

(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2007-174659
(P2007-174659A)

(43) 公開日 平成19年7月5日(2007.7.5)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 4 B 10/02 (2006.01)	HO 4 B 9/00 M	5 K 1 O 2
HO 4 B 10/18 (2006.01)	HO 4 B 9/00 E	
HO 4 J 14/00 (2006.01)	HO 4 B 9/00 L	
HO 4 J 14/02 (2006.01)		
HO 4 B 10/04 (2006.01)		

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 26 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2006-341319 (P2006-341319)	(71) 出願人	000005223
(22) 出願日	平成18年12月19日 (2006.12.19)		富士通株式会社
(31) 優先権主張番号	11/311, 717		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(32) 優先日	平成17年12月19日 (2005.12.19)	(74) 代理人	100070150
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 伊東 忠彦
		(72) 発明者	オルガ アイ ヴァシリェヴァ
			アメリカ合衆国, テキサス州 75093
			, プレーノ, ベッドロック・ドライブ 5852番
		(72) 発明者	木下 進
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		Fターム(参考)	5K102 AA01 AD01 AH23 AH26 AH27
			AL02 AL10 KA02 KA33 PD13
			PH13 PH42 PH45 PH49

(54) 【発明の名称】 光信号における光学分散を補償する方法及びシステム

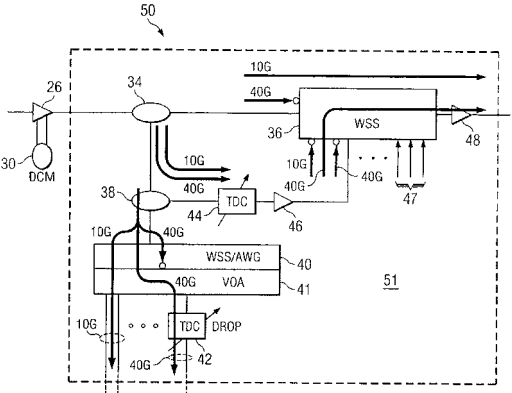
(57) 【要約】

【課題】 光信号における光学分散を補償する方法は、複数のチャンネルを備える光信号を受信する工程を含む。

【解決手段】 第1のチャンネル組において通信される情報は第1の変調手法を用いて変調され、第2のチャンネル組において通信される情報は第2の変調手法を用いて変調される。上記方法は、第1のチャンネル組の分散補償が完全であるように、かつ、第2のチャンネル組の分散補償が不完全であるように光信号における光学分散を補償する工程も含む。更に、上記方法は、光信号を第1の複製及び第2の複製に分離する工程と、第1の複製内の第2のチャンネル組を終端させる工程と、第2のチャンネル組の分散補償が完全であるように第2の複製に対する更なる分散補償を行う工程と、第2の複製内の第1のチャンネル組を終端させる工程とを含む。

【選択図】 図3

本発明の特定の実施例による、光学分散を補償する、図1のネットワークの光アッド/ドロップ多重化装置を示す構成図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光信号の分散補償の方法であって、

複数のチャネルを備える光信号を受信する工程であって、前記チャネルのうちの1つ又は複数の第1の組において通信される情報は第1の変調手法を用いて変調され、前記チャネルのうちの1つ又は複数の第2の組において通信される情報は第2の変調手法を用いて変調される工程と、

前記第1のチャネル組の分散補償が完全であるように、かつ前記第2のチャネル組の分散補償が不完全であるように前記光信号における光学分散を補償する工程と、

前記光信号を少なくとも前記光信号の第1の複製と前記光信号の第2の複製とに分離する工程と、 10

前記第1の複製における前記第2のチャネル組を終端させる工程と、

前記第2のチャネル組の分散補償が完全であるように前記第2の複製に対して更なる分散補償を行う工程と、

前記第2の複製における前記第1のチャネル組を終端させる工程とを備えることを特徴とする方法。

【請求項 2】

請求項1記載の方法であって、

前記第1のチャネル組において通信される情報は10GB/秒で通信され、

前記第2のチャネル組において通信される情報は40GB/秒で通信されることを特徴とする方法。 20

【請求項 3】

請求項1記載の方法であって、前記光信号の前記第1の複製及び前記第2の複製における残りのチャネルを合成して、補償された光信号を形成する工程を更に備えることを特徴とする方法。

【請求項 4】

請求項1記載の方法であって、

前記第2の複製に対して分散補償を行う前に、前記第2の複製を第3の複製及び第4の複製に分離する工程であって、前記更なる分散補償は前記第4の複製に対して行われる工程と、 30

前記第3の複製の前記チャネルを逆多重化する工程と、

前記第3の複製の前記チャネルのうちの1つ又は複数における情報を1つ又は複数のクライアント装置にドロップする工程とを備えることを特徴とする方法。

【請求項 5】

請求項4記載の方法であって、

前記第2のチャネル組にある、前記クライアント装置にドロップされる前記チャネルの何れかに対して更なる分散補償を行う工程を更に備えることを特徴とする方法。

【請求項 6】

複数のチャネルを備える光信号を受信するよう動作可能な光学分散補償システムであって、前記チャネルのうちの1つ又は複数の第1の組において通信される情報は第1の変調手法を用いて変調され、前記チャネルのうちの1つ又は複数の第2の組において通信される情報は第2の変調手法を用いて変調され、 40

前記第1のチャネル組の分散補償が完全であるように、かつ前記第2のチャネル組の分散補償が不完全であるように前記光信号における光学分散を補償するよう動作可能な第1の分散補償装置と、

前記光信号を前記第1の分散補償装置から受信し、少なくとも前記光信号の第1の複製と前記光信号の第2の複製とに分離するよう動作可能なカプラと、

前記第2の複製を受信し、前記第2のチャネル組の分散補償が完全であるように前記第2の複製に対して更なる分散補償を行うよう動作可能な第2の分散補償装置と、

前記光信号の前記第1の複製内の前記第2のチャネル組を終端させるよう動作可能であ 50

り、前記光信号の前記第2の複製内の前記第1のチャンネル組を終端させるよう動作可能なスイッチとを備えることを特徴とするシステム。

【請求項7】

光信号の分散補償の方法であって、

複数のチャンネルを備える光信号を受信する工程であって、前記チャンネルの1つ又は複数の第1の組において通信される情報が第1の変調手法を用いて変調され、前記チャンネルの1つ又は複数の第2の組において通信される情報が第2の変調手法を用いて変調され、

前記第1のチャンネル組の分散補償が完全であるように、かつ前記第2のチャンネル組の分散補償が不完全であるように前記光信号における光学分散を補償する工程と、

前記光信号を、前記光信号の構成チャンネルに逆多重化する工程と、

逆多重化後に、前記第2のチャンネル組の分散補償が完全であるように前記第2のチャンネル組に対して更なる分散補償を行う工程と、

前記第1のチャンネル組及び前記第2のチャンネル組を多重化して、補償された光信号を形成する工程とを備えることを特徴とする方法。

【請求項8】

複数のチャンネルを備える光信号を受信するよう動作可能な光学分散補償システムであって、前記チャンネルのうちの1つ又は複数の第1の組において通信される情報は第1の変調手法を用いて変調され、前記チャンネルのうちの1つ又は複数の第2の組において通信される情報は第2の変調手法を用いて変調され、

前記第1のチャンネル組の分散補償が完全であるように、かつ前記第2のチャンネル組の分散補償が不完全であるように前記光信号における光学分散を補償するよう動作可能な第1の分散補償装置と、

前記光信号を前記第1の分散補償装置から受信し、前記光信号を前記光信号の構成チャンネルに逆多重化するよう動作可能な逆多重化装置と、

前記第2のチャンネル組におけるチャンネルを前記逆多重化装置から受信し、前記チャンネル内の前記信号に対して更なる分散補償を、前記チャンネル内の前記信号の分散補償が完全であるように行うようそれぞれが動作可能な1つ又は複数の第2の分散補償装置と、

前記第1のチャンネル組及び前記第2のチャンネル組を多重化して、補償された光信号を形成するよう動作可能な多重化装置とを備えることを特徴とするシステム。

【請求項9】

光信号の分散補償の方法であって、

複数のチャンネルを備える光信号を受信する工程であって、前記チャンネルのうちの1つ又は複数の第1の組において通信される情報は第1の変調手法を用いて変調され、前記チャンネルのうちの1つ又は複数の第2の組において通信される情報は第2の変調手法を用いて変調される工程と、

前記光信号の前記チャンネルの全てにわたって前記光信号における光学分散を一様に過補償する工程とを備えることを特徴とする方法。

【請求項10】

光信号の分散補償のシステムであって、

複数のチャンネルを備える光信号を受信し、前記チャンネルのうちの1つ又は複数の第1の組において通信される情報が第1の変調手法を用いて変調され、前記チャンネルのうちの1つ又は複数の第2の組において通信される情報が第2の変調手法を用いて変調され、かつ、

前記光信号の前記チャンネル全てにわたって前記光信号における光学分散を一様に過補償するよう動作可能な第1の分散補償装置を備えることを特徴とするシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に光ネットワークに関し、特に、光信号における光学分散を補償する方法及びシステムに関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

通信システム、ケーブル・テレビ・システム及びデータ通信ネットワークは、光ネットワークを用いて、遠隔地点間で大量の情報を高速で伝達する。光ネットワークでは、情報は、光ファイバーを介して光信号の形式で伝達される。光ファイバーは、非常に低い損失で長距離にわたって信号を通信することができる薄いガラスより線を備える。光ネットワークは多くの場合、波長分割多重化（WDM）又は高密度波長分割多重化（DWDM）を用いて伝送容量を増加させる。WDMネットワーク及びDWDMネットワークでは、いくつかの光チャネルを各ファイバー内で異なる波長で搬送させ、それによってネットワーク容量を増加させる。

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

異なる波長から成る光信号は、光学分散を受ける。これは、異なる周波数を備えたスペクトル成分に光波を分離させるという、場合によっては望ましくない現象である。光学分散が生じるのは、異なる波長が異なる速度で伝搬するからである。光学分散によって光波がそのそれぞれのチャネルに分離されることによって、特定の光信号の光学分散を補償することが必要になる。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明の特定の実施例によれば、光信号における光学分散を補償する方法は、複数のチャネルを備える光信号を受信する工程を含む。第1の1つ又は複数のチャネル組において通信される情報は第1の変調手法を用いて変調され、第2の1つ又は複数のチャネル組において通信される情報は第2の変調手法を用いて変調される。上記方法は、第1のチャネル組の分散補償が完全であるように、かつ第2のチャネル組の分散補償が不完全であるように光信号における光学分散を補償する工程も含む。更に、上記方法は、少なくとも第1の光信号複製及び第2の光信号複製に光信号を分離する工程と、第1の複製における第2のチャネル組を終端させる工程と、第2のチャネル組の分散補償が完全であるように第2の複製に対して更なる分散補償を行う工程と、第2の複製における第1のチャネル組を終端させる工程とを含む。

20

30

【0005】

本発明の別の実施例によれば、光信号の分散補償の方法は、複数のチャネルを備える光信号を受信する工程を備える。第1の1つ又は複数のチャネル組において通信される情報は第1の変調手法を用いて変調され、第2の1つ又は複数のチャネル組において通信される情報は第2の変調手法を用いて変調される。上記方法は、第1のチャネル組の分散補償が完全であるように、かつ第2のチャネル組の分散補償が不完全であるように光信号における光学分散を補償する工程も含む。更に、上記方法は、光信号の構成チャネルに光信号を逆多重化する工程と、第2のチャネル組の分散補償が完全であるように第2のチャネル群に対して更なる分散補償を行う工程とを含む。更に、上記方法は、第1のチャネル群及び第2のチャネル群を多重化して補償光信号を形成する工程を含む。

