



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103401632 A

(43) 申请公布日 2013. 11. 20

(21) 申请号 201310296593. 6

(22) 申请日 2013. 07. 16

(71) 申请人 北京邮电大学

地址 100876 北京市海淀区西土城路 10 号

(72) 发明人 王宏祥 尚智婕 纪越峰

(51) Int. Cl.

H04J 14/02 (2006. 01)

H04Q 11/00 (2006. 01)

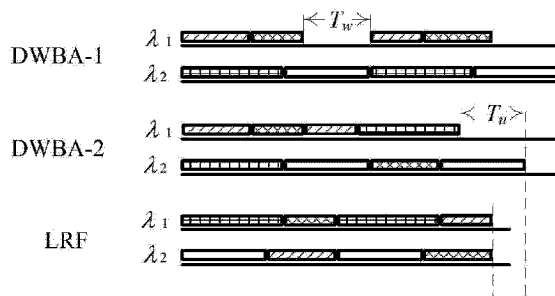
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种大请求优先 - 公平带宽分配的动态波长带宽分配方法

(57) 摘要

本发明公开了一种适用于 TWDM-PON 的大请求优先 - 公平带宽 (LRF-FE) 分配的动态波长带宽分配方法, 属于光接入网技术领域。光网络单元 (ONU) 将其请求带宽发送给光线路终端 (OLT); OLT 采用 LRF-FE 算法为所有 ONU 授权, 即将所有的 ONU 按照其请求从大到小的排序, 并按照此顺序依次为 ONU 分配最先空闲下来的波长, 指定其可使用的波长信道及开始使用时间; OLT 按照超额带宽公平分配 (FE) 算法为 ONU 分配可使用的带宽, 指定其传输数据窗口。应用 LRF 波长分配算法, 可以减少波长信道上的时间碎片, 实现波长资源的有效利用, 降低系统时延, 提高系统资源利用率; 应用 FE 带宽分配算法, 可使系统公平分配资源, 实现 ONU 之间的公平性。总之, LRF-FE 是一种比较高效、公平的动态波长带宽分配算法。



1. 一种时分波分复用堆叠式光接入网络(Time-and Wavelength-Division Multiplexed Passive Optical Network, TWDM-PON)中的动态波长带宽分配(Dynamic Wavelength and Bandwidth Allocation)方法,其特征在于 ONU (Optical Network Unit) 发起带宽请求后,OLT (Optical Line Terminal)的 DWBA 模块执行 LRF-FE (Large Request First-Fair Excess)算法,为每个 ONU 分配可使用的波长信道及带宽;在传输时刻到来时,ONU 按照授权值传输数据,完成用户与网络之间的信息交互。

2. 根据权利要求 1 所述的 LRF-FE 算法,其特征在于当 OLT 收到所有 ONU 的带宽请求后,将 ONU 按照其带宽请求从大到小排序,并为请求带宽最大的 ONU 分配最先空闲的波长,指定其可使用的波长信道及开始使用时间,完成大请求优先(LRF)的波长分配;当波长分配完成后,OLT 按照超额带宽公平分配(FE)算法为 ONU 分配可使用的带宽,指定其传输数据窗口,完成公平带宽分配。

3. 根据权利要求 2,其特征在于将动态波长分配算法 LRF 和动态波长分配算法 FE 结合成一套完整的动态波长带宽分配方法,应用于 TWDM-PON。

一种大请求优先 - 公平带宽分配的动态波长带宽分配方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种时分波分复用堆叠式光接入网络中的动态波长带宽分配算法,属于光接入网技术领域。

背景技术

[0002] 时分波分复用堆叠式光接入网络(Time-and Wavelength-Division Multiplexed Passive Optical Network, TWDM-PON)是一种在时分复用 PON (TDM-PON)的基础上通过波长堆叠构成的网络。其结构承袭自 TDM-PON,光线路终端(Optical Line Terminal, OLT)通过光分路器(Splitter)与所有光网络单元(Optical Network Unit, ONU)相连。从数据率上看,由于波分复用 PON (WDM-PON)采取一对一的静态波长分配, TWDM 的动态波长及带宽分配使得其最高数据速率更高;从技术角度来看, TWDM-PON 不需要改动运营商已铺设的光分配网络(Optical Distribution network, ODN);在协议上最接近已广泛部署的 GPON 或 XG-PON1,是 GPON 和 XG-PON1 的演进,因为该标准对运营商的网络继承演进特性最佳,得到了诸多运营商、芯片厂商和设备厂商的广泛认可和推动。2012 年 4 月结合 WDM-PON 和 TDM-PON 技术的 TWDM-PON 被国际标准组织 FSAN 选定为 NG-PON2 的唯一发展方向。

