



MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

NUMERO DE PUBLICATION : 1004873A3

NUMERO DE DEPOT : 08701504

Classif. Internat. : G01S

Date de délivrance le : 16 Février 1993

Le Ministre des Affaires Economiques,

Vu la Convention de Paris du 20 Mars 1883 pour la Protection de la propriété industrielle;

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d'invention, notamment l'article 22;

Vu l'arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, notamment l'article 28;

Vu le procès verbal dressé le 30 Décembre 1987 à 14H45 à l'Office de la Propriété Industrielle

ARRETE:

ARTICLE 1.- Il est délivré à : SIEMENS PLESSEY ELECTRONIC SYSTEMS LTD
Oakcroft Road, CHESSINGTON, SURREY KT9 1QZ(ROYAUME-UNI)

représenté(e)(s) par : DE PALMENAER Roger, BUREAU VANDER HAEGHEN, Rue Colonel Bourg
108A,- B 1040 BRUXELLES.

un brevet d'invention d'une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : PERFECTIONNEMENTS RELATIFS A L'APPRECIATION DE PISTES DE CIBLES.

PRIORITE(S) 19.08.87 GB GBA 8719191

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeurs(s).

Bruxelles, le 16 Février 1993
PAR DELEGATION SPECIALE :

WUYTS L
Directeur

Perfectionnements relatifs à l'appréciation de pistes de cibles

L'invention concerne un procédé et un appareil pour l'appréciation d'une piste de cible nouvellement signalée et pour la corrélation de la piste de cible nouvellement signalée avec des pistes de cibles signalées précédemment, pour lesquelles on dispose de données
5 emmagasinées, pour déterminer si la piste de cible nouvellement signalée représente en réalité une cible nouvelle.

L'invention est destinée à être utilisée en association avec plusieurs postes de détection et de
10 signalisation de cibles, dont chacun fournit l'information concernant la cible à un processeur central qui comprend une mémoire de données de base d'information sur les pistes de cibles.

Il est possible qu'une piste de cible nouvellement signalée par l'un des postes de détection ait déjà été signalée au processeur central par un autre poste de détection et que les données qui y sont relatives soient déjà emmagasinées dans la mémoire de base
15 des données. Il est essentiel que la piste de cible nouvellement signalée soit appréciée en regard des données de pistes de cibles emmagasinées, pour voir si elle peut être corrélée avec une piste de cible connue (déjà signalée) et, par suite, si elle peut être
20 rejetée. On comprendra les implications d'une erreur
25

[REDACTED]

dans une telle appréciation. Au contraire, si la piste de cible nouvellement signalée peut être confirmée comme une piste connue (cible déjà signalée), les données qui y sont relatives ne doivent pas être emmagasinées

5 comme piste de cible séparée dans la mémoire de base des données, pour éviter une surcharge de fonctionnement et un ralentissement du fonctionnement du processeur central.

10 Les procédés connus d'appréciation d'une corrélation font intervenir l'emploi des propriétés d'une distribution d'erreurs, pour dimensionner une porte ou barrière d'exclusion. Toute piste tombant hors de la porte d'exclusion ne sera pas corrélée et sera acceptée comme étant celle d'une nouvelle cible. Ce-

15 pendant, lorsque la densité des pistes locales dans l'espace d'observation est élevée et/ou lorsque les erreurs, portant sur les pistes, d'un poste de détection, sont relativement importantes, une ou plusieurs pistes peuvent n'être pas rejetées et beaucoup d'entre

20 elles subsistent comme candidates corrélables possibles. Dans ce dernier cas, la procédure normale était de répéter l'essai statistique avec des reports de pistes successifs pour déterminer, à partir d'une série d'essais, laquelle piste candidate a le plus de

25 chance de répondre à une vraie corrélation.

