

12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** **A1**

22) Date de dépôt : 06.10.06.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 11.04.08 Bulletin 08/15.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : *FRANCE TELECOM Société anonyme — FR.*

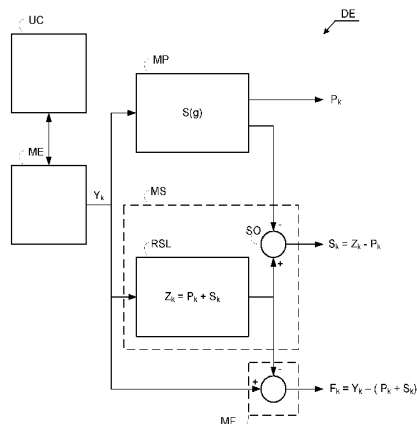
72) Inventeur(s) : BEN HADJ ALAYA AFEF et VILLEBRUN EMMANUELLE.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : MARTINET ET LAPOUX.

54) **ESTIMATION DE COMPOSANTES D'ATTENUATION D'UN SIGNAL RADIO PROPAGE.**

57) Des composantes d'atténuation sont estimées en fonction d'une grandeur de signal reçu (Y_k), telle que puissance, mesurée dans un récepteur (RE) d'un réseau de radiocommunication. Des première et deuxième composantes d'atténuation (P_k , S_k), telles qu'un affaiblissement de parcours et un effet de masque, sont estimées en temps réel en fonction de la grandeur mesurée selon des méthodes de lissage et de régression. Les première et deuxième composantes d'atténuation estimées sont soustraites à la grandeur mesurée afin de produire en temps réel une troisième composante d'atténuation (F_k) telle qu'un évanouissement rapide.



**Estimation de composantes d'atténuation
d'un signal radio propagé**

La présente invention concerne une estimation de
5 composantes d'atténuation d'un signal radio propagé
dans un réseau de radiocommunication pour terminaux
mobiles. Elle s'applique aux mesures radio collectées
dans des réseaux radio terrestres ou par satellite,
quelle que soit la technologie utilisée.

10

Il est connu d'identifier les causes de
l'atténuation d'un signal émis par un émetteur et
reçu par un récepteur à travers un canal de
propagation par l'affaiblissement de parcours pour
15 des variations d'atténuation lentes des signaux,
l'effet de masque pour des variations d'atténuation
moyennes des signaux, et l'évanouissement rapide pour
des variations d'atténuation rapides des signaux.
L'affaiblissement de parcours est dû à la distance
20 entre l'émetteur et le récepteur supposée sans
obstacle entre ces derniers. L'effet de masque est dû
à la présence d'obstacles entre l'émetteur et le
récepteur. L'évanouissement rapide est dû à la
réception simultanée de signaux d'amplitudes
25 aléatoires et de phase aléatoire correspondant à de
multiples trajets différents suivis par le signal
émis.

Ces atténuations ne sont pas déterministes et
fluctuent au cours du temps à cause de facteurs
30 aléatoires, qu'on ne peut maîtriser et qui sont liés
principalement à l'environnement fluctuant du canal
de propagation.

De nombreux modèles de propagation théoriques
ont été mis au point pour décrire ces trois
35 atténuations et prévoir leurs valeurs, en s'appuyant

sur des mesures radio réelles. Ces modèles de propagation correspondent à différents environnements et situations, comme en milieu urbain ou rural par exemple.

5

L'affaiblissement de parcours AP entre l'émetteur et le récepteur supposé en visibilité directe peut être exprimé sous la forme:

$$AP = -10 \text{ Log}(K) + 10 \alpha \text{ Log}(d) + 10 \beta \text{ Log}(f),$$

10 où d est la distance entre l'émetteur et le récepteur, f est la fréquence du signal émis, et K , α et β sont des constantes dépendantes de l'environnement de propagation.

Plusieurs modèles de propagation ont été établis pour l'affaiblissement de parcours. Le plus connu est le modèle Okumura-Hata qui sert de base à une grande variété de modèles plus affinés et qui s'applique en milieu urbain. L'affaiblissement de parcours est calculé en fonction de la distance à partir de
15 nombreuses mesures effectuées dans, à l'intérieur, et à proximité de Tokyo à différentes fréquences. A partir de graphes pour des prévisions en fonction de divers paramètres, des formules empiriques ont été
20 établies.

25 Par exemple, le modèle COST 231-Hata est valable pour des fréquences comprises entre 1500 et 2000 MHz. En milieu urbain, l'affaiblissement de parcours L_u exprimé en dB dépend de paramètre fonction de la taille de la ville et des hauteurs des antennes de
30 l'émetteur et du récepteur dans la station de base et le terminal mobile.

L'effet de masque m est couramment modélisé par une loi gaussienne. La fonction de répartition de
35 l'effet de masque m exprimée en dB est donnée par:

$$P(10 \text{ Log}(m) > x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-u^2 / 2\sigma^2} du,$$

En environnement urbain, l'écart type σ de la loi gaussienne a une valeur typique de 6 dB.

5

Pour l'évanouissement rapide dans le signal radio, l'enveloppe ν du signal reçu est couramment modélisée par une loi de Rayleigh:

$$P(\nu < x) = 1 - e^{-x^2\pi / 4\nu_m^2}$$

10

avec ν_m la valeur moyenne de ν .

Chaque modèle de propagation correspond à des conditions et un environnement donnés et peut être validé et calibré avec des mesures radio sur le terrain. Ainsi les modèles de propagation connus ne sont pas adaptés à toutes les situations possibles.

15

La mesure de la propagation et des facteurs d'atténuations du signal radio peut être réalisée par différents dispositifs de mesure tels qu'un récepteur radio de mesure ou un sondeur de canal.

20

Un récepteur radio de mesure mesure l'enveloppe du signal reçu en amplitude ou puissance, ce qui permet d'estimer l'atténuation subie par le signal radio lors de sa propagation, dès lors que l'on connaît la puissance du signal émis. Dans certains réseaux de radiocommunication pour mobiles, des mesures de niveaux sont normalisées permettant dans certains cas de déterminer l'atténuation totale du signal radio lors de sa propagation dans l'air. Un réseau UMTS utilise par exemple la valeur de cette atténuation dans le mécanisme de contrôle de puissance.

25

30

Cependant, le récepteur radio de mesure fournit des informations sur le niveau de champ électrique reçu sans qu'il délivre les trois composantes d'atténuation: affaiblissement de parcours, effet de masque et évanouissement rapide.

Le sondeur de canal mesure en continu la réponse impulsionnelle du canal de propagation déduite de la fonction de transfert du canal.

La fonction de transfert du canal de propagation déterminée par le sondeur de canal est complexe et engendre un coût très élevé et une complexité importante du sondeur de canal. Ces inconvénients du sondeur de canal le rendent difficilement intégrable. En outre, le sondeur de canal ne délivre pas séparément les trois composantes: affaiblissement de parcours, effet de masque et évanouissement rapide.

Aucun des récepteurs radio de mesure et sondeurs de canal connus n'estime simultanément et dynamiquement, c'est-à-dire en temps réel, les trois composantes à partir de mesures de puissance de signal radio.

