

(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2015-100108

(P2015-100108A)

(43) 公開日 平成27年5月28日 (2015.5.28)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
HO4B	10/296	(2013.01)	HO4B	9/00	296	5F172	
HO4J	14/00	(2006.01)	HO4B	9/00	E	5K102	
HO4J	14/02	(2006.01)	HO1S	3/067			
HO1S	3/067	(2006.01)	HO1S	3/10	D		
HO1S	3/10	(2006.01)					

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2014-226545 (P2014-226545)
 (22) 出願日 平成26年11月7日 (2014.11.7)
 (31) 優先権主張番号 14/082, 689
 (32) 優先日 平成25年11月18日 (2013.11.18)
 (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 マンデルバウム・イダン
 アメリカ合衆国, ニュージャージー州 O
 7430, マファ, ディキンソン・レーン
 161番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ゲイン制御方法、光増幅器及び光通信システム

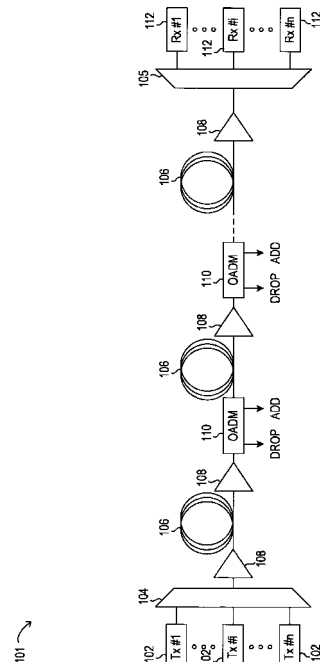
(57) 【要約】

【課題】 光増幅器の過渡後のゲイン制御を適切に行うこと。

【解決手段】 光増幅器の過渡後のゲイン制御のための方法及びシステムは、光増幅器におけるゲイン制御制御モジュールを利用してゲインオフセットキャンセル信号を生成する。ゲインオフセットキャンセル信号は、ポンプ信号及び減衰制御信号の少なくとも1つを生成する光増幅器のゲイン制御モジュールに出力される。こうして、光ネットワークにより送信される光信号中の複数の波長について、ゲインオフセットがキャンセルされる。

【選択図】 図1

一実施形態による光ネットワークの選択された要素を示すブロック図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光増幅器の過渡後のゲイン制御のための方法であって、
 複数の波長を含む光信号を受信するステップと、
 ドーフトファイバ増幅要素のためのポンプ信号を生成するステップと、
 前記光信号及び前記ポンプ信号を、前記ドーフトファイバ増幅要素において多重するステップと

を有し、ゲインオフセットキャンセル信号を生成し、前記ゲインオフセットキャンセル信号を利用して前記ポンプ信号を生成し、前記光増幅器から出力される前記光信号中の複数の波長について、ゲインオフセットがキャンセルされる、方法。

10

【請求項 2】

前記ドーフトファイバ増幅要素から前記光信号を受信するように形成された可変光減衰器に対する減衰制御信号を生成するステップと、

前記ゲインオフセットキャンセル信号を利用して、前記ポンプ信号及び前記減衰制御信号のうち少なくとも 1 つを生成するステップと

を有する請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記ポンプ信号を生成するステップが、

ゲイン設定ポイントを取得するステップと、

前記可変光減衰器から出力される前記光信号に対応する出力パワー信号及び増幅された自然放出(ASE)補償信号を示すオフセットを受信するステップと、

20

第 1 のパワー信号、前記ゲイン設定ポイント及び前記オフセットに基づいて、ゲイン制御信号により、前記ポンプ信号を生成するレーザダイオードの駆動を制御するステップとを有する、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記ゲインオフセットが、前記ゲインオフセットキャンセル信号を示す、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 5】

前記減衰制御信号を生成するステップが、

前記ドーフトファイバ増幅要素から出力される前記光信号に対応する第 2 のパワー信号を生成するステップと、

30

前記可変光減衰器から出力される前記光信号の出力パワー信号に対応する第 3 のパワー信号を生成するステップと、

前記第 2 のパワー信号、前記第 3 のパワー信号及び損失設定ポイントに基づいて、前記減衰制御信号を制御するステップと

を有する、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 6】

前記減衰制御信号を制御する処理が、ゲインオフセットキャンセル信号に基づいている、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

40

前記減衰制御信号を生成するステップが、

前記可変光減衰器から出力された前記光信号を光学的にフィルタリングし、フィルタリングされた第 1 の光信号及びフィルタリングされた第 2 の光信号を生成するステップと、

前記フィルタリングされた第 1 の光信号及び前記フィルタリングされた第 2 の光信号にそれぞれ対応するフィルタリングされた第 1 のパワー信号及びフィルタリングされた第 2 のパワー信号を生成するステップと、

前記フィルタリングされた第 1 のパワー信号及び前記フィルタリングされた第 2 のパワー信号を正規化するステップと、

正規化された前記フィルタリングされた第 1 のパワー信号及び正規化された前記フィルタリングされた第 2 のパワー信号を増幅するステップと

50

を有する、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 8】

複数の波長を含む光信号を受信し、過渡後のゲイン制御を実行する光増幅器であって、ドープファイバ増幅要素にポンプ信号を出力するポンプ信号制御ループを有するゲイン制御モジュールであって、前記光信号及び前記ポンプ信号は前記ドープファイバ増幅要素において多重される、ゲイン制御モジュールと、

ゲインオフセットキャンセル信号を生成するゲインオフセット制御モジュールであって、前記ゲインオフセットキャンセル信号は、前記ポンプ信号を生成するために前記ゲイン制御モジュールに出力され、前記光増幅器から出力される前記光信号中の複数の波長について、ゲインオフセットがキャンセルされる、ゲインオフセット制御モジュールと

を有する光増幅器。

10

【請求項 9】

前記ドープファイバ増幅要素から前記光信号を受信するように形成された可変光減衰器に、減衰制御信号を出力する減衰制御ループを有し、

前記ゲインオフセットキャンセル信号は、前記ポンプ信号及び前記減衰制御信号のうち少なくとも 1 つを生成するために前記ゲイン制御モジュールに出力される、請求項 8 に記載の光増幅器。

【請求項 10】

前記ゲイン制御モジュールは、

受信した光信号に対応する第 1 のパワー信号を生成する第 1 のフォトダイオードと、

ゲイン制御信号により、前記ポンプ信号を生成するレーザダイオードの駆動を制御する第 1 の電子増幅器と

を有し、前記第 1 の電子増幅器は、

第 1 のパワー信号、

ゲイン設定ポイント、及び

前記可変光減衰器から出力される前記光信号に対応する出力パワー信号及び増幅された自然放出(ASE)補償信号を示すオフセット

を入力として受信する、請求項 9 に記載の光増幅器。

20

【請求項 11】

前記オフセットが、前記ゲインオフセットキャンセル信号を示す、請求項 10 に記載の光増幅器。

30

【請求項 12】

前記ゲイン制御モジュールは、

前記ドープファイバ増幅要素から出力される前記光信号に対応する第 2 のパワー信号を生成する第 2 のフォトダイオードと、

可変光減衰器から出力される前記光信号の出力パワー信号に対応する第 3 のパワー信号を生成する第 3 のフォトダイオードと、

減衰制御信号を制御する第 2 の電子増幅器と

を有し、前記第 2 の電子増幅器は、

前記第 2 のパワー信号、

前記第 3 のパワー信号、及び

損失設定ポイント

を入力として受信する、請求項 8 に記載の光増幅器。

40

【請求項 13】

前記第 2 の電子増幅器は、前記ゲインオフセットキャンセル信号を入力として受信する、請求項 12 に記載の光増幅器。

【請求項 14】

前記ゲインオフセット制御モジュールが、

可変光減衰器から出力された前記光信号を光学的にフィルタリングし、フィルタリングされた第 1 の光信号及びフィルタリングされた第 2 の光信号を生成する光フィルタと、

