

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04J 3/22 (2006.01)

H04J 3/24 (2006.01)

H04J 14/08 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01821736.2

[45] 授权公告日 2007 年 1 月 31 日

[11] 授权公告号 CN 1298122C

[22] 申请日 2001.11.16 [21] 申请号 01821736.2

[30] 优先权

[32] 2000.11.17 [33] US [31] 09/715,275

[86] 国际申请 PCT/US2001/043634 2001.11.16

[87] 国际公布 WO2002/045308 英 2002.6.6

[85] 进入国家阶段日期 2003.7.3

[73] 专利权人 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 杰彻恩·库 杜米特鲁·格鲁亚

格伦·克雷默 格里·珀萨文特

[56] 参考文献

WO9832307A1 1998.7.23 H04Q11/04

US6041054A 2000.3.21 H04Q11/04

US5181106A 1993.1.19 H04N7/22

审查员 李振华

[74] 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司

代理人 霍育栋 王蔚

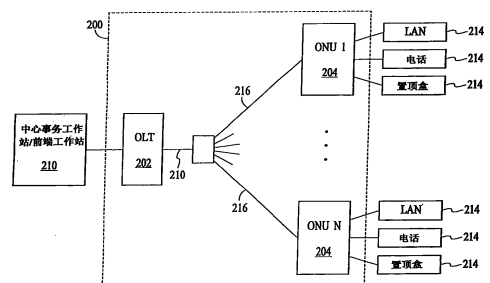
权利要求书 7 页 说明书 17 页 附图 7 页

[54] 发明名称

使用可变长度数据包的单点对多点无源光网络

[57] 摘要

单点对多点无源光网络在可变长度数据包中，从光线路终端(OLT-202)向多重网络单元(ONUs-204)传送下行数据，并由 ONUs(204)向 OLT(202)传送上行数据，采用时间分割多路传输以避免传输冲突。在一实施例中，可变长度下行和可变长度上行数据包的数据格式根据 IEEE 802.3 进行设定。在一实施例中，可变长度下行和上行数据包的长度与在包内传送的互联网协议(IP)数据报的长度相关。



1、单点对多点光通信系统包括：

一个光线路终端（OLT）；和

5 多个光网络单元（ONUs），由一个无源光网络与上述 OLT 相连，下行数据通过所述无源光网络从所述 OLT 向所述 ONUs 传送；上行数据通过所述无源光网络由所述 ONUs 向所述 OLT 传送，

所述 OLT 通过所述无源光网络，在可变长度下行数据包中传输下行数据；

10 所述 ONUs 通过所述无源光网络，采用时间分割多路传输，在 ONU 专用时隙内传输上行数据。其中，所述 ONU 专用时隙被多个可变长度上行数据包所占满。

2、如权利要求 1 所述的系统，其中所述可变长度下行数据包的数据格式根据 IEEE 802.3 协议设定。

3、如权利要求 1 所述的系统，其中所述可变长度下行数据包包括互联网协议（IP）数据报。

20 4、如权利要求 3 所述的系统，其中所述可变长度下行数据包的长度与所述 IP 数据报的长度相关。

- 5、如权利要求 1 所述的系统，其中所述可变长度上行数据包的数据格式根据 IEEE 802.3 协议设定。
- 6、如权利要求 1 所述的系统，其中所述可变长度上行数据包包括互联网协议（IP）数据报。
- 7、如权利要求 6 所述的系统，其中所述可变长度上行数据包的长度与所述 IP 数据报的长度相关。
- 8、如权利要求 1 所述的系统，其中
所述可变长度下行数据包和所述可变长度上行数据包的数据格式根据 IEEE 802.3 协议设定；且
所述下行数据和所述上行数据包括互联网协议（IP）数据报。
- 9、如权利要求 1 所述的系统，其中
所述 OLT 包括一个段缓冲器，用以存储已经从所述 ONUs 上行传输的包段；
所述 ONUs 包括一个段缓冲器，用以存储将要从所述包段 ONUs 上行传输的包段。
- 10、如权利要求 9 所述的系统，其中所述 ONUs 包括段逻辑装置，用于：
将可变长度上行数据包分为第一和第二包段；和

给所述第一包段加上末端代码，给所述第二包段加上包段起始代码。

11、如权利要求 10 所述的系统，其中所述 OLT 包括段逻辑装置，用于：

5 识别所述第一包段的包段末端代码；

对所述 OLT 段逻辑中的所述第一包段进行缓冲操作；

识别所述第二包段的包段起始代码；

对所述第一和第二包段中的所述可变长度上行数据包进行重建。

10 12、单点对多点无源光网络中，光线路终端（OLT）和多重光网络单元（ONUs）之间信息交换的方法包括：

在可变长度下行数据包中，从所述 OLT 传输下行数据到所述 ONUs ；

15 在 ONU 专用时隙中，从所述 ONUs 传输上行数据到所述 OLT，
采用时间分割多路传输以避免传输冲突；其中，所述 ONU 专用时隙被可变长度上行数据包所占满。

13、如权利要求 12 所述的方法，其中所述可变长度下行数据包和上行数据包的数据格式根据 IEEE 802.3 协议设定。

20

14、如权利要求 12 所述的方法，其中所述可变长度下行数据包和上行数据包包括一个头和一个有效载荷；其中，每个所述可变长度数据包

的长度与在所述可变长度数据包的有效载荷中的 IP 数据报的长度相关。

15、如权利要求 12 所述的方法还包括以下步骤：

- 5 将下行 IP 数据报插入所述可变长度下行数据包中；且
将上行 IP 数据报插入所述可变长度上行数据包中。

16、如权利要求 15 所述的方法，其中，所述可变长度下行和上行数据包的数据格式根据 IEEE 802.3 协议设定。

10

17、如权利要求 12 所述的方法，其中所述传输下行数据的步骤包括在连续的时间间隔传输下行同步标志。

- 18、如权利要求 12 所述的方法，其中所述 ONU 专用时隙被多个可变
15 长度数据包占满。

19、如权利要求 12 所述的方法还包括以下步骤：

将可变长度上行数据包分为第一包段和第二包段；

给所述第一包段的末端加上包段末端代码；

- 20 给所述第二包段的起始端加上包段起始代码。

20、如权利要求 19 所述的方法还包括以下步骤：

在第一 ONU 专用时隙中传输所述第一包段的上行数据；

对所述第二包段进行缓冲操作，以便在与所述第一 ONU 专用时隙不同的第二 ONU 专用时隙传输数据；

在所述第一包段被所述 OLT 接收后，对所述第一包段进行缓冲操作；和

在所述 OLT 中，对所述第一包段和第二包段进行重新组合，重建所述可变长度上行数据包。

21、一种单点对多点光通信系统包括：

10 一个光线路终端（OLT）；和

多个通过无源光网络与所述 OLT 联接的光网络单元（ONUs），通过无源光网络，下行数据从所述 OLT 传输到所述 ONUs，上行数据从所述 ONUs 传输到所述 OLT；

所述 OLT 包括将下行数据报格式化为可变长度下行数据包的装置；

每个所述 ONU 包括：

将上行数据报格式化为可变长度上行数据包的装置；和

给所述可变长度上行数据包定时，使之与 ONU 专用时隙保持一致，以避免与来自其它 ONUs 的上行数据包发生冲突。

20

22、如权利要求 21 所述的系统，其中所述可变长度下行数据包的数据格式根据 IEEE 802.3 协议设定。

23、如权利要求 21 所述的系统，其中所述下行数据报是互联网协议（IP）数据报。

5 24、如权利要求 23 所述的系统，其中所述可变长度下行数据包的长度与所述 IP 数据报的长度相关。

25、如权利要求 21 所述的系统，其中所述可变长度上行数据包的数据格式根据 IEEE 802.3 协议设定。

10

26、如权利要求 21 所述的系统，其中所述上行数据报是互联网协议（IP）数据报。

15 27、如权利要求 26 所述的系统，其中所述可变长度上行数据包的长度与所述 IP 数据报的长度相关。

28、如权利要求 21 所述的系统，其中：

所述可变长度下行数据包和所述可变长度上行数据包的数据格式根据 IEEE 802.3 协议设定；且

20 所述下行数据报和所述上行数据报的长度与所述 IP 数据报的长度相关。

29、如权利要求 21 所述的系统，其中

所述 OLT 包括一个存储已经从所述 ONUs 上行传输包段的段缓冲器；且

所述 ONUs 包括一个存储即将从所述 ONUs 上行传输包段的段缓冲器。

30、如权利要求 29 所述的系统，其中所述 ONUs 包括段逻辑装置，用来：

将可变长度上行数据包分为第一和第二包段；和
给所述第一包段加上包段末端代码；给所述第二包段加上包段起始代码。

31、如权利要求 30 所述的系统，其中所述 OLT 包括段逻辑装置，用来：

识别所述第一包段的包段末端代码；
在所述 OLT 段缓冲器对所述第一包段进行缓冲操作；
识别所述第二包段的包段起始代码；
对所述第一包段和第二包段进行重新组合，重建所述可变长度上行数据包。

