

弹性分组环异步网络的同步传输机制*

张焕国 张治中**

(重庆邮电学院程控所, 重庆 400065)

摘 要 介绍了弹性分组环异步网络中发送速率同步功能的特点和实现同步的方式. 结合弹性分组环环网中的带宽分配原则提出了一种能够适用于弹性分组环异步环网的同步传输机制: 动态加权发送速率. 该机制依据节点主传送队列深度动态改变接收数据流的转发权值来实现同步传输. 研究表明该机制能够实现弹性分组环异步环网中的同步传输, 节点主传送队列不会溢出.

关键词 RPR; 名义网络数据速率; 权值; 动态加权发送速率; 控制帧发送

中图分类号 TN913.7 **文献标识码** A

0 引言

随着城域网应用的不断深入, 弹性分组环 (Resilient Packet Ring, 简称 RPR) 已经成为网络发展的一个热点和重点. IEEE802.17 工作组制定了 RPR 的协议规范, 指出 RPR 的节点既可以工作在同步的物理层, 也可以工作在异步的物理层^[1,2].

同步网络节点的发送时钟锁定在接收数据流的时钟上, 因此各个节点的数据发送速率和接收速率完全一致; 异步网络节点的发送速率由本地时钟源决定, 因此各个节点的数据发送速率和“名义网络数据速率 (nominal network data rate)”有细微的差别, 如某节点的发送速率慢于前一节点的发送速率, 将导致该节点的主传送队列溢出. RPR 协议采用发送速率同步功能, 通过插入类似以太网帧间间隔的固定空闲时段来进行同步, 但是该方案不能完全解决问题, 其原因在于当两个节点间的链路被充分利用时, 上游节点以固定的帧间间隔发送数据, 下游节点也必须以固定的帧间间隔发送数据, 此时下游节点的发送速率和接收速率依然存在差别. 目前, 国内外对 RPR 技术的研究主要集中在网络的扩展和应用上^[3-5], 没有对该问题进行深入研究.

基于上述考虑, 本文提出了动态加权发送速率 (Dynamic Weighted Transporting Rate, 简称 DWTR) 机制, 在不消耗带宽的情况下解决上述问题.

1 问题的描述

RPR 的发送速率同步功能是通过在发送的数据流中插入小的、长度可变的时段来实现的. RPR 异步网络结构如图 1.

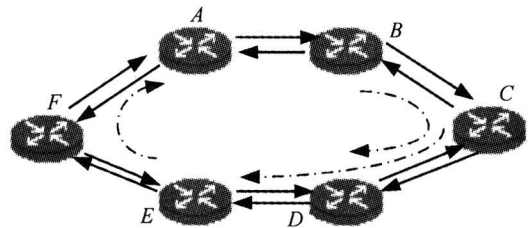


图 1 RPR 异步网络拓扑结构

Fig. 1 The topology of the RPR asynchronous network

假设: 网络中外环的“名义上的数据速率”为 r_n , 由于是异步网络, 各个节点的发送速率和 r_n 之间有一点偏差. 如果下游节点的发送速率大于上游节点的发送速率, 则上游发送过来的数据流可以完全同步地被转发, 所以这里仅需考虑上游节点发送速率大于下游节点的情况.

图 2 举例说明了节点间数据的传输过程, 上游节点 A 以大于“名义上的数据速率” r_a 发送数据, 下游节点 B 以小于“名义上的数据速率” r_b 发送数据. 当

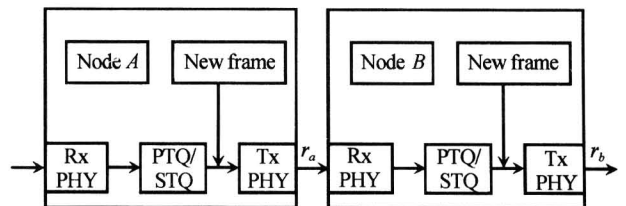


图 2 节点 A、B 间数据传输

Fig. 2 Transmitting data between node A and node B

A、B 节点间的链路得到充分利用时, 节点 A 的发送数据速率快于节点 B 的发送数据速率, 因此节点 B 的 PTQ 内填充的流量将以 r_{ab} 的速率增加. 其中

$$r_{ab} = r_a - r_b \quad (1)$$

此时, 将会导致节点 B 的主传送队列深度不断增加, 状况持续一段时间后, 节点 B 的主传送队列将发生溢出, 出现分组丢失现象.

