

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6638535号
(P6638535)

(45) 発行日 令和2年1月29日(2020.1.29)

(24) 登録日 令和2年1月7日(2020.1.7)

(51) Int.Cl. F I
HO4B 10/079 (2013.01) HO4B 10/079 150
HO4L 1/00 (2006.01) HO4L 1/00 C

請求項の数 7 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2016-83995 (P2016-83995)	(73) 特許権者	000005223 富士通株式会社
(22) 出願日	平成28年4月19日 (2016.4.19)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(65) 公開番号	特開2017-195479 (P2017-195479A)	(74) 代理人	110002147 特許業務法人酒井国際特許事務所
(43) 公開日	平成29年10月26日 (2017.10.26)	(72) 発明者	山内 智裕 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
審査請求日	平成31年1月15日 (2019.1.15)	(72) 発明者	小田 祥一朗 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		審査官	佐藤 敬介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ネットワーク制御装置及び伝送品質マージン算出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

波長信号を送信する送信端のノード内の折り返しの送信端のOSNR-BER特性から許容限界BER対応の第1のOSNRを算出する第1の演算部と、

前記波長信号を受信する受信端のノードの受信BERを取得し、前記送信端のOSNR-BER特性から前記受信BER対応の第2のOSNRを算出する第2の演算部と、

前記第1のOSNRから前記許容限界BER対応の第1の雑音強度を算出する第3の演算部と、

前記第2のOSNRから前記受信BER対応の第2の雑音強度を算出する第4の演算部と、

前記第1の雑音強度及び前記第2の雑音強度に基づき、雑音強度マージンを算出する算出部と

を有することを特徴とするネットワーク制御装置。

【請求項2】

前記受信端のノードから前記受信BERに対応する受信側の第3のOSNRを取得し、前記第3のOSNRから受信側の第3の雑音強度を算出する第5の演算部と、

前記第3の雑音強度、前記第2の雑音強度及び前記第1の雑音強度に基づき、前記許容限界BER対応の受信側の第4の雑音強度を算出する雑音強度算出部と、

前記第4の雑音強度から前記許容限界BER対応の受信側の第4のOSNRを算出する第6の演算部と、

前記第3のOSNR及び前記第4のOSNRに基づき、OSNRマージンを算出するマージン算出部と

を有することを特徴とする請求項1に記載のネットワーク制御装置。

【請求項3】

前記雑音強度算出部は、

前記第3の雑音強度及び前記第2の雑音強度に基づき非線形雑音強度を算出する第1の算出部と、

前記第1の雑音強度及び前記非線形雑音強度に基づき、前記許容限界BER対応の受信側の第4の雑音強度を算出する第2の算出部と

を有することを特徴とする請求項2に記載のネットワーク制御装置。

10

【請求項4】

前記波長信号の変更前の空き周波数帯域量及び変更後の空き周波数帯域量に対応付けて補正値を記憶する補正テーブルと、

前記変更前の空き周波数帯域量及び前記変更後の空き周波数帯域量に応じて前記補正値を取得し、取得した前記補正値に基づき、前記OSNRマージンを補正する制御部と

を有することを特徴とする請求項2又は3に記載のネットワーク制御装置。

【請求項5】

前記波長信号の変更前の入力パワー量及び変更後の当該波長信号の入力パワー量に対応付けて補正値を記憶する補正テーブルと、

前記変更前の入力パワー量及び前記変更後の入力パワー量に応じて前記補正値を取得し、取得した前記補正値に基づき、前記OSNRマージンを補正する制御部と

を有することを特徴とする請求項2又は3に記載のネットワーク制御装置。

20

【請求項6】

前記第1の演算部は、

前記送信端のノード内の送信器と受信器との間の波長信号の折り返し通信で順次測定したOSNR及びBERに対応する前記送信端のOSNR-BER特性を前記送信端のノードから取得することを特徴とする請求項1～5の何れか一つに記載のネットワーク制御装置。

【請求項7】

波長信号を送信する送信端のノード内の折り返しの送信端のOSNR-BER特性から許容限界BER対応の第1のOSNRを算出し、

前記波長信号を受信する受信端のノードの受信BERを取得し、前記送信端のOSNR-BER特性から前記受信BER対応の第2のOSNRを算出し、

前記第1のOSNRから前記許容限界BER対応の第1の雑音強度を算出し、

前記第2のOSNRから前記受信BER対応の第2の雑音強度を算出し、

前記第1の雑音強度及び前記第2の雑音強度に基づき、雑音強度マージンを算出する処理を実行することを特徴とする伝送品質マージン算出方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ネットワーク制御装置及び伝送品質マージン算出方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

光通信ネットワークのシステム設計は、予め設定された、例えば、ファイバパラメータ、信号変調フォーマット、ビットレートやファイバ入力光パワー等のシステム条件に基づき、通信サービスの運用前に行われる。

【0003】

高密度な波長多重信号光を伝送するシステムでは、伝送中の波長信号同士の干渉によるペナルティを考慮する他、運用中の動的なパスの切替や波長増設、変調方式の変更に対応する事前設計が求められる。しかしながら、事前設計では、マージンが過剰になると、シ

50

システム全体の伝送距離や伝送品質が低下する場合もある。そこで、必要最小限にマージンを抑えたシステムの運用及び、動的な光ネットワークの運用が求められているのが実情である。

【0004】

そこで、システム内の光伝送装置毎にEVM(Error Vector Magnitude)を測定し、その測定結果からESNR(Electrical Signal to Noise Ratio)を取得する。更に、取得したESNRからOSNR(Optical Signal to Noise Ratio)を算出し、そのOSNRに基づき、OSNRマージンを算出する方法が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0005】

【特許文献1】特開2015-50600号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、EVMを測定する機能を内蔵していない光伝送装置を用いる場合も想定され、EVMを測定できない可能性もあるため、この場合に課題となる。従って、伝送品質のマージンを精度よく推定できないのが実情である。

【0007】

一つの側面では、伝送品質のマージンを精度よく算出できるネットワーク制御装置及び伝送品質マージン算出方法を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

一つの案のネットワーク制御装置は、第1の演算部と、第2の演算部と、第3の演算部と、第4の演算部と、算出部とを有する。第1の演算部は、波長信号を送信する送信端のノード内の折り返しの送信端のOSNR-BER特性から許容限界BER対応の第1のOSNRを算出する。第2の演算部は、前記波長信号を受信する受信端のノードの受信BERを取得し、前記送信端のOSNR-BER特性から前記受信BER対応の第2のOSNRを算出する。第3の演算部は、前記第1のOSNRから前記許容限界BER対応の第1の雑音強度を算出する。第4の演算部は、前記第2のOSNRから前記受信BER対応の第2の雑音強度を算出する。算出部は、前記第1の雑音強度及び前記第2の雑音強度に基づき、雑音強度マージンを算出する。

30

【発明の効果】

【0009】

一つの側面では、伝送品質のマージンを精度よく算出できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、実施例1の光伝送システムの一例を示す説明図である。

【図2】図2は、実施例1のノードのハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

【図3】図3は、実施例1のNW制御装置の一例を示す説明図である。

40

【図4】図4は、第1のマージン演算部の一例を示す説明図である。

【図5】図5は、第1のマージン算出処理に関わるNW制御装置内の第1のマージン演算部の処理動作の一例を示すフローチャートである。

【図6】図6は、BER-OSNR特性上の送信端OSNR耐力曲線の一例を示す説明図である。

【図7】図7は、BER-OSNR特性上のBER_{FEC}対応のOSNR_{total FEC}の一例を示す説明図である。

【図8】図8は、BER-OSNR特性上の運用中の受信BER_{mea}の一例を示す説明図である。

【図9】図9は、BER-OSNR特性上の運用中の受信BER_{mea}対応のOSNR_{total}

50

$_{mea}$ の一例を示す説明図である。

【図10】図10は、BER-OSNR特性上の運用中のASE雑音マージン P_{ase_margin} の一例を示す説明図である。

【図11】図11は、実施例2のノードのハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

【図12】図12は、実施例2のNW制御装置の一例を示す説明図である。

【図13】図13は、第2のマージン演算部の一例を示す説明図である。

【図14】図14は、第2のマージン算出処理に関わるNW制御装置内の第2のマージン演算部の処理動作の一例を示すフローチャートである。

【図15】図15は、BER-OSNR特性上の運用中の受信OSNR₁の一例を示す説明図である。

10

【図16】図16は、BER-OSNR特性上の運用中のOSNR耐力曲線の一例を示す説明図である。

【図17】図17は、BER-OSNR特性上の運用中のOSNR耐力曲線上のOSNR₂の一例を示す説明図である。

【図18】図18は、BER-OSNR特性上の運用中のOSNRマージンOSNR_{margin}の一例を示す説明図である。

【図19】図19は、測定対象の波長信号と隣接波長信号との関係の一例を示す説明図である。

【図20】図20は、実施例3の補正テーブルの一例を示す説明図である。

20

【図21】図21は、実施例3のOSNRマージンOSNR_{margin}の補正前後の一例を示す説明図である。

【図22】図22は、実施例4の補正テーブルの一例を示す説明図である。

【図23】図23は、実施例4のOSNRマージンOSNR_{margin}の補正前後の一例を示す説明図である。

【図24】図24は、実施例5のNW制御装置の一例を示す説明図である。

【図25】図25は、実施例6のノードのハードウェア構成の一例を示す説明図である。

【図26】図26は、実施例6のOSNR耐力曲線取得方法の一例を示す説明図である。

【図27】図27は、実施例7のノードのハードウェア構成の一例を示す説明図である。

【図28】図28は、実施例7のOSNR耐力曲線取得方法の一例を示す説明図である。

30

【図29】図29は、パス格納部の一例を示す説明図である。

【図30】図30は、受信端ノードの決定方法の一例を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面に基づいて、本願の開示するネットワーク制御装置及び伝送品質マージン算出方法の実施例を詳細に説明する。尚、本実施例により、開示技術が限定されるものではない。また、以下に示す各実施例は、矛盾を起こさない範囲で適宜組み合わせても良い。

