

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4153739号
(P4153739)

(45) 発行日 平成20年9月24日(2008.9.24)

(24) 登録日 平成20年7月11日(2008.7.11)

(51) Int.Cl.	F 1		
HO4L 29/14	(2006.01)	HO4L 13/00	313
HO4L 1/00	(2006.01)	HO4L 1/00	B
HO4B 10/08	(2006.01)	HO4B 9/00	K
HO4J 14/00	(2006.01)	HO4B 9/00	E
HO4J 14/02	(2006.01)		

請求項の数 32 外国語出願 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2002-210407 (P2002-210407)
(22) 出願日	平成14年7月19日 (2002.7.19)
(65) 公開番号	特開2003-179667 (P2003-179667A)
(43) 公開日	平成15年6月27日 (2003.6.27)
審査請求日	平成17年7月12日 (2005.7.12)
(31) 優先権主張番号	60/306567
(32) 優先日	平成13年7月19日 (2001.7.19)
(33) 優先権主張国	米国 (US)
(31) 優先権主張番号	10/197109
(32) 優先日	平成14年7月17日 (2002.7.17)
(33) 優先権主張国	米国 (US)

(73) 特許権者	502101180 タイコ テレコミュニケーションズ (ユ ーエス) インコーポレーテッド アメリカ合衆国 07960 ニュージャ ーシイ, モリスタウン, コロンビア ロー ド 60
(74) 代理人	100064447 弁理士 岡部 正夫
(74) 代理人	100085176 弁理士 加藤 伸晃
(74) 代理人	100106703 弁理士 産形 和央
(74) 代理人	100096943 弁理士 白井 伸一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光通信システムの自動最適化のシステムと方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

WDM光通信ネットワーク上で伝送されるデータに対して確立された誤り件数を維持する方法であって、

該ネットワークの複数のチャネルの1つで送信機から受信機へ伝送されるデータに関連する、前の間隔のFEC誤り件数を取得するステップと、

該前の間隔のFEC誤り件数を、該チャネルと関連する基準誤り件数と比較するステップと、

前記前の間隔のFEC誤り件数と前記基準誤り件数との間の差に応じて、前記チャネルに関連の複数の異なる動作パラメータの1つを調整し、ここで該複数の異なる動作パラメータはチャネルプリエンファシスパラメータ、前記送信機の少なくとも1つの動作パラメータ及び前記受信機の少なくとも1つの動作パラメータを含んでおり、

前記チャネルに関連する該複数の異なる動作パラメータの各々を調節すべく、該取得するステップと該比較するステップと該調節するステップとを、自動的に反復するステップとからなり、

該複数の異なるパラメータの各々は周期的に異なる時刻で調整されている方法。

【請求項 2】

前の間隔のFEC誤り件数は、前の15分のFEC誤り件数報告の間隔に対するものであることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

10

20

各定期調整に対する該基準誤り件数が、該定期調整の先の 1 つに対する該前の F E C 誤り件数を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

該複数の動作パラメータは、該データの送信機に関連する送信機動作パラメータを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

複数の動作パラメータは、波長、R Z 係数、位相変調量、および位相角を含むことを特徴とする請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

該複数の動作パラメータの 1 つは波長を含み、該反復ステップは、R Z 係数、位相変調量、次いで位相角を、順序どおりに調整するために、該取得するステップ、該比較するステップ、および該調整するステップを反復するステップを含むことを特徴とする請求項 5 に記載の方法。 10

【請求項 7】

該複数の動作パラメータは、該データの受信機に関連する受信機動作パラメータを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

該複数の動作パラメータは、CDRサンプリング位相、制限振幅閾値、およびCDR判定閾値を含むことを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

該複数の動作パラメータの 1 つは CDR サンプリング位相を含み、該反復ステップは、制限増幅閾値、次いで CDR 判定閾値を順序どおりに調整するために、該取得するステップ、該比較するステップ、および該調節するステップを反復するステップを含むことを特徴とする請求項 8 に記載の方法。 20

【請求項 10】

該複数の動作パラメータは、該データを表す信号の伝達振幅を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

該反復するステップは、該複数のチャネルのそれぞれについて、該複数の該動作パラメータのそれぞれを自動的に調整するために、該取得するステップ、該比較するステップ、および該調節するステップを反復するステップを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。 30

【請求項 12】

WDM 光通信ネットワーク上を伝送されるデータに対して確立された誤り件数を維持する方法を、コンピュータ・システムに実行させる内容を記録する機械読取可能媒体であって、該方法が、

該ネットワークの複数のチャネルの 1 つのチャネルで送信機から受信機へ伝送されるデータに関する前の間隔の F E C 誤り件数を取得するステップと、

該前の間隔の F E C 誤り件数を、該チャネルと関連する基準誤り件数と比較するステップと、 40

前記前の間隔の F E C 誤り件数と前記基準誤り件数との間の差に応じて、前記チャネルに関連の複数の異なる動作パラメータの 1 つを調整し、ここで該複数の異なる動作パラメータはチャネルプリエンファシスパラメータ、前記送信機の少なくとも 1 つの動作パラメータ及び前記受信機の少なくとも 1 つの動作パラメータを含んでおり、

前記チャネルに関連する該複数の異なる動作パラメータの各々を調節すべく、該取得するステップ、および該調節するステップを自動的に反復するステップとからなり、

該複数の異なるパラメータの各々は周期的に異なる時刻で調節されている、機械読取可能媒体。

【請求項 13】

該前の間隔の F E C 誤り件数は、前の 15 分の F E C 誤り件数報告間隔に対するもので 50

あることを特徴とする請求項 1 2 に記載の機械読取可能媒体。

【請求項 1 4】

それぞれの定期調整のための該基準誤り件数は、該定期調整の先の 1 つに対する該前の F E C 誤り件数を含むことを特徴とする請求項 1 2 に記載の機械読取可能媒体。

【請求項 1 5】

該複数の動作パラメータは、該データの送信機に関連する送信機動作パラメータを含むことを特徴とする請求項 1 2 に記載の機械読取可能媒体。

【請求項 1 6】

該複数の動作パラメータは、波長、R Z 係数、位相変調量、および位相角を含むことを特徴とする請求項 1 5 に記載の機械読取可能媒体。 10

【請求項 1 7】

該複数の動作パラメータの 1 つは波長を含み、該反復するステップは、R Z 係数、位相変調量、次いで位相角を順番に調整するために、該取得するステップ、該比較するステップ、および該調整するステップを反復するステップを含むことを特徴とする請求項 1 6 に記載の機械読取可能媒体。

【請求項 1 8】

該複数の動作パラメータは、該データの受信機に関連する受信機動作パラメータを含むことを特徴とする請求項 1 2 に記載の機械読取可能媒体。

【請求項 1 9】

該複数の動作パラメータは、C D R サンプリング位相、制限振幅閾値、および C D R 判定閾値を含むことを特徴とする請求項 1 8 に記載の機械読取可能媒体。 20

【請求項 2 0】

該複数の動作パラメータの 1 つは C D R サンプリング位相を含み、該反復するステップは、制限增幅閾値、次いで C D R 判定閾値を順番に調節するために、該取得するステップ、該比較するステップ、および該調整するステップを反復するステップを含むことを特徴とする請求項 1 9 に記載の機械読取可能媒体。

【請求項 2 1】

該複数の動作パラメータは、該データを表す信号の伝達振幅を含むことを特徴とする請求項 1 2 に記載の機械読取可能媒体。

【請求項 2 2】

該反復ステップが、該複数のチャネルのそれぞれについて、該複数の該動作パラメータのそれぞれを自動的に調節するために、該取得するステップ、該比較するステップ、および該調整するステップを反復するステップを含むことを特徴とする請求項 1 2 に記載の機械読取可能媒体。 30

