

光多环互连的弹性光突发交换环的信道调度^①

Multi-Resilient Optical Burst Ring's Channel Scheduling

易招师 敖发良 (桂林电子科技大学 信息与通信学院 广西 桂林 541004)

尹 柳 (桂林电子科技大学 数学与计算科学学院 广西 桂林 541004)

摘要: 本文针对多环互连的弹性光突发交换环网的控制结构展开了研究探讨, 针对目前 RPR 与 OBS 网络提出的信道分配与调度算法, 虽然在一定程度上提高了信道的利用率, 但始终没有从全网角度考虑波长分配, 环网结构中仍会引起较大的丢包。鉴于此我们在此从资源利用率, 时延, 成本方面提出一种更适合环网和网状网的混合目的信道优先算法(FDCP, Fixed Destination Channel Priority), 并建模仿真分析。

关键词: 弹性分组环 光突发性交换 信道分配 业务调度

1 引言

多环互连的弹性光突发环网是将 RPR 与 OBS 融合得到一种新型的网络^[1], 其具体的实现过程是通过剪裁 RPR 协议, 在其中融入 OBS 相关特征来实现单环的弹性光突发环, 然后在此基础上将单环结构推向了多环结构, 这样提高了网络的生存性, 同时也为其向广域网扩展提供了可靠的技术支持。一方面, 这种新型的网络结构是在 RPR 环网的拓扑发现、快速保护与恢复机制、公平带宽分配、QoS 支持等协议的基础上, 实现突发环网的偏置时间管理、保护与恢复、动态公平带宽分配和 QoS 支持等, 因此, 它解决了光突发性交换网中遇到的问题; 另一方面, 此网络结构又具有 OBS 的特点, 突发数据分组以全光方式通过其环上节点, 保持了对数据分组格式和速率的透明传输, 从而解决了 RPR 环网中的电子瓶颈问题。因此我们在研究多环互连的弹性光突发环的时候必须同时兼顾 RPR 和 OBS 网络的业务调度机制。

2 多环互连的弹性光突发交换环的结构

如图 1 所示, 基于以上谈及的种种优点以及其局限性我们这里设计了一种基于多环结构的模型。如图 2

所示, 我们结合一种高生存性的多环互连的 RPR 结构和 OBS 网络结构设计得到, 以四节点两层扩展为例。黑色的节点是我们扩展后的 RPR 节点, 白色的是我们 OBS 网络中边缘节点。这种网络使我们更好的适应了现在城域网的发展, 也为更进一步的扩展提供了理论依据, 同时也不适为一种新的城域网方案^[2]。

3 多环互连的弹性光突发环信道的信道分配调度算法

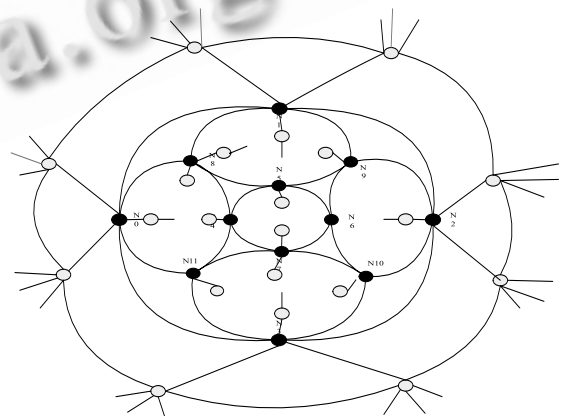


图 1 多环弹性光突发交换环网络

^① 收稿时间:2008-12-02

3.1 弹性光突发交换环信道的分配调度

弹性光突发环信道分配与调度用来确定突发包的波长和发送时隙^[1]。波长信道的分配可以从全局和局部两个层面来进行。全局的波长分配，可以根据网络波长资源和业务分布特征等实现波长配置的全局最优化。但缺少灵活性，并会因此造成低带宽利用率。局部波长分配，依据弹性光突发环节点当前波长使用情况来分配波长信道。此时弹性光突发环节点要有波长变换和可调波长发射功能。局部波长分配灵活，能及时适应业务的变化，但根据局部的信息做出的选择往往不是最优的。为实现整体最优，同时又有足够的灵活性，可采用全局与局部相结合的波长分配方式。

