

(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2017-183954
(P2017-183954A)

(43) 公開日 平成29年10月5日(2017.10.5)

(51) Int. Cl.		F I			テーマコード (参考)
HO4B 10/564 (2013.01)		HO4B	9/00	564	5K102
HO4B 10/075 (2013.01)		HO4B	9/00	175	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2016-67084 (P2016-67084)
(22) 出願日 平成28年3月30日 (2016.3.30)

(71) 出願人 000004237
日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目7番1号
(74) 代理人 100097157
弁理士 桂木 雄二
(72) 発明者 岩永 浩平
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
Fターム(参考) 5K102 AA01 LA06 LA13 MA01 MB02
MC11 MD04 MH03 MH14 MH22

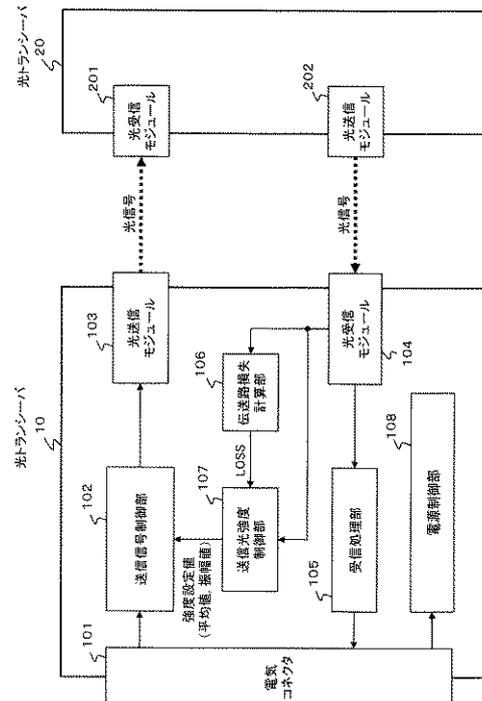
(54) 【発明の名称】 光トランシーバおよび光信号強度制御方法

(57) 【要約】

【課題】 伝送路の損失に応じて光信号強度を変化させても信頼性の高い受信処理が可能となる光トランシーバ、その光信号強度の制御方法を提供する。

【解決手段】 光トランシーバ(10, 20)は、光伝送路を通して受信した光信号強度から光伝送路の伝送路損失(LOSS)を計算する損失計算部(106)と、伝送路損失LOSSに応じて送信光信号強度の平均値(Ai)と振幅値(Wi)との両方を送信光信号の消光比(ER)を所定範囲内に維持するように変化させる制御部(102、107)と、を有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光伝送路を通して光信号を送受信する光トランシーバであって、
前記光伝送路を通して受信した光信号強度から前記光伝送路の伝送路損失を計算する損失計算手段と、

前記伝送路損失に応じて送信光信号強度の平均値と振幅値との両方を送信光信号の消光比を所定範囲内に維持するように変化させる制御手段と、

を有することを特徴とする光トランシーバ。

【請求項 2】

前記平均値が前記送信光信号強度のハイレベルとローレベルの相加平均、前記振幅値が前記ハイレベルと前記ローレベルとの差であることを特徴とする請求項 1 に記載の光トランシーバ。

10

【請求項 3】

前記制御手段が、前記送信光信号強度のハイレベルとローレベルとの比が所定範囲内に維持されるように、前記平均値および前記振幅値の両方を変化させることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光トランシーバ。

【請求項 4】

前記制御手段が、前記光伝送路の複数の伝送路損失にそれぞれ対応する前記平均値および前記振幅値の組を予め格納し、前記損失計算手段により得られた伝送路損失を用いて、当該伝送路損失に対応する平均値と振幅値との組を選択することを特徴とする請求項 1 - 3 のいずれか 1 項に記載の光トランシーバ。

20

【請求項 5】

前記制御手段が、前記損失計算手段により得られた伝送路損失に対応する前記平均値から当該平均値の同時に変化させる前記振幅値を算出することを特徴とする請求項 1 - 3 のいずれか 1 項に記載の光トランシーバ。

【請求項 6】

前記損失計算手段が、前記光トランシーバの所定送信光信号強度と前記受信した光信号強度との差から前記伝送路損失を算出することを特徴とする請求項 1 - 5 のいずれか 1 項に記載の光トランシーバ。

【請求項 7】

前記損失計算手段が、前記光トランシーバが先に他の光トランシーバへ送信した送信光信号強度と前記他の光トランシーバから送り返された光信号の受信信号強度との差から前記伝送路損失を算出することを特徴とする請求項 1 - 5 のいずれか 1 項に記載の光トランシーバ。

30

【請求項 8】

光伝送路を通して光信号を送受信する光トランシーバの光信号強度制御方法であって、
損失計算手段が、前記光伝送路を通して受信した光信号強度から前記光伝送路の伝送路損失を計算し、

制御手段が、前記伝送路損失に応じて送信光信号強度の平均値と振幅値との両方を送信光信号の消光比を所定範囲内に維持するように変化させる、

ことを特徴とする光信号強度制御方法。

40

【請求項 9】

第一の光トランシーバが光伝送路を通して第二の光トランシーバと光信号を送受信する光通信システムにおける光信号強度制御方法であって、

前記第一の光トランシーバが第 1 光信号強度で第 1 光信号を前記第二の光トランシーバへ送信し、

前記第二の光トランシーバが前記第 1 光信号を受信した時の受信光信号強度で第 2 光信号を前記第一の光トランシーバへ送信し、

前記第一の光トランシーバが前記第 2 光信号を受信した時の受信光信号強度と前記第 1 光信号強度とから前記光伝送路の伝送路損失を計算し、当該伝送路損失に応じて送信光信

