

PCS 网络中一种改进的寻呼算法

江 虹^{1,2}, 陆 斌³, 刘 辉⁴, 李乐民²

(11 西南科技大学信息与控制工程工程学院, 四川绵阳 621010; 21 电子科技大学通信学院, 四川成都 610054;
31 四川联合通信有限公司, 四川成都 610036; 41 电子科技大学计算机学院, 四川成都 610054)

摘 要: 本文对 PCS 网络中用户处于归属 LA 时, 提出了一种改进的寻呼算法: 常驻小区寻呼法. 通过对用户在归属 LA 各小区驻留时间的分析, 系统首先寻呼用户常驻小区, 若不成功再寻呼其它小区. 与现有移动通信系统寻呼算法相比, 它可使系统节省大量的寻呼开销, 进一步提高无线资源利用率. 本文的不足是用户在其非常驻小区时, 有可能其首次被呼比现有移动通信系统的被呼要多一次寻呼延迟.

关键词: 寻呼; 延迟; 开销

中图分类号: TN9131.24 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2004) 10-1609-04

An Improved Paging Algorithm in PCS Networks

JIANG Hong^{1,2}, LU Bin³, LIU Hui⁴, LI Le2min²

(11 School of Information & Control Engineering, Southwest University of Science & Technology, Mianyang, Sichuan 621010, China;
21 Communication College of UESFC, Chengdu, Sichuan 610054, China; 31 China Unicom Sichuan Branch, Chengdu, Sichuan 610036, China;
41 Computer College of UESFC, Chengdu, Sichuan 610054, China)

Abstract: We present an improved paging algorithm for user in his resident LA in PCS networks: resident cell paging strategy. By analyzing the cell residence times of users, the system first pages user's resident cell and then other cells if the first page fails. Compared with current systems, the method can reduce paging cost greatly and further raise wireless resource usage efficiency. The potential disadvantage of the paper is that the paging delay of the first incoming call to some users in their non-resident cells may be twice the delay in current cellular systems.

Key words: paging; delay; cost

1 引言

在移动通信中, 位置管理包含位置登记和位置查找两个过程. 位置登记是指移动用户向系统报告其所在位置的过程; 位置查找是指用户在被呼时, 系统根据该用户在相关数据库的信息查找其所在区域的 VLR 并寻呼用户的过程. 位置登记和位置查找涉及大量的信令流和数据库查询, 其设计直接关系到系统的负荷和呼叫建立时延. 设计位置管理系统需要考虑系统负荷、资源利用、呼叫时延、系统复杂性等问题, 它在移动通信系统设计中是一个非常重要的问题^[1~5].

现有移动通信系统的位置管理使用归属位置寄存器 (HLR) 和访问位置寄存器 (VLR) 两层数据库策略^[6]. 在 GSM 中, 由 MSC/VLR 管理的位置区 LA (在实际运营中一般含近百个小区, IS-41 中称为 RA) 被用来管理和查询用户的位置, 当用户改变 LA 时, 系统执行位置更新且原 LA 对应的 VLR 删除该用户 profile. 移动用户在被呼时, LA 所有小区被同时寻呼以查找 MI 所在小区, 显然这种寻呼方式浪费大量的无线资源, 限制移动网络无线容量的增长, 且当用户数大量增加时, 这种

寻呼方式对运营质量形成很大的压力.

与文[7]类似, 本文提出一种更为有效的寻呼改进方法, 它能使系统大量节约无线资源, 有效减少寻呼开销. 这种寻呼方法对频谱资源有限的运营商有特别重要的意义.

本文第二部分将叙述常驻小区寻呼算法, 第三部分作性能分析, 最后是本文的总结.

2 常驻小区寻呼法

根据运营统计数据知, 用户 (MI) 在某些特定小区的驻留时间比在其它小区的驻留时间长. 我们称 MI 平均一天中驻留时间较长的小区为常驻小区 (如家和办公室所在小区), 含常驻小区的 LA 为 MI 归属 LA, 相应 VLR 为归属 VLR, 且 MI 常驻小区作为用户长久资源被其归属 VLR 存储. 为表叙方便, 本文假设常驻小区数为一个.

