(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 1961530 B
(45)授权公告日 2012.05.16

(21)申请号 200480041317.4

(22)申请日 2004.12.02

(30)优先权数据
60/527,853 2003.12.07 US
60/572,051 2004.05.18 US
10/893,826 2004.07.19 US

(85)PCT申请进入国家阶段日
2006.08.03

(86)PCT申请的申请数据
PCT/IB2004/003960 2004.12.02

(87)PCT申请的公布数据
WO2005/057315 EN 2005.06.23

(73)专利权人 适应性频谱和信号校正股份有限公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 约翰·M·卡尔夫 雷文中

(74)专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司 11018
代理人 王琦 王诚华

(51)Int.Cl.
H04L 12/24(2006.01)
H04L 12/28(2006.01)

(56)对比文件
CN 1210399 A,1999.03.10, 说明书第2页8行－第3页29行及图1－3.
WO 0180510 A1,2001.10.25, 说明书第33、38、40－46段及摘要.

审查员 李倩

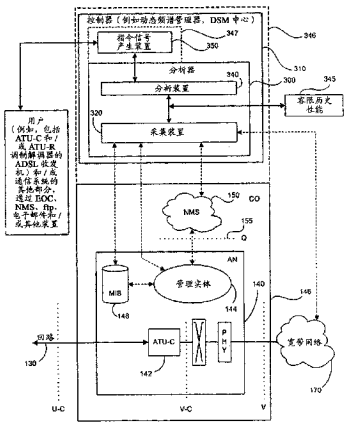
权利要求书 4 页 说明书 30 页 附图 13 页

(54)发明名称

DSL系统中的自适应容限和频带控制

(57)摘要

基于所采集的运行数据控制DSL调制解调器对中的容限。对运行数据进行分析，并且指示调制解调器对中的至少一个调制解调器使用所计算的与容限相关的参数值，以协助该调制解调器对满足容限目标，例如DSL标准等强行规定的容限限度。诸如DSM中心、“智能”调制解调器单元和/或计算机系统之类的控制器，可以采集和分析运行数据，并产生一个或更多与容限相关的参数值。该与容限相关的参数值可以是与PSD相关的值，例如各种ADSL系统使用的MAXNOMPSD、MAXNOMATP或PSDMASK参数，并且可以是在调制解调器间的传输中使用的成形频谱掩码和/或比特加载的上限或限度。在某些情况下，可以将优选频带强制指示给调制解调器，从而支持和/或避开调制解调器可用频带中的某些频率。该运行数据可以包括与调制解调器先前性能和先前容限遵照性相关的历史数据。容限分布也可以基于运行数据，并且可以评估为数据速率的函数。利用所评估的容限分布，还可以计算性能参数的分布，包括线路中断的可能性和一个或更多误差参数超出最低级别的可能性。可以根据使用各种容限设置和级别的系统的评估性能，来设置数据速率和/或与性能相关的参数。



CN 1961530 B

1. 一种用在以可通信方式与数字用户线路 DSL 调制解调器对连接以自适应地控制所述 DSL 调制解调器对的容限性能的控制器中的方法，该方法包括：

从该 DSL 调制解调器对采集运行数据，其中运行数据包括当前运行数据和历史运行数据，其中历史运行数据是在一段时间内从对该 DSL 调制解调器对的先前训练或先前 DSL 线路使用中采集而来的并存储在库中；

根据一个或更多该调制解调器对的与容限相关的参数，分析关于 DSL 调制解调器对的先前性能的数据，其中所述分析确定是否需要向所述 DSL 调制解调器对发送指令以帮助所述调制解调器对满足一个或更多容限目标；

作为所述分析的结果，产生与容限相关的参数值以供调制解调器使用，其中所述与容限相关的参数值以所述运行数据为基础，并且被计算以帮助至少一个调制解调器满足容限目标；和

产生表示所述与容限相关的参数值的指令信号，并向该 DSL 调制解调器对中的至少一个调制解调器发送所述指令，以强制所述调制解调器对采用将帮助调制解调器满足一个或更多容限目标的运行值，而不管该运行值是否是标准所强行规定的。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所采集的运行数据进一步包括从下组中选出的一个以上类型的运行参数数据：

数据速率；

可达到的最大数据速率；

代码违例；

FEC 纠错计数；

信道传输函数；

噪声频谱；

该调制解调器对先前使用的数据速率；

当前数据速率；

最大数据速率；

误码秒；

误码分；

重新训练计数数据；

调制解调器对与邻居 DSL 线路间的串扰；

远端参数；和

近端参数。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，进一步包括：训练和设置该 DSL 调制解调器对以既为可接受的数据传输提供充足的功率又最小化一条用户线路在其他用户线路上可能具有的有害效应的功率发射级别和容限运行。

4. 根据权利要求 3 所述的方法，其中产生与容限相关的参数值包括指定从下组中选出的至少一个与容限相关的参数值：

与功率谱密度 PSD 相关的值，包括最大额定功率谱密度 MAXNOMPSD 或最大额定总计发送功率 MAXNOMATP 参数；

在传输中使用的成形频谱掩码；

在传输中所用频率的比特加载的上限或限度；

最大信噪比容限 MAXSNRM；

最大数据速率；和

优选频带 PREFBAND。

5. 根据权利要求 1 所述的方法，其中与容限相关的参数值包括从下组中选出的至少一个与容限相关的参数：

与功率谱密度 PSD 相关的值，包括最大额定功率谱密度 MAXNOMPSD 或最大额定总计发送功率 MAXNOMATP 参数；

在传输中使用的成形频谱掩码；

在传输中所用频率的比特加载的上限或限度；

增益 g_i；

功率削减 PCB；

最大接收功率 MAXRXPWR；

功率谱密度掩码 PSDMASK；

优选频带 PREFBAND；

最小信噪比容限 MINSNRM；

最大信噪比容限 MSXSNRM；

频率相关比特上限 BCAP[n]；

频率相关目标信噪比容限 TSNRM[n]；

发送频谱成形 TSSi；

载波掩码 CARMASK；和

最大数据速率。

6. 根据权利要求 1 所述的方法，其中分析关于 DSL 调制解调器对的先前性能的数据包括：

确定何种与容限相关的参数值能够帮助该 DSL 调制解调器对满足容限目标，或能够增强该 DSL 调制解调器对的性能。

7. 根据权利要求 6 所述的方法，其中确定何种与容限相关的参数值能够帮助该 DSL 调制解调器对满足容限目标，或能够增强该 DSL 调制解调器对的性能，包括：根据历史性能数据确定与容限相关的参数值，所述历史性能数据包括：

先前测量的和已知的 DSL 调制解调器对的容限级别，和其他与性能相关的信息；

与 DSL 调制解调器对相关的当前性能数据；

重新训练计数数据；

与 DSL 调制解调器对的训练相关的其他数据；和

误差数据。

8. 根据权利要求 1 所述的方法，其中分析关于 DSL 调制解调器对的先前性能的数据包括：

计算作为数据速率函数的、线路中断可能性和代码违例 CV 计数超出阈值的可能性。

9. 根据权利要求 1 所述的方法，其中向该 DSL 调制解调器对发送采用与容限相关的参数值的指令包括在从下组中选出的一个以上时机向该 DSL 调制解调器对发送所述指令：

在训练期间或训练之前；

在为了获得更好操作的训练或操作期间；

在调制解调器根据强制或推荐而进行重新设置或重新训练时；

在线路以对用户完全透明的方式去激活时；和

在系统非常不可能处于使用状态的午夜。

10. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所有相干捆插入损耗和串扰插入损耗传递函数都可用于所述控制器，或者能够由所述控制器来计算。

11. 根据权利要求 10 所述的方法，其中所述控制器利用直接信道传递函数 Hlog、串音传递函数幅度 Xlog 和噪声功率谱密度，使用所有连接信道的仿真迭代离散注水，来观察哪些设置产生可接受的线路性能改进。

12. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所述控制器使用历史信息，告知该 DSL 调制解调器对中的一个或两个调制解调器何种初始功率谱密度 PSD 级别应当被使用，从而使可用的功率削减 PCB 值或其他调整能够有机会满足容限规定。

13. 一种用以监控多个数据用户线路 DSL 调制解调器对并自适应地控制所述多个 DSL 调制解调器对的容限性能的控制器，其中该控制器包括：

采集模块，用于从至少一个 DSL 调制解调器对采集运行数据，其中运行数据包括当前运行数据和历史运行数据，其中历史运行数据是在一段时间内从对所述多个 DSL 调制解调器对的先前训练或先前 DSL 线路使用中采集而来的；

与该采集模块连接的分析模块，其中该分析模块用于根据一个或更多该调制解调器对的与容限相关的参数，分析关于 DSL 调制解调器对的先前性能的数据，并确定是否需要向所述 DSL 调制解调器对发送指令以帮助所述 DSL 调制解调器对满足一个或更多容限目标；

所述分析模块产生与容限相关的参数值以供调制解调器使用，其中所述与容限相关的参数值被计算以帮助至少一个调制解调器满足容限目标；和

信号产生器，被配置为产生表示所述与容限相关的参数值的指令信号，并向该 DSL 调制解调器对中的至少一个调制解调器发送所述指令，以强制所述 DSL 调制解调器对采用将帮助调制解调器满足一个或更多容限目标的运行值，而不管该运行值是否是标准所强行规定的。

14. 根据权利要求 13 所述的控制器，其中所述采集模块用于从下列至少一种中采集数据：

DSL 系统内部的源，包括网络管理系统 NMS、管理实体 ME 和 / 或 MIB；

通过宽带网络的来自因特网上的 ATU-R 的外部源；

服务提供商的网络管理系统 NMS，该网络管理系统 NMS 从自身的各种源来采集；和

容限性能或历史的源，在可以作为也可以不作为分析器或控制器一部分的数据库或存储器中。

15. 根据权利要求 13 所述的控制器，其中所述分析模块进一步连接至容限性能或历史的源，所述容限性能或历史的源包括可以作为也可以不作为分析器或控制器一部分的数据库或存储器。

16. 根据权利要求 13 所述的控制器，其中所述信号产生器用于产生针对所述多个 DSL 调制解调器对的指令信号，其中各指令信号在从下组选出的时机产生：

在训练期间或训练之前；

在为了获得更好操作的训练或操作期间；

在调制解调器根据强制或推荐而进行重新设置或重新训练时；

在线路以对用户完全透明的方式去激活时；和

在系统非常不可能处于使用状态的午夜。

17. 根据权利要求 13 所述的控制器，其中所述控制器是监控 DSL 系统的独立实体的一部分，该独立实体帮助用户和 / 或一个或更多系统操作员或提供商优化或控制他们对该系统的使用，并且其中所述独立实体是下列中的一种：

动态频谱管理器、动态频谱管理中心、系统维护中心或频谱管理中心 SMC；

具有与用户位置、中心局或某些其他单一位置的调制解调器集成在一起的控制器的“智能”调制解调器单元；

在中心局 CO 中或者是中心局 CO 的一部分；和

在中心局 CO 外部且独立于中心局 CO 和在该系统内运行的任一方。

18. 根据权利要求 13 所述的控制器，其中所采集的运行数据包括从下组中选出的至少一个类型的运行参数：

可达到的最大数据速率；

代码违例；

FEC 纠错计数；

信道传输函数；

噪声频谱；

该调制解调器对先前使用的数据速率；

当前数据速率；

最大数据速率；

误码秒；

误码分；

重新训练计数数据；

该调制解调器对与邻居 DSL 线路间的串扰；

远端参数；和

近端参数。

19. 根据权利要求 13 所述的控制器，其中所述分析模块用于：

确定何种与容限相关的参数值能够帮助调制解调器对满足容限目标或能够增强该调制解调器对的性能。

DSL 系统中的自适应容限和频带控制

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及用于管理数字通信系统的方法、系统和装置。更具体而言，本发明涉及各种传输参数的自适应控制，这些参数包括但不限于诸如 DSL 系统之类的通信系统中的最大发射功率谱密度、最大总计传输功率、传输频带优选项、最小和最大接收容限、受频率影响的的比特加载与功率控制和 / 或比特加载限制。

[0002] 背景技术

[0003] 数字用户线路 (DSL) 技术为现有电话用户线路（称为回路和 / 或铜线设备）上的数字通信提供了可能的宽大带宽。尽管电话用户线路最初仅是为话音频带模拟通信设计，但是它们也可以提供这种带宽。特别地，非对称 DSL(ADSL) 可以通过使用离散多音调 (DMT) 线路代码来调整用户线路的特性，该线路代码向各个音调（或子载波）分配若干个比特，所述各个音调可以调整到在用户线路每一端的调制解调器（通常是既起到发射机作用，又起到接收机作用的无线收发机）的训练和初始化期间所确定的信道状态。通过使用常称为“比特交换 (bit-swapping)”的过程，可以在随时间变化的信道或线路上的现场 (live) 数据传输期间继续进行自适应分配，所述“比特交换”使用安全的相对低速反向信道向发射机通告分配变化。

[0004] 脉冲噪声、其他噪声和其他误差源可能会实质上影响通过 ADSL 和其他通信系统传输的数据的精度。已经开发了各种各样的技术用以降低、避免和 / 或修复这些误差在传输期间对数据造成的损害。这些误差降低 / 避免 / 修复技术对于采用它们的通信系统来说，具有性能成本。正如本领域众所周知的，不充足的功率传输级别会导致误差，这是因为传输功率不够高，不足以克服给定信道中的噪声和其他干扰。这些误差会导致数据丢失和 / 或需要重传数据，有些时候还需 要多次重传数据。为避免这些误差，系统使用超额 (extra) 传输功率，这导致容限高于已知的或计算的、确保符合可接受的误码率的信噪比 (SNR)。

[0005] 总体而言，在全面运行（有时称作“开工时间”，SHOWTIME）之前的初始化、训练、信道分析和交换阶段期间，DSL 调制解调器对确定该对的功率、容限和其他运行特性。该过程从基本功率谱密度 (PSD) 值和掩码 (mask) 开始。该值可以是“固定”或恒定值（也就是说，不受频率影响的），或者也可以是 PSD 值与频率成比例或受频率影响的的可变掩码。在各种 DSL 中，存在初始 PSD 值（有时称作“NOMPSD”），并且典型地，针对 NOMPSD 的上限由特定国家的适用标准限定。利用该初始 PSD 值，调制解调器评估线路衰减和线路长度（并且可能还有其他参数和 / 或数值）。

[0006] 利用线路衰减和线路长度评估，一个或两个调制解调器可以定义降低初始 PSD 值的功率下降值，也就是功率削减 (PCB) 值。如下文所指出的，不同 DSL 标准根据不同规则设置和调整功率（例如 PSD 和 PCB），如果完全奉行和遵照标准的话。

[0007] 利用经调整的 PSD 值（有时称作 REFPSD = PSD-PCB），调制解调器在信道分析阶段期间计算比特加载 (b_i)、增益 (g_i) 和容限。将增益 g_i 调整到 DMT 方案中的单个比特加载音调的发射功率级别，从而为线路上的数据传输提供相对统一的容限。在 SHOWTIME 期间可以将增益调整为反映变化的线路状态等，但是就调整量和执行这些增益调整的方式而言，这

些增益是非常有限的。

[0008] 取决于设备制造商和所使用的 DSL 标准，对各种标准的规则与指南和 / 或其它适当操作限制的遵照，变更于从某些群组 (party) 的严格遵照（经常会导致在操作中非常保守或胆小地设置 DSL 服务率），到严重忽视更基本的操作指南和规则之间。在许多情况下，不管是蓄意的还是不经意的违背，都会使用超额的功率和 / 或容限，以求避免因功率和容限中任一个或两个过低所产生的问题。

[0009] 然而，过高的功率传输级别会导致其他问题。例如，一个或多个线路对过量传输功率的使用，可能会导致在附近线路上产生强烈的串扰问题和干扰。串扰是指共用同一捆 (binder) 或相邻捆的线路之间电磁传播的不受欢迎的干扰和 / 或信号噪声。另外，使用高于必需级别的传输功率，还意味着通信系统的运行更昂贵，这对于所有用户都是不利的。以下是对下文公开的本发明实施例可以应用的几种 DSL 服务模式的现有标准和实践的简要概括，包括使各个特定标准与上述讨论的更加一般化的初始化、训练、信道分析和交换步骤区分开来的细微差别。

[0010] ADSL1-G992.1 标准（也称作“ADSL1 标准”或“ADSL1”）：

[0011] (1) 具有可以由操作员指定的 MAXSNRM 最大容限（或等同值）限度设定，但是遵守和执行该限度的能力随着调制解调器制造商和标准的解释而变化，这使得它实际上常常被忽略。通常，“操作员”是操作网络并提供自身服务的电信或其他服务提供商。通常不认为因特网服务提供商是操作员，因为他们通常将服务转包给另一方。

[0012] (2) 为 ATU-R（下行接收机）和 ATU-C（上行接收机）限制 14.5dB 的最大增益降低请求，这通常不足以实现 MAXSNRM 的意图。此外，某些 ATU-R 调制解调器忽略 MAXSNRM，并且也永远不会有互操作性测试，以宣布这些调制解调器不遵照 G.992.1，这实际上验证了该容限未超出 MAXSNRM。

[0013] (3) 如果早期训练所接收上行信号很大，表明该回路很短，则下行 ATU-R 发射机根据 G.992.1 附件（其中最流行的是附件 A、B 和 C) 中的算法，降低功率直至 12dB。附件 A、B 和 C 的算法对下行信道输出噪声视而不见，因此在降低功率方面非常“胆小”，几乎总是不能充分降低功率 - 例如，广泛使用的附件 A 算法仅适用于长度短于 3000 英尺的线路，因此无法适应许多在更长线路中也需降低功率的情形。

[0014] (4) 可以根据 MAXNOMPSD 参数来设计初始固定 PSD 上界 (upper bound) 或“掩码”，其以 2dB 的步长介于 -40 ～ -52dBm/Hz 之间。MAXNOMPSD 值由操作员进行设置，并且是 NOMPSD 在初始化收发机训练时能够假设的最大值。调制解调器制造商可以设置调制解调器使用更低的 NOMPSD 值，在这种情况下 NOMPSD ＜ MAXNOMPSD。MIB/ 电信操作员仅可在更早的系统中设置 MAXNOMPSD，但是不能强加自身的 NOMPSD 值。在 ADSL1 中，在训练期 间发射机向接收机传达 NOMPSD（用以后继的衰减计算）。同样，在 ADSL1 中也没有直接规定 NOMPSD 的 MIB 参数。通常，MAXNOMPSD 是在 ADSL1 的第一个收发机训练阶段中使用的 NOMPSD，但是 NOMPSD 级别（限制为只能小于或等于 MAXNOMPSD) 是由设计中的调制解调器制造商而不是由操作员来决定的。因此，通过设置 MAXNOMPSD，使操作员确信可以将 NOMPSD 降低到 NOMPSD 的上限级别 - 根据规定为 $-2n_{PCB}$ dBm/Hz，其中 n_{PCB} ＝ 0 ～ 6（也就是说，如果 NOMPSD 为 -40，则 PSD 功率可以下降 0、2、4、6、8、10 或 12dB)。

[0015] (5) 某些制造商的 ATU-R 接收机完全忽略 MAXSNRM，并且永远不会请求 14.5dB 的

功率降低，尽管这样的功率降低是操作员或标准所命令的。

[0016] (6) 实际操作期间的增益交换可以限制（在附件 A 中推荐但不必需）为，在 SHOWTIME 中的训练之后仅允许 ±2.5dB 的增益调整。因此，在 ADSL1 中的某些调制解调器中将增益交换限制为 ±2.5dB 的总数。如果由于任何原因（例如出现了寄生噪声）在训练中未充分地降低增益，那么除非该调制解调器重新训练，否则不会发生进一步的降低。重新训练的记录（重新训练计数）可以由 DSL 系统保存，作为在给定时段内执行了多少次重新训练的指示，并作为如果重新训练计数很高则可以将 MAXSNRM 级别设置为非常低的指示。增益交换可以在 ADSL1 中连续地应用（从而它们可以彼此依赖），但是增益交换的任何 SHOWTIME 序列的总增益降低，对于训练而言通常限制为 ±2.5 的最大值。然而，某些设备供应商要求增益降低的序列，该序列在 SHOWTIME 期间带来 -14.5dB 的全部容许 ADSL1 的增益降低。当寻求低于 -2.5dB 的改变时，这种全范围增益交换系统的接收机需要足够智能以便调整内部信号处理，从而避免来自固定同步码元（与其他 68 个码元不同，这些同步码元在 SHOWTIME 期间永远不会由增益交换而降低功率）的码间干扰。某些不完善的接收机寻求功率降低，但是当执行低于 -2.5dB 的增益降低时，它们不能在内部调整本身（并且操作员不容易知道这些不完善的接收机位于哪些线路上）。因而这些不完善 ATU-R 断开 DSL 连接，因为它假定该线路变坏，而当问题是由于 ATU-R 寻求 增益降低的错误实施时，它不能加以解决。由于该问题，服务提供商可能强制 DSLAM 提供商，在实际操作期间始终不理会超出 ±2.5dB 范围的功率降低请求（并且在网络范围内这样做，因为它们不知道不完善的接收机位于何处，因而还限制了所有良好的接收机）。如果服务提供商选择了这样的选项 - 不必改变它们网络中已经部署的不完善接收机，这将进一步限制功率降低。

[0017] ADSL2-G.992.3 标准（此处还称作“ADSL2 标准”或“ADSL2”）：

[0018] (1) 具有 MAXSNRM 设置，但是该功能仍将留给 DSL 接收机来执行。

[0019] (2) 对于增益设置将 ATU-R（作为下行接收机）和 ATU-C（作为上行接收机）限制为 14.5dB 的最大增益降低请求，现在它要在增益交换中进行绝对的设置而不是仅相对于最后的增益交换来进行。现在该范围在 -14.5 ～ [±2.5+EXTGI] 之间，因此它还是限制为 14.5dB 的最大功率降低 (EXTGI ≥ 0，并且通常等于 0 ；EXTGI 是发射机在早期训练期间告知接收机它可以在随后的增益交换中适应的某种东西）。高达 18dB 的更大 EXTGI 允许由于任何原因已经降低功率的调制解调器在其实际操作期间升高其功率，以便响应在实际操作期间可能新出现的更大噪声。

[0020] (3)ADSL2 中的功率削减 (PCB) 允许接收机将功率降低（仅在训练期间）额外的 0、1、...、40dB，从而提高遵守 MAXSNRM 的能力。ADSL2 标准规定提供接下来执行发射机或接收机中任一个要求的最大 PCB。在 ADSL2 中，MAXNOMPSD 仍然只是一个适用于整个频带的操作员控制的参数，但是与 ADSL1 中的相比，在 ADSL2 中可以适用该参数的更宽范围。