50

前記フィルタリングされた第 1 の光信号に対応するフィルタリングされた第 1 のパワー信号を生成する第 4 のフォトダイオードと、

前記フィルタリングされた第 2 の光信号に対応するフィルタリングされた第 2 のパワー信号を生成する第 5 のフォトダイオードと、

前記フィルタリングされた第 1 のパワー信号及び前記フィルタリングされた第 2 のパワー信号を正規化する正規化部と、

正規化された前記フィルタリングされた第 1 のパワー信号及び正規化された前記フィルタリングされた第 2 のパワー信号を増幅する第 3 の電子増幅器と

を有する、請求項 8 に記載の光増幅器。

【請求項 15】

光信号通信経路を介して光信号を送信する送信器と、

前記光信号通信経路から前記光信号を受信する受信器と、

前記光信号通信経路上にある光分岐挿入マルチプレクサと、

前記光分岐挿入マルチプレクサから前記光信号を受信する光増幅器と

を有し、前記光増幅器は、

ドーフトファイバ増幅要素にポンプ信号を出力するポンプ信号制御ループを有するゲイン制御モジュールであって、前記光信号及び前記ポンプ信号は前記ドーフトファイバ増幅要素において多重される、ゲイン制御モジュールと、

ゲインオフセットキャンセル信号を生成するゲインオフセット制御モジュールであって、前記ゲインオフセットキャンセル信号は、前記ポンプ信号を生成するために前記ゲイン制御モジュールに出力され、前記光増幅器から出力される前記光信号中の複数の波長について、ゲインオフセットがキャンセルされる、ゲインオフセット制御モジュールと

を有する光通信システム。

【請求項 16】

前記光増幅器が、前記ドーフトファイバ増幅要素から前記光信号を受信するように形成された可変光減衰器に、減衰制御信号を出力する減衰制御ループを有し、

前記ゲインオフセットキャンセル信号は、前記ポンプ信号及び前記減衰制御信号のうち少なくとも 1 つを生成するために前記ゲイン制御モジュールに出力される、請求項 15 に記載の光通信システム。

【請求項 17】

前記ゲイン制御モジュールは、

受信した光信号に対応する第 1 のパワー信号を生成する第 1 のフォトダイオードと、

ゲイン制御信号により、前記ポンプ信号を生成するレーザダイオードの駆動を制御する第 1 の電子増幅器と

を有し、前記第 1 の電子増幅器は、

第 1 のパワー信号、

ゲイン設定ポイント、及び

前記可変光減衰器から出力される前記光信号に対応する出力パワー信号及び増幅された自然放出(ASE)補償信号を示すオフセット

を入力として受信する、請求項 16 に記載の光通信システム。

【請求項 18】

前記オフセットが、前記ゲインオフセットキャンセル信号を示す、請求項 17 に記載の光通信システム。

【請求項 19】

前記ゲイン制御モジュールは、

前記ドーフトファイバ増幅要素から出力される前記光信号に対応する第 2 のパワー信号を生成する第 2 のフォトダイオードと、

前記可変光減衰器から出力される前記光信号の出力パワー信号に対応する第 3 のパワー信号を生成する第 3 のフォトダイオードと、

前記減衰制御信号を制御する第 2 の電子増幅器と

10

20

30

40

50

を有し、前記第 2 の電子増幅器は、
 前記第 2 のパワー信号、
 前記第 3 のパワー信号、及び
 損失設定ポイント
 を入力として受信する、請求項 16 に記載の光通信システム。

【請求項 20】

前記第 2 の電子増幅器は、前記ゲインオフセットキャンセル信号を入力として受信する、請求項 19 に記載の光通信システム。

【請求項 21】

前記ゲインオフセット制御モジュールが、
 前記可変光減衰器から出力された前記光信号を光学的にフィルタリングし、フィルタリングされた第 1 の光信号及びフィルタリングされた第 2 の光信号を生成する光フィルタと

、
 前記フィルタリングされた第 1 の光信号に対応するフィルタリングされた第 1 のパワー信号を生成する第 4 のフォトダイオードと、

前記フィルタリングされた第 2 の光信号に対応するフィルタリングされた第 2 のパワー信号を生成する第 5 のフォトダイオードと、

前記フィルタリングされた第 1 のパワー信号及び前記フィルタリングされた第 2 のパワー信号を正規化する正規化部と、

正規化された前記フィルタリングされた第 1 のパワー信号及び正規化された前記フィルタリングされた第 2 のパワー信号を増幅する第 3 の電子増幅器と

を有する、請求項 16 に記載の光通信システム。

10

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

開示される実施の形態は光通信ネットワーク等に関連し、例えば光増幅器の過渡後のゲイン制御のためのシステム及び方法等に関連する。

【背景技術】

【0002】

電気通信、ケーブルテレビジョン及びデータ通信のシステムは、離間された地点間で大量の情報を速やかに伝送するために光ネットワークを利用する。光ネットワークにおいて、情報は光ファイバを通る光信号の形式で伝送される。光ネットワークは様々な要素を含み、例えば、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、光スイッチ、カブラ等を含み、これらはネットワーク内で様々な動作を実行するように形成される。

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

特に、光ネットワークは、例えばアドドロップマルチプレクサ(add-drop multiplexor : OADM)等を利用して様々なチャネルを個別的に通信するように再構築される。「OADM」は「分岐挿入マルチプレクサ」等と言及されてもよい。この場合において、個々のチャネル(例えば、波長)は光ネットワークの様々な地点で挿入又は分岐され、様々なネットワーク構成及びトポロジを実現可能にする。しかしながら、そのようにネットワークを再構築する処理は、存在するチャネルの中で過渡的なパワー(power transients)を生じさせてしまうことが懸念される。パワーは電気信号の電力及び光信号の強度を含む。特に、ネットワークの再構築に起因する定常状態のゲインオフセットは、光ネットワークにおける信号パワー及び/又は光信号対雑音比率(optical signal to noise ratio : OSNR)の望まれない変動を招いてしまう。

40

50

【課題を解決するための手段】

【0004】

一実施形態による方法は、
光増幅器の過渡後のゲイン制御のための方法であって、
複数の波長を含む光信号を受信するステップと、
ドープファイバ増幅要素のためのポンプ信号を生成するステップと、
前記光信号及び前記ポンプ信号を、前記ドープファイバ増幅要素において多重するステップと

を有し、ゲインオフセットキャンセル信号を生成し、前記ゲインオフセットキャンセル信号を利用して前記ポンプ信号を生成し、前記光増幅器から出力される前記光信号中の複数の波長について、ゲインオフセットがキャンセルされる、方法である。

10

【発明の効果】

【0005】

光増幅器の過渡後のゲイン制御等を適切に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】一実施形態による光ネットワークの選択された要素を示すブロック図。

【図2】過渡後のゲインオフセット制御を実行する一実施形態による光増幅器の選択された要素を示すブロック図。

【図3A】過渡後のゲインオフセット制御を実行する一実施形態による光増幅器の選択された要素を示すブロック図。

20

【図3B】過渡後のゲインオフセット制御を実行する一実施形態による光増幅器の選択された要素を示すブロック図。

【図4】光増幅器を用いて過渡後のゲインオフセット制御を実行する方法の実施形態に関する選択的な要素を示す図。

【図5】光増幅器を用いて過渡後のゲインオフセット制御を実行する方法の実施形態に関する選択的な要素を示す図。

【図6】光増幅器を用いて過渡後のゲインオフセット制御を実行する方法の実施形態に関する選択的な要素を示す図。

【図7】光増幅器を用いて過渡後のゲインオフセット制御を実行する方法の実施形態に関する選択的な要素を示す図。

30

【発明を実施するための形態】

【0007】

<実施の形態の概要>

一実施形態によれば、光増幅器の過渡後のゲイン制御のための方法は、
複数の波長を含む光信号を受信するステップと、
ドープファイバ増幅要素のためのポンプ信号を生成するステップと、
前記光信号及び前記ポンプ信号を、前記ドープファイバ増幅要素において多重するステップと

を有する。本方は、ゲインオフセットキャンセル信号を生成し、前記ゲインオフセットキャンセル信号を利用して前記ポンプ信号を生成し、前記光増幅器から出力される前記光信号中の複数の波長について、ゲインオフセットがキャンセルされる。

