

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 10.03.19.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 11.09.20 Bulletin 20/37.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : SAMAKE GEORGES — FR.

72 Inventeur(s) : SAMAKE GEORGES.

73 Titulaire(s) : SAMAKE GEORGES.

74 Mandataire(s) :

54 Procédés d'utilisation des phases pour réduire les largeurs de bande ou pour transporter des données avec des codecs multimédia n'utilisant que les magnitudes ou amplitudes.

57 Procédés d'utilisation des phases pour réduire les largeurs de bande ou pour transporter des données avec des codecs multimédia n'utilisant que les magnitudes ou amplitudes.

Des codecs multimédia (méthodes de compression), se basant uniquement sur FFT (Fast Fourier Transform) ont été récemment proposés. Ces codecs utilisent les plus grands points (avant plan) et les bandes les plus énergétiques (arrière plan). Des versions de qualité moyenne se basent uniquement sur les plus grands pics locaux.

Les phases peuvent être ignorées avec les plus grands pics locaux ou dans l'arrière plan. On peut aussi utiliser les amplitudes des sinus et des cosinus, les phases étant recalculées à partir de ces amplitudes.

Cette invention décrit des procédés visant à donner une utilité aux phases réintroduites, notamment:

- Les pics locaux sont regroupés de manière à avoir une largeur de bande très étroite, les phases contenant les déplacements de ces pics.

- On transporte des données dans les phases, entre deux trames multimédia ou dans l'arrière plan.

- On laisse les points à leur place et on stocke des données dans les phases.

- On transporte les points de l'avant plan dans les phases de l'arrière plan.

Les transmissions sont effectuées dans le domaine temporel après inverse FFT.

Les communications à haut débit sont supportées en utilisant des techniques similaires à OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing).

Ces procédés sont destinés à être utilisés notamment avec les objets connectés, dans les couches physiques des réseaux informatiques et dans les technologies de chaîne de blocs (blockchain).



Description

Titre de l'invention : Procédés d'utilisation des phases pour réduire les largeurs de bande ou pour transporter des données avec des codecs multimédia n'utilisant que les magnitudes ou amplitudes.

- [0001] Des codecs multimédia (méthodes de compression audio, image et vidéo), se basant uniquement sur FFT (Fast Fourier Transform) ont été récemment proposés. Ces codecs utilisent les plus grands points (avant plan) et les bandes les plus énergétiques (arrière plan). Des versions de qualité moyenne se basent uniquement sur les plus grands pics locaux.
- [0002] Les phases peuvent être ignorées avec les plus grands pics locaux ou dans l'arrière plan. On peut aussi utiliser les amplitudes des sinus et les amplitudes des cosinus. Dans ce cas, les phases ne sont pas directement prises en compte mais peuvent être recalculées à partir de ces amplitudes.
- [0003] Cette invention décrit des procédés et méthodes visant à donner une utilité aux phases réintroduites, notamment:
- Les pics locaux sont regroupés de manière à avoir une largeur de bande très étroite, les phases associées aux pics locaux contenant les déplacements de ces pics. Autrement dit, si les phases ne sont pas directement utilisées, on les ajoute, les pics locaux sont regroupés de manière à avoir une largeur de bande très étroite, les phases associées aux pics locaux contenant les déplacements de ces pics.
 - On transporte des données dans les phases, entre deux trames multimédia ou dans l'arrière plan.
 - On laisse les points à leur place et on stocke des données dans les phases.
 - On transporte les points de l'avant plan dans les phases de l'arrière plan.
- Les transmissions sont effectuées dans le domaine temporel après inverse FFT.
- Les communications à haut débit sont supportées en utilisant des techniques similaires à OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) ou à F-OFDM (Filtered-OFDM).
- [0004] Ces procédés et méthodes, à bas débit, à basse consommation, à faible rayonnement et supportant le haut-débit, sont destinés à être utilisés notamment avec les objets connectés, dans le stockage des données, dans les couches physiques des réseaux informatiques et dans les technologies de chaîne de blocs (blockchain).
- [0005] De nos jours, les informations sont transportées ou stockées sous forme analogique ou numérique. Le numérique est apparu plus récemment avec l'informatique et a tendance à remplacer l'analogique dans le transport et le stockage. Les données des codecs multimédia, qui fonctionnent par blocs, sont transportées et stockées sous

forme numérique.

- [0006] Même si les porteuses et les supports physiques de communication sont restés analogiques, les modulations sous-adjacentes sont numériques, sans aucun lien avec les blocs liés aux codecs. Si les enveloppes contenant les codecs peuvent transporter des données, les codecs eux-mêmes ne les transportent pas.
- [0007] Cette invention propose entre autres choses une alternative utilisant des modulations analogiques ou numériques pour transporter et stocker les données des codecs multimédia et les données en général, afin de communiquer en utilisant des bandes passantes ultra-étroites et d'augmenter les capacités de stockage. Les blocs liés aux codecs sont pris en compte pour un maximum d'efficacité. Les phases qui ont été ignorées dans certains cas pour améliorer l'efficacité de la compression ont été réintroduites pour jouer un autre rôle très important.
- [0008] Cette invention présente des procédés de traitements additionnels appliqués aux codecs multimédia, méthodes de compression audio, image et vidéo, basés uniquement sur FFT, Fast Fourier Transform, utilisant les plus grands points, l'avant plan, et les bandes les plus énergétiques, l'arrière plan, pouvant n'utiliser qu'un champ de pics locaux, et ignorant les phases dans l'arrière plan, caractérisés en ce qu'on ajoute des phases et qu'on les utilise pour transporter des données ou les valeurs des déplacements des points ou des pics locaux.
- [0009] Cette invention repose sur trois brevets Français et sur une demande de brevet Français.
- [0010] Le premier brevet a pour date de dépôt le 03 Août 2006, numéro de dépôt: FR0607091, numéro de publication: FR2891100.
- [0011] Pour compresser les trames audio, voix et musique, on utilise FFT, les plus grands points (avant plan) et les bandes les plus énergétiques (arrière plan).
- [0012] On peut utiliser un champ de pics locaux uniquement. Dans le cas général, il y a un recouvrement des trames de 50% ou moins.
- [0013] Les phases des points de l'avant plan sont prises en compte dans le cas général. Pour la voix basse qualité, on peut utiliser les pics locaux sans phase et sans recouvrement des trames.
- [0014] Les bandes de l'arrière plan sont codées avec une précision moindre que les points de l'avant plan. On peut se contenter d'un bit de signe pour les phases, ou même ne pas tenir compte du tout des phases. Si on prend assez de points dans l'avant plan, l'arrière plan ressemble à un bruit blanc de faible amplitude.
- [0015] Pour encoder les phases, on choisit une précision, par exemple quatre bits par phase (les phases seront comprises entre 0 et 15 en appliquant une simple règle de trois), six bits par phase (les phases seront comprises entre 0 et 63), huit bits par phase (les phases seront comprises entre 0 et 255).