【請求項 2 3】

W D M 光通信ネットワーク上を伝送されるデータに対して確立された誤り件数を維持する方法であって、

該ネットワークの複数のチャネルのそれぞれに関連する前の間隔の F E C 誤り件数を取得するステップと、

前記複数のチャネルのうちの一のチャネルであって該複数のチャネルのうちの他のチャネルと比較して、該前の間隔の F E C 誤り件数値の内の最高値を有する一のチャネルを特定するステップと、 40

前記前の間隔の F E C 誤り件数と所定の基準誤り件数との間の差に応じ、該特定された一のチャネルと関連する動作パラメータを調節するステップと、

該取得するステップ、該比較するステップ、および該調節するステップを自動的に反復するステップとからなることを特徴とする含む方法。

【請求項 2 4】

該動作パラメータは、該チャネルの該 1 つで伝送されるデータを表わす信号の伝送振幅を含むことを特徴とする請求項 2 3 に記載の方法。

【請求項 2 5】

50

該前の間隔のFEC誤り件数は、前の15分 - FEC誤り件数報告間隔に対するものであることを特徴とする請求項23に記載の方法。

【請求項26】

該方法はさらに、該前の間隔のFEC誤り件数値の該最高値と基準誤り件数とを比較するステップをさらに含み、そして該調整するステップは、該比較に応答して該チャネルの該1つに関連する該動作パラメータを調整するステップを含むことを特徴とする請求項23に記載の方法。

【請求項27】

それぞれの定期調整のための該基準誤り件数は、該定期調整の先の1つに対する該前の間隔のFEC誤り件数値の該最高値を含むことを特徴とする請求項26に記載の方法。 10

【請求項28】

WDM光通信ネットワーク上を伝送するデータの確立された誤り件数を維持する方法を、コンピュータ・システムに実行させる内容を記録する機械読取可能媒体であって、該方法が、

該ネットワークの複数のチャネルのそれぞれに関連する前の間隔のFEC誤り件数を取得するステップと、

前記複数のチャネルのうちの一のチャネルであって該複数のチャネルのうちの他のチャネルと比較して、該前の間隔のFEC誤り件数値の最高値を有する一のチャネルを特定するステップと、

前記前の間隔のFEC誤り件数と所定の基準誤り件数との間の差に応じ、該一のチャネルと関連する動作パラメータを調整するステップと、

該取得するステップ、該比較するステップ、および該調整するステップを、自動的に反復するステップとからなることを特徴とする、機械読取可能媒体。 20

【請求項29】

該動作パラメータは、該チャネルの該1つで伝送されるデータを表わす信号の伝送振幅を含むことを特徴とする請求項28に記載の機械読取可能媒体。

【請求項30】

該前の間隔のFEC誤り件数は、前の15分 - FEC誤り件数報告間隔に対するものであることを特徴とする請求項28に記載の機械読取可能媒体。 30

【請求項31】

該方法はさらに、該前の間隔のFEC誤り件数値の該最高値と、基準誤り件数とを比較するステップをさらに含み、該調整するステップは、前記比較に応答して該チャネルの該1つに関連する該動作パラメータを調整するステップを含むことを特徴とする請求項28に記載の機械読取可能媒体。

【請求項32】

それぞれの定期調整のための該基準誤り件数は、該定期調整の先の1つに対する、該前の間隔のFEC誤り件数値の該最高値を含むことを特徴とする請求項31に記載の機械読取可能媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の分野】

本発明は一般的には通信ネットワークに関する。さらに具体的には、本発明は光通信システムの自動最適化のシステムと方法に関する。

【0002】

【発明の背景】

「海底（underseaまたはsubmarine）」システムなどの長距離通信システムの容量は、急速に増大している。例えば、光学增幅式の長距離海底通信システムの中には、単一の光チャネルで毎秒10ギガビット（Gbps）以上の速度で情報の転送が可能なものがある。光ファイバ・ネットワークの伝送容量を最大化するために、波長分割多重伝送方式と呼ばれる方法では、一本のファイバが複数の光チャネルを延長する。例えば、一本の光ファイ 40

バが、1540から1564.8ナノメータの間の光ファイバの低損失ウインドに均一に拡散（すなわち0.4ナノメータ中心のチャネルに拡散）した対応する波長の、個別の光チャネルで64の個別の光信号を搬送することもある。

【0003】

しかしながら、長距離通信システムでは、信号が移動しなければならない距離（一般的には600~12000km）が比較的長いことを考えると、特に減衰、ノイズおよびパルスひずみの問題が生じやすい。これらの影響はデータ転送エラーとして表面化することがある。しかしながら、すべての通信システムの効率は、そのシステムでデータを送信および受信するときの信頼性に直接依存する。

【0004】

伝送信号に対する有害な影響は、いかなる通信システムからも完全には除去できないことを考慮した結果、長距離システムでとられた問題解決手法は、そのような悪影響に対する事前補償または事後補償を提供することであった。例えば、送信機および受信機において色差分光補償(chromatic dispersion compensation)をして、光ファイバ上の異なる波長による移動速度差を補償することは知られている。線路減衰に対処するために、伝送光信号は一般にプリエンファシスと呼ばれる方法を用いて信号強度を変えて伝送してもよい。この他にも、当業者に周知の事前および事後補償の技術がある。

10

【0005】

しかしながら、このような補償技術の難点は、その実装が煩雑で、時間がかかり、高価かつ非効率であることである。通信システムは、その上で伝送される光信号が受けるひずみ効果の点でそれぞれ固有である。径間長、増幅器構成、チャネル・カウント、伝送速度など、これらすべてが信号伝送に影響を及ぼし、システムによって変わる可能性がある。したがって、所与のシステムに対する事前および/または事後補償は、必然的に特有のシステム構成に基づいて実施される。このためには、システム特性の詳細な分析と、それぞれのチャネルに対して補償をするための照準を取り組みが必要である。

20

【0006】

一般的には一旦システムが構築されると、システム性能のテストをすると共に、システム性能を最適化するために、チャネル毎に手操作で補償の調整が行われる。調整作業は、調整装置を手操作して、通常は一度に1チャネルずつ行われる。新規に構築されたシステムに対しては、このような手操作でシステム性能を微調整する工程は、何週間あるいは何ヶ月もかかることがある。また、一旦システムが稼動すると、伝送偏差および/またはシステム補償設定における変動に対応するために、通常は定期的にシステムの最適化を再実施することが必要である。この最適化の再実施の工程も、やはり手操作で一時に1チャネルずつ実施しなくてはならない。

30

【0007】

したがって、光通信システムのパラメータの容易かつ効率的な最適化を可能にする方法と装置が実質的に必要とされていることが理解できる。

【0008】

【発明の概要】

本発明の一態様によれば、WDM光通信ネットワーク上で伝送されるデータに対して所定の誤り件数を実質的に維持する方法が提供される。本方法は、ネットワークの複数のチャネルの1つで伝送されるデータに関連する前の間隔の前方誤り訂正(Forward Error Correction: FEC)の誤り件数を取得するステップと、前の間隔のFECと、チャネルに関連する基準誤り件数とを比較するステップと、比較に応答して、チャネルに関連する複数の動作パラメータの1つを調整するステップと、取得、比較および調整のステップを自動定期的に反復するステップとを含む。動作パラメータには、チャネル信号レベル、送信機パラメータ、および/または受信機パラメータを含めることができる。その記憶内容によって、コンピュータ・システムにこのような方法を実行させる、機械読み取り可能媒体も提供される。

