

(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
2025年1月9日(09.01.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/009100 A1

- (51) 国際特許分類:
H04B 10/61 (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/024935
- (22) 国際出願日: 2023年7月5日(05.07.2023)
- (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: 川合 暁(KAWAI Akira); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 中村 政則(NAKAMURA Masanori); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産

センタ内 Tokyo (JP). 小林 孝行(KOBAYASHI Takayuki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 宮本 裕(MIYAMOTO Yutaka); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

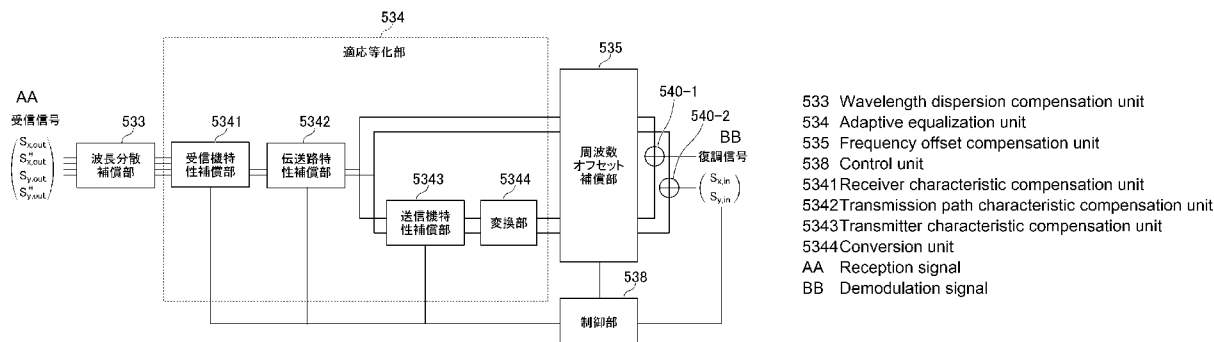
(74) 代理人: 弁理士法人志賀国際特許事務所 (SHIGA INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).

(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,

(54) Title: SIGNAL PROCESSING METHOD AND SIGNAL PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: 信号処理方法及び信号処理装置

[図2]



(57) Abstract: Provided is a signal processing method executed by a signal processing device, wherein the frequency offset of a local oscillation light source of a receiver, which has received an optical signal transmitted from a transmitter, relative to the frequency of a carrier wave of the optical signal is estimated, and if the estimated value of the frequency offset of the local oscillation light source of the receiver is less than a prescribed value, control is performed so as to change an update step size of the filter coefficients in each among: at least one among an adaptive equalization filter that is used in a transmitter characteristic compensation unit which performs compensation for waveform distortion occurring in the transmitter, or an adaptive equalization filter used in a receiver characteristic compensation unit which performs compensation for waveform distortion occurring in the receiver, said filters adaptively executing equalization processing on a reception signal based on the optical signal; and an adaptive equalization filter used in a transmission path characteristic compensation unit which performs compensation for distortion, other than wavelength dispersion, occurring in the transmission path.

LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 信号処理装置が実行する信号処理方法であって、送信機から送信された光信号の搬送波の周波数に対する、光信号を受信した受信機の局部発振光源の周波数オフセットを推定し、推定した受信機の局部発振光源の周波数オフセットの値が所定の値未満である場合に、光信号に基づく受信信号に対して等化処理を適応的に実行する送信機で生じる波形歪みを補償する送信機特性補償部で用いる適応等化フィルタ、又は、受信機で生じる波形歪みを補償する受信機特性補償部で用いる適応等化フィルタの少なくともいずれかと、伝送路で生じる波長分散以外の歪みを補償する伝送路特性補償部で用いる適応等化フィルタそれぞれにおけるフィルタ係数の更新ステップサイズを変更するように制御する、信号処理方法。

明 細 書

発明の名称：信号処理方法及び信号処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、信号処理方法及び信号処理装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、コヒーレント光受信機における復調性能を向上させる技術として、コヒーレント光受信機内のデジタルフィルタにおいて送受信機内で発生する信号波形歪みを適応的に補償する方式が注目されている。適応フィルタを用いてコヒーレント光受信機内のデジタル信号処理により送信機で生じる信号波形歪み特性を補償する技術は提案されている（例えば、非特許文献1及び2参照）。非特許文献1及び2に記載の技術では、送信機特性補償は受信機特性補償と同時に行われている。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献1：A. Kawai, M. Nakamura, M. Takahashi, T. Kobayashi and Y. Miyamoto, “Partial Freezing for MIMO Adaptive Equalizers: Precise Demodulation in Dynamic Environments”, Journal of Lightwave Technology, doi: 10.1109/JLT.2023.3251996.

非特許文献2：C. R. S. Fludger and T. Kupfer, “Transmitter Impairment Mitigation and Monitoring for High Baud-Rate, High Order Modulation Systems”, Proc. Eur. Conf. Opt. Commun., 2016, Paper Tu.2.A.2.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、コヒーレント光受信機の局部発振光の周波数オフセットが小さい場合（例えば、周波数オフセットが0あるいは0に近い場合）、送信機特性と受信機特性の分離不可能になる。そのため、従来のように、送信機特性と受信機特性の更新を同時に行うと、動作が不安定になることにより光

信号の波形歪を安定的に補償することができないという問題がある。

[0005] 上記事情に鑑み、本発明は、光信号の搬送波の周波数に対して、受信機の局部発振光源の周波数オフセットが小さい場合でも、光信号の波形歪を安定的に補償することができる技術の提供を目的としている。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一態様は、信号処理装置が実行する信号処理方法であって、送信機から送信された光信号の搬送波の周波数に対する、前記光信号を受信した受信機の局部発振光源の周波数オフセットを推定し、推定した前記受信機の局部発振光源の周波数オフセットの値が所定の値未満である場合に、前記光信号に基づく受信信号に対して等化処理を適応的に実行する前記送信機で生じる波形歪みを補償する送信機特性補償部で用いる適応等化フィルタ、又は、前記受信機で生じる波形歪みを補償する受信機特性補償部で用いる適応等化フィルタの少なくともいずれかと、伝送路で生じる波長分散以外の歪みを補償する伝送路特性補償部で用いる適応等化フィルタそれぞれにおけるフィルタ係数の更新ステップサイズを変更するように制御する、信号処理方法である。

[0007] 本発明の一態様は、送信機から送信された光信号の搬送波の周波数に対する、前記光信号を受信した受信機の局部発振光源の周波数オフセットを推定し、推定した前記受信機の局部発振光源の周波数オフセットの値が所定の値未満である場合に、前記光信号に基づく受信信号に対して等化処理を適応的に実行する前記送信機で生じる波形歪みを補償する送信機特性補償部で用いる適応等化フィルタ、又は、前記受信機で生じる波形歪みを補償する受信機特性補償部で用いる適応等化フィルタの少なくともいずれかと、伝送路で生じる波長分散以外の歪みを補償する伝送路特性補償部で用いる適応等化フィルタそれぞれにおけるフィルタ係数の更新ステップサイズを変更するように制御する制御部、を備える信号処理装置である。

