

自相似业务流的有效带宽

吴援明, 黄际彦

(电子科技大学光电信息学院 成都 610054)

【摘要】给出了传统业务流的有效带宽的计算方法和基于自相似业务流的有效带宽的计算方法,分析了分组丢失率、带宽利用率与缓冲区大小之间的关系,指出了网络设计中根据有效带宽进行资源管理的优越性。仿真结果表明,对自相似业务流,基于自相似业务流的有效带宽的计算比基于短相关模型的有效带宽的计算能保证更好的服务质量。

关键词 有效带宽; 自相似; 服务质量; 缓存

中图分类号 TN915.43 文献标识码 A

Effective Bandwidth of Self-Similar Traffics

WU Yuan-ming, HUANG Ji-yan

(School of Opto-Electronic Information, UEST of China Chengdu 610054)

Abstract The effective bandwidth calculation methods of short-range dependent traffic and self-similar traffic are given. The relationship among buffer size, packet lost rate and effective bandwidth utilization is analyzed. The advanced performance of effective bandwidth-based source distribution in the networks design is pointed out. The simulation results show that effective bandwidth of self-similar traffic' are more well QoS than short-range dependent traffic effective bandwidths.

Key words effective bandwidth; self-similar; quality of service; buffer

服务质量(Quality of Service, QoS)的满足是网络设计中优先考虑的,只有在满足QoS的基础上才能考虑对网络效率的提高。基于此,提出了连接接纳控制(Connection Admission Control, CAC)算法,即通过限制业务流的数量来满足服务质量的约束条件。当用户对系统提出一个连接请求时,系统根据网络中剩余资源来决定是否接纳该请求。网络中剩余资源是指网络在保持已有连接的服务质量下网络中剩下的资源,只有网络中的剩余资源可以满足请求连接的服务质量要求时,请求才能被接纳,否则请求被拒绝。如何衡量网络资源是实现CAC算法的关键,因此有效带宽的概念被提出来解决这个问题。

有效带宽的研究吸引了许多学者,如文献[1]研究了基于传统短相关模型有效带宽,文献[2]研究了基于自相似模型有效带宽,文献[3]研究了码分多址(Code Division Multiple Access, CDMA)系统中的有效带宽。传统的有效带宽的研究已经趋于成熟,基于自相似模型有效带宽的研究是目前研究的热点。

网络中对信息的传送是以分组或信元为基本单位进行的,多个业务流统计复用后在网络中传送,以提高网络资源的利用率。传统的模型认为网络业务流是短相关的,对业务流的突发性估计不足。基于短相关模型的有效带宽的计算乐观地估计了分组的丢失率,造成了服务质量的低下。长相关模型考虑了业务流的自相似性,根据长相关模型合理地计算有效带宽,能有效地降低分组丢失率,提高了QoS。

收稿日期: 2004-03-26

基金项目: 国家863计划资助项目(2002AA122021)

作者简介: 吴援明(1966-),男,在职博士,副教授,主要从事现代通信中的信号处理技术方面的研究。

1 相关定义

定义 1^[4] 考察一个广义平稳(或协方差平稳)的随机过程 $\{X_n\}_{n=0,1,2,\dots}$ 其中 X_n 可理解为第 n 个单位时间内到达的网络业务实体数目。

假定 X 的自相关系数:

$$r(k) \sim k^{-\beta} L_1(k) \quad (1)$$

式中 $L_1(k)$ 为一个缓变函数, 即 $\lim_{t \rightarrow \infty} L_1(tx)/L_1(t) = 1$ 对所有 $X > 0$ 成立, 称满足上述条件的过程为渐进自相似过程, 且其 $H = 1 - (\beta/2)$ 。

定义 2^[5] 信源在 ON 期以固定速率传送分组, 在 OFF 期不传送分组, 这种模型被称为 ON/OFF 模型。实际网络信道中信息的传送可以认为是多个 ON/OFF 源叠加的结果。根据 ON/OFF 模型可以得到短相关和长相关模型。

定义 3^[1] 有效带宽是指单位时隙内系统能够传递的分组的个数。

2 短相关模型下业务流的有效带宽

设 x_i 为单位时隙内到达缓存的分组数量, 短相关模型下的有效带宽计算公式为^[1]:

$$E = m + \frac{\gamma\delta}{2B} \quad (2)$$

式中 m 为业务源的传送速率; $\gamma = \lim_{n \rightarrow \infty} (1/n) E[(\sum_{i=1}^n x_i)^2]$ 。在该有效带宽的分配下, 信源丢失率一般 $\leq e^{-\delta}$ 。应说明的一点是, 上述公式是在假设缓存 B 足够大的情况下得到的。

