



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02803428.7

[43] 公开日 2004 年 8 月 4 日

[11] 公开号 CN 1518817A

[22] 申请日 2002.1.11 [21] 申请号 02803428.7

[30] 优先权

[32] 2001.1.12 [33] US [31] 09/759,539

[86] 国际申请 PCT/US2002/000664 2002.1.11

[87] 国际公布 WO2002/056482 英 2002.7.18

[85] 进入国家阶段日期 2003.7.3

[71] 申请人 艾劳普提克公司

地址 美国加利福尼亚州利弗莫尔市

[72] 发明人 格伦·克雷默 格里·珀萨文特

[74] 专利代理机构 北京北新智诚知识产权代理有限公司

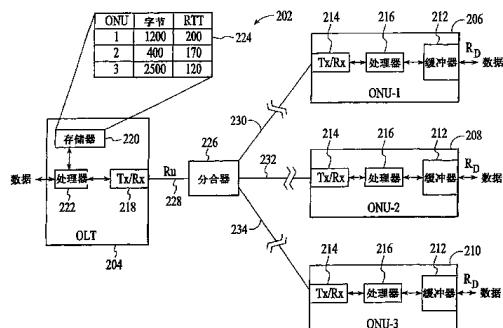
代理人 王宏伟

权利要求书 10 页 说明书 22 页 附图 12 页

[54] 发明名称 光学接入网络动态带宽分配的方法与系统

[57] 摘要

一种光学接入网络和在网络中使用交叉存取循环方式传输光学信号来有效使用网络现有带宽的方法。通过使用交叉存取循环方式，网络的中央终端能够根据远程终端的等待向 OLT 传送的数据量，动态分配网络中远程终端向中央终端传送数据的上行数据流带宽。在一实施例中，光学接入网络是基于无源光学网络 PON 技术构建。在另一实施例中，光学接入网络使用以太网络协议把数据在以太网帧包装后传输。因此，在这些实施例中，光学接入网络包括所有与 PON 技术和/或以太网络协议有关的优点。另外，由于上行数据流带宽为按需分配，所以由于传输时隙不能得到充分利用而导致的带宽损失能够得到有效消除。



1、一种在光学网络传送数据的方法包括：

生成一个包含当前等待从多个远程终端传输到中央终端数据量信息的表格；

有选择性地传输许可消息到上述远程终端，每个许可消息代表从目标远程终端传输允许数量的上述等待于上述目标远程终端的数据的许可，上述许可的数量取决于包含在与目标远程终端有关的表中的信息；

从上述远程终端接收授权的数据量以回应上述许可消息，包括包含有当前在远程终端等待传输的数据量的更新后的信息的请求消息；和

使用上述包含从远程终端接收到的含有更新后信息的请求消息的表格。

15

2、如权利要求 1 所述的方法，其中，更新所述数据表的所述步骤包括从上述目标远程终端的新记录中减去一个值，该值对应于从上述目标远程终端传送数据的实际数量，上述新记录对应于上述目标远程终端发出的请求消息中所包含的更新信息。

20

3、如权利要求 1 所述的方法还包括计划上述许可消息传输时间的步骤，从而使上述远程终端的所述数据和所述更新信息在传输中没有重

叠，上述许可消息的上述传输时间充分的定义了所述请求消息在所述中央终端的接收时间。

4、如权利要求 3 所述的方法，其中，所述计划上述传输时间的步骤包括计划所述传输时间，这样在所述中央终端接收到所述特定远程终端在先发送的请求消息之前，到此远程终端的许可消息不会被发送。

5、如权利要求 3 所述的方法，其中，所述计划上述传输时间的步骤包括：当上述原始传输时间与不同许可消息的另一传输时间发生冲突时，对许可消息的原始传输时间重新计划到新的传输时间。

6、如权利要求 5 所述的方法，其中，所述重新计划步骤包括更改所述许可消息的所述原始传输时间，使重新计划的传输时间在不同的许可消息传送之后。

15

7、如权利要求 1 所述的方法，还包括：

检测断开的远程终端，和

降低对所述断开的远程终端传送的许可消息的频率。

20 8、如权利要求 7 所述的方法，其中，所述检测断开的远程终端的步骤包括：在预定时间内等待所述断开远程终端对传送到该断开远程终端的许可消息的响应。

9、如权利要求 1 所述的方法，还包括在以太网帧间或上述以太网结构内嵌入该许可消息，每条许可消息被嵌入在不被用于以太网编码的以太网帧之后，上述编码被用作出口编码。

5

10、如权利要求 1 所述的方法，其中，所述选择性的传输所述许可消息的步骤中，所述授权量小于预先定义的最大数量。

11、如权利要求 1 所述的方法，其中，上述光学网是一种无源光学网。

10

12、如权利要求 11 所述的方法，其中，上述光学网是一种基于以太网的无源光学网。

15

13、如权利要求 1 所述的方法，其中，每条上述许可消息和上述请求消息均包括一个识别码字段和一个窗口大小字段。

14、如权利要求 13 所述的方法，其中，每条上述许可消息的窗口大小字段定义了在一远程接收终端可传输的授权数据量。

20

15、如权利要求 13 所述的方法，其中，每条上述请求消息的窗口大小字段定义了在一远程发送终端等待中央终端传输的当前数据量。

16、如权利要求 1 所述的方法，其中，上述数据表还包括在所述中央终端和远程终端之间有关数据传输的往返时间信息。

17、如权利要求 16 所述的方法，还包括：

5 计算到上述远程终端的当前往返时间，包括监视中央终端发出的上述许可消息的传送时间和远程终端发出的相应授权数据量的接收时间；和

根据计算出的当前往返时间来更新数据传输的往返时间信息。

10 18、一种在单点到多点光学网中传输光信号的方法包括：

生成一个数据表，此表包含当前从多个远程终端传输到中央终端的等待数据量；

15 传输从中央终端到第一远程终端的第一许可消息，此第一许可消息代表许可从此第一远程终端传输一特定数量的等待于该第一远程终端的数据，所述特定数据量取决于所述表格中含所述第一远程终端的记录；

20 响应所述第一许可消息，在所述中央终端接收从所述第一远程终端传送的所述特定量的数据，包括了含有更新后的当所述第一请求消息发出时，在所述第一远程终端等待的当前数据量信息的第一请求消息；

根据所接收的来自所述第一远程终端的所述第一请求消息所含更新信息来更新数据表。

19、如权利要求 18 所述的方法，还包括：

从所述中央终端传送第二许可消息到第二远程终端；

在上述中央终端接收从所述第二远程终端发送的授权数量的数据，
5 包括含有更新信息的第二请求消息，此更新信息包含当第二请求
消息被发送时在所述第二远程终端等待发送的数据量；

使用接收到的从所述第二远程终端发出的包含有所述第二请求消息的更新信息来更新数据表。

10 20、如权利要求 19 所述的方法，还包括安排上述第一和第二许可消息的传输时间的步骤，这样在传输过程中从所述第一远程终端发出的所述数据和所述第一请求消息不会与从所述第二远程终端发出的所述数据和所述第二请求消息发生冲突，所述第一和第二许可消息的传输时间充分定义了在所述中央终端所述第一和第二请求消息的接收时间。

15

21、如权利要求 20 所述的方法，其中，所述制定传输时间的步骤包括制定所述传输时间，使所述第一远程终端的所述第一许可消息在所述中央终端接收到发自所述第一远程终端的上一请求消息之前不被传送。

20

22、如权利要求 20 所述的方法，其中，所述制定所述传输时间的步骤包括当原始传输时间与不同许可消息的其它传输时间发生冲突时，重

新计划第一条许可消息的原始传输时间为新的传输时间。

23、如权利要求 22 所述的方法，其中，所述重新计划步骤包括，重新计划所述第一许可消息的所述原始传输时间，使所述重新计划的传输时间在所述不同许可消息发送之后。
5

24、如权利要求 18 所述的方法，还包括：

检测断开的远程终端，和
降低对所述断开的远程终端发送许可消息的频率。

10

25、如权利要求 24 所述的方法，其中，所述检测所述断开的远程终端的步骤包括在预先定义的时间内等待所述断开的远程终端对该断开的远程终端发送的许可消息的响应。

15 26、如权利要求 18 所述的方法，其中，所述更新所述数据表的步骤包括从所述第一远程终端的新记录中减去一个值，此值对应于从所述第一远程终端所传输的实际数据量，所述新记录对应于从所述第一远程终端发出的所述第一请求消息中所包含的更新信息。

20 27、如权利要求 18 所述的方法，还包括由在以太网帧之间或内部嵌入所述第一许可消息的步骤，上述第一许可消息被嵌入在不被用于以太网编码的以太网帧之后，上述编码被用作出口编码。

28、如权利要求 18 所述的方法，其中，所述传送第一许可消息的所述步骤中的所述特定数据量小于预先定义的最大值。

5 29、如权利要求 18 所述的方法，其中，所述单点对多点的光学网是一种基于以太网的无源光学网。

30、如权利要求 18 所述的方法，其中，所述数据表还包括数据在上述中央终端和远程终端传输的往返时间信息。

10

31、如权利要求 30 所述的方法，还包括：

计算达到所述第一远程终端的当前往返时间，包括监视所述中央终端发出的与上述许可消息有关的传送时间和所述远程终端接收到的与所述特定数据量有关的接收时间；

15 使用计算出的当前往返时间，更新所述第一个远程终端的数据传输往返时间信息。

32、一个单点到多点光学网络包括：

20 多个远程终端接收和发送光学数据，每个远程终端设置为当该远程终端接收一条许可消息，发送一条请求消息，以及等待于该远程终端的所授权数量的数据，上述请求消息包括更新后的在所述远程终端等待发送的数据量信息，上述许可消息包括指出授权传送的数据量的

信息；

一个中央终端通过光学方法连接上述远程终端来发送和接收光学数据，上述中央终端包含：

存储器中包括一张表，此表中包含等待从所述远程终端传送到所
5 述中央终端的数据大小的最新信息；

一个处理器被设置为根据上述表中包含的最新信息，有选择性的发送许可消息到上述远程终端，指示远程接收终端发送授权数量的数据；上述处理器可进一步设置为接收来自所述远程终端响应所述许可消息的请求消息，同时根据所述请求消息中包含的最新信息来更新所述存储器中的所述数据表。
10

33、如权利要求 32 所述的网络，其中，上述中央终端的处理器在存储器中通过从已发送请求消息到中央终端的所选远程终端的新记录中减去一个值来更新数据表，此值对应于实际从该所选远程终端传输的数据数量，上述新记录对应于包含在所述请求消息中的更新信息。
15

34、如权利要求 32 所述的网络，其中，上述中央终端的处理器可进一步设置为制定所述许可消息的传送时间，这样从上述远程终端发送的数据和请求消息在传送过程中不发生重叠，所述许可消息的传送时间
20 充分定义了在所述中央终端接收所述请求消息的时间。

35、如权利要求 34 所述的网络，其中，上述中央终端的处理器可进一

步设置来制定所述许可消息的传送时间，这样在某一特定远程终端发出的前一条请求消息未被所述中央终端接收之前，到此特定远程终端的所述许可消息将不被传送。

5 36、如权利要求 34 所述的网络，其中，上述中央终端的处理器可进一步设置成当此传输时间与不同许可消息的另一个传输时间发生冲突时，可调整特定许可消息的原始传输时间为新的传输时间。

10 37、如权利要求 32 所述的网络，其中，所述中央终端的处理器可设置为通过识别所述远程终端在短暂时期内没有对所述许可消息做出响应来监测断开的远程终端。

38、如权利要求 37 所述的网络，其中，所述中央终端的处理器可设置为能减小发送到所述断开的远程终端的许可消息的频率。

15

39、如权利要求 32 所述的网络，其中，所述中央终端的处理器可设置为能在以太网帧之间或帧内嵌入上述许可消息，每条许可消息被嵌入在以太网帧中一个不被用于以太网编码的代码之后，上述代码被用作出口代码。

