(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年8月29日(29.08.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/176341 A1

(51) 国際特許分類:
H04B 10/2537 (2013.01) *H04J 14/02* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/006200

(22) 国際出願日： 2023年2月21日(21.02.2023)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

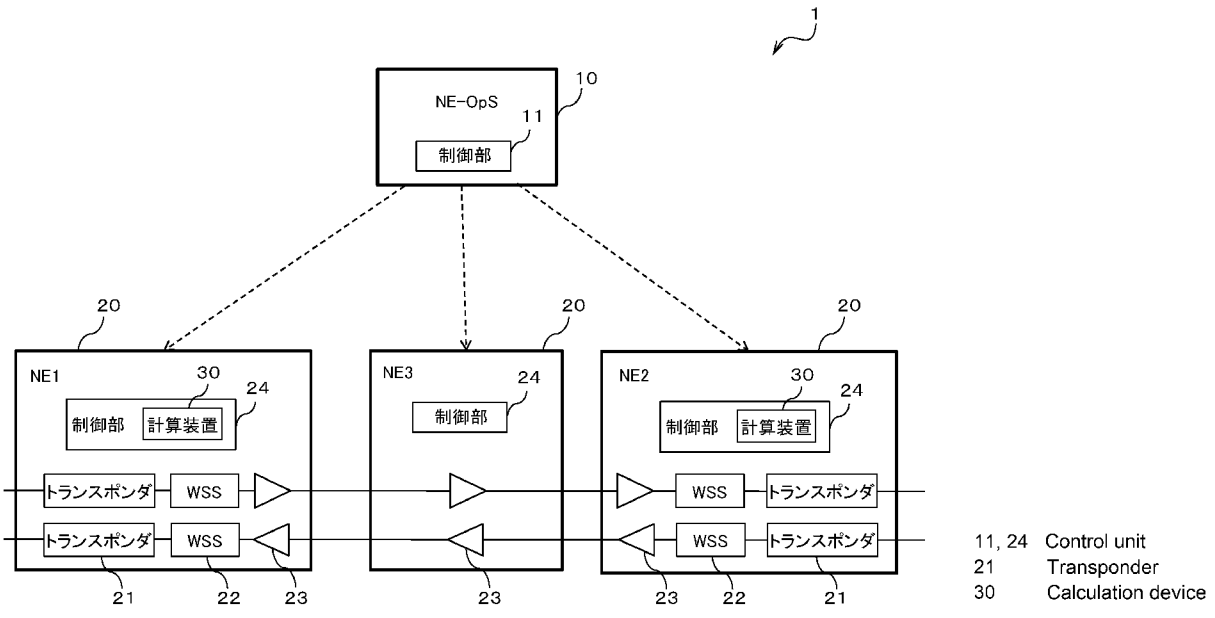
(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (**NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目５番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 広瀬 健太(**HIROSE, Kenta**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 佐久間 大樹(**SAKUMA, Hiroki**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 深谷 崇文(**FUKATANI, Takafumi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 中川 雅弘(**NAKAGAWA, Masahiro**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 関 剛志(**SEKI, Takeshi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 宮村 崇(**MIYAMURA, Takashi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人磯野国際特許商標事務所 (**ISONO INTERNATIONAL PATENT OFFICE, P.C.**); 〒1020082 東京都千代田区一番町２１ 一番町東急ビル Tokyo (JP).

(54) **Title:** CALCULATION DEVICE, CALCULATION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称： 計算装置、計算方法およびプログラム



(57) **Abstract:** A calculation device (30) calculates input power to an optical fiber transmission line on each channel in two adjacent bands. The calculation device (30) is characterized in that: a transition of power in the transmission line influenced by stimulated Raman scattering is assumed to depend on the number of existing channels in the optical fiber transmission line; and input power for eliminating inclination of signal quality is calculated using a coefficient that indicates inclination of an input power spectrum. The calculation device (30) can calculate an optimal prior increase in input power in the short wavelength band in order to achieve constant signal quality from the short wavelength band to the long wavelength band on the receiving side.

WO 2024/176341 A1

［続葉有］

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

規則4.17に規定する申立て：
一　不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て（規則4.17(v)）

添付公開書類：
一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：計算装置（３０）は、隣り合う２つのバンドにおける各チャネルの光ファイバ伝送路への入力パワーを計算する。計算装置（３０）は、誘導ラマン散乱の影響による伝送路中パワーの遷移を光ファイバ伝送路内既存チャネル数に依存するものとし、入力パワースペクトルの傾きを示す係数を用いて、信号品質の傾斜を解消する入力パワーを計算することを特徴とする。計算装置（３０）は、着信側で、短波長帯から長波長帯まで、信号品質を一定にするために、短波長帯の入力パワーを予めどのくらい持ち上げることが最適であるのかを計算することができる。

明　細　書

発明の名称 ： 計算装置、計算方法およびプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、計算装置、計算方法およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 波長多重伝送で発生する光ファイバ非線形光学効果の一つとして、誘導ラマン散乱(SRS：Stimulated Raman Scattering）によるチャネル（波長）間のパワー遷移が知られている（例えば非特許文献１～４参照）。

図６Ａは、チャネル間のパワー遷移の概念図である。第１の横軸は周波数を示し、第２の横軸は波長を示す。ここでは、各チャネルの入力パワーが等しいものとする。チャネルの値（チャネルｉ）は、横軸において右側が小さく左側が大きい。チャネルiから見て高周波数短波長側（右）に隣接するチャネルはチャネルi-1である。チャネルiから見て低周波数長波長側（左）に隣接するチャネルはチャネルi+1である。なお、チャネルに対応する波長の値は、横軸において右側が小さく左側が大きい（$\lambda_{i+1} > \lambda_i > \lambda_{i-1}$）。一方、周波数の値は、横軸において右側が大きく左側が小さい（$f_{i+1} < f_i < f_{i-1}$）。

[0003] 各チャネルの光信号は、所定のスパン長に亘って光ファイバを伝送される。このとき、SRSにより、チャネルiよりも高周波数短波長側（右）に隣接するチャネルのパワーP_{i-1}等は、チャネルiのパワーP_iの側に遷移する。また、チャネルiのパワーP_iは、低周波数長波長側（左）に隣接するチャネルのパワーP_{i+1}の側に遷移する。

[0004] そのため、各チャネルの伝送後パワーは、波長による信号品質のばらつきが生じる。例えば図６Ｂに示すように、チャネルiよりも高周波数短波長側（右）に隣接するチャネルの伝送後パワーP_{i-1}等は、高周波数になるほど損失が大きくなる。また、チャネルiよりも低周波数長波長側（左）に隣接するチャネルの伝送後パワーP_{i+1}等は、低周波数になるほど損失が小さくなる。したがって、図６Ｂに二点鎖線で示すように、各チャネルの伝送後パワーのスペク

トルには右下がりの傾き（チルト）が生じる。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献1：広瀬健太，深谷崇文，中川雅弘，関剛志，宮村崇，“マルチバンド波長多重ネットワークにおける波長多重数変化を考慮した誘導ラマン散乱影響の解析,” 信学技報，vol. 121, no. 386, PN2021-57, pp. 29-32, Mar. 2022.

非特許文献2：DANIEL SEMRAU,ROBERT KILLEY,POLINA BAYVEL, “Achievable rate degradation of ultra-wideband coherent fiber communication systems due to stimulated Raman scattering,” Optics Express, vol.25, no.12, 13024-13034, June 2017.

非特許文献3：Hiroki Kawahara, Kohei Saito, Sachio Suda, Takeshi Seki, and Hideki Maeda, “Cancellation of Static and Dynamic Power Transitions induced by inter-band Stimulated Raman Scattering in C+L-band WDM Transmission,” 25th OptoElectronics and Communications Conference, Taipei, Taiwan, Oct. 2020.

