

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-178635

(P2016-178635A)

(43) 公開日 平成28年10月6日(2016.10.6)

(51) Int.Cl.

H04B 10/079 (2013.01)

F 1

H 0 4 B

9/00

1 7 9

テーマコード(参考)

5 K 1 O 2

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2016-51210(P2016-51210)
 (22) 出願日 平成28年3月15日(2016.3.15)
 (31) 優先権主張番号 201510119183.3
 (32) 優先日 平成27年3月18日(2015.3.18)
 (33) 優先権主張国 中国(CN)

(71) 出願人 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号
 (74) 代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (74) 代理人 100192636
 弁理士 加藤 隆夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光信号対雑音比の監視装置、信号送信装置及び受信機

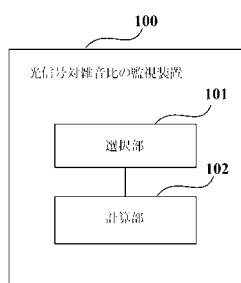
(57) 【要約】

【課題】光信号対雑音比の監視装置、信号送信装置及び受信機を提供する。

【解決手段】光信号対雑音比の監視装置は、受信信号におけるパイロット信号の、時間領域及び/又は周波数領域における位置に基づいて、該受信信号の雑音電力を計算するための時間領域及び/又は周波数領域の範囲を選択する選択部と、選択された時間領域及び/又は周波数領域の範囲内の受信信号に基づいて該受信信号の雑音電力を計算し、該雑音電力に基づいて該受信信号の光信号対雑音比を計算する計算部と、を含む。光信号対雑音比を正確に推定でき、計算プロセスが簡単であり、且つ応用範囲が広い。

【選択図】図1

本発明の実施例1に係る光信号対雑音比の監視装置の構成を示す図



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光信号対雑音比の監視装置であって、

受信信号におけるパイロット信号の、時間領域及び／又は周波数領域における位置に基づいて、前記受信信号の雑音電力を計算するための時間領域及び／又は周波数領域の範囲を選択する選択手段と、

選択された時間領域及び／又は周波数領域の範囲内の受信信号に基づいて前記受信信号の雑音電力を計算し、前記雑音電力に基づいて前記受信信号の光信号対雑音比を計算する計算手段と、を含む装置。

【請求項 2】

前記選択手段は、時間領域において前記パイロット信号の中心との距離が第1の閾値以下の時間領域範囲を、前記受信信号の雑音電力を計算するための時間領域範囲として選択する、請求項1に記載の装置。

【請求項 3】

前記選択手段は、周波数領域において前記パイロット信号の周波数との距離が第2の閾値以上の周波数領域範囲を、前記受信信号の雑音電力を計算するための周波数領域範囲として選択する、請求項1に記載の装置。

【請求項 4】

前記選択手段は、周波数領域において前記パイロット信号の周波数との距離が第2の閾値以上であり、且つ前記受信信号の非線形クロストークの周波数と同一の側にある周波数領域範囲を、前記受信信号の雑音電力を計算するための周波数領域範囲として選択する、請求項3に記載の装置。

【請求項 5】

2つの偏光状態において信号をそれぞれ送信し、各フレームの信号を送信する際に、一方の偏光状態においてパイロット信号を送信する期間内に、他方の偏光状態において信号を送信せず、或いは直流光信号を送信するように、前記受信信号を送信する、請求項1に記載の装置。

【請求項 6】

2つの偏光状態において信号をそれぞれ送信する送信手段、を含み、

各フレームの信号を送信する際に、一方の偏光状態においてパイロット信号を送信する期間内に、他方の偏光状態において信号を送信せず、或いは直流光信号を送信する、信号送信装置。

【請求項 7】

請求項1～5のいずれかに記載の装置を含む、受信機。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、通信技術分野に関し、特に光信号対雑音比の監視装置、信号送信装置及び受信機に関する。

【背景技術】**【0002】**

光信号対雑音比(OSNR: Optical Signal to Noise Ratio)は、従来の直接検出の光通信システム及びコヒーレント光通信システムでは、システムの性能に直接に関連する量であるため、光信号対雑音比の監視技術は広く注目されている。

【0003】

OSNRに基づいて定義された従来の測定方法は、雑音電力スペクトルが平坦であり、且つスペクトルに信号がなく、雑音のみを含む周波数帯域が存在するという条件に依存する。光通信容量の増加に伴い、コヒーレント光通信システムの伝送距離及び伝送速度は、以前より大幅に改善されている。雑音の周波数スペクトル形状はより多くの光ノードによ

10

20

30

40

50

り大きく起伏し、雑音が周波数スペクトルにおいて均一に分布するという仮定は問題となる。一方、チャネル間隔が大幅に短縮するため、雑音電力を測定するための、信号を無視することが可能な帯域を探すのは不可能な問題点となる。従って、コヒーレント通信システムにおけるOSNRの測定に関する研究は新しく注目されている。

【0004】

実際の通信システムでは、伝送リンクにおけるその自信の雑音の以外に、非線形効果による雑音も含まれ、ここで、該雑音は、チャネル内の非線形効果による雑音とチャネル間の非線形効果による雑音を含む。実際のOSNR監視では、非線形効果による雑音を排除できないと、OSNRの推定値が低くなる。非線形雑音のOSNR推定値への干渉を低減するために、1つの従来方法として、受信側で受信信号に対して非線形補償を行う。

10

【0005】

なお、背景技術に関する上記の説明は、単なる本発明の技術案をより明確、完全に説明するためのものであり、当業者を理解させるために説明するものであり。これら技術案が本発明の背景技術の部分に説明されているから当業者にとって周知の技術であると解釈してはならない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記従来の方法を用いて受信側で受信信号に対して非線形補償を行う場合に、非線形補償のアルゴリズムは、リンク反転(link reversal)の方法に基づいて非線形シュレディンガー方程式の解を求める必要があり、演算が複雑であり、且つ応用範囲が狭い。

20

【0007】

本発明の実施例は、受信信号におけるパイロット信号の位置に基づいて雑音電力を計算するための時間領域及び/又は周波数領域の範囲を選択することで、光信号対雑音比を正確に推定でき、計算プロセスが簡単であり、且つ応用範囲が広い光信号対雑音比の監視装置、信号送信装置及び受信機を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の実施例の第1の態様では、光信号対雑音比の監視装置であって、受信信号におけるパイロット信号の、時間領域及び/又は周波数領域における位置に基づいて、前記受信信号の雑音電力を計算するための時間領域及び/又は周波数領域の範囲を選択する選択手段と、選択された時間領域及び/又は周波数領域の範囲内の受信信号に基づいて前記受信信号の雑音電力を計算し、前記雑音電力に基づいて前記受信信号の光信号対雑音比を計算する計算手段と、を含む装置を提供する。

