

# 基于模糊控制规则的队列接入控制方法

朱磊

(解放军理工大学通信工程学院, 南京 210007)

**摘要:** 一些经典网络队列控制算法无法确保高优先级用户应用的服务质量, 针对该问题提出基于模糊控制规则的队列控制方法。采用非精确趋势控制方法, 在 OPNET 仿真环境下分别测试使用模糊控制的队列模型和未使用模糊控制的队列模型, 结果证明该方法能增加高优先级分组的服务吞吐量。

**关键词:** 模糊控制; 吞吐量; 队列控制算法

## Queue Access Control Method Based on Fuzzy Control Rule

ZHU Lei

(Institute of Communication Engineering, PLA University of Science and Technology, Nanjing 210007)

**【Abstract】** Some classical queue control algorithms can not insure the QoS for high level applications. Aiming at this problem, this paper proposes a queue control algorithm based on fuzzy control rule. A non-accurate trend control method is applied. It tests queue model with fuzzy control and queue model without fuzzy control respectively in OPNET simulation environment. Test results prove that this method can increase the throughput of high priority packets.

**【Key words】** fuzzy control; throughput; queue control algorithm

### 1 概述

常用队列调度控制算法包括 RED, SRED(Stability RED) 和 BLUE 等。RED 的基本思想是通过监控路由器输出端口队列的平均长度来探测拥塞。发现拥塞逼近后, RED 随机选择连接通知拥塞, 使它们在队列溢出并导致丢包前减小拥塞窗口, 降低发送数据速度, 从而缓解网络拥塞。由于 RED 基于 FIFO 队列调度, 因此其实现较简单<sup>[1]</sup>。

SRED 的主要控制目标是保持 FIFO 队列占用稳定(与活跃流个数无关)以及鉴别行为恶意的流并对其进行惩罚。SRED 的基本思想是比较操作。当一个包到达缓冲器时, 与缓冲器中随机选出的一个包进行比较, 若 2 个包属于同一个流, 则称为“击中”。通过该方法到达的包不能和已离开缓冲器的包进行比较。为了使系统有更长的记忆, SRED 使用一种称为“僵尸列表”的数据结构。该列表可以被认为是一种流 Cache, 其中记录了最近流经该缓冲器的  $M$  个流<sup>[1]</sup>。

与 RED 使用平均队长来管理拥塞不同, BLUE 使用丢包事件和链路空闲事件管理拥塞。BLUE 维持一个概率  $P_m$  用以标记包。如果由队列溢出导致持续丢包, BLUE 就增加  $P_m$ , 即提高了向源端发送拥塞通知的速度。如果由链路空闲导致队列空, 则 BLUE 减小  $P_m$ <sup>[1]</sup>。

经典计算机网络中的队列模型长度有限, 分组进入队列的间隔时间和分组被服务的时间均服从一个特定分布规律(如泊松过程)。在该模型下, 考虑 3 种情况:

- (1) 分组到达速率小于分组被服务速率;
- (2) 分组到达速率等于分组被服务速率;
- (3) 分组到达速率大于分组被服务速率。

在第(1)种情况下, 排队长度通常很短, 不同优先级的分组总能得到及时服务。不同优先级分组的吞吐量等于分组到达的速率和观察时间的乘积。在第(2)种情况下, 与第(1)种情

况类似, 只是排队长度较大, 但不会出现队列满的情况。在第(3)种情况下, 排队长度会很快增大到队列容量。此后, 不同优先级的分组将会因队列满而被无区别地丢弃。该队列为提供的服务即“尽力而为”的服务。在该情况下, 高优先级用户应用的服务质量不能得到保证。为了提高高优先级用户的服务质量, 本文以增大高优先级分组的吞吐量为目标。定义队列容量为队列空闲位置大小与队列大小的比值。当队列容量由大变小时, 当前队列空闲位置分配给高优先级分组的比例应逐渐变大。根据该控制原理, 若采取建立精确数学模型的方法, 过程将很烦琐, 花费的代价会超过控制获得的效果<sup>[2]</sup>。

