

(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
24 décembre 2003 (24.12.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 03/107031 A2

(51) Classification internationale des brevets⁷ : G01S 5/14

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
THALES [FR/FR]; 173, boulevard Haussmann, F-75008
Paris (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR03/01802

(22) Date de dépôt international : 13 juin 2003 (13.06.2003)

(72) Inventeurs; et

(25) Langue de dépôt : français

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **MARTIN, Nicolas** [FR/FR]; Thales Intellectual Property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex (FR).
REVOL, Marc [FR/FR]; Thales Intellectual Property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex (FR).

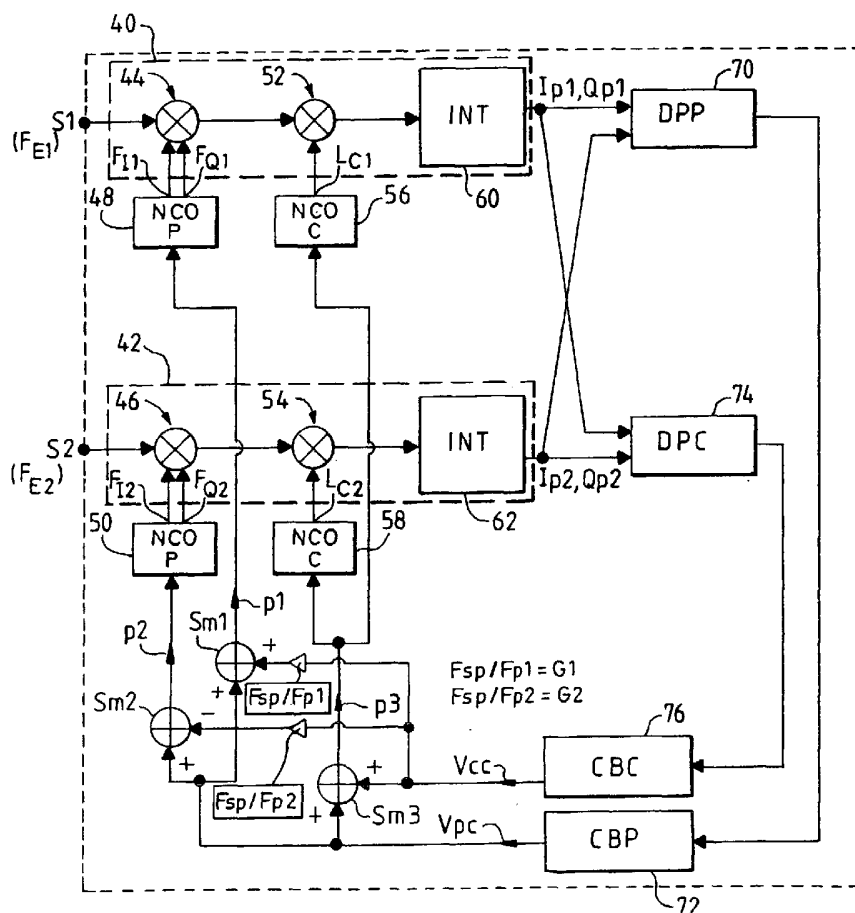
(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
02/07377 14 juin 2002 (14.06.2002) FR

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: SATELLITE POSITIONING RECEIVER USING TWO SIGNAL CARRIERS

(54) Titre : RECEPTEUR DE POSITIONNEMENT PAR SATELLITE UTILISANT DEUX PORTEUSES DE SIGNAL



(57) Abstract: The invention concerns a satellite positioning receiver designed to perform a combined processing of first (S_1) and second (S_2) received radio signals, separated in frequency. The receiver comprises first (40) and second (42) correlating circuits receiving respectively the first and second received signals, each correlator having a carrier correlating channel (44, 46), a code correlating channel (52, 54), an integrator (60, 62) for each code correlating channel, the receiver further comprising: a central carrier phase discriminator (70) supplying a central carrier speed signal (V_{pc}); a device, supplying, based on the central carrier speed and a sub-carrier speed (V_{cc}) the respective local carriers ($F_{<SB>I1</SB>}$, $F_{<SB>Q1</SB>}$ and $F_{<SB>I2</SB>}$, $F_{<SB>Q2</SB>}$) for the carrier correlating channels, said sub-carrier

[Suite sur la page suivante]

WO 03/107031 A2



(74) Mandataires : COLLET, Alain etc.; Thales Intellectual Property 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex (FR).

(81) États désignés (national) : CA, US.

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

representing the variations between each received signal carrier and the central carrier; a code phase discriminator (74) supplying the sub-carrier speed signal (Vcc) for the carrier and code correlating channels; an oscillator (48, 50, 56, 58), per correlation channel, supplying the respective correlating local carriers with the received signals, and the local despreading codes. The invention is applicable to GPS, GALILEO, GLONASS satellite radio navigation and the like.

(57) **Abrégé :** L'invention concerne un récepteur de localisation de position par satellite destiné à effectuer un traitement combiné d'un premier (S1) et un second (S2) signaux radioélectriques reçus, séparés en fréquence. Le récepteur comporte un premier (40) et un second (42) circuits corrélateurs recevant respectivement le premier et le second signaux reçus, chaque corrélateur ayant une voie de corrélation de porteuse (44, 46) une voie de corrélation de code (52, 54), un intégrateur (60, 62) par voie de corrélation de code, le récepteur comportant en outre ; un discriminateur de phase de porteuse centrale (70) fournissant un signal de vitesse de porteuse centrale (Vpc) ; un dispositif, fournissant, à partir de la vitesse de porteuse centrale et d'une vitesse de sous-porteuse (Vpc) les respectives porteuses locales (F₁₁, F_{Q1} et F₁₂, F_{Q2}) pour les voies de corrélation de porteuse, cette sous-porteuse étant l'image des écarts entre chaque porteuse de signal reçu et la porteuse centrale ; un discriminateur de phase de code (74) fournissant le signal de vitesse de sous-porteuse (Vcc) pour les voies de corrélation de porteuse et de code ; un oscillateur contrôlé numériquement (48, 50, 56, 58), par voie de corrélation, fournissant les respectives porteuses locales de corrélation avec les signaux reçus, et les codes locaux de désétalement.

RECEPTEUR DE POSITIONNEMENT PAR SATELLITE UTILISANT DEUX PORTEUSES DE SIGNAL

Les systèmes de positionnement par satellite mettent en œuvre, pour une localisation, plusieurs satellites transmettant leurs positions par des signaux radioélectriques et un récepteur placé à la position à localiser estimant les distances dites pseudo-distances, qui le séparent des satellites à partir des temps de propagation des signaux des satellites captés et effectuant la localisation par triangulation. Plus les positions des satellites sont connues avec précision du récepteur et plus les mesures des pseudo-distances faites par le récepteur sont précises, plus la localisation obtenue est précise.

Les positions des satellites sont déterminées à partir d'un réseau de stations sol de poursuite indépendant des récepteurs de positionnement. Elles sont communiquées aux récepteurs de positionnement par les satellites eux-mêmes par transmission de données. Les pseudo-distances sont déduites par les récepteurs de positionnement des retards apparents présentés par les signaux reçus par rapport aux horloges des satellites qui sont toutes synchrones.

Si la précision de la connaissance des positions des satellites du système de positionnement est indépendante des performances d'un récepteur de positionnement, ce n'est pas le cas de celle des mesures de pseudo-distance qui dépend de la précision des mesures de temps de propagation des signaux, au niveau du récepteur.

Les signaux radioélectriques émis par des satellites parcourant de grandes distances, et étant émis avec des puissances limitées, parviennent avec de très faibles puissances aux récepteurs, noyés dans un bruit radioélectrique. Pour faciliter leurs réceptions on a cherché à les rendre les moins sensibles possible aux parasites à bande étroite, en augmentant leurs largeurs de bande au moyen de la technique de la bande étalée. Les systèmes actuels et prévus dans un futur proche, de positionnement par satellites utilisent, pour les signaux radioélectriques émis par leurs satellites, la technique d'étalement de bande par modulation à l'aide de séquences binaires pseudo-aléatoires, technique dite DSSS (sigle tiré de l'anglo-saxon : Direct Sequence Spread Spectrum"). Cette modulation DSSS consiste après avoir mis les informations à transmettre sous la forme d'une suite d'éléments

binaires à débit régulier, d'effectuer le produit de chaque élément binaire d'information avec une séquence binaire pseudo-aléatoire de débit nettement plus rapide. L'étalement de bande obtenu est proportionnel au rapport des débits de la suite d'éléments binaires d'information et de la suite binaire pseudo-aléatoire d'étalement.

Les informations à transmettre au niveau des satellites, une fois mises sous forme d'une suite de données binaires étalée en fréquence par une modulation DSSS, sont transposées dans la plage de fréquence d'émission par modulation avec une porteuse d'émission. Pour faciliter les mesures des temps de propagation des signaux au niveau d'un récepteur de positionnement et éviter la présence de raies isolées dans les spectres des signaux émis par les satellites, chaque séquence binaire pseudo-aléatoire utilisée pour un étalement en fréquence est constituée d'éléments binaires de même durée prise égale à des multiples entiers des périodes des porteuses d'émission tandis que les différents débits et fréquences utilisées au sein des satellites sont synchronisés et dérivent d'une horloge commune de grande précision.

En réception, les informations binaires contenues dans un signal radioélectrique de satellite d'un système de positionnement sont extraites par deux démodulations effectuées souvent de manière enchevêtrée, une première démodulation à l'aide d'une porteuse engendrée localement par un oscillateur piloté par une boucle de poursuite en fréquence et en phase dite PLL (sigle tiré de l'anglo-saxon : "Phase Lock Loop") permettant de transposer le signal reçu en bande de base et une deuxième démodulation à l'aide de séquences binaires pseudo-aléatoires engendrées localement par un générateur de séquences binaires pseudo-aléatoires piloté par une boucle de poursuite en temps dite DLL (sigle tiré de l'anglosaxon : Delay Lock Loop) permettant de désétalement la suite d'informations binaires présente dans le signal reçu.

Les temps de propagation des signaux reçus se manifestent, en réception, par des retards affectant les séquences binaires pseudo-aléatoires présentes dans les signaux reçus et la porteuse modulant le signal reçu.

Les retards affectant les séquences binaires pseudo-aléatoires sont accessibles, modulo la durée d'un de leurs éléments binaires, au niveau des signaux d'asservissement des boucles de poursuite en temps DLL. Les

retards constatés par ces boucles permettent des mesures non ambiguës ou faiblement ambiguës, des temps de propagation des séquences binaires pseudo-aléatoires car les nombres de séquences pseudo-aléatoires entières s'écoulant pendant les trajets des signaux sont relativement petits. On parle
5 de mesures de code.

Par exemple, pour le système de positionnement par satellites GPS (sigle tiré de l'anglo-saxon :Global Positioning System), la séquence binaire pseudo-aléatoire la plus courte, celle utilisée pour l'étalement des signaux de satellites de type C/A (sigle provenant de l'anglo-saxon : "Coarse/Acquisition Code ou Clear/Aquisition Code), est composée
10 de 1023 éléments binaires avec un débit de 1,023 MHz et une durée d'une milliseconde. Sa durée totale correspond à un trajet de 300 Kms pour une onde radioélectrique et permet des mesures de distance modulo de 300 Kms. La durée de 1 microseconde de chacun de ses éléments binaires
15 autorise une précision de l'ordre de 0,1 microseconde dans la mesure de son retard à la réception correspondant à un trajet de 30 mètres pour une onde radioélectrique. L'ambiguïté des mesures de pseudo-distance obtenues à partir de la séquence binaire pseudo-aléatoire d'un code C/A due au fait que l'on a à faire à des mesures modulo 300 Km est facile à lever dès que le
20 récepteur reçoit plus de quatre satellites car il peut alors faire différents points sur la même position à partir de jeux différents de quatre satellites et ne retenir que la solution commune. En l'absence d'une telle possibilité, l'ambiguïté peut être aussi levée à l'aide d'une connaissance préalable très grossière de la position. Une telle ambiguïté de mesure ne se pose pas avec
25 les signaux de satellite du type P du système GPS qui utilisent pour leur étalement une séquence binaire pseudo-aléatoire d'une durée de 266,41 jours mais ces signaux ne sont pas à la libre disposition des utilisateurs.