30

【0009】

本発明の実施例の第2の態様では、2つの偏光状態において信号をそれぞれ送信する送信手段、を含み、各フレームの信号を送信する際に、一方の偏光状態においてパイロット信号を送信する期間内に、他方の偏光状態において信号を送信せず、或いは直流光信号を送信する、信号送信装置を提供する。

40

【0010】

本発明の実施例の第3の態様では、本発明の実施例の第1の態様に記載の装置を含む、受信機を提供。

【0011】

本発明の実施例の有益な効果としては、受信信号におけるパイロット信号の位置に基づいて雑音電力を計算するための時間領域及び/又は周波数領域の範囲を選択することで、光信号対雑音比を正確に推定でき、計算プロセスが簡単であり、且つ応用範囲が広い。

【0012】

下記の説明及び図面に示すように、本発明の特定の実施形態が詳細に開示され、本発明の原理を採用できる方式が示される。なお、本発明の実施形態の範囲はこれらに限定され

50

ない。本発明の実施形態は、添付される特許請求の範囲の要旨及び項目の範囲内において、変更されたもの、修正されたもの及び均等的なものを含む。

【0013】

1つの実施形態に記載された特徴及び／又は示された特徴は、同一又は類似の方式で1つ又はさらに多くの他の実施形態で用いられてもよいし、他の実施形態における特徴と組み合わせてもよいし、他の実施形態における特徴に代わってもよい。

【0014】

なお、本文では、用語「包括／含む」は、特徴、部材、ステップ又はコンポーネントが存在することを指し、一つ又は複数の他の特徴、部材、ステップ又はコンポーネントの存在又は付加を排除しない。

10

【図面の簡単な説明】

【0015】

含まれる図面は、本発明の実施例をさらに理解するために用いられ、明細書の一部を構成し、本発明の実施形態を例示するために用いられ、文言の記載と共に本発明の原理を説明する。なお、以下に説明される図面は、単なる本発明の一部の実施例であり、当業者にとっては、これらの図面に基づいて他の図面を容易に想到できる。

20

【図1】本発明の実施例1に係る光信号対雑音比の監視装置の構成を示す図である。

【図2】本発明の実施例1に係る送信信号の時系列を示す図、及び対応する周波数スペクトログラムである。

【図3】H偏光状態及びV偏光状態の信号時系列図及び対応する周波数スペクトログラムである。

20

【図4】本発明の実施例1に係る時間領域範囲が選択されたH偏光状態及びV偏光状態の信号時系列図及び対応する周波数スペクトログラムである。

【図5】本発明の実施例1に係る周波数領域範囲が選択されたH偏光状態及びV偏光状態の周波数スペクトログラムである。

30

【図6】本発明の実施例2に係る信号送信装置の構成を示す図である。

【図7】本発明の実施例3に係る受信機の構成を示す図である。

【図8】本発明の実施例3に係る受信機のシステム構成を示すブロック図である。

【図9】本発明の実施例4に係る送信機の構成を示す図である。

【図10】本発明の実施例4に係る送信機のシステム構成を示すブロック図である。

30

【図11】本発明の実施例5に係る通信システムの構成を示す図である。

【図12】本発明の実施例6に係る光信号対雑音比の監視方法のフローチャートである。

【図13】本発明の実施例7に係る信号送信方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0016】

本発明の上記及びその他の特徴は、図面及び下記の説明により理解できるものである。明細書及び図面では、本発明の特定の実施形態、即ち本発明の原則に従う一部の実施形態を表すものを公開している。なお、本発明は説明される実施形態に限定されず、本発明は、特許請求の範囲内の全ての修正、変更されたもの、及び均等なものを含む。

40

【0017】

<実施例1>

本発明の実施例は光信号対雑音比の監視装置を提供し、該光信号対雑音比の監視装置は通信システムの受信側に適用されてもよい。図1は本発明の実施例1に係る光信号対雑音比の監視装置の構成を示す図である。図1に示すように、該装置100は、選択部101及び計算部102を含む。

【0018】

選択部101は、受信信号におけるパイロット信号の、時間領域及び／又は周波数領域における位置に基づいて、該受信信号の雑音電力を計算するための時間領域及び／又は周波数領域の範囲を選択する。

【0019】

50

計算部 102 は、選択された時間領域及び／又は周波数領域の範囲内の受信信号に基づいて該受信信号の雑音電力を計算し、該雑音電力に基づいて該受信信号の光信号対雑音比を計算する。

【0020】

上記の実施例によれば、受信信号におけるパイロット信号の位置に基づいて雑音電力を計算するための時間領域及び／又は周波数領域の範囲を選択することで、光信号対雑音比を正確に推定でき、計算プロセスが簡単であり、且つ応用範囲が広い。

【0021】

本実施例では、該受信信号は、光通信システムにおいて、送信側から送信された送信信号が光ファイバ伝送リンクを経た後で、受信側で受信された信号である。ここで、送信信号にパイロット信号を挿入しているため、受信信号にもパイロット信号が含まれる。

10

【0022】

本実施例では、送信信号に挿入されたパイロット信号は、正の信号と負の信号により交互に構成されたパイロット信号シーケンスであってもよいし、2つの偏光状態において周波数の異なるパイロット信号を送信してもよいが、本発明の実施例はパイロット信号の送信方式に限定されない。

20

【0023】

例えば、2つの偏光状態において周波数の異なるパイロット信号をそれぞれ送信してもよく、ここで、2つの偏光状態において信号をそれぞれ送信し、各フレームの信号を送信する際に、一方の偏光状態においてパイロット信号を送信する期間内に、他方の偏光状態において信号を送信せず、或いは直流光信号を送信する。このような方式で信号を送信することで、大部分の非線形クロストークを抑制でき、このように、非線形クロストークの雑音電力計算への影響を効果的に除去でき、光信号対雑音比の計算の正確性を向上できる。

【0024】

本実施例では、H 偏光状態及びV 偏光状態において、周波数の異なるパイロット信号を送信することを例にして説明するが、本発明の実施例はデュアル偏光状態のシステムに限定されない。

