

文章编号:1000-582X(2004)06-0036-05

# 移动通信网络寻呼策略\*

梁 快,汪纪锋,唐 宏,隆克平,邝育军

(重庆邮电学院光互联网及移动信息网络研究中心,重庆 400065)

**摘 要:**许多移动通信网络采用了固定寻呼区域策略,用来降低移动通信网络的无线资源消耗和移动主机能量损耗问题。虽然该策略具体应用实施十分简单,但其性能往往不能达到最佳。针对上述问题,笔者重点介绍了4种改进移动寻呼策略,并对每种改进策略的具体实施方法进行了简要的分析。在此基础上,对上述改进寻呼策略与固定寻呼区域策略的各种性能作了深入的比较,并指出了它们各自的优缺点以及其适用范围,以便作进一步的研究工作。

**关键词:**移动通信;寻呼改进;通信网络

**中图分类号:**TN929.5

**文献标识码:**A

无论是频分多址、时分多址还是码分多址,可用无线信道数量都十分有限,快速增长的移动通信网络负荷加剧了无线信道资源的匮乏。为了在有限的无线资源情况下,满足极其丰富带宽要求,降低单元覆盖区域面积来减少每个基站的用户是最好的解决办法。但是,这种方案产生大量的位置更新信息,将大大消耗带宽资源和主机电源能量,提高了相应的资源管理开销。这种情况下采用合适的寻呼策略就显得非常重要。

当今大多数移动通信网络主要采用固定寻呼区域策略<sup>[1-2]</sup>。该策略预先配置寻呼区域且其形状和大小保持不变。寻呼到达时通过广播对寻呼区域寻呼,来确定被呼叫者的确切位置。固定寻呼区域策略实施极为简单,但由于没有考虑单个主机具体移动情况,没有专门研究寻呼边界问题,其寻呼性能往往不能达到最佳,有关研究者因此研究了大量改进寻呼策略。这里介绍4种比较典型的改进寻呼策略,为以后的研究提供参考。

## 1 改进寻呼策略介绍

### 1.1 基于时延限制寻呼策略

Wenye Wang 等提出了基于时延限制寻呼策

略<sup>[3]</sup>,该策略根据单个主机位置概率分布情况,提供了一种非常简单的划分寻呼位置区域并使寻呼代价最小化的方法,其系统模型如图1所示。在网络中每个寻呼位置区域由 $N$ 个相同的单元(cell)组成,在寻呼主机过程中的时延范围为 $D$ 。初始状态 $P = [p_1, p_2, \dots, p_j, \dots, p_N]$ 代表被寻呼主机在寻呼区域中以降序排列的 $N$ 个单元位置概率,并使用 $PA^*(i, q_i, n_i)$ 来表示移动主机的呼叫区域,其中 $i, q_i$ 和 $n_i$ 分别表示呼叫区域的次序数、第 $i$ 个呼叫区域中主机的位置概率及该区域的单元数。在时延范围 $D$ 内,系统一个接一个搜寻呼叫区域,直到找到被呼叫主机。该策略采用以下3种方案选取每个呼叫区域的最优单元数和恰当的单元,使平均寻呼代价最小。

Reverse 方案应用于极少数单元中可以搜索到主机的情况。它首先把前 $D-1$ 个最可能搜索到主机的单元作为前 $D-1$ 个呼叫区域,而把剩余单元作为第 $D$ 个呼叫区域。Semi-reverse 寻呼方案:它把最小位置概率的两个单元合并为一个呼叫区域后,再对所有呼叫区域(包括单元)按降序方法排序;该过程完毕后,重

\* 收稿日期:2004-01-05

基金项目:国家863计划项目(2003AA121540),国家自然科学基金项目“网络与信息安全”重大研究计划项目(90304004),重庆市科委基础应用项目(8063),重庆市攻关项目,通信网网络管理智能化预警模型研究(2002-001420)和教育部高级访问学者基金(教技基[2001]1号)的联合资助

作者简介:梁快(1971-),男,重庆人,重庆邮电学院硕士研究生,主要研究方向为移动IP、IP寻呼和移动寻呼。

复进行上述操作,直到只剩下  $D$  个呼叫区域为止;如果两个呼叫区域概率相同,则具有较小单元数的呼叫区域寻呼优先。Uniform 寻呼方案:该方案把寻呼区域的所有呼叫区域划分为具有近似相同单元数,过程如下:计算每个呼叫区域的单元数  $n_0 = \lceil N/D \rceil$ ,这里  $N = n_0 D + k$ ,得到前  $D - k$  个呼叫区域有  $n_0$  个单元,后面  $k$  个呼叫区域有  $n_0 + 1$  个单元。

