

## 层次移动 IPv6 中基于阈值的自适应呼叫准入控制\*

王胜灵<sup>1</sup>, 侯义斌<sup>2+</sup>, 黄建辉<sup>1</sup>, 黄樟钦<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(西安交通大学 电子与信息工程学院, 陕西 西安 710049)

<sup>2</sup>(北京工业大学 嵌入式软件与系统研究所, 北京 100022)

### Threshold-Based Adaptive Call Admission Control in Hierarchical Mobile IPv6

WANG Sheng-Ling<sup>1</sup>, HOU Yi-Bin<sup>2+</sup>, HUANG Jian-Hui<sup>1</sup>, HUANG Zhang-Qin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(School of Electronics and Information Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

<sup>2</sup>(Embedded Software and Systems Institute, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

+ Corresponding author: Phn: +86-10-67392467, Fax: +86-10-67396654, E-mail: yhou@bjut.edu.cn

Wang SL, Hou YB, Huang JH, Huang ZQ. Threshold-Based adaptive call admission control in hierarchical mobile IPv6. *Journal of Software*, 2006,17(9):1996–2003. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/17/1996.htm>

**Abstract:** A call admission control (CAC) scheme used in hierarchical mobile IPv6 (HMIPv6) network is proposed, which solves the ideal call number of each cell adaptively to maximize system's profits, under the restriction of system's overload probability and capacity and in terms of hosts' mobility characteristics and call characteristics. The CAC threshold of each cell used in making decisions of accepting or rejecting a new call by network is solved by establishing a Markov model in HMIPv6 network, which can make system's call number up to the ideal value. Simulation analyzes the factors affecting the optimal regional size, providing a reference for designing a dynamic regional mobility management scheme. The simulation analyses reveal that with the increase of calls' handoff probability and average duration time, the optimal regional size increases while the regional ideal call number decreases; and with the restriction of overload probability relaxes, the new call blocking probability (CBP) comes down while the handoff dropping probability (HDP) goes up. Finally, a performance comparison result between the proposed scheme and the mobile IP reservation (MIR) scheme demonstrates that the average values of CBP and HDP in the proposed scheme are lower than those in MIR during 2000 simulation intervals, which means the optimization is realized.

**Key words:** hierarchical mobile IPv6; call admission control; Markov model; overload probability

**摘要:** 提出了一种适用于层次移动 IPv6(HMIPv6)网络的呼叫准入控制(call admission control,简称 CAC)方案.该方案以过载率和系统容量为限制,根据网络中主机的移动特性和呼叫特性,自适应地计算出区域中各小区的理想呼叫数,使系统效益最大化.通过建立 HMIPv6 网络下的 Markov 模型,计算出达到理想呼叫数的 CAC 阈值,并将其作为是否接纳新呼叫的判断依据.仿真实验分析了影响最优区域范围的因素,为设计动态微移动管理

\* Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant No.90407017 (国家自然科学基金); the Key Project Foundation of Technology and Development Program of Beijing Municipal Commission of Education under Grant No.KE2005100005006 (北京市教育委员会科技发展计划重点项目基金)

Received 2005-04-29; Accepted 2005-11-08

方案提供了依据,它指出:随着呼叫在小区之间的切换率和平均持续时间的增加,最优区域范围增加而理想呼叫数减少;随着过载率限制的放宽,新呼叫阻塞率(call blocking probability,简称 CBP)减小而切换中断率(handoff dropping probability,简称 HDP)增大.最后,在与移动 IP 预留(mobile IP reservation,简称 MIR)方案的性能对比中发现:在 2 000 个仿真时段内,所提方案的 CBP 均值和 HDP 均值均比 MIR 的 CBP 均值和 HDP 均值要低,实现了优化.

关键词: 层次移动 IPv6;呼叫准入控制;Markov 模型;过载率

中图分类号: TP393 文献标识码: A

移动 IP(MIP)<sup>[1,2]</sup>技术使得无处不在的全球多媒体网络连接成为可能.然而,MIP 网络资源和拓扑动态变化的特性,使其难以以为实时多媒体业务提供 QoS 保证,这一缺点阻碍了该技术的实用化,也激发了研究 MIP 网络的 QoS 热潮.目前,关于 MIP 网络的 QoS 研究主要有两大方向: 针对 MIP 的工作机制给保障实时应用的 QoS 所带来的障碍而进行的协议改进和扩展; 将现有的、根据固定网络的特点而设计的 QoS 机制集成到 MIP 网络,从而为用户提供 QoS 保证.

