

(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2007-259281

(P2007-259281A)

(43) 公開日 平成19年10月4日(2007.10.4)

(51) Int. Cl.	F I			テーマコード (参考)		
HO4B 10/02 (2006.01)	HO4B	9/00	M	5K014		
HO4B 10/18 (2006.01)	HO4L	1/00	B	5K102		
HO4L 1/00 (2006.01)						

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2006-83532 (P2006-83532)
 (22) 出願日 平成18年3月24日 (2006.3.24)

(71) 出願人 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100057874
 弁理士 曾我 道照
 (74) 代理人 100110423
 弁理士 曾我 道治
 (74) 代理人 100084010
 弁理士 古川 秀利
 (74) 代理人 100094695
 弁理士 鈴木 憲七
 (74) 代理人 100111648
 弁理士 梶並 順

最終頁に続く

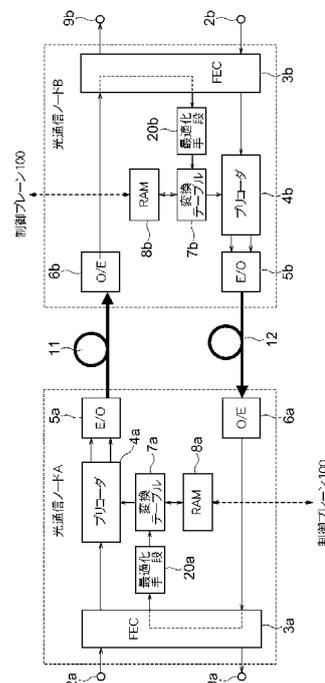
(54) 【発明の名称】 光ファイバ通信システム

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバ伝送路の分散を高速かつ精密に補償できる光ファイバ通信システムを得る。

【解決手段】 送信側の光通信ノードAは、入力信号をフレーム化し誤り訂正符号化する誤り訂正回路3aと、制御プレーン100から通知された分散量を記憶するメモリ8aと、誤り訂正回路3bからのビット誤り訂正数が最小になるように最適な分散量に調整する最適化手段20aと、メモリ8a及び最適化手段20aからの分散量をプリコード値に変換する変換テーブル7aと、前記プリコード値に基づき光ファイバ伝送路11の分散を補償するプリコーダ4aと、プリコーダ4aからの電気信号を光信号に変換する電気/光変換器5aとを含み、受信側の光通信ノードBは、光ファイバ伝送路11を伝搬した光信号を電気信号に変換する光/電気変換器6bと、光/電気変換器6bからの信号のビット誤りを訂正しデフレーム化して出力信号を出力する誤り訂正回路3bとを含む。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光ファイバ伝送路を通じて相互に接続された複数の光通信ノードと、前記複数の光通信ノードを制御する制御プレーンとを備えた光ファイバ通信システムであって、

