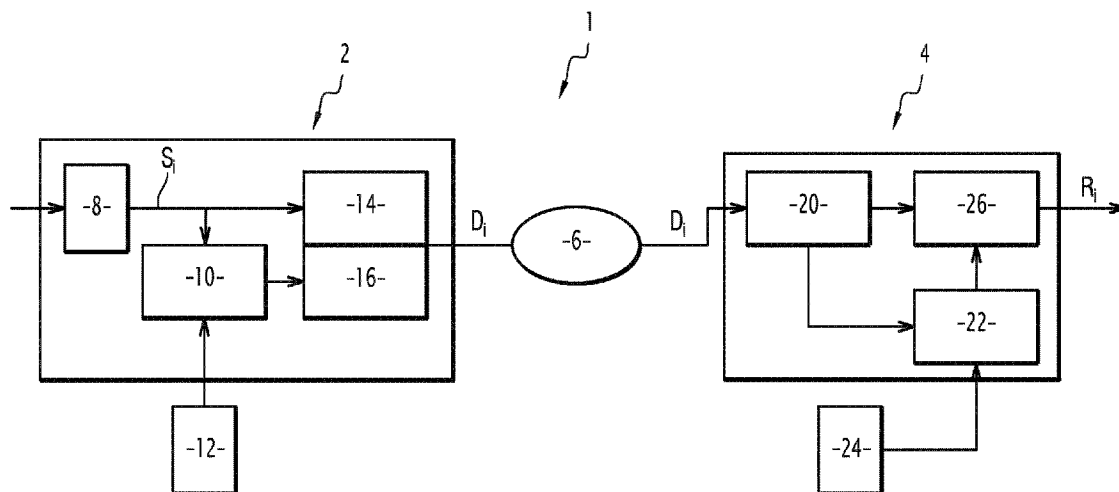




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2016/12/12
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2017/06/15
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2024/02/13
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2018/06/11
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: EP 2016/080629
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2017/098045
(30) Priorité/Priority: 2015/12/11 (FR15 02574)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *H04J 3/06* (2006.01),
H04J 3/16 (2006.01)
(72) Inventeurs/Inventors:
GRIMONPREZ, BENJAMIN, FR;
RENAUX, MICHEL, FR
(73) Propriétaire/Owner:
THALES, FR
(74) Agent: ROBIC AGENCE PI S.E.C./ROBIC IP AGENCY
LP

(54) Titre : PROCEDES ET DISPOSITIFS DE TRANSMISSION DE TRAIN BINAIRE CONTINU DANS UN RESEAU
NUMERIQUE NON SYNCHRONES DU TRAIN BINAIRE
(54) Title: METHODS AND DEVICES FOR TRANSMITTING A CONTINUOUS BIT STREAM IN A DIGITAL NETWORK
NON-SYNCHRONOUS WITH THE BIT STREAM



(57) Abrégé/Abstract:

La présente invention concerne un procédé de numérisation de train binaire continu mis en oeuvre par un équipement émetteur (2) et un procédé de restitution de train binaire continu mis en oeuvre par un équipement récepteur (4), sans signal d'horloge associé, via un réseau numérique (6) non synchrone au train binaire continu. Un processeur de l'équipement émetteur (2) numérise le train binaire continu initial en une séquence de données binaires à transmettre à une fréquence nominale correspondant à une période d'horloge de consigne, les données binaires à transmettre étant encapsulées dans au moins une trame de transport envoyée à l'équipement récepteur (4). Le procédé de numérisation comporte des étapes consistant à estimer une valeur moyenne de période d'horloge d'émission de la séquence de données, et à insérer dans un champ prédéterminé de la trame de transport une information permettant de restituer, dans l'équipement récepteur, la valeur moyenne de période d'horloge d'émission de la séquence de données.

(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
15 juin 2017 (15.06.2017)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2017/098045 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
H04J 3/06 (2006.01) H04J 3/16 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2016/080629
- (22) Date de dépôt international :
12 décembre 2016 (12.12.2016)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
15 02574 11 décembre 2015 (11.12.2015) FR
- (71) Déposant : THALES [FR/FR]; Tour Carpe Diem, Place des Corolles Esplanade Nord, 92400 Courbevoie (FR).
- (72) Inventeurs : GRIMONPREZ, Benjamin; Thales Communications & Security S.A.S., 110 avenue Leclerc, BP 70945, 49309 Cholet (FR). RENAUX, Michel; Thales Communications & Security S.A.S, 4 avenue des Louvresses, 92622 Gennevilliers (FR).
- (74) Mandataires : HABASQUE, Etienne et al.; Cabinet La-voix, 2, place d'Estienne d'Orves, 75441 Paris Cedex 09 (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

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

(54) Title : METHODS AND DEVICES FOR TRANSMITTING A CONTINUOUS BIT STREAM IN A DIGITAL NETWORK NON-ASYNCHRONOUS WITH THE BIT STREAM

(54) Titre : PROCÉDÉS ET DISPOSITIFS DE TRANSMISSION DE TRAIN BINAIRE CONTINU DANS UN RÉSEAU NUMÉRIQUE NON SYNCHRONISÉ DU TRAIN BINAIRE

