
基于RSVP和NS2 仿真的QoS接纳控制算法性能分析与比较*

肖凯平, 刘轶, 刘楚达
(西安交通大学计算机系 西安 710049)

摘 要 本文基于 NS2 仿真平台, 利用 RSVP 信令给应用流进行资源预留以保障其 QoS, 对五种 QoS 接纳控制算法进行性能分析和比较。这五种算法中, 一种是基于参数的简单和接纳控制算法, 四种基于测量的接纳控制算法, 分别是基于测量带宽的 MS (Measured Sum), 基于等效带宽的 HB (Hoeffding Bounds) 和基于接受区域的 ACTO (Acceptance Region-Tangent at Origin)、 ACTP (Acceptance Region-Tangent at Peak)。本文给出了仿真结果, 并可得出以下结论: 在带宽不足场景下, 若综合考虑丢包、接入率和系统时延, 基于参数的简单和算法是最好的选择; 在带宽足够的场景下, HB 算法的时延较大。

关键词 NS2 仿真平台; RSVP 信令; QoS 接纳控制算法

中图法分类号 TP391 TP393

Performance Analysis and Comparison of Admission Control Algorithms for RSVP

Flows Using NS2 Simulator

XIAO KAI-PING, LIU YI, LIU CHU-DA
(Department of Computer Science, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049)

Abstract This paper gives performance analysis and comparison of five admission control algorithms using RSVP signaling reserving resources for traffic flows based on NS2 simulator. Among these admission control algorithms, one is parameter-based simple sum, and others are measurement-based schemes, such as MS (Measured Sum), HB (Hoeffding Bounds), ACTO (Acceptance Region-Tangent at Origin) and ACTP (Acceptance Region-Tangent at Peak). According to the simulation results, we may make the following conclusion: Considering packet loss, admission rate and system delay, in the over-utilize network resources scenario, the parameter-based simple sum admission control algorithm is the best one; whereas in the over-utilize network resources scenario, the HB admission control algorithm has the largest delay.

Keywords NS2 ; RSVP ; QoS Admission Control Algorithms

国家 863 计划重点项目: 新一代互联网综合实验环境, 项目号: 2001AA112120. 肖凯平, 男, 1981 年生, 硕士研究生. 刘轶, 男, 1968 年生, 博士, 副教授, 目前研究方向为计算机网络、嵌入式系统. 刘楚达, 男, 1967 年生, 博士研究生, 副教授, 目前研究方向为移动 IPv6 的服务质量、移动管理等. E-mail: xkping@126.com

1 引言

IETF提出的基于资源预留(RSVP) [1]的集成服务模型(IntServ) [2]和基于优先级的差分服务模型(DiffServ)[3] 能为实时应用提供 QoS (Quality-of-Service)保障。提供网络资源来满足实时应用的QoS保障是未来多服务网中的关键,这种网络资源提供必须通过接纳控制算法来实现。接纳控制通过限制业务流的数目来满足实时应用所请求的QoS参数。接纳控制算法的设计对网络性能有直接的影响,好的接纳控制算法应该有高的网络资源利用率,即在网络资源充分时不拒绝新的业务流,同时接入新的流后又不违背已接入流的QoS要求。接纳控制应综合考虑当前的网络资源状态和请求流的资源需求,判定当前可用的网络资源能否满足新请求流的QoS需求来做出接纳决策。目前接纳控制算法一般分为两种:一种是基于参数的控制接纳算法;一种是基于测量的控制接纳算法。基于参数的接纳控制算法是一种传统的QoS接纳控制算法,利用数据源的先验特征,计算出在最坏情况下所有已接纳流所占用的网络资源,然后作出接纳判定。基于测量的控制接纳算法是根据对实际达到的流量的测量而做出接纳决策。

本文采用集成服务的 QoS 模型,利用 RSVP 信令为应用流预留资源,在 NS2[4]网络仿真平台下来分析和比较五种 QoS 接纳控制算法性能。这五种接纳控制算法为:基于参数的简单和接纳控制算法;基于测量的测量和 MS (Measured Sum) 算法、等效带宽的 HB (Hofdding Bounds)算法、接受区域的 ACTO (Acceptance Region-Tangent at Origin) 算法和 ACTP(Acceptance Region-Tangent at Peak) 算法。通过仿真对以上算法从带宽利用率、丢包率和端到端时延等参数进行分析和比较。本文给出了仿真结果,并可得出以下结论:在带宽不足场景下,若综合考虑丢包、接入率和系统时延,基于参数的简单和算法是最好的选择;在带宽足够的场景下,HB 算法的时延较大。