非特許文献4：Fukutaro Hamaoka, Kyo Minoguchi, Takeo Sasai, Asuka Matsushita, Masanori Nakamura, Seiji Okamoto, Etsushi Yamazaki, and Yoshiaki Kisaka, “150.3-Tb/s Ultra-Wideband (S, C, and L Bands) Single-Mode Fibre Transmission over 40-km Using >519Gb/s/λ PDM-128QAM Signals,” 44th European Conference on Optical Communication, Rome, Italy, Sept. 2018.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 従来のシングルバンド、すなわち、C 帯（Conventional band）またはL 帯（Long wavelength band）の波長帯域を用いる超高密度波長多重技術（DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing）においては、チャネル間のパワ

一遷移の影響は無視できる程度であると言える。なお、C 帯の（波長、周波数）は、(1530-1565 nm, 191.56-195.94 THz)である。L 帯の（波長、周波数）は、(1565-1625 nm, 184.49-191.56 THz)である。よって、C 帯またはL 帯の波長帯域は、約 4.8 THz 幅である。

[0007] 一方、C + L 帯（約 10 THz 幅)のようなマルチバンドを用いるDWDMを想定した場合、チャネル間のパワー遷移の影響が顕在化し、波長による信号品質のばらつき等の問題が生じる。例えばC帯のパワーが光伝搬中にL帯側に移ると、C帯に過剰損失が発生し、光到達点において、信号パワーが落ち過ぎてしまう。そこで、従来、パワー遷移が発生する短波長帯の光の入力パワーを強めて、受信側（出力側）で、短波長帯から長波長帯まで、受信パワーを一定にする技術が提案されてきた。しかし、従来技術では、例えば、実験により受信パワーの変化する割合を調べて、その値を基に、波長毎の入力パワー（送信パワー）を調整するなどの対処が必要であった。従来技術では、隣り合う２つのバンドを用いるDWDMにおいて、伝送時の信号品質を均一化した上で最大化するように光ファイバ伝送路の入力パワーを最適化することができなかった。

[0008] そこで、本発明では、上記の問題を解決し、隣り合う２つのバンドを用いるDWDMにおいて、伝送時の信号品質の傾斜を解消する入力パワーを計算することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明に係る計算装置は、隣り合う２つのバンドにおける各チャネルの光ファイバ伝送路への入力パワーを計算する計算装置であって、誘導ラマン散乱の影響による伝送路中パワーの遷移を光ファイバ伝送路内既存チャネル数に依存するものとし、入力パワースペクトルの傾きを示す係数を用いて、信号品質の傾斜を解消する入力パワーを計算することを特徴とする。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、隣り合う２つのバンドを用いるDWDMにおいて伝送時の信号品質の傾斜を解消する入力パワーを計算することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施形態に係る計算装置を含むシステムの概略構成図である。

[図2A]波長多重ネットワークの模式図である。

[図2B]パワースペクトルの模式図である。

[図3A]第１実施形態に係る計算装置の処理の流れを示すフローチャートである。

[図3B]第２実施形態に係る計算装置の処理の流れを示すフローチャートである。

[図4]実施例および比較例に係る信号品質を示すグラフである。

[図5]実施形態に係る計算装置の機能を実現するコンピュータの一例を示すハードウェア構成図である。

[図6A]チャネル間のパワー遷移の概念図である。

[図6B]パワースペクトルの傾斜の概念図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本実施形態に係る計算装置について図面を参照して詳細に説明する。

［システム構成の概要］

図１に示すように、光伝送システム１は、ネットワーク設備監視装置１０と、ネットワーク装置２０と、を備えている。ネットワーク設備監視装置１０は、例えば、NE-OpS（Network element operation system）で構成される。ネットワーク設備監視装置１０は、ネットワーク装置２０を監視する制御部１１を備えている。

[0013] ネットワーク装置２０は、例えばＲＯＡＤＭ（Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer）等の光伝送装置である。ネットワーク装置２０は、例えば、トランスポンダ２１と、波長選択スイッチ（Wavelength Selective Switch：WSS）２２と、光増幅部２３と、制御部２４と、を備えている。ネットワーク装置２０の台数は任意である。図１に示す３つのネットワーク装置を区別する場合、NE1、NE2、NE3と表記し、区別しない場合、ネットワーク装置

２０と表記する。

[0014] 例えば外部の通信装置から電気信号が、ネットワーク装置NE1のトランスポンダ２１に入力すると、この電気信号は、トランスポンダ２１によって光信号に変換され、波長選択スイッチ２２で合波され、光増幅部２３で増幅された後に、外部に送信される。この光信号は、例えばネットワーク装置NE3の光増幅部２３で増幅される。この増幅された光信号は、例えばネットワーク装置NE2の光増幅部２３で増幅された後に波長選択スイッチ２２で分波され、トランスポンダ２１で受信されて図示しない通信装置へ送信される。なお、この光伝送システム１は双方向通信である。また、ネットワーク装置NE3は、光信号の増幅に特化した装置である。

[0015] 図２Ａに示すように、複数の建物Ｂ１～Ｂ６の間には、光ファイバ伝送路Ｆ１～Ｆ１１が敷設され、波長多重ネットワークが形成される。各建物Ｂ１～Ｂ６には、少なくとも１つのネットワーク装置２０が配置される。

[0016] ネットワーク装置２０は、計算装置３０を備えている。ここでは、ＲＯＡＤＭ等の光伝送装置であるNE1，NE2の制御部２４が、計算装置３０を備えている（図１参照）。

計算装置３０は、隣り合う２つのバンドにおける各チャネルの光ファイバ伝送路への入力パワーを計算する。計算装置３０は、誘導ラマン散乱の影響による伝送路中パワーの遷移を光ファイバ伝送路内既存チャネル数に依存するものとし、入力パワースペクトルの傾きを示す係数を用いて、信号品質の傾斜を解消する入力パワーを計算する。計算装置３０は、反復計算による最適化を必要としない。

[0017] 計算装置３０は、伝送路ファイバ入力パワーの関係式に基づいて、各チャネルの入力パワーの計算を実行する。伝送路ファイバ入力パワーの関係式は、隣り合うチャネルの伝送路ファイバ入力パワー比を、入力パワースペクトルの傾きを示す係数として関係づけたものである。伝送路ファイバ入力パワーの関係式は、伝送路ファイバの損失係数およびアンプの雑音指数が周波数に対して均一であると仮定して表される信号品質のパラメータであるOSNRに

基づいている。この伝送路ファイバ入力パワーの関係式は、スパンごとの着信パワーを均一にすることができる。なお、OSNRは、Optical Signal to Noise Ratioの略である。

[0018] たとえば、計算装置３０は、信号品質のパラメータを次の数式（１）で表されるOSNRとして、次の数式（２）に基づいて、各チャネルの入力パワーの計算を実行することができる。

[0019] [数1]

$$\mathrm{OSNR}_i[\mathrm{dB}] = P_i[\mathrm{dBm}] - \mathrm{LOSS}_i[\mathrm{dB}] - F[\mathrm{dB}] - 10\log(N+1) - 10\log(hf_if_r) \quad \cdots(1)$$

$$P_i = \frac{2\alpha(r-1)\ln r}{kf(1-e^{-\alpha L})\left(\rho_1+\rho_2 r^{\frac{M}{2}}\right)\left(1-r^{\frac{M}{2}}\right)} r^{\frac{f_1-f_i}{f}} \quad \cdots(2)$$

[0020] ここで、i: チャネル番号（i = 1 が最高周波数)、OSNR_i: チャネル i の OSNR、P_i: チャネル i の伝送路ファイバ入力パワー [W]、LOSS_i: チャネル i のスパン損失（誘導ラマン散乱による影響を含む)、F: アンプの雑音指数、N: スパン数、h: プランク定数 [mJ s]、f_i: チャネル i の周波数 [THz]、f_r: 雑音帯域幅の周波数 [THz]、α: 伝送路ファイバの損失係数 [km^{-1}]、r: 入力パワースペクトルの傾きを示す係数であって、隣り合うチャネルの伝送路ファイバ入力パワー比、k: ラマン利得係数の傾き [$\mathrm{km}^{-1}\ \mathrm{W}^{-1}\ \mathrm{THz}^{-1}$]、f: チャネル間隔 [THz]、L: スパン長 [km]、ρ_1: バンド 1 の利用率、ρ_2: バンド 2 の利用率、M: 最大チャネル数、とする。なお、単位の接頭語m, T, k は、それぞれ10^{-3}, 10^{12}, 10^{3}を示す。