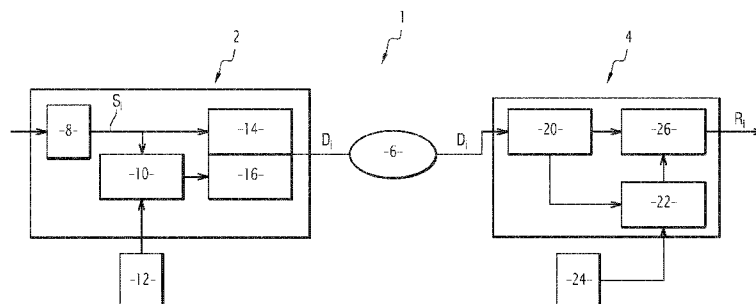


FIG.1

(57) Abstract : The present invention relates to a method for digitising a continuous bit stream implemented by a transmitting apparatus (2) and a method for restoring the continuous bit stream implemented by a receiving apparatus (4), with no associated clock signal, via a digital network (6) which is non-synchronous with the continuous bit stream. A processor of the transmitting apparatus (2) digitises the initial continuous bit stream into a sequence of binary data to be transmitted at a nominal frequency corresponding to a set clock period, the binary data to be transmitted being encapsulated in at least one transport frame sent to the receiving apparatus (4). The digitisation method comprises steps which consist of estimating a mean value of the clock period for transmitting the data sequence, and of inserting, into a predetermined field of the transport frame, information which makes it possible to restore, in the receiving apparatus, the mean clock period value for transmitting the data sequence.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2017/098045 A1

La présente invention concerne un procédé de numérisation de train binaire continu mis en œuvre par un équipement émetteur (2) et un procédé de restitution de train binaire continu mis en œuvre par un équipement récepteur (4), sans signal d'horloge associé, via un réseau numérique (6) non synchrone au train binaire continu. Un processeur de l'équipement émetteur (2) numérise le train binaire continu initial en une séquence de données binaires à transmettre à une fréquence nominale correspondant à une période d'horloge de consigne, les données binaires à transmettre étant encapsulées dans au moins une trame de transport envoyée à l'équipement récepteur (4). Le procédé de numérisation comporte des étapes consistant à estimer une valeur moyenne de période d'horloge d'émission de la séquence de données, et à insérer dans un champ prédéterminé de la trame de transport une information permettant de restituer, dans l'équipement récepteur, la valeur moyenne de période d'horloge d'émission de la séquence de données.

Procédés et dispositifs de transmission de train binaire continu dans un réseau numérique non synchrone du train binaire

La présente invention concerne un procédé de numérisation de train binaire continu mis en œuvre par un équipement émetteur et un procédé de restitution de train binaire mis en œuvre par un équipement récepteur, faisant partie d'une transmission de train binaire continu, sans signal d'horloge associé, via un réseau numérique non synchrone au train binaire continu.

La présente invention trouve son application pour la transmission entre une source et un destinataire d'un train binaire continu.

L'invention se situe dans le domaine de la transmission numérique dans un domaine d'horloge, de signaux numériques continus d'un autre domaine d'horloge, les deux domaines d'horloge étant non asservis en fréquence

Par ailleurs chacun des domaines d'horloge présente sa propre stabilité en fréquence selon le mode de synchronisation de chacun.

A la numérisation du train binaire, et plus particulièrement dans la mesure numérique du débit par l'équipement récepteur introduit obligatoirement une erreur du fait que la source n'est pas asservie en fréquence sur le récepteur. Dans une transmission en continu, cette erreur génère obligatoirement une altération dans la transmission du train binaire par la perte ou l'ajout d'un ou plusieurs bits.

Cette erreur de numérisation est d'autant importante que l'horloge de numérisation du récepteur est de type plésiochrone, donc présente une tolérance, également appelée gigue, par rapport à une fréquence nominale. De même la source présente également une gigue intrinsèque selon la nature de cette source. Ceci est particulièrement le cas lorsque la source est un équipement qui utilise une horloge restituée et non un oscillateur local (exemple radio restituant l'horloge à partir de sa réception radioélectrique).

Pour traiter ce problème, il est convenu de numériser le train binaire du premier domaine d'horloge par un sur échantillonnage du signal entrant à une fréquence bien supérieure issue du second domaine d'horloge. Cette solution augmente le nombre d'éléments binaires transmis dans le réseau et donc consomme de façon excessive de la bande passante de ce réseau.

Afin de réduire la bande passante, la numérisation d'un train binaire continu consiste à extraire l'horloge propre au train binaire et à échantillonner ledit train binaire en datagrammes à transmettre sur le réseau numérique.

Dans un réseau synchrone, l'extraction de l'horloge propre au train binaire est la mesure de décalage de phase de signal reçu par rapport à une horloge stable du domaine d'horloge du réseau. La mesure de phase étant effectuée à une fréquence

élevée, il est ainsi possible d'avoir une mesure de phase précise. Cette mesure est transmise avec les données. Il est alors possible de restituer les données au rythme d'une horloge qui prend en compte la mesure de phase. Cette solution n'est pas compatible d'un réseau plésiochrone, car la stabilité de la phase de l'horloge du réseau en plusieurs
5 endroits du réseau n'est pas garantie.

L'invention a pour but d'éviter la perte de données binaires entre un train binaire émis par une source et le train binaire restitué à un destinataire.

A cet effet, l'invention propose un procédé de numérisation de train binaire continu, sans signal d'horloge associé, dans un système de communication non
10 synchrone dudit train binaire, pour une transmission entre un premier équipement émetteur et un deuxième équipement récepteur, le train binaire continu initial étant numérisé par le premier équipement en utilisant un signal d'horloge d'émission en une séquence de données binaires à transmettre à une fréquence nominale correspondant à une période d'horloge de consigne, les données binaires à transmettre étant encapsulées
15 dans au moins une trame de transport, ladite trame étant envoyée au deuxième équipement, le procédé, mis en œuvre par un processeur du premier équipement émetteur. Le procédé comporte des étapes consistant à:

- estimer une valeur moyenne de période d'horloge d'émission de la séquence de données,

- insérer dans un champ prédéterminé de la trame de transport une information permettant de restituer, dans le deuxième équipement, ladite valeur moyenne de période d'horloge d'émission de la séquence de données.

