

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-95902
(P2015-95902A)

(43) 公開日 平成27年5月18日(2015.5.18)

(51) Int.Cl.		F I			テーマコード(参考)
HO4B 10/077 (2013.01)		HO4B 9/00	177		5K102
HO4J 14/00 (2006.01)		HO4B 9/00		F	
HO4J 14/04 (2006.01)					
HO4J 14/06 (2006.01)					

審査請求 未請求 請求項の数 24 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2014-226650 (P2014-226650)
 (22) 出願日 平成26年11月7日(2014.11.7)
 (31) 優先権主張番号 14/080, 502
 (32) 優先日 平成25年11月14日(2013.11.14)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
 (74) 代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (74) 代理人 100192636
 弁理士 加藤 隆夫
 (72) 発明者 ヤン・ジェン・ユアヌ
 アメリカ合衆国, テキサス州 75044
 , ガーランド, エヌ・シャイロ・ロード
 6200番, アパートメント 833号

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 偏波多重システムの帯域内周波数変調監視シグナリングのためのシステム及び方法

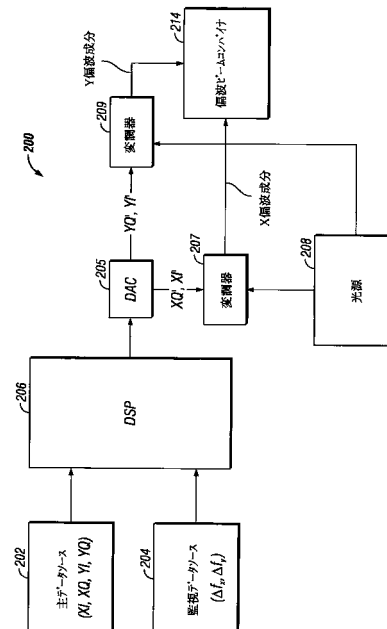
(57) 【要約】

【課題】 二重偏波信号を監視するシステム及び方法が開示される。

【解決手段】 当該システム及び方法は、電気又は光領域のどちらかで、第1の結合信号を得るために第1の監視信号を前記二重偏波信号の第1の偏波成分に追加するステップと、第2の結合信号を得るために第2の監視信号を前記二重偏波信号の第2の偏波成分に追加するステップと、を有する。監視信号は、任意であり、非補完的であり、且つ二重偏波信号の変調周波数より実質的に低い周波数で変調される。システム及び方法は、受信すると監視信号を分析するステップを更に有する。

【選択図】 図2

本開示の特定の実施形態による、任意の非補完的周波数変調監視信号を追加する例示的な監視信号送信機を示す図



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

二重偏波信号を監視する方法であって、
電気領域で、第 1 の結合信号を得るために、第 1 の監視信号を前記二重偏波信号の第 1 の偏波成分に追加するステップと、
電気領域で、第 2 の結合信号を得るために、第 2 の監視信号を前記二重偏波信号の第 2 の偏波成分に追加するステップと、
を有し、
前記第 1 及び第 2 の監視信号は、
非補完的であり、
前記二重偏波信号の変調周波数より実質的に低い周波数で変調される、
方法。

10

【請求項 2】

前記第 1 の結合信号及び前記第 2 の結合信号を結合データ信号に結合するステップ、
を更に有する請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記結合データ信号を通信するステップ、を更に有する請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記結合データ信号から前記第 1 の監視信号をフィルタリングするステップ、を更に有する請求項 2 に記載の方法。

20

【請求項 5】

前記二重偏波信号の前記第 1 の偏波成分に関連する波長情報を決定するために、前記第 1 の監視信号を分析するステップ、を更に有する請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記二重偏波信号の前記第 1 の偏波成分に関連する光路情報を決定するために、前記第 1 の監視信号を分析するステップ、を更に有する請求項 4 に記載の方法。

【請求項 7】

前記結合データ信号から前記第 2 の監視信号をフィルタリングするステップ、を更に有する請求項 2 に記載の方法。

【請求項 8】

前記二重偏波信号の前記第 2 の偏波成分に関連する波長情報を決定するために、前記第 2 の監視信号を分析するステップ、を更に有する請求項 7 に記載の方法。

30

【請求項 9】

前記二重偏波信号の前記第 2 の偏波成分に関連する光路情報を決定するために、前記第 2 の監視信号を分析するステップ、を更に有する請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

二重偏波信号を監視する方法であって、
光領域で、第 1 の結合信号を得るために、第 1 の監視信号を前記二重偏波信号の第 1 の偏波成分に追加するステップと、
光領域で、第 2 の結合信号を得るために、第 2 の監視信号を前記二重偏波信号の第 2 の偏波成分に追加するステップと、
を有し、
前記第 1 及び第 2 の監視信号は、
非補完的であり、
前記二重偏波信号の変調周波数より実質的に低い周波数で変調される、
方法。

40

【請求項 11】

前記第 1 の結合信号及び前記第 2 の結合信号を結合データ信号に結合するステップ、
を更に有する請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

50

前記結合データ信号を通信するステップ、を更に有する請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記結合データ信号から前記第 1 の監視信号をフィルタリングするステップ、を更に有する請求項 11 に記載の方法。

【請求項 14】

前記二重偏波信号の前記第 1 の偏波成分に関連する波長情報を決定するために、前記第 1 の監視信号を分析するステップ、を更に有する請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

前記二重偏波信号の前記第 1 の偏波成分に関連する光路情報を決定するために、前記第 1 の監視信号を分析するステップ、を更に有する請求項 13 に記載の方法。

10

【請求項 16】

前記結合データ信号から前記第 2 の監視信号をフィルタリングするステップ、を更に有する請求項 11 に記載の方法。

【請求項 17】

前記二重偏波信号の前記第 2 の偏波成分に関連する波長情報を決定するために、前記第 2 の監視信号を分析するステップ、を更に有する請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

前記二重偏波信号の前記第 2 の偏波成分に関連する光路情報を決定するために、前記第 2 の監視信号を分析するステップ、を更に有する請求項 16 に記載の方法。

【請求項 19】

20

第 1 の偏波成分と第 2 の偏波成分とを含む主データ信号を生成するよう構成される主データソースと、

第 1 の監視信号及び第 2 の監視信号を生成するよう構成される監視データソースであって、前記第 1 及び第 2 の監視信号は、非補完的な周波数変調監視信号である、監視データソースと、

