

PCS 网络中一种改进的登记方法

江虹^{****} 陆斌^{**} 李乐民^{***}

^{*}(西南科技大学信息与控制工程学院 绵阳 621010)

^{**}(联通公司四川分公司 成都 610036)

^{***}(电子科技大学通信学院 成都 610054)

摘要: 该文综合了基于运动和基于距离两种登记方法的优点, 提出一种改进的登记方法 IDMBR。在 IDMBR 中, 系统通过向移动终端(MT)传送登记处附近小区的相关信息, 使 MT 能了解登记处附近小区的网络结构知识, 从而解决了一般动态登记方法中, MT 在附近小区来回移动所造成的频繁登记问题。该方法易于实现, 具有很强的可行性。

关键词: 移动性管理, 小区, 登记

中图分类号: TN919.2, TN929.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-5896(2005)02-0243-04

An Improved Registration Algorithm in PCS Networks

Jiang Hong^{****} Lu Bin^{**} Li Le-min^{***}

^{*}(Southwest University of Science and Technology, Miangyang 621010, China)

^{**}(China Unicom Sichuan Branch, Chengdu 610036, China)

^{***}(Communication College, UEST of China, Chengdu 610054, China)

Abstract A registration method, IDMBR (Improved Distance&Movement-Based Registration) which combines advantages of distance-based and movement-based registration strategies, is presented in this paper. When a Mobile Terminal (MT) registers, the system transfers some neighboring cells' relative information to it, so that the MT can learn the structure of nearby cells. The IDMBR resolves the frequent registration problem resulted from MT's moving back-and-forth at boundary cells in the ordinary dynamical registration schemes. The method can be implemented easily and is very feasible.

Key words Mobility management, Cell, Registration

1 引言

无线系统中的移动管理一直是 PCS (Personal Communication Services)网络设计中最重要的问题之一^[1-3]。随着移动通信业务和技术的发展, 无线系统越来越呈现出小区小、用户密度大、用户移动性强等特点, 这使得移动用户很容易改变其服务小区, 从而导致移动管理的设计变得越来越重要。移动管理涉及到登记和寻呼操作, 设计一种好的移动管理算法既要使登记操作和寻呼操作的总开销最小, 同时要使寻呼延迟满足特定的要求。

在 IS-95^[4]和 GSM^[5]系统中, 当移动终端(MT)进入新位置区(Location Area, LA, 一般含多个小区时), MT 向系统申请登记操作, 系统通过登记操作而知道用户所在位置区; 寻呼操作是当 MT 被呼时, 系统通过向 MT 所在 LA 发寻呼消息, 寻找用户的过程。

在移动管理中, 登记算法一直是热门研究问题之一。目前运营系统如文献[4, 5]采用静态登记算法, 即 LA 大小固定, 呼叫到达时系统同时寻呼 LA 内每个小区。静态方案被呼延迟小, 但系统开销大, 特别是 LA 内用户数增多时情况更为严重^[6]; 同时当用户在 LA 边界来回移动时, 登记开销将急剧恶化; 另外, 由于每个用户有自身的移动及呼叫模式, 使 LA 大小的选择比较困难。为解决静态方案的缺点, 引入了动态位置更新算法, 即 LA 大小是动态变化的, 现主要有 3 种动态位置更新方案^[3,7,8]: (1) 基于距离的位置更新方案: MT 当前进入小区与上次登记小区的距离(定义为小区个数, 以下类同) 到达某门限值时, MT 请求登记操作。(2) 基于运动的登记方案(Movement Based Registration, MBR): 当 MT 在小区间完成 γ (登记门限)次运动时, MT 请求登记操作。(3) 基于时间的位置更新方案: 在 t 个时间单位执行位

置更新操作。在动态位置更新方案中,一般采用选择性寻呼方案,即将被呼 MT 的位置区划分为几个子区,在满足寻呼延迟条件下,系统依次寻呼每个子区,直到寻呼到 MT 为止^[3,6,9]。

