

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7635790号  
(P7635790)

(45)発行日 令和7年2月26日(2025.2.26)

(24)登録日 令和7年2月17日(2025.2.17)

(51)国際特許分類

F I

H 0 4 B 10/073(2013.01)

H 0 4 B 10/073

請求項の数 10 (全35頁)

(21)出願番号	特願2022-576943(P2022-576943)	(73)特許権者	000004237
(86)(22)出願日	令和3年1月25日(2021.1.25)		日本電気株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/002464		東京都港区芝五丁目7番1号
(87)国際公開番号	WO2022/157981	(74)代理人	100103894
(87)国際公開日	令和4年7月28日(2022.7.28)		弁理士 家入 健
審査請求日	令和5年7月4日(2023.7.4)	(72)発明者	長谷川 洋平
			東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		審査官	鴨川 学

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 通信装置、通信制御方法、プログラム、及び光通信システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

光通信路における通信品質情報について計測された所定数以上の計測値を取得する取得手段と、

前記取得された計測値の平均値を算出し、前記取得された計測値に基づく前記通信品質情報の第1累積分布関数を生成し、前記平均値と、前記第1累積分布関数とに基づいて、前記取得された計測値の数よりも多くの計測値が取得された場合の当該計測値に基づく、前記通信品質情報の第2累積分布関数を推定する推定手段と、

前記第2累積分布関数において、累積確率が所定値となる前記通信品質情報の値を基準品質値として決定する決定手段と、を備える通信装置。

10

【請求項2】

前記推定手段は、前記第1累積分布関数において、前記累積確率が所定範囲内となる領域における傾きを算出し、前記領域における前記第2累積分布関数を、前記平均値及び前記傾きに基づく直線に近似し、

前記決定手段は、前記直線を用いて、前記基準品質値を決定する、請求項1に記載の通信装置。

【請求項3】

前記推定手段は、前記光通信路におけるパラメータであって、前記通信品質情報の値の分散が、前記パラメータの値に依存する第1パラメータが変更された場合、前記第1パラメータが変更された後の前記傾きを算出し、前記第1パラメータが変更された後の前記平

20

均値を算出し、

前記決定手段は、前記第 1 パラメータが変更された後の前記平均値と、前記第 1 パラメータが変更された後の前記傾きと、に基づいて、前記第 1 パラメータが変更された後の前記基準品質値を決定する、請求項 2 に記載の通信装置。

【請求項 4】

前記推定手段は、前記光通信路におけるパラメータであって、前記通信品質情報の値の分散が、前記パラメータの値に依存しない第 2 パラメータが変更された場合、前記第 2 パラメータが変更される前の前記平均値と、前記第 2 パラメータが変更される前の前記基準品質値を示す第 1 基準品質値との差分をマージン値として算出し、前記第 2 パラメータが変更された後の前記平均値を示す第 1 平均値を算出し、

10

前記決定手段は、前記第 1 平均値と、前記マージン値とに基づいて、前記第 2 パラメータが変更された後の前記基準品質値を決定する、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の通信装置。

【請求項 5】

前記推定手段は、前記光通信路におけるパラメータであって、前記通信品質情報の値の分散が、前記パラメータの値に依存しない第 2 パラメータが変更された場合、前記第 2 パラメータが変更された後の前記平均値を示す第 1 平均値と、前記第 2 パラメータが変更される前の前記平均値を示す第 2 平均値との差分を算出し、

前記決定手段は、前記第 2 パラメータが変更される前の前記基準品質値を示す第 1 基準品質値と、前記差分とに基づいて、前記第 2 パラメータが変更された後の前記基準品質値を決定する、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の通信装置。

20

【請求項 6】

前記決定手段は、

前記第 1 平均値が前記第 2 平均値よりも大きい場合、前記第 1 基準品質値に、前記差分を加算した値を、前記第 2 パラメータが変更された後の前記基準品質値として決定し、

前記第 1 平均値が前記第 2 平均値よりも小さい場合、前記第 1 基準品質値から、前記差分を減算した値を、前記第 2 パラメータが変更された後の前記基準品質値として決定する、請求項 5 に記載の通信装置。

【請求項 7】

前記パラメータが変更された後の前記基準品質値が所要品質値を満たすように、前記パラメータを変更する制御手段をさらに備える、請求項 3 又は 6 に記載の通信装置。

30

【請求項 8】

光通信路における通信品質情報について計測された所定数以上の計測値を取得し、

前記取得された計測値の平均値を算出し、前記取得された計測値に基づく、前記通信品質情報の第 1 累積分布関数を生成し、前記平均値と、前記第 1 累積分布関数とに基づいて、前記取得された計測値の数よりも多くの計測値が取得された場合の当該計測値に基づく、前記通信品質情報の第 2 累積分布関数を推定し、

前記第 2 累積分布関数において、累積確率が所定値となる前記通信品質情報の値を基準品質値として決定する、通信制御方法。

【請求項 9】

40

光通信路における通信品質情報について計測された所定数以上の計測値を取得し、

前記取得された計測値の平均値を算出し、前記取得された計測値に基づく、前記通信品質情報の第 1 累積分布関数を生成し、前記平均値と、前記第 1 累積分布関数とに基づいて、前記取得された計測値の数よりも多くの計測値が取得された場合の当該計測値に基づく、前記通信品質情報の第 2 累積分布関数を推定し、

前記第 2 累積分布関数において、累積確率が所定値となる前記通信品質情報の値を基準品質値として決定する、処理をコンピュータに実行させる、プログラム。

【請求項 10】

第 1 通信装置と、前記第 1 通信装置と光通信路を介して接続する第 2 通信装置とを含み、

50

前記第 1 通信装置は、

前記光通信路における通信品質情報を所定回数以上計測することにより、所定数以上の計測値を取得し、

前記第 2 通信装置は、

前記取得された計測値の平均値を算出し、前記取得された計測値に基づく、前記通信品質情報の第 1 累積分布関数を生成し、前記平均値と、前記第 1 累積分布関数とに基づいて、前記取得された計測値の数よりも多くの計測値が取得された場合の当該計測値に基づく、前記通信品質情報の第 2 累積分布関数を推定し、

前記第 2 累積分布関数において、累積確率が所定値となる前記通信品質情報の値を基準品質値として決定する、光通信システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、通信装置、通信制御方法、非一時的なコンピュータ可読媒体、及び光通信システムに関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、特許文献 1 に開示されているように、海底ケーブルを介して通信を行う光通信システムは、一般的に強力な誤り訂正処理が行われるため、陸上系通信システムと比較して信号誤りが極めて小さい。このように、光通信システムは、一般的に、送受信されるデータの誤り率が極めて小さい、いわゆるエラーフリー通信をエンドユーザに提供可能なシステムである。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】国際公開第 2011/037245 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、近年、光通信システムにおいて、通信インフラを管理する通信事業者が多様化してきている。そのため、通信事業者によっては、許容可能な通信品質を、エラーフリー通信における通信品質よりも低くして、通信インフラの通信容量を確保することを望むことも想定される。このように、通信インフラを管理する通信事業者の多様化により、通信品質だけでなく、通信容量も考慮する必要性が出てきた。

30

【0005】

ここで、通信インフラにおける通信容量を確保するためには、通信設定を変更する必要がある。一方で、通信設定を変更する場合、通信容量だけでなく、通信品質も考慮する必要がある。そのため、通信事業者は、通信設定の変更前後の通信品質状況を把握した上で通信設定を変更する。しかしながら、光通信路における通信品質状況は常に一定ではないため、通信品質状況を把握するためには多くの検証時間が必要となる。したがって、通信事業者は、光通信路における通信品質状況を容易に把握できない可能性があり得る。

40

【0006】

本開示の目的の 1 つは、上記課題を解決するためになされたものであり、通信品質状況を容易に把握することが可能な通信装置、通信制御方法、非一時的なコンピュータ可読媒体、及び光通信システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示にかかる通信装置は、

光通信路における通信品質情報について計測された所定数以上の計測値を取得する取得手段と、

50

前記取得された計測値の平均値を算出し、前記取得された計測値に基づく前記通信品質情報の第 1 累積分布関数を生成し、前記平均値と、前記第 1 累積分布関数とに基づいて、前記取得された計測値の数よりも多くの計測値が取得された場合の当該計測値に基づく、前記通信品質情報の第 2 累積分布関数を推定する推定手段と、

前記第 2 累積分布関数において、累積確率が所定値となる前記通信品質情報の値を基準品質値として決定する決定手段と、を備える。

【 0 0 0 8 】

本開示にかかる通信制御方法は、

光通信路における通信品質情報について計測された所定数以上の計測値を取得し、

前記取得された計測値の平均値を算出し、前記取得された計測値に基づく、前記通信品質情報の第 1 累積分布関数を生成し、前記平均値と、前記第 1 累積分布関数とに基づいて、前記取得された計測値の数よりも多くの計測値が取得された場合の当該計測値に基づく、前記通信品質情報の第 2 累積分布関数を推定し、

前記第 2 累積分布関数において、累積確率が所定値となる前記通信品質情報の値を基準品質値として決定する。

【 0 0 0 9 】

本開示にかかる非一時的なコンピュータ可読媒体は、

光通信路における通信品質情報について計測された所定数以上の計測値を取得し、

前記取得された計測値の平均値を算出し、前記取得された計測値に基づく、前記通信品質情報の第 1 累積分布関数を生成し、前記平均値と、前記第 1 累積分布関数とに基づいて、前記取得された計測値の数よりも多くの計測値が取得された場合の当該計測値に基づく、前記通信品質情報の第 2 累積分布関数を推定し、

前記第 2 累積分布関数において、累積確率が所定値となる前記通信品質情報の値を基準品質値として決定する、処理をコンピュータに実行させるプログラムが格納された非一時的なコンピュータ可読媒体である。

【 0 0 1 0 】

本開示にかかる光通信システムは、

第 1 通信装置と、前記第 1 通信装置と光通信路を介して接続する第 2 通信装置とを含み、前記第 1 通信装置は、

前記光通信路における通信品質情報を所定回数以上計測することにより、所定数以上の計測値を取得し、

前記第 2 通信装置は、

前記取得された計測値の平均値を算出し、前記取得された計測値に基づく、前記通信品質情報の第 1 累積分布関数を生成し、前記平均値と、前記第 1 累積分布関数とに基づいて、前記取得された計測値の数よりも多くの計測値が取得された場合の当該計測値に基づく、前記通信品質情報の第 2 累積分布関数を推定し、

前記第 2 累積分布関数において、累積確率が所定値となる前記通信品質情報の値を基準品質値として決定する。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 1 】

本開示によれば、通信品質状況を容易に把握することが可能な通信装置、通信制御方法、非一時的なコンピュータ可読媒体、及び光通信システムを提供できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 実施の形態 1 にかかる通信装置の構成例を示すブロック図である。

【 図 2 】 実施の形態 1 にかかる通信装置の動作例を示すフローチャートである。

【 図 3 】 実施の形態 2 にかかる光通信システムの構成例を示す図である。

【 図 4 】 実施の形態 2 にかかる光伝送装置の動作概要を示す図である。

【 図 5 】 実施の形態 2 にかかる光伝送装置の動作概要を示す図である。

【 図 6 】 実施の形態 2 にかかる光伝送装置の動作概要を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 7】実施の形態 2 にかかる光伝送装置の動作例を示すフローチャートである。

【図 8】実施の形態 2 にかかる光伝送装置の動作例を示すフローチャートである。

【図 9】実施の形態 2 にかかる光伝送装置の動作例を示すフローチャートである。

【図 10】実施の形態 3 にかかる光通信システムの構成例を示す図である。

【図 11】通信装置等のハードウェア構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面を参照して本開示の実施の形態について説明する。なお、以下の記載及び図面は、説明の明確化のため、適宜、省略及び簡略化がなされている。また、以下の各図面において、同一の要素には同一の符号が付されており、必要に応じて重複説明は省略されている。

10

【0014】

(実施の形態に至る検討)

まず、実施の形態を説明する前に実施の形態に至る検討について説明する。

長距離光通信ケーブルを経由するインターネットトラフィックは、急激に増加してきている。そのため、インターネットトラフィックを処理するために、各種技術が発展している。例えば、E D F A (Erbium Doped Fiber Amplifier)、W D M (Wavelength Division Multiplexing)、Q A M (Quadrature Amplitude Modulation)、F E C (Forward Error Correction)、D S P (Digital Signal Processor) 及び低ロス光ファイバ等が挙げられる。このような各種技術の発展により、光通信システムの通信容量は、インターネットトラフィックの増加に伴って大容量になっている。

20

【0015】

また、多くのユーザに対して通信サービスを提供するため、光通信ネットワークは大規模になってきており、多くのデータを効率よく多重化させるため高機能になってきている。光通信においても、光ファイバ中の光通信信号の周波数資源を効率よく活用することは課題である。そのため、将来のための光通信方式として、光通信信号周波数資源を短い時間に区切る分割する通信方式が検討されている。当該通信方式として、光パススイッチ、又は光パケットスイッチ等と称される通信方式が挙げられる。また、基幹通信網に対して、非常に高い信頼性と、通信信号品質とが要求されている。そのため、現在の基幹通信網は、非常に高い稼働率及び非常に低い通信信号エラー率を達成している。

30

【0016】

ここで、上述したように、近年、光通信システムにおいて、光通信路を管理する通信事業者が多様化してきている。通信事業者の多様化に伴い、光通信路における通信設定が変更される機会も増えつつある。光通信路の通信設定が変更されると、通信設定の変更に伴う影響度が大きいいため、通信事業者は、慎重な検証を行った上で通信設定を変更する。

【0017】

しかしながら、商用ネットワークを介して多数ユーザのデータが送受信されるため、通信事業者は、一般的に短い時間である、商用ネットワークのメンテナンス時間に検証を行っている。光ファイバ中の光通信信号の通信品質は、一般的に一定ではなく変動するため、通信事業者は、十分に長い時間をかけて計測を行うことで光通信信号の品質を特定する。このように、光通信ネットワークでは、周波数資源効率の観点から短い時間粒度で光通信信号の制御が求められる。そこで、本開示では、通信品質を特定するために必要な時間よりも短い時間に計測された計測値を用いて、通信事業者が、光通信路の通信品質を把握する構成を実現する。

40

【0018】

(実施の形態 1)

図 1 を用いて、実施の形態 1 にかかる通信装置 1 の構成例について説明する。図 1 は、実施の形態 1 にかかる通信装置の構成例を示すブロック図である。通信装置 1 は、光通信システムを構成する通信装置である。通信装置 1 は、例えば、光伝送装置でもよく、光通信システムの監視及び制御を行うネットワーク監視装置でもよい。通信装置 1 は、取得部

50

2 と、推定部 3 と、決定部 4 とを備える。

【 0 0 1 9 】

取得部 2 は、光通信路における通信品質情報について計測された所定数以上の計測値を取得する。取得部 2 は、光通信路における通信品質情報を、所定の計測時間の計測を、所定回数以上行うことで所定数以上の計測値を取得してもよい。もしくは、取得部 2 は、他の通信装置（不図示）が、光通信路における通信品質情報を、所定の計測時間の計測を、所定回数以上行うことで取得した所定数以上の計測値を、他の通信装置から受信することで所定数以上の計測値を取得してもよい。所定の計測時間は、例えば、1 秒以上の任意の時間に設定されてもよい。また、所定回数は、例えば、1 0 回以上の任意の回数に設定されてもよい。

10

【 0 0 2 0 】

通信品質情報は、誤り訂正前の誤り率を示す B E R（Bit Error Rate）でもよく、光品質値を示す Q 値でもよい。B E R は、光通信路を送信される光通信信号から生成されるデータユニットに含まれるビットに基づく B E R でもよく、光通信信号から生成されるデータユニットの復元率に基づく B E R でもよい。