40

【0006】

本発明の更に別の実施例によれば、光信号の分散補償の方法は、複数のチャネルを備える光信号を受信する工程を含む。第1の1つ又は複数のチャネル組において通信される情報は第1の変調手法を用いて変調され、第2の1つ又は複数のチャネル組において通信される情報は第2の変調手法を用いて変調される。更に、上記方法は、光信号のチャネル全てにわたって光信号における光学分散を一様に過剰償する工程を含む。

【0007】

本発明の1つ又は複数の実施例の技術上の利点は、異なる変調手法又は異なるビットレートを用いて変調されたデータを搬送する複数のチャネルから成る光信号に対して完全な光学分散補償を行うことを含み得る。例えば、本発明の1つ又は複数の実施例は、毎秒1

50

0ギガビットのノンリターンツーゼロ・チャンネルと、毎秒40ギガビットの差動位相シフト・キーイング・チャンネル又は差動直交位相シフト・キーイング・チャンネルから成るWDM信号の完全な光学分散補償を行い得る。よって、両方のチャンネル組の特性は、完全な光学分散補償の後、最適又は近最適になる。

【0008】

本発明の1つ又は複数の実施例の技術上の利点は、信号において違ったふうに変調されたチャンネル全てにわたって一様に光学分散過補償を行うことによってネットワークにわたる信号特性を向上させることも含み得る。全チャンネルにわたって過補償を行うことによって、信号内のチャンネル間作用を最適に、又は近最適に削減することができる。チャンネル間作用の削減によって信号の特性が向上し得る。

10

【0009】

本発明の実施例によって、別々の変調形式を備えたチャンネルから成る光信号に対して光学分散補償を行ううえで経済的かつ効率的なシステム及び方法も可能になり得る。本発明の1つ又は複数の実施例は、光ネットワークにおいて現在用いられているシステム構成部分を含み得るものであり、又は、現在用いられている構成部分の経済的に効率的な更新、又は現在用いられている構成部分への経済的に効率的な追加を可能にし得る。

【0010】

なお、本発明の種々の実施例は、列挙した技術上の利点の一部若しくは全部を含み得るものであるか、又はそうした利点を何ら含まないことがあり得る。更に、本発明の技術上の他の利点が、本願記載の添付図面、明細書及び特許請求の範囲によって当業者に容易に明らかであり得る。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

本発明並びにその特徴及び利点の更に徹底的な理解のために、添付図面とともに検討される以下の明細書を次に参照する。

【実施例】

【0012】

図1は、例示的な光ネットワーク10を示す。光ネットワーク10は、光ネットワーク10の構成部分によって通信される1つ又は複数の光信号を伝送するよう動作可能な1つ又は複数の光ファイバー28を含む。光ファイバー28によって互いに結合される光ネットワーク10の構成部分は、終端ノード12a及び12b、並びに1つ又は複数の光アッド／ドロップ多重化装置(OADM)31(例えば、OADM31a及び31b)を含む。光ネットワーク10は終端ノードを備えたポイントツーポイント光ネットワークとして示すが、光ネットワーク10は、リング型光ネットワーク、メッシュ型光ネットワーク、又は何れかの他の適切な光ネットワーク、若しくは光ネットワークの組み合わせとして構成することもできる。光ネットワーク10は、短距離メトロポリタン・ネットワーク、都市間長距離ネットワーク、又は何れかの他の適切なネットワーク、若しくはネットワークの組み合わせにおいて用いることができる。

30

【0013】

終端ノード12aは、送信器14及び16、多重化装置18、並びに増幅器26を含む。送信器14及び16は、光信号を送信するよう動作可能な何れかの送信器又は他の適切な装置を含む。各送信器14又は16は、情報を受信し、光の1つ又は複数の波長を変調してその波長上の情報を符号化する。光ネットワークでは、光の波長はチャンネルとも呼ばれている。各送信器14又は16も、関連付けられた波長上で光学的に符号化されたこの情報を送信するよう動作可能でもある。多重化装置18は、別々のチャンネルを一信号に合成するよう動作可能な何れかの多重化装置、若しくは多重化装置の組み合わせ、又は他の装置を含む。多重化装置18は、ファイバー28に沿って通信するよう、送信器14及び16によって送信される異なるチャンネルを光信号に合成するよう動作可能である。

40

【0014】

増幅器26を用いてマルチチャンネル信号を増幅することができる。増幅器26を、特定

50

の長さのファイバー 29 の前及び／又は後に配置させることができる。増幅器 26 は、光信号を増幅する光中継器を備え得る。この増幅は、光・電気変換又は電気・光変換なしで行うことができる。特定の実施例では、増幅器 26 は稀土類元素によって添加された光ファイバーを備え得る。信号がファイバーを通過すると、光ファイバーの添加部分の原子を励起するよう外部エネルギーが印加され、それによって、光信号の強度が増加する。例として、増幅器 26 はエルビウム添加ファイバー増幅器 (EDFA) を備え得る。しかし、何れかの他の適切な増幅器 26 を用いることができる。

【0015】

単一の光信号の複数チャネルで情報を通信する処理は、光学では、波長分割多重化 (WDM) として呼ばれている。高密度波長分割多重化 (DWDM) は、通常、40 を上回る多数 (10 高密度) の波長をファイバーに多重化することを表す。WDM、DWDM や他の複数波長伝送手法を光ネットワークにおいて用いて光ファイバー毎の合計帯域幅を増加させる。WDM 又は DWDM なしでは、ネットワークにおける帯域幅は単に一波長のビットレートに制限されることになる。帯域幅が大きいほど、光ネットワークはより多くの量の情報を送信することができる。図 1 をもう一度参照すれば、光ネットワーク 10 における終端ノード 12a は、WDM、DWDM、又は他の適切なマルチチャネル多重化手法を用いて、異なるチャネルを送信し、多重化し、マルチチャネル信号を増幅するよう動作可能である。

【0016】

前述のように、光ネットワークを介して送信することが可能な情報量は、情報によって符号化され、一信号に多重化される光チャネルの数によって直接変動する。よって、WDM 20 を用いる光信号は、単に一チャネルを介して情報を搬送する光信号よりも多くの情報を搬送し得る。DWDM はなお多くの情報を搬送し得る。搬送されるチャネル数に加えて、光ネットワークを介して伝送することが可能な情報量に影響を及ぼす別の要因は、伝送のビットレートである。ビットレートが大きいほど、より多くの情報を伝送することができる。

【0017】

光ネットワーク容量における拡充及び更新は、一光信号に多重化される波長の数の増加又は各波長上で進む情報のビットレートの増加を伴う。何れの場合も、通常、光システム全体を置き換えるよりも既存のネットワーク構成部分を使用、修正又は追加するほうが費用効率は高い。光システムの更新の費用に関する理由で、更新は場合によっては、より大きい帯域幅を提供する新たな技術及びより小さな帯域幅を提供する古い技術をサポートし 30 なければならない段階において行わなければならない。

【0018】

今日、既存の多くのネットワークは、毎秒 10 ギガビット (GB/秒) で情報を伝送し、例えば、ノンリターンツーゼロ (NRZ) 変調手法を用いて情報を変調する。信号伝送の更新は、例えば、光信号を変調するための差動位相シフト・キーイング (DPSK) 又は差動直交位相シフト・キーイングを用いて 40 GB/秒で情報を伝送することを含む。光ネットワーク全体の送信器の更新は、大半の光ネットワーク・オペレータにとって法外に高いことになるため、そうしたオペレータの多くは、代わりに、40 GB/秒の DPSK 送信器又は DQPSK 送信器によって既存の 10 GB/秒の NRZ 送信器を一定数ずつ置き換える (これらのタイプの送信器は例としてのみ用いている) ことによってそのネットワークを更新することを望んだ 40 。

【0019】

更新された送信器を既存の送信器と一体化させるという、費用効率の高いストラテジを実施したい者が直面する問題の 1 つに、光学分散補償の問題がある。既存の WDM ネットワーク及び DWDM ネットワークでも、違う波長から成る光信号は、光学分散を受ける。光学分散は、光信号を、異なる周波数を備えたそのスペクトル成分に分離することを表す。異なる波長は異なる速度で伝搬するため、光学分散が生じる。光信号が既存の光ネットワークにわたって進み、光学分散を受けると、最適又は近最適な特性を達成するよう「完全な」光学分散補償を受け得る。本明細書及び特許請求の範囲では、「完全な」光学分散補償は、特定の変調手法についての最適又は近最適な光学分散補償を表す。特に設計され 50

た分散補償ファイバーは、同じ変調手法を用いて変調されたチャネルから成る光信号における分散を補償するよう開発されている。

【0020】

更新された送信器も既存の送信器も用いるシステムは、別々の変調手法を用いるチャネルに対して光学分散補償を行う必要がある。生じる問題は、別々の変調手法を用いたチャネルの完全な光学分散補償が異なり得ることである。例えば、このことは、図2A及び図2Bに示すように、NRZ変調を用いて変調されたチャネル、及び、DPSK変調又はDQPSK変調を用いて変調されたチャネルにあてはまる。

【0021】

前述のように、図2A及び図2Bにおけるグラフは、別々の2つのWDM光信号（10GB/秒のNRZ信号、及び40GB/秒のDPSK信号又はDQPSK信号）の最適な光学分散補償における差を示す。グラフの垂直軸は、累算光学分散を表す。グラフの水平軸は、光信号が進んだ距離（信号が進んだ光ファイバ・スパン数）を表す。 ΔD_L は、最適な特性の場合の、各スパン後に信号が表す残留光学分散を表す。

【0022】

図2Aは、その信号の特性を最適にすることになる10GB/秒のNRZチャネル組を備える信号の光学分散マップを示す。図2Aに示すように、10GB/秒のNRZチャネルは、不足補償される場合、最適な特性を有する。すなわち、光信号がスパン毎に正の ΔD_L を表すように各スパン後に光信号において光学分散補償を行うことは、10GB/秒のNRZチャネルの最適な特性につながる。

【0023】

図2Bに示すように、40GB/秒のDPSKチャネル組又はDQPSKチャネル組を備える信号は、チャネルが100%補償を受ける場合に最適な特性を有する。すなわち、光信号がスパン毎にゼロの ΔD_L を表すように各スパン後に光信号に対して光学分散補償を行うことによって、40GB/秒のDPSKチャネル又はDQPSKチャネルの最適な特性につながる。

【0024】

図2A及び図2Bに示すように、完全な光学分散補償は、DPSK/DQPSK変調形式を用いたチャネルの場合とは、NRZ変調形式を用いたチャネルの場合とは異なる。なお、再度述べることにするが、「完全な」光学分散補償は、特定の変調手法についての最適又は近最適な光学分散補償を表す。既存のネットワークでは、光学分散補償装置は、NRZ形式などの変調形式を用いて、完全な光学分散補償を信号に対して行う。DPSK/DQPSK形式などの別の変調形式を用いる、更新された送信器が、ネットワークにおいて既存のNRZ送信器の傍らに組み入れられる場合、既存の光学分散補償装置は、更新された光信号の完全な光学分散補償を行わないことになる。