[0021] 隣り合う２つのバンドは、一例として図２Ｂに示すように、L帯とC帯で構成されている。チャネル1（ch 1）はC帯に設定され、チャネルM（ch M）はL帯に設定される。この例では、高周波側から順番に、バンド 1はC帯であり、バンド 2はL帯である。

[0022] なお、隣り合う２つのバンドは、C帯とS帯で構成することもできる。S 帯の（波長、周波数）は、(1460-1530 nm, 195.94-205.34 THz)である。この例では、高周波側から順番に、バンド 1はS帯であり、バンド 2はC帯である。

また、隣り合う２つのバンドは、U帯（Ultralong wavelength band）とL帯で構成することもできる。この例では、高周波側から順番に、バンド 1はL帯であり、バンド 2はU帯である。U帯の（波長、周波数）は、(1625-1675 nm, 178.97-184.49 THz)である。

[0023] 光伝送システム１において、光ファイバ伝送路の種別は、特に限定されない。光ファイバ伝送路の種別は、例えば、G.652 SMF（single mode optical fiber）、G.653 DSF（Dispersion-shifted fiber）、G.654 CSF（Cut-off shifted fiber）とすることもできる。光伝送システム１において、スパン長は、特に限定されない。スパン長は、例えば、0-1000 kmとすることもできる。

[0024] 光伝送システム１は、例えば海底システム用光ファイバを用いたり、陸上システム用光ファイバを用いたりすることができる。本実施形態では、光伝送システム１は、特に陸上システムで求められる光ファイバ伝送路内既存チャネル数の変動に対応するように構成される。なお、各バンド内のチャネル配置は問わない。フレキシブル・グリッドについては、チャネルをグリッドと読み換えることで対応する。

[0025] 光ファイバ伝送路入力パワーの調整は、例えばネットワーク設備監視装置１０から、インタフェースを介した制御により、増幅器、減衰器、波長選択スイッチのうちの１つまたは全部によって行う。ここで、増幅器、減衰器、波長選択スイッチは、複数バンド対応の機器とすることもできるし、単一バンド対応の機器とすることもできる。複数バンドの合波や分波が必要な場合、カプラおよび波長選択スイッチのいずれか又は両方によって行う。なお、光ファイバ伝送路入力パワーの調整は、図示しないＥＭＳ（Element Management System）から、インタフェースを介した制御により、増幅器、減衰器、波長選択スイッチのうちの１つまたは全部によって行うように構成することもできる。

[0026] ネットワーク装置２０は、例えば、アド、ドロップ、クロスコネクトのいずれか、又は全部の機能を有する伝送装置とすることもできる。

ネットワーク装置NE1, NE2の制御部２４が、計算装置３０を備えているこ

ととしたが、これに限らない。例えばネットワーク装置NE3の制御部２４が、計算装置３０を備えることもできる。また、ネットワーク設備監視装置１０の制御部１１や図示しないＥＭＳが、計算装置３０を備えることもできる。

[0027] ［第１実施形態］

第１実施形態に係る計算装置３０は、着信 OSNR が均一のときのGSNRに基づいて、着信 OSNR が均一かつ最高周波数チャネルが全チャネル中の最高入力パワーであるときに最高周波数チャネルのGSNRが最大値となる条件で、入力パワースペクトルの傾きを示す係数を探索して決定する。計算装置３０は、決定した係数を用いて、伝送路ファイバ入力パワーを全チャネルについて算出する。なお、GSNRは、Generalized signal-to-noise ratioの略である。計算装置３０は、着信 OSNR が均一のときのGSNRとして、たとえば、次の数式（３）を用いる。ここで、最高周波数チャネルは、チャネル 1であるものとする。入力パワースペクトルの傾きを示す係数は、伝送路ファイバ入力パワー比rであるものとする。

[0028] [数2]

$$GSNR_i = \frac{P_i}{P_{\mathrm{ASE},i} + P_{\mathrm{NLI},i}} \quad \cdots (3)$$

where

$$P_{\mathrm{ASE},i} = Fhf_i f e^{\alpha_i L} \quad \cdots (4),$$

$$P_{\mathrm{NLI},i} = \eta_i P_i^3 \quad \cdots (5),$$

$$\alpha_{0,i} = \alpha - \frac{\alpha \ln r}{1 - e^{-\alpha L}} \left(\frac{M}{2} r^{\frac{M}{2}} \left(\frac{\rho_2}{\rho_1 + \rho_2 r^{\frac{M}{2}}} - \frac{1}{1 - r^{\frac{M}{2}}} \right) + \frac{1}{1 - r} - i \right) \quad \cdots (6),$$

$$\alpha_i = \frac{(\alpha_{0,i} - \alpha)\frac{1 - e^{-\alpha L}}{\alpha} + \alpha L}{L} \quad \cdots (7),$$

$$\eta_i = \frac{8}{27}\gamma^2 \left(\frac{1 - e^{-\alpha_i L}}{\alpha_i} \right)^2 \alpha_i \frac{\operatorname{asinh} \frac{\frac{\pi^2}{2}|\beta_2| f^2 M^2}{\alpha_i}}{\pi |\beta_2| f^2} \quad \cdots (8)$$

[0029] ここで、$GSNR_i$：チャネル i の GSNR、$P_{ASE,i}$：チャネル i の線形雑音パワー

[W]、$P_{NLI,i}$：チャネル i の非線形雑音パワー [W]、h：プランク定数 [J s]、$\alpha_{0,i}$：チャネル i の伝送路ファイバ入力直後の損失係数 [km^{-1}]、α_i：チャネル i の伝送路ファイバ長手方向で平均した損失係数 [km^{-1}]、η_i：チャネル i の非線形雑音係数 [W^{-2}]、γ：非線形係数 [km^{-1} W^{-1}]、β_2：群速度分散 [ps^2 km^{-1}]、とする。なお、単位の接頭語p は10^{-12}を示す。

[0030] 第１実施形態に係る計算装置３０は、図３Ａに示すように、まず、数式（３）に基づいて、チャネル１のGSNRが最大となるときの係数ｒを探索する（ステップＳ１１）。そして、計算装置３０は、係数 ｒ を固定し、数式（２）に基づいて入力パワーを算出する（ステップＳ１２）。なお、第１実施形態に係る計算装置３０は、全チャネルについて算出した入力パワーを用いて、数式（３）に基づいて、全チャネルについてのGSNRを算出することもできる。

[0031] ［第２実施形態］

第２実施形態に係る計算装置３０は、第１実施形態に係る計算装置３０で算出した入力パワーを調整して、補正された入力パワーを算出する。第２実施形態に係る計算装置３０は、探索して決定した係数と、伝送路ファイバ入力パワーの関係式に基づいて算出した全チャネルについての伝送路ファイバ入力パワーと、着信 OSNR が均一のときの全チャネルについてのGSNRと、を計算に用いる。計算装置３０は、最高周波数チャネルの光ファイバ伝送路入力パワーを固定し、チャネル間の GSNR差を打ち消すように各チャネルの光ファイバ伝送路入力パワーを調整することで、補正された入力パワーを算出する。

[0032] たとえば、第２実施形態に係る計算装置３０は、第１実施形態に係る計算装置３０で決定した ｒと、数式（２）に基づいて算出した全チャネルについての伝送路ファイバ入力パワー P_iと、数式（３）に基づいて全チャネルについて算出した$GSNR_i$と、を以下の数式（９）の右辺に代入することによって、補正された入力パワーを算出する。なお、数式（９）の左辺においてＰのアクセントはハットである。ハットP_iは、 P_iを補正した入力パワーである。ln

rは rの自然対数を示す。

[0033] [数3]

$$\hat{P}_i = P_i \cdot \left(\frac{\mathrm{GSNR}_1}{\mathrm{GSNR}_i}\right)^{\frac{1}{1-\left(\frac{M}{2}r^{\frac{M}{2}}\left(\frac{\rho_2}{\rho_1+\rho_2 r^{\frac{M}{2}}}-\frac{1}{1-r^{\frac{M}{2}}}\right)+\frac{r}{1-r}\right)\ln r}} \quad \cdots (9)$$