Avantageusement, l'insertion dans une trame de transport d'une information permettant de calculer, dans le deuxième équipement, la valeur moyenne de période
25 d'horloge d'émission de la séquence de données, permet de restituer le train binaire initial à la fréquence réelle d'émission dans le deuxième équipement, et par conséquent d'éviter la dérive et la perte de données.

L'invention permet ainsi de restituer un train binaire synchrone sans transmission de signal d'horloge associé au train binaire.

30 Le procédé de numérisation de train binaire selon l'invention comporte également une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, prises indépendamment ou selon toutes leurs combinaisons techniquement possibles.

Le signal d'horloge d'émission est défini par des cycles d'horloge d'émission, et l'étape d'estimation comporte l'estimation de la durée de chaque cycle d'horloge
35 d'émission de la séquence de données binaires à transmettre et le calcul d'un écart entre

3

la période d'horloge de consigne et ladite durée calculée pour chaque cycle d'horloge d'émission.

Le procédé comporte le calcul d'une valeur moyenne desdits écarts et l'estimation de la valeur moyenne de période d'horloge d'émission en fonction de la période d'horloge de consigne et de ladite valeur moyennes des écarts.

Le calcul de la valeur moyenne des écarts est effectué par une division entière de la somme desdits écarts par le nombre de données binaires de ladite séquence de données binaires à transmettre, fournissant une valeur de reste de la division et un signe dudit reste.

Une information additionnelle comportant ladite valeur de reste de la division et le signe dudit reste est insérée dans ladite trame de transport.

Selon un autre aspect, l'invention concerne un équipement émetteur d'un système de communication adapté à mettre en œuvre un procédé de numérisation de train binaire continu tel que brièvement décrit ci-dessus.

Selon un autre aspect, l'invention concerne un procédé de restitution de train binaire continu, transmis sans signal d'horloge associé, dans un système de communication non synchrone dudit train binaire, entre un premier équipement émetteur et un deuxième équipement récepteur, le train binaire continu initial étant numérisé par un procédé de numérisation tel que brièvement décrit ci-dessus mis en œuvre dans le premier équipement émetteur, le procédé de restitution, mis en œuvre par un processeur du deuxième équipement récepteur. Ce procédé comporte des étapes consistant à:

- extraire d'un champ prédéterminé d'une trame de transport reçue une information permettant de restituer la valeur moyenne de période d'horloge d'émission de la séquence de données ;

- générer un signal d'horloge de restitution dont chaque cycle a une durée égale à ladite valeur moyenne de période d'horloge d'émission,

- restituer un train binaire avec un cadencement donné par ledit signal d'horloge de restitution.

Le procédé de restitution de train binaire selon l'invention comporte également une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, prises indépendamment ou selon toutes leurs combinaisons techniquement possibles.

Il comporte en outre l'extraction de ladite trame de transport d'une information additionnelle permettant d'obtenir un train binaire restitué de même durée totale que le train binaire transmis par le premier équipement émetteur.

L'information additionnelle comporte une valeur de reste de division entière d'une somme des écarts entre la période d'horloge de consigne et une durée calculée pour chaque cycle d'horloge d'émission par le nombre de données binaires de ladite séquence de données binaires à transmettre, et un signe dudit reste.

- 5 Le procédé comporte un ajustement d'au moins une durée de cycle d'horloge de restitution dudit deuxième équipement récepteur en fonction de la valeur dudit reste et du signe dudit reste.

Selon un autre aspect, l'invention concerne un équipement récepteur d'un système de communication adapté à mettre en œuvre un procédé de restitution de train binaire continu tel que brièvement décrit ci-dessus.

Les aspects suivants sont également divulgués :

- 1.- Un procédé de numérisation de train binaire continu, sans signal d'horloge associé, dans un système de communication non synchrone dudit train binaire, pour une transmission entre un premier équipement émetteur et un deuxième équipement récepteur, le train binaire continu initial étant numérisé par le premier équipement émetteur en utilisant un signal d'horloge d'émission en une séquence de données binaires à transmettre à une fréquence nominale correspondant à une période d'horloge de consigne, les données binaires à transmettre étant encapsulées dans au moins une trame de transport, ladite trame étant envoyée au deuxième équipement récepteur, le procédé, mis en œuvre par un processeur du premier équipement émetteur, le signal d'horloge d'émission étant défini par des cycles d'horloge d'émission, le procédé comprenant des étapes consistant à :

-estimer une valeur moyenne de période d'horloge d'émission de la séquence de données, comportant l'estimation de la durée de chaque cycle d'horloge d'émission de la séquence de données binaires à transmettre et le calcul d'un écart entre la période d'horloge de consigne et ladite durée calculée pour chaque cycle d'horloge d'émission;

-insérer dans un champ prédéterminé de la trame de transport une information permettant de restituer, dans le deuxième équipement récepteur, ladite valeur moyenne de période d'horloge d'émission de la séquence de données.

- 2.- Le procédé de numérisation selon l'aspect 1, comprenant en outre le calcul d'une valeur moyenne desdits écarts et l'estimation de la valeur moyenne de période d'horloge d'émission en fonction de la période d'horloge de consigne et de ladite valeur moyennes des écarts.

