(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 juin 2025 (12.06.2025)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2025/119533 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H04W 52/02 (2009.01) *H04W 74/0808* (2024.01)
H04L 5/00 (2006.01) *H04W 84/12* (2009.01)
H04W 72/0453 (2023.01) *H04W 88/06* (2009.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2024/079697

(22) Date de dépôt international :
21 octobre 2024 (21.10.2024)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2313525 04 décembre 2023 (04.12.2023) FR

(71) Déposant : **ORANGE** [FR/FR] ; 111, quai du Président Roosevelt, 92130 Issy-les-Moulineaux (FR).

(72) Inventeurs : **BONNAMY, Jean-Michel** ; ORANGE - Intellectual Property and Licensing, Orange Gardens - 44 Avenue de la République - CS 50010, 92326 Chatillon (FR). **RABIN, Olivier** ; ORANGE - Intellectual Property and Licensing, Orange Gardens - 44 Avenue de la République - CS 50010, 92326 Chatillon (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, 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.

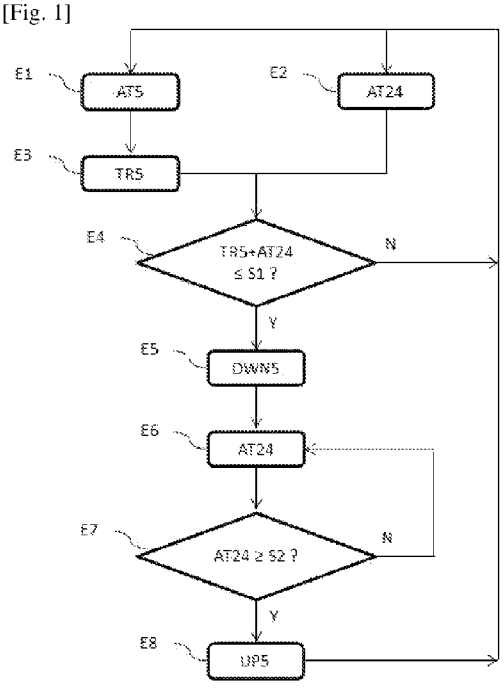
(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

WO 2025/119533 A1

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR SAVING ENERGY FOR EQUIPMENT CAPABLE OF USING AT LEAST TWO RADIO FREQUENCY BANDS

(54) Titre : PROCÉDÉ ET DISPOSITIF D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE POUR UN ÉQUIPEMENT APTE À UTILISER AU MOINS DEUX BANDES DE FRÉQUENCES RADIO

[Fig. 1]



(57) Abstract: The invention relates to a method for saving energy for communication equipment capable of using at least two radio frequency bands for exchanging data with at least one terminal, the equipment comprising a first set of components required for transceiving in a first frequency band and a second set of components required for transceiving in a second frequency band, the method being implemented in the equipment and comprising: a step (E5) of partially or totally reducing a power supply to at least one component of the first set, according to a step (E1) of measuring a first value of the radio channel occupancy rate (AT5) of the first frequency band, and a step (E2) of measuring a second value of the radio channel occupancy rate (AT24) of the second frequency band.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé d'économie d'énergie pour un équipement de communication apte à utiliser au moins deux bandes de fréquences radio pour échanger des données avec au moins un terminal, l'équipement comprenant un premier ensemble de composants nécessaires à l'émission-réception dans une première bande de fréquences et un second ensemble de composants nécessaires à l'émission-réception dans une seconde bande de fréquence, le procédé étant mis en œuvre dans l'équipement et comprenant : une réduction (E5) partielle ou totale d'une alimentation en énergie d'au moins un composant du premier ensemble, en fonction d'une mesure (E1) d'une première valeur du taux d'occupation du canal radio (AT5) de la première bande de fréquence, et d'une mesure (E2) d'une seconde valeur du taux d'occupation du canal radio (AT24) de la seconde bande de fréquence.

[Suite sur la page suivante]

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))*

— *en noir et blanc ; la demande internationale telle que déposée était en couleur ou en échelle de gris et est disponible sur PATENTSCOPE pour téléchargement.*

Description

Titre de l'invention : Procédé et dispositif d'économie d'énergie pour un équipement apte à utiliser au moins deux bandes de fréquences radio

1. Domaine de l'invention

[0001] L'invention se situe dans le domaine des équipements de communication par radiofréquences. En particulier, elle se situe dans le domaine des réseaux locaux sans fil ou réseaux WLAN (pour « Wireless Local Area Network » en anglais). De tels réseaux WLAN utilisent typiquement la technologie de transmission sans fil basée sur la norme de réseau radioélectrique IEEE 802.11 et ses évolutions, plus communément désignées sous l'appellation Wi-Fi (pour « Wireless Fidelity » en anglais).

2. Etat de la technique antérieure

[0002] Avec les générations récentes du Wi-Fi, afin d'augmenter le débit utile disponible, les équipements d'accès aux réseaux locaux sans fil émettent et reçoivent sur plusieurs bandes de fréquences. Par exemple, un point d'accès Wi-Fi de génération 802.11ax, dit aussi Wi-Fi 6, utilise les bandes de fréquences 2,4 GHz et 5 GHz. Par rapport aux générations plus anciennes qui n'utilisaient qu'une seule bande (la bande 2,4 GHz, en 802.11g, ou la bande 5 GHz en 802.11ac) la consommation d'énergie d'un tel point d'accès est accrue car les composants nécessaires à chacune des bandes de fréquences doivent être alimentées en énergie. Ces composants sont, entre autres, le circuit intégré spécialisé, aussi appelé « chipset » Wi-Fi, le module d'amplification et de filtrage FEM, ainsi que la ou les antennes, et peuvent être spécifiques à une bande de fréquences.

[0003] Laisser allumés les composants de toutes les bandes de fréquences représente une source de gaspillage d'énergie, lorsque ceux d'une seule bande suffisent pour assurer le transport du débit réellement nécessaire.

