



(51) Classification internationale des brevets :
H04J 14/02 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2011/050387

(22) Date de dépôt international :
24 février 2011 (24.02.2011)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1051378 26 février 2010 (26.02.2010) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
FRANCE TELECOM [FR/FR]; 6 Place d'Alleray,
F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :
RICHARD, Alexandre [FR/FR]; 5 Hent Ar Maezou,
F-22300 Lannion (FR). LE GUYADER, Bertrand
[FR/FR]; KERVELLEY, F-22450 POMMERIT-JAUDY
(FR).

(74) Mandataire : LEDEY, Michel; FRANCE TELECOM
R&D/PIV/BREVETS, 38-40, rue du Général Leclerc,
F-92794 Issy Moulineaux Cedex 9 (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))

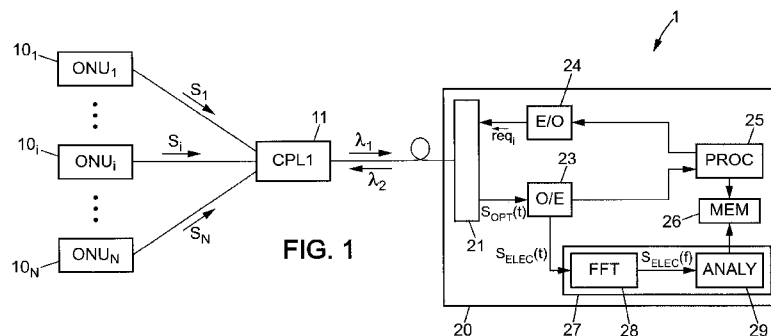
Publiée :

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

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD AND DEVICE FOR VERIFYING THE OPERATION OF AN OPTICAL NETWORK UNIT IN A PERTURBED OPTICAL NETWORK

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF DE VERIFICATION DU FONCTIONNEMENT D'UNE UNITE DE RESEAU OPTIQUE DANS UN RESEAU OPTIQUE PERTURBE



(57) Abstract : The invention relates to a method for verifying the operation of at least one optical network unit in an optical network including an optical line termination (20) connected to an assembly of at least one optical network unit. Said method includes, for at least one optical network unit to be verified (10j) of the assembly, an instruction step, in which an instruction is given to the optical network unit to be verified (10j), a step of transmission of an optical test signal (Si) having a predetermined frequency signature (Si(f)), and a determination step (111) of determining the operation of the optical network unit to be verified (10j), depending on the detection of the predetermined frequency signature in the optical line termination. The invention also relates to a determination device that can use the method in order to determine the failure of such an optical network unit, to an optical transmission network (1) including such a determination device, and to a computer program including program code instructions for performing the steps of said determination method.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



-
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

L'invention concerne un procédé de vérification du fonctionnement d'au moins une unité de réseau optique dans un réseau optique comprenant un terminal de ligne optique (20) connecté à un ensemble d'au moins une unité de réseau optique, ce procédé comprenant, pour au moins une unité de réseau optique à vérifier (10j) de l'ensemble, une étape d'instruction, donnée à l'unité de réseau optique à vérifier (10j), d'émission d'un signal optique de test (Si) présentant une signature fréquentielle prédéterminée (Si(f)) et une étape de détermination (11) du fonctionnement de l'unité de réseau optique à vérifier (10j) en fonction de la détection, au niveau du terminal de ligne optique, de la signature fréquentielle prédéterminée. L'invention concerne également un dispositif de détermination apte à mettre en œuvre le procédé de détermination de la défaillance d'une unité de réseau optique ci-avant, un réseau (1) de transmission optique comprenant un tel dispositif de détermination ainsi qu'un programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes du procédé de détermination ci-avant.

**Procédé et dispositif de vérification du fonctionnement d'une unité de réseau
optique dans un réseau optique perturbé**

5 L'invention concerne un procédé de vérification du fonctionnement d'une unité de réseau optique dans un réseau de transmission optique perturbé, ainsi qu'un dispositif de vérification apte à mettre en œuvre un tel procédé.

Les réseaux de transmission optique sont habituellement composés de plusieurs unités de réseau optique (ONU pour Optical Network Unit, en anglais) connectées entre
10 elles au moyen de fibres optiques afin d'échanger des données par le biais de signaux optiques.

Dans une architecture particulière de réseau optique, appelée « Point-Multipoint », un réseau de transmission optique comprend un terminal de ligne optique (OLT pour Optical Line Termination en anglais) connecté à une pluralité d'unités de réseau optique
15 par l'intermédiaire d'un coupleur/diviseur.

Dans une telle architecture « Point-Multipoint », une seule fibre optique est habituellement employée aussi bien pour la direction montante (des unités ONU vers le terminal de ligne OLT) que pour la direction descendante (du terminal de ligne OLT vers les unités ONU). Pour ce faire, des longueurs d'onde de transmission distinctes sont
20 attribuées à chacune des directions montante et descendante, de sorte que les données peuvent être transmises simultanément, en mode « duplex », aussi bien en direction montante qu'en direction descendante.

En ce qui concerne la direction montante (des unités ONU vers le terminal de ligne OLT), un intervalle de temps spécifique est alloué périodiquement à chaque unité ONU pendant lequel cette unité ONU peut transmettre un signal optique comportant des données
25 montantes au terminal de ligne OLT.

Ces intervalles de temps sont agencés sous forme de trames afin d'éviter que des données transmises simultanément ne rentrent en collision. Un tel principe est communément appelé « Accès multiple à répartition dans le temps » (TDMA pour Time
30 Division Multiple Access en anglais).

Cependant, avec un telle architecture de réseau, il se peut qu'une des unités de réseau optique ONU devienne défaillante et perturbe l'ensemble du réseau, par exemple en émettant de manière continue un signal optique, même en dehors de l'intervalle temporel qui lui est alloué, ou en émettant dans des intervalles alloués à d'autres unités de réseau.

Lorsque cette situation arrive, l'unité de réseau optique concernée peut être qualifiée de « perturbatrice » (« Rogue ONU » en anglais), et cette unité perturbatrice empêche l'utilisation du réseau optique par les autres unités de réseau optique, en provoquant des collisions entre les données qu'elle envoie et celles envoyées par les autres unités de réseau.

Diverses solutions ont été proposées pour discriminer de telles unités perturbatrices et tenter de remédier à cet inconvénient.

Une première méthode consiste à envoyer un agent de maintenance sur le site où est situé le coupleur/diviseur afin de débrancher successivement, l'une après l'autre, les fibres optiques connectant le coupleur/diviseur à chacune des unités de réseau et de tester les unités de réseau restantes afin d'identifier l'unité perturbatrice.

L'inconvénient d'une telle méthode réside dans le temps et les coûts engendrés pour envoyer un agent de maintenance sur site et effectuer ces opérations manuelles.

Une autre méthode consiste à requérir, depuis le terminal de ligne OLT, l'activation successive de chacune des unités de réseau et à vérifier si celle-ci est perturbatrice ou non.

Une telle méthode ne marche que dans la mesure où l'unité de réseau perturbatrice fonctionne encore partiellement et est capable de recevoir et de décoder une requête en activation venant du terminal de ligne OLT. De plus, cette méthode ne marche pas lorsque une source lumineuse continue est injectée dans le réseau optique, par exemple dans le cas d'un acte de malveillance, ni avec des unités de réseau optique comportant un modem P2P (« Peer-to-Peer ») connecté sur le réseau.

Une autre méthode, décrite dans le brevet américain US 7,468,958 B2, consiste à récupérer dans un premier temps les puissances optiques émises par chaque unité de réseau ONU au niveau du terminal de ligne OLT et à les stocker dans une base de données. Lorsque le réseau optique est perturbé, un algorithme consistant à éteindre toutes les unités de réseau, puis à activer toutes les unités de réseau avant de les désactiver une par une, puis à activer séquentiellement chacune des unités, est appliqué afin de mesurer la puissance optique reçue par le terminal de ligne OLT et de comparer celle-ci aux valeurs stockées pour identifier l'unité perturbatrice.

Une telle méthode nécessite, encore une fois, que l'unité de réseau perturbatrice fonctionne encore partiellement et soit capable d'interpréter une requête en activation venant du terminal de ligne OLT. Ce faisant, elle ne fonctionne qu'avec un protocole compatible avec un réseau de type GPON. Elle nécessite en outre de fixer les intervalles de temps alloués aux unités de réseau.

La présente invention a pour objet de remédier aux inconvénients précités et vise un procédé de vérification du fonctionnement d'au moins une unité de réseau optique qui soit indépendant du type de protocole employé par le réseau optique, ainsi que du type et du niveau de défaillance de l'unité de réseau optique à vérifier.

