



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510097456.5

[45] 授权公告日 2009年12月16日

[11] 授权公告号 CN 100571077C

[22] 申请日 2005.12.28

[21] 申请号 200510097456.5

[30] 优先权

[32] 2005. 2. 4 [33] EP [31] 05290259.0

[73] 专利权人 阿尔卡特公司

地址 法国巴黎市

[72] 发明人 亨宁·比洛

[56] 参考文献

CN 1533642 A 2004.9.29

CN 1484896 A 2004.3.24

EP 14944143A1 2003.7.2

审查员 方亮

[74] 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

代理人 鄢迅

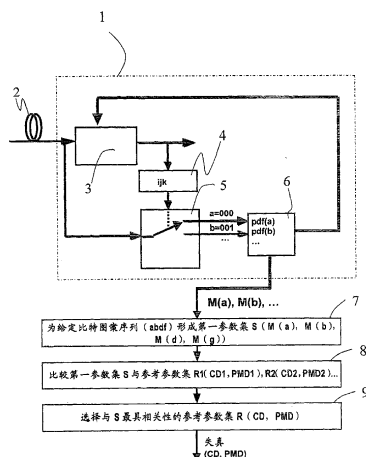
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 1 页

## [54] 发明名称

光链路性能监控

## [57] 摘要

一种使用维特比均衡器(1)估计至少一个光链路参数的方法,对于一组所判决的比特模式(a, b, c, d, ...),维特比均衡器(1)生成在光链路(2)上传输的失真光信号的信号幅度平均值(M),本方法包括下列步骤:对于给定的比特模式(a, b, c, d, ...)的序列(abdg),使用平均值(M(a), M(b), M(d), M(g))形成失真信号序列所特有的第一参数集(S),将第一参数集(S)与相同比特模式(a, b, c, d, ...)的序列(abdg)的参考信号序列所特有的多个参考参数集(R1, R2, ...)进行比较,每个参考参数集(R1, R2, ...)具有至少一个光链路参数的已知值,以及选择与第一参数集(S)最具相关性的参考参数集(R),将所选参考参数集(R)的至少一个光链路参数的已知值用作对至少一个光链路参数的估计。一种计算机程序产品,包括实现该方法的软件或硬件。



1. 一种使用维特比均衡器估计至少一个光链路参数的方法，对于一组所判决的比特模式，该维特比均衡器生成在光链路上传输的失真光信号的信号幅度直方图，本方法包括下列步骤：

(a) 对于给定的比特模式序列，使用从所述直方图导出的信号幅度平均值，形成失真信号序列的第一参数集，

(b) 将所述第一参数集与相同比特模式序列的参考信号序列的多个参考参数集进行比较，每个所述参考参数集具有所述至少一个光链路参数的已知值，以及

(c) 选择与所述第一参数集具有最高相关性的所述参考参数集，将所选参考参数集的所述至少一个光链路参数的所述已知值用作对所述至少一个光链路参数的估计。

2. 根据权利要求1所述的方法，其中对通过使用关于从所述直方图中导出的所述信号幅度的进一步统计数据而生成的第二参数集执行步骤(a)至(c)。

3. 根据权利要求2所述的方法，其中所述进一步的统计数据包括所述信号幅度的方差。

4. 根据权利要求1所述的方法，其中步骤(c)中的所述比较通过最大似然估计来实现，特别是通过计算最小方差来实现。

5. 根据权利要求1所述的方法，其中从包括色度色散、偏振模色散、自相位调制和光信号噪声比的组中选择所述至少一个光链路参数。

6. 根据权利要求1所述的方法，其中在步骤(a)之前进行参考参数集生成步骤，为每个比特模式和为每个参考参数集生成参考值。

7. 根据权利要求1所述的方法，其中从传输比特序列中导出所述给定的比特模式序列。

8. 根据权利要求1所述的方法，其中使用三个相继所判决的比

特，以形成比特模式。

9. 一种使用维特比均衡器估计至少一个光链路参数的装置，对于一组所判决的比特模式，该维特比均衡器生成在光链路上传输的失真光信号的信号幅度直方图，该装置包括：

用于对于给定的比特模式序列，使用从所述直方图导出的信号幅度平均值，形成失真信号序列的第一参数集的装置，

用于将所述第一参数集与相同比特模式序列的参考信号序列的多个参考参数集进行比较的装置，每个所述参考参数集具有所述至少一个光链路参数的已知值，以及

用于选择与所述第一参数集具有最高相关性的所述参考参数集，将所选参考参数集的所述至少一个光链路参数的所述已知值用作对所述至少一个光链路参数的估计的装置。

## 光链路性能监控

### 相关申请的交叉引用

本发明基于优先权申请 EP05290259.0，其在此作为参考引入本申请。

### 技术领域

本发明涉及一种用于估计至少一个光链路参数的方法。

### 背景技术

对于 10Gb/s（未来 40Gb/s）传输系统的性能监控，必须获得对光传输链路状态的可靠估计，以便为网络管理或网络控制进行抢占式故障检测。这个状态可以用在光纤链路上传输的光信号失真所特有的光链路参数来描述，例如色度色散（CD）、偏振模色散（PMD）、自相位调制（SPM）等等。

