

(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
05 mai 2022 (05.05.2022)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2022/090657 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H04B 10/2507 (2013.01) H04J 14/02 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2021/051867

(22) Date de dépôt international :
25 octobre 2021 (25.10.2021)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
2010960 26 octobre 2020 (26.10.2020) FR

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

(72) Inventeurs : SIMON, Gael ; ORANGE - Intellectual Property and Licensing, Orange Gardens - 44 avenue de la République -, CS 50010, 92326 CHÂTILLON CEDEX (FR).
CHANCLOU, Philippe ; ORANGE - Intellectual Property and Licensing, Orange Gardens - 44 avenue de la République -, CS 50010, 92326 CHÂTILLON CEDEX (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, IT, JO, 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,

(54) Title: METHOD FOR EQUALIZATION IN AN ACCESS NETWORK OF PASSIVE OPTICAL NETWORK TYPE, COMPUTER PROGRAM PRODUCT, OPTICAL LINE TERMINATION AND OPTICAL NETWORK UNIT CORRESPONDING THERETO

(54) Titre : PROCÉDÉ D'ÉGALISATION DANS UN RESEAU D'ACCÈS DE TYPE RESEAU OPTIQUE PASSIF, PRODUIT PROGRAMME D'ORDINATEUR, TERMINAISON DE LIGNE OPTIQUE ET UNITÉ DE RÉSEAU OPTIQUE CORRESPONDANTS

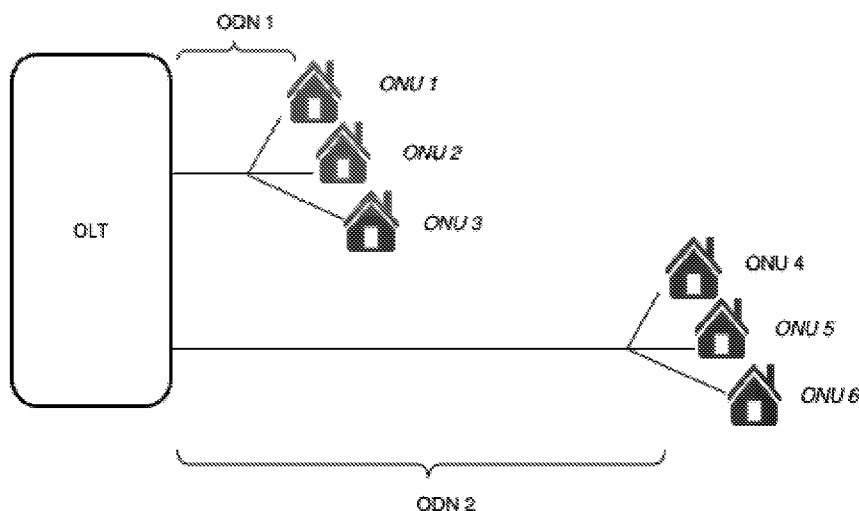


Fig 5A

(57) Abstract: A method for equalization in an access network of passive optical network type, comprising the following steps for a given optical distribution network (ODN) connecting a given input port of an optical line termination (OLT) to a given plurality of optical network units (ONUs): for at least one of the optical network units of the given plurality, obtaining a distance between the optical line termination and the optical network unit; determining a representative distance associated with the given optical distribution network, according to the one or more distances obtained; determining at least one equalization parameter, according to the representative distance; and equalizing transmission channels within the given optical distribution network, according to the at least one equalization parameter, each of the transmission channels connecting the given port of the optical line termination to one of the optical network units of the given plurality.

(57) Abrégé : Procédé d'égalisation dans un réseau d'accès de type réseau optique passif, comprenant les étapes suivantes, pour un réseau de distribution optique (ODN) donné reliant un port donné d'une terminaison de ligne optique (OLT) à une pluralité donnée

[Suite sur la page suivante]

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

(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (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))

d'unités de réseau optique (ONU) : pour au moins une des unités de réseau optique de la pluralité donnée, obtention d'une distance entre la terminaison de ligne optique et l'unité de réseau optique; détermination d'une distance représentative associée au réseau de distribution optique donné, en fonction de la ou les distances obtenues; détermination d'au moins un paramètre d'égénéralisation, en fonction de la distance représentative; et égénéralisation de canaux de transmission compris dans le réseau de distribution optique donné, en fonction du au moins un paramètre d'égénéralisation, chacun des canaux de transmission reliant le port donné de la terminaison de ligne optique à une des unités de réseau optique de la pluralité donnée.

DESCRIPTION

Procédé d'égalisation dans un réseau d'accès de type réseau optique passif, produit programme d'ordinateur, terminaison de ligne optique et unité de réseau optique correspondants.

5

1. DOMAINE TECHNIQUE

Le domaine de l'invention est celui de la télécommunication optique (fibre optique) et des réseaux d'accès de type « réseau optique passif » (PON, « Passive Optical Network »).

10

Plus précisément, l'invention concerne un procédé (et différents dispositifs correspondants) d'égalisation au sein d'un tel réseau PON.

15

Un réseau optique passif (PON) désigne un principe de transport de niveau 1 en fibre optique utilisé dans les réseaux de desserte optique (FTTx, « Fiber To The x »). Il est caractérisé par une architecture fibre point-multipoint passive (plusieurs usagers partagent une même fibre optique et il n'y a pas d'équipement actif entre le central et les abonnés). Il existe différents standards de réseau PON, parmi lesquels GPON (standard ITU-T G.984), XGS-PON (standard ITU-T G.9807), NG-PON2 (standard ITU-T G.989), HS-PON (standard ITU-T G.9804), etc.

20

2. ARRIÈRE-PLAN TECHNOLOGIQUE

25

Comme illustré sur la **figure 1**, un réseau PON comprend un équipement de terminaison de ligne optique (OLT, « Optical Line Termination ») qui est relié à des unités de réseau optique (ONU, « Optical Network Units »), via un ou plusieurs réseau(x) de distribution optique (ODN, « optical distribution network ») de type point-multipoint (aussi appelé(s) « arbre(s) PON »).

30

L'équipement OLT est l'équipement de terminaison, côté réseau, assurant l'interface avec les fibres d'un ou plusieurs réseau(x) ODN. En France, il est généralement situé dans le nœud de raccordement optique (NRO). Il possède traditionnellement un châssis avec des cartes comportant chacune des ports optiques. Chacun de ces ports optiques adresse plusieurs dizaines de clients au travers d'un réseau ODN distinct. Un

équipement OLT peut par exemple agréger plusieurs centaines de ports optiques, et donc plusieurs milliers d'ONU.

Chaque unité de réseau optique (ONU) assure l'interface côté utilisateur. Elle convertit les signaux optiques reçus par fibre en signaux électriques qui sont ensuite envoyés à des abonnés individuels. Elle est aussi parfois appelée « terminaison de réseau optique » (ONT, « Optical Network Termination »).

Chaque réseau de distribution optique (ODN) fournit le support de transmission optique pour la connexion physique d'une pluralité d'unités de réseau optique (ONU) à l'équipement OLT, avec une portée par exemple limitée à 20 km.

Un réseau ODN donné comprend donc une pluralité de canaux de transmission, chacun reliant le port donné de l'équipement OLT à un des équipements ONU de la pluralité donnée, soit dans le sens descendant (référéncé « D » sur la figure 1 pour « downstream », c'est-à-dire « OLT vers ONU ») soit dans le sens montant (référéncé « U » sur la figure 1 pour « upstream », c'est-à-dire « ONU vers OLT »).

La montée en débit dans le réseau d'accès PON (avec par exemple des débits en ligne supérieurs à 10 Gbit/s) resserre de plus en plus les contraintes sur les différents composants de la chaîne de transmission du signal (émetteur laser, canal optique, photodiode de réception, amplificateur transimpédance), que ce soit dans le sens descendant (depuis l'équipement OLT jusqu'à l'équipement ONU) ou dans le sens montant (depuis l'équipement ONU jusqu'à l'équipement OLT). Les limitations en bande passante (en fréquence) des différents composants imposent de réaliser une égalisation permettant de compenser la distorsion subie par la chaîne de transmission.

