

OBS 节点的偏射路由性能分析

宁兴强^{1,2}, 李维民¹, 王怀军¹

(1. 空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077; 2. 空军 93926 部队, 和田 848000)

摘要:研究了光突发交换(Optical Burst Switching, OBS)网络中的一种竞争解决策略——偏射路由,并且提出了有波长变换和无波长变换的单个 OBS 节点的突发丢失分析的近似模型和精确模型。

关键词:光突发交换; 竞争解决; 偏射路由; 近似模型; 精确模型

中图分类号: TN915 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2005)06-0045-04

由于能够提供巨大的带宽和良好的传输品质,光通信已经广泛用于电信网络和因特网^[1]。光电路交换(如波长路由)比较容易实现,但是缺乏灵活性。光分组交换(Optical Packet Switching, OPS)被认为理想的方式,但是由于目前光逻辑器件技术不成熟,没有可用的光随机存储器(ORAM),所以还需经过多年的研究才能实用化。针对目前 OCS 和 OPS 存在的一些问题,近年来,人们提出了一种新的光交换技术——光突发交换(OBS)技术,在 OBS 网络中,数据突发通常采用类似恰量时间(Just Enough Time, JET)的单向资源预留协议^[2],无需等待资源成功预约的应答。不同大小的突发数据在 OBS 节点进行异步交换。由于没有或者仅有有限的光缓存可用,交换将采用 By-Pass 方式,而不采用电分组交换核心节点中普遍采用的存储转发方式,这样可以减小 OBS 节点的丢包率,增加 OBS 网络的吞吐量。

偏射路由(Deflection Routing)最早是作为普通拓扑结构的光网络的一种竞争解决方式而提出的^[3-4]。文献[5,6]讨论了 OBS 网络中的偏射路由实现及其性能分析。还提出了一种用于 OBS 节点的近似的突发丢失率估计马尔可夫模型^[6]。

1 偏射路由(Deflection Routing)

当数据突发到达中间节点发现预定端口的所有波长都不可用时,就会被交换到相应的端口,这样,数据突发就被偏射了。OBS 网络中的偏射路由就被提了出来^[5]。在 OBS 网状网中采用偏射路由能够减小源端到目的端的传输平均延时和丢包率。

文献[3-5],提出一种解决系统负载较大的情况下偏射路由方案。为此,引入参数偏射概率 $p(0 < p < 1)$ 。当突发之间的竞争发生时,其中一个突发将以概率 p 而不是 100% 偏射到相应的输出端口。通过这个参数,当业务负载低时,可以为所有突发以 $p=1$ 进行偏射路由,而当业务负载大时, $p=0$,禁止偏射路由。该参数值可以在操作前根据统计记录设定,也可以在系统操作期间根据业务负载监控情况进行调整。

参考文献[6]中的分析模型采用只有单个端口,本文采用的是适合多端口节点的模型。另外,有波长变换和无波长变换的情形都进行了研究。首先给出了一个近似模型,当业务负载处于合理范围时,任意端口的系统有比较好的结果。具有更高计算复杂度的精确模型可以用两个输出端口的系统得到证实。

在分析模型中,为了简化,我们采用固定的偏射概率 p 。假定 OBS 节点是一个均衡系统,节点有 M 个输出端口,基本输出端口为 i ,概率 p_j 为突发被偏射到输出端口 j 的概率($j \leq i, j \leq M, i \neq j$)。图 1 给出了以端口

收稿日期:2005-05-19

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60278019)

作者简介:宁兴强(1975-),男,四川崇州人,硕士生,主要从事光交换技术研究。

1 为基本输出端口的例子,其中 $p_2 = \dots = p_{M-1} = p_M$, 则有 $\sum_{k=1}^M \{p_k |_{k \neq i}\} = p$ 。

2 分析模型

由于波长转换器可有效地减少突发丢失,所以首先讨论配置有波长转换器的 OBS 节点模型。

2.1 近似模型

为了得到 OBS 节点输出端口丢包率的近似值,假设其他输出端口的业务强度和突发丢包率不受偏射突发影响,例如,如果分析图 1 中端口 1 的丢包率性能,端口 2 到 M 的业务强度和突发丢包率不受来自端口 1 的偏射突发的影响。其次,没有其他突发从其他端口偏射到所要分析的端口。