20

使用可变长度数据包的单点对多点无源光网络

5

发明领域

本发明涉及宽带光通信网络，特别是单点对多点无源光学网络。

发明背景

10 随着互联网的蓬勃兴起，人们希望为最终用户提供各种通信、娱乐服务，这就需要宽带网络结构为最终用户提供通路，单点对多点无源光学网络（PON）就是这种改善最终用户接入的宽带网络结构。单点对多点无源光学网络 PON 是一种光导网络结构，它是完全无源的光导传播网络，使光线路终端（OLT）和多重远程光网络单元（ONUs）
15 之间的宽带传输更为便利。单点对多点无源光学网络 PON 利用无源光纤分裂器和耦合器在光线路终端 OLT 和多重远程光网络单元 ONUs 之间无源地分配光学信号。

图 1A 和图 1B 显示了单点对多点 PON 中，一个光线路终端 OLT 102 和三个光网络单元 ONUs104 之间网络通信的下行和上行数据的流
20 程。虽然图中只描绘了三个光网络单元，但在一个单点对多点 PON 中会有更多的光网络单元。如图 1A 所示，包含光网络单元的信息块的下行数据是从光线路终端传出的。无源光学分裂器 112 将下行传输

数据分为三个单独信号，每个信号输送全部光网络单元的信息块。每个光网络单元读取指定的信息块而不读取其它的信息块。例如，ONU-1 收到了信息块 1、信息块 2 和信息块 3 的数据，但它只给最终用户 1 发送信息块 1 的数据。同样，ONU-2 只给最终用户 2 发送信息块 2 的数据，ONU-3 只给最终用户 3 发送信息块 3 的数据。在图 1B 中，上行传输采用时间分割多路传输系统，传输时隙专用于光网络单元。系统将时隙同步，这样，一旦信息块在共用光纤 110，即通常所指的干线中联接时，来自光网络单元的信息块就不会相互干扰。例如，ONU-1 在第 1 时隙传输信息块 1，ONU-2 在第 2 不重叠时隙传输信息块 2，ONU-3 在第 3 不重叠时隙传输信息块 3。如图 1B 所示，所有信息块都在干线不重叠时隙传输。

因为单点对多点 PON 是用来传送集成的声音、数据和视频业务的，所以现有的单点对多点无源光网络都是围绕 ATM 数据传输协议进行设计，该协议以实现在单一的传输通道传送集成的声音、数据和视频为业务质量（QoS）特色的设计。众所周知，在分组开关通信中，ATM 协议传输信息是在固定长度的 53 字节单元（48 字节用于有效载荷，5 字节用于开销）中进行的。在基于 ATM 的单点对多点的 PON 中，固定长度 ATM 单元用来在上、下行两个方向传送信息。例如，在已经公开的 U. S. Pat. No. 5,978,374 中，每个在上行传输流程的时隙都包含有一个单独的固定长度 ATM 单元和一个固定长度传输控制字段。

虽然 ATM 协议使用固定的 53 字节单元，但 ATM 网络经常需要

传输广泛使用的互联网协议（IP）格式的数据。互联网协议要求数据分成最大字长为 65535 字节的可变长度数据报。为了使基于 ATM 的单点对多点 PON 能够传输互联网协议的数据，互联网协议数据报必须分成 48 字节段，而且要加上一个 5 字节头。将所有输入的互联网协议数据报分为 48 字节段和加上一个 5 字节头的做法，占用了单点对多点 PON 中大量有价值的带宽。除了 ATM 头增加带宽开销之外，将互联网协议数据报转换成 ATM 单元数据的过程也会消耗时间。另外，专用的硬件也增加了光线路终端和光网络单元成本。

另一个已应用于单点对多点 PON 的数据传输协议是 IEEE 802.3 协议（一般称为以太网）。以太网在可长达 1518 字节的可变长度数据包中传送有效载荷数据（比如互联网数据报）。虽然以太网协议数据单位被形容为“数据包”，但一般还是称之为以太网“帧”。同基于 ATM 的单点对多点 PON 相比，单点对多点 PON 中使用 1,518 字节的可变长度数据包，能够大大降低互联网协议数据传输的开销。除了降低传输开销的优势之外，以太网网络的组部件价格也相对便宜。

当以太网中的多个工作站共用一个物理传输通道时，以太网协议利用载波侦听多路访问/冲突检测协议（CSMA/CD）作为媒体访问控制机制，以避免数据传输冲突。载波侦听多路访问/冲突检测是一种有效的媒体访问控制协议，它不需要多个工作站进行同步。在以太网网络应用载波侦听多路访问/冲突检测，要求数据包的最小长度必须大于最大的网络来回传播时间，以避免所有网络中的工作站都无法检测到的传输冲突。就是说，在多工作站以太网网络中的用户间最大间隔距

离受冲突范围的限制。例如，一个工作在 1 Gb/s 的以太网网络，由于受到载波侦听多路访问/冲突检测的限制，其工作站之间最大间隔距离大约有 200 米左右。考虑到单点对多点 PON 商业上的可行性，光线路终端和光网络单元间隔距离应大于载波侦听多路访问/冲突检测所允许的最大距离。除了冲突范围的限制之外，依赖于载波侦听多路访问/冲突检测的以太网网络是非确定性的。就是说，光线路终端和光网络单元间传输的业务质量(QoS)难以保证。

考虑到基于 ATM 的单点对多点 PON 和基于以太网的、使用载波侦听多路访问/冲突检测的单点对多点 PON 的诸多限制，使用可变长度数据包、增大光线路终端和光网络单元之间最大允许距离的单点对多点 PON 是必要的。

发明概要

单点对多点通信的系统和方法包括一个 PON，下行数据从光线路终端以可变长度数据包的形式向多重网络单元传送；上行数据由多重网络单元以可变长度数据包的形式向光线路终端传送，并采用时间分割多路传输系统以避免传输冲突。与基于 ATM 的单点对多点 PON 相比，使用可变长度数据包代替固定长度 ATM 单元传送诸如 IP 等数据，能够降低数据传输的开销。另外，采用时间分割多路传输系统以避免上行传输冲突，消除了采用 CSMA/CD 作为媒体访问控制协议的共享数据网络的距离限制。

一个单点对多点光通信系统的实施例包括一个光线路终端和许多

光网络单元，光线路终端和光网络单元由无源光网络连接。在无源光网络中，下行数据从光线路终端通过 PON 向光网络单元传送，上行数据由多重网络单元通过 PON 向光线路终端传送。光线路终端通过无源光网络以可变长度下行数据包传送下行数据。光网络单元专用时隙采用时间分割多路传输系统通过无源光网络传送上行数据，其中的光网络单元专用时隙包含了多重可变长度上行数据包。

一实施例中，可变长度下行数据包根据 IEEE 802.3 或“以太网”协议进行格式化。一实施例中，可变长度下行数据包包括 IP 数据报，另一实施例中，可变长度下行数据包的长度与互联网协议的数据报的长度相关。

另一实施例中，可变长度上行数据包根据 IEEE 802.3 协议进行格式化。另一实施例中，可变长度数据包包括 IP 数据报，另一实施例中，可变长度上行数据包的长度与 IP 数据报的长度相关。

一实施例中，可变长度下行数据包和可变长度上行数据包根据 IEEE 802.3 协议进行格式化，下行数据和上行数据都包括 IP 数据报。

一实施例中，OLT 包含一个用于存储已经从 ONU 传送的上行包段的段缓冲。ONU 包含用于存储将要从 ONU 传送的上行包段的段缓冲。除了段缓冲之外，ONU 还可以包含段逻辑装置，用于分配上行可变长度数据包进入第一和第二包段，并将包段的结束码加到第一包段，将包段的起始码加到第二包段。除了用于 ONU 的段逻辑装置之外，OLT 也可以包含段逻辑装置，用于识别第一包段的包段末端码；缓冲在 OLT 段缓冲的第一包段；识别第二包段的包段起始码；在第一

