(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
2010 年 5 月 6 日(06.05.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/050124 A1

(51) 国際特許分類:
H04B 10/02 (2006.01) *H04B 10/18* (2006.01)
H04B 10/00 (2006.01) *H04B 10/24* (2006.01)
H04B 10/04 (2006.01) *H04B 10/26* (2006.01)
H04B 10/06 (2006.01) *H04B 10/28* (2006.01)
H04B 10/14 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2009/005159

(22) 国際出願日: 2009 年 10 月 5 日(05.10.2009)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2008-280695 2008 年 10 月 31 日(31.10.2008) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 関根賢郎 (SEKINE, Kenro) [JP/JP]; 〒2448567 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町２１６番地株式会社日立製作所通信ネットワーク事業部内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: ポレール特許業務法人 (Polaire I.P.C.); 〒1040032 東京都中央区八丁堀二丁目７番１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, 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, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

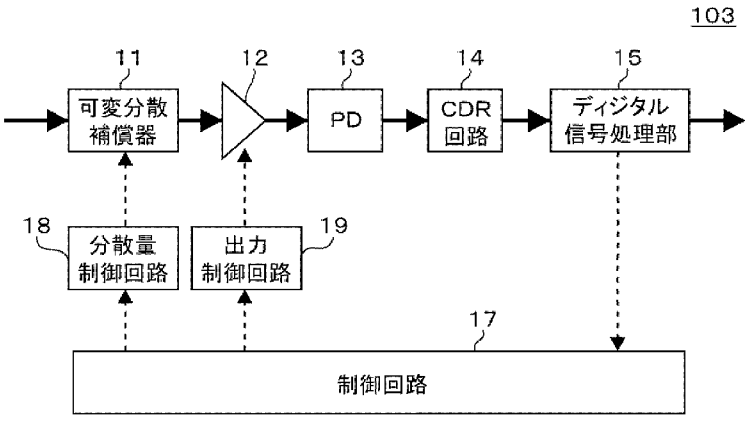
[続葉有]

(54) **Title**: OPTICAL RECEIVER

(54) 発明の名称 : 光受信機

[図6]

図６



11 VARIABLE SPREAD COMPENSATOR
14 CDR CIRCUIT
15 DIGITAL SIGNAL PROCESSING UNIT
18 SPREAD AMOUNT CONTROL CIRCUIT
19 OUTPUT CONTROL CIRCUIT
17 CONTROL CIRCUIT

(57) **Abstract**: Provided is a method for controlling a variable spread compensator which can be accurately controlled with a cheap configuration and even under a high SNR condition in an optical receiver of a long-distance high-speed WDM/OADM system. The method acquires signal reception characteristic data (code error ratio, clock extraction enabled/disabled result, frame synchronization enabled/disabled result) and derives an optimal spread compensation amount of the spread compensator. When these signal reception characteristic data are saturated because of a high SNR and it is impossible to obtain a desired spread control accuracy, the input level of a photodiode is lowered by controlling the output level of an amplifier or a variable-light attenuator, so as to acquire the signal reception characteristic data in the state of degraded reception SNR and re-derive the optimal spread compensation amount of the spread compensator.

(57) 要約: 長距離高速ＷＤＭ／ＯＡＤＭシステムにおける光受信機において、安価な構成で、かつ高いＳＮＲ条件化でも高精度で制御可能な可変分散補償器の制御手法を提供する。 信号受信特性データ（符号誤り率、クロック抽出可否結果、フレーム同期可否結果）を取得し、分散補償器の最適分散補償量を導出する。これらの信号受信特性データが高ＳＮＲに起因して飽和し、所望の分散制御精度が得られない場合には、アンプまたは可変光アッテネータの出力レベルを制御することにより、フォトダイオードの入力レベルを低下させ、受信ＳＮＲを劣化させた状態にて、信号受信特性データを取得し、分散補償器の最適分散補償量を再導出する。

WO 2010/050124 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 光受信機

技術分野

[0001] 本発明は光受信機に係り、特に可変分散補償器を搭載した光受信機に関する。

背景技術

[0002] インターネットに代表されるデータ通信の普及により、アクセス網からメトロ網、コア網にいたるまで、通信回線の光化（光ファイバ化）が爆発的に進められている。今日のファイバ通信では、波長多重（ＷＤＭ：Wavelength Division Multiplexing）技術が普遍的な技術となっている。また、大容量かつ超長距離の通信を実現するために、波長多重の多チャネル化の競争も激化している。また、伝送容量の大容量化には、チャネル数の増大とともに、個々のチャネルの高速化も重要な課題である。現在、個々のチャネルの最大伝送速度としては１０Ｇｂｉｔ／ｓが普及しているが、伝送速度を４倍に高めた４０Ｇｂｉｔ／ｓの送受信機も導入が開始されている。

[0003] しかしながら、光ファイバ通信においては、光ファイバ中の波長分散という特性によって、光波形が劣化し、伝送速度や伝送距離が制限されてしまう。波長分散（以下、分散と称する）とは、光ファイバ中で信号が伝播する群速度の波長依存性のことである。一般に、光信号は、非常に狭いスペクトル幅を有している。このため光信号は、単一波長光と称されることも多い。しかし、光信号は、厳密には有限なスペクトル広がりを持ち、波長成分を持っている。したがって、分散値がゼロでない場合、つまり、光の伝播速度（群速度）の波長依存性が無視できない場合には、単一光のなかでも、光ファイバ中をゆっくり進む成分と早く進む成分が現れる。すなわち、分散により、ファイバ伝送とともに、光信号波形は、徐々に広がっていく。この結果、光信号は、ファイバ伝送後には波形歪みが発生して受信特性が劣化する。分散の量は、ファイバ長に比例するので、結果として、伝送距離が制限される。

[0004] 分散量は、光ファイバの種類や距離に依存する。数値で説明すると、敷設済み光ファイバとして最も一般的な通常分散ファイバ（ＳＭＦ：Single Mode Fiber）の場合、分散量は、およそ１７ｐｓ／ｎｍ／ｋｍである。１０Ｇｂｉｔ／ｓの伝送システムでは、光信号の分散耐力は１０００ｐｓ／ｎｍ程度である。したがって、ＳＭＦの場合、伝送路長が６０ｋｍ以上となると、伝送システムは、波形歪みの影響で受信が不可能となってしまう。分散の影響は、信号ビットレートの２乗に反比例する。つまり、４０Ｇｂｉｔ／ｓの伝送システムでは、前述の値の１／１６となってしまい、分散への対策無しには数ｋｍの伝送しか達成できなくなってしまう。

[0005] 分散による波形歪みの影響を回避する手法としては、分散補償器の適用が一般的である。分散補償器は、伝送路の光ファイバの分散特性と逆符号の分散特性を持つ光デバイスである。この分散補償器によって、光ファイバ中の分散を打ち消して、分散による波形歪みを抑制することが可能となる。分散補償器としては、分散補償ファイバ（ＤＣＦ：Dispersion Compensation Fiber）が最も使用されている。分散補償ファイバは、ファイバの材料と構造に工夫を加えることにより、伝送路の光ファイバと逆の分散特性を保持させた光ファイバである。分散補償器には、ある特定波長での分散を打ち消すタイプの他に、伝送路の光ファイバの分散波長依存性（分散スロープ）をも打ち消すようなタイプもある。また、ＤＣＦの分散補償量は、ＤＣＦの長さによって決定される。したがって、一旦長さを決定してファイバ長を固定すると、分散の補償量も固定となる。こうした分散補償器は、分散補償量が固定という意味で、固定分散補償器と称される。

[0006] 固定分散補償器は、前述のＤＣＦのほか、ファイバグレーティングも一般的である。ファイバグレーティングは、光ファイバに紫外線を照射して、光ファイバ内部に光の波長オーダでの屈折率変化構造を形成したものである。ファイバグレーティングは、屈折率変化構造がグレーティング（回折格子）のように振る舞い、特定波長において反射ミラーとして作用する。この屈折率変化構造を、光ファイバの軸方向に対して周期が狭く（あるいは広く）な

っていくように形成する。この結果、ファイバグレーティングは、波長毎に反射時の遅延量を調整可能となる。従って、適切にこの周期を設計することより、ファイバグレーティングは、伝送路の光ファイバの分散特性を打ち消すことが可能となる。こうした、分散補償可能なファイバグレーティングは、チャープトファイバグレーティング（ＣＦＢＧ：Chirped Fiber Grating）と称される。

[0007] しかしながら、４０Ｇｂｉｔ／ｓシステムのような超高速伝送においては、前述のように分散耐力が６５ｐｓ／ｎｍ未満と非常に狭い。このため、固定分散補償器では、伝送ファイバの長さに応じた細かい調整が困難である。また、ＷＤＭシステムを考えた場合には、分散補償量のみならず、分散スロープを考慮する必要がある。ここで、分散スロープは、分散補償量自身の波長依存性である。換言すれば、分散補償量の波長依存性は、ＷＤＭ信号中での信号波長毎の分散量の違いである。このように波長毎に補償する分散量を固定分散補償器で調整しようとした場合には、様々な補償量の固定分散量を多数あらかじめ準備しておく必要がある。すなわち、コストの面で問題がある。

[0008] 前述したように、この分散スロープをも補償するＤＣＦも存在する。しかし、完全に分散スロープを補償することは困難である。特に、４０Ｇｂｉｔ／ｓシステムのような分散耐力が厳しい伝送装置にでは、やはり波長毎の分散調整が必要となり、固定分散補償器では実現が困難である。

[0009] 分散補償量が可変な可変分散補償器としては、特許文献１に示される回折格子を用いたバーチャル・イメージ・フェーズ・アレイ（ＶＩＰＡ：Virtual Image Phase Array）がよく知られている。また、前述のＣＦＢＧの軸方向に温度勾配を形成する手法もよく知られている。ＣＦＢＧは、この温度勾配を制御することによって分散補償量が可変となる。

[0010] 可変分散補償器の分散補償量を最適値に制御するためには、適応制御回路が必要となる。適応制御回路は、受信機での受信特性データが最適値となるように、可変分散補償器をフィードバック制御する。こうした制御回路とし

て、特許文献２の第１図がある。

[0011] 図１は、この第１図を模式的に再構成した光受信機のブロック図である。図１において、光受信機は、可変分散補償器２０１、フォトダイオード（ＰＤ）２０２、クロックデータリカバリ回路（ＣＤＲ：Clock Data Recovery）２０３、自動等化制御部２０８で構成される。自動等化制御部２０８は、誤り検出回路２０４、識別電圧制御部２０５、分散量制御回路２０６、雑音光発生器２０７で構成される。