デジタル信号プロセッサであって、

前記第 1 の監視信号を前記主信号の前記第 1 の偏波成分に追加して、第 1 の結合信号を得て、

前記第 2 の監視信号を前記主信号の前記第 2 の偏波成分に追加して、第 2 の結合信号を得る、

30

よう構成される、デジタル信号プロセッサと、

を有する光送信機。

【請求項 20】

第 1 の偏波成分と第 2 の偏波成分とを含む主データ信号を生成するよう構成される主データソースと、

第 1 の監視信号及び第 2 の監視信号を生成するよう構成される監視データソースであって、前記第 1 及び第 2 の監視信号は、非補完的な周波数変調監視信号である、監視データソースと、

前記第 1 の監視信号を前記主信号の前記第 1 の偏波成分に追加して、第 1 の結合信号を得るよう構成される第 1 の周波数シフトと、

40

前記第 2 の監視信号を前記主信号の前記第 2 の偏波成分に追加して、第 2 の結合信号を得るよう構成される第 2 の周波数シフトと、

前記第 1 の結合信号と前記第 2 の結合信号を結合するよう構成される偏波ビームコンバイナと、

を有する光送信機。

【請求項 21】

結合光信号を分析する光受信機であって、

前記結合光信号から個々の監視信号をフィルタリングするよう構成される第 1 のフィルタと、

前記個々の監視信号から情報を抽出するよう構成されるデータ分析コンポーネントであ

50

って、前記個々の監視信号は、非補完的な周波数変調監視信号である、データ分析コンポーネントと、

を有する光受信機。

【請求項 2 2】

コンピュータ可読媒体に格納された命令を実行するよう構成されるプロセッサを更に有し、前記命令は、実行されると、前記プロセッサに、前記個々の監視信号により導入される周波数変化を相殺するために周波数オフセット補償アルゴリズムを実行させる、請求項 2 1 に記載の受信機。

【請求項 2 3】

前記データ分析コンポーネントは、前記監視信号から波長情報を抽出するよう構成される、請求項 2 1 に記載の受信機。

10

【請求項 2 4】

前記データ分析コンポーネントは、前記監視信号から光路情報を抽出するよう構成される、請求項 2 1 に記載の受信機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して、光ネットワークに関し、より詳細には、帯域内監視信号を用いて二偏波信号を監視することに関する。

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0002】

光通信システムの重要性及び偏在性が増大するにつれ、光通信システムの適正な動作を保証するために、光通信システムを正確に且つ効率的に監視できることが益々重要になっている。正確な且つ効率的な監視の重要性は、光トラフィック信号が複数偏波（例えば、二偏波信号）を有するコンポーネントを有し実装されるとき、増大する。コスト効率の良い方法で光通信システムを監視可能なことは、光通信システムの他のコンポーネントをインラインで監視することと共に益々重要になっている。

【課題を解決するための手段】

【0003】

30

本開示の特定の実施形態によると、二重偏波信号を監視するシステム及び方法が開示される。当該システム及び方法は、電気又は光領域のどちらかで、第 1 の結合信号を得るために第 1 の監視信号を前記二重偏波信号の第 1 の偏波成分に追加するステップと、第 2 の結合信号を得るために第 2 の監視信号を前記二重偏波信号の第 2 の偏波成分に追加するステップと、を有する。監視信号は、任意であり、非補完的であり、且つ二重偏波信号の変調周波数より実質的に低い周波数で変調される。システム及び方法は、受信すると監視信号を分析するステップを更に有する。

【図面の簡単な説明】

【0004】

40

本発明並びに利点のより完全な理解のため、添付の図と共に以下の説明を参照する。

【図 1】本開示の特定の実施形態による例示的な光通信システムを示す。

【図 2】本開示の特定の実施形態による、任意の非補完的周波数変調監視信号を追加する例示的な監視信号送信機を示す。

【図 3】本開示の特定の実施形態による、デジタル信号プロセッサを有しない、任意の非補完的周波数変調監視信号を追加する例示的な監視信号送信機 300 を示す。

【図 4】本開示の特定の実施形態による、最小限のコンポーネントを有する、任意の非補完的周波数変調監視信号を分析する例示的な監視信号受信機を示す。

【図 5】本開示の特定の実施形態による、任意の非補完的周波数変調監視信号の個々の偏波成分を分析する例示的な監視信号受信機を示す。

【図 6】本開示の特定の実施形態による、光トラフィック信号に関連する監視信号を分析

50

する例示的な方法のフローチャートを示す。

【発明を実施するための形態】

【0005】

本願明細書で用いられるとき、用語「コンピュータ可読媒体」は、汎用又は特定目的コンピュータによりアクセスできる任意の利用可能な媒体であっても良い。例として且つ限定ではなく、このようなコンピュータ可読媒体は、RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM又は他の光ディスク記憶装置、磁気ディスク記憶装置又は他の磁気記憶装置を含むコンピュータ可読有体、又はコンピュータにより実行可能な命令若しくはデータ構造の形式で所望のプログラムコード手段を伝える若しくは格納するために用いられ汎用若しくは特定目的コンピュータによりアクセス可能な他の媒体を有し得る。上述の組合せも、コンピュータ可読媒体の範囲に包含されるべきである。

10

【0006】

さらに、「コンピュータにより実行可能な命令」は、例えば、汎用コンピュータ、特定目的コンピュータ又は特定目的処理装置に特定の機能又は機能グループを実行させる命令及びデータを有する。

【0007】

本願明細書で用いられるように、用語「モジュール」又は「コンポーネント」は、コンピュータシステムで実行されるソフトウェアオブジェクト又はルーチンを表し得る。本願明細書に記載されたのと異なるコンポーネント、モジュール、エンジン及びサービスは、（例えば、別個のスレッドとして）コンピューティングシステムで実行されるオブジェクト又は処理として実施されても良く、ハードウェア、ファームウェア、及び/又は三者全ての特定の組合せとして実施されても良い。