送信側の光通信ノードは、

入力信号をフレーム化するとともに誤り訂正符号化する第 1 の誤り訂正回路と、

前記制御プレーンから通知された分散量を記憶するメモリと、

分散量の最適値を検出する最適化手段と、

前記メモリに記憶した分散量及び前記最適化手段からの分散量をプリコード値に変換する変換テーブルと、

前記プリコード値に基づいて前記光ファイバ伝送路の分散を補償する可変分散補償手段と、

前記可変分散補償手段からの電気信号を光信号に変換して前記光ファイバ伝送路に出力する電気/光変換器とを少なくとも含み、

受信側の光通信ノードは、

前記光ファイバ伝送路を伝搬した光信号を電気信号に変換する光/電気変換器と、

前記光/電気変換器からの信号のビット誤りを訂正するとともにデフレーム化して出力信号を出力する第 2 の誤り訂正回路とを少なくとも含む

ことを特徴とする光ファイバ通信システム。

10

【請求項 2】

前記可変分散補償手段は、前記プリコード値に基づいて前記光ファイバ伝送路の分散と逆関数の畳み込みを行うプリコーダである

ことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ通信システム。

20

【請求項 3】

光ファイバ伝送路を通じて相互に接続された複数の光通信ノードと、前記複数の光通信ノードを制御する制御プレーンとを備えた光ファイバ通信システムであって、

送信側の光通信ノードは、

入力信号をフレーム化するとともに誤り訂正符号化する第 1 の誤り訂正回路と、

前記第 1 の誤り訂正回路からの電気信号を光信号に変換して前記光ファイバ伝送路に出力する電気/光変換器とを少なくとも含み、

30

受信側の光通信ノードは、

設定値に基づいて前記光ファイバ伝送路を伝搬した光信号の分散を補償する可変分散補償手段と、

前記可変分散補償手段からの光信号を電気信号に変換する光/電気変換器と、

前記光/電気変換器からの信号のビット誤りを訂正するとともにデフレーム化して出力信号を出力する第 2 の誤り訂正回路と、

前記制御プレーンから通知された分散量を記憶するメモリと、

分散量の最適値を検出する最適化手段と、

前記メモリに記憶した分散量及び前記最適化手段からの分散量を設定値に変換する変換テーブルとを少なくとも含む

40

ことを特徴とする光ファイバ通信システム。

【請求項 4】

前記可変分散補償手段は、前記設定値に基づいて前記光ファイバ伝送路を伝搬した光信号の分散を補償する光学式の分散補償器である

ことを特徴とする請求項 3 記載の光ファイバ通信システム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

この発明は、全光ネットワークにおいて、光ファイバ伝送路の分散を高速かつ精密に補償し、プロビジョニングやプロテクション、レストレーションを容易にする光ファイバ通

50

信システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

光ファイバ通信システムでは、光ファイバ伝送路が有する波長分散による信号波形の歪みを補償する必要がある。分散補償の方法として、光ファイバ伝送路と逆符号の分散を有する分散補償ファイバを用いる方法が広く行われている。近年の40Gb/s以上の高速光ファイバ通信システムでは、温度やファイバ割り入れなどによるわずかな分散量の変化で波形が容易に歪んでしまうため、分散量固定の分散補償ファイバではなく、分散量を可変できる分散補償器の導入が始まっている。あるいは、10Gb/sであっても、動的に光パス（あるいは、Label Switch Path: LSP）を張り替える全光ネットワークでは、光パス毎に分散量が異なるため、可変分散補償器が必要となる。

10

【0003】

可変分散補償器の分散量の最適値制御の方法として、受信側の光伝送装置に具備される誤り訂正回路が訂正するビット誤りの数が最小になるように制御する方法がある（例えば、特許文献1参照）。この方法によって残留分散をゼロにするには、ビット誤り数を最小にするためのフィードバックが必要であり、必然的に一定の制御時間を要する。

【0004】

一方で、可変分散補償器の制御時間を短縮する方法として、GMPLSのRSVP-TEメッセージを使用する方式が提案されている（例えば、非特許文献1参照）。光ファイバ通信ネットワーク上の各光通信ノードをそれぞれ起点とする各リンクを構成する光ファイバの分散値を、予めデータベースとして各光通信ノードに設定しておく。実際に光パスの設定を要求するメッセージが発出された時に、光パスを構成するリンクの波長分散値の累積値を取っていくことにより、最終的に受信端における残留分散値が求められる。

20

【0005】

上記方式に適した可変分散補償器として、プリディストーション方式がある（例えば、非特許文献2参照）。光ファイバの伝達関数と逆の伝達関数を時間軸上の畳み込みとして実現するもので、入力データ系列を電氣的に演算する。演算方法には、あらかじめ大規模メモリに変換表を持つルックアップテーブル方式や、FIRフィルタで逐次演算する方式、アナログのトランスバーサルフィルタで演算する方式などがある。それらいずれかで発生させた予変調信号で光の直交変調を行うことで、光ファイバ伝送後に分散による群遅延が補償されるような複素電界を持つ光波形を発生させるものである。