[0021] (4) 初始的恒定 PSD 掩码可以根据 MAXNOMPSD 参数来设计，该参数以 0.1dB 的步长介于 -40（在称作 READSL 的某些距离延长 ADSL2 附件中为 -37）～ -60dBm/Hz 之间。

[0022] (5) 某些制造商的 ATU-R 接收机仍然会完全忽略功率补偿 (back off)，并且不幸的是，即使在称为 WT-85 的 DSL 论坛的最新测试程序中它也未进行测试（尽管有一个测试，但是几乎全部都能通过该测试，并且在观测 MAXSNRM 的测试中没有验证）。在 ADSL2 标准自身中任何频带优选项（它是 PSDMASK 的受频率影响的的强行规定）都是不可能的。

[0023] (6) 实际 SHOWTIME 期间的增益交换不再限制为 ±2.5dB，并且所有码元（每第 69 个仍然有一个同步码元）都具有相同的级别。然而，只有高达相对于训练级别（不是 ADSL1 中的最后级别）高达 -14.5dB 的增益交换降低才是可能的。如果调制解调器以非常低的功率和噪声激发 (arose) 开始，那么高达 ±2.5dB+WXTGI 的增益增长是特别有用的。如果 EXTGI 很大，那么调制解调器可以恢复而无须重新训练。EXTGI 在 ADSL2 中限制为 18.0dB。

[0024] ADSL2+-G.992.5 标准（此处还称作“ADSL2+ 标准”或“ADSL2+”）：

[0025] (1) 与 ADSL2 相同，除了引入通过 tssi 参数执行的 PSDMASK 参数之外。除了 tssi 可以从外部确定以外，tssi 是类似于增益交换中增益的额外参数。

[0026] VDSL1，VDSL2，HDSL 和 SHDSL

[0027] 所提出 VDS1 标准或 G.993.1 的当前版本，对于功率降低的 MIB 控制的（或操作员控制的）程序具有受限的定义 (DSLAM 或线路终端 (LT) 调制解调器制造商内部具有完整的 PSDMASK 规范，但是在 G.993.1 中虽然定义了通过 MIB 的接入但并不完善）。在 DSL 论坛文件 TR-057 中出现了 G.993.1 标准的维护能力的列举，TR-057 的 MIB 控制部分目前是空的。因此，VDSL 没有从外部设置 MAXNOMPSD 的标准化机制，但是拥有以 0.25dB 步长中降低功率的内部机制（称为人工功率控制），关于额定地强行规定的标准限度（存在两种掩码级别和相对应的发射功率级别下行和上行，他们可以在遵从 G.993.1 的调制解调器中进行可编程的设置 - 因此功率降低与这些相关，其中的某些还未进行规定），对于上行在 0 ～ 40dB 之间，而对于下行在 0 ～ 12dB 之间。VDSL 还规定了 MAXSNRM（但还是不清楚谁规定了它）。因此，VDSL 具有许多与 ADSL1 和 ADSL2+ 相同的能力。这些能力在将来的文件中可以对 MIB 中的操作员接口进行标准化，该文件可以允许获得许多与 ADSL1、ADSL2 和 ADSL2+ 相同的能力。然而，VDSL1 也不具有一套充足的 ADSL2 和 ADSL2+ 或者显然地甚至 ADSL1 的报告诊断，因此精确诊断问题的能力可能更加困难。同样，下一代 TR057 或 G.997.x 可以解决目前 VDSL MIB 接口的这些不足。

[0028] VDSL2 仍然处于非常早的阶段，但是看起来好像它将本质上具有与 ADSL2+ 相同的 MIB 特征。HDSL 还没有以任何形式表现出具有任何功率补偿特征。HDSL（现在升级到 SHDSL、G.991.2）具有目标 SNR（或 TSNRM）和报告 SNRM，但没有 MAXSNRM。对于多种数据速率（基本上是 384、768、1.5、3、...）对称中的任何一种，以及带有某些标准化成形的两个方向上相同的调制，带宽都是固定的。可以强行规定 0、...、31 的恒定 PCB 值。根本没有任何 FEC 来保护以免受冲击脉冲影响，因此不大可能大量使用 PCB。而且，SHDSL 倾向于以短线路上可能的最大速率来运行，因此其容限通常接近 6dB 的 TSNRM。

[0029] 仍然处于起草阶段的 DSM 报告，当前具有两个方向上 ADSL2+ 的所有 MIB 能力，并且适用于所有的 DMT 传输方法，从 ADSL1 到 VDSL2 以及出于其外的方法。还可以规定 FEC。

[0030] 本领域技术人员能够理解，在包括 ADSL1 和 ADSL2 系统的许多 DSL 系统中，通常已经为操作静态模式设置了操作特性和规则，以适应系统中最坏情况的情形。也就是说，由于不充足的标准、设备限制以及通常所接受的操作程序和惯例的不足，用户并非总是获得 DSL 系统的所有益处。例如，很少遵守功率容限限度，或者可能与不同标准或者这些标准的解释发生冲突，或在不同标准或这些标准的解释之间发生冲突。对服务提供商强行规定的和 / 或标准颁布的限制的这种漠视为用户制造了问题，包括过量的串扰。类似地，冲击脉冲噪声在某些 DSL 系统中可能是严重的问题。为了处理冲击脉冲噪声，当前系统使用制造商提供

的对许多运行参数（例如容限）的默认设置。可采用的标准意图允许服务提供商设置这些参数，但是它们可能可以，也可能不可以由各种供应商的 DSL 调制解调器或设备来适当地执行。

[0031] 即使当捆中的大多数用户（也就是说，他们的调制解调器）遵从标准时，也可以证明单独一个用户是对其他用户的 DSL 服务造成服务恶化或其他破坏的源。由于该原因，尽管该标准具有规定的指南，即使最小的不遵照也可能在当前系统中出现严重的问题。

[0032] 静态操作（例如，当 DSL 服务使用 DSL 调制解调器中制造商设置的默认 设置时）意味着 DSL 服务不能调整和 / 或适应用户线路中正在变化的线路和环境状况，此外还放弃和 / 或减弱了该 DSL 系统可以获得的益处，并且不能获得该系统中的一个或更多用户可能得到的潜能。本领域技术人员能够理解，广泛变化的标准、设备、实施规则（或缺乏该规则）和实践意味着，撇开与这些不同 DSL 系统操作相关的详细标准不说，一致服务和服务质量是富有挑战性的。由于调制解调器和其他设备实际上可能遵从，也可能不遵从恰当的标准，并且或更重要地，由于用户相邻线路可以使用，也可以不使用遵从标准设备和惯例这一事实，因此许多用户遭受不良的或不及最佳的服务。

[0033] 允许用户调整和适应动态改变 DSL 环境和操作情况的传输功率容限、功率谱密度等的系统、设备、方法和技术，将会在 DSL 操作领域上体现出显著的进步。而且，在 DSL 环境和操作中由独立实体使用的功率、容限等的监控和评估，可以帮助、引导和（在某些情况下）控制用户的行为和设备，并且还可能在 DSL 操作领域上体现出显著的进步。

发明内容

[0034] 基于所采集的运行数据控制 DSL 调制解调器对中的容限。对运行数据进行分析，并且指示调制解调器对中的至少一个调制解调器使用所计算的与容限相关的参数值，以协助该调制解调器对满足容限目标，例如 DSL 标准等强行规定的容限限度。本发明的实施例可以用于 ADSL1、ADSL2、ADSL2+、VDSL 和其他类型的 DSL 系统和设备。

[0035] 诸如 DSM 中心、“智能”调制解调器单元和 / 或计算机系统之类的控制器，可以采集和分析运行数据。该控制器和 / 或其他部件可以是计算机执行的设备或设备组合。在某些实施例中，控制器位于远离调制解调器的位置。在其他情况下，控制器可以与调制解调器中的一个或两者设置在一起，作为直接连接至调制解调器的设备，从而建立“智能”调制解调器。

[0036] 与容限相关的参数值可以是与 PSD 相关的值，例如各种 ADSL 系统使用的 MAXNOMPSD 或 MAXNOMATP 参数。在某些实施例中，与容限相关的值可 以是在传输中使用的成形频谱掩码，和 / 或是在调制解调器间传输中所用频率的比特加载的上限或限度。在某些情况下，可以将优选频带强制指示给调制解调器，从而支持和 / 或避开某些频率。

[0037] 运行数据可以包括与调制解调器对的先前性能和先前容限遵照性相关的历史数据。并且，运行数据还可以包括一个或更多调制解调器运行参数，这些参数和与容限相关的参数相同或不同，所述与容限相关的参数的值由控制器来调节。历史数据可以保存在数据库中。运行数据可以进一步包括从其中运行调制解调器对的 DSL 系统采集的数据，例如从一个或更多 MIB 或其他数据源采集的数据。该运行数据可以通过该 DSL 系统自身内部和 / 或外部的通信装置，发送给控制器。可以评估的某些其他类型的运行数据包括，关于调制解

调器对和相邻 DSL 线路间串扰的数据、该调制解调器对先前使用的容限历史、重新训练计数（它表示如果重新训练计数级别很高，则可以将 MAXSNRM 设置为非常低）、该调制解调器对先前使用的发射功率级别、该调制解调器对先前使用的数据速率、和 / 或关于该调制解调器对的先前误差性状的数据。

[0038] 在本发明的另一实施例中，基于运行数据的容限分布可以评估为数据速率的函数。利用所评估的容限分布，还可以计算性能参数的分布，包括线路中断的可能性和一个或更多误差参数超出最低级别的可能性。可以根据使用各种容限设置和级别的系统的经评估的性能，设置数据速率和 / 或其他与性能相关的参数。

[0039] 根据本发明的方法可以由控制器、DSM 中心、“智能”调制解调器、计算机系统等来执行。而且，还公开了用于执行这些方法的计算机程序产品。

[0040] 在以下详细描述和相关附图中，提供了本发明的更多细节和优点。

附图说明

[0041] 以下结合附图的详细描述，将使本发明更易于理解，附图中相同的附图标记指示相同的结构元件，其中：

[0042] 图 1 是根据 G.997.1 标准的示意性方框参考模型系统。

[0043] 图 2 是总的示范性 DSL 部署的示意性方框图。

[0044] 图 3 是在使用诸如 DSM 中心之类控制器的 DSL 系统中本发明一个实施例的示意性方框图。

[0045] 图 4A、4B 和 4C 是 DSL 系统的功率自适应实现、速率自适应实现和容限自适应实现的比较图。

[0046] 图 5A 是根据本发明一个实施例的 ADSL1 系统操作的流程和示意图。

[0047] 图 5B 是根据本发明一个实施例的 ADSL1 系统操作的流程和示意图。

[0048] 图 6A 是根据本发明一个实施例的 ADSL2 系统操作的流程和示意图。

[0049] 图 6B 是根据本发明一个实施例的 ADSL2 系统操作的流程和示意图。

[0050] 图 7 是表示根据本发明一个实施例的方法的流程图。

[0051] 图 8 是适于实现本发明实施例的典型计算机系统的方框图。

[0052] 图 9 是一对比特加载能量表。

[0053] 图 10 是针对根据所采集的运行数据评估的给定数据速率的容限分布的例子。

[0054] 图 11 是根据本发明一个实施例的一种方法，该方法使用一个或更多诸如容限之类的与性能相关的参数的评估分布。

[0055] 图 12 是展示带有控制器的“智能”调制解调器单元的本发明实施例，该控制器包括与 DSL 调制解调器集成在一起的处理器和存储器。

具体实施方式

[0056] 以下对本发明的详细描述将涉及本发明的一个或更多实施例，但并不局限于这些实施例。相反，这些详细描述的意图仅是说明性的。根据所提供的用于解释目的的附图，本领域技术人员能够很容易理解这里给出的详细描述，而本发明可以扩展到这些说明性实施例之外。

[0057] 应当记住此处提供的详细说明仅用于说明的目的，而本发明的范围比任何一个例子都更宽。因此，本发明应当按照尽可能宽的允许范围来解释。

[0058] 通常，可以结合具有控制器（例如计算机系统、“智能”调制解调器、动 态频谱管理器、频谱管理中心（SMC）和/或涉及该领域的公开出版物和其他文献中描述的动态频谱管理中心（DSM 中心），或者任何其他合适的控制设备和/或实体，包括计算机系统）的 DSL 系统的操作来描述本发明的实施例。当此处使用术语“控制器”时，它想要表示任何或所有这些或任何其他合适的控制装置。控制器可以是单一单元或者部件的组合，这些部件组合是计算机执行的系统、执行下述功能的设备或设备组合。

[0059] 本领域技术人员能够理解，在读完本公开内容之后，本发明的实施例可以适用于操作各种 DSL 和本领域技术人员熟知的其他通信系统。使用本发明一个或更多实施例的动态频谱管理器或管理通信系统的其他控制器可以是服务提供商和/或操作员（在某些情况下可以是 CLEC，ILEC 或其他服务提供商），或者是部分或完全独立于系统操作员的一方。

[0060] 通常，当对更多参数进行监控并且可以在通信系统中调整这些参数，而不是静态地设置时，常常可以显著地提高性能（例如，可以获得更高的数据速率，可以为更多用户提供服务，可以消耗更少的电能，等等）。也就是说，如果根据线路或信道的性能历史函数来自适应地设置系统设置，系统操作的自适应改变可以提高数据速率和其他对用户的服务。作为一个例子，当前不存在任何系统可以动态地监控大量的参数、特性等，并帮助操作员和用户优化 DSL 服务。某些操作员已经创立了采集 DSL 线路数据的基本形式，并且已经试图：

[0061] - 增大初始服务安装之后可以获得的数据速率，直到观测到适当运行的可接受速率为止（称作“补给（provisioning）”）；和/或

[0062] - 随时间观测线路比特误码率，以确定是否需要以更低数据速率再次补给。

[0063] 特别地，在这些系统中增大或减小数据速率的规则常常是具有一个或非常少的输入参数的过于简单的固定函数。接受和分析更多输入，并且基于观测和对许多其他观测参数的处理以及线路性能历史，本质上变成许多参数的动态函数的根据本发明实施例的系统，在本领域上构成了显著的进步。

[0064] 为减少包括串扰干扰在内的各种类型性能问题，许多通信系统限制发射机在给定系统内发送数据使用的功率。传输系统的容限是超过获得预期性能（例 如，系统的比特误码率阈值，或 BER）所必需最小功率的发射功率级别（通常用 dB 表示）。其基本目的是使用充足的功率来克服和/或补偿噪声诱导的误差和干扰诱导的误差，同时最小化传输所必需的功率，以便降低由于过高级别的传输功率所引起的潜在问题。然而，在许多情况下，设备制造商、系统操作员和他人使用这些过量的功率（会导致过量的容限）以致力于提供高数据速率，并且采取更简单的途径来处理潜在的问题，例如串扰。

[0065] 本发明使用与线路特性相关的信息（例如运行数据），以便更细致地评估功率自适应系统和方法中可接受的问题/干扰规避和数据速率。这可以通过下述步骤来完成，分析可获得的信息和/或运行数据，然后训练和设置调制解调器以这样的功率发射级别（进而是容限）运行，它能够为可接受的数据传输提供充足的功率，同时最小化一条用户线路在其他用户线路上可能具有的有害效应。更具体而言，本发明的实施例可以产生与容限相关的参数，并指示调制解调器对中的至少一个调制解调器使用一个或更多与容限相关的参数，以帮助调制解调器对满足给定的容限目标。

[0066] 图 1 示出了根据本领域技术人员众所周知的 G.997.1 标准（也即通常所说的 G.ploam）的，可以和本发明实施例一起使用的一个参考模型系统。该模型适用于满足各种标准的所有 ADSL 系统，这些标准可以包含也可以不包含分路器 (splitter)，例 如 ADSL1(G.992.1)、ADSL-Lite(G.992.2)、ADSL2(G.992.3)、ADSL2-Lite G.992.4、ADSL2+(G.992.5) 和 G.993.x 新兴的 VDSL 标准，以及 G.991.1 和 G.991.2 SHDSL 标准，它们都具有或没有接合 (bonding)。该模型是本领域技术人员众所周知的。

[0067] G.997.1 标准规定了基于 G.997.1 中定义的透明 (clear) 嵌入式操作信道 (EOC) 的 ADSL 传输系统的物理层管理，及 G.992.x 标准中定义的指示符比特 (indicator bit) 和 EOC 消息的使用。而且，G.997.1 规定了用于配置、错误和性能管理的网络管理元件内容。在执行这些功能时，系统使用可以在接入节点 (AN) 得到的各种运行数据（包括性能数据）。

[0068] 在图 1 中，用户终端设备 110（有些时候也称作“客户驻地设备”或 CPE）连接至本地网络 112，本地网络 112 又连接至网络终端单元 (NT)120。NT120 包括 ATU-R122（例如，由 ADSL 标准之一定义的收发机）或任何其他合适的网络终端调制解调器、收发机或其他通信单元。NT120 还包括管理实体 (ME)124。ME124 可以是任何合适的硬件设备，例如微处理器、微控制器，或者是能够根据任何适用标准和 / 或其他规范的要求执行的固件或硬件形式的电路状态机。还有别的问题，ME124 采集并存储其 MIB 中的运行数据，MIB 是各个 ME 所保存信息的数据库，并且可以通过例如 SNMP（简单网络管理协议）之类的网络管理协议、用来从网络设备收集信息以便向管理员控制台 / 程序提供或者通过 TL1 命令来提供的管理协议来访问，其中 TL1 是用来对电信网络元件之间的响应和命令进行编程的长期以来早已确立的命令语言。

[0069] 系统中的每个 ATU-R 均连接至 CO 或其他中心位置的 ATU-C。在图 1 中，ATU-C142 位于 CO146 中的接入节点 (AN)140。ME144 同样也保存有关 ATU-C142 的运行数据的 MIB。本领域技术人员能够理解，AN140 可以连接至宽带网络 170 或其他网络。ATU-R122 和 ATU-C142 通过回路 130 连接在一起，在 ADSL 的情况下，回路 130 通常是还承载其他通信业务的电话双绞线。

[0070] 图 1 所示的几个接口用来确定和采集运行数据。Q 接口 155 提供 AN140 中 ME144 与操作员的网络管理系统 (NMS)150 之间的接口。G.997.1 标准中规定的所有参数都在 Q 接口 155 使用。ME144 中支持的近端参数得自 ATU-C142，而来自 ATU-R122 的远端参数得自 U 接口上两个接口中的任意一个。使用嵌入式信道 132 发送并且在 PMD 层提供的指示符比特和 EOC 消息，可以用来在 ME144 中产生所需的 ATU-R122 参数。另一方面，当 ME 144 作出请求时，操作、管理和维护 (OAM) 信道和适当的协议可以用来检索来自 ATU-R122 的参数。类似地，来自 ATU-C142 的远端参数可以得自 U 接口上两个接口中的任意一个。在 PMD 层提供的指示符比特和 EOC 消息，可以用来在 NT120 的 ME122 中产生所需的 ATU-C142 参数。另一方面，当 ME124 作出请求时，OAM 信道和适当的协议可以用来检索来自 ATU-C142 的参数。

[0071] 在 U 接口（它实质上是回路 130）处存在两个管理接口，一个在 ATU-C142 处 (U-C 接口 157)，一个在 ATU-R122 处 (U-R 接口 158)。接口 157 为 ATU-R122 提供 ATU-C 近端参数，以便在 U 接口 130 上进行检索。类似地，接口 158 为 ATU-C142 提供 ATU-R 近端参数，以便在 U 接口 130 上进行检索。所应用的参数可取决于所使用的收发机标准（例如，G.992.1 或 G.992.2）。G.992.1 标准规定了横跨 U 接口的任选 OAM 通信信道。如果该信道得以实现，

那么 ATU-C 和 ATU-R 对就可以使用该信道来传送物理层 OAM 消息。从而，该系统的收发机 122、142 共享保存在它们各自 MIB 中的各种运行数据。

[0072] 本领域技术人员能够理解，这些文件所描述参数中的至少某一些可以用于本发明的实施例。而且，系统描述中的至少某一些同样也可以适用于本发明的实施例。可以在其中找到能够从 DSL NMS 得到的各种类型的运行数据；其他对本领域技术人员而言是公知的。

[0073] 在 DSL 设备 (plant) 的典型拓扑中，多个收发机对是运行的和 / 或有效的，各个用户回路的一部分与多对捆（或束）内的其他用户回路设置在同一位置。在非常靠近用户驻地设备 (CPE) 的基架 (pedestal) 后面，回路采取用户引入线的形式，并且存在束 (bundle)。因此，该用户回路横贯两种不同的环境。该回路的一部分可以位于捆的内部，其中该回路有时会被掩蔽而不受外部电磁干扰，但是会经受串扰。在基架后面，由于它远离大多数引入线的其他活动对 (active pair)，该用户引入线常常不受串扰的影响，但是传输可能还是会显著地受到电磁干扰的损害，因为用户引入线未进行掩蔽保护。许多引入线在其中具有 2 至 8 对双绞线，并且在这些线路向家庭或接合提供多重业务的情况下（单一业务的复用和解复用），在引入线这一段中的这些线路之间可能会出现额外固有串扰。

[0074] 在图 2 中示出了其中可以使用本发明实施例的一般示范性 DSL 部署情形。总共 (L+M) 个用户 291、292 的所有用户回路都穿过至少一个公共捆。尽管将图 2 中的回路表示为近似相同的长度，但更可能的是给定系统的回路具有各不相同的长度，并且在某些情况下具有相差很远的不同长度。每一个用户均通过专用线路连接至中心局 210、220。然而，各个用户回路可能穿过不同的环境 和媒质。在图 2 中，L 用户 291 使用光纤 213 和双绞铜线 217 的组合连接至 CO210，这通常称作光纤到机柜 (FTT Cab) 或光纤到路边 (Curb)。来自 CO210 中收发机 211 的信号通过 CO210 和光网络单元 (ONU)218 中的光线路终端 212 和光网络终端 215，对它们的信号进行转换，该光网络单元 218 还可以称作远程终端 (RT)。ONU218 中的调制解调器 216 充当 ONU218 与用户 291 之间信号的收发机。

[0075] 其余 M 个用户 292 的回路 227 仅仅是铜双绞线，这种情形称作光纤到交换机 (FTTEx)。只要可能且经济上可行，FTTCab 优于 FTTEx，因为它减少了用户回路铜线部分的长度，从而提高了可能达到的速率。FTTCab 回路的存在可能会造成 FTTEx 回路的问题。而且，FTTCab 预期会成为将来日益流行的拓扑。这种类型的拓扑可能会引起固有的串扰干扰，并且可能意味着由于它们运行的特定环境，不同用户的线路具有不同的数据承载和性能能力。该拓扑可能是这样的，以致于光纤馈送的“机柜”线路和交换线路可以混在同一个捆中。用户 L+1 ～ L+M 可以是远程终端（而不是 CO），而用户 1 ～ L 可能甚至更靠近客户，有可能由线路终端或某些其他光纤馈送终端来服务（因此两种光纤馈送终端中，一个比另外一个更靠近客户）。

