

(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
7 juillet 2016 (07.07.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/107741 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G01S 5/02 (2006.01) *G01S 7/41* (2006.01)
G01S 13/04 (2006.01) *G01S 13/00* (2006.01)
G01S 13/56 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2015/079876

(22) Date de dépôt international :
15 décembre 2015 (15.12.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1463374 29 décembre 2014 (29.12.2014) FR

(71) Déposants : CENTRE NATIONAL DE LA RE-
CHERCHE SCIENTIFIQUE [FR/FR]; 3, rue Michel
Ange, 75016 Paris (FR). UNIVERSITE D'AIX-MAR-
SEILLE; 58, boulevard Charles Livon, 13284 Marseille
Cedex 07 (FR).

(72) Inventeur : BENTOSELA, François; 1, rue du Panorama,
13006 Marseille (FR).

(74) Mandataires : LOPEZ, Frédérique et al.; Immeuble Vi-
sium, 22, avenue Aristide Briand, 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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, ST, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD AND DEVICE FOR DETECTING AND LOCATING PERSONS OR OBJECTS INDOORS

(54) Titre : PROCÉDE ET DISPOSITIF DE DETECTION ET DE LOCALISATION EN INTERIEUR DE PERSONNES OU D'OBJETS

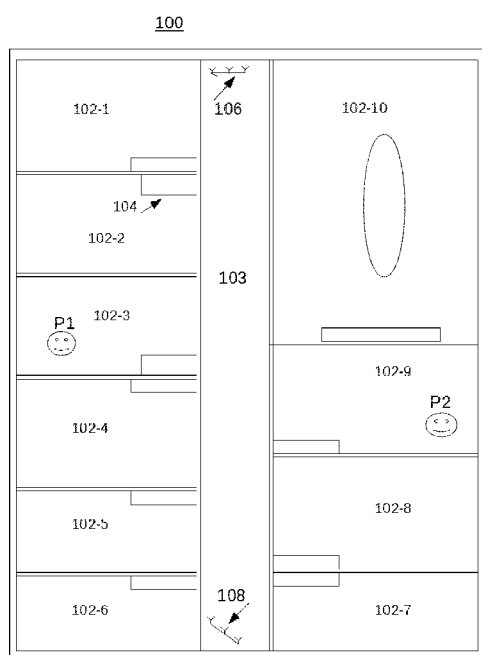


FIG.1

(57) Abstract : The present invention relates to a method and a device for de-
tecting and locating persons or objects indoors that are not equipped with
electronic means of communication. The solution proposed uses two linear
arrays of antennas, one for transmission and one for reception, and a calcula-
tion procedure for determining the presence and the position of the persons or
objects in an indoor space, using the intensities and the phases of the ele-
ments of multi-input, multi-output, MIMO transfer matrices.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé et un dispositif de
détection et de localisation en intérieur de personnes ou d'objets non équipés
de moyen électronique de communication. La solution proposée utilise deux
réseaux linéaires d'antennes, un en émission et un en réception, et une mé-
thode de calcul pour déterminer la présence et la position des personnes ou
objets dans un espace intérieur, en utilisant les intensités et les phases des élé-
ments de matrices de transfert à plusieurs entrées, plusieurs sorties, MIMO.

WO 2016/107741 A1

WO 2016/107741 A1



Publiée :

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

PROCEDE ET DISPOSITIF DE DETECTION ET DE LOCALISATION EN INTERIEUR DE PERSONNES OU D'OBJETS

Domaine de l'invention

- 5 L'innovation se situe dans le domaine de la détection et de la localisation de personnes à l'intérieur d'un bâtiment, en particulier à l'aide d'ondes radio.

Etat de la Technique

- 10 Il existe deux grandes approches pour localiser une personne, selon que la personne dispose ou non d'un moyen électronique de communication, tel qu'un Smartphone par exemple. Si c'est le cas l'approche est dite à «système actif », sinon elle est dite à « système passif ».
- 15 De nombreuses solutions de localisation pour système actif sont connues. Elles utilisent un réseau d'antennes disposées dans la zone de localisation, telles les antennes des points d'accès Wifi. Certaines techniques utilisent les signaux reçus à partir de l'antenne de l'utilisateur pour déterminer la distance séparant l'utilisateur des antennes réparties et
- 20 pour déterminer par triangulation la position de l'utilisateur. D'autres techniques vont utiliser une base de données constituée au préalable des empreintes (« fingertyping » en anglais) des intensités des ondes reçues sur les différentes antennes distribuées dans la zone, en provenance d'une antenne du même type que celle de l'utilisateur. La
- 25 position de l'utilisateur sera déterminée ensuite en comparant les signaux émis par celui-ci et ceux figurant sur la base de données.

Il existe par contre peu de solutions de localisation à système passif. Ces techniques vont utiliser l'impact de la présence de la personne ou de l'objet sur les signaux qu'un ensemble d'antennes émettent en

direction d'un autre groupe d'antennes. La difficulté de la localisation précise d'une personne (ou d'un objet) non équipée d'un moyen électronique de communication, située dans un bâtiment ou dans un espace clos ou semi-clos, résulte de la faible variation de ces signaux
5 surtout lorsque des murs séparent la personne des antennes.

Par ailleurs, l'emplacement et le nombre d'objets dans une pièce peuvent évoluer. Les objets peuvent être déplacés, enlevés, d'autres objets peuvent être ajoutés, le tout modifiant la configuration et la structure initiale d'un environnement. Ces changements dans le temps
10 de l'environnement vont poser problème car ils induisent sur les signaux collectés par les antennes des variations à l'instar de celles provoquées par la personne à localiser.

Certaines techniques utilisent des antennes disposées à la périphérie de la zone à surveiller et mesurent les variations d'intensité sur
15 des liaisons point à point en présence de la personne à détecter.

Il est possible de trouver dans l'art antérieur des solutions pour localiser des personnes ou des objets.

Ainsi, dans la demande de brevet WO 2011/129983 A2 de R. W. Schlub, un dispositif électronique permet de déterminer si une personne
20 ou un objet est à une distance donnée d'une antenne, en faisant des mesures d'impédance d'antenne. Cette solution est adaptée quand la personne ou l'objet est à proximité de l'antenne.

L'article de Chang et al. intitulé People « Tracking with UWB Radar Using a Multiple-Hypothesis Tracking of Clusters (MHTC) Method » publié
25 en 2010 divulgue des techniques d'ondes radio à large spectre pour la détection d'humains en mouvement, dans une configuration avec une seule antenne en émission et en réception.

Il est aussi connu un projet du Massachusetts Institute of Technology intitulé WiTrack qui a donné lieu à plusieurs publications de
30 F. Adib et al. tel l'article intitulé « 3D Tracking via Body Radio Reflections » ou l'article « See Through Walls with Wi-Fi ! ». Le procédé qui est

présenté mesure à des temps réguliers des « Time-of-Flight » (TOF) en utilisant une technique dite 'FMCW' pour « Frequency Modulated Carrier Wave » basée sur le calcul des temps mis par les ondes à parcourir la distance entre les antennes et les obstacles. Puis par comparaisons
5 itératives des temps, un modèle géométrique de l'environnement est établi. Cependant, le procédé requiert que la personne soit en mouvement pour permettre sa localisation, et est limité à la détection derrière un seul mur.

Il existe alors le besoin d'une solution qui pallie aux inconvénients
10 des approches connues. La présente invention répond à ce besoin.

Résumé de l'invention

Un objet de la présente invention est de proposer un dispositif et un procédé de détection et de localisation en intérieur de personnes ou
15 d'objets non équipés de moyen électronique de communication. La solution proposée utilise deux réseaux linéaires d'antennes, un en émission et un en réception, et une méthode de calcul pour déterminer la position de la/des personne(s) ou objet(s), qui utilise les intensités et les phases des éléments des matrices de transfert à plusieurs entrées,
20 plusieurs sorties, dites matrices MIMO « Multiple Input Multiple Output ». Chaque élément de matrice est obtenu à fréquence fixe en faisant le rapport entre le voltage reçu sur une des antennes de réception et le voltage transmis par une des antennes d'émission.