2 目前常用的三种测量机制

目前常用的三种测量方法分别是:时间窗口,样本点和指数平均。我们简单介绍一下其基本测量过程。

时间窗口:该算法将测量过程划分为若干个长度为 T 的时间窗口,在每个时间窗口内再划分出若干个采样周期 S ,在每个采样周期 S 内测量链路平均负载,并将时间窗口 T 内测得的最高平均负载值

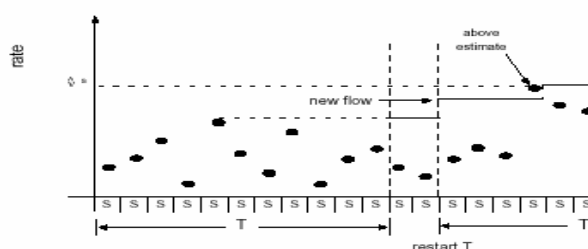


图1 时间窗口测量机制示意图

作为下一个时间窗口内对链路负载的估值。当一个新的流被接纳,该估值就要加上该流占用的带宽值进行更新。如果在某个采样周期 S 内测得的链路平均负载值高于链路负载估值,那么就要将估值更新为测量值。在时间窗口方法中,链路负载估值对接纳控制的影响取决于时间窗口 T 和采样周期 S 的长度。采样周期 S 越短,时间 T 内测量得到的最大链路平均负载值就越高,接纳控制就越趋于保守;同样,如果 T 越长,那么对链路负载的估值保持时间越久,也导致保守的接纳控制。为获得一个更佳的统计结果,文献[5]建议 $T/s > 10$

样本点:该算法将测量过程划分为若干个长度为 T 的时间窗口,在每个时间窗口内再划分出若干个采样周期 S ,在每个采样周期 S 内取某一时刻的测量值作为平均值。剩下的过程与时间窗口方法一样。

指数平均:该方法是在每一个采样周期 S 中,测一次流的平均分组到达速率,然后使用下述公式计算本采样周期内分组平均到达速率的估值:

$$v' = (1 - w) * v + w * v_{\text{Previous}} \\ [0 < w < 1]$$

其中是 v' 本采样周期内平均分组到达速率的测量值,是上一个采样周期的平均分组到达速率的估值, w 是用户指定的加权系数。

3 本文涉及的五种接纳控制算法

简单和 (simple sum):此算法常常基于预知或简化的流量模型。例如把所有流的到达都视为泊松过程并假设它们服从独立同分布。据此获得描述每个流的流量特性的参数,然后根据这些参数估计所需资源(如最坏情况下所需带宽的峰值)的总和。当新的流发出接纳请求时,就利用这些估值加上新的流的资源请求。如果所有流请求的资源之和不超过链路的能力,那么该流可以被接纳,反之,该流不被接纳。其接纳条件的数学表达式为:

$$v + r < u$$

v 表示已经预留的带宽, r 表示新的请求带宽, u 表示链路带宽。

测量和 (measure sum): 通过测量 (一般用时间窗口的方法), 得到已接纳流当前占用网络带宽的估值, 如果这个估值加上新流的速率不超过链路带宽的目标利用率(比如带宽 0.9), 那么该流可以被接纳, 反之, 该流不被接纳。其接纳决策条件的数学表达公式为:

$$r + V_{\text{测}} < u^*c$$

$V_{\text{测}}$ 表示测量到的当前网络负载, r 表示新的请求带宽, u 表示链路带宽, c 是目标利用率。

HB (Hoeffding Bounds) 是基于等效带宽的。当一个流发出接纳请求时, 此算法根据该请求报文获得该流的峰值速率。当下列不等式成立时, 接纳该流。

$$\hat{C}_H + p^\alpha \leq \mu$$

其中,

$$\hat{C}_H(v, \{p_i\}, \varepsilon) = v + \sqrt{\frac{1}{2} (\ln(1/\varepsilon)) \sum_i (p_i)^2}$$

