

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6140697号
(P6140697)

(45) 発行日 平成29年5月31日 (2017.5.31)

(24) 登録日 平成29年5月12日 (2017.5.12)

(51) Int. Cl.	F I
HO 4 B 10/294 (2013.01)	HO 4 B 10/294
HO 4 J 14/02 (2006.01)	HO 4 J 14/02 1 2 1
HO 4 B 10/079 (2013.01)	HO 4 B 10/079
HO 4 J 11/00 (2006.01)	HO 4 J 11/00 Z

請求項の数 18 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2014-520220 (P2014-520220)	(73) 特許権者	502101180
(86) (22) 出願日	平成24年7月5日 (2012.7.5)		タイコ エレクトロニクス サブシー コ
(65) 公表番号	特表2015-501555 (P2015-501555A)		ミュニケーションズ エルエルシー
(43) 公表日	平成27年1月15日 (2015.1.15)		アメリカ合衆国 07724-2296
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/045579		ニュージャージー, イートンタウン, イン
(87) 国際公開番号	W02013/009571		ダストリアル ウェイ ウエスト 250
(87) 国際公開日	平成25年1月17日 (2013.1.17)	(74) 代理人	100094112
審査請求日	平成27年6月2日 (2015.6.2)		弁理士 岡部 譲
(31) 優先権主張番号	13/181, 992	(74) 代理人	100106183
(32) 優先日	平成23年7月13日 (2011.7.13)		弁理士 吉澤 弘司
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	ム, ルオメイ
			アメリカ合衆国 08816 ニュージャ
			ーシー, イースト プランスウィック, バ
			ーリントン レーン 9

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分岐された光学ネットワークにおける障害回復のための方法およびシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

分岐された光学ネットワークにおいて障害回復を管理するための方法であって、

前記分岐された光学ネットワークの第1の端末と第2の端末との間の第1の通信リンクのデータ・チャネルを介した光学パワー・レベルが光学パワー制限を超えることを判定するステップと、

前記第1の通信リンクの、前記データ・チャネルによって使用されていないスペクトルを占める別のチャネルを介して送信された光学パワーを第1のレベルに増加させるステップであり、該第1のレベルにおいて、前記データ・チャネルを介した前記光学パワー・レベルが、前記光学パワー制限を下回る第2のレベルに減少する、ステップと、

を含み、

前記判定するステップが、

1つまたは複数のデータ・チャネルのQ値を測定するステップと、

前記1つまたは複数のデータ・チャネルの前記Q値が順方向誤り修正のしきい値を下回っている場合、前記光学パワー・レベルが前記光学パワー制限を超えていると判定するステップと、

を含む、方法。

【請求項 2】

前記別のチャネルは、前記分岐された光学ネットワークの前記第1の端末に関連する不連続トーン初期ロード装置 (DT-ILE) によって占められた保護帯域チャネルを含む

10

20

、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記分岐された光学ネットワーク内の増幅器は、前記第 1 の通信リンクを介した光学パワーを第 1 の範囲内に維持するように構成される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記データ・チャネルを介した前記光学パワーは、前記分岐された光学ネットワークの第 2 の通信リンクの損失に応じて設定される、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 1 の通信リンクは、OADM ネットワークの第 1 の分岐にあり、前記第 2 の通信リンクは、前記 OADM ネットワークの第 2 の分岐にある、請求項 4 に記載の方法。

10

【請求項 6】

前記判定するステップは、前記第 1 の端末で行われ、前記方法は、前記第 1 のレベルへ前記別のチャネルの光学パワーを調整するために、前記 D T - I L E に信号を送信するステップをさらに含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 7】

前記判定するステップおよび前記増加させるステップは、反復的な方法で行われる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

分岐された光学ネットワークの障害回復のためのシステムであって、

前記分岐された光学ネットワークの第 1 の通信リンクを介して 1 組のチャネルにパワーを供給するように構成された不連続トーン初期ロード装置 (D T - I L E) と、

20

1 つまたは複数のデータ・チャネルの Q 値を測定し、

前記第 1 の通信リンクの前記データ・チャネルの Q 値が順方向誤り修正のしきい値を下回っている場合に、該第 1 の通信リンクの該データ・チャネルを介した光学パワー・レベルが光学パワー制限を超えていると判定し、

前記 D T - I L E によって供給され、且つ前記第 1 の通信リンクの、前記データ・チャネルによって使用されていないスペクトルを占める別のチャネルを介して送信された光学パワーを第 1 のレベルに増加させるように該 D T - I L E に警告し、該第 1 のレベルにおいて、前記データ・チャネルを介した前記光学パワー・レベルが、前記光学パワー制限を下回る第 2 のレベルに減少する、