微移动管理方案<sup>[3-9]</sup>是上述第 1 个研究方向的成果.众多微移动管理方案虽然形式不同,但其基本思想都是一致的,即在网络中引入层次的概念,通过层次的划分使网络形成不同的区域,使用一个区域移动管理实体(RME)来管理移动主机(MH)在域内的移动,通过对家乡代理(HA)屏蔽 MH 的域内移动来减少 MH 和 HA 之间的注册信令交互以及由此产生的切换时延和分组丢失,如图 1 所示.

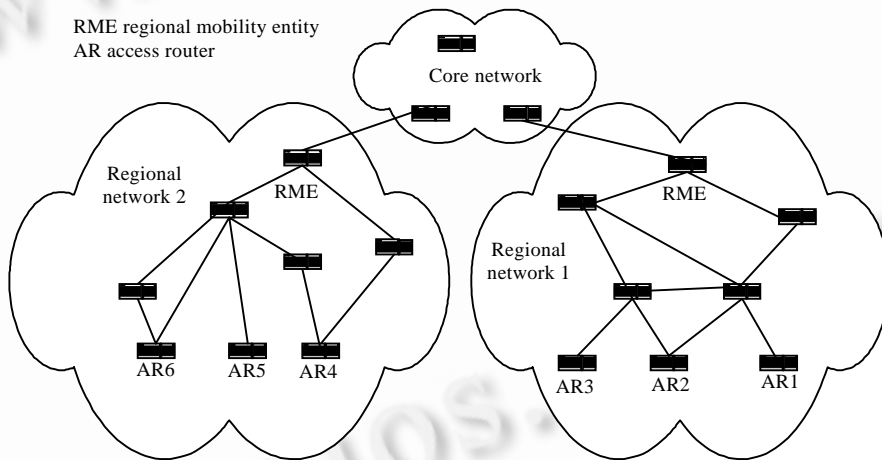


Fig.1 The framework of the micro-mobility management scheme

图 1 微移动管理方案的网络架构

作为支持主机高速移动的扩展协议,微移动管理方案的作用逐渐得到公认.但微移动管理方案采用单一的“尽力而为”的分组转发方式,仍然不能满足多媒体业务的实时传输要求.上述的第 1 个研究方向正是为了解决这个问题而展开的.但目前,该方向的研究大多集中在将集成服务模型<sup>[10,11]</sup>、差分服务模型<sup>[12,13]</sup>以及多协议标签交换技术<sup>[14-19]</sup>等引入微移动管理方案,而很少关注微移动管理方案的呼叫准入控制研究.由于主机的移动和切换,不加限制地接纳呼叫会使网络出现过载,导致无法为实时应用提供 QoS 保证.因此,在微移动管理方案中引入 CAC 机制至关重要.

文献[20-22]提出了微移动管理方案中的 CAC 机制.其中,文献[20]采用 MIR 方案为切换用户预留固定比例的带宽,并根据预留的带宽情况进行 CAC.但 MIR 方案没有提出如何确定预留带宽大小的算法,而系统效益、HDP 和 CBP 对预留带宽的大小异常敏感,如果预留带宽过大,虽然 HDP 降低,但 CBP 上升且系统效益低下;如果预留带宽过小,则系统性能又会向相反方向变化.文献[21,22]将 HA 和外地代理(FA)之间的有线链路带宽使用

状况作为 CAC 的依据,这对包含有线和无线部分的 MIP 网络来说并不适合,因为此时无线链路比有线链路更容易形成通信瓶颈.文献[23]采用资源预留协议来进行 CAC,且使用“软状态”方式为网络中的每个流管理资源,这种方式存在可扩展性差的缺点,不适合在大规模网络中使用.

为解决现有方案的问题,本文提出了一种 CAC 方案,它以经典的微移动管理方案——HMIPv6<sup>[7]</sup>为背景,设计了一种基于阈值的自适应 CAC 算法,算法中的阈值随网络中主机的移动特性和呼叫特性自适应地变化,其计算以 HMIPv6 网络的通信瓶颈为限制,以增加系统呼叫数为目标,实现了系统效益的最大化.该方案的优点是:无须使用复杂的信令机制为切换用户预留资源来保障 HDP,而是根据精心计算出的阈值,保障已接纳呼叫的 QoS 以及切换呼叫的 HDP.同时,尽可能地降低 CBP 以提高系统的资源利用率,在 HDP 和 CBP 这一对矛盾中,取得了一个很好的平衡点.此外,基于阈值进行 CAC 的方式,也有控制简单的优点.