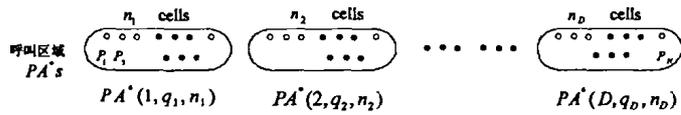


图 1 基于时延限制划分呼叫区域策略示意图

综合考虑平均寻呼代价和时限因素,相同概率分布情况下 semi-reverse 方案最为适合;在截短高斯分布情况下 uniform 和 reverse 方案比较合适;在不规则概率分布条件下,推荐的方案是 semi-reverse、uniform 方案。

### 1.2 基于时间间隔估计的一步寻呼策略

该策略在移动主机高概率位置分布情况下建立一步寻呼区域范围并调整范围的边界,以获得不同时间与移动模型匹配的有效寻呼区域<sup>[4]</sup>。其通过观测窗口,在观测时间点对所处用户基站位置可靠观测,来预测寻呼区域并使之尺寸最小化,达到降低寻呼代价的目的。

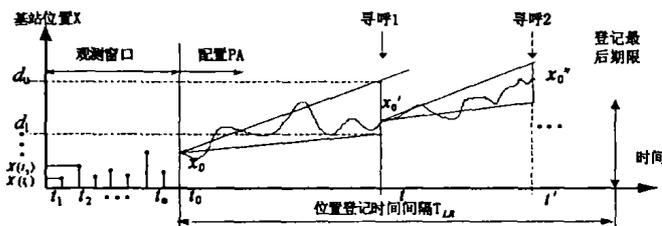


图 2 基于时间间隔的一维寻呼区域模型

该策略假定主机移动模型为具有漂移过程的布朗运动模型,并重点对一维模型进行了分析,二维模型只需要在一维模型上简单扩展即可。图 2 表示了在一维模型下寻呼区域最优化设计。X 轴表示基站位置,每个基站单元结构及配置相同。网络在观测窗口中收集到在离散时间点  $(t_1, t_2, \dots, t_n)$  的一系列基站位置观测信息  $(X(t_1), X(t_2), \dots, X(t_n))$  后,主机在  $t_0$  (最后确定位置  $x_0$ ) 进入待机状态,网络不知道其确定位置。在时刻  $t$  (小于网络最长等待时间间隔  $T_{LR}$ ) 对主机的呼叫到达时,基于这些测量数据,网络根据该运动模型方差参数预测该时刻主机最小寻呼区域尺寸间隔  $(d_1, d_0)$ ,计算出该主机最佳寻呼区域尺寸。该情况下网络

寻呼基站数量最小,寻呼代价也达到最小。网络计算出寻呼区域后就发送寻呼报文,寻呼成功后网络知道用户确切位置(即  $x'_0$  和  $x''_0$  寻呼更新点),并对其寻呼区域更新。

针对一步寻呼策略中只对移动用户高概率位置区域寻呼、可能造成寻呼失败的问题,该策略作者提出了一个兼顾高概率和低概率折中的两步寻呼策略:第 1 步,对高概率位置区域进行寻呼;第 2 步是对第 1 步不能覆盖的区域进行寻呼,保证寻呼到全部区域。

### 2.3 基于移动行为的寻呼策略(BBS)

该策略<sup>[5]</sup>在数据挖掘技术的帮助下,从移动主机长时间移动历史记录中挖掘出每个主机移动路径和相关的移动特征,得到主机的移动行为,从中提出不同时间主机的位置概率,然后优化相应寻呼区域。

如果主机保持有规律的移动行为,则它不但经常在相同的路径上移动,而且路径上每一点的到达时间基本上是相似的,图 3 表示了一个主机在 7:30 分到 18:30 分在  $l_1$  至  $l_8$  之间的移动行为。可以看出,主机移动行为包括主机经常经过的路径及路径上每一点的时间信息,每一点上的到达时间是一个普通随机变量。基于这种观点,移动行为是一组涉及到时间和位置的有序组。

