

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 132 998

21 N° d'enregistrement national : 22 01585

51 Int Cl⁸ : H 04 B 10/297 (2022.01)

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 22.02.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 25.08.23 Bulletin 23/34.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : ORANGE Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : SIMON Gael.

73 Titulaire(s) : ORANGE Société anonyme.

54 Procédé d'amplification dans un réseau d'accès
PON, produit programme d'ordinateur, équipement
de terminaison de ligne optique correspondant.

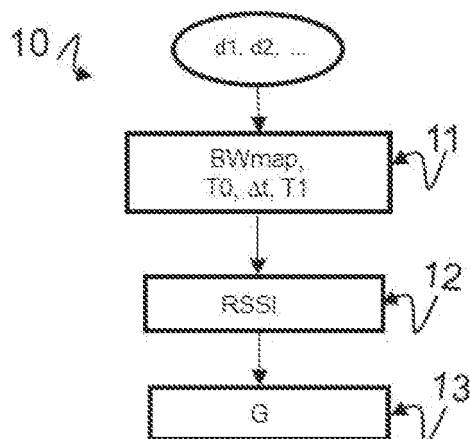
57 Procédé d'amplification dans un réseau d'accès PON, produit programme d'ordinateur, équipement de terminaison de ligne optique correspondant

L'invention concerne un procédé d'amplification (10) destiné à un réseau d'accès PON, comprenant un OLT à plusieurs

ports et avec un amplificateur bidirectionnel par port commun pour le sens descendant et le sens montant de transmission, au moins un ODN reliant un port donné de l'OLT à une pluralité d'ONU et définissant un canal de transmission, l'accès au canal de transmission pour le sens montant étant de type TDMA et le canal de transmission pour le sens descendant étant partagé en temps. Le procédé comprend, pour un ODN donné:

réception (12) de rafales provenant des ONU, modulation (13) du gain (G) de l'amplificateur en synchronisation avec les rafales reçues.

Figure pour l'abrégé: Figure 9



FR 3 132 998 - A1



Description

Titre de l'invention : Procédé d'amplification dans un réseau d'accès PON, produit programme d'ordinateur, équipement de terminaison de ligne optique correspondant

Domaine de l'invention

- [0001] 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 »). Au sein de ce domaine, l'invention se rapporte plus particulièrement à un procédé d'amplification destiné à un tel réseau de type PON. Elle s'applique notamment à un équipement de terminaison de ligne optique.
- [0002] Un réseau optique passif (PON) désigne un principe de transport en fibre optique utilisé dans les réseaux d'accès 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. Ces différents réseaux d'accès sont dits réseaux PON ou réseaux de type PON.

Art antérieur

- [0003] Un réseau d'accès de type PON, illustré par la [Fig.1], 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.
- [0004] 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) et souvent localisé dans un bâtiment dit central. Il possède traditionnellement un châssis avec des cartes comportant chacune des ports optiques. Un port optique peut adresser plusieurs dizaines de clients, couramment 64, via un réseau ODN qui comprend un éclateur/combiner S/C (Splitter/combiner). Un équipement OLT peut par exemple comprendre plus d'une centaine de ports optiques respectivement reliés à autant de réseaux ODN pour adresser plusieurs milliers d'unités ONU.
- [0005] Chaque unité ONU assure l'interface côté utilisateur. Elle convertit les signaux optiques reçus via une 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 »).

- [0006] Chaque réseau ODN fournit le support de transmission optique pour la connexion physique d'une pluralité d'unités d'ONU à l'équipement OLT, avec une portée par exemple limitée à 20 km. Le réseau ODN fournit le canal optique pour la transmission des signaux optiques entre l'OLT et les ONU aussi bien en sens descendant qu'en sens montant.
- [0007] Un réseau ODN donné établit donc un canal de transmission entre le port donné de l'équipement OLT et chacune des unités ONU adressées, emprunté aussi bien dans le sens descendant (référéncé « D » sur la [Fig.1] pour « downstream », c'est-à-dire « OLT vers ONU ») que dans le sens montant (référéncé « U » sur la [Fig.1] pour « upstream », c'est-à-dire « ONU vers OLT »).
- [0008] Bien qu'une fibre optique soit généralement dédiée à un seul sens, descendant ou montant dans le réseau cœur, une seule fibre optique est utilisée pour le sens descendant et pour le sens montant dans le cas d'un réseau d'accès de type PON entre l'OLT et un point d'éclatement dit aussi point de mutualisation. Ce point de mutualisation correspond dans le sens descendant à l'éclatement de la fibre optique en plusieurs fibres optiques mis en œuvre par un éclateur (splitter) et dans le sens montant au regroupement des fibres optiques provenant des différentes unités ONU en une seule fibre mis en œuvre par le même dispositif dit combineur (combiner). Ce dispositif éclateur/combiner (splitter/combiner) S/C est passif, il divise donc la puissance du signal descendant en autant de fibres optiques de sortie. En fonction des contraintes de déploiement, plusieurs éclateur/combiner (splitter/combiner) S/C peuvent se succéder.
- [0009] Comme illustré par la [Fig.2a] pour un réseau d'accès de type PON, l'accès au canal dans le sens descendant suit un accès TDM (Time Division Multiplexing) entre les clients adressés selon un cycle temporel et le signal optique transmis à une amplitude continue dans le temps. En effet, même en l'absence de données à transmettre et à adresser à un client, l'OLT émet des suites connues de 0 et de 1.
- [0010] Comme illustré par la [Fig.2b] pour un réseau d'accès de type PON, l'accès au canal dans le sens montant est partagé entre les ONU selon un accès TDMA (Time Division Multiple Access). L'émission d'un ONU est réalisée sous forme de rafales (bursts). Une rafale est une séquence de données binaires avec une en-tête et un champ de données (payload). Une rafale a une durée qui peut varier de quelques nanosecondes (ns) à plusieurs centaines de microsecondes (μ s).
- [0011] La montée en débit dans un réseau d'accès PON (avec par exemple des débits en ligne supérieurs à 10 Gbit/s) augmente les contraintes et notamment les difficultés à atteindre une certaine portée pour les signaux transmis, sous-entendu avec une certaine qualité à la réception, que ce soit dans le sens descendant (depuis l'équipement OLT

jusqu'à l'unité ONU) que dans le sens montant (depuis l'unité ONU jusqu'à l'équipement OLT).