【0025】

例えば、先行して全てNRZであったネットワークにおける既存の光学分散補償装置は、NRZチャネルの完全な光学分散補償を行い、DPSK/DQPSKチャネルの不完全な光学分散補償を行うことになる。別の光学分散補償装置に信号を通すことによって、DPSK/DQPSKの完全な光学分散補償をもたらす（残留光学分散がゼロに近い場合）が、既に補償されたNRZ信号における光学分散を過補償することになる。以下に記載する、本発明の実施例は、異なる変調形式を用いたチャネルを搬送する信号における完全な光学分散補償を備えるという問題に対処するものである。

【0026】

図1中の例示的な実施例をもう一度参照すれば、ノード12aによって生成されるWDM信号は、別々の変調形式を用いるチャネル組を含む。特に、WDM信号は、NRZ変調を用いて10GB/秒で情報を通信するチャネル組と、DPSK変調又はDQPSK変調を用いて40GB/秒で情報を通信するチャネル組とを備える。しかし、異なるチャネル組は、何れかの適切なビットレートで、及び/又は何れかの適切な変調手法を用いて情報を通信することができる。例えば、1つ又は複数のチャネルは、10GB/秒、20GB/秒、40GB/秒、80GB/秒、80超GB/秒のレート、又は何れかの他の適切なビットレートで情報を更に通信することがで

きる。1つ又は複数のチャネルは更に、リターンツーゼロ (RZ)、キャリア抑制リターン
ツーゼロ (CS-RZ)、NRZ、DPSK、DQPSKや何れかの他の適切な変調手法などの変調手法を
用いて情報を更に通信することができる。本明細書及び特許請求の範囲では、チャネル「
組」は、1つ又は複数のチャネルを含み得るものであり、チャネル間の何れかの空間的関
係又は何れかの他の、規定していない関係 (例えば、組内のチャネルが隣接していなくて
もよい)を示唆するものでない。更に、本明細書及び特許請求の範囲に記載されているよ
うに、「情報」は、ネットワークにおいて通信、記憶又はソートされる何れかの情報を含
み得る。この情報は、オーディオ、ビデオ、テキスト、リアルタイム、非リアルタイム及
び/又は他の適切なデータを符号化するよう少なくとも1つの特性を変調させている場合
がある。更に、光ネットワーク10において通信される情報は、フレーム、パケット又は
非構造化ビット・ストリームとして構成されるものに限定されないが、それらを含む何れ
かの適切なやり方で構造化し得る。

10

20

30

40

50

【0027】

マルチチャネル信号が終端ノード12aから送信された後、信号は光ファイバー28を介
してOADM31に進む。光ファイバー28は、適宜、単一の一方向のファイバー、単一の双
方向のファイバー、又は複数の一方向若しくは双方向のファイバーを含み得る。本明細書
は、単純にするために、一方向のトラフィックをサポートする光ネットワーク10の実施
例に焦点を当てているが、本発明は、光ネットワーク10に沿って逆方向に情報を送信す
ることをサポートするために以下に説明する構成部分の適切に修正された実施例を含む双
方向システムを更に想定している。

【0028】

OADM31は、増幅器26及び関連した光学分散補償モジュール30 (DCM)、並びにア
ッド／ドロップ多重化装置 (ADM) 32を含む。前述の通り、増幅器26は、光ネットワ
ーク10をWDM信号が通って進むにつれて増幅するのに用いることができる。DCM30は、
信号、又は一変調手法を用いる信号を備えるチャネル組に対して光学分散補償を行うよう
動作可能な何れかの分散補償ファイバー (DCF) や他の分散補償装置を含む。NRZやDPSK/D
QPSKなどの別々の変調手法を用いたチャネルを備える信号の場合、DCM30は、一変調手
法を用いた一チャネル組に対する完全な光学分散補償、及び別の変調手法を用いた別のチ
ャネル組に対する不完全な光学分散補償を行うよう動作可能であり得る。

【0029】

前述のように、かつ図2A及び図2Bを参照すれば、DCM30は違ったふうに変調された
チャネルについて異なる結果をもたらすが、それは、NRZ変調チャネル及びDPSK/DQPSK変
調チャネルが、異なるレベルの残留光学分散によって最適に機能する。NRZ変調チャネル
が、ある程度の残留分散によって最適に機能する一方、DPSK/DQPSK変調チャネルは、残留
分散なしで最適に機能する。図1の例示的な実施例では、DCM30は、10GB/秒のNRZチ
ャネルに対して、完全な分散補償を行い、40GB/秒のDPSK/DPQSKチャネルに対して、不
完全な分散補償を行う。光ネットワーク10は、DCM30がそれぞれの増幅器26に結合
されているものとして示しているが、DCM30は、増幅器26から別個に配置させること
もできる。

【0030】

ADM32は、ファイバー28との間で光信号のアッド及び/又はドロップを行うよう動作
可能な何れかの装置、又は装置の組み合わせを含み得る。ADM32は、関連したDCM30に
よって分散補償が完了していない、光信号内の1つ又は複数のチャネル組における光学分
散補償を完了するよう動作可能な何れかの、装置、又は装置の組み合わせも含み得る。AD
M32の種々の実施例を備える構成部分は、図3、図4及び図5に関して以下に更に全面
的に説明する。やはり、本明細書記載の「完全な」光学分散補償は、特定の変調手法につ
いての最適光学分散補償又は近最適光学分散補償を表す。

【0031】

信号は、OADM31を通過した後、ファイバー28に沿って、終端ノード12bに直接進
み得るか、又は、1つ又は複数の更なるOADM31 (例えば、OADM31bなど)を通過して

から終端ノード 1 2 b に達し得る。終端ノード 1 2 b は、光ネットワーク 1 0 を介して伝送される信号を受信するよう動作可能である。終端ノード 1 2 b は、増幅器 2 6 と、関連した DCM 3 0 と、逆多重化装置 2 0 と、受信器 2 2 及び 2 4 とを含む。前述の通り、増幅器 2 6 は、光ネットワーク 1 0 を WDM 信号が通って進むにつれ、増幅するのに用い得るものであり、DCM 3 0 は、一変調手法を用いる信号を備えるチャンネル組に対して完全な光学分散補償を行い得る。やはり、光ネットワーク 1 0 は、個別の増幅器 2 6 に DCM 3 0 が結合していることを示しているが、DCM 3 0 は、増幅器 2 6 から別個に配置させることもできる。

【0032】

逆多重化装置 2 0 は、WDM、DWDM や他の適切なマルチチャンネル多重化手法を用いて多重化された異なるチャンネルを分離するよう動作可能な何れかの逆多重化装置や他の装置を含む。逆多重化装置 2 0 は、複数の多重化チャンネルを搬送する光信号を受信し、光信号内の異なるチャンネルを逆多重化し、異なるチャンネルを別々の受信器 2 2 及び 2 4 に送るよう動作可能である。 10

【0033】

受信器 2 2 及び 2 4 は、光信号を受信するよう動作可能な何れかの受信器や他の適切な装置を含む。各受信器 2 2 又は 2 4 は、符号化情報を搬送する光信号のチャンネルを受信し、上記情報を電気信号に復調するよう動作可能である。受信器 2 2 又は 2 4 によって受信されるこうしたチャンネルは、送信器 1 4 及び 1 6 によって送信されるチャンネル及び/又は ADM 3 2 によってアッドされるチャンネルを含み得る。 20

【0034】

前述の通り、DCM 3 0 は、一変調手法を用いる信号を備えるチャンネル組のみを完全に補償する。例示的な光ネットワーク 1 0 では、終端ノード 1 2 b での DCM 3 0 は、1 0 GB/秒の NRZ チャンネル組についてのみ光学分散補償を完了する。図 1 中の光ネットワーク 1 0 に示していないが、4 0 GB/秒の DPSK/DQPSK チャンネルは、例えば、受信器 2 4 で、チューニング可能な分散補償器を用いて終端ノード 1 2 b で補償することもできる。よって、1 0 GB/秒の NRZ も 4 0 GB/秒の DPSK/DQPSK 信号も、完全な光学分散補償を受ける。

【0035】

動作上、終端ノード 12a の送信器 1 4 及び 1 6 は、別々のチャンネルを介して、異なるビットレートで、及び/又は、別々の変調手法を用いて情報を送信する。多重化装置 1 8 は、これらの別々のチャンネルを光信号に合成し、光ファイバー 2 8 を介してこの信号を通信する。増幅器 2 6 は、光信号を受信し、光ファイバー 2 8 を介してこの信号を送る。光ファイバー 2 8 はこの信号を OADM31a に伝送する。OADM31a の増幅器 2 6 はこの信号を受信し、この信号を増幅し、この信号を OADM31a の DCM30 に送る。やはり、OADM31a の増幅器 2 6 は、DCM 3 0 とは別個に、DCM 3 0 の前に、又は DCM 3 0 の後に配置させることができる。 30

【0036】

OADM31a の DCM 3 0 は、この信号を受信し、この信号に対して光学分散補償を行う。前述の通り、DCM 3 0 は、違ったふうに変調されたチャンネル組両方を最適に補償することが可能でない。図 1 の例示的な実施例では、DCM 3 0 は、1 0 GB/秒の NRZ チャンネルに対して完全な分散補償を行い、4 0 GB/秒の DPSK チャンネル又は DQPSK チャンネルに対して不完全な分散補償を行い、この光信号を転送する。NRZ チャンネルの完全な分散補償は、1 0 GB/秒の NRZ チャンネルにおける最適な分散補償についての、図 2 A に示す結果に相互に関連している。 40

【0037】

DCM 3 0 がこの信号に対して光学分散補償を行い、この信号を転送した後、OADM31a の ADM 3 2 がこの信号を受信する。この光信号を受信した後、ADM 3 2 は、光信号との間でチャンネルのドロップ及び/又はアッドを行い得る。ADM 3 2 は又、DCM 3 0 によって分散補償が完了されなかったチャンネルに対して光学分散補償を完了する。図 1 の例示的な実施例では、ADM 3 2 は、4 0 GB/秒の DPSK/DQPSK チャンネルに対する光学分散補償を完了する。DPSK/DQPSK チャンネルにおける完全な光学分散は、4 0 GB/秒の DPSK/DQPSK チャンネルにおける最適な分散補償の場合の、図 2 B に示す結果に相互に関連している。ADM 3 2 は、1 つ又は複数 50

の補償されたNRZチャネル又はDPSK/DQPSKチャネル、及び1つ又は複数のアッドされたチャネル（チャネルがADM 3 2 にアッドされた場合）を備える信号を次いで転送する。例示的な光ネットワーク 1 0 には1つ又は複数のOADM 3 1 が存在し得る。

【0038】

信号が1つ又は複数のOADM 3 1 （例えば、OADM31a及び31bなど）を通過した後、終端ノード12bのDCM 3 0 は、転送された信号を受信し、信号に対して光学分散補償を行う。前述の通り、DCM 3 0 は、違ったふうに変調されたチャネル組両方を最適に補償することが可能でない。図1の例示的な実施例では、DCM 3 0 は、10 GB/秒のNRZチャネルに対して完全な分散補償を行い、40 GB/秒のDPSKチャネル又はDQPSKチャネルに対して不完全な分散補償を行い、光信号を転送する。

10

【0039】

終端ノード12bの逆多重化装置 2 0 は、この信号を受信し、この信号を信号の構成チャネルに逆多重化し、この信号の構成チャネルを通す。各チャネルは、終端ノード 1 2 b の、関連した受信器 2 2 又は 2 4 によって受信され、転送される。図1に示していないが、完全な光学分散補償は、終端ノード12bでDCM 3 0 によって補償されていない逆多重化チャネル組に対して行い得る。図1の例示的な実施例では、こうしたチャネルは、終端ノード12bで受信される、不完全に補償された40 GB/秒のDPSK/DQPSK信号になる。

