

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04L 12/56 (2006.01)

H04Q 11/04 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01807815. X

[45] 授权公告日 2006 年 1 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 1237761C

[22] 申请日 2001.2.5 [21] 申请号 01807815. X

[30] 优先权

[32] 2000. 2. 8 [33] US [31] 60/181,003

[32] 2000. 5. 17 [33] US [31] 09/572,194

[86] 国际申请 PCT/US2001/040047 2001.2.5

[87] 国际公布 WO2001/059997 英 2001.8.16

[85] 进入国家阶段日期 2002.10.8

[71] 专利权人 天然网络技术有限公司

地址 以色列佩塔提克瓦

[72] 发明人 G·戈伦 M·卡普兰

R·M·蔡塔克

审查员 刘 静

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 程天正 陈 霁

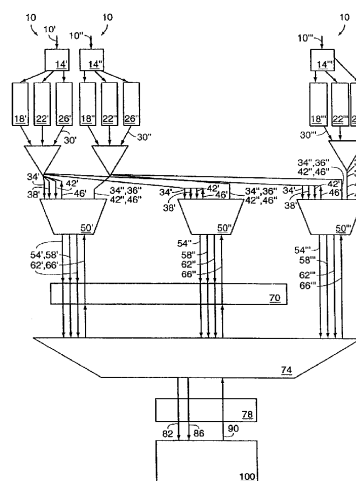
权利要求书 1 页 说明书 15 页 附图 7 页

[54] 发明名称

通信网中用于复用分组的多级别调度方法

[57] 摘要

提出了电信网中用于数据业务管理的一种方法和系统。对终端用户数据流进行聚集以达到通信信道的更加高效的使用。带宽被动态地分配给各种用户的数据流，有效地减少了他们的通信费用。该系统包含服务等级选择器和多个流选择器。每个流选择器与单个预算类别相联系。按照终端用户分配的优先级使数据进入队列。根据终端用户提供的业务和终端用户的预算类别订购，数据分组从它们的队列经过服务等级选择器并经过其中一个流选择器被发送。



1. 一种复用来自多个用户的分组的方法，该方法包含：
使多个用户中每个用户都订购具有多个发送预算类别的发送预算，每个发送预算类别具有资源保证的级别和对于每个用户的、由用户
5 初始选择的相关记贷级别；
接收来自多个用户的分组，每个分组具有预定义服务等级；
基于下列项而动态分配每个分组到多个发送预算类别之一：(i)分组的
服务等级，(ii)始发分组的用户，(iii)始发用户的发送预算类别
的记贷级别，和(iv)每个发送预算类别的当前可用性；以及
10 减少分配给分组的始发用户的发送预算类别的记贷级别。
2. 如权利要求 1 的方法，其中该预定义服务等级是优先级等级。
3. 如权利要求 1 的方法，其中与至少一个发送预算类别相联系的
记贷级别涉及可用带宽的量。
4. 如权利要求 1 的方法，其中与至少一个发送预算类别相联系的
15 记贷级别涉及管理用户间带宽分布的权重。
5. 如权利要求 1 的方法，其中多个发送预算类别包含保证的预算
类别、调节的预算类别和尽力传送预算类别。
6. 如权利要求 5 的方法，其中保证的预算类别和调节的预算类别
的记贷级别涉及可用带宽的量，并且尽力传送预算类别的记贷级别涉及
20 管理用户间带宽分布的权重。
7. 一种分组复用系统，包含：
用于接收来自多个用户的分组的输入端，每个分组具有预定义服务
等级，每个用户具有相联系的、有多个发送预算类别的发送预算；
包含多个流选择器的发送机，每个流选择器与一个发送预算类别相
25 联系；以及
至少一个服务等级选择器，用于基于下列项将每个接收到的分组动
态分配到其中一个流选择器：(i)分组的的服务等级，(ii)始发分组的用
户，(iii)始发用户的发送预算类别的记贷级别，和(iv)每个流选择器
的当前可用性。
- 30 8. 如权利要求 7 的分组复用系统，还包含与该发送机通信的通信
网，该通信网接收该发送机发送的分组。

通信网中用于复用分组的多级别调度方法

交叉参考相关申请

- 5 本申请要求 2000 年 2 月 8 日提交的美国临时专利申请序列号 60/181,003 的优先权。

技术领域

本发明涉及电信领域，更具体而言涉及在聚集用户系统中分组传输的管理。

10 背景技术

在比如用户需要发送数字数据流时常常要求高带宽的电信信道。数据流经常包含不同优先级的数据，其范围从不能容忍显著时延的高优先级数据（如话音通信）到低优先级数据（如电子邮件）。

- 15 通信网的接入典型地是通过维护网络节点处的设备的电信服务提供商来提供的。一般地，服务提供商向多个用户提供对网络的接入。用户可提供多个数据流。为了保证足够的容量（即带宽），用户经常订下分立的信道，每个信道能处理各个数据流最大期望的带宽要求。典型地，信道是与特定通信相联系的物理干线，是时分复用（TDM）系统中的时隙分配或者频分复用（FDM）系统中的特定频率（如光波分复用（WDM）系统中的波长区域）。

20 具有多个数据流的用户经常必须安排多个分立信道来支持每个数据流的最大期望带宽。通常，这些信道在最大带宽的一小部分处操作。结果，用户购买的带宽容量大大超出了要求的平均带宽，导致比该分立信道一直接近最大容量操作时更高的费用。

25 发明内容

- 要求权利的发明涉及电信网中数据传输（即业务）管理的一种方法。它并不以专用固定带宽通信信道来支持离散终端用户数据流，而是将数据流与其它终端用户数据流进行复用以达到通信信道的更高效使用。带宽被动态地分配给各种用户，有效地减少了他们的通信费用。电信提供商可从伴随改善的统计复用的较高资源利用率和伴随的支持费用
30 的减少中获得利益。

本发明涉及用于复用分组进入通信网的一种方法和复用器。

在一个实施方案中，复用器包含具有预定义等级的分组、接收分组的接收机和与接收机通信的发送机。发送机根据预定义预算和分组的预定义等级发送分组。在此实施方案中，预定义预算包含多个预定义等级。在另一实施方案中，复用器也包含与发送机通信的通信网。

- 5 在一个实施方案中，该方法包含接收具有预定义等级的分组并根据预定义预算和分组的预定义等级发送该分组的步骤。在此实施方案中，预定义预算包含多个预定义等级。预定义等级可以是优先级等级。在另一实施方案中，预定义预算是一个预算之一。

10 在一个实施方案中，该方法包含接收具有预定义等级的分组并在通信网上根据预定义预算和分组的预定义等级发送分组。在此实施方案中，预定义预算包含多个预定义等级。

15 在一个实施方案中，复用器包含服务等级选择器和多个流选择器。该服务等级选择器具有多个输入端和一个输出端。每个流选择器与预算类别相联系并具有多个输入端和一个输出端。来自每个流选择器的一个输入端与服务等级选择器进行通信。服务等级选择器从其一个输入端发送分组到其中一个流选择器的选定输入端以响应从该选定的流选择器发送的请求。