発明の効果

[0008] 本発明により、光信号の搬送波の周波数に対して受信機の局部発振光源の

周波数オフセットが小さい場合でも、光信号の波形歪を安定的に補償することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施形態におけるデジタルコヒーレント光伝送システムの構成例を示す図である。

[図2]実施形態における復調デジタル信号処理部の詳細な構成を説明するための図である。

[図3]実施形態における適応等化部のフィルタ係数更新時に用いるステップサイズ μ の係数選択の一例（その1）を示す図である。

[図4]実施形態における適応等化部のフィルタ係数更新時に用いるステップサイズ μ の係数選択の一例（その2）を示す図である。

[図5]変形例における復調デジタル信号処理部の詳細な構成を説明するための図である。

[図6]実施形態におけるデジタル信号処理部のハードウェア構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の一実施形態を、図面を参照しながら説明する。

図1は、実施形態におけるデジタルコヒーレント光伝送システム1の構成例を示す図である。デジタルコヒーレント光伝送システム1は、送信機10と、WDM合波器20と、光ファイバ伝送路30と、WDM分波器40と、受信機50とを備える。

[0011] 送信機10は、1以上の送信部100を備える。以下では、送信機10は、波長分割多重（WDM）のチャネル数に等しい台数の送信部100を備える。送信部100は、デジタル信号処理部110と、変調器ドライバ120と、光源130と、集積モジュール140とを備える。

[0012] デジタル信号処理部110は、符号化部111と、マッピング部112と、トレーニング信号挿入部113と、サンプリング周波数変更部114と、波形整形部115と、予等化部116と、デジタル・アナログ変換器117

ー 1 ～ 1 1 7 - 4 (DAC) とを備える。変調器ドライバ 1 2 0 は、アンプ 1 2 1 - 1 ～ 1 2 1 - 4 を備える。集積モジュール 1 4 0 は、I Q 変調器 1 4 1 - 1 及び 1 4 1 - 2 と、偏波合成部 1 4 2 とを備える。

[0013] 光ファイバ伝送路 3 0 は、光ファイバを備える。光ファイバは、例えば、シングルモードファイバである。光ファイバ伝送路 3 0 は、任意の台数の光増幅器 3 1 を備える。

[0014] 受信機 5 0 は、1 以上の受信部 5 0 0 を備える。受信機 5 0 は、一例として、波長分割多重 (WDM) のチャネル数に等しい台数の受信部 5 0 0 を備える。受信部 5 0 0 は、局部発振光源 5 1 0 と、光フロントエンド 5 2 0 と、デジタル信号処理部 5 3 0 とを備える。

[0015] 光フロントエンド 5 2 0 は、偏波分離部 5 2 1 と、光 9 0 度ハイブリッドカップラ 5 2 2 - 1 ～ 5 2 2 - 2 と、バランスフォトダイオード 5 2 3 - 1 ～ 5 2 3 - 4 (BPD: Balanced Photo Diode) と、アンプ 5 2 4 - 1 ～ 5 2 4 - 4 とを備える。

[0016] デジタル信号処理部 5 3 0 は、アナログ・デジタル変換器 5 3 1 - 1 ～ 5 3 1 - 4 (ADC) と、フロントエンド補正部 5 3 2 と、波長分散補償部 5 3 3 と、適応等化部 5 3 4 と、周波数オフセット補償部 5 3 5 と、デマッピング部 5 3 6 と、復号部 5 3 7 と、制御部 5 3 8 とを備える。ここで、デジタル信号処理部 5 3 0 は、フロントエンド補正部 5 3 2 と、波長分散補償部 5 3 3 と、適応等化部 5 3 4 と、周波数オフセット補償部 5 3 5 と、制御部 5 3 8 とを、復調デジタル信号処理部 5 として備える。

[0017] 次に、送信機 1 0 について説明する。

送信機 1 0 は、偏波多重された位相変調信号の光信号 (偏波多重光信号) を、受信機 5 0 に送信する。ここで、各送信部 1 0 0 は、互いに異なる波長の光信号を、WDM合波器 2 0 に出力する。

[0018] 符号化部 1 1 1 は、送信ビット列に対して、前方誤り訂正 (FEC: forward error correction) 符号化を実行する。符号化部 1 1 1 は、前方誤り訂正符号化を実行することによって生成された送信信号を、マッピング部 1 1 2 に

出力する。マッピング部 112 は、符号化部 111 から出力された送信信号を、シンボルにマッピングする。

[0019] トレーニング信号挿入部 113 は、マッピング部 112 によってシンボルにマッピングされた送信信号に、既知のトレーニング信号を挿入する。サンプリング周波数変更部 114 は、トレーニング信号が挿入された送信信号のサンプリング周波数を変更する。ここで、サンプリング周波数変更部 114 は、トレーニング信号が挿入された送信信号に対して、アップサンプリングを実行する。波形整形部 115 は、アップサンプリングが実行された送信信号の帯域を制限する。

[0020] 予等化部 116 は、波形整形部 115 によって帯域が制限された送信信号の波形歪を補償する。予等化部 116 は、波形歪が補償された送信信号を、DAC 117-1 ~ 117-4 に出力する。

[0021] DAC 117-1 は、予等化部 116 から入力された送信信号（デジタル信号）の X 偏波の I 成分（同相成分）（実数成分信号）を、アナログ信号に変換する。DAC 117-1 は、このアナログ信号を、変調器ドライバ 120 に出力する。

[0022] DAC 117-2 は、予等化部 116 から入力された送信信号（デジタル信号）の X 偏波の Q 成分（直交成分）（虚数成分信号）を、アナログ信号に変換する。DAC 117-2 は、このアナログ信号を、変調器ドライバ 120 に出力する。

[0023] DAC 117-3 は、予等化部 116 から入力された送信信号（デジタル信号）の Y 偏波の I 成分を、アナログ信号に変換する。DAC 117-3 は、このアナログ信号を、変調器ドライバ 120 に出力する。

[0024] DAC 117-4 は、予等化部 116 から入力された送信信号（デジタル信号）の Y 偏波の Q 成分を、アナログ信号に変換する。DAC 117-4 は、このアナログ信号を、変調器ドライバ 120 に出力する。

[0025] アンプ 121-i（i は、1 以上の整数であって、4 以下の整数）は、DAC 117-i から出力されたアナログ信号のパワーを増幅する。アンプ 1

21-1~121-2は、パワーが増幅されたアナログ信号を用いて、集積モジュール140のI/Q変調器141-1を駆動する。アンプ121-3~121-4は、パワーが増幅されたアナログ信号を用いて、集積モジュール140のI/Q変調器141-2を駆動する。