50

号強度の平均値と振幅値との両方を送信光信号の消光比を所定範囲内に維持するように変化させる、

ことを特徴とする光信号強度制御方法。

【請求項 10】

光伝送路を通して光信号を送受信する光トランシーバとしてコンピュータを機能させるプログラムであって、

前記光伝送路を通して受信した光信号強度から前記光伝送路の伝送路損失を計算する機能と、

前記伝送路損失に応じて送信光信号強度の平均値と振幅値との両方を送信光信号の消光比を所定範囲内に維持するように変化させる機能と、

を前記コンピュータに実現する特徴とするプログラム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光伝送路を通して光信号を送受信する光トランシーバに係り、特にその光信号強度の制御技術に関する。

【背景技術】

【0002】

光トランシーバの光送信信号および光受信信号の強度は、例えばIEEE 802.3やITU-T G.709によって最大値と最小値が定められている。これらの規格は、一般的な光ファイバにおける伝送路損失の値を元に最大伝送距離より定められている。この光伝送路の損失は、光ファイバの曲り半径、経年変化、光ファイバを繋ぐコネクタの数、溶接の有無等によって異なり、このために同じ距離でも損失は大きく変動しうる。

20

【0003】

光受信信号強度の最大値は光受信モジュールの特性により定められる。たとえば、短距離伝送用のPINフォトダイオードを使った光受信モジュールでは最大値が約0 dBm、長距離用のAPD(Avalanche photodiode)を使った光受信モジュールでは最大値が約-7 dBmとなる。長距離用途の光トランシーバでは、伝送路損失が大きくなるので光送信信号強度が大きく設定される。

【0004】

ところが、実際の運用においては、送受信モジュールの品種を少なくする目的で、長距離用の光トランシーバを短距離で使用する場合がある。この場合、長距離用の光トランシーバを伝送路損失が小さい条件で直接接続すると、受信側の高感度APDにおける受信信号強度がAPDの仕様範囲を超えてしまい、最悪の場合、受光素子が故障する可能性がある。このため、長距離用の光トランシーバを短距離で使用する場合は光アッテネータを間に挟んで、故意に損失を大きくする手法が採用されている。このような手法は、光トランシーバが必要以上に大きい光送信信号強度で送信するために消費電力に無駄が生じ、また光アッテネータを追加する分余計なコストがかかる。

30

【0005】

光送信信号の強度を制御する技術はこれまでも種々提案されてきた。たとえば、特許文献1には、上述した受光素子の損傷を回避するために、対抗局との間の伝送損失を算出し、伝送損失に応じて光送信レベルを調整する制御方法が開示されている。また、特許文献2には、光受信レベルの最大値と最小値との差が所定のデフォルト値より小さくなるように送信側へ振幅の増減を指示する制御方法が開示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2015-032937号公報

【特許文献2】特開2007-027819号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上記特許文献に記載された制御方法では、光送信信号の信号レベルあるいは振幅差の調整を行うだけであるために、受信信号のハイレベルとローレベルとを明確に識別することが困難になり信号受信の信頼性が劣化する場合がある。上記特許文献では、このような受信の信頼性劣化の課題を解決することができない。以下、簡単に説明する。

【0008】

光送信信号は所定の消光比を有することが必要である。消光比 ER は次式により与えられる。

$$ER = 10 \log_{10}(P_{\text{one}}/P_{\text{zero}})$$

ここで、 P_{one} 、 P_{zero} は光信号のハイレベル、ローレベルをそれぞれ示す。したがって、消光比を維持するためには、 $P_{\text{one}}/P_{\text{zero}}$ の値を実質的に一定にする必要がある。

【0009】

ところが、信号レベルを平均値 $= (P_{\text{one}} + P_{\text{zero}}) / 2$ とすれば、特許文献1のように単純に平均値を変化させただけでは $P_{\text{one}}/P_{\text{zero}}$ の値を維持することができない。同様に、特許文献2のように振幅 $= P_{\text{one}} - P_{\text{zero}}$ を単純に変化させる場合も、 $P_{\text{one}}/P_{\text{zero}}$ の値を維持することができない。このように、上記特許文献に記載された制御方法のように光信号のレベルあるいは振幅値を単純に変化させると、消光比が低下してしまい、その結果、受信信号処理の信頼性が劣化する可能性がある。

【0010】

そこで、本発明の目的は、伝送路の損失に応じて光信号強度を変化させても信頼性の高い受信処理が可能となる光トランシーバ、その光信号強度の制御方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明による光トランシーバは、光伝送路を通して光信号を送受信する光トランシーバであって、前記光伝送路を通して受信した光信号強度から前記光伝送路の伝送路損失を計算する損失計算手段と、前記伝送路損失に応じて送信光信号強度の平均値と振幅値との両方を送信光信号の消光比を所定範囲内に維持するように変化させる制御手段と、を有することを特徴とする。