Pour illustrer cette nécessité d'effectuer une égalisation, la **figure 2** illustre un exemple de réseau PON sans égalisation et la **figure 3** un exemple de réseau PON avec une égalisation idéale. A titre d'exemple, on se place sur les figures 2 et 3 dans le cas d'un canal dans le sens descendant (mais la problématique est la même dans le sens montant). Sur la figure 2, l'émetteur optique T (émetteur laser par exemple) compris dans l'équipement OLT reçoit un signal d'entrée à transmettre, qui est par exemple un train de bits au format NRZ et à un débit de 50Gb/s, dont la représentation temporelle est référencée 21b et la représentation spectrale est référencée 21a (avec un lobe principal et des lobes secondaires). La bande passante de l'émetteur est limitée (par exemple à environ

40GHz), comme illustré par la courbe référencée 22. Le réseau ODN comprend un canal optique OC reliant, dans le sens descendant (« downstream »), l'émetteur T situé dans l'équipement OLT et le récepteur R situés dans l'équipement ONU, et présentant un évanouissement (fading) dont la position en fréquence est fonction notamment de la dispersion chromatique (qui elle-même dépend de la longueur d'onde), du chirp et de la distance OLT/ONU (c'est-à-dire la longueur de la ligne de transmission sur fibre). La courbe référencée 23 illustre cet évanouissement. Le récepteur optique R (photodiode par exemple) compris dans l'équipement ONU reçoit le signal en sortie du canal optique OC et génère un signal de sortie. La bande passante du récepteur est limitée, comme illustré par la courbe référencée 24. Le signal de sortie subit une distorsion par rapport au signal d'entrée (21a, 21b), comme cela apparaît sur la représentation temporelle référencée 25b et la représentation spectrale référencée 25a (les lobes secondaires sont rognés) du signal de sortie. Il convient donc de compenser la bande passante limitée de l'émetteur T, la bande passante limitée du récepteur R, ainsi que l'évanouissement du canal optique OC. Idéalement, et comme illustré sur la figure 3, cette égalisation est réalisée en complétant le réseau PON de la figure 2 avec un élément de pré-compensation (référéncé « Pre-C » et réalisant une pré-compensation dont la représentation fréquentielle est référencée 31), compris dans l'équipement OLT (en amont de l'émetteur) et/ou un élément de post-compensation (référéncé « Post-C » et réalisant une post-compensation dont la représentation fréquentielle est référencée 32), compris dans l'équipement ONU (en aval du récepteur). Ainsi, le signal de sortie est sensiblement identique au signal d'entrée, comme cela apparaît sur la représentation temporelle référencée 33b et la représentation spectrale référencée 33a (les lobes secondaires ne sont plus rognés) du signal de sortie.

En pratique, cette égalisation (compensation) est d'autant plus complexe à mettre en œuvre que les caractéristiques de la chaîne de transmission ne sont pas connues a priori. Par exemple, si l'égalisation est effectuée par un élément situé du côté de l'émetteur (cas d'une pré-compensation côté équipement OLT), cet élément devra pré-compenser la distorsion inconnue introduite par le canal optique et le récepteur (côté équipement ONU). Une égalisation peut également être effectuée par un élément situé du côté du récepteur (cas d'une post-compensation côté équipement ONU).

Le fait que l'infrastructure du réseau ODN soit partagée et que les distances OLT/ONU (c'est-à-dire les distances entre l'équipement OLT et les différents équipements ONU) soient traditionnellement spécifiées dans des gammes (classes) (par exemple : 0-20km) complexifie encore d'avantage le problème de l'égalisation, et rend
5 aujourd'hui l'implémentation de cette égalisation peu (voire pas) réaliste. Par exemple, dans le cas d'une égalisation de type pré-compensation, l'émetteur dans l'équipement OLT doit être prêt à compenser l'ensemble des canaux de transmission possibles des différents réseaux ODN (arbres PON), dans la gamme de distances OLT/ONU spécifiées (par exemple : 0-20km).

10 On détaille maintenant, à travers un exemple, la difficulté actuelle d'implémentation de l'égalisation dans un réseau PON.

La nature point-à-multipoint du réseau PON ainsi que son usage massif (millions de clients) supposent une grande variété de distances OLT/ONU et donc une grande variété de canaux de transmission. Les générations antérieures de réseau PON (notamment
15 G-PON, XGS-PON et NG-PON2) prévoient jusqu'à présent une interopérabilité pour un canal de transmission d'une distance comprise dans une gamme 0-20km (c'est-à-dire pouvant être entre 0 et 20 km, sans pré-connaissance). Si on considère un réseau d'accès de type HS-PON, l'implémentation pratique d'un élément d'égalisation (typiquement sous la forme d'un module d'égalisation exécuté sur un processeur numérique de signal
20 (DSP, « Digital Signal Processor »), comme par exemple un module FFE (« Feed-Forward Equalization »), un module DFE (« Decision Feedback Equalization »), un module CTLE (« Continuous Time Linear Equalization »), etc.) dans la chaîne de transmission se heurte à des limites d'implémentation.

En effet, un module d'égalisation FFE par exemple est caractérisé par son nombre
25 de « curseurs » (aussi appelés « coefficients » ou « taps ») servant à définir sa réponse impulsionnelle, ainsi que par l'intervalle temporel séparant ces curseurs. Plus le nombre de curseurs sera important, plus la capacité d'égalisation sera adaptée à la variété de canaux considérés. De même, plus l'intervalle temporel sera faible, plus le module d'égalisation permettra de compenser des canaux larges spectralement.

30 Or l'utilisation de ces techniques dans un réseau PON de type HS-PON, avec des débits de 50Gb/s NRZ (donc larges spectralement) impose des contraintes fortes sur

l'intervalle temporel nécessaire à l'élément d'égalisation (typiquement 10ps ; soit $T/2$ avec T : temps symbole ($=1/50\text{GHz}$ en 50Gb/s)). L'état de l'art des modules d'égalisation actuels restreint le nombre de curseurs à une dizaine typiquement pour un intervalle temporel aussi faible. Cette limitation du nombre de curseurs empêche de d'égaliser correctement la totalité des canaux de transmission possibles dans la gamme 0-20km.

Il existe donc un besoin de fournir une solution permettant de faciliter la mise en œuvre d'une égalisation dans un réseau d'accès de type réseau PON. Un autre objectif est que cette solution soit simple à implémenter et peu coûteuse.

3. RÉSUMÉ

Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, il est proposé un procédé d'égalisation dans un réseau d'accès de type réseau optique passif (PON), comprenant les étapes suivantes, pour un réseau de distribution optique (ODN) donné reliant un port donné d'une terminaison de ligne optique (OLT) à une pluralité donnée d'unités de réseau optique (ONU) :

- pour au moins une des unités de réseau optique (ONU) de la pluralité donnée, obtention d'une distance entre la terminaison de ligne optique (OLT) et ladite unité de réseau optique (ONU) ;
- détermination d'une distance représentative associée au réseau de distribution optique (ODN) donné, en fonction de la ou les distances obtenues ;
- détermination d'au moins un paramètre d'égalisation, en fonction de la distance représentative ; et
- égalisation de canaux de transmission compris dans le réseau de distribution optique (ODN) donné, en fonction dudit au moins un paramètre d'égalisation, chacun des canaux de transmission reliant le port donné de la terminaison de ligne optique (OLT) à une des unités de réseau optique (ONU) de la pluralité donnée.

Ainsi, la solution proposée repose sur une approche consistant à effectuer l'égalisation d'un réseau PON en se basant non pas sur une gamme de distances OLT/ONU possibles (typiquement : 0-20km) mais seulement sur une ou plusieurs distances OLT/ONU d'un réseau ODN donné. Il n'y a pas une égalisation commune à tous les réseaux ODN, mais une égalisation par réseau ODN. En d'autres termes, chaque

réseau ODN peut faire l'objet d'une égalisation distincte, qui est fonction de l'infrastructure fibrée existant réellement dans ce réseau ODN (c'est-à-dire fonction en particulier la distance OLT/ONU obtenue pour au moins un équipement ONU relié à ce réseau ODN).

La solution proposée permet donc de faciliter la mise en œuvre d'une égalisation dans un réseau PON. En effet, pour un réseau ODN donné, la contrainte de distance OLT/ONU est beaucoup moins forte qu'avec la solution classique basée sur une gamme de distances OLT/ONU possibles (typiquement : 0-20km). En d'autres termes, dans la mesure où chaque réseau ODN (parfois aussi appelé « arbre PON ») ne relie généralement que quelques dizaines d'équipements ONU à l'équipement OLT, et où ces équipements ONU sont généralement co-localisés, cela simplifie énormément le problème d'implémentation de l'égalisation. Par exemple, si les équipements ONU du réseau ODN (arbre PON) considéré sont distribués en moyenne à 17km +/-1km de l'équipement OLT, les paramètres d'égalisation seront adaptés à cette distance (et non pas à la gamme de distances OLT/ONU possibles, égale typiquement à 0-20km). L'égalisation appliquée à un réseau ODN voisin (arbre PON voisin), même s'il est géré par la même carte de l'équipement OLT (mais par un autre port optique), pourra avoir des paramètres d'égalisation différents.

De cette manière, il devient possible de mettre en œuvre une égalisation dans un réseau ODN donné, même si ce réseau ODN donné fait partie d'un réseau d'accès de type HS-PON, avec des débits de 50Gb/s NRZ.

Selon une caractéristique particulière, l'étape d'obtention d'une distance est effectuée pour chacune des unités de réseau optique (ONU) de la pluralité donnée, et en ce que la détermination de la distance représentative est fonction des distances obtenues pour lesdites unités de réseau optique (ONU) de la pluralité donnée.

Ainsi, on améliore la détermination de la distance représentative associée au réseau de distribution optique (ODN) considéré. Comme précisé par la suite, il existe plusieurs manières de déterminer la distance représentative en fonction des distances OLT/ONU.

Selon une première implémentation particulière, l'obtention d'une distance pour une unité de réseau optique (ONU) donnée résulte d'un partage d'un ensemble de

paramètre(s) de transmission incluant ladite distance, entre la terminaison de ligne optique (OLT) et l'unité de réseau optique (ONU) donnée, via un autre canal de transmission qui est établi avant que ne soit établi ledit canal de transmission reliant le port donné de la terminaison de ligne optique (OLT) à l'unité de réseau optique (ONU) donnée.