5

Elle propose à cet effet un procédé de vérification du fonctionnement d'au moins une unité de réseau optique dans un réseau optique comprenant un terminal de ligne optique connecté à un ensemble d'unités de réseau optique, le procédé comprenant, pour une pluralité d'unités de réseau optique à vérifier dans ledit ensemble :

10

- l'instruction, donnée à l'unité de réseau optique à vérifier, d'émission d'un signal optique de test présentant une signature fréquentielle prédéterminée, une signature fréquentielle prédéterminée distincte étant utilisée respectivement pour chacune des unités de réseau optique à vérifier; et

15

- la détermination du fonctionnement de l'unité de réseau optique à vérifier en fonction de la détection, au niveau du terminal de ligne optique, de la signature fréquentielle prédéterminée.

20

L'utilisation d'une signature fréquentielle prédéterminée distincte respectivement pour chacune des unités de réseau optique à vérifier permet de vérifier simultanément le fonctionnement de plusieurs unités de réseau optique et d'obtenir ainsi un gain de temps en termes de temps de calcul.

25

Dans un mode de réalisation avantageux, l'étape de détermination comprend la conversion d'un signal optique reçu par le terminal de ligne optique en un signal électrique reçu, l'obtention d'un signal électrique transposé dans le domaine fréquentiel à partir du signal électrique reçu, et la détection de la signature fréquentielle prédéterminée dans le signal électrique transposé. Il est ainsi possible de vérifier le fonctionnement correct d'une unité de réseau optique en dépit du brouillage optique temporel pouvant être occasionné sur le réseau.

30

Avantageusement, la détection de la signature fréquentielle prédéterminée comprend le filtrage d'une bande spectrale dans laquelle se situe au moins partiellement la signature fréquentielle prédéterminée suivi de la comparaison du niveau de puissance contenue dans la bande spectrale filtrée avec une valeur seuil de détection, l'unité de réseau optique à vérifier étant jugée comme fonctionnant correctement si le niveau de puissance est

supérieur à la valeur seuil de détection. Il est ainsi possible d'automatiser la détermination de la défaillance d'une unité de réseau optique sans avoir recours à un superviseur humain.

Dans un mode de réalisation avantageux, l'étape d'instruction d'émission d'un signal optique de test comprend l'envoi d'une requête de test à destination de l'unité de réseau optique à vérifier, ce qui permet de commander le démarrage du procédé de vérification à distance.

D'une façon avantageuse, l'envoi de la requête de test est effectué suite à la détection d'un problème sur le réseau optique, ce qui permet d'initier le procédé de vérification seulement en cas de détection d'un problème sur le réseau.

Dans un mode particulier de réalisation, l'envoi de la requête de test et la détection du problème sur le réseau optique sont effectués au niveau du terminal de ligne optique, ce qui est avantageux dans la mesure où l'ensemble de l'opération de vérification peut être commandée à partir du dispositif le mieux placé dans le réseau optique.

Dans un mode de réalisation avantageux, le procédé comprend la détection préalable, avant l'instruction d'émission d'un signal optique de test, d'au moins une composante fréquentielle déterminée associée à un protocole de transmission optique, ce qui permet de détecter une tentative frauduleuse d'introduction sur le réseau de la part d'unités extérieures à celui-ci.

Avantageusement, le procédé comprend une étape supplémentaire de vérification de l'unité de réseau optique à vérifier si le fonctionnement de cette unité de réseau optique à vérifier est déterminé comme indiquant une défaillance potentielle de l'unité de réseau optique à vérifier. Il est ainsi possible de distinguer les unités de réseau optique qui sont réellement défaillantes parmi les unités de réseau déterminées comme étant potentiellement défaillantes.

La présente invention propose également un dispositif de vérification du fonctionnement d'une unité de réseau optique dans un réseau optique comprenant un ensemble d'unités de réseau optique, ce dispositif comportant des moyens de détermination arrangés pour déterminer le fonctionnement d'une unité de réseau optique à vérifier dudit ensemble en fonction de la détection d'une signature fréquentielle prédéterminée dans un signal optique de test émis, sur instruction, par ladite unité de réseau optique à vérifier, une signature fréquentielle prédéterminée distincte étant utilisée respectivement pour chacune des unités de réseau optique à vérifier.

Avantageusement, le dispositif de vérification comprend en outre des moyens de conversion optoélectrique, aptes à obtenir ledit signal électrique reçu à partir de la conversion d'un signal optique reçu provenant du réseau optique, et les moyens de détermination comprennent une unité de transposition apte à fournir un signal électrique transposé dans le domaine fréquentiel à partir du signal électrique reçu et une unité d'analyse spectrale apte à détecter la signature fréquentielle prédéterminée dans le signal électrique transposé. Le dispositif est ainsi apte à vérifier le fonctionnement correct d'une unité de réseau optique en dépit du brouillage temporel qui peut être occasionné sur le réseau optique.

La présente invention propose en outre un réseau optique comprenant un terminal de ligne optique connecté à un ensemble d'unités de réseau optique, le terminal de ligne optique comprenant un dispositif de vérification tel que décrit ci-avant et une unité de réseau optique à vérifier dudit ensemble étant apte à émettre, suite à une instruction d'émission, un signal optique de test présentant une signature fréquentielle prédéterminée à destination du terminal de ligne optique, une signature fréquentielle prédéterminée distincte étant utilisée respectivement pour chacune des unités de réseau optique à vérifier.

La présente invention propose également un programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes du procédé de vérification tel que décrit ci-avant lorsque ledit programme est exécuté sur le processeur de données d'un terminal de ligne d'un réseau de transmission optique.

Le procédé et le dispositif de vérification, objets de l'invention, seront mieux compris à la lecture de la description détaillée ci-après, et des dessins annexés sur lesquels:

- la figure 1 illustre un réseau de transmission optique selon la présente invention ;
- la figure 2 illustre les étapes d'un procédé de vérification du fonctionnement d'au moins une unité de réseau optique appartenant au réseau de transmission optique décrit à la figure 1 ; et
- les figures 3A-3C illustrent un exemple de signature fréquentielle pouvant être employée dans le procédé de vérification selon la présente invention.

On se réfère tout d'abord à la **figure 1** sur laquelle est illustré un réseau de transmission optique 1 composé d'un ensemble de N unités de réseau optique $10_1, \dots, 10_i, \dots, 10_N$ connectées à un terminal de ligne optique 20 par l'intermédiaire d'un coupleur optique 11.

Les unités de réseau optique $10_1, \dots, 10_i, \dots, 10_N$ émettent des signaux optiques $S_1, \dots, S_i, \dots, S_N$ sur la voie montante, en direction du terminal de ligne optique 20, sur une première longueur d'onde λ_1 . Inversement, le terminal de ligne optique 20 utilise une deuxième longueur d'onde λ_2 pour émettre des signaux optiques sur la voie descendante, en direction des unités de réseau optique $10_1, \dots, 10_i, \dots, 10_N$.

Le terminal de ligne optique 20 comporte une interface optique 21 connectée par un câble de type fibre optique au coupleur optique 11. Cette interface optique permet de prélever au moins partiellement le signal optique $S_{OPT}(t)$ sur la voie en montante en provenance des unités de réseau optique et d'injecter un signal optique sur la voie descendante en direction des unités de réseau optique.

Dans le terminal de ligne optique 20, l'interface optique 21 est connectée d'une part à des moyens de conversion photoélectrique 23 permettant de convertir le signal optique $S_{OPT}(t)$ reçu de la voie montante en un signal électrique reçu $S_{ELEC}(t)$. Ces moyens de conversion photoélectrique 23 peuvent consister en un récepteur photoélectrique de type photodiode, par exemple à avalanche, capable de recevoir des signaux optiques à la longueur d'onde λ_1 .

Le terminal de ligne optique 20 comprend également un émetteur optique 24, connecté à l'interface optique 21, apte à générer et transmettre un signal optique comprenant des paquets de données à destination des unités de réseau optique $10_1, \dots, 10_i, \dots, 10_N$. Un tel émetteur optique 24 peut consister en une diode laser ou une diode électroluminescente, par exemple, fonctionnant à la longueur d'onde λ_2 et peut être utilisé par le terminal de ligne optique 20 pour envoyer des requêtes aux unités de réseau optique $10_1, \dots, 10_i, \dots, 10_N$.