Pour remédier à ces inconvénients, un procédé selon l'invention pour estimer des composantes d'atténuation en fonction d'une grandeur de signal reçu mesurée dans un récepteur d'un réseau de radiocommunication, est caractérisé en ce qu'il comprend une estimation de première et deuxième composantes d'atténuation en temps réel en fonction de la grandeur mesurée, et une soustraction des première et deuxième composantes d'atténuation estimées à la grandeur mesurée afin de produire en temps réel une troisième composante d'atténuation.

Comme on le verra par la suite, les première, deuxième et troisième composantes d'atténuation

estimées selon l'invention peuvent être l'affaiblissement de parcours, l'effet de masque et l'évanouissement rapide. Ces trois composantes d'atténuation sont estimées selon l'invention en
5 temps réel à partir de mesures de la grandeur de signal radio collectées.

Le procédé d'estimation de l'invention utilise toute grandeur radio normalisée ou non du signal radio reçu par le récepteur à travers un canal de
10 propagation. La grandeur mesurée peut dépendre d'une puissance, d'une amplitude ou d'un rapport de puissance de signal reçu mesuré dans un récepteur qui peut être autonome, ou bien incorporé dans un mobile, une station de base ou tout autre élément de
15 la partie fixe du réseau de radiocommunication.

Le procédé d'estimation selon l'invention est flexible et peut s'appliquer dans tout environnement et être implémenté sous forme d'un algorithme, sans apporter de composant matériel ou logiciel dans un
20 élément du réseau de radiocommunication tel qu'un terminal ou une station de base. De plus, le procédé d'estimation est dynamique puisqu'il produit les composantes d'atténuation après une durée d'acquisition finie des échantillons de la grandeur
25 de signal reçu mesurée.

Selon une caractéristique de l'invention, la première composante d'atténuation, telle que l'affaiblissement de parcours, est estimée en temps réel selon une méthode de lissage et de régression
30 polynomiale, par exemple de type "smoothing spline". Selon une autre caractéristique de l'invention, pour estimer la deuxième composante d'atténuation telle que l'effet de masque, la somme des première et deuxième composantes d'atténuation est estimée en
35 temps réel selon une méthode de régression de super-

lissage, par exemple de Friedman, et la première composante d'atténuation estimée est soustraite à la somme de composantes d'atténuation.

5 Les méthodes de lissage et de régression sur lesquelles est fondé le procédé d'estimation reflètent bien les variations lentes de l'affaiblissement de parcours et les variations moyennes de l'effet de masque.

10 L'invention a aussi pour objet un dispositif pour estimer des composantes d'atténuation en fonction d'une grandeur de signal reçu mesurée dans un récepteur d'un réseau de radiocommunication. Le dispositif est caractérisé en ce qu'il comprend des
15 moyens pour estimer des première et deuxième composantes d'atténuation en temps réel en fonction de la grandeur mesurée, et un moyen pour soustraire les première et deuxième composantes d'atténuation estimées à la grandeur mesurée afin de produire en
20 temps réel une troisième composante d'atténuation.

L'invention se rapporte encore à un programme d'ordinateur apte à être mis en œuvre dans un dispositif d'estimation selon l'invention. Le
25 programme d'ordinateur comprend des instructions qui, lorsque le programme est exécuté dans ledit dispositif, réalisent les étapes selon le procédé de l'invention.

30 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante de plusieurs réalisations de l'invention données à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins
35 annexés correspondants dans lesquels :

- la figure 1 est un bloc-diagramme schématique d'un système d'estimation de composantes d'atténuation;

5 - les figures 2 et 3 sont des blocs-diagrammes schématiques de variantes du système d'estimation ;

- la figure 4 est un bloc-diagramme schématique d'un dispositif d'estimation de composantes d'atténuation conforme à l'invention ;

10 - la figure 5 est un algorithme du procédé d'estimation de composantes d'atténuation conforme à l'invention relativement à des échantillons de grandeur de signal reçue par le dispositif d'estimation; et

15 - la figure 6 est un graphe de puissance reçue et de composantes d'atténuation correspondant aux échantillons en fonction du temps.

20 Les figures 1 et 2 montrent des exemples de moyens fonctionnels inclus dans un système d'estimation de composantes d'atténuation pour la mise en œuvre du procédé d'estimation de composantes d'atténuation selon l'invention dans un réseau de radiocommunication cellulaire numérique RR.

25 Le réseau RR est par exemple du type GSM ("Global System for Mobile communications" en anglais), ou bien du type CDMA ("Coded Division Multiple Access" en anglais) selon la troisième génération (3GPP) de réseaux du type UMTS ("Universal Mobile Telecommunications System" en anglais), ou
30 encore IS-95 ("Interim Standard 95" en anglais) aux Etats-Unis, ou bien encore du type réseau local sans fil de faible portée WLAN (Wireless Local Area Network" en anglais) ou WIMAX ("World wide Interoperability Microwave Access" en anglais). Plus
35 généralement, le réseau RR peut être un réseau de

radiocommunication par satellite ou terrestre pour mobiles radio.

Afin de ne pas surcharger les figures 1 et 2, on n'a représenté que quelques stations de base SB du réseau RR et quelques mobiles MB sous la couverture de stations de base du réseau RR. Dans le cadre de l'invention en ce qui concerne des grandeurs de signal reçu, les stations de base SB d'un réseau cellulaire peuvent être considérées comme similaires à des points d'accès dans un réseau local sans fil de faible portée.

Le système d'estimation comprend un dispositif d'estimation DE qui est inclus dans la partie fixe ou la partie mobile du réseau de radiocommunication cellulaire RR.

Lorsque le dispositif d'estimation DE est inclus dans la partie fixe, il peut être relié par exemple à au moins une interface terrestre Iub entre un ou plusieurs contrôleurs de station de base RNC ("Radio Network Controller" en anglais) et des stations de base SB desservies par ces contrôleurs, comme montrée à la figure 1.

Le dispositif d'estimation DE récupère des grandeurs de signal reçu transmises périodiquement dans des canaux de signalisation. Une grandeur de signal reçu peut être relative au signal d'un canal balise de lien descendant actif ("downlink" en anglais) reçu après filtrage d'interférences intercellulaires par le récepteur d'un mobile radio MB sous la couverture du réseau RR. Dans une autre réalisation, la grandeur de signal reçu est relative au signal reçu d'un canal de trafic de lien montant actif ("uplink" en anglais) après filtrage d'interférences intercellulaires et intracellulaires

par le récepteur d'une station de base du réseau RR ayant un lien montant actif avec un mobile.

Par exemple, lorsque le réseau de radiocommunication RR est de type GSM, une grandeur de signal reçu transmise est proportionnelle au paramètre de puissance normalisé "RXLEV" indiquant le niveau de champ de signal reçu parmi 64 niveaux. Dans un autre exemple, le réseau de radiocommunication RR est de type UMTS et une grandeur de signal reçu transmise est proportionnelle à une puissance mesurée dans le canal balise commun sur la voie descendante CPICH RSCP ("Received Signal Code Power on Common Pilot Channel" en anglais), ou à un rapport d'énergie d'élément de code ("chip" en anglais) mesurée sur une densité spectrale de puissance dans une bande utile.

Le mobile MB peut être un terminal de radiocommunication cellulaire mobile. En variante, le mobile MB est un assistant numérique personnel communicant PDA, ou un ordinateur portable communicant, ou encore un téléphone intelligent ("SmartPhone" en anglais), pouvant communiquer avec le réseau de radiocommunication.