Les retards apparents des porteuses d'émission sont accessibles, modulo les périodes de ces porteuses, par les déphasages affichés par les
30 boucles de poursuite en fréquence et en phase PLL pilotant les générateurs de porteuses locales. On parle de mesures de phase. Ces mesures sont très précises mais très ambiguës. Dans le cas du système GPS, les signaux d'émission des satellites sont dans les bandes de fréquence de 1,3 GHz et 1,5 GHz, et permettent des mesures de pseudo-distance modulo 0,2 m donc

très ambiguës, puisque la distance aux satellites est de l'ordre de 20.000 Kms, précise à environ 0,02 m.

On peut envisager d'utiliser concurremment les mesures de phase et les mesures de code sur un même signal reçu en provenance d'un satellite de positionnement et appliquer une technique de Vernier pour améliorer la précision de la mesure de code peu ambiguë au moyen de la mesure de phase très précise mais très ambiguë. Cependant, la très grande différence entre les échelles de mesure : longueur d'onde de la séquence binaire pseudo-aléatoire du code d'étalement et longueur d'onde de la porteuse d'émission ne permet pas de conserver la précision d'une mesure de phase en levant suffisamment l'ambiguïté pour avoir des mesures de pseudo-distance facilement exploitables.

Il est habituel qu'un satellite d'un système de positionnement émette sur au moins deux plages de fréquences afin de permettre à un récepteur d'estimer l'effet ionosphérique sur la vitesse de propagation ionosphérique et d'en tenir compte dans ses mesures de pseudo-distances. Ainsi, un satellite GPS émet sur deux plages de fréquences centrées sur 1,575.42 et 1,227.60 GHz. Dans la plage 1,575.42 GHz, il assure deux services de navigation consistant en la transmission des mêmes données d'éphéméride sur deux voies indépendantes étalées dans l'une des voies par un code C/A et dans l'autre par un code P(Y). Dans la plage 1,227.60 GHz, il assure un seul service pouvant consister en la transmission des données étalée par un code C/A ou un code P(y) ou en un simple code P(Y).

Actuellement, les systèmes de positionnement par satellites envisagés sont prévus pour offrir plusieurs services correspondant à des niveaux différents de performances et d'intégrité dans la localisation adaptée aux exigences plus ou moins élevées de différentes catégories d'utilisateurs. C'est le cas du nouveau système de positionnement par satellites Galileo qui offre plusieurs services tous bi-fréquences (E1 & E5, E2 & E6,...) de façon à permettre les corrections ionosphériques et à améliorer la robustesse en cas de brouillage de l'une des bandes, certains services étant à accès libre et d'autres à accès contrôlé.

Dans le cas de services bi-fréquences, les signaux sont poursuivis indépendamment sur chaque bande par des boucles de poursuite PLL et DLL. Les mesures de pseudo-distance, qui reposent sur les retards

constatés par les boucles de poursuite DLL, sont limitées en précision par la largeur de chaque bande disponible. Du fait de l'indépendance des boucles de poursuite, toute utilisation conjointe des mesures issues de signaux de largeurs de bande différentes, conduira à une précision limitée par la moins
5 bonne des deux poursuites.

On cherche à obtenir en temps réel une mesure absolue de la distance entre le satellite et le récepteur qui ait une précision donnée par l'écart de fréquence entre les bandes (une fraction de longueur d'onde de l'écart). Pour cela, on cherche à définir une méthode d'amélioration de la
10 précision de mesure plus robuste que la méthode connue du vernier de phase, le plus indépendamment possible des effets ionosphériques, et permettant de profiter, malgré tout, de l'écartement en fréquence entre deux signaux à bande limitée par exemple les signaux E1 et E2.

La présente invention a pour but d'améliorer la précision des
15 mesures de pseudo-distance dans le cadre d'un service bi-fréquence, à signaux synchrones de navigation, d'un système de positionnement par satellites en combinant les signaux reçus sur les deux fréquences pour bénéficier d'une largeur de bande de fréquence équivalente plus importante.

La figure 1 montre un récepteur de l'état de l'art recevant deux
20 signaux S1 et S2 aux respectives fréquences F_{E1} et F_{E2} . Ces deux signaux sont traités indépendamment par une boucle de porteuse 10, 12, et une boucle de code 16, 18.

Chacune des boucles de corrélation de code 16, 18, après
intégration 17, 19, fournit respectivement à partir des respectifs signaux
25 reçus S1 et S2, d'une part, des signaux I_p et Q_p à un discriminateur de porteuse 20, 22 générant à travers un correcteur de boucle de porteuse 24, 26 la respective vitesse de porteuse V_{p1} , V_{p2} , et, d'autre part, les signaux I_p , Q_p et I_Δ , Q_Δ à un discriminateur de phase de code 26, 28 générant à travers un correcteur de boucle de code 30, 32 la respective vitesse de code
30 V_{c1} et V_{c2} .

Un oscillateur à contrôle numérique 33, 34 (NCO p) génère à partir de la vitesse de porteuse V_{p1} , V_{p2} les porteuses locales de la voie de corrélation de porteuse 10, 12.

6

Un oscillateur à contrôle numérique (NCO c) 35, 36 génère à partir de la vitesse de code Vc1, Vc2 les porteuses locales de la voie de corrélation de code et les codes locaux.

Chaque boucle de porteuse 10, 12 utilise la corrélation par un code ponctuel cp, synchrone du code reçu.

Chaque boucle de code utilise la corrélation par un code delta cΔ (ou avance moins retard), synchrone du ponctuel.

Pour chacune des boucles, le discriminateur de phase de porteuse fournit l'information d'erreur telle que :

10

$$\delta\varphi = \arctan\left(\frac{Q_p}{I_p}\right)$$

et le discriminateur de phase de code une erreur telle que :

$$\delta\varepsilon = \arctan\left(\frac{(I_\Delta I_p - Q_\Delta Q_p)}{I_p^2 + Q_p^2}\right)$$

Les deux pseudo-distances issues du traitement des signaux (en sortie des NCO c de code) peuvent être combinées de manière optimale avant d'être utilisées dans la résolution du point de navigation.

L'idée nouvelle faisant l'objet de l'invention consiste à traiter les deux signaux non plus de manière indépendante, mais en réalisant d'une part, la poursuite d'une porteuse centrale entre les porteuses des deux signaux par une boucle de porteuse et, d'autre part, la poursuite d'une sous-porteuse, image des écarts entre chaque porteuse et la porteuse centrale par une deuxième boucle, remplaçant la boucle de code, servant aussi à asservir la position du code local pour le désétalement.

La fonction de corrélation de code résultante du traitement, selon l'invention, des signaux reçus, représentée à la figure 2, est alors le produit entre l'enveloppe de la fonction de corrélation du code seul Cs et une fonction sinusoïdale Fs de fréquence égale à l'écart de fréquence entre les centres des bandes des signaux reçus.

Cette fonction présente donc un seul maximum, plus étroit que celui d'un code simple, permettant d'accéder au travers de la boucle de code à un niveau de précision intermédiaire entre celui d'un code simple et d'une mesure directe de phase sur la porteuse, avec en sus l'avantage d'extraire les mesures avec un rapport signal à bruit double.

L'avantage direct est alors de piloter une seule boucle de code (DDL) donnant des mesures brutes de pseudo-distance beaucoup plus précises. Le gain de précision ainsi obtenu permet d'accroître significativement la précision de l'estimation de la position, quand les autres
5 sources de dégradation peuvent être éliminées ou estimées ; c'est le cas des applications de positionnement différentiel qui permettent d'éliminer les erreurs de propagation ionosphérique, par exemple, pour de précision Cat II et Cat III.

De la même façon, on a besoin de ne poursuivre qu'une seule
10 porteuse, calée sur la fréquence intermédiaire $(F_{E2} - F_{E1})/2$. Des mesures de phase (porteuse) plus précises sont aussi extraites grâce à un rapport signal à bruit double.

A cet effet, l'invention propose un récepteur de localisation de position par satellite destiné à effectuer un traitement combiné d'un premier
15 et un second signaux radioélectriques reçus, séparés en fréquence, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un premier et un second circuits corrélateurs recevant respectivement le premier et le second signaux reçus, chaque corrélateur ayant une voie de corrélation en phase et en quadrature entre le respectif
20 signal reçu et une respective porteuse locale, une voie de corrélation de code entre le signal reçu corrélié en I et Q et un respectif code local, un intégrateur par voie de corrélation de code, le récepteur comportant en outre :

- un discriminateur de phase de porteuse centrale entre les deux
25 porteuses des signaux reçus, le discriminateur de phase fournissant, à partir des signaux I_{p1} et Q_{p1} et I_{p2} et Q_{p2} en sortie des deux intégrateurs et après une correction de boucle de phase, un signal de vitesse de porteuse centrale ;

- un dispositif , fournissant, à partir de la vitesse de porteuse
30 centrale et d'une vitesse de sous-porteuse (ou vitesse de code), les respectives porteuses locales pour les voies de corrélation de porteuse, cette sous-porteuse étant l'image des écarts entre chaque porteuse de signal reçu et la porteuse centrale

- un discriminateur de phase de code fournissant, à partir des
35 signaux I_{p1} et Q_{p1} et I_{p2} et Q_{p2} en sortie des intégrateurs et après une

correction de boucle de code, le signal de vitesse de sous-porteuse (ou vitesse de code) pour les voies de corrélation de porteuse et de code ;

- un oscillateur contrôlé numériquement, par voie de corrélation de code, l'oscillateur fournissant, à partir de la vitesse de sous-porteuse (ou
- 5 vitesse de code), le respectif code local pour chaque voie de code.

Dans l'invention, on construit une seule boucle de porteuse et une seule boucle de code pour traiter les deux signaux reçus S1, S2.

La boucle de porteuse asservit la phase de la porteuse centrale des signaux locaux avec la phase de la porteuse centrale des signaux reçus,

10 La boucle de code (ou boucle de sous porteuse) asservit la phase de la sous porteuse locale, image de l'écart de phase entre les porteuses des deux signaux locaux, avec la phase de la sous-porteuse reçue, image de l'écart de phase entre les deux signaux reçus, et la position des codes locaux avec les codes reçus.

15 La corrélation avec la voie delta des récepteurs de l'art antérieur n'est plus effectuée car l'asservissement du code se fait uniquement à partir de la boucle sur l'écart entre les deux porteuses. En effet, cet écart de phase subit la même dynamique que le retard de code, à la différence de la dynamique de la porteuse qui voit une erreur ionosphérique opposée à celle

20 du code.