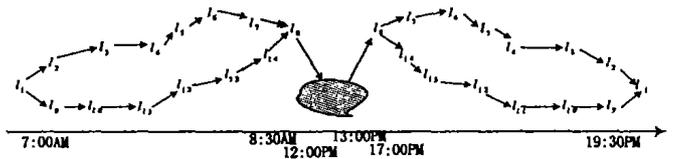


图 3 移动主机的一个移动行为例子

根据上面例子的方法,该策略从主机某一天的移动行为中,获得主机当天的移动记录  $Lg = \langle (l_1, t_1), (l_2, t_2), L, (l_i, t^i), L(l_n, t_n) \rangle$ ,其移动周期  $D$  为一天,  $t_i \in D$ , 基站为  $l_i$ 。经过长时间数据收集,该策略获得了移动主机长期移动记录,并使用 SPSS 智能数据挖掘机从主机长期移动记录中进行挖掘,得到主机移动行为的顶点组,并通过关联规则计算各顶点间的联系,图 4 表示了该策略挖掘出的一个主机移动行为顶点组。通过移去极少访问顶点  $c_6, c_9$ ,合并随机工作的顶点  $c_3, c_4$  和  $c_5$ ,然后得出移动主机不同时间所处位置区域情况。

根据主机不同时间的位置情况,BBS 策略对主机作相应寻呼和位置更新处理。寻呼到达时,BBS 策略向位置数据库输入被寻呼主机身份,得到当前时间该主机应该处于的位置区域,然后对其发起寻呼。当对

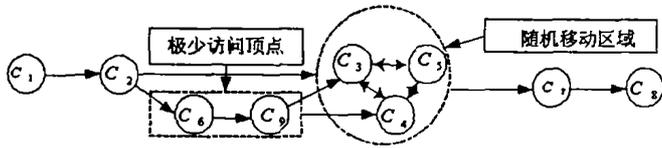


图4 移动主机的随机移动和极少访问顶点

主机进行位置检测的时间点到达、或者主机发现自己改变当前位置区域进入新的位置区域时,主机对该时刻所处实际位置区域和该时刻应处于的位置区域进行比较,对是否发起位置更新做出相应的判断:如果移动主机该时刻不属于预定位置区域,就需要进行位置更新;如果该时刻属于预定位置区域,就不需要进行位置更新处理。

### 2.4 边界位置管理策略

该策略是一种多重无线网络系统间的位置管理机制,该机制基于边界位置区域(BLA)和边界位置登记(BLR)概念,对不同性质网络间边界的进行综合管理<sup>[6]</sup>。图5表示了一个包含宏单元层和微单元层的系统结构。X和Z是宏观层两个网络,Y和W是微观层的两个网络,图中显示了相同系统内和不同系统间的漫游情况。该策略主要讨论的是不同性质网络间边界的漫游情况。

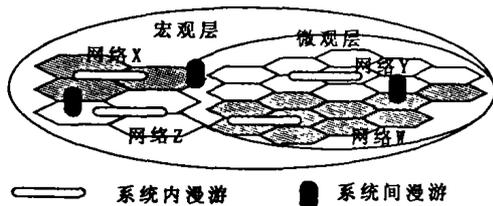


图5 系统内和系统间漫游结构

多层无线网络系统间位置漫游处理包括系统间位置更新和寻呼。不同系统间位置更新发生在不同层的两个网络的边界位置区域(BLA),如图6所示。X和Y分别表示宏观层网络和微观网络,与每个网络相关的是本地位置登记(HLR),主机与它注册的网络HLR长期相联。边界位置区域BLA被边界交互工作单元(BIU)控制,BIU同时与两个网络的移动交换中心(MSC)和访问者位置登记(VLR)相联。

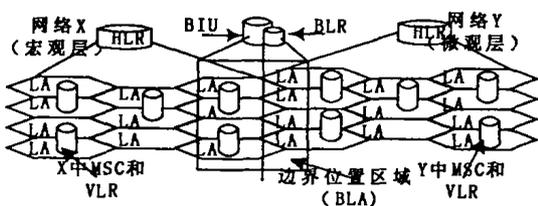


图6 边界位置区域(BLA)和边界位置登记(BLR)