已经提出多种用于光链路性能监控的高成本解决方法，包括光测量技术以及使用附加调制音的技术（非标准）。在 2004 年的 ECOC 上，M. Wrage 和 B. Spinnler 在文章“Distortion Identification in WDM Networks by Analysis of Electrical Equalizer Coefficients”中提出一种通过分析有限脉冲响应（FIR）均衡器的均衡器系数（FFE 抽头设置）进行失真识别的方法。该文章中所提出的方法基于用于所有信号比特模式的 FFE 的均衡器设置。由于有限的参数集（抽头），该方案仅适用于有限的色散范围，或者如果存在混合失真（例如，PMD 和 CD），则不能发挥作用。

### 发明内容

本发明的目的在于，通过确定在光链路中引起的失真所特有的光

链路参数估计，获得对光传输链路状态的可靠估计。

这一目的可通过一种使用维特比 (Viterbi) 均衡器估计至少一个光链路参数的方法来实现，对于一组所判决的比特模式，维特比均衡器生成在光链路上传输的失真光信号的信号幅度平均值，本方法包括下列步骤：(a) 对于给定的比特模式序列，使用平均值形成失真信号序列所特有的第一参数集，(b) 将第一参数集与相同比特模式序列的参考信号序列所特有的多个参考参数集进行比较，每个参考参数集具有至少一个光链路参数的已知值，以及(c) 选择与第一参数集最具相关性的参考参数集，将所选参考参数集的至少一个光链路参数的已知值用作对至少一个光链路参数的估计。

本发明的方法使用维特比均衡器，其已经根据比特模式对所接收的信号（其取样）进行了分类。每个比特模式包括通过符号间干扰 (ISI) 相关联的相继的所判决的比特，ISI 是光链路失真所特有的。因此，在现有技术中，可以使用更多的参数对不同的失真 (= 色散) 进行量化和识别。

对于给定的比特模式序列，生成第一参数集，包括未知光链路参数（色散）所特有的平均值序列。将这个参数集与参考参数集相比较，参考参数集包括带有光链路参数已知值的平均值序列中的每一个。选择具有最接近于第一参数集的参数集的参考序列，作为对光链路参数的估计。明显地，光链路参数的估计精度取决于所用参考参数集的个数。如果两个参考参数集与第一参数集具有几乎相同（最接近的）的相关性，则通过在两个参考参数集的已知值之间进行内插来实现对光链路参数的估计。

在一个优选的变形中，从维特比均衡器生成的信号幅度直方图中导出信号幅度的平均值。为了使维特比均衡器能够判决（信道模型）并且为了避免错误判决，已知使用一种监控设备，其生成关于在光链路中传输的信号的统计数据。在这种设备中，生成光纤链路中所传输的光信号幅度的概率分布直方图。大约与平均值相等的概率分布的每个峰值，是属于其中一个比特模式的所接收信号幅度所特有

的。可能适合用比特模式时域中心位置处或接近中心位置处的信号幅度来描述比特模式的特征。

在进一步的优选变形中,使用关于从直方图导出的信号幅度的进一步统计数据,对第二参数集执行步骤(a)至(c)。直方图可用于确定更多的统计数据,而不仅仅是每个比特模式的平均值。

在进一步的变形中,进一步的统计数据包括信号幅度的方差。信号幅度的平均值可与信号幅度的方差共同使用,用于确定某些光链路参数,例如光信号噪声比(OSNR)。

在一个优选的变形中,步骤(c)中的比较通过最大似然估计来实现,特别是通过计算最小方差来实现。以此方式,提供对参考参数集和第一参数集之间的简便比较。

在一个更加优选的变形中,从包括色度色散(CD)、偏振模色散(PMD)、自相位调制(SPM)和光信号噪声比(OSNR)的组中选择至少一个光链路参数。可有利地使用本发明的方法确定光纤链路的这些(以及其它)特性。