本文是对基于运动位置更新方案的一种改进(IDMBR),同时结合基于距离位置更新方案的特点。该方法可最大限度地解决 MT 在附近不同小区间来回移动时的频繁登记操作,有效减少无谓登记所带来的系统开销。与一般改进算法相比,本文对终端提出了更高的要求(如增加缓冲区容量),但随着移动终端技术的发展,本文提出的方法具有很强的可行性。

本文第2节将简单叙述基于运动和基于距离的登记方法,第3节叙述 IDMBR 方法。第4节作性能分析,最后是数据分析和总结。

2 基于运动和基于距离的登记方案

在基于运动位置更新方案中,MT 有一计数器记录其穿过的小区个数,当计数器到达门限值 γ 时,MT 申请位置更新。该法在 MT 处于之字形移动时,MT 可能在附近小区频繁更新位置。为此,提出了改进的基于运动的位置更新算法(IMBR),在 IMBR 中,MT 有计数器和访问小区标记缓冲区,当 MT 进入某小区时,若该小区标记在缓冲区中,则计数器值不变,否则增加计数器值且将新小区标记存于缓冲区中^[9]。IMBR 法在一定程度上缓解了之字形移动所带来的附近小区频繁位置更新问题,但没有彻底解决。如图1,当 MT 沿 0-1f-2l-2a-2b-1b 移动时,设 $\gamma=5$,执行 IMBR 算法,MT 在 1b 小区处登记,即 MT 在上次登记小区的临近小区处执行登记操作。

在基于距离的登记方法中,每个 MT 管理当前进入小区与上次登记小区的距离,当该距离超过某门限值时,MT 向系统发登记请求。由于该方法以距离来决定是否登记,当 MT 在门限值距离以内来回移动时将不会发生频繁登记现象。从文献[8]可知,在 MT 处于随机移动和环形小区拓扑结构中,基于距离登记方法的登记开销最小,但其实现非常困难。

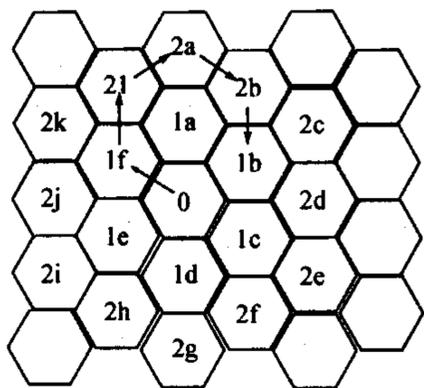


图1 蜂窝状位置区及小区设置

3 IDMBR 方法

在 IDMBR 法中,MT 中设置计数器和缓冲区。MT 登

记后系统把登记处附近蜂窝小区标记传输给移动终端缓冲区。当 MT 移动到某小区时,该小区标记与缓冲区内标记比较,若缓冲区内有该小区标记,则计数器被置 0,否则计数器加 1,当计数器值达 γ 时(登记门限值),清空缓冲区内容且触发 MT 的登记操作。在 IDMBR 中,系统在 MT 登记时需向其发送所处位置附近小区的标记信息,相当于 MT 能知道以中心小区(我们称上次登记小区为中心小区)为中心的周围部分网络小区覆盖情况。从而可解决在 MBR 中 MT 在中心小区附近任意移动时的频繁登记问题。另外,为避免无线资源瓶颈使 MT 长时不能登记,当在重大工程割接或系统故障复原时,系统不执行 IDMBR 法。如:在图1中,设 $\gamma=4$,同时设 MT 在登记时系统将从中心小区到 4 环共 31 个小区标记传予 MT,则 MT 在该 31 个小区内任意移动时不会有登记操作,我们称该 31 个小区为非登记区,且非登记区半径为 $\eta=4$ 。同时当 MT 从非登记区移到该区域外又返回非登记区时($\gamma>4$),计数器将被置 0。IDMBR 需解决两个问题:其一是确定哪些用户在登记时需传送小区信息,若 MT 作近似直线运动,显然系统向 MT 传送附近小区信息属于浪费资源;其二是系统传送小区信息时,需传送多少小区标记(确定非登记区大小),若用户移动范围和移动性均较大,过小的非登记区会加重系统信令负荷,过大的非登记区会加重系统无线资源负荷和较大缓冲容量的终端。