BLA被看作一个动态区域,随边界动态位置更新

距离的变化而变化。动态位置更新距离与文献[2,7]方案中固定距离不同,与网络服务质量、主机速度和主机在边界必须发送登记请求的最小距离等因素成正比关系。当主机进入BLA,检测到其与边界的距离小于动态更新距离时,发送位置登记信息到BIU,BIU发送登记请求给主机将进入的目的网络。通过使用BLA概念,允许移动主机在新的网络接收和发送呼叫前,进行登记和位置更新处理。

BLR包含在BIU中,是一个保存系统间主机漫游信息的数据库储存器,当主机向BLA发出位置登记请求时BLR就捕获了漫游信息。当寻呼到达主机穿越前的网络时,该网络通过BLR确认主机是否穿越边界位置区域:如果已穿越BLA,则在新区域登记;如果没有穿越BLA,则在穿越前的位置区域登记。由于BLR只在一个网络进行位置登记,这样在边界寻呼过程中BLR就减少了寻呼代价。

### 3 改进寻呼策略分析与比较

1) 基于时延限制寻呼策略与固定寻呼区域策略的广播寻呼方案相比,在时延范围内,大大降低了寻呼代价。但是,移动主机位置概率分布问题、尤其是不规则概率分布是研究中的一个难点,基于时延限制寻呼策略没有对之做深入探讨。

2) 在对主机的可靠位置观测信息下,针对主机高概率位置分布情况,基于时间间隔的一步寻呼策略能得到主机某个时刻的最佳寻呼区域尺寸,保证寻呼代价最小。但是该策略受主机各种参数(如速度、时间、抽样点数和置信参数等)的影响较大,如果其中参数变化就会对预测结果造成很大影响,这样难以保证相应的预测结果。如何选择相应的移动模型,达到减少参数影响、保证预测效果的目的,是研究者应关注的一个重要方面。

3) 在主机有规律移动时,BBS策略与固定寻呼区域策略相比,位置更新和寻呼代价大大降低;但同时,该项优点也是其缺点,实际中的移动主机具有规律移动行为的同时也具有变化的移动行为,这降低了该策略的适用范围;同时,主机对是否进行位置更新的检测也增加了主机电源消耗,这有违寻呼节省主机能量的初衷。但也应该看到,BBS策略从数据中挖掘移动行为的思想,对研究移动主机的移动规律提供了一个极佳的启示。

4) 边界位置管理策略通过利用 BLA 和 BLR 概念对不同网络边界进行相应的管理,并利用了动态位置更新距离概念,这降低了寻呼代价和呼损率。但是,该策略增加了无线网络管理的硬件和软件,并需要对网络设备进行相应的改造,需要相当的代价。

综合以上分析,把改进寻呼策略从实现方法、寻呼发起、位置更新、优缺点 5 个方面,同固定寻呼区域方案进行了相应的比较,比较结果如表 1。

表 1 寻呼策略相互比较表

策略	基本实现方法	寻呼发起	位置更新	优点	缺点
固定寻呼区域策略	寻呼区域预先配置且固定不变,通过广播对寻呼区域寻呼	移动交换中心	边界位置	实施最简单	寻呼难以最佳
基于时延限制策略	根据时延确定呼叫区域个数及区域内单元数,按降序概率进行寻呼	第一个呼叫区域	边界位置	实施简单效果较好	必须知道概率分布
基于时间间隔估计策略	根据位置观测预测某一时刻寻呼区域大小,确定最佳寻呼区域。	寻呼到达时刻	寻呼后确定基站位置	高概率分布效果好	受参数影响大
基于移动行为策略	从移动记录中挖掘移动行为,得到不同时间移动主机所处位置。	寻呼时间位置区域	检查时间及改变位置区域	有规律行为效果佳	应用范围不广
边界位置管理策略	运用 BLA 和 BLR 及动态位置更新距离概念,降低位置管理代价。	主机当前网络	进入 BLA	降低边界管理代价	需要对网络改造

#### 4 总结及相关研究工作

通过上面分析可知,每个改进寻呼策略与固定寻呼区域策略相比,在各自条件下降低了寻呼及位置更新代价,使寻呼性能得到提高,降低了无线信道资源消耗,相应的也降低了主机能耗。同时,上述改进寻呼策略虽然效率很高,但也存在着各自的不足。

