

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6026832号
(P6026832)

(45) 発行日 平成28年11月16日 (2016.11.16)

(24) 登録日 平成28年10月21日 (2016.10.21)

(51) Int.Cl.		F I			
H O 4 B	10/291	(2013.01)	H O 4 B	9/00	2 9 1
H O 4 B	10/272	(2013.01)	H O 4 B	9/00	2 7 2
H O 4 B	10/25	(2013.01)	H O 4 B	9/00	2 5 0
G O 2 F	1/35	(2006.01)	G O 2 F	1/35	5 0 2

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2012-210356 (P2012-210356) (22) 出願日 平成24年9月25日 (2012. 9. 25) (65) 公開番号 特開2014-68092 (P2014-68092A) (43) 公開日 平成26年4月17日 (2014. 4. 17) 審査請求日 平成26年10月2日 (2014. 10. 2)	(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 (74) 代理人 100127535 弁理士 豊田 義元 (74) 代理人 100159190 弁理士 渡部 比呂志 (72) 発明者 キム サンヨプ 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日 本電信電話株式会社内 (72) 発明者 寺田 純 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日 本電信電話株式会社内 審査官 後澤 瑞征 最終頁に続く
前置審査	

(54) 【発明の名称】 光通信システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

加入者側光端末回線装置 (ONU: Optical Network Unit) と局側光端末回線装置 (OLT: Optical Line Terminal) とを光ファイバで接続した光通信システムであって、

前記 OLT は、前記 ONU への下り送信用光源の光と、前記光ファイバで誘導ブリルアン散乱 (SBS: Stimulated Brillouin Scattering) 光を発生させるポンプ光とを兼用しており、下りのデータがない場合にダミーデータで前記 ONU への下り送信用光源の光を、直交周波数分割多重 (OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 変調してス

トークス光のフラットな帯域幅を生成し、光ファイバに常時出力して上り光信号を常に増幅可能状態としておく OFDM 光変調部を有し、

前記 ONU は、前記ポンプ光で発生する前記 SBS 光の周波数帯域に含まれる光周波数の上り光信号を前記 OLT へ送信することを特徴とする光通信システム。

【請求項 2】

前記 ONU は複数であり、前記 ONU 毎に上り光信号のサブキャリアが異なることを特徴とする請求項 1 に記載の光通信システム。

【請求項 3】

10

20

前記OLTは、複数の波長の下り光信号を合波して前記光ファイバに結合することの特徴とする請求項1から2のいずれかに記載の光通信システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は誘導ブリルアン散乱（SBS：Stimulated Brillouin Scattering）を利用した光増幅を行う光通信システムに関する。

【背景技術】

【0002】

高多値信号を使用したシステムは、制限されたアナログ帯域幅にもShannon capacity理論に近接するシステムスループットを実現できる。このシステムは、信号対雑音比を犠牲にしているため、PON構成で光パワーバジェットを確保する必要がある。光パワーバジェットを確保する第1の手法としては、局側光端末回線装置（OLT：Optical Line Terminal）や加入者側光端末回線装置（ONU：Optical Network Unit）に高出力パワー光源を使用する手法がある。

【0003】

また、光パワーバジェットを確保する第2の手法としては、局側光端末回線装置（OLT：Optical Line Terminal）及び加入者側光端末回線装置（ONU：Optical Network Unit）にコヒーレント受信器を置いて光局部発振器からの光を用いて光受信信号を増幅する手法も提案されている。

【0004】

しかし、第1及び第2の手法は、対応を各ONUに施すことになりシステムコストを増大させるという課題があった。そこで、光パワーバジェットを確保するため、ODN（Optical Distribution Network）区間で信号光を増幅させる手法も知られている。

【0005】

その手法としては、ODN区間に個別光増幅器を使用する手法（第3の手法）がある。ODN区間で光増幅をするには個別デバイスであるDFA（rare earth doped fiber amplifier）あるいはSOA（semiconductor optical amplifier）を使う。