本発明による光信号強度制御方法は、光伝送路を通して光信号を送受信する光トランシーバの光信号強度制御方法であって、損失計算手段が、前記光伝送路を通して受信した光信号強度から前記光伝送路の伝送路損失を計算し、制御手段が、前記伝送路損失に応じて送信光信号強度の平均値と振幅値との両方を送信光信号の消光比を所定範囲内に維持するように変化させる、ことを特徴とする。

本発明による光信号強度制御方法は、第一の光トランシーバが光伝送路を通して第二の光トランシーバと光信号を送受信する光通信システムにおける光信号強度制御方法であって、前記第一の光トランシーバが第1光信号強度で第1光信号を前記第二の光トランシーバへ送信し、前記第二の光トランシーバが前記第1光信号を受信した時の受信光信号強度で第2光信号を前記第一の光トランシーバへ送信し、前記第一の光トランシーバが前記第2光信号を受信した時の受信光信号強度と前記第1光信号強度とから前記光伝送路の伝送路損失を計算し、当該伝送路損失に応じて送信光信号強度の平均値と振幅値との両方を送信光信号の消光比を所定範囲内に維持するように変化させる、ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

上述したように、本発明によれば、伝送路の損失に応じて光信号強度を変化させても信頼性の高い受信処理を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

10

20

30

40

50

【図1】図1は、本発明の一実施形態による光トランシーバの構成を示すブロック図である。

【図2】図2は、本実施形態の光信号の平均値、振幅値および消光比について説明するための光信号の強度変化を示す図である。

【図3】図3は、本実施形態における送信光強度制御で使用される送信光強度設定の一例を示す図である。

【図4】図4は、本実施形態による光信号強度制御方法の一例を示すシーケンス図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

<実施形態の概要>

本発明の実施形態によれば、伝送路の損失に応じて光信号強度を変化させる際に、消光比を維持するように光信号の振幅値も同時に変化させる。たとえば、消光比が維持される光信号強度（平均値）および振幅値の組み合わせを予め計算しておき、伝送路の損失に応じて光信号強度および振幅値の組を選択して光送信モジュールに設定する。

【0015】

このように消光比を一定に維持しつつ光信号強度を変化させることで信頼性の高い受信処理が可能となる。さらに、長距離用の光トランシーバを短距離用に使用する場合に設けられた光アッテネータが不要となるので、不必要な送信光強度が要求されなくなり、そのための制御や電力供給が不要となる。さらに、単一仕様の光トランシーバで長距離用および短距離用に使用することができ、製造コストを低減させることもできる。以下、本発明の一実施形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0016】

1. 光トランシーバ

図1に例示するように、本発明の一実施形態による光トランシーバ10および20が光伝送路を通して光通信を行うシステムを考える。光トランシーバ10および20は同一の構成および機能を有するので、以下、光トランシーバ10の構成および機能について説明する。

【0017】

図1において、光トランシーバ10は、電気コネクタ101を通して、無線通信装置あるいはコンピュータ等の本体装置（図示せず）と電氣的に接続し、光通信による送受信データのやり取り、光トランシーバ全体の電源供給が行われる。送信信号制御部102は送信データに従って送信信号を生成し、光送信モジュール103を駆動することで、送信光信号を光伝送路へ送出する。光送信モジュール103は、レーザダイオード等の発光部を有し、送信信号制御部102からの送信信号を光信号に変換する。

【0018】

光受信モジュール104は、光伝送路を通して到達した光信号を電気信号に変換する受光素子（PINフォトダイオード、APD等）を有し、受信信号を受信処理部105へ出力する。受信処理部105は、受信信号の波形成型等を行い、受信データとして電気コネクタ101を通して本体装置へ出力する。

【0019】

光受信モジュール104は、さらに、到達した光信号の強度（光受信信号強度）に比例した電流を伝送路損失計算部106および送信光強度制御部107へ出力する。伝送路損失計算部106は、後述するように、伝送路の損失LOSSを計算して送信光強度制御部107へ出力する。

【0020】

送信光強度制御部107は、後述するように、伝送路損失に応じた強度設定値（平均値、振幅値）を消光比が実質的に一定となるように計算し、送信信号制御部102へ出力することができる。あるいは、後述するように、複数の伝送路損失の各々に対応する強度設定値（平均値、振幅値）を消光比が実質的に一定となるように予め計算して検索可能に格

10

20

30

40

50

納し、伝送路損失LOSSに応じた強度設定値を検索して送信信号制御部102へ出力してもよい。

【0021】

さらに、送信光強度制御部107は、後述するように、相手の光トランシーバ20が光信号強度の調整フェーズであれば、光受信モジュール104から受信した光受信信号強度と同じ強度の光送信信号を生成する強度設定値を送信信号制御部102へ出力する。

【0022】

送信信号制御部102は、送信光強度制御部107から指示された強度設定値に従って、光送信モジュール103の発光部を駆動する駆動電流を制御し送信光信号の強度を設定する。

10

【0023】

なお、電源制御部108は、電気コネクタ101を通して本体装置から供給される電源を、光送信モジュール103、光受信モジュール等の各機能ブロックに供給する。また、少なくとも送信信号制御部102、伝送路損失計算部106および送信光強度制御部107は、図示しない記憶装置に格納されたプログラムをCPU(Central Processing Unit)等のコンピュータ上で実行することにより、同等の機能を実現することもできる。