40

【0008】

特定の実施形態において、本方法は、
前記ドープファイバ増幅要素から前記光信号を受信するように形成された可変光減衰器に対する減衰制御信号を生成するステップと、

前記ゲインオフセットキャンセル信号を利用して、前記ポンプ信号及び前記減衰制御信号のうち少なくとも1つを生成するステップと

を有してもよい。

【0009】

50

複数の波長を含む光信号を受信し、過渡後のゲイン制御を実行する開示される別の形態は、本願で説明されているように、光増幅器、光通信システム等を含む。

【0010】

< 図面 >

実施形態並びに特徴及び利点の適切な理解を促すために、添付図面を参照しながら以下において詳細な説明がなされる。

【0011】

図1は、一実施形態による光ネットワークの選択された要素を示すブロック図である。

【0012】

図2は、過渡後のゲインオフセット制御を実行する一実施形態による光増幅器の選択された要素を示すブロック図である。 10

【0013】

図3Aは、過渡後のゲインオフセット制御を実行する一実施形態による光増幅器の選択された要素を示すブロック図である。

【0014】

図3Bは、過渡後のゲインオフセット制御を実行する一実施形態による光増幅器の選択された要素を示すブロック図である。

【0015】

図4は、光増幅器を用いて過渡後のゲインオフセット制御を実行する方法の実施形態に関する選択的な要素を示す図である。 20

【0016】

図5は、光増幅器を用いて過渡後のゲインオフセット制御を実行する方法の実施形態に関する選択的な要素を示す図である。

【0017】

図6は、光増幅器を用いて過渡後のゲインオフセット制御を実行する方法の実施形態に関する選択的な要素を示す図である。

【0018】

図7は、光増幅器を用いて過渡後のゲインオフセット制御を実行する方法の実施形態に関する選択的な要素を示す図である。

【0019】

< 実施の形態の詳細な説明 >

以下の説明では、開示される内容の議論を促すために具体例による詳細な事項が言及される。しかしながら、説明される実施形態は全ての可能な形態のうち例示に過ぎず網羅的ではないことが当業者にとって明らかであろう。 30

【0020】

本明細書において、ハイフンが付いた参照番号は要素の具体的な例を示し、ハイフンが付いていない参照番号は一般的、全体的又は集合的な要素を示す。例えば(図示してはいないが)、ウィジェット「12-1」は、ウィジェット「12」として集合的に示されるウィジェットクラスのうち具体例又はインスタンスを示し、そのうちの任意の何れかがウィジェット「12」として一般的に言及されてもよい。図面及び明細書において、同様な参照番号は同様な要素を表現するために使用される。 40

【0021】

図面を説明する。図1は、光通信システムを示す光ネットワーク101の一実施形態を示す。光ネットワーク101は、光ネットワーク101の要素により通信される1つ以上の光信号を伝送するように形成される1つ以上の光ファイバ106を含む。ファイバ106により互いに結合される光ネットワーク101の中のネットワーク要素は、1つ以上の送信器102と、1つ以上のマルチプレクサ(MUX)104と、1つ以上の光増幅器108と、1つ以上の光分岐挿入マルチプレクサ(OADM)110と、1つ以上のデマルチプレクサ(DEMUX)105と、1つ以上の受信器112とを有する。

【0022】

光ネットワーク101は、端末ノードを有する1対1の光ネットワーク、リング光ネットワーク、メッシュ光ネットワーク、その他の適切な任意の光ネットワーク又は光ネットワークの組み合わせ等を含んでいてもよい。光ファイバ106は、非常に小さな損失で長距離に渡って信号を通信することが可能な薄いガラス繊維を有する。光ファイバ106は、光通信のための多種多様なファイバから選択される適切な任意のタイプのファイバを有していてもよい。

【0023】

光ネットワーク101は、光ファイバを介して光信号を送信するように形成される装置を含んでいてもよい。情報を波長にエンコードする光の1つ以上の波長の変調により、情報は、光ネットワーク101を介して送受信されてもよい。光ネットワーク101において、光の波長はチャンネルとして言及されてよい。チャンネルの各々は、光ネットワーク101を介して所定の情報量を担う又は搬送するように設定される。

10

【0024】

光ネットワーク101の情報容量及び伝送能力を向上させるため、複数のチャンネルで送信される複数の信号が、1つのワイドバンド光信号に統合されてもよい。複数のチャンネルで情報を通信する処理は、光学上、波長分割多重化(WDM)と言及される。低密度波長分割多重化(Coarse Wavelength Division Multiplexing: CWDM)は、少ない数のチャンネルを広い波長間隔で波長多重することに関連し、通常、20nmより広い間隔を隔てて16個未満の波長をファイバの中で多重し、高密度波長分割多重化(Dense Wavelength Division Multiplexing: DWDM)は、多数のチャンネルを狭い波長間隔で波長多重することに関連し、通常、0.8nmより狭い間隔を隔てて40個以上の波長をファイバの中で多重する。光ファイバに対する集約される帯域幅を増やすために、光ネットワークにおいて、WDM又は他の複数波長多重通信技術が使用される。WDMを使用しない場合、光ネットワークにおける帯域幅は、1つの波長単独のビットレートに制限される。より多くの帯域幅を使用する場合、光ネットワークは、より多くの情報量を通信することができる。光ネットワーク101は、WDM又はその他の何らかの適切な複数チャンネル多重技術を利用して、異なるチャンネルを送信するように形成されてもよい。

20

【0025】

光ネットワーク101は、特定の波長又はチャンネルにより光ネットワークを介して光信号を送信するように形成される1つ以上の送信器(Tx)102を含んでもよい。送信器102は、電気信号を光信号に変換し、光信号を送信するように形成されるシステム、装置又はデバイスを含む。例えば、送信器102の各々は、レーザ及び変調器を有し、電気信号を受信し、電気信号に含まれている情報を、特定の波長でレーザにより生成される光ビームに変調し、祖オン信号を担うビームを光ネットワーク101を介して送信する。

30

【0026】

マルチプレクサ(MUX)104は、送信器102に結合され、送信器102により送信される信号を例えば個々の波長においてWDM信号に合成するように形成されるシステム、装置又はデバイスであってもよい。

【0027】

光増幅器108は、光ネットワーク101の中で、マルチチャンネル信号を増幅する。光増幅器108は、ファイバ106の前の場所及び/又は所定長だけ後の場所にあってもよい。光増幅器108は、光信号を増幅するように形成されるシステム、装置又はデバイスを有してよい。例えば、光増幅器108は、光信号を増幅するように形成されるシステム、装置又はデバイスを有してよい。この増幅は、光から電気への変換又は電気から光への変換とともに実行されてよい。一実施形態において、光増幅器108は、ドーブトファイバ増幅要素(doped fiber amplification element)を形成するように、希土類元素がドーブト又は添加された光ファイバを含んでいてもよい。信号がファイバの中を通る場合に、光ファイバのドーブトされた部分の原子を励起するために、ポンプ信号の形式で外部エネルギーが印加され、光信号の強度を増加させる。一例として、光増幅器108は、エルビウムドーブトファイバ増幅器(EDFA)を有してもよい。

40

50

【 0 0 2 8 】

OADM(光分岐挿入マルチプレクサ又はアドドロップマルチプレクサ)110はファイバ106を介して光ネットワーク101に結合されてもよい。OADM110は挿入/分岐モジュール又はアドドロップモジュールを有し、ファイバに光信号(すなわち、個々の波長の信号)を追加する及び/又はファイバから光信号を分岐させるように形成されるシステム、装置又はデバイスを含む。OADM110を通過した後、光信号は、ファイバ106を介して直接的に送信先へ進行してもよいし、或いは信号は送信先へ到着する前に1つ以上の別のOADM110及び/又は光増幅器108を経由してもよい。「送信先」は「宛先」等と言及されてもよい。「送信元」は「ソース」等と言及されてもよい。

【 0 0 2 9 】

図1に示されているように、光ネットワーク101は、ネットワーク101の1つ以上の送信先において1つ以上のデマルチプレクサ(DEMUX)105を含んでもよい。デマルチプレクサ105は、WDM信号を含む信号を、各々のチャネルの各自の波長に分割することにより、デマルチプレクサ又は分離部として機能するシステム、装置又はデバイスを含んでもよい。例えば、光ネットワーク101は、40チャネルのDWDM信号を送信及び搬送しているかもしれない。デマルチプレクサ105は、単独の40チャネルDWDM信号を、40個の異なるチャネルによる40個の個別的な信号に分割してもよい。

【 0 0 3 0 】

一実施形態の光ネットワーク101において、OADM110は、WDM信号の個々の又は複数の波長を挿入又は分岐することが可能な再設定可能なOADM(reconfigurable OADM:ROADM)を表現する。個々の又は複数の波長は、例えば、ROADMに含まれる波長選択スイッチ(WSS)(図示せず)を用いて、光信号の領域で(光ドメインで)挿入又は分岐されてもよい。

