

文章编号:1000-582X(2005)05-0090-05

OBS网络中的自适应汇聚算法*

汪纪锋,蒋玉莲,夏汉铸

(重庆邮电学院自动化学院,重庆 400065)

摘要:根据 OBS 网络的特点,分析了在 OBS 网络边缘节点进行数据汇聚的一般原则,针对现有汇聚算法的缺陷,提出了一种在 OBS 网络中的边缘节点的自适应汇聚算法,并详细讨论了该算法的具体实现。该算法根据到达 OBS 网络边缘节点的实际速率,动态的调整数据汇聚的参数,实现了动态的调整汇聚算法的目的,从而实现了根据网络的实际状况作出积极的响应,最终达到改善整个 OBS 网络性能的目的。

关键词:光突发交换;突发数据包;控制包;边缘节点;汇聚算法

中图分类号:TP393.03

文献标识码:A

随着互联网的发展,人们对网络的要求越来越高,尤其是对网络的交换速度和传输速度。波分复用(WDM)技术(特别是密集波分复用 DWDM 技术)^[1]的出现能在现有的网络上提供足够的带宽要求。这样,交换速度就成为制约网络速度的瓶颈。光突发交换 OBS(Optical Burst Switching)网络结构^[2-4]的提出正是利用了波分复用技术带来的巨大带宽资源,同时又克服了电子交换速度的瓶颈。

OBS 网络的基本思想是将突发数据包 DB(Data Burst)和控制包 BHP(Burst Head Packet)分开、数据信道和控制信道分离。在 OBS 网络中的边缘节点处,多个 IP 数据包汇聚成一个大的突发数据包 DB。一旦满足汇聚条件,首先通过控制信道发送控制包 BHP。采用一定的资源预留协议,控制包在核心路由器为相应的突发数据包 DB 预留一定的带宽资源。控制包 BHP 发送以后,经过一定的偏置时间(Offset-time),发送对应的突发数据包 DB。由于控制包 BHP 已经预留了相应的带宽资源(同时也配置好了核心路由器),突发数据包可以在全光路上传输。这样既提高了交换速度,又充分地利用了网络的带宽资源。但是,如果先发送的控制包 BHP 由于某种原因(如资源竞争或路由器本身的原因)预留资源不成功,后续到达的对应的突发

数据包 DB 将全部被丢弃。

在 OBS 网络中,边缘节点将多个(几十甚至几百个)IP 分组根据目的节点地址和 QoS(Quality of Service-服务质量)要求分配到不同的子队列中,按照一定的汇聚算法,当各子队列中的 IP 分组满足汇聚条件时,将这些 IP 分组汇聚成一个突发数据包,然后产生相应的控制包。那么,在 OBS 网络的边缘节点,采用什么样的汇聚算法将多个 IP 分组汇聚成一个突发数据包 DB 就成了 OBS 网络中一个很重要的问题。而现有的汇聚算法基本上都采用固定的参数来实现边缘节点汇聚的功能。但是如果采用固定参数的汇聚算法,就不能根据网络的实际状态和边缘节点本身实际情况(包括节点的处理速度和光电转换的速度)。

1 OBS 网络简述

OBS 网络结构的功能模型如图 1 所示。在 OBS 网络的入口(Ingress Node),根据到达的 IP 分组的节点地址和 QoS 要求,将达到的 IP 分组分别插入到不同的子队列中,根据各子队列的 IP 分组到达的时间和各子队列的长度采用一定的汇聚算法将 IP 分组汇聚成突发数据包。核心节点根据对应的控制包 BHP 中包含的信息为后续到达的数据包 DB 预留带宽资

* 收稿日期:2004-12-25

基金项目:重庆市科委攻关项目的资助(2002-3303)

作者简介:汪纪锋(1944-),男,重庆人,重庆邮电学院教授,华中科技大学兼职博士生导师,主要从事智能控制理论在通信系统中的应用。

源、配置交换矩阵,同时 BHP 将通过一定的路由算法发送到下一节点。在出口节点,各个突发数据包被重新分解(解汇聚)成原来的 IP 分组,并将这些单个的 IP 分组发送到对应的目的节点。

