(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2006-527571
(P2006-527571A)
(43)公表日　平成18年11月30日(2006.11.30)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H04B 10/02	(2006.01)	H04B	9/00	M	5K022
H04B 10/18	(2006.01)	H04B	9/00	L	5K102
H04B 10/04	(2006.01)	H04B	9/00	E	
H04B 10/06	(2006.01)	H04J	1/00		
H04B 10/142	(2006.01)				

審査請求 未請求　予備審査請求 未請求　（全 46 頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2006-516832 (P2006-516832)
(86)(22)出願日　平成16年6月4日 (2004.6.4)
(85)翻訳文提出日　平成16年11月16日 (2004.11.16)
(86)国際出願番号　PCT/JP2004/008143
(87)国際公開番号　WO2004/112293
(87)国際公開日　平成16年12月23日 (2004.12.23)
(31)優先権主張番号　特願2003-169068 (P2003-169068)
(32)優先日　平成15年6月13日 (2003.6.13)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

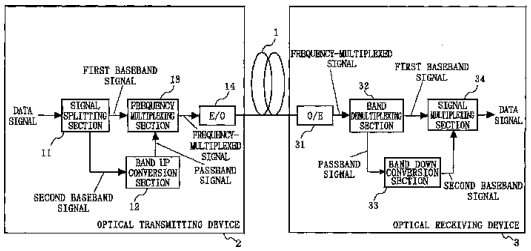
(71)出願人　000005821
松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真１００６番地
(74)代理人　100098291
弁理士　小笠原　史朗
(72)発明者　生島　剛
奈良県大和高田市幸町４－８－６１５
(72)発明者　布施　優
大阪府寝屋川市郡元町２－６－３０１

Fターム(参考)　5K022 AA12 AA22
5K102 AA01 AD04 AH06 AH24 AH31

最終頁に続く

(54)【発明の名称】帯域分割型光伝送システムおよび光伝送方法

(57)【要約】
本発明は、入力されるデータ信号を光信号に変換して光伝送路に送出する光送信装置（２）と、光伝送路を介して伝送された光信号を受信してデータ信号に変換する光受信装置（３）とを備える光伝送システムである。光送信装置（２）は、データ信号に含まれる情報を少なくとも二つに分割して、相異なる中心周波数および帯域を有する少なくとも二つの電気信号を生成するデータ信号分割部（１１，１２）と、データ信号分割部（１１，１２）によって生成された少なくとも二つの電気信号を周波数多重する周波数多重部（１３）と、周波数多重部（１３）によって生成された周波数多重信号を光信号に変換して光伝送路に送出する電気光変換部（１４）とを含む。光受信装置（３）は、光伝送路を介して伝送された光信号を周波数多重信号に変換する光電気変換部（３１）と、光電気変換部（３１）から出力される周波数多重信号を少なくとも二つの電気信号に分離する帯域分離部（３２）と、帯域分離部（３２）によって分離された少なくとも二つの電気信号に基づいて、データ信号を復元するデータ信号復元部（３３，３４）とを含む。データ信



【特許請求の範囲】
【請求項１】
入力されるデータ信号を光信号に変換して光伝送路に送出する光送信装置と、前記光伝送路を介して伝送された前記光信号を受信して前記データ信号に変換する光受信装置とを備える光伝送システムであって、
前記光送信装置は、
前記データ信号に含まれる情報を少なくとも二つに分割して、相異なる中心周波数および帯域を有する少なくとも二つの電気信号を生成するデータ信号分割部と、
前記データ信号分割部によって生成された前記少なくとも二つの電気信号を周波数多重する周波数多重部と、
前記周波数多重部によって生成された周波数多重信号を光信号に変換して前記光伝送路に送出する電気光変換部とを含み、
前記光受信装置は、
前記光伝送路を介して伝送された光信号を前記周波数多重信号に変換する光電気変換部と、
前記光電気変換部から出力される前記周波数多重信号を前記少なくとも二つの電気信号に分離する帯域分離部と、
前記帯域分離部によって分離された前記少なくとも二つの電気信号に基づいて、前記データ信号を復元するデータ信号復元部とを含み、
前記データ信号分割部は、前記光伝送路の周波数特性において信号レベルが極小とならない周波数帯域に、各前記電気信号が配置されるように、前記少なくとも二つの電気信号を生成することを特徴とする、帯域分割型光伝送システム。
【請求項２】
前記データ信号分割部は、
前記データ信号に含まれる情報を、前記光伝送路の周波数特性に応じた所定の分割比率に従って二分割し、第１および第２のベースバンド信号として出力する信号分離部と、
前記信号分離部から出力された前記第２のベースバンド信号を所定の周波数を中心とするパスバンド信号に変換する帯域変換部とを有し、
前記第１のベースバンド信号および前記パスバンド信号をそれぞれ前記電気信号として出力し、
前記周波数多重部は、前記第１のベースバンド信号と前記パスバンド信号とを周波数多重し、
前記帯域分離部は、前記周波数多重信号を、前記第１のベースバンド信号と前記パスバンド信号とに分離し、
前記データ信号復元部は、
前記帯域分離部によって分離された前記パスバンド信号を周波数変換して前記第２のベースバンド信号に変換する帯域逆変換部と、
前記帯域分離部によって分離された前記第１のベースバンド信号と、前記帯域逆変換部によって変換された前記第２のベースバンド信号とを多重して、前記データ信号を復元する信号多重部とを有する、請求項１に記載の帯域分割型光伝送システム。
【請求項３】
前記光伝送路は、信号レベルが極小となる第１および第２の周波数を持つ周波数特性を少なくとも有しており、
前記所定の分割比率は、前記第１の周波数までのベースバンド帯域の帯域幅と前記第１の周波数から前記第２の周波数までのパスバンド帯域の帯域幅との比に基づいて決められており、
前記所定の周波数は、前記パスバンド帯域内であることを特徴とする、請求項２に記載の帯域分割型光伝送システム。
【請求項４】
前記帯域変換部は、

前記所定の周波数の正弦波信号を発生する正弦波発振器と、
前記第２のベースバンド信号を、前記正弦波発振器から出力される正弦波信号とミキシングすることにより、当該正弦波信号の周波数を中心とした前記パスバンド信号に周波数変換するミキサと、
前記ミキサから出力される信号から前記パスバンド信号のみを抽出するバンドパスフィルタとを有する、請求項２に記載の帯域分割型光伝送システム。
【請求項５】
前記帯域分離部は、前記第１のベースバンド信号を分離するローパスフィルタと、前記パスバンド信号を分離するハイパスフィルタとから構成される、請求項２に記載の帯域分割型光伝送システム。
【請求項６】
前記帯域逆変換部は、
前記所定の周波数の正弦波信号を出力する正弦波発振器と、
前記パスバンド信号を、前記正弦波信号とミキシングすることによって、ベースバンド帯域に周波数変換するミキサと、
前記ミキサから出力される信号から前記第２のベースバンド信号のみを抽出するローパスフィルタとを有する、請求項２に記載の帯域分割型光伝送システム。
【請求項７】
前記光受信装置は、さらに、
前記帯域分離部によって分離される前記第１のベースバンド信号の誤り率を検出する第１の誤り検出部と、
前記帯域逆変換部から出力される第２のベースバンド信号の誤り率を検出する第２の誤り率を検出部と、
前記第１および第２のベースバンド信号の誤り率が所定値以下となるように、前記信号分離部における前記所定の分割比率と前記帯域変換部における前記所定の周波数とを制御する帯域制御部とを含む、請求項２に記載の帯域分割型光伝送システム。
【請求項８】
前記光送信装置は、さらに、
正弦波信号であるモニタ信号を、その周波数をスイープさせながら出力するモニタ信号源と、
前記周波数多重部から出力される周波数多重信号と、前記モニタ信号源から出力されるモニタ信号とを切り替えて、前記電気光変換部に入力するスイッチとを含み、
前記光受信装置は、さらに、
前記光電気変換部から出力される信号から前記モニタ信号を抽出し、スイープされた前記モニタ信号のレベルから前記光伝送路の周波数特性を検出する周波数特性検出部と、
前記周波数特性検出部で検出された前記光伝送路の周波数特性に基づいて、前記信号分離部における前記所定の分割比率と前記帯域変換部における前記所定の周波数とを制御する帯域制御部とを含む、請求項２に記載の帯域分割型光伝送システム。
【請求項９】
前記データ信号分割部は、
前記データ信号に含まれる情報を、前記光伝送路の周波数特性に応じた所定の分割比率に従って二分割し、第１および第２のベースバンド信号として出力する信号分離部と、
前記信号分離部から出力される第１のベースバンド信号を、前記光伝送路の周波数特性に応じて決められた所定の第１の多値数に従って多値変調して、第１の多値変調信号として出力する第１の多値変調部と、
前記信号分離部から出力される第２のベースバンド信号を、前記光伝送路の周波数特性に応じて決められた所定の第２の多値数に従って多値変調して、第２の多値変調信号として出力する第２の多値変調部と、
前記第２の多値変調部から出力された前記第２の多値変調信号を所定の周波数を中心としたパスバンド信号に変換する帯域変換部とを有し、

前記第１の多値変調信号および前記パスバンド信号を前記電気信号として出力し、
前記周波数多重部は、前記第１の多値変調信号と前記パスバンド信号とを周波数多重し、
前記帯域分離部は、前記周波数多重信号を、前記第１の多値変調信号と前記パスバンド信号とに分離し、
前記データ信号復元部は、
前記帯域分離部によって分離された前記第１の多値変調信号を復調し、前記第１のベースバンド信号を出力する第１の多値復調部と、
前記帯域分離部によって分離された前記パスバンド信号を周波数変換し、前記第２の多値変調信号を出力する帯域逆変換部と、
前記帯域逆変換部から出力される前記第２の多値変調信号を復調して前記第２のベースバンド信号に変換する第２の多値復調部と、
前記第１の多値復調部から出力された第１のベースバンド信号と、前記第２の多値復調部から出力された第２のベースバンド信号とを多重して、前記データ信号を復元する信号多重部とを有する、請求項１に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項１０】

前記所定の第１の多値数および前記所定の第２の多値数は、第１および第２のベースバンド信号に必要とされるデータレートと第１および第２のベースバンド信号に割り当てられた周波数帯域の比率とに応じて決定されることを特徴とする、請求項９に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項１１】

前記光受信装置は、さらに、
前記第１の多値復調部から出力される前記第１のベースバンド信号の誤り率を検出する第１の誤り検出部と、
前記第２の多値変調部から出力される前記第２のベースバンド信号の誤り率を検出する第２の誤り率検出部と、
前記第１および第２のベースバンド信号の誤り率が所定値以下となるように、前記信号分離部における前記所定の分割比率、前記帯域変換部における前記所定の周波数、前記第１の多値変調部における前記所定の第１の多値数、および前記第２の多値変調部における前記所定の第２の多値数を制御する帯域多値数制御部とを含む、請求項９に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項１２】

前記パスバンド信号は、片側波帯変調された信号であることを特徴とする、請求項２または９に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項１３】

前記データ信号分割部は、
前記データ信号に含まれる情報を、前記光伝送路の周波数特性に応じた所定の分割比率に従って二分割し、第１および第２のベースバンド信号として出力する信号分離部と、
前記信号分離部から出力される第１のベースバンド信号を、デュオバイナリ変調して、第１のデュオバイナリ信号として出力する第１のデュオバイナリ変調部と、
前記信号分離部から出力される第２のベースバンド信号を、デュオバイナリ変調して、第２のデュオバイナリ信号として出力する第２のデュオバイナリ変調部と、
第２のデュオバイナリ変調部から出力された前記第２のデュオバイナリ信号を所定の周波数を中心としたパスバンド信号に変換する帯域変換部とを有し、
前記第１のデュオバイナリ信号および前記パスバンド信号を前記電気信号として出力し、
前記周波数多重部は、前記第１のデュオバイナリ信号と前記パスバンド信号とを周波数多重し、
前記帯域分離部は、前記周波数多重信号を、前記第１のデュオバイナリ信号と前記パスバンド信号とに分離し、

前記データ信号復元部は、
前記帯域分離部によって分離された前記第１のデュオバイナリ信号を復調し、前記第１のベースバンド信号を出力する第１のデュオバイナリ復調部と、
前記帯域分離部によって分離された前記パスバンド信号を周波数変換し、前記第２のデュオバイナリ信号を出力する帯域逆変換部と、
前記帯域逆変換部から出力される前記第２のデュオバイナリ信号を復調して前記第２のベースバンド信号に変換する第２のデュオバイナリ復調部と、
前記第１のデュオバイナリ復調部から出力された第１のデュオバイナリ信号と、前記第２のデュオバイナリ復調部から出力された第２のデュオバイナリ信号とを多重して、前記データ信号を復元する信号多重部とを有する、請求項１に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項１４】
前記データ信号分割部は、
前記データ信号に含まれる情報を、前記光伝送路の周波数特性に応じた所定の分割比率に従ってＮ（Ｎは３以上）分割し、第１～第Ｎのベースバンド信号として出力する信号分離部と、
前記信号分離部から出力された前記第２～第Ｎのベースバンド信号をそれぞれ相異なる所定の周波数を中心とする第１～第Ｎ－１のパスバンド信号に変換する第１～第Ｎ－１の帯域変換部とを有し、
前記第１のベースバンド信号および前記第１～第Ｎ－１のパスバンド信号を前記電気信号として出力し、
前記周波数多重部は、前記第１のベースバンド信号、および前記第１～第Ｎ－１のパスバンド信号を周波数多重し、
前記帯域分離部は、前記周波数多重信号を、前記第１のベースバンド信号、および前記第１～第Ｎ－１のパスバンド信号に分離し、
前記データ信号復元部は、
前記帯域分離部によって分離された前記第１～第Ｎ－１のパスバンド信号をそれぞれ周波数変換して、前記第２～第Ｎのベースバンド信号に変換する第１～第Ｎ－１の帯域逆変換部と、
前記帯域分離部によって分離された前記第１のベースバンド信号と、各前記帯域逆変換部によって変換された前記第２～第Ｎのベースバンド信号とを多重して、前記データ信号を復元する信号多重部とを有する、請求項１に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項１５】
前記データ信号分割部は、
前記データ信号に含まれる情報を、前記光伝送路の周波数特性に応じた所定の分割比率に従ってＮ（Ｎは３以上）分割し、第１～第Ｎのベースバンド信号として出力する信号分離部と、
前記信号分離部から出力される第１～第Ｎのベースバンド信号を、前記光伝送路の周波数特性に応じて決められた所定の多値数に従ってそれぞれ多値変調して、第１～第Ｎの多値変調信号として出力する第１～第Ｎの多値変調部と、
前記第２～第Ｎの多値変調部から出力された前記第２～第Ｎの多値変調信号をそれぞれ相異なる所定の周波数を中心とする第１～第Ｎ－１のパスバンド信号に変換する第１～第Ｎ－１の帯域変換部とを有し、
前記第１の多値変調信号および前記第１～第Ｎ－１のパスバンド信号を前記電気信号として出力し、
前記周波数多重部は、前記第１の多値変調信号、および前記第１～第Ｎ－１のパスバンド信号を周波数多重し、
前記帯域分離部は、前記周波数多重信号を、前記第１の多値変調信号、および前記第１～第Ｎ－１のパスバンド信号に分離し、
前記データ信号復元部は、

前記帯域分離部によって分離された前記第１の多値変調信号を復調し、前記第１のベースバンド信号を出力する第１の多値復調部と、

前記帯域分離部によって分離された前記第１～第Ｎ－１のパスバンド信号を周波数変換し、それぞれ前記第２～第Ｎの多値変調信号を出力する第１～第Ｎ－１の帯域逆変換部と、

各前記帯域逆変換部から出力される前記第２～第Ｎの多値変調信号をそれぞれ復調して前記第２～第Ｎのベースバンド信号に変換する第２～第Ｎの多値復調部と、

前記第１の多値復調部から出力された第１のベースバンド信号と、前記第２～第Ｎの多値復調部から出力された第２～第Ｎのベースバンド信号とを多重して、前記データ信号を復元する信号多重部とを有する、請求項１に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項１６】

前記データ信号分割部は、

前記データ信号に含まれる情報を、前記光伝送路の周波数特性に応じた所定の分割比率に従ってＮ（Ｎは３以上）分割し、第１～第Ｎのベースバンド信号として出力する信号分離部と、

前記信号分離部から出力される第１～第Ｎのベースバンド信号を、デュオバイナリ変調して、第１～第Ｎのデュオバイナリ信号として出力する第１～第Ｎのデュオバイナリ変調部と、

第２～第Ｎのデュオバイナリ変調部から出力された前記第２～第Ｎのデュオバイナリ信号をそれぞれ所定の周波数を中心とした第１～第Ｎ－１のパスバンド信号に変換する第１～第Ｎ－１の帯域変換部とを有し、

前記第１のデュオバイナリ信号および前記第１～第Ｎ－１のパスバンド信号を前記電気信号として出力し、

前記周波数多重部は、前記第１のデュオバイナリ信号、および前記第１～第Ｎ－１のパスバンド信号を周波数多重し、

前記帯域分離部は、前記周波数多重信号を、前記第１のデュオバイナリ信号、および前記第１～第Ｎ－１のパスバンド信号に分離し、

前記データ信号復元部は、

前記帯域分離部によって分離された前記第１のデュオバイナリ信号を復調し、前記第１のベースバンド信号を出力する第１のデュオバイナリ復調部と、

前記帯域分離部によって分離された前記第１～第Ｎ－１のパスバンド信号をそれぞれ周波数変換し、前記第２～第Ｎのデュオバイナリ信号を出力する第１～第Ｎ－１の帯域逆変換部と、

各前記帯域逆変換部から出力される前記第２～第Ｎのデュオバイナリ信号をそれぞれ復調して前記第２～第Ｎのベースバンド信号に変換する第２のデュオバイナリ復調部と、

前記第１のデュオバイナリ復調部から出力された第１のベースバンド信号と、前記第２～第Ｎのデュオバイナリ復調部から出力された第２～第Ｎのベースバンド信号とを多重して、前記データ信号を復元する信号多重部とを有する、請求項１に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項１７】

前記データ信号分割部は、

前記データ信号に含まれる情報を、所定の分割比率に従ってＮ（Ｎは２以上）分割し、第１～第Ｎのベースバンド信号を出力する信号分離部と、

前記信号分離部から出力された前記第１～第Ｎのベースバンド信号に対応して設けられており、前記第１～第Ｎのベースバンド信号を所定の形式でそれぞれ変調し、第１～第Ｎの変調信号を出力する第１～第Ｎの変調部と、

前記第１～第Ｎの変調部が出力した第１～第Ｎの変調信号を、それぞれ相異なる所定の周波数を中心とする第１～第Ｎの電気信号に変換して出力する第１～第Ｎの帯域変換部とを有し、

前記周波数多重部は、前記第１～第Ｎの電気信号を周波数多重し、

前記帯域分離部は、前記周波数多重信号を前記第１～第Ｎの電気信号に分離し、
前記データ信号復元部は、
前記帯域分離部によって分離された前記第１～第Ｎの電気信号を周波数変換して、前記第１～第Ｎの変調信号に変換する第１～第Ｎの帯域逆変換部と、
前記第１～第Ｎの帯域変換部から出力される前記第１～第Ｎの変調信号をそれぞれ復調して、前記第１～第Ｎのベースバンド信号を出力する第１～第Ｎの復調部と、
前記第１～第Ｎの復調部が出力した第１～第Ｎのベースバンド信号を多重して、前記データ信号を復元する信号多重部とを有し、
前記光受信装置は、さらに、
前記第１～第Ｎの帯域逆変換部から出力される第１～第Ｎの変調信号のレベルをそれぞれ検出する第１～第Ｎのレベル検出部と、
前記第１～第Ｎのレベル検出部で検出された第１～第Ｎの変調信号のレベルに基づいて、前記第１～第Ｎの変調部のそれぞれにおいて用いられる変調形式を制御する変調制御部とを含む、請求項１に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項１８】