($i=1, 2, \dots, N$)

是根据 Hoeffding bounds 计算得到的已接纳的个流的等价带宽(Equivalent Bandwidth)。是已接纳流平均到达速率的测量值, p 是已接纳流 i 的峰值速率, 是到达速率超过链路能力的概率, 是链路带宽能力

ACTO (Acceptance Region-Tangent at Origin) 是基于接受区域的。利用 chernoff 边界获得已接纳聚合流的等效带宽曲线, 取原点处的切线表达式作为他的接纳控制判别等式, 若小于该表达式, 则接纳该流, 否则, 拒绝。如图 2 所示

ACTP (Acceptance Region-Tangent at Peak) 与 ACTO 很相似, 利用 chernoff 边界获得已接纳聚合流的等效带宽曲线, 取峰值处的切线表达式作为他的接纳控制判别等式, 若小于该表达式, 则接纳该流, 否则, 拒绝。

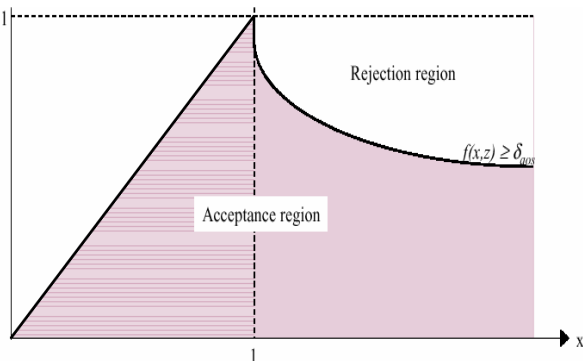


图 2 ACTO 算法示意图

4 仿真方案设计和实现

NS2 仿真平台是由美国加利福尼亚大学 Berkeley 分校等四家教育和研究结构共同开发的网络仿真平台。它是一种离散事件模拟器, 有一个 scheduler 类, 负责记录当时的时间、调度队列中的事件并提供函数产生新的事件。NS2 还提供了丰富的构建库; 提供强大的跟踪和数据采集功能, 为数据分析提供了全面而详细的数据; 可以扩充, 使用者可以方便的扩充 NS2 的功能, 实现自己的仿真。

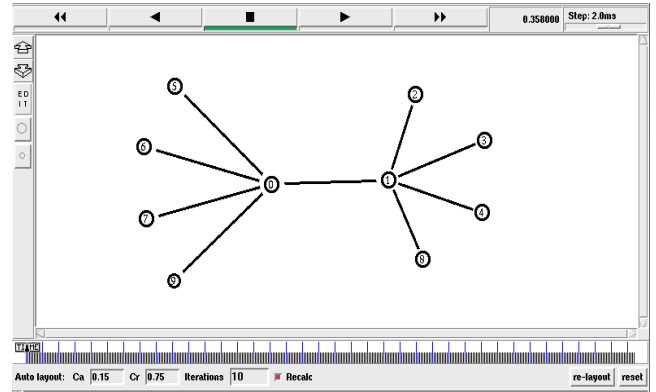


图 3: 实验拓扑结构

在 NS2 中, 构成模拟网络基本拓扑结构的是节点 (node) 和链路 (link)。NS2 中没有区分主机和路由器, 任何一个节点都可以完成存储 - 转发功能。利用 NS2 提供的构建, 我们创建如图 2 所示的实验拓扑结构。共十个节点, 每个节点均支持 RSVP 协议。有九条链路, 其中 0-1 链路是“瓶颈”链路, 我们将对 0-1 链路进行带宽控制, 分两种情况进行分析: 一种是提供足够的带宽, 大小 4M, 时延 0.5s, 带宽可预留率 0.95; 一种是比实际所需的带宽小约 10%, 带宽 3.5M, 时延 0.5s, 带宽可预留率 0.95。0-1 链路的交换缓冲区是共享的。其余每条链路的带宽是 15M, 时延 1m。实验中有四对节点相互通信: 2 和 5, 3 和 6, 4 和 7, 以及 8 和 9。其中 2, 3, 4, 8 为发送方; 5, 6, 7, 9 为接受方。从 1.0s 开始, 每隔 30s 加入一个请求流。实验采用了 NS 提供的两种流量发生器 (Traffic Generator) 来模拟应用流。一种是 EXP00_Traffic: 它按照指数 on/off 分布产生数据。在“on”状态分组以一定的速率发送; 在 off 状态分组停止发送。“on”和“off”两种状态的时间分布符合指数分布。分组的长度为常数。另一种是 P00_Traffic, 按照 pareto on/off 分布产生数据。除了“on”和“off”两种状态的时间符合 parato 分布外, 其余与指数的 on/off 分布相同。这个流量发生器用来

