

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
22 janvier 2009 (22.01.2009)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2009/010563 A1

- (51) Classification internationale des brevets :  
H04L 27/00 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2008/059395
- (22) Date de dépôt international : 17 juillet 2008 (17.07.2008)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
07/56529 17 juillet 2007 (17.07.2007) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : COM-  
MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR]; 25,  
rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR).
- (72) Inventeur; et
- (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : JALLON,  
Pierre [FR/FR]; 43, boulevard Vallier, F-38100 Grenoble  
(FR).
- (74) Mandataire : ILGART, Jean-Christophe; Brevaux, 3,  
rue du Docteur Lancereaux, F-75008 Paris (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,  
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG,  
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL,  
IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK,  
LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW,  
MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,  
RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD OF DETECTING PRESENCE OF SPECTRALLY SPREAD SIGNALS

(54) Titre : MÉTHODE DE DÉTECTION DE PRÉSENCE DE SIGNAUX ÉTALÉS SPECTRALEMENT

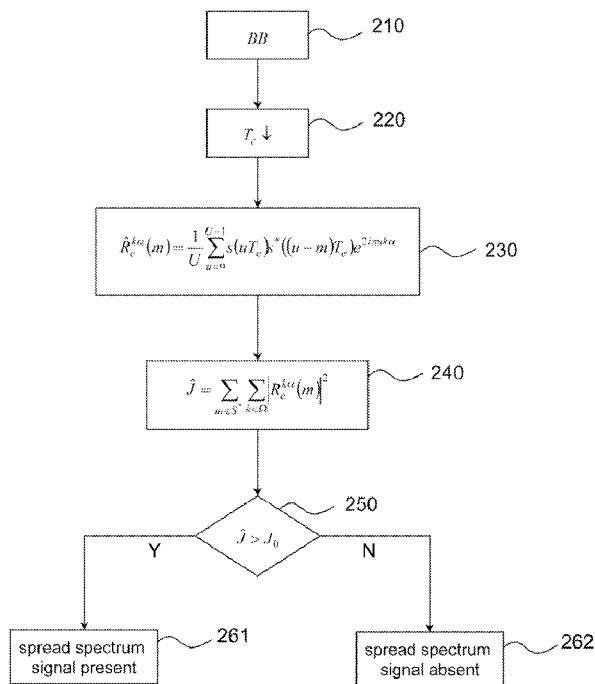


Fig. 2

$$(R_c^{k\alpha}(m)) \quad (I)$$

(57) Abstract: The present invention relates to a method of detecting the presence or absence of a spectrally spread signal in a frequency band of interest of a signal received, in which: - the autocorrelation function of said signal received is calculated for a set ( S\* ) of non zero values of time shift (m); - at least one cyclic correlation coefficient Formula (I) of the autocorrelation function is determined for said time shift values; - the energy of the autocorrelation function is estimated on the basis of the quadratic sum of the values taken by said cyclic correlation coefficient for said time shift values; the energy thus estimated is compared with a predetermined threshold value and the presence or absence of said spectrally spread signal in the signal received is deduced from the result of the comparison.

(57) Abrégé : La présente invention concerne une méthode de détection de présence ou d'absence d'un signal étalé spectralement dans une bande de fréquence d'intérêt d'un signal reçu, dans laquelle : - on calcule la fonction d'autocorrélation dudit signal reçu pour un ensemble ( S\* ) de valeurs non nulles de décalage temporel (m); - on détermine au moins un coefficient de corrélation cyclique Formule (I) de la fonction d'autocorrélation pour lesdites valeurs de décalage temporel; - on estime l'énergie de la fonction d'autocorrélation à partir de la somme quadratique des valeurs prises par ledit coefficient de corrélation cyclique pour lesdites valeurs de décalage temporel; - on compare l'énergie ainsi estimée à

[Suite sur la page suivante]

WO 2009/010563 A1



TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),

**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale

**MÉTHODE DE DÉTECTION DE PRÉSENCE DE SIGNAUX ÉTALÉS  
SPECTRALEMENT**

**DESCRIPTION**

5 **DOMAINE TECHNIQUE**

La présente invention concerne le domaine de la détection aveugle ou semi-aveugle de signaux étalés spectralement. Elle trouve notamment application dans les systèmes radio opportunistes.

10

**ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE**

L'encombrement de plus en plus important du spectre a conduit à envisager des systèmes de télécommunication capables de coexister avec les systèmes à bandes de fréquence déjà allouées, dits primaires. Deux stratégies de coexistence font actuellement l'objet d'importantes recherches. La première consiste à utiliser un niveau de signal très faible grâce à un très fort étalement de spectre, c'est la voie suivie par les systèmes ultra-large bande encore dénommés UWB (*Ultra Wide Band*). La seconde consiste à utiliser de manière opportuniste une partie du spectre ponctuellement ou temporairement inoccupée, c'est la voie dite de radio opportuniste (ou *Cognitive Radio*). On trouvera une description de la radio opportuniste dans la thèse fondatrice de J. Mitola intitulée « Cognitive radio : an integrated agent architecture for software defined radio », Royal Institute of Technology, Stockholm, PhD Dissertation, 8 Mai 2000.

15  
20  
25  
30

Avant de pouvoir émettre dans une bande donnée, il est nécessaire qu'un émetteur puisse déterminer si un signal, et notamment un signal étalé spectralement, est présent dans cette bande. Etant donné que le signal  
5 étalé peut être noyé dans le bruit, un simple détecteur de puissance ne permet pas d'obtenir cette information de manière fiable.

De manière générale, on distingue les méthodes de détection à l'aveugle pour lesquelles on ne dispose  
10 d'aucune information *a priori* sur le signal dont on veut détecter la présence et les méthodes d'estimation de type semi-aveugle pour lesquelles on connaît certains paramètres du signal à détecter.

