

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04M 3/22 (2006.01)

H04M 3/30 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03807261.0

[45] 授权公告日 2009年8月5日

[11] 授权公告号 CN 100525346C

[22] 申请日 2003.3.27 [21] 申请号 03807261.0

[30] 优先权

[32] 2002.3.28 [33] EP [31] 02252351.8

[86] 国际申请 PCT/GB2003/001359 2003.3.27

[87] 国际公布 WO2003/084198 英 2003.10.9

[85] 进入国家阶段日期 2004.9.28

[73] 专利权人 英国电讯有限公司

地址 英国伦敦

[72] 发明人 尼古拉斯·伦特 保罗·伯索尔

迈克尔·威廉·贝克福德

安德鲁·大卫·查特爾

[56] 参考文献

CN1272006A 2000.11.1

US2001043647A1 2001.11.22

US6263047B1 2001.7.17

WO0041331A1 2000.7.13

WO0064130A2 2000.10.26

WO0205529A1 2002.1.17

审查员 朱丹

[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

代理人 李辉

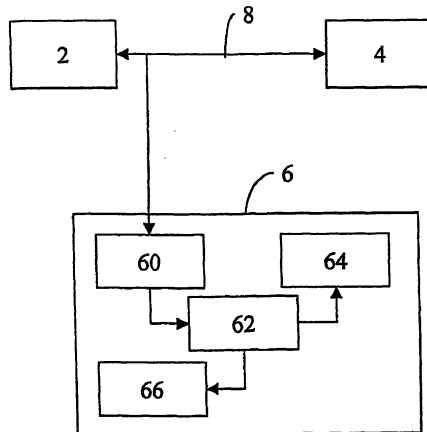
权利要求书2页 说明书16页 附图9页

[54] 发明名称

电话线路的故障检测方法及装置

[57] 摘要

一种用于检测电话线路上的故障的方法和装置，所述方法包括：将所测量的线路特性与一模型进行比较，所述模型模拟了所述电话线路的理想特性；以及如果所测量的特性和所模拟的理想特性之间的差异大于一预定阈值，则响应于所述比较产生故障报警信号，其中所述特性包括与所述线路上的多个预定频段内的数据传输相关的特性。



1. 一种用于检测数字用户线上的故障的方法，该方法包括：

将所测量的所述数字用户线的数据传输特性与至少一个模型进行比较，所述一个模型或多个模型模拟了所述数字用户线的理想数据传输特性；以及

如果所测量的数据传输特性与所模拟的理想数据传输特性之间的差异大于一预定阈值，则响应于所述比较产生故障报警信号，

其中所述数据传输特性包括与所述线上的多个预定频段内的数据传输相关的特性，且所述数据传输特性表示离散多音的子信道占用率分布。

2. 根据权利要求1所述的方法，其中一模型模拟与所述数字用户线关联的预定数据速率下的所述理想特性。

3. 根据权利要求1或2所述的方法，其中所述比较涉及吻合度测试。

4. 根据权利要求3所述的方法，其中所述比较涉及计算卡方检验统计量。

5. 根据权利要求3所述的方法，其中所述比较涉及对于所测量的特性和所述理想特性将所述预定频段内的零的数量进行比较。

6. 根据权利要求3所述的方法，其中所述比较涉及计算连续的所述预定频段之间的绝对差值的总和。

7. 根据权利要求3所述的方法，其中所述比较涉及计算其数据小于理想数据的所述预定频段的数量。

8. 根据权利要求7所述的方法，其中所述比较涉及计算其数据小于理想数据的50%的所述预定频段的数量。

9. 根据权利要求3所述的方法，其中所述比较涉及计算其数据大于理想数据的所述预定频段的数量。

10. 根据权利要求9所述的方法，其中所述比较涉及计算其数据为理想数据的200%的所述预定频段的数量。

11. 一种用于检测数字用户线上的故障的装置，所述装置包括：
输入端，用于接收来自要进行故障测试的数字用户线的数据；

处理器，用于测量所述数据的特性；

比较器，用于将所测量的所述数字用户线的数据传输特性与一模型进行比较，所述模型模拟了数字用户线的理想数据传输特性；以及

故障报警设备，如果所测量的数据传输特性与所模拟的理想特性之间的差异大于一预定阈值，则响应于所述比较产生故障报警信号，

其中所述数据传输特性包括与所述线上的多个预定频段内的数据传输相关的特性，且所述数据传输特性表示离散多音的子信道占用率分布。

电话线路的故障检测方法及装置

技术领域

本发明涉及电话线路的自动故障检测。

背景技术

数字用户线（DSL）业务是利用多个频率通过金属双绞铜线进行的。在大多数 DSL 系统中采用了离散多频技术（DMT），其使用了多个频率点，并且在这些频率点上分配数据传输。通常，在 DMT 中，将可用频谱分为 256 个子载波，每一个子载波具有 4.3kHz 的频率间隔，并承载一个子信道，该子信道被称为“bin”或音频信道（tone）。对每一个 bin 分配多达 16 个比特。DMT 使用信号幅值和相移对各个 bin 的这些比特进行编码来产生该音频的脉冲串。然后将这些离散音频转换到时域。需要高级的测试工具（例如，宽带测试头）来检测影响 DSL 业务的特定线路状态/故障。

目前用于确定在 DSL 线路上是否存在故障的方法涉及人工操作（通常“试探性处理可能解决（poke and hope）”导致派出许多工程师来解决相同的问题）和昂贵的宽带测试器。各种测试工具都可以显示结果（包括 DMT 分配信息），但是这些设备不能提供帮助用户根据所显示的分布来识别或分类线路上的故障的任何便利。

发明内容

根据本发明，提供了一种检测电话线路上的故障的方法，该方法包括：

将所测量的线路特性与至少一个模型进行比较，所述（多个）模型模拟了电话线路的理想特性；以及

如果所测量的特性与所模拟的理想特性之间的差异大于预定阈值，

则响应于该比较产生故障报警信号，

其中所述特性包括与所述线路上的多个预定频段内的数据传输相关的特性。

当建模时可以将线路速率作为一个参数来加以考虑。由此，各个模型可以模拟在预定数据速率下的理想线路特性。

优选地，该比较涉及所测量的特性与模型之间的“吻合度 (goodness of fit)”测试。例如，该比较可以涉及以下的一个或多个内容：计算卡方检验 (Chi-squared) 统计量；比较所测量的特性和理想特性在预定频段中的零值数量；计算连续的预定频段之间的绝对值差的总和；计算其数据小于理想数据 (例如，小于理想数据的 50%) 的预定频段的数量；或者计算其数据大于理想数据 (例如，理想数据的两倍) 的预定频段的数量。