20

【0008】

以下に、光通信システムの光トラフィック信号を監視する、コスト効率の良いインラインソリューションを記載する。本開示は、光通信システムに関連する波長及び光路情報を監視するために、光通信システムの既存のコンポーネント内の比較的低いデータレートの監視信号を監視するシステム及び方法を記載する。

【0009】

電気通信システム、ケーブルテレビシステム、データ通信ネットワークは、光ネットワークを用いて、遠隔地点間で大量の情報を迅速に伝達する。光ネットワークでは、情報は、光ファイバ又は他の光媒体を通じて光信号の形式で伝達される。光ネットワークは、増幅器、分散補償器、マルチプレクサ/デマルチプレクサフィルタ、波長選択スイッチ、カプラ、等のような、光ネットワーク内で種々の動作を実行するよう構成される種々のコンポーネントを有しても良い。光ネットワークは、送信元情報、宛先情報及び経路情報を含む光ネットワークに関連する任意の数の特徴、並びに光ネットワークの他の管理情報を示す監視信号を通信しても良い。

30

【0010】

図1は、本開示の特定の実施形態による例示的な光通信ネットワーク100を示す。ネットワーク100は、送信機102、送信システム104、及び受信機106を有しても良い。ネットワーク100は、光ネットワーク100のコンポーネントにより通信される1又は複数の光信号を運ぶよう構成される1又は複数の光ファイバ110を有しても良い。光ネットワーク100のネットワーク要素は、ファイバ110により互いに結合され、1又は複数の送信機102、1又は複数のマルチプレクサ(MUX)108、1又は複数の増幅器112、1又は複数の光アド/ドロップマルチプレクサ(optical add/drop multiplexer: OADM)114、及び/又は1又は複数の分散補償ファイバ116を有しても良い。図1の例示的なシステムは、単純なポイントツーポイント光システムを示す。ネットワーク100の1つの特定の形式又はトポロジが示されるが、ネットワーク100は、リング型ネットワーク、メッシュ型ネットワーク、及び/又は任意の他の適切な光ネットワーク、及び/又は光ネットワークの組合せを含む任意の適切な形式であっても良い。

40

50

【 0 0 1 1 】

幾つかの実施形態では、送信機 1 0 2 は、多偏波光信号を受信機 1 0 6 へ送信するよう構成される任意の電子装置、コンポーネント、及び/又は装置及び/又はコンポーネントの組合せであっても良い。例えば、送信機 1 0 2 は、1 又は複数のレーザ、プロセッサ、メモリ、デジタル - アナログ変換器、アナログ - デジタル変換器、デジタル信号プロセッサ、ビームスプリッタ、ビームコンバイナ、マルチプレクサ、及び/又は二偏波光信号をじゅし 1 0 6 へ送信するために必要な任意の多のコンポーネント、装置及び/又はシステムを有しても良い。

【 0 0 1 2 】

幾つかの実施形態では、送信機 1 0 2 は、光トラフィック信号と共に帯域内に監視信号を含むよう更に構成されても良い。二偏波光信号を有する監視信号の1つの特定の実装を説明するシステム及び方法は、米国特許出願番号 1 3 / 6 2 0 1 0 2 及び 1 3 / 6 2 0 1 7 2 号に更に詳細に記載される。両出願は、参照することにより本願明細書に組み込まれる。本開示の目的のために、「光信号」及び/又は「光トラフィック信号」への言及は、特に明示的に断りのない限り、帯域内監視信号を含むと考えられるべきである。

10

【 0 0 1 3 】

ネットワーク 1 0 0 の幾つかの構成では、二偏波光信号を有する帯域内監視信号を実装するのは高価であり得る。例えば、高速(したがって高価な)光検出器、プロセッサ、及び/又は偏光計が必要であり得る。しかしながら、ネットワーク 1 0 0 の他の構成では、1 又は複数の低データレート監視信号が実装されても良く、低速(したがって安価な)光検出器、プロセッサ、及び/又は偏光計の使用が可能である。

20

【 0 0 1 4 】

幾つかの実施形態では、低データレート監視信号は、光トラフィック信号のデータ期間より遙かに長い変調期間を有しても良い。上述の又は代替の実施形態では、低データレート監視信号は、主データ信号からより容易に分離可能であっても良い。

【 0 0 1 5 】

幾つかの実施形態では、送信機 1 0 2 は、光トラフィック信号を(1 又は複数の帯域内監視信号と共に)送信システム 1 0 4 を介して受信機 1 0 6 へ伝達しても良い。送信システム 1 0 4 は、通常、以下のコンポーネント、つまり1 又は複数のファイバ 1 1 0、1 又は複数の O A D M 1 1 4 モジュール、及び/又は1 又は複数の増幅器 1 1 2 を有しても良い。図 1 を参照すると、これらのコンポーネントは、説明を助けるために設けられ、本開示の範囲を限定することを意図しない。ネットワーク 1 0 0 の幾つかの構成では、ネットワーク 1 0 0 は、図 1 に示したものより多くの、少ない、及び/又は異なるコンポーネントを有しても良い。

30

【 0 0 1 6 】

さらに、送信システム 1 0 4 のコンポーネントは、ファイバ 1 1 0 の使用を通じて互いに通信可能に結合されても良い。幾つかの実施形態では、ファイバ 1 1 0 は、シングルモード光ファイバ又は非ゼロ分散シフトファイバのような、データを伝達するよう構成される任意の適切な光ファイバであっても良い。送信システム 1 0 4 は、増幅器 1 1 2 を有しても良い。幾つかの実施形態では、増幅器 1 1 2 は、受信機 1 0 6 へのより効率的な送信のために、(1 又は複数の帯域内監視信号と共に)光トラフィック信号を増幅するよう構成される任意の増幅器であっても良い。例えば、増幅器 1 1 2 は、光通信システムにおいて一般的なエルビウム添加ファイバ増幅器(erbium doped fiber amplifier: E D F A)であっても良い。幾つかの実施形態では、増幅器 1 1 2 は、光トラフィック信号に導入される特定の種類のノイズに関与し得る。例えば、E D F A は、当業者に自然放出(amplified spontaneous emission: A S E)として知られるある種の雑音を導入する。幾つかの実施形態では、増幅器 1 1 2 は、分散補償ファイバ 1 1 6 に通信可能に結合されても良い。分散補償ファイバ 1 1 6 は、色分散のような送信システム 1 0 4 に関連する任意の非線形効果を補償するよう構成される任意の適切なファイバ及び/又はファイバの集合であっても良い。幾つかの実施形態では、ネットワーク 1 0 0 は、1 又は複数の O A D M