20 在一个实施方案中，复用器包含多个服务等级队列，每个都与该服务等级选择器的输入端之一进行通信。在另一个实施方案中，复用器包含多个服务等级选择器。其中每个服务等级选择器都具有一个输出端和多个输入端。该服务等级选择器的每个输出端与每个流选择器的一个输入端进行通信。在另一实施方案中，复用器还包含级别选择器，它具有与多个流选择器中各个选择器通信的输入端，并具有输出端。在又一实施方案中，复用器还包含速率限制器，它具有与流选择器的各个输出端进行通信的输入端，并具有与级别选择器的各个输入端进行通信的输出端。

30 在一个实施方案中，该方法包含接收服务等级选择器中的分组并根据来自流选择器的发送合格性权利的可用性将该分组分配到流选择器。在其它实施方案中，该方法还包含在该服务等级选择器中接收分组前接收该分组进入多个服务等级队列之一的步骤。在另一实施方案中，该方法还包含调整发送分组到级别选择器的速率的步骤。在又一实施方案中，该方法还包含在发送分组前确定分组合格性的步骤。

按照本发明的第一方面，提供了一种复用来自多个用户的分组的方法，该方法包含：使多个用户中每个用户都订购具有多个发送预算类别的发送预算，每个发送预算类别具有资源保证的级别和对于每个用户的、由用户初始选择的相关记贷级别；接收来自多个用户的分组，每个分组具有预定义服务等级；基于下列项而动态分配每个分组到多个发送预算类别之一：(i)分组的服务等级，(ii)始发分组的用户，(iii)始发用户的发送预算类别的记贷级别，和(iv)每个发送预算类别的当前可用性；以及减少分配给分组的始发用户的发送预算类别的记贷级别。

按照本发明的第二方面，提供了一种分组复用系统，包含：用于接收来自多个用户的分组的输入端，每个分组具有预定义服务等级，每个用户具有相联系的、有多个发送预算类别的发送预算；包含多个流选择器的发送机，每个流选择器与一个发送预算类别相联系；以及至少一个服务等级选择器，用于基于下列项将每个接收到的分组动态分配到其中一个流选择器：(i)分组的服务等级，(ii)始发分组的用户，(iii)始发用户的发送预算类别的记贷级别，和(iv)每个流选择器的当前可用性。

附图说明

通过下面对本发明优选实施方案更为详细的描述，如附图所示的那样，可对本发明上述和其它目的、特性和优点比较清楚。附图不必是按比例缩放的，其重点应放在示意本发明的原理上。

图 1 是按照本发明一个实施方案用于将分组复用到通信信道上的系统的高级框图；

图 2A 和 2B 按照本发明一个实施方案将带宽分配到多个用户的一个实例，分别描述了预算类别订购和节点带宽分配；

图 3A 到 3C 对于按照本发明一个实施方案将带宽分配到多个用户的另一个实例，分别描述了预算类别订购和节点带宽分配；

图 4 是表示按照本发明一个实施方案用于扫描流选择器的事件序列的流程图；

图 5 描述了按照本发明一个实施方案的代币计数器 (token counter)；以及

图 6 是表示按照本发明一个实施方案用于确定客户发送合格性的步骤序列的流程图。

具体实施方式

按照用户订购的业务类别向用户分配带宽。用户典型地按照要发送数据的重要性（即优先级）和业务的预计容量订购各种预算类别。因而用户可订购十兆比特/秒的保证的带宽、十兆比特/秒的调节的带宽和 20 的尽力传送权重（best effort weight）。尽力传送预算类别可用的任何带宽可按照用户尽力传送预订的相对权重分配给用户。

参考图 1，来自每个用户数据流 10', 10'', 10'''（总地就是 10）的数据分组分别被多个报头分析器 14', 14'', 14'''（总地就是 14）之一接收到。每个报头分析器 14 从用户流 10 读出数据分组的报头。然后分析器 14 将数据分组传递到与报头分析器 14 相联系的三个服务等级队列 18', 22', 26'、18'', 22'', 26''、18''', 22''', 26'''（总地就是 18, 22, 26）之一。

每个服务等级队列 18, 22, 26 对应于一个数据优先级：高优先级、中等优先级和低优先级。举例说，服务等级队列 18 对应高优先级数据，服务等级队列 22 对应中等优先级数据，而服务等级队列 26 对应低优先级数据。如果来自用户流 10 的数据分组的报头显示数据分组标注为高

优先级，则报头分析器 14 将分组置入高优先级服务队列 18。类似地，如果分组报头显示该分组标注为中等优先级或低优先级，则将该分组置入中等优先级服务队列 22 或低优先级服务队列 26。

一旦分组在其中一个服务等级队列 18, 22, 26 中，分组就被服务等级选择器 30', 30'', 30''' (总地就是 30) 从队列 18, 22, 26 中移走以提交给流选择器 50', 50'', 50''' (总地就是 50)。每个服务等级选择器 30 与每个流选择器 50 的通信通过四条线路：高就绪 34', 34'', 34''' (总地就是 34)；就绪 38', 38'', 38''' (总地就是 38)；分组 42', 42'', 42''' (总地就是 42)；和发送 46', 46'', 46''' (总地就是 46)。(注意，为清楚起见，只明示了第一服务等级选择器 30 的四条线路 34, 38, 42, 46。)服务等级选择器 30 从服务等级队列 18, 22, 26 中移走分组并当受到流选择器 50 指示时将分组发送到一个流选择器 50。每个流选择器 50 分别对应一个预算类别：保证的、调节的或者尽力传送。只是出于举例的目的，使流选择器 50' 与保证的预算相联系；流选择器 50'' 与调节的预算相联系；而流选择器 50''' 与尽力传送预算相联系。流选择器 50 确定是否有带宽预算可用于发送其对应的预算类别的分组。

在数据分组从服务等级队列 18, 22, 26 传送到流选择器 50 的过程中该系统显示了其最大的灵活性。本系统并不将服务等级队列 18, 22, 26 与唯一的一个流选择器 50', 50'', 50''' 相联系，而允许服务等级选择器 30 智能地选择发送分组到哪个流选择器 50', 50'', 50'''。服务等级队列 18, 22, 26 从流选择器 50', 50'', 50''' 的去耦合会允许用户共享不同服务等级业务流之间的资源（如使用保证的预算，高优先级业务不可用其来传递中等或者低优先级业务）。

比如如果服务等级队列 18 具有排队的高优先级分组，而服务等级队列 22 具有排队的中等优先级分组，则服务等级选择器 30 会将高优先级分组从队列 18 传送到允许来自用户 10 的分组传输的第一流选择器 50。此流选择器 50 的预算并不重要，所有分组离开都要经过第一可用流选择器 50'。