40

【0009】

50

本発明の別の実施例によれば、WDM光通信ネットワーク上で伝送されるデータに対して所定の誤り件数を実質的に維持する別 の方法は、ネットワークの複数のチャネルのそれに関連する前の間隔のFEC誤り件数を取得するステップと、チャネルの他のものに比較して、前の間隔のFEC誤り件数の内の最高随伴値を有する、チャネルの1つを特定するステップと、最高の誤り件数を有するチャネルに関連する動作パラメータを調整するステップと、取得、比較、調整するステップを自動定期的に反復するステップとを含む。その記憶内容によって、コンピュータ・システムにこのような方法を実行させる、機械読取り可能媒体も提供される。

本発明をよりよく理解するためには、以下の詳細な説明と共に、同番号は同部品を示す、添付の図面を合わせ読むべきである。

10

【0010】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明と整合する、例示的な波長分割多重方式 (Wavelength Division Multiplex : WDM) 伝送システム100の簡略化したブロック図である。この伝送システムは、複数の光チャネルを、送信端末103から1つまたは複数の遠隔地受信端末105まで、1本の光情報チャネル108を介して伝送する働きをする。当業者であれば、システム100は、説明を簡単にするために大幅に簡略化したポイント・ツー・ポイント・システムとして表現されていることを理解するであろう。例えば、送信端末103および受信端末105は、もちろんのこと、双方をトランシーバとして構成してもよく、それによって発信および受信機能を実行するように構成してもよい。しかしながら、説明を簡単するために、端末は、この説明においては送信および受信機能にのみついて図示し、説明する。したがって、本発明に合致するシステムと方法は、広範囲のネットワークの構成要素および構成に組み入れることができると理解されたい。本明細書で例示した実施例は説明のために示したものにすぎず、限定しない。

20

【0011】

この例示的な実施例においては、複数の送信機102-1、102-2、102-3、...、102-Nのそれぞれは、関連する入力ポート104-1、104-2、104-3、104-N上のデータ信号を受信し、関連する波長₁、₂、₃、...、_N上でデータ信号を送信する。もちろん送信機は、説明を簡単するために非常に簡略化して示してある。当業者であれば理解するであろうように、各送信機には、関連する波長において所望の振幅と変調を与えたデータ信号を送信するように構成した電子および光学式構成要素を含めてよい。

30

【0012】

伝送される波長またはチャネルは、それぞれ複数の経路106-1、106-2、106-3、106-N上でそれぞれ搬送される。データ・チャネルはマルチプレクサまたはコンバイン110によって、光学情報チャネル108上で1つの集合信号に結合される。光学情報チャネル108には、光ファイバ導波路、光増幅器、光フィルタ、分散補償モジュール、およびその他の能動および受動構成要素を含めることができる。

【0013】

集合信号は、1つまたは複数の受信端末105において受信される。デマルチプレクサ112が、伝送されたチャネルを、波長₁、₂、₃、...、_Nの、関連する受信機116-1、116-2、116-3、116-Nに結合された、関連する経路114-1、114-2、114-3、114-Nに分離する。システム要件に応じて、受信機は受信したチャネルからデータ信号を生成し、そのデータ信号を関連する出力経路118-1、118-2、118-3、118-Nに提供してもよい。

40

【0014】

図示した実施例においては、メインテナンス・プロセッサ (Maintenance Processor : MP) 120、122が各端末103、105に備えられている。各メインテナンス・プロセッサは、関連するユーザ・インターフェース (User Interface : UI) 124、126によって制御可能であり、このユーザ・インターフェースにはキーボード、ディスプレイなどのユーザ入力装置を含めることができる。各端末用のユーザ・インターフェースは、端末に対して局所的でもよいし、通信ネットワークによって端末に遠隔接続してもよい。

50

【 0 0 1 5 】

メインテナンス・プロセッサの操作と機能は、当業者には理解されるであろう。例えば、端末 103 を参照して、メインテナンス・プロセッサは、各送信機の動作パラメータを制御するように構成してもよい。送信機の制御可能な動作パラメータとしては、例えば波長、振幅、ゼロ復帰 (Return-to-Zero : RZ) 係数、位相変調量および位相角がある。

【 0 0 1 6 】

受信端末 105 のメインテナンス・プロセッサ 120 は、各受信機の動作パラメータを制御するように構成することができる。受信機における、制御可能な動作パラメータとしては、例えばクロック・アンド・データ・リカバリ (Clock and Data Recovery : CDR) サンプリング位相、制限増幅器閾値、および CDR 判定閾値などがある。端末 103 および 105 がトランシーバとして構成される実施例においては、各端末の MP は、端末の動作に応じて、送信動作パラメータおよび受信動作パラメータの両方を制御するように構成することになる。当業者であれば、メインテナンス・プロセッサを図のように、各送信機を制御する單一プロセッサとして構成することも、または各送信機に関連づけた個別プロセッサとして構成することもできることが理解するであろう。さらに、メインテナンス・プロセッサを、一方のプロセッサが他のプロセッサの動作を制御するマスター/スレーブ状態に配置することもできる。

10

【 0 0 1 7 】

一般に、本発明に合致するシステムおよび方法は、動作パラメータを送受信するシステムの自動調整を介して自動システム最適化を提供する。システム動作パラメータの自動調整は、メインテナンス・プロセッサによって実行するように適合させたソフトウェアによって達成することができる。システムの実装と再配置に統いて、ユーザはユーザ・インターフェースを介して設定調整を開始し、初期調整、ならびにシステム送信およびパラメータ受信、およびプリエンファシス設定の最適化をさせることができる。また、システム動作中に自動バックグラウンド調整を実行するようにシステムを構成することもできる。バックグラウンド調整は、システム最適化を維持するように定期的に実行するように構成することによって、温度変動やシステム機能不全、損耗などの環境変化に起因するシステム性能の変動に対応することができる。

20

【 0 0 1 8 】

本発明に一致して、システムに組み込まれた FEC 技術によって生成される誤り件数を用いることによって、自動最適化が達成できる。当業者であれば、FEC は本質的に、システムの受信側でデータ誤りを検出かつ補正するために、データ・ストリーム中に適当な符号を組み込むことであることを理解するであろう。送信機は、データ・ストリームを受信し、そのデータ・ストリームを FEC エンコーダを用いて符号化する。FEC エンコーダはデータ・ブロック毎の符号を生成し、この符号がデータ・ブロックに添付される。送信機は、符号化したデータ・ブロックを、ネットワークを介して送信する。受信機は符号化されたデータ・ブロックを受信し、それを FEC デコーダに通す。FEC デコーダは、符号を回復しそれを用いて、受信したデータ・ブロック内にある誤りを検出し、かつ補正する。FEC デコーダによって検出される誤りの数、すなわち誤り件数 (Error Count : EC) が、システムのメインテナンス・プロセッサに報告される。

30

【 0 0 1 9 】

システム動作パラメータを最適化する、本発明に合致するシステムには、任意の FEC 誤り訂正符号を使用することができる。有用な誤り訂正符号としては、それに限定されるものではないが、ハミング符号、BCH 符号、ヴィテルビ符号、ゴレイ・ファイヤ符号、ターボ符号、および連結符号などがある。もちろん、システムのハードウェアおよびソフトウェア構成は選択する符号に応じて変わることになる。

40

【 0 0 2 0 】

一般に本発明に合致するシステムは、FEC 符号からの誤り件数を監視すると共に、報告される誤り件数を最小化するように動作パラメータを調整し、これによってシステムの最適化を自動的に達成する。図 2 は、本発明に一致する方法の流れ図である。図に示すよう

50

に、メインテナンス・プロセッサは F E C 誤り件数 2 0 0 を検査し、1つまたは複数の送信機 / 受信機において動作パラメータの調整 2 0 2 を行わせる。パラメータ調整に続いて、システムは誤り件数を再検査 (2 0 4) し、システム誤りに対する調整の効果を判定するようにしてもよい。誤り件数の調整と検査の工程は、誤り件数が最小化されるまで反復 (2 0 6) してもよい。