[0003] TWDM-PON 系统结构利用波分复用,将 M 个(4 个、8 个或者更多)10G TDM-PON 堆叠而成。OLT 复用解复用不同的波长,ONU 同一时刻只能接收、发射一个波长。ONU 一般使用可调收发技术,光收发机可调谐至 M 对上下行波长中的任意一对。在一个波长通道内, TWDM-PON 可重用 10G-PON 下行时分复用技术、上行时分多址接入技术、时隙大小、广播及带宽分配等技术。其主要优点是与现有 10G-PON 的技术继承性好,复用效率与带宽利用率高。

[0004] 由于下行方向上的信号传输为广播形式,一般只有上行传输需要采用波长带宽分配算法来解决 ONU 发送的数据包之间的冲突,所以本发明中所有的技术仅用于上行方向。

[0005] TWDM-PON 是一种波分时分混合复用的光接入技术,系统需要为不同 ONU 分配工作波长和时隙。目前对于 TWDM-PON 中的 DWBA (Dynamic Wavelength and Bandwidth Allocation)研究还属于起步阶段,在这方面的研究成果比较少,因此本专利所涉及适用于 TWDM-PON 的多波长调度和带宽分配算法,可以从已有的 PON 网络带宽分配算法研究中有所借鉴。目前,国内外研究人员已经针对 EPON 提出了很多动态带宽分配算法,可以分为基于统计时分复用机制的 DBA 算法和具有 QoS 保证的 DBA 算法,前者是为了提高带宽利用率和降低端到端的时延,后者是为了支持多业务 QoS 要求,所有 DBA 算法都存在的一个问题是上行信道中存在空闲时间片段,降低了信道的带宽利用率。WDM PON 中已有的波长带宽分配算法种类较多,如组同步轮询算法,动态比率算法,波长感知随机接入算法等。SUCCESS HPON 中 DWDM-PON 子系统对波长带宽分配算法也进行的研究,主要提出了顺序调度(Sequential Scheduling)算法、批调度(Batch Scheduling)算法和调度时成帧的顺序调度(S3F)算法。以上三种 SUCCESS DWDM-PON 的调度算法主要是针对如何共享可调谐收发器和可用波长展开的,重点在提高调度效率和网络吞吐量,对于调度中的公平性考虑较少。在借鉴这些算法优点的基础上,本专利致力于在提高信道的带宽利用率,降低系统时延,支持调度中的公平

性方面进行研究突破。

发明内容

[0006] 为了提高 TWDM-PON 中的系统资源利用率,降低系统时延,支持调度中的公平性,本发明针对 TWDM-PON 提出了一种动态波长带宽分配方法,其中包括大请求优先(Large Request First, LRF)分配波长算法和公平分配超额带宽(Fair Excess, FE)算法,以下简称为 LRF-FE。虽然 TWDM-PON 可以提供的容量很大,不太有必要考虑怎样为用户安排波长,但是如果采用一种 DWBA 方法可以使系统能更早空闲下来,那么系统能够更好适应新的应用请求,实现向后兼容。本发明的主要思想采用 LRF 波长分配算法,使得系统能更早空闲下来,那么波长信道就能更早空闲下来,因此可以降低系统时延,提高系统资源利用率;当系统处于超载请求的情况下(虽然目前这种情况比较少),对于超额请求的 ONU,OLT 采用 FE,将系统可利用剩余带宽公平分配给超额请求的 ONU,实现系统资源的公平调度。

[0007] 假设 TWDM-POM 系统中 ONU 的数目为 N ,波长的数目为 M ,网络的传输速率为 R_N ,最大轮询周期为 T_{cycle} (一个轮询周期是指每个 ONU 传输一次数据,如果 ONU 的数据请求是 0,也认为传输了数据),传输窗口之间的保护间隔为 T_g 。

[0008] (1) 波长的动态分配 :LRF

[0009] 在 OLT 中,每个波长信道对应一个变量 T_{free}^m ($m=1, 2, \dots, M$),表示波长信道 m 的下一个可用传输时刻,OLT 记录所有 T_{free}^m ,当 OLT 为 ONU_i 分配波长信道时,选择当前 T_{free}^m 最小的波长信道,同时授权 ONU_i 在该波长信道上的传输窗口,然后更新该波长信道的 T_{free}^m ,至于传输窗口的大小,由带宽分配算法决定,以上带宽分配过程简称为“最早可用波长信道优先算法”。