【0024】

対抗する光トランシーバ20は上述した光トランシーバ10と同様の構成を有するので、詳細な説明は省略する。図1では、光トランシーバ10からの光信号を受信する光受信モジュール201と、光トランシーバ10へ光信号を送信する光送信モジュール202とが図示されている。光受信モジュール201および光送信モジュール202は、上述した光受信モジュール104および光送信モジュール103にそれぞれ対応する。

20

【0025】

2. 伝送路損失の計算

伝送路損失計算部106は、種々の方法で伝送路の損失LOSSを計算することができる。たとえば、光トランシーバ10および20が同じ規格で、かつ同じ伝送路で送受信していれば、互いの光送信信号強度の仕様も同じである。したがって、光受信モジュール104から受信した光受信信号強度と自局の光送信モジュール103から送出される光送信信号強度との差を計算すれば簡単に伝送路損失LOSSを得ることができる。

【0026】

たとえば、伝送線路損失の計算方法を二心の光トランシーバ(IEEE802.3 10GBASE-ERに準拠)を例に説明する。IEEE802.3-2005 10GBASE-ERの送受信規格は下記の通りである。

30

- ・光送信信号強度(規格)： +4.0 dBm ~ -4.7 dBm
- ・消光比： 3.0 dB(規格)
- ・光受信信号強度(規格)： -1.0 dBm ~ -15.8 dBm

【0027】

光トランシーバ10および20が同じ規格であれば、互いに相手のトランシーバが光送信信号強度0.0 dBm、消光比3.0 dBmで発光していると推定される。このとき、光トランシーバ10へ入力される光入力信号強度が-3.0 dBmであれば、0.0 dBm - (-3.0 dBm) = +3.0 dBが伝送線路損失であると推定できる。

40

【0028】

その他の方法として、互いの光送信信号にそれぞれの光送信信号強度の情報を載せて相手側へ送信してもよいし、光伝送路とは別のネットワーク、たとえばVPN(Virtual Private Network)などを通して、互いの光送信信号強度の情報を通知してもよい。

【0029】

本実施形態で採用する伝送路損失の計算方法は、相手側の光トランシーバが、受信した光信号強度と同じ強度の光送信信号を送り返す制御手順により伝送路損失を算出する。詳しくは後述する。

【0030】

50

3. 送信光信号強度の平均値と振幅値

送信光信号の特性は光信号強度（平均値）と消光比 E R で表され、本実施形態では、消光比 E R を一定に、あるいは所定範囲内に維持したまま、光送信信号強度だけを制御する必要がある。本実施形態によれば、光送信信号の強度（平均値）と振幅値とを消光比が一定となるようにそれぞれ制御する。以下、光信号の平均値 A_i と振幅値 W_i について図 2 を参照しながら説明する。

【0031】

図 2 において、光送信信号のハイレベルでの光強度を P_{one} [mW]、ローレベルでの光強度を P_{zero} [mW] とすれば、光信号の平均値 A_i 、振幅値 W_i および消光比 E R は、それぞれ次式で表される。

$$A_i = (P_{one} + P_{zero}) / 2$$

$$W_i = P_{one} - P_{zero}$$

$$E R = 10 \log_{10} (P_{one} / P_{zero})$$

【0032】

すでに述べたように、消光比を維持するためには、 P_{one} / P_{zero} の値を実質的に一定にする必要がある。そこで、 $P_{one} / P_{zero} = e_r$ と置き、平均値 A_i および振幅値 W_i を P_{zero} （あるいは P_{one} ）と e_r と用いて書き直すと、以下の式を得る。

$$A_i = (e_r + 1) P_{zero} / 2 = (e_r + 1) P_{one} / 2 e_r$$

$$W_i = (e_r - 1) P_{zero} = (e_r - 1) P_{one} / e_r$$

これらの式から、消光比 E R を一定に維持するという条件下で、平均値 A_i を変化させると、振幅値 W_i も上記式に従って同時に変化することがわかる。逆に言えば、平均値 A_i と振幅値 W_i とをそれぞれ変化させることで消光比 E R を実質的に一定に維持することが可能となる。

【0033】

4. 送信光強度設定テーブル

送信光強度制御部 107 は、消光比が実質的に一定となるように、複数の伝送路損失の各々に対応する強度設定値（平均値、振幅値）を予め格納した送信光強度設定テーブルを有する。送信光強度設定テーブルの一例を図 3 に示す。

【0034】

図 3 において、送信光強度設定テーブルは、 $P_{one} / P_{zero} = e_r$ を一定値あるいは一定範囲内に維持される条件で、伝送路損失 L O S S の大きさに応じた強度設定値（ A_i 、 W_i ）が計算されている（ i は 1 ~ n の整数）。したがって、送信光強度制御部 107 は、伝送路損失計算部 106 から入力した伝送路損失 L O S S に対して、光送信モジュール 103 の光信号強度（平均値）と振幅値をどのように設定すべきかを決定することができる。

【0035】

送信光強度設定テーブルにおける伝送路損失 L O S S に対する強度設定値（ A_i 、 W_i ）は、すでに述べたように、伝送路損失 L O S S を入力する毎に計算して求めることもできるが、外部から所定のシリアル通信インタフェース（I 2 C、S P I など）を通して書き込むこともできる。