对第一个问题的处理,我们把用户的移动简单分为两类:(1)往返性较强的移动,用户在特定小区范围内的随机移动,如:某工厂范围上班时间内用户的移动;(2)往返性较差的移动,即用户的移动未局限于某特定的范围,主要是类似于直线的单向移动或半径较大的单向圆周运动等,如交通道路上车载用户的移动。由于本文提出的方案主要是针对解决在某些特定小区范围内随机移动时的频繁登记,对往返性较差的用户移动,系统在该类用户登记时不传送附近小区的信息,即在某些小区关闭 IDMBR 处理,此时系统可按 IMBR^[9]或选择性位置更新方法^[10]处理。如:在高速公路、铁路、地区间干线公路等覆盖区域内用户的移动,该类用户的移动显然属于往返性较差的移动。

第二个问题的处理与终端技术、用户移动速度和类型、用户入呼率等因素有关。文献[11]给出了计算用户优化门限距离的方法,但其计算量较大。为便于实现和减少算法的复杂度,在图1中,非登记区大小可选择为 1、7、19、31(对应小区环 0、1、2、3;若非登记区大小为零,则不执行 IDMBR)。同时可对 IDMBR 算法改进,即 MT 在每次登记时,不清空缓冲区内容,MT 将系统每次传送的小区标记的并集存放于缓冲区中(缓冲区满时执行淘汰算法),这样可使 MT 在登记过程中对网络结构知识越来越了解,但同时又

没有对系统造成额外的开销,我们将在后续工作中对此做进一步的研究。

寻呼算法:当 LA 含较多小区时,在满足寻呼延迟前提下,如何划分 LA 使寻呼开销最小是一个 NP 完全问题,同时当以 MT 所在位置概率递减的次序搜寻小区时,寻呼开销可最小化^[12]。由于本文主要解决位置登记问题,故简单地采用最短距离优先寻呼方案,即从上次登记后,从中心小区到边缘小区对 MT 分组寻呼^[6]。

4 性能分析

设 PCS 网络具有大小相同的蜂窝或网状小区(如图 1、图 2 所示,图 2 中纵横坐标表示相应的小区号),中心小区为 MT 上次登记时的小区,且 MT 在小区逗留时间为一般分布,概率密度函数和 Laplace-Stieltjes 变换分别为 $f_m(t)$ 、 $F_m(s)$,均值为 $1/\lambda_m$,方差为 V ;入呼到达服从泊松分布,到达率为 λ_c 。 $\alpha(k)$ 为 MT 在两次入呼间有 k 次移动的概率^[13]。且 MT 离开当前小区后,等概率进入某相邻小区。 $\alpha(k=0) = 1 - [1 - F_m(\lambda_c)]/\beta$; $\alpha(k > 0) = [1 - F_m(\lambda_c)]^2 [F_m(\lambda_c)]^{k-1} / \beta$; 其中 $\beta = \lambda_c / \lambda_m$ 。

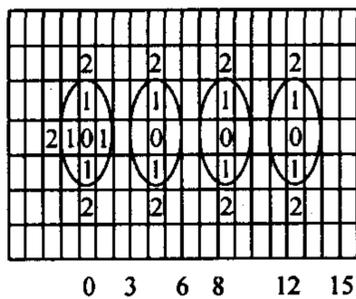


图 2 网状小区登记情况 $\eta = 2, \gamma = 3$

设 $\Pr\{k|M\}$ 为 MT 经 M 次移动后,离初始位置距离为 k 的概率^[9]; 设每次登记的负荷为 C (含小区标记信息),对图 2 情况,每个入呼到达的期望登记负荷为:

$$C_u = C \times \sum_{j=d}^{\infty} \alpha(j) \sum_{i=1}^{\lfloor \frac{j}{d} \rfloor} (i) \sum_{k=i \times d}^{(i+1) \times d - 1} \Pr\{D = k | M = j\}$$