Avantageusement, la solution proposée utilise les effets de la
25 présence d'un corps ou d'une masse (humain ou non) sur les canaux des matrices MIMO, pour déterminer la position de celui-ci, même dans les cas où les canaux peuvent être partiellement obstrués par des murs.

Avantageusement, la solution proposée permet de déterminer la position d'une personne ou d'un objet qui peut être relativement éloigné
30 du dispositif de localisation, de 1 mètre à plusieurs dizaines de mètres,

dans un espace intérieur clos ou semi-clos pouvant comporter un ensemble de pièces.

Avantageusement, le dispositif de l'invention utilise des réseaux d'antennes à une seule fréquence. Toujours avantageusement, les deux
5 réseaux d'antennes peuvent se trouver dans des pièces différentes.

La solution proposée s'appuie sur un résultat d'étude menée par les inventeurs qui a permis de démontrer qu'il existe une relation entre une matrice de transfert MIMO et les propriétés géométriques d'objets (leur position, leur taille) constituant un environnement. De manière
10 avantageuse, cette relation est appliquée à la détermination des coordonnées spatiales d'une personne ou d'un objet situé dans un bâtiment, en effectuant une seule mesure à fréquence fixe de la matrice de transfert MIMO.

De manière générale, la méthode de détection et de localisation
15 proposée consiste premièrement dans un espace intérieur clos ou semi-clos vide c'est-à-dire en l'absence d'une personne ou d'un objet à localiser, à déterminer une première matrice de transfert MIMO pour un ensemble de N_T antennes en émission et N_R antennes en réception, les antennes étant disposées en deux réseaux d'antennes linéaires distants
20 l'un de l'autre et où à l'intérieur de chaque réseau, les antennes sont distantes d'une longueur d'onde divisée par deux. Ensuite, une pluralité de matrices de transfert sont calculées à intervalles réguliers ' kT '. A partir de ces relevés, une fonction de localisation $h(u_R, u_T; k)$ périodique par rapport à des variables ' u_R ' et ' u_T ' est définie, les coefficients de Fourier
25 de cette fonction étant les éléments des matrices de transfert. Le maximum de la fonction est ensuite déterminé. Les coordonnées spatiales $x(kT)$, $y(kT)$ de la position de la personne ou de l'objet à un temps ' kT ' donné sont calculées à partir de ce maximum.

30 La présente invention trouvera une application avantageuse dans les domaines de la téléassistance, pour les personnes âgées vivant

seules, pour la surveillance des enfants ou encore dans des applications dites de « vision à travers les murs ». D'autres applications sont envisageables pour la détection d'intrusion dans les bâtiments ou encore pour l'éclairage des pièces ou de bureaux, en fonction de la présence de
5 personnes.

Pour obtenir les résultats recherchés, un procédé et un dispositif sont proposés. En particulier, un procédé pour déterminer l'ajout de personnes ou d'objets dans un espace intérieur est proposé, l'espace
10 étant clos ou semi-clos et équipé d'un premier réseau d'antennes en émission distant d'un second réseau d'antennes en réception, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- mesurer une valeur initiale de champ électromagnétique créé par les réseaux d'antennes pour l'espace intérieur ;
- 15 - mesurer à intervalles successifs des valeurs du champ électromagnétique au voisinage du réseau d'antennes en réception ; et
- comparer les valeurs mesurées à la valeur initiale pour déterminer une différence, ladite différence étant représentative d'un ajout dans l'espace intérieur.

20

Dans un mode de réalisation préférentiel, les étapes de mesures du champ électromagnétique consistent à déterminer et enregistrer une matrice de transfert MIMO initiale correspondant aux deux réseaux d'antennes pour l'espace intérieur vide, puis à mesurer des matrices de
25 transfert MIMO ultérieures, et l'étape de comparaison consiste à déterminer s'il existe des différences entre les éléments de la matrice de transfert initiale et une matrice ultérieure.

Avantageusement, à l'intérieur de chaque réseau, les antennes
30 sont distantes d'une longueur d'onde divisée par deux.

Dans une variante, le procédé comprend de plus, une étape de détermination de la position de la/les personne(s) ou objet(s) s'il existe une différence entre les éléments de la matrice de transfert initiale et une matrice ultérieure.

5

Dans un mode de réalisation, l'étape de détermination de la position de la/les personne(s) ou objet(s) consiste à définir une fonction de localisation dont les coefficients de Fourier sont les éléments des matrices de transfert, et à calculer le/les maxima de ladite fonction.

10

Avantageusement, le procédé comprend de plus une étape de calcul des coordonnées spatiales de ladite personne ou dudit objet à un temps 'kT' à partir du maximum de la fonction de localisation.

15 Avantageusement, les intervalles successifs de mesure sont dans une plage de 1 à 10 secondes.

L'invention couvre aussi un système pour déterminer l'ajout de personnes ou d'objets dans un espace intérieur clos ou semi-clos, le
20 système comprenant des moyens pour mettre en œuvre les étapes du procédé.

Avantageusement, le système comprend un circuit d'émission distant d'un circuit de réception, le circuit d'émission comprenant au
25 moins un réseau linéaire d'antennes en émission, le circuit de réception comprenant au moins un réseau linéaire d'antennes en réception, les antennes à l'intérieur de chaque réseau étant distantes d'une longueur d'onde divisée par deux.

Dans une implémentation, le circuit de réception comprend de plus une unité de traitement pour enregistrer les mesures et effectuer les calculs des matrices de transfert et des coordonnées de position.

- 5 Avantageusement, une partie des éléments de l'invention peut opérer sous la forme d'un produit programme d'ordinateur qui comprend des instructions de code permettant d'effectuer les étapes du procédé revendiqué. En particulier, l'unité de traitement peut comprendre un processeur apte à effectuer les calculs après les étapes de mesures.

10

Description des figures

- Différents aspects et avantages de l'invention vont apparaître en appui de la description d'un mode préféré d'implémentation de l'invention
15 mais non limitatif, avec référence aux figures ci-dessous :

La figure 1 illustre un environnement pour implémenter le dispositif de l'invention dans un mode de réalisation;

La figure 2 illustre un réseau d'antennes en émission et réception selon un mode de réalisation de l'invention ;

- 20 La figure 3 illustre un enchaînement des étapes du procédé de localisation de l'invention selon un mode de réalisation ;

La figure 4 illustre les blocs fonctionnels des circuits d'émission et de réception dans un mode de réalisation de l'invention.

25

Description détaillée de l'invention

Référence est faite à la figure 1 qui illustre de manière schématisée un environnement (100) pour implémenter et opérer la présente invention.

Un ensemble de pièces ou bureaux (102-1 à 102-10) sont distribués de part et d'autre d'un couloir central (103). Chaque pièce peut être vide ou contenir du mobilier (104) de forme et taille différente, et positionné à des endroits identiques ou différents dans chaque pièce. Il est à noter que la configuration présentée est simplifiée pour faciliter la description de l'invention, mais n'est en rien limitative et que toute variation sur le nombre, la forme, l'emplacement, tant des pièces, des parois ou du mobilier, peut être considérée pour opérer l'invention. Ainsi, l'espace intérieur peut être clos ou semi-clos, tel qu'un espace n'ayant pas de plafond ou ne présentant qu'un nombre limité de parois latérales. L'invention s'applique avantageusement dans un espace intérieur considéré semi-clos qui peut ne comporter que quelques parois verticales ou des piliers, pouvant avoir des parois vitrées sur l'extérieur. L'invention s'applique à tout espace qui présente des éléments de paroi ayant une influence sur la propagation des ondes radioélectriques, tels les murs, plafond, plancher ou mobilier.