30

ように構成された、制御システムと、を含む、システム。

【請求項 9】

前記 D T - I L E および前記制御システムは、前記分岐された光学ネットワークの共通の端末に配置される、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記制御システムは、前記第 1 の通信リンクの前記データ・チャネルの Q 値を監視するように構成される、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 11】

前記制御システムは、前記監視された Q 値が順方向誤り修正のしきい値を下回るときに、前記光学パワー出力を増加させるように前記 D T - I L E に警告するように構成される、請求項 10 に記載のシステム。

40

【請求項 12】

前記監視された Q 値は、データ・チャネルの事前に定めた組の Q 値を含む、請求項 11 に記載のシステム。

【請求項 13】

前記 D T - I L E は、前記データ・チャネルを介した前記光学パワー・レベルが第 1 のしきい値を超えなくなるまで、前記 1 組のチャネルを介してその出力パワーを上に向かって調整するように構成される、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 14】

50

前記 1 組のチャネルは、前記データ・チャネルを囲む保護帯域チャネルである、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 15】

前記制御システムは、反復的な方法で前記 D T - I L E の光学パワー出力の調整を制御するように構成される、請求項 11 に記載のシステム。

【請求項 16】

前記分岐された光学ネットワークは、O A D M の海中通信ネットワークである、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 17】

制御システムに具備されたコンピュータ内のプロセッサによって実行されたときに、該制御システムが、

分岐された光学ネットワークの第 1 の端末と第 2 の端末との間の第 1 の通信リンクのデータ・チャネルを介した光学パワー・レベルが光学パワー制限を超えることを判定し、

前記第 1 の通信リンクの前記データ・チャネルによって使用されていないスペクトルを占める別のチャネルを介して送信された光学パワーを第 1 のレベルに増加させ、該第 1 のレベルにおいて、前記データ・チャネルを介した前記光学パワー・レベルが前記光学パワー制限を下回る第 2 のレベルに減少する、
ステップを実行するための命令を含む、

前記判定するステップが、

1 つまたは複数のデータ・チャネルの Q 値を測定するステップと、

前記 1 つまたは複数のデータ・チャネルの前記 Q 値が順方向誤り修正のしきい値を下回っている場合、前記光学パワー・レベルが前記光学パワー制限を超えていると判定するステップと、

を含む、コンピュータ可読記憶媒体を備える物品。

【請求項 18】

前記プロセッサによって実行されたときに、前記制御システムが反復的な方法で前記判定するステップおよび前記増加するステップを実行するための命令を含む、請求項 17 に記載の物品。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の実施形態は、光通信システムの分野に関する。より詳細には、本開示は、基幹および分岐の光アド/ドロップ多重化 (O A D M : o p t i c a l a d d / d r o p m u l t i p l e x i n g) ネットワークにおける障害回復のための方法およびシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

海中光ファイバ通信システムは、地上にあるケーブル・ステーションと、そこに接続された 1 つまたは複数の分岐セグメントとの間に延在する主基幹経路を含むことができる。主基幹は、そこに複数の光ファイバ、およびケーブル・ステーション間で送信される光信号を増幅するために使用される、基幹経路に沿って配置された 1 つまたは複数の中継器または光増幅器を持つ海中のケーブルによって規定される。各ケーブル・ステーションは、主基幹経路に沿ってこれらの光信号を送信および受信するために使用される端末装置を含む。1 つまたは複数の分岐セグメントは、1 つの端部で分岐ユニット (B U) を通じて基幹に結合され、他の端部で分岐セグメントのケーブル・ステーションに結合される。これらのシステムは、基幹および分岐ネットワークと呼ばれる。基幹ケーブル・ステーションは、ネットワークのバックボーンを通じて情報信号を運ぶために使用することができる一方、分岐セグメントは、基幹経路と分岐ケーブル・ステーションとの間でトラフィックを送信または受信するために使用することができる。基幹ケーブル・ステーションと分岐ケーブル・ステーションとの間で送信される光信号は、典型的には、複数の光学チャネルが

、それぞれがそれぞれの波長で、ともに多重化される、高密度波長分割多重 (DWDM) 信号である。

【0003】

従来、ケーブル・ステーション間の接続を提供するために、専用の光ファイバ対線を使用することによる、長距離の海底基幹および分岐ネットワークが使用されてきた。より最近のアーキテクチャでは、光ファイバ対線を使用する技術と比較してより柔軟な送信接続の提供を実現するために、光アド/ドロップ多重化装置 (OADM) が用いられる。一般的に、OADM ノードは、基幹セグメントと分岐セグメントとの間での DWDM 光信号内でチャンネルをアドおよび/またはドロップするために使用される。OADM を利用する利点は、1 つには、複数のネットワーク分岐の中で専用の光ファイバ対線の容量を共有する能力に起因している。