【 0 0 3 1 】

図1において、光ネットワーク101はデマルチプレクサ105に結合される受信器112を含んでもよい。受信器112は、特定の波長又はチャネルで送信された光信号を受信し、光信号が担う情報(すなわち、データ)を取得する(例えば、復調する)ように光信号を処理する。従って、ネットワーク101はネットワークの全てのチャネルについて少なくとも1つの受信器112を含んでもよい。

【 0 0 3 2 】

図1に示す光ネットワーク101のような光ネットワークは、光ファイバを介して光信号で情報を伝送するために変調技術を使用してもよい。そのような変調技術は、位相シフトキーイング(PSK)、周波数シフトキーイング(FSK)、振幅シフトキーイング(ASK)、直交振幅変調(QAM)等の変調技術を含む。PSKの場合、光信号で搬送される情報は、搬送波又は単にキャリアとして言及される参照信号の位相を変調することにより搬送される。2レベル又はバイナリシフトキーイング(BPSK)、4レベル又は直交位相シフトキーイング(QPSK)、マルチレベル位相シフトキーイング(M-PSK)及び差分位相シフトキーイング(DPSK)等を利用して、信号自身の位相を変調することにより、情報が搬送されてもよい。QAMの場合、光信号により搬送される情報は、搬送波の振幅及び位相の双方を変調することにより搬送されてもよい。PSKは、QAMの特殊な場合(QAMにおいて搬送波の振幅が一定に維持されている場合)と考えられてよい。更に、偏波分割多重(PDM)技術は、情報伝送の更なるビットレート増加を達成可能にする。PDM通信は、チャネルに関連する光信号の様々な偏波成分に情報を変調する処理を含む。光信号の偏り又は偏波(polarization)は、光信号の振幅方向と言及されてもよい。「偏波」という用語は、空間内の或る点における電場ベクトルの先端が描く軌跡又は振幅に関連し、その振幅の方向は光信号の進行方向に垂直である。

【 0 0 3 3 】

図1に示す光ネットワーク101のような光ネットワークでは、管理プレーン(マネジメントプレーン)、制御プレーン(コントロールプレーン)及び伝送プレーン(トランスポートプレーン)(しばしば、物理レイヤと言及される)を表現するのが一般的である。(不図示の)中央管理ホストが管理プレーン内に存在し、制御プレーンの要素を設定及び管理する。管理プレーンは、伝送プレーン及び制御プレーンの要素(例えば、ネットワーク要素)全てに

10

20

30

40

50

対する最終的な制御を含む。例えば、管理プレーンは、1つ以上の処理リソース、データストレージ装置等を有する中央処理センタ(例えば、中央管理ホスト)を有する。管理プレーンは、制御プレーンの要素と電気通信を行ってもよく、伝送プレーンの1つ以上のネットワーク要素と電気通信を行ってもよい。管理プレーンは、システム全体に対する管理機能を実行し、ネットワーク要素と、制御プレーンと、伝送プレーンとの間の調整機能を発揮する。管理プレーンは、(a)要素各々の観点から1つ以上のネットワーク要素を処理する要素管理システム(EMS)、(b)ネットワークの観点から多数の装置を処理するネットワーク管理システム(NMS)、及び/又は(c)ネットワーク規模の処理を取り扱うオペレーショナルサポートシステム(OSS)を含んでもよい。

【0034】

開示範囲から逸脱することなく、光ネットワーク101に対して変形、追加、又は省略がなされてもよい。例えば、光ネットワーク101は図1に示す要素数よりも多い又は少ない要素を含んでいてもよい。更に、ネットワーク101は、分散補償モジュール(dispersion compensation module : DCM)のような明示的には図示されていない更なる要素を含んでいてもよい。また、上述したように、図示の例は1対1のネットワークとして示されているが、光ネットワーク101は、リング、メッシュ及び/又は階層的ネットワークトポロジ等のような光信号を通信する適切な任意のネットワークトポロジを有していてもよい。

【0035】

上述したように、光ネットワークを介して通信される情報量は、情報と共に符号化され1つの信号に多重される光チャネル数に応じて異なる。従って、WDM信号を利用する光ファイバは、1つのチャネルで情報を伝送する光ファイバよりも多い情報を搬送することができる。チャネル数及び使用される偏波成分数に加えて、どの程度多くの情報が光ネットワークで送信可能であるかに影響する他の要因は、通信のビットレートである。ビットレートが高いほど、送信される情報容量は大きくなる。広帯域の電子ドライバ技術の利用可能性、デジタル信号処理技術、及び光ネットワーク101における通信に必要なOSNRの増加等により、高いビットレートを達成することは妨げられるかもしれない。

【0036】

光ネットワーク101において、個々のチャネルを挿入及び/又は分岐するための光信号の再構築(又は配分し直し)が、OADM110において実行されるかもしれない。そのような分岐/挿入がなされる場合、生き残っているチャネルは、過小なゲイン又は過剰なゲインをもたらす過渡的なパワー(power transient)に組織的に委ねられるかもしれない。残っているチャネルの過小な又は過剰なゲインは、直列に接続された光増幅器108により速やかに累積され、その過渡的なゲインオフセットは、出力信号パワー及び受信OSNRにおける望まれない変動を招いてしまう。特に、ビットレートが高い場合、例えば毎秒100ギガバイトにも及ぶビットレートが光ネットワークでの通信に使用される場合、そのような高いビットレートに達するための受信OSNRは、過渡的なゲインの影響に起因して、減らされるかもしれない。ネットワークスループットに加えて、過渡的なゲインの影響に起因するOSNRの変動は、光ネットワークのうちの少なくとも所定の部分の通信距離(すなわち、到達距離)を制限するかもしれない。

【0037】

光ネットワーク101では、2種類の過渡的なゲインの影響が観測され、それらは、過渡的なゲインの逸脱(transient gain excursion : TGE)及び過渡後のゲインオフセット(post-transient gain offset : PGO)とである。TGEは、例えば光増幅器108における高速ゲイン制御を利用して動的に補償又は最小化される。これに対して、従来、PGOは最小化が困難であり、NMSシステムレベルのソフトウェアを用いる或る程度の規模で管理され、比較的制御は低速であり、PGOの適正化は不正確な方法である。

【0038】

本願において詳細に説明されるように、過渡後のゲイン制御のための本願で開示される方法及びシステムは、光増幅器の中に動的なPGOキャンセルループ制御システムを含む。PGOを抑制する本願で開示される方法及びシステムは、比較的高速でありかつ正確な方法で

10

20

30

40

50

あり、光ネットワーク101における多数の光増幅器108で使用されてよい。

【 0 0 3 9 】

図2には、PGOを抑制する光信号200の実施形態がブロック図で示されている。図2に示されているように、光増幅器200は、光増幅器108(図1)の一例を表現していてもよく、ゲイン制御部204及びゲインオフセット制御部230を含むEDFA制御部230を有する。従って、光増幅器200は光信号206-1を入力として受信し、PGOが抑制された光信号206-3を出力し、この点については後述する。特に、何れかのOADM110がチャンネルを挿入及び/又は分岐させるために使用された後に(これは、光信号206の中のPGOのソース又は原因となる)、光増幅器200が光ネットワーク101内で使用される。図2において、光増幅器200は様々な光タップ218を含むように示されており、光タップ218は、光増幅器200内の様々な場所で光信号206に対する測定を実行するための多種多様な任意の光スプリッタを表し、この点については後述する。図2に示される光増幅器200では、様々な要素又はコンポーネントを含む装置と、それらの要素の間の信号とが表現されており、信号は、光学的な領域(光ドメイン)における信号(実線で結ばれている線)と、電気的な領域(電気ドメイン)における信号(破線で結ばれている線)とを含む。図2の信号線で示されている矢印は情報の流れを示すように意図されており、必ずしも、対応する信号媒体の送信方向(例えば、光信号又は電気信号の送信方向)を示しているとは限らないことに留意を要する。

10

【 0 0 4 0 】

図2において、光増幅器200は、光増幅器200に対する入力として到着する光信号206-1を測定する光タップ218-1を含む。光タップ218-1から出力される光信号219-1はゲイン制御部204に与えられ、ゲイン制御部204は、ゲイン制御部204により規制されたパワー強度を有するポンプ信号222を出力する。ポンプ信号222は、波長分割多重部(WDM)210の場所で光タップ218-1を介して来る光信号216-1と合成され、光信号206-1を増幅するドープトファイバ増幅要素(図2に示す例ではエルビウムドープトファイバ(EDF)212として示されている)に与えられる。EDF212による増幅及びゲイン平坦化フィルタ(gain flattening filter : GFF)214によるフィルタリングの後、光タップ218-2を通る光信号206-2はEFF212により出力された増幅信号を表す。別の実施形態では、他のタイプのドープトファイバ増幅要素がEDF212の場所で使用されてもよい。