发送速率同步功能通过在发送的数据流中插入小的、长度可变的空闲时段, 使得 RPR 异步网络的同步传输功能得以实现, 但是这是以消耗带宽资源

*重庆市教委基金 (No. 040504, 040502) 和重邮青年科技基金 (No. A2004-27) 资助项目

** Tel: 023-62487573 Email: zhangzz@cqupt.edu.cn

收稿日期: 2005-03-01

为代价的,插入空闲时段的长度计算也占用了部分处理器时间,致使网络性能下降.

2 DWTR 机制及其实现

2.1 功能模型

DWTR 提出了一种新的同步传输功能模块,其结构如图 3. 同步传输功能模块包括:一个 PTQ,一个权值调节器(Aw)和一个本地节点添加流量调节器(Add Adjustor). 图中的物理层(PHY),检验器(Checkbox)和客户层(Client)不属于同步传输功能模块,这里标识出来的目的是为了更好定位 MAC 数据通路中的同步传输功能模块.

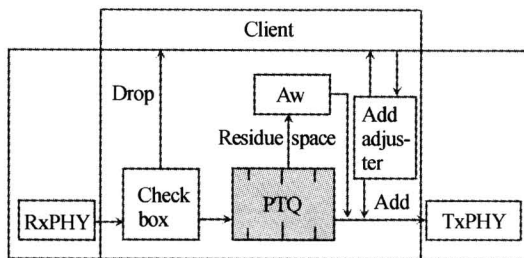


图 3 同步传输功能模块

Fig. 3 The sketch map of the synchronous transmission module

PTQ:如图 4,用于存储由于发送速率差而滞延的数据,以及根据队列深度提交不同控制指令. Add 调节器:控制本地节点向网络中添加待发送数据流流量. 权值调节器(Aw):根据主传输队列的深度来判断是否改变接收数据流的权重. 即使是在异步网络中,上下游节点间的发送数据速率差值不会超过其本身的 0.01%,因此把调节器的调节权值设定为接收权值加1就可以保证将接收的数据流完全转发. DWTR 是基于本地节点队列深度信息的调节机制. 它通过动态增加导致队列深度加深的的数据流的权值,使上下游节点的发送数据流流量趋近相同,从而达到异步网络同步传输的目的,并且节省了带宽和系统资源.

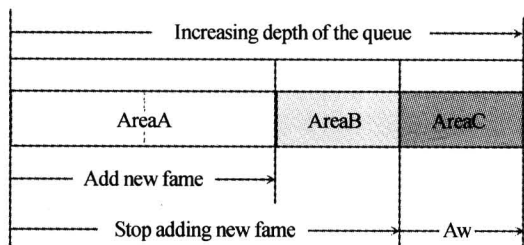


图 4 PTQ 结构

Fig. 4 The sketch map of the PTQ structure

2.2 DWTR 机制实现

PTQ 剩余空间是根据传送数据流量中发送/接收速率的不同而动态变化的, DWTR 正是依据 PTQ 队列深度信息来实现数据流的同步传输的.

本地节点添加的待发送数据流量只是在 AreaA 区域内才引起队列剩余空间的变化, DWTR 在 RPR 节点的 MAC 层设计了控制帧发送功能(control frame transmission). PTQ 队列并不需要一直探测其深度,也不在任意一个区域进行发送队列信息. 这里只考虑队列深度区域变换(S_3 例外)的情况,所以有三种状态 $S_i (i=1, 2, 3)$. 采用二进制,则对应表示为:00、01、10. 当队列深度达到并超过 AreaA 和 AreaB 区域的边界时, PTQ 发送队列深度状态变化信息 S_1 , MAC 层就利用该功能停止本地节点 client 层向网络添加待发送数据帧;当队列深度达到并超过 AreaB 和 AreaC 区域的边界时, PTQ 发送队列深度状态变化信息 S_2 , 权值调节器 Aw 提高上游节点发送来的数据流发送权值;至队列 AreaA 区域深度 1/2 处发送信息 S_3 , PTQ 请求 Aw 恢复到原来的权值,同时本地节点可以继续添加待发送帧.