30

【0025】

図2は本実施例に係る送信信号の時系列を示す図、及び対応する周波数スペクトログラムである。図2に示すように、送信信号はパイロット信号及びデータ信号を含み、該データ信号は実際に伝送されるデータであり、ペイロード(Pay load)データとも称される。i 番目のフレームの信号を送信する際に、H 偏光状態においてパイロット信号を送信し、該パイロット信号を送信する期間内に、V 偏光状態において信号を送信せず、或いは直流光信号を送信し、i+1 番目のフレームの信号を送信する際に、V 偏光状態において、H 偏光状態において送信されたパイロット信号の周波数と異なる周波数のパイロット信号を送信し、該パイロット信号を送信する期間内に、H 偏光状態において信号を送信せず、或いは直流光信号を送信し、i は正整数である。

【0026】

本実施例では、選択部 101 は、受信信号におけるパイロット信号の、時間領域及び／又は周波数領域における位置に基づいて、該受信信号の雑音電力を計算するための時間領域及び／又は周波数領域の範囲を選択する。

40

【0027】

以下は、パイロット信号の時間領域及び周波数領域における位置に基づいて雑音電力を計算するための時間領域範囲及び周波数領域範囲を選択することをそれぞれ例示的に説明する。

【0028】

まず、パイロット信号の時間領域における位置に基づいて雑音電力を計算するための時間領域範囲を選択することを例示的に説明する。

【0029】

50

通信システムでは、チャネルにより伝送された後の信号は、チャネル内の非線形効果の影響のため、信号の時間領域波形 u は下記の式(1)で示されてもよい。

【数1】

$$u_H(t=kT, z=L) = u_H(t=kT, 0) + \sum_{m,n} \left[A_{m+k}^H A_{n+k}^H \left(A_{m+n+k}^H \right)^* + A_{m+k}^H A_{n+k}^V \left(A_{m+n+k}^V \right)^* \right] C(m, n, z=L) \quad (1)$$

$$u_V(t=kT, z=L) = u_V(t=kT, 0) + \sum_{m,n} \left[A_{m+k}^V A_{n+k}^V \left(A_{m+n+k}^V \right)^* + A_{m+k}^V A_{n+k}^H \left(A_{m+n+k}^H \right)^* \right] C(m, n, z=L)$$

【0030】

10

ここで、 $u_H(t=kT, z=L)$ は、H偏光状態における kT 番目の時点の、伝送距離が L の信号の時間領域波形を表し、 $u_V(t=kT, z=L)$ は、V偏光状態における kT 番目の時点の、伝送距離が L の信号の時間領域波形を表し、 $u_H(t=kT, 0)$ は、H偏光状態における kT 番目の時点の、伝送距離が 0 の信号の時間領域波形を表し、 $u_V(t=kT, 0)$ は、V偏光状態における kT 番目の時点の、伝送距離が 0 の信号の時間領域波形を表し、

(外1)

$$A_{m+k}^H$$

20

,

(外2)

$$A_{n+k}^H$$

及び

(外3)

$$A_{m+n+k}^H$$

30

は、H偏光状態における $m+k$ 、 $n+k$ 、 $m+n+k$ 番目の時点のパルスのシンボル情報をそれぞれ表し、

(外4)

$$A_{m+k}^V$$

,

(外5)

$$A_{n+k}^V$$

40

及び

(外6)

$$A_{m+n+k}^V$$

50

は、V偏光状態における $m + k$ 、 $n + k$ 、 $m + n + k$ 番目の時点のパルスのシンボル情報をそれぞれ表し、C($m, n, z = L$)は、伝送距離がLであり、且つパルス形状及びリンクに関連するパラメータを表し、Tはパルス周期であり、zは伝送距離であり、k、m及びnは共に整数である。

【0031】

上記式(1)に基づく発明者の研究、発見によると、パイロット信号の期間内のH偏光状態におけるシンボルが経験した非線形雑音では、H偏光状態について、 $m + k$ 、 $n + k$ 、 $m + n + k$ 番目の時点の3つのパルスに対応する時間が共にパイロット信号の期間内にあり、即ち $m + k$ 、 $n + k$ 、 $m + n + k$ が共にパイロット信号の期間内に入った場合に、どの偏光状態からのパルスでも、生じられた非線形雑音はH偏光状態のパイロット信号と同一の周波数を有し、V偏光状態についても同様であるため、ここでその説明が省略される。光信号対雑音比を計算する際に、パイロット信号の期間内の信号に対応する周波数スペクトルに基づいて雑音電力を計算するため、チャネル内の非線形効果が非パイロット信号の周波数ポイントに貢献しないから、光信号対雑音比の測定へ影響を及ぼさない。

10

【0032】

しかし、上記の $m + k$ 、 $n + k$ 、 $m + n + k$ 番目の時点の3つのパルスのうちいずれかがパイロット信号の期間内に入っていない場合に、対応するチャネル内の非線形雑音の周波数スペクトルが大きな幅を有するため、光信号対雑音比の計算における雑音電力の推定値が大きすぎ、算出された光信号対雑音比が不正確になってしまう。

20

【0033】

本実施例では、選択部101は、時間領域においてパイロット信号の中心との距離が第1の閾値以下の時間領域範囲を、受信信号の雑音電力を計算するための時間領域範囲として選択してもよく、該第1の閾値は実際の状況に応じて決定されてもよい。

【0034】

パイロット信号の中心近傍の時間領域範囲を、受信信号の雑音電力を計算するための時間領域範囲として選択することで、チャネル内の非線形クロストークの雑音電力計算への影響を効果的に除去でき、光信号対雑音比の計算の正確性を向上できる。

【0035】

図3はH偏光状態及びV偏光状態の信号時系列図及び対応する周波数スペクトログラムである。図3に示すように、上記の $m + k$ 、 $n + k$ 、 $m + n + k$ 番目の時点の3つのパルスのうちいずれかがパイロット信号の期間内に入っていない場合に、チャネル内の非線形雑音が周波数領域において大きな幅を有し、即ちパイロット信号の周波数と同一の單一周波数信号ではないため、光信号対雑音比の計算における雑音電力の推定値が大き過ぎる。

30

【0036】

図4は本実施例に係る時間領域範囲が選択されたH偏光状態及びV偏光状態の信号時系列図及び対応する周波数スペクトログラムである。図4に示すように、Aは、選択されたパイロット信号の中心近傍の時間領域範囲を表し、Bは、パイロット信号全体の時間領域範囲を表し、図4から分かるように、時間領域範囲Aの大きさはパイロット信号の中心との距離の大きさにより決定されたものである。時間領域範囲Aを、受信信号の雑音電力を計算するための時間領域範囲として選択することで、チャネル内の非線形雑音は依然として周波数領域においてパイロット信号の周波数と同一の單一周波数信号であり、チャネル内の非線形雑音の雑音電力計算への影響を除去し、光信号対雑音比の計算の正確性を向上した。

