

ATM 网络中宽带与窄带业务的呼叫接入平衡机制¹

武穆清 曾志民 徐春秀 丁 炜

(北京邮电大学 156 信箱 北京 100876)

摘 要 该文提出了一种简单的呼叫接入平衡机制。接入平衡机制配合 CAC 使用可以保证各类呼叫平等地接入网络。并分析了在这种机制下当 ATM 网络中的业务流量接近满负荷时, 宽带业务的呼叫对窄带业务呼叫的阻塞概率。分析表明, 这种平衡机制可以避免一种呼叫排挤另一种呼叫的现象发生。分析的结论对于在实践中制定合理的呼叫接纳和拒绝策略具有实际意义。

关键词 异步传递模式, 呼叫接纳控制, 呼叫, 阻塞, 概率

中图分类号 TN913.24

1 引言

在 ATM 网络中, 人们采用呼叫接纳控制 (CAC) 机制来对到达的各类业务的呼叫是否能进入网络进行控制。呼叫接纳控制算法的基本原理是根据各类业务流量的统计特性, 依据当前网络中已有各类业务连接的数量及其服务质量要求, 来估算如果接纳了新的呼叫, 网络提供的各项服务能否满足其质量要求, 以及是否还能继续满足对已有连接所提供的服务质量。如果能保证各方面的质量要求, 则接纳此呼叫, 并为其建立连接; 如果不能保证, 则拒绝为此呼叫建立连接。人们已经提出了许许多多的呼叫接纳控制算法^[1-5], 它们各有所长, 各具特色。可如果只是简单地使用这些呼叫接纳控制算法, 就会带来新的问题。例如, 我们使用计算机模拟了网络流量接近其满负荷时的情形。即当各类业务呼叫的到达速率逐步增大, 直至发生呼损, 结果出现了窄带业务呼叫排挤宽带业务呼叫的现象。由于宽带业务占用网络资源 (如带宽、存储器等) 较多, 因此当网络中流量较大而不能接纳宽带业务的呼叫时, 却还能接纳窄带业务的呼叫, 直到将剩余网络资源占满。当宽带呼叫结束而释放出网络资源时, 窄带呼叫又会与宽带呼叫竞争这一点网络资源。一旦一个窄带呼叫接入, 则宽带呼叫便不能接入了, 于是窄带呼叫又将剩余网络资源占满。因此最终表现为占用网络资源最多的宽带呼叫首先被排挤出系统, 然后是系统内剩余的业务类型中占用网络资源最多的呼叫又被排挤出系统。最后系统中只剩下一、两种占用网络资源最少的呼叫。这样的呼叫接纳控制机制显然是不公平的。本文以一种简单的呼叫接入平衡机制避免了这种窄带业务呼叫排挤宽带业务呼叫的现象, 并分析了宽带呼叫对窄带呼叫的阻塞作用。

2 简单的接入平衡机制

假设系统中共有 L 类业务的连接。我们采用一种简单的呼叫接入平衡机制, 方法是: 当流量负载不重时, 即新呼叫到来时如果前一个呼叫未被拒绝, 则按照新呼叫的流量参数组 B_i 以及网络中已有各流量的参数组使用呼叫接纳控制算法, 按照先到先进的原则, 作出是否接纳此呼叫的决定; 当流量负载较重时, 即新呼叫到来时如果前一个呼叫曾因网络资源不足而被拒绝, 则按照当前系统内 (包括新呼叫在内) 占用网络资源最多 (频带最宽) 的呼叫的流量参数组 $B_{\max}$ 以及网络中已有各流量的参数组使用呼叫接纳控制算法, 来判断是否接纳此呼叫。即在出现呼损以后, 会有一个预留期, 期间会拒绝一些呼叫, 以使网络预留出足够的资源, 直到任一类呼叫都能接入时, 才重新开始接纳呼叫。带有这种接入平衡机制的呼叫接纳控制流程如图 1 所示。

