

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale

WO 2012/097932 A1

(43) Date de la publication internationale
26 juillet 2012 (26.07.2012)

(51) Classification internationale des brevets :
G01R 31/11 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2011/072953

(22) Date de dépôt international :
15 décembre 2011 (15.12.2011)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1150501 21 janvier 2011 (21.01.2011) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : COM-
MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX
ENERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; 25 rue Leblanc,
Bâtiment "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : LELONG,
Adrien [FR/FR]; 99, rue de Paris, F-91400 Orsay (FR).

(74) Mandataire : BRUNELLI, Gérald; Immeuble VISIUM,
22 avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex (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, CL, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasienn (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD AND DEVICE FOR ESTIMATING THE IMPULSE RESPONSE OF A CABLE NETWORK BY MEANS OF MYOPIC DECONVOLUTION

(54) Titre : PROCÉDE ET DISPOSITIF D'ESTIMATION DE LA REPONSE IMPULSIONNELLE D'UN RESEAU DE CABLES PAR DECONVOLUTION MYOPE

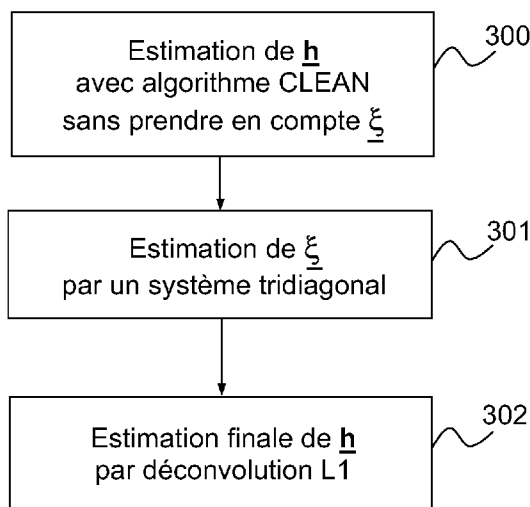


FIG.3

(57) Abstract : The invention relates to a method for estimating the impulse response $h(t)$ of a cable network by means of myopic deconvolution. According to the invention, a test signal $s(t)$ is introduced at an input point of the network and a signal $y(t)$ is measured at an output point of the network, said input and output points preferably being the same. The method includes a step (300) comprising an initial estimation of the impulse response $h(t)$ by means of deconvolution of signal $y(t)$ with a kernel corresponding to the test signal $s(t)$ and a step (301) comprising the estimation of a deconvolution kernel $g(t)$ using the result of the initial estimation of the impulse response $h(t)$, said kernel taking account of the distortions $\xi(t)$ introduced by the network. The method also includes a step (203) comprising the refined estimation of $h(t)$ by means of deconvolution using kernel $g(t)$.

(57) Abrégé : L'invention a pour objet un procédé d'estimation de la réponse impulsionnelle $h(t)$ d'un réseau de

[Suite sur la page suivante]



WO 2012/097932 A1



-
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h) — avec tous renseignements concernant l'incorporation par renvoi d'éléments ou de parties manquantes (règle 20.6)

câbles par déconvolution myope, un signal de test $s(t)$ étant introduit en un point d'entrée du réseau et un signal $y(t)$ étant mesuré en un point de sortie du réseau le point d'entrée et le point de sortie étant de préférence les mêmes. Le procédé comprend une étape (300) d'estimation initiale de la réponse impulsionnelle $h(t)$ par déconvolution du signal $y(t)$ avec un noyau correspondant au signal de test $s(t)$, une étape (301) d'estimation d'un noyau de déconvolution $g(t)$ en utilisant le résultat de l'estimation initiale de la réponse impulsionnelle $h(t)$, ledit noyau prenant en compte les distortions $\zeta(t)$ introduites par le réseau. Le procédé comprend en outre une étape (302) d'estimation affinée de $h(t)$ par déconvolution en utilisant le noyau $g(t)$.

Procédé et dispositif d'estimation de la réponse impulsionnelle d'un réseau de câbles par déconvolution myope

5 L'invention concerne un procédé et un dispositif d'estimation de la réponse impulsionnelle d'un réseau de câbles par déconvolution myope et s'applique notamment au domaine de la réflectométrie en électronique.

10 Les câbles sont omniprésents dans tous les systèmes électriques, pour l'alimentation ou la transmission d'information. Ces câbles sont soumis aux mêmes contraintes que les systèmes qu'ils relient et peuvent être sujets à des défaillances. Il est donc nécessaire de pouvoir tester leur état et d'apporter des informations sur la détection de défauts, mais aussi leur localisation et leur type, afin d'aider à la maintenance et à la prévention. Pour
15 cela, des méthodes dites de réflectométrie sont mises en œuvre. Celles-ci peuvent aussi être utilisées pour détecter les défauts d'un réseau de fibres optiques.

Le principe de la réflectométrie repose sur l'injection d'un signal test. La forme de ce signal change significativement lors de sa propagation
20 aller-retour dans un câble, ces changements étant la conséquence des phénomènes physiques d'atténuation et de dispersion.

Les méthodes de réflectométrie utilisent un principe proche de celui du radar : un signal électrique, le signal de test, souvent large bande, est injecté en un ou plusieurs endroits du câble à tester. Ledit signal se
25 propage dans le câble ou le réseau et renvoie une partie de son énergie lorsqu'il rencontre une discontinuité électrique. Une discontinuité électrique peut résulter, par exemple, d'une jonction, de la fin du câble ou d'un défaut. L'analyse des signaux renvoyés au point d'injection permet d'en déduire des informations sur la présence et la localisation de ces discontinuités, donc des
30 défauts éventuels. L'analyse des signaux réfléchis permet de détecter des singularités, c'est-à-dire des ruptures d'impédance caractéristique du câble, ces dernières pouvant aussi correspondre à des défauts.

Le signal résultant de la réflectométrie est appelé réflectogramme et est constitué d'une pluralité de pics correspondant aux singularités du
35 réseau. Il peut y avoir plusieurs pics par singularité, certains correspondants à des réflexions multiples. Dans un réseau complexe, l'objectif est alors de

déterminer quel pic correspond à un défaut puis d'isoler correctement celui-ci afin de localiser précisément ledit défaut.

Afin de pouvoir détecter un défaut au sein d'un réseau arbitrairement complexe, il convient de mesurer les variations de la réponse électrique dudit réseau. La difficulté est ensuite d'identifier le pic correspondant au défaut afin de pouvoir le localiser.