【 0 0 2 1 】

一時に1つのパラメータだけを調整し、すべてのパラメータについて反復することによって、動作パラメータ間の相互作用を最小化して、全体最適解を得ることができる。例えば、チャネルのプリエンファシスは、最初に遠端 F E C 誤り件数 (far end FEC error count) を用いて最適化してもよい。プリエンファシスは一般に、すべてのチャネル上で同等のエンド・ツー・エンド性能を得る目的で、各チャネルの相対信号レベルを、他のチャネルに対して調整するための方法に関する。 10

【 0 0 2 2 】

動作パラメータの伝送を次いで次の順序で調節してもよい。(1) 波長、(2) R Z 係数、(3) 位相変調量、(4) 位相角。動作パラメータの伝送は、遠端 F E C 誤り件数を用いて調節してもよい。次いで、動作パラメータの受信を次の順序で調節することができる。(1) C D R サンプリング位相、(2) 制限増幅閾値、(3) C D R 判定閾値。設定調整に対しては、C D R サンプリング位相は、C D R 判定閾値の調整に続いて再び調整してもよい。動作パラメータの受信は、近端 F E C 誤り件数 (near end FEC count) を用いて調整することができる。当業者であれば、本発明に合致するシステムはもちろんのこと、特定のパラメータの調整および / または特定の調整順序に限定されるものではないことを理解するであろう。事実、調整されたパラメータと、調整の順序はシステムおよび / またはユーザの要件に応じて変化させてもよい。 20

【 0 0 2 3 】

ここでも、本発明に合致するシステムまたは方法においては、少なくとも 2 つの基本的な調整タイプを行うことができる。(1) 設定調整、(2) バックグラウンド調整。設定調整は、通常はシステムの実装または補修後に、ユーザによって開始することができる。設定調整は、動作パラメータを迅速に最適化した設定にするために、例えば 1 秒の F E C 線路誤り性能データ (1-second FEC line error performance data) を用いてもよい。バックグラウンドまたは定期調整は、特定のシステムに対して有効化したり、または無効化してもよく、また例えば 15 分の F E C 線路誤り件数データに基づき、定期的に実施する、動作パラメータの自動微調整としてもよい。メインテナンス・プロセッサに、ソフトウェア命令に応答して、両者の調整タイプを実行する責任をもたせてもよい。 30

【 0 0 2 4 】

本発明に合致するシステムによって実行される、送受信の設定調整操作の例示的な実施例を図 3 に示す。当業者であれば、本発明と合致する方法で、F E C 誤り件数を用いてパラメータ最適化を達成するには、様々な方法があることを理解するであろう。したがって図示した例示的な実施例は、それに限定されるものではない。

【 0 0 2 5 】

図示した例示的な実施例においては、チャンネル毎に、一時に1つのパラメータを調整することができる。動作パラメータは互いに影響を与えるために、すべてのパラメータの調整は、例えば N 回、反復して実行される。反復調整の回数 N は、システムの構成に応じて変更してもよく、ユーザが設定してもよい。図に示すように、各パラメータに対して、メインテナンス・プロセッサは、例えば工場設定のパラメータなどの、現在のパラメータ設定を読み取る (3 0 2)。次いで、そのパラメータに関連するチャネルについての F E C 誤り件数 (E C) を取得する (3 0 4)。誤り件数がゼロの場合は (3 0 6)、そのチャネルに対するパラメータ調整は終了する (3 0 8)。そうでない場合には、EC_ref および EC_dec として、誤り件数を記憶保存してもよい。 40

【 0 0 2 6 】

EC_dec が EC_ref 以下である間に (3 1 2)、システムはパラメータ設定を 1 件減らし (3 50

14)、FEC_ECを取得し、新規の誤り件数をEC_decに設定する(316)。EC_decがEC_ref以下でない場合には、ECをEC_incとして記憶保存する(316)。EC_incがEC_ref以下である間に(318)、システムはパラメータ設定を1件だけ増加させ(320)、FEC_ECを取得し、次いでこの新しい誤り件数をEC_incに設定する(322)。EC_incがEC_ref以下でない場合には、設定を1件だけ減少させて(324)、そのパラメータに対する調整は終了する(326)。

【0027】

調整中に各パラメータを増減する量は、パラメータおよびシステム設定に依存することになる。パラメータ設定の分解能は、小さなパラメータ調整量だけを用いることによって改善されるが、このときには、その見返りとして、小さなパラメータ調整量を用いるシステム最適化を達成するために、反復調整の回数が比較的高くなる可能性がある。大きなパラメータ調整量を用いることで必要な反復回数を最小化することはできるが、小さな調整と同等のシステム性能を達成することができない。したがって、各パラメータに対する調整量は、所与のシステムに対してそのシステムの誤り率要件に基づくと共に、当然ながらその特有のパラメータに関連するハードウェアが許容するパラメータ調整レベルにも基づいて選択される。

【0028】

プリエンファシス(pre-emphasis)の設定調整は、送受信動作パラメータの調整とはいいくぶん異なるが、その理由は、プリエンファシスではすべてのチャネルについて同等の終端間性能を得るために、各チャネルの他チャネルに対する相対的な信号レベルを調整することを目的とするためである。したがってプリエンファシス調整においては、単一チャネルのプリエンファシス調整を考慮するときに、すべてのチャネルに関連する誤り件数が重要となる。

【0029】

本発明に合致するシステム最適化を完成するためのプリエンファシスは、様々な方法で達成することができる。図4A乃至4Dは、本発明と合致する例示的なプリエンファシス調整方法400を示す流れ図である。図の例示的な実施例において、基本的な前提是「富裕(rich)」チャネルから信号レベルを「略奪(robbing)」し、「貧困(poor)」チャネルに与えることであるということができる。

【0030】

図のように、チャネル単位最適化(Per Channel Optimization:PCO)インデックス・カウンタを1に設定する。PCOカウンタは、ループが特定のチャネルに入った回数を追跡するのに使用できる。PCOが所定の値、例えば3に達すると、ループは打ち切られる。そのときは、すべてのチャネルに対して、最後の2番目のFEC誤り件数を取得(404)し、最小誤り件数のチャネルが選択される(406)。2つ以上のチャネルが同じ誤り件数の場合には、同一誤り件数のチャネルのいずれを選択してもよい。

【0031】

最低のチャネル誤り件数が所定の値X未満の場合(408)には、そのチャネルの減衰を所定の値、例えば0.5dBだけ増加させ(410)、フローはステップ404に復帰する。所定の値Xは、システム要件および構成によって変化する。一例として2.5Gb/sのシステムでは、X値は12とし、これに対して10Gb/sのシステムではこのX値は48に設定してもよい。最小チャネル誤り件数がX以上の場合には、最大誤り件数のチャネルが選択される(412)。ここでも、2つ以上のチャネルが同じ誤り件数を有する場合には、同一誤り件数のチャネルのいずれか一方を選択することができる。

【0032】

最大誤り件数が所定の値Y未満の場合(414)には、バックオフ・カウンタは0に設定される。所定のY値は、システム要件および構成によって変化させてもよい。一例として2.5Gb/sシステムにおいては、Y値は48とし、これに対して10Gb/sシステムではY値は192に設定することができる。全チャネルについて、正規化(すなわち2.5Gb/sの例示システムでは、誤り件数は4倍にされる)された平均誤り件数が、計