[0004] Il est connu d'éteindre certains composants, notamment certaines antennes, d'un point d'accès Wi-Fi lorsque le débit mesuré sur plusieurs bandes passe sous certains seuils. Par exemple, les antennes de la bande A seront éteintes lorsque le débit sur cette bande passe sous un seuil ThA, à la condition qu'il reste suffisamment de débit disponible sur la bande B (débit mesuré sous un seuil ThB) pour y basculer le trafic de la bande A.

[0005] La détermination des seuils d'extinction ThA et ThB est un difficile compromis entre d'une part, assurer une connectivité permanente avec un débit satisfaisant, et d'autre part, ne pas consommer inutilement de l'énergie.

[0006] Il est également connu de rallumer les antennes éteintes lorsque le débit mesuré sur la bande laissée active dépasse un certain seuil. Par exemple, les antennes de la bande A seront rallumées lorsque le débit sur la bande B dépasse un seuil ThC.

[0007] La détermination du seuil de rallumage ThC est aussi un difficile compromis. Avec un seuil trop haut, le risque est de saturer la bande allumée et de sous-utiliser la bande éteinte. Avec un seuil trop bas, le risque est d'alterner trop fréquemment entre l'état allumé et l'état éteint des antennes de cette bande, ce qui nuit au bon fonctionnement du point d'accès et détériore la qualité de service pour l'utilisateur.

[0008] Le réglage de ces seuils de débit est aussi difficile en raison de nombreux facteurs qui diffèrent d'un environnement d'utilisateur à l'autre, tel que le débit résiduel (débit généré par d'autres sources que l'utilisateur lui-même), ou les interférences. Laisser à l'utilisateur d'un point d'accès la responsabilité de régler lui-même ces seuils est une solution qui ne conviendrait qu'à de rares utilisateurs experts, et qui ne convient pas à l'immense majorité des utilisateurs qui sont généralement des clients grand public.

[0009] Un des buts de l'invention est de remédier à des inconvénients de l'état de la technique.

3. Exposé de l'invention

[0010] L'invention vient améliorer la situation à l'aide d'un procédé d'économie d'énergie pour un équipement de communication apte à utiliser au moins deux bandes de fréquences radio pour échanger des données avec au moins un terminal, l'équipement comprenant un premier ensemble de composants nécessaires à l'émission-réception dans une première bande de fréquences et un second ensemble de composants nécessaires à l'émission-réception dans une seconde bande de fréquence, le procédé étant mis en œuvre dans l'équipement et comprenant :

[0011] une réduction partielle ou totale d'une alimentation en énergie d'au moins un composant du premier ensemble,

[0012] en fonction d'une mesure d'une première valeur représentative du taux d'occupation du canal radio de la première bande de fréquence, et d'une mesure d'une seconde valeur représentative du taux d'occupation du canal radio de la seconde bande de fréquence.

[0013] La solution proposée n'est pas basée comme dans la technique antérieure sur une mesure de débit, mais sur une mesure d'occupation du canal radio, par exemple par l'obtention ou la mesure d'une valeur représentative du taux d'occupation du canal radio. L'occupation du canal radio, appelé également « airtime » dans le domaine du Wi-Fi, représente le temps passé à émettre et recevoir des données, y compris le temps pris par les interférences. Une valeur d'occupation du canal radio donnée ne correspond pas nécessairement à une seule valeur de débit, car ces deux mesures ne représentent pas la même chose. Un avantage d'utiliser une mesure du taux

d'occupation du canal radio est que ce paramètre délivre une information sur le temps pendant lequel aucune ressource n'est utilisée sur une interface radio, et donc sur les ressources disponibles restantes. Le taux d'occupation est donc aussi une information sur une potentielle saturation de l'interface. Une interface radio est saturée lorsque la qualité de service est dégradée et devient inacceptable.

[0014] Le débit quant à lui, reflète une quantité de données émise ou reçue sur la période mesurée, par exemple une moyenne sur 3 périodes adjacentes de 10 secondes. Un même débit peut occuper plus ou moins le canal radio en fonction de plusieurs paramètres. Ces paramètres sont l'affaiblissement du signal radio entre l'équipement et le terminal, par exemple entre le point d'accès et la station dans un environnement Wi-Fi, et les caractéristiques physiques telles que le nombre d'antennes, le type de technologie radio, par la version ou la génération Wi-Fi, la largeur de canal, etc.

[0015] Le débit ne donne donc pas une bonne indication des ressources disponibles restantes sur une interface radio, contrairement au taux d'occupation du canal radio.

[0016] Un point d'accès Wi-Fi, par exemple, comprend des composants qui mesurent en continu ou de façon répétée le taux d'occupation dans chacune de leurs bandes de fréquences.

[0017] Selon un aspect de l'invention, le procédé d'économie d'énergie comprend également une étape de traduction de la première valeur en une valeur traduite dans la seconde bande de fréquences, et où la réduction est déclenchée lorsque la somme de la seconde valeur et de la valeur traduite est inférieure ou égale à un premier seuil.

[0018] Avant de basculer du trafic d'une première bande de fréquence vers une seconde bande, il est utile de prédire le taux d'occupation dans la seconde bande qu'aurait ce trafic. Ainsi on évite de basculer ce trafic si la bande d'arrivée n'a pas de capacité suffisante. La bande d'arrivée peut aussi déjà avoir son propre trafic et son propre taux d'occupation, auquel se rajouterait le taux d'occupation prédit.

[0019] Il est possible de traduire le taux d'occupation du canal radio dans une bande de fréquences en un taux d'occupation dans une autre bande de fréquence. Ceci permet de prédire l'effet, sur le taux d'occupation de la seconde bande, de l'addition du trafic de la première bande de fréquence vers la seconde bande de fréquences.