前記変調制御部は、前記第１～第Ｎのレベル検出部で検出される前記第１～第Ｎの変調信号のレベルが所定値以下となっている変調信号に対応する変調部に対して、変調信号の送出を停止させる、請求項１７に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項１９】

前記データ信号分割部は、
前記データ信号に含まれる情報を、所定の分割比率に従ってＮ（Ｎは２以上）分割し、第１～第Ｎのベースバンド信号を出力する信号分離部と、
前記信号分離部から出力された前記第１～第Ｎのベースバンド信号に対応して設けられており、前記第１～第Ｎのベースバンド信号を所定の形式でそれぞれ変調し、第１～第Ｎの変調信号を出力する第１～第Ｎの変調部と、
前記第１～第Ｎの変調部が出力した第１～第Ｎの変調信号を、それぞれ相異なる所定の周波数を中心とする第１～第Ｎの電気信号に変換して出力する第１～第Ｎの帯域変換部とを有し、
前記周波数多重部は、前記第１～第Ｎの電気信号を周波数多重し、
前記帯域分離部は、前記周波数多重信号を前記第１～第Ｎの電気信号に分離し、
前記データ信号復元部は、
前記帯域分離部によって分離された前記第１～第Ｎの電気信号を周波数変換して、前記第１～第Ｎの変調信号に変換する第１～第Ｎの帯域逆変換部と、
前記第１～第Ｎの帯域変換部から出力される前記第１～第Ｎの変調信号をそれぞれ復調して、前記第１～第Ｎのベースバンド信号を出力する第１～第Ｎの復調部と、
前記第１～第Ｎの復調部が出力した第１～第Ｎのベースバンド信号を多重して、前記データ信号を復元する信号多重部とを有し、
前記光受信装置は、さらに、
前記第１～第Ｎの復調部から出力される第１～第Ｎのベースバンド信号の誤り率を検出する第１～第Ｎの誤り検出部と、
前記第１～第Ｎの誤り検出部で検出された第１～第Ｎのベース信号の誤り率に基づいて、前記第１～第Ｎの変調部のそれぞれにおいて用いられる変調形式を制御する変調制御部とを含む、請求項１に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項２０】

前記変調制御部は、前記第１～第Ｎの誤り検出部で検出される前記第１～第Ｎのベースバンド信号の誤り率が所定値以下となっているベースバンド信号に対応する変調部に対して、変調信号の送出を停止させる、請求項１９に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項２１】

入力されるデータ信号を光信号に変換して光伝送路に送出する光送信装置であって、
前記データ信号に含まれる情報を少なくとも二つに分割して、相異なる中心周波数およ

び帯域を有する少なくとも二つの電気信号を生成するデータ信号分割部と、
前記データ信号分割部によって生成された前記少なくとも二つの電気信号を周波数多重する周波数多重部と、
前記周波数多重部によって生成された周波数多重信号を光信号に変換して前記光伝送路に送出する電気光変換部とを含み、
前記データ信号分割部は、前記光伝送路の周波数特性において信号レベルが極小とならない周波数帯域に、各前記電気信号が配置されるように、前記少なくとも二つの電気信号を生成することを特徴とする、光送信装置。
【請求項２２】
入力されるデータ信号を光信号に変換する光送信装置から光伝送路を介して伝送された前記光信号を受信して、前記データ信号に変換する光受信装置であって、
前記光送信装置は、前記光伝送路の周波数特性において信号レベルが極小とならない周波数帯域に配置されるように生成した少なくとも二つの電気信号の周波数多重信号を前記光信号に変換し、
前記光伝送路を介して伝送された前記光信号を前記周波数多重信号に変換する光電気変換部と、
前記光電気変換部から出力される前記周波数多重信号を前記少なくとも二つの電気信号に分離する帯域分離部と、
前記帯域分離部によって分離された前記少なくとも二つの電気信号に基づいて、前記データ信号を復元するデータ信号復元部とを含む、光受信装置。
【請求項２３】
入力されるデータ信号を光信号に変換して光伝送路に送出し、前記光伝送路を介して伝送された前記光信号を受信して前記データ信号に変換する方法であって、
前記データ信号に含まれる情報を少なくとも二つに分割して、相異なる中心周波数および帯域を有する少なくとも二つの電気信号を、前記光伝送路の周波数特性において信号レベルが極小とならない周波数帯域にそれぞれ配置されるように生成し、
生成された前記少なくとも二つの電気信号を周波数多重し、
前記周波数多重信号を光信号に変換して前記光伝送路に送出し、
前記光伝送路を介して伝送された光信号を前記周波数多重信号に変換し、
前記周波数多重信号を前記少なくとも二つの電気信号に分離し、
分離された前記少なくとも二つの電気信号に基づいて、前記データ信号を復元する、帯域分割型光伝送方法。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、光伝送システム、ならびにそれに用いられる光送信装置、光受信装置、および光伝送方法に関し、より特定的には、周波数帯域を分割して電気信号を多重化して、光信号に変換して伝送する帯域分割型光伝送システム、ならびにそれに用いられる光送信装置、光受信装置、および光伝送方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、ブロードバンドアクセスの普及により、メトロ網・アクセス網における大容量伝送の需要が高まっている。これに伴い、主に基幹網で用いられてきた１０Ｇｂｐｓ以上の高速光伝送や波長多重光伝送が、メトロ網・アクセス網においても導入されつつある。しかし、メトロ網・アクセス網は基幹網より低コスト化への要求が厳しいため、より経済的に高速伝送を実現できる構成が求められている。
【０００３】
１０Ｇｂｐｓ以上の高速光伝送においては、波長分散（Ｃｈｒｏｍａｔｉｃ Ｄｉｓｐｅｒｓｉｏｎ）による伝送波形劣化の影響が大きくなる。特に、光送信器を用いて電気信

号を波長１．５５μｍ帯の光信号に変換し、分散光ファイバで伝送し、伝送された光信号を光受信器を用いて電気信号に変換する場合、伝送波形劣化の影響は顕著となる。図１９Ａは、従来の光送信器の周波数特性を示す図である。図１９Ｂは、光送信器、光受信器、および光ファイバからなる従来の光伝送路の周波数特性を示す図である。図１９Ｃは、従来のベースバンド伝送で使用する信号帯域を示す図である。図１９Ａ～Ｃにおいて、横軸は、光送信器に入力される電気信号の周波数を示し、縦軸は当該電気信号の信号の大きさを示す。図１９Ａに示すように、光送信器は、図１９Ｃに示す信号帯域よりも広い帯域を持つ周波数特性を有する。しかし、波長１．５５μｍ帯の光信号を分散光ファイバで伝送すると、通常、波長分散による影響によって、図１９Ｂに示すように、周波数f_{m1}近傍およびf_{m2}近傍では、信号が伝送できなくなる。このように、伝送距離が長くなると、光信号のために確保できる帯域が信号帯域より狭くなる。したがって、光伝送路の帯域が信号帯域よりも広くなるような距離が、伝送可能な距離となる。したがって、従来の構成では、長距離伝送が困難であった。

【０００４】

そのため、波長分散を補償することにより、長距離伝送を可能とする方法が従来から多数開発されてきた。図２０は、特許第２７６０２３３号公報に開示されている従来の波長分散補償方法を用いた光通信装置の一例を示す図である。本方法では、光伝送路に用いられる光ファイバの波長分散と逆の特性の波長分散を有する分散補償ファイバを用いる。この光通信装置は、送信器７１と、分散補償ファイバ７２および７４と、光伝送路７３と、受信器７５とを備える。分散補償ファイバ７２および７４は、光伝送路７３の波長分散をキャンセルする波長分散特性を有するように設定されている。

【０００５】

図２０に示した例以外でも、分散補償ファイバの代わりにファイバグレーティングを用いるものなど、様々な分散補償方法が開発されている。これらの分散補償方法の特徴は、いずれも光伝送路と逆の波長分散特性を有する光デバイスを用いて、光伝送路の波長分散をキャンセルすることである。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

しかし、一般に波長分散に用いられる分散補償ファイバ等の光デバイスは高価であり、経済性の求められるメトロ網・アクセス網においては適用が難しい。

【０００７】

それゆえ、本発明の目的は、波長分散の影響が大きい光伝送路であっても、高価な波長分散補償用光デバイスを用いることなく、高速かつ長距離に光信号を高品質に伝送することができる帯域分割型光伝送システム、ならびにそれに用いられる光送信装置、光受信装置、および光伝送方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

上記課題を解決するために、本発明は、以下のような特徴を有する。本発明の第１の局面は、入力されるデータ信号を光信号に変換して光伝送路に送出する光送信装置と、光伝送路を介して伝送された光信号を受信してデータ信号に変換する光受信装置とを備える光伝送システムであって、光送信装置は、データ信号に含まれる情報を少なくとも二つに分割して、相異なる中心周波数および帯域を有する少なくとも二つの電気信号を生成するデータ信号分割部と、データ信号分割部によって生成された少なくとも二つの電気信号を周波数多重する周波数多重部と、周波数多重部によって生成された周波数多重信号を光信号に変換して光伝送路に送出する電気光変換部とを含み、光受信装置は、光伝送路を介して伝送された光信号を周波数多重信号に変換する光電気変換部と、光電気変換部から出力される周波数多重信号を少なくとも二つの電気信号に分離する帯域分離部と、帯域分離部によって分離された少なくとも二つの電気信号に基づいて、データ信号を復元するデータ信号復元部とを含み、データ信号分割部は、光伝送路の周波数特性において信号レベルが極

小とならない周波数帯域に、各電気信号が配置されるように、少なくとも二つの電気信号を生成することを特徴とする。

【０００９】

本発明の第１の局面によれば、波長分散等により伝送レートに相当する帯域内に周波数特性が極端に劣化する周波数が存在しても、その周波数を避けて信号の帯域が配置されることとなるので、波長分散補償用の光デバイスを用いることなく、光信号を光送信装置から光受信装置に高速かつ長距離に高品質に伝送することができる。

【００１０】

好ましくは、データ信号分割部は、データ信号に含まれる情報を、光伝送路の周波数特性に応じた所定の分割比率に従って二分割し、第１および第２のベースバンド信号として出力する信号分離部と、信号分離部から出力された第２のベースバンド信号を所定の周波数を中心とするパスバンド信号に変換する帯域変換部とを有し、第１のベースバンド信号およびパスバンド信号をそれぞれ電気信号として出力し、周波数多重部は、第１のベースバンド信号とパスバンド信号とを周波数多重し、帯域分離部は、周波数多重信号を、第１のベースバンド信号とパスバンド信号とに分離し、データ信号復元部は、帯域分離部によって分離されたパスバンド信号を周波数変換して第２のベースバンド信号に変換する帯域逆変換部と、帯域分離部によって分離された第１のベースバンド信号と、帯域逆変換部によって変換された第２のベースバンド信号とを多重して、データ信号を復元する信号多重部とを有するとよい。

【００１１】

好ましくは、光伝送路は、信号レベルが極小となる第１および第２の周波数を持つ周波数特性を少なくとも有しており、所定の分割比率は、第１の周波数までのベースバンド帯域の帯域幅と第１の周波数から第２の周波数までのパスバンド帯域の帯域幅との比に基づいて決められており、所定の周波数は、パスバンド帯域内であるとよい。

【００１２】

これにより、波長分散等によって、周波数特性が極端に劣化している周波数が少なくとも二点あるような場合でも、波長分散補償用の光デバイスを用いることなく、光信号を光送信装置から光受信装置に高速かつ長距離に高品質に伝送することができる。

【００１３】

たとえば、帯域変換部は、所定の周波数の正弦波信号を発生する正弦波発振器と、第２のベースバンド信号を、正弦波発振器から出力される正弦波信号とミキシングすることにより、当該正弦波信号の周波数を中心としたパスバンド信号に周波数変換するミキサと、ミキサから出力される信号からパスバンド信号のみを抽出するバンドパスフィルタとを有するとよい。

【００１４】

たとえば、帯域分離部は、第１のベースバンド信号を分離するローパスフィルタと、パスバンド信号を分離するハイパスフィルタとから構成されるとよい。

【００１５】

たとえば、帯域逆変換部は、所定の周波数の正弦波信号を出力する正弦波発振器と、パスバンド信号を、正弦波信号とミキシングすることによって、ベースバンド帯域に周波数変換するミキサと、ミキサから出力される信号から第２のベースバンド信号のみを抽出するローパスフィルタとを有するとよい。

【００１６】

好ましくは、光受信装置は、さらに、帯域分離部によって分離される第１のベースバンド信号の誤り率を検出する第１の誤り検出部と、帯域逆変換部から出力される第２のベースバンド信号の誤り率を検出する第２の誤り率を検出部と、第１および第２のベースバンド信号の誤り率が所定値以下となるように、信号分離部における所定の分割比率と帯域変換部における所定の周波数とを制御する帯域制御部とを含むとよい。

【００１７】

これにより、ベースバンド信号の誤り率を監視して使用する信号帯域を最適設定するこ

とができるので、様々な周波数特性を有する伝送路に適応可能、すなわち１種類の構成で様々な伝送距離やレーザの波長に対応することができる光伝送システムが提供されることとなる。

【００１８】

好ましくは、光送信装置は、さらに、正弦波信号であるモニタ信号を、その周波数をスイープさせながら出力するモニタ信号源と、周波数多重部から出力される周波数多重信号と、モニタ信号源から出力されるモニタ信号とを切り替えて、電気光変換部に入力するスイッチとを含み、光受信装置は、さらに、光電気変換部から出力される信号からモニタ信号を抽出し、スイープされるモニタ信号のレベルから光伝送路の周波数特性を検出する周波数特性検出部と、周波数特性検出部で検出された光伝送路の周波数特性に基づいて、信号分離部における所定の分割比率と帯域変換部における所定の周波数とを制御する帯域制御部とを含むとよい。

【００１９】

これにより、伝送路の周波数特性を検出し、それに基づき信号の周波数配置を設定することができるので、様々な周波数特性を有する伝送路に適応可能、すなわち１種類の構成で様々な伝送距離やレーザの波長に対応することができる光伝送システムが提供されることとなる。

【００２０】

好ましくは、データ信号分割部は、データ信号に含まれる情報を、光伝送路の周波数特性に応じた所定の分割比率に従って二分割し、第１および第２のベースバンド信号として出力する信号分離部と、信号分離部から出力される第１のベースバンド信号を、光伝送路の周波数特性に応じて決められた所定の第１の多値数に従って多値変調して、第１の多値変調信号として出力する第１の多値変調部と、信号分離部から出力される第２のベースバンド信号を、光伝送路の周波数特性に応じて決められた所定の第２の多値数に従って多値変調して、第２の多値変調信号として出力する第２の多値変調部と、第２の多値変調部から出力された第２の多値変調信号を所定の周波数を中心としたパスバンド信号に変換する帯域変換部とを有し、第１の多値変調信号およびパスバンド信号を電気信号として出力し、周波数多重部は、第１の多値変調信号とパスバンド信号とを周波数多重し、帯域分離部は、周波数多重信号を、第１の多値変調信号とパスバンド信号とに分離し、データ信号復元部は、帯域分離部によって分離された第１の多値変調信号を復調し、第１のベースバンド信号を出力する第１の多値復調部と、帯域分離部によって分離されたパスバンド信号を周波数変換し、第２の多値変調信号を出力する帯域逆変換部と、帯域逆変換部から出力される第２の多値変調信号を復調して第２のベースバンド信号に変換する第２の多値復調部と、第１の多値復調部から出力された第１のベースバンド信号と、第２の多値復調部から出力された第２のベースバンド信号とを多重して、データ信号を復元する信号多重部とを有するとよい。

【００２１】

これにより、同じ情報量をより狭い帯域で伝送することが可能となるので、伝送路の周波数特性の劣化が厳しく高周波領域が伝送に使用できない場合にもデータ信号を伝送することができる光伝送システムが提供されることとなる。

【００２２】

好ましくは、所定の第１の多値数および所定の第２の多値数は、第１および第２のベースバンド信号に必要とされるデータレートと第１および第２のベースバンド信号に割り当てられた周波数帯域の比率とに応じて決定されることを特徴とする。

【００２３】

これにより、伝送路の周波数特性の劣化が厳しい場合にも対処できる。

【００２４】

好ましくは、光受信装置は、さらに、第１の多値復調部から出力される第１のベースバンド信号の誤り率を検出する第１の誤り検出部と、第２の多値変調部から出力される第２のベースバンド信号の誤り率を検出する第２の誤り率検出部と、第１および第２のベース

バンド信号の誤り率が所定値以下となるように、信号分離部における所定の分割比率、帯域変換部における所定の周波数、第１の多値変調部における所定の第１の多値数、および第２の多値変調部における所定の第２の多値数を制御する帯域多値数制御部とを含むとよい。

【００２５】

これにより、ベースバンド信号の誤り率を監視して使用する信号帯域を最適設定することができるので、様々な周波数特性を有する伝送路に適応可能、すなわち１種類の構成で様々な伝送距離やレーザの波長に対応することができる光伝送システムが提供されることとなる。

【００２６】

たとえば、パスバンド信号は、片側波帯変調された信号であるとよい。

【００２７】

これにより、より狭い帯域幅で伝送が可能となり、伝送路の周波数特性の劣化が厳しい場合にも対処できる。

【００２８】

好ましくは、データ信号分割部は、データ信号に含まれる情報を、光伝送路の周波数特性に応じた所定の分割比率に従って二分割し、第１および第２のベースバンド信号として出力する信号分離部と、信号分離部から出力される第１のベースバンド信号を、デュオバイナリ変調して、第１のデュオバイナリ信号として出力する第１のデュオバイナリ変調部と、信号分離部から出力される第２のベースバンド信号を、デュオバイナリ変調して、第２のデュオバイナリ信号として出力する第２のデュオバイナリ変調部と、第２のデュオバイナリ変調部から出力された第２のデュオバイナリ信号を所定の周波数を中心としたパスバンド信号に変換する帯域変換部とを有し、第１のデュオバイナリ信号およびパスバンド信号を電気信号として出力し、周波数多重部は、第１のデュオバイナリ信号とパスバンド信号とを周波数多重し、帯域分離部は、周波数多重信号を、第１のデュオバイナリ信号とパスバンド信号とに分離し、データ信号復元部は、帯域分離部によって分離された第１のデュオバイナリ信号を復調し、第１のベースバンド信号を出力する第１のデュオバイナリ復調部と、帯域分離部によって分離されたパスバンド信号を周波数変換し、第２のデュオバイナリ信号を出力する帯域逆変換部と、帯域逆変換部から出力される第２のデュオバイナリ信号を復調して第２のベースバンド信号に変換する第２のデュオバイナリ復調部と、第１のデュオバイナリ復調部から出力された第１のデュオバイナリ信号と、第２のデュオバイナリ復調部から出力された第２のデュオバイナリ信号とを多重して、データ信号を復元する信号多重部とを有するとよい。

【００２９】

これにより、より狭い帯域幅で伝送が可能となり、伝送路の周波数特性の劣化が厳しい場合にも対処できる。

【００３０】

好ましくは、データ信号分割部は、データ信号に含まれる情報を、光伝送路の周波数特性に応じた所定の分割比率に従ってＮ（Ｎは３以上）分割し、第１～第Ｎのベースバンド信号として出力する信号分離部と、信号分離部から出力された第２～第Ｎのベースバンド信号をそれぞれ相異なる所定の周波数を中心とする第１～第Ｎ－１のパスバンド信号に変換する第１～第Ｎ－１の帯域変換部とを有し、第１のベースバンド信号および第１～第Ｎ－１のパスバンド信号を電気信号として出力し、周波数多重部は、第１のベースバンド信号、および第１～第Ｎ－１のパスバンド信号を周波数多重し、帯域分離部は、周波数多重信号を、第１のベースバンド信号、および第１～第Ｎ－１のパスバンド信号に分離し、データ信号復元部は、帯域分離部によって分離された第１～第Ｎ－１のパスバンド信号をそれぞれ周波数変換して、第２～第Ｎのベースバンド信号に変換する第１～第Ｎ－１の帯域逆変換部と、帯域分離部によって分離された第１のベースバンド信号と、各帯域逆変換部によって変換された第２～第Ｎのベースバンド信号とを多重して、データ信号を復元する信号多重部とを有するとよい。