【0036】

5. 動作

<例 1>

次に、光送信信号の強度設定値（平均値 A_i と振幅値 W_i ）を決定する方法を、光入力信号強度が - 0.5 dBm である場合を例にして説明する。光ランシーバ 10 および 20 は、いずれも I E E E 8 0 2.3 1 0 G B A S E - E R に準拠しているものとする。

【0037】

光ランシーバ 10 および 20 のそれぞれの送信制御部 102 がそれぞれの光送信モジュール 103 および 202 から光信号を出力する場合、まず、自局の光受信モジュール 104 および 201 へ直接入力しても受光素子が壊れない程度の光信号強度で送信光信号を

立ち上げる。

【0038】

次に、伝送路損失計算部106は、光受信モジュール104から光受信信号強度のモニタ結果を読み取る。ここでは、相手側の光トランシーバ20も自局のトランシーバと同様に0.0dBmで送信していると推定できるので、光受信信号強度のモニタ結果が-0.5dBmであることから、光トランシーバ間の伝送線路損失が0.5dBであると計算する。光受信信号規格の最小値は-15.8dBmであるので、光トランシーバ10の光送信信号強度は-15.3dBmまで下げることができる。

【0039】

実際の運用において、光受信信号強度の最小値に対してマージンを設ける必要がある。光受信信号強度のモニタ精度は約±2.0dB以内である。よって少なくとも2.0dBのマージンが必要となる。相手側の光トランシーバ20が出力する光送信信号強度のバラつき(約±3.0dB)を考慮して、例えば5.0dBmのマージンを取った値に設定する。よって、送信光強度制御部107は、送信光強度設定テーブルを参照して、光送信信号強度が-10.8dBmとなるような光信号の平均値と振幅値の強度設定値を決定し、送信信号強度制御部102に書き込む。

10

【0040】

こうして、消光比を一定に維持したまま、光信号出力強度だけを増加あるいは減少させることが可能となる。この例により、伝送進路損失が規格よりも小さい場合でも光アッテネーターを使用せずに光トランシーバ10と20とを光伝送路で接続して光通信を行うことができる。また、光送信信号強度を伝送線路損失に応じて増減させるため、消費電力を削減することができる。

20

【0041】

<例2>

光トランシーバ10および20が自動で光送信信号強度を変更できる制御例を示す。概要として電源投入から一定時間、光トランシーバ10が送信アラームを示す光信号を送出し、その間に伝送路損失計算部106が光受信モジュール104から相手側からの光受信信号強度を読み出す。これにより、上述したように送信信号強度制御部107が光受信信号強度の規格を満たすように送信信号強度の最適化制御を実施し、最適化が完了後に送信アラームを解除して通信可能な状態とする。

30

【0042】

<例3>

まず、光トランシーバ10は、相手側からの光受信信号強度を読み出すための通信を行う。もし相手側から応答が無い場合には、相手側の光トランシーバ20が実装されていないか、伝送路損失が規格より大きいか、または自局の光トランシーバ10とは異なる系列の製品が使われている事になる。この場合には、光トランシーバ10は光送信信号強度の自動的設定制御を行わずに、出荷時に決められた強度で送信光信号を出力し、光送信信号強度の自動調整を行わなかった事を奏しイン光高度制御部107に記録する。応答があった場合には、相手側も光トランシーバ10と同系列の製品であると判断し、次に示す手順で光送信信号強度を変化させる。

40

【0043】

光トランシーバ10は電源投入と同時に一定時間、光送信信号強度を-10dBmに設定する。相手側光トランシーバ20は光受信信号強度を測定し、その結果を光トランシーバ10に通知する。光受信信号強度が規格(IEEE 802.3など)の最小値より低い場合、光トランシーバ10の送信光強度制御部107は光送信モジュール103の光送信信号強度を徐々に増加させる。相手側の光トランシーバ20がモニタする光受信信号強度の測定結果が、規格の最小値よりも高くなったところで、送信光強度制御部107は、上述したように、光送信信号強度を確定し、その時の光送信信号の平均値と振幅値を送信信号制御部102に書き込む。これにより、光トランシーバ10は伝送線路損失に対応する光送信信号強度で通信可能な状態となる。次に、光トランシーバ10は相手側の光トランシーバ2

50

0 に自動調整が完了したことを通知する。

【 0 0 4 4 】

もし、相手側光トランシーバ 2 0 が自局と同系列の製品であり、かつ、送信強度の自動調整が完了していない場合には、光トランシーバ 2 0 は同じ手順で光送信信号強度の自動調整を実行する。

【 0 0 4 5 】

このように、光送信信号強度の自動的設定制御を実行することで、電源投入の度に最適化を行うことが可能となり、伝送路損失が変動した場合でも最適な光送信信号強度に設定することが可能となる。

【 0 0 4 6 】

< 例 4 >

すでに述べたように、特許文献 1 の制御方法では、光送信信号の信号レベルの調整を行うだけであるために、信号受信の信頼性劣化が生じ得ることを指摘したが、さらに、伝送損失測定が外部からの距離測定開始指示に応じて実行されるために、光トランシーバが自律的に光信号レベルを調整することができない。

【 0 0 4 7 】

そこで、本実施形態におけるパワー最適化制御の第 4 例によれば、自局側光トランシーバ 1 0 と相手側光トランシーバ 2 0 のうち、先に電源が ON になった方から先に損失測定用の光強度で信号を送信してパワー調整を行い、パワー調整が完了すれば相手側へ通知し、さらに相手側のパワー調整が完了してから、それぞれ最適光出力信号強度で通信を開始する。後から電源 ON になった光トランシーバは、損失測定用の光パワー信号を受信するので自分が後であることを認識することができる。