Un réseau (106) d'antennes de transmission TX et un réseau (108) d'antennes de réception RX sont respectivement disposés aux extrémités du couloir, un premier groupe (106) constituant ' N_T ' antennes de transmission TX, un second groupe (108) constituant ' N_R ' antennes de réception RX. Le nombre d'antennes de transmission et de réception est de manière préférentielle le même, mais l'homme de l'art pourra adapter la méthode de calcul décrite à un nombre d'antennes en émission et en réception qui soit différent. Ainsi pour des raisons de clarté et de simplification de la description, le nombre d'antennes en émission et en réception est pris identique et égal à ' N '. De même ce nombre peut être pair ou impair sans que cela impacte le principe de la méthode. Dans une implémentation standard pour des appartements ou un ensemble de bureaux de diamètre inférieur à 30 mètres, N peut être égal à 5 ou 7 antennes.

Dans un mode préférentiel, les antennes sont de type omni-directionnel, par exemple des antennes dipôle, à fréquence fixe de l'ordre du Gigahertz. Dans l'exemple décrit, les réseaux d'antennes sont linéaires et les directions des réseaux d'émission et de réception sont

5 dans un plan parallèle au sol.

Pour simplifier les calculs décrits ci-après, les deux réseaux sont positionnés à la même hauteur et leur direction est horizontale. Les antennes se situent de manière préférentielle à une hauteur du sol d'au moins 1 mètre et à une distance du plafond supérieure à 1 m.

10 La figure 1 illustre le cas de deux personnes (P1, P2) situées dans deux bureaux différents, respectivement 102-3 et 102-9, et qui ne sont pas en vue directe des antennes. Tel qu'il va être décrit plus loin, l'invention permet de détecter la présence des deux personnes et de déterminer leur position au sein du bâtiment.

15 Référence est faite à la figure 2 qui illustre une vue théorique des réseaux d'antennes en émission TX et en réception R. Dans la suite de la description, les éléments suivants désignent :

'O' pour l'origine des coordonnées et le milieu du réseau des antennes d'émission TX ;

20 'I' pour le point correspondant au milieu du réseau des antennes de réception RX ;

' a_T ' pour le vecteur correspondant au pas du réseau TX, entre deux antennes de transmission ;

25 ' a_R ' pour le vecteur correspondant au pas du réseau RX, entre deux antennes de réception ;

' θ_T ' pour l'angle entre la direction de a_T et une ligne arbitraire issue de O et qui est aussi définie par une direction azimutale ' ϕ_T ' ; et

' θ_R ' pour l'angle entre la direction de a_R et une ligne arbitraire issue de I et qui est aussi définie par une direction azimutale ' ϕ_R '.

Le procédé de l'invention se base sur la mesure des éléments d'une matrice de transfert ' H^0 ' d'un système MIMO constitué du réseau des ' N_T ' antennes de transmission TX et du réseau des ' N_R ' antennes de réception RX. Un élément H_{mn} de la matrice de transfert, est obtenu en
 5 mesurant la tension complexe v_m , obtenue sur la m-ième antenne RX lorsqu'une tension complexe v_n est appliquée sur la n-ième antenne TX, et en effectuant leur rapport, tel que : $H_{mn} = v_m/v_n$.

Il a été établi empiriquement que les éléments d'une matrice de transfert ' H ' sont donnés par l'expression suivante :

10
$$H_{mn} = \int_{S^2} \int_{S^2} c(\Omega_R)^{\dagger} A(\Omega_R, \Omega_T) c(\Omega_T) d\Omega_R d\Omega_T$$

où :

S^2 représente la sphère de rayon unité ;

$\Omega_T = (\phi_T, \theta_T)$ est une direction issue du milieu du réseau TX (ϕ_T, θ_T étant respectivement les angles d'azimut et d'élévation) ;

15 $\Omega_R = (\phi_R, \theta_R)$ est une direction issue du milieu du réseau RX ;

$c(\Omega_T)$ and $c(\Omega_R)$ sont respectivement des matrices $2 \times N_T$ and $2 \times N_R$ dont les éléments dépendent seulement des diagrammes d'antennes correspondants et de la géométrie des réseaux ;

$A(\Omega_R, \Omega_T)$ est une matrice 2×2 , dite fonction d'étalement, qui
 20 dépend seulement de l' environnement.

Tel que décrit dans les articles de F. Bentosela et al. « On the transfer matrix of a MIMO system » dans Mathematical Methods in the Applied Sciences, vol. 34, no. 8, 963-976, 2011, et « Influence of
 25 environment richness on the increase of MIMO capacity with number of antennas » dans IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 62, No. 7, 2014, p. 3786-3796, il existe un lien entre la fonction $A(\Omega_R, \Omega_T)$ et les propriétés physiques, comme la conductivité, la permittivité, et les propriétés géométriques de l'environnement.

Selon les principes de base de la propagation des ondes électromagnétiques dans un environnement physique, le mouvement des électrons pulsé par un oscillateur dans une antenne d'émission TX, va induire à l'intérieur des objets environnants et de l'antenne de réception
5 RX un mouvement de charges électriques. Le champ total vu par l'antenne RX est la somme des champs créés par tous les courants: ceux dans l'antenne TX qui créent les champs dits incidents (E_i , H_i) et ceux induits dans les objets de l'environnement qui vont créer à leur tour les champs dits diffractés (E_s , H_s). Pour déterminer ces derniers, tel que cela
10 est connu de l'homme de l'art, il est montré qu'il existe un opérateur intégral 'T' qui transforme les champs incidents sur l'objet en courants dans l'objet et qui dépend à la fois de la géométrie de l'objet et de ses caractéristiques électriques (permittivité, conductivité). Une fois ces courants déterminés, l'objet est considéré comme se comportant comme
15 une antenne et les champs diffractés (E_s , H_s) se calculent en n'importe quel point de l'espace, de manière usuelle, par des intégrales dont l'intégrant contient la densité de courants.

Dans les articles précédemment cités, les auteurs ont justifié
20 mathématiquement la procédure de calcul ci-dessus et montré le lien entre la fonction A et le noyau de l'opérateur T. Il est expliqué que si on considère les angles solides issus des centres (O, I) des réseaux d'antennes TX et RX et dont l'enveloppe est tangente à l'objet, comme cela est illustré sur la figure 2, alors l'ensemble des directions Ω_R, Ω_T à
25 l'intérieur des angles solides forme le support de la fonction $A(\Omega_R, \Omega_T)$. Le support d'une fonction est l'ensemble des valeurs des variables pour lesquelles la fonction ne prend pas la valeur zéro. Il est à noter que si "l'objet" entoure complètement les antennes comme c'est le cas si celles-ci sont dans un environnement intérieur clos, alors les angles solides sont
30 les sphères entières.

Si un objet est ajouté à l'environnement, et s'il est vu des réseaux d'antennes TX et RX sous des angles solides relativement petits, alors les champs électromagnétiques au voisinage des antennes RX sont en première approximation la somme des champs en l'absence de l'objet rajouté et des champs dus aux courants créés dans l'objet rajouté. Ce dernier peut être vu comme une antenne qui émet dans l'environnement initial un champ électromagnétique qui est la somme d'un champ direct dans l'espace libre et de champs images en général sensiblement plus faibles résultant des diverses réflexions, diffractions dans l'environnement.

Sur cette base, la méthode proposée par la présente invention permet de déterminer la présence en intérieur de personnes ou d'objets dans un espace clos ou semi-clos en mesurant à des intervalles successifs les valeurs électromagnétiques au voisinage des antennes, puis en les comparant afin de déterminer une variation, qui est alors représentative d'un changement dans l'environnement, cette variation peut être l'absence, la présence, l'arrivée, le départ d'une ou plusieurs personnes ou objets de l'environnement intérieur.