40

50

114を有しても良い。OADM114は、ネットワーク100のノード間及び/又はそれらの間で複数の光波長を多重する及び/又はルーティングするよう構成される任意の適切なコンポーネント及び/又はコンポーネントの集合であっても良い。

【0017】

幾つかの実施形態では、受信機106は、多偏波光信号を送信機102から受信するよう構成される任意の電子装置、コンポーネント、及び/又は装置及び/又はコンポーネントの組合せであっても良い。例えば、送信機102は、1又は複数のレーザ、光変調器、プロセッサ、メモリ、デジタル-アナログ変換器、アナログ-デジタル変換器、デジタル信号プロセッサ、ビームスプリッタ、ビームコンパイナ、デマルチプレクサ、及び/又は二偏波光信号を送信機102から受信するために必要な任意の他のコンポーネント、装置及び/又はシステムを有しても良い。

10

【0018】

幾つかの実施形態では、送信機102及び受信機106は、同じ装置内に、例えば相互接続される複数の光ノードを有する光通信ネットワーク内に存在しても良い。上述の又は代替の実施形態では、送信機102及び受信機106は、ローカルに又は互いにリモートに配置される別個の装置であっても良い。

【0019】

動作中、送信機102は、二偏波光トラフィック信号を(1又は複数の帯域内監視信号と共に)送信システム104を介して受信機106へ伝達しても良い。幾つかの実施形態では、送信機102は、適切な変調方式により二重偏波光トラフィック信号を通信しても良い。例えば、送信機102は、位相シフト変調技術(例えば、二重偏波4相位相変調(dual-polarizationquadraturephase-shift-keying:DP-QPSK)、DP-8QAM、DP-16QAM、DP-32QAM、DP-64QAM、等)により、二重偏波光トラフィック信号を受信機106へ通信しても良い。幾つかの実施形態では、二重偏波光トラフィック信号のデータ部分を送信するために用いられる変調方式は、監視信号を送信するために用いられる変調方式と異なっても良い。例えば、送信機102は、図2~6を参照して以下に詳述するように、非補完的周波数変調を用いて監視信号を通信しても良い。

20

【0020】

送信機102で、システム100に関連する特定の波長及び/又は光路特性は管理システム100内での使用のために追跡されても良い。これらの特性に関連する管理情報は、更にシステム100に沿って通信するために、1又は複数の監視信号に含まれても良い。

30

【0021】

光トラフィック信号と共に帯域内で通信される監視信号をモニタすることにより、ネットワーク100は、システム100に関連する波長及び光路特性を決定することができる。

【0022】

図2は、本開示の特定の実施形態による、任意の非補完的周波数変調監視信号を追加する例示的な監視信号送信機200を示す。幾つかの実施形態では、システム200は、1又は複数のデータソース202、1又は複数の監視データソース204、1又は複数のデジタル-アナログ変換器(DAC)205、1又は複数のデジタル信号プロセッサ208、1又は複数の偏波ビームコンパイナ214、を有しても良い。

40

【0023】

幾つかの実施形態では、監視データソース204は、任意の非補完的周波数変調監視信号をDSP206に供給するよう構成されても良い。本開示の目的のために、非補完的信号は、監視信号のx成分の値が監視信号のy成分の値と等しくない、及び監視信号のx成分が監視信号のy成分の反対の値を有しないものであると理解されても良い。

【0024】

幾つかの実施形態では、システム200は、トラフィックシステム100の1又は複数の他のコンポーネントにデータを出力するよう構成されても良い。例えば、システム200

50

0 は、監視データソース 204 からの監視信号データ及び / 又は主データソース 202 からのモニタされたデータを出力するよう構成されても良い。図 1、3 ~ 6 を参照して以下に詳述するように、監視信号データは、波長情報、光路情報、及び / 又はトラフィックシステム 100 に関する任意の他の適切な情報を含むよう構成されても良い。

【0025】

幾つかの実施形態では、DSP 206 及び光源 208 は、市販の送信機 102 の部分であっても良い。例えば、DSP 206 は、送信機 102 の他のコンポーネントに統合された及び / 又はそのアナログ側で動作するよう構成される市販のデジタル信号プロセッサであっても良い。このように、システム 200 は、追加光コンポーネントを必要としないことによりデジタル信号プロセッサが送信機 102 と共に及び / 又はその中で用いられる、

10

【0026】

幾つかの実施形態では、DSP 206 は、主データソース 202 からの主データを監視データソース 204 からのデータと電気領域で結合するよう構成されても良い。したがって、帯域内監視信号変調のためにいかなる追加光コンポーネントも必要ない。幾つかの構成では、監視信号の変調レートは、主データのレートと比較して遅くても良い（例えば、監視信号は MHz のスケールで変調され、主データは GHz スケールで変調される）。幾つかの実施形態では、送信機 200 は、1 又は複数の DAC 205 を有しても良い。DAC 205 は、複数の偏波成分を有する結合データ信号を生成するために、変調器 207 及び / 又は光源 208 と組み合わせて使用するためにデジタル方式で結合された信号をアナログ信号に変換するよう構成される任意の 1 又は複数のコンポーネントであっても良い。

20

【0027】

幾つかの実施形態では、送信機 200 は、1 又は複数の変調器 207、209 を有しても良い。変調器 207、209 は、供給される駆動信号に従って、入力信号を変調するよう構成されても良い。幾つかの実施形態では、駆動信号は、監視信号データ及び / 又は主信号データに従って設定されても良い。例えば、変調器 207（例えば、信号の x 成分に関連する変調器）のための駆動信号は XI' 及び XQ' と示されても良く、変調器 209（例えば、信号の y 成分に関連する変調器）のための駆動信号は YI' 及び YQ' と示されても良い。