[0020] Des études ont permis de définir des seuils d'occupation du canal radio à partir desquels une interface est dite saturée, c'est-à-dire à partir desquels la qualité de service Wi-Fi est dégradée.

[0021] On comprend que le taux d'occupation total prédit pour la situation après basculement doit donc être inférieur au seuil de saturation de la seconde bande de fréquence.

[0022] Selon un aspect du procédé d'économie d'énergie, la valeur traduite est obtenue par une fonction produisant une valeur représentative de taux d'occupation dans la seconde

bande de fréquences à partir d'une valeur représentative de taux d'occupation dans la première bande de fréquences.

[0023] Une telle fonction peut être une fonction mathématique, par exemple une fonction constante par intervalle, c'est-à-dire une table ou un abaque mettant en correspondance des valeurs de taux d'occupation ou des plages de valeurs dans la première bande, avec des valeurs dans la seconde bande de fréquences.

[0024] Selon un aspect du procédé d'économie d'énergie, la fonction utilise une association entre une valeur d'une première pluralité de valeurs dans la première bande et une valeur d'une seconde pluralité de valeurs dans la seconde bande, ces pluralités de valeurs étant mémorisées dans l'équipement.

[0025] Ainsi, une simple table de correspondance est préalablement mise en mémoire dans l'équipement, par exemple un point d'accès Wi-Fi, et la valeur mémorisée qui est la plus poche de la valeur mesurée du taux d'occupation dans la première bande de fréquences est utilisée pour trouver sa traduction dans la seconde bande de fréquences.

[0026] Cette table est initialement créée de façon théorique, ou de façon empirique à l'aide de tests en laboratoire. Dans les deux cas, elle peut être mise à jour par téléchargement lors d'une mise à jour à distance du logiciel de gestion local embarqué dans l'équipement, par exemple le logiciel appelé « firmware » dans un point d'accès Wi-Fi.

[0027] Selon un aspect du procédé d'économie d'énergie, le premier ensemble de composants comprend au moins un élément parmi :

- une ou plusieurs antennes utilisées pour l'émission et/ou la réception dans la première bande de fréquence,
- un circuit intégré spécialisé dans la gestion de l'émission-réception sur la première bande de fréquences.

[0028] Pour reprendre un exemple en Wi-Fi, lorsque qu'une bande de fréquence est rendue indisponible par exemple après l'extinction de la ou des antennes de cette bande sur un point d'accès Wi-Fi, le point d'accès et la ou les stations qui y sont connectées s'adaptent et concentrent automatiquement leur trafic sur une bande de fréquences restante, selon leur génération respective de technologie Wi-Fi.

[0029] Lorsque le trafic sur la première bande de fréquences est basculé sur la seconde bande de fréquences, il est avantageux d'éteindre la ou les antennes de la première bande de fréquences, ou d'en réduire la consommation en énergie. Des économies d'énergie sont ainsi réalisées sans perturber la qualité de service telle que perçue par l'utilisateur du dispositif d'accès.

[0030] Si aucune antenne de la première bande de fréquence n'est nécessaire, il peut être avantageux, lorsque c'est possible, de réduire ou supprimer l'alimentation du circuit

intégré, aussi appelé « chipset », spécialisé dans la gestion de l'émission-réception sur la première bande de fréquences.

[0031] Pour des points d'accès Wi-Fi bi-bande 2,4 GHz et 5 GHz par exemple, les gains escomptés sur un routeur Wi-Fi pour un foyer type, par rapport à des solutions existantes basées sur une mesure de débit, sont une extinction de l'interface 5GHz supplémentaire de plusieurs heures par jour. Ceci correspond à quelques Wh, qu'il faut multiplier par le nombre de routeurs domestiques à l'échelle d'un pays, soit plusieurs millions de routeurs et donc plusieurs millions de Wh qui ne sont pas consommés.

[0032] Selon un aspect de l'invention, le procédé d'économie d'énergie comprend en outre un déclenchement d'un rétablissement de l'alimentation en énergie du premier ensemble de composants, lorsqu'une mesure d'une troisième valeur représentative du taux d'occupation du canal radio de la seconde bande de fréquence est supérieure ou égale à un second seuil.

[0033] Lorsque la première bande de fréquences est inutilisée ou sous-utilisée, le taux d'occupation du canal radio sur la seconde bande de fréquences peut augmenter au point de s'approcher du seuil de saturation, si par exemple le trafic augmente trop. Afin d'éviter cela, un seuil de taux d'occupation inférieur au seuil de saturation est fixé. Au-delà de ce seuil, l'alimentation en énergie des composants de la première bande de fréquences est rétablie. En Wi-Fi par exemple, le point d'accès et la ou les stations qui y sont connectées s'adaptent alors et répartissent automatiquement leur trafic sur les bandes de fréquences disponibles, selon leur génération respective de technologie Wi-Fi. Avec ce retour à la situation initiale où les deux bandes de fréquences sont utilisées, la qualité de service ne risque plus de se dégrader.

[0034] Ainsi, si une ou plusieurs antennes de la première bande de fréquences étaient éteintes pour économiser de l'énergie, elles sont rallumées afin d'éviter une dégradation de QoS suite à une augmentation trop grande du taux d'occupation dans la seconde bande de fréquences.

[0035] Selon un aspect du procédé d'économie d'énergie, le premier seuil est strictement inférieur au second seuil.

[0036] Ainsi, il est possible d'éviter une alternance trop rapide entre réduction et augmentation, autrement dit entre extinction et allumage des antennes de la première bande de fréquences, dit aussi « effet ping-pong », ce qui nuirait au fonctionnement de l'équipement, par exemple le point d'accès Wi-Fi, ainsi qu'au fonctionnement des terminaux, par exemple des stations Wi-Fi, qui y sont connectés, tantôt sur la première bande de fréquences, tantôt sur la seconde, avec des temps de passage de l'une à l'autre bande pouvant être importants et avoir un impact négatif pour le ou les utilisateurs des terminaux. Plus le delta de différence entre les deux seuils est grand, plus ce danger est écarté. Mais ce delta ne doit pas être trop grand, au risque

d'empêcher toute réduction ou extinction d'alimentation et donc toute économie d'énergie.