Une méthode de détection aveugle de présence de signaux étalés spectralement a été décrite dans  
15 l'article de G. Burel intitulé « Detection of spread spectrum transmissions using fluctuations of correlation estimators » publié dans Proc. of IEEE-ISPACS Nov. 5-8, 2000, Honolulu, Hawaii. Cette méthode  
20 est fondée sur les statistiques d'un moment d'ordre 2 de la fonction d'autocorrélation du signal reçu. Elle exploite le fait que, lorsqu'un signal étalé spectralement est présent, les fluctuations de la fonction d'autocorrélation sont plus importantes qu'en  
25 présence d'un simple bruit blanc. Toutefois, là encore, pour de faibles rapports signal à bruit, la méthode de détection ne permet pas de déterminer avec un faible taux d'erreur si un signal étalé spectralement est absent ou présent. Un émetteur opportuniste peut  
30 décider à tort d'émettre dans la bande alors qu'un

signal étalé est présent, ou bien, *a contrario*, de ne pas émettre alors même que la bande est libre.

Le but de la présente invention est de proposer une méthode permettant de déterminer avec une grande  
5 fiabilité si un signal étalé spectralement est présent ou absent dans une bande de fréquence d'intérêt et ce, même dans des conditions de faible rapport signal à bruit.

## 10 **EXPOSÉ DE L'INVENTION**

La présente invention est définie par une méthode de détection de présence ou d'absence d'un signal étalé spectralement dans une bande de fréquence d'intérêt d'un signal reçu, dans laquelle :

15 - on calcule la fonction d'autocorrélation dudit signal reçu pour un ensemble de valeurs non nulles de décalage temporel ;

- on détermine au moins un coefficient de corrélation cyclique de la fonction d'autocorrélation  
20 pour lesdites valeurs de décalage temporel ;

- on estime l'énergie de la fonction d'autocorrélation à partir de la somme quadratique des valeurs prises par ledit coefficient de corrélation cyclique pour lesdites valeurs de décalage temporel ;

25 - on compare l'énergie ainsi estimée à une valeur de seuil prédéterminée et l'on déduit du résultat de la comparaison la présence ou l'absence dudit signal étalé spectralement dans le signal reçu.

Selon une première variante, on détermine  
30 une pluralité de coefficients de corrélation cyclique de la fonction d'autocorrélation, chaque coefficient de

corrélation cyclique étant calculé pour lesdites valeurs de décalage temporel. Avantageusement, lesdits coefficients de corrélation cyclique peuvent être calculés par :

$$5 \quad \hat{R}_e^{k\alpha}(m) = \frac{1}{U} \sum_{u=0}^{U-1} s(uT_e) s^*((u-m)T_e) e^{2i\pi uk\alpha}$$

où  $s()$  est le signal reçu, après translation en bande de base,  $U$  est la taille de la fenêtre de corrélation,  $T_e$  est la période d'échantillonnage, exprimée en nombre d'échantillons,  $m$  est un décalage temporel exprimé en nombre d'échantillons,  $k$  est un entier relatif,  $\alpha = \frac{T_e}{LT_c}$  est le rapport de la période d'échantillonnage à la durée de la séquence d'étalement ayant servi à étaler le spectre du signal.

15 L'énergie de la fonction d'autocorrélation est alors avantageusement estimée à partir de :

$$\hat{J} = \sum_{m \in S^*} \sum_{k \in \Omega} |R_e^{k\alpha}(m)|^2$$

20 où  $\Omega$  est un ensemble fini d'entiers relatifs et  $S^*$  est un ensemble fini d'entiers relatifs ne comprenant pas la valeur nulle.

Selon une seconde variante, on détermine un coefficient de corrélation cyclique de la fonction d'autocorrélation pour une pluralité de valeurs de décalage temporel. Avantageusement, ledit coefficient de corrélation cyclique est obtenu par :

$$R_e^0(m) = \frac{1}{U} \sum_{u=0}^{U-1} s(uT_e) s^*((u-m)T_e)$$

où  $s()$  est le signal reçu, après translation en bande de base,  $U$  est la taille de la fenêtre de corrélation,  $T_e$  est la période d'échantillonnage, exprimée en nombre d'échantillons,  $m$  est un décalage temporel exprimé en nombre d'échantillons.

L'énergie de la fonction d'autocorrélation est alors avantageusement estimée à partir de :

10

$$\hat{J} = \sum_{m \in S^*} |R_e^0(m)|^2$$

où  $S^*$  est un ensemble fini d'entiers relatifs ne comprenant pas la valeur nulle.

15

Selon la première ou seconde variante, l'énergie estimée  $\hat{J}$  est ensuite comparée à une valeur de seuil prédéterminé  $J_0$ , calculée en fonction du rapport  $\frac{U}{\sigma^4}$  où  $\sigma^2$  est la variance de bruit.

Pour de faibles rapports signal sur bruit, la variance de bruit,  $\sigma^2$ , pourra être estimée par :

20

$$\sigma^2 = \frac{1}{U} \sum_{u=0}^{U-1} |s(uT_e)|^2$$

On conclura à la présence d'un signal étalé spectralement dans la bande de fréquence d'intérêt si

25

$\hat{J} > J_0$  et, sinon, à l'absence d'un tel signal dans ladite bande.

#### **BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS**

5

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention fait en référence aux figures jointes parmi lesquelles :

10 La Fig. 1 représente la distribution des valeurs de la fonction d'autocorrélation d'un signal étalé spectralement ;

La Fig. 2 représente l'organigramme d'une méthode de détection semi-aveugle de présence d'un signal étalé spectralement, selon un mode de réalisation de  
15 l'invention ;

La Fig. 3 représente l'organigramme d'une méthode de détection aveugle de présence d'un signal étalé spectralement, selon un mode de réalisation de  
20 l'invention.