[0034] 第２実施形態に係る計算装置３０は、図３Ｂに示すように、ステップＳ１１，Ｓ１２に続いて、数式（３）に基づいて、GSNRを算出する（ステップＳ１３）。そして、計算装置３０は、数式（９）に基づいて入力パワーを補正する（ステップＳ１４）。

計算装置３０は、数式（９）を用いることで、誘導ラマン散乱発生量の変化を考慮して、信号品質の傾斜を解消する入力パワーを算出することができる。なお、計算装置３０は、全チャネルについて補正した入力パワーを用いて、数式（３）に基づいて、全チャネルについてのGSNRを算出することもできる。

[0035] 次に、計算装置３０の効果を確認するために行った２つのシミュレーションについて順次説明する。

（第１シミュレーション）

第１シミュレーションは、第１実施形態に係る計算装置３０による信号品質の傾斜を解消する効果の検証実験である。シミュレーション条件としては、最大チャネル数Mを１６０とした。なお、最大チャネル数Mは、設定されるチャネル数の最大値である。

C帯側の192.15～196.10 THzにおいて、中心周波数間隔f=50[GHz]で、チャネル数80（チャネル番号1～80）の周波数f_iを設定した。

L帯側の186.55～190.50 THzにおいて、中心周波数間隔f=50[GHz]で、チャネル数80（チャネル番号81～160）の周波数f_iを設定した。

[0036] 第1実施形態の計算装置３０は、数式（３）に基づいてチャネル 1 の GSNR_1 が最大値となる条件で、伝送路ファイバ入力パワー P_iを全チャネルについて算出した。なお、伝送路ファイバ入力パワーP_iは、短波長帯の入力パワーを予

め持ち上げたものであり傾斜がついている。次に、検証のために、この P_i を用いて、あらためて数式（３）に基づいて$GSNR_i$を全チャネルについて算出した。このときの結果を実施例１とした。一方、入力パワーがフラットな場合についてGSNRを算出した。このときの結果を比較例１とした。

[0037] 図４は、第１シミュレーションの結果を示すグラフである。グラフの横軸は周波数を示し、縦軸はGSNRを示す。グラフにおいて細線が実施例１を示し、破線が比較例１を示す。比較例１では、例えばチャネル番号160（186.55 THz）においてGSNRが18.4 dBであり、チャネル番号81（190.50 THz）においてGSNRが17.2 dBであり、それらの差は1.2 dBである。またチャネル番号80（192.15 THz）においてGSNRが16.7 dBであり、チャネル番号1（196.10 THz）においてGSNRが15.1 dBであり、それらの差は1.6 dBである。

[0038] 実施例１では、例えばチャネル番号160（186.55 THz）においてGSNRが17.1 dBであり、チャネル番号81（190.50 THz）においてGSNRが16.8 dBであり、それらの差は0.3 dBである。またチャネル番号80（192.15 THz）においてGSNRが16.6 dBであり、チャネル番号1（196.10 THz）においてGSNRが15.9 dBであり、それらの差は0.7 dBである。実施例１において最小のGSNRは15.9 dBである。

図４に示すように、比較例１では、なんら工夫をしていないので、信号品質の傾斜が発生した。実施例１では、明らかに信号品質の傾斜が解消された。また、実施例１は、波長による信号品質のばらつきを改善できる良好な結果を示している。

[0039] なお、参考として、オフセット・チルト法の全探索最適化で得られるGSNRを算出した。このときの結果を比較例２とした。図４のグラフにおいて、二点鎖線が比較例２を示す。比較例２では、例えばチャネル番号160（186.55 THz）においてGSNRが16.2 dBであり、チャネル番号81（190.50 THz）においてGSNRが16.3 dBであり、それらの差は-0.1 dBである。またチャネル番号80（192.15 THz）においてGSNRが16.3 dBであり、チャネル番号1（196.10 THz）においてGSNRが16.2 dBであり、それらの差は0.1 dBである。比較例２において

最小のGSNRは16.2 dBである。

したがって、実施例１において最小のGSNR（15.9 dB）は、比較例２で得られる最低品質チャネルの GSNR（16.2 dB）よりも小さい。このことは、実施例１において着信 OSNR 均一の条件を緩和することで、信号品質を改善する余地があることを示唆している。すなわち、着信 OSNR 均一の条件を緩和した第２実施形態の計算装置３０は、信号品質をさらに改善することが予想される。

[0040]（第２シミュレーション）

第２シミュレーションは、第２実施形態に係る計算装置３０による信号品質の傾斜を解消する効果の検証実験である。シミュレーション条件は、第１シミュレーションの条件と同様である。第２実施形態の計算装置３０は、第１実施形態に係る計算装置３０で算出した入力パワーを、数式（９）に基づいて調整し、補正された入力パワーを算出した。次に、検証のために、この補正された入力パワーを用いて、あらためて数式（３）に基づいて、$GSNR_i$を全チャネルについて算出した。この結果を実施例２とした。

[0041] 図４は、第２シミュレーションの結果も示している。グラフにおいて、太線が実施例２を示している。実施例２では、例えばチャネル番号160（186.55 THz）においてGSNRが16.2 dBであり、チャネル番号81（190.50 THz）においてGSNRが16.3 dBであり、それらの差は-0.1 dBである。また、チャネル番号80（192.15 THz）においてGSNRが16.4 dBであり、チャネル番号1（196.10 THz）においてGSNRが16.1 dBであり、それらの差は0.3 dBである。実施例２において最小のGSNRは16.1 dBである。

図４に示すように、実施例２は、実施例１と同様に信号品質の傾斜が解消され、波長による信号品質のばらつきを改善できる良好な結果を示している。加えて、実施例２では、信号品質のスペクトルが、よりフラットになった。

[0042] 第２実施形態に係る計算装置３０は、数式（９）に基づく操作によって、実施例１においてGSNR が過剰なチャネルの入力パワーを下げて GSNR を均一

化することで最低品質チャネルの GSNR を最大化することができる。その理由を２つ挙げることができる。

第１に、入力パワーP_iを数式（９）に基づいて補正する操作は、非線形影響（$P_{NLI,\ i}$）をほとんど変化させないからである。この操作によると、P_i が大きな高周波数側チャネルの入力パワーは、ほとんど変化しない。また、P_i が小さな低周波数側チャネルは、もともと非線形影響が小さい。なお、$P_{NLI,\ i}$ は、数式（３）の右辺の分母に含まれており、数式（５）で定義される。数式（５）の右辺のη_iは、数式（８）で定義される。

第２に、この操作により、誘導ラマン散乱の発生量が変化するからである。誘導ラマン散乱の発生量は、総入力パワーとの関係式で記述できる。

したがって、P_i の変化量から誘導ラマン散乱発生量の変化量を引いた量が、GSNR 差を縮める量になる。実施例２は、低周波数側チャネルのパワーが小さくなることで、誘導ラマン散乱によってP_1 が奪われるパワーが小さくなり、$GSNR_1$ が改善している。

[0043] ［ハードウェア構成］

各実施形態に係る計算装置３０は、例えば図５に示すような構成のコンピュータ９００によって実現される。図５は、本実施形態に係る計算装置３０の機能を実現するコンピュータ９００の一例を示すハードウェア構成図である。コンピュータ９００は、CPU（Central Processing Unit）９０１、ROM（Read Only Memory）９０２、RAM（Random Access Memory）９０３、HDD（Hard Disk Drive）９０４、入出力I/F（Interface）９０５、通信I/F９０６およびメディアI/F９０７を有する。

[0044] CPU９０１は、ROM９０２またはHDD９０４に記憶されたプログラムに基づき作動する。ROM９０２は、コンピュータ９００の起動時にCPU９０１により実行されるブートプログラムや、コンピュータ９００のハードウェアに係るプログラム等を記憶する。