30

【0028】

幾つかの実施形態では、送信機 200 は、光システム 100 の他のコンポーネントへ通信するために、結合光信号の複数の偏波成分を単一の光信号に結合するよう構成される 1 又は複数の偏波ビームコンバイナ 214 を有しても良い。

【0029】

幾つかの実施形態では、監視信号の追加により引き起こされる主データの変化は、送信機 102 によるレーザ周波数の追加揺らぎを生じ得る。幾つかの実施形態では、この変化は、受信機 106 にある市販の DSP 内に構築されるレーザ周波数オフセット補償アルゴリズムにより除去されても良い。

【0030】

図 3 は、本開示の特定の実施形態による、デジタル信号プロセッサを有しない、任意の非補完的周波数変調監視信号を追加する例示的な監視信号送信機 300 を示す。幾つかの実施形態では、システム 300 は、1 又は複数の主データソース 302、1 又は複数の監視データソース 304、1 又は複数のデジタル - アナログ変換器 (DAC) 305、1 又は複数の変調器 307、309、1 又は複数の光源 308、1 又は複数の周波数シフタ 310、312、1 又は複数の偏波ビームコンバイナ 314、を有しても良い。

40

【0031】

幾つかの実施形態では、システム 300 は、デジタル信号プロセッサを有しても良い。しかしながら、図 3 に示したような構成では、デジタル信号プロセッサは、監視データソース 304 からのデータの追加のために必要なくとも良い。

50

【 0 0 3 2 】

図 2 を参照して上述したように、光源 3 0 8 (及び / 又は存在する場合にはデジタル信号プロセッサ) は、市販の光送信機 1 0 2 の部分であっても良い。幾つかの実施形態では、送信機 2 0 0 は、1 又は複数の D A C 3 0 5 を有しても良い。D A C 3 0 5 は、複数の偏波成分と共に結合した光データ信号を生成するために、変調器 3 0 7 及び / 又は光源 3 0 8 と組み合わせて使用するためにデジタル方式で結合された信号をアナログ信号に変換するよう構成される任意の 1 又は複数のコンポーネントであっても良い。

【 0 0 3 3 】

幾つかの実施形態では、送信機 3 0 0 は、1 又は複数の変調器 3 0 7、3 0 9 を有しても良い。変調器 3 0 7、3 0 9 は、供給される駆動信号に従って、入力信号を変調するよう構成されても良い。幾つかの実施形態では、駆動信号は、監視信号データ及び / 又は主信号データに従って設定されても良い。例えば、変調器 3 0 7 (例えば、信号の x 成分に関連する変調器) のための駆動信号は X I ' 及び X Q ' と示されても良く、変調器 3 0 9 (例えば、信号の y 成分に関連する変調器) のための駆動信号は Y I ' 及び Y Q ' と示されても良い。

10

【 0 0 3 4 】

幾つかの実施形態では、システム 3 0 0 は、1 又は複数の周波数シフタ 3 1 0、3 1 2 を有しても良い。各周波数シフタ 3 1 0、3 1 2 は、監視データソース 3 0 4 からの 1 又は複数のデータ成分を含むために、主データソース 3 0 2 からの変調データの周波数を変更するよう構成されても良い。例えば、周波数シフタ 3 1 0 は、監視信号の x 成分を主データ信号の x 成分に追加するよう構成されても良い。周波数シフタ 3 1 2 は、監視信号の y 成分を主データ信号の y 成分に追加するよう構成されても良い。周波数シフタ 3 1 0、3 1 2 により導入される周波数シフトの量は、監視信号の x 及び y 成分の値を反映するよう構成されても良い。

20

【 0 0 3 5 】

幾つかの実施形態では、周波数シフタ 3 1 0、3 1 2 から出力される信号は、偏波ビームコンバイナ 3 1 4 で結合されても良い。監視信号により相殺 (オフセット) された主データ信号は、次に、偏波ビームコンバイナ 3 1 4 から送信システム 1 0 4 へ通信されても良い。

【 0 0 3 6 】

図 4 は、本開示の特定の実施形態による、最小限のコンポーネントを有する、任意の非補完的周波数変調監視信号を分析する例示的な監視信号受信機 4 0 0 を示す。幾つかの実施形態では、システム 4 0 0 は、データ信号 4 0 2、1 又は複数の光帯域通過フィルタ 4 0 4、1 又は複数の光ダイオード 4 0 6、1 又は複数のデータ分析コンポーネント 4 0 8 を有しても良い。

30

【 0 0 3 7 】

幾つかの実施形態では、データ信号 4 0 2 は、図 1 ~ 3 を参照して上述したように、光トラフィック信号と一緒に重畳された監視信号を有しても良い。データ信号 4 0 2 は、主光リンク 4 0 1 から引き出されても良い。幾つかの実施形態では、主光リンク 4 0 1 は、光システム 1 0 0 の一部に沿って光信号を送信する任意の通信路であっても良い。例えば、受信機 4 0 0 は、主光リンク 4 0 1 に沿って伝搬する信号の 5 ~ 1 0 % の光パワーを有しても良いデータ信号 4 0 2 を生成するために、主光リンク 4 0 1 をタップしても良い。

40

【 0 0 3 8 】

幾つかの実施形態では、光帯域通過フィルタ 4 0 4 は、監視信号の x 及び y 成分を抽出するよう構成されても良い。例えば、光帯域通過フィルタ (B P F) は、監視信号の x 及び / 又は y 成分を通過するよう構成される調整可能 B P F であっても良い。光ダイオード 4 0 6 と共に、受信機 4 0 0 は、周波数変調された監視信号を振幅変調された監視信号に変換するよう構成されても良い。幾つかの実施形態では、光ダイオード 4 0 6 は、監視信号が比較的遅い変調速度を有するので、比較的低速の光ダイオードであっても良い。監視信号データが抽出されると、監視信号データは、1 又は複数のデータ分析コンポーネント