[0026] 光源130は、例えば、レーザーダイオード(LD)である。j番目の送信部100に備えられた光源130は、波長「 λ_j 」(添字「j」は、1以上の整数であって、WDMのチャネル数以下の整数)の光を、集積モジュール140に出力する。

[0027] I/Q変調器141-1は、アンプ121-1から出力されたX偏波のI成分と、アンプ121-2から出力されたX偏波のQ成分とに基づいて、光源130から出力された光を変調することによって、X偏波の光信号を生成する。I/Q変調器141-1は、生成されたX偏波の光信号を、偏波合成部142に出力する。

[0028] I/Q変調器141-2は、アンプ121-3から出力されたY偏波のI成分と、アンプ121-4から出力されたY偏波のQ成分とに基づいて、光源130から出力された光を変調することによって、Y偏波の光信号を生成する。I/Q変調器141-2は、生成されたY偏波の光信号を、偏波合成部142に出力する。

[0029] 偏波合成部142は、I/Q変調器141-1から出力されたX偏波の光信号と、I/Q変調器141-2から出力されたY偏波の光信号とに対して、偏波合成を実行する。偏波合成部142は、偏波合成が実行された光信号を、WDM合波器20に出力する。

[0030] 次に、WDM合波器20、光ファイバ伝送路30及びWDM分波器40について説明する。

WDM合波器20は、各送信部100から出力された複数の光信号を合波する。WDM合波器20は、合波された光信号を、光ファイバ伝送路30に出力する。光ファイバ伝送路30は、合波された光信号を伝送する。ここで、光信号は、各光増幅器31に入力される。各光増幅器31は、入力された

光信号の光パワーを増幅する。各光増幅器 31 は、光パワーが増幅された光信号を、WDM分波器 40 に向けて伝送する。WDM分波器 40 は、光ファイバ伝送路 30 を伝送された光信号を、波長に応じて分波する。

[0031] 次に、受信機 50 について説明する。

受信機 50 は、WDM合波器 20 と光ファイバ伝送路 30 と WDM分波器 40 とを介して、偏波多重光信号を送信機 10 から受信する。ここで、各受信部 500 は、WDM分波器 40 によって分波された光信号を受信する。各受信部 500 に受信される光信号の波長は、受信部 500 ごとに異なる。

[0032] 局部発振光源 510 は、例えば、レーザーダイオード (LD) である。局部発振光源 510 (L0: Local Oscillator) は、光フロントエンド 520 に局部発振光を出力する。光フロントエンド 520 (コヒーレント受信機) は、局部発振光を用いて、偏波多重された位相変調信号の位相及び振幅を保ったまま、受信された光信号を電気信号に変換する。

[0033] 偏波分離部 521 は、受信された光信号を、X偏波の光信号と Y偏波の光信号とに分離する。偏波分離部 521 は、X偏波の光信号を、光 90 度ハイブリッドカプラ 522-1 に出力する。偏波分離部 521 は、Y偏波の光信号を、光 90 度ハイブリッドカプラ 522-2 に出力する。

[0034] 光 90 度ハイブリッドカプラ 522-1 は、局部発振光源 510 から出力された局部発振光と X偏波の光信号とを干渉させることによって、受信された光信号の I 成分及び Q 成分を、光信号から抽出する。光 90 度ハイブリッドカプラ 522-1 は、抽出された X偏波の I 成分及び Q 成分を、バランスフォトダイオード 523-1 及び 523-2 に出力する。

[0035] 光 90 度ハイブリッドカプラ 522-2 は、局部発振光源 510 から出力された局部発振光と Y偏波の光信号とを干渉させることによって、受信された光信号の I 成分及び Q 成分を、光信号から抽出する。光 90 度ハイブリッドカプラ 522-2 は、抽出された Y偏波の I 成分及び Q 成分を、バランスフォトダイオード 523-3 及びバランスフォトダイオード 523-4 に出力する。

- [0036] バランスフォトダイオード523-1～523-4は、差動入力型の光電変換器である。バランスフォトダイオード523-iは、同じ特性を有する2個のフォトダイオード（不図示）を備える。各フォトダイオード（不図示）には、光電流がそれぞれ生じる。バランスフォトダイオード523-iは、光電流の差分に相当する電流を、アンプ524-iに出力する。
- [0037] バランスフォトダイオード523-1は、受信された光信号のX偏波のI成分を、電気信号に変換する。バランスフォトダイオード523-1は、この電気信号をアンプ524-1に出力する。バランスフォトダイオード523-2は、受信された光信号のX偏波のQ成分を、電気信号に変換する。バランスフォトダイオード523-2は、この電気信号をアンプ524-2に出力する。バランスフォトダイオード523-3は、受信された光信号のY偏波のI成分を、電気信号に変換する。バランスフォトダイオード523-3は、この電気信号をアンプ524-3に出力する。バランスフォトダイオード523-4は、受信された光信号のY偏波のQ成分を、電気信号に変換する。バランスフォトダイオード523-4は、この電気信号をアンプ524-4に出力する。
- [0038] アンプ524-i（iは、1以上の整数であって、4以下の整数）は、バランスフォトダイオード523-iから出力された電気信号のパワーを増幅する。アンプ524-iは、パワーが増幅された電気信号を、デジタル信号処理部530に出力する。
- [0039] ADC531-iは、アンプ524-iから出力された電気信号（アナログ信号）を、デジタル信号に変換する。ADC531-iは、このデジタル信号を、フロントエンド補正部532に出力する。
- [0040] フロントエンド補正部532には、受信信号のX偏波のI成分信号（実数成分信号）「XI」が、ADC531-1から入力される。フロントエンド補正部532には、受信信号のX偏波のQ成分信号（虚数成分信号）「XQ」が、ADC531-2から入力される。フロントエンド補正部532には、受信信号のY偏波のI成分信号「YI」が、ADC531-3から入力さ

れる。フロントエンド補正部532には、受信信号のY偏波のQ成分信号「YQ」が、ADC531-4から入力される。

[0041] フロントエンド補正部532は、入力された各成分を用いて、光フロントエンド520における周波数特性が補償された受信信号を生成する。また、フロントエンド補正部532は、光フロントエンド520における周波数特性が補償された受信信号を、波長分散補償部533に出力する。

[0042] 波長分散補償部533は、光ファイバ伝送路30において光信号に生じた波長分散を推定する。波長分散補償部533は、フロントエンド補正部532から出力された受信信号に対して、推定された波長分散を補償する処理を実行する。波長分散補償部533は、波長分散を補償する処理が実行された受信信号を、適応等化部534に出力する。

[0043] 適応等化部534は、波長分散補償部533から出力された受信信号に対して、適応等化フィルタを用いて、等化処理を適応的に実行する。ここで、適応等化部534は、例えばデジタル位相同期回路を用いて、局部発振光源510の周波数オフセットの値を推定してもよい。