- 3.- Le procédé de numérisation selon l'aspect 2, dans lequel le calcul de la valeur moyenne des écarts est effectué par une division entière de la somme desdits écarts par

le nombre de données binaires de ladite séquence de données binaires à transmettre, fournissant une valeur de reste de la division et un signe dudit reste.

4.- Le procédé de numérisation selon l'aspect 3, dans lequel une information additionnelle comportant ladite valeur de reste de la division et le signe dudit reste est
5 insérée dans ladite trame de transport.

5.- Un équipement émetteur d'un système de communication dans lequel l'équipement émetteur est adapté à mettre en œuvre le procédé de numérisation de train binaire continu selon l'un quelconque des aspects 1 à 4.

6.- Un procédé de restitution de train binaire continu, transmis sans signal
10 d'horloge associé, dans un système de communication non synchrone dudit train binaire , entre un premier équipement émetteur et un deuxième équipement récepteur, le train binaire continu initial étant numérisé par le procédé de numérisation selon l'un quelconques des aspects 1 à 4 mis en œuvre dans le premier équipement émetteur, le procédé de restitution, mis en œuvre par un processeur du deuxième équipement
15 récepteur, le procédé comprenant des étapes consistant à :

- extraire d'un champ prédéterminé d'une trame de transport reçue une information permettant de restituer la valeur moyenne de période d'horloge d'émission de la séquence de données, comportant l'extraction de ladite trame de transport d'une information additionnelle permettant d'obtenir un train binaire restitué de même durée
20 totale que le train binaire transmis par le premier équipement émetteur;

- générer un signal d'horloge de restitution dont chaque cycle a une durée égale à ladite valeur moyenne de période d'horloge d'émission; et

- restituer un train binaire avec un cadencement donné par ledit signal d'horloge de restitution.

7.- Le procédé de restitution selon l'aspect 6, dans lequel ladite information additionnelle comporte une valeur de reste de division entière d'une somme des écarts entre la période d'horloge de consigne et une durée calculée pour chaque cycle d'horloge d'émission par le nombre de données binaires de ladite séquence de données binaires à transmettre, et un signe dudit reste.

8.- Le procédé de restitution selon l'aspect 7, comprenant en outre un ajustement d'au moins une durée de cycle d'horloge de restitution dudit deuxième équipement récepteur en fonction de la valeur dudit reste et du signe dudit reste.

9.- Un équipement récepteur d'un système de communication dans lequel l'équipement récepteur est adapté à mettre en œuvre le procédé de restitution de train
35 binaire continu selon l'un quelconque des aspects 6 à 8.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description qui en est donnée ci-dessous, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux figures annexées, parmi lesquelles :

- 5 - la figure 1 représente un système de communication entre un équipement émetteur et un équipement récepteur selon un mode de réalisation;
- la figure 2 illustre schématiquement un écart de période d'horloge ;
- la figure 3 est un synoptique des principales étapes d'un procédé de transmission selon un mode de réalisation mis en œuvre dans un équipement émetteur ;
- 10 - la figure 4 illustre schématiquement un champ utilisateur d'une trame de communication ;
- la figure 5 est un synoptique des principales étapes d'un procédé de restitution selon un mode de réalisation mis en œuvre dans un équipement récepteur ;
- la figure 6 illustre schématiquement une séquence de cycles d'horloge restitués selon un mode de réalisation.

15 La figure 1 illustre un système de communication dans lequel l'invention trouve une application.

Le système 1 de la figure 1 illustre schématiquement la communication entre un premier équipement émetteur 2 et un deuxième équipement récepteur 4, via un réseau de communications plésiochrone 6.

20 Il est entendu que l'invention n'est pas limitée à la communication entre deux équipements et s'applique plus généralement dans un réseau dans lequel de multiples équipements sont connectés, et permet d'assurer la restitution précise d'une période d'horloge distante sur un nombre quelconque d'équipements récepteurs.

25 De plus, l'invention n'est pas non plus limitée à une application dans un réseau plésiochrone.

5

Le réseau plésiochrone 6 est par exemple un réseau à commutation de paquets de type Ethernet, selon le protocole de communication Ethernet PTP- IEEE 1588.

L'équipement émetteur 2 comprend un module de numérisation 8, apte à générer un train binaire initial S_i , avec une fréquence nominale F_c (ou fréquence de consigne) correspondant à une période d'horloge de consigne T_c , la période étant la durée d'un cycle du signal d'horloge.

Le train binaire est formaté en séquences de données binaires ou datagrammes, encapsulées dans des trames de transport, par le module 14 de formatage. Ces sont les trames D_i qui sont transmises sur le réseau.

Chaque trame comprend une séquence de données à transmettre (également appelées données utilisateur, correspondant au train binaire à transmettre) ainsi que des champs de signalisation. Le formatage d'une trame est défini par le protocole de communication.

Une séquence de données à transmettre comprend n échantillons binaires (ou bits). La séquence est cadencée par le signal d'horloge d'émission, comprenant n cycles d'horloge, la période d'horloge étant la durée moyenne d'un cycle d'horloge, qui est la durée entre deux fronts montants du signal d'horloge.

En théorie, la période d'horloge est constante et égale à une période d'horloge de consigne T_c , donc la période d'horloge est égale à la période moyenne pour chaque cycle d'horloge.

En pratique, on constate de faibles écarts, variables dans le temps, entre la période d'horloge attendue (période d'horloge de consigne) et la période d'horloge d'émission effective, ou période réelle, comme illustré schématiquement à la figure 2.