20

La méthode permet ensuite par le calcul des matrices de transfert de l'environnement, sans et avec la/les personne(s) ou objet(s) ajouté(s), de déterminer une/des position(s). En effet, la fonction d'étalement $A^{1+2}(\Omega_R, \Omega_T)$ correspondant à un environnement avec une personnes ou un objet ajouté, et la fonction d'étalement $A^1(\Omega_R, \Omega_T)$ correspondant à cet environnement initial seul, diffèrent approximativement par une fonction dont le support est dans les angles solides sous lesquels la personne ou l'objet ajouté est « vu » depuis les réseaux d'antennes TX et RX.

Dans le cas où les antennes sont identiques et forment des réseaux linéaires, les éléments de la matrice de transfert 'H' peuvent s'écrire sous la forme :

$$H_{mn} = \int_S^2 \int_S^2 d\Omega_R d\Omega_T e^{\frac{-2\pi i}{\lambda} (m a_R \cdot \Omega_R + n a_T \cdot \Omega_T)} f(\Omega_R, \Omega_T)$$

5

ou encore en procédant aux intégrations par rapport aux variables ϕ_T et ϕ_R et en introduisant les variables $u_T = \cos(\theta_T)$ et $u_R = \cos(\theta_R)$ dans le cas où la distance entre antennes est $\lambda/2$:

$$H_{mn} = \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 du_R du_T e^{-\pi i (m u_R + n u_T)} h(u_R, u_T)$$

La mesure des matrices de transfert H_{mn}^{1+2} et H_{mn}^1 correspondant
 10 aux situations avec ou sans personne ou objet ajouté, permet de déterminer les fonctions correspondantes $h^{1+2}(u_R, u_T)$ et $h^1(u_R, u_T)$ puisque les H_{mn} sont les coefficients de Fourier de $h(u_R, u_T)$.

La différence « $h^{1+2}(u_R, u_T) - h^1(u_R, u_T)$ » permet de localiser la
 15 position de l'objet par une recherche du maximum de cette fonction de localisation.

Avantageusement, plus les réseaux comportent d'antennes, plus la détermination des fonctions à partir des coefficients de Fourier est précise. De manière préférentielle, les réseaux peuvent être formés de
 20 $N_T = N_R = 5$ ou $N_T = N_R = 7$ antennes.

La figure 3 illustre un enchainement des étapes du procédé (300) de localisation de l'invention selon un mode de réalisation.

Dans une première étape (302), le procédé permet de générer la
 25 matrice de transfert initiale H^0 . Pour cela, chaque antenne d'émission TX émet un signal sinusoïdal de fréquence fixe de l'ordre du GHz, choisie dans des plages réglementairement autorisées (2,4-2,5 GHz , 5,725-5,875GHz, 24-24,25 GHz,...).

Après un délai qui permet la stabilisation du signal au niveau des antennes de réception RX, l'amplitude et la phase du signal reçu sont mesurées. Le délai est dans une implémentation préférentielle, inférieur à la micro-seconde. Il est à considérer que la phase du signal
 5 devant être mesurée avec précision, le procédé doit déterminer et prendre en compte les déphasages introduits par les différents composants électroniques du réseau de réception : switches, amplificateur, détecteur de phase.

Le procédé permet d'obtenir un ensemble de « $N_R \times N_T$ »
 10 nombres complexes qui constituent la matrice de transfert initiale du système MIMO. De manière avantageuse, le processus total d'acquisition doit être assez rapide afin que la personne à localiser puisse être considérée comme statique pendant la durée de l'acquisition.

15 Plusieurs modes d'acquisition sont possibles. Dans un mode préférentiel, la matrice de transfert initiale est d'abord enregistrée en l'absence de toute personne au sein de l'espace intérieur. Puis des matrices de transfert sont successivement enregistrées (304) à intervalles réguliers - kT – qui vont permettre de détecter la présence
 20 d'une ou plusieurs personnes qui seront ensuite localisées. La période d'échantillonnage T peut-être de l'ordre de la seconde ou de la dizaine de secondes si l'on veut suivre le déplacement des personnes.

La matrice initiale est désignée par H^0 , les matrices successives par H^k , le procédé permet dans une étape suivante (306)
 25 d'établir la différence $H^k - H^0 = \Delta H^k$.

A l'aide des éléments ΔH_{mn}^k , une fonction de localisation ' h_Δ ' est définie pour des variables u_T et u_R prises dans un intervalle $[-1,1]$ par :

$$h_{\Delta}(u_R, u_T; k) := \sum_{m=-\frac{N-1}{2}}^{\frac{N+1}{2}} \sum_{n=-\frac{N-1}{2}}^{\frac{N+1}{2}} e^{j\pi m u_R} e^{j\pi n u_T} \Delta H_{mn}^k$$

Puis le procédé permet de déterminer (308) le maximum de la fonction ' h_{Δ} '. Les valeurs de u_R , u_T pour lesquelles le maximum est atteint sont désignées par :

5

$$u_R^M(k), u_T^M(k)$$

Avec les notations suivantes :

- le centre du réseau d'antennes TX de coordonnées (x_T, y_T) ;
- le centre du réseau d'antennes RX de coordonnées (x_R, y_R) ;
- 10 - la direction du réseau d'antennes TX est donnée par l'angle α_T ;
- la direction du réseau d'antennes RX est donnée par l'angle α_R ;

et en notant :

$$\beta_T(k) := \arccos(u_T^M(k)) + \alpha_T$$

$$\beta_R(k) := \arccos(u_R^M(k)) + \alpha_R$$

15 le procédé permet de calculer (310) les coordonnées (x,y) de la personne et déterminer sa position au temps kT selon les équations suivantes :

$$x(k) = \frac{(y_T - y_R) \cos(\beta_T(k)) \cos(\beta_R(k)) + x_T \cos(\beta_R(k)) \sin(\beta_T(k)) - x_R \sin(\beta_R(k)) \cos(\beta_T(k))}{\sin(\beta_R(k) - \beta_T(k))}$$

$$y(k) = \frac{(x_T - x_R) \sin(\beta_T(k)) \sin(\beta_R(k)) + y_R \cos(\beta_R(k)) \sin(\beta_T(k)) - y_T \sin(\beta_R(k)) \cos(\beta_T(k))}{\sin(\beta_T(k) - \beta_R(k))}$$

Dans la situation où il y a plusieurs personnes suffisamment
 5 séparées, la fonction de localisation présentera plusieurs maxima et le même algorithme sera appliqué à chaque maximum de la fonction pour déterminer la position de chaque personne.

Référence est maintenant faite à la figure 4 qui illustre les différents
 10 blocs fonctionnels des circuits d'émission et de réception dans un mode de réalisation de l'invention. Le circuit d'émission comprend un oscillateur (402) qui génère une tension sinusoïdale à la fréquence fixe requise. Il est couplé à un switch 404, dont le rôle est de diriger successivement la tension à la sortie de l'oscillateur vers les différentes antennes de
 15 transmission du réseau TX (406).

Le circuit de réception comprend un réseau (408) d'antennes de réception RX, couplé à un switch (410). Un amplificateur (412) permet d'amplifier le signal reçu, puis un bloc de détection de phase et d'amplitude (414) permet de mesurer l'amplitude et la phase du signal
 20 reçu. Une unité de traitement (416) permet d'enregistrer les mesures faites, d'effectuer les calculs des matrices de transfert telles que décrites précédemment, et de calculer les coordonnées de position d'une ou plusieurs personnes situées dans une ou plusieurs pièces, selon les équations décrites précédemment.

Dans l'exemple illustré, l'oscillateur (la source du signal RF) est placé du côté du circuit d'émission. Alternativement, il peut être placé du côté du circuit de réception RX auquel cas un câble coaxial est ajouté pour permettre d'envoyer le signal sur le circuit interrupteur (404) du réseau d'émission. Avantageusement, pour chaque appareil, les déphasages sont calibrés, en particulier ceux introduits par les interrupteurs. Ils sont ensuite mémorisés dans un bloc mémoire de l'unité de calcul pour être pris en compte lors de la détermination des coordonnées d'une personne.