20

40、如权利要求 32 所述的网络，其中，所述中央终端的处理器可设置为能生成上述许可消息，远程接收终端所发送的所授权数据量小于预

先制定的最大量。

41、如权利要求 32 所述的网络，其中，上述单点到多点的光学网是一种基于以太网的无源光学网。

5

42、如权利要求 32 所述的网络，其中，所述存储器中的所述数据表进一步包括数据在所述中央终端和所述远程终端间传送的往返时间信息。

10 43、如权利要求 42 所述的网络，其中，所述处理器被设置为可计算所述远程终端的当前往返时间，这是通过监视所述中央终端发送许可消息相关的传送时间和所述远程终端发出的请求消息的接收时间来实现的，并能使用计算的当前往返时间去更新所述往返时间的信息。

15

光学接入网络动态带宽分配的方法与系统

5

发明领域

本发明与网络接入，特别是无源光学接入网络有关。

发明背景

10 由于因特网的爆发式膨胀，以及为最终用户提供多种通讯和娱乐服务的渴求，产生了对能够改善最终用户接入效果的宽带网构架的需要。虽然在最近几年主干网带宽得到了显著的增加，但是相对来看网络的接入带宽基本没有改变。这样“最后一里”仍然是高容量局域网或家庭网与基础主干网之间的瓶颈。

15 DSL 数字专线和 CM 电缆调制解调器技术与更传统的“最后一里”的解决方案相比有所改进。然而，这些技术仍然不能提供足够的带宽来支持新出现的视频点播与双向视频会议等服务。另外，由于距离上的限制，不是所有用户都能够使用 DSL 与 CM 技术。

20 单点对多点无源光学网络 PON，是一种宽带接入的网络构架，能够为“最后一里”问题提供一种解决方案。单点对多点无源光学网络 PON，是一种光学接入的网络构架，能够利用纯无源光学分配网络，协助光学线路终端 OLT 与多个远程光学网络单元 ONUs 之间的宽带通

讯。单点对多点 PON 使用无源光纤分离器与合并器，在 OLT 与远程 ONUs 之间无源的分发光学信号。

图 1A 和图 1B 所示为单点对多点 PON 中的网络流量管理。示例中，PON 包括一个 OLT102 与三个 ONUs104、106 和 108，而 PON 中
5 还可以包括另外的 ONUs。如图 1A 所示，OLT 中包括一个光学发射器 110 用于向 ONUs 发送包含有 ONU 识别信息块 1、2 和 3 的下行数据流。下行数据流经过一个无源光学分合器 112 转发成三个分离的信号，每个信号中都含有所有 ONU 识别信息块。ONUs 104、106 和 108 中分别包括光学接收器 114、116 和 118，用来接收由 OLT 发送的所有信息块。然后，每个 ONU 开始处理各自相应的信息块并删除其它
10 ONU 的信息块。例如，ONU-1 接收信息块 1、2 和 3，但是只将信息块 1 传送给最终用户 1。同样 ONU-2 只将信息块 2 传送给最终用户 2，ONU-3 只将信息块 3 传送给最终用户 3。

如图 1B 所示，ONUs 104、106 和 108 中也分别包括光学发射器
15 120、122 和 124，用来向 OLT 102 传送上行数据流。上行数据流用时分多元访问协议（TDMA）管理，其中特定的传送时隙只用于相应各 ONUs。这种 ONU 特定时间隙是同步的，所以在公共光纤接口进行合并时，ONUs 所发出的上行数据流中不同信息块之间不会互相干扰。例如，ONU-1 在第一个 ONU 特定时间隙传送信息块 1，ONU-2 在第二个
20 ONU 特定时间隙传送信息块 2，而 ONU-3 在第三个 ONU 特定时间隙传送信息块 3。然后，这些时分多元上行数据流由 OLT 的光学接收器 126 接收。

对 TDMA PON 需要注意的是，由于网络流量呈现典型的高度突发形式，在数据传输过程中，PON 带宽并非总是被有效的利用。这种突发式的网络数据流量可能会导致尽管在数据流量很少的情况下某些传输时隙仍然会连续溢出。另外，这种突发式的网络数据流量可能会 5 导致某些传输时隙在网络总负荷很大时却得不到充分利用。

出于上述考虑，于是有了基于 PON 技术的接入网络具有需求，该网络能通过减少因传输时隙未被填满至最大容量而浪费掉的带宽，来有效地利用现有带宽，

10 发明概述

光学接入网络和网络中光学数据的传输使用交叉存取循环检测的方式来有效地利用网络有效带宽的方法。交叉存取循环检测方式的使用允许一个网络中央终端，根据远程终端等待传送到 OLT 的数据量，来动态的分配网络远程终端到中央终端的上行数据流带宽。在一个实施例中，光学接入网络可基于无源光学网络 PON 技术构建。在另一个实施例中，光学接入网络使用以太网协议来包装数据在以太网构架中传输。可在以太网结构中，数据传输时可以使用以太网协议来进行打包。这样，在这些实施例中，光学接入网络能够包括所有这些与 PON 技术或以太网络协议有关的优势。另外，由于上行数据流带宽的 15 分配是根据需要进行的，这样因时隙不能得到充分利用而导致的带宽损失可以得到有效减少。
20

根据这项发明，一种在光学网络传输光学数据的方法中包括下列

步骤：生成包含有当前多个远程终端等待向中央终端传输数据量的报表，有选择的向远程终端传送许可消息，从远程终端接收经过授权的数据量和响应许可消息的包含有更新后的远程终端当前等待发送数据量信息的请求消息，以及根据从远程终端接收包含有更新信息的请求消息进行报表更新。每个许可消息用来根据报表中目标远程终端的有关信息，为特定远程终端传输经过授权数据量的等待数据提供许可。
5 在一种实现方案中，该光学网络为无源光学网络 PON，即可能为基于以太网的 PON。

在一个实施例中，报表中包括关于当前多个远程终端等待传送数
10 据量的信息，此外还包括关于中央终端与远程终端间传输往返时间的信息。在这个实施例中，可能包括计算远程终端循环往返时间的步骤，其中包括：监测中央终端发送许可消息的传输时间和从远程终端接收授权数据量的接收时间，以及使用计算当前循环往返时间的方法来更新数据传输往返时间信息。

15 在一个实施例中，更新报表包括从目标远程终端的一个新记录中减去一个数值的步骤。这一数值与上述目标远程终端的实际数据传输量相对应，而新记录则与包含在目标远程终端请求消息中的更新信息相对应。

20 在一个实施例中，这一方法还可能包括为许可消息安排传送时间的步骤，这样保证在传输时远程终端的数据与更新信息不会重叠。许可消息的传输时间充分定义了中央终端接收请求消息的时间。安排传输时间的步骤中可能包括当原始传输时间与另外许可消息中其它的传

输时间发生冲突时，重新安排许可消息的原始传输时间为更改的传输时间。

在一个实施例中，此方法进一步包括检测未连接远程终端，及降低向未连接远程终端发送许可消息频率的步骤。检测未连接远程终端的步骤中可能包括等待一段预先设定的时间，以便使未连接的远程终端响应向其发送的许可消息的步骤。
5

根据本发明的一种光学接入网络包括多个远程终端与一个中央终端。在一个实施例中，这种光学接入网络是基于以太网的 PON。网络中的远程终端接收和发送光学数据。每个远程终端设置为可以传送
10 请求消息，以及传送根据远程终端接收到的许可消息所授权的在远程终端等待的数据量。请求消息中包括关于当前远程终端等待数据量的更新信息，而许可消息中包括指定授权数据量的信息。网络的中央终端与远程终端通过光学设备相匹配，来发送与接收光学数据。

中央终端中包括存有当前远程终端等待数据量最新信息报表的
15 存储器，以及用来向远程终端发送根据报表中最新信息来指明授权允许发送数据量的相应许可消息的处理器。中央终端中的这一处理器还具有根据许可消息从远程终端接收请求消息，以及根据请求消息中的更新信息来更新存储器中数据报表的功能。

在一个实施例中，中央终端的这一处理器能够通过减去所选中的
20 向中央终端发送请求消息的远程终端新记录中数值的方法，来更新存储器中的数据报表。此数值与所选中的远程终端实际发送的数据量相对应，而新记录则与请求消息中的更新信息相对应。

在一个实施例中，中央终端的处理器还用来安排发送许可消息的传送时间。这样，在传送过程中，远程终端的数据与请求消息就不会发生重叠。在这种实现方案中，处理器还可能用来实现当原始传送时间与不同许可消息的另一个传送时间发生冲突时，重新安排一特定许可消息的原定传输时间为更新传输时间。

在一个实施例中，中央终端的处理器用来通过鉴别远程终端是否在设定时间内响应许可消息，检测未连接远程终端。在这个实施例中，处理器可以被设置成降低向未连接终端发送许可消息的频率。

在一个实施例中，存储器中的数据报表中还可能包括数据在中央
10 终端与远程终端间往返传输时间的信息。在这个实施例中，中央终端的处理器可能用来通过监测许可消息从中央终端发送的时间和对远程终端请求消息的接收时间，来计算远程终端的当前往返时间，并用当前往返时间来更新关于往返时间的信息。

这一发明其它方面的特点和优点，将通过对这项发明的原理举例
15 说明的方式，结合相应的图示通过下面的详细描述来阐明。

附图简述

图 1A 表示一个单点到多点 PON 中从 OLT 到多个 ONUs 的下行数
据流。

20 图 1B 表示一个单点到多点 PON 中从 ONUs 到 OLT 的上行数据流。

图 2 为本发明的一个基于 PON 技术的光学接入网络的结构框图。

图 3-8 为光学接入网络的循环检测方式。

图 9 为使用 OLT 出口编码方式嵌入许可消息的以太网络结构。

图 10 为 OLT 与许可消息计划发生冲突的有关操作流程图。

图 11 为 OLT 对未连接 ONUs 的探测和循环检测过程流程图。

图 12 为根据本发明在光学接入网络中传送光学数据方法的处理流

5 程图。

发明详细描述

图 2 所示为一个根据本发明交叉存取循环检测方法的光学接入网
络 202。这一光学接入网络基于无源光学网络 PON 技术。因此，这一
10 光学接入网络具有 PON 技术的优势。另外，光学接入网络使用交叉存
取循环检测的方法，可以根据需要分配带宽，来充分利用网络有效带
宽。

在一个典型实施例中，光学接入网络 202 使用 IEEE 802.3 协议
(即通常所指的以太网) 为在以太网结构中传送数据进行数据包装。
15 虽然光学接入网络 202 中可能使用其它协议，比如 ATM 数据连接协
议，但以太网络协议应为首选。目前，大约 95% 的局域网使用以太网
络协议。因此，基于以太网的 PON 比基于 ATM 的 PON 更加适合于
链接以太网络。另外，可变长度 IP 单元增加了 ATM 对基元的使用，
是因为大于 48 字节的 IP 单元必须使用两个或多个 ATM 基元来传送。
20 随着 ATM 基元数量的增加，片头信息占用的带宽也相应增加。另外，
ATM 设备比以太设备昂贵。

光学接入网络 202 包括一个光学线路终端(OLT)204，可被当作网

络中的中央终端，以及多元光学网络单元(ONUs)206、208 和 210，可被当作网络中的远程终端。为了表达方便，这一光学接入网络中只包括 3 个 ONU，但是实际上可以包括更多 ONUs。另外，虽然这一光学接入网络表示为树形拓扑结构，但是也可以为环形或总线型等其它的
5 拓扑结构。这项发明对光学接入网络的拓扑结构没有特别要求。

光学接入网络 202 中的每个 ONU206、208 或 210 都包括一个缓冲器 212、一个光学收发器 214 和一个 ONU 处理器 216。每个 ONUs 的缓冲器作为临时存储介质来保存将要向 OLT204 发送的数据字节。缓冲器存储的数据字节中包括相应 ONU 支持的最终用户数据（图中
10 未表示）。每个 ONUs 的光学收发器用来以光学信号的形式向 OLT 传送以太网帧形式存于缓冲器中的部分或全部数据。另外，每个光学收发器用来接收来自 OLT 的光学信号。ONUs 的每个 ONU 处理器用来进行不同操作以保证相应的 ONU 都正常运作。另外，每个 ONU 处理器以光学接入网络交叉存取循环检测的方式执行以下将要详细介绍的
15 步骤。

