

高速网中一种改进的选择报文丢弃策略

An Improved Selective Discarding Policy in High-Speed Networks

赵尔敦 邹 玲 石冰心

(华中科技大学电子与信息工程系 武汉430074)

Abstract In this paper, an improved selective discarding policy called threshold-based partial message discarding (TPMD) policy is presented, which can adapt the varied load. The TPMD policy can change dynamically with the occupancy of the buffer between the PMD policy and the EMD policy. Numerical result shows the network performance under the TPMD policy get good performance under various network loads.

Keywords Partial Message Discarding (PMD), Early Message Discarding (EMD), Congestion control

1 引言

高速网络应用程序产生的报文在传输时往往被分成较小的包(或分组),只有当组成一个报文的所有包都成功地到达时,该报文才是可用的。因而,在流量控制和拥塞控制策略中,必须采用基于报文的确认与重传机制,选择合适的包进行丢弃并使尽可能多的报文成功地被传送。

选择丢弃策略^[1~4]是一种简单有效的拥塞避免策略,它由网络单元完成。在这类策略中,网络单元决定选择合适的包进行丢弃使尽可能多的报文成功地传送。目前常用的基于报文的选择丢弃策略有两种:部分报文丢弃(PMD)和早期报文丢弃(EMD)。文[2]分析了上述两种策略的有效吞吐率。有效吞吐率定义为被传送的包数与整个到达网络单元的包数之比,因而不能正确反应网络提供给用户的服务质量。文[4]提出一种新的性能测度:好包吞吐率。好包吞吐率定义为被成功传送报文中的包数与整个到达网络单元的包数之比。对好包吞吐率的分析表明,在网络负载高时,EMD的性能要比PMD的高,反之,PMD的性能要比EMD的高。但由于网络负载的不确定性,实际应用中采取何种策略将是一个十分困难的问题。

2 门限部分报文丢弃(TPMD)策略

2.1 PMD策略和EMD策略

当包到达网络单元时,若缓冲区溢出,该包将被丢弃。显然继续传送该包所属报文中的包已没有意义。

PMD策略将明确已损坏报文的后续到达包丢弃,从而在一定的程度上节约了资源。然而该报文中的前面到达的包仍然被传送,从而造成一定的浪费。

在EMD策略中,除将明确已损坏的报文的后续到达包丢弃外,在缓冲区中包数超过门限 K (K 为整数)时新到达报文的所有包将被丢弃,因而EMD策略能够丢弃整个很可能不能正确传送的报文,但缺点是也有可能丢弃那些可以正确传送的报文。显然EMD策略中的门限 $K=N$ 时,EMD策略即为PMD策略。EMD策略中,为得到最大的好包吞吐率性能,门限 K 值的设定必须依赖于网络单元的输入负载。对较低负载,门限 K 太小使得缓冲区的利用率很低,并且增加了丢弃那些本可以正确传送的报文的可能性。另一方面,当网络

负载较高时,门限 K 太大将导致接收那些很可能不能正确传送的报文的包,因而为使EMD策略在各种负载下都有较好的性能,必须根据当前负载的情况不断调整门限值。

2.2 TPMD策略

TPMD是一种结合PMD和EMD策略各自的优点策略,在TPMD策略中,网络单元有两种工作方式,PMD方式和EMD方式。在PMD和EMD工作方式中,网络单元分别按PMD和EMD策略决定是否丢弃包。系统最初处于PMD工作方式,当缓冲区满时,系统的工作方式转变为EMD方式;当系统处于EMD工作方式时,若缓冲区的包数小于门限值,则系统将重新回到PMD工作方式。因此,在TPMD策略中,系统总是处在EMD和PMD策略的交替过程中。缓冲区中的包数将小于门限值预示着网络负载较轻,TPMD自动采取PMD策略,缓冲区溢出后,预示着网络负载较重,TPMD采取EMD策略。因此TPMD能根据缓冲区中的包数预测当前负载的情况而自动采取合适的策略。