Sur la figure 2 on a illustré la période d'horloge de consigne T_c , qui est la période attendue, la période d'horloge réelle T_i pour un cycle d'horloge, et l'écart Δ_i .

Le signal d'horloge d'émission réel S_H est illustré en trait plein sur la figure 2.

La période d'horloge d'émission effective associée train binaire initial S_i est mesurée par un module de mesure d'horloge 10, en utilisant une horloge de référence 12 de fréquence largement supérieure à la fréquence d'horloge d'émission, comme expliqué plus en détail ci-après.

Par exemple, la fréquence d'horloge de l'horloge de référence est de 100 Mégahertz (MHz), alors que la fréquence nominale est de l'ordre de 32 kilohertz (kHz).

Dans un mode de réalisation, l'horloge de référence 12 est à l'intérieur de l'équipement émetteur 2.

Dans une variante, l'horloge de référence 12 est externe à l'équipement émetteur 2.

6

Le module de mesure d'horloge 10 permet de mesurer l'écart, en valeur moyenne, entre la période d'horloge de consigne T_c et la valeur moyenne de la période d'horloge d'émission, notée T_m , et appelée simplement période moyenne d'émission par la suite.

5 Une information représentative de la période moyenne d'émission d'une séquence de données d'un train binaire est insérée dans un champ de données réservé d'une trame encapsulant ces données du train binaire.

Une information supplémentaire permettant de restituer un train binaire R_i de même durée totale est ajoutée, comme expliqué plus en détail ci-après.

10 Le deuxième équipement récepteur 4 reçoit la trame D_i , et les données binaires de la séquence sont mémorisées temporairement dans une mémoire tampon 20.

L'équipement récepteur 4 comporte un module 22 de génération d'horloge de restitution qui met en œuvre l'extraction des informations de valeur moyenne de la période d'horloge d'émission et des informations additionnelles du champ dédié de la trame reçue.

15 Ces informations sont utilisées pour générer une fréquence d'horloge de restitution ayant une période d'horloge de restitution associée, égale en moyenne à la valeur moyenne de la période d'horloge d'émission, en utilisant un compteur cadencé sur une horloge de référence 24.

20 L'horloge de référence 24 est de même fréquence de référence que l'horloge de référence 12 associée à l'équipement émetteur, par exemple 100 MHz.

Dans un mode de réalisation, l'horloge de référence 24 est à l'intérieur de l'équipement récepteur 4.

Dans une variante, l'horloge de référence 24 est externe à l'équipement récepteur 4.

25 Dans un mode de réalisation, une seule horloge de référence externe remplace les deux horloges de référence 12, 24.

Le train binaire R_i est restitué, à la fréquence d'horloge de restitution, par le module d'échantillonnage 26 de l'équipement récepteur 4.

30 La figure 3 est un synoptique des principales étapes mises en œuvre dans l'équipement émetteur dans un mode de réalisation.

Les étapes du procédé sont mises en œuvre par un dispositif programmable intégré dans l'équipement émetteur, comprenant un processeur de calcul, par exemple un circuit logique programmable de type FPGA.

35 Lors d'une première étape 30, le nombre de coups d'horloge de référence entre fronts montants successifs du signal d'horloge du train binaire S_i à traiter est calculé.

On obtient la période d'horloge T_k de chaque échantillon k de la séquence.

7

La période d'horloge de consigne T_c étant connue et mémorisée, lors de l'étape 32 on obtient l'écart $\Delta_k = T_k - T_c$. La valeur d'écart peut être positive ou négative.

Les valeurs d'écarts obtenues sont accumulées et sommées à l'étape 34 :

$$S_k = \sum_{j=1}^k \Delta_j$$

5 Une fois les valeurs d'écart entre période d'horloge de consigne et période d'horloge réelle obtenues pour les n cycles considérés, une division entière est mise en œuvre à l'étape 36 pour obtenir la valeur moyenne des écarts. Le nombre n est le nombre de cycles dans un datagramme, donc le nombre de bits dans un datagramme.

$$\Delta_m = S_n / n$$

10 L'opération de division entière fournit également un reste r_m , qui peut être soit nul, soit une valeur entière positive ou négative, définie par la formule :

$$S_n = n \times \Delta_m + r_m$$

Avantageusement, l'utilisation de la somme des écarts et l'application de la division sur la somme des écarts permet d'économiser des ressources calculatoires dans le calcul de la division.

15 Par exemple, lorsque la fréquence nominale est de 32kHz, et on considère une tolérance de +/- 10% par rapport à la fréquence nominale, pour une taille de séquence $n=128$ bits, le calcul de la moyenne des périodes d'horloge nécessiterait un numérateur de 19 bits, alors que le calcul de la moyenne des écarts nécessite un numérateur de 15 bits.

La période d'horloge moyenne est obtenue ensuite à l'étape 38 par le calcul, en additionnant la valeur moyenne des écarts obtenue, qui peut être positive ou négative, à la période de consigne :

$$T_m = T_c + \Delta_m$$

25 En effet, pour chaque cycle d'horloge correspondant à un échantillon k on a, comme expliqué ci-dessus : $T_k = T_c + \Delta_k$

La période moyenne est donnée par :

$$T_m = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n T_k = \frac{1}{n} (n \times T_c + \sum_{k=1}^n \Delta_k) = T_c + \Delta_m$$

30 Une première information permettant d'obtenir la période d'horloge moyenne est la valeur T_m calculée.

Lors de l'étape 40 de formatage des données de transmission, cette première information est insérée dans un champ adéquat de la trame à transmettre.