20

【 0 0 4 1 】

図2において、光タップ218-2から光信号219-2を受信すると、ゲイン制御部204は、可変光減衰器(variable optical attenuator : VOA)216に対する電気入力として与えられる減衰制御信号220を調整し、VOA216は光信号260-2を減衰させ、光タップ218-3、218-4を通る光信号206-3をもたらす。光タップ218-3から出力される光信号219-3はゲイン制御部204に与えられ、ゲイン制御部204は特に光信号219-3を利用してポンプ信号222及び/又は減衰制御信号220を生成し、この点については図3A及び図3Bを参照しながら説明される。更に、ゲイン制御部204はオフセットキャンセル信号224を受信し、オフセットキャンセル信号224は、ポンプ信号222及び/又はPGO抑制の減衰制御信号220をゲイン制御部204が調整するために使用される。別の実施形態では、ゲイン制御部204は、オープンループフィードフォワードPGO制御(図3A)及び/又はクローズドループフィードバックPGO制御(図3B)のためにオフセットキャンセル信号224を使用してもよい。「オープンループ」は「開ループ」等と言及されてもよい。「クローズドループ」は「閉ループ」等と言及されてもよい。ゲインオフセット制御部202は、光タップ218-4から光信号219-4を受信し、ゲイン制御部204により使用されるオフセットキャンセル信号224を生成する。

30

40

【 0 0 4 2 】

図2に示される光増幅器200の動作において、EDFA制御部230は、ポンプ信号222及び/又は減衰制御信号220を生成することにより光信号206の所望のゲインを調整するように、ゲインオフセット制御部202を使用する。ゲイン及び/又は減衰の所望の組み合わせにより光信号206のPGO抑制が達成され、光信号206におけるパワー変動を削減又は実質的に排除する。

【 0 0 4 3 】

50

図3Aには、PGO抑制機能を使用するEDFA制御部230-1の一例がブロック図の形式で示されている。図示されているように、EDFA制御部230-1は、EDFA制御部230(図2)の一例を示し、ゲイン制御部204-1及びゲインオフセット制御部202-1を含む。特に、EDFA制御部230-1は、オープンループフィードフォワード技術を利用するPGO抑制の一例を示し、オフセットキャンセル信号224-1がポンプ信号222を調整するために使用される。EDFA制御部230-1に示されているように、オフセットキャンセル信号224-1は、光信号206におけるチャンネルのスペクトル割り当て及び/又はゲインの関数である(図2参照)。

【0044】

図3Aに示されるEDFA制御部230-1において、光信号219-1はフォトダイオード310-1により入力パワー信号(又は入力電力信号)304に変換され、光増幅器200により受信された入力パワーの指標を提供する。「指標」は、指示、目印、目安、表示等と言及されてもよい。同様に、光信号219-2は電力信号332に変換され、EDF212による増幅後であってVOA216による減衰前の電力レベルの指標を提供し、光信号219-3は、VOA216による減衰後の電力レベルの指標を提供する電力信号334に変換される。対数増幅PID部(Log amp with PID)316-1は、所望の出力信号を生成するために入力信号を増幅及び調整する差分対数増幅(differential logarithmic amplifier)及び比例-積分-微分(PID)コントローラを表現する。具体的には、対数増幅PID部316-1は、パワー信号304と、一定ゲイン設定ポイント318-1と、オフセット330-1とを受信し、オフセットは、一定の増幅された自然放出(ASE)補償318-3と光増幅器200からの出力(すなわち、光信号206-3による信号)に対応するパワー信号334とを示してもよい。図3Aに示すEDFA制御部230-1の一例では、オフセット330-1はオフセットキャンセル信号224-1を示してもよい。図3Aに示されるように、オフセット330-1は、一定のASE補償318-3、オフセットキャンセル信号224-1及びパワー信号334を受信する合計部314-2により生成されてもよい。対数増幅PID部316-1は出力を生成し、その出力は、ポンプ制御信号306-1を生成するためにパワー信号304とともに合計部314-1に対する入力として受信され、ポンプ制御信号306-1はポンプ信号222を生成するレーザダイオードにより使用される。減衰制御信号220-1を生成するために、減衰制御部204-1は対数増幅PID部316-2により出力を生成し、対数増幅PID部316-2は一定の損失設定ポイント(loss set point)318-2とともに電力信号332、334を受信する。図3Aに示されているように、コンスタント318はデジタル及び/又はアナログの信号である電気信号を出力し、電気信号は光増幅器200で使用されるようにプログラムされる或る一定の値を表現する。例えば、コンスタント318はルックアップテーブルに保存されてもよく、ルックアップテーブルは、光ネットワーク101内の複数の光増幅器200のインスタンスにとってアクセス可能である。コンスタント318に関連する値は、例えば光ネットワーク101の中央制御を行うために、NMS及び/又は他の装置(entity)により外的に調整され、コンスタント318に関連する値に変化を生じさせてもよいことが理解されるであろう。

【0045】

図3Aには、上述したゲイン制御部204-1が使用するオフセットキャンセル信号224-1を生成するゲインオフセット制御部202-1も示されている。ゲインオフセット制御部202-1は光信号219-4を受信し、ゲインオフセット制御部202-1は、フィルタリングされた第1の光信号338-1とフィルタリングされた第2の光信号338-2とを生成する光フィルタ320を含む。一実施形態において、光信号219-4は光増幅器200の出力光エネルギーを取得するために入力される。他の実施形態では、光信号219-4は、光ネットワーク101の後続の要素から返ってくるレイリー後方散乱光(Rayleigh backscattered light)のような反射光を取得するために入力されてもよく、そのような実施形態はダウンストリームのPGO制御を行う観点から有利であるかもしれない。

【0046】

図3Aにおいて、光フィルタ320は、ゲインオフセット制御部202-1の様々な実施形態における多種多様なタイプの光フィルタのうちの何れであってもよい。一実施形態において、光フィルタ320は波長依存性の損失(wavelength dependent loss : WDL)フィルタであってもよく、フィルタリングされた第1の光信号338-1はダウンバンドのチルト又は偏り(tilt

t)を有し、フィルタリングされた第2の光信号338-2はアップバンドのチルトを有してもよい。光増幅器200の一実施形態に関して本願で使用されているように、「チルト」は、光信号206に含まれる波長(例えば、チャンネル)に依存する線形パワースケーリングを示してもよい。別の実施形態では、光フィルタ320はワイドバンドフィルタ(又は広帯域フィルタ)であり、フィルタリングされた第1の光信号338-1は青色のバンド信号であり、フィルタリングされた第2の光信号338-2は赤色のバンド信号であってもよい。特定の実施形態において、光フィルタ320はナローバンドフィルタ(狭帯域フィルタ)であり、フィルタリングされた第1の光信号338-1は青色の狭帯域ノイズ信号であり、フィルタリングされた第2の光信号338-2は赤色の狭帯域ノイズ信号であってもよい。更に別の実施形態では、光フィルタ320はチューナブルフィルタであり、フィルタリングされた第1の光信号338-1及びフィルタリングされた第2の光信号338-2は、光フィルタ320に適用されるチューニングの各自のスペクトル波形に依存する各自の通過帯域の出力を示す。次に、フィルタリングされた第1の光信号338-1は、フォトダイオード310-4により、フィルタリングされた第1のパワー信号340-1に変換され、また、フィルタリングされた第2の光信号338-2は、フォトダイオード310-5により、フィルタリングされた第2のパワー信号340-2に変換される。フィルタリングされた第1のパワー信号340-1及びフィルタリングされた第2のパワー信号340-2は、正規化された出力を生成するために正規化部324により処理され、正規化された出力は対数増幅部322-1により増幅され、オフセットキャンセル信号224-1が出力される。一実施形態において、正規化部324は合計差分正規化(sum-and-difference normalization)を実行し、対数増幅部322-1は差分対数増幅器であってもよい。