#### **EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS**

Nous considèrerons dans la suite le cas d'un terminal opportuniste, dit aussi secondaire, devant  
25 déterminer si un terminal de primaire émet dans une bande de fréquence d'intérêt. Nous supposerons que ce système de télécommunication primaire (c'est-à-dire à bande de fréquence allouée), s'il émet, utilise un étalement spectral direct (*Direct Spread Spectrum*)  
30 comme c'est classiquement le cas dans les systèmes CDMA

(Code Division Multiple Access). Autrement dit, si un signal étalé spectralement est présent, le terminal opportuniste reçoit :

$$5 \quad s(t) = \sum_p a_p \sum_{\ell=0}^{L-1} c_\ell g(t - \ell T_c - p T_s) + b(t) \quad (1)$$

où  $c_\ell$ ,  $\ell = 0, \dots, L-1$  est la séquence d'étalement spectral,  $T_c$  est la période brique (*chip*),  $T_s = L T_c$  est la période symbole,  $a_p$  sont les symboles d'information transmis,   
 10  $g(t)$  est la convolution de l'impulsion de mise en forme d'un symbole par la réponse impulsionnelle du canal, et  $b(t)$  est une fonction aléatoire décrivant le bruit.

Nous supposons, sans perte de généralité, que le signal reçu est échantillonné à la fréquence chip,   
 15 et nous noterons  $e_n = s(n T_c)$  les échantillons en question. On a par conséquent :

$$e_n = a_p c_\ell g_{p,\ell,n} + b_n \quad (2)$$

20 avec  $g_{p,\ell,n} = g((n - pL - \ell) T_c)$  et où  $b_n$  sont les échantillons de bruit.

La fonction d'autocorrélation du signal reçu peut alors s'exprimer par:

$$25 \quad R_e(n, m) = \mathcal{E}\{e_n e_{n-m}^*\} \quad (3)$$

où  $\mathcal{E}\{\cdot\}$  désigne l'espérance mathématique et  $mT_c = \tau$  est le décalage temporel entre les versions du signal à corrélérer.

Si l'on note  $n = p_1L + \ell_1$  et  $m = p_2L + \ell_2$ , la valeur  
 5  $R_e(n, m)$  de la fonction d'autocorrélation peut être écrite sous la forme, étant donné que les échantillons de bruits sont indépendants entre eux et du signal :

$$R_e(n, m) = g_{p_1, \ell_1} g_{p_2, \ell_2}^* \cdot c_{\ell_1}^* c_{\ell_2} \mathcal{E}(a_{p_1} a_{p_2}^*) + \delta(m) \sigma^2 \quad (4)$$

10

où  $\delta(\cdot)$  est la distribution de Dirac et  $\sigma^2$  est la variance du bruit.

Si  $p_1 \neq p_2$ , autrement dit si la corrélation porte sur des symboles différents, on a  $\mathcal{E}(a_{p_1} a_{p_2}^*) = 0$ . De même  
 15 un changement de  $n$  en  $n+L$ , c'est-à-dire un changement de  $p_1$  (resp.  $p_2$ ) en  $p_1+1$  (resp.  $p_2+1$ ) laisse la fonction  $R_e(n, m)$  invariante. Autrement dit, la fonction de corrélation est périodique par rapport à sa première variable  $n$  et de période  $L$ . En considérant la première  
 20 période, c'est-à-dire  $0 \leq n < L$ , on peut montrer que  $R_e(n, m)$  est non nulle seulement si  $-n \leq m < N - n$ , autrement dit si le décalage temporel est inférieur à un temps symbole. Ceci se comprend dans la mesure où deux symboles consécutifs ne sont pas corrélés.

25 La Fig. 1 illustre la distribution des valeurs prises par la fonction d'autocorrélation  $R_e(n, m)$  en fonction des valeurs  $n$  et  $m$ .

On notera que la fonction d'autocorrélation  $R_e(n, m)$  prend la valeur nulle dans les triangles grisés

et des valeurs non nulles dans les parallélogrammes laissés en clair.

En absence de signal étalé spectralement, c'est-à-dire en présence de seul bruit, la fonction d'autocorrélation est nulle partout sauf sur la droite  $m = 0$ .

L'idée à la base de l'invention est de considérer l'énergie moyenne  $J$  de la fonction d'autocorrélation pour  $m \neq 0$ , c'est-à-dire :

10

$$J = \sum_{m \neq 0} \lim_{L \rightarrow \infty} \left( \sum_{n=0}^{L-1} |R_e(n, m)|^2 \right) \quad (5)$$

L'énergie  $J$  peut être considérée comme une somme d'énergies moyennes  $J_m$  calculées sur chacune des droites  $D_m$  parallèle à l'axe des abscisses et d'ordonnée  $m \neq 0$ .

La détection de la présence/absence d'un signal étalé spectralement est alors réalisée par comparaison de la valeur  $J$  avec une valeur de seuil  $J_0$  qui sera présentée plus loin. Autrement dit, si  $J > J_0$  on conclut à la présence d'un signal étalé et dans le cas contraire, on conclut que la bande est libre.

Du fait de la périodicité de la fonction de corrélation, celle-ci peut être développée selon une série de Fourier :

$$R_e(n, m) = \sum_{k \in Z} R_e^{k\alpha}(m) e^{2i\pi k \alpha n} \quad (6)$$

où  $R_e^{k\alpha}(m)$  est le  $k^{i\grave{e}me}$  coefficient de Fourier et  $\alpha = \frac{1}{L}$  et de manière plus générale  $\alpha = \frac{T_e}{LT_e}$  où  $T_e$  est la période d'échantillonnage. Les valeurs  $k\alpha$  pour  $k$  entier relatif sont appelées fréquences cycliques et les coefficients  $R_e^{k\alpha}(m)$ , les coefficients de corrélation cyclique.