【 0 0 4 8 】

相手がパワー調整フェーズにあることを認識すると、受信した光パワーと同じパワーの光信号を返すことで、相手側の光トランシーバは、自分の送信パワーと相手側からの受信パワーとの差から伝送損失を算出することができる。

【 0 0 4 9 】

以下、図 4 を参照しながら、光トランシーバ 1 0 を先に電源 ON となった「光トランシーバ A」、光トランシーバ 2 0 を後から電源 ON となった「光トランシーバ B」、光トランシーバ A および B の間の光伝送路の損失を LOSS、伝送損失測定時の光送信強度を T [dBm]とした場合の送信強度最適化制御について説明する。

【 0 0 5 0 】

図 4 において、光トランシーバ A が電源 ON となり（動作 A 2 0 1）、その時点では光トランシーバ B は電源 OFF 状態である。光トランシーバ A は、電源 ON になったときに、所定の光送信強度 T で測定用の光信号を送信する（動作 A 2 0 2）。このばあい、光トランシーバ B は電源 OFF であるから、光トランシーバ A は応答の測定用光信号を受信しない。この場合、光トランシーバ A は動作 A 2 0 2 の送信動作を所定間隔で継続する。そのうちに光トランシーバ B の電源が ON になったとする（動作 B 3 0 1）。

【 0 0 5 1 】

光トランシーバ B の電源が ON になると、光トランシーバ B の光受信モジュール 2 0 1 が受信パワー (T-LOSS) で測定用の光信号を受信する（動作 B 3 0 2）。光トランシーバ B の送信光強度制御部は、受信パワー (T-LOSS) のモニタ値を入力すると、それと同じパワーの光信号を光送信モジュール 2 0 2 から送信し（動作 B 3 0 3）、所定時間のタイマをスタートさせる。

【 0 0 5 2 】

光トランシーバ A の光受信モジュール 1 0 4 は、光トランシーバ B から受信パワー ((T-LOSS)-LOSS) で測定用の光信号を受信する（動作 A 2 0 3）。伝送路損失計算部 1 0 6 は、相手側が受信パワーと同じパワーで送信したことを知っているなので、今回動作 A 2 0 3 で受信したパワーは往復の伝送路損失を被っていることがわかる。したがって、伝送路損失計算部 1 0 6 は、次の計算により光伝送路損失 LOSS [dB]を求めることができる。

10

20

30

40

50

$$L O S S = (T - ((T - L O S S) - L O S S)) / 2$$

【 0 0 5 3 】

伝送路損失計算部 1 0 6 が上記式により伝送路損失 L O S S を算出すると、送信光強度制御部 1 0 7 は、当該伝送路損失 L O S S を用いて送信光強度設定テーブルを参照し、送信光信号の平均値と振幅値からなる強度設定値を決定し、送信信号強度制御部 1 0 2 に設定する（動作 A 2 0 4）。そして、送信光強度制御部 1 0 7 は、相手側の光トランシーバ B にパワー調整完了を通知するために光送信を所定時間だけ O F F する（動作 A 2 0 5）。タイムアウトすると、送信光強度制御部 1 0 7 は、動作 A 2 0 3 での受信パワー $((T-L O S S)-L O S S)$ と同じパワーの光信号を光送信モジュール 1 0 3 から送信し、所定時間のタイマをスタートさせる（動作 A 2 0 6）。

10

【 0 0 5 4 】

光トランシーバ B は、動作 B 3 0 3 にけるパワー $(T-L O S S)$ の光信号を送信してから所定時間が経過するまでに光トランシーバ A から光信号を受信しなければ、光トランシーバ A のパワー調整が完了したと認識する（動作 B 3 0 4）。その後、光トランシーバ A が動作 A 2 0 6 で送信パワー $((T-L O S S)-L O S S)$ の光信号を光送信モジュール 1 0 3 から送信すると、光トランシーバ B の光受信モジュール 2 0 1 は、受信パワー $((T-L O S S)-L O S S)-L O S S$ で測定用の光信号を受信する（動作 B 3 0 5）。光トランシーバ B の伝送路損失計算部は、相手側が受信パワーと同じパワーで送信したことを知っているため、今回動作 B 3 0 5 で受信したパワーは往復の伝送路損失を被っていることがわかる。したがって、伝送路損失計算部は、次の計算により光伝送路損失 L O S S [dB] を求めることができる。

20

$$L O S S = ((T - L O S S) - ((T - L O S S) - L O S S) - L O S S) / 2$$

【 0 0 5 5 】

光トランシーバ B の伝送路損失計算部が上記式により伝送路損失 L O S S を算出すると、送信光強度制御部は、当該伝送路損失 L O S S を用いて送信光強度設定テーブルを参照し、送信光信号の平均値と振幅値からなる強度設定値を決定し、送信信号強度制御部に設定する（動作 B 3 0 6）。そして、送信光強度制御部は、相手側の光トランシーバ A にパワー調整完了を通知するために光送信を所定時間だけ O F F する（動作 B 3 0 7）。光トランシーバ A は、光トランシーバ B から光信号を受信することなく所定時間が経過してタイムアウトすると、光トランシーバ B のパワー調整が完了したと認識する（動作 A 2 0 7）。こうして、光トランシーバ A および B は、伝送路損失 L O S S の光伝送路を通して最適送信パワーで互いに送信を開始する。