在进一步的变形中,在步骤(a)之前进行参考参数集生成步骤,其为每个比特模式和每个参考参数集生成参考值。参考值可能是信号幅度的平均值、方差等。

在一个更加优选的变形中,从传输比特序列中导出给定的比特模式序列。以此方式,可能对所传输信号的光链路参数进行线上确定。

在另一个变形中,使用三个相继的所判决的比特,以形成比特模式。三个相继比特通过符号间干扰(ISI)相关联,也就是,在三个相继比特中间的传输比特受到紧接在中间比特之前和之后传输的比特的影响。ISI是由信号失真引起的。

本发明还可实现于一种计算机程序产品中,该产品包括实现上述方法的软件或硬件。计算机程序产品可实现为DSP-ASIC中的硬件,或者实现为读取维特比-ASIC的直方图数据的处理器中的软件。色散值则可用于光网络的网络管理或控制平面。

可以从描述和附图中获得进一步的优点。以上及以下提及的特征

可以依照本发明单独使用或在任何组合中共同使用。不能将所述各实施方式理解为穷尽的列举，而只是将其作为本发明描述的示例性特征。

### 附图说明

本发明在附图中表示。

图 1 示出了用于本发明方法实现方式的维特比均衡器以及本发明方法的流程图。

### 具体实施方式

以下说明的技术是基于图 1 中所示维特比均衡器的存在。维特比均衡器 1 (最大似然序列检测器) 可实现于光接收机的接收机线路卡中 (未示出)。为了进行自适应, 维特比均衡器 1 提取关于在光链路 2 上传输的光信号失真的详细信息, 在维特比均衡器 1 的输入端上, 通过光电二极管 (未示出) 将光信号转换为模拟电信号。在维特比核心 3 中将模拟电信号转换为数字比特序列。

取决于出现在维特比核心 3 输出端的相继比特, 移位寄存器 4 将维特比核心 3 的输入分发到复用器 5 的其中一个输出信道上。将输出馈入到直方图生成器 6 中。通常将复用器 5 输入端的信号进行模拟-数字转换 (图中未示出), 并且直方图生成器 6 包括数字寄存器。但是, 也可能使用模拟复用器作为可供选择的解决方法。将在下面更详细地说明上述过程。

移位寄存器 4 包含第一、第二和第三比特  $ijk$ , 并且移位寄存器与维特比核心 3 的输出相连。第二比特  $j$  是对于给定取样时间 ( $t$ ) 的所判决的比特, 第一比特  $i$  是在先前取样时间 ( $t-1$ ) 的所判决的比特, 而第三比特  $k$  是随后的取样时间 ( $t+1$ ) 的所判决的比特。在每个时间步长之后, 移位寄存器 4 的内容向左移位。

三个比特  $ijk$  寄存在移位寄存器 4 中的原因是, 符号间干扰 (ISI) 的相关长度是一个比特, 也就是, 只有随后的第三比特  $k$  和

先前的第一比特  $i$  对第二比特  $j$  的测量光信号模拟值有影响。移位寄存器 4 有八种可能的状态，每个状态定义一个比特模式。第一比特模式  $a$  用三比特状态  $ijk=000$  来识别，第二比特模式  $b$  用三比特状态  $ijk=001$  来识别，等等。

移位寄存器 4 与复用器 5 相连，复用器 5 的输入与维特比核心 3 的输入相连。由此，维特比核心 3 输入端的信号模拟值作为输入传送到复用器 5，复用器 5 依赖于移位寄存器 4 的状态，从八个可能的输出信道中选择一个。因此，在独立的信道中，将八个所判决的比特模式的每一个的模拟值发送至直方图生成器 6。

直方图生成器 6 使用对在维特比核心 3 的输入端的为每个比特模式测量的模拟值或数字化的模拟值，为每个比特模式（信道模型）生成概率密度函数  $pdf(a)$  和  $pdf(b)$  等等。直方图生成器 6 的输出用作到维特比核心 3 的反馈信号，依赖于在直方图生成器 6 中生成的统计数据适应分支度量单位。从概率密度函数  $pdf(a)$ 、 $pdf(b)$  ... 可以导出每个比特模式  $a$ 、 $b$  等的模拟信号的信号幅度平均值  $M(a)$ 、 $M(b)$  ...。在第二比特  $j$  的取样时间处，从关于在维特比核心 3 输入端的信号模拟值的统计中获得在图 1 中测量的平均值  $M(a)$ 、 $M(b)$  ...。

