

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7140018号
(P7140018)

(45)発行日 令和4年9月21日(2022.9.21)

(24)登録日 令和4年9月12日(2022.9.12)

(51)国際特許分類 F I
 H 0 4 B 10/272 (2013.01) H 0 4 B 10/272
 G 0 2 B 6/287 (2006.01) G 0 2 B 6/287
 H 0 4 L 12/44 (2006.01) H 0 4 L 12/44 2 0 0

請求項の数 5 (全21頁)

(21)出願番号	特願2019-52095(P2019-52095)	(73)特許権者	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(22)出願日	平成31年3月20日(2019.3.20)	(74)代理人	100119677 弁理士 岡田 賢治
(65)公開番号	特開2020-155910(P2020-155910 A)	(74)代理人	100115794 弁理士 今下 勝博
(43)公開日	令和2年9月24日(2020.9.24)	(72)発明者	河北 敦子 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
審査請求日	令和3年7月8日(2021.7.8)	(72)発明者	原 一貴 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
		(72)発明者	木村 康隆 東京都千代田区大手町一丁目5番1号

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光通信システム、分岐比率決定方法、及び伝送距離決定方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

m (m は 2 以上の整数) 個の第 1 ポートと m 個の第 2 ポートとの間を m - 1 個の 2 入力 2 出力のファイバ型光スプリッタを組み合わせることで接続した不等分岐光スプリッタと、

前記不等分岐光スプリッタの 1 番目と 2 番目の前記第 1 ポートに対して波長の異なる光信号を入出力する、又は 1 番目と 2 番目の前記第 1 ポートの一方に対して波長多重の光信号を入出力する光回線終端装置と、

前記不等分岐光スプリッタの前記第 2 ポートのそれぞれに対して単独波長の光信号を入出力する又は波長多重の光信号を入出力する光終端装置と、
を備える光通信システムであって、

前記不等分岐光スプリッタは、

1 段目の前記ファイバ型光スプリッタが 2 入力に 1 番目と 2 番目の前記第 1 ポートを接続し、 2 出力のうち一方に 1 番目の前記第 2 ポートを接続し、

k (k は 2 以上 m - 2 以下の整数) 段目の前記ファイバ型光スプリッタが 2 入力のうち一方に k + 1 番目の前記第 1 ポートを、他方に k - 1 段目の前記ファイバ型光スプリッタの 2 出力の一方を接続し、 2 出力のうち一方に k 番目の前記第 2 ポートを接続し、

m - 1 段目の前記ファイバ型光スプリッタが 2 入力のうち一方に m 番目の前記第 1 ポートを、他方に m - 2 段目の前記ファイバ型光スプリッタの 2 出力の一方を接続し、 2 出力に m - 1 番目と m 番目の前記第 2 ポートを接続しており、

前記ファイバ型光スプリッタのそれぞれは、

1 番目以外の前記第 2 ポート毎に存在する、前記光回線終端装置から最も遠い最遠距離にある前記光終端装置からの光信号がいずれの波長も最低受光感度以上で前記光回線終端装置に到達できるように、前記最遠距離及び波長で定まる分岐比率を実現する溶融延伸距離を持つことを特徴とする光通信システム。

ただし、 $m - 1$ 段目の前記ファイバ型光スプリッタは m が 3 以上の場合に存在し、 k 段目の前記ファイバ型光スプリッタは m が 4 以上の場合に存在する。

【請求項 2】

前記不等分岐光スプリッタの前記第 2 ポートと前記光終端装置との間に少なくとも 1 つ以上の等分岐光スプリッタが配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光通信システム。

10

【請求項 3】

前記不等分岐光スプリッタの前記第 1 ポートと前記光回線終端装置との間に少なくとも 1 つ以上の等分岐光スプリッタが配置されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光通信システム。

【請求項 4】

m (m は 2 以上の整数) 個の第 1 ポートと m 個の第 2 ポートとの間を $m - 1$ 個の 2 入力 2 出力のファイバ型光スプリッタを組み合わせる接続した不等分岐光スプリッタと、

前記不等分岐光スプリッタの 1 番目と 2 番目の前記第 1 ポートに対して波長の異なる光信号を入出力する、又は 1 番目と 2 番目の前記第 1 ポートの一方に対して波長多重の光信号を入出力する光回線終端装置と、

20

前記不等分岐光スプリッタの前記第 2 ポートのそれぞれに対して単独波長の光信号を入出力する又は波長多重の光信号を入出力する光終端装置と、
を備え、

前記不等分岐光スプリッタは、

1 段目の前記ファイバ型光スプリッタが 2 入力に 1 番目と 2 番目の前記第 1 ポートを接続し、2 出力のうち一方に 1 番目の前記第 2 ポートを接続し、

k (k は 2 以上 $m - 2$ 以下の整数) 段目の前記ファイバ型光スプリッタが 2 入力のうち一方に $k + 1$ 番目の前記第 1 ポートを、他方に $k - 1$ 段目の前記ファイバ型光スプリッタの 2 出力の一方を接続し、2 出力のうち一方に k 番目の前記第 2 ポートを接続し、

$m - 1$ 段目の前記ファイバ型光スプリッタが 2 入力のうち一方に m 番目の前記第 1 ポートを、他方に $m - 2$ 段目の前記ファイバ型光スプリッタの 2 出力の一方を接続し、2 出力に $m - 1$ 番目と m 番目の前記第 2 ポートを接続している

30

光通信システムにおいて、前記不等分岐光スプリッタの分岐比率を決定する分岐比率決定方法であって、

1 番目以外の前記第 2 ポート毎に、前記光回線終端装置から最も遠い前記光終端装置と前記光回線終端装置との最遠距離を検出し、

前記最遠距離を、前記ファイバ型光スプリッタの分岐比率、前記最遠距離及び波長の関数に代入してそれぞれの前記ファイバ型光スプリッタの分岐比率を波長毎に算出し、

それぞれの前記ファイバ型光スプリッタにおいて、算出した波長毎の分岐比率を同時に実現できる溶融延伸距離を見出す

40

ことを特徴とする分岐比率決定方法。

ただし、 $m - 1$ 段目の前記ファイバ型光スプリッタは m が 3 以上の場合に存在し、 k 段目の前記ファイバ型光スプリッタは m が 4 以上の場合に存在する。

【請求項 5】

請求項 4 の分岐比率決定方法で算出した、前記 1 段目の前記ファイバ型光スプリッタの分岐比率を用いて、1 番目の前記第 2 ポートに接続された、前記光回線終端装置から最も遠い前記光終端装置と前記光回線終端装置との最遠距離を波長毎に算出し、最も短い前記最遠距離を 1 番目の前記第 2 ポートの伝送距離とすることを特徴とする伝送距離決定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【0001】

本開示は、WDM (Wavelength Division Multiplexing) によるサービス多重を行う光信号伝送システム、当該システムが備える不等分岐光スプリッタの分岐比率決定方法、及び伝送距離決定方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

インターネットの爆発的な普及に伴い、高速通信サービスを提供するFTTH (Fiber to the home) の加入者数が増加している。現行FTTHサービスでは、通信速度1Gbit/sの1G-EPON (gigabit-ethernet passive optical network) が利用されているが、今後、更なるインターネット普及による加入者数増大や、第5世代移動通信システムのバックホール回線、IoT (Internet of Things) への適用、4K/8K高精細映像の配信サービスなどへの対応に向け、更なる広帯域化が求められている。現在、これらの要求に対して、既に標準化が完了した10G-EPONや、40Gbit/s級PON (ITU-T Rec G.989シリーズ)、更には100Gbit/s級の次世代PONシステム (IEEE 802.3 ca) に関する検討がIEEEやITU等の標準化団体で活発に議論されている。

10

【0003】

一般的にFTTHサービスでは、面的に展開されている加入者を効率よく、かつ経済的に収容するために、多重化技術として時分割多重技術 (TDM: Time Division Multiplexing)、および網トポロジーとしてダブルスター型をベースとするTDM-PONシステムが導入されている。また、ユーザが複数のサービスを同時に享受するため、波長分割多重技術 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) を活用し、データ通信やその他のサービスを異なる波長帯の光を用いて提供することでサービス多重を実現している。

20

【0004】

PONシステムにおいては、伝送距離の長延化によるエリア拡大を実現し、装置数を削減することによるユーザあたりの装置コスト削減や、局統合による電力削減が望まれており、ユーザの分布に偏りがあるエリアへの長距離化手法として、非特許文献1に示されるような不等分岐/分配光スプリッタを活用したPONシステムの新しい方式が提案されている。

30

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【文献】河北、他、「不等分岐/分配光スプリッタを適用した分岐比率決定法による光アクセスネットワークの長延化」、2018年電子情報通信学会ソサイエティ大会、講演番号B-8-23 2018.9

Katsumi Morishita and Nobuyuki Ohta, "Fused Fiber Couplers Made Wavelength Insensitive by the Glass Structure Change," JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, 2008, VOL. 26, NO. 13, Page(s): 1915-1920.