50

408を通されても良い。

【0039】

幾つかの実施形態では、データ分析コンポーネント408は、抽出された監視信号を分析するよう構成される任意のコンポーネントであっても良い。例えば、データ分析コンポーネント408は、電力メータ、デジタル信号プロセッサ、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、及び/又は抽出された監視信号データを分析するよう構成される任意の適切なコンポーネントを有しても良い。例えば、データ分析コンポーネント408は、抽出された監視信号を光パワーレベルについて分析するよう構成される電力メータであっても良い。別の例として、データ分析コンポーネント408は、抽出された監視信号データから、波長情報、光路情報、等を集めるよう構成されるマイクロプロセッサであっても良い。

10

【0040】

幾つかの実施形態では、BPF404は、1又は複数のデータ分析コンポーネント408に含まれても良い。例えば、データ分析コンポーネント408は、狭帯域光BPFを実装するよう構成されるデジタル信号プロセッサであっても良い。このような構成では、データ分析コンポーネント408は、監視データ信号のx及びy成分の両方を同時に分析しても良い。

【0041】

幾つかの実施形態では、受信機400に含まれる比較的安価なコンポーネントは、受信機400がトラフィックシステム100内でインラインに実装されることを可能にし得る。上述の又は代替の実施形態では、受信機400のコンポーネントは、独立型光受信機及び/又は光受信機の任意の他の適切な構成に含まれても良い。

20

【0042】

図5は、本開示の特定の実施形態による、任意の非補完的周波数変調監視信号の個々の偏波成分を分析する例示的な監視信号受信機500を示す。幾つかの実施形態では、システム500は、データ信号502、1又は複数の狭帯域光帯域通過フィルタ504、1又は複数の光ダイオード506、1又は複数のパワースプリッタ510、1又は複数のフィルタ512、514、1又は複数のデータ分析コンポーネント508を有しても良い。

【0043】

幾つかの実施形態では、データ信号502は、図1～3を参照して上述したように、光トラフィック信号と一緒に重畳された監視信号を有しても良い。データ信号502は、主光リンク401から引き出されても良い。幾つかの実施形態では、主光リンク501は、光システム100の一部に沿って光信号を送信する任意の通信路であっても良い。例えば、受信機500は、主光リンク501に沿って伝搬する信号の5～10%の光パワーを有しても良いデータ信号502を生成するために、主光リンク501をタップしても良い。

30

【0044】

狭帯域光帯域通過フィルタ504は、監視信号のx及びy成分を抽出するよう構成されても良い。例えば、光帯域通過フィルタ(BPF)は、監視信号のx及び/又はy成分を通過するよう構成される調整可能BPFであっても良い。光ダイオード506と共に、受信機500は、周波数変調された監視信号を振幅変調された監視信号に変換するよう構成されても良い。幾つかの実施形態では、光ダイオード506は、監視信号が比較的遅い変調速度を有するので、比較的低速の光ダイオードであっても良い。監視信号データが抽出されると、監視信号データは、1又は複数のパワースプリッタ510を通されても良い。

40

【0045】

パワースプリッタ510は、監視信号データのx及びy成分を分離するよう構成される任意の適切なコンポーネントであっても良い。例えば、パワースプリッタ510は、監視信号のx成分に関連するデータを抽出しても良い第1のフィルタ512へ、及び監視信号のy成分に関連するデータを抽出しても良い第2のフィルタ514へ監視信号を渡すよう構成されても良い。

【0046】

50

幾つかの実施形態では、フィルタ 5 1 2、5 1 4 は、1 又は複数のデータ分析コンポーネント 5 0 8 にデータを渡す前に、監視信号データの個々の偏波成分を更に抽出する帯域通過フィルタとして構成されても良い。上述又は代替の実施形態では、1 又は複数のフィルタ 5 1 2、5 1 4 は、低域通過フィルタとして構成されても良い。例えば、フィルタ 5 1 2 は、最も低い周波数成分をフィルタリングする低域通過フィルタとして構成されても良い。

【0047】

幾つかの実施形態では、データ分析コンポーネント 5 0 8 のために必要なデータ分析は、監視信号データの個々の偏波成分の事前の分離により、低減できる。幾つかの構成では、これは、データ分析コンポーネント 5 0 8 の要求される負荷及び / 又は複雑性を低減できる。

10

【0048】

図 4 を参照してより詳細に記載するように、データ分析コンポーネント 5 0 8 は、抽出された監視信号を分析するよう構成される任意のコンポーネントであっても良い。例えば、データ分析コンポーネント 4 0 8 は、電力メータ、デジタル信号プロセッサ、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、及び / 又は抽出された監視信号データを分析するよう構成される任意の適切なコンポーネントを有しても良い。例えば、データ分析コンポーネント 4 0 8 は、抽出された監視信号を光パワーレベルについて分析するよう構成される電力メータであっても良い。別の例として、データ分析コンポーネント 4 0 8 は、抽出された監視信号データから、波光路情報を集めるよう構成されるマイクロプロセッサであ

20

【0049】

幾つかの実施形態では、受信機 5 0 0 に含まれる比較的安価なコンポーネントは、受信機 5 0 0 がトラフィックシステム 1 0 0 内でインラインに実装されることを可能にし得る。上述の又は代替の実施形態では、受信機 5 0 0 のコンポーネントは、独立型光受信機及び / 又は光受信機の任意の他の適切な構成に含まれても良い。

【0050】

図 6 は、本開示の特定の実施形態による、光トラフィック信号に関連する監視信号を分析する例示的な方法 6 0 0 のフローチャートを示す。方法 6 0 0 は、任意の非補完的周波数変調監視信号を導入するステップと、主データ信号から監視信号データをフィルタリングするステップと、監視信号データを分析するステップと、を有しても良い。

30

【0051】

一実施形態によると、方法 6 0 0 は、6 0 2 で開始しても良い。本開示の教示は、種々の構成で実施されても良い。したがって、方法 6 0 0 の好適な初期化時点及び方法 6 0 0 に含まれる 6 0 2 - 6 1 0 の順序は、実装の選択に依存しても良い。