如果保证的流选择器 50' 和调节的流选择器 50'' 都允许分组通过，则队列 18 中的分组经过保证的流选择器 50' 来传递。为了决定使用哪一个流选择器 50 来传输分组，要扫描流选择器 50 以找到用于传输的第一可用的流选择器 50。扫描首先确定保证的流选择器 50' 是否可用，而然

后看调节的流选择器 50''是否可用。假设保证的流选择器 50'不允许第二分组在第一分组后立即离开,则队列 22 中的分组可经过调节的流选择器 50''通过。然而,如果服务等级队列 18 没有高优先级分组在排队而服务等级队列 22 有中等优先级分组在排队,则服务等级选择器 30 会
5 传送中等优先级分组到保证类别的流选择器 50'。因而会允许用户使用可得到的、用户订购的最高预算类别,而保持该用户的数据业务中的服务等级优先级。

一旦数据分组传送到流选择器 50,流选择器 50 就在级别选择器 74 的指导下发送数据。流选择器 50'、50''经过级别速率调节器 70 与级别
10 选择器 74 进行通信。级别速率调节器 70 保留某最小带宽用于尽力传送的预算类别,而如果对调节类别的实际预订过多则尽力传送的预算类别不存在。将此最小带宽设为零会导致尽力传送不足,这最终会导致较高协议层(如 TCP)的超时和因此连接丢失。对应尽力传送类别的流选择器 50'''不用插入级别速率调节器 70 而直接与级别选择器 74 通信。流选择器 50 使用四条线路与级别选择器 74 通信:合格的 54'、54''、54'''
15 (总地就是 54);高合格的 58'、58''、58'''(总地就是 58);分组 62'、62''、62'''(总地就是 62)和发送 68'、68''、68'''(总地就是 68)。级别选择器 74 使用三条线路将分组发送给 MAC 层 100:合格的 82、分组 86 和发送 90。在一个实施方案中传送的发生要经过速率调节器 78。

20 在操作中,服务等级队列 18 中高优先级分组的出现使服务等级选择器 30 通过设置高就绪线路 34 到流选择器 50 来指示现在有分组要传输。反过来,如果有可用的预算,则流选择器 50 通过设置高合格线路 54 来向级别选择器 74 指示分组准备用于传输。级别选择器 74 进而又设置合格线路 82 到 MAC 层 100。

25 MAC 层 100 设置通知级别选择器 74 发送分组的发送线路 90。然后级别选择器 74 设置发送线路 66 到流选择器 50。流选择器 74 进而又设置发送线路 48 到服务等级选择器 30。然后服务等级选择器 30 从服务等级队列 18 中删除分组并通过线路 42 把它传递到流选择器 50,流选择器 50 又通过线路 62 将其传递到级别选择器 74。级别选择器 74 通过线路
30 86 将分组传递到 MAC 层 100。

参考图 2A,对于按照本发明的一个实施方案的带宽分配的一个例子,用户 A、B 和 C 输入定义它们对保证、调节和尽力传送预算的订购

的各别的服务级别协定 (SLA)。图中指示的所有百分比代表了节点的总带宽的相对部分。用户 A 有 25% 的节点带宽在其保证的预算下、有 0% 的节点带宽在其调节的预算下和 1 的尽力传送权重。用户 B 有 25% 的节点带宽在其保证的预算下、0% 的调节预算和 4 的尽力传送权重。用户 C 有 50% 的节点带宽在其保证的预算下、0% 的调节预算和 1 的尽力传送权重。如果所有用户 A、B 和 C 同时力图发送多于其保证带宽可支持的数据，则每个用户分配到完全如其 SLA 描述的保证带宽且节点带宽由保证类别业务充满。其结果是，没有业务会通过尽力传送预算选择器。因此，在用户 A、B 和 C 之间的数据传输的比例是 1:1:2。

10 参考图 2B，如果用户 A 以 20% 的节点带宽传输而用户 B 和 C 每个都以 100% 的节点带宽传输，则按照用户 B 和 C 的尽力传送订购的比率来分配用户 A 没有利用的 5% 剩余带宽。因而，用户 A、B 和 C 分别利用总节点带宽的 20%、29% 和 51%。用户 B 利用的 29% 被划分以致于 25% 经过保证的预算选择器传递而 4% 经过尽力传送预算选择器传递。用户 B 利用的 15 51% 被划分以致于 50% 经过保证的预算类别选择器传递而 1% 经过尽力传送预算选择器传递。尽管用户 B 力图以 100% 的节点带宽传输，但只有 29% 的节点带宽分配给它，且用户 B 提供的剩余 71% 的业务取决于可用的缓冲器大小而被缓冲或者丢失。如果用户 B 的数据 29% 以上是高优先级数据，则用户 B 只丢失高优先级数据。

20 在上例中，用户 A、B 和 C 都没有订购调节的预算类别。此例中任何用户 SLA 中调节的预算带宽的任意分配代表无限的超额订购，因为没有将无保证的带宽留给超额订购。

参考图 3A，对于按照本发明的实施方案的带宽分配的另一个例子，用户 A 有 12.5% 的节点带宽用于其保证的预算、20% 的节点带宽用于其调节的预算和 1 的尽力传送权重。用户 B 有 12.5% 的节点带宽用于其保证的预算、20% 的节点带宽用于其调节的预算和 4 的尽力传送权重。用户 C 有 25% 的节点带宽用于其保证的预算、20% 的节点带宽用于其调节的预算和 1 的尽力传送权重。调节的预算类别的订购代表了 60% 的节点带宽，但在计算保证的预算后只有 50% 可用，因而调节的预算类别超额订购是 30 120%。

参考图 3B，如果用户 A、B 和 C 每个都提交要求 100% 总节点带宽的业务，在其保证的预算下他们就分别分配到 12.5%、12.5% 和 25%。总节

点带宽的剩余 50%按照调节比率 20:20:20 分配以致于 A、B 和 C 每个用户都分配到大约占总节点带宽 16.67%的额外带宽。其结果是，尽力传送选择器不可能被利用并且分配给用户 A、B 和 C 的总节点带宽分别有 29.17%、29.17%和 41.67%。

5 参考图 3C, 如果用户 A 没有提交任何数据但用户 B 和 C 每个都提交要求 100%的总节点带宽, 则用户 B 经过其保证和调节的预算而分配到 32.5%, 且用户 C 经过其保证和调节的预算分配到 45%。总节点带宽剩下的 22.5%在用户 B 和 C 间按照其尽力传送权重 4:1 的比例划分。因此, 总节点带宽的 50.5%分配给用户 B 而总节点带宽的 49.5%分配给用户 C。

10 如果用户 B 以高优先级分组只提交要求总节点带宽的 40%, 则 12.5% 经过保证的预算选择器传递, 20%经过调节的预算选择器传递而剩余部分经过尽力传送选择器用较低优先级分组传递。