【００３１】
これにより、伝送可能な帯域に電気信号が含まれるように多重することができるので、波長分散による周波数特性の劣化が顕著な場合であっても、伝送が可能な光伝送システムが提供されることとなる。
【００３２】
好ましくは、データ信号分割部は、データ信号に含まれる情報を、光伝送路の周波数特性に応じた所定の分割比率に従ってＮ（Ｎは３以上）分割し、第１～第Ｎのベースバンド信号として出力する信号分離部と、信号分離部から出力される第１～第Ｎのベースバンド信号を、光伝送路の周波数特性に応じて決められた所定の多値数に従ってそれぞれ多値変調して、第１～第Ｎの多値変調信号として出力する第１～第Ｎの多値変調部と、第２～第Ｎの多値変調部から出力された第２～第Ｎの多値変調信号をそれぞれ相異なる所定の周波数を中心とする第１～第Ｎ－１のパスバンド信号に変換する第１～第Ｎ－１の帯域変換部とを有し、第１の多値変調信号および第１～第Ｎ－１のパスバンド信号を電気信号として出力し、周波数多重部は、第１の多値変調信号、および第１～第Ｎ－１のパスバンド信号を周波数多重し、帯域分離部は、周波数多重信号を、第１の多値変調信号、および第１～第Ｎ－１のパスバンド信号に分離し、データ信号復元部は、帯域分離部によって分離された第１の多値変調信号を復調し、第１のベースバンド信号を出力する第１の多値復調部と、帯域分離部によって分離された第１～第Ｎ－１のパスバンド信号を周波数変換し、それぞれ第２～第Ｎの多値変調信号を出力する第１～第Ｎ－１の帯域逆変換部と、各帯域逆変換部から出力される第２～第Ｎの多値変調信号をそれぞれ復調して第２～第Ｎのベースバンド信号に変換する第２～第Ｎの多値復調部と、第１の多値復調部から出力された第１のベースバンド信号と、第２～第Ｎの多値復調部から出力された第２～第Ｎのベースバンド信号とを多重して、データ信号を復元する信号多重部とを有するとよい。
【００３３】
これにより、伝送可能な帯域に電気信号が含まれるように多重することができるので、波長分散による周波数特性の劣化が顕著な場合であっても、伝送が可能な光伝送システムが提供されることとなる。また、同じ情報量をより狭い帯域で伝送することが可能となるので、伝送路の周波数特性の劣化が厳しく高周波領域が伝送に使用できない場合にもデータ信号を伝送することができる光伝送システムが提供されることとなる。
【００３４】
好ましくは、データ信号分割部は、データ信号に含まれる情報を、光伝送路の周波数特性に応じた所定の分割比率に従ってＮ（Ｎは３以上）分割し、第１～第Ｎのベースバンド信号として出力する信号分離部と、信号分離部から出力される第１～第Ｎのベースバンド信号を、デュオバイナリ変調して、第１～第Ｎのデュオバイナリ信号として出力する第１～第Ｎのデュオバイナリ変調部と、第２～第Ｎのデュオバイナリ変調部から出力された第２～第Ｎのデュオバイナリ信号をそれぞれ所定の周波数を中心とした第１～第Ｎ－１のパスバンド信号に変換する第１～第Ｎ－１の帯域変換部とを有し、第１のデュオバイナリ信号および第１～第Ｎ－１のパスバンド信号を電気信号として出力し、周波数多重部は、第１のデュオバイナリ信号、および第１～第Ｎ－１のパスバンド信号を周波数多重し、帯域分離部は、周波数多重信号を、第１のデュオバイナリ信号、および第１～第Ｎ－１のパスバンド信号に分離し、データ信号復元部は、帯域分離部によって分離された第１のデュオバイナリ信号を復調し、第１のベースバンド信号を出力する第１のデュオバイナリ復調部と、帯域分離部によって分離された第１～第Ｎ－１のパスバンド信号をそれぞれ周波数変換し、第２～第Ｎのデュオバイナリ信号を出力する第１～第Ｎ－１の帯域逆変換部と、各帯域逆変換部から出力される第２～第Ｎのデュオバイナリ信号をそれぞれ復調して第２～第Ｎのベースバンド信号に変換する第２のデュオバイナリ復調部と、第１のデュオバイナリ復調部から出力された第１のベースバンド信号と、第２～第Ｎのデュオバイナリ復調部から出力された第２～第Ｎのベースバンド信号とを多重して、データ信号を復元する信号多重部とを有するとよい。
【００３５】

これにより、伝送可能な帯域に電気信号が含まれるように多重することができるので、波長分散による周波数特性の劣化が顕著な場合であっても、伝送が可能な光伝送システムが提供されることとなる。また、同じ情報量をより狭い帯域で伝送することが可能となるので、伝送路の周波数特性の劣化が厳しく高周波領域が伝送に使用できない場合にもデータ信号を伝送することができる光伝送システムが提供されることとなる。

【００３６】

好ましくは、データ信号分割部は、データ信号に含まれる情報を、所定の分割比率に従ってＮ（Ｎは２以上）分割し、第１～第Ｎのベースバンド信号を出力する信号分離部と、信号分離部から出力された第１～第Ｎのベースバンド信号に対応して設けられており、第１～第Ｎのベースバンド信号を所定の形式でそれぞれ変調し、第１～第Ｎの変調信号を出力する第１～第Ｎの変調部と、第１～第Ｎの変調部が出力した第１～第Ｎの変調信号を、それぞれ相異なる所定の周波数を中心とする第１～第Ｎの電気信号に変換して出力する第１～第Ｎの帯域変換部とを有し、周波数多重部は、第１～第Ｎの電気信号を周波数多重し、帯域分離部は、周波数多重信号を第１～第Ｎの電気信号に分離し、データ信号復元部は、帯域分離部によって分離された第１～第Ｎの電気信号を周波数変換して、第１～第Ｎの変調信号に変換する第１～第Ｎの帯域逆変換部と、第１～第Ｎの帯域変換部から出力される第１～第Ｎの変調信号をそれぞれ復調して、第１～第Ｎのベースバンド信号を出力する第１～第Ｎの復調部と、第１～第Ｎの復調部が出力した第１～第Ｎのベースバンド信号を多重して、データ信号を復元する信号多重部とを有し、光受信装置は、さらに、第１～第Ｎの帯域逆変換部から出力される第１～第Ｎの変調信号のレベルをそれぞれ検出する第１～第Ｎのレベル検出部と、第１～第Ｎのレベル検出部で検出された第１～第Ｎの変調信号のレベルに基づいて、第１～第Ｎの変調部のそれぞれにおいて用いられる変調形式を制御する変調制御部とを含むとよい。

【００３７】

これにより、伝送レートに相当する帯域内において、波長分散等により周波数特性が極端に劣化する周波数が存在しても、分割された各帯域内の周波数特性に応じて変調形式を変えて伝送するため、伝送が可能となる。したがって、波長分散補償用の光デバイスを用いることなく、伝送距離を拡大することができる。

【００３８】

好ましくは、変調制御部は、第１～第Ｎのレベル検出部で検出される第１～第Ｎの変調信号のレベルが所定値以下となっている変調信号に対応する変調部に対して、変調信号の送出を停止させるとよい。

【００３９】

これにより、周波数特性の顕著な劣化により伝送が不可能となる周波数帯域を避けて伝送を行うことができる。

【００４０】

好ましくは、データ信号分割部は、データ信号に含まれる情報を、所定の分割比率に従ってＮ（Ｎは２以上）分割し、第１～第Ｎのベースバンド信号を出力する信号分離部と、信号分離部から出力された第１～第Ｎのベースバンド信号に対応して設けられており、第１～第Ｎのベースバンド信号を所定の形式でそれぞれ変調し、第１～第Ｎの変調信号を出力する第１～第Ｎの変調部と、第１～第Ｎの変調部が出力した第１～第Ｎの変調信号を、それぞれ相異なる所定の周波数を中心とする第１～第Ｎの電気信号に変換して出力する第１～第Ｎの帯域変換部とを有し、周波数多重部は、第１～第Ｎの電気信号を周波数多重し、帯域分離部は、周波数多重信号を第１～第Ｎの電気信号に分離し、データ信号復元部は、帯域分離部によって分離された第１～第Ｎの電気信号を周波数変換して、第１～第Ｎの変調信号に変換する第１～第Ｎの帯域逆変換部と、第１～第Ｎの帯域変換部から出力される第１～第Ｎの変調信号をそれぞれ復調して、第１～第Ｎのベースバンド信号を出力する第１～第Ｎの復調部と、第１～第Ｎの復調部が出力した第１～第Ｎのベースバンド信号を多重して、データ信号を復元する信号多重部とを有し、光受信装置は、さらに、第１～第Ｎの復調部から出力される第１～第Ｎのベースバンド信号の誤り率を検出する第１～第Ｎ

の誤り検出部と、第１～第Ｎの誤り検出部で検出された第１～第Ｎのベース信号の誤り率に基づいて、第１～第Ｎの変調部のそれぞれにおいて用いられる変調形式を制御する変調制御部とを含むとよい。

【００４１】

これにより、伝送レートに相当する帯域内において、波長分散等により周波数特性が極端に劣化する周波数が存在しても、分割された各帯域内の周波数特性に応じて変調形式を変えて伝送するため、伝送が可能となる。したがって、波長分散補償用の光デバイスを用いることなく、伝送距離を拡大することができる。

【００４２】

好ましくは、変調制御部は、第１～第Ｎの誤り検出部で検出される第１～第Ｎのベースバンド信号の誤り率が所定値以下となっているベースバンド信号に対応する変調部に対して、変調信号の送出を停止させるとよい。

【００４３】

これにより、周波数特性の顕著な劣化により伝送が不可能となる周波数帯域を避けて伝送を行うことができる。

【００４４】

本発明の第２の局面は、入力されるデータ信号を光信号に変換して光伝送路に送出する光送信装置であって、データ信号に含まれる情報を少なくとも二つに分割して、相異なる中心周波数および帯域を有する少なくとも二つの電気信号を生成するデータ信号分割部と、データ信号分割部によって生成された少なくとも二つの電気信号を周波数多重する周波数多重部と、周波数多重部によって生成された周波数多重信号を光信号に変換して光伝送路に送出する電気光変換部とを含み、データ信号分割部は、光伝送路の周波数特性において信号レベルが極小とならない周波数帯域に、各電気信号が配置されるように、少なくとも二つの電気信号を生成することを特徴とする。

【００４５】

本発明の第３の局面は、入力されるデータ信号を光信号に変換する光送信装置から光伝送路を介して伝送された光信号を受信して、データ信号に変換する光受信装置であって、光送信装置は、光伝送路の周波数特性において信号レベルが極小とならない周波数帯域に配置されるように生成した少なくとも二つの電気信号の周波数多重信号を光信号に変換し、光伝送路を介して伝送された光信号を周波数多重信号に変換する光電気変換部と、光電気変換部から出力される周波数多重信号を少なくとも二つの電気信号に分離する帯域分離部と、帯域分離部によって分離された少なくとも二つの電気信号に基づいて、データ信号を復元するデータ信号復元部とを含む。

【００４６】

本発明の第４の局面は、入力されるデータ信号を光信号に変換して光伝送路に送出し、光伝送路を介して伝送された光信号を受信してデータ信号に変換する方法であって、データ信号に含まれる情報を少なくとも二つに分割して、相異なる中心周波数および帯域を有する少なくとも二つの電気信号を、光伝送路の周波数特性において信号レベルが極小とならない周波数帯域にそれぞれ配置されるように生成し、生成された少なくとも二つの電気信号を周波数多重し、周波数多重信号を光信号に変換して光伝送路に送出し、光伝送路を介して伝送された光信号を周波数多重信号に変換し、周波数多重信号を少なくとも二つの電気信号に分離し、分離された少なくとも二つの電気信号に基づいて、データ信号を復元する。

【発明を実施するための最良の形態】

【００４７】

以下では、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【００４８】

（第１の実施形態）

図１は、本発明の第１の実施形態に係る帯域分割型光伝送システムの構成を示すブロック図である。図１において、帯域分割型光伝送システムは、信号分離部１１と、帯域変換

部１２と、周波数多重部１３と、電気光変換部１４と、光ファイバ１と、光電気変換部３１と、帯域分離部３２と、帯域逆変換部３３と、信号多重部３４とを備える。信号分離部１１、帯域変換部１２、周波数多重部１３、および電気光変換部１４によって、光送信装置２が構成される。光電気変換部３１、帯域分離部３２、帯域逆変換部３３、および信号多重部３４によって、光受信装置３が構成される。

【００４９】

次に、第１の実施形態の各部の機能について、図１を参照しながら説明する。

【００５０】

信号分離部１１は、光伝送路の周波数特性に応じて予め定められた所定の分割比率に基づいて、入力されたデータ信号に含まれる情報を二分割して、第１のベースバンド信号および第２のベースバンド信号を出力する。帯域変換部１２は、第２のベースバンド信号を所定の周波数が中心となるように周波数変換して、パスバンド信号を出力する。第１のベースバンド信号とパスバンド信号とは、相異なる中心周波数および帯域を有する電気信号である。この二つの電気信号は、光伝送路の周波数特性において、信号レベルが極小とならない周波数帯域に配置されている。周波数多重部１３は、第１のベースバンド信号とパスバンド信号とを周波数多重して、周波数多重信号を出力する。電気光変換部１４は、周波数多重部１３から出力された周波数多重信号を光信号に変換し、光ファイバ１に送出する。

【００５１】

光電気変換部３１は、光ファイバ１を介して伝送されてきた光信号を電気信号である周波数多重信号に変換する。帯域分離部３２は、周波数多重信号を第１のベースバンド信号とパスバンド信号とに分離する。帯域逆変換部３３は、パスバンド信号を周波数変換し、第２のベースバンド信号を出力する。信号多重部３４は、第１のベースバンド信号と第２のベースバンド信号とを多重し、データ信号を復元する。

【００５２】

以下、図２Ａ～Ｅを参照しながら、第１の実施形態に係る帯域分割型光伝送システムにおける信号の周波数配置について説明する。図２Ａ～Ｅにおいて、横軸は、光送信器に入力される電気信号の周波数を示し、縦軸は当該電気信号の信号の大きさを示す。

【００５３】

図２Ａは、電気光変換部１４の周波数特性を示す図である。図２Ａに示すように、電気光変換部１４は、伝送するデータ信号より充分広い帯域を有するものとする。

【００５４】

図２Ｂは、光ファイバ１、電気光変換部１４、および光電気変換部３１から構成される光伝送路の周波数特性を示す図である。従来の技術の説明でも述べたように、波長分散の影響を受けると光伝送路の周波数特性は劣化し、図２Ｂに示すように周波数特性が極小となる周波数f_{m1}，f_{m2}が現れる。周波数ｆにおける光伝送路の周波数特性Ｇ（ｆ）は、数式１で与えられる。

【数１】

$$G(f)=G_{Tx}(f)\cdot G_{Rx}(f)\cdot L\cdot\frac{\cos\left[\frac{\pi\lambda^2 Dzf^2}{c}\right]}{\cos[\arctan(\alpha)]} \quad \cdots\text{（数式１）}$$

【００５５】

ここで、G_{Tx}（ｆ）は電気光変換部１４の周波数特性、G_{Rx}（ｆ）は光電気変換部３１の周波数特性、Ｌはファイバの損失、λは光波長、Ｄは光ファイバの波長分散、ｚは伝送距離、ｃは光速、αは電気光変換部１４として用いられる直接変調レーザまたは外部変調器のαパラメータである。数式１より、ｋ番目の極小点の周波数f_{mk}は数式２で与えられる。

【数２】

$$f_{mk} = \frac{c}{2\lambda^2 Dz}\left[1 + 2k - \frac{2}{\pi}\arctan(\alpha)\right] \quad \cdots (数式２)$$

【００５６】

図２Ｃは、入力されるデータ信号が使用する信号帯域を示す図である。図２Ｃに示すように、１番目の極小点周波数f_{m1}が伝送レートＢより小さい、すなわち１番目の極小点周波数f_{m1}がデータ信号の信号帯域内に含まれる場合、従来のように、入力されるデータ信号をそのまま電気／光変換したのでは、極小点と同じ周波数成分が劣化することとなる。そこで、第１の実施形態では、光伝送路の周波数特性の極小値を避けて配置されるように、入力されるデータ信号の信号帯域を分割して、周波数変換した上で、多重化する。これによって、波長分散による劣化の影響を避けることができ、伝送が可能となる。

【００５７】

図２Ｄは、周波数多重信号が使用する信号帯域を示す図である。図２Ｄに示すように、第１のベースバンド信号は、１番目の極小点の周波数f_{m1}より小さく、かつ周波数特性のレベルが充分確保できるように周波数f_{m1}から所定帯域だけ離れた周波数帯域に割り当てられる。また、パスバンド信号は、１番目の極小点の周波数f_{m1}より大きく、２番目の極小点の周波数f_{m2}より小さく、かつ周波数特性のレベルが充分確保できるように周波数f_{m1}，f_{m2}から所定帯域だけ離れた周波数帯域に割り当てられる。したがって、信号分離部における所定の分割比率は、第１の周波数f_{m1}までのベースバンド帯域の帯域幅と第１の周波数f_{m1}から第２の周波数f_{m2}までのパスバンド帯域の帯域幅との比に基づいて決められている。

【００５８】

図２Ｅは、第２のベースバンド信号の帯域を示す図である。第１のベースバンド信号の伝送レートをB_1とし、第２のベースバンド信号の伝送レートB_2とすると、数式３の関係を満たすように、信号分離部１１は、データ信号を分離する。ここで、伝送レートB_1，B_2は、光伝送路の周波数特性（図２Ｂ参照）に応じて、予め決められているとする。

【数３】

$$B_1 + B_2 = B \quad \cdots (数式３)$$

【００５９】

帯域変換部１２は、第２のベースバンド信号を周波数変換してパスバンド信号を出力する際、パスバンド信号の周波数帯域を光伝送路の周波数特性の１番目の極小点周波数f_{m1}と２番目の極小点周波数f_{m2}との間に設定する。すなわち、パスバンド信号の中心周波数をf_0とすると、帯域変換部１２は、パスバンド信号の周波数帯域の上限を$f_0 + B_2$とし、下限を$f_0 - B_2$とするように、第２のベースバンド信号をパスバンド信号に変換する。ここで、帯域変換部１２は、$f_0 + B_2$をf_{m2}より小さく、$f_0 - B_2$をf_{m1}より大きく設定する。また、f_{m1}と$f_0 - B_2$とは、周波数特性のレベルが充分確保できるように離れている。同じく、また、f_{m2}と$f_0 + B_2$とは、周波数特性のレベルが充分確保できるように離れている。

【００６０】

以下、図２Ｃ～Ｅを参照しながら、第１の実施形態に係る帯域分割型光伝送システムの動作について説明する。入力されるデータ信号（図２Ｃ参照）は、信号分離部１１によって、伝送レートがB_1の第１のベースバンド信号と、伝送レートがB_2の第２のベースバンド信号（図２Ｅ参照）とに分割される。第２のベースバンド信号は、中心周波数がf_0となるように帯域変換部１２によって、アップコンバートされ、パスバンド信号に変換される。第１のベースバンド信号とパスバンド信号とは、周波数多重部１３によって周波数多重され、周波数多重信号（図２Ｄ参照）として、出力される。周波数多重部１３から出力される周波数多重信号は、電気光変換部１４で光信号に変換され、光ファイバ１に送出される。