Dans les systèmes embarqués de contrôle non destructif et en particulier pour le diagnostic filaire par réflectométrie, la bande passante des systèmes est limitée. Or l'objectif recherché est d'obtenir des signaux avec la meilleure résolution possible, la résolution dépendant directement de la bande passante. Afin d'optimiser cette résolution, divers traitements se basant sur une déconvolution de signaux peuvent être appliqués. Dans le cas de la réflectométrie, des traitements haute résolution sont connus, comme ceux présentés dans l'article de C. Buccella, M. Feliziani et G. Manzi intitulé *Detection and localization of defects in shielded cables by time-domain measurements with uwb pulse injection and clean algorithm postprocessing*, IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 46(4), pages 597–605, Novembre 2004, ainsi que dans l'article de S. Schuet intitulé *Wiring diagnostics via I1 - regularized least squares*, Sensors Journal, IEEE, 10(7) pages 1218–1225, Juillet 2010. Les méthodes dites « haute résolution » correspondent à des traitements permettant d'améliorer l'estimation des temps de retard dans le réflectogramme et de distinguer les uns par rapport aux autres plusieurs pics pouvant être très proches. Ces traitements peuvent être intégrés dans un système embarqué, mais ils ne tiennent pas compte des divers phénomènes de distorsions linéaires qui altèrent le signal, ces derniers étant généralement inconnus. Ces phénomènes de distorsions linéaires sont la conséquence, par exemple, de la dispersion dans les câbles du réseau à tester et des caractéristiques des composants du système de mesure par réflectométrie qui agissent comme des filtres passe-bas.

La prise en compte de ces distorsions permet d'améliorer la résolution. Ces distorsions étant inconnues, il est requis de mettre en œuvre des méthodes de déconvolution myope, appelées également méthodes semi-aveugles. Plusieurs méthodes de ce type existent, comme décrit dans l'article de O. Rosec, J. M. Boucher, B. Nsiri et T. Chonavel intitulé *Blind*

marine seismic deconvolution using statistical mcmc methods, IEEE Journal of Oceanic Engineering, 28(3), pages 502-512, juillet 2003. Un inconvénient des méthodes existantes est qu'elles nécessitent une quantité importante de calculs ce qui rend difficile leur intégration dans un système de
5 réflectométrie.

Un but de l'invention est notamment de pallier les inconvénients précités.

A cet effet l'invention a pour objet un procédé d'estimation de la
10 réponse impulsionnelle $h(t)$ d'un réseau de câbles par déconvolution myope, un signal de test $s(t)$ étant introduit en un point d'entrée du réseau et un signal $y(t)$ étant mesuré en un point de sortie du réseau le point d'entrée et le point de sortie étant de préférence les mêmes. Le procédé comprend une étape d'estimation initiale de la réponse impulsionnelle $h(t)$ par
15 déconvolution du signal $y(t)$ avec un noyau correspondant au signal de test $s(t)$, une étape d'estimation d'un noyau de déconvolution $g(t)$ en utilisant le résultat de l'estimation initiale de la réponse impulsionnelle $h(t)$, ledit noyau prenant en compte les distortions $\zeta(t)$ introduites par le réseau. Le procédé comprend en outre une étape (302) d'estimation affinée de $h(t)$ par
20 déconvolution en utilisant le noyau $g(t)$.

Selon un aspect de l'invention, l'estimation initiale de la réponse impulsionnelle $h(t)$ est obtenue par application de l'algorithme CLEAN.

L'estimation affinée de $h(t)$ est obtenue, par exemple, par déconvolution L1.

25 Selon un autre aspect de l'invention, il est pris comme hypothèse dans l'étape d'estimation du noyau de déconvolution $g(t)$ que la fonction $\zeta(t)$ est centrée autour de l'instant $t = 0$.

Dans un mode de réalisation, le noyau de déconvolution $g(t)$ est obtenu par construction et résolution d'un système tridiagonal, ce système
30 correspondant à l'expression :

$$\underline{\mathbf{g}} = \mathbf{F}^H (\mathbf{F} \mathbf{H}^H \mathbf{H} \mathbf{F}^H + \mu_1 \mathbf{I} + \mu_2 \mathbf{D}^H \mathbf{D})^{-1} \mathbf{F} \mathbf{H}^H \underline{\mathbf{y}}$$

dans laquelle :

$\underline{\mathbf{g}}$ est un vecteur correspondant au noyau de déconvolution ;

35 μ_1 et μ_2 sont des paramètres réels de réglage ;

- la figure 1 présente une modélisation des phénomènes modifiant un signal de test lors de sa propagation dans un réseau testé à l'aide d'un système de réflectométrie ;
- 5 - la figure 2 donne un exemple de réflectogramme haute résolution obtenu par simulation avec et sans prise en compte de la distorsion ξ ;
- la figure 3 donne un exemple simplifié de procédé de déconvolution selon l'invention ;
- la figure 4 présente des résultats de simulation relatifs à la mise en œuvre de la déconvolution myope selon l'invention ;
- 10 - la figure 5 donne un exemple de réflectogramme obtenu par application du procédé selon l'invention.

La figure 1 présente une modélisation des phénomènes modifiant le signal de test lors de sa propagation dans un réseau testé à l'aide d'un système de réflectométrie.

Un signal noté $y(t)$ correspond au signal mesuré par le système de réflectométrie résultant notamment de la propagation du signal de test dans le réseau et peut être modélisé en utilisant l'expression suivante :

$$20 \quad y(t) = s(t) * h(t) * \zeta(t) + n(t) \quad (1)$$

dans laquelle :

- * représente l'opération de produit de convolution ;
- 25 $s(t)$ représente le signal de test 100 ;
- $h(t)$ représente le signal recherché par le système de réflectométrie et correspond à la réponse impulsionnelle 101 du réseau testé ;
- $\zeta(t)$ représente divers phénomènes de filtrage 102, pas nécessairement connus, liés entre autre à la limitation de bande passante des divers
- 30 éléments et composants présents sur le trajet de l'onde correspondant au signal de test ;
- $n(t)$ représente un bruit additif de mesure 103.

Le signal $h(t)$ est composé d'une série de pics dont les positions donnent les retards des différentes réflexions du signal de test, appelés aussi

35 échos et peut être décrit à l'aide de l'expression suivante :

$$h(t) = \sum_{k>0} \alpha_k \delta(t - \tau_k), \quad (2)$$

dans laquelle :

α_k représente l'amplitude des échos ;

5 τ_k représente les retards associés aux échos ;

$\delta(t)$ représente la distribution de Dirac.