其中, $d = \eta + \gamma - 1$; D 为 MT 在 M 次移动后,离初始位置有多少距离的变量; i 表示 MT 有多少次登记操作的变量; η, γ 分别为非登记区半径和登记门限值。上式值为每个入呼到达所执行的平均登记次数与每次登记操作负荷的乘积。如设 $\eta = 2, \gamma = 3$, 对图 2, 该式可表示为

$$\begin{aligned} C_u = & C[a(4)\Pr\{D=4|M=4\}+a(5)\Pr\{D=4,5|M=5\}+\dots \\ & +a(8)\Pr\{D=4,5,6,7|M=8\}+2\Pr\{D=8|M=8\})+\dots \\ & +a(10)\Pr\{D=4,5,6,7|M=10\} \\ & +2\Pr\{D=8,9,10|M=10\})+\dots \\ & +a(15)\Pr\{D=4,5,6,7|M=15\} \\ & +2\Pr\{D=8,9,10,11|M=15\})+\dots \\ & +3\Pr\{D=12,13,14,15|M=15\})+\dots] \end{aligned}$$

在例式中, 设 MT 在两次入呼间有 15 次移动, 则其登记操作期望数为 $a(15)$ 起以后部分, 且 MT 总登记期望数为例式中中括号内内容。另外, 因 C 含传输小区标记的开销, 为便于比较, 设不含小区标记信息的每次登记负荷为 U , 且 $C=U+u \times U$, ($0 < u < 1$, 该 u 值说明了非登记区的大小)。

在 IMBR 法中, MT 当前进入小区的标记已在缓冲区中时, 终端需重排标记顺序, IDMBR 无此操作。显然 IDMBR 没有增加系统的有线信令负荷, 与 IMBR 相比, IDMBR 的额外开销主要是系统需向终端传输小区标记信息, 即当 MT 在某小区登记时, 系统需首先确定以该小区为中心, 以 γ 为半径范围内的小区信息, 然后再将这些小区标记传输给 MT。实际运营中, 一个移动交换业务区所控制的小区数有限(一般为几百个), 则系统每次确定特定小区周围小区的开销可忽略不计, 即 IDMBR 的主要开销在于系统向 MT 传输小区标记信息, 如: 对蜂窝状小区, 所传输的小区数为 $n=3\eta(\eta+1)+1$, η 为非登记区半径, 该 n 值同时也决定了终端所需的存储容量值, 且与 IMBR 法相比, 终端所需的额外存储容量为 $n-\gamma$ 。

5 数据分析

将 U 规范化为 1, $F_m(s) = [\lambda_m q / (s + \lambda_m)]^q$, $q = 1 / (v \lambda_m^2)$ 。当 $\eta = 2, \gamma = 3$ 时, 图 3 说明了图 2 在两次呼叫间 IMBR^[9] 与 IDMBR 的登记负荷之差的比较 ($C_U^{imbr} - C_U$)。如: 当 $\beta = 0.1$ 时, 差值随 MT 逗留时间分布方差的减少而增大, 且当 u 小于 0.9 时, IMBR 登记开销将大于 IDMBR 的开销。由于 u 值说明了非登记区半径的大小, 从图中可看出, 对不同的运动参数, 差值大于零对应的 u 值是不同的。