【００６１】
光ファイバ１を伝送してきた光信号は、光電気変換部３１によって周波数多重信号（図２Ｄ参照）に変換される。周波数多重信号は、帯域分離部３２によって、第１のベースバンド信号とパスバンド信号とに分離される。帯域分離部３２で分離されたパスバンド信号は、帯域逆変換部３３でダウンコンバートされて、第２のベースバンド信号（図２Ｅ参照）に変換される。そして、第１のベースバンド信号と第２のベースバンド信号とは、信号多重部３４で多重化されて、データ信号として出力される。
【００６２】
図３は、信号分離部１１の構成を示すブロック図である。信号分離部１１は、第１のシリアル／パラレル変換部１１１と、第１のパラレル／シリアル変換部１１２と、第２のパラレル／シリアル変換部１１３とを含む。
【００６３】
第１のシリアル・パラレル変換部１１１は、データ信号をパラレルデータに変換して出力する。第１のパラレル／シリアル変換部１１２は、第１のシリアル／パラレル変換部１１１から出力されるパラレルデータの内、B_1／Ｂ分のパラレルデータをシリアルデータに変換して、第１のベースバンド信号として出力する。第２のパラレル／シリアル変換部１１３は、第１のシリアル／パラレル変換部１１１から出力されるパラレルデータの内、B_2／Ｂ分のパラレルデータをシリアルデータに変換して、第２のベースバンド信号として出力する。このパラレルデータの分割比率B_1／Ｂ，B_2／Ｂは、上述のように、光伝送路の周波数特性（図２Ｂ参照）に応じて予め決められている伝送レートB_1，B_2および数式３に基づいて、予め決められているとする。
【００６４】
図４は、信号多重部３４の構成を示すブロック図である。信号多重部３４は、第２のシリアル／パラレル変換部３４１と、第３のシリアル／パラレル変換部３４２と、第３のパラレル／シリアル変換部３４３とを含む。
【００６５】
第２のシリアル／パラレル変換部３４１は、シリアルデータである第１のベースバンド信号をパラレルデータに変換して出力する。第３のシリアル／パラレル変換部３４２は、シリアルデータである第２のベースバンド信号をパラレルデータに変換して出力する。第３のパラレル／シリアル変換部３４３は、第２のシリアル／パラレル変換部３４１から出力されるパラレルデータおよび第３のシリアル／パラレル変換部３４２から出力されるパラレルデータを多重して、シリアルデータに変換して、データ信号を出力する。
【００６６】
図５は、帯域変換部１２の構成を示すブロック図である。図５において、帯域変換部１２は、第１の正弦波発振器１２１と、第１のミキサ１２２と、バンドパスフィルタ１２３とを含む。
【００６７】
第１の正弦波発振器１２１は、周波数f_0の正弦波信号を出力する。第１のミキサ１２２は、当該正弦波信号と、帯域変換部１２に入力される第２のベースバンド信号とを乗算することにより、第２のベースバンド信号を中心周波数f_0のパスバンド信号に周波数変換する。バンドパスフィルタ１２３は、第１のミキサ１２２より出力される信号から第２のベースバンド信号を除去し、パスバンド信号のみを出力する。なお、帯域変換部１２は、第２のベースバンド信号をパスバンド信号に周波数変換する機能を有していれば良く、図５に示した構成には限定されない。
【００６８】
図６は、帯域逆変換部３３の構成を示すブロック図である。図６において、帯域逆変換部３３は、第２の正弦波発振器３３１と、第２のミキサ３３２と、ローパスフィルタ３３３とを含む。
【００６９】
第２の正弦波発振器３３１は、周波数f_0の正弦波信号を出力する。第２のミキサ３３

２は、当該正弦波信号とパスバンド信号とを乗算することにより、パスバンド信号を第２のベースバンド信号に周波数変換する。ローパスフィルタ３３３は、第２のミキサ３３２より出力される信号からパスバンド信号を除去し、第２のベースバンド信号のみを出力する。なお、帯域逆変換部３３は、パスバンド信号を第２のベースバンド信号に周波数変換する機能を有していれば良く、図６に示した構成には限定されない。

【００７０】

上記において、本発明は、波長分散による周波数特性の劣化に対する対策であるとして説明したが、周波数特性の劣化要因は波長分散に限定されるものではない。たとえば、光送信器または光受信器内部の電気配線において反射点が存在すると、周波数特性が大幅に劣化することがある。このような周波数特性の他の劣化要因への対策としても、本実施形態で述べた構成は有効である。

【００７１】

このように、第１の実施形態において、光伝送システムは、波長分散等の劣化要因が原因でデータ信号の伝送レートに相当する帯域内で周波数特性が極端に劣化している周波数を避けて、二つの電気信号（第１のベースバンド信号およびパスバンド信号）を生成して、多重化して伝送する。したがって、第１の実施形態に係る光伝送システムは、光伝送路の劣化が生じているような場合であっても、波長分散補償用の光デバイスを用いることなく、光信号を光送信装置から光受信装置に高速かつ長距離に高品質に伝送することができる。

【００７２】

なお、信号分離部１１および帯域変換部１２は、データ信号に含まれる情報を少なくとも二つに分割して、相異なる中心周波数および帯域を有する少なくとも二つの電気信号を生成するデータ信号分割部である。また、帯域逆変換部３３および信号多重部３４は、帯域分離部３２によって分離された少なくとも二つの電気信号に基づいて、データ信号を復元するデータ信号復元部である。

【００７３】

なお、帯域分離部３２は、周波数多重信号を２分岐する分岐器と、一方の周波数多重信号から第１のベースバンド信号を分離するローパスフィルタと、他方の周波数多重信号からパスバンド信号を分離するハイパスフィルタ（またはバンドパスフィルタ）とから構成されてもよい。

【００７４】

なお、波長分散による劣化の影響により、上記の方法によっても帯域幅が不足し、パスバンド信号の帯域の上限f_0+B_2を２番目の極小点周波数f_{m2}より小さく設定することが不可能な場合、以下の構成で対処することができる。図７は、そのときの構成を示す図である。

【００７５】

図７において、帯域分割型光伝送システムは、信号分離部１１ａと、第１の帯域変換部１２ａと、第２の帯域変換部１２ｂと、周波数多重部１３ａと、電気光変換部１４と、光ファイバ１と、光電気変換部３１と、帯域分離部３２ａと、第１の帯域逆変換部３３ａと、第２の帯域逆変換部３３ｂと、信号多重部３４ａとを備える。

【００７６】

図８Ａは、電気光変換部１４の周波数特性を示す図である。図８Ｂは、光伝送路の周波数特性を示す図である。ここでは、図２Ｃで示したパスバンド信号の帯域の上限f_0+B_2を２番目の極小点周波数f_{m2}より小さく設定することが不可能であるとしているので、極小点周波数f_{m2}より高い周波数f_{m3}にも極小点が存在していることとなっている。図８Ｃは、入力されるデータ信号が使用する帯域を示す図である。図８Ｄは、周波数多重信号が使用する信号帯域を示す図である。

【００７７】

まず、信号分離部１１ａは、伝送レートがそれぞれB_{1a}、B_{2a}、B_{3a}である第１～第３のベースバンド信号に、データ信号を３分割して出力する。第１の帯域変換部１２ａは、

第２のベースバンド信号を周波数f_{02}を中心周波数とする第１のパスバンド信号に変換する。第２の帯域変換部１２ｂは、第３のベースバンド信号を周波数f_{03}を中心とする第２のパスバンド信号に変換する。これにより、第１のベースバンド信号、第１のパスバンド信号、および第２のパスバンド信号の帯域は、図８Ｄのようになる。すなわち、B_{1a}は、１番目の極小点の周波数f_{m1}より小さく、周波数特性のレベルが充分確保できる周波数に設定されている。B_{2a}およびf_{02}は、第２のパスバンド信号の帯域が１番目の極小点周波数f_{m1}と２番目の極小点周波数f_{m2}の間に収まり、かつ周波数特性のレベルが充分確保できる周波数に設定されている。B_{3a}およびf_{03}は、第３のパスバンド信号の帯域が２番目の極小点周波数f_{m2}と３番目の極小点周波数f_{m3}の間に収まり、かつ周波数特性のレベルが充分確保できる周波数に設定されている。

【００７８】

このように、データ信号を三つの帯域に分割して二つのパスバンド信号と一つのベースバンド信号とを多重化して伝送することによって、波長分散による劣化の影響によって、データ信号を二つの帯域に分割しただけではデータ信号を正常に伝送できないような場合にも対応することができるシステムが提供されることとなる。

【００７９】

なお、さらに帯域が不足する場合、データ信号の分割数を増やし、同様に帯域を設定すればよい。具体的には、光送信装置は、データ信号に含まれる情報を、光伝送路の周波数特性に応じた所定の分割比率に従ってＮ（Ｎは３以上）分割し、第１～第Ｎのベースバンド信号として出力する信号分離部と、信号分離部から出力された第２～第Ｎのベースバンド信号をそれぞれ相異なる所定の周波数を中心とする第１～第Ｎ－１のパスバンド信号に変換する第１～第Ｎ－１の帯域変換部と、第１のベースバンド信号および第１～第Ｎ－１のパスバンド信号を電気信号として、周波数多重する周波数多重部とを含む。光受信装置は、周波数多重信号を、第１のベースバンド信号、および第１～第Ｎ－１のパスバンド信号に分離する帯域分離部と、帯域分離部によって分離された第１～第Ｎ－１のパスバンド信号をそれぞれ周波数変換して、第２～第Ｎのベースバンド信号に変換する第１～第Ｎ－１の帯域逆変換部と、第１のベースバンド信号と、各帯域逆変換部によって変換された第２～第Ｎのベースバンド信号とを多重して、データ信号を復元する信号多重部とを含む。この場合、光送信装置は、光伝送路の周波数特性において、信号レベルが極小とならない周波数帯域に、第１のベースバンド信号、第１～第Ｎ－１のパスバンド信号が配置されるように、信号分離部で情報をＮ分割して、帯域変換部でアップコンバートすればよい。

【００８０】

なお、パスバンド信号は、片側波帯変調された信号であるとよい。

【００８１】

（第２の実施形態）

図９は、本発明の第２の実施形態に係る帯域分割型光伝送システムの構成を示すブロック図である。図９において、帯域分割型光伝送システムは、信号分離部１１ｃと、帯域変換部１２ｃと、周波数多重部１３と、電気光変換部１４と、光ファイバ１と、光電気変換部３１と、帯域分離部３２ｃと、帯域逆変換部３３ｃと、信号多重部３４ｃと、第１の誤り検出部３５１と、第２の誤り検出部３５２と、帯域制御部３６とを備える。信号分離部１１ｃ、帯域変換部１２ｃ、周波数多重部１３、および電気光変換部１４によって、光送信装置２ａが構成される。光電気変換部３１、帯域分離部３２ｃ、帯域逆変換部３３ｃ、信号多重部３４ｃ、第１の誤り検出部３５１、第２の誤り検出部３５２、および帯域制御部３６によって、光受信装置３ａが構成される。図９において、第１の実施形態と同様の機能を有する部分については、同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【００８２】

実際の光伝送システムは、様々な伝送距離で用いることが想定される。加えて、数式２に示したように、波長分散によって生じる周波数特性の極小点周波数は、伝送距離に依存する。また、波長が異なると、波長分散の値も異なる。よって、１種類の光伝送システムの構成で様々な伝送距離やレーザの波長に対応するためには、光伝送路の周波数特性に応

じて信号帯域の配置を任意に設定できる必要がある。第２の実施形態では、光伝送路の周波数特性に応じて信号帯域の配置を任意に設定することができる光伝送システムを提供する。

【００８３】

次に、本実施形態の各部の機能について、図９を参照しながら説明する。図９では、信号の流れを実線で、制御の流れを一点破線で示す。この制御の流れは、光ファイバ１を介して伝達されてもよいし、別な通信媒体を介して伝達されてもよい。

【００８４】

信号分離部１１ｃは、帯域制御部３６から指定された分割比率に基づいて、データ信号を二つの帯域に分割する。信号分離部１１ｃのそれ以外の機能は、第１の実施形態の信号分離部１１と同様である。

【００８５】

帯域変換部１２ｃは、帯域制御部３６から指定された中心周波数f_0で第２のベースバンド信号をパスバンド信号にアップコンバートする。帯域変換部１２ｃのそれ以外の機能は、第１の実施形態の帯域変換部１２と同様である。

【００８６】

帯域分離部３２ｃは、帯域制御部３６から指定された帯域に、信号を二つに分離する。帯域分離部３２ｃのそれ以外の機能は、第１の実施形態の帯域分離部３２と同様である。

【００８７】

帯域逆変換部３３ｃは、帯域制御部３６から指定された中心周波数f_0でパスバンド信号を第２のベースバンド信号にダウンコンバートする。帯域逆変換部３３ｃのそれ以外の機能は、第１の実施形態の帯域逆変換部３３と同様である。

【００８８】

信号多重部３４ｃは、帯域制御部３６から指定された分割比率に基づいて、第１および第２のベースバンド信号を多重する。信号多重部３４ｃのそれ以外の機能は、第１の実施形態の信号多重部３４と同様である。

【００８９】

第１の誤り検出部３５１は、帯域分離部３２から出力された第１のベースバンド信号の誤り率を検出する。

【００９０】

第２の誤り検出部３５２は、帯域逆変換部３３から出力された第２のベースバンド信号の誤り率を検出する。

【００９１】

帯域制御部３６は、第１の誤り検出部３５１および第２の誤り検出部３５２における誤り率検出結果から、第１のベースバンド信号と第２のベースバンド信号との分割比率およびパスバンド信号の中心周波数f_0を決定し、それに基づいて信号分離部１１ｃ、帯域変換部１２ｃ、帯域分離部３２ｃ、帯域逆変換部３３ｃ、信号多重部３４ｃを制御する。

【００９２】

図１０は、帯域制御部３６の動作を示すフローチャートである。以下、図１０を参照しながら、第２の実施形態における信号の周波数配置の決定方法について説明する。

【００９３】

まず、帯域制御部３６は、光送信装置２ａの制御部（図示せず）に、実際のデータ信号を伝送させる前に、誤り率検出のためのテストパターンを伝送させる（ステップＳ１）。

【００９４】

次に、帯域制御部３６は、第１のベースバンド信号の帯域幅（上限周波数）B_1の初期値をデータ信号の帯域幅（上限周波数）Ｂに設定し、第２のベースバンド信号の帯域幅（上限周波数）B_2の初期値を０に設定し、パスバンド信号の中心周波数f_0の初期値をＢに設定する（ステップＳ２）。

【００９５】

なお、以下の動作において、帯域制御部３６は、随時設定されていく第１のベースバン

ド信号の帯域幅B_1および第２のベースバンド信号の帯域幅B_2に基づいて、第１のベースバンド信号の分割比率B_1/Bおよび第２のベースバンド信号の分割比率B_2/Bを算出して、信号分離部１１ｃおよび信号多重部３４ｃに伝える。それに応じて、信号分離部１１ｃは、データ信号を伝えられる分割比率に応じて、第１および第２のベースバンド信号に分割する。また、信号多重部３４ｃは、第１および第２のベースバンド信号をデータ信号に多重する。さらに、帯域制御部３６は、随時設定されていくパスバンド信号の中心周波数f_0を帯域変換部１２ｃおよび帯域逆変換部３３ｃに伝える。それに応じて、帯域変換部１２ｃは、第２のベースバンド信号を中心周波数がf_0になるようにアップコンバートする。また、帯域逆変換部３３ｃは、中心周波数がf_0の信号をダウンコンバートして、第２のベースバンド信号を出力する。また、さらに、帯域制御部３６は、随時設定されていくパスバンド信号の中心周波数f_0および第２のベースバンド信号の帯域幅B_2を帯域分離部３２ｃに伝える。それに応じて、帯域分離部３２ｃは、中心周波数がf_0で帯域幅が$2\times B_2$のパスバンド信号と第１のベースバンド信号とを分離して出力する。

【００９６】

次に、帯域制御部３６は、第１の誤り検出部３５１が検出した第１のベースバンド信号の誤り率BER_1が基準値Ｖより小さいか否かを判断する（ステップＳ３）。第１のベースバンド信号の誤り率BER_1が基準値Ｖより小さくない場合（すなわち、第１のベースバンド信号の品質が確保できていない場合）、帯域制御部３６は、第１のベースバンド信号の帯域幅B_1を所定量ΔＢだけ小さくし、第２のベースバンド信号の帯域幅B_2を所定量ΔＢだけ大きくして（ステップＳ４）、ステップＳ３の動作に戻る。これの繰り返し過程において、第１のベースバンド信号の誤り率BER_1が基準値Ｖより小さくなった場合（すなわち、第１のベースバンド信号の品質が確保できた場合）、帯域制御部３６は、ステップＳ４で設定した第１および第２のベースバンド信号の帯域幅B_1，B_2を固定して、ステップＳ５の動作に進む。

【００９７】

ステップＳ５において、帯域制御部３６は、第２の誤り検出部３５２が検出した第２のベースバンド信号の誤り率BER_2が基準値Ｖより小さいか否かを判断する。第２のベースバンド信号の誤り率BER_2が基準値Ｖより小さくない場合（すなわち、第２のベースバンド信号の品質が確保できていない場合）、帯域制御部３６は、パスバンド信号の中心周波数f_0を所定量Δｆだけ大きくして（ステップＳ６）、ステップＳ５の動作に戻る。この繰り返し過程において、第２のベースバンド信号の誤り率BER_2が基準値Ｖより小さくなった場合（すなわち、第２のベースバンド信号の品質が確保できた場合）、帯域制御部３６は、ステップＳ６で設定したパスバンド信号の中心周波数f_0を固定し、光送信装置２ａにテストパターンの伝送を停止させてデータ信号を送信させ、データ信号の伝送を開始し（ステップＳ７）、処理を終了する。

【００９８】

このように、第２の実施形態によれば、光伝送システムは、光伝送後のデータ信号の誤り率を監視して、誤りが発生しないように、使用する帯域を最適設定することができる。したがって、様々な周波数特性を有する光伝送路にも適応することができる光伝送システムが提供されることとなる。すなわち、第２の実施形態に係る光伝送システムは、第１の実施形態と同様の利点に加え、１種類の構成で様々な伝送距離やレーザの波長に対応することができるという利点を有している。

【００９９】

なお、ΔＢおよびΔｆは、周波数配置決定に要する時間の許容範囲および周波数配置の精度を考慮して適宜設定すればよい。

【０１００】

なお、ここでは誤り率検出のためのテストパターンを用いる例を示したが、第１および第２のベースバンド信号に誤り訂正符号を付加するようにして、第１および第２の誤り検出部で当該誤り訂正符号を検出して誤り率を監視しても良い。

【０１０１】

なお、データ信号を２分割するだけでは帯域が不足する場合は、図７，８に示した場合と同様にして、データ信号の分割数を３以上とする構成をとることで対処できる。

【０１０２】

（第３の実施形態）

図１１は、本発明の第３の実施形態に係る帯域分割型光伝送システムの構成を示すブロック図である。図１１において、帯域分割型光伝送システムは、信号分離部１１ｃと、帯域変換部１２ｃと、周波数多重部１３と、モニタ信号源１５と、スイッチ１６と、電気光変換部１４と、光ファイバ１と、光電気変換部３１と、帯域分離部３２ｃと、帯域逆変換部３３ｃと、信号多重部３４ｃと、周波数特性検出部３７と、帯域制御部３６ａとを備える。信号分離部１１ｃ、帯域変換部１２ｃ、周波数多重部１３、モニタ信号源１５、スイッチ１６、および電気光変換部１４によって、光送信装置２ｂが構成される。光電気変換部３１、帯域分離部３２ｃ、帯域逆変換部３３ｃ、信号多重部３４ｃ、周波数特性検出部３７、および帯域制御部３６ａによって、光受信装置３ｂが構成される。図１１において、第１および第２の実施形態と同様の機能を有する部分については、同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【０１０３】