【0052】

6 0 2 で、方法 6 0 0 は、図 1 - 3 を参照して上述したように、電気領域又は光領域で監視信号データを導入するか否かを決定しても良い。監視信号が電気領域を介して導入すべき場合、方法 6 0 0 はステップ 6 0 4 に進んでも良い。監視信号が光領域を介して導入すべき場合、方法 6 0 0 はステップ 6 0 6 に進んでも良い。

40

【0053】

ステップ 6 0 4 で、方法 6 0 0 は、図 1 - 2 を参照して上述したように、監視信号を電気領域で光データ信号に導入しても良い。例えば、方法 6 0 0 は、x 及び y 成分の両方を有する監視信号を二重偏波データ信号に導入しても良い。幾つかの実施形態では、これは、監視データソースからの監視信号データを主データソースからの主信号データに結合するために、デジタル信号プロセッサの使用を有しても良い。監視信号データの導入の後に、方法 6 0 0 はステップ 6 0 8 に進んでも良い。

【0054】

再びステップ 6 0 6 を参照すると、方法 6 0 0 は、図 1、3 を参照して上述したように、監視信号を光領域で光データ信号に導入しても良い。例えば、方法 6 0 0 は、x 及び y

50

成分の両方を有する監視信号を二重偏波データ信号に導入しても良い。幾つかの実施形態では、これは、監視データソースからの監視信号データを主データソースからの主信号データに結合するために、複数の周波数シフタ及び/又は偏波ビームコンバイナの使用を有しても良い。監視信号データの導入の後に、方法600はステップ608に進んでも良い。

【0055】

ステップ608で、方法600は、トラフィックシステム100の残りの部分を通じて、結合光データ信号を通信しても良い。例えば、送信機102は、結合光データ信号（例えば、主データと監視信号との結合）をトラフィックシステム102の別のコンポーネントへ通信しても良い。結合光データ信号の通信の後に、方法600はステップ610へ進んでも良い。

10

【0056】

ステップ610で、方法600は、図1～5を参照して上述したように、監視信号データに含まれる情報を決定するために、受信した結合光データ信号を分析しても良い。例えば方法600は、結合光データ信号から監視信号の個々の変更成分を分離するために、複数のフィルタ、光ダイオード、及び/又はデータ分析コンポーネントを用いても良い。図4～5を参照して上述したように、これは、トラフィックシステム100と共にインラインで及び/又は受信機106の特定のコンポーネントにより、行われても良い。幾つかの実施形態では、分析は、監視信号に関連する特定の情報、例えば電力、波長情報、光路情報、等を決定するステップを有しても良い。結合光データ信号を分析した後に、方法600は、再び処理を開始するためにステップ602へ戻っても良い。

20

【0057】

図6は、例示的な方法600に関して行われる特定数のステップを示すが、方法600は、図6に示したステップより多くの又は少ないステップで実行されても良い。例えば、トラフィックシステム100の幾つかの構成では、監視信号データの分析は、（例えば、インライン分析を実行するとき）結合光データ信号の更なる通信と同時に生じても良い。さらに、トラフィックシステム100の幾つかの構成では、主信号データと監視信号データの電気領域及び/又は光領域の両方の結合が実行されても良い。

【符号の説明】

【0058】

- 100 トラフィックシステム
- 102 送信機
- 104 送信システム
- 106 受信機
- 108 マルチプレクサ (M U X)
- 110 ファイバ
- 112 増幅器
- 114 O A D M
- 116 拡散補償ファイバ
- 200、300、400 監視信号送信機
- 202、302 主データソース
- 204、304 監視データソース
- 205、305 D A C
- 206 D S P
- 207、209、307、309 変調器
- 208、308 光源
- 214、314 偏波ビームコンバイナ
- 310、312 周波数シフタ
- 401、501 主光リンク
- 402、502 データ信号

30

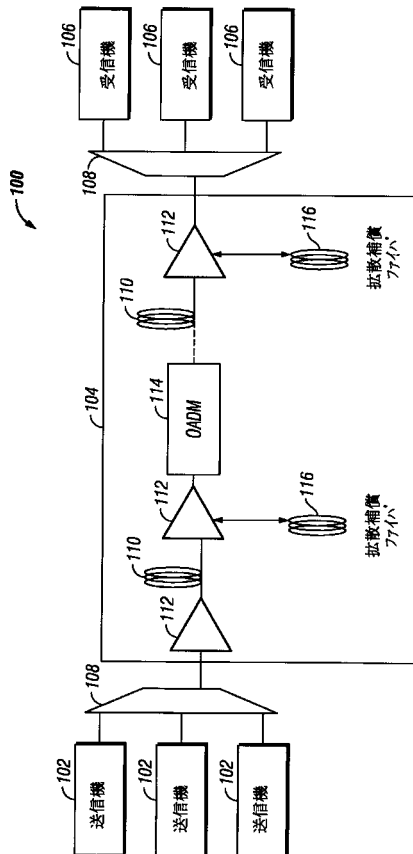
40

50

- 404、504 狭帯域光帯域通過フィルタ
- 406、506 光ダイオード
- 408、508 データ分析コンポーネント
- 500 監視信号受信機
- 510 パワースプリッタ
- 512、514 フィルタ