通过仿真可以看出, 分组丢失率随着缓存的增大先增大后减小。这是因为当 $B \rightarrow 0$ 时, 分配给业务流的有效带宽 $E \rightarrow \infty$, 系统传输速率大于分组到达速率, 分组不会丢失。当 $B \rightarrow \infty$ 时, 系统以分组均值到达速率来传送分组, 因为缓存是无限大的, 所以突发性数据到来时, 多余的数据可以放入缓存中, 分组不会丢失。带宽利用率随着缓存的增大不断增大逼近 1。虽然小的缓存也能获得较低的分组丢失率, 但从有效带宽的计算式可以看出, B 的减小使得分配给业务流的有效带宽不断增加, 最终导致系统带宽的浪费。所以在网络设计中要适当地选取大缓存。

3 长相关模型下的有效带宽

分形布朗业务能较好地解释网络中的自相似现象^[6], 所以假设网络中的业务流是分形布朗业务:

$$A_t = mt + \sqrt{am} Z_{t/t_u} \quad (3)$$

式中 m 为业务流的平均到达率, $a > 0$ 为方差系数, Z_t 为正态分形布朗业务, 是严格的自相似过程。假设系统的总输出速率为 E , 则缓存中剩余的分组个数为: $X_t = \sup_{s \leq t} [A(s, t) - E(t - s)], t \in (-\infty, +\infty)$ 。

对于大缓存容量 B 可以解得^[2]:

$$P(X > B) \sim \exp\left(-\frac{t_u^{2H}(E-m)^{2H}}{2(\kappa(H))^2 am} B^{2-2H}\right) \quad (4)$$

式中 $\kappa(H) = H^H(1-H)^{1-H}$, t_u 为时隙的长度, $H \in (0.5, 1)$ 为表征自相似程度的 Hurst 参数, H 越大表明自相似程度也越大。假设 $P(X > B) = \delta$, 解式(4)可以得到有效带宽 E 的近似解^[2]:

$$E = m + (\kappa(H)\sqrt{-2 \ln \delta})^{1/H} a^{1/2H} B^{-(1-H)/H} m^{1/2H} \quad (5)$$

4 自相似业务流有效带宽的仿真

对于自相似业务的有效带宽模型, 选取一段 Bellcore 于 1989 年在局域网检测到的业务流量数据 (Paug) 作为分析数据流进行仿真研究。设定的时隙长度为 0.01 s, 总共得到 25 208 个数据, 其 $H = 0.81$ 。

图1显示了在 $H=0.81$ 的条件下有效带宽与缓存大小的关系,从图中可以看出有效带宽随着缓存的增大而减小。当缓存增大时,超过系统传送能力的突发分组将存入缓存,因此缓存越大应对突发数据流的能力也就越强,所以缓存的增大能够使得有效带宽减小。

图2显示了在缓存 $B=1\ 500$ 的条件下有效带宽与 H 值的关系,从图中可以看出有效带宽随着 H 值的增大而增大,这是因为 H 值的增大意味着业务流的突发性越强,在缓存 B 不变的情况下,为了保证服务质量必须分配更大的带宽才能应付突发的业务流。

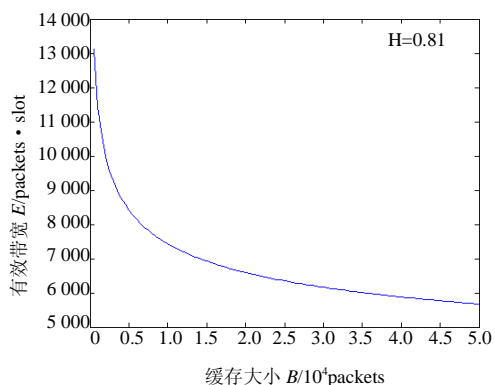


图1 有效带宽与缓存大小的关系

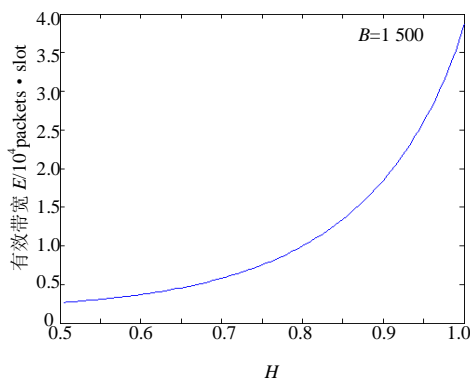


图2 有效带宽与 H 值的关系

长相关业务流的有效带宽模型是建立在自相似业务上的,用一个实际的自相似流来检验上面介绍的两个有效带宽的模型,这个业务流是用 $\text{Paug}(H=0.81)$ 。