系统在稳定状态时, MI 进入常驻小区和移出常驻小区的次数是相同的, 且 MI 大部分时间处于常驻小区. 当 MI 进入其常驻小区时, MI 根据某种规则判断 VLR 中该用户位置记录是否是常驻小区来决定是否发位置更新消息 (执行归属 LA

内部登记操作), 即当 MT 认为 VLR 中该用户的原位置记录为非常驻小区时向系统发位置更新消息(更新为常驻小区), 由于该类位置更新只涉及 VLR 改变用户是否在其常驻小区的信息, 我们称该类位置更新为 LA 内部更新; 当 MT 离开其常驻小区时, MT 不向系统发位置变更消息. MT 被呼时, VLR 根据该 MT 的位置记录信息寻呼用户. 当 MT 在非常驻小区时, VLR 在以下几种情况将 MT 位置信息变更为该 MT 的非常驻小区位置信息: (1) MT 周期性登记时; (2) MT 发起呼叫时; (3) MT 从常驻小区移到非常驻小区后第一次被呼时, 由于系统仍认为用户在其常驻小区, 则 VLR 首先寻呼用户常驻小区不成功, 再寻呼非常驻小区, MT 在非常驻小区第一次被呼后再次被呼时, 系统将直接寻呼非常驻小区. 当用户在非常驻小区, 只要以上几个步骤中任何一步被执行, 则 VLR 将更新该用户的位置信息为非常驻小区, 同时 MT 设置标记位, 以标记 MT 从非常驻小区进入常驻小区时是否发登记消息.

显然, 用户离开常驻小区进入非常驻小区后, 若未离开归属 LA 又回到常驻小区(否则将执行正常的登记操作), 且在其间无呼叫发生、无周期更新, 此时 VLR 认为该用户仍在常驻小区, 则 MT 不会发位置更新消息; 若 MT 处于常驻小区, 则系统只需寻呼常驻小区即可, 此时可节约大量无线资源.

2.1.1 MT 在非常驻小区有入呼的概率

我们用连续时间 Markov 链来描述 MT 在常驻小区、非常驻小区及非归属 LA 间的运动(图 1), 当 MT 常驻小区处于归属 LA 内部小

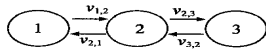


图 1 MT 运动状态图

区时, 常驻小区、非常驻小区、非归属 LA 对应 1、2、3 状态; 当 MT 常驻小区处于归属 LA 边界小区时, 常驻小区、非常驻小区及非归属 LA 对应 2、1、3 状态. 设用户在常驻小区和非常驻小区的驻留时间服从一般分布, 其密度函数分别为 $r_x(t)$ 和 $r_y(t)$, 均值 $1/r_x$ 和 $1/r_y$, 对应的拉普拉斯变换为 $r_x^*(s)$ 和 $r_y^*(s)$, 分布函数为 $R_x(t)$ 和 $R_y(t)$. 显然常驻小区在 LA 内部时, $x=1, y=2$, 常驻小区在 LA 边界时, $x=2, y=1$. 设 MT 发起和接受呼叫的时间间隔服从参数为 K_{c1} 和 K_{c2} 的指数分布. MT 在常驻小区和非常驻小区的

呼叫关系时间图见图 2. 根据指数分布的无记忆特

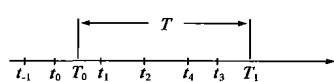


图 2 时间图

性, $t_{22}t_1$ 同样服从参数为 K_{c2} 的指数分布. 本文设 T 为周期更新的周期间隔, 当 MT 在 t_1 进入非常驻小

区时, 设 T_{11} 表示其剩余时间, 据 Residual Life Theorem^[8], 可得 T_{11} 在 $[0, T]$ 内服从均匀分布. 当 MT 从常驻小区移到非常驻小区时, 本文算法将减少位置更新开销, 代价是用户在非常驻小区时, 其第一次被呼可能有两次寻呼周期. 设 MT 从常驻小区已经移动到其非常驻小区, 则 MT 在非常驻小区第一次入呼有两次寻呼周期的概率表示为 $Pr[p_2]$. 为表示方便, 在以下式中, 记 $t_{ij} = t_i - t_j$. 同时用* 表示拉普拉斯变换.