【0006】

また、ODN区間で光増幅をする手法としては、SBS光増幅現象をPON（Passive Optical Network）システムの物理層に適用する手法（第4の手法）がある。SBS光増幅の原理を以下に説明する（非特許文献1を参照。）。ポンプ光源から所定の光強度より大きい光（ポンプ光）を光ファイバに入力すると、ポンプ光の周波数よりおおよそ11GHz下にストークスシフトされたストークス光が発生する。ストークス光は、ポンプ光と逆方向に伝搬しながら増幅される。ストークス光は同一の周波数の信号光を増幅することができる。そのとき、利得帯域幅は数十MHzのブリルアン線幅になる。ポンプ光を一定の帯域幅で変調することで、ブリルアン線幅を増加させて利得帯域幅を拡張することができる。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】N. A. Olsson and J. P. VAN DER ZIEL, “Characteristics of a Semiconductor Laser Pumped Brillouin Amplifier with Electrically Controlled Bandwidth”, J. Lightwave Technol., vol. LT-5, no. 1, 147-153, 1987.

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし、第3の手法は光増幅用のデバイスが必要であり、第4の手法もポンプ光源やポンプ光を伝送路に注入するための光部品が必要になるなど、システムが複雑で高価になるという課題があった。そこで、上記課題を解決すべく、本発明は、高多値信号における光パワーバジェットを確保できる経済的な光通信システム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】

【0009】

上記目的を達成するために、本発明は、OLT側に高出力LDを搭載し、各ONUからの上り通信をODN上でSBS光増幅可能とすることで、ONUに搭載するLD出力の要求条件を下げることで光通信システムの経済化を実現する。

【0010】

具体的には、本発明に係る光通信システムは、加入者側光端末回線装置（ONU：Optical Network Unit）と局側光端末回線装置（OLT：Optical Line Terminal）とを光ファイバで接続した光通信システムであって、

前記OLTは、前記ONUへの下り送信用光源の光を、前記光ファイバで誘導ブリルアン散乱（SBS：Stimulated Brillouin Scattering）光を発生させるポンプ光としており、

前記ONUは、前記ポンプ光で発生する前記SBS光の周波数帯域に含まれる光周波数の上り光信号を前記OLTへ送信することを特徴とする。

【0011】

本光通信システムは、SBS光増幅のためのポンプ光源をOLTの下り光信号の送信用光源に兼用させている。このため、上記第4の手法で課題となっていたポンプ光源やポンプ光を伝送路に注入するための光部品が不必要になり、システムがシンプルで経済的になる。従って、本発明は、高多値信号における光パワーバジェットを確保できる経済的な光通信システムを提供することができる。

【0012】

本発明に係る光通信システムの前記OLTは、前記ONUへの下り送信用光源の光を、直交周波数分割多重（OFDM：Orthogonal Frequency Division Multiplexing）変調を行うOFDM光変調部を有することを特徴とする。OFDM信号のフラットなスペクトラム特性により、別途の利得平坦光デバイスを使わずにSBS利得帯域の拡張ができる。

【0013】

本発明に係る光通信システムは、PON構成としてONUを複数とすることができる。そして、各ONUは上り信号について同一光周波数としてもよいし、前記ONUは複数であり、前記ONU毎に上り光信号のサブキャリアが異なるとしてもよい。

【0014】

本発明に係る光通信システムの前記OLTは、複数の波長の下り光信号を合波して前記光ファイバに結合することができる。本光通信システムを波長分割多重方式（WDM：Wavelength Division Multiplexing）とし、伝送量を増大させることができる。

【発明の効果】

【0015】

本発明は、高多値信号における光パワーバジェットを確保できる経済的な光通信システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明に係る光通信システムの構成を説明する図である。