【実施例1】

【0012】

図1は、実施例1の光伝送システム1の一例を示す説明図である。図1に示す光伝送システム1は、複数台のノード2と、ネットワーク(NW)制御装置3とを有する。各ノード2は、光ファイバ4で通信接続する、例えば、ノード“A”~ノード“G”の7台の光伝送装置である。ノード2は、例えば、CD(Color-less Direction-less)のROADM(Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer)又はCDC(Color-less Direction-less Contention-less)のROADMである。尚、説明の便宜上、ノード2の台数を7台としたが、これらに限定されるものではなく、その台数は適宜変更可能である。光伝送システム1は、例えば、複数の光波長パスを多重化する波長多重光伝送システムである。

40

【0013】

NW制御装置3は、光伝送システム1内の各ノード2の信号品質等の各種情報を収集する装置である。NW制御装置3は、運用中のBER(Bit Error Rate)からASE(Amp

50

lified Spontaneous Emission)雑音マージンを算出する装置である。

【0014】

図2は、実施例1のノード2のハードウェア構成の一例を示す説明図である。図2に示すノード2は、入力アンプ11と、出力アンプ12と、複数の受信部(Rx)13と、複数の送信部(Tx)14と、光分岐挿入部15と、BER取得部16と、ノード制御部17とを有する。入力アンプ11は、光ファイバ4から入力する光信号を増幅する光アンプである。出力アンプ12は、光ファイバ4に出力する光信号を増幅する光アンプである。Rx13は、光信号を受信する受信部である。Tx14は、光信号を送信する送信部である。光分岐挿入部15は、波長パスを疎通する光信号の一部を光分岐すると共に、波長パスを疎通する光信号に新たな光信号を光挿入する機能と、波長パスを疎通する光信号のパワーを調整する機能とを有する。光分岐挿入部15は、光信号を光分岐し、光分岐した光信号を所定のRx13に伝送する。光分岐挿入部15は、光信号にTx14からの光信号を光挿入し、光挿入した光信号を出力アンプ12経由で光ファイバ4に出力する。

10

【0015】

BER取得部16は、Rx13にて受信パスのBERを測定する。ノード制御部17は、NW制御装置3と通信接続し、Rx13にて波長パスのBERを測定し、そのBERの測定結果を含む情報をNW制御装置3に通知する。尚、情報は、波長パスを識別するパス識別情報や、波長パスのBER等を含む。

【0016】

図3は、実施例1のNW制御装置3の一例を示す説明図である。図3に示すNW制御装置3は、通信部21と、格納部22と、第1のマージン演算部23と、制御部24とを有する。通信部21は、各ノード2との間で通信する通信インタフェースである。格納部22は、各種情報を記憶する領域である。格納部22は、第1の格納部31と、第2の格納部32とを有する。第1の格納部31は、OSNRとBERとを対応付けて送信端OSNR耐力曲線を管理する格納部である。尚、送信端OSNR耐力曲線は、“A”の送信端ノード2内のTx14及びRx13との間の折り返し通信、すなわちBtoBのBERとOSNRとの対応関係を示す曲線である。第2の格納部32は、Tx特性のパラメータ及びを格納する領域である。第1のマージン演算部23は、送信端OSNR耐力曲線及び運用中の受信BER_{mea}からASE (Amplified Spontaneous Emission) 雑音マージンP_{ase_margin}を算出する。尚、受信BERは、“A”の送信端ノード2から“C”の波長信号を受信する受信端ノード2で測定した実測のBERである。制御部24は、NW制御装置3全体を制御する。

20

30

【0017】

図4は、第1のマージン演算部23の一例を示す説明図である。図4に示す第1のマージン演算部23は、伝送条件メモリ41と、設定BERメモリ42と、第1の演算部43と、第2の演算部44と、第3の演算部45と、第4の演算部46と、算出部47とを有する。伝送条件メモリ41は、雑音の帯域幅B_nと、信号シンボルレートR_sとを格納している。設定BERメモリ42は、光伝送システム1の許容限界のBER_{FEC}を格納している。尚、許容限界のBER_{FEC}は、光伝送システム1として許容できる限界のBERである。

40

【0018】

第1の演算部43は、雑音の帯域幅B_nと、信号シンボルレートR_sと、許容限界のBER_{FEC}とを数式1に代入してOSNR_{total_FEC}を算出する。尚、数式1は、変調方式がQPSK (四位相偏移変調) の場合である。

【0019】

【数 1】

$$\text{BER}_{\text{FEC}} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{\text{OSNR}_{\text{total FEC}} \cdot B_n}{2R_s}} \right)$$

$$\left(\begin{array}{l} B_n : \text{雑音の帯域幅,} \\ R_s : \text{信号シンボルレート} \end{array} \right)$$

【0020】

第2の演算部44は、雑音の帯域幅 B_n と、信号シンボルレート R_s と、受信 BER_{mea} とを数式2に代入して $\text{OSNR}_{\text{total mea}}$ を算出する。尚、数式2も、変調方式が QPSK (四位相偏移変調) の場合である。 10

【0021】

【数 2】

$$\text{BER}_{\text{mea}} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{\text{OSNR}_{\text{total mea}} \cdot B_n}{2R_s}} \right)$$

【0022】

第3の演算部45は、第1の演算部43からの $\text{OSNR}_{\text{total FEC}}$ 、Tx特性のパラメータ κ 及び η を数式3に代入して ASE 雑音強度 $P_{\text{ase FEC BtoB}}$ を算出する。尚、ASE 雑音強度 $P_{\text{ase FEC BtoB}}$ は、運用中の ASE 雑音強度 $P_{\text{ase FEC trans}}$ 及び非線形雑音強度 P_{NLI} の関係で数式4が成立する。 20

【0023】

【数 3】

$$\text{OSNR}_{\text{total FEC}} = \kappa \frac{P_{\text{sig}}}{P_{\text{ase FEC BtoB}} + \eta} = \kappa \frac{P_{\text{sig}}}{P_{\text{ase FEC trans}} + P_{\text{NLI}} + \eta}$$

$$\left(\begin{array}{l} P_{\text{sig}} : \text{信号光強度,} \\ P_{\text{ase}} : \text{ASE雑音強度,} \\ P_{\text{NLI}} : \text{非線形雑音強度,} \\ \kappa, \eta : \text{送信器特性パラメータ} \end{array} \right)$$

30

【0024】

【数 4】

$$P_{\text{ase FEC BtoB}} = P_{\text{ase FEC trans}} + P_{\text{NLI}}$$

【0025】

第4の演算部46は、第2の演算部44からの $\text{OSNR}_{\text{total mea}}$ 、Tx特性のパラメータ κ 及び η を数式5に代入して ASE 雑音強度 $P_{\text{ase mea BtoB}}$ を算出する。尚、ASE 雑音強度 $P_{\text{ase mea BtoB}}$ は、運用中の ASE 雑音強度 $P_{\text{ase mea trans}}$ 及び非線形雑音強度 P_{NLI} の関係で数式6が成立する。

【0026】

40

【数 5】

$$\text{OSNR}_{\text{total mea}} = \kappa \frac{P_{\text{sig}}}{P_{\text{ase mea BtoB}} + \eta} = \kappa \frac{P_{\text{sig}}}{P_{\text{ase mea trans}} + P_{\text{NLI}} + \eta}$$

【0027】

【数 6】

$$P_{\text{ase mea BtoB}} = P_{\text{ase mea trans}} + P_{\text{NLI}}$$

【0028】

算出部47は、第3の演算部45で算出した ASE 雑音強度 $P_{\text{ase FEC BtoB}}$ から第4の演算部46で算出した ASE 雑音強度 $P_{\text{ase mea BtoB}}$ を減算し、その減算結果を ASE 50

E 雑音マージン $P_{ase\ margin}$ として算出する。尚、ASE 雑音マージン $P_{ase\ margin}$ は、数式 7 が成立し、その結果、数式 8 となる。

【 0 0 2 9 】

【 数 7 】

$$\begin{aligned} & P_{ase\ FEC\ BtoB} - P_{ase\ mea\ BtoB} \\ &= P_{ase\ FEC\ trans} - P_{ase\ mea\ trans} \\ &= P_{ase\ margin} \end{aligned}$$

【 0 0 3 0 】

【 数 8 】

$$P_{ase\ margin} = \frac{P_{sig} OSNR_{total\ FEC}}{\kappa - \eta OSNR_{total\ FEC}} - \frac{P_{sig} OSNR_{total\ mea}}{\kappa - \eta OSNR_{total\ mea}}$$

10

【 0 0 3 1 】

次に実施例 1 の NW 制御装置 3 の動作について説明する。図 5 は、第 1 のマージン算出処理に関わる NW 制御装置 3 内の第 1 のマージン演算部 2 3 の処理動作の一例を示すフローチャートである。

【 0 0 3 2 】

図 5 において第 1 のマージン演算部 2 3 は、第 1 の格納部 3 1 から送信端 OSNR 耐力曲線及び、第 2 の格納部 3 2 から $T \times$ 特性パラメータ 及び η を取得する（ステップ S 1 1 ）。図 6 は、BER - OSNR 特性上の送信端 OSNR 耐力曲線の一例を示す説明図である。尚、BER - OSNR 特性は、縦軸を BER、横軸を OSNR としている。図 6 に示す特性では、送信端 OSNR 耐力曲線及び BER_{FEC} を示している。