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

非特許文献1では、データ通信サービスのみ(1波長のみ)の提供で、伝送距離の長延化や収容ユーザの拡大を可能とする不等分岐/分配光スプリッタ(以下、「不等分岐/分配光スプリッタ」を「不等分岐光スプリッタ」と記載する。)を備える光通信システムを開示するが、WDMによるサービス多重の提供でも、伝送距離の長延化や収容ユーザの拡大が求められる。

50

【 0 0 0 7 】

WDMによるサービス多重を実現する一例として、光スプリッタのデータ通信サービスの入力ポートとは別のポートから、波長の異なる信号を入力/合波する方法が挙げられる。一般的に光スプリッタの分岐比は式(1)、(2)に示すように波長に依存して変化することが知られている。以下に光スプリッタの分岐比の波長依存性について説明する。

【 0 0 0 8 】

図1は、光スプリッタのうち、熔融延伸型の2分岐光スプリッタ(ファイバ型光スプリッタ)を説明する図である。図の符号100、101は信号の入力ポート、102、103は信号の出力ポートである。ポート100から P_{in_1} (mW)の光が入力された場合、ポート102、103の出力強度 P_{out_1} (mW)、 P_{out_2} (mW)は以下の式で表される。

【数1】

$$P_{out_1} = P_{in_1} \cos^2(CL_m) \quad (1)$$

【数2】

$$P_{out_2} = P_{in_1} \sin^2(CL_m) \quad (2)$$

ここで、 $C = \frac{3\pi\lambda}{32n_0d^2} \frac{1}{1+(1/v)^2}$ 、 $v = d \frac{2\pi}{\lambda} (n_0^2 - n_s^2)$ 、

L_z : 熔融延伸距離 (μm)、 λ : スプリッタ入力波長、 d : 融着延伸時のコア径、 n_0 : ファイバコア屈折率、 n_s : クラッド屈折率である。

【 0 0 0 9 】

上式に示すようにファイバ型光スプリッタの出力特性は、波長()に依存する。そのため、一様に分布したユーザに対してあまねくサービスを提供するために、入力する波長に依存せず一定の分岐比率となる、例えば非特許文献2に記載される光スプリッタを備えることが考えられている。

【 0 0 1 0 】

しかし、非特許文献1に示すようなユーザの収容分布に偏りがあるアクセスネットワークに、非特許文献2の波長無依存の光スプリッタを適用した場合、WDMによるサービス多重の提供が困難となる場合がある。

【 0 0 1 1 】

サービス多重の提供が困難になる原因として、
(i) サービス毎の光バジェットの違い、
(ii) 光スプリッタの光学特性
の2つが挙げられる。

【 0 0 1 2 】

原因(i)は、データ通信サービスと他のサービスの光バジェットが異なることによって、あるユーザが2つのサービスを受信したいときに、一方のサービスは受信可能だが、もう一方は受信不可能となる場合がある。この原因は光バジェットが小さいサービスの伝送距離に合わせユーザを配置することで解消可能である。

【 0 0 1 3 】

原因(ii)について、図1を用いて説明する。

ファイバ型光スプリッタの分岐比率が分岐箇所104においてポート100から入射した光がポート102にX%、ポート103に100-X%の割合で出力する場合(このような場合を分岐比率X:100-Xと定義する)、ポート101から入射した光に対しては出力比が反転し、ポート102に100-X%、ポート103にX%で出力する。この光スプリッタの特性により、ポート100、101のそれぞれから同じ強度で異なる波長の光を入射した場合、ポート102からはそれぞれ異なる光強度で出力される。つまり、ポート100に1の光、ポート101に2の光を入射すると、波長無依存であるため

10

20

30

40

50

、ポート102にX%の1と100-X%の2の波長多重光が出力し、ポート103に100-X%の1とX%の2の波長多重光が出力する。ポート103についても同様の事象が起こる。このため、波長毎に分岐比率を違えることができず、サービス多重の提供が困難となる。また、同じポートから異なる波長の光を入射しても同様である。

【0014】

非特許文献1の不等分岐光スプリッタを非特許文献2の光スプリッタで構成した場合も波長無依存の光スプリッタの組み合わせなので上記の事象が発生する。このため、非特許文献1の不等分岐光スプリッタを波長無依存の光スプリッタで構成した光通信システムは、波長多重の光についてポート毎且つ波長毎に出力比の制御ができず、WDMによるサービス多重の提供が困難という課題があった。

10

【0015】

そこで、本発明は、上記課題を解決するために、入射される波長が異なる光についてポート毎且つ波長毎に出力比の制御が可能である光通信システム、ポート毎且つ波長毎に出力比を制御するための不等分岐光スプリッタの分岐比率決定方法、及び当該光通信システムでの伝送距離決定方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0016】

上記目的を達成するために、本発明に係る光通信システムは、ファイバ型光スプリッタの溶融延伸の距離を制御することでその分岐比率を波長毎に独立に設定できることを利用し、入射される波長が異なる光をポート毎且つ波長毎に出力比を制御することとした。

20

【0017】

具体的には、本発明に係る光通信システムは、

m (mは2以上の整数)個の第1ポートとm個の第2ポートとの間をm-1個の2入力2出力のファイバ型光スプリッタを組み合わせることで接続した不等分岐光スプリッタと、

前記不等分岐光スプリッタの1番目と2番目の前記第1ポートに対して波長の異なる光信号を入出力する、又は1番目と2番目の前記第1ポートの一方に対して波長多重の光信号を入出力する光回線終端装置と、

前記不等分岐光スプリッタの前記第2ポートのそれぞれに対して単独波長の光信号を入出力する又は波長多重の光信号を入出力する光終端装置と、
を備える光通信システムであって、

30

前記不等分岐光スプリッタは、

1段目の前記ファイバ型光スプリッタが2入力に1番目と2番目の前記第1ポートを接続し、2出力のうち一方に1番目の前記第2ポートを接続し、

k (kは2以上m-2以下の整数)段目の前記ファイバ型光スプリッタが2入力のうち一方にk+1番目の前記第1ポートを、他方にk-1段目の前記ファイバ型光スプリッタの2出力の一方を接続し、2出力のうち一方にk番目の前記第2ポートを接続し、

m-1段目の前記ファイバ型光スプリッタが2入力のうち一方にm番目の前記第1ポートを、他方にm-2段目の前記ファイバ型光スプリッタの2出力の一方を接続し、2出力にm-1番目とm番目の前記第2ポートを接続しており、

前記ファイバ型光スプリッタのそれぞれは、

40

1番目以外の前記第2ポート毎に存在する、前記光回線終端装置から最も遠い最遠距離にある前記光終端装置からの光信号がいずれの波長も最低受光感度以上で前記光回線終端装置に到達できるように、前記最遠距離及び波長で定まる分岐比を実現する溶融延伸距離を持つことを特徴とする。

ただし、m-1段目の前記ファイバ型光スプリッタはmが3以上の場合に存在し、k段目の前記ファイバ型光スプリッタはmが4以上の場合に存在する。

【0018】

また、本発明に係る光通信システムは、前記不等分岐光スプリッタの前記第2ポートと前記光終端装置との間に少なくとも1つ以上の等分岐光スプリッタが配置されていることを特徴とする。