10 Ainsi, il a été décrit une méthode permettant de déterminer la présence en intérieur de personnes ou d'objets dans un espace clos ou semi-clos, en effectuant une détection différentielle d'une masse additionnelle dans un champ électromagnétique au moyen d'antennes multiples et de mesures de matrices de transfert. La localisation et les
15 coordonnées de la position de la ou des personne(s) ou objet(s) sont calculées à partir des mesures différentielles des matrices de transfert, selon les équations décrites.

Les coordonnées de la personne localisée peuvent ensuite être utilisées selon la nature de l'application, soit en étant affichées sur un
20 écran local ou à distance, soit pour déclencher des actions comme lancer une alerte par exemple. L'homme du métier peut par des moyens courants coupler le résultat obtenu par le procédé décrit à des opérations postérieures selon les usages requis.

25 Ainsi, la présente description illustre une implémentation préférentielle de l'invention, mais n'est pas limitative. Un exemple a été choisi pour permettre une bonne compréhension des principes de l'invention, et une application concrète, mais il n'est en rien exhaustif et doit permettre à l'homme du métier d'apporter des modifications et des
30 variantes d'implémentation en conservant les mêmes principes.

Revendications

1. Un procédé pour déterminer l'ajout de personnes ou d'objets dans un espace intérieur, l'espace étant clos ou semi-clos et équipé d'un premier réseau d'antennes en émission distant d'un second réseau d'antennes en réception, le procédé comprenant les étapes suivantes :
 - mesurer une matrice de transfert MIMO initiale correspondant aux deux réseaux d'antennes pour l'espace intérieur vide;
 - mesurer à intervalles successifs des matrices de transfert MIMO ultérieures au voisinage du réseau d'antennes en réception ; et
 - déterminer s'il existe des différences entre les éléments de la matrice de transfert MIMO initiale et une matrice de transfert MIMO ultérieure, ladite différence étant représentative d'un ajout dans l'espace intérieur.
2. Le procédé selon la revendication 1 dans lequel à l'intérieur de chaque réseau, les antennes sont distantes d'une longueur d'onde divisée par deux.
3. Le procédé selon les revendications 1 ou 2 comprenant de plus, s'il existe une différence entre les éléments de la matrice de transfert initiale et une matrice de transfert ultérieure, une étape de détermination de la position desdites personnes ou objets ajoutés.

4. Le procédé selon la revendication 3 dans lequel l'étape de détermination de la position desdites personnes ou objets consiste à définir une fonction de localisation dont les coefficients de Fourier sont les éléments des matrices de transfert, et à calculer le ou les maxima de ladite fonction.
5
5. Le procédé selon la revendication 4 comprenant de plus une étape de calcul des coordonnées spatiales desdites personnes ou objets à un temps 'kT' à partir du maximum de la fonction de localisation.
10
6. Le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 dans lequel les intervalles successifs de mesure sont dans une plage de 1 à 10 secondes.
15
7. Un système pour déterminer l'ajout de personnes ou d'objets dans un espace intérieur, le système comprenant des moyens pour mettre en œuvre les étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.
20
8. Le système selon la revendication 7, dans lequel les moyens comprennent un circuit d'émission distant d'un circuit de réception, le circuit d'émission comprenant au moins un réseau linéaire d'antennes en émission, le circuit de réception comprenant au moins un réseau linéaire d'antennes en réception, les antennes à l'intérieur de chaque réseau étant distantes d'une longueur d'onde divisée par deux.
25

9. Le système selon la revendication 8 dans lequel le circuit de réception comprend de plus une unité de traitement pour enregistrer des mesures et effectuer des calculs de matrices de transfert et de coordonnées de position.

5

10. Le système selon la revendication 9 dans lequel l'unité de traitement comprend un processeur apte à effectuer lesdits calculs.