[0012] この構成では受信特性データとして、符号誤り率（ＢＥＲ：Bit Error Rate）を用いている。この光受信機は、可変分散補償器２０１に入力される光信号に、雑音光発生器２０７で発生させた雑音光を多重する。可変分散補償器２０１を経た光信号について、ＰＤ２０２は、電気信号に変換する。電気信号について、クロックデータリカバリ回路２０３は、クロックとデータを識別する。ＣＤＲ２０３にて復元されたディジタル信号について、誤り検出回路２０４は、信号誤りを検出し、ＢＥＲを算出する。この符号誤り率が最小となるように、分散量制御回路２０６は、可変分散補償器２０１を制御する。

特許文献３は、差動４値位相変調（ＤＱＰＳＫ：Differential Quadrature Phase Shift Keying）を用いる光送信機と光受信機を開示している。

先行技術文献

特許文献

[0013] 特許文献1：特表２０００－５１１６５５号公報

特許文献2：特開平９－３２６７５５号公報

特許文献3：特表２００４－５１６７４３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0014] 受信機での受信特性データが最適値となるように可変分散補償器をフィードバック制御する手法では、その受信特性データの分散に対する感度が重要

となってくる。特に符号誤り率を元に分散補償量を最適化する場合には、受信信号の信号対雑音比（ＳＮＲ：Signal-to-Noise Ratio）の影響が重要である。なぜならば、ＢＥＲは理論的にＳＮＲに対して単調減少となるので、十分にＳＮＲが高い場合、すなわち雑音に対して信号パワーが十分に大きい場合、ＢＥＲが非常に小さな値となる。この場合、エラーの発生頻度が数時間～数日に１個程度となる。つまり、ＢＥＲの値を基準にフィードバック制御するためには、誤り率が低すぎる事態が起こりうる。

[0015] 実際に光通信システムを構築する際には、システムの経年変化や突発的な変動事象に対応するために、十分なＳＮＲマージンを確保すること、つまりＳＮＲを十分に高くすることが必須である。このＳＮＲマージン確保によって、誤り率が低くなり、可変分散補償器の制御に必要な感度が得られなくなる可能性がある。

本発明は、可変分散補償器の分散補償値を精度良く設定可能な光受信機を提供する。

課題を解決するための手段

[0016] 上述した課題は、受信した光信号に対する分散補償量を調節可能な可変分散補償器と、可変分散補償器で分散補償された光信号の出力レベルを調整する光出力レベル調整器と、この光出力レベル調整器により出力レベル調整された光信号を電気信号に変換するフォトダイオードと、可変分散補償器の分散補償量を調節し、フォトダイオードにより変換された電気信号から光信号の受信品質情報を取得し、この受信品質情報に基づいて光出力レベル調整器の出力レベルを調節する制御部とを有する光受信機により、達成できる。

[0017] また、受信した光信号の出力レベルを調整する光出力レベル調整器と、この光出力レベル調整器において出力レベル調整された光信号に対する分散補償量を調節可能な可変分散補償器と、この可変分散補償器で分散補償を実施された光信号を電気信号に変換するフォトダイオードと、可変分散補償器の分散補償量を調節し、フォトダイオードにより変換された電気信号から光信号の受信品質情報を取得し、この受信品質情報に基づいて光出力レベル調整

器の出力レベルを調節する制御部とを有する光受信機により、達成できる。

発明の効果

[0018] 本願発明によれば、簡易な構成で可変分散補償器を制御可能となる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]背景技術の受信機の構成を説明するブロック図である。

[図2]分散補償量と符号誤り率の関係を説明するグラフである。

[図3A]ネットワーク構成を説明するブロック図（その１）である。

[図3B]ネットワーク構成を説明するブロック図（その２）である。

[図3C]ネットワーク構成を説明するブロック図（その３）である。

[図3D]ネットワーク構成を説明するブロック図（その４）である。

[図4]ＷＤＭ装置の構成を説明するブロック図である。

[図5]ＯＡＤＭ装置の構成を説明するブロック図である。

[図6]受信機の構成を説明するブロック図である。

[図7]制御回路の制御フローチャートである。

[図8]受信機の他の構成を説明するブロック図である。

[図9]受信機のさらに他の構成を説明するブロック図である。

[図10]受信機のさらにさらに他の構成を説明するブロック図である。

[図11]制御回路の他の制御フローチャートである。

[図12]制御回路のさらに他の制御フローチャートである。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、本発明の実施の形態について、実施例を用い図面を参照しながら詳細に説明する。まず、符号誤り率が十分に低い場合の問題点について、図２を参照して、説明する。図２において、横軸は分散補償量、縦軸は対数目盛のＢＥＲである。図２は、４０Ｇｂｉｔ／ｓ、ＤＱＰＳＫ信号における分散補償量と誤り率（ＢＥＲ）の関係について光ＳＮＲ（ＯＳＮＲ：Optical SNR）をパラメータとした測定結果である。ＯＳＮＲが２０ｄＢの場合には、特性カーブは放物線に似た軌跡を描き、誤り率が最小となる分散補償量の最適値は０ｐｓ／ｎｍ近傍にあることが容易に判断可能である。しかし、ＯＳＮ

Ｒが３０ｄＢの場合には、分散補償量－２２０ｐｓ／ｎｍから２５０ｐｓ／ｎｍに渡って誤り率が１Ｅ－１２以下となってしまう。

[0021] 誤り率は、１秒間のビットエラー数により定義される。したがって、１Ｅ－１２の誤り率は、２５０秒（１／（４０×１０＾９×１０＾－１２））に１回のエラーに相当する。実際のシステムの運用を考慮すると、分散補償器をフィードバック制御する際のモニタ積分時間は、最長でも数秒程度であり、１Ｅ－１２よりも誤り率が低い場合には一律に誤りゼロ、つまり有意差無しと判定される。つまり、図２に示すように、分散補償量－２２０ｐｓ／ｎｍから２５０ｐｓ／ｎｍに渡って、制御の入力情報が飽和して底に張り付いた状態となってしまう。

[0022] 対策として、制御入力情報が飽和したのであれば、その中心値を最適値とする手法が考えられる。図２の場合のＯＳＮＲ＝３０ｄＢの場合では、分散補償量－２２０ｐｓ／ｎｍから２５０ｐｓ／ｎｍに渡って誤り率が飽和する。したがって、最適分散補償量は、その中心の１５ｐｓ／ｎｍと算出される。しかし、この算出手法は、分散ｖｓ誤り率の特性カーブが分散方向に対して非対称となる場合、最適分散補償量を算出できない。図２の場合では、分散方向に対してほぼ対称となっているが、伝送路ファイバの非線形応答の影響が無視できない場合には、自己位相変調（ＳＰＭ：Self Phase Modulation）や相互位相変調（ＸＰＭ：Cross Phase Modulation）等といった非線形現象と分散の相互作用が発生し、分散ｖｓ誤り率の特性が非対称になる可能性がある。

実施例 1

[0023] 実施例１について、図３から図７を用いて説明する。まず、図３を参照して、光受信機が適用されるネットワーク構成を説明する。図３Ａは、ポイントツーポイントのネットワーク構成である。図３Ａにおいて、各光ノード１５１は、光ファイバ１５２で直線上に接続されている。各光ノード１５１は、ルーターに代表される複数の外部の通信機器（図示せず）と接続されている。複数の外部の通信機器は、この光ネットワークを介して、遠隔地の離れ

た通信機器通しでの通信が実現している。

[0024] 両端の光ノード１５１では、複数の電気信号が複数の光信号に変換されて送信される。また、両端の光ノード１５１では、複数の光信号が受信されて複数の電気信号に変換される。つまり、光ノードは、複数の波長の異なる信号を合分波して送受信を行うＷＤＭ装置によって構成されている。また、中間の光ノード１５１においても、一部の複数の光信号が送信（アッド）あるいは受信（ドロップ）されることもある。つまり、光ノード１５１は、光アッドドロップ装置（ＯＡＤＭ：Optical Add/Drop Multiplexer）によって構成されることもある。

[0025] 図３Ｂは、スター型ネットワーク構成である。また、図３Ｃは、リング型ネットワーク構成である。図３Ｂおよび図３Ｃにおいて、各光ノード１５１は、同様にＷＤＭ装置またはＯＡＤＭ装置によって構成されている。

図３Ｄは、メッシュ型ネットワーク構成である。図３Ｄにおいて、各光ノード１５１は、同様にＷＤＭ装置、ＯＡＤＭ装置または光クロスコネクト装置よって構成されている。

[0026] 図４を参照して、光伝送システムとその光ノードを構成するＷＤＭ装置の構成を説明する。なお、図４の構成は、図３Ａに対応している。図４において、光伝送システムは、光ノード１５１－１、光ノード１５１Ａ、光ノード１５１－２、それらを接続する光ファイバ１１１で構成されている。端局の光ノード１５１－１および光ノード１５１－２は、ＷＤＭ装置である。ＷＤＭ装置は、トランスポンダ１０５、ＷＤＭ送受信装置１１０から構成されている。中継局の光ノード１５１Ａは、ＷＤＭ中継装置１１３から構成される。トランスポンダ１０５は、ローカル側受信機（Ｒｘ）１０１、ＷＤＭ側送信機（Ｔｘ）１０２、ＷＤＭ側受信機１０３、ローカル側送信機１０４から構成されている。ＷＤＭ送受信装置１１０は、合波器１０６、送信光アンプ（光増幅器）１０７、受信光アンプ１０８、分波器１０９から構成されている。また、ＷＤＭ中継装置１１３は、双方向の中継光アンプ１１２から構成されている。

[0027] 図示しないルーター等の外部通信装置は、トランスポンダ１０５に接続される。以下信号の流れを説明する。ルーター側からの信号について、トランスポンダ１０５の内部のローカル側受信機１０１ａは、受信する。ローカル側受信機１０１ａは、ＷＤＭ側の仕様に応じたフレーム変換、誤り訂正符号追加を実施する。ＷＤＭ側送信機１０２ａは、光変調を実施する。ＷＤＭ側送信機１０２ａは、ＷＤＭ側の適切なｇｒｉｄ上の波長にて出力する。

[0028] 合波器１０６ａは、複数のＷＤＭ側送信機１０２ａからの光信号を波長多重して、ＷＤＭ信号を形成する。送信光アンプ１０７ａは、ＷＤＭ信号を増幅して、光ファイバ１１１ａに出射する。伝送路である光ファイバ１１１ａが長い場合には、適時、ＷＤＭ中継装置１１３が挿入され、低下した光パワーが復元される。対向するＷＤＭ送受信装置１１０に達したＷＤＭ信号について、受信光アンプ１０８ａは、それを増幅する。分波器１０９ａは、ＷＤＭ信号を個々の波長毎に分波する。トランスポンダ１０５の内部のＷＤＭ側受信機１０３ａは、仕様に応じて、光復調（電気信号への変換）、謝り訂正符号の復号化、外部機器に適したフレーム化する。ローカル側送信機１０４ａは、再び光信号に変換して、ルーター等の外部通信機器に送信する。