3 呼叫到达过程

3.1 各类业务呼叫到达的概率分布 假设各型业务的呼叫到达是独立的, i 型业务在观察时长 t 内到达的呼叫数是参数为 λ_i 的泊松过程, 即

¹ 2000-12-27 收到, 2001-05-08 定稿

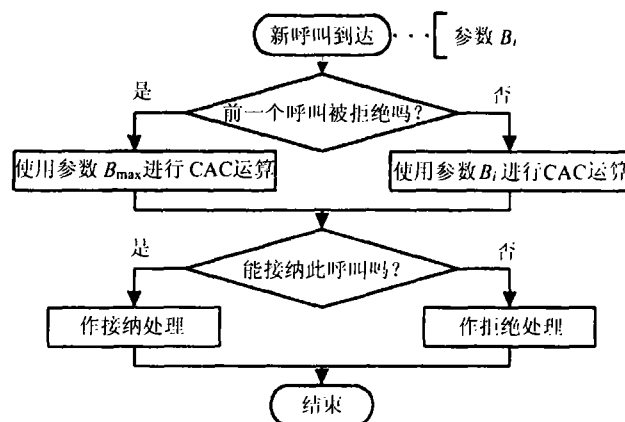


图 1 带有接入平衡机制的呼叫接纳控制流程

$$P(t, N_i = k) = (\lambda_i t)^k e^{-\lambda_i t} / k! \quad (1)$$

假设共有 L 种业务, 则在观察时长 t 内各类业务到达的呼叫数的联合概率分布为

$$P(t, N_1 = k_1, N_2 = k_2, \dots, N_L = k_L) = \prod_{i=1}^L P(t, N_i = k_i) = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_L)t} \prod_{i=1}^L \frac{(\lambda_i t)^{k_i}}{k_i!} \quad (2)$$

3.2 预留期后各类业务呼叫首先接入系统的概率 当系统中预留出规定的网络资源后重新开始接纳呼叫, 在时间 t 内, 一个 i 型业务的呼叫首先进入系统的概率为

$$\begin{aligned} P_{sxi} &= P(t, N_1 = 0, N_2 = 0, \dots, N_i = 1, N_{i+1} = 0, \dots, N_L = 0) \\ &= \lambda_i t e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_L)t} \quad (i = 1, 2, \dots, L) \end{aligned} \quad (3)$$

因此各类业务首先接入系统的概率比为

$$r_i = \lambda_i / (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_L), \quad (i = 1, 2, \dots, L) \quad (4)$$

可见各类业务首先接入系统的概率比与其呼叫到达率成正比, 因此这种平衡机制是公平的、合理的。

4 宽带呼叫对窄带呼叫接入的阻塞作用的分析

假设系统预留的资源 $B_{\max}(= B_L)$ 能容纳各型业务的连接数分别为 $n_1, n_2, \dots, n_L$, 并且 $n_1 > n_2 > \dots > n_L = 1$. 令 $m_{ij} = \lceil \frac{n_i}{n_j} \rceil$, 其中 $\lceil x \rceil$ 是对 x 向上取整, 即 $\lceil x \rceil$ 是大于等于 x 的最小整数; 但当 $x < 1$ 时取 0. 其含义是在容纳一个 j 型连接的资源中可容纳 m_{ij} 个 i 型连接. 当另一个整数 l_j 与 m_{ij} 相乘时, 其运算法则是最后取整, 即 $l_j \cdot m_{ij} = \lceil \frac{n_i}{n_j} \cdot l_j \rceil$. $l_j \cdot m_{ij}$ 的含义是 l_j 个 j 型连接的带宽可容纳 $l_j \cdot m_{ij}$ 个 i 型连接.

当预留资源中的残余可用资源不足以接纳一个宽带连接时, 窄带连接还是有可能被接纳的, 甚至还可能接纳很多的窄带连接. 因此, 宽带业务只靠连接数量是无法精确阻塞窄带业务的接入的, 我们还必须考察残余可用资源的情况. 假设系统中预留出规定的资源 $B_{\max}(= B_L)$, 于是, 系统重新开始接纳呼叫. 一段时间后, 系统的残余可用资源为 B_c .