光学接入网络 202 中的 OLT204 包括一个光学收发器 218、一个 OLT 存储器 220 和一个 OLT 处理器 222。OLT 的光学收发器与 ONUs 206, 208 和 210 的光学收发器 214 相似。OLT 的光学收发器用来向 ONUs 发送光学信号，并接收来自 ONUs 的光学信号。OLT 存储器 220
20 用来存储循环检测表 224，来实现对光学网络接入的交叉存取循环检测。OLT 存储器可以是 DRAM 或 FPGA 等任意类型的存储介质。虽然图 2 中所示的 OLT 存储器是独立于 OLT 处理器的部件，但是 OLT

存储器也可以内置于 OLT 处理器中。图中的循环检测表包含有特定的示例数据。循环检测表中所包含的关于 ONUs 的信息由 OLT 支持。循环检测表中的“ONU”字段所在列表示 ONU 信息。循环检测表中也包括关于每个 ONUs 所缓冲等待向 OLT 传送的数据字节数的信息。循环检测表中的“Bytes”字段所在列表示缓冲数据信息。另外循环检测表中还包括关于 OLT 与 ONUs 间数据传送往返时间 RTTs 的信息。循环检测表中的“RTT”字段所在列表示 RTT 信息。循环检测表中的 RTT 值表示实际的 RTT，也包括处理与生成控制消息所需的时间。循环检测表保存在 OLT 的存储器中，供 OLT 处理器以循环隔行扫描的方式来有效的控制 OLT 与 ONUs 间的网络数据流量。

光学接入网络 202 中还包括至少一个光学分合器 226 以及提供 OLT204 与 ONUs206、208、210 之间通过光学分合器连接的光纤 228、230、232 和 234。光纤 228 连接 OLT 与光学分合器。光纤 230、232 与 234 分别连接光学分合器与 ONUs206、208 和 210。光纤 228、230、232 与 234 可以用来进行 OLT 向 ONUs 的下行数据传输和 ONUs 向 OLT 的上行数据传输。作为一种可以替代的选择，这些光纤可以用来只作单向数据传输使用。在这种情况下，光学接入网络中需要包括双光纤才能进行双向数据传输。

光学接入网络 202 对下行数据流量管理的操作与传统以太网中遍及整个网络的数据广播方式类似。在下行数据流方向，光学以太网帧通过 OLT204 播出，然后由目标 ONU 基于帧中的媒体访问控制(MAC)地址进行选择接收。因此，在下行数据流方向由于 OLT 是唯一的数据

发送源，所以不会产生带宽使用竞争的问题。这样，在下行数据流方向上几乎全部有效带宽都能得到充分利用。然而，在上行数据流方向，多个 ONUs 必须分享光纤 228 的通道容量和其它资源。光学接入网络的上行数据流带宽明显的受 ONUs 206, 208 和 210 接入率峰值 R_D 总和的限制，超过受 PON 吞吐量或上行数据流通道容量的限制。另外，由于网络流量具有典型的高幅突发性，一个时隙固定的时分多元接入 TDMA 系统不能充分利用上行数据流带宽。在 TDMA 系统中，突发的网络流量甚至在网络负载很小时也可能导致一些传输时隙连续溢出。另外，突发的网络流量甚至在网络负载总量很大时也可能导致一些传输时隙得不到充分利用。

与时隙固定的时分多元接入 TDMA 系统相比，光学接入网络 202 通过循环隔行扫描的方式来管理上行数据流，能够最大限度的利用上行数据流带宽。光学接入网络的循环方式见图 3-8，示例中使用了具体的数值，例如 ONUs 缓冲器中数据的字节数和每个 ONU 的 RTT 值。

如图 3 所示，OLT204 初始化后，对于给定的时间值 $t=0$ ，OLT 存储器 220 中的循环表 302 可认为是最新的。即循环表中包括关于工作的 ONUs 的更新信息，每个 ONU 缓冲器中等待的字节数和每个 ONU 的往返时间 RTT。当 $t=0$ 时，当前循环表中包括下列信息。对于 ONU-1，缓冲器 212 中有 1200 字节的等待发送数据，RTT 为 $200\mu s$ 。对于 ONU-2，缓冲器 212 中有 400 字节的等待发送数据，RTT 为 $170\mu s$ 。对于 ONU-3，缓冲器 212 中有 2500 字节的等待发送数据，RTT 为 $120\mu s$ 。

如图 3 所示，在 $t=0$ 时 OLT204 发送一个 ONU 控制消息 304 到 ONU-1，授权 ONU-1 发送当前在 ONU-1 缓冲器 212 中的 1200 字节数据。这里，这种消息将被作为许可消息。如许可消息 304 的图示，由于 OLT 的数据通过广播发送到所有下行数据流方向的 ONUs，许可消息中需要包括一个目标 ONU 的识别字段 NID（节点识别）306，以及用字节数表示许可窗口大小的字段 WS（窗口大小）308。在 $t=t_1$ 时，
5 许可消息 304 被 ONU-1 接收。 t_1 大约为 ONU-1 RTT 值的一半。当许可消息被 ONU-1 接收时，另外的数据字节可能已经被 ONU-1 的缓冲器所接收。例如，ONU-1 可能已经接收到另外 3100 字节的数据。这样，
10 ONU-1 的缓冲器中共有 4300 (1200+3100) 字节的数据。

如图 4 所示，在接收许可消息 304 时，ONU-1 向 OLT204 发送一条 OLT 控制消息 402。这一消息在这里被作为请求消息。与许可消息类似，请求消息中也包括 NID 字段 404 和 WS 字段 406。WS 字段中包括在该请求消息生成时，当前特定 ONU 缓冲器中的等待字节数。
15 这样，请求消息 402 就会指明有 4300 字节的数据正在 ONU-1 的缓冲器 212 中等待发送。请求消息向 OLT 说明，在请求消息生成时，当时在 ONU-1 的缓冲器中等待发送数据的字节数。ONU-1 也按照许可窗口的大小发送缓冲器中的数据 408。示例中，ONU-1 发送缓冲器中 1200 字节的数据。

20 在 OLT204 接收到 ONU-1 发送的请求消息之前，OLT 就已经获得了 ONU-1 发送数据最后一位到达 OLT 的时间 t_1^{last} 。根据当前循环表 302 中的 RTT 信息，OLT 得知 ONU-1 发送数据的第一位何时到达 OLT。

此第一位数据正好在 ONU-1 的 RTT 之后到达。另外，由于 OLT 通过许可消息 304 授权 ONU-1 发送特定字节数的数据，所以 OLT 知道有多少字节的数据将要到达 OLT。这样，时间 t_1^{last} 可以通过下面公式推导出：

$$5 \quad t_1^{last} = t_1^G + RTT_1 + \frac{WS_1}{Line_Rate} = 0 + 200\mu s + \frac{1200\ bytes \times 8 \frac{bits}{byte}}{10^9 \frac{bits}{sec}} = 209.6\mu s$$

在上面的公式中， t_1^G 是当向 ONU-1 发送许可消息时的时刻， RTT_1 是 ONU-1 的 RTT， WS_1 是许可的窗口大小， $Line_Rate$ 是光学接入网络 202 的数据传送速度。

如图 5 所示，由于 OLT 204 知道 ONU-1 发送的最后一位数据的 10 到达时刻，所以这一 OLT 能够向 ONU-2 发送许可消息 502，这样 ONU-2 发送的第一位数据将会紧随 ONU-1 发送的最后一位数据到达。 OLT 向 ONU-2 发送许可消息的时间 t_2^G 可以通过下面公式计算：

$$t_2^G = t_1^{last} - RTT_2 + Guard_Band = 209.6 - 170 + 5 = 44.6\mu s$$

在上面的公式中，加入了一个时间缓冲间隔，例如 $5\mu s$ ，来保证 ONU-2 15 发送的数据不会与 ONU-1 发送的数据冲突。通常，这一缓冲时间能够为 ONUs RTTs 的波动和控制消息的处理时间提供保护。

如图 6 所示，在 $t=t2$ 时，根据 OLT 的许可消息 304，ONU-1 的 20 数据到达 OLT204。时间 $t2$ 大约等于当前 ONU-1 的 RTT 值。本例中， $t2$ 为 $199\mu s$ 。由于 ONU-1 的请求消息 402 首先发送，所以这一消息比 在 ONU-1 的缓冲器 212 的数据 408 在先被 OLT 接收。请求消息 402

中 WS 字段所含的信息，如当请求消息发出时 ONU-1 缓存器中的数据字节数，被 OLT 用来更新循环表。请求消息 402 中的 NID 使 OLT 获知要对循环表中的哪一条记录进行更新。这样，示例中对于 ONU-1 的更新记录可以通过下面公式进行：

5 $updated_entry = new_entry - old_entry = 4300 - 1200 = 3100 \text{ bytes.}$

如图 6 中更新过的循环表 602 所示，ONU-1 的“Byte”记录被更新为 3100。然而可能会出现 ONU 数据没有填满许可窗口的情况。例如，如果一个或者多个具有较高优先权的数据包，在请求消息发送之后到达 ONU，这一 ONU 可能在发送其它缓存器数据之前发送具有较高优先权的数据包。具有较高优先权的数据包可能具有不同的长度，可能与许可窗口长度不能够恰好符合。如果 ONU 请求的窗口大于发送窗口的最大值时，同样的问题也将会发生，这一情况将在下面讨论。如果数据包无法被分割，那么 ONU 将发送少量数据而将其余数据留在缓冲器中。使用上述公式更新循环表，将会产生一个对 $updated_entry$ 的不足估计值。一个 OLT 更新循环表的替代方法是，当接收完给定 ONU 的所有数据后，使用下面的公式进行计算：

$$updated_entry = new_entry - bytes_received.$$

除了为给定 ONU 更新当前缓冲器中的数据，OLT 还不断监视许可消息与相应请求被收到的时间。OLT 使用这一信息不断更新各 ONUs 的 RTT 记录。本例中，ONU-1 的实际 RTT 为 $199\mu\text{s}$ 。这样就将循环表 302 中 ONU-1 的 RTT 记录从 $200\mu\text{s}$ 更新到 $199\mu\text{s}$ 。如循环表 602 的更新过程所示。

现在再来看 ONU-2，OLT204 采用上面所描述与 ONU-1 的相同方法，计算最后一位数据将要到达 OLT 的时间。因此 OLT 就会得知何时将许可消息发送到 ONU-3，这样 ONU-3 的数据就会随 ONU-2 的数据稍后到达 OLT。如图 7 所示，在 $t=t_3$ 时 ONU-2 的数据到达 OLT。
5 当 OLT 接收到 ONU-2 的请求消息后，最新循环表 602 中关于 ONU-2 的信息就会得到更新，如更新后的循环表 702 所示。本例中，由于请求消息报告的数据与实际被发送到 OLT 字节数相同，所以 ONU-2 的请求消息指明 ONU-2 的缓冲器为空。

以相似的方式，OLT204 计算 ONU-3 最后一位数据发送到 OLT 的时间，并且向 ONU-1 发送下一个许可消息，开始一个新的循环周期。
10 同时，OLT 接收到 ONU-3 的一个请求消息与数据。如图 8 所示，OLT 使用 ONU-3 的请求消息将最近的循环表 702 更新为 802。当下一个周期中处理 ONU-2 时，由于 ONU-2 最新的“Bytes”记录为 0，许可消息中的许可数据量为 0 字节。为响应许可消息，ONU-2 再次发送一个包
15 含最后在 ONU-2 缓冲器中等待的字节数的请求消息。然而，由于许可消息中许可数据量为 0 字节，所以没有数据从 ONU-2 的缓冲器中发送到 OLT。如果 ONU-2 的缓冲器在上一个请求消息发送后，接收到另外的数据，那么 ONU-2 会被授权在下一个循环周期中发送这些数据。