30

【 0 0 5 6 】

上述したように、図 4 に示すパワー最適化制御手順によれば、電源が先に挿入された方の光トランシーバから測定用光信号を送信することで、外部からの指示等がなくとも、互いの光送信信号を自律的に最適強度に調整することができる。

【 0 0 5 7 】

6 . 効果

以上詳細に説明したように、本発明の実施形態によれば、伝送路損失 L O S S に応じて光信号強度設定値（平均値： $A i = (P_{o n e} + P_{z e r o}) / 2$ ）を変化させる場合に、消光比 E R を維持するように光信号の振幅値（ $W i = P_{o n e} - P_{z e r o}$ ）も同時に変化させる。本実施形態では、図 3 に例示するように、消光比が維持される光信号強度（平均値）および振幅値の組み合わせを予め計算してテーブル形式で格納しておき、測定された伝送路損失 L O S S に従って検索し、それに対応した光信号強度設定値（平均値および振幅値の組）を選択して光送信モジュールに設定する。このように消光比を一定に維持しつつ光信号強度を変化させることで信頼性の高い受信処理が可能となる。さらに、受光素子を損傷させないための光アッテネータが不要となるので、その制御や電力供給が不要となり、多種類の光トランシーバを製造しなくてよいので、製造コストを低減させることもできる。

40

【 0 0 5 8 】

7 . 付記

上述した実施形態の一部あるいは全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、これ

50

らに限定されるものではない。

(付記 1)

光伝送路を通して光信号を送受信する光トランシーバであって、

前記光伝送路を通して受信した光信号強度から前記光伝送路の伝送路損失を計算する損失計算手段と、

前記伝送路損失に応じて送信光信号強度の平均値と振幅値との両方を送信光信号の消光比を実質的に維持するように変化させる制御手段と、

を有することを特徴とする光トランシーバ。

(付記 2)

前記平均値が前記送信光信号強度のハイレベルとローレベルの相加平均、前記振幅値が前記ハイレベルと前記ローレベルとの差であることを特徴とする付記 1 に記載の光トランシーバ。

10

(付記 3)

前記制御手段が、前記送信光信号強度のハイレベルとローレベルとの比が実質的に維持されるように、前記平均値および前記振幅値の両方を変化させることを特徴とする付記 1 または 2 に記載の光トランシーバ。

(付記 4)

前記制御手段が、前記光伝送路の複数の伝送路損失にそれぞれ対応する前記平均値および前記振幅値の組を予め格納し、前記損失計算手段により得られた伝送路損失を用いて、当該伝送路損失に対応する平均値と振幅値との組を選択することを特徴とする付記 1 - 3 のいずれか 1 項に記載の光トランシーバ。

20

(付記 5)

前記制御手段が、前記損失計算手段により得られた伝送路損失に対応する前記平均値から当該平均値の同時に変化させる前記振幅値を算出することを特徴とする付記 1 - 3 のいずれか 1 項に記載の光トランシーバ。

(付記 6)

前記損失計算手段が、前記光トランシーバの所定送信光信号強度と前記受信した光信号強度との差から前記伝送路損失を算出することを特徴とする付記 1 - 5 のいずれか 1 項に記載の光トランシーバ。

(付記 7)

前記損失計算手段が、前記光トランシーバが先に他の光トランシーバへ送信した送信光信号強度と前記他の光トランシーバから送り返された光信号の受信信号強度との差から前記伝送路損失を算出することを特徴とする付記 1 - 5 のいずれか 1 項に記載の光トランシーバ。

30

(付記 8)

光伝送路を通して光信号を送受信する光トランシーバの光信号強度制御方法であって、

損失計算手段が、前記光伝送路を通して受信した光信号強度から前記光伝送路の伝送路損失を計算し、

制御手段が、前記伝送路損失に応じて送信光信号強度の平均値と振幅値との両方を送信光信号の消光比を実質的に維持するように変化させる、

ことを特徴とする光信号強度制御方法。

40

(付記 9)

前記平均値が前記送信光信号強度のハイレベルとローレベルの相加平均、前記振幅値が前記ハイレベルと前記ローレベルとの差であることを特徴とする付記 8 に記載の光信号強度制御方法。

(付記 10)

前記制御手段が、前記送信光信号強度のハイレベルとローレベルとの比が実質的に維持されるように、前記平均値および前記振幅値の両方を変化させることを特徴とする付記 8 または 9 に記載の光信号強度制御方法。

(付記 11)

50

前記制御手段が、前記光伝送路の複数の伝送路損失にそれぞれ対応する前記平均値および前記振幅値の組を予め格納し、前記損失計算手段により得られた伝送路損失を用いて、当該伝送路損失に対応する平均値と振幅値との組を選択することを特徴とする付記 8 - 10 のいずれか 1 項に記載の光信号強度制御方法。

(付記 12)

前記制御手段が、前記損失計算手段により得られた伝送路損失に対応する前記平均値から当該平均値の同時に変化させる前記振幅値を算出することを特徴とする付記 8 - 10 のいずれか 1 項に記載の光信号強度制御方法。

(付記 13)