## 1 HMIPv6 中基于阈值的自适应 CAC 方案

HMIPv6 的网络架构如图 1 所示.图中的 RME 在 HMIPv6 中被称为移动锚点(MAP),而每个接入路由器(AR)的服务范围称为一个小区,MAP 管辖的所有小区集合为一个 MAP 区域.MAP 记录区域内所有 MH 的位置信息,并管理主机的域内移动.此外,MAP 还需处理所有发往或来自域内主机的分组,对分组进行隧道封装或解封,然后将其送往正确的目的地.HMIPv6 的工作机制使得 MAP 成为潜在的通信瓶颈,当域内的呼叫数增加时,MAP 的处理负荷会加重,从而导致分组传输时延增加甚至分组丢失.此外,小区无线带宽的稀缺成为 HMIPv6 网络的另一通信瓶颈.两个通信瓶颈的存在,使得将 CAC 机制引入 HMIPv6 网络显得尤为重要,否则,网络将无法保障已有呼叫的 QoS 及切换呼叫的 HDP.

本文的 CAC 方案的基本思想是:让 MAP 根据 AR 周期性反馈的信息,经统计得到时段  $\tau$  内呼叫在各小区之间的切换概率和结束概率;然后,在此基础上计算出该时段内区域的各个小区最大可接纳的新呼叫数量,并将其作为 CAC 阈值告知各小区的 AR,使其用于判断是否接纳新呼叫的依据.第  $i$  个 AR 的 CAC 过程为:

```

if (a new call requests admission) {
    if (( $N_n+1 \leq a_i$ ) && ( $N_c+1 \leq N_i$ ))
        accept;
         $N_n++$ ;
         $N_c++$ ;
    else
        reject;
}
else //a head off call requests admission
    if ( $N_c+1 \leq N_i$ )
        accept;
         $N_c++$ ;
    else
        reject;
}

```

$N_n$  是在时段  $\tau$  内小区  $i$  已接纳的新呼叫数量; $a_i$  是小区  $i$  在时段  $\tau$  内接纳新呼叫数的阈值; $N_c$  是在当前时刻小区  $i$  已接纳呼叫的总数; $N_i$  是小区  $i$  的呼叫容量限制.其中  $a_i$  由 MAP 计算,其求解是本方案的核心,目标是以 MAP 的处理能力和小区的无线带宽为限制条件,在将 HDP 维持在一个较低水平的同时,尽可能多地接纳新呼叫,从而降低 CBP,提高系统效益.本方案给予切换呼叫更多的准入优先权,这是因为中断一个正在进行的呼叫比中断一个新呼叫的负面影响更大.

### 1.1 CAC 阈值的计算

为了计算 CAC 阈值,我们引入以下定义和记号:

定义 1(系统状态向量). 系统状态向量  $c(t)=(c_1(t)c_2(t)c_3(t)\dots c_k(t))$ ,其中, $c_i(t)$  为  $t$  时刻 MAP 区域的第  $i$  个小区的呼叫数, $c_i(t) \geq 0, i=1,2,\dots,k$  ( $k$  为 MAP 区域内的小区个数), $t=0,1,2,\dots$

定义 2(呼叫转移矩阵). 呼叫转移矩阵  $Q=\{q_{ij}\}_{k \times k}$ ,其中  $q_{ij}$  为在时段  $\tau$  内,从小区  $i$  切换到小区  $j$  的呼叫数占小

区  $i$  的呼叫总数的比例,即呼叫在时段  $\tau$  内从小区  $i$  切换到小区  $j$  的概率,  $0 \leq q_{ij} \leq 1$ .

定义 3(呼叫结束向量). 呼叫结束向量  $w=(w_1 w_2 \dots w_k)$ , 其中  $w_i(i=1, 2, \dots, k)$  是在时段  $\tau$  内, 从小区  $i$  结束的呼叫数占小区  $i$  的呼叫总数的比例, 即呼叫在时段  $\tau$  内从小区  $i$  结束的概率,  $0 \leq w_i \leq 1$ .

定义 4(新呼叫阈值向量). 新呼叫阈值向量  $a=(a_1 a_2 \dots a_k)$ , 其中,  $a_i$  为在时段  $\tau$  内, 小区  $i$  可接纳的最大新呼叫数,  $a_i \geq 0$ , 该向量用于第  $i$  个小区判断是否接纳新呼叫的依据.

根据定义 1~定义 4, 可建立下述 Markov 模型来求出在  $t+\tau$  时刻, 小区  $i$  的呼叫数:

$$c_i(t+\tau) = c_i(t) - c_i(t)w_i - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^k q_{ij}c_j(t) + a_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^k q_{ji}c_j(t), i=1, 2, \dots, k \quad (1)$$

由于  $\sum_{j=1}^k q_{ij} + w_i = 1 (i=1, 2, \dots, k)$ , 因此可将式(1)化简为

$$c_i(t+\tau) = \sum_{j=1}^k q_{ji}(t)c_j(t) + a_i, i=1, 2, \dots, k \quad (2)$$

用矩阵和向量符号可将式(2)表达为  $c(t+\tau)=c(t)Q+a$ . 这样, 本文所要解决的问题可描述为: 在当前的系统状态  $c(t)$  下, 如何根据  $Q$  来求解新呼叫阈值向量  $a$ , 使网络在  $\tau$  时段后的系统状态  $c(t+\tau)$  逼近理想的系统状态  $c^*=(c_1^* c_2^* \dots c_k^*)$ . 倘若获知理想的系统状态  $c^*$ , 则可用  $c^*$  替换掉方程的左边等式, 从而由式(3)求出新呼叫阈值向量, 并将新呼叫阈值向量作为 MAP 区域中的每个 AR 进行 CAC 判断的依据.