对于光学接入网络 202 这种循环方式的一个考虑是，如果 OLT204
20 授权每个 ONU 一次发送缓冲器中的全部数据，数据量大的 ONUs 可能会独占全部带宽。为了避免这种垄断情况发生，可以设定一个每次发送数据量的最大限额。这样，OLT 发送许可消息时可以使用这一最

大限额。因此，每个 ONU 将被授权发送上个周期请求发送的缓冲器中不大于最大限度的数据量。这一最大限度可以为固定值。例如固定最大限度值可以基于每个 ONU 的服务水平协议来确定。另一种方案中，这一最大限度可以为动态值。例如，动态最大限度值可以根据平均网络流量确定。

在典型实施例中许可消息与请求消息被嵌入以太网帧之间或在使用出口序列的以太网帧之中。在以太网络 IEEE 802.3 标准下，千兆以太网使用 8 至 10 位的编码，就是说在介质上传输之前，每个字节数据被编为 10 位的编码。然而，并非所有的 10 位编码都能够有效转换为 8 位编码。其中一个或多个无效的编码可被选作出口编码。一个许可消息或请求消息可以附于一个出口编码。出口编码用来通知接收单元许可消息或请求消息的出现。图 9 所示为 OLT204 嵌入许可消息。以及一个传输中的以太网络帧 902。以太网络帧的字节 C 的末端与发送许可消息 904 的传输时间 t^G 同时。如一个嵌入以太网络帧 908 所示，OLT 在以太网络结构的字节 C 的末端插入一个出口编码 906 和一个许可消息 904。以类似的方式，一个请求消息也可以被 ONU 嵌入以太网帧之间或以太网帧之中。通过读取出口编码，接收单元将会识别控制序列的开始部分。然后在向标准以太网接收器传送其余接收到的数据之前，接收单元能够提取控制消息，例如跟随在出口编码后的三(3)个字节。

OLT204 发送的许可消息通过下面的公式进行计划。

$$G_j^{[i+1]} = \text{MAX} \begin{cases} G_j^{[i]} + r^{[i]} - r^{[i+1]} + \frac{W_j^{[i]}}{R_u} + B, \\ G_{j-1}^{[i+1]} + r^{[i+1]} \end{cases}, \quad (1)$$

其中：

5 $G_j^{[i]}$ - 当第 j 个 (j^{th}) 许可将要向第 i 个 (i^{th}) ONU 发出的时刻
 (注意 $G_j^{[i]} + r^{[i]}$ 是第 i 个 (i^{th}) ONU 发出的第 j 个 (j^{th}) 请求被收

到的时刻)

10 $r^{[i]}$ - 第 i 个 (i^{th}) ONU 的往返时间 (RTT)

$W_j^{[i]}$ - 第 i 个 (i^{th}) ONU 的第 j 个 (j^{th}) 窗口大小

10 R_u - 传输速率(波特率)

B - 缓冲带宽(μs)

上述公式中括号里的上标，通过下面公式来标志 ONU:

$$[x] = (x \text{ MOD } N) + 1.$$

15 公式 (1) 中的上面一行表示发送去第 $i+1$ 个 ONU 的许可消息是
 被这样安排的：这样相应的请求消息在第 i 个 ONU 发送窗口与缓冲
 时间结束之后到达。公式 (1) 中的下面一行表示许可消息不能在同一
 一个 ONU 的上一个请求消息接收之前发送，就是说发往同一 ONU 递次
 的许可消息之间的间隔至少为此 ONU 的 RTT。由于许可消息中需要
 20 上一请求消息中请求窗口大小的信息，所以这一要求是必须的。

从公式（1）可以看出，如果下面不等式成立的话，发往第 $i+1$ 个 ONU 的许可消息，应该在发往第 i 个 ONU 的许可消息之前发送。

$$r^{[i+1]} > r^{[i]} + \frac{W_j^{[i]}}{R_u} + B. \quad (2)$$

因此，许可消息的顺序通常与请求消息的顺序不同。在每个周期中，
5 如果有的话，来自 ONUs 的请求消息与数据将按照相同的顺序到达
OLT。然而，由于许可消息是根据相应的 RTT 与许可窗口的大小计
划的，所以每个周期中许可消息的顺序可能不同。

由于每个周期中许可消息排列的顺序是在许可消息的实际发送
之前设定的，所以第 $i+1$ 个 ONU 的许可消息排在第 i 个 ONU 的许可
10 消息之前不成问题。然而，使用公式（1）来排列许可消息可能会导致
许可消息计划发生冲突。冲突发生在当不等式（2）左项与右项之差的
绝对值小于许可消息的发送时间时。

光学接入网络 202 的 OLT204，用来通过重新排列当前许可消息
传送计划的方法，来解决许可消息计划冲突问题。图 10 所示为 OLT
15 解决许可消息计划冲突的操作。在步骤 1002，ONUs206、208 和 210
之一被 OLT 选中来安排一个许可消息的传送时间。ONU 的选择可以
通过固定的顺序事先定义，或根据规定的网络状态进行动态调整。接
下来，在步骤 1004，向所选 ONU 发送许可消息的传送时间暂时用公
式（1）计算。在步骤 1006，再决定暂时计算的传送时间与其它 ONU
20 已有的许可消息传送时间是否冲突。

如果发生冲突，处理过程转到步骤 1008，在这里暂时计算的传送

时间被延迟，直到相冲突的许可消息发送时间结束。就是说，向选中 ONU 发送许可消息的时间暂时安排到相冲突的许可消息发送完成时。当向选中的 ONU 发送许可消息得到暂时安排后，处理过程返回到步骤 1006，在这里再一次检测暂时计算的传送时间与其它 ONU 已有的 5 许可消息传送时间是否冲突。以这种方式，向选中的 ONU 发送许可消息的时间能够得到暂时安排，直到没有计划冲突为止。

但是如果步骤 1006 没有检测到计划冲突，处理过程转到步骤 1010，在这里为选定 ONU 暂时安排的最新传送时间，最终被作为向选定 ONU 传送许可消息的计划传送时间。然后处理过程回到步骤 10 1002，在这里下一个 ONU 被选中，并为向这一 ONU 发送许可消息安排传送时间。

使用这种方法解决许可消息计划冲突的一种后果如示例中所示。本例中，当前许可消息 $G_j^{[h]}$ 与计划中的许可消息 $G_i^{[k]}$ 发生冲突。当 OLT204 检测到许可计划冲突时，许可消息 $G_j^{[h]}$ 的发送将会被安排在许可消息 $G_i^{[k]}$ 发送完成后的时间。例如，假设传输速度为每秒钟一千兆位，这样每个许可消息的传送时间为 32 ns。因此，许可消息 $G_j^{[h]}$ 最多会被延迟 32 ns。许可消息 $G_j^{[h]}$ 被安排在许可消息 $G_i^{[k]}$ 之后的事实，意味着在周期 j 中来自 ONU-h 的数据应该在周期 i 中 ONU-k 的数据之后到达，无论是 $j > i$ 或者 $j = i$ 和 $[h] > [k]$ 同时成立。这样，许可消息 $G_j^{[h]}$ 20 的延迟将会导致相应缓冲时间的增加。如果延迟的许可消息 $G_j^{[h]}$ 与其它许可消息发生冲突的话，这一缓冲时间可能会进一步增加。在极端的情况下，许可消息 $G_j^{[h]}$ 最多可能与 N-1 个许可消息发生冲突，其中 N

为光学接入网络 202 中 ONUs 的个数。在 $N=16$ 、缓冲时间为 $5\mu s$ 的情况下，最大延迟时间为 $0.48 \mu s$ ，小于缓冲时间的 10%。因为增加 ONUs 的数目只会造成缓冲时间的增加，所以上述冲突解决方案的优势在于它不会引入任何 N 值引起的幅度问题。

5 使用上述的循环检测方式，OLT204 的上行数据流通道利用率几乎可以达到 100%。然而，OLT 的某些上行数据流通道带宽会被嵌入到传送数据之间的请求消息所占用。另外，不同 ONUs 的数据传送之间的缓冲时间也会占用一些 OLT 上行数据流通道带宽。缓冲时间中包括重新调整 OLT 接收器从不同距离的 ONUs 接收光学信号的灵敏度
10 的时间（突发接收模式）。

光学接入网络 202 的运行过程中，一个或多个 ONUs 可能会由于故障或断电而断开连接。因此，在一实施例中，OLT204 中设计了检测未连接 ONUs，并降低向未连接 ONUs 发送许可消息频率的功能。
参考图 11，以下将描述对断开的 ONUs 的 OLT 检测与循环过程。在步
15 骤 1102，从 OLT 向目标 ONU 发送一个许可消息。接下来，在步骤 1104，
OLT 等待目标 ONU 的请求消息，直到特定时间间隔结束。如果在该
时间间隔内，接收到目标 ONU 的请求消息，而目标 ONU 正常连接，
这样处理过程返回到步骤 1102，在这里另一个许可消息在下一个循环
周期中发送到目标 ONU。然而，在步骤 1106，如果在特定时间内没
20 有接收到来自目标 ONU 的请求消息，这个目标 ONU 就会被认为未连
接。接下来在步骤 1108，对未连接的 ONU，跳过事先定义的循环周
期个数。举例来说，事先定义的循环周期个数可以安排为对未连接的

ONU 每一分钟只循环处理一次。然后处理过程返回到步骤 1102，在这里另一个许可消息被发送到目标 ONU 来检测目标 ONU 是否仍处于未连接状态。如图 11 中的处理流程所示，如果 OLT 从一个被标记为未连接的 ONU 接收到一个请求消息，那么这一 ONU 就被标记为活跃状态，并加入下一循环周期的处理过程中。这一过程也可以在光学接入网络冷启动时使用。

在本实施例中，向 ONUs 发送的许可消息通过下面的公式来安排：

$$G_j^{[i+1]} = \text{MAX} \begin{cases} G_j^{[i]} + A^{[i]} - C^{[i+1]} + \frac{D_j^{[i]}}{R_u} + B \\ G_{j-1}^{[i+1]} + A^{[i+1]} \end{cases} \quad (3)$$

其中

$$A^{[i]} = \begin{cases} \text{暂停} , & \text{若 } ONU^{[i]} \text{ 未连} \\ r^{[i]} & , \text{ 其他情况} \end{cases}$$

$$C^{[i+1]} = \begin{cases} 0 & , \text{ 若 } ONU^{[i+1]} \text{ 未连} \\ r^{[i+1]} & , \text{ 其他情况} \end{cases}$$

$$D_j^{[i]} = \begin{cases} 0 & , \text{ 若 } ONU^{[i]} \text{ 未连} \\ W_j^{[i]} & , \text{ 其他情况} \end{cases}$$

上述公式 (3) 为修改后的公式 (1)。由于可能包括有 ONU 重新定位等原因，对于未连接的 ONU，其最后所知的 RTT 不能作为有效的 RTT 值来使用。公式 (3) 允许 OLT 安排向未知的 RTT 未连接的 ONU 发送许可消息。这样公式(3)允许光学接入网络 202 在某些 ONUs 的 RTT 未知时，使用隔行扫描的方式工作。

修改后的公式 (3) 保证了 OLT204 不会向未连接的 ONU (含未

知的 RTT) 发送许可消息, 直到 OLT 接收到前一个 ONU 发送的完整消息。因此, 来自未连接 ONU 突然激活的 RTT 值很小的数据不会与来自上一循环的 ONU 数据发生冲突。另外, 即使未连接 ONU 仍然保持未连接状态, OLT 也能够安排向下一个 ONU 发送许可消息 (即保证 5 OLT 管线满载)。这是由于来自未连接 ONU 的消息只能在设定时间内接收, 因此来自下一个 ONU 的数据能够在设定时间结束后安全到达, 而无论未连接 ONU 得到激活还是仍然处于未连接状态。

