

(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
12 décembre 2024 (12.12.2024)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2024/252365 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G06F 9/00 (2006.01) H04W 4/50 (2018.01)
H04W 4/40 (2018.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/IB2024/055617

(22) Date de dépôt international :
07 juin 2024 (07.06.2024)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2305752 07 juin 2023 (07.06.2023) FR

(71) Déposant : UAVIA [FR/FR] ; 37 rue des Malassis, 94400
VITRY SUR SEINE (FR).

(72) Inventeurs : **PELÉ, Pierre** ; c/o Uavia, 37 rue des Malassis,
94400 VITRY SUR SEINE (FR). **VILPOUX, Pierre** ; c/
o Uavia, 37 rue des Malassis, 94400 VITRY SUR SEINE
(FR).

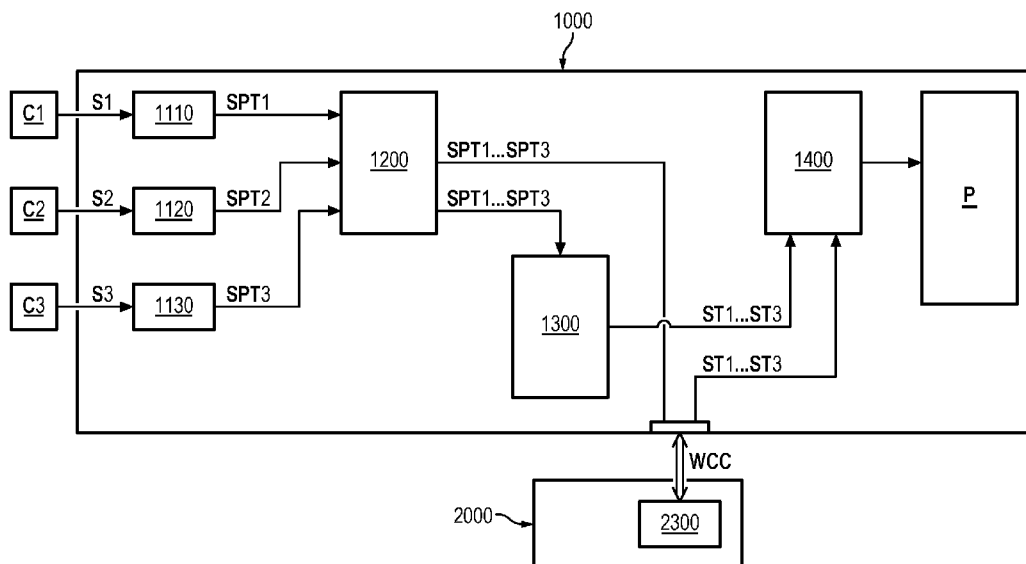
(74) Mandataire : **LE FORESTIER, Eric** ; LE FORESTIER
CONSEIL, 22 rue du Plateau Saint-Antoine, 78150 LE
CHESNAY ROCQUENCOURT (FR).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,

(54) Title: AUTONOMOUS VEHICLE WITH SENSORS

(54) Titre : ENGIN AUTONOME AVEC CAPTEURS

FIG. 2



(57) Abstract: The invention relates to an autonomous unmanned aerial vehicle (E) comprising motor-driven propulsion means (30, 31), a control unit (P) for controlling the propulsion means in order to cause the vehicle to follow a flight path provided by a control unit, at least one sensor (C1, C2, C3) capable of delivering data that require digital processing, wherein the machine is provided with an onboard digital processing circuit system (1300) and is connected to at least one remote processing circuit system (2300, 3300) via a wireless communication network (WCC). It comprises, according to the invention: - a distribution circuit (1200) capable of directing data from the or each sensor to the onboard processing circuit system or to the remote processing circuit system according to at least one criterion from among the type of processing to be performed, the processing capacity of the onboard processing circuit system and of

RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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).

Publiée:

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

the remote processing circuit system, the processing availability of the onboard processing circuit system and of the remote processing circuit system, the capacity of the wireless communication network, the availability of the wireless communication network, and a data processing speed setpoint; - a circuit (1400) for recombining data processed by the onboard processing circuit system and the remote processing circuit system; and - a control unit interface circuit (1700), this being configured to account for the recombined processed data at a given time and to generate instructions for adjusting the behaviour of the vehicle.

(57) Abrégé : Un engin autonome aérien piloté (E) comprend des moyens de propulsion motorisés (30, 31), une unité de commande (P) des moyens de propulsion pour amener l'engin à suivre une trajectoire de vol fournie par une unité de pilotage, au moins un capteur (C1, C2, C3) apte à délivrer des données nécessitant un traitement numérique, l'engin étant doté d'une circuiterie de traitement numérique embarquée (1300), et étant relié à au moins une circuiterie de traitement distante (2300, 3300) via un réseau de communication sans fil (WCC). Il comprend selon l'invention : - un circuit de distribution (1200) apte à diriger des données issues du ou de chaque capteur vers la circuiterie de traitement embarquée ou vers la circuiterie de traitement distante en fonction d'au moins un critère parmi un type de traitement à effectuer, une capacité de traitement de la circuiterie de traitement embarquée et de la circuiterie de traitement distante, une disponibilité de traitement de la circuiterie de traitement embarquée et de la circuiterie de traitement distante, une capacité du réseau de communication sans fil, une disponibilité du réseau de communication sans fil, une consigne de cadence de traitement des données, - un circuit (1400) de recombinaison de données traitées par la circuiterie de traitement embarquée et la circuiterie de traitement distante, et - un circuit (1700) d'interface avec l'unité de pilotage, cette dernière étant configurée pour prendre en compte lesdites données traitées recombinaisonnées à un instant donné et générer des instructions d'ajustement du comportement de l'engin.

Titre : Engin autonome avec capteurs

[0001] Domaine de l'invention

[0002] La présente invention concerne d'une façon générale les engins autonomes par exemple de type drone aérien (ou UAV pour « Unmanned Aerial Vehicle » en anglais), équi-
5 pés de capteurs.

[0003] Etat de la technique

[0004] De tels engins sont de plus en plus sophistiqués, et un développement important de leur usage ces dernières années s'est trouvé dans le domaine de la collecte de données de natures extrêmement diverses.

10 [0005] Ainsi de tels engins peuvent être dotés de capteurs de mesure de données d'environnement (données météorologiques telles que vent, humidité, température, luminosité, nébulosité, polluants, radioactivité, signaux radiofréquence, pour ne citer que quelques exemples), ou des capteurs d'images (dans les domaines visible ou non visible).

15 [0006] Certaines données de capteurs ne nécessitent aucun traitement particulier, et sont simplement mises en forme pour être transmises au sol par un canal de communication approprié.