Un document dont on dispose pour décrire une corrélation comme indiqué précédemment est le Naval Research Laboratory Report No. 8340 d'octobre 1979, intitulé "Naval Ocean-surveillance Correlation Hand-

30 book, 1978" de H.L. Wiener, W.W. William, I.R. Goodman et J.H. Kullback.

Lorsque la décision de corrélérer ou non doit être basée sur des données limitées ou lorsqu'il existe une contrainte de temps importante et que la corrélation

35 doit être déterminée sur la base d'un seul essai,

[REDACTED]

c'est-à-dire en une passe unique, les procédés de corrélation antérieurs conduiraient à un grand nombre de rejets incorrects avec par conséquent l'emmagasinement non nécessaire de nouvelles données pour '' nouvelles cibles'' dans un processeur central où, en fait, les données de ''nouvelle cible'' se rapportent à une cible existante.

Un but de la présente invention est de procurer un procédé et un appareil perfectionnés pour la corrélation, par passe unique, de pistes de cibles.

Suivant l'invention, on procure un procédé de corrélation de pistes de cibles comprenant les étapes consistant à comparer les paramètres de position d'une nouvelle cible aux paramètres emmagasinés de position/vitesse de pistes de cibles connues, consistant à utiliser

- 1) un filtre de position grossier pour rejeter les pistes dont les données emmagasinées permettent une exclusion sûre de la corrélation ;
- 2) la détermination du fait que la nouvelle cible peut être corrélée , dans les limites d'une erreur sur les pistes de cibles, avec des pistes de cibles emmagasinées, extrapolées pour le temps et la position signalés de la nouvelle cible ;
- 3) la réalisation d'une sélection de la plus voisine des pistes de cibles emmagasinées, choisies comme candidates pour la corrélation dans les limites de l'erreur sur les pistes de cibles ; et
- 4) lorsque plusieurs candidats sont dans les limites de l'erreur de piste de cible, le rejet de la sélection la plus voisine comme candidate corrélée si la position extrapolée de la voisine la plus proche diffère en distance de la cible nouvellement signalée, de plus que la moitié de la distance de la voisine la plus proche.

L'invention procure aussi un appareil pour apprécier la corrélation d'une nouvelle cible avec des pistes de cibles emmagasinées, comprenant un filtre grossier pour rejeter toutes les pistes de cibles emmagasinées, dont les paramètres de position autorisent un rejet sûr, un filtre à porte pour l'erreur de piste, pour faire passer seulement les pistes de cibles emmagasinées dont les paramètres de position mis à jour se trouvent dans les tolérances d'erreur de piste, des moyens pour choisir, comme voisine la plus proche, la piste de cible passée dont les paramètres de position mis à jour sont les plus proches de la nouvelle cible, des moyens pour déterminer si la position de la piste de cible passée la plus proche parmi une multiplicité de pistes de cibles passées, diffère de la position de la nouvelle cible par moins que la moitié de la distance de la position de la piste de cible suivante la plus proche et, s'il en est ainsi, pour accepter la piste de cible passée la plus proche comme piste de cible corrélée.

L'invention sera décrite plus complètement, à titre d'exemple, en se référant aux dessins joints au présent mémoire, sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma fonctionnel d'un système de pistage comprenant des précorrélateurs suivant l'invention ;
- la figure 2 est un schéma explicatif d'un précorrélateur suivant l'invention; et
- la figure 3 représente les éléments du précorrélateur de la figure 2.

Comme montré à la figure 1, un système de pistage comprend un processeur central 10 et une mémoire des données 12. Plusieurs pistes 14 de détection et de pistage de cibles détectent et suivent des pistes et fournissent l'information relative aux cibles au pro-

cesseur central 10 pour le traitement de l'information et pour l'emmagasinement des paramètres de temps, de position et de vitesse des cibles détectées, dans la mémoire de données 12.

5 La corrélation des pistes de cibles est exécutée par le processeur central 10 sur l'information qui lui est fournie. Cependant, le poste de pistage 14a peut signaler une nouvelle cible qui, en fait, a déjà été signalée par le poste de pistage de cible 14b.