和第二包段重建上行可变长度数据包。

在单点对多点 PON 中，一个 OLT 和多重 ONUs 交换信息的方法包括在可变长度下行数据包中，将下行数据从 OLT 传送到 ONUs；在 ONU 专用时隙将上行数据从 ONUs 传送到 OLT，并采用时间分割多路传输系统以避免传输冲突，其中的 ONU 专用时隙包含了可变长度上行数据包。

一实施例中，可变长度下行和上行数据包按照 IEEE 802.3 协议进行格式化。一实施例中，可变长度下行和上行数据包包含一个头和一个有效载荷，可变长度数据包的长度与包含在可变长度数据包有效载荷中的 IP 数据报的长度相关。

该方法的一实施例包括：将下行 IP 数据报插入可变长度下行数据包；将上行 IP 数据报插入可变长度上行数据包。一实施例中，可变长度下行和上行数据包按照 IEEE 802.3 协议进行格式化。

一实施例中，传送下行数据的步骤包括在恒定的时间间隔传送下行同步标志。

一实施例中，ONU 专用时隙包含了多重可变长度数据包。

该方法的一实施例包括：分配上行可变长度数据包进入第一包段和第二包段；将包段的末端码加到第一包段末端；将包段的起始码加到第二包段起始端。一实施例还包括在第一 ONU 专用时隙传送第一包段上行数据；在与第一 ONU 专用时隙不同的第二 ONU 专用时隙中，缓冲待传送的第二包段，OLT 接收到第一包段后对其进行缓冲操作；在 OLT 中，对第一包段和第二包段重新组合，重建上行可变长度数据

包。

下面将用附图和实例说明本发明原理，并详细描述本发明其它方面的优势。

5 附图简述

图 1A 描述了在一个单点对多点 PON 中从一个 OLT 到多重 ONUs 的下行数据流程。

图 1B 描述了在一个单点对多点 PON 中从多重 ONUs 到一个 OLT 的上行数据流程。

10 图 2 描述了单点对多点 PON 的树状拓扑结构。

图 3 是根据本发明的一实施例，用于可变长度数据包下行传输的 OLT 功能框图。

图 4 根据本发明的一实施例，描述了本发明使用可变长度数据包从一个 OLT 到多重 ONUs 的下行传输的一个实例。

15 图 5 是根据本发明的一实施例，描述了一个采用时间分割多路传输，用于可变长度数据包上行传输的 ONU 功能框图。

图 6 是根据本发明的一实施例，描述了采用时间分割多路传输系统以避免传输冲突的可变长度数据包的一个上行传输实例。

图 7 是根据本发明的一实施例，描述了一个被分为两个包段的可变长度数据包，第一个包段包含一个包段末端码，第二个包段包含一个包段起始码。
20

图 8 是根据本发明的一实施例，描述了图 7 中的包段在连续的

ONU 专用时隙中传输。

图 9 是根据本发明的一实施例，一个包含有包段逻辑装置和包段缓冲器的 OLT。

图 10 是根据本发明的一实施例，一个包含有包段逻辑装置和包段缓冲器的 ONU。

图 11 是根据本发明的一实施例，在 OLT 和多重 ONUs 之间交换信息的方法的数据报流程。

发明的详细描述

单点对多点通信的系统和方法包括 PON，在无源光网络的可变长度数据包中，下行数据从 OLT 传送到多重 ONUs；上行数据从多重 ONUs 传送到 OLT，采用时间分割多路传输系统以避免传输冲突。在一实施例中，下行和上行可变长度数据包按照 IEEE 802.3 标准格式化，可变长度数据包的有效载荷包含一个 IP 数据报。在一实施例中，每个可变长度数据包的长度与在每个可变长度数据包的有效载荷中的 IP 数据报的长度相关。与基于 ATM 的单点对多点 PON 相比，使用可变长度数据包代替固定长度 ATM 单元传送 IP 数据，能够降低数据传输的开销。另外，采用时间分割多路传输系统以避免传输冲突，消除了采用 CSMA/CD 作为媒体访问控制协议的共享数据网络的距离限制。

图 2 描述了一个单点对多点 PON 200 的实例。单点对多点 PON 包含 OLT202 和多重 ONUs 204，两者由无源光传输网络连接。在一实施例中，OLT 与服务器工作站 210 连接，例如中心事务工作站和前端

工作站。服务器工作站提供的服务包括：数据网络访问、声音网络访问和
5 视频网络访问。实例中采用的服务器工作站与 OLT 的连接协议包括：OC-x、以太网、E1/T1、DS3 和宽带视频。在一实施例中，ONUs 与最终用户系统或系统 214 相连，包括局域网、个人计算机、PBX、
10 电话、置顶盒和电视。实例中采用的最终用户系统与 ONUs 的连接协议包括：10/100 Mb/s 以太网、T1 和简易老式电话业务（POTS）。

图 2 所示的是无源光传输网络的树状拓扑结构，它包括公共光纤 210（干线光纤）和由无源光分裂/耦合器 212 连接的多重 ONU 专用光纤 216。下行传输方向的光信号（从 OLT 202 到 ONUs 204）光分裂
10 为传送相同信息的 ONU 专用光信号。上行传输方向的光信号（从 ONUs 到 OLT）光耦合后进入连接在耦合器和 OLT 之间的干线光纤。在两个或更多的 ONUs 中采用了时间分割多路传输系统以避免上行传输冲突，下面将做详细解释。

图 2 所示的实施例中，下行方向的光信号与上行方向光信号传输
15 的波长（或频率）不同。在一实施例中，下行传输波长为 1550 nm，上行传输波长为 1310 nm。在上行和下行方向使用不同的波长，能够使信号光纤同时传送上、下行信号而不发冲突。在一可替换的实施例中，分开的下行和上行光纤可用于无源光传输网络。另外，波长分割多路传输（WDM）可用于下行和/或上行传输以增加传输带宽。

20 虽然图 2 中的无源光分配网络有其树状拓扑结构，可替换的网络树状拓扑结构也是可行的。可替换的网络树状拓扑结构包括总线拓扑结构和环状拓扑结构。另外，虽然图 2 的分配网络只描述了联接网络

元件的单个光纤，但也可在网络元件之间增加更多的光纤用来提供故障保护。

图 3 是图 2 中的单点对多点 PON 中 OLT 302 实例的扩展图。数据包控制器 320、时间分割多路传输 (TDM) 控制器 322、光发射器 324 以及光接收器 326 都是 O L T 中的功能装置。OLT 中包括的其它众所周知的功能装置没有描述。数据包控制器从服务器工作站接收下行数字信号，并将其格式化后送入可变长度数据包。数据包控制器包含在硬件和/或软件中，有时是指媒体访问控制 (MAC) 装置。在一实施例中，每个可变长度数据包包括一个位于数据包前部的固定长度的报头，报头后的可变长度有效载荷和一个在数据包末端的固定长度的出错检测字段 (如帧检序列 (FCS) 字段)。在一实施例中，下行可变长度数据包按照 IEEE 802.3 (即通常所说的以太网) 标准，或与 IEEE 802.3x 相关的副标准进行格式化。在一实施例中，下行可变长度数据包以 IEEE 802.3z (一般称为千兆比特以太网) 定义的 1 Gb/s 的速率进行数据传送，虽然低于或高于这一速率也可使用。

在一实施例中，大量下行数字数据以 IP 数据报形式 (即最大长度为 65,535 字节) 进入数据包控制器 320。数据包控制器从 IP 数据报中读取头信息，并产生包含 IP 数据报作为有效载荷的可变长度数据包。在一实施例中，每个可变长度数据包的长度与放入有效载荷的 IP 数据报的长度相关。就是说，如果下行的 IP 数据报是 100 字节，那么可变长度数据包将包括 100 字节有效载荷，外加数据包开销 (报头和出错检测字段)；如果 IP 数据报是 1000 字节，那么可变长度数据包将包括