40

【0037】

本実施例では、パイロット信号全体の時間領域範囲Bに対する選択される時間領域範囲Aの比率は実際の状況に応じて決定されてもよく、例えば、該比率は用いられるパイロット信号の数、受信信号における分散の大きさ、及び計算精度に対する要求のうち少なくとも1つに基づいて決定されてもよい。受信信号における分散が比較的に小さいと、該比率を比較的に大きい値に設定し、即ち時間領域範囲Aを広く選択してもよい。

【0038】

50

例えば、パイロット信号全体の時間領域範囲Bに対する選択される時間領域範囲Aの比率が1/2であってもよいが、本発明の実施例は該比率の数値に限定されない。

【0039】

以上は、パイロット信号の時間領域における位置に基づいて雑音電力を計算するための時間領域範囲を選択することを例示的に説明しているが、以下は、パイロット信号の周波数領域における位置に基づいて雑音電力を計算するための周波数領域範囲を選択することを例示的に説明する。

【0040】

通信システムでは、チャネル間の非線形効果は相互位相変調(XPM: Cross-phase Modulation)とも称され、XPM効果による非線形雑音は2種類、即ち非線形位相雑音と非線形クロストークにさらに分類されてもよい。H偏光状態におけるパイロット信号について、非線形位相雑音の周波数スペクトルは該パイロット信号の周波数近傍に集中し、XPMのローパスフィルタリング効果により、該非線形位相雑音の周波数スペクトルの範囲は数GHzの範囲内に相対的に集中する。このため、H偏光状態におけるパイロット信号の周波数近傍の非線形位相雑音により、光信号対雑音比の計算における雑音電力の推定値が大きすぎ、算出された光信号対雑音比は不正確になってしまう。

10

【0041】

一方、非線形クロストークは加法性雑音であり、下記の式(2)で示されてもよい。

【数2】

20

$$C = u_{1V} \times u_{2H} \times \text{conj}(u_{2V}) \quad (2)$$

【0042】

ここで、下付き1は自チャネルを表し、2は隣接チャネルを表し、 u_{1V} は自チャネルのV偏光状態における時間領域波形を表し、 u_{2H} は隣接チャネルのH偏光状態における時間領域波形を表し、 u_{2V} は隣接チャネルのV偏光状態における時間領域波形を表し、conjは共役を求める演算を表す。

【0043】

チャネル内の非線形雑音及びチャネル間の非線形位相雑音と異なって、チャネル間の非線形クロストークは、直交偏光状態のパイロット信号に対応する周波数近傍、即ちV偏光状態におけるパイロット信号の周波数近傍に現れるため、V偏光状態におけるパイロット信号の周波数近傍の非線形クロストークにより、光信号対雑音比の計算における雑音電力の推定値が大きすぎ、算出された光信号対雑音比は不正確になてしまう。

30

【0044】

本実施例では、選択部101は、周波数領域においてパイロット信号の周波数との距離が第2の閾値以上の周波数領域範囲を、受信信号の雑音電力を計算するための周波数領域範囲として選択してもよく、該第2の閾値は実際の状況に応じて決定されてもよい。

【0045】

パイロット信号の周波数から離れた周波数領域範囲を、受信信号の雑音電力を計算するための時間領域範囲として選択することで、チャネル間の非線形位相雑音及び非線形クロストークの雑音電力計算への影響を効果的に除去でき、光信号対雑音比の計算の正確性を向上できる。

40

【0046】

図5は本実施例に係る周波数領域範囲が選択されたH偏光状態及びV偏光状態の周波数スペクトログラムである。図5に示すように、H偏光状態について、チャネル間の非線形位相雑音がH偏光状態におけるパイロット信号の周波数近傍に位置し、チャネル間の非線形クロストークはV偏光状態におけるパイロット信号の周波数近傍に位置し、V偏光状態について、チャネル間の非線形位相雑音がV偏光状態におけるパイロット信号の周波数近傍に位置し、チャネル間の非線形クロストークはH偏光状態におけるパイロット信号の周波数近傍に位置する。

50

【0047】

H偏光状態及びV偏光状態におけるパイロット信号の周波数から離れた領域E1、E2、E3及びE4を、受信信号の雑音電力を計算するための周波数領域範囲として選択することで、チャネル間の非線形位相雑音及び非線形クロストークの雑音電力計算への影響を除去し、光信号対雑音比の計算の正確性を向上する。

【0048】

本実施例では、周波数領域範囲E1、E2、E3及びE4の大きさはパイロット信号の周波数との距離の大きさにより決定され、信号全体の周波数領域範囲Eに対する選択される周波数領域範囲E1、E2、E3及びE4の和の比率は実際の状況に応じて決定されてもよく、例えば、該比率は、用いられるパイロット信号の数、受信信号における分散の大きさ、及び計算精度に対する要求のうち少なくとも1つにより決定されてもよい。例えば、受信信号における分散が比較的に小さいと、該比率を比較的大きい値に設定し、即ち選択される周波数領域を広くてもよい。

10

【0049】

例えば、信号全体の周波数領域範囲Eに対する選択される周波数領域範囲E1、E2、E3及びE4の和の比率は1/2であってもよいが、本発明の実施例は該比率の数値に限定されない。

【0050】

本実施例では、非線形クロストークが非線形位相雑音よりも小さい場合に、選択部101は、周波数領域においてパイロット信号の周波数との距離が第2の閾値以上であり、且つ受信信号の非線形クロストークの周波数と同一の側にある周波数領域範囲を、受信信号の雑音電力を計算するための周波数領域範囲として選択してもよい。

20

【0051】

例えば、H偏光状態について、非線形クロストークの周波数と同一の側にある領域E3、E4を、受信信号の雑音電力を計算するための周波数領域範囲として選択してもよく、V偏光状態について、非線形クロストークの周波数と同一の側にある領域E1、E2を、受信信号の雑音電力を計算するための周波数領域範囲として選択してもよい。

【0052】

非線形クロストークが非線形位相雑音よりも小さい場合に、受信信号の雑音電力を計算するための周波数領域範囲を、非線形クロストークの周波数と同一の側にある領域にさらに限定することで、非線形雑音の影響をさらに除去でき、光信号対雑音比の計算の正確性をさらに向上できる。

30

【0053】

本実施例では、図2に示す方式を用いて信号を送信する際に、大部分の非線形クロストークを抑制でき、この場合に、選択部101は、同様に、周波数領域においてパイロット信号の周波数との距離が第2の閾値以上であり、且つ受信信号の非線形クロストークの周波数と同一の側にある周波数領域範囲を、受信信号の雑音電力を計算するための周波数領域範囲として選択してもよく、即ち図5における領域E3、E4を、受信信号の雑音電力を計算するための周波数領域範囲として選択してもよい。このように、非線形雑音の影響をさらに除去でき、光信号対雑音比の計算の正確性をさらに向上できる。