10 Pour éviter une surcharge du processeur central 10 et, par suite, un ralentissement de son fonctionnement, on a prévu, suivant la présente invention, entre chaque poste de pistage 14 et le processeur central 10, un pré-corrélateur 16. On comprendra que chaque
15 pré-corrélateur 16 peut faire partie de son poste de pistage 14 ou peut faire partie du processeur central 10. La tâche de chacun des pré-corrélateurs 16 est d'assurer que les données relatives à une nouvelle cible ne soient pas corrélables avec celles d'une piste
20 déjà contenue dans la mémoire des données 12. Le pré-corrélateur 16 applique un algorithme en étapes, en une passe unique, à la détection d'une cible nouvellement reçue. La figure 2 représente l'opération fonctionnelle du pré-corrélateur, tandis que la figure 3
25 la montre plus en détail.

L'algorithme de pré-corrélation apprécie, en une passe unique, si oui ou non une piste nouvelle reçue est la piste d'une nouvelle cible ou si c'est la piste d'une cible reçue d'un autre poste 14 et déjà
30 contenue dans la mémoire de données 12. Ceci est exécuté par la comparaison des paramètres de position de la nouvelle cible à des paramètres de position mis à jour de toutes les autres pistes dans la mémoire de base des données 12. L'appréciation est faite en quatre
35 étages par des filtres appropriés du pré-corrélateur 16,

comme suit :

- 5 - Une porte de filtre grossier 16a (voir figure 2), c'est-à-dire un grand filtre de position rectangulaire dont le but est de rejeter rapidement et avec le minimum de calculs, toutes les pistes de base de données emmagasinées, qui peuvent être sûrement exclues comme candidates à la corrélation ;
- 10 - une porte d'erreur de pistage 16b, qui est un filtre de position plus petit dont la dimension et la forme sont déterminées par l'information disponible en ce qui concerne les erreurs de pistage qui peuvent être attribuées à la source 14 de signalisation de piste. Les pistes de base de données qui ont passé par la porte de filtre grossier 16a ont leurs coordonnées de position extrapolées pour le moment de l'arrivée de la signalisation de la nouvelle piste et il y a alors détermination du fait que oui ou non la position extrapolée tombe dans la porte d'erreur de pistage centrée sur la position de la nouvelle piste.
- 15 Si aucune piste de base de données ne tombe dans la porte d'erreur de pistage, la nouvelle piste est acceptée comme valable;
- 20 - la sélection de la voisine la plus proche, qui est la sélection de la piste de base de données dont la position extrapolée est la plus proche de celle de la nouvelle piste dans la porte d'erreur de pistage comme étant la candidate à la corrélation la plus probable ;
- 25 - la règle de décision de conservation : celle-ci est appliquée dans la boîte 16c pour déterminer si oui ou non il y a une preuve quelconque pour l'acceptation de la sélection la plus voisine comme corrélation valide.

30 La porte de filtre grossier 16a fonctionne de la manière suivante :

~~SECRET~~

On suppose que les paramètres de position de piste de la nouvelle piste sont (X,Y) à l'instant t et on suppose que les paramètres d'une piste de base de données sont $(X_i, Y_i, \dot{x}_i, \dot{y}_i)$ à l'instant t_i . La
5 piste de base de données passera la porte de filtre grossier 16a si

$$X-X_i < \pm K_1 \text{ et } Y-Y_i < \pm K_2$$

10 K_1 et K_2 sont des constantes dont les valeurs sont arrangées pour être plus grandes que trois fois l'erreur de pistage moyenne de la source 14 qui signale la nouvelle piste.

La porte d'erreur de pistage 16b fonctionne de
15 la manière suivante.

