

有门限的动态双队列缓存管理策略性能分析^{*}

杨乔礼 朱翼隼

(江苏大学理学院 江苏镇江 212013)

摘要 对共享缓存分组交换机提出了按需分配缓存的具有门限的动态双队列缓存管理策略。具有门限的动态双队列特性,在提高不同优先级业务服务公平性以提供服务质量保证的同时,也提高了缓存的整体有效利用率。据此对该系统建立了 $M_1 + M_2/M/1/K + (K)$ 的排队模型,给出了相应的 Q 矩阵,利用矩阵几何解方法对模型求解得到了稳态概率分布。最后做了相应的性能分析,定量给出了不同优先级分组的队长分布、丢失概率等的计算公式。

关键词 分组交换,服务质量,缓存管理,排队模型,动态双队列

Performance Analysis of Buffer Management Scheme of Dynamic Dual Queue with Queue Threshold

YANG Qiao-Li ZHU Yi-Jun

(Faculty of Science, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013)

Abstract A buffer management scheme of dynamic dual queue with queue threshold (DDQQT) is proposed for a shared buffer packet switches, the scheme can allocate buffer on demand. The key of the dynamic dual queue with queue threshold is to enhance the fairness to meet the QoS (Quality of Service) guarantees for different service classes and the overall utilization of the buffer. An associated $M_1 + M_2/M/1/K + (K)$ queueing model is established, Q matrix is given, steady-state probability distribution is worked out by using matrix-geometric solutions. Based on it, some performance evaluations such as queue length densities and loss probabilities of the two classes packets are given.

Keywords Packet switching, Quality of service, Buffer management, Queueing model, Dynamic dual queue

1 引言

随着 Internet 的迅速发展, QoS (Quality of Service) 已经成为当前研究的热点之一。QoS 是指网络在传输不同类型的数据流时应满足相应的数据流的服务要求。一般而言,度量 QoS 可以从公平性、分组延迟以及丢失率等方面进行。交换设备必须控制每一个传输流的流量和给每个传输流提供带宽、缓存资源,以提供有区别的分组丢失率以及传输延迟,适应多种类型数据流对 QoS 的不同要求。

路由器或交换机缓存管理与分配算法将直接影响分组交换系统的性能。有效的缓存管理策略不但能够支持不同类型分组有区别的丢失率,而且能够提供良好的公平性和最大的吞吐量。

传统的缓存管理策略 TD (Tail drop) 很容易引起业务流对缓存的死锁和持续满队列状态,导致很高的排队延迟^[1]。为了解决这些问题, AQM (Active queue management) 管理机制随即产生,具有代表性的是 RED (Random early detection)^[2],它采用概率判定机制主动地、有选择地丢弃某些分组,利用 TCP 对发送速率的自适应调节能力,让某些源端降低发送速率,及时阻止拥塞的恶化,并将平均排队时延控制在一定的范围内。但 RED 算法仍存在一些缺陷,如无法提供公平性的保证。

文[3]提出了 DQ (Dual queue) 策略,仿真说明 DQ 策略不但能更好提高公平性,而且在现实意义上能实现得到良好服务质量的用户数最大。进一步,文[4~7]基于 DQ 的不同

设计的算法仿真结果表明, DQ 策略在许多 QoS 指标上要优于目前的 FCFS (First come first served) 以及 FQ (Fair queueing) 调度策略。以上文献都说明了 DQ 策略在调度算法上的优越性。在此基础上,文[8]考虑了一种多类型数据流具有优先权服务规则的双队列排队模型,但该方法在某些时刻由于过多的低优先级分组占据缓存队列空间,从而导致高优先级分组的溢出,使得高优先级分组服务没有得到最大的保证。

以上的双队列策略都采用了静态的双队列缓存分配方法。但就缓存资源利用而言,缓存空间的动态分配更为合理有效,这既能提高缓存空间的利用率,又能适应不同业务流到达特性的动态变化,以满足不同的 QoS^[9]。基于提高缓存利用率,能更好适应不同业务流到达的动态变化,在保证高优先级业务数据同时兼顾低优先级业务数据得到更好的服务质量,本文提出了根据当前队长动态分配缓存的有门限的双队列(简称 DDQQT)缓存管理策略。双队列的设计可提高公平性,而且即使在有高优先级分组存在的情况下,双队列策略仍可使低优先级分组得到服务;而动态双队列特性,当队长过小,可释放其中一个缓存队列以提高缓存空间整体有效利用率;对低优先级分组设置门限,可限制低优先级分组占用过多缓存以保证高优先权分组进入,区分了不同类型分组的丢失率。据此算法建立了 $M_1 + M_2/M/1/K + (K)$ 的排队模型,给出了状态转移图和相应的 Q 矩阵,利用矩阵几何解方法对模型求解,得到了分组的稳态概率分布。最后做了相应的性能分析,给出了不同优先级分组的队长分布、丢失概率等的计算公式。