【 0 0 2 1 】

推定部 3 は、取得部 2 が取得した計測値の平均値を算出する。また、推定部 3 は、取得部 2 が取得した計測値に基づく、通信品質情報の累積分布関数を示す第 1 累積分布関数を生成する。推定部 3 は、取得部 2 が取得した計測値を用いて、通信品質情報の値と、累積密度との関係を表す累積分布を生成する。推定部 3 は、生成した累積分布に対して、例えば、最小二乗法等を用いて近似曲線を求めることで第 1 累積分布関数を生成する。

20

【 0 0 2 2 】

推定部 3 は、算出した平均値と、生成した第 1 累積分布関数とに基づいて、取得された計測値の数よりも多くの計測値が取得された場合の当該計測値に基づく、通信品質情報の累積分布関数を示す第 2 累積分布関数を推定する。換言すると、推定部 3 は、平均値と、第 1 累積分布関数とに基づいて、取得部 2 が計測値を取得するために要した合計計測時間よりも長い合計計測時間で計測値を取得した場合の計測値に基づき生成される、通信品質情報の累積分布関数を推定する。

【 0 0 2 3 】

決定部 4 は、第 2 累積分布関数において、累積確率が所定値となる通信品質情報の値を基準品質値として決定する。基準品質値は、光通信路の通信品質状況を評価するための基準となる品質値であり、通信事業者が要求する所要通信品質値を満たしているか否かを評価するために用いられる品質値である。所要品質値は、光通信路において、通信が確立出来なくなってしまう通信品質情報の閾値である。

30

【 0 0 2 4 】

次に、図 2 を用いて、実施の形態 1 にかかる通信装置 1 の動作例について説明する。図 2 は、実施の形態 1 にかかる通信装置の動作例を示すフローチャートである。

取得部 2 は、光通信路における通信品質情報について計測された所定数以上の計測値を取得する（ステップ S 1）。

取得部 2 は、光通信路における通信品質情報を、所定の計測時間の計測を、所定回数以上行うことで所定数以上の計測値を取得してもよい。もしくは、取得部 2 は、他の通信装置（不図示）が、光通信路における通信品質情報を、所定の計測時間の計測を、所定回数以上行うことで取得した所定数以上の計測値を、他の通信装置から受信することで所定数以上の計測値を取得してもよい。

40

【 0 0 2 5 】

推定部 3 は、取得部 2 が取得した所定数以上の計測値の平均値を算出する（ステップ S 2）。

推定部 3 は、取得部 2 が取得した計測値に基づく、通信品質情報の累積分布関数を示す第 1 累積分布関数を生成する（ステップ S 3）。

推定部 3 は、取得部 2 が取得した計測値を用いて、通信品質情報の値と、累積密度との

50

関係を表す累積分布を生成する。推定部 3 は、生成した累積分布に対して、例えば、最小二乗法等を用いて近似曲線を求めることで第 1 累積分布関数を生成する。

【 0 0 2 6 】

推定部 3 は、算出した平均値と、生成した第 1 累積分布関数とに基づいて、取得された計測値の数よりも多くの計測値が取得された場合の当該計測値に基づく、通信品質情報の累積分布関数を示す第 2 累積分布関数を推定する（ステップ S 4）。

決定部 4 は、第 2 累積分布関数において、累積確率が所定値となる通信品質情報の値を基準品質値として決定する（ステップ S 5）。

【 0 0 2 7 】

推定部 3 は、光通信路における通信品質情報について計測された所定数以上の計測値に基づいて、取得された計測値の平均値を算出し、第 1 累積分布関数を生成する。推定部 3 は、算出した平均値と、生成した第 1 累積分布関数とに基づいて、取得された計測値の数よりも多くの計測値が取得された場合の通信品質情報の第 2 累積分布関数を推定する。決定部 4 は、第 2 累積分布関数において、累積確率が所定値となる品質値を示す基準品質値を決定する。このように、通信装置 1 は、通信品質情報の計測値に基づいて、実際に計測された計測値の数よりも多くの計測値が取得された場合の基準品質値を決定できる。そのため、通信事業者は、通信装置 1 を用いることで、多数の計測値を取得することなく、多数の計測値が取得された場合の基準品質値を決定できる。換言すると、通信事業者は、通信装置 1 を用いることで、短い合計計測時間に取得された計測値に基づいて、実際に計測した合計計測時間よりも長い合計計測時間に取得されることが予測される計測値の基準品質値を決定できる。したがって、実施の形態 1 にかかる通信装置 1 によれば、通信事業者は、通信品質状況を容易に把握することができる。

【 0 0 2 8 】

（実施の形態 2）

次に、実施の形態 2 について説明する。実施の形態 2 は、実施の形態 1 を詳細にした実施の形態である。

< 光通信システムの構成例 >

図 3 を用いて、実施の形態 2 にかかる光通信システム 1 0 0 の構成例について説明する。図 3 は、実施の形態 2 にかかる光通信システムの構成例を示す図である。光通信システム 1 0 0 は、端末装置 1 0 及び 4 0 と、光伝送装置 2 0 及び 3 0 とを備える。

【 0 0 2 9 】

端末装置 1 0 及び 4 0 は、例えば、陸上に設けられる通信装置である。端末装置 1 0 は、例えば、エンドユーザが管理するエンドユーザ端末でもよく、エンドユーザ端末と、光伝送装置 2 0 との間に設けられた中継装置等でもよい。端末装置 4 0 は、例えば、エンドユーザが管理するエンドユーザ端末でもよく、エンドユーザ端末と、光伝送装置 3 0 との間に設けられた中継装置等でもよい。なお、以降の説明では、端末装置 1 0 及び 4 0 は、エンドユーザ端末であるとして説明する。

【 0 0 3 0 】

端末装置 1 0 は、通信路 P 1 を介して光伝送装置 2 0 と接続し、通信路 P 1 を介して光伝送装置 2 0 と通信する。端末装置 4 0 は、通信路 P 3 を介して光伝送装置 3 0 と接続し、通信路 P 3 を介して光伝送装置 3 0 と通信する。通信路 P 1 及び P 3 は、例えば、アクセス回線である。

【 0 0 3 1 】

光伝送装置 2 0 及び 3 0 は、光通信路 P 2 を介して互いに接続し、光通信路 P 2 を介して通信を行う。光通信路 P 2 は、例えば、光ファイバ等の海底に配置された光ケーブルにより構成される。光伝送装置 2 0 及び 3 0 は、それぞれ、光通信路 P 2 を介して送受信される光通信信号を、通信路 P 1 及び P 3 を介して送受信される電気信号に変換する。光伝送装置 2 0 及び 3 0 は、それぞれ、通信路 P 1 及び P 3 を介して送受信される電気信号を、光通信路 P 2 を介して送受信される光通信信号に変換する。

【 0 0 3 2 】

10

20

30

40

50

光伝送装置 2 0 及び 3 0 は、W D M ( Wavelength Division Multiplexing ) 方式に対応し、光通信路 P 2 を送受信されるデータを、複数の波長帯に構成される複数の通信チャネルを介して、対向する光伝送装置に送信する。各通信チャネルは、光スペクトラムと称されてもよい。

【 0 0 3 3 】

光伝送装置 2 0 は、端末装置 1 0 から送信されるデータを、光通信路 P 2 及び光伝送装置 3 0 を介して端末装置 4 0 に送信する。光伝送装置 3 0 は、端末装置 4 0 から送信されるデータを、光通信路 P 2 及び光伝送装置 2 0 を介して端末装置 1 0 に送信する。

【 0 0 3 4 】

< 光伝送装置の構成例 >

次に、光伝送装置 2 0 及び 3 0 の構成例について説明する。まず、光伝送装置 2 0 の構成例を説明する前に、光伝送装置 3 0 の構成例を説明し、その後、光伝送装置 3 0 の構成例を説明する。

【 0 0 3 5 】

光伝送装置 3 0 は、通信部 3 1 と、計測部 3 2 とを備える。

通信部 3 1 は、端末装置 4 0 と通信を行い、光伝送装置 2 0 と通信を行う。通信部 3 1 は、光通信路 P 2 を介して、光通信信号を光伝送装置 2 0 から受信し、光通信信号に含まれるビット列に基づいてデータユニットを復元する。通信部 3 1 は、データユニットから通信フレームを取り出して、通信路 P 3 を介して端末装置 4 0 に送信する。通信部 3 1 は、通信路 P 3 を介して、通信フレームを端末装置 4 0 から受信する。通信部 3 1 は、受信した通信フレームをデータユニットに格納し、データユニットを光通信信号に変換する。通信部 3 1 は、光通信路 P 2 を介して、光通信信号を光伝送装置 2 0 に送信する。

【 0 0 3 6 】

通信部 3 1 は、光伝送装置 2 0 から取得要求を受信し、取得要求を受信したことを計測部 3 2 に通知 ( 送信 ) する。取得要求は、光伝送装置 2 0 からの要求であって、光伝送装置 2 0 が、計測部 3 2 に対して、光通信路 P 2 における通信品質情報の計測を行うことを要求するメッセージである。通信部 3 1 は、計測部 3 2 が取得した複数の計測値を、光通信路 P 2 を介して光伝送装置 2 0 に送信する。

【 0 0 3 7 】

計測部 3 2 は、取得要求が受信された場合、光通信路 P 2 における通信品質情報について計測し、所定数以上の計測値を取得する。計測部 3 2 は、光伝送装置 2 0 からの取得要求を受信する毎に、所定の計測時間の計測を、所定回数以上行い、所定数以上の計測値を取得する。計測部 3 2 は、取得した所定数以上の計測値を、通信部 3 1 を介して、光伝送装置 2 0 に送信する。

【 0 0 3 8 】

計測部 3 2 は、所定の計測時間、光通信路における通信品質情報を計測し、1つの計測値を取得する。所定の計測時間は、例えば、1秒以上の任意の時間に設定された計測時間である。計測部 3 2 は、所定数以上の計測値が取得されるまで、所定の計測時間の計測を、所定回数以上行う。所定回数は、例えば、10回以上の任意の回数に設定された回数である。所定回数は多いほど、精度が良い結果となるため、例えば、500回以上が好ましいが、回数が多くなるほど、合計計測時間が長くなってしまいうため、精度及び合計計測時間とを考慮して決定される。

【 0 0 3 9 】

通信品質情報は、誤り訂正前の誤り率を示す B E R でもよく、光品質値を示す Q 値でもよい。B E R は、光通信路を送信される光通信信号から生成されるデータユニットに含まれるビットに基づく B E R でもよく、光通信信号から生成されるデータユニットの復元率に基づく B E R でもよい。

【 0 0 4 0 】

通信品質情報が、光通信路を送信される光通信信号から生成されるデータユニットに含まれるビットに基づく B E R である場合、計測部 3 2 は、通信部 3 1 が復元したデータユ

10

20

30

40

50

ニットに含まれるビット列を複数回計測する。計測部 3 2 は、計測したビット列の B E R を算出し、算出した B E R を計測値として取得してもよい。

【 0 0 4 1 】

通信品質情報が、光通信信号から生成されるデータユニットの復元率に基づく B E R である場合、計測部 3 2 は、通信部 3 1 がデータユニットの復元を試行した試行数と、通信部 3 1 がデータユニットの復元の成功数又は失敗数とを計測する。計測部 3 2 は、試行数と、成功数又は失敗数とに基づいて B E R を算出し、算出した B E R を計測値として取得する。

【 0 0 4 2 】

通信品質情報が、Q 値である場合、上記した B E R を対数化することで、Q 値を算出可能であるため、計測部 3 2 は、B E R を算出し、算出した B E R を対数化して、Q 値を算出する。なお、計測部 3 2 は、光通信路 P 2 を介して送受信される光通信信号の信号値（0 及び 1）のそれぞれの確率分布と、復調信号レベルとを計測してもよい。計測部 3 2 は、光通信信号値が 1 及び 0 のそれぞれの確率分布の分散と、復調信号レベルの差分値とに基づいて、Q 値を算出し、算出した Q 値を計測値として取得してもよい。

10

【 0 0 4 3 】

次に、光伝送装置 2 0 について説明する。光伝送装置 2 0 は、実施の形態 1 にかかる通信装置 1 に対応する。光伝送装置 2 0 は、通信部 2 1 と、取得部 2 2 と、累積分布推定部 2 3 と、通信品質決定部 2 4 と、制御部 2 5 と、記憶部 2 6 とを備える。

【 0 0 4 4 】

20

通信部 2 1 は、端末装置 1 0 と通信を行い、光伝送装置 3 0 と通信を行う。通信部 2 1 は、光通信路 P 2 を介して、光通信信号を光伝送装置 3 0 から受信し、光通信信号に含まれるビット列に基づいてデータユニットを復元する。通信部 2 1 は、データユニットから通信フレームを取り出して、通信路 P 1 を介して端末装置 1 0 に送信する。通信部 2 1 は、通信路 P 1 を介して、通信フレームを端末装置 1 0 から受信する。通信部 2 1 は、受信した通信フレームをデータユニットに格納し、データユニットを光通信信号に変換する。通信部 2 1 は、光通信路 P 2 を介して、光通信信号を光伝送装置 3 0 に送信する。

【 0 0 4 5 】

通信部 2 1 は、品質状況確認要求、及びパラメータ調整要求を受信する。品質状況確認要求は、例えば、光通信路 P 2 を管理する通信事業者から、光通信路 P 2 における現在の通信品質状況を確認する要求である。パラメータ調整要求は、例えば、光通信路 P 2 を管理する通信事業者から、光通信路 P 2 における通信品質状況を踏まえて、光通信路 P 2 における通信設定に関連するパラメータを調整する要求である。通信部 2 1 は、例えば、上記通信事業者から、ネットワーク監視装置（不図示）を介して、品質状況確認要求、及びパラメータ調整要求を受信する。通信部 2 1 は、品質状況確認要求及びパラメータ調整要求を、累積分布推定部 2 3 及び通信品質決定部 2 4 に送信する。また、通信部 2 1 は、パラメータ調整要求を、制御部 2 5 に送信する。

30

【 0 0 4 6 】

通信部 2 1 は、品質状況確認要求を受信すると、取得要求を通信部 3 1 に送信する。通信部 2 1 は、パラメータ調整要求を受信すると、取得要求を通信部 3 1 に送信する。また、通信部 2 1 が、パラメータ調整要求を受信した場合、後述する制御部 2 5 は、光通信路 P 2 における通信品質状況を踏まえて、パラメータを変更する。通信部 2 1 は、制御部 2 5 がパラメータを変更する毎に、取得要求を通信部 3 1 に送信する。

40

【 0 0 4 7 】

通信部 2 1 は、取得要求を送信後、計測部 3 2 が取得した所定数以上の計測値を、光通信路 P 2 を介して通信部 3 1 から受信する。通信部 2 1 は、受信した所定数以上の計測値を取得部 2 2 に出力する。

【 0 0 4 8 】

取得部 2 2 は、実施の形態 1 における取得部 2 に対応する。取得部 2 2 は、光通信路 P 2 における通信品質情報について計測された所定数以上の計測値を取得する。取得部 2 2