4.1 两种业务呼叫到达的情况 首先考虑在预留出资源 $B_{\max}$ 后, 在时间 t 内有 i 型和 j 型两种业务到达的情况。其中 $i < j$, $B_i < B_j$, 资源 $B_{\max}$ 内可容纳的连接数为 $n_i > n_j$, 下面来研究 j 型业务阻塞 i 型呼叫接入的概率。当 j 型连接达到了 n_j 个以后, 残余可用资源为 $B_c = B_{\max} - n_j B_j$ 。假设 B_c 在 $[0, B_j]$ 上服从均匀分布, 即其概率密度函数和分布函数分别为

$$f_{B_c}(x) = \begin{cases} \frac{1}{B_j}, & x \in [0, B_j) \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad (5) \quad \text{和} \quad F_{B_c}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ \frac{x}{B_j}, & x \in [0, B_j) \\ 1, & x \geq B_j \end{cases} \quad (6)$$

由于各类业务的一个呼叫实际占用的资源并不是固定不变的, 而是随着统计复用在一起的呼叫数量而变化的, 而且随着与不同类型的呼叫复用在一起而有不同的变化。各类业务呼叫的到达是统计独立的, 因此, 在系统容纳的呼叫数较多的情况下, 可以认为残余可用资源 B_c 与 j 型业务呼叫达到数 N_j 统计独立。于是, j 型业务阻塞 i 型呼叫接入的概率为

$$P_{>j \cdot i|T} = P(t, N_i = 0, N_j = n_j, B_c < B_i) = e^{-(\lambda_i + \lambda_j)t} \frac{(\lambda_j t)^{n_j}}{n_j!} \frac{B_i}{B_j} \quad (7)$$

在预留出规定的资源 $B_{\max}$ 后, 在时间 t 内仅由 j 型连接阻塞 i 型业务连接的概率为

$$\begin{aligned} P_{>j \cdot i} &= P(t, N_1 = 0, N_2 = 0, \dots, N_j = n_j, \dots, N_L = 0, B_c < B_i) \\ &= \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^L P(t, N_l = 0) P_{>j \cdot i|T} = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_L)t} \frac{(\lambda_j t)^{n_j}}{n_j!} \frac{B_i}{B_j} \end{aligned} \quad (8)$$

4.2 三种业务呼叫到达的情况 在预留出规定的资源 $B_{\max}$ 后, 在时间 t 内有 i 型、 j 型和 k 型三种业务到达的情况。其中 $i < j < k$, $B_i < B_j < B_k$, 资源 $B_{\max}$ 内可容纳的连接数为 $n_i > n_j > n_k$ 。下面来研究 j 型和 k 型业务阻塞 i 型连接的概率。 j 型和 k 型业务阻塞 i 型连接的概率与最后接入的是哪一类业务有关。若最后接入的是 j 型连接, 则残余可用带宽分布的概率密度为 $f_{B_c}(x) = 1/B_j$, $x \in [0, B_j]$; 若最后接入的是 k 型连接, 则残余可用带宽分布的概率密度为 $f_{B_c}(x) = 1/B_k$, $x \in [0, B_k]$ 。而 j 型和 k 型业务最后接入的概率分别为 $P_{jh} = N_j/(N_j + N_k)$ 和 $P_{kh} = N_k/(N_j + N_k)$ 。其中 N_j 和 N_k 分别为预留期后接入系统的 j 型和 k 型呼叫数。所以

$$P(B_c < B_i) = p_{jh} B_i/B_j + p_{kh} B_i/B_k \quad (9)$$

于是 j 型和 k 型业务阻塞 i 型呼叫接入的概率为

$$\begin{aligned} P_{>jk \cdot i|T} &= P(t, N_j = n_j - N_k m_{jk}, N_k \leq n_k, N_i = 0, B_c < B_i) \\ &= e^{-(\lambda_i + \lambda_j + \lambda_k)t} \sum_{l_k=0}^{n_k} \left[\frac{(\lambda_k t)^{l_k}}{l_k!} \frac{(\lambda_j t)^{n_j - l_k m_{jk}}}{(n_j - l_k m_{jk})!} \right. \\ &\quad \left. \times \left(\frac{n_j - l_k m_{jk}}{l_k + n_j - l_k m_{jk}} \frac{B_i}{B_j} + \frac{l_k}{l_k + n_j - l_k m_{jk}} \frac{B_i}{B_k} \right) \right] \end{aligned} \quad (10)$$