- [0016] A noter qu'on peut utiliser ces trames compressées comme de simples signatures vers des trames plus riches, donc de plus grande qualité.
- [0017] Le second brevet a pour date de dépôt le 21 Juin 2012, numéro de dépôt: FR1201759, numéro de publication: FR2992458.
- [0018] Les méthodes de compression de ce brevet permettent de compresser plus les trames audio en profitant des redondances successives et non successives. Pour les redondances successives, on n'émet pas de trame, le récepteur répète la dernière trame reçue jusqu'à épuisement d'un crédit de répétitions ou jusqu'à ce qu'il reçoive une nouvelle trame. Pour les redondances non successives, l'émetteur envoie seulement le numéro d'une trame similaire située en arrière.
- [0019] A noter que ces méthodes de compression permettent d'avoir des temps de latence très bas tout en ayant des taux de compression moyens très élevés.
- [0020] A noter aussi que pour les images et la vidéo, dans l'espace k, plus on s'éloigne du centre, plus les lignes ont tendance à être redondantes. Ces méthodes de compression peuvent encore être appliquées pour les magnitudes.
- [0021] Puisqu'on n'émet pas les trames similaires consécutives, au niveau des protocoles d'émission, on peut ne rien moduler (silences complets) et diminuer non seulement les émissions, mais aussi les radiations électromagnétiques si celles-ci sont utilisées.
- [0022] Le troisième brevet a pour date de dépôt le 04 Mars 2014, numéro de dépôt: FR1400535, numéro de publication: FR3018385.
- [0023] Les méthodes de compression de ce brevet permettent de compresser plus les trames audio en utilisant un codebook global, le même codebook étant utilisé côté émetteur et côté récepteur.
- [0024] Deux bases de données sont générées avec des vecteurs des positions (fréquences) et des vecteurs des magnitudes, à l'aide d'un algorithme de partitionnement.
- [0025] On n'utilise que les plus grands pics locaux et on ne tient pas compte des phases. Une trame quelconque est représentée par deux numéros pointant sur le vecteur des positions le plus proche et le vecteur des magnitudes le plus proche.
- [0026] On peut générer les bases avec des vecteurs de 16 à 32 éléments, et faire une recherche avec seulement les premiers éléments, par exemple les quatre à huit premiers éléments.
- [0027] A noter que le codebook peut être utilisé uniquement côté récepteur (codebook unilatéral). L'émetteur envoie un vecteur des magnitudes et un vecteur des positions, ou seulement des vecteurs réduits. Le récepteur trouve les bons codes puis les bons vecteurs. Avec la version unilatérale, le récepteur peut à tout moment modifier son codebook tout en étant compatible avec l'émetteur.
- [0028] Si on prend un nombre de premiers éléments permettant de générer un codebook de taille raisonnable et permettant d'avoir toutes les possibilités (par exemple avec les

quatre premiers éléments, les positions relatives sur quatre bits, il y a 65536 combinaisons possibles), on peut avoir un accès direct à des vecteurs plus riches (par exemple aux vecteurs des positions). En établissant une correspondance avec des codes, des symboles ou des mots, on peut augmenter significativement les taux de transmission des données pures.

- [0029] A noter aussi qu'on peut utiliser ces codes ou ces vecteurs comme de simples signatures vers des trames plus riches, donc de plus grande qualité, ou même vers les trames d'origine ayant servi à générer les bases de données.
- [0030] La demande de brevet a été déposée le 29 Mars 2016, numéro de dépôt: FR1600516, numéro de publication: FR3049799.
- [0031] Il concerne la compression des images et des vidéos notamment médicales (la radiographie conventionnelle, la tomodensitométrie ou scanner X, l'imagerie par résonance magnétique ou IRM, ..), ligne par ligne, à l'aide de FFT et des deux plans cités plus haut. Les algorithmes sont encore applicables mais les phases ne sont plus secondaires comme en audio. Les phases contiennent par exemple les détails (images) ou les déplacements rigides (vidéo). On peut aussi compresser des espaces k (k-space en Anglais) de dimension supérieure à 2 (3D, 4D, ...) : ces méthodes de compression sont unidimensionnelles (1D), mais peuvent être appliquées aux lignes de l'espace k avec des dimensions supérieures à deux.
- [0032] Ces méthodes de compression étant unidimensionnelles, pour diminuer les calculs, elles peuvent être appliquées aux lignes ou aux colonnes d'un espace intermédiaire obtenu en appliquant un FFT sur une dimension, par exemple sur chaque ligne. En 2D par exemple, le second FFT à appliquer à chaque colonne pour avoir les composantes de l'espace k n'est pas appliqué.
- [0033] La plupart des signes vitaux sont des signaux quasi-stationnaires, constitués principalement de pics locaux dans le domaine des fréquences (pulsations cardiaques, pulmonaires, ...). Les signes vitaux peuvent être compressés par nos codecs et peuvent bénéficier des méthodes de compression décrites dans ce document.
- [0034] On peut citer comme signes vitaux: l'ElectroCardioGramme (ECG), l'ElectroMyoGramme (EMG), la Pression Sanguine Artérielle (Arterial Blood Pressure ou ABP en Anglais), le PhotoPléthysmoGramme (PPG). L'ElectroEncéphaloGramme (EEG) est plus complexe et doit être pris en compte par les plus grands points et les bandes les plus énergétiques.
- [0035] Afin de pouvoir mémoriser les déplacements dans les phases associées, si les phases (au sens FFT) sont déjà utilisées, après la sélection des points ou des pics locaux, on utilise les amplitudes des sinus et les amplitudes des cosinus. Les amplitudes se comportent comme des magnitudes avec signe. La connaissance des deux amplitudes permet de déterminer la phase.

- [0036] Les variations des deux amplitudes dans les mêmes proportions n'ont pas d'influence sur les phases. Les magnitudes et les amplitudes peuvent subir de grandes variations (logarithmiques) sans conséquences notables sur la qualité.
- [0037] Les modulations analogiques aussi bien que numériques sont concernées. Si elles sont applicables, avec nos procédés et méthodes, les modulations analogiques permettent d'avoir les meilleures performances du point de vue de la consommation et du débit d'informations à transmettre.
- [0038] Afin de bien comprendre notre démarche et notre travail, nous allons commencer par rappeler brièvement quelques généralités utiles pour la suite. La plupart des informations générales de ce document sont tirées de l'encyclopédie en ligne Wikipédia.
- [0039] Un modem est un appareil qui transforme un signal numérique (suite de bits) en un signal analogique possédant des propriétés facilitant sa transmission sur un canal donné. La transmission s'effectue en général par modulation d'une porteuse sinusoïdale, dont on modifie l'amplitude, la phase ou la fréquence, au rythme du signal à envoyer. De l'autre côté de la chaîne de transmission, le modem récepteur détecte les modifications apportées à la porteuse, et en déduit le signal modulant.
- [0040] Dans le cas où le signal à transmettre est lui-même analogique, on parle de modulation d'amplitude, de fréquence ou de phase; s'il est numérique, on parle plutôt de modulation par commutation ou saut d'amplitude, de fréquence ou de phase car les modifications d'amplitude, de fréquence ou de phase sont brutales et discrètes.
- [0041] Un signal analogique est un signal continu qui peut prendre une infinité de valeurs, alors que le signal numérique est un signal discret (discontinu), qui se résume en une succession de "0" et de "1".
- [0042] Modulations Analogiques:
- AM (Amplitude Modulation), modulation d'amplitude.
 - FM (Frequency Modulation), modulation de fréquence.
 - PM (Phase Modulation), modulation de phase.
- [0043] De nombreux schémas complexes combinant des modulations analogiques ont été développés pour des besoins précis. Ainsi la modulation analogique de deux porteuses en
- [0044] quadrature est utilisée pour la transmission des composantes de couleur sur la sous-porteuse du système PAL, ou la modulation simultanée en phase et amplitude dans le système NTSC.
- [0045] L'indice de modulation d'amplitude est la mesure de la variation d'amplitude par rapport à l'amplitude de la porteuse non modulée. L'indice de modulation d'amplitude est normalement compris entre 0 et 1 (entre 0 % et 100 %) pour éviter la surmodulation. Les systèmes de transmission incorporent en général un circuit limiteur permettant d'éviter un tel dépassement.