[0045] CPU９０１は、入出力I/F９０５を介して、マウスやキーボード等の入力装置９１０、および、ディスプレイやプリンタ等の出力装置９１１を制御する

。CPU９０１は、入出力I/F９０５を介して、入力装置９１０からデータを取得するともに、生成したデータを出力装置９１１へ出力する。なお、プロセッサとしてCPU９０１とともに、GPU（Graphics Processing Unit）等を用いても良い。

[0046] HDD９０４は、CPU９０１により実行されるプログラムおよび当該プログラムによって使用されるデータ等を記憶する。通信I/F９０６は、通信網９２０を介して他の装置からデータを受信してCPU９０１へ出力し、また、CPU９０１が生成したデータを、通信網９２０を介して他の装置へ送信する。

[0047] メディアI/F９０７は、記録媒体９１２に格納されたプログラムまたはデータを読み取り、RAM９０３を介してCPU９０１へ出力する。CPU９０１は、目的の処理に係るプログラムを、メディアI/F９０７を介して記録媒体９１２からRAM９０３上にロードし、ロードしたプログラムを実行する。記録媒体９１２は、DVD（Digital Versatile Disc）、PD（Phase change rewritable Disk）等の光学記録媒体、MO（Magneto Optical disk）等の光磁気記録媒体、磁気記録媒体、又は半導体メモリ等である。

[0048] 例えば、コンピュータ９００が各実施形態に係る計算装置３０として機能する場合、CPU９０１は、RAM９０３上にロードされたプログラムを実行することにより計算装置３０の機能を実現する。また、HDD９０４には、RAM９０３内のデータが記憶される。CPU９０１は、目的の処理に係るプログラムを記録媒体９１２から読み取って実行する。この他、CPU９０１は、他の装置から通信網９２０を介して目的の処理に係るプログラムを読み込むこともできる。

[0049] ［効果］

以上説明したように、計算装置は、隣り合う２つのバンドにおける各チャネルの光ファイバ伝送路への入力パワーを計算する計算装置３０であって、誘導ラマン散乱の影響による伝送路中パワーの遷移を光ファイバ伝送路内既存チャネル数に依存するものとし、入力パワースペクトルの傾きを示す係数ｒを用いて、信号品質の傾斜を解消する入力パワーを計算することを特徴と

する。

[0050] このようにすることにより、計算装置３０は、隣り合う２つのバンドにおいて各チャネルの入力パワーを計算により求める。したがって、計算装置３０は、着信側で、短波長帯から長波長帯まで、信号品質を一定にするために、短波長帯の入力パワーを予めどのくらい持ち上げることが最適であるのかを計算することができる。

[0051] 計算装置３０は、伝送路ファイバの損失係数およびアンプの雑音指数が周波数に対して均一であると仮定して表される信号品質のパラメータであるOSNRに基づいてスパンごとの着信パワーを均一にする伝送路ファイバ入力パワーの関係式であって、隣り合うチャネルの伝送路ファイバ入力パワー比を入力パワースペクトルの傾きを示す係数として関係づけた関係式に基づいて、各チャネルの前記入力パワーの計算を実行することを特徴とする。

[0052] このようにすることにより、計算装置３０は、伝送路ファイバ入力パワーの関係式に基づいて、隣り合う２つのバンドにおいて各チャネルの入力パワーを計算する。伝送路ファイバ入力パワーの関係式は、隣り合うチャネルの伝送路ファイバ入力パワー比を入力パワースペクトルの傾きを示す係数として関係づけており、スパンごとの着信パワーを均一にするので、着信OSNRを均一にすることができる。計算装置３０は、伝送路ファイバ入力パワーの関係式に適切な係数を用いることで、DWDMにおいて信号品質の傾斜を解消する入力パワーを計算することができる。

[0053] 計算装置３０は、着信 OSNR が均一のときのGSNRに基づいて、着信 OSNR が均一かつ最高周波数チャネルが全チャネル中の最高入力パワーであるときに最高周波数チャネルのGSNRが最大値となる条件で係数を探索して決定し、決定した係数を用いて、伝送路ファイバ入力パワーを全チャネルについて算出することを特徴とする。

[0054] 着信 OSNR が均一かつ最高周波数チャネルが全チャネル中の最高入力パワーであるとき、最高周波数チャネルが受ける非線形影響は常に全チャネル中で最大となる。そのため、着信 OSNR が均一のとき、最高周波数チャネルの

GSNR は、常に全チャネル中で最小となる。計算装置３０は、このときに最高周波数チャネルのGSNRが最大値となる条件で係数を探索するので、信号品質を均一化した上で最大化する。つまり、計算装置３０は、最低信号品質チャネルの信号品質を最大化する。このときに決定された係数を用いて関係式に基づいて算出された入力パワーは、信号品質の傾斜を解消する入力パワーとなる。したがって、計算された入力パワーによれば、通常は周波数が低くなるほど、そのチャネルのGSNRが大きくなるような傾斜を持つ信号品質をフラットにすることができる。

[0055] 計算装置３０は、決定した係数と、関係式に基づいて算出した全チャネルについての伝送路ファイバ入力パワーと、着信 OSNR が均一のときの全チャネルについてのGSNRと、を用いて、最高周波数チャネルの光ファイバ伝送路入力パワーを固定し、チャネル間の GSNR差を打ち消すように各チャネルの光ファイバ伝送路入力パワーを調整することで、補正された入力パワーを算出することを特徴とする。

[0056] このようにすることにより、計算装置３０は、最高周波数チャネルの光ファイバ伝送路入力パワーを固定し、チャネル間の GSNR差を打ち消すように各チャネルの光ファイバ伝送路入力パワーを調整するので、GSNRが過剰なチャネルの入力パワーを下げることができる。したがって、計算装置３０は、信号品質を均一化した上で最大化することができる。

[0057] 計算方法は、隣り合う２つのバンドにおける各チャネルの光ファイバ伝送路への入力パワーを計算する計算装置３０の計算方法であって、計算装置３０は、誘導ラマン散乱の影響による伝送路中パワーの遷移を光ファイバ伝送路内既存チャネル数に依存するものとし、入力パワースペクトルの傾きを示す係数を用いて、信号品質の傾斜を解消する入力パワーを計算することを特徴とする。

[0058] このようにすることにより、計算装置３０は、隣り合う２つのバンドにおいて各チャネルの入力パワーを計算により求める。したがって、計算装置３０は、着信側で、短波長帯から長波長帯まで、信号品質や着信パワーを一定

にするために、短波長帯の入力パワーを予めどのくらい持ち上げることが最適であるのかを計算することができる。

[0059] なお、本発明は、以上説明した実施形態に限定されるものではなく、多くの変形が本発明の技術的思想内で当分野において通常の知識を有する者により可能である。

符号の説明

[0060]

１	光伝送システム
１０	ネットワーク設備監視装置（NE-OpS）
１１	制御部
２０	ネットワーク装置（NE）
２１	トランスポンダ
２２	波長選択スイッチ（WSS）
２３	光増幅部
２４	制御部
３０	計算装置

請求の範囲

[請求項1] 隣り合う２つのバンドにおける各チャネルの光ファイバ伝送路への入力パワーを計算する計算装置であって、

誘導ラマン散乱の影響による伝送路中パワーの遷移を光ファイバ伝送路内既存チャネル数に依存するものとし、入力パワースペクトルの傾きを示す係数を用いて、信号品質の傾斜を解消する入力パワーを計算することを特徴とする計算装置。

[請求項2] 伝送路ファイバの損失係数およびアンプの雑音指数が周波数に対して均一であると仮定して表される信号品質のパラメータであるOSNRに基づいてスパンごとの着信パワーを均一にする伝送路ファイバ入力パワーの関係式であって、隣り合うチャネルの伝送路ファイバ入力パワー比を前記入力パワースペクトルの傾きを示す係数として関係づけた関係式に基づいて、各チャネルの前記入力パワーの計算を実行することを特徴とする請求項１に記載の計算装置。

[請求項3] 着信 OSNR が均一のときのGSNRに基づいて、着信 OSNR が均一かつ最高周波数チャネルが全チャネル中の最高入力パワーであるときに最高周波数チャネルのGSNRが最大値となる条件で前記係数を探索して決定し、決定した係数を用いて、伝送路ファイバ入力パワーを全チャネルについて算出することを特徴とする請求項２に記載の計算装置。