	Para1			Para2			Exp1			Exp2		
	接纳	平均	丢包	接纳	发包	丢包	接纳	发包	丢包	接纳	发包	丢包
简单和	15	12381	0	15	7670	0	15	4692	0	0	3090	31
测量和	15	12381	0	15	7670	0	15	4692	0	15	3090	4
HB	15	12381	0	15	7670	0	15	4692	0	15	3090	4
ACTP	15	12381	0	15	7670	0	15	4692	0	15	3090	4
ACTO	0	12381	23	0	7670	18	0	4692	7	0	3090	9

表 2 带宽不足场景下四个流的参数

产生出表现长相关特性的业务流。节点 2, 3 采用 P00_Traffic 流量发生器, 节点 4, 8 采用 EXP00_Traffic 流量发生器(参见[4]p100-102)。每次实验的时间长度的 150s。重复 15 次。实验中数据源的配置参数如下表 1 所示:

	Packet size	Burst time	Idle time	Rate	Shape
Exp	1000B	500ms	500ms	900kbps	-
Pareto	1000B	500ms	500ms	1000kbps	1.5

表 1: 实验流量发生器参数配置 (shape 是 pareto 分布所需的参数, Exp 不需要)。

5 仿真结果分析

5.1 带宽不足场景下的性能分析

在带宽不足的场景下(比如, 请求带宽超过链路带宽的 10%), 有些流的接纳请求将被拒绝。所以此场景下流分两类: 接纳流和非接纳流。表 2 列出了各种算法下的流的接纳情况以及每个流的丢包情况。表中, “接纳”列表示该流在实验中的总接纳次数。每次实验均有四个请求流产生, 每次试验持续 150s, 重复 15 次。表 2 列出的其余各值均为平均值。

从表 2, 可以得出如下结论: 资源预留成功的流其丢包率较小; 基于测量的 QoS 接纳控制算法的接入率普遍优于简单和接纳控制算法。在 ACTO 算法下, 由于所有的流均未接入, 此时所有流均为“尽力传输流”(best-effort)。

在带宽不足的场景下, 带宽利用率与端到端时延的关系如下图 4 表示: X 轴表示利用率, Y 轴表示时延。其中 MS、HB 和 ACTP 算法的曲线完全重叠。可以看出, 在带宽利用率较低时(如小于 50%), 各种算法下的时延相差不大; 当带宽利用率较大时, 如利用率为 0.6 时, 尽力传输流(图 4 的 ACTO)

的时延最小, 其次是基于参数的简单和接纳控制算法, 而 MS、HB 和 ACTP 算时延最大。所以, 可以得出如下结论: 在带宽不足场景下, 若综合考虑流的丢包率、接入率和时延等参数, 基于参数的简单和算法是较好的选择。