【図2】本発明に係る光通信システムのOLTとONUの光送信周波数の配置を説明する

10

20

30

40

50

図である。

【図 3】本発明に係る光通信システムの構成を説明する図である。

【図 4】本発明に係る光通信システムの O L T と O N U の光送信周波数の配置を説明する図である。

【図 5】本発明に係る光通信システムの構成を説明する図である。

【図 6】本発明に係る光通信システムの O L T と O N U の光送信周波数の配置を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

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。また、枝番号を付さずに説明している場合は、当該符号の全ての枝番号に共通する説明である。

【0018】

(実施形態 1)

図 1 は、本実施形態の光通信システム 301 を説明する図である。光通信システム 301 は、O N U 100 と O L T 200 とを光ファイバ 150 で接続した光通信システムである。O L T 200 は、O N U 100 への下り送信用光源 21 の光を、光ファイバ 150 で S B S 光を発生させるポンプ光としている。O N U 100 は、ポンプ光で発生する S B S 光の周波数帯域に含まれる光周波数の上り光信号を O L T 200 へ送信する。

【0019】

O L T 200 は、光トランシーバの光送信部に増幅臨界値を超える高出力光源 21 を有する。さらに、O L T 200 は、波長ロッカ 22 を有し、高出力光源 21 をストークスシフトを考慮した所望の光周波数に合わせる。さらに、O L T 200 は、O N U 100 への下りデータで高出力光源 21 からの光を変調する光変調部 23 を有する。なお、O F D M 変調を行う場合、光変調部 23 は O F D M 光変調部となる。O L T 200 は、高出力光源 21 からの光（供給光）を光変調部 23 を介して光ファイバ 150 に結合する。

【0020】

O N U 100 は、光トランシーバの光送信部に光源 11、波長ロッカ 12、及び光変調部 13 を有する。波長ロッカ 12 は、O L T 200 からの光で光ファイバ 150 に生じるストークス光の光周波数に含まれる光を光源 11 に出力させる。光変調部 13 は、O L T 200 への上りデータで光源 11 からの光を変調する。なお、O F D M 変調を行う場合、変調部 13 は O F D M 光変調部となる。また、n は O N U 100 の数を示している。本実施形態は n が 1 である S S (S i n g l e S t a r) 方式にも同等な効果がある。

【0021】

図 2 は、光通信システム 301 の O L T 200 と O N U 100 の光送信周波数の配置を説明する図である。O L T 200 は、供給光を光ファイバ 150 に出力する。供給光は、S B S 光増幅用のポンプ光としてストークスシフト分低い光周波数の位置にストークス光を発生させる。このストークス光の帯域が S B S 利得帯域となり、光ファイバ 150 が S B S 利得媒質として作用する。O N U 100 は、供給光の周波数からストークスシフト分低い光周波数の上り光信号を出力する。O N U 100 からの上り光信号は O L T 200 へ伝搬されながら増幅される。なお、図 2 では、上り光信号をストークスシフト分低い光周波数としているが、ストークスシフト分高い光周波数としてもよい。

【0022】

O L T 200 は、供給光を光ファイバ 150 に常時出力する。O N U 100 の上り光信号の送信タイミングにかかわらず光ファイバ 151 を常に励起し、上り光信号を常に増幅可能状態としておく。具体的には、光変調部 23 は、O L T 200 から O N U 100 への下りデータが無い場合、ダミーデータを用いて高出力光源 21 からの供給光を変調して光ファイバ 150 へ出力する。このようにダミーデータを用いることで S B S 利得帯域を広げることができる。また、光変調部 23 は、O L T 200 から O N U 100 への下りデー

タがある場合、下りデータを用いて高出力光源 2 1 からの供給光を変調して光ファイバ 1 5 0 へ出力する。これにより O L T 2 0 0 は光ファイバ 1 5 0 を励起するとともに、下り光信号を O N U 1 0 0 へ到達させることができる。

