

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2018-521608

(P2018-521608A)

(43) 公表日 平成30年8月2日(2018.8.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H04B 10/27 (2013.01)</b>	H04B 10/27	5K102
<b>H04J 14/02 (2006.01)</b>	H04J 14/02	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2018-521479 (P2018-521479) (86) (22) 出願日 平成28年7月13日 (2016.7.13) (85) 翻訳文提出日 平成30年1月30日 (2018.1.30) (86) 国際出願番号 PCT/US2016/042156 (87) 国際公開番号 W02017/011591 (87) 国際公開日 平成29年1月19日 (2017.1.19) (31) 優先権主張番号 62/191,570 (32) 優先日 平成27年7月13日 (2015.7.13) (33) 優先権主張国 米国 (US)	(71) 出願人 518013567 ノーザン バージニア エレクトリック コーポレイティブ NORTHERN VIRGINIA E LECTRIC COOPERATIVE アメリカ合衆国 20109 バージニア 州 マナッサス ロモンド ドライブ 1 0323 (74) 代理人 100105957 弁理士 恩田 誠 (74) 代理人 100068755 弁理士 恩田 博宣 (74) 代理人 100142907 弁理士 本田 淳
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 単一ファイバストランド上のデータの双方向伝送システム、装置、および方法

## (57) 【要約】

本発明のシステム、装置、および方法は、現行のペアリングまたは二重化パラダイムの問題に対する改良を示しており、ファイバ伝送効率の劇的な増加をもたらすが、これは、現在一致しているC帯波長を革新的なDWDM送受信フォーマットへと再構築するとともに、イーサネットデータフローを新たな経路に適応させるフォトニック波の変更によって明らかに達成されるものである。これらの改良によれば、配線費用を大幅に抑えることができ、ファイバストランドに対する要求/展開が、予測では50%未満になると考えられる。この節約によって、所有者/運用者の実質的なファイバストランドコストが低下し、DWDMネットワークを通過する高帯域幅デジタルペイロードの伝送レートと、大型のデータセンタ全体を中継する複数の装置に囲まれた交差接続の低使用率とに影響が及ぶ。

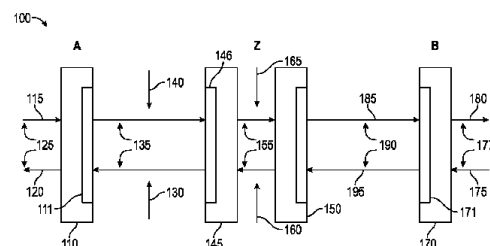


FIG. 1

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

双方向データを伝送する通信システムであって、  
双方向ファイバストランドと、  
前記双方向ファイバストランドの一端の第 1 の信号投入器と、  
前記双方向ファイバストランドの他端の第 2 の信号投入器と、  
を備え、  
前記双方向ファイバストランドの前記一端の前記第 1 の信号投入器により投入されたデータ信号が、第 1 の波長であり、  
前記双方向ファイバストランドの前記他端の前記信号投入器により投入されたデータ信号が、第 2 の波長であり、  
前記第 1 の波長および第 2 の波長が異なることにより、  
前記第 1 の端部で投入された前記データ信号および前記第 2 の端部で投入された前記データ信号が、前記双方向ファイバストランドを同時に通過する、通信システム。

**【請求項 2】**

前記データ信号が、I E E E / I T U 標準を含む業界標準に準拠する、請求項 1 に記載の通信システム。

**【請求項 3】**

前記データ信号が、高密度波分割多重 ( D W D M ) 波長を採用する、請求項 2 に記載の通信システム。

**【請求項 4】**

前記波長が、D W D M C 帯波長を含む、請求項 3 に記載の通信システム。

**【請求項 5】**

前記データ信号が、S P F + プロトコルを採用する、請求項 2 に記載の通信システム。

**【請求項 6】**

前記データ信号が、レイヤ 2、レイヤ 3、レイヤ 4、およびこれらの組み合わせを含む組から成る少なくとも 1 つのレイヤプロトコルを採用する、請求項 2 に記載の通信システム。

**【請求項 7】**

2 つの前記双方向ファイバストランドを結合するとともにそれを通じて伝送する信号を強化する少なくとも 1 つの増幅器をさらに備える、請求項 1 に記載の通信システム。

**【請求項 8】**

前記少なくとも 1 つの増幅器が、エルビウムドープファイバ増幅器である、請求項 7 に記載の通信システム。

**【請求項 9】**

双方向ファイバストランドであって、  
第 1 の波長の第 1 のデータ信号を受信するように構成された一端の第 1 のポートと、  
第 2 の波長の第 2 のデータ信号を受信するように構成された他端の第 2 のポートと、  
を備え、  
前記第 1 の波長および第 2 の波長が異なることにより、  
前記第 1 の端部で投入されたデータ信号および前記第 2 の端部で投入されたデータ信号が、該双方向ファイバストランドを同時に通過する、双方向ファイバストランド。

**【請求項 10】**

広範なデータ伝送レートで動作可能な、請求項 9 に記載の双方向ファイバストランド。

**【請求項 11】**

前記レートが、10 ギガビット / 秒、40 ギガビット / 秒、50 ギガビット / 秒、100 ギガビット / 秒、および 200 ギガビット / 秒から成る群から選択される、請求項 10 に記載の双方向ファイバストランド。

**【請求項 12】**

前記データ信号が、I E E E / I T U 標準を含む業界標準に準拠する、請求項 9 に記載

の双方向ファイバストランド。

【請求項 1 3】

前記データ信号が、高密度波分割多重 (DWDM) 波長を採用する、請求項 1 2 に記載の双方向ファイバストランド。

【請求項 1 4】

前記波長が、DWDM C 帯波長を含む、請求項 1 3 に記載の双方向ファイバストランド。

【請求項 1 5】

共通のファイバストランドを通じて双方向信号を伝送させる方法であって、  
双方向ファイバストランドの一端において、第 1 のデータ信号を投入するステップと、  
前記双方向ファイバストランドの他端において、前記一端での前記投入と実質的に同時に、第 2 のデータ信号を投入するステップと、  
を備え、  
前記第 1 のデータ信号が、第 1 の波長であり、  
前記第 2 のデータ信号が、第 2 の波長であり、  
前記第 1 の波長および第 2 の波長が異なることにより、  
前記第 1 のデータ信号および第 2 のデータ信号が、前記双方向ファイバストランドを同時に通過する、方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、イーサネット (登録商標)、インターネットプロトコル (IP) 伝送、およびデータセンタ相互接続コストを大幅に低減する光学的高密度波分割多重 (DWDM: Dense Wave Division Multiplex) 波長伝送・管理システムおよびその改良を対象とするとともに、これらを改良する。より一般的に、本発明は、低レートからマルチギガビットおよび高伝送レートで単一ファイバストランド上にすべてネットワーク化された映像、音声を伴うボイスオーバー IP (VoIP)、データ、およびインターネットペイロードを含む双方向データ通信の常時動作を送受信する新たな単一ストランドファイバ・管理システムを採用する改良型光学的高密度波分割多重 (DWDM) 通信システム、機器、装置、および方法に関する。

30

【背景技術】

【0002】

光ファイバケーブルを介したデータの伝送が知られている。ただし、従来技術のすべてのシステム、特に高速データ伝送用のシステムでは、2 つの流れが互いに交差して干渉することのないように、別個のデータ送受信経路を有する。この関連で、数千マイルとも数万マイルとも知れないファイバ線ストランド対の敷設により、多くの業界および標準によって、米国および世界のニーズに応えようとする開発が行われてきた。本発明は、既存の電気通信パラダイムの代わりとなるものを示して、大きな利点およびコスト削減を提供する。

【0003】

40

以下に詳述する通り、本発明の種々の実施形態では、中程度から大容量のギガビットサイズのペイロード帯域幅でのイーサネットおよびインターネットプロトコル (IP) 信号の伝送に特化した光ファイバケーブル上に高密度波分割多重 (DWDM) システムを設計して動作させる、通信業界の米国電気電子学会 / 国際電気通信連合 (Institute of Electrical and Electronics Engineers / International Telecommunication Union) (IEEE / ITU) 標準を利用する。従来技術に関して、全世界の通信業界では、ガラスファイバストランド対の束で包み込んだ光ファイバケーブル構造を用いて、多くの屋外プラント建設プロジェクトでのマルチギガビットのイーサネット伝送帯域幅という信じ難い要求を満たすための光学リンクの拡張において、非常に短い期間に大幅な改良を実現して

50

いる。ファイバケーブルの展開は、ますます大きく劇的に増大しており、米国本土および事実上すべての技術が進んだ国の人口が多い地域に広がるファイバストランドの容量がより大きくなっている。

#### 【0004】

当技術分野において既知の通り、ファイバケーブルの展開は一般的に、電柱上への空中取り付け具の組み付け、またはほとんどが人口密集地域内で構築される大型プロジェクトに関して実装が完了した公有地および私有地の地中敷設権に沿ったケーブルの直接埋設により、1つまたは2つの方法を組み合わせて実現される。ファイバケーブルは主として、ファイバケーブルシースと称される頑丈な外側保護用非金属プラスチック層で覆われた、ファイバストランドと称されるガラスファイバの小さな束、中程度の束、または非常に大きな束で構成されていてもよい。内側では、厳密にコード状に分離した保護バッファ管に入れられた標準的な色順の識別可能なファイバ群内で個々のファイバストランドが配置されている。設置時、ファイバストランドは、構築中のファイバ経路に沿って端部同士が結合され、ファイバのストランド端のスプライシングまたはボンディングと称される接合方法で物理的に接続され、ケーブルの延長距離が長くなる。上述の通り、通信業界の一般慣行では、通信ネットワーク用途用に選択されたファイバが前述のペアリングまたは二重化パラダイムによって、ファイバペイロードと称される、完全双方向DWDM通信でコンテンツを送送するファイバ対と称される2つのファイバストランドにグループ分けされる。

10

#### 【0005】

また、米国領内にまたがる広大な地域をつなぐ全国規模の長距離ケーブルネットワークにより、米国の大都市部の高成長域内で、より多くのファイバ展開が完了している。装置取り付け具のない未使用のファイバストランドは、「ダークファイバ」ストランドまたは未割り当ての予備ストランドとして知られているが、使用中のファイバストランドは、前述の高密度波分割多重すなわちDWDMのように、光波レーザ装置を備えていてもよい。現在の解釈として、DWDM装置は通常、それぞれ個々のファイバストランドで送送される、フォトリックレーザ供給源により適用された特定の波長順で整列した単一レーザまたは複数レーザ生成光源を用いて、1つのファイバストランドに給電するように設定されている。1つのファイバストランドの端部に1つまたは複数のレーザ光波が入力され、たとえば約80キロメートルすなわち光駆動距離に相当する長距離を伝搬した後、遠端の反対側のファイバストランドから出力される。一般的に、レーザ生成光源は、ファイバ長を大きくできる可能性があり、ファイバスパンとして既知のより長いファイバ経路に適用される光中継器と称される光ブースタ増幅器の形態のレーザ源光波を用いて、相当な作動距離が実現され得るものと了解される。当技術分野における解釈として、これらの光学利得機器では、光波信号の再生成または消費者等の最終ユーザへの到達のため、物理的な位置の存在点(POP: point of presence)でのファイバ対ストランドに対するペイロード信号の突発的アクセスが必要となる。

20

30

#### 【0006】

今日のネットワークの高帯域幅通信リンクは、通例、通信会社のPOP提供作動構内設備および顧客がサービスを受ける遠端の反対側の宛先位置において、ファイバリンクの2つの識別可能な端部により構築される。クライアント端の(同一性確認を目的とした)通常の名称は、当業界において、「A」通信会社構内設備および「Z」構内設備またはクライアント構内設備装置(CPE: Client Premise Equipment)、または遠端位置、またはクライアントPOPと指定されている。このため、伝送用ファイバリンクは、AからZまで広がっていてもよい。

40

#### 【0007】

数年のファイバ展開に関するファイバの歴史的背景を考えると、通信業界では長く、IEEEおよび国際電気通信連合(ITU)システム仕様を一体になって導出および維持する経験豊富な通信運用会社、製造業者、エンジニアリング企業、およびコンサルタントで働く知識豊富な職員から成る選択標準化団体により構築された、世界的かつ重要なIEEEおよびITU DWDMネットワーク標準に準拠してきた。IEEEおよびITU標準

50

は、基本原則という業界での位置付けによって世界的に知られており、一般的にはこれらに従って展開が図られるが、前述の「AおよびZ」指定構内設備として先に識別した通り、2つの点間でインテリジェントなデジタルデータを端部同士で受け渡す2ファイバ対ストランド上で伝送されるフォトニック波長割り当てをネットワーク化する適用可能な標準の厳密なオープンアーキテクチャを順守する。

【0008】

特に、これらの双方向データ伝送は、伝送方向ごとに1つのファイバストランドとしてほぼ常に展開されてきた。すなわち、業界の運用仕様により、伝送サービスに対して、AからZおよびZからAの割り当てがなされてきた。装置を提供する通信製造業者およびDWDMネットワークを展開して運用するネットワーク運用会社は、インターネット、VoIP音声、データ等のインテリジェントなネットワークデータコンテンツを配信するとともに、2つのファイバストランドを用いて送受信されるデータの映像ペイロードが集中しやすいファイバ経路に沿ってDWDM波長を伝送する上記IEEEおよびITU標準のプラクティスに厳密に準拠している。したがって、単一のファイバストランドの割り当てにより、伝送方向ごとにデータが運ばれるが、それぞれ、別個のPOP方向を成すAからZまたはZからAへと伝送される別個のペイロードを運ぶ独立したDWDM割り当てファイバストランドである。この場合は、ほとんどのネットワークにおいて、マルチギガビットの配信型システムをネットワーク化する2つのファイバストランドが2つの異なるDWDMペイロードに割り当てられるが、これは、今日普及している前述のペアリングまたは二重化パラダイムである。

【0009】

ローカルの短距離伝送2地点間リンクには数個のネットワークが存在するものの、ある1つのファイバストランドシステムを適用した低帯域幅システムのみが、たとえばそれぞれ1550ナノメートルおよび1310ナノメートルの異なるラムダ動作波長を反対端で割り当てることによって、これを実現している。したがって、この狭義においては、地方またはローカルの大都市配信システムにおける1.0ギガビット/秒またはファイバストランド当たり100メガビットの低データレートの単一ストランドの場合、通例、2つの波長が2つの伝送方向に伝送される。