10

20

30

40

50

算され記憶される(418)。この正規化平均誤り件数は、「基準平均誤り件数(ECE_{ef})」と呼ばれる。

【0033】

次いで全チャネルの減衰を所定の値、例えば0.5dBだけ減少させて、バックオフ・カウンタを0.5だけ増加させる(422)。いずれかのチャネル減衰器がその最小値に達している場合には(424)、バックオフ・カウンタを復帰させ(426)、調整から抜ける(428)。そうでない場合には、全チャネルについて最後から2番目の前方誤り件数(FEC)を再び取得し(430)、次いで全チャネルについて平均誤り件数が計算される(432)。この平均誤り件数が、基準平均誤り件数未満の場合には(434)、新規の基準平均誤り件数を前記平均誤り件数に等しく設定し(436)、フローはステップ420に復帰する。そうでない場合には、バックオフを復帰させて(438)、調整から抜ける(440)。

10

【0034】

最大誤り件数がY値を超える(414)、かつ全ての誤り件数がY値以下の場合には(442)、誤り率最大のチャネルの誤り件数を一時的に基準誤り件数として記憶させる。次いで、そのチャネルの減衰を、所定量、例えば0.1dBだけ減少させる(446)。このチャネル減衰器が、その最小損失位置にある場合(448)には、その他の全チャネルの減衰を、所定量だけ増加させる(450)。次いで、このチャネルに対するFEC誤り件数を取得し(452)、新規の誤り件数として記憶保存する。この新規の誤り件数が、そのチャネルの前回の誤り件数未満である場合には(454)、フローはステップ404に復帰する。そうでない場合には、そのチャネルの減衰を所定量、例えば0.2dBだけ増加させて(456)、フローはステップ404に復帰する。

20

【0035】

すべての誤り件数が所定の値Y以下の場合には(442)、チャネル単位最適化(PCO)を、詳細を後述するように実行する(458)。チャネル単位最適化の最後に、PCOインデックスが3未満の場合には(460)、PCOは1だけ増分され(426)、フローはステップ404に復帰する。そうでない場合には、バックオフ464は0に復帰させ、調整から抜ける(446)。

【0036】

図4Dに示した例示的なチャネル単位最適化ステップ458の流れ図が、図5A乃至5Cである。ここでも、当業者であれば、チャネル単位最適化ステップ458は様々な方法で達成可能であることを理解するであろう。すなわち図5A乃至5Cで説明する方法は、例としてのみ示すものである。

30

【0037】

図に示すように、PCOはチャネル番号を0に設定して開始される(500)。次いでチャネル番号は1だけ増分される(502)。チャネル番号がシステムの準備チャネル数を超える場合(504)には、フローはステップ460(図4D)に移り、そのチャネル番号がシステムで使用されていない場合(506)には、フローはステップ502に復帰する。そうでない場合には、チャネル誤り件数は基準誤り件数として記憶保存され(508)、チャネル減衰を所定量、例えば0.5dBだけ増加させる(510)。次いで、新規チャネル誤り件数が取得される(512)。

40

【0038】

新規チャネル誤り件数が、基準チャネル誤り件数未満である場合(514)には、新規のチャネル誤り件数が基準チャネル誤り件数として設定され(516)、チャネル減衰を所定量、例えば0.5dBだけ増加させる(518)。次いで新規チャネル誤り件数を取得する。新規チャネル誤り件数が、基準誤り件数未満の場合(522)には、フローはステップ502に復帰する。

【0039】

ステップ514における新規の誤り件数が、基準誤り件数未満の場合には、チャネル誤り件数を取得し、基準誤り件数に設定する。チャネル減衰設定は、所定量、例えば-0.5

50

d_B だけ減少させる。そのチャネルの減衰器が最小損失位置にある場合(528)には、他のすべてのチャネルの減衰を所定量、例えば0.1dBだけ増加させる(530)。

【0040】

次いで、新規のチャネル誤り件数が取得される(532)。この新規の誤り件数が基準誤り件数未満であり、誤り件数が所定量、例えば2.5Gb/sシステムに対して12、10Gb/sシステムに対して48を超える場合(534)には、この新規の誤り件数が基準誤り件数として設定され(536)、フローがステップ526に復帰する。そうでない場合には、フローはステップ502に復帰する。

【0041】

次に、バックグラウンドまたは定期調整に移ると、これらの調整は自動運転のために備えることによって、バックグラウンド調整を開始するのにユーザの介入は必要としないよう 10 できる。バックグラウンド調整は、プリエンファシスおよび送受信パラメータに対して定期的な微調整を行い、環境および/または運転状態の変化によるシステム性能の変動を吸収する。バックグラウンド調整は、例えば15分FECライン誤り性能データを、最適化された設定に動作パラメータを設定するのに使用してもよい。

【0042】

バックグラウンド調整は、特定の時間間隔で実行するように構成してもよい。例えば、図 20 6はブロック・フロー形態で、本発明に合致する例示的な一実施例600におけるバックグラウンド調整の実行のタイミングを説明している。図のように、バックグラウンド調整ソフトウェア命令の制御下に、プロセッサは運転時刻Xを確認する(602)。送信パラメータ調整に対しては、タイミングは次のとおりである。波長604を時刻1、9、17に調整、RZ係数606を時刻2、10、および18に調整、位相変調量608を時刻3、11、および19に調整、および位相角610を時刻4、12、および20に調整する。受信パラメータの調整に対してのタイミングとしては、CDRサンプリング位相612を時刻5、13、および21に調整、制限增幅閾値614を時刻6、14、および22に調整、CDR判定閾値616を時刻7、15、および23に調整する。プリエンファシス定期調整618を時刻8、16、および24に調整する。

【0043】

図7は、本発明に合致する、周期送受信パラメータ調整の例示的な一実施例を示す流れ図である。ここでも当業者であれば、送受信パラメータは本発明と整合性のある様々な方法で定期的に調整できることを理解するであろう。したがって、図7の例示的な実施例は、説明のためだけのものであることを理解すべきである。 30

【0044】

図のように、定期送受信パラメータ調整の開始において、調整方向を増加方向702に設定し、15分FEC誤り件数基準を0に設定することができる。動作時刻が、特定のパラメータの調整のための所定の時刻、例えばx、y、zに一致すれば(704)、パラメータが調整される。そうでない場合には、パラメータは調整されない(706)。

【0045】

パラメータが現在時刻で調整するように設定されている場合には、前の15分間隔の誤り件数が取得される(708)。前の間隔の誤り件数が0の場合(710)には、パラメータ調整は終了する(712)。そうでない場合には、前の間隔の誤り件数が基準誤り件数未満であり、かつ調整方向が増加方向に設定されている場合(714)には、パラメータ設定は1件増分され、基準誤り件数は、前の間隔の誤り件数に設定される(716)。次いで、パラメータ調整は終了する(718)。 40

【0046】

前の間隔の誤り件数が基準誤り件数以上であるか、または調整方向が増加方向に設定されていない場合(714)には、フローはステップ720に進む。ステップ720において、前の間隔の誤り件数が基準誤り件数を超え、かつ調整方向が増加方向に設定されている場合には、パラメータ設定を1件だけ減少させる(720)。前の間隔の誤り件数は基準誤り件数に設定され(720)、調整方向は減少方向に設定される(722)。次いで、 50

パラメータ調整は終了する(724)。

【0047】

前の間隔の誤りが基準誤り件数以下であるか、または調整方向が増加方向に設定されていない場合(720)には、フローはステップ726に進む。ステップ726において、前の間隔の誤り件数が基準誤り件数を超えて、かつ調整方向が減少方向に設定されている場合には、パラメータ設定は1件だけ増分される(728)。前の間隔の誤り件数が基準誤り件数に設定され(728)、調整方向は減少方向に設定される(730)。次いで、パラメータ調整は終了する(732)。

【0048】

前の間隔の誤り件数が基準誤り件数以下であるか、または調整方向が減少方向に設定されていない場合(726)には、フローはステップ734に進む。ステップ734において、前の間隔の誤り件数が基準誤り件数未満であり、かつ調整方向が減少方向に設定されている場合には、パラメータ設定を1件だけ減少させ(736)、前の間隔の誤り件数が基準誤り件数に設定される(736)。次いで、パラメータ調整は終了する(738)。