【0023】

光変調器 2 3 が O F D M 変調を行う場合（O F D M 光変調器の場合）、供給光は図 2 のように所定の帯域幅を持つことになる。下りのデータがない場合は、任意のダミーデータで O F D M 変調を行う。これに伴い、ストークス光も同等の帯域幅に広がり、フラットな利得スペクトラムとなり S B S 利得帯域を広げることができる。O N U 1 0 0 の波長ロッカ 1 2 は、上り O F D M 光信号の光周波数が S B S 利得帯域に収まるように光源 1 1 の光周波数を合わせる。

10

【0024】

（実施形態 2）

図 3 は、本実施形態の光通信システム 3 0 2 を説明する図である。光通信システム 3 0 2 と図 1 の光通信システム 3 0 1 との違いは、光通信システム 3 0 2 が O N U 1 0 0 毎に上り光信号のサブキャリアが異なる点である。なお、光通信システム 3 0 2 は、O L T 2 0 0 も O N U 1 0 0 も O F D M 変調を行う。図 4 は、光通信システム 3 0 2 の O L T 2 0 0 と O N U 1 0 0 の光送信周波数の配置を説明する図である。各 O N U 1 0 0 が出力する全ての上り光信号の光周波数は、O L T 2 0 0 からの供給光による S B S 利得帯域内に収まっている。

20

【0025】

より具体的に説明する。O N U 1 0 0 の光変調器 1 3 は光キャリア抑圧 O F D M 光変調器である。光キャリア抑圧 O F D M 光変調器は、光キャリアを抑圧し、O F D M 光信号のうち、所望のサブキャリアのみを残して他のサブキャリアを消去して出力することができる。例えば、O N U 1 0 0 - 1 は、S B S 利得帯域に含まれる光周波数 f_1 のサブキャリアのみの光信号を出力する。同様に、O N U 1 0 0 - n は、S B S 利得帯域に含まれる光周波数 f_n のサブキャリアのみの光信号を出力する。なお、「光キャリア抑圧」とは、各 O N U が $f_1 \sim f_n$ でサブキャリアを違えていても、光キャリア成分による干渉を抑圧するという意味である。

【0026】

O L T 2 0 0 の波長ロッカ 2 2 及び O N U 1 0 0 の波長ロッカ 1 2 の動作は実施形態 1 の説明と同じである。すなわち、波長ロッカ 1 2 は、各 O N U 1 0 0 の光源 1 1 からの光の光周波数を同一とし、O F D M 変調した上り光信号が S B S 利得帯域に収まるような光周波数の光を光源 1 1 に出力させる。したがって、O N U 1 0 0 ごとに光周波数が異なる上り光信号はすべて光ファイバ 1 5 0 で S B S 増幅される。

30

【0027】

（実施形態 3）

図 5 は、本実施形態の光通信システム 3 0 3 を説明する図である。光通信システム 3 0 3 と図 1 の光通信システム 3 0 1 との違いは、光通信システム 3 0 3 が WDM 方式を採用している点にある。O L T 2 0 0 ' は、複数の波長の下り光信号をアレイ導波路回折格子（A W G : A r r a y e d W a v e g u i d e G r a t i n g）2 4 で合波して光ファイバ 1 5 0 に結合する。O N U 1 0 0 は A W G 1 5 2 を介して光ファイバ 1 5 0 に接続する。

40

【0028】

図 6 は、光通信システム 3 0 3 の O L T 2 0 0 ' と O N U 1 0 0 の光送信周波数の配置を説明する図である。O L T 2 0 0 ' は各 O N U 1 0 0 に対応する光トランシーバの送信部を有する。O L T 2 0 0 ' のそれぞれの波長ロッカ 2 2 はそれぞれの高出力光源 2 1 に図 6 の下り光信号の光周波数で発振させる。O N U 1 0 0 のそれぞれの波長ロッカ 1 2 は、光源 1 1 に図 6 の上り光信号の光周波数で発振させる。上りの光信号はそれぞれの供給光による S B S 利得帯域に含まれるため、WDM 上り信号はすべて光ファイバで S B S 増幅される。