【0010】

ただし、この単一ファイバストランドシステムにおいては、適用される多くのペイロード用途の光波がより複雑であり、ミクロンサイズの個々の高密度波分割多重(DWDM)信号波長が含まれる。これらは、適正に動作するように、非常に正確なラムダ波長および帯域幅設定で生成されたものであり、単一ファイバストランドの用法を不可能にしている。したがって、これらのシステムは通例、2つのファイバストランドを使用し、短距離ファイバリンク上において、10Gbit、40Gbit、100Gbit、および200Gbitのデータレートでのみ動作する。これらの波長は、前述のIEEE/ITU制定標準の下で公開されたDWDM標準波長チャネルにおいて利用可能である。これら両者は、比較的類似する公開文書および標準であり、送受信DWDMデータネットワークがともに単一モードファイバ上で送受信され、1つのファイバ対を用いて完全双方向に伝送され、上述の通り、伝送方向ごとに1つのファイバストランドを有する旨を規定している。言い換えると、これらのシステムは、適正かつ効果的な動作のため、完全双方向DWDM信号の伝送に2つのファイバストランドを必要とする。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】Sonnet端子の端部同士で動作する2ファイバストランドシステムを採用した従来技術の構成の代表的な一実施形態を示した図。

【図2A】本発明の第1の実施形態に係る、再構成可能な光挿入/分岐マルチプレクサ(ROADM: reconfigurable optical add-drop multiplexer)および調節可能な光挿入/分岐モジュール(TOADM: tunable optical add/drop module)との相互ネットワークを図

る強化器を備えた高密度波分割多重 (D W D M) システムを模式的に示した図であり、その構成要素については、図 2 B、図 2 C、図 2 D、および図 2 E に詳しく記載する。

【図 2 B】図 2 A に記載の D W D M システムの構成要素を模式的に示した図であって、強化器端子を含む。

【図 2 C】図 2 A に記載の D W D M システムの構成要素を模式的に示した図であって、別の強化器端子を含む。

【図 2 D】図 2 A に記載の D W D M システムの構成要素を模式的に示した図であって、さらに別の強化器端子を含む。

【図 2 E】図 2 A に記載の D W D M システムの構成要素を模式的に示した図であって、レイヤ 2 切り替えを伴う強化器端子を含む。

10

【図 3】本発明の別の実施形態に係る、混ざり合わないものの、異なるシステム波長の利得を与える場合に一体となる異なる波長を有する各受信機および送信機へと複数の波長が導かれる強化器端子中継器の第 2 の代表的な一実施形態を示した図。

【図 4】混ざり合わないものの、異なる波長の任意選択的な利得を与えるかまたは与えない場合に一体となる異なる波長を有する 1 つのファイバストランドの受信機および送信機へと導かれる複数の波長の任意選択としての中継器バイパスを備えた強化器の分岐 / 挿入高速 10 ギガビットチャネルの第 3 の代表的な一実施形態を示した図。

【図 5】混ざり合わないものの、A 端伝送システムで伝送される単一の強化器の 1 ファイバ経路システム上に異なる波長経路を切り替えて経路設定する場合に一体となる異なる波長を有する各受信機および送信機へと複数の波長が導かれる強化器レイヤ 2 - 3 スイッチの第 4 の代表的な一実施形態を示した図。

20

【図 6】本発明の教示内容に準じた強化器レイヤ 2 - 3 スイッチの第 5 の代表的な一実施形態を示した図。

【図 7 A】本発明の第 7 の代表的な一実施形態に準じた、長距離で信号コンテンツを強化する信号増幅器の採用を示した図であり、混ざり合わないものの、光波パワーを事前強化および事後強化するとともに、Z 端伝送システムに向けて伝送される第 2 の強化器の 1 ファイバ経路システム上に波長経路を経路設定する場合に一体となる異なる波長を有する各受信機および送信機へと複数の波長が導かれる強化器 R O A D M をより詳細に示した図。

【図 7 B】本発明の第 7 の代表的な一実施形態に準じた、長距離で信号コンテンツを強化する信号増幅器の採用を示した図であり、図 7 A に記載の強化器 R O A D M の A 端の代表的な実施形態をさらに示し、T O A D M 機器の別の実施形態を示すとともに、ある方向の波長の選択を示した図。

30

【図 7 C】本発明の第 7 の代表的な一実施形態に準じた、長距離で信号コンテンツを強化する信号増幅器の採用を示した図であり、図 7 A に記載の強化器 R O A D M の A 端の代表的な実施形態をさらに示し、図 7 B に示す T O A D M の別の実施形態を示すとともに、同じファイバストランド上の反対方向の同時かつ非干渉伝送のための波長の選択を示した図。

【図 8】混ざり合わないものの、異なる波長のレーザドライバ信号を与える場合に一体となる異なる波長を有する各受信機に対して、単一の容器に出力が導かれる 2 つの別個の C 帯伝送波長が伝送される強化器光学モジュールの別の代表的な S F P + 実施形態を示した図。

40

【図 9 A】混ざり合わないものの、異なる波長のレーザ信号受信機利得を与える場合に一体となる異なる波長を有する各受信機の入力用の単一の容器へと 2 つの別個の C 帯受信機波長入力が導かれる強化器光学モジュールの第 9 の代表的な S F P + 実施形態を示した図。

【図 9 B】混ざり合わないものの、異なる波長のレーザ信号受信機利得を与える場合に一体となる異なる波長を有する各受信機の入力用の単一の容器へと 2 つの別個の C 帯受信機波長入力が導かれる強化器光学モジュールの第 9 の代表的な S F P + 実施形態を示した図。

【図 10】混ざり合わないものの、異なる波長のレーザ信号利得を与える場合に一体とな

50

る異なる波長を有する各送信機および受信機の入出力用の単一の容器へと2つの別個のC帯受信機および送信機波長が入力される外部光学利得中継器の強化器光学モジュールを備えた別の実施形態ならびに代表的なレイヤ2 - 3スイッチおよびルータを示した図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

出願人は、拡張小型フォームファクタプラグ式(SFP<sup>+</sup>: enhanced small form-factor pluggable)光波送受信モジュールと称される小型フォームファクタレーザ光送受信機器の製造業者と同様に、完全双方向ファイバおよび二重ファイバ取り付け具の使用を要するファイバインタフェースをDWDM装置のすべての現行製造業者が提供していることを見出した。上述の過去の歴史的背景を考慮すると、とりわけ単純な2ファイバストランドの伝送パラダイムが世界中の通信業界で長い展開の歴史を有しており、一般的に1.0ギガビットの低速またはそれ以下のファイバ線レートで動作するレーザ生成光波上に多重化されたユーザペイロードデータをさまざまなハードウェア機器が統合している。たとえば、これらの低データレートは、大都市チャネルおよび全国規模の長距離DWDMネットワークで導入されたはるかに低密度のファイバネットワーク線レートで展開されている。

10

【0013】

別の例において、Sonnetの展開の初期には、フォーマット済みの時分割多重(TDM: Time Division Multiplex)信号を用いることにより、世界的なDWDM基幹経路に沿って、インターネットコンテンツおよびユーザインターネットペイロード信号を伝送していた。これらのシステムは、10Mbit/sが最大TDM(Sonnet)フォーマットであるSonnetフォーマットの1.0メガビット~2.5ギガビットに重なるはるかに低速の伝送帯域幅で動作していた。これらの非常に低い伝送速度は、今日のDWDM上のイーサネットおよびIPデータレートで利用可能な10ギガビット、40ギガビット、100ギガビット、および最大400ギガビットの伝送レートという、現在利用可能なレートと的確に比較される。これら初期の低速から中速のデータリンクは、符号化データビットを含むとともにPOP「A」に由来する単一端点接続を用いた単一モードファイバストランド上に配置された時分割多重フレームに対してイーサネットパケット化データビットを割り当てるとともに、「Z」光学端または構内設備POPとして識別される第2の異なる端部位置へと延びたファイバストランドに対して、2つの固定ファイバフォトリック出射光波信号に沿った2つの異なる方向に伝搬する位置データパケットを割り当てることにより設定されていた。

20

30

【0014】

数年前、標準的な光搬送波48(OC-48: Optical Carrier-48)でSONNETを伝送するファイバケーブル上で高速信号のネットワーク化が展開され、2.5ギガビットのレートは、非常に高速のネットワークと考えられていた。これらのケーブルは、物理的なファイバガラスストランドで構成され、両端点の2ファイバストランドインタフェースを通して延びた固体伝送スパンを構成し、サイト内スパンにまたがる相互動作の後、場合によりデータビットを増幅するハードウェア中継光増幅器を通じて到着したデータコンテンツが2つのファイバストランドの使用を維持することにより、インテリジェントなデータビットコンテンツの2つの独立源として、完全双方向の「東から西」および「西から東」への方向性伝送を行っていた。データビットのペイロードを運ぶ光波信号は、上述のTDMフレームに挿入され、インテリジェントなデータフォーマットを制御する所定のSONNETプロトコルを用いて、一方の端点から別の端点へと交換されていた。これらフォーマット済みフレームは、各端部受信機に入力されるラムダ信号により入力信号としてデータビットが受信される遠くの指定「Z」配置構内設備へと伝送データビットが搬送および伝送されることから、単一の「A」位置構内設備が配置された伝送ラムダ信号に通常由来するSONNETフォーマットとなった映像、デジタル音声、データビット、およびインターネットの集約を表していた。

40

【0015】

50

この期間に、イーサネットフレーム化データのファイバ伝送は、大きな進歩と考えられており、この技術は、アナログまたは前述の時分割多重（TDM）Sonnet 伝送システムに対する大幅な改善をもたらすものであった。たとえば、低速伝送システムとして動作する T1 は、最適な搬送波型であり、初期の伝送試行が進んだ長距離標準を用いることにより、イーサネットに先立って、最もよく展開されていた。また、T1、デジタル信号 3（DS3: Digital Signal 3）、OC-3、OC-12、OC-48、および最終的に OC-192 フォーマットを用いた時分割多重システムに光ファイバが導入されていた。これらシステムの多くは、今日も世界中で運用され続けており、すべての既知のシステムは、データを伝送交換する上記 2 ファイバストランド手段を採用し続けている。

10

#### 【0016】

異なる技術にまたがる 2 ファイバストランド標準の業界の継続的な展開および初期の高速データの伝送のための新たなシステムの展開に関する上記の長い歴史に記載の通り、これら同一の 2 ファイバ伝送コンセプトまたはパラダイムは、2 つのファイバを用いた伝送のコストが高い状態すなわち単一ストランドの用途の 2 倍のコストが掛かる場合であっても、長期にわたって不変のままであった。実際、2 ファイバ伝送パラダイムおよび方法は、長年にわたって使用されており、DWDM フォーマットの高度伝送レートにより主として達成されたより高いデジタル伝送レートをイーサネットアップグレード標準化団体が実現していたにも関わらず、伝送の標準的な方法として残っている。さらに、IEEE および ITU 標準化グループは、これらイーサネットのより高い帯域幅・伝送レートでの単一ファイバストランド動作が好ましいとは述べていない。システムが展開中で間もなくテラビット帯域幅に達することになるため、これらますます増大する技術的要求に対してよりコスト効果的に対処するため、本発明に規定のように、新しい技術が強く求められている。

20

#### 【0017】

別の背景として、フォトリック伝送源の割り当ておよび使用は、データ伝送に関して制定された業界標準に適合する階層信号に応じて符号化データビットおよびバイトを適用する業界標準制定フォーマットに準拠する。これらには、高速データ配信インターネット信号がデータフォーマットパケットに集約されるとともに、デジタルデータ伝送および分散ネットワーク用のイーサネット信号フォーマットにフレーム化され、トリプルプレイコンテンツと称されるデジタルデータコンテンツの何百万のインテリジェントデータビットおよびバイトを配信するデジタル映像信号、デジタル音声（VoIP）信号の組み合わせフォーマットを含む。デジタルデータビットおよびバイトの形態のコンテンツデータは、非常に高いデータレート速度で一方の端点から別の端点へと伝送または移動し、通常は、低レートの範囲のネットワーク化帯域幅能力および 100 ~ 1,000 メガビット/秒の容量と、通常 1.0 ギガビット/秒以上に達し、また、展開光波またはラムダ符号化信号ごとの伝送帯域幅容量および時間測定レートでそれぞれ参照されるより多くの DWDM チャネル数を有する 400 ギガビット/秒の帯域幅に達する基幹ファイバ線レートのファイバ経路方向ごとに単一ファイバストランドで伝送される光の高伝送速度で、レーザで照射された発光ファイバストランド内を移動する。

30

40

#### 【0018】

しかし、より高い帯域幅に対するユーザの要求は増大し続けており、はるかに多くの配信用広帯域データをネットワーク化する経済的なリソースが顧客の構内設備間で分散している。今日の市場は、さらに高い帯域幅に対する要求が大きく、かつ成長しているものと特徴付けることができ、映像、音声、およびデータサービス、特にストリーミング映像コンテンツのイーサネット集約の進歩に主導されている。米国政府、州政府、および地方自治体は、大容量リンクに依拠している。世界中の多くの国および都市は、職場で提供されるインターネット速度に匹敵する帯域幅での会社および家庭への広帯域ネットワークの拡張に対応するように、市民から大きな圧力を受けている。実際、インターネット、データ、VoIP（音声）、および映像を伝送する広帯域サービスは、より高いレートの広帯域

50



配信が採用され、ならびに／または家庭および会社の両者にサービス提供する低速のインターネット配信システムの置き換えを目標としていることから、米国（および、各地）で経済的な理由により原動力となっている。特に大都市および近隣の地方のファイバネットワークにおいてマルチギガビットのレートで伝送される、より高い帯域幅への要求は、長年にわたり将来にかけて高止まりするとともに、メガビット配信当たりの帯域幅対コストによって大きくなり、消費者の要求は、時間とともに増大するばかりと考えられる。