Le signal $h(t)$ appartient à la catégorie des signaux parcimonieux car il possède peu de valeurs non nulles.

La fonction $\xi(t)$ est appelée dans la suite de la description
 10 fonction de distorsion. Cette fonction correspond habituellement à un filtre passe-bas 102 dont les caractéristiques ne sont pas connues. C'est pour cette raison que l'effet de ce filtre est souvent négligé par les systèmes de réflectométrie au détriment de la précision de localisation des défauts du réseau testé.

15 Le procédé décrit ci-après a notamment pour objectif d'estimer la fonction de distortion $\xi(t)$ par des méthodes de traitement pouvant être embarquées dans un système de réflectométrie, cette estimation étant ensuite utilisée afin de compenser cette distorsion.

Le signal mesuré $y(t)$ est habituellement traité dans un système
 20 de réflectométrie par filtrage adapté, ce qui est équivalent à une intercorrélacion entre $y(t)$ et le signal test $s(t)$.

Le signal $r(t)$ obtenu en sortie de ce filtre peut être décrit en utilisant l'expression :

$$25 \quad r(t) = r_{ss}(t) * h(t) \quad (3)$$

dans laquelle :

$r_{ss}(t)$ est la fonction d'autocorrélacion de $s(t)$.

Il est supposé ici que le signal émis $s(t)$ est choisi de manière à
 30 avoir une autocorrélacion en forme de triangle en suivant l'expression suivante :

$$r_{ss}(n) = \begin{cases} \frac{K-|n|}{K} & \text{si } |n| < K \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (4)$$

dans laquelle :

K est une constante réelle ;

n représente l'index des échantillons du signal.

5

Lorsque la fonction de distorsion $\xi(t)$ n'est pas prise en compte, c'est-à-dire que l'on pose $\xi(t) = 1$, l'élimination de $s(t)$ dans l'expression (1) constitue un problème de déconvolution classique. En effet, dans ce cas de figure, le noyau de déconvolution est égal à $s(t)$ et est quant à lui connu.

- 10 Dans ce contexte, le principe de ces algorithmes s'appuie sur le caractère parcimonieux du signal $h(t)$ à retrouver et entre dans la catégorie des méthodes de déconvolution impulsionnelle. Parmi les méthodes les mieux adaptées au contexte des systèmes embarqués, on peut mentionner l'algorithme CLEAN également désigné par l'expression anglo-saxonne
- 15 « Matching Pursuit » et décrit dans l'article de C. Buccella, M. Feliziani et G. Manzi intitulé *Detection and localization of defects in shielded cables by time-domain measurements with uwb pulse injection and clean algorithm postprocessing*, IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 46(4), pages 597–605, Novembre 2004. On peut également citer les algorithmes de
- 20 déconvolution L1 tels que l'algorithme IST venant de l'expression anglo-saxonne « Iterative Soft Thresholding » ou encore l'algorithme IST rapide appelé aussi Fast-IST et dont on trouvera les descriptions et comparaisons dans l'article de I. Loris, M. Bertero, C. De Mol, R. Zanella et L. Zanni intitulé
- 25 *Accelerating gradient projection methods for l1-constrained signal recovery by steplength selection rules*, Applied and Computational Harmonic Analysis, 27(2), pages 247-254, 2009.

Au lieu de prendre le signal test directement comme noyau de déconvolution, la prise en compte de la distorsion dans ce noyau permet d'

30 améliorer nettement les résultats fournis en terme de résolution. Cette prise en compte de la distorsion permet d'obtenir un noyau relativement lisse dans le domaine temporel en raison de la nature passe-bas de la distorsion. Ce

dernier est en effet prévu pour des formes de signal plus abrupte, ce qui était le cas du noyau en forme de triangle précédemment étudié.

A titre de remarque préliminaire, dans la suite de la description, une notation du type \underline{x} désigne un vecteur, c'est-à-dire un ensemble de valeurs organisées dans une matrice comprenant une seule colonne. De manière générale dans la description, un vecteur \underline{x} correspond à un ensemble d'éléments discrets représentatifs d'une fonction $x(t)$. De plus, une matrice notée \mathbf{X} est une matrice circulante correspondant à l'opération de convolution avec le vecteur \underline{x} .

On utilise, par exemple, dans le cadre du procédé une déconvolution de type L1 pour l'estimation d'un vecteur \underline{h} représentatif de la fonction $h(t)$. Cela revient à minimiser une fonction $J_{L1}(\underline{h})$ pouvant s'exprimer, par exemple, en utilisant l'expression :

$$J_{L1}(\underline{h}) = \|\underline{y} - \mathbf{G}\underline{h}\|_2^2 + \mu\|\underline{h}\|_1 \tag{5}$$

dans laquelle :

$\|\underline{h}\|_1 = \sum_{n \geq 0} |h_n|$ est la norme L1 de \underline{h} , l'utilisation de cette norme favorise les solutions \underline{h} à caractère parcimonieux ;

μ est une constante réelle permettant d'introduire un compromis entre la fidélité de l'estimation à la mesure et son adéquation au modèle, ce dernier pouvant être réglé de manière empirique ;

\mathbf{G} est une matrice circulante correspondant à l'opération de convolution avec le noyau représenté par le vecteur \underline{g} correspondant à la fonction $g(t)$, ledit noyau correspondant au produit de convolution du signal test $s(t)$ avec la fonction de distorsion $\xi(t)$.

La matrice \mathbf{G} peut s'écrire en utilisant l'expression :

$$\mathbf{G} = \mathbf{S}\mathbf{\Xi} \tag{6}$$

dans laquelle :

\mathbf{S} représente une matrice circulante correspondant à l'opération de convolution avec \underline{s} , vecteur représentatif de la fonction $s(t)$;

$\mathbf{\Xi}$ représente une matrice circulante correspondant à l'opération de convolution avec $\underline{\xi}$, vecteur représentatif de la fonction de distorsion $\xi(t)$.

C'est donc dans la matrice \mathbf{G} que la distorsion est prise en compte. Dans le cas où la distorsion est ignorée on a $\mathbf{G} = \mathbf{S}$.