50

【0029】

以下は、本実施形態の光通信システムを説明したものである。

(概要)

本光通信システムは、SBSから増幅機能を持つOFDM-PONシステムの構成技術である。本光通信システムは、OLTに存在する下り送信用光源をSBSポンプ光源に兼用することで、ODNの光ファイバでSBS光増幅を発生させ上り信号を光増幅する。

(効果)

(1) 高多値信号を伝送フォーマットとするOFDM-PONシステムにおいて、ODNで別途のアクティブ光デバイスを使わずにONUの送信光パワーの要求条件を低めることができ、PONシステムの経済性確保ができる。

10

(2) OFDM信号のフラットなスペクトラム特性により、別途の利得平坦光デバイスを使わずに利得帯域幅の拡張ができる。

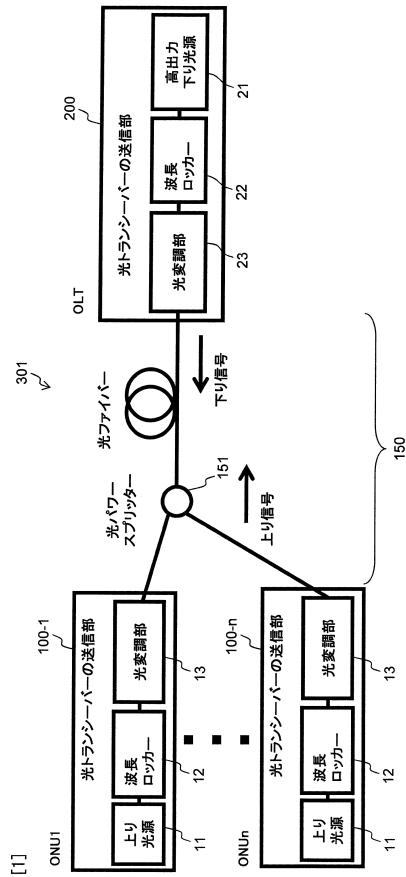
【符号の説明】

【0030】

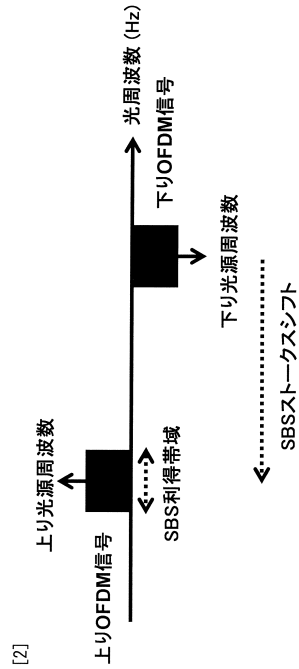
- 11：光源
- 12：波長ロッカ
- 13：光変調部
- 21：高出力光源
- 22：波長ロッカ
- 23：光変調部
- 24：AWG
- 100、100'：ONU
- 150：光ファイバ
- 151：スプリッタ
- 152：AWG
- 200、200'：OLT