10

【0004】

典型的な光学的な基幹および分岐のネットワーク構成では、すべてのシステム帯域幅が最初の展開で利用されるとは限らない。結果的に、最初に展開されたデータ・チャンネルは、より高い光学パワーを経験して、そのためにシステム・パフォーマンスの低下が生じることがある。これらの場合、初期ロード装置 (ILE: initial loading equipment) が、ケーブル・ステーション間のシステム帯域幅または透過スペクトル内で非ペイロード送信信号を送信するために用いられる。言い換えると、ILE は、大部分またはすべてのシステム帯域幅がペイロード・チャンネルとして展開される前に、ネットワークの未使用の容量を満たすために使用することができる。

20

【0005】

ILE は、不連続トーン初期ロード装置 (DT-ILE: discrete tone initial loading equipment) と呼ばれる不連続のトーンを送信および受信することができる。次に、各ペイロード・データ・チャンネルがネットワークに追加されるため、ILE は、ネットワーク内でペイロード・チャンネルを送信/受信する光学端末装置に置き換えられる。したがって、データ送信に使用されるシステムの帯域幅の量に依存して、ネットワークにおいてデータ・トラフィックによってすべてのシステム帯域幅が利用されるまで、ILE は、システムにおいて中継器のパワーのより多いまたはより少ない部分を消費することができる。DT-ILE の場合には、このパワー消費は、ある特定の周波数または波長に亘って行われる場合があり、当該特定の周波数または波長が、ペイロード送信に使用されるチャンネル周波数の高域かつ/または低域に近い場合がある。その結果、設置されたデータ・チャンネルが好ましいパワー・レベルにあることを保証するために、ILE 信号の挿入は、また、光学ネットワークのパワー管理の目的も果たす場合がある。

30

【0006】

OADM の基幹および分岐ネットワークでは、特にそこでケーブル障害が発生するときには、光学パワー管理が課題として残されている。ケーブル切断などトラフィックを中断するケーブル障害は、ケーブル・ステーション間の伝送損失を引き起こす場合がある。これが発生すると、ネットワークの残りの光学チャンネルにおいて大きな光学パワーの変化が生じる場合がある。図 1 は、基幹経路 16 を介して接続された基幹ケーブル・ステーションまたは端末 12 および 14 を含む、従来型の簡素化された OADM 基幹および分岐ネットワーク 10 を示している。分岐ユニット 18 および 20 は、それぞれの分岐セグメント 34 および 36 を介して、分岐ケーブル・ステーションまたは分岐端末 30 および 32 を基幹経路 16 に結合する。分岐ユニット 18 および 20 のそれぞれは、基幹経路 16 と分岐セグメント 34 および 36 との間で伝播するチャンネルをアド/ドロップするために使用される OADM ノードを含む。基幹経路 16 は、複数の光ファイバ対線、光ケーブルに沿って配置された光増幅器 16a、16a₁、16b、16b₁、16c、16c₁、および端末 12 と 14 との間から基幹経路 16 に沿って光信号を送信するために使用される他の光学/電気機器を持つ光ケーブルによって規定される。典型的には、光信号または「通過トラフィック」は、端末 12 と 14 との間の基幹 16 に沿って移動するが、分岐端末 3

40

50

0 および 3 2 を宛先とする信号は、それぞれ分岐ユニット 1 8 および 2 0 で O A D M ノードを使用して基幹 1 6 からアド/ドロップされる。基幹 1 6 に沿った各光ファイバ対線に対して、分岐ユニット 1 8 と分岐端末 3 0 との間で両方向に、および分岐ユニット 2 0 と分岐端末 3 2 との間で両方向に送信容量を提供して、それによってすべての端末 1 2、1 4、3 0、および 3 2 の間で接続をサポートするために、各分岐セグメント 3 4、3 6 内に 2 つの対応する光ファイバ対線がある。