10

1/4

100

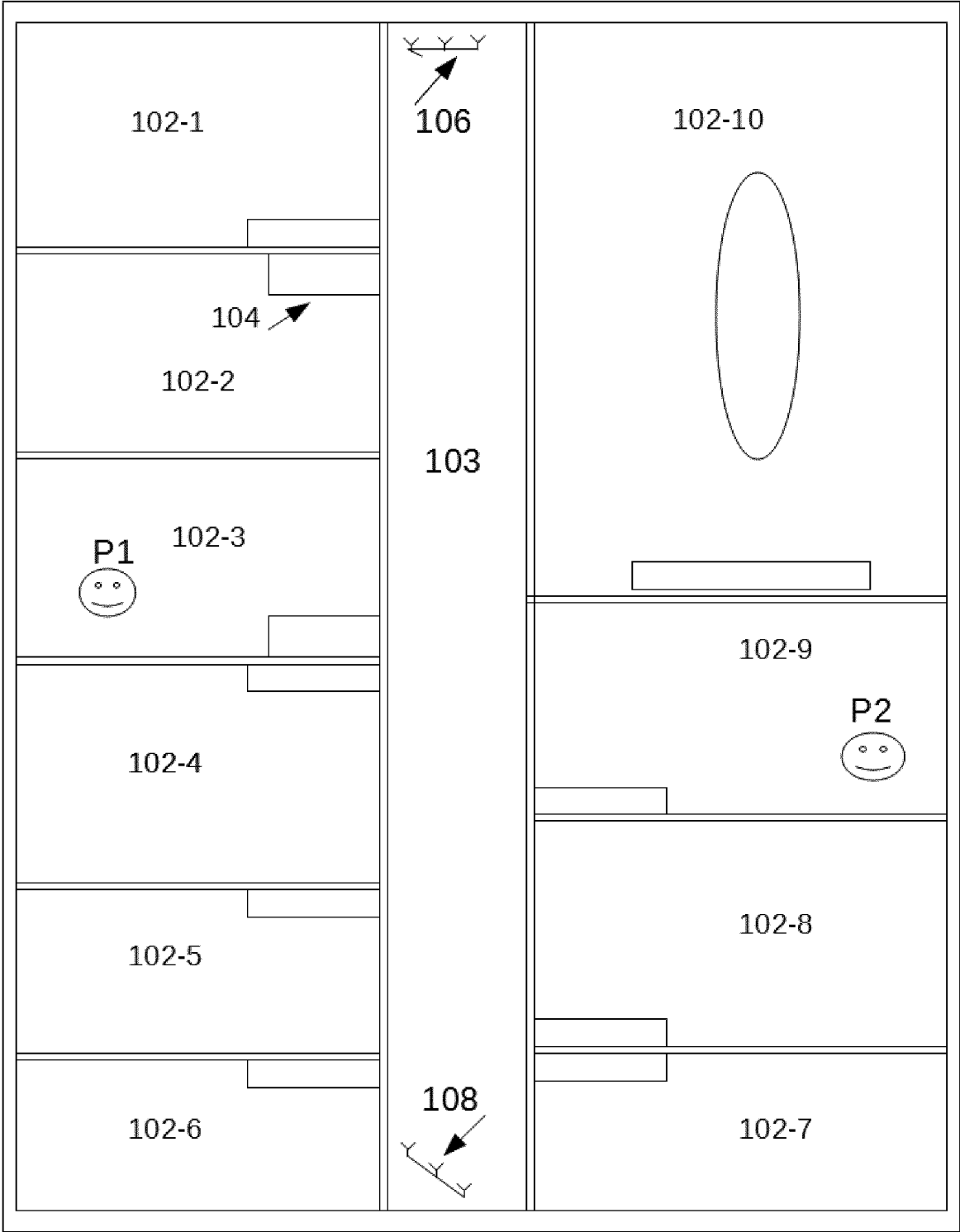


FIG.1

2/4

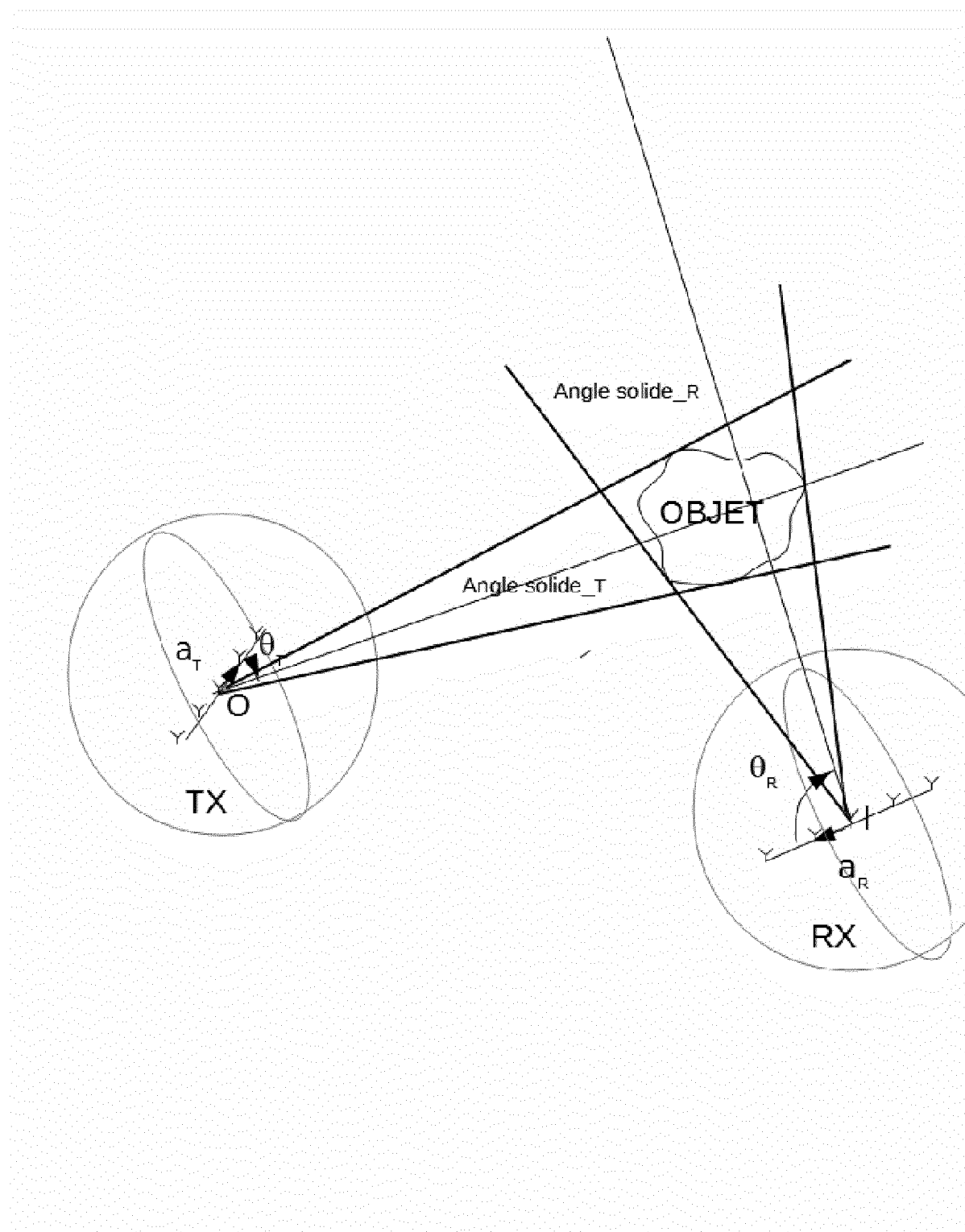
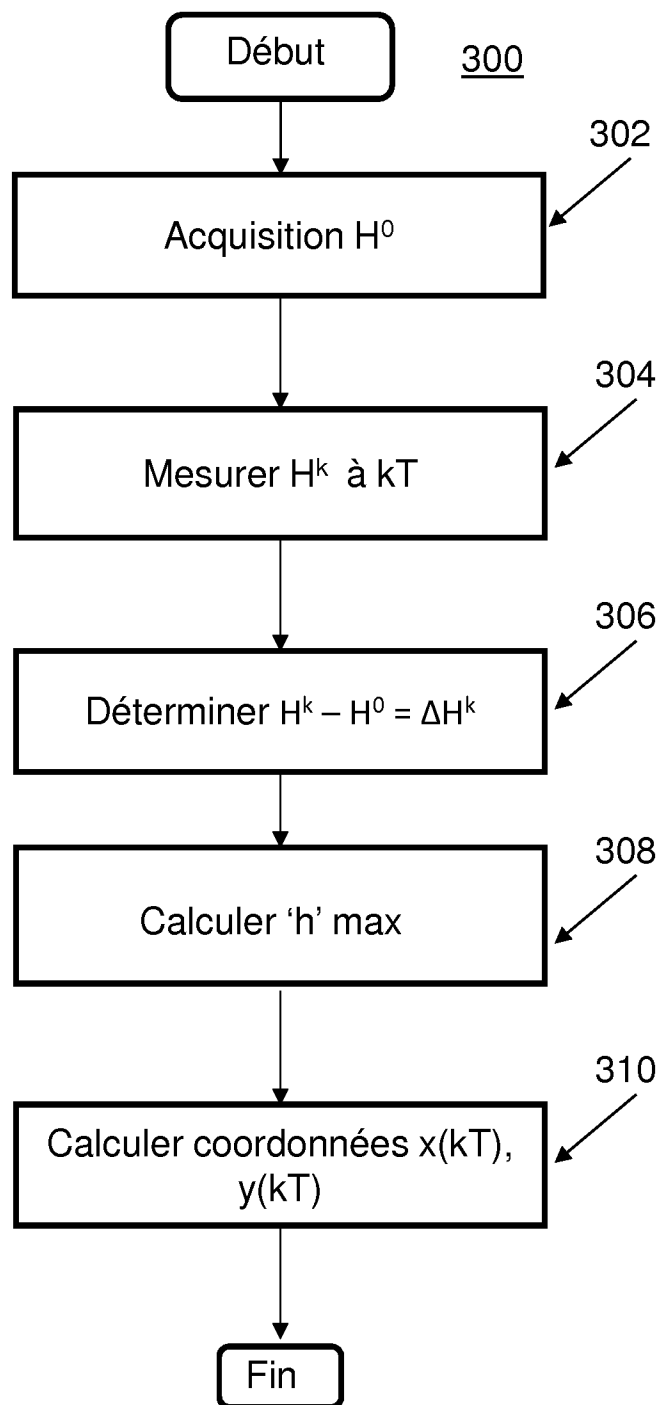