50

【 0 0 1 9 】

さらに、本発明に係る光通信システムは、前記不等分岐光スプリッタの前記第 1 ポートと前記光回線終端装置との間に少なくとも 1 つ以上の等分岐光スプリッタが配置されていることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

ここで、本発明に係る不等分岐光スプリッタの分岐比率決定方法は、

1 番目以外の前記第 2 ポート毎に、前記光回線終端装置から最も遠い前記光終端装置と前記光回線終端装置との最遠距離を検出し、

前記最遠距離を、前記ファイバ型光スプリッタの分岐比率、前記最遠距離及び波長の関数に代入してそれぞれの前記ファイバ型光スプリッタの分岐比率を波長毎に算出し、

それぞれの前記ファイバ型光スプリッタにおいて、算出した波長毎の分岐比率を同時に実現できる溶融延伸距離を見出す

ことを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

また、本発明に係る光通信システムの伝送距離決定方法は、前記分岐比率決定方法で算出した、前記 1 段目の前記ファイバ型光スプリッタの分岐比率を用いて、1 番目の前記第 2 ポートに接続された、前記光回線終端装置から最も遠い前記光終端装置と前記光回線終端装置との最遠距離を波長毎に算出し、最も短い前記最遠距離を 1 番目の前記第 2 ポートの伝送距離とすることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

なお、上記各発明は、可能な限り組み合わせることができる。

【発明の効果】

【 0 0 2 3 】

本発明は、入射される波長が異なる光についてポート毎且つ波長毎に出力比の制御が可能である光通信システム、ポート毎且つ波長毎に出力比を制御するための不等分岐光スプリッタの分岐比率決定方法、及び当該光通信システムでの伝送距離決定方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 4 】

【図 1】ファイバ型光スプリッタを説明する図である。

【図 2】ファイバ型光スプリッタの溶融延伸距離に対する出力変動を説明する図である。

【図 3】本発明に係る光通信システムが備える不等分岐光スプリッタを説明する図である。

【図 4】本発明に係る光通信システムを説明する図である。

【図 5】本発明に係る光通信システムを説明する図である。

【図 6】本発明に係る光通信システムを説明する図である。

【図 7】本発明に係る光通信システムを説明する図である。

【図 8】本発明に係る光通信システムが備える不等分岐光スプリッタを説明する図である。

【図 9】本発明に係る光通信システムを説明する図である。

【図 10】本発明に係る光通信システムを説明する図である。

【図 11】本発明に係る分岐比率決定方法及び伝送距離決定方法を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 5 】

添付の図面を参照して本発明の実施形態を説明する。以下に説明する実施形態は本発明の実施例であり、本発明は、以下の実施形態に制限されるものではない。なお、本明細書及び図面において符号が同じ構成要素は、相互に同一のものを示すものとする。

【 0 0 2 6 】

(発明の特徴)

図 2 は、図 1 のファイバ型光スプリッタのポートに入力する光の波長を $\lambda_1 = 1490 \text{ nm}$ 、 $\lambda_2 = 1560 \text{ nm}$ とした場合、溶融延伸距離 L_z に対する出力変動を上述した式 (1) (2) に基づいてグラフに示したものである。図 2 のように、異なるポートから異

10

20

30

40

50

なる波長を入力した場合、溶融延伸距離 L_z に対する分岐比率の波形は波長毎に周期が異なる。つまり、溶融延伸距離 L_z を制御することで、波長毎に所望の分岐比率を設定することができる。本発明は、このファイバ型光スプリッタの特性を利用したものである。なお、図2では、ファイバ型光スプリッタの入力ポートそれぞれに異なる波長の光を入射したものの、1つの入力ポートに波長多重の光を入射しても同様である。

【0027】

(実施形態1)

実施形態1について、図3及び図4を用いて説明する。非特許文献1の不等分岐光スプリッタは、入力1ポート及び出力4ポートを備える構成だが、複数サービスを不等分岐光スプリッタを利用して合波するため、図3の符号301のような入力4ポート及び出力4ポートを備える不等分岐光スプリッタとする。図中の符号302-1~302-3は分岐点(溶融延伸箇所)、303-1~303-6はそれぞれの分岐点からの出力ファイバを示す。なお、ポート3と4は閉塞されていてもよい。

10

【0028】

符号302-1~302-3の3箇所の分岐点におけるポート1から入力する波長 λ_1 の光に対する分岐比率をそれぞれ

(302-1) $X : 100 - X$ 、

(302-2) $Y : 100 - Y$ 、

(302-3) $Z : 100 - Z$

とする。これはすなわち、入力光強度が

20

分岐点302-1では、303-1へ $X\%$ 、303-2へ $100 - X\%$ 、

分岐点302-2では、303-3へ $Y\%$ 、303-4へ $100 - Y\%$ 、

分岐点302-3では、303-5へ $Z\%$ 、303-6へ $100 - Z\%$

の割合で分波することを示している。

【0029】

一方でポート2から入力した波長 λ_2 の光に対する分岐比率は3つの分岐点それぞれに対し、

(302-1) $X' : 100 - X'$ 、

(302-2) $Y' : 100 - Y'$ 、

(302-3) $Z' : 100 - Z'$

30

とする。これはすなわち、入力光強度が

分岐点302-1では、303-1へ $100 - X'\%$ 、303-2へ $X'\%$ 、

分岐点302-2では、303-3へ $Y'\%$ 、303-4へ $100 - Y'\%$ 、

分岐点302-3では、303-5へ $Z'\%$ 、303-6へ $100 - Z'\%$

の割合で分波することを示している。波長 λ_2 の光に対する分岐比率 X' 、 Y' 、 Z' は上述のように溶融延伸距離 L_z を調整することで波長 λ_1 の光に対する分岐比率 X 、 Y 、 Z とは異なる値に設定することができる。

【0030】

光通信システムでは、波長 λ_1 で提供されるサービス1及び波長 λ_2 で提供されるサービス2に対して、ポートB配下に接続される最遠の光終端装置(ONU: Optical Network Unit)、ポートC配下に接続される最遠ONU、及びポートD配下に接続される最遠ONUから出力された各々の光が、光回線終端装置(OLT: Optical Line Terminal)側の受信器に最小受信感度で到着することが求められる。そこで、ファイバ型光スプリッタ(302-1~3)の分岐比率 X 、 Y 、 Z 、及び X' 、 Y' 、 Z' が所望の値となるようにそれぞれの溶融延伸距離 L_z を定めることで、OLT配下の全ONUと通信を確立させ、且つポートAの長距離化を実現する。

40

【0031】

ここで、光通信システムにおいてWDMによるサービス多重が実現され、ポートAの長距離化を行うための不等分岐光スプリッタが有するファイバ型光スプリッタの分岐比率及びその溶融延伸距離の決定方法について述べる。

50

当該分岐比率決定方法は、

m (m は2以上の整数)個の第1ポートと m 個の第2ポートとの間を $m - 1$ 個の2入力2出力のファイバ型光スプリッタを組み合わせ、接続した不等分岐光スプリッタと、

前記不等分岐光スプリッタの1番目と2番目の前記第1ポートに対して波長の異なる光信号を入出力する、又は1番目と2番目の前記第1ポートの一方に対して波長多重の光信号を入出力する光回線終端装置と、

前記不等分岐光スプリッタの前記第2ポートのそれぞれに対して単独波長の光信号を入出力する又は波長多重の光信号を入出力する光終端装置と、

を備える光通信システムにおいて、

前記不等分岐光スプリッタが、

1段目の前記ファイバ型光スプリッタが2入力に1番目と2番目の前記第1ポートを接続し、2出力のうち一方に1番目の前記第2ポートを接続し、

k (k は2以上 $m - 2$ 以下の整数)段目の前記ファイバ型光スプリッタが2入力のうち一方に $k + 1$ 番目の前記第1ポートを、他方に $k - 1$ 段目の前記ファイバ型光スプリッタの2出力の一方を接続し、2出力のうち一方に k 番目の前記第2ポートを接続し、