【 0 0 0 7 】

システム 1 0 が完全にロードされていて、ケーブル切断 4 0 が分岐 3 4 に沿って発生した場合、事前設定した範囲内にシステム全体の光学パワーのレベルを維持するために、切断の結果として、端末 1 2 と 1 4 との間のチャンネルに関連して光学パワーの急上昇が生じる可能性がある。図 2 は、切断の前 (5 0) および切断の後 (5 2)、システム動作の間に端末 1 2 で検出できる可能性がある光学パワー・スペクトルを描写している。この例では、(部分 5 4 で表された) データ・チャンネルは、ステーション 3 0 と 1 4 との間のトラフィックに対して割り当てられている。(部分 5 6 で表された) データ・チャンネルは、ステーション 1 2 と 1 4 との間のトラフィックに対して割り当てられている。切断 4 0 の前の信号パワー・レベル 5 0 は、エラーなく、または許容範囲内のエラー率で、基幹経路 1 6 に沿って光信号が適切に送信されるレベルに対応することができる。切断 4 0 が発生すると、データ・チャンネル 5 4 に対するファイバ経路が断絶されるため、データ・チャンネル 5 4 は使用停止になる。一方では、データ・チャンネル 5 6 は、増加したパワー・レベルで基幹経路 1 6 において伝播し続ける。しかし、切断 4 0 が発生した後に、データ・チャンネル 5 6 の光信号パワー・レベル 5 2 が、端末 1 2 と 1 4 との間に光信号を適切に送信できるレベルを超えている場合、基幹経路 1 6 において、システム 1 0 におけるデータ・チャンネル 5 6 のペイロード・トラフィックが中断する場合がある。上記を考慮して、ケーブル障害が発生したときに、O A D M 障害回復と呼ばれる、海底 O A D M ネットワークを改善するための必要性が存在することは明白だろう。

【 発明の概要 】

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本開示の実施形態は、光学的な O A D M ネットワークにおいて障害回復の間にトラフィックを管理するためのシステムおよび方法に関する。一実施形態では、分岐された光学ネットワークにおいて障害回復を管理する方法は、分岐された光学ネットワークの第 1 の端末と第 2 の端末との間で第 1 の通信リンクのデータ・チャンネルを介した光学パワー・レベルが光学パワー制限を超えることを判定するステップを含むことができる。方法は、第 1 の通信リンクの I L E チャンネルを介して送信された光学パワーを第 1 のレベルに増加するステップをさらに含むことができ、当該第 1 のレベルにおいて、データ・チャンネルを介した光学パワー・レベルが、光学パワー制限を下回る第 2 のレベルに減少する。

【 0 0 0 9 】

他の実施形態では、分岐された光学ネットワークにおける障害回復のためのシステムは、分岐された光学ネットワークの第 1 の通信リンクを介して 1 組のチャンネルにパワーを供給するように構成された不連続トーン初期ロード装置 (D T - I L E) 機器を含む。システムは、第 1 の通信リンクのデータ・チャンネルを介して光学パワー・レベルを検出するように構成された制御システムをさらに含み、制御システムは、データ・チャンネルを介した光学パワー・レベルが第 1 のしきい値を超えたと判定されたときに、その光学パワー出力を上向きに調整するように D T - I L E 機器に警告するように構成されている。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

【 図 1 】 既知の分岐された光学ネットワークを図式的に示す図である。

【 図 2 】 他の通信リンクの切断の前および後における、図 1 の分岐された光学ネットワークの通信リンクを介した光学パワー・スペクトルを示す図である。

【 図 3 】 本開示の一実施形態による分岐された光学ネットワークを図式的に示す図である

。

【図 4 a】D T - I L E システムの I L E チャンネルを介しての、及び、通信リンクの初期ロード条件の間のデータ・チャンネルを介しての、スペクトルの位置およびパワーを示す光学パワー分布を示す例示的な図である。

【図 4 b】図 4 a の通信リンクのアップグレードの後に D T - I L E およびデータ・チャンネルによって生成された信号のスペクトルの位置および光学パワーを示す図である。

【図 4 c】O A D M システムのラインの切断の後に発生する可能性がある、図 4 b の通信リンクのデータ・チャンネルおよび D T - I L E チャンネルを介した光学パワーの瞬間的な分布を示す図である。

【図 4 d】本開示の実施形態による調整の後の、図 4 c の通信リンクのチャンネルを介した光学パワーの分布を示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

ここで本発明について、本発明の好ましい実施形態が示された添付の図面に関してより詳細に以下に記述する。しかし、本発明は多数の異なる形で具体化することができ、本明細書に述べられた実施形態に限定するものと解釈されるべきではない。むしろ、これらの実施形態が提供されるため、本開示が完全かつ完成したものになり、本発明の範囲を当業者に完全に伝達するだろう。図面では、全体を通じて同様の番号は同様の要素を示している。

【 0 0 1 2 】

20

上記の方法に関連する欠陥を解決するために、光通信システムを管理するための新規な本発明の手法、特に、1つまたは複数のケーブル切断による分岐された O A D M 光学ネットワークにおける障害回復が開示される。