- [0012] Pour s'assurer que le signal optique puisse être reçu par les ONU et par les OLT avec une puissance suffisante, il est connu dans le domaine des transmission optiques d'utiliser un amplificateur optique.
- [0013] Compte tenu que le réseau d'accès optique engendre de nombreux investissements, ses évolutions pour assurer une montée en débit peuvent reposer sur une reprise des fibres déjà déployées et en particulier celles du réseau d'accès dont le déploiement est très coûteux. Ainsi, le déploiement d'évolutions peut se faire selon des configurations particulières pour limiter les coûts.
- [0014] Ainsi, et comme illustré par la [Fig.3], une de ces configurations consiste à utiliser un amplificateur optique Amp commun entre tous les liens traités par un port optique d'un OLT auquel correspond un ODN donné et ceci, aussi bien pour le sens montant que pour le sens descendant. 1
- [0015] Pour couvrir les différentes longueurs d'onde transmises dans le sens descendant et dans le sens montant, l'amplificateur Amp est choisi de préférence avec un gain G relativement plat sur la bande comprenant ces longueurs d'onde, c'est-à-dire avec une variation de débit d'au maximum 3dB.
- [0016] Les amplificateurs optiques de type SOA (Semiconductor Optical Amplificator) sont particulièrement adaptés aux exigences d'une telle configuration.
- [0017] La [Fig.4] illustre la structure simplifiée d'un amplificateur optique de type SOA. Comme illustré, un amplificateur SOA présente un gain d'amplification commandable par une intensité de courant de pompage I_p . L'amplificateur SOA amplifie le signal d'entrée S_e pour fournir le signal de sortie S_s . La [Fig.5] représente le gain d'un amplificateur SOA en fonction de la puissance du signal d'entrée pour différentes valeurs de courant de pompage. Cette figure permet d'illustrer la variation du gain de l'amplificateur SOA en fonction du courant de pompage.
- [0018] La [Fig.6] illustre le phénomène de modulation de gain croisée qui intervient dans un réseau d'accès PON configuré avec un amplificateur optique commun Amp pour un port optique donné de l'OLT. L'OLT comprend un émetteur Tx (émetteur laser par exemple) qui reçoit en entrée un signal à transmettre. L'OLT comprend un récepteur Rx du signal montant et un multiplexeur/démultiplexeur optique MUX/DEMUX du signal montant et du signal descendant, par exemple un filtre dichroïque. Chaque unité ONU, par exemple ONU1, comprend un émetteur Tx1, un récepteur Rx1 et un multiplexeur/démultiplexeur optique MUX/DEMUX1 du signal descendant reçu et du signal montant émis par l'ONU. Le réseau ODN définit un canal optique qui relie, dans le sens descendant, l'émetteur Tx situé dans l'équipement OLT à chaque récepteur Rx situé dans les unités ONU. Le récepteur optique Rx (photodiode par exemple) compris

dans l'unité ONU reçoit le signal en sortie du canal optique et génère un signal de sortie vers le client.

- [0019] L'éclateur (splitter) est identifié comme le point de mutualisation PM. Le signal optique 1U montant depuis une unité ONU se présente sous forme de rafales.
- [0020] La nature point-à-multipoint du réseau PON ainsi que son usage massif (millions de clients) impliquent une grande variété de distances OLT/ONU et donc une grande variété de canaux de transmission. Les générations antérieures de réseau PON (notamment 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).
- [0021] Le signal montant résultant du multiplexage des signaux des unités ONU actives présente ainsi des temps de garde qui peuvent être variables entre les rafales ainsi que des amplitudes qui peuvent être différentes entre les rafales compte tenu que les distances parcourues par les signaux montants entre les ONU et le combineur peuvent être différentes et compte tenu que les signaux montant des unités ONU ne proviennent pas du même émetteur ni n'empruntent la même fibre jusqu'au combineur.
- [0022] Lors de la réception du signal montant par l'OLT, le gain de l'amplificateur optique n'est sollicité que périodiquement par ce signal montant, c'est-à-dire pour chaque rafale présente dans le signal et pour des valeurs différentes entre les rafales en fonction des pertes subies par ces rafales depuis les unités ONU.
- [0023] Dans le sens descendant, l'enveloppe du signal optique 2D est continue c'est-à-dire qu'il ne se présente pas sous forme de rafales. Mais ce signal optique descendant subit des variations temporelles de gain induites par les traversées simultanées de rafales montantes dans l'amplificateur optique commun. Ces variations sont visibles sur le signal descendant 3D en sortie de l'amplificateur. Ce phénomène appelé « modulation de gain croisée » (cross-gain modulation, XGM) s'apparente à un phénomène d'interférence sur le signal descendant qui se manifeste par des variations d'amplitude de ce signal et qui impacte plus particulièrement les performances de réception associées à ce signal.