La figure 2 donne un exemple de réflectogramme obtenu par simulation avec et sans prise en compte de la distorsion $\underline{\xi}$. Cette figure permet d'illustrer le gain de performance induit par la prise en compte de la distorsion dans un exemple de configuration choisi. Dans cet exemple, la fonction de distorsion est supposée connue dans la mesure ou elle est créée artificiellement dans un simulateur. Cette dernière correspond ici à cinq filtres du premier ordre ordonnés en cascade. Sa transformée de Laplace, $\Xi(j\omega)$, peut être décrite en utilisant l'expression suivante :

$$\Xi(j\omega) = \prod_{n \geq 0} \frac{1}{1 + j\omega / \omega_n}, \quad (7)$$

dans laquelle :
 ω_n représente la n-ième pulsation de coupure.

Le choix de ce modèle est lié au fait que la plupart des phénomènes observés expérimentalement sur le trajet du signal s'apparentent à un filtre du premier ordre. Sur la figure 2 apparaissent la réponse réelle $h(t)$ du réseau simulé, la fonction $r_{sy}(t)$ représentant la fonction d'intercorrélation entre les signaux $s(t)$ et $y(t)$, la réponse du réseau obtenue après une déconvolution classique sans prise en compte de la distorsion dans le noyau, et la réponse du réseau obtenue après une déconvolution dont le noyau prend en compte la distorsion qui est ici connue. Il apparaît que la prise en compte de la distorsion améliore nettement la qualité du résultat. La résolution des pics se trouve améliorée, ce qui aura notamment pour effet de faciliter la localisation des défauts du réseau.

L'estimation de $\underline{\mathbf{h}}$ sans la connaissance de $\underline{\xi}$, vecteur représentatif de la fonction $\xi(t)$ constitue un problème de déconvolution myope dans la mesure où on ne connaît que partiellement le noyau de déconvolution correspondant à la fonction $g(t) = s(t) * \xi(t)$.

Plusieurs méthodes performantes existent pour résoudre ce type de problème. Elles s'appuient habituellement sur des procédés de simulation statistique tels que la méthode de Monte-Carlo par chaîne de Markov

désignée par l'acronyme MCMC venant de l'expression anglo-saxonne « Markov Chain Monte-Calo ». Cependant, ces derniers ne sont pas envisageables pour une intégration dans un système embarqué de par leur complexité.

5 Une approche similaire à celle de la déconvolution-L1 et correspondant à une estimation jointe de h et g est proposée dans l'article de S. Gautier, J. Idier, F. Champagnat, A. Mohammad-Djafari et B. Lavayssière. Intitulé *Traitement d'échogrammes ultrasonores par déconvolution aveugle*, GRETSI, 1997.

10 Elle consiste à optimiser une fonction de coût du type :

$$J_1(\underline{\mathbf{h}}, \underline{\mathbf{g}}) = \|\underline{\mathbf{y}} - C(\underline{\mathbf{g}})\underline{\mathbf{h}}\|_2^2 + \mu_1 \|\underline{\mathbf{h}}\|_1 + \mu_2 \|\mathbf{Q}\underline{\mathbf{g}}\|_2 + \mu_3 \|\underline{\mathbf{g}}\|_2 \quad (8)$$

dans laquelle :

15 le signe $\|\bullet\|_1$ fait référence à la norme L1 ;

le signe $\|\bullet\|_2$ fait référence à la norme L2 ;

μ_1, μ_2 et μ_3 sont des paramètres de régularisation ;

\mathbf{Q} est une matrice permettant de favoriser des solutions douces de $\underline{\mathbf{g}}$;

20 En revanche, le deuxième terme associé a paramètre μ_1 favorise les solutions de $\underline{\mathbf{h}}$ de nature parcimonieuse. Enfin, le dernier terme limite l'énergie de $\underline{\mathbf{g}}$ et améliore ainsi le conditionnement de l'estimateur.

En pratique, la minimisation de $J_1(\underline{\mathbf{h}}, \underline{\mathbf{g}})$ peut se faire en alternant les variations de $\underline{\mathbf{g}}$ et de $\underline{\mathbf{h}}$. Ce type d'approche est utilisé pour de la déconvolution d'image. Néanmoins l'inconvénient de cette méthode est
25 qu'elle peut s'avérer longue à converger. De plus, les paramètres μ_1 et μ_2 sont fortement dépendant ce qui peut rendre délicat leur réglage en pratique.

La méthode proposée dans le cadre de l'invention emploie une stratégie innovante consistant à approcher les deux fonctions inconnues $\underline{\mathbf{h}}$ et $\underline{\xi}$ par approximations successives. Ainsi, une première déconvolution sans
30 prise en compte de la distorsion est effectuée aboutissant à une estimation notée $\underline{\mathbf{h}}^{(0)}$ de la réponse impulsionnelle. En utilisant ce premier résultat, la fonction de distorsion peut être à son tour estimée par moindres carrés. Pour cela, une fonction $J_2(\)$ définie ci-dessous peut être minimisée, celle-ci pouvant être déterminée en utilisant l'expression suivante :

$$J_2(\underline{\xi}) = \|\underline{y} - \mathbf{H}\mathbf{S}\underline{\xi}\|_2^2 \quad (9)$$

dans laquelle :

\mathbf{H} est une matrice circulante représentative de l'opération de convolution
5 avec le vecteur $\underline{\mathbf{h}}$;

$\underline{\xi}$ est le vecteur correspondant à la fonction de distorsion nouvellement
acquise et peut être introduite dans le noyau de déconvolution et obtenir une
nouvelle estimation $\underline{\mathbf{h}}^{(1)}$ de la réponse impulsionnelle.

Le procédé est itératif. Ainsi un nombre choisi d'itérations est appliqué afin
10 de converger vers une approximation acceptable des deux fonctions $\underline{\mathbf{h}}$ et $\underline{\xi}$.

Cette stratégie fonctionne dans des cas où l'on possède plusieurs
signaux différents avec la même distorsion ou bien si le signal possède
suffisamment de pics bien séparables. Or, dans le cas du diagnostic de
câbles, on ne dispose pas de suffisamment de données à traiter et on
15 observe de trop nombreux cas où la méthode est très longue à converger ou
bien diverge.