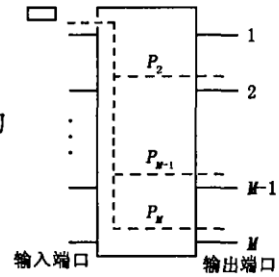


图 1 一个有偏射路由的 OBS 节点的例子

2.1.1 有波长转换器的情形

假设每个输出端口的波长数为 M,那么,状态转移图如图 2 所示,状态 i 表示第 i 个波长已经被占用, λ_i, μ_i 分别为状态 i 的突到达率和突发离开率。当突发在状态 i ($0 \leq i < M$) 到达时,状态将转移到状态 i+1;当突发完成服务并离开 OBS 节点时,状态 i 将转移到状态 i-1。

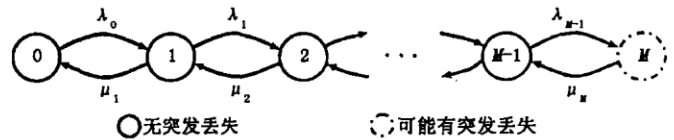


图 2 有波长变换器的状态转移图

以 $Q(i)$ 表示状态 i 的稳态概率,列出如下等式:

$$\text{当 } 0 \leq i < M \text{ 时 } (\lambda_i + \mu_i)Q(i) - \lambda_{i-1}Q(i-1) - \mu_{i+1}Q(i+1) = 0 \quad (1)$$

$$\text{当 } i = 0 \text{ 时 } \lambda_0Q(0) - \mu_1Q(1) = 0 \quad (2)$$

$$\text{当 } i = M \text{ 时 } \mu_MQ(M) - \lambda_{M-1}Q(M-1) = 0 \quad (3)$$

$$\text{同时有 } \sum_{i=0}^M Q(i) = 1 \quad (4)$$

到达的突发在基本输出端口上所有波长的预留概率为 $Q(M)$ 。当且仅当:①系统处于状态 M 时(概率为 $Q(M)$);②偏射路由不存在(概率为 $(1-p)$),或者是发生偏射路由但其余 $M-1$ 个输出端口均无可用波长时,该突发将被丢弃。

特殊地,突发丢失概率为 $Q(M)[(1-p) + \sum p_j l_j]$,其中 l_j 为相邻输出端口 j 的丢失概率。若所有备用端口的突发丢失概率等于 l,那么丢失概率为 $Q(M)[(1-p) + pl]$ 。

假定业务服从泊松分布^[6-7],突到达与状态 i 独立,突发离开率与状态 i 成比例,这样,可得 $\lambda_i = \lambda, \mu_i = i\mu$,应用等式(1)~(4),有:

$$\text{突发丢失率} = \frac{\rho^M/M!}{\sum_{k=0}^M \rho^k/k!} [(1-p) + pl] \quad \text{其中 } \rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (5)$$

$$l \text{ 可由 Erlang 丢失概率公式计算: } l = \frac{\rho^M/M!}{\sum_{k=0}^M \rho^k/k!} \quad (6)$$

2.1.2 无波长转换器的情形

由于 OBS 节点不具有波长转换能力,根据波长连续性受限条件,波长 i 上到达的突发只能以概率 p 偏射到备用端口的波长 i 上。为了简化问题,假设不同波长上到达的突发相互独立。

假定不同波长上的业务强度相等,则只需观测一个波长上的状态即可。节点的状态转移图如图 3 所示,波长的状态为 0,表示该波长空闲,可以被预留,状态为 1 则表示该波长已经被占用。由上文可得突发丢失概率为 $Q(1) \cdot [(1-p) + \sum p_j l_j]$,其中 l_j 为相邻输出端口 j 的突发丢失概率。

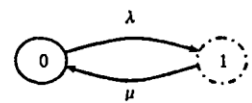


图 3 无波长变换器的近似模型状态转移图

当业务负载很大时,近似模型的结果不理想。由于偏射的突发会影响相应端口中的业务负载,这就导致很高的丢失率。

2.2 精确模型

在近似模型中忽略了偏射的业务对其他输出端口的影响,也没有考虑从其他端口偏射到特定输出端口带来得影响。为得到精确的结果,当部分偏射业务不能被忽略时,系统的状态除了基本输出端口的预留波长外,还应包含备用输出端口中的预留波长。这里通过两个输出端口 A 和 B 的 OBS 节点来验证更一般的解决办法。