### 2 基于模糊控制规则的队列接入控制方法

运用模糊控制的理论和方法, 采取一种非精确趋势控制是一个很好的解决办法<sup>[3]</sup>。模糊控制过程描述如下: (1) 输入集和输出集的模糊化; (2) 根据控制原理或实践经验抽取模糊控制规则; (3) 运用模糊规则, 从输入推导输出; (4) 将输出的模糊集合去模糊化, 得到可以利用的精确输出值<sup>[4]</sup>。

#### 2.1 输入集和输出集模糊化

输入集即队列空闲容量, 取值范围为 0~1。输出集指预留高优先级分组占队列空闲位置的比例, 取值范围为 0~1。模糊化采用三角形隶属函数法。队列空闲容量可以划分为 5 个模糊集: 很小, 小, 中, 大和很大, 输入模糊集如图 1 所示。将集在 0.5~1.0 区间上的输出分为 5 个模糊集合, 分别记为 A, B, C, D 和 E, 输出模糊集如图 2 所示。

**基金项目:** 中国博士后科学基金资助项目(20070411026)

**作者简介:** 朱磊(1973-), 男, 副教授、博士, 主研方向: 通信网规划与优化

**收稿日期:** 2009-03-04 **E-mail:** zhulei\_ice@163.com

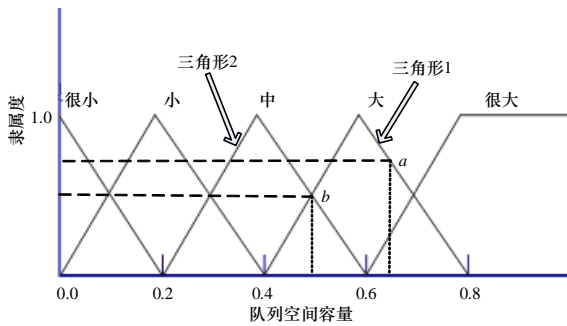


图1 输入模糊集

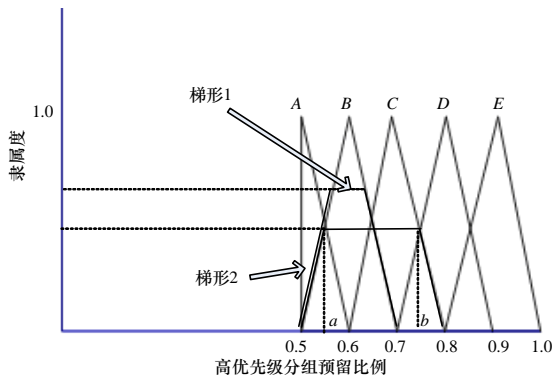


图2 输出模糊集

## 2.2 模糊控制规则的抽取

当队列容量从大变小时，当前队列空闲位置分配给高优先级分组的比例应逐渐变大。根据该控制原理，队列分组接入的模糊控制规则如表1所示。

表1 队列分组接入的模糊控制规则

队列空闲容量	高优先级分组占队列空闲位置比例
很大	A
大	B
中	C
小	D
很小	E

## 2.3 基于模糊规则和输入值的输出模糊集推导

根据给定的输入值，按图1计算该值对于不同模糊集的隶属值。根据最大隶属值原理，取最大隶属值和相应的输入模糊集。根据模糊控制规则，从输入模糊集选出相应的输出模糊集。根据已知隶属值和输出模糊集，按图2计算高优先级分组占队列空闲位置比例的模糊集。推导过程分为2种情况：(1)输入值属于一个模糊集；(2)输入值同时属于2个模糊集。对于第(1)种情况，假设输入值为0.65，图1中线a对应的纵坐标表示输入值的最大隶属值，三角形1表示相应的输入模糊集。图2中的梯形1表示输出模糊集。对于第(2)种情况，假设输入值为0.5。图1中线b对应的纵坐标表示输入值的最大隶属值，三角形1和三角形2表示相应的输入模糊集。共有2个输入模糊集，对每个输入模糊集采用与第(1)种情况相同的处理方法。将得到的输出模糊集进行求并运算，得到如图2中梯形2所示的输出模糊集。