50

は、計測部 3 2 が取得した所定数以上の計測値を、通信部 2 1 を介して取得する。

【 0 0 4 9 】

累積分布推定部 2 3 は、実施の形態 1 における推定部 3 に対応する。累積分布推定部 2 3 は、品質状況確認要求に応じて、所定数以上の計測値が取得された場合、取得された計測値の平均値を算出し、取得された計測値に基づく、通信品質情報の累積分布関数を示す第 1 累積分布関数を生成する。累積分布推定部 2 3 は、算出した平均値と、生成した第 1 累積分布関数とに基づいて、取得された計測値の数よりも多くの計測値が取得された場合の当該計測値に基づく、通信品質情報の累積分布関数を示す第 2 累積分布関数を推定する。第 1 累積分布関数は、取得された計測値に基づく関数であるため既知であるが、第 2 累積分布関数は、取得された計測値の数よりも多くの計測値が取得されたと仮定した場合の累積分布関数であるため未知である。そのため、累積分布推定部 2 3 は、算出した平均値と、既知の第 1 累積分布関数とに基づいて、未知の第 2 累積分布関数を推定する。

10

【 0 0 5 0 】

具体的には、累積分布推定部 2 3 は、品質状況確認要求に応じて、所定数以上の計測値が取得された場合、取得された計測値の平均値を算出する。累積分布推定部 2 3 は、品質状況確認要求に応じて、所定数以上の計測値が取得された場合、取得された所定数以上の計測値に基づく、通信品質情報の累積分布関数を示す第 1 累積分布関数を生成する。累積分布推定部 2 3 は、取得された計測値に基づいて、横軸を通信品質情報の値とし、縦軸を累積確率とする累積分布を生成する。累積分布推定部 2 3 は、生成した累積分布としてプロットされた点に対して、例えば、最小二乗法等を用いて近似曲線を求めることで第 1 累積分布関数を生成する。

20

【 0 0 5 1 】

累積分布推定部 2 3 は、第 1 累積分布関数において、累積確率の変化が急峻な領域における傾きを算出する。光通信路 P 2 において送信される光通信信号に関する通信品質情報の値のヒストグラムは、ガウス分布に従うことが予測される。そのため、第 1 累積分布関数のうち、例えば、累積確率が 0 . 1 ~ 0 . 9 となる領域が、累積確率の変化が急峻な領域となる。したがって、累積分布推定部 2 3 は、例えば、累積確率が 0 . 1 ~ 0 . 9 となる領域等、第 1 累積分布関数のうち、累積確率の変化が急峻な領域における傾きを算出する。

【 0 0 5 2 】

30

累積分布推定部 2 3 は、第 1 累積分布関数において、例えば、累積確率が 0 . 5 となる点における傾きを、累積確率の変化が急峻な領域における傾きとして算出してもよい。もしくは、累積分布推定部 2 3 は、第 1 累積分布関数を満たす点のうち、例えば、累積確率が 0 . 1 ~ 0 . 9 等の所定範囲内の累積確率となる複数の点を選択し、選択した点における傾きに基づいて、累積確率の変化が急峻な領域における傾きとして算出してもよい。累積分布推定部 2 3 は、選択した複数の点における傾きを算出し、算出した傾きの平均値、中央値、最小値又は最大値を算出し、算出した値を累積確率の変化が急峻な領域における傾きとして算出してもよい。累積分布推定部 2 3 は、算出した、平均値及び傾きを、記憶部 2 6 に格納する。

【 0 0 5 3 】

40

累積分布推定部 2 3 は、第 2 累積分布関数のうち、累積確率の変化が急峻な領域における第 2 累積分布関数を、平均値及び傾きに基づく直線に近似することで、第 2 累積分布関数を推定する。累積分布推定部 2 3 は、算出した平均値を、累積確率が 0 . 5 となる点の通信品質情報の値とする点を通り、算出した傾きが、直線の傾きになる直線を決定する。累積分布推定部 2 3 は、第 2 累積分布関数のうち、累積確率の変化が急峻な領域における第 2 累積分布関数を、決定した直線に近似することで、第 2 累積分布関数を推定する。

【 0 0 5 4 】

累積分布推定部 2 3 は、パラメータ調整要求を通信部 2 1 から受信した場合であって、制御部 2 5 がパラメータを変更していない場合、品質状況確認要求と同様の処理を行う。また、累積分布推定部 2 3 は、パラメータ調整要求を通信部 2 1 から受信した場合であっ

50

て、制御部 25 がパラメータを変更した場合、変更されたパラメータに応じた処理を行う。

【0055】

通信品質情報の値の分散が、パラメータの値に依存する分散非類似パラメータを制御部 25 が変更した場合、累積分布推定部 23 は、品質状況確認要求と同様の処理を行う。具体的には、累積分布推定部 23 は、分散非類似パラメータが変更された場合、累積分布推定部 23 は、分散非類似パラメータが変更された後に取得された計測値に基づく第 1 累積分布関数を生成する。累積分布推定部 23 は、分散非類似パラメータが変更された後に取得された計測値に基づく第 1 累積分布関数の累積確率が急峻な領域における傾きを算出する。累積分布推定部 23 は、分散非類似パラメータが変更された後に取得された計測値の平均値を算出する。累積分布推定部 23 は、累積確率が 0.5 となる通信品質情報の値を、算出した平均値とする点を通り、算出した傾きを傾きとする直線を決定する。累積分布推定部 23 は、決定した直線を、第 2 累積分布関数のうち、累積確率の変化が急峻な領域における第 2 累積分布関数に近似する。累積分布推定部 23 は、算出した平均値及び傾きを、制御部 25 が変更したパラメータ名、及び変更前後のパラメータ値とともに、記憶部 26 に格納する。

10

【0056】

分散非類似パラメータは、例えば、光通信路 P2 における変調方式、及び光通信路 P2 における通信チャネルのガードバンドを含み得る。例えば、変調方式が QPSK (Quadrature phase-shift keying) のときの累積分布関数における累積確率が 0 から 100 までの通信品質情報の値の範囲は、16QAM (quadrature amplitude modulation) の場合も狭くなることが想定される。このように、変調方式の次数が変更される場合、通信品質情報の値の分散は異なることが想定される。また、光通信路 P2 における各通信チャネルのガードバンドが広がるように変更されると、変調方式と同様に、累積密度関数の累積密度が 0 から 100 までの通信品質情報の値の範囲も狭くなることが想定される。そのため、累積分布推定部 23 は、分散非類似パラメータが変更された場合は、分散非類似パラメータが変更された後に取得された計測値の平均値を算出する。累積分布推定部 23 は、分散非類似パラメータが変更された後に取得された計測値に基づく第 1 累積分布関数の累積確率の変化が急峻な領域における傾きを算出する。

20

【0057】

なお、変調方式の次数は、変調方式の多値度と称されてもよい。また、パラメータの変更前後で、通信品質情報の値の分散が類似しないということは、パラメータの変更前後で累積分布関数が相似しない関係を意味するため、分散非類似パラメータは、累積分布関数が相似しないパラメータと称されてもよい。

30

【0058】

一方、通信品質情報の値の分散が、パラメータの値に依存しない分散類似パラメータを制御部 25 が変更した場合、累積分布推定部 23 は、パラメータ変更前の平均値と、パラメータが変更される前に決定された基準品質値との差分をマージン値として算出する。累積分布推定部 23 は、分散類似パラメータが変更された後に取得された計測値の平均値を算出する。基準品質値は、第 2 累積分布関数において、累積確率が所定値となる通信品質情報の値であり、後述する通信品質決定部 24 が決定する値である。

40

【0059】

分散類似パラメータが変更された場合、第 2 累積分布関数に近似した直線の傾きは、分散類似パラメータの変更前後で同一である。そのため、累積分布推定部 23 は、パラメータ変更後の第 2 累積分布関数に近似する直線を決定せず、分散類似パラメータの変更前後の当該直線のシフト量をマージン値として算出する。累積分布推定部 23 は、算出した、平均値及びマージン値を、制御部 25 が変更したパラメータ名、及び変更前後の値とともに、記憶部 26 に格納する。なお、マージン値は、分散類似パラメータが変更された場合でも変更されないため、累積分布推定部 23 は、分散類似パラメータが変更される場合、マージン値を 1 回のみ算出してもよい。

【0060】

50

分散類似パラメータは、例えば、光通信路 P 2 における光送信出力、及び光通信路 P 2 における通信チャネル数等である。なお、パラメータの変更前後で分散が類似するということは、パラメータの変更前後で累積分布関数が相似である関係を意味するため、分散類似パラメータは、累積分布関数が相似するパラメータと称されてもよい。

【 0 0 6 1 】

通信品質決定部 2 4 は、実施の形態 1 における決定部 4 に対応する。品質状況確認要求に応じて、所定数以上の計測値が取得された場合、通信品質決定部 2 4 は、第 2 累積分布関数を近似した直線を用いて、累積確率が所定値となる通信品質情報の値を基準品質値として決定する。通信品質決定部 2 4 は、算出された平均値及び傾きに基づく直線上に、基準品質値が存在するとみなして、当該直線上の点であって、累積確率が所定値となる点の通信品質情報の値を基準品質値として決定する。通信品質決定部 2 4 は、決定した基準品質値を、当該基準品質値を算出するために使用した平均値及び傾きと関連付けて記憶部 2 6 に格納する。

10

【 0 0 6 2 】

通信品質決定部 2 4 は、パラメータ調整要求を通信部 2 1 から受信した場合であって、制御部 2 5 がパラメータを変更していない場合、品質状況確認要求と同様の処理を行う。また、通信品質決定部 2 4 は、パラメータ調整要求を通信部 2 1 から受信した場合であって、制御部 2 5 がパラメータを変更した場合、変更されたパラメータに応じた処理を行う。

【 0 0 6 3 】

分散非類似パラメータを制御部 2 5 が変更した場合、通信品質決定部 2 4 は、品質状況確認要求と同様の処理を行う。具体的には、第 2 累積分布関数に近似された直線を用いて、累積確率が所定値となる通信品質情報の値を基準品質値として決定する。通信品質決定部 2 4 は、算出された平均値及び傾きに基づく直線上の点であって、累積確率が所定値となる点の通信品質情報の値を基準品質値として決定する。通信品質決定部 2 4 は、パラメータ変更後の基準品質値を、制御部 2 5 が変更したパラメータ名、及び変更前後の値と関連付けて記憶部 2 6 に格納する。

20

【 0 0 6 4 】

一方、分散類似パラメータを制御部 2 5 が変更した場合、通信品質決定部 2 4 は、分散類似パラメータ変更後の平均値と、マージン値とに基づいて、分散類似パラメータが変更された後の基準品質値を決定する。通信品質決定部 2 4 は、分散類似パラメータ変更された後の平均値からマージン値を減算した値を、分散類似パラメータが変更された後の基準品質値として決定する。分散類似パラメータが変更された場合、第 2 累積分布関数に近似した直線の傾きは同一となる。そのため、通信品質決定部 2 4 は、分散類似パラメータの変更後の平均値から、マージン値を減算することで、パラメータ変更後の基準品質値を決定する。通信品質決定部 2 4 は、パラメータ変更後の基準品質値を、制御部 2 5 が変更したパラメータ名、及び変更前後の値と関連付けて記憶部 2 6 に格納する。

30

【 0 0 6 5 】

制御部 2 5 は、パラメータ調整要求を受信した場合、光通信路 P 2 におけるパラメータであって、光通信路 P 2 における通信設定に関連するパラメータを変更する。制御部 2 5 は、パラメータが変更された後の基準品質値が所要品質値を満たすようにパラメータを変更する。所要品質値は、光通信路 P 2 において、通信が確立出来なくなってしまう通信品質情報の閾値であり、誤り訂正後のエラー率を示す F E R ( Frame Error Rate ) が所定値となる通信品質情報の値である。

40

【 0 0 6 6 】

制御部 2 5 は、通信品質決定部 2 4 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値であるか否かを判定することで、通信品質決定部 2 4 が決定した基準品質値が所要品質値を満たしているか否かを判定する。制御部 2 5 は、基準品質値が所要品質値を満たしている場合、基準品質値が低くなるようにパラメータを変更する。制御部 2 5 は、基準品質値が所要品質値を満たしていない場合、基準品質値が高くなるようにパラメータを変更する。制御部 2 5 は、パラメータを変更した場合、通信部 2 1、累積分布推定部 2 3、及び

50

通信品質決定部 24 に変更したパラメータ名、及び変更前後のパラメータ値を送信する。

【0067】

制御部 25 は、パラメータ変更前の基準品質値が所要品質値を満たしている場合であって、変調方式を変更する場合、変調方式の次数が増加するように変調方式を変更する。制御部 25 は、パラメータ変更前の変調方式が QPSK である場合、変調方式の次数を増加し、変調方式を 8QAM に変更する。制御部 25 は、パラメータ変更前の変調方式が 8QAM である場合、変調方式の次数を増加し、変調方式を 16QAM に変更する。制御部 25 は、パラメータ変更前の変調方式が 16QAM である場合、変調方式の次数を増加し、変調方式を 32QAM に変更する。

【0068】

一方、制御部 25 は、パラメータ変更前の基準品質値が所要品質値を満たしていない場合であって、変調方式を変更する場合、変調方式の次数が減少するように変調方式を変更する。制御部 25 は、パラメータ変更前の変調方式が 32QAM である場合、変調方式の次数を減少し、変調方式を 16QAM に変更する。制御部 25 は、パラメータ変更前の変調方式が 16QAM である場合、変調方式の次数を減少し、変調方式を 8QAM に変更する。制御部 25 は、パラメータ変更前の変調方式が 8QAM である場合、変調方式の次数を減少し、変調方式を QPSK に変更する。

【0069】

制御部 25 は、パラメータ変更前の基準品質値が所要品質値を満たしている場合であって、ガードバンドを変更する場合、ガードバンドが現在の値よりも狭くなるようにガードバンドを変更する。換言すると、制御部 25 は、各通信チャネルのガードバンドに対して、ガードバンドを現在よりも狭くし、隣接する通信チャネルとの干渉が大きくなるが、各通信チャネルの帯域幅が広がるように、ガードバンドを変更する。

【0070】

一方、制御部 25 は、パラメータ変更前の基準品質値が所要品質値を満たしていない場合であって、ガードバンドを変更する場合、ガードバンドが現在の値よりも広くなるようにガードバンドを変更する。換言すると、制御部 25 は、各通信チャネルのガードバンドに対して、ガードバンドを現在よりも広くし、隣接する通信チャネルとの干渉が小さくなるが、各通信チャネルの帯域幅が狭くなるように、ガードバンドを変更する。

【0071】

制御部 25 は、パラメータ変更前の基準品質値が所要品質値を満たしている場合であって、光通信路 P2 における光送信出力を変更する場合、光送信出力が現在の値よりも小さくなるように光送信出力を変更する。換言すると、制御部 25 は、基準品質値は低くなるが、消費電力も下がるように光送信出力を変更する。

【0072】

一方、制御部 25 は、パラメータ変更前の基準品質値が所要品質値を満たしていない場合であって、光通信路 P2 における光送信出力を変更する場合、光送信出力が現在の値よりも大きくなるように光送信出力を変更する。換言すると、制御部 25 は、消費電力は上がるが、基準品質値が高くなるように光送信出力を変更する。

【0073】

制御部 25 は、パラメータ変更前の基準品質値が所要品質値を満たしている場合であって、光通信路 P2 における通信チャネル数を変更する場合、通信チャネル数が現在の値よりも増えるように通信チャネル数を変更する。換言すると、制御部 25 は、基準品質値は低くなるが、通信容量が増加するように通信チャネル数を変更する。

【0074】

一方、制御部 25 は、パラメータ変更前の基準品質値が所要品質値を満たしていない場合であって、光通信路 P2 における通信チャネル数を変更する場合、通信チャネル数が現在の値よりも減少するように通信チャネル数を変更する。換言すると、制御部 25 は、通信容量は減少するが、基準品質値が高くなるように通信チャネル数を変更する。