- [0046] Modulations Numériques:
- ASK (Amplitude-Shift Keying), modulation par commutation d'amplitude.
 - FSK (Frequency-Shift Keying), modulation par commutation de fréquence.
 - PSK (Phase-Shift Keying), modulation par commutation de phase.
- [0047] Les formes de PSK les plus utilisées sont la BPSK (ou 2-PSK : deux valeurs de phase possibles), la QPSK (ou 4-PSK : quatre valeurs de phase possibles) et la DPSK (ou différential-PSK : l'information est contenue non pas dans une valeur absolue de phase, mais dans le déphasage entre deux signaux successifs).
- [0048] En modulation numérique, les paramètres de la porteuse, amplitude ou angle (argument), sont commutés entre plusieurs valeurs discrètes selon les codes binaires à transmettre.
- [0049] En APK (Amplitude-Phase Keying, ou QAM, Quadrature Amplitude Modulation), la phase et l'amplitude prennent différentes valeurs discrètes.
- [0050] L'AFSK (ou Audio FSK) est une variante de la FSK dans laquelle la porteuse est un signal audible, donc de fréquence inférieure à quelques kilohertz. De cette façon, le signal modulé peut être transmis par une installation conçue pour véhiculer la voix ou de la musique, par exemple une liaison téléphone ou radio. Dans ce dernier cas, le signal est modulé une deuxième fois lors de la transmission.
- [0051] C'est l'une des techniques utilisées en communication acoustique subaquatique et aussi un type de modulation utilisé par les radioamateurs pour le 'packet radio' et l'APRS (Automatic Packet Reporting System).
- [0052] Bien qu'en perte de vitesse, les modulations analogiques (modulation d'amplitude, modulation de fréquence ou modulation de phase) peuvent être utilisées avantageusement par nos procédés et méthodes. Nous donnons ici quelques détails supplémentaires utiles sur ces modulations pour la compréhension rapide du document.
- [0053] En modulation analogique, la modulation est appliquée à la porteuse ou aux sous-porteuses proportionnellement au signal à transmettre, en modifiant l'amplitude ou l'argument de l'onde sinusoïdale. Il existe plusieurs variantes dont la modulation d'amplitude à deux bandes latérales, et la modulation d'amplitude à bande latérale unique. La modulation d'amplitude à deux bandes latérales est issue directement de la multiplication de l'onde porteuse par le signal. Elle est utilisée en radiodiffusion (GO, PO et OC).
- [0054] La modulation de fréquence est un mode de modulation consistant à transmettre un signal par la modulation de la fréquence d'un signal porteur (porteuse). La modulation de fréquence (FM) permet de restituer la composante continue du signal, elle est utilisée en radiodiffusion haute fidélité (bande "FM"), en diffusion de télévision par satellite, et en transmission analogique d'images (radio facsimilé, Slow Scan Television ou SSTV).

- [0055] La modulation de phase (PM) est utilisée en radiotéléphonie VHF et UHF. Une modulation de phase précédée d'un filtrage étant équivalente à une modulation de fréquence, c'est aussi une autre façon de moduler en fréquence en radiotéléphonie.
- [0056] Les versions analogiques de la modulation QAM (Quadrature Amplitude Modulation) sont typiquement utilisées pour permettre de moduler deux signaux analogiques sur une seule porteuse. Par exemple, il est utilisé dans les systèmes PAL et NTSC de télévision, où les différents canaux fournis par QAM lui permettent de transporter les composantes de chrominance (couleur). Dans les applications de radio un système connu sous le nom C-QUAM (Compatible QUadrature Amplitude Modulation) est utilisé pour la radio AM stéréo.
- [0057] En numérique, la modulation QAM (Quadrature Amplitude Modulation) ou modulation d'amplitude en quadrature de phase est une technique qui emploie une combinaison de modulation (par commutation) de phase et d'amplitude. Elle est largement employée par les modems pour leur permettre d'offrir des débits binaires élevés.
- [0058] Dans une constellation QAM, l'éloignement du point par rapport à l'origine indique l'amplitude, son angle indique le décalage de phase. Chacun des canaux définis par le multiplexage DMT (Digital Multi Tone) en ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) est modulé en QAM sur 15 bits au maximum. 32768 combinaisons d'amplitudes et de décalages de phase sont donc utilisées.
- [0059] La modulation par impulsion codée (MIC) ou PCM (Pulse Code Modulation en Anglais) exige une taille de pas (qui peut ne pas être linéaire sur toute la gamme) et l'encode comme une valeur numérique (qui aura un certain nombre de bits par échantillon); ceci introduira toujours un bruit de quantification.
- [0060] Le PCM est une représentation numérique d'un signal électrique résultant d'un processus de numérisation. Le signal est d'abord échantillonné, puis chaque échantillon est quantifié indépendamment des autres échantillons, et chacune des valeurs quantifiées est convertie en un code numérique. Le traitement indépendant de chaque échantillon implique qu'il n'y a ni chiffrement, ni compression de données.
- [0061] En audio, nos procédés et méthodes reçoivent en entrée des données PCM.
- [0062] Le codage PAM (Pulse Amplitude Modulation) utilise l'amplitude physique de l'échantillon comme modulation finale. Il s'agit d'une technique de modulation analogique (l'amplitude utilisée pour la modulation est la valeur réelle échantillonnée, et non l'approximation la plus proche utilisée dans PCM, bien qu'elle puisse être bornée).
- [0063] Le nombre d'amplitudes d'impulsions possibles dans le PAM analogique est théoriquement infini. Le PAM numérique réduit le nombre d'amplitudes d'impulsions à une puissance de deux.
- [0064] Certaines versions de la norme de communication Ethernet sont un exemple

d'utilisation de PAM (100BASE-T, 100BASE-T4, ...). La modulation d'impulsions en amplitude a également été développée pour le contrôle des diodes électroluminescentes (LED), en particulier pour les applications d'éclairage. Le codage PAM est une technique qui est aussi utilisée en PCM.

- [0065] Les principaux canaux de transmission sont: les canaux hertziens, les canaux filaires et les canaux optiques.
- [0066] Nos procédés et méthodes sont très généraux et s'appliquent à tous ces canaux de communications. Ils peuvent s'appliquer aussi aux communications sous-marines. Ils peuvent utiliser un réseau dédié ou un réseau existant. Ils peuvent même utiliser un ou plusieurs canaux d'un réseau existant. Nous donnons aussi quelques généralités pour mieux comprendre notre démarche.
- [0067] Le réseau téléphonique classique ou RTC (Réseau Téléphonique Commuté) utilise une paire de fils de cuivre.
- [0068] Une trame MIC (Modulation par Impulsions Codées) est une trame à 2,048 Mbits/s comportant 32 intervalles de temps (IT) dont 30 sont destinés aux usagers (les IT 0 et 16 sont réservés au service). Chaque intervalle de temps IT reçoit l'équivalent d'un échantillon
- [0069] de son numérisé, soit 8 bits. La trame entière peut donc comporter 256 bits. La trame MIC a été développée pour la commutation temporelle de voies téléphoniques numérisées. Elle permet de multiplexer, sur une même paire, 30 voies téléphoniques numérisées.
- [0070] Par la suite, les 30 voies numériques de la trame MIC ont été utilisées pour transmettre toutes sortes de données numériques (FAX, données en X25, vidéo, ...). La trame MIC permet la transmission de 30 voies numériques, la signalisation pour les 30 voies et la synchronisation de l'ensemble des informations.
- [0071] La bande passante nécessaire pour transmettre la voix humaine pour qu'elle puisse être correctement comprise est: 300 - 3400 Hz. L'échantillonnage est, après le filtrage, une opération effectuée sur le signal à transmettre en vue de réaliser la conversion Analogique / Numérique. Il consiste à substituer, au signal d'origine, une suite de valeurs instantanées prélevées sur le signal et régulièrement espacées dans le temps. A des instants précis, régulièrement espacés, on prélève un échantillon du signal, qui sera représentatif de l'amplitude de celui-ci. A la réception, pour retrouver le signal original, on filtre les échantillons par un filtre "passe-bas" à 4000 Hz.
- [0072] Le théorème de Shannon montre qu'on ne peut pas reconstituer correctement le signal origine si la fréquence d'échantillonnage n'est pas supérieure à 2 fois la fréquence supérieure du signal à transmettre. Pour la trame MIC la fréquence d'échantillonnage est de 8000 Hz.

Débit d'une voix, quantifiée sur 8 bits, soit 256 niveaux: $8000 \times 8 = 64$ Kbps

Durée des trames: $1000000/8000 = 125$ micro-secondes.