第３の実施形態は、第２の実施形態と同様に、光伝送路の周波数特性に応じて信号帯域を任意に設定可能とすることを目的とする。

【０１０４】

次に、本実施形態の各部の機能について、図１１を参照しながら説明する。図１１では、信号の流れを実線で、制御の流れを一点破線で示す。この制御の流れは、光ファイバ１を介して伝達されてもよいし、別な通信媒体を介して伝達されてもよい。

【０１０５】

モニタ信号源１５は、正弦波信号を出力する。モニタ信号源１５が出力する正弦波信号の周波数は任意に設定可能である。

【０１０６】

スイッチ１６は、周波数多重部１３から出力される周波数多重信号とモニタ信号源１５から出力される正弦波信号とが入力され、これらの一方を選択して電気光変換部１４に出力する。

【０１０７】

周波数特性検出部３７は、入力される正弦波信号のレベルを測定することにより、光伝送路の周波数特性を検出する。

【０１０８】

帯域制御部３６ａは、周波数特性検出部３７で検出された光伝送路の周波数特性に基づいて、第１のベースバンド信号の帯域幅B_1、第２のベースバンド信号の帯域幅B_2、第１のベースバンド信号と第２のベースバンド信号とにデータ信号を分割する分割比率、およびパスバンド信号の中心周波数f_0を決定し、それらに応じて、第２の実施形態と同様にして、信号分離部１１ｃ、帯域変換部１２ｃ、帯域分離部３２ｃ、帯域逆変換部３３ｃ、および信号多重部３４ｃを制御する。

【０１０９】

次に、本実施形態における信号の周波数配置の決定方法について説明する。まず、光送信装置２ｂは、スイッチ１６をモニタ信号源１５側に切り替える。次に、モニタ信号源１５は、正弦波信号を、伝送に使用する帯域内において掃引（スイープ）するように、出力する。

【０１１０】

受信側において、周波数特性検出部３７は、光電気変換部３１から出力される信号からモニタ信号を抽出し、周波数が掃引された正弦波信号のレベルを周波数毎に検出する。これによって、周波数特性検出部３７は、光伝送路の周波数特性を検出する。次に、帯域制御部３６ａは、検出した周波数特性から、正弦波信号の信号レベルが極小となっている点の周波数f_{m1}，f_{m2}を求める。帯域制御部３６ａは、得られた極小点周波数f_{m1}，f_{m2}か

ら、第１の実施形態と同様の方法で、第１のベースバンド信号の帯域幅B_1（＜f_{m1}）、パスバンド信号の中心周波数f_0（$f_{m1}＜f_0＜f_{m2}$）、および第２のベースバンド信号の帯域幅B_2（$f_{m1}＜f_0－B_2$，$f_0＋B_2＜f_{m2}$）を求める。帯域制御部３６ａは、求めた第１のベースバンド信号の帯域幅B_1、第２のベースバンド信号の帯域幅B_2、第１のベースバンド信号と第２のベースバンド信号とにデータ信号を分割する分割比率、およびパスバンド信号の中心周波数f_0に応じて、第２の実施形態と同様にして、信号分離部１１ｃ、帯域変換部１２ｃ、帯域分離部３２ｃ、帯域逆変換部３３ｃ、および信号多重部３４ｃを制御する。

【０１１１】

このように、第３の実施形態によれば、光伝送システムは、光伝送路の周波数特性を検出して、それに基づいて信号の周波数配置を設定することとなるので、様々な周波数特性を有する光伝送路に適応することができる。すなわち、第３の実施形態に係る光伝送システムは、第１の実施形態と同様の利点に加え、１種類の構成で様々な伝送距離やレーザの波長に対応することができるという利点を有している。

【０１１２】

（第４の実施形態）

図１２は、本発明の第４の実施形態に係る帯域分割型光伝送システムの構成を示すブロック図である。図１２において、帯域分割型光伝送システムは、信号分離部１１と、第１の多値変調部１７１と、第２の多値変調部１７２と、帯域変換部１２と、周波数多重部１３と、電気光変換部１４と、光ファイバ１と、光電気変換部３１と、帯域分離部３２と、帯域逆変換部３３と、第１の多値復調部３８１と、第２の多値復調部３８２と、信号多重部３４とを備える。信号分離部１１、第１の多値変調部１７１、第２の多値変調部１７２、帯域変換部１２、周波数多重部１３、および電気光変換部１４によって、光送信装置２ｃが構成される。光電気変換部３１、帯域分離部３２、帯域逆変換部３３、第１の多値復調部３８１、第２の多値復調部３８２、および信号多重部３４によって、光受信装置３ｃが構成される。図１２において、第１の実施形態と同様の機能を有する部分については、同一の参照符号を付し、説明を省略することとする。

【０１１３】

次に、本実施形態の各部の機能について、図１２を参照しながら説明する。

【０１１４】

第１の多値変調部１７１は、入力された第１のベースバンド信号を多値変調して、第１の多値変調信号を出力する。第２の多値変調部１７２は、入力された第２のベースバンド信号を多値変調して、第２の多値変調信号を出力する。第１の多値復調部３８１は、第１の多値変調信号を復調する。第２の多値復調部３８２は、第２の多値変調信号を復調する。

【０１１５】

本実施形態の動作は、基本的に第１の実施形態と同様であるが、第４の実施形態では、第１および第２のベースバンド信号を一旦多値変調してから周波数多重して、伝送する点が異なる。

【０１１６】

ここで、本実施形態において、多値数を決定する方法について説明する（ここで、Ｍ値多値変調のＭを多値数という）。まず、光伝送路の周波数特性の１番目の極小点の周波数f_{m1}より小さい帯域で必要な信号レベルが充分確保できる範囲の周波数帯域をB_{t1}とし、１番目の極小点と２番目の極小点との間で必要な信号レベルが充分確保できる範囲の周波数帯域をB_{t2}とする。次に、データ信号の伝送レートをＢとして、第１のベースバンド信号の伝送レートをB''_1および第２のベースバンド信号の伝送レートをB''_2を、数式４および数式５を満足するように設定する。

【数４】

$$B''_1+B''_2=B \quad \cdots \text{（数式４）}$$

【数５】

$$\frac{B''_1}{B''_2} \cong \frac{B_{t1}}{B_{t2}/2} \quad \cdots (数式５)$$

ここで、B_{t1}は、第１のベースバンド信号を二値で送信した場合の帯域幅を示し、B_{t2}は、第２のベースバンド信号を二値で送信した場合の帯域幅を示す。

【０１１７】

次に、第１の多値変調部１７１での多値数Mを次のようにして、決定する。

【０１１８】

まず、

【数６】

$$2^k \leq \frac{B''_1}{B_{t1}} < 2^{k+1} \quad \cdots (数式６)$$

をみたす自然数ｋを求める。

次に、

【数７】

$$M = 2^{k+1} \quad \cdots (数式７)$$

を満たすＭを求める。

【０１１９】

同様にして、第２の多値変調部１７２での多値数も求める。具体的には、上記数式６のＢ”$_1$／B_{t1}がＢ”$_2$／B_{t2}に入れ替わるだけである。

【０１２０】

このように、第１の多値変調部１７１における所定の多値数および第２の多値変調部１７２における所定の多値数は、第１および第２のベースバンド信号に必要とされるデータレートと第１および第２のベースバンド信号に割り当てられた周波数帯域の比率とに応じて決定されることとなる。

【０１２１】

通常のベースバンド伝送では、ビットレートと同じ帯域幅が必要となる。また、パスバンド伝送では、上側波帯および下側波帯が含まれるので、ビットレートに対して２倍の帯域幅が必要となる。これに対して、第４の実施形態では、多値変調を行うことによって、同じ情報量をより狭い帯域で伝送することが可能となる。よって、光伝送路の周波数特性の劣化が厳しく高周波領域が伝送に使用できない場合にも対処することができる光伝送システムが提供されることとなる。

【０１２２】

なお、さらに帯域が不足する場合、データ信号の分割数を増やし、同様に帯域を設定すればよい。具体的には、光送信装置は、データ信号に含まれる情報を、光伝送路の周波数特性に応じた所定の分割比率に従ってＮ（Ｎは３以上）分割し、第１～第Ｎのベースバンド信号として出力する信号分離部と、信号分離部から出力される第１～第Ｎのベースバンド信号を、光伝送路の周波数特性に応じて決められた所定の多値数に従ってそれぞれ多値変調して、第１～第Ｎの多値変調信号として出力する第１～第Ｎの多値変調部と、第２～第Ｎの多値変調部から出力された第２～第Ｎの多値変調信号をそれぞれ相異なる所定の周波数を中心とする第１～第Ｎ－１のパスバンド信号に変換する第１～第Ｎ－１の帯域変換部と、第１の多値変調信号および第１～第Ｎ－１のパスバンド信号を周波数多重する周波数多重部とを含む。光受信装置は、光電気変換部から出力された周波数多重信号を、第１の多値変調信号、および第１～第Ｎ－１のパスバンド信号に分離する帯域分離部と、帯域分離部によって分離された第１の多値変調信号を復調し、第１のベースバンド信号を出力する第１の多値復調部と、帯域分離部によって分離された第１～第Ｎ－１のパスバンド信

号を周波数変換し、それぞれ第２～第Ｎの多値変調信号を出力する第１～第Ｎ－１の帯域逆変換部と、帯域逆変換部から出力される第２～第Ｎの多値変調信号をそれぞれ復調して第２～第Ｎのベースバンド信号に変換する第２～第Ｎの多値復調部と、第１の多値復調部から出力された第１のベースバンド信号と、第２～第Ｎの多値復調部から出力された第２～第Ｎのベースバンド信号とを多重して、データ信号を復元する信号多重部と含む。この場合、光送信装置は、光伝送路の周波数特性において、信号レベルが極小とならない周波数帯域に、第１のベースバンド信号、第１～第Ｎ－１のパスバンド信号が配置されるように、信号分離部で情報をＮ分割して、帯域変換部でアップコンバートすればよい。

【０１２３】

なお、パスバンド信号は、片側波帯変調された信号であるとよい。

【０１２４】

（第５の実施形態）

図１３は、本発明の第５の実施形態に係る帯域分割型光伝送システムの構成を示すブロック図である。図１３において、帯域分割型光伝送システムは、信号分離部１１ｃと、第１の多値変調部１７１ａと、第２の多値変調部１７２ａと、帯域変換部１２ｃと、周波数多重部１３と、電気光変換部１４と、光ファイバ１と、光電気変換部３１と、帯域分離部３２ｃと、帯域逆変換部３３ｃと、第１の多値復調部３８１ａと、第２の多値復調部３８２ａと、信号多重部３４ｃと、第１の誤り検出部３５１と、第２の誤り検出部３５２と、帯域多値数制御部３６ｂとを備える。図１３において、第１および第２の実施形態と同様の部分については、同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【０１２５】

第１の多値変調部１７１ａは、帯域多値数制御部３６ｂから指定された多値数に基づいて、信号分離部１１ｃから出力される第１のベースバンド信号を多値変調して、第１の多値変調信号を出力する。第１の多値変調部１７１ａのそれ以外の機能は、第４の実施形態の第１の多値変調部１７１と同様である。

【０１２６】

第２の多値変調部１７２ａは、帯域多値数制御部３６ｂから指定された多値数に基づいて、信号分離部１１ｃから出力される第２のベースバンド信号を多値変調して、第２の多値変調信号を出力する。第２の多値変調部１７２ａのそれ以外の機能は、第４の実施形態の第２の多値変調部１７２と同様である。

【０１２７】

第１の多値復調部３８１ａは、帯域多値数制御部３６ｂから指定された多値数に基づいて、帯域分離部３２ｃから出力される第１の多値変調信号を多値復調して、第１のベースバンド信号を出力する。第１の多値復調部３８１ａのそれ以外の機能は、第４の実施形態の第１の多値復調部３８１と同様である。

【０１２８】

第２の多値復調部３８２ａは、帯域多値数制御部３６ｂから指定された多値数に基づいて、帯域逆変換部３３ｃから出力される第２の多値変調信号を多値復調して、第２のベースバンド信号を出力する。第２の多値復調部３８２ａのそれ以外の機能は、第４の実施形態の第２の多値復調部３８２と同様である。

【０１２９】

図１４は、帯域多値数制御部３６ｂの動作を示すフローチャートである。以下、図１４を参照しながら、第５の実施形態における信号の周波数配置および多値数の決定方法について説明する。

【０１３０】

まず、帯域多値数制御部３６ｂは、光送信装置２ｄに、実際のデータを伝送する前に、誤り率検出のためのテストパターンを伝送させる（ステップＳ１０）。

【０１３１】

次に、帯域多値数制御部３６ｂは、多値数の初期値を２（数式７におけるｋ＝０）とする（ステップＳ１１）。次に、帯域多値数制御部３６ｂは、第１のベースバンド信号の帯

域幅B_1の初期値をデータ信号の帯域幅Ｂに設定し、第２のベースバンド信号の帯域幅B_2の初期値を０に設定し、パスバンド信号の中心周波数f_0の初期値をＢに設定する（ステップＳ１２）。

【０１３２】

なお、以下の動作において、帯域多値数制御部３６ｂは、随時設定されていく第１のベースバンド信号の帯域幅B_1および第２のベースバンド信号の帯域幅B_2に基づいて、第１のベースバンド信号の分割比率B_1／Ｂおよび第２のベースバンド信号の分割比率B_2／Ｂを算出して、信号分離部１１ｃおよび信号多重部３４ｃに伝える。それに応じて、信号分離部１１ｃは、データ信号を伝えられる分割比率に応じて、第１および第２のベースバンド信号に分割する。また、信号多重部３４ｃは、第１および第２のベースバンド信号をデータ信号に多重する。さらに、帯域多値数制御部３６ｂは、随時設定されていくパスバンド信号の中心周波数f_0を帯域変換部１２ｃおよび帯域逆変換部３３ｃに伝える。それに応じて、帯域変換部１２ｃは、第２の多値変調信号を中心周波数がf_0になるようにアップコンバートする。また、帯域逆変換部３３ｃは、中心周波数がf_0の信号をダウンコンバートして、第２の多値変調信号を出力する。また、さらに、帯域多値数制御部３６ｂは、随時設定されていくパスバンド信号の中心周波数f_0および第２のベースバンド信号の帯域幅B_2を帯域分離部３２ｃに伝える。それに応じて、帯域分離部３２ｃは、中心周波数がf_0で帯域幅が$2\times B_2$のパスバンド信号と第１の多値変調信号とを分離して出力する。

【０１３３】

次に、帯域多値数制御部３６ｂは、第１の誤り検出部３５１が検出した第１のベースバンド信号の誤り率BER_1が基準値Ｖより小さいか否かを判断する（ステップＳ１３）。第１のベースバンド信号の誤り率BER_1が基準値Ｖより小さくない場合（すなわち、第１のベースバンド信号の品質が確保できていない場合）、帯域多値数制御部３６ｂは、第１のベースバンド信号の帯域幅B_1が第２のベースバンド信号の帯域幅B_2よりも小さくなっているか否かを判断する（ステップＳ１４）。第１のベースバンド信号の帯域幅B_1が第２のベースバンド信号の帯域幅B_2よりも小さくなっていない場合、帯域多値数制御部３６ｂは、第１のベースバンド信号の帯域幅B_1をΔＢだけ小さくし、第２のベースバンド信号の帯域幅B_2をΔＢだけ大きく設定して（ステップＳ１５）、ステップＳ１３の動作に戻る。一方、ステップＳ１４において、第１のベースバンド信号の帯域幅B_1が第２のベースバンド信号の帯域幅B_2よりも小さくなっていると判断された場合、帯域多値数制御部３６ｂは、多値数を２倍にするためｋを１大きくして（ステップＳ１６）、第１のベースバンド信号の帯域幅B_1、第２のベースバンド信号の帯域幅B_2、およびパスバンド信号の中心周波数f_0を初期値に戻して（ステップＳ１２）、ステップＳ１３の動作に戻る。

【０１３４】

ステップＳ１３において、第１のベースバンド信号の帯域幅B_1の誤り率が基準値Ｖよりも小さくなったと判断した場合、帯域多値数制御部３６ｂは、パスバンド信号の中心周波数f_0の初期値をＢ／（ｋ＋１）とする（ステップＳ１７）。次に、帯域多値数制御部３６ｂは、第２のベースバンド信号の誤り率BER_2が基準値Ｖよりも小さくなったか否かを判断する（ステップＳ１８）。第２のベースバンド信号の誤り率が基準値Ｖよりも小さくない場合、帯域多値数制御部３６ｂは、パスバンド信号の中心周波数f_0をΔｆだけ大きくして（ステップ１９）、ステップＳ１８の動作に戻る。この過程を繰り返して、第２のベースバンド信号の誤り率BER_2が基準値Ｖよりも小さくなった場合、帯域多値数制御部３６ｂは、パスバンド信号の中心周波数f_0を決定して、データ信号の伝送を開始し（ステップＳ２０）、処理を終了する。

【０１３５】

このように、第５の実施形態によれば、光伝送システムは、誤り率を監視して、誤りが発生しないように、使用する信号帯域および多値数を最適設定することができる。したがって、様々な周波数特性を有する光伝送路に適応することができる。すなわち、第５の実

施形態に係る光伝送システムは、第１の実施形態と同様の利点に加え、１種類の構成で様々な伝送距離やレーザの波長に対応することができるという利点を有している。

【０１３６】

なお、ΔＢおよびΔｆは、周波数配置決定に要する時間の許容範囲および周波数配置の精度を考慮して適宜設定すればよい。

【０１３７】

（第６の実施形態）

図１５は、本発明の第６の実施形態に係る帯域分割型光伝送システムの構成を示すブロック図である。図１５において、帯域分割型光伝送システムは、信号分離部１１と、第１のデュオバイナリ変調部１８１と、第２のデュオバイナリ変調部１８２と、帯域変換部１２と、周波数多重部１３と、電気光変換部１４と、光ファイバ１と、光電気変換部３１と、帯域分離部３２と、帯域逆変換部３３と、第１のデュオバイナリ復調部３９１と、第２のデュオバイナリ復調部３９２と、信号多重部３４とを備える。信号分離部１１、第１のデュオバイナリ変調部１８１、第２のデュオバイナリ変調部１８２、帯域変換部１２、周波数多重部１３、および電気光変換部１４によって、光送信装置２ｅが構成される。光電気変換部３１、帯域分離部３２、帯域逆変換部３３、第１のデュオバイナリ復調部３９１、第２のデュオバイナリ復調部３９２、信号多重部３４によって、光受信装置３ｅが構成される。図１５において、第１の実施形態と同様の機能を有する部分については、同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【０１３８】

第１のデュオバイナリ変調部１８１は、入力された第１のベースバンド信号をデュオバイナリ変調して、第１のデュオバイナリ信号を出力する。第２のデュオバイナリ変調部１８２は、入力された第２のベースバンド信号をデュオバイナリ変調して、第２のデュオバイナリ信号を出力する。第１のデュオバイナリ復調部３９１は、第１のデュオバイナリ信号を復調する。第２のデュオバイナリ復調部３９２は、第２のデュオバイナリ信号を復調する。

【０１３９】

本実施形態の動作は基本的に第１の実施形態と同様であるが、第１および第２のベースバンド信号を一旦デュオバイナリ変調してから周波数多重、伝送する点が異なる。通常のベースバンド伝送では電気信号の段階でビットレートと同じ帯域幅が必要となり、パスバンド伝送では２倍の帯域幅が必要となる。これに対し、デュオバイナリ変調を行うことによって、同じ情報量をベースバンドではビットレートの半分の帯域幅で伝送することができ、パスバンドではビットレートと同じ帯域幅で伝送することが可能となる。したがって、光伝送路の周波数特性の劣化が厳しく高周波領域が伝送に使用できない場合にも対処できる。

【０１４０】

また、デュオバイナリ変調方式の代わりに、狭帯域伝送を行う伝送方式として、片側波帯変調方式を用いても良い。片側波帯変調方式では、パスバンド信号の帯域幅がビットレートと同じ帯域幅となるため、両側波帯を用いた通常のパスバンド伝送の半分の帯域幅で同じ情報量を伝送できる。