8

Cette première information permettra de restituer la fréquence d'horloge moyenne et la valeur moyenne de la période d'horloge d'émission au niveau de l'équipement récepteur.

Une information additionnelle constituée du reste r_m et du signe du reste r_m est également insérée dans la trame à transmettre.

Avantageusement, la transmission de cette information additionnelle, en plus de l'information permettant d'obtenir la période d'horloge moyenne, permettra de restituer dans l'équipement récepteur un signal d'horloge ayant exactement la même durée, pour le nombre n de cycles, que le signal d'horloge d'émission, sans transmission d'un signal d'horloge associé au train binaire S_i .

Par exemple, on utilise un champ utilisateur de 32 bits de la trame Ethernet pour la transmission des informations T_m , r_m et signe de r_m .

Dans un exemple de réalisation, le champ utilisateur comporte 32 bits, et les 11 bits de poids fort (MSB) sont utilisés pour le reste r_m encodé sur 10 bits et son signe encodé sur 1 bit, les autres 21 bits étant utilisés pour la valeur moyenne de la période d'horloge d'émission T_m calculée, comme illustré schématiquement à la figure 4.

Avantageusement, la transmission de la valeur moyenne de la période d'horloge d'émission T_m est utilisable par tout récepteur.

En variante, dans un cas de figure où le ou chaque récepteur aurait connaissance de la période de consigne T_c , la valeur moyenne des écarts Δ_m obtenue est transmise, avec son signe.

La figure 5 est un synoptique des principales étapes mises en œuvre dans l'équipement récepteur dans un mode de réalisation.

Les étapes du procédé sont mises en œuvre par un dispositif programmable intégré dans l'équipement récepteur, comprenant un processeur de calcul, par exemple un circuit logique programmable de type FPGA.

Lors d'une étape 42, les informations de période d'horloge moyenne T_m , ainsi que les informations additionnelles contenant le reste r_m de la division et son signe sont extraites du champ utilisateur de la trame reçue et mémorisées.

Lors de l'étape 44, un cycle d'horloge de période d'horloge égale à T_m est généré pour l'échantillon courant.

Lors de l'étape 46, il est vérifié si la valeur absolue r'_m du reste mémorisé est supérieure à 0.

9

Si tel est le cas, l'étape 46 est suivie d'une étape 48 d'ajustement de la durée du cycle courant d'un coup d'horloge de référence, en plus ou en moins selon que le signe du reste est positif ou négatif, par rapport à la période d'horloge moyenne.

5 L'étape 48 est suivie d'une étape 50 de décrémentation de 1 de la valeur absolue du reste r'_m mémorisée.

Lorsque la valeur absolue du reste mémorisée est nulle ($r'_m = 0$), alors l'étape 46 est suivie de l'étape 44 précédemment décrite.

10 Ainsi, pour un cycle d'horloge courant, la période d'horloge restituée est soit égale à la période d'horloge moyenne T_m , soit égale à $T_m - 1$ ou à $T_m + 1$, autrement dit plus courte ou plus longue d'un coup de l'horloge de référence, en fonction du signe du reste r_m .

Le train binaire R_i est restitué selon les cadences des cycles restituées lors des étapes 44 ou 48 décrites ci-dessus.

15 Il est à noter qu'avec le procédé de restitution décrit ci-dessus, même si la variation de l'horloge d'émission n'est pas fidèlement reproduite par l'équipement récepteur à chaque cycle d'horloge, la valeur moyenne de la période d'émission est respectée, ainsi que la durée totale de la séquence d'échantillons du train binaire initial.

20 Par exemple, si on considère une séquence de $n=128$ cycles, de période d'horloge d'émission moyenne égale à $T_m=C36$ en hexadécimal (soit 3126 en décimal), la valeur de la période indiquant le nombre de coups d'horloge de référence (à fréquence de référence 100 MHz) d'un cycle d'horloge d'émission, et un reste négatif de $r_m=-4$, on obtient des cycles tels qu'illustrés schématiquement à la figure 6 : les quatre premiers cycles ont une valeur de période égale à C35, c'est-à-dire diminuée d'un cycle d'horloge de référence par rapport à la période d'horloge moyenne T_m , et les cycles d'horloge suivants ont une période T_m égale à la période moyenne.

25 Ainsi, la durée totale de la séquence restituée est égale à la durée totale de la séquence initialement émise, et les séquences émise et restituée ont la même fréquence moyenne.

L'implémentation du procédé de l'invention décrite ci-dessus a l'avantage de la simplicité.

30 En variante, on ajuste la valeur de période d'autres cycles, par exemple des derniers cycles ou alors d'un cycle sur P , avec une fréquence P donnée, par exemple un cycle sur 2, un cycle sur 3.

REVENDEICATIONS

1.- Un procédé de numérisation de train binaire continu, sans signal d'horloge associé, dans un système de communication non synchrone dudit train binaire, pour une transmission entre un premier équipement émetteur et un deuxième équipement récepteur, le train binaire continu initial étant numérisé par le premier équipement émetteur en utilisant un signal d'horloge d'émission en une séquence de données binaires à transmettre à une fréquence nominale correspondant à une période d'horloge de consigne, les données binaires à transmettre étant encapsulées dans au moins une trame de transport, ladite trame étant envoyée au deuxième équipement récepteur, le procédé, mis en œuvre par un processeur du premier équipement émetteur, le signal d'horloge d'émission étant défini par des cycles d'horloge d'émission, le procédé comprenant des étapes consistant à :

-estimer une valeur moyenne de période d'horloge d'émission de la séquence de données, comportant l'estimation de la durée de chaque cycle d'horloge d'émission de la séquence de données binaires à transmettre et le calcul d'un écart entre la période d'horloge de consigne et ladite durée calculée pour chaque cycle d'horloge d'émission; et
-insérer dans un champ prédéterminé de la trame de transport une information permettant de restituer, dans le deuxième équipement récepteur, ladite valeur moyenne de période d'horloge d'émission de la séquence de données.