30

【0006】

なお、予め分散量を測定する方法が提案されている（例えば、特許文献2参照）。信号光と別の測定波長の伝搬遅延時間差などにより、各光パスの分散値を測定する方法である。

【0007】

【特許文献1】特開2002-208892号公報

【特許文献2】特開2003-121303号公報

【非特許文献1】笠史郎、八木幹雄、里見秀一、浅野正一郎共著“超高速波長パスネットワークにおける波長分散補償”2004年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会、BSC-1-1

40

【非特許文献2】M. M. El Said, J. Sitch and M. I. Elmasry, "An Electrically Pre-equalized 10-Gb/s Duobinary Transmission System" IEEE J. Lightwave Technol., vol. 23, no. 1, pp. 388-400, Jan. 2005

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上記の従来方式を用いれば、分散補償の最適化制御の時間が短縮できると期待されるものの、測定波長での分散測定に、ある程度の誤差が発生するだけでなく、接続される光パスの分だけ誤差が累積し、予め用意したデータベースの分散値を可変分散補償器に与える

50

だけでは、瞬時に残留分散ゼロの所望の動作を開始することが困難であるという問題点があった。

【0009】

この発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、その目的は、光ファイバ伝送路の分散を高速かつ精密に補償することができる光ファイバ通信システムを得るものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

この発明に係る光ファイバ通信システムは、光ファイバ伝送路を通じて相互に接続された複数の光通信ノードと、前記複数の光通信ノードを制御する制御プレーンとを備えた光ファイバ通信システムであって、送信側の光通信ノードは、入力信号をフレーム化するとともに誤り訂正符号化する第1の誤り訂正回路と、前記制御プレーンから通知された分散量を記憶するメモリと、分散量の最適値を検出する最適化手段と、前記メモリに記憶した分散量及び前記最適化手段からの分散量をプリコード値に変換する変換テーブルと、前記プリコード値に基づいて前記光ファイバ伝送路の分散を補償する可変分散補償手段と、前記可変分散補償手段からの電気信号を光信号に変換して前記光ファイバ伝送路に出力する電気/光変換器とを少なくとも含み、受信側の光通信ノードは、前記光ファイバ伝送路を伝搬した光信号を電気信号に変換する光/電気変換器と、前記光/電気変換器からの信号のビット誤りを訂正するとともにデフレーム化して出力信号を出力する第2の誤り訂正回路とを少なくとも含むものである。

10

20

【発明の効果】

【0011】

この発明に係る光ファイバ通信システムは、光ファイバ伝送路の分散を高速かつ精密に補償ことができ、高速のプロビジョニング、プロテクション、レストレーションを可能とするという効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

実施の形態1.

この発明の実施の形態1に係る光ファイバ通信システムについて図1から図6までを参照しながら説明する。図1は、この発明の実施の形態1に係る光ファイバ通信システムの構成を示す図である。なお、以降では、各図中、同一符号は同一又は相当部分を示す。

30

【0013】

図1において、この実施の形態1に係る光ファイバ通信システムは、ネットワーク全体（各光通信ノード）を制御する制御プレーン100と、光ファイバ伝送路11、12により接続された光通信ノードAと、光通信ノードBとが設けられている。

【0014】

光通信ノードAには、入力信号が入ってくる入力端子2aと、誤り訂正回路(FEC)3aと、予変調を行うプリコーダ(可変分散補償手段)4aと、電気/光変換器(E/O)5aと、光/電気変換器(O/E)6aと、分散量とプリコード値(設定値)の変換テーブル7aと、制御プレーン100から通知された補償すべきおおまかな分散量を記憶したメモリ(RAM)8aと、可変分散量の最適値を検出する最適化手段20aと、出力信号が出て行く出力端子9aとが設けられている。

