

高速网中最小阻塞率的接入控制研究

Call Admission Control with Optimal Block Probability in High-Speed Network

赵尔敦 石冰心 郭喻茹 黄川

(华中理工大学电子与信息工程系 武汉430074)

Abstract A call admission control scheme with optimal block probability in high-speed network is given. Under the environment of multi-class calls, the acceptance area with minimum call block probability is obtained. Numerical results show that the maximum call number decreases with the stay-time of the call and increases with the load of the call.

Keywords Call Admission Control(CAC), Block probability, QoS

现代综合业务网支持多类业务,为保证各类业务的服务质量(QoS),呼叫接入控制方案的好坏至关重要。目前人们已提出的各式各样的呼叫接入方案,如文[1~3],大多只是满足信息包层 QoS 的方案。只有为数很少的涉及同时考虑呼叫层和信息包层的呼叫接入方案,如文[4]。在信息包层的接入控制中,只要新的呼叫的接入没有破坏已经接入呼叫的 QoS,则该呼叫将允许接入,然而在多类业务的情况下,由于各类呼叫特性的不同,这将导致不同呼叫阻塞率的重大差异,也不能使平均呼叫阻塞率达到最小,从而不利于资源的共享。本文在满足信息包 QoS 的条件下,提出控制阻塞率的呼入方案,给出了最优阻塞率的接入区域。分析表明,在其它因素相同的情况下,业务最大呼叫接入数随负载增大和随逗留时间减小。因而对实际接入方案的设计具有指导意义,有助于降低呼叫阻塞率。

1. 模型及信息层的接入方案

考虑无缓冲区的情形,设网络节点的数据链路速率为 R,进入网络节点的呼叫一共有 J 类,第 j 类呼叫的到达过程是到达率为 λ_j 的泊松过程,逗留时间服从平均值为 $1/\mu_j$ 的指数分布。进入网络后,各类呼叫信息包的到达为 ON-OFF 模型,信息包为固定包长。ON-OFF 信源交替处于两种状态,ON 态和 OFF 态。在 ON 态,信源以恒定的峰值速率 v_j 产生信息包,在 OFF 态,不产生信息包。设 ON 态和 OFF 态的逗留时间分别服从平均值参数为 $1/\beta_j, 1/\alpha_j$ 的指数分布,则 ON 和 OFF 态稳态概率分别为 $p_j = \alpha_j / (\alpha_j + \beta_j)$ 和 $1 - p_j$ 。

令 $K = (k_1, \dots, k_J)$ 为接入向量, k_j 为 j 类已接入的数量,则 j 类信息包的损失率为:

$$b_j(K) = \sum_{n_1=0}^{k_1} \dots \sum_{n_J=0}^{k_J} \prod_{i=1}^J \binom{k_i}{n_i} p_i^{n_i} (1-p_i)^{k_i-n_i} \frac{n_j v_j}{\sum_{i=1}^J n_i v_i}$$

设 p_j^* 为第 j 类呼叫的信息包损失率要求(即 QoS),则信息层的 CAC 接入区域为

$$D = \{K | b_j(K) \leq p_j^*\} \quad (1)$$

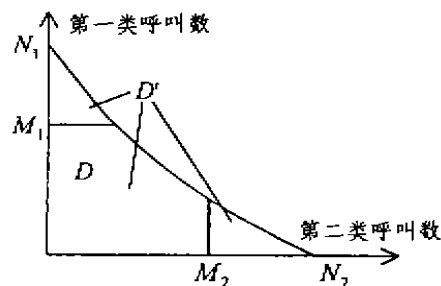


图1 J=2时的接入区域

2. 极小阻塞率接入方案

显然,为保证信息包层的 QoS,任何接入方案的接入区域 D 不能超出 D' 的范围。令 $p_b(D)$ 记接入区域为 D 时的呼叫阻塞率,则最小阻塞率接入方案就是在 D' 内找到一个子域 D^* ,使得:

$$p_b(D^*) = \min\{p_b(D) | D \subseteq D'\} \quad (2)$$

记 N_j 为接入区域为 D' 时第 j 类呼叫最大可接入数。定义

$$D = \{K | b_j(K) \leq p_j^*, k_j \leq M_j, M_j \leq N_j, j=1, \dots, J\} \quad (3)$$

式中, M_j 表示接入区域为 D 时第 j 类呼叫最大可接入数,显然 $D \subseteq D'$ 。图1为 J=2 时的接入区域 D 和 D' 。下面求接入区域为 D 时的呼叫阻塞率。

考察呼叫到达和离去时刻作为时间嵌入点,记 t_n

赵尔敦 博士研究生。

为第 n 个时间嵌入点, S_n 为时刻 t_n 网络接入的各类呼叫数向量, 则 S_n 为一马尔科夫链, 状态空间为 D 。记 $J = \{1, 2, \dots, J\}$, e_i 为第 i 个元素为 1 的列向量, $J_m = \{j \in J | m + e_j \in D\}$, 则转移概率为:

$$p(m, n) = \begin{cases} \lambda_i / \sum_{j=1}^J (m_j \mu_j + \sum_{j \in J - J_m} \lambda_j) & n = m + e_i \\ m_j \mu_j / \sum_{i=0}^J (m_j \mu_j + \sum_{j \in J - J_m} \lambda_j) & n = m - e_i \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \quad (4)$$