【０１４１】

以上のように本実施形態によれば、第４の実施形態と同様に、より狭い帯域幅で同じ情報量の伝送が可能となり、光伝送路の周波数特性の劣化が厳しい場合にも対処できる。

なお、さらに帯域が不足する場合、データ信号の分割数を増やし、同様に帯域を設定すればよい。具体的には、光送信装置は、データ信号に含まれる情報を、光伝送路の周波数特性に応じた所定の分割比率に従ってＮ（Ｎは３以上）分割し、第１～第Ｎのベースバンド信号として出力する信号分離部と、信号分離部から出力される第１～第Ｎのベースバンド信号を、デュオバイナリ変調して、第１～第Ｎのデュオバイナリ信号として出力する第１～第Ｎのデュオバイナリ変調部と、第２～第Ｎのデュオバイナリ変調部から出力された第２～第Ｎのデュオバイナリ信号をそれぞれ所定の周波数を中心とした第１～第Ｎ－１の

パスバンド信号に変換する第１～第Ｎ－１の帯域変換部と、第１のデュオバイナリ信号および第１～第Ｎ－１のパスバンド信号を周波数多重する周波数多重部とを含む。光受信装置は、光電気変換部から出力された周波数多重信号を、第１のデュオバイナリ信号、および第１～第Ｎ－１のパスバンド信号に分離する帯域分離部と、帯域分離部によって分離された第１のデュオバイナリ信号を復調し、第１のベースバンド信号を出力する第１のデュオバイナリ復調部と、帯域分離部によって分離された第１～第Ｎ－１のパスバンド信号をそれぞれ周波数変換し、第２～第Ｎのデュオバイナリ信号を出力する第１～第Ｎ－１の帯域逆変換部と、各帯域逆変換部から出力される第２～第Ｎのデュオバイナリ信号をそれぞれ復調して第２～第Ｎのベースバンド信号に変換する第２のデュオバイナリ復調部と、第１のデュオバイナリ復調部から出力された第１のベースバンド信号と、第２～第Ｎのデュオバイナリ復調部から出力された第２～第Ｎのベースバンド信号とを多重して、データ信号を復元する信号多重部とを含む。この場合、光送信装置は、光伝送路の周波数特性において、信号レベルが極小とならない周波数帯域に、第１のベースバンド信号、第１～第Ｎ－１のパスバンド信号が配置されるように、信号分離部で情報をＮ分割して、帯域変換部でアップコンバートすればよい。

【０１４２】

（第７の実施形態）

図１６は、本発明の第７の実施形態に係る帯域分割型光伝送システムの構成を示すブロック図である。図１６において、帯域分割型光伝送システムは、信号分離部１１と、変調部１９１～１９４と、帯域変換部１２１～１２４と、周波数多重部１３と、電気光変換部１４と、光ファイバ１と、光電気変換部３１と、帯域分離部３２と、帯域逆変換部５３１と、レベル検出部４２１～４２４と、復調部４０１～４０４と、信号多重部３４と、変調制御部４１とを備える。信号分離部１１、変調部１９１～１９４、帯域変換部１２１～１２４、周波数多重部１３、および電気光変換部１４によって、光送信装置２ｆが構成される。光電気変換部３１、帯域分離部３２、帯域逆変換部５３１、レベル検出部４２１～４２４、復調部４０１～４０４、信号多重部３４、変調制御部４１によって、光受信装置３ｆが構成される。図１６において、第１の実施形態と同様の機能を有する部分については、同一の参照符号を付して、説明を省略することとする。なお、図１６では、変調部、帯域変換部、帯域逆変換部、復調部、およびレベル検出部をそれぞれ４つであるとしたが、それぞれＮ（Ｎは２以上）個であってもよい。

【０１４３】

信号分離部１１は、データ信号を予め決められた所定の比率で第１～第４のベースバンド信号に分割し、出力する。

【０１４４】

変調部１９１～１９４は、信号分離部１１から出力される第１～第４のベースバンド信号のそれぞれに対応して設けられ、変調制御部４１から指定される所定の変調形式に従って変調する。

【０１４５】

帯域変換部１２１～１２４は、変調部１９１～１９４のそれぞれに対応して設けられ、変調部１９１～１９４から出力された第１～第４の変調信号を、予め定められた互いに異なる所定の中心周波数を有する信号にアップコンバートして、第１～第４の電気信号として出力する。

【０１４６】

周波数多重部１３は、帯域変換部１２１～１２４から出力された第１～第４の電気信号を周波数多重して周波数多重信号を出力する。

【０１４７】

帯域分離部３２は、光電気変換部３１から出力された周波数多重信号を第１～第４の電気信号に分離し、出力する。

【０１４８】

帯域逆変換部５３１～５３４は、複数の変調信号のそれぞれに対応して設けられ、第１

～第４の電気信号をベースバンド帯域にダウンコンバートして、第１～第４の変調信号を出力する。

【０１４９】

復調部４０１～４０４は、帯域逆変換部５３１～５３４のそれぞれに対応して設けられ、変調制御部４１から指定される所定の変調形式に従って、帯域逆変換部５３１～５３４のそれぞれから出力される変調信号を復調して第１～第４のベースバンド信号を出力する。

【０１５０】

信号多重部３４は、復調部４０１～４０４から出力された第１～第４のベースバンド信号を多重し、データ信号を復元する。

【０１５１】

レベル検出部４２１～４２４は、帯域逆変換部５３１～５３４のそれぞれに対応して設けられ、第１～第４の変調信号のレベルを検出する。

【０１５２】

変調制御部４１は、レベル検出部４２１～４２４で検出された変調信号のレベルに基づいて、各変調信号の変調形式を決定し、これに基づき変調部１９１～１９４と復調部４０１～４０４をと制御する。

【０１５３】

次に、本実施形態において用いられる信号の形式について、図１７Ａ～Ｃを参照しながら説明する。図１７Ａは、電気光変換部１４の周波数特性を示す図である。図１７Ｂは、光伝送路の周波数特性を示す図である。図１７Ｃは、変調部１９１～１９４に対応する帯域変換部１２１～１２４のそれぞれから出力される信号の周波数帯域の一例を示す図である。

【０１５４】

本実施形態においては、電気光変換部１４の周波数特性（図１７Ａ参照）は、伝送するデータ信号より充分広い帯域を有するものとする。第１の実施形態でも説明したように、例えば、図１７Ｂに示すように、波長分散の影響の大きい光伝送路（電気光変換部１４、光ファイバ１、光電気変換部３１を含む）の周波数特性は特定の周波数で大幅に劣化する。

【０１５５】

本実施形態では、帯域変換部１２１～１２４から出力される信号の周波数帯域は、予め定められた所定値に固定されている。変調制御部４１は、各変調信号帯域内における光伝送路の周波数特性に応じて、変調形式を切り替える。例えば、図１７Ｃに示すように、変調部１９１に割り当てられた帯域では周波数特性の劣化がほとんどないので、変調制御部４１は、変調部１９１に対して、比較的高いＳＮ比を要する４値変調を行わせる。一方、変調部１９２および１９４に割り当てられた帯域では周波数特性の劣化が少し生じているので、変調制御部４１は、変調部１９２および１９４に対して、低いＳＮ比を許容できる２値変調を行わせる。変調部１９３に割り当てられた帯域ではさらに顕著な周波数特性の劣化が生じるため、変調制御部４１は、変調部１９３に変調を行わせず、変調信号の送出を停止させる。具体的には、変調制御部４１は、レベル検出部４２１～４２４で検出される第１～第４の変調信号のレベルが所定値以下となっている変調信号に対応する変調部に対して、変調信号の送出を停止させる。なお、変調制御部４１は、変調信号の送出を停止する変調部に対しては、情報を入力しないように、信号分離部１１を制御する。

【０１５６】

このように、変調制御部４１は、各変調部に割り当てられた帯域内における光伝送路の周波数特性に応じて、劣化の少ない帯域では高いＳＮ比を要する変調形式を、劣化の大きい帯域では低いＳＮ比を許容できる変調方式を用い、さらに最も所要ＳＮ比の低い変調形式でも伝送が不可能な場合には伝送を行わないように、各変調部を制御する。なお、周波数特性の検出は、レベル検出部４２１～４２４において、各変調信号のレベル（平均電力）を検出することによって行う。

【０１５７】
なお、ここでは、データ信号の帯域を４分割する場合について説明したが、データ信号の帯域の分割数は２以上であれば何分割であってもよい。
【０１５８】
以上のように本実施形態によれば、伝送レートに相当する帯域内において、波長分散等により周波数特性が極端に劣化する周波数が存在しても、分割された各帯域内の周波数特性に応じて変調形式を変えることによって、高品質にデータ信号を伝送することができる。したがって、波長分散補償用の光デバイスを用いることなく、伝送距離を拡大することができる光伝送システムが提供されることとなる。
【０１５９】
（第８の実施形態）
図１８は、本発明の第８の実施形態に係る帯域分割型光伝送システムの構成を示すブロック図である。図１８において、帯域分割型光伝送システムは、信号分離部１１と、変調部１９１～１９４と、帯域変換部１２１～１２４と、周波数多重部１３と、電気光変換部１４と、光ファイバ１と、光電気変換部３１と、帯域分離部３２と、帯域逆変換部５３１～５３４と、復調部４０１～４０４と、信号多重部３４と、誤り検出部４３１ａ～４３４ａと、変調制御部４１ａとを備える。信号分離部１１、変調部１９１～１９４、帯域変換部１２１～１２４、周波数多重部１３、および電気光変換部１４によって、光送信装置２ｇが構成される。光電気変換部３１、帯域分離部３２、帯域逆変換部５３１～５３４、復調部４０１～４０４、信号多重部３４、誤り検出部４３１ａ～４３４ａ、および変調制御部４１ａによって、光受信装置３ｇが構成される。図１８において、第７の実施形態と同様の機能を有する部分については、同一の参照符号を付し、説明を省略することとする。
【０１６０】
誤り検出部４３１ａ～４３４ａは、それぞれ復調部４０１～４０４から出力される第１～第４のベースバンド信号に対応して設けられ、ベースバンド信号の誤り率を検出する。
【０１６１】
変調制御部４１ａは、誤り検出部４３１～４３４で検出された誤り率に基づいて、各変調信号の変調形式を決定し、これに基づき変調部１９１～１９４と復調部４０１～４０４とを制御する。
【０１６２】
本実施形態において用いる信号形式は、基本的には第７の実施形態と同様であるが、各変調信号に用いる変調形式の決定は各ベースバンド信号の誤り率を検出することにより行われる点が異なる。すなわち、変調制御部４１ａは、誤り率が所定値より小さい帯域に対応する変調部には高いＳＮ比を要する変調形式を割り当て、誤り率が所定値より大きい帯域に対応する変調部には低いＳＮ比を許容できる変調方式を割り当て、さらに最も所要ＳＮ比の低い変調形式でも誤り率が所定値より大きくなる変調部には変調を行わないように制御する。
【０１６３】
なお、本実施形態ではデータ信号の帯域を４分割する場合について説明したが、データ信号の帯域の分割数は２以上であれば何分割であってもよい。
【０１６４】
以上のように本実施形態によれば、第７の実施形態と同様に、伝送レートに相当する帯域内において、波長分散等により周波数特性が極端に劣化する周波数が存在しても、分割された各帯域内の周波数特性に応じて変調形式を変えることによって、高品質にデータ信号を伝送することができる。したがって、波長分散補償用の光デバイスを用いることなく、伝送距離を拡大することができる。
【産業上の利用可能性】
【０１６５】
本発明に係る帯域分割型光伝送システム、ならびにそれに用いられる光送信装置、光受信装置、および光伝送方法は、高速かつ長距離に光信号を高品質に伝送することができ、

光通信等の分野において有用である。

【図面の簡単な説明】

【０１６６】

【図１】図１は、本発明の第１の実施形態に係る帯域分割型光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図２】図２Ａは、電気光変換部１４の周波数特性を示す図である。図２Ｂは、光ファイバ１、電気光変換部１４、および光電気変換部３１から構成される光伝送路の周波数特性を示す図である。図２Ｃは、入力されるデータ信号が使用する信号帯域を示す図である。図２Ｄは、周波数多重信号が使用する信号帯域を示す図である。図２Ｅは、第２のベースバンド信号の帯域を示す図である。

【図３】図３は、信号分離部１１の構成を示すブロック図である。

【図４】図４は、信号多重部３４の構成を示すブロック図である。

【図５】図５は、帯域変換部１２の構成を示すブロック図である。

【図６】図６は、帯域逆変換部３３の構成を示すブロック図である。

【図７】図７は、データ信号を三つの帯域に分割して多重化して伝送する光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図８】図８Ａは、電気光変換部１４の周波数特性を示す図である。図８Ｂは、光伝送路の周波数特性を示す図である。図８Ｃは、入力されるデータ信号が使用する帯域を示す図である。図８Ｄは、周波数多重信号が使用する信号帯域を示す図である。

【図９】図９は、本発明の第２の実施形態に係る帯域分割型光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図１０】図１０は、帯域制御部３６の動作を示すフローチャートである。

【図１１】図１１は、本発明の第３の実施形態に係る帯域分割型光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図１２】図１２は、本発明の第４の実施形態に係る帯域分割型光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図１３】図１３は、本発明の第５の実施形態に係る帯域分割型光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図１４】図１４は、帯域多値数制御部３６ｂの動作を示すフローチャートである。

【図１５】図１５は、本発明の第６の実施形態に係る帯域分割型光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図１６】図１６は、本発明の第７の実施形態に係る帯域分割型光伝送システムの構成を示すブロック図である。

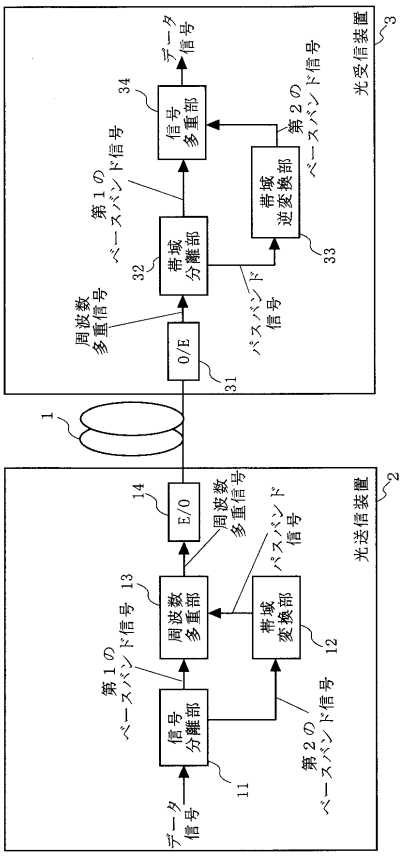
【図１７】図１７Ａは、電気光変換部１４の周波数特性を示す図である。図１７Ｂは、光伝送路の周波数特性を示す図である。図１７Ｃは、変調部１９１～１９４に対応する帯域変換部１２１～１２４のそれぞれから出力される信号の周波数帯域の一例を示す図である。

【図１８】図１８は、本発明の第８の実施形態に係る帯域分割型光伝送システムの構成を示すブロック図である。

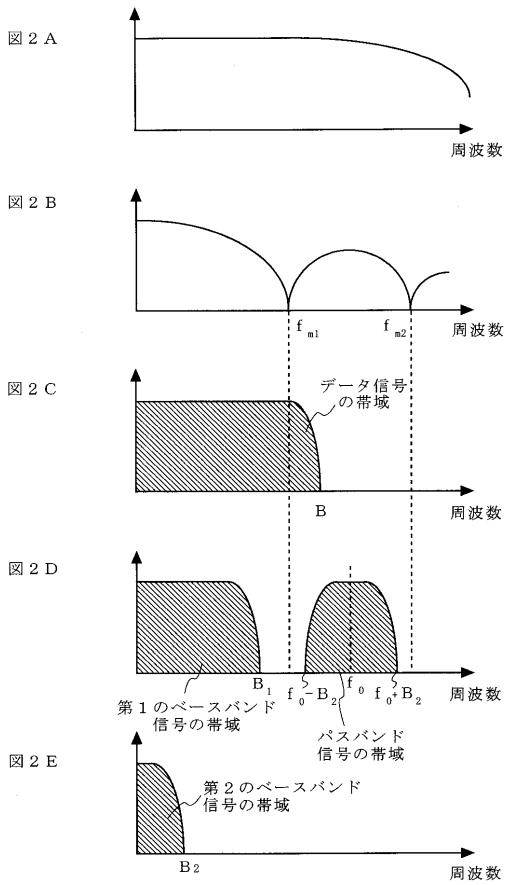
【図１９】図１９Ａは、従来の光送信器の周波数特性を示す図である。図１９Ｂは、光送信器、光受信器、および光ファイバからなる従来の光伝送路の周波数特性を示す図である。図１９Ｃは、従来のベースバンド伝送で使用する信号帯域を示す図である。