【 0 0 1 9 】

既存の考え方でのファイバストランド通信パラダイムに対する社会的要求および現行の要求を満たす実質的な技術的課題を考慮して、本発明は、既存のシステムの物理的制約を克服して動作パラダイムを改善する解決手段を対象とする。特に、1つのファイバストランドによる伝送を採用した場合、ファイバネットワークに展開すれば、特に、大都市の配信経路におけるファイバケーブルストランド数が容量的に線形ではなく、多くの古いファイバ基幹経路内に存在する場合に、多くのファイバ経路間に存在する上記ボトルネックの一部が軽減される。

10

【 0 0 2 0 】

特に、新たなファイバケーブルを展開する多額の財務的コストを別途要することなく、伝送容量の潜在的な50%利得によって、これらデータリンクの容量を直ちに向上させることにより、コンテンツ配信運用者およびファイバケーブル所有者は、その進歩を歓迎することになる。

20

【 0 0 2 1 】

発明の目的

既存の従来技術のさまざまなボトルネックおよび制約を考慮して、本発明の目的は、より標準的なDWDMイーサネット／IP通信システムの適用に際して少なくとも50%のコスト削減を図る、自動管理システムによる、新しい、かつ改良された光伝送を提供することである。本発明の別の非排他的な種々の目的については、以下に記載する。当然のことながら、本発明の発展によって、その他多くの目的も考えられることが了解されるものとし、以下に詳しく論じる。

【 0 0 2 2 】

したがって、本発明の目的は、双方向の大都市および長距離データ通信の単一ファイバストランドの採用によって、既存のシステム上で伝送容量を2倍にする、管理された光通信システムを提供することである。

30

【 0 0 2 3 】

本発明の別の目的は、同一の光伝送経路上のさまざまな高い広帯域ペイロードの多重化および信号伝送経路に沿った同一の単一ファイバストランド上のさまざまなペイロードの逆多重化に要するファイバストランド数を低減する、管理されたDWDM光波システムを提供することである。

【 0 0 2 4 】

本発明のさらに別の目的は、10 G b i t / s、40 G b i t / s、100 G b i t / s、400 G b i t / s以上で動作するデータレートを配信する単一ファイバストランドへの適用によって、ファイバ伝送容量を効果的に2倍にする、管理された光通信システムを提供することである。

40

【 0 0 2 5 】

本発明のさらに別の目的は、完全双方向ネットワーク化のための単一ファイバ伝送システムを用いて、別個かつ個別に、光伝送経路中の光学ペイロードの一部を光学的に挿入および分岐する簡単な手段を提供することである。

【 0 0 2 6 】

本発明の別の目的は、単一ファイバストランドを用いてネットワーク全体で伝送される使用可能な光学帯域幅を損なうことなく、DWDMチャネル間の波長間隔を損なわないDWDMネットワーク化システムを提供することである。

【 0 0 2 7 】

50

本発明の別の目的は、DWDM / インターネットプロトコル (IP) 光ネットワークであって、光波長生成器間の間隔が標準的なDWDM公開波長に従い、干渉なく1つのSF P + 容器に別々に集約され、2つの別個のDWDMチャネルの変調を行わせるように分離された別個の波長を有する2つの別個のDWDM波長信号を伝送し続ける、DWDM / インターネットプロトコル (IP) 光ネットワークを提供することである。

【0028】

本発明のさらに別の目的は、DWDM / IP光ネットワークであって、光波長受信機間の間隔が標準的なDWDM IEEEおよびITU公開波長と同一または実質的に同一であり、干渉なく1つのSF P + 容器に別々に集約され、2つの別個のDWDMチャネルの変調を受信するように分離された別個の波長をそれぞれ有する2つの別個のDWDM波長信号を受信し続け、受信した信号を2つの別個のペイロード信号として別々に維持する、DWDM / IP光ネットワークを提供することである。

【0029】

本発明のさらに別の目的は、DWDM / IP光ネットワークであって、上述のDWDM光波長生成器およびDWDM光受信機が標準的なDWDM IEEE / ITU公開波長と同一であり、1つのSF P + 容器内に集約され、さまざまな従来技術に対して、上述のIEEE / ITU公開2ファイバストランドシステムの不都合を回避または最小化するとともに、単一光ファイバ等の光学経路が単に処理能力の劣るファイバリンクよりも有効に機能する、DWDM / IP光ネットワークを提供することである。

【0030】

本発明のさらに別の目的は、他のネットワークへの過度なストランド割り当てによってファイバ容量を使い果たした場合に、ファイバストランドのないケーブル部に本発明の改良されたシステムを展開して伝送容量を拡張し、展開ごとに最大およそ50%までスパン輻輳を解消することによって、新たなケーブル設備を設置する必要性を相殺または延期することである。

【0031】

本発明の別の目的は、高密度波分割多重 (DWDM) およびより効率的なデータセンタ交差接続を満足するよう形成することにより、データセンタにまたがってネットワーク化された高速かつ高帯域幅配信の完全双方向伝送用の1つのファイバストランドを採用可能な大都市および長距離ネットワークを変換する必要なく、1つのファイバストランドの交差接続の展開を可能にするように構成された複数かつ好ましくは経済的なイーサネットデータ伝送を採用することである。

【0032】

改良された経済的な搬送波源を実現するほか、DWDMペイロードネットワーク化のスマートな分岐 / 挿入構成と、今日のDWDM展開ネットワークに存在する高密度の部分でファイバ使用が最大50%節約された「A」端および「Z」端として識別される点間の高速データ伝送方法を創出する長距離ファイバ展開の拡張とを含めて、本発明の別の態様の別途使用が考えられる。

【0033】

また、本発明は、異なるパッケージ形態の後述の拡張システムを製造して動作させるように採用された要素を提供するのが好ましく、ファイバ端子、長距離増幅線、中継器を含む伝送ネットワーク、光ファイバ増幅器、光波長スイッチ、無線インターネットサービスプロバイダ (WISP: Wireless Internet Service Provider) の無線ネットワーク、無線周波数 (RF) マイクロ波装置、およびコヒーレント伝送ネットワークインタフェース等が挙げられるが、これらに限定されない。

【0034】

上記および他の目的は、既存のペアリングまたは二重化動作モードまたはパラダイムが引き起こす数々の問題を解決する本発明の改良されたパラダイムを採用するシステム、機器、装置、および方法によって達成される。

【0035】

10

20

30

40

50

既存の電気通信システム全体でデータスループットを高める技術がますます求められている。

改良された技術に対する要求は、さらに高い投資利益率を無駄なく実現するため、世界中の通信業界全体に反響するとともに、特にイーサネットペイロードの伝送および中継に関して、地中の過剰なファイバ容量の可用性に関する最近の懸念となっている。これは特に、不安定な市場競争に常に直面しているネットワーク所有者が推進する世界の高帯域幅システム上を移動する、より高いデータレートのペイロードを支持する立場である。広帯域データネットワークの所有者および運用者は、高サービス品質 (QoS: quality of service) ネットワークの維持に対する要求を含めて、運用コストを抑えるあらゆる合理的な手段を考えざるを得ない。このため、配線費用を大幅にコストダウンすることは、本発明のツールによって、DWDM波長の再構築に向けた従来適用される標準的なポリシーを用いてDWDM技術の変化を選ぶことによりファイバ駆動効率を取得可能である場合に、市場の好意的な配慮を受けることになる。

10

20

30

40

50

#### 【0036】

本発明のシステム、装置、および方法は、現行のペアリングまたは二重化パラダイムの問題に対する改良を示しており、ファイバ伝送効率の劇的な増加をもたらすが、これは、現在一致しているC帯波長を革新的なDWDM送受信フォーマットへと再構築するとともに、イーサネットデータフローを新たな経路に適応させるフォトリック波の変更によって明らかに達成されるものである。これらの改良によれば、配線費用を大幅に抑えることができ、ファイバストランドに対する要求/展開が、予測では50%未満になると考えられる。この節約によって、所有者/運用者の実質的なファイバストランドコストが低下し、DWDMネットワークを通過する高帯域幅デジタルペイロードの伝送レートと、大型のデータセンタ全体を中継する複数の装置に囲まれた交差接続の低使用率とに影響が及ぶ。

#### 【0037】

本明細書は、特に実施形態を列挙するとともに、本発明を構成すると考えられる主題を明確に請求する特許請求の範囲で締めくくるが、本発明は、同じ参照番号により同じシステム信号フローおよび他の機械的要素を指定する添付の図面と併せて行う以下の説明によって、より深く理解されるものと考えられる。

#### 【0038】

以下の詳細な説明は、当業者が本発明を構成および使用できるように提示する。説明を目的として、特定の用語体系により、本発明を完全に理解できるようにしている。ただし、当業者にとっては、これら特定の詳細が本発明の実施に必要ではないことが明らかとなるであろう。本明細書に示す特定の用途の説明は、代表例として示しているに過ぎない。当業者には、好適な実施形態の種々の改良が容易に明らかとなるであろうし、本明細書に規定の一般原理は、本発明の範囲から逸脱することなく、他の実施形態および用途に適用されるようになっていてもよい。本発明は、示される実施形態に限定されるものではなく、本明細書に開示の原理および特徴と整合する最も広い可能な範囲に及ぶことになる。

#### 【0039】

上述の通り、本発明は、構成および運用における、より低コストの可能性を与えており、帯域幅に関する多くの障害を取り除くとともに、ファイバケーブルのより高い成長に貢献し得る。また、より低コストの光波装置と、既存の長距離伝送ネットワークの経路に沿ったDWDM動作波長の光学変化とを必要とする。より詳しく以下に説明する強化器は、既存の、および新しいDWDM作動ネットワーク、DWDMネットワーク端子、中継器、フォトリック増幅器、ならびにPOPに実装可能であり、既存の多くの手詰まり感を解消するとともに、広帯域伝送容量を拡張する経済的な手段に対するインターネットコンテンツ配信運用者およびファイバケーブル所有者の要求を満足し得ることが了解されるものとする。また、本発明は、より広い帯域幅の要求を実現するために、新たなファイバケーブルを構成するよりもはるかに低いコストで利用可能なDWDMシステム技術を新たに展開する機会を与える。

#### 【0040】

単一ファイバストランドシステム上の設備でより広帯域のデータペイロードを再度配信するマルチギガビットの強化器ネットワークを採用したシステム強化によれば、ファイバ伝送のキロメートルあたりはるかに低いコストで、ネットワーク成長の利点が即座にもたらされることが了解されるものとする。業界全体、特に、前述の無線インターネットサービスプロバイダ（WISP）は、多額の出費として高コストの伝送を実現するが、広帯域展開に対する要求を満足するためのビジネス事例分析および制約に影響を及ぼす。より高いコストでギガビットおよびテラビットの装置を購入する場合であっても、同じくコストの限界が生じる。また、本発明は、トリプルプレイコンテンツを配信するファイバ配線のコストを低減可能でありながら、制定された業界標準に適合する大きなデータ帯域幅を配信するための改良を対象とする。本明細書の増強には、長距離を運ばれるコンテンツを伴うことが多い。したがって、既存の各2ファイバストランドシステムをローカルの長距離配信用の新発明の1ストランドファイバ伝送用途に変更することにより、サービスを受ける顧客当たり、より低コストでより高速のコンテンツ配信を行う場合にも回収が加速される可能性がある。実際、各大規模ギガビットシステムにおいてファイバストランドを1つだけ削除することにより、即座に節約がもたらされ、50%近くまで配線が短くなって、ファイバの運用能力が即座に高くなるとともに、既存の専用ファイバネットワーク上での運用のコストが抑えられる。

10

20

30

40

50

#### 【0041】

本発明は、複数他種の適用イーサネットパケット交換実行源によるレーザ生成光波パワーを参照する。この基本的な単一ファイバストランド伝送システムの実現に用いられる方法は、前述の強化器、より詳細には、以下に詳述する「1ファイバ強化器」をレイヤ2/3以上の伝送制御プロトコル（TCP：Transmission Control Protocol）/IP切り替え用途のネットワークに組み込むことによって実行される。また、本用途は、システムのマイクロコンピュータ制御およびファイバ管理駆動システムを利用するため、既存の厳密なネットワークプロセッサ制御管理下での動作中常に、制御および監視性能の恩恵を受けられる。

#### 【0042】

したがって、既存のネットワーク管理とコンテンツを組み合わせた本発明のシステムは、フォトリックレーザ調節波長エネルギーの完全双方向伝送のために単一ファイバストランドのみを用いた該強化器の1ファイバストランドネットワークのハーネスを活用することになる。

#### 【0043】

以下に詳述する通り、本発明は、1ストランド配信波長のうちの複数を構成および管理することができる。本発明は、ファイバ配線およびファイバ交差接続を大幅に節約した、いわゆる強化器ネットワークパケットのネットワーク変数を制御する効果的な手段を有する設計を一意に示すものであり、多くの利点のうちの1つを本特許出願に記載する。前述の強化器の1ファイバネットワークパケット技術を適用することにより、世界中のユーザが受け入れるとともにスパンの使用が大幅に拡大され、マルチギガビットのイーサネット動作の伝送およびデータセンタ交差接続インタフェースを管理する新たな方法がもたらされて、信号フローの方向ごとにフォトリック管理源を用いた単一ファイバストランド上で双方向トラフィックをネットワーク化可能となり、本発明は、直ちに従来技術に取って代わることになる。

#### 【0044】

以下に詳しく示すように、本明細書に規定の本発明は、展開ギガビットイーサネット伝送ネットワークの小規模運用者のより低い運用費用をいわゆる強化器パケットネットワークが補う、多くのプロトコル要件に適合した前述のDWDM IEEE/ITUプロトコル駆動ネットワークの多くの識別可能なシステムおよび新たな用途において実装可能である。

#### 【0045】

本発明の目標は、グローバルなファイバ配線コストにグローバルな大きな経済的影響を

及ぼすとともに、これらのコストとクラウドコンピューティングサーバのアレイにネットワーク化された多重交差接続で満たされたデータセンタにおいて10Gb/s~100Gb/sの速度の回路をネットワーク化する高価なファイバ専用経路への依存とを相殺することと了解されるものとする。

#### 【0046】

また、本発明の目標として、本明細書に記載の通り、本発明の強化器の1ファイバパケット伝送および交差接続技術および機能が広く展開された場合、非常に望ましい利点が経済的にもたらされ、新しい形態のグローバルな受け入れが実現されるとともに、新たな強化器のマルチギガビット伝送IEEE/ITU標準化団体の適用元となって、世界中の多くの通信市場に利益がもたらされる。本明細書に詳述する本発明の強化器の1ストランドネットワークは、多くの場合、新たなファイバ展開の代わりに電子的拡張を延期する大きな機会を通信運用会社に与えることにより、新たなファイバ拡張を展開する必要性を相殺して、古いケーブルを掘り返すコストおよび不都合を回避することになる。