[0037] Les différents aspects du procédé d'économie d'énergie qui viennent d'être décrits peuvent être mis en œuvre indépendamment les uns des autres ou en combinaison les uns avec les autres.

[0038] L'invention concerne encore un dispositif d'économie d'énergie dans un équipement de communication apte à utiliser au moins deux bandes de fréquences radio pour échanger des données avec au moins un terminal, comprenant un premier ensemble de composants nécessaires à l'émission-réception dans une première bande de fréquences et un second ensemble de composants nécessaires à l'émission-réception dans une seconde bande de fréquence, le dispositif comprenant en outre un processeur et une mémoire couplée au processeur avec des instructions destinées à être exécutées par le processeur pour :

[0039] une réduction partielle ou totale d'une alimentation en énergie d'au moins un composant du premier ensemble, en fonction d'une mesure d'une première valeur représentative du taux d'occupation du canal radio de la première bande de fréquence, et d'une mesure d'une seconde valeur représentative du taux d'occupation du canal radio de la seconde bande de fréquence.

[0040] Ce dispositif, apte à mettre en œuvre dans tous ses modes de réalisation le procédé d'économie d'énergie qui vient d'être décrit, est destiné à être mis en œuvre dans un point d'accès Wi-Fi, ou dans une station de base d'un réseau cellulaire.

[0041] L'invention concerne aussi un programme d'ordinateur comprenant des instructions qui, lorsque ces instructions sont exécutées par un processeur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre les étapes du procédé d'économie d'énergie, qui vient d'être décrit.

[0042] L'invention vise aussi un support d'informations lisible par un équipement de communication apte à utiliser au moins deux bandes de fréquences radio, et comportant des instructions d'un programme d'ordinateur tel que mentionné ci-dessus.

[0043] Le programme mentionné ci-dessus peut utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme de code source, code objet, ou de code intermédiaire entre code source et code objet, tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme souhaitable.

[0044] Le support d'informations mentionné ci-dessus peut être n'importe quelle entité ou dispositif capable de stocker le programme. Par exemple, un support peut comporter un moyen de stockage, tel qu'une ROM, par exemple un CD ROM ou une ROM de circuit microélectronique, ou encore un moyen d'enregistrement magnétique.

[0045] Un tel moyen de stockage peut par exemple être un disque dur, une mémoire flash, etc.

D'autre part, un support d'informations peut être un support transmissible tel qu'un signal électrique ou optique, qui peut être acheminé via un câble électrique ou optique, par radio ou par d'autres moyens. Un programme selon l'invention peut être en particulier téléchargé sur un réseau de type Internet.

[0046] Alternativement, un support d'informations peut être un circuit intégré dans lequel un programme est incorporé, le circuit étant adapté pour exécuter ou pour être utilisé dans l'exécution du procédé en question.

4. Présentation des figures

[0047] D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaitront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation particulier de l'invention, donné à titre de simple exemple illustratif et non limitatif, et des dessins annexés, parmi lesquels :

[0048] [Fig.1] la [Fig.1] présente un exemple de mise en œuvre du procédé d'économie d'énergie, selon un mode de réalisation de l'invention,

[0049] [Fig.2] La [Fig.2] présente un exemple de structure d'un dispositif d'économie d'énergie, selon un aspect de l'invention.

[0050] **5. Description détaillée d'au moins un mode de réalisation de l'invention**

[0051] Dans la suite de la description, on présente des exemples de plusieurs modes de réalisation de l'invention se basant sur la norme IEEE 802.11ax aussi appelée Wi-Fi 6, qui permet l'utilisation de deux bandes de fréquences, l'une autour de 5GHz et l'autre autour de 2,4 GHz, dites bandes à 5 GHz et bande à 2,4 GHz respectivement.

[0052] L'invention toutefois s'applique également à des équipements basés sur les autres versions des normes IEEE 802.11, particulièrement celles permettant l'utilisation d'au moins deux bandes de fréquences distinctes. L'invention s'applique également à toute technologie sans fil autre que Wi-Fi permettant l'utilisation d'au moins deux bandes de fréquences distinctes, comme par exemple les technologies radio des réseaux cellulaires 4G ou 5G.

[0053] La [Fig.1] présente un exemple de mise en œuvre du procédé d'économie d'énergie, selon un mode de réalisation de l'invention.

[0054] Dans ce mode de réalisation, la bande à 5 GHz est appelée première bande de fréquences, et la bande à 2,4 GHz est appelée seconde bande de fréquences. Le dispositif mettant en œuvre le procédé est par exemple un point d'accès Wi-Fi, auquel un ou plusieurs terminaux peuvent être connectés, appelés stations Wi-Fi. Le trafic de données dont il sera question désigne le trafic échangé, en émission ou réception, par le point d'accès avec la ou les stations.

[0055] Le point d'accès comprend des composants tels que des antennes, des chipsets, un firmware. Un chipset est un circuit intégré spécialisé dans certaines fonctions du point d'accès, comme la gestion de l'émission réception sur une bande de fréquences. Un

firmware est un logiciel stocké dans le point d'accès, souvent modifiable à distance, dont le but est de commander certains des composants.

[0056] Certains de ces composants sont dédiés à l'une des bandes de fréquences, comme les antennes et le chipset, et sont une source de consommation d'énergie.

[0057] Les composants dédiés à la première bande forment un premier ensemble de composants, et ceux dédiés à la seconde bande forment un second ensemble de composants.