$$a=[c^*-c(t)Q] \quad (3)$$

### 1.2 理想系统状态的求解

由于系统效益与 MAP 区域接纳的呼叫数成正比, 因此, 理想的系统状态  $c^*$  应尽可能地使小区接纳的呼叫总数增加, 但必须以 HMIPv6 网络的通信瓶颈为限制条件.  $c^*$  的求解可用式(4)来表达:

$$\left. \begin{aligned} \max \quad & \sum_{i=1}^k c_i^* \\ \text{s.t.} \quad & c_i^* \geq 0 \quad i=1, 2, \dots, k \quad (a) \\ & c^* \geq c^*Q \quad (b) \\ & P_{ov,i}(c_i^*) \leq P_{QoS_i} \quad i=1, 2, \dots, k \quad (c) \\ & \sum_{i=1}^k c_i^* \leq M \quad (d) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

式(4)中, 条件(b)根据式(3)及  $a \geq 0$  的要求获得, 它保证了在理想的系统状态下, 新呼叫阈值向量不小于 0; 条件(c)中的  $P_{ov,i}(c_i^*)$  是小区  $i$  的过载率,  $P_{QoS_i}$  是其对应的阈值限制; 条件(d)中的  $M$  是 MAP 的呼叫容量限制.

#### 1.2.1 小区过载率

采用类似文献[24]中的方法来求解小区过载率. 设小区  $i(i=1, 2, \dots, k)$  在  $T$  时段内有  $c_i^*$  个呼叫, 又设  $T$  时段很短, 在该时段内新呼叫的到达个数小于 1, 另设呼叫在  $T$  时段内的驻留概率和切换概率与在  $\tau$  时段内近似. 于是, 在  $T$  时段结束时, 这  $c_i^*$  个呼叫中有  $i$  个呼叫驻留在小区  $i$  的概率近似为  $B(i, c_i^*, q_{ii}) = C_{c_i^*}^i q_{ii}^i (1-q_{ii})^{c_i^*-i} (i=1, 2, \dots, k)$ . 同样地, 设小区  $j(j \in \{1, 2, \dots, k\} \wedge j \neq i)$  在  $T$  时段内有  $c_j^*$  个呼叫, 则在  $T$  时段结束时, 这  $c_j^*$  个呼叫中有  $j$  个呼叫切换到小区  $i$  的概率近似为  $B(j, c_j^*, q_{ji}) = C_{c_j^*}^j q_{ji}^j (1-q_{ji})^{c_j^*-j} (j \in \{1, 2, \dots, k\} \wedge j \neq i)$ . 这样, 在  $T$  时段结束时, 小区  $i$  的呼叫数的概率分布  $P_i(s)$  为  $B(i, c_i^*, q_{ii})$  与所有  $B(j, c_j^*, q_{ji}) (j \in \{1, 2, \dots, k\} \wedge j \neq i)$  的卷积和, 这里,  $s = i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^k j$ , 而  $P_i(s)$  可近似为如下

的高斯分布:  $P_i(s) \approx G \left( c_i^* q_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^k c_j^* q_{ji}, \sqrt{c_i^* q_{ii} (1-q_{ii}) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^k c_j^* q_{ji} (1-q_{ji})} \right) (1, 2, \dots, k)$ . 定义小区  $i$  的过载率

$P_{ow,i} = \sum_{k=N_i+1}^{\infty} P_i(k)$ , 根据 De Moivre-Laplace 定理有:

$$P_{ow,i} = 1 - \sum_{k=0}^{N_i} p_i(k) = 1 - \Phi \left( \frac{N_i - \left( c_i^* q_{ii} + \sum_{j \in V_i} c_j^* q_{ji} \right)}{\sqrt{c_i^* q_{ii} (1 - q_{ii}) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^k c_j^* q_{ji} (1 - q_{ji})}} \right), i=1,2,\dots,k \quad (5)$$

式(5)中的  $\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ . 对任意一个给定的小区过载率阈值  $P_{QoS_i}$ , 存在一个  $\alpha_i$ , 使得  $P_{QoS_i} = 1 - \Phi(\alpha_i)$ ,