3 分析

3.1 分析模型

本文采用文[4]中类似于TCP/IP协议系统的模型。在该模型中,报文对应高层协议数据单元。在传输时,报文被分成一组连续的包,各包在不同的时刻到达网络单元。在接收端,传输协议将这些包重组成报文并送至高层。

在本文中,报文长度以包为单位,是一个随机变量,各报文的长度服从参数为 q 的几何分布,且相互独立,即报文长度均值为 $1/q$ 包。设包的到达是参数为 λ 的泊松过程,包的服务时间是参数为 $1/\mu$ 的指数分布。

在网络单元模型中,网络单元有唯一的有限的输入队列,容量为 N 。当包到达网络时,如果缓冲区未滿,它将进入输入队列排队,否则丢弃。包的服务方式采用先进先出排队策略。因此,网络单元是一个M/M/1/N的排队模型系统,到达率为 λ ,服务率为 μ ,负载为 $\rho=\lambda/\mu$ 。

本文的性能测度采用文[4]中定义的好包吞吐率。好包吞吐率定义为通过网络单元的好包与进入网络单元包数之比,好包为成功传送的报文中的包。

3.2 TPMD策略性能分析

在TPMD中,系统一开始处于PMD方式下;当缓冲区中

赵尔敦 博士,研究方向为宽带网络的仿真与性能分析、网络安全及性能监测。

包数满时,系统将工作方式改为 EMD 方式,而当缓冲区中的包数小于 K 时,系统将工作方式改为 PMD 方式,因而 EMD 工作方式一定处于报文丢弃的状态。下面的分析将系统分为两种模式:正常模式和丢弃模式。在正常模式中,除非缓冲区满或到达已损坏报文的包,所有到达的都进入缓冲区排队;在丢弃模式中,所有已损坏报文的包和新报文的包都丢弃。状态转移图如图1所示。在图中,状态 $(j,0)$ 描述系统处于正常模式且缓冲区中有 j 个包,状态 $(j,1)$ 描述系统处于丢弃模式且缓冲区中有 j 个包。特别地,当系统在状态 $(N,0)$ 时,缓冲区已满,此时到达的包将被丢弃,系统进入状态 $(N,1)$,亦即进入 EMD 工作方式。直到系统进入状态 $(K-1,1)$,工作方式变为 PMD。此时若有新报文的包到达,则系统返回到正常模式状态 $(j+1,0)$ 。令 $P_{j,l} (0 \leq j \leq N, l=0,1)$ 为系统中有 j 个包且系统处于模式 l 时的稳态概率,则由图1可得下述方程:

$$\begin{aligned} \lambda P_{0,0} &= \mu P_{1,0}; q\lambda P_{0,1} = \mu P_{1,1}; \\ (\lambda + \mu)P_{i,0} &= \lambda P_{i-1,0} + \mu P_{i+1,0} + q\lambda P_{i-1,1} \quad 1 \leq i \leq K \\ (q\lambda + \mu)P_{i,1} &= \mu P_{i+1,1} \quad 1 \leq i \leq K-1 \\ (\lambda + \mu)P_{i,0} &= \lambda \mu P_{i-1,0} + \mu P_{i+1,0} \quad K+1 \leq i \leq N-1 \\ P_{i,l} &= P_{i+1,l} \quad K+1 \leq i \leq N-1 \\ \mu P_{N,1} &= \lambda P_{N,0} \end{aligned}$$

由此求得稳态概率。

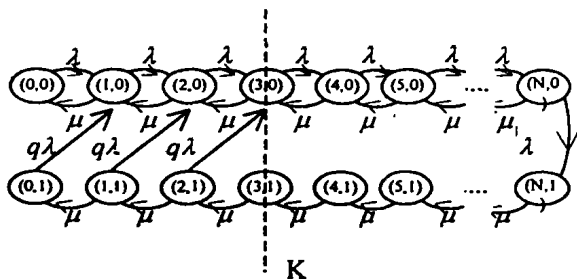


图1 TPMD策略网络单元的排队模型

由文[4]知好包吞吐率:

$$G = q \sum_{n=1}^{\infty} n q (1-q)^{n-1} (\sum_{i=0}^N S_{n,i} P_{i,0} + \sum_{i=0}^{K-1} S_{n,i} P_{i,1})$$