[請求項4] 前記決定した係数と、前記関係式に基づいて算出した全チャネルについての伝送路ファイバ入力パワーと、着信 OSNR が均一のときの全チャネルについてのGSNRと、を用いて、最高周波数チャネルの光ファイバ伝送路入力パワーを固定し、チャネル間の GSNR差を打ち消すように各チャネルの光ファイバ伝送路入力パワーを調整することで、補正された入力パワーを算出することを特徴とする請求項３に記載の計算装置。

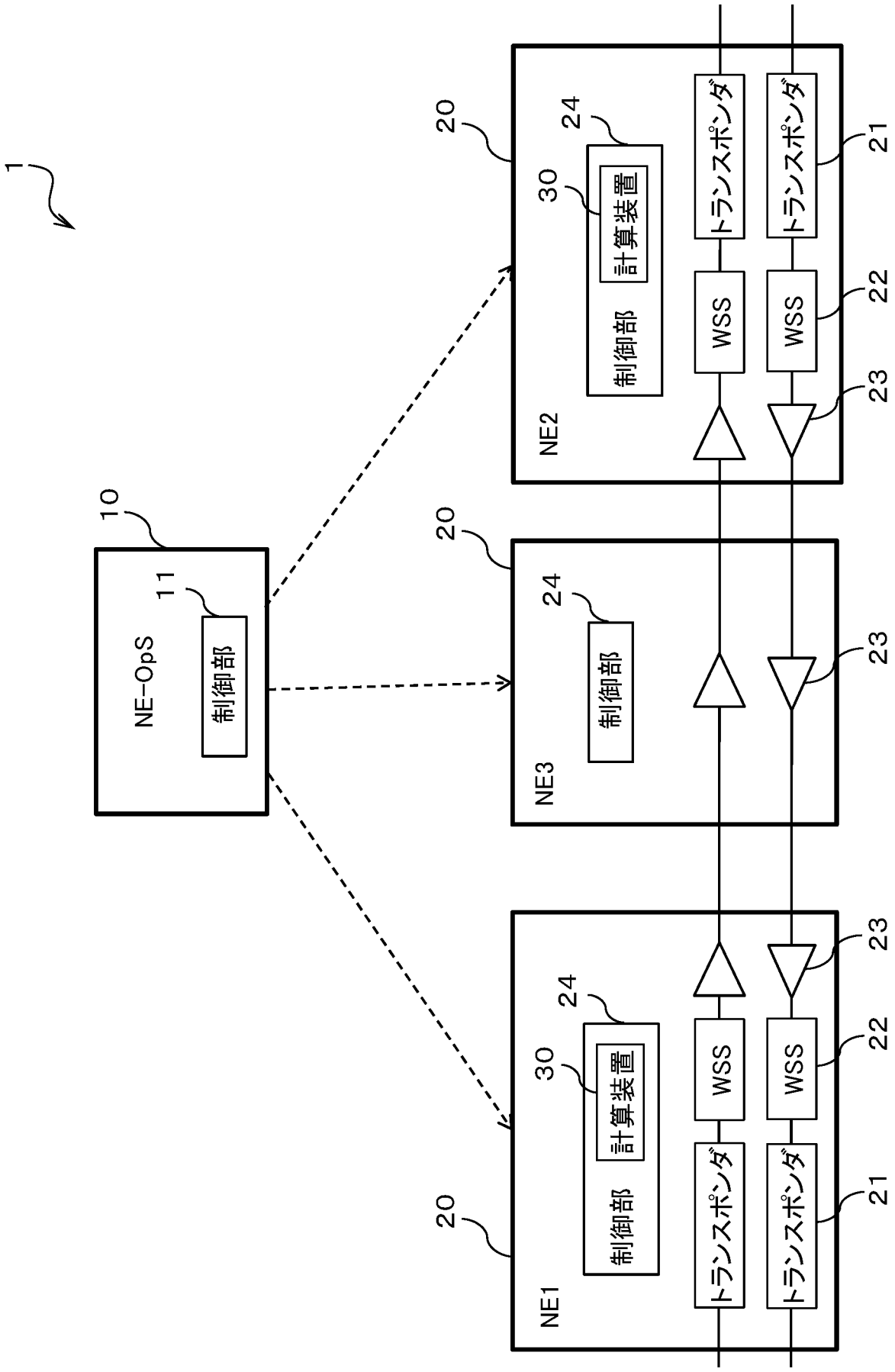
[請求項5] 隣り合う２つのバンドにおける各チャネルの光ファイバ伝送路への入力パワーを計算する計算装置の計算方法であって、

前記計算装置は、

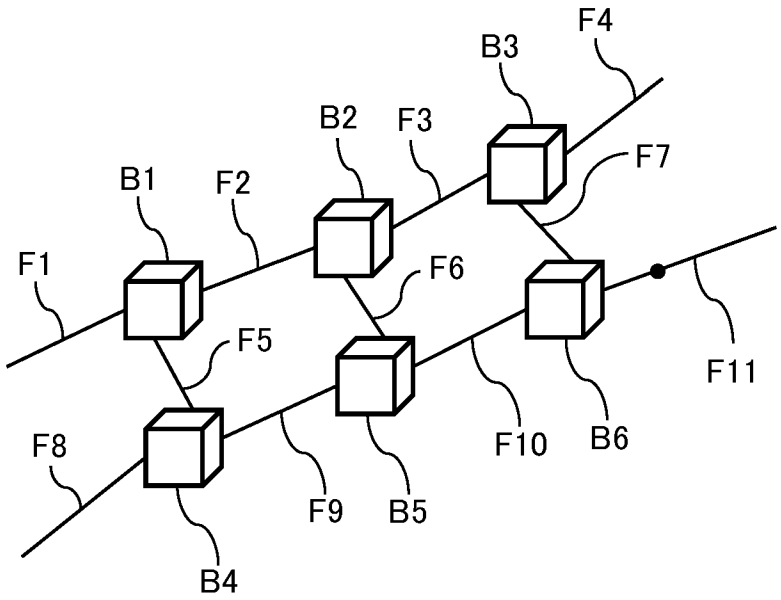
誘導ラマン散乱の影響による伝送路中パワーの遷移を光ファイバ伝送路内既存チャネル数に依存するものとし、入力パワースペクトルの傾きを示す係数を用いて、信号品質の傾斜を解消する入力パワーを計算することを特徴とする計算方法。

[請求項6] コンピュータを、請求項１から請求項４のいずれか一項に記載の計算装置として機能させるためのプログラム。

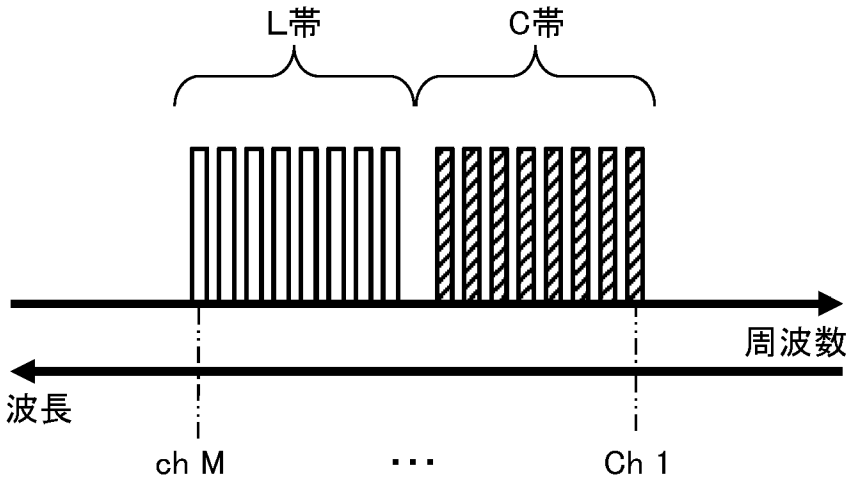
[図1]