Le terminal de ligne optique 20 comprend en outre un processeur de données 25 et des moyens de mémorisation 26 connectée au processeur de données 25. Le processeur de données 25 reçoit les données montantes converties électriquement par le récepteur optique 23 et envoie les données descendantes vers l'émetteur optique 24 afin que celui-ci les transmettent par le biais d'un signal optique sur le réseau optique 1. Les moyens de mémorisation 26 servent à mémoriser les instructions et les données nécessaires au bon fonctionnement du processeur de données 25.

Le terminal de ligne optique 20 comporte par ailleurs des moyens de détermination 27 connectés d'une part aux moyens de réception optique 23 et pouvant être connectés d'autre part aux moyens de mémorisation 26. Ces moyens de détermination sont arrangés pour déterminer le fonctionnement d'une ou plusieurs des unités de réseau optique à

vérifier parmi l'ensemble d'unités de réseau optique $10_1, \dots, 10_i, \dots, 10_N$, en fonction de la détection d'une signature fréquentielle prédéterminée $S_i(f)$ dans le signal optique de test S_i provenant de la ou des unité(s) de réseau optique à vérifier réagissant à une instruction d'émission, reçue par exemple sous la forme d'une requête req_i en émission d'un signal de test.

Si la signature fréquentielle prédéterminée $S_i(f)$ d'une unité de réseau à vérifier 10_i est détectée par les moyens de détermination 27, les moyens de détermination 27 déterminent alors que l'unité à vérifier 10_i fonctionne correctement.

Si, par contre, la signature fréquentielle prédéterminée $S_i(f)$ d'une unité de réseau à vérifier 10_i n'est pas détectée par les moyens de détermination, les moyens de détermination 27 déterminent que l'unité à vérifier 10_i est potentiellement défectueuse, ce qui peut entraîner une procédure de vérification et de réparation de cette unité.

Dans un mode de réalisation avantageux, les moyens de détermination 27 comprennent ainsi des moyens d'analyse spectrale 28, 29, connectés aux moyens de conversion photoélectrique 23, permettant de détecter la présence de la signature fréquentielle prédéterminée $S_i(f)$ dans le signal électrique reçu $S_{ELEC}(t)$ obtenu par conversion du signal optique reçu $S_{OPT}(t)$ grâce aux moyens de conversion photoélectrique 23.

Le fait d'effectuer une analyse spectrale, c'est-à-dire fréquentielle, du signal électrique $S_{ELEC}(t)$ pour y détecter la signature fréquentielle prédéterminée $S_i(f)$ est plus efficace qu'une analyse temporelle du signal optique perturbé et permet de s'affranchir du brouillage optique pouvant affecter temporellement le signal $S_{ELEC}(t)$, notamment dans un réseau OTDM comprenant une multitude d'unités de réseau optique.

Dans un mode particulier de réalisation, les moyens d'analyse spectrale comprennent une unité de transposition 28 permettant de calculer un signal électrique intermédiaire $S_{ELEC}(f)$, dit « transposé » et apte à être analysé spectralement dans le domaine fréquentiel, à partir du signal électrique reçu $S_{ELEC}(t)$. Ce signal électrique transposé $S_{ELEC}(f)$ peut être obtenu par application d'une transformée de Fourier au signal $S_{ELEC}(t)$, au moyen d'une unité de calcul conçue pour calculer la transformée de Fourier du signal électrique reçu $S_{ELEC}(t)$, afin de le transposer ce signal dans le domaine fréquentiel. L'utilisation de la transformation de Fourier permet un calcul rapide du signal électrique transposé $S_{ELEC}(f)$ et donc une analyse spectrale rapide du signal optique reçu $S_{OPT}(t)$.

Dans ce mode particulier de réalisation, les moyens de détermination 27 comprennent en outre une unité d'analyse spectrale 29, connectée à l'unité de transposition

28, et qui est apte à analyser spectralement le signal transposé $S_{ELEC}(f)$, obtenu grâce à l'unité de transposition 28, pour y retrouver une signature fréquentielle prédéterminée $S_i(f)$ indicative du fonctionnement correct d'une ou plusieurs unité(s) de réseau optique à vérifier.

5 Dans un premier mode de réalisation, cette unité d'analyse spectrale 29 peut consister en un simple analyseur spectral permettant à un superviseur de visualiser le spectre du signal transformé afin d'y rechercher la signature fréquentielle prédéterminée.

Dans un autre mode de réalisation avantageux permettant une automatisation de l'identification, lorsque la position en fréquence de la signature fréquentielle $S_i(f)$ à
10 rechercher est prédéterminée, cette unité d'analyse spectrale 29 peut comprendre un moyen de filtrage passe-bande dont la bande de filtrage recouvre au moins partiellement, voire totalement, la bande spectrale dans laquelle est censée se trouver la signature fréquentielle recherchée.

Ce moyen de filtrage peut alors être connecté à un comparateur permettant de
15 comparer la valeur de la puissance du signal filtré avec une valeur seuil et fournissant une valeur de décision en fonction de cette comparaison. La valeur seuil est choisie de sorte à ce que, si la signature fréquentielle est présente dans la bande spectrale filtrée, la comparaison de la puissance du signal filtré avec cette valeur seuil donne une valeur de décision positive, tandis qu'en l'absence de signature fréquentielle dans la bande spectrale
20 filtrée, la comparaison de la puissance du signal filtré avec cette valeur seuil donne une valeur de décision négative.

Ainsi, en fonction du signe de la valeur de décision fournie par le comparateur, l'absence ou la présence d'une signature fréquentielle est détectée, ce qui permet de déterminer respectivement si l'unité de réseau optique à vérifier, censée émettre un signal
25 optique de test comprenant la signature fréquentielle, est défaillante ou non.

Comme indiqué précédemment, l'unité d'analyse spectrale 29 peut être connectée aux moyens de mémorisation 26. Ainsi, dans un mode de réalisation avantageux où plusieurs unités de réseau optique sont testées, deux ensembles distincts A_+ et A_- peuvent être mémorisés dans les moyens de mémorisation 26.

30 Le premier ensemble A_+ contient les identifiants des unités de réseau optique vérifiées dont la signature fréquentielle prédéterminée est détectée par l'unité d'analyse spectrale 29. Ces unités de réseau optique sont identifiées comme fonctionnant correctement.

Le deuxième ensemble A_2 contient les identifiants des unités de réseau optique testées dont la signature fréquentielle prédéterminée n'est pas détectée par l'unité d'analyse spectrale 29. Ces unités de réseau optique sont identifiées comme étant potentiellement défaillantes et une action correctrice peut alors être directement entreprise au niveau de ces unités afin de vérifier et remédier à la défaillance potentielle de ces unités. Il est également possible d'effectuer une vérification supplémentaire sur les unités potentiellement défaillantes de ce deuxième ensemble A_2 , afin de déterminer si elles sont réellement défaillantes ou non.

La **figure 2** illustre le procédé 100 de vérification du fonctionnement d'une ou plusieurs unité(s) de réseau optique dans un réseau optique tel qu'illustré à la figure 1.

Ce procédé de vérification du fonctionnement d'au moins une unité de réseau optique 10_i comporte une série d'étapes successives permettant de vérifier si celle-ci fonctionne correctement ou non.

Cette vérification permet de distinguer les unités du réseau fonctionnant correctement des autres unités du réseau, jugées potentiellement défaillantes. Le fait de discriminer dans un premier temps les unités fonctionnant correctement plutôt que de tenter de discriminer directement les unités défaillantes permet de proposer un procédé de vérification des unités qui soit indépendant du type de protocole employé par le réseau optique, ainsi que du type et du niveau de défaillance de l'unité de réseau optique à vérifier.

L'émission d'un signal optique de test S_i , par l'unité de réseau optique à vérifier, est tout d'abord demandée à au moins une unité de réseau optique à vérifier 10_i , lors d'une étape 107 d'instruction d'émission d'un signal optique de test S_i .

Dans un premier mode de réalisation, cette instruction peut être effectuée à intervalles réguliers de façon automatique, par exemple par programmation à cet effet d'un processeur de l'unité de réseau optique à vérifier, afin de tester périodiquement le bon fonctionnement ou la défaillance de cette unité de réseau optique à vérifier. Ce mode de réalisation permet de vérifier simplement, et de façon autonome, le fonctionnement des unités du réseau.

Dans un autre mode de réalisation, cette instruction peut être donnée à l'unité de réseau à vérifier 10_i sous la forme d'une requête req_i en émission d'un signal optique de test envoyée à destination de cette unité de réseau à vérifier 10_i . Sur réception d'une telle

requête req_i , l'unité de réseau à vérifier 10_i émet alors le signal optique de test S_i , si elle fonctionne correctement.