Le procédé selon l'invention a notamment pour objectif l'estimation
de $\underline{\xi}$ afin d'éviter d'avoir à appliquer un nombre trop important d'itérations ou
de piéger la convergence dans des solutions erronées. Cela se fait en
20 introduisant des hypothèses sur la nature de $\underline{\xi}$. Une hypothèse pouvant être
choisie et utilisée est de considérer que l'essentiel de l'énergie de $\underline{\xi}$ dans le
domaine temporel est concentrée autour de l'instant $t = 0$. Cette hypothèse
vient du fait qu'il n'est pas possible d'estimer le retard de groupe du filtre de
distorsion $\underline{\xi}$. Il est donc supposé que cette fonction $\underline{\xi}$ est centrée autour de
25 l'instant $t = 0$, appelé origine des temps dans la suite de la description. On
considère donc que l'énergie est concentrée autour de ce point.

Le procédé selon l'invention cherche ici à pénaliser dans une
fonction de coût les valeurs importantes de $\underline{\xi}$ qui apparaissent, dans le
domaine temporel sur des échantillons éloignés de l'origine. En d'autres
30 termes, des solutions de $\underline{\xi}$ dont la dérivée dans le domaine temporel
n'excède pas un niveau choisi sont favorisées. En considérant la transformée
de Fourier, cela se traduit par des variations rapides en certains points. En
effet, les points de plus en plus éloignés de l'origine dans le domaine
temporel correspondent à des variations de plus en plus rapide de la

transformée de Fourier. Cette erreur peut donc être réduite en appliquant une contrainte de lissage sur la transformée de Fourier discrète G_n de l'estimation de \underline{g} , ce qui revient à pénaliser la dérivée à travers une fonction de coût à minimiser.

5 En valeurs discrètes, la dérivée ΔG_n de la transformée de Fourier discrète TFD peut être représentée en utilisant l'expression :

$$\Delta G_n \cong G_n - G_{n-1} \tag{10}$$

10 dans laquelle :
 G_n et G_{n-1} représentent les échantillons de la transformée TFD de \underline{g} d'indices respectifs n et n-1.

L'estimation peut alors se faire en minimisant une fonction $J()$:

15

$$J(G_n) = \sum_{n=0}^{N-1} \left[(Y_n - H_n G_n)^2 + \mu_1 G_n^2 + \mu_2 (\Delta G_n)^2 \right] \tag{11}$$

dans laquelle :
 μ_1 et μ_2 sont des paramètres de régularisation pouvant être réglés
 20 manuellement en fonction du niveau de bruit et des caractéristiques spectrales des signaux ; le paramètre le plus important est μ_2 du fait qu'il conditionne l'action de la dérivée et qu'il est essentiellement lié à la largeur de spectre du signal test s .

L'expression (11) peut être écrite sous forme matricielle :

25

$$J(\underline{g}) = \|\underline{y} - \mathbf{H}\underline{g}\|_2^2 + \mu_1 \|\underline{g}\|_2^2 + \mu_2 \|\mathbf{D}\mathbf{F}\underline{g}\|_2^2 \tag{12}$$

dans laquelle :

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} d_0 & & & & & \\ -d_1 & d_1 & & & & \\ & \ddots & \ddots & & & \\ & & & -d_{N-2} & d_{N-2} & \\ & & & & -d_{N-1} & d_{N-1} \end{bmatrix}.$$

les éléments de cette matrice étant définis ci-après ;

\mathbf{F} représente la matrice de Fourier unitaire et peut s'écrire :

$$5 \quad \mathbf{F} = \frac{1}{\sqrt{N}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & w_N & w_N^2 & \dots & w_N^{N-1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1 & w_N^{N-1} & w_N^{2(N-1)} & \dots & w_N^{(N-1)(N-1)} \end{bmatrix}, \text{ avec : } w_N^n = e^{-j2\pi\frac{n}{N}}.$$

$\underline{\mathbf{g}}$ représente la fonction recherchée dans le domaine temporel, correspondant au noyau de déconvolution.

10 L'utilisation de la matrice \mathbf{F} permet d'exprimer la transformée de Fourier, ainsi $\mathbf{DF}\underline{\mathbf{g}}$ correspond à la dérivée de la transformée de Fourier du noyau. En général, on appliquera la contrainte de dérivé sur l'ensemble du signal à l'exception de la composante continue. Par conséquent $d_0 = 0$ et $d_n = 1$ pour $n > 0$. Cette fonction de coût correspond à une régularisation de

15 Tychonoff, comme décrit dans l'ouvrage de A. N. Tychonoff et V. Y. Arsenin intitulé *Solution of Ill-posed Problems*, Washington : Winston & Sons, 1977.

En posant, $\|\underline{\mathbf{x}}\|_2^2 = \underline{\mathbf{x}}^H \underline{\mathbf{x}}$ on peut obtenir l'expression de sa dérivée :

$$\frac{\partial J}{\partial \underline{\mathbf{g}}} = 2 \left[\left(\mathbf{H}^H \mathbf{H} + \mu_1 \mathbf{I} + \mu_2 \mathbf{F}^H \mathbf{D}^H \mathbf{D} \mathbf{F} \right) \underline{\mathbf{g}} - \mathbf{H}^H \underline{\mathbf{y}} \right]. \tag{13}$$

20

Cette dérivée s'annule pour :

$$\underline{\mathbf{g}} = \left(\mathbf{H}^H \mathbf{H} + \mu_1 \mathbf{I} + \mu_2 \mathbf{F}^H \mathbf{D}^H \mathbf{D} \mathbf{F} \right)^{-1} \mathbf{H}^H \underline{\mathbf{y}}. \tag{14}$$

Une première étape 300 correspond à une première estimation de \underline{h} par l'algorithme CLEAN en utilisant comme noyau le signal de test $s(t)$.

Une seconde étape 301 correspond à une estimation de \underline{g} . Le noyau est calculé dans le domaine fréquentiel par la résolution du système tridiagonal comme celui de l'expression (15). Cette seconde étape peut être
5 mise en œuvre à l'aide de trois opérations principales. Une première opération correspond à l'application d'une transformée de Fourier discrète TFD, par exemple sur N points. Avantagusement, on choisit une valeur de N permettant l'utilisation d'un algorithme de transformée de Fourier rapide
10 tel que Radix-2 dans le cas où N est une puissance de 2. Une seconde opération correspond à la construction du système tridiagonal de dimension $N/2$. Une troisième opération correspond à la résolution du système tridiagonal de dimension $N/2$.

Une troisième étape 302 du procédé correspond à une estimation
15 finale de \underline{h} par déconvolution-L1 en minimisant une fonction $J_{L1}(\underline{h})$.