【0075】

10

20

30

40

50

記憶部 26 は、累積分布推定部 23 及び通信品質決定部 24 の制御に応じて、算出した、平均値、傾き、マージン値、基準品質値、変更したパラメータ名、及び変更前後の値を記憶する。

#### 【0076】

##### < 光伝送装置の動作例 >

次に、実施の形態 2 にかかる光伝送装置の動作例について説明する。まず、図 4 ~ 図 6 を用いて、実施の形態 2 にかかる光伝送装置 20 の動作概要について説明する。図 4 ~ 図 6 は、実施の形態 2 にかかる光伝送装置の動作概要を示す図である。

#### 【0077】

##### 品質状況確認要求受信時の動作概要

図 4 及び図 5 を用いて、品質状況確認要求を通信部 21 が受信した場合の光伝送装置 20 の動作概要について説明する。通信部 21 が、品質状況確認要求を受信した場合、通信部 21 は、取得要求を通信部 31 に送信する。通信部 21 は、計測部 32 が取得した所定数の計測値を、通信部 31 を介して受信し、受信した計測値を取得部 22 に送信する。取得部 22 が、計測値を取得した場合、累積分布推定部 23 は、取得した計測値に基づいて、通信品質情報についての累積分布を生成する。図 4 は、累積分布推定部 23 が、生成した累積分布を示している。図 4 に示すように、横軸は、通信品質情報の一例である Q 値の値であり、縦軸は、累積確率を表している。累積分布推定部 23 は、取得された計測値に基づいて、通信品質情報である Q 値の値と、累積確率との関係を図 4 に示したグラフにプロットする。図 4 に示す点は、累積分布推定部 23 がプロットした、Q 値と、累積確率との関係を表す点である。累積分布推定部 23 は、累積分布としてプロットした点に対して、例えば、最小二乗法等を用いて近似曲線を求めることで第 1 累積分布関数を示す曲線 L1 を生成する。累積分布推定部 23 は、取得した計測値の平均値  $Q_{ave}$  を算出するとともに、第 1 累積分布関数のうち、例えば、累積確率が 0.1 ~ 0.9 となる領域等、累積確率の変化が急峻な領域における傾きを算出する。

#### 【0078】

次に、図 5 に示すように、累積分布推定部 23 は、累積確率が 0.5 となる Q 値の値が、算出した平均値  $Q_{ave}$  となる点 P1 を通り、算出した傾きを、直線の傾きとする直線 L3 を決定する。累積分布推定部 23 は、取得された計測値の数よりも多くの計測値が取得された場合の当該計測値に基づく第 2 累積分布関数を示す曲線 L2 において、累積確率の変化が急峻な領域における第 2 累積分布関数を、直線 L3 に近似する。点線 L2 は、第 2 累積分布関数を表す曲線であり、取得された計測値の数よりも多くの計測値が取得されたと仮定した場合の累積分布関数を示す曲線である。累積分布推定部 23 は、点線 L2 のうち、例えば、累積確率が 0.1 ~ 0.9 の領域等、累積確率の変化が急峻な領域を、直線 L3 を近似直線として決定する。つまり、累積分布推定部 23 は、未知の第 2 累積分布関数を示す曲線 L2 を、既知の直線 L3 で近似することで、第 2 累積分布関数を推定する。通信品質決定部 24 は、直線 L3 において、累積確率が所定値となる通信品質情報の値である  $Q_{WERR}$  を基準品質値として決定する。

#### 【0079】

制御部 25 は、基準品質値  $Q_{WERR}$  が、所要品質値を表す FL (FER Limit) を満たしている場合、基準品質値  $Q_{WERR}$  が低くなるようにパラメータを変更する。また、制御部 25 は、パラメータ変更前の基準品質値  $Q_{WERR}$  が所要品質値 FL を満たしていない場合、基準品質値  $Q_{WERR}$  が高くなるようにパラメータを変更する。

#### 【0080】

##### パラメータ調整要求時、かつパラメータ変更前の動作概要

次に、パラメータ調整要求を通信部 21 が受信した場合であって、制御部 25 がパラメータを変更していない場合、光伝送装置 20 は、品質状況確認要求受信時の動作と同様の動作を行う。つまり、パラメータ調整要求を通信部 21 から受信した場合であって、制御部 25 がパラメータを変更していない場合、光伝送装置 20 は、図 4 及び図 5 を用いて説明した動作を行う。

## 【 0 0 8 1 】

パラメータ調整要求時、かつ分散非類似パラメータ変更時の動作概要

次に、パラメータ調整要求を通信部 2 1 が受信した場合であって、制御部 2 5 が分散非類似パラメータを変更した場合、光伝送装置 2 0 は、品質状況確認要求受信時の動作と同様の動作を行う。つまり、制御部 2 5 が分散非類似パラメータを変更した場合、光伝送装置 2 0 は、図 4 及び図 5 を用いて説明した動作を行う。

## 【 0 0 8 2 】

パラメータ調整要求時、かつ分散類似パラメータ変更時の動作概要

次に、図 6 を用いて、パラメータ調整要求を通信部 2 1 が受信した場合であって、制御部 2 5 が分散類似パラメータを変更した場合の光伝送装置 2 0 の動作概要について説明する。

## 【 0 0 8 3 】

まず、累積分布推定部 2 3 が、分散類似パラメータ変更前の計測値に基づいて、平均値  $Q_{ave1}$  を算出し、第 1 累積分布関数において、累積確率の変化が急峻な領域における傾きを算出したとする。この場合、累積分布推定部 2 3 は、累積確率が 0.5 となる  $Q$  値の値が、算出した平均値  $Q_{ave1}$  となる点  $P_{21}$  を通り、算出した傾きを、直線の傾きとする直線  $L_{31}$  を決定する。そして、通信品質決定部 2 4 が、直線  $L_{31}$  を用いて、基準品質値  $Q_{WERR1}$  を決定する。なお、図 6 のうち、曲線  $L_{21}$  は、分散類似パラメータ変更前の計測値に基づく、第 2 累積分布関数を表しており、累積分布推定部 2 3 が直線  $L_{31}$  で近似した第 2 累積分布関数を表している。

## 【 0 0 8 4 】

次に、制御部 2 5 が、分散類似パラメータを変更した場合、累積分布推定部 2 3 は、パラメータ変更後に取得された計測値の平均値を算出する。また、累積分布推定部 2 3 は、分散類似パラメータが変更される前に算出した平均値  $Q_{ave1}$  と、基準品質値  $Q_{WERR1}$  との差分をマージン値  $Margin$  として算出する。通信品質決定部 2 4 は、分散類似パラメータが変更された後に算出した平均値  $Q_{ave2}$  からマージン値  $Margin$  を減算した値を、分散類似パラメータが変更された後の基準品質値  $Q_{WERR2}$  として決定する。なお、累積分布推定部 2 3 は、マージン値  $Margin$  を 1 回決定すると、分散類似パラメータが複数回変更された場合でも、決定したマージン値  $Margin$  を使用できる。そのため、累積分布推定部 2 3 は、マージン値  $Margin$  を 1 回のみ決定してもよい。

## 【 0 0 8 5 】

ここで、分散類似パラメータを変更された場合、累積分布推定部 2 3 は、分散非類似パラメータが変更された場合と同様に、第 2 累積分布関数を近似した直線  $L_{32}$  を決定することも可能である。しかし、分散類似パラメータは、パラメータ変更前後で通信品質情報の値の分散は同一である。つまり、パラメータ変更前の第 2 累積分布関数を近似した直線  $L_{31}$  の傾きと、パラメータ変更後の第 2 累積分布関数を近似した直線  $L_{32}$  の傾きとは同一である。そのため、累積分布推定部 2 3 は、分散類似パラメータが変更された場合、パラメータ変更後の第 2 累積分布関数を近似した直線  $L_{32}$  の傾きを算出せず、マージン値  $Margin$  を算出する。そして、通信品質決定部 2 4 は、分散類似パラメータが変更された後に算出した平均値  $Q_{ave2}$  からマージン値  $Margin$  を減算した値を、分散類似パラメータが変更された後の基準品質値  $Q_{WERR2}$  として決定する。このように、通信品質決定部 2 4 は、分散類似パラメータが変更された場合、パラメータ変更前後の近似直線である直線  $L_{31}$  と直線  $L_{32}$  とのシフト量を表すマージン値を用いることで、基準品質値  $Q_{WERR2}$  を即時に決定可能とする。また、通信品質決定部 2 4 は、分散類似パラメータが変更された場合、パラメータ変更後の近似直線である直線  $L_{32}$  を算出しなくても、パラメータ変更後の平均値と、マージン値とを用いて、減算処理をするだけで基準品質値  $Q_{WERR2}$  を即時に決定できる。したがって、通信品質決定部 2 4 は、分散非類似パラメータが変更された場合よりも演算量を削減できる。

## 【 0 0 8 6 】

動作例 1 ( 品質状況確認要求受信時の動作例 )

10

20

30

40

50

次に、図 7 を用いて、品質状況確認要求受信時の光伝送装置 20 の動作例について説明する。図 7 は、実施の形態 2 にかかる光伝送装置の動作例を示すフローチャートである。

【0087】

通信部 21 は、品質状況確認要求を受信する（ステップ S11）。

通信部 21 は、例えば、ネットワーク監視装置（不図示）から品質状況確認要求を受信する。通信部 21 は、品質状況確認要求を受信した場合、取得要求を通信部 31 に送信する。光伝送装置 30 の通信部 31 は、取得要求を受信し、計測部 32 に取得要求を送信する。計測部 32 は、光通信路 P2 における通信品質情報について計測し、所定数以上の計測値を取得する。計測部 32 は、取得した所定数以上の計測値を、通信部 31 を介して、光伝送装置 20 に送信する。

10

【0088】

取得部 22 は、所定数以上の計測値を取得する（ステップ S12）。

通信部 21 は、取得要求を送信後、計測部 32 が取得した所定数以上の計測値を、光通信路 P2 を介して通信部 31 から受信する。取得部 22 は、光通信路 P2 における通信品質情報について計測された所定数以上の計測値を取得する。

【0089】

累積分布推定部 23 は、取得された計測値の平均値を算出する（ステップ S13）。

累積分布推定部 23 は、第 1 累積分布関数を生成する（ステップ S14）。

累積分布推定部 23 は、取得された所定数以上の計測値に基づく、通信品質情報の累積分布関数を示す第 1 累積分布関数を生成する。累積分布推定部 23 は、取得された計測値に基づいて、横軸を通信品質情報の品質値とし、縦軸を累積確率とする累積分布を生成する。累積分布推定部 23 は、生成した累積分布としてプロットされた点に対して、例えば、最小二乗法等を用いて近似曲線を求めることで第 1 累積分布関数を生成する。

20

【0090】

累積分布推定部 23 は、第 1 累積分布関数において、累積確率の変化が急峻な領域における傾きを算出する（ステップ S15）。

累積分布推定部 23 は、第 1 累積分布関数において、累積確率の変化が急峻な領域における傾きを算出する。累積分布推定部 23 は、例えば、累積確率が 0.1 ~ 0.9 となる領域等、第 1 累積分布関数のうち、累積確率の変化が急峻な領域における傾きを算出する。

【0091】

累積分布推定部 23 は、算出した平均値、及び算出した傾きに基づく直線を決定する（ステップ S16）。

累積分布推定部 23 は、算出した平均値を、累積確率が 0.5 となる通信品質情報の値とする点を通り、算出した傾きが、直線の傾きになる直線を決定する。累積分布推定部 23 は、第 2 累積分布関数のうち、累積確率の変化が急峻な領域における第 2 累積分布関数を、決定した直線に近似することで、第 2 累積分布関数を推定する。

30

【0092】

通信品質決定部 24 は、決定した直線を用いて、基準品質値を決定する（ステップ S17）。

通信品質決定部 24 は、ステップ S15 において決定された直線上に、基準品質値が存在するとみなして、当該直線上の点であって、累積確率が所定値となる点の通信品質情報の値を基準品質値として決定する。

40

【0093】

動作例 2（パラメータ調整要求受信時の動作例）

次に、図 8 を用いて、パラメータ調整要求受信時の光伝送装置 20 の動作例について説明する。図 8 は、実施の形態 2 にかかる光伝送装置の動作例を示すフローチャートである。具体的には、図 8 は、光伝送装置 20 が、パラメータ調整要求を受信し、パラメータ変更前の基準品質値を決定し、その後、分散非類似パラメータ及び分散類似パラメータを変更したときの動作例を示すフローチャートである。

【0094】

50

なお、図 8 の動作のうち、図 7 と共通する動作については、図 7 を参照しつつ、適宜説明を割愛する。図 8 の動作例が実行される前の状態は、基準品質値が所要品質値を満たす状態であることとする。また、分散非類似パラメータは、光通信路 P 2 における変調方式であり、分散類似パラメータは、光通信路 P 2 における光送信出力であることとして説明するが、一例であるためこれに限定されない。図 8 は、2 つのパラメータが変更される場合の動作例であるが、変更されるパラメータの数は、2 つに限られず、1 つでもよく、3 つ以上でもよい。

#### 【 0 0 9 5 】

まず、通信部 2 1 は、パラメータ調整要求を受信する（ステップ S 2 1 ）。

通信部 2 1 は、例えば、ネットワーク監視装置（不図示）からパラメータ調整要求を受信する。通信部 2 1 は、パラメータ調整要求を受信した場合、取得要求を通信部 3 1 に送信する。光伝送装置 3 0 の通信部 3 1 は、取得要求を受信し、計測部 3 2 に取得要求を送信する。計測部 3 2 は、光通信路 P 2 における通信品質情報について計測し、所定数以上の計測値を取得する。計測部 3 2 は、取得した所定数以上の計測値を、通信部 3 1 を介して、光伝送装置 2 0 に送信する。

10

#### 【 0 0 9 6 】

光伝送装置 2 0 は、品質状況確認動作を行う（ステップ S 2 2 ）。

品質状況確認動作は、図 7 に示すフローチャートのうち、ステップ S 1 2 ~ S 1 7 の動作である。取得部 2 2 は、図 7 に示すステップ S 1 2 を実行し、累積分布推定部 2 3 は、図 7 に示すステップ S 1 3 ~ S 1 6 を実行し、通信品質決定部 2 4 は、ステップ S 1 7 を実行する。

20

#### 【 0 0 9 7 】

次に、制御部 2 5 は、分散非類似パラメータである、光通信路 P 2 における変調方式の次数を増加する（ステップ S 2 3 ）。

制御部 2 5 は、変調方式を変更する前の変調方式が Q P S K である場合、変調方式を 8 Q A M に変更する。制御部 2 5 は、変調方式を変更する前の変調方式が 8 Q A M である場合、変調方式を 1 6 Q A M に変更する。制御部 2 5 は、変調方式を変更する前の変調方式が 1 6 Q A M である場合、変調方式を 3 2 Q A M に変更する。つまり、制御部 2 5 は、変調方式の次数を 1 つ増加することで、基準品質値は悪化するが、通信容量を増加させる制御を実行する。なお、変調方式を変更する前の変調方式が 3 2 Q A M である場合、光伝送装置 2 0 は、ステップ S 2 4 及び S 2 5 をスキップし、ステップ S 2 6 を実行してもよい。

30

#### 【 0 0 9 8 】

光伝送装置 2 0 は、品質状況確認動作を行う（ステップ S 2 4 ）。

取得部 2 2 は、図 7 に示すステップ S 1 2 を実行し、累積分布推定部 2 3 は、図 7 に示すステップ S 1 3 ~ S 1 6 を実行し、通信品質決定部 2 4 は、ステップ S 1 7 を実行する。

#### 【 0 0 9 9 】

制御部 2 5 は、通信品質決定部 2 4 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値であるか否かを判定する（ステップ S 2 5 ）。