10

20

【0047】

図3Bには、PGO制御を行うEDFA制御部230-2の一実施形態がブロック図の形式で示されている。図3Bに示されているように、EDFA制御部230-2は、EDFA制御部230(図2)の一例を表現し、ゲイン制御部204-2及びゲインオフセット制御部202-2を含む。特に、EDFA制御部230-2は、オフセットキャンセル信号が減衰制御信号220-2を調整するために使用される閉ループフィードバック技術を利用するPGO抑制の一例を示す。EDFA制御部230-2に示されているように、オフセットキャンセル信号224は増幅チルトの所望の値を表現してもよい。

【0048】

図3Bに示されるEDFA制御部230-2では、光信号219-1はフォトダイオード310-1により入力電力信号304に変換され、光増幅器200により受信された入力電力の指標を提供する。同様に、光信号219-2は、EDF212による増幅の後であってVOA216による減衰の前のパワーレベルの指標を提供するために電力信号332に変換され、光信号219-3はVOA216による減衰後のパワーレベルの指標を提供するために電力信号334に変換される。対数アンプPID部316-1は、所望の出力信号を生成するように入力信号を増幅及び調整するために、PIDコントローラに続く差分対数増幅器を表現する。具体的には、対数増幅PID部316-1は、パワー信号304、一定のゲイン設定ポイント318-1及びオフセット330-2を受信し、オフセット330-2は、光増幅器200からの出力(すなわち、出力光信号206-3による信号)に対応するパワー信号334及び一定のASE補償318-3を示す。図3Bに示すEDFA制御部230-2の例において、オフセット330-2は、一定のASE補償318-3及びパワー信号334を受信する合計部314-2により生成される。対数増幅PID部316-1は、ポンプ制御信号306-2を生成するために電力信号304とともに合計部314-1により入力として受信される出力を生成し、その出力はポンプ信号222を生成するためにレーザダイオード312により使用される。減衰制御信号220-2を生成するために、ゲイン制御部204-2は、対数増幅PID316-3により出力を生成し、対数増幅PID316-3は合計部314-3からの出力とともにパワー信号332、334を受信し、合計部314-3は一定の損失設定ポイント318-2及びオフセットキャンセル信号224-2を受信する。図3Bに示されるように、コンスタント318はデジタル及び/又はアナログの信号である電気信号を出力し、電気信号は光増幅器200で使用されるようにプログラムされる或る一定の値を表現する。例えば、コンスタント318はルックアップテーブルに保存されてもよく、ルックアップテーブルは、光ネットワーク101内の複数の光増幅器200のインスタンスにとってアクセス可能である。コンスタント318に関連する値は、例えば光ネットワーク101の中央制御を行う

30

40

50

ために、NMS及び/又は他の装置により外的に調整され、コンスタント318に関連する値に変化を生じさせてもよいことが理解されるであろう。

【0049】

図3Bには、上述したゲイン制御部204-2が使用するオフセットキャンセル信号224-2を生成するゲインオフセット制御部202-2も示されている。ゲインオフセット制御部202-2は光信号219-4を受信し、ゲインオフセット制御部202-2は、フィルタリングされた第1の光信号338-1とフィルタリングされた第2の光信号338-2とを生成する光フィルタ320を含む。一実施形態において、光信号219-4は光増幅器200の出力光エネルギーを取得するために入力される。他の実施形態では、光信号219-4は、光ネットワーク101の後続の要素から返ってくるレイリー後方散乱光(Rayleigh backscattered light)のような反射光を取得するために入力されてもよく、そのような実施形態はダウンストリームのPGO制御を行う観点から有利であるかもしれない。

10

【0050】

図3Bにおける光フィルタ320は、ゲインオフセット制御部202-1(図3A)に関して上述したように、ゲインオフセット制御部202-2の様々な用途に対する多種多様なタイプの光フィルタのうちの何れであってもよい。フィルタリングされた第1の光信号338-1は、フォトダイオード310-4により、フィルタリングされた第1のパワー信号340-1に変換され、また、フィルタリングされた第1の光信号338-2は、フォトダイオード310-5により、フィルタリングされた第2のパワー信号340-2に変換されてもよい。フィルタリングされた第1のパワー信号340-1及びフィルタリングされた第2のパワー信号340-2は、正規化された出力を生成するために正規化部324により処理され、対数増幅部322-2により増幅され、オフセットキャンセル信号224-2が出力される。対数増幅部322-2は、一定の増幅チルト318-4を入力として受信する。一実施形態において、正規化部324は合計差分正規化を実行し、対数増幅部322-2は差分対数増幅器であってもよい。

20

【0051】

図4には、PGO制御のための方法例400において選択された処理のブロックがフローチャートの形式で示されている。方法400は、ネットワーク101(図1)及び光増幅器(図2)を用いて、例えば図3A及び/又は図3Bで説明した実現手段を利用して実行される。方法400に関して説明される処理は、選択的であってもよく、異なる実施形態では別の順序で処理がなされてもよい。

30

【0052】

方法400は複数の波長を含む光信号を受信することにより始まる(処理402)。ドープトファイバ増幅要素のためのポンプ信号が生成される(処理404)。光信号及びポンプ信号がドープトファイバ増幅要素において多重される(処理406)。ゲインオフセットキャンセル信号が生成される(処理408)。ポンプ信号及び減衰制御信号のうちの少なくとも1つを生成するために、ゲインオフセットキャンセル信号が利用され(処理410)、光増幅器から出力される光信号中の複数の波長について、ゲインオフセットがキャンセルされる。一実施形態において、追加的な処理412及び/又は414(図4において破線で示されている)が、選択的に、方法400で実行されてもよい。ドープトファイバ増幅要素から光信号を受信するように形成された可変光減衰器のための減衰制御信号が生成されてもよい(処理412)。ポンプ信号及び減衰制御信号のうちの少なくとも1つを生成するために、ゲインオフセットキャンセル信号が生成され(処理414)、光増幅器から出力される光信号中の複数の波長について、ゲインオフセットがキャンセルされる。一実施形態において、例えば処理412が実行される場合に、処理414が処理410の代わりに実行されてもよい。

40

【0053】

図5には、PGO制御のための方法例において選択された処理404のブロックがフローチャートの形式で示されている。方法404は、方法400(図4)における処理404の一例を示し、ネットワーク101(図1)及び光増幅器(図2)を用いて、例えば図3A及び/又は図3Bで説明した実現手段を利用して実行される。方法404に関して説明される処理は、選択的であってもよく、異なる実施形態では別の順序で処理がなされてもよい。

50

【 0 0 5 4 】

方法404は、受信した光信号に対応する第1のパワー信号を生成することにより始まる(処理502)。ゲイン設定ポイントが取得される(処理504)。可変光減衰器から出力される光信号に対応する出力パワー信号及びASE補償を示すオフセットが受信される(処理506)。そして、方法404は2つの形態のうちの少なくとも1つに従って処理される。例えば、開ループフィードフォワードPGO制御が使用される場合(図3A)、第1のパワー信号、ゲイン設定ポイント及びオフセット(ゲインオフセットキャンセル信号を含む)に基づいて、ゲイン制御信号が調整され、ポンプ信号を生成するレーザダイオードを制御する(処理510-1)。例えば、閉ループフィードバックPGO制御が使用される場合(図3B)、第1のパワー信号、ゲイン設定ポイント及びオフセットに基づいて、ゲイン制御信号が調整され、ポンプ信号を生成するレーザダイオードを制御する(処理510-2)。

10

【 0 0 5 5 】

図6には、PGO制御のための方法例において選択された処理408のブロックがフローチャートの形式で示されている。方法408は、方法400(図4)における処理408の一例を示し、ネットワーク101(図1)及び光増幅器(図2)を用いて、例えば図3A及び/又は図3Bで説明した実現手段を利用して実行される。方法408に関して説明される処理は、選択的であってよく、異なる実施形態では別の順序で処理がなされてもよい。

【 0 0 5 6 】

方法408は、ドープトファイバ増幅要素により出力される光信号に対応する第2のパワー信号を生成することにより始まる(処理602)。可変光減衰器から出力される光信号の出力パワー信号に対応する第3のパワー信号が生成される(処理604)。損失設定ポイントが取得される(処理606)。そして、方法408は2つの形態のうちの少なくとも1つに従って処理される。例えば、開ループフィードフォワードPGO制御が使用される場合(図3A)、第2のパワー信号、第3のパワー信号、損失設定ポイント及びゲインオフセットキャンセル信号に基づいて、減衰制御信号が調整される(処理610-1)。例えば、閉ループフィードバックPGO制御が使用される場合(図3B)、第2のパワー信号、第3のパワー信号、及び損失設定ポイントに基づいて、減衰制御信号が調整される(処理610-2)。