40

【0015】

同一番号でbを振ったものは、光通信ノードBにおける同様の機能ブロックであることを示す。

【0016】

すなわち、光通信ノードBには、入力信号が入ってくる入力端子2bと、誤り訂正回路(FEC)3bと、予変調を行うプリコーダ4bと、電気/光変換器(E/O)5bと、光/電気変換器(O/E)6bと、分散量とプリコード値(設定値)の変換テーブル7bと、制御プレーン100から通知された補償すべきおおまかな分散量を記憶したメモリ(

50

R A M) 8 b と、可変分散補償の最適値を検出する最適化手段 2 0 b と、出力信号が出て行く出力端子 9 b とが設けられている。

【 0 0 1 7 】

図 2 は、この発明の実施の形態 1 に係る光ファイバ通信システムの制御プレーン 1 0 0 と各光通信ノード A ~ F の関係の一例を示す図である。

【 0 0 1 8 】

図 3 は、この発明の実施の形態 1 に係る光ファイバ通信システムのプリコーダ及び電気 / 光変換器の具体例を示す図である。

【 0 0 1 9 】

図 3 において、(a) はプリコーダ 4 として、ルックアップテーブルと高速 D / A 変換器を用い、電気 / 光変換器 5 として、光直交変調器 (I / Q 変調器) を用いた例を示す。 10

【 0 0 2 0 】

(b) はプリコーダ 4 として、デジタル F I R フィルタと高速 D / A 変換器を用い、電気 / 光変換器 5 として、光直交変調器 (I / Q 変調器) を用いた例を示す。

【 0 0 2 1 】

(c) はプリコーダ 4 として、高速アナログトランスバーサルフィルタを用い、電気 / 光変換器 5 として、光直交変調器 (I / Q 変調器) を用いた例を示す。

【 0 0 2 2 】

分散補償量や回路規模によって、いずれかの方式を選択して用いる。また、ここに挙げた 3 方式に限るものではない。なお、パラメータは、後述するプリコード値に相当する。 20

【 0 0 2 3 】

つぎに、この実施の形態 1 に係る光ファイバ通信システムの動作について図面を参照しながら説明する。

【 0 0 2 4 】

光通信ノード A において、入力端子 2 a から入力された入力信号は、誤り訂正回路 3 a でフレーム化と誤り訂正符号化された後、プリコーダ 4 a に入力される。一方で、ネットワーク全体を制御する制御プレーン 1 0 0 から、補償すべきおおまかな分散量が通知されている。

【 0 0 2 5 】

通知された分散量は、メモリ 8 a に記憶される。メモリ 8 a に記憶した分散量が変換テーブル 7 a でプリコード値に変換され、プリコーダ 4 a に与えられる。プリコーダ 4 a と電気 / 光変換器 5 a によって、光ファイバ伝送路 1 1 の分散と逆関数の畳み込みがなされる。 30

【 0 0 2 6 】

光ファイバ伝送路 1 1 を伝搬した光信号は、光通信ノード B において、光 / 電気変換器 6 b で電気信号に変換され、誤り訂正回路 3 b でビット誤りが訂正されるとともに、デフレーム化され、出力端子 9 b からの出力信号となる。光通信ノード B から光通信ノード A への信号の流れも上記と同様である。

【 0 0 2 7 】

図 5 は、この発明の実施の形態 1 に係る光ファイバ通信システムの補償可能な分散量とプリコード値の変換テーブルを示す図である。 40

【 0 0 2 8 】

図 5 は、補償可能な分散量と、変換テーブル 7 a からプリコーダ 4 a に与えるプリコード値との関係の一例を示したものである。あるプリコード値に対して、特定量の分散が補償可能となる。この例では、補償できる上限が $20,000 \text{ ps/nm}$ の場合である。プリコード値は、量子化されたとびとびの値であるため、補償できる分散量も階段状となる。例えば、プリコード値を X、Y、Z にセットした場合、それぞれ、 $9,900 \text{ ps/nm}$ 、 $10,100 \text{ ps/nm}$ 、 $10,000 \text{ ps/nm}$ の分散が補償できる。