再次参考图 1, 使用一个流选择器 50 按照分组的可用性、可用分组的优先级和每个用户 (客户) 的 SLA 将分组从一个队列 18、22、26 传递到 MAC 层 100。特别是, 级别选择器 74 按优先级降序扫描所有流选择器 50 直到它找到合格发送分组的流选择器 50。图 4 示意了一个流程图, 描述了扫描图 1 的流选择器 50 的事件顺序。在步骤 202 中, 级别选择器 74 在扫描流选择器 50 前等待预定更新时间 Δ 。首先 (步骤 204) 确定发送分组的保证的流选择器 50' 的合格性。如果保证的流选择器 50' 合格, 分组就从队列 18、22、26 发送 (步骤 206) 到 MAC 层 100。然后
15 在时间 Δ 后重新开始扫描 (步骤 202)。如果保证的流选择器 50' 对发送不合格, 则确定调节的流选择器 50'' 的合格性 (步骤 208)。如果调节选择器 50' 合格, 则发送分组 (步骤 210) 并在时间 Δ 后重新开始扫描 (步骤 202)。如果调节的流选择器 50'' 再次对发送不合格, 则下一步确定
20 使用尽力传送选择器 50''' 发送的合格性 (步骤 212)。类似地, 如果尽力传送选择器 50''' 合格, 则发送分组 (步骤 214), 否则不发送分组并在时间 Δ 后重新开始扫描 (步骤 202)。

每个流选择器 50 使用一个或者多个代币计数器, 每个对应一个预算类别。代币计数器用来确定选择器的合格性以发送来自给定客户的分组。图 5 概念性地示意了用于图 1 的通信干线复用器 5 的代币计数器
30 104'、104''、104'''、104'''' (总地就是 104)。每个代币计数器 104 有代币计数器数值, 该数值通过根据系统时钟和根据数据分组的发送而周

期性地增加或删除代币来更新。

在每个更新时刻，按照预定更新值相对每个客户和相对每个预算增加或者记贷 (credit) 该代币计数器数值。每个代币计数器 104 的更新值一般是根据相联系的客户对于各个预算类别的 SLA 分配来确定。比如，如果第一客户订购的保证速率是第二客户的保证速率的两倍，则每次更新时典型地以两倍于第二客户的计数器速率对第一客户的保证的代币计数器 104 记贷。如果代币计数器数值增加以致于它等于或者超过了预定数值，则该客户的队列 18、22、26 中的分组对于相应预算类别的传输是合格的。如果代币计数器数值继续增加以致于它达到第二预定数值，则对代币计数器 104 进一步记贷在改变代币计数器数值方面是无效的。因而，当代币计数器 104 达到第二预定数值时，它保持在该数值直到发送数据分组。在一个实施方案中第一预定数值等于第二预定数值。在发送分组后，代币计数器数值减少正比于数据分组长度的量。

调节和尽力传送预算不提供固定的带宽分配，因此实现为自适应代币计数器 104'''、104'''' 的公平机制用来确定这些预算类别的合格性。保证的预算对应于固定带宽并且因此不需要自适应代币计数器。因为当保证和调节的流选择器 50' 和 50'' 不合格时分组只可使用尽力传送流选择器 50''' 来发送，所以只有自适应代币计数器 104'''' 才用于尽力传送预算。

所有的斗 (bucket) 104 都使用预定数值 108。预定数值 108 可按照其相联系的预算类别变化。因为分组经过相应选择器 50 发送时代币计数器数值减少，所以在刚好前一分组发送之后到达队列 18、22、26 的分组要直到用于代币计数器数值再次达到预定数值 108 的足够时间已经过去，才能经过相同选择器 50 发送。为了避免这一延迟，保证的代币计数器 104' 有第二预定数值 112 留给高优先级分组。这个高优先级门限 112 被建立在较低的预定数值。

表 1 列出的比特指示器用来确定图 5 示意的实施方案的代币计数器 104 的传输合格性。比特指示器 PktPending 和 PktHiPending 分别指示在客户的队列 22、26 和高优先级队列 18 中是否分别有可用的分组和高优先级分组。G_RegulatorEligible 和 R_RegulatorEligible 分别指示保证的代币计数器 104' 和调节的代币计数器 104'' 是否满足或超过预定数值 108。类似地，R_FairnessEligible 和 B_FairnessEligible 分别

指示调节的自适应代币计数器 104'''和尽力传送自适应代币计数器 104''''是否已达到预定数值 108。G_RegulatorHiEligible 指示保证的代币计数器数值是否超过了第二预定数值 112。G_Eligible、R_Eligible 和 B_Eligible 通过与其他比特指示器的逻辑关系来定义并分别指示保
5 证、调节和尽力传送选择器 50'、50''和 50'''是否合格发送数据分组。

表 1

比特指示器	数值
PktPending	若队列中有任何分组则为 TRUE
PktHiPending	若队列中有高优先级分组则为 TRUE
G_RegulatorEligible	对于 GuaranteedBucket > 0 为 TRUE
R_RegulatorEligible	对于 RegulatedBucket > 0 为 TRUE
R_FairnessEligible	对于 AdaptiveBucket > 0 为 TRUE
B_FairnessEligible	对于 BestEffortBucket > 0 为 TRUE
G_RegulatorHiEligible	对于 GuaranteedBucket > -2000 为 TRUE
G_Eligible	=(G_RegulatorEligible AND G_PktPending) OR (G_RegulatorHiEligible AND G_HiPktPending)
R_Eligible	=R_RegulatorEligible AND PktPending AND R_RateFairnessEligible
B_Eligible	=PktPending AND B_RateFairnessEligible

图 6 是一个流程图，示意了用来确定客户使用保证的预算发送数据分组和高优先级数据分组的合格性的一组步骤的（按照图 5 和表 1）实
10 施方案。这些合格性分别通过 G_RegulatorEligible 和 G_RegulatorHiEligible 给出。在步骤 302 中，通过增加客户的保证速率代币分辨率来记贷客户的保证的代币计数器的数值。对于每个客户，保证的速率代币分辨率可变化并且一般根据客户的保证带宽分配而确定。如果保证的代币计数器数值大于预定数值 108，则设置它等于预定
15 数值（步骤 304）。G_RegulatorEligible 和 G_RegulatorHiEligible 的数值初始化为逻辑 FALSE（步骤 306）。如果保证的代币计数器数值超过了第二预定数值 112，则设置 G_RegualtorHiEligible 的数值等于逻辑 TRUE（步骤 308）。如果保证的代币计数器数值等于或者大于预定数值 108，则设置 G_RegulatorEligible 的数值等于逻辑 TRUE（步骤

310)。如果在当前时刻仍有一个或者多个客户要被扫描，则通过返回到步骤 302 来继续确定保证的预算的合格性。如果下面两个条件之一满足，则一个客户使用其保证的预算来发送是合格的：