L'invention sera mieux comprise à l'aide d'exemples de réalisations du récepteur selon l'invention, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1, déjà décrite représente un récepteur de l'état de l'art
- 25 comportant une boucle de phase et de code par signal reçu ;

- la figure 2 déjà décrite représente la fonction de corrélation de code résultante du traitement, selon l'invention, des signaux reçus;

- la figure 3 représente un récepteur selon l'invention comportant une seule boucle de code et de phase pour les signaux reçus ;

- la figure 4 représente une variante du récepteur de la figure 3
- 30 selon l'invention ;

- la figure 5 représente une autre réalisation du récepteur selon l'invention, comportant trois oscillateurs contrôlés numériquement ;

- la figure 6 représente une variante du récepteur de la figure 5
- 35 selon l'invention

- la figure 7 montre un synoptique du récepteur selon l'invention lors d'un premier cas d'initialisation ;

- la figure 8 montre une recherche d'énergie sur la fonction d'auto-corrélation lors d'une initialisation du récepteur selon l'invention ;

5 - la figure 9 montre un synoptique du récepteur selon l'invention lors d'un deuxième cas d'initialisation ;

La figure 3 représente un synoptique d'un récepteur selon l'invention. Dans cette réalisation de la figure 3, la boucle de sous-porteuse ou boucle de code est aidée par la boucle de porteuse centrale.

10 Le récepteur de la figure 3 comporte un premier circuit corrélateur 40 attaqué par un premier signal reçu S1 à la fréquence F_{E1} et un second circuit corrélateur 42 attaqué par le second signal reçu S2 à la fréquence F_{E2} .

Chaque circuit corrélateur comporte une voie de corrélation 44, 46 en phase et en quadrature entre son respectif signal reçu S1, S2 et deux
15 respectives porteuses locales F_{I1} , F_{Q1} pour la première voie de corrélation 44 et F_{I2} , F_{Q2} pour la deuxième voie 46, ces porteuses locales en quadrature étant générées par un respectif oscillateur à commande numérique de porteuse 48, 50.

Les signaux I_1 , Q_1 et I_2 , Q_2 en sortie des voies de corrélation de
20 porteuse de phase sont ensuite corrélés dans une respective voie de corrélation de code 52, 54 avec le code local fourni par un respectif générateur numérique de code local 56, 58.

Les corrélations de code sont ensuite intégrées par un respectif intégrateur de code 60, 62 pour fournir des signaux I_{P1} , Q_{P1} en sortie du
25 premier corrélateur 40 et I_{P2} , Q_{P2} en sortie du second corrélateur 42.

Un discriminateur de phase de porteuse 70 fourni, à partir des signaux I_{P1} , Q_{P1} et I_{P2} , Q_{P2} en sortie des intégrateurs 60, 62 et après passage dans un correcteur de boucle de porteuse centrale 72, un signal de vitesse de porteuse centrale V_{pc} entre les deux porteuses des signaux reçus S1 et
30 S2 pour contrôler les respectifs oscillateurs à commande numérique de porteuse de signaux 48, 50.

Un discriminateur de phase de code 74 fourni, à partir des signaux I_{P1} , Q_{P1} et I_{P2} , Q_{P2} en sortie des intégrateurs 60, 62 et après passage dans un correcteur de boucle de code 76, un signal de vitesse V_{cc} de sous porteuse

entre les deux signaux reçus S1 et S2 pour contrôler les respectifs oscillateurs à commande numérique de code 56, 58.

Les vitesses de porteuse V_{pc} et de vitesse de code V_{cc} sont des vitesses linéaires, exprimées par exemple en mètres/seconde.

5 Pour générer les porteuses locales des voies de corrélation de porteuse, F_{I1} , F_{Q1} pour la première voie de corrélation 44 et F_{I2} , F_{Q2} pour la seconde 42 on doit tenir compte de la porteuse centrale entre les signaux et de la sous-porteuse, cette sous-porteuse étant l'image des écarts entre chaque porteuse de signal reçu et la porteuse centrale.

10 Les oscillateurs contrôlés numériquement 48 et 50 de porteuse (NCO p), fournissent à partir du signal de vitesse de porteuse V_{pc} et des vitesses sous-porteuse ou vitesse de code V_{cc} , respectivement en sortie du correcteur de boucle de porteuse centrale 72 et du correcteur de boucle de code 76, les deux respectives porteuses locales F_{I1} , F_{Q1} pour la première
15 voie de corrélation 44 et F_{I2} , F_{Q2} pour la deuxième voie 46. A cet effet, d'une part, l'oscillateur contrôlé numériquement 48 de la voie de corrélation de porteuse 44 du premier circuit corrélateur est piloté par un signal p1 en sortie d'un sommateur Sm1, le sommateur Sm1 effectuant la somme du signal de vitesse de porteuse V_{pc} plus le signal de vitesse de code $V_{cc}.G1$, G1 étant
20 un gain donné par le rapport entre la fréquence de la sous porteuse F_{SP} et la fréquence de la porteuse du premier signal F_{P1} , ($G1 = F_{SP} / F_{P1}$) et d'autre part, l'oscillateur contrôlé numériquement 50 de la voie de corrélation de porteuse 46 du second circuit corrélateur est piloté par un signal p2 en sortie d'un sommateur Sm2, le sommateur Sm2 effectuant la somme du signal de
25 vitesse de porteuse V_{pc} plus le signal de vitesse de code $V_{cc}.(-G2)$, G2 étant un gain donné par le rapport entre la fréquence de la sous porteuse F_{SP} et la fréquence de la porteuse du second signal F_{P2} , ($G2 = F_{SP} / F_{P2}$).

Il est à noter que la fréquence de la sous-porteuse F_{SP} est :

$$F_{SP} = (F_{P1} - F_{P2})/2$$

30 et la fréquence de la porteuse centrale F_{pc} est :

$$F_{PC} = (F_{P1} + F_{P2})/2 \text{ avec :}$$

F_{P1} : fréquence de porteuse 1

F_{P2} : fréquence de porteuse 2

Les oscillateurs contrôlés numériquement, 56 et 58 de code (NCO
35 c), fournissent, à partir du signal de vitesse V_{cc} de sous-porteuse, en sortie

du correcteur de boucle de code 76, le respectif code local (Lc1, Lc2) pour chaque voie de corrélation code. Dans le cas de la réalisation de la figure 3, la boucle de code est aidée par la boucle de porteuse. A cet effet, les oscillateurs contrôlés numériquement 56, 58 des voies de corrélation de code 52, 54 sont pilotés par un signal p3 en sortie d'un sommateur Sm3 résultant de la somme du signal de vitesse de porteuse Vpc plus le signal de vitesse de code Vcc.

Le discriminateur de phase de porteuse fournit une erreur de phase $\delta\varphi$ telle que :

10

$$\delta\varphi = \arctan\left(\frac{\text{Im}(Z_{P1} + Z_{P2})}{\text{Re}(Z_{P1} + Z_{P2})}\right) = \arctan\left(\frac{Q_{P1} + Q_{P2}}{I_{P1} + I_{P2}}\right)$$

Z_{P1} et Z_{P2} représentent les signaux cumulés après corrélation par les signaux locaux.

15

Le discriminateur de phase de code fournit une erreur de phase $\delta\varepsilon$ telle que :

$$\delta\varepsilon = \arctan\left(\frac{\text{Im}(Z_{P1} / \overline{Z_{P2}})}{\text{Re}(Z_{P1} / \overline{Z_{P2}})}\right) = \arctan\left(\frac{I_{P2}Q_{P1} - I_{P1}Q_{P2}}{I_{P1}I_{P2} + Q_{P1}Q_{P2}}\right)$$

20

Cas avec données (voies données) :

dans ce cas l'intégration des échantillons (I_P , Q_P) se fait sur la durée des bits de données.

25

Discriminateur de phase de porteuse :

$$\delta\varphi = \arctan\left(\frac{\text{Im}(\varepsilon_1 Z_{P1} + \varepsilon_2 Z_{P2})}{\text{Re}(\varepsilon_1 Z_{P1} + \varepsilon_2 Z_{P2})}\right) = \arctan\left(\frac{\varepsilon_1 Q_{P1} + \varepsilon_2 Q_{P2}}{\varepsilon_1 I_{P1} + \varepsilon_2 I_{P2}}\right)$$

$$\text{avec } \varepsilon_1 = \text{signe}(I_{P1}) \quad \varepsilon_2 = \text{signe}(I_{P2})$$

30

Discriminateur de phase de code :

$$\delta\varepsilon = \arctan\left(\frac{\text{Im}(Z_{P1} / \overline{Z_{P2}})}{\text{Re}(Z_{P1} / \overline{Z_{P2}})}\right) = \arctan\left(\frac{I_{P2}Q_{P1} - I_{P1}Q_{P2}}{I_{P1}I_{P2} + Q_{P1}Q_{P2}}\right)$$

La figure 4 représente une variante du récepteur de la figure 3 selon l'invention. Dans cette variante de la figure 4, la boucle de code n'est pas aidée par la boucle de porteuse.

Le récepteur de la figure 4 comporte le premier circuit corrélateur 40 attaqué par le premier signal reçu S1 à la fréquence F_{E1} et le second circuit corrélateur 42 attaqué par le second signal reçu S2 à la fréquence F_{E2} .

Les oscillateurs contrôlés numériquement 48 et 50 de porteuse (NCO p), fournissent à partir du signal de vitesse de porteuse V_{pc} et des vitesses de code V_{cc} , respectivement en sortie du correcteur de boucle de porteuse centrale 72 et du correcteur de boucle de code 76, les deux respectives porteuses locales F_{I1} , F_{Q1} pour la première voie de corrélation 44 et F_{I2} , F_{Q2} pour la deuxième voie 46. A cet effet, d'une part, l'oscillateur contrôlé numériquement 48 de la voie de corrélation de porteuse 44 du premier circuit corrélateur est piloté par un signal p4 en sortie d'un sommateur Sm4, le sommateur Sm4 effectuant la somme du signal de vitesse de porteuse $V_{pc} \cdot (1 - G1)$ plus le signal de vitesse de code $V_{cc} \cdot G1$, et d'autre part, l'oscillateur contrôlé numériquement 50 de la voie de corrélation de porteuse 46 du second circuit corrélateur est piloté par un signal p5 en sortie d'un sommateur Sm5, le sommateur Sm5 effectuant la somme du signal de vitesse de porteuse $V_{pc} \cdot (1 + G2)$ plus le signal de vitesse de code $V_{cc} \cdot (-G2)$.

Il est à noter que la fréquence de la sous-porteuse F_{SP} est :

$$F_{SP} = (F_{P1} - F_{P2})$$

et la fréquence de la porteuse centrale F_{pc} est :

$$F_{PC} = (F_{P1} + F_{P2})/2$$

avec : F_{P1} : fréquence de porteuse 1

F_{P2} : fréquence de porteuse 2

Les oscillateurs contrôlés numériquement, 56 et 58 de code (NCO c), fournissent, à partir du signal de vitesse V_{cc} de sous-porteuse, en sortie du correcteur de boucle de code 76, le respectif code local ($Lc1$, $Lc2$) pour chaque voie de code et les codes locaux de désétalement.

La figure 5 représente une première autre réalisation du récepteur selon l'invention ayant un dispositif comportant trois oscillateurs contrôlés numériquement par voie de signal S1 et S2. Dans cette première réalisation à trois oscillateurs, les voies de corrélation de code ne sont pas aidées par la
5 vitesse porteuse V_{pc} .

Le récepteur de la figure 5 comporte le premier circuit corrélateur 40 attaqué par un premier signal reçu S1 à la fréquence F_{E1} et le second circuit corrélateur 42 attaqué par le second signal reçu S2 à la fréquence F_{E2} .