L'envoi d'une telle requête req_i est effectué par un autre dispositif surveillant le réseau optique 1, qui peut être un dispositif central de gestion ou le terminal optique de ligne 20. L'envoi de cette requête req_i peut également être effectué à intervalles réguliers et de façon automatique, en programmant à cet effet un processeur du dispositif émettant cette requête.

Cependant, dans un mode préféré de réalisation, l'envoi de cette requête req_i est effectué par un dispositif du réseau optique 1 (qui peut être le terminal de ligne 20) après détection d'un problème au niveau de la couche physique par ce même dispositif, ce qui permet d'enclencher le procédé de vérification seulement quand cela est nécessaire, c'est-à-dire quand un problème est détecté.

Ainsi, dans ce mode de réalisation avantageux, le procédé 100 comprend également une étape préliminaire 101 de détection d'un problème au niveau de la couche physique dans le réseau optique 1. Un problème au niveau de la couche physique peut être détecté, par exemple, lorsqu'il y a perte du signal dans le réseau optique 1 alors que la puissance optique reçue par le dispositif surveillant le réseau optique n'est pas nulle. Un problème au niveau de la couche physique peut aussi être détecté quand une unité de réseau optique semble perturbée par une autre, par exemple les données transmises dans l'intervalle de temps qui lui est alloué sont brouillées.

Dans un mode de réalisation particulièrement avantageux, l'étape préliminaire 101 de détection d'un problème au niveau de la couche physique est effectuée au niveau du terminal de ligne 20, lequel envoie la requête req_i en émission d'un signal optique de test à destination d'une ou plusieurs unité(s) de réseau à vérifier lors de l'étape d'instruction 107, en cas de détection d'un problème lors de cette étape 101.

Ce mode de réalisation est particulièrement avantageux dans la mesure où le terminal de ligne optique 20, de par sa position dans le réseau optique 1, est le dispositif le plus à même de détecter un problème au niveau de la couche physique du réseau et à gérer la résolution de ce problème.

Suite à l'étape 107 d'instruction d'émission, et dans la mesure où l'unité de réseau optique à vérifier 10_i n'est pas défaillante et peut interpréter cette instruction d'émission (par exemple transmise sous la forme d'une requête req_i par le terminal de ligne 20), cette unité 10_i émet alors un signal optique de test S_i présentant une signature fréquentielle prédéterminée $S_i(f)$ à destination du réseau optique 1 et en particulier à destination du

terminal de ligne 20. Le terminal de ligne 20 reçoit alors le signal optique de test S_i lors de l'étape 109.

Si, par contre, l'unité de réseau optique à vérifier 10_i est défaillante, elle n'est pas en mesure d'interpréter cette instruction d'émission (par exemple transmise sous la forme d'une requête req_i par le terminal de ligne 20) et n'émet pas de signal optique de test en réponse à cette instruction. Le terminal de ligne 20 dernier ne reçoit alors aucun signal optique de test S_i lors de l'étape 109.

S'ensuit alors une étape 111 de détermination du fonctionnement de l'unité de réseau optique à vérifier en fonction de la détection ou non, au niveau du terminal de ligne optique 20, de la signature fréquentielle prédéterminée $S_i(f)$.

Pour ce faire, cette étape 111 de détermination comprend la transposition spectrale du signal optique reçu $S_{OPT}(t)$ au niveau du terminal de ligne optique 20. Cette transposition spectrale est préférentiellement effectuée pendant un certain laps de temps prédéterminé après l'étape 107 de requête en émission d'un signal de test, afin de garantir la détection de ce signal de test en tenant compte par exemple du délai de transmission entre l'unité de réseau optique à vérifier 10_i et le terminal de ligne 20.

Dans un mode de réalisation avantageux, la transposition spectrale comprend une étape 113 de conversion du signal optique reçu $S_{OPT}(t)$ en un signal électrique reçu $S_{ELEC}(t)$, suivi de l'analyse spectrale du signal électrique reçu $S_{ELEC}(t)$ afin d'y détecter la présence de la signature fréquentielle prédéterminée $S_i(f)$. Encore une fois, une telle analyse spectrale est plus efficace qu'une analyse temporelle.

En particulier, l'analyse spectrale se décompose en une étape 115 de transformation du signal électrique $S_{ELEC}(t)$ reçu en un signal électrique $S_{ELEC}(f)$ transposé dans le domaine fréquentiel et donc apte à être analysé spectralement, par exemple par application d'une transformation de Fourier Rapide (FFT pour Fast Fourier Transform en anglais) au signal électrique $S_{ELEC}(t)$, suivie d'une étape 117 de détection de la signature fréquentielle prédéterminée $S_i(f)$ dans le signal électrique transposé $S_{ELEC}(f)$.

Si la signature fréquentielle prédéterminée $S_i(f)$ est détectée dans le signal électrique transposé $S_{ELEC}(f)$, il est déterminé que l'unité de réseau optique testée 10_i a bien répondu à l'instruction qui lui est donnée d'émettre le signal optique de test. Le fonctionnement correct de l'unité à vérifier 10_i est alors démontré et cette unité à vérifier 10_i est désignée, et éventuellement mémorisée dans les moyens de mémorisation 26, comme fonctionnant correctement lors d'une étape 119 de classification. (L'état de fonctionnement $E(ONU_i)$ de cette unité 10_i est illustré comme prenant la valeur « OK » sur la figure 2).

Inversement, si la signature fréquentielle prédéterminée $S_i(f)$ n'est pas détectée dans le signal électrique transposé $S_{ELEC}(f)$, en dépit de l'instruction d'émission d'un signal optique de test S_i donnée à l'unité de réseau optique à vérifier 10_i , cette absence de détection est indicatrice d'une défaillance potentielle de l'unité à vérifier 10_i . L'unité testée
 5 10_i est alors désignée comme étant potentiellement défaillante, et peut être mémorisée comme telle dans les moyens de mémorisation 26, lors d'une étape 121 de classification. (L'état de fonctionnement $E(ONU_i)$ de cette unité 10_i est illustré comme prenant la valeur « $\Theta K ?$ » sur la figure 2).

Les étapes 107 à 119/121 peuvent être répétées pour plusieurs unités de réseau
 10 optique à vérifier parmi les unités de réseau optique du réseau optique 1, voire l'ensemble des unités de réseau optique 10_1-10_N du réseau optique 1, en fonction des contraintes en temps de calcul et des indications sur la défaillance éventuelle d'une unité en particulier.

Ainsi, si lors de la détection initiale du problème sur le réseau optique, une unité de réseau 10_i est particulièrement soupçonnée d'être à l'origine du problème, il est avantageux
 15 d'appliquer, dans un premier temps, le procédé de vérification 100 sur cette seule unité de réseau 10_i afin de ne pas mobiliser inutilement de ressources.

Si, par contre, lors de la détection initiale du problème sur le réseau, il n'y a aucun indice visant une unité de réseau 10_i en particulier, il est alors avantageux de vérifier
 20 chacune des unités de réseau optique 10_1-10_N , en répétant les étapes 107 à 119/121 pour chaque unité de réseau à vérifier.

Des signaux de test $S_1, \dots, S_i, \dots, S_N$ présentant des signatures fréquentielles spécifiques $S_1(f), \dots, S_i(f), \dots, S_N(f)$ sont respectivement associés à chacune des unités de réseau optique $10_1, \dots, 10_i, \dots, 10_N$ à vérifier.

Il est ainsi possible de déterminer, directement et simultanément, le bon
 25 fonctionnement ou la défaillance potentielle de chaque unité de réseau testée en fonction de la détection de la signature fréquentielle spécifique qui lui est allouée.

Il est en outre possible de tester simultanément les unités de réseau optique. Les étapes d'instruction d'émission d'un signal optique de test (étape 107) et de détermination de la défaillance d'une unité de réseau optique (étape 111) peuvent ainsi être effectuées
 30 parallèlement pour chacune des unités de réseau optique à vérifier, ce qui permet un gain de temps en termes de temps de calcul. Il est bien-sûr également possible d'effectuer séquentiellement ces étapes, pour chacune des unités de réseau optique à vérifier. Ceci est symbolisé sur la figure 2 par l'emploi d'une boucle itérative comprenant une étape 123 de

vérification de la fin de la boucle et une étape 125 d'incrémentation de la variable i si tel n'est pas le cas.

L'unité d'analyse spectrale 29 comprend des moyens capables de détecter les différentes signatures fréquentielles spécifiques aux unités de réseau optique testées.

5 L'unité d'analyse spectrale 29 peut ainsi comprendre, par exemple, un ensemble de moyens de filtrage passe-bande en parallèle, chacun de ces moyens de filtrage étant associé à l'une des unités de réseau optique à vérifier et présentant une bande passante centrée, ou recouvrant au moins partiellement, la bande spectrale dans laquelle se situe la signature fréquentielle spécifique de l'unité de réseau associée. Ce mode de réalisation est
10 avantageux en termes de temps de calcul.