在预留期后, 在时间 t 内仅由 j 型和 k 型连接阻塞 i 型业务连接的概率为

$$\begin{aligned}
P_{>jk:i} &= P(t, N_j = n_j - N_k m_{jk}, N_k \leq n_k, N_i = 0, \{N_r = 0, r \in Z[1, L], r \neq i, j, k\}, B_c < B_i) \\
&= P_{>jk:i|T} P(t, \{N_r = 0, r \in Z[1, L], r \neq i, j, k\}, B_c < B_i) \\
&= e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_L)t} \sum_{l_k=0}^{n_k} \left[\frac{(\lambda_k t)^{l_k}}{l_k!} \frac{(\lambda_j t)^{n_j - l_k m_{jk}}}{(n_j - l_k m_{jk})!} \right. \\
&\quad \left. \times \left(\frac{n_j - l_k m_{jk}}{l_k + n_j - l_k m_{jk}} \frac{B_i}{B_j} + \frac{l_k}{l_k + n_j - l_k m_{jk}} \frac{B_i}{B_k} \right) \right] \quad (11)
\end{aligned}$$

5 数值分析

假设系统中有 5 种业务, 它们的名称及各种参数见表 1。它们统计复用在一条 600Mb/s 的链路上。当系统中这 5 种业务都存在时, 预留资源为 $C_{\max} = C_5$, 表中列出了预留资源可容纳各种业务连接的数量。这些数据是按文献 [5] 的 CAC 算法得到的。其实这些数据并不唯一, 完全可以换用任一种 CAC 算法^[1-4]来得到另一套数据, 但它们大体上是相同的。

表 1 各类业务参数表

业务编号 i	1	2	3	4	5
业务名称	压缩语音	语音	静止图像	数据	活动图像
MAX_i	32kb/s	64kb/s	2048kb/s	10Mb/s	33Mb/s
AVG_i	11.2kb/s	32kb/s	87kb/s	1Mb/s	13.5Mb/s
λ_i	20	15	10	5	1
n_i	2666	892	79	3	1
m_{i5}	2666	892	79	3	1
m_{i4}	889	298	27	1	0
m_{i3}	34	12	1	0	0
m_{i2}	3	1	0	0	0

我们来分析只有 3 种呼叫到达时宽带呼叫对窄带呼叫的阻塞概率。假设在预留期后有 2, 3, 4 这 3 种业务到达。图 2 示出了在 $t = 1$ 的情况下 2 型业务被阻塞的概率随 λ_3 和 λ_4 变化的规律。可以看出, 当 λ_4 确定时, λ_3 会在 4 个区间内使阻塞概率取得较大值; 当 λ_3 确定时, 阻塞概率随 λ_4 的增大而迅速下降。图 3 示出了 2 型业务被阻塞的概率随 λ_4 和 t 变化的规律。从图中可以看出, 当 λ_3 确定时, 会在 3 个时间段内取得较大的概率值。在其中的两个时间段内阻塞概率会随着 λ_3 的增大而增大, 直至趋近于 1。