在本发明的另一方面，提供了一种生成在检测电话线路上的故障的方法中所使用的模型的方法，该故障检测方法包括：将所测量的线路特性与一模型进行比较，所述模型模拟了电话线路的理想特性；以及如果所测量的特性与所模拟的理想特性之间的差异大于预定阈值，则响应于该比较产生故障报警信号，该模型生成方法包括：

接收表示电话线路特性的数据；以及

形成总体上表示所接收的线路特性的模型，

其中所述特性包括与所述线路上的多个预定频段内的数据传输相关的特性。

可以为各种比特率下的给定类型的线路的特性和/或对于多个预定频段的子集为给定类型的线路的特性进行建模。

在本发明的另一方面，提供了一种用于检测电话线路上的故障的装置，该装置包括：

输入端，用于从要进行故障测试的线路接收数据；

处理器，用于测量数据的特性；

比较器，用于将线路的所测量的特性与一模型进行比较，所述模型模拟了电话线路的理想特性；以及

故障报警设备，如果所测量的特性与所模拟的理想特性之间的差异大于预定阈值，则该故障报警设备响应于该比较产生故障报警信号，

其中所述特性包括与所述线路上的多个预定频段内的数据传输相关的特性。

本发明使用了带宽信息，该带宽信息是作为信息源的传输系统的特征。本发明基于对如何将 DSL 数据传输分配给不同离散多频（DMT）的分析。通过对该分配的分析可以识别那些没有如所期望地进行工作的线路，由此表示可能的故障状态。由于“概要”信息（下行损耗等）不能提取“困难”故障，所以本技术很有用。

本发明涉及一种用于识别故障 DSL 线路或易于发生故障的 DSL 线路（尤其是那些故障隐蔽或不连续的线路）的方法。通过具体分析非对称 DSL（ADSL）线路上的多个 DMT 频率点的比特占用率分布，发明人认识到，与无故障线路相比较，易于发生故障的 ADSL 线路具有不同的分布“图（profile）”。利用标准的建模技术，根据对已知的无故障线路收集的分布样本来生成 bin 占用率的一个或多个模型分布图。可以生成多个模型分布图来表示在不同的总下行比特率和不同的线路长度的选择下工作的线路（例如，ADSL 线路）。

可以采用一个或更多个统计“吻合度”测试来将特定线路的比特占用率分布与一个或更多个所选择的模型分布图进行比较，以识别该线路是无故障的还是易于发生故障的，并且可以识别特定类型故障的易发度。已经发现在分布图比较中诸如卡方检验的统计测试效果较好。

本技术可以应用于采用 DMT 传输的任何 DSL 业务。

该比较结果使得可以只有在 DSL 业务真正存在问题的那些情况下才派遣工程师。也可以用来随时监测线路，以使得可以在线路问题即将影响业务时派遣工程师。

本技术的其它应用是最终检查已安装的线路是否适于 DSL 业务的长期使用。

电信部门的各个分部可能对本发明感兴趣，例如：

- 提供宽带业务的现有电话公司查看他们所经营的线路在提供服务

时或者当报告故障时是否处于良好的工作状态，这些测试对于检查线路是否随时间而劣化是很有用的

- 运营商检查他们所配备的线路是否能够支持他们提供的业务，并且当用户报告问题时确定线路是否处于故障状态
- DSL 设备制造商使其产品增值
- 测试仪器制造商提供解释 DMT 结果的方法

在本发明的另一方面，提供了一种检测电话线路上的故障的方法，该方法包括：将所测量的线路特性与模型进行比较，所述模型模拟了电话线路的理想特性，该比较步骤涉及所测量的特性与所模拟的理想特性之间的吻合度测试。如果所测量的特性与所模拟的理想特性之间的比较结果在统计上具有很大的差异，则响应于该比较产生故障报警信号。

可以在一段时间内周期性地执行该比较步骤以监测在该时间段内电话线路的特性的变化。该周期性测试可以表明线路性能的改善或劣化。

可以在本地使用该比较测试的结果或者可以将其发送到中央单元。

附图说明

现将参照附图通过示例的方式说明本发明，在附图中：

图 1 表示数字用户线的典型 bin 占用率分布；

图 2 是上行 bin 占用率的模型的示例；

图 3 是具有拟合趋势线和方程的 576K 比特率的“正常”情况的平均 bin 占用率的示例；

图 4 是表示具有拟合趋势线的对于 bin 数量的归一化平均 bin 占用率的曲线图；

图 5 表示根据本发明的故障检测装置的实施例和使用该故障检测装置的典型系统；

图 6 是使用零下行 bin 统计量的可能表现异常的示例比特占用率分布；

图 7 是其中使用表示所测量的特性和理想特性的绝对差统计量的示例比特占用率分布；

图 8 是使用“少于一半”统计量的示例比特占用率分布；以及
图 9 是使用“多于两倍”统计量的可能表现异常的示例比特占用率分布。

具体实施方式

本发明涉及 ADSL 故障诊断中对数字用户线特性的检查。这些特性可以是传输数据在多频率范围内的分布，例如，如何将数据传输分配到多个离散多频（DMT）bin 或者线路的信噪比容限。在该具体示例中，我们将考虑 DMT bin 的分配分布。嵌入在端用户调制解调器和电话交换机中的调制解调器中的算法在不同的 DMT 频率（也称为 bin）之间进行比特分配。所使用频率的正确选择可能基于主要考虑噪声容限的对所接收的那些信号的分析，但是也可以考虑诸如对于频率 bin 的信噪比和损耗的因素。存在很多可以确定如何使用特定 bin 的影响，这些影响包括：损耗、电路噪声、脉冲噪声、失真和线路干扰，还包括以特定频率传输了多少功率以及用于确定 bin 的使用的算法。这些数据详细说明了 ADSL 业务如何利用可用离散多频（DMT）频率或 bin 的分布（spread）。

为在特定类型的线路上所观测到的各种比特率的业务开发了 DMT 频率 bin 使用的“理想”分布集合。然后将可能具有故障的线路的数据与这些“理想”分布进行比较，以察看故障状态是否与偏离所预测的分配的频率使用相关。

发现对于某些情况而言，当报告故障时所获得的 DMT bin 使用分布与预备的“理想”分布不同，但是当故障消除时 DMT 分布与理想分布“相匹配”。这表明本技术可以用于存在需要解决的业务问题的突出情况。这些数据可以用于：

- 识别是网络所有者的责任的故障，这对于业务级别保证和业务质量是有用的
- 故障地点，使得能够派遣具有适当技能的工程师
- 可能的故障预测，通过随时监测分布可以预先发现问题
- 可以识别所使用的端用户调制解调器，这对于自安装产品是有用的