Selon une variante de l'invention montrée à la figure 2, le dispositif d'estimation DE est relié à un centre de maintenance OMC ("Operation and Maintenance Center" en anglais), ou au moins à une plateforme de capture de signalisation du réseau de radiocommunication RR, de manière à exploiter des grandeurs mesurées par les stations de base du réseau et par les mobiles. Des mesures réalisées par des mobiles et des stations de base sont remontées au centre de maintenance OMC à travers les contrôleurs de station de base RNC dans le réseau RR.

Selon une autre variante, le dispositif d'estimation DE est combiné à un récepteur RE pour

collecter directement des grandeurs de signal reçu transmises périodiquement dans des canaux de signalisation de liens descendants ou montants actifs du réseau RR. Par exemple, le dispositif d'estimation DE est incorporé dans un mobile de mesure MBm et relié au récepteur de celui-ci, comme montré à la figure 3, ou bien relié à un mobile MB par câble ou liaison de faible portée radio ou infrarouge.

Ainsi le dispositif d'estimation DE selon l'invention est adaptable à tout environnement, qu'il soit en vision directe d'un émetteur, ou derrière un obstacle entre l'émetteur et le récepteur RE, ou en pratique dans un milieu urbain ou rural par exemple. Les mesures et estimations effectuées par le dispositif d'estimation ne nécessitent aucun composant matériel ou logiciel supplémentaire dans les mobiles et les stations de base du réseau.

Dans la suite de la description, on supposera que la grandeur de signal reçu mesurée dans le récepteur RE est une puissance normalisée ou non.

Comme représenté à la figure 4, le dispositif d'estimation DE inclut notamment une unité centrale UC, une mémoire d'échantillons de puissance de signal reçue ME, un module d'estimation d'affaiblissement de parcours MP, un module d'estimation d'effet de masque MS et un module d'évanouissement rapide MF. Le module MS comprend un module de régression de super-lissage RSL et un soustracteur SO ayant des entrées négatives reliées aux sorties du module MP et des entrées positives reliées aux sorties du module RSL. Le module d'évanouissement rapide MF comprend un soustracteur ayant des entrées négatives reliées aux sorties du module RSL et des entrées positives reliées aux sorties de la mémoire ME.

Les quatre entités UC, ME, MP et MS sont représentées sous forme de blocs fonctionnels dont la plupart assurent des fonctions ayant un lien avec l'invention et peuvent correspondre à des modules logiciels et/ou matériels.

Le dispositif d'estimation DE estime simultanément et dynamiquement, c'est-à-dire en temps réel, trois composantes d'atténuation pour chaque puissance de signal reçue par le récepteur RE à chaque période d'échantillonnage prédéterminée pendant un cycle d'estimation. Par exemple, la période d'échantillonnage référencée par l'indice k est de l'ordre de quelques centaines de millisecondes, typiquement 480 ms pour un réseau RR du type GSM et un cycle d'estimation comprend un nombre prédéterminé K de périodes d'échantillonnage, avec $0 \leq k \leq K-1$. Par exemple, K est égal à 300 environ pour un réseau RR du type GSM. L'estimation de composantes d'atténuation étant identique quel que soit le type de récepteur RE qui a relevé des échantillons de puissance de signal, le procédé d'estimation selon l'invention est décrit en détail ci-après pour estimer en temps réel trois composantes d'atténuation en fonction d'échantillons de puissance de signal reçue Y_0 à Y_{K-1} mesurés par le récepteur RE. Le dispositif d'estimation DE traite ces échantillons de puissance de signal reçue mesurés pendant un cycle (t_0, t_{K-1}) .

En réalité, le dispositif d'estimation DE estime simultanément de nombreux triplets de composantes d'atténuation respectivement sur la base de nombreuses puissances de signal reçues.

En référence à la figure 5, le procédé d'estimation comprend des étapes E1 à E4.

A l'étape préliminaire E1, des échantillons de puissance de signal reçue Y_0 à Y_{K-1} mesurés et transmis pendant un cycle par le récepteur RE au dispositif d'estimation DE sont écrits dans la mémoire ME.

Puis pour l'ensemble des échantillons de puissance mesurés Y_0 à Y_{K-1} , le module MP estime en temps réel une première composante d'atténuation P_k ($0 \leq k \leq K-1$) qui est un affaiblissement de parcours ("pathloss" en anglais) à une étape E2, et le module MS estime en temps réel une deuxième composante d'atténuation S_k ($0 \leq k \leq K-1$) qui est relative à un effet de masque ("shadowing" en anglais) à une étape E3. Les étapes E2 et E3 peuvent être traitées en parallèle et sont basées sur des méthodes de régression et de lissage avancées qui permettent d'estimer d'une façon flexible et adaptative les composantes d'atténuation de la puissance de signal reçue.

Le signal radio reçu en terme de puissance est un signal discret composé des échantillons de puissance reçue Y_0 à Y_{K-1} pendant un cycle et chaque échantillon est modélisé de la manière suivante:

$$Y_k = P_k + S_k + F_k,$$

où F_k désigne une troisième composante d'atténuation qui est relative à un évanouissement rapide ("Fast fading" en anglais).

Etant donné K couples $\{(Y_k, t_k)\}_{k=0}^{k=K-1}$ d'échantillon observé de puissance de signal reçue Y_k et de l'instant de son observation t_k , la relation de régression peut être modélisée de la manière suivante:

$$Y_k = m(t_k) + \alpha_k, \text{ avec } 0 \leq k \leq K-1,$$

dans laquelle m est une fonction de régression inconnue et $m(t_k)$ est une estimée de Y_k à des erreurs d'observation α_k près.

5 A l'étape E2, le module d'estimation d'affaiblissement de parcours MP estime les échantillons d'affaiblissement de parcours P_0 à P_{K-1} en recourant à une méthode de lissage et de régression polynomiale, appelée "Smoothing Spline" en
10 anglais, selon le chapitre 3.6 de l'article de W. Härdle, "Applied Nonparametric Regression", Institut für Statistic und Ökonometrie, Berlin, 1994. Cette méthode a été testée et sélectionnée parmi d'autres méthodes de régression parce qu'elle est bien adaptée
15 au caractère lent des variations de l'affaiblissement de parcours recherché et permet d'obtenir une courbe continue $g(t)$ sans reproduire d'éventuelles variations rapides du signal reçu tout en suivant sensiblement les variations lentes du signal reçu
20 représentées par les échantillons de puissance Y_0 à Y_{K-1} .