设 $x_1 = \min(t_4, t_3, T_{11}) = \min(x_2, x_3)$. 其中 $x_2 = \min(t_4, t_3), x_3 = T_{11}$. 同时设 $f_{x1}(t), f_{x2}(t)$ 和 $f_{x3}(t)$ 是 x_1, x_2 与 x_3 的

密度函数.

$$f_{x2}(t) = f_{t4}(t) \int_0^t f_{t31}(s) ds + f_{t31}(t) \int_0^t f_{t41}(s) ds \quad (1)$$

$$f_{x2}(t) = K_{c1} e^{-K_{c1}t} [1 - R_y(t)] + r_y(t) e^{-K_{c1}t}$$

$$f_{x2}^*(s) = \frac{K_{c1}}{K_{c1} + s} + \frac{s}{s + K_{c1}} r_y^*(s + K_{c1}) \quad (2)$$

$$f_{x3}(t) = 1/T \quad 0 \leq t \leq T \quad f_{x3}^*(s) = \frac{1}{T} (1 - e^{-Ts}) \quad (3)$$

$$f_{x1}(t) = f_{x2}(t) \int_0^t f_{x3}(s) ds + f_{x3}(t) \int_0^t f_{x2}(s) ds$$

$$f_{x1}^*(s) = \int_0^T f_{x1}(t) e^{-st} dt \quad (4)$$

$$Pr[p_2] = Pr[t_{21} < x_1] = \int_0^1 \int_0^x K_{c2} e^{-K_{c2}t} f_{x1}(x-t) dt dx_1$$

$$= \int_0^1 (1 - e^{-K_{c2}x}) f_{x1}(x) dx = 1 - f_{x1}^*(K_{c2}) \quad (5)$$

2.1.2 MT 移到常驻小区无位置更新的概率

从图 1 知, 当 MT 从常驻小区移到非常驻小区且未移出归属 LA 又回到常驻小区的概率为 $p_{12}p_{21}$, 其计算方法见文[9].

设 $y_1 = \min(t_4, t_2, T_{11}) = \min(y_2, y_3)$. 其中 $y_2 = \min(t_4, t_2), y_3 = T_{11}$. 我们设 $f_{y1}(t)$ 和 $f_{y2}(t)$ 是 y_1, y_2 的密度函数. 类似于(1)、(2)及文[10]可得

$$f_{y2}(t) = K_{c1} e^{-(K_{c1} + K_{c2})t} + K_{c2} e^{-(K_{c1} + K_{c2})t}$$

$$= (K_{c1} + K_{c2}) e^{-(K_{c1} + K_{c2})t}$$

$$f_{g1}(t) = f_{y2}(t) \int_0^t f_{y3}(s) ds + f_{y3}(t) \int_0^t f_{y2}(s) ds$$

$$= [(K_{c1} + K_{c2})(T - t) + 1] e^{-(K_{c1} + K_{c2})t/T} \quad 0 < t < T \quad (6)$$

$$f_{y1}^*(s) = \frac{K_{c1} + K_{c2}}{K_{c1} + K_{c2} + s} + \frac{s}{T(K_{c1} + K_{c2} + s)^2} [1 - e^{-(K_{c1} + K_{c2} + s)T}] \quad (7)$$