Exposé de l'invention

- [0024] L'invention propose un procédé d'amplification ayant pour objectif d'améliorer la mise en œuvre d'un amplificateur bidirectionnel commun au sens montant et au sens descendant hébergé dans un équipement OLT pour un réseau d'accès de type PON.
- [0025] L'invention a pour objet un procédé d'amplification destiné à un réseau d'accès de type réseau optique passif comprenant un dispositif de terminaison de ligne optique à plusieurs ports et ayant un amplificateur bidirectionnel à gain variable par port commun pour le sens descendant et le sens montant de transmission, au moins un

réseau de distribution optique reliant un port donné du dispositif de terminaison de ligne optique à une pluralité d'unités de réseau optique et définissant un canal de transmission, l'accès au canal de transmission pour le sens montant étant de type multiple partagé en temps et le canal de transmission pour le sens descendant étant partagé en temps. Le procédé comprend, pour un réseau de distribution optique donné :

- [0026] – réception de rafales provenant des unités de réseau optique,
- modulation du gain de l'amplificateur en synchronisation avec les rafales reçues.

[0027] L'invention a en outre pour objet un dispositif de terminaison de ligne optique à plusieurs ports destiné à un réseau d'accès de type réseau optique passif comprenant au moins un réseau de distribution optique reliant un port donné du dispositif à plusieurs unités de réseau optique et définissant un canal de transmission, le dispositif ayant un amplificateur bidirectionnel à gain variable par port commun pour des sens descendant et montant de transmission sur le canal. Le dispositif de terminaison de ligne optique comprend en outre, pour un réseau de distribution optique donné :

- [0028] – au moins un récepteur de rafales provenant des unités de réseau optique avec un accès multiple partagé en temps au canal de transmission entre les unités,
- un calculateur pour commander une modulation du gain de l'amplificateur en synchronisation avec les rafales.

[0029] La modulation dans le temps du gain de l'amplificateur en synchronisation avec la réception d'une rafale assure une adaptation du gain de l'amplificateur pour compenser la nature discontinue du signal montant et son interférence sur le signal descendant du fait de l'amplificateur commun. La baisse d'énergie inhérente que présente le signal montant entre deux rafales consécutives permet au signal descendant de bénéficier de tout le gain d'amplification entre deux rafales. Cependant, lors du passage d'une rafale, le gain d'amplification est partagé entre le signal montant et le signal descendant. Par conséquent, le signal descendant qui a une forme continue en entrée de l'amplificateur présente des ruptures de forme à la sortie de l'amplificateur du fait de ce partage du gain. L'augmentation du gain de l'amplificateur au passage d'une rafale bénéficie au signal descendant pendant ce passage avec la baisse voire la suppression de l'interférence initialement causée par la non-continuité du signal montant et sa sollicitation discontinue sur le gain. Le gain est alors diminué après la fin de la rafale.

[0030] Selon un mode de réalisation de l'invention, la modulation du gain est obtenue en commandant un courant d'alimentation de l'amplificateur. Ainsi, la modulation s'effectue par le biais du courant électrique appliqué à l'amplificateur.

[0031] Ce mode de réalisation est particulièrement adapté à un amplificateur de type SOA selon lequel les variations du courant de pompage entraînent des variations du gain.

[0032] Selon un mode de réalisation de l'invention, la modulation du gain dépend de la

puissance de la rafale.

- [0033] Ce mode de réalisation est plus particulièrement adapté à un déploiement d'un réseau PON selon lequel les unités de réseau optique sont localisées à des distances respectives du dispositif de terminaison de ligne optique qui sont différentes entre elles. Les différences de distances conduisent alors à des différences sur les puissances respectives des rafales reçues provenant d'unités différentes. La prise en compte de la puissance reçue permet d'ajuster au mieux le gain entre les rafales provenant de différentes unités ONU et de lutter plus efficacement contre le phénomène de gain croisé.
- [0034] Selon un mode de réalisation de l'invention, le réseau d'accès étant associé à une certaine bande passante dans le sens montant, le procédé comprend en outre :
- [0035] - détermination d'une carte de répartition de la bande passante entre les différentes unités de réseau optique par le dispositif de terminaison de ligne optique avec identification d'un début et d'une durée d'émission pour les unités de réseau optique,
- [0036] - transmission de la carte de répartition de la bande passante aux différentes unités de réseau optique,
- [0037] Et le procédé est tel que la synchronisation entre la modulation et la réception des rafales tient compte de la carte.
- [0038] Ainsi, le dispositif de terminaison de ligne optique OLT connaît les instants auxquels les rafales sont émises. Si les unités de réseau optique ONU sont à des distances identiques de l'OLT alors ces instants correspondent aux instants d'arrivée à un délai près facile à déterminer connaissant la distance d'un ONU à l'OLT. Cette distance peut par exemple être un paramètre du dispositif de terminaison de ligne optique renseigné lors du déploiement du réseau PON. Si les unités de réseau optique ONU sont à des distances différentes de l'OLT alors des méthodes connues de détermination de ces distances peuvent être mises en œuvre. Connaissant chacune de ces distances, l'OLT obtient alors facilement les temps d'arrivée des rafales en corrigeant leurs temps d'émission avec le temps de parcours des distances respectives. Ainsi, le dispositif de terminaison de ligne optique connaît dans tous les cas les instants d'arrivée des rafales et peut aisément synchroniser l'adaptation du gain de l'amplificateur avec ces arrivées.
- [0039] Selon un mode de réalisation de l'invention, l'amplificateur est un amplificateur SOA dont le gain est ajustable par la commande d'un courant.
- [0040] Selon un mode de réalisation de l'invention, le calculateur est adapté pour déterminer la puissance des rafales reçues et adapter le pilotage du gain en fonction de cette puissance.