L'énergie de la fonction d'autocorrélation peut s'exprimer de manière équivalente dans le domaine spectral, soit :

10

$$J = \sum_{m \neq 0} \sum_k |R_e^{k\alpha}(m)|^2 \tag{7}$$

Selon une première variante de réalisation de l'invention, l'énergie  $J$  est calculée à partir des coefficients de corrélation cyclique. En pratique, ces derniers peuvent être estimés de la manière suivante :

15

$$\hat{R}_e^{k\alpha}(m) = \frac{1}{U} \sum_{u=0}^{U-1} s(uT_e) s^*((u-m)T_e) e^{2i\pi uk\alpha} \tag{8}$$

où  $U$  est la largeur d'une fenêtre de corrélation exprimée en nombre d'échantillons. Il est clair pour l'homme du métier que d'autres estimations peuvent être envisagées sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

Ce premier mode de réalisation trouve application dans le contexte d'une estimation semi-aveugle où l'on connaît a priori la valeur  $\alpha$ , et par conséquent les

25

valeurs des fréquences cycliques. Ce sera notamment le cas si le terminal connaît la période chip  $T_c$  du signal étalé et la longueur  $L$  des séquences d'étalement. Dans ce cas, l'énergie  $J$  est alors estimée par :

5

$$\hat{J} = \sum_{m \neq 0} \sum_k \left| \frac{1}{U} \sum_{u=0}^{U-1} s(uT_e) s^*((u-m)T_e) e^{2i\pi u \frac{kT_e}{LT_c}} \right|^2 \quad (9)$$

On remarquera que cette estimation tend vers la valeur de  $J$  donnée par l'expression (5) lorsque  $U$  est  
10 suffisamment grand.

Selon une seconde variante de réalisation de l'invention, le terminal n'a pas connaissance *a priori* des caractéristiques des séquences d'étalement. Dans ce  
15 cas, l'énergie de la fonction d'autocorrélation est simplement estimée de manière aveugle à partir du coefficient de corrélation cyclique à la fréquence nulle, à savoir :

$$\hat{J} = \sum_{m \neq 0} |R_e^0(m)|^2 = \sum_{m \neq 0} \left| \frac{1}{U} \sum_{u=0}^{U-1} s(uT_e) s^*((u-m)T_e) \right|^2 \quad (10)$$

La Fig. 2 représente l'organigramme d'une méthode de détection semi-aveugle de la présence d'un signal étalé spectralement dans une bande spectrale d'intérêt,  
25 selon un premier mode de réalisation de l'invention.

A la première étape 210, on filtre le signal reçu et on le démodule pour le translater en bande de base.

En 220 on échantillonne le signal  $s$  ainsi démodulé, à la fréquence chip  $\frac{1}{T_c}$ , supposée connue du terminal.

On obtient ainsi une séquence d'échantillons  
5  $\{s(u)\}_u$ .

A l'étape 230, on calcule les coefficients de corrélation cyclique du signal échantillonné à l'aide de l'expression (8).

A l'étape 240, on calcule l'énergie de la  
10 fonction d'autocorrélation à l'aide de la formule (7), ce qui revient à une estimation de cette énergie grâce à l'expression (9).

En pratique, la sommation sur les décalages temporels est limitée à un support borné  $S^*$  ne  
15 comprenant pas la valeur  $m=0$ , par exemple à un intervalle  $[M_{\min}, M_{\max}]$  ou bien à la réunion de deux intervalles  $[-M_{\max}, -M_{\min}] \cup [M_{\min}, M_{\max}]$ , où  $M_{\min}, M_{\max}$  sont des entiers strictement positifs. De même, la sommation sur les fréquences cycliques peut être limitée à un  
20 support borné  $\Omega$  inclus dans l'ensemble  $\left\{k \mid 0 \leq k \frac{T_e}{LT_c} < 1\right\}$ ,

par exemple à un intervalle  $[K_{\min}, K_{\max}]$  où  $K_{\min}, K_{\max}$  sont des entiers strictement positifs.

On notera que l'énergie  $\hat{J}$  est en définitive obtenue de la manière suivante :

25

$$\hat{J} = \sum_{m \in S^*} \sum_{k \in \Omega} \left| \frac{1}{U} \sum_{u=0}^{U-1} s(uT_e) s^*((u-m)T_e) e^{2i\pi u \frac{kT_e}{LT_c}} \right|^2 \quad (11)$$

A l'étape 250, on compare l'énergie estimée  $\hat{J}$  à une valeur de seuil prédéterminée  $J_0$ .

On détermine avantageusement le seuil  $J_0$  en fonction du rapport  $\frac{U}{\sigma^4}$ , où  $\sigma^2$  est, comme on l'a dit, la variance de bruit. Pour les faibles rapports signal à bruit, on pourra utiliser l'approximation  $\sigma^2 = \frac{1}{U} \sum_{u=0}^{U-1} |s(uT_e)|^2$ . On peut montrer que si l'on choisit  $J_0$

vérifiant l'équation :

10

$$J_0 - \frac{\sigma^4}{U} \ln \left( \sum_{j=0}^{\kappa-1} \left( \frac{J_0 U}{\sigma^4} \right)^j \frac{1}{j!} \right) = 3,91 \frac{\sigma^4}{U} \tag{12}$$

où  $\kappa = \text{Card}(S^*) \text{Card}(\Omega)$ , la probabilité de mauvaise détection c'est-à-dire la probabilité que l'on conclue à une présence de signal étalé spectralement, alors qu'il est absent dans la bande d'intérêt, tend vers 2% lorsque  $U$  tend vers l'infini.

15

Si  $\hat{J} > J_0$ , on conclut en 261 à la présence d'un signal étalé spectralement dans la bande d'intérêt, et dans le cas contraire en 262 à son absence.

20

La Fig. 3 représente l'organigramme d'une méthode de détection aveugle de la présence d'un signal étalé spectralement dans une bande spectrale d'intérêt, selon un second mode de réalisation de l'invention.

25

A l'étape 310, on filtre le signal reçu dans la bande d'intérêt et on le translate en bande de base.

A l'étape 320, on échantillonne le signal obtenu à la fréquence de Nyquist.