図４の右から左への対向信号、すなわちローカル側受信機１０１ｂからローカル側送信機１０４ｂに至る信号の流れも同様である。

[0029] また、図５に示すように、光ノード１５１は、ＯＡＤＭ装置１１７より構成されることもある。図５において、光ノード１５１Ｂは、トランスポンダ１０５、ＯＡＤＭ装置１１７とから構成されている。ＯＡＤＭ装置１１７は、双方向の、受信光アンプ１０８、分波器１０９、合波器１０６、送信光アンプ１０７から構成されている。ＯＡＤＭ装置１１７は、波長多重された一部の信号について、トランスポンダ１０５を経由することなく、スルー光回線１１４によってスルー接続する。ＯＡＤＭ装置１１７は、また、ＷＤＭ信号の中の一部の信号について、アッド回線１１５およびドロップ回線１１６を経て、トランスポンダ１０５と接続する。

[0030] 図６を参照して、トランスポンダの内部のＷＤＭ側光受信機の構成を説明

する。図６において、ＷＤＭ側光受信機１０３は、可変分散補償器１１、光アンプ１２、フォトダイオード（ＰＤ）１３、クロックデータリカバリ回路（ＣＤＲ）１４、ディジタル信号処理部１５、制御回路１７、分散量制御回路１８、出力制御回路１９から構成されている。

[0031] 可変分散補償器１１は、所望の分散補償量による分散補償を実施する。光アンプ１２は、所望の光レベルにまで光増幅する。フォトダイオード１３は、光信号を電気信号に変換する。フォトダイオード１３の出力電気信号は、伝送路によりアナログ化された光信号を直接変換した電気アナログ信号である。

[0032] クロックデータリカバリ回路１４は、この電気アナログ信号より、クロックの抽出、および識別器によってディジタルデータの復元（ディジタルデータ化）を行なう。ディジタル信号処理部１５は、ＣＤＲ１４から出力されたディジタル信号について、誤り訂正符号（ＦＥＣ：Forward Error Correction code）の復号化処理、フレーム処理を実施する。ディジタル信号処理部１５は、受信品質情報取得し、制御回路１７に送信する。

[0033] 制御回路１７は、分散量制御回路１８を制御して、可変分散補償器１１の分散補償量の制御を行なう。また、制御回路１７は、出力制御回路１９を制御して、光アンプ１２の出力パワー制御を行なう。なお、ディジタル信号処理部１５は、フレーム処理後の電気信号について、ローカル側送信機１０４に送信する。

[0034] 図７を参照して、制御回路の制御フローを説明する。図７において、制御回路１７は、受信品質情報として、符号誤り率（ＢＥＲ）を用いる。符号誤り率は、ディジタル信号処理部１５によって、誤り訂正符号（ＦＥＣ）による訂正前の誤り数から算出する。また、ＳＤＨ、ＳＯＮＥＴ、ＯＴＮ各種フレーム中のオーバーヘッドに設けられたビットインターリーブトパリティ（ＢＩＰ）からも算出可能である。この制御回路１７の制御フローは、主にトランスポンダ１０５を起動した直後か伝送処理を介した序盤に行われる処理である。図７の制御フローが完了した後は、可変分散補償器１１は設定され

た分散補償量で通常の転送処理を行なう。

[0035] まず、制御部１７は、可変分散補償器１１の分散補償量を所定のステップで変化させながら、その都度、各分散補償量に対する符号誤り率（ＢＥＲ）を受信品質情報として取得する（Ｓ５０１）。分散補償量のステップ幅は、伝送レート、変調方式、可変分散補償器１１自体の設定分解能等を考慮して、ケースバイケースで決定される。ここでは、１０ｐｓ／ｎｍとする。また固定ステップ幅である必然はなく、受信品質情報の値に応じて、適時ステップ幅を変化させる可変ステップ幅の場合も考えられる。符号誤り率は、ディジタル信号処理部１５で求められる。

[0036] 続いて、制御部１７は、得られた分散補償量ｖｓ符号誤り率の特性より、「測定した符号誤り率」＜「あらかじめ定めた基準の符号誤り率」を満たす分散補償量の下限Ｄ１および上限Ｄ２を算出する（Ｓ５０２）。当初のＳＮＲ値を３０ｄＢとする。ここで、「あらかじめ定めた基準の符号誤り率」を「１Ｅ－８」とすると、図２よりＤ１＝－２４０ｐｓ／ｎｍ、Ｄ２＝２６０ｐｓ／ｎｍとの結果が得られる。

[0037] 次に、制御部１７は、上記の値Ｄ１、Ｄ２、そして「あらかじめ定めた分散領域の基準幅ΔＤ」に対して、｜Ｄ２－Ｄ１｜＜ΔＤを満たすかどうかの判定を行う（Ｓ５０３）。「あらかじめ定めた分散領域の基準幅ΔＤ」は、分散補償の精度をあらわす値である。この幅が狭ければそれだけ、高精度の分散補償が実現する。この値も、伝送レート、変調方式、可変分散補償器１１自体の設定分解能、あるいはファイバ長やスパン数、ファイバ入力パワー等の伝送設計内容等を考慮して、ケースバイケースで決定される。ここでは、ΔＤ＝１００ｐｓ／ｎｍとする。｜Ｄ１－Ｄ２｜＝５００ｐｓ／ｎｍであるので、ここでの判定結果はＮＯとなる。

[0038] 判定結果がＮＯであった場合、制御部１７は、光アンプ１２の出力レベルを低下させて、フォトダイオード１３でのＳＮＲを低下させる（Ｓ５０４）。ここで出力レベルをどの程度低下させる必要があるかを以下に説明する。光アンプ１２の雑音指数が、出力レベルに無依存な場合には、光アンプ１２

の出力レベルを変化させたところで、光雑音レベルも同量変化するため、光アンプ出力での光ＳＮＲに変化はない。

[0039] しかし、フォトダイオード１３の出力でのＳＮＲの場合には、回路雑音を考慮する必要がある。つまり、フォトダイオード出力での雑音は、（１）信号ショット雑音、（２）光雑音ショット雑音、（３）光信号と光雑音のビート雑音、（４）光雑音と光雑音のビート雑音、そして（５）フォトダイオードの回路雑音（熱雑音）が主な雑音である。このうち（１）（２）（３）（４）はフォトダイオードへの入力パワーに依存して変動する雑音である。一般にフォトダイオードに適切な入力パワーで入射した場合には、（３）の光信号と光雑音のビート雑音が支配的な雑音となる。

[0040] この状態は一般にビート雑音限界と称されている。しかし、入力パワーを徐々に下げることによって（３）光信号と光雑音のビート雑音と（５）熱雑音が同程度の値となった場合、これよりさらに入力パワーを下げると支配的な雑音は（５）熱雑音となる。つまり、入力パワーを（３）光信号と光雑音のビート雑音と（５）熱雑音が同程度になる領域にまで下げ、この近傍で入力パワーを調整することによって、光アンプ１２の出力レベルを変化させることでもＳＮＲの調整が可能となる。一般に（５）熱雑音が支配的になり伝送品質が劣化する入力レベルがフォトダイオードの受信感度となるので、受信感度の近傍にレベルを下げることで、光アンプ１２の出力レベルを変化させることによるＳＮＲの調整が可能となる。

[0041] 再びフローの説明に戻る。制御部１７は、光アンプ１２の出力レベルを低下させ、実効的なＳＮＲが２０ｄＢまで減少したものとする。制御部１７は、分散ｖｓ符号誤り率の再測定する。そして、測定した符号誤り率」＜「あらかじめ定めた基準の符号誤り率（＝１Ｅ－８）」を満たす分散補償量の下限Ｄ１、および時上限Ｄ２はそれぞれ、－２０ｐｓ／ｎｍ、＋４０ｐｓ／ｎｍとなる。そして｜Ｄ２－Ｄ１｜＜ΔＤの判定結果は、６０ｐｓ／ｎｍ＜１００ｐｓ／ｎｍとなり、判定結果はＹＥＳとなる。

[0042] ｜Ｄ２－Ｄ１｜＜ΔＤの判定結果がＹＥＳとなった場合、制御部１７は、

最適分散補償量を（Ｄ２＋Ｄ１）／２で算出し、最適分散補償量は＋１０ｐｓ／ｎｍと導出される。この値を分散補償器１１に設定する（Ｓ５０５）。

[0043] 最後に、光アンプ１２の出力レベルを当初の初期値に戻し（Ｓ５０６）、終了する。ここで、初期値とは、低下させた光アンプ１２出力レベルを分散補償器１１の分散補償量を調整し始めるときの値とすることである。

[0044] また、光アンプ１２と可変分散補償器１１の接続順序は任意である。光アンプ１２を可変分散補償器１１の上流に設置したとしても、光アンプ１２の出力レベルを変化させることで、フォトダイオード１３の入力レベルが変化することに変わりはない。さらに、光アンプ１２を可変分散補償器１１の上流および下流の双方に設置した場合も同様に有効である。

[0045] 光アンプ１２の代わりに、図８のように可変光アッテネータ（光減衰器）２０を用いてもよい。図８において、ＷＤＭ側光受信機１０３Ｂは、可変分散補償器１１、可変光アッテネータ２０、フォトダーオード（ＰＤ）１３、クロックデータリカバリ回路（ＣＤＲ）１４、ディジタル信号処理部１５、制御回路１７、分散量制御回路１８、出力制御回路１９から構成されている。

[0046] 可変光アッテネータ２０は、フォトダーオード１３への、入力レベルを低下させる。可変分散補償器１１からの出力光信号が、フォトダイオード１３への十分な入力レベルにあるとき、可変光アッテネータ２０は、フォトダイオード１３への入力レベルを低下させて、ＳＮＲを調整する。その手順は、図７のステップ５０４を、可変光アッテネータの出力を減少させると読み替えればよい。

なお、図６の光アンプ、図８の可変光アッテネータは、ともに光出力レベル調整器である。逆に、光出力レベル調整器は、光アンプ、可変光アッテネータを含み、これらに限られない。

[0047] 上述した実施例は、特に４０Ｇｂｉｔ／ｓの受信機に有効である。上述した（１）～（５）の雑音量はいずれも電気信号帯域に比例する。電気信号帯域は、可能な限り狭めることがのぞましい。しかし、信号周波数よりも狭め

ると、必要な情報が伝送されないことになる。つまり、電気信号帯域は、信号ビットレートに比例する。４０Ｇｂｉｔ／ｓの受信機では１０Ｇｂｉｔ／ｓの受信機よりも４倍、つまり６ｄＢ受信感度が原理的に劣化する。さらに実際のフォトダイオードやフロントエンド部のアナログ電気回路では波形劣化や効率低下に起因してさらに感度劣化要因が発生する。このため、受信感度の劣化量は６ｄＢ以上となる。つまり、４０Ｇｂｉｔ／ｓの受信機では感度劣化（最低受信光パワーの増大）が発生するため、光アンプ１２の出力レベルを低下させて受信感度の近傍にレベルを下げることが容易になり、本実施例の実現容易性がさらに高まる。