[0010] 在 LRF WBA 中,一次轮询周期开始前,OLT 将已收集到的所有 ONU 按照其带宽请求从大到小的顺序排序,然后采用最早可用波长信道优先算法,为请求带宽较大的 ONU 优先服务,即为请求带宽较大的 ONU 分配当前 T_{free}^m 最小的波长信道,这种重排后再分配的方式可以大大减少波长信道上的碎片,可用图 1 所示示意图来证明。

[0011] 为简便起见,我们此处假设 TWDM-PON 系统中有 2 个波长和 4 个 ONU。图 1 (a) 中显示的为周期 i 和 $(i+1)$ 中所有 ONU 的带宽请求。图 1 (b) 中给出了 LRF DWA 与一些文献中比较有代表性的带宽分配算法的对比结果。其中 DWBA-1 的原理是,OLT 只有在收到所有信道上所有 ONU 的 REPORT 消息后,才运行带宽分配算法为每个 ONU 分配波长信道和授权带宽,波长信道的分配方式为最早可用波长信道优先算法。DWBA-2 的原理是,OLT 收到 ONU_i 的 REPORT 消息后,先判断 $B_i^{req} \leq B^{MIN}$ 是否满足,其中 B_i^{req} 为 ONU_i 的带宽请求, B^{MIN} 为 OLT 对所有 ONU 的最小保证带宽。如果满足则立即为 ONU_i 授权带宽 B_i^{req} ;否则,等待收到所有 ONU 的 REPORT 消息后,再为 ONU_i 进行带宽授权。

[0012] 由图 1 (b) 可以看到发送同样的数据, LRF DWA 相比 DWBA-1 和 DWBA-2 时间碎片更少,更早完成数据传输(此处暂时不考虑控制信息的影响)。由于 OLT 对所有 ONU 的反应顺序按照其请求大小不同进行了重新排序,所以某一个 ONU 的时延有可能没有得到降低,反而会增加,但是对于整个系统来说,总体平均时延是降低的。此外, OLT 能够对所有 ONU

重排的前提是 OLT 已经得到所有 ONU 的 REPORT 消息,图 1 (b)中,不同于图中 DWBA-1 在波长 λ_1 上因为等待 ONU₄ 数据帧末端的 REPORT 消息而造成的等待时间 T_w ,LRF 将每个 ONU 的 REPORT 消息置于数据包的前端,这样,OLT 不必等到数据发送完毕就能得到该 ONU 的 REPORT 消息,减少了因等待而造成的额时间碎片,这是 DWBA-1 的缺点所在;另一方面,DWBA-2 也解决了 DWBA-1 的上述缺点,但是,DWBA-2 每收到一个 ONU 的 REPORT 就为其安排带宽,只有对一些超额请求的 ONU 除外,这样,OLT 对于所有 ONU 的请求没有整体的理解便做出反应,不利于开展一些更新的应用,比如 QoS,CoS 等。而 LRF 是在收到所有 ONU 的 REPORT 消息之后针对所有 ONU 的请求情况统一作出分配规划,能更好地兼顾所有 ONU 的应用要求。总之,LRF 通过对 REPOERT 消息位置的修改,兼顾了 DWBA-1 和 DWBA-2 的优势。

[0013] 完成波长分配算法后,ONU 所使用的波长及开始使用时间已经确定。至于带宽分配,此处采用公平超额带宽分配算法,即将剩余带宽按照重负载 ONU 请求带宽的比例分配。

当 $B_i^{req} \leq B^{MIN}$ 时称该 ONU 为轻载 ONU,反之为重载 ONU。剩余带宽是因轻载 ONU 的 $B_i^{req} \leq B^{MIN}$ 而造成,系统的剩余带宽是指所有轻载 ONU 的剩余带宽之和。按比例将剩余带宽分配给所有重载 ONU,可以保证各 ONU 之间的公平性。

[0014] 以上动态波长分配算法和动态带宽分配算法都属于 DWBA 方法,在 OLT 的 DWBA 模块中完成。通过采用 LRF-FE DWBA, TWDM-PON 中的系统资源利用率得到提高,系统时延降低,还保证了系统资源调度中的公平性。