【0040】

前述の通り、光ネットワーク 1 0 は、終端ノードを備えたポイントツーポイント光ネットワークとして示しているが、リング型光ネットワーク、メッシュ型光ネットワーク、又は何れかの他の適切な光ネットワーク、若しくは光ネットワークの組み合わせも構成することができる。

20

【0041】

なお、特定の構成部分を示しているが、本発明の範囲から逸脱することなく、修正、追加又は省略を光ネットワーク 1 0 に行うことができる。光ネットワーク 1 0 の構成部分は、特定の必要性に応じて一体化させる、又は分離することができる。更に、光ネットワーク 1 0 の動作は、より多くの構成部分、より少ない構成部分、又は他の構成部分であり得る。

【0042】

図3は、本発明の特定の実施例による、光学分散を補償するOADM 5 0 （図1のネットワークのOADM 3 1 の一例）を示す構成図である。OADM 5 0 は、図1に示すように、増幅器 2 6 及び関連したDCM 3 0 を、ADM 5 1 （図1に示すADM 3 2 の一例）とともに含む。増幅器 2 6 及びDCM 3 0 は図1の例示的な実施例の説明において前述したが、こうした装置はもう一度説明しないものとする。しかし、増幅器 2 6 及びDCM 3 0 は図3において、合成されて示しているが、分離することもできる。

30

【0043】

ADM 5 1 は、光ネットワーク 1 0 上で光信号を受信し、下記の通り、関連したDCM 3 0 によって分散補償が完了していないチャネル組において光学分散補償を完了するよう動作可能である。図3の例示的な実施例では、ADM 5 1 は、40 GB/秒のDPSK/DQPSKチャネルにおいて完全な光学分散補償を行うよう動作可能である。ADM 5 1 は、カプラ 3 4 及び 3 8 、波長選択スイッチ（WSS） 3 6 、関連した可変光減衰器（VOA） 4 1 を備えた逆多重化装置 4 0 、チューニング可能な分散補償器（TDC） 4 2 及び 4 4 、並びに増幅器 4 6 及び 4 8 を含み得る。

40

【0044】

カプラ 3 4 及び 3 8 は、光信号を分離するよう動作可能な光ファイバー・カプラ又は他の光構成部分を備え得る。カプラ 3 4 及び 3 8 は、2つの光信号複製に光信号を分離するよう動作可能である。

【0045】

WSS 3 6 は、複数の光信号を受信し、各信号を信号の構成チャネルに逆多重化し、受信されたゼロ個、1個又は複数のチャネルを終端させ、残りのチャネル、及びアッドされた

50

何れかのチャネルを多重化し、多重化信号を光ネットワーク 10 に沿って送るよう動作可能な何れかの WSS や他の装置を備え得る。

【0046】

逆多重化装置 40 は、光信号を受信し、光信号におけるチャネルを逆多重化するよう動作可能な何れかの装置を備え得る。例えば、逆多重化装置 40 は、WSS 又はアレイ導波路格子 (AWG) であり得る。しかし、何れかの他の適切な逆多重化装置 40 を用いることができる。VOA 41 は、出力チャネルの電力レベルをバランスさせるよう動作可能な VOA 又は何れかの別の装置を備え得る。

【0047】

TDC 42 及び 44 は、別々の変調手法を用いた複数のチャネル組のそれぞれにおいて光学分散を補償するよう動作可能な何れかの装置を備え得る。チューニング可能な装置を説明しているが、何れかの他の適切な補償装置を用いることができる。

【0048】

増幅器 46 及び 48 は、図 1 に関して前述した増幅器 26 と同じであり得るものであり、よって、再度説明しないものとする。2つの増幅器を例として示しているが、何れかの適切な数の増幅器 (適切な場合、増幅器がないケースを含む) を用いることができる。

【0049】

動作上、増幅器 26 は、光ネットワーク 10 上で通信される光信号を受信し、この光信号を増幅し、この光信号を DCM 30 に転送する。前述の通り、光信号は、1つ又は複数の 10 GB/秒の NRZ チャネル、及び 1つ又は複数の 40 GB/秒の DPSK/DQPSK チャネルを含む。DCM 30 は光信号を受信し、信号に対して光学分散補償を行う。例示的な実施例では、前述の通り、DCM 30 は、10 GB/秒の NRZ チャネル組に対して完全な分散補償を行い、40 GB/秒の DPSK チャネル組又は DQPSK チャネル組に対して不完全な分散補償を行う。NRZ チャネルの完全な分散補償は、10 GB/秒の NRZ チャネルにおける最適な分散補償の場合の、図 2 A に示す結果と相互に関連している。図 2 A 及び図 2 B に示すように、DPSK/DQPSK チャネルが不完全な光学分散補償を受けることを NRZ チャネルの完全な光学分散補償は表す。

【0050】

ADM 51 では、第 1 のカプラ 34 は光信号を DCM 30 から受信し、この光信号を 2つの複製に分離し、第 1 の複製を WSS 36 に送り、第 2 の複製をカプラ 38 にドロップする。WSS 36 は第 1 の複製を受信し、40 GB/秒の DPSK チャネル又は DQPSK チャネルを (そうしたチャネルは完全に補償されていないので) 終端させ、それによって、完全に補償された 10GB/秒の NRZ チャネルが (特定の NRZ チャネルにおいてトラフィックがアッドされない限り)、下記の通り、通ることが可能になる。

【0051】

第 2 のカプラ 38 は、第 2 の複製を受信し、第 2 の複製を更なる 2つの複製 (第 3 の複製及び第 4 の複製) に分離し、第 3 の複製を逆多重化装置 40 にドロップし、第 4 の複製を TDC 44 に送る。逆多重化装置 40 は第 3 の複製を受信し、第 3 の複製のチャネルを分離する。VOA 41 は次いで、分離チャネルのレベルを減衰させて、必要に応じて分離チャネルをバランスさせることができる。各チャネルを次いで、ADM 51 の 1つ又は複数のクライアント装置への通信 (又は他の適切な宛先への通信) のために、関連した受信器にドロップすることができ、又は終端させることができる。10 GB/秒の NRZ チャネルは、NRZ チャネルが完全に補償されているので、ADM 51 の関連受信器に直接ドロップすることができる。しかし、ドロップする対象の何れかの 40 GB/秒の DPSK/DQPSK チャネルは、更に補償しなければならない。よって、別個の TDC 42 は、ドロップする対象の 40 GB/秒の DPSK/DQPSK チャネルを受信し、(図 2 B に示すように) 40 GB/秒の DPSK/DQPSK チャネル毎に光学分散補償を完了し、40 GB/秒のチャネルを、関連した受信器に転送する。

【0052】

TDC 44 は、第 4 の複製を受信し、(図 2 B に示すように) 40 GB/秒の DPSK チャネル又は DQPSK チャネルに対する分散補償を完了し、第 4 の複製を増幅器 46 に転送する。なお、10 GB/秒の NRZ チャネルは、TDC 44 に入る前に既に完全に補償されているので、TDC 4

4から出力される10GB/秒のNRZチャンネルは過補償される。増幅器46は第4の複製を受信し、第4の複製を増幅し、第4の複製をWSS36に転送する。WSS36は、第4の複製を受信し、10GB/秒のNRZチャンネルを（過補償されているので）終端させ、第1の複製からの、完全に補償された10GB/秒のNRZチャンネルと、完全に補償された40GB/秒のDPSKチャンネル又はDQPSKチャンネルを合成する。しかし、WSS36は、ADM51が40GB/秒のチャンネルの宛先コードである場合、及び/又は、トラフィックが、（矢印47によって示すように）そのチャンネルにおいてADM51でアッドされる場合、特定の40GB/秒のDPSK/DQPSKチャンネルを終端させることができる。WSS36は、10GB/秒のNRZチャンネルのうちの1つ又は複数において、ADM51から来るトラフィックをアッドすることもできる（この場合、第1の複製におけるこうしたチャンネルは終端される）。WSS36は次いで、補償された10GB/秒のNRZチャンネル、及び補償された40GB/秒のDPSK/DQPSKチャンネル、並びにアッドされた何れかのチャンネルを備える新たな光信号を増幅器48に転送する。増幅器48は、新たな光信号を受信し、新たな光信号を増幅し、光ネットワーク10に沿って、新たな光信号を送る。

【0053】

前述のOADM50は、40GB/秒のDPSK/DQPKチャンネル組及び10GB/秒のNRZチャンネル組における分散を補償するが、こうした2組のチャンネルは、図1の説明において列挙したものを含む、前述のものとは異なるビットレート又は変調形式を有し得る。更に、OADM50は、（例えば、違ったふうに補償する対象の、光信号の更なる複製をカプラ38で作成することによって）別々の変調手法を用いる3組以上のチャンネルにおいて光学分散を完全に補償することができる。

【0054】

図4は、本発明の別の実施例による、光学分散を補償するOADM70（図1のネットワークのOADM31の一例）を示す構成図である。OADM70は、図1に示すような増幅器26及び関連したDCM30を、ADM71（図1に示すADM32の一例）とともに含む。増幅器26及びDCM30は図1の例示的な実施例の説明において前述したので、これらの装置は再度説明しないものとする。しかし、増幅器26及びDCM30は、図4において、合成されて示しているが、増幅器26及びDCM30は分離することもできる。

【0055】

ADM71は、光ネットワーク10上で光信号を受信し、前述の通り、関連したDCM30によって分散補償が完了していないチャンネル組における光学分散補償を完了するよう動作可能である。図4の例示的な実施例では、ADM71は、40GB/秒のDPSK/DQPSKチャンネルにおいて完全な光学分散補償を行うよう動作可能である。ADM71は、カプラ52、56及び64と、WSS54と、関連したVOA59及び67それぞれを備える逆多重化装置58及び66と、TDC60と、増幅器62及び68とを含み得る。

【0056】

カプラ52、56及び64は、光信号を分離するよう動作可能な光ファイバー・カプラや他の光構成部分を備え得る。カプラ52、56及び64は、2つの光信号複製に光信号を分離するよう動作可能である。

【0057】

WSS54は、複数の光信号を受信し、信号の構成チャンネルに各信号を逆多重化し、受信されたゼロ個、1個又は複数のチャンネルを終端させ、残りのチャンネル及び何れかのアッドされたチャンネルを多重化し、多重化信号を光ネットワーク10に沿って送るよう動作可能な何れかのWSSや他の装置を備え得る。

【0058】

逆多重化装置58及び66は、光信号を受信し、光信号におけるチャンネルを逆多重化するよう動作可能な何れかの装置を備え得る。例えば、逆多重化装置58及び66はWSS又はAWGであり得る。しかし、何れかの他の適切な逆多重化装置58及び66を用いることができる。VOA59及び67は、出力チャンネルの電力レベルをバランスさせるよう動作可能なVOA又は何れかの他の装置を備え得る。

10

20

30

40

50

【0059】

TDC60は、別々の変調手法を用いた複数のチャネル組のそれぞれにおいて光学分散を補償するよう動作可能な何れかの装置を備え得る。チューニング可能な装置を説明しているが、何れかの他の適切な補償装置を用い得る。

【0060】

増幅器62及び68は、図1に関して前述した増幅器26と同じであり得るものであり、よって、再度説明しないものとする。2つの増幅器を例として示しているが、何れかの適切な数の増幅器（適切な場合、増幅器がないケースを含む）を用い得る。