FIG.2

3/4**FIG.3**

4/4

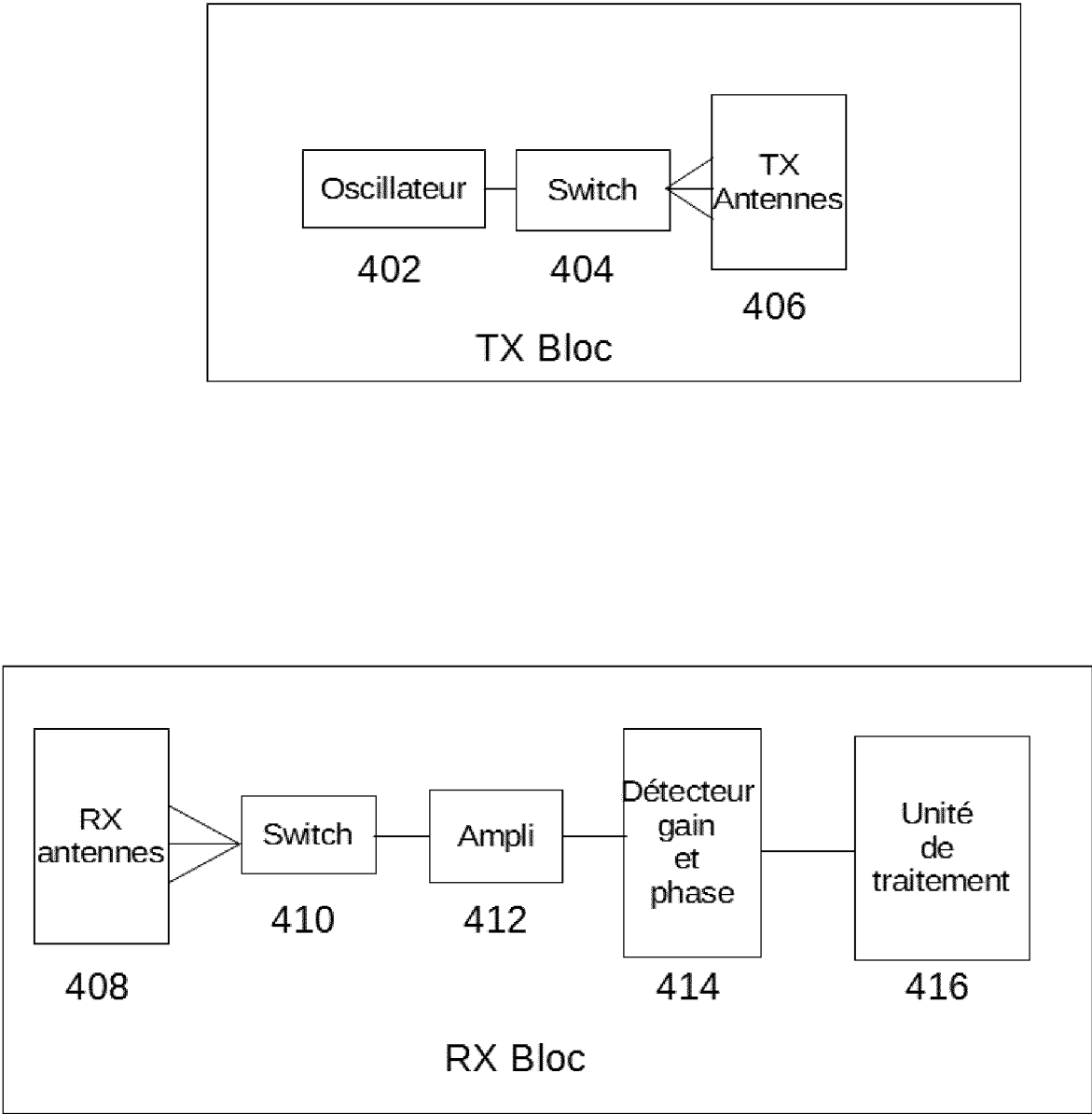


FIG.4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/079876

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01S5/02 G01S13/04 G01S13/56 G01S7/41 G01S13/00 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) G01S 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, WPI Data, COMPENDEX, INSPEC														
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>EP 2 696 332 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 12 February 2014 (2014-02-12) abstract; claim 1; figures 1-3 paragraphs [0017] - [0029] -----</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>EP 0 743 540 A2 (SAIMA SICUREZZA SPA [IT]) 20 November 1996 (1996-11-20) abstract; claim 1; figure 3 column 2, line 43 - column 3, line 9 -----</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2014/145873 A1 (MILLER ROBERT RAYMOND [US] ET AL) 29 May 2014 (2014-05-29) claims 1,9; figures 1,2,5,8,12,15,17,18,19 ----- -/-</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	A	EP 2 696 332 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 12 February 2014 (2014-02-12) abstract; claim 1; figures 1-3 paragraphs [0017] - [0029] -----	1-10	A	EP 0 743 540 A2 (SAIMA SICUREZZA SPA [IT]) 20 November 1996 (1996-11-20) abstract; claim 1; figure 3 column 2, line 43 - column 3, line 9 -----	1-10	A	US 2014/145873 A1 (MILLER ROBERT RAYMOND [US] ET AL) 29 May 2014 (2014-05-29) claims 1,9; figures 1,2,5,8,12,15,17,18,19 ----- -/-	1-10
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
A	EP 2 696 332 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 12 February 2014 (2014-02-12) abstract; claim 1; figures 1-3 paragraphs [0017] - [0029] -----	1-10												
A	EP 0 743 540 A2 (SAIMA SICUREZZA SPA [IT]) 20 November 1996 (1996-11-20) abstract; claim 1; figure 3 column 2, line 43 - column 3, line 9 -----	1-10												
A	US 2014/145873 A1 (MILLER ROBERT RAYMOND [US] ET AL) 29 May 2014 (2014-05-29) claims 1,9; figures 1,2,5,8,12,15,17,18,19 ----- -/-	1-10												
☒ 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		Date of mailing of the international search report												
15 February 2016		26/02/2016												
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 Mercier, Francois												

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2015/079876

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	J.W. WALLACE ET AL: "Experimental characterization of the MIMO wireless channel: data acquisition and analysis", IEEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS., vol. 2, no. 2, 1 March 2003 (2003-03-01), pages 335-343, XP055226015, US ISSN: 1536-1276, DOI: 10.1109/TWC.2003.808975 the whole document	1-10
A	April ET AL: "This paper is included in the Proceedings of the 11th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI '14). Open access to the Proceedings of the 11th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI '14) is sponsored by USENIX 3D Tracking via Body Radio Re", 2 April 2014 (2014-04-02), XP055225349, Retrieved from the Internet: URL: https://www.usenix.org/system/files/conference/nsdi14/nsdi14-paper-adib.pdf [retrieved on 2015-11-03] abstract	1-10
A	SANGHYUN CHANG ET AL: "People Tracking with UWB Radar Using a Multiple-Hypothesis Tracking of Clusters (MHTC) Method", INTERNATIONAL JOURNAL OF SOCIAL ROBOTICS, vol. 2, no. 1, 1 March 2010 (2010-03-01), pages 3-18, XP055096370, ISSN: 1875-4791, DOI: 10.1007/s12369-009-0039-x cited in the application abstract	1-10
A	Jie Xiong ET AL: "ArrayTrack: A Fine-Grained Indoor Location System Jie Xiong", 19 October 2011 (2011-10-19), XP055099061, Retrieved from the Internet: URL: http://www.cs.ucl.ac.uk/fileadmin/UCL-CS/research/Research_Notes/RN_11_19.pdf [retrieved on 2014-01-29] abstract	1-11
	----- -/--	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/079876

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FADEL ADIB ET AL: "See through walls with WiFi!", SIGCOMM, ACM, 2 PENN PLAZA, SUITE 701 NEW YORK NY 10121-0701 USA, 27 August 2013 (2013-08-27), pages 75-86, XP058030656, DOI: 10.1145/2486001.2486039 ISBN: 978-1-4503-2056-6 cited in the application abstract	1-10
A	FRANCOIS BENTOSELA ET AL: "On the transfer matrix of a MIMO system", ARXIV.ORG, CORNELL UNIVERSITY LIBRARY, 201 OLIN LIBRARY CORNELL UNIVERSITY ITHACA, NY 14853, 15 December 2010 (2010-12-15), XP080468590, cited in the application abstract	1-10
A	BENTOSELA FRANCOIS ET AL: "Influence of Environment Richness on the Increase of MIMO Capacity With Number of Antennas", IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 62, no. 7, 1 July 2014 (2014-07-01), pages 3786-3796, XP011552812, ISSN: 0018-926X, DOI: 10.1109/TAP.2014.2318323 [retrieved on 2014-07-02] cited in the application abstract	1-10
X	KEITA USHIKI ET AL: "Experimental evaluation on MIMO sensor employing eigenvector diversity", IEICE COMMUNICATIONS EXPRESS, vol. 3, no. 2, 1 January 2014 (2014-01-01), pages 61-67, XP055249701, DOI: 10.1587/comex.3.61	1,2,6-10
Y A	the whole document	2,8 4,5
	----- -/--	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/079876