实际上可仅在实际传输比特  $j$  的取样时间上估计信号幅度。但是，也可能在第二比特  $j$  的判决时间之前和之后的短时间间隔中确定信号幅度值，该时间间隔远远短于三比特序列  $ijk$  的整个持续时间。在进行统计估计之前，可将在这个短时间间隔上进行的时间平均应用于直方图生成器 6 中。

由于 ISI 是依赖于失真的，所以直方图生成器 6 中关于光信号的统计信息取决于光链路 2 上的失真。因此，通过下面描述的方法，可以使用直方图生成器 6 中出现的数据来计算光链路参数，例如色度色散 (CD)、偏振模色散 (PMD) 等等。

为了使这个方法发挥作用，有必要在维特比均衡器 1 中为八个比特模式中的每一个确定平均值  $M(a)$ 、 $M(b)$  等等。已知了这些

值，在本方法的第一步骤 7 中定义比特模式序列，例如 abdf，并从这个序列中生成平均值序列  $M(a)$ 、 $M(b)$ 、 $M(d)$ 、 $M(g)$ ，使第一参数集  $S(M(a), M(b), M(d), M(g))$  得以形成。

在第二步骤 8 中，将第一参数集  $S$  与多个参考参数集  $R$  进行比较。参考参数集  $R$  包括模拟信号的平均值序列，模拟信号带有要进行估计的失真参数的已知值，该参数在这种情况下是 CD 和 PMD。第一/第二参考参数集  $R1/R2$  对应于第一/第二色度色散值  $CD1/CD2$  以及第一/第二偏振模色散值  $PMD1/PMD2$ 。当然，参考参数集  $R$  可能仅在一个光链路参数上不同，使得在上述情况中，偏振模色散值对于所有参考序列  $R$  是相同的，而 CD 值是不同的。

在第三步骤 9 中，选择与第一参数集  $S$  最具相关性的参考序列。相关性是在最大似然相关性的意义上定义的，例如，通过计算参数集  $S$  和参数集  $R$  之间的最小方差，即  $\min(S-R)^2$  来估计。确定与第一参数集  $S$  最具相关性的参考参数集，并且相应的失真值 CD、PMD 分别定义对于色度色散和偏振模色散的估计的链路参数。

因为使用了平均值，可以再生出无噪声（但仍然失真）的模拟序列。这个模拟序列可能已经或者还未在光链路 2 上传输。对于模拟信号来说，比特模式序列是有意义的就已经足够了。但是，选择比特模式序列的优选方式在于，使其对于传输信号来说是有意义的。尤其是，如下所述，有可能从在光链路 2 上传输的所判决的比特序列中导出比特模式序列。

作为比特序列和比特模式之间相关联的示例，假设对于给定的时间步长，在移位寄存器 4 中会出现包括三个相继比特的比特序列  $a=000$ ，对应于第一比特模式  $a$ 。在接下来的时间步长中，新的所判决的比特“1”出现在维特比核心 3 的输出端。因此，移位寄存器采用对应于第二比特模式  $b$  的状态  $ijk=001$ 。在接下来的时间步长中，新的所判决的比特“1”出现在维特比核心 3 的输出端，导致移位寄存器 4 的状态  $ijk=011$ ，对应于第四比特模式  $d$ 。如果随后时间步长中的所判决的比特是“0”，则移位寄存器 4 的状态是  $ijk=110$ ，对

应于第七比特模式 g。

以此方式，在光纤链路 2 上传输的所判决的比特序列（包括六个相继比特 000110），产生四个比特模式的序列 abdg。从而，有可能使用从传输比特序列中导出的比特模式序列实现三个步骤 7、8、9。如上所述，尽管也可能使用包含更多或更少比特模式的序列，比特模式序列的长度可选择为 4。

可简单地使用来自直方图生成器 6 的附加统计数据，例如比特模式 a、b 等的幅度方差，来改进上述方法。从而，对于每个比特模式序列可以生成第二、第三参数集等。可以如上所述地计算对于这些附加参数的这些参数集和参考参数集的相关性。其结果是，可以得到具有更高精度的光链路参数。以此方式，也可能估计信号噪声比。可从不同直方图中提取的方差与光信号噪声比（OSNR）之间直接相关联。OSNR 越低，则噪声越高，并且方差也就越大。可以通过将直方图方差与具有已知 OSNR 的参考模式 R 的方差进行比较来确定 OSNR 值，或者可以直接使用理论方法从直方图中计算 OSNR 值。