由式(6)可得 MT 从非常驻小区移到常驻小区无位置更新的概率为:

$$Pr[reg=0] = Pr[t_{31} < y_1] p_{12} p_{21}$$

$$= p_{12} p_{21} \int_0^1 \int_0^x r_y(t_{31}) f_{y1}(y_1) dt_{31} dy_1$$

$$= p_{12} p_{21} \int_0^1 \int_0^x K_{c2} e^{-K_{c2}t} - \frac{K_{c2}y_1 e^{-K_{c2}t}}{T}$$

$$+ \frac{e^{-K_{c2}t}}{T} dy_1 r_y(t_{31}) dt_{31}$$

$$= p_{12} p_{21} \int_0^1 [e^{-K_{c2}t} - \frac{t_{31} e^{-K_{c2}t}}{T}] r_y(t_{31}) dt_{31}$$

$$= p_{12} p_{21} (r_y^*(K_{c2}) + \frac{r_y^{*(1)}(K_{c2})}{T}) \quad (8)$$

其中 $K_c = K_{c1} + K_{c2}$.

2.1.3 MT 寻呼开销及更新开销

图 1 中, $v_{i,j}$ 为 MT 从 i 状态到 j 状态转移的速率, 设 Markov 链具有静态转换概率, 状态 j 的极限概率为 G_j . 则: $v_{i,j} = r_i p_{i,j}, p_{j,j} = 0, p_{i,1} + p_{i,2} + p_{i,3} = 1, \sum_{i=1}^3 G_i = 1, G_1 v_{1,2} = G_2 v_{2,1}, G_3 v_{3,2} = G_2 v_{2,3}, G_2 (v_{2,1} + v_{2,3}) = G_1 v_{1,2} + G_3 v_{3,2}$. 其解为:

$$G_1 = \frac{V_{21}V_{32}}{V_{12}V_{32} + V_{21}V_{32} + V_{23}V_{12}}, G_2 = \frac{V_{12}V_{32}}{V_{12}V_{32} + V_{21}V_{32} + V_{23}V_{12}},$$

$$G_3 = \frac{V_{23}V_{12}}{V_{12}V_{32} + V_{21}V_{32} + V_{23}V_{12}}$$

针对本文及传统位置管理算法, MT 在其归属 LA 内单位时间位置管理开销分别为(除相同开销部分,如:鉴权开销) $C_M^1 = \leq_p K_2 E(N_p) + \leq_u v_u$; $C_M = \leq_p K_2 N$. \leq_p, \leq_u 是寻呼一个小区和一次 LA 内部位置更新的开销单位, v_u 是移动台移动到其常驻小区有位置更新操作的位置更新速度; $E(N_p)$ 是每次被呼时寻呼的平均小区数,若常驻小区在归属 LA 内部,则 $E(N_p) = G_1 + G_2(N - 1)$, 其中 N 为 LA 所含小区数目, $v_u = G_2 v_{21} \{1 - p_r[\text{reg} = 0]\}$; 若 MT 常驻小区在其归属 LA 边界,则 $E(N_p) = G_2 + G_1(N - 1)$, $v_u = G_1 v_{12} \{1 - p_r[\text{reg} = 0]\}$. 则 MT 在其归属 LA 内的单位时间位置管理开销之差为 $C_D = C_M - C_M^1$. 据此可得: $C_D = \leq_p K_2 [N - N G_y - G_x + G_y] - \leq_u G_y v_x [1 - p_r(\text{reg} = 0)]$, 若 MT 处于归属 LA 内部, $x = 1, y = 2$; 若常驻小区在归属 LA 边界, $x = 2, y = 1$. 显然当 \leq_p, \leq_u 一定时, 式中其它参数决定了 C_D 值. 由于本文算法的主要目的是用户被呼时节约无线资源, 若用户被呼数量很少(K_2 值变小), 则 C_D 值将变小(如 $K_2 = 0$, C_D 将变为负值), 此时本文算法将无优势. 显然, 从位置管理开销的角度而言, 本文算法优于传统算法的前提是用户的入呼率满足: $K_2 > \frac{\leq_u G_y v_x [1 - \text{Pr}(\text{reg} = 0)]}{\leq_p [N - N G_y - G_x + G_y]}$, 且入呼率越大, 算法的优势越明显. 当 K_2 一定时, 增大 N 值及 $\text{Pr}(\text{reg})$ 值将增大 C_D 值, 同时 G_y 值越小 C_D 值将越大, 在我们的实际运营中, 当用户在其归属 LA 时, 用户在非常驻小区的极限概率值一般介于 0.25 与 0.4 之间. 对 MT 归属 LA 内的登记操作而言, 由于 MT 进出常驻小区的次数相同, 且 MT 移出常驻小区时无登记消息(即系统将减少至少 50% 登记开销), 与文[7]相比, 本文算法的登记次数只有文[7]登记次数的 $100 * ((1 - \text{Pr}[\text{reg} = 0]) / 2) \%$.