20

【 0 0 5 7 】

図7には、PGO制御のための方法例において選択された処理410のブロックがフローチャートの形式で示されている。方法410は、方法400(図4)における処理410の一例を示し、ネットワーク101(図1)及び光増幅器(図2)を用いて、例えば図3A及び/又は図3Bで説明した実現手段を利用して実行される。方法408に関して説明される処理は、選択的であってよく、異なる実施形態では別の順序で処理がなされてもよい。

30

【 0 0 5 8 】

可変光減衰器から出力された光信号を光学的にフィルタリングし、フィルタリングされた第1の光信号及びフィルタリングされた第2の光信号を生成することにより、方法410は始まる(処理702)。フィルタリングされた第1の光信号及び前記フィルタリングされた第2の光信号にそれぞれ対応するフィルタリングされた第1のパワー信号及びフィルタリングされた第2のパワー信号が生成される(処理704)。フィルタリングされた第1のパワー信号及びフィルタリングされた第2のパワー信号が正規化される(処理706)。そして、方法410は2つの形態のうちの少なくとも1つに従って処理される。例えば、開ループフィードフォワードPGO制御が使用される場合(図3A)、正規化されたフィルタリングされた第1のパワー信号及び正規化されたフィルタリングされた第2のパワー信号が増幅される(処理710-1)。例えば、閉ループフィードバックPGO制御が使用される場合(図3B)、正規化されたフィルタリングされた第1のパワー信号及び正規化されたフィルタリングされた第2のパワー信号が増幅され、この処理は波長依存性のパワーオフセットを示す一定の増幅チルトを受信することを含む(処理710-2)。

40

【 0 0 5 9 】

以上に説明されたように、光増幅器の過渡後のゲインオフセットを制御するための方法及びシステムは、光増幅器のゲインオフセット制御モジュールを利用して、ゲインオフセ

50

ットキャンセル信号を生成することを含む。ゲインオフセットキャンセル信号は、ポンプ信号及び減衰制御信号のうち少なくとも1つを生成する光増幅器のゲイン制御モジュールに出力される。これにより、光ネットワークにより送信される光信号中の複数の波長について、ゲインオフセットがキャンセルされる。

【0060】

上記の説明事項は、例示的であり限定的ではないと考えられるべきであり、添付の特許請求の範囲は、本願の開示範囲及び精神に包含される変形例、修正例及びその他の形態の全てを包含するように意図されている。すなわち、法律上認められる最大限広い観点から、本願の開示範囲は、特許請求の範囲及び均等物に関する許容可能な最大限広い解釈により決定されるべきであり、上記の詳細な記述によって制限も制約もされるべきではない。

10

【符号の説明】

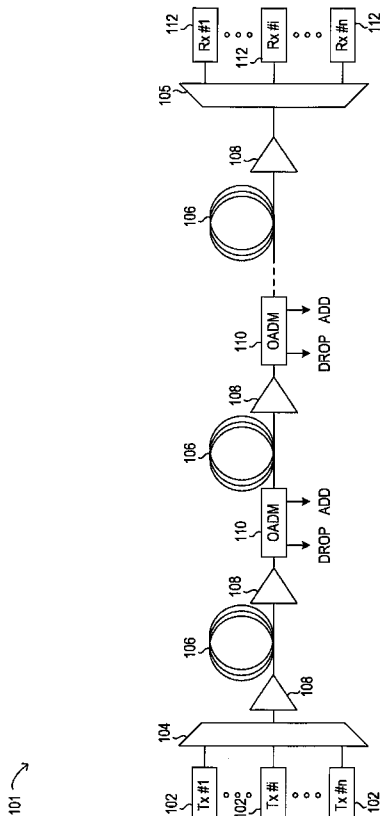
【0061】

- 101 光ネットワーク
- 102 送信器
- 104 マルチプレクサ(MUX)
- 105 デマルチプレクサ(DEMUX)
- 106 光ファイバ
- 108 光増幅器
- 110 光分岐挿入マルチプレクサ(OADM)
- 112 受信器