当端用户报告产品（例如，诸如由 British Telecommunications plc 提供的视频流 IP 或数据流的产品）故障并且服务提供商不能消除该故障时，可以将该故障传送给网络所有者以进行检查。

传输可能受到诸如损耗、噪声（电路噪声和脉冲噪声）、失真和干扰的问题的影响。可以以特定频率传输的信息的量也将取决于以该特定频率传输了多少功率以及用来确定 bin 的使用的算法。基本想法是这些 DMT 频率的使用对于处于良好维修状态的线路的特定业务比特率而言通常相似的可能性，其中这些线路不受超过电信网络中的预期干扰的干扰源的影响。由于调制解调器在某种程度上可以处理线路上的某些状态，所以具有“异常”DMT 使用模式的任何线路都具有导致该差异的某些潜在物理原因。这些差异可能表示必须解决的线路问题。

我们将考虑提供 256（从 0→255 进行编号）个 bin 的 ADSL 系统，在这些 bin 中可以承载数据。bin 7→29 承载上行数据，而 bin 38→255 承载下行数据。尽管对于所检查的情况在某一特定的 bin 中看到的最大比特数量为 10，但是各个 bin 可以保持最大 16 比特的数据。与 DMT bin 相关的数量为各个 bin 中所承载的比特数，符号率为 4kHz。与特定的 bin 相关的频率为 bin 编号乘以 4.3kHz。

最初，对于所观测的各种情况，绘制了所有测试的上行和下行 bin 占用率的曲线。图 1 中示出了表示上行和下行 bin 的曲线的示例。这些曲线表示，对于所有的情况上行 bin 占用率分布几乎相同。然而，下行 bin 占用率分布不同。从图 1 中可以清楚看到 bin 0-6 与 bin 30-37 的 bin 占用率的明显分界点。应该注意，在该研究中所见到的任一情况都不是速率自适应的，而是在上行方向进行业务调整。

下面将考虑四个常用的下行比特率：576Kbits/s、1152Kbits/s、2272Kbits/s 和 2528Kbits/s。示例中最常用的两个比特率为 576K 和 2528K 比特率。

在 bin 7 和 bin 31 之间模拟上行 bin 占用率，由于刚好在该范围之外的 bin 保持 0 比特。通过对所观测情况的上行 bin 占用率进行平均，然后用一曲线来拟合该组平均值，从而进行模拟。从该上行 bin 占用率

的平均值获得的模型的形式如下：

$$y = -4E-06x^5 + 0.0004x^4 - 0.0148x^3 + 0.2362x^2 - 1.1408x + 1.2793 \quad (\text{方程 1})$$

图 2 所示的曲线表示与上行数据进行比较的上行模型。在该数据中所见到的任一情况都不是速率自适应的，而是在频谱的上行部分进行调整。因此当采用速率调整时上行模型可能不一致，并且由此可能需要多于一个的模型来模拟上行特性。

从下行 bin 占用率可见，576k 情况下的 bin 使用分布与其它情况下的 bin 使用分布明显不同。因此，分别对 576k 的情况和非 576k 的情况进行检查，由于 576k 的情况与非 576k 的情况遵循不同类型的分布，所以需要单独的“模型”。576k 分布似乎比其它分布平坦得多，并且通常是每个 bin 0 比特或 2 比特。其它分布在所占用的一个 bin 和多个 bin 中存在的比特范围方面变化更大。

数据模拟

由于多种 576K 下行情况之间的 DMT bin 分配不同于其它下行比特率的情况的分布，所以计算了两种“理想”分布。

对所获得的所有下行 bin 占用率分布绘制曲线。从这些曲线可以看出，只使用了某些 bin。对于 576K 比特率为 bin 46 到 bin 200。对于非 576K 的比特率为 bin 38 到 bin 255（由于 255 是最大的 bin 编号，所以使用了所有可能的下行 bin）。这些范围之外的 bin 或者具有 0 比特或者与上行通信量相关。

当计算理想 DMT bin 分配时，使用了来自被认为无故障的电话线路的数据。在选择要用于生成模型的情况时可以采用人工主观选择的方法。

数据模拟训练的目的是对特定类型的线路/比特率/线路长度产生“一般理想”的 DMT bin 分配，该特定类型的线路/比特率/线路长度可以用于与在测试线路上实际观测到的分布进行总体比较。

现将针对 576k 比特率和非 576k 比特率说明如何获得理想分布的细节。将说明理想下行分布的方程总结如下。

576k 情况的下行数据拟合

从多个无故障的电话线路测量用于计算 576k 情况的理想 DMT bin 分配的数据。

为了模拟 576k 比特率的情况，采用各个 bin 的平均 bin 占用率，并对该平均 bin 占用率进行绘图，并且对该平均 bin 占用率进行趋势线拟合。将所得到的与平均值拟合的趋势线用作为 576k 比特率的模型（“理想”下行 bin 占用率分布）。

依照 bin 编号绘制平均 bin 占用率以及该趋势线以生成图 3。

为了模拟 bin 占用率分布，在“目测”不同的拟合后将 6 次多项式趋势线视为要使用的最佳模型。

根据 576k 比特率的 bin 占用率计算的理想模型的一个示例为 6 次多项式方程的形式：

$$y = -1.969E-11x^6 + 1.558E-08x^5 - 4.979E-06x^4 + 8.231E-04x^3 - 7.439E-02x^2 + 3.480E+00x - 6.334E+01 \quad (\text{方程 2})$$

拟合模型给出了各个 bin 的理想 bin 占用率。通过将特定情况的 bin 占用率与该拟合模型进行比较，可以确定被怀疑的业务是否“正常”。

非 576k 情况的下行数据拟合

由于非 576k 比特率的情况处理下行比特率范围，并由此处理不同 DMT bin 中的理想值的范围，所以其过程与上述 576k 比特率不同。由于这些不同的比特率具有大致相同的“形状”，所以首先计算归一化分布，因此不同 DMT bin 中的所有值处于相同的范围。这意味着必须根据所考虑的业务的下行比特率来对所得到的“归一化”分布进行“标度(scale)”。

将在各个无故障线路上各次读取的 bin 占用率归一化为该测试的 bin 占用率的总和的一部分。随后对所有考虑的情况计算各个 bin 的平均归一化占用率。计算归一化 DMT bin 使用值作为各个 bin 分布的比特总和的一部分。然而，并非所有的 DMT bin 使用都是在同一点开始的，如与 576k 的情况相关的解释一样，目的是为了获得“一般理想的分布”。根据这些归一化的 bin 占用率来计算所有 DMT 分布的平均值。