附图说明

[0015] 图 1 是本发明实施例中的算法示意图。

[0016] 图 2 是本发明实施例中的算法流程图。

具体实施方式

[0017] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面结合附图 2 对本发明实施方式作进一步地详细描述。其中 GATE 和 REPORT 消息都是 TWDM-PON 消息交互协议中用到的 MAC 控制帧,GATE 消息从 OLT 发送到一个单独的 ONU 的,用于为该 ONU 分配传输的时隙,一个时隙用传输波长、传输开始时刻和传输窗口长度三个数值来表示;REPORT 消息是 ONU 用于把本地状况(如缓存占用量,本发明中理解为 ONU 的请求带宽即可)传递给 OLT 的反馈机制,用于帮助 OLT 智能地分配时隙。具体实施方式如下:

[0018] (1)ONU 向 OLT 发送 REPORT 消息,报告当前的带宽需求。REPORT 消息由 ONU 的 MAC 控制客户端生成并在 MAC 控制子层被标以时间戳。

[0019] (2)当 REPORT 消息到达 OLT 后,它将被传送到 OLT 的 MAC 控制客户端的 DWBA 模块,此外,OLT 还将利用 REPORT 消息中包含的时间戳计算它到该 ONU 的往返时间(RTT)。

[0020] (3)OLT 中的 DWBA 模块计算所有 ONU 的上行传输调度以避免碰撞。DWBA 算法执行完毕后,OLT 将对 ONU 授权,即将该 ONU 的工作的波长信道、传输开始时间和传输长度封装成 GATE 消息并广播。其中 DWBA 模块执行算法的过程如下:

[0021] a)OLT 存储所有 ONU 的 REPORT 消息,并将所有的 ONU 按照其请求带宽从大到小的顺序为 ONU 排序;

[0022] b) OLT 检查 T_{free}^m ($m=1, 2 \cdots M$), 比较得出其中数值最小的波长, 并将该波长分配给当前排序后的第一个 ONU'₁, 其传输开始时间为 T_{free}^m , 波长分配结束。

[0023] c) 若 ONU'₁ 的 $B_1^{req} \leq B^{MIN}$, 则为其授权带宽 $G_i = B_1^{req}$; 若 $B_1^{req} > B^{MIN}$, 则将所有轻载 ONU 造成的剩余带宽按照其在系统重载请求中所占的比例授权带宽, $G_i = B_1^{req} + B_1^{portion}$, 具体实施算法不在本专利保护范围之内。

[0024] d) OLT 根据 G_i 更新 T_{free}^m 。

[0025] (4) 当 ONU 收到一个和其 MAC 地址相匹配的 GATE 消息时, 将利用其中的授权值来配置本地的可调发射机、传输开始时间和传输长度寄存器(传输开始时间用基于全局同步的绝对时间戳表示)。此外还将利用其中的时间戳更新它的本地时钟。

[0026] (5) 当传输时间到来, ONU 将开始在无竞争的环境下传输数据, 发送的以太网帧数目取决于被分配的传输窗口大小。

[0027] (6) ONU 在被分配的传输时隙的开始发送 REPORT 消息来报告下一次带宽需求, 在传输数据的同时重复步骤(2)。

[0028] 本实施例通过 LRF-FE DWBA 对 TWDM-PON 进行动态波长带宽分配, 降低了系统时延, 提高了网络资源的利用率, 保证了网络用户之间的公平性。

[0029] 本发明实施例可以通过软件实现, 相应的软件可以存储在可读取的存储介质中, 例如计算机的硬盘、光盘或软盘中。

[0030] 以上所述仅为本发明的较佳实施例, 并不用以限制本发明, 凡在本发明的精神和原则之内, 所作的任何修改、等同替换、改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

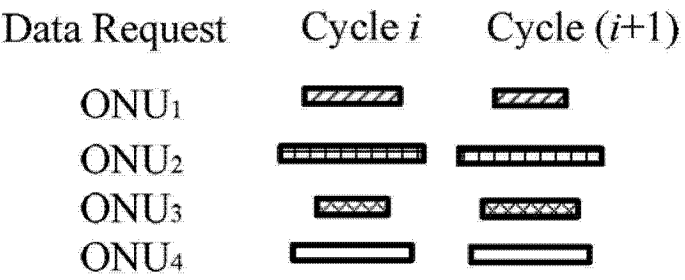


图 1 (a)