1
10
NE-OpS
11
制御部
20
NE1
NE2
NE3
24
30
計算装置
制御部
トランスポンダ
WSS
21
22
23

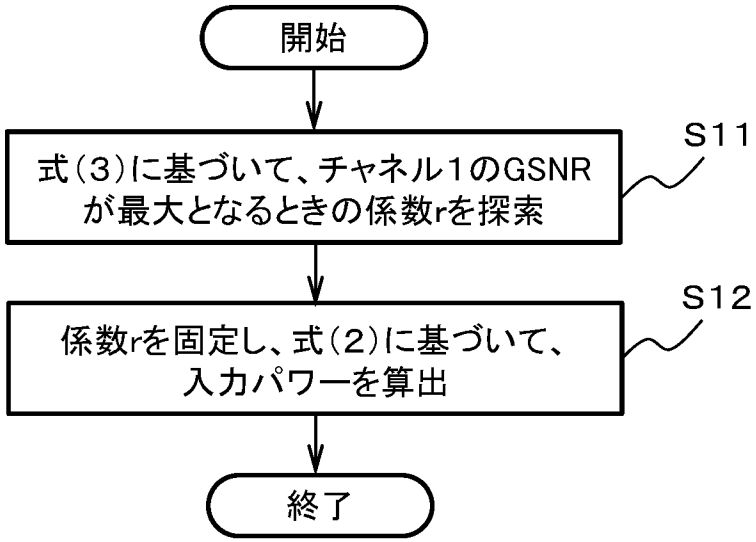
[図2A]


F4
B3
B2
F3
F7
B1
F2
F1
F6
F5
F11
F8
F10
B6
F9
B5
B4

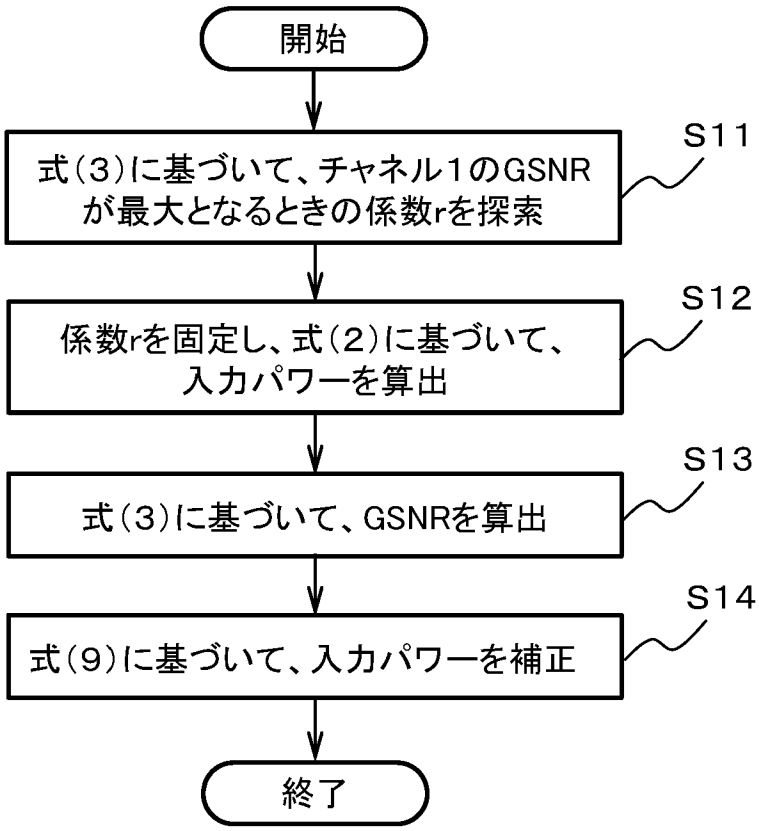
[図2B]


L帯
C帯
周波数
波長
ch M
・・・
Ch 1

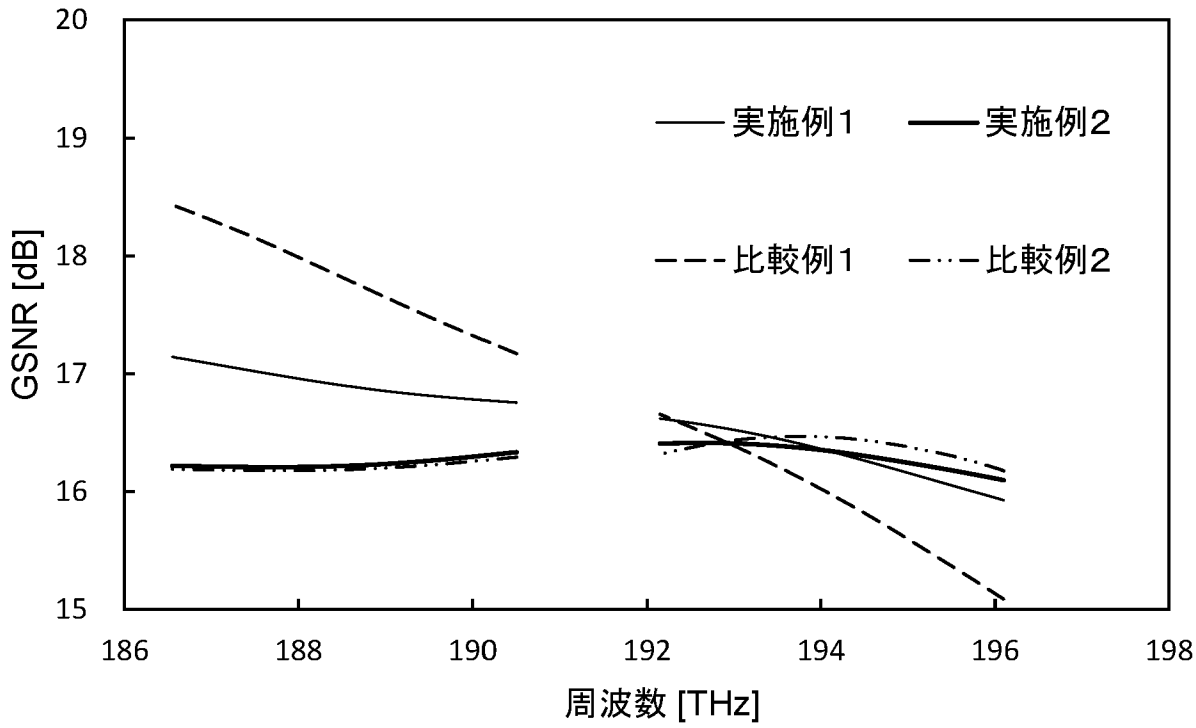
[図3A]