5 Dans cette première implémentation, l'obtention d'une distance OLT/ONU est effectuée grâce à un autre canal de transmission (par exemple bas débit) entre les deux équipements considéré (OLT et ONU). Cette première implémentation est donc simple et peu coûteuse.

10 Selon une deuxième implémentation particulière, l'obtention d'une distance pour une unité de réseau optique (ONU) donnée résulte d'un partage d'un ensemble de paramètre(s) de transmission incluant ladite distance, entre la terminaison de ligne optique (OLT) et une autre terminaison de ligne optique d'une génération différente, et également reliée audit réseau de distribution optique (ODN).

15 Dans cette deuxième implémentation, l'obtention d'une distance OLT/ONU est effectuée grâce à un partage de paramètre(s) entre la terminaison de ligne optique (OLT) et une autre terminaison de ligne optique, d'une génération différente. Le partage est donc effectué lors d'une migration vers une nouvelle génération de terminaison de ligne optique (OLT), pour le réseau ODN donné (qui reste le même). Il s'agit par exemple d'une migration depuis un équipement OLT de type XGSPON vers un équipement OLT de type
20 HSPON. Cette deuxième implémentation est donc également simple et peu coûteuse.

 Selon une caractéristique particulière, ledit ensemble de paramètre(s) de transmission inclut au moins un autre paramètre de transmission d'une chaîne de transmission entre la terminaison de ligne optique (OLT) et ladite unité de réseau optique (ONU) donnée, distinct de la distance entre la terminaison de ligne optique (OLT) et ladite
25 unité de réseau optique (ONU) donnée, et en ce que la détermination dudit au moins un paramètre d'égalisation est également fonction dudit au moins un autre paramètre de transmission.

 Ainsi, en tenant compte d'au moins un autre paramètre de transmission (autre que la distance OLT/ONU) pour chaque couple OLT/ONU, on améliore encore la qualité de
30 l'égalisation dans le réseau ODN considéré.

Selon une caractéristique particulière, ledit au moins un autre paramètre de transmission appartient au groupe comprenant :

- une température, de la terminaison de ligne optique (OLT) ou de l'unité de réseau optique (ONU) ;
 - 5 • une puissance optique émise par un émetteur compris dans la terminaison de ligne optique (OLT) ou l'unité de réseau optique (ONU) ;
 - une puissance optique reçue par un récepteur compris dans la terminaison de ligne optique (OLT) ou l'unité de réseau optique (ONU) ;
 - un courant de biais au sein d'un émetteur compris dans la terminaison de ligne optique (OLT) ou l'unité de réseau optique (ONU) ; et
 - 10 • une tension de modulation au sein d'un émetteur compris dans la terminaison de ligne optique (OLT) ou l'unité de réseau optique (ONU).
- Cette liste de paramètres de transmission n'est pas exhaustive.

15 Selon une caractéristique particulière, le procédé comprend une étape de mémorisation dans la terminaison de ligne optique (OLT), ou d'émission vers un dispositif apte à mémoriser, dudit ensemble de paramètre(s) de transmission ou de paramètres qui en sont représentatifs, en vue d'un autre partage ultérieur.

20 Ainsi, l'ensemble de paramètre(s) de transmission qui est mémorisé (ou paramètres qui en sont représentatifs) pourra être utilisé pour effectuer un autre partage ultérieur (par exemple, lors d'une migration vers encore une autre terminaison de ligne optique d'une génération encore différente).

Selon une caractéristique particulière, l'égalisation comprend au moins un type d'égalisation appartenant au groupe comprenant :

- une égalisation de type pré-compensation, effectuée dans la terminaison de ligne optique (OLT) et s'appliquant pour un sens descendant, depuis la terminaison de ligne optique (OLT) vers la pluralité donnée d'unités de réseau optique (ONU) ;
- 25 • une égalisation de type post-compensation, effectuée dans au moins une des unités de réseau optique (ONU) et s'appliquant pour un sens descendant, depuis la terminaison de ligne optique (OLT) vers ladite unité de réseau optique (ONU) ;

- une égalisation de type pré-compensation, effectuée dans la terminaison de ligne ; optique (OLT) et s'appliquant pour un sens montant, depuis une des unités de réseau optique (ONU) vers la terminaison de ligne optique (OLT) ; et
- une égalisation de type post-compensation, effectuée dans au moins une des unités de réseau optique (ONU) et s'appliquant pour un sens montant, depuis ladite unité de réseau optique (ONU) vers la terminaison de ligne optique (OLT).

Ainsi, la solution proposée est compatible avec tous les cas possibles d'égalisation : égalisation par pré et/ou post-compensation et que ce soit pour le sens descendant (« OLT vers ONU ») ou pour le sens montant (« ONU vers OLT »).

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

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, il est proposé un produit programme d'ordinateur qui comprend des instructions de code de programme pour la mise en œuvre du procédé précité (dans l'un quelconque de ses différents modes de réalisation), lorsque ledit programme est exécuté sur une machine de calcul (ordinateur, processeur, etc.).

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, il est proposé un médium de stockage lisible par ordinateur et non transitoire, stockant un programme d'ordinateur comprenant un jeu d'instructions exécutables par machine de calcul (ordinateur, processeur, etc.) pour mettre en œuvre le procédé précité (dans l'un quelconque de ses différents modes de réalisation).

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, il est proposé une terminaison de ligne optique (OLT) d'un réseau d'accès de type réseau optique passif (PON), caractérisé en ce qu'il comprend, pour un réseau de distribution optique (ODN) donné reliant un port donné de ladite terminaison de ligne optique (OLT) à une pluralité donnée d'unités de réseau optique (ONU) :

- des moyens d'obtention, pour au moins une des unités de réseau optique (ONU) de la pluralité donnée, d'une distance entre la terminaison de ligne optique (OLT) et ladite unité de réseau optique (ONU) ;

- des moyens de détermination d'une distance représentative associée au réseau de distribution optique (ODN) donné, en fonction de la ou les distances obtenues ;
- des moyens de détermination d'au moins un paramètre d'égalisation, en fonction de la distance représentative ; et
- des moyens d'égalisation de canaux de transmission compris dans le réseau de distribution optique (ODN) donné, en fonction dudit au moins un paramètre d'égalisation, chacun des canaux de transmission reliant le port donné de la terminaison de ligne optique (OLT) à une des unités de réseau optique (ONU) de la pluralité donnée.

Cette terminaison de ligne optique (OLT) est apte à mettre en œuvre dans tous ses modes de réalisation le procédé d'égalisation qui vient d'être décrit.

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, il est proposé une unité de réseau optique (ONU) d'un réseau d'accès de type réseau optique passif (PON), comprenant, pour un réseau de distribution optique (ODN) donné reliant un port donné d'une terminaison de ligne optique (OLT) à une pluralité donnée d'unités de réseau optique (ONU) incluant ladite unité de réseau optique (ONU) :

- des moyens d'obtention, pour au moins ladite unité de réseau optique (ONU), d'une distance entre la terminaison de ligne optique (OLT) et ladite unité de réseau optique (ONU) ;
- des moyens de détermination d'une distance représentative associée au réseau de distribution optique (ODN) donné, en fonction de la ou les distances obtenues ;
- des moyens de détermination d'au moins un paramètre d'égalisation, en fonction de la distance représentative ; et
- des moyens d'égalisation, en fonction dudit au moins un paramètre d'égalisation, du canal de transmission reliant le port donné de la terminaison de ligne optique (OLT) à ladite unité de réseau optique (ONU).

Cette unité de réseau optique (ONU) est apte à mettre en œuvre dans tous ses modes de réalisation le procédé d'égalisation qui vient d'être décrit.

4. LISTE DES FIGURES

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante, donnée à titre d'exemple indicatif et non limitatif, et des dessins annexés, dans lesquels :

[Fig. 1], déjà décrite en relation avec l'art antérieur, illustre des composantes d'un réseau PON ;

[Fig. 2], déjà décrite en relation avec l'art antérieur, illustre un exemple de réseau PON sans égalisation ;

[Fig. 3], déjà décrite en relation avec l'art antérieur, illustre un exemple de réseau PON avec une égalisation idéale ;

[Fig. 4] présente un organigramme d'un mode de réalisation particulier du procédé d'égalisation selon l'invention ;

[Fig. 5A] présente un exemple de réseau PON comprenant des premier et deuxième réseaux ODN ;

[Fig. 5B] illustre des courbes d'évanouissement de canaux optiques compris dans le premier réseau ODN de la figure 5A ;

[Fig. 5C] illustre des courbes d'évanouissement de canaux optiques compris dans le deuxième réseau ODN de la figure 5A ; et

[Fig. 6] présente la structure d'une machine de calcul selon un mode de réalisation particulier de l'invention, configuré pour mettre en œuvre le procédé de la figure 4.

5. DESCRIPTION DÉTAILLÉE

Sur toutes les figures du présent document, les éléments et étapes identiques sont désignés par une même référence numérique.