对该平均数据拟合趋势线。再次通过“目测”观察到 6 次多项式模型为最适合使用的模型。根据非 576k 比特率 bin 占用率计算的理想归一化模型为 6 次多项式方程的形式：

$$y = -8.264E - 15x^6 + 7.861E - 12x^5 - 3.016E - 09x^4 + 5.960E - 07x^3 - 6.392E - 05x^2 + 3.477E - 03x - 6.608E - 02 \quad (\text{方程 3})$$

图 4 中示出了依照 bin 编号的归一化平均 bin 占用率的曲线以及拟合的趋势线。图 4 表示趋势线与下行归一化 bin 占用率分布非常接近地拟合，虽然应该注意，在某些频率处存在明显偏离归一化 bin 占用率分布的“缺口 (bite)”。

为了根据相关的比特率 (1172K、2272K 或 2528K) 对该“归一化”多项式拟合进行“标度”，使用线性模型来模拟依照该比特率的各个分布的所有下行比特的总和。

对于该比特率使用 Excel 回归分析工具来产生线性模型。该线性模型的有效使用可以为要计算的模型分布产生标度因子。根据该回归输出可以获得该线性模型的斜率和截距，并将其与关于进行模拟的分布的数据一起绘制曲线。用于标度非 576K 情况的归一化模型的线性模型为以下形式：

$$Y = 0.328575638x - 41.50589785 \quad (\text{方程 4})$$

根据该线性模型和多项式模型可以计算各个下行速率的理想 bin 占用率。表 1 给出了这些 bin 的子集的计算的示例。

表 1: 如何计算理想 bin 占用率

	速率	1152	2272	2528
Bin		337.0132367	705.0179509	789.1333141
38	0.000702971	0.236910677	0.495607478	0.554738175
39	0.001274711	0.429594344	0.898693853	1.005916598
40	0.001813495	0.611171851	1.278546595	1.431089394
41	0.002320656	0.782091905	1.636104378	1.831307229
42	0.002797488	0.94279041	1.9722791	2.207590801
43	0.003245246	1.093690707	2.287956369	2.560931377
44	0.003665149	1.235203792	2.583995973	2.892291328
45	0.004058382	1.367728548	2.861232359	3.202604659
46	0.004426093	1.491651968	3.1204751	3.492777531

根据线性模型的 bin 总和

带入多项式方程的 bin 编号

多项式结果 \times bin

图 5 表示电信网络的一部分的示例。通过数字用户线 8 连接本地交换机 2 和用户侧的网络终端设备 4。通过本地交换机 2 和诸如调制解调器的终端设备 4 之间的 DSL 来传输数据。根据本发明的故障检测装置由 6 表示。该故障检测装置包括线路特性测量仪 60，用于测量在 DSL 线路 8 上传输的数据并以所需形式输出该数据。例如，在本发明的优选实施例中，线路特性测量仪 60 测量线路 8 的 DMT bin 占用率。

将该数据输入到数据分析仪 62 中，该数据分析仪 62 将测量部件 60 的输出与存储在分析仪 62 中的数据模型进行比较。如上所述，这些模型模拟特定类型的线路的理想线路特性。该故障检测装置还包括显示器 64 和音频报警发生器 66。由此，该分析仪可以将所测量的特性、模型特性和由该分析仪所进行的“吻合度”测试的结果显示在显示器 64 上。还可

以将分析仪设置用来将信号发送给音频报警器 66，以在数据分析仪 62 进行的比较的结果表示存在故障线路时，使故障检测装置 6 产生音频报警。

所测量的数据的统计分析

以上说明了如何生成模型。现在我们将考虑如何使用这些模型。在使用时，将由这些模型表示的理想 bin 占用率与被测试线路的所观测的实际 bin 占用率进行比较，并进行统计分析以确定各种测试情况的数据是否符合“理想”分布。

对于各个测试线路，绘制曲线图，以表示下行 bin 上的实际测量数据和数据的模拟分配。为了更加规范化地分析数据并对所观测的数据分配和理想数据分配之间的差别赋予数值，也要确定“吻合度”。为了进行“吻合度”测试研究了以下技术。

- “卡方检验”型测试
- 当根据模型分布预期分配了一大于 1 的值时，对所观测的分配了 0 比特的 bin 进行计数
- 对分配给整个所观测的下行范围内的相邻 bin 的数量之间的绝对差值进行求和
- 对 bin 中的实际分配小于根据该 bin 的理想分布来预测的分配的一半的情况进行计数
- 对 bin 中的实际分配大于根据该 bin 的理想分布来预测的分配的两倍的情况进行计数

对所获得的各个 bin 上的下行数据的实际分布进行观测，并试图构建数值方法来描述相对于所见到的理想分布的偏移之后，对这些测试进行选择。

这些测试旨在产生一系列可以计算的值，这些值可以获得通过眼睛观测到的偏移的类型。调制解调器用于克服线路上的问题，并且作为这种能力的结果，能够在一定程度上处理处于“不良”状态的线路，以选择在特定频率处承载多少数据。能够突出与理想分布不同的分布的情况，使得可以识别具有潜在物理问题的线路。以上的技术提供了用于识别与

理想情况不同的分布的多种方法。

测试 1: “卡方检验”型测试

标准卡方检验统计测试适于用来测试在所有所观测的和“模拟的”DMT bin 占用率分配之间是否存在“大的差异”。方程 5 中给出了为卡方检验测试所计算的值。

$$\sum \frac{(\text{观测值} - \text{理想值})^2}{\text{理想值}} \quad (\text{方程 5})$$

理想地，对于卡方检验测试，特定分类的理想值的数量应该大于或等于 5。如果理想值数量少于该值，则应该合并相邻分类。为了处理该试验中的数据，相邻 bin 将它们来自“理想”DMT bin 占用率分布的值相加，以使得特定比特率的特定 bin 范围内的总和始终大于 1，并且在大部分情况下大于 5。将来自所观测分布的相同 bin 范围内的总数与这些值进行比较。应该注意，严格地说，只有少于 20%的来自原始分布的理想值小于 5 并且都不小于 1 时，卡方检验近似值才有效。然而，本测试的实际目的不是“科学地”确定所观测的和理想的分布之间的差异，而更多的在于逻辑测试（利用数值），以确定所观测的分布是否“不同”。

在表 3.1 中给出了其中为各个不同比特率的卡方检验测试收集了多个理想值的组的数量。需要不同分组的原因是由于对于较低比特率的特定 DMT bin 的理想分配通常低于较高比特率的特定 DMT bin 的理想分配。结果，必须对更多 DMT bin 进行分组以获得所需范围内的值。