冲突解决是信道分配和调度的关键。在一个环网节点，当两个或两个以上的 BDP 要使用同一个环上的同一波长，并且在时间上出现部分或全部重叠时就会产生冲突。这种冲突的解决方法有波长变换、缓存、分段等。每个方案都有各自的优缺点，且适合不同的情况。在弹性光突发交换环节点的信道冲突存在上游包与上游包之间、上游包与本地包之间、本地包与本地包之间三种形式，且成本不同。因此，有必要区分不同的冲突状况，采用不同的解决方案，以更好的发挥电和光的特点，从而获得更好的性能。基于上述考虑，在弹性光突发环中应采用混合的冲突解决方案。目前 OBS 研究中提出应用的最近可用信道算法(Latest Available Unused Channl,LAUC)，最近可用信道一插空算法(LAUC with Void Filling, LAUC-VF)也可应用于此^[3]。

3.2 算法的提出

信道分配与调度算法直接影响到数据信道的利用率和突发包的丢失率。由于多换互连的弹性光突发环有了更大的数据流量以及更大的不可预见的冲突，因此，多环互连的弹性光突发环的信道分配与调度成为控制策略中的一项关键技术。目前提出的信道分配与调度算法，LAUC-VF, LAUC，虽然在一定程度上提高了信道的利用率，但始终没有从全网角度考虑波长分配^[4]，在环网结构中仍会引起较大的丢包率。鉴于此提出一种改进的混合算法 FDCP(Fixed Destination Channel Priority)混合的目的信道优先算法。

3.3 算法的实现

设交换矩阵每个端口的波长数目为 M，波长按变好分为 $W_j(j=1,2,\dots,M)$ ；总的优先级数为 $N(i=0,1,\dots,$

$N-1)$ ，0 为最高优先级； t_n 表示时刻； Δ 为观察时间长度； $W_{to,i}$ 为初始分配给优先级 i 的可用波长集合； $W_{m,i}$ 为时间 $(t_n, t_n + \Delta)$ 内分配给优先级 i 的可用波长集合； $w_{m,i}$ 为时间 $(t_n, t_n + \Delta)$ 内优先级 i 所需的波长数目； N_i 为时间 $(0, t_n)$ 内优先级 i 的 BHP 数目； $N_{m,i}$ 为时间 $(t_n - \Delta, t_n)$ 内优先级 i 的 BHP 数目； λ_i 为时间 $(0, t_n)$ 内优先率 i 的 BHP 到达率， $\lambda_i = N_i / t_n$ ； $\lambda_{m,i}$ 为时间 $(t_n - \Delta, t_n)$ 内优先率 i 的 BHP 到达率，即 $\lambda_{m,i} = N_{m,i} / \Delta$ ， $\lambda_{m,i} = N_{m,i} / \Delta$ ， Δ 为一常量可以根据网络实际来设置。

具体算法如下：

(1) 给优先级 A,B,C 预先分配不同的可用波长集合 $W_{to,i}$ ， $W_{to,i}$ 满足以下两个条件：

$$\textcircled{1} W_{to,i} \cap W_{to,j} = \phi, i \neq j;$$

$$\textcircled{2} \cup_i W_{to,i} = \cup_j W_{to,j};$$

即所有的波长都可用。这样我们再多环互连的弹性光突发交换环中根据业务登记分别预约分配一定的信道，我们根据 RPR 中业务的等级将 i 设为四个等级，即对应 A,B,,根据等级不同我们设定一定的比列，如 4:3:2:1 的比例我们把波长信道分别配给 4 个业务等级。这样我们在各个节点就会形成一个波长与业务等级的对应列表，这样在 BHP 到达后，就成为我们查找波长的依据。