Chaque circuit corrélateur 40, 42 comporte un voie de corrélation
10 100, 102 en phase et en quadrature entre son respectif signal reçu S1, S2 et deux respectives porteuses locales à la fréquence centrale, F_{PC11} , F_{PCQ1} pour la première voie de corrélation 100 et F_{PC12} , F_{PCQ2} pour la deuxième voie 102, ces porteuses locales en quadrature étant générées par un respectif oscillateur à commande numérique de porteuse centrale 104, 106 contrôlé
15 par un signal de vitesse de porteuse centrale V_{pc} en sortie du correcteur de boucle de porteuse 72 .

Les sorties des voies de corrélation de porteuse centrale sont fournies à des voies de corrélation de sous-porteuse 108, 110 puis aux voies de corrélation de code 112, 114. Les voies de corrélation de sous-porteuse
20 108, 110 effectuent la corrélation complexe entre les sorties des voies de corrélation de porteuse centrale en phase et en quadrature et des respectives porteuses locales en phase et en quadrature F_{SPI1} , F_{SPQ1} pour la première voie de corrélation et F_{SPI2} , F_{SPQ2} pour la deuxième voie de corrélation. Les respectives sous-porteuses locales F_{SPI1} , F_{SPQ1} , F_{SPI2} , F_{SPQ2}
25 sont générées, les premières par un premier oscillateur à commande numérique de sous-porteuse 116 piloté par le signal de vitesse de code V_{cc} en sortie du correcteur de boucle de code 76 et la seconde par un second oscillateur à commande numérique de sous-porteuse 118 piloté par le signal de vitesse de code V_{cc} multiplié par -1 , en sortie du correcteur de boucle de
30 code 76.

Les signaux en sortie des voies de corrélation de sous-porteuse sont ensuite corrélés dans les respectives voies de corrélation de code 112, 114 avec le code local fourni par un respectif générateur numérique de code local 120, 122 piloté par le signal de vitesse de code V_{cc} .

Comme dans le récepteur de la figure 3, les corrélations de code sont ensuite intégrées par le respectif intégrateur de code 60, 62 pour fournir des signaux I_{P1} , Q_{P1} en sortie du premier corrélateur 40 I_{P2} , Q_{P2} en sortie du second corrélateur 42.

5 La figure 6 représente une variante du récepteur de la figure 5 selon l'invention, comportant trois oscillateurs contrôlés numériquement par voie de signal S1 et S2. Dans cette réalisation, les voies de corrélation de code et les voies de corrélation de sous-porteuse sont aidées par la vitesse de porteuse V_{cc} .

10 Le récepteur de la figure 6 comporte le premier circuit corrélateur 40 attaqué par un premier signal reçu S1 à la fréquence F_{E1} et le second circuit corrélateur 42 attaqué par le second signal reçu S2 à la fréquence F_{E2} .

Chaque circuit corrélateur comporte un voie de corrélation 200, 202 en phase et en quadrature entre son respectif signal reçu S1, S2 et deux
15 respectives porteuses locales à la fréquence centrale, F_{PC11} , F_{PCQ1} pour la première voie de corrélation 200 et F_{PC12} , F_{PCQ2} pour la deuxième voie 202, ces porteuses locales en quadrature étant générées par un respectif oscillateur à commande numérique de porteuse centrale 204, 206 contrôlé par un signal de vitesse de porteuse centrale V_{pc} en sortie du correcteur de
20 boucle de porteuse 72 .

Les sorties des voies de corrélation de porteuse centrale sont fournies à des voies de corrélation de sous-porteuse 208, 210 puis aux voies de corrélation de code 212, 214. Les voies de corrélation de sous-porteuse 208, 210 effectuent la corrélation complexe entre les sorties des voies de
25 corrélation de porteuse centrale et des respectives porteuses locales en phase et en quadrature F_{SPI1} , F_{SPQ1} pour la première voie de corrélation et F_{SPI2} , F_{SPQ2} pour la deuxième voie de corrélation. Les respectives sous-porteuses locales F_{SPI1} , F_{SPQ1} et F_{SPI2} , F_{SPQ2} de corrélation de sous-porteuse sont générées, les premières, par un premier oscillateur à commande
30 numérique de sous-porteuse 216 piloté par un signal p6 en sortie d'un sommateur Sm6, le signal p6 résultant de la somme du signal de vitesse de porteuse V_{pc} avec le signal de vitesse de code V_{cc} , les secondes, par un second oscillateur à commande numérique de sous-porteuse 218 piloté par un signal p7 résultant du signal p6, en sortie du sommateur Sm6, multiplié
35 par -1 .

Les signaux en sortie des voies de corrélation de sous-porteuse sont ensuite corrélés dans les respectives voies de corrélation de code 212, 214 avec le code local fourni par un respectif générateur numérique de code local 220, 222 piloté par un signal p8 en sortie d'un sommateur Sm7, le
 5 signal p8 résultant de la somme du signal de vitesse de porteuse Vpc avec le signal de vitesse de code Vcc.

Comme dans le récepteur de la figure 3, les corrélations de code sont ensuite intégrées par le respectif intégrateur de code 60, 62 pour fournir des signaux I_{P1} , Q_{P1} en sortie du premier corrélateur 40 I_{P2} , Q_{P2} en sortie du
 10 second corrélateur 42.

Dans les variantes de la figure 5 et 6, on pourra avantageusement utiliser un seul générateur de porteuse centrale locale pour les deux circuits de corrélation sur S1 et S2, ces porteuses locales étant identiques.

Dans les variantes de la figure 5 et 6, on pourra aussi
 15 avantageusement utiliser un seul générateur de sous-porteuse locale pour les deux circuits de corrélation sur S1 et S2, ces porteuses locales étant les conjugués l'une de l'autre (au sens des nombres complexes).

Nous allons par la suite décrire l'initialisation de la boucle du récepteur selon l'invention :

20 Premier cas : les signaux reçus S1 et S2 sont synchrones en code et en porteuse. C'est le cas où les deux signaux sont séparés, après conversion en fréquence basse et échantillonnage d'un signal large bande contenant ces deux signaux, par un filtrage numérique. Les figures 7 et 9 montrent des synoptiques du récepteur lors de son initialisation.

25 On effectue la recherche de l'énergie de manière synchrone entre les deux signaux suivant deux possibilités. La recherche de l'énergie s'effectue à partir des signaux I_{P1} , Q_{P1} et I_{P2} , Q_{P2} en sortie des intégrateurs 60, 62 selon les deux possibilités :

Première possibilité (voir figure 7) :
 30 $Energie = (I_{P1} + I_{P2})^2 + (Q_{P1} + Q_{P2})^2$ (bloc 80, figure 7)

On balaye les hypothèses de Doppler sur la porteuse centrale (bloc82) et les hypothèses temps (bloc 84) à la fois sur les codes et sur les écarts de phase entre les porteuses, conformément au principe de l'invention.

Dans ce cas, la fonction d'autocorrélation résultante, représentée à la figure 8, présente des ambiguïtés à cause de la multiplicité des pics, qu'il faut résoudre en choisissant les pics de puissance maximale.

Le risque pendant la recherche est de tomber sur un zéro de la fonction d'autocorrélation et de ne pas trouver d'énergie, le balayage devra se faire avec deux hypothèses temps en parallèle, écarté de la demi-largeur e_1 , e_2 d'un pic, sur la fonction d'auto-corrélation (figure 8) de manière à n'avoir jamais deux zéros simultanément.

Une fois que l'énergie a été trouvée sur les hypothèses de Doppler et de temps on affine la recherche pour déterminer le pic principal puis on ferme les boucles de porteuse et de temps en appliquant les discriminateurs 70, 74 et les correcteurs de boucles 72, 76, tels que représentés à la figure 3 du récepteur selon l'invention.

Deuxième possibilité (voir figure 9) :

Energie = $(I_{P1}^2 + Q_{P1}^2) + (I_{P2}^2 + Q_{P2}^2)$ (bloc 81, figure 9)

On balaye les mêmes hypothèses de Doppler sur chaque porteuse (bloc 86) et les mêmes hypothèses de temps (bloc 88) sur les deux codes, en éliminant la phase de la porteuse de chaque voie en faisant la somme quadratique des deux voies, afin de ne pas être perturbé par les écarts de phase entre porteuses. Dans ce cas, la fonction d'autocorrélation résultante n'est plus ambiguë et ne nécessite plus un balayage parallèle.

Une fois que l'énergie a été trouvée sur une hypothèse de Doppler et de temps, on affine la recherche pour avoir une estimation précise des positions des codes et du Doppler, puis on ferme la boucle de porteuse et de temps en appliquant les discriminateurs 70, 74 et les correcteurs de boucles 72, 76 et en changeant la manière d'appliquer les commandes de vitesse en sortie des correcteurs de boucle de porteuse et de code, conformément au principe de l'invention.

Deuxième cas : les signaux reçus sont désynchronisés

a) Cas où les deux signaux sont séparés avant l'échantillonnage, par un filtrage analogique :

Le désappairage des composants analogiques peut induire un déphasage entre les deux signaux et une différence d'amplitude. Dans ce cas, l'initialisation se fait en :

- effectuant l'acquisition des signaux indépendamment, puis en faisant converger les boucles de porteuse et de code ;

- en identifiant les amplitudes des signaux sur les voies ponctuelles ;

5 - en appliquant les discriminateurs de code et de porteuse de l'invention, après avoir normalisé les échantillons complexes Z_{p1} et Z_{p2} par leurs amplitudes respectives ;

10 - et en changeant la manière d'appliquer les commandes de vitesse en sortie des correcteurs de boucle de porteuse et de code, conformément au principe de l'invention.

Dans une variante du récepteur de positionnement par satellite selon l'invention, on utilise un discriminateur étendu pour la boucle de porteuse (de type DBPSK) appliqué à la somme des échantillons cumulés des deux voies pour les applications à forte dynamique.

15 Le récepteur selon l'invention trouve son utilisation dans toute application de positionnement, basée sur la technique de transmission d'un signal de spectre étalé par un code d'étalement, réalisée à partir de deux signaux émis par la même source et de manière synchrone sur deux fréquences distinctes et proches. Par exemple, dans le cas de GALILEO,
20 l'utilisation des signaux disponibles dans les bandes de fréquences E1 et E

REVENDICATIONS

1. Récepteur de localisation de position par satellite destiné à
5 effectuer un traitement combiné d'un premier (S1) et un second (S2) signaux radioélectriques reçus, séparés en fréquence, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un premier (40) et un second (42) circuits corrélateurs recevant respectivement le premier et le second signaux reçus, chaque corrélateur
10 ayant une voie de corrélation en phase et en quadrature (44, 46) entre le respectif signal reçu et une respective porteuse locale (F_{I1} , F_{Q1} et F_{I2} , F_{Q2}), une voie de corrélation de code (52, 54) entre le signal reçu corrélé en I et Q et un respectif code local (L_{C1} , L_{C2}), un intégrateur (60, 62) par voie de corrélation de code, le récepteur comportant en outre :

15 - un discriminateur de phase de porteuse centrale (70) entre les deux porteuses des signaux reçus, le discriminateur de phase fournissant, à partir des signaux I_{p1} et Q_{p1} et I_{p2} et Q_{p2} en sortie des deux intégrateurs et après correction de boucle de phase (76), un signal de vitesse de porteuse centrale (V_{pc}) ;

20 - un dispositif fournissant, à partir de la vitesse de porteuse centrale et d'une vitesse de sous-porteuse (V_{pc}) les respectives porteuses locales (F_{I1} , F_{Q1} et F_{I2} , F_{Q2}) pour les voies de corrélation de porteuse, cette sous-porteuse étant l'image des écarts entre chaque porteuse de signal reçu et la porteuse centrale ;

25 - un discriminateur de phase de code (74) fournissant, à partir des signaux I_{p1} et Q_{p1} et I_{p2} et Q_{p2} en sortie des intégrateurs (60, 62) et après une correction de boucle de code (76), le signal de vitesse de sous-porteuse (V_{cc}) pour les voies de corrélation de porteuse et de code ;

30 - un oscillateur contrôlé numériquement (56, 58), par voie de corrélation de code, l'oscillateur fournissant, à partir de la vitesse de sous-porteuse (ou vitesse de code), le respectif code local pour chaque voie de code.