图3显示了长相关和短相关模型下分组丢失率和缓存的关系,可以看出短相关有效带宽模型下的分组丢失率比长相关有效带宽模型下的分组丢失率高得多。在保证基本的带宽利用率(0.4)的基础上,短相关有效带宽模型下的分组丢失率在0.018 3~0.049 8,这种分组丢失率是目前异步传输模式网中是不能容忍的。而长相关有效带宽模型下的分组丢失率则明显好得多,在必须保证服务质量的前提下,短相关有效带宽模型是不适合目前高速网络业务流的。

图4显示了长相关和短相关模型下带宽利用率和缓存的关系,从图中可以看出短相关有效带宽模型下带宽利用率比长相关有效带宽模型下的带宽利用率高,这是必然的。因为相同条件下长相关有效带宽比短相关有效带宽大,这是为了应对自相似业务流的突发性的必然结果。从图3、图4可知,随着缓存 B 的增大,长相关有效带宽模型下分组丢失率不断降低以及带宽利用率不断增大,所以长相关有效带宽模型是适合自相似业务流的。

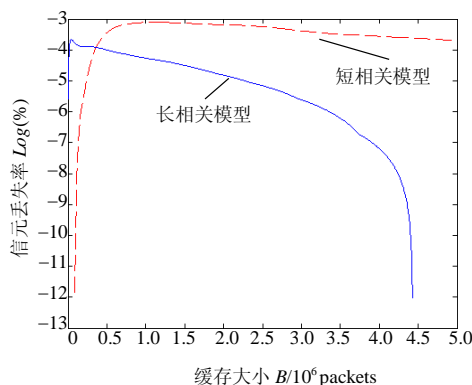


图3 长相关和短相关模型下
分组丢失率和缓存的关系

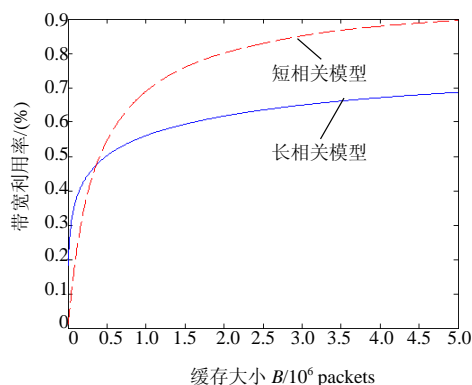


图4 长相关和短相关模型下
带宽利用率和缓存的关系

5 结 论

有效带宽是网络资源分配和CAC算法的基础, 因此研究它对网络资源的合理分配有着重要意义。本文研究和分析了基于短相关和长相关下的两种有效带宽模型, 得到了以下结论:

1) 短相关有效带宽模型在静态高斯信源以及大缓存容量下有着较低的分组丢失率和较高的带宽利用率, 可以满足传统的低速业务流的服务质量的要求。

2) 短相关有效带宽模型对自相似业务流的分组丢失率估计太乐观, 它的带宽利用率虽然较高, 但是由于分组丢失率的过大, 所以不适合高速自相似业务流。

3) 缓存的增大能有效降低分组丢失率, 提高带宽利用率, 所以在网络设计中建议适当使用大缓存。

4) 长相关有效带宽模型有较低的分组丢失率, 在选取大容量缓存前提下能得到较理想的带宽利用率。

有效带宽的计算是实现网络资源良好分配的基础, 对它的进一步研究是对CAC算法的研究, 只有对这两者的深入研究才能取得网络资源最优化配置。无线网络中基于自相似模型有效带宽的研究是我们下一步需要研究的重点。

参 考 文 献

- [1] Courcoubetis C, Fouskas G, Weber R. On the performance of an effective bandwidths formula[J]. Proc. 14th Int. Teletraffic Congress-ITC14, 1994, 1: 201-212
- [2] Norros I. On the use of fractional Brownian motion in the theory of connectionless networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1995, 13 (6): 953-962
- [3] Evans J S, Everitt D. Effective bandwidth-based admission control for multiservice CDMA cellular networks[J]. IEEE transactions on Vehicular Technology, 1999, 48 (1): 36-46
- [4] Veitch D, Abry P. A wavelet-based joint estimator of the parameters of long-range dependence[J]. IEEE/ACM Trans. on Info. Theory, 1999, 45(3): 878-897
- [5] Zhang Junshan, Hu Ming, Shroff N B. Bursty data over CDMA: MAI self similarity rate control and admission control[C]. Twenty-First Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, 2002, 1: 391-399
- [6] Norros I. A storage model with self-similar input[J]. Queueing Systems, 1994, 16: 387-396

编 辑 漆 蓉