表 3.1: 对于不同比特率业务的卡方检验测试的组的数量

比特率 (Kbits)	卡方检验测试的“组”的数量
576	33
1152	52
2272	108
2528	108

为了进行数据分组，将 DMT bin 的连续范围的理想值相加，直至组

合值位于 4.9 到 11.1 的范围内为止。有以下两个例外：

- 从 DMT bin 187 延伸到 DMT bin 200 并且总和为 1.15 的 576 Kbit 最终分组
- 从 DMT bin 242 延伸到 DMT bin 255 并且值为 3.5 的 1152 Kbit 最终分组

可以认为 576 和 1152 Kbit 速率的最终范围得到完全扩展，并且将这些范围与相邻分组进行组合会掩盖多个分布中发生的变化。

可以将相同的多个分组用于 2272 和 2528 比特率以简化处理。

在 1% 和 5% 两个显著性级别 (significance level) 进行测试。将在该一个或多个显著性级别存在显著差异的情况分类为“劣质 (rogue)”分布。

方程 5 给出了根据这些数据计算的统计量，将该统计量与测试统计量进行比较，该测试统计量可以根据如下所示使用的显著性级别的 Excel 函数 CHINV 获得

=CHINV(0.05, df) 或 =CHINV(0.01, df)

其中 0.05 和 0.01 为显著性级别 (分别为 5% 和 1%)，而 df 是自由度数量。选择两个级别以研究应该在什么级别进行测试来突出“通过眼睛”观测的与理想情况不同的那些情况。这些级别还与通常进行分布测试的“标准”级别相对应。可以将卡方检验测试的结果显示在显示器 64 上。

测试 2：零下行 bin

本测试的目的是检测下行 bin 占用率分布具有多个零比特 bin 的情况，其中预期这些 bin 不应为零。

在下述 bin 范围内计算统计量，在该范围中理想模型对于相关 bin 预测一大于 1 的值，并使用以下 Excel 公式

=IF(所观测的 bin=0, 1, 0)

该公式只简单地给出了其中 bin 占用率为 0，而预期不为 0 的情况的数量。如果存在大量具有 0 占用率的下行 bin，则该公式可以潜在地表

示线路存在问题。图 6 中给出了可以使用该测试的分布类型的示例。该零下行 bin 统计量使得能够容易地识别如图 6 所示的“异常”分布，因为从 bin 150 开始存在大量 0 比特 bin 占用率。当与卡方检验测试结合使用时，本测试可能特别有用。可以将测试结果显示在显示器 64 上。

测试 3: 绝对差值

本测试的目的是检测下行 bin 占用率中的“不稳定性 (jitteriness)”，如图 7 所示。图 7 的分布表示了 bin 125 到 bin 200 各处的“不稳定性”。本测试代表用于识别相对于所观测的理想分布的偏移类型的另一种方法。

本测试仅将连续的 bin 之间的绝对值差值相加。所使用的公式为：

$$=ABS(bin39-bin38)$$

$$=ABS(bin40-bin39)$$

$$=ABS(bin41-bin40)$$

...

等。

然后对于各个 PSID 将这些差值相加。为了比较不同比特率之间的差异，需要一种标准化形式，因为比特率越高，由于特定 DMT bin 中的比特数量越大，所以所预期的差值也越大。

使用下面的归一化差值统计量：

$$\text{统计量} = \frac{\text{总和(相邻bin差值)}}{\text{总和(比特)}} * 100$$

与根据最“正常”的观察分布的大约为 6 的值相比，为图 7 所示的数据计算的差值统计量为 19.84。可以将测试结果显示在显示器 64 上。

测试 4: 少于一半

本测试旨在检测特别低的观测 bin 占用率。公式为：

$$=IF(\text{所观测的 bin} < 0.5 * \text{理想 bin}, 1, 0)$$

“少于一半”统计量提取分布中的“陡坡 (drop-off)”。图 8 中的

特定测试的统计量为 119，这主要是由于 bin 145 之后的 bin 占用率的总体不足。通常，“少于一半”图形的阶数为 20-25。可以将测试结果显示在显示器 64 上。

测试 5：多于两倍

本测试特别检测高 bin 占用率，当所观测的分布变得倾斜时可能导致这种情况。该公式为

$$=IF(\text{所观测的 bin} > 2 * \text{理想 bin}, 1, 0)$$

该“多于两倍”统计量能够突出在 DMT bin 使用分布中分配何时朝向较高频率 bin “倾斜”。图 9 中示出了这种情况的示例。图 9 中的特定情况的多于两倍的统计量为 45。对于大部分无故障线路而言，统计量处于 0 到 5 的范围。可以将此测试结果显示在显示器 64 上。

结果

对要进行测试的各条线路计算上述测量和统计量，并将这些测量和统计量与用于提供各种情况的清楚信息的曲线图进行比较，这些曲线图随后可以由有经验的工程师来查看。另选地，可以将故障检测装置 6 设置用来向中央单元发送自动故障报警以记录该故障。

可以分别或者以组合的方式来提供比较测试结果。例如，从故障检测装置输出的数据可以包括所有上述测试的各个读数。另外地或者另选地，故障检测装置可以执行进一步的数据处理以将各个测试的结果合并为单个读数。

与那些理想分布不同的分布可以表示其它测试所不能突出的线路问题。实际上，对于所检测的某些故障，只有根据本发明的系统才能表示存在线路问题，而所有其它测试的返回值都在理想范围之内。

已经表明了线路数据包含反映线路和设备状况的信息。本发明提供了一种诊断工具，该诊断工具能够利用该数据并相对于该线路的比特率的适当模型进行测试。

由于具有在故障诊断中使用这些线路数据的可能性，所以预计这些

信息可用于所有线路。

以上说明涉及所考虑的特定比特率。然而，本领域的技术人员能够理解这些比特率只是示例性的，并且对本发明没有限制作用。本发明可以应用于具有不同比特率、长度和类型（例如，双绞铜线或光纤）等的线路。数据分析仪 62 可以包括被认为适用于线路测试的任何模型。同样，以上描述了线路的 bin 占用率的具体特性。然而本领域技术人员应该清楚，可以考虑其它线路特性，例如线路的信噪比容限。