2. Récepteur de localisation selon la revendication 1, caractérisé
35 en ce que la fonction de corrélation de code résultante du traitement, selon

l'invention, des signaux reçus est le produit entre l'enveloppe de la fonction de corrélation du code seul (Cs) et une fonction sinusoïdale (Fs) de fréquence égale à l'écart de fréquence entre les centres des bandes des signaux reçus.

5

3. Récepteur de localisation selon les revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comporte une seule boucle de porteuse et une seule boucle de code pour traiter les deux signaux reçus (S1, S2), la boucle de porteuse asservissant la phase de la porteuse centrale des signaux locaux avec la phase de la porteuse centrale des signaux reçus, la boucle de code ou boucle de sous porteuse asservissant la phase de la sous porteuse locale, image de l'écart de phase entre les porteuses des deux signaux locaux, avec la phase de la sous-porteuse reçue, image de l'écart de phase entre les deux signaux reçus, et la position des codes locaux avec les codes reçus.

15

4. Récepteur de localisation selon les revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, pour générer les porteuses locales des voies de corrélation de porteuse, (F_{I1} , F_{Q1}) pour la première voie de corrélation (44) et (F_{I2} , F_{Q2}) pour la seconde (42) on doit tenir compte de la porteuse centrale entre les signaux et de la sous-porteuse, cette sous-porteuse étant l'image des écarts entre chaque porteuse de signal reçu et la porteuse centrale, les oscillateurs contrôlés numériquement (48, 50) de porteuse (NCO p), fournissant à partir du signal de vitesse de porteuse (V_{pc}) et des vitesses de code (V_{cc}), respectivement en sortie du correcteur de boucle de porteuse centrale (72) et du correcteur de boucle de code (76), les deux respectives porteuses locales (F_{I1} , F_{Q1}) pour la première voie de corrélation (44) et (F_{I2} , F_{Q2}) pour la deuxième voie (46).

20

25

5. Récepteur de localisation selon la revendication 4, caractérisé en ce que, d'une part, l'oscillateur contrôlé numériquement (48) de la voie de corrélation de porteuse (44) du premier circuit corrélateur est piloté par un signal p1 en sortie d'un sommateur Sm1, le sommateur Sm1 effectuant la somme du signal de vitesse de porteuse V_{pc} plus le signal de vitesse de code V_{cc} . G1, G1 étant un gain donné par le rapport entre la fréquence de la

30

35

sous porteuse F_{SP} et la fréquence de la porteuse du premier signal F_{P1} , ($G1 = F_{SP}/F_{P1}$) et d'autre part, l'oscillateur contrôlé numériquement (50) de la voie de corrélation de porteuse (46) du second circuit corrélateur est piloté par un signal p2 en sortie d'un sommateur Sm2, le sommateur Sm2 effectuant la

5 somme du signal de vitesse de porteuse V_{pc} plus le signal de vitesse de code $V_{cc} \cdot (-G2)$, $G2$ étant un gain donné par le rapport entre la fréquence de la sous porteuse F_{SP} et la fréquence de la porteuse du second signal F_{P2} , ($G2 = F_{SP}/F_{P2}$), la fréquence de la sous-porteuse F_{SP} étant :

$$F_{SP} = (F_{P1} - F_{P2})/2$$

10 et la fréquence de la porteuse centrale F_{pc} étant :

$$F_{PC} = (F_{P1} + F_{P2})/2 \text{ avec :}$$

F_{P1} : fréquence de porteuse 1

F_{P2} : fréquence de porteuse 2

15 6. Récepteur de localisation selon la revendication 5, caractérisé en ce que les oscillateurs contrôlés numériquement (56, 58) de code (NCO c) fournissent, à partir du signal de vitesse V_{cc} de sous-porteuse, en sortie du correcteur de boucle de code 76, le respectif code local ($Lc1$, $Lc2$) pour chaque voie de corrélation de code.

20

7. Récepteur de localisation selon les revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que la boucle de code est aidée par la boucle de porteuse, les oscillateurs contrôlés numériquement (56, 58) des voies de corrélation de code (52, 54) étant pilotés par un signal p3 en sortie d'un sommateur Sm3

25 résultant de la somme du signal de vitesse de porteuse (V_{pc}) au signal de vitesse de code (V_{cc}).

8. Récepteur de localisation selon les revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le discriminateur de phase de porteuse (70) fournit une

30 erreur de phase $\delta\varphi$ telle que :

$$\delta\varphi = \arctan\left(\frac{\text{Im}(Z_{P1} + Z_{P2})}{\text{Re}(Z_{P1} + Z_{P2})}\right) = \arctan\left(\frac{Q_{P1} + Q_{P2}}{I_{P1} + I_{P2}}\right)$$

Z_{P1} et Z_{P2} étant les échantillons complexes du signal

et en ce que le discriminateur de phase de code (74) fournit une erreur de phase $\delta\epsilon$ telle que :

5

$$\delta\epsilon = \arctan\left(\frac{\text{Im}(Z_{P1} / \overline{Z_{P2}})}{\text{Re}(Z_{P1} / \overline{Z_{P2}})}\right) = \arctan\left(\frac{I_{P2}Q_{P1} - I_{P1}Q_{P2}}{I_{P1}I_{P2} + Q_{P1}Q_{P2}}\right)$$

9. Récepteur de localisation selon les revendications 1 à 7, caractérisé en ce que, avec des données, l'intégration des échantillons
10 (I_P, Q_P) se fait sur la durée des bits de données, le discriminateur de phase de porteuse fournissant une erreur de phase :

$$\delta\phi = \arctan\left(\frac{\text{Im}(\epsilon_1 Z_{P1} + \epsilon_2 Z_{P2})}{\text{Re}(\epsilon_1 Z_{P1} + \epsilon_2 Z_{P2})}\right) = \arctan\left(\frac{\epsilon_1 Q_{P1} + \epsilon_2 Q_{P2}}{\epsilon_1 I_{P1} + \epsilon_2 I_{P2}}\right)$$

15

avec $\epsilon_1 = \text{signe}(I_{P1})$ $\epsilon_2 = \text{signe}(I_{P2})$

et en ce que le discriminateur de phase de code fournit une erreur de phase de code

$$\delta\epsilon = \arctan\left(\frac{\text{Im}(Z_{P1} / \overline{Z_{P2}})}{\text{Re}(Z_{P1} / \overline{Z_{P2}})}\right) = \arctan\left(\frac{I_{P2}Q_{P1} - I_{P1}Q_{P2}}{I_{P1}I_{P2} + Q_{P1}Q_{P2}}\right)$$

20

10. Récepteur de localisation selon les revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les oscillateurs contrôlés numériquement (48, 50) de porteuse (NCO p), fournissent à partir du signal de vitesse de porteuse V_{pc} et des vitesses de code V_{cc} , respectivement en sortie du correcteur de boucle de porteuse centrale (72) et du correcteur de boucle de code (76), les
25 deux respectives porteuses locales (F_{I1}, F_{Q1}) pour la première voie de corrélation (44) et (F_{I2}, F_{Q2}) pour la deuxième voie (46) et en ce que, d'une part, l'oscillateur contrôlé numériquement (48) de la voie de corrélation de porteuse (44) du premier circuit corrélateur est piloté par un signal p4 en sortie d'un sommateur Sm4, le sommateur Sm4 effectuant la somme du
30 signal de vitesse de porteuse $V_{pc} \cdot (1-G1)$, plus le signal de vitesse de code $V_{cc} \cdot G1$, et d'autre part, l'oscillateur contrôlé numériquement (50) de la voie de corrélation de porteuse (46) du second circuit corrélateur est piloté par un

signal p5 en sortie d'un sommateur Sm5, le sommateur Sm5 effectuant la somme du signal de vitesse de porteuse $V_{pc} \cdot (1+G2)$ plus le signal de vitesse de code $V_{cc} \cdot (-G2)$, la fréquence de la sous-porteuse F_{SP} étant :

$$F_{SP} = (F_{P1} - F_{P2})$$

5 et la fréquence de la porteuse centrale F_{PC} étant :

$$F_{PC} = (F_{P1} + F_{P2})/2$$

avec : F_{P1} : fréquence de porteuse 1

F_{P2} : fréquence de porteuse 2 .

10

11. Récepteur de localisation selon la revendication 10, caractérisé en ce que les oscillateurs contrôlés numériquement (56, 58) de code (NCO c), fournissent, à partir du signal de vitesse V_{cc} de sous-porteuse, en sortie du correcteur de boucle de code (76), le respectif code local (Lc1, Lc2) pour chaque voie de code et les codes locaux de désétalement.

15

12. Récepteur de localisation selon les revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le dispositif comporte trois oscillateurs contrôlés numériquement par voie de signal S1 et S2.

20

13. Récepteur de localisation selon les revendications 12, caractérisé en ce que chaque circuit corrélateur (40, 42) comporte un voie de corrélation (100, 102, 200, 202) en phase et en quadrature entre son respectif signal reçu S1, S2 et deux respectives porteuses locales à la fréquence centrale, (F_{PCI1} , F_{PCQ1}) pour la première voie de corrélation (100, 102) et (F_{PCI2} , F_{PCQ2}) pour la deuxième voie (102, 202), ces porteuses locales en quadrature étant générées par un respectif oscillateur à commande numérique de porteuse centrale (104, 106, 204, 206) contrôlé par un signal de vitesse de porteuse centrale V_{pc} en sortie du correcteur de boucle de porteuse (72) et en ce que les sorties de ces voies de corrélation de porteuse centrale sont fournies à des voies de corrélation de sous-porteuse (108, 110, 208, 210) puis aux voies de corrélation de code (112, 212, 114, 214), en ce que les voies de corrélation de sous-porteuse (108, 110, 208, 210) effectuent la corrélation complexe entre les sorties de ces voies de

25

30

35

corrélation de porteuse centrale et des respectives sous-porteuses locales en phase et en quadrature (F_{SPI1} , F_{SPQ1}) et (F_{SPI2} , F_{SPQ2}).

14. Récepteur de localisation selon la revendication 13, caractérisé en que les respectives sous-porteuses locales en phase et en quadrature (F_{SPI1} , F_{SPQ1}) et (F_{SPI2} , F_{SPQ2}) sont générées, les premières par un premier oscillateur à commande numérique de sous-porteuse (116) piloté par le signal de vitesse de code Vcc en sortie du correcteur de boucle de code (76) et les secondes par un second oscillateur à commande numérique de sous-porteuse (118) piloté par le signal de vitesse de code Vcc multiplié par -1, en sortie du correcteur de boucle de code (76).

15. Récepteur de localisation selon la revendication 14, caractérisé en que les signaux en sortie des voies de corrélation de sous-porteuse sont ensuite corrélés dans les respectives voies de corrélation de code (112, 114) avec le code local fourni par un respectif générateur numérique de code local (120, 122) piloté par le signal de vitesse de code Vcc.