通信品質決定部 2 4 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値である場合（ステップ S 2 5 の Y E S ）、光伝送装置 2 0 は、ステップ S 2 3 以降の動作を実行する。

40

通信品質決定部 2 4 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値ではない場合（ステップ S 2 5 の N O ）、制御部 2 5 は、変調方式の次数を 1 つ減少し、基準品質値が所要品質値を満たす変調方式に変更する（ステップ S 2 6 ）。つまり、制御部 2 5 は、変調方式の次数を 1 つ減少することで、通信容量は減少するが、基準品質値が回復する制御を実行する。

#### 【 0 1 0 0 】

次に、制御部 2 5 は、分散類似パラメータである、光通信路 P 2 における光送信出力を減少する（ステップ S 2 7 ）。

制御部 2 5 は、光送信出力を、例えば、1 m W 減少する制御を実行する。つまり、制御部 2 5 は、光送信出力を下げることで、基準品質値は悪化するが、通信容量を増加させる

50

制御を実行する。通信部 2 1 は、制御部 2 5 が光送信出力を変更した場合、取得要求を通信部 3 1 に送信する。光伝送装置 3 0 の通信部 3 1 は、取得要求を受信し、計測部 3 2 に取得要求を送信する。計測部 3 2 は、光通信路 P 2 における通信品質情報について計測し、所定数以上の計測値を取得する。計測部 3 2 は、取得した所定数以上の計測値を、通信部 3 1 を介して、光伝送装置 2 0 に送信する。

#### 【 0 1 0 1 】

取得部 2 2 は、所定数以上の計測値を取得する（ステップ S 2 8 ）。

通信部 2 1 は、取得要求を送信後、計測部 3 2 が取得した所定数以上の計測値を、光通信路 P 2 を介して通信部 3 1 から受信する。取得部 2 2 は、光通信路 P 2 における通信品質情報について計測された所定数以上の計測値を取得する。

10

#### 【 0 1 0 2 】

累積分布推定部 2 3 は、光送信出力が変更された後に取得された計測値の平均値を算出し、光送信出力が変更される前の平均値と、光送信出力が変更される前の基準品質値との差分をマージン値として算出する（ステップ S 2 9 ）。なお、マージン値は、分散類似パラメータが変更された場合でも変更されないため、累積分布推定部 2 3 は、ステップ S 2 9 を最初に行う場合のみ、マージン値を算出し、2 回目以降にステップ S 2 9 を実行する場合、マージン値を算出しなくてもよい。

#### 【 0 1 0 3 】

通信品質決定部 2 4 は、光送信出力が変更された後に取得された計測値の平均値から、マージン値を減算した値を、光送信出力が変更された後の基準品質値として決定する（ステップ S 3 0 ）。

20

#### 【 0 1 0 4 】

制御部 2 5 は、通信品質決定部 2 4 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値であるか否かを判定する（ステップ S 3 1 ）。

通信品質決定部 2 4 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値である場合（ステップ S 3 1 の Y E S ）、光伝送装置 2 0 は、ステップ S 2 7 以降の動作を実行する。

通信品質決定部 2 4 が決定した基準品質値が所要品質値よりも大きい値ではない場合（ステップ S 3 1 の N O ）、制御部 2 5 は、光送信出力を、例えば、1 m W 増加する制御を実行し、基準品質値が所要品質値を満たす光送信出力に変更する（ステップ S 3 2 ）。つまり、制御部 2 5 は、光送信出力を上げることで、通信容量は減少するが、基準品質値を回復する制御を実行する。そして、光伝送装置 2 0 は、処理を終了する。

30

#### 【 0 1 0 5 】

動作例 3（パラメータ調整要求受信時の動作例）

次に、図 9 を用いて、パラメータ調整要求受信時の光伝送装置 2 0 の動作例について説明する。図 9 は、実施の形態 2 にかかる光伝送装置の動作例を示すフローチャートである。具体的には、図 9 は、光伝送装置 2 0 が、パラメータ調整要求を受信し、パラメータ変更前の基準品質値を決定し、その後、2 つの分散類似パラメータを変更したときの動作例を示すフローチャートである。

#### 【 0 1 0 6 】

なお、図 9 の動作のうち、図 7 と共通する動作については、図 7 を参照しつつ、適宜説明を割愛する。図 9 の動作例が実行される前の状態は、基準品質値が所要品質値を満たす状態であることとする。また、第 1 分散類似パラメータは、光通信路 P 2 における通信チャネル数であり、第 2 分散類似パラメータは、光通信路 P 2 における光送信出力であることとして説明するが、一例であるためこれに限定されない。図 9 は、2 つのパラメータが変更される場合の動作例であるが、変更されるパラメータは、2 つに限られず、1 つでもよく、3 つ以上でもよい。

40

#### 【 0 1 0 7 】

まず、通信部 2 1 は、パラメータ調整要求を受信する（ステップ S 4 1 ）。

通信部 2 1 は、例えば、ネットワーク監視装置（不図示）からパラメータ調整要求を受信する。通信部 2 1 は、パラメータ調整要求を受信した場合、取得要求を通信部 3 1 に送

50

信する。光伝送装置 30 の通信部 31 は、取得要求を受信し、計測部 32 に取得要求を送信する。計測部 32 は、光通信路 P2 における通信品質情報について計測し、所定数以上の計測値を取得する。計測部 32 は、取得した所定数以上の計測値を、通信部 31 を介して、光伝送装置 20 に送信する。

【0108】

光伝送装置 20 は、品質状況確認動作を行う（ステップ S42）。

品質状況確認動作は、図 7 に示すフローチャートのうち、ステップ S12 ~ S17 の動作である。取得部 22 は、図 7 に示すステップ S12 を実行し、累積分布推定部 23 は、図 7 に示すステップ S13 ~ S16 を実行し、通信品質決定部 24 は、ステップ S17 を実行する。

10

【0109】

次に、制御部 25 は、第 1 分散類似パラメータである、光通信路 P2 における通信チャネル数を増加する（ステップ S43）。

制御部 25 は、光通信路 P2 における通信チャネル数を、1 つ増加する制御を実行する。つまり、制御部 25 は、通信チャネル数を増加することで、基準品質値は悪化するが、通信容量を増加させる制御を実行する。通信部 21 は、制御部 25 が通信チャネル数を変更した場合、取得要求を通信部 31 に送信する。光伝送装置 30 の通信部 31 は、取得要求を受信し、計測部 32 に取得要求を送信する。計測部 32 は、光通信路 P2 における通信品質情報について計測し、所定数以上の計測値を取得する。計測部 32 は、取得した所定数以上の計測値を、通信部 31 を介して、光伝送装置 20 に送信する。

20

【0110】

取得部 22 は、所定数以上の計測値を取得する（ステップ S44）。

通信部 21 は、取得要求を送信後、計測部 32 が取得した所定数以上の計測値を、光通信路 P2 を介して通信部 31 から受信する。取得部 22 は、光通信路 P2 における通信品質情報について計測された所定数以上の計測値を取得する。

【0111】

累積分布推定部 23 は、通信チャネル数が変更された後に取得された計測値の平均値を算出し、通信チャネル数が変更される前の平均値と、通信チャネル数が変更される前の基準品質値との差分をマージン値として算出する（ステップ S45）。なお、マージン値は、分散類似パラメータが変更された場合でも変更されないため、累積分布推定部 23 は、ステップ S45 を最初に実行する場合のみ、マージン値を算出し、2 回目以降にステップ S45 を実行する場合、マージン値を算出しない。

30

【0112】

通信品質決定部 24 は、通信チャネル数が変更された後に取得された計測値の平均値から、マージン値を減算した値を、通信チャネル数が変更された後の基準品質値として決定する（ステップ S46）。

【0113】

制御部 25 は、通信品質決定部 24 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値であるか否かを判定する（ステップ S47）。

通信品質決定部 24 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値である場合（ステップ S47 の YES）、光伝送装置 20 は、ステップ S43 以降の動作を実行する。

40

通信品質決定部 24 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値ではない場合（ステップ S47 の NO）、制御部 25 は、通信チャネル数を 1 つ減少する制御を実行し、基準品質値が所要品質値を満たす通信チャネル数に変更する（ステップ S32）。つまり、制御部 25 は、通信チャネル数を 1 つ減少することで、通信容量は減少するが、基準品質値を回復する制御を実行する。

【0114】

次に、制御部 25 は、第 2 分散類似パラメータである、光通信路 P2 における光送信出力を減少する（ステップ S49）。

制御部 25 は、光送信出力を、例えば、1 mW 減少する制御を実行する。つまり、制御

50

部 2 5 は、光送信出力を下げることで、基準品質値は悪化するが、通信容量を増加させる制御を実行する。通信部 2 1 は、制御部 2 5 が光送信出力を変更した場合、取得要求を通信部 3 1 に送信する。光伝送装置 3 0 の通信部 3 1 は、取得要求を受信し、計測部 3 2 に取得要求を送信する。計測部 3 2 は、光通信路 P 2 における通信品質情報について計測し、所定数以上の計測値を取得する。計測部 3 2 は、取得した所定数以上の計測値を、通信部 3 1 を介して、光伝送装置 2 0 に送信する。

【 0 1 1 5 】

取得部 2 2 は、所定数以上の計測値を取得する（ステップ S 5 0 ）。

通信部 2 1 は、取得要求を送信後、計測部 3 2 が取得した所定数以上の計測値を、光通信路 P 2 を介して通信部 3 1 から受信する。取得部 2 2 は、光通信路 P 2 における通信品質情報について計測された所定数以上の計測値を取得する。

10

【 0 1 1 6 】

累積分布推定部 2 3 は、光送信出力が変更された後に取得された計測値の平均値を算出する（ステップ S 5 1 ）。なお、累積分布推定部 2 3 は、ステップ S 4 5 を最初に実行したタイミングでマージン値を算出しているため、ステップ S 5 1 では、累積分布推定部 2 3 は、マージン値を算出しない。

【 0 1 1 7 】

通信品質決定部 2 4 は、光送信出力が変更された後に取得された計測値の平均値から、マージン値を減算した値を、光送信出力が変更された後の基準品質値として決定する（ステップ S 5 2 ）。

20

【 0 1 1 8 】

制御部 2 5 は、通信品質決定部 2 4 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値であるか否かを判定する（ステップ S 5 3 ）。

通信品質決定部 2 4 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値である場合（ステップ S 5 3 の Y E S ）、光伝送装置 2 0 は、ステップ S 4 9 以降の動作を実行する。

通信品質決定部 2 4 が決定した基準品質値が所要品質値よりも大きい値ではない場合（ステップ S 5 3 の N O ）、制御部 2 5 は、光送信出力を、例えば、1 mW 増加する制御を実行し、基準品質値が所要品質値を満たす光送信出力に変更する（ステップ S 5 4 ）。つまり、制御部 2 5 は、光送信出力を上げることで、通信容量は減少するが、基準品質値を回復する制御を実行する。そして、光伝送装置 2 0 は、処理を終了する。

30

【 0 1 1 9 】

以上のように、光伝送装置 2 0 は、実施の形態 1 と同様に、通信品質情報の計測値に基づいて、実際に計測された計測値の数よりも多くの計測値が取得された場合の基準品質値を決定できる。そのため、通信事業者は、光伝送装置 2 0 を用いることで、多数の計測値を取得することなく、多数の計測値が取得された場合の基準品質値を決定できる。換言すると、通信事業者は、光伝送装置 2 0 を用いることで、短い合計計測時間に取得された計測値に基づいて、実際に計測した合計計測時間よりも長い合計計測時間に取得されることが予測される計測値の基準品質値を決定できる。したがって、実施の形態 2 にかかる光伝送装置 2 0 によれば、通信事業者は、通信品質状況を容易に把握することができる。

【 0 1 2 0 】

40

また、制御部 2 5 は、通信品質情報の計測値に基づき決定した基準品質値を用いて、基準品質値が所要品質値を満たすように、光通信路 P 2 における、通信設定に関するパラメータを制御する。累積分布推定部 2 3 及び通信品質決定部 2 4 は、多数の計測値を取得することなく、多数の計測値が取得された場合の基準品質値を決定でき、制御部 2 5 は、決定された基準品質値を用いて、通信設定に関するパラメータが最適値となるように制御できる。すなわち、通信事業者は、光伝送装置 2 0 を用いることで、多数の計測値を取得することなく、最適なパラメータ値を決定できる。したがって、実施の形態 2 にかかる光伝送装置 2 0 によれば、通信事業者は、最適なパラメータ値を即時に決定できる。

【 0 1 2 1 】

さらに、制御部 2 5 が、分散類似パラメータを変更した場合、累積分布推定部 2 3 は、

50

当該パラメータが変更された後に取得された計測値の平均値と、マージン値とを算出する。そして、通信品質決定部 24 は、算出した平均値と、マージン値とに基づいて、分散類似パラメータ変更後の基準品質値を決定できる。換言すると、累積分布推定部 23 は、第 2 累積分布関数を、取得された計測値の平均値、及び第 1 累積分布関数における傾きに基づく直線で近似しなくても、分散類似パラメータ変更後の基準品質値を決定できる。したがって、実施の形態 2 にかかる光伝送装置 20 によれば、分散類似パラメータが変更された場合、通信品質状況を即時かつ容易に把握することができる。

#### 【0122】

##### (変形例)

分散類似パラメータが変更された場合、累積分布推定部 23 は、マージン値を算出せず  
に、パラメータ変更後に取得された計測値の平均値を示す第 1 平均値と、パラメータ変更  
前に取得された計測値の平均値を示す第 2 平均値と、の差分を算出してもよい。そして、  
通信品質決定部 24 は、分散類似パラメータが変更される前の基準品質値を示す第 1 基準  
品質値と、上記差分とに基づいて、分散類似パラメータが変更された後の基準品質値を決定  
してもよい。通信品質決定部 24 は、第 1 平均値が第 2 平均値よりも大きい場合、第 1  
基準品質値に、上記差分を加算した値を、分散類似パラメータが変更された後の基準品質  
値として決定してもよい。また、通信品質決定部 24 は、第 1 平均値が第 2 平均値よりも  
小さい場合、第 1 基準品質値から、上記差分を減算した値を、分散類似パラメータが変更  
された後の基準品質値として決定してもよい。このように、実施の形態 2 を変形しても、  
実施の形態 2 と同様の効果を得ることができる。

#### 【0123】

##### (実施の形態 3)

続いて、実施の形態 3 について説明する。実施の形態 3 は、実施の形態 2 における光伝  
送装置 20 が実施した処理をネットワーク監視装置が実施する実施の形態である。

#### 【0124】

##### <光通信システムの構成例>

図 10 を用いて、実施の形態 3 にかかる光通信システム 200 の構成例について説明す  
る。図 10 は、実施の形態 3 にかかる光通信システムの構成例を示す図である。光通信シ  
ステム 200 は、端末装置 10 と、ネットワーク監視装置 50 と、光伝送装置 60 及び 7  
0 と、を備える。

#### 【0125】

光通信システム 200 は、実施の形態 2 にかかる光通信システム 100 に、ネットワー  
ク監視装置 50 が追加された構成である。また、光通信システム 200 は、実施の形態 2  
にかかる光通信システム 100 における光伝送装置 20 及び 30 が、それぞれ光伝送装置  
60 及び 70 に置き換わった構成である。なお、端末装置 10 及び 40 の構成は、基本的  
に実施の形態 2 と同様であるため適宜説明を割愛する。