L'unité d'analyse spectrale 29 peut aussi comprendre un moyen de filtrage passe-bande accordable en fréquence, dont la bande passante peut être déplacée séquentiellement pour se centrer sur, ou recouvrir au moins partiellement, la bande spectrale dans laquelle se situe la signature fréquentielle spécifique associée à chacune des unités de réseau associée
15 à vérifier. Ce mode de réalisation est avantageux en ce qu'il permet d'utiliser moins de composants de filtrage pour un nombre élevé d'unités de réseau optique.

A la fin du procédé de vérification 100, lorsque plusieurs unités de réseau optiques ont été vérifiées, les unités vérifiées sont ainsi divisées en deux ensembles distincts A_+ et $A_?$ d'unités en fonction du résultat de la détection de leur signature fréquentielle.

20 L'ensemble A_+ rassemble les unités de réseau optique dont la signature fréquentielle a été détectée dans le signal optique reçu par le terminal de ligne optique 20, suite à l'instruction d'émission d'un signal de test. Ces unités ayant réagi correctement à l'instruction d'émission d'un signal de test, elles sont considérées comme fonctionnant correctement.

25 L'ensemble $A_?$ rassemble les unités de réseau optique dont la signature fréquentielle n'a pas été détectée dans le signal optique reçu par le terminal de ligne optique 20, bien qu'elles aient été instruites d'émettre un signal de test. Ces unités n'ayant pas réagi correctement à l'instruction d'émettre un signal de test, il y a une forte présomption pour que ces unités soient défaillantes et elles sont considérées comme étant potentiellement
30 défaillantes.

Dans un premier mode de réalisation, il est alors possible de considérer de lancer une procédure de vérification systématique de toutes les unités de l'ensemble $A_?$, par exemple par envoi d'un agent de maintenance sur le site de ces unités présumées défaillantes.

Dans un tel mode de réalisation, l'utilisation du procédé de vérification 100 selon la présente invention est avantageuse dans la mesure où elle permet de limiter le nombre d'unités à réinitialiser ou réparer aux unités indiquées dans le deuxième ensemble A_2 , au lieu de réinitialiser ou réparer l'ensemble des unités de réseau optique du réseau optique.

5 Dans un autre mode particulier de réalisation, une étape supplémentaire 125 de vérification est effectuée sur chacune des unités de réseau optique appartenant au deuxième ensemble A_2 , afin de vérifier si ces unités potentiellement défectueuses le sont réellement ou pas. En effet, il est possible que l'absence de détection de la signature fréquentielle au niveau du terminal de ligne 20 soit due à d'autres causes que la simple défaillance de
10 l'unité qui est testée. L'absence de détection peut être due, par exemple, à une rupture de la fibre optique à un endroit donnée, ou à l'extinction électrique de l'unité à vérifier, etc...

Une telle étape supplémentaire 125 de vérification peut consister, par exemple, en une comparaison avec l'historique mémorisé des événements relatifs à l'unité à vérifier.

Ainsi, si l'on considère l'historique des allumages et extinction électrique d'une unité
15 potentiellement défectueuse appartenant au deuxième ensemble A_2 , il est possible d'avoir un indice supplémentaire quand à l'éventuelle défaillance de cette unité.

En effet, si le dernier événement ayant eu lieu est une extinction électrique de l'unité à vérifier, alors l'absence de détection de sa signature fréquentielle $S_i(f)$ n'est a priori pas indicative de son mauvais fonctionnement et un autre procédé de vérification 100 peut être
20 lancée une fois cette unité redémarrée. Par contre, si le dernier événement ayant eu lieu est un allumage électrique de l'unité à vérifier, alors l'absence de détection de sa signature fréquentielle $S_i(f)$ est réellement indicative de son mauvais fonctionnement et cette unité peut être classée dans un troisième ensemble A_3 , rassemblant les identifiants des unités de réseau optique considérées comme réellement défectueuses après la vérification
25 supplémentaire 125. (L'état de fonctionnement $E(ONU_i)$ de ces unités 10_i est illustré comme prenant la valeur « ~~OK~~ » sur la figure 2).

Cette comparaison peut également être effectuée avec un historique des alarmes émises en cas de rupture de fibre optique dans le réseau.

En effet, si une alarme a été émise concernant une telle rupture avant l'instruction
30 d'émission d'un signal optique de test donnée à une unité à vérifier, alors l'absence de détection de la signature fréquentielle $S_i(f)$ n'est a priori pas indicative de son mauvais fonctionnement. Par contre, si aucune alarme n'a été émise avant cette instruction, alors l'absence de détection de sa signature fréquentielle $S_i(f)$ est réellement indicative de son mauvais fonctionnement et cette unité peut être classé dans le troisième ensemble A_3 .

Dans cet autre mode de réalisation particulier, l'utilisation du procédé de détermination 100 selon la présente invention est avantageuse en termes de temps de calcul dans la mesure où, encore une fois, le procédé de vérification 100 permet de limiter le nombre d'unités sur lesquelles il faut prendre des mesures correctives, au lieu de vérifier systématiquement l'ensemble des unités de réseau optique du réseau optique.

Pour que le procédé de détermination 100 fonctionne de manière efficace, il convient d'utiliser une signature fréquentielle $S_i(f)$ qui soit de nature à identifier sans équivoque l'unité de réseau optique 10_i à vérifier tout en se distinguant des autres composantes fréquentielles pouvant apparaître dans le spectre du signal optique reçu par le terminal de ligne optique 20.

Dans un mode de réalisation avantageux, il est possible d'effectuer une étape 103 de détection préalable d'une composante fréquentielle déterminée $S_k(f)$ associée à un protocole de transmission optique, par exemple dans le signal optique reçu par le terminal de ligne optique 20, après l'étape 101 de détection du problème au niveau de la couche physique mais avant l'étape 107 d'instruction d'émission d'un signal optique de test.

La détection d'une telle composante fréquentielle prédéterminée $S_k(f)$ peut être effectuée de façon similaire aux étapes 113, 115 et 117 décrites ci-avant, en analysant spectralement le signal optique reçu afin d'y détecter l'éventuelle présence d'une composante fréquentielle à une ou plusieurs fréquence(s) prédéterminée(s) caractérisant un certain type de protocole de transmission optique.

Cette composante fréquentielle déterminée $S_k(f)$, lorsqu'elle est associée à un protocole de transmission optique, permet ainsi de détecter la présence d'une unité optique utilisant ce protocole de transmission optique, caractérisé par un profil fréquentiel particulier, dans le réseau optique connecté au terminal de ligne optique 20.

Une telle étape facultative permet ainsi de détecter l'intrusion d'une unité perturbatrice utilisant ce protocole particulier sur le réseau optique et de prendre immédiatement les mesures adéquates sans avoir à continuer le procédé de vérification décrit ci-après.

Ainsi, dans un exemple illustratif où le réseau optique 1 n'est pas censé contenir de modem P2P, la détection de composantes fréquentielles à des fréquences multiples de 62,5 MHz telles que décrites à la figure 3A expliquée ci-après est indicative de la présence d'un signal optique émis par une unité comprenant un modem P2P fonctionnant à 100 Mbits par secondes. On en déduit alors qu'une unité perturbatrice de type modem P2P n'appartenant pas au réseau 1 a accès à celui-ci, a priori de façon frauduleuse.

Dans un tel cas, il est inutile de continuer plus avant le procédé 100 de vérification, mais il est possible d'intervenir (étape 105) pour vérifier plus en détails la nature de la fraude et la faire cesser, par exemple en envoyant un agent de maintenance localiser l'unité perturbatrice en cause pour déterminer l'opérateur et/ou l'utilisateur d'une telle unité perturbatrice afin de contacter celui-ci.

Il est ainsi possible à un opérateur de mémoriser, par avance, un ensemble de composantes fréquentielles déterminées, associées respectivement au signal optique émis par des unités de réseau optiques utilisant différents types de protocoles de transmission optiques répandus, et potentiellement utilisés par des opérateurs concurrents, afin de vérifier lors de l'étape 103 de détection préalable qu'aucune de ces unités n'ait accès au réseau optique 1 qui est supervisé par le terminal de ligne optique 20.

Les **figures 3A-3B** illustrent un exemple illustratif d'une telle signature fréquentielle, choisie en fonction de la nature du réseau optique à surveiller.