40

【0054】

以上は、パイロット信号の時間領域及び周波数領域における位置に基づいて雑音電力を計算するための時間領域範囲及び周波数領域範囲を選択することを例示的に説明している。

【0055】

本実施例では、選択部101が該受信信号の雑音電力を計算するための時間領域及び/又は周波数領域の範囲を選択した後に、計算部102は、選択された時間領域及び/又は周波数領域の範囲内の受信信号に基づいて受信信号の雑音電力を計算し、該雑音電力に基づいて受信信号の光信号対雑音比を計算する。ここで、従来の方法を用いて雑音電力及び光信号対雑音比を計算してもよい。

50

【0056】

例えば、上記選択された時間領域範囲又は周波数領域範囲内の受信信号の雑音電力スペクトル密度にスペクトル幅を乗じて雑音電力を取得してもよい。信号電力の計算について、データ信号(ペイロードデータ)の期間を選択する。これは、光ファイバ伝送リンクに通常複数の光フィルタを含み、パイロット信号の所在する周波数ポイントの減衰が信号の平均損失に等しくないため、受信機側の受信信号の電力が信号の電力に等しくなく、データ信号(ペイロードデータ)期間において算出された電力が信号電力と雑音電力との和に等しいからである。このため、上記雑音電力により、信号電力を取得できる。

【0057】

本実施例では、受信信号の雑音電力及び信号電力を取得した後に、例えば下記の式(3)を用いて受信信号の光信号対雑音比を計算してもよい。10

【0058】

$$OSNR = 10 * \log_{10}(S/n) - 10 * \log_{10}(12.5e9 / Bandwidth) \quad (3)$$

ここで、OSNRは受信信号の光信号対雑音比を表し、Sは信号電力を表し、nは雑音電力を表し、Bandwidthは信号帯域幅を表し、12.5e9は、OSNRの計算において12.5GHz周波数帯域幅内の雑音電力を考慮するために用いられる数値を表し、なお、該数値12.5e9は具体的な周波数帯域幅に基づいて調整されてもよい。

【0059】

本実施例では、送信信号に挿入されたパイロット信号が2つの偏光状態において周波数の異なるパイロット信号である場合に、2つの偏光状態における雑音電力及び信号電力をそれぞれ計算し、2つの偏光状態における光信号対雑音比をそれぞれ取得してもよい。20

【0060】

また、本実施例では、時間領域のみで時間領域範囲を選択して受信信号の光信号対雑音比を計算してもよいし、周波数領域のみで周波数領域範囲を選択して受信信号の光信号対雑音比を計算してもよい。また、時間領域及び周波数領域で時間領域範囲及び周波数領域範囲をそれぞれ選択して受信信号の光信号対雑音比を計算し、算出された2つの光信号対雑音比に対して平均化処理を行うことで、計算の正確性をさらに向上してもよい。

【0061】

上記実施例によれば、受信信号におけるパイロット信号の位置に基づいて雑音電力を計算するための時間領域及び/又は周波数領域の範囲を選択することで、光信号対雑音比を正確に推定でき、計算プロセスが簡単であり、且つ応用範囲が広い。30

【0062】

<実施例2>

本発明の実施例は信号送信装置をさらに提供し、該信号送信装置は通信システムの送信側に適用されてもよい。図6は本発明の実施例2に係る信号送信装置の構成を示す図である。図6に示すように、該装置600は、送信部601を含む。

【0063】

送信部601は、2つの偏光状態において信号をそれぞれ送信する。各フレームの信号を送信する際に、一方の偏光状態においてパイロット信号を送信する期間内に、他方の偏光状態において信号を送信せず、或いは直流光信号を送信する。40

【0064】

例えば、送信部601は、実施例1における図2に示される方式を用いて信号を送信してもよく、具体的な送信方式は実施例1における記載と同じであり、ここでその説明が省略される。

【0065】

上記実施例によれば、各フレームの信号を送信する際に、一方の偏光状態においてパイロット信号を送信する期間内に、他方の偏光状態において信号を送信せず、或いは直流光信号を送信することで、大部分の非線形クロストークを抑制でき、このように、非線形クロストークの雑音電力計算への影響を効果的に除去でき、光信号対雑音比の計算の正確性50

を向上できる。

【0066】

<実施例3>

本発明の実施例は受信機をさらに提供し、図7は本実施例に係る受信機の構成を示す図である。図7に示すように、該受信機700は光信号対雑音比の監視装置701を含み、該光信号対雑音比の監視装置701の構成及び機能は実施例1における記載と同じであり、ここでその説明が省略される。

【0067】

図8は本発明の実施例3に係る受信機のシステム構成を示すブロック図である。図8に示すように、受信機800はフロントエンドを含む。

10

【0068】

フロントエンドの作用は、入力された光信号を2つの偏光状態におけるベースバンド信号に変換することであり、本発明の実施例では、該2つの偏光状態はH偏光状態及びV偏光状態を含んでもよい。

【0069】

図8に示すように、該フロントエンドは、局部レーザ発振器810、光混合器(Optical 90deg hybrid)801、光電検出器(O/E)802、804、806及び808、A/D変換器(ADC)803、805、807及び809、分散補償器811、等化器812、並びに光信号対雑音比の監視装置813を含み、光信号対雑音比の監視装置813の構成及び機能は実施例1における記載と同じであり、ここでその説明が省略される。局部レーザ発振器810はローカル光源を提供し、光信号は、光混合器(Optical 90deg hybrid)801、光電検出器(O/E)802、1404、A/D変換器(ADC)803、805により1つの偏光状態におけるベースバンド信号に変換される。該光信号は、光混合器(Optical 90deg hybrid)801、光電検出器(O/E)806、808、A/D変換器(ADC)807、809によりもう1つの偏光状態におけるベースバンド信号に変換され、その具体的なプロセスは従来技術と類似し、ここでその説明が省略される。

20

【0070】

また、OSNRの推定が周波数差及び位相雑音により影響されると、受信機800は、周波数差補償器及び位相雑音補償器(図示せず)をさらに含んでもよい。

30

【0071】

上記実施例によれば、受信信号におけるパイロット信号の位置に基づいて雑音電力を計算するための時間領域及び/又は周波数領域の範囲を選択することで、光信号対雑音比を正確に推定でき、計算プロセスが簡単であり、且つ応用範囲が広い。