On présente maintenant, en relation avec la **figure 4**, un procédé d'égalisation dans un réseau PON, selon un mode de réalisation de l'invention. On considère un réseau ODN donné, reliant un port donné d'un équipement OLT à une pluralité donnée d'équipements ONU. Le réseau ODN donné comprend donc une pluralité de canaux de transmission (appelés par la suite « canaux de transmission principaux »), chacun reliant le port donné de l'équipement OLT à un des équipements ONU de la pluralité donnée, soit dans le sens descendant (« downstream », c'est-à-dire « OLT vers ONU ») soit dans le sens montant (« upstream », c'est-à-dire « ONU vers OLT »).

Les étapes du procédé sont par exemple exécutées par une première machine de calcul comprise dans l'équipement OLT, ou bien par une deuxième machine de calcul comprise dans chacun des équipements ONU (ou dans au moins certains des équipements ONU), ou encore à la fois par la première et la deuxième machine de calcul précitées. Un exemple de réalisation d'une telle (première ou deuxième) machine de calcul est détaillé ci-dessous en relation avec la figure 6.

Etape 41

Dans une étape 41, pour au moins un des équipements ONU de la pluralité donnée, on obtient une distance entre l'équipement OLT et cet équipement ONU, appelée par la suite « distance OLT/ONU ». Dans un mode de réalisation particulier, on obtient une distance OLT/ONU pour chacun des équipements ONU de la pluralité donnée.

Dans une première implémentation de l'étape 41, l'obtention d'une distance OLT/ONU pour un équipement ONU donné résulte d'un partage, entre l'équipement OLT et l'équipement ONU donné, d'un ensemble de paramètre(s) de transmission (incluant la distance OLT/ONU). Ce partage est effectué via un autre canal de transmission (par exemple bas débit), appelé par la suite « canal de transmission secondaire », qui est établi avant que ne soit établi le canal de transmission principal (haut débit) reliant le port donné de l'équipement OLT à l'équipement ONU donné.

Dans une deuxième implémentation de l'étape 41, l'obtention d'une distance OLT/ONU pour un équipement ONU donné résulte d'un partage entre l'équipement OLT et un autre équipement OLT d'une génération différente et utilisant le même réseau ODN donné. Le partage porte sur un ensemble de paramètre(s) de transmission (incluant la distance OLT/ONU). Ce partage est effectué via une interface de communication entre les deux équipements OLT de génération différentes. En d'autres termes, la connaissance de l'ensemble de paramètre(s) de transmission peut également être héritée, suite à une migration de technologies entre deux équipements OLT de générations différentes (par exemple une migration depuis un équipement OLT de type G-PON vers un équipement OLT de type HS-PON). Voir ci-après une présentation plus détaillée d'une telle migration de technologies.

Dans une variante de la première ou de la deuxième implémentation de l'étape 41, l'ensemble de paramètre(s) de transmission (partagé entre l'équipement OLT et

l'équipement ONU donné) n'est pas limité à la distance OLT/ONU et inclut au moins un autre paramètre de transmission, relatif à la chaîne de transmission entre l'équipement OLT et l'équipement ONU donné (soit dans le sens descendant (« OLT vers ONU ») soit dans le sens montant (« ONU vers OLT »). Cette chaîne de transmission comprend par exemple les éléments suivants : émetteur optique (laser), canal optique, récepteur optique (photodiode de réception), amplificateur transimpédance, etc.

Par paramètre de transmission on entend notamment, mais non exclusivement :

- une température, de l'équipement OLT ou de l'équipement ONU ;
- une puissance optique émise par un émetteur compris dans l'équipement OLT ou l'équipement ONU ;
- une puissance optique reçue par un récepteur compris dans l'équipement OLT ou l'équipement ONU ;
- un courant de biais au sein d'un émetteur compris dans l'équipement OLT ou l'équipement ONU ;
- une tension de modulation au sein d'un émetteur compris dans l'équipement OLT ou l'équipement ONU ;
- ...

Etape 42

Dans une étape 42, on détermine une distance représentative associée au réseau ODN donné, en fonction de la ou les distance(s) OLT/ONU obtenue(s). Pour cette détermination, différents types de calcul sont possibles : moyenne, écart-type, disparité, etc. Dans le mode de réalisation particulier où on obtient une distance OLT/ONU pour chacun des équipements ONU de la pluralité donnée, la détermination de la distance représentative est fonction de toutes les distances OLT/ONU obtenues.

Dans l'étape 42, on tire profit du fait qu'en pratique, pour un réseau ODN considéré, les distances OLT/ONU sont centrées et la disparité de distances OLT/ONU (c'est-à-dire la différence entre la distance OLT/ONU pour l'équipement ONU le plus éloigné et la distance OLT/ONU pour l'équipement ONU le plus proche) est relativement faible (<1km en moyenne à ce jour).

Etape 43

Dans une étape 43, on détermine un jeu de paramètres d'égalisation (aussi appelés par la suite « curseurs », « coefficients » ou « taps »), en fonction de la distance représentative. Les paramètres d'égalisation peuvent être préétablis par un abaque (dans ce cas, l'abaque permet d'obtenir les paramètres d'égalisation, connaissant la distance représentative). Dans une variante, les paramètres d'égalisation sont calculés à la volée (c'est-à-dire de manière dynamique).

Par exemple, si les équipements ONU du réseau ODN (arbre PON) considéré sont distribués en moyenne à 17km +/-1km de l'équipement OLT (ce qui constitue la « distance représentative » précitée), les paramètres d'égalisation seront adaptés à cette distance représentative (et non pas à la gamme de distances OLT/ONU possibles, égale typiquement à 0-20km).

Dans une variante de l'étape 43, si l'ensemble de paramètre(s) de transmission (échangé à l'étape 41) inclut au moins un autre paramètre de transmission, la détermination du au moins un paramètre d'égalisation est également fonction de ce(s) autre(s) paramètre(s) de transmission. En effet, les autres paramètres de transmission influent sur les paramètres physiques de la transmission. Par exemple, l'augmentation de la température de l'émetteur laser se traduit par une réduction de la bande-passante. Cette réduction de la bande passante de l'émetteur laser se traduit par une réduction de la fonction de transfert globale du système (la fonction de transfert globale étant le produit des fonctions de transfert de l'émetteur, du canal et du récepteur).

Etape 44

Dans une étape 44, on effectue une égalisation des canaux de transmission principaux compris dans le réseau ODN donné, en fonction du ou des paramètre(s) d'égalisation. L'égalisation comprend une égalisation de type pré-compensation (effectuée par un élément d'égalisation compris dans l'équipement OLT) et/ou une égalisation de type post-compensation (effectuée par un élément d'égalisation compris dans chacun - ou au moins un - des équipements ONU). L'égalisation par pré et/ou post-compensation est effectuée soit pour le sens descendant (« OLT vers ONU ») soit pour le sens montant (« ONU vers OLT »).

On utilise par exemple un module d'égalisation de type FFE, DFE, CTLE, etc., exécuté sur un processeur DSP. Comme déjà mentionné plus haut, un module d'égalisation FFE est caractérisé par son nombre de « curseurs » (aussi appelés « coefficients » ou « taps ») servant à définir sa réponse impulsionnelle, ainsi que par l'intervalle temporel séparant ces curseurs. Plus le nombre de curseurs sera important, plus la capacité d'égalisation sera adaptée à la variété de canaux considérés. De même, plus l'intervalle temporel sera faible, plus le module d'égalisation permettra de compenser des canaux larges spectralement. L'utilisation d'un module d'égalisation FFE dans un réseau PON de type HS-PON, avec des débits de 50Gb/s NRZ (donc larges spectralement) impose des contraintes fortes sur l'intervalle temporel nécessaire à l'élément d'égalisation (typiquement 10ps ; soit $T/2$ avec T : temps symbole ($=1/50\text{GHz}$ en 50Gb/s)).

Dans l'état de l'art, pour un intervalle temporel aussi faible, les éléments d'égalisation dont le coût financier est raisonnable ne comprennent qu'un faible nombre de curseurs (une dizaine typiquement). Cette limitation du nombre de curseurs empêche d'égaliser correctement la totalité des canaux de transmission possibles dans la gamme 0-20km.

Avec la solution proposée, cette limitation du nombre de curseurs n'empêche pas d'effectuer une égalisation convenable puisque cette égalisation ne s'applique pas à la totalité des canaux de transmission possibles dans la gamme 0-20km, mais seulement aux canaux de transmission existant effectivement dans le réseau ODN considéré (et dont la distance OLT/ONU est égale à, ou approximée par, la distance représentative déterminée à l'étape 42 et associée à ce réseau ODN considéré).

Avec la solution proposée, la méthode pour obtenir les curseurs (coefficients ou taps) à l'étape 43, est par exemple la suivante : une fois que les canaux de transmission à égaliser ont été estimés à partir des distances ONU/OLT (et éventuellement des autres paramètres de transmission), ces canaux sont moyennés (différents types de calcul sont possibles : moyenne, écart-type, disparité, etc.). Il en résulte un canal global possédant des caractéristiques représentatives de l'ensemble des liens ONU/OLT (notamment une distance OLT/ONU représentative). La réponse impulsionnelle de ce canal global est

extraite (par transformée de Fourier inverse) et utilisée pour calculer les paramètres optimaux de l'élément d'égalisation (c'est-à-dire les curseurs/coefficients/taps précités), comme décrit par exemple par CIOFFI (voir « <https://cioffi-group.stanford.edu/doc/book/chap3.pdf> », équation 3.313).

