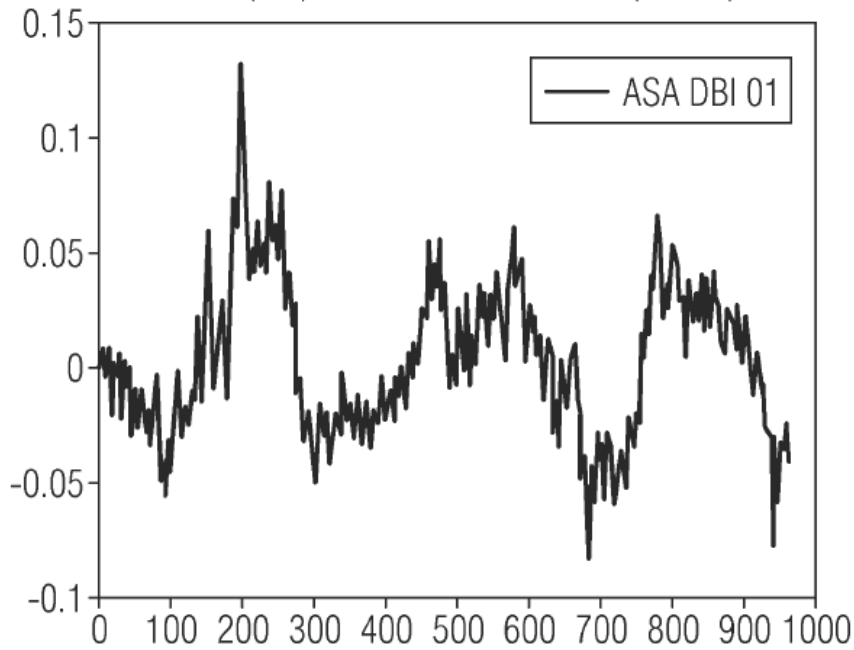


FIG 11A

$q(:, 1, 1):q=R2Q(rango, eimm)$ - Kabul AFG-KAB-008 (7 MHz)

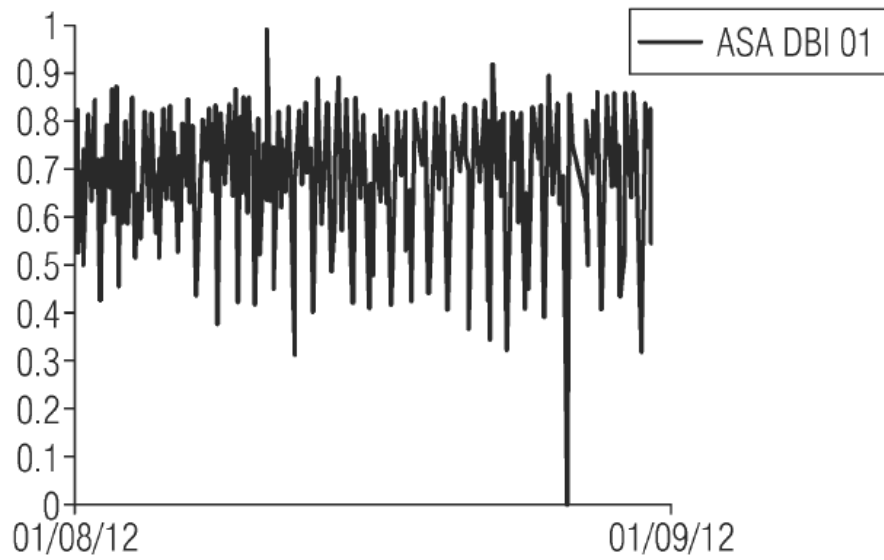


FIG 11B

$R. u(:, 2)$ - Kabul AFG-KAB-008 (7 MHz)