2.2.1 有波长转换器的情形

节点的状态转移图如图 4 所示,状态 (i, j) 表示输出端口 A 中预留的波长 i 和端口 B 中预留的波长 j , $\lambda_{A(i,j)}$ 、 $\lambda_{B(i,j)}$ 为端口 A、B 的突发到达概率, $\mu_{A(i,j)}$ 、 $\mu_{B(i,j)}$ 为突发离开概率。根据近似模型,假设有 $\lambda_{A(i,j)} = \lambda_A$ 、 $\lambda_{B(i,j)} = \lambda_B$ 、 $\mu_{A(i,j)} = i\mu$ 、 $\mu_{B(i,j)} = j\mu$ 。

当 $0 \leq i, j < M$ 时,状态转移图与近似模型相似,只是边缘状态有所不同。

当 $i = M, j < M$ 时,端口 A 到达的突发可能会偏射到端口 B,也就是说端口 B 中不是所有波长都被预留。这样,状态 (M, j) 转移到 $(M, j + 1)$ 。类似有端口 B 到 A 的状态转移。

以 $Q(i, j)$ 表示系统在状态 (i, j) 的稳态概率,用 $(M + 1)(M + 1)$ 个等式描述状态转移概率,并有 $\sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^M Q(i, j) = 1$,得到系统的稳态概率 $Q(i, j)$ ($0 \leq i, j < M$),可以计算出系统处于状态 (M, M) 时的丢弃概率,或者当系统处于状态 (M, j) 或 (i, M) 时,突发以概率 $(1 - p)$ 到达而未发生偏射时的丢包率。

这样,端口 A、B 的突发丢失概率分别为

$$l_A = Q(M, M) + \sum_{j=0}^{M-1} Q(M, j)(1 - p) \quad (7)$$

$$l_B = Q(M, M) + \sum_{i=0}^{M-1} Q(i, M)(1 - p) \quad (8)$$

如果 OBS 节点有 n 个输出端口,一般采用 n 维马尔可夫链模型进行分析。若 n 很大,计算就会变得很复杂。

2.2.2 无波长转换器的情形

端口 A、B 中相同波长 i 的状态转移图如图 5 所示,状态 (i, j) 是波长 i 在每个端口的可用度,1 表示波长已被占用,0 则表示该波长空闲。

与上文讨论类似,端口 A、B 的突发丢弃率分别为

$$l_A = Q(1, 1) + Q(1, 0)(1 - p) \quad (9)$$

$$l_B = Q(1, 1) + Q(0, 1)(1 - p) \quad (10)$$

稳态概率 $Q(i, j)$ 可通过解线性方程确定。

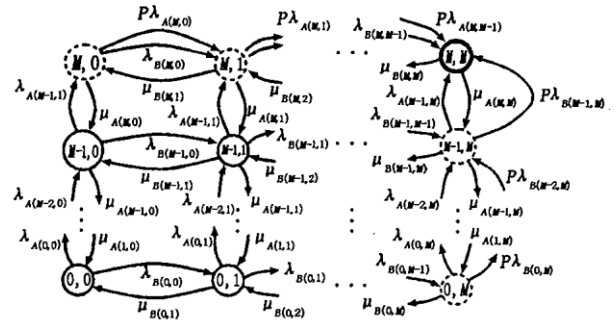


图 4 有波长转换器的状态转移图

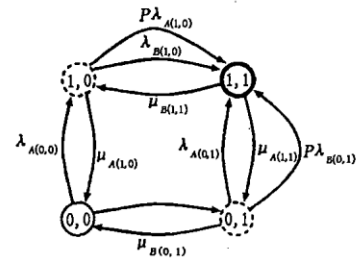


图 5 无波长转换器的精确模型的状态转移图

3 结果分析

假设业务服从泊松分布,突发长度服从指数分布,平均大小为 100 kbyte,每个输出端口有 32 个或 64 个波长,每个波长提供 800 kbps 的传输能力,情形 A、B 中的节点具有全波长转换能力。情形 C 中节点无波长转换器。突发预留采用优先选择(First-Fit)调度算法^[8]。