[0058] Lors d'une étape **E1** du procédé illustré en [Fig.1], l'airtime AT5, c'est-à-dire le taux d'occupation du canal radio sur la première bande de fréquences 5 GHz est calculé, par exemple par le chipset du point d'accès dédié au 5 GHz.

[0059] Parallèlement, lors d'une étape **E2**, l'airtime AT24, c'est-à-dire le taux d'occupation du canal radio sur la seconde bande de fréquences 2,4 GHz est calculé, par exemple par le chipset du point d'accès dédié au 2,4 GHz.

[0060] L'airtime d'une bande de fréquence est le pourcentage de temps d'occupation du canal radio. Cette occupation du canal est la somme des temps consacrés à l'émission et/ou la réception de paquets de données et/ou consacrés à l'écoute de signaux non décodables (par exemple des signaux dont l'intensité ne permet pas de transmission, aussi appelés interférences). Dans un mode de réalisation, les types suivants sont mesurés périodiquement par le point d'accès sur cette bande de fréquence, par exemple toutes les 100 ms (appelé temps beacon dans le standard IEEE 802.11) :

- tx : pourcentage de temps pris par des paquets Wi-Fi émis par le point d'accès
- inbss : pourcentage pris par des paquets Wi-Fi reçus destinés au point d'accès
- obss : pourcentage pris par des paquets Wi-Fi reçus mais non destinés au point d'accès
- nothandled : pourcentage pris par des paquets Wi-Fi indécodables ou pris par des paquets non identifiables ou par un niveau de signal trop élevé
- txop : pourcentage de temps restant disponible à l'émission ou à la réception de paquets Wi-Fi par le point d'accès ; txop est déduit de ce qui précède

[0061] On comprend qu'avec les types obss et nothandled, l'airtime tient compte des interférences dans la bande de fréquences, et ne mesure pas uniquement l'occupation résultante du trafic utile, c'est-à-dire celui émis par, ou destiné à, le point d'accès.

[0062] Lors d'une étape **E3**, l'airtime AT5, mesuré en bande 5 GHz, est traduit en bande 2,4 GHz en une nouvelle valeur TR5. Plusieurs techniques sont possibles pour effectuer cette traduction : par une formule mathématique représentant une fonction continue, ou à l'aide d'abaques. Si la traduction utilise des abaques, ils peuvent être remplis avec des valeurs de plusieurs façons : en déterminant les valeurs traduites de façon

théorique, ou de façon empirique. Un abaque est aussi une fonction mathématique mais elle n'est pas forcément continue. C'est par exemple une fonction constante par intervalle, c'est-à-dire mettant en correspondance des plages de valeurs de taux d'occupation entre les deux bandes de fréquences.

[0063] Dans le cas d'un abaque théorique, le rapport signal à bruit ou SNR peut être supposé comme étant soit identique soit différent sur les deux bandes de fréquences.

[0064] Lorsque l'hypothèse est faite que le SNR est identique sur les deux bandes de fréquences, le débit physique théorique PhyRate24 en bande 2,4 GHz est obtenu en fonction du SNR mesuré en bande 5 GHz. Plus exactement, le débit utile PhyPL5 en bande 5 GHz est obtenu au moyen d'un premier abaque théorique en 5 GHz, en fonction du SNR. De même, le débit utile PhyRate24 en bande 2,4 GHz est obtenu au moyen d'un second abaque théorique en 2,4 GHz, en fonction du même SNR. Puis la valeur de l'airtime traduit TR5 est obtenue selon la formule suivante :

[0065] TR5 = PhyPL5 * coeff / PhyRate24

[0066] où coeff est un coefficient de correction dépendant de la version Wi-Fi du point d'accès. Par exemple, pour la génération Wi-Fi 6, coeff = 1,3 .

[0067] Lorsque l'hypothèse est faite que le SNR est différent sur les deux bandes de fréquences, la formule pour obtenir l'airtime TR5 reste la même, mais le débit physique théorique PhyRate24 en bande 2,4 GHz est obtenu en fonction du SNR estimé en bande 2,4 GHz. Différentes méthodes d'estimation sont possibles. Par exemple, dans le cas d'un bruit blanc gaussien stationnaire, la théorie des signaux aléatoires stipule que la densité de puissance de bruit est identique à toutes les fréquences. Par conséquent cette densité est proportionnelle à la largeur de bande sur laquelle est calculée la puissance. Avec une largeur de bande en 2,4 GHz faisant la moitié de celle en 5 GHz il suffit de retrancher environ 3 dB du SNR mesuré en 5 GHz.

[0068] Avec un abaque empirique, des mesures d'airtime doivent être réalisées préalablement avec différents types de stations, différents éloignements par rapport au point d'accès (affaiblissements), différents débits utiles, à la fois sur la bande 5 GHz et sur la bande 2,4 GHz. Contrairement aux abaques théoriques, de tels abaques empiriques nécessitent d'effectuer des mesures de test préalablement au déploiement d'un point d'accès Wi-Fi, mais ils sont plus précis. Plus le nombre et la diversité des mesures de test sont grands, plus cette précision est grande.

[0069] Les abaques donnant TR5 en fonction de AT5 sont stockés en mémoire dans le point d'accès, et peuvent être mis à jour à distance selon les besoins, par exemple lors d'un changement de version Wi-Fi du point d'accès, ou pour augmenter la précision des abaques après l'exécution de tests supplémentaires.

[0070] Lors d'une étape **E4**, la somme de l'airtime traduit TR5 et de l'airtime AT24 est comparée à un seuil S1. Cette somme représente la totalité de l'airtime que la bande 2,4 GHz doit pouvoir supporter si le trafic en bande 5 GHz s'ajoute au trafic existant en bande 2,4 GHz. Il faut éviter que cet airtime s'approche de trop près d'un seuil dit de saturation sur la bande 2,4 GHz. Un canal de communication est dit saturé, ou congestionné, lorsque le trafic qu'il supporte devient excessif pour ses capacités et rencontre des ralentissements ou des blocages. La qualité de service, ou QoS, devient alors inacceptable. Le seuil S1 est donc strictement inférieur à ce seuil de saturation afin d'éviter d'atteindre une QoS inacceptable.