【 0 0 2 9 】

図 6 は、この発明の実施の形態 1 に係る光ファイバ通信システムの最適化手段の分散量 50

の調整の様子（最適化手順）を示す図である。

【0030】

予め、制御プレーン100から、送信側の光通信ノードAに対して、光ファイバ伝送路11の分散量が $9,900\text{ ps/nm}$ と通知され、メモリ8aに記憶されているとする。実際の光ファイバ伝送路11の真の分散量が $10,000\text{ ps/nm}$ であるとする。

【0031】

電源投入時、プリコーダ4aは、予めメモリ8aに記憶された分散量を、変換テーブル7aで変換したプリコード値（図5のX）で動作を開始するが、予め与えられたプリコード値で補償できる分散量と実際の光ファイバ伝送路11が持つ分散量との誤差（ $10,000 - 9,900 = 100\text{ ps/nm}$ ）により、受信側の光通信ノードBの誤り訂正回路3bで大量のビット誤りが観測される。

10

【0032】

観測したビット誤り数は、ビット誤り訂正数として、光通信ノードBから光通信ノードAへの信号に乗せられて、再び光通信ノードAに通知される。最適化手段20aは、図6に示すように、誤り訂正回路3aを介して通知されたビット誤り訂正数が最小になるように分散量をX Y Zと掃引し、最適値Zつまり最適な分散量に調整する。変換テーブル7aは、最適化手段20aからの分散量をプリコード値に変換してプリコーダ4aに与える。プリコーダ4aは、電気/光変換器5aとともに、与えられたプリコード値に基づき光ファイバ伝送路11の分散と逆関数の畳み込みを行う。最適化手段20aは、調整された最適値Zに応じてメモリ8aに元々記憶されていた分散量を書き換えるとともに、真の分散量として制御プレーン100に通知される。

20

【0033】

ここで、分散量の最適方法として、受信側でのビット誤り訂正数が最小になる方法を示したが、本発明はそれに限るものではない。

【0034】

図4は、この発明の実施の形態1に係る光ファイバ通信システムの動作を示すフローチャートである。

【0035】

ステップ101において、制御プレーン100は、まず、LSP（Label Switch Path）毎のおおまかな分散量を各光通信ノードに通知する。

30

【0036】

ステップ201において、各光通信ノードは、制御プレーン100から通知された分散量をメモリ8に書き込んでおく。

【0037】

次に、ステップ202において、各光通信ノードの電源が投入される、あるいはカードが挿入されるなどした際に、光信号が導通しはじめるが、初期値として、メモリ8に記憶された分散量が使われる。

【0038】

その後、ステップ203～205において、受信側の光通信ノードで検出したビット誤り訂正数が最小になる最適化制御を行い、最適化された分散量を、そのLSPにおける真の分散量としてメモリ8の分散量を更新する。メモリ8の更新と同時に、制御プレーン100にその分散量を通知する。

40

【0039】

そして、ステップ102において、制御プレーン100は、全ての光通信ノードに更新後の分散量を通知する。

【0040】

実施の形態2

この発明の実施の形態2に係る光ファイバ通信システムについて図7を参照しながら説明する。図7は、この発明の実施の形態2に係る光ファイバ通信システムの構成を示す図である。

50

【0041】

図7において、光通信ノードA、Bは、それぞれ光学式の分散補償器（可変分散補償手段）10a、10bが新たに設けられ、その代わりにプリコーダ4a、4bが削除されている。それ以外の各部で、図1と同一番号のものは、同一機能である。

【0042】

つぎに、この実施の形態2に係る光ファイバ通信システムの動作について図面を参照しながら説明する。

【0043】

上記の実施の形態1では、分散補償の方式として、送信側のプリコーダ4を用いたが、この実施の形態2では、受信側の光学式の分散補償器10を用いるものである。光学式の分散補償器10は、グレーティングを用いたものや、エタロンを用いた方式が一般的である。