2.3 DWTR 功能模块执行步骤

1) Step1: 等待 PTQ 队列提交队列深度状态变化信息 S_i ; 如果 $S_i = 00$, 转 Step2; 如果 $S_i = 01$, 转 Step4; 2) Step2: 停止本地节点向网络添加待发送数据帧; 3) Step3: 判定 f 的值, 若 $f=1$, 转 Step1; 否则等待 PTQ 队列深度状态变化信息 S_3 , 恢复本地节点向网络添加待发送数据帧权限, 转 Step1; 4) Step4: Aw 增加接收数据流的发送权值, 提高转发速率; 5) Step5: 等待 PTQ 队列深度状态变化信息 S_3 , 恢复接收数据流的发送权值和本地节点向网络添加待发送数据帧权限, 转 Step1.

步骤 3 中, f 是一个布尔变量, 表示 PTQ 队列深度达到并超过 AreaA 和 AreaB 区域的边界后队列深度的变化趋势, $f=1$ 表示队列深度继续增加, $f=0$ 则相反.

为了更好的说明 DWTR 模块的功能和执行过程, 给出算法执行流程图, 如图 5.

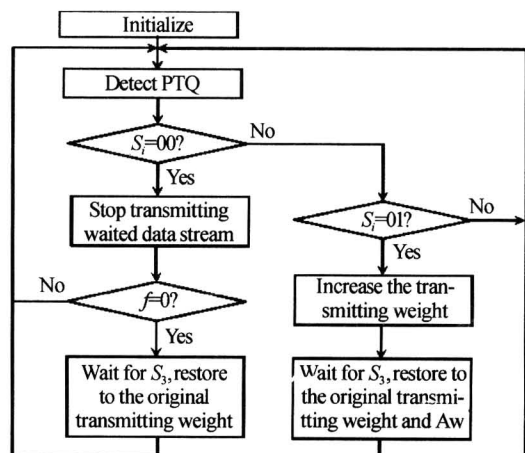


图 5 DWTR 模块流程

Fig. 5 The flow chart of the DWTR module

3 性能分析和仿真

IEEE802.17 提供的发送速率同步功能需要计算和判断插入空闲帧的长度,并且空闲帧必须要在两帧之间插入,不能在一帧的发送过程中插入,这需要处理器判定插入的时间.所以必然有一部分硬件资源被占用和消耗,降低了网络的性能. DWTR 机制将调节器的调节权值设定为接收权值加 1,只有当 PTQ 的深度达到 AreaC 区域才启动, A_w 也只是直接提交发送权值增量给 Rx PHY,不需要任何分析和计算,所以不会消耗网络资源.另外, DWTR 机制不发送任何额外的数据流,它通过直接提高接收数据流的发送权值来实现同步功能,故不占用带宽资源.

以图 1 的 RPR 异步网络拓扑结构作为仿真模型.该模型是以一个简单的 RPR 环网的外环为例来对 DWTR 的同步机制进行验证.节点 A、B 之间的链路 L_1 容量为 800Mbit/s,节点 B、C 之间的链路 L_2 容量为 900Mbit/s,其它相邻节点间的链路容量均为 1500Mbit/s.模型中的每一个节点都具有充分的处理能力.仿真需要验证在 L_1 充分利用且 r_a 大于 r_b 的情况下,节点 B 的接收速率(即节点 A 的发送速率) r_a 和修正转发速率 r_{bw} 在修正时间内收发数据量趋近同步;随着时间的增加,收发数据总量无限一致;同时对节点 B 的 PTQ 队列深度进行了检验.

节点 F、A 分别向目的节点 C、D 发送数据,节点 B 只负责传送数据(本地节点添加的待发数据流不影响 PTQ 队列). F、A 的最小发送速率为 15 Mbit/s 和 10 Mbit/s;权值分别为 60 和 30;初始发送速率分别为 600 Mbit/s 和 200 Mbit/s. PTQ 队列深度中的三个状态变化点的对应值分别设为 60, 80, 30, 仿真时间为 500 ms.

仿真结果如图 6~7. 图 6 表示 PTQ 队列的深度. 图 7 表示节点 B 接收数据总量和转发数据总量的关系.