[0044] 周波数オフセット補償部535は、適応等化部534によって等化処理が適応的に実行された受信信号に対して、周波数オフセットを補償する処理を実行する。周波数オフセット補償部535は、適応等化部534によって等化処理が適応的に実行された受信信号に対して、位相ノイズを補償する処理を実行してもよい。

[0045] デマッピング部536は、周波数オフセット補償部535から出力された受信信号のシンボルを判定する。デマッピング部536は、判定されたシンボルを、バイナリデータに変換する。復号部537は、デマッピング部536によって変換されたバイナリデータに対して、誤り訂正復号処理（例えば、前方誤り訂正）を実行する。これによって、復号部537は、受信ビット列を生成する。

[0046] 制御部538は、例えばデジタル位相同期回路を用いて、局部発振光源510の周波数オフセットの値を推定する。制御部538は、周波数オフセッ

トの値に基づいて、適応等化部534で用いる適応等化フィルタにおけるフィルタ係数を更新する。なお、制御部538は、周波数オフセット補償部535の出力と参照信号（既知信号もしくは、硬判定後の信号）との誤差に基づいて適応等化フィルタの更新項を算出する。適応等化フィルタの更新には、LMS（Least Mean Square）アルゴリズムやRLS（Recursive Least Squares）アルゴリズムが用いられる。

[0047] さらに、制御部538は、推定した周波数オフセットの値が所定の値未満である場合に、適応等化部534で用いる適応等化フィルタにおけるフィルタ係数の更新ステップサイズを変更するように制御する。具体的には、制御部538は、周波数オフセットの値が小さいほどフィルタ係数の更新ステップサイズを小さくすることによって、フィルタ係数の更新が停止するように制御する。例えば、制御部538は、周波数オフセットの値が所定の値未満である場合に、更新ステップサイズが0となる関数を用いて更新ステップサイズを算出し、算出した更新ステップサイズを用いて適応等化フィルタにおけるフィルタ係数を更新する。

[0048] 図2は、実施形態における復調デジタル信号処理部5の詳細な構成を説明するための図である。図2では、復調デジタル信号処理部5を構成する適応等化部534の構成を詳細に示している。復調デジタル信号処理部5に入力される受信信号としては、例えば受信信号の各偏波成分とその時間領域の位相共役成分の組としてよいし、受信信号の各偏波成分の実部と虚部の組としても良い。図2では、X偏波成分の信号 $S_{x,out}$ と、X偏波成分の複素共役信号 $S_{x^*,out}$ と、Y偏波成分の信号 $S_{y,out}$ と、Y偏波成分の複素共役信号 $S_{y^*,out}$ とが入力されている例を示している。

[0049] 波長分散補償部533は、入力された各信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{x^*,out}$ 、 $S_{y,out}$ 、 $S_{y^*,out}$ とに対して波長分散を補償する処理を実行する。波長分散補償部533は、波長分散補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{x^*,out}$ 、 $S_{y,out}$ 、 $S_{y^*,out}$ を適応等化部534に出力する。適応等化部534は、受信機特性補償部5341と、伝送路特性補償部5342と、送信機特性補償部5343と、変換

部5344とを備える。

[0050] 受信機特性補償部5341は、波長分散補償部533から出力された波長分散補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{x^*,out}$ 、 $S_{y,out}$ 、 $S_{y^*,out}$ を入力とする。受信機特性補償部5341は、入力した波長分散補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{x^*,out}$ 、 $S_{y,out}$ 、 $S_{y^*,out}$ に対してデジタルフィルタ(例えば 4×2 MIMO (Multiple Input Multiple Output) 構成)を用いて、受信機50で生じる波形歪みを補償する。受信機特性補償部5341は、受信機50で生じる波形歪み補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{y,out}$ を伝送路特性補償部5342に出力する。

[0051] 受信機特性補償部5341が用いるデジタルフィルタのフィルタ係数は、制御部538によって更新される。例えば、受信機特性補償部5341が用いるデジタルフィルタのフィルタ係数の更新では、制御部538がデジタルフィルタの更新項を算出し、算出した更新項(更新部分)に、局部発振光源510の周波数オフセットの値に依存するフィルタ係数の更新ステップサイズを乗算することによってフィルタ係数を更新する。

[0052] 伝送路特性補償部5342は、受信機特性補償部5341から出力された受信機50で生じる波形歪み補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{y,out}$ を入力とする。伝送路特性補償部5342は、受信機50で生じる波形歪み補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{y,out}$ に対してデジタルフィルタ(例えば 2×2 MIMO構成)を用いて、波長分散以外の伝送路で生じる偏波回転、偏波モード分散、偏波依存損失などの複合歪みを補償する。伝送路特性補償部5342は、複合歪み補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{y,out}$ を出力する。伝送路特性補償部5342が用いるデジタルフィルタのフィルタ係数は、制御部538によって更新される。

[0053] 伝送路特性補償部5342から出力された複合歪み補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{y,out}$ はそれぞれ、2つの経路に分割されて周波数オフセット補償部535と送信機特性補償部5343とに入力される。

[0054] 送信機特性補償部5343は、入力した複合歪み補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{y,out}$ に対してデジタルフィルタ(例えば 2×2 MIMO構成)を用いて、送

信機で生じる波形歪みを補償する。送信機特性補償部5343は、送信機10で生じる波形歪み補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{y,out}$ を変換部5344に出力する。

[0055] 送信機特性補償部5343が用いるデジタルフィルタのフィルタ係数は、制御部538によって更新される。例えば、送信機特性補償部5343が用いるデジタルフィルタのフィルタ係数の更新では、制御部538がデジタルフィルタの更新項を算出し、算出した更新項（更新部分）に、局部発振光源510の周波数オフセットの値に依存するフィルタ係数の更新ステップサイズを乗算することによってフィルタ係数を更新する。

[0056] 変換部5344は、送信機特性補償部5343から出力された送信機10で生じる波形歪み補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{y,out}$ を入力とする。変換部5344は、入力した送信機10で生じる波形歪み補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{y,out}$ の位相共役をとる。変換部5344は、位相共役をとった信号 $S_{x^*,out}$ 、 $S_{y^*,out}$ を周波数オフセット補償部535に出力する。

[0057] 周波数オフセット補償部535は、伝送路特性補償部5342から出力された複合歪み補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{y,out}$ と、変換部5344から出力された位相共役をとった信号 $S_{x^*,out}$ 、 $S_{y^*,out}$ とを入力とする。周波数オフセット補償部535は、入力した信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{x^*,out}$ 、 $S_{y,out}$ 、 $S_{y^*,out}$ に対して、制御部538で推定した局発光の周波数オフセットを用いて周波数オフセットを補償する。周波数オフセット補償部535は、周波数オフセット補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{x^*,out}$ 、 $S_{y,out}$ 、 $S_{y^*,out}$ を出力する。