(2) 启动定时器，有 BHP 到达时，统计当前时间段内到达的各个优先级的 BHP 个数 $N_{m,i}$ 。

(3) 当 BHP 达到后，我们根据优先级 i，查询可用波长采用如下算法：

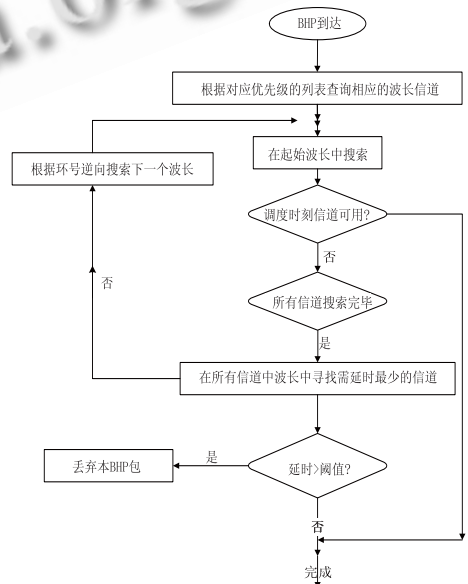


图 2 FDCP 波长查询算法流程图

(4) 统计调度成功或失败的数据长度。

(5) 检查观测时间 t 是否等于观测时间长度如果是再计算出 $\lambda_i, \lambda_{m,i}$ 。如果 $\lambda_{m,i}/\lambda_i \geq 1$, 则:

$$w_{m,i} = \left\lceil w_{r0,i} \right\rceil + \min \left\{ \left[\left(\lambda_{m,i} / \lambda_i - 1 \right) \times \left\lceil w_{r0,i} \right\rceil \right], K \times \left\lceil w_{r0,i} \right\rceil \right\}$$

如果 $\lambda_{m,i}/\lambda_i < 1$, 则

$$w_{m,i} = \left\lceil w_{r0,i} \right\rceil + \max \left\{ \left[\left(\lambda_{m,i} / \lambda_i - 1 \right) \times \left\lceil w_{r0,i} \right\rceil \right], -K \times \left\lceil w_{r0,i} \right\rceil \right\}$$

其中, K 是一个常数 ($0 < K < 1$), 可以控制波长变化的灵敏度。

(6) 根据 j ($j = i, i+1, \dots, N-1$) 递增的顺序一次为优先级 i ($i = 0, 1, \dots, N$) 重新分配可用波长集合 $w_{m,i}$, 也就是适当的调配个等级的波长分配比例。然后转回步骤(2)。

算法中波长的重新分配是按照优先级从高到低的顺序进行的, 所以有可能有可能出现分配给低优先级的波长数小于所需的波长数。分析说明如下:

在多环互联的弹性光突发环中, 我们将业务按照 RPR 分为三级如下表[5,6]:

假设交换矩阵每个端口有 $M=8$ 个波长, 8 个波长号我们编为 $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$, 根据上述算法 $N=3$, 既有三个优先级 $A > B > C$, 初始分配的波长 $\Phi W_{r0,A} = \{0, 1, 2, 3\}$, $W_{r0,B} = \{4, 5, 6\}$, $W_{r0,C} = \{7\}$ 。假设在时刻 t_n , 这 3 个优先级所需的波长数分别是 $W_{m,A} = 5$, $W_{m,B} = 4$, $W_{m,C} = 1$ 。但由于按优先级从高到低的顺序重新分配波长, 所以可用波长的集合此时为 $W_{m,A} = \{0, 1, 2, 3, 4\}$, $W_{m,B} = \{5, 6, 7\}$, $W_{m,C} = \{\Phi\}$ 。

按照上述算法操作流程我们可以兼顾 RPR 的业务分级传送的优点, 同时参考了公平带宽分配。再进一步结合 RPR 中的时分复用和 OBS 网络中波分复用的特点。算法的核心思想是充分利用波长分集, 和各个空闲时间段信道, 保证优先级高的丢包率尽量小同时也兼顾提高低优先级的传输质量。

表 1 RPR 业务等级表

业务类别	带宽	抖动	应用实例
A	预留带宽	小	实时 (real time) 业务流量
B	预留带宽	有限制	接近实时的业务流量
C	随机	无限制	尽力转发 (best effort) 的业务流量
	随机		