16. Récepteur de localisation selon la revendication 13, caractérisé en que les respectives sous-porteuses locales (F_{SPI1} , F_{SPQ1} et F_{SPI2} , F_{SPQ2}) de corrélation de sous-porteuse sont générées, les premières, par un premier oscillateur à commande numérique de sous-porteuse (216) piloté par un signal p6 en sortie d'un sommateur Sm6, le signal p6 résultant de la somme du signal de vitesse de porteuse Vpc avec le signal de vitesse de code Vcc, les secondes, par un second oscillateur à commande numérique de sous-porteuse (218) piloté par un signal p7 résultant du signal p6, en sortie du sommateur S6, multiplié par -1, et en ce que les signaux en sortie des voies de corrélation de sous-porteuse sont ensuite corrélés dans les respectives voies de corrélation de code (212, 214) avec le code local fourni par un respectif générateur numérique de code local (220, 222) piloté par un signal p8 en sortie d'un sommateur Sm7, le signal p8 résultant de la somme du signal de vitesse de porteuse Vpc avec le signal de vitesse de code Vcc.

17. Récepteur de localisation selon les revendications 1 à 16, caractérisé en ce que, lorsque les signaux reçus (S1, S2) sont synchrones en code et en porteuse, on effectue la recherche de l'énergie de manière synchrone entre les deux signaux, la recherche de l'énergie s'effectuant à partir des signaux I_{P1} , Q_{P1} et I_{P2} , Q_{P2} en sortie des intégrateurs (60, 62) en effectuant le calcul :

Energie = $(I_{P1} + I_{P2})^2 + (Q_{P1} + Q_{P2})^2$ et en ce qu'on balaye les hypothèses de Doppler sur la porteuse centrale (82) et les hypothèses temps (84) à la fois sur les codes et sur les écarts de phase entre les porteuses, conformément au principe de l'invention et en ce qu'on choisit les pics de puissance maximale de la fonction d'auto-corrélation.

18. Récepteur de localisation selon la revendication 17, caractérisé en ce que le balayage s'effectue avec deux hypothèses temps en parallèle, écarté de la demi largeur ($e1$, $e2$) d'un pic, sur la fonction d'auto-corrélation, de manière à n'avoir jamais deux zéros simultanément, et en ce qu'une fois que l'énergie a été trouvée sur les hypothèses de Doppler et de temps, on affine la recherche pour déterminer le pic principal, puis on ferme les boucles de porteuse et de temps en appliquant les discriminateurs (70, 74) et les correcteurs de boucles (72, 76) du récepteur selon l'invention.

19. Récepteur de localisation selon les revendications 1 à 16, caractérisé en ce que, lorsque les signaux reçus (S1, S2) sont synchrones en code et en porteuse, on effectue la recherche de l'énergie de manière synchrone entre les deux signaux, la recherche de l'énergie s'effectuant à partir des signaux I_{P1} , Q_{P1} et I_{P2} , Q_{P2} en sortie des intégrateurs (60, 62) en effectuant le calcul :

Energie = $(I_{P1}^2 + Q_{P1}^2) + (I_{P2}^2 + Q_{P2}^2)$ et en ce qu'on balaye les mêmes hypothèses de Doppler (et de phase) sur chaque porteuse (86) et les mêmes hypothèses de temps (88) sur les deux codes, en éliminant la phase de la porteuse de chaque voie en faisant la somme quadratique des deux voies, la fonction d'auto-corrélation résultante n'étant plus ambiguë et ne nécessitant plus un balayage parallèle.

20. Récepteur de localisation selon la revendication 19, caractérisé en ce qu'une fois que l'énergie a été trouvée sur une hypothèse de Doppler et de temps, on affine la recherche pour avoir une estimation précise des positions des codes et du Doppler, puis on ferme la boucle de
5 porteuse et de temps en appliquant les discriminateurs (70, 74) et les correcteurs de boucles (72, 76) et en changeant la manière d'appliquer les commandes de vitesse en sortie des correcteurs de boucle de porteuse (70) et de code (72), conformément au principe de l'invention.

10 21. Récepteur de localisation selon les revendications 1 à 18, caractérisé en ce que lorsque les signaux reçus (S_1 , S_2) sont désynchronisés, l'initialisation du récepteur se fait :

- en effectuant l'acquisition des signaux indépendamment, puis en faisant converger les boucles de porteuse et de code ;
- 15 - en identifiant les amplitudes des signaux sur les voies ponctuelles ;
- en appliquant les discriminateurs de code et de porteuse de l'invention, après avoir normalisé les échantillons complexes Z_{p1} et Z_{p2} par leurs amplitudes respectives ;
- 20 - et en changeant la manière d'appliquer les commandes de vitesse en sortie des correcteurs de boucle de porteuse(72) et de code (76), conformément au principe de l'invention.