## 2.4 输出模糊集去模糊化

采用最大隶属值法，对输出模糊集进行去模糊化。模糊集的最大隶属值的位置可能不唯一，对于隶属函数曲线取最大值的平坦部分，将对应的最大横坐标和最小横坐标取平均值，作为去模糊化后的精确值。如图2所示，输出模糊集的精确保输出值为 $(a+b)/2$ 。

## 3 仿真方案和测试结果

在OPNET仿真环境中<sup>[5]</sup>，队列模块的进程模型由5个状态组成：初始状态，到达状态，开始服务状态，服务完成状态和空闲状态。初始状态主要完成临时变量和统计变量的初始值设置，获取图形界面中属性的赋值并注册统计变量。到达状态完成分组进入队列的处理并统计相关数据。开始服务状态完成对队首分组的的服务并统计相关数据。服务完成状态取出队首分组，发送给分组接收模块，并统计相关数据。空闲状态不进行任何处理。发生分组到达事件、服务完成事件和队列变空事件时，将在不同状态机间迁移。

通过状态机迁移可以实现对进入队列不同优先级分组的模糊控制。仿真程序中收集的统计量有高优先级分组的吞吐量、低优先级分组的吞吐量、总吞吐量和队列的排队长度。吞吐量定义为观察时间内实际被服务的分组个数。

仿真环境的设置如下：(1)高优先级和低优先级分组产生服从指数分布的源分组，平均每秒产生1000个分组；(2)分组固定长度为1024 bit；(3)分组的服务速率是一个常数分布，速率是每秒1000个分组。对使用模糊控制的队列模型和未使用控制的队列模型分别进行10min的仿真测试，结果如图3、图4所示。图3采用控制的高优先级分组吞吐量增大了30000个分组，增幅为10%。图4采用控制后低优先级分组的吞吐量减小了30000个分组。图5描述了队列中的排队长度随时间的变化情况。不同优先级分组对队列中空闲位置分配的比例不同，可能出现高优先级分组分配的空闲位置使用不完而低优先级分组所得分配不够使用的情况。因此，在使用控制的条件下，排队长度会在队列满与不满之间振荡。

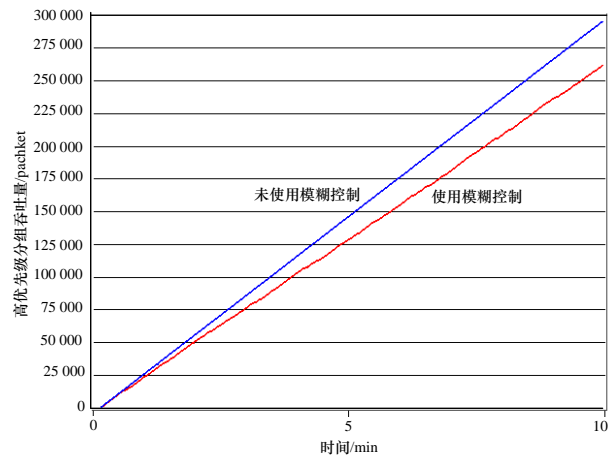


图3 高优先级分组吞吐量

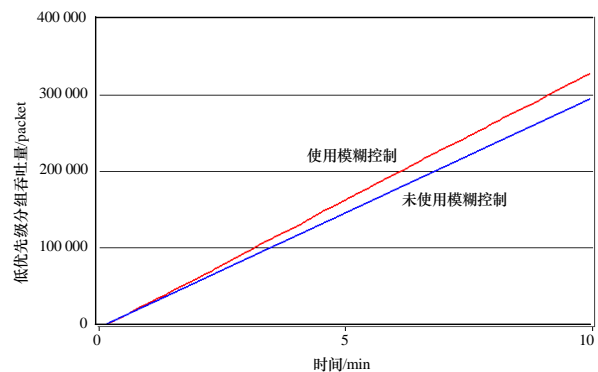


图4 低优先级分组吞吐量

(下转第110页)