10

【0049】

設定調整と同様に、定期のプリエンファシス調整は、備えられたチャネルを横断して信号レベルを最適化するというプリエンファシスの目標のために、定期の送受信パラメータ調整とは、いくぶん変化する。図8は、本発明に合致する定期のプリエンファシス調整の例示的な実施例800を説明する流れ図である。当業者であれば、本発明と整合する様々な方法で定期のプリエンファシス調整が実行可能であることを理解するであろう。したがって、図8の例示的な実施例は、説明のためにのみ示すものであることを理解すべきである。

20

【0050】

図に示すように、定期プリエンファシス調整の開始において、調整方向は増加方向に設定され(802)、15分FEC誤り件数基準は0に設定される。動作時刻が特定パラメータの調整のための所定時刻、例えばx、y、zに一致する場合(804、806)には、パラメータが調整される。そうでない場合には、パラメータは調整されない(808)。

【0051】

パラメータが現在時刻で調整されるように設定されている場合には、時刻がその時刻の最初の15分間隔である場合(804)には、すべてのチャネルについて前の15分間隔の終端誤り件数が取得される(810)。図示した例示的な実施例においては、最大誤り件数を有するチャネルのみが調整のために選択される(812)。そのチャネルの前の間隔の誤り件数が0である場合(814)には、パラメータ調整は終了する(816)。そうでない場合には、そのチャネルの誤り件数が、基準誤り件数として設定される(818)。チャネル調整方向が増加方向に設定されている場合(820)には、チャネルの減衰は、所定量、例えば0.5dBだけ増加するように設定される(822)。そうでない場合には、チャネルの減衰は、所定量だけ減少するように設定される(824)。

30

【0052】

パラメータが現在時刻で調整されるように設定され、かつ時刻がその時刻の第2、第3または第4の15分間隔の開始時である場合(806)には、すべてのチャネルについて前の15分間隔の遠端誤り件数が取得され(824)、最大誤り件数を有するチャネルのみが調整のために選択される(826)。前の間隔の誤り件数が基準誤り件数未満であり、かつ調整方向が増加方向に設定されている場合には(828)、減衰は所定量だけ増加され、基準誤り件数は前の間隔の誤り件数に設定される(830)。次いでパラメータ調整が終了する(832)。

40

【0053】

前の間隔の誤り件数が、基準誤り件数以上であるか、または調整方向が増加方向に設定されていない場合(828)には、フローはステップ834に進む。ステップ834で、前の間隔の誤り件数が基準誤り件数を超えて、かつ調整方向が増加方向に設定されている場合には、減衰は所定量だけ低減される(836)。前の間隔の誤り件数が基準誤り件数に

50

設定され(836)、調整方向は減少方向に設定される(838)。次いでパラメータ調整は終了する(840)。

【0054】

前の間隔の誤り件数が基準誤り件数以下であるか、または調整方向が増加方向に設定されていない場合(834)には、フローはステップ842に進む。ステップ842において、前の間隔の誤り件数が基準誤り件数を超えるか、かつ調整方向が減少方向に設定されている場合には、減衰を所定量だけ増加させる(844)。前の間隔の誤り件数は基準誤り件数に設定され(844)、調整方向は増加方向に設定される(846)。次いでパラメータ調整は終了する(848)。

【0055】

前の間隔の誤り件数が基準誤り件数以下であるか、または調整方向が減少方向に設定されていない場合(842)には、フローはステップ850に進む。ステップ850においては、前の間隔の誤り件数が基準誤り件数未満であり、かつ調整方向が減少方向に設定されている場合には、減衰レベルを0.5dB減少するように設定し、前の間隔の誤り件数が基準誤り件数に設定される(852)。次いでパラメータ調整は終了する(854)。

【0056】

本発明の実施例について記述した機能は、ハードウェア、ソフトウェアまたはハードウェアとソフトウェアの組合せに、公知の信号処理技術を用いて実装することが可能であることが理解されるであろう。ソフトウェアに実装する場合には、プロセッサと機械読み取り可能媒体が必要である。プロセッサは、本発明の実施例が必要とする速度と機能を提供する、任意の種類のプロセッサでよい。例えばプロセッサは、インテル社製のPentium(登録商標)ファミリ、またはモトローラ社製のファミリ・プロセッサのプロセスでもよい。機械読み取り可能媒体としては、プロセッサで実行可能に適合された命令を記憶保存する能力のある任意の媒体がある。このような媒体の例としては、それに限定されるものではないが、読み出し専用メモリ(ROM)、ランダム・アクセス・メモリ(RAM)、プログラマブルROM、消去可能プログラマブルROM、電気消去可能プログラマブルROM、ダイナミックRAM、磁気ディスク(例えばフロッピー・ディスク、ハード・ドライブ)、光ディスク(例えばCD-ROM)、その他のデジタル情報を記憶可能な任意のデバイスがある。一実施例では、命令は、圧縮および/または暗号化された形式で媒体上に記憶される。

【0057】

本明細書で用いたように、「プロセッサで実行するように適合された」という表現は、プロセッサで実行する以前にインストーラによってコンパイルまたはインストールする必要のある命令や、圧縮および/または暗号化された形式で記憶された命令を包含することを意味するものである。さらに、プロセッサおよび機械読み取り可能媒体は、様々なI/Oコントローラを介して、コンピュータ・プログラム命令とデータの組合せを記憶することができるプロセッサによってアクセスのできる、様々な組合せの機械読み取り可能記憶装置を含むより大規模なシステムの一部であってもよい。最後に、別の例においては、実施例は通信ネットワークにおいて記載されている。しかしながら、通信ネットワークでは、無数の方法で構成された、無数のネットワーク・デバイスが利用可能である。本明細書に記載する通信ネットワークは、例としてのみ用いるものであり、本発明の範囲を限定するものではない。

【0058】

したがって本明細書に記載した実施例は、本発明を利用する数例でしかなく、説明のために記載するものであり、それに限定されるものではない。また当業者には自明の、他の多くの実施例が、本発明の趣旨と範囲を実質的に逸脱することなく実現できることは明らかである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を実施するのに適した例示的なWDMシステムを示す図である。

【図2】本発明と整合する例示的な方法の流れ図である。

10

20

30

40

50

【図3】本発明と一致する送受信パラメータの設定調整を実施する例示的な一方法を示す流れ図である。

【図4A】本発明と一致するプリエンファシス設定調整の例示的な一実施方法を示す流れ図である。

【図4B】本発明と一致するプリエンファシス設定調整の例示的な一実施方法を示す流れ図である。

【図4C】本発明と一致するプリエンファシス設定調整の例示的な一実施方法を示す流れ図である。

【図4D】本発明と一致するプリエンファシス設定調整の例示的な一実施方法を示す流れ図である。

【図5A】本発明に一致するプリエンファシス設定調整の一実施方法における、チャネル単位最適化を実行する例示的な一方法を示す流れ図である。

10

【図5B】本発明に一致するプリエンファシス設定調整の一実施方法における、チャネル単位最適化を実行する例示的な一方法を示す流れ図である。

【図5C】本発明に一致するプリエンファシス設定調整の一実施方法における、チャネル単位最適化を実行する例示的な一方法を示す流れ図である。

【図6】本発明と一致するバックグラウンド調整を実行する例示的な一方法を示す流れ図である。

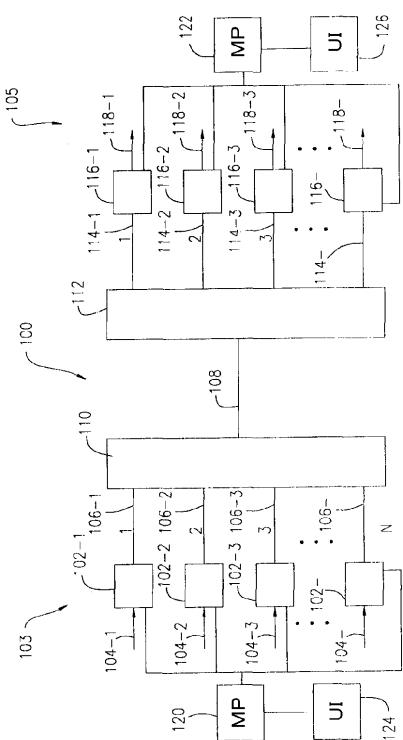
【図7】本発明と一致する送受信パラメータを実行する例示的な一方法を示す流れ図である。