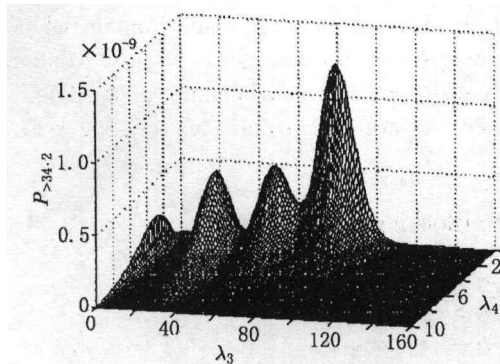


图 2 3 型和 4 型阻塞 2 型的概率 $P_{>34:2|T}(\lambda_3, \lambda_4)$

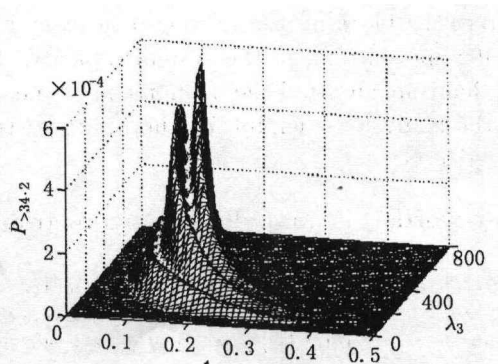


图 3 3 型和 4 型阻塞 2 型的概率 $P_{>34:2|T}(\lambda_3, t)$

6 结 论

本文提出了一种简单的呼叫接入平衡机制, 这种机制配合 CAC 使用可以保证各类呼叫平等地接入网络。同时分析了在这种机制下当 ATM 网络中的业务流量接近满负荷时, 宽带业务的呼叫对窄带业务呼叫的阻塞概率。分析表明, 在这种简单的呼叫接入平衡机制下, 可以避免一种呼叫排挤另一种呼叫的现象发生。一种呼叫要以较大的概率阻塞另一种呼叫, 则其呼叫到达率必须要比另一种的大出很多倍才有可能。即使这种现象发生了, 那么在发生一次呼损后, 系统会作预留, 为所有业务的呼叫重新提供接入的机会, 而且接入的机会是公平的、合理的。本文的结论对于研究或在实践中制定合理的呼叫接纳和拒绝策略具有实际意义。

参 考 文 献

- [1] R. Guerin, H. Ahamadi, M. Naghshineh, Equivalent capacity and its application to bandwidth allocation in high-speed networks, *IEEE J. on SAC*, 1991, 9(7), 968-981.
- [2] T. Murase, H. Suzuki, S. Sato, *et al.*, A call admission control scheme for ATM networks using a simple quality estimation, *IEEE J. on SAC*, 1991, 9(9), 1461-1470.
- [3] H. Saito, K. Shiimoto, Dynamic call admission control in ATM networks, *IEEE J. on SAC*, 1991, 9(7), 982-999.
- [4] D. Mitra, M. I. Reiman, Jie Wang, Robust dynamic admission control for unified cell and call QoS in statistical multiplexers, *IEEE J. on SAC*, 1998, 6(5), 692-707.
- [5] 武穆清, 徐春秀等, 阶梯递推的实时 CAC 算法及性能分析, *北京邮电大学学报*, 1999, 9(3), 11-14.

BALANCING ADMISSION MECHANISM OF WIDEBAND AND NARROWBAND CALLS IN ATM NETWORKS

Wu Muqing Zeng Zhimin Xu Chunxiu Ding Wei

(*Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China*)

Abstract This paper presents a balancing admission mechanism of wide band and narrow band calls in ATM networks. The combination of the mechanism with CAC can guarantee the fair admission of all kinds of calls. This paper also analyzes the probabilities of wide band calls blocking the narrow band calls in ATM networks under the mechanism when the traffic approaching to the system capacity. The analysis exposes that the proposed balancing mechanism can avoid the phenomena of one kind calls blocking the other kind calls. The result of the analysis is helpful for choosing a reasonable call admission and call refusing policy in practice.

Key words ATM, Call admission control, Call, Blocking, Probability

武穆清: 男, 1963 年生, 副教授, 现从事宽带接入和网络流量控制方面的研究。
曾志民: 男, 1957 年生, 副教授, 现从事多媒体通信和宽带接入方面的研究。
徐春秀: 女, 1962 年生, 高级工程师, 现从事互联网综合业务技术的研究。
丁 炜: 男, 1935 年生, 教授, 现从事宽带接入网方面的研究。