5 Etape 45

Dans une implémentation particulière, une étape 45 permet d'effectuer une mémorisation dans l'équipement OLT, ou une émission vers un dispositif apte à mémoriser, l'ensemble de paramètre(s) de transmission (ou de paramètres qui en sont représentatifs) en vue d'un autre partage ultérieur.

10 Le principe général de la solution proposée est maintenant résumé en relation avec les **figures 5A, 5B et 5C**. La figure 5A présente un exemple de réseau PON comprenant des premier et deuxième réseaux ODN, référencés ODN1 et ODN2 respectivement. La figure 5B illustre des courbes d'évanouissement de canaux optiques compris dans le premier réseau ODN1 de la figure 5A (canaux optiques entre l'équipement OLT et les
15 équipements ONU référencés ONU1, ONU2 et ONU3). La figure 5C illustre des courbes d'évanouissement de canaux optiques compris dans le deuxième réseau ODN2 de la figure 5A (canaux optiques entre l'équipement OLT et les équipements ONU référencés ONU4, ONU5 et ONU6).

20 On voit que les courbes C-ONU1, C-ONU2 et C-ONU3 de la figure 5B (associées aux trois canaux reliant chacun l'équipement OLT à l'un des équipements ONU1, ONU2 et ONU3) montrent que leurs pics d'évanouissement sont sensiblement co-localisés en fréquence, ce qui justifie que la solution proposée réalise une égalisation pour ces trois canaux.

25 On voit également que les courbes C-ONU4, C-ONU5 et C-ONU6 de la figure 5C (associées aux trois autres canaux reliant chacun l'équipement OLT à l'un des équipements ONU4, ONU5 et ONU6) montrent que leurs pics d'évanouissement sont également sensiblement co-localisés en fréquence, ce qui justifie que la solution proposée réalise une égalisation pour ces trois autres canaux, et que leurs pics d'évanouissement sont décalés fréquemment par rapport à ceux des courbes C-ONU1, C-ONU2 et C-
30 ONU3 de la figure 5B, ce qui justifie que la solution proposée ne réalise pas la même égalisation pour chacun des deux groupes de trois autres canaux.

La **figure 6** présente la structure d'une machine de calcul 60 selon un mode de réalisation particulier de l'invention, configuré pour mettre en œuvre le procédé de la figure 4 et pouvant être implémenté dans l'équipement OLT et/ou dans l'équipement ONU.

5 Cette structure comprend une mémoire vive 62 (par exemple une mémoire RAM), une mémoire morte 63 (par exemple une mémoire ROM ou un disque dur) et une unité de traitement 61 (équipée par exemple d'un processeur, et pilotée par un programme d'ordinateur 630 stocké dans la mémoire morte 63). A l'initialisation, les instructions de code du programme d'ordinateur 630 sont par exemple chargées dans la mémoire vive 62 avant d'être exécutées par le processeur de l'unité de traitement 61.

10 Cette figure 6 illustre seulement une manière particulière, parmi plusieurs possibles, d'implémenter le procédé de l'invention sur une machine de calcul. En effet, le procédé de l'invention s'implémente indifféremment sur une machine de calcul reprogrammable (un ordinateur PC, un processeur DSP ou un microcontrôleur) exécutant un programme comprenant une séquence d'instructions, ou sur une machine de calcul dédiée (par exemple un ensemble de portes logiques comme un FPGA ou un ASIC, ou tout autre module matériel).

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

Migration de technologies entre deux équipements OLT de générations différentes (pour le même réseau ODN)

25 Il est proposé un échange, entre deux générations équipements OLT, de paramètres sur l'infrastructure optique (réseau ODN) qui va être partagée via de la coexistence entre les deux générations d'équipements OLT. Par exemple, un équipement OLT de type G-PON ou XG(S)-PON va informer un équipement OLT de type HS-PON des paramètres de supervision (BBF TR-280) et d'autres paramètres de fonctionnement, notamment :

- le nombre d'équipements ONU connectés ;

- les distances OLT/ONU (distances entre l'équipement OLT et chacun des équipements ONU) ;
- la température, le voltage, le courant de biais d'un émetteur compris dans un des équipements ONU ou dans l'équipement OLT ;
- 5 • la puissance optique émise par un émetteur compris dans un des équipements ONU ou dans l'équipement OLT ;
- la puissance optique reçue par un récepteur compris dans un des équipements ONU ou dans l'équipement OLT ;
- 10 • l'historique du monitoring de la performance du correcteur (FEC) et des GEM ports ;
- ...

L'ensemble de ces paramètres va permettre à l'équipement OLT de type HS-PON d'optimiser la transmission de la couche physique pour le réseau ODN (arbre PON) considéré. En effet, la connaissance de la portée (distance) et du budget optique pour
15 chacun des clients (équipements ONU) sont, par exemple, des données essentielles à l'optimisation des paramètres de traitement du signal, pour l'égalisation notamment. Ainsi la connaissance de la statistique de l'ensemble des clients de l'infrastructure considérée (réseau ODN considéré) permet d'optimiser le traitement du signal pour desservir l'ensemble des clients. En effet, une statistique en portée de clients centrée à 5 km avec
20 une disparité de 1 km ne nécessitera pas les mêmes paramètres de traitement dispositif intermédiaire signal (notamment d'égalisation) qu'une statistique en portée de clients centrée à 12 km avec une disparité de 8 km.

Cet échange peut être ponctuel lors de l'installation du réseau HS-PON. Cet échange peut être périodique ou lié à un événement entre les générations d'équipements
25 OLT. Typiquement, un client qui disparaît d'un réseau G-PON ou XG(S)-PON est potentiellement un client qui va migrer vers le réseau HS-PON. Autrement, un processus de bascule d'un client sur le réseau HS-PON (par « pre-provisionnement ») peut nécessiter que l'équipement OLT du type HS-PON interroge l'équipement OLT du type G-PON ou XG(S)-PON sur les paramètres de fonctionnement de ce client avant cette bascule.

30 L'échange peut être mis en œuvre comme suit :

- identification des données d'un réseau PON par un équipement OLT d'un premier type ;
- mémorisation locale de ces données, par exemple au sein de l'équipement OLT du premier type (ou d'un équipement situé dans le central office, ou distant, par exemple au sein d'un contrôleur de réseaux ou d'une base de données disjointe) ;
- échange (en local ou à distance) de ces données via une interface entre l'équipement OLT du premier type et un équipement OLT d'un deuxième type ; et
- prise en compte de ces données par l'équipement OLT du deuxième type (HS-PON par exemple) pour optimiser notamment la connectivité couche physique des clients.

Ainsi, les paramètres échangés peuvent être utilisés pour effectuer, grâce à l'équipement OLT du deuxième type (HS-PON par exemple), au moins une fonction complémentaire autre que l'égalisation :

- la connaissance du point de fonctionnement des différents composants de la chaîne de transmission permet d'en optimiser les performances. La température joue par exemple un rôle dans la bande passante du laser (voir par exemple : S. J. Wand, T. M. Shen and N. K. Dutta, "Temperature dependence of the bandwidth of buried heterostructure distributed feedback lasers," in IEEE Photonics Technology Letters, vol. 1, no. 9, pp. 258-260, Sept. 1989, doi: 10.1109/68.43338) ;
- de même, le courant de biais ou la tension de modulation appliquée aux éléments influent sur leurs performances. La connaissance de la puissance d'émission ou de réception (Ptx/Prx) permet d'avoir une meilleure idée de l'état du système ;
- la pré-connaissance de paramètres de configuration comme les GEM-ports peut permettre une migration plus rapide entre technologies PON (pas besoin de configurer la nouvelle technologie) ;
- la connaissance de l'historique des alarmes peut quant à elle permettre d'exclure certaines interventions inutiles. Par exemple, si on a remarqué avec la génération d'équipement antérieurs que l'équipement d'un client remonte une alarme à heure fixe et que cette série d'alarmes s'avère inoffensif, après migration cette

connaissance peut permettre de déclarer immédiatement inoffensives les alarmes générées sur la nouvelle génération par le même client ;

- la connaissance de la distance OLT-ONU peut de son côté accélérer et simplifier la phase de « ranging » de l'équipement ONU nouvelle-génération après migration (la phase de ranging est la phase permettant à l'équipement OLT de découvrir des équipements ONU et d'estimer notamment leur distance OLT/ONU pour gérer convenablement dans le temps l'attribution des « temps de parole » des équipements ONU (ou temps d'émission) ;
- ...