20

【 0 0 3 3 】

第 1 のマージン演算部 2 3 内の第 1 の演算部 4 3 は、設定 BER メモリ 4 2 から許容限界の BER_{FEC} を読み出し、数式 1 に基づき、雑音の帯域幅 B_n と、信号シンボルレート R_s と、 BER_{FEC} とを数式 1 に代入する。そして、第 1 の演算部 4 3 は、 BER_{FEC} に対応する $OSNR_{total\ FEC}$ を算出する（ステップ S 1 2 ）。図 7 は、BER - OSNR 特性上の BER_{FEC} 対応の $OSNR_{total\ FEC}$ の一例を示す説明図である。図 7 に示す $P_{sig} / P_{ase\ FEC\ BtoB}$ は、 BER_{FEC} 対応の $OSNR_{total\ FEC}$ である。

30

【 0 0 3 4 】

第 1 のマージン演算部 2 3 内の第 3 の演算部 4 5 は、 $OSNR_{total\ FEC}$ から ASE 雑音強度 $P_{ase\ FEC\ BtoB}$ を算出する（ステップ S 1 3 ）。

【 0 0 3 5 】

第 1 のマージン演算部 2 3 内の第 2 の演算部 4 4 は、受信端 ノード 2 の運用中の受信 BER_{mea} を取得する（ステップ S 1 4 ）。尚、受信端 ノード 2 の受信 BER_{mea} は、受信端 ノード 2 で測定された運用中の受信 BER である。図 8 は、BER - OSNR 特性上の運用中の受信 BER_{mea} の一例を示す説明図である。図 8 に示す特性では、運用中の受信 BER_{mea} を示している。

【 0 0 3 6 】

40

第 2 の演算部 4 4 は、雑音の帯域幅 B_n と、信号シンボルレート R_s と、受信 BER_{mea} とを数式 2 に代入して、運用中の受信 BER_{mea} に対応する $OSNR_{total\ mea}$ を算出する（ステップ S 1 5 ）。

【 0 0 3 7 】

第 1 のマージン演算部 2 3 内の第 4 の演算部 4 6 は、第 2 の演算部 4 4 からの $OSNR_{total\ mea}$ 、 $T \times$ 特性のパラメータ 及び η を数式 5 に代入して ASE 雑音強度 $P_{ase\ mea\ BtoB}$ を算出する（ステップ S 1 6 ）。図 9 は、BER - OSNR 特性上の受信 BER_{mea} 対応の $OSNR_{total\ mea}$ の一例を示す説明図である。図 9 に示す $P_{sig} / P_{ase\ mea\ BtoB}$ は、 BER_{mea} 対応の $OSNR_{total\ mea}$ である。

【 0 0 3 8 】

50

第1のマージン演算部23内の算出部47は、ASE雑音強度 $P_{ase\ FEC\ BtoB}$ 及びASE雑音強度 $P_{ase\ mea\ BtoB}$ に基づき、ASE雑音マージン $P_{ase\ margin}$ を算出し(ステップS17)、図5に示す処理動作を終了する。図10は、BER-OSNR特性上の運用中のASE雑音マージン $P_{ase\ margin}$ の一例を示す説明図である。図10に示す特性では、ASE雑音マージン $P_{ase\ margin}$ を示している。受信端OSNR耐力曲線は、運用中の受信端のノード2のBER-OSNR特性の曲線である。

【0039】

実施例1のNW制御装置3は、送信端OSNR耐力曲線から許容限界 BER_{FEC} に対応する $OSNR_{total\ FEC}$ を算出すると共に、送信端OSNR耐力曲線から受信 BER_{mea} に対応する $OSNR_{total\ mea}$ を算出する。NW制御装置3は、 $OSNR_{total\ FEC}$ からASE雑音強度 $P_{ase\ FEC\ BtoB}$ を算出すると共に、 $OSNR_{total\ mea}$ からASE雑音強度 $P_{ase\ mea\ BtoB}$ を算出する。NW制御装置3は、ASE雑音強度 $P_{ase\ FEC\ BtoB}$ からASE雑音強度 $P_{ase\ mea\ BtoB}$ を減算し、その減算結果をASE雑音マージン $P_{ase\ margin}$ として算出する。その結果、受信BERからASE雑音マージンを精度よく算出できる。

10

【0040】

尚、上記実施例1のNW制御装置3は、受信端ノード2から運用中の受信 BER_{mea} を取得したが、受信端ノード2から運用中の受信 BER_{mea} の他に、受信OSNRを取得する場合の実施の形態につき、実施例2として以下に説明する。尚、実施例1の光伝送システム1と同一の構成には同一符号を付すことで、その重複する構成及び動作の説明については省略する。

20

【実施例2】

【0041】

図11は、実施例2のノード2Aのハードウェア構成の一例を示すブロック図である。図11に示すノード2Aと図2に示すノード2とが異なるところは、OSNRモニタ18を内蔵した点にある。ノード2Aは、BER取得部16で受信端の受信 BER_{mea} を取得すると共に、OSNRモニタ18で受信端の受信 $OSNR_1$ を取得する。更に、ノード制御部17は、これら取得した受信端ノード2Aの受信 BER_{mea} 及び受信端ノード2Aの受信 $OSNR_1$ をNW制御装置3Aに通知する。

【0042】

30

図12は、実施例2のNW制御装置3Aの一例を示す説明図である。図12に示すNW制御装置3Aと図3に示すNW制御装置3とが異なるところは、受信端ノード2Aから取得した受信 BER_{mea} 及び受信端ノード2Aの受信 $OSNR_1$ に基づきOSNRマージン $OSNR_{margin}$ を算出する第2のマージン演算部23Aを有する点にある。

【0043】

図13は、第2のマージン演算部23Aの一例を示す説明図である。図13に示す第2のマージン演算部23Aは、第5の演算部48と、第6の演算部49と、第1の算出部50と、第2の算出部51と、第3の算出部52とを追加する。

【0044】

第5の演算部48は、受信 $OSNR_1$ を取得し、取得した受信 $OSNR_1$ を数式9に代入してASE雑音強度 $P_{ase\ mea\ trans}$ を算出する。

40

【0045】

【数9】

$$OSNR_1 = \frac{P_{sig}}{P_{ase\ mea\ trans}}$$

【0046】

第1の算出部50は、数式10に基づき、第5の演算部48で算出したASE雑音強度 $P_{ase\ mea\ trans}$ から第4の演算部46で算出したASE雑音強度 $P_{ase\ mea\ BtoB}$ を減算し、非線形雑音強度 P_{NLI} を算出する。第1の算出部50は、その算出した非線形雑

50

音強度 P_{NLI} を第 2 の算出部 5 1 に入力する。

【 0 0 4 7 】

【 数 1 0 】

$$\begin{aligned} P_{ase\ FEC\ trans} &= P_{ase\ FEC\ BtoB} - P_{NLI} \\ &= P_{ase\ FEC\ BtoB} - (P_{ase\ mea\ BtoB} - P_{ase\ mea\ trans}) \\ &= \frac{P_{sig}\ OSNR_{total\ FEC}}{\kappa - \eta OSNR_{total\ FEC}} - \frac{P_{sig}\ OSNR_{total\ mea}}{\kappa - \eta OSNR_{total\ mea}} + P_{ase\ mea\ trans} \end{aligned}$$

【 0 0 4 8 】

第 2 の算出部 5 1 は、第 3 の演算部 4 5 で算出した A S E 雑音強度 $P_{ase\ FEC\ BtoB}$ から第 1 の算出部 5 0 で算出した非線形雑音強度 P_{NLI} を減算し、A S E 雑音強度 $P_{ase\ FEC\ trans}$ を算出する。更に、第 2 の算出部 5 1 は、算出した A S E 雑音強度 $P_{ase\ FEC\ trans}$ を第 6 の演算部 4 9 に入力する。第 6 の演算部 4 9 は、A S E 雑音強度 $P_{ase\ FEC\ trans}$ から運用中の設定 BER_{FEC} に対応する $OSNR_2$ を算出し、算出した $OSNR_2$ を第 3 の算出部 5 2 に入力する。

10

【 0 0 4 9 】

第 3 の算出部 5 2 は、数式 1 1 に基づき、第 5 の演算部 4 8 で算出した受信 $OSNR_1$ から第 6 の演算部 4 9 で算出した $OSNR_2$ を減算し、 $OSNR$ マージン $OSNR_{margin}$ を算出する。第 3 の算出部 5 2 は、算出した $OSNR_{margin}$ を制御部 2 4 に入力する。

20

【 0 0 5 0 】

【 数 1 1 】

$$OSNR_{margin} = OSNR_1 - OSNR_2 = OSNR_1 - \frac{P_{sig}}{P_{ase\ FEC\ trans}}$$

【 0 0 5 1 】

次に実施例 2 の NW 制御装置 3 A の動作について説明する。図 1 4 は、第 2 のマージン算出処理に関わる NW 制御装置 3 A 内の第 2 のマージン演算部 2 3 A の処理動作の一例を示すフローチャートである。

【 0 0 5 2 】

図 1 4 において第 2 のマージン演算部 2 3 A は、第 1 の格納部 3 1 から送信端 $OSNR$ 耐力曲線及び、第 2 の格納部 3 2 から T_x 特性パラメータ 及び を取得する (ステップ S 2 1)。第 2 のマージン演算部 2 3 A 内の第 1 の演算部 4 3 は、設定 BER メモリ 4 2 から BER_{FEC} を読み出し、数式 1 に基づき、雑音の帯域幅 B_n と、信号シンボルレート R_s と、 BER_{FEC} とを数式 1 に代入する。そして、第 1 の演算部 4 3 は、 BER_{FEC} に対応する $OSNR_{total\ FEC}$ を算出する (ステップ S 2 2)。