- 5 1) G_RegulatorEligible 为 TRUE 且客户队列 18、22、26 之一中有可得到的分组，或者 2) G_RegualtorHiEligible 为 TRUE 且客户的高优先级队列 18 中有可得到的高优先级分组。

通过检查调节代币计数器 104'' 和调节自适应代币计数器 104'''，而确定使用调节的预算类别的发送的合格性。对调节的代币计数器 104'' 记贷的速率按照客户在其 SLA 中定义的调节的预算来变化。对自适应代币计数器 104''' 记贷的速率是通过响应力图使用调节的预算的业务来确定的。因为调节的预算类别经受客户对可用调节带宽的超额订购，所以对调节的预算类别产生大量业务的多个客户有时会导致带宽需求超过总分配调节带宽。其结果是，可填入缓冲器而数据分组等待发送且随后的数据分组会丢失。为了保证对调节的预算类别下的用户公平，对自适应代币计数器 104'''、104'''' 记贷的速率（即自适应速率）被降低。使用一个称为 Stress 的参数来表征该环境下的积压或者用户负荷。在一个实施方案中 Stress 被定义为对经过调节的预算发送是合格的客户的数目。如果 Stress 值指示超额订购不是问题（如 Stress 等于零），则自适应速率大于或等于客户的调节速率。

20 使用除了没有与第二预定数值 112 的比较（即没有对应于步骤 308 的等效步骤）外都类似于上面对于保证的代币计数器 104' 的一序列步骤来检查该调节的代币计数器 104''、104'''。如果调节代币计数器 104'' 不小于预定数值 108，则设置 R_RegulatorEligible 为逻辑 TRUE。类似地，如果调节自适应代币计数器 104''' 不小于预定数值 108，则设置 R_RateFairnessEligible 为逻辑 TRUE。如果下面三个条件全部满足，则一个客户对使用其调节的预算发送是合格的：
25 (1) R_RegulatorEligible 为 TRUE，(2) R_RateFairnessEligible 为 TRUE 和 (3) PktPending 为 TRUE 或者 PktHiPending 为 TRUE。

通过检查尽力传送自适应代币计数器 104'''' 来确定尽力传送预算类别的合格性。使用上述用于调节自适应代币计数器 104''' 的步骤来检查代币计数器 104''''。降低尽力传送自适应代币计数器 104'''' 的记贷速率以响应 Stress 的增加。调节和尽力传送预算的 Stress 参数可不同地

定义。在一个实施方案中将用于调节预算的 Stress 定义为调节预算合格的客户数目而用于尽力传送预算的 Stress 定义为可经过尽力传送预算发送的合格客户数目。如果尽力传送自适应代币计数器 104''''的数值等于或大于预定数值 108，则设置 B-RateFairnessEligible 为逻辑

5 TRUE。如果 B-RateFairnessEligible 为 TRUE 且客户的队列 18、22、26 之一中有可用分组，则一个客户对使用其尽力传送预算来发送是合格的。

表 2 通过举例的方式定义了三个客户的 SLA 分配。客户 A 订购了 1,000 八位位组（即 1,000 个 8 比特字节）每微秒的保证速率。客户 B

10 订购了 2,000 八位位组每微秒的保证速率和 5,000 八位位组每微秒的调节速率。客户 C 订购了 3,000 八位位组每微秒的保证速率、9,000 八位位组每微秒的调节速率和 1 的尽力传送权重。客户 A 或客户 B 都没有订购尽力传送分配。在此例中，所有客户发送长 1,000 八位位组的分组，且最大分组长 2,000 八位位组。

15 表 2

客户	保证速率 (八位位组/ms)	调节速率 (八位位组/ms)
A	1000	0
B	2000	5000
C	3000	9000

表 3 是一个时刻表，它示意了表 2 中定义的客户分组发送的示意性实例。标注 A(G)、B(G) 和 C(G) 的列分别对应客户 A、B 和 C 的保证的代币计数器数值。标注 B(R)、B(A)、C(R) 和 C(A) 的列分别对应客户 B

20 和 C 的调节和自适应代币计数器数值。Stress 指示在调节和尽力传送预算下发送的合格客户数目。在此例中预定数值为 0 且第二预定数值为-2000。

25

表 3

时间	滴答次数	自适应滴答次数	A(G)	B(G)	C(G)	B(R)	B(A)	C(R)	C(A)	发送的客户/预算	Stress
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A/G	2
0.1	10	2	-900	0	0	0	0	0	0	B/G	2
0.2	20	4	-800	-800	0	0	0	0	0	A/G	2
0.3	30	6	-1700	-600	0	0	0	0	0	B/G	2
0.4	40	8	-1600	-1400	0	0	0	0	0	A/G	2
0.5	50	10	-2500	-1200	0	0	0	0	0	B/G	2
0.6	30	12	-2400	-2000	0	0	0	0	0	C/G	2
0.7	70	14	-2300	-1800	-700	0	0	0	0	B/G	2
0.8	80	16	-2200	-2600	-400	0	0	0	0	B/R	1
0.85	85	17	-2150	-2500	-250	-750	-950	0	0	NULL	1
0.9	90	18	-2100	-2400	-100	-500	-900	0	0	C/R	0
1	100	28	-2000	-2200	0	0	-400	-100	-100	C/G	0
1.01	101	29	-1990	-2180	-970	0	-350	-10	-10	NULL	0
1.02	102	30	-1980	-2160	-940	0	-300	0	0	NULL	1
1.03	103	30.2	-1970	-2140	-910	0	-300	0	0	NULL	1
1.04	104	30.4	-1960	-2120	-880	0	-300	0	0	NULL	1
1.05	105	30.6	-1950	-2100	-850	0	-300	0	0	NULL	1
1.06	106	30.8	-1940	-2080	-820	0	-300	0	0	NULL	1
1.07	107	31	-1930	-2060	-790	0	-250	0	0	NULL	1
1.08	108	31.2	-1920	-2040	-760	0	-250	0	0	NULL	1
1.09	109	31.4	-1910	-2020	-730	0	-250	0	0	NULL	1
1.1	110	31.6	-1900	-2000	-700	0	-250	0	0	A/G	1
1.12	112	32	-2880	-1960	-640	0	-200	0	0	NULL	1
1.17	117	33	-2830	-1860	-490	0	-150	0	0	NULL	1
1.2	120	33.6	-2800	-1800	-400	0	-150	0	0	B/G	1
1.22	122	34	-2780	-2760	-340	0	-100	0	0	NULL	1
1.27	127	35	-2730	-2660	-190	0	-50	0	0	NULL	1
1.3	130	35.6	-2700	-2600	-100	0	-50	0	0	C/R	0
1.32	132	36	-2680	-2560	-40	0	0	-820	-910	NULL	1
1.37	137	37	-2630	-2460	0	0	0	-370	-820	NULL	1
1.4	140	37.6	-2600	-2400	0	0	0	-100	-820	C/G	1
1.42	142	38	-2580	-2360	-940	0	0	0	-730	NULL	1
1.47	147	39	-2530	-2260	-850	0	0	0	-640	NULL	1
1.5	150	39.6	-2500	-2200	-910	0	0	0	-640	B/R	0
1.52	152	40	-2480	-2160	-940	-940	-970	0	-550	NULL	0
1.53	153	41	-2470	-2140	-910	-910	-940	0	-460	NULL	0
1.54	154	42	-2460	-2120	-880	-880	-910	0	-370	NULL	0
1.55	155	43	-2450	-2100	-850	-850	-880	0	-280	NULL	0
1.56	156	44	-2440	-2080	-820	-820	-850	0	-190	NULL	0
1.57	157	45	-2430	-2060	-790	-790	-820	0	-100	NULL	0
1.58	158	46	-2420	-2040	-760	-760	-790	0	-10	NULL	0
1.59	159	46.2	-2410	-2020	-730	-730	-760	0	0	NULL	1
1.6	160	47.2	-2400	-2000	-700	-700	-760	0	0	C/R	0