使用交叉存取循环检测方式工作的光学接入网络 202 的一个好处在于不需要使用同步 ONUs。另外不需要进行长途修正 (距离/延迟修正)。而且, 由于所有的安排与裁决均由 OLT204 完成, 光学接入网络 10 能够根据网络状态的变化方便实时的改变计划安排, 而不需要与 ONUs 协商并对新参数取得一致; 由于 ONUs 受 OLT 发送的许可消息驱动, ONUs 也需要同步转换到新的设置。

本发明中, 一种在光学接入网络 202 中传输光学信号的方法如图 15 12 所示。在步骤 1202, 通过图 11 中介绍的冷启动过程, OLT204 的处理器 222 在存储器 220 中生成一个循环表。这一循环表中包括 ONUs 206, 208 和 210 中等待向 OLT 发送的当前数据量信息。在步骤 1204, 许可消息的发送时间得到安排。接下来在步骤 1206, 根据安排的发送 20 时间, 许可消息被有选择的发送到 ONUs。每个许可消息用来指明相应 ONU 授权向 OLT 发送的数据量。授权数据量根据循环表中的信息确定。在步骤 1208, 许可消息被 ONUs 接收。在步骤 1210, 根据许可消息, 相应的 ONUs 发送请求消息和等待发送的授权数据量。请求

消息中包括关于相应 ONUs 中当前等待发送数据量的更新信息。接下来，在步骤 1212，请求消息与授权数据量被 OLT 接收。在步骤 1214，循环表被 OLT 处理器根据请求消息中的更新信息更新。在步骤 1214 之后，这一方法根据更新后的循环表，重复执行步骤 1204-1214。

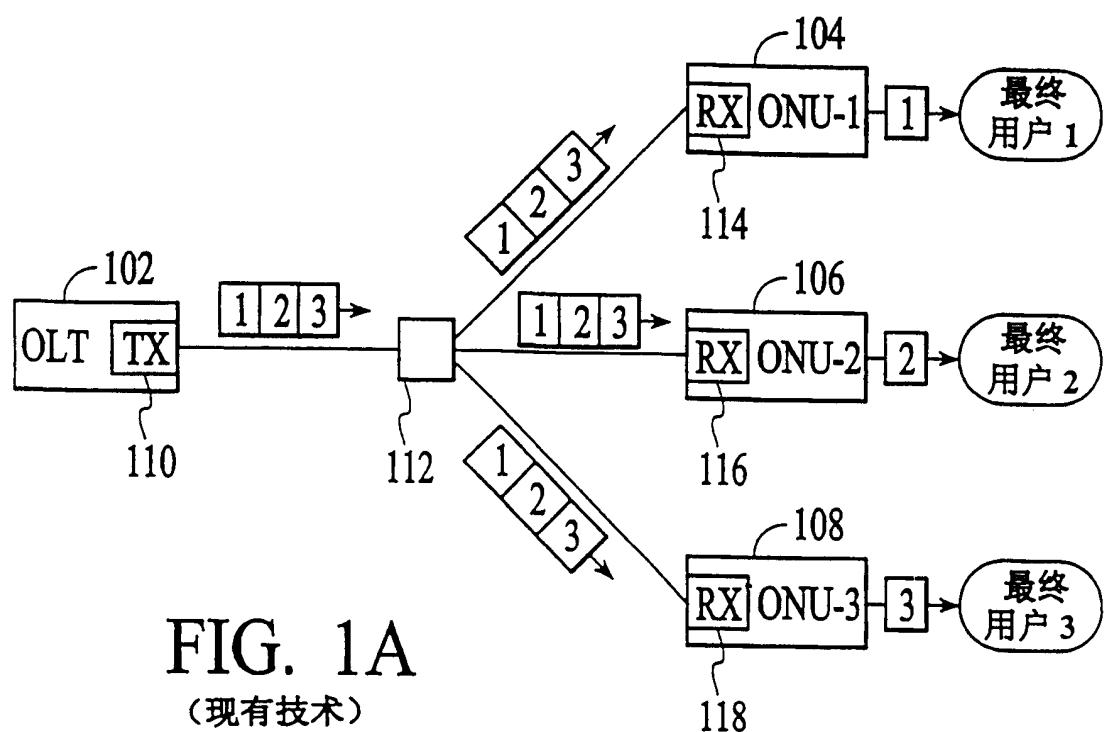


FIG. 1A
(现有技术)

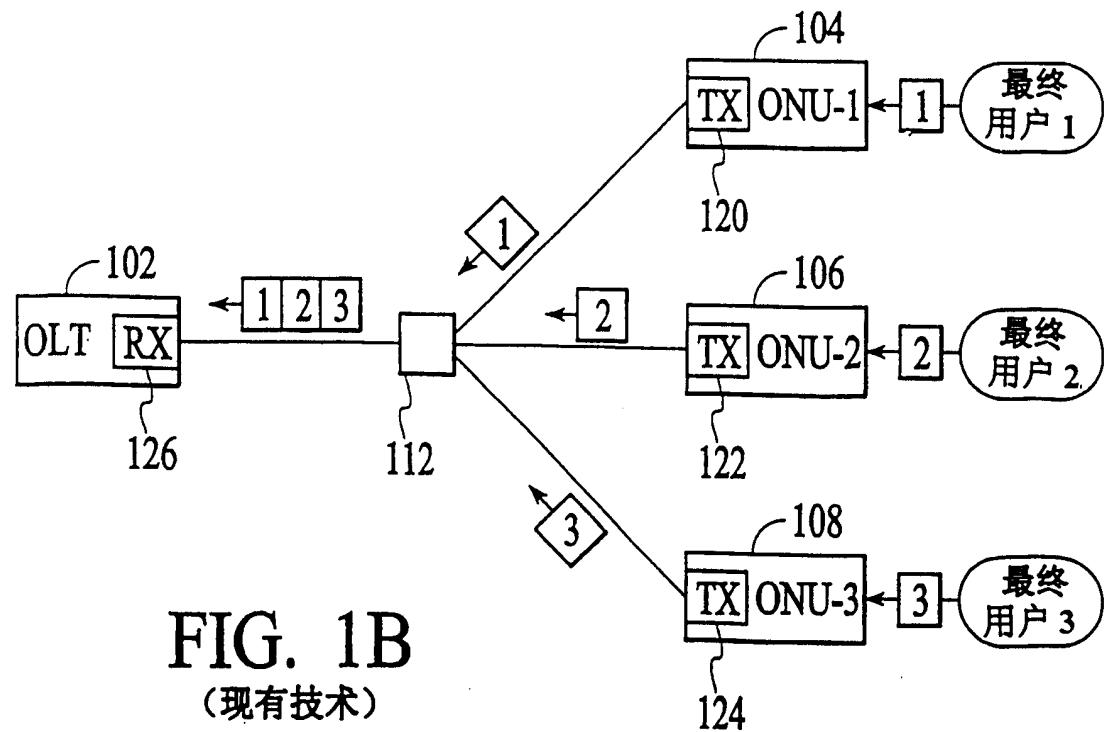


FIG. 1B
(现有技术)