30

【 0 0 5 3 】

第 2 のマージン演算部 2 3 A 内の第 3 の演算部 4 5 は、 $OSNR_{total\ FEC}$ から A S E 雑音強度 $P_{ase\ FEC\ BtoB}$ を算出する (ステップ S 2 3)。第 2 のマージン演算部 2 3 A 内の第 2 の演算部 4 4 は、受信端ノード 2 の運用中の受信 BER_{mea} を取得する (ステップ S 2 4)。第 2 の演算部 4 4 は、雑音の帯域幅 B_n と、信号シンボルレート R_s と、受信 BER_{mea} とを数式 2 に代入して、運用中の受信 BER_{mea} に対応する $OSNR_{total\ mea}$ を算出する (ステップ S 2 5)。更に、第 2 のマージン演算部 2 3 A 内の第 4 の演算部 4 6 は、 $OSNR_{total\ mea}$ から A S E 雑音強度 $P_{ase\ mea\ BtoB}$ を算出する (ステップ S 2 6)。

40

【 0 0 5 4 】

第 2 のマージン演算部 2 3 A 内の第 5 の演算部 4 8 は、受信端ノード 2 の受信 $OSNR_1$ を取得する (ステップ S 2 7)。図 1 5 は、 $BER - OSNR$ 特性上の運用中の受信 $OSNR_1$ の一例を示す説明図である。図 1 5 に示す特性では、運用中の受信 BER_{mea} に対応する受信 $OSNR_1$ を示す。第 5 の演算部 4 8 は、受信端ノード 2 の受信 $OSNR_1$ から

50

A S E 雑音強度 $P_{ase\ mea\ trans}$ 、非線形雑音強度 P_{NLI} 及び A S E 雑音強度 $P_{ase\ FEC\ trans}$ を算出する (ステップ S 2 8)。尚、第 5 の演算部 4 8 は、A S E 雑音強度 $P_{ase\ mea\ trans}$ 、非線形雑音強度 P_{NLI} 及び A S E 雑音強度 $P_{ase\ FEC\ trans}$ に基づき、運用中の O S N R 耐力曲線を算出する。図 1 6 は、B E R - O S N R 特性上の運用中の O S N R 耐力曲線の一例を示す説明図である。図 1 6 に示す特性では、受信端のノード 2 で運用中の受信端 O S N R 耐力曲線を示す。

【 0 0 5 5 】

第 2 のマージン演算部 2 3 A 内の第 6 の演算部 4 9 は、A S E 雑音強度 $P_{ase\ FEC\ trans}$ から O S N R₂ を算出する (ステップ S 2 9)。図 1 7 は、B E R - O S N R 特性上の運用中の O S N R 耐力曲線上の O S N R₂ の一例を示す説明図である。図 1 7 に示す特性では、運用中の O S N R 耐力曲線上の O S N R₂ を示している。

10

【 0 0 5 6 】

第 2 のマージン演算部 2 3 A 内の第 3 の算出部 5 2 は、第 5 の演算部 4 8 からの受信 O S N R₁ から O S N R₂ を減算して O S N R_{margin} を算出し (ステップ S 3 0)、図 1 4 に示す処理動作を終了する。図 1 8 は、B E R - O S N R 特性上の運用中の O S N R マージン O S N R_{margin} の一例を示す説明図である。図 1 8 に示す特性では、O S N R マージン O S N R_{margin} を示している。

【 0 0 5 7 】

実施例 2 の N W 制御装置 3 A は、送信端 O S N R 耐力曲線から許容限界 B E R_{FEC} に対応する O S N R_{total\ FEC} を算出すると共に、送信端 O S N R 耐力曲線から受信 B E R_{mea} に対応する O S N R_{total\ mea} を算出する。N W 制御装置 3 A は、O S N R_{total\ FEC} から A S E 雑音強度 $P_{ase\ FEC\ BtoB}$ を算出すると共に、O S N R_{total\ mea} から A S E 雑音強度 $P_{ase\ mea\ BtoB}$ を算出する。N W 制御装置 3 A は、受信 B E R_{mea} に対応する受信 O S N R₁ の測定結果を取得し、取得された受信 O S N R₁ から A S E 雑音強度 $P_{ase\ mea\ trans}$ を算出し、A S E 雑音強度 $P_{ase\ mea\ trans}$ から非線形雑音強度 P_{NLI} を算出する。N W 制御装置 3 A は、A S E 雑音強度 $P_{ase\ FEC\ BtoB}$ から非線形雑音強度 P_{NLI} を減算して A S E 雑音強度 $P_{ase\ FEC\ trans}$ を算出する。更に、N W 制御装置 3 A は、A S E 雑音強度 $P_{ase\ FEC\ trans}$ から O S N R₂ を算出し、受信 O S N R₁ から O S N R₂ を減算して O S N R_{margin} を算出する。その結果、受信端ノード 2 で測定された受信 B E R 及び受信 O S N R₁ から O S N R マージン O S N R_{margin} を精度よく算出できる。

20

30

【 0 0 5 8 】

尚、上記実施例 2 の N W 制御装置 3 A では、信号スペクトル内の空き周波数帯域内に測定波長信号 (チャネル) を配置する際に非線形雑音強度 P_{NLI} を使用して O S N R マージン O S N R_{margin} を算出した。しかしながら、波長増設時又は波長配置変更時に非線形雑音強度が変化する。そこで、このような事態に対処すべく、測定波長信号の隣接波長信号との空き周波数帯域の変化量に応じて O S N R マージン O S N R_{margin} を補正する実施の形態につき、実施例 3 として以下に説明する。

【 実施例 3 】

【 0 0 5 9 】

図 1 9 は、測定対象の波長信号と隣接波長信号との関係の一例を示す説明図である。測定対象の波長信号は、O S N R マージンを算出する対象の信号である。測定対象の波長信号と隣接する、信号スペクトル内の隣接波長信号との間の空き周波数帯域の変化量で非線形雑音強度が変化する。従って、測定対象の波長信号と隣接波長信号との空き周波数帯域の変化量に応じて O S N R マージン O S N R_{margin} を補正する必要がある。

40

【 0 0 6 0 】

N W 制御装置 3 A 内の制御部 2 4 は、補正テーブル 6 1 を参照し、第 2 のマージン演算部 2 3 A で算出した O S N R マージン O S N R_{margin} を補正する。図 2 0 は、実施例 3 の補正テーブル 6 1 の一例を示す説明図である。図 2 0 に示す補正テーブル 6 1 は、変更前の空き周波数帯域 6 1 A 及び変更後の空き周波数帯域 6 1 B 毎に O S N R マージン O S N R_{margin} を補正する補正值を管理している。

50

【 0 0 6 1 】

例えば、変更前の空き周波数帯域 6 1 A が 1 2 . 5 G H z 未満で、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 1 2 . 5 G H z 未満の場合、補正値はなし、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 2 5 G H z 未満の場合、補正値は 3 d B となる。また、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 5 0 G H z 未満や 1 0 0 G H z 未満の場合、補正値は 4 d B、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 1 5 0 G H z 未満や 1 5 0 G H z 以上の場合、補正値は 5 d B となる。

【 0 0 6 2 】

例えば、変更前の空き周波数帯域 6 1 A が 2 5 G H z 未満で、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 1 2 . 5 G H z 未満の場合、補正値は - 3 d B、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 2 5 G H z 未満の場合、補正値はなしとなる。また、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 5 0 G H z 未満の場合、補正値は 1 d B、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 1 0 0 G H z 未満の場合、補正値は 1 . 5 d B、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 1 5 0 G H z 未満の場合、補正値は 2 d B となる。また、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 1 5 0 G H z 以上の場合、補正値は 2 . 5 d B となる。

10

【 0 0 6 3 】

変更前の空き周波数帯域 6 1 A が 5 0 G H z 未満で、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 1 2 . 5 G H z 未満の場合、補正値は - 4 d B、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 2 5 G H z 未満の場合、補正値は - 1 d B となる。また、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 5 0 G H z 未満の場合、補正値はなし、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 1 0 0 G H z 未満の場合、補正値は 0 . 5 d B、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 1 5 0 G H z 未満の場合、補正値は 1 d B となる。また、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 1 5 0 G H z 以上の場合、補正値は 1 d B となる。

20

【 0 0 6 4 】

変更前の空き周波数帯域 6 1 A が 1 0 0 G H z 未満で、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 1 2 . 5 G H z 未満の場合、補正値は - 4 d B、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 2 5 G H z 未満の場合、補正値は - 1 . 5 d B となる。また、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 5 0 G H z 未満の場合、補正値は - 0 . 5 d B、変更後の空き周波数帯域 6 1 B が 1 0 0 G H z 未満、1 5 0 G H z 未満及び 1 5 0 G H z 以上の場合、補正値はなしとなる。

【 0 0 6 5 】

制御部 2 4 は、第 2 のマージン演算部 2 3 A にて $OSNR_{margin}$ を算出した場合、変更前の空き周波数帯域 6 1 A 及び変更後の空き周波数帯域 6 1 B に応じて補正値を補正テーブル 6 1 から取得する。図 2 1 は、実施例 3 の $OSNR_{margin}$ の補正前後の一例を示す説明図である。更に、制御部 2 4 は、取得した補正値に基づき、図 2 0 に示すように、 $OSNR_{margin}$ を補正する。