[0076] 从图 2 中可以看出，从 CO220 到用户 292 的线路共用捆 222，而 CO210 与用户 291 间的线路不使用该捆 222。而且，另一捆 240 是为去往 / 来自 CO210 和 CO220 及其各自用户 291，292 的所有线路所共用的。

[0077] 根据如图 3 所示本发明的一个实施例，容限和功率分析器 300 可以是监控 DSL 系统的独立实体的一部分，该独立实体例如控制器 310（例如动态频谱管理器或动态频谱管理中心），它帮助用户和 / 或一个或更多系统操作员或提供商优化或另外地控制它们对该系统的使用。（动态频谱管理器还可以称作动态频谱管理中心，DSM 中心，系统维护中心或

SMC。）在一些实施例中，控制器 310 可以由运行来自 CO 或其他位置的 DSL 线路的 ILEC 或 CLEC 来操作。在其他实施例中，例如图 12 中的例子，“智能”调制解调器单元 1200 具有与用户位置、中心局或某些其他单一位置的调制解调器 1210 集成在一起的控制器 800′（具有例如处理器和存储器）。从图 3 中的虚线 346 可以看出，控制器 310 可以在 CO146 中或者是 CO146 的一部分，也可以在 CO146 外部且独立于 CO146 和在该系统内运行的任一方。而且，控制器 310 可以连接到多个 CO 和 / 或控制多个 CO。同样，控制器 310 的各个部件可以在也可以不在相同的位置和 / 或设备中，和 / 或可以替代地由不同位置的控制器来访问。

[0078] 在图 3 的示范性系统中，分析器 300 包括采集装置 320（如果需要的话，它还可以执行监控）和分析装置 340。在图 3 中可以看出，采集和 / 或监控装置 320 可以连接至 DSL 系统内部的源，并且可以通过和从 DSL 系统内部的源采集数据，这些源例如 NMS150、AN140 处的 ME144 和 / 或 ME144 保存的 MIB148。还可以由装置 320 通过宽带网络 170 从外部源采集数据（例如，通过 TCP/IP 协议或者给定 DSL 系统内正常内部数据通信系统外部的其他装置）。例如，控制器可以从因特网上的 ATU-R 采集运行数据，或者如果 EMS 是不友好 (hostile) 的或者带宽受限的话，甚至可以从因特网上的 ATU-C 采集运行数据。运行数据还可以从服务提供商的 NMS 采集，它可以从其自身的各种源来采集。

[0079] 分析装置 340 和 / 或监控 / 采集装置 320 也可以连接至容限性能或历史的源 345，例如可以作为也可以不作为分析器 300 或控制器 310 一部分的数据库或存储器。分析器的一个或更多连接允许分析器 300 采集运行数据。数据可以采集一次（例如，在单独一次收发机训练期间）或者随时间 (over time) 进行采集。在某些情况下，监控装置 320 能够周期性地采集数据，尽管它还可以根据请求或任何其他非周期性地来采集数据，从而允许分析器 300 根据需要来更新它的用户和线路数据。

[0080] 分析装置 340 能够分析提供给它的数据，以确定是否需要发送指令给一个或更多调制解调器，以便帮助这些调制解调器满足给定的容限目标。分析器 300 的分析装置 340 连接至控制器 310 中的指令信号产生装置 350。将信号产生器 350 配置为接受由分析装置 340 产生以便供调制解调器使用的与容限相关的参数值，其中该与容限相关的参数值以运行数据为基础，并且可以被计算以帮助至少一个调制解调器满足容限目标，并且向通信系统中的用户（例如诸如 ATU-C 之类的 ADSL 收发机）发送指令信号（例如，要求或请求的 MAXNOMPSD 值、PSDMASK 设置或其他指令，如 CARMASK、MAXSNRM、MINSNRM、TSNRM、MAXNOMATP、MAXRXPWR 或速率自适应容限或定时器中的任意一个）。如虚线 347 所示，指令信号产生装置 350 可以是也可以不是分析器 300 的一部分，和 / 或可以在相同的硬件中实现，例如计算机系统。指令信号产生器 350 构成这样的装置，用于调节该调制解调器对中一个或更多与容限相关的参数值。

[0081] 本领域技术人员能够理解，如果控制器是一个完全独立实体（也就是说，不为拥有和 / 或操作 CO 内线路的公司所拥有和 / 或操作），则许多 DSL 系统的配置和操作信息都可能是不可得到的。即使在 CLEC 或 ILEC 运行和 / 或发挥控制器 310 的功能的情况下，该数据中的许多也是未知的。各种技术可以用于评估所需的数据和 / 或信息。这种技术的一个例子可以在 2004 年 4 月 2 日提交的，自适应频谱和信号校正准有限公司 (Adaptive Spectrum and Signal Alignment.Inc.) 所拥有的标题为“DSL 系统评估和参数建议 (DSL SYSTEM ESTIMATIONAND PARAMETER RECOMMENDATION)”的美国序列号 No.10/817,128 中找

到，其全部内容作为参考合并于此以用于各种用途。

[0082] 在本发明的某些实施例中，分析器 300 可以在计算机中实现，例如在 PC、工作站等中实现（图 8 中公开了它的一个例子）。本领域技术人员能够理解，采集装置 320、分析装置 340 和 / 或指令信号产生装置 350 可以是软件模块、硬件模块或两者的组合。举例来说，这些部件可以全部驻留在同一计算机系统中，也可以驻留在不同的装置中。为了对大量线路进行管理，可以引入数据库，以便管理由线路和控制器产生的数据量。

[0083] 图 3 的配置可以用来实现根据本发明实施例的功率自适应系统和方法。从图 4A 可以看出，诸如本发明中包含的那些功率自适应系统降低和 / 或最小化功率消耗，同时保持目标数据速率（例如，最小数据速率）和目标噪声容限。图 4B 所示的速率自适应系统和方法，使用所有可用功率（通常位于固定级别的总发射 PSD）来最大化数据速率，同时保持目标容限级别。图 4C 所示的容限自 适应系统和方法，在这种情况下还是使用所有可用功率来最大化容限，同时保持固定的数据速率。ADSL 的当前部署通常采用图 4C 的容限自适应技术，常常会导致用户和操作员的损害。只要使用过量的功率，不管是不必要地升高数据速率还是提供过量的容限级别，都会对用户和操作员引起串扰和其他问题。与过量功率系统不同，如本发明的那些功率自适应技术提供可靠的数据速率、最小的功率消耗和充足的容限，以确保可靠的误差和干扰规避。

[0084] ADSL 现场作业已经教导，尽管经常要求遵从过多的新兴易变的 DSL 标准，但是对于不同的制造商（并且实际上，对于相同制造商的软件和硬件的不同代和不同版本），调制解调器常常以不同的方式来解释所有的不同数量、规则和指南。而且，包括当前近期版本在内的各种互操作性测试，不能充分地处理所有这些各种可能的配置和功率级别，就实际现场条件留下了很宽的不确定性。利用本发明，控制器强行规定 (impose) 和强制施行 (enforce) 一致的操作指南和实施规范 (implementation)，以减少、增大和 / 或保持功率和 / 或 PSD 级别，从而避免诸如调制解调器之间过量串扰的问题。此外，控制器可以试用并非由遵从标准的产品正常规定 (imposed) 的，或者在遵从标准的产品的预期操作期间正常规定的各种设置，以便确定原因 / 后果和 DSL 环境的时间变化，从而对于具有串扰和客户拓扑变化度的捆中的客户，为 DSL 服务提出的速率 / 性能 / 价格组合可能会产生最大服务性能和 / 或收入。

[0085] 时间变化信息和技术对应于通常称作动态速率自适应的 ADSL2 模式。在 G.997.1 中专用于此的参数通常称作 RA-USNRM us/ds 和 RA-DSNRM us/ds（速率自适应上移 / 下移信噪比容限，上行或下行），并且可以获得在速率能够上升或下降之前必需达到的容限目标的设置。RA-USNRM us 是与调制解调器的计算容限进行比较的级别。如果该计算容限在 RA-UTIME 或更长的一段时段内超出了 USNRM us，则可以增大数据速率，而无须在 ADSL2 中重新训练。在该速率增大之后，容限将小于速率增大之前的容限。如果计算容限现在小于 USNRMus，则将调制解调器的计算容限与 RA-DSNRM us 进行比较，并且如果大于该值的话，调制解调器停留在相同的数据速率。如果在超出 RA-DTIME us 的一段 时段之内，该容限现在或者在任何时刻低于 RA-DSNRM us，那么减小调制解调器的数据速率，直到该容限再次超出 RA-DSNRM us 为止。总是存在一个最大速率，速率自适应在该处停止，接下来在那里应用 MAXSNRM。容限目标必需保持由 DSM 中心通过另一控制参数 RA-UTIME us/ds 或 RADTIME us/ds（速率自适应上移 / 下移时间，上行或下行）规定的一段时段。

[0086] 通常，如图 7 的例子所示，控制器在 710 采集运行数据（通常涉及所关心的 DSL 调制解调器对）。运行数据可以包含 DSL 系统的历史容限性能，历史性能数据（例如先前测量的和已知的调制解调器的容限级别，和其他与性能相关的信息），与 DSL 调制解调器相关的当前性能数据，重新训练计数数据，与调制解调器的训练相关的其他数据，或误差数据。

[0087] 可以利用 DSL 系统的内部通信系统和 / 或利用外部通信（例如，因特网）来采集数据。运行数据可能包含关于由调制解调器对使用或设置的一个或更多调制解调器运行参数值的信息，它在 720 进行采集。

[0088] 在 730，控制器分析运行数据，以便确定何种与容限相关的参数值可以帮助调制解调器对满足容限目标，也就是增强该调制解调器对的性能。然后在 740，该控制器可以产生与容限相关的参数值。该与容限相关的参数值可以是该控制器已经考虑到的调制解调器运行参数，或者可以是不同的与容限相关的参数。在 750，控制器产生表示与容限相关的参数值的指令信号，并将其发送给调制解调器对中的至少一个调制解调器，从而指示该调制解调器对采用与容限相关的参数值，以便根据情况在重新训练或正常运行中使用。

[0089] 如图 7 的虚线箭头所示，控制器可以通过执行至少两次这种分析，或者仅在规定的时刻执行，例如在调制解调器训练之前马上执行，来更新调制解调器对的运行。正如以下的详细讨论，取决于其中操作调制解调器对的 DSL 系统的类型，控制器工作所使用的参数和控制器可得到的运行数据会发生变化。同样，控制器在分析调制解调器容限性能中所使用的调制解调器运行参数，可以是也可以不是为其产生与容限相关的参数值并发送给调制解调器的相同参数。尽管不限于这种类型，本发明的实施例对于支持调制解调器采用 ADSL1、ADSL2，ADSL2+ 和 / 或 VDSL 来说很有帮助。控制器的使用可以有助于确信该遵从标准的调制解调器仍然是遵从的。而且，通过将像串扰影响这样的运行数据和可能对 DSL 性能造成有害影响的其他信息纳入考虑之列，本发明的实施例可以用来增强一个或更多 DSL 线路的性能。

[0090] 基本思想是频谱级别、功率、频谱形状等都可以响应于所报告的容限历史 / 分布而改变。换句话说，在评估了关于调制解调器对的先前性能的数据，并且知道了一个或更多该调制解调器的与容限相关的参数之后，控制器等可以建议或强制该调制解调器对采用能够帮助调制解调器满足一个或更多容限目标的运行值，而不管它是否是标准所强行规定的。

[0091] 在本发明的某些实施例中，连接至调制解调器对的 ATU-C 端的控制器动态地控制对各条线路的容限设置和调整（例如，在 ADSL2 系统中，通过设置和 / 或改变 MAXSNRM 参数，通过强行规定不同的 MAXNOMPSD 级别，或者通过设置 ADSL2+ 调制解调器中的 PSDMASK，或通过这些措施中的一些或全部的组合，或先前提及的例如 CARMASK、MAXSNRM、TSNRM、MINSNRM、RA-margins/timers 等其他参数中的一些）。这种通过强行规定更低掩码的动态容限设置并非任何标准的一部分。即使是试图遵照该容限和功率规则的那些，也可以由 PCB 允许的范围加以限制，或者可以通过不能从早期训练和线路使用（有可能带有先前可能已经驻留在线路末端的其他调制解调器和 / 和其他客户）中得到信息历史加以限制。因此，在另一实施例中，控制器可以从所报告的容限测量的历史中看出，该线路超出了预期的容限目标，从而通过上述讨论的机制，在训练期间和之前强行规定更低的 PSD 级别。这在更早的系统中未能进行，因为用户和操作员无法真正获知预期的性能级别，从而如果它有可能在操作期

间看见高噪声的话，它并不想不必要地消弱调制解调器。类似地，如果由于某些原因，调制解调器未使用充足的功率和 / 和容限，并且正在经受过量的噪声和误差问题，那么控制器可以指示调制解调器在训练和操作期间使用更高的 PSD 级别，以便能够获得更好的操作。

[0092] 如上所述，在某些系统中可能最好是使用历史的、先前测量的和 / 或已知的 容限来“启动 (seed)”训练过程，从而在训练期间实现适当的功率降低。控制器可以保存或访问性能历史，从而允许控制器连续不断地改进评估和决定，该评估和决定涉及当调制解调器进行重新设置或重新训练时，指示调制解调器使用何种 PSD 或其他与容限相关的参数（如果适当的话，哪一个可以强制使用或推荐使用）。例如，服务提供商或控制器可以一直等到线路去激活 - 例如，对 ATM 信元或其他客户信息传递措施进行计数，以便知道该线路何时是激活或去激活的 - 然后以对用户完全透明的方式重新设置，以使用更新的 PSD。在其他情形下，服务提供商可以在系统非常不可能处于使用状态时（例如在午夜），简单地重新训练。在某些实施例中，控制器可以使用该历史信息，告知该调制解调器对中的一个或两个调制解调器（例如，ATU-C）应当使用何种初始 PSD 级别，从而使 PCB 值或其他调整（例如，ATU-R 下降 -14.5dBm）能够有机会满足容限规定。

[0093] 在本发明的某些实施例中，设计或者基于先前的使用，或者基于训练。在某些情况下先前的使用可能会更加重要。也可以使用的第二种途径是通过训练，这实质上是对调制解调器供应商自身的快速拟合，尤其是对 DSLAM 供应商的现行流传输的快速拟合，其中调制解调器可以实质上停止当前的训练，然后从具有不同的更低 NOMPSD 的起点再次开始训练，从而使该容限接下来小于 MAXSNRM。

[0094] 本发明的某些实施例通过利用先前的经验初始化 PSDMASK 设置，融合 (combine) 了关于 ADDNMR 的限制。为本领域技术人员所熟知的最佳频谱管理 (OSM) 已经进行过研究，并且显示出由动态频谱管理器、DSM 中心或其他控制器执行的 2 级协作频谱管理而得到的某些收益 (gains)，该收益高于理论迭代注水 (iterative water-filling) 得到的已经很大的收益，这在更早的系统中已经得以解决。“2 级”意指诸如 DSM 中心的控制器可以在频谱级上共同协作（例如，基于两个或更多线路之间察觉到的串扰）。1 级意指频谱设置仅仅根据来自同一个线路的观测。0 级意指没有进行 DSM 的能力。OSM 上的更多信息可以在 ANSI（美国国家标准协会）的 T1E1.4 工作组的各种文献中找到，包括文 献 T1E1.4/2003/325、T1E1.4/2004/459 和 T1 E1.4/2004/460，其作为参考合并于此以用于各种用途。然而，OSM 所需的中心协作 (central coordination) 可以提供在实际系统中难以得到的收益，这是因为需要在中央控制频谱。在本发明的实施例中，对于 ANSI T1E1.4 的新兴 DSM 报告以及很可能对于 VDSL2 而言，G.997.1 的 PSDMASK 的使用允许普通的离散整数注水，通过在 DSL 调制解调器所用频率的不同频段简单地设置一些平坦 PSD 掩码，就可以实现与 OSM 基本上可比的性能。这些频带的级别可以增加或减少，直到在用户当中达到满意的数据速率组合，这些用户仍然继续以正常方式进行比特交换或加载，同时遵守适用于各个和每个音调的特定 PSDMASK 约束。报告容限可以对应于最坏情况的容限，而 MAXSNRM 通常仅适用于具有最小容限的音调。制造商可能不使用最好的加载或比特交换算法，这将导致所强行规定的 PSDMASK 的变化和解释。因此，可以将优选频带（或“PREFBAND”）比特或指示符发送给调制解调器对的 EM，以便通知它们需要离散注水加载或其近似值，以及 MAXSNRM 参数应当应用于在所有音调（而不仅仅是最坏的音调）上找到的容限。该 PREFBAND 指示符是本发明的一部分。

[0095] 如上所述，对于ADSL1系统，MAXNOMPSD值通常由操作员来设置。然而，利用本发明的一个实施例－如图5A所示的一个例子，控制器510向ATU-C530提供与容限相关的参数值（例如MAXNOMPSD值）。控制器510可以使用NMS和／或可以从控制器510接受MAXNOMPSD或PSDMASK值的元件管理系统，来发送指令或者与该系统进行通信。本领域技术人员能够理解，可以通过NMS、元件管理系统、电子邮件、ftp或者以任何其他适合的方式，将指令信号（例如，来自指令信号产生装置530）发送给ATU-C 530。控制器还可以提供MAXNOMATP值，作为某些实施例中的MAXNOMPSD值的补充或替代。在某些情况下，ADSL1 CARMASK程序（为ADSL1中操作员规范而标准化和考虑的各个音调的简单开／关指示符）可以代替或补充MAXNOMATP/PSD，以便切断对其他DSL系统产生过量串扰的频带内的载波。

[0096] 在适用ADSL1的本发明实施例中，控制器510根据控制器采集的运行数据（例如，来自MIB 525或历史数据模块520的数据），计算待由调制解调器使用的与容限相关的参数值（例如，MAXNOMPSD值），以便进行在SHOWTIME操作期间能够产生适当容限的收发机训练。(NOMPSD由发射机进行选择，而非由MIB控制的设置来选择；但是NOMPSD必须小于MAXNOMPSD，并且对于该发射机的现场实验，如果可以实现该值，就将NOMPSD设置在任何MAXNOMPSD的相同级别。所提供的某些MAXNOMPSD对只能够实现-44dBm/Hz的RT，说是-40dBm/Hz，但真正地可能高于该NOMPSD。）历史／库520从操作员MIB525和任何其他可以得到相关系统性能的相关数据的源获取数据。控制器510向ATU-C530提供MAXNOMPSD值或其他相关容限的参数值。可以计算该控制器的提供MAXNOMPSD值，从而该系统实现该TSNRM/TARSNRM容限值、MAXSNRM容限值、这两者之间的容限值，或者任何其他预期的容限目标。控制器可以选择测试或计划在各种不同噪声情况下的线路性能，所述各种噪声情况包括已经发生的、目前正在发生的、或可能发生的噪声情况，特别是其他相邻线路也规划了PSD的模拟情况。

[0097] 由于调制解调器510经常将MAXNOMPSD用作其NOMPSD值，因此控制器510提供的新MAXNOMPSD值很可能成为ATU-C调制解调器530所用的NOMPSD值。即使ATU-C没有选择控制器提供的MAXNOMPSD值作为NOMPSD值，NOMPSD值也不能高于该提供的MAXNOMPSD值，并且在正常SHOWTIMNE操作期间仍然要避免过量的容限。

[0098] 由此控制器在NOMPSD上强加一个上限，即使控制器不能直接强加该NOMPSD值。因此，如果-52为预期的NOMPSD值，则控制器将MAXNOMPSD设为-52。由于NOMPSD不能高于MAXNOMPSD，因此将MAXNOMPSD设置为-52就限制了NOMPSD的值，进而又限制了任何导致容限的级别，并避免了使用过量容限。通常，MAXNOMPSD是ADSL1训练的第一个收发机训练区段(section)中的NOMPSD，尽管这个归供应商负责，但是该控制器可以间接地强制ATU-C使用的NOMPSD值。

[0099] 从图5A可以看出，在ATU-C 530接收到（如果必需的话，还要重新设置）其MAXNOMPSD值之后，ATU-C 530使用其“控制器诱导的”或“控制器影响的”NOMPSD，来测量来自ATU-R 540的上行功率传输，进而评估回路长度。如图5A的步骤550所示，根据该评估，ATU-C 530计算其PCB功率下降，如果有的话（例如，依照ADSL1标准的附件A），则向ATU-R 540通知该值，设置REFPSD ＝ NOMPSD-PCB。利用本发明的实施例，由于考虑和使用了控制器510保存的关于运行调制解调器530、540上的线路的历史数据520，PCB值不大可能会导致不遵从容限条件。

[0100] 接下来，ATU-R 540 利用该 REFPSD 值计算收发机训练和信道分析之后的容限、比特 (b_i) 和增益 (g_i)。ADSL1 允许的 g_i 值为 -14.5dB ～ +2.5dB。从图 5A 的步骤 560 可以看出，受控制器 510 最初提供的 MAXNOMPSD 约束，音调 i 的最终 PSD 值为 PSD_i = NOMPSD-PCB+g_i。（在本发明的某些实施例中，g_i 值可以是与容限相关的参数值，并且可以通过从控制器到接收机的告知它变为较低增益的指令信号，由控制器进行间接控制。）因此，如果 NOMPSD 是 MAXNOMPSD，则 PCB 为 2dB，而一大组相邻音调的 g_i 为 +2.5dB，所有这些音调的最终 PSD 值将限制在 MAXNOMPSD 约束对 MAXNOMPSD 的平均水平上，即使所计算的 PSD 可能会高于 MAXNOMPSD 0.5dB（尽管由于对历史数据的分析，和控制器基于先前运行特性对 MAXNOMPSD 的选择，这不太可能发生）。理论上，这可以应用于任何一个音调。然而，ADSL1 允许 MAXNOMPSD 在单独音调上超出 2.5dB，但是在一组音调的平均值上，必须遵守 MAXNOMPSD。在 PCB 与 g_i 的组合 (combination) 不为正的任何情况下，PSDi 值都将等于或低于 NOMPSD。

[0101] 这样，控制器影响的 NOMPSD “启动”这整个过程，允许控制器 510 使最后的容限和任何过量的容限达到遵从由 ADSL1 标准定义的 MIB 提供的 MAXSRNM 级别（或其他强行规定的限制）。最终，利用 ADSL1 的增益交换能力，在 SHOWTIME 期间仍然可以进行调整。

[0102] 在 ADSL1 中不存在直接告知控制器 510 NOMPSD 值是什么的 MIB 参数。控制器可以根据刚刚完成的训练序列（其中调制解调器对直接加入重新训练程 序）或者根据控制器已经访问过的其他历史数据，作出其建议 / 指令。