開始
式(3)に基づいて、チャネル1のGSNR
が最大となるときの係数rを探索
S11
係数rを固定し、式(2)に基づいて、
入力パワーを算出
S12
終了

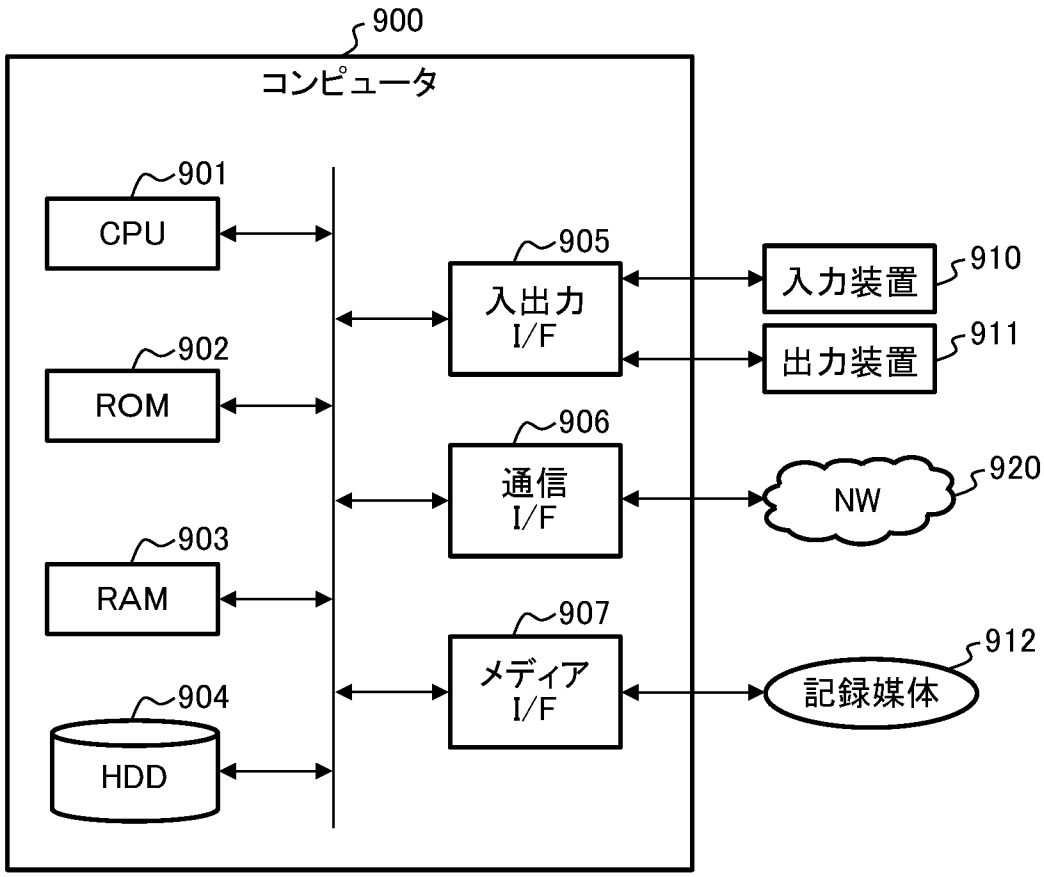
[図3B]


開始
式(3)に基づいて、チャネル1のGSNR
が最大となるときの係数rを探索
S11
係数rを固定し、式(2)に基づいて、
入力パワーを算出
S12
式(3)に基づいて、GSNRを算出
S13
式(9)に基づいて、入力パワーを補正
S14
終了

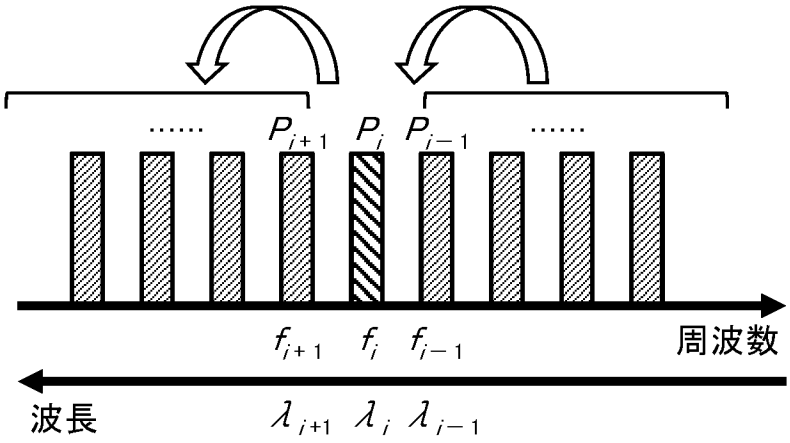
[図4]


20
19
18
17
16
15
GSNR [dB]
186
188
190
192
194
196
198
周波数 [THz]
実施例1
実施例2
比較例1
比較例2

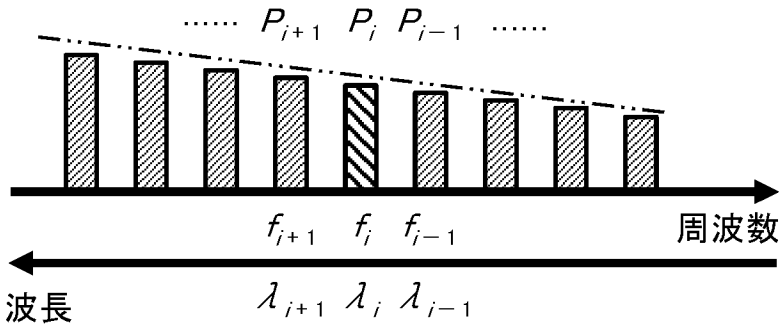
[図5]


900
コンピュータ
901
CPU
902
ROM
903
RAM
904
HDD
905
入出力
I/F
906
通信
I/F
907
メディア
I/F
910
入力装置
911
出力装置
920
NW
912
記録媒体

[図6A]


……
P_{i+1}
P_i
P_{i-1}
……
f_{i+1}
f_i
f_{i-1}
周波数
波長
λ_{i+1}
λ_i
λ_{i-1}

[図6B]


……
P_{i+1}
P_i
P_{i-1}
……
f_{i+1}
f_i
f_{i-1}
周波数
波長
λ_{i+1}
λ_i
λ_{i-1}

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/006200

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 10/2537(2013.01)i; ***H04J 14/02***(2006.01)i
FI: H04B10/2537; H04J14/02

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)

H04B10/2537; H04J14/02

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2019/230480 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 05 December 2019 (2019-12-05) paragraphs [0013]-[0059], fig. 1-4	1, 5, 6
A		2-4
Y	JP 2014-229913 A (HITACHI, LTD.) 08 December 2014 (2014-12-08) paragraphs [0015]-[0039], fig. 4, 5	1, 5, 6
A		2-4
Y	JP 2008-42096 A (FUJITSU LIMITED) 21 February 2008 (2008-02-21) paragraphs [0019]-[0074], fig. 1-12	1, 5, 6
A		2-4
A	JP 2002-368691 A (HITACHI, LTD.) 20 December 2002 (2002-12-20)	1-6
A	US 6859622 B1 (NORTEL NETWORKS LIMITED) 22 February 2005 (2005-02-22)	1-6

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
12 April 2023	**25 April 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/006200

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	濱岡 福太郎, 100 Tb/s超の大容量化に向けた広帯域WDM光伝送技術, 電子情報通信学会技術研究報告, January 2022, (HAMAOKA, Fukutaro. 100-Tb/s Capacity Wideband WDM Optical Transmission Technologie. IEICE Technical Report.) entire text, all drawings	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/006200

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2019/230480 A1	05 December 2019	US 2021/0211218 A1 paragraphs [0018]-[0065], fig. 1-4	
JP 2014-229913 A	08 December 2014	(Family: none)	
JP 2008-42096 A	21 February 2008	(Family: none)	
JP 2002-368691 A	20 December 2002	US 2002/0181061 A1 US 2007/0166052 A1	
US 6859622 B1	22 February 2005	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/006200

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H04B 10/2537(2013.01)i; H04J 14/02(2006.01)i
FI: H04B10/2537; H04J14/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

H04B10/2537; H04J14/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	WO 2019/230480 A1 (日本電信電話株式会社) 05.12.2019 (2019-12-05) 段落[0013]-[0059], 図1-4	1,5,6
A		2-4
Y	JP 2014-229913 A (株式会社日立製作所) 08.12.2014 (2014-12-08) 段落[0015]-[0039], 図4,5	1,5,6
A		2-4
Y	JP 2008-42096 A (富士通株式会社) 21.02.2008 (2008-02-21) 段落[0019]-[0074], 図1-12	1,5,6
A		2-4
A	JP 2002-368691 A (株式会社日立製作所) 20.12.2002 (2002-12-20)	1-6
A	US 6859622 B1 (NORTEL NETWORKS LIMITED) 22.02.2005 (2005-02-22)	1-6
A	濱岡 福太郎, 100 Tb/s超の大容量化に向けた広帯域WDM光伝送技術, 電子情報通信学会技術研究報告, 2022.01 全文全図	1-6

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
"&" 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
12.04.2023	25.04.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
鴨川　学 5K 6307

電話番号 03-3581-1101 内線 3556

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/006200

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2019/230480 A1	05.12.2019	US 2021/0211218 A1 段落[0018]-[0065], 図1-4	
JP 2014-229913 A	08.12.2014	（ファミリーなし）	
JP 2008-42096 A	21.02.2008	（ファミリーなし）	
JP 2002-368691 A	20.12.2002	US 2002/0181061 A1 US 2007/0166052 A1	
US 6859622 B1	22.02.2005	（ファミリーなし）	