于是, 式(4)的条件(c)可转变为

$$N_i - \left( c_i^* q_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^k c_j^* q_{ji} \right) - \alpha_i \sqrt{c_i^* q_{ii} (1 - q_{ii}) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^k c_j^* q_{ji} (1 - q_{ji})} \geq 0, i=1,2,\dots,k \quad (6)$$

将式(6)替换为式(4)的条件(c)并求解出  $c^*$  后, 根据式(3)可以计算出新呼叫阈值向量  $a$ , 使其作为是否接纳新呼叫的判断依据. 在求解  $a$  时需要获知  $Q$ ,  $Q$  反映了网络中主机的移动特性和呼叫特性, 它包含了  $\tau$  时段内呼叫在小区之间的切换概率以及结束概率等信息. 这些信息可由区域内的每个 AR 进行统计, 并周期性地向 MAP 汇报, 由 MAP 将其汇总成为呼叫转移矩阵  $Q$ . 一旦  $Q$  矩阵更新完毕, 相应的新呼叫阈值向量  $a$  必须重新计算, 使其适应新的主机移动特性和呼叫特性, 在过载率和系统容量的限制下, 最大化系统效益.

## 2 性能仿真分析

仿真拓扑结构图如图 1 中的区域网络 1 所示. 此时, MAP 管辖 AR1, AR2 和 AR3 三个小区, 每个小区具有相同的容量  $N$ , 且  $N=30$ , MAP 的呼叫容量限制  $M=200$ ,  $\tau$  被设置为 20 秒, 呼叫转移矩阵  $Q$  有  $Q1, Q2$  和  $Q3$  这 3 种

情况, 其中,  $Q1 = \begin{bmatrix} 0.7 & 0.25 & 0 \\ 0.15 & 0.65 & 0.15 \\ 0 & 0.25 & 0.7 \end{bmatrix}$ ,  $Q2 = \begin{bmatrix} 0.9 & 0.05 & 0 \\ 0.05 & 0.8 & 0.05 \\ 0 & 0.05 & 0.9 \end{bmatrix}$ ,  $Q3 = \begin{bmatrix} 0.7 & 0.05 & 0 \\ 0.05 & 0.65 & 0.05 \\ 0 & 0.05 & 0.7 \end{bmatrix}$ .

### 2.1 呼叫转移矩阵对最优区域范围和理想呼叫数的影响

定义区域范围为 MAP 所管辖的 AR 的个数, 于是最优区域范围  $R_{opt}$  可计算为

$$R_{opt} = \left\lfloor \frac{M}{\max(N_{AR1}, \dots, N_{ARK})} \right\rfloor \quad (7)$$

上式中,  $N_{AR_i} (i=1,2,\dots,k)$  是去掉式(4)中的条件(d), 即不考虑 MAP 容量限制条件时, 求出的小区  $i$  的理想呼叫数. 图 2 和图 3 分别显示出了当  $Q=Q1, Q2$  和  $Q3$  时,  $R_{opt}$  和 MAP 区域的理想呼叫数随过载率的变化. 从图中可以看出: 随着过载率限制的逐渐放宽,  $R_{opt}$  逐渐缩小而 MAP 区域的理想呼叫数逐渐增加. 这是因为过载率限制的放宽可使小区的理想呼叫数增加, 不仅导致 MAP 区域总的理想呼叫数的增加, 根据式(7), 也导致了  $R_{opt}$  的减小. 而在相同的过载率限制下, 当  $Q=Q1$  时,  $R_{opt}$  最大而 MAP 区域的理想呼叫数最小; 当  $Q=Q2$  时,  $R_{opt}$  和 MAP 区域的理想呼叫数居中; 当  $Q=Q3$  时,  $R_{opt}$  最小而 MAP 区域的理想呼叫数最大. 这是由于当  $Q=Q1$  时, 呼叫在小区之间的切换概率很高, 为了避免大量的切换主机涌入小区而使过载率超过给定的阈值, 网络必须减少小区的理想呼叫数, 这导致了 MAP 区域的理想呼叫数最小而  $R_{opt}$  最大; 而当  $Q=Q3$  时, 呼叫在  $\tau$  时段内的结束概率很高, 这意味着呼叫的持续时间很短. 这样, 在相同的过载率约束下, 网络增加接纳的新呼叫数也不会使系统的过载率超过给定的阈值. 这导致小区的理想呼叫数增加, 从而使得 MAP 区域的理想呼叫数最大而  $R_{opt}$  最小. 当  $Q=Q2$  时, 呼叫在  $\tau$  时段内的切换概率和结束概率都介于当  $Q=Q1$  和  $Q=Q3$  之间, 所以  $R_{opt}$  和 MAP 区域的理想呼叫数居中. 对影响最优区域范围因素的分析, 对于设计动态的微移动管理方案具有较大的参考价值. 它使网络可以根据区域内主机的移动特性和呼叫特性, 按照式(7)动态地计算出 MAP 所管辖的 AR 数目(即区域大小), 使 MAP 的负载和小区的负载尽可能地匹配, 从而实现系统资源的最大化利用.