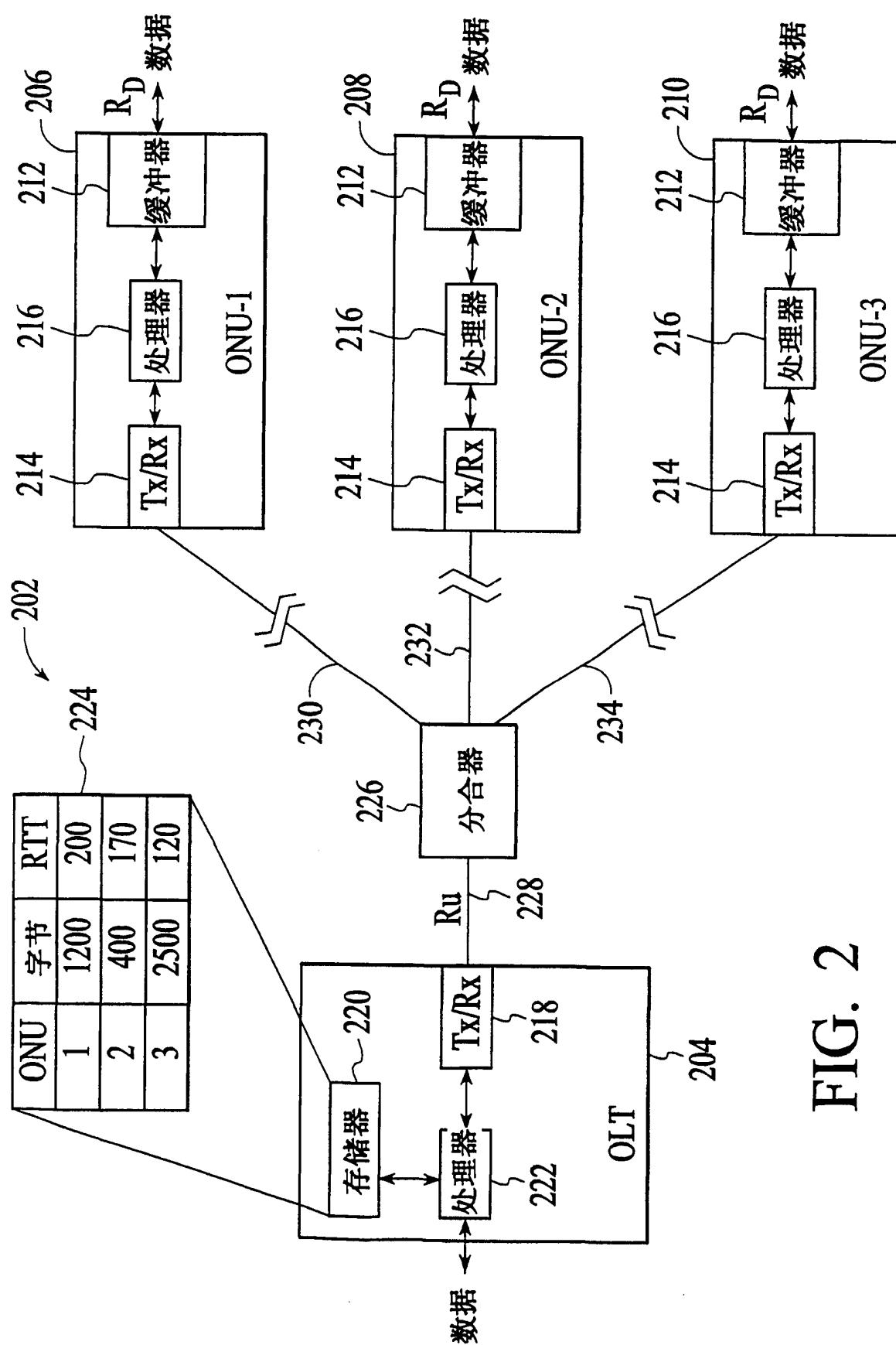


FIG. 2

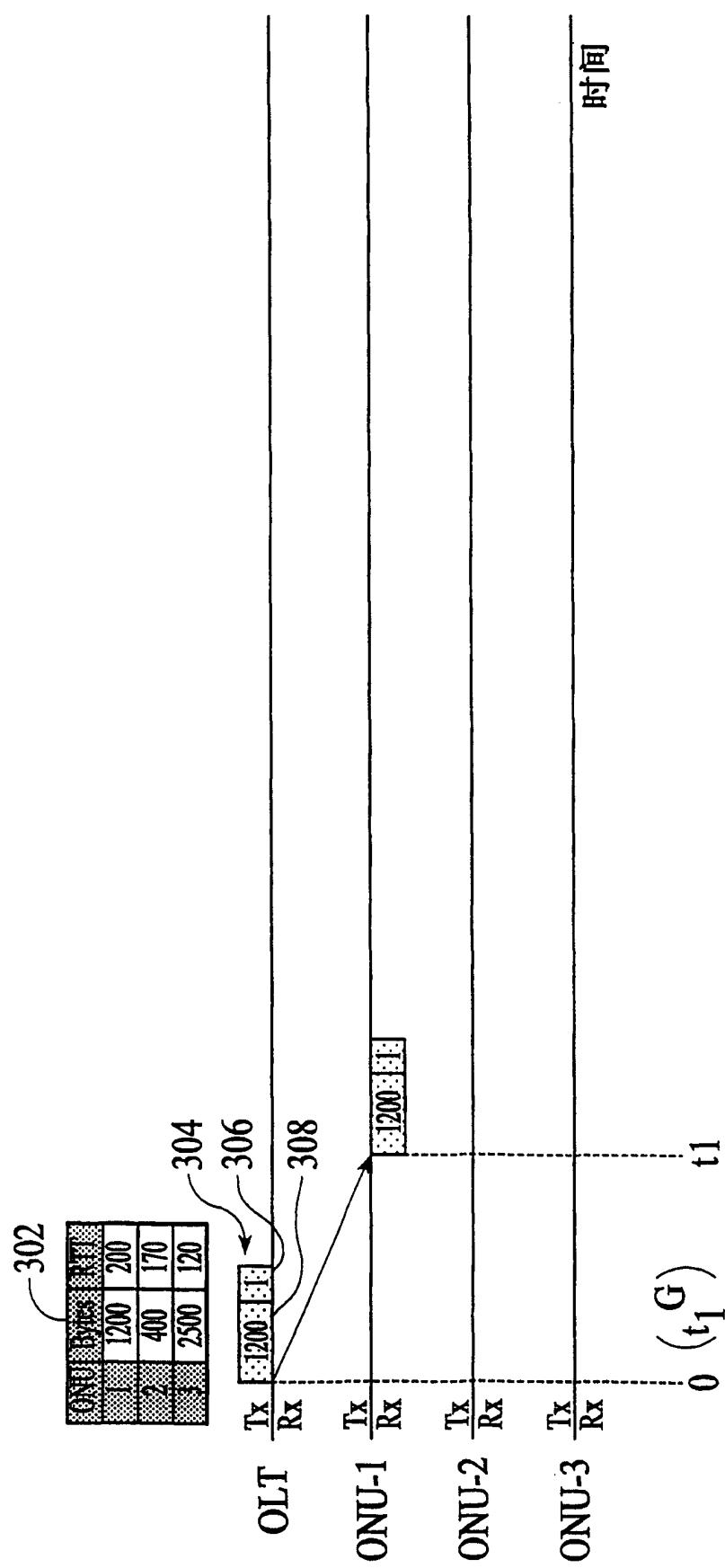


FIG. 3

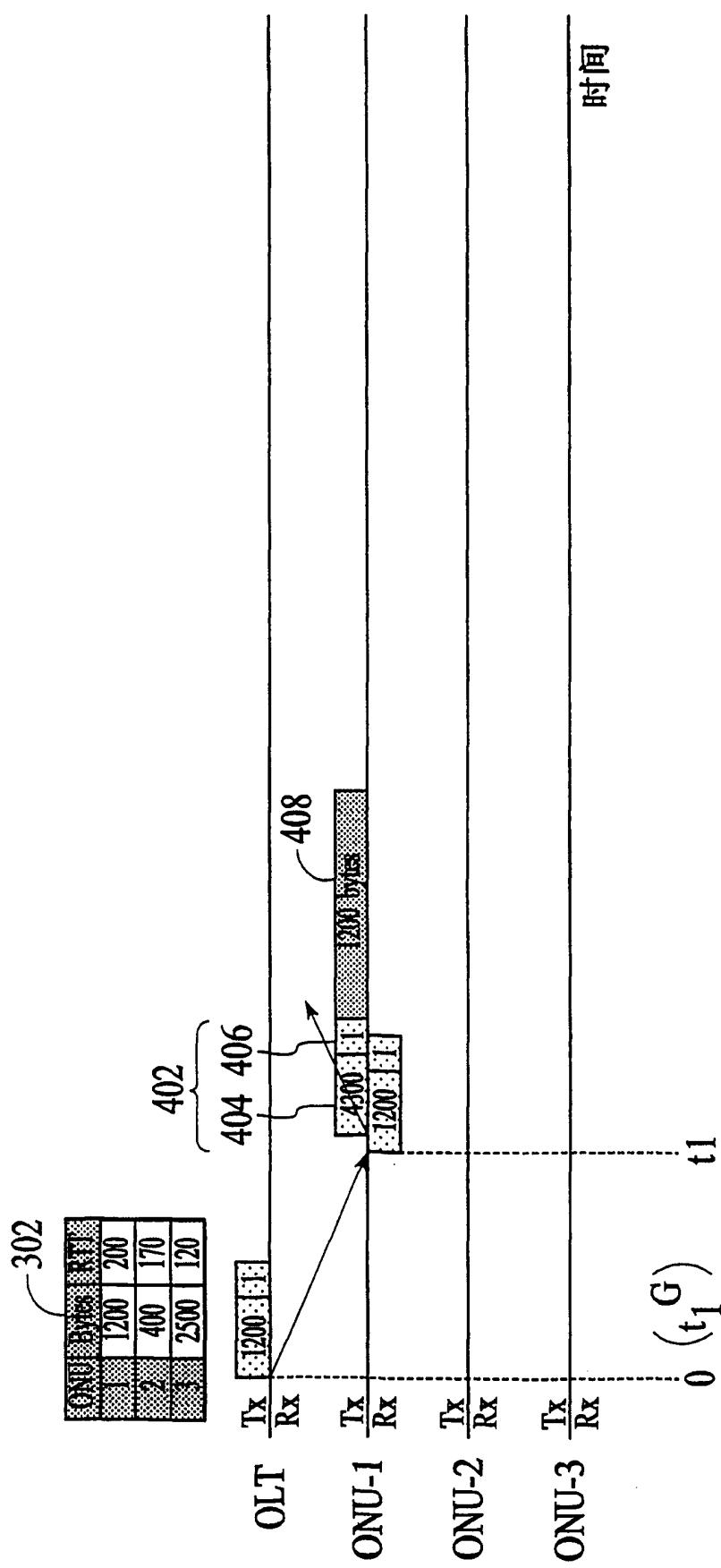


FIG. 4

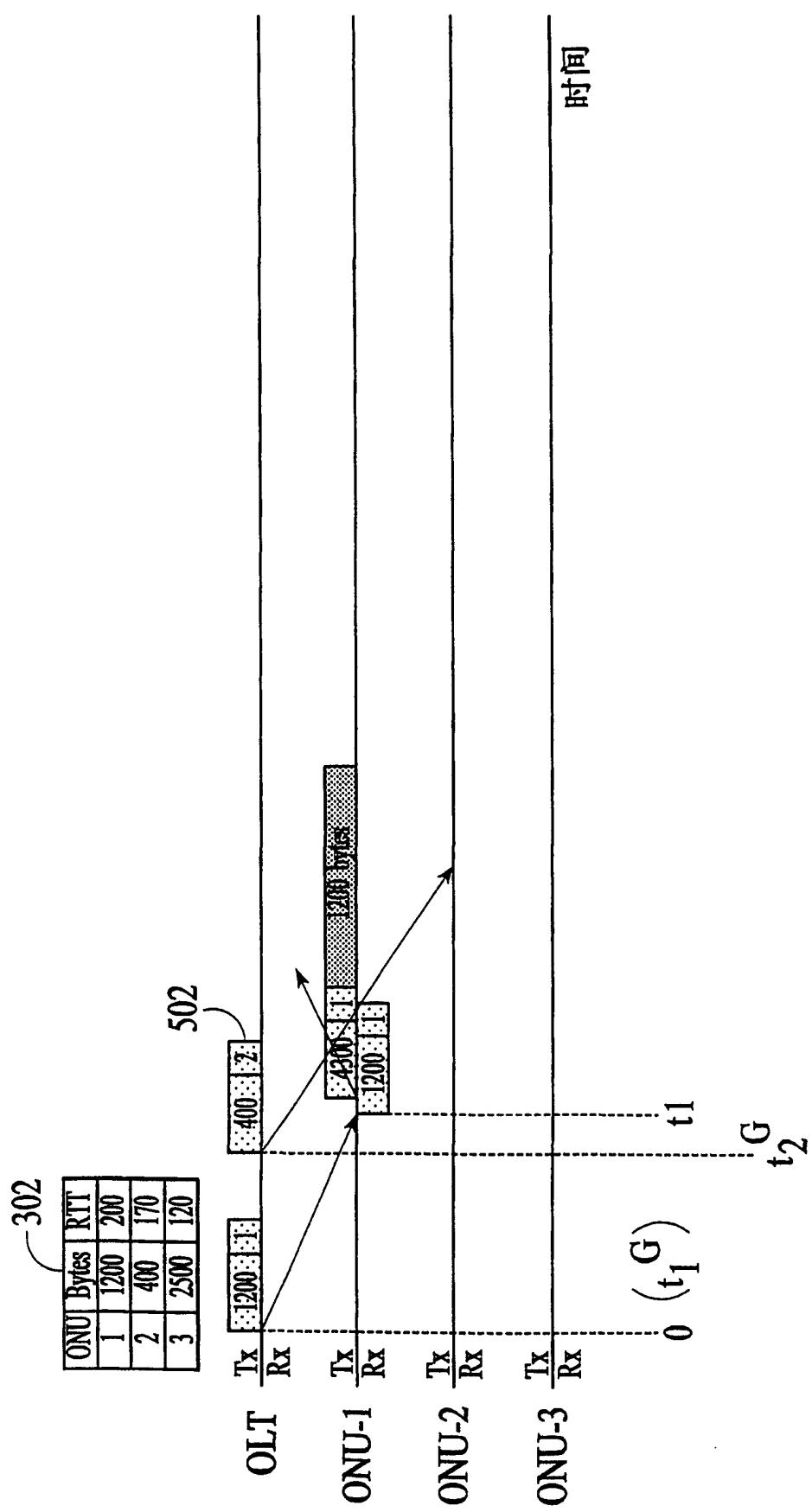