 Une mesure connue de la "fidélité" de données mesurées pour une courbe continue $g(t)$ interpolant les données mesurées pendant le cycle (t_0, t_{K-1}) ,
25 telles que les échantillons de puissance de signal reçue Y_0 à Y_{K-1} lus dans la mémoire ME, est la somme résiduelle des carrés:

$$S(g) = \sum_{k=0}^{k=K-1} (Y_k - g(t_k))^2.$$

30

 La méthode de lissage et de régression polynomiale définit une courbe continue polynomiale $g(t)$, dite "spline" en anglais, composée de J polynômes cubiques respectivement pendant J

intervalles de temps de largeur égale divisant le cycle (t_0, t_{K-1}) , avec K un multiple entier de J . Par exemple chaque intervalle de temps comprend $E = K/J = 10$ périodes d'échantillonnage. Les paliers polynomiaux PP_0 à PP_{J-1} de la courbe sont:

$$g(t) = PP_0(t) \text{ pour } t_0 \leq t < t_{E-1};$$

$$g(t) = PP_1(t) \text{ pour } t_{E-1} \leq t < t_{2E-1};$$

...

$$g(t) = PP_{J-1}(t) \text{ pour } t_{(J-1)E-1} \leq t < t_{JE-1} = t_{K-1}.$$

Etant donné la fonction $g(t)$ deux fois différentiable et un paramètre de lissage α qui est un nombre réel, la somme pondérée des carrés est définie par :

$$S(g) = \sum_{k=0}^{k=K-1} (Y_k - g(t_k))^2 + \alpha \int_{t_0}^{t_{K-1}} (g''(t))^2 dt.$$

Le deuxième terme dans la somme précédente dépendant de la dérivée seconde de la fonction g représente le lissage de la somme pondérée des carrés. Le module MP recherche alors par un programme informatique la fonction g qui minimise la somme $S(g)$ et qui constitue l'estimateur de cette somme, noté \hat{g} , c'est-à-dire la première composante d'atténuation P_0 à P_{K-1} .

L'estimateur \hat{g} est unique et dépend étroitement du paramètre de lissage α qui assure un compromis entre deux objectifs différents: un bon ajustement aux échantillons de puissance initiaux Y_0 à Y_{K-1} et un lissage plus ou moins élevé. Ainsi si α est grand, alors le lissage est élevé; et si α est petit, alors le lissage est faible.

Dans le cadre de l'invention, le paramètre α est choisi de façon que les variations élevées du signal reçu soient éliminées tout en gardant la composante d'affaiblissement de parcours représentée par

l'estimateur, soit $P_k = \hat{g}(t_k)$, avec $0 \leq k \leq K-1$. Par exemple α est compris entre 1 environ et 3 environ.

5 A la suite de tests sur des mesures d'échantillons de puissance radio normalisée reçue Y_0 à Y_{K-1} , on a trouvé qu'une valeur grande du paramètre de lissage α permet d'estimer l'atténuation médiane du signal radio propagé reçu au récepteur RE, c'est-à-dire l'affaiblissement de parcours.

10 L'effet de masque se présente dans le signal radio sous forme de variations relativement lentes, avec une stationnarité de l'ordre de quelques dizaines de mètres. Mais les variations de l'effet de masque sont moins lentes que celles de
15 l'affaiblissement de parcours.

A l'étape E3, le module d'estimation d'effet de masque MS estime la composante d'atténuation S_k relative à l'effet de masque en recourant à une méthode de lissage et de régression polynomiale, non
20 paramétrique. Cette méthode peut être une méthode de régression de super-lissage ("Super Smoother" en anglais) proposée par Friedman J. selon les chapitres 3.4 et 5.3.2 de l'article précité de W. Härdle, qui élimine efficacement des variations rapides du signal et fournit une courbe décrivant la deuxième
25 composante d'atténuation due à l'effet de masque.

Cette courbe Z_k dépend conjointement des première et deuxième composantes d'atténuation relatives à l'affaiblissement de parcours et à
30 l'effet de masque. Elle est modélisée par la relation $Z_k = P_k + S_k$.

Pour les échantillons de puissance reçue Y_k lus dans la mémoire ME, la méthode de régression de super-lissage est basée sur des ajustements locaux
35 d'échantillons les h plus proches ("Nearest

Neighbors" h-NN en américain) de l'échantillon Y_k , en fonction de distances euclidiennes. Ces échantillons les plus proches définissent un voisinage de largeur variable autour de l'échantillon Y_k .

5 L'estimation de la variable Z_k est une moyenne pondérée de l'ensemble des échantillons de puissance. La pondération se base sur le terme $W_{ki}(t)$ qui dépend du paramètre de lissage h .

10 La méthode de régression (h-NN) est définie par la relation:

$$Z_h = K \sum_{i=0}^{i=K-1} W_{hi}(t) Y_i.$$

{ $W_{hi}(t)$ } $_{i=0}^{i=K-1}$ est une séquence de poids dépendant du rapport du nombre K de périodes d'échantillonnage de la puissance de signal reçue sur un paramètre de lissage h définissant le nombre d'échantillons les plus proches d'un échantillon de la puissance de signal reçue Y_i . Plus précisément, la séquence de poids est définie par l'ensemble d'indices J_t suivant:

20 $J_t = \{i : t_i \text{ est l'une des } h \text{ plus proches observations de } t\}$.

h-NN est alors construite par:

$$W_{hi}(t) = K/h \text{ si } i \in J_t;$$

$$W_{hi}(t) = 0 \text{ sinon.}$$

25 La méthode de super-lissage est basée sur une validation croisée locale ("Local cross-validation" en anglais) pour déterminer le paramètre de lissage h optimal entre trois choix: $h = 0,05 K$ (aigus), $h = 0,2 K$ (médium) et $h = 0,5 K$ (graves).

30 Pour améliorer le lissage, une valeur du paramètre h peut être encore plus optimale en biaisant $h = 0,5 K$ vers une plus grande valeur. Le paramètre de lissage h pour le super-lissage défini par Friedman est noté $bass$ et appelé couramment

tonalité de contrôle. Il est compris entre 0 et 10 environ.

En sortie du module de régression de super-lissage RSL, le soustracteur SO soustrait la composante d'atténuation due à l'affaiblissement de parcours produite par le module MP à la variable Z_k afin de produire la composante d'atténuation estimée relative à l'effet de masque, soit par échantillon:

10 $S_k = Z_k - P_k.$

A l'étape E4, le soustracteur dans le module MF soustrait la variable Z_k produite par le module de régression de super-lissage RSL, c'est-à-dire la somme de la composante d'atténuation due à l'affaiblissement de parcours P_k et la composante d'atténuation due à l'effet de masque S_k , à la puissance reçue mesurée afin de produire la composante d'atténuation estimée F_k relative à l'évanouissement rapide, soit par échantillon:

15 $F_k = Y_k - Z_k = Y_k - (P_k + S_k).$

20

Les paramètres nécessaires au dispositif d'estimation DE pour estimer les trois composantes d'atténuation P_k , S_k et F_k sont notamment le nombre N d'échantillons de puissance de signal reçu mesurés et la période d'échantillonnage, soit la durée d'observation des N d'échantillons, le paramètre de lissage α pour la méthode de lissage et de régression polynomiale, par exemple de type "smoothing spline", et le paramètre de lissage h pour la méthode de régression de super-lissage, par exemple le paramètre bass de la méthode de régression de super-lissage Friedman.

25

30

35

Selon un exemple d'application de l'invention, la figure 6 montre, par des petits ronds, des échantillons de puissance reçue Y_k mesurés dans le récepteur RE d'un mobile MO et collectés par le
5 dispositif d'estimation DE lorsque le réseau RR est du type GSM. Le paramètre de lissage α pour la méthode de lissage et de régression polynomiale, par exemple de type "smoothing spline", est élevé et égal à 2, et le paramètre de lissage h , par exemple bass,
10 pour la méthode de régression de super-lissage par exemple de Friedman est faible et égal à 0.

La durée d'observation est de l'ordre de 300 échantillons de mesure, soit une durée totale de
15 $300 \times 480 \text{ ms} = 144 \text{ secondes}$.