#### 【0047】

単一ファイバ伝送ネットワーク技術を開発する利点を十分に生かすため、装置および必須の機器構成要素は、部品の共有によって組み立ておよび分解を容易化し得るモジュール式の設計とすべきであり、これにより、別の利益を実現するとともに、一般的に今日のネットワークで使用が認められる現在の2ファイバストランドシステムに対して、1ファイバストランドマルチギガビット強化器パケットネットワークが張り合えるようになることが了解されるものとする。

#### 【0048】

過去および現在のIEEE-ITU標準高密度波分割多重システムは、一般的に有用であるものの、深刻な不都合も抱えており、これらの不都合が複合的な影響を及ぼす場合も多いことが了解されるものとする。たとえば、2ファイバストランドの伝送の搬送容量は、場合により初期段階のネットワークで要するよりもはるかに広い帯域幅を表すため、2つのケーブルストランドがデータコンテンツで完全に満たされていない場合はファイバを浪費することになり、企業者にとって、ストランド当たりおよび顧客当たり1.6km(キロメートル)(1マイル)当たりのファイバコストに不要な高額のコストが追加となる。さらに、単一ファイバの適用によって、2つのファイバとは対照的に、コンテンツを送信する2つの別個の異なるラムダ波を有することの安全性によって、以下に詳述する通り、ペイロードコンテンツのタップに対してより高いレベルの安全性を追加することができる。

#### 【0049】

ここで図面のうちの図1を参照して、この図は、入力および出力データストリーム用の従来の双方向離散経路を採用した従来技術のシステムを示しており、参照番号100で大略指定している。図示のように、この従来の確立された技術では、先に規定したファイバ対ネットワーク間に2つのファイバストランドを使用しており、一方のファイバストランドは、2地点間でネットワーク化されて、ネットワークのA端で出力を送信するとともにZ端で入力を受信し、別のファイバは、2地点間でネットワーク化されて、ネットワークのZ端で出力を送信するとともにA端で入力を受信する。図示のように、システム100においては、ファイバ対がネットワークに対して出入りする。SONNETおよびイーサネットの両システムは、Z端から送信するとともに端部装置で受信するための第2のファイバストランドを必要とするため、1つのファイバストランドまたは1つのファイバ対を別途要することが了解されるものとする。

#### 【0050】

上述の通り、今日は多くの運用システムが存在しており、コンテンツが時分割フォーマットで多重化されて、付加的なファイバ対の使用によりさらに多くの費用を要する2ストランドファイバ対の組み合わせまたは保護ファイバリング上で送信される。しかし、これらの保護運用リングは、一部のファイバリング長が160km(100マイル)の距離を上回ることを考慮すると、かなり高価である。10ギガビットのリングで動作する場合で

あっても、付加的な費用によって、インターネット配信のコストは、市場にとってあまりにも高価なレベルまで増加する。配列されたリングトポロジ上で動作する4つのファイバストランドを使用すると、多くの不都合が生じるが、そのうちの1つによって、高額毎月発生するコスト(MRC: monthly recurring cost)を支払う最小コンテンツが増大する。ただし、ローエンドでは、通常の160 km (100マイル)の単一ファイバストランドが専用の場合、インターネット配信運用会社には、1.6 km (1マイル)当たり\$25.00 × 160 km (100マイル)すなわち2,500.00米ドルの費用が毎月のリース料として発生し、12カ月のレンタル料は、1ファイバストランドにつき1年で約\$30,000となる。このように、1ファイバストランドのコストを単純に節約することにより、運用会社は、1年間に30,000.00米ドルの費用を節約でき、通常の5年間のリースでは、合計で\$150,000.00の節約になる。上記例を用いて、2つのファイバストランドを使用すると、運用会社には、年間\$60,000.00のコストが掛かることになる。

#### 【0051】

上記従来技術の手法のさらに別の不都合として、光ファイバ伝送線を伝搬する光信号は、光学的に分散する。すなわち、光ファイバ中の伝搬速度は、波長の関数である。このため、より多くのデータを1つの光波に追加すると、伝送光パルスが広がる可能性がある。従来のDWDMに認められるように、閉じた空間で光パルスがファイバに沿って伝搬するためである。さらに、これによって信号歪みが拡大し、当業者が理解しているように、符号間干渉(ISI: intersymbol interference)が生じて、ビット誤り率(BER: bit-error rate)の上昇および/または使用可能な伝送帯域幅の縮小が起こり、より高い帯域長では、従来のDWDMラムダが短くなる。分散量は、光路長の1次関数であり、光学分散によって、光再生器間の間隔が短くなる。

#### 【0052】

本発明の強化器の別の恩恵として、送受信チャネルの間隔は、別個の波長帯域にあり、隣接チャネル間隔に割り当てられた従来の大きなペイロード回路による上記干渉が除去される。

#### 【0053】

以上を念頭において、図1の従来のSONNETの従来技術システムをさらに参照すると、参照番号110で大略指定された特定の構内設備端部が示されており、たとえばデータの最終宛先すなわち消費者インタフェース点を表すものとして示される。構内設備端部110は、上記消費者用の2つのストランド接続すなわち参照番号115で大略指定された入力ストランドと参照番号120で大略指定された出力ストランドとを有する。上述の通り、従来技術のファイバストランド115および120は、一体となって、参照番号125で大略指定された従来のファイバ対となる。

#### 【0054】

構内設備端部110には、参照番号135で大略指定された別のファイバ対も接続されており、参照番号130で大略指定された入力ストランドと参照番号140で大略指定された出力ストランドとを含む。ストランド140上の入力データは、構内設備端部110を通過してクライアント入力ストランド115に流れ、そこでクライアントがデータを受信するようになっていてもよいことが了解されるものとする。クライアントからの出力データは、出力ストランド120に流れ、上述の通り前記構内設備端部110を通して、出力ファイバストランド140に流れることが了解されるものとする。

#### 【0055】

再び図1を参照して、入力ストランド115に沿って構内設備A端から受信したデータは、前述のSONNET端子または構内設備A端110で受信されることが了解されるものとする。また、本発明の例示的な一実施形態において、上述の端子110は、OC-192 SONNET端子であり、上記データ信号を他の入力データ信号と組み合わせ、端子110を10 Gbitのレーザ源送信機とするが、このように組み合わせられたデータは、端子110から前記出力ファイバストランド140へと流れ出ることも了解されるも

のとする。ストランド 140 の端部において、受信した信号は、参照番号 146 で大略指定された DWDM マルチプレクサを通過するが、この点において、構内設備 Z 端または SONNET 端子 145 は、この信号を他の DWDM 信号と組み合わせ、たとえばストランド 165 を通って端子 150 までさらに送信するとともに、ストランド 160 を通って信号を受信する。

#### 【0056】

このため、二重化通信の一方の経路において、最初の入力信号は、ストランド 115 を通って端子 110 に入り、他の信号と組み合わされて、結果としての信号パッケージが、たとえば上記 10 ギガビットのレートでストランド 140 を通って、参照番号 145 で大略指定された端子へと送られる。この入力信号パッケージは、マルチプレクサ 146 を通過し、ストランド 165 を通って他方の端子 150 に達する。そして、たとえば 10 ギガビットのレートでストランド 185 を通って関連信号が端子 170 に達すると、出力ストランド 180 を通って、たとえばインタフェース経由でバックオフィス装置に送られる。

10

#### 【0057】

図 1 をさらに参照して、クライアントからストランド 140 上で送られたデータは、上述の通り、ストランド 140 の他端すなわち構内設備 Z 端または端子 145 (SONNET A 端子) で受信される。同様に、構内設備 Z 端 145 からの出力は、上述の通り、ストランド 140 に流れる。図 1 には、参照番号 150 で大略指定された別の構内設備 Z 端も示しており、これについても、参照番号 165 で大略指定された入力ストランドを含む参照番号 155 で大略指定された別のファイバストランドを通して、上記構内設備 Z 端 145 とペアリング連通している。

20

#### 【0058】

上述の通り、上記 2 ストランド構成 100 は、家庭および産業用ファイバ接続に特有である。図 1 には、参照番号 170 で大略指定された別の構内設備端部も示しており、構内設備 A 端に類似するが、参照番号 177 で大略指定された一対のファイバを有し、クライアントデータ入力信号を受信する参照番号 175 で大略指定された入力ストランドと、クライアントペイロードまたは信号が入る参照番号 180 で大略指定された出力構内設備 B 端 (たとえば、ケーブルテレビシステム) とを具備する。

#### 【0059】

最後に、参照番号 190 で大略指定された別のファイバストランド対が構内設備 Z 端 150 および構内設備 B 端 170 を接続するが、これには、参照番号 185 で大略指定された入力ストランドと、参照番号 195 で大略指定された出力ストランドとを含む。このようなペアリングにおいては、事実上すべての従来システムが通信を行う。

30

#### 【0060】

逆方向の完全二重化経路すなわち構内設備 B から構内設備 Z を通って構内設備 A に至る経路を完結させるには、以下のような第 2 のファイバストランドが必要である。すなわち、クライアントデータ信号入力 175 は、好ましくは参照番号 171 で大略指定されたマルチプレクサによって、構内設備 B の OC - 192 Sonnet 端子 170 で多重化され、DWDM 信号として送出されて 10 ギガビットのレートでレーザ駆動され、ファイバストランド 195 を通って前記端子 150、好ましくは参照番号 151 で大略指定された DWDM デマルチプレクサ (前述の構内設備 Z) に達する。その後、信号は、ファイバ 160 を通って前記端子 145、特に前記マルチプレクサ 146 に達し、前述の 10 Gbit レートで屋外プラントファイバ対 135 を構成する前記ファイバストランド 130 に流れる。そして、10 Gbit レートのクライアントペイロードデータ信号がファイバストランド 130 を通って構内設備 A 端、特に OC - 192 端子 110 に送信され、参照番号 111 で大略指定されたマルチプレクサによって DWDM 信号が逆多重化された後、ストランド 120 に沿って、信号がバックオフィス装置に出力される。

40

#### 【0061】

この設備は、一方が Z から A またはこの設備で A から Z を通って B まで送受信を行い、もう一方のファイバストランドが戻り経路または逆方向で送受信を行う 2 つのファイバス

50

トランドを使用するように通常設計された、大都市圏を通して遠くの場所まで延びた双方向ファイバとして配置された２つのファイバストランドの適用にも特有である。

【 0 0 6 2 】

ここで図面のうちの図 2 A を参照して、この図は、参照番号 2 0 0 で大略指定され、本発明の原理をその第 1 の実施形態にて実現した例示的なシステムトポロジまたは構成を示している。ただし、当然のことながら、本発明の原理は、多様なシステムトポロジおよび構成において適用可能であることが了解されるものとする。特に、図 2 には、参照番号 2 0 2 で大略指定された第 1 の強化器の構成可能な光挿入 / 分岐マルチプレクサ ( R O A D M ) スイッチを示している。

【 0 0 6 3 】

図 2 A に示すように、図中の多くの構成部品は、便宜上、図 2 B、図 2 C、図 2 D、および図 2 E に関連して詳しく説明するが、それぞれ、参照番号 2 2 0、2 4 0、2 6 0、および 2 8 0 で大略指定されている。図 2 A の代表的なトポロジ 2 0 0 において、参照番号 2 2 0 に関連する構成要素は強化器 2 0 2 の左側にあり、参照番号 2 4 0 に関連する構成要素は強化器 2 0 2 の上側にあり、参照番号 2 6 0 に関連する構成要素は強化器 2 0 2 の右側にあり、参照番号 2 8 0 に関連する構成要素は強化器 2 0 2 の下側にある。このように、本発明は、多重接続機器であって、単なる 2 地点間機器ではないことが明確に了解されるものとする。したがって、当技術分野において理解されている通り、強化器 2 0 2 には、別の基幹長を接続可能である。

【 0 0 6 4 】

一般的に、図 2 A に示す構成 2 0 0 は、ファイバ経路接続が長距離大都市ファイバネットワークおよび他のネットワークインタフェースレイヤ 2 - 3 の両者から成るネットワークまたはより多くのスイッチおよびルータが広範なイーサネットのネットワーク化および用途を支持するネットワーク（たとえば、前述の構成要素 2 2 0、2 4 0、2 6 0、および 2 8 0）のファイバ端またはその近傍で強化器 2 0 2 を動作させるハブ・スポークネットワークトポロジで配置された光プロトコルの割り当てによってつながる D W D M 信号 C 帯波長を含むトポロジを示している。これらのファイバリンクおよび装置は、上記トポロジ 2 0 0 の中心に位置付けられた強化器 2 0 2 ハブの入力ポートおよび出力ポートとして動作するスイッチおよびルータを具備することが了解されるものとする。なお、強化器 2 0 2 のリンクまたは端子の各端部には、たとえば 1 0 ギガビットを伝送する単一ファイバストランドの端部として、フォトリック波の使用により伝送されるさまざまなイーサネットおよび IP データペイロードを示している。一例として、8 つの高帯域波長および 8 つの低帯域波長が利用され、各波長は、当技術分野において理解されている通り、動作ポートごとに 1 0 0 ~ 2 0 0 ギガビットのペイロード容量で異なる数の 1 0 ギガビットサイズのペイロードコンテンツを伝送するようにしてもよい。

【 0 0 6 5 】

図示のスイッチおよびルータは、TCP / IP を用いた従来の方法（イーサネットプロトコル動作）で機能するが、追加の特殊なセキュリティ機能については、本明細書でさらに詳しく提示する。

【 0 0 6 6 】

強化器 2 0 2 は、新発明の強化器の 1 ファイバストランド伝送ネットワークに統合される在庫製品としてフィニサー ( F i n i s a r ) の新しい F l e x g r i d ( 商標 ) 技術を採用することにより、ユーザネットワークの大きな将来保証を提供する。フィニサーの F l e x g r i d ( 商標 ) は、F l e x g r i d ( 商標 ) および強化器の互換性を与えることにより、F l e x g r i d ( 商標 ) の動作と強化器の 1 ファイバストランド特許設計を特徴とする同じ 1 0 0 G H z チャネルの恩恵とを増強するコヒーレントな任意選択としての設計が特徴である。