式中 $m = (m_1, m_2, \dots, m_J)$, $n = (n_1, n_2, \dots, n_J) \in D$ 。

令 $\pi = (\pi_m)_{m \in D}$ 为稳态概率, $P = (p(m, n))_{m, n \in D}$ 记马尔科夫链 S_n 的转移概率矩阵, 则由下式可求得稳态概率:

$$\pi P = \pi, \quad \sum_{m \in D} \pi_m = 1 \quad (5)$$

记 $\tau(m)$ 为状态 m 的平均逗留时长, 记 ∂D 为 D 的不包括坐标轴在内的边界, 则

$$\tau(m) = \begin{cases} 1 / \sum_{j=1}^J (m_j \mu_j + \lambda_j) & m \in D - \partial D \\ 1 / \sum_{j=1}^J (m_j \mu_j + \sum_{j \in J - J_m} \lambda_j) & m \in \partial D \end{cases} \quad (6)$$

由式(5)、(6)可求得接入区域为 D 的阻塞率为:

$$p_{\text{block}}(D) = \sum_{n \in D} \frac{\pi_n \tau(n)}{\sum_{m \in D} \pi_m \tau(m)} \sum_{j \in J_n} \lambda_j / \sum_{i=1}^J \lambda_i \quad (7)$$

由式(2)和式(7)可求得最小阻塞率接入区域 D^* 。

3. 数值结果分析

本节我们给出 $J=2$ 时的数值结果分析, 由式(1)中 D 的表示, D 完全决定于 $(M_j)_{j \in J}$, $M_j (j=1, \dots, J)$ 即在接入区域 D 内第 j 类呼叫的最大接入数, 下面我们用 $M_j (j=1, \dots, J)$ 表示接入区域。

图1给出阻塞率与接入区域的关系曲面。图中两类呼叫的参数取为: $v_1 = v_2 = 2.0 \text{ Mb/s}$, $p_1 = p_2 = 0.025$, $p_1^* = p_2^* = 10^{-9}$, $\lambda_1 = 0.8$, $\lambda_2 = 1.0$, $\mu_1 = 0.1$, $\mu_2 = 0.5$, $R = 15.5 \text{ Mb/s}$ 。从图中可以看到, 信息包层接入方案的接入区域 ($M_1 = N_1 = M_2 = N_2 = 16$ 时) 并不能使阻塞率最小。

图2和图3分别给出了最优接入区域(用 M_1 、 M_2 表示)与呼入逗留时长和负载的关系曲线。图中两类呼叫的参数分别为 $v_1 = v_2 = 2.0 \text{ Mb/s}$, $p_1 = p_2 = 0.05$, $p_1^* = p_2^* = 10^{-9}$, $R = 15.5 \text{ Mb/s}$ 。图2给出了 $\lambda_1 = 0.8$, $\lambda_2 = 1.0$, 第1类呼叫平均逗留时长 $1/\mu_1 = 1.0$ 时, 最优接入区域与第二类呼叫的平均逗留时长 $T_2 = 1/\mu_2$ 的关系曲线, 从图中可看出, 当其它因素相同时, 逗留时间越长, 最大可接入数应越小, 图3给出了 $\mu_1 = \mu_2 = 0.2$, 第1类呼叫负载为 $\lambda_1 = 0.5$ 时, 最优接入区域与第二类呼叫负载的关系曲线。图中可看出, 其它因素相同, 呼叫的负载越大, 其相应的最大接入数应越大。

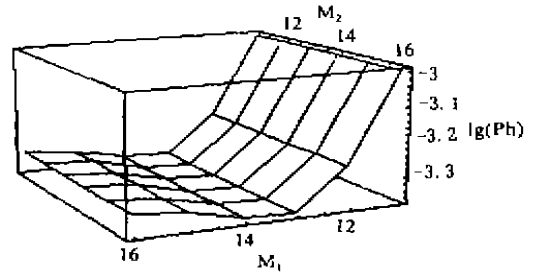


图2 阻塞率与接入区域的关系曲面

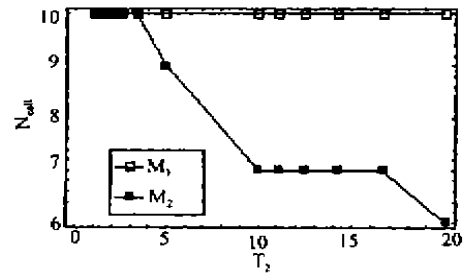


图3 最优接入区域(用 M_1 、 M_2 表示)与第二呼叫逗留时长 T_2 的关系

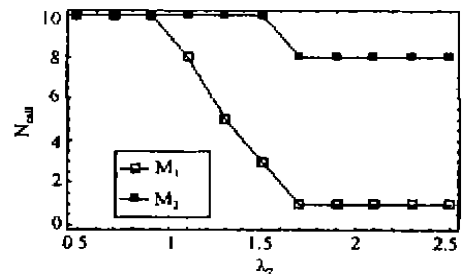


图4 最优接入区域(用 M_1 、 M_2 表示)与第二类呼叫负载 λ_2 的关系

结论 本文在满足信息包 QoS 的条件下, 提出控制阻塞率的呼入方案, 给出了最优阻塞率的接入区域, 得到负载和逗留时间是影响最优接入区域的因素的结论, 因而对实际接入方案的设计具有指导意义。

参考文献

- 1 Elwalid A I, Mitra D. Effective bandwidth of general Markovian traffic sources and admission control of high speed networks. IEEE/ACM Trans. Networking, 1993, 1, 329~343
- 2 Hu J Y. Resource allocation for broadband networks IEEE J. Select. Areas Commun., 1988, 6
- 3 Saito H. Call admission control in an ATM network using upper bound of cell loss probability. IEEE Trans. Commun., 1992, 40, 1512~1521
- 4 Mitra D, Reiman M I, Wang J. Robust Dynamic Admission Control for Unified Cell and Call QoS in Statistical Multiplexers. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1998, 16(5), 692~707