在此例中滴答速率是 100 次（滴答）每毫秒。在分组经过保证的流选择器 50 发送后，对应的保证的代币计数器以分组长度乘以长度分辨

率而递减。因为 A 分配到 1,000 八位位组/ms，所以保证的代币计数器数值应该每微秒到达预定数值一次。设置客户 A 的速率代币分辨率为 10 以达到此代币计数器的记贷速率。因而在发送后 A 的保证的代币计数器数值减少 1,000 并在 100 次滴答 (1.00ms) 后返回其初始数值。类似地确定客户 B 和 C 的代币速率分辨率。客户 A、B 和 C 的代币速率分辨率列于表 4。-2000 的高优先级门限 (即第二预定数值) 只对于保证的代币计数器才设置并且是基于 2000 八位位组的最大分组大小。

表 4

客户	保证代币 速率分辨率	调节代币 速率分辨率	自适应代币 速率分辨率	第二预定数值
A	10	0	0	-2000
B	20	50	50	-2000
C	30	90	90	-2000

在此例中当时间=0 时，所有三个客户都是活动的和积压的 (饱和的)，客户 A 和 B 只有高优先级分组而客户 C 只有低优先级分组。节点速率为 10,000 八位位组/ms，因而大约每 0.1ms 发送一次分组。客户 A 和客户 B 都可发送高优先级分组，然而，保证的选择器 50 只能选择它们之一用于以顺序 (循环) 方式传递。在每次发送后，对应的保证的代币计数器减少 1000。因而客户 A 发送分组而 0.1ms 后客户 B 发送分组。只要客户 A 和 B 的保证的代币计数器数值保持高于 -2000，此交替发送序列就继续。

当时间=0.6ms 时，客户 A 或客户 B 都没有高于高优先级门限的保证的代币计数器数值。客户 C 最终可使用其保证的预算发送其较低优先级分组。当时间=0.7ms 时，客户 B 有 -1800 的保证的代币计数器数值并且现在可发送高优先级分组。

当时间=0.8ms 时，客户 A、B 和 C 已经用完它们的保证的预算，因而 B 和 C 的调节类别决定下次谁发送。因为节点超额订购 (即 Stress 大于零)；所以客户 B 和 C 将不能以其要求的速率提供分组。通信干线复用器 5 通过降低给予自适应代币计数器的速率 (即自适应滴答速率) 来响应。分组在客户 B 调节的预算下从其发送并且 Stress 减小为 1，因为 B 在调节的预算下不再合格。当时间=0.85ms 时，由于记贷速率上的

差别，客户 B 的调节代币计数器数值会比其调节自适应代币计数器数值更快地增加。

5 当时间=0.9ms 时，客户 C 经过其调节的预算发送分组，因为所有其他客户预算都低于其门限。当时间=1.0ms 时，客户 C 经过其保证的预算发送分组，因为对应的代币计数器数值已经恢复到零门限。时刻表中包含了其他时刻以进一步示意通信中继线复用器 5 的操作原理。