【 0 0 6 7 】

強化器 2 0 2 は、動的な制御で回路帯域幅を再構成可能なデータセンタにおいて長距離の大都市伝送およびファイバ交差接続を採用するとともに、本特許出願に記載の強化器単

10

20

30

40

50



ファイバストランド設計において特徴となる50GHzおよび100GHzチャンネルと互換性を有するコヒーレント変調ペイロードの単一および複数チャンネルの挿入/分岐を可能にする。

#### 【0068】

図面のうちの図2Bを参照して、この図は、たとえば参照番号221で大略指定された高/低チャンネルにアクセスする10ギガビット/秒の中継器との関連で採用し得る、参照番号220で大略指定された強化器端子・中継器を示している。図示のように、強化器202は、端子220に100ギガビット/秒の能力を与えるが、参照番号222で大略指定された低密度波長分割マルチプレクサ(CWDM: Coarse Wavelength Division Multiplexer)は、DWDMで利用可能なチャンネルの数を減らすとともに逆方向で増やす。また、端子220は、参照番号224で大略記載および指定された高低チャンネルと、参照番号226で大略指定されたスマートサーキュレータとを具備する。スマートサーキュレータ226は、たとえば端子Zにて参照番号228で大略指定された別のスマートサーキュレータに接続された前述の高低チャンネルを通して、サーキュレータ228と連通している。

#### 【0069】

図面のうちの図2Cを参照して、この図は、たとえば高低チャンネル221に従って100ギガビット/秒の中継器との関連で採用し得る、参照番号240で大略指定された別の強化器端子・中継器を示している。図示のように、強化器202は、端子240に前述の100ギガビット/秒の能力を与えるが、CWDM222が存在する。また、端子240は、上述するとともに当技術分野において理解されている通り、参照番号242で大略指定された、高低の帯域幅能力を有するDWDMマルチプレクサと、1つまたは複数のサーキュレータ226とを具備する。図示のように、AまたはZ端子等の端子とは、参照番号244で大略指定された高低チャンネルを通じて、1つのサーキュレータ226が連通可能である。

#### 【0070】

図面のうちの図2Dを参照して、この図は、高低チャンネル221に従って最大100ギガビット/秒の中継器を伝送し得る、参照番号260で大略指定された別の強化器端子・中継器を示している。図示のように、強化器202は、端子260に前述の100ギガビット/秒の能力を与えるが、これは、CWDM222と、参照番号262で大略指定された高帯域および低帯域の能力を有するDWDMマルチプレクサとを有する。また、上述の通り、端子とつながる参照番号244で大略指定された高低チャンネルを通じて、上述の通り、参照番号264で大略指定されたスマートサーキュレータが、参照番号262で大略指定された外部サーキュレータと連通する。

#### 【0071】

最後に、図面のうちの図2Eを参照して、この図は、高低チャンネル221に従って最大100ギガビット/秒の中継器を伝送し得る、参照番号260で大略指定された別の強化器端子・中継器を示している。図示のように、強化器202は、端子260に前述の100ギガビット/秒の能力を与えるが、本実施形態においては、レイヤ2切り替えが設置されており、参照番号282で大略指定された各チャンネル上で100または10ギガビットの容量を実現している。これには、外部機器がそれぞれ接続されている。図示のように、多くの信号波長の採用によって、参照番号284で大略指定された信号1~8等、参照番号286で大略指定されたスマートサーキュレータを用いた各エンドユーザまたは端子に対してチャンネルを区別することにより、先に詳述したのと同じことを達成するようにしてもよい。

#### 【0072】

図示の複数の実施形態は、DWDM C帯プログラミングROADMおよびTOADMのインタフェースにネットワーク化された、C帯で動作する互換性のある単一光スパン波長インテリジェントサーキュレータを備えたDWDM多重化構成を示しており、さらに、主基幹線上に8つの低帯域チャンネルおよび8つの高帯域チャンネルを有するC帯サーキュレ

10

20

30

40

50

ータを通じて結合された強化器の1ストランド伝送単一ファイバ設備へのDWDM多重化後続経路にネットワーク化された10Gbit/sチャネルのレートで動作する完全高低帯域増幅器を示している。さらに、図2A～図2Eの実施形態は、DWDMネットワーク化に用いられる複数の方法を示しており、挿入/分岐チャネル、事前ブースタおよび事後ブースタは、さまざまなペイロード容量が示されたこの図解で構成可能である。本発明の目的は、いずれも双方向伝送における伝送用の単一ファイバストランドのコンセプトを利用した小規模の光配線リンクおよび最大スループットデータを伴う他の主基幹リンクの容量を示すことである。

#### 【0073】

図2A～図2Eに示す実施形態を再び参照して、本出願に示すROADM202と称される強化器搭載の再構成可能な光挿入/分岐マルチプレクサは、さまざまな構成で構成化されており、たとえば単一のファイバストランドを通して10Gbit/s～100Gbit/sの高速で搬送されるイーサネット/IPデータの形態の標準的なDWDM互換波長信号を伝送する4つの低帯域および4つの高帯域DWDMラムダ波の割り当てといった、本明細書の複数のネットワーク化位置の内外で1つのファイバストランドをネットワーク化するとともに、ROADM202によるネットワーク化、たとえば前述の強化器多重化端子220とのインタフェースによって実現される節約を実証しており、たとえば284で示すように識別され、反対方向に送信される伝送信号波#1～#8のラムダ信号から分離された別個の割り当てDWDM波を用いて、参照番号201で大略指定された単一のファイバ上で単一のファイバストランドがDWDM波長を伝送するとともに、イーサネットデータ信号を送信する。

#### 【0074】

本明細書の実施形態において、DWDMラムダ信号は広帯域であってもよく、受動的なDWDM多重化チャネル202を通じてイーサネット/IPが多重化された単一ストランド上でネットワーク化された単一の100GHz DWDMチャネルごとに4つの独立した25Gbit/sで構成された10ギガビットまたは100ギガビットITU標準フレームを各波が表し、図2Bに示すように、これら2つの波長それぞれを異なるラムダDWDM波長に位置付けることが了解されるものとする。図示のように、単一の完全双方向データチャネルを参照する高帯域の1つのDWDM波長が伝送用のDWDM高帯域で動作する一方、受信DWDMチャネルデータは、低帯域で動作する。

#### 【0075】

本発明の好適な一実施形態に準じた強化器構成においては、低帯域の1530ナノメートル波で用いられる8つの波長および高帯域の1550ナノメートルの8つの波長が存在し、合計16個の波長はそれぞれ、100ギガビット以上×16個のチャネルまたは高低帯域多重化ごとに160ギガビットをネットワーク化可能である。本明細書に示す黒色波長は高帯域であり、白色/灰色波長は、8つの100ギガビット/秒低帯域波長データを別途伴う低帯域であることが了解されるものとする。また、より経済的なソフトウェアプログラム可能なサーキュレータ（たとえば、サーキュレータ226）の使用により、A端からZ端DWDM多重化への伝送および1530ナノメートル(nm)の白色/灰色波長でのZ端からA端への伝送という反対端から伝送される信号を含む図示の白色/灰色伝送パルスを組み合わせた経路上で特定の信号を管理および案内する。ペイロードデータの方

#### 【0076】

図面のうちの図2A～図2Eをさらに参照して、IEEE/ITU標準信号の方向を変更するとともに、さまざまな波長全体のDWDM広帯域信号の接続を経路設定することによって、標準的な信号配置の同じDWDM再編成を修正することにより、2つの信号を単一のファイバストランドに移行させたが、このブラクティスは、10ギガビットおよび100ギガビット超の帯域幅で動作するシステムのDWDM長距離チャネルには見られない

。これらのDWDM波は、中継器の再生成間で最大80キロメートルの範囲を有する。サーキュレータ226等のプログラム可能なサーキュレータがDWDM大都市および長距離設備でネットワーク化されており、C帯となって、波長の干渉または混合なく、いずれか1つまたは複数の波を受け渡すが、これらのサーキュレータは、帯域通過フィルタとして所望の「C」帯波へと調節することにより、正しいDWDM信号を正しい伝送方向に配置することができる。

#### 【0077】

本発明は、製造業者のIEEEまたはITU標準DWDMハードウェアまたはソフトウェア設計を修正することなく、強化器202でネットワーク化された標準DWDM装置および多重化装置を適用可能であることが了解されるものとする。さらに、図2A~図2Eには、強化器ネットワークで設計された単一のファイバストランド上で動作することのさまざまな恩恵を特徴とするさまざまなシステムが示されていることが了解されるものとする。本発明は、特に、最大80キロメートル以上に達するファイバ距離で高帯域幅の長いペアリングファイバパンシステムが動作する長距離システムにおいて、各伝送DWDMシステム上で1つのファイバストランドを節約する手段を提供する。上記図面に取り上げているが、信号をさまざまな波長に分けることによって、ネットワークファイアウォールのセキュリティレベルが高くなる。

#### 【0078】

ここで図面のうちの図3を参照して、この図は、本発明の教示内容に準じた、参照番号300で大略指定された強化器端子中継器の第2の代表的な一実施形態を示している。図示のように、複数のラムダを離間させて、隣接チャネルのクロストークおよび隣接チャネルの波長干渉を取り除くことにより、さまざまな波長で利得を与える場合の干渉なく、波長が異なる各受信機および送信機へと複数の波長が導かれている。

#### 【0079】

本発明の一実施形態においては、参照番号305で大略指定された左側のデータウェアハウス交差接続点に高帯域および低帯域の両波長信号が入り、信号の受信および信号の送信をそれぞれ表す参照番号310Aおよび310Bで大略指定された低帯域および高帯域チャネルの経路を構成する。信号310Aは、図中で4つの受信機として示した2つのチャネル用の低帯域および高帯域信号で構成されている。同様に、信号310bは、図中で4つの送信機として示した2つのチャネル用の低帯域および高帯域信号である。

#### 【0080】

点305から受信した信号に関して、これらは、参照番号315で大略指定されたスマートサーキュレータに入り、ここで、矢印が示すように、参照番号325で大略指定されたフィルタに準じて、参照番号320で大略指定されたDWDMデマルチプレクサへとさまざまな入力信号がインテリジェントに分散される。これらの信号は、参照番号330Aで大略指定された低域通過信号または参照番号330Bで大略指定された高域通過信号のいずれであるかに準じて、マルチプレクサ320Aにより処理される。信号は、低帯域信号である場合、参照番号335で大略指定された再生成器の、参照番号340Aで大略指定された低帯域受信機に入る。同様に、信号は、高帯域信号である場合、参照番号340Bで大略指定された高帯域受信機に入る。

#### 【0081】

このように、信号は、高低帯域の同一チャネルが高低RXチャネル340Aおよび340Bに入力される波長調節チャネル再生成器335に入り、受け渡されて、参照識別子345Aおよび345Bで大略指定された各増幅器において適用可能なレーザフォトリック増幅およびデジッタが実行されるが、波長信号レベルは、80kmの距離に達するのに十分な+3.5dBのレベルまで上昇させられる。そして、上昇した信号は、参照識別子350Aおよび350Bで大略指定された各送信機を介して送信され、再生成器335から出て、低帯域および高帯域の両信号を受信するとともに、たとえば低帯域フィルタ36Aおよび高帯域フィルタ360Bといったフィルタを用いて該信号を処理する、参照識別子355Aで大略指定された別のDWDMマルチプレクサに受け渡される。そして、多重化

10

20

30

40

50

およびフィルタリングされた信号は、参照番号 365 で大略指定されたスマートサーキュレータを通過し、参照番号 370 で大略指定された送信機を介して、参照番号 375 で大略指定された単一のストランドワイヤ上に送信され、当技術分野において理解されている通り、別の端子または中継器へと伝送される。

【0082】

図3を再び参照して、前述の点305からの信号の受信に際しては、インテリジェントに管理されたサーキュレータ端子を通して特定の波長が案内される前述のサーキュレータ315との接合点に単一のファイバストランドを介して入力されるDWDM波長の1530nm標準の低帯域波長の2つの独立したDWDM信号として、信号がRX-1およびRX-2に入る。同様に、受動的な高帯域の1550nm信号および低帯域の1530nm信号であるDWDM入力の受信に際して、これらの信号は、逆多重化され(320)、信号再生成器335の前述のRX信号高利得340Bに受け渡され、デジッタされ(345B)、その後再び信号ブースタ350Bに受け渡される。そして、レーザ送信機350A/350Bが低帯域の1530nm波長および高帯域の1550nm波長をDWDMマルチプレクサフィルタ355Aへと送信し、高低帯域を維持しつつ前述のサーキュレータ365に受け渡して、異なる波長1530nmおよび1550nmにより結合(370)および分離された高低の信号TXが出力される。図示のように、これらの信号は、おそらくは単一ファイバ上で他の強化器装置まで80kmの距離で、遠方の終端局または信号ブースタ380へと向かう単一のファイバストランド上に配置される。

【0083】

ここで反対端すなわち遠方の装置380から延びた共有単一ファイバ375からの信号に移って、低帯域および高帯域チャネルの受信用の経路についても示しており、参照番号385で大略指定している。そして、受信信号はサーキュレータ365に受け渡されるが、これは、高帯域および低帯域の受信信号を受信するとともに、これら1530nmおよび1550nmの各信号を単一のファイバ上でDWDMマルチプレクサ355Bに渡す。信号は、調節された特定の波長によって分離され、前述の再生成器355に入力される。低帯域信号は、再生成器335に入って低帯域受信機390Aに至り、高帯域信号は、図示のように高帯域受信機390Bに入って、デジッタ用の各増幅器345を通過することにより、増幅されて各信号の受信機利得が得られる。そして、これらの信号は、クロック回路を通過して高帯域信号送信機395Aおよび395Bに入り、必須のTX低帯域幅信号およびTX高帯域幅信号が得られる。そして、これらの信号は、再生成器335から出てDWDMマルチプレクサ320Bに入り、単一のファイバスパン上で伝送出力DWDM波長(前述の325)を通過して、チャンネル310Bを通過してサーキュレータ315の脚部に入り、単一のファイバストランド上に案内されるとともに、おそらくは単一のファイバストランドに沿って、データウェアハウス、またはDWDM多重、または同じ強化器ネットワーク化互換性を有するインタフェースルータまで80キロメートルを超える距離で伝送されるプログラム可能な選択帯域幅となる。