$m - 1$ 段目の前記ファイバ型光スプリッタが2入力のうち一方に m 番目の前記第1ポートを、他方に $m - 2$ 段目の前記ファイバ型光スプリッタの2出力の一方を接続し、2出力に $m - 1$ 番目と m 番目の前記第2ポートを接続している場合の分岐比率を決定する分岐比率決定方法であって、

1番目以外の前記第2ポート毎に、前記光回線終端装置から最も遠い前記光終端装置と前記光回線終端装置との最遠距離を検出し、

前記最遠距離を、前記ファイバ型光スプリッタの分岐比率、前記最遠距離及び波長の関数に代入してそれぞれの前記ファイバ型光スプリッタの分岐比率を波長毎に算出し、

それぞれの前記ファイバ型光スプリッタにおいて、算出した波長毎の分岐比率を同時に実現できる溶融延伸距離を見出すことを特徴とする。

ただし、 $m - 1$ 段目の前記ファイバ型光スプリッタは m が3以上の場合に存在し、 k 段目の前記ファイバ型光スプリッタは m が4以上の場合に存在する。

【0032】

本実施形態では、 $m = 4$ の場合について説明する。

図4は、初段に4分岐の不等分岐光スプリッタを適用したパッシブダブルスター型のネットワークモデルを説明する図である。図中の符号、401はサービス1を提供するOLT(波長1)、402はサービス2を提供するOLT(波長2)、301は図3の不等分岐光スプリッタ、403-1~403-4は主加入者光ファイバ回線、404-1~404-4は二段目8分岐光スプリッタ、406は8本の分岐加入者光ファイバ回線、405-1~405-4はそれぞれポートA~D配下で通信事業者の局舎(OLT401、402)から最も遠くに設置されたONUをそれぞれ示す。

【0033】

また、OLT401及び402の受信機(Rx)から各ポートに接続される最遠のONU(符号405-1~405-4)までの距離を、 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 (km)、サービス1を提供するOLT、サービス2を提供するOLT(符号401、402)の最小受信感度をそれぞれ $P_{rec}[dBm]$ 、 $P'_{rec}[dBm]$ 、サービス1のONU、サービス2のONUからの出力強度をそれぞれ $P_{onu}[dBm]$ 、 $P'_{onu}[dBm]$ 、波長1、波長2に対するファイバの伝送損失をそれぞれ $[dBm/km]$ 、 $[dBm/km]$ 、8分岐光スプリッタ(符号404-1~404-4)のサービス1(λ_1)、サービス2(λ_2)に対する分岐損失をそれぞれ $A[dB]$ 、 $A'[dB]$ 、ファイバ接続損失等を含むその他の損失を $B[dB]$ とする。

【0034】

ポートB配下の最遠のONUまでの距離 L_2 [km]、ポートC配下の最遠のONUまでの距離 L_3 [km]、ポートD配下の最遠のONUまでの距離 L_4 [km]にもとづい

10

20

30

40

50

て、ポート B 配下の最遠の ONU、ポート C 配下の最遠の ONU、ポート D 配下の最遠の ONU から出力された光が OLT 401、402 の受信機においてそれぞれ、 $P_{rec} + P$ [dBm]、 $P'_{rec} + P$ [dBm] となるように X 、 Y 、 Z 、及び X' 、 Y' 、 Z' を設定することで、ポート A の伝送距離の長延化を図る。

【0035】

ここで、 P は ONU 内部に設置される LD の経年劣化による光出力低下や LD ドライバの電流不安定性による光出力変動、光スプリッタやファイバ接続箇所での戻り光（屈折率変化に伴うフレネル反射）による LD の光出力変動を考慮して、最小受信感度（ P_{rec} または P'_{rec} ）+ P のマージンを設定している。例えば、 P は最小受信感度の 5% から 10% の値である。

10

【0036】

上記で説明した条件下で、サービス 2 について、ポート B 配下の最遠 ONU、ポート C 配下の最遠 ONU、及びポート D 配下の最遠 ONU から出力された光が OLT へ到着した際の光強度については、それぞれ以下の式が成り立つ。式（3）～（5）の右辺は何れもサービス 2 を提供する OLT（符号 402）の最小受信感度（ $P'_{rec} + P$ ）である。

【数 3】

$$P'_{onu} - A' + 10 \left\{ \log_{10} [X' Y'] - 4 \right\} - \beta L_2 - B = P'_{rec} + \Delta P \quad (3)$$

【数 4】

$$P'_{onu} - A' + 10 \left\{ \log_{10} [X' (100 - Y') Z'] - 6 \right\} - \beta L_3 - B = P'_{rec} + \Delta P \quad (4)$$

20

【数 5】

$$P'_{onu} - A' + 10 \left\{ \log_{10} [X' (100 - Y') (100 - Z')] - 6 \right\} - \beta L_4 - B = P'_{rec} + \Delta P \quad (5)$$

【0037】

式（3）、（4）、（5）から、 X' 、 Y' 、 Z' について解くと、

【数 6】

$$X' = 10^2 \times 10^{-\frac{C}{10}} \left(10^{\frac{\beta L_2}{10}} + 10^{\frac{\beta L_3}{10}} + 10^{\frac{\beta L_4}{10}} \right) \quad (6)$$

30

【数 7】

$$Y' = 10^2 \times \left(\frac{10^{\frac{\beta L_2}{10}}}{10^{\frac{\beta L_2}{10}} + 10^{\frac{\beta L_3}{10}} + 10^{\frac{\beta L_4}{10}}} \right) \quad (7)$$

【数 8】

$$Z' = 10^2 \times \left(\frac{10^{\frac{\beta L_3}{10}}}{10^{\frac{\beta L_2}{10}} + 10^{\frac{\beta L_3}{10}}} \right) \quad (8)$$

40

【数 9】

$$\text{ただし、} C = P'_{onu} - (P'_{rec} + \Delta P) - A' - B \quad (9)$$

ここで、 P'_{onu} や P'_{rec} は、例えば IEEE Std 802.3TH-2012 より標準化で定められた値を持ち、 P （OLT 側の受信機の最小受信感度からのマージン）、 A' （8 分岐光スプリッタ分岐損失）、 B （コネクタ接続損、スプリッタの過剰損等）は

50

何れも定数であることから、式(9)は定数であることが分かる。つまり、ポートB～D配下に接続される各々の最遠ONUまでの距離(L2～L4)が把握できれば不等分岐光スプリッタ301が有する各ファイバ型光スプリッタ302の分岐比率(X', Y', Z')が決定する。

【0038】

一方で、ポートA配下の最遠のONUから出力された光がOLTへ到着した際の光強度については、以下の式が成り立つ。

【数10】

$$P'_{\text{onu}} - A' + 10\{\log_{10}(100 - X') - 2\} - \beta L_1 - B = P'_{\text{rec}} + \Delta P \quad (10)$$

10

式(6)を式(10)に代入し、L1について解くと、次式のようになる。

【数11】

$$L_1 = \frac{1}{\beta} \left[10 \log_{10} \left\{ 1 - 10^{-\frac{C}{10}} \left(10^{\frac{\beta L_2}{10}} + 10^{\frac{\beta L_3}{10}} + 10^{\frac{\beta L_4}{10}} \right) \right\} + C \right] \quad (11)$$

【0039】

式(11)右辺のファイバの伝送損失 [dB/km] は、利用する波長によって異なる値を持つが、例えば、1.3 μm帯では0.5 dB/km、1.5 μm帯では0.25 dB/kmで定数ある。また、伝送距離L2～L4については、PONのレンジング機能により、OLT内部の時計からRTT(Round Trip Time)を測定することで、L2～L4を測定することが可能である。従って、式(10)は分岐比率X'の関数であったが、ポートB～D配下に接続される各々の最遠ONUまでの距離(L2～L4)へ変換され、何れの項も定数となり距離を算出することが可能である。つまり、ポートB～D配下に接続される各々の最遠ONUまでの距離(L2～L4)が把握できればポートAの最遠距離L1(ポートAの伝送距離)が決定する。

20

【0040】

上記説明では、2のサービスについて不等分岐光スプリッタが有する各ファイバ型光スプリッタの分岐比率(X', Y', Z')と最遠距離L1を説明したが、1のサービスについても同様に不等分岐光スプリッタが有する各ファイバ型光スプリッタの分岐比率(X, Y, Z)と最遠距離L1を算出できる。