[0103] 如图 5B 的例子所示，对于上行功率降低，ATU-R 540 通过以预先选定的 PSD 值 - 例如 -38dBm/Hz，向 ATU-C 530 发送测试信号来开始。ATU-C 530 测量线路衰减并评估回路长度，将该信息发回给 ATU-R 540。ATU-C 530 还计算其自身运行的容限、比特和增益。ATU-R 540 的第二传输仍然以其原始 PSD 值进行。在从 ATU-R 540 接收到第二传输之后，ATU-C 530 计算其增益，并且可以命令多达 14.5dB 的功率下降，如果 ATU-R 540 使用 -38 的初始 PSD 值，那么 ATU-R 540 的最终 PSD 在 -52.5 与 -38 之间。

[0104] 尽管上行和下行训练 / 功率降低是分离事件，但本发明的一个实施例当先前容限很高时，在控制器的控制之下降低上行 PSD。在 DSL 中上行串扰通常损害不大，但是高功率的上行信号可能会引起更多回波，从而泄漏到用户调制解调器的下行信号中。当回波超出其他噪声时 - 当存在桥接抽头时有时会这样，通过更低的非标准上行 PSD 来减少回波，从而可以将下行性能提升几个 dB（有可能多达 10dB）。利用该实施例，调制解调器可以胜过长回路上的当前调制解调器，其中最常见的是用户调制解调器处的这种本地回波看起来似乎是占优势的，范围有限的效应。

[0105] 在调制解调器进入 SHOWTIME 之后，利用增益交换技术可以进行进一步的增益调整。

[0106] 在 ADSL1 和其他系统中，根据本发明一个实施例的简单选项就是刚好在 SHOWTIME 之前测量容限。如果刚好在调制解调器进入 SHOWTIME 之前，所测量的容限高于规定的限度（例如，16dB 的 MAXSNRM），则重新开始训练并且该调制解调器使用允许的削减 (cutback) 值，进行第二次的重新训练。在大多数情况下，这样一种实现可以由 DSM 中心来控制，替代地也可以在调制解调器自身之内的专有模式中执行，例如通过根据本发明一个实施例的方法，以软件模块等执行。

[0107] 根据 ADSL2 标准实现的本发明实施例，在图 6A 和 6B 中示出了它们的例子，再一次

利用调制解调器的一个或更多控制器提供的与容限相关的参数值来 使用控制器 610，控制器 610 可以启动初始化、握手、信道探测、收发机训练、信道分析和交换过程。

[0108] 由于可用 PCB 值的范围 (0，1，...，40dB) 和 ATU-R 或 ATU-C 均可以命令削减这一事实，ADSL2 具有标准化更宽范围的功率降低的机制，如果先前已经一贯地遵守高容限，则它可以用来指示发射机降低初始 PSD。发射机 PCB 值可以从控制器提供的 MAXNOMPSD 参数开始进行计算。因此，本发明的实施例使用以往的历史，通过低于 60dBm/Hz PSD 的专有级别，协助设置 MAXNOMPSD 和 / 或 PCB/tssi。

[0109] 如上所述，发射机可以降低一个 PCB，如果 DSM 中心、操作员或其他控制器命令这样做的话。在 ADSL2 中发射机可以强行规定一个 PCB，因为调制解调器必须使用发射机和接收机所请求两个 PCB 中的较大者。通常，可能会出现对操作员提供的 MAXNOMPSD 的遵从，并且 NOMPSD 可能在训练中早前使用 PCB 之前已经低于 -40dB/Hz。在通常称作 ADSL2 训练的 G.hs 部分中，发射机和接收机之间发送的恰好第一消息之一中传输的实际 NOMPSD 值，出现在通知 PCB 之前。接下来，由于一些原因 (例如，当上行信号看起来很大，使得发射机希望确信遵守 MAXSNRM，或者因为已经通过制造商专用模式向发射机发出命令由操作员使用 PCB)，下行发射机可能会强行规定一个更重要的 PCB。然而，用于非常低的 PSD 的外部 MIB 不在 ADSL2 标准中 (在 ADSL2 中 MAXNOMPSD ≥ -60)。

[0110] 利用本发明，基于先前报告的线路或线路历史的高容限，高达 40dB 的调整可能是必需的。发射机可以允许控制器 (例如，DSM 中心) 指定该发射机想要低于 -60dBm/Hz 的 PSD(严格来说，在 ADSL2 标准中它是不需要的)。在 ADSL2 中 MAXNOMPSD 不能低于 -60dBm/Hz，因此控制器 (例如，DSM 中心或操作员) 可以通过 PCB 或 tssi 参数强制施行额外的降低。在 ADSL2 中存在 tssi 参数，但是在 ADSL2 中不能由控制器或操作员进行指定 (在 ADSL2 中，只有调制解调器制造商可以设置 tssi)。(ADSL2+ 允许通过 PSDMASK MIB 参数由操作员指定 tssi。在 ADSL2+ 中，控制器、操作员或 DSM 中心可以通 过称作 PSDMASK 的 MIB 参数强制施行 tssi 值。在 ADSL2 中并不存在该 PSDMASK MIB 参数，而改为制造商可以设置 tssi 值，如果它们想要这样的话。) 综上所述，PCB 实际上受发射机的控制。如果 ADSL2 调制解调器允许操作员或 DSM 中心在专有模式中设置低于 -60 的 PSD，那么控制器 (例如，DSM 中心或操作员) 可以间接地通过对发射 PSD 非常低的设置来指定 PCB。(某些 ADSL1 DSLAM 拥有超过标准 G.992.1 的软件升级，并且允许控制器 /DSM 中心将 MAXNOMPSD 设置为低至 -80dBm/Hz。实际上该线路对于不知道已经这样做的 ATU-R 来说只是看起来较长，但是仍然会工作得很好。另外，以遵从标准的方式，通过在 ADSL2+MIB 中指定的 PSDMASK，可以用 PCB 替换 ADSL2+ 中的 tssi)。

[0111] 仅在上行方向上，还可以请求接收机 (ATU-C) 向发射机发送的 PCB，以便使上行接收功率低于通常称作 MAXRXPWR 的值，在 ADSL2 中该值由操作员或控制器 (例如，DSM 中心) 进行设置。因此，通过使用 MAXRXPWR，控制器可以使 PCB 通过 DSM 中心命令等来执行。然而，下行需要使用强制低于 -60(或者是 PCB 或者是 tssi) 的专用功能。本发明包括或者设置 tssi 的级别，或者实现 DSM 智能发射机，它绕过对控制器命令的需求，并且在内部设置带有 PCB 的 PSD 级别，或者包括上述两者。

[0112] 在图 6A 和 6B 中，ADSL2 标准允许接收调制解调器命令 0，1，2...，40dB 的功率降低 (PCB)，作为训练的一部分。在 ADSL1 传输系统中不存在 40dB 的这个附加可用最大值。

发射机还可以决定降低功率并通知接收机它已经这样做，从而允许任一个调制解调器指定PCB值。特别重要的是这样的事实，对于下行传输ATU-R可以这样做，而对于上行传输ATU-C可以这样做。

[0113] 在图6A的例子中，在步骤645控制器610开始就向调制解调器对提供与容限相关的参数值（例如，MAXNOMPSD值）（例如，向诸如ATU-C 630的单独一个调制解调器发送该参数）。根据MAXNOMATP参数的规定，ADSL2和“G.ploam(G.997.1)”标准也允许操作员或控制器（例如DSM中心）从外部限制功率，所述MAXNOMATP参数具有类似于MAXNOMPSD参数的效果。 根据ADSL2，对于每一个音调i，NOMPSD都必须在-60～-40之间，由此CARMASK为1，从而允许对可用频带内频率的选择性使用。如同ADSL1的情况一样，通常将NOMPSD值设置为MAXNOMPSD，以便允许使用可容许的最大容限。

[0114] 控制器610可以参考容限性能历史620（例如，库、数据库、存储器或计算机模块），它可以从任何适当的源获取其信息，例如系统评估或MIB 625，MIB 625进而又从ATU-C 630、一个或更多管理实体644或者从本领域技术人员能够理解的任何其他源获取其数据。利用所采集的运行数据和可能的一个或更多调制解调器运行参数，控制器610可以分析该运行数据，然后产生一个或更多与容限相关的参数值，并将修正后的与容限相关的参数值发送给调制解调器对来执行。选择并计算所述与容限相关的参数（此处，例如是发送给ATU-C630的MAXNOMPSD值），以便在任何试运行收发机训练之后产生适当的容限级别，从而帮助该调制解调器满足一个或更多容限目标。

[0115] 根据ADSL2标准的§8.13.2，ATU-C 630在训练的握手阶段期间向ATU-R640发送起初的NOMPSD值。在试运行训练的信道探测阶段650，ATU-C 630和ATU-R 640均测量线路性能并提出一个PCB值。最大的PCB值（也就是说，最大的功率减少）由调制解调器对630、640来选定，从而为使用中的每个频率建立REFPSD，其中REFPSD = NOMPSD-PCB，并且意谓着使用由两个调制解调器（发射机和接收机）建议的两个REFPSD值中最低的一个。在ADSL2中，NOMPSD级别可以由操作员或控制器610（例如DSM中心）设置为以0.1dB的递量介于-60dBm/Hz～-38dBm/Hz之间的任意级别。因此，如果ADSL2接收机正确地遵守MAXSNR，并且命令必要大的PCB值，那么可能会出现低至-100dBm/Hz的REFPSD值。当然这假设调制解调器制造商已经正确地为MAXSNRM执行了PCB，但是该参数常常不能正确地执行，也不能在目前的调制解调器互操作性/遵从性测试中进行直接测试和测量。

[0116] 在收发机训练655和信道分析660期间，系统设置其均衡器和回波抵消器，并测量下行和上行方向上各自的SNR。SHOWTIME之前的最后阶段是步骤665 的交换。在这个最后的试运行阶段，ATU-R可以在-14.5～+2.5+EXTGI的范围内命令进一步的功率调整。其后，系统进入到它的正常SHOWTIME运行，期间遵守MAXSNRM并遵从该MAXSNRM，并且期间可以使用允许的增益交换进行进一步的调整。

[0117] 在ADSL2中，额定使用与ADSL1中所创建（found）的-14.5dB～+2.5dB相同的稳态允许增益值。然而在ADSL2中，要与数据码元处于相同级别的任何同步码元功率级别的重新解释，允许实现完整的从-14.5dB～+2.5dB的增益范围，而ADSL1调制解调器通常限于，与交换期间初始训练增益g_i级别有所偏移的初始功率级别-40，-42，... 或-52的+2.5dB～-2.5dB以内。除了ADSL2交换中额定使用的级别以外，ADSL2 ECTGI参数允许该增益增加到2.5dB以上，一直到+18.0dB。EXTGI由DSLAM制造商来确定和/或设置而不受

任何操作员、控制器和/或动态频谱管理器的影响，并且在初始化期间将其传达给接收调制解调器。高数值的EXTGI可能会混淆不同的PSD级别，因为即使当该EXTGI足够大时，也不能超出MAXNOMPSD和PSDMASK(ADSL2+)。由于大型EXTGI值和降低的掩码所指定的混淆意图，某些制造商可能会忽略该掩码并且执行忽略掩码的EXTGI(尽管ADSL2标准不允许这样)。

[0118] 某些当前的调制解调器和/或系统不能规律使用正确的设置，以致该MAXSNRM限度常常不能在ADSL2系统中正确地执行。因此，通过提供控制器定义的MAXNOMPSD，发射机ATU-C端可以在消息初始化期间强行规定一个PCB(和/或ADSL2中的tssi)值，该消息传达下行PCB值，有效地强制将该容限降低等于所提议下行PCB的量(并且基于容限观测的以往历史)。特别地，在本发明的一个或更多实施例中，控制器610可以向ATU-C 630提供一个有意低于-60dBm/Hz的MAXNOMPSD级别，以便强制降低容限并使它们更接近命令的MAXSNRM，或者遵守所命令的MAXSNRM(有可能基于单独一个线路训练可能不会向接收机的PCB确定算法展现的容限活动历史)。

[0119] 另外，当交换PCB值时，可能不知道满足MAXSNRM所必需的功率降低的准确级别，这意谓着该PCB值接下来可能会过于保守。因此，同样还是在ADSL2中，控制器610可能需要观测和/或参考容限历史620，并且在该线路上强行规定比ADSL1的MAXNOMPSD-52或ADSL2的MAXNOMPSD-60更低的PSD。接下来，这将由调制解调器通过PCB来观测，REFPSD＝NOMPSD-PCB＜所用的MAXNOMPSD。此外，ADSL2和免费赠送的G.997.1标准允许DSL系统操作员或控制器强行规定一个MAXNOMPSD参数，该参数将REFPSD级别限制为低至-60dBm/Hz，或者高至-38dBm/Hz(这取决于可采用的附件，其中的某些可能只允许-40)。

[0120] 在某些情况下，MAXNOMPSD(实际上是NOMPSD)可以设置为高至-34dBm/Hz(这不遵从标准)。在很长线路的情况下，控制器可以指示DSLAM增长，其中当前的-40dBm/Hz只能够引起12或13dBm的增长，或者要使用的发射功率亦如此(具有低容限和低数据速率的长线路是仅有的真正需要全部功率的线路)。低于该-60dBm/Hz的实际PSD需要通过PSDMASK参数来指定，在ADSL2+中该PSDMASK仅作为MIB控制参数来观测。然而，控制器可以通知协作的ATU-C或ATU-R，以便提醒该实体使用即使在ADSL2标准中也以遵从标准的方式进一步降低-60的PCB(或tssi)值。在ADSL训练启动通常称为“握手”(根据ITU标准G.994.1)的程序之前，将MAXNOMPSD参数传送给DSL线路的两端。该PSDMASK参数在ADSL2+中仅由MIB指定(在ADSL2中只是在发射机的方向上传送该参数，并且不由操作员控制或指定)，但是可以以其他方式来传送(例如通过因特网上的文件传输程序(“ftp”)或简单电子邮件消息传送给该控制器与ATU-C或ATU-R间认可的IP地址)。

[0121] 本领域技术人员能够注意到，ADSL2+标准对于高达两倍的频谱，或着两倍数目的所用传输DMT音调，具有ADSL2的所有上述详细指明的能力。因此，关于ADSL2系统所讨论的功率降低元件和能力，同样也可以应用于ADSL2+系统。另外，本发明关于ADSL2+的某些实施例，使用通常称作频谱工具箱的概念，该频谱工具箱允许操作员和/或控制器强行规定一个可能不平坦的初始PSDMASK量，该PSDMASK量使用一系列的拐点频率(break frequency)和功率级别，来指定若干个平坦频谱区域。该PSDMASK可以低至-96dBm/Hz，也可以高至-32dBm/Hz。这种能力有时候会被传输系统忽视、错误理解或撤消，从而对这些系统造成损害。利用线路的以往历史，控制器可以使用ADSL2+的某些能力来执行本发明的实

施例。

[0122] 在ADSL2+中允许高达32个断点（大约8个频带），但是如果需要的话，在G.994.1初始化中这些断点的传送机制实际上允许为ADSL2+的所有512个下行音调和所有64个上行音调指定PSDMASK级别。因此诸如DSM中心或操作员的控制器，通过强行规定一个PSDMASK，可以提高或降低从训练起点开始，并且继续进行所有进一步训练和SHOWTIME比特/增益交换的各种频带。PCB仍然可以使用，但是它更多地成为用于执行MAXSNRM的接收机机构，这是由于PSDMASK实质上代替了ADSL2的MAXNOMPSD（尽管该参数仍然存在，并且PSDMASK不能超过它）。根据G.992.5上行也允许PSDMASK的等同量，只是它必须由tssi参数上行的直接指定来执行（而下行允许tssi的直接指定，或者更简单的PSDMASK直接指定）。DSM报告的PREFBAND比特加于G.992.5之上，并且当遵守MAXSNRM时，处理PSDMASK的附加模糊性－也就是说，带有比特上限（例如是15或更少的限度，但是某些有限值）的G.992.5中的容限计算通常定义为“所有音调上的最坏容限”。因此，加载算法可以将优选（即好的或所用的）频带增大到非常高的级别，同时将容限限制为具有更低PSD的次优选频带中的更小值。由于最坏容限接下来会出现在次优选频带中，因此要报告它并且接下来实质上废除MAXSNRM原理的使用。如果改为PREFBAND开着的话，就意谓着所有音调的容限必须小于MAXSNRM，而不是只有最坏容限如此。因此，当用于频带优选时或者某些其他原因，接收机不会混淆PSDMASK的意图。接下来，操作员向带有PREFBAND“开着”的调制解调器指明PSDMASK的强行规定。该“开着”指示本质上避免供应商专用加载方法废除当PREFAND开着时强行规定的PSDMASK所打算的优先频带待遇的意图。

[0123] 就下行举例来说，ATU-R加载算法可以看出在频带某处一个音调上的容限为7dB，而另外所有的都为30dB或更高。由于这是最坏容限，因而调制解调器 要求遵从容限目标MAXSNRM。然而，设置PSDMASK以便任何音调上的容限都不会超出MAXSNRM。PREFBAND“开着”意谓着调制解调器制造商必须执行全面的遵从，并且不能在一个音调上显示7dB而在其他各处都显示30一当PREFBAND“开着”时它必须在所有音调上遵守MAXSNRM。

[0124] 正常地，PSDMASK中的低级别用来指定应当避免和/或只应当略微使用的频带。然而，在本发明中，操作员/DSM中心指定的＜60dBm/Hz的平坦低PSDMASK，强制NOMPSD达到该指定级别（它可以低至96dBm/Hz），从而通过低初始NOMPSD级别强制得到了因此也很低的容限（即使在调制解调器已经使用了PCB来完成相同的工作之前）。预先考虑到某些制造商的调制解调器可能对容限和频谱管理做的工作很少，即使标准强制要求更好的管理，这个非常低的PSD也会根据控制器、操作员或DSM中心的指定来调用或强制使用。连同可用的NMS通信一起，控制器可以将PSDMASK作为与容限相关的参数值，通过因特网（例如电子邮件和/或ftp通信）传达给调制解调器。由于PSDMASK没有通过元件管理系统到达调制解调器，所以调制解调器可能需要对PCB和/或g_i（在(-14.5)～(EXTGI+2.5)的限度之内）作出调整，从而调整到REFPSD值。

[0125] 因此，作为根据标准的要求允许18dB的EXTGI和-60dBm/Hz的最低MAXNOMPSD的DSL线路的例子：ATU-R可以通过在该频带内将gi设置为-14.5dB，将以-58dBm/Hz初始化的PSD调整为-72.5dBm/Hz。同一个ATU-R也可以通过在另一频带中设置gi＝+18dB，从而在该另一频带中设置-40dBm/Hz的PSD。从而所得到的频带优选项可以是32.5dB（两个级别之间的差值）。应当注意，这些调整的完成并没有直接使用元件管理系统MIB中的

PSDMASK，而是执行加载的接收机可能已经通过因特网被告知 PSDMASK 或频带优选度，从而即使不能获得任何 PSDMASK 初始 PSD 设置，该接收机也可能知道使用此处的全部 gi 范围来达到该范围。因此，智能 ATU-R 实质上强制遵从 ADSL2 标准的 ATU-C 调制解调器（其中不使用 PSDMASK）来执行频带优选。这将使用所有可用的 g_i 范围，从而如果可用的话，tssi 当然是更好的实 现。另一方面，如果 PSDMASK 在 ADSL2+ 调制解调器的 MIB 中起作用，那么可能不需要该程序，而且可以改为使用 tssi。

[0126] 某些制造商允许在他们的新 ADSL1 和 ADSL2 软件中，使 MAXNOMPSD 的外部指定降至 -80，认识到这个是（略微）非标准的运行模式，但是除了操作员接下来必须知道调整某些参数，如 Hlog 和基于 -52（或 -60）计算的衰减这个事实之外，它不会真正造成任何危害。

[0127] 在 VDSL 中存在一个基准噪声上行 PSD（此处称作 REFNOISE），它可以用来强制 PSD 进行某些设置。在本发明的某些实施例中，控制器从初始 REFNOISE 值反向运行 (work backward) 到隐含的 PSDMASK，该 PSDMASK 作为修正过的与容限相关的参数值。因此，通过基准噪声 PSD 的某种翻译和非常规使用，本发明可以用于 VDSL 系统，并且能够获得与 ADLS 相同的效果。

[0128] “频带优选”对于获得 OSM 中的收益非常重要，并且可以定义为频带在不协调 (uncoordinated) 加载中的重点，该不协调加载继续进行在实验系统中必需的常见比特交换和增益交换程序，而不会造成性能损失。由于不能期望动态频谱管理器足够快地作出反应和改变比特分布，因此当然会慢于调制解调器对自身的反应，这也是 OSM 的支持者一致认为由调制解调器以分布方式完成的注水或近似（有时候称作“迭代注水”）足够好的原因之一。频带优选实质上告知接收调制解调器遵守频带内的 PSDMAsK，该频带内的 PSDMASK 由 ADSL2+G.992.5 的“频谱工具箱”对于“用优选值加载”的 PSDMASK 或“tssi”参数指定为与容限相关的参数值，从而允许通常某些频带在注水中的优先权，并且避免加载可能与其他 DSL 相互干扰的级别。

[0129] 对于每个音调上的非负能量 E_n(NSC 是音调的最大数目），该理论注水程序解方程：

[0130] $$E_n + \frac{\Gamma}{|H_n|^2} \cdot \sigma_n^2 = \text{常数} \quad n = 1, \ldots, NSC \qquad \text{方程 (1)}$$

[0131] 差额 T 是由 DSL 中给定比特误码率处的编码选择和预期容限确定的常数。各个频率上的信道衰减用 $|H_n|^2$ 指定，而各个音调上的噪声能量用 σ_n^2 指定，它们 两者都在训练期间进行测量（或者直接测量它们的比率），并且在 SHOWTIME 运行期间进行更新。该程序视为在时间上持续地运行，同时在周期的或关于信道变化的时间间隔上更新。

[0132] 该理论注水程序在 DSL 中是众所周知的，并且可以按照包括各种贪婪算法（也称作 Levin-Campello 程序）在内的多种方式，对离散整数比特约束进行近似，其中将连续的比特加载到所有音调上的最少能量消耗比特位置，直到预期的最大比特率限度已经达到不大于最大指定容限（在各种 DSL 标准中经常称作 MAXSNRM），也不小于最小容限或目标容限（在各种 DSL 标准中经常称作 TARSNRM 或 TSNRM）。当通过 ftp 和 / 或电子邮件传达给正在执行该加载算法的接收调制解调器时，受频率影响的的比特上限和受频率影响的的 TSNRM[n] 用来扩充现有系统。这些也可能是有用的，如果 FEC 不是自适应的，并且强制该系统提供受频率影响的的保护以不受间歇噪声 / 冲击脉冲噪声的影响的话，其中所述间隙噪声 / 冲击