^{*} 国家自然科学基金资助项目;互联网通信排队模型研究(70571030),马尔可夫随机场及非齐次马氏链的极限定理(10571076)。杨乔礼 硕士研究生,主要从事网络拥塞控制和缓存管理方面的排队模型研究;朱翼隼 教授,博士生导师,主要从事排队论和随机网络方面的研究。

2 DDQQT 算法描述

DDQQT(Dynamic dual queue with queue threshold)算法采用输出端口排队的共享缓存结构。设到达分组有两种优先类型,第一类分组较第二类分组具有高的服务优先权。

DDQQT 算法的设计原则:(1)系统为每一个连接初始分配容量为 K_1 的缓存空间,记该缓存空间为工作队列。工作队列对第二类分组设置一个门限 TH_1 ,即当第二类分组的个数达到 TH_1 以后,新到达的第二类分组被拒绝。(2)当一个新的分组到达,发现工作队列已满,则申请一个容量为 K_2 的新的缓存空间,记该缓存空间为备用队列。备用队列同样设置一个低优先级分组门限 TH_2 (其中 $TH_1 + TH_2 = K_1$)。(3)若该分组为第一类,则申请必然成功并进入备用队列排队(此时分配两个缓存空间,即 $K_1 + K_2$);若为第二类,则将它丢弃。(4)备用队列只提供等待空间,不提供服务,其排头分组发现工作队列有空闲位置时,立刻从备用队列加入到工作队列。从备用队列进入工作队列的第二类分组,工作队列门限对其无效,因此此时第二类分组个数可大于 TH_1 。(5)只存在工作队列时,在第二类分组个数小于 TH_1 前,不允许新的第二类分组进入该队列。(6)如果工作队列和备用队列都满时,当前新到达的分组不管是哪一类都被丢弃。(7)当备用队列为空时,立即释放该缓存空间以备他用。事实上,若申请不成功或工作队列未空,此时只有工作队列 K_1 。

其中原则(1)和(2)是为了保证高优先级分组得到优先服务和低的丢失率。工作队列和备用队列对低优先级分组设置门限 TH_i ($TH_i < K_i$), $i=1,2$ 。即当每个队列中第二类分组达到相应队列的 TH_i ($i=1,2$) 时,新到达的第二类分组即被拒绝排队,而第一类分组仍可进入缓存队列排队。要求 $TH_1 + TH_2 = K_1$ 是为了保证即使在高优先级分组存在的情况下,低优先级分组仍可以得到服务。算法模型如图 1。

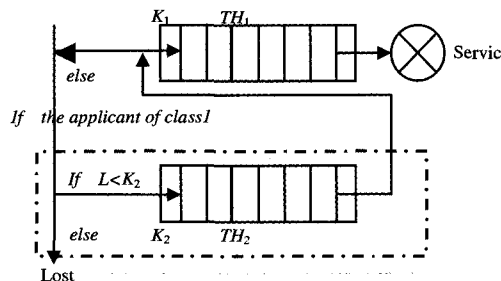


图 1 有门限的动态双队列排队模型

3 数学模型

假设两类分组以相互独立的泊松过程到达系统;第一类分组服从参数为 λ_1 的负指数分布,第二类分组服从参数为 λ_2 的负指数分布;两类分组的服务时间分别服从参数为 μ_1 和 μ_2 的负指数分布;第一类分组有强占型优先权,到达和服务是相互独立的。

为分析方便起见,这里设 $K_1 = K_2 = K$, $TH_1 = TH_2 = TH = K/2$ 。记 X_1, X_2 分别表示系统中第一类分组和第二类分组的个数, K 为缓存容量, TH 为第二类分组门限。当只有工作队列空间时, $0 \leq X_1 \leq K, 0 \leq X_2 \leq TH$, 且 $0 \leq X_1 + X_2 \leq K$; 申请备用空间成功时, $0 \leq X_1 \leq 2K, 0 \leq X_2 \leq 2TH$, 且 $0 \leq X_1 + X_2 \leq 2K$ 。则状态空间根据有无备用空间可分为两类:

$$S_1 = \{ (X_1, X_2), 0 \leq X_1 \leq K, 0 \leq X_2 \leq TH, \text{ 且 } 0 \leq X_1 + X_2 \leq K \}, S_2 = \{ (X_1, X_2), 0 \leq X_1 \leq 2K, 0 \leq X_2 \leq 2TH, \text{ 且 } 0 \leq X_1 + X_2 \leq 2K \}.$$