5

10

REVENDICATIONS

1) Procédé d'égalisation dans un réseau d'accès de type réseau optique passif (PON), caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes, pour un réseau de distribution optique (ODN) donné reliant un port donné d'une terminaison de ligne optique (OLT) à une pluralité donnée d'unités de réseau optique (ONU) :

- pour au moins une des unités de réseau optique (ONU) de la pluralité donnée, obtention (41) d'une distance entre la terminaison de ligne optique (OLT) et ladite unité de réseau optique (ONU) ;
- détermination (42) d'une distance représentative associée au réseau de distribution optique (ODN) donné, en fonction de la ou les distances obtenues ;
- détermination (43) d'au moins un paramètre d'égalisation, en fonction de la distance représentative ; et
- égalisation (44) de canaux de transmission compris dans le réseau de distribution optique (ODN) donné, en fonction dudit au moins un paramètre d'égalisation, chacun des canaux de transmission reliant le port donné de la terminaison de ligne optique (OLT) à une des unités de réseau optique (ONU) de la pluralité donnée.

2) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape d'obtention d'une distance est effectuée pour chacune des unités de réseau optique (ONU) de la pluralité donnée, et en ce que la détermination de la distance représentative est fonction des distances obtenues pour lesdites unités de réseau optique (ONU) de la pluralité donnée.

3) Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'obtention d'une distance pour une unité de réseau optique (ONU) donnée résulte d'un partage d'un ensemble de paramètre(s) de transmission incluant ladite distance, entre la terminaison de ligne optique (OLT) et l'unité de réseau optique (ONU) donnée, via un autre canal de transmission qui est établi avant que ne soit établi ledit canal de transmission reliant le port donné de la terminaison de ligne optique (OLT) à l'unité de réseau optique (ONU) donnée.

4) Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'obtention d'une distance pour une unité de réseau optique (ONU) donnée résulte d'un partage d'un ensemble de paramètre(s) de transmission incluant ladite distance, entre la terminaison de ligne optique (OLT) et une autre terminaison de ligne optique d'une génération différente, et également
5 reliée audit réseau de distribution optique (ODN).

5) Procédé selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que ledit ensemble de paramètre(s) de transmission inclut au moins un autre paramètre de transmission d'une chaîne de transmission entre la terminaison de ligne optique (OLT) et ladite unité de réseau optique (ONU) donnée, distinct de la distance entre la terminaison de ligne optique (OLT) et ladite
10 unité de réseau optique (ONU) donnée, et en ce que la détermination dudit au moins un paramètre d'égalisation est également fonction dudit au moins un autre paramètre de transmission.

15 6) Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que ledit au moins un autre paramètre de transmission appartient au groupe comprenant :

- une température, de la terminaison de ligne optique (OLT) ou de l'unité de réseau optique (ONU) ;
- une puissance optique émise par un émetteur (T) compris dans la terminaison de ligne
20 optique (OLT) ou l'unité de réseau optique (ONU) ;
- une puissance optique reçue par un récepteur (R) compris dans la terminaison de ligne optique (OLT) ou l'unité de réseau optique (ONU) ;
- un courant de biais au sein d'un émetteur (T) compris dans la terminaison de ligne optique (OLT) ou l'unité de réseau optique (ONU) ; et
- 25 – une tension de modulation au sein d'un émetteur (T) compris dans la terminaison de ligne optique (OLT) ou l'unité de réseau optique (ONU).

7) Procédé selon l'une quelconque des revendication 3 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de mémorisation (45) dans la terminaison de ligne optique (OLT), ou
30 d'émission vers un dispositif apte à mémoriser, dudit ensemble de paramètre(s) de transmission ou de paramètres qui en sont représentatifs, en vue d'un autre partage ultérieur.

8) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'égalisation comprend au moins un type d'égalisation appartenant au groupe comprenant :

- 5 – une égalisation de type pré-compensation, effectuée dans la terminaison de ligne optique (OLT) et s'appliquant pour un sens descendant, depuis la terminaison de ligne optique (OLT) vers la pluralité donnée d'unités de réseau optique (ONU) ;
- une égalisation de type post-compensation, effectuée dans au moins une des unités de réseau optique (ONU) et s'appliquant pour un sens descendant, depuis la terminaison de ligne optique (OLT) vers ladite unité de réseau optique (ONU) ;
- 10 – une égalisation de type pré-compensation, effectuée dans la terminaison de ligne ; optique (OLT) et s'appliquant pour un sens montant, depuis une des unités de réseau optique (ONU) vers la terminaison de ligne optique (OLT) ; et
- une égalisation de type post-compensation, effectuée dans au moins une des unités de réseau optique (ONU) et s'appliquant pour un sens montant, depuis ladite unité de
- 15 réseau optique (ONU) vers la terminaison de ligne optique (OLT).

9) Produit programme d'ordinateur, comprenant des instructions de code de programme qui, quand elles sont exécutées par une machine de calcul, provoquent la réalisation par la machine de calcul du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.

20

10) Terminaison de ligne optique (OLT) d'un réseau d'accès de type réseau optique passif (PON), caractérisé en ce qu'il comprend, pour un réseau de distribution optique (ODN) donné reliant un port donné de ladite terminaison de ligne optique (OLT) à une pluralité donnée d'unités de réseau optique (ONU) :

- 25 – des moyens d'obtention, pour au moins une des unités de réseau optique (ONU) de la pluralité donnée, d'une distance entre la terminaison de ligne optique (OLT) et ladite unité de réseau optique (ONU) ;
- des moyens de détermination d'une distance représentative associée au réseau de distribution optique (ODN) donné, en fonction de la ou les distances obtenues ;
- 30 – des moyens de détermination d'au moins un paramètre d'égalisation, en fonction de la distance représentative ; et

- des moyens d'égalisation de canaux de transmission compris dans le réseau de distribution optique (ODN) donné, en fonction dudit au moins un paramètre d'égalisation, chacun des canaux de transmission reliant le port donné de la terminaison de ligne optique (OLT) à une des unités de réseau optique (ONU) de la pluralité donnée.

11) Unité de réseau optique (ONU) d'un réseau d'accès de type réseau optique passif (PON), caractérisé en ce qu'elle comprend, pour un réseau de distribution optique (ODN) donné reliant un port donné d'une terminaison de ligne optique (OLT) à une pluralité donnée d'unités de réseau optique (ONU) incluant ladite unité de réseau optique (ONU) :

- des moyens d'obtention, pour au moins ladite unité de réseau optique (ONU), d'une distance entre la terminaison de ligne optique (OLT) et ladite unité de réseau optique (ONU) ;
- des moyens de détermination d'une distance représentative associée au réseau de distribution optique (ODN) donné, en fonction de la ou les distances obtenues ;
- des moyens de détermination d'au moins un paramètre d'égalisation, en fonction de la distance représentative ; et
- des moyens d'égalisation, en fonction dudit au moins un paramètre d'égalisation, du canal de transmission reliant le port donné de la terminaison de ligne optique (OLT) à ladite unité de réseau optique (ONU).