Liste des figures

- [0041] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante de modes de réalisation, donnés à titre de simples exemples illustratifs et non limitatifs, et des dessins annexés, parmi lesquels :

- [0042] [Fig.1] la [Fig.1] déjà décrite en relation avec l'art antérieur, est un schéma d'un réseau d'accès PON,
- [0043] [Fig.2a] la [Fig.2a] déjà décrite en relation avec l'art antérieur, illustre un accès TDM au canal en sens descendant dans un réseau PON,
- [0044] [Fig.2b] la [Fig.2b] déjà décrite en relation avec l'art antérieur, illustre un accès TDMA au canal en sens montant dans un réseau PON,
- [0045] [Fig.3] la [Fig.3] déjà décrite en relation avec l'art antérieur, illustre un réseau d'accès de type PON avec un amplificateur bidirectionnel commun à l'OLT,
- [0046] [Fig.4] la [Fig.4] déjà décrite en relation avec l'art antérieur, est un schéma d'un amplificateur bidirectionnel de type SOA,
- [0047] [Fig.5] la [Fig.5] déjà décrite en relation avec l'art antérieur, sont des courbes du gain en fonction de la puissance du signal d'entrée d'un amplificateur bidirectionnel de type SOA pour différentes valeurs du courant de pompage,
- [0048] [Fig.6] la [Fig.6] déjà décrite en relation avec l'art antérieur, est un schéma d'un réseau d'accès de type PON auquel a été ajouté une représentation temporelle du signal montant émis par une unité ONU, du signal descendant avant multiplexage en longueur d'onde avec le signal montant, et du signal descendant après amplification par l'amplificateur bidirectionnel,
- [0049] [Fig.7] la [Fig.7] est un schéma d'un réseau d'accès de type PON comprenant un amplificateur bidirectionnel avec commande du gain d'amplification selon l'invention et montrant la structure simplifiée d'un OLT selon un mode de réalisation particulier de l'invention, configuré pour mettre en œuvre un procédé d'amplification selon l'invention, auquel a été ajouté une représentation temporelle du signal montant émis par un ONU, du signal descendant avant multiplexage en longueur d'onde avec le signal montant, et du signal descendant après amplification par l'amplificateur bidirectionnel,
- [0050] [Fig.8] la [Fig.8] est une courbe représentative du gain en fonction de la longueur d'onde d'un amplificateur bidirectionnel de type SOA,
- [0051] [Fig.9] la [Fig.9] est un organigramme d'un mode de réalisation d'un procédé d'amplification selon l'invention.

Description de modes de réalisation particuliers

- [0052] Sur toutes les figures du présent document, les éléments et étapes identiques sont désignés par une même référence alphabétique ou numérique.
- [0053] L'invention se place dans le contexte d'un réseau d'accès de type PON c'est-à-dire selon une architecture fibre point-multipoint passive entre l'OLT et les ONU. Il n'y a donc aucun élément actif dans l'ODN qui fait le lien entre un port de l'OLT et les ONU destinataires de ce port et ce, plus particulièrement pour des raisons de coût. En outre, l'accès au canal descendant répond à un schéma TDM (Time Division Mul-

tiplexing) et l'accès au canal montant répond à un schéma TDMA (Time Division Multiple Access) sous le contrôle de l'OLT.

- [0054] Dans ce contexte, le principe général de l'invention repose sur un contrôle du gain de l'amplificateur bidirectionnel de l'OLT en synchronisation temporelle avec la réception d'une rafale montante et en fonction de l'énergie de cette rafale.
- [0055] La [Fig.7] est un schéma d'un réseau d'accès de type PON comprenant un amplificateur bidirectionnel commun au sens montant et au sens descendant avec commande du gain d'amplification selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0056] Ce réseau d'accès de type PON comprend au moins un équipement OLT avec au moins un port optique, plusieurs unités ONU similaires ONU1, ONU2, ONU3 et un réseau ODN par port optique de l'équipement OLT.
- [0057] L'équipement OLT comprend par port optique un émetteur Tx du signal descendant, un récepteur Rx du signal montant et un multiplexeur/démultiplexeur optique OADM du signal montant et du signal descendant.
- [0058] Chaque unité, ONU1, comprend au moins un émetteur Tx1, un récepteur Rx1 et un multiplexeur/démultiplexeur optique MUX/DEMUX1 du signal descendant et du signal montant provenant de l'unité, ONU1.
- [0059] Chaque émetteur Tx, Tx1 est par exemple une diode laser. L'émetteur Tx de l'équipement OLT reçoit en entrée un signal comprenant des données à transmettre vers une ou plusieurs unités ONU1, ONU2, ONU3. Ce signal d'entrée est par exemple un train de bits au format NRZ et à un débit de plusieurs dizaines de Gb/s.
- [0060] Le multiplexeur/démultiplexeur optique MUX/DEMUX1 est par exemple de type OADM Optical Add and Drop Multiplexer.
- [0061] Le réseau ODN définit un canal optique qui relie, dans le sens descendant, l'émetteur Tx situé dans l'équipement OLT à chaque récepteur Rx1 situé dans les unités ONU1, ONU2, ONU3 et, dans le sens montant, les émetteurs Tx1 situés dans chaque unité ONU1, ONU2, ONU3 au récepteur Rx situé dans l'équipement OLT.
- [0062] L'équipement OLT comprend pour un port optique donné, un amplificateur optique bidirectionnel Amp commun au sens descendant et au sens montant.
- [0063] Selon un mode de réalisation, l'amplificateur est un amplificateur optique de type SOA (Semiconductor Optical Amplifier). L'amplificateur SOA dont le gain est représenté sur la [Fig.8] a une bande passante comprise entre environ 1300 et 1340nm. Cet amplificateur est particulièrement adapté pour un réseau d'accès HS-PON.
- [0064] Selon un autre mode de réalisation, l'amplificateur est un amplificateur à fibre optique (Erbium, Praséodyme).
- [0065] L'amplificateur de type SOA a pour avantage d'être moins cher et plus compact qu'un amplificateur à fibre optique.
- [0066] L'équipement OLT comprend un microprocesseur μ P ou équivalent tel un composant

électronique microprogrammé dont le fonctionnement est commandé par l'exécution d'un programme Pg dont les instructions permettent la mise en œuvre d'un procédé d'amplification selon l'invention. Le programme est par exemple stocké dans une mémoire MEM.