显然这是一个强占型优先权的 $M_1 + M_2 / M / K + (K)$ 排队系统。

令 $X(t) = (X_1, X_2)$ 表示时刻 t 系统的状态, 由于到达和服务的时间间隔都服从负指数分布, 故 $X(t)$ 是状态空间 $S_1 \cup S_2$ 上的马氏过程。由于状态空间 $S_1 \cup S_2$ 有限, λ_i 和 μ_i ($i=1,2$) 都是固定的有限数, 因此 $X(t)$ 存在唯一的平稳分布。

根据模型描述, 其状态转移情况如图 2 所示。

由状态转移图 2, 可得 Q 矩阵如下

$$Q = \begin{pmatrix} A_0 & C_0 & & & \\ B_1 & A_1 & C_1 & & \\ & B_2 & A_2 & C_2 & \\ & & \ddots & \ddots & \ddots \\ & & & B_{2K-1} & A_{2K-1} & C_{2K-1} \\ & & & & B_{2K} & A_{2K} \end{pmatrix}$$

其中

$$A_0 = \begin{pmatrix} -\lambda & \lambda_2 & & & \\ \mu_2 & a & \lambda_2 & & \\ & \ddots & \ddots & \ddots & \\ & & \mu_2 & a & \lambda_2 \\ & & & \mu_2 & b & 0 \\ & & & & \ddots & \ddots & \ddots \\ & & & & & \mu_2 & b & 0 \\ & & & & & & \mu_2 & b \end{pmatrix}$$

$C_0 = \lambda_1 I$ 。 A_0 和 C_0 均为 $(2TH + 1)$ 阶的方阵。

当 $1 \leq i \leq TH$ 时,

$$A_i = \begin{pmatrix} c & \lambda_2 & & & \\ 0 & c & \lambda_2 & & \\ & \ddots & \ddots & \ddots & \\ & & 0 & c & \lambda_2 \\ & & & 0 & d & 0 \\ & & & 0 & c & \lambda_2 & \text{分块阵 } H_i \\ & & & & \ddots & \ddots & \ddots & \text{共 } TH+1 \text{ 行} \\ & & & & & 0 & c & \lambda_2 \\ & & & & & & 0 & d & 0 \\ & & & & & & & \ddots & \ddots & \ddots \\ & & & & & & & & 0 & d & 0 \\ & & & & & & & & & 0 & d \end{pmatrix}$$

$B_i = \mu_1 I, C_i = \lambda_1 I$ 。 A_i, B_i, C_i 均为 $(2TH + 1)$ 阶的方阵。

当 $TH + 1 \leq i \leq K - 1$ 时,

$$A_i = \begin{pmatrix} c & \lambda_2 & & & \\ 0 & c & \lambda_2 & & \\ & \ddots & \ddots & \ddots & \\ & & 0 & c & \lambda_2 \\ & & & 0 & d & 0 \\ & & & 0 & c & \lambda_2 & \text{分块阵 } H_i \\ & & & & \ddots & \ddots & \ddots & \text{共 } TH+1 \text{ 行} \\ & & & & & 0 & c & \lambda_2 \\ & & & & & & 0 & d & 0 \\ & & & & & & & \ddots & \ddots & \ddots \\ & & & & & & & & 0 & d & 0 \\ & & & & & & & & & 0 & d \end{pmatrix}$$

$B_i = \mu_1 I, C_i = \lambda_1 I$ 。 A_i, B_i, C_i 均为 $(2TH + 1)$ 阶的方阵。

阵。分块矩阵 H_i 是 $(TH+1) \times (2TH+1)$ 矩阵。

$TH+1 \leq i \leq K-1$ 时, 所有 A_i 有相似的三对角结构(分块阵 H_i 的位置不同而已)。其中, 矩阵 A_i 的分块矩阵 H 的第一行在 A_i 的第 $k-i+1$ 行位置, 其余元素不变。