20

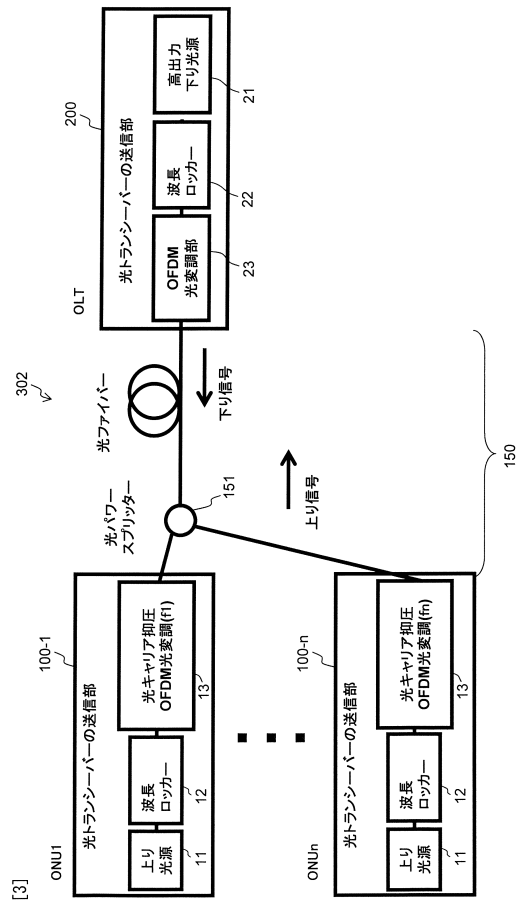
【図 1】



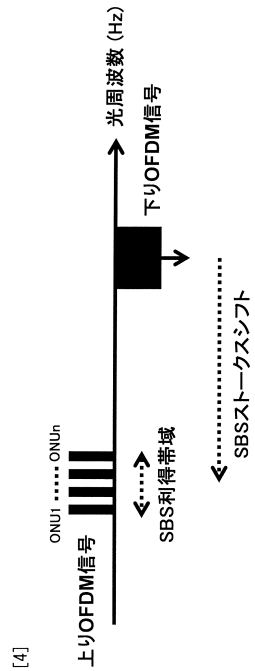
【図 2】



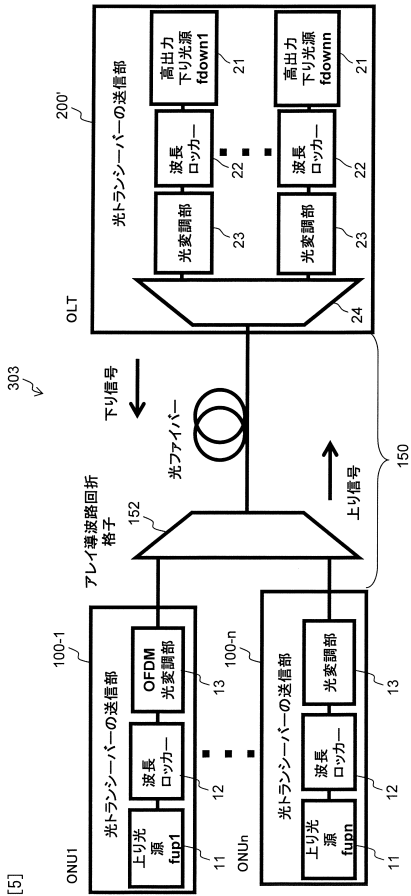
【図 3】



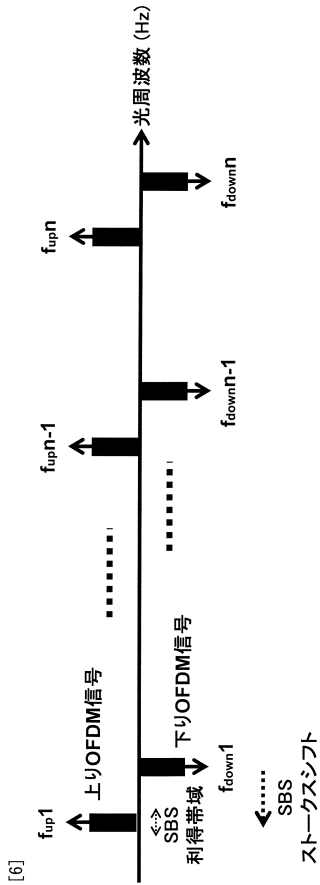
【图 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08-251109 (JP, A)
特開2010-056709 (JP, A)
特開2009-273109 (JP, A)
特開2010-114621 (JP, A)
特開2011-023831 (JP, A)
特開平1-112830 (JP, A)
特開昭63-179633 (JP, A)
特開平01-130638 (JP, A)
特開昭58-084550 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04B10/00-10/90
H04J14/00-14/08
G02F 1/35