[0058] 周波数オフセット補償部535から出力された周波数オフセット補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{x^*,out}$ は加算部540-1に入力され、周波数オフセット補償後の信号 $S_{y,out}$ 、 $S_{y^*,out}$ は加算部540-2に入力される。加算部540-1は、入力した信号 $S_{x,out}$ と信号 $S_{x^*,out}$ とを加算する。加算部540-2は、入力した信号 $S_{y,out}$ と信号 $S_{y^*,out}$ とを加算する。加算部540-1及び540-2によって加算された信号は、復号部537により復調される。それによって復調信号 $S_{x,in}$ と $S_{y,in}$ とが生成される。

[0059] 制御部538は、復調信号 $S_{x,in}$ と復調信号 $S_{y,in}$ を用いて局部発振光源510の周波数オフセットの値を推定する。制御部538は、周波数オフセットの値に基づいて、適応等化部534で用いる適応等化フィルタのフィルタ係数を更新する。例えば、制御部538は、送信機特性補償部5343で用いるデジタルフィルタ、又は、受信機特性補償部5341で用いるデジタルフィルタの少なくともいずれかと、伝送路特性補償部5342で用いるデジタルフィルタそれぞれのフィルタ係数を更新する。このように、制御部538は、3通りのいずれかの組み合わせでフィルタ係数を更新する。

[0060] 3通りの組み合わせは、以下の通りである。

- ・送信機特性補償部5343で用いるデジタルフィルタと、伝送路特性補償部5342で用いるデジタルフィルタの組み合わせ
- ・受信機特性補償部5341で用いるデジタルフィルタと、伝送路特性補償部5342で用いるデジタルフィルタの組み合わせ
- ・送信機特性補償部5343で用いるデジタルフィルタと、受信機特性補償部5341で用いるデジタルフィルタと、伝送路特性補償部5342で用いるデジタルフィルタの組み合わせ

[0061] 更新の際には現在の伝達関数に更新分の関数にステップサイズ μ を乗算した項が足し合わされることにより更新が行われるが、本発明では送信機特性補償部5343又は受信機特性補償部5341いずれかの更新分の関数に周波数オフセットの推定値が0に近い場合に0となるようなステップサイズ μ を乗算する。

[0062] なお、ステップサイズを可変にする代わりに、それと等価になるような処理を行えるようにしてもよい。例えば、更新分の関数を算出する際に用いる入力信号、復調誤差、周波数オフセット成分等や更新分の関数の大きさを周波数オフセット推定値に合わせて変化させてもよい。

[0063] 図3は、実施形態における適応等化部534のフィルタ係数更新時に用いるステップサイズ μ の係数選択の一例（その1）を示す図である。図3において、横軸は局部発振光の周波数オフセット f を表し、縦軸は係数 μ を表す

。

[0064] 周波数オフセット「 f 」の閾値として、周波数「 f_a 」及び周波数「 f_b 」が定められる。ここで、周波数「 f_b 」の絶対値は、周波数「 f_a 」の絶対値以上である。周波数オフセット「 f 」の絶対値「 $|f|$ 」が周波数「 f_a 」の絶対値未満である場合、フィルタ係数の更新ステップサイズ「 μ_0 」は、0である。周波数オフセット「 f 」の絶対値「 $|f|$ 」が、周波数「 f_a 」の絶対値以上、且つ、周波数「 f_b 」の絶対値未満である場合、フィルタ係数の更新ステップサイズ「 μ_0 」は、周波数オフセット「 f 」の絶対値「 $|f|$ 」に比例する。周波数オフセット「 f 」の絶対値「 $|f|$ 」が周波数「 f_b 」の絶対値以上である場合、フィルタ係数の更新ステップサイズ「 μ_0 」は、1である。なお、周波数「 f_a 」＝周波数「 f_b 」とし、0と1の2値を切り替える構成を取っても良い。

。

[0065] 図4は、実施形態における適応等化部534のフィルタ係数更新時に用いるステップサイズ μ の係数選択の一例（その2）を示す図である。図4において、横軸は局部発振光の周波数オフセット f を表し、縦軸は係数 μ を表す。

。

[0066] 図4に示すように、周波数オフセット「 f 」の絶対値「 $|f|$ 」が0に近いほど更新ステップサイズ「 μ_0 」が0に近くなる関数であって、周波数オフセット「 f 」の絶対値「 $|f|$ 」が大きいほど更新ステップサイズ「 μ_0 」が1に漸近する関数を用いて、更新ステップサイズ「 μ_0 」と、周波数オフセット「 f 」の絶対値「 $|f|$ 」との関係が定められてもよい。この関数は、例えば、双曲線正接関数又はシグモイド関数である。これらの関数は、グラフにおける周波数方向及び更新ステップサイズ方向のそれぞれに、定数シフトされてもよい。なお、周波数オフセット「 f 」の絶対値「 $|f|$ 」が周波数「 f_a 」未満の場合は0、周波数オフセット「 f 」の絶対値「 $|f|$ 」が周波数「 f_b 」以上の場合は1とするような閾値処理を行ってもよい。

[0067] 以上のように構成された受信機50によれば、制御部538が、送信機10から送信された光信号の搬送波の周波数に対する、光信号を受信した受信

機50の局部発振光源510の周波数オフセットを推定し、推定した受信機50の局部発振光源の周波数オフセットの値が所定の値未満である場合に、光信号に基づく受信信号に対して等化处理を適応的に実行する適応等化フィルタにおけるフィルタ係数の更新が停止するように制御する。このように、光信号の搬送波の周波数に対して受信機の局部発振光源の周波数オフセットが小さい場合には、送信機特性補償部5343で用いるデジタルフィルタ、又は、受信機特性補償部5341で用いるデジタルフィルタの少なくともいずれかと、伝送路特性補償部5342で用いるデジタルフィルタそれぞれのフィルタ係数の更新ステップサイズを変更するように制御する。例えば、制御部538が、フィルタ係数の更新を停止するように制御する。すなわち、送信機特性と受信機特性の更新が行われなくなる。したがって、動作が不安定になることを抑制することができる。そのため、光信号の搬送波の周波数に対して受信機の局部発振光源の周波数オフセットが小さい場合でも、光信号の波形歪を安定的に補償することが可能になる。

[0068] さらに、制御部538は、フィルタ係数の更新が停止するように、周波数オフセットの値が小さいほど更新ステップサイズ「 μ_0 」を小さくする。例えば、周波数オフセットの値が所定の値（0あるいは0に近い値（例えば、周波数「 f_a 」））未満である場合に、更新ステップサイズが0となる関数を用いて更新ステップサイズ「 μ_0 」を算出する。これにより、周波数オフセットの値が0になれば、更新ステップサイズ「 μ_0 」の値も0になる。その結果、フィルタ係数の更新を停止させることができる。これによって、適応等化フィルタの係数の自由度が過剰に大きくならないように制限されるため、光信号の搬送波の周波数に対して、受信機の局部発振光源の周波数オフセット（絶対値）が小さい場合でも、光信号の波形歪を安定的に補償することが可能である。