En 330, on estime le coefficient de corrélation cyclique  $R_e^0(m)$ .

5 En 340, on estime l'énergie de la fonction d'autocorrélation à partir de l'expression (10). En pratique, de même que pour le premier mode de réalisation, la sommation sur les valeurs de décalage temporel est limitée à un support borné  $S^*$  pouvant  
10 avoir les mêmes formes que précédemment.

En définitive l'énergie  $\hat{J}$  est donc obtenue par :

$$\hat{J} = \sum_{m \in S^*} \left| \frac{1}{U} \sum_{u=0}^{U-1} s(uT_e) s^*((u-m)T_e) \right|^2 \quad (13)$$

15 En 350, on compare la valeur  $\hat{J}$  à une valeur de seuil  $J_0$ , déterminée comme pour le premier mode de réalisation (avec  $\text{card}(\Omega)=1$ ).

Si  $\hat{J} > J_0$ , on conclut en 361 à la présence d'un signal étalé spectralement dans la bande d'intérêt, et  
20 dans le cas contraire en 362 à son absence.

Cette méthode de détection de présence/absence d'un signal étalé spectralement dans une bande d'intérêt peut être utilisée par un terminal de télécommunication opportuniste avant de transmettre  
25 dans cette bande.

Cette même méthode peut être utilisée pour des opérations de police spectrale, notamment pour détecter une occupation illicite du spectre.

**REVENDICATIONS**

1. Méthode de détection de présence ou  
5 d'absence d'un signal étalé spectralement dans une  
bande de fréquence d'intérêt d'un signal reçu,  
caractérisée en ce que :

- on calcule la fonction d'autocorrélation  
dudit signal reçu pour un ensemble ( $S^*$ ) de valeurs non  
10 nulles de décalage temporel ( $m$ ) ;

- on détermine au moins un coefficient de  
corrélation cyclique ( $R_e^{k\alpha}(m)$ ) de la fonction  
d'autocorrélation pour lesdites valeurs de décalage  
temporel ;

15 - on estime l'énergie de la fonction  
d'autocorrélation à partir de la somme quadratique des  
valeurs prises par ledit coefficient de corrélation  
cyclique pour lesdites valeurs de décalage temporel ;

- on compare l'énergie ainsi estimée à une  
20 valeur de seuil prédéterminée et l'on déduit du  
résultat de la comparaison la présence ou l'absence  
dudit signal étalé spectralement dans le signal reçu.

2. Méthode de détection selon la  
25 revendication 1, caractérisée en ce que l'on détermine  
une pluralité de coefficients de corrélation cyclique  
( $R_e^{k\alpha}(m)$ ) de la fonction d'autocorrélation, chaque  
coefficient de corrélation cyclique étant calculé pour  
lesdites valeurs de décalage temporel.

30

3. Méthode de détection selon la revendication 2, caractérisée en ce que lesdits coefficients de corrélation cyclique sont calculés par :

$$\hat{R}_e^{k\alpha}(m) = \frac{1}{U} \sum_{u=0}^{U-1} s(uT_e) s^*((u-m)T_e) e^{2i\pi uk\alpha}$$

où  $s()$  est le signal reçu, après translation en bande de base,  $U$  est la taille de la fenêtre de corrélation,  $T_e$  est la période d'échantillonnage, exprimée en nombre d'échantillons,  $m$  est un décalage temporel exprimé en nombre d'échantillons,  $k$  est un entier relatif,  $\alpha = \frac{T_e}{LT_c}$  est le rapport de la période d'échantillonnage à la durée de la séquence d'étalement ayant servi à étaler le spectre du signal.

15

4. Méthode de détection selon la revendication 3, caractérisée en ce que l'énergie de la fonction d'autocorrélation est estimée à partir de :

$$\hat{J} = \sum_{m \in S^*} \sum_{k \in \Omega} |R_e^{k\alpha}(m)|^2$$

où  $\Omega$  est un ensemble fini d'entiers relatifs et  $S^*$  est un ensemble fini d'entiers relatifs ne comprenant pas la valeur nulle.

25

5. Méthode de détection selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'on détermine

un coefficient de corrélation cyclique ( $R_e^0(m)$ ) de la fonction d'autocorrélation pour une pluralité de valeurs de décalage temporel.

5                   **6.** Méthode de détection selon la revendication 5, caractérisée en ce que ledit coefficient de corrélation cyclique est obtenu par :

$$R_e^0(m) = \frac{1}{U} \sum_{u=0}^{U-1} s(uT_e) s^*((u-m)T_e)$$

10

où  $s()$  est le signal reçu, après translation en bande de base,  $U$  est la taille de la fenêtre de corrélation,  $T_e$  est la période d'échantillonnage, exprimée en nombre d'échantillons,  $m$  est un décalage temporel exprimé en nombre d'échantillons.

15

**7.** Méthode de détection selon la revendication 6, caractérisée en ce que l'énergie de la fonction d'autocorrélation est estimée à partir de :

20

$$\hat{J} = \sum_{m \in S^*} |R_e^0(m)|^2$$

où  $S^*$  est un ensemble fini d'entiers relatifs ne comprenant pas la valeur nulle.

25

**8.** Méthode de détection selon la revendication 4 ou 7, caractérisée en ce que l'énergie estimée  $\hat{J}$  est comparée à une valeur de seuil

prédéterminé  $J_0$ , calculée en fonction du rapport  $\frac{U}{\sigma^4}$  où  $\sigma^2$  est la variance de bruit.