- [0067] Le microprocesseur μ P contrôle au moins les différents composants via des signaux de contrôle : l'amplificateur optique bidirectionnel Amp, le récepteur Rx, l'émetteur Tx, le multiplexeur/démultiplexeur optique OADM. Le microprocesseur μ P contrôle à distance les unités ONU via un protocole d'échange qui est généralement transmis dans les trames transmises (protocole dit In band).
- [0068] La [Fig.9] donne un organigramme d'un procédé d'amplification selon l'invention.
- [0069] A l'initialisation de l'équipement OLT, les instructions de code du programme Pg sont par exemple chargées depuis la mémoire MEM dans une mémoire du microprocesseur ou dans une mémoire tampon (non représentée) avant d'être exécutées par le microprocesseur μ P pour la mise en œuvre d'un procédé d'amplification 10 selon l'invention.
- [0070] L'équipement OLT connaît l'architecture du réseau PON. Il connaît les distances d1, d2 entre chaque ONU1, ONU2 et l'OLT. Cette connaissance peut résulter d'un paramétrage de l'équipement OLT ou être obtenue en mettant en œuvre un procédé connu (ranging) de détermination des distances.
- [0071] Ainsi en exécutant les instructions, le microprocesseur μ P, établit 11 une carte de répartition de la bande passante Bwmap (Bandwith map) entre les différentes unités ONU.
- [0072] Cette carte est périodiquement réévaluée de façon à permettre une évolution dynamique de la bande passante allouée aux unités ONU. L'OLT assigne régulièrement plus ou moins de ressources temporelles aux unités ONU grâce au procédé d'allocation de bande passante dynamique DBA (Dynamic Bandwith Assignment) qui détermine périodiquement la carte réévaluée. Ce procédé prend généralement en compte la distance de chaque unité ONU à l'OLT, l'activité de chaque unité ONU (une unité ONU inactive ne bénéficie pas ou peu de bande passante) et des paramètres de QoS attribués aux différents clients respectivement des unités ONU (de manière contractuelle un client peut bénéficier d'un service avec plus ou moins de bande passante).
- [0073] La carte BWmap peut être transmise dans un en-tête de chaque trame descendante et chaque ONU destinataire extrait de cet en-tête les informations qui le concernent, en particulier l'instant où il peut commencer à émettre T0 en sens montant et la durée d'émission Δt autorisée.
- [0074] Le signal optique 1U montant depuis une unité ONU se présente sous forme d'une rafale (burst) émise pendant le temps alloué Δt à cette unité ONU. La carte BWmap

générée par l'OLT identifie ainsi pour chaque unité ONU l'instant T_0 de début d'émission d'une rafale et la durée Δt d'émission allouée. Cette allocation d'un instant T_0 et d'une durée peut éventuellement se présenter sous la forme de l'identification de créneaux temporels (time slots) alloués. La carte peut éventuellement définir ces allocations pour plusieurs cycles d'émission.

[0075] Les rafales provenant des différentes unités ONU multiplexées en temps sur le signal montant peuvent ainsi être agrégées au niveau de l'éclateur/combineur (splitter/combiner) sans qu'il n'y ait de collision entre les rafales provenant des différentes unités ONU.

[0076] L'OLT ordonne ainsi le multiplexage des signaux montants des différentes unités ONU et connaît donc l'instant d'arrivée T_1 d'une rafale puisque celui-ci est déterminé à partir de la carte BWmap. L'instant d'arrivée T_1 diffère de l'instant d'émission T_0 par le temps de parcours du canal entre l'ONU et l'OLT par la rafale émise.

[0077] En exécutant les instructions, le microprocesseur μP pilote le récepteur Rx pour réceptionner, [Fig.9] référence 12, une rafale et récupérer, [Fig.9] référence 12, la puissance de cette rafale. Cette puissance peut correspondre au RSSI (Received Signal Strength Indicator) ou peut être déterminée par tout autre moyen équivalent.

[0078] Connaissant l'instant d'arrivée d'une rafale et sa puissance, le microprocesseur module 13 en conséquence le gain G de l'amplificateur.

[0079] Ainsi, le microprocesseur contrôle la valeur du courant I_{SOA} à appliquer à un amplificateur bidirectionnel SOA pour adapter le gain pendant la durée de cette rafale. L'augmentation du gain pendant la rafale est telle qu'elle assure une énergie d'amplification suffisante pour être partagée entre le signal montant et le signal descendant sans fluctuation sur le signal descendant. A la fin de la rafale le gain est diminué.

[0080] Ainsi, avec l'invention et contrairement à l'état de l'art, le signal optique descendant 3D ne subit plus de variation temporelle. L'adaptation du gain de l'amplificateur en synchronisation avec le passage d'une rafale et en lien avec la puissance de cette rafale permet de répartir l'énergie d'amplification entre le sens montant et le sens descendant tout en absorbant les fluctuations du signal montant. L'invention permet de lutter efficacement contre le phénomène de « modulation de gain croisée » qui impacte le signal descendant.