[0007] D'autres données de capteurs nécessitent des traitements numériques importants. Notamment, dans le cas où plusieurs types de données sont
20 mesurées, des traitements de resynchronisation, de combinaison, d'interpolation, ou encore de prévision par exemple par apprentissage profond, peuvent nécessiter des ressources de calcul importantes en termes de puissance de traitement et de capacité de mémoire.

[0008] Par ailleurs, il peut être souhaitable d'ajuster le parcours de l'engin en
25 fonction des mesures effectuées, et plus les traitements sont lourds, plus la puissance électrique consommée sera importante, et plus il sera difficile d'obtenir une bonne réactivité de l'engin en fonction des résultats des traitements des mesures.

[0009] Résumé de l'invention

30 [0010] La présente invention vise à pallier tout ou partie de ces limitations de l'état de la technique.

[0011] On propose à cet effet un engin autonome aérien piloté, comprenant des moyens de propulsion motorisés, une unité de commande des moyens de propulsion pour amener l'engin à suivre une trajectoire de vol fournie par une unité de pilotage, l'engin comprenant en outre au moins un capteur apte à
5 délivrer des données nécessitant un traitement numérique, l'engin étant doté d'une circuiterie de traitement numérique embarquée, et étant relié à au moins une circuiterie de traitement distante via un réseau de communication sans fil, l'engin étant caractérisé en ce qu'il comprend :

- un circuit de distribution apte à diriger des données issues du ou de
10 chaque capteur vers la circuiterie de traitement embarquée ou vers la circuiterie de traitement distante en fonction d'au moins un critère parmi un type de traitement à effectuer, une capacité de traitement de la circuiterie de traitement embarquée et de la circuiterie de traitement distante, une disponibilité de traitement de la circuiterie de traitement embarquée et de la
15 circuiterie de traitement distante, une capacité du réseau de communication sans fil, une disponibilité du réseau de communication sans fil, une consigne de cadence de traitement des données,

- un circuit de recombinaison de données traitées par la circuiterie de traitement embarquée et la circuiterie de traitement distante, et - un circuit
20 d'interface avec l'unité de pilotage, cette dernière étant configurée pour prendre en compte lesdites données traitées recombinaisonnées à un instant donné et générer des instructions d'ajustement du comportement de l'engin.

[0012] Certains aspects avantageux mais facultatifs d'un tel engin comprennent les caractéristiques additionnelles suivantes, prises
25 individuellement ou en toutes combinaison que la personne du métier appréhendera comme étant techniquement compatibles entre elles : [0013] * les instructions d'ajustement du comportement de l'engin sont comprises dans un groupe comprenant :

- des instructions d'ajustement du vol,
30 - des instructions d'ajustement de la capture à l'aide du ou de chaque capteur,

- des instructions d'ajustement des modalités de traitement numérique des données issues du capteur ou d'au moins un capteur.

[0014] * ledit circuit d'interface est configuré pour générer une cartographie des données traitées recombinaées, en vue d'une détermination dynamique de la trajectoire de l'engin.

[0015] * les instructions d'ajustement comprennent des instructions d'ajustement du vol aptes à modifier des limites d'un balayage d'une zone avec l'engin, et/ou la vitesse de déplacement de l'engin, et/ou la précision de parcours de la zone balayée.

[0016] * les données fournies par au moins un capteur sont des données caractérisant l'atmosphère de la zone.

[0017] * le traitement à effectuer sur les données d'au moins un capteur comprend un traitement algorithmique.

[0018] * le traitement algorithmique comprend au moins l'un parmi un traitement de décomposition spectrale, un traitement par calcul matriciel, un traitement basé sur apprentissage, un traitement par parcours de graphe.

[0019] * au moins une partie de la circuiterie de traitement distante est accessible via un réseau radio.

[0020] * au moins une partie de la circuiterie de traitement distante est accessible via un réseau étendu.

[0021] * au moins un critère est déterminé à l'aide d'un dispositif de gestion de ressources de traitement.

[0022] * le dispositif de gestion de ressources de traitement est commun à l'ensemble d'engins.

[0023] * le dispositif de gestion de ressources de traitement met en œuvre un protocole de gestion utilisant un canal de signalisation du réseau de communication sans fil.

[0024] Brève description des dessins

[0025] Des formes de réalisation non limitatives d'un engin selon la présente invention sont maintenant décrites en détail en regard des dessins annexés, sur lesquels :

[0026] la Fig. 1 est une en perspective schématique d'un engin selon l'invention,

[0027] la Fig. 2 est un schéma-bloc de l'architecture numérique d'un engin selon l'invention et de ressources numériques disponibles à distance,

5 [0028] la Fig. 3 est un schéma-bloc plus détaillé d'une implémentation particulière de l'architecture numérique de la Fig. 2, et

[0029] la Fig. 4 est un schéma-bloc détaillée d'une implémentation possible de ressources de traitement embarquées et non-embarquées.

[0030] Description détaillée de formes de réalisation préférées

10 [0031] En référence à la Fig. 1, on a représenté un engin volant autonome E ou drone, ici du type à six rotors, qui comprend un corps principal 10 et un ensemble de bras 20 supportant autant de rotors 30 dotés chacun d'une hélice 31. De façon intrinsèque, un tel engin comprend une centrale inertielle 40 capable de délivrer des données cinématiques, et une unité de positionnement
15 50 par exemple au standard GPS capable de délivrer des données universelles de positionnement. Il est également équipé conventionnellement d'une ou plu- sieurs caméras 60 dont les images sont renvoyées au sol par un canal de communication approprié.

[0032] L'engin comprend enfin une ou plusieurs cartes électroniques 100, assurant, de façon connue en soi, les fonctions d'autopilote, de communication
20 sans fil avec une environne- ment numérique non-embarqué et notamment une station au sol, et différents moyens de calcul embarqués avec processeurs, mémoires, interfaces d'entrée/sortie, etc. L'ensemble est alimenté par une ou plusieurs batteries rechargeables non représentées.

25 [0033] Le drone est doté d'un ensemble d'autres capteurs, ici trois capteurs C1, C2, C3, que l'on dénommera ici capteurs « métier » en fonction du type d'application envisagé.

[0034] Ces capteurs peuvent être basés sur des technologies extrêmement diverses, notamment physiques, optiques, acoustiques, chimiques, et
30 délivrent des données qui, après éventuelle mise en forme, sont constituées

de données numériques plus ou moins importantes en volume, à des cadences qui peuvent être extrêmement variables.

[0035] En référence à la Fig. 2, les capteurs C1, C2, C3 délivrent des signaux S1, S2, S3 qui peuvent faire l'objet d'un pré-traitement au niveau de circuits ou unités dédiés 1110, 1120, 1130 (ou éventuellement d'un circuit commun). Un tel prétraitement peut consister en différentes opérations choisies notamment parmi une conversion analogique/numérique, une normalisation, un filtrage, un formatage, etc. en fonction du type de capteur et de la conception des circuits de traitement situés en aval.