Pour des pistes de base de données provenant de la mémoire 12, passant la porte de filtre grossier 16a, la porte d'erreur de pistage 16b détermine si oui ou non elles peuvent être rejetées comme candidates à
20 la corrélation, avec un grand degré de fiabilité. L'information courante sur la variance et la covariance des coordonnées de position de piste est malheureusement retenue par les filtres de pistage aux sources de signalisation 14 et n'est pas transmise avec les si-
25 gnalisations de pistes. Les seuls critères dont on dispose sont certaines qualités de piste en termes de distances d'erreur et d'estimations à priori de la précision de pistage moyenne des diverses sources si-
gnalisatrices 14. Pour cette raison, on utilise une
30 porte circulaire avec la distance au centre comme mesure, l'information discrète d'axes X et Y étant perdue.

On suppose qu'une information suffisante est disponible pour estimer σ et σ_i les déviations norma-
35 les de la position de piste pour la nouvelle piste et

~~SECRET~~

la piste de base de données. On exécute alors les calculs suivants :

$$\Delta t = t - t_i$$

5

$$X'_i = X_i + \Delta t \dot{X}_i$$

$$Y'_i = Y_i + \Delta t \dot{Y}_i$$

10 (X'_i, Y'_i) est la position extrapolée de la piste de base de données. En utilisant cette position, la distance $\underline{d}_i$ se calcule par

$$\underline{d}_i = ((X - X'_i)^2 + (Y - Y'_i)^2)^{1/2}$$

15

Si $\underline{d}_i > 3(\sigma^2 + \sigma_i^2)^{1/2}$, alors la piste de base de données est rejetée comme candidate à la corrélation. On observera que la validité des positions extrapolées dépend de l'exactitude et de la précision de la fixation du temps, qui peut être obtenue pour les données de pistes emmagasinées et les données de la nouvelle piste.

20

La sélection de la voisine la plus proche est réalisée de la manière suivante.

25

Lorsque plus qu'une piste de base de données a été choisie dans la porte d'erreur de pistage 16b comme candidate à la corrélation pour la nouvelle piste, un choix doit être fait entre les candidates. Un algorithme à passes multiples baserait le choix des candidates sur les résultats de la sélection de candidates sur un certain nombre de cycles mis à jour. Dans une passe unique, le choix doit être fait après une sélection unique. Dans ces circonstances, la candidate la plus probable est choisie par la règle de la voisine la plus proche. Si les distances $(\underline{d}_1 \dots \underline{d}_n)$ sont

30

35

associées à n pistes candidates, celle pour laquelle $\underline{d}_i = \min(\underline{d}_1, \dots, \underline{d}_n)$ est choisie comme la candidate la plus vraisemblable pour la corrélation, c'est-à-dire la "voisine la plus proche".

5 La règle de décision de conservation est appliquée dans la boîte 16c comme suit :

La règle de la voisine la plus proche aura choisi la candidate à la corrélation la plus probable si la nouvelle piste est en fait corrélée avec une
10 piste de base de données. Toutes les étapes de l'algorithme jusqu'à présent étaient des étapes de rejet, de sorte que le plus que l'on peut dire à propos de la candidate choisie est qu'il n'y a pas de preuve qu'elle n'est pas corrélée avec la nouvelle piste. Le nombre
15 de candidates passant la porte d'erreur de pistage 16b (lorsqu'il y a des candidates multiples) sera petit, typiquement 2 à 4. Leur présence est due à des facteurs tels que des erreurs de manoeuvre, une surestimation des erreurs de pistage et une séparation localement petite des cibles. L'échantillon est trop petit
20 pour former une base pour des critères statistiques stricts, mais une règle d'attente logique peut être dérivée pour apprécier la validité d'acceptation de la candidate la plus voisine.