【 0 0 1 3 】

図面を参照すると、図 3 は、O A D M システム 1 0 0 の一実施形態を示している。O A D M システム 1 0 0 は、海中の通信システムなど光通信システムでもよい。説明したように、O A D M システム 1 0 0 は、基幹経路 1 0 6 の反対端に結合された基幹端末（ケーブル・ステーション）1 0 2、1 0 4 を含む。本明細書で使用する「結合」という用語は、1つのシステム要素によって運ばれる信号が「結合された」要素に伝えられる任意の接続、結合、リンクなどを表す。そのような「結合された」デバイスは、必ずしも直接互いに接続されている必要はなく、そのような信号を操作または修正できる中間コンポーネントまたはデバイスによって分離することができる。基幹経路 1 0 6 は、光信号を運ぶために、複数の光ケーブル・セグメント、たとえばケーブル・セグメント 1 0 8、1 1 0、および 1 1 2 などに光ファイバを含むことができる。各ケーブル・セグメントは、1つまたは複数の増幅器だけでなく、双方向信号を運ぶための光ファイバ対線を含む光ファイバ・ケーブルの1つまたは複数のセクションを含むことができる。図示した例では、ケーブル・セグメント 1 0 8 は増幅器 1 2 0、1 2 2 を含み、ケーブル・セグメント 1 1 0 は増幅器 1 2 4、1 2 6 を含み、ケーブル・セグメント 1 1 2 は増幅器 1 2 8、1 3 0 を含む。基幹経路 1 0 6 は、その長さに依存して追加的な増幅器を含むことができることは当業者には容易に理解されるだろう。

30

40

【 0 0 1 4 】

様々な実施形態において、分岐ユニット 1 1 4、1 1 6 など1つまたは複数の分岐ユニットは、基幹端末 1 0 2 と 1 0 4 との間の基幹経路 1 1 2 に結合することができ、光アド/ドロップ多重化装置（O A D M）機器（別途に図示せず）を含むことができる。したがって、ユニット 1 1 4 および 1 1 6 は、本明細書において「O A D M ノード 1 1 4」または「O A D M ノード 1 1 6」と呼ぶ場合がある。各 O A D M ノード 1 1 4、1 1 6 は、それぞれの分岐経路 1 4 0、1 4 2 を介して、分岐端末、たとえば、それぞれの分岐端末 1 3 2、1 3 4 にさらに結合することができる。

【 0 0 1 5 】

動作において、分岐ユニット 1 1 4、1 1 6 は、割り当てられたチャンネル波長をドロップ

50

ブおよびアドすることによって、それぞれの分岐経路 1 4 0、1 4 2 および分岐端末 1 3 2、1 3 4 との間で光信号を導くことができる。光信号の双方向通信のために、分岐経路 1 4 0、1 4 2 は、送信路を提供するための光ファイバを光ケーブル・セグメント内に含むことができる。したがって、システム 1 0 0 は、端末 1 0 2、1 0 4、1 3 2、および 1 3 4 のいずれかの間で光信号の双方向通信を提供することができる。説明を簡単にするために、本明細書の記述は、ある端末から他の端末への送信を表す場合がある。しかし、システム 1 0 0 は、任意の数の端末 1 0 2、1 0 4、1 3 2、および 1 3 4 の間の双方向または片方向の通信のために構成できることを理解されたい。基幹経路 1 0 6 と同様に、以下に記述するように、分岐経路 1 4 0、1 4 2 は、1 つまたは複数の増幅器をさらに含むことができる。様々な実施形態では、O A D M システムの基幹経路および分岐経路はそれぞれ、1 つまたは複数の通信リンクを含むことができる。本明細書で使用する「通信リンク」という用語は、分岐された光学ネットワーク内のどこにでもある、1 つまたは複数の光ファイバを介した一方向または双方向の光リンクを表すことができる。O A D M ノード 1 1 4 および 1 1 6 の動作は、既知の O A D M 装置に従ってもよい。O A D M ノード 1 1 4 は、たとえば、基幹経路 1 0 6 に沿って、たとえば、送信のためにデータ・チャネルをアド/ドロップすることができる。