其中: $S_{n,i}$ 为长度为 n 的报文到达时,队列中有 i 个包且该报文能成功地被传送的概率, $S_{n,i}$ 由附录中迭代公式计算。

4 数值结果与讨论

本节给出 TPMD 与 PMD 和 EMD 的数值结果比较。在本节例子中,网络的缓冲区容量 $N=12$,报文均值长度 $1/q=N/2$ 。

图2给出了缓冲区门限 $K=6$ 时三种策略的好包吞吐率与网络负载的关系曲线。从图中可以得到,在低负载时,PMD 策略有最高的好包吞吐率,EMD 的好包吞吐率最低,TPMD 的好包吞吐率很接近 PMD 的好包吞吐率。随着负载的增大,EMD 的好包吞吐率要高于 PMD 的好包吞吐率,TPMD 的好包吞吐率此时很接近 EMD 的好包吞吐率。即 TPMD 的好包吞吐率性能总接近 EMD 和 PMD 两者的最佳性能。因此,

TPMD 比两者更能适应负载的变化,且具有相当好的性能。

图3给出在门限 K 取不同值时 TPMD 和 EMD 策略的好包吞吐率与网络负载的关系曲线。从图中得到,EMD 策略的性能对门限 K 的取值相当敏感,而 TPMD 的性能非常稳定,且都有较好的性能。因而在实际的网络设计中,TPMD 应具有更加实用的价值。

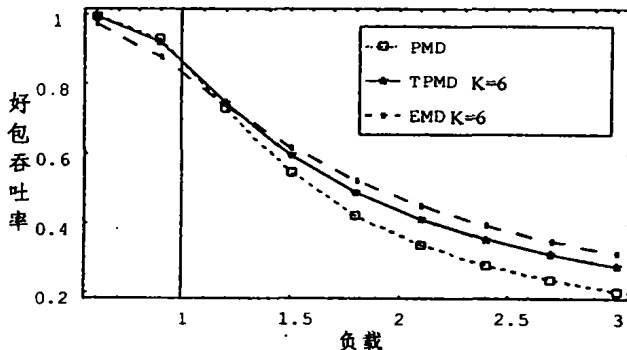


图2 TPMD、PMD、EMD 三种策略的好包吞吐率与网络负载的关系曲线

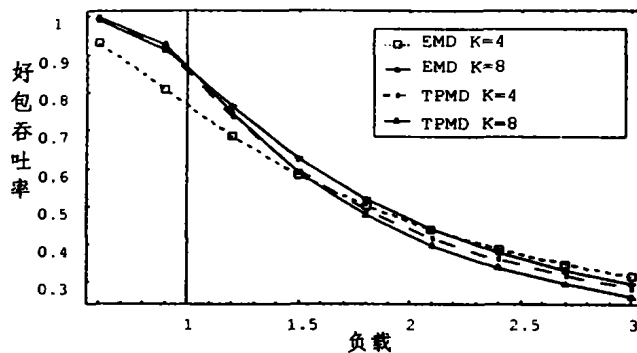


图3 TPMD、EMD 策略在不同门限值时的好包吞吐率与网络负载的关系曲线

参考文献

- 1 Floyd S, Jacobson V. Random early detection gateways for congestion avoidance. IEEE/ACM Trans. Networking, 1993, 1(4): 25~39
- 2 Turner J S. Maintaining high throughput during overload in ATM switches. In: Proc. INFOCOM'96, San Francisco, 1996. 287~295
- 3 Kamal A E. A performance study of selective cell discarding using the end-of-packet indicator in AAL type 5. In: Proc. INFOCOM'95, Boston, 1995. 1264~1272
- 4 Lapid Y, Rom R, Sidi M. Analysis of Discarding Policies in High-Speed Networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1998, 16(5)