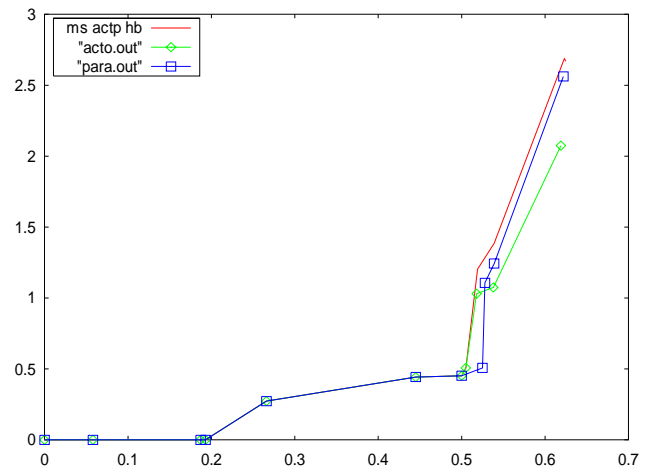


图 4 不足情景下带宽利用率与端到端时延的关系。

5.2 带宽足够情景下的性能分析

该情景下, 由于带宽足够, 所以只能提供参考意义。在这种情况下, 没有必要考虑丢包, 接入等

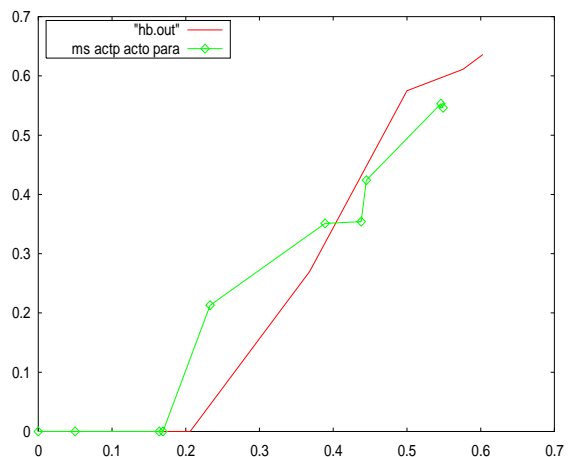


图 5 带宽足够情景下的带宽利用率与端到端的时延的关系。

性能参数,我们仅仅集中于对端到端的时延和带宽利用率之间的关系进行分析。如图5所示:X轴表示带宽利用率,Y轴表示端到端的时延。简单和、ACTO、ACTP和MS的曲线重合。在带宽利用率较低时(小于40%),基于HB算法的系统时延明显小于其他算法;当使用率较大时,如在带宽利用率为0.5时,HB算法的时延略大于其他算法。

从以上的分析结果可以看出,在给RSVP配置相应的接纳控制算法时,应当综合考虑实验(实际)环境“硬件”的性能、系统所能容忍的时延、丢包等参数,选用合适的算法。

6 结束语

本文基于NS-2仿真平台,利用RSVP信令给应用流进行资源预留以保障其QoS,分两种场景分析了简单和、测量和、HB、ACTO、ACTP五种算法的性能并得出结论。为RSVP研究和接入算法理论研究提供了有力的数据证明。同时也给实际使用RSVP协议提供了参考。本实验也存在不足的地方。一是仅在RSVP的FF(Fixed Filter)预留方式下测试。二是拓扑环境比较简单。在以后的工作中,考虑使用异构的拓扑,规模较大的场景,对RSVP的三种预留方式FF(Fixed Filter),SE(Shared Explicit),WF(Wildcard Filter)综合测试。

参考文献

- [1] R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, and S. Jamin, “Resource Reservation Protocol (RSVP) – Version 1 Functional Specification”. RFC 2205, IETF, September 1997.
- [2] R. Braden, D. Clark, and S. Shenker. Integrated services in the Internet architecture: an overview. RFC 1633, IETF, June 1994.
- [3] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, and W. Weiss. An architecture for differentiated services. RFC 2475, December 1998.
- [4] Kevin Fall and Kannan Varadhan, editors. *ns* notes and documentation. The VINT Project, UC Berkeley, LBL, USC/ISI, and Xerox PARC, November 1997. Available from <http://www-mash.cs.berkeley.edu/ns/>.
- [5] Jamin, S.; Shenker, S.J.; Danzig, P.B. “Comparison of measurement-based admission control algorithms for controlled-load service” INFOCOM '97. Sixteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communication Societies. Driving the Information Revolution, Proceedings IEEE, Volume 3, 1997 Page(s): 973 -980 vol.3
- [6] 桂志波 周立超 基于测量的OoS接纳控制算法的结构与性能分析 计算机科学 2003vol.30NO12
- [7] 徐雷鸣等 NS与网络模拟 人民邮电出版社
- [8] 王春峰 卢睿 陈秀忠 基于NS-2仿真的接纳控制性能分析 计算机科学 2003 vol.30.no 12