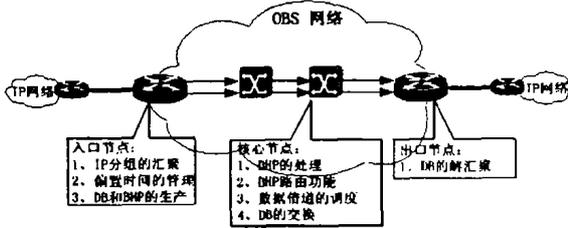


图1 OBS网络结构功能模型图

2 汇聚算法简介

在 OBS 网络中,一个关键的技术就是在边缘节点如何将多个 IP 分组汇聚成一个大的突发数据包 DB。现有的汇聚算法^[5]主要包括:固定汇聚周期算法(FAP-Fixed-Assembly-Period)、自适应汇聚周期算法(AAP-Adaptive-Assembly-Peroid)和最小长度最大周期算法(MBMAP-Max-BurstLength-Min-Assembly-Period)。其中固定汇聚周期 FAP 算法的基本思想对每一个子队列中的 IP 分组在汇聚成突发数据包 DB 时,采用固定的时间,一旦汇聚时间大于汇聚周期,将这些 IP 分组汇聚成突发数据包。自适应汇聚算法的基本思想与 FAP 算法的基本相似,只是每完成一次汇聚后,根据该突发数据包 DB 的大小来动态的调整下一次汇聚的周期。最小长度最大周期算法 MBMAP 是当汇聚时间或突发数据包的长度达到最大周期或最小长度就将这些 IP 分组汇聚成突发数据包。但是,这些汇聚算法基本上都没有考虑到网络的实际情况(包括到达边缘节点的 IP 分组的流量、边缘节点的处理速度、边缘节点的信道带宽、光电转换速度等)。如何根据网络的实际情况动态调整汇聚算法就成了 OBS 网络中的一个很关键的技术。

3 自适应汇聚算法

3.1 汇聚准则

在 OBS 网络中,由于边缘节点本身的特性和限制,边缘节点在进行数据汇聚时,一般要多方面来考虑^[6-8]:

1) 控制信道数和数据信道数

假设数据包 DB 的长度为 L_{DB} ,控制包 BHP 的长度为 L_B ,每一条数据信道的带宽为 B_{DB} ,每一条控制信道的带宽为 BB ,控制信道数为 k ,数据信道数为 K 。考虑到任一两节点间的链路上,控制信道上传送的控制

BHP 的数目不大于数据信道上的数据包 DB 的数目,则数据包 DB 的长度和控制包 BHP 的长度应满足以下关系:

$$L_{DB} \geq (K \times L_B \times B_{DB}) / (k \times BB) \quad (1)$$

2) 数据到达速率和边缘节点的光电转换速率

考虑到边缘节点本身的特性和限制,要求数据汇聚的时间必需满足一定的条件。假设第 i 数据包 DB 的长度为 L_{DBi} ,控制包 BHP 的长度为 L_B ,数据信道数为 K ,每一条数据信道的带宽为 B_{DB} ,边缘节点的光电转换速率为 R_c ,数据到达的速率为 R_r ,则要求:

$$\frac{L_{DBK}}{R_r} \geq \frac{\sum_{i=0}^{K-1} L_{DBi}}{\min(R_c, KBW_{DB})} \quad (2)$$

该不等式是要求前 K 个数据包发送的时间应不大于第 $(K + 1)$ 个数据包的汇聚时间。

在 OBS 网络中边缘节点采用汇聚算法时还要考虑到其它的因素的影响(如有效负载与系统开销等等),笔者认为决定汇聚算法的主要因素时以上两个准则,其它的影响因素在此不再讨论。

3.2 自适应汇聚算法的实现

由式(2)可知,任何一个数据包的汇聚长度都与数据到达的速率有关,如果在 OBS 网络的边缘节点的数据汇聚时,不能动态的调整汇聚参数,可能会使得式(2)不成立,从而导致汇聚的数据包发送不出去,或者发送出去后在核心节点有可能会由于无法预留信道而导致数据包丢失。作者提出的自适应汇聚算法正是通过动态的调整汇聚参数来避免这种情况的出现。该算法的基本思想是根据计量器测量各相应队列的数据的到达速率来动态改变各个汇聚突发数据包的大小。其功能框图如图2所示。

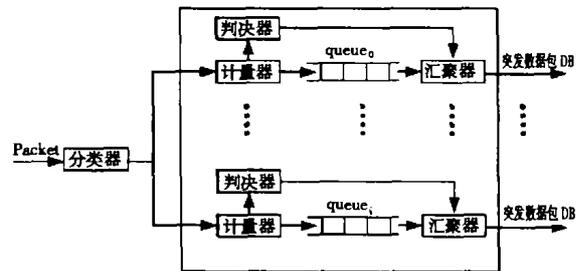


图2 自适应算法功能框图

在自适应汇聚算法的功能框图中,每到达一个分组,分类器根据分组的节点地址和 QoS 的要求,将该分组插入不同的队列中。在插入到相应的队列前,计量器将会测量到达该队列的数据速率,同时将计量器的测量结果传给判决器,判决器通过得到的测量结果来动态的调整汇聚参数(包括突发数据包的长度 L_{DB}