4 仿真分析

为了验证提出的算法, 我们结合多环方案建立如下仿真图 3 所示仿真结构: 节点与节点之间链路的容量设定为 2.5Gbps(OC-48); 传输的帧发送时间间隔是参数为 0.001 的指数分布, 帧的长度服从参数为 1M 的指数分布, 仿真中发送的帧平均长度约 1Mbit; 中心演示环上我们配有 8 个节点, 每个节点的电缆缓存为 10MB, 都未配置 FDLS 和波长变换器。相邻节点间的光纤链路长度为 25KM。光纤链路上共有 9 个波长信道, 其中一条为控制信道, 8 个为数据信道, 信号速率为 10GB/S。在每个节点上都有 7 个 UDP 业务流的接入, 分别需要到达另外 7 个节点。业务流中的数据分组呈泊松分布, 大小为 1500byte。源节点采用最大长度最大组装时间算法对数据分组进行组装, BDP 最大长度为 50KB, 最大组装时间为 1MS。

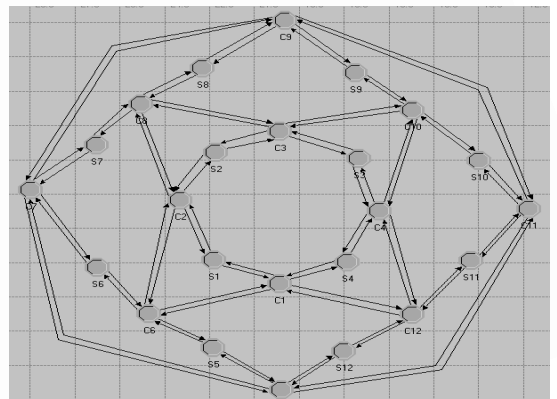


图 3 仿真网络结构

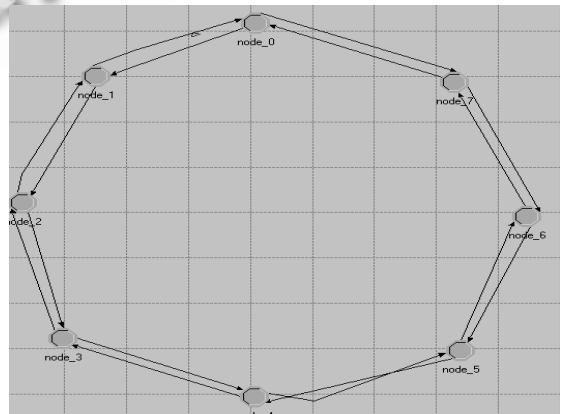


图 4 中心环结构

我们得到整个网络的整体时延如图, 网络整体的包传输速率同时与平均速率对比如图, 以中心环上节

点 4 为列，我们得到通过其的节点吞吐量如图所示，节点链路延时，我们分别采用多环互连的 RPR 公平算法传送的时延如图 10 所示，我们采用本文的混合的目的信道优先算法时延如图 11 所示。可见采用此算法减小时延。由此我们可知传输包丢包率为随着业务流到达率的增大，丢包率也就明显增加。这是因为业务流到达率越大，环网的负载越高，冲突可能越大，从而丢包率也随之上升。