25 Si l'en suppose que la piste candidate la plus voisine et la nouvelle piste signalent la même cible, alors $\min(\underline{d}_1, \dots, \underline{d}_n)$ est une mesure d'erreur. Tous les autres éléments de $(\underline{d}_1, \dots, \underline{d}_n)$ seront une mesure d'erreur plus la séparation des cibles. Un test élémentaire pour une structure ou un dessin des distances
30 des pistes candidates correspondant à cette supposition est le suivant:

~~SECRET~~

$\min(\underline{d}_1 \dots \underline{d}_n)$

$$\sum_{i=1}^n \frac{\underline{d}_i}{(n+1)}$$

5

tous les autres ($\underline{d}_1 \dots \underline{d}_n$)

$$\sum_{i=1}^n \frac{\underline{d}_i}{(n+1)}$$

10 Si cette condition est remplie, la candidate la plus voisine est acceptée comme en corrélation avec la nouvelle piste. Autrement, aucune décision n'est prise et, dans cette étape, la nouvelle piste est acceptée comme une nouvelle piste à emmagasiner dans la mémoire des données 12 et pour être traitée par le

15 processeur central 10.

Lorsque seulement deux candidates ont passé la porte d'erreur de pistage 16b et que $\underline{d}_2 > \underline{d}_1$, le test appliqué dans la boîte 16c se réduit à:

20

$$2\underline{d}_1 < \underline{d}_2$$

comme corrélation d'acceptation de la candidate voisine la plus proche.

25 Ce test est appelé règle de décision de conservation parce que dans l'essai simulé, il était montré qu'il était plus probable de rejeter une vraie corrélation que d'accepter une corrélation fausse.

30 L'invention n'est pas limitée aux détails précis de l'exemple qui précède. Par exemple, on comprendra qu'un système de pistage tel que décrit est simplement donné à titre d'exemple et peut comprendre beaucoup plus (ou moins) de postes de détection et de pistage et comprendra plus d'éléments (non décrits) exécutant d'autres fonctions. De même, la réalisation

35 de la porte de filtre grossier, la porte d'erreur de

~~SECRET~~

5 pistage, la sélection de la candidate la plus voisine et l'application de la règle de décision de conservation peuvent avoir une large variété de formes quant au matériel, quant aux microprogrammes et quant aux logiciels.

Légende des figures

Sur la figure 2

- 5 pu = pistes de données de base uniques
- np = nouvelle piste
- npu = nouvelle piste unique
- cd = corrélation définie
- nd = pas de décision

10 Sur la figure 3 , en plus

- pf = pistes filtrées
- nc = pas de candidate
- 1c = une candidate
- cm = candidates multiples
- 15 md = mesures de distance
- va = voisine la plus proche acceptée

REVENDEICATIONS

1. Procédé de corrélation de pistes de cibles, comprenant les étapes consistant à :

- 5 (1) comparer les paramètres de position d'une nouvelle cible à des paramètres emmagasinés, mis à jour, de pistes de cibles connues, dans un filtre de position grossier pour rejeter les pistes lorsque les données emmagasinées permettent une exclusion sûre d'une corrélation ;
- 10 (2) accepter comme candidates à la corrélation les pistes de données emmagasinées dont la position mise à jour ne diffère pas de plus que l'erreur de pistage de cibles, de la position de la nouvelle cible ;
- 15 (3) effectuer une sélection de la piste voisine la plus proche des pistes de données acceptées ; et
- (4) lorsqu'il y a plusieurs candidates acceptées, à rejeter comme candidate pour la corrélation une piste voisine la plus proche dont la position mise à jour diffère de la position de la nouvelle cible par plus
- 20 que la moitié de la distance de la position la plus voisine prochaine.

2. Procédé suivant la revendication 1, dans lequel le filtre grossier est agencé pour rejeter comme candidates toutes les pistes de données emmagasinées

25 dont la position diffère de la position de la cible nouvelle par plus que trois fois l'erreur de pistage moyenne d'un poste de pistage et de détection qui a signalé la nouvelle cible.

3. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel sont rejetées comme candidates à la corrélation les pistes de données emmagasinées dont la position mise à jour diffère de la position de la nouvelle cible par plus que trois fois

30 la racine de la somme des carrés de leur déviation normale et de la déviation normale de la nouvelle cible.

35

4. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1, 2 et 3, dans lequel une règle de décision de conservation est appliquée aux pistes de cibles emmagasinées acceptées, laquelle règle n'accepte une
 5 piste voisine la plus proche comme piste corrélée que si sa position mise à jour diffère de la position de la nouvelle cible par une distance qui est moindre que la différence moyenne entre la position de la piste
 10 acceptée et la position de la nouvelle cible, et seulement si toutes les autres différences de positions de cibles sont plus grandes que cette moyenne.

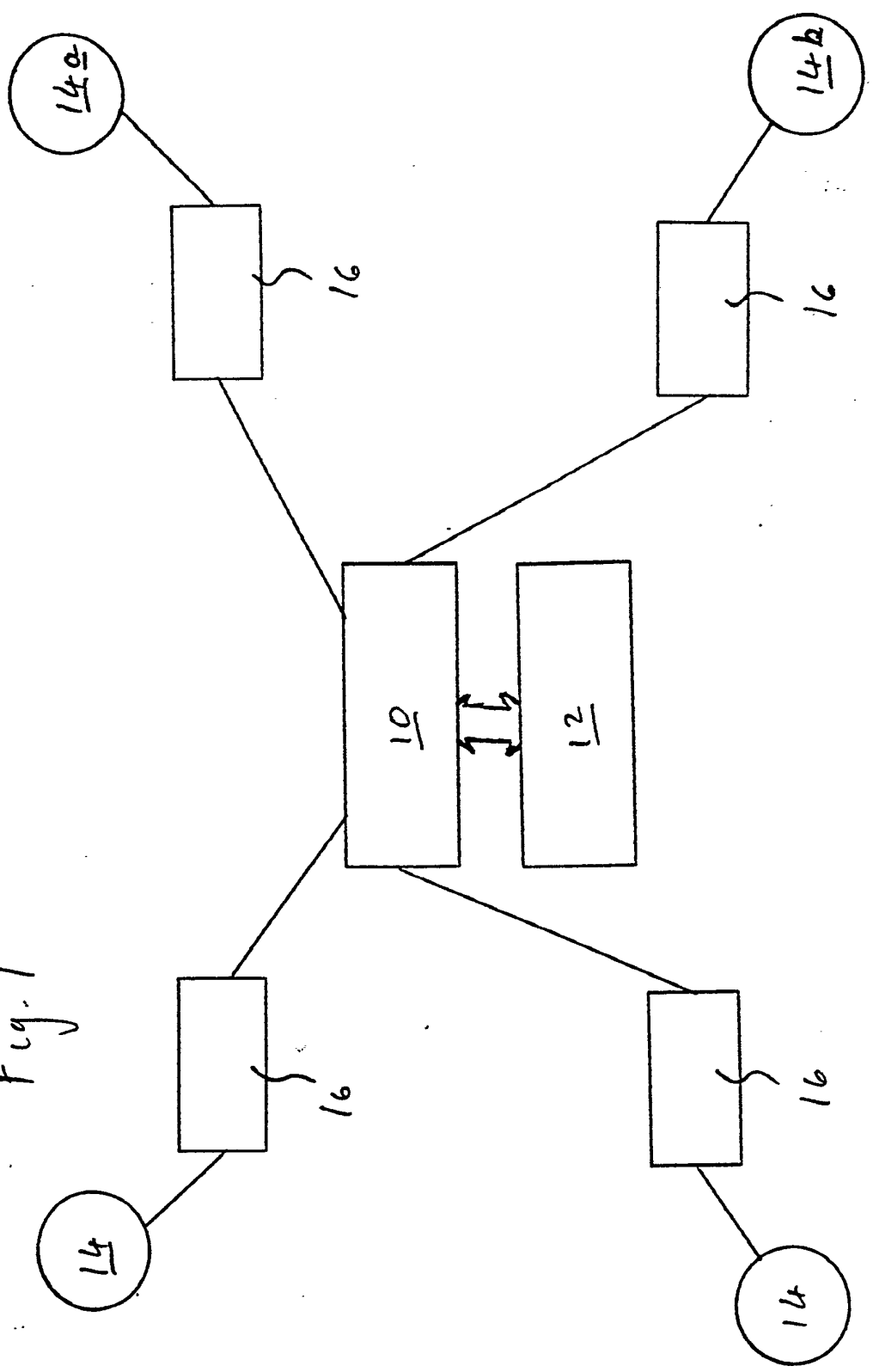
5. Procédé de corrélation de pistes de cibles emmagasinées avec une piste de cible nouvelle, en substance comme décrit plus haut.