[0036] Plus précisément, ce prétraitement peut comprendre par exemple des opérations tels qu'un formatage sous forme de messages contenant chacun un champ de données contenant les données à traiter issues d'un capteur, des informations d'identifiant du capteur, des informations d'horodatage, des données d'ordonnancement, dérivées par exemple des données d'horodatage, et toute autres données ou métadonnées utiles, telles que (i) des données fournies par d'autres éléments tels qu'une centrale inertielle, d'autres capteurs équipant conventionnellement l'engin et ne nécessitant pas de traitement, tels que capteur de température ou capteurs de distance, et/ou (ii) des données indicatives de la capacité de traitement numérique nécessaire pour les données contenues dans le message. Chaque unité 1110, 1120, 1130 peut également, en fonction du type de données reçues d'un capteur, ou du type de capteur ayant généré les données, insérer dans le message des données représentatives d'instructions de traitement à exécuter, par exemple sous forme de l'adresse d'un sous-programme à exécuter au niveau d'un circuit de traitement local (typiquement en « edge computing » en terminologie anglosaxonne) ou d'un circuit de traitement distant. [0037] Dans le cas où les données des différents capteurs sont fournies à des cadences différentes, on utilise par exemple des techniques d'interpolation pour les resynchroniser. [0038] On notera que pour certains types de capteurs, l'unité de pré-traitement est intégré dans le capteur.

[0039] Les signaux numériques SPT1, SPT2, SPT3 de sortie des circuits de prétraitement 1110, 1120, 1130 sont reçus par un circuit de distribution 1200.

[0040] Ce circuit 1200 est configuré pour router les signaux SPT1, SPT2, SPT3 vers une ressource de traitement numérique des signaux choisie parmi un

5 ensemble de ressources de traitement numérique. Les traitements numériques peuvent être de natures très diverses, et plus ou moins lourds en fonction de la nature du traitement et du volume des données contenues dans les signaux SPT1, SPT2, SPT3. Il peut s'agir par exemple de décompositions spectrales, de calculs vectoriels ou matriciels, de calculs statistiques, etc.,
10 dans les domaines temporel et/ou spatial. Ces traitements peuvent également mettre en œuvre des mécanismes d'apprentissage profond.

[0041] Une première ressource comprend des moyens de traitement numérique 1300 embarqués à bord de l'engin (processeur(s) et mémoire). Ces moyens peuvent être des moyens partagés avec d'autres traitements
15 embarqués, ou des moyens dédiés.

[0042] Dans le cas où les traitements à effectuer s'y prêtent (par exemple calculs matriciels, décompositions spectrales de type FFT ou autres, etc.), ces moyens de traitement embarqués comprennent avantageusement des processeurs parallèles selon des architectures « multicœurs ».

20 [0043] Une deuxième ressource de traitement numérique 2300 est située dans un environnement de traitement numérique distant 2000, avec lesquels l'engin communique via un canal de transmission sans fil WCC selon une technologie appropriée. Un canal de transmission préféré s'appuie sur les technologies cellulaires de type « 5G ».

25 [0044] Ces moyens de traitement numérique distant sont ici mis en œuvre dans un environnement de réseau radio (RAN pour « Radio Access Network » en anglais), un des aspects importants étant le débit et la vitesse de communication via le canal WCC et la vitesse de traitement au niveau des moyens de traitement distants.

30 [0045] Alternativement ou en complément, comme on va le voir dans la suite, ces moyens de traitement numérique distant sont mis en œuvre dans un

environnement de réseau étendu, par exemple de type « Cloud », avec des ressources disponibles potentiellement illimitées et des vitesses de traitement dépendant du débit et de la latence de transmission sur le réseau.

5 [0046] Ces différents moyens de traitement sont aptes à exécuter sur les signaux prétraités SPT1, ST2, ST3, distribués par le circuit 1200, différents types de traitements, comme indiqué plus haut.

[0047] Les signaux traités par les moyens de traitement distants sont renvoyés aux circuits de l'engin via le canal WCC, et l'ensemble des signaux traités ST1, ST2, ST3, que ce soit par l'intelligence embarquée 1300 ou par l'intelligence
10 distante 2300, sont réunis au niveau d'un circuit de réordonnancement ou recombinaison 1400 situé dans l'engin. Ce circuit reçoit les signaux traités sous forme de messages, et le rôle du circuit 1400 est de réorganiser les données traitées reçues, notamment dans leur séquence temporelle, pour les rendre exploitables au niveau d'une unité de pilotage de l'engin E, globalement
15 désignée par P sur la Fig. 2, à des fins que l'on détaillera plus loin.

[0048] On va maintenant décrire en référence à la Fig. 3 un exemple d'architecture détaillée pour la mise en œuvre des principes illustrés sur la Fig. 2.

[0049] Dans la circuiterie embarquée 100, comprenant les moyens de
20 traitement numérique embarqués 1000, on a représenté un capteur unique C1, ici un capteur de gaz, qui génère des données brutes S1 qui sont recueillies par l'unité de prétraitement 1110 qui peut être constitué d'un processeur en pipeline.

[0050] Cette unité 1110 comprend :

- 25 - un module 1111 de collecte des données brutes du capteur (interface),
- un module 1112 configuré pour adjoindre aux données brutes différents types de métadonnées, par exemple des données comprises dans un groupe comprenant les coordonnées GPS de l'engin, son altitude, sa vitesse, des données de vent (obtenues par un capteur spécifique ou à partir
30 d'une autre source de données), en réalisant les interpolations nécessaires

dans les cas où ces informations sont délivrées à des cadences différentes, et en générant des messages de format approprié et

- un module 1113 de mise en file d'attente des messages en leur adjoignant un numéro d'ordre.

- 5 [0054] Ces messages sont appliqués à l'entrée du module de distribution 1200 chargé de distribuer les messages à différentes unités de traitement numérique configurées pour appliquer aux données du capteur les traitements nécessaires, dont l'unité de traitement embarquée 1300.

- 10 [0055] Dans la présente mise en œuvre, on trouve une unité de traitement distante 2300 déployée au niveau d'une architecture 2000 accessible par un réseau radio RAN auquel l'engin est connecté, avec par exemple une architecture de réseau cellulaire de type « 5G », et une autre unité de traitement distante 3300 déployée au niveau d'un environnement de réseau étendu 3000 de type « Cloud », qui peut comprend des moyens de traitement
- 15 à latence réduite de type « Edge Network ».

[0056] L'unité de distribution 1200 effectue la distribution selon au moins un critère.

- 20 [0057] Un critère privilégié est la nécessité d'assurer un traitement temps réel ou quasi-réel des données produites par le capteur C1, notamment dans le cas où ce traitement est susceptible d'impacter la trajectoire de l'engin, comme on le détaillera dans la suite.