[0071] Si $TR5 + AT24 \leq S1$,

[0072] cela signifie qu'il est possible de faire en sorte que le trafic dans la bande 5 GHz bascule dans la bande 2,4 GHz, sans nuire à la QoS. L'étape E4 est alors suivie de l'étape E5. Dans le cas contraire, cela signifie qu'un tel basculement n'est pas possible sans nuire à la QoS, et le procédé revient aux étapes E1 et E2. La fréquence de ce cycle est par exemple de 10 ou 20 secondes, ce qui permet de lisser le calcul de TR5 sur cette même période, et d'obtenir un résultat plus fiable car éliminant des valeurs ponctuelles extrêmes non représentatives.

[0073] Lors d'une étape **E5**, l'alimentation en énergie d'un ou plusieurs composants nécessaires à l'émission-réception dans la bande 5 GHz est réduite (illustré par DWN5 en [Fig.1]). Par exemple, il est particulièrement avantageux d'éteindre complètement la ou les antennes dédiées à la bande 5 GHz, car leur consommation peut dépasser 2 W/h. L'action d'éteindre ces antennes a pour effet de déclencher le basculement sur la bande 2,4 GHz du trafic qui était émis sur la bande 5 GHz, à la fois dans le point d'accès et dans la ou les stations qui y sont connectées. Aussi longtemps que cette situation perdure, l'énergie consommée par les antennes 5 GHz est économisée.

[0074] Cette situation d'économie d'énergie peut durer tant que la bande 2,4 GHz n'est pas saturée ou n'approche pas de la saturation. Afin de vérifier cela, lors d'une étape **E6** , l'airtime AT24, c'est-à-dire le taux d'occupation du trafic sur la seconde bande de fréquences 2,4 GHz est calculé, de façon similaire à l'étape E2.

[0075] Lors d'une étape **E7**, l'airtime AT24 est comparée à un seuil S2. S2 est un seuil proche du seuil de saturation mais inférieur à celui-ci, afin de ne pas l'atteindre.

[0076] Si $AT24 \geq S2$,

[0077] cela signifie que la bande 2,4 GHz est dangereusement proche de la saturation et que les ressources de la bande 5 GHz doivent être rétablies pour parer à une éventuelle augmentation de l'airtime AT24. L'étape E7 est alors suivie de l'étape E8. Dans le cas contraire, cela signifie la situation décrite ci-haut, où l'énergie nécessaire aux composants de la bande 5 GHz est économisée, peut encore se prolonger, et le procédé revient à l'étape E6. La fréquence de ce cycle peut être la même que plus haut, ou être

un peu plus réduite, par exemple de 5 ou 10 secondes, ce qui permet une réactivité à des pics.

[0078] Lors d'une étape **E8**, l'alimentation en énergie d'un ou plusieurs composants nécessaires à l'émission-réception dans la bande 5 GHz est rétablie (illustré par UP5 en [Fig.1]). Par exemple, si la ou les antennes dédiées à la bande 5 GHz étaient éteintes, elles sont alors rallumées. L'action de rallumer ces antennes est accompagnée du basculement sur la bande 5 GHz d'une partie du trafic qui était émis par le point d'accès sur la bande 2,4 GHz, afin de rééquilibrer sa charge sur les deux bandes. Les stations qui y sont connectées se réadaptent et émettent aussi à nouveau sur la bande 5 GHz.

[0079] Le procédé revient alors aux étapes E1 et E2. On comprend que les seuils S1 et S2 doivent être réglés afin de ne pas trop fréquemment alterner entre les deux situations, antennes 5 GHz allumées et éteintes, ce qui nuirait aussi à la QoS, sans réaliser d'économie d'énergie substantielle. Afin d'éviter cet effet appelé effet ping-pong, par exemple pour le mode de réalisation décrit ci-dessus basé sur Wi-Fi 6, une valeur de S1 pourrait être à 15 points sous le seuil de congestion du taux d'occupation du canal radio de la bande de fréquence 2,4 GHz, et une valeur de S2 pourrait être à 5 points sous ce seuil de congestion. L'écart entre S1 et S2 est donc de 10 points de pourcentage dans cet exemple.

[0080] La [Fig.2] présente un exemple de structure d'un dispositif d'économie d'énergie pour un équipement de communication apte à utiliser au moins deux bandes de fréquences radio pour échanger des données avec au moins un terminal, selon un aspect de l'invention.

[0081] Le dispositif 100 met en œuvre le procédé d'économie d'énergie pour un équipement de communication apte à utiliser au moins deux bandes de fréquences radio pour échanger des données avec au moins un terminal, dont différents modes de réalisation viennent d'être décrits.

[0082] Un tel dispositif 100 peut par exemple être mis en œuvre dans un point d'accès Wi-Fi, ou dans une station de base d'un réseau cellulaire.

[0083] Par exemple, le dispositif 100 comprend au moins deux ensembles de composants nécessaires à l'émission-réception dans une bande de fréquences respective, par exemple un premier ensemble Comp5GHz pour la bande 5GHz et un second ensemble Comp24GHz pour la bande 2,4GHz. Chaque ensemble de composants Comp5GHz ou Comp24GHz comprend par exemple une ou plusieurs antennes et un chipset.

[0084] Le dispositif 100 comprend également une unité de traitement 130, équipée par exemple d'un microprocesseur μP, et pilotée par un programme d'ordinateur 110, stocké dans une mémoire 120 et mettant en œuvre le procédé d'économie d'énergie selon l'invention. A l'initialisation, les instructions de code du programme d'ordinateur

110 sont par exemple chargées dans une mémoire RAM, avant d'être exécutées par le processeur de l'unité de traitement 130.