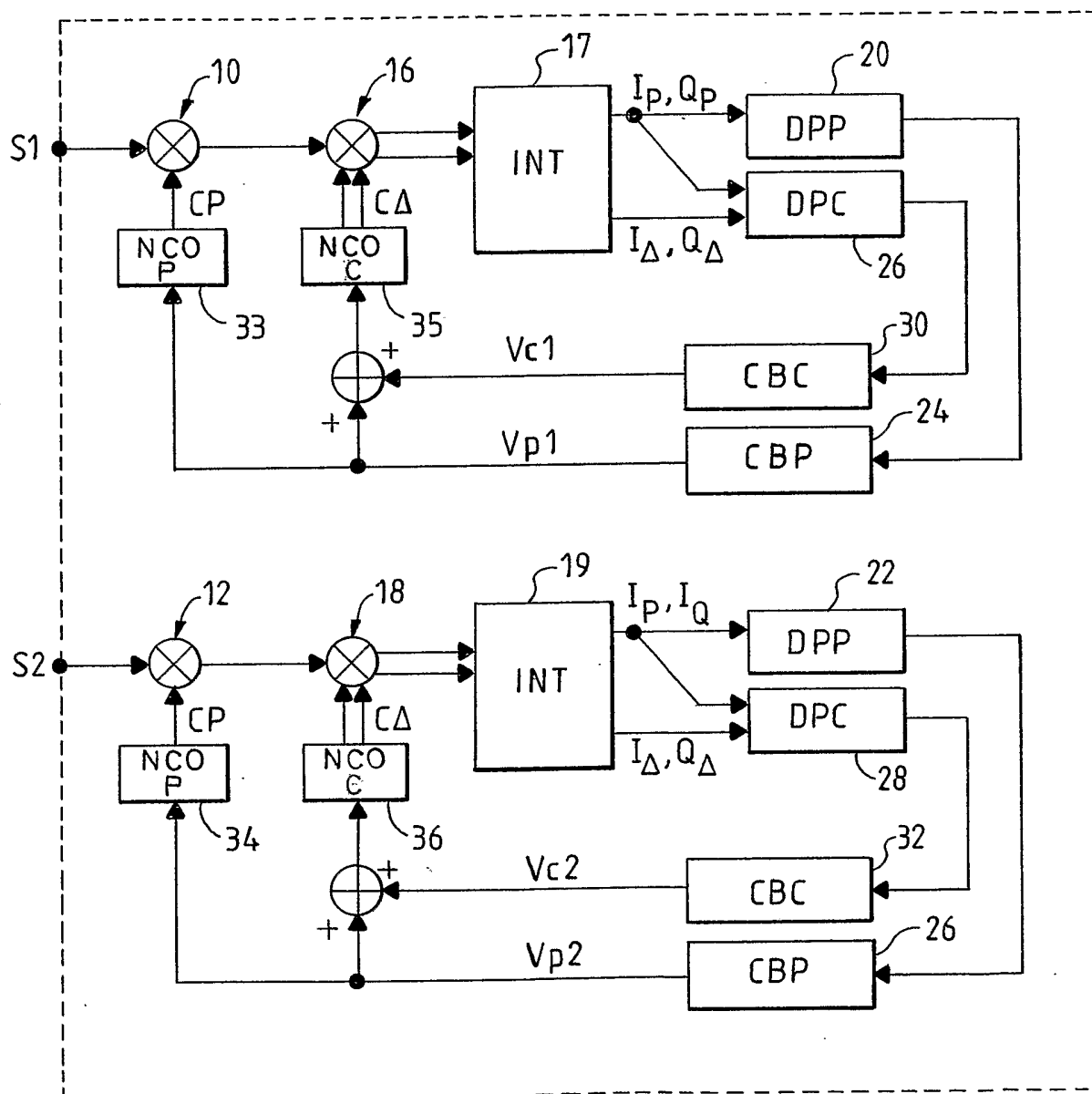
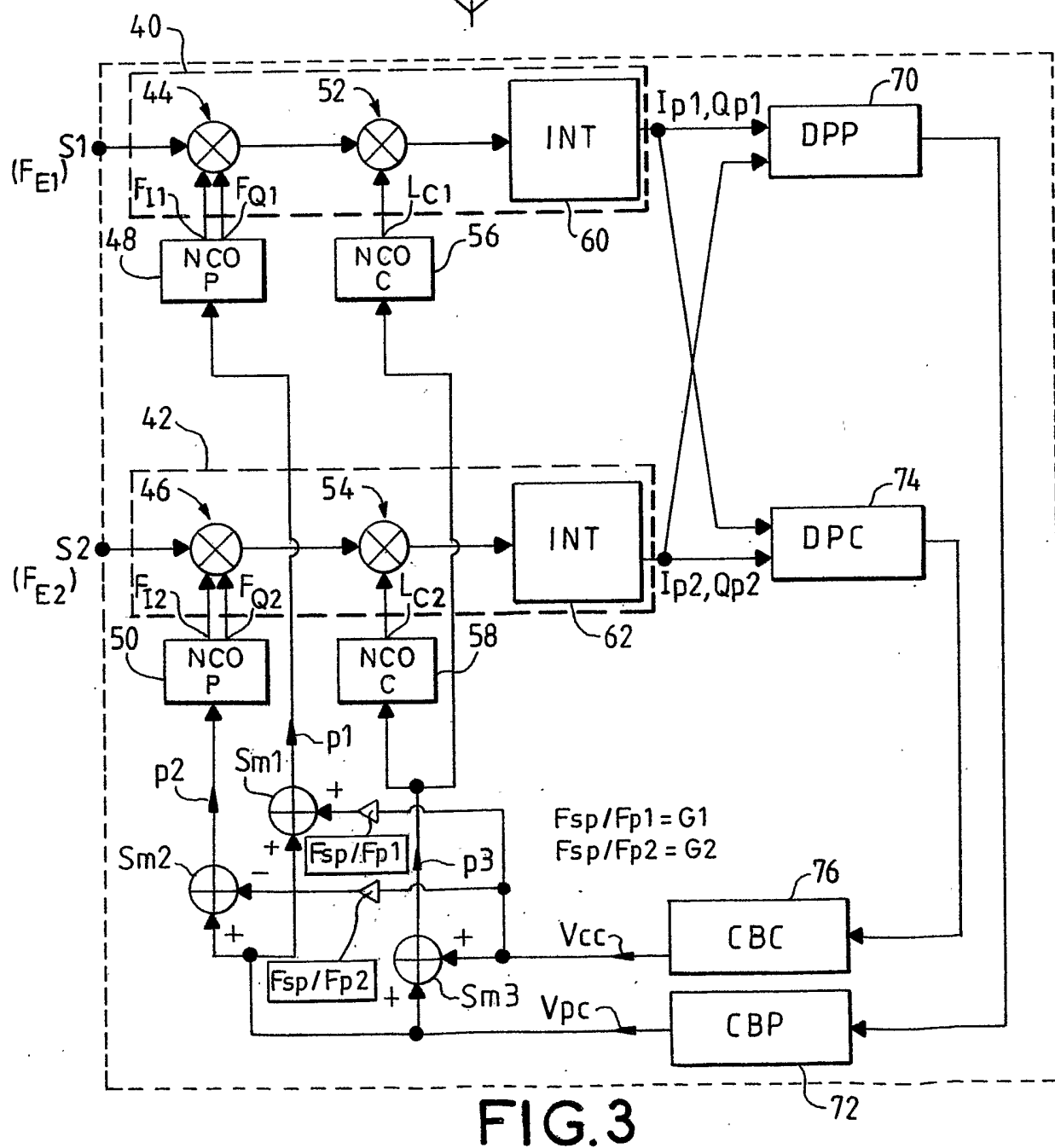
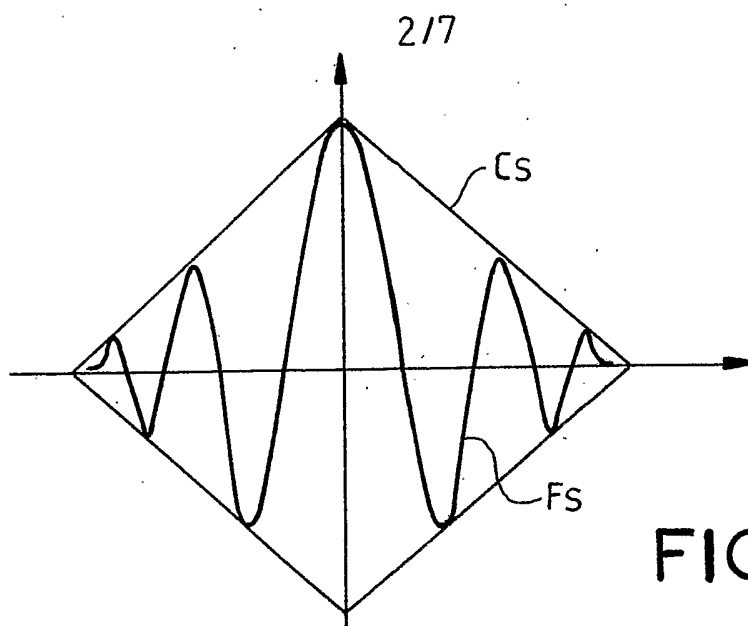
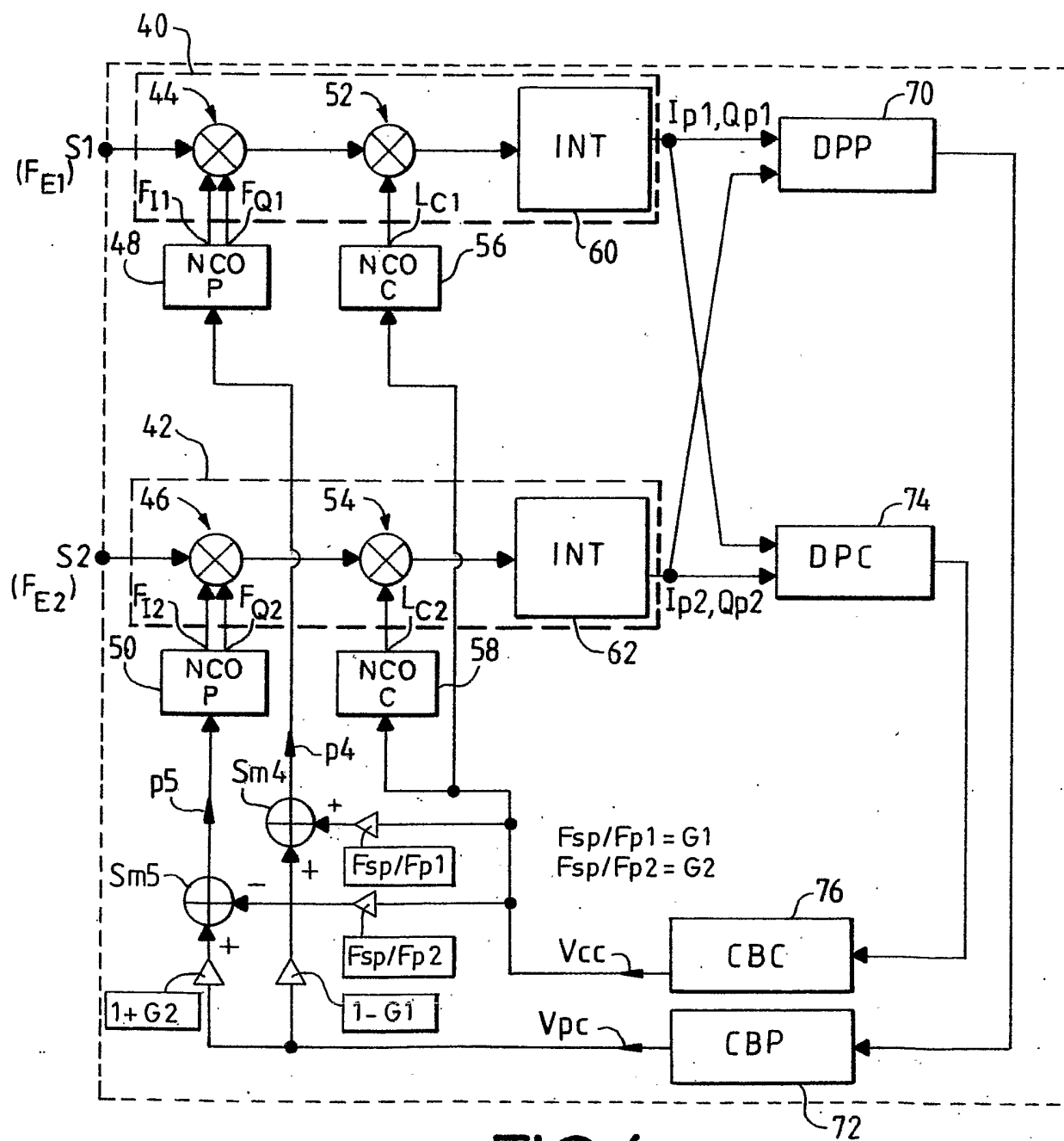
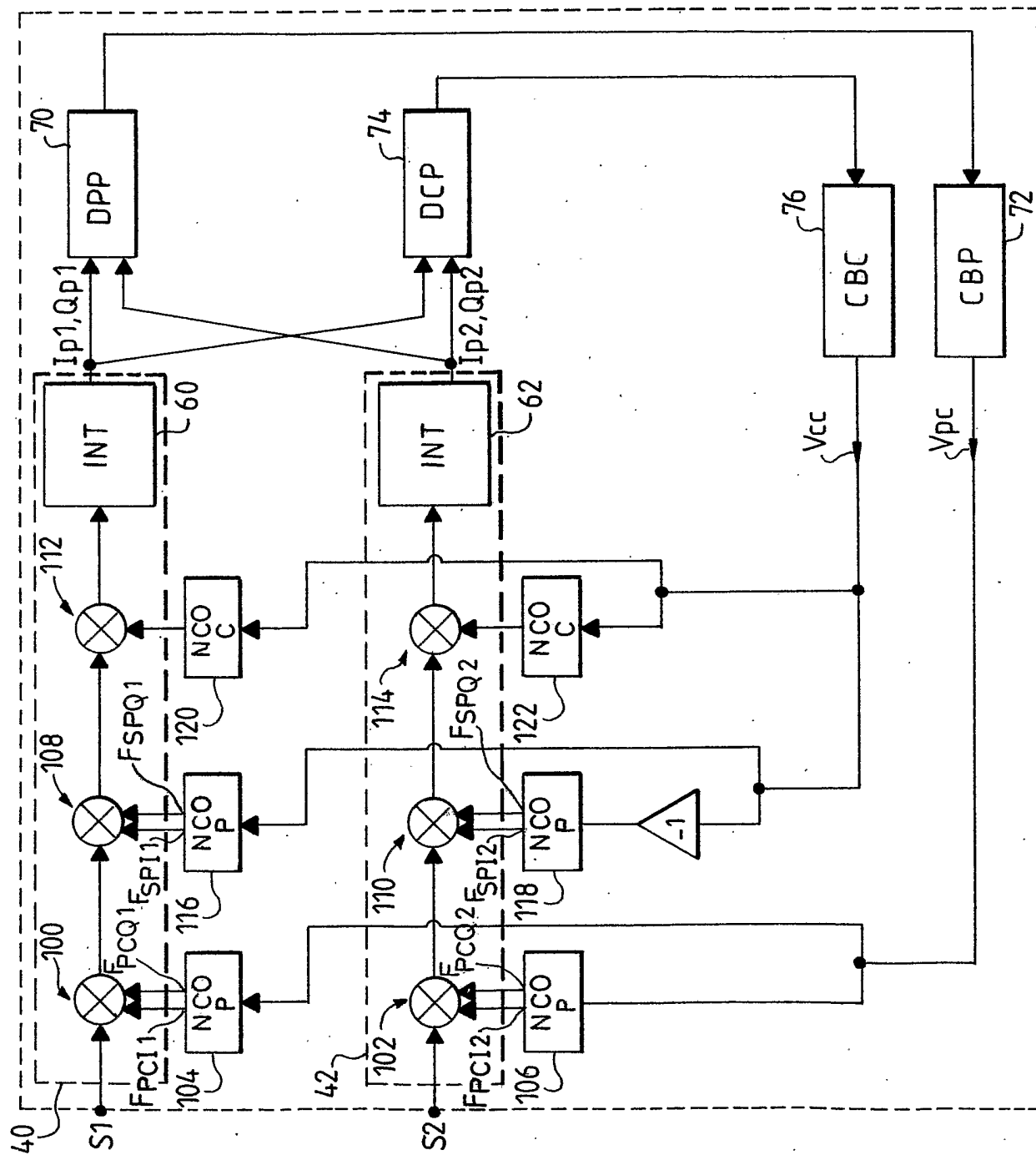