2.- Le procédé de numérisation selon la revendication 1, comprenant en outre le calcul d'une valeur moyenne desdits écarts et l'estimation de la valeur moyenne de période d'horloge d'émission en fonction de la période d'horloge de consigne et de ladite valeur moyennes des écarts.

3.- Le procédé de numérisation selon la revendication 2, dans lequel le calcul de la valeur moyenne des écarts est effectué par une division entière de la somme desdits écarts par le nombre de données binaires de ladite séquence de données binaires à transmettre, fournissant une valeur de reste de la division et un signe dudit reste.

4.- Le procédé de numérisation selon la revendication 3, dans lequel une information additionnelle comportant ladite valeur de reste de la division et le signe dudit reste est insérée dans ladite trame de transport.

5.- Un équipement émetteur d'un système de communication dans lequel l'équipement émetteur est adapté à mettre en œuvre le procédé de numérisation de train binaire continu selon l'une quelconque des revendications 1 à 4.

5 6.- Un procédé de restitution de train binaire continu, transmis sans signal d'horloge associé, dans un système de communication non synchrone dudit train binaire , entre un premier équipement émetteur et un deuxième équipement récepteur, le train binaire continu initial étant numérisé par le procédé de numérisation selon l'une quelconques des revendications 1 à 4 mis en œuvre dans le premier équipement
10 émetteur, le procédé de restitution, mis en œuvre par un processeur du deuxième équipement récepteur, le procédé comprenant des étapes consistant à :

- extraire d'un champ prédéterminé d'une trame de transport reçue une information permettant de restituer la valeur moyenne de période d'horloge d'émission de la séquence de données, comportant l'extraction de ladite trame de transport d'une
15 information additionnelle permettant d'obtenir un train binaire restitué de même durée totale que le train binaire transmis par le premier équipement émetteur;
- générer un signal d'horloge de restitution dont chaque cycle a une durée égale à ladite valeur moyenne de période d'horloge d'émission; et
- restituer un train binaire avec un cadencement donné par ledit signal d'horloge
20 de restitution.

7.- Le procédé de restitution selon la revendication 6, dans lequel ladite information additionnelle comporte une valeur de reste de division entière d'une somme
25 des écarts entre la période d'horloge de consigne et une durée calculée pour chaque cycle d'horloge d'émission par le nombre de données binaires de ladite séquence de données binaires à transmettre, et un signe dudit reste.

8.- Le procédé de restitution selon la revendication 7, comprenant en outre un
30 ajustement d'au moins une durée de cycle d'horloge de restitution dudit deuxième équipement récepteur en fonction de la valeur dudit reste et du signe dudit reste.

9.- Un équipement récepteur d'un système de communication dans lequel l'équipement récepteur est adapté à mettre en œuvre le procédé de restitution de train
35 binaire continu selon l'une quelconque des revendications 6 à 8.