【0061】

動作上、増幅器26は、光ネットワーク10上で通信される光信号を受信し、光信号を増幅し、光信号をDCM30に転送する。前述の通り、光信号は、1つ又は複数の10GB/秒のNRZチャネル及び1つ又は複数の40GB/秒のDPSK/DQPSKチャネルを含む。DCM30は、光信号を受信し、この信号に対して光学分散補償を行う。例示的な実施例では、前述の通り、DCM30は、10GB/秒のNRZチャネル組に対して完全な分散補償を行い、40GB/秒のDPSKチャネル又はDQPSKチャネルの組に対して不完全な分散補償を行う。NRZチャネルの完全な分散補償は、10GB/秒のNRZチャネルにおける最適な分散補償の場合の、図2Aに示す結果に相互に関連している。図2A及び図2Bに示すように、NRZチャネルの完全な光学分散補償は、DPSK/DQPSKチャネルが不完全な光学分散補償を受けることを意味する。

【0062】

ADM71では、第1のカプラ52は光信号をDCM30から受信し、この光信号を2つの複製に分離し、第1の複製をWSS54に送り、第2の複製をカプラ56にドロップする。WSS54は、第1の複製を受信し、40GB/秒のDPSKチャネル又はDQPSKチャネルを（完全に補償されていないので）終端させ、それによって、下記の通り、（トラフィックが特定のNRZチャネルにおいてアッドされていない限り）完全に補償された10GB/秒のNRZチャネルが通ることが可能になる。

【0063】

第2のカプラ56は、第2の複製を受信し、第2の複製を2つの更なる複製（第3の複製及び第4の複製）に分離し、第3の複製を逆多重化装置58にドロップし、第4の複製をTDC60に送る。逆多重化装置58は第3の複製を受信し、第3の複製のチャネルを分離する。VOA59は次いで、分離されたチャネルのレベルを減衰させて、必要に応じて、分離されたチャネルをバランスさせることができる。10GB/秒のNRZチャネルが完全に補償されているので、10GB/秒のNRZチャネルそれぞれを次いで、ADM71の1つ又は複数のクライアント装置に、（又は他の適切な宛先に）通信するために、関連した受信器に直接ドロップすることができ、又は終端させることができる。40GB/秒のDPSK/DQPSKチャネルは（完全に補償されていないので）全て終端される。

【0064】

TDC60は、第4の複製を受信し、（図2Bに示すように）40GB/秒のDPSKチャネル又はDQPSKチャネルに対する分散補償を完了し、第4の複製を増幅器62に転送する。なお、10GB/秒のNRZチャネルは、TDC60に入る前に既に完全に補償されているので、TDC60から出力された10GB/秒のNRZチャネルは過補償される。増幅器62は第4の複製を受信し、第4の複製を増幅し、第4の複製を第3のカプラ64に転送する。第3のカプラ64は、第4の複製を受信し、第4の複製を更なる2つの複製（第5の複製及び第6の複製）に分離し、第5の複製を逆多重化装置66にドロップし、第6の複製をWSS54に送る。

【0065】

逆多重化装置66は、第5の複製を受信し、第5の複製のチャネルを分離する。VOA67は次いで、分離されたチャネルのレベルを減衰して、必要に応じて、分離されたチャネルをバランスさせることができる。40GB/秒のDPSK/DQPSKチャネルは完全に補償されているので、40GB/秒のDPSK/DQPSKチャネルそれぞれは次いで、ADM71の1つ又は複数のクライアント装置に、（又は他の適切な宛先に）通信するために、関連した受信器に直接

ドロップすることができ、又は終端させることができる。10GB/秒のNRZチャネルは（過補償されているので）全て終端される。

【0066】

WSS54は、第6の複製を受信し、（過補償されているので）10GB/秒のNRZチャネルを終端させ、第1の複製からの完全に補償された10GB/秒のNRZチャネルと、完全に補償された40GB/秒のDPSKチャネル又はDQPSKチャネルを合成する。しかし、WSS54は、ADM71が40GB/秒のチャネルの宛先ノードである場合、及び/又はトラフィックがADM71でそのチャネルにおいて（矢印69によって示すように）アッドされる場合、特定の40GB/秒のDPSK/DQPSKチャネルを終端させることができる。WSS54は、10GB/秒のNRZチャネルの1つ又は複数においてADM71から来るトラフィックをアッドすることもできる（その場合、第1の複製におけるこうしたチャネルは終端される）。WSS54は次いで、補償された10GB/秒のNRZチャネル及び補償された40GB/秒のDPSK/DQPSKチャネル、並びに何れかのアッドされたチャネルを備える新たな光信号を増幅器68に転送する。増幅器68は、新たな光信号を受信し、新たな光信号を増幅し、新たな光信号を光ネットワーク10に沿って送る。

【0067】

前述のOADM70は、40GB/秒のDPSK/DQPSKチャネル組及び10GB/秒のNRZチャネル組における分散を補償するが、2組のチャネルは、図1の説明において列挙したものを含む、前述のものとは異なるビットレート又は変調形式を有し得る。更に、OADM70は、（例えば、違ったふうに補償する対象の、光信号の更なる複製をカプラ56で作成することによって）別々の変調手法を用いる3組以上のチャネルにおいて光学分散を完全に補償することができる。

【0068】

図5A及び図5Bは、本発明の更に別の実施例による、光学分散を補償するOADM92（図1のネットワークのOADM31の一例）を示す構成図である。以下に更に詳細に説明するように、図5Aは、一変調手法を用いて変調される、特定のチャネル内の信号のOADM92を通る経路を示し、図5Bは、別の変調手法を用いて変調される、特定のチャネル内の信号の、同様なOADM92を通る経路を示す。例示的なネットワーク10では、図5Aは10GB/秒のNRZチャネルの経路を示し、図5Bは40GB/秒のDPSK/DQPSKチャネルの経路を示す。なお、各信号のうちの1つのみ（10GB/秒の1つのNRZ信号及び40GB/秒の1つのDPSK/DQPSK信号）を示しているが、図示した構成部分組を各信号が有する、同じOADM92を通過する複数の10GB/秒のNRZ信号及び40GB/秒のDPSK/DQPSK信号があり得る。

【0069】

図5A及び図5BのQADM92は、図1に示すような増幅器26及び関連したDCM30を、ADM93（図1に示すADM32の一例）とともに含む。増幅器26及びDCM30は、図1の例示的な実施例の説明において前述したが、これらの装置は再度説明しないものとする。しかし、増幅器26及びDCM30は図5A及び図5Bでは合成して示しているが、増幅器26及びDCM30も分離することができる。

【0070】

図5A及び図5BのADM93は、光ネットワーク10上で光信号を受信し、下記の通り、関連したDCM30によって分散補償が完了していないチャネル組における光学分散補償を完了するよう動作可能である。図5A及び図5Bの例示的な実施例では、ADM93は、40GB/秒のDPSK/DQPSKチャネルにおける完全な光学分散補償を行うよう動作可能である。ADM93は、逆多重化装置72と、多重化装置88と、増幅器90と、カプラ74及び2×1スイッチ76を含む1つ又は複数の構成部分組と、分散補償モジュール（DCM）78と、1×2スイッチ80と、増幅器82と、2×1スイッチ84とを含む1つ又は複数の構成部分組とを含み得る。なお、カプラ74及び2×1スイッチ76は既に、図5A及び図5Bに示すように、ADM93において逆多重化されたチャネル毎に設けることができる。DCM78、1×2スイッチ80、増幅器82、及び2×1スイッチ84は次いで、40GB/秒のDPSK/DQPSKチャネルについてアッドして、図5Bに示すようにこれらのチャネルにおける光学分散

補償を完了し得る。

【0071】

逆多重化装置72は、光信号を受信し、光信号の構成チャネルを分離するよう動作可能な何れかの装置を備え得る。例えば、逆多重化装置72はWSS又はAWGであり得る。しかし、何れかの他の適切な逆多重化装置72を用いることができる。

【0072】

カブラ74は、光信号を分離するよう動作可能な光ファイバー・カブラ又は他の光構成部分を備え得る。カブラ74は、光信号を、該光信号の2つの複製に分離するよう構成可能である。

【0073】

2×1スイッチ76及び84は、2つのソースのうちの一方から光信号を受信し、受信された光信号を一宛先に転送するよう動作可能な2×1スイッチ又は何れかの他の装置を備え得る。2×1スイッチ76又は84が開いている場合、2×1スイッチ76又は84は、第1のソースからの光信号を通し、第2のソースからの光信号を終端させるよう動作可能である。2×1スイッチ76又は84が閉じている場合、2×1スイッチ76又は84は、第2のソースからの光信号を通し、第1のソースからの光信号を終端させるよう動作可能である。

【0074】

1×2スイッチ80は、光信号を受信し、受信された光信号を2つの宛先のうちの1つに転送するよう動作可能な1×2スイッチ又は何れかの他の装置を備え得る。1×2スイッチ80が開いている場合、1×2スイッチ80は、第1の宛先に受信光信号を転送するよう動作可能であり、受信光信号を第2の宛先に転送するものでない。1×2スイッチ80が閉じている場合、1×2スイッチ80は、受信光信号を第2の宛先に転送するよう動作可能であり、受信光信号を第1の宛先に転送するものでない。

【0075】

DCM78は、1つの変調手法を用いてチャネルに対する光学分散補償を完了するよう動作可能なDCF又は他の装置を含み得る。

【0076】

増幅器82及び90は、図1に関して前述した増幅器26と同じであり得るものであり、よって、再度説明しないものとする。2つの増幅器を例として示しているが、何れかの適切な数の増幅器（適切な場合、増幅器がないケースも含む）を用いることができる。

【0077】

多重化装置88は、異なるチャネルを光信号に合成するよう動作可能な何れかの多重化装置又は何れかの他の装置を備え得る。例えば、多重化装置88はAWGであり得る。しかし、何れかの他の適切な多重化装置を用いることができる。

【0078】

動作上、増幅器26は、光ネットワーク10上で通信される光信号を受信し、この光信号を増幅し、この光信号をDCM30に転送する。前述の通り、光信号は、1つ又は複数の10GB/秒のNRZチャネル、及び1つ又は複数の40GB/秒のDPSK/DQPSKチャネルを含む。DCM30は、光信号を受信し、この信号に対して光学分散補償を行う。例示的な実施例では、前述の通り、DCM30は、10GB/秒のNRZチャネル組に対して完全な分散補償を行い、40GB/秒のDPSKチャネル又はDQPSKチャネルの組に対して不完全な分散補償を行う。NRZチャネルの完全な分散補償は、10GB/秒のNRZチャネルにおける最適な分散補償の場合の、図2Aに示す結果と相互に関連している。図2A及び図2Bに示すように、NRZチャネルの完全な光学分散補償は、DPSK/DQPSKチャネルが、不完全な光学分散補償を受信することを意味する。

【0079】

ADM93では、逆多重化装置72は、光信号を受信し、光信号におけるチャネルを逆多重化する。各チャネルは次いで、その関連したカブラ74に進む。10GB/秒のNRZチャネルのそれぞれに関しては、光学分散補償がこれらのチャネルのそれぞれについて完了して