【0072】

<実施例4>

本発明の実施例は送信機をさらに提供し、図9は本実施例に係る送信機の構成を示す図である。図9に示すように、該送信機900は信号送信装置901を含み、該信号送信装置901の構成及び機能は実施例における記載と同じであり、ここでその説明が省略される。

40

【0073】

図10は本発明の実施例4に係る送信機のシステム構成を示すブロック図である。図10に示すように、送信機1000は、信号生成器1001、信号設定部1002、A/D変換部1003及び光変調器部1004を含む。

【0074】

信号生成器1001は、送信データに基づいてデジタル信号を生成し、信号設定部1002は、生成されたデジタル信号において実施例2に記載の方式に従ってパイロット信号を設定し、即ち、各フレームの信号を送信する際に、一方の偏光状態においてパイロット信号を送信する期間内に、他方の偏光状態において信号を送信せず、或いは直流光信号を送信し、A/D変換部1003はデジタル信号に対してA/D変換を行い、光変調器部1

50

004は該A/D変換部1003により変換された信号を変調信号として光を変調する。また、選択部1005をさらに含んでもよく、光変調器部1004は、異なる偏光状態におけるパイロット信号の周波数を異ならせるように、選択部1005により選択されたコードワードに基づいて信号変調を行う。

【0075】

上記実施例によれば、各フレームの信号を送信する際に、一方の偏光状態においてパイロット信号を送信する期間内に、他方の偏光状態において信号を送信せず、或いは直流光信号を送信することで、大部分の非線形クロストークを抑制でき、このように、非線形クロストークの雑音電力計算への影響を効果的に除去でき、光信号対雑音比の計算の正確性を向上できる。

10

【0076】

<実施例5>

本発明の実施例は通信システムをさらに提供する。図11は本実施例に係る通信システムの構成を示す図であり、図11に示すように、通信システム1100は、送信機1101、伝送リンク1102、及び受信機1103を含み、送信機1101の構成及び機能は実施例4における記載と同じであり、受信機1103の構成及び機能は実施例3における記載と同じであり、ここでその説明が省略される。

【0077】

上記実施例によれば、受信信号におけるパイロット信号の位置に基づいて雑音電力を計算するための時間領域及び/又は周波数領域の範囲を選択することで、光信号対雑音比を正確に推定でき、計算プロセスが簡単であり、且つ応用範囲が広い。

20

【0078】

また、各フレームの信号を送信する際に、一方の偏光状態においてパイロット信号を送信する期間内に、他方の偏光状態において信号を送信せず、或いは直流光信号を送信することで、大部分の非線形クロストークを抑制でき、このように、非線形クロストークの雑音電力計算への影響を効果的に除去でき、光信号対雑音比の計算の正確性を向上できる。

【0079】

<実施例6>

本発明の実施例は光信号対雑音比の監視方法をさらに提供し、該監視方法は実施例1の光信号対雑音比の監視装置に対応する。図12は本実施例に係る光信号対雑音比の監視方法のフローチャートである。図12に示すように、該方法は下記のステップを含む。

30

【0080】

ステップ1201：受信信号におけるパイロット信号の、時間領域及び/又は周波数領域における位置に基づいて、該受信信号の雑音電力を計算するための時間領域及び/又は周波数領域の範囲を選択する。

【0081】

ステップ1202：選択された時間領域及び/又は周波数領域の範囲内の受信信号に基づいて該受信信号の雑音電力を計算し、該雑音電力に基づいて該受信信号の光信号対雑音比を計算する。

40

【0082】

本実施例では、該受信信号の雑音電力を計算するための時間領域及び/又は周波数領域の範囲の選択方法、並びに選択された範囲に基づく光信号対雑音比の計算方法は、実施例1における記載と同じであり、ここでその説明が省略される。

【0083】

上記実施例によれば、受信信号におけるパイロット信号の位置に基づいて雑音電力を計算するための時間領域及び/又は周波数領域の範囲を選択することで、光信号対雑音比を正確に推定でき、計算プロセスが簡単であり、且つ応用範囲が広い。

【0084】

<実施例7>

本発明の実施例は信号送信方法をさらに提供し、該信号送信方法は実施例2の信号送信

50

装置に対応する。図13は本実施例に係る信号送信方法のフローチャートである。図13に示すように、該方法は下記のステップを含む。

【0085】

ステップ1301：2つの偏光状態において信号をそれぞれ送信し、各フレームの信号を送信する際に、一方の偏光状態においてパイロット信号を送信する期間内に、他方の偏光状態において信号を送信せず、或いは直流光信号を送信する。

【0086】

本実施例では、2つの偏光状態において信号をそれぞれ送信する方法は実施例2における記載と同じであり、ここでその説明が省略される。

【0087】

上記実施例によれば、各フレームの信号を送信する際に、一方の偏光状態においてパイロット信号を送信する期間内に、他方の偏光状態において信号を送信せず、或いは直流光信号を送信することで、大部分の非線形クロストークを抑制でき、このように、非線形クロストークの雑音電力計算への影響を効果的に除去でき、光信号対雑音比の計算の正確性を向上できる。

10 【0088】

本発明の実施例は、光信号対雑音比の監視装置又は受信機においてプログラムを実行する際に、コンピュータに、該光信号対雑音比の監視装置又は受信機において実施例6に記載の光信号対雑音比の監視方法を実行させる、コンピュータ読み取り可能なプログラムをさらに提供する。

20 【0089】

本発明の実施例は、信号送信装置又は送信機においてプログラムを実行する際に、コンピュータに、該信号送信装置又は送信機において実施例7に記載の信号送信方法を実行させる、コンピュータ読み取り可能なプログラムをさらに提供する。

【0090】

本発明の実施例は、コンピュータに、光信号対雑音比の監視装置又は受信機において実施例6に記載の光信号対雑音比の監視方法を実行させるためのコンピュータ読み取り可能なプログラムを記憶する、記憶媒体をさらに提供する。

30 【0091】

本発明の実施例は、コンピュータに、信号送信装置又は送信機において実施例7に記載の信号送信方法を実行させるためのコンピュータ読み取り可能なプログラムを記憶する、記憶媒体をさらに提供する。

【0092】

本発明の以上の装置及び方法は、ハードウェアにより実現されてもよく、ハードウェアとソフトウェアを結合して実現されてもよい。本発明はコンピュータが読み取り可能なプログラムに関し、該プログラムはロジック部により実行される時に、該ロジック部に上述した装置又は構成要件を実現させる、或いは該ロジック部に上述した各種の方法又はステップを実現させることができる。本発明は上記のプログラムを記憶するための記憶媒体、例えばハードディスク、ディスク、光ディスク、DVD、フラッシュメモリ等に関する。