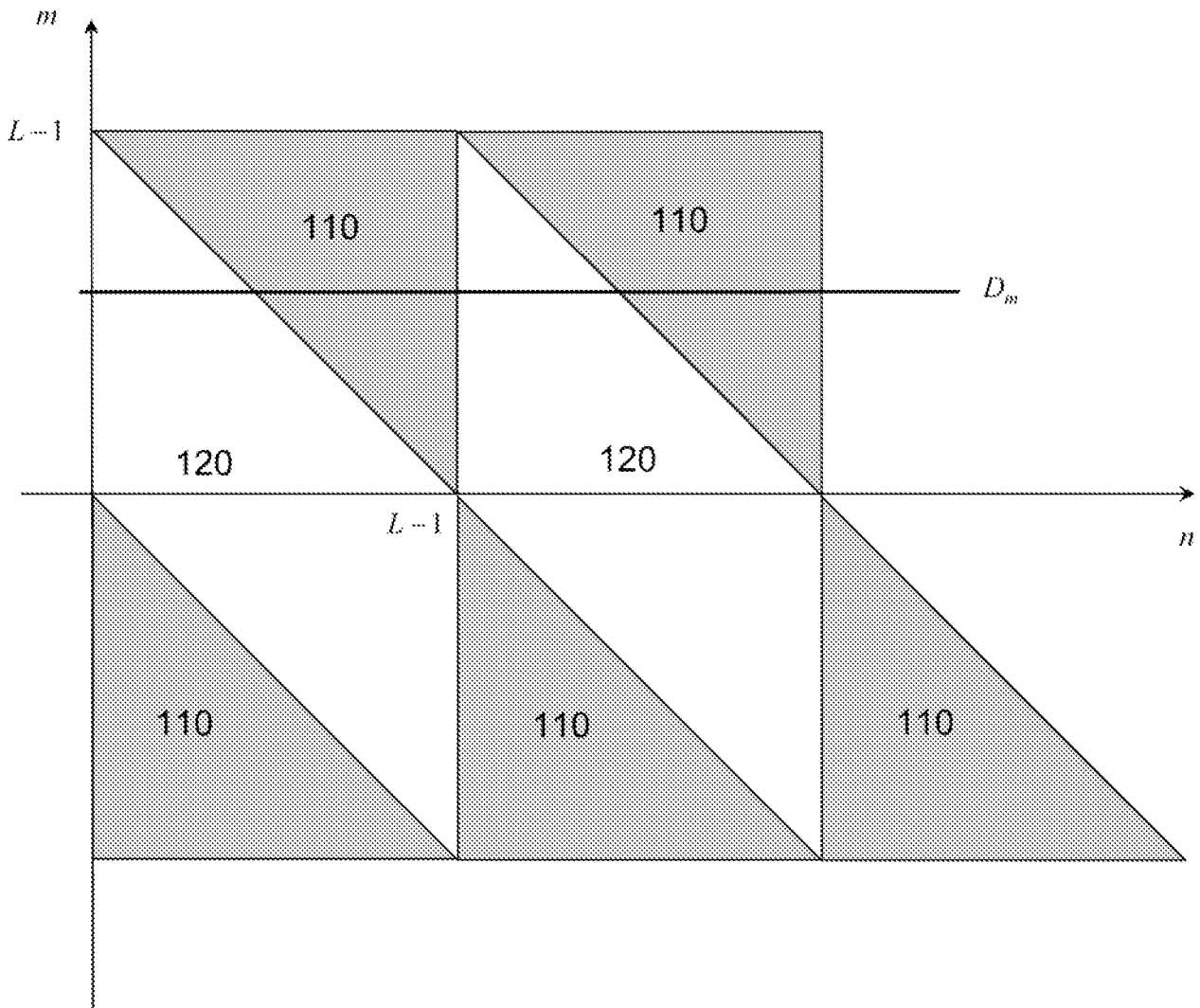
5 **9.** Méthode de détection selon la revendication 8, caractérisée en ce que la variance de bruit,  $\sigma^2$ , est estimée par :