Avantagusement, l'intégration en virgule fixe dans un circuit électronique de ce procédé décrit précédemment est envisageable.

20 Les courbes visibles figure 4 donnent un exemple de résultat de simulation de la déconvolution myope selon l'invention. Sur cette figure apparaissent la réponse réelle $h(t)$ 400 de réseau, la fonction $r_{sy}(t)$ 401 représentant la fonction d'intercorrélacion entre les signaux $s(t)$ et $y(t)$, la réponse du réseau 402 obtenue après une déconvolution classique sans
25 prise en compte de la distorsion dans le noyau, et la réponse du réseau 403 obtenue après une déconvolution dont le noyau prend en compte la distorsion estimée.

Le résultat obtenu est légèrement moins bon que dans l'exemple de la figure 2 lorsque la fonction de distorsion est connue, mais on observe
30 de manière indiscutable une nette amélioration par rapport au cas où la distorsion est ignorée.

La figure 5 donne un exemple de réflectogramme obtenu par application du procédé selon l'invention.

Sur cette figure, la fonction $r_{sy}(t)$ mesurée 500 représentant la fonction d'intercorrélacion entre les signaux $s(t)$ et $y(t)$, la réponse du réseau 501 obtenue après une déconvolution classique sans prise en compte de la distorsion dans le noyau, et la réponse du réseau 502 obtenue après une

5 déconvolution myope mettant en œuvre l'invention.

Dans cet exemple, le procédé est appliqué au test d'un réseau en Y. Lorsque l'onde atteint la jonction centrale 503 du réseau, une onde de polarité négative est réfléchiée, et lorsqu'elle atteint chacun des deux bouts de branche l_2 et l_3 qui sont en circuit ouvert, une onde positive est réfléchiée.

10 Une fraction résiduelle de l'onde continue ensuite à se propager dans le réseau donnant lieu à des échos secondaires.

Afin de faire le lien entre les signaux obtenus et la propagation des ondes réfléchies, on relie la distance et le temps par l'expression :

15
$$\tau = \frac{2x}{v}, \quad (17)$$

dans laquelle :

x représente la distance en mètres ;
 τ représente le temps d'aller-retour de l'onde en secondes ;

20 v représente la vitesse de propagation, dans le cas des câbles utilisés pour l'expérimentation, celle-ci vaut $v = 2 \cdot 10^5 \text{ km.s}^{-1}$.

Dans le cas de ce réseau, les longueurs des deux branches l_2 et l_3 sont très proches, il est donc difficile de distinguer 504 les deux bouts. On constate ici que la méthode haute résolution proposée permet de faire cette

25 distinction contrairement à une déconvolution classique ne prenant pas en compte la distorsion.

REVENDICATIONS

- 1- Procédé d'estimation de la réponse impulsionnelle $h(t)$ d'un réseau de câbles par déconvolution myope, un signal de test $s(t)$ étant introduit en un point d'entrée du réseau et un signal $y(t)$ étant mesuré en un point de sortie du réseau le point d'entrée et le point de sortie étant de préférence les mêmes, caractérisé en ce qu'il comprend :
- une étape (300) d'estimation initiale de la réponse impulsionnelle $h(t)$ par déconvolution du signal $y(t)$ avec un noyau correspondant au signal de test $s(t)$;
 - une étape (301) d'estimation d'un noyau de déconvolution $g(t)$ en utilisant le résultat de l'estimation initiale de la réponse impulsionnelle $h(t)$, ledit noyau prenant en compte les distortions $\xi(t)$ introduites par le réseau ;
 - une étape (302) d'estimation affinée de $h(t)$ par déconvolution en utilisant le noyau $g(t)$.
- 2- Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'estimation initiale (300) de la réponse impulsionnelle $h(t)$ est obtenue par application de l'algorithme CLEAN.
- 3- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que l'estimation affinée de $h(t)$ (302) est obtenue par déconvolution L1.
- 4- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il est pris comme hypothèse dans l'étape (301) d'estimation du noyau de déconvolution $g(t)$ que la fonction $\xi(t)$ est centrée autour de l'instant $t = 0$.
- 5- Procédé selon la revendication 4 caractérisé en ce que le noyau de déconvolution $g(t)$ est obtenu par construction et résolution d'un système tridiagonal, ce système correspondant à l'expression :

$$\underline{\mathbf{g}} = \mathbf{F}^H (\mathbf{F}\mathbf{H}^H\mathbf{H}\mathbf{F}^H + \mu_1\mathbf{I} + \mu_2\mathbf{D}^H\mathbf{D})^{-1} \mathbf{F}\mathbf{H}^H \underline{\mathbf{y}}.$$

- 9- Dispositif de réflectométrie comprenant des moyens pour générer un signal de test $s(t)$, le transmettre dans un réseau à tester, mesurer un signal $y(t)$ résultant du parcours de $s(t)$ dans le réseau, analyser le signal $y(t)$, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.
- 5