3.1 情形 A

这里给出了 4 个输出端口的 OBS 节点的近似模型的结果。假定每个输出端口上有 64 个波长,发生偏射路由的概率 p 等于默认值 0.2。从图 6 可知,业务负载在 0.62 到 0.8 之间时,仿真结果与近似模型的预测基本吻合。

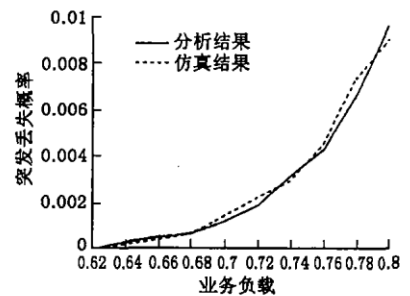


图 6 近似模型比较

固定业务负载为 0.75(突发丢失率大概为 0.5% 左右),比较在不同的偏射路由概率和波长数的情形下仿真结果与近似模型的预测结果。图 7(a) 显示了固定其他所有参数时不同的偏射路由概率下的突发丢失率的变化关系。图 7(b) 显示了在其他参数固定时不同波长数引起的突发丢失率变化。近似模型中假定没有其他端口的突发被偏射到基本输出端口,当其他端口的突发丢失率较

低的时候仍能给出较好的预测结果,换句话说,从其他备用端口偏射到基本输出端口的突发可以忽略。通常,实际系统的丢失率低于1%。这样,具有较小计算复杂度的近似模型能够给出较理想的结果。

3.2 情形 B

近似模型与精确模型最大的不同之处在于是否考虑了突发丢失和不同输出端口上的业务强度的相互关系。当突发

丢失概率不能被忽略时,精确模型可以得出更精确的结果。在两个输出端口的 OBS 节点中,每个端口上有 32 个波长,大业务负载(0.85~1.0)情形下的突发丢失率如图 8 所示,仿真结果高出近 10%。虽然近似模型可以预测出较低的突发丢失率,但是精确模型的结果与仿真曲线更接近。

3.3 情形 C

没有光纤延迟线和波长转换器的 OBS 节点的突发丢失率会很大,这里仅对比分析精确模型和仿真模型的结果。节点模型有 32 波长,在不同的业务负载条件下,分析结果与仿真结果接近程度较好。当保持业务负载为 0.15 时,在不同的偏射路由概率下,分析结果与仿真结果曲线也基本重合。通过分析比较,无波长转换器的精确模型具有较高的精确性。

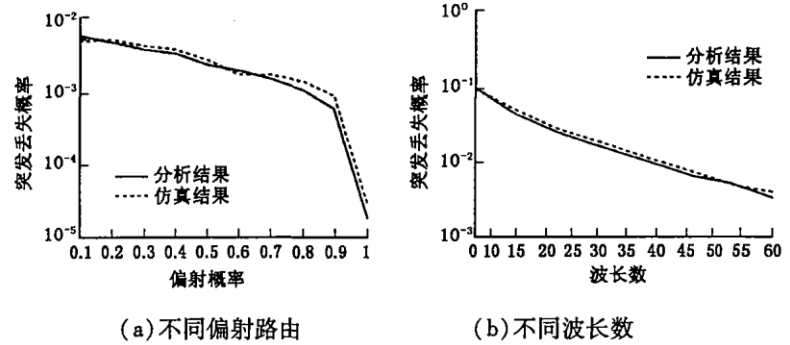


图 7 不同参数的近似模型比较

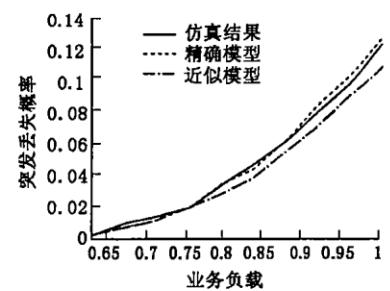


图 8 近似模型与精确模型比较

4 结论

本文提出了一种分析偏射路由节点的突发丢失率性能马尔可夫链模型,并对有无波长转换器两种情形进行了研究。与以前提出的只有单个输出端口的 OBS 节点模型不同,提出的分析模型可以在一个系统中应用任意数量的端口。近似模型给出了一般业务负载情况下较理想的结果,而精确模型则考虑了更多的影响因素,即使在业务负载很大的情况下也能得出精确的结果。

参考文献:

- [1] Rajiv Ramaswami. Optical Fiber Communication; From Transmission to Networks [J]. IEEE Communication Magazine, 2002, (5): 138 - 147.
- [2] Qiao C, Yoo M. Optical Burst Switching(OBS) - a New Paradigm for an Optical Internet[J]. Journal of High Speed Networks, 1999, 8: 69 - 84.
- [3] Boronovo F, Fratta L, Bannister J A. Unslotted Deflection Routing in all - optical Networks[A]. Proceeding of GLOBECOM [C]. 1993, 119 - 125.
- [4] Boronovo F, Fratta L, Bannister J A. On the Design of Optical Deflection Routing Networks[A]. Proceeding ob INFOCOMM [C]. 1994, 120 - 129.
- [5] Wang X, Morikawa H, Aoyama T. Burst Optical Deflection Routing Protocol for Wavelength Routing WDM Networks [A]. Proceeding of Opticomm [C]. 2000, 257 - 266.
- [6] Hsu C, Liu T, Huang N. Performance Analysis of Deflection Routing in Optical Burst Switched Networks[A]. Proceeding of INFOCOMM [C]. 2002, 66 - 73.
- [7] Yoo M, Qiao C, Dixit S. QoS Performance of Optical Burst Switching in IP - Over - WDM Networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2000, 18: 2062 - 2071.
- [8] Xiong X, Vandenhoute M, Cankaya H. Control Architecture in Optical Burst Switched WDM Networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2000, 18: 1838 - 1851.

(编辑: 门向生)

(下转第 51 页)

3 结语

随着网络技术的发展,需要进行网络连接和通信的微型嵌入式因特网终端越来越多。在嵌入式设备接入 Internet 的方案中实现 TCP 协议,关键在于分析系统的需求,根据上层需要的不同服务简化 TCP 状态机,并简化相应处理机制。本文实现的“嵌入式 TCP 协议”虽然功能上比标准 TCP 协议有所弱化,但保留了 TCP 几乎所有优点。通过划分模块构造网络任务,整个软件代码量小、结构清晰、易于移植和扩充。

参考文献:

- [1] Robert e f. Embedded Internet Systems Come Home [J]. IEEE Internet Computing, 2001, 5(1):52-53.
- [2] Ruhuarvi J, Mahonen P, Saaranen M J. Providing Network Connectivity for Small appliances a Functionally Minimized Embedded Web Server [J]. IEEE Communication Magazine, 2001, 39(10):74-79.
- [3] 刘 鹏,张 翔,戴国骏.基于 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 的嵌入式 $\mu\text{C}/\text{IP}$ 协议研究[J]. 杭州电子工业学院学报,2004,24(1):60-63.
- [4] 李 明,康静秋,贾志平.嵌入式 TCP/IP 协议栈的研究与开发[J]. 计算机工程与应用,2002,(6):118-121.
- [5] 史治国,王 勇,王 涛.嵌入式 Internet 中 TCP 协议的实现[J]. 计算机工程与应用,2003,(6):148-150.
- [6] 吕 娜,徐浩翔,丁在田. VC++ 环境下使用 MFC 类库的网络程序设计[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2001,2(5):18-20.

(编辑:门向生)

Research for Implementation of Embedded TCP on DSP

GUO Rong-xiao, CAO Guo-xiong, WANG Hong-qiang

(The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710077, China)

Abstract: TCP's main processes are discussed in this article. Then, the relevant schemes of implementing simplified TCP in embedded system are presented. This kind of scheme is implemented successfully in the system based on DSP and NIC. Using this kind of frame to implement embedded TCP has the advantage of high reliability and low cost.

Key words: embedded system; DSP; TCP / IP stack; embedded TCP

(上接第 48 页)

Analysis of Optical Burst Switched Node with Deflection Routing for Performance

NING Xing-qiang^{1,2}, LI Wei-min¹, WANG Huai-jun¹

(1. The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710077, China; 2. Unit 93926 of Air Force, Hetian, Xinjiang 848000, China)

Abstract: This paper studies a contention resolution strategy in OBS networks, i. e. deflection routing, and puts forward both the approximate and the accurate models for the data loss analysis of single OBS node with and without wavelength conversion.

Key words: OBS; contention resolution; deflection routing; approximate model; accurate model