30

【 0 0 6 6 】

実施例 3 の NW 制御装置 3 A は、変更前後の空き周波数帯域量に応じた補正値を取得し、取得した補正値に基づき、 $OSNR_{margin}$ を補正する。その結果、測定対象の波長信号の空き周波数帯域量に変動する非線形雑音強度を考慮した $OSNR_{margin}$ を提供できる。

【 0 0 6 7 】

尚、上記実施例 2 の NW 制御装置 3 A では、例えば、信号スペクトル内の測定対象の波長信号を変更する際に非線形雑音強度 P_{NLI} を使用して $OSNR_{margin}$ を算出した。しかしながら、伝送路入力パワー変更時にも非線形雑音強度が変化する。そこで、このような事態に対処すべく、測定対象の波長信号の伝送路入力パワーの変化量に応じて $OSNR_{margin}$ を補正する実施の形態につき、実施例 4 として以下に説明する。

40

【 実施例 4 】

【 0 0 6 8 】

測定対象の波長信号と隣接する、信号スペクトル内の隣接波長信号との間の伝送路入力パワーの変化量で非線形雑音強度が変化する。その結果、測定対象の波長信号の伝送路入

50

カパワーの変化量に応じてOSNRマージン $OSNR_{margin}$ を補正する必要がある。

【0069】

NW制御装置3A内の制御部24は、補正テーブル62を参照し、第2のマージン演算部23Aで算出したOSNRマージン $OSNR_{margin}$ を補正する。図22は、実施例4の補正テーブル62の一例を示す説明図である。

【0070】

図22に示す補正テーブル62は、変更前の伝送路入力パワー62A及び変更後の伝送路入力パワー62B毎にOSNRマージン $OSNR_{margin}$ を補正する補正値を管理している。例えば、変更前の伝送路入力パワー62Aが -1.5 dBm/ch で、変更後の伝送路入力パワー62Bが -1.5 dBm/ch 、 -1 dBm/ch 、 -0.5 dBm/ch の場合、補正値はなしとする。変更後の伝送路入力パワー62Bが 0 dBm/ch の場合、補正値は -1 dB 、変更後の伝送路入力パワー62Bが 0.5 dBm/ch の場合、補正値は -2.5 dB 、変更後の伝送路入力パワー62Bが 1 dBm/ch の場合、補正値は -5 dB となる。

10

【0071】

例えば、変更前の伝送路入力パワー62Aが -1 dBm/ch で、変更後の伝送路入力パワー62Bが -1.5 dBm/ch 、 -1 dBm/ch 、 -0.5 dBm/ch の場合、補正値はなしとする。変更後の伝送路入力パワー62Bが 0 dBm/ch の場合、補正値は -1 dB 、変更後の伝送路入力パワー62Bが 0.5 dBm/ch の場合、補正値は -2 dB 、変更後の伝送路入力パワー62Bが 1 dBm/ch の場合、補正値は -5 dB となる。

20

【0072】

例えば、変更前の伝送路入力パワー62Aが 0.5 dBm/ch で、変更後の伝送路入力パワー62Bが -1.5 dBm/ch の場合、補正値は 2.5 dB 、変更後の伝送路入力パワー62Bが -1 dBm/ch の場合、補正値は 2 dB となる。変更後の伝送路入力パワー62Bが -0.5 dBm/ch の場合、補正値は 1.5 dB 、変更後の伝送路入力パワー62Bが 0 dBm/ch の場合、補正値は 1 dB となる。変更後の伝送路入力パワー62Bが 0.5 dBm/ch の場合、補正値はなし、変更後の伝送路入力パワー62Bが 1 dBm/ch の場合、補正値は -3 dB となる。

30

【0073】

制御部24は、第2のマージン演算部23AにてOSNRマージン $OSNR_{margin}$ を算出した場合、変更前の伝送路入力パワー62A及び変更後の伝送路入力パワー62Bに応じて補正値を補正テーブル62から取得する。図23は、実施例4のOSNRマージン $OSNR_{margin}$ の補正前後の一例を示す説明図である。更に、制御部24は、取得した補正値に基づき、図23に示すように、OSNRマージン $OSNR_{margin}$ を補正する。

【0074】

実施例4のNW制御装置3Aは、変更前後の伝送路入力パワー量に応じた補正値を取得し、取得した補正値に基づき、OSNRマージン $OSNR_{margin}$ を補正する。その結果、測定波長信号の変更前後の伝送路入力パワーで変動する非線形雑音強度を考慮したOSNRマージン $OSNR_{margin}$ を提供できる。

40

【0075】

上記実施例2のNW制御装置3Aは、送信端ノード2内のTx14及びRx13の間の折り返し通信によるBtoBのBER及びOSNRを対応付ける送信端OSNR耐力曲線を事前に第1の格納部31に格納した。しかしながら、送信端ノード2内のTx14及びRx13は各種型番があり、型番毎のTx14及びRx13の組合せに応じて送信端OSNR耐力曲線は異なる。そこで、型番毎のTx14及びRx13の組合せに応じて送信端OSNR耐力曲線を取得できるNW制御装置3Bの実施の形態につき、実施例5として以下に説明する。尚、実施例2のNW制御装置3Aと同一の構成には同一符号を付すことで、その重複する構成及び動作の説明については省略する。

【実施例5】

50

【 0 0 7 6 】

図 2 4 は、実施例 5 の NW 制御装置 3 B の一例を示す説明図である。図 2 4 に示す NW 制御装置 3 B は、通信部 2 1、第 2 のマージン演算部 2 3 A、制御部 2 4 及び格納部 2 2 を有する。格納部 2 2 は、第 2 の格納部 3 2 の他に、パス格納部 3 3 と、第 3 の格納部 3 4 とを有する。パス格納部 3 3 は、波長信号のチャネルを識別する c h 番号 3 3 A 毎に送信端ノード 3 3 B、受信端ノード 3 3 C、中継ノード 3 3 D、送信端ノード 2 内の T x 1 4 の型番 3 3 E 及び R x 1 3 の型番 3 3 F を対応付けて管理する領域である。

【 0 0 7 7 】

第 3 の格納部 3 4 は、T x 1 4 の型番 3 3 E 及び R x 1 3 の型番 3 3 F の組合せに応じて B E R 及び O S N R を対応付けた送信端 O S N R 耐力曲線を格納している。

10

【 0 0 7 8 】

制御部 2 4 は、送信端ノード 2 内の T x 1 4 の型番 3 3 E 及び R x 1 3 の型番 3 3 F の組合せに応じて送信端 O S N R 耐力曲線を第 3 の格納部 3 4 から取得する。

【 0 0 7 9 】

実施例 5 の NW 制御装置 3 B は、T x 1 4 の型番 3 3 E 及び R x 1 3 の型番 3 3 F の組合せに応じて送信端 O S N R 耐力曲線を取得するため、T x 1 4 の型番 3 3 E 及び R x 1 3 の型番 3 3 F の組合せに応じた各種の送信端 O S N R 耐力曲線を提供できる。

【 0 0 8 0 】

尚、上記実施例 1 の NW 制御装置 3 では、送信端ノード 2 内の T x 1 4 及び R x 1 3 に対応した送信端 O S N R 耐力曲線を第 1 の格納部 3 1 から取得した。しかしながら、第 1 の格納部 3 1 から取得する場合に限定されるものではなく、送信端ノード 2 内の T x 1 4 及び R x 1 3 の通信で送信端 O S N R 耐力曲線を取得しても良く、この場合の実施の形態につき、実施例 6 として以下に説明する。

20

【 実施例 6 】

【 0 0 8 1 】

図 2 5 は、実施例 6 のノード 2 B のハードウェア構成の一例を示す説明図である。尚、実施例 1 のノード 2 と同一の構成には同一符号を付すことで、その重複する構成及び動作の説明については省略する。

【 0 0 8 2 】

図 2 5 に示すノード 2 B と図 2 に示すノード 2 とが異なるところは、T x 1 4 側に A S E 光源 1 9 と、R x 側に O S N R モニタ 1 8 A とを設けた点にある。A S E 光源 1 9 は、A S E 雑音強度を調整可能にすべく、A S E 雑音を発光する光源である。O S N R モニタ 1 8 A は、T x 1 4 側の A S E 光源 1 9 からの A S E 雑音の変化に応じて T x 1 4 及び R x 1 3 間の O S N R をモニタする。

30

【 0 0 8 3 】

ノード制御部 1 7 は、T x 1 4 及び R x 1 3 間の B t o B の折り返し通信中に A S E 光源 1 9 を調整する。図 2 6 は、実施例 6 の O S N R 耐力曲線取得方法の一例を示す説明図である。O S N R モニタ 1 8 A は、図 2 6 に示すように A S E 光源 1 9 の A S E 雑音強度の変化に応じて B E R 及び O S N R を順次取得し、順次取得した B E R 及び O S N R を NW 制御装置 3 に通知する。

40

【 0 0 8 4 】

NW 制御装置 3 は、送信端ノード 2 B から順次取得した B E R 及び O S N R に基づき、送信端 O S N R 耐力曲線を生成する。つまり、A S E 雑音の変化に応じて送信端 O S N R 耐力曲線を取得できる。NW 制御装置 3 は、生成した送信端 O S N R 耐力曲線及び、受信端ノード 2 から取得した受信 B E R に基づき、T x 特性パラメータ 及び を取得し、取得した T x 特性パラメータ 及び を第 2 の格納部 3 2 に格納する。

【 0 0 8 5 】

実施例 6 の送信端ノード 2 B は、A S E 光源 1 9 の A S E 雑音の変化に応じて受信 B E R 及び受信 O S N R を順次取得し、順次取得した受信 B E R 及び受信 O S N R を NW 制御装置 3 に通知する。更に、NW 制御装置 3 は、順次取得した受信 B E R 及び受信 O S N R