FIG.1







561

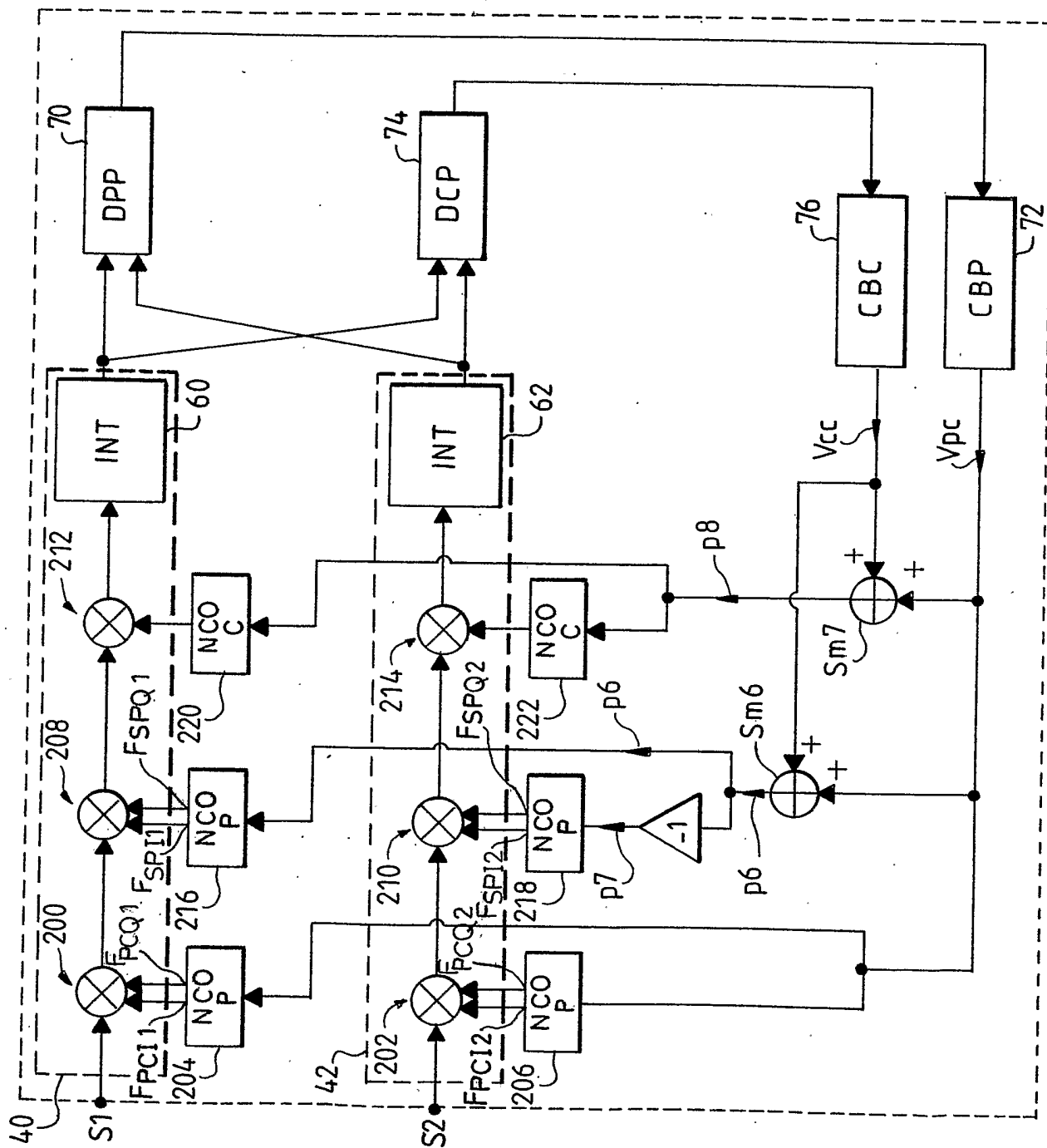


FIG. 6

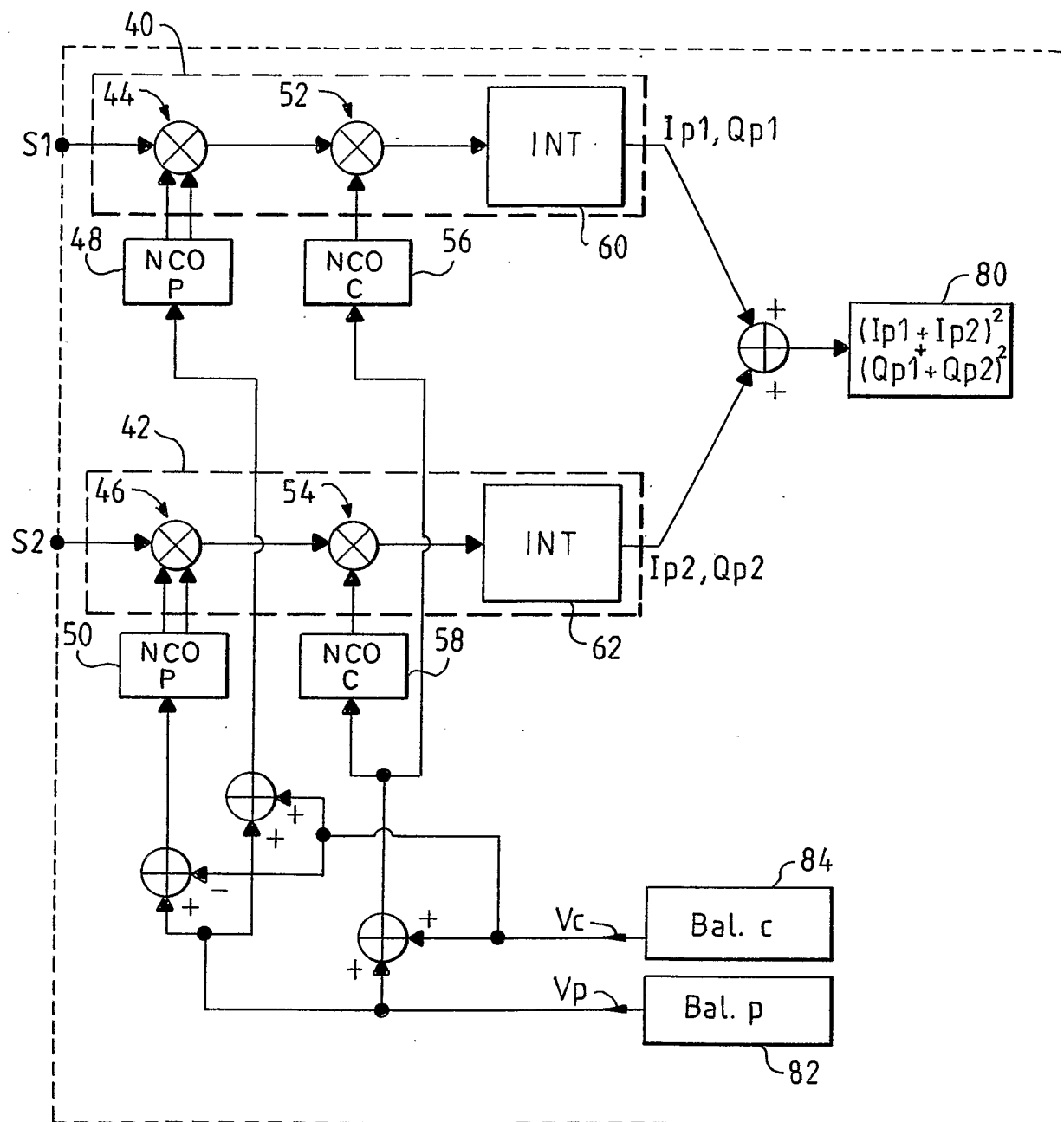


FIG. 7

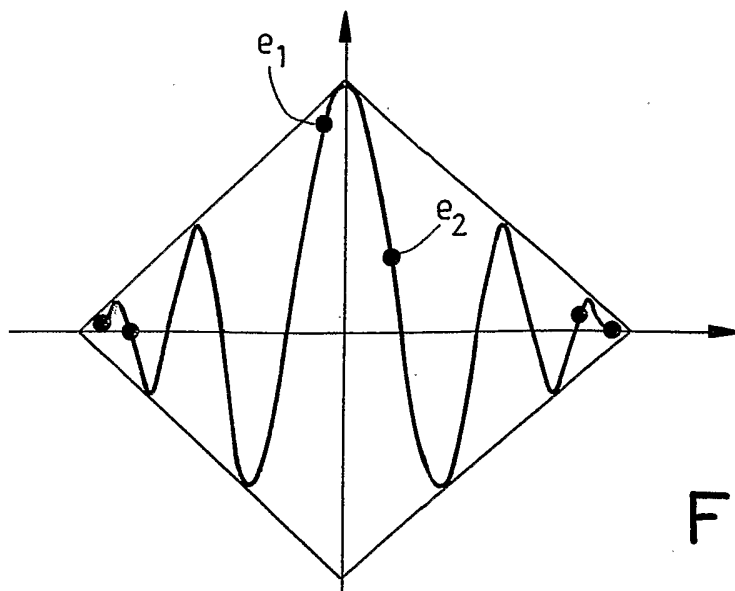


FIG. 8

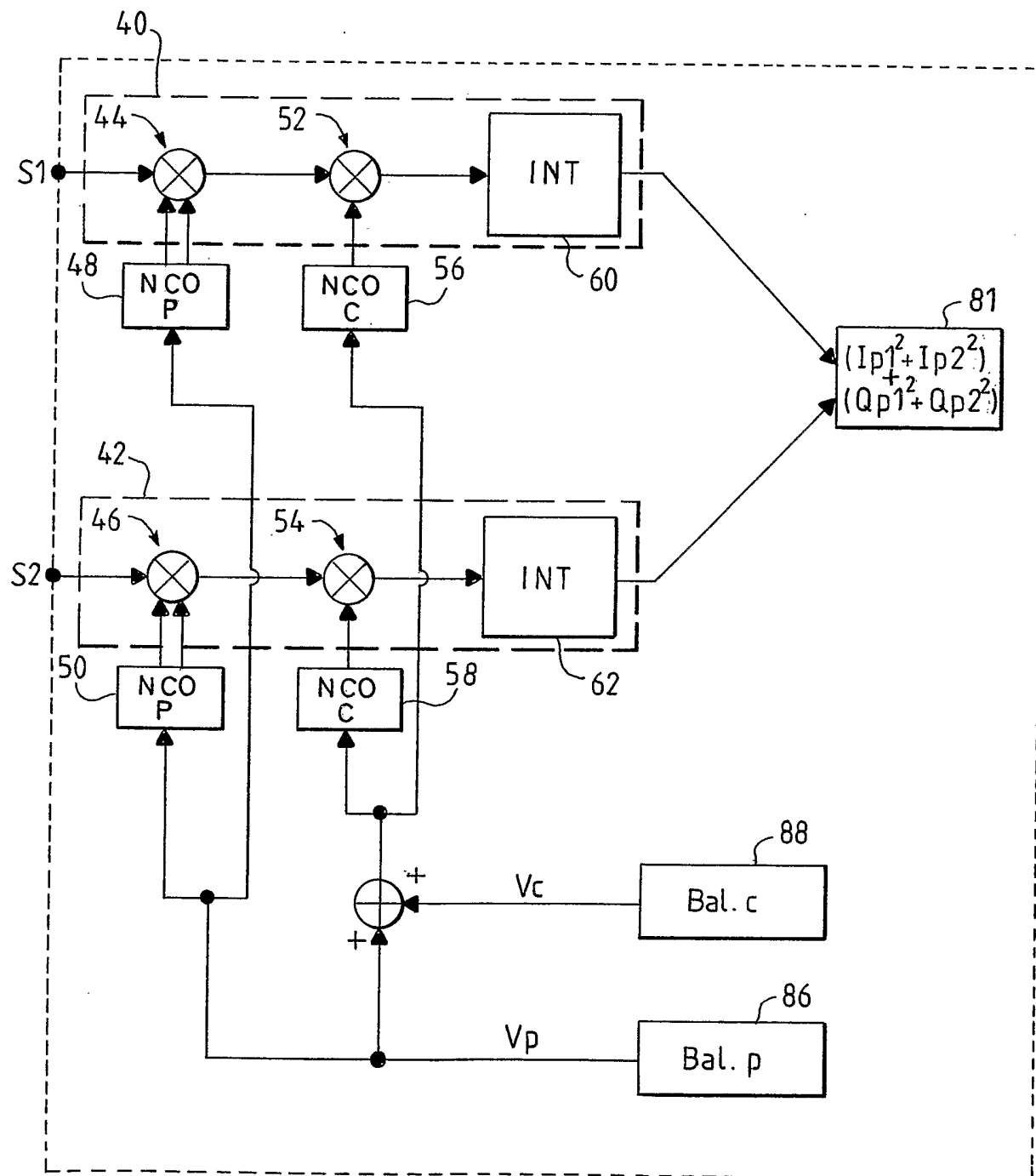


FIG.9