虽然本发明已特别参考特定优选实施方案进行示意和描述，但本领域内的技术人员应当理解，其形式和细节可有各种变化而不脱离如附带权利要求定义的本发明的精神和范围。

10

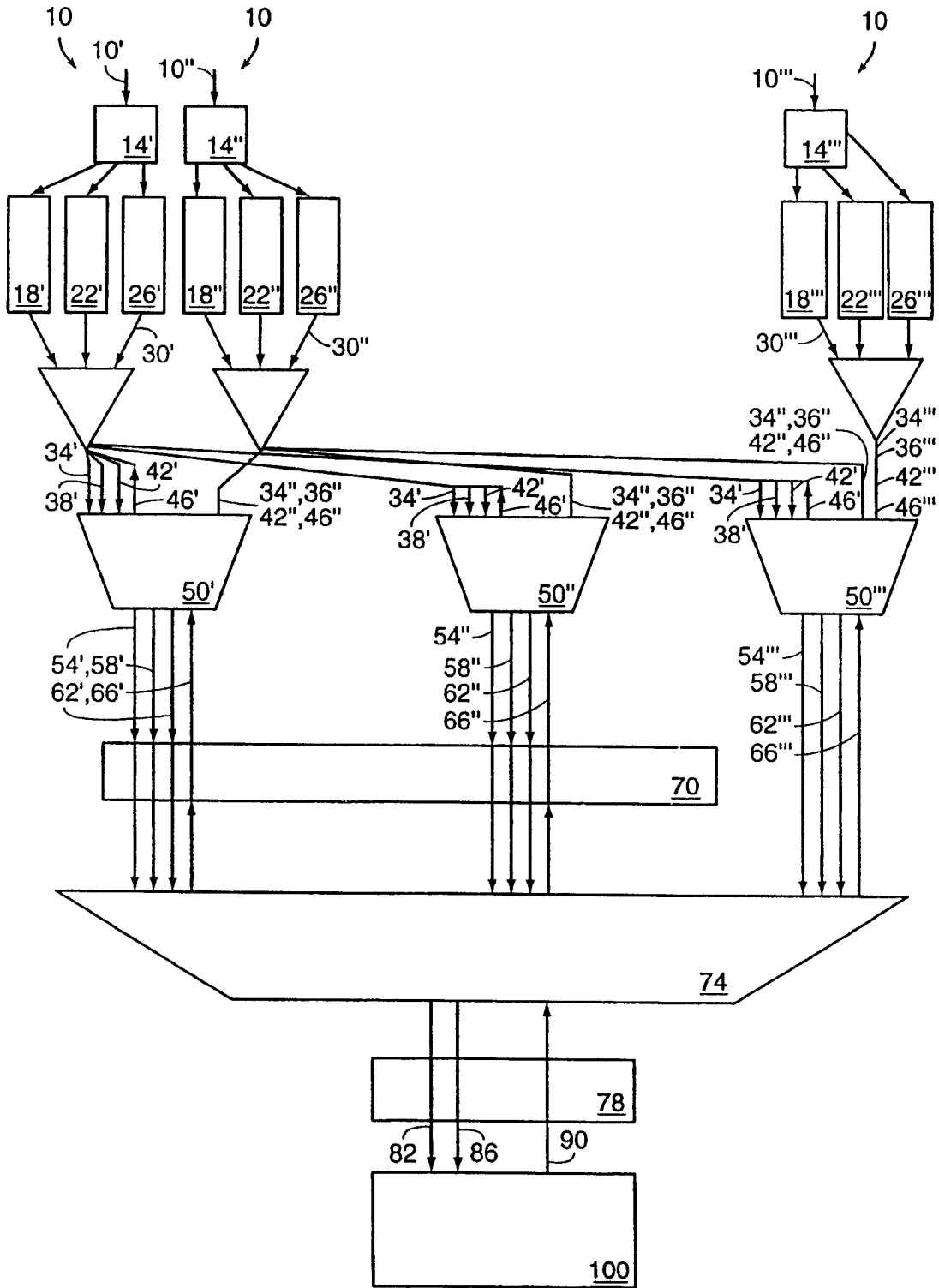


图 1

用户	保证的预算	调节的预算	尽力传送的预算
A	25%	0%	1
B	25%	0%	4
C	50%	0%	1

图 2A

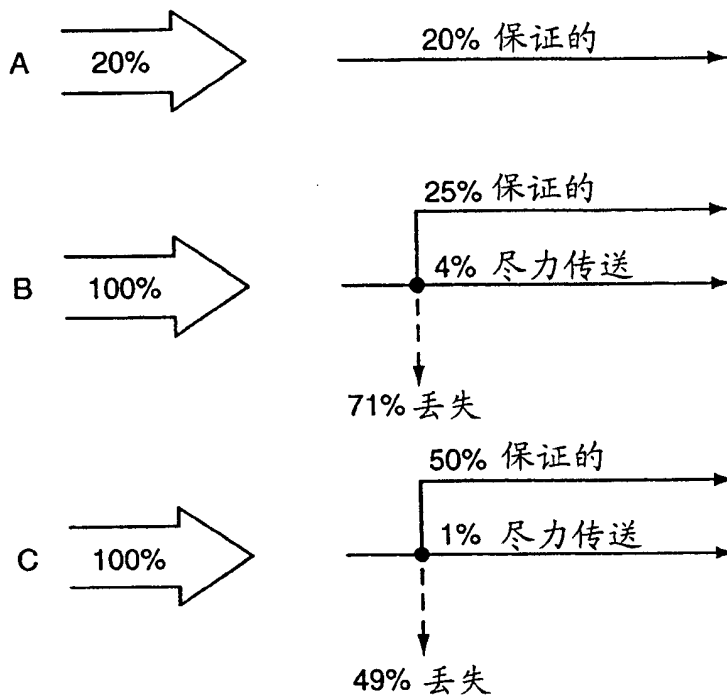


图 2B

用户	保证的预算	调节的预算	尽力传送的预算
A	12.5%	20%	1
B	12.5%	20%	4
C	25%	20%	1

图 3A

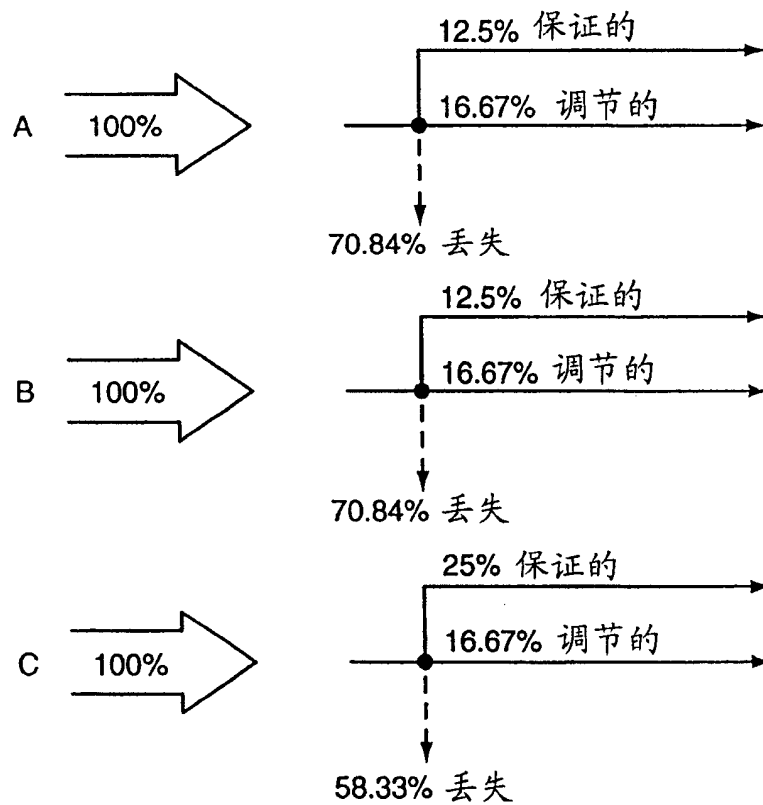


图 3B

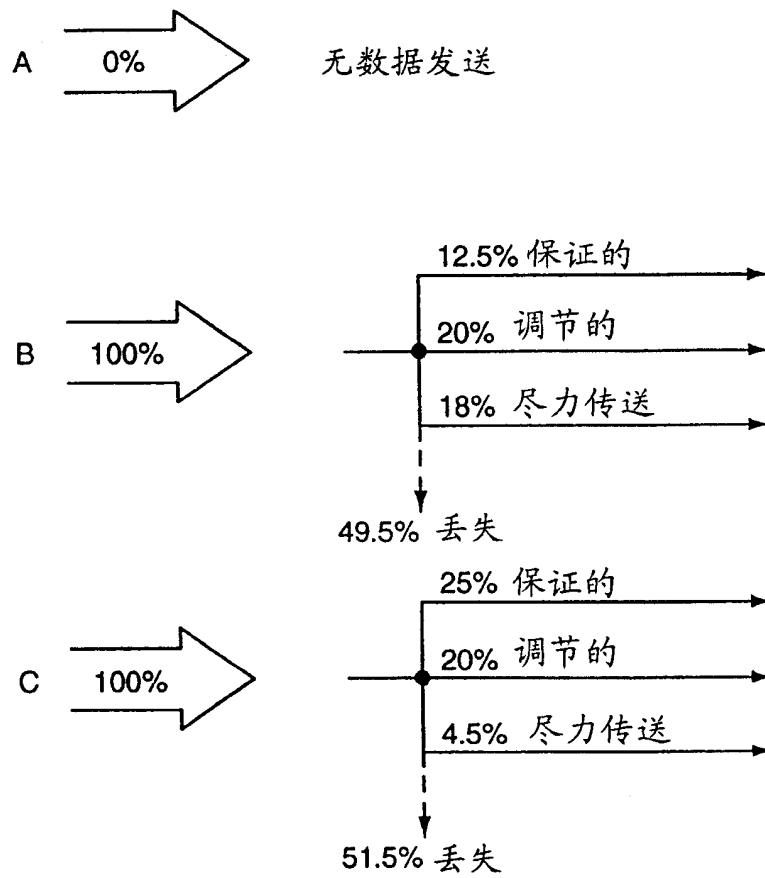


图 3C

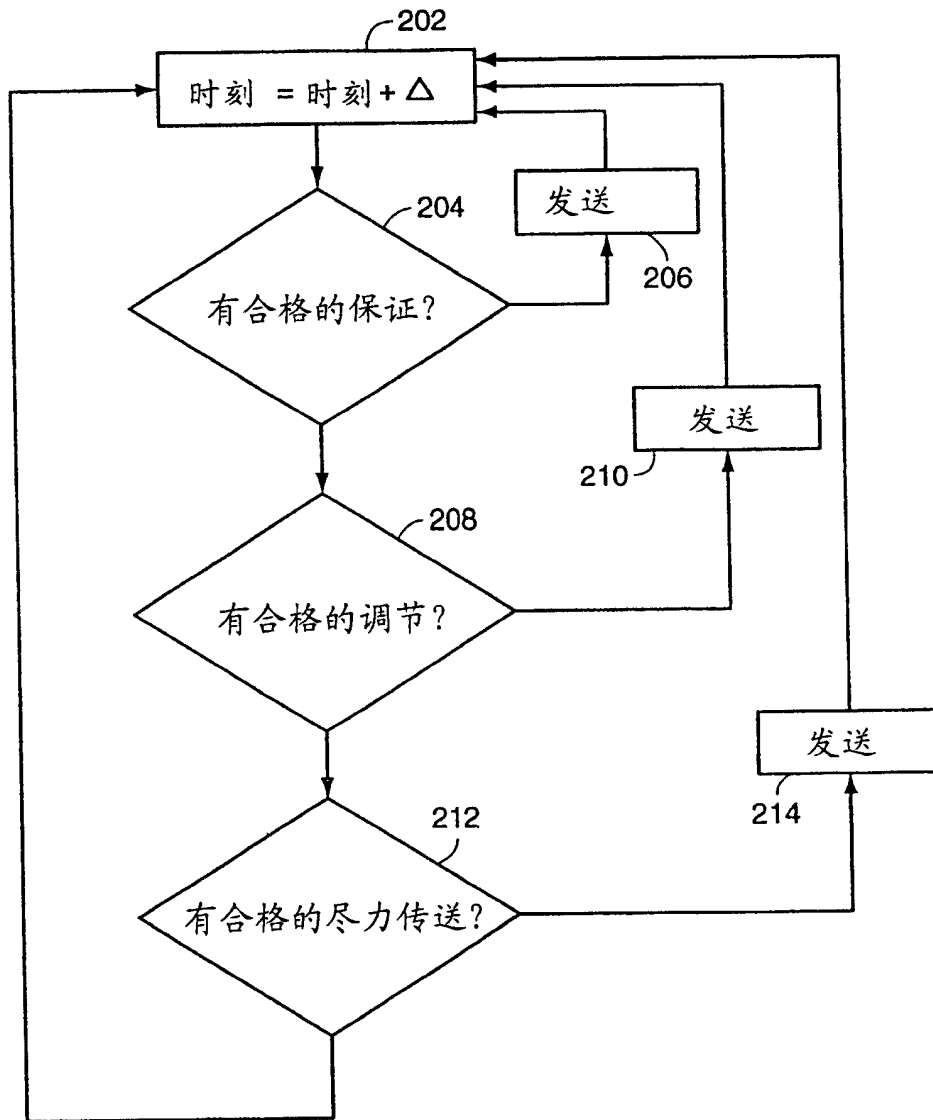


图 4

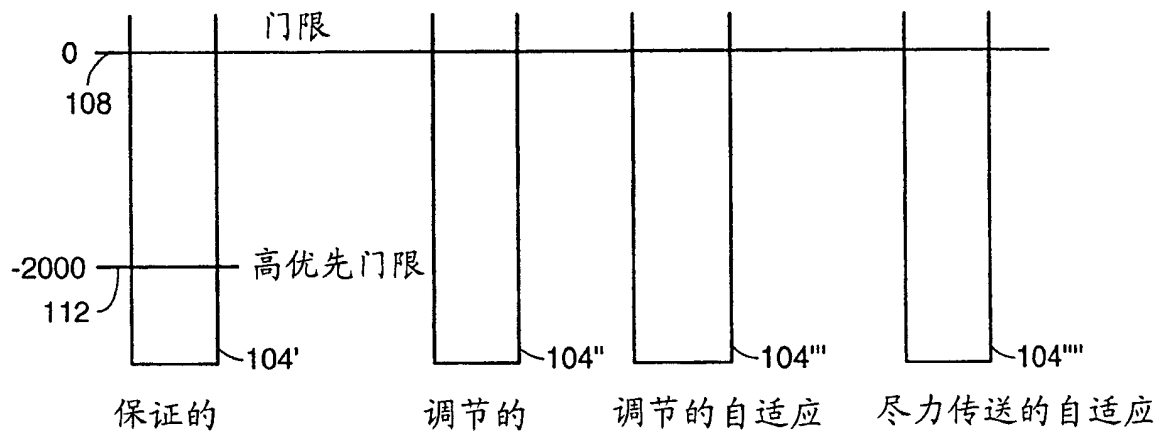


图 5

- (步骤 302) $\text{GuaranteedTokenCounter}[\text{Client}] = \text{GuaranteedTokenCounter}[\text{Client}] + \text{GuaranteedRateResolution}[\text{Client}]$
- (步骤 304) $\text{GuaranteedTokenCounter}[\text{Client}] = \text{Min}(\text{GuaranteedTokenCounter}[\text{Client}], \text{PredeterminedValue1})$
- (步骤 306) $\text{G_RegulatorHiEligible}[\text{Client}] = \text{FALSE}$
 $\text{G_RegulatorEligible}[\text{Client}] = \text{FALSE}$
- (步骤 308) 如果 $(\text{GuaranteedTokenCounter}[\text{Client}] > \text{PredeterminedValue2})$
则
 $\text{G_RegulatorHiEligible}[\text{Client}] = \text{TRUE}$
- (步骤 310) 如果 $(\text{GuaranteedTokenCounter}[\text{Client}] \leq \text{PredeterminedValue1})$
则
 $\text{G_RegulatorEligible}[\text{Client}] = \text{TRUE};$
- (步骤 312) 若有其他客户则返回步骤 302

图 6