10

【0044】

光通信ノードAにおいて、入力信号は、誤り訂正回路3aでフレーム化と誤り訂正符号化されたのち、電気/光変換器5aで光信号に変換される。

【0045】

光ファイバ伝送路11を伝搬した光信号は、光通信ノードBにおいて、分散補償器10bで分散が補償される。ネットワーク全体を制御する制御プレーン100から、補償すべきおおまかな分散量が通知されている。通知された分散量は、メモリ8bに記憶される。メモリ8bに記憶した分散量が変換テーブル7bで分散補償器10bの設定値に変換され、分散補償器10bに与えられる。分散補償された光信号は、光/電気変換器6bで電気信号に変換され、誤り訂正回路3bでビット誤りが訂正されるとともに、デフレーム化され、出力信号となる。光通信ノードBから光通信ノードAへの信号の流れも上記と同様である。

20

【0046】

この実施の形態2においても、変換テーブル7bが用いられる。図5において、「プリコード値」としたものを「分散補償器の設定値」と読み替えれば、動作は同様である。ある分散補償器の設定値に対して、特定量の分散が補償可能となる。図5の例では、補償できる上限が20,000 ps/nmの場合である。分散補償器10の設定値は、量子化されたとびとびの値であるため、補償できる分散量も階段状となる。例えば、分散補償器10の設定値をX、Y、Zにセットした場合、それぞれ、9,900 ps/nm、10,100 ps/nm、10,000 ps/nmの分散が補償できる。

30

【0047】

図6は、前述したように最適化手段の分散量の調整の様子を図示したものである。予め、制御プレーン100から、受信側の光通信ノードBに対して、光ファイバ伝送路11の分散量が9,900 ps/nmと通知され、メモリ8bに記憶されているとする。実際の光ファイバ伝送路11の真の分散量が10,000 ps/nmであるとする。

【0048】

電源投入時、分散補償器10bは、予めメモリ8bに記憶された分散量を、変換テーブル7bで変換された設定値（図5のX）で動作を開始するが、予め与えられた設定値で補償できる分散量と実際の光ファイバ伝送路11が持つ分散量との誤差（10,000 - 9,900 = 100 ps/nm）により、受信側の誤り訂正回路3bで大量のビット誤りが観測される。

40

【0049】

観測したビット誤り数は、ビット誤り訂正数として、最適化手段20bにフィードバックされる。最適化手段20bは、図6に示すように、ビット誤り訂正数が最小になるように分散量をX Y Zと掃引し、最適値Zつまり最適な分散量に調整する。変換テーブル7bは、最適化手段20bからの分散量を設定値に変換して分散補償器10bに与える。分散補償器10bは、与えられた設定値に基づき光ファイバ伝送路11の分散を補償する。最適化手段20bは、調整された最適値Zに応じてメモリ8bに元々記憶されていた分

50

散量を書き換えるとともに、真の分散量として制御プレーン 100 に通知される。

【0050】

ここで、分散補償器 10 として、光学式の分散補償器 10 a、10 b の例を示したが、受信側で使用できる分散補償器であれば、光学式に限るものではなく、DFE (Decision Feedback Equalizer) や、MLSE (Maximum Likelihood Sequence Estimation) などの、電気式の適応等化器を用いても同様の効果が得られることは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図 1】この発明の実施の形態 1 に係る光ファイバ通信システムの構成を示す図である。