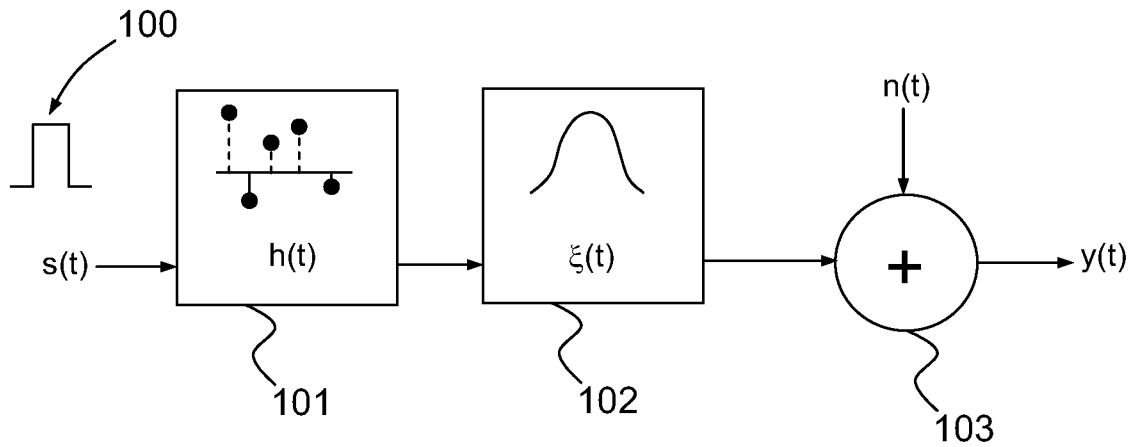


FIG.1

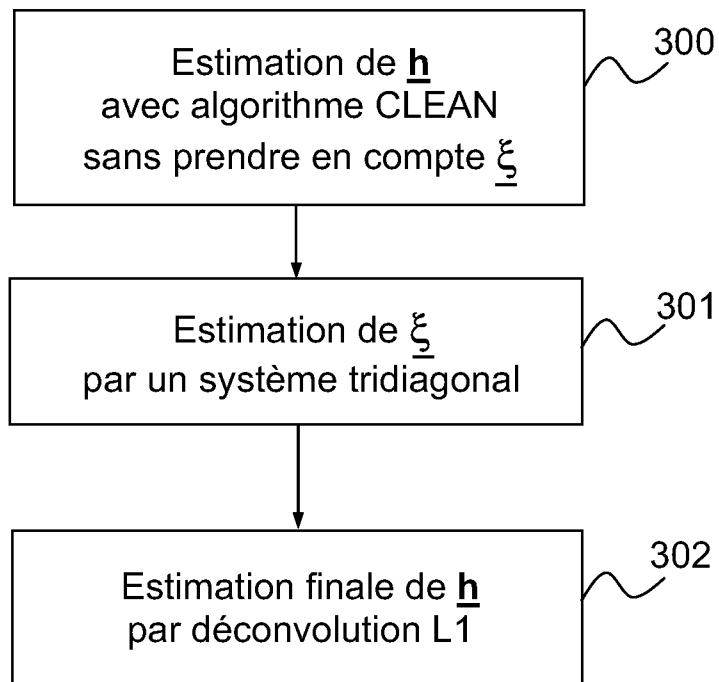


FIG.3

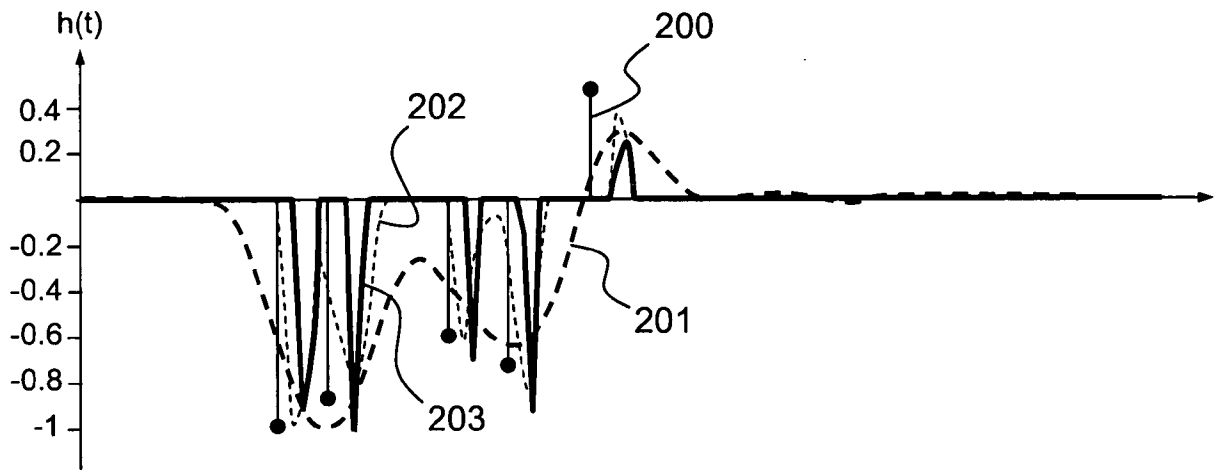


FIG. 2

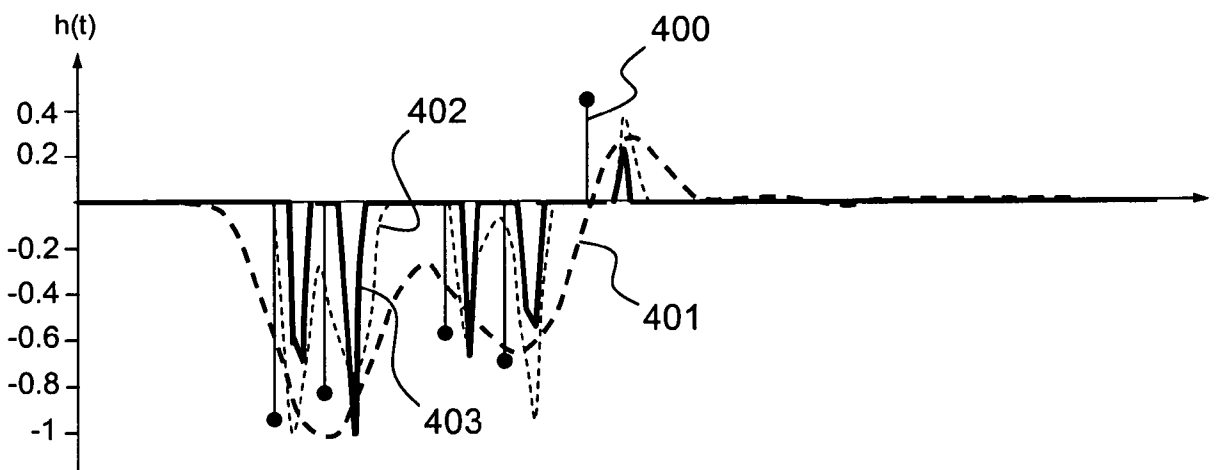


FIG. 4

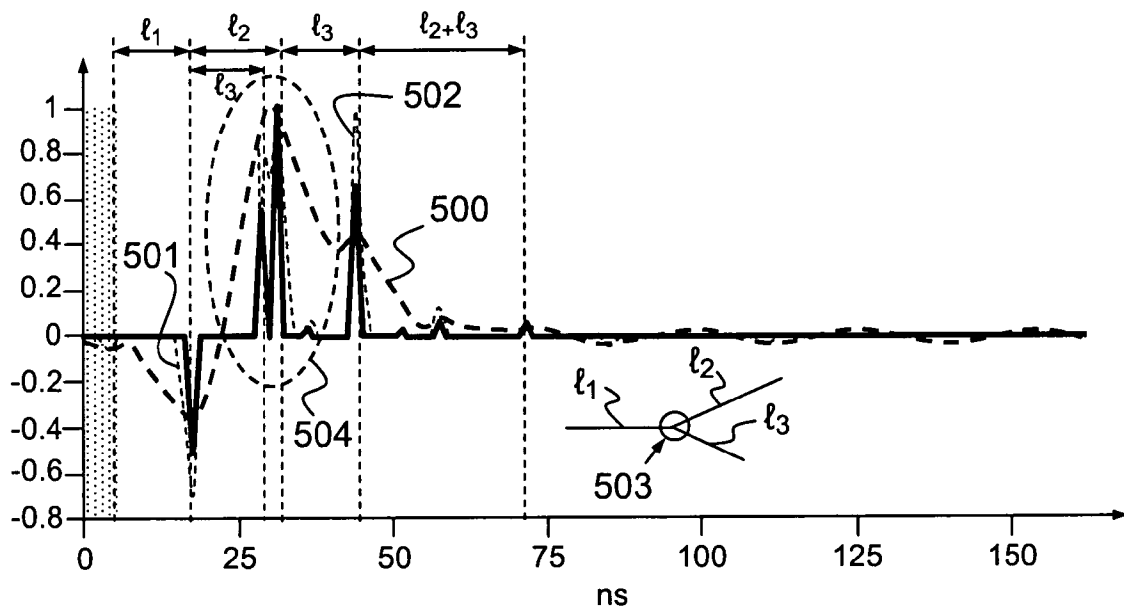


FIG.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/072953

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01R31/11
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01R

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 practicable, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 2 458 654 A (RADIODETECTION LTD [GB]) 30 September 2009 (2009-09-30) abstract; figures 4a, 16a, 16b	1,8,9
A	US 2007/025548 A1 (ZHENG LING [US] ET AL) 1 February 2007 (2007-02-01) abstract ----- -/--	1,8,9

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent 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
22 May 2012

Date of mailing of the international search report
13/06/2012

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer
Iwansson, Kaj

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/072953

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>BUCCELLA C ET AL: "Detection and Localization of Defects in Shielded Cables by Time-Domain Measurements With UWB Pulse Injection and Clean Algorithm Postprocessing", IEEE TRANSACTIONS ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, vol. 46, no. 4, 1 November 2004 (2004-11-01), pages 597-605, XP011122832, ISSN: 0018-9375, DOI: 10.1109/TEMC.2004.837842 cited in the application abstract</p>	1,2,9
A	<p>-----</p> <p>POREE F ET AL: "Two bayesian methods for multipath propagation parameters estimation", ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING, 2000. ICASSP '00. PROCEEDING S. 2000 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON 5-9 JUNE 2000, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, vol. 1, 5 June 2000 (2000-06-05), pages 69-72, XP010507270, ISBN: 978-0-7803-6293-2 cited in the application abstract</p>	1,9
A	<p>-----</p> <p>STEFAN SCHUET: "Wiring Diagnostics Via \ell_1-Regularized Least Squares", IEEE SENSORS JOURNAL, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, vol. 10, no. 7, 1 July 2010 (2010-07-01), pages 1218-1225, XP011310250, ISSN: 1530-437X cited in the application abstract</p>	1,3,9
A	<p>-----</p> <p>STEFAN R SCHUET ET AL: "A model-based probabilistic inversion framework for wire fault detection using TDR", INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGY CONFERENCE (I2MTC), 2010 IEEE, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 3 May 2010 (2010-05-03), pages 422-425, XP031691686, ISBN: 978-1-4244-2832-8 cited in the application abstract</p> <p>-----</p>	1,9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/072953

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
GB 2458654	A	30-09-2009	DE 102009014780 A1	01-10-2009
			GB 2458654 A	30-09-2009
			NL 2002664 A1	28-09-2009
			NL 2002664 C	13-12-2011
			US 2010188095 A1	29-07-2010

US 2007025548	A1	01-02-2007	US 2007025548 A1	01-02-2007
			US 2010135469 A1	03-06-2010