15 6. Corrélateur pour corréler une nouvelle cible avec des pistes de cibles connues, emmagasinées dans une base de données, comprenant un filtre grossier pour rejeter comme candidates à la corrélation toutes les pistes de cibles emmagasinées dont la position diffère
 20 de plus qu'un multiple prédéterminé d'une erreur de pistage moyenne d'un poste de pistage et de détection qui a signalé la nouvelle cible ; un filtre porte d'erreur de pistage pour accepter des pistes de données emmagasinées comme candidates à la corrélation, dont
 25 la position mise à jour ne diffère pas de la position de la nouvelle cible par plus qu'un multiple prédéterminé de la racine de la somme des carrés des déviations normales des positions de cibles de la nouvelle piste et des pistes emmagasinées ; des moyens pour
 30 effectuer une sélection de la voisine la plus proche, des pistes de données emmagasinées acceptées; et des moyens pour accepter, comme piste corrélée, une voisine la plus proche d'une multiplicité de pistes de données emmagasinées acceptées, dont la position diffère de la
 35 position de la nouvelle cible par moins que la moitié

de la distance de la cible la plus proche prochaine.

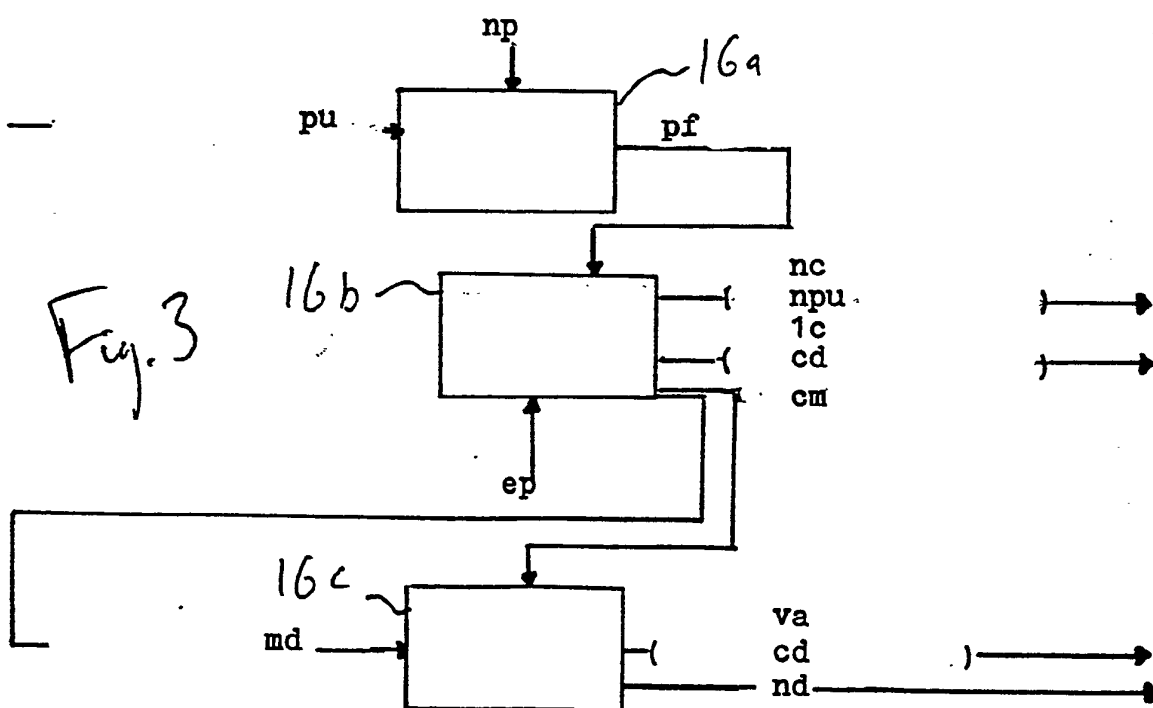
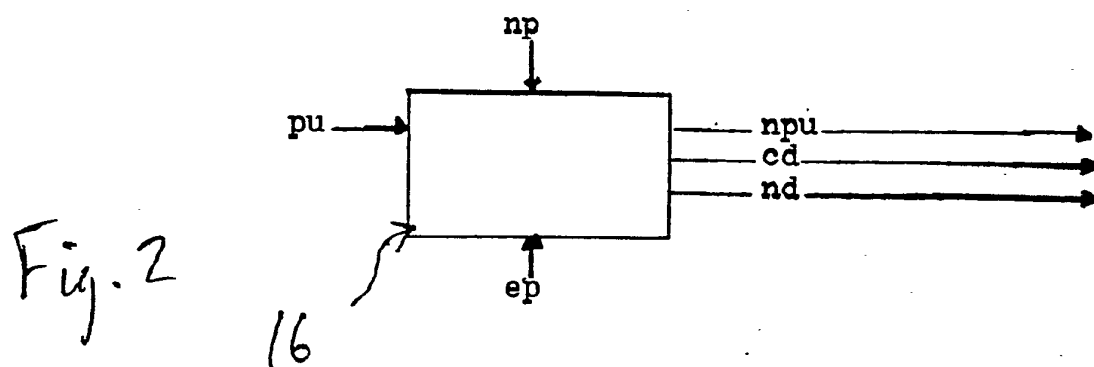
5 7. Système de pistage de cibles, comprenant
plusieurs postes de détection et de pistage de cibles;
un processeur central auquel les postes signalent des
10 pistes ; une mémoire de données attachée au processeur