[0085] Une telle mémoire 120 et un tel processeur de l'unité de traitement 130 sont aptes à, et configurés pour :

- une réduction partielle ou totale d'une alimentation en énergie d'au moins un composant du premier ensemble Comp5GHz, en fonction d'une mesure d'une première valeur du taux d'occupation du canal radio de la première bande de fréquence, et d'une mesure d'une seconde valeur du taux d'occupation du canal radio de la seconde bande de fréquence.

[0086] Les entités décrites et comprises dans le dispositif décrit en relation avec la [Fig.2] peuvent être matérielles ou logicielles. La [Fig.2] illustre seulement une manière particulière, parmi plusieurs possibles, de réaliser le procédé détaillé ci-dessus, en relation avec la [Fig.1]. En effet, la technique de l'invention se réalise indifféremment sur une machine de calcul reprogrammable (un ordinateur PC, un processeur DSP ou un microcontrôleur) exécutant un programme comprenant une séquence d'instructions, ou sur une machine de calcul dédiée (par exemple un ensemble de portes logiques comme un FPGA ou un ASIC, ou tout autre module matériel), ou sur un conteneur virtuel ou une machine virtuelle, hébergés dans une machine de calcul reprogrammable ou dans un nuage informatique.

[0087] Dans le cas où l'invention est implantée sur une machine de calcul reprogrammable, le programme correspondant (c'est-à-dire la séquence d'instructions) pourra être stocké dans un médium de stockage amovible (tel que par exemple une clé USB, une disquette, un CD-ROM ou un DVD-ROM) ou non, ce médium de stockage étant lisible partiellement ou totalement par un ordinateur ou un processeur.

[0088] Les exemples de réalisation de l'invention qui viennent d'être présentés ne sont que quelques-uns des modes de réalisation envisageables. Notamment, dans le cas d'un équipement de communication fonctionnant sur une seule bande de fréquences, le procédé peut aussi s'appliquer à des divisions de cette bande, les rôles de première et seconde bandes de fréquences étant joués par des sous-bandes de largeur plus réduite à l'intérieur de cette unique bande de fréquences.

Revendications

[Revendication 1] **Procédé** d'économie d'énergie pour un équipement de communication apte à utiliser au moins deux bandes de fréquences radio pour échanger des données avec au moins un terminal, l'équipement comprenant un premier ensemble de composants (Comp5GHz) nécessaires à l'émission-réception dans une première bande de fréquences et un second ensemble de composants (Comp24GHz) nécessaires à l'émission-réception dans une seconde bande de fréquence, le procédé étant mis en œuvre dans l'équipement et comprenant :
une réduction (E5) partielle ou totale d'une alimentation en énergie d'au moins un composant du premier ensemble,
en fonction
d'une mesure (E1) d'une première valeur représentative du taux d'occupation du canal radio (AT5) de la première bande de fréquence, et
d'une mesure (E2) d'une seconde valeur représentative du taux d'occupation du canal radio (AT24) de la seconde bande de fréquence.

[Revendication 2] **Procédé** d'économie d'énergie selon la revendication 1, comprenant une étape de traduction (E3) de la première valeur (AT5) en une valeur traduite (TR5) dans la seconde bande de fréquences, et où la réduction (E5) est déclenchée (E4) lorsque
la somme de la seconde valeur (AT24) et de la valeur traduite (TR5) est inférieure ou égale à un premier seuil (S1).

[Revendication 3] **Procédé**d'économie d'énergie selon la revendication 2, où la valeur traduite (TR5) est obtenue par une fonction produisant une valeur représentative de taux d'occupation dans la seconde bande de fréquences à partir d'une valeur représentative de taux d'occupation dans la première bande de fréquences.

[Revendication 4] **Procédé**d'économie d'énergie selon la revendication 3, où la fonction utilise une association entre une valeur d'une première pluralité de valeurs dans la première bande et une valeur d'une seconde pluralité de valeurs dans la seconde bande, ces pluralités de valeurs étant mémorisées dans l'équipement de communication.

[Revendication 5] **Procédé** d'économie d'énergie selon la revendication 1, où le premier ensemble de composants comprend au moins un élément parmi :

- une ou plusieurs antennes utilisées pour l'émission et/ou la réception dans la première bande de fréquence,
- un circuit intégré spécialisé dans la gestion de l'émission-réception sur la première bande de fréquences.

[Revendication 6] **Procédé**d'économie d'énergie selon la revendication 2, comprenant en outre un déclenchement (E7) d'un rétablissement (E8) de l'alimentation en énergie du premier ensemble de composants, lorsqu'une mesure (E6) d'une troisième valeur représentative du taux d'occupation du canal radio (AT24) de la seconde bande de fréquence est supérieure ou égale à un second seuil (S2).

[Revendication 7] **Procédé** d'économie d'énergie selon la revendication 6, où le premier seuil (S1) est strictement inférieur au second seuil (S2).