【0084】

ここで図面のうちの図4を参照して、この図は、遠方の機器に接続するための単一の光ファイバスパン401を備えた強化器構成の代表図である。ファイバ405に沿ってやり取りされる信号は、1530nmおよび1550nmを含む波長の信号を含むのが好ましいことが了解されるものとする。また、本実施形態においてはこれらの波長が好ましいが、当業者が理解している通り、さまざまな波長が可能であることが了解されるものとする。そして、これらの信号は、10Gbitチャネルのレートで動作する前述の波長1530nmおよび1550nmにそれぞれ対応する完全高低帯域通過増幅器415および420を示したDWDM C帯可調節光挿入/分岐マルチプレクサ(TOADM)機器のインタフェースにネットワーク化されたC帯で動作するスマート波長サーキュレータ410に入る。そして、これらの信号は、参照番号430で大略指定された本発明の強化器の1ストランド伝送単一ファイバ設備上にネットワーク化された別のサーキュレータ425へと送られる。また、C帯サーキュレータ410および425は、8つの低帯域チャネルおよ

び 8 つの高帯域チャンネルを有するのが好ましいことが了解されるものとする。挿入 / 分岐チャンネル、事前ブースタ、および事後ブースタは、本例示に対応する機器で用いられる任意選択として構成された形態であることが了解されるものとする。

#### 【 0 0 8 5 】

図 4 を再び参照して、この図は、10 ギガビットから 100 ギガビット超のペイロードの強化器分岐・挿入高帯域幅の一実施形態の例示的な代表図であって、100 ギガヘルツ帯域通過の帯域幅で動作する 2 つ以上の DWDM チャンネルが前述の単一ファイバストランド 405 からの入力を受信し、与えられた波長チャンネルが高低帯域通過群として単一ファイバ上でユニットに入るとともに選択可能な DWDM ナノメートル波長を受信するように構成された前述の強化器帯域幅管理サーキュレータ 410 に入力され、前述の可調節光挿入 / 分岐 TOADM マルチプレクサ、特に、参照番号 435 で大略指定された 1550 ナノメートルリンクおよび TOADM 1530 ナノメートルリンク 440 の入力に選択波長が案内される。各 TOADM は、端子に関する特定の事前計画 DWDM チャンネル選択を分岐または挿入するようにプログラムされたソフトウェアであり、1550 nm での TOADM 435 に関する挿入は、参照番号 445、409 で大略指定され、1530 nm での TOADM 440 に関する分岐は、参照番号 450 で大略指定されている。

#### 【 0 0 8 6 】

図示のように、強化器ギガビット分岐・挿入機器 400 は、サーキュレータ 410 およびサーキュレータ 425 で迂回されたチャンネルを結合するように動作し、C 帯のバイパスチャンネルは、DWDM 波長を成形して、それぞれ 1530 nm および 1550 nm チャンネル帯域通過で到達するとともに、1530 nm 帯域通過フィルタ 415 および 1550 nm 帯域通過フィルタ 420 を通過して前述のサーキュレータ 425 に案内され、ペイロードと結合されるとともに、特に伝送用のインタフェースを有する前述の単一ファイバストランド 430 上にインタフェースされた任意の望ましくない側波帯を帯域制限する前述のバイパスフィルタ 415 および 420 へと導かれる。

#### 【 0 0 8 7 】

ここで図面のうちの図 5 を参照して、この図は、本発明の教示内容に準じた、参照番号 500 で大略指定された強化器レイヤ 2 - 3 スwitch の第 4 の代表的な一実施形態を示しており、混ざり合わないものの、単一の強化器の 1 ファイバ経路システム上に異なる波長経路全体をネットワーク化して経路設定する場合に一体となる非調和波長を有する各受信機および送信機へと複数の波長が導かれる。図 4 のストランド 405 等、A 端構内設備伝送システムからの伝送波長信号は、図 6 にも示すとともに図 6 に関連して詳しく説明する通り、ストランド 430 で受信され、構内設備 Z 端に送り出される。図 4 に示すとともに図 4 に関連して説明した前述の分岐・挿入回路 450 および 445 は、単一の 10 G b i t 信号チャンネルまたは複数の 10 G b i t チャンネルの分岐および挿入を選択可能であることが了解されるものとする。

#### 【 0 0 8 8 】

ここで特に図 5 を参照して、この図は、業界のレイヤ 2、3 と互換性を有する 1 つのファイバストランドインタフェースの代表図であり、上記イーサネットスタックプロトコルスイッチは、ソフトウェア、ハードウェア、および全体遠隔管理システムの変換も修正もなく、これらを動作させる。図示のように、1 つのストランドファイバ 503 は、上述の通り、基幹（たとえば、80 km ファイバ経路）とつながっている。好ましくはマイクロプロセッサによる制御下の DWDM 波結合器は、標準的な DWDM チャンネル 510 の調節可能な信号インタフェースを選択して処理するが、信号は選択されて受信機 515 に受け渡され、業界標準の 10 ギガビット、100 ギガビット、およびこれ以上の帯域幅の入力を伴って、ストランド 505 からの DWDM 入力信号が DWDM マルチプレクサ 520 へと案内される。そして、これらの信号は、整合する反対チャンネルの伝送出力に応じて、特定の DWDM 調節波長が 1530 nm または 1550 nm の 80 km 以上の距離の高利得 DWDM 受信機を有する増幅器で増幅される。そして、この信号は、変換器 525 に受け渡され、参照番号 530 で大略指定された受信機ポートまたはインタフェースに受け渡さ

れる。変換器 5 2 5 からの入力信号は、S F P + 長距離受信機から、低利得で動作するとともに 1 つのファイバ線 5 0 5 から隔絶された短距離 1 3 1 0 n m 信号への入力回路の変換を示しており、好ましくは、変換器 5 2 5 からの信号は、切り替え受信用 1、1 0、または 1 0 0 ギガビットポートに挿入された第 2 の 1 3 1 0 n m インタフェースの入力へと案内され、1 0 ~ 1 0 0 ギガビット入力をスイッチまたはルータに配信することが了解されるものとする。

#### 【 0 0 8 9 】

強化器 5 0 0、特に、スイッチおよびルータを備えた 1 0 / 1 0 0 ギガビット変換器 5 2 5 をネットワーク化する利点のさらなる拡張として、通常の慣行においては、スイッチにより、8 0 k m の長距離 S F P + 光学素子が S F P + 互換ポートまたはインタフェース 5 3 0 に直接挿入されていることが求められ、長距離または大都市ファイバ対接続には、2 つの屋外プラントファイバストランドから成るネットワークが必要となる。これらの信号は、ポート 5 3 0 およびスイッチマトリクス 5 3 5 を通過して、参照番号 5 4 0 で大略指定された前述の銅コネクタに至る。ただし、1 ファイバ用途の適応において、スイッチは、より経済的な 1 3 1 0 n m の S F P + インタフェースを使用し、伝送スイッチポート 5 4 5 に備えられるため、1 0 ギガビット / 秒または 1 0 0 ギガビット / 秒の信号が変換器 5 2 5 への入力と反対方向になり、レーザ S F P + 長距離光増幅器が搭載されるとともに、伝送信号が変換器 5 2 5 において光から電気に変換される。これらの信号は、クロックジッタを向上または改善するマルチプレクサ 5 5 0 を通過して、光に変換される。言い換えると、高 d B レベルの出力信号が D W D M チャネル整合マルチプレクサ 5 4 0 に送られ、特定の選択波長で光が出力されて、信号が D W D M 波結合器に送り込まれるとともに、単一のファイバスパンに沿って約 8 0 k m だけ、参照番号 5 5 5 で大略指定された出力が送信される。これは、高価な再設計によって展開装置を 1 ファイバストランド動作向けに変換する必要なく、標準的なイーサネットおよび I P 切り替えハードウェア装置ならびにルータと動作する 1 つのファイバの使用を示している。また、強化器スイッチ 5 0 0 は、短距離から長距離のファイバスパンに沿った 1 ファイバストランドのインタフェースまたは伝送の制限なく、内部でネットワーク化されたさまざまなペイロードを取り扱うことができる。

#### 【 0 0 9 0 】

ここで図面のうちの図 6 を参照して、この図は、強化器スイッチの「Z」整合端である強化器レイヤ 2 - 3 スwitch の第 4 の代表的な一実施形態を示しており、混ざり合わないものの、単一の強化器の 1 ファイバ経路システム上に異なる波長経路全体をネットワーク化して経路設定する場合に一体となる A サイト強化器スイッチから送り出された非調和波長を有する各受信機および送信機へと複数の波長が導かれる。A 端構内設備伝送システムからの伝送 A 波長信号は、Z で受信され、構内設備 Z 端に送り出される。ユーザ分岐・挿入回路 G および Y を選択して分岐および挿入が可能であり、複数の低速チャネルの低速側から離れて、単一の 1 0 0 M b i t を 1 . 0 ギガビット信号に拡張可能である。レイヤ 2 スwitch 6 0 0 は、二重伝送 S F P + 光送信機または受信機である追加 1 0 0 ギガビットポートを除くすべてのエリアで正常に機能する。レイヤ 2 スwitch 1 0 ギガポートと D W D M チャネルとの間の従来の 2 つのファイバストランド配線は、異なる波長を示すように黄色または緑色と命名された二重の異なる波長である。

#### 【 0 0 9 1 】

強化器ポートは、上下の波長チャネルを提供するとともに、波長を単一のファイバストランド上にネットワーク化する。単一ファイバストランドは、8 0 k m の距離に達する送受信波長の完全双方向トラフィックの形態のデータのペイロードを運ぶが、低レベル光波信号は、光増幅器によって強化されるか、または、S F P + 送受信波機器で終端することになる。

#### 【 0 0 9 2 】

図 6 をさらに参照して、この図は、産業用 I P およびイーサネットスイッチとの相互ネットワークを図る強化器の遠方整合端である強化器レイヤ 2 - 3 スwitch の代表的な一実

10

20

30

40

50

施形態 6 0 0 を示している。単一のファイバ 6 0 5 は、具体的にはファイバ 5 0 5 に接続された図 5 の対応する構造から広がる単一のファイバ取り付け具を含み、スイッチの実施形態 6 0 0 により送受信される D W D M 波長を送受信し、マルチプレクサ 6 1 0 に入力された後、ソフトウェア管理の選択可能な帯域通過段階である調節波結合器 6 1 5 に入力される D W D M 波を搬送する単一ファイバストランドとのインタフェースが図られた遠隔インタフェーススイッチを表すことが了解されるものとする。所定の帯域幅で動作する信号は、D W D M チャンネルプロセッサおよびマルチプレクサ 6 2 0 を通過して、スイッチ 6 2 5 が標準的な形態で駆動されるようにネットワーク化された入力スイッチ 6 2 5 に至る。1 ファイバ強化器ネットワーク 6 0 0 には、イーサネットおよび I P と互換性のあるあらゆる種類のインタフェースが接続されていてもよい。入力スイッチ 6 2 5 は受信ポート 6 3 0 であり、そこを通過した信号は、スイッチマトリクス 6 3 5 に入った後、前述の銅コネクタ 6 4 0 に至る。そして、この信号は通過する。銅コネクタ 6 4 0 からの伝送出力は、スイッチマトリクス 6 3 5 とスイッチ 6 2 5 の出力ポート 6 4 5 とを通過する。そして、この信号は、D W D M チャンネル帯域通過マルチプレクサ 6 5 0 を通過して、波結合器 6 1 5 およびマルチプレクサ 6 1 0 に至るが、ここでは、送受信信号が 1 つのファイバインタフェースへと結合され、単一のファイバ 6 0 5 を通って伝送される。

#### 【 0 0 9 3 】

ここで図面のうちの図 7 A、図 7 B、および図 7 C に移って、この図は、それぞれの構成要素を含めて、1 0 G 信号の D W D M C 帯 R O A D M および T O A D M ポートを駆動する特定の調節低出力信号短距離インタフェースで動作する単一光スパン波長「C」帯高密度波分割多重 (D W D M) の技術により 1 0 0 B a s e を 1 0 G 送受信機にネットワーク化した別の強化器構成を示した代表図であり、より低いファイバ信号がネットワークの構内設備 Z 端で完全高低帯域事前ブースタおよび事後ブースタ増幅器に入力される長距離の単一ストランドファイバ上にネットワーク化された 1 0 0 メガビット ~ 1 0 G b i t チャンネルのレートで動作する完全高低帯域事前ブースタおよび事後ブースタ増幅器用の波長を示している。

#### 【 0 0 9 4 】

また、強化器の 1 ファイバストランドインタフェース等、大容量光伝送ソリューションのマルチプロトコルに対応する 3 ポート可調節 D W D M 光挿入 / 分岐 T O A D M 機器を示している。この T O A D M は、I E E E および I T U グリッド標準の下で一覧化された C 帯波長全体で調節可能であるとともに、小さなペイロードから大きなペイロードまで対応する。

#### 【 0 0 9 5 】

ここで図面のうちの図 7 A を特に参照して、この図は、戦略的な位置に配置された場合、参照番号 7 0 2 で大略指定された長いファイバスパンに沿って必要なラムダ増幅源を提供し得る、参照番号 7 0 4 で大略指定された光波パワー増幅器であるエルビウムドープファイバ増幅器 (E D F A : E r b i u m d o p e d f i b e r a m p l i f i e r) を示している。これらの増幅器 7 0 4 は、何キロメートルにも及ぶ運用後にもスパン 7 0 2 に沿って減衰されたラムダ弱信号を強化することが了解されるものとする。E D F A 7 0 4 は、このような出力により、ケーブルスパンをさらに延長して、参照番号 7 0 8 で大略指定された別の遠隔 E D F A 増幅器まで、前述の 1 ファイバネットワークの参照番号 7 0 6 で大略指定された新しいスパン上でラムダ駆動信号を送信する。この信号は、上述の通り、もう一度強化されることになる。このように、ケーブルスパン 7 0 2 に沿った A 端等からの光駆動信号は、ブースタ 7 0 4 および 7 0 8 等によって、Z 端子ネットワークの別の遠隔位置まで、参照番号 7 1 0 で大略指定された別の長距離 1 ストランドファイバ上でこの光信号を延長可能である。また、このようなブースタ増幅器位置には、調節可能な光挿入 / 分岐多重が装備されて、たとえば図 7 B および図 7 C に記載および図示するとともに以下に詳述するインテリジェントなデータコンテンツを運ぶ D W D M ラムダ源を挿入および除去する。