[0069] （変形例）

上述した実施形態では、送信機特性補償部5343の後段に周波数オフセット補償部535が備えられる構成を示したが、図5に示すように周波数オ

フセット補償部 535 の後段に送信機特性補償部 5343 が備えられてもよい。図 5 は、変形例における復調デジタル信号処理部 5 の詳細な構成を説明するための図である。図 5 に示すように構成される場合、伝送路特性補償部 5342 は、複合歪み補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{y,out}$ を周波数オフセット補償部 535 に出力する。

[0070] 周波数オフセット補償部 535 は、伝送路特性補償部 5342 から出力された複合歪み補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{y,out}$ を入力とする。周波数オフセット補償部 535 は、入力した信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{y,out}$ に対して、制御部 538 で推定した局発光の周波数オフセットを用いて周波数オフセットを補償する。周波数オフセット補償部 535 は、周波数オフセット補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{y,out}$ を送信機特性補償部 5343 に出力する。

[0071] 送信機特性補償部 5343 は、周波数オフセット補償部 535 から出力された周波数オフセット補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{y,out}$ を入力とする。送信機特性補償部 5343 は、入力した周波数オフセット補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{y,out}$ に対してデジタルフィルタ（例えば 2×2 MIMO 構成）を用いて、送信機で生じる波形歪みを補償する。送信機特性補償部 5343 は、送信機 10 で生じる波形歪み補償後の信号 $S_{x,out}$ 、 $S_{y,out}$ を出力する。

[0072] （ハードウェア構成）

図 6 は、実施形態におけるデジタル信号処理部 530（信号処理装置）のハードウェア構成例を示す図である。デジタル信号処理部 530 は、CPU（Central Processing Unit）等のプロセッサ 101 が、不揮発性の記録媒体（非一時的な記録媒体）を有する記憶装置 103 とメモリ 102 とに記憶されたプログラムを実行することにより、ソフトウェアとして実現される。プログラムは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録されてもよい。コンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、例えばフレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM（Read Only Memory）、CD-ROM（Compact Disc Read Only Memory）等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク又はソリッド・ステート・ドライブ（SSD: Solid State Drive）

等の記憶装置などの非一時的な記録媒体である。通信部 104 は、所定の通信処理を実行する。

[0073] デジタル信号処理部 530 は、例えば、LSI (Large Scale Integrated circuit)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、PLD (Programmable Logic Device) 又は FPGA (Field Programmable Gate Array) 等を用いた電子回路 (electronic circuit 又は circuitry) を含むハードウェア (アクセラレータ) を用いて実現されてもよい。

[0074] 以上、この発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計等も含まれる。

産業上の利用可能性

[0075] 本発明は、光伝送システムに適用可能である。

符号の説明

[0076] 1…デジタルコヒーレント光伝送システム、5…復調デジタル信号処理部、10…送信機、20…WDM合波器、30…光ファイバ伝送路、31…光増幅器、40…WDM分波器、50…受信機、100…送信部、110…デジタル信号処理部、111…符号化部、112…マッピング部、113…トレーニング信号挿入部、114…サンプリング周波数変更部、115…波形整形部、116…予等化部、117-1~117-4…デジタル・アナログ変換器、120…変調器ドライバ、121-1~121-4…アンプ、130…光源、140…集積モジュール、141-1、141-2…IQ変調器、142…偏波合成部、500…受信部、510…局部発振光源、520…光フロントエンド、521…偏波分離部、522-1、522-2…光90度ハイブリッドカップラ、523-1~523-4…バランスフォトダイオード、524-1~524-4…アンプ、530…デジタル信号処理部、531-1~531-4…アナログ・デジタル変換器、532…フロントエンド補正部、533…波長分散補償部、534…適応等化部、535…周波数オフセット補償部、536…デマッピング部、537…復号部、538…制御部

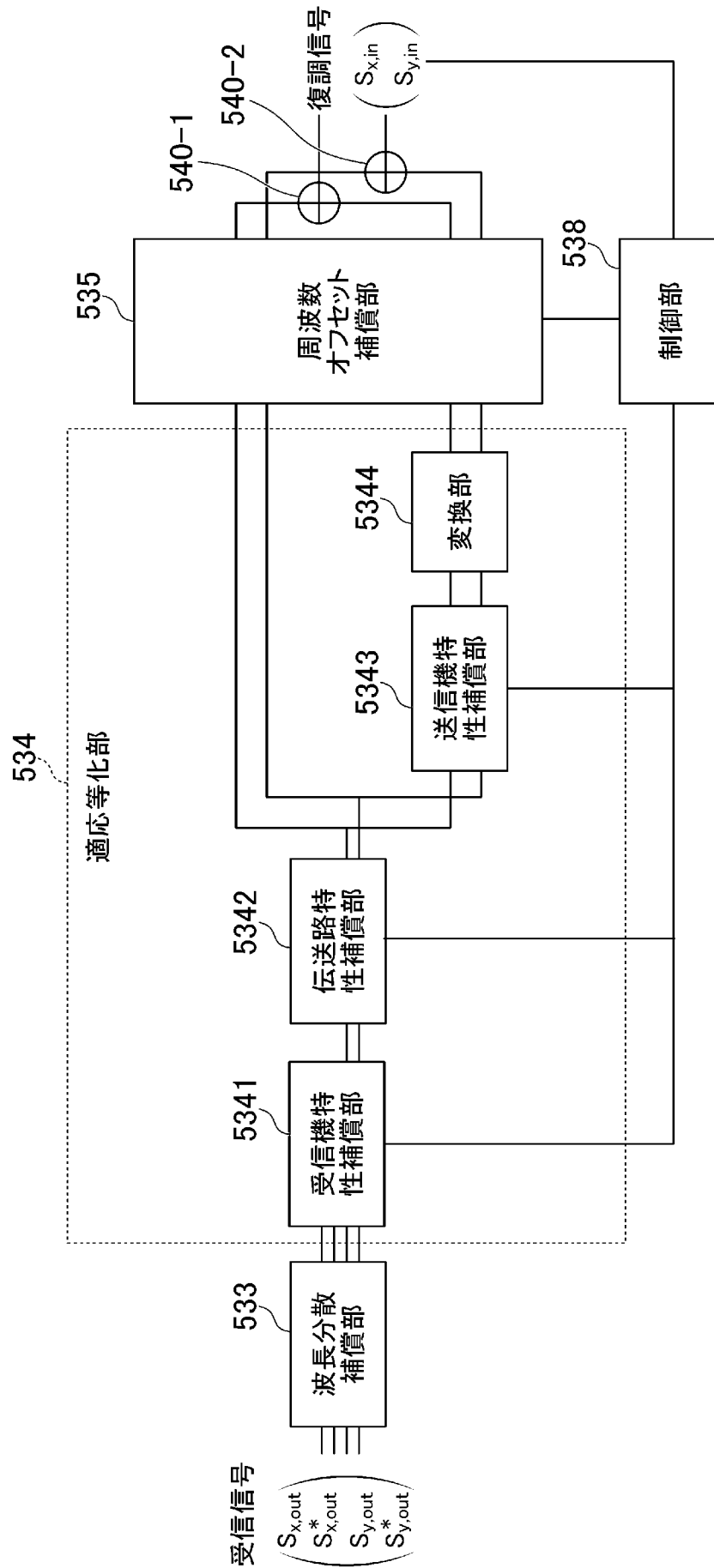
、5 3 4 1 …受信機特性補償部、5 3 4 2 …伝送路特性補償部、5 3 4 3 …
送信機特性補償部、5 3 4 4 …変換部