【 0 0 1 6 】

図 3 に示すように、分岐経路 1 4 0 は、増幅器 1 5 2、1 5 4、1 5 6、および 1 5 8 を含むことができる一方、分岐経路 1 4 2 は、増幅器 1 6 0、1 6 2、1 6 4、1 6 6 を含む。システム 1 0 0 は、また、図 3 に示すように、それぞれの基幹ステーション 1 0 2、1 0 4 で展開できる 1 つまたは複数の I L E ユニット 1 7 0、1 7 2 を含む。一部の実施形態では、1 つまたは複数の I L E は、基幹経路 1 0 6 など経路の 1 つまたは複数の通信リンクにデータ・トラフィックにより完全にロードされているときも動作を継続するように構成されている。様々な実施形態では、希望の周波数で不連続のレーザー・トーンを提供するためにレーザーを用いる、不連続トーン I L E ユニット (D T - I L E) は、1 つまたは複数のステーション 1 0 2、1 0 4、1 3 2、および 1 3 4 に配置することができる。本明細書に特に記載していない限り、D T - I L E は、各波長で光学パワーを調整できる不連続の波長 (周波数) で 1 つまたは複数のトーンを生成できるレーザーなど、従来のコンポーネントおよび構造を持つことができる。さらに以下に記述するように、D T - I L E トーンは、光学データ信号とともに光リンクを介して送信され得る。

【 0 0 1 7 】

図 3 に描写した実施形態では、D T - I L E ユニット 1 7 0、1 7 2 は、それぞれの端末 1 0 2、1 0 4 の内部に展開される。システム 1 0 0 は、I L E 制御システム 1 7 4、1 7 6 をさらに含み、これらは図示するように、それぞれの基幹端末 1 0 2 および 1 0 4 に展開することができる。I L E 制御システム 1 7 4 など I L E 制御システムは、O A D M システム 1 0 0 において、障害発生などの変化に応じて、I L E 1 7 0 など関連する I L E の動作を動的に調整することができる。一部の実施形態では、単一の制御システムが、2 つ以上の I L E を制御することができる。

【 0 0 1 8 】

動作において、1 つまたは複数の I L E ユニットは、システム 1 0 0 を介して光通信を支援するために複数の機能を実行することができる。展開の初期段階の間に、I L E は、システム 1 0 0 の通信リンクを介して希望の合計光学パワーを生成する出力密度を持つ信号を、未使用の光学スペクトルにロードするように機能することができる。図 4 a は、通信リンクを介した例示的な光学パワー分布 2 0 0 を示し、これは、D T - I L E システムの D T - I L E 光学パワー分布 2 0 2、ならびにデータ・チャネル光学パワー分布 2 0 4 を含み、初期ロード条件の間を表すことができる。図示したように、データ通信に使用されていない空のスペクトルがたくさんある。この場合、D T - I L E によって生成された光学パワーは、データ・チャネルによって占められたスペクトルの不足を補正するために比較的強力であり、これは必要な光学パワー分布 2 0 4 を生成する。図 4 b の光学パワー分布 2 1 0 に示すように、システムのアップグレードの間に、D T - I L E によって生成

10

20

30

40

50

された信号によって占められたスペクトルの位置は、以前はDT-ILEによって使用された周波数を占めることができる新しいデータ・チャンネルを補正するために変えることができる。データ・チャンネルは、図4bのスペクトルのより完全な範囲を占めて、より大きな光学パワー分布214を出力する。これは、図示するように、DT-ILEチャンネルが他の周波数で配置されることを必要とする。たとえば、DT-ILEチャンネルは、他の未使用のスペクトルまたは保護帯域領域を占めることができる。さらに、DT-ILEからの光学パワー分布212は、図4aに示した初期ロード条件の間に用いられたものから減らすことができるため、OADMシステムに使用されるスペクトル全体の光学パワーの合計は、設計された範囲内にある。したがって、システム・チャンネルにデータ・トラフィックが完全またはほぼ完全にロードされている場合、DT-ILEを最小パワーへと調整することができ、当該DT-ILEは、データ・チャンネル・スペクトルの任意の部分またはスペクトルの保護帯域領域を占めることができる。

10

【0019】

通信リンクが完全にロードされた後、様々な実施形態において、データ・チャンネルとのその対話を制限するために、DT-ILEによる光学パワー出力が最低レベルに維持されている場合でも、DT-ILE装置はアクティブな状態を維持するように構成される。これらの状況で、ILE170、172などのDT-ILEは、OADMネットワークにおいて障害回復のためのシステムとして機能することができる。

【0020】

示したように、完全にロードされた条件下では、ILEは展開した状態を維持できるが、最小パワーへと調整することができ、データ・チャンネル内の好ましい位置またはスペクトルの保護帯域領域にその出力チャンネルを配置させることができる。しかし、OADMシステムは、データ・チャンネルの変化に応答するためにILEの光学パワー出力を動的に調整するように構成できるため、所与の基幹および/または分岐経路に沿った光学パワーは、許容域内に維持される。たとえば、図3を再び参照すると、ケーブル切断150がステーション132と114との間のライン140aに沿って発生した場合、ケーブル切断150によって引き起こされたライン140aに沿った光信号の損失は、たとえば、端末102と104との間でシステム100の他の経路に沿って光学パワーが急上昇する結果となる可能性がある。