前記損失計算手段が、前記光トランシーバの所定送信光信号強度と前記受信した光信号強度との差から前記伝送路損失を算出することを特徴とする付記 8 - 12 のいずれか 1 項に記載の光信号強度制御方法。

10

(付記 14)

前記損失計算手段が、前記光トランシーバが先に他の光トランシーバへ送信した送信光信号強度と前記他の光トランシーバから送り返された光信号の受信信号強度との差から前記伝送路損失を算出することを特徴とする付記 8 - 12 のいずれか 1 項に記載の光信号強度制御方法。

(付記 15)

第一の光トランシーバが光伝送路を通して第二の光トランシーバと光信号を送受信する光通信システムにおける光信号強度制御方法であって、

20

前記第一の光トランシーバが第 1 光信号強度で第 1 光信号を前記第二の光トランシーバへ送信し、

前記第二の光トランシーバが前記第 1 光信号を受信した時の受信光信号強度で第 2 光信号を前記第一の光トランシーバへ送信し、

前記第一の光トランシーバが前記第 2 光信号を受信した時の受信光信号強度と前記第 1 光信号強度とから前記光伝送路の伝送路損失を計算し、当該伝送路損失に応じて送信光信号強度の平均値と振幅値との両方を送信光信号の消光比を実質的に維持するように変化させる、

ことを特徴とする光信号強度制御方法。

(付記 16)

30

光伝送路を通して光信号を送受信する光トランシーバとしてコンピュータを機能させるプログラムであって、

前記光伝送路を通して受信した光信号強度から前記光伝送路の伝送路損失を計算する機能と、

前記伝送路損失に応じて送信光信号強度の平均値と振幅値との両方を送信光信号の消光比を実質的に維持するように変化させる機能と、

を前記コンピュータに実現する特徴とするプログラム。

【産業上の利用可能性】

【0059】

本発明は、光伝送路を通して光信号を送受信し、光送信信号強度の制御を行う光トランシーバに適用可能である。

40

【符号の説明】

【0060】

10、20 光トランシーバ

101 電気コネクタ

102 送信信号制御部

103 光送信モジュール

104 光受信モジュール

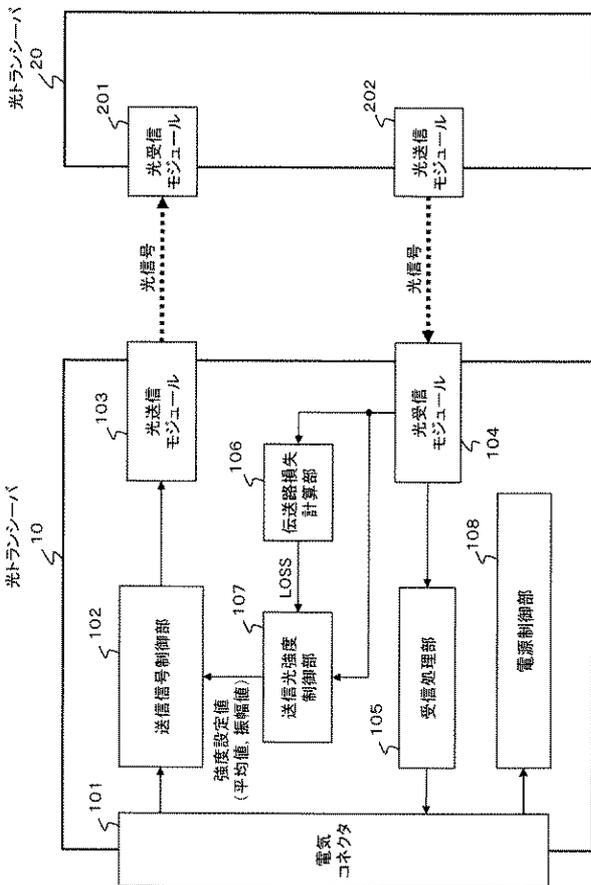
105 受信処理部

106 伝送路損失計算部

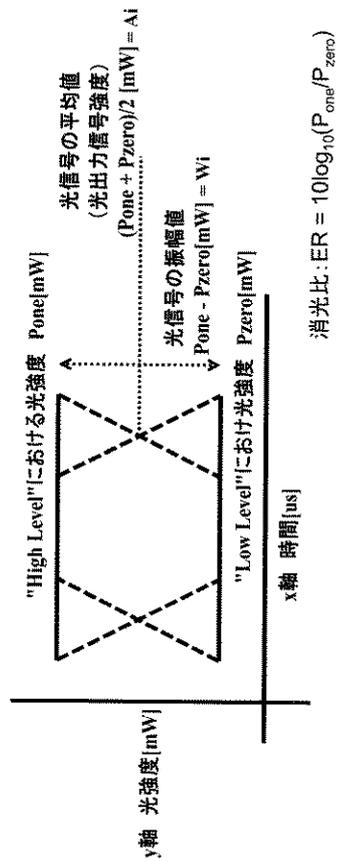
50

- 1 0 7 送信に光り強度制御部
- 1 0 8 電源制御部
- 2 0 1 光受信モジュール
- 2 0 2 光送信モジュール

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

送信光強度設定テーブル (P_{one}/P_{zero} = 所定範囲)

損失(dB)	強度設定値 (平均値, 振幅値)
LOSS1	(A1, W1)
LOSS2	(A2, W2)
⋮	⋮
LOSSn	(An, Wn)

【 図 4 】