【0093】

以上、具体的な実施形態を参照しながら本発明を説明しているが、上記の説明は、例示的なものに過ぎず、本発明の保護の範囲を限定するものではない。本発明の趣旨及び原理を離脱しない限り、本発明に対して各種の変形及び修正を行ってもよく、これらの変形及び修正も本発明の範囲に属する。

【0094】

また、上述の実施例を含む実施形態に関し、更に以下の付記を開示する。

(付記1)

光信号対雑音比の監視装置であって、

受信信号におけるパイロット信号の、時間領域及び/又は周波数領域における位置に基づいて、前記受信信号の雑音電力を計算するための時間領域及び/又は周波数領域の範囲

50

を選択する選択手段と、

選択された時間領域及び／又は周波数領域の範囲内の受信信号に基づいて前記受信信号の雑音電力を計算し、前記雑音電力に基づいて前記受信信号の光信号対雑音比を計算する計算手段と、を含む装置。

(付記 2)

前記選択手段は、時間領域において前記パイロット信号の中心との距離が第1の閾値以下の時間領域範囲を、前記受信信号の雑音電力を計算するための時間領域範囲として選択する、付記1に記載の装置。

(付記 3)

前記選択手段は、周波数領域において前記パイロット信号の周波数との距離が第2の閾値以上の周波数領域範囲を、前記受信信号の雑音電力を計算するための周波数領域範囲として選択する、付記1に記載の装置。 10

(付記 4)

前記選択手段は、周波数領域において前記パイロット信号の周波数との距離が第2の閾値以上であり、且つ前記受信信号の非線形クロストークの周波数と同一の側にある周波数領域範囲を、前記受信信号の雑音電力を計算するための周波数領域範囲として選択する、付記3に記載の装置。

(付記 5)

2つの偏光状態において信号をそれぞれ送信し、各フレームの信号を送信する際に、一方の偏光状態においてパイロット信号を送信する期間内に、他方の偏光状態において信号を送信せず、或いは直流光信号を送信するように、前記受信信号を送信する、付記1に記載の装置。 20

(付記 6)

2つの偏光状態において信号をそれぞれ送信する送信手段、を含み、各フレームの信号を送信する際に、一方の偏光状態においてパイロット信号を送信する期間内に、他方の偏光状態において信号を送信せず、或いは直流光信号を送信する、信号送信装置。

(付記 7)

付記1～5のいずれかに記載の装置を含む、受信機。

(付記 8)

付記6に記載の装置を含む、送信機。

(付記 9)

付記7に記載の受信機と、付記8に記載の送信機と、を含む、通信システム。 30

(付記 10)

光信号対雑音比の監視方法であって、

受信信号におけるパイロット信号の、時間領域及び／又は周波数領域における位置に基づいて、前記受信信号の雑音電力を計算するための時間領域及び／又は周波数領域の範囲を選択するステップと、

選択された時間領域及び／又は周波数領域の範囲内の受信信号に基づいて前記受信信号の雑音電力を計算し、前記雑音電力に基づいて前記受信信号の光信号対雑音比を計算するステップと、を含む方法。 40

(付記 11)

前記受信信号におけるパイロット信号の、時間領域及び／又は周波数領域における位置に基づいて、前記受信信号の雑音電力を計算するための時間領域及び／又は周波数領域の範囲を選択するステップは、

時間領域において前記パイロット信号の中心との距離が第1の閾値以下の時間領域範囲を、前記受信信号の雑音電力を計算するための時間領域範囲として選択するステップ、を含む、付記10に記載の方法。

(付記 12)

前記受信信号におけるパイロット信号の、時間領域及び／又は周波数領域における位置 50

に基づいて、前記受信信号の雑音電力を計算するための時間領域及び／又は周波数領域の範囲を選択するステップは、

周波数領域において前記パイロット信号の周波数との距離が第2の閾値以上の周波数領域範囲を、前記受信信号の雑音電力を計算するための周波数領域範囲として選択するステップ、を含む、付記10に記載の方法。

(付記13)

前記受信信号におけるパイロット信号の、時間領域及び／又は周波数領域における位置に基づいて、前記受信信号の雑音電力を計算するための時間領域及び／又は周波数領域の範囲を選択するステップは、

周波数領域において前記パイロット信号の周波数との距離が第2の閾値以上であり、且つ前記受信信号の非線形クロストークの周波数と同一の側にある周波数領域範囲を、前記受信信号の雑音電力を計算するための周波数領域範囲として選択するステップ、を含む、付記12に記載の方法。

(付記14)

2つの偏光状態において信号をそれぞれ送信し、各フレームの信号を送信する際に、一方の偏光状態においてパイロット信号を送信する期間内に、他方の偏光状態において信号を送信せず、或いは直流光信号を送信するように、前記受信信号を送信する、付記10に記載の方法。

(付記15)

2つの偏光状態において信号をそれぞれ送信するステップ、を含み、

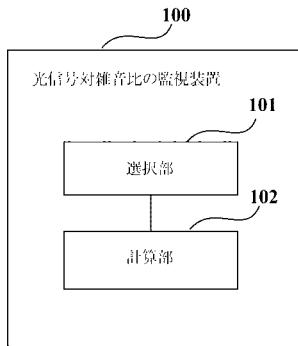
各フレームの信号を送信する際に、一方の偏光状態においてパイロット信号を送信する期間内に、他方の偏光状態において信号を送信せず、或いは直流光信号を送信する、信号送信方法。

10

20

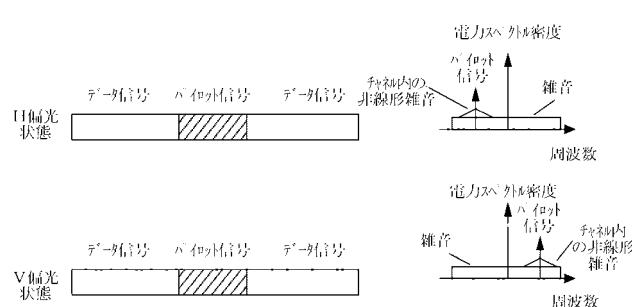
【図1】

本発明の実施例1に係る光信号対雑音比の監視装置の構成を示す図



【図3】

II偏光状態及びV偏光状態の信号時系列図及び対応する周波数スペクトログラム

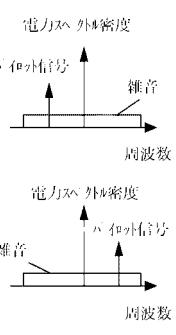
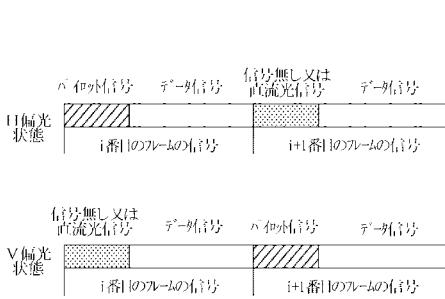