- [0073] Quasiment tous les réseaux métropolitains, régionaux, longue distance et sous-marins sont aujourd'hui basés sur de la fibre, ce qui signifie qu'ils peuvent déjà évoluer pour répondre à la croissance vorace des interconnexions de Data Centers en profitant des technologies de transmission optique les plus récentes.
- [0074] La fibre optique est devenue le principal support de transmission haut débit. Les techniques de modulation consistent à transposer des signaux électriques en signaux optiques. Toutefois deux grandes techniques sont possibles: modulation directe et modulation externe. Le premier est simple mais inadapté au débit hautement élevé et pour de longues distances de transmission. Alors le modulateur externe est la solution à cette contrainte.
- [0075] La modulation par commutation d'amplitude s'applique en faisant varier l'amplitude du signal en fonction des bits à coder. La modulation d'amplitude analogique est applicable. A noter que la modulation d'amplitude est la seule utilisable sur fibre optique, car les équipements utilisés actuellement ne sont pas en mesure d'appliquer une autre modulation sur les ondes lumineuses. Par contre, cette modulation est peu employée sur d'autres supports, car elle provoque une détérioration du rapport signal sur bruit.
- [0076] Modulation directe: le principe de la modulation directe est trivial: en modulation numérique, pour transmettre un "1", on allume la diode laser et pour un "0" on l'éteint. Ce type modulation est utilisé que pour des débits inférieurs à 5 Gb/s environ, au-delà, il n'est plus possible de moduler directement la diode laser, on est contraint d'utiliser un modulateur externe.
- [0077] Modulation externe: pour des débits supérieurs à 5 Gb/s environ, la modulation directe du laser n'est plus possible. La diode laser fonctionne en mode continu et on utilise un dispositif externe placé devant qui permet d'interrompre ou laisser passer la lumière selon que l'on veuille transmettre un "1" ou un "0" (en modulation numérique).
- [0078] Les procédés et méthodes de ce document peuvent être utilisés avec les diodes laser en mode continu ou non, en modulation directe ou externe, en modulation numérique ou analogique. Dans le cas d'un fonctionnement en mode continu avec un dispositif externe, on peut envisager l'utilisation d'une modulation analogique.
- [0079] La modulation d'amplitude se retrouve avec les ampoules LED (Light-Emitting Diode), qui permettent de transmettre les informations avec des débits très élevés.
- [0080] Une diode électroluminescente, abrégée sous les sigles DEL ou LED en Anglais, est un composant optoélectronique capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique.
- [0081] Les ampoules LED commencent à remplacer les ampoules traditionnelles: bien moins gourmandes en énergie, moins chauffantes et plus colorées, elles ont pas mal d'avantages. Le principal ennui avec une lampe à incandescence, c'est que la majeure

partie de l'énergie est perdue en chaleur. Avec les LED, c'est différent. Le rayonnement émis n'est plus produit par la température mais par le matériau lui-même.

- [0082] Le Li-Fi ou Light Fidelity est une technologie de communication sans fil basée sur l'utilisation de la lumière de longueur d'onde comprise entre 480 nm - soit 670 THz - (bleue) et 650 nm - soit 460 THz - (rouge). Alors que le Wi-Fi utilise une partie radio du spectre électromagnétique hors du spectre visible, le Li-Fi utilise la partie visible (optique) du spectre électromagnétique. Le principe du Li-Fi repose sur le codage et l'envoi de données via la modulation d'amplitude des sources de lumière (scintillation imperceptible à l'œil), selon un protocole bien défini et standardisé.
- [0083] Le Li-Fi se différencie de la communication par laser, par fibre optique et de l'IrDa (infrarouge) par ses couches protocolaires. Les couches protocolaires du Li-Fi sont adaptées à des communications sans fil jusqu'à une dizaine de mètres, soit légèrement plus que le Bluetooth basse puissance, et moins que le Bluetooth haute puissance ou le Wi-Fi.
- [0084] Le Li-Fi solaire va utiliser une cellule solaire à la place de la photodiode utilisée classiquement dans la technologie Li-Fi. Cette technologie tirera parti de la grande disponibilité des cellules solaires dans les produits IoT, par exemple les voitures et les lampadaires. Un nouvel appareil de communication sans fil innovant qui utilise les cellules solaires non seulement pour s'auto-alimenter, mais aussi comme récepteur des données transmises par la lumière, pourrait annoncer une révolution dans la quête d'accès à Internet dans les régions reculées.
- [0085] L'inconvénient majeur du Li-Fi à l'heure actuelle est qu'il est unidirectionnel: s'il peut envoyer des informations vers un utilisateur, il ne peut pas en recevoir, contrairement au Wifi.
- [0086] Nos procédés et méthodes sont compatibles avec les transmissions par Li-Fi ou par Li-Fi solaire.
- [0087] Bien entendu, les données des codecs de ce document peuvent être transportées ou stockées avec des procédés et méthodes généraux existants.
- [0088] L'objectif est de pouvoir transporter ou stocker les données de ces codecs autrement, avec ou sans données supplémentaires, en utilisant les infrastructures existantes ou en créant de nouvelles infrastructures. Pour le transport, ces procédés sont optimisés pour l'Internet des Objets (IoT ou Internet of Things), en ciblant les longues distances de transmission.
- [0089] Dans le domaine de l'IoT, à l'heure actuelle, on peut citer deux types de réseau: le réseau Sigfox et le réseau LoRaWAN. Ces deux réseaux sont appelés aussi des réseaux LPWAN (Low Power Wide Area Network).
- [0090] Les réseaux UNB (Ultra Narrow Bandwidth) utilisent des bandes passantes très étroites (généralement inférieures à 1kHz) pour atteindre de très longues distances en

communication (par exemple 5 km en ville et plus de 25 km en campagne). En utilisant de très bas débits, très peu de consommation est nécessaire pour transmettre sur de longues distances.

- [0091] Sigfox est un exemple de réseau UNB. Le protocole permet aux équipements de n'envoyer que 140 messages par jour. Cette technologie a une très longue portée (plus de 40 Km) et la consommation d'une puce est 1000 fois plus faible que celle d'une puce GSM. Les objets Sigfox ont donc des durées de vie pouvant dépasser 10 années d'autonomie.
- [0092] Par contre le défaut c'est qu'il a peu de débit, il permet de faire passer quelques kilo-octets. Précisément un objet muni d'une puce Sigfox peut émettre 140 messages chacun de 12 octets par jour. Lors des communications, en émission le taux de bits est de 100 bps en Europe et de 600 bps aux Etats-Unis. En réception, le taux de bits est de 600 bps.
- [0093] Le protocole LoRaWAN est un protocole de communication pour l'internet des objets qui utilise une technique de modulation par étalement de spectre de type CSS (Chirp Spread Spectrum) propriétaire appelée LoRa. Ce protocole se veut simple, peu coûteux à implémenter et économe en énergie plutôt que permettant des débits élevés.
- [0094] La cible de LoRaWAN est clairement les communications longues portées à bas coût et basse consommation.
- [0095] Avec les procédés de ce document, l'utilisation des phases permet d'avoir des bandes passantes très étroites. L'utilisation des modulations analogiques ou numériques bloc par bloc (prenant en compte toute une trame) permet d'avoir de très faibles débits en communication, donc permet d'avoir de très basses consommations. Nous décrivons ci-dessous les procédés utilisés pour réduire les largeurs de bande et les bandes passantes, et réduire les consommations.
- [0096] - Pics locaux sans phase:
On rapproche les pics locaux retenus de manière à avoir des points contigus. Le déplacement de chaque pic local est mémorisé dans la phase associée. On obtient un certain nombre de couples de valeurs (magnitudes, phases) qu'on transforme en amplitudes des sinus et en amplitudes des cosinus. Dans le but de réduire les largeurs de bande, on synthétise un nouveau signal, de basse fréquence, du domaine temporel en utilisant un inverse FFT. Ce signal, de basse fréquence et de largeur de bande réduite peut être envoyé de plusieurs manières, par exemple:
 - 1) Directement, après une conversion DAC (Digital to Analog Converter).
 - 2) Après une conversion DAC et avec une modulation analogique.
 - 3) Avec une modulation numérique.
- [0097] On choisit une fréquence d'échantillonnage et un nombre de bits par échantillon adapté.

Par exemple, si on choisit entre 12 et 16 pics locaux pour une trame complète, on aura entre 24 et 32 valeurs à retrouver. Si on transmet 32 trames par seconde, en analogique, on émet uniquement 32 trames par seconde. Si on transmet 32 trames par seconde, en numérique, on peut émettre entre $32 \times 24 = 768$ échantillons et $32 \times 32 = 1024$ échantillons par seconde. On peut choisir entre 8 et 16 bits par échantillon.

A la réception, on effectue les opérations inverses: ADC (Analog to Digital Converter) si on a utilisé un DAC, FFT, récupération des amplitudes, puis récupération des magnitudes et des phases, enfin positionnement des pics locaux à leur place.