脉冲噪声不经常出现，但是当出现时很大，并且它命中的频率范围是已知的。

[0133] 加载算法计算各个音调的比特数目 b[n] 和各个音调的 gi “增益”(g_n) 因子。存在多种加载算法的变体，它们都为本领域技术人员众所周知。调制解调器供应商可以尝试以任何指定的数据速率（或者最大数据速率，如果速率自适应的话）来近似地最小化给定 MAXSNRM 所要求的功率量。如果该容限小于 MAXSNRM，但是所产生和报告的频谱看起来仿佛异常的话，诸如 DSM 中心的控制器可以建议一个在本发明的比特交换和加载中要遵守的 PSD 掩码。

[0134] 此处提供一个加载程序以便用于本发明的实施例。加载实质上取决于两个向量：一个递增标准化能量的向量，其分量为 Δ(b)；和一个信道基准噪声或信道标准化均方误差 (MESs) 的向量，v_n。后一个量 V_n 可以根据以下方程来计算：

[0135] $$v_n = \frac{MSE[n]}{\left|\hat{H}_n\right|^2} = \frac{MSE'[n]}{\left|W_n \bullet \hat{H}_n\right|^2}$$ 方程 (2)

[0136] 其中如果使用 FEQ 的话，W_n 是音调 n 上的频域均衡器 (FEQ) 系数。当 音调 n 已经承载 b_n 个比特时，在音调 n 上再发送一个比特的能量是：

[0137] $\Delta E_n(b_n+1) = \Delta(b_n+1) \bullet v_n$ 方程 (3)

[0138] 其中函数 Δ(b) 与音调下标 n 无关，但是取决于 ADSL 星座和目标容限 TSNRM。函数 Δ(b) 定义了在 $v_n = 1$ 的任何信道上发送第 b 个比特相对于第 (b-1) 个比特所需的增量（附加）能量。因此，通过存储该函数 Δ(b)，该函数要求高达 BCAP 个位置（在 ADSL 中永远不会大于 1 5，因此 Δ(16) ＝∞，Δ(0) ＝0），并且通过计算 / 更新和存储 NSC 个与信道相关的量 v_n，n ＝ 1，...，NSC，在任何信道上发送附加能量的额外能量可以通过方程 (3) 中的两个函数之积来计算。

[0139] 在计算方程 (3) 之后，所得到音调上的总能量需要与任何可采用的 MAXNOMPSD 或 PSDMASK 约束进行比较，并且如果超出该界限多于 2.5dB（或某些其他基于精度的数字，设计师认为该数字小于 2.5dB 是合适的），则 $\Delta E_n(b_n+1) = \infty$（也就是说，将该增量能量重新设置为可以在处理器执行加载过程中表现出来的某些最大数字）。在 ADSL 系统中经常可以强行规定这样的 PSDMASK 约束。这些掩码的存储通常要求另外的 1（仅对于 MAXNOMPSD）至约 20 个位置（用于 ADSL2+ 中各种音调的 PSDMASK 级别）。图 9 的表 1 列出了当没有任何格子码用于 G.992.1/3/5 ADSL 的星座时，对于没有 PSDMASK 达到且再次 vn ＝ 1 的情况下的增量能量 Δb 和总能量 (ADSL1 不允许 b ＝ 1，因此在 ADSL1 中 Δ(2) 的值是所有音调 n 上所关心的第一个）。量 ε 是标准化的基准能量，它根据以下方程来计算：

[0140] $\varepsilon = 10^{0.95+TSNRM-CODGAIN}$ 方程 (4)

[0141] 其中 CODGAIN 为 $3.8+3\cdot\left[\frac{R}{N}\right]\cdot b_{ave}$ dB，以便仅用于 FEC，并且名义上对于编码增益加上额外 6％的奇偶校验比特，表示大约 3.8dB（因此相对于将总数据速率作为基准的系统来参考加载，并且就像它没有奇偶校验或代码一样来对待该基准）。

[0142] b_{aye} 是每一音调的平均（评估的）比特数目，它可以通过对总线路速率的评 估来计算，将每一码元的比特总数目 (BMAX) 除以音调数目，然后将它乘以开销百分比，然后再乘以额定的 3dB/ 比特成本。通常该 CODGAIN 大约为 5dB。要求该额外增益高于 3.8dB，

因为线路比特率通过此处讨论的算法来加载。为了使该规则起作用，奇偶校验 - 开销量 (R/N) ≤ 0.8。如果使用更多的奇偶校验，那么该规则成为最优化的，并且 CODGAIN 在线路比特率加载中不应当超出 5dB。5dB 的限制可以降低所计算的线路比特率 - 比特总 BMAX（也就是说，真正的编码增益可能仍高于 8dB，但是不能像公式表示的那样高），但是如果使用大奇偶校验分数的话，冲击脉冲噪声或间隙噪声在该线路中占据优势，并且最不利 (pessimistic) 的编码增益是谨慎的 (prudent)。

[0143] 当延续很长的线路使用更大的奇偶校验分数时，CODGAIN 通常会更高，但是平稳噪声不会支配性能，因此低估编码增益在延续很长的线路上不是严重的错误。

[0144] 在 ADSL1 中，按照从带有最低数目比特的音调直到具有最高数目比特的音调为编码器的进展重排序。而 ADSL2 允许接收机根据接收机的预期和指定的音调重新排序，为发射机编码器的进展重排序音调。在训练期间将该音调重排序传达给发射机。在 ADSL2 和 ADSL2+ 中，该重排序可以用来简化加载搜索算法，但是本发明的实施例假定它已经以相关的标准化方式执行，并且不能处理所使用的准确的发射机 / 接收机排序。此处提供的基准加载算法，可以用于任何指定的排序。

[0145] 以下是基准训练加载算法的一个例子 ：

[0146] 向所有音调上具有最小 $\Delta E_n(b_n+1)$ 的音调连续地添加各个比特，直到满足以下两个停止标准中的一个 ：

[0147] (1) 已经达到最大净速率 ；或

[0148] (2) 已经超出了所允许的总能量。

[0149] 如果满足标准 (1)，则可以在能量上增大所有音调，直至达到各个频率可采用的 PSDMASK（或 MAXNOMPSD) 比率。这种在 dB 上的最小增长加上 TSNRM 就是实际的报告 SNRM。如果这种最小的增长使得 TSNRM 加上该增 长就超出了 MAXSNRM，则所有音调应当使它们的能量增大 MAXSNRM-TSNRM dB。

[0150] 以下是基准 SHOWTIME 加载算法的一个例子 ：

[0151] 以当前的数据速率，在所有音调上搜索具有最小 $\Delta E_n(b_n+1)$ 的音调，并存储该音调下标 n。再次搜索具有最大 $\Delta E_m(b_m)$ 的音调，并保存该音调下标 m。当且仅当 $\Delta E_n(b_n+1) \leq \Delta E_m(b_m)$ 时，交换从音调 m 到音调 n 的比特。

[0152] 如果对于新的比特分布而言容限未超过 MAXSNRM，则可以保持总能量。如果此刻在该音调上未超出 MAXSNRM，并且它是具有最小容限的音调，则应当将所有音调上的能量降低一个因子，该因子使音调 n 的容限超出 MAXSNRM。

[0153] ADSL1 和 ADSL2 标准具有“比特交换”机制，允许一个比特从音调 m 移动到音调 n。

[0154] 在任何一个程序的末端，任一音调上的总能量可以通过下式来计算 ：

[0155] $$E_n = \sum_{i=1}^{b_n} \Delta E_n = E_n(b_n - 1) + \Delta E_n(b_n)$$ 方程 (5)

[0156] 本领域技术人员能够理解，该能量级别可以转化为增益级别 g_n。

[0157] 格子编码在加载上稍微强加了更多复杂度，但是遵循相同的基本原理。对具有格子编码的 DMT 传输系统的加载各自形成了两个音调的子信道组。一组内的两个音调是任何排序得以在其上使用的连续音调。总是有偶数个所用音调，因此当在 ADSL 中使用格子编码时，总是有整数个组。从而增量能量表成为将使用格子编码的比特添加到两个音调的组

（代替仅向一个音调）的增量能量。当对于所有音调 BCAP ＝ 15 时，可以在组中加载高达 29 个比特（用于第一个音调的 15 加上用于第二个音调的 15，再减去一个格子编码中必需的额外比特）。

[0158] 在两个音调的组内，可以不失一般性地假定 $v_{n+1} > v_n$（否则只能在用于计算的加载算法内重新标引，并且当退出加载算法时撤销重新标引）。从而向－组添加一个比特的增量能量，总是用于在两个音调内添加比特的最小能量，从而知道当在具有 0 比特的组中开始时，所添加的第一信息比特实际上是在音调 n 上添加的两个比特（用于格子编码中一个比特／组的开销的一个额外的第一比 特）。对于第一比特而言，每一个相继添加的比特只是耗费一个增量能量单位，而不是两个增量能量单位。图 9 的表 2 示出其加载表。

[0159] 因此，在音调 (n n+1) 组的调查研究中，加载算法能够对音调 n 上添加的第一个比特之后的各个比特，通过下式向各个音调添加比特：

[0160] $$\Delta E_{group,n}(b_{group,n}+1)=\min_{n,n+1}(v_n\cdot\Delta(b_n+1),v_{n+1}\cdot\Delta(b_{n+1}+1))$$（方程 6）

[0161] 为了删除比特，4D 格子加载算法调查研究改为：

[0162] $$\Delta E_{group,n}(b_{group,n})=\max_{n,n+1}(v_n\cdot\Delta(b_n),v_{n+1}\cdot\Delta(b_{n+1}))$$（方程 7）

[0163] 如果只使用格子编码，则方程 (4) 中的 CODGAIN 应当为 4.2+1.5 ＝ 5.7dB。如果既使用格子又使用 FEC，则 CODGAIN 应当为 $5.5+1.5+3\cdot\left[\frac{R}{N}\right]\cdot b_{ave}$，它可以评估为大约 8dB。同样，为了使该规则起作用，(R/N) ≤ 0.8。如果使用更多的奇偶校验，那么该规则成为最优化的，并且 CODGAIN 在线路比特率加载中不应当超过 8dB。8dB 的限制可以降低所计算的线路比特率－比特总 BMAX，但是如果使用大奇偶校验分数的话，冲击脉冲噪声或间隙噪声在该线路中占据优势，并且最不利的编码增益是谨慎的。

[0164] 由于每一音调只能具有整数数目的比特而导致的能量“跳跃”，加载算法的执行可能会造成类似“参差不齐”或锯齿状的能量特性。因此，调整增益的一个原因就是“均衡”所有音调上的容限。通常其效果很小，但可以提供略微高一些的调制解调器／线路容限－它不需要由调制解调器制造商执行，并且通常不由调制解调器制造商执行。在设置比特分布之后，某些音调可以会具有比其他音调略微高一些的容限（所报告的容限是所有音调上最坏的）。实际上可能已经添加了下一个比特，并且还有又一个比特要加载的音调具有最高的容限，其后不同音调上的下一个具有次高的容限，等等。容限高于最后一个音调以便在加载中接收比特的这些音调上的增益，都可以发送略微低一些的能量，并且具有最后加载比特的音调更是如此（只要不违反 PSD 掩码）。

[0165] ADSL1 和 ADSL2 都允许在训练期间，将增益指定在 [-14.5，+2.5+EXTGI] 的范围之内（其中对于 ADSL1，始终是 EXTGI ＝ 0）。ADLS2 在 SHOWTIME 运行期间允许相同的范围，并且通过开销信道来发送准确的 g_n 值。ADSL1 在 SHOWTIME 期间将该范围约束为，相对于训练期间最后制定的值有 -2、-1、1、2、或 3dB 的变化，或者对于先前的增益交换，明确地约束为在 $\frac{1}{512}\cdot round(512\cdot g_n\cdot 10^{value/10})$ 的增益交换之后该增益的准确精度值，其中 round（循环）表示设置为最接近的整数值。级联的增益交换不应当违反范围 [-14.5，+2.5+EXTGI]。

[0166] 调制解调器制造商应当知道 ADSL1 调制解调器具有同步码元，该码元并不会每隔

17ms 降低功率。因此，如果通过任何加载程序（例如，特别是增益交换）来降低其余信号的功率，那么来自 ADSL1 同步码元的码间干扰 (ISI) 可能会显得相对较大，并且支配所有其他噪声。由于同步码元是已知的，所以可以按照多种方法消除该 ISI，包括有效地重构 (reconstruct)ISI 并除去它。另一种解决方案是当同步码元能量和正常码元能量之间的间隙增大时，改变时域均衡设置。ADLS1 标准推荐但不并强令 SHOWTIME 增益交换使所有码元能量保持在固定同步码元功率谱密度级别的 ±2.5dB 上。

[0167] 对于 ADSL1，基本加载步骤后面可以是容限均衡步骤。该容限均衡步骤出现在已经设置了数据速率之后（或者达到固定速率 ADSL 的预期速率，或者选定速率自适应 ADSL 的最大速率）。

[0168] 此处引用的算法可以用于 SHOWTIME 期间的 ADSL1 容限均衡 (ADSL1 增益交换)，并且可以假定已经设置了在训练期间获得的 SHOWTIME 增益交换，以使不超出 MAXSNRM（如果在初始训练期间超出了 MAXSNRM，那么增益交换是不必要的）。对于固定速率的加载，所用能量将低于所允许的总能量（或者调制解调器能够以＜ TSNRM 重新训练，或者以＜ TSNRM 来运行，在这种情况下，可以且应当使用该程序，将 TSNRM 重设为实际的更低 SNRM)。对各个音调容限的计算对于本领域技术人员是众所周知的。其步骤为：

[0169] 1、按照 SNRM[n] 从最小到最大，对音调进行排序（并记住次序）并且存 储 $MAX = \max_{n} SNRM[n] \leq MAXSNRM$。

[0170] 2、在各个连续的音调上增加 1dB，直到下标 m，其中：

[0171] 只要不超出总能量（或 PSDMASK/MAXNOMPSD)，则 SNR[m] ＞ MAXS，然后重设 MAXS → min(SNRM[m+1]，MAXSNRM)dB。对于已经超出 PSDMASK/MAXNOMPSD 的音调，根据进一步的考虑移除它们。

[0172] 3、如步骤 1 一样再次记录各个音调（保持次序）

[0173] 4、对新排序的音调重复步骤 2

[0174] 5、重复步骤 3

[0175] 6、重复步骤 4

[0176] 7、撤销所有排序并重新插入先前可能已经超出 PSDMASK/MAXNOMPSD 的任何音调。

[0177] 接下来执行任一增益交换。到该程序结束之时，那些具有最低容限的音调可以增加高达 3dB。比特分布不会发生变化，但是在某些音调上，容限可以增长 1、2 或 3dB。新的最小容限将不会低于程序执行之前的值，通常在 1dB 左右更好。

[0178] 可以采用类似 ADSL1 SHOWTIME 的程序，用于在初始化期间进行 ADSL1 容限均衡（以及用于训练和 SHOWTIME 的 ADLS2 增益交换），只要设计者可以使用比 1dB 更小的增量，例如 0.5dB，使得该算法可以运行 5 次（而不是 3 次），且每一次都可能在音调的某些日益变小的子集上提供另外的 0.5dB。同样，如果已经超出了 MAXSNRM（仅对于 ADSL1）或达到了 MAXSNRM(ADSL1 或 ADSL2) 的话，那么增益交换是不必要的。

[0179] 当然，对于所有的交换方法，由于信道噪声 (MSE) 随时间进行变化，所以可以执行第一比特交换，然后再次执行增益交换。即使比特交换不是必需的，但只要 MSE 已经发生了变化，那么增益交换也可能是必需的。

[0180] 上述讨论的算法很容易对 BCAP[n] 和 TSNRM[n] 作出修正。因为不均匀的 BCAP[n] ≤ 15，所以对于 b_n ＞ BCAP[n]，有 $\Delta(b_n) = \infty$，这在将 $\Delta(b_n)$ 乘以 v_n 得到 $\Delta E_n(b_n)$

之前进行测试。通过格子编码，BCAP[n] 可以应用于信息比特，从而就像图 9 的表 2 中那样，对应于 $\Delta E_n(BCAP[n]) = \infty$ 的最后一条记录在 v_n 列中，而 $\Delta E_{n+1}(BCAP[n+1]+1) = \infty$ 用于 v_{n+1} 列。

[0181] 对于不均匀的 TSNRM[n]，根据下式，改变各个 v_n 比改变 Δ(b) 更简单（需要更少的存储器）：

[0182] $$v_n \rightarrow v_n \cdot \frac{TSNRM[n]}{TSNRM} \quad v_n \rightarrow v_n \frac{TSNRM[n]}{TSNRM}$$ 方程 (8)

[0183] 其中，TSNRM 是所指定的单一（均匀）容限（通常为 6dB）。BCAP[n] 和 TSNRM[n] 都可以用于对特定线路的各种改进。

[0184] 在贪婪算法中，已经加载到最大比特上限的音调要花费极大（巨大）成本来添加附加比特，从而避免比特 / 音调超过比特上限。本发明认识到向其添加比特的音调会导致，所指定的待被超出的 PSDMASK 界限，在那些位置上也应当具有极大（巨大）成本，这可以由也可以不由各种制造商来实现。对信道变化和 / 或噪声变化进行监控，连续地运行该算法，允许 DMT 传输设备来移动这些比特，以便保持良好的能量使用和容限。在 SHOWTIME 运行中保持与超出强行规定的频谱掩码相关联的极大成本，使得不会将比特重新分配给受 PSDMASK 限制的频带，即使该频带可能会比理论注水中的其他频带更具吸引力。

[0185] 在频带优选中使用 PSDMASK 的强行规定，当音调的现有能量已经处于或接近掩码级别时，实质上造成了在特定音调上添加比特的极大成本。实质上，由于 PSDMASK 的约束，在非优选的频带上添加比特过于昂贵，由此偏向或强制使用离散注水算法（即，贪婪算法），以便在优选频带中加载相同比特，在所述优选频带中 PSDMASK 可以较高并由此鼓励加载更多的比特。因此，PSDMASK 可能已经被设置为充分地低于某些频带上允许的 MAXNOMPSD 掩码，从而向其他频带指明优选项，这推测起来大概是因为控制器和 / 或动态频谱管理器（还是，例如，SMC 或 DSM 中心或管理器）已经确定了这样的频带优 选对于该线路是有用的。由于根据需要，或者适应于随时间变化的信道效应（例如串扰变化，等）来改变比特分布所要求的响应速度，比特分布的中心控制很可能是不切实际的。作为替代，频带优选在初始化时刻由控制器和 / 或动态频谱管理器来指定，推测起来大概是通过对在 ADSL2+ 中指定且当前为 VDSL2 提出的 PSDMASK 级别进行慎重考虑而作出的选择（或者替代地可能通过 tss_n 级别）来指定。

[0186] 特定音调上的能量 E_n，由如下 3 个部分确定：

[0187] $$E_n = E_{0,n} \cdot g_n^2 \cdot tss_n^2$$ 方程 (9)

[0188] 其中，$E_{0,n}$ 为 REFPSD 级别。举例来说，没有功率补偿且不使用 PSDMASK 的 ADSL 调制解调器，可能具有发射机和接收机都知道的、对应于 -40dBm/Hz 的 $E_{0,n}$（或者是在各种标准附件中确定的，或者根据本发明的实施例由控制器指定为 NOMPSD 的某些其他值）。量 g_n^2 规定了接收机计算的“g_i”增益，对于 ADSL 标准它通常在 -14.5dB ～ +2.5dB 之间，并且理论上它可以是任何非负（线性）值。在初始化交换时，或者在调制解调器实际运行中的“比特交换”期间，通过 DMT DSL 中的反向控制信道将该“增益”传递给发射机。对于 MIB 对调制解调器的任何使用，tss_n^2 参数均为固定的，并且可以在 0 ～ 1 之间。当使用理论注水时，tss 几乎是无用的，因为增益参数可能会破坏任何 tss 效应，并且将能量级别设置为预期的注水级别（如果增益 g_n 不被上界限制的话）。当然，tss = 0 值能够避免使用该音调，并且

不能反转。在实践中，2.5dB 或 EXTGI 的可能增益选择的上界允许 tss 影响加载算法的限度，并由此成为有用的工具。特别地，+2.5dB 的增益上限避免了显著的反转（如果该限度升高 EXTGI，则可能会出现更多的反转，并且 EXTGI ＝ 18.0dB 的值很可能错误地用来重新引入理论注水的频带优选反转）。当 tss 较低时，未作修正的注水程序能够通过正增益值来恢复频带。E_0+2.5dB 作为上述方程 (1) 中最大值的情形，直接对应于离散加载中与向该音调添加附加比特相关的极大（有限精确度的巨大）成本。离散加载的这种非线性对于频带优选来说非常重要。

[0189] 在已经将 PSDMASK 值在另外的良好频带中有意设置得更低的系统中，与超过达到该频带中掩码的那些级别以外加载更多比特相关联的极大成本，强制该加载算法改为将比特放置到还没有达到 PSDMASK PSD 限度的其他可用传输频带中，从而实质上更优选或赞成那些频带。这实质上也可以通过非标准 BCAP[n] 概念（该频率的可用比特上限）来完成。例如，在某些 ADSL CO/RT 混合情形和 VDSL 上行的例子中，理论注水是无效的，因为它试图继续加载到看起来更具吸引力的较低频带中（但是接下来受到该较长线路上第二用户中所产生串扰的限制）。对于这些相同的情形，如果接收机也知道 PSDMASK 设置，那么离散注水能够感受到超出该 PSDMASK 的极大成本，如果它已经被设置为适当低的级别以避免在较长线路中产生串扰的话（或者如果比特上限保持在低于通常为 15 的某个最大比特数目的话）。因此在这两个例子中，离散注水接下来能够开始将比特加载到较短线路上的次高频带中，并得到与 OSM 相同的结果。如果动态频谱管理器知道那些特定的线路相互干扰的话，还可以实现显著的进步（例如，利用上述本发明的评估方法之一）。

[0190] 在本发明的某些实施例中，PREFBAND 是 1 比特的无符号整数，由此 1 指明了超出 PSDMASK 来加载比特的成本极大（或有效地禁止的），并且应当将 MAXSNRM 应用于所有的音调，而不是仅仅应用于最坏容限的音调。本领域技术人员能够理解，本发明的该实施例也可以在 VDSL2 中有效地使用。强行规定的 PSDMASK 级别的确定是控制器如 DSM 中心的领域。控制器可能需要中心地知晓 Hlog 和噪声功率谱密度，以及 DSM 报告的 Xlog 增益，以便能够中心地确定在频带优选中强行规定的良好 PSDMASK 级别。一种避免大量计算和 OSM 收敛问题的用于该确定的方法是，利用 Hlog、Xlog 和噪声功率谱密度，在所有信道的仿真迭代离散注水中尝试一些总 (gross) 频谱级别和频带边缘频率，以便观察哪些设置可以产生可接受的线路性能改进。