当 $i=K$ 时,

$$A_K = \begin{pmatrix} d & 0 & & & & \\ 0 & c & \lambda_2 & & & \\ & \ddots & \ddots & \ddots & & \\ & & 0 & c & \lambda_2 & \\ & & & 0 & d & 0 \\ & & & & \ddots & \ddots & \ddots \\ & & & & & 0 & d & 0 \\ & & & & & & 0 & -\mu_1 \end{pmatrix}$$

$$C_K = \begin{pmatrix} \lambda_1 & & \\ & \ddots & \\ & & \lambda_1 \\ 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

$B_K = \mu_1 I$ 。 A_K, B_K 均为 $(2TH+1)$ 阶的方阵, C_K 为 $(2TH+1) \times 2TH$ 矩阵。

当 $K+1 \leq i \leq K+TH-1$ 时,

$$A_{K+1} = \begin{pmatrix} c & \lambda_2 & & & & \\ 0 & c & \lambda_2 & & & \\ & \ddots & \ddots & \ddots & & \\ & & 0 & c & \lambda_2 & \\ & & & 0 & d & 0 \\ & & & & \ddots & \ddots & \ddots \\ & & & & & 0 & d & 0 \\ & & & & & & 0 & -\mu_1 \end{pmatrix}$$

$$B_{K+1} = \begin{pmatrix} \mu_1 & & 0 \\ & \ddots & \vdots \\ & & \mu_1 & 0 \end{pmatrix} \quad C_{K+1} = \begin{pmatrix} \lambda_1 & & \\ & \ddots & \\ & & \lambda_1 \\ 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

A_{K+1} 为 $2TH$ 阶的方阵, A_i 去掉倒数第二行和倒数第二列即为 A_{i+1} 。

B_{K+1} 为 $2TH \times (2TH+1)$ 矩阵, B_i 去掉第一行和第一列即为 B_{i+1} 。

C_{K+1} 为 $2TH \times (2TH-1)$ 矩阵, C_i 去掉第一行和第一列即为 C_{i+1} 。

当 $K+TH \leq i \leq 2K-1$ 时,

$$A_{K+TH} = \begin{pmatrix} c & \lambda_2 & & & \\ 0 & c & \lambda_2 & & \\ & \ddots & \ddots & \ddots & \\ & & 0 & c & \lambda_2 \\ & & & 0 & -\mu_1 \end{pmatrix}$$

$$B_{K+TH} = \begin{pmatrix} \mu_1 & & 0 \\ & \ddots & \vdots \\ & & \mu_1 & 0 \end{pmatrix} \quad C_{K+TH} = \begin{pmatrix} \lambda_1 & & \\ & \ddots & \\ & & \lambda_1 \\ 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

A_{K+TH} 为 $(TH+1)$ 阶方阵, 矩阵 A_i 去掉第一行和第一列即为 A_{i+1} 。

B_{K+TH} 为 $(TH+1) \times (TH+2)$ 矩阵, B_i 去掉第一行和第一列即为 B_{i+1} 。

C_{K+TH} 为 $(TH+1) \times TH$ 矩阵, C_i 去掉第一行和第一列

即为 C_{i+1} 。

当 $i=2K$ 时,

$$A_{2K} = (-\mu_1), B_{2K} = (\mu_1 \quad 0)$$

其中, $a = -(\lambda + \mu_2)$, $b = -(\lambda_1 + \mu_2)$, $c = -(\lambda + \mu_1)$, $d = -(\lambda_1 + \mu_1)$, $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$, I 为 $(2K+1)$ 阶单位矩阵。

从 Q 矩阵的结构可以看出 $X(t)$ 是一个有限状态的 QBD(Quasi birth and death process) 过程。

4 模型求解

令 $\pi_{ij} = \lim_{t \rightarrow \infty} p\{X_1(t)=i, X_2(t)=j\} (i, j) \in S_1 \cup S_2$,

$$\pi_l = (\pi_{l0}, \pi_{l1}, \dots, \pi_{l2TH}), 0 \leq l \leq 2K$$

其中, 从 π_{K+1} 开始, π_l 比 π_{l-1} 减少一维(减少最后一个元素)。

记 $\pi = (\pi_0, \pi_1, \dots, \pi_{2K})$ 为 $X(t)$ 的平稳分布。

定理 1 QBD 过程 $X(t)$ 的稳态分布 $\pi = (\pi_0, \pi_1, \dots, \pi_{2K})$ 可表示为

$$\pi_0 = \pi'_0 [\pi'_0 (e_0 + R_1 e_1 + R_1 R_2 e_2 + \dots + R_1 R_2 R_3 \dots R_{2K} e_{2K})]^{-1}$$

$$\pi_{2K-i} = \pi_{2K-i-1} R_{2K-i}$$

其中 $R_{2K} = \dots C_{2K-1} A_{2K}^{-1}$, $R_{2K-i} = -C_{2K-i-1} (A_{2K-i} + R_{2K-i+1} B_{2K-i+1})^{-1}$, $i = 2K-1, 2K-2, \dots, 1$ 。 e_i 是与 π_i 维数相同的元素全为 1 的列向量。