【図 2】この発明の実施の形態 1 に係る光ファイバ通信システムの制御プレーンと各光通信ノードの関係を示す図である。 10

【図 3】この発明の実施の形態 1 に係る光ファイバ通信システムのプリコーダ及び電気/光変換器の具体例を示す図である。

【図 4】この発明の実施の形態 1 に係る光ファイバ通信システムの動作を示すフローチャートである。

【図 5】この発明の実施の形態 1 に係る光ファイバ通信システムの補償可能な分散量とプリコード値 (設定値) との変換テーブルを示す図である。

【図 6】この発明の実施の形態 1 に係る光ファイバ通信システムの最適化手段の分散量の調整の様子 (最適化手順) を示す図である。

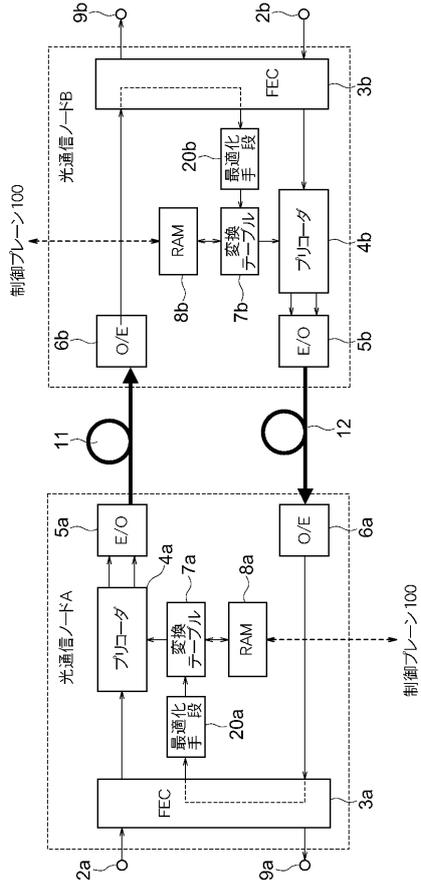
【図 7】この発明の実施の形態 2 に係る光ファイバ通信システムの構成を示す図である。 20

【符号の説明】

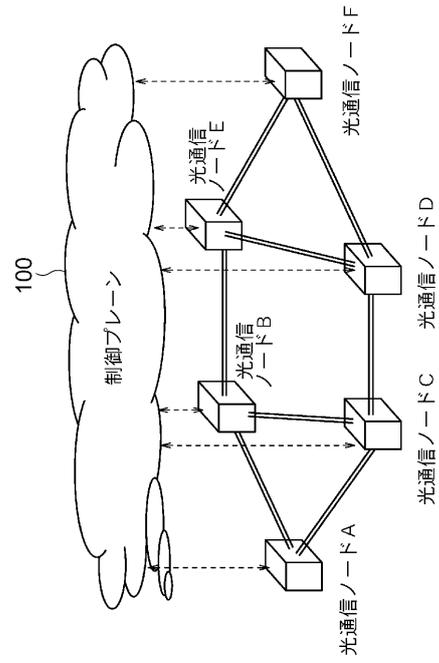
【0052】

2 a、2 b 入力端子、3 a、3 b 誤り訂正回路、4、4 a、4 b プリコーダ、5、5 a 電気/光変換器、6 b 光/電気変換器、7 a、7 b 変換テーブル、8、8 a、8 b メモリ、9 a、9 b 出力端子、10、10 a、10 b 分散補償器、11、12 光ファイバ伝送路、20 a、20 b 最適化手段、100 制御プレーン、A、B 光通信ノード。