和最大的汇聚周期 MT-MaxTimer),从而实现了根据数据的到达速率动态的调整汇聚参数的目的。该算法的具体实现过程如下:

1) 当有一个分组到达边缘节点时,分类器首先根据分类器根据该分组的目的节点地址和 QoS 要求将该分组插到对应的子队列中;

2) 在该分组被插入到子队列前,计量器测量对应的子队列的数据到达速率,并将测量的结果通知到判决器。

3) 判决器根据收到的结果和本身的信息,确定对应的汇聚参数(包括突发数据包的长度 L_{DB} 和最大的汇聚周期 P_{max})。如果该分组不是突发数据包 DB 的第一个分组,则不对来自计量器的测量结果作出任何响应;如果该分组是突发数据包 DB 的第一个分组,确定对应的汇聚参数,具体的确定方法如图 3、图 4。

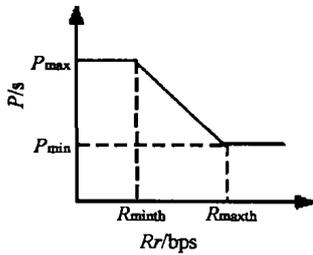
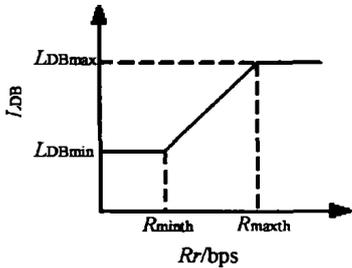


图 3 突发数据包的长度 $L_{DB} - R_r$ 图 4 最大汇聚周期 $P - R_r$ 说明:

① 对于每一个系统(或者节点)而言,由于软件或硬件的原因,对于传送的突发数据包都有一个最大值和最小值,而图 3 中的 L_{DBmax} 和 L_{DBmin} 就是对应的最大和最小值;

② R_{minth} 和 R_{maxth} 分别是数据到达速率的下限门限值和上限门限值, R_r 为数据到达速率。如果数据的到达速率小于下限门限值 ($< R_{minth}$), 汇聚的突发数据包 DB 的长度 L_{DB} 为 L_{DBmin} ; 如果数据到达速率在下限门限值 R_{minth} 和上限门限值 R_{maxth} 之间 ($R_{minth} < R_r < R_{maxth}$), L_{DB} 根据速率 R_r 的变化线形增加:

$$L_{DB} = \frac{(R_r - R_{minth})}{(R_{maxth} - R_{minth})} (L_{DBmax} - L_{DBmin}), \quad (3)$$

如果数据到达速率大于上限门限值 ($> R_{maxth}$), 汇聚的突发数据包 DB 的长度 L_{DB} 为 L_{DBmax} ;

③ 如果考虑到 QoS 要求, 可对不同的 QoS 要求的队列采用不同的下限门限值 R_{minth} 和上限门限值 R_{maxth} ;

④ 最大汇聚周期 $MT - R_r$ 的变化情况与突发数据包的长度 $L_{DB} - R_r$ 的变化情况基本相似, 具体变化情况如图 4。

4) 汇聚器根据判决器的判决结果, 动态的调整汇聚参数。由于到达的分组是该突发数据包 DB 的第一个分组, 根据判决器的判决结果, 确定该突发数据包的可能长度, 同时发送控制包 BHP, 其中 BHP 包含的该突发数据包 DB 的长度为判决器的判决长度 L_{DB} 。同时汇聚器根据判决结果, 决定汇聚参数, 一旦突发数据包的长度或汇聚时间超过突发数据包的长度 L_{DB} 或最大的汇聚周期 MT 时, 将这些分组汇聚成一个突发数据包, 完成数据的汇聚。由控制包 BHP 先于汇聚完成前发送, 可能会导致 BHP 包含的该突发数据包 DB 的长度与实际的该突发数据包 DB 的长度不一致。在这种情况下, 只有 2 种情况, 1) BHP 包含的该突发数据包 DB 的长度大于实际的该突发数据包 DB 的长度, 这样就不作任何处理; 2) BHP 包含的该突发数据包 DB 的长度小于实际的该突发数据包 DB 的长度, 则以(或小于) BHP 包含的该突发数据包 DB 的长度汇聚突发数据包 DB。