FIG. 5

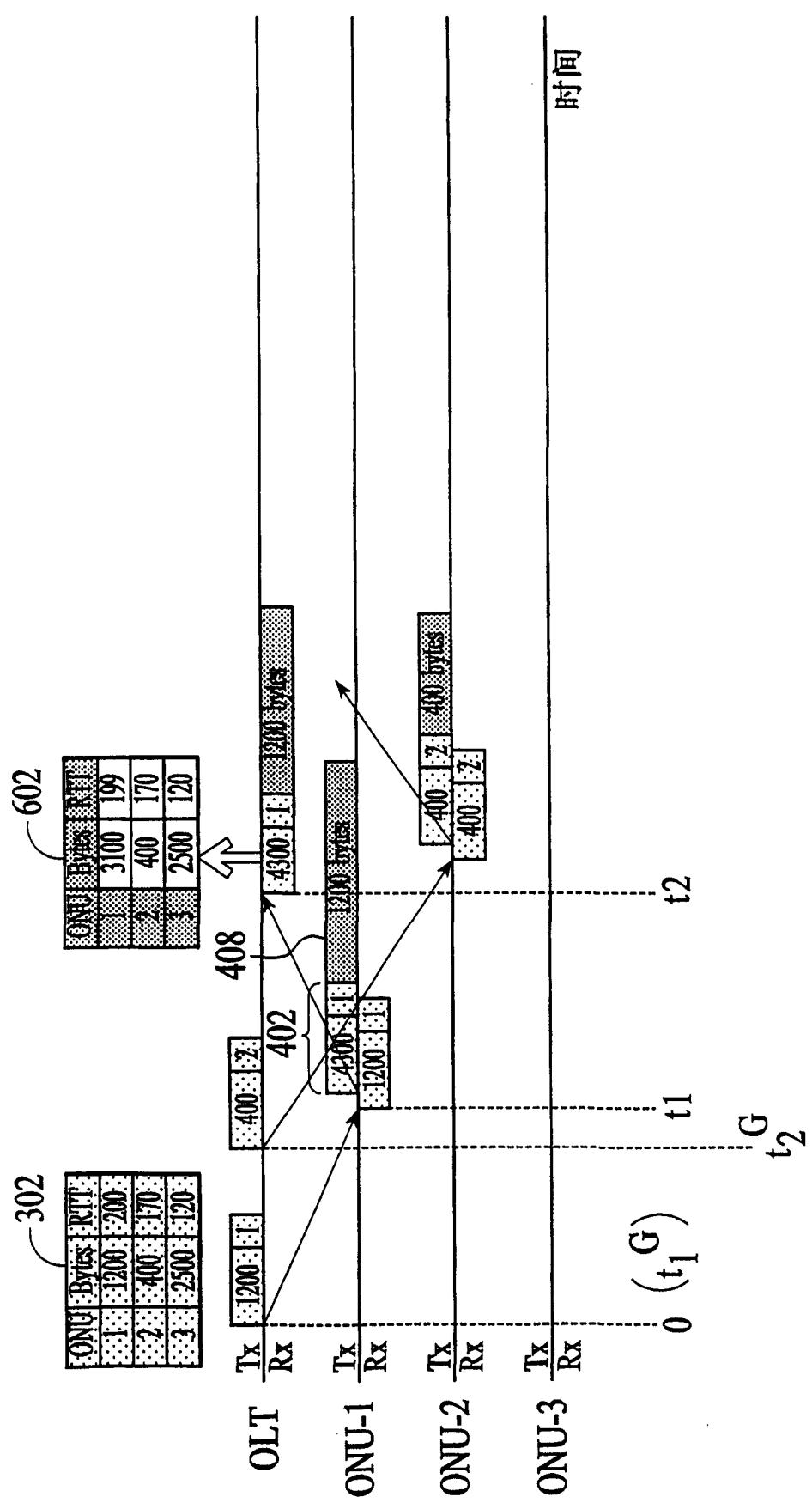


FIG. 6

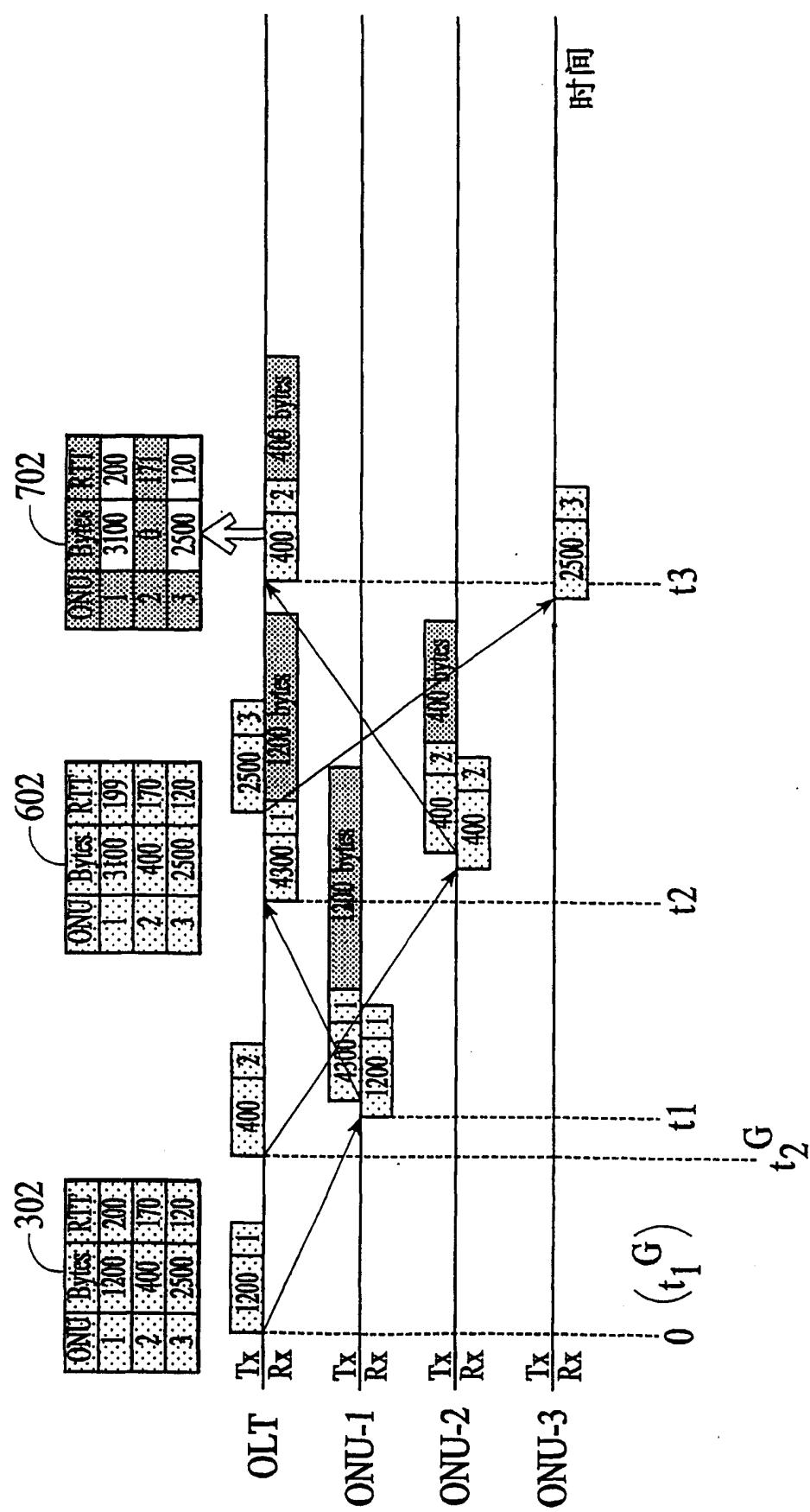


FIG. 7

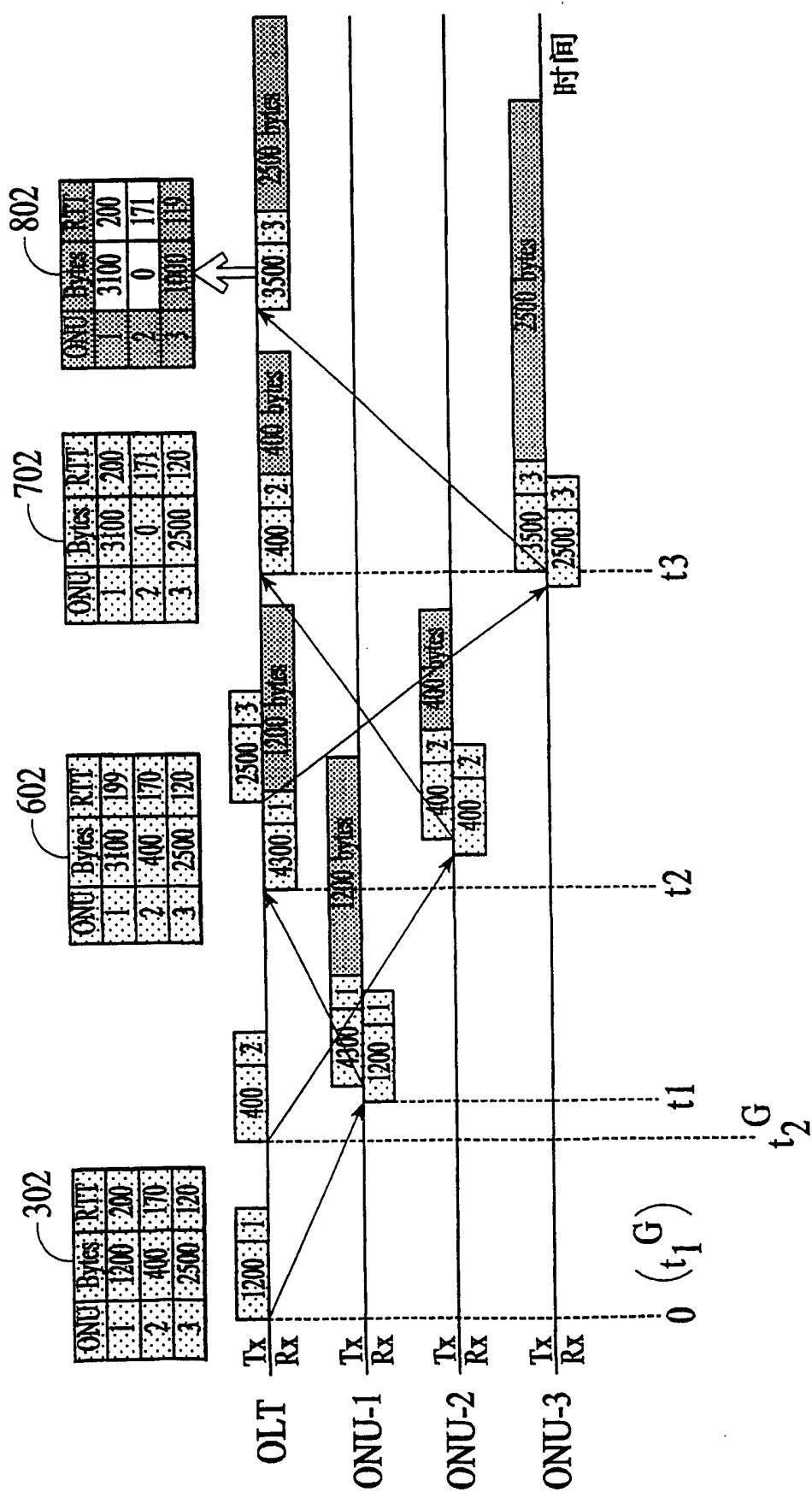


FIG. 8