#### 【0126】

ネットワーク監視装置 50 は、光通信システム 200 のネットワーク全体を監視する装  
置である。ネットワーク監視装置 50 は、NMS (Network Management System) と  
称されてもよい。ネットワーク監視装置 50 は、ネットワーク N を介して、光伝送装置 6  
0 及び 70 と接続されており、光伝送装置 60 及び 70 と通信を行う。ネットワーク監視  
装置 50 は、光伝送装置 60 及び 70 を監視し、ネットワーク N を介して、光伝送装置 6  
0 及び 70 を制御する。

#### 【0127】

##### <ネットワーク監視装置の構成例>

次に、ネットワーク監視装置 50 の構成例について説明する。ネットワーク監視装置 5  
0 は、通信部 51 と、取得部 52 と、累積分布推定部 53 と、通信品質決定部 54 と、制  
御部 55 と、記憶部 56 とを備える。取得部 52、累積分布推定部 53、通信品質決定部  
54、制御部 55、及び記憶部 56 は、それぞれ、実施の形態 2 における、取得部 22、  
累積分布推定部 23、通信品質決定部 24、制御部 25 及び記憶部 56 と基本的に同様の

構成である。そのため、取得部 5 2、累積分布推定部 5 3、通信品質決定部 5 4、制御部 5 5 及び記憶部 5 6 の構成例について、実施の形態 2 と同様である説明については適宜割愛する。

【0128】

通信部 5 1 は、品質状況確認要求、及びパラメータ調整要求を受信する。通信部 5 1 は、例えば、キーボード、マウス、タッチパネル等の入力装置を備えるように構成され、光通信路 P 2 を保守管理する運用者が、入力装置を用いて入力した、品質状況確認要求、及びパラメータ調整要求を受信（入力）する。通信部 5 1 は、品質状況確認要求及びパラメータ調整要求を累積分布推定部 5 3 及び通信品質決定部 5 4 に送信する。また、通信部 5 1 は、パラメータ調整要求を、制御部 5 5 に送信する。

10

【0129】

通信部 5 1 は、品質状況確認要求を受信すると、取得要求を、ネットワーク N を介して光伝送装置 7 0 の通信部 7 1 に送信する。通信部 5 1 は、パラメータ調整要求を受信すると、取得要求を、ネットワーク N を介して通信部 7 1 に送信する。また、通信部 5 1 が、パラメータ調整要求を受信した場合、制御部 5 5 は、光通信路 P 2 における通信品質状況を踏まえて、パラメータを変更する。通信部 5 1 は、制御部 5 5 がパラメータを変更する毎に、取得要求を、ネットワーク N を介して通信部 7 1 に送信する。

【0130】

通信部 5 1 は、取得要求を送信後、計測部 3 2 が取得した所定数以上の計測値を、ネットワーク N を介して通信部 7 1 から受信する。通信部 5 1 は、受信した所定数以上の計測値を取得部 5 2 に出力する。

20

【0131】

取得部 5 2 は、光通信路 P 2 における通信品質情報について計測された所定数以上の計測値を、通信部 5 1 及び 7 1 を介して計測部 3 2 から取得する。

累積分布推定部 5 3 は、実施の形態 2 にかかる累積分布推定部 2 3 と同様の構成をしており、実施の形態 2 にかかる累積分布推定部 2 3 が行う処理を実行する。

通信品質決定部 5 4 は、実施の形態 2 にかかる通信品質決定部 2 4 と同様の構成をしており、実施の形態 2 にかかる通信品質決定部 2 4 が行う処理を実行する。

【0132】

制御部 5 5 は、実施の形態 2 にかかる制御部 2 5 と基本的に同様の構成をしている。制御部 5 5 は、パラメータ調整要求を受信した場合、光通信路 P 2 におけるパラメータであって、光通信路 P 2 における通信設定に関連するパラメータを、光伝送装置 6 0 の制御部 6 2 を介して変更する。制御部 5 5 は、変更するパラメータ名、及び変更後のパラメータ値を、通信部 5 1 及び 6 1 を介して制御部 6 2 に送信し、制御部 6 2 にパラメータの変更を実行させることでパラメータを変更する。制御部 5 5 は、パラメータが変更された後の基準品質値が所要品質値を満たすようにパラメータを変更する。

30

【0133】

記憶部 5 6 は、実施の形態 2 にかかる記憶部 2 6 と同様の構成をしており、実施の形態 2 にかかる記憶部 2 6 が行う処理を実行する。

【0134】

40

< 光伝送装置の構成例 >

次に、光伝送装置 6 0 の構成例について説明する。光伝送装置 6 0 は、通信部 6 1 と、制御部 6 2 とを備える。

【0135】

通信部 6 1 は、実施の形態 2 にかかる通信部 2 1 と基本的に同様の構成をしている。通信部 6 1 は、端末装置 1 0 と通信を行い、光伝送装置 7 0 と通信を行う。通信部 6 1 は、光通信路 P 2 を介して、光通信信号を光伝送装置 7 0 から受信し、光通信信号に含まれるビット列に基づいてデータユニットを復元する。通信部 6 1 は、データユニットから通信フレームを取り出して、通信路 P 1 を介して端末装置 1 0 に送信する。通信部 6 1 は、通信路 P 1 を介して、通信フレームを端末装置 1 0 から受信する。通信部 6 1 は、受信した

50

通信フレームをデータユニットに格納し、データユニットを光通信信号に変換する。通信部 6 1 は、光通信路 P 2 を介して、光通信信号を光伝送装置 7 0 に送信する。

【 0 1 3 6 】

通信部 6 1 は、制御部 5 5 が変更するパラメータ名、及び変更後のパラメータ値を、通信部 5 1 を介して制御部 5 5 から受信し、パラメータ名、及び変更後のパラメータ値を制御部 6 2 に送信する。

【 0 1 3 7 】

制御部 6 2 は、制御部 5 5 の制御に応じて、光通信路 P 2 におけるパラメータであって、通信設定に関連するパラメータを変更する。制御部 6 2 は、制御部 5 5 が変更するパラメータ名、及び変更後のパラメータ値を、通信部 6 1 を介して受信する。制御部 6 2 は、受信したパラメータ名を、変更後のパラメータ値に変更する。

10

【 0 1 3 8 】

光伝送装置 7 0 は、通信部 7 1 と、計測部 3 2 とを備える。なお、計測部 3 2 の構成は、実施の形態 2 と同様であるため、説明を割愛する。

通信部 7 1 は、実施の形態 2 にかかる通信部 3 1 と基本的に同様の構成をしている。通信部 7 1 は、端末装置 4 0 と通信を行い、光伝送装置 6 0 と通信を行う。通信部 7 1 は、光通信路 P 2 を介して、光通信信号を光伝送装置 6 0 から受信し、光通信信号に含まれるビット列に基づいてデータユニットを復元する。通信部 7 1 は、データユニットから通信フレームを取り出して、通信路 P 3 を介して端末装置 4 0 に送信する。通信部 7 1 は、通信路 P 3 を介して、通信フレームを端末装置 4 0 から受信する。通信部 7 1 は、受信した通信フレームをデータユニットに格納し、データユニットを光通信信号に変換する。通信部 7 1 は、光通信路 P 2 を介して、光通信信号を光伝送装置 6 0 に送信する。

20

【 0 1 3 9 】

通信部 7 1 は、取得要求を、ネットワーク N を介してネットワーク監視装置 5 0 から受信し、取得要求を受信したことを計測部 3 2 に通知（送信）する。通信部 7 1 は、計測部 3 2 が取得した複数の計測値を、ネットワーク N を介してネットワーク監視装置 5 0 に送信する。

【 0 1 4 0 】

< ネットワーク監視装置の動作例 >

次に、ネットワーク監視装置 5 0 の動作例について説明する。ネットワーク監視装置 5 0 は、実施の形態 2 にかかる光伝送装置 2 0 が実行する動作と同様の動作を実行する。そのため、図 7 ~ 図 9 を参照して、適宜説明を割愛しながら、ネットワーク監視装置 5 0 の動作例を説明する。

30

【 0 1 4 1 】

動作例 1（品質状況確認要求受信時の動作例）

次に、図 7 を参照して、品質状況確認要求が受信（入力）された場合のネットワーク監視装置 5 0 の動作例について説明する。

【 0 1 4 2 】

通信部 5 1 は、品質状況確認要求を受信する（ステップ S 1 1）。

通信部 5 1 は、光通信路 P 2 を保守管理する運用者が、入力装置を用いて入力した、品質状況確認要求を受信（入力）する。通信部 5 1 は、品質状況確認要求を受信した場合、取得要求を、ネットワーク N を介して通信部 7 1 に送信する。光伝送装置 7 0 の通信部 7 1 は、取得要求を受信し、計測部 3 2 に取得要求を送信する。計測部 3 2 は、光通信路 P 2 における通信品質情報について計測し、所定数以上の計測値を取得する。計測部 3 2 は、取得した所定数以上の計測値を、通信部 7 1 を介して、ネットワーク監視装置 5 0 に送信する。

40

【 0 1 4 3 】

取得部 5 2 は、所定数以上の計測値を取得する（ステップ S 1 2）。

累積分布推定部 5 3 は、取得された計測値の平均値を算出し（ステップ S 1 3）、第 1 累積分布関数を生成する（ステップ S 1 4）。

50

## 【 0 1 4 4 】

累積分布推定部 5 3 は、第 1 累積分布関数において、累積確率の変化が急峻な領域における傾きを算出し（ステップ S 1 5）、算出した平均値、及び算出した傾きに基づく直線を決定する（ステップ S 1 6）。

通信品質決定部 5 4 は、決定した直線を用いて、基準品質値を決定する（ステップ S 1 7）。

## 【 0 1 4 5 】

動作例 2（パラメータ調整要求受信時の動作例）

次に、図 8 を参照して、パラメータ調整要求を受信した場合のネットワーク監視装置 5 0 の動作例について説明する。図 8 を参照して、ネットワーク監視装置 5 0 が、パラメータ調整要求を受信し、パラメータ変更前の基準品質値を決定し、その後、分散非類似パラメータ及び分散類似パラメータを変更したときの動作例を示すフローチャートである。図 8 の動作のうち、図 7 と共通する動作については、図 7 を参照しつつ、適宜説明を割愛する。本実施の形態においても、図 8 の動作例が実行される前の状態は、基準品質値が所要品質値を満たす状態であり、分散非類似パラメータは変調方式であり、分散類似パラメータは光送信出力であることとして説明する。なお、本実施の形態においても、変更されるパラメータの数は 2 つに限られず、1 つでもよく、3 つ以上でもよい。

## 【 0 1 4 6 】

まず、通信部 5 1 は、パラメータ調整要求を受信する（ステップ S 2 1）。

通信部 5 1 は、光通信路 P 2 を保守管理する運用者が、入力装置を用いて入力した、パラメータ調整要求を受信（入力）する。通信部 5 1 は、パラメータ調整要求を受信した場合、取得要求を、ネットワーク N を介して通信部 7 1 に送信する。光伝送装置 7 0 の通信部 7 1 は、取得要求を受信し、計測部 3 2 に取得要求を送信する。計測部 3 2 は、光通信路 P 2 における通信品質情報について計測し、所定数以上の計測値を取得する。計測部 3 2 は、取得した所定数以上の計測値を、通信部 7 1 を介してネットワーク監視装置 5 0 に送信する。

## 【 0 1 4 7 】

ネットワーク監視装置 5 0 は、品質状況確認動作を行う（ステップ S 2 2）。

取得部 5 2 は、図 7 に示すステップ S 1 2 を実行し、累積分布推定部 5 3 は、図 7 に示すステップ S 1 3 ~ S 1 6 を実行し、通信品質決定部 5 4 は、ステップ S 1 7 を実行する。

## 【 0 1 4 8 】

次に、制御部 5 5 は、分散非類似パラメータである、光通信路 P 2 における変調方式の次数を増加する（ステップ S 2 3）。

制御部 5 5 は、変調方式を変更する前の変調方式が Q P S K である場合、変調方式を 8 Q A M に変更する。制御部 2 5 は、変調方式を変更する前の変調方式が 8 Q A M である場合、変調方式を 1 6 Q A M に変更する。制御部 2 5 は、変調方式を変更する前の変調方式が 1 6 Q A M である場合、変調方式を 3 2 Q A M に変更する。制御部 5 5 は、変更するパラメータ名が変調方式であること、及び変更後のパラメータ値である変更後の変調方式を、通信部 5 1 及び 6 1 を介して制御部 6 2 に送信し、制御部 6 2 に変調方式の変更を実行させることで変調方式を変更する。制御部 6 2 は、変更するパラメータ名が変調方式であること、及び変更後のパラメータ値である変更後の変調方式を受信し、変調方式を、変更後の変調方式に変更する。なお、変調方式を変更する前の変調方式が 3 2 Q A M である場合、ネットワーク監視装置 5 0 は、ステップ S 2 4 及び S 2 5 をスキップし、ステップ S 2 6 を実行してもよい。

## 【 0 1 4 9 】

ネットワーク監視装置 5 0 は、品質状況確認動作を行う（ステップ S 2 4）。

取得部 5 2 は、図 7 に示すステップ S 1 2 を実行し、累積分布推定部 5 3 は、図 7 に示すステップ S 1 3 ~ S 1 6 を実行し、通信品質決定部 5 4 は、ステップ S 1 7 を実行する。

## 【 0 1 5 0 】

制御部 5 5 は、通信品質決定部 5 4 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい

10

20

30

40

50

値であるか否かを判定する（ステップ S 2 5）。

通信品質決定部 5 4 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値である場合（ステップ S 2 5 の Y E S）、ネットワーク監視装置 5 0 は、ステップ S 2 3 以降の動作を実行する。

通信品質決定部 5 4 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値ではない場合（ステップ S 2 5 の N O）、制御部 5 5 は、変調方式の次数を 1 つ減少し、基準品質値が所要品質値を満たす変調方式に変更する（ステップ S 2 6）。制御部 5 5 は、変更するパラメータ名が変調方式であること、及び変更後のパラメータ値である変更後の変調方式を、通信部 5 1 及び 6 1 を介して制御部 6 2 に送信し、制御部 6 2 に変調方式の変更を実行させることで変調方式を変更する。制御部 6 2 は、変更するパラメータ名が変調方式であること、及び変更後のパラメータ値である変更後の変調方式を受信し、変調方式を、変更後の変調方式に変更する。

10

#### 【 0 1 5 1 】

次に、制御部 5 5 は、分散類似パラメータである、光通信路 P 2 における光送信出力を減少する（ステップ S 2 7）。

制御部 5 5 は、光送信出力を、例えば、1 mW 減少する制御を実行する。制御部 5 5 は、変更するパラメータ名が光送信出力であること、及び変更後のパラメータ値である変更後の光送信出力の値を、通信部 5 1 及び 6 1 を介して制御部 6 2 に送信し、制御部 6 2 に光送信出力の変更を実行させることで光送信出力を変更する。制御部 6 2 は、変更するパラメータ名が光送信出力であること、及び変更後の光送信出力の値を受信し、光送信出力の値を、変更後の光送信出力の値に変更する。通信部 5 1 は、制御部 5 5 が光送信出力を変更した場合、取得要求を通信部 7 1 に送信する。通信部 7 1 は、取得要求を受信し、計測部 3 2 に取得要求を送信する。計測部 3 2 は、光通信路 P 2 における通信品質情報について計測し、所定数以上の計測値を取得する。計測部 3 2 は、取得した所定数以上の計測値を、通信部 7 1 を介して、ネットワーク監視装置 5 0 に送信する。