考虑到式(2)中, 汇聚参数不仅与数据到达速率有关, 而且还与前 K 个突发数据包 DB 的长度有关, 而前 K 个突发数据包 DB 的长度又与以前的数据到达速率有关, 在实际应用中计量器测量的数据到达速率可不取实际测量的结果, 而取当前的测量结果与以前的测量结果的一个平滑值作为其测量的结果。为了简单起见, 文中用实际的测量结果作为数据到达速率 R_r 的值来影响判决器的判决结果。

4 仿真分析

在网络仿真环境下, 仿真实现了文中提出的自适应汇聚算法, 同时分析了该算法。

4.1 仿真拓扑

为了便于分析和比较笔者提出的自适应算法, 仿真实验采用如图 5 所示仿真拓扑, 同时不考虑控制信道的拥塞。每一个数据源到入口节点的链路带宽为 5 Gbps, 入口节点到核心节点的链路为 4 条, 每一条链路的带宽为 2.5 Gbps。数据源为自相似业务源, 其 ON、OFF 持续的时间都服从 Pareto 分布, ON、OFF 持续的平均时间比都为 1:1.35。核心节点采用 LAUC - VF 数据信道调度算法。

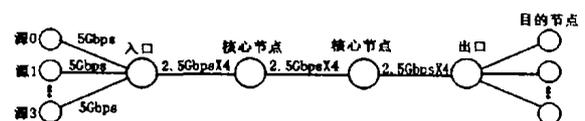


图 5 仿真拓扑

4.2 仿真结果

仿真实验中,入口节点分别采用最小长度最大周期算法(MBMAP)和自适应汇聚算法。

图 6 示为在源负载为 0.8 时汇聚的突发数据包 DB 大小(L)变化情况,横坐标 $T(s)$ 表示时间,纵坐标 $L_{DB}(\text{Bits})$ 表示突发数据包大小。其中曲线 A 为采用最小长度最大周期算法的结果,曲线 B 为采用自适应汇聚算法的结果。由图 6 可以看出采用自适应汇聚算法的突发数据包大小的变化较大,但由于 L_{DBmax} 和 L_{DBmin} 的限制,其变化范围不会超过 L_{DBmax} 和 L_{DBmin} ,因此该算法能满足网络中的要求。

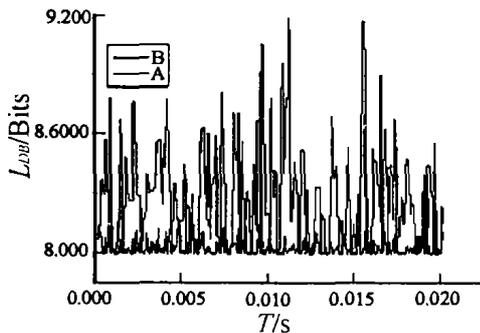


图 6 突发数据包的大小随时间的变化曲线

图 7 示为在不同负载的情况下,采用不同的汇聚算法时的链路利用率情况,横坐标 X 表示负载,纵坐标链路利用率。其中曲线 A 为采用最小长度最大周期算法的结果,曲线 B 为采用自适应汇聚算法的结果。由图 7 可知,采用自适应汇聚算法,可以在负载较高时增加链路利用率。这主要是由于通过动态的调整汇聚参数,从而在负载较高时增加了突发数据包 DB 的长度,从而减少了控制包 BHP 的数目,增加了资源预留成功的概率,从而减少了由于资源预留不成功而丢失的数据包的个数,提高了链路利用率。

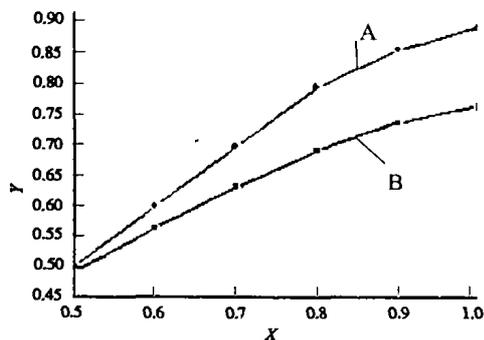


图 7 链路利用率随源负载的变化曲线

图 8 所示为在源负载为 0.8 时,IP 分组的端到端的延迟(E2E delay)。横坐标 $T(s)$ 表示时间,纵坐标 $T_D(s)$ 表示 IP 分组的端到端的延迟。其中曲线 A 为采用最小长度最大周期算法的结果,曲线 B 为采用自适

应汇聚算法的结果。由图 8 可知,现对与采用最小长度最大周期算法,采用自适应汇聚算法的端到端的延迟要小,这主要是由于采用最小长度最大周期算法是在数据包汇聚完成是才发送控制包 BHP,而自适应算法是在开始汇聚时就发送控制包 BHP;而且自适应汇聚算法延迟的抖动性也比较小。