請求の範囲

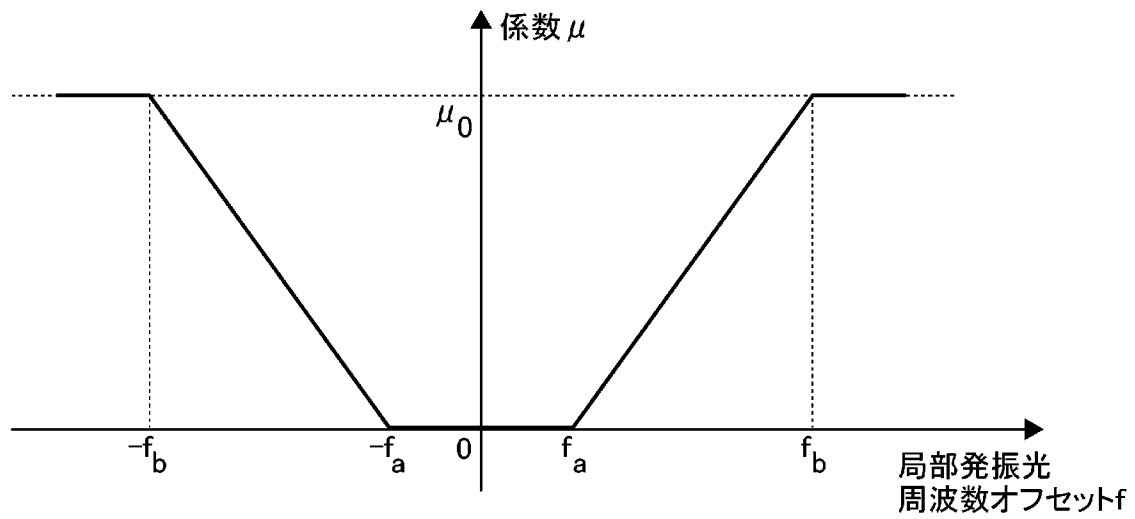
- [請求項1] 信号処理装置が実行する信号処理方法であって、
- 送信機から送信された光信号の搬送波の周波数に対する、前記光信号を受信した受信機の局部発振光源の周波数オフセットを推定し、
- 推定した前記受信機の局部発振光源の周波数オフセットの値が所定の値未満である場合に、前記光信号に基づく受信信号に対して等化処理を適応的に実行する前記送信機で生じる波形歪みを補償する送信機特性補償部で用いる適応等化フィルタ、又は、前記受信機で生じる波形歪みを補償する受信機特性補償部で用いる適応等化フィルタの少なくともいずれかと、伝送路で生じる波長分散以外の歪みを補償する伝送路特性補償部で用いる適応等化フィルタそれぞれにおけるフィルタ係数の更新ステップサイズを変更するように制御する、
- 信号処理方法。
- [請求項2] 前記フィルタ係数の更新では、前記周波数オフセットの絶対値が小さいほど前記フィルタ係数の更新ステップサイズを小さくする、
- 請求項1に記載の信号処理方法。
- [請求項3] 前記フィルタ係数の更新では、前記周波数オフセットの絶対値が前記所定の値未満である場合に、前記更新ステップサイズが0となる関数が用いられる、
- 請求項2に記載の信号処理方法。
- [請求項4] 送信機から送信された光信号の搬送波の周波数に対する、前記光信号を受信した受信機の局部発振光源の周波数オフセットを推定し、推定した前記受信機の局部発振光源の周波数オフセットの値が所定の値未満である場合に、前記光信号に基づく受信信号に対して等化処理を適応的に実行する前記送信機で生じる波形歪みを補償する送信機特性補償部で用いる適応等化フィルタ、又は、前記受信機で生じる波形歪みを補償する受信機特性補償部で用いる適応等化フィルタの少なくともいずれかと、伝送路で生じる波長分散以外の歪みを補償する伝送路

特性補償部で用いる適応等化フィルタそれぞれにおけるフィルタ係数の更新ステップサイズを変更するように制御する制御部、
を備える信号処理装置。

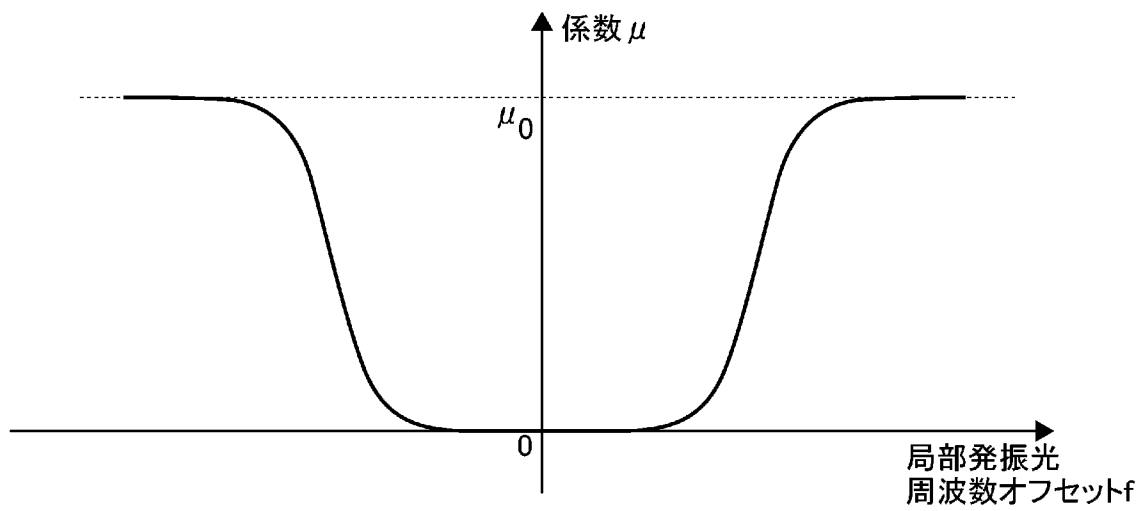
[図2]