30

【0041】

次いで、図2のような熔融延伸距離Lzと分岐比率との関係を示す波形を用いて、ファイバ型光スプリッタ毎に計算した1と2の分岐比率を満たす熔融延伸距離Lzを見つける。具体的には、ファイバ型光スプリッタ302-1であれば、上述のように算出した1の分岐比率Xと2の分岐比率X'となる熔融延伸距離Lzを見つけ、ファイバ型光スプリッタ302-1の熔融延伸距離をLzに設定する。

【0042】

最後に、1における最遠距離L1と2における最遠距離L1とを比較し、距離が短い方の最遠距離L1を本光通信システムにおけるサービス多重時のポートAの伝送距離とする。

40

【0043】

図11は、本発明の分岐比率決定方法と伝送距離決定方法を説明するフローチャートである。本方法は、OLT内部の時計からRTTを測定することで、L2～L4を測定する(ステップS01)。そして1つの波長については非特許文献1の分岐比率の式に、他の波長については各ファイバ型光スプリッタの分岐比率の式(式(6)～式(8))に最遠ONUまでの距離(L2～L4)を代入してそれぞれの分岐比率を計算する(ステップS02、S03)。そして、図2のような熔融延伸距離Lzと分岐比率との関係を示す波形を用いて、ファイバ型光スプリッタ毎に1と2の分岐比率を満たす熔融延伸距離Lzを見つける(ステップS04)。

50

一方、各波長について、ポートAの最遠距離の式(11)に最遠距離(L2~L4)を代入して最遠距離L1を計算する(ステップS05、S06)。そして、波長1についての最遠距離L1と波長2についての最遠距離L1とを比較し、短い方をポートAの伝送距離とする(ステップS07)。

【0044】

このように本発明は、パッシブダブルスター型のPONシステムにおいて、ポートB配下に接続される最遠ONU、ポートC配下に接続される最遠ONU、及びポートD配下に接続される最遠ONUから出力された各々の光が各々のOLTの受信器の最小受信感度で到着するよう初段の光スプリッタの分岐構成、もしくは分岐比率X、Y、Z、及びX'、Y'、Z'を調整することで、OLT配下の全ONUで複数サービスの通信を確立させると共にポートAに接続される最遠ユーザの到達伝送距離の拡大、あるいは接続可能なユーザ数の増加を可能とすることができる。

10

【0045】

なお、本実施例では、説明の便宜上、ファイバ型光スプリッタによる実施例の説明をしたが、材料や構成に依らず導波路型光スプリッタやハーフミラーやビームスプリッタ等で構成される光学素子を用いた空間型光スプリッタでも同様の効果が得られる。

【0046】

(実施形態2)

図5は、本実施形態の光通信システムを説明する図である。本実施形態と実施形態1との相違点は、本実施形態がポートB、ポートC及びポートD配下の最遠ONUの距離L2、L3、L4をいずれも同距離L2=L3=L4とした点である。このような事象は、例えばONU側に設置するLDにFP(Fabry-Perot)-LDなどのスペクトル線幅の広いLDを用いた場合に起こりうる。FP-LDはスペクトル幅が広く複数波長で発振するため、波長による伝送速度の違いから長距離を伝送すると、波長分散の影響より受信感度の劣化を引き起こす。よって、通信を確立するためには、ONUまでの距離は波長分散の影響を受けない最大の伝送距離L[km]以下にする必要がある。

20

【0047】

式(12)で表すようにポートB配下の最遠ONU、ポートC配下の最遠ONU、及びポートD配下の最遠ONUの距離をL[km]とする。

【数12】

$$L_2 = L_3 = L_4 = L \quad (12)$$

30

式(7)、式(8)に式(12)を代入すると、分岐比率Y'、Z'は、次のように一意に定まる。

【数13】

$$Y' = 10^2 \times \left(\frac{10^{\frac{\beta L}{10}}}{10^{\frac{\beta L}{10}} + 10^{\frac{\beta L}{10}} + 10^{\frac{\beta L}{10}}} \right) = 33\% \quad (13)$$

40

【数14】

$$Z' = 10^2 \times \left(\frac{10^{\frac{\beta L}{10}}}{10^{\frac{\beta L}{10}} + 10^{\frac{\beta L}{10}}} \right) = 50\% \quad (14)$$

【0048】

さらに式(6)より、

【数15】

50

$$X' = 10^2 \times 10^{-\frac{C}{10}} \left(10^{\frac{\beta L}{10}} + 10^{\frac{\beta L}{10}} + 10^{\frac{\beta L}{10}} \right) \quad (15)$$

$$= 10^2 \times 3 \times 10^{\frac{\beta L - C}{10}} \quad (16)$$

と記述でき、またポート A 配下の最遠の ONU までの距離 L_1 は、式 (11) より、次式のように表すことができる。

【数 17】

$$L_1 = \frac{1}{\beta} \left[10 \log_{10} \left(1 - 3 \times 10^{\frac{\beta L - C}{10}} \right) + C \right] \quad (17)$$

10

【0049】

このように本発明は、パッシブダブルスター型の PON システムにおいて、ポート B、ポート C、及びポート D 配下に接続される最遠 ONU の各々の距離が最大 L [km] 以下という制限された条件のもとでも実施形態 1 と同様の効果を得ることができる。すなわち、最遠距離 L から分岐比率 X 、 Y 、 Z 、及び X' 、 Y' 、 Z' を計算し、溶融延伸距離 L_z を調整することで、OLT 配下の全 ONU で複数サービスの通信を確立させると共にポート A に接続される最遠ユーザの到達伝送距離の拡大、あるいは接続可能なユーザ数の増加を可能とすることができる。

【0050】

20

(実施形態 3)

図 6 は、本実施形態の光通信システムを説明する図である。本実施形態と実施形態 1 との相違点は、本実施形態がポート B 配下の最遠 ONU の距離 L_2 は任意とし、ポート C 及びポート D 配下の最遠 ONU の距離 L_3 、 L_4 を同距離 $L_3 = L_4$ とした点である。このような状態は実施形態 2 と同様に例えば、ポート C、D の ONU の LD に FP-LD を用いた場合に起こり得る。

【0051】

式 (18) で表すようにポート C 配下の最遠 ONU、ポート D 配下の最遠 ONU の距離を L [km] とする。

【数 18】

$$L_3 = L_4 = L \quad (18)$$

30

式 (8) に式 (18) を代入すると、分岐比率 Z' は、次のように一意に定まる。

【数 19】

$$Z' = 10^2 \times \left(\frac{10^{\frac{\beta L}{10}}}{10^{\frac{\beta L}{10}} + 10^{\frac{\beta L}{10}}} \right) = 50\% \quad (19)$$

【0052】

同様に式 (6)、(7) より、

40

【数 20】

$$X' = 10^2 \times 10^{-\frac{C}{10}} \left(10^{\frac{\beta L_2}{10}} + 2 \cdot 10^{\frac{\beta L}{10}} \right) \quad (20)$$

【数 21】

$$Y' = 10^2 \times \left(\frac{10^{\frac{\beta L_2}{10}}}{10^{\frac{\beta L_2}{10}} + 2 \cdot 10^{\frac{\beta L}{10}}} \right) \quad (21)$$

となり、さらにポート A 配下の最遠 ONU までの距離 L_1 は、式 (11) より、次式のよ

50

うに表すことができる。

【数 2 2】

$$L_1 = \frac{1}{\beta} \left[C + 10 \log_{10} \left\{ 1 - \left(10^{\frac{\beta L_2 - C}{10}} + 2 \cdot 10^{\frac{\beta L - C}{10}} \right) \right\} \right] \quad (22)$$

【 0 0 5 3 】

このように本発明は、パッシブダブルスター型のPONシステムにおいて、ポートC配下に接続される最遠ONU、及びポートD配下に接続される最遠ONUの各々の距離が、最大L[km]以下という条件のもとでも実施形態1と同様の効果を得ることができる。すなわち、最遠距離LとL2から分岐比率X、Y、Z、及びX'、Y'、Z'を計算し、溶融 10
延伸距離Lzを調整することで、OLT配下の全ONUで複数サービスの通信を確立させると共にポートAに接続される最遠ユーザの到達伝送距離の拡大、あるいは接続可能なユーザ数の増加を可能とすることができる。