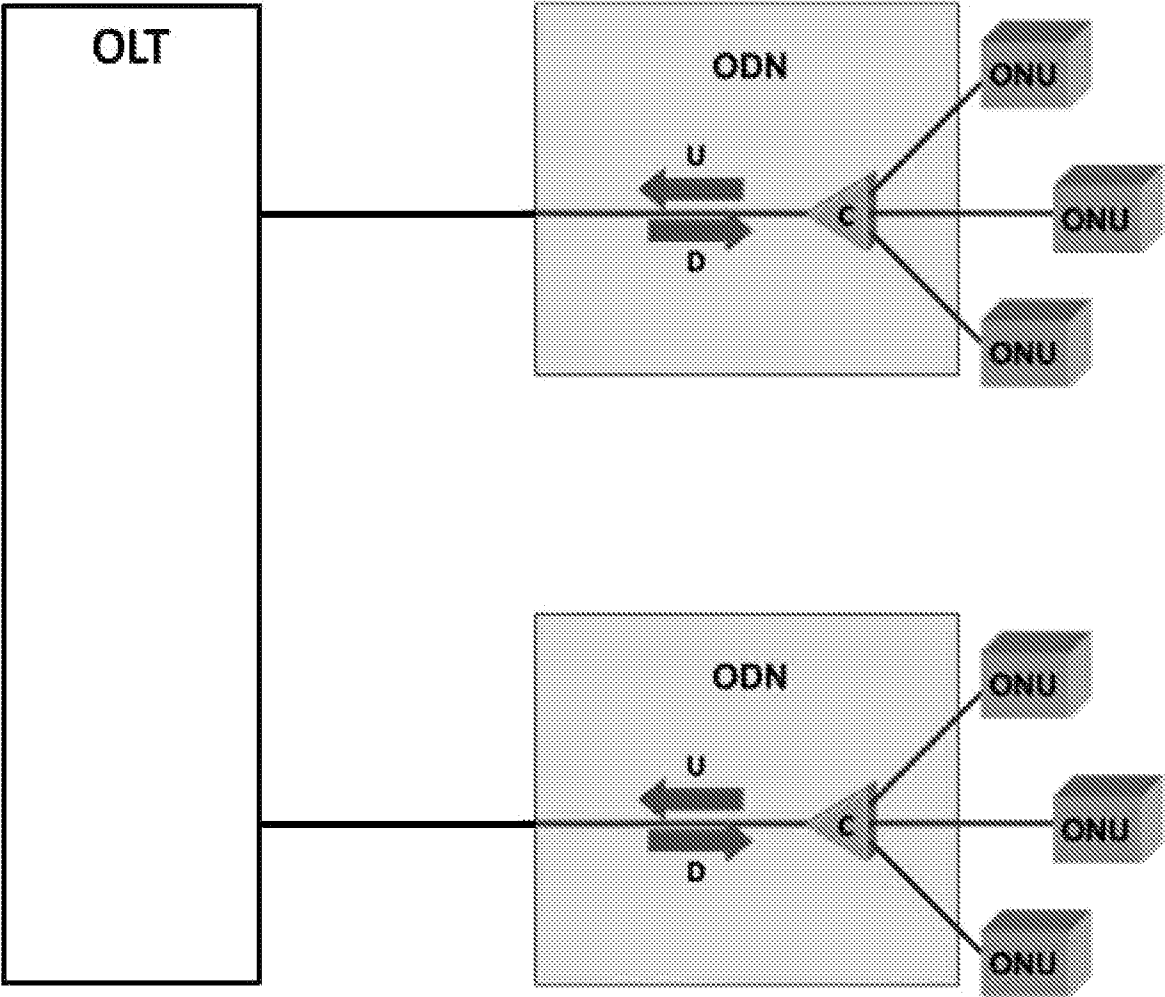


Fig 1

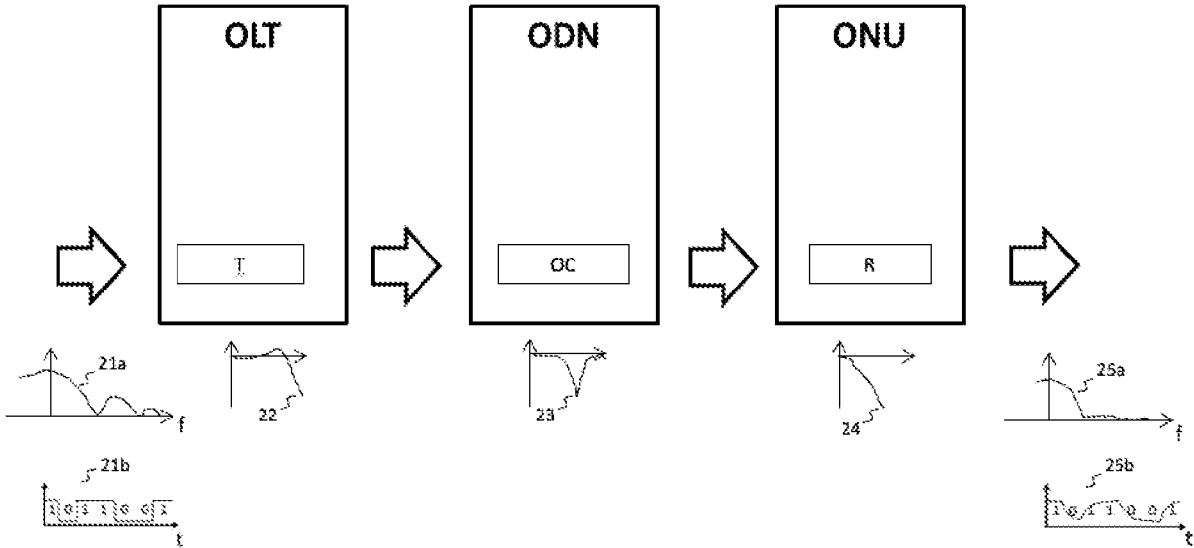


Fig 2

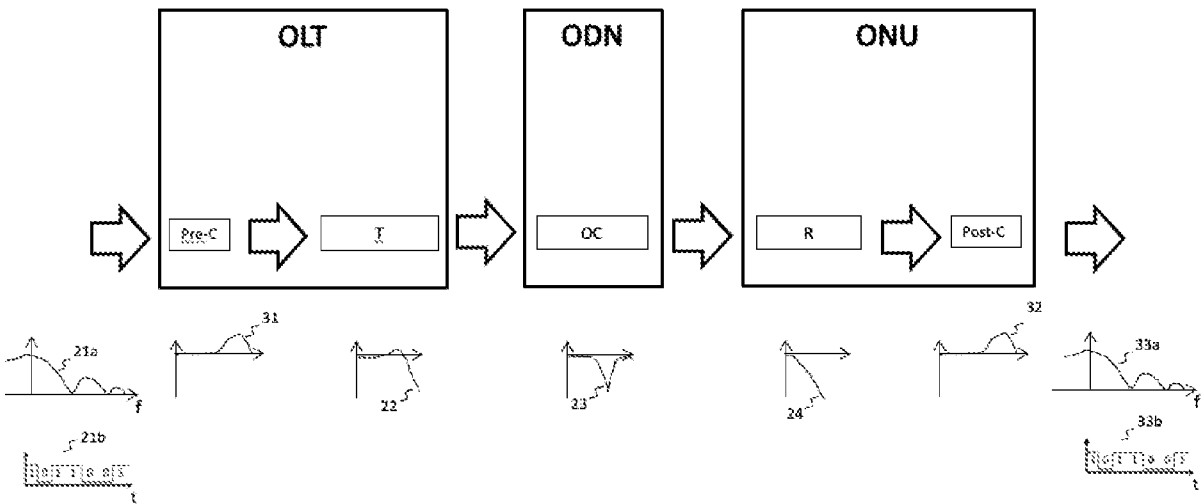


Fig 3

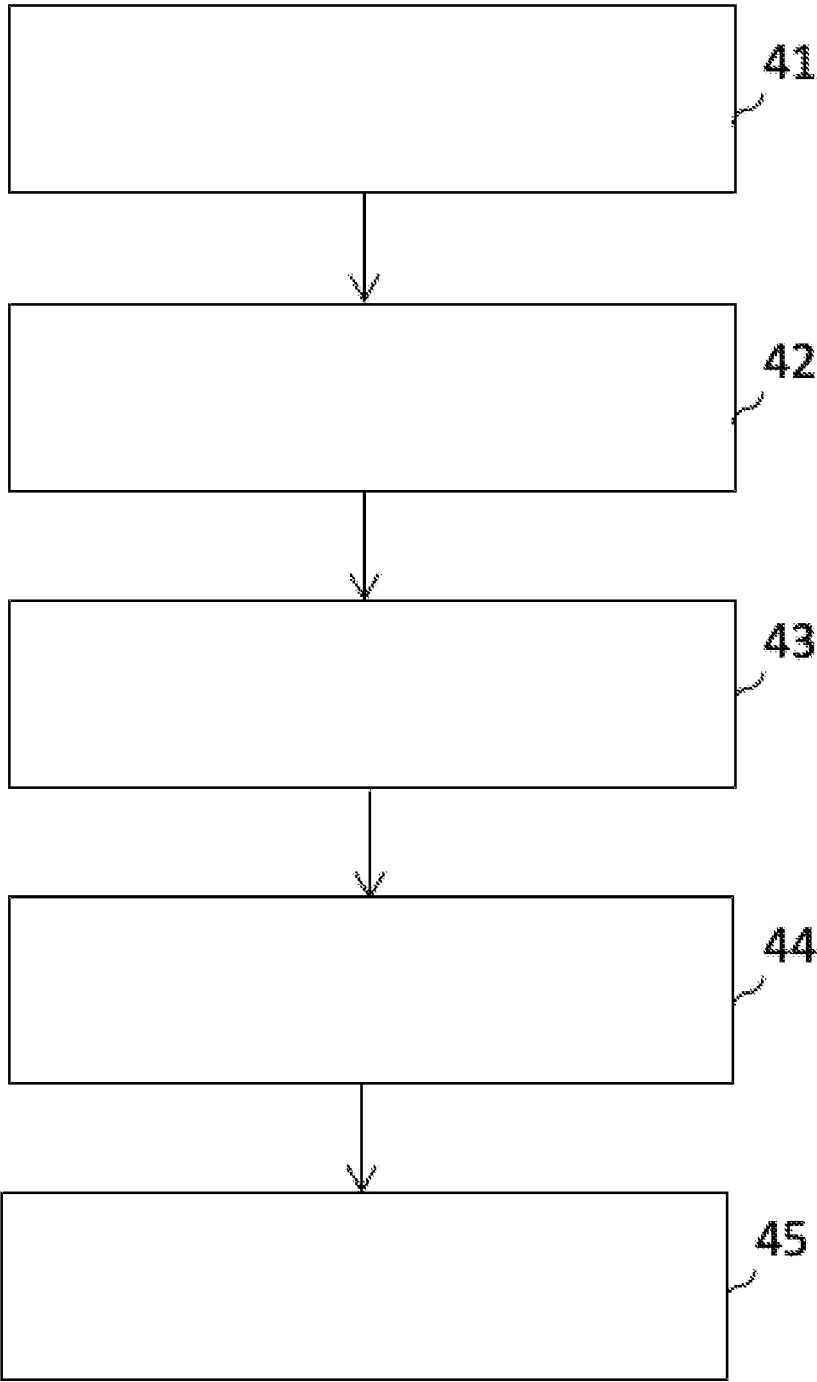
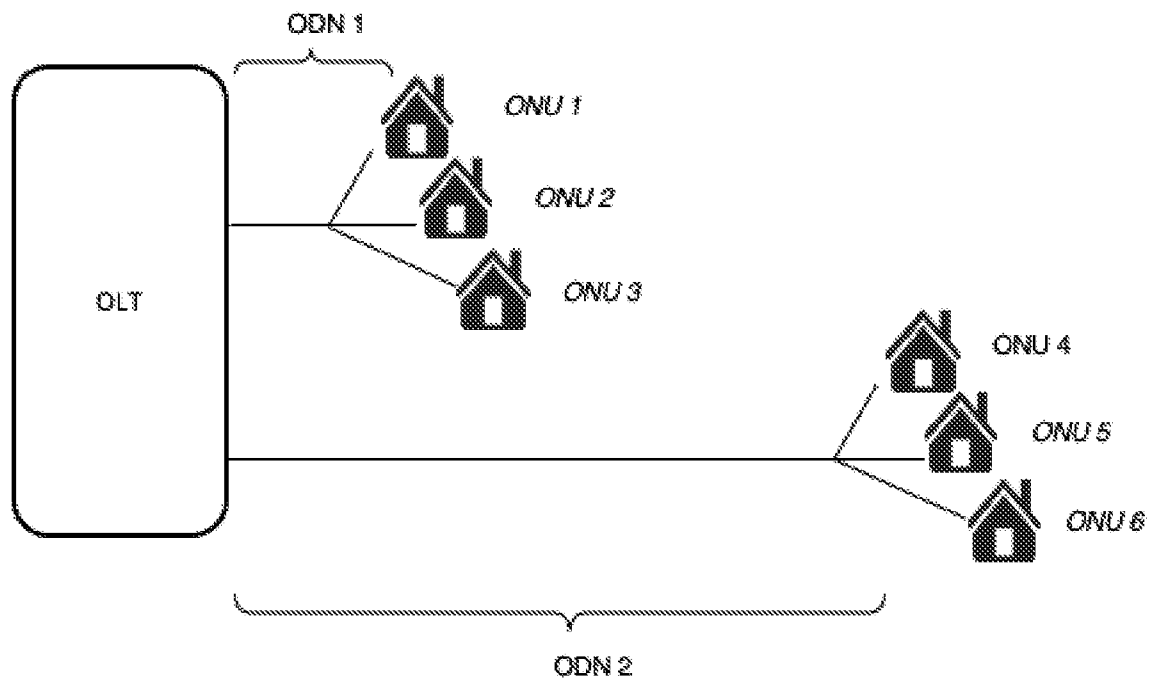
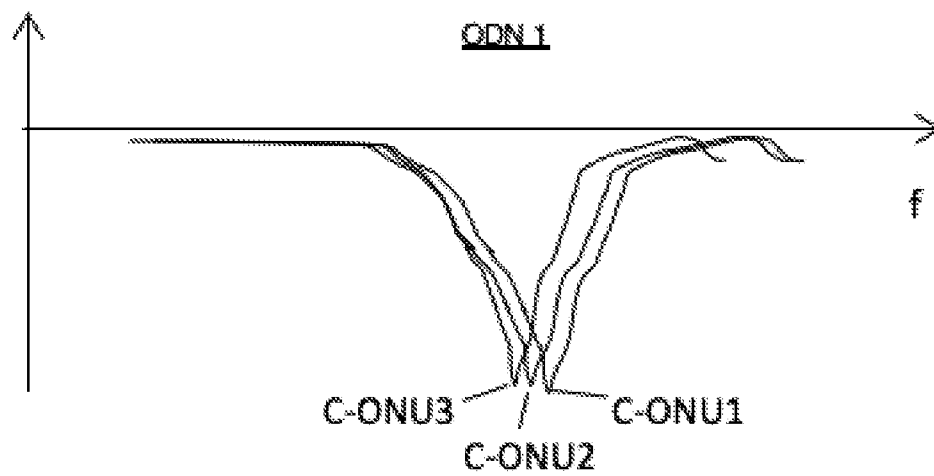