证明: 由于稳态分布 π 满足

$$\pi Q = 0 \quad (1)$$

$$\sum_{i=0}^{2K} \pi_i e_i = 1 \quad (2)$$

则由(1)式得如下方程组

$$\pi_0 A_0 + \pi_1 B_1 = 0 \quad (3)$$

$$\pi_0 C_0 + \pi_1 A_1 + \pi_2 B_2 = 0 \quad (4)$$

$\vdots$

$$\pi_{2K-2} C_{2K-2} + \pi_{2K-1} A_{2K-1} + \pi_{2K} B_{2K} = 0 \quad (5)$$

$$\pi_{2K-1} C_{2K-1} + \pi_{2K} A_{2K} = 0 \quad (6)$$

由(6)式得

$$\pi_{2K} = \pi_{2K-1} (-C_{2K-1} A_{2K}^{-1}) \quad (7)$$

令 $R_{2K} = -C_{2K-1} A_{2K}^{-1}$, 则(7)式可写成

$$\pi_{2K} = \pi_{2K-1} R_{2K} \quad (8)$$

由(5)式得

$$\begin{aligned} \pi_{2K-1} &= \pi_{2K-2} [-C_{2K-2} (A_{2K-1} - C_{2K-1} A_{2K}^{-1} B_{2K})^{-1}] \\ &= \pi_{2K-2} [-C_{2K-2} (A_{2K-1} + R_{2K} B_{2K})^{-1}] \end{aligned} \quad (9)$$

$$\text{令 } R_{2K-1} = -C_{2K-2} (A_{2K-1} + R_{2K} B_{2K})^{-1}$$

$$\text{则(9)式可写成 } \pi_{2K-1} = \pi_{2K-2} R_{2K-1} \quad (10)$$

类似地, 有

$$\pi_{2K-2} = \pi_{2K-3} [-C_{2K-3} (A_{2K-2} + R_{2K-1} B_{2K-1})^{-1}] \quad (11)$$

$$\text{令 } R_{2K-2} = -C_{2K-3} (A_{2K-2} + R_{2K-1} B_{2K-1})^{-1}$$

则(11)式可写成 $\pi_{2K-2} = \pi_{2K-3} R_{2K-2}$

$$\begin{aligned} \text{递推可得 } R_{2K-i} &= -C_{2K-i-1} (A_{2K-i} + R_{2K-i+1} B_{2K-i+1})^{-1}, \\ & i = 1, 2, \dots, 2K-1 \end{aligned} \quad (12)$$

$$\text{则 } \pi_{2K-i} = \pi_{2K-i-1} R_{2K-i}, i = 1, 2, \dots, 2K-1 \quad (13)$$

则由(3)式和(13)式得

$$\pi_0 A_0 + \pi_0 R_1 B_1 = 0$$

$$\text{即 } \pi_0 (A_0 + R_1 B_1) = 0 \quad (14)$$

(14)式是一个关于 π_0 的线性方程组, 可求得与 π_0 相差一个常数因子 h 的解 π'_0 , 即

$$\pi_0 = h \pi'_0$$

再由(2)式 $\sum_{i=0}^{2K} \pi_i e_i = 1$

其中 e_i 是与 π_i 维数相同的元素全为 1 的列向量。

$$\text{由于} \begin{cases} \pi_0 = h\pi_0 \\ \pi_1 = \pi_0 R_1 = h\pi_0 R_1 \\ \pi_2 = \pi_1 R_2 = \pi_0 R_1 R_2 = h\pi_0 R_1 R_2 \\ \vdots \\ \pi_{2K} = \pi_{2K-1} R_{2K} = \pi_0 R_1 R_2 \cdots R_{2K} = h\pi_0 R_1 R_2 R_3 \cdots R_{2K} \end{cases} \quad (15)$$