【 0 0 5 4 】

(実施形態4)

図7は、本実施形態の光通信システムを説明する図である。本実施形態と実施形態1との相違点は、本実施形態が2段目の光スプリッタの分岐数をn(2以上の整数)へ一般化した点である。この時、2段目の光スプリッタの分岐点における分岐比率はすべて50%とする。符号703-1~703-4は二段目n分岐光スプリッタを示す。n分岐光スプリッタの分岐損失は2分岐光スプリッタの組合せで実現でき、分岐点数は2^nとなること 20
から分岐損失は3log2n[dB]となる。この時、不等分岐スプリッタの分岐比率X'、Y'、Z'は式(6)(7)(8)と示され、式(9)の“C”は式(23)の“C'”と表すことができる。なお、不等分岐スプリッタの分岐比率X、Y、Zは、非特許文献1に記載される数式で取得する。

【数 2 3】

$$C' = P_{onu}' - (P_{rec}' + \Delta P) - 3 \log_2 n - B \quad (23)$$

また、ポートAの伝送距離L1は式(11)と示される。

【 0 0 5 5 】

このように本発明は、パッシブダブルスター型のPONシステムにおいて、ポートB配下に接続される最遠ONU、ポートC配下に接続される最遠ONU、及びポートD配下に接続される最遠ONUから出力された各々の光が各々のOLTの受信器の最小受信感度で到着するよう初段の光スプリッタの分岐構成、もしくは分岐比率X、Y、Z、及びX'、Y'、Z'を調整することで、OLT配下の全ONUで複数サービスの通信を確立させると共にポートAに接続される最遠ユーザの到達伝送距離の拡大、あるいは接続可能なユーザ数の増加を可能とすることができる。

【 0 0 5 6 】

(実施形態5)

本実施形態について図8及び図9を用いて説明する。

図8の800は、分岐数がm(mは2以上の整数)である不等分岐光スプリッタを示しており、801-1~801-(m-1)は分岐点を示す。不等分岐光スプリッタ800は、

1段目のファイバ型光スプリッタ801-1が2入力に1番目と2番目の第1ポート(ポート1と2)を接続し、2出力のうち一方に1番目の第2ポート(ポートA)を接続し、k(kは2以上m-2以下の整数)段目のファイバ型光スプリッタ801-kが2入力のうち一方にk+1番目の第1ポート(ポートk+1)を、他方にk-1段目のファイバ型光スプリッタ801-(k-1)の2出力の一方を接続し、2出力のうち一方にk番目の第2ポート(ポートK)を接続し、

m-1段目のファイバ型光スプリッタ801-(m-1)が2入力のうち一方にm番目

30

40

50

の第1ポート(ポート m)を、他方に $m - 2$ 段目のファイバ型光スプリッタ801 - ($m - 2$)の2出力の一方を接続し、2出力に $m - 1$ 番目と m 番目の第2ポート(ポート $M - 1$ と M)を接続している。

ただし、 $m - 1$ 段目のファイバ型光スプリッタ801 - ($m - 1$)は m が3以上の場合に存在し、 k 段目のファイバ型光スプリッタ801 - k は m が4以上の場合に存在する。

【0057】

分岐点801 - 1 ~ 801 - ($m - 1$)における1の分岐比率はそれぞれ、

$$(801 - 1) \quad x_1 : 100 - x_1、$$

$$(801 - k) \quad x_k : 100 - x_k、$$

$$(801 - (m - 1)) \quad x_{m-1} : 100 - x_{m-1}、$$

かつ、 $x_1 \sim x_{m-1} > 0$ である。

また、分岐点801 - 1 ~ 801 - ($m - 1$)における2の分岐比率はそれぞれ、

$$(801 - 1) \quad x_1' : 100 - x_1'、$$

$$(801 - k) \quad x_k' : 100 - x_k'、$$

$$(801 - (m - 1)) \quad x_{m-1}' : 100 - x_{m-1}'、$$

かつ、 $x_1' \sim x_{m-1}' > 0$ である。

なお、ポート1 ~ m はOLT側の第1ポート、ポートA ~ MはONU側の第2ポートであり、第1ポートと第2ポートは同数($m = M$)とする。

【0058】

図9は、本実施形態の光通信システムを説明する図である。本光通信システムは、
 m (m は2以上の整数)個の第1ポートと m 個の第2ポートとの間を $m - 1$ 個の2入力2出力のファイバ型光スプリッタを組み合わせることで接続した不等分岐光スプリッタ800と、

不等分岐光スプリッタ800の1番目と2番目の第1ポート(ポート1、2)に対して波長の異なる光信号を入出力する、又は1番目と2番目の第1ポートの一方(ポート1又は2)に対して波長多重の光信号を入出力する光回線終端装置(401、402)と、

不等分岐光スプリッタ800の第2ポート(ポートA ~ M)のそれぞれに対して単独波長の光信号を入出力する又は波長多重の光信号を入出力する光終端装置(405 - 1 ~ m)と、

を備える。

【0059】

本光通信システムは、不等分岐光スプリッタ800の第2ポート(ポートA ~ M)と光終端装置(405 - 1 ~ m)との間に少なくとも1つ以上の等分岐光スプリッタ703が配置されていることを特徴とする。

当該光通信システムは、不等分岐光スプリッタ800を初段に設置し、2段目に等分岐/分配 n 分岐光スプリッタ703を設置している。本実施形態と実施形態1との相違点は、本実施形態が初段の不等分岐光スプリッタを不等分岐光スプリッタ800へ一般化した点である。

【0060】

ここで、 $1 \leq K \leq m (= M)$ の任意の整数 K について、第2ポート K 配下の最遠のONUまでの距離を $L_k [km]$ として、ポート2から入力するOLT(符号402)の最小受信感度で到達する時には、ポートB ~ Mには以下の式が成り立つ。

【0061】

$K = 2$ のとき：

【数24】

$$P'_{\text{onu}} - 3 \log_2 n + 10 \{ \log_{10}(x'_1 \cdot x'_2) - 4 \} - \beta L_2 - B = P'_{\text{rec}} + \Delta P \quad (24)$$

3 $K \leq M - 1$ のとき：

【数25】

10

20

30

40

50

$$P'_{\text{onu}} - 3 \log_2 n + 10 \left\{ \log_{10} \left[\prod_{l=2}^{K-1} \{x'_1 \cdot (100 - x'_l) \cdot x'_K\} \right] - 2K \right\} - \alpha L_K - B \quad (25)$$

$$= P'_{\text{rec}} + \Delta P$$

K = M のとき :

【数 2 6】

$$P'_{\text{onu}} - 3 \log_2 n + 10 \left\{ \log_{10} \left[\prod_{l=2}^{K-1} \{x'_1 \cdot (100 - x'_l)\} \right] - 2K \right\} - \alpha L_K - B = P'_{\text{rec}} + \Delta P \quad (26) \quad 10$$

と表すことができる。

【0 0 6 2】

式(24) ~ (26) は、m - 1 個の分岐比率 $x'_1 \sim x'_{m-1}$ についての (m - 1) 元連立方程式となり、これらを解くことで式(6)から式(8)と同様に、分岐比率 $x'_1 \sim x'_{m-1}$ を最遠距離 $L_2 \sim L_m$ や損失など、既知の定数で表すことができる。つまり、ポート B ~ M 配下に接続される各々の最遠 ONU までの距離 ($L_2 \sim L_m$) が把握できれば不等分岐光スプリッタ 800 が有する各ファイバ型光スプリッタ 801 の分岐比率 ($x'_1 \sim x'_{m-1}$) が決定する。

20

【0 0 6 3】

またポート A 配下 (つまり K = 1 のとき) について同様に式を立てると、

K = 1 のとき :