20

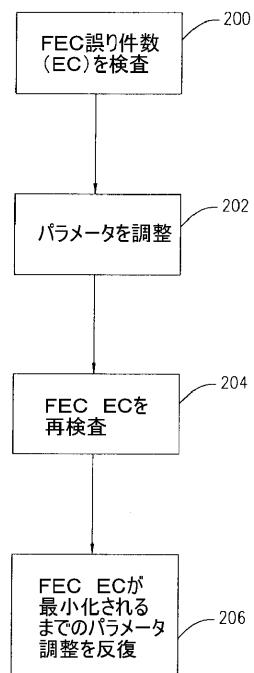
【図8A】本発明と一致するバックグラウンド・プリエンファシス調整を実行する例示的な一方法を示す流れ図である。

【図8B】本発明と一致するバックグラウンド・プリエンファシス調整を実行する例示的な一方法を示す流れ図である。

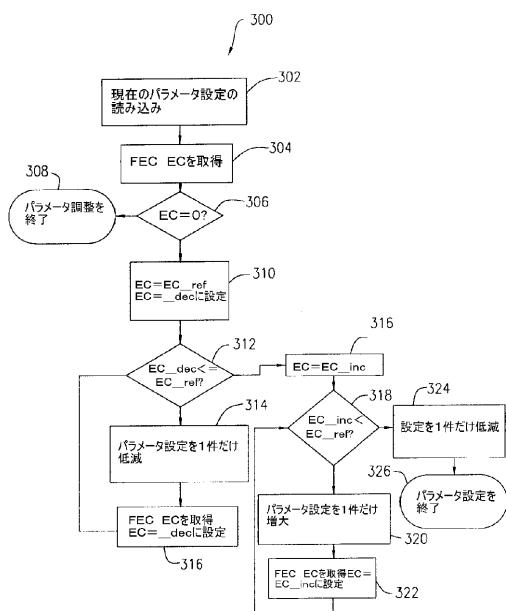
【図1】



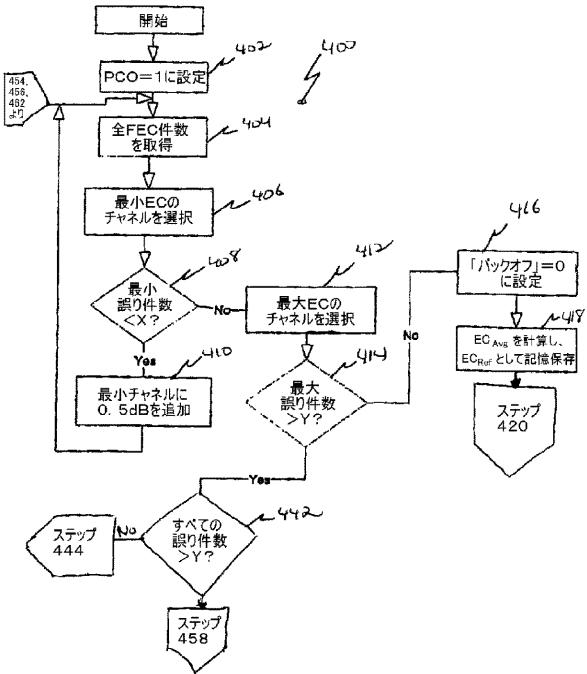
【図2】



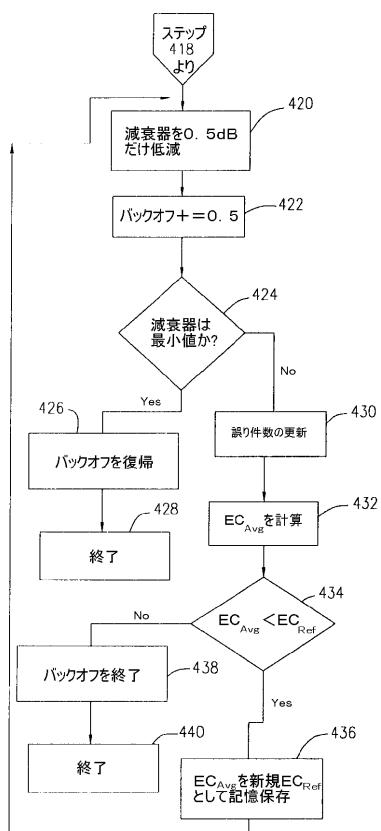
【図3】



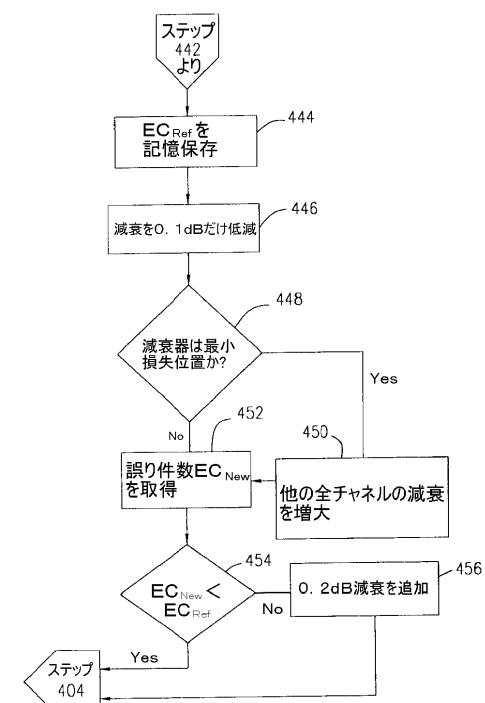
【図4 A】



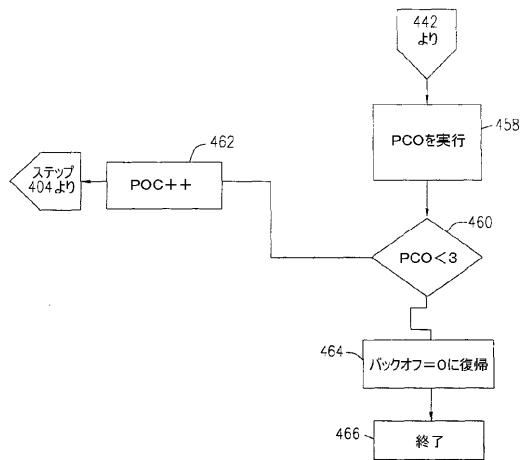
【図4 B】



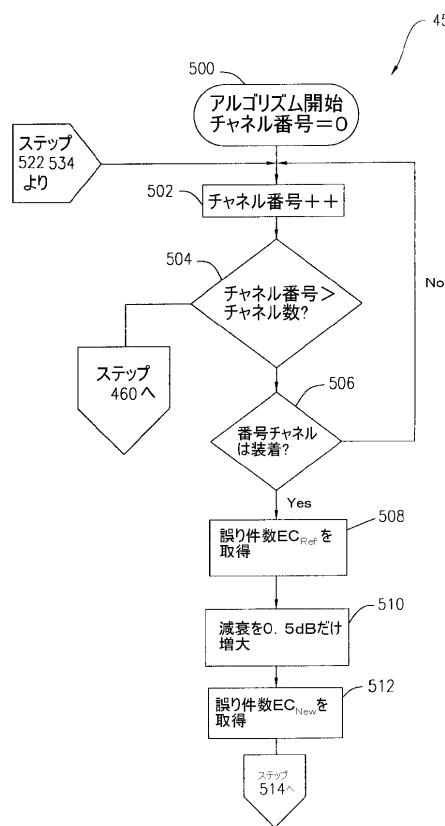
【図4 C】



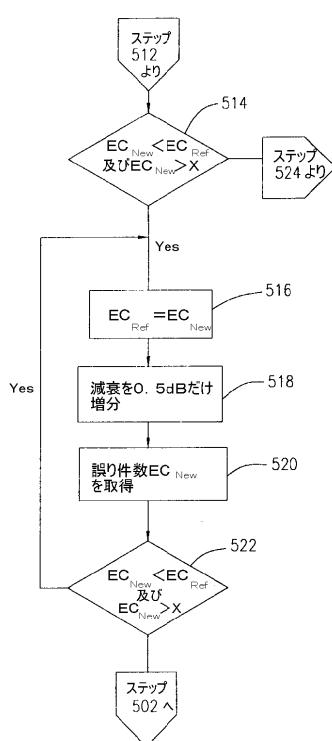
【図 4 D】



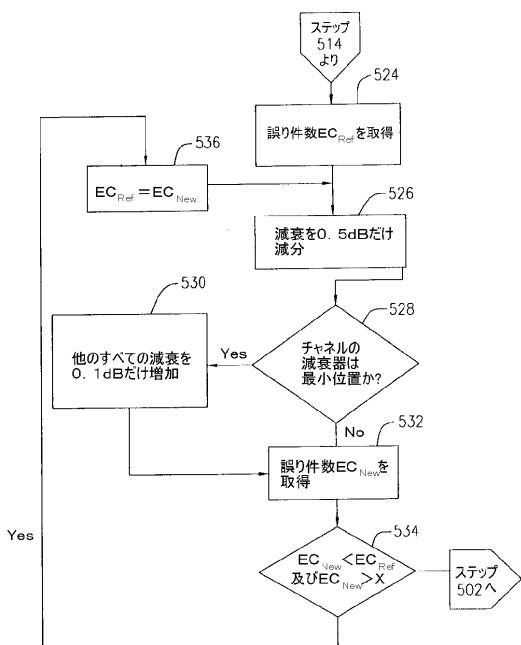
【図 5 A】



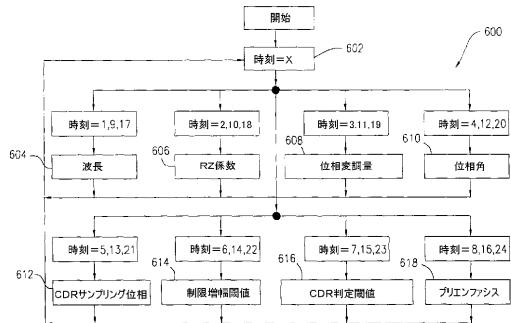
【図 5 B】



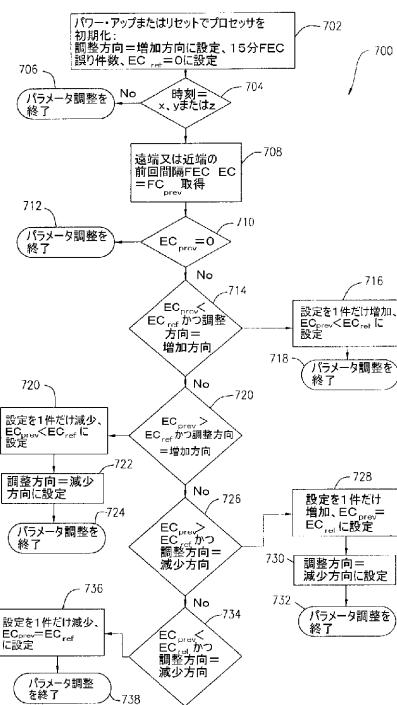
【図 5 C】



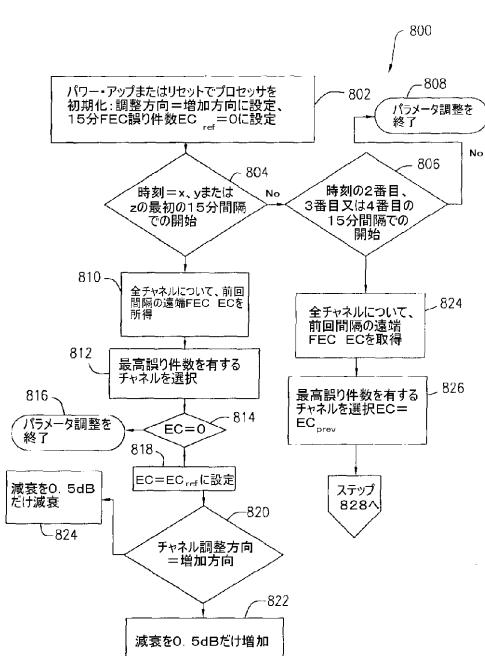
【図6】



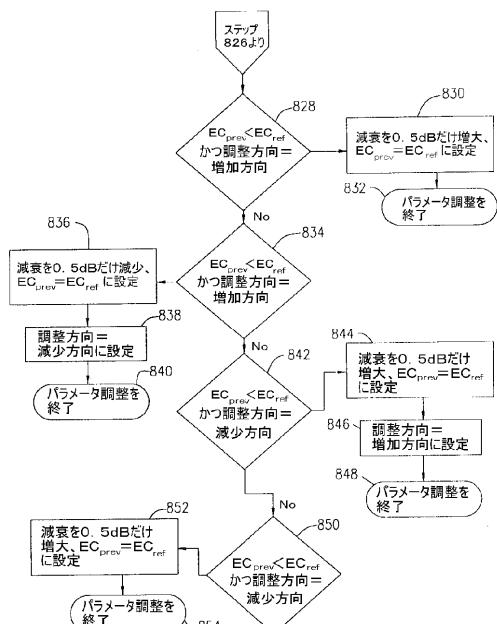