将上面(15)式代入到(2)式,有

$$h\pi_0 (e_0 + R_1 e_1 + R_1 R_2 e_2 + \cdots + R_1 R_2 R_3 \cdots R_{2K} e_{2K}) = 1$$

$$\text{即} \quad h = [\pi_0' (e_0 + R_1 e_1 + R_1 R_2 e_2 + \cdots + R_1 R_2 R_3 \cdots R_{2K} e_{2K})]^{-1}$$

综上,QBD过程 $X(t)$ 的稳态分布为

$$\pi_0 = \pi_0' [\pi_0' (e_0 + R_1 e_1 + R_1 R_2 e_2 + \cdots + R_1 R_2 R_3 \cdots R_{2K} e_{2K})]^{-1}$$

$$\pi_{2K-i} = \pi_{2K-i-1} R_{2K-i}, \text{其中}, R_{2K} = -C_{2K-1} A_{2K}^{-1}, R_{2K-i} = -C_{2K-i-1} (A_{2K-i} + R_{2K-i+1} B_{2K-i+1})^{-1}, \\ i = 2K-1, 2K-2, \cdots, 1$$

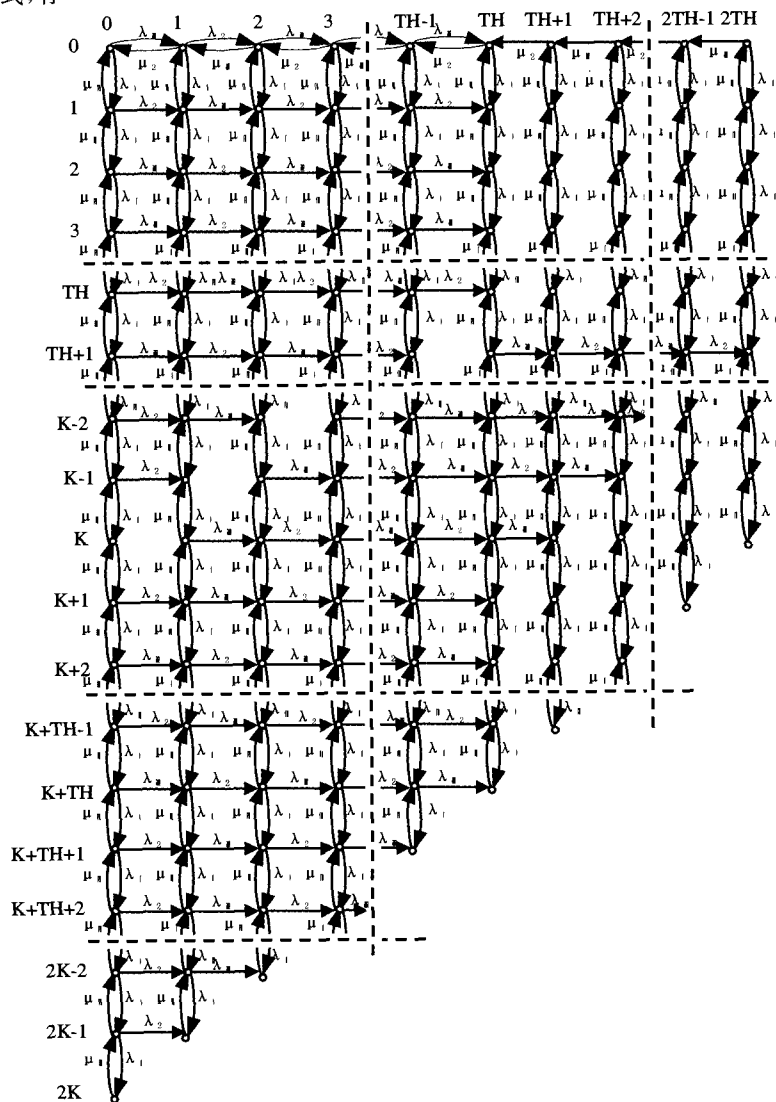


图 2 $X(t)$ 的状态转移图

5 系统性能分析

由定理 1 可以得到如下的系统性能指标:

(1) 第一类分组的队长分布为

$$p\{X_1 = i\} = \begin{cases} \sum_{j=0}^{2TH} \pi_{ij}, & i=0, 1, \cdots, K \\ \sum_{j=0}^{2K-i} \pi_{ij}, & i=K+1, \cdots, 2K \end{cases}$$