$$\sigma^2 = \frac{1}{U} \sum_{u=0}^{U-1} |s(uT_e)|^2$$

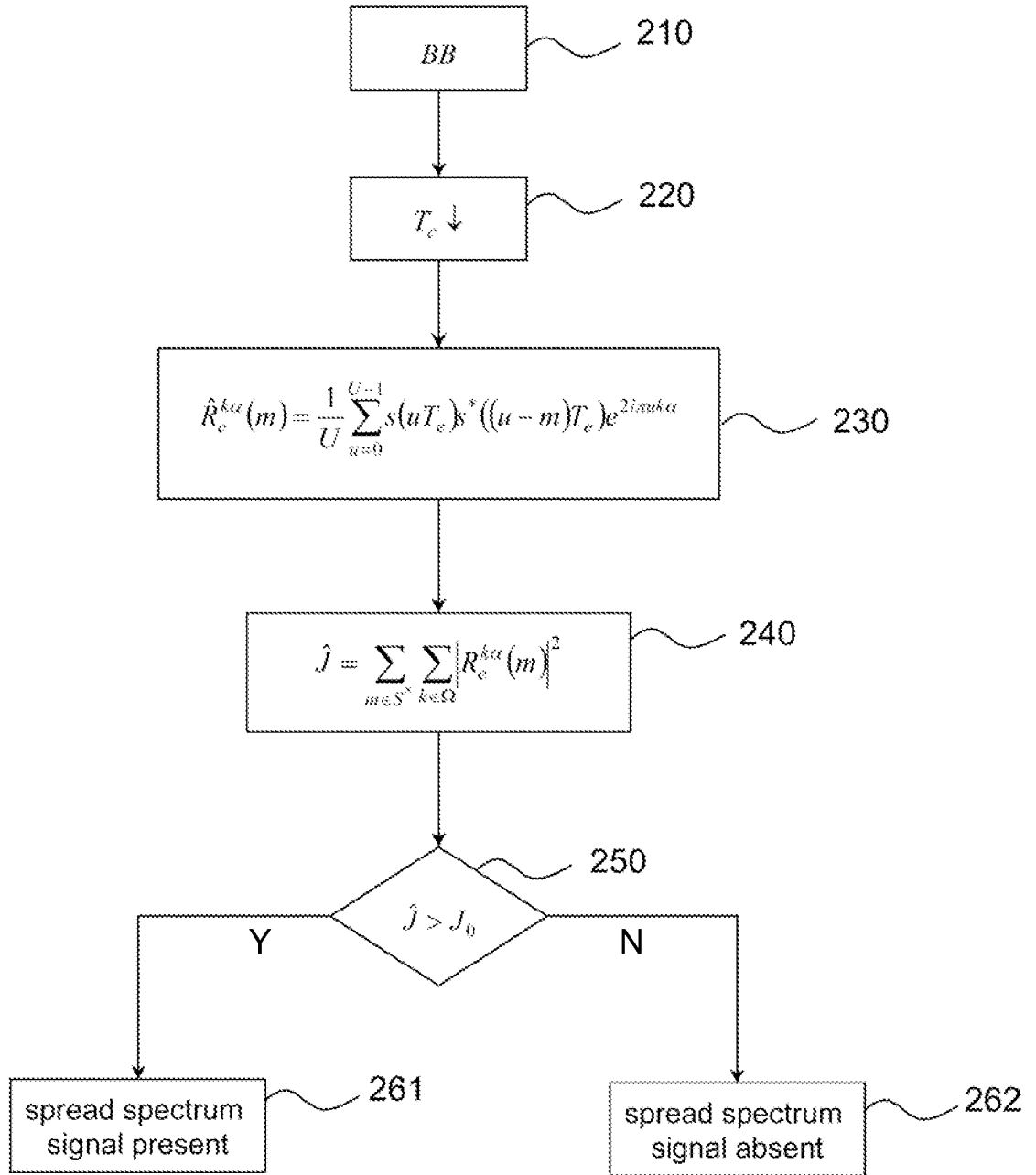
10

**10.** Méthode de détection selon la revendication 8 ou 9, caractérisée en ce qu'on conclut à la présence d'un signal étalé spectralement dans la bande de fréquence d'intérêt si  $\hat{J} > J_0$  et que dans le cas contraire on conclut à l'absence d'un tel signal dans ladite bande.