1000 字节有效载荷外加数据包开销。在一实施例中，数据包按照 IEEE 802.3 协议进行格式化，即最大长度为 1518 字节（1500 字节的有效载荷以及 18 字节的数据包开销）。如果 IP 数据报超过 1500 字节，那么 IP 数据报会在多重可变长度数据包中被分为多个 IP 数据报。而基于 ATM 的单点对多点 PON 不论 IP 数据报的大小都将其分为 48 字节段，然后加上 5 字节的头形成每个 ATM 单元。当网络中传输的主要是 IP 数据时，在单点对多点 PON 中使用 ATM 数据传输协议就会占用大量带宽。虽然 IP 被认为是高层协议，但其它网络协议，比如 IPX 和 Appletalk 也可用于 PON。

10 图 3 所示的 OLT 302 的 TDM 控制器 322，控制从 OLT 到 ONUs 的下行数据流。特别是，TDM 控制器控制下行帧并给可变长度数据包分配下行传输所必需的带宽。TDM 控制器可配备在硬件和/或软件之中。

光发射器 324 和光接收器 326 提供光、电信号的接口。光发射器和接收机在单点对多点 PON 领域众所周知，这里不过多叙述。

图 4 描述的是可变长度数据包从 OLT 到 ONUs 进行下行数据传输的实例。在该实施例中，下行传输被分割后送入固定间隔的下行帧中，每帧传送多重可变长度数据包。在一实施例中，在同步标志 438 中的时钟信息表示每个下行帧的开始。同步标志是一个 1 字节的代码，它每 2 ms 传送一次以使 ONUs 和 OLT 保持同步。

在图 4 的实施例中，每个可变长度数据包由一个特定的 ONU 读取，如由每个数据包上方的数字 1 至 N 表示。在一实施例中，可变长度数

数据包按照 IEEE 802.3 标准进行格式化，并以 1 Gb/s 的速率传送。放大的可变长度数据包 430 描述了头 432、可变长度有效载荷 434 和出错检测字段 436。因为数据包有可变长度有效载荷，所以每个数据包的大小与每个有效载荷的大小相关，例如，IP 数据报或其它数据报是在有效载荷范围内传送。虽然图 4 中的每个可变长度数据包由一个特定的 ONU（单播数据包）读取，一些数据包也可由所有的 ONU（广播数据包）读取，或者由特定的 ONUs 组（组播数据包）读取。

图 5 是图 2 中单点对多点 PON200 中的 ONU 504 实例的扩展图。ONU 功能装置包括：数据包控制器 520、TDM 控制器 522、光发射器 524 和光接收器 526。ONUs 也包括其它常见功能装置，图中未列出。数据包控制器从最终用户系统接收上行数字数据，并将其格式化后送入可变长度数据包，如上所述，每个可变长度数据包包括头、有效载荷和出错检测字段。数据包控制器包含在硬件和/或软件中，有时是指 MAC 装置。如同下行数据传输，在一实施例中，上行可变长度数据包根据 IEEE 802.3 协议进行格式化，并以 1 Gb/s 的速率进行传送。在一实施例中，大量的上行数字数据以 IP 数据报的形式到达数据包控制器。在一实施例中，数据包控制器从上行 IP 数据报中读取头信息，并产生包含 IP 数据报作为有效载荷的可变长度数据包。在一实施例中，每个可变长度数据包的长度分别与 IP 数据报的长度相关。在许多执行过程中，上行传输是通过以太网连接到达 ONUs 的，因此，数据不必在以太网中重定格式。

在图 5 中，每个 ONU 504 的 TDM 控制器 522 控制从每个 ONU

到 OLT 的上行传输流程。特别是每个与 OLT 联接的 ONU 的 TDM 控制器，确保各自的 ONU 传送指定的时分多址（TDMA）协议下的上行可变长度数据包。为了使多重 ONU 同步传输，ONU 使用 OLT 的定时信息保持同步的时钟。在运行中，由 OLT 分配给每个 ONU 专用的时隙，以避免来自多重 ONU 的上行数据在干线光纤结合时发生冲突。就是说，ONU 专用时隙不在干线光纤中发生重叠。值得一提的是；以前的以太网技术是采用 CSMA/CD 作为媒体访问控制协议来确保所有传输的共享数据在达到最终目的单元时不发生冲突。CSMA/CD 限制了 ONU 间的最大间隔距离，于是也就限制了基于单点对多点 PON 的 CSMA/CD 作为本地访问网络结构的以太网的活力。采用时间分割多路传输作为媒体访问控制协议之后，ONU 间的间隔距离不再受 CSMA/CD 冲突范围的限制。TDM 控制器包含在硬件和/或软件中。

图 6 描述了上行传输中的一个实例，在图 2 中的公共光纤 210 中采用时间分割多路传输系统，以避免来自 ONU 204 的上行数据之间在传输中发生冲突。在图 6 所述的实施例中，上行数据被分段为上行帧，每个上行帧又被分段为 ONU 专用时隙。在一实施例中，持续的传输间隔（比如 2 ms）形成了上行帧。在一实施例中，每个上行帧起点是由一个帧头来识别的（图中未显示）。

ONU 专用时隙就是每个上行帧之内的传输间隔，上行帧专用于来自特定的 ONU 的可变长度数据包。在一实施例中，每个 ONU 都有特定的、在每个上行帧之内的 ONU 专用时隙。例如，参照图 6，每个上行帧都被分成 N 个时隙，每个时隙与 1 至 N 中各自的 ONU 相关。

在一实施例中,包括 2ms 的上行帧和 32 个 ONUs,这与带宽分配一致,每个时隙代表小于大约 62.5 μ s 的传输时间。在上行传输速率为 1 Gb/s 时,每个时隙可以传送大约 7800 字节。

每个 ONU 的 TDM 控制器与来自 OLT 的计时信息一起,控制在
5 特定时隙之内可变长度数据包的上行传输计时。图 6 是 ONU 专用时隙(用于 ONU-4)的扩展图,包括两个可变长度数据包 640 和 642 以及一些时隙开销 644。在一实施例中,时隙开销包括防护频带、计时指示器和信号功率指示器。虽然图 6 只画出了两个带有 ONU 专用时隙的可变长度数据包,实际上每个时隙中会有更多的可变长度数据包
10 进行数据传送。相应地,如果没有来自 ONU 的数据传送,时隙中就只有空闲信号。

由于时隙内占满了可变长度数据包,但分配的时隙通常不能被完全可变长度数据包完全占满。也就是说,如果当前时隙不能装载所有待传输的数据包,那么,剩下的数据包只能到下一个时隙去传输。即使
15 剩下的数据包能在下一个时隙内传输,当前时隙的最后部分常常只装了一个待传输帧的部分内容。虽然该帧的部分内容在当前时隙的最后部分传输,接收器会认为该数据包不完整,并被丢弃,数据包必须在下一时隙重新传输。因为每个时隙很少能装载完整的可变长度数据包,所以,在满负荷的信息状况下,时隙的部分传输能力被浪费掉了。
20 如图 6 中 ONU 专用时隙的扩展图显示,该时隙的 646 部分没有用来传输完整的可变长度数据包。下面的协议将介绍怎样充分利用时隙的剩余部分,参见图 7-10。

图 6 也是一个 ONU 专用时隙内的可变长度数据包 642 的扩展图。可变长度数据包 642 的扩展图显示其有一个头 632，可变长度有效载荷 634 和出错检测字段 636。图 6 的实施例中，可变长度数据包的有效载荷是 IP 数据报，可变长度数据包的长度与 IP 数据报的长度相关。

5 图 7-10 描述了利用时隙的剩余部分来传输上行数据的协议。如图 7 所示，众所周知，在分组开关通信领域中，每一可变长度数据包 730 都封装有数据包起始码 760 和末端码 762，用以在物理层面识别每一数据包的开始和末尾。如上所述，在一实施例中，每一可变长度数据包包括一个数据包头、一个可变长度有效载荷和一个出错检测字段，
10 这些内容图 7 没有显示。为了便于说明，现假定图 7 中的可变长度数据包是当前时隙中的最后一个数据包，而且当前时隙的剩余部分装载不下该数据包的全部。在图 7 的例子中，虚线 764 左边代表能够装入当前的时隙的该数据包的一部分，虚线 764 右边代表不能装入当前时隙的部分。

15 为了充分利用每一时隙的可用传输时间，可变长度数据包 730 被分成虚线 764 左、右两段，如图 7 所示。该数据包的前段（段 A770）有一“包段末端”代码 766 加在数据包的末端，数据包的起始端加有数据包起始代码 760。包段末端代码是一独特的代码，它能识别传输的数据单元只是可变长度数据包的一段。当接收装置，例如 OLT，识
20 别该包段末端代码后，OLT 作为数据包片段识别该数据单元并将其存储在包段缓冲器中。数据包片段存储在包段缓冲器中直到接收到相关的包段。