可以在第一步骤 7 之前，通过生成查询表来获得参考参数集 R，在查询表中，对于至少一个光链路参数的每个值和对于每个比特模式，存储了模拟信号平均值。通过对每个失真参数单独地或对混合失真（即 CD 和 PMD）进行数值仿真，已经测量或获得这些平均值。也可能在如上所述执行本方法的同时，在处理器中线上计算参考参数集。上述方法可实现为硬件或软件，作为维特比均衡器控制的一部分。

总之，当光接收机中出现维特比均衡器时，可以简单地将上述用于确定失真参数的方法实现为维特比均衡器中的软件，而几乎不需要附加的成本。由于维特比均衡器通常自适应到毫秒范围的输入信号，可以达到实现光链路性能监控的毫秒级速度。此外，上述方法比现有技术使用更多的参数，从而能够更加精确。

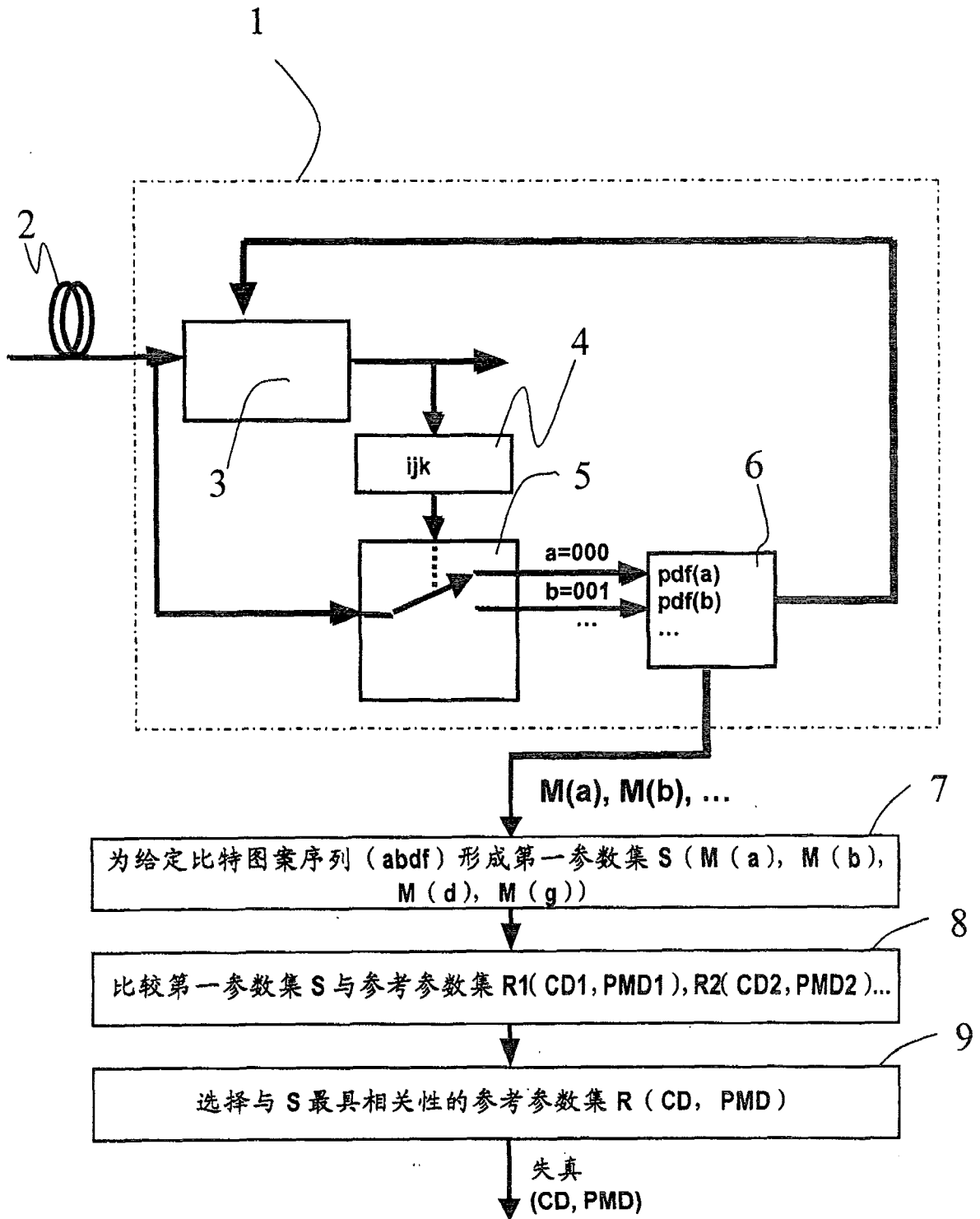


图 1