[0098] - Points avec phases, pics locaux avec phases:

Dans le but de tenir compte des phases réelles au sens FFT des points et des pics locaux, on transforme les magnitudes et les phases en amplitudes des sinus et en amplitudes des cosinus; ces amplitudes, qui vont servir à retrouver les phases, peuvent être considérées comme des magnitudes avec signe et servent à générer deux signaux de basse fréquence séparés, chaque signal pouvant être considéré comme un signal sans phase. On applique à chaque signal le procédé précédent.

Si les supports de communication le permettent, on peut utiliser une modulation QAM analogique pour transmettre les deux signaux en même temps.

[0099] - Bandes de l'arrière plan:

Avec les bandes de l'arrière plan, avec ou sans le signe de la phase, il y a un seul signal de basse fréquence à générer par bande; il n'y a pas de déplacements des points même s'il y a quelques points nuls dus notamment à l'absence des points de l'avant plan; on transporte directement les données dans les phases associées aux points. On émet les bandes les unes après les autres, après inverse FFT.

[0100] Pour ne pas diminuer les capacités de transmission des données, les points nuls de l'arrière plan peuvent être remplacés par des points de magnitude quelconque, notamment aléatoire, mais inférieure à la plus petite des magnitudes des points de l'avant plan. Lors de la décompression, ces points peuvent être reconnus et ignorés pour le média car ils correspondent à des points non nuls de l'avant plan. Sauf dans certains cas particuliers, cette approche n'est pas à utiliser avec les techniques proches d'OFDM ou de F-OFDM (voir plus loin dans ce document).

[0101] Nous décrivons ci-dessous le principe de la réduction de la consommation.

L'énergie électrique nécessaire pour fournir une impulsion est égale à l'énergie de l'impulsion divisée par la longueur de l'impulsion.

En rallongeant les durées d'émission, on diminue les puissances électriques nécessaires.

Ceci est possible avec les émissions des trames à basse fréquence. Les modulations analogiques, si elles sont utilisables, permettent d'avoir les meilleures performances.

[0102] Il existe deux grands types de modulation en LPWAN:

- La modulation avec une bande ultra-étroite qui consiste à transmettre les signaux dans une bande de fréquences la plus étroite possible (réseau Sigfox par exemple).
- La modulation avec un étalement de spectre qui consiste à étaler le spectre sur une large bande de fréquences avec une puissance d'émission très faible (réseau LoRaWAN par exemple).

- [0103] L'étalement de spectre par saut de fréquence parfois appelé "étalement de spectre par évocation de fréquence" (FHSS ou Frequency-Hopping Spread Spectrum en anglais) est une technique de transmission des signaux par ondes radio qui utilise alternativement plusieurs canaux (sous-porteuses) répartis dans une bande de fréquence selon une séquence pseudo-aléatoire connue de l'émetteur et du récepteur.
- [0104] L'étalement de spectre à séquence directe, (DSSS ou Direct-Sequence Spread Spectrum en Anglais) est une technique utilisée dans les communications par satellite, les réseaux sans fil et plus précisément la version du Wi-Fi définie par la norme IEEE 802.11b.
- [0105] Le but du DSSS est, d'une part, de rendre les signaux occupant une bande de fréquence, comme un signal de parole, plus résistants aux brouillages et aux interférences rencontrés lors de la transmission, d'autre part de permettre à plusieurs équipements de partager la même fréquence porteuse (accès multiple par répartition par code).
- [0106] Les procédés de ce document sont compatibles avec l'étalement de spectre par saut de fréquence, en faisant varier la fréquence de départ du signal basse fréquence, et l'étalement de spectre à séquence directe, en utilisant les bandes de l'arrière plan en simultané, avec des espacements possibles entre les bandes.
- [0107] Nos procédés sont conçus pour les données multimédia ou les données des signes vitaux. Même si nos procédés peuvent se contenter d'une petite largeur de bande, avec ces types de données, les débits en trames par jour sont beaucoup plus importants que ceux des réseaux comme Sigfox.
- [0108] Par exemple, il est possible de passer de 8000 échantillons par seconde à 32 trames par seconde en modulation analogique et 768 échantillons par seconde en modulation numérique, sur une paire de fils de cuivre. En simple transfert d'informations ou de messages multimédia, on peut enchaîner les transmissions des trames au mieux.
- [0109] Nos procédés peuvent concerner les données des capteurs et permettre des débits semblables aux débits des réseaux comme Sigfox. Il faut fournir un relevé régulier des données ou faire des interpolations pour avoir des données régulièrement espacées. On applique alors les méthodes de compression de ce document (FFT, avant plan et arrière plan), puis on stocke les données de service dans les phases de l'arrière plan avant les transmissions. Par exemple, si on a des données de capteur toutes les deux, cinq ou dix secondes, au bout de dix minutes, on aura des tampons FFT de 300, 120 ou 60 points.

- [0110] Il est possible de réserver l'arrière plan entier (magnitudes et phases) pour le transport des données pures et l'avant plan pour le transport des données multimédia. De même, entre deux trames multimédia, on peut utiliser l'avant plan entier et l'arrière plan entier pour transporter des données pures.
- [0111] Il est possible d'utiliser certaines de nos techniques (passage par des inverse FFT et des FFT intermédiaires pour réduire les largeurs de bande et les bandes passantes nécessaires) avec d'autres transformations qui n'utilisent pas de phase, comme DCT (DiscreteCosineTransform) ou MDCT (ModifiedDiscreteCosineTransform).
- [0112] Les communications à haut débit sont supportées par nos procédés. On utilise des techniques similaires à celles utilisées avec OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing).
- [0113] L'OFDM est un procédé de codage de signaux numériques par répartition en fréquences orthogonales sous forme de multiples sous-porteuses. L'OFDM étant un système de transmission par blocs, on introduit généralement un intervalle de garde entre ces derniers. Cela permet d'éliminer l'interférence entre blocs successifs en présence de canaux à plusieurs trajets. Si les sous-canaux ont une bande de fréquences suffisamment étroite, ils sont non sélectifs en fréquence.
- [0114] Les techniques ou protocoles ci-dessous utilisent l'OFDM:
- IEEE 802.11 a et g (WLAN).
 - IEEE 802.16a (WiMAX).
 - ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line).
 - DAB (Digital Audio Broadcasting).
 - DVB-T (Digital Video Broadcasting).
- [0115] Les réseaux mobiles de nouvelle génération (LTE, 4G) utilisent une variante appelée OFDMA (Orthogonal Frequency-Division Multiple Acces). L'OFDMA est une technique de multiplexage et de codage des données utilisée principalement dans les réseaux de téléphonie mobile de 4e génération. Ce codage radio associe les multiplexages en fréquence et temporel, c'est-à-dire les modes "accès multiple par répartition en fréquence" (AMRF ou en anglais FDMA) et "accès multiple à répartition dans le temps" (AMRT ou en anglais TDMA). Il est notamment utilisé dans les réseaux de téléphonie mobile 4G LTE, LTE Advanced et WiMAX mobile (IEEE 802.16e).
- [0116] Ci-dessous, un exemple de données d'un réseau OFDM à 54 Mbits par seconde (WLAN):
- Durée des symboles: 4 micro-secondes.
 - Nombre de sous-porteuses de données: 48
 - Nombre de bits par sous-porteuse: 6 (64-QAM)
 - Nombre de bits par symbole OFDM: $6 \times 48 = 288$

Nombre de bits par symbole: $(3/4) \times 288 = 216$ bits

Taux de bits = $216 / 4$ micro-secondes = 54 Mbits/s

La durée des symboles de 4 micro-secondes est composée d'un temps de transmission des trames (TFFT = 3,2 micro-secondes) et d'un temps de séparation des trames (TG = 0,8 micro-seconde).

Pour le WiMAX, le rapport TG/TFFT peut valoir: 1/4, 1/8, 1/16 ou 1/32.