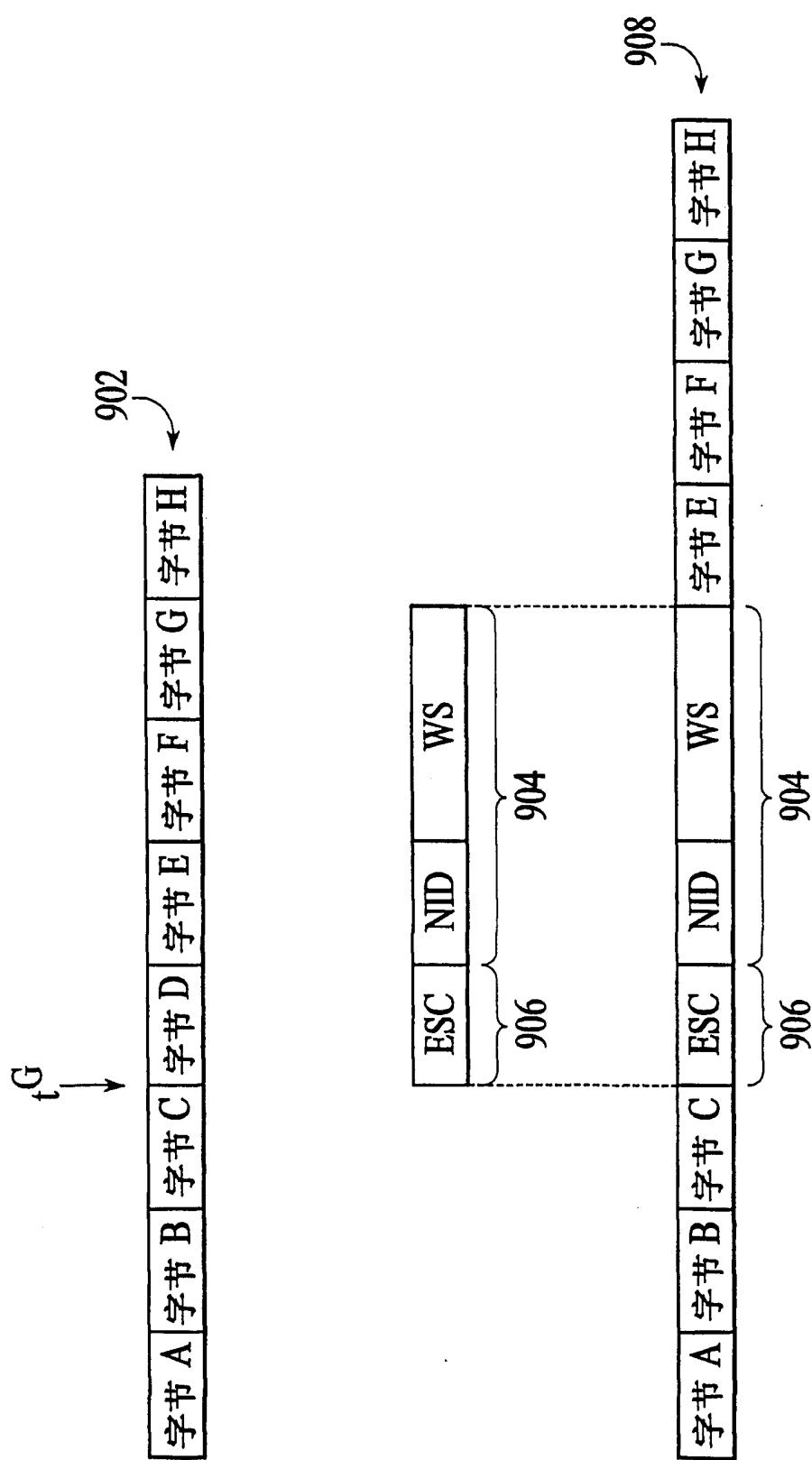


FIG. 9

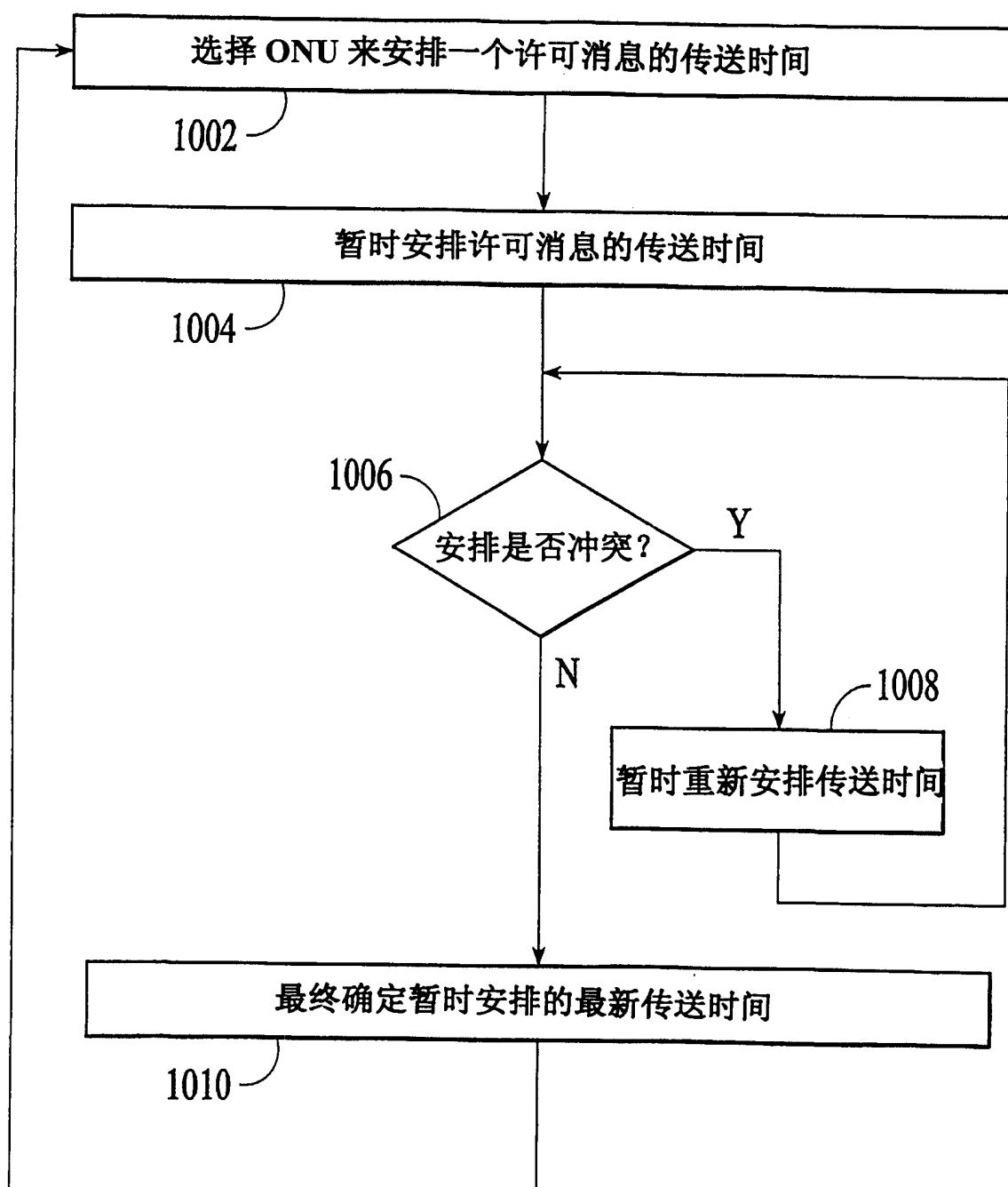


FIG. 10

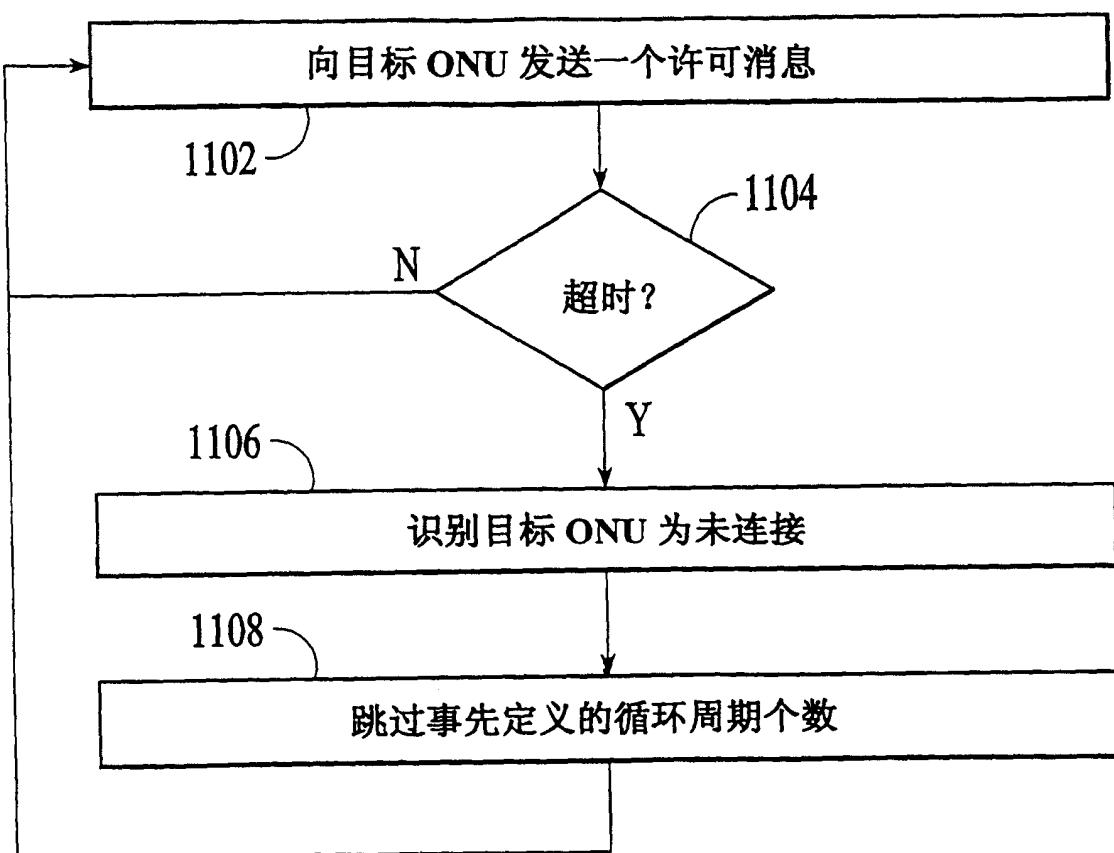


FIG. 11

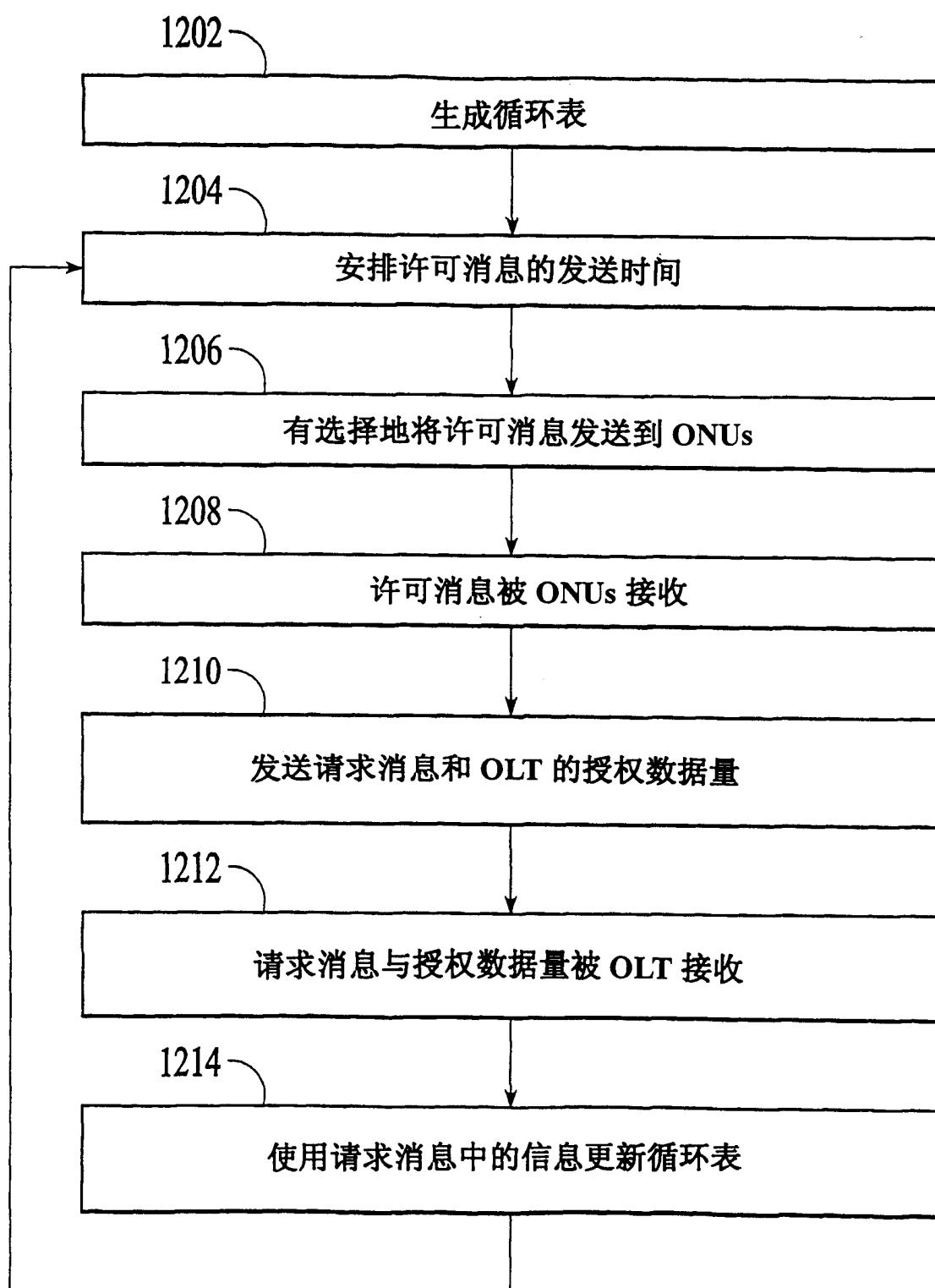


FIG. 12