#### 【 0 0 9 6 】

ここで図面のうちの図 7 B を参照して、この図は、本発明の好適な一実施形態として、C 帯 100 GHz 帯域幅チャネルの形態の DWDM 波長信号を受け入れ、前述のマイクロプロセッサ管理の下、入力端子でユーザのインテリジェントなデータを含む参照番号 714 で大略指定された 1 つまたは複数の選択可能な波長を電子的に選択して、参照番号 716 で大略指定されたローカル経路へと選択 DWDM 10 ギガビット ~ 100 ギガビット / 秒光波信号を分岐する、参照番号 712 で大略指定された可調節光挿入 / 分岐多重 (TODM) 3 ポート多重用途を示している。ただし、参照番号 718 で大略指定されたその他の DWDM 波長は、当技術分野において理解されている通り、通過して他の所望の宛先に伝送される。

#### 【0097】

ここで図面のうちの図 7 C を参照して、この図は、参照番号 722 で大略指定された C 帯 100 GHz 帯域幅チャネルの形態の DWDM 波長信号を同じく受け入れ、前述のマイクロプロセッサ管理の下、ユーザのインテリジェントなデータを含む参照番号 724 で大略指定された 1 つまたは複数の選択可能な波長を電子的に選択し、前記信号を入力端子に送信して、参照番号 726 で大略指定されたローカル経路に対して、選択 DWDM 10 ギガビット ~ 100 ギガビット / 秒光波信号である 1 つまたは複数の波長を追加する、参照番号 720 で大略指定された可調節光挿入 / 分岐多重 (TODM) 3 ポート多重用途の別の実施形態を示している。

#### 【0098】

ここで図面のうちの図 8 を参照して、この図は、本発明のパラダイムに準じた、参照番号 800 で大略指定された改良型送受信機器を示している。図示のように、送受信機 800 には、それぞれ参照番号 805 および 810 で大略指定された、いくつかの小型フォームファクタプラグ式 (SPF+) 実施形態の高帯域および低帯域波長である 2 つの異なる伝送出力ラムダ源が搭載されている。本発明の教示内容に準じて、送受信機技術の設計を新たに変更している。特に、この新たな送受信機 800 は、C 帯全体および各 SPF+ 実施形態にわたる C 帯高密度波多重動作における完全単方向二重光スパン波長を構成しており、2 つの具体的に異なる調節高低帯域送信機を有する。また、送受信機 800 は、DWDM C 帯 ROADM および TODM ポート 10 G 信号を駆動する短距離インタフェース用に設定された低出力信号を有し、完全高低帯域増幅器用の 2 つの離散出力波長が、ルータ、端子、スイッチ、または光回線増幅器からの受信機信号を受信する 2 つのインタフェースポートへとネットワーク化された 10 Gbit チャンネルのレートで動作する。

#### 【0099】

また、図 8 には、図示の各 C 帯波に関してさまざまな波長 815 で、短距離ファイバスパンを要する短距離 ROADM および TODM 用途に用いられるある装置内の高帯域および低帯域 810 の DWDM C 帯光学レーザ送信機である 2 つの異なる伝送出力ラムダが備わった機械的互換 SPF+ であるフォームフィット SPF+ の 10 km 二重高低波長単方向信号送信機を示している。また、機器 800 の他端には、当技術分野において理解されている通り、接続を容易化し得る、参照番号 820 で大略指定されたプラグ式電気インタフェースを示している。

#### 【0100】

ここで図面のうちの図 9、特に図 9 A および図 9 B を参照して、この図は、強化器スイッチの「A」または「Z」整合端である強化器のレイヤ 2 - 3 > のスイッチの第 3 の代表的な一実施形態を示しており、混ざり合わないものの、単一の強化器の 1 ファイバ経路システム上に異なる波長経路全体をネットワーク化して経路設定する場合に一体となる A サイト強化器スイッチから送り出された異なる波長を有する受信機および送信機を備えた各光増幅器へと複数の波長が導かれる。「A」端構内設備伝送システムからの伝送 (1530 nm 帯) 波長信号は、(1530 nm 帯) として受信され、この図 9 の構内設備 Z 端に送り込まれる。

#### 【0101】

ユーザ分岐・挿入回路 (IP データ) および (CAT - 5) を選択して、通常のスイッ

10

20

30

40

50



チおよびルータシーケンスにおいて分岐および挿入が可能であり、複数のチャネルの低速側から離れて、単一の 100 Mbit を 1.0 Gbit 信号に拡張可能である。レイヤ 2 スイッチは、二重伝送 SFP + 光送信機および二重受信機である 100 ギガビットポートを除くすべてのエリアで正常に機能する。1550 nm または 1530 nm 帯域通過として（黄色または緑色で）識別される 2 つの別個の波長で動作するレイヤ 2 スイッチ 10 ギガポートと DWDM チャネルとの間の従来の 2 ファイバストランド配線は、異なる波長を示す。

#### 【0102】

図 9 A をさらに参照して、10 km 受信機 900 は、機械的互換 SFP + であるフォームフィット SFP + であるのが好ましく、各 C 帯波に関する受信機短距離波長で、短距離ファイバスパンを要する短距離 ROADM および TADM 用途に用いられるある装置内の 2 つの DWDM C 帯光学レーザ信号受信機である高帯域 905 および低帯域 910 という 2 つの異なる受信機入力ラムダが備わっている。強化器インタフェースは、たとえば図 8 に示す電氣的インタフェースで互換性を有するようになり、従来の他の SFP および SFP + 光学素子は、1 つの DWDM 波長のみで動作する完全双方向二重化インタフェースを提供することが了解されるものとする。

#### 【0103】

図 9 B をさらに参照して、参照番号 920 で大略指定された図示の送信機は、高帯域用 925 および低帯域用 930 の 2 つの送信機出力ラムダを備えた送信機である。

上下チャネルの強化器ポートは、単一のファイバストランド上への波長の分離を増幅することが了解されるものとする。単一ファイバストランドは、完全双方向トラフィックの形態のデータのペイロードを運ぶか、または 80 km の距離に達する波長を送受信するが、低レベル光波信号は、光増幅器によって強化されるか、または、スイッチとのインタフェースが図られた低出力 SFP + 送受信波機器で終端することになる。受信機 900 および送信機 902 の両者は、参照番号 935 で大略指定されたプラグ式電気インタフェースを有するとともに、参照番号 940 で大略指定されたさまざまな動作可能波長を有する。

#### 【0104】

ここで図面のうちの図 10 を参照して、参照番号 1000 で大略指定された強化器伝送システムは、上述の通り、参照番号 1005 で大略指定された電氣的接続用の銅コネクタを示している。入力電気信号は、参照番号 1010 で大略指定されたスイッチマトリクスを通過して、完全二重化 TX および RX SFP + インタフェースをそれぞれ備えた参照番号 1020 および 1025 で大略指定された双方向スイッチまたはルータポートを有する参照番号 1015 で大略指定されたスイッチに入るが、前述の TX ポート 1020 は TX ポート 1035 を有する増幅器 1030 につながり、前述の RX ポート 1025 は RX ポート 1040 につながっており、図 8 および図 9 に示すとともに先に詳述した前述の強化器を通じて両ポートが適応されるとともに、光学素子が高低 C 帯 DWDM 光路を構成して、接続効率を改善するとともに光ファイバパッチ配線構成を制限する。また、受信マルチプレクサ 1045 が RX ポート 1050 につながり、強化器 1055 が TX ポート 1060 につながっている。ラムダ光波伝送 DWDM フォーマットデータは、従来の産業用スイッチおよびルータに適応して、単一ファイバ伝送システムでこれらの機器を経済的に強化している。

#### 【0105】

強化器搭載の再構成可能な光挿入 / 分岐機器は、50 Gbit / s および複数のグループ化された帯域幅信号等、さまざまな構成、コンテンツ、および速度の波長を処理してネットワーク化するように動的に構成可能に構造化されているのが好ましく、各伝送波長が分離され、最大 100 Gbit / s の入力を伝送するとともに、ネットワーク B へと分岐または挿入され、光波機器を通してネットワーク C に至り、光波の形態の 50 Gbit / s または 100 Gbit / s が再び配信され、ラムダ信号レベルのあらゆるネットワーク化によって、長距離伝送および大都市 DWDM ネットワークに見られる複数の機器内外の 1 ファイバストランドのネットワーク化によるさらなる節約が実現されることが了解され

10

20

30

40

50

るものとする。

【0106】

ITUに従うとともに二重偏波直交位相変調(DP-QPSK: dual polarization quadrature phase shift keying)等のコヒーレントな技術を導入する、上記のような8つの100Gbit/sチャネルの適用により、強化器は、強化器管理システム上で送受信されるIEEE/ITU 50GHzおよび100GHzチャネル互換ネットワークデータ帯域幅の使用を可能にするITU標準に準拠した100Gbit/sデータコンテンツを搬送する50GHzチャネルを伝送できるのが好ましい。これは、ファイバ対ごとに100GHz多重化チャネルの各チャネルにネットワーク化された40、100、および200ギガビットチャネルから、50GHz DWDMチャネルを使用する最大96個のチャネルへと帯域幅を大きくして、1つのファイバ対の伝送容量を2倍超にすることにより、伝送コストの低減要求を満足するのに役立つ。このように1つのファイバストランド上で動作する強化器は、割り当てファイバストランドごとに、集約率の2倍をこの負荷係数に乘じることになる。

10

【0107】

本発明には多くの態様があり、その多くを先に詳しく論じていることが了解されるものとする。以下では、別の態様を論じる。強化器は、割り当て、ラムダ信号波長選択、経路の順序、およびIEEE-ITU標準高密度波分割多重(DWDM)波長の使用目的を変更するとともに、コンテンツを含む出力ラムダ信号の送信および送受信ユーザペイロードコンテンツを含む入力ラムダ信号の受信を同期して実行するように前記変更波長が選択されるようにするのが好ましく、これらはすべて、2つの伝送方向ごとにシリアルデータ列および伝送ペイロードを構成するようにフォーマットされた標準ネイティブイーサネットフレーム化データおよびIPデータに関して実現される。

20

【0108】

定義として、サイトの指定には、コンテンツペイロードを含む変更波長を適用した「A」サイトがコンテンツペイロードを含む前記波長を受信して配信する「Z」端サイトにコンテンツを送信する場合と、コンテンツペイロードを含む変更波長を適用した「Z」サイトがコンテンツペイロードを含む前記波長を受信する「A」端サイトにコンテンツを送信する場合とが含まれる。

【0109】

本発明は、対応する受信ペイロードコンテンツから別個のDWDM波長に送信ペイロードコンテンツがネットワーク化され、干渉からの物理的、電氣的、および光波分離を図るシナリオを含む。

30

【0110】

本発明は、上述の光学系が第2の光波経路をさらに備え、別個のラムダを用いてAからZ端およびZからA端へと二重ファイバ波長を動作させる単一ファイバストランド上の完全ペイロードダイバシティを有し得るシナリオを含む。

【0111】

本発明は、上述の光学系がIEEEおよびITU国際標準による適合DWDM波長割り当てを使用し、世界中の国内および国際市場で強化器の1ファイバを展開し得るシナリオを含む。

40

【0112】

本発明は、上述の光学系がIEEEおよびITU国際標準による適合DWDM波長割り当てを使用し、完全双方向ペイロード配信における1ファイバ伝送用に構成された長距離ネットワーク上で業界標準のEDFA光増幅器を使用することにより、強化器の1ファイバを展開し得るシナリオを含む。

【0113】

本発明は、上述の光学系がIEEEおよびITU国際標準による標準DWDM波長割り当てを使用し、大都市および長距離ネットワークにおける強化器の1ファイバネットワーク上で動作する利点がある任意の広帯域マルチレート10ギガ、40ギガ、100ギガ、

50

および 200 ギガ光伝送ソリューションを使用することにより、強化器の 1 ファイバを展開し得るシナリオを含む。

【0114】

本発明は、上述の光学系が I E E E および I T U 国際標準による標準 D W D M 波長割り当てを使用し、任意の単一モードファイバストランド上で強化器の 1 ファイバを展開および運用可能であり、既存のファイバケーブルネットワークに対して 50 % 超のペイロード容量を節約するシナリオを含む。

【0115】

本発明は、上述の光学系が I E E E および I T U 国際標準による標準 D W D M 波長割り当てを使用し、強化器の 1 ファイバの展開によって新たなファイバケーブルの構築を延期可能であり、輻輳または満杯のファイバストランドを緩和するシナリオを含む。

10

【0116】

本発明は、上述の光学系が I E E E および I T U 国際標準による標準 D W D M 波長割り当てを使用し、標準的な I E E E および I T U 標準インタフェースおよび互換データレートを配信する完全双方向ペイロードの分岐および挿入を伴う任意の広帯域マルチレートの 10 ギガ、40 ギガ、100 ギガ、および 200 ギガ光伝送ソリューションを使用することにより、強化器の 1 ファイバを展開し得るシナリオを含む。

【0117】

本発明は、上述の光学系が I E E E および I T U 国際標準による標準 D W D M 波長割り当てを使用し、改良された短距離 10 ギガ光学素子モジュールを用いて強化器の 1 ファイバを展開し得るシナリオを含む。

20

【0118】

本発明は、上述の光学系が I E E E および I T U 国際標準による標準 D W D M 波長割り当てを使用し、互換性のある 80 km 10 ギガ S F P + 光インタフェースモジュールを用いて強化器の 1 ファイバを展開し得るシナリオを含む。

【0119】

本発明は、上述の光学系が I E E E および I T U 国際標準による標準 D W D M 波長割り当てを使用し、クライアント装置とのインタフェースを図る O S P F + 40 ギガ帯域幅を用いて強化器の 1 ファイバを展開し得るシナリオを含む。

【0120】

本発明は、上述の光学系が I E E E および I T U 国際標準による標準 D W D M 波長割り当てを使用し、大都市および長距離ネットワークに単一モードファイバを用いて二重ファイバストランドのコストの半分だけ、1 ファイバストランドのコストを相殺することにより、強化器の 1 ファイバを展開し得るシナリオを含む。