2.2 过载率对CBP和HDP的影响

图 4 和图 5 以小区 2 为观测对象,以平均的新呼叫到达率为变量,分别示出了当  $Q=Q_2$  时,过载率对 CBP 和 HDP 的影响.其中,CBP(HDP)为 2 000 个  $t$ 时段内被拒绝的新(切换)呼叫/请求准入的新(切换)呼叫总量.从图中可以看到,随着过载率限制从 0.03 放宽到 0.15,CBP 逐渐下降,而 HDP 逐渐上升.这是因为在相同的  $Q$  下,过载率限制的放宽会增加小区的理想呼叫数.这直接导致由式(3)计算出的新呼叫阈值的增加,从而降低了 CBP.而在固定呼叫容量的小区中,增加新呼叫的数量就意味着拒绝更多的切换呼叫,因此 HDP 上升.

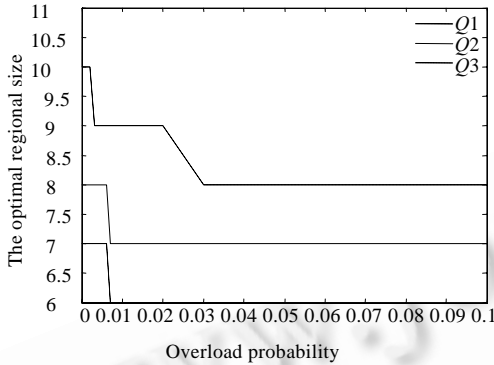


Fig.2 The impact of call transfer matrix on the optimal regional size

图 2 呼叫转移矩阵对最优区域范围的影响

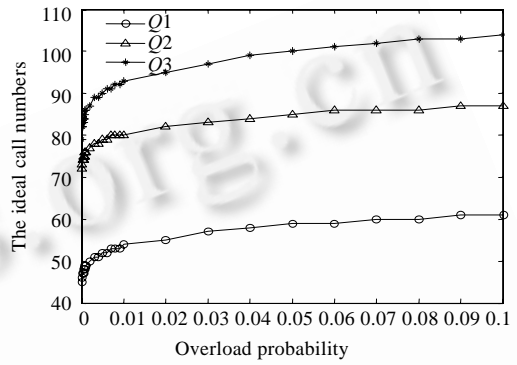


Fig.3 The impact of call transfer matrix on the ideal call numbers

图 3 呼叫转移矩阵对理想呼叫数的影响

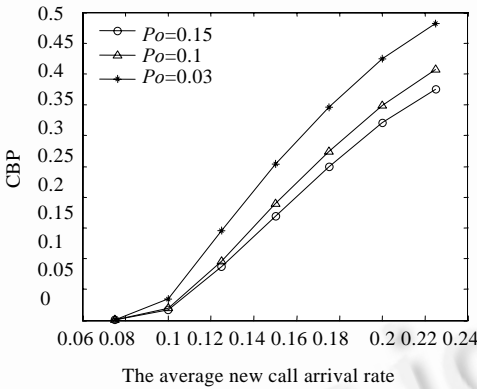


Fig.4 The impact of overload probability on CBP 图 4 过载率对 CBP 的影响

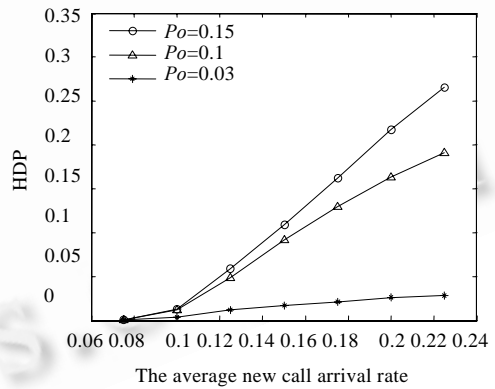


Fig.5 The impact of overload probability on HDP 图 5 过载率对 HDP 的影响

2.3 本方案和MIR方案的性能对比

这里将对本方案和 MIR 方案的 CBP 和 HDP 进行比较.MIR 的主要思想是:设置一个阈值  $S_1$ ,当网络负载低于该阈值时,新呼叫和切换呼叫均可准入;否则,新呼叫将被拒绝.图 6 和图 7 以小区 1 为观测对象,以平均的新呼叫到达率为变量,分别示出了在 2000 个  $t$ 时段内,当  $Q=Q_1$  时,本方案和 MIR 方案( $S_1=24$ )的 CBP 均值和 HDP 均值.从图中可以看出,本方案的 CBP 均值与 HDP 均值均比 MIR 方案的 CBP 均值与 HDP 均值要低.这是由于本方案的 CAC 阈值  $a$  随着新呼叫到达率和切换呼叫到达率自适应调整的结果.当切换呼叫到达率增高时, $a$  下降;反之, $a$  上升. $a$  的自适应变化始终使得网络将 HDP 限制在一定范围的同时,尽可能地提高 CBP.而在 MIR 方案中,由于  $S_1$  固定,可能造成某  $t$ 时段内网络的 CBP 或 HDP 较低;但当呼叫到达率发生变化时,又会造成 CBP 或 HDP 偏高.CAC 阈值缺乏自适应性的缺点,使得在较长的仿真时段内,MIR 方案的 CBP 均值与 HDP 均值比本方案的 CBP 均值与 HDP 均值要高.

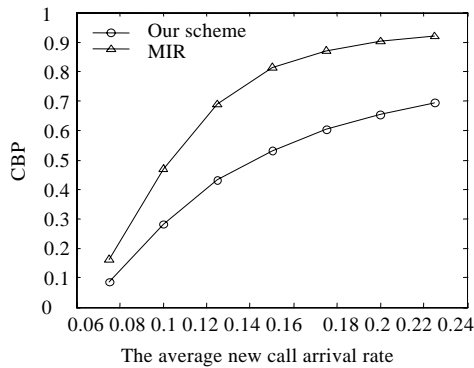


Fig.6 The CBP performance comparison between our scheme and MIR

图6 本方案和MIR方案的CBP性能对比

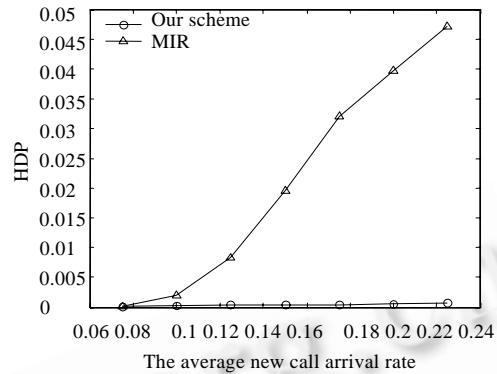


Fig.7 The HDP performance comparison between our scheme and MIR

图7 本方案和MIR方案的HDP性能对比

### 3 结束语

本文提出了一种适用于 HMIPv6 网络的 CAC 方案. 该方案采用基于阈值的 CAC 算法来控制网络接纳的新呼叫数量, 使其根据呼叫转移矩阵自适应地变化, 在小区过载率和 MAP 容量限制下, 最大化系统效益. 文中还分析了呼叫转移矩阵对最优区域范围、MAP 区域的理想呼叫数的影响以及过载率对 CBP 与 HDP 的影响. 其中, 呼叫转移矩阵对最优区域范围的影响分析, 对设计动态微移动管理方案具有较大的参考价值. 最后, 以 CBP 和 HDP 作为性能衡量标准, 与 MIR 进行了性能对比. 结论证明了在较长的仿真时段内, 所提出方案的 CBP 均值与 HDP 均值均比 MIR 方案的 CBP 均值与 HDP 均值要低, 从而实现了优化.