[0058] Dans ce cas, la répartition des messages de données à traiter est effectuée en fonction d'un critère de latence et d'informations de disponibilité et/ou de capacité des unités de traitement 1300, 2300, 3300.

- 25 [0059] Si nécessaire, dans le cas où le respect de ce critère est impossible au vu de la charge des unités de traitement, l'unité de répartition peut simplement rejeter certains messages, qui ne seront pas traités mais qui peuvent néanmoins être mémorisés pour traitement ultérieur en temps différé.

- 30 [0060] Selon un autre critère possible, l'unité de distribution peut envoyer les messages de données à traiter vers l'unité de traitement locale 1300, surveiller le retour de cette unité en termes de latence et éventuellement de messages

non traités, et dans le cas où la latence devient supérieure à un certain seuil, répartir les messages de données à traiter entre l'unité locale 1300 et les unités de traitement distantes 2300, 3300. Les clés de répartition peuvent être ajustés dynamiquement en fonction de la latence mesurée au niveau des messages de retour des unités de traitement.

[0061] Le critère ci-dessus peut subir de nombreuses variantes. Par exemple on peut privilégier l'unité de traitement 2300 située au niveau du réseau radio, pour la fiabilité de sa liaison avec l'engin, ou encore unité de traitement située au niveau « Cloud », pour sa capacité de traitement potentiellement illimitée, avec toutefois une plus grande exposition aux phénomènes de latence.

[0062] Selon une autre approche, les circuits embarqués dans l'engin peuvent déterminer une capacité de traitement par unité de temps nécessaire, en fonction d'un certain nombre de critères.

[0063] Par exemple, avec un engin ayant une autonomie de vol donnée, devant parcourir un certain trajet de mesure (par exemple en balayant des lignes parallèles) et avec un pas de mesure imposé (par exemple une mesure tous les X cm), la circuiterie embarquée (ou une circuiterie distante) peut calculer la vitesse que doit avoir l'engin pour parcourir l'ensemble du trajet en tenant compte de son autonomie disponible (avec une marge de sécurité), ce qui détermine à son tour la fréquence à laquelle le capteur enverra des données à traiter (plus la vitesse devra être élevée, plus la fréquence augmentera et plus le volume de données à traiter par unité de temps sera important).

[0064] En fonction de ce calcul, l'unité de distribution décidera d'allouer les ressources nécessaires entre l'unité de traitement locale 1300 et les unités de traitement distantes 2300, 3300 pour que ce volume de données puisse être traité.

[0065] L'unité d'enregistrement (fonction log) des données de capteurs est désignée par la référence 1500. Elle comprend une unité 1510 de mémorisation des données brutes (ici les signaux S1 recueillis au niveau de l'unité 1111) et une unité 1520 de mémorisation des données traitées.

[0066] En temps différé, ces données peuvent être transmises par lots aux moyens de traitement 2300 et/ou 3300 pour traitements complémentaires.

[0067] Dans une forme de réalisation, le module 1112 d'insertion des métadonnées peut incorporer également des fonctions de prétraitement qui peuvent comprendre :

- comme on l'a indiqué plus haut, une interpolation, qui est mise en œuvre dans le cas de plusieurs capteurs opérant à des fréquences différentes, et possiblement de façon non-synchrone (cas notamment de capteurs ayant leur propre horloge) ;

- des calculs statistiques (calculs de moyennes glissantes, de variances ou d'écart-types, etc.).

[0069] Les messages de données traitées émis par les moyens de traitement 1300, 2300, 3300 sont récupérés au niveau de l'unité de réordonnancement/recombinaison 1400 (illustrée sur la Fig. 3 comme étant située dans le même bloc que l'unité 1200) et réordonnés par l'unité 1400 grâce notamment aux numéros d'ordre figurant dans les messages. Préférentiellement, l'unité 1400 est associée à une unité 1250 de gestion de la latence, par exemple en rejetant des paquets reçus au-delà d'un certain délai (TTL) et/ou des paquets reçus en désordre (« jitter »).

[0070] L'unité 1400 est reliée via l'unité 1250 d'une part à la mémoire 1520 de données traitées de l'unité d'enregistrement 1500, et d'autre part à un agent de messages 1600 (« message broker » en anglais) chargé d'aiguiller les messages comme on va maintenant le décrire.

[0071] L'agent 1600 redirige les messages (ou certains messages, selon leurs types) vers un module d'analyse de données 1700 configuré pour extraire de la succession de messages traités par les unités 1300, 2300, 3300 un certain nombre de métriques qui peuvent être extrêmement variées : niveau de bruit moyen, décomposition spectrale en vue de détecter des pics de concentration de gaz, signatures sonores (cas de capteurs acoustiques), signatures spectrales dans des rayonnements visibles ou invisibles, etc. Le module 1700 peut également être configuré pour effectuer différentes sortes de post-

traitements sur les signaux traités recombinaison, ces traitements pouvant comprendre des filtrages, une élimination du bruit, des détections de seuil, la réalisation de cartographies des mesures, etc. Alternativement ou en complément, de tels traitements peuvent également être réalisés au niveau de l'unité de recombinaison 1400.

[0072] L'agent 1600 redirige également les messages reçus de l'unité 1250 et susceptibles d'impacter la navigation de l'engin, ainsi que des messages d'analyse issus du module 1700, vers un module de navigation 1800.

[0073] Ce module 1800 comprend un ensemble de logiciels 1100 (pile de logiciels ou « stack » en anglais) assurant la navigation de l'engin en générant des commandes de pilotage en fonction soit de consignes de vol reçues d'une station au sol, soit en fonction de la géolocalisation de l'engin E et d'une trajectoire à suivre, mémorisée ou générée dynamiquement en fonction d'un certain nombre de critères dont l'environnement de vol. Le module 1800 applique les consignes de vol CV à un contrôleur de vol 1900, qui retourne au module 1800 des valeurs de télémétrie TM de façon connue en soi.

[0074] Ici, ce module 1800 est également configuré pour adapter le comportement de l'engin E en fonction des mesures effectuées par le capteur C1 après traitement par les moyens 1300, 2300, 3300 et, le cas échéant, analyse par le module 1700. Dans une implémentation typique, cette adaptation comprend un ajustement automatiquement la trajectoire de l'engin (par rapport à une trajectoire de consigne dans le cas d'un vol autonome). Par exemple, lorsque le capteur C1 et les traitements associés sont conçus pour effectuer une mesure environnementale (paramètres physiques, optiques, chimiques, de radioactivité, etc.), la trajectoire de l'engin peut être modifiée (rebrousser chemin, parcourir une autre ligne imposée, etc.) lorsque les données de capteur traitées montrent que l'information mesurée devient inférieure à un certain seuil et sur une certaine étendue et/ou pendant une certaine durée.