Le dispositif d'estimation DE conforme à l'invention peut servir à déterminer un état de déplacement d'un terminal radio mobile qui est par exemple immobile, en train de marcher ou à bord d'un
20 véhicule à plus ou moins grande vitesse. Cette information est intégrable dans des mécanismes de gestion des ressources radio du réseau RR, dans la perspective d'une utilisation plus astucieuse du spectre mais également dans un contexte de radio
25 cognitive. Un terminal cognitif est un composant intelligent qui prend des décisions en fonction d'observations sur son environnement extérieur. Ces observations peuvent être notamment les composantes d'atténuation relatives au signal radio reçu par le
30 terminal et estimées selon le procédé de l'invention. Ces observations renseignent le terminal sur la situation de l'utilisateur ainsi que sur l'environnement extérieur.

Cette invention peut également être utilisée
35 dans des simulateurs de réseaux de radiocommunication

pour mobiles en constituant une base de données comportant les atténuations réelles subies par le signal radio dans plusieurs environnements différents et estimées selon le procédé de l'invention. La base
5 de données remplace les modèles de propagation théoriques et contribue à rapprocher plus précisément les résultats donnés par les simulateurs de l'environnement réel des terminaux.

10 L'invention décrite ici concerne un procédé et un dispositif d'estimation pour estimer des composantes d'atténuation en fonction d'une grandeur de signal reçu, telle que puissance, mesurée dans un récepteur d'un réseau de radiocommunication. Selon
15 une implémentation préférée, les étapes du procédé de l'invention sont déterminées par les instructions d'un programme d'ordinateur incorporé dans un dispositif de traitement de données tel que le dispositif d'estimation. Le programme comporte des
20 instructions de programme qui, lorsque ledit programme est chargé et exécuté dans le dispositif dont le fonctionnement est alors commandé par l'exécution du programme, réalisent les étapes du procédé selon l'invention.

25 En conséquence, l'invention s'applique également à un programme d'ordinateur, notamment un programme d'ordinateur sur ou dans un support d'enregistrement d'informations, adapté à mettre en œuvre l'invention. Ce programme peut utiliser n'importe quel langage de
30 programmation, et être sous la forme de code source, code objet, ou de code intermédiaire entre code source et code objet tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme souhaitable pour implémenter le procédé
35 selon l'invention.

Le support d'enregistrement d'informations peut être n'importe quelle entité ou dispositif capable de stocker le programme. Par exemple, le support peut comporter un moyen de stockage ou support
5 d'enregistrement sur lequel est stocké le programme d'ordinateur selon l'invention, tel qu'une ROM, par exemple un CD ROM ou une ROM de circuit microélectronique, ou encore une clé USB, ou un moyen
10 d'enregistrement magnétique, par exemple une disquette (floppy disc) ou un disque dur.

D'autre part, le support d'enregistrement d'informations peut être un support transmissible tel qu'un signal électrique ou optique, qui peut être acheminé via un câble électrique ou optique, par
15 radio ou par d'autres moyens. Le programme selon l'invention peut être en particulier téléchargé sur un réseau de type internet.

Alternativement, le support d'informations peut être un circuit intégré dans lequel le programme est
20 incorporé, le circuit étant adapté pour exécuter ou pour être utilisé dans l'exécution du procédé selon l'invention.

REVENDEICATIONS

1 - Procédé pour estimer des composantes d'atténuation en fonction d'une grandeur de signal reçu (Y_k) mesurée dans un récepteur (RE) d'un réseau de radiocommunication (RR), caractérisé en ce qu'il comprend une estimation (E_2, E_3) de première et deuxième composantes d'atténuation (P_k, S_k) en temps réel en fonction de la grandeur mesurée, et une soustraction (E_4) des première et deuxième composantes d'atténuation estimées à la grandeur mesurée afin de produire en temps réel une troisième composante d'atténuation (F_k).

2 - Procédé conforme à la revendication 1, selon lequel la première composante d'atténuation (P_k) est estimée (E_2) en temps réel selon une méthode de lissage et de régression polynomiale.

3 - Procédé conforme à la revendication 1 ou 2, selon lequel la première composante d'atténuation (P_k) est une fonction g qui minimise la somme suivante $S(g)$:

$$S(g) = \sum_{k=0}^{k=K-1} (Y_k - g(t_k))^2 + \alpha \int_{t_0}^{t_{K-1}} (g''(t))^2 dt,$$

dans laquelle K est un nombre de périodes d'échantillonnage de la grandeur de signal reçue, Y_k est un échantillon de la grandeur de signal reçu mesurée et α est un paramètre de lissage.

4 - Procédé conforme à la revendication 3, selon lequel le paramètre de lissage est compris entre 1 environ et 3 environ.

5 - Procédé conforme à l'une des revendications 1 à 4, selon lequel l'estimation (E3) de la deuxième composante d'atténuation (S_k) comprend une estimation en temps réel de la somme (Z_k) des première et deuxième composantes d'atténuation selon une méthode de régression de super-lissage et une soustraction de la première composante d'atténuation estimée (P_k) à ladite somme de composantes d'atténuation.

6 - Procédé conforme à la revendication 5, selon lequel la somme (Z_k) des première et deuxième composantes d'atténuation est définie par la relation

$$K \sum_{i=0}^{i=K-1} W_{hi}(t) Y_i,$$

dans laquelle $\{W_{hi}(t)\}_{i=0}^{i=K-1}$ est une séquence de poids dépendant du rapport du nombre K de périodes d'échantillonnage de la grandeur de signal reçu mesurée sur un paramètre de lissage h définissant le nombre d'échantillons les plus proches d'un échantillon de la grandeur mesurée Y_i .

7 - Procédé conforme à la revendication 6, selon lequel paramètre de lissage h est compris entre 0 et 10 environ.

8 - Dispositif (DE) pour estimer des composantes d'atténuation en fonction d'une grandeur de signal reçu (Y_k) mesurée dans un récepteur (RE) d'un réseau de radiocommunication (RR), caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (MP, MS) pour estimer des première et deuxième composantes d'atténuation (P_k , S_k) en temps réel en fonction de la grandeur mesurée, et un moyen (MF) pour soustraire les première et deuxième composantes d'atténuation estimées à la

grandeur mesurée afin de produire en temps réel une troisième composante d'atténuation (F_k).

5 9 - Dispositif conforme à la revendication 8, dans lequel le moyen (MP) pour estimer la première composante d'atténuation (P_k) est basé sur une méthode de lissage et de régression polynomiale.

10 10 - Dispositif conforme à la revendication 8 ou 9, dans lequel le moyen (MS) pour estimer la deuxième composante d'atténuation (S_k) comprend un moyen (RSL) pour estimer en temps réel la somme (Z_k) des première et deuxième composantes d'atténuation selon une méthode de régression de super-lissage et un
15 soustracteur (SO) pour soustraire la première composante d'atténuation (P_k) à ladite somme de composantes d'atténuation.