3 仿真研究

在 IS241 寻呼算法中, 每次寻呼的小区数为 N . 常驻小区寻呼算法可节约的寻呼开销为: $\frac{N - E(N_p)}{N} = \frac{N - G_x - G_y(N - 1)}{N} > \frac{N(1 - G_x) - (G_x + G_y)}{N} > \frac{N G_x - 1}{N} U G_x$, 即本文算法可节约的寻呼开销可粗略地等于用户在其常驻小区的极限概率值, 当 MT 在常驻小区的极限概率越大, 则常驻小区寻呼算法的寻呼优势越明显, 根据我们的实际运营经验, 当用户在其归属 LA 时, 其在其常驻小区的极限概率约在 0.6 与 0.75 之间, 即与现行寻呼算法相比, 常驻小区寻呼算法可节约 60% 至 75% 的寻呼开销.

设 MT 在非常驻小区的逗留时间服从 Gamma 分布, 则 $r_x^*(s) = \left(\frac{r_y C}{s + r_y C} \right)^C$, 其中 $C = \frac{1}{V \tau_y}$ 是形状参数, V 是逗留时间方差. 当 $C = m$ 是整数时, Gamma 分布变为 Erlang 分布, 即 $r_y^*(s) = \left(\frac{m r_y}{s + m r_y} \right)^m$. 若 $m = 1$ 则 Erlang 分布变为指数分布. 为

计算方便, 在 $p_r[p2]$ 计算中设 $m = 1$. 根据式(2)与(4)可得:

$$f_{x2}^*(s) = \frac{r_y + K_{e1}}{r_y + K_{e1} + s}$$

$$f_{x1}(t) = \frac{[(r_y + K_{e1})(T - t) + 1] e^{-(r_y + K_{e1})t}}{T}$$

从而根据式(5)可得:

$$p_r[p2] = 1 - f_{x1}(K_{e2}) = \frac{K_{e2}}{R} - \frac{K_{e2}[1 - e^{-R}]}{TR^2}$$

其中 $R = K_{e1} + K_{e2} + r_y$, 同时, 根据式(9)得:

$$\text{Pr}[\text{reg} = 0] = p_{12} p_{21} \left[\frac{r_y}{r_y + K_{e1} + K_{e2}} - \frac{r_y}{T(r_y + K_{e1} + K_{e2})} \right]$$

图 3 是不同参数下 MT 在非常驻小区首次被呼有两次寻呼的概率. 从图中可知, 两次入呼寻呼概率随 $K_{e2}/(r_y + K_{e1})$ 增大(即 $r_y + K_{e1}$ 固定而 K_{e2} 增大或 K_{e2} 固定而 $(r_y + K_{e1})$ 减少)而增大, 该结论是显然的. 同时对某一特定的 $K_{e2}/(r_y + K_{e1})$, 当 $T(r_y + K_{e1})$ 增大时, 两次寻呼概率

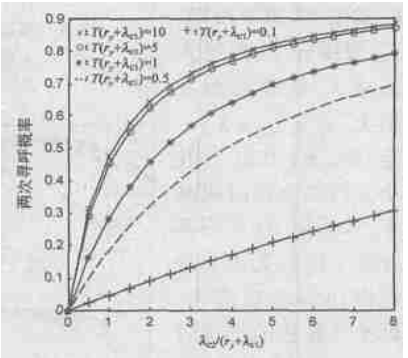


图 3 移动台在非常住小区首次入呼有两次寻呼的概率

增大. 但当 $T(r_y + K_{e1})$ 增大到一定程度时, $T(r_y + K_{e1})$ 对两次寻呼概率值的影响减少(如图 3 中 x, o 两条曲线比较接近).