[0075] Il est ainsi possible d'optimiser le parcours d'une zone (par exemple un plan vertical partant du sol, perpendiculaire à la direction du vent) en limitant

les recouvrements et en évitant de parcourir des régions de la zone où le paramètre mesuré est proche de zéro ou insignifiant, en circonscrivant ainsi le parcours de l'engin à ce qui est nécessaire. Dans ce cas, l'engin comprend typiquement un capteur de vent permettant de déterminer par calcul, à l'aide
5 du vecteur de vent, l'orientation du plan vertical (ou éventuellement incliné) contenant le parcours de l'engin.

[0076] Il est également possible grâce à cette fonction d'optimiser la vitesse de l'engin et/ou la fréquence d'échantillonnage et de traitement en fonction de certaines caractéristiques des mesures traitées, en particulier dans le cas où
10 les évolutions des signaux captés deviennent rapides et qu'un échantillonnage spatial plus fin est souhaité.

[0077] Dans certains cas, lors d'une implémentation multi-capteurs, les mesures effectuées au niveau de l'un des capteurs peuvent conduire à cesser temporairement d'effectuer d'autres mesures à l'aide d'un autre capteur, soit
15 parce que ces autres mesures deviennent inutiles ou moins pertinentes, soit pour réserver une plus grande part de la capacité de traitement aux données d'un capteur particulier, le cas échéant en augmentant sa fréquence temporelle d'échantillonnage et de traitement et/ou en diminuant son pas de mesure. Ceci peut être effectué soit au sein de l'unité 1800, soit dans une unité
20 de gestion de capteurs spécifique, non illustrée.

[0078] Par ailleurs et de façon connexe, les données de capteurs peuvent être appliquées en tout ou partie à une intelligence artificielle, hébergée dans une ou plusieurs des unités de traitement 1300, 2300, 3300, destinée à ajuster les conditions d'opération de l'engin et de fonctionnement des capteurs
25 (modification de la trajectoire et de la vitesse de l'engin, mise en route ou arrêt d'une certaine capture, modification de la fréquence de capture, choix de l'unité de traitement parmi les unités de traitement 1300, 2300, 3300 pour les données de chacun des capteurs, avec le cas échéant des règles d'arbitrage propres).

[0079] Toujours en référence à la Fig. 3, la référence 2000 désigne
30 l'environnement de traitement numérique non embarqué, connecté à l'engin

via une architecture de réseau radio et capable de contribuer aux traitements de signaux prétraités disponibles au niveau du module de répartition 1200. Les ressources de traitement numérique proprement-dites sont désignée par la référence 2300 et seront décrites plus en détail dans la suite.

- 5 [0080] Enfin la référence 3000 désigne l'environnement de traitement numérique non embarqué, connecté à l'engin via une architecture de type « Cloud » et capable également de contribuer aux traitements de signaux prétraités disponibles au niveau du module de distribution 1200. Les ressources de traitement numérique proprement-dites sont désignée par la
- 10 référence 3300 et sera décrite plus en détail dans la suite.

[0081] A noter que les données récupérées par l'environnement « Cloud » 3000 peuvent être traitées de différentes manières, notamment :

- en temps réel pendant les vols ;
- en temps différé ;
- 15 - via une interface de programmation d'application (API) pour mettre les données à disposition pour d'autres usages.

[0082] En particulier, dans le cas où les données prétraitées d'un capteur n'ont pas pu être traitées en temps réel, l'environnement 3000 peut exécuter en temps différé les algorithmes de traitement après avoir téléchargé les données

20 brutes.

[0083] Toujours en référence à la Fig. 3, l'environnement « Cloud » 3000 comprend une passerelle 3100 avec l'engin E, qui est reliée à un ensemble de services de gestion de données 3200. Les données sont acheminées vers un service de traitement de données de capteur(s) 3400 qui réalise la connexion

25 avec les moyens de traitement 3300. De façon conventionnelle, les services 3200 sont également connectés à des bases de données 3500, des passerelles d'interfaces de programmation d'application (API) 3600 pour la coopération avec des applications tierces 3650, et des passerelles clients 3700 pour la coopération avec des postes clients 3750.

30 [0084] En référence à la Fig. 4, on a illustré une architecture qui peut être commune aux moyens de traitement 1300, 2300, 3300.

[0085] Elle comprend un proxy sécurisé 310 et une architecture de traitement 320 comprenant un gestionnaire 321 de la charge de calcul coopérant avec une unité de planification (« scheduler » en anglais) 322, et un ensemble de cœurs de traitement 323a-323h. Comme illustré dans la partie gauche de la Fig. 4, chaque cœur de traitement comprend une interface d'entrée/sortie 324 et un processeur 325 exécutant un certain algorithme, recevant les données d'entrée DE issues du pré-traitement et restituant les données de sortie DS qui reviendront vers l'unité de réordonnancement/recombinaison 1400.

[0086] Dans le cas où l'invention est destinée à être mise en œuvre avec une pluralité d'engins recourant à l'architecture de traitement local/déporté telle que décrite ci-dessus, on prévoit avantageusement en relation avec l'allocation de ressources mentionnée dans ce qui précède, un dispositif commun, selon une architecture centralisée ou répartie, permettant de gérer les ressources de traitement disponibles localement au niveau des engins et de façon distante. Ce dispositif peut avoir pour tâches notamment :

- la planification des missions des engins en fonction des ressources de traitement disponibles, les données de disponibilité pouvant être déterminées par un calendrier, des mesures de temps de réponse, etc.

- la déclaration de disponibilité ou de besoin en ressources de traitement, avec par exemple une indication de la capacité de traitement disponible ou demandée et la période de disponibilité et la période demandée, ces données pouvant typiquement alimenter les données de calendrier utilisées pour la planification décrite ci-dessus,

- la mise en œuvre d'un mécanisme de découverte de ressources en temps à l'aide d'un protocole approprié, chaque dispositif de traitement accessible pouvant recevoir une requête à cet effet,

- la mise en œuvre d'une gestion du temps de vie (TTL) des paquets circulant dans la mise en œuvre de l'architecture de l'invention.

[0087] Avantageusement, ce dispositif commun de gestion des ressources est mis en œuvre en s'appuyant sur les canaux de signalisation des réseaux mis en œuvre.

5 [0088] Bien entendu, la présente invention peut faire l'objet de nombreuses variantes et améliorations.

[0089] Notamment, certains types de données de capteurs à traiter (capteurs d'images ou autres) peuvent avantageusement faire l'objet d'une compression et/ou d'un chiffrement avant leur envoi vers une unité de traitement distante 2300 ou 3300. Par ailleurs, les données issues des capteurs peuvent être
10 signées afin de certifier leur authenticité.