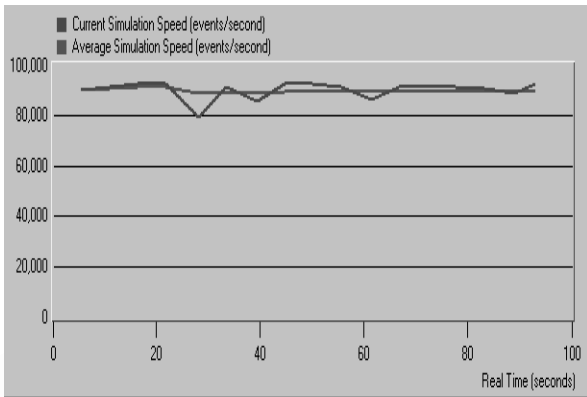


图 5 实际传输速率和理论平均传输速率

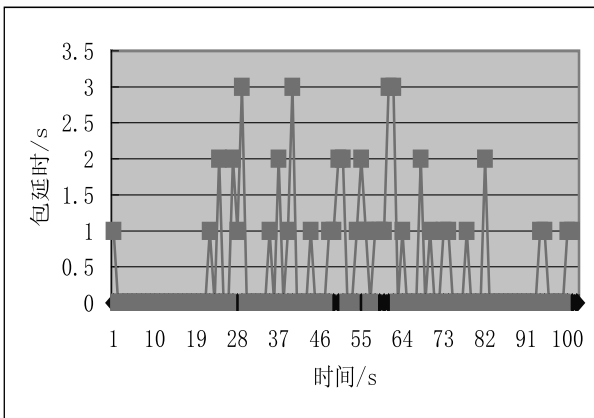


图 7 时延

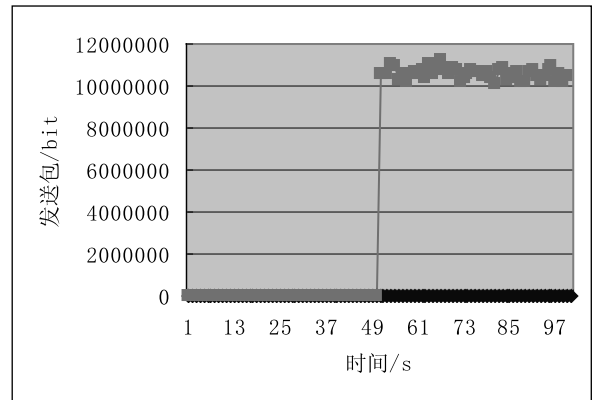
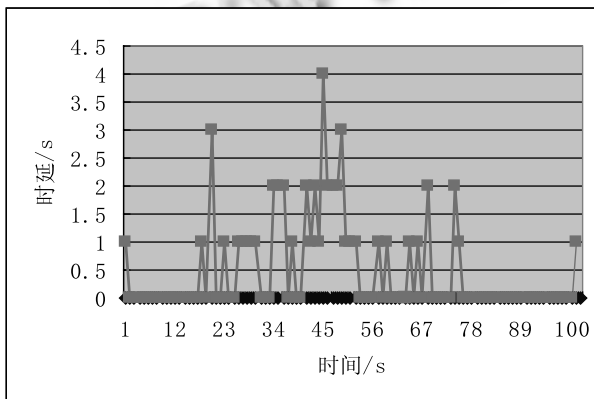


图 8 节点吞吐量

5 小结

本文针对多环互连的弹性光突发交换环网的控制结构展开了研究探讨，对于信道的调度研究参考了 RPR 网络和 OBS 网络中现有的支持 QOS 策略，从波长分集的思想出发，提出了混合目的优先算法，这种算法是通过不同优先级的业务分配不同的波长的思想来区分服务，而且还可以根据各个优先级业务的变化情况，动态的调整各个优先级的业务使用的波长数目。这样就能有效的提高信道的利用率，降低整体的丢失率。另外对环网中的偏置时间给出了定量的计算公式并且根据突发控制包的到达率可以对其进行调整。最后通过建模验证我们的算法，它有效的降低了网络的拥塞延时。

参考文献

- 1 吴龟灵,陈建平,李新碗.弹性光突发环(ROBR)及其控制结构.全国第十二次光纤通信暨第十三届集成光学学术会议论文集.广州四会, 2005:666-668.
- 2 易招师,敖发良,尹柳.多环互连的弹性光突发交换环.光通信技术, 2008,(10):25-27.
- 3 钱雯埔,吴龟灵,陈建平,等.弹性光突发环网中信道分配与调度算法研究.光电子·激光, 2006,17:82-86.
- 4 Qiao C, Yoo M. Optical burst switching(OBS)---A new paradigm for an optical Internet. Journal of High Speed Networks, 1988,8(1):69-84.
- 5 IEEE802.17 WorkGroup. RPR drm standard version 3.1[S].IEEE draft, 2004.
- 6 陈名松,周胜源,敖发良.弹性分组环的带宽利用率及公平策略分析.计算机工程与应用, 2006,21:111-113.