[0081] En conséquence, l'invention s'applique également à un programme d'ordinateur ou plusieurs, notamment un programme d'ordinateur sur ou dans un support d'informations, adapté à mettre en œuvre l'invention. Ce programme peut utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme de code source, code objet, ou de code intermédiaire entre code source et code objet tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme souhaitable pour im-

plémenter un procédé selon l'invention.

[0082] Le support d'informations peut être n'importe quelle entité ou dispositif capable de stocker le programme. Par exemple, le support peut comporter un moyen de stockage, tel qu'une ROM, par exemple un CD ROM ou une ROM de circuit microélectronique, ou encore un moyen d'enregistrement magnétique, par exemple une clé USB ou un disque dur.

[0083] D'autre part, le support d'informations peut être un support transmissible tel qu'un signal électrique ou optique, qui peut être acheminé via un câble électrique ou optique, par radio ou par d'autres moyens. Le programme selon l'invention peut être en particulier téléchargé depuis un réseau de type Internet.

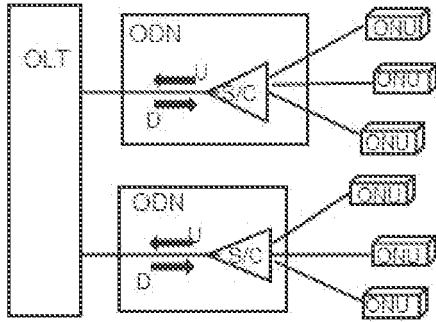
[0084] Alternativement, le support d'informations peut être un circuit intégré dans lequel le programme est incorporé, le circuit étant adapté pour exécuter ou pour être utilisé dans l'exécution du procédé en question.

Revendications

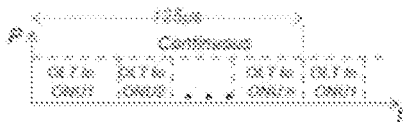
- [Revendication 1] Procédé d'amplification (10) destiné à un réseau d'accès de type réseau optique passif (PON), comprenant un dispositif de terminaison de ligne optique (OLT) à plusieurs ports et ayant un amplificateur bidirectionnel à gain variable (Amp) par port commun pour le sens descendant (D) et le sens montant (U) de transmission, au moins un réseau de distribution optique (ODN) reliant un port donné du dispositif de terminaison de ligne optique (OLT) à une pluralité d'unités de réseau optique (ONU) et définissant un canal de transmission, l'accès au canal de transmission pour le sens montant étant de type multiple partagé en temps (TDMA) et le canal de transmission pour le sens descendant étant partagé en temps (TDM), caractérisé en qu'il comprend, pour un réseau de distribution optique (ODN) donné :
- réception (12) de rafales provenant des unités de réseau optique (ONU),
 - modulation (13) du gain (G) de l'amplificateur (Amp) en synchronisation avec les rafales reçues.
- [Revendication 2] Procédé (10) selon la revendication 1, selon lequel la modulation du gain est obtenue en commandant un courant d'alimentation de l'amplificateur.
- [Revendication 3] Procédé (10) selon l'une des revendication 1 et 2, selon lequel la modulation du gain dépend de la puissance (RSSI) de la rafale.
- [Revendication 4] Procédé (10) selon l'une des revendication 1 à 3, le réseau d'accès étant associé à une certaine bande passante (BW) dans le sens montant, le procédé comprend en outre :
- détermination (11) d'une carte de répartition de la bande passante (BWmap) entre les différentes unités de réseau optique (ONU) par le dispositif de terminaison de ligne optique (OLT) avec identification d'un début et d'une durée d'émission pour les unités de réseau optique (ONU),
 - transmission de la carte de répartition de la bande passante (BWmap) aux différentes unités de réseau optique (ONU),
- la synchronisation entre la modulation et la réception des rafales tient compte de la carte.

- [Revendication 5] Dispositif de terminaison de ligne optique (OLT) à plusieurs ports destiné à un réseau d'accès de type réseau optique passif (PON) comprenant au moins un réseau de distribution optique (ODN) reliant un port donné du dispositif (OLT) à plusieurs unités de réseau optique (ONU) et définissant un canal de transmission, le dispositif ayant un amplificateur bidirectionnel à gain variable (Amp) par port commun pour des sens descendant (D) et montant (U) de transmission sur le canal, comprenant, pour un réseau de distribution optique (ODN) donné :
- au moins un récepteur (Rx) de rafales provenant des unités (ONU) avec un accès multiple partagé en temps (TDMA) au canal de transmission entre les unités (ONU),
- caractérisé en ce qu'il comprend :
- un calculateur (μ P) pour commander une modulation du gain (G) de l'amplificateur (Amp) en synchronisation avec les rafales.
- [Revendication 6] Dispositif de terminaison de ligne optique (OLT) selon la revendication 5 selon lequel l'amplificateur est un amplificateur SOA dont le gain est ajustable par la commande d'un courant.
- [Revendication 7] Dispositif de terminaison de ligne optique (OLT) selon l'une des revendications 5 et 6 selon lequel le calculateur est adapté pour déterminer la puissance des rafales reçues et adapter le pilotage du gain en fonction de cette puissance.
- [Revendication 8] Programme d'ordinateur sur un support d'informations, ledit programme comportant des instructions de programme adaptées à la mise en œuvre d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 lorsque ledit programme est chargé et exécuté dans un équipement OLT.
- [Revendication 9] Support d'informations comportant des instructions de programme adaptées à la mise en œuvre d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, lorsque ledit programme est chargé et exécuté dans un équipement OLT.