10

20

30

40

50

いるので、DCM7 8、1×2スイッチ8 0、増幅器8 2及び2×1スイッチ8 4を含む光構成部分組は、図5 Aに示すように、これらのチャンネルに設けなくてよい。1 0 GB/秒のNRZチャンネルそれぞれがその関連したカプラ7 4に進んだ後、関連したカプラ7 4はチャンネル内の信号を受信し、信号を2つの複製に分離する。第1の複製は、ADM9 3の1つ又は複数のクライアント装置に、（又は他の適切な宛先に）通信するために、関連した受信器にドロップするか、又は終端させることができる。第1の複製の終端は、例えば、カプラ7 4のドロップ・リードが終端される場合、生じることになる。第2の複製は、2×1のスイッチ7 6に転送することができる。2×1スイッチ7 6は、第2の複製を終端させるか、又は第2の複製を多重化装置8 8に送り得る。例えば、2×1スイッチ7 6は、チャンネルのアド信号8 5が送信器から2×1スイッチ7 6で受信される場合、第2の複製を終端させることができる。さもなければ、スイッチ7 6は第2の複製を通すことができる。 10

【0 0 8 0】

図5 Bに示すように、4 0 GB/秒のDPSK/DQPSKチャンネルのそれぞれに関しては、関連したカプラ7 4は、チャンネル内の信号を受信し、信号を2つの複製に分離し、第1の複製を2×1スイッチ7 6に送り、第2の複製をDCM7 8にドロップする。2×1スイッチ7 6は（補償が完全でないので）第1の複製を終端させる。

【0 0 8 1】

DCM7 8は、第2の複製を受信し、第2の複製に対して分散補償を完了し、第2の複製を1×2スイッチ8 0に転送する。1×2スイッチ8 0は第2の複製を受信する。4 0 GB/秒のDPSK/DQPSKチャンネルは完全に補償されているので、4 0 GB/秒のDPSK/DQPSKチャンネルは次いで、ADM9 3の1つ又は複数のクライアント装置に、（又は他の適切な宛先に）通信するために、関連した受信器に直接、ドロップすることができる。あるいは、1×2スイッチ8 0は、チャンネル内の信号がこの特定のADM9 3に宛てられたものでない場合に第2の複製を増幅器8 2に送り得る。 20

【0 0 8 2】

1×2スイッチ8 0が第2の複製を通す場合、増幅器8 2は第2の複製を受信し、第2の複製を増幅し、第2の複製をスイッチ8 4に転送する。2×1スイッチ8 4は、第2の複製を受信し、第2の複製をスイッチ7 6に送る。あるいは、チャンネル内の信号がスイッチ8 0によってドロップされた場合、スイッチ8 4はそのチャンネル内のアド信号8 6を受信し、この信号8 6をスイッチ7 6に送り得る。2×1スイッチ7 6は、第2の複製、又はアドされた信号8 6を逆多重化装置8 8に送る。多重化装置8 8は信号（第2の複製、又はアドされた信号8 6）を受信し、この信号を、元の信号（、又は、アドされた1つ若しくは複数の1 0 GB/秒のNRZ信号8 5）からの、完全に補償された1つ若しくは複数の1 0 GB/秒のNRZチャンネル内の信号、及び/又は他の同様に補償された1つ若しくは複数の4 0 GB/秒のDPSK/DQPSK信号と多重化する。多重化装置8 8は次いで、多重化された信号を増幅器9 0に送る。増幅器9 0は、多重化された信号を受信し、この信号を増幅し、この信号を光ネットワーク1 0に沿って送る。 30

【0 0 8 3】

前述の0ADM9 2は、4 0 GB/秒のDPSK/DQPSK組のうちの1つにおける分散を補償するが、1つのDPSK/DQPSKチャンネルの光学分散補償方法を用いて、多重化された他の4 0 GB/秒のDPSKチャンネル又はDQPSKチャンネルのうちの1つ又は複数における光学分散を補償することも可能である。1 0 GB/秒の1つ又は複数のNRZチャンネルを、前述のように、ADM9 3の両端間で送るか、ADM9 3でアドするか、かつ/又はADM9 3でドロップすることもできる。 40

【0 0 8 4】

前述の0ADM9 2は4 0 GB/秒のDPSK/DQPSKチャンネル組及び1 0 GB/秒のNRZチャンネル組における分散を補償するが、この2組のチャンネルは、図1の説明において上記で列挙したものを含む、前述のものとは異なるビットレート又は変調形式を有し得る。更に、0ADM9 2は、別々の変調手法を用いる3組以上のチャンネルにおける光学分散を完全に補償し得る。

【0 0 8 5】

修正、追加又は省略を、本発明の範囲から逸脱することなく前述のOADMに行うことができる。前述のOADMの構成部分は、特定の必要性に応じて一体化させるか、又は分離することができる。更に、OADMの動作は、より多くの、より少ない、又は他の構成部分によって行うことができる。

【0086】

図6は、少なくとも2つの別々の変調形式を用いたチャネルを備えた光ネットワークの別の実施例を示す構成図である。図1の例示的なネットワーク10のように、図6の例示的な光ネットワーク100は、別々の変調手法を用いたチャネルを備えた信号における光学分散を最適に補償するという前述の問題に対処する。やはり、この問題は、光ネットワーク・オペレータがそのネットワークを一定部分ずつ更新してネットワーク容量を増やそうとすることによって生じている。特に、このオペレータは、更新された送信器の、既存の送信器との一体化という費用効率の高いストラテジによってネットワーク容量を増やそうとした。このストラテジによって、違ったふうに変調されたチャネルを備えた信号における光学分散を最適に補償するという問題に対する解決策の必要性が生じており、変調の差は、信号を違ったふうに変調する種々のタイプの送信器による。

10

【0087】

図6の例示的なネットワーク100は、違ったふうに変調されたチャネルを備える信号における分散を最適に補償するという問題に対処する例示的なネットワーク10における手法とは別の手法を提供する。例示的なネットワーク10におけるように違ったふうに変調されたチャネル組それぞれを補償するかわりに、図6の例示的なネットワーク100は、光信号内のチャネル全てに同じ分散補償を施す。

20

【0088】

例示的なネットワーク10のように、例示的な光ネットワーク100は、少なくとも2つの別々の変調形式を用いた複数のチャネルを備える信号を搬送するよう動作可能である。光ネットワーク100は、光ネットワーク100の構成部分によって通信される1つ又は複数の光信号を伝送するよう動作可能な1つ又は複数の光ファイバー102も含む。光ファイバー102によって一緒に結合される光ネットワーク100の構成部分は、終端ノード120a及び120b、並びに1つ又は複数の光アッド/ドロップ多重化装置(OADM)140を含む。終端ノード120a及びファイバー102は、図1に関して前述した終端ノード12a及びファイバー28と同じであり得るものであり、よって、再度説明しないものとする。光ネットワーク100は、終端ノードを備えたポイントツーポイント光ネットワークとして示しているが、光ネットワーク100は、リング型光ネットワーク、メッシュ型光ネットワーク、又は何れかの他の適切な光ネットワーク、若しくは光ネットワークの組み合わせとして構成することもできる。光ネットワーク100は、短距離メトロポリタン・ネットワーク、長距離都市間ネットワーク、又は何れかの他の適切なネットワーク、若しくはネットワークの組み合わせにおいて用いることができる。

30

【0089】

信号がネットワークにわたって進むにつれ、信号内のチャネル全てが同じ分散補償を受ける例示的なネットワーク100では、各チャネルに施される分散補償量は、交差位相変調(XPM)などの、信号内のチャネル間作用を削減するよう選べる。ネットワーク100では、チャネル間作用を削減するのに必要な補償は、信号によって搬送される、違ったふうに変調された信号組によって変わってくる場合がある。例として、かつ限定なしで、2組のチャネル(10GB/秒のNRZチャネル及び40GB/秒のDPSK/DQPSKチャネル)それぞれを単一モード・ファイバー(SMF)を介して搬送する信号では、こうした信号に対して一様な不足補償を行うこと、又は、全てのチャネルがゼロ分散を表すようにこうした信号を補償することによって、最適又は近最適にチャネル間作用が削減されない場合があることが実験によって明らかになった。その代わりに、(一部の検査では約110%過補償と約115%過補償との間の)一様な過補償を全てのチャネルに施すことによって、チャネル間作用が最も削減された。しかし、違ったふうに変調された別々のチャネル組を搬送する信号は、チャネル間作用を最適又は近最適に削減するよう別の分散補償を必要とし得る。

40

50

【0090】

こうした結果に照らせば、例示的なネットワーク100の特定の実施例は、10GB/秒のNRZチャネル及び40GB/秒のDPSK/DQPSKチャネルを備える信号に対して一様な分散過補償を、こうした信号がネットワークにわたって進むにつれ、行う。特定の実施例では、10GB/秒のNRZチャネル及び40GB/秒のDPSK/DQPSKチャネルを備える信号は、例えば、約110%と約115%との間の過補償を受け得る。なお、こうした信号におけるチャネルは、OADM140でドロップされるか、又は終端ノード120bで受信される場合に更なる補償を受けて、下記のようにチャネルの特定のデータレート及び/又は変調形式に最適又は近最適な分散補償を備え得る。

【0091】

例示的なネットワーク100のOADM140は、増幅器110及び関連した光学分散補償モジュール142（DCM）、並びにアッド/ドロップ・モジュール144（ADM）を含む。増幅器110は、図1に関して前述した増幅器26と同じであり得るものであり、よって、再度説明しないものとする。DCM142は、光学分散を過補償するよう動作可能な何れかのDCF、TDC、可変分散補償器（VDC）、又は他の装置を含む。信号は、その特性を向上させるうえで適切な何れかの量、過補償し得る。この量は、例えば、かつ、限定なしで、各DCM142で約110%と約115%との間の過補償を含み得る。例示的なネットワーク100は、DCM142の、それぞれの増幅器110への結合を示すが、DCM142は、増幅器110から別個に配置させることもできる。

【0092】

ADM144は、ファイバー102から光信号のアッド及び/又はドロップを行うよう動作可能な何れかの装置、又は装置の組み合わせを含む。ADM144は、例示的なネットワーク100において、信号に対する光学分散補償を完了するよう動作可能な何れかの装置、又は装置の組み合わせも含み得る。ADM144装置は、例えば、上記図3乃至図5に示す装置を含み得る。しかし、図3乃至図5の装置は、（図3乃至図5におけるように、不足補償された40GB/秒のDPSK/DQPSKチャネルに対する光学分散補償を完了することに対して）過補償された40GB/秒のDPSK/DQPSKチャネルに対する光学分散補償を完了するよう修正することが必要になる。

【0093】

例示的なネットワーク100の終端ノード120bは、光ネットワーク100を介して送信された信号を受信し、光学分散についてこうした信号を補償するよう動作可能である。DCM30をDCM142によって置き換える以外は、終端ノード120bは、図1に関して前述した終端ノード12bと同じであり得るものであり、よって再度説明しないものとする。更に、DCM142は、OADM140の説明において前述しているので、再度説明しないものとする。しかし、例示的なネットワーク100は、個別の増幅器110に結合されたDCM142を示すが、DCM142は、増幅器110から別個に配置させることもできる。なお、例示的な光ネットワーク100に示していないが、特定の実施例では、40GB/秒のDPSK/DQPSK信号は、例えば、逆多重化された40GB/秒のDPSK/DQPSK信号が受信器118で受信される前にTDCや他の分散補償装置を用いて終端ノード12bで補償することができる。

【0094】

図7は、図6の光ネットワークにおける信号の光学分散補償を示すグラフである。特に、グラフは、光ネットワーク100のDCM142によって行われる光学分散過補償を示す。垂直軸は、累算光学分散を表す。水平軸は、光信号が進んだ距離（信号が進んだ光ファイバー・スパン数）を表す。 ΔD_L は、最適な（又は近最適な）特性のために各スパン後に例示的な実施例における信号が表す残留光学分散を表す。