20

【0021】

図4cは、切断150などOADMシステムのラインの切断の後に発生する可能性がある瞬間的な光学パワー分布220を示している。たとえば、このスペクトルは端末102で検出することができる。データ・チャンネルの光学パワー分布224において反映されるように、光学パワーの増加は、ネットワークにおける合計光学パワーを適切な範囲内に維持するように構成された従来のOADMネットワーク装置から自動的に得ることができる。たとえば、OADMネットワーク100内の増幅器は、希望の範囲内に基幹経路106を介して光学パワーを維持するように構成することができる。したがって、OADMネットワークの一部においてデータ・ケーブルが切断されると、ネットワークの破損していない部分の残りのデータ・チャンネルにおける光学パワーが、破損した部分のパワー損失を相殺するために自動的に増加される程度まで全体的な光学データ・チャンネルが瞬間的に減る場合がある。しかし、データ・チャンネル光学パワー分布224によって表された、破損していないリンクの光学パワー出力は、データを適切に送信および受信できる範囲を超える場合があり、「破損していない」リンクを介して通信が損失または低下する結果となる。たとえば、図3を再び参照すると、結果として生じる光学パワー分布224が高すぎる場合、ライン140a上の切断150は、OADMネットワーク100の基幹ステーション102と他のステーションとの間での通信の品質を低下させたり、または消滅させたりする結果となる場合がある。

30

40

【0022】

この状況に取り組むために、本開示の実施形態では、通信リンクのデータ・チャンネルを介して光学パワー増加により検出されたトラフィック損失に応じて、DT-ILEの動作

50

を調整することができる。様々な実施形態において、制御システム 174 は、データ・チャネルの指定された周波数を通じて光学パワーにおいて検出された増加に応じてそのパワーを上向きに調整するために DT - ILE 170 に信号を送信するように構成される。したがって、データ・チャネルの光学パワー分布 224 に対応する条件が検出されると、制御システム 174 は、光学パワー・レベルが適切な通信には高すぎると判定することができる。データ・チャネルの光学パワー分布 224 を受け入れ可能なレベルに減らすために、制御システム 174 は、DT - ILE チャネルにおいて DT - ILE 光学パワー出力を上向きに調整するためにシステム 100 の DT - ILE に信号を送信するように構成される。次に、DT - ILE は、事前に定めた周波数のパワーをより高い値に増加させることができるため、図 4 d に示すように、DT - ILE チャネルを介して調整された光学パワー分布 232 が得られる。

10

【0023】

光学パワー分布 232 が DT - ILE から出力されると、OADM システムは、データ・チャネルの光学パワーを自動的に下向きに調整できるため、所与の通信リンクを介した光学パワーの合計は、事前に定めた範囲内に維持される。次に、結果として生じるデータ・チャネル光学パワー分布 234 は、通信の受け入れ可能な範囲以内にある場合がある。しかし、データが効果的に送信される受け入れ可能な範囲内に光学パワー出力がある限り、図 4 d の光学パワー分布 234 は、図 4 b の光学パワー分布 214 のものと同じである必要はないことに注意されたい。

【0024】

20

したがって、本開示の実施形態によると、「調整された」DT - ILE は、OADM システムでの障害回復の期間の間に、完全にロードされた基幹経路など、通信リンクを介して比較的より高い光学パワーを出力することができる。ケーブル切断を修理した後など、障害回復が完全になると、OADM システムにおける DT - ILE の既知の動作により、DT - ILE のパワー出力は、光学パワー出力が最小である「ウォーム (warm)」な段階まで再び調整されることができる。

【0025】

制御システム 174 などの制御システムは、命令を実行できるマシンによって読み込むことができる非過渡的なコンピュータ可読記憶媒体で、命令のプログラムとして少なくとも部分的に実装することができる。したがって、制御システム 174 は、入力として、該当する通信リンクのデータ・チャネルの光学パワー・レベルを持つプログラムを実行することができる。プログラムは、光学パワー・レベルに基づいて 1 つまたは複数の動作を決定し、かつ適切な制御信号を出力するように構成することができる。様々な実施形態では、制御システムは、DT - ILE 170、172 など、ILE 内に含めることができる 1 つまたは複数のコンピュータ・チップに統合するか、または分岐された光学ネットワークの任意の都合のよい位置に含めることができる。