当 $p_{12} p_{21} = 0.6$ 且移动台在非常驻小区逗留时间服从指数分布时, 图 4 说明了 MT 从非常驻小区移到常驻小区时不发送登记消息的概率, 由该图可知, 当 $r_y / (K_{e1} + K_{e2})$ 增大时, MT 不发送登记消息的概率将增大, 这是因为当 r_y 增大时, MT 在非常驻小区逗留时间减少, 这显然

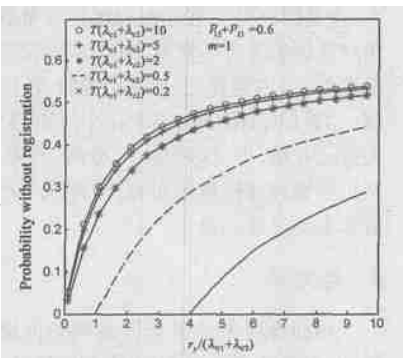


图 4 移动台返回常驻小区无登记的概率

使移动台回到常驻小区时无 LA 内部登记的概率增大; 或当 $K_{e1} + K_{e2}$ 减少时, 移动台在非常驻小区时 VLR 更新位置记录的概率减少, 从而使移动台回到常驻小区时不登记的概率增大. 同时该概率值随着 $T(K_{e1} + K_{e2})$ 的增大而增大, 且当 $T(K_{e1} + K_{e2})$ 增大到一定程度时, 其值对概率值的影响将减少(如图 4 中 $./, o, /, +, o, * 0$ 三条曲线). 图 5 是 $m = 3$ 时移动台从非常驻小区回到常驻小区无登记的概率, 图 5 与图 4 中的曲线基本相似, 但图 5 中曲线值略小于图 4 中相应曲线值. 特别是当 $r_y / (K_{e1} + K_{e2})$ 较小时该现象更为明显. 与文[7]相比, 系统处于图 4、5 中相关参数时, 本文的登记开销只有文[7]中登记开销的 25% 到 50% 左右.

作为 C_D 仿真特例, 因 LA 内部登记涉及 VLR 操作, 我们设 $\langle u \rangle = 4 \langle v \rangle = 4$, $G_y = 0.14$ 且 $N = 80$, $K_{e2} = 1$, $p_{12} = 0.14$, $p_{21} = 0.18$. 则 $C_D = 4814 - G_y - 116v_{y1} [1 - pr(\text{reg} = 0)]$.

图 6 表明了在上各参数值时的 C_D 曲线图, 从图中可知, C_D 值随 r_v / K_e 值增大而增大, 这是因为 r_v 增大 ($K_e = K_{e1} + K_{e2}$ 一定) 时, MT 在非驻小区的逗留时间减少, 从而使 MT 回到其常驻小区时无内部登记操作的概率增大, 即本文算法的位置管理开销将减少, 从而增大 C_D 值. 若 K_e 减少 (r_v 一定), 显然 C_D 将增大; 从图中还知, C_D 随 TK_e 增大而增