对本发明进行的其它修改和变化对于阅读了本说明书的技术人员是显而易见的，并且这些修改和变化落入本发明的范围之内。

CBUK411777 序列 2

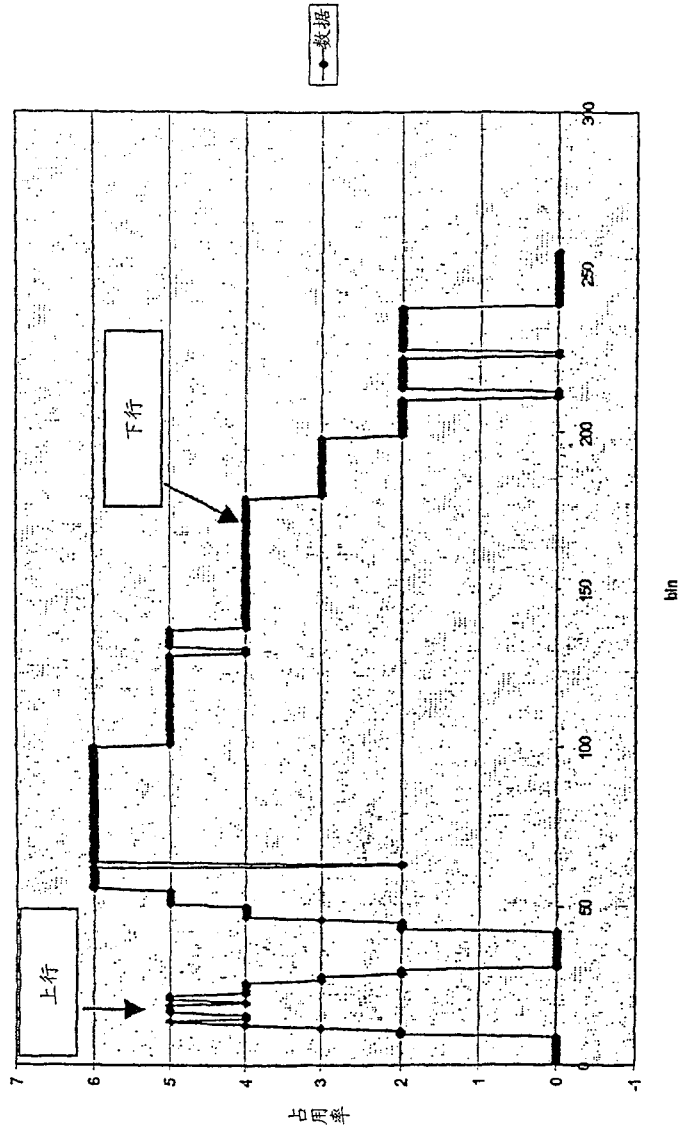


图 1

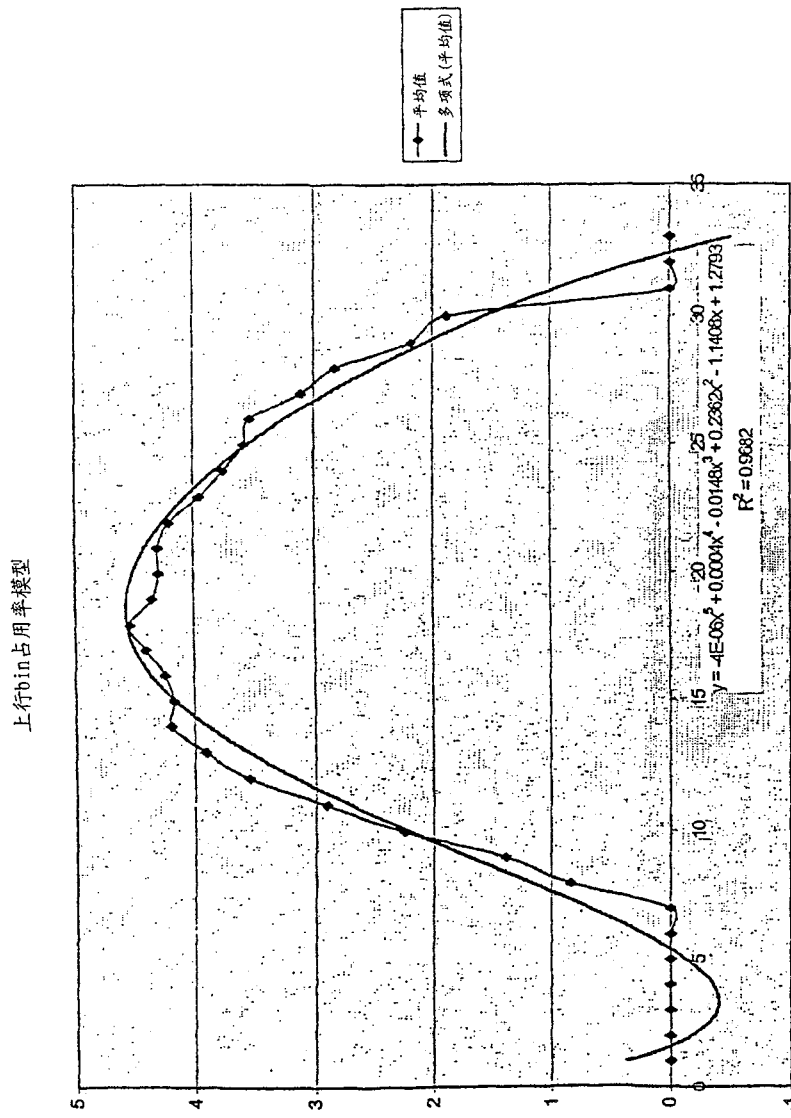


图 2