30

【0026】

様々な実施形態では、通信リンクのチャネル・パフォーマンスを監視することによって、所与の通信リンクで光学パワーが過度であるという判定を行うことができる。一部の実施形態では、データ・チャネルの事前に定めた組の Q 値は、いつ光学パワーが過度かを判定するために監視することができる。一部の実施形態では、Q 値が順方向誤り修正 (FEC) のしきい値を下回る場合、光学パワーが高すぎると判定することができ、これにより、DT - ILE の出力パワーを高めるために DT - ILE に信号を送信するように制御システム 174 をトリガーすることができる。一部の実施形態では、DT - ILE のパワーの上昇は反復的な方法で行うことができる。たとえば、1 つまたは複数の次のスキャンは、すべてまたは選択されたデータ・チャネルの Q 値が FEC しきい値を超えているかどうかを測定するために実行することができ、超えていない場合、信号は、DT - ILE の出力パワーを高めるために送信される。

40

【0027】

特定の一例では、データ・チャネルの光学パワーが高すぎると最初に判定された場合、

50

事前に定めた量だけその光学パワー出力を調整するために、制御システム 174 は、DT - ILE 170 に最初の命令を送信することができる。DT - ILE 光学パワー出力が事前に定めた量だけ増加すると、OADM システム内の他の装置（増幅器など）は、DT - ILE の調整された光学パワー出力に基づいて、通信リンクのデータ・チャネルの光学パワーを新しいレベルに下向きに自動的に調整することができる。新しいレベルがまだ高すぎると制御システム 174 が判定した場合、制御システムは、データ・チャネルの光学パワーが受け入れ可能な範囲以内にあると認められるまで、さらに高いレベルなどにその光学パワー出力を調整するために、DT - ILE 170 に第 2 の警告を送信することができる。上に示すように、この判定は、他の方法の中で、Q 値を測定することによって行うことができる。

10

【0028】

上記の実施形態は、OADM ネットワークの基幹経路における ILE 装置の展開について特に描写しているが、分岐ネットワークの任意またはすべての端末で ILE 装置を展開する実施形態が可能である。さらに、上に記述したように障害回復に使用される ILE のパワー出力を制御する制御システムは、制御下にある ILE と同じ端末に配置する必要はない。制御システムは、ソフトウェア・ルーチンに統合することも、かつ／またはハードウェアにプログラムすることもできるため、OADM システムの希望の通信リンクを介して光出力を制御するのに都合がいい場合はいつでも、制御システムを好都合のように追加および展開することができる。

【0029】

20

本明細書には、障害期間の間に、OADM システムの通信経路において光出力パワーを監視および調整するための新規な本発明の装置および手法が開示される。本開示は、本明細書に記述した特定の実施形態によって範囲を限定することを意図しない。実際は、本明細書に記述されたものに加えて、本開示の他の様々な実施形態および変更が、前述の記述および添付図面から当業者には明白である。

【0030】

したがって、他のそのような実施形態および変更は、本開示の範囲内にあることが意図される。さらに、本開示は、特定の目的のために特定の環境における特定の実装の文脈において本明細書に記述しているが、その有用性はそれに限定されないこと、および本開示は、任意の数の目的のために任意の数の環境に有用に実装できることを当業者は認識されるだろう。したがって、以下に述べた特許請求の範囲は、本明細書に記述された本開示の完全な範囲および精神を考慮して解釈されるべきである。

30

フロントページの続き

(72)発明者 ゴロヴチェンコ, エカテリーナ

アメリカ合衆国 07722 ニュージャージー, コルツ ネット, パーチ レーン 7

(72)発明者 カーフト, フランク ダブリュ.

アメリカ合衆国 07701 ニュージャージー, レッド バンク, ジーン テラス 52

審査官 川口 貴裕

(56)参考文献 特開2010-226167(JP, A)

特開2008-141674(JP, A)

特表2008-510388(JP, A)

特開2006-189465(JP, A)

特開2006-295113(JP, A)

特開2008-306677(JP, A)

特開2003-046448(JP, A)

特開2000-353841(JP, A)

国際公開第2011/014748(WO, A1)

米国特許出願公開第2006/0051093(US, A1)

米国特許出願公開第2007/0183776(US, A1)

Massimo Manna et al., Impact of Spectral Hole Burning on Initial Loading Scenarios in
DWDM Submarine Cable Systems, The 17th Annual Meeting of the IEEE Lasers and Electro-Optics
Society (LEOS), 2004年, Volume 2, pp.541-542

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 10/00 - 10/90

H04J 14/00 - 14/08

H04J 11/00