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2011/072953

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01R31/11 ADD.		
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) G01R		
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		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	GB 2 458 654 A (RADIODETECTION LTD [GB]) 30 septembre 2009 (2009-09-30) abrégé; figures 4a, 16a, 16b -----	1,8,9
A	US 2007/025548 A1 (ZHENG LING [US] ET AL) 1 février 2007 (2007-02-01) abrégé ----- -/--	1,8,9
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> 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 "&" document qui fait partie de la même famille de brevets
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 22 mai 2012		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 13/06/2012
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, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Iwansson, Kaj

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>BUCCELLA C ET AL: "Detection and Localization of Defects in Shielded Cables by Time-Domain Measurements With UWB Pulse Injection and Clean Algorithm Postprocessing", IEEE TRANSACTIONS ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, vol. 46, no. 4, 1 novembre 2004 (2004-11-01), pages 597-605, XP011122832, ISSN: 0018-9375, DOI: 10.1109/TEMC.2004.837842 cité dans la demande abrégé</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1,2,9
A	<p>POREE F ET AL: "Two bayesian methods for multipath propagation parameters estimation", ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING, 2000. ICASSP '00. PROCEEDING S. 2000 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON 5-9 JUNE 2000, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, vol. 1, 5 juin 2000 (2000-06-05), pages 69-72, XP010507270, ISBN: 978-0-7803-6293-2 cité dans la demande abrégé</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1,9
A	<p>STEFAN SCHUET: "Wiring Diagnostics Via \ell_1-Regularized Least Squares", IEEE SENSORS JOURNAL, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, vol. 10, no. 7, 1 juillet 2010 (2010-07-01), pages 1218-1225, XP011310250, ISSN: 1530-437X cité dans la demande abrégé</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1,3,9
A	<p>STEFAN R SCHUET ET AL: "A model-based probabilistic inversion framework for wire fault detection using TDR", INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGY CONFERENCE (I2MTC), 2010 IEEE, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 3 mai 2010 (2010-05-03), pages 422-425, XP031691686, ISBN: 978-1-4244-2832-8 cité dans la demande abrégé</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1,9

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2011/072953

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication	
GB 2458654	A	30-09-2009	DE 102009014780 A1	01-10-2009
			GB 2458654 A	30-09-2009
			NL 2002664 A1	28-09-2009
			NL 2002664 C	13-12-2011
			US 2010188095 A1	29-07-2010

US 2007025548	A1	01-02-2007	US 2007025548 A1	01-02-2007
			US 2010135469 A1	03-06-2010