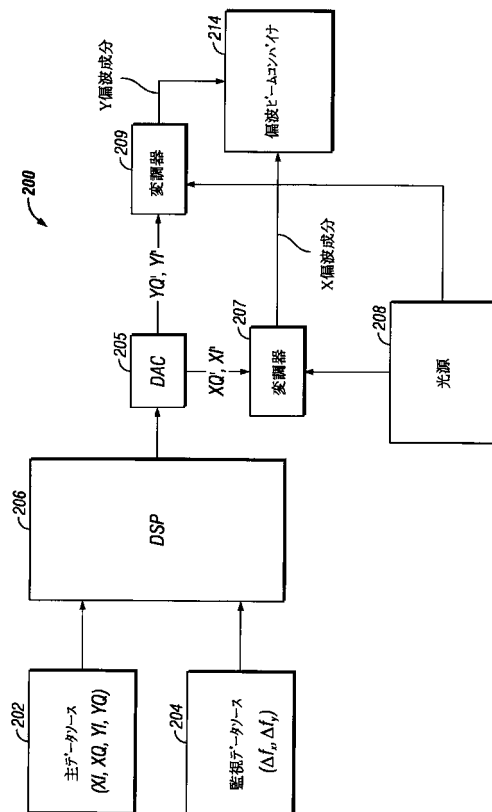
【図1】

本開示の特定の実施形態による例示的な光通信システムを示す図



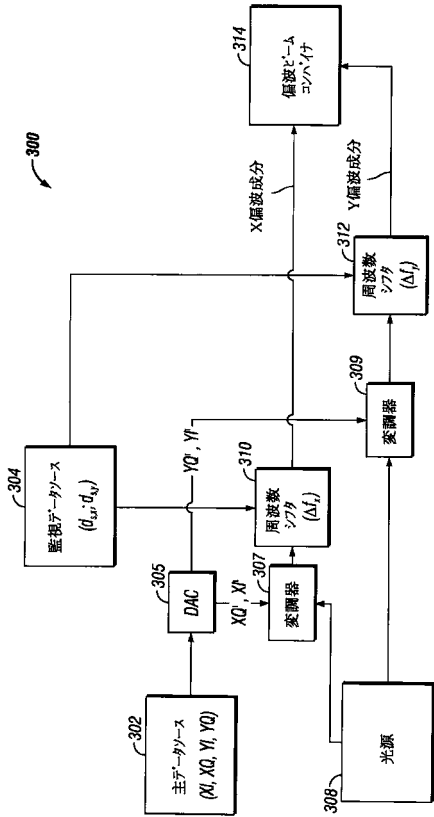
【図2】

本開示の特定の実施形態による、任意の非補完的周波数変調監視信号を追加する例示的な監視信号送信機を示す図



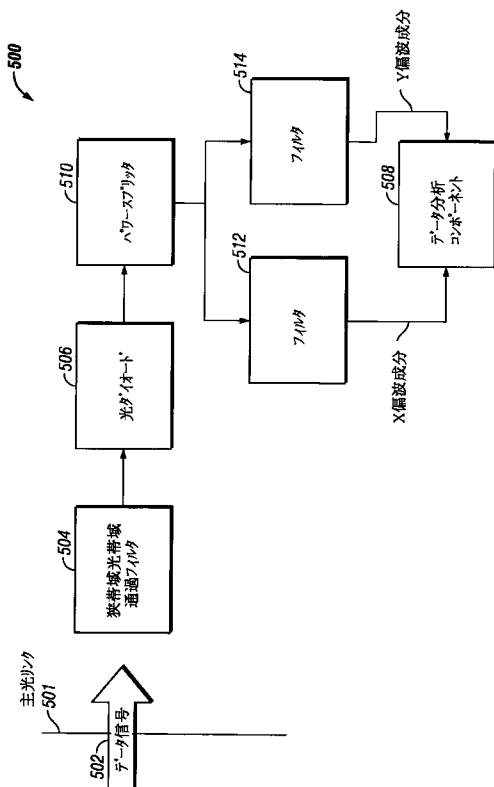
【図3】

本開示の特定の実施形態による、デジタル信号プロセッサを有しない、任意の非補完的周波数変調監視信号を追加する例示的な監視信号送信機300を示す図



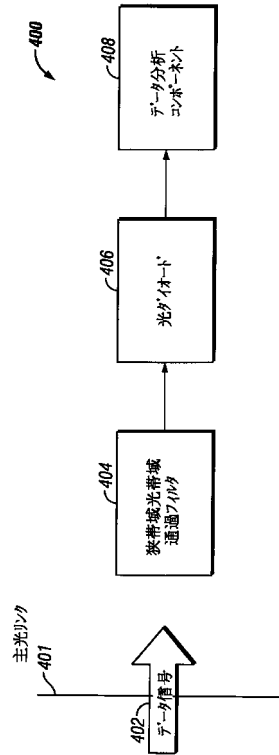
【図5】

本開示の特定の実施形態による、任意の非補完的周波数変調監視信号の個々の偏波成分を分析する例示的な監視信号受信機を示す図



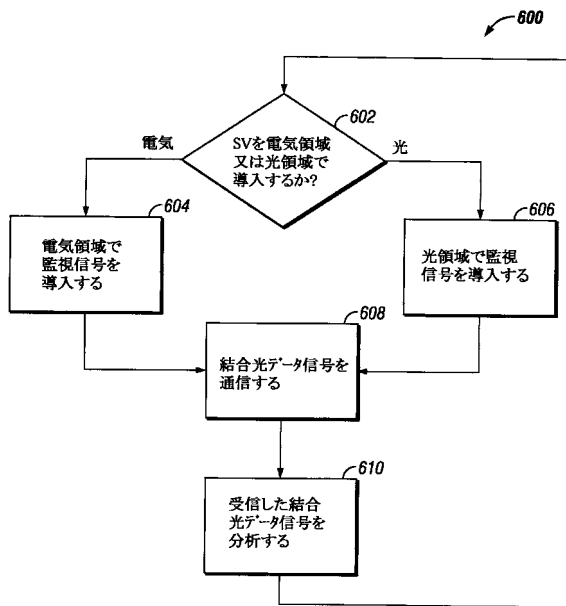
【図4】

本開示の特定の実施形態による、最小限のコンポーネントを有する、任意の非補完的周波数変調監視信号を分析する例示的な監視信号受信機を示す図



【図6】

本開示の特定の実施形態による、光トラフィック信号に関連する監視信号を分析する方法のフローチャートを示す図



フロントページの続き

(72)発明者 キム・インウン

アメリカ合衆国, テキサス州 75013, アレン, エイミー・ドライブ 1142番

(72)発明者 ヴァシリーヴァ・オルガ

アメリカ合衆国, テキサス州 75093, プレーノ, ベッドロック・ドライブ 5852番

(72)発明者 関屋 元義

アメリカ合衆国, テキサス州 75080, リチャードソン, ウエスト・レナー・ロード 800番, 3627号

Fターム(参考) 5K102 AA01 AD15 AH02 KA28 KA39 LA11 LA22 MH14 MH20 PC12

PH22 RD12