20

#### 【 0 1 5 2 】

取得部 5 2 は、所定数以上の計測値を取得する（ステップ S 2 8）。

累積分布推定部 5 3 は、光送信出力が変更された後に取得された計測値の平均値を算出し、光送信出力が変更される前の平均値と、光送信出力が変更される前の基準品質値との差分をマージン値として算出する（ステップ S 2 9）。なお、累積分布推定部 5 3 は、ステップ S 2 9 を最初に実行する場合のみ、マージン値を算出し、2 回目以降にステップ S 2 9 を実行する場合、マージン値を算出しなくてもよい。

30

#### 【 0 1 5 3 】

通信品質決定部 5 4 は、光送信出力が変更された後に取得された計測値の平均値から、マージン値を減算した値を、光送信出力が変更された後の基準品質値として決定する（ステップ S 3 0）。

#### 【 0 1 5 4 】

制御部 5 5 は、通信品質決定部 5 4 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値であるか否かを判定する（ステップ S 3 1）。

通信品質決定部 5 4 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値である場合（ステップ S 3 1 の Y E S）、ネットワーク監視装置 5 0 は、ステップ S 2 7 以降の動作を実行する。

40

通信品質決定部 5 4 が決定した基準品質値が所要品質値よりも大きい値ではない場合（ステップ S 3 1 の N O）、制御部 5 5 は、光送信出力を、例えば、1 mW 増加する制御を実行し、基準品質値が所要品質値を満たす光送信出力に変更する（ステップ S 3 2）。制御部 5 5 は、変更するパラメータ名が光送信出力であること、及び変更後の光送信出力の値を、通信部 5 1 及び 6 1 を介して制御部 6 2 に送信し、制御部 6 2 に光送信出力の変更を実行させることで光送信出力を変更する。制御部 6 2 は、変更するパラメータ名が光送信出力であること、及び変更後の光送信出力の値を受信し、光送信出力の値を、変更後の光送信出力の値に変更する。そして、ネットワーク監視装置 5 0 は、処理を終了する。

50

## 【 0 1 5 5 】

動作例 3 ( パラメータ調整要求受信時の動作例 )

次に、図 9 を参照して、パラメータ調整要求を受信した場合のネットワーク監視装置 5 0 の動作例について説明する。図 9 を参照して、ネットワーク監視装置 5 0 が、パラメータ調整要求を受信し、パラメータ変更前の基準品質値を決定し、その後、2 つの分散類似パラメータを変更したときの動作例を示すフローチャートである。図 9 の動作のうち、図 7 と共通する動作については、図 7 を参照しつつ、適宜説明を割愛する。図 9 の動作例が実行される前の状態は、基準品質値が所要品質値を満たす状態であることとする。また、第 1 分散類似パラメータは、光通信路 P 2 における通信チャネル数であり、第 2 分散類似パラメータは、光通信路 P 2 における光送信出力であることとして説明する。図 9 は、2 つのパラメータが変更される場合の動作例であるが、変更されるパラメータは、2 つに限られず、1 つでもよく、3 つ以上でもよい。

10

## 【 0 1 5 6 】

まず、通信部 5 1 は、パラメータ調整要求を受信する ( ステップ S 4 1 ) 。

通信部 5 1 は、光通信路 P 2 を保守管理する運用者が、入力装置を用いて入力した、パラメータ調整要求を受信 ( 入力 ) する。通信部 5 1 は、パラメータ調整要求を受信した場合、取得要求を、ネットワーク N を介して通信部 7 1 に送信する。光伝送装置 7 0 の通信部 7 1 は、取得要求を受信し、計測部 3 2 に取得要求を送信する。計測部 3 2 は、光通信路 P 2 における通信品質情報について計測し、所定数以上の計測値を取得する。計測部 3 2 は、取得した所定数以上の計測値を、通信部 7 1 を介してネットワーク監視装置 5 0 に送信する。

20

## 【 0 1 5 7 】

ネットワーク監視装置 5 0 は、品質状況確認動作を行う ( ステップ S 4 2 ) 。

取得部 5 2 は、図 7 に示すステップ S 1 2 を実行し、累積分布推定部 5 3 は、図 7 に示すステップ S 1 3 ~ S 1 6 を実行し、通信品質決定部 5 4 は、ステップ S 1 7 を実行する。

## 【 0 1 5 8 】

次に、制御部 5 5 は、第 1 分散類似パラメータである、光通信路 P 2 における通信チャネル数を増加する ( ステップ S 4 3 ) 。

制御部 5 5 は、光通信路 P 2 における通信チャネル数を、1 つ増加する制御を実行する。制御部 5 5 は、変更するパラメータ名が通信チャネル数であること、及び変更後のパラメータ値である変更後の通信チャネル数を、通信部 5 1 及び 6 1 を介して制御部 6 2 に送信し、制御部 6 2 に通信チャネル数の変更を実行させることで通信チャネル数を変更する。制御部 6 2 は、変更するパラメータ名が通信チャネル数であること、及び変更後の通信チャネル数を受信し、通信チャネル数を、変更後の通信チャネル数に変更する。通信部 5 1 は、制御部 5 5 が通信チャネル数を変更した場合、取得要求を、ネットワーク N を介して通信部 7 1 に送信する。光伝送装置 7 0 の通信部 7 1 は、取得要求を受信し、計測部 3 2 に取得要求を送信する。計測部 3 2 は、光通信路 P 2 における通信品質情報について計測し、所定数以上の計測値を取得する。計測部 3 2 は、取得した所定数以上の計測値を、通信部 7 1 を介して、ネットワーク監視装置 5 0 に送信する。

30

## 【 0 1 5 9 】

取得部 5 2 は、所定数以上の計測値を取得する ( ステップ S 4 4 ) 。

累積分布推定部 5 3 は、通信チャネル数が増えられた後に取得された計測値の平均値を算出し、通信チャネル数が増えられた前の平均値と、通信チャネル数が増えられた前の基準品質値との差分をマージン値として算出する ( ステップ S 4 5 ) 。なお、累積分布推定部 5 3 は、ステップ S 4 5 を最初に実行する場合のみ、マージン値を算出し、2 回目以降にステップ S 4 5 を実行する場合は、マージン値を算出しなくてもよい。

40

## 【 0 1 6 0 】

通信品質決定部 5 4 は、通信チャネル数が増えられた後に取得された計測値の平均値から、マージン値を減算した値を、通信チャネル数が増えられた後の基準品質値として決定する ( ステップ S 4 6 ) 。

50

## 【 0 1 6 1 】

制御部 5 5 は、通信品質決定部 5 4 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値であるか否かを判定する（ステップ S 4 7）。

通信品質決定部 5 4 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値である場合（ステップ S 4 7 の Y E S）、ネットワーク監視装置 5 0 は、ステップ S 4 3 以降の動作を実行する。

通信品質決定部 5 4 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値ではない場合（ステップ S 4 7 の N O）、制御部 5 5 は、通信チャネル数を 1 つ減少する制御を実行し、基準品質値が所要品質値を満たす通信チャネル数に変更する（ステップ S 3 2）。

制御部 5 5 は、変更するパラメータ名が通信チャネル数であること、及び変更後の通信チャネル数を、通信部 5 1 及び 6 1 を介して制御部 6 2 に送信し、制御部 6 2 に通信チャネル数の変更を実行させることで通信チャネル数を変更する。制御部 6 2 は、変更するパラメータ名が通信チャネル数であること、及び変更後の通信チャネル数を受信し、通信チャネル数を、変更後の通信チャネル数に変更する。

10

## 【 0 1 6 2 】

制御部 5 5 は、第 2 分散類似パラメータである、光通信路 P 2 における光送信出力を減少する（ステップ S 4 9）。

制御部 2 5 は、光送信出力を、例えば、1 mW 減少する制御を実行する。制御部 5 5 は、変更するパラメータ名が通信チャネル数であること、及び変更後のパラメータ値である変更後の通信チャネル数を、通信部 5 1 及び 6 1 を介して制御部 6 2 に送信し、制御部 6 2 に通信チャネル数の変更を実行させることで通信チャネル数を変更する。制御部 6 2 は、変更するパラメータ名が通信チャネル数であること、及び変更後の通信チャネル数を受信し、通信チャネル数を、変更後の通信チャネル数に変更する。通信部 5 1 は、制御部 5 5 が光送信出力を変更した場合、取得要求を、ネットワーク N を介して通信部 7 1 に送信する。通信部 7 1 は、取得要求を受信し、計測部 3 2 に取得要求を送信する。計測部 3 2 は、光通信路 P 2 における通信品質情報について計測し、所定数以上の計測値を取得する。計測部 3 2 は、取得した所定数以上の計測値を、通信部 7 1 を介して、ネットワーク監視装置 5 0 に送信する。

20

## 【 0 1 6 3 】

取得部 5 2 は、所定数以上の計測値を取得する（ステップ S 5 0）。

30

累積分布推定部 5 3 は、光送信出力が変更された後に取得された計測値の平均値を算出する（ステップ S 5 1）。

通信品質決定部 5 4 は、光送信出力が変更された後に取得された計測値の平均値から、マージン値を減算した値を、光送信出力が変更された後の基準品質値として決定する（ステップ S 5 2）。

## 【 0 1 6 4 】

制御部 5 5 は、通信品質決定部 5 4 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値であるか否かを判定する（ステップ S 5 3）。

通信品質決定部 5 4 が決定した基準品質値が、所要品質値よりも大きい値である場合（ステップ S 5 3 の Y E S）、ネットワーク監視装置 5 0 は、ステップ S 4 9 以降の動作を実行する。

40

通信品質決定部 5 4 が決定した基準品質値が所要品質値よりも大きい値ではない場合（ステップ S 5 3 の N O）、制御部 5 5 は、光送信出力を、例えば、1 mW 増加する制御を実行し、基準品質値が所要品質値を満たす光送信出力に変更する（ステップ S 5 4）。制御部 5 5 は、変更するパラメータ名が光送信出力であること、及び変更後の光送信出力の値を、通信部 5 1 及び 6 1 を介して制御部 6 2 に送信し、制御部 6 2 に光送信出力の変更を実行させることで光送信出力を変更する。制御部 6 2 は、変更するパラメータ名が光送信出力であること、及び変更後の光送信出力の値を受信し、光送信出力の値を、変更後の光送信出力の値に変更する。そして、ネットワーク監視装置 5 0 は、処理を終了する。

## 【 0 1 6 5 】

50

以上のように、ネットワーク監視装置 50 が、実施の形態 2 にかかる光伝送装置 20 が備える構成を備え、実施の形態 2 にかかる光伝送装置 20 が実行する動作を実行しても、実施の形態 2 と同様の効果を得ることができる。

【0166】

(他の実施の形態)

図 11 は、上述した実施の形態において説明した通信装置 1、光伝送装置 20、30、60、70、及びネットワーク監視装置 50 (以下、通信装置 1 等と称する) のハードウェア構成例を示すブロック図である。図 11 を参照すると、通信装置 1 等は、ネットワーク・インターフェース 1201、プロセッサ 1202、及びメモリ 1203 を含む。ネットワーク・インターフェース 1201 は、光伝送装置、端末装置、ネットワーク監視装置等、光通信システムに含まれる他の通信装置と通信するために使用される。

10

【0167】

プロセッサ 1202 は、メモリ 1203 からソフトウェア (コンピュータプログラム) を読み出して実行することで、上述の実施形態においてフローチャートを用いて説明された通信装置 1 等の処理を行う。プロセッサ 1202 は、例えば、マイクロプロセッサ、MPU (Micro Processing Unit)、又は CPU (Central Processing Unit) であってもよい。プロセッサ 1202 は、複数のプロセッサを含んでもよい。

【0168】

メモリ 1203 は、揮発性メモリ及び不揮発性メモリの組み合わせによって構成される。メモリ 1203 は、プロセッサ 1202 から離れて配置されたストレージを含んでもよい。この場合、プロセッサ 1202 は、図示されていない I/O (Input / Output) インタフェースを介してメモリ 1203 にアクセスしてもよい。

20

【0169】

図 11 の例では、メモリ 1203 は、ソフトウェアモジュール群を格納するために使用される。プロセッサ 1202 は、これらのソフトウェアモジュール群をメモリ 1203 から読み出して実行することで、上述の実施形態において説明された通信装置 1 等の処理を行うことができる。

【0170】

図 11 を用いて説明したように、通信装置 1 等が有するプロセッサの各々は、図面を用いて説明されたアルゴリズムをコンピュータに行わせるための命令群を含む 1 または複数のプログラムを実行する。

30

【0171】

上述の例において、プログラムは、様々なタイプの非一時的なコンピュータ可読媒体 (non-transitory computer readable medium) を用いて格納され、コンピュータに供給することができる。非一時的なコンピュータ可読媒体は、様々なタイプの実体のある記録媒体 (tangible storage medium) を含む。非一時的なコンピュータ可読媒体の例は、磁気記録媒体 (例えばフレキシブルディスク、磁気テープ、ハードディスクドライブ)、光磁気記録媒体 (例えば光磁気ディスク) を含む。さらに、非一時的なコンピュータ可読媒体の例は、CD-ROM (Read Only Memory)、CD-R、CD-R/W を含む。さらに、非一時的なコンピュータ可読媒体の例は、半導体メモリを含む。半導体メモリは、例えば、マスク ROM、PROM (Programmable ROM)、EPROM (Erasable PROM)、フラッシュ ROM、RAM (Random Access Memory) を含む。また、プログラムは、様々なタイプの一時的なコンピュータ可読媒体 (transitory computer readable medium) によってコンピュータに供給されてもよい。一時的なコンピュータ可読媒体の例は、電気信号、光通信信号、及び電磁波を含む。一時的なコンピュータ可読媒体は、電線及び光ファイバ等の有線通信路、又は無線通信路を介して、プログラムをコンピュータに供給できる。

40

【0172】

なお、本開示は上記実施の形態に限られたものではなく、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更することが可能である。また、本開示は、それぞれの実施の形態を適宜組み合わせて

50

実施されてもよい。

【 0 1 7 3 】

また、上記の実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下には限られない。

( 付記 1 )

光通信路における通信品質情報について計測された所定数以上の計測値を取得する取得手段と、

前記取得された計測値の平均値を算出し、前記取得された計測値に基づく前記通信品質情報の第 1 累積分布関数を生成し、前記平均値と、前記第 1 累積分布関数とに基づいて、前記取得された計測値の数よりも多くの計測値が取得された場合の当該計測値に基づく、前記通信品質情報の第 2 累積分布関数を推定する推定手段と、

10

前記第 2 累積分布関数において、累積確率が所定値となる前記通信品質情報の値を基準品質値として決定する決定手段と、を備える通信装置。

( 付記 2 )

前記推定手段は、前記第 1 累積分布関数において、累積確率の変化が急峻な領域における傾きを算出し、累積確率の変化が急峻な領域における前記第 2 累積分布関数を、前記平均値及び前記傾きに基づく直線に近似し、

前記決定手段は、前記直線を用いて、前記基準品質値を決定する、付記 1 に記載の通信装置。

( 付記 3 )

20

前記推定手段は、前記光通信路におけるパラメータであって、前記通信品質情報の値の分散が、前記パラメータの値に依存する第 1 パラメータが変更された場合、前記第 1 パラメータが変更された後の前記傾きを算出し、前記第 1 パラメータが変更された後の前記平均値を算出し、

前記決定手段は、前記第 1 パラメータが変更された後の前記平均値と、前記第 1 パラメータが変更された後の前記傾きと、に基づいて、前記第 1 パラメータが変更された後の前記基準品質値を決定する、付記 2 に記載の通信装置。

( 付記 4 )

前記第 1 パラメータは、前記光通信路において使用される変調方式、及び前記光通信路の通信チャネルのガードバンドのうち、少なくとも 1 つを含む、付記 3 に記載の通信装置。

30

( 付記 5 )