[0048] また、４０Ｇｂｉｔ／ｓのシステムでは、さらなる伝送距離の増大化や特性安定化のために、差動２値位相変調（ＤＢＰＳＫ：Differential Binary Phase Shift Keying、ＤＰＳＫ：Differential PSK）、差動４値位相変調（ＤＱＰＳＫ）等の新規変調方法の導入可能性が高まっている。ＤＢＰＳＫの場合の光受信機の構成を図９に示す。また、ＤＱＰＳＫの場合の光受信機の構成を図１０に示す。

[0049] 図９において、ＤＢＰＳＫ光受信機１０３Ｃは、光アンプ１２、可変分散補償器１１、遅延検波器２１、バランス型フォトダイオード２２、ＣＤＲ回路１４、ディジタル信号処理部１５、制御回路１７、分散量制御回路１８、出力制御回路１９から構成されている。遅延検波器２１は、１入力２出力の遅延干渉計である。バランス型フォトダイオード２２は、２入力１出力の光検出器である。

[0050] 図１０において、ＤＱＰＳＫ光受信機１０３Ｄは、光アンプ１２、可変分散補償器１１、光カプラ２３、２系統の遅延検波器２１、２系統のバランス型フォトダイオード２２、２系統のＣＤＲ回路１４、ディジタル信号処理部１５、制御回路１７、分散量制御回路１８、出力制御回路１９から構成されている。光カプラ２３は、可変分散補償器１１の出力を２分割して、２系統の遅延検波器２１に出力する。なお、遅延検波器２１－１と、遅延検波器２１－２とは、遅延量等が異なる。遅延検波器２１、バランス型フォトダイオ

ード２２の詳細な構成は、特許文献３に記載がある。

[0051] 図９および図１０の構成では、バランス型フォトダイオード２２の上流に遅延検波器２１を設置するために、さらにフォトダイオードへの入力レベルが低下する。また、その分だけ上述した受信感度近傍までレベルを下げる操作が容易になる。さらに、図１０のＤＱＰＳＫ光受信機では、２系統の遅延検波器２１に光信号を分配するための光カプラ２３が必要になる。このため、フォトダイオード２２の上流にさらに３ｄＢの損失が原理的に加わり、受信感度近傍までレベルを下げる操作がさらに容易である。

[0052] また、４０Ｇｂｉｔ／ｓの受信機では、上述した可変分散補償器１１、遅延検波器２１の固有損失を補償するために、光アンプ１２を光受信機と同一ＰＫＧ内に実装する必然性が高い。つまり、本実施例を導入する上で必要な光部品は既にトランスポンダ内部に実装済みであり、事実上新規部品を必要とせずに、本実施例を導入することが可能である。

[0053] 本実施例によれば、符号誤り率が広い分散領域に渡って、一定レベルに張り付くような場合であっても、光増幅器または光減衰器の出力レベルを低下させて、光受信機でのＳＮＲを低下させることによって、符号誤り率の測定が難しいレベルとなる分散領域を狭窄化し、分散補償量を所望の精度で取得することを可能とする。

[0054] 本実施例に依れば、符号誤り率等のような受信特性データが、広い分散領域に渡って、測定が難しいレベルとなるような場合でも、光増幅器または光減衰器の出力レベルを低下させて、光受信機でのＳＮＲを低下させることによって、符号誤り率の測定が難しいレベルとなる分散領域を狭窄化し、分散補償量を所望の精度で取得することが可能となり、簡易な構成で可変分散補償器を制御可能となる。

実施例 2

[0055] 実施例２について、図１１を用いて説明する。図１１において、制御回路１７は、受信品質情報として、クロック抽出の成否結果を用いる。つまり分散により光波形が歪み、変換後の電気アナログ波形からＣＤＲ回路１４にお

いてクロック信号抽出できなかった場合にはこの判定結果が否となる。このクロック抽出の成否の判定はディジタル信号処理部１５において行なわれる。

[0056] まず、制御回路１７は、可変分散補償器１１の分散補償量を所定のステップ幅で変化させながら、その都度、各分散補償量に対するクロック抽出の成否結果を受信品質情報として取得する（Ｓ６０１）。分散補償量のステップ幅について、制御回路１７は、第１の実施例の場合と同様に、伝送レート、変調方式、可変分散補償器１１自体の設定分解能等を考慮して、ケースバイケースで決定する。

[0057] 続いて、得られた分散補償量ｖｓクロック抽出成否の特性より、「クロック抽出に成功した」分散補償量の下限Ｄ１、および上限Ｄ２について、制御回路１７は、算出する（Ｓ６０２）。次に上記の値Ｄ１、Ｄ２、そして「あらかじめ定めた分散領域の基準幅ΔＤ」に対して、制御回路１７は、｜Ｄ２－Ｄ１｜＜ΔＤを満たすかどうかの判定を行なう（Ｓ６０３）。この値も、第１の実施例と同様に、伝送レート、変調方式、可変分散補償器１１自体の設定分解能、あるいはファイバ長やスパン数、ファイバ入力パワー等の伝送設計内容等を考慮して、制御回路１７は、ケースバイケースで決定する。

[0058] 制御回路１７は、｜Ｄ２－Ｄ１｜＜ΔＤの判定結果がＮＯであった場合、光アンプ１２の出力レベルを低下させて、フォトダイオード１３でのＳＮＲを低下させ、Ｄ１、Ｄ２を再評価する（Ｓ６０４）。制御回路１７は、｜Ｄ２－Ｄ１｜＜ΔＤの判定結果がＹＥＳとなった場合、最適分散補償量を（Ｄ２＋Ｄ１）／２で算出し、最適分散補償量は＋１０ｐｓ／ｎｍと導出する。制御回路１７は、この値を分散補償器１１に設定する（Ｓ６０５）。最後に、制御回路１７は、光アンプ１２の出力レベルを当初の初期値に戻し（Ｓ６０６）、終了する。

[0059] 実施例２は、「クロック抽出の成否」というディジタル情報を元に制御を行なう。そのため制御精度は、実施例１が上回る。しかし、演算が不要なので、制御速度としては実施例１をしのぐ性能を持つ。

実施例 3

[0060] 実施例３について、図１２を用いて説明する。図１２において、制御回路１７は、受信品質情報として、ディジタル信号処理部１５でのフレーム同期の成否結果を用いる。つまり、分散により光波形が歪み、変換後の電気ディジタル波形からフレーム同期ができなかった場合にはこの判定結果が否となる。

[0061] まず、制御回路１７は、可変分散補償器１１の分散補償量を所定のステップ幅で変化させながら、その都度、各分散補償量に対するフレーム同期の成否結果を受信品質情報として取得する（Ｓ７０１）。分散補償量のステップ幅について、制御回路１７は、実施例１の場合と同様に、伝送レート、変調方式、可変分散補償器１１自体の設定分解能等を考慮して、ケースバイケースで決定する。

[0062] 続いて、制御回路１７は、得られた分散補償量ｖｓフレーム同期成否の特性より、「フレーム同期に成功した」分散補償量の下限Ｄ１、および上限Ｄ２を算出する（Ｓ７０２）。次に、制御回路１７は、Ｄ１、Ｄ２、そして「あらかじめ定めた分散領域の基準幅ΔＤ」に対して、｜Ｄ２－Ｄ１｜＜ΔＤを満たすかどうかの判定を行なう（Ｓ７０３）。ΔＤの値も、実施例１と同様、制御回路１７は、伝送レート、変調方式、可変分散補償器１１自体の設定分解能、あるいはファイバ長やスパン数、ファイバ入力パワー等の伝送設計内容等を考慮して、ケースバイケースで決定する。制御回路１７は、｜Ｄ２－Ｄ１｜＜ΔＤの判定結果がＮＯであった場合、光アンプ１２の出力レベルを低下させて、フォトダイオード１３でのＳＮＲを低下させ、Ｄ１、Ｄ２の再評価を実施する（Ｓ７０４）。

[0063] 制御回路１７は、｜Ｄ２－Ｄ１｜＜ΔＤの判定結果がＹＥＳとなった場合、最適分散補償量を（Ｄ２＋Ｄ１）／２で算出し、最適分散補償量は＋１０ｐｓ／ｎｍと導出する。制御回路１７は、この値を分散補償器１１に設定する（Ｓ７０５）。最後に、制御回路１７は、光アンプ１２の出力レベルを当初の初期値に戻し（Ｓ７０６）、終了する。

[0064] 実施例３は、「フレーム同期の成否」というディジタル情報を元に制御を行なう。また、ディジタルデータを用いたデータチェックを行なっているため、クロック抽出の成否を用いる手法よりも制御精度を高めることが可能である。したがって、制御速度、制御精度のいずれも実施例１および実施例２の中間的な性能を持つ。

[0065] 以上説明してきたように、各実施例によれば、符号誤り率、あるいはクロック同期の可否、あるいはフレーム同期の可否のような受信特性結果を、光増幅器または光減衰器の出力レベルを低下させて光受信機でのＳＮＲを低下させながら測定することにより、簡易な構成で、可変分散補償器を制御可能な光受信機を実現できる。また、４０Ｇｂｉｔ／ｓ光受信機のように光アンプ実装済みの場合には、新規光部品を実装することなく高精度に、可変分散補償器を制御可能な光受信機が実現できる。

符号の説明

[0066] １１…可変分散補償器、１２…光アンプ、１３…フォトダイオード、１４…ＣＤＲ回路、１５…ディジタル信号処理部、１７…制御回路、１８…分散量制御回路、１９…出力制御回路、２０…光アッテネータ、２１…遅延検波器、２２…バランス型フォトダイオード、２３…光カプラ、１０１…ローカル側受信機、１０２…ＷＤＭ側送信機、１０３…ＷＤＭ側受信機、１０４…ローカル側送信機、１０５…トランスポンダ、１０６…合波器、１０７、１０８、１１２…光アンプ、１０９…分波器、１１０…ＷＤＭ送受信装置、１１１…光ファイバ、１１３…ＷＤＭ中継装置、１１４…スルー光回線、１１５…アッド光回線、１１６…ドロップ光回線、１１７…ＯＡＤＭ装置、１５１…光ノード、１５２…光ファイバ。

請求の範囲

[請求項1] 受信した光信号に対する分散補償量を調節可能な可変分散補償器と、

前記可変分散補償器で分散補償された前記光信号の出力レベルを調整する光出力レベル調整器と、

この光出力レベル調整器により出力レベル調整された前記光信号を電気信号に変換するフォトダイオードと、

前記可変分散補償器の分散補償量を調節し、前記フォトダイオードにより変換された電気信号から前記光信号の受信品質情報を取得し、この受信品質情報に基づいて前記光出力レベル調整器の出力レベルを調節する制御部とを有することを特徴とする光受信機。