(2) 第二类分组的队长分布为

$$p\{X_2 = j\} = \sum_{i=0}^{2K-j} \pi_{ij}, \quad j=0, 1, 2TH$$

(3) 系统忙的概率:

$$\pi_{busy} = 1 - \pi_{00}$$

(4) 系统中只有第一类分组的概率为

$$\pi_{class1} = \sum_{i=0}^{2K} \pi_{i0}$$

(5) 系统中只有第二类分组的概率为

$$\pi_{class2} = \sum_{j=0}^{2TH} \pi_{0j}$$

(6) 备用队列不存在的概率为

$$\pi_{no \text{ sec and queue}} = \sum_{\substack{0 \leq i+j \leq K \\ 0 \leq i \leq 2TH}} \pi_{ij}$$

(7) 第一类分组丢失概率: $\pi_{class1 \text{ lost}} = \sum_{\substack{i+j=2K \\ 0 \leq i \leq 2TH}} \pi_{ij}$

(下转第 93 页)

展分布式入侵检测技术,从检测系统结构设计上适应大型、高速且异构的平台环境。这里的分布式入侵检测技术包含两层含义:第一层含义即针对分布式网络攻击的检测方法;第二层含义即使用分布式的方式来检测分布式的攻击,其中的关键技术为检测信息的全局处理和入侵攻击全局信息的提取。

· 误报率和漏报率仍不能达到实用的要求。入侵检测系统组件中的时间分析器的分析检测能力是入侵检测系统能力的关键。无论商业化的产品,还是处于研究阶段的原型,尽管引入了包括人工智能、数据挖掘在内的一系列成熟技术,入侵检测方法的智能化仍然有进一步提高的要求,以应付越来越复杂的攻击方法,提高检测能力。特别是在异常检测方面,如何对未知攻击的进行分析和检测成为入侵检测方法的研究热点。

本文叙述的基于机器学习方法的网络入侵检测技术是解决上述问题的一种很有效的途径,可以使入侵系统具有学习机制和智能化,可以大大提高入侵系统的效率和识别率。

参考文献

- Anderson. Computer Security Threat Monitoring and Surveillance; [Technical report]. 1980
- Denning D E. An Intrusion-Detection Model. IEEE Transaction on Software Engineer, 1987
- Heberlein L T, Dias G, Levitt K, Mukherjee B, Wood J, Wolber D. A Network Security Monitor. In: Proceedings of 1990 Symposium on Research in Security and Privacy, 1990
- Common Intrusion Detection Framework Working Group. Common Intrusion Detection Framework Specification. <http://www.gidos.org>, 2000
- Bace R, Mell P. NIST Special Publication on Intrusion Detection Systems. 2001
- Boyer R S, Moore J S. A Fast String Searching Algorithm. Communications of the ACM, 1977
- Roesch M. Snort: Lightweight Intrusion Detection for Networks. In: Proceedings of the USENIX LISA Systems Administration Conference, 1999
- Valdes A, Skinner K. Adaptive, Model-based Monitoring for Cyber Attack Detection. In: Proceedings of RAID 2000, 2000
- Barbara D, Wu N, Jajodia S. Detecting Novel Network Intrusions Using Bayes Estimators. In: Proceedings of the First SIAM International Conference on Data Mining, 2001
- Kruegel C, Mutz D, Robertson W, Valeur F. Bayesian Event Classification for Intrusion Detection. In: Proceedings of the 19th