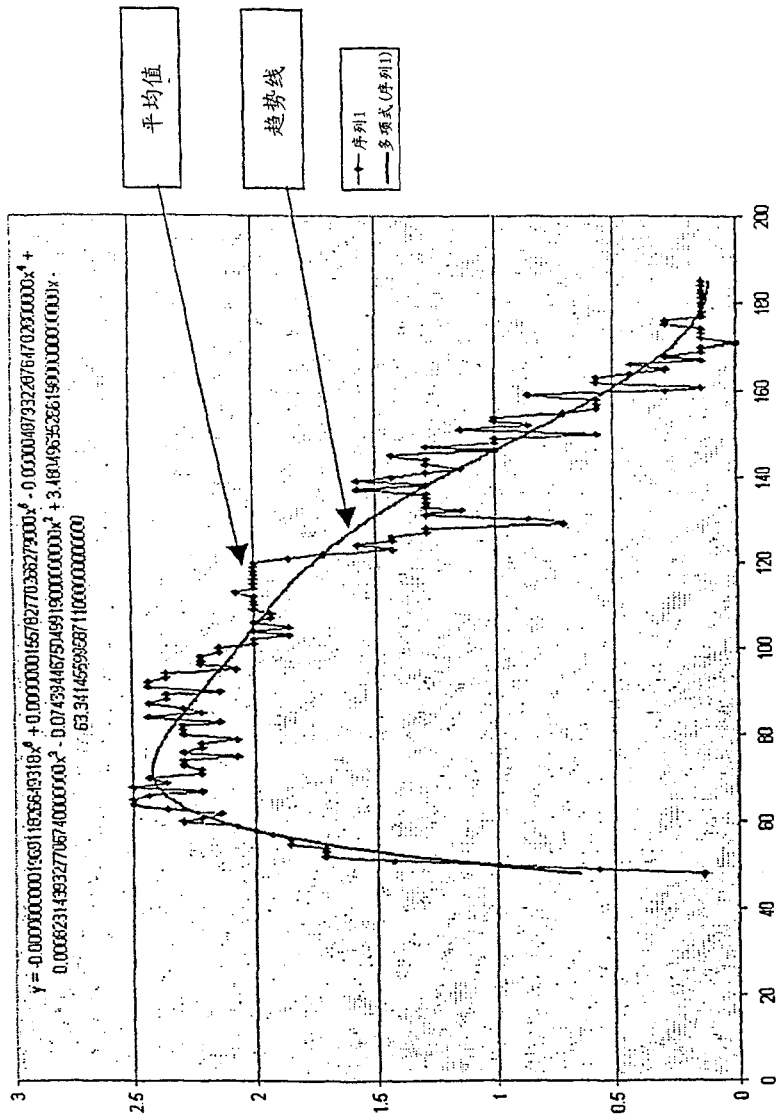


图 3

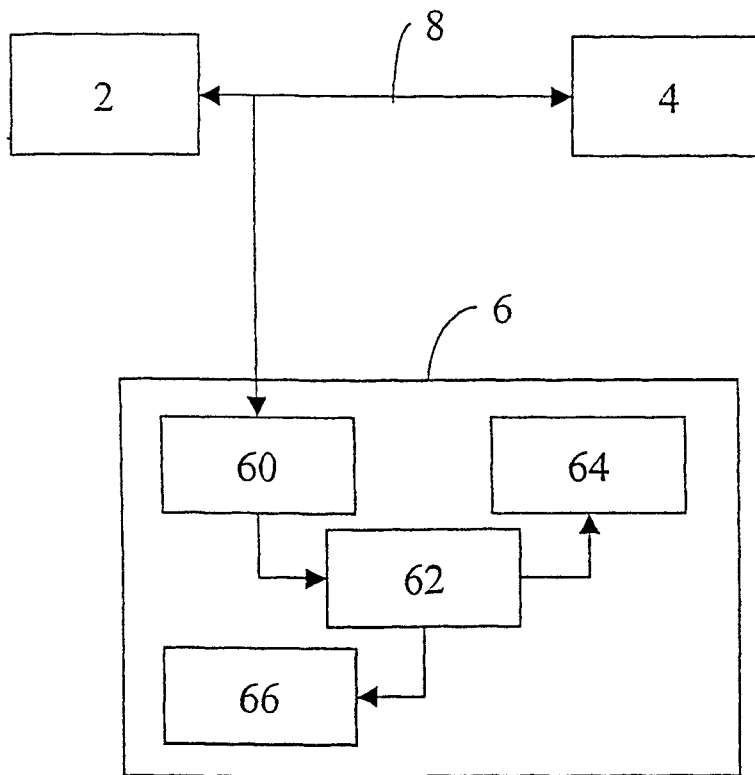


图 5

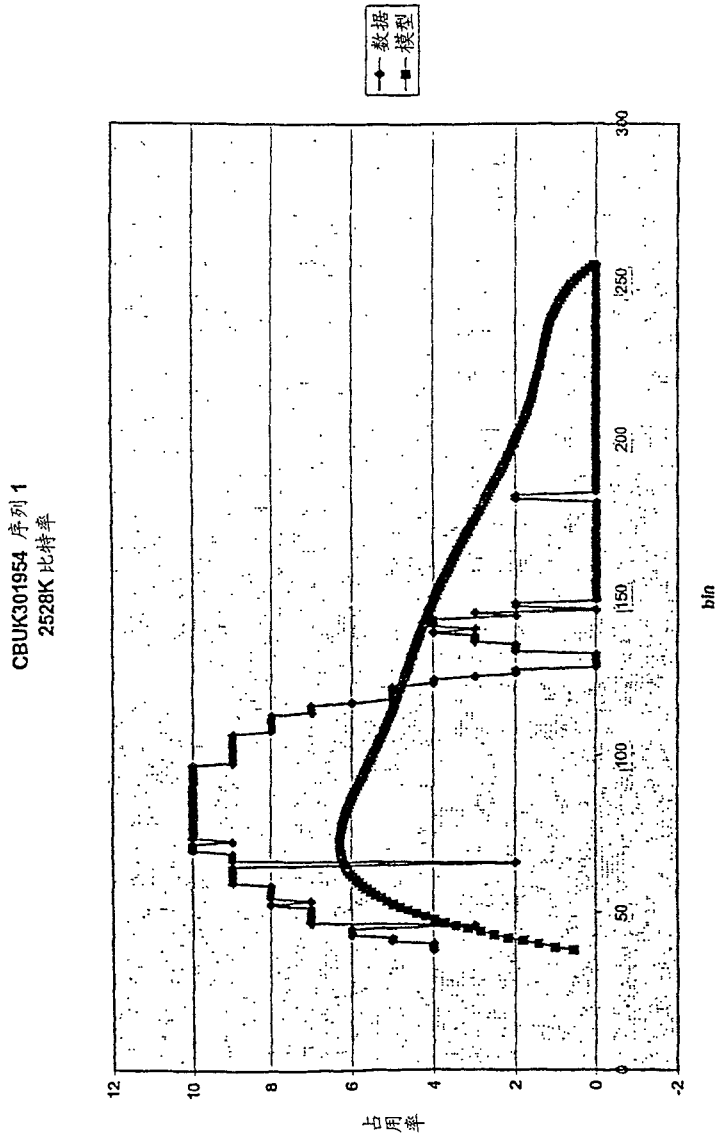


图 6

CBUIK301954 序列 2
2528K 比特率