20

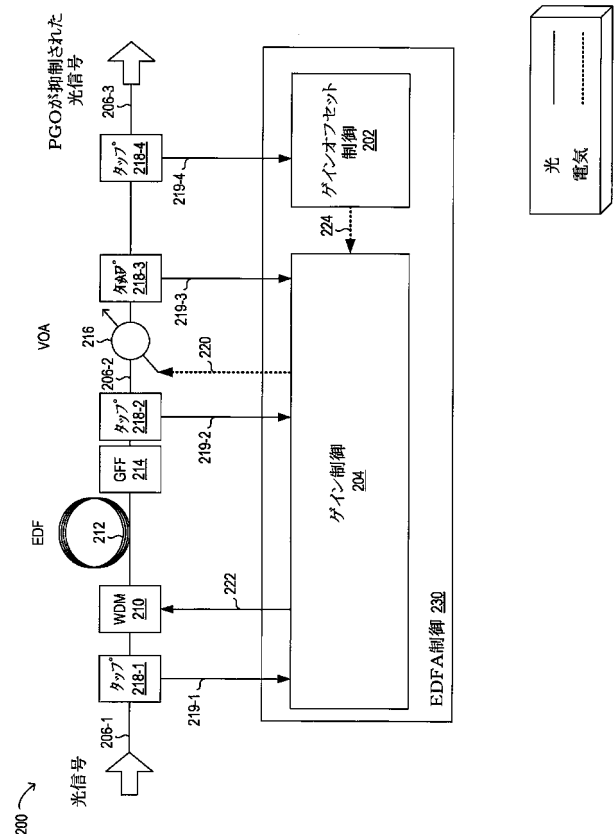
【図1】

一実施形態による光ネットワークの選択された要素を示すブロック図



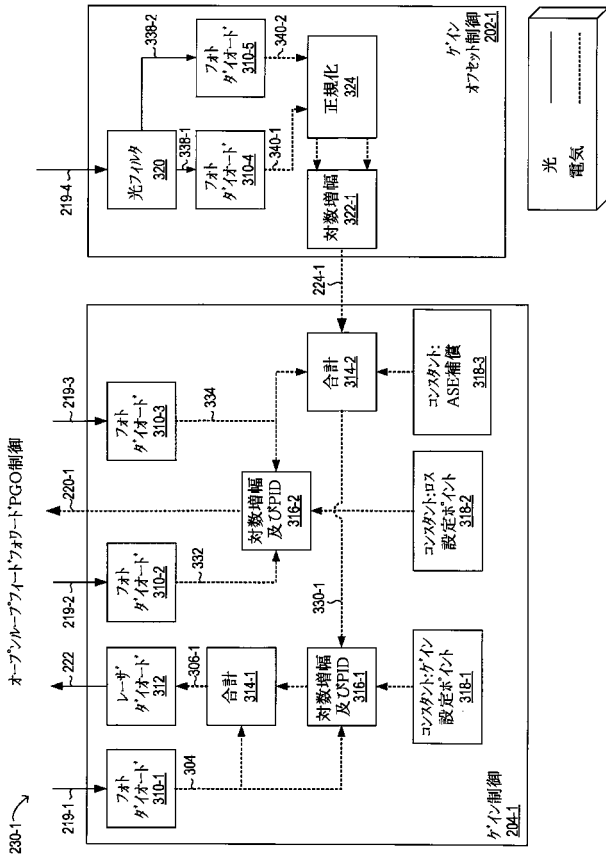
【図2】

過渡後のゲインオフセット制御を実行する一実施形態による光増幅器の選択された要素を示すブロック図



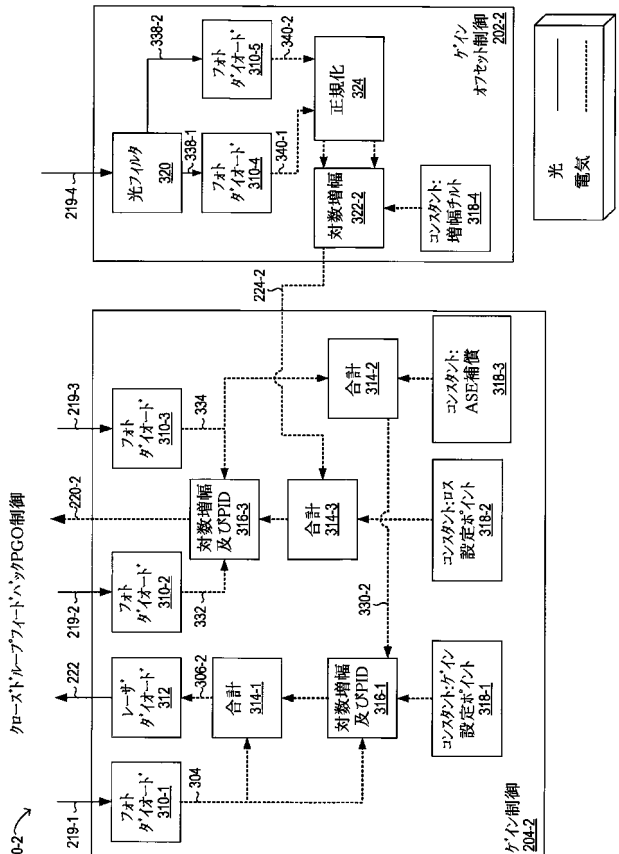
【図3A】

過渡後のゲインオフセット制御を実行する一実施形態による光増幅器の選択された要素を示すブロック図



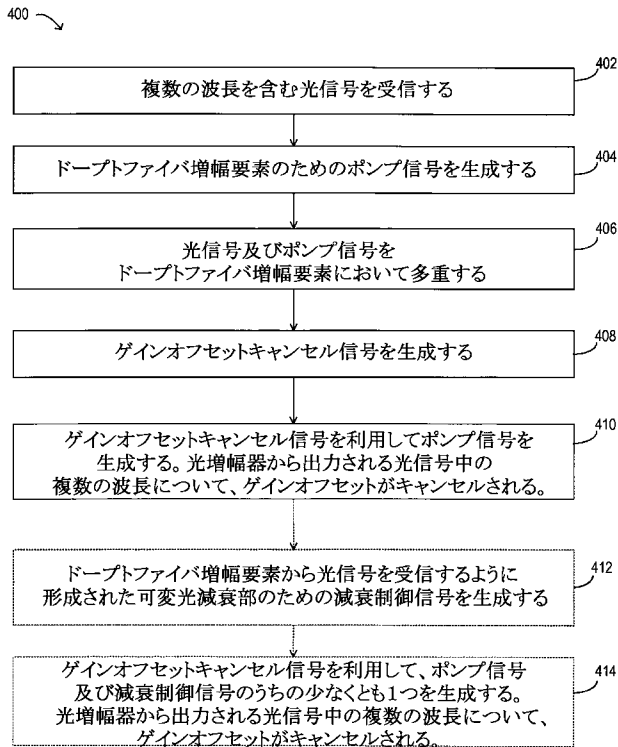
【図3B】

過渡後のゲインオフセット制御を実行する一実施形態による光増幅器の選択された要素を示すブロック図



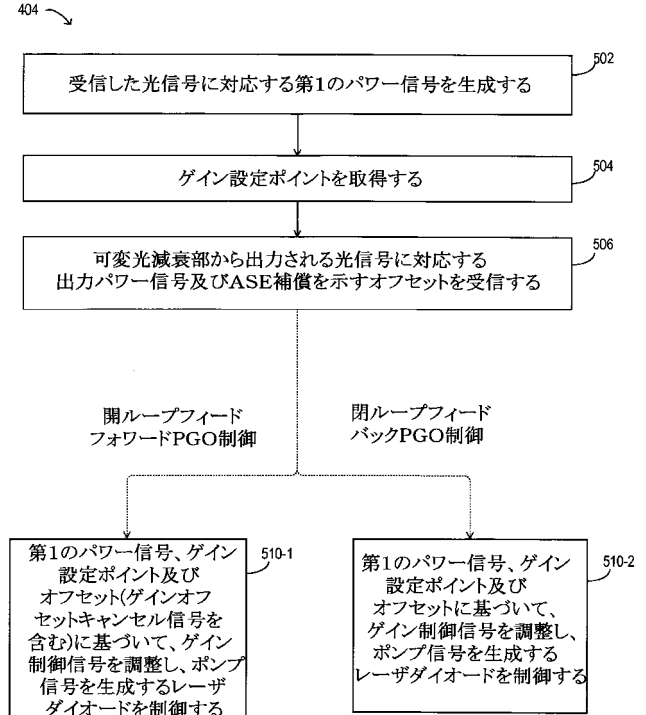
【図4】

光増幅器を用いて過渡後のゲインオフセット制御を実行する方法の実施形態に関する選択的な要素を示す図



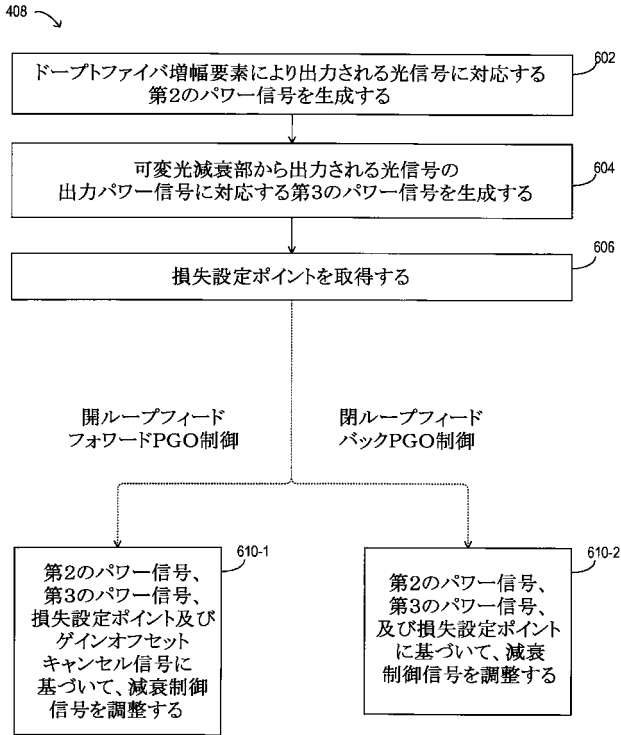
【図5】

光増幅器を用いて過渡後のゲインオフセット制御を実行する方法の実施形態に関する選択的な要素を示す図



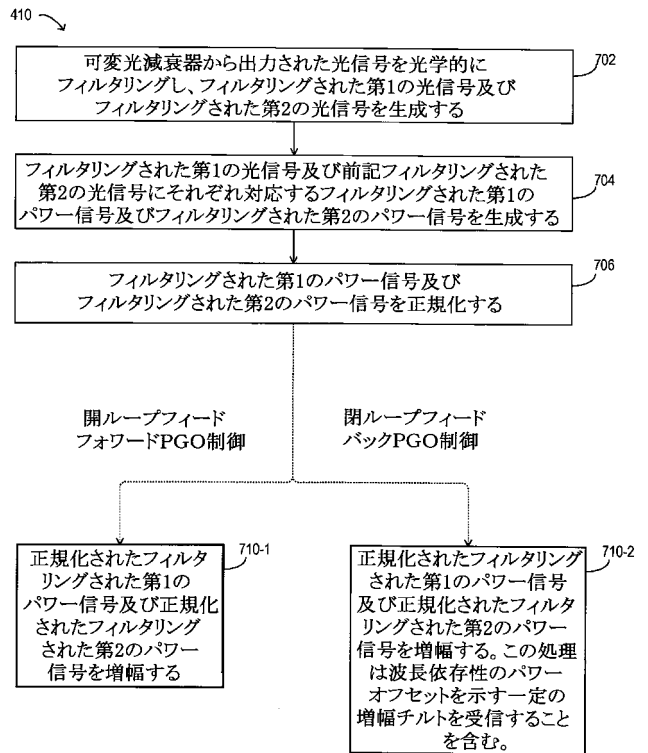
【 図 6 】

光増幅器を用いて過渡後のゲインオフセット制御を実行する方法の実施形態に関する選択的な要素を示す図



【 図 7 】

光増幅器を用いて過渡後のゲインオフセット制御を実行する方法の実施形態に関する選択的な要素を示す図



フロントページの続き

(72)発明者 アトラス・ドガン

アメリカ合衆国, ジョージア州 30092, ジョンズ・クリーク, ステープルフォード・レーン
6560番

Fターム(参考) 5F172 AF03 AM08 BB27 BB35 BB44 BB48 BB65 BB69 BB99 ZA02
5K102 AA53 AD01 MA03 MB06 MB09 MC13 MD03 MH04 MH13 MH14
MH22 PH13 PH42