La figure 3A illustre la représentation fréquentielle (par exemple telle que lue sur un analyseur spectral) d'un signal optique reçu d'un réseau optique comprenant des modems « Peer-to-Peer » Ethernet fonctionnant à 100 Mbits par secondes.

Cette représentation spectrale présente un certain nombre de pics spectraux espacés régulièrement en fréquence, approximativement tous les 62,5 MHz.

Pour permettre de bien distinguer les unités de réseau optique testé par le procédé de détermination de la présente invention, il est préférable de choisir un signal optique de test dont la signature fréquentielle se distingue bien du spectre illustré à la figure 3A.

Ainsi, dans la figure 3B, la représentation fréquentielle d'un signal de test pouvant être utilisé dans la présente invention est illustrée.

Le signal de test représenté dans le domaine spectral sur la figure 3B correspond à un signal optique modulé par un signal carré à une fréquence de 20 MHz. On voit bien, sur cette figure 3B, que la composante principale d'un tel signal se retrouve à 20 MHz et est suivie par des composantes décroissantes en puissance correspondant aux harmoniques de cette fréquence. Cette composante principale à 20 MHz correspond à la signature fréquentielle prédéterminée associée à l'unité de réseau qui émet ce signal de test.

Si l'on utilise un tel signal de test pour déterminer la défaillance ou le bon fonctionnement d'unités de réseau appartenant au réseau dont la représentation fréquentielle est illustrée à la figure 3A, le signal optique reçu par le terminal de ligne 20

présentera la représentation fréquentielle illustrée à la figure 3C, laquelle cumule les représentations fréquentielles des figures 3A et 3B.

On voit bien sur cette figure 3C que la signature fréquentielle située à 20 MHz se distingue clairement de la représentation fréquentielle du réseau seul et donc le bon fonctionnement de l'unité de réseau émettant le signal de test ci-avant peut être déduit de la détection de cette signature fréquentielle.

La détection de cette signature fréquentielle située à 20 MHz peut se faire en utilisant un filtre passe-bande centré à 20 MHz, et présentant une largeur de bande de 10 MHz par exemple.

On peut également envisager de moduler le signal optique émis par l'unité de réseau optique à vérifier au moyen d'un signal sinusoïdal au lieu d'un signal carré, ce qui donne une signature fréquentielle $S_i(f)$ plus pure spectralement, et donc plus facile à distinguer des autres composantes issues de la représentation fréquentielle du réseau.

Un autre exemple illustratif de signal optique de test présentant une signature fréquentielle autour d'une fréquence précise peut consister en des alternances d'une première série de bits «0 » avec une deuxième série de bits « 1 », le nombre n de bits dans chaque série correspondant à un facteur divisant la fréquence de transmission habituellement employée sur le réseau optique.

Ainsi, si le réseau optique utilise par exemple une fréquence de transmission $f_{rés}=1,25$ GHz, le signal de test peut consister en une alternance de 5 bits « 0 » avec 5 bits « 1 », de la façon suivante :

1111100000111110000011111....

Un tel signal de test présentera une composante spectrale principale située à $f_{rés}/n$, c'est-à-dire à $1,25/5$ GHz, soit à 250 MHz. Une telle composante spectrale principale peut alors servir de signature fréquentielle pour l'unité de réseau optique émettant un tel signal optique de test.

La présente invention propose par ailleurs un programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes du procédé de vérification tel que décrit ci-avant lorsque ledit programme est exécuté sur le processeur de données d'un terminal de ligne optique d'un réseau de transmission optique.

Ce programme d'ordinateur peut utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme d'un 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.

L'invention concerne également un produit de programme d'ordinateur enregistré sur un support de mémorisation pour exécution par un ordinateur, ce produit programme d'ordinateur permettant, lors de son exécution par un processeur de données d'un terminal de ligne optique, la mise en œuvre du procédé de vérification ci-avant.

5 L'invention vise aussi un support d'informations lisible par un ordinateur ou processeur de données, et comportant des instructions d'un programme tel que mentionné ci-dessus. 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
10 encore un moyen d'enregistrement magnétique, par exemple une disquette ou un disque dur.

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
15 téléchargé sur un réseau de type Internet. 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.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation ci-dessus décrits et représentés, à partir desquels on pourra prévoir d'autres modes et d'autres formes
20 de réalisation, sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

Ainsi, les moyens de détermination 27 sont décrits sur la figure 1 comme étant implémentés séparément du processeur de données 25, pour des raisons de présentation de l'invention. On comprendra cependant que ces moyens de détermination 27, lorsqu'ils consistent en des moyens de calcul informatiques, peuvent être intégrés dans le processeur
25 de données 25 proprement dit, ce qui peut être avantageux en termes d'intégration de composants électroniques.

Revendications

1. Procédé de vérification du fonctionnement d'au moins une unité de réseau optique dans un réseau optique comprenant un terminal de ligne optique (20) connecté à un ensemble d'unités de réseau optique, le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend, pour une pluralité d'unités de réseau optique à vérifier (10_i) dans ledit ensemble :

- l'instruction (107), donnée à l'unité de réseau optique à vérifier (10_i), d'émission d'un signal optique de test (S_i) présentant une signature fréquentielle prédéterminée ($S_i(f)$), une signature fréquentielle prédéterminée distincte étant utilisée respectivement pour chacune des unités de réseau optique à vérifier; et

- la détermination (111) du fonctionnement de l'unité de réseau optique à vérifier (10_i) en fonction de la détection, au niveau du terminal de ligne optique (20), de la signature fréquentielle prédéterminée.

2. Procédé de vérification selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de détermination (111) comprend la conversion (113) d'un signal optique reçu par le terminal de ligne optique ($S_{OPT}(t)$) en un signal électrique reçu ($S_{ELEC}(t)$), l'obtention (115) d'un signal électrique transposé dans le domaine fréquentiel ($S_{ELEC}(f)$) à partir du signal électrique reçu ($S_{ELEC}(t)$), et la détection (117) de la signature fréquentielle prédéterminée ($S_i(f)$) dans le signal électrique transposé ($S_{ELEC}(f)$).

3. Procédé de vérification selon la revendication 2, caractérisé en ce que la détection (117) de la signature fréquentielle prédéterminée comprend le filtrage d'une bande spectrale dans laquelle se situe au moins partiellement la signature fréquentielle prédéterminée ($S_i(f)$) suivi de la comparaison du niveau de puissance contenue dans la bande spectrale filtrée avec une valeur seuil de détection, l'unité de réseau optique à vérifier étant jugée comme fonctionnant correctement si le niveau de puissance est supérieur à la valeur seuil de détection.

4. Procédé de vérification selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'étape d'instruction d'émission (107) d'un signal optique de test comprend l'envoi d'une requête de test (req_i) à destination de l'unité de réseau optique à vérifier.

5. Procédé de vérification selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'envoi de la requête de test (req_i) est effectué suite à la détection (101) d'un problème sur le réseau optique.

5 6. Procédé de vérification selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'envoi de la requête de test (req_i) et la détection (101) du problème sur le réseau optique sont effectués au niveau du terminal de ligne optique (20).

10 7. Procédé de vérification selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé par la détection préalable (103), avant l'instruction (107) d'émission d'un signal optique de test, d'au moins une composante fréquentielle déterminée ($S_k(f)$) associée à un protocole de transmission optique.

15 8. Procédé de vérification selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé par une étape supplémentaire de vérification (125) de l'unité de réseau optique à vérifier (10_i) si le fonctionnement de ladite unité de réseau optique à vérifier est déterminé (111) comme indiquant une défaillance potentielle de ladite unité de réseau optique à vérifier.