更多研究者对移动通信网络寻呼问题也进行了相应的探讨:M. Hellebrandt 等提出了基于距离的策略,要求每个主机计算其确切位置以决定是否进行位置更新<sup>[8]</sup>;G. Wan 提出了半实时移动信息策略和速度等级概念,对主机位置跟踪提供了准确的时间信息<sup>[9]</sup>;Claude Castelluccia 等人提出了自适应寻呼方案,通过个人主机计算寻呼区域大小,网络计算寻呼区域形状<sup>[10]</sup>。这些都对移动通信网络寻呼问题研究提供了极好的启示。

值得注意的是,各种寻呼改进策略的研究主要针

对个人寻呼策略,在个人寻呼达到最佳的同时,可能加重有线网络信号负担;同时个人寻呼策略的多样性给网络管理带来相应的问题。如何利用固定寻呼区域策略中的简单性,并结合个人寻呼策略的优点,使整个通信网络达到最佳效果,这是一个极为重要的研究课题和方向。

#### 参考文献:

- [1] IAN F AKYILDIZ, JOSEPH S M HO. On location management for personal communication networks[J]. IEEE Communications Magazine, 1996, 34(9):138 - 145.
- [2] SAMI TABBANE, ESPTT. Location management methods for third-generation mobile systems[J]. IEEE Communication Magazine, 1997, 35(8):72 - 84.
- [3] WANG WENYE, IAN F AKYILDIZ. Effective paging schemes with delay bounds as QoS constraints in wireless systems[J]. Kluwer Academic; Wireless Networks, 2001, 33(7):455 - 466.
- [4] LEI ZHUYU, CEM U SARAYDAR. Paging area optimization based on interval estimation in wireless personal communication networks[J]. Mobile Networks and Applications, 2000, (5):85 - 99.
- [5] WU HSLAO-KUANG, JIN MING-HUI, HORNG JORNG-TZONG. Personal paging area design based on mobile's moving behaviors[DB/OL]. <http://citeseer.nj.nec.com/512702.html>.
- [6] WANG WENYE, IAN F AKYILDIZ. Intersystem location update and paging schemes for multi-tier wireless networks[J]. Proc ACM/IEEE MobiCom Conf Boston, MA, 2000, (8):99 - 109.
- [7] MARKKU V. Simple implementation of distance-based location updates[J]. IEEE ICUPC97, 1996, 1:163 - 167.
- [8] HELLEBRANDT M, MATHAR R. Estimating position and velocity of mobiles in a cellular radio networks[J]. IEEE Trans Vehicular Technology, 1997, 46(1):65 - 71.
- [9] WAN G, LIN E. Cost reduction in location management using semi-realtime movement information[J]. ACM-Baltzer Journals of Wireless Networks (WINNT), 1999, 5(4):245 - 256.
- [10] CLAUDE CASTELLUCCIA, PARS MUTAF. An adaptive per-ost IP oaging architecture [DB/OL]. <http://citeseer.nj.nec.com/484336.html>.

## Paging Strategy Study of Mobile Communication Networks

LIANG Kuai, WANG Ji-feng, TANG Hong, LONG Ke-ping, KUANG Yu-jun

(Special Research Centre for Optical Internet and Wireless Information Network of CQUPT, Chongqing 400065, China)

**Abstract:** In order to decrease the consumption of the limited bandwidth resource and the electronic power of mobile battery, fixed paging area strategy is adopted in most mobile communication networks currently. Although its application is very simple, it cannot reach the best performance. In allusion to this problem, we introduce four kinds of improved mobile paging strategies, and analyze their concrete implementation methods briefly. Their performances are compared with fixed paging area strategy. Moreover, the benefits, the drawbacks and the range of application of each scheme are pointed out for future study.

**Key words:** mobile communication; paging improved; network currently

(编辑 吕赛英)

---

(上接第 31 页)

## Calculating the Optimal Radius of the Elastic-Plastic Junction

ZHANG Yu-xian<sup>1,2</sup>, WANG Hong<sup>1</sup>, CHEN De-shu<sup>2</sup>

(1. Guilin University of Electronic Technology, Guilin, Guangxi 541004, China;

2. College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** In viewpoint of the fourth strength theory, the authors derive a theoretic formula for calculating the optimal radius of elastic-plastic junction in auto-ferttagged thick-wall cylindric pressure vessel, then derive a theoretic formula of the allowable maximal operating pressure for the pressure vessel with autoferttagged. In the end, the authors propose a restrictive prerequisite of maximum operating perssure for engineering.

**Key words:** autoferttagged; the optimal radius of elastic-plastic junction; thick-wall cylindric vessel

(编辑 成孝义)