【図２０】図２０は、特許第２７６０２３３号公報に開示されている従来の波長分散補償方法を用いた光通信装置の一例を示す図である。

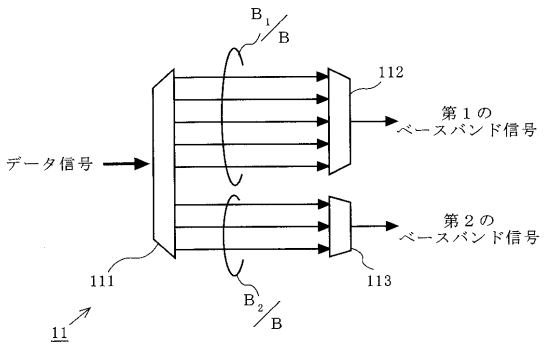
【図１】



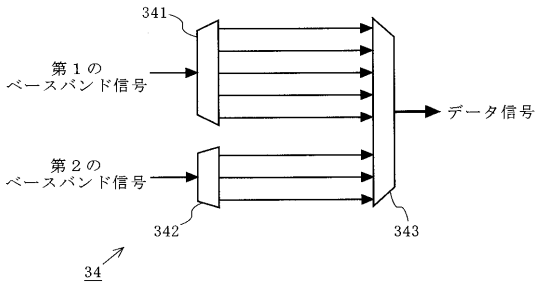
【図２】



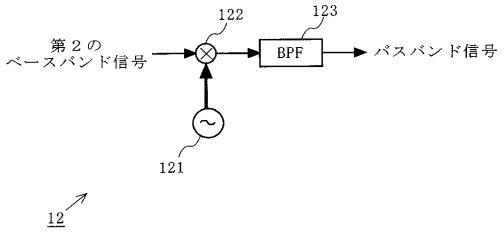
【図３】



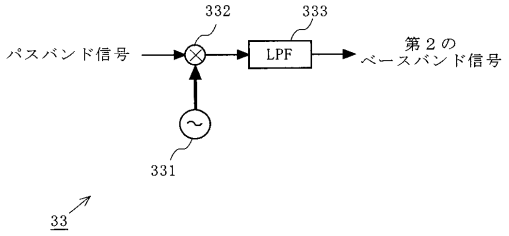
【図４】



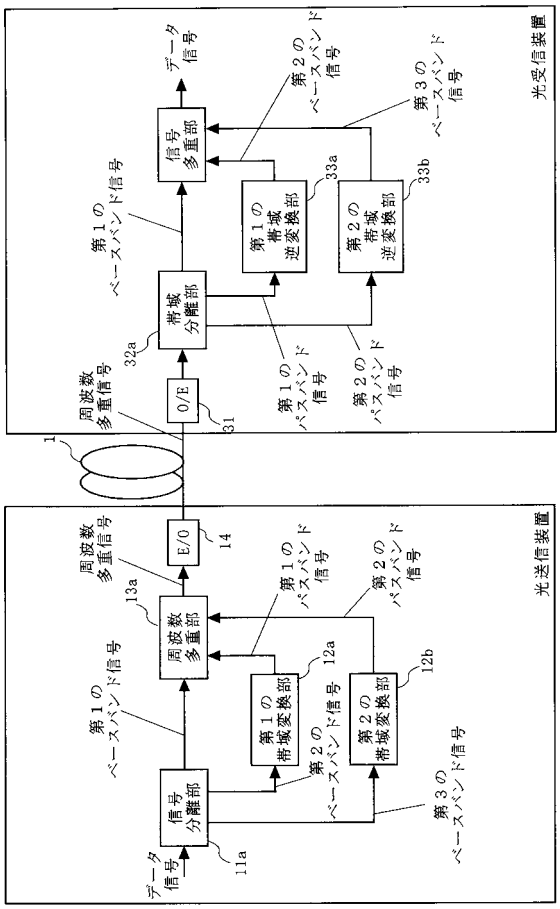
【図５】



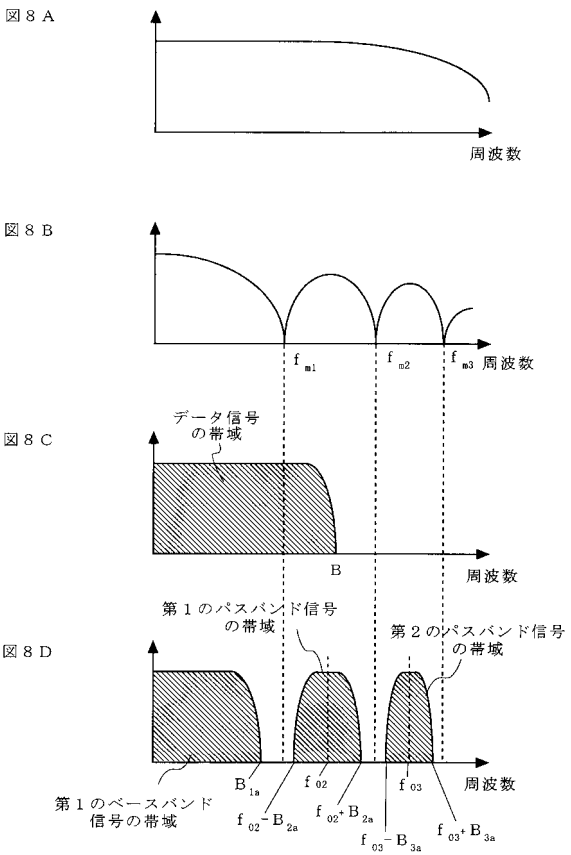
【図６】



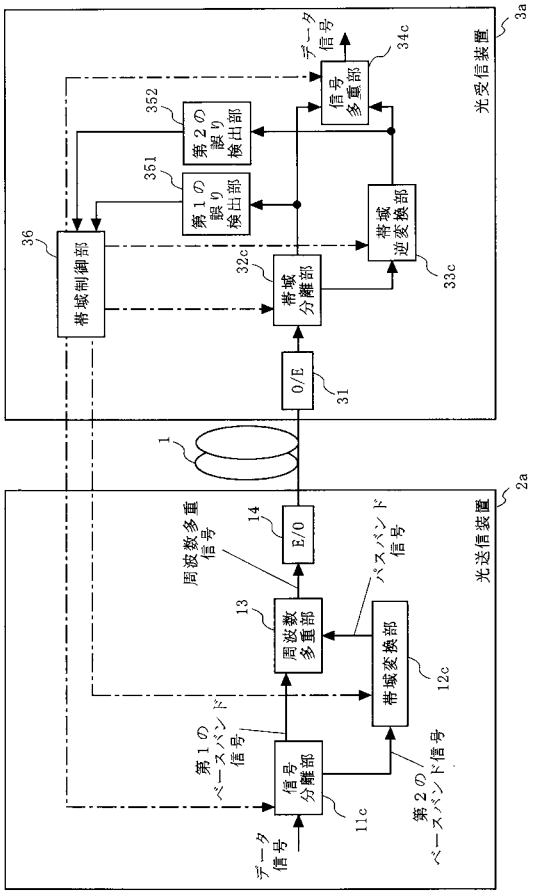
【図７】


光受信装置
データ信号
信号多重部
第２のベースバンド信号
第３のベースバンド信号
第１の帯域逆変換部
第２の帯域逆変換部
33a
33b
第１のベースバンド信号
帯域分離部
32a
第１のパスバンド信号
第２のパスバンド信号
周波数多重信号
O/E
31
1
光送信装置
E/O
14
周波数多重部
13a
第１の帯域変換部
第２の帯域変換部
12a
12b
信号分離部
11a

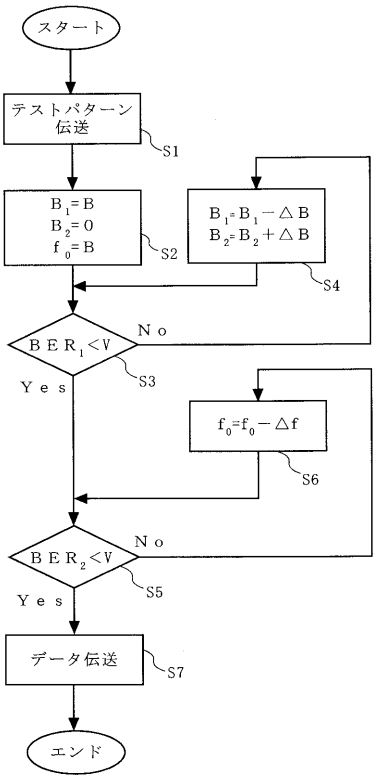
【図８】


図８Ａ
周波数
図８Ｂ
f m1
f m2
f m3 周波数
図８Ｃ
データ信号の帯域
B
周波数
図８Ｄ
第１のパスバンド信号の帯域
第２のパスバンド信号の帯域
第１のベースバンド信号の帯域
B 1a
f 02
f 03
周波数
f 02 − B 2a
f 02 + B 2a
f 03 − B 3a
f 03 + B 3a

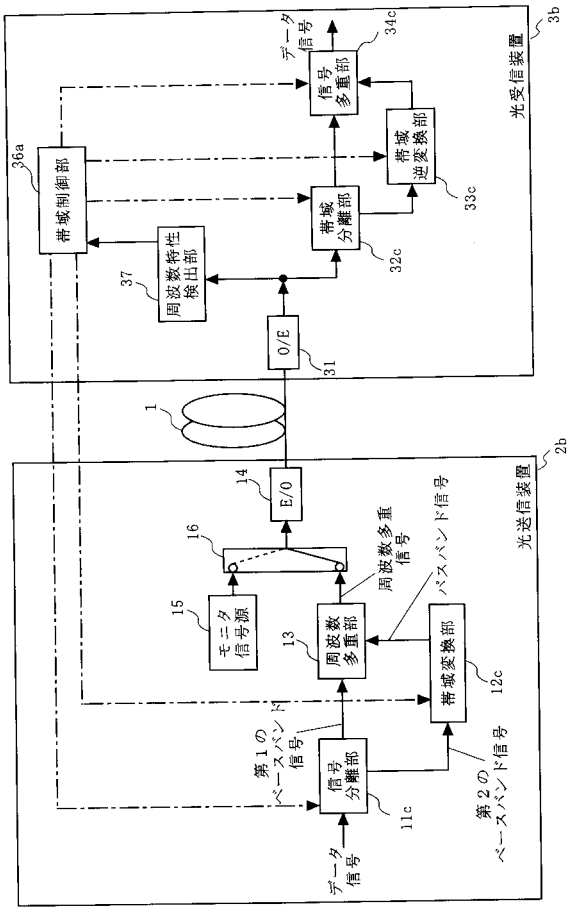
【図９】


光受信装置
3a
データ信号
34c
信号多重部
352
第２の誤り検出部
351
第１の誤り検出部
帯域逆変換部
33c
36
帯域制御部
32c
帯域分離部
O/E
31
1
光送信装置
2a
E/O
14
周波数多重信号
パスバンド信号
13
周波数多重部
帯域変換部
12c
第１のベースバンド信号
信号分離部
11c
第２のベースバンド信号
データ信号

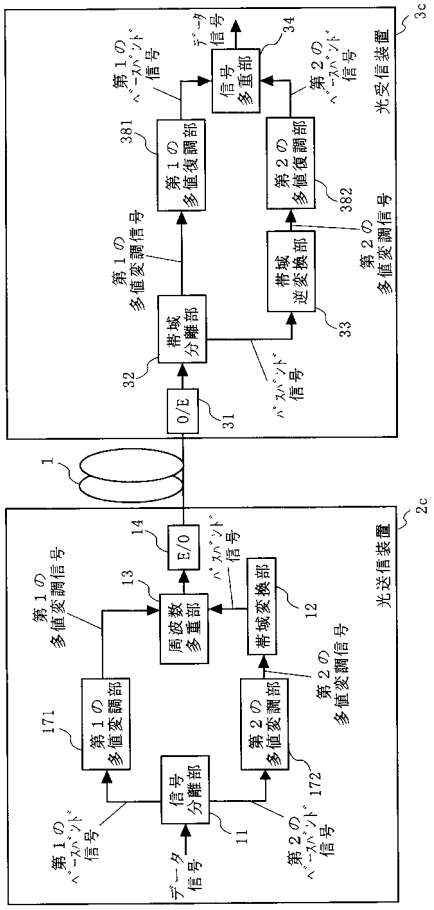
【図１０】


スタート
テストパターン伝送
S1
B 1 = B
B 2 = 0
f 0 = B
S2
B 1 = B 1 − △B
B 2 = B 2 + △B
S4
B E R 1 < V
No
Yes
S3
f 0 = f 0 − △f
S6
B E R 2 < V
No
Yes
S5
データ伝送
S7
エンド

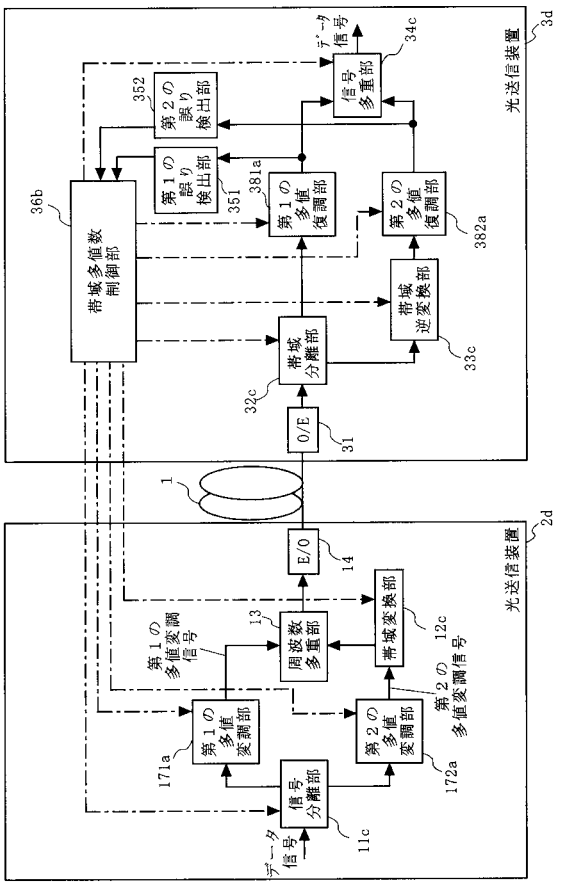
【図１１】



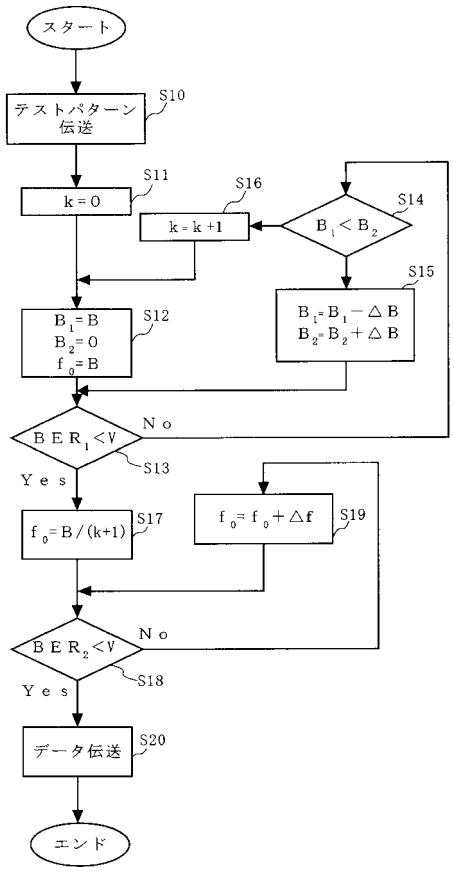
【図１２】



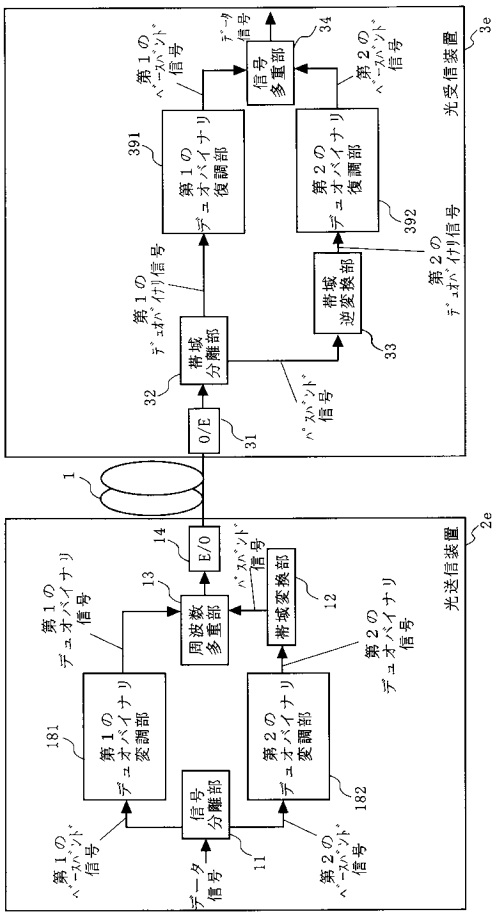
【図１３】



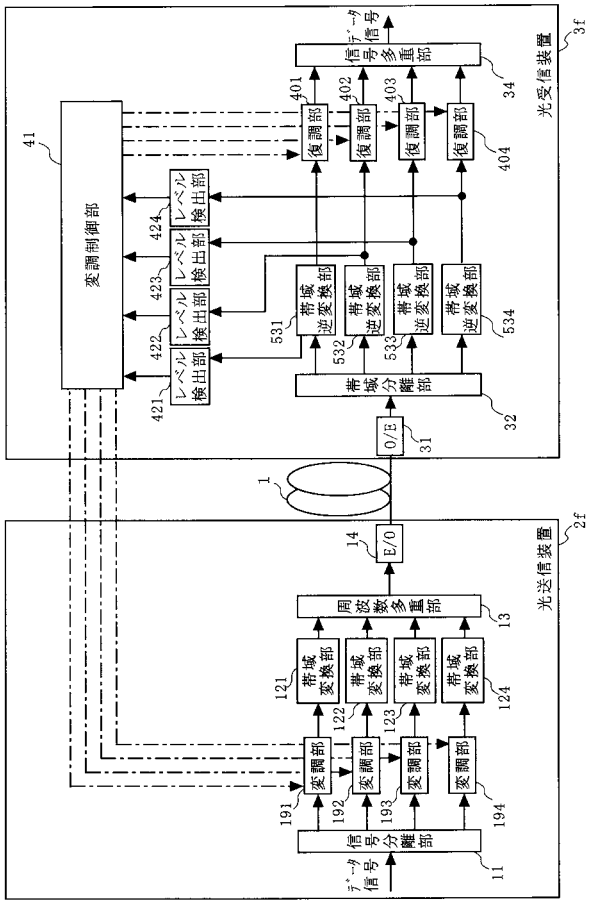
【図１４】



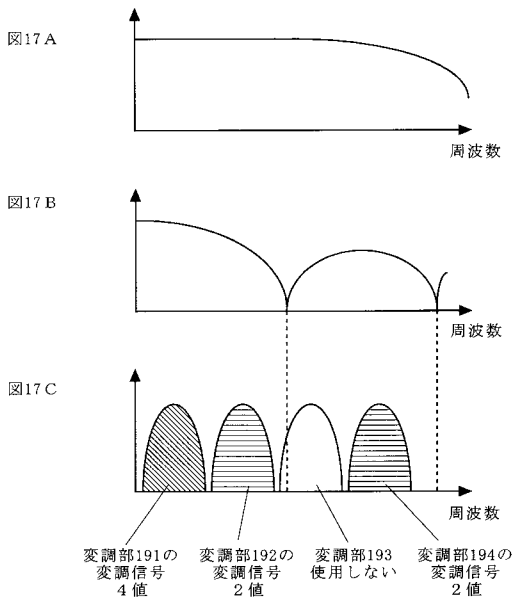
【図１５】



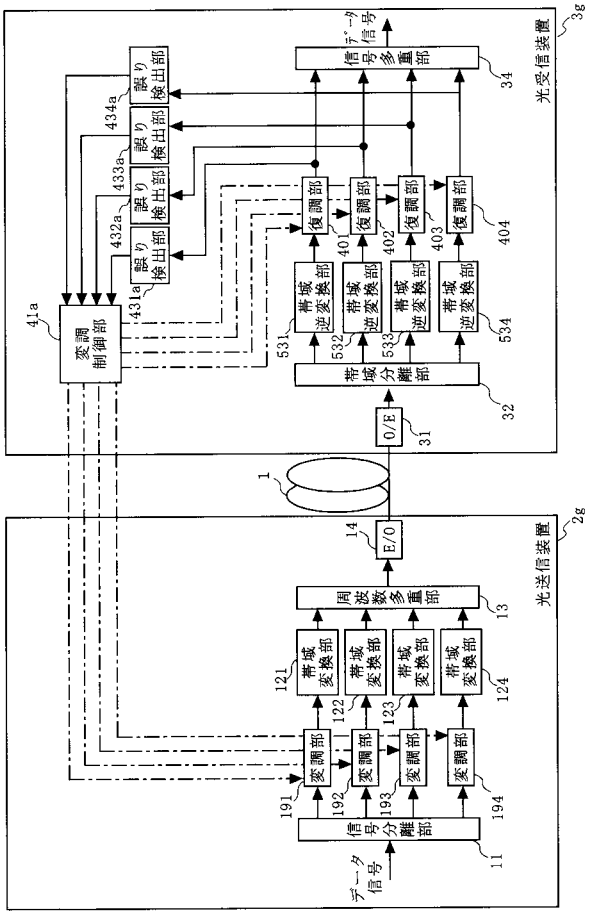
【図１６】



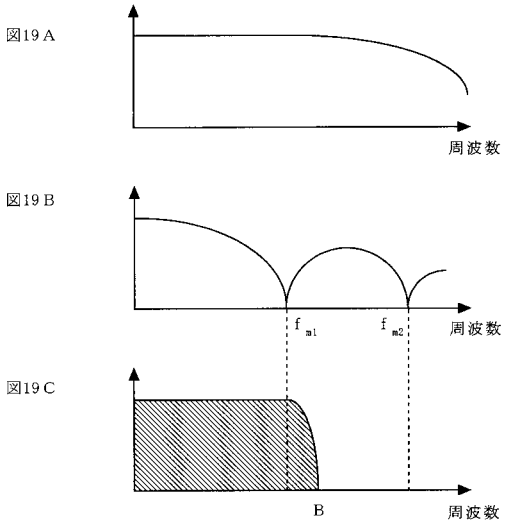
【図１７】



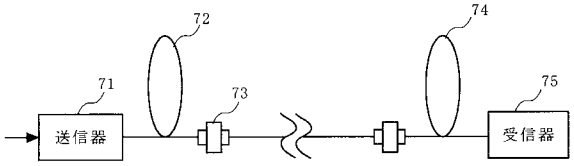
【図１８】



【図１９】



【図２０】



【手続補正書】
【提出日】平成16年10月5日(2004.10.5)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
入力されるデータ信号を光信号に変換して光伝送路に送出する光送信装置と、前記光伝送路を介して伝送された前記光信号を受信して前記データ信号に変換する光受信装置とを備える光伝送システムであって、
前記光送信装置は、
前記データ信号に含まれる情報を少なくとも二つに分割して、相異なる中心周波数および帯域を有する少なくとも二つの電気信号を生成するデータ信号分割部と、
前記データ信号分割部によって生成された前記少なくとも二つの電気信号を周波数多重する周波数多重部と、
前記周波数多重部によって生成された周波数多重信号を光信号に変換して前記光伝送路に送出する電気光変換部とを含み、
前記光受信装置は、
前記光伝送路を介して伝送された光信号を前記周波数多重信号に変換する光電気変換部と、
前記光電気変換部から出力される前記周波数多重信号を前記少なくとも二つの電気信号に分離する帯域分離部と、
前記帯域分離部によって分離された前記少なくとも二つの電気信号に基づいて、前記