【図7】



【図8 A】



【図8 B】



フロントページの続き

(74)代理人 100091889
弁理士 藤野 育男
(74)代理人 100101498
弁理士 越智 隆夫
(74)代理人 100096688
弁理士 本宮 照久
(74)代理人 100102808
弁理士 高梨 憲通
(74)代理人 100104352
弁理士 朝日 伸光
(74)代理人 100107401
弁理士 高橋 誠一郎
(74)代理人 100106183
弁理士 吉澤 弘司
(72)発明者 サメー エー. サベット
アメリカ合衆国 07731 ニュージャーシィ, ホーウェル, ローレルウッド コート 520
(72)発明者 カレン ケー. サルセド
アメリカ合衆国 07718 ニュージャーシィ, ベルフォード, ブリンストン プレイス 14
5
(72)発明者 マーク デー. トレンブレイ
アメリカ合衆国 07753 ニュージャーシィ, ネプチューン, ガリー ロード 1305
(72)発明者 マリーアン ロンコー
アメリカ合衆国 07762 ニュージャーシィ, スプリング レイク ハイツ, アパートメント
シー20, ウォール ロード, ロイヤル コート アパートメンツ

審査官 小曳 満昭

(56)参考文献 特開2002-057624(JP, A)
欧州特許出願公開第00926854(EP, A1)
国際公開第01/008422(WO, A1)
特開平10-163971(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 29/00
H04J 14/02