50

に応じて送信端 O S N R 曲線を生成できる。

【 0 0 8 6 】

尚、上記実施例 1 の NW 制御装置 3 では、送信端ノード 2 内の T x 1 4 及び R x 1 3 に対応した送信端 O S N R 耐力曲線を第 1 の格納部 3 1 から取得した。しかしながら、第 1 の格納部 3 1 から取得する場合に限定されるものではなく、送信端ノード 2 内の T x 1 4 及び R x 1 3 の通信で送信端 O S N R 耐力曲線を取得しても良く、この場合の実施の形態につき、実施例 7 として以下に説明する。

【 実施例 7 】

【 0 0 8 7 】

図 2 7 は、実施例 7 のノード 2 C のハードウェア構成の一例を示す説明図である。尚、実施例 1 のノード 2 と同一の構成には同一符号を付すことで、その重複する構成及び動作の説明については省略する。

10

【 0 0 8 8 】

図 2 7 に示すノード 2 C と図 2 に示すノード 2 とが異なるところは、R x 1 3 A 内の雑音付加部 7 1 と、R x 1 3 A 内の雑音制御部 7 2 と、R x 1 3 A 内の B E R 取得部 7 3 と、O S N R モニタ 1 8 B とを有する点にある。

【 0 0 8 9 】

雑音追加部 7 1 は、復調後の電気信号に雑音追加量を付加する。雑音制御部 7 2 は、雑音追加部 7 1 の雑音追加量 $P_{noise Rx Add}$ を調整する。B E R 取得部 7 3 は、雑音追加量の調整に応じて受信 B E R を取得する。O S N R モニタ 1 8 B は、T x 1 4 との間の O S N R をモニタする。ノード制御部 1 7 は、雑音追加量、受信 B E R 及び O S N R のモニタ結果を収集し、これら収集した雑音追加量、受信 B E R 及び O S N R のモニタ結果を NW 制御装置 3 に通知する。

20

【 0 0 9 0 】

図 2 8 は、実施例 7 の O S N R 耐力曲線取得方法の一例を示す説明図である。NW 制御装置 3 内の制御部 2 4 は、図 2 8 に示すように、送信端ノード 2 C からの O S N R T_x と、雑音追加時に取得した受信 B E R に対応する O S N R $T_x 2$ とを算出する。その結果、制御部 2 4 は、雑音追加量を変化させながら受信 B E R 及び O S N R を測定することで、送信端 O S N R 耐力曲線及び T x 特性パラメータ 及び を取得する。

【 0 0 9 1 】

30

NW 制御装置 3 は、送信端ノード 2 C から送信端 O S N R 耐力曲線及び T x 特性パラメータ 及び を取得し、第 2 の格納部 3 2 に格納する。

【 0 0 9 2 】

実施例 7 の送信端ノード 2 C は、復調後の電気信号に付加する雑音追加量の変化に応じて受信 B E R 及び受信 O S N R を順次取得し、順次取得した受信 B E R 及び受信 O S N R を NW 制御装置 3 に通知する。更に、NW 制御装置 3 は、順次取得した受信 B E R 及び受信 O S N R に応じて送信端 O S N R 耐力曲線を生成できる。

【 0 0 9 3 】

尚、上記実施例 1 の NW 制御装置 3 の受信端ノード 2 を決定する方法について説明する。受信端ノード 2 は、増設チャネルの波長信号を増設する際の波長信号を受信する受信端のノード 2 とする。NW 制御装置 3 は、チャネル毎のパス情報を格納するパス格納部 3 6 を有する。図 2 9 は、パス格納部 3 6 の一例を示す説明図である。図 2 9 に示すパス格納部 3 6 は、c h 番号 3 6 A と、送信端ノード 3 6 B と、受信端ノード 3 6 C と、中継ノード 3 6 D とを対応付けて管理する。c h 番号 3 6 A は、波長信号のチャネルを識別する番号である。送信ノード 3 6 B は、当該チャネルの波長信号を送信する送信端ノードである。受信ノード 3 6 C は、当該チャネルの波長信号を受信する受信端ノードである。中継ノード 3 6 D は、当該チャネルの波長信号を中継するノードである。

40

【 0 0 9 4 】

例えば、c h 番号 3 6 A が “ c h 1 ” の場合、送信ノード 3 6 B を “ ノード # 7 ”、受信ノード 3 6 C を “ ノード # 3 ”、中継ノード 3 6 D を “ ノード # 2 ” とする。また、c

50

h 番号 3 6 A が “ c h 2 ” の場合、送信ノード 3 6 B を “ ノード # 6 ”、受信ノード 3 6 C を “ ノード # 3 ”、中継ノード 3 6 D を “ ノード # 1 及びノード # 2 ” とする。増設するチャンネルの c h 番号 3 6 A が “ c h x ” の場合、送信ノード 3 6 B を “ ノード # 1 ”、受信ノード 3 6 C を “ ノード # 3 ”、中継ノード 3 6 D を “ ノード # 2 ” とする。

【 0 0 9 5 】

図 3 0 は、受信端ノードの決定方法の一例を示す説明図である。NW 制御装置 3 は、c h 番号 3 6 A の “ c h x ” を増設する場合、パス格納部 3 6 を参照し、増設チャンネル “ c h x ” 対応の受信ノード “ ノード # 3 ” を通過する各チャンネル c h 1 及び c h 2 を受信端ノードとし、受信端ノードの受信 BER_{mea} を取得することになる。

【 0 0 9 6 】

また、図示した各部の各構成要素は、必ずしも物理的に図示の如く構成されていることを要しない。すなわち、各部の分散・統合の具体的形態は図示のものに限られず、その全部又は一部を、各種の負荷や使用状況等に応じて、任意の単位で機能的又は物理的に分散・統合して構成することができる。

【 0 0 9 7 】

更に、各装置で行われる各種処理機能は、CPU (Central Processing Unit) (又は MPU (Micro Processing Unit)、MCU (Micro Controller Unit) 等のマイクロ・コンピュータ) 上で、その全部又は任意の一部を実行するようにしても良い。また、各種処理機能は、CPU (又は MPU、MCU 等のマイクロ・コンピュータ) で解析実行するプログラム上、又はワイヤードロジックによるハードウェア上で、その全部又は任意の一部を実行するようにしても良いことは言うまでもない。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 8 】

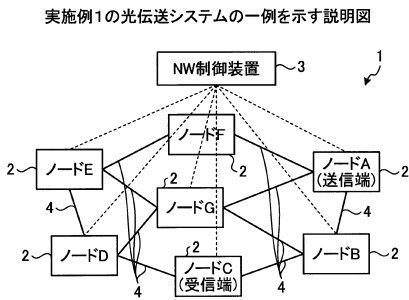
- 2 ノード
- 3、3 A NW 制御装置
- 2 4 制御部
- 4 3 第 1 の演算部
- 4 4 第 2 の演算部
- 4 5 第 3 の演算部
- 4 6 第 4 の演算部
- 4 7 算出部
- 4 8 第 5 の演算部
- 4 9 第 6 の演算部
- 5 0 第 1 の算出部
- 5 1 第 2 の算出部
- 5 2 第 3 の算出部