[0191] OSM 算法，以及对于某些较低程度的频带优选，至少要求相互干扰的线路之间串扰函数的知识。在 ADSL2 系统或者在任何系统 (email/ftp) 中，其中所有相干捆插入损耗和串扰插入损耗传递函数都可以用于控制器，或者可以由控 制器来计算，从而中心算法可以确定要在频带优选中使用的级别。然后，将这些级别传达给 ATU-C 和 / 或 ATU-R，并且通过 PSDMASK 和 / 或频带优选比特来实现。

[0192] 诸如前向纠错和 DSL 中比特误码率的措施打算用来帮助 DSL 系统向 DSL 客户可靠地提供高数据速率。尽管“可靠性”（在某些情况下定义为较少的重新训练、由于高代码违例 (CV) 计数而引起吞吐量减少的可能性降低）和“高数据速率”都很重要，但是还没有清晰的方式来权衡这两者，并且服务提供商常常以不可靠线路（即例如频率重新训练，高 CV 计数）与未达到预期目标的线路（低数据速率）的混合产物来告终。操作员也已经发现这些可靠性和服务 / 性能问题促使维修需要和成本（例如，上门服务成本）及客户满意度和

充实度，包括客户周转率。本发明的实施例包括这样的方法和技术，它们用于以最小容限获得预期的数据速率，或者最大化预期数据速率同时保持一个或更多最小可靠性条件。也就是说，利用其中可以保持最大数据速率（对于良好线路）的本发明实施例，自适应功率 / 容限控制可以用来优化性能。当不能达到最大数据速率（对于不良线路）时，可以执行自适应数据速率控制以提供可能的最佳数据速率，该最佳数据速率遵从一个或更多与性能相关的参数和 / 或目标（例如，CV 计数，重新训练等）。

[0193] 在当前系统和标准中，当动态速率自适应“开着”时，在训练期间（或者某些时候也在 ADSL2 的 SHOWTIME 中）由调制解调器选择数据速率。所选数据不能超过客户支付的最大速率，因此在良好线路上固定在该最大速率处。对于不良线路，速率低于该最大值，并且基于训练对给定的容限级别（例如 6dB 容限）进行选择。换句话说，只有当线路不能达到客户服务计划内的最大速率（例如 1.5 ～ 3Mbps）时，自适应数据速率控制才适用。

[0194] 当能够以适当的容限可靠地达到最大数据速率时，不需要自适应地控制数据速率（仅仅选择最大速率），从而控制容限以避免过量的级别（同时保持最大速率）代替地成为问题。在这种情况下，对于各个线路可能需要自适应地决定用于功率补偿的容限目标，从而对于该线路可以满足预期的性能参数和 / 或目 标（例如重新训练 /CV 计数），同时最小化对其他线路的干扰。例如，对于未发现任何噪声功率波动的线路，6dB 的容限目标可能就足够了。但是对于发现高达 10dB 的噪声功率波动的线路，要选择的适当容限可能是 16dB。然而，迄今为止，在训练时刻一直使用固定的容限目标，并且只有在训练时刻的噪声功率才被用作选择功率补偿的基准（也就是说，一直没有考虑噪声功率的历史或分布）。

[0195] 在当前的实践中，不良线路中存在类似的问题。当不能以适当的容限可靠地达到最大数据速率时，不需要自适应地控制功率（仅仅选择最大功率）。在这里，控制数据速率以避免过量的速率（同时保持容限级别）代替地成为问题。例如，对于未发现任何噪声功率波动的线路，2.0Mbps 的数据速率可能适合于满足预期的重新训练 /CV 或其他与性能相关的标准。但是对于频繁地发现较大噪声功率的线路，1.6Mbps 的数据速率可能才是适当的。然而，迄今为止，在训练时刻一直使用固定的容限目标，并且只有在训练时刻的噪声功率才被输入以选择数据速率（也就是说，一直没有考虑噪声功率的历史或分布）。在本发明实施例的下述例子中，描述了利用历史和 / 或分布的方法和技术。

[0196] 对于所关心的 ADSL 线路，可以周期性地或不定期地采集各种运行数据。该数据可以包括当前容限、当前数据速率、当前可达到的最大数据速率、FEC 纠错计数、CV 计数、重新训练计数、信道传输函数和噪声频谱。而且，利用所采集的运行数据、容限分布的可能性、可达到的最大数据速率、FEC 纠错计数、CV 计数、重新训练计数等可以评估为数据速率的函数。如果仅从 ADSL1 系统的 ATU-C 端采集运行数据，那么信道传输函数和噪声频谱有可能不能立即用于控制器，但是在这种情况下至少可以评估有用数据中的某些数据。用于获取这种评估的技术可以在 2004 年 4 月 2 日提交的、美国序列号 No.10/817,128 中找到，其合并于此以资参考。

[0197] 在图 10 中示出了容限分布曲线的一个例子。对于特定的采集数据速率 $R_{COLLECT}$，例如 3Mbps，随时间采集运行数据以确定当 DSL 线路以 $R_{COLLECT}$ 运行时，使用特定容限的时间百分比。在图 10 的例子中，DSL 线路使用 16dB 的 容限，在近似 50％的时间内以 3Mbps 来运行。类似地，对于相同的采集数据速率，DSL 线路在近似 10％的时间内使用 10dB 的容限，而

在近似1-2%的时间内使用4dB的容限。通过叠加给定容限范围的总百分比，可以确定以该速率的最高容限或着低于该速率的最高容限来运行的可能性。

[0198] 容限与CV计数、重新训练率、最大数据速率和其他与性能相关的参数紧密相关。例如，高CV计数和/或高重新训练率可能与给定DSL线路所需上门服务次数在统计上相关。类似地，客户满意度（例如，根据中断给定操作员的服务的客户数目来测量）可能同样也与CV计数和/或重新训练率在统计上相关。从而，在找到一个或更多作为数据速率函数的性能参数的分布之后，还可以计算作为数据速率函数的、线路中断（线路的重新训练）可能性和CV计数超出阈值的可能性。如果性能阈值/目标对于操作员或其他方来说特别重要的话，本发明允许该方自适应地控制数据速率和/或容限使用，以便满足这些目标中的一个或更多。

[0199] 接下来可以选择最大功率补偿（最小容限）或最大数据速率，与此同时满足该可靠性标准（例如，重新训练的次数和超出指定阈值的CV计数）。

[0200] 例如，多个阈值可以用于重新训练的次数和CV计数，并且该标准如下：

[0201] -重新训练的次数（每一天）＜1的可能性为50%或更高；而

[0202] -重新训练的次数（每一天）＜3的可能性为90%或更高；而

[0203] -重新训练的次数（每一天）＜1的可能性为99%或更高；而

[0204] -CV计数（每15分钟的时段）＜2000的可能性为99%或更高；而

[0205] -CV计数（每15分钟的时段）＜1000的可能性为95%或更高；而

[0206] -CV计数（每15分钟的时段）＜500的可能性为90%或更高。

[0207] 接下来，选择满足所有六个标准的最大功率补偿或最高数据速率。

[0208] 图11中示出了根据本发明一个实施例的方法1100。最初，在1110采集针对一个或更多数据速率$R_{COLLECT}$的运行数据。利用所采集的数据，在1120将性能参数（例如，如图10所示的容限）的一个或更多分布绘制成用来采集数据的给定数据速率的函数。然后在1130选择满足一个或更多性能目标的最高数据速 率R。如果在1140判定该满足性能目标的最高数据速率是最大数据速率(R_{MAX})，那么在1150优化该性能参数，以保持该最大速率（例如，降低容限或增大功率补偿）。如果在1130满足性能目标的最高速率不是R_{MAX}，则DSL线路以所选的R来运行，并且性能参数遵守其分布。如图11所示，为确保一个或更多分布上的信赖性仍然有效，该系统可以更新自身。

[0209] 如图10中所反映的，在容限与数据速率之间存在总体上的权衡，如果增大数据速率则容限值会降低。利用所评估和/或采集的信息，控制器可以就给定的容限值，基于用于评估给定数据速率的各种性能参数分布的相同数据集合，找到DSL线路的一个直接性能参数的分布，例如强制重新训练的计数、CV、代码纠错等。然后，还可以根据容限来翻译或解释重新训练和CV标准。举例来说，利用上述重新训练和CV标准，下述容限标准可以用于该线路：

[0210] 对于99%的时间，容限需要高于3dB

[0211] 对于95%的时间，容限需要高于5dB

[0212] 对于90%的时间，容限需要高于6dB

[0213] 基于容限分布，可以选择最大功率补偿或最大数据速率，以便所关心的DSL线路满足所有这三个容限标准。还可能将六个重新训练和CV标准与三个容限标准合并到一起，

从而降低与该评估相关的风险。

[0214] 本发明的实施例还可以类似地应用于这样的情形，其中线路经历两种截然不同的状态，并且在两种状态中都停留很长的停留时段。在这种情况下，可以形成两组容限分布标准，并且可以基于当前状态的检测，使用那组适当的标准。显然，本发明还可以扩展到具有三种或更多状态的线路。

[0215] 总体而言，本发明的实施例使用各种处理，这些处理涉及存储在一个或更多调制解调器和/或计算机系统中，或者通过一个或更多调制解调器和/或计算机系统传送的数据。本发明的实施例还涉及用于执行这些操作的硬件设备或其他装置。该装置可以是为所需目的专门构造的，或者可以是由计算机程序和/或计算机中存储的数据结构可选择地启动或重新配置的通用计算机。此处提出的处理并非固定地涉及任何特定计算机或其他装置。特别地，各种通用机器可以结 合根据此处的教导编写的程序使用，或者可以更加方便地构造更专门的装置来执行所需的方法步骤。基于以下给出的描述，这些机器中的各种的特定结构对本领域技术人员而言将会是显而易见的。

[0216] 如上所述本发明的实施例使用各种处理步骤，这些步骤涉及计算机系统中存储的数据。这些步骤是要求对物理量进行物理操控的步骤。通常，尽管并非必要，这些量采用能够进行存储、传送、组合、比较和其他操控的电信号或磁信号形式。有时为方便起见，主要出于普通用法的原因，将这些信号称作比特、比特流、数据信号、指令信号、值、要素、变量、字符、数据结构等。然而，应当记住，所有这些和类似的数据都要与适当的物理量相结合，它们仅是用于这些量的便利标签而已。

[0217] 此外，所执行的操控常被称为这样一些术语，例如识别、拟合或比较。在此处所述的构成本发明一部分的任一操作中，这些操作都是机器操作。用于执行本发明实施例的操作的有用机器，包括通用数字计算机、处理器、调制解调器或其他类似设备。就一切情况而论，应当记住操作计算机的操作方法与计算方法自身之间的区别。本发明的实施例涉及操作计算机处理电信号或其他物理信号以产生其他所需物理信号的的方法步骤。

[0218] 另外，本发明的实施例进一步涉及包含程序指令的计算机可读媒体，所述程序指令用于执行各种计算机执行的操作。该媒体或程序指令可以是针对本发明目的专门设计或构造的，或者它们可以是对于计算机软件领域技术人员众所周知的或可能得到的种类。计算机可读媒体的例子包括但不限于，磁媒体，例如硬盘、软盘和磁带；光媒体，例如 CD-ROM 盘；磁光媒体，例如光磁软盘；以及专门配置为存储和执行程序指令的硬件装置，例如只读存储设备 (ROM) 和随机存取存储器 (RAM)。程序指令的例子既包括机器代码，例如编译器产生的机器代码，还包括包含可由计算机使用解译器来执行的更高级代码的文件。

[0219] 图 8 图示了根据本发明一个或更多实施例、可以由用户和/或控制器使用的典型计算机系统。该计算机系统 800 包括任意数目的处理器 802（也称作中央处理器，或 CPU），该处理器 802 连接至包括主存储器 806（通常为随机存取 存储器，或 RAM）和主存储器 804（通常为只读存储器，或 ROM）的存储设备上。正如本领域众所周知的，主存储器 804 用来向 CPU 单向传送数据和指令，而主存储器 806 通常以双向方式传送数据和指令。这两种主存储设备都可以包括任何合适的上述计算机可读媒体。海量存储设备 808 也可以双向地连接至 CPU802，提供额外的数据存储容量，并且可以包括上述计算机可读媒体中的任何一种。海量存储设备 808 可以用来存储程序、数据等，并且它通常是次存储媒体，例如速度慢于主存储

器的硬盘。应当理解，在适当的情况下，海量存储设备 808 内保留的信息可以按标准形式合并为主存储器 806 的一部分，作为虚拟存储器。专门的海量存储设备如 CD-ROM 也可以向 CPU 单向传递数据。

[0220] CPU802 也可以连接至接口 810，该接口 810 包括一个或更多输入 / 输出设备，例如视频监控器、轨迹球、鼠标、键盘、麦克风、触敏显示器、转换器读卡器、磁带或纸带读取器、图形输入板、唱针 (styluses)、话音或手迹识别器或其他众所周知的输入设备，当然例如其他计算机。最后，CPU802 可以随意使用通常如 812 所示的网络连接，连接至计算机或电信网络上。连接 812 可以用来与所关心的 DSL 系统和 / 或调制解调器进行通信。在某些情况下，计算机系统 800 可以拥有一个专有的、专用的和 / 或其他与 DSL 系统的专门连接，很可能是通过操作员的设备 (例如，CO)，或者以某些其他适当的方式 (例如，连接给定 DSL 系统的 NMS)。通过该连接，期望 CPU 在执行上述方法步骤的过程中，可以从网络和 / 或 DSL 系统接收信息，或者可以向网络和 / 或 DSL 系统输出信息。上述设备和材料对于计算机硬件和软件领域技术人员来说是熟悉惯用的。上述硬件元件可以定义多个用于执行本发明操作的软件模块。例如，用于运行容限监控和控制控制器的指令，可以存储在海量存储设备 808(它可以是，或者包括 CD-ROM) 上，并且可以在连同主存储器 806 以及用于系统 800 上的适当计算机程序产品一起在 CPU 802 上执行。在优选实施例中，控制器分为几个软件模块。

[0221] 通过该书面描述，本发明的许多特征和优点已经显而易见，因此，所附权利要求意欲覆盖本发明的所有这些特征和优点。此外，由于对本领域技术人员 来说很容易出现多种修该和变化，所以本发明并不限于所说明和描述的严格构造和操作。因此，所述实施例应当视为是说明性且非限制性的，并且本发明不应限于此处给出的细节，而是应当由下述权利要求及其等同物的全部范围来限定，无论现在还是将来是可预知的亦或是无法预知的。

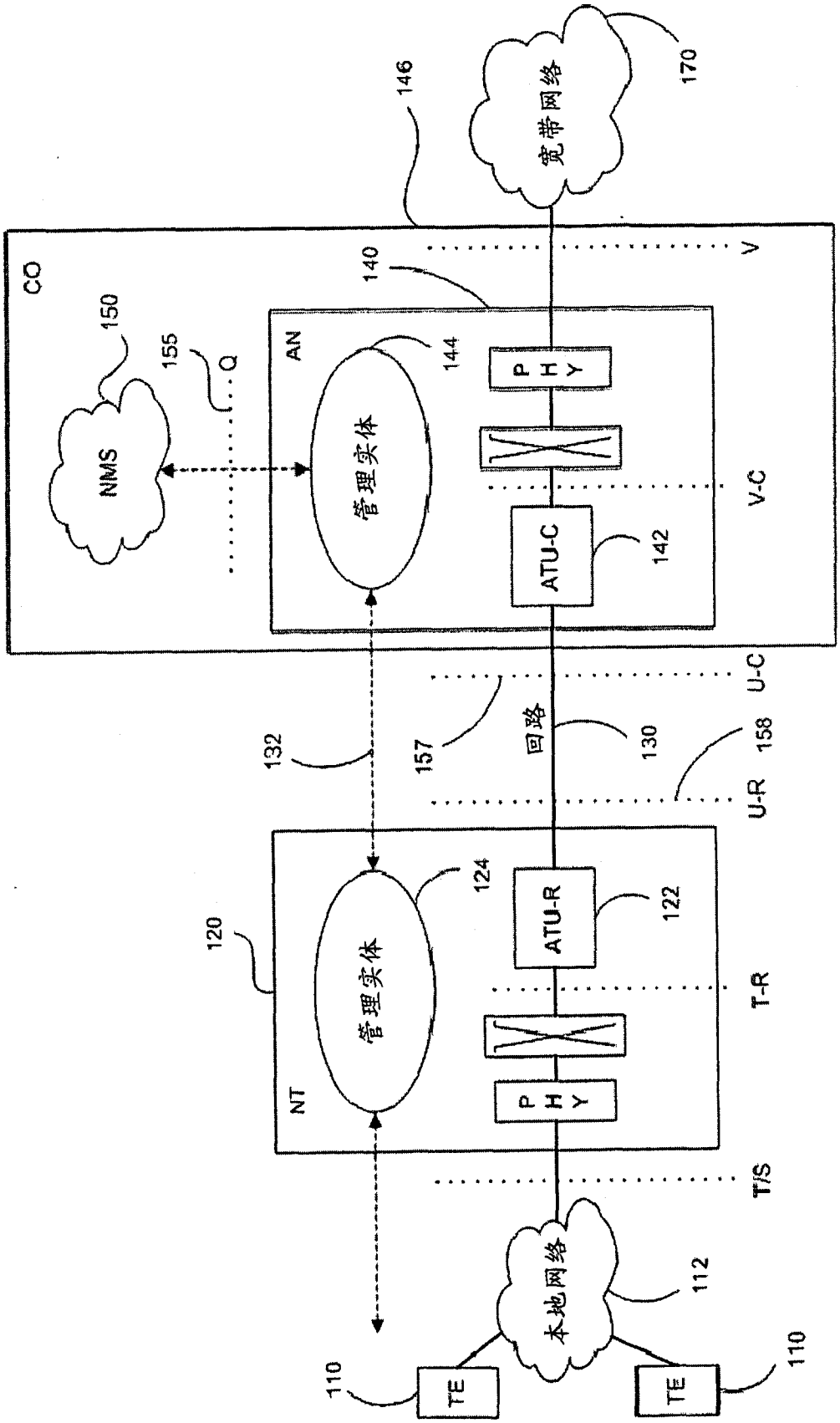

宽带网络
170
146
CO
140
V
150
155
Q
NMS
AN
144
管理实体
P
H
Y
V-C
ATU-C
142
U-C
132
157
回路
130
158
U-R
120
124
ATU-R
122
管理实体
T-R
NT
P
H
Y
T/S
本地网络
112
110
TE
TE
110

图 1

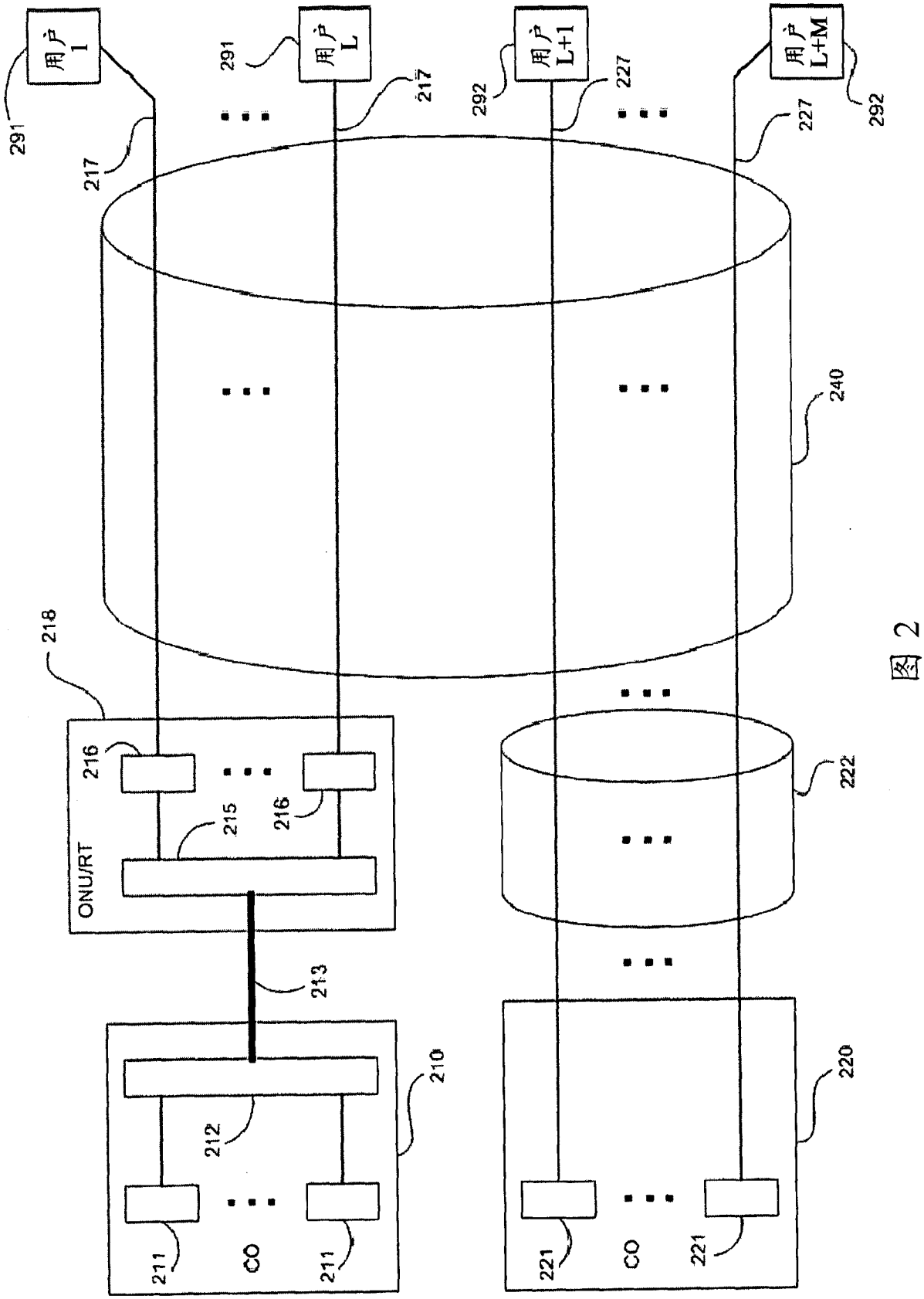

用户 1
用户 L
用户 L+1
用户 L+M
291
217
292
227
240
218
ONU/RT
216
215
213
210
212
211
CO
220
222
221