【0095】

図7は、各スパン後に例示的なネットワーク100内の信号に対してDCM142が光学分散過補償を行う方法を示す。特定の実施例では、各DCM142は、ファイバー102のスパンにわたって累算された分散よりも ΔD_L 、大きな量で分散を過補償する。よって、信号が進んだ第1のスパン後、DCM142は、累算された分散が ΔD_L に等しくなるように信

10

20

30

40

50

号を補償することになる。N個のスパンにわたって、累算された分散は $N(\Delta D_L)$ に等しい。特定の実施例では、前述のように、終端ノード120bの受信器118によって受信される前に、40GB/秒のDPSK/DQPSK信号は、例えば、更なるTDC（図6に図示していない）などの更なる分散補償装置によって補償することができる。図7は、特定の実施例において、更なる分散補償が、40GB/秒のDPSK/DQPSK信号に対して、こうした装置によって、こうした信号がゼロ累算光学分散を備えるように施される。10GB/秒のNRZ信号は、受信器116によって受信される前に更なる補償を何ら必要としない場合がある。

【0096】

再度図6を参照すれば、動作上、終端ノード120aの送信器104及び送信器106は、別々のチャンネルを介して、異なるビットレートで、かつ/又は別々の変調手法を用いて情報を送信する。多重化装置108は、こうした別々のチャンネルを光信号に合成し、光ファイバー102を介してこの信号を通信する。増幅器110は、光信号を受信し、この信号を増幅し、光ファイバー102を介してこの信号を送る。光ファイバー102は、この信号をOADM104aに伝送する。OADM140aの増幅器110は、この信号を増幅し、この信号をDCM142に送る。やはり、増幅器は、ネットワーク100上のDCM142とは別個に、DCM142の前に、又はDCM142の後に配置させることができる。

【0097】

OADM140aのDCM142はこの信号を受信し、この信号に対して光学分散過補償を行う。この信号は、信号の特性を向上させるうえで適切な何れかの量、過補償することができる。この量は、例えば、かつ限定なしで、各DCM142で約110%と約115%との間の過補償を含み得る。

【0098】

DCM142は、信号を、この信号が ΔD_L 過補償を表すように過補償した後、この信号をOADM140aのADM144に転送する。ADM144は、光信号との間でのチャンネルのドロップ及び/又はアッドを行い得る。光チャンネルの何れかをドロップする前に、ADM144は、例えば、上記図3乃至図5に示す方法を用いることなどによって、チャンネルに対して光学分散補償を完了することができる。前述の通り、修正及び追加を、OADM140でドロップされる、過補償されたチャンネルに対して（例えば、過補償された40GB/秒のDPSK/DQPSKチャンネルに対してなど）完全な光学分散補償を備えるよう図3乃至図5の方法に行うことが必要であり得る。ADM144は次いで、過補償された信号を、ファイバー102を介して転送する。

【0099】

1つ又は複数のOADM（OADM140a及び140bなど）を信号が通過した後、終端ノード120bのDCM142は、転送された信号を受信し、信号に対して光学分散過補償を行う。DCM142は次いで、光信号を逆多重化装置114に転送する。逆多重化装置114は信号を受信し、信号の構成チャンネルに信号を逆多重化し、信号の構成チャンネルを通す。各チャンネルは、終端ノード120bの関連した受信器116又は118によって受信され、転送される。図6に示していないが、特定の実施例では、完全な光学分散補償（約100%補償）を、前述のように終端ノード120bで40GB/秒のDPSK/DQPSKチャンネルに対して行うことができる。

【0100】

修正、追加、又は省略は、本発明の範囲から逸脱することなく、前述のネットワーク100に行うことができる。前述のネットワーク100の構成部分は、特定の必要性に応じて一体化させるか、又は分離することができる。更に、ネットワーク100の動作は、より多くの、より少ない、又は他の構成部分によって行うことができる。

【0101】

本発明をいくつかの実施例によって説明したが、種々の変更及び修正が当業者に分かり得る。本発明が、特許請求の範囲内に収まる前述の変更及び修正を包含することが意図されている。

（付記1） 光信号の分散補償の方法であって、

複数のチャンネルを備える光信号を受信する工程であって、前記チャンネルのうちの1つ又

10

20

30

40

50

は複数の第1の組において通信される情報は第1の変調手法を用いて変調され、前記チャネルのうちの1つ又は複数の第2の組において通信される情報は第2の変調手法を用いて変調される工程と、

前記第1のチャネル組の分散補償が完全であるように、かつ前記第2のチャネル組の分散補償が不完全であるように前記光信号における光学分散を補償する工程と、

前記光信号を少なくとも前記光信号の第1の複製と前記光信号の第2の複製とに分離する工程と、

前記第1の複製における前記第2のチャネル組を終端させる工程と、

前記第2のチャネル組の分散補償が完全であるように前記第2の複製に対して更なる分散補償を行う工程と、

前記第2の複製における前記第1のチャネル組を終端させる工程とを備えることを特徴とする方法。

(付記2) 前記第1のチャネル組において通信される情報は10GB/秒で通信され、

前記第2のチャネル組において通信される情報は40GB/秒で通信されることを特徴とする付記1記載の方法。

(付記3) 前記光信号の前記第1の複製及び前記第2の複製における残りのチャネルを合成して、補償された光信号を形成する工程を更に備えることを特徴とする付記1記載の方法。

(付記4) 前記第2の複製に対して分散補償を行う前に、前記第2の複製を第3の複製及び第4の複製に分離する工程であって、前記更なる分散補償は前記第4の複製に対して行われる工程と、

前記第3の複製の前記チャネルを逆多重化する工程と、

前記第3の複製の前記チャネルのうちの1つ又は複数における情報を1つ又は複数のクライアント装置にドロップする工程とを備えることを特徴とする付記1記載の方法。

(付記5) 前記第2のチャネル組にある、前記クライアント装置にドロップされる前記チャネルの何れかに対して更なる分散補償を行う工程を更に備えることを特徴とする付記4記載の方法。

(付記6) 前記第2の複製に対して分散補償を行う前に、前記第2の複製を第3の複製及び第4の複製に分離する工程であって、前記更なる分散補償が前記第4の複製に対して行われる工程と、

前記第3の複製の前記チャネルを逆多重化する工程と、

前記第3の複製の前記第1のチャネル組のうちの1つ又は複数における情報を1つ又は複数のクライアント装置にドロップする工程と、

前記第2のチャネル組の分散補償が完全であるように前記第4の複製に対して分散補償を行った後、前記第4の複製の前記第2のチャネル組のうちの1つ又は複数における情報を1つ又は複数のクライアント装置にドロップする工程とを更に備えることを特徴とする付記1記載の方法。

(付記7) 複数のチャネルを備える光信号を受信するよう動作可能な光学分散補償システムであって、前記チャネルのうちの1つ又は複数の第1の組において通信される情報は第1の変調手法を用いて変調され、前記チャネルのうちの1つ又は複数の第2の組において通信される情報は第2の変調手法を用いて変調され、

前記第1のチャネル組の分散補償が完全であるように、かつ前記第2のチャネル組の分散補償が不完全であるように前記光信号における光学分散を補償するよう動作可能な第1の分散補償装置と、

前記光信号を前記第1の分散補償装置から受信し、少なくとも前記光信号の第1の複製と前記光信号の第2の複製とに分離するよう動作可能なカプラと、

前記第2の複製を受信し、前記第2のチャネル組の分散補償が完全であるように前記第2の複製に対して更なる分散補償を行うよう動作可能な第2の分散補償装置と、

前記光信号の前記第1の複製内の前記第2のチャネル組を終端させるよう動作可能であり、前記光信号の前記第2の複製内の前記第1のチャネル組を終端させるよう動作可能な

10

20

30

40

50

スイッチとを備えることを特徴とするシステム。

(付記 8) 前記第 1 のチャンネル組において通信される情報は、10 GB/秒で通信され、

前記第 2 のチャンネル組において通信される情報は、40 GB/秒で通信されることを特徴とする付記 7 記載のシステム。

(付記 9) 前記スイッチは、前記第 1 の複製及び前記第 2 の複製における残りのチャンネルを合成して、補償された光信号を形成するよう更に動作可能であることを特徴とする付記 7 記載のシステム。

(付記 10) 前記光信号の前記第 2 の複製を第 3 の複製及び第 4 の複製に分離するよう動作可能な第 2 のカプラ装置であって、前記第 2 の分散補償装置が、前記第 4 の複製に対して更なる分散補償を行うよう動作可能である第 2 のカプラ装置と、

10

前記第 3 の複製の前記チャンネルを逆多重化し、前記第 3 の複製の前記チャンネルの 1 つ又は複数における情報を 1 つ又は複数のクライアント装置にドロップするよう動作可能な逆多重化装置とを更に備えることを特徴とする付記 7 記載のシステム。

(付記 11) 前記逆多重化装置によって前記クライアント装置にドロップされる、前記第 2 のチャンネル組内のチャンネルに対して更なる分散補償をそれぞれが動作可能な 1 つ又は複数の第 3 の分散補償装置を更に備えることを特徴とする付記 10 記載のシステム。

(付記 12) 前記光信号の前記第 2 の複製を第 3 の複製及び第 4 の複製に分離するよう動作可能な第 2 のカプラ装置であって、前記第 2 の分散補償装置が、前記第 4 の複製に対して更なる分散補償を行う第 2 のカプラ装置と、

前記第 3 の複製の前記チャンネルを逆多重化し、前記第 3 の複製の前記チャンネルの 1 つ又は複数における情報を 1 つ又は複数のクライアント装置にドロップするよう動作可能な逆多重化装置と、

20

前記第 4 の複製が前記第 2 の分散補償装置によって補償された後に、前記第 4 の複製の前記第 2 のチャンネル組のうちの 1 つ又は複数における情報を 1 つ又は複数のクライアント装置にドロップするよう動作可能な第 2 の逆多重化装置とを更に備えることを特徴とする付記 7 記載のシステム。

(付記 13) 光信号の分散補償の方法であって、

複数のチャンネルを備える光信号を受信する工程であって、前記チャンネルの 1 つ又は複数の第 1 の組において通信される情報が第 1 の変調手法を用いて変調され、前記チャンネルの 1 つ又は複数の第 2 の組において通信される情報が第 2 の変調手法を用いて変調され、

30

前記第 1 のチャンネル組の分散補償が完全であるように、かつ前記第 2 のチャンネル組の分散補償が不完全であるように前記光信号における光学分散を補償する工程と、

前記光信号を、前記光信号の構成チャンネルに逆多重化する工程と、

逆多重化後に、前記第 2 のチャンネル組の分散補償が完全であるように前記第 2 のチャンネル組に対して更なる分散補償を行う工程と、

前記第 1 のチャンネル組及び前記第 2 のチャンネル組を多重化して、補償された光信号を形成する工程とを備えることを特徴とする方法。

(付記 14) 前記第 1 のチャンネル組において通信される情報は 10 GB/秒で通信され、

前記第 2 のチャンネル組において通信される情報は 40 GB/秒で通信されることを特徴とする付記 13 記載の方法。

40

(付記 15) 複数のチャンネルを備える光信号を受信するよう動作可能な光学分散補償システムであって、前記チャンネルのうちの 1 つ又は複数の第 1 の組において通信される情報は第 1 の変調手法を用いて変調され、前記チャンネルのうちの 1 つ又は複数の第 2 の組において通信される情報は第 2 の変調手法を用いて変調され、