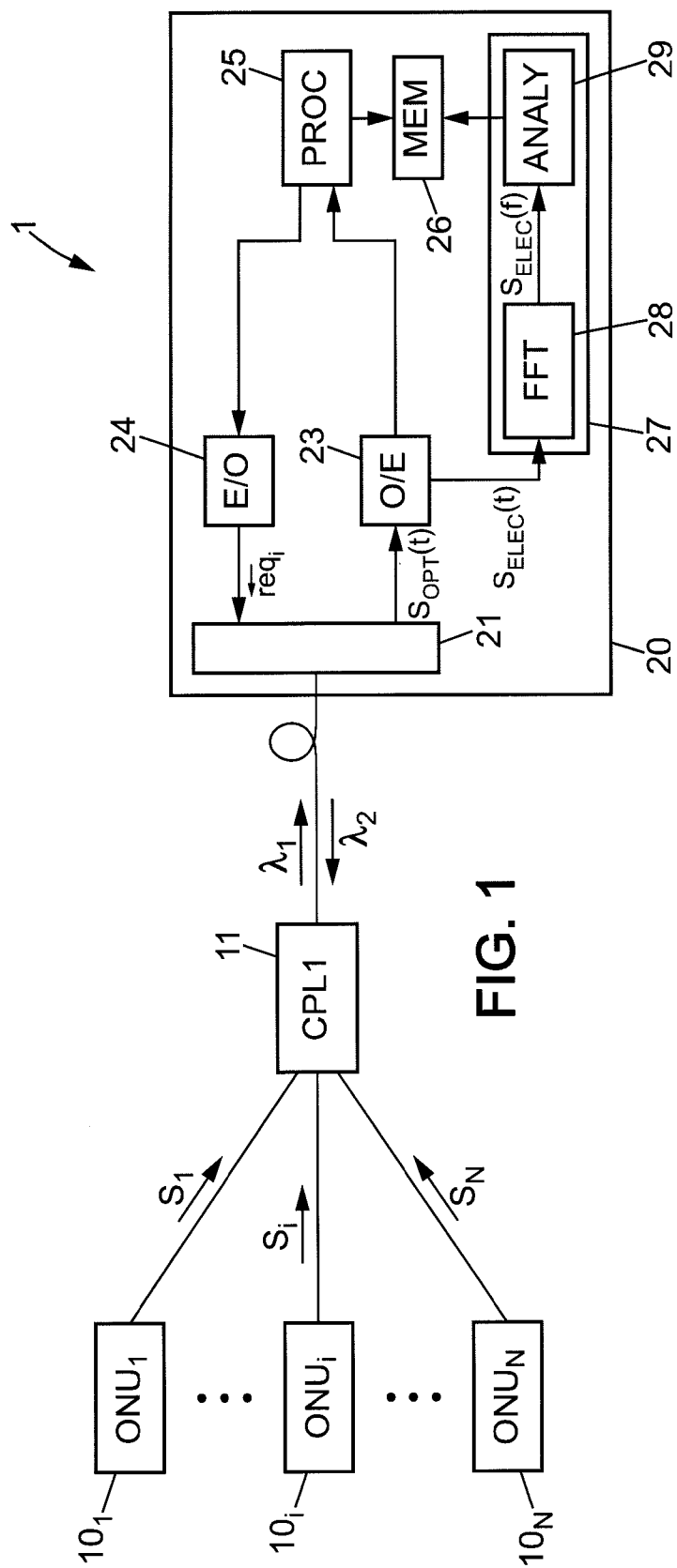
20 9. Dispositif de vérification du fonctionnement d'une unité de réseau optique dans un réseau optique comprenant un ensemble d'unités de réseau optique, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de détermination (27) arrangés pour déterminer le fonctionnement d'une unité de réseau optique à vérifier (10_i) dudit ensemble en fonction de la détection d'une signature fréquentielle prédéterminée ($S_i(f)$) dans un signal optique de test (S_i) émis, sur instruction, par ladite unité de réseau optique à vérifier (10_i), une signature
25 fréquentielle prédéterminée distincte étant utilisée respectivement pour chacune des unités de réseau optique à vérifier.

30 10. Dispositif de vérification selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens de conversion optoélectrique aptes à obtenir un signal électrique reçu ($S_{ELEC}(t)$) à partir de la conversion d'un signal optique reçu ($S_{OPT}(t)$) par le dispositif de vérification, et en ce que les moyens de détermination (27) comprennent une unité de transposition (28) apte à fournir un signal électrique transposé dans le domaine fréquentiel ($S_{ELEC}(f)$) à partir du signal électrique reçu ($S_{ELEC}(t)$) et une unité d'analyse

spectrale (29) apte à détecter la signature fréquentielle prédéterminée ($S_i(f)$) dans le signal électrique transposé ($S_{ELEC}(f)$).

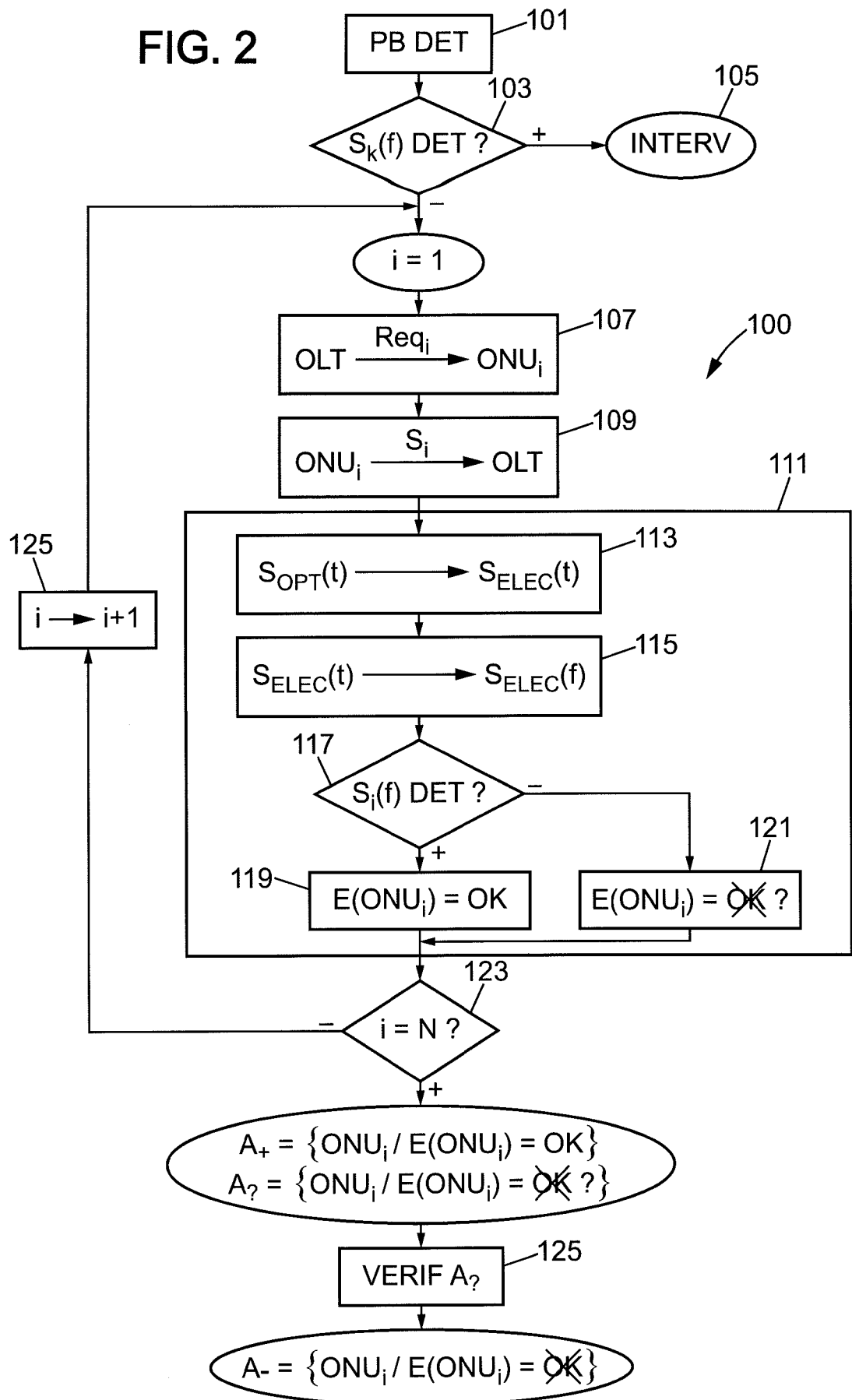
5 11. Réseau optique (1) comprenant un terminal de ligne optique (20) connecté à au moins une unité de réseau optique (10_i), caractérisé en ce que le terminal de ligne optique (20) comprend un dispositif de vérification selon l'une des revendications 9 ou 10, et en ce qu'une unité de réseau optique à vérifier (10_i) dudit ensemble est apte à émettre, suite à une instruction d'émission, un signal optique de test (S_i) présentant une signature fréquentielle prédéterminée ($S_i(f)$) à destination du terminal de ligne optique (20), une signature
10 fréquentielle prédéterminée distincte étant utilisée respectivement pour chacune des unités de réseau optique à vérifier.

12. Programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes du procédé de vérification selon l'une des revendications 1 à 8
15 lorsque ledit programme est exécuté sur le processeur d'un terminal de ligne (20) d'un réseau de transmission optique (1).