central pour emmagasiner des données signalées par
le poste pour être traitées par le processeur central ;
et un corrélateur tel que revendiqué dans la revendication 6, intercalé entre un poste et le processeur
central.

Fig. 1



~~16~~

~~16~~





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE

établi en vertu de l'article 21 § 1 et 2
de la loi belge sur les brevets d'invention
du 28 mars 1984

Numero de la demande
nationale

BE 8701504
BO 2025

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.4)
A	PROCEEDINGS OF THE 1986 AMERICAN CONTROL CONFERENCE 18 Juin 1986, SEATTLE pages 889 - 898; R. J. FITZGERALD: 'Development of practical PDA logic for multitarget tracking by microprocessor' * abrégé * * page 893 - page 897, paragraph 10, " Nearest neighbor PDA" *	1, 5, 6	G01S13/72
A	US-A-4 633 261 (KOSAKA ET AL.) * abrégé * * colonne 2, ligne 32 - colonne 6, ligne 58; figures 1-9 *	1, 5, 6	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
			G01S
LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 17 JUILLET 1992	Examineur BLONDEL F.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons * : membre de la même famille, document correspondant			

BE 8701504
BO 2025

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 15.12.1997.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

17/07/92

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US-A-4633261	30-12-86	JP-B- 4001313 JP-A- 59065780	10-01-92 14-04-84