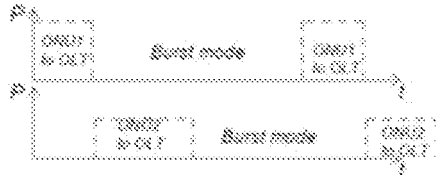
[Fig. 1]



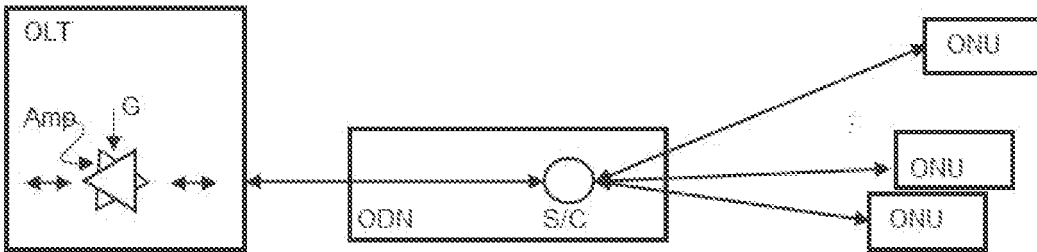
[Fig. 2a]



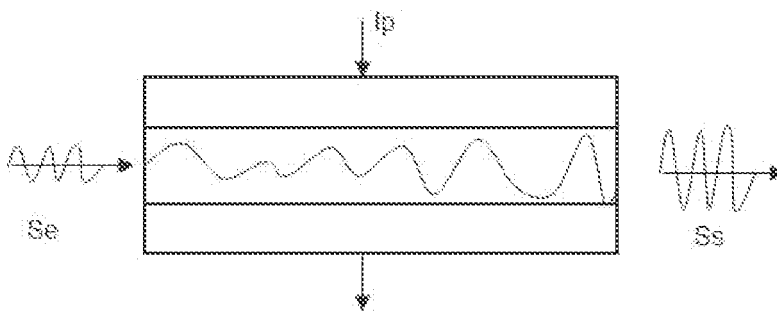
[Fig. 2b]



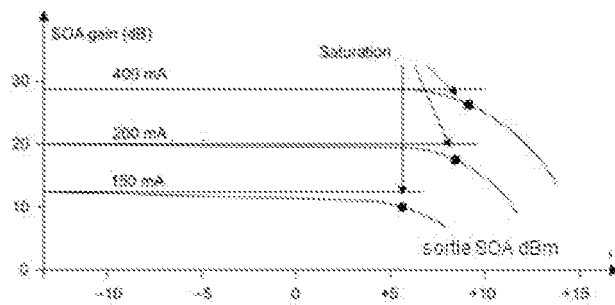
[Fig. 3]



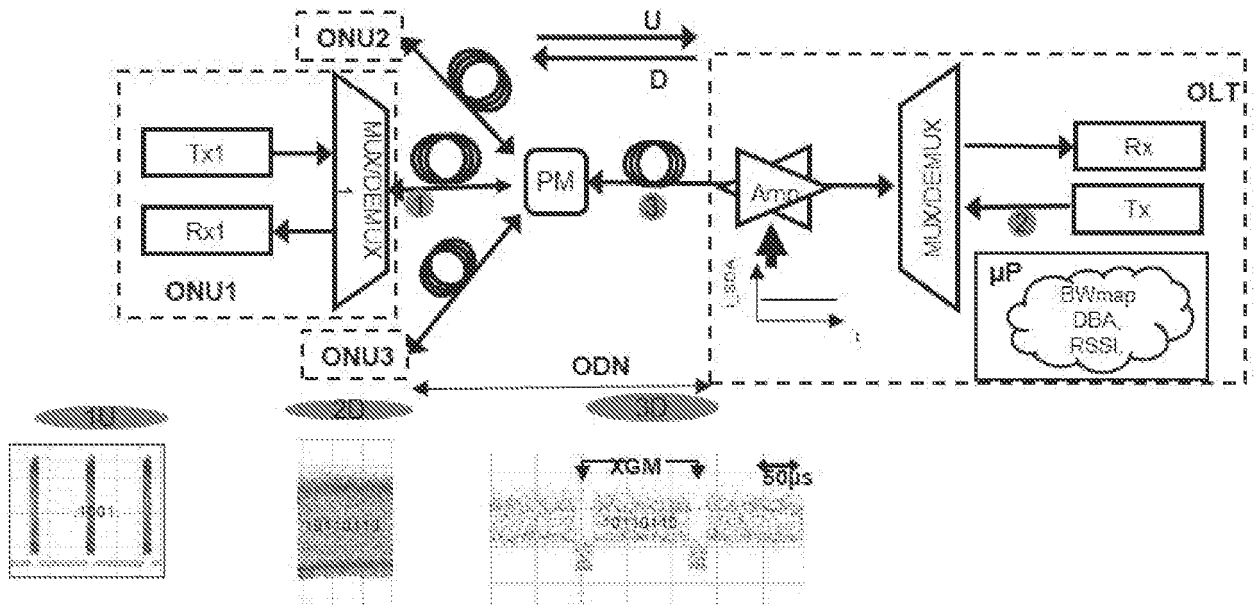
[Fig. 4]