前記推定手段は、前記光通信路におけるパラメータであって、前記通信品質情報の値の分散が、前記パラメータの値に依存しない第 2 パラメータが変更された場合、前記第 2 パラメータが変更される前の前記平均値と、前記第 2 パラメータが変更される前の前記基準品質値を示す第 1 基準品質値との差分をマージン値として算出し、前記第 2 パラメータが変更された後の前記平均値を示す第 1 平均値を算出し、

前記決定手段は、前記第 1 平均値と、前記マージン値とに基づいて、前記第 2 パラメータが変更された後の前記基準品質値を決定する、付記 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の通信装置。

( 付記 6 )

40

前記決定手段は、前記第 1 平均値から前記マージン値を減算した値を、前記第 2 パラメータが変更された後の前記基準品質値として決定する、付記 5 に記載の通信装置。

( 付記 7 )

前記推定手段は、前記光通信路におけるパラメータであって、前記通信品質情報の値の分散が、前記パラメータの値に依存しない第 2 パラメータが変更された場合、前記第 2 パラメータが変更された後の前記平均値を示す第 1 平均値と、前記第 2 パラメータが変更される前の前記平均値を示す第 2 平均値との差分を算出し、

前記決定手段は、前記第 2 パラメータが変更される前の前記基準品質値を示す第 1 基準品質値と、前記差分とに基づいて、前記第 2 パラメータが変更された後の前記基準品質値を決定する、付記 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の通信装置。

50

## ( 付記 8 )

前記決定手段は、

前記第 1 平均値が前記第 2 平均値よりも大きい場合、前記第 1 基準品質値に、前記差分を加算した値を、前記第 2 パラメータが変更された後の前記基準品質値として決定し、

前記第 1 平均値が前記第 2 平均値よりも小さい場合、前記第 1 基準品質値から、前記差分を減算した値を、前記第 2 パラメータが変更された後の前記基準品質値として決定する、付記 7 に記載の通信装置。

## ( 付記 9 )

前記第 2 パラメータは、前記光通信路における、光送信出力、及び通信チャネル数のうち、少なくとも 1 つを含む、付記 5 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の通信装置。

10

## ( 付記 10 )

前記パラメータが変更された後の前記基準品質値が所要品質値を満たすように、前記パラメータを変更する制御手段をさらに備える、付記 3 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の通信装置。

## ( 付記 11 )

光通信路における通信品質情報について計測された所定数以上の計測値を取得し、

前記取得された計測値の平均値を算出し、前記取得された計測値に基づく、前記通信品質情報の第 1 累積分布関数を生成し、前記平均値と、前記第 1 累積分布関数とに基づいて、前記取得された計測値の数よりも多くの計測値が取得された場合の当該計測値に基づく、前記通信品質情報の第 2 累積分布関数を推定し、

20

前記第 2 累積分布関数において、累積確率が所定値となる前記通信品質情報の値を基準品質値として決定する、通信制御方法。

## ( 付記 12 )

光通信路における通信品質情報について計測された所定数以上の計測値を取得し、

前記取得された計測値の平均値を算出し、前記取得された計測値に基づく、前記通信品質情報の第 1 累積分布関数を生成し、前記平均値と、前記第 1 累積分布関数とに基づいて、前記取得された計測値の数よりも多くの計測値が取得された場合の当該計測値に基づく、前記通信品質情報の第 2 累積分布関数を推定し、

前記第 2 累積分布関数において、累積確率が所定値となる前記通信品質情報の値を基準品質値として決定する、処理をコンピュータに実行させるプログラムが格納された非一時的なコンピュータ可読媒体。

30

## ( 付記 13 )

第 1 通信装置と、前記第 1 通信装置と光通信路を介して接続する第 2 通信装置とを含み、前記第 1 通信装置は、

前記光通信路における通信品質情報を所定回数以上計測することにより、所定数以上の計測値を取得し、

前記第 2 通信装置は、

前記取得された計測値の平均値を算出し、前記取得された計測値に基づく、前記通信品質情報の第 1 累積分布関数を生成し、前記平均値と、前記第 1 累積分布関数とに基づいて、前記取得された計測値の数よりも多くの計測値が取得された場合の当該計測値に基づく、前記通信品質情報の第 2 累積分布関数を推定し、

40

前記第 2 累積分布関数において、累積確率が所定値となる前記通信品質情報の値を基準品質値として決定する、光通信システム。

## ( 付記 14 )

前記第 2 通信装置は、

前記第 1 累積分布関数において、累積確率の変化が急峻な領域における傾きを算出し、累積確率の変化が急峻な領域における前記第 2 累積分布関数を、前記平均値及び前記傾きに基づく直線に近似し、

前記直線を用いて、前記基準品質値を決定する、付記 13 に記載の光通信システム。

【符号の説明】

50

- 【 0 1 7 4 】
- 1 通信装置
  - 2、2 2、5 2 取得部
  - 3 推定部
  - 4 決定部
  - 1 0、4 0 端末装置
  - 2 0、3 0、6 0、7 0 光伝送装置
  - 2 1、3 1、5 1、6 1、7 1 通信部
  - 2 3、5 3 累積分布推定部
  - 2 4、5 4 通信品質決定部
  - 2 5、5 5 制御部
  - 2 6、5 6 記憶部
  - 3 2 計測部
  - 5 0 ネットワーク監視装置
  - 1 0 0、2 0 0 光通信システム
  - P 1、P 3 通信路
  - P 2 光通信路

10

【 図 面 】  
【 図 1 】

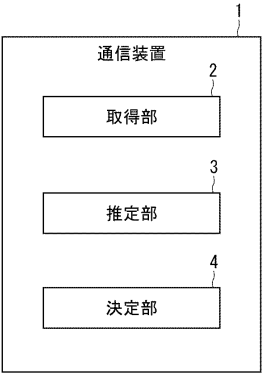


Fig. 1

【 図 2 】

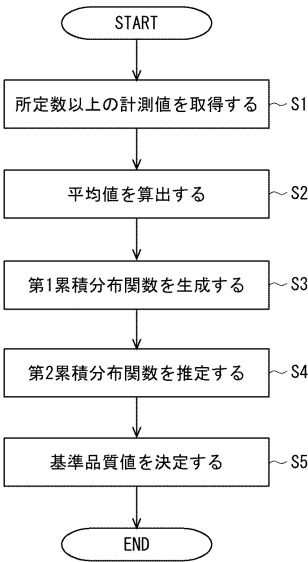


Fig. 2

20

30

40

50

【図 3】

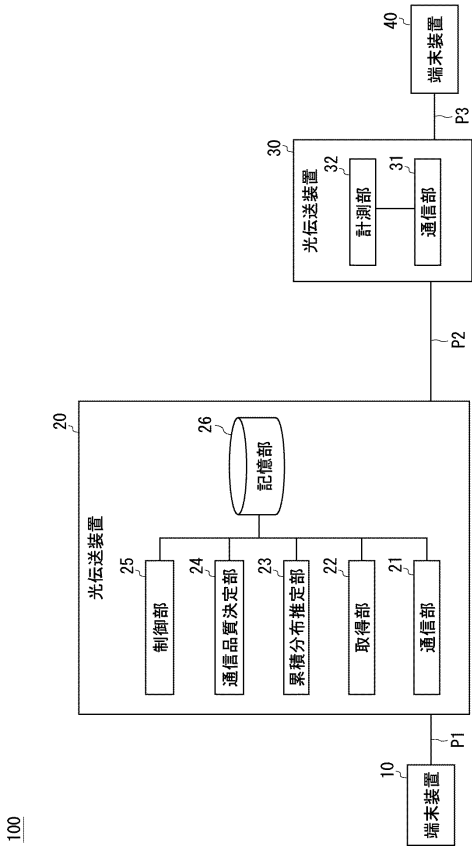


Fig. 3

【図 4】

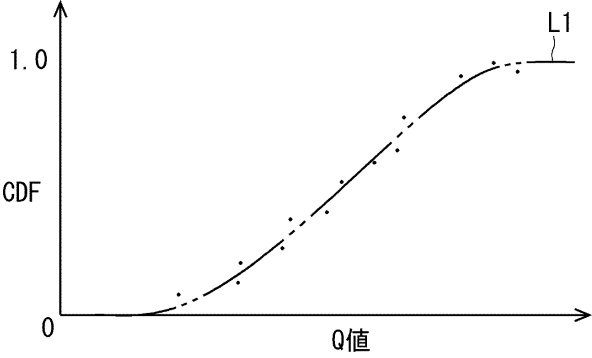


Fig. 4

【図 5】

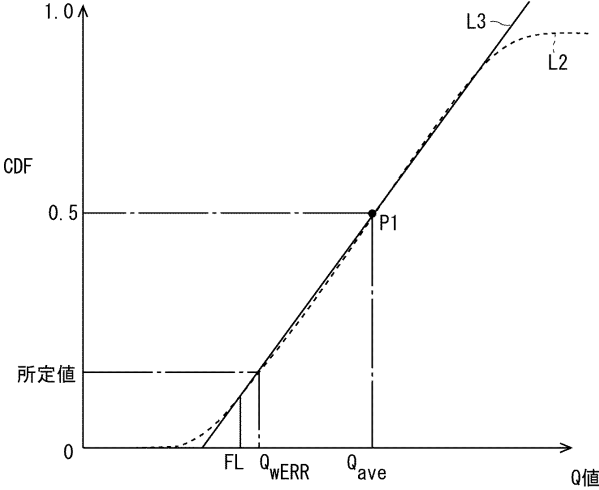


Fig. 5

【図 6】

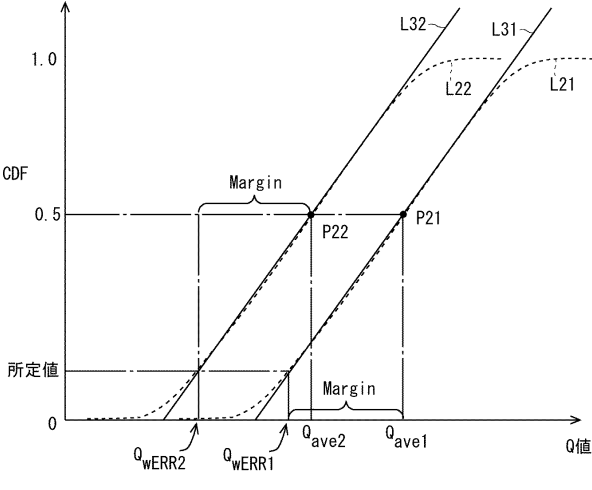


Fig. 6

10

20

30

40

50

【図 7】

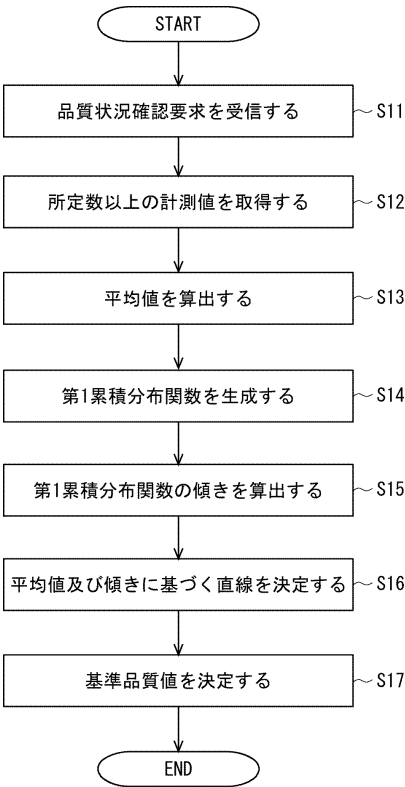


Fig. 7

【図 8】

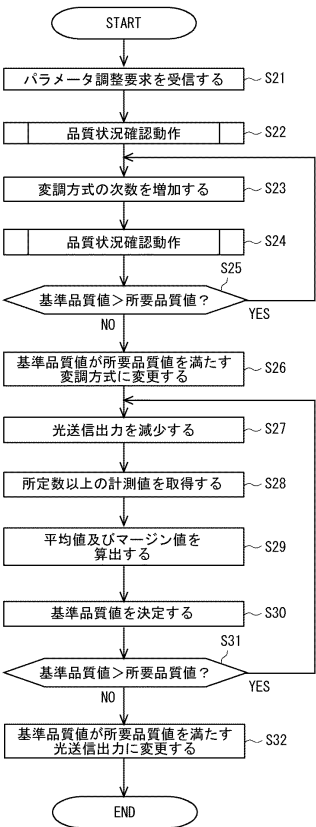


Fig. 8

【図 9】

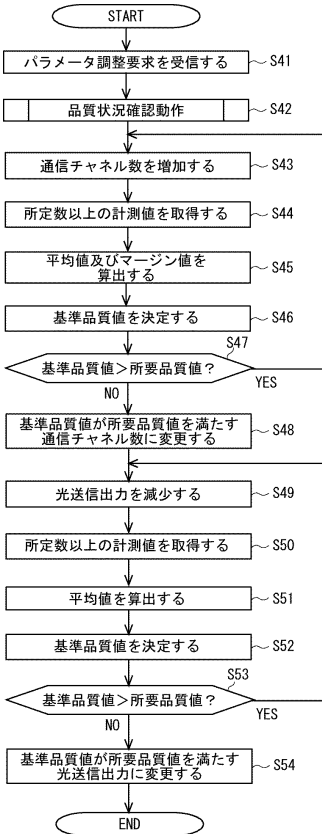


Fig. 9

【図 10】

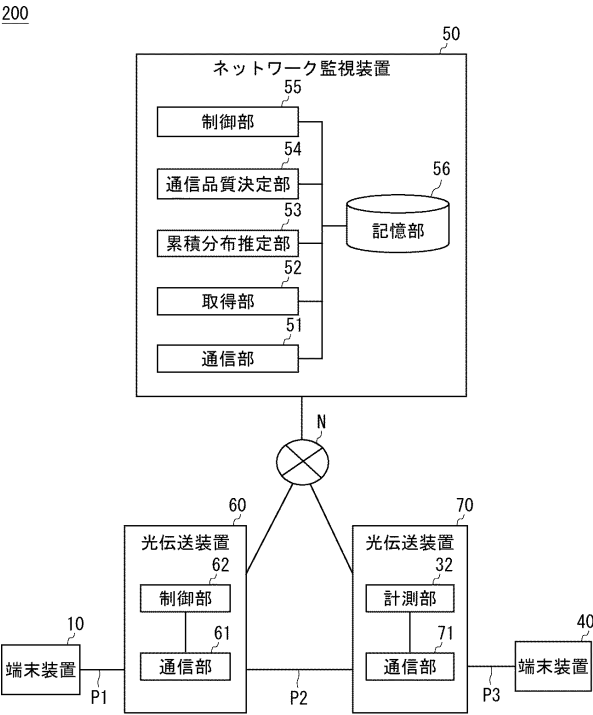


Fig. 10

【 図 1 1 】

1, 20, 30, 50, 60, 70

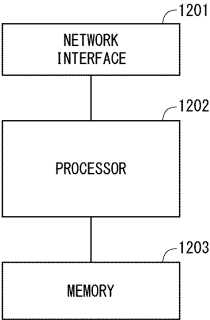


Fig. 11

10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献      特開 2 0 1 7 - 2 2 7 4 5 2 ( J P , A )  
                    特開 2 0 0 7 - 3 1 8 7 5 0 ( J P , A )  
                    特開 2 0 0 5 - 1 1 0 2 1 1 ( J P , A )  
                    特開 2 0 1 8 - 0 1 1 2 1 8 ( J P , A )  
                    米国特許出願公開第 2 0 1 2 / 0 2 2 6 7 2 7 ( U S , A 1 )
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
                    H 0 4 B    1 0 / 0 7 3