- Annual Computer Security Applications Conference, 2003
- Fox K, Henning R, Reed J. A Neural Network Approach Towards Intrusion Detection. In: Proceedings of the 13th National Computer Security Conference, 1990
- Ghosh A K, Schwartzbard A. A Study in Using Neural Network for Anomaly and Misuse Detection. In: Proceedings of the 8th USENIX Security Symposium, 1999
- Wenke Lee, Stolfo S J, Mok K W. A Data Mining Framework for Building Intrusion Detection Models. In: Proceedings of the 1999 IEEE Symposium on Security and Privacy, 1999
- Han Jiawei, Kamber M. Data Mining: Concepts and Techniques. Morgan Kaufmann, 2001
- Portnoy L, Eskin E, Stolfo S J. Intrusion Detection with Unlabeled Data Using Clustering. In: Proceedings of ACM CSS Workshop on Data Mining Applied to Security, 2001
- Agrawal R, Srikant R. Fast algorithms for mining association rules. In: Proceedings of the 20th VLDB Conference, 1994
- Lee Wenke, Stolfo S J. Data Mining Approaches for Intrusion Detection. In: Proceedings of the 7th USENIX Security Symposium, 1998
- Vapnik V N. Statistical learning theory. Adaptive and learning systems for signal processing, communications and control, New York: Wiley, 1998
- Mukkamala S, Janoski G, Sung A H. Intrusion Detection Using Neural Networks and Support Vector Machines [C]. In: Proceedings of IEEE International Joint Conference on Neural Networks, IEEE Computer Society Press, 2002. 1702~1707
- Sung A H, Mukkamala S. Identifying Important Features for Intrusion Detection Using Support Vector Machines and Neural Networks [C]. In: 2003 Symposium on Applications and the Internet, Orlando, Florida, 2003, 1: 209~216
- Yang W, Yun X, Li J. An improved Network Intrusion Detection Method based on VQ-SVM. In: Proceedings of International Conference on Parallel and Distributed Computing Systems, 2005. 583~587
- Kim D, Nguyen H, Park J. Genetic Algorithm to Improve SVM Based Network Intrusion Detection System. In: Proceedings of the 19th International Conference on Advanced Information Networking and Applications, 2005. 155~158
- Chen S S, Cheung S, Crawford R. GrIDS-A Graph Based Intrusion Detection System for Large Networks. In: The 19th National Information Systems Security Conference (NISSC), 1996
- Kumar S, Spafford E H. A pattern matching model for misuse intrusion detection. In: Proceedings of the 17th National Computer Security Conference, 1994
- Porrás P A, Neumann P G. EMERALD: Event monitoring enabling responses to anomalous live disturbances. In: Proceedings of the 20th National Information Systems Security Conference, 1997

(上接第 63 页)

(8) 第二类分组丢失概率

1) 只有工作队列时的丢失概率:

$$\text{因门限丢失概率: } \pi_{\text{class2 lost}} = \sum_{0 \leq i \leq K-TH-1} \pi_{ij}$$

$$\text{因容量丢失概率: } \pi_{\text{class2 lost}} = \sum_{0 \leq j \leq TH \atop i+j=K} \pi_{ij}$$

2) 工作队列和备用队列同时存在时的丢失概率:

$$\text{因门限丢失概率: } \pi_{\text{class2 lost}} = \sum_{\substack{i+j=K+TH+1 \\ K-TH+1 \leq i \leq K}} \pi_{ij} + \sum_{K+1 \leq i \leq K+TH-1} \pi_{ij}$$

$$\text{因容量丢失概率: } \pi_{\text{class2 lost}} = \sum_{\substack{i+j=2K \\ K+TH \leq i \leq 2K}} \pi_{ij}$$

结论 本文对共享缓存分组交换机提出了 DDQQT 缓存管理策略。动态的双队列能有效提高公平性以及缓存器的利用率。通过对低优先级分组设置门限,给高优先级分组以提供更大的缓存空间,从而区分了不同优先级分组的丢失率。双队列的设计保证了各类分组最低的丢失率,达到了提高 QoS 的要求。通过建立强占型优先权的 $M_1 + M_2/M/K + (K)$ 排队模型,利用矩阵几何解方法对该模型求解,给出了系统的稳态概率以及相关的重要指标,这也给缓存的优化设计提供了理论依据。

参考文献

- Braden B, et al. Recommendations on queue management and congestion avoidance in the Internet [J]. IETF RFC 2309, 1998, 4
- Floyd S, Jacobson V. Random early detection gateways for congestion avoidance [J]. IEEE/ACM Transaction on Networking, 1993, 81(4): 397~413
- Hayes D, Rumsewicz M, Andrew L. Quality of service driven packet scheduling disciplines for real-time applications: Looking beyond fairness [J]. IEEE Infocom, 1999, 405~412
- Boxma O, Dwon D. Dynamic server assignment in a two-queue model [J]. European Journal of Operational Research, 1997, 103: 595~609
- Feng W, Kowada M, Adachi K. A two-queue model with Bernoulli service schedule and switching times [J]. Queueing Systems, 1998, 30: 405~434
- Takahashi M, Osawa H, Fujisawa T. On a synchronization queue with two finite buffers [J]. Queueing Systems, 2000, 36: 107~123
- Jang J, Shim S, Shin B. Analysis of DQLT scheduling for an ATM multiplexer [J]. IEEE Communications, 1997(1): 175~177
- Bedford A, Zeephongsekul P. On a dual queueing system with preemptive priority service discipline [J]. European Journal of Operational Research, 2005, 161: 224~239
- The ATM Forum Technical Commute Traffic Management Specification [S]. Version 4.0, 1996, 4