データ信号を復元するデータ信号復元部とを含み、
前記データ信号分割部は、前記光伝送路の周波数特性において信号レベルが極小とならない周波数帯域に、各前記電気信号が配置されるように、前記少なくとも二つの電気信号を生成することを特徴とする、帯域分割型光伝送システム。
【請求項２】
前記データ信号分割部は、
前記データ信号に含まれる情報を、前記光伝送路の周波数特性に応じた所定の分割比率に従って二分割し、第１および第２のベースバンド信号として出力する信号分離部と、
前記信号分離部から出力された前記第２のベースバンド信号を所定の周波数を中心とするパスバンド信号に変換する帯域変換部とを有し、
前記第１のベースバンド信号および前記パスバンド信号をそれぞれ前記電気信号として出力し、
前記周波数多重部は、前記第１のベースバンド信号と前記パスバンド信号とを周波数多重し、
前記帯域分離部は、前記周波数多重信号を、前記第１のベースバンド信号と前記パスバンド信号とに分離し、
前記データ信号復元部は、
前記帯域分離部によって分離された前記パスバンド信号を周波数変換して前記第２のベースバンド信号に変換する帯域逆変換部と、
前記帯域分離部によって分離された前記第１のベースバンド信号と、前記帯域逆変換部によって変換された前記第２のベースバンド信号とを多重して、前記データ信号を復元する信号多重部とを有し、
前記データ信号分割部における前記所定の分割比率及び前記帯域変換部における前記所定の周波数は、可変に設定できることを特徴とする、請求項１に記載の帯域分割型光伝送システム。
【請求項３】
前記光伝送路は、信号レベルが極小となる第１および第２の周波数を持つ周波数特性を少なくとも有しており、
前記所定の分割比率は、前記第１の周波数までのベースバンド帯域の帯域幅と前記第１の周波数から前記第２の周波数までのパスバンド帯域の帯域幅との比に基づいて決められており、
前記所定の周波数は、前記パスバンド帯域内であることを特徴とする、請求項２に記載の帯域分割型光伝送システム。
【請求項４】
前記帯域変換部は、
前記所定の周波数の正弦波信号を発生する正弦波発振器と、
前記第２のベースバンド信号を、前記正弦波発振器から出力される正弦波信号とミキシングすることにより、当該正弦波信号の周波数を中心とした前記パスバンド信号に周波数変換するミキサと、
前記ミキサから出力される信号から前記パスバンド信号のみを抽出するバンドパスフィルタとを有する、請求項２に記載の帯域分割型光伝送システム。
【請求項５】
前記帯域分離部は、前記第１のベースバンド信号を分離するローパスフィルタと、前記パスバンド信号を分離するハイパスフィルタとから構成される、請求項２に記載の帯域分割型光伝送システム。
【請求項６】
前記帯域逆変換部は、
前記所定の周波数の正弦波信号を出力する正弦波発振器と、
前記パスバンド信号を、前記正弦波信号とミキシングすることによって、ベースバンド帯域に周波数変換するミキサと、

前記ミキサから出力される信号から前記第２のベースバンド信号のみを抽出するローパスフィルタとを有する、請求項２に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項７】

前記光受信装置は、さらに、

前記帯域分離部によって分離される前記第１のベースバンド信号の誤り率を検出する第１の誤り検出部と、

前記帯域逆変換部から出力される第２のベースバンド信号の誤り率を検出する第２の誤り率を検出部と、

前記第１および第２のベースバンド信号の誤り率が所定値以下となるように、前記信号分離部における前記所定の分割比率と前記帯域変換部における前記所定の周波数とを制御する帯域制御部とを含む、請求項２に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項８】

前記光送信装置は、さらに、

正弦波信号であるモニタ信号を、その周波数をスイープさせながら出力するモニタ信号源と、

前記周波数多重部から出力される周波数多重信号と、前記モニタ信号源から出力されるモニタ信号とを切り替えて、前記電気光変換部に入力するスイッチとを含み、

前記光受信装置は、さらに、

前記光電気変換部から出力される信号から前記モニタ信号を抽出し、スイープされた前記モニタ信号のレベルから前記光伝送路の周波数特性を検出する周波数特性検出部と、

前記周波数特性検出部で検出された前記光伝送路の周波数特性に基づいて、前記信号分離部における前記所定の分割比率と前記帯域変換部における前記所定の周波数とを制御する帯域制御部とを含む、請求項２に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項９】

前記信号分離部から出力される第１のベースバンド信号を、前記光伝送路の周波数特性に応じて決められた所定の第１の多値数に従って多値変調して、第１の多値変調信号として出力する第１の多値変調部と、

前記信号分離部から出力される第２のベースバンド信号を、前記光伝送路の周波数特性に応じて決められた所定の第２の多値数に従って多値変調して、第２の多値変調信号として出力する第２の多値変調部と、

前記帯域分離部によって分離された前記第１の多値変調信号を復調し、前記第１のベースバンド信号を出力する第１の多値復調部と、

前記帯域逆変換部から出力される前記第２の多値変調信号を復調して前記第２のベースバンド信号に変換する第２の多値復調部とを有する、請求項２に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項１０】

前記所定の第１の多値数および前記所定の第２の多値数は、第１および第２のベースバンド信号に必要とされるデータレートと第１および第２のベースバンド信号に割り当てられた周波数帯域の比率とに応じて決定されることを特徴とする、請求項９に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項１１】

前記光受信装置は、さらに、

前記第１の多値復調部から出力される前記第１のベースバンド信号の誤り率を検出する第１の誤り検出部と、

前記第２の多値変調部から出力される前記第２のベースバンド信号の誤り率を検出する第２の誤り率検出部と、

前記第１および第２のベースバンド信号の誤り率が所定値以下となるように、前記信号分離部における前記所定の分割比率、前記帯域変換部における前記所定の周波数、前記第１の多値変調部における前記所定の第１の多値数、および前記第２の多値変調部における前記所定の第２の多値数を制御する帯域多値数制御部とを含む、請求項９に記載の帯域

分割型光伝送システム。
【請求項１２】
前記パスバンド信号は、片側波帯変調された信号であることを特徴とする、請求項２または９に記載の帯域分割型光伝送システム。
【請求項１３】
前記信号分離部から出力される第１のベースバンド信号を、デュオバイナリ変調して、第１のデュオバイナリ信号として出力する第１のデュオバイナリ変調部と、
前記信号分離部から出力される第２のベースバンド信号を、デュオバイナリ変調して、第２のデュオバイナリ信号として出力する第２のデュオバイナリ変調部と、
前記帯域分離部によって分離された前記第１のデュオバイナリ信号を復調し、前記第１のベースバンド信号を出力する第１のデュオバイナリ復調部と、
前記帯域逆変換部から出力される前記第２のデュオバイナリ信号を復調して前記第２のベースバンド信号に変換する第２のデュオバイナリ復調部とを有する、請求項２に記載の帯域分割型光伝送システム。
【請求項１４】
前記データ信号分割部は、
前記データ信号に含まれる情報を、前記光伝送路の周波数特性に応じた所定の分割比率に従ってＮ（Ｎは３以上）分割し、第１～第Ｎのベースバンド信号として出力する信号分離部と、
前記信号分離部から出力された前記第２～第Ｎのベースバンド信号をそれぞれ相異なる所定の周波数を中心とする第１～第Ｎ－１のパスバンド信号に変換する第１～第Ｎ－１の帯域変換部とを有し、
前記第１のベースバンド信号および前記第１～第Ｎ－１のパスバンド信号を前記電気信号として出力し、
前記周波数多重部は、前記第１のベースバンド信号、および前記第１～第Ｎ－１のパスバンド信号を周波数多重し、
前記帯域分離部は、前記周波数多重信号を、前記第１のベースバンド信号、および前記第１～第Ｎ－１のパスバンド信号に分離し、
前記データ信号復元部は、
前記帯域分離部によって分離された前記第１～第Ｎ－１のパスバンド信号をそれぞれ周波数変換して、前記第２～第Ｎのベースバンド信号に変換する第１～第Ｎ－１の帯域逆変換部と、
前記帯域分離部によって分離された前記第１のベースバンド信号と、各前記帯域逆変換部によって変換された前記第２～第Ｎのベースバンド信号とを多重して、前記データ信号を復元する信号多重部とを有する、請求項１に記載の帯域分割型光伝送システム。
【請求項１５】
前記信号分離部から出力される第１～第Ｎのベースバンド信号を、前記光伝送路の周波数特性に応じて決められた所定の多値数に従ってそれぞれ多値変調して、第１～第Ｎの多値変調信号として出力する第１～第Ｎの多値変調部と、
前記帯域分離部及び各前記帯域逆変換部から出力される前記第１～第Ｎの多値変調信号をそれぞれ復調して前記第１～第Ｎのベースバンド信号に変換する第１～第Ｎの多値復調部とを有する、請求項１４に記載の帯域分割型光伝送システム。
【請求項１６】
前記信号分離部から出力される第１～第Ｎのベースバンド信号を、デュオバイナリ変調して、第１～第Ｎのデュオバイナリ信号として出力する第１～第Ｎのデュオバイナリ変調部と、
前記帯域分離部及び各前記帯域逆変換部から出力される前記第１～第Ｎのデュオバイナリ信号をそれぞれ復調して前記第１～第Ｎのベースバンド信号に変換する第１～第Ｎのデュオバイナリ復調部とを有する、請求項１４に記載の帯域分割型光伝送システム。
【請求項１７】

前記データ信号分割部は、
前記データ信号に含まれる情報を、所定の分割比率に従ってＮ（Ｎは２以上）分割し、第１～第Ｎのベースバンド信号を出力する信号分離部と、
前記信号分離部から出力された前記第１～第Ｎのベースバンド信号に対応して設けられており、前記第１～第Ｎのベースバンド信号を所定の形式でそれぞれ変調し、第１～第Ｎの変調信号を出力する第１～第Ｎの変調部と、
前記第１～第Ｎの変調部が出力した第１～第Ｎの変調信号を、それぞれ相異なる所定の周波数を中心とする第１～第Ｎの電気信号に変換して出力する第１～第Ｎの帯域変換部とを有し、
前記周波数多重部は、前記第１～第Ｎの電気信号を周波数多重し、
前記帯域分離部は、前記周波数多重信号を前記第１～第Ｎの電気信号に分離し、
前記データ信号復元部は、
前記帯域分離部によって分離された前記第１～第Ｎの電気信号を周波数変換して、前記第１～第Ｎの変調信号に変換する第１～第Ｎの帯域逆変換部と、
前記第１～第Ｎの帯域変換部から出力される前記第１～第Ｎの変調信号をそれぞれ復調して、前記第１～第Ｎのベースバンド信号を出力する第１～第Ｎの復調部と、
前記第１～第Ｎの復調部が出力した第１～第Ｎのベースバンド信号を多重して、前記データ信号を復元する信号多重部とを有し、
前記光受信装置は、さらに、
前記第１～第Ｎの帯域逆変換部から出力される第１～第Ｎの変調信号のレベルをそれぞれ検出する第１～第Ｎのレベル検出部と、
前記第１～第Ｎのレベル検出部で検出された第１～第Ｎの変調信号のレベルに基づいて、前記第１～第Ｎの変調部のそれぞれにおいて用いられる変調形式を制御する変調制御部とを含む、請求項１に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項１８】

前記変調制御部は、前記第１～第Ｎのレベル検出部で検出される前記第１～第Ｎの変調信号のレベルが所定値以下となっている変調信号に対応する変調部に対して、変調信号の送出を停止させる、請求項１７に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項１９】

前記データ信号分割部は、
前記データ信号に含まれる情報を、所定の分割比率に従ってＮ（Ｎは２以上）分割し、第１～第Ｎのベースバンド信号を出力する信号分離部と、
前記信号分離部から出力された前記第１～第Ｎのベースバンド信号に対応して設けられており、前記第１～第Ｎのベースバンド信号を所定の形式でそれぞれ変調し、第１～第Ｎの変調信号を出力する第１～第Ｎの変調部と、
前記第１～第Ｎの変調部が出力した第１～第Ｎの変調信号を、それぞれ相異なる所定の周波数を中心とする第１～第Ｎの電気信号に変換して出力する第１～第Ｎの帯域変換部とを有し、
前記周波数多重部は、前記第１～第Ｎの電気信号を周波数多重し、
前記帯域分離部は、前記周波数多重信号を前記第１～第Ｎの電気信号に分離し、
前記データ信号復元部は、
前記帯域分離部によって分離された前記第１～第Ｎの電気信号を周波数変換して、前記第１～第Ｎの変調信号に変換する第１～第Ｎの帯域逆変換部と、
前記第１～第Ｎの帯域変換部から出力される前記第１～第Ｎの変調信号をそれぞれ復調して、前記第１～第Ｎのベースバンド信号を出力する第１～第Ｎの復調部と、
前記第１～第Ｎの復調部が出力した第１～第Ｎのベースバンド信号を多重して、前記データ信号を復元する信号多重部とを有し、
前記光受信装置は、さらに、
前記第１～第Ｎの復調部から出力される第１～第Ｎのベースバンド信号の誤り率を検出する第１～第Ｎの誤り検出部と、

前記第１～第Ｎの誤り検出部で検出された第１～第Ｎのベース信号の誤り率に基づいて、前記第１～第Ｎの変調部のそれぞれにおいて用いられる変調形式を制御する変調制御部とを含む、請求項１に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項２０】

前記変調制御部は、前記第１～第Ｎの誤り検出部で検出される前記第１～第Ｎのベースバンド信号の誤り率が所定値以下となっているベースバンド信号に対応する変調部に対して、変調信号の送出を停止させる、請求項１９に記載の帯域分割型光伝送システム。

【請求項２１】

入力されるデータ信号を光信号に変換して光伝送路に送出する光送信装置であって、

前記データ信号に含まれる情報を少なくとも二つに分割して、相異なる中心周波数および帯域を有する少なくとも二つの電気信号を生成するデータ信号分割部と、

前記データ信号分割部によって生成された前記少なくとも二つの電気信号を周波数多重する周波数多重部と、

前記周波数多重部によって生成された周波数多重信号を光信号に変換して前記光伝送路に送出する電気光変換部とを含み、

前記データ信号分割部は、前記光伝送路の周波数特性において信号レベルが極小とならない周波数帯域に、各前記電気信号が配置されるように、前記少なくとも二つの電気信号を生成することを特徴とする、光送信装置。

【請求項２２】

入力されるデータ信号を光信号に変換する光送信装置から光伝送路を介して伝送された前記光信号を受信して、前記データ信号に変換する光受信装置であって、

前記光送信装置は、前記光伝送路の周波数特性において信号レベルが極小とならない周波数帯域に配置されるように生成した少なくとも二つの電気信号の周波数多重信号を電気光変換することによって光信号に変換し、

前記光伝送路を介して伝送された前記光信号を前記周波数多重信号に変換する光電気変換部と、

前記光電気変換部から出力される前記周波数多重信号を前記少なくとも二つの電気信号に分離する帯域分離部と、

前記帯域分離部によって分離された前記少なくとも二つの電気信号に基づいて、前記データ信号を復元するデータ信号復元部とを含み、

前記帯域分離部は、前記周波数多重信号から分離する各電気信号の周波数帯域を可変に設定できることを特徴とする、光受信装置。

【請求項２３】

入力されるデータ信号を光信号に変換して光伝送路に送出し、前記光伝送路を介して伝送された前記光信号を受信して前記データ信号に変換する方法であって、

前記データ信号に含まれる情報を少なくとも二つに分割して、相異なる中心周波数および帯域を有する少なくとも二つの電気信号を、前記光伝送路の周波数特性において信号レベルが極小とならない周波数帯域にそれぞれ配置されるように生成し、

生成された前記少なくとも二つの電気信号を周波数多重し、

前記周波数多重信号を光信号に変換して前記光伝送路に送出し、

前記光伝送路を介して伝送された光信号を前記周波数多重信号に変換し、

前記周波数多重信号を前記少なくとも二つの電気信号に分離し、

分離された前記少なくとも二つの電気信号に基づいて、前記データ信号を復元する、帯域分割型光伝送方法。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/JP2004/008143

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04J14/02 H04B10/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H04J H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 078 412 A (FUSE MASARU ET AL) 20 June 2000 (2000-06-20) column 10, line 1 - column 11, line 5 column 15, line 22 - line 48 claim 11	1-23
A	SARGIS P D ET AL: "Subcarrier multiplexing with dispersion reduction" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 31, no. 20, 28 September 1995 (1995-09-28), pages 1769-1770, XP006003467 ISSN: 0013-5194 the whole document	1-23
	-/--	

[X] Further documents are listed in the continuation of box C. [X] Patent family members are listed in 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 document 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	Date of mailing of the international search report
2 August 2004	11/08/2004

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Belloni, P

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT PCT/JP2004/008143

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 00/42727 A (KESTREL SOLUTIONS INC) 20 July 2000 (2000-07-20) the whole document	1,2,9, 11, 13-17, 21-23
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 12, 29 October 1999 (1999-10-29) & JP 11 205240 A (TOSHIBA CORP), 30 July 1999 (1999-07-30) abstract	1-9,12
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 21, 3 August 2001 (2001-08-03) & JP 2001 094491 A (TOSHIBA CORP), 6 April 2001 (2001-04-06) abstract	1,21-23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

PCT/JP2004/008143

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6078412 A	20-06-2000	JP 9098155 A	08-04-1997
WO 0042727 A	20-07-2000	US 6452945 B1	17-09-2002
		US 6529303 B1	04-03-2003
		AU 2413000 A	01-08-2000
		CA 2360873 A1	20-07-2000
		EP 1142188 A1	10-10-2001
		JP 2002535876 T	22-10-2002
		WO 0042727 A1	20-07-2000
		US 2003210909 A1	13-11-2003
		AU 2903401 A	10-05-2001
		AU 7831900 A	24-04-2001
		EP 1219051 A1	03-07-2002
		WO 0122628 A1	29-03-2001
		WO 0126263 A2	12-04-2001
		US 2002039211 A1	04-04-2002
JP 11205240 A	30-07-1999	NONE	
JP 2001094491 A	06-04-2001	CN 1297291 A	30-05-2001
		EP 1085678 A2	21-03-2001

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (January 2004)

フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I	テーマコード（参考）
Ｈ０４Ｂ	***10/152***	***(2006.01)***		
Ｈ０４Ｊ	***14/00***	***(2006.01)***		
Ｈ０４Ｊ	***14/02***	***(2006.01)***		
Ｈ０４Ｊ	***1/00***	***(2006.01)***		

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IT,LU,MC,NL,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NA,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

【要約の続き】
号分割部（１１，１２）は、光伝送路の周波数特性において信号レベルが極小とならない周波数帯域に、各電気信号が配置されるように、少なくとも二つの電気信号を生成することを特徴とする。