致谢 在此, 向对本文的工作给予支持和建议的老师和同学表示衷心的感谢.

### References:

- [1] Perkins C. IP mobility support. RFC2002, 1996.
- [2] Johnson D, Perkins C, Arkko J. Mobility support in IPv6. RFC3775, 2004.
- [3] Gustafsson E, Jonsson A, Perkins C. Mobile IPv4 regional registration. 2004. <http://ietf-mobileip-reg-tunnel-09.txt>
- [4] Das S, Misra A, Agrawal P. TeleMIP: Telecommunications-Enhanced mobile IP architecture for fast intradomain mobility. IEEE Wireless Communications, 2000,7(4):50-58.
- [5] Ramajee R, Varadhan K, Salqarelli L, Thuel S, Wang SY, La Porta T. HAWAII: A domain-based approach for supporting mobility in wide-area wireless networks. IEEE/ACM Trans. on Networking, 2002,10(3):396-410.
- [6] Campbell A, Gomez J, Kim S, Valko A, Wan CY, Turanyi Z. Design, implementation, and evaluation of cellular IP. IEEE Personal Communications, 2000,7(4):42-49.
- [7] Flarion SH, Castelluccia C, El-Malki K, Bellier L. Hierarchical mobile IPv6 mobility management. RFC4140, 2005.
- [8] Suh K. Regional mobile IPv6 mobility management. 2003. <http://draft-suh-mobileip-rmm-00.txt>
- [9] Sing LC, Ismail M, Jumari K, Anuar K. Development of cellular IPv6 testbed. In: Proc. of the 2003 Student Conf. on Research and Development Putrajaya. IEEE Press, 2003. 25-26.
- [10] Tseng CC, Lee GC, Liu RS. HMRSVP: A hierarchical mobile RSVP protocol. In: Mark L, ed. Proc. of the 2001 Int'l Conf. on Distributed Computing Systems Workshop. Mesa: IEEE Press, 2001. 467-472.
- [11] Paskalis S, Kaloxylas A, Zervas E. An efficient QoS scheme for mobile hosts. In: Proc. of the 26th Annual IEEE Conf. on Local Computer Networks. Tampa: IEEE Press, 2001. 630-637.