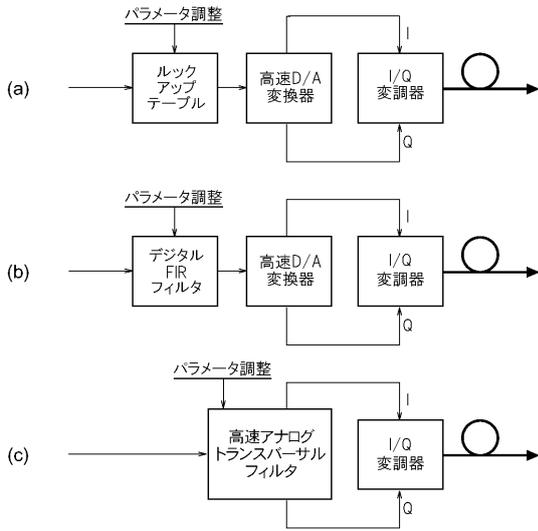
【図1】



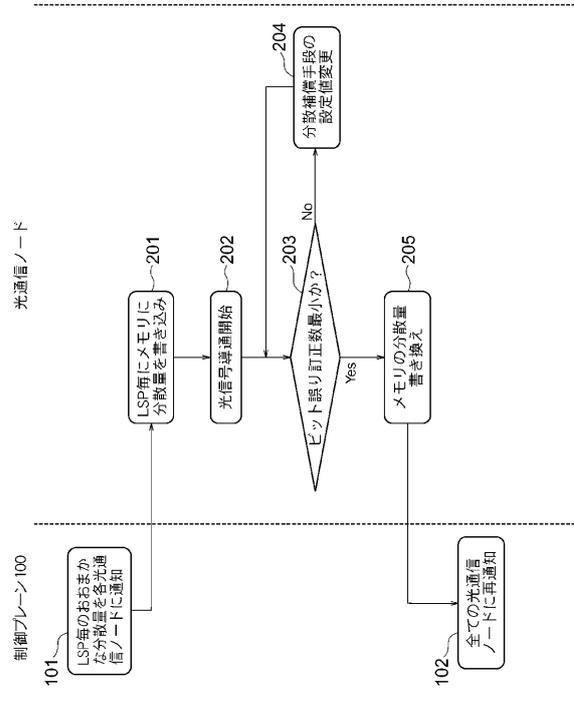
【図2】



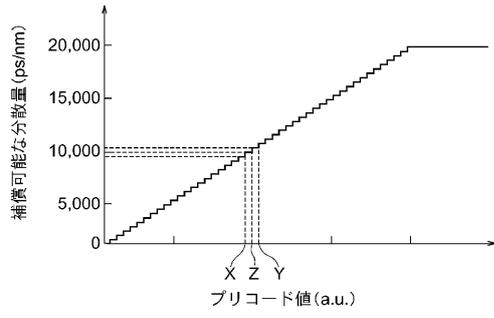
【図3】



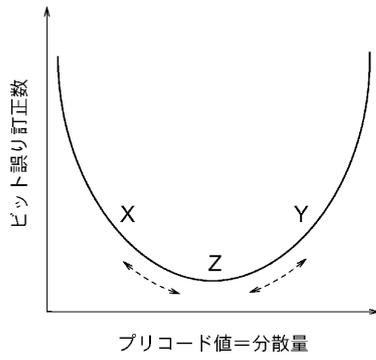
【図4】



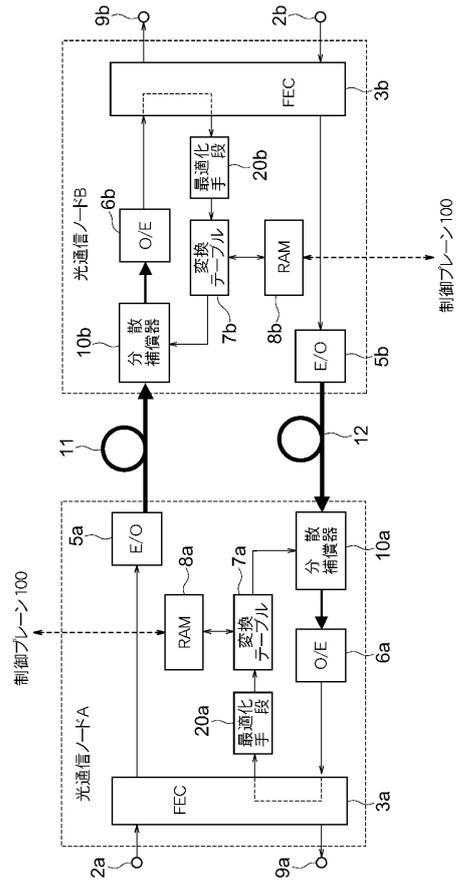
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (72)発明者 水落 隆司
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 杉原 隆嗣
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 清水 克宏
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- Fターム(参考) 5K014 AA01
5K102 AA01 AA69 AL10 KA02 KA33