2/3

FIG. 2



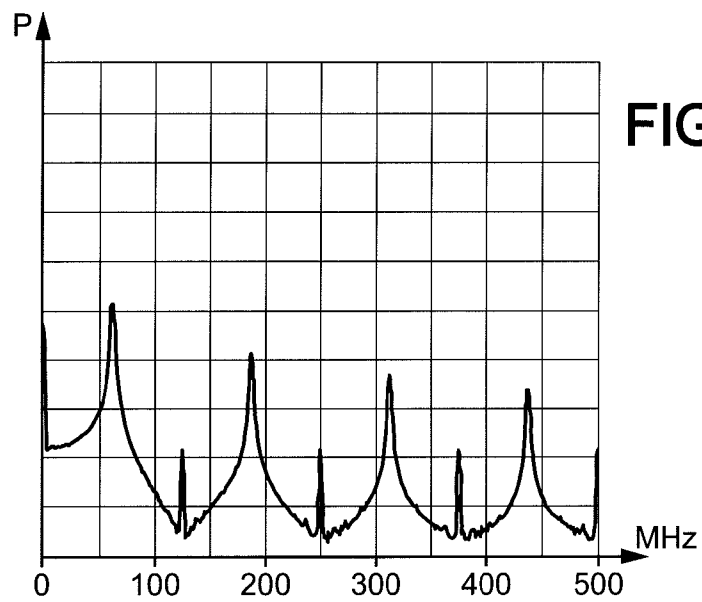


FIG. 3A

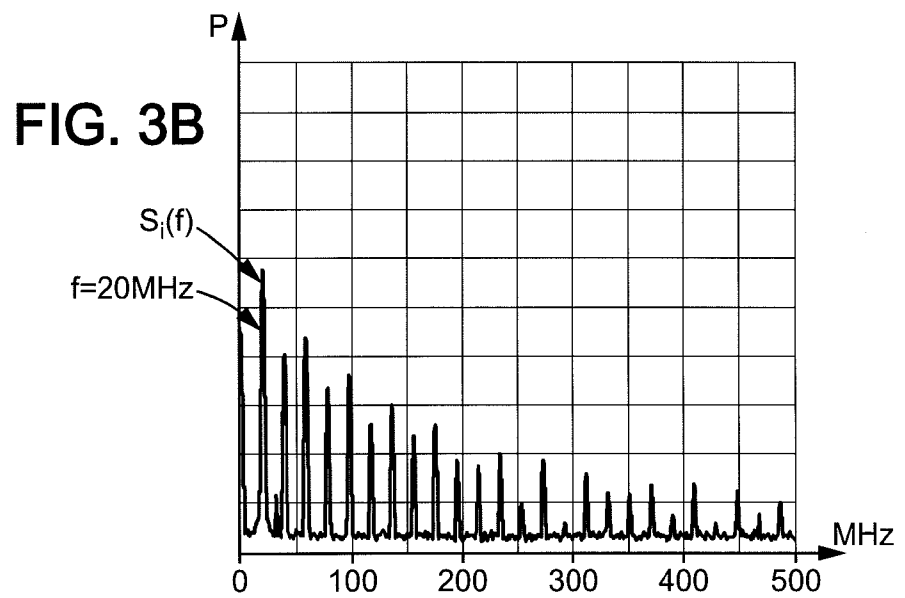


FIG. 3B

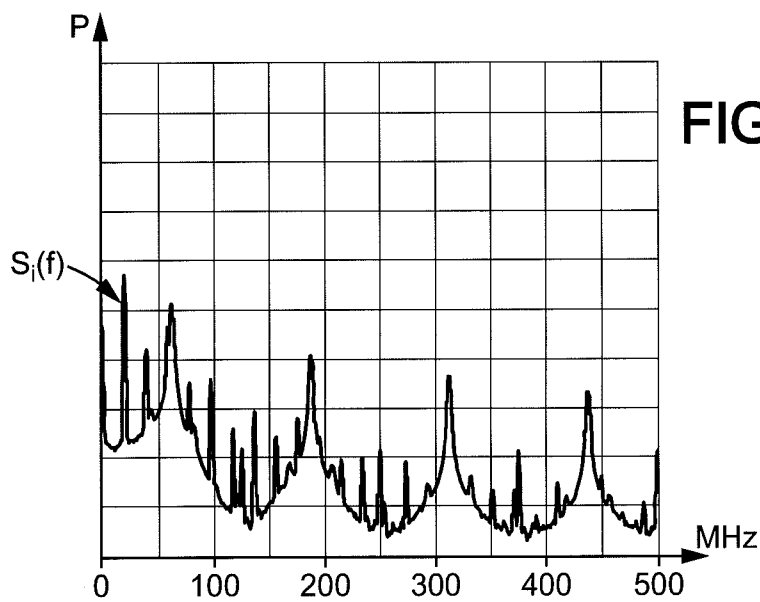


FIG. 3C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2011/050387

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H04J14/02

ADD.

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)

H04Q 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 practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2006/051088 A1 (LEE BYUNG T [KR] ET AL LEE BYUNG TAK [KR] ET AL) 9 March 2006 (2006-03-09) paragraph [0003] - paragraph [0007] paragraph [0012] - paragraph [0014] paragraph [0020] - paragraph [0042]; figures 1,2,3,4	1-12
X	US 2004/156635 A1 (FELSKE KENT EVANS [CA] ET AL FELSKE KENT [CA] ET AL) 12 August 2004 (2004-08-12) paragraph [0003] paragraph [0006] - paragraph [0015] paragraph [0025] - paragraph [0038]; figures 1,2a,2b paragraph [0046] - paragraph [0050]; figures 5,6 ----- -/-	1-12



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 document 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

23 June 2011

Date of mailing of the international search report

30/06/2011

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Roldán Andrade, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2011/050387

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 053 763 A1 (NOKIA SIEMENS NETWORKS OY [FI]) 29 April 2009 (2009-04-29) paragraph [0001] - paragraph [0006] paragraph [0010] - paragraph [0031]; figures 1-3 -----	1-12
X	US 2006/291870 A1 (WAN PING W [CA] ET AL WAN PING WAI [CA] ET AL) 28 December 2006 (2006-12-28) paragraph [0002] - paragraph [0014] paragraph [0022] - paragraph [0025] paragraph [0028] paragraph [0049] - paragraph [0054]; figure 1 paragraph [0065] paragraph [0073] - paragraph [0085]; figures 4a,4b,5 -----	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2011/050387

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006051088 A1	09-03-2006	KR 20060021134 A	07-03-2006
US 2004156635 A1	12-08-2004	NONE	
EP 2053763 A1	29-04-2009	CN 101836381 A	15-09-2010
		WO 2009053390 A1	30-04-2009
		JP 2011501593 T	06-01-2011
		KR 20100083181 A	21-07-2010
		US 2011008040 A1	13-01-2011
US 2006291870 A1	28-12-2006	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2011/050387

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. 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) H04Q 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, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2006/051088 A1 (LEE BYUNG T [KR] ET AL LEE BYUNG TAK [KR] ET AL) 9 mars 2006 (2006-03-09) alinéa [0003] - alinéa [0007] alinéa [0012] - alinéa [0014] alinéa [0020] - alinéa [0042]; figures 1,2,3,4	1-12
X	----- US 2004/156635 A1 (FELSKE KENT EVANS [CA] ET AL FELSKE KENT [CA] ET AL) 12 août 2004 (2004-08-12) alinéa [0003] alinéa [0006] - alinéa [0015] alinéa [0025] - alinéa [0038]; figures 1,2a,2b alinéa [0046] - alinéa [0050]; figures 5,6 ----- -/--	1-12
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
23 juin 2011	30/06/2011	
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 Roldán Andrade, J

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 2 053 763 A1 (NOKIA SIEMENS NETWORKS OY [FI]) 29 avril 2009 (2009-04-29) alinéa [0001] - alinéa [0006] alinéa [0010] - alinéa [0031]; figures 1-3 -----	1-12
X	US 2006/291870 A1 (WAN PING W [CA] ET AL WAN PING WAI [CA] ET AL) 28 décembre 2006 (2006-12-28) alinéa [0002] - alinéa [0014] alinéa [0022] - alinéa [0025] alinéa [0028] alinéa [0049] - alinéa [0054]; figure 1 alinéa [0065] alinéa [0073] - alinéa [0085]; figures 4a, 4b, 5 -----	1-12

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2011/050387

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2006051088	A1	09-03-2006	KR 20060021134 A	07-03-2006
US 2004156635	A1	12-08-2004	AUCUN	
EP 2053763	A1	29-04-2009	CN 101836381 A	15-09-2010
			WO 2009053390 A1	30-04-2009
			JP 2011501593 T	06-01-2011
			KR 20100083181 A	21-07-2010
			US 2011008040 A1	13-01-2011
US 2006291870	A1	28-12-2006	AUCUN	