- [12] Braun T, Stattenberger G. Providing differentiated service to mobile IP users. In: Proc. of the 26th Annual IEEE Conf. on Local Computer Networks. Tampa: IEEE Press, 2001. 89–90.
- [13] Yang TZ, Dong YX, Zhang Y, Makrakis D. Mobility support for differentiated services in next generation MPLS-Based wireless networks. In: Proc. of the 2002 IEEE Int'l Conf. on Communications, Circuits and Systems and West Sino Expositions. IEEE Press, 2002. 419–423.
- [14] Xie KD, Wong VWS, Leung VCM. Support of micro-mobility in MPLS-Based wireless access networks. In: Yanikomeroğlu H, ed. Proc. of the 2003 IEEE Int'l Conf. on Wireless Communications and Networking. New Orleans: IEEE Press, 2003. 1242–1247.
- [15] Nguyen HM, Li F, Xie QY. Integration of micro-mobility with QoS in IP/MPLS-based radio access networks. In: Proc. of the 57th IEEE Semiannual Vehicular Technology Conf. Jeju: IEEE Press, 2003. 2261–2265.
- [16] Kim HC, Wong KSD, Chen W, Lau CL. Mobility-Aware MPLS in IP-based wireless access networks. In: Proc. of the IEEE Global Telecommunications Conf. San Antonio: IEEE Press, 2001. 3444–3448.
- [17] Qu ZW, Hong CS, Lee SY. A QoS provision architecture for mobile IPv6 over MPLS using HMAT. In: Shafazand H, Tjoa AM, ed. Proc. of the 1st EurAsian Conf. on Advances in Information and Communication Technology. Springer-Verlag. 2002. 569–579.
- [18] Wang SL, Huang JH, Hou YB. Seamless handoff scheme in MPLS-Based mobile IPv6 network. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2004,38(10):1043–1047 (in Chinese with English abstract).
- [19] Wang SL, Hou YB, Huang JH, Huang ZQ. Novel scheme for integrating mobile IPv6 and multi-protocol label switching. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2005,39(8):840–843,899 (in Chinese with English abstract).
- [20] Le Grand G, Horlait E. A predictive end-to-end QoS scheme in a mobile environment. In: Wnhab HA, ed. Proc. of the 6th IEEE Symp. on Computers and Communications. Hammamet: IEEE Press, 2001. 534–539.
- [21] Moon J, Yun M, Park G, Kim K, Kim S. QoS provisioning in domain based mobile IP networks. In: Proc. of the 57th IEEE Semiannual Vehicular Technology Conf. Jeju: IEEE Press, 2003. 447–451.
- [22] Kim KI, Kim SH, Moon JM, Kim YJ. Hierarchical admission control scheme for supporting mobility in mobile IP. In: Proc. of the MILCOM 2002. Anaheim: IEEE Press, 2002. 431–435.
- [23] Liu F, Chen ZY, Yang CY. Admission control and resource reservation strategy for end-to-end QoS guarantee on mobile Internet. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2000,34(6):773–777 (in Chinese with English abstract).
- [24] Mahmoud N, Mischa S. Distributed call admission control in mobile/wireless networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1996,14(4):711–717.

#### 附中文参考文献:

- [18] 王胜灵,黄建辉,侯义斌.基于 MPLS 的移动 IPv6 网络的无缝切换方案.西安交通大学学报,2004,38(10):1043–1047.
- [19] 王胜灵,侯义斌,黄建辉,黄樟钦.一种移动 IPv6 与多协议标签交换融合的新方案.西安交通大学学报,2005,39(8):840–843,899.
- [23] 刘芳,陈志英,杨传厚.移动 Internet 中端到端 QoS 保证的准入及资源分配策略.上海交通大学学报,2000,34(6):773–777.



王胜灵(1978 - ),女,贵州贵阳人,博士生,主要研究领域为移动 IPv6,移动性管理,服务质量.



黄建辉(1977 - ),男,博士生,主要研究领域为移动 IPv6,服务质量.



侯义斌(1952 - ),男,博士,教授,主要研究领域为无线网络,多媒体,人机交互.



黄樟钦(1964 - ),男,博士,教授,主要研究领域为无线局域网关键技术.