10

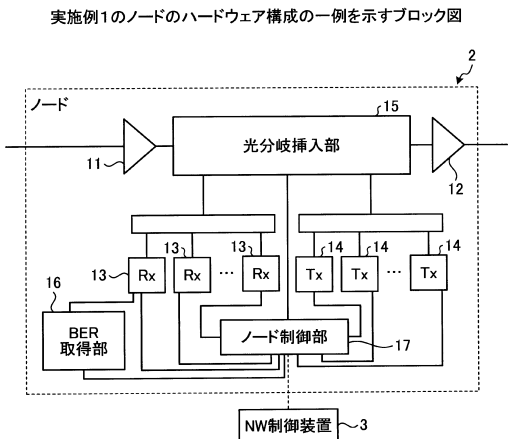
20

30

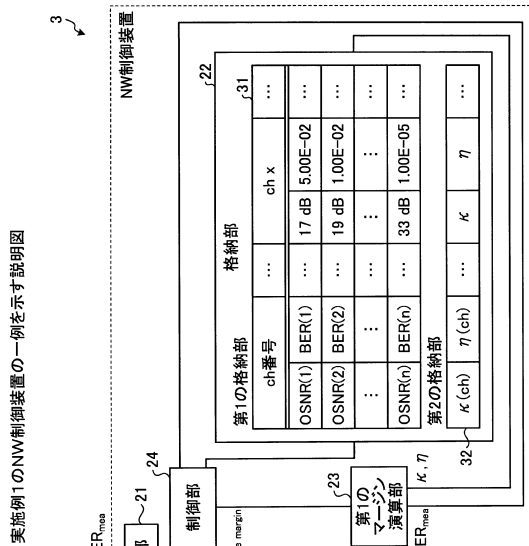
【図1】



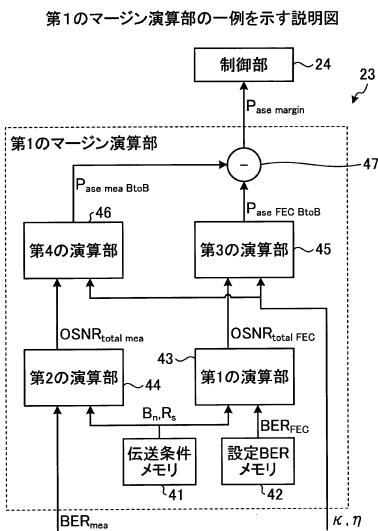
【図2】



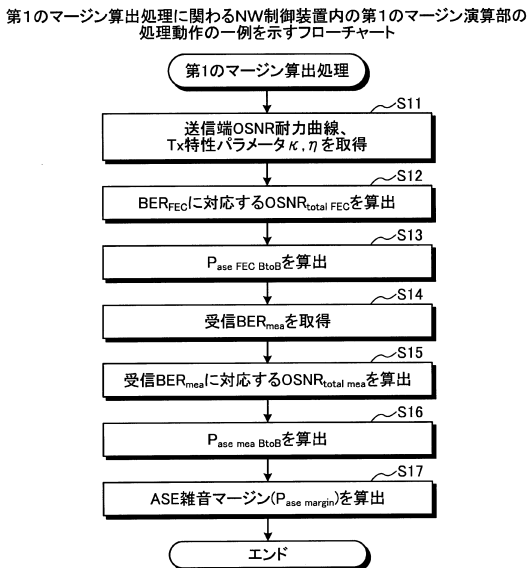
【図3】



【図4】

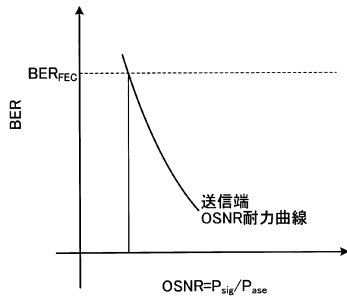


【図5】



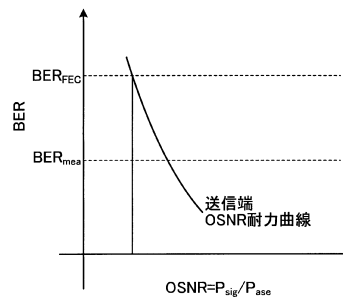
【図6】

BER-OSNR特性上の送信端OSNR耐力曲線の一例を示す説明図



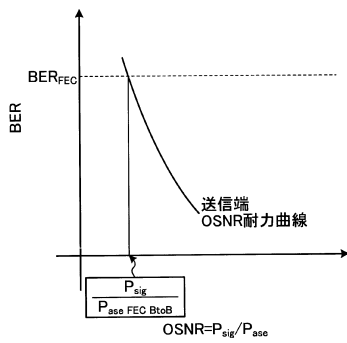
【図8】

BER-OSNR特性上の運用中の受信BER_{mea}の一例を示す説明図



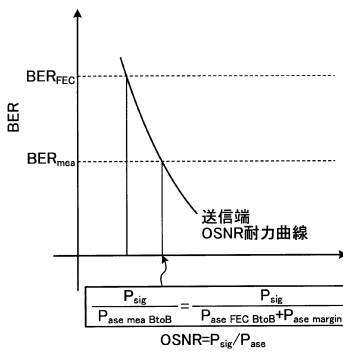
【図7】

BER-OSNR特性上のBER_{FEC}対応のOSNR_{total FEC}の一例を示す説明図



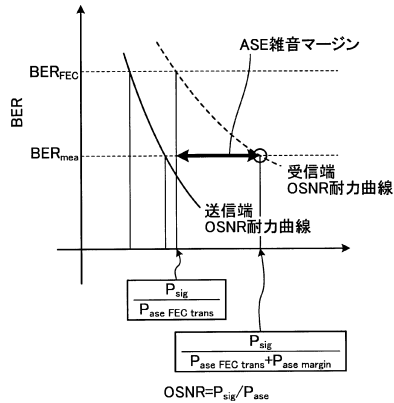
【図9】

BER-OSNR特性上の運用中の受信BER_{mea}対応のOSNR_{total mea}の一例を示す説明図



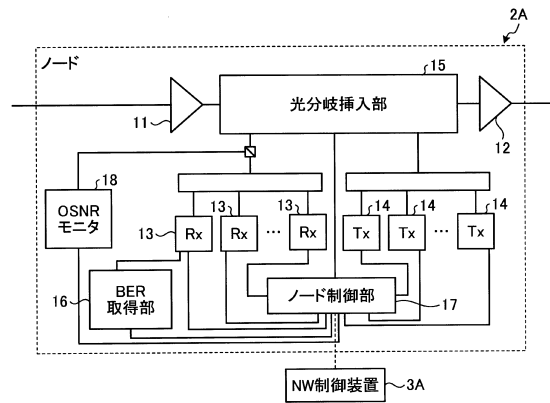
【図10】

BER-OSNR特性上の運用中のASE雑音マージンP_{ase margin}の一例を示す説明図

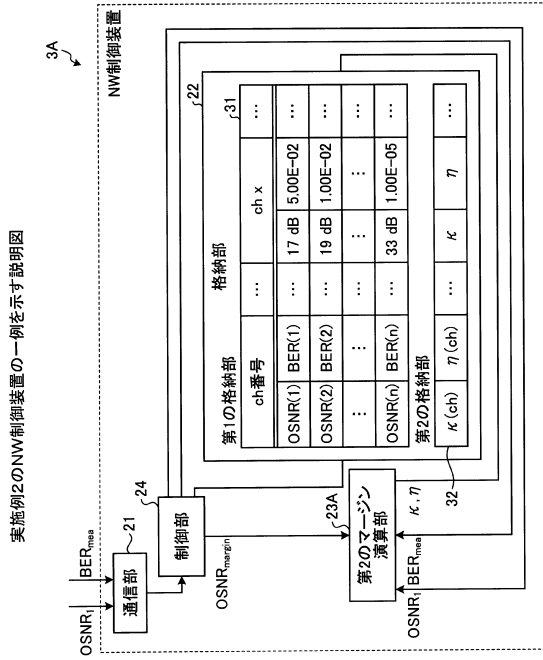


【図11】

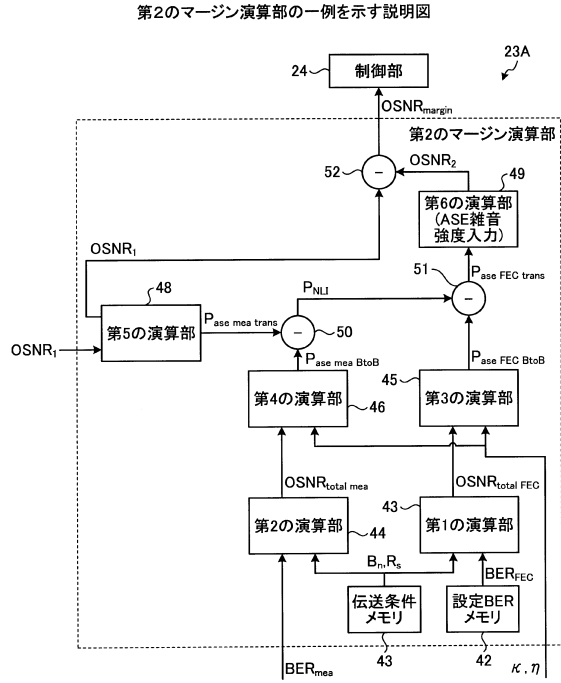
実施例2のノードのハードウェア構成の一例を示すブロック図



【図12】

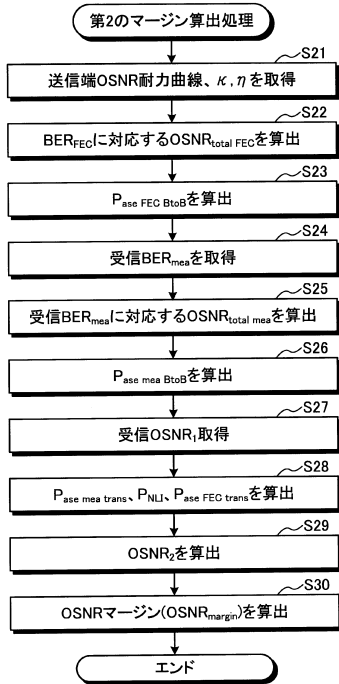


【図13】



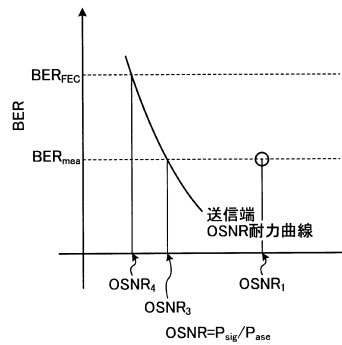
【図14】

第2のマージン算出処理に関わるNW制御装置内の第2のマージン演算部の処理動作の一例を示すフローチャート



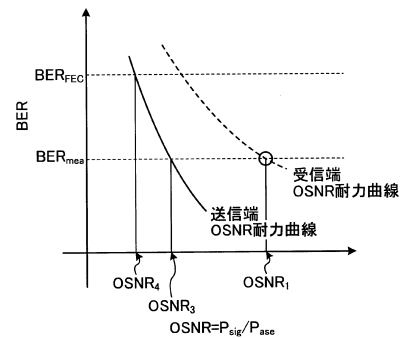
【図15】

BER-OSNR特性上の運用中の受信OSNR₁の一例を示す説明図



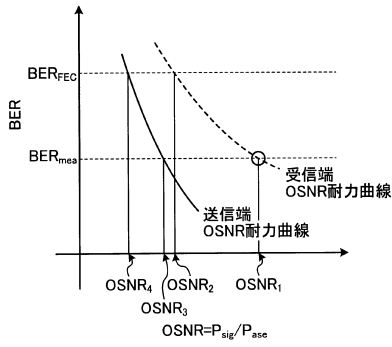
【図16】

BER-OSNR特性上の運用中のOSNR耐力曲線の一例を示す説明図



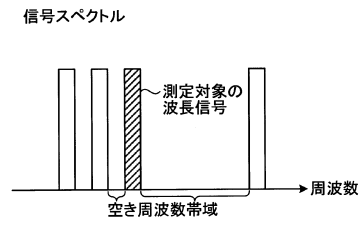
【図17】

BER-OSNR特性上の運用中のOSNR耐力曲線上のOSNR₂の一例を示す説明図



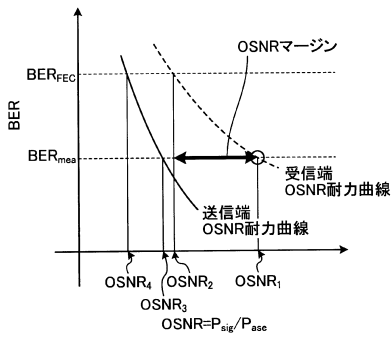
【図19】

測定対象の波長信号と隣接波長信号との関係の一例を示す説明図



【図18】

BER-OSNR特性上の運用中のOSNRマージンOSNR_{margin}の一例を示す説明図



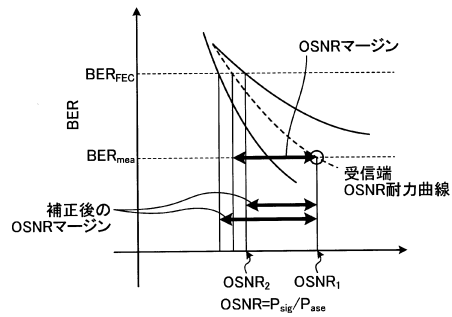
【図20】

実施例3の補正テーブルの一例を示す説明図

空き周波数帯域 (槽設・配置変更前)	変更後					
	12.5 GHz未満	25 GHz未満	50 GHz未満	100 GHz未満	150 GHz未満	150 GHz以上
12.5 GHz未満	補正なし	3 dB	4 dB	4 dB	5 dB	5 dB
25 GHz未満	-3 dB	補正なし	1 dB	1.5 dB	2 dB	2.5 dB