Fig 4

**Fig 5A****Fig 5B**

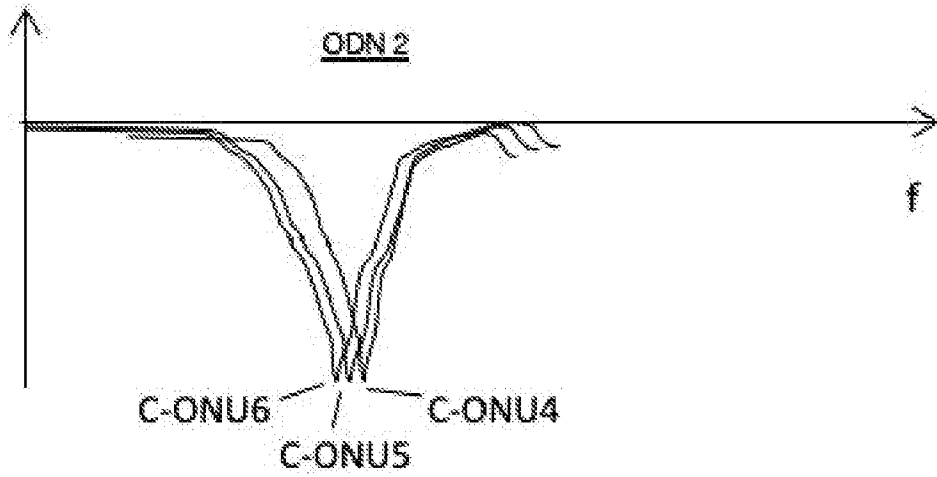


Fig 5C

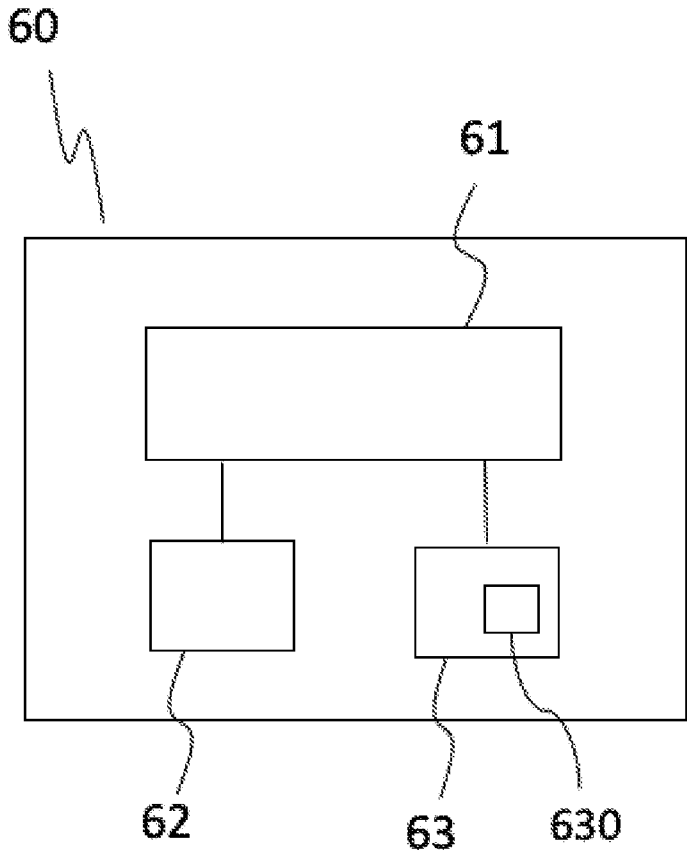


Fig 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2021/051867

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H04B 10/2507**(2013.01)i; **H04J 14/02**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B; H04J

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

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

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CHOU ELAINE S ET AL. "Adaptive Coding and Modulation for Robust Optical Access Networks" <i>JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, IEEE, USA</i> , Vol. 38, No. 8, 31 December 2019 (2019-12-31), pages 2242-2252, [retrieved on 2020-04-07] DOI: 10.1109/JLT.2019.2963276 ISSN: 0733-8724, XP011782242 page 2244, right-hand column, paragraph 2 page 2247, left-hand column, paragraph 1	1-11
X	CN 101860401 B (HUAWEI TECH CO LTD) 12 December 2012 (2012-12-12) paragraphs [0059] - [0062]	1,9-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

07 February 2022

Date of mailing of the international search report

16 February 2022

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Petitit, Nicolas

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2021/051867

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	101860401	B	12 December 2012	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2021/051867

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H04B10/2507 H04J14/02 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H04B H04J		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	CHOU ELAINE S ET AL: "Adaptive Coding and Modulation for Robust Optical Access Networks", JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, IEEE, USA, vol. 38, no. 8, 31 décembre 2019 (2019-12-31), pages 2242-2252, XP011782242, ISSN: 0733-8724, DOI: 10.1109/JLT.2019.2963276 [extrait le 2020-04-07] page 2244, colonne de droite, alinéa 2 page 2247, colonne de gauche, alinéa 1 -----	1-11
X	CN 101 860 401 B (HUAWEI TECH CO LTD) 12 décembre 2012 (2012-12-12) alinéas [0059] - [0062] -----	1, 9-11
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 7 février 2022		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 16/02/2022
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Petitit, Nicolas

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

PCT/FR2021/051867

Formulaire PCT/ISA/210 (annexe familles de brevets) (avril 2005)