前記第 1 のチャンネル組の分散補償が完全であるように、かつ前記第 2 のチャンネル組の分散補償が不完全であるように前記光信号における光学分散を補償するよう動作可能な第 1 の分散補償装置と、

前記光信号を前記第 1 の分散補償装置から受信し、前記光信号を前記光信号の構成チャンネルに逆多重化するよう動作可能な逆多重化装置と、

前記第 2 のチャンネル組におけるチャンネルを前記逆多重化装置から受信し、前記チャンネル

50

内の前記信号に対して更なる分散補償を、前記チャンネル内の前記信号の分散補償が完全であるように行うようそれぞれが動作可能な1つ又は複数の第2の分散補償装置と、

前記第1のチャンネル組及び前記第2のチャンネル組を多重化して、補償された光信号を形成するよう動作可能な多重化装置とを備えることを特徴とするシステム。

(付記16) 前記第1のチャンネル組において通信される情報が10GB/秒で通信され、前記第2のチャンネル組において通信される情報が40GB/秒で通信されることを特徴とする付記15記載のシステム。

(付記17) 光信号の分散補償の方法であって、
複数のチャンネルを備える光信号を受信する工程であって、前記チャンネルのうちの1つ又は複数の第1の組において通信される情報は第1の変調手法を用いて変調され、前記チャンネルのうちの1つ又は複数の第2の組において通信される情報は第2の変調手法を用いて変調される工程と、

前記光信号の前記チャンネルの全てにわたって前記光信号における光学分散を一様に過補償する工程とを備えることを特徴とする方法。

(付記18) 前記光信号の前記チャンネル全てが、約110%乃至約115%の範囲で一様に過補償されることを特徴とする付記17記載の方法。

(付記19) 前記第1のチャンネル組において通信される情報が10GB/秒で通信され、前記第2のチャンネル組において通信される情報が40GB/秒で通信されることを特徴とする付記17記載の方法。

(付記20) 受信器での前記光信号の受信に備えて、かつ分散補償が実質的にゼロであるように前記第2のチャンネル組に対して更なる補償を行う工程を更に備えることを特徴とする付記19記載の方法。

(付記21) 光信号の分散補償のシステムであって、
複数のチャンネルを備える光信号を受信し、前記チャンネルのうちの1つ又は複数の第1の組において通信される情報が第1の変調手法を用いて変調され、前記チャンネルのうちの1つ又は複数の第2の組において通信される情報が第2の変調手法を用いて変調され、かつ、

前記光信号の前記チャンネル全てにわたって前記光信号における光学分散を一様に過補償するよう動作可能な第1の分散補償装置を備えることを特徴とするシステム。

(付記22) 前記光信号の前記チャンネル全てが110%乃至115%の範囲で一様に過補償されることを特徴とする付記21記載のシステム。

(付記23) 前記第1のチャンネル組において通信される情報が10GB/秒で通信され、前記第2のチャンネル組において通信される情報が40GB/秒で通信されることを特徴とする付記21記載のシステム。

(付記24) 受信器に関連しており、前記受信器での前記光信号の受信に備えて、かつ分散補償が実質的にゼロであるように前記第2のチャンネル組に対して更なる補償を行うよう動作可能な第2の分散補償装置を更に備えることを特徴とする付記23記載のシステム。

【図面の簡単な説明】

【0102】

【図1】少なくとも2つの別々の変調形式を用いた複数のチャンネル組を備える信号を搬送する光ネットワークの一実施例を示す構成図である。

【図2A】図1のチャンネル組について最適光学分散補償における差を示すグラフである。

【図2B】図1のチャンネル組について最適光学分散補償における差を示すグラフである。

【図3】本発明の特定の実施例による、光学分散を補償する、図1のネットワークの光アッド／ドロップ多重化装置を示す構成図である。

【図4】本発明の別の実施例による、光学分散を補償する、図1のネットワークの別の光アッド／ドロップ多重化装置を示す構成図である。

【図5A】本発明の更に別の実施例による、光学分散を補償する、図1のネットワークの更に別の光アッド／ドロップ多重化装置を示す構成図である。

10

20

30

40

50

【図 5 B】本発明の更に別の実施例による、光学分散を補償する、図 1 のネットワークの更に別の光アッド／ドロップ多重化装置を示す構成図である。

【図 6】少なくとも 2 つの別々の変調形式を用いたチャネルを備える光ネットワークの別の実施例を示す構成図である。

【図 7】図 6 の光ネットワークにおける信号の光学分散補償を示すグラフである。

【符号の説明】

【0 1 0 3】

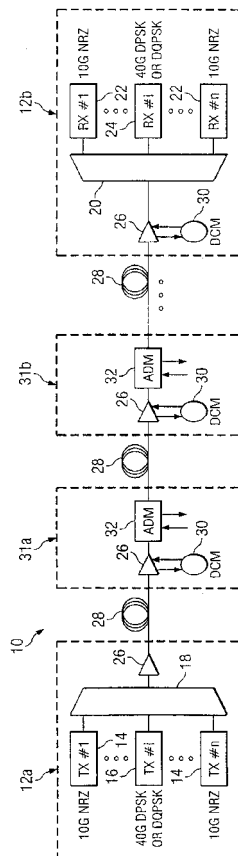
- 2 6 増幅器
- 3 0 DCM
- 3 4 カプラ
- 3 6 WSS
- 3 8 カプラ
- 4 0 逆多重化装置
- 4 1 VOA
- 4 2 TDC
- 4 4 TDC
- 4 6 増幅器
- 4 8 増幅器
- 5 0 OADM
- 5 1 ADM

10

20

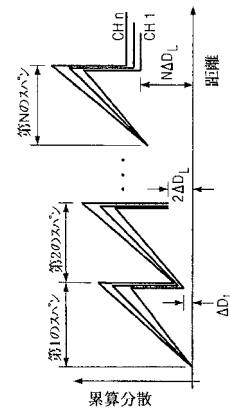
【図 1】

少なくとも 2 つの別々の変調形式を用いた複数のチャネル組を備える信号を搬送する光ネットワークの一実施例を示す構成図である。



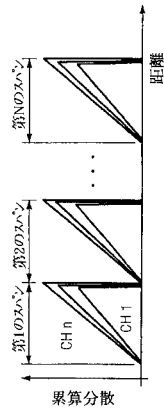
【図 2 A】

図 1 のチャネル組について最適光学分散補償における差を示すグラフである。



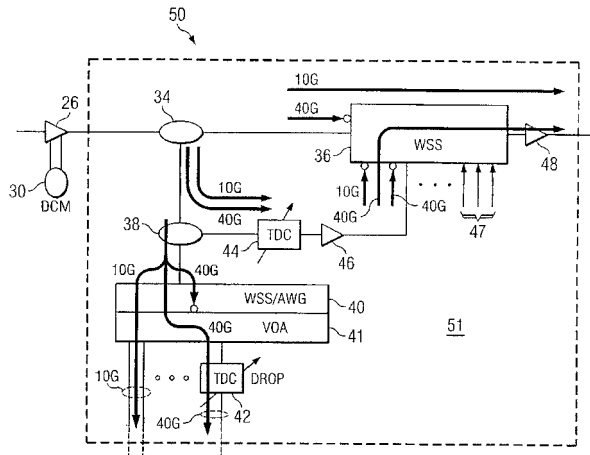
【図 2 B】

図1のチャネル組について最適光学分散補償における差を示すグラフである。



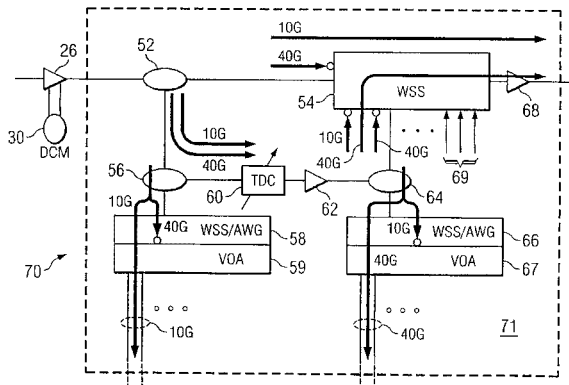
【図 3】

本発明の特定の実施例による、光学分散を補償する、図1のネットワークの光アッド/ドロップ多重化装置を示す構成図



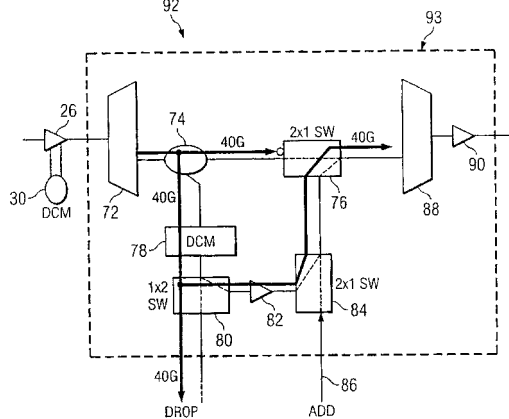
【図 4】

本発明の別の実施例による、光学分散を補償する、図1のネットワークの別の光アッド/ドロップ多重化装置を示す構成図



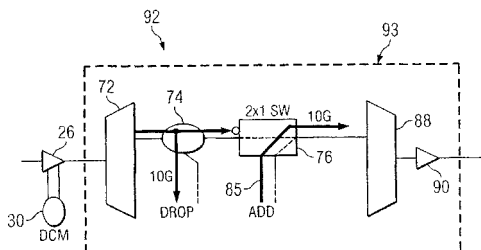
【図 5 B】

本発明の更に別の実施例による、光学分散を補償する、図1のネットワークの更に別の光アッド/ドロップ多重化装置を示す構成図



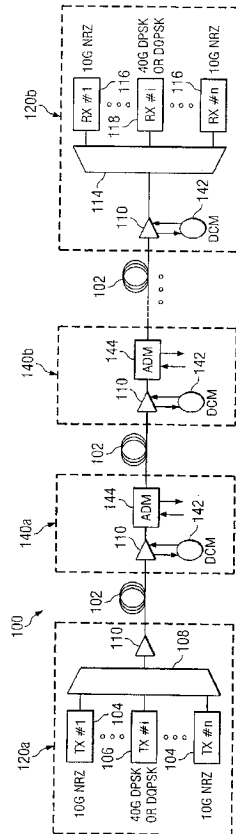
【図 5 A】

本発明の更に別の実施例による、光学分散を補償する、図1のネットワークの更に別の光アッド/ドロップ多重化装置を示す構成図



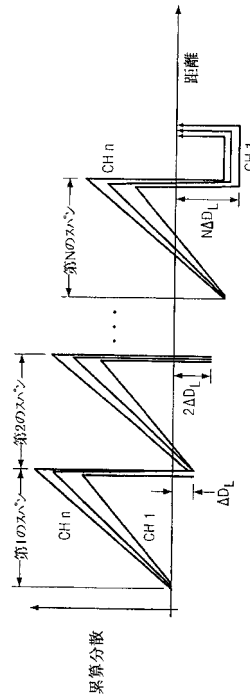
【図 6】

少なくとも2つの別々の変調形式を用いたチャネルを備える光ネットワークの別の実施例を示す構成図



【図 7】

図6の光ネットワークにおける信号の光学分散補償を示すグラフ



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード (参考)

H 0 4 B 10/06 (2006.01)

H 0 4 B 10/142 (2006.01)

H 0 4 B 10/152 (2006.01)