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	USHIKI KEITA ET AL: "Channel estimation method using MSK signals for MIMO sensor", 2013 PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANTENNAS & PROPAGATION, ANTENNA SOCIETY OF THE CHINESE INSTITUTE OF ELECTRONICS, vol. 2, 23 October 2013 (2013-10-23), pages 892-895, XP032554296, ISBN: 978-7-5641-4279-7 [retrieved on 2014-01-20]	1-3,6-10
Y	the whole document	2,8
A		4,5
X	----- KEITA USHIKI ET AL: "Intruder Detection Performance of SIMO and MIMO Sensors with Same Number of Channel Responses", IEICE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, COMMUNICATIONS SOCIETY, TOKYO, JP, vol. E96B, no. 10, 1 October 2013 (2013-10-01), pages 2499-2505, XP001586223, ISSN: 0916-8516, DOI: 10.1587/TRANSCOM.E96.B.2499	1-3,6-10
Y		2,8
A		4,5
X	----- KENTARO NISHIMORI ET AL: "MIMO Sensor -Evaluation on Antenna Arrangement-", ANTENNAS AND PROPAGATION (EUCAP), PROCEEDINGS OF THE 5TH EUROPEAN CONFERENCE ON, IEEE, 11 April 2011 (2011-04-11), pages 2771-2775, XP031877865, ISBN: 978-1-4577-0250-1	1,8
Y	the whole document	2,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/079876

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2696332	A1	12-02-2014	CN 103460263 A 18-12-2013
			EP 2696332 A1 12-02-2014
			US 2014015706 A1 16-01-2014
			WO 2012137285 A1 11-10-2012
EP 0743540	A2	20-11-1996	EP 0743540 A2 20-11-1996
			IT FI950087 A1 28-10-1996
US 2014145873	A1	29-05-2014	US 2014145873 A1 29-05-2014
			US 2016041261 A1 11-02-2016

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2015/079876

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01S5/02 G01S13/04 G01S13/56 G01S7/41 G01S13/00 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) G01S		
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, COMPENDEX, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 2 696 332 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 12 février 2014 (2014-02-12) abrégé; revendication 1; figures 1-3 alinéas [0017] - [0029] -----	1-10
A	EP 0 743 540 A2 (SAIMA SICUREZZA SPA [IT]) 20 novembre 1996 (1996-11-20) abrégé; revendication 1; figure 3 colonne 2, ligne 43 - colonne 3, ligne 9 -----	1-10
A	US 2014/145873 A1 (MILLER ROBERT RAYMOND [US] ET AL) 29 mai 2014 (2014-05-29) revendications 1,9; figures 1,2,5,8,12,15,17,18,19 ----- -/-	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 "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 15 février 2016		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 26/02/2016
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 Mercier, Francois

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	J.W. WALLACE ET AL: "Experimental characterization of the MIMO wireless channel: data acquisition and analysis", IEEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS., vol. 2, no. 2, 1 mars 2003 (2003-03-01), pages 335-343, XP055226015, US ISSN: 1536-1276, DOI: 10.1109/TWC.2003.808975 le document en entier -----	1-10
A	April ET AL: "This paper is included in the Proceedings of the 11th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI '14). Open access to the Proceedings of the 11th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI '14) is sponsored by USENIX 3D Tracking via Body Radio Re", 2 avril 2014 (2014-04-02), XP055225349, Extrait de l'Internet: URL:https://www.usenix.org/system/files/conference/nsdi14/nsdi14-paper-adib.pdf [extrait le 2015-11-03] abrégé -----	1-10
A	SANGHYUN CHANG ET AL: "People Tracking with UWB Radar Using a Multiple-Hypothesis Tracking of Clusters (MHTC) Method", INTERNATIONAL JOURNAL OF SOCIAL ROBOTICS, vol. 2, no. 1, 1 mars 2010 (2010-03-01), pages 3-18, XP055096370, ISSN: 1875-4791, DOI: 10.1007/s12369-009-0039-x cité dans la demande abrégé -----	1-10
A	Jie Xiong ET AL: "ArrayTrack: A Fine-Grained Indoor Location System Jie Xiong", 19 octobre 2011 (2011-10-19), XP055099061, Extrait de l'Internet: URL:http://www.cs.ucl.ac.uk/fileadmin/UCL-CS/research/Research_Notes/RN_11_19.pdf [extrait le 2014-01-29] abrégé ----- -/--	1-11

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	FADEL ADIB ET AL: "See through walls with WiFi!", SIGCOMM, ACM, 2 PENN PLAZA, SUITE 701 NEW YORK NY 10121-0701 USA, 27 août 2013 (2013-08-27), pages 75-86, XP058030656, DOI: 10.1145/2486001.2486039 ISBN: 978-1-4503-2056-6 cité dans la demande abrégé	1-10
A	FRANCOIS BENTOSELA ET AL: "On the transfer matrix of a MIMO system", ARXIV.ORG, CORNELL UNIVERSITY LIBRARY, 201 OLIN LIBRARY CORNELL UNIVERSITY ITHACA, NY 14853, 15 décembre 2010 (2010-12-15), XP080468590, cité dans la demande abrégé	1-10
A	BENTOSELA FRANCOIS ET AL: "Influence of Environment Richness on the Increase of MIMO Capacity With Number of Antennas", IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 62, no. 7, 1 juillet 2014 (2014-07-01), pages 3786-3796, XP011552812, ISSN: 0018-926X, DOI: 10.1109/TAP.2014.2318323 [extrait le 2014-07-02] cité dans la demande abrégé	1-10
X	KEITA USHIKI ET AL: "Experimental evaluation on MIMO sensor employing eigenvector diversity", IEICE COMMUNICATIONS EXPRESS, vol. 3, no. 2, 1 janvier 2014 (2014-01-01), pages 61-67, XP055249701, DOI: 10.1587/comex.3.61	1,2,6-10
Y A	le document en entier	2,8 4,5
	----- -/--	

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	USHIKI KEITA ET AL: "Channel estimation method using MSK signals for MIMO sensor", 2013 PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANTENNAS & PROPAGATION, ANTENNA SOCIETY OF THE CHINESE INSTITUTE OF ELECTRONICS, vol. 2, 23 octobre 2013 (2013-10-23), pages 892-895, XP032554296, ISBN: 978-7-5641-4279-7 [extrait le 2014-01-20]	1-3,6-10
Y	le document en entier	2,8
A		4,5
X	----- KEITA USHIKI ET AL: "Intruder Detection Performance of SIMO and MIMO Sensors with Same Number of Channel Responses", IEICE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, COMMUNICATIONS SOCIETY, TOKYO, JP, vol. E96B, no. 10, 1 octobre 2013 (2013-10-01), pages 2499-2505, XP001586223, ISSN: 0916-8516, DOI: 10.1587/TRANSCOM.E96.B.2499	1-3,6-10
Y		2,8
A		4,5
X	----- KENTARO NISHIMORI ET AL: "MIMO Sensor -Evaluation on Antenna Arrangement-", ANTENNAS AND PROPAGATION (EUCAP), PROCEEDINGS OF THE 5TH EUROPEAN CONFERENCE ON, IEEE, 11 avril 2011 (2011-04-11), pages 2771-2775, XP031877865, ISBN: 978-1-4577-0250-1	1,8
Y	le document en entier	2,8

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2015/079876

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2696332	A1	12-02-2014	CN 103460263 A	18-12-2013
			EP 2696332 A1	12-02-2014
			US 2014015706 A1	16-01-2014
			WO 2012137285 A1	11-10-2012

EP 0743540	A2	20-11-1996	EP 0743540 A2	20-11-1996
			IT FI950087 A1	28-10-1996

US 2014145873	A1	29-05-2014	US 2014145873 A1	29-05-2014
			US 2016041261 A1	11-02-2016