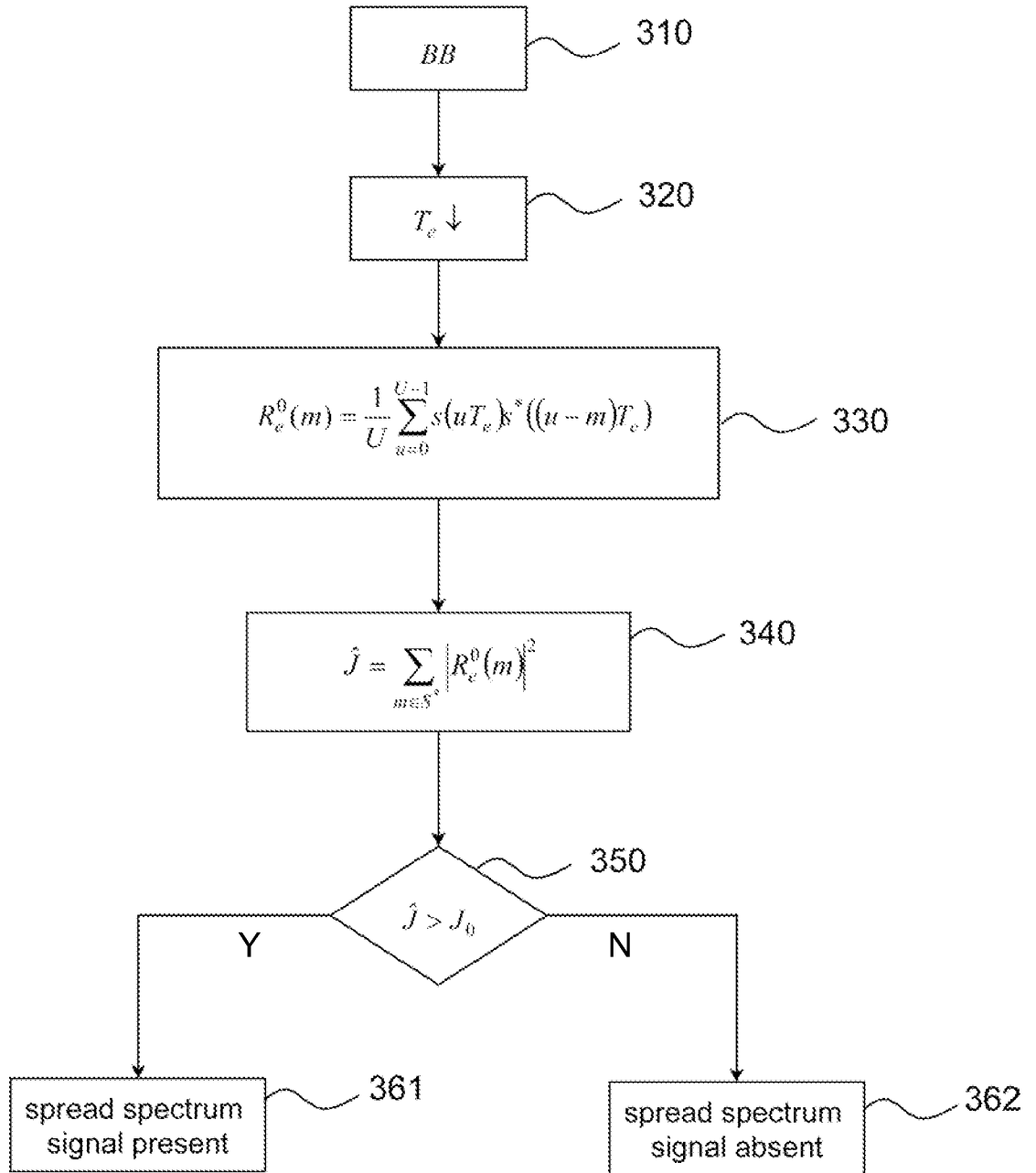
15



**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2008/059395

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. H04L27/00				
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>				
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H04L H04B				
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched				
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data				
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>				
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
X	ONER ET AL.: "Air interface recognition for a software radio system exploiting cyclostationarity" IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PERSONAL, INDOOR AND MOBILE RADIO COMMUNICATIONS, vol. 3, 5 September 2004 (2004-09-05), pages 1947-1951, XP010754185 Piscataway, US abstract page 1950, left-hand column, last paragraph - right-hand column, line 1  ----- -/--	1-10		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.				
<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.				
* Special categories of cited documents :				
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;">                     *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance                      *E* earlier document but published on or after the international filing date                      *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)                      *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means                      *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed                 </td> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;">                     *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention                      *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone                      *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.                      *&amp;* document member of the same patent family                 </td> </tr> </table>			*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family
*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search  26 août 2008	Date of mailing of the international search report  03/09/2008			
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer.  Scriven, Paul			

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2008/059395

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>HALFORD, BRANDT-PEARCE: "New-User Identification in a CDMA System"                      IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS,                      vol. 46, no. 1, January 1998 (1998-01),                      pages 144-155, XP011009098                      Piscataway, US                      * section IV *</p>	1-10
X	<p>JALLON, CHEVREUIL: "Second-order based cyclic frequency estimates: the case of digital communication signals"                      IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING,                      14 May 2006 (2006-05-14), pages IV-389-IV-392, XP002475923                      New York, US                      the whole document</p>	1-10
X	<p>SPOONER, GARDNER: "Exploitation of higher-order cyclostationarity for weak-signal detection and time-delay estimation"                      IEEE SIXTH SP WORKSHOP ON STATISTICAL SIGNAL AND ARRAY PROCESSING,                      7 October 1992 (1992-10-07), pages 197-201, XP010057410                      New York, US                      abstract                      page 199, right-hand column, last paragraph</p>	1-10
A	<p>ÖNER, JONDRAL: "Extracting the channel allocation information in a spectrum pooling system exploiting cyclostationarity"                      IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PERSONAL, INDOOR AND MOBILE RADIO COMMUNICATIONS,                      vol. 1, 5 September 2004 (2004-09-05);                      pages 551-555, XP010754662                      Piscataway, US                      abstract</p>	1-10
A	<p>MITOLA: "Cognitive Radio"                      KUNGLIGA TEKNISKA HÖGSKOLAN DISSERTATION,                      8 May 2000 (2000-05-08), XP002475924                      Stockholm, SE                      cited in the application                      * Chapitres 4 et 5 *</p>	1-10
A	<p>EP 1 655 872 A (NTT DOCOMO)                      10 May 2006 (2006-05-10)                      abstract</p>	1-10

-/--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2008/059395

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DANDAWATE, GIANNAKIS: "Statistical Tests for Presence of Cyclostationarity" IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, vol. 42, no. 9, September 1994 (1994-09), pages 2355-2369, XP002381419 New York, US abstract	1-10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/059395

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1655872	A	10-05-2006	CN 1829102 A	06-09-2006
			JP 2006135674 A	25-05-2006
			US 2006109931 A1	25-05-2006
-----				

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2008/059395

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
INV. H04L27/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

H04L H04B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>ONER ET AL.: "Air interface recognition for a software radio system exploiting cyclostationarity" IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PERSONAL, INDOOR AND MOBILE RADIO COMMUNICATIONS, vol. 3, 5 septembre 2004 (2004-09-05), pages 1947-1951, XP010754185 Piscataway, US abrégé page 1950, colonne de gauche, dernier alinéa - colonne de droite, ligne 1 ----- -/--</p>	1-10

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

26 août 2008

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

03/09/2008

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Scriven, Paul

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°  
PCT/EP2008/059395

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>HALFORD, BRANDT-PEARCE: "New-User Identification in a CDMA System" IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, vol. 46, no. 1, janvier 1998 (1998-01), pages 141-155, XP011009098 Piscataway, US * section IV *</p>	1-10
X	<p>JALLON, CHEVREUIL: "Second-order based cyclic frequency estimates: the case of digital communication signals" IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING, 14 mai 2006 (2006-05-14), pages IV-389-IV-392, XP002475923 New York, US le document en entier</p>	1-10
X	<p>SPOONER, GARDNER: "Exploitation of higher-order cyclostationarity for weak-signal detection and time-delay estimation" IEEE SIXTH SP WORKSHOP ON STATISTICAL SIGNAL AND ARRAY PROCESSING, 7 octobre 1992 (1992-10-07), pages 197-201, XP010057410 New York, US abrégé page 199, colonne de droite, dernier alinéa</p>	1-10
A	<p>ÖNER, JONDRAŁ: "Extracting the channel allocation information in a spectrum pooling system exploiting cyclostationarity" IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PERSONAL, INDOOR AND MOBILE RADIO COMMUNICATIONS, vol. 1, 5 septembre 2004 (2004-09-05), pages 551-555, XP010754662 Piscataway, US abrégé</p>	1-10
A	<p>MITOLA: "Cognitive Radio" KUNGLIGA TEKNISKA HÖGSKOLAN DISSERTATION, 8 mai 2000 (2000-05-08), XP002475924 Stockholm, SE cité dans la demande * Chapitres 4 et 5 *</p>	1-10
A	<p>EP 1 655 872 A (NTT DOCOMO) 10 mai 2006 (2006-05-10) abrégé</p>	1-10

-/--

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Demande internationale n°

PCT/EP2008/059395

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>DANDAWATE, GIANNAKIS: "Statistical Tests for Presence of Cyclostationarity"                      IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING,                      vol. 42, no. 9, septembre 1994 (1994-09),                      pages 2355-2369, XP002381419                      New York, US                      abrégé</p>	1-10

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2008/059395

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1655872	A	CN 1829102 A	06-09-2006
		JP 2006135674 A	25-05-2006
		US 2006109931 A1	25-05-2006
-----			