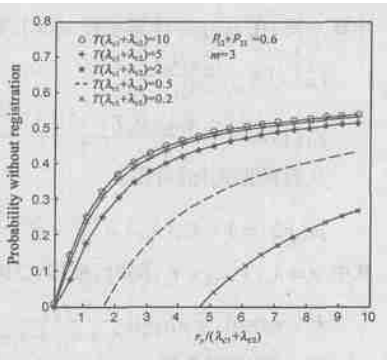


图 5 移动台返回常驻小区无登记的概率

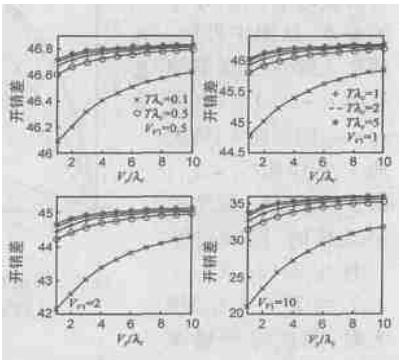


图 6 位置管理开销之差

大, 这是因为当 T 较小时, MT 在非驻小区时 VLR 更易更新用户地址记录为非常驻小区, 从而使用户回到常驻小区时更易发生 LA 内部登记 (增大位置管理开销), 即 C_D 变小; 另外, 当 v_{y1} 增大时, 用户在非驻小区更易回到常驻小区, 从而增大登记开销, 即 C_D 将变小. 显然, 当系统处于图 6 中参数时, 从位置管理开销角度而言, 与传统寻呼算法相比本文算法具有非常明显的优势.

4 结束语

移动管理中位置查询是移动网络设计中非常重要的一环. 本文根据实际运营中用户在归属 LA 内各小区的驻留特性, 并针对现有运营移动网络中寻呼算法提出了一种改进的处理办法, 同时推导出其相关的性能参数. 从性能比较知, 本文算法在大幅度降低寻呼开销的同时, 还有效降低了 LA 内位置更新开销. 本文提出的算法对提高无线资源利用率及运

营无线容量具有重大作用.

参考文献:

- [1] C ROSE. Statebased paging/ registration: a greedy technique[J]. IEEE Transaction on Vehicular Technology Jan. 1999, 48(1): 166- 173.
- [2] I F Akyildiz, J McNair, J S M Ho, H Uzumalioğlu, W Wang Mobility management in next2generation wireless systems[J]. Proc. IEEE, Aug. 1999, 87: 1347- 1384.
- [3] W WANG, I F AKYILKIZ. Intersystem location update and paging schemes for multi tier wireless networks[A]. in Proc. ACM Mobicom. 00[C]. Boston, Aug 2000. 99- 109.
- [4] J LI, H KAMEDA, K LI. Optimal dynamic mobility management for PCS networks[J]. IEEE/ ACM Trans. Networking, June 2000, 8(3): 319- 327.
- [5] V Wong, V Leung. Location management for next generation personal communication networks[J]. IEEE Network, September/ October 2000, 14(5): 18- 24.
- [6] M MOULY, M ZB PAUTET. The GSM System for Mobile Communications[M]. Published by the Authors, 1992.
- [7] Zuji Mao. An intra2LA location update strategy for reducing paging cost [J]. IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, Aug 2002, 6(8):
- [8] L Kleinrock. Queueing Systems: Theory[M]. Volume I. New York: John Wiley & Sons, 1975.
- [9] I F Akyildiz, W Wang. A dynamic location management scheme for next2generation multitier PCS systems[J]. IEEE Trans. Wireless Commun., January 2002, 1(1): 178- 189.
- [10] Z J Haas, Y B Lin. On the optimizing the location update costs in the presence of database failures[J]. ACM/ Baltzer Wireless Network Journal 1998, 4(5): 419- 426.

作者简介:



江虹男, 1969 年出生于重庆, 1999 年获电子科技大学硕士学位, 1999 年起在四川宜宾联通公司任职, 2004 年 6 月获电子科技大学博士学位, 现任教于西南科技大学. 研究方向是移动通信网的网络优化、安全等. Email: hongjiang133@yahoo.com.cn.

陆斌男, 1962 年出生于福建福安, 教授级高级工程师, 四川省通信学会常务理事, IEEE 会员, 研究方向是移动通信网的网络优化、安全等.