图 2

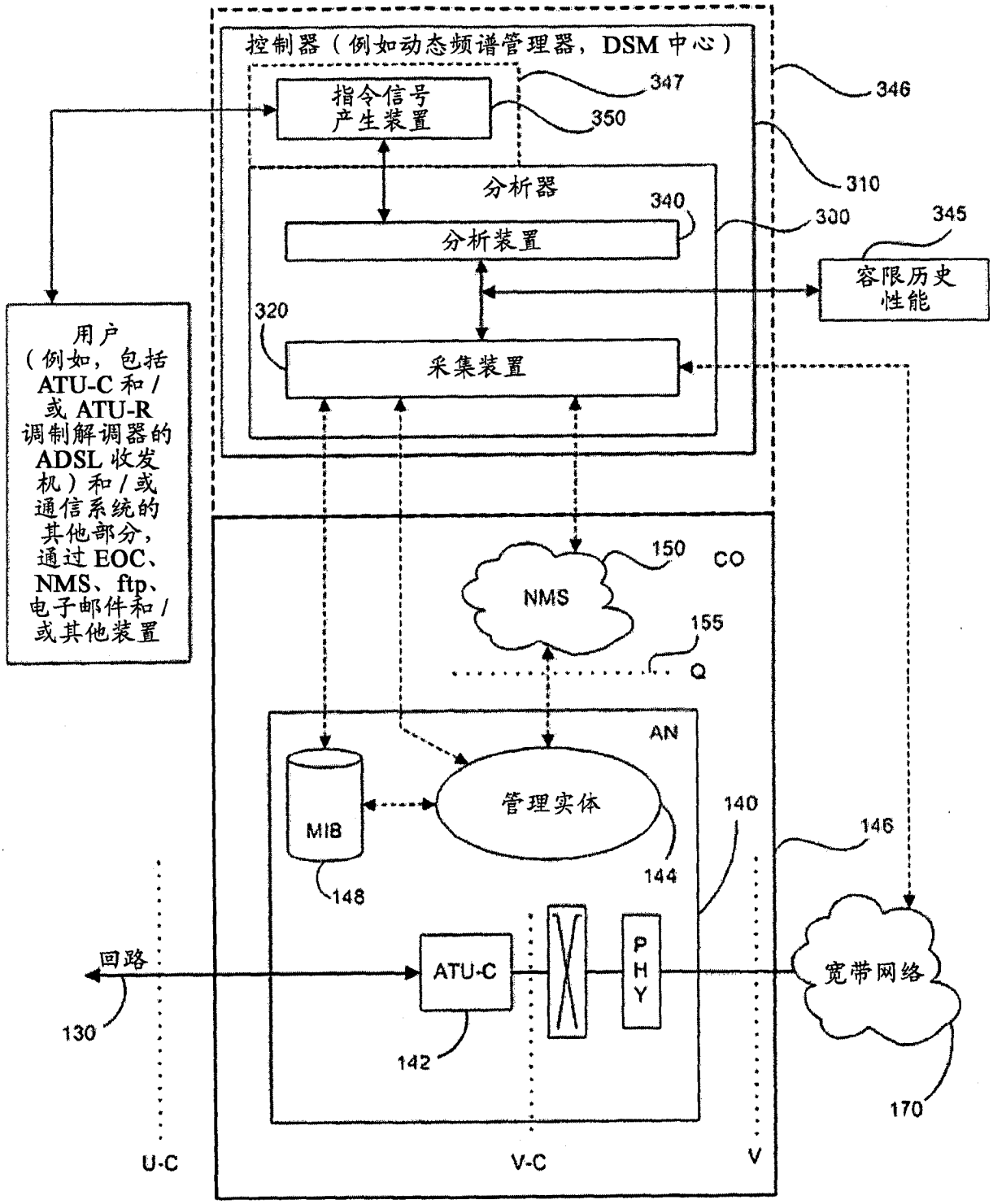

控制器（例如动态频谱管理器，DSM 中心）
指令信号产生装置
347
350
346
310
分析器
340
分析装置
300
345
容限历史性能
320
采集装置
用户（例如，包括 ATU-C 和 / 或 ATU-R 调制解调器的 ADSL 收发机）和 / 或通信系统的其他部分，通过 EOC、NMS、ftp、电子邮件和 / 或其他装置
150
CO
NMS
155
Q
AN
MIB
管理实体
140
146
144
148
回路
ATU-C
P
H
Y
宽带网络
130
142
170
U-C
V-C
V

图 3

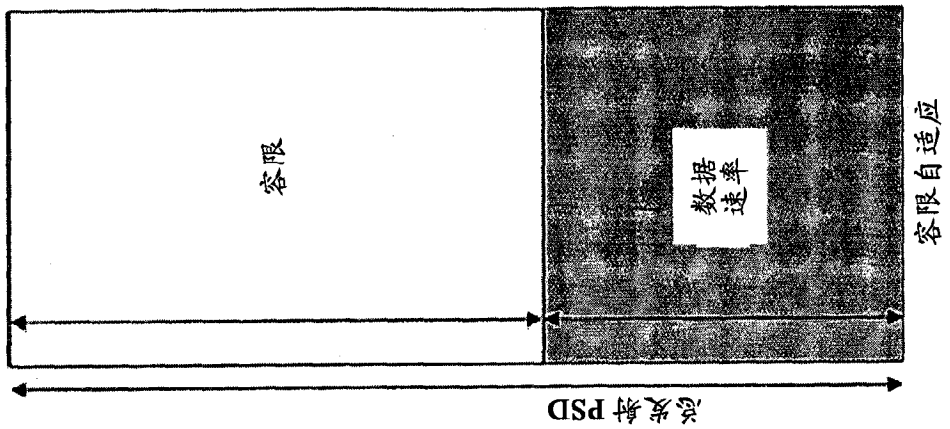


图 4C

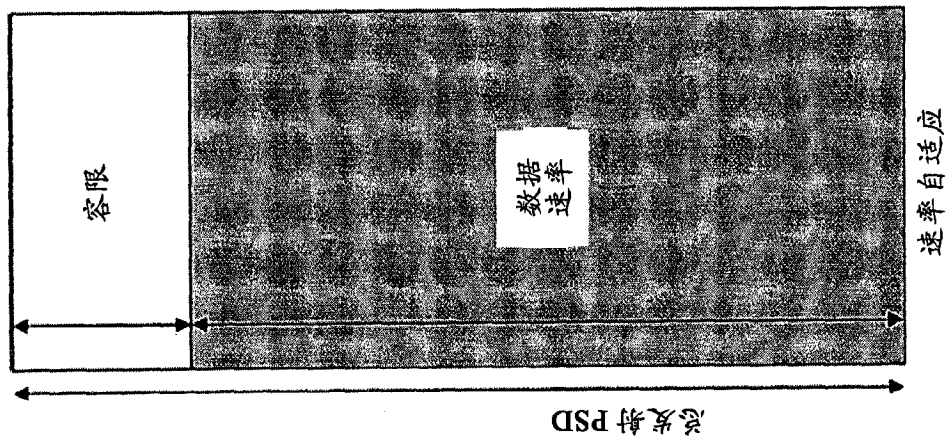


图 4B

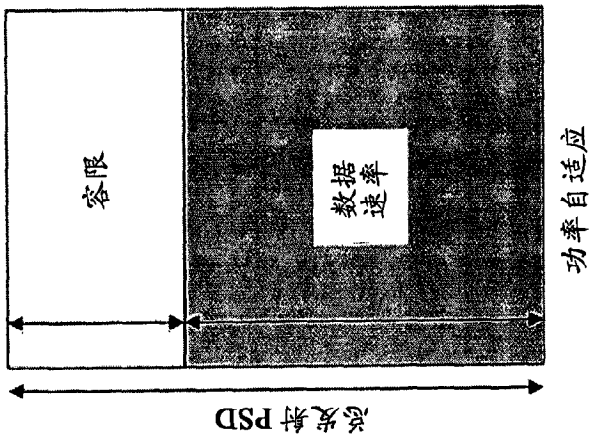


图 4A

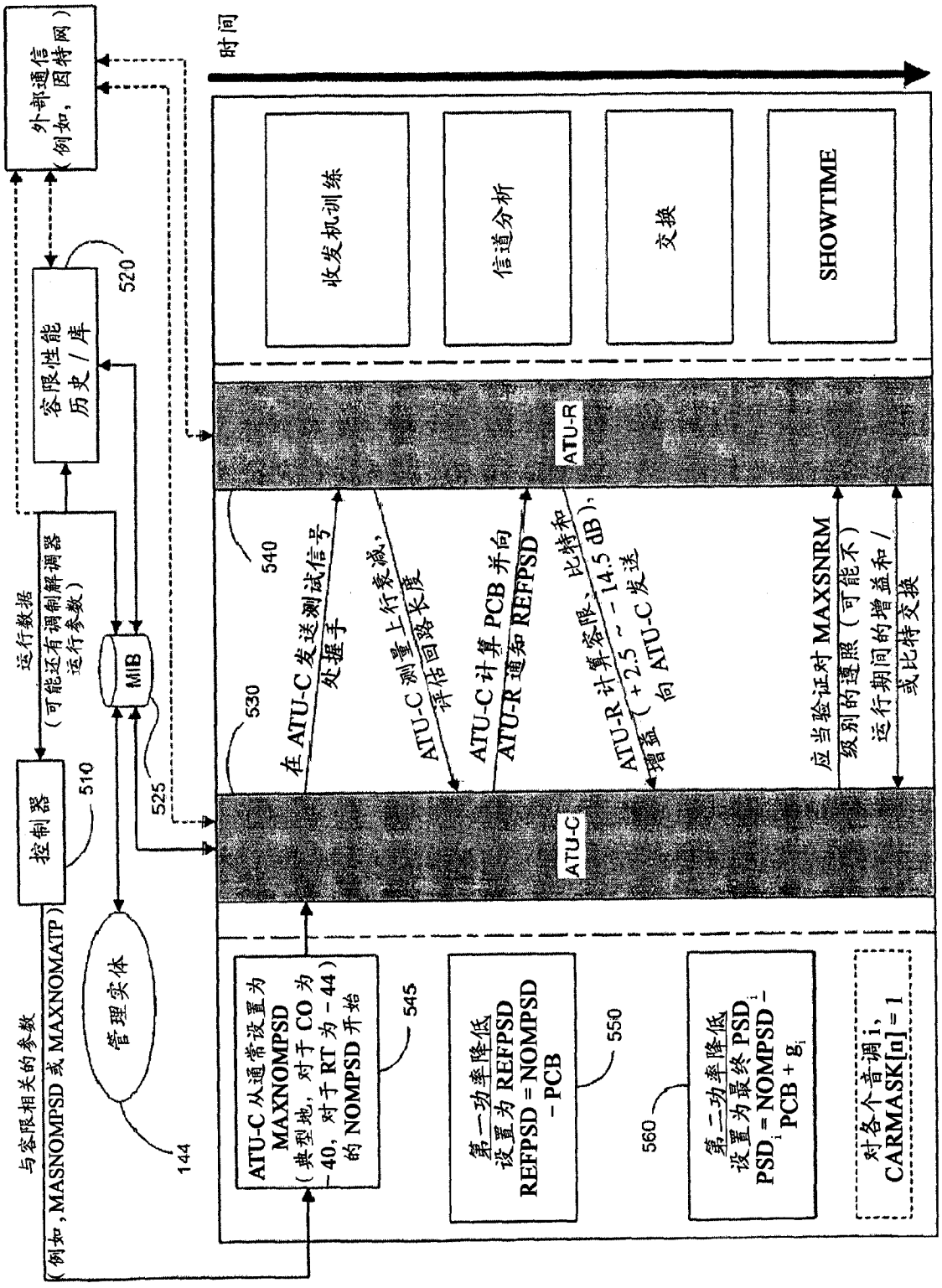

外部通信
（例如，因特网）
520
容限性能
历史 / 库
运行数据
（可能还有调制解调器
运行参数）
MIB
525
控制器
510
与容限相关的参数
（例如，MASNOMPSD 或 MAXNOMATP）
管理实体
144
时间
收发机训练
信道分析
交换
SHOWTIME
ATU-R
ATU-C
530
540
在 ATU-C 发送测试信号
处握手
ATU-C 测量上行衰减，
评估回路长度
ATU-C 计算 PCB 并向
ATU-R 通知 REFPSD
ATU-R 计算容限、比特和
增益（+2.5 ~ -14.5 dB），
向 ATU-C 发送
应当验证对 MAXSNRM
级别的遵照（可能不）
运行期间的增益和 /
或比特交换
ATU-C 从通常设置为
MAXNOMPSD
（典型地，对于 CO 为
40，对于 RT 为 -44）
的 NOMPSD 开始
545
第一功率降低
设置为 REFPSD
REFPSD = NOMPSD
- PCB
550
560
第二功率降低
设置为最终 PSD
PSD_i = NOMPSD_i -
PCB + g_i
对各个音调 i，
CARMASK[n] = 1

图 5A

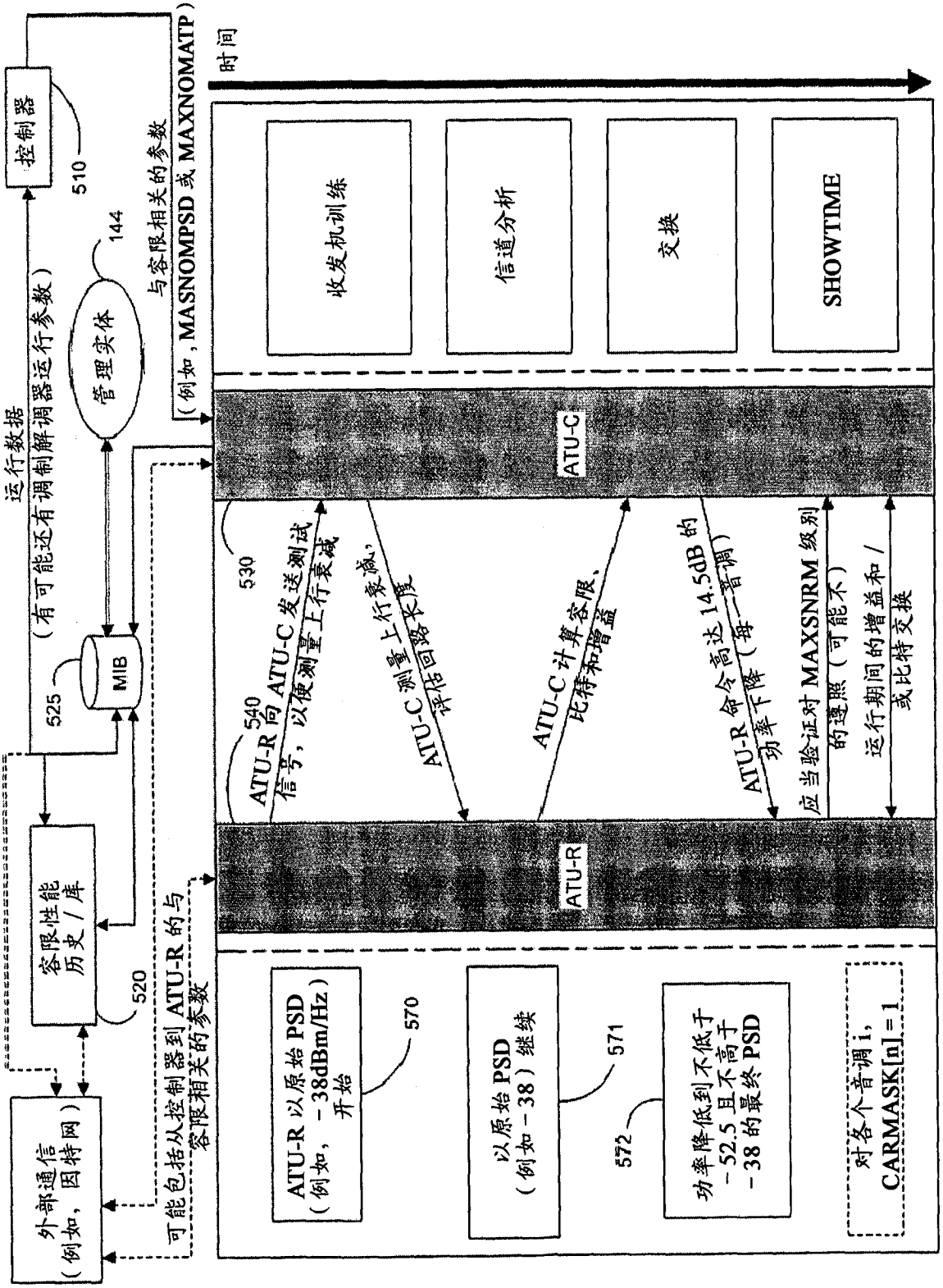

外部通信
（例如，因特网）
可能包括从控制器到 ATU-R 的与
容限相关的参数
容限性能
历史 / 库
520
运行数据
（有可能还有调制解调器运行参数）
525
MIB
管理实体
144
控制器
510
与容限相关的参数
（例如，MASNOMPSD 或 MAXNOMATP）
时间
ATU-R
ATU-C
530
ATU-R 向 ATU-C 发送测试
信号，以便测量上行衰减
540
ATU-C 测量上行衰减，
评估回路长度
ATU-C 计算容限，
比特和增益
ATU-R 命令高达 14.5dB 的
功率下降（每一音调）
应当验证对 MAXSNRM 级别
的速照（可能不）
运行期间的增益和 /
或比特交换
收发机训练
信道分析
交换
SHOWTIME
ATU-R 以原始 PSD
（例如，－38dBm/Hz）
开始
570
以原始 PSD
（例如－38）继续
571
572
功率降低到不低于
－52.5 且不高于
－38 的最终 PSD
对各个音调 i，
CARMASK[n] = 1

图 5B

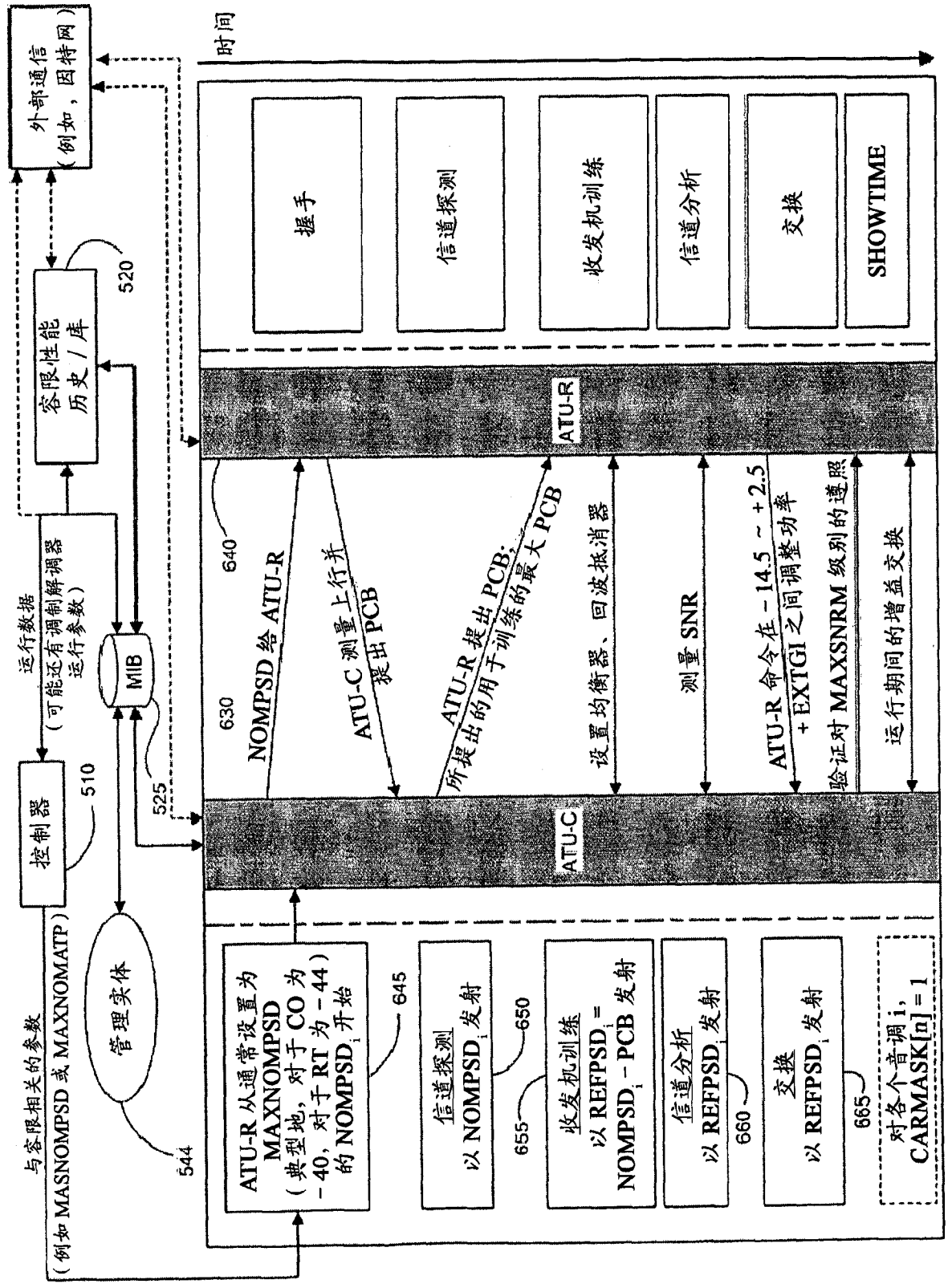

外部通信
（例如，因特网）
时间
520
容限性能
历史／库
运行数据
（可能还有调制解调器
运行参数）
510
控制器
525
MIB
544
管理实体
（例如 MASNOMPSD 或 MAXNOMATP）
630
640
NOMPSD 给 ATU-R
ATU-C 测量上行并
提出 PCB
ATU-R 提出 PCB；
所提出的用于训练的最大 PCB
设置均衡器、回波抵消器
测量 SNR
ATU-R 命令在 -14.5 ~ +2.5
+ EXTGI 之间调整功率
验证对 MAXSNRM 级别的遵照
运行期间的增益交换
ATU-C
ATU-R
握手
信道探测
收发机训练
信道分析
交换
SHOWTIME
ATU-R 从通常设置为
MAXNOMPSD
（典型地，对于 CO 为
-40，对于 RT 为 -44）
的 NOMPSD$_i$ 开始
645
信道探测
以 NOMPSD$_i$ 发射
650
655
收发机训练
以 REFPSD$_i$ =
NOMPSD$_i$ - PCB 发射
信道分析
以 REFPSD$_i$ 发射
660
交换
以 REFPSD$_i$ 发射
665
对各个音调 i，
CARMASK[n] = 1