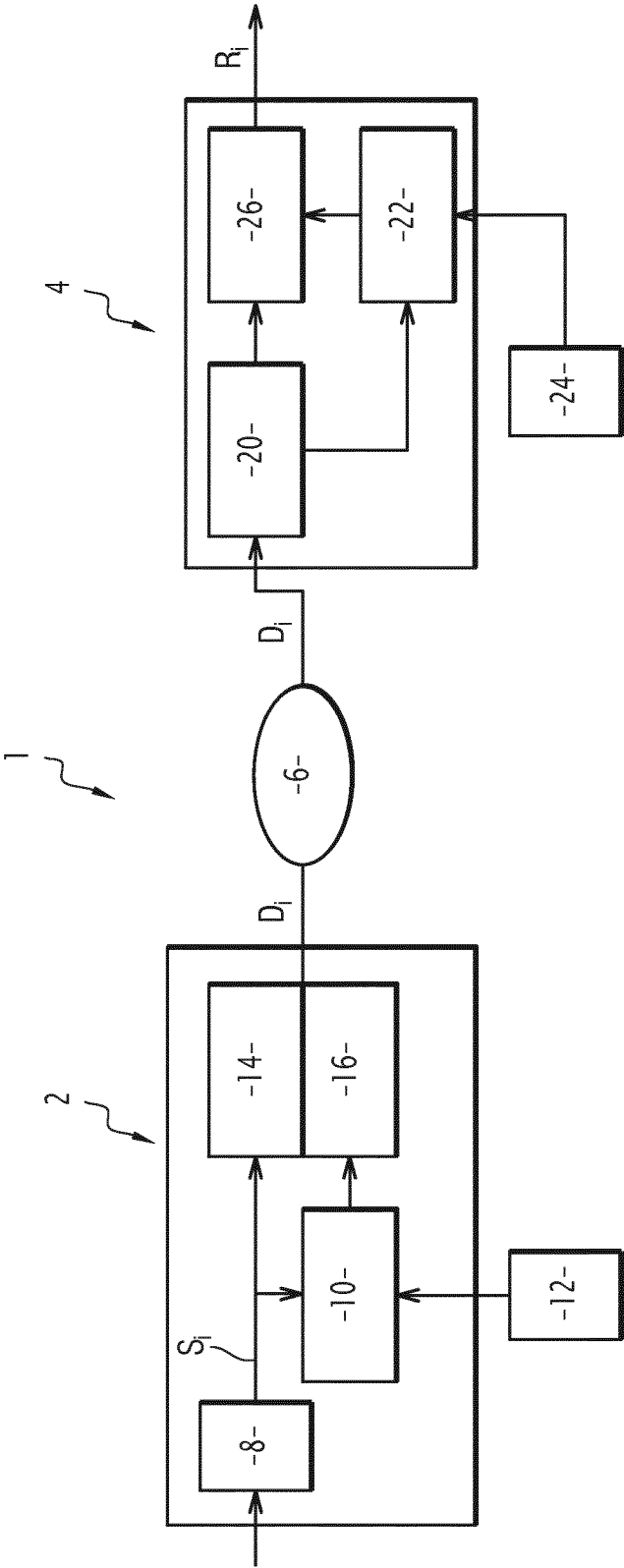


FIG.1

2/3

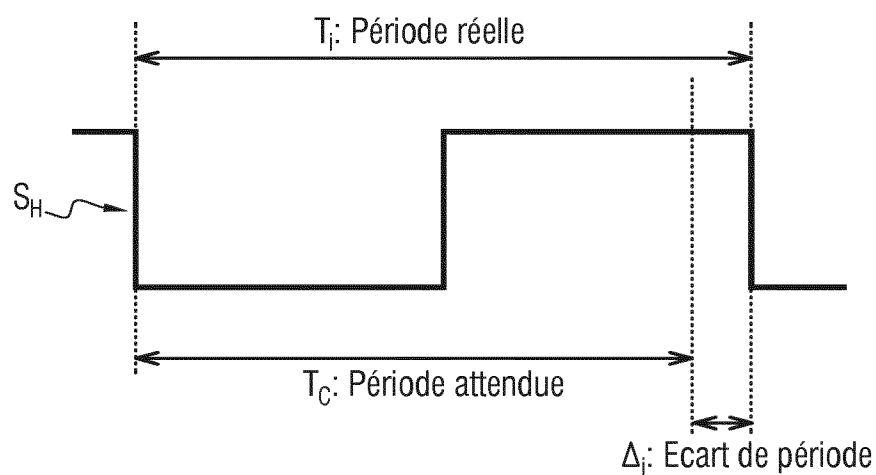


FIG.2

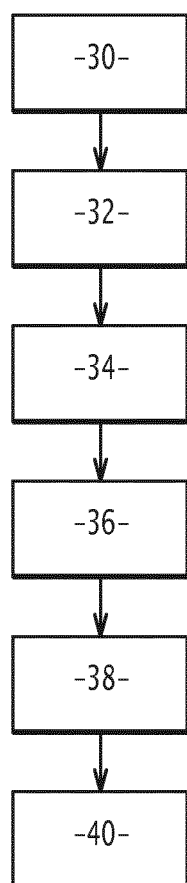


FIG.3

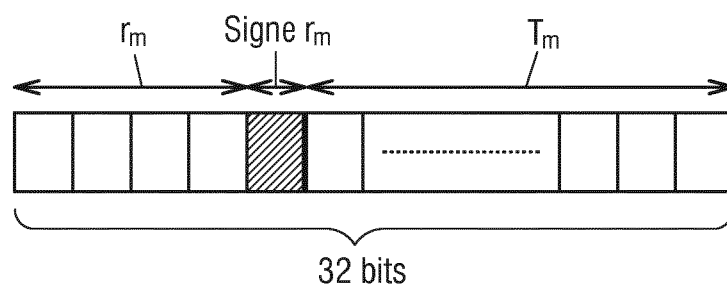


FIG.4

3/3

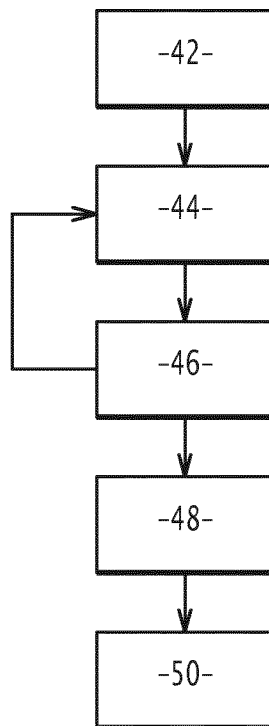


FIG.5

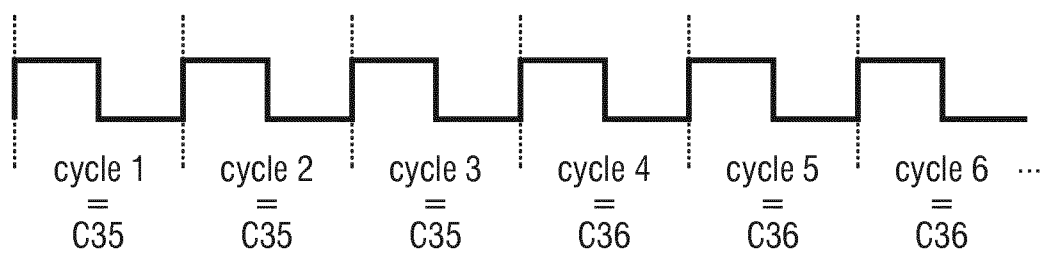


FIG.6