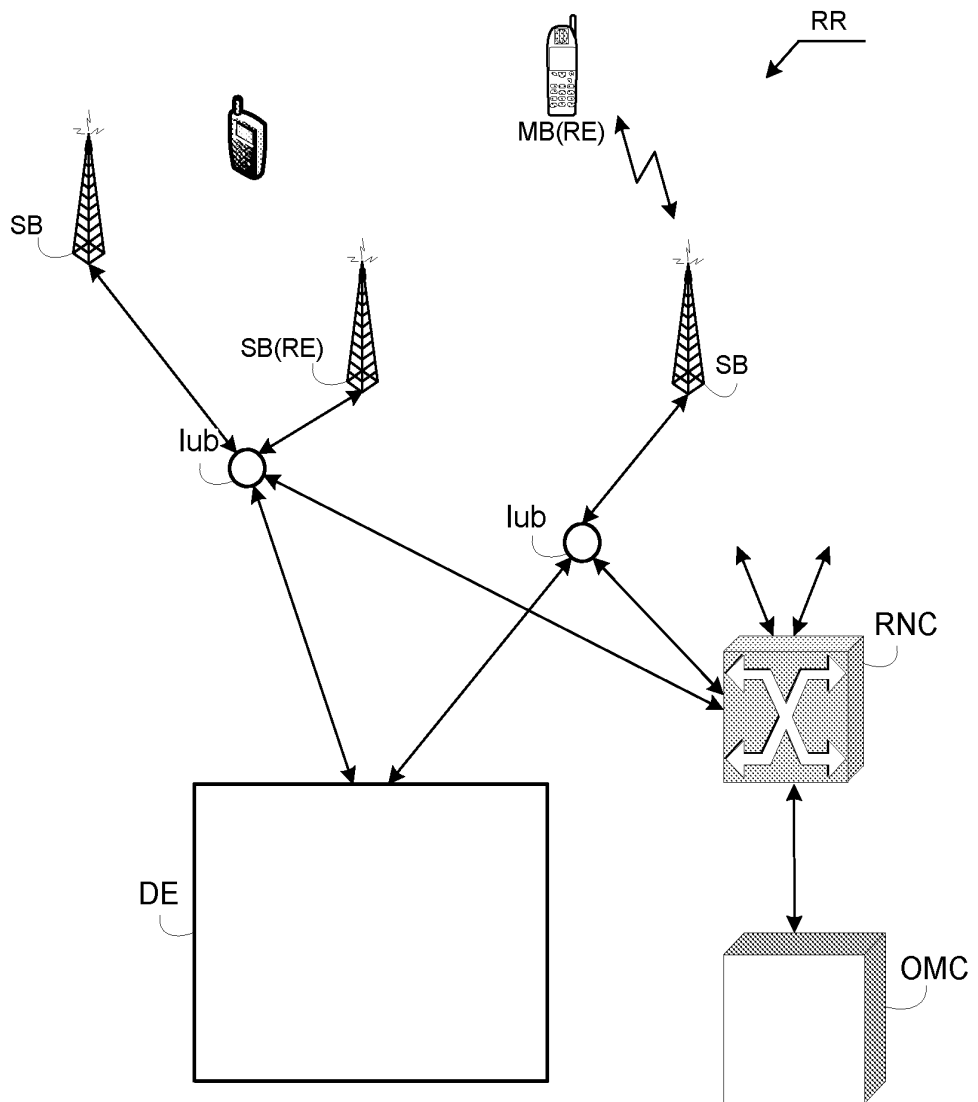
20 11 - Programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour la mise en œuvre des étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 lorsque ledit programme est exécuté par un ordinateur.

25 12 - Support d'enregistrement lisible par un dispositif pour estimer des composantes d'atténuation en fonction d'une grandeur de signal reçu (Y_k) mesurée dans un récepteur (RE) d'un réseau de radiocommunication (RR), ledit support
30 d'enregistrement étant caractérisé en ce qu'il a enregistré un programme d'ordinateur comportant des instructions pour l'exécution d'une estimation (E2, E3) de première et deuxième composantes d'atténuation (P_k , S_k) en temps réel en fonction de la grandeur
35 mesurée, et d'une soustraction (E4) des première et

deuxième composantes d'atténuation estimées à la grandeur mesurée afin de produire en temps réel une troisième composante d'atténuation (F_k).