图 6A

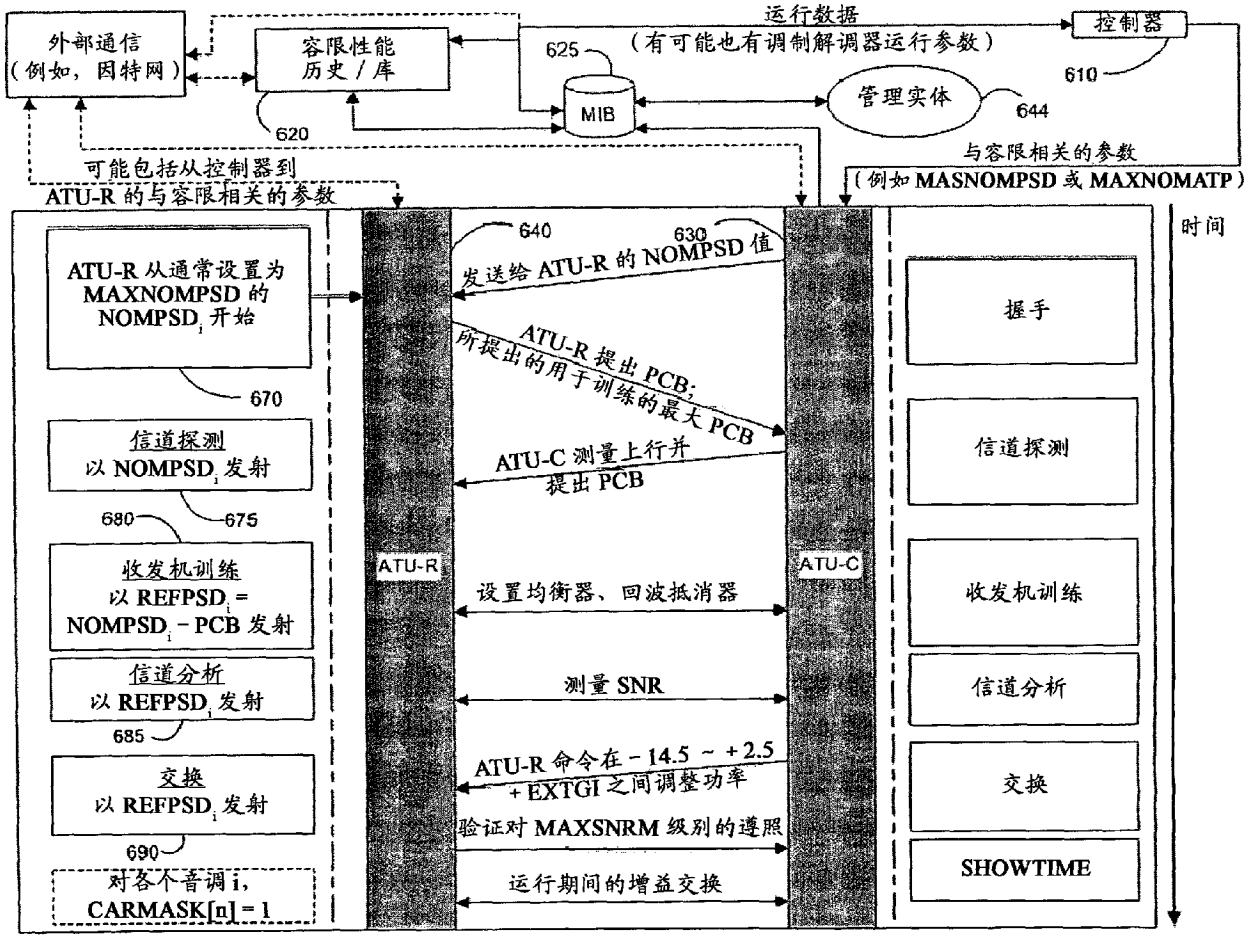

外部通信
（例如，因特网）
容限性能
历史 / 库
620
运行数据
（有可能也有调制解调器运行参数）
625
MIB
管理实体
644
控制器
610
与容限相关的参数
（例如 MASNOMPSD 或 MAXNOMATP）
可能包括从控制器到
ATU-R 的与容限相关的参数
时间
ATU-R 从通常设置为
MAXNOMPSD 的
NOMPSD$_i$ 开始
640
630
发送给 ATU-R 的 NOMPSD 值
ATU-R 提出 PCB$_i$
所提出的用于训练的最大 PCB
ATU-C 测量上行并
提出 PCB
握手
670
信道探测
以 NOMPSD$_i$ 发射
675
680
收发机训练
以 REFPSD$_i$ =
NOMPSD$_i$ - PCB 发射
信道探测
ATU-R
ATU-C
设置均衡器、回波抵消器
收发机训练
测量 SNR
信道分析
信道分析
以 REFPSD$_i$ 发射
685
ATU-R 命令在 - 14.5 ~ + 2.5
+ EXTGI 之间调整功率
交换
以 REFPSD$_i$ 发射
690
验证对 MAXSNRM 级别的遵照
SHOWTIME
对各个音调 i，
CARMASK[n] = 1
运行期间的增益交换

图 6B

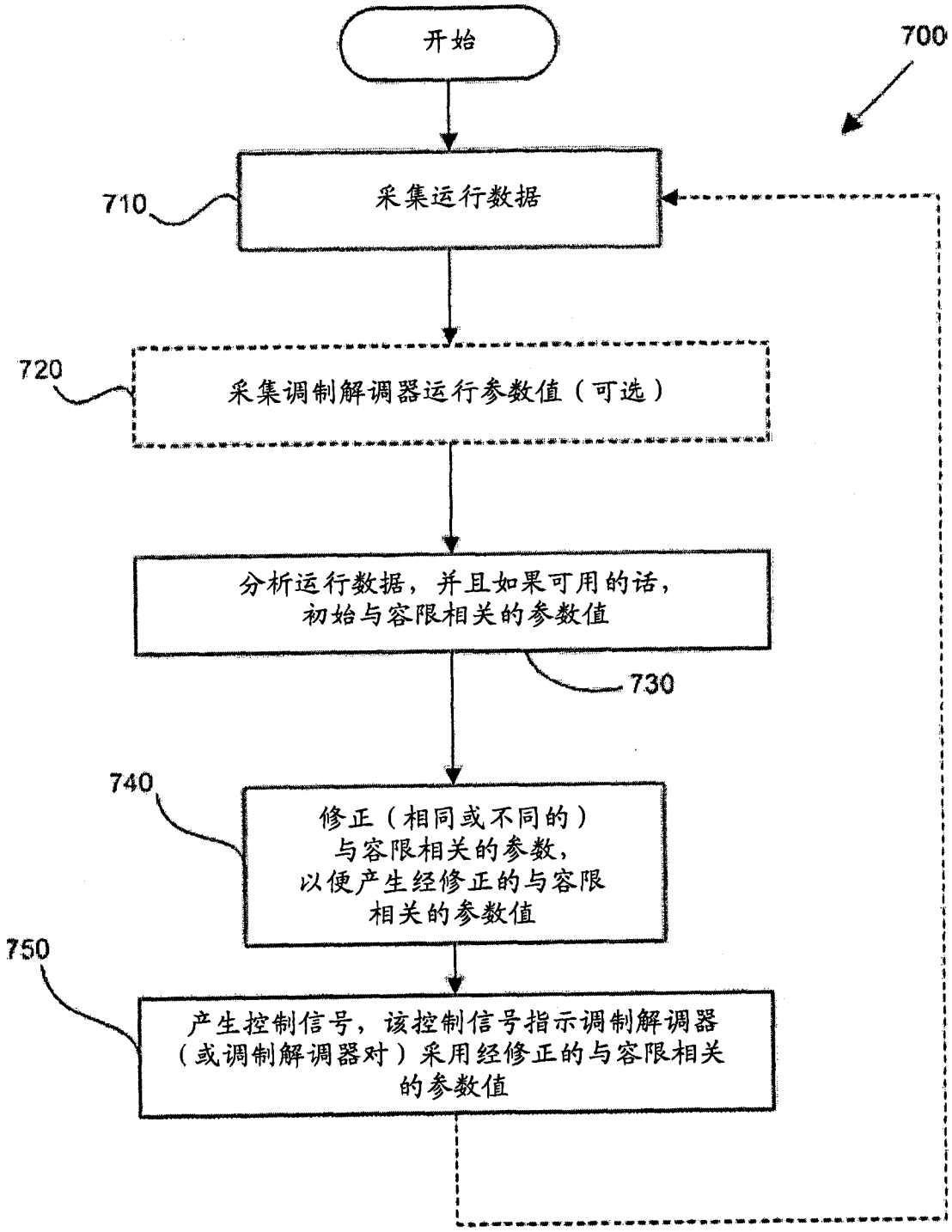

开始
700
710
采集运行数据
720
采集调制解调器运行参数值（可选）
分析运行数据，并且如果可用的话，
初始与容限相关的参数值
730
740
修正（相同或不同的）
与容限相关的参数，
以便产生经修正的与容限
相关的参数值
750
产生控制信号，该控制信号指示调制解调器
（或调制解调器对）采用经修正的与容限相关
的参数值

图 7

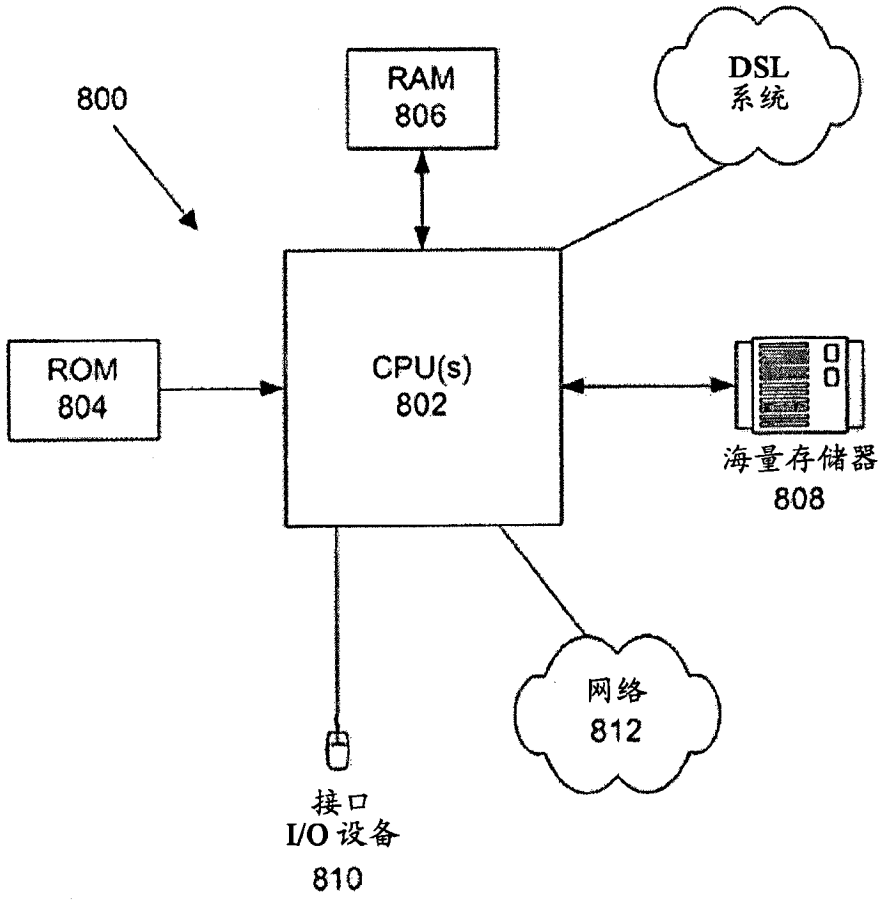

800
RAM
806
DSL
系统
ROM
804
CPU(s)
802
海量存储器
808
网络
812
接口
I/O 设备
810

图 8

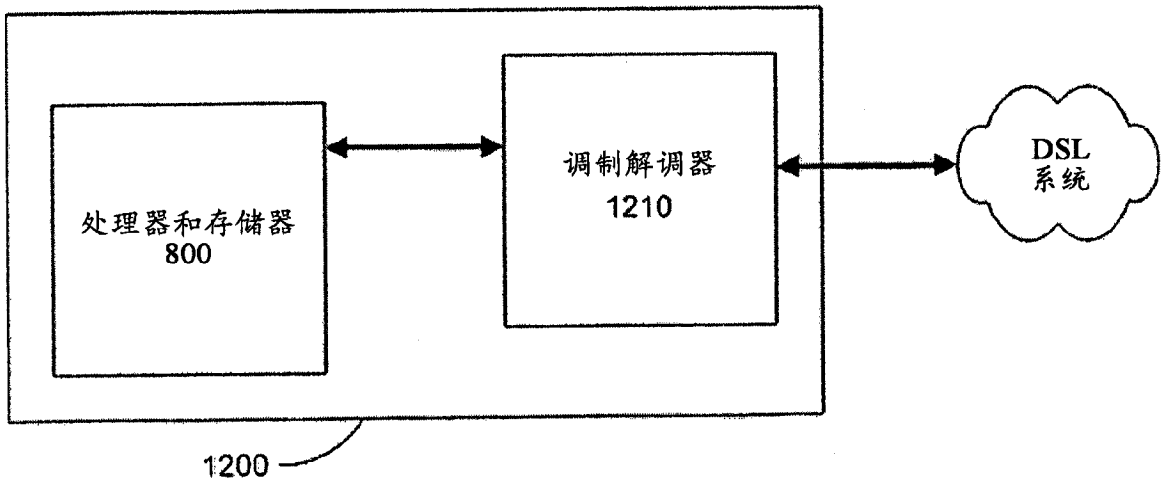

处理器和存储器
800
调制解调器
1210
DSL
系统
1200

图 12

表 1—没有格子编码时的标准化（$v_n = 1$）增量能量		
加载比特的数目 b	标准化增量能量 $\Delta(b)$	标准化总能量 $\Delta_{total} = \sum_{i=1}^{b} \Delta(i)$
1	(½)ε	(½)ε
2	(½)ε	ε
3	2ε	3ε
4	2ε	5ε
5	5ε	10ε
6	11ε	21ε
7	20ε	41ε
8	44ε	85ε
9	80ε	165ε
10	176ε	341ε
11	320ε	661ε
12	704ε	1365ε
13	1280ε	2645ε
14	2816ε	5461ε
15	5120ε	10,581ε

表 2—4D 格子编码加载能量（标准化的）				
b	v_n 的 $\Delta(b)$	v_n 的 Δ_{total}	v_{n+1} 的 $\Delta(b)$	v_{n+1} 的 Δ_{total}
1	ε	ε	(½)ε	(½)ε
2	2ε	3ε	(½)ε	ε
3	2ε	5ε	2ε	3ε
4	5ε	10ε	2ε	5ε
5	11ε	21ε	5ε	10ε
6	20ε	41ε	11ε	21ε
7	44ε	85ε	20ε	41ε
8	80ε	165ε	44ε	85ε
9	176ε	341ε	80ε	165ε
10	320ε	661ε	176ε	341ε
11	704ε	1365ε	320ε	661ε
12	1280ε	2645ε	704ε	1365ε
13	2816ε	5461ε	1280ε	2645ε
14	5120ε	10,581ε	2816ε	5461ε
15	---------	----------	5120ε	10,581ε

图 9

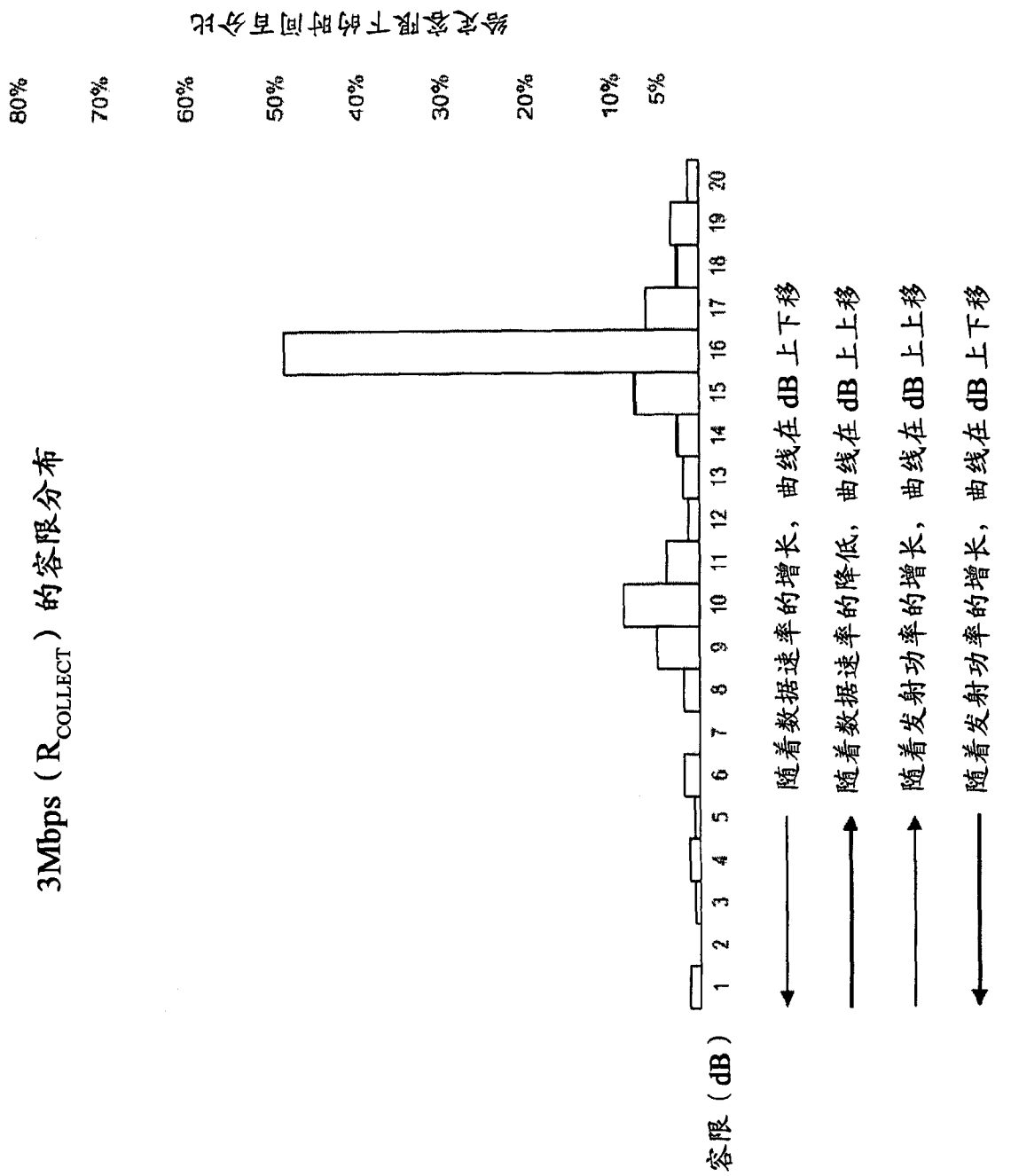

3Mbps（$R_{COLLECT}$）的容限分布
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
5%
容限（dB）
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
随着数据速率的增长，曲线在 dB 上下移
随着数据速率的降低，曲线在 dB 上上移
随着发射功率的增长，曲线在 dB 上上移
随着发射功率的增长，曲线在 dB 上下移

图 10

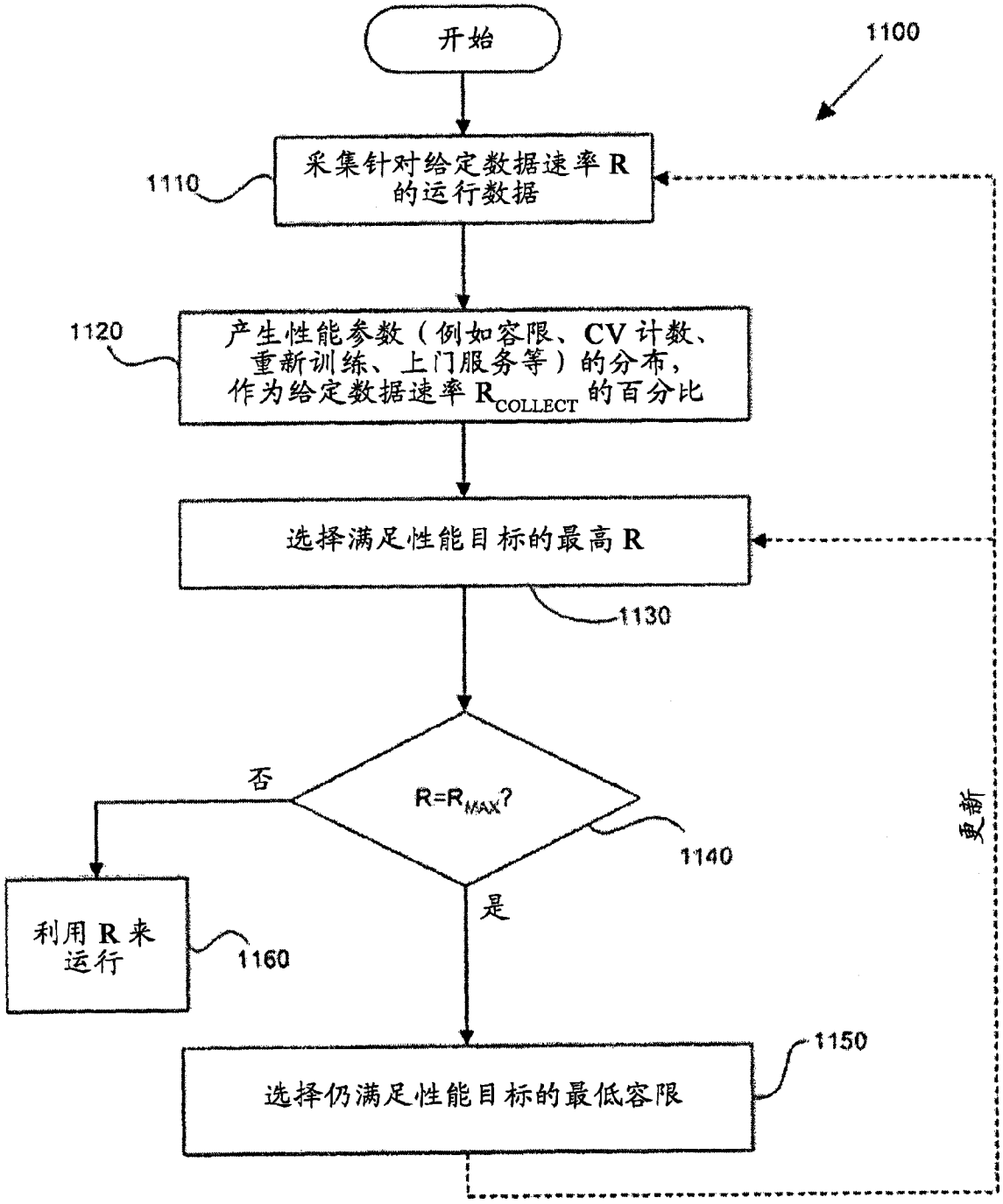

开始
1100
采集针对给定数据速率 R 的运行数据
1110
产生性能参数（例如容限、CV 计数、重新训练、上门服务等）的分布，作为给定数据速率 $R_{COLLECT}$ 的百分比
1120
选择满足性能目标的最高 R
1130
$R=R_{MAX}$?
1140
否
是
更新
利用 R 来运行
1160
选择仍满足性能目标的最低容限
1150

图 11