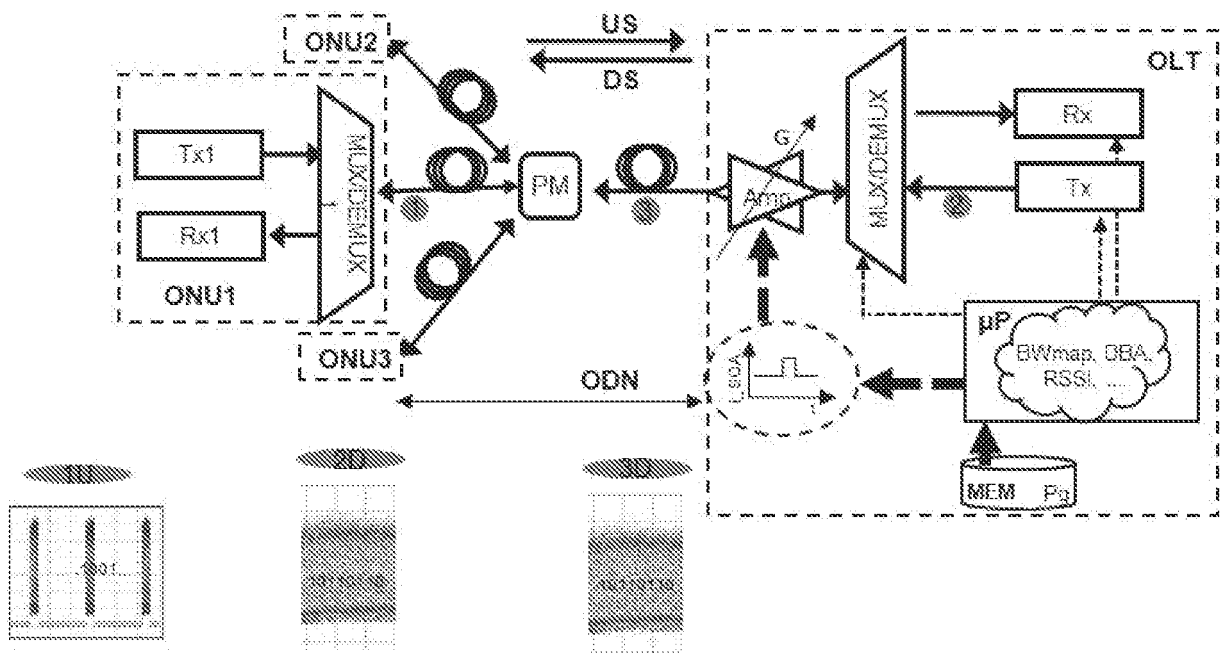
[Fig. 5]



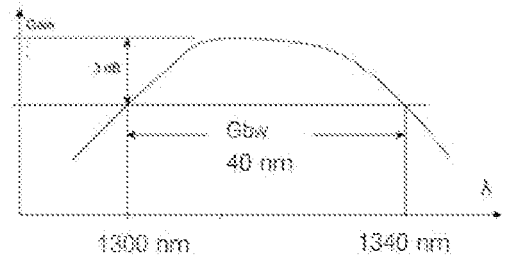
[Fig. 6]



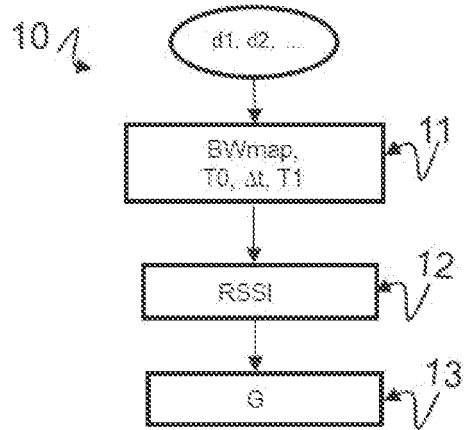
[Fig. 7]



[Fig. 8]



[Fig. 9]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 905006
FR 2201585

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	LIN LIU ET AL: "The Dynamic Gain Modulation Performance of Adjustable Gain-Clamped Semiconductor Optical Amplifiers (AGC-SOA)", JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, IEEE, USA, vol. 29, no. 22, 1 novembre 2011 (2011-11-01), pages 3483-3489, XP011369724, ISSN: 0733-8724, DOI: 10.1109/JLT.2011.2171669	1, 2, 5, 6, 8, 9	H04B10/297
A	* abrégé; figure 1 * * page 3484, colonne de droite *	3, 4, 7	
X	US 2009/208227 A1 (YOSHIDA SETSUO [JP] ET AL) 20 août 2009 (2009-08-20) * alinéa [0005] - alinéa [0008]; figure 1 * * alinéas [0033], [0049] *	1-9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H04B
X	US 2008/002977 A1 (MORI KAZUYUKI [JP]) 3 janvier 2008 (2008-01-03) * alinéa [0008] - alinéa [0013]; figures 17, 18 * * alinéas [0170], [0173] *	1-9	
X	WO 2019/102706 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES [JP]) 31 mai 2019 (2019-05-31) * alinéa [0002] - alinéa [0005]; figure 1 * * alinéas [0033], [0049] * * alinéa [0127] - alinéa [0129] *	1-9	
A	JP 5 973359 B2 (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 23 août 2016 (2016-08-23) * alinéa [0042] - alinéa [0049] *	1-9	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
11 octobre 2022		Borsier, Celine	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2201585 FA 905006**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **11-10-2022**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2009208227 A1	20-08-2009	JP 4941349 B2	30-05-2012
		JP 2009200633 A	03-09-2009
		US 2009208227 A1	20-08-2009

US 2008002977 A1	03-01-2008	JP 5017942 B2	05-09-2012
		JP 2008011361 A	17-01-2008
		KR 20080003170 A	07-01-2008
		US 2008002977 A1	03-01-2008

WO 2019102706 A1	31-05-2019	CN 111386680 A	07-07-2020
		JP WO2019102706 A1	26-11-2020
		US 2020295845 A1	17-09-2020
		WO 2019102706 A1	31-05-2019

JP 5973359 B2	23-08-2016	JP 5973359 B2	23-08-2016
		JP 2014155146 A	25-08-2014