【数 2 7】

$$P'_{\text{onu}} - 3 \log_2 n + 10 \{ \log_{10}(100 - x'_1) - 2 \} - \beta L_1 - B = P'_{\text{rec}} + \Delta P \quad (27)$$

となる。

【0 0 6 4】

式(27)を L_1 について解くと、次式のようになる。

30

【数 2 8】

$$L_1 = \frac{1}{\beta} \{ C + 10(\log_{10}(100 - x'_1) - 2) \} \quad (28)$$

つまり、ポート B ~ M 配下に接続される各々の最遠 ONU までの距離 ($L_2 \sim L_m$) が把握できればポート A の最遠距離 L_1 (ポート A の伝送距離) が決定する。

【0 0 6 5】

実施形態 1 の説明と同様に、1 のサービスについて不等分岐光スプリッタが有する各ファイバ型光スプリッタの分岐比率 ($x_1 \sim x_{m-1}$) と最遠距離 L_1 を計算し、2 のサービスについても分岐比率 ($x_{1'} \sim x_{m-1'}$) と最遠距離 L_1 を算出し、距離が短い方の最遠距離 L_1 を本光通信システムにおけるサービス多重時のポート A の伝送距離とする。

40

【0 0 6 6】

このように本発明は、パッシブダブルスター型の PON システムにおいて、初段の不等分岐光スプリッタのポート B ~ ポート M 配下に接続されるそれぞれのポートの中で最遠 ONU から出力された光が、OLT 受信機の最小受信感度で到着するように初段の光スプリッタの分岐構成、もしくは分岐比率 $x_1 \sim x_{m-1}$ 及び $x_{1'} \sim x_{m-1'}$ を調節することで、OLT 配下の全 ONU で複数サービスの通信を確立させると共に、ポート A に接続される最遠ユーザの到達伝送距離の拡大、あるいは接続可能なユーザ数の増加を可能とすることができる。

50

【 0 0 6 7 】

ここでは、便宜上 $m = M$ としたが、第 1 ポート側は入力サービスの数だけポートが解放されていればよく、 m については入力サービス数以上、 M 以下の任意の整数と一般化できる。

【 0 0 6 8 】

上記の一般化が適用できる不等分岐光スプリッタの構造は、図 8 に示すような分岐点から伸びる 2 本のファイバのうち、一方が第 2 ポートに接続され、もう一方に次の分岐点へ接続されるファイバが融着され、その構造が任意の数だけ繰り返されるものに限定される。

【 0 0 6 9 】

(実施形態 6)

実施形態 1 ~ 5 では、収容局側に設置される終端装置 (OLT) と宅内側に設置される宅内装置 (ONU) 間を 2 つの光スプリッタを介して接続されるパッシブダブルスター型として記述しているが、本発明はこの形態に制限されるものではない。

【 0 0 7 0 】

図 10 は、本実施形態の光通信システムを説明する図である。本光通信システムは、OLT ~ ONU 間を複数の光スプリッタで接続したパッシブオプティカルネットワークである。図中、1100 は収容局に接続された幹線光ファイバ、1101 は等分岐光スプリッタ (1 : 1)、1102 は等分岐光スプリッタ (1 : n)、1103 は幹線光ファイバに接続された OLT から s (s は 1 以上の整数) 番目の不等分岐光スプリッタ (1 : m)、1104 は不等分岐光スプリッタ 1103 の m 番目の第 2 ポート配下に接続された o (o は 1 以上の整数) 番目の等分岐光スプリッタ (1 : n)、をそれぞれ示す。本光通信システムは、不等分岐光スプリッタ 1103 の第 1 ポートと光回線終端装置 401 との間に少なくとも 1 つ以上の等分岐光スプリッタ 1101 が配置されていることを特徴とする。

【 0 0 7 1 】

不等分岐光スプリッタ 1103 の分岐比率を求めるためには、実施形態 5 で説明したように不等分岐光スプリッタ 1103 の 1 番目の第 2 ポート (ポート A) 以外の第 2 ポート (ポート B ~ M) 配下に接続される最遠 ONU からの出力光強度が OLT 到達時に最小受信感度になるよう分岐比率を決定すればよい。つまり、図 10 の訪路 m のように、総光スプリッタ数 $s + o$ 個のうち、不等分岐光スプリッタ数が “ 1 ”、等分岐光スプリッタ数が ($s + o - 1$) 個であれば、ネットワークの構成に制限されることなく、実施形態 1 から 5 で説明した手法で分岐比率を入力サービス毎に決定し、不等分岐光スプリッタ 1103 の 1 番目の第 2 ポート (ポート A) に接続する幹線光ファイバの伝送距離を決定できる。

【 0 0 7 2 】

[付記]

本発明は、サービス毎に異なる分岐比率を独立に設定することで、不等分岐光スプリッタの目的である偏りのあるユーザ分布に対して伝送距離の長距離化、かつ効率的なユーザ収容を実現しながら、ユーザに対して複数のサービスを提供することができる光信号伝送システム及び光信号伝送方法を実現することを目的とする。

【 0 0 7 3 】

本発明は、上記目的を達成するために、PON システムにおいて、不等分岐光スプリッタのポート B ~ ポート M 配下に接続されるそれぞれのポートの中で最遠 ONU から出力された光が OLT 受信機の最小受信感度で到着するように、不等分岐光スプリッタを構成する各ファイバ型光スプリッタの分岐比率を溶融延伸距離で調節する。

【 0 0 7 4 】

本発明は、OLT 配下の全 ONU で複数サービスの通信を確立させると共に、不等分岐光スプリッタのポート A に接続される最遠ユーザの到達伝送距離の拡大、あるいは接続可能なユーザ数を増加することができる。

【符号の説明】

【 0 0 7 5 】

100、101 : 入力ポート

10

20

30

40

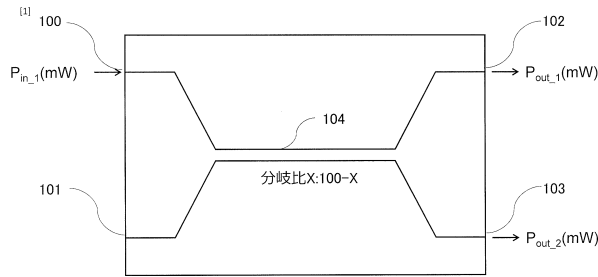
50

- 1 0 2、1 0 3 : 出力ポート
- 1 0 4 : 分岐箇所
- 3 0 1 : 不等分岐光スプリッタ
- 3 0 2 - 1 ~ 3 0 2 - 3 : 分岐点 (溶融延伸箇所)
- 3 0 3 - 1 ~ 3 0 3 - 6 : 分岐点からの出力ファイバ
- 4 0 1、4 0 2 : O L T
- 4 0 3 - 1 ~ 4 0 3 - 4 : 主加入者光ファイバ回線
- 4 0 4 - 1 ~ 4 0 4 - 4 : 二段目 8 分岐光スプリッタ
- 4 0 6 : 8 本の分岐加入者光ファイバ回線
- 4 0 5 - 1 ~ 4 0 5 - 4 : 最遠 O N U
- 8 0 0 : 不等分岐光スプリッタ
- 8 0 1 - 1 ~ 8 0 1 - (m - 1) : 分岐点
- 7 0 3 - 1 ~ 7 0 3 - m : 二段目 n 分岐光スプリッタ
- 1 1 0 0 : 幹線光ファイバ
- 1 1 0 1 : 等分岐光スプリッタ (1 : 1)
- 1 1 0 2 : 等分岐スプリッタ (1 : n)
- 1 1 0 3 : 不等分岐スプリッタ (1 : m)
- 1 1 0 4 : 等分岐光スプリッタ (1 : n)