[請求項2] 受信した光信号の出力レベルを調整する光出力レベル調整器と、

この光出力レベル調整器において出力レベル調整された前記光信号に対する分散補償量を調節可能な可変分散補償器と、

この可変分散補償器で分散補償を実施された前記光信号を電気信号に変換するフォトダイオードと、

前記可変分散補償器の分散補償量を調節し、前記フォトダイオードにより変換された電気信号から前記光信号の受信品質情報を取得し、この受信品質情報に基づいて前記光出力レベル調整器の出力レベルを調節する制御部とを有することを特徴とする光受信機。

[請求項3] 請求項１に記載の光受信機であって、

前記受信品質情報は、前記フォトダイオードにより変換された前記電気信号の符号誤り率であり、

前記制御部は、

前記可変分散補償器により、前記光信号の分散補償量を変化させていき、分散補償量ごとに前記電気信号の符号誤り率を検出し、

前記検出した符号誤り率が、予め設定した基準の符号誤り率未満となる分散領域を求め、

この分散領域が予め設定された分散領域の基準幅より広い場合、前記光出力レベル調整器の出力レベルを低下させ、

再度、前記可変分散補償器により、前記光信号の分散補償量を変化させていき、分散補償量ごとに前記電気信号の符号誤り率を検出し、

再度検出した前記電気信号の符号誤り率が、予め設定した基準の符号誤り率未満となる第２の分散領域を求めることを特徴とする光受信機。

[請求項4] 請求項３に記載の光受信機であって、

前記制御部は、

前記第２の分散領域が前記基準幅未満である場合、

前記第２の分散領域の上限値と、下限値との中間値を求め、この中間値を前記可変分散補償器の分散補償量となるように設定することを特徴とする光受信機。

[請求項5] 請求項４に記載の光受信機であって、

前記制御部は、

前記中間値を前記可変分散補償器の分散補償量となるように設定した後に、前記光出力レベル調整器の出力レベルを初期出力レベルに戻すことを特徴とする光受信機。

[請求項6] 請求項１に記載の光受信機であって、

前記光信号を変換した電気信号に対し、誤り訂正符号を用いた復号化と、フレーム処理とを行なう信号処理部をさらに有し、

前記信号処理部は、誤り訂正符号による訂正前の信号の誤り数から前記符号誤り率を算出することを特徴とする光受信機。

[請求項7] 請求項１に記載の光受信機であって、

前記光信号を変換した電気信号に対し、クロックの抽出とアナログデータの復元とを行なうクロックデータリカバリ回路をさらに有し、

前記受信品質情報は、前記クロックデータリカバリ回路でのクロッ

ク抽出の成否結果であり、

前記制御部は、

前記可変分散補償器により、前記光信号の分散補償量を変化させていき、分散補償量ごとに前記クロックデータリカバリ回路でクロック抽出が成功したかを検出し、

前記クロックデータリカバリ回路でクロック抽出が成功した分散領域を求め、

この分散領域が予め設定された分散領域の基準幅より広い場合、前記光出力レベル調整器の出力レベルを低下させ、

再度、前記可変分散補償器により、前記光信号の分散補償量を変化させていき、前記クロックデータリカバリ回路でクロック抽出が成功したかを検出し、

前記クロックデータリカバリ回路でクロック抽出が成功した第２の分散領域を求めることを特徴とする光受信機。

[請求項8] 請求項７に記載の光受信機であって、

前記制御部は、

前記第２の分散領域が前記基準幅未満である場合、

前記第２の分散領域の上限値と、下限値の中間値を求め、この中間値を前記可変分散補償器の分散補償量となるように設定することを特徴とする光受信機。

[請求項9] 請求項８に記載の光受信機であって、

前記制御部は、

前記中間値を前記可変分散補償器の分散補償量となるように設定した後に、前記光出力レベル調整器の出力レベルを初期の出力レベルに戻すことを特徴とする光受信機。

[請求項10] 請求項１に記載の光受信機であって、

前記光信号を変換した電気信号に対し、誤り訂正符号によるの復号化とフレーム処理とを行なう信号処理部を有し、

前記受信品質情報は、前記信号処理部でのフレーム同期の成否結果であり、

前記制御部は、

前記可変分散補償器の分散補償量を変化させていき、分散補償量毎に前記信号処理部でフレーム同期が成功したかを検出し、

前記信号処理部でフレーム同期が成功した分散領域を求め、

この分散領域が予め設定された分散領域の基準幅より広い場合、前記光出力レベル調整器の出力レベルを低下させ、

再度、前記可変分散補償器の分散補償量を変化させていき、分散補償量毎に前記信号処理部でフレーム同期が成功したかを検出し、

前記信号処理部でフレーム同期が成功した第２の分散領域を求めることを特徴とする光受信機。

[請求項11] 請求項１０に記載の光受信機であって、

前記制御部は、

前記第２の分散領域が前記基準幅未満である場合、

前記分散領域の上限値と、下限値の中間値を求め、この中間値を前記可変分散補償器の分散補償量となるように設定することを特徴とする光受信機。

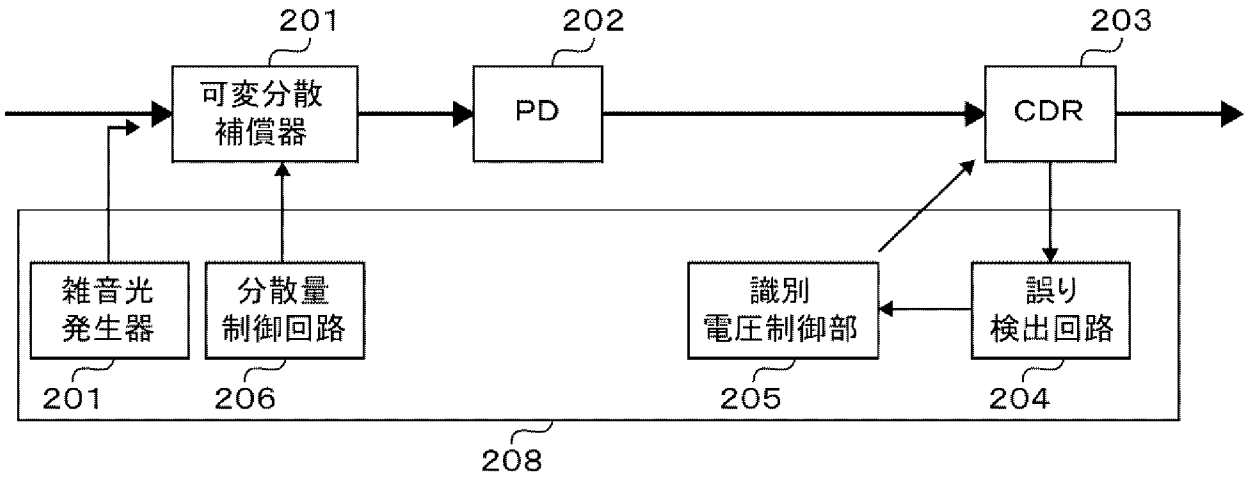
[請求項12] 請求項１１に記載の光受信機であって、

前記制御部は、

前記中間値を前記可変分散補償器の分散補償量となるように設定した後に、前記光出力レベル調整器の出力レベルを初期の出力レベルに戻すことを特徴とする光受信機。

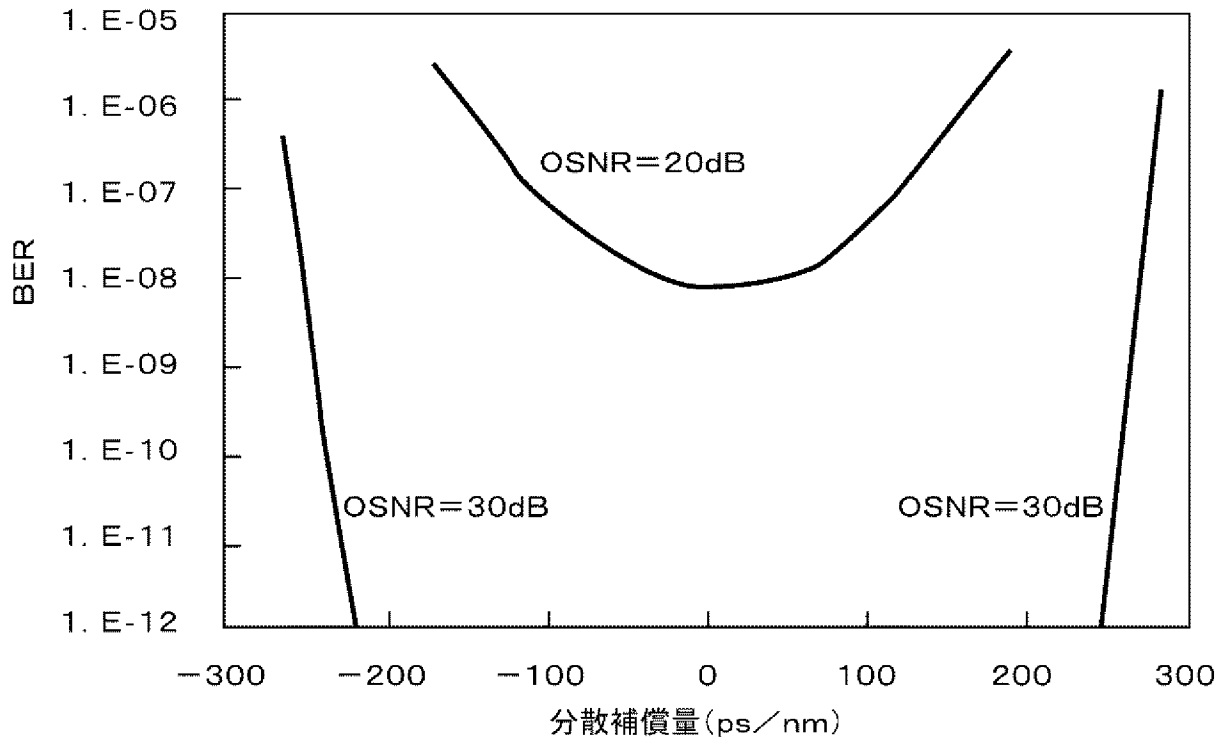
[図1]

図１



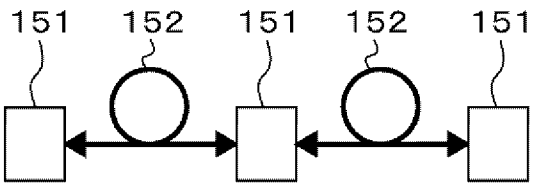
[図2]