30

【0121】

本発明は、上述の光学系が I E E E および I T U 国際標準による標準 D W D M 波長割り当てを使用し、I E E E 標準 D W D M 帯域の C W D M C 帯波との組み合わせを用いて強化器の 1 ファイバを展開し得るシナリオを含む。

【0122】

本発明は、上述の光学系が I E E E および I T U 国際標準による標準 D W D M 波長割り当てを使用し、ハードウェア冗長性およびパワーダイバシティを用いて強化器の 1 ファイバを展開し得るシナリオを含む。

40

【0123】

本発明は、上述の光学系が I E E E および I T U 国際標準による標準 D W D M 波長割り当てを使用し、側方またはリング状ファイバネットワーク設計を用いて強化器の 1 ファイバを展開し得るシナリオを含む。

【0124】

本発明は、上述の光学系が I E E E および I T U 国際標準による標準 D W D M 波長割り当てを使用し、ネットワークの一端または両端で動作する光結合器、分配器、および前記機器を用いて強化器の 1 ファイバを展開し得るシナリオを含む。

50

## 【 0 1 2 5 】

本発明は、上述の光学系が I E E E および I T U 国際標準による標準 D W D M 波長割り当てを使用し、10ギガ、40ギガ、100ギガ、および200ギガのペイロード波長で動作する R O A D M 光学切り替えを用いて強化器の1ファイバを展開し得るシナリオを含む。

## 【 0 1 2 6 】

本発明は、上述の光学系が I E E E および I T U 国際標準による標準 D W D M 波長割り当てを使用し、レイヤ2、3以上の切り替えネットワークおよびルータを用いて強化器の1ファイバを展開し得るシナリオを含む。

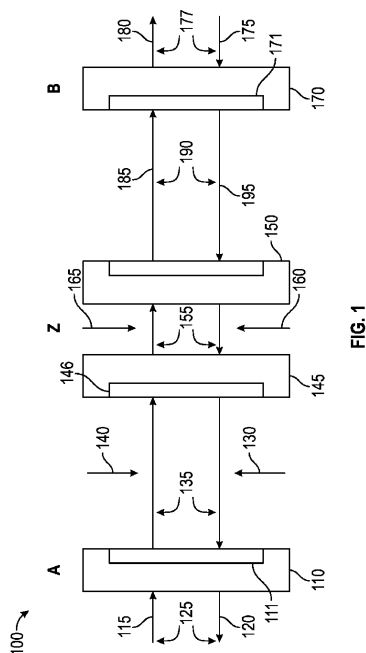
## 【 0 1 2 7 】

本発明は、上述の光学系が I E E E および I T U 国際標準による標準 D W D M 波長割り当てを使用し、世界的な相互接続にまたがるデータセンタの単一モードファイバ交差接続を用いて強化器の1ファイバを展開し得るシナリオを含む。

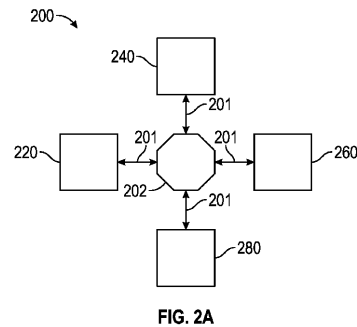
## 【 0 1 2 8 】

以上、本発明をその実施形態の記載によって説明するとともに、実施形態を詳細に説明してきたが、本出願人には、添付の特許請求の範囲をこのような詳細に制限したり、または何らかの限定を設けようとしたりする意図はない。当業者には、別の利点および改良が容易に明らかとなるであろう。したがって、本発明は、そのより広範な態様において、上記特定の詳細、図示および記載の代表的な装置および方法、ならびに説明のための例には限定されない。このため、本出願人の考えの範疇または範囲から逸脱することなく、上記のような詳細から逸脱してもよい。さらに、本発明は、多くの例示的な実施形態および実施態様との関連で説明したが、これらに限定されるものではなく、添付の特許請求の範囲に含まれる種々の改良および同等の構成を網羅する。

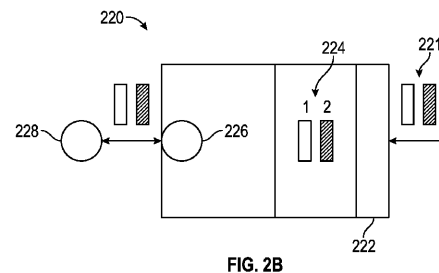
【 図 1 】



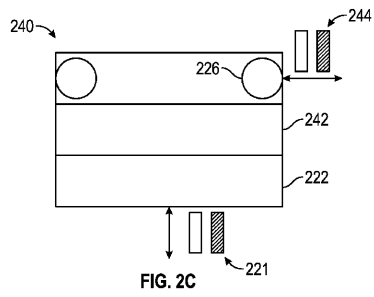
【 図 2 A 】



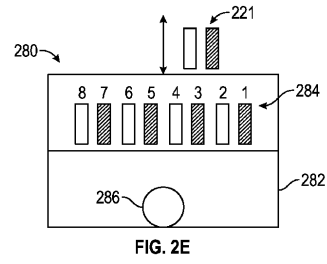
【 図 2 B 】



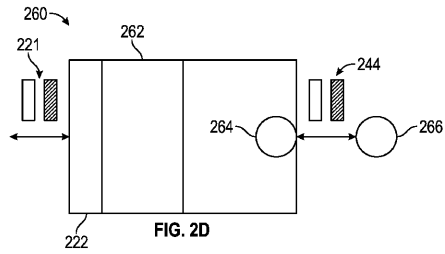
【 図 2 C 】



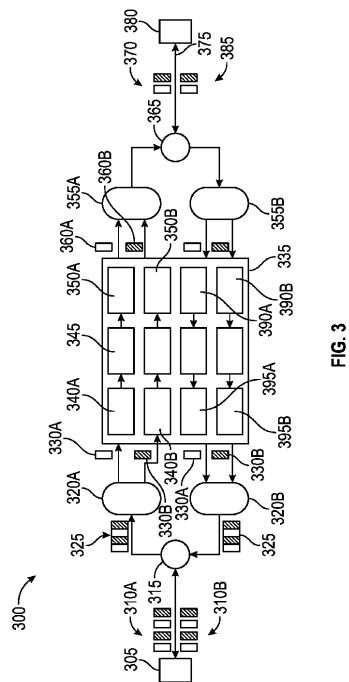
【 図 2 E 】



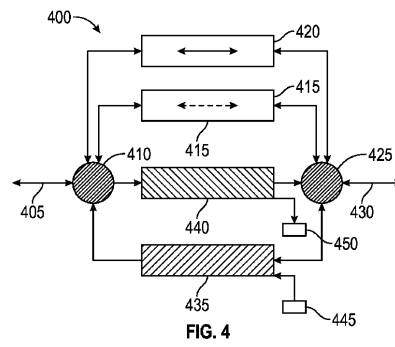
【 図 2 D 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

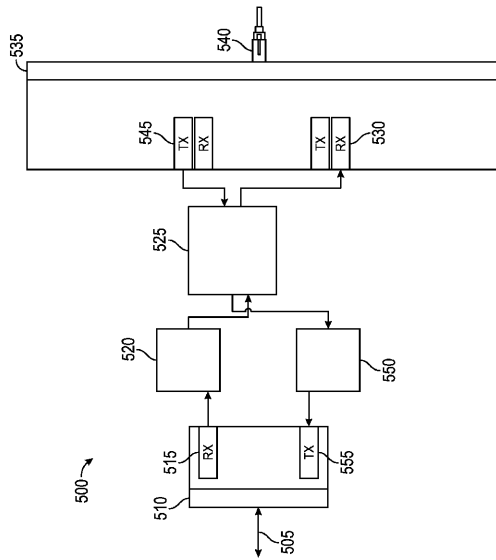


FIG. 5

【 図 6 】

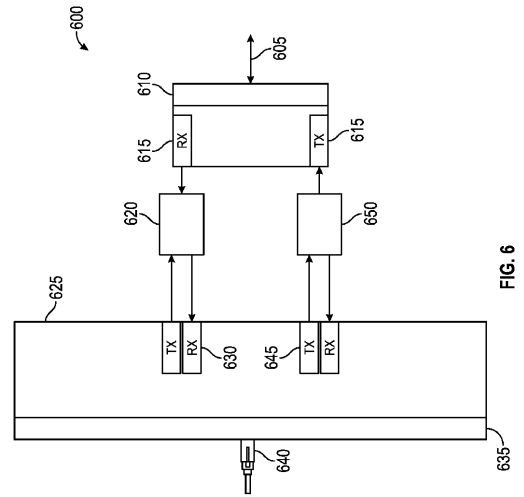


FIG. 6

【 図 7 A 】

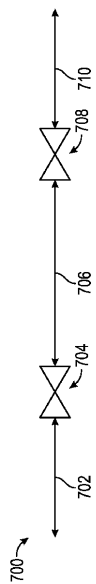


FIG. 7A

【 図 7 B 】

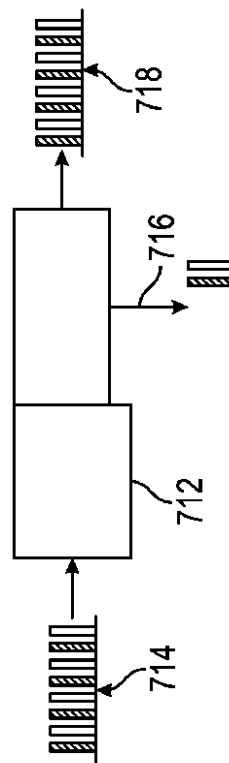


FIG. 7B

【図 7 C】

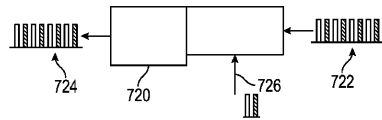
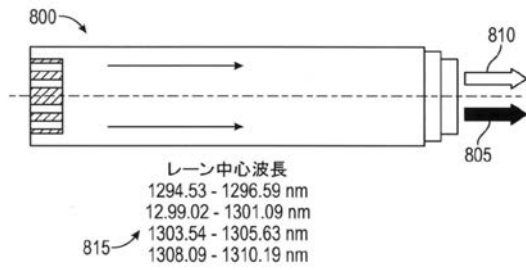
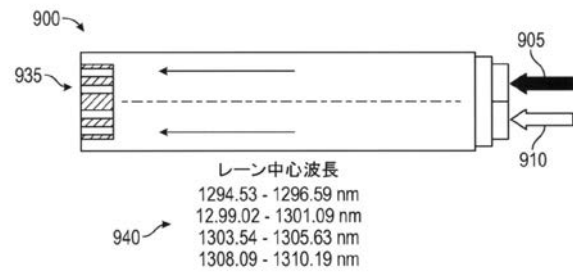


FIG. 7C

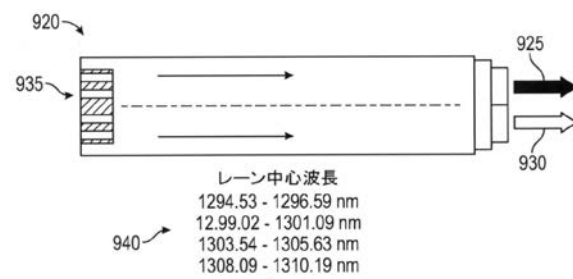
【図 8】



【図 9 A】



【図 9 B】



【図 10】

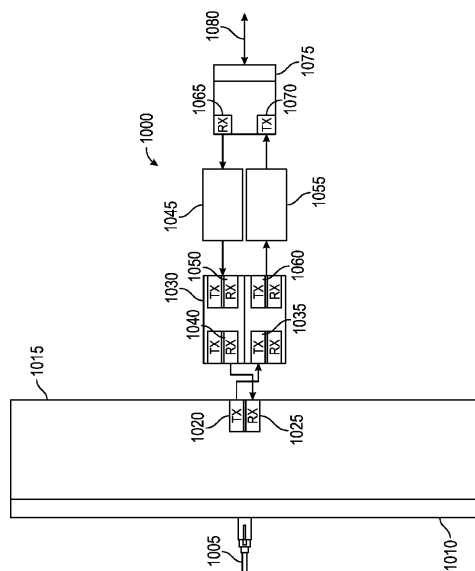


FIG. 10

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2016/042156
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(8) - H04B 10/17; H04J 14/02; H04J 3/06; H04L 7/00 (2016.01) CPC - H04B 10/2971; H04J 14/02; H04J 14/0275; H04J 3/0682 (2016.08) According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC - H04B 10/17; H04J 14/02; H04J 3/06; H04L 7/00 CPC - H04B 10/2971; H04J 14/02; H04J 14/0275; H04J 3/0682 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched US: 398/142; 398/178; 359/344 (keyword delimited) Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatBase, Google Patents, ProQuest Search terms used: fiber, single, strand, bidirectional, optical, communication, DWDM, wavelengths		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2004/0175187 A1 (EISELT et al) 09 September 2004 (09.09.2004) entire document	1-4, 7-15
Y		5, 6
Y	US 2014/0199072 A1 (NUIJTS et al) 17 July 2014 (17.07.2014) entire document	5
Y	US 2010/0014855 A1 (ARNONE et al) 21 January 2010 (21.01.2010) entire document	6
A	US 2005/0012982 A1 (BEHFAR) 20 January 2005 (20.01.2005) entire document	1-15
A	US 2012/0014639 A1 (DOANY et al) 19 January 2012 (19.01.2012) entire document	1-15
A	US 2004/0042067 A1 (EISELT) 04 March 2004 (04.03.2004) entire document	1-15
A	US 5,742,416 A (MIZRAHI) 21 April 1998 (21.04.1998) entire document	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 08 September 2016		Date of mailing of the international search report <div style="font-size: 1.5em; font-weight: bold;">23 SEP 2016</div>
Name and mailing address of the ISA/ Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300		Authorized officer Blaine R. Copenheaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774



## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 ウォード、マービン ダブリュ.

アメリカ合衆国 20109 マサチューセッツ州 ブリストウ ブリストウ ステーション ド  
ライブ 10611 ピー.オー.ボックス 748

Fターム(参考) 5K102 AA11 AC02 AD01 AL11 PH13 PH41 RB12 RD28