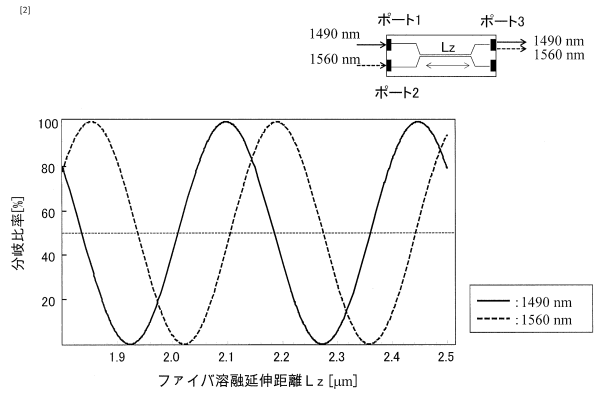
10

【 図面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



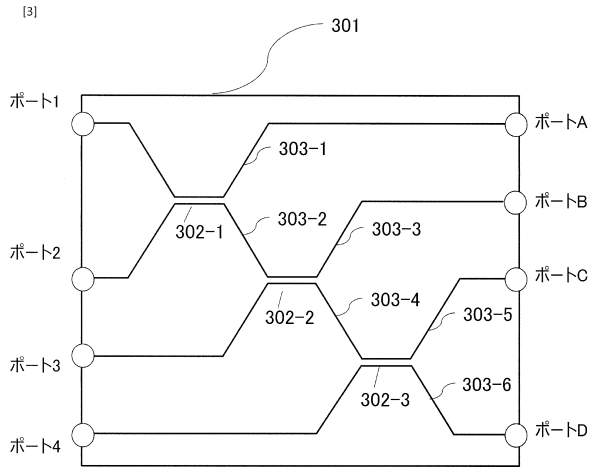
20

30

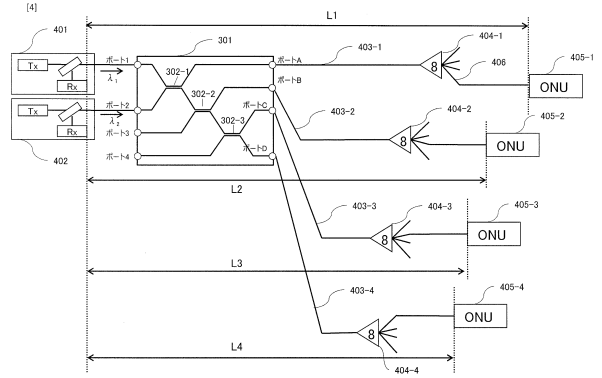
40

50

【図 3】

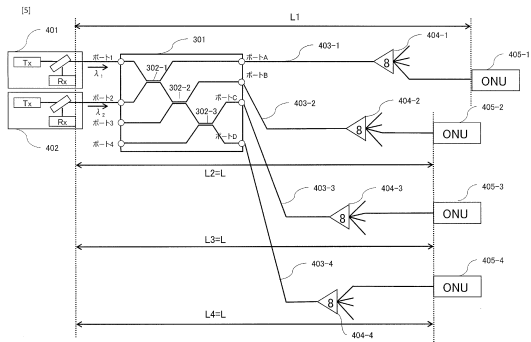


【図 4】

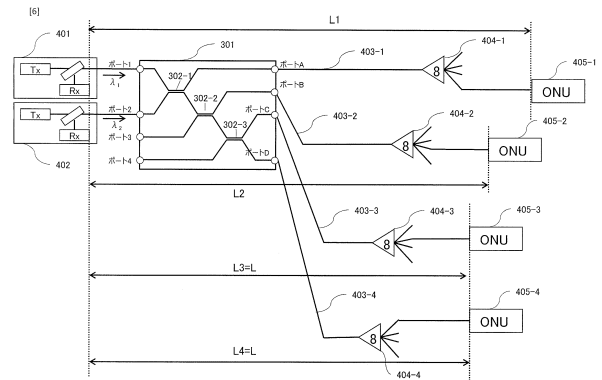


10

【図 5】



【図 6】



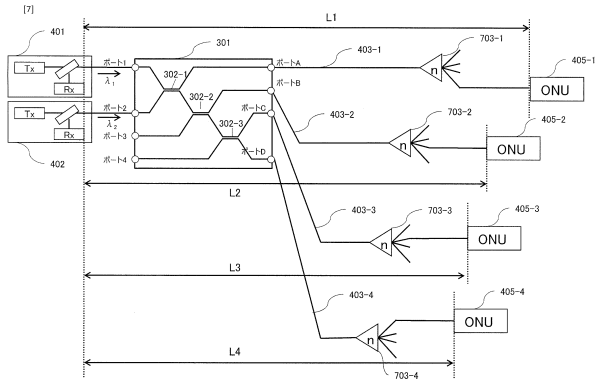
20

30

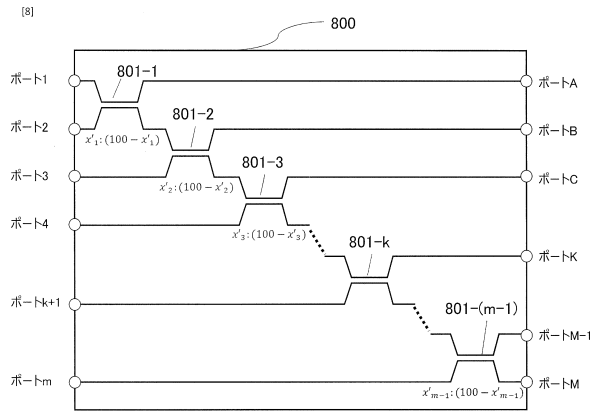
40

50

【図 7】

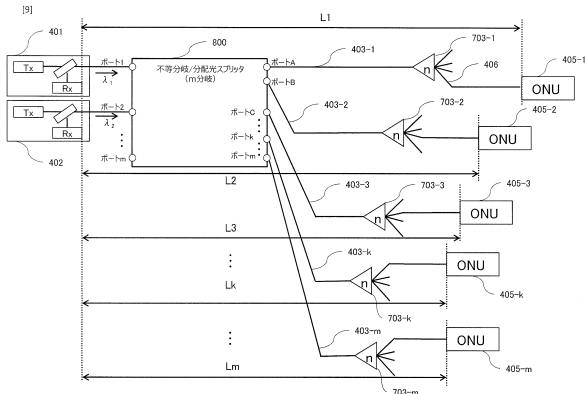


【図 8】

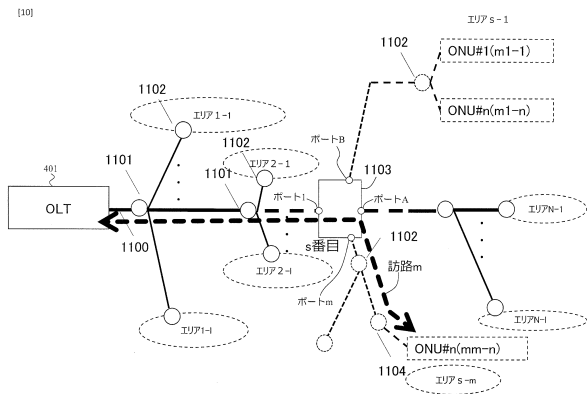


10

【図 9】



【図 10】



20

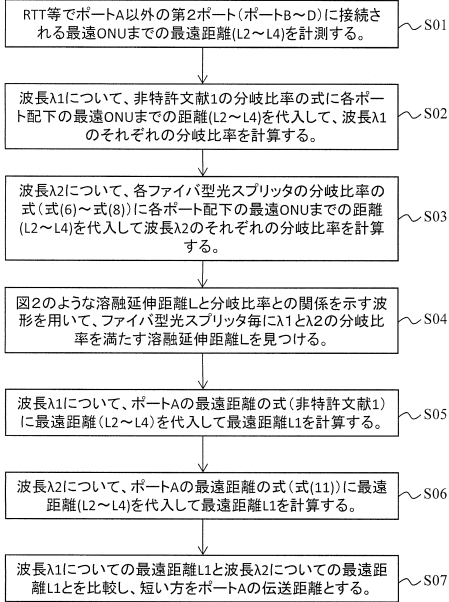
30

40

50

【 図 1 1 】

[11]



10

20

30

40

50

フロントページの続き

日本電信電話株式会社内

(72)発明者 堀川 健史

東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 古川 裕透

東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 後澤 瑞征

(56)参考文献 特開2003-234721(JP,A)

特開2006-196948(JP,A)

米国特許出願公開第2002/0110315(US,A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H04B 10/272

G02B 6/287

H04L 12/44