相关包段（段 B772）有一“包段起始端”代码 768 加在包段的起始端，数据包末端加有数据包末端代码 762。包段起始端代码是一特有代码，它能作为数据包片段识别传输单元。在一实施例中，当传输中的单元（例如一个 ONU），将一数据包分成两段时，第二段暂时存储于 ONU 的包段缓冲器中，直到下一个 ONU 专用时隙的到来。

图 8 描述了图 7 中的可变长度数据包 730 是如何通过两个 ONU 专用时隙传输并充分利用了每个时隙的带宽。如图 6 所示，上行数据被分成多个上行帧，而上行帧又进一步被分成多个 ONU 专用时隙。在图 8 的实例中，假定包段 A870 和 B872 在 ONU-3 中生成，并在分配给 ONU-3 的 ONU 专用时隙中传输。在一实施例中，包段 A 在 ONU 专用时隙的末端传输，包段 B 在下一个 ONU 专用时隙起始端传输。虽然包段 B 在下一个 ONU 专用时隙起始端传输，实际上，包段 B 还可以在后面的时隙中传输，或在时隙内的其它位置传输。如图 8 指出的，包括段 A 的 ONU 专用时隙也包括其他可变长度数据包 876 在，例如，段 A 之前传送。同样地，包括段 B 的 ONU 专用时隙也包括可变长度数据包 878 在，例如，段 B 之后传送。

图 9 描述了一个 OLT，它包括段逻辑装置 950 和段缓冲器 952，用来执行上述的协议。段逻辑装置识别独特的包段起始和包段末端代码，并控制包段的缓冲操作以及包段在 OLT 被接收后对其重新组合。在 OLT 中的段缓冲器将传来的第一段（如段 A）存储，直到第二段（如段 B）到达 OLT。

图 10 描述了一个 ONU，它包括段逻辑装置 1050 和段缓冲器 1052，

用来执行上述的协议。段逻辑装置将相应的数据包分为多个包段，在包段中加上包段起始和包段末端代码，并控制包段的缓冲操作。ONU 中的段缓冲器将传来的第二段（如段 B）存储，直到 ONU 专用时隙出现。当一个 ONU 专用时隙可利用时，存在缓冲器中的包段即被传
5 送。

在操作中，在当前的 ONU 专用时隙被占满时，它就会认为时隙的剩余部分不能装载最后一个数据包。于是，最后一个可变长度数据包被分为两部分（段 A 和段 B），段 A 被加上包段末端代码，段 B 的起始端被加上包段起始端代码。段 A 在当前的 ONU 专用时隙中传输，
10 段 B 储存在 ONU 的段缓冲器中。当 OLT 接收到段 A 时，就会识别出包段末端代码，并将段 A 存在 OLT 缓冲器中。ONU 在下一个可用的时隙中传输段 B，当 OLT 接收到段 B 时，会识别出包段起始代码。然后，段 A 和段 B 由 OLT 组合成原来的可变长度数据包。

图 11 是在单点对多点 PON 中，一个 OLT 和多个 ONUs 之间信息
15 交换的流程图。在步骤 1102 中，从 OLT 到 ONUs 之间的下行数据在可变长度下行数据包进行传输。在步骤 1104 中，从 ONUs 到 OLT 之间的上行数据在 ONU 专用时隙进行传输，并采用时间分割多路传输以避免传输冲突，其中，ONU 专用时隙被可变长度上行数据包所占满。