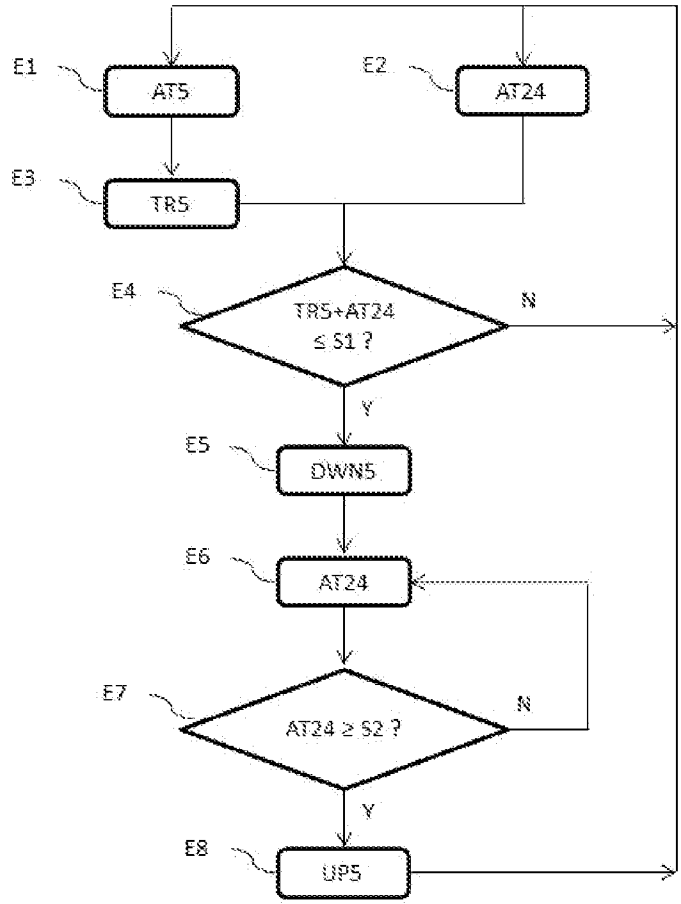
[Revendication 8] **Dispositif**(100) d'économie d'énergie dans un équipement de communication apte à utiliser au moins deux bandes de fréquences radio pour échanger des données avec au moins un terminal, comprenant un premier ensemble de composants (Comp5GHz) nécessaires à l'émission-réception dans une première bande de fréquences et un second ensemble de composants (Comp24GHz) nécessaires à l'émission-réception dans une seconde bande de fréquence, le dispositif comprenant en outre un processeur (130) et une mémoire (120) couplée au processeur avec des instructions destinées à être exécutées par le processeur pour :
une réduction partielle ou totale d'une alimentation en énergie d'au moins un composant du premier ensemble, en fonction d'une mesure d'une première valeur représentative du taux d'occupation du canal radio (AT5) de la première bande de fréquence, et d'une mesure d'une seconde valeur représentative du taux d'occupation du canal radio (AT24) de la seconde bande de fréquence.

[Revendication 9] **Programme d'ordinateur** (110)**,** comprenant des instructions qui, lorsque ces instructions sont exécutées par un processeur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre les étapes du procédé d'économie d'énergie conforme à la revendication 1.

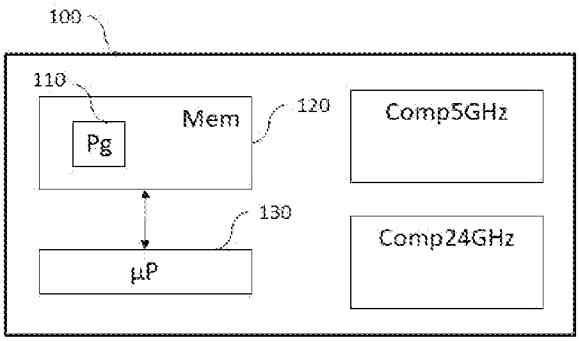
[Revendication 10] **Support d'informations** lisible par un équipement de communication apte à utiliser au moins deux bandes de fréquences

radio, et comportant des instructions d'un programme d'ordinateur (110) conforme à la revendication 9.

[Fig. 1]


E1
AT5
E2
AT24
E3
TR5
E4
TR5+AT24
≤ S1 ?
N
Y
E5
DWN5
E6
AT24
E7
AT24 ≥ S2 ?
N
Y
E8
UP5

[Fig. 2]


100
110
Mem
Pg
120
Comp5GHz
130
µP
Comp24GHz

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2024/079697

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04W 52/02(2009.01)i; ***H04L 5/00***(2006.01)i; ***H04W 72/0453***(2023.01)i; *H04W 74/0808*(2024.01)n; *H04W 84/12*(2009.01)n; *H04W 88/06*(2009.01)n

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)

H04W; H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2016117985 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 28 July 2016 (2016-07-28) figures 3, 12 paragraph [0070] - paragraph [0071] paragraph [0122] - paragraph [0130]	1-10
X	US 2021068182 A1 (HE YANZHAO [CN] ET AL) 04 March 2021 (2021-03-04) figure 8 paragraph [0057] - paragraph [0058] paragraph [0205] - paragraph [0206]	1,8-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
13 January 2025	**23 January 2025**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
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**	**Tavares, José** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/079697

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2016117985 A1	28 July 2016	NONE	
US 2021068182 A1	04 March 2021	CN 110192402 A	30 August 2019
		EP 3709698 A1	16 September 2020
		US 2021068182 A1	04 March 2021
		WO 2019127242 A1	04 July 2019

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2024/079697

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. H04W52/02 H04L5/00 H04W72/0453
ADD. H04W74/0808 H04W84/12 H04W88/06

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)
H04W H04L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 2016/117985 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 28 juillet 2016 (2016-07-28) figures 3, 12 alinéa [0070] - alinéa [0071] alinéa [0122] - alinéa [0130] -----	1-10
X	US 2021/068182 A1 (HE YANZHAO [CN] ET AL) 4 mars 2021 (2021-03-04) figure 8 alinéa [0057] - alinéa [0058] alinéa [0205] - alinéa [0206] -----	1,8-10

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée
"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
"X" document particulièrement pertinent;; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
"Y" document particulièrement pertinent;; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
13 janvier 2025	23/01/2025

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	Tavares, José

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/EP2024/079697

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2016117985 A1	28-07-2016	AUCUN	
US 2021068182 A1	04-03-2021	CN 110192402 A	30-08-2019
		EP 3709698 A1	16-09-2020
		US 2021068182 A1	04-03-2021
		WO 2019127242 A1	04-07-2019