[0090] L'invention trouve application dans de nombreux domaines et en particulier :

- la détermination des propriétés d'une atmosphère (concentration en polluants, particules, agents chimiques, etc.),
 - 15 - la détection d'évènements particuliers (incendies, mouvements de foule, trafic routier, enneigement, etc.) par analyse d'images,
 - la vérification d'un évènement ou d'une mesure déterminé par des moyens extérieurs (capteurs d'un site terrestre), système d'alerte et d'évacuation en cas de danger pour les populations, etc.
- 20 [0091] Elle s'applique notamment au traitement des données délivrées par un capteur unique, notamment un capteur délivrant des signaux complexes à fréquence élevée, qu'ils soient physiques, électriques, optiques, chimiques, etc., ou par une pluralité de capteurs de types similaires ou différents.

Revendications

1. Engin autonome aérien piloté (E), comprenant des moyens de propulsion motorisés, (30,31) une unité de commande des moyens de propulsion pour
5 amener l'engin à suivre une trajectoire de vol fournie par une unité de pilotage (P, 1800, 1900), l'engin comprenant en outre au moins un capteur (C1, C2, C3) apte à délivrer des données nécessitant un traitement numérique, l'engin étant doté d'une circuiterie de traitement numérique embarquée (1300), et étant relié à au moins une circuiterie de traitement distante (2300, 3300) via
10 un réseau de communication sans fil (WCC), l'engin étant caractérisé en ce qu'il comprend :
- un circuit de distribution (1200) apte à diriger des données issues du ou de chaque capteur vers la circuiterie de traitement embarquée (1300) ou vers la circuiterie de traitement distante (2300, 3300) en fonction d'au moins
15 un critère parmi un type de traitement à effectuer, une capacité de traitement de la circuiterie de traitement embarquée et de la circuiterie de traitement distante, une disponibilité de traitement de la circuiterie de traitement embarquée et de la circuiterie de traitement distante, une capacité du réseau de communication sans fil, une disponibilité du réseau de communication sans
20 fil, une consigne de cadence de traitement des données,
 - un circuit (1400) de recombinaison de données traitées par la circuiterie de traitement embarquée et la circuiterie de traitement distante, et -
un circuit (1700) d'interface avec l'unité de pilotage (P, 1800, 1900), cette dernière étant configurée pour prendre en compte lesdites données traitées
25 recombinaisonnées à un instant donné et générer des instructions d'ajustement du comportement de l'engin.
2. Engin selon la revendication 1, caractérisé en ce que les instructions d'ajustement du comportement de l'engin sont comprises dans un groupe
30 comprenant :
- des instructions d'ajustement du vol,

- des instructions d'ajustement de la capture à l'aide du ou de chaque capteur,
- des instructions d'ajustement des modalités de traitement numérique des données issues du capteur ou d'au moins un capteur.

5

3. Engin selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit circuit d'interface (1700) est configuré pour générer une cartographie des données traitées recombinaées, en vue d'une détermination dynamique de la trajectoire de l'engin.

10

4. Engin selon la revendication 2, caractérisé en ce que les instructions d'ajustement comprennent des instructions d'ajustement du vol aptes à modifier des limites d'un balayage d'une zone avec l'engin, et/ou la vitesse de déplacement de l'engin, et/ou la précision de parcours de la zone balayée.

15

5. Engin selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les données fournies par au moins un capteur sont des données caractérisant l'atmosphère de la zone.

20

6. Engin selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce le traitement à effectuer sur les données d'au moins un capteur comprend un traitement algorithmique.

25

7. Engin selon la revendication 6, caractérisé en ce que le traitement algorithmique comprend au moins l'un parmi un traitement de décomposition spectrale, un traitement par calcul matriciel, un traitement basé sur apprentissage, un traitement par parcours de graphe.

30

8. Engin selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'au moins une partie (2300) de la circuiterie de traitement distante est accessible via un réseau radio.

9. Engin selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'au moins une partie (3300) de la circuiterie de traitement distante est accessible via un réseau étendu.

5

10. Engin selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'au moins un critère est déterminé à l'aide d'un dispositif (1200) de gestion de ressources de traitement.

10 11. Ensemble d'engins selon la revendication 10, caractérisé en ce que le dispositif (1200) de gestion de ressources de traitement est commun à l'ensemble d'engins.

15 12. Ensemble selon la revendication 11, caractérisé en ce que le dispositif (1200) de gestion de ressources de traitement met en œuvre un protocole de gestion utilisant un canal de signalisation du réseau de communication sans fil.