- [0117] Avec l'OFDM, en haut débit, on lutte contre les canaux sélectifs en fréquence (propagation par trajets multiples) en allongeant les temps d'émission: les retards deviennent négligeables.
- [0118] Avec nos procédés, il est possible de profiter de ces temps d'émission pour émettre toute une trame du domaine temporel en modulation, notamment analogique.
- [0119] Les bandes, avec des fréquences très homogènes sont naturellement prêtes pour l'OFDM. Les bandes peuvent concerner l'arrière plan uniquement. Les bandes peuvent concerner aussi un mélange avec des points de l'avant plan, après sélection des points (dans ce cas, on ne transporte pas de données). Enfin il est possible de diviser l'avant plan en bandes constituées de points avec phase, de conserver l'arrière plan en bandes constituées de points sans phase ou avec le signe de la phase (dans ce cas, l'arrière plan peut transporter des données). Les bandes de l'avant plan et les bandes de l'arrière plan ne contiennent pas les mêmes fréquences. Pour faire correspondre une bande à une fréquence ou à une sous-porteuse OFDM, on effectue un décalage global (uniforme) des fréquences de la bande vers la fréquence ou vers la sous-porteuse. On peut choisir la fréquence du centre d'une bande comme fréquence de la sous-porteuse, si on prend une zone contigüe de bandes.
- [0120] A noter que si on ne transporte pas de données, on peut améliorer la qualité de l'arrière plan en ajoutant une phase aux points. Il n'y a pas de surcoût pour les transmissions par rapport au transport des données ou si on utilise le QAM analogique.
- [0121] A noter aussi que les magnitudes et les amplitudes peuvent être logarithmiques, sans conséquences notables sur la qualité. Si les amplitudes des sinus et les amplitudes des cosinus subissent les mêmes déformations, il n'y a pas d'effet sur les phases. Le facteur de crête peut être réduit de manière significative.
- [0122] Comme en OFDM, Orthogonal Frequency-Division Multiple Access, on répartit les bandes entre plusieurs fréquences ou plusieurs sous-porteuses, on utilise un seul inverse FFT, et on transmet un seul signal pour toute la trame.
- [0123] Une Liaison ADSL utilise le RTC mais utilise plusieurs fréquences en même temps appelées sous porteuses. L'ADSL fait appel à la notion de sous-porteuses.
 L'ADSL utilise une bande de fréquences comprise entre 0 Hz et environ 1,1 MHz, divisée en 255 intervalles de 4,3125 kHz. L'ADSL 2+ utilise une bande de fréquences comprise entre 0 Hz et environ 2,2 MHz, divisée en 511 intervalles de 4,3125 kHz. Le

VDSL utilise jusqu'à 30 Mhz (30a) et est normalisé jusqu'à 17 MHz (17a). La bande de garde entre 2 sous-canaux est de 300 Hz.

[0124] Nos procédés sont compatibles avec les liaisons ADSL.

[0125] Avec des protocoles comme uXDT (Ultrasonic Cross-DeviceTracking), on peut par exemple profiter d'une émission de télévision pour envoyer des messages non audio (uBeacons) à des portables situés à côté de la télévision via des ultrasons.

[0126] Avec nos procédés, on peut augmenter considérablement les débits de transmission avec uXDT, si on veut coûte que coûte transmettre dans la plage des 18-20 kHz afin d'utiliser le matériel existant. On peut même envisager de transmettre la voix, les images ou la vidéo, sur une ou plusieurs fréquences ou plusieurs sous-porteuses.

[0127] L'une des techniques principales de la future norme 5G en téléphonie mobile repose sur F-OFDM (Filtered-OFDM). Les sous-porteuses sont modulées et synchronisées indépendamment. On effectue un inverse FFT sur chaque sous-porteuse. Les signaux du domaine temporel obtenus sont additionnés pour former le signal final à transmettre.

[0128] Avec les procédés de ce document, on utilise des techniques similaires à F-OFDM, Filtered-OFDM, notamment en multiplexage de plusieurs sources ou de plusieurs types de média.

[0129] Le VHS (Video Home System) désigne une norme d'enregistrement de signaux vidéos sur bande magnétique mise au point à la fin des années 1970. Le VHS a commencé à décliner dès le début des années 2000. L'arrêt progressif des émissions de télévision analogique au profit de la TNT (Télévision Numérique Terrestre) dans de nombreux pays précipite sa disparition. Sur une cassette VHS, les signaux sont enregistrés en utilisant une modulation de fréquence, une forme d'onde. Tout est analogique dans le VHS.

[0130] Le LaserDisc est le premier support de stockage optique (initialement de vidéo) à être commercialisé. Bien qu'il offrait une bonne qualité de son et d'image, le LaserDisc n'a connu que peu de succès. Néanmoins, c'est à partir de la technologie du LaserDisc qu'ont été élaborés plusieurs supports de stockage optique, notamment les CD et DVD, qui ont connu un succès considérable. Le LaserDisc est un support analogique (pour la vidéo). Il utilise la modulation de fréquence à l'aide des creux gravés sur le disque.

[0131] Les procédés de ce document peuvent être appliqués aussi au stockage des données, les modulations analogiques ou numériques pouvant être utilisées.

[0132] On peut sécuriser facilement les transmissions, y compris trame par trame, notamment en brouillant les déplacements, les magnitudes ou les amplitudes, et en brouillant l'ordre des bandes si elles existent.

[0133] Pour brouiller les données, il suffit de brouiller les phases les transportant, en brouillant les déplacements. En bas débit, pour brouiller une trame UNB, il suffit de brouiller les phases permettant de rapprocher les points. On peut commencer par

brouiller l'ordre des points ou des pics locaux. Un brouillage fort est obtenu en brouillant les valeurs des magnitudes ou des amplitudes. En haut débit, pour brouiller une trame semblable à une trame OFDM ou F-OFDM, il suffit de brouiller l'ordre des bandes en plus.

- [0134] Au décodage, en bas débit, avec les trames UNB, un moyen de vérification minimal, simple et automatique est à notre disposition: les phases (qui représentent les déplacements des points ou des pics locaux pour former des faisceaux très étroits) doivent être croissantes. Si on utilise uniquement les pics locaux, ils ne doivent pas être contigus.
- [0135] Même si la précision des magnitudes est moins importante que la précision des positions (contenues dans les phases), l'importance de la précision des positions décroît au fur et à mesure que les valeurs de ces positions augmentent. Il y a une certaine tolérance aux déformations lors des transmissions dans le domaine temps. Des pertes de trames multimédia peuvent être tolérables. Pour les données pures ou si on active la sécurité, les pertes ne sont pas tolérables. Il faut mettre en place des mécanismes de détection et de correction d'erreurs.
- [0136] On peut réserver des points d'une bande ou ajouter des points à une bande ou à une trame UNB pour transporter une somme de contrôle (checksum) afin de reconnaître ces bandes ou ces trames dans le bruit.
- [0137] Les retransmissions sont possibles et compatibles avec les transmissions de données multimédia. Entre deux trames multimédia, on peut insérer des trames de données pouvant utiliser tous les points ou tous les pics locaux, ainsi que les magnitudes et les phases.
- [0138] A noter que les algorithmes de compression de base de ce document peuvent nécessiter des données non multimédia. Par exemple:
 - Si on n'utilise pas toutes les bandes de l'arrière plan ou une zone contiguë de bandes, il faut indiquer le numéro de bande.
 - On peut envoyer un simple numéro k pour indiquer que la trame courante est identique à la trame située en arrière à la position k.
 - En vidéo, le codage des trames intermédiaires peut se faire par différence de valeurs et peut utiliser une compression sans perte.
- [0139] Les procédés de ce document peuvent s'appliquer aux technologies de chaîne de blocs. On met en place des technologies de chaîne de blocs appelées blockchain, basées sur les média, audio, image et vidéo, les points ou les pics locaux ne sont pas déplacés, et on utilise l'arrière plan pour stocker les données, qui sont les hashes issus des algorithmes de minage. L'avant plan et l'arrière plan (sans les phases) donnent un aperçu d'un bloc de la chaîne. Le média original lui-même est compressé avec le codec de son choix par exemple, en JPEG ou en PNG pour les images. Les hashes sont

effectués sur les documents compressés avec le codec de son choix.

[0140] Pour assurer un vrai chainage, l'arrière plan est divisé en deux parties : une partie contient les hashes des documents compressés avec le codec de son choix, l'autre partie contient les hashes du bloc complet précédent de la chaîne.