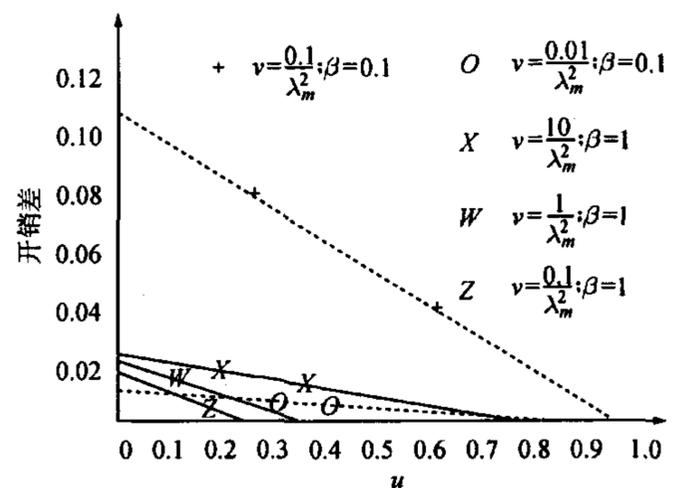


图 3 IMBR 与 IDMBR 登记开销之差 $C_U^{imbr} - C_U$

6 结束语

移动管理是移动系统设计中非常重要的一环, 本文提出的登记方案结合了基于运动和距离的方法。通过在 MT 中设置计数器和缓冲区, 使 MT 能跟踪登记小区附近网络的结构信息, 该登记方法尽可能地降低了在某小区附近频

繁移动的登记问题。对日常活动范围不大的用户而言, IDMBR 是一种较好的登记方案。本文提出的方案可进一步改进, 如: (1) 在 MT 中引入被呼计数器, 使 MT 在入呼率较高时提前登记, 以减少寻呼开销; (2) 增加 MT 缓冲区容量, 使之能容纳更多的小区标记 (MT 将以前登记时系统传送的小区标记与本次登记时系统传送的小区标记的并集存放于缓冲区中, 当缓冲区满时, 配以相应的淘汰算法), 这样可使 MT 能更多地了解网络结构知识, 从而进一步提高移动管理效率。

参考文献

- [1] Lin Y B. Mobility management for cellular telephony networks. *IEEE Parallel & Distributed Technol.*, 1996, 4(4): 65 – 73.
- [2] Brown T X, Mohan S. Mobility management for personal communications systems. *IEEE Trans. on Veh. Technol.*, 1997, 46(2): 269 – 278.
- [3] Akyildiz I F, Ho J, Lin Y B. Movement-based location update and selective paging for PCS networks, *IEEE/ACM Trans. on Networking*, 1996, 4(4): 629 – 638.
- [4] EIA/TIA IS-95, Mobile station-base station compatibility standard for dual-mode wideband spread spectrum cellular system, 1993.
- [5] Mouly M, Pautet M B. *The GSM System for Mobile Communications*, Cell & Sys., France, 1992.
- [6] Wang Wenye, Akyildiz I F, Gordon L S. An optimal partition algorithm for minimization of paging costs. *GlobeCom [C]*, V1 San Francisco, 2000: 188 – 192.
- [7] ANSI J-STD-008, PS-BS compatibility requirements for 1.8 to 2.0 GHz CDMA PCS, March 1995.
- [8] Bar Noy A, Kessler I, Sidi M. Mobile users: to update or not to update?. *Wireless Networks*, 1995, 1(2): 175 – 185.
- [9] Jang Hyun BAEK, Byung Han RYU. An improved movement – based registration in personal communication system networks. *IEICE Trans. on Commun.*, 2000, E83-B(7): 1509 – 1516.
- [10] Sen S K, Bhattacharya A, Das S K. A selective location update strategy for PCS users. *IEEE Network*, 2000, 14 (3): 6 – 14.
- [11] Madhow U, Honig M L, Steiglitz K. Optimization of wireless resources for personal communication mobility tracking. In Proc. IEEE INFOCOM, Toronto, Canada, 1994: 577 – 584.
- [12] Rose C, Yates R. Minimizing the average cost of paging under delay constraints. *Wireless Networks*, 1995, 1(3): 211 – 219.
- [13] Lin Y B. Reducing location update cost in a PCS network. *IEEE/ACM Trans. on Networking*, 1997, 5 (1): 25 – 33.

江虹: 男, 1969年生, 博士, 研究方向是移动网络中的位置管理技术.

陆斌: 男, 1962年生, 博士, IEEE会员, 研究方向是移动网的网络优化.

李乐民: 男, 1932年生, 中国工程院院士, 教授, 研究方向为信息传输与通信网.