FIG. 1

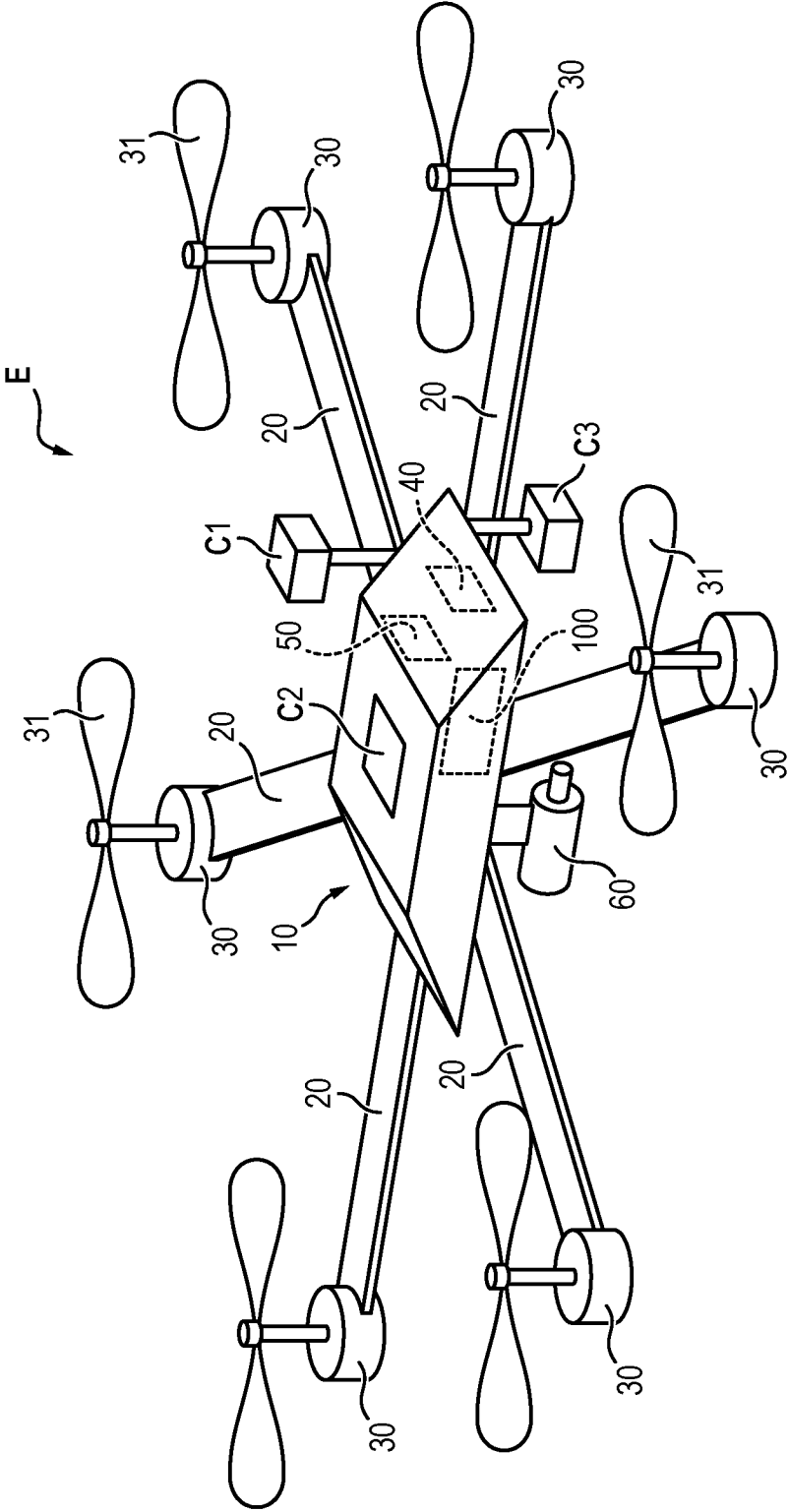
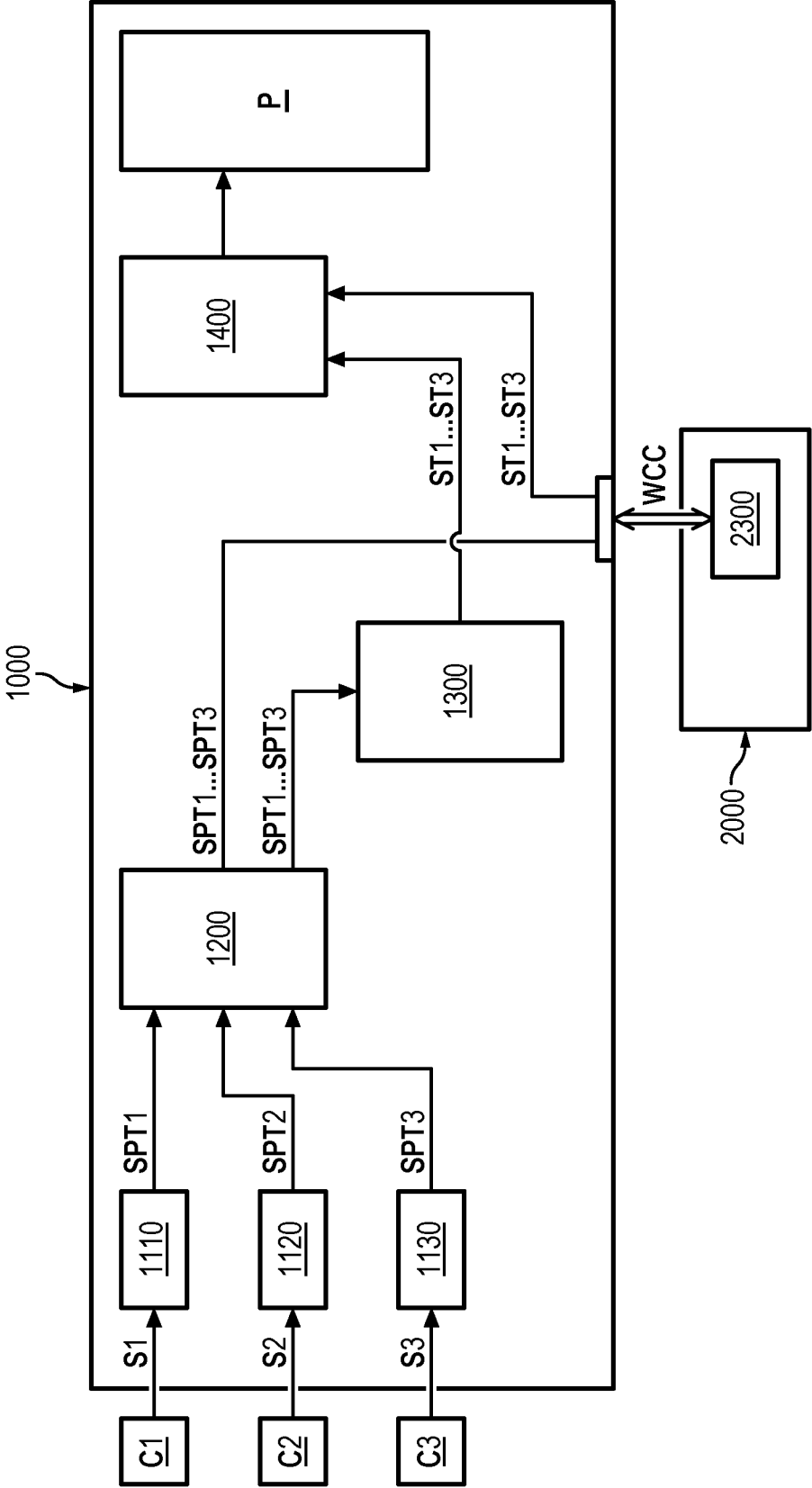