【図4】

本発明の実施例1に係る時間領域範囲が選択されたII偏光状態及びV偏光状態の信号時系列図及び対応する周波数スペクトログラム

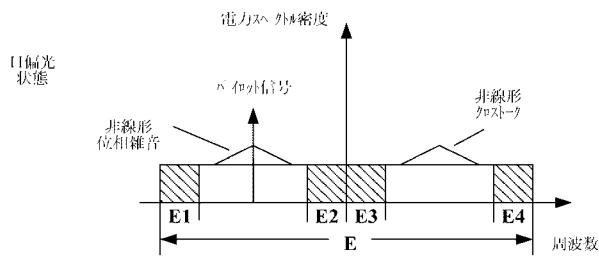
【図2】

本発明の実施例1に係る送信信号の時系列を示す図、及び対応する周波数スペクトログラム



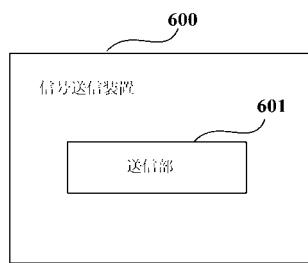
【図5】

本発明の実施例1に係る周波数領域範囲が選択された口偏光状態及びV偏光状態の周波数スペクトrogram



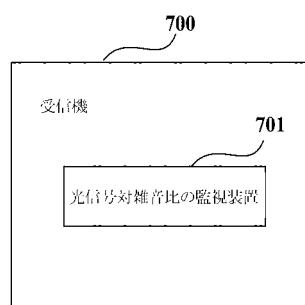
【図6】

本発明の実施例2に係る信号送信装置の構成を示す図



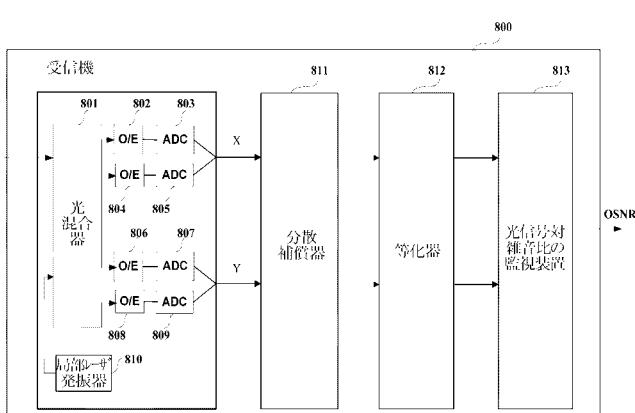
【図7】

本発明の実施例3に係る受信機の構成を示す図



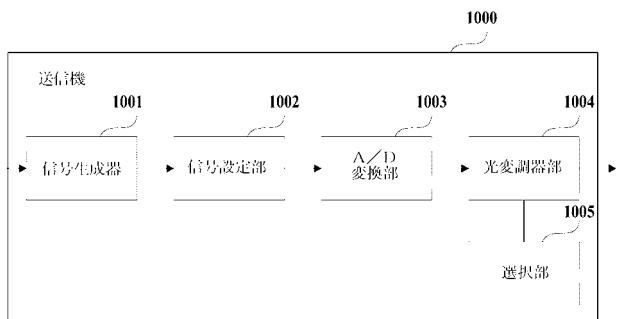
【図8】

本発明の実施例3に係る受信機のシステム構成を示すブロック図



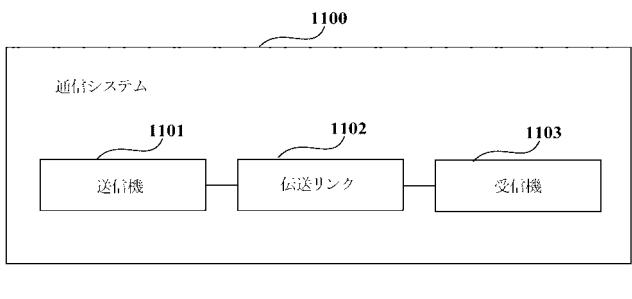
【図10】

本発明の実施例4に係る送信機のシステム構成を示すブロック図



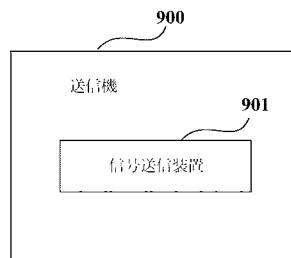
【図11】

本発明の実施例5に係る通信システムの構成を示す図



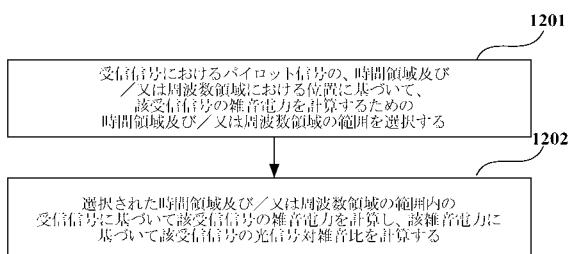
【図9】

本発明の実施例4に係る送信機の構成を示す図



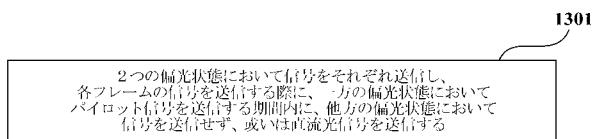
【図 1 2】

本発明の実施例6に係る光信号対雜音比の監視方法のフローチャート



【図 1 3】

本発明の実施例7に係る信号送信方法のフローチャート



フロントページの続き

(72)発明者 ドウ・リアン

中国，100025，ベイジン，チャオヤン ディストリクト，ジョオン ロード，ドン ス 木
ヌ アヌ ナンバー56，オーシャン インターナショナル センター，タワー エイ 13エフ 富
士通研究開発中心有限公司内

(72)発明者 タオ・ジェヌニン

中国，100025，ベイジン，チャオヤン ディストリクト，ジョオン ロード，ドン ス 木
ヌ アヌ ナンバー56，オーシャン インターナショナル センター，タワー エイ 13エフ 富
士通研究開発中心有限公司内

F ターム(参考) 5K102 AA01 AA46 LA03 LA11 LA22 LA31 MH03 MH14 MH17