図２



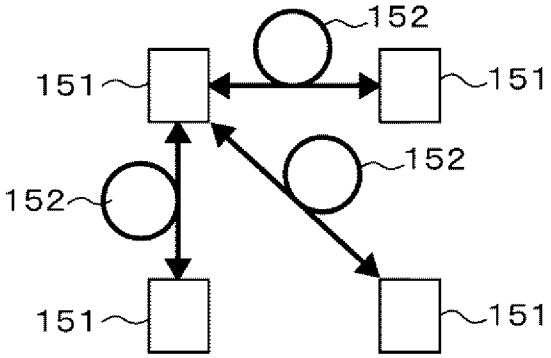
[図3A]

図３Ａ



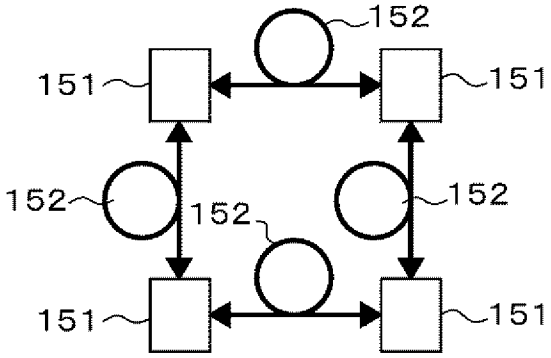
[図3B]

図３Ｂ



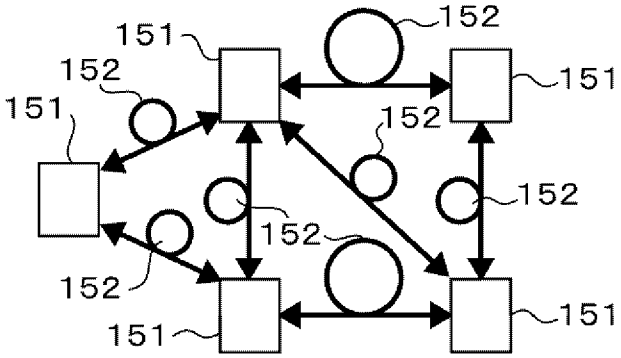
[図3C]

図３Ｃ



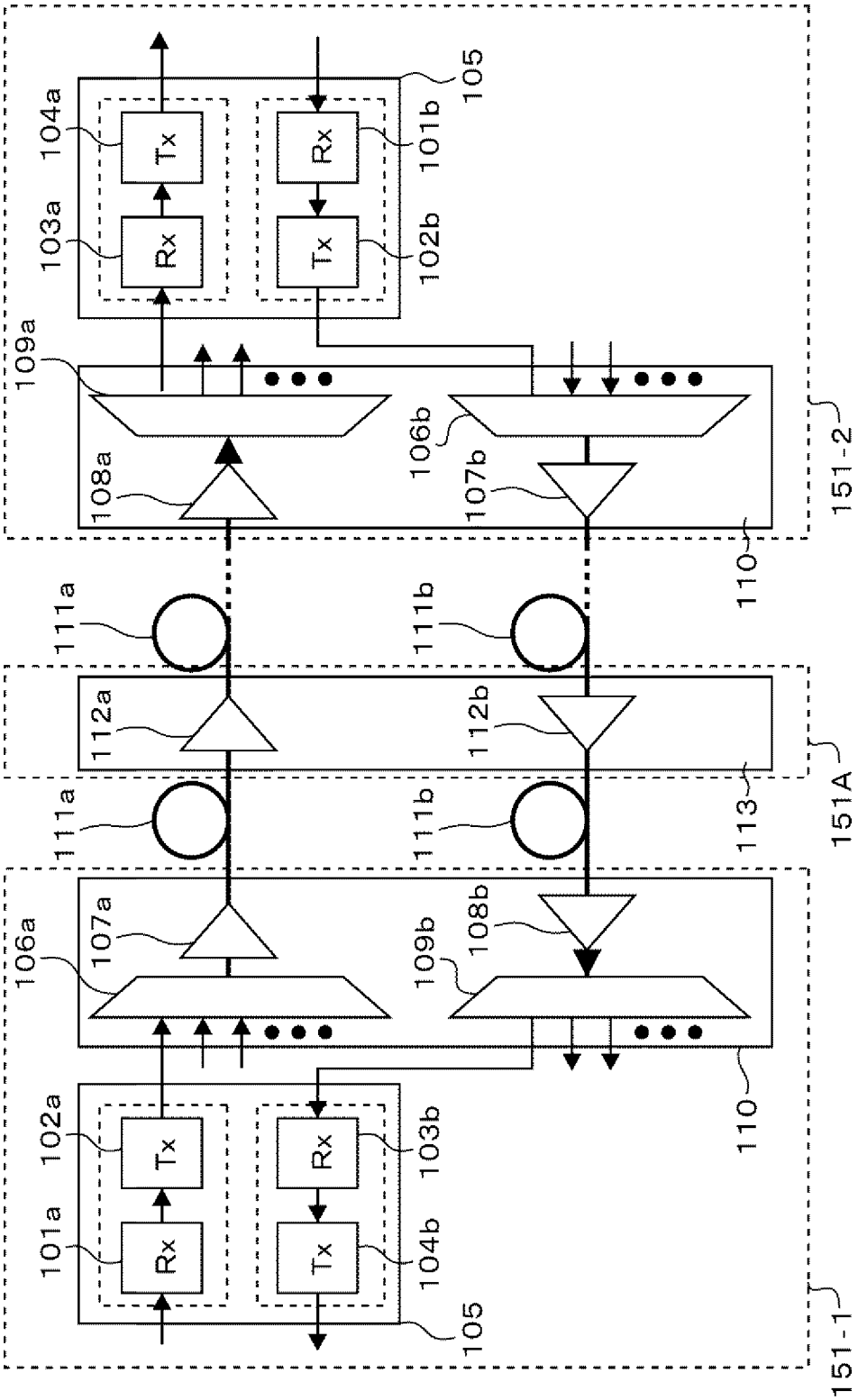
[図3D]

図３Ｄ



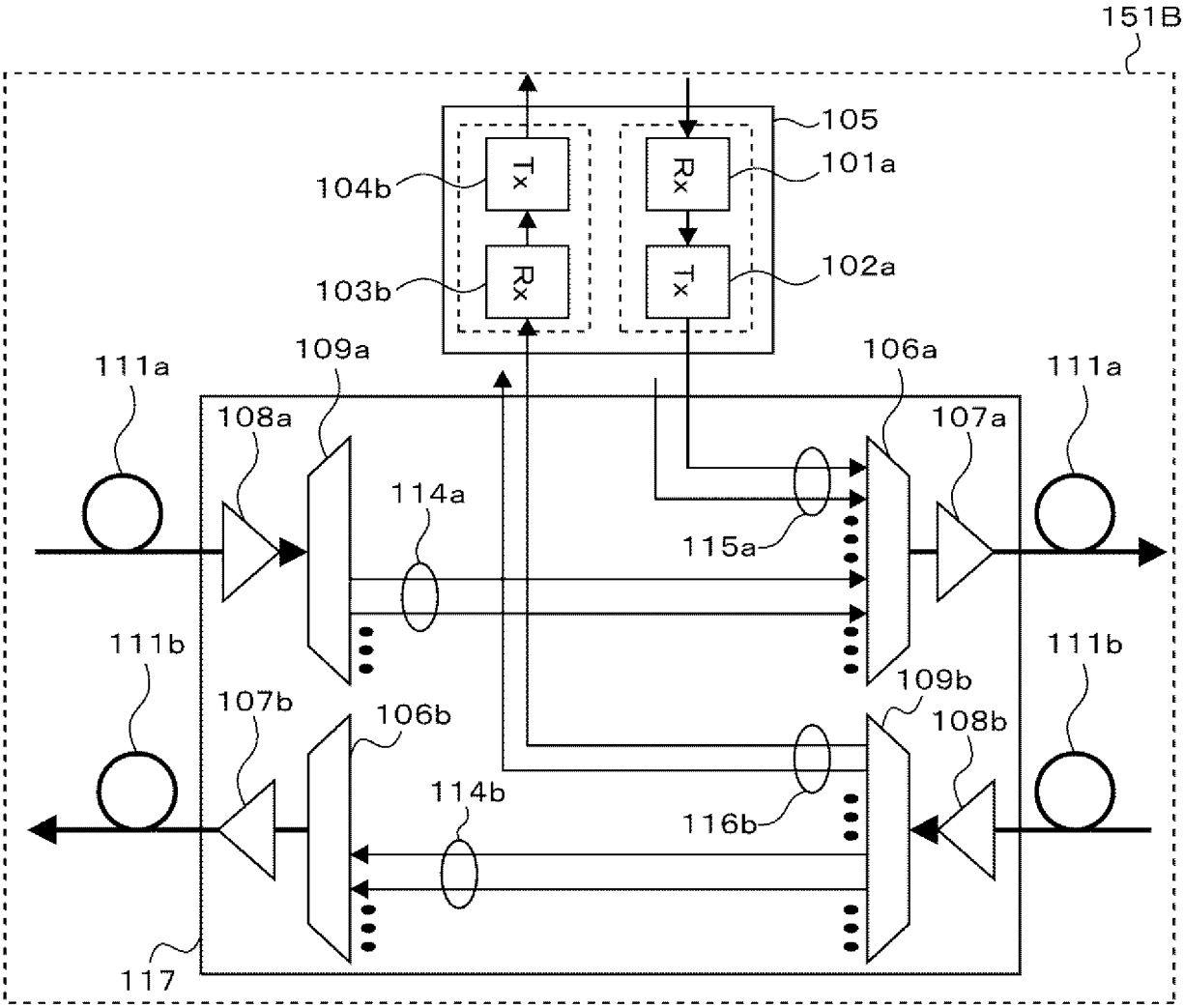
[図4]

図4


151-2
151A
151-1
105
101b
102b
104a
103a
Tx
Rx
109a
106b
107b
108a
110
111a
111b
112a
112b
113
106a
107a
108b
109b
102a
103b
101a
104b