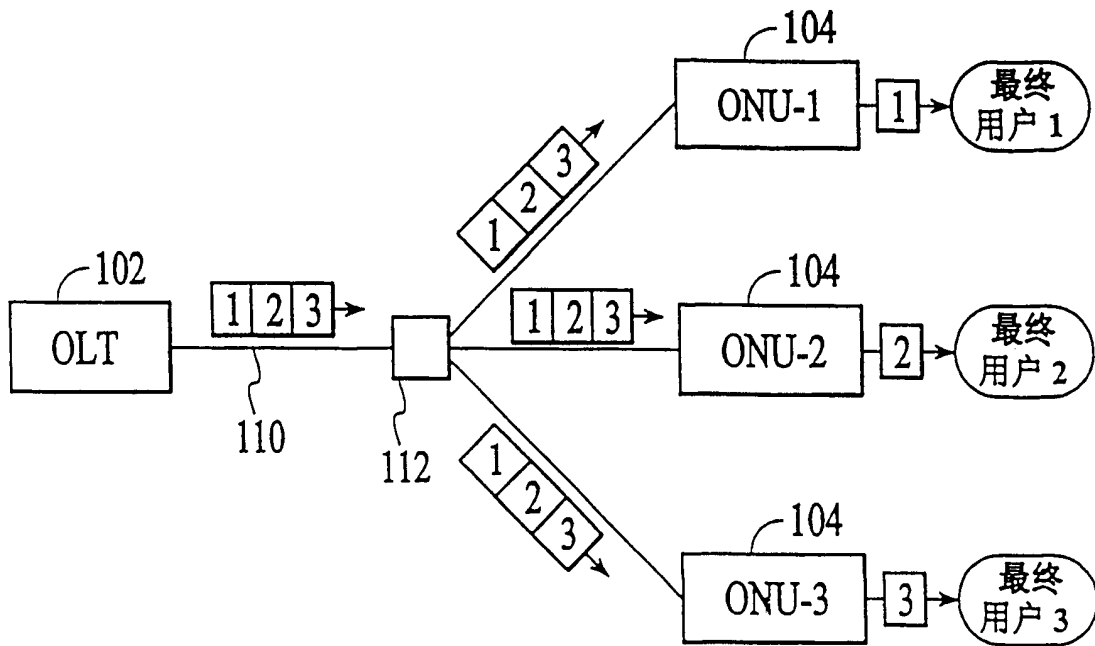


FIG. 1A

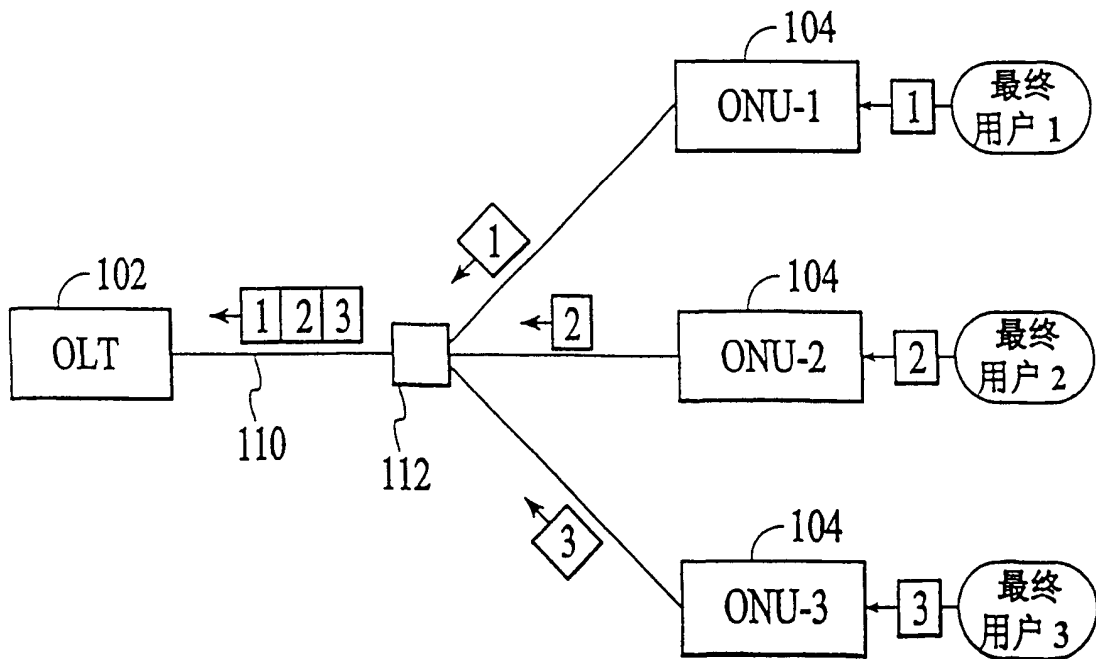


FIG. 1B

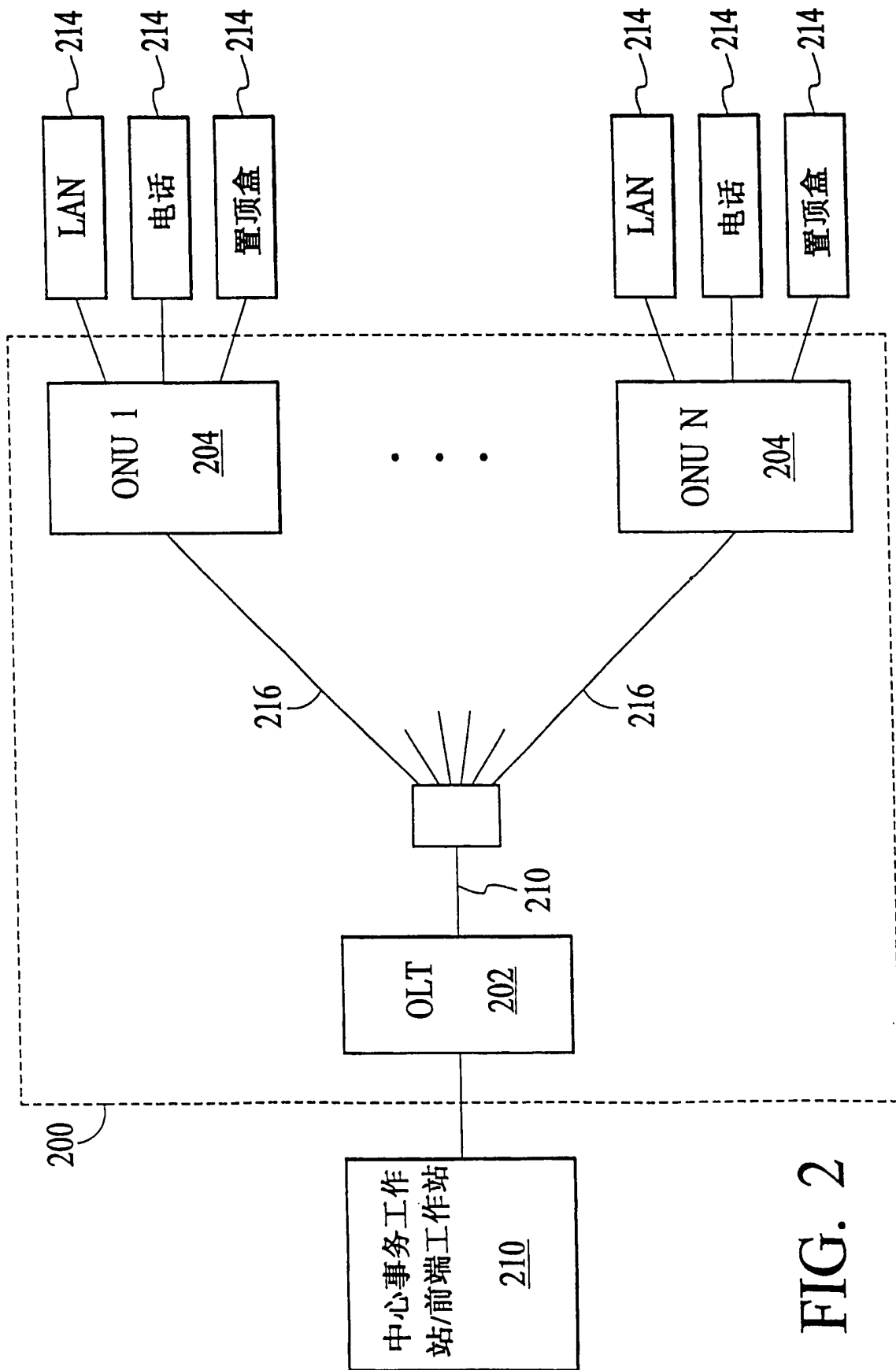


FIG. 2

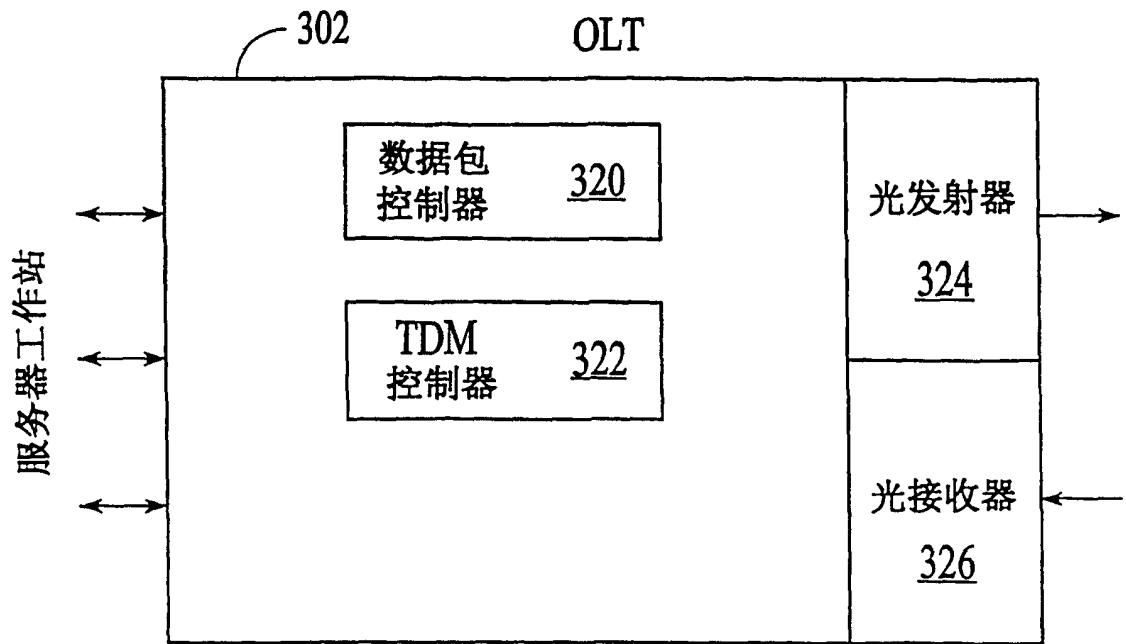
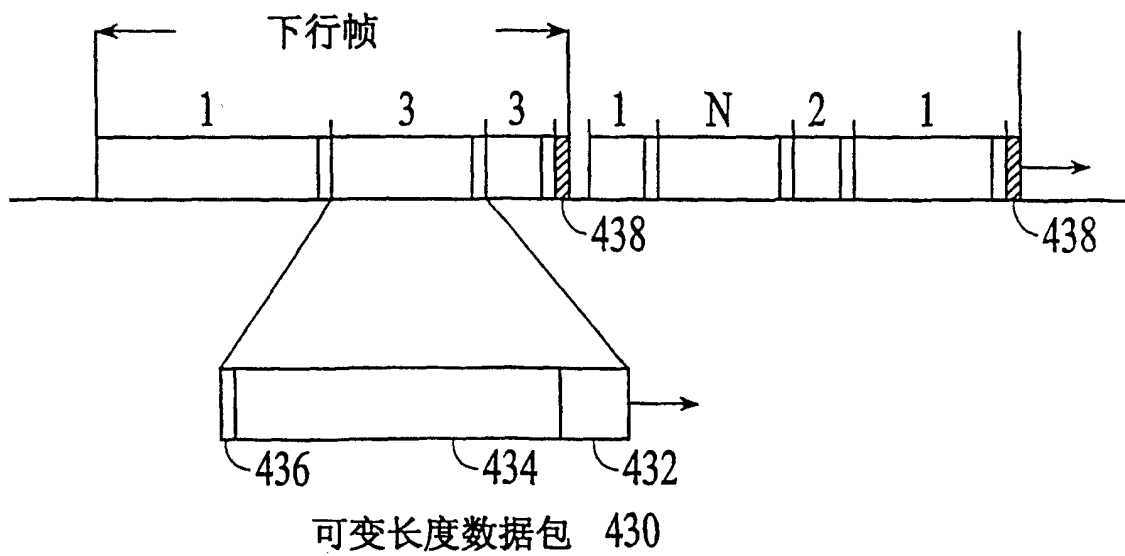