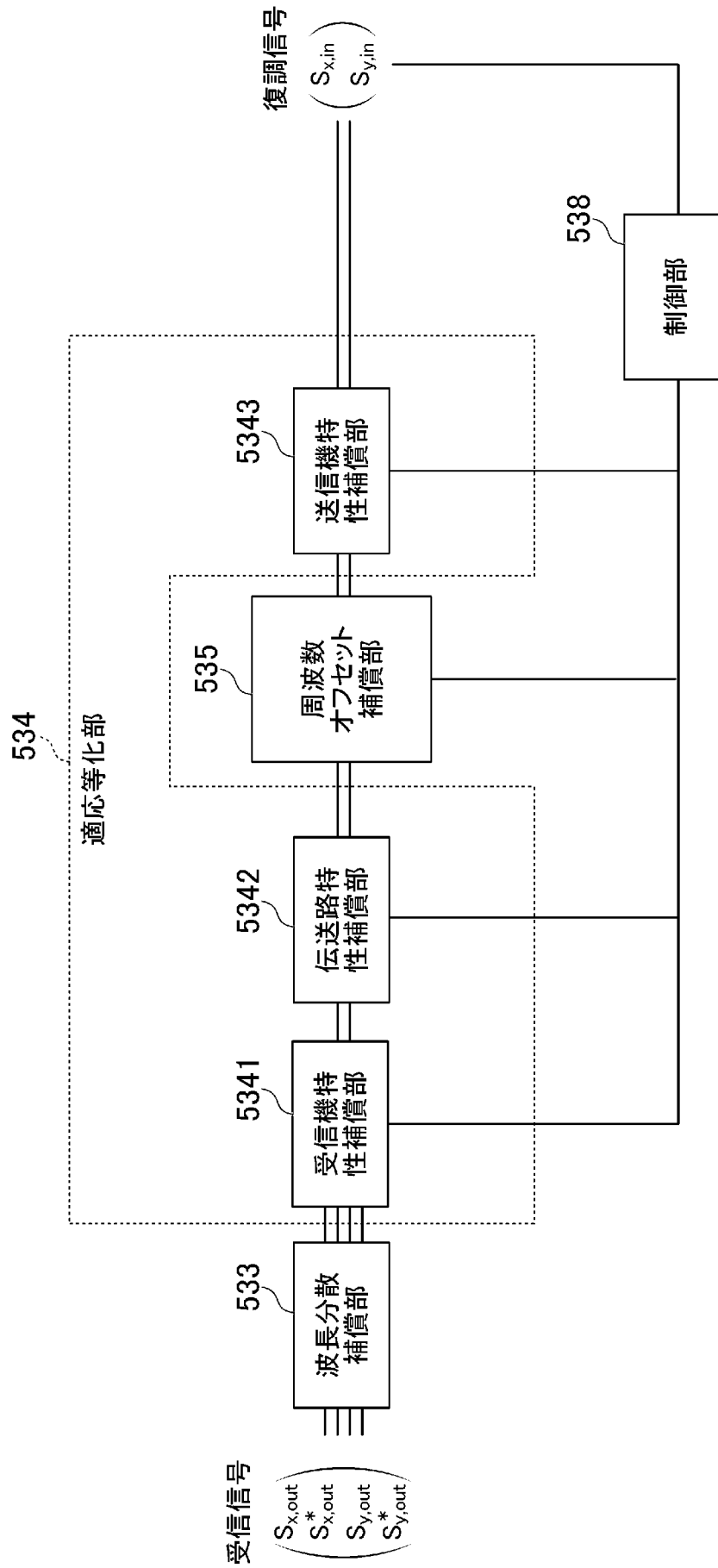
[図3]



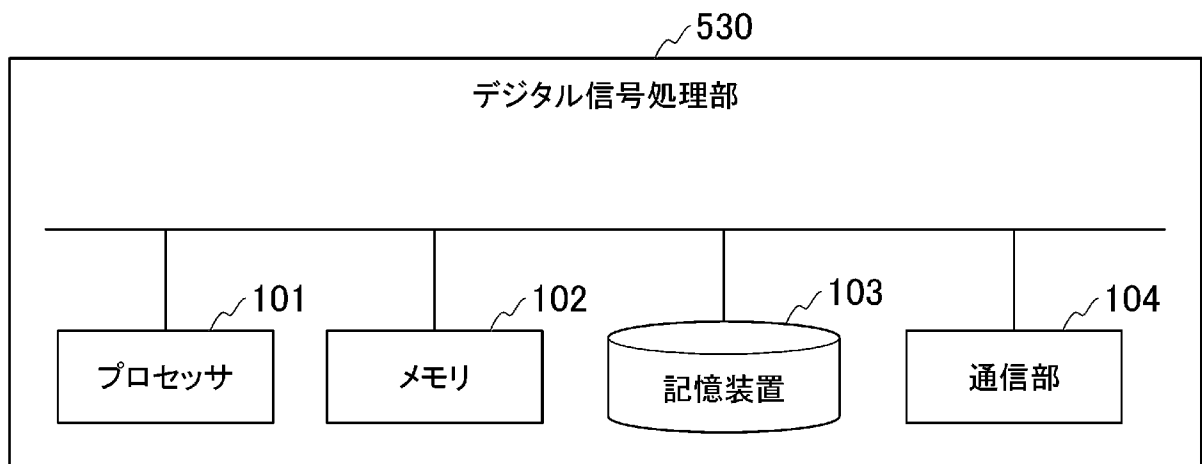
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/024935

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H04B 10/61**(2013.01)i

FI: H04B10/61

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)

H04B10/61

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.
A	WO 2023/073927 A1 (NEC CORPORATION) 04 May 2023 (2023-05-04)	1-4
A	WO 2020/175014 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 03 September 2020 (2020-09-03)	1-4
A	JP 2013-223128 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 28 October 2013 (2013-10-28)	1-4



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

24 August 2023

Date of mailing of the international search report

05 September 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
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/024935

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2023/073927	A1	04 May 2023	(Family: none)	
WO	2020/175014	A1	03 September 2020	US 2022/0149974	A1
JP	2013-223128	A	28 October 2013	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04B 10/61(2013.01)i FI: H04B10/61										
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）） H04B10/61 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> 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）			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
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									
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								
A	WO 2023/073927 A1（日本電気株式会社）04.05.2023（2023 - 05 - 04）	1-4								
A	WO 2020/175014 A1（日本電信電話株式会社）03.09.2020（2020 - 09 - 03）	1-4								
A	JP 2013-223128 A（日本電信電話株式会社）28.10.2013（2013 - 10 - 28）	1-4								
☐ 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。										
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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						
* 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 24.08.2023	国際調査報告の発送日 05.09.2023									
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） 後澤 瑞征 5K 4540 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/JP2023/024935

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2023/073927	A1	04.05.2023	(ファミリーなし)	
WO	2020/175014	A1	03.09.2020	US 2022/0149974	A1
JP	2013-223128	A	28.10.2013	(ファミリーなし)	