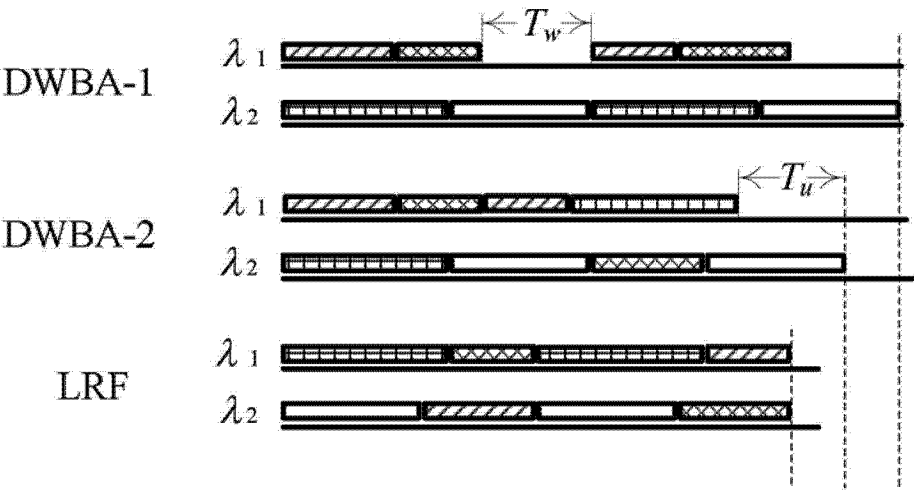


图 1 (b)

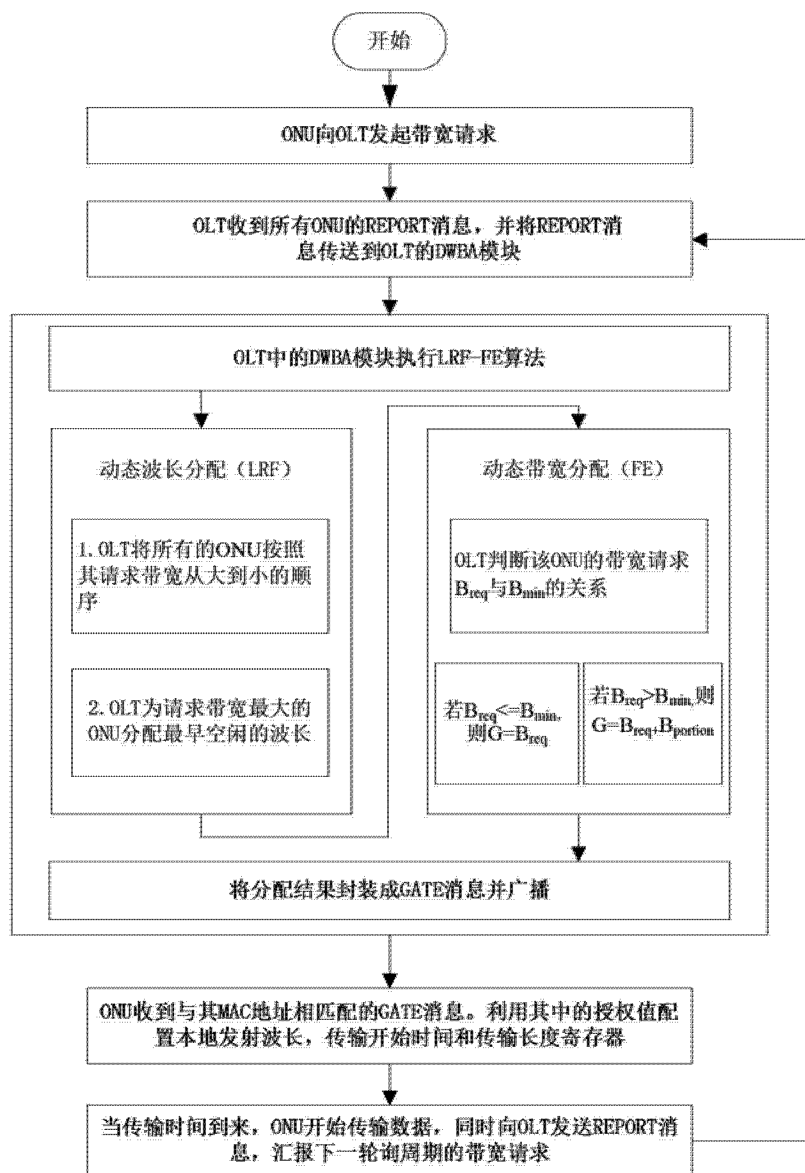


图 2