FIG. 3



下行数据传输

FIG. 4

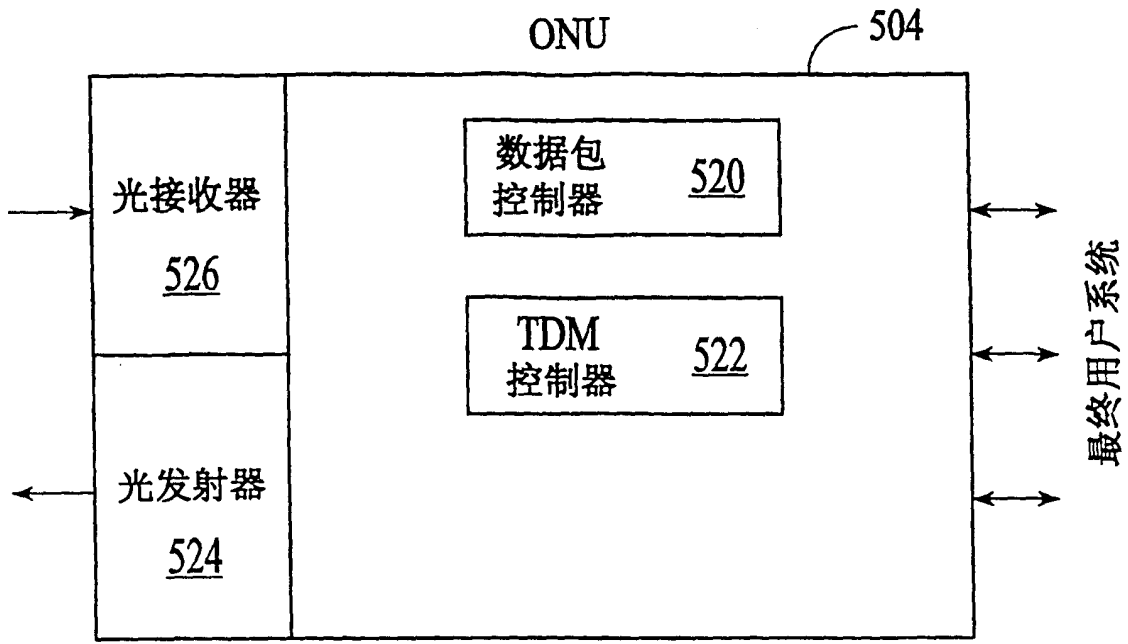


FIG. 5

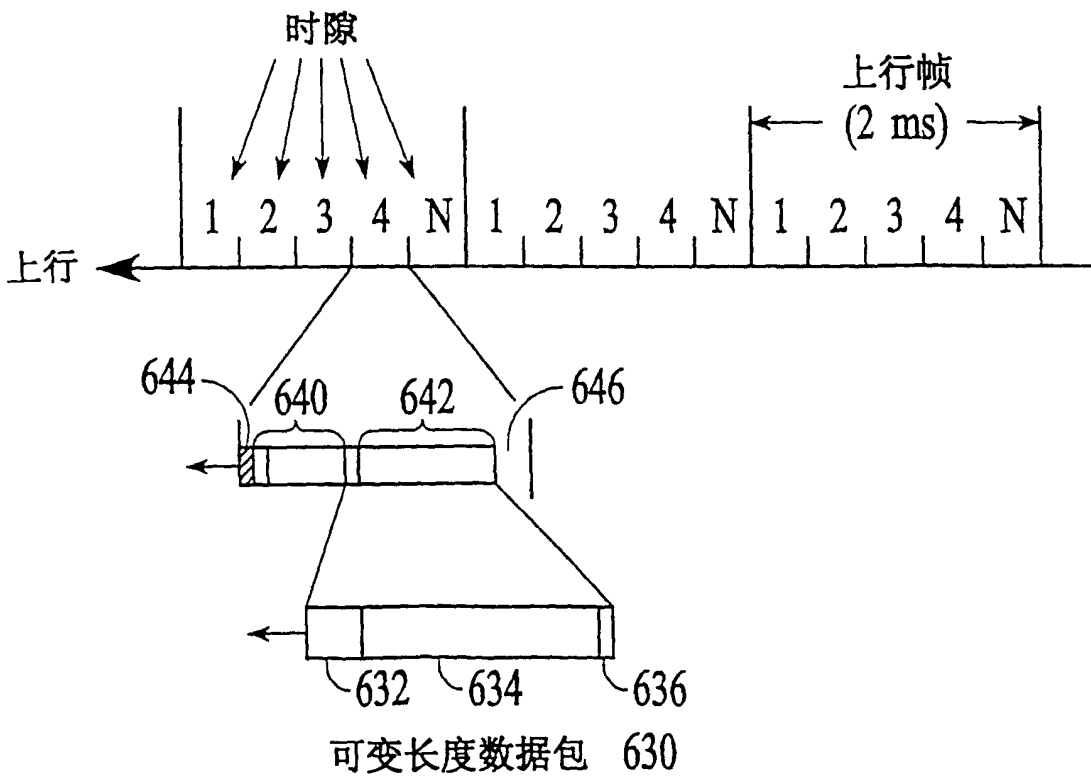


FIG. 6

上行数据传输

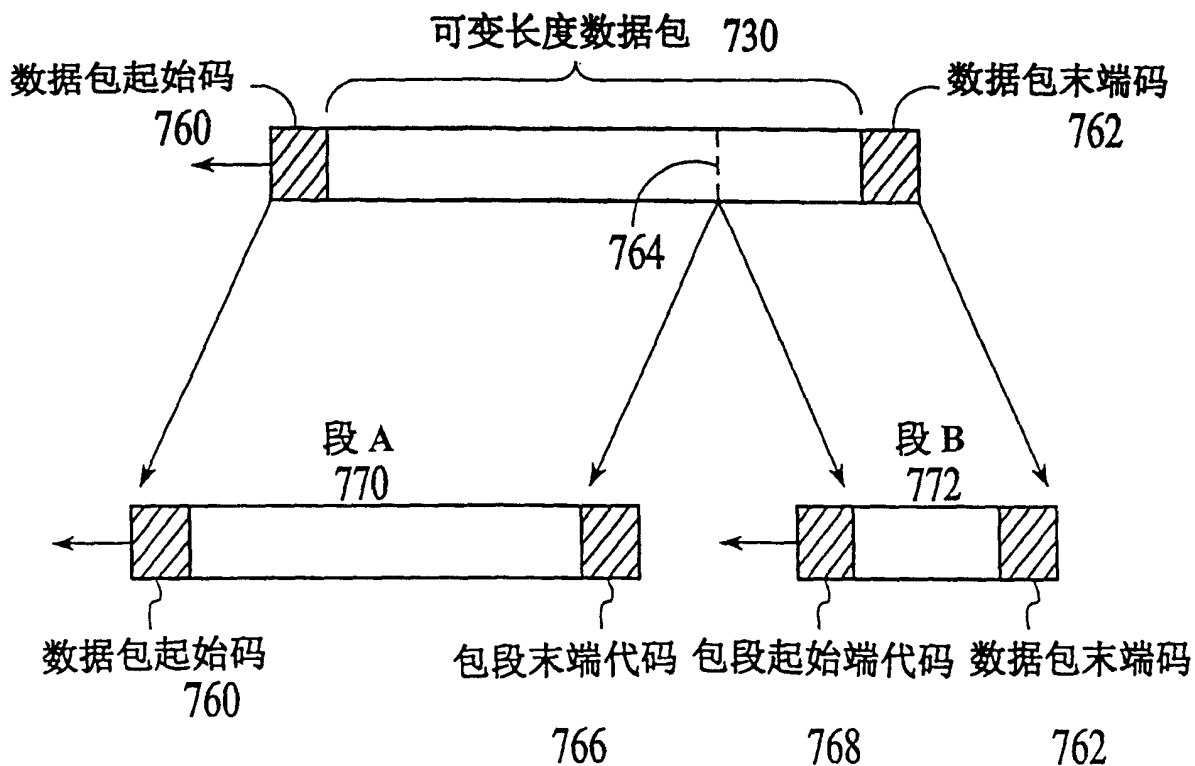


FIG. 7