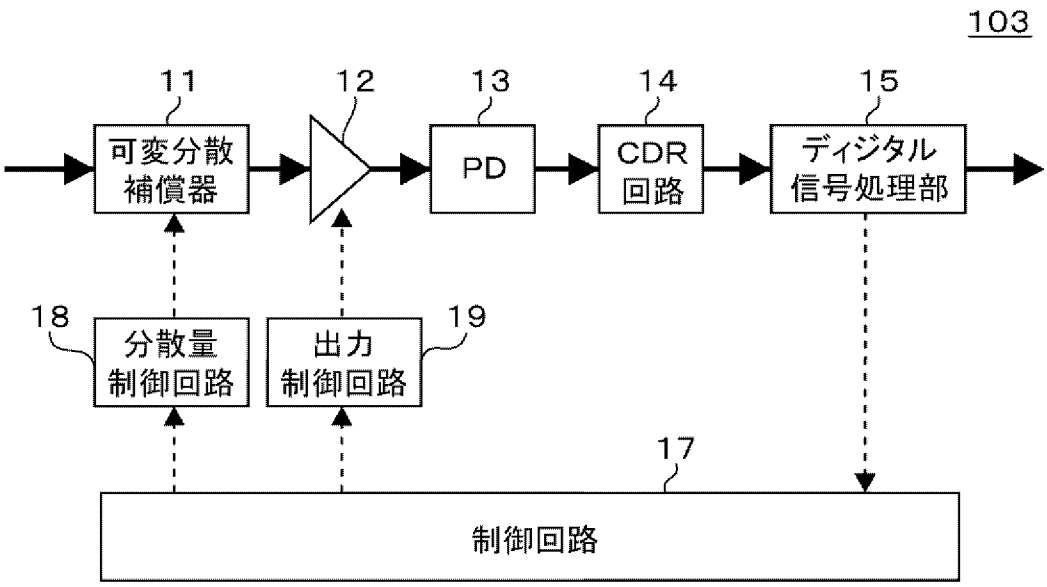
[図5]

図５


151B
105
Tx
Rx
101a
104b
Rx
Tx
102a
103b
111a
109a
106a
111a
108a
107a
114a
115a
111b
109b
111b
107b
106b
108b
114b
116b
117

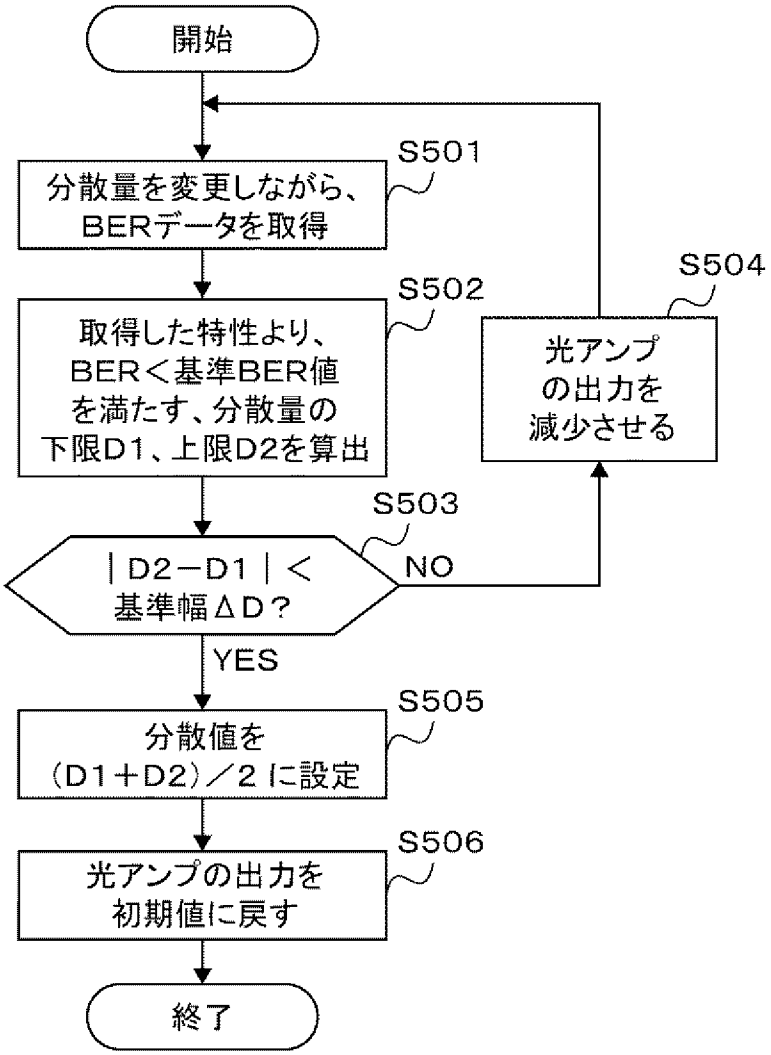
[図6]

図６


103
11
12
13
14
15
可変分散
補償器
PD
CDR
回路
ディジタル
信号処理部
18
分散量
制御回路
出力
制御回路
19
17
制御回路

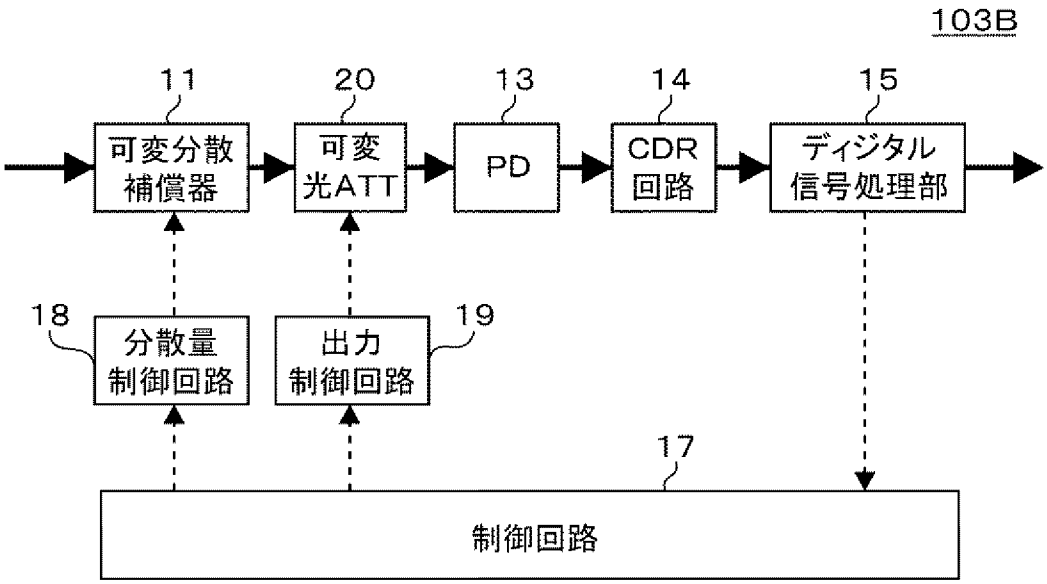
[図7]

図７


開始
S501
分散量を変更しながら、
BERデータを取得
S502
取得した特性より、
BER＜基準BER値
を満たす、分散量の
下限D1、上限D2を算出
S503
｜D2－D1｜＜
基準幅ΔD？
NO
S504
光アンプ
の出力を
減少させる
YES
S505
分散値を
（D1＋D2）／2 に設定
S506
光アンプの出力を
初期値に戻す
終了

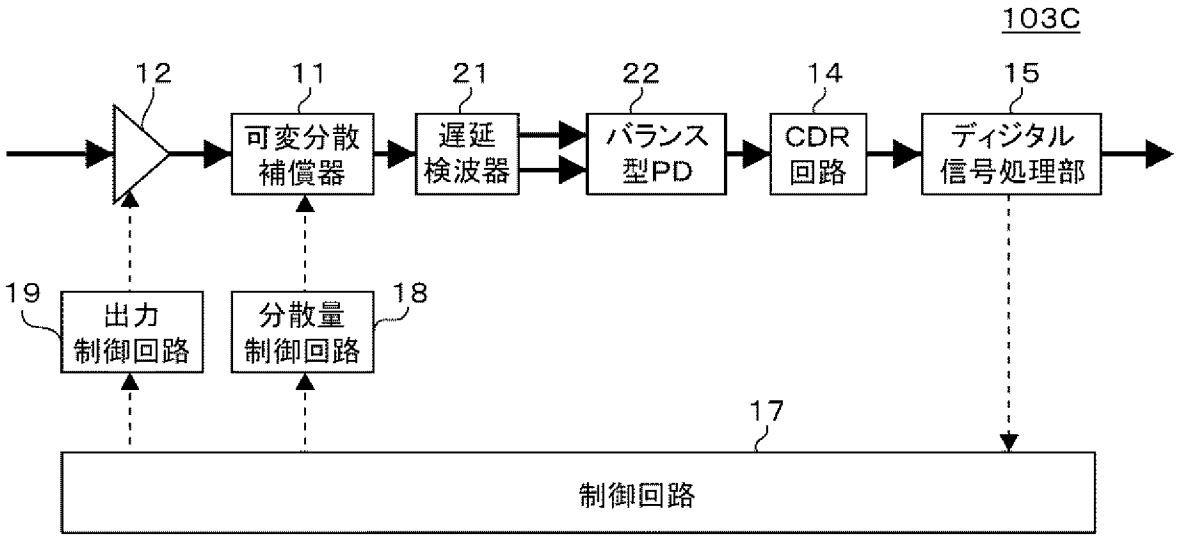
[図8]

図８


103B
11
可変分散
補償器
20
可変
光ATT
13
PD
14
CDR
回路
15
ディジタル
信号処理部
18
分散量
制御回路
19
出力
制御回路
17
制御回路

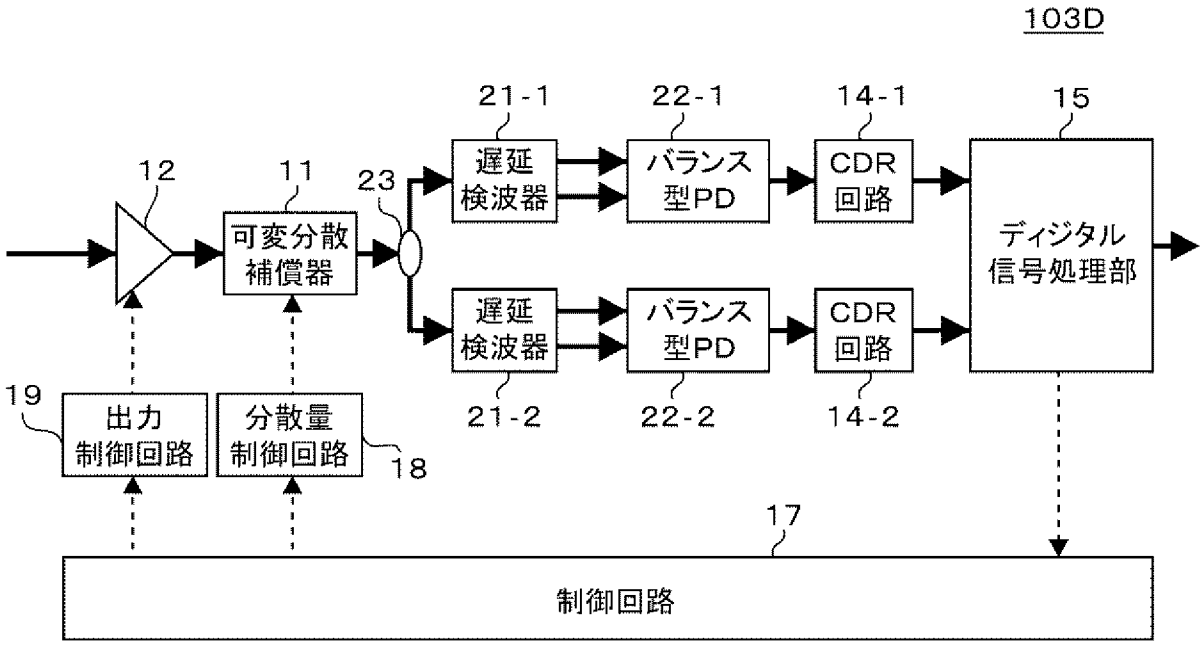
[図9]