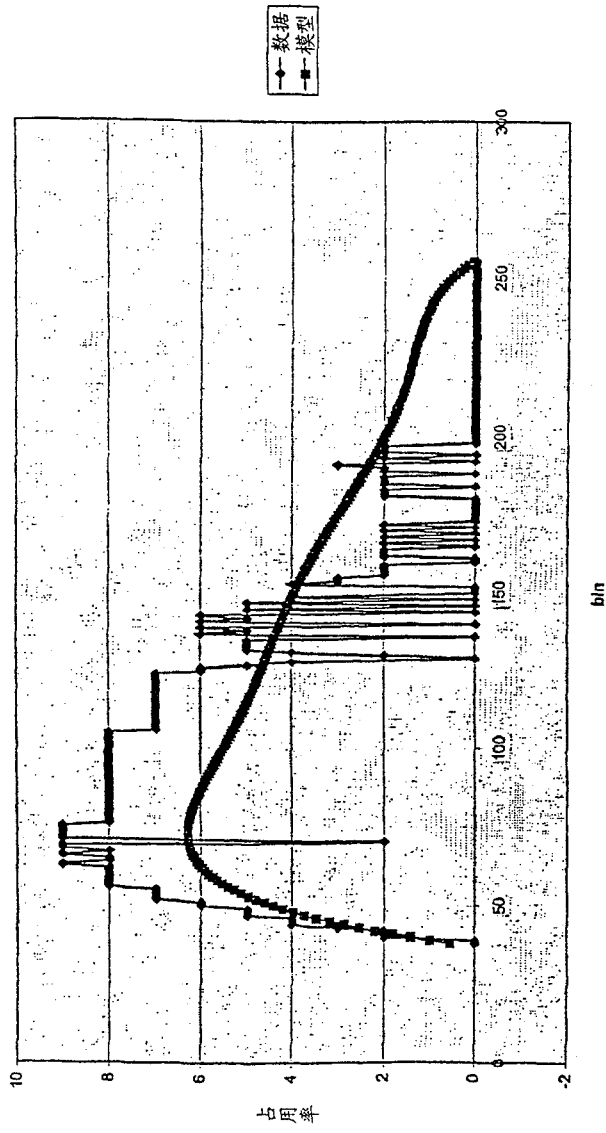


图 7

CBUK706453 序列1
1152K 比特率

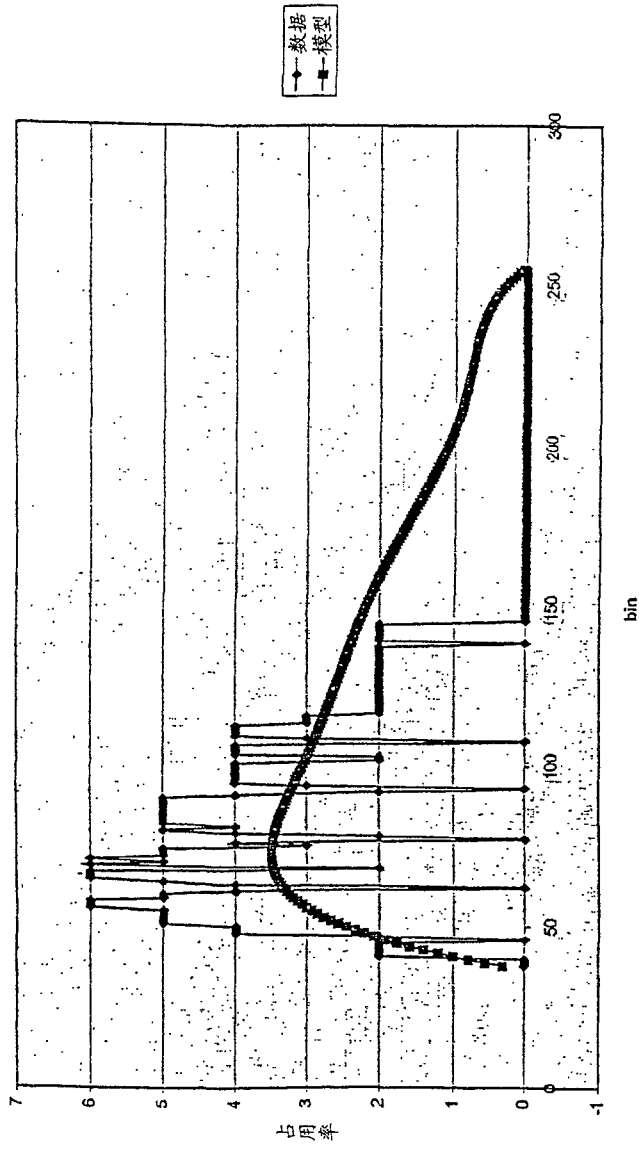


图 8

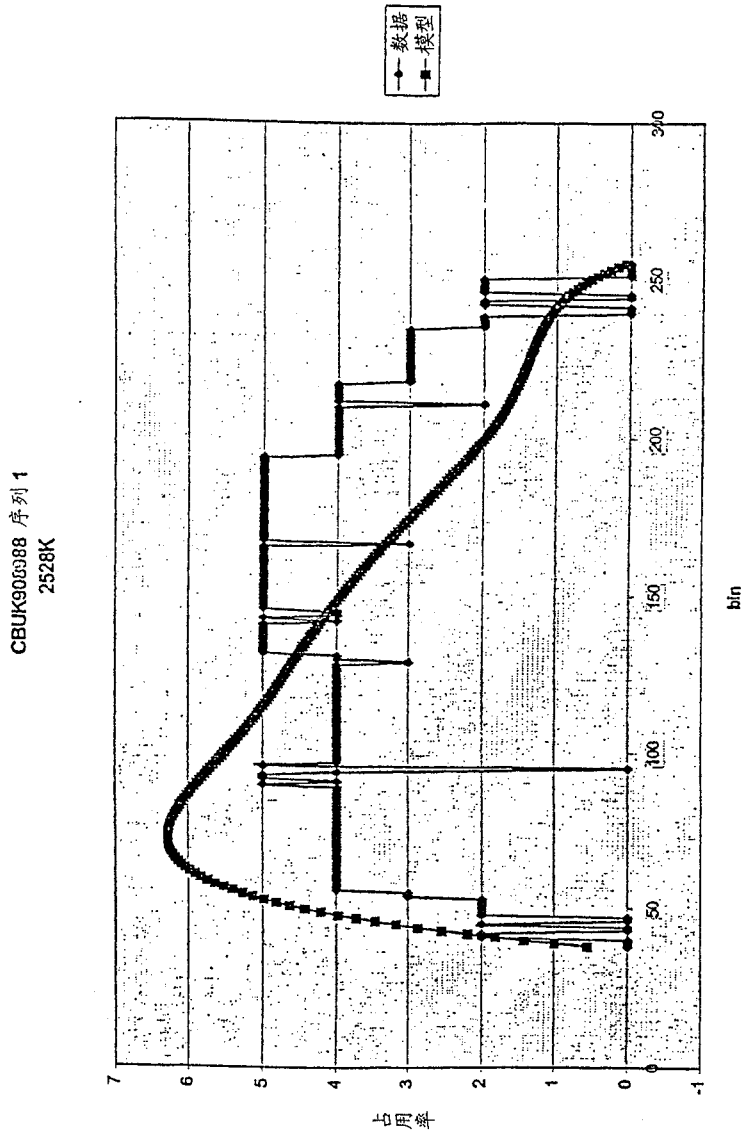


图 9