[0141] Les médias originaux ne doivent pas changer, mais leurs emplacements peuvent changer. Les adresses sont mises dans les métadonnées associées aux blocs.

[0142] Avec les technologies de chaîne de blocs appelées blockchain, afin de minimiser les calculs, on met en place des techniques semi-décentralisées, le bloc courant est divisé en trois parties: une partie gauche qui est issue de la validation du bloc précédent, une partie centrale qui contient les informations utiles, et une partie droite qui sera issue de la validation du bloc courant. Celui qui valide le bloc courant (le mineur) a à sa disposition le sous-bloc central compressé avec les codecs de ce document (sous-bloc A), le sous-bloc central compressé avec le codec de son choix (sous-bloc B) et une clé fournie par le système. Il effectue, de manière plus ou moins automatisée, les opérations suivantes:

- 1) Il fournit un média de même type que le média de la chaîne de blocs.
- 2) Il compresse un bloc composé du sous-bloc de gauche, du média compatible qu'il a fourni et du sous-bloc central, avec le codec de son choix.
- 3) Il chiffre les données compressées de ce bloc avec la clé fournie par le système.
- 4) Il applique les algorithmes de hachage sur ce nouveau bloc chiffré.
- 5) Il répartit les données du hashage dans l'arrière plan du sous-bloc A pour avoir le sous-bloc A1.
- 6) Il effectue un inverse FFT sur le sous-bloc A1 pour avoir le sous-bloc C.
- 7) Le sous-bloc C, partie droite du bloc courant, sera la partie gauche du prochain bloc à valider.

[0143] On utilise des blocs basés sur l'audio, l'image ou la vidéo, les trois parties sont de la même nature. Si on utilise l'audio ou la vidéo, on établit une correspondance trame par trame entre les parties et on travaille sur chaque trame comme indiqué ci-dessus.

Pour prendre en compte les documents textes, il faut commencer par les convertir en images.

[0144] Nos procédés sont compatibles avec ceux reposant sur des calculs très lourds et dissuasifs, totalement décentralisés. En donnant un rôle plus important au système central, nous obtenons des procédés semi-décentralisés. Les calculs peuvent être alors nettement allégés. Le système ne peut pas être attaqué, car, pour chaque bloc validé, il y a:

- la signature du système sous forme de clé, cette signature pouvant varier en fonction du mineur et du bloc.
- la signature du mineur sous forme de média fourni.

Il y a propagation des effets de ces signatures sur toute la chaîne.

- [0145] Plusieurs utilisations plus avancées sont possibles avec les procédés de ce document, en vue d'effectuer des transmissions sur de longues distances.
- [0146] Un tatouage numérique, appelé aussi filigrane numérique ou watermark, est appliqué aux trames de type UNB ou Ultra Narrow Bandwidth, de manière à les reconnaître dans le bruit, sur de très longues distances. Les largeurs de bande très étroites les rendent moins sensibles aux bruits. Ce tatouage peut être combiné avec les techniques d'étalement de spectre.
- [0147] Les points de l'avant plan sont transportés dans les phases réintroduites de l'arrière plan, les données de l'avant plan comprenant les magnitudes, les positions et les phases, ou les amplitudes des sinus et des cosinus et les positions. On peut conserver le signe de la phase provenant de la compression, ou alterner le signe de la phase.
- [0148] Un des plus importants problèmes avec les transmissions OFDM est appelé facteur de crête ou PAPR (Peak-to-Average Power Ratio en Anglais). Les techniques actuelles de réduction du facteur de crête incluent la réservation de ton (Tone Reservation ou TR en Anglais) et l'extension de constellation active (Active Constellation Extension ou ACE en Anglais). En utilisant nos techniques, on peut réduire considérablement le facteur de crête. En alternant le signe de la phase dans l'arrière plan (signe plus pour le premier point, signe moins pour le second, signe plus pour le troisième, signe moins pour le quatrième, etc), on obtient une grande réduction du facteur de crête.
- [0149] Pour tenir compte des cas où il n'y a pas assez de bandes non nulles dans l'arrière plan pour transporter les données, on insère des bandes de remplissage et on stocke également cette information supplémentaire (bande de remplissage ou non) dans les phases de l'arrière plan.
- [0150] Dans ce cas d'utilisation avancée, à la place des points nuls de l'arrière plan qui correspondent aux points de l'avant plan, on peut mettre des points ou du bruit blanc de faibles magnitudes.
- [0151] Concernant la dernière utilisation avancée présentée dans ce document, nous allons parler des procédés de traitements additionnels appliqués à la sortie d'un codage de longueur variable comme le codage de Huffman, ou d'un codage par plages ou codage RLE pour Run-Length Encoding, caractérisés en ce qu'on établit une correspondance entre la sortie du codeur à longueur variable ou du codeur RLE et la sortie d'un codeur basé sur FFT, utilisant un avant plan composé des plus grands points et un arrière plan composé des bandes les plus énergétiques. Le but est d'utiliser des procédés de ce document, notamment de transporter les points de l'avant plan par les bandes de l'arrière plan en vue des transmissions longue distance.
- [0152] Le codage de Huffman est un algorithme de compression de données sans perte qui utilise un code à longueur variable pour représenter un symbole de la source. Il est en

général utilisé au second étage de compression, une fois la redondance propre au média mise en évidence par d'autres algorithmes (comme la compression JPEG pour les images, MPEG pour les vidéos et MP3 pour le son). Des algorithmes de compression sans perte, tels que ceux utilisés pour la compression de fichiers, utilisent également Huffman.

Par exemple, LZH (Lha) et deflate (ZIP, gzip, PNG) combinent un algorithme de compression par dictionnaire (LZ77) et un codage entropique de Huffman. Avec le codage de Huffman, les points les moins fréquents utilisent le plus de bits tandis que les points les plus fréquents utilisent le moins de bits.

- [0153] Le codage RLE s'applique beaucoup à des documents scannés en noir et blanc : au lieu de coder un bit par point, on dispose d'un compteur indiquant combien de points blancs ou noirs se suivent. Le codage RLE est aussi utilisé pour les fax Groupe 3 et Groupe 4. Le codage RLE est basé sur la répétition d'éléments consécutifs. Le principe de base consiste à coder un premier élément donnant le nombre de répétitions d'une valeur puis à le compléter par la valeur à répéter.
- [0154] Avec la sortie du codeur à longueur variable, on fait correspondre les points les moins fréquents aux points de l'avant plan de la sortie du codeur FFT, le nombre de répétitions successives jusqu'à une certaine limite étant contenu dans la phase, et on fait correspondre les autres points avec l'arrière plan du codeur FFT. On ne tient pas compte des répétitions successives dans l'arrière plan. Enfin, on alterne les signes des phases dans l'arrière plan.
- [0155] Les points les moins fréquents sont choisis d'abord et le nombre maximum de ces points est choisi de manière à ce que tous les points de l'avant plan puissent être totalement transportés par l'arrière plan. Si on transporte les points de l'avant plan dans l'arrière plan, à la réception, on commence par décoder les phases pour avoir l'avant plan, puis on retrouve les points de l'arrière plan. S'il y a peu de points non nuls ou si tous les points sont nuls dans l'arrière plan, il peut être préférable d'utiliser un rapprochement des points et des pics locaux en vue d'avoir une trame UNB.
- [0156] Avec la sortie du codeur RLE, on fait correspondre les valeurs à répéter aux magnitudes et le nombre de répétitions, jusqu'à une certaine limite, aux phases. On transmet soit deux trames UNB, soit on génère totalement ou on complète l'arrière plan et on transporte les points de l'avant plan dans les bandes de l'arrière plan.
- [0157] Plusieurs types d'applications sont possibles avec les procédés et méthodes de ce document. Nous donnons ci-dessous six exemples simples.
- [0158] - Premier exemple:
Données d'un capteur à transmettre. On a un relevé toutes les trois secondes et on doit transmettre toutes les dix minutes. On a donc des tampons FFT de 200 points à considérer.

On prend des tampons FFT de 200 ou 256 points et on met les données de service plus une valeur exacte du relevé dans les phases de l'arrière plan.