図９


103C
12
11
21
22
14
15
可変分散
補償器
遅延
検波器
バランス
型PD
CDR
回路
ディジタル
信号処理部
19
出力
制御回路
分散量
制御回路
18
17
制御回路

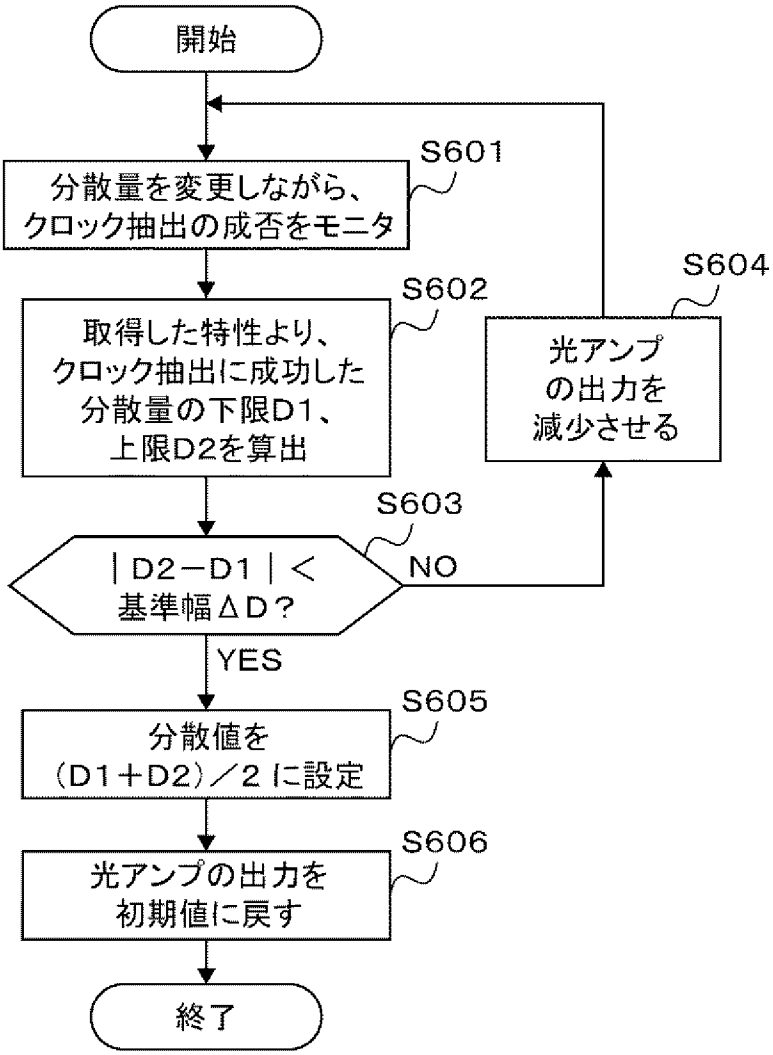
[図10]

図１０


103D
21-1
22-1
14-1
15
12
11
23
遅延
検波器
バランス
型PD
CDR
回路
ディジタル
信号処理部
可変分散
補償器
遅延
検波器
バランス
型PD
CDR
回路
19
出力
制御回路
分散量
制御回路
18
21-2
22-2
14-2
17
制御回路

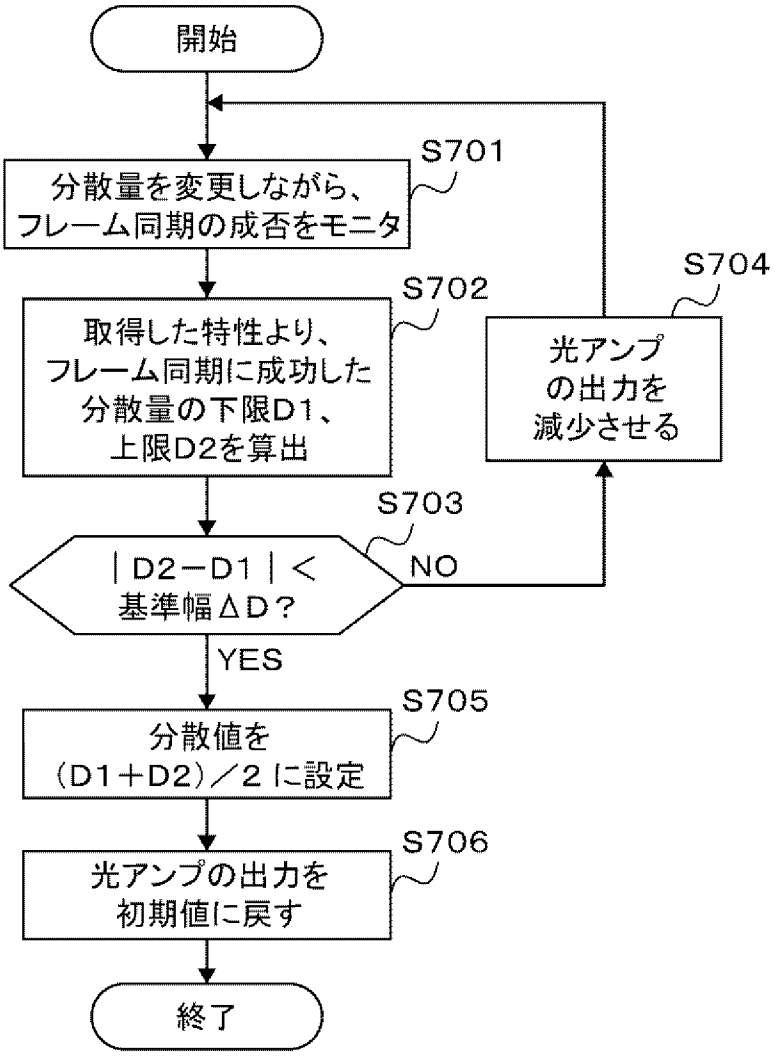
[図11]

図１１


開始
S601
分散量を変更しながら、
クロック抽出の成否をモニタ
S602
取得した特性より、
クロック抽出に成功した
分散量の下限D1、
上限D2を算出
S603
｜D2－D1｜＜
基準幅ΔD？
NO
S604
光アンプ
の出力を
減少させる
YES
S605
分散値を
（D1＋D2）／2 に設定
S606
光アンプの出力を
初期値に戻す
終了

[図12]

図１２


開始
S701
分散量を変更しながら、
フレーム同期の成否をモニタ
S702
取得した特性より、
フレーム同期に成功した
分散量の下限D1、
上限D2を算出
S703
｜D2－D1｜＜
基準幅ΔD？
NO
S704
光アンプ
の出力を
減少させる
YES
S705
分散値を
（D1＋D2）／２に設定
S706
光アンプの出力を
初期値に戻す
終了

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/005159

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H04B10/02(2006.01)i, *H04B10/00*(2006.01)i, *H04B10/04*(2006.01)i, *H04B10/06*(2006.01)i, *H04B10/14*(2006.01)i, *H04B10/18*(2006.01)i, *H04B10/24*(2006.01)i, *H04B10/26*(2006.01)i, *H04B10/28*(2006.01)i
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H04B10/00-10/28, H04J14/00-14/08

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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.
X Y A	JP 2008-198483 A (Fujitsu Ltd.), 21 August 2008 (21.08.2008), paragraphs [0007], [0017] to [0045], [0063]; fig. 1 to 3, 6, 7, 13 (Family: none)	1,2,6 3,7,10 4,5,8,9,11, 12
Y A	JP 9-326755 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 16 December 1997 (16.12.1997), paragraphs [0021], [0024]; fig. 1, 5 (Family: none)	3,7,10 4,5,8,9,11, 12
Y A	JP 2004-128974 A (Fujitsu Ltd.), 22 April 2004 (22.04.2004), paragraphs [0058] to [0060] (Family: none)	7,10 4,5,8,9,11, 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 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
13 November, 2009 (13.11.09)	24 November, 2009 (24.11.09)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/005159

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-208892 A (Fujitsu Ltd.), 26 July 2002 (26.07.2002), paragraphs [0025] to [0027]; fig. 1, 5 & US 2002/0089724 A1 fig. 1, 5 & EP 1928108 A1	4,5,8,9,11, 12
P,X	JP 2009-219022 A (NEC Corp.), 24 September 2009 (24.09.2009), paragraphs [0063] to [0065]; fig. 1, 2, 5 (Family: none)	1-4,6-8,10, 11

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００９／００５１５９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H04B10/02(2006.01)i, H04B10/00(2006.01)i, H04B10/04(2006.01)i, H04B10/06(2006.01)i, H04B10/14(2006.01)i, H04B10/18(2006.01)i, H04B10/24(2006.01)i, H04B10/26(2006.01)i, H04B10/28(2006.01)i

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））

Int.Cl.　H04B10/00-10/28, H04J14/00-14/08

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	１９７１－２００９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００９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
X Y A	JP 2008-198483 A (富士通株式会社) 2008.08.21, 段落[0007],[0017]-[0045],[0063], 第1-3,6,7,13図 (ファミリーなし)	1,2,6 3,7,10 4,5,8,9, 11,12
Y A	JP 9-326755 A (日本電信電話株式会社) 1997.12.16, 段落[0021],[0024], 第1,5図 (ファミリーなし)	3,7,10 4,5,8,9, 11,12

☑　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矛盾するものではなく、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 １３．１１．２００９	国際調査報告の発送日 ２４．１１．２００９
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｊ　３８５８ 東　昌秋 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５３４

Ｃ（続き）．　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 A	JP 2004-128974 A (富士通株式会社) 2004.04.22, 段落[0058]-[0060] (ファミリーなし)	7,10 4,5,8,9, 11,12
A	JP 2002-208892 A (富士通株式会社) 2002.07.26, 段落[0025]-[0027], 第1,5図 & US 2002/0089724 A1, 第1,5図 & EP 1928108 A1	4,5,8,9, 11,12
P,X	JP 2009-219022 A (日本電気株式会社) 2009.09.24, 段落 [0063]-[0065], 第1,2,5図 (ファミリーなし)	1-4,6-8, 10,11