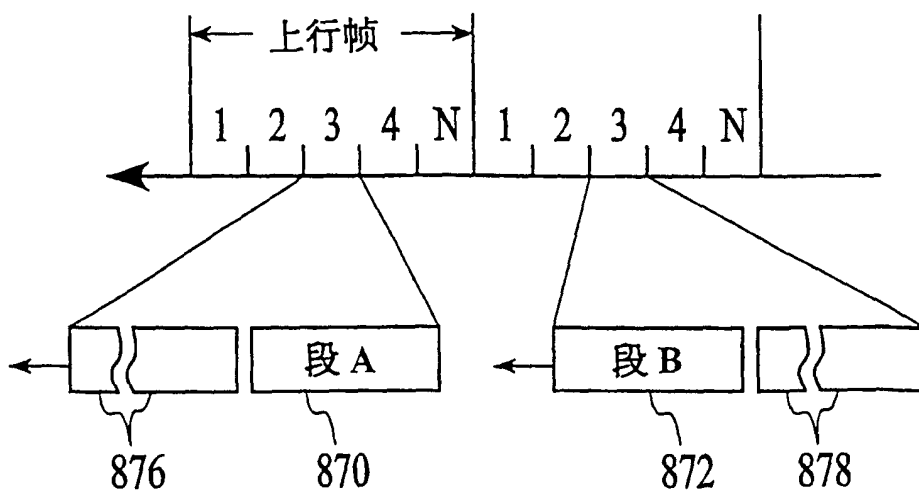


FIG. 8

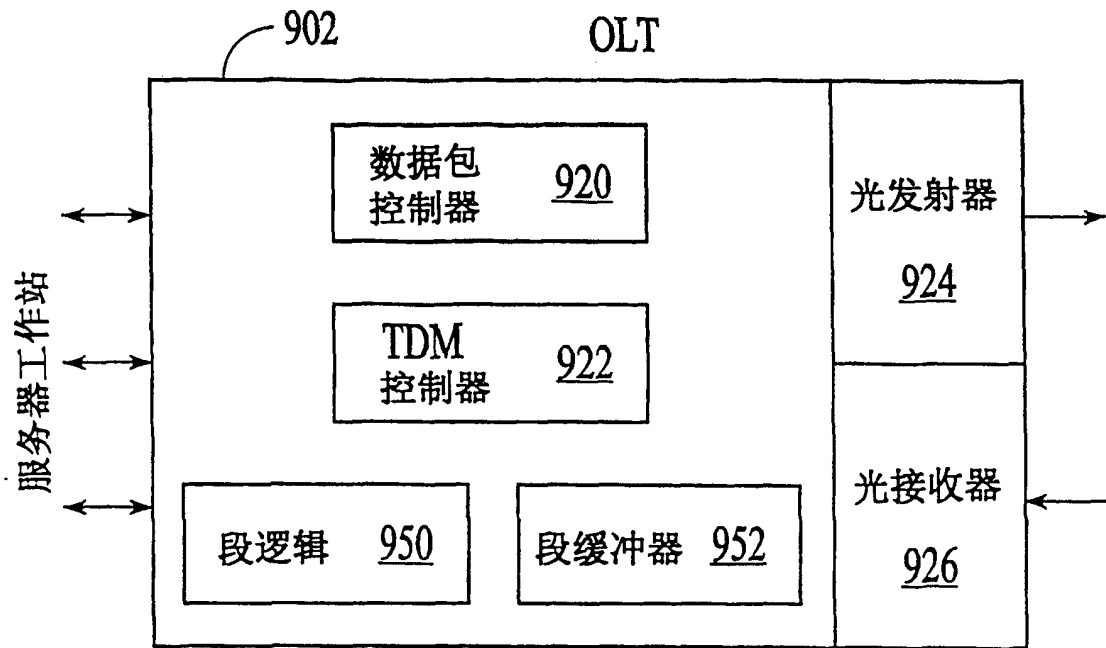


FIG. 9

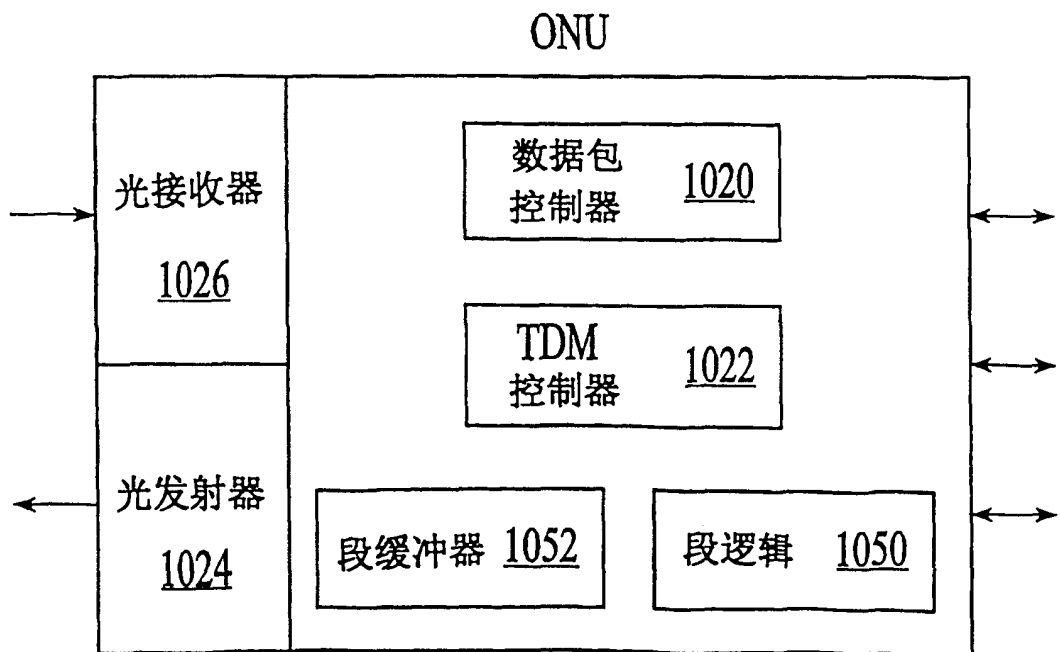


FIG. 10

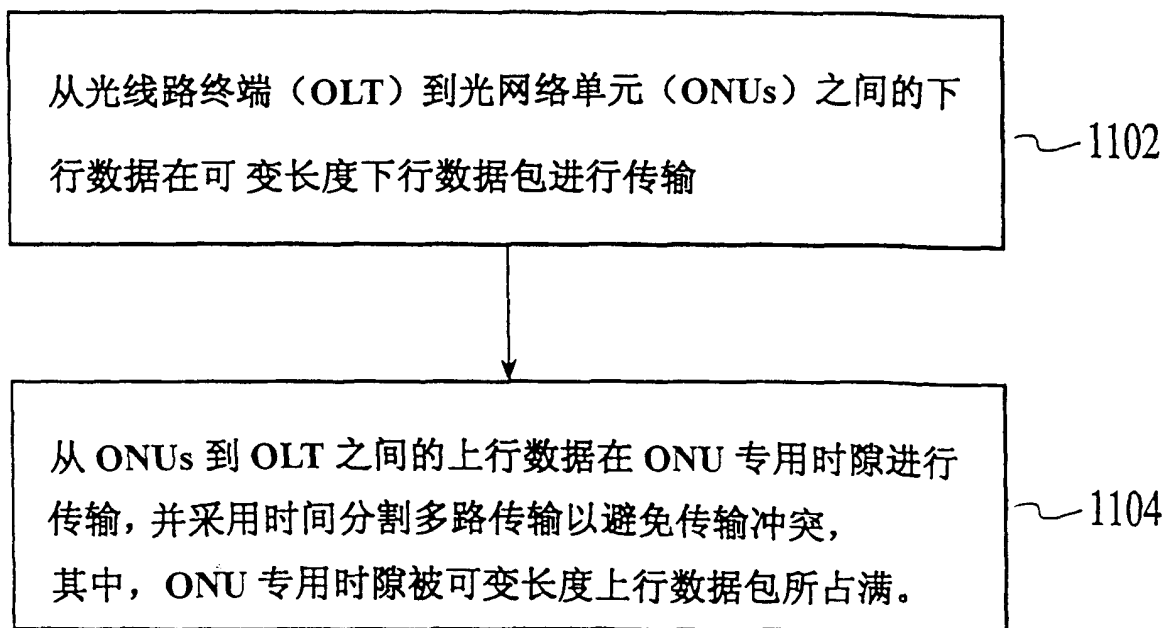


FIG. 11