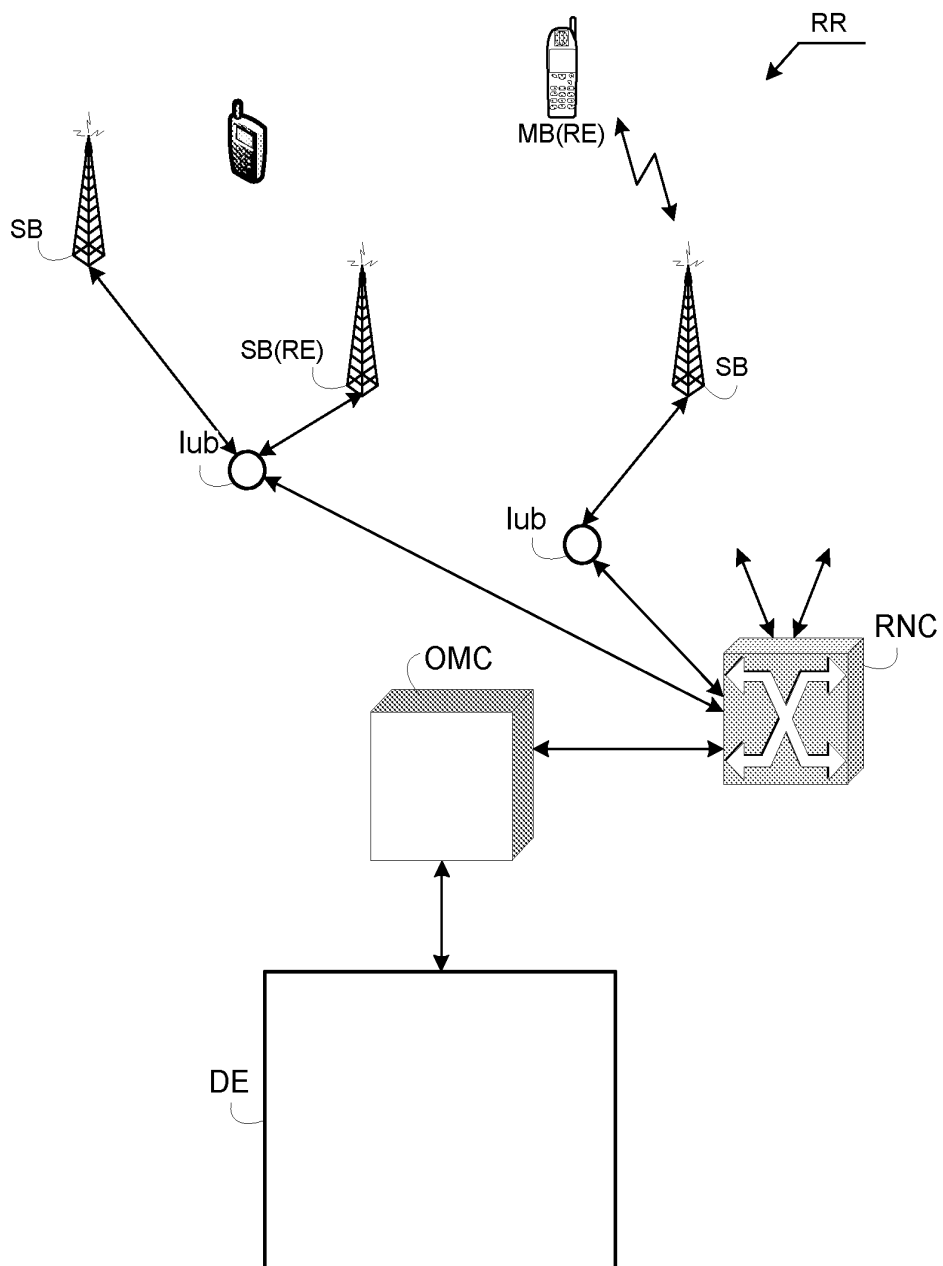
1/6

FIG. 1



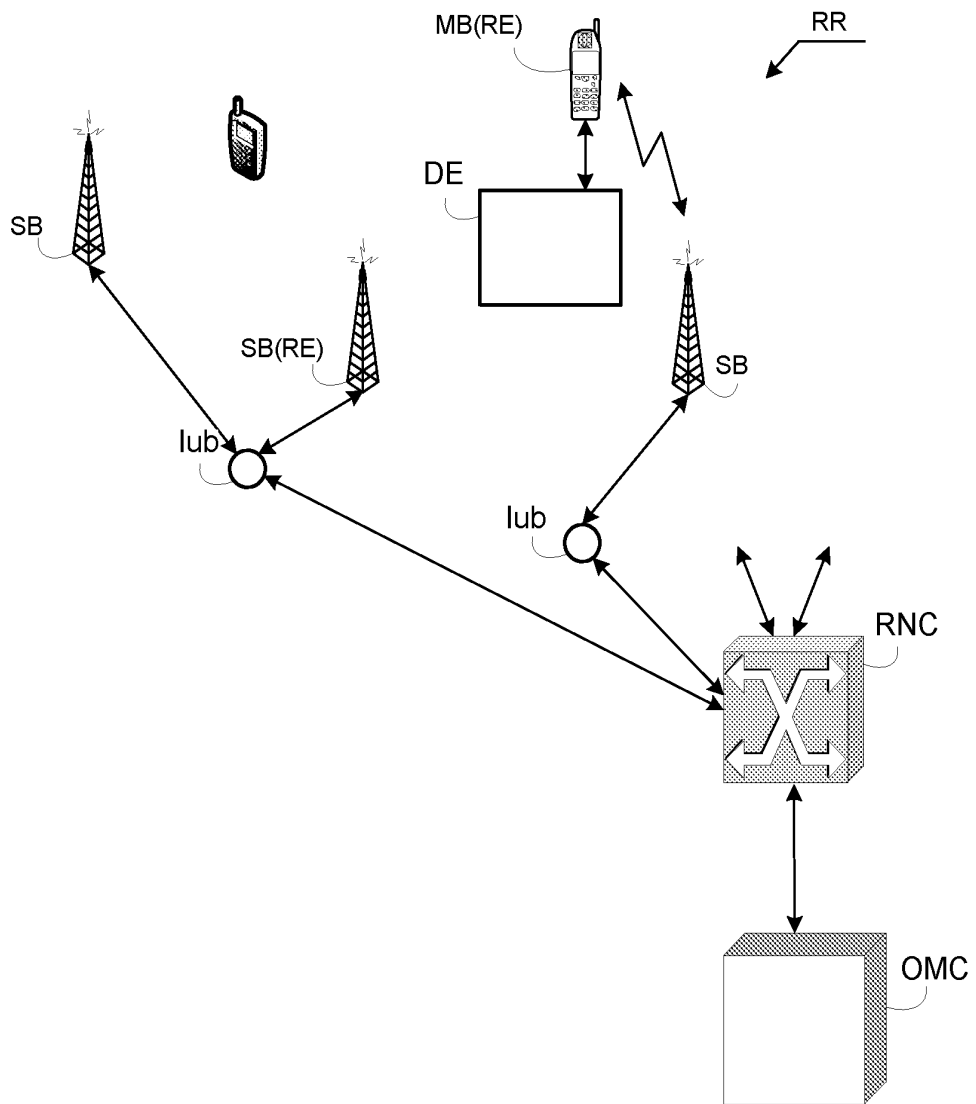
2/6

FIG. 2



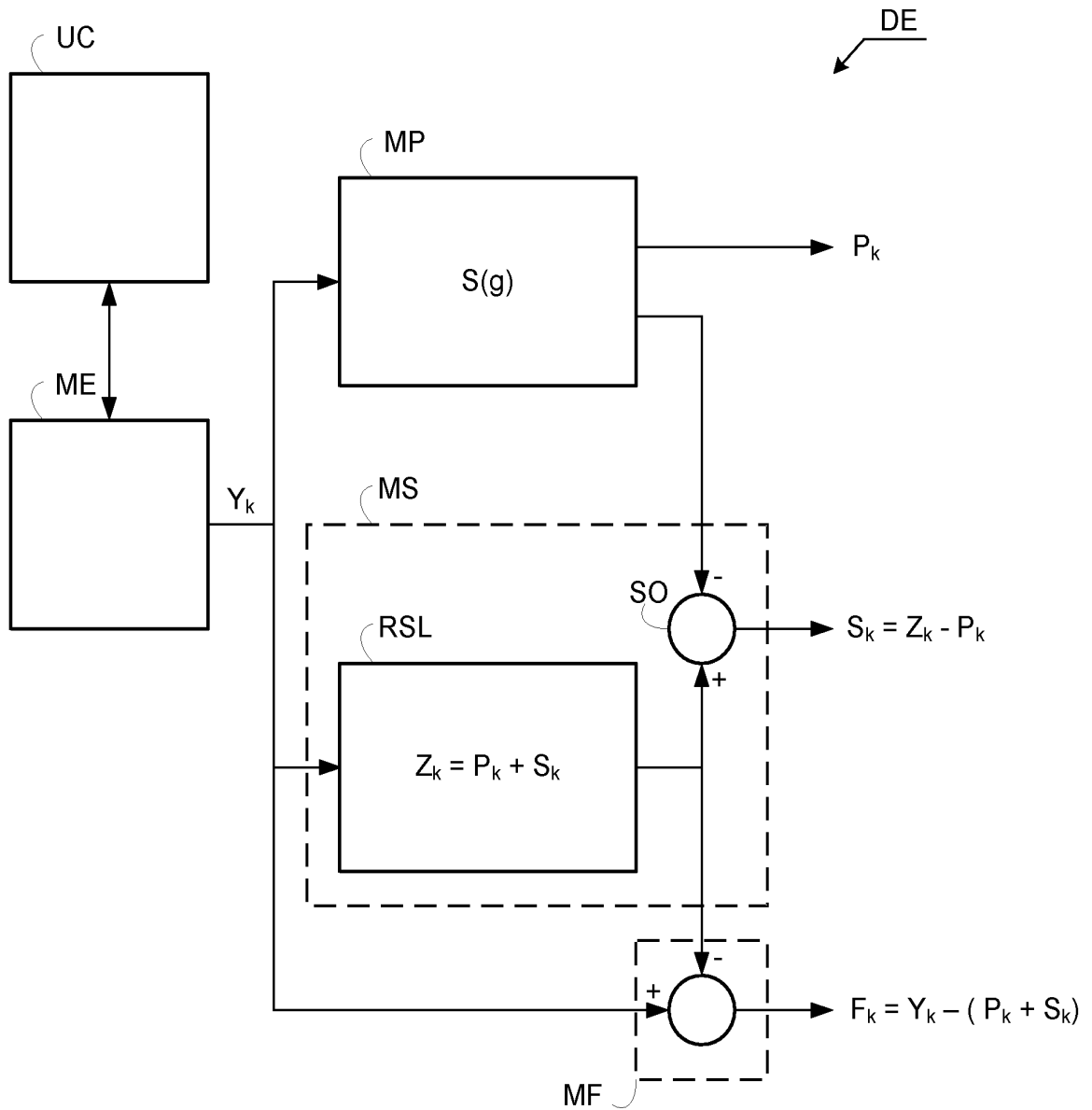
3/6

FIG. 3



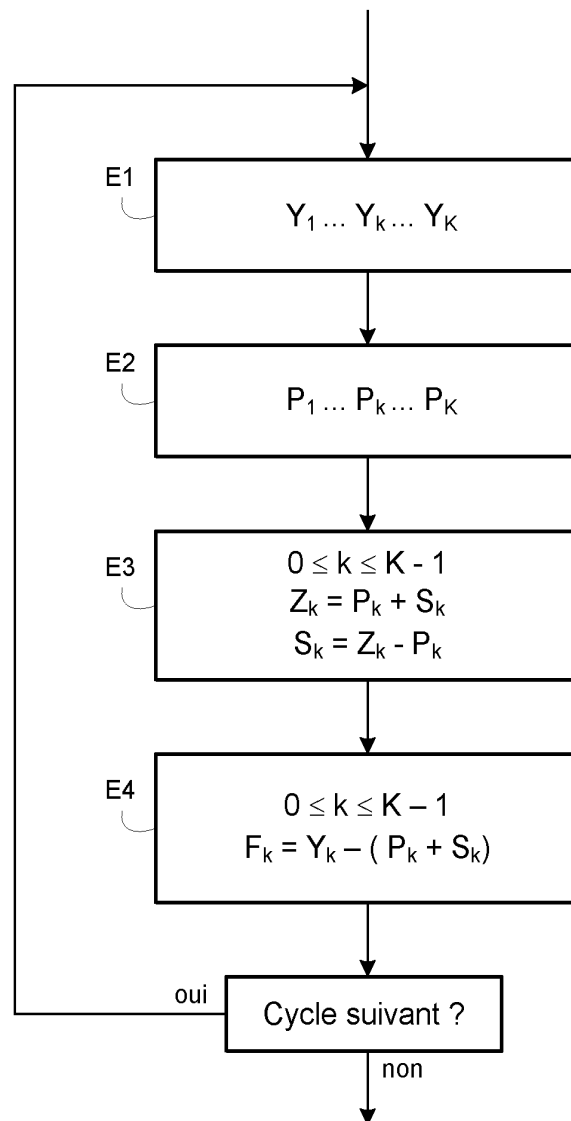
4/6

FIG. 4



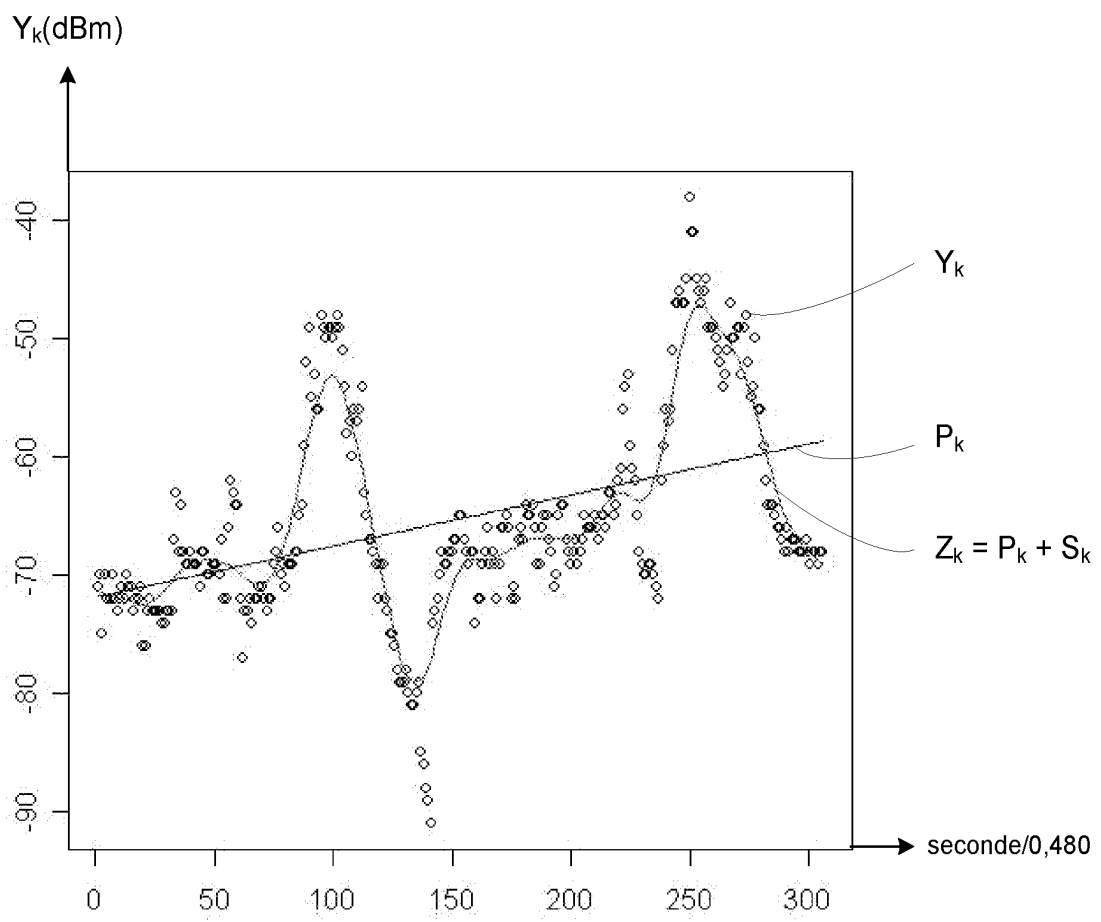
5/6

FIG. 5



6/6

FIG. 6



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 683819
FR 0654125

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 0 886 390 B1 (NIPPON ELECTRIC CO [JP]) 24 mars 2004 (2004-03-24) * alinéas [0011] - [0024] * -----	1,2,5, 8-12	H04B17/00 H04B1/69 H04L25/03 H04Q7/20
A	ZHANG Q T: "Co-channel interference analysis for mobile radio suffering lognormal shadowed Nakagami fading" IEE PROCEEDINGS : COMMUNICATIONS, INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS, GB, vol. 146, no. 1, 16 avril 1999 (1999-04-16), pages 49-54, XP006013200 ISSN: 1350-2425 * le document en entier * -----	1-12	
A	SIALA M ET AL: "ITERATIVE RAKE RECEIVER WITH MAP CHANNEL ESTIMATION FOR DS-CDMA SYSTEMS" ANNALES DES TELECOMMUNICATIONS - ANNALS OF TELECOMMUNICATIONS, GET LAVOISIER, PARIS, FR, vol. 54, no. 3/4, mars 1999 (1999-03), pages 243-254, XP000834647 ISSN: 0003-4347 * le document en entier * -----	1-12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H04B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
24 avril 2007		FERNANDEZ CUENCA, B	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0654125 FA 683819**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **24-04-2007**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0886390 B1	24-03-2004	DE 69822558 D1	29-04-2004
		DE 69822558 T2	16-09-2004
		EP 0886390 A2	23-12-1998
		JP 2861987 B2	24-02-1999
		JP 11017653 A	22-01-1999