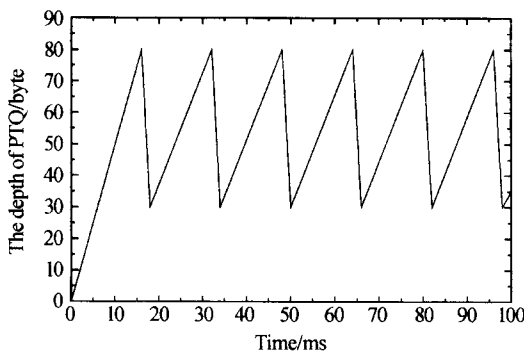


图 6 PTQ 的深度
Fig. 6 The depth of PTQ

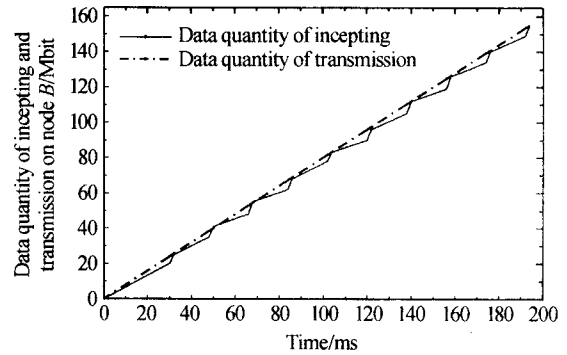


图 7 接收数据总量和转发数据总量
Fig. 7 Data quantity of incepting and transmission

从图 6 可以看出,在每两次 A_w 调节器修正转发数据流的权值时, PTQ 队列深度是相同的.因此,在该期间实现了同步传输功能,并且 PTQ 队列的深度是在一个固定的范围内波动,不会出现溢出的情况.图 7 表明随着时间的积累,节点 B 的接收数据量和转发数据量无限接近,在全局上实现了同步.通过分析也可以知道即使链路 L_1 没有被充分利用,该 DWTR 机制也是适用的.

4 结论

本文首先分析了弹性分组环工作在异步网络的时候,发送速率同步功能的特点和实现同步的方式,然后结合 RPR 环网中的权值等比分配原则提出了一种能够适应于 RPR 异步环网的同步传输机制 DWTR. 该机制通过动态改变接收数据流的转发权值实现了异步环网中的同步传输,保证了节点 PTQ 队列不会溢出.同时,能使链路带宽得到充分利用,减少了处理器的工作时间和次数. DWTR 功能模块是基于发送速率同步功能模块改进而得到的,在物理上实现很容易.总的来说, DWTR 机制能够在不降低网络性能的基础上实现 RPR 网络的同步传输要求.

参考文献

- 1 IEEE802.17 WorkGroup, IEEE Draft P802.17/D2.2, 2003
- 2 张焕国,张治中,张云麟,等.弹性分组多环互连网的跨环转发算法.光通信技术,2005,29(2):18~21
Zhang H G, Zhang Z Z, Zhang Y L, et al. *Optical Fiber Technology*, 2005, 29(2): 18~21
- 3 何建吾,梅杰,顾晓仪.智能光网络中一种新型的分布式恢复方法.光子学报,2003,32(12):1464~1469
He J W, Mei J, Gu W Y. *Acta Photonica Sinica*, 2003, 32(12): 1464~1469
- 4 徐志根,李艳和,张汉,等.可重构的多波长分插复用节点研究.西安:光子学报,2004,33(9):1085~1089
Xu Z G, Li Y H, Zhang H, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2004, 33(9): 1085~1089

5 韩一石, 丁金妃, 何赛灵. 一种新型光分插复用器在 WDM 自愈网中的应用. 光子学报, 2002, 32(12): 1479~1482

Han Y S, Ding J F, He S L. *Acta Photonica Sinica*, 2002, 32(12): 1479~1482

Synchronous Transmitting Mechanism on RPR Asynchronous Networks

Zhang Huanguo, Zhang Zhizhong

Key Lab on Commun. networks and Testing Technol., Chongqing Univ. of Posts & Telecommunications, Chongqing 400065

Received date: 2005-03-01

Abstract The characteristic and method of the synchronous transmitting function in RPR asynchronous network was introduced. Then a new synchronous transmitting mechanism for RPR asynchronous network according to the principle of allocating bandwidth was proposed. The new mechanism was named as Dynamic Weighted Transporting Rate. The synchronous transmitting was based on dynamic altered transmitting weight of the received data stream according to the PTQ depth. Simulation results show that the mechanism can achieve synchronous transmitting in RPR asynchronous network, and the PTQ will not overflow.

Keywords RPR; Nominal network data rate; Weight; Dynamic weighted transporting rate (DWTR); Control frame transmission



Zhang Huanguo is a graduate student in College of Communication Engineering, Chongqing University of Posts and Telecommunications. His interests include metropolitan optical networks and IP networks.