FIG. 2



3/4

FIG. 3

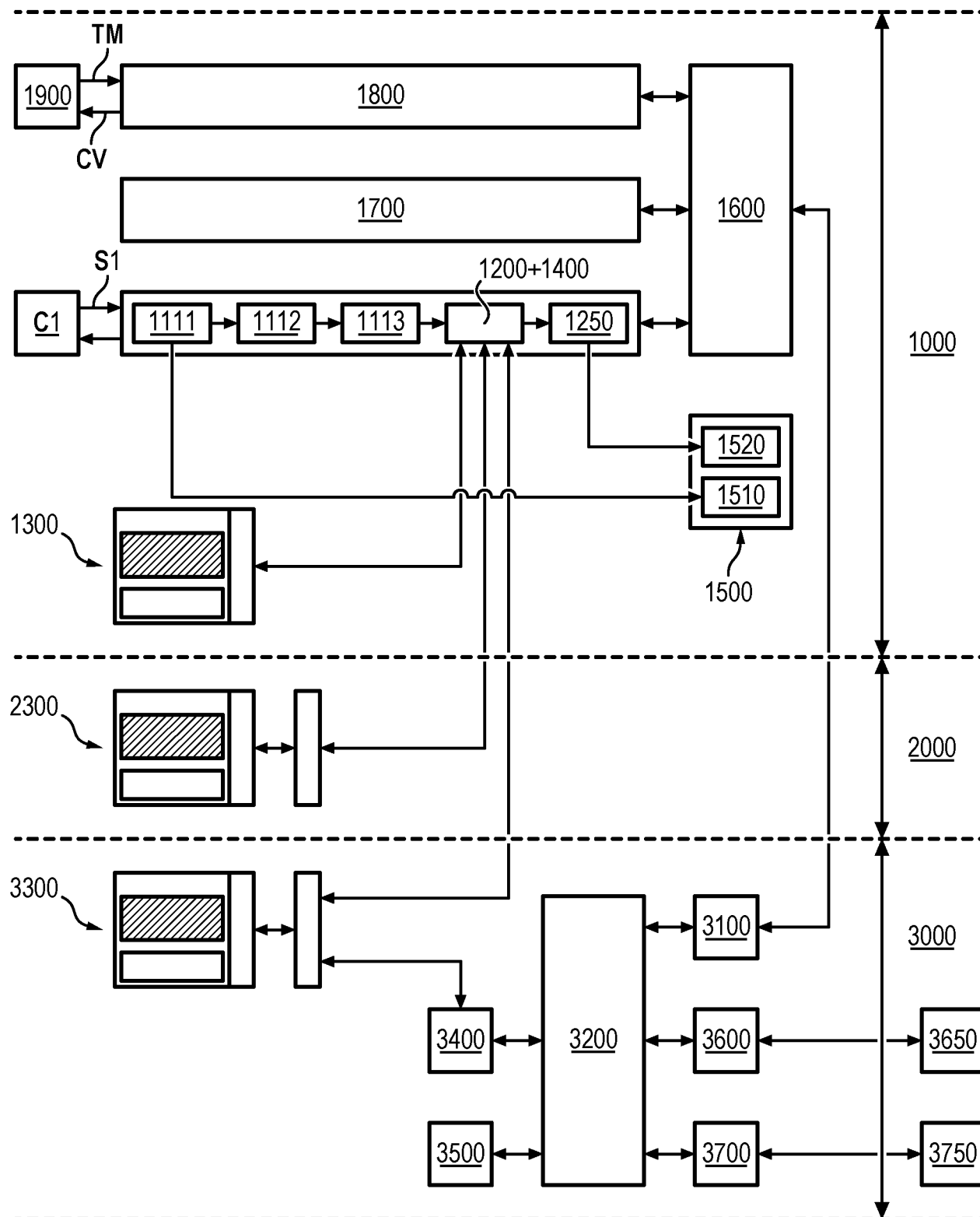
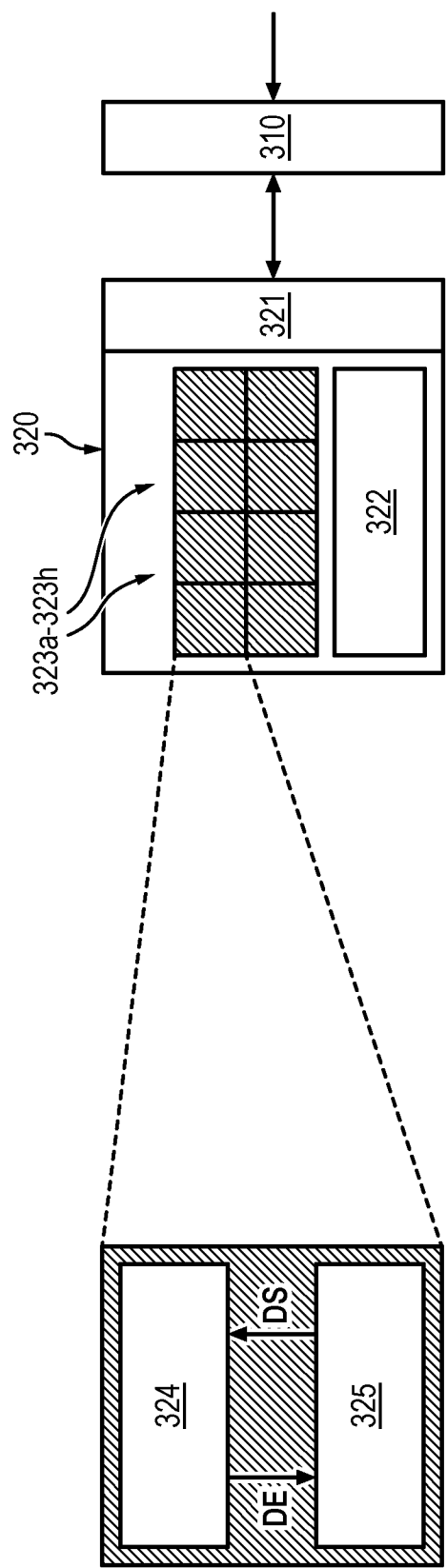


FIG. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2024/055617

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G06F 9/00 (2006.01)i; H04W 4/40 (2018.01)i; H04W 4/50 (2018.01)i 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) G06F 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		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	LI HUANRAN ET AL. "Optimal Offloading of Computing-intensive Tasks for Edge-aided Maritime UAV Systems" 2022 IEEE 95TH VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE: (VTC2022-SPRING), IEEE, 19 June 2022 (2022-06-19), pages 1-6 DOI: 10.1109/VTC2022-SPRING54318.2022.9860881 XP034175722 abstract; figure 1 page 1 - page 6	1-12
X	JUNG WOO-SUNG ET AL. "ACODS: adaptive computation offloading for drone surveillance system" 2017 16TH ANNUAL MEDITERRANEAN AD HOC NETWORKING WORKSHOP (MED-HOC-NET), IEEE, 28 June 2017 (2017-06-28), pages 1-6 DOI: 10.1109/MEDHOCNET.2017.8001647 XP033139313 page 1 - page 4	1-12
☐ 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 12 July 2024		Date of mailing of the international search report 29 July 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the) Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer De Poy, Iker Telephone No.

Demande internationale n°
PCT/IB2024/055617

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G06F9/00 H04W4/40 H04W4/50 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) G06F		
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		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	LI HUANRAN ET AL: "Optimal Offloading of Computing-intensive Tasks for Edge-aided Maritime UAV Systems", 2022 IEEE 95TH VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE: (VTC2022-SPRING), IEEE, 19 juin 2022 (2022-06-19), pages 1-6, XP034175722, DOI: 10.1109/VTC2022-SPRING54318.2022.9860881 abrégé; figure 1 page 1 - page 6 ----- -/-	1 - 12
☒ 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		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
12 juillet 2024		29/07/2024
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale		Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		De Poy, Iker

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	JUNG WOO-SUNG ET AL: "ACODS: adaptive computation offloading for drone surveillance system", 2017 16TH ANNUAL MEDITERRANEAN AD HOC NETWORKING WORKSHOP (MED-HOC-NET), IEEE, 28 juin 2017 (2017-06-28), pages 1-6, XP033139313, DOI: 10.1109/MEDHOCNET.2017.8001647 page 1 - page 4 -----	1 - 12