[0159] - Deuxième exemple:

Communications vocales ou surveillance de signes vitaux, en utilisant une bande passante ultra étroite et la modulation d'amplitude analogique, ou la modulation de fréquence analogique, ou encore une modulation QAM analogique.

12 à 16 pics locaux avec phase suffisent pour avoir une bonne qualité.

On peut se contenter d'envoyer 30 à 60 trames par seconde pour respecter les contraintes du temps réel.

[0160] - Troisième exemple:

Diffusion de données multimédia, en utilisant plusieurs fréquences ou sous-porteuses, avec des modulations analogiques ou numériques, avec des transmissions de signaux analogiques ou numériques indépendants.

Il faut bien séparer les fréquences ou les sous-porteuses.

L'avant plan est aussi divisé en bandes. Des données pures peuvent être transportées dans l'arrière plan en utilisant les phases.

A chaque bande est associée une fréquence ou une sous-porteuse.

[0161] - Quatrième exemple:

Diffusion de données multimédia, en utilisant des techniques similaires à OFDM.

On utilise des sous-porteuses intermédiaires. A chaque bande (avant plan ou arrière plan) est associée une sous-porteuse par décalage de la bande vers la sous-porteuse. On peut choisir la fréquence au centre de la bande comme fréquence de la sous-porteuse si on prend une zone contigüe de bandes.

Des données pures peuvent être transportées dans l'arrière plan en utilisant les phases.

Des iFFT (inverse FFT) sont effectués afin d'avoir un seul signal du domaine temporel à envoyer. On utilise un convertisseur DAC (digital-analogique) pour envoyer un signal analogique. Côté récepteur, à la réception du signal, après conversion ADC (analogique-digital), des FFT sont effectués pour récupérer les sous-porteuses.

[0162] - Cinquième exemple:

Pressage de données multimédia sur des disques optiques, en utilisant des modulations de fréquence analogiques, comme pour le laserdisc (creux gravés sur disque).

Ecriture de données multimédia sur des bandes magnétiques, en utilisant des modulations de fréquence analogiques, comme pour le VHS (formes d'onde sur bande).

[0163] - Sixième exemple:

Création d'un réseau de blockchain, basé sur les images. Système semi-décentralisé, une autorité centrale jouant un rôle important, mais ne contrôlant pas tout.

- [0164] Les procédés et méthodes de ce document sont destinés à être utilisés dans les communications sous-marines, dans les communications par satellite, dans les communications radar, dans les communications filaires, dans les communications hertziennes, avec le réseau téléphonique commuté, avec le réseau mobile, avec l'ADSL, avec la fibre optique, avec les ampoules LED, ...,
- La où il y a besoin de faisceau mince pour des communications très longues distances à bas débit, à basse consommation et à basse radiation.
 - La où il y a besoin de communications à haut débit en utilisant des techniques similaires à OFDM ou à F-OFDM.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de traitements additionnels appliqués aux codecs multimédia, méthodes de compression audio, image et vidéo, basés uniquement sur FFT, Fast Fourier Transform, utilisant les plus grands points, l'avant plan, et les bandes les plus énergétiques, l'arrière plan, pouvant n'utiliser qu'un champ de pics locaux, et ignorant les phases dans l'arrière plan, caractérisé en ce qu'on ajoute des phases et qu'on les utilise pour transporter des données, dont celles des technologies de chaîne de blocs appelées blockchain, ou les valeurs des déplacements des points ou des pics locaux, dans le but de synthétiser un nouveau signal de basse fréquence.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, si les phases ne sont pas directement utilisées, on les ajoute, les pics locaux sont regroupés de manière à avoir une largeur de bande très étroite, les phases associées aux pics locaux contenant les déplacements de ces pics, on synthétise un nouveau signal, de basse fréquence, du domaine temporel, en utilisant un inverse FFT.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que dans le but de tenir compte des phases réelles au sens FFT des points et des pics locaux, on transforme les magnitudes et les phases en amplitudes des sinus et en amplitudes des cosinus; ces amplitudes, qui vont servir à retrouver les phases, sont considérées comme des magnitudes avec signe et servent à générer deux signaux de basse fréquence séparés, chaque signal étant considéré comme un signal sans phase.
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'avec les bandes de l'arrière plan, avec ou sans le signe de la phase, il y a un seul signal de basse fréquence par bande; il n'y a pas de déplacements des points même s'il y a quelques points nuls dus notamment à l'absence des points de l'avant plan; on transporte directement les données dans les phases associées aux points.
- [Revendication 5] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que comme en OFDM, Orthogonal Frequency-Division Multiplexing, on répartit les bandes entre plusieurs fréquences ou plusieurs sous-porteuses, on utilise un seul inverse FFT, et on transmet un seul signal pour toute la trame.
- [Revendication 6] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on utilise l'étalement de spectre par saut de fréquence, en faisant varier la fréquence de départ du signal basse fréquence, et l'étalement de spectre

à séquence directe, en utilisant les bandes de l'arrière plan en simultané, avec des espacements possibles entre les bandes.

- [Revendication 7] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un tatouage numérique, appelé aussi filigrane numérique ou watermark, est appliqué aux trames de type UNB ou Ultra Narrow Bandwith, de manière à les reconnaître dans le bruit, sur de très longues distances.
- [Revendication 8] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les points de l'avant plan sont transportés dans les phases réintroduites de l'arrière plan, les données de l'avant plan comprenant les magnitudes, les positions et les phases.
- [Revendication 9] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on met en place des technologies de chaine de blocs appelées blockchain, basées sur les média, audio, image et vidéo, les points ou les pics locaux ne sont pas déplacés, et on utilise l'arrière plan pour les données qui sont les hashes issus des algorithmes de minage.
- [Revendication 10] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'avec les technologies de chaine de blocs appelées blockchain, afin de minimiser les calculs, on met en place des techniques semi-décentralisées, le bloc courant est divisé en trois parties: une partie gauche qui est issue de la validation du bloc précédent, une partie centrale qui contient les informations utiles, et une partie droite qui sera issue de la validation du bloc courant.

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 867285
FR 1902424

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X,D	FR 3 049 799 A1 (SAMAKE GEORGES [FR]) 6 octobre 2017 (2017-10-06) * abrégé; revendication 1 * * page 18 * * page 22 *	1-10	H03M7/00 H04N19/60 G10L19/00
A	----- Ingemar J. Cox ET AL: "Digital Watermarking and Steganography" In: "Digital Watermarking and Steganography", 23 novembre 2007 (2007-11-23), XP055648865, ISBN: 978-0-12-372585-1 page 207, * page 207 *	1-10	
A	----- RUANAIDH J J K O ET AL: "Phase watermarking of digital images", PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING (ICIP) LAUSANNE, SEPT. 16 - 19, 1996; [PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING (ICIP)], NEW YORK, IEEE, US, vol. 3, 16 septembre 1996 (1996-09-16), pages 239-242, XP010202375, DOI: 10.1109/ICIP.1996.560428 ISBN: 978-0-7803-3259-1 * abrégé * * alinéa [0001] - alinéa [0004] *	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H03M H04N
A	----- Xing He: "Watermarking in Audio" In: "Watermarking in Audio", 31 décembre 2008 (2008-12-31), Cambria Press, Youngstown, NY, USA, XP055649787, page 207, * page 207, alinéa 6.6.1 * ----- -/-	1-10	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
5 décembre 2019		Belardinelli, Carlo	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ----- & : membre de la même famille, document correspondant			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 867285
FR 1902424

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	MENG ZHAOXIONG ET AL: "Design Scheme of Copyright Management System Based on Digital Watermarking and Blockchain", 2017 IEEE 41ST ANNUAL COMPUTER SOFTWARE AND APPLICATIONS CONFERENCE (COMPSAC), IEEE, vol. 2, 23 juillet 2018 (2018-07-23), pages 359-364, XP033409726, ISSN: 0730-3157, DOI: 10.1109/COMPSAC.2018.10258 ISBN: 978-1-5386-2667-2 [extrait le 2018-06-08] * le document en entier * -----	1,9,10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
5 décembre 2019		Belardinelli, Carlo	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1902424 FA 867285

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

FR 3049799	A1	06-10-2017	AUCUN
------------	----	------------	-------