50 GHz未満	-4 dB	-1 dB	補正なし	0.5 dB	1 dB	1 dB
100 GHz未満	-4 dB	-1.5 dB	-0.5 dB	補正なし	補正なし	補正なし
150 GHz未満	-5 dB	-2 dB	-1 dB	補正なし	補正なし	補正なし
150 GHz以上	-5 dB	-2.5 dB	-1 dB	補正なし	補正なし	補正なし

【図21】

実施例3のOSNRマージンOSNR_{margin}の補正前後の一例を示す説明図



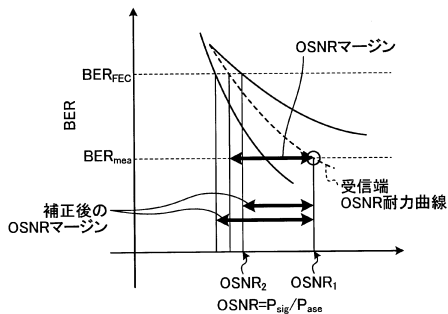
【図22】

実施例4の補正テーブルの一例を示す説明図

伝送路入力パワー		変更後					
(変更前)	-1.5 dBm/ch	-1.5 dBm/ch	-1 dBm/ch	0 dBm/ch	0.5 dBm/ch	1 dBm/ch	1 dBm/ch
	-1 dBm/ch	補正なし	補正なし	補正なし	-2.5 dB	-2.5 dB	-5 dB
	-0.5 dBm/ch	補正なし	補正なし	補正なし	-2 dB	-2 dB	-5 dB
	0 dBm/ch	補正なし	補正なし	補正なし	-1.5 dB	-1.5 dB	-4 dB
	0.5 dBm/ch	1 dB	1 dB	0.5 dB	補正なし	-1 dB	-4 dB
	1 dBm/ch	2.5 dB	2 dB	1.5 dB	1 dB	補正なし	-3 dB
		5 dB	5 dB	4 dB	4 dB	3 dB	補正なし

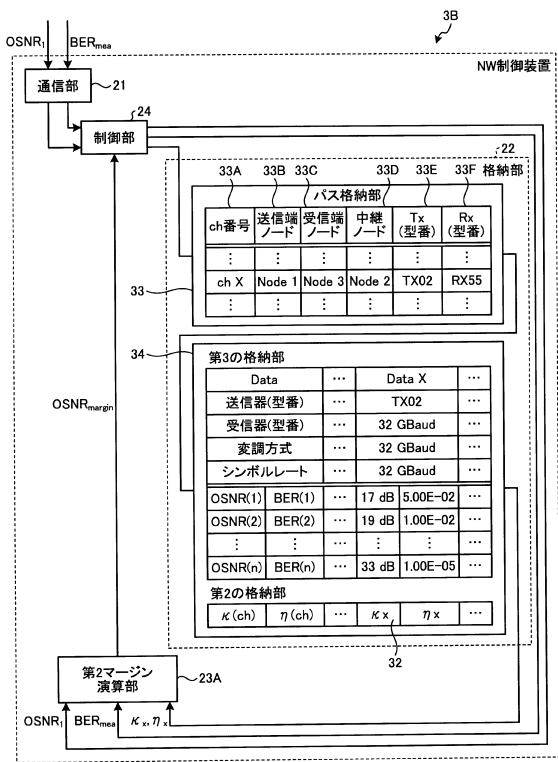
【図23】

実施例4のOSNRマージンOSNR_{margin}の補正前後の一例を示す説明図



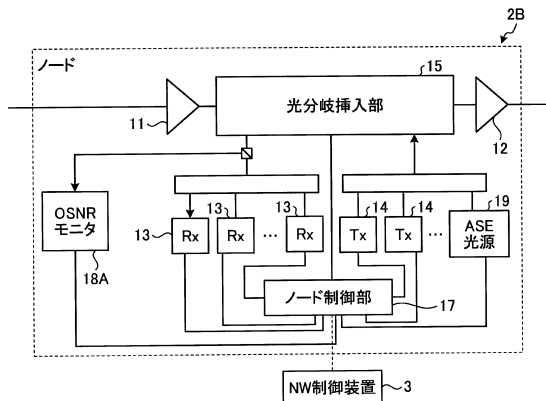
【図24】

実施例5のNW制御装置の一例を示す説明図



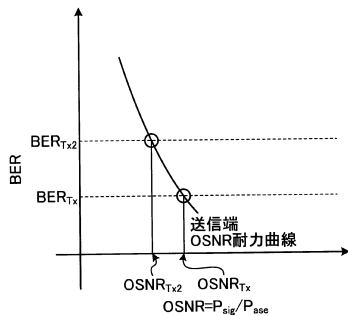
【図25】

実施例6のノードのハードウェア構成の一例を示す説明図



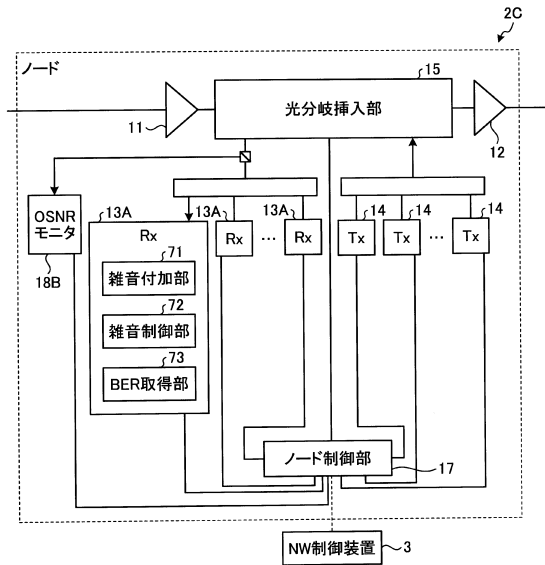
【図26】

実施例6のOSNR耐力曲線取得方法の一例を示す説明図



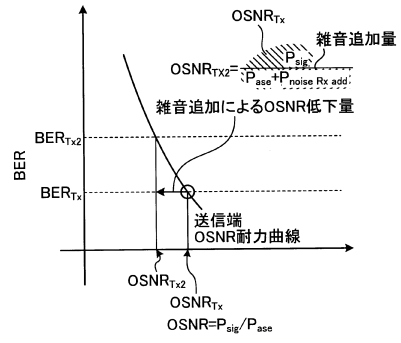
【図 27】

実施例7のノードのハードウェア構成の一例を示す説明図



【図 28】

実施例7のOSNR耐力曲線取得方法の一例を示す説明図



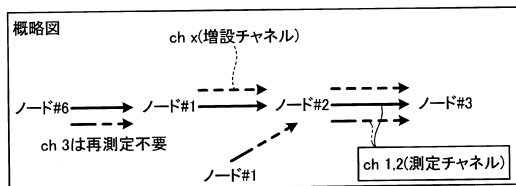
【図 29】

パス格納部の一例を示す説明図

ch番号	送信端ノード	受信端ノード	中継ノード
ch 1	ノード#7	ノード#3	ノード#2
ch 2	ノード#6	ノード#3	ノード#1,2
ch 3	ノード#6	ノード#1	ノード#2
⋮	⋮	⋮	⋮
ch x	ノード#1	ノード#3	ノード#2
⋮	⋮	⋮	⋮

【図 30】

受信端ノードの決定方法の一例を示す説明図



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 2 3 0 8 5 7 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 1 9 8 4 7 9 (J P , A)
特開平 0 3 - 2 6 1 8 3 9 (J P , A)
中国特許出願公開第 1 0 2 7 6 3 3 5 0 (C N , A)
米国特許第 0 6 4 4 5 4 7 1 (U S , B 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H 0 4 B 1 0 / 0 7 9

H 0 4 L 1 / 0 0