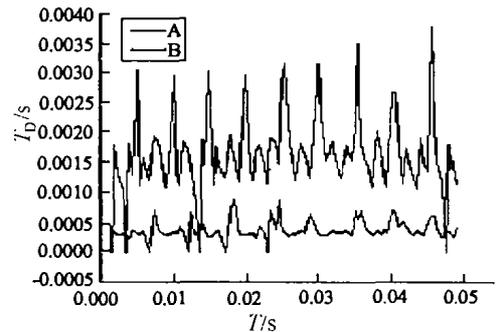


图 8 IP 分组的端到端延迟随时间的变化曲线

由以上仿真结果和分析可知:采用自适应的数据汇聚算法能减少丢包率,从而提高了网络的链路利用率;同时在延迟方面,性能也明显优于最小长度最大周期算法(MBMAP)。

5 结 论

分析了在 OBS 网络中的边缘节点进行数据汇聚的一般准则,提出了一种自适应汇聚算法,并详细讨论了该算法的具体实现。从该算法的具体实现过程和仿真结果可以看出,该算法可以根据数据到达速率动态的调整汇聚参数,从而改善了整个 OBS 网络的性能。

参考文献:

- [1] LIN P, TENCH R. The Exciting Frontier of Lightwave Technology[J]. Communications Magazine IEEE, 1999, 37(3): 119 - 123.
- [2] QIAO CUNMING, YOO M. Optical Burst Switching(OBS) — A new Paradigm for an Optical Internet [J]. High Speed Networks, 1999, 8(2): 69 - 84.
- [3] YIJUN XIONG, VANDENHOUTE MARC. Control Architecture in Optical Burst-switched WDM Networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2000, 18(10): 1 838 - 1 851.
- [4] ZHONG W D, TUCKER R S. Wavelength Routing Based Photonic Packet Buffers and Their Applications in Photonic Packet Switching Systems [J]. Lightwave Tech, 1998, 16(10): 1 737 - 1 745.
- [5] RAMASWAMI R, SIVARAJAN K N. Routing and Wavelength Assignment in All-Optical Networks[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 1995, 3(5): 489 - 500.
- [6] SE-YOON OH, HYUN HA HONG, MINHO KANG. A Data Burst Assembly Algorithm in Optical Burst Switching Net-

- works[J]. ETRI Journal, 2002, 24(4): 16-21.
- [7] XU L, PERROS H, ROUSKAS G. Techniques for Optical Packet Switching and Optical Burst Switching [J]. IEEE Comm Mag, 2001, 39(1): 136-142.
- [8] DOLZER K, GAUGER C, SPTH J, et al. Evaluation of Reservation Mechanisms for Optical Burst Switching [J]. Journal of Electronics, 2001, 55(1): 82-89.

An Adaptive Data Burst Assembly Algorithm in OBS Networks

WANG Ji-feng, JIANG Yu-lian, XIA Han-zhu

(Automation Institute, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing, 400065, China)

Abstract: Optical Burst Switching (OBS) is a promising paradigm for the next-generation Internet infrastructure. This paper proposes an adaptive data burst assembly algorithm in OBS networks, which can adjust parameters of assembly algorithm according to the traffic arrival rate of the edge nodes in OBS networks. Also this paper proposes how to realize the adaptive data burst assembly algorithm.

Key words: optical burst switching; data burst; burst head packet; edge node; assembly algorithm

(编辑 吕赛英)

(上接第 89 页)

Microscopic Traffic Simulation Mathematic Model Based on Cellular Automata

SUN Yue, YU Jia, HU You-qiang, MO Zhi-feng

(College of Automation, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: This paper presents a model for freeway traffic flow simulation and prediction. The model uses cellular automata theory to model complex traffic behavior. The advantage of the cellular automata approach is that the roadway to be modeled is quantized into simple homogeneous cells, time is quantized into discrete steps, and physical quantities take on a finite set of values. Also, the state of the cells is updated at each discrete timestep by using a vehicle update algorithm that combines a few vehicle motion models, governed by a relatively small set of parameters. Then vehicles just move one or several cells at each discrete timestep according to the self-defined rule. This approach makes the computer operation feasible. At last, the paper puts forward a suppose that if the simulation system is equipped with the self-study system of NN (neural network) module according to the statistical data from the transducer fixed on the freeway, it can predict the traffic status ahead of 10 minutes.

Key words: cellular automata; traffic simulation; mathematic model

(编辑 吕赛英)