

基于模拟退火的自适应调节位置区数目的位置区规划

张小玲¹, 刘海林², 李学强³

(1. 广东工业大学 信息工程学院, 广东 广州 510006; 2. 广东工业大学 应用数学学院, 广东 广州 510006; 3. 华南理工大学 计算机科学与工程学院, 广东 广州 510006)

摘要: 提出一种基于模拟退火的新算法来划分位置区, 采取自适应策略来调节位置区数目, 并结合有效设计的模拟退火算子, 克服了通常算法易陷入局部最优解的弊端, 提高了算法的搜索效率. 数据仿真实验表明了算法的有效性.

关键词: 位置区规划; 寻呼; 位置更新; 模拟退火

中图分类号: TN914

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2010)04-0028-04

位置区规划(LAP)或者优化是无线通信网络规划和优化的重要组成部分. 在蜂窝无线通信网络中, 为了更好地进行用户移动性管理, 许多小区被划分到不同的位置区. 当用户被叫时, 该用户对应位置区内的所有小区将被寻呼; 当用户从一个位置区移动到另一个位置区时, 移动台将通知网络对该用户进行位置更新登记, 这个过程由专用控制信道(SDCCH)进行. 不管是寻呼还是位置更新, 都要消耗网络以及用户资源, 因此, 如何实行位置区的规划非常重要.

位置区规划优化问题可以看成是 NP 难问题, 许多通用优化算法被用来解决这个问题, 文献[1]和[2]分别运用差分遗传算法以及基于并行岛屿模型的遗传算法解决 LAP. 文献[3]中通过统计实际中相邻小区间各个路段交通流量情况得到穿越小区边界的移动台数目, 以此作为各个小区间的话务流量, 提出了基于话务负荷的小区分组策略来构造位置区. 文献[4]提出了基于模拟退火(SA)算法求解 LAP 以及 CSA(Cell-to-Switch Assignment)小区分配的方法, 并对算法的优劣性与贪婪搜索(GS)、随机产生算法(RG)以及一种启发式算法 HOLAP 进行了比较. 文献[5]将[4]中 HOLAP 算法与模拟退火算法结合, 在位置区元概念基础上提出了相关会聚算法, 将 LAP 求解空间进行了有效压缩, 保证 SA 算法能及时收敛.

文献[6]和[7]中 J. Taheri 分别运用模拟退火(SA)和遗传算法(GA)解决移动性管理问题, 对不同个数小区的网络环境进行了位置区划分, 文献[6]采用了重升温的模拟退火方法并且给出了其算法的最优解, 但其算法过程中 LA 的数目只能减少,

不能增加, 使得算法极易陷入局部最优而无法跳出; 文献[7]中的遗传算法的染色体编码必须假定位置区的数目, 另外在最终的优化结果里面存在单个小区作为单个 LA 的情形, 移动台每跨越本小区边界都会进行一次位置更新, 这种划分方法都是应当避免的. 基于此, 本文提出了一种基于模拟退火的自适应调节位置区数目的位置区规划算法, 采取了一种自适应策略来调节位置区数目, 使算法进行中位置区数目可以实时得到调节, 改变 LA 数目一直增加或者一直减少的情况, 有效地克服了算法陷入局部最优的弊端, 同时避免了无效的搜索.

1 位置区划分问题描述

位置区大小以及形状在移动性管理中十分重要. 当每个位置区只包含一个小区时, 移动台每跨越一个小区(位置区)边界就要进行位置更新, 如此频繁更新将会导致 SDCCH 负荷过载, 用户耗电加快, 并且位置更新需要一定的时间, 此期间移动台不能打进或打出电话, 但是位置区的寻呼开销却是最小; 当位置区包含的小区数目过多时, 单个小区寻呼信令负荷将会过载, 极端情况下位置区等同整个服务区, 此时位置更新负荷为零, 寻呼成本最大, 容易造成寻呼失败, 不管是寻呼还是位置更新, 都要消耗网络以及用户资源, 两者都是以位置区为单位进行的, 因此, 合理规划位置区对网络进行移动用户的位置跟踪管理意义重大.

位置管理成本主要由两方面构成: 位置更新成本和寻呼成本, 一些其他的因素如信令消耗带宽以及时间等对不同的优化策略来讲并不具可比

收稿日期: 2010-06-23

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60974077)

作者简介: 张小玲(1985-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为无线网络优化.

性^[6-7],在此不予考虑.寻呼和位置更新都要消耗网络信令以及用户资源,因此,希望整个通信系统的位置管理成本最小.参考文献[6]~[8],位置管理成本计算如下:

$$\text{Cost} = \beta N_{\text{LU}} + N_{\text{P}}, \quad (1)$$

其中 N_{LU} 为总的位置更新次数,由穿过位置区边界的移动台数目决定; N_{P} 是总的寻呼次数,由整个区域所含的所有小区的寻呼量(移动台被叫量)产生,移动台是否被叫是独立的,各个小区的产生的寻呼量也是相互独立的,移动台被叫次数越多,则对其对应的位置区产生的寻呼负荷贡献越大; β 为位置更新成本和寻呼成本的比率,根据实际情况,一次位置更新比一次寻呼消耗的网络资源多,并且大部分移动用户在穿越位置区边界时并没有通话,寻呼负荷仅仅由被叫产生,参考文献[8]取 $\beta = 10$.

位置更新成本以图1中灰色部分位置区 LA_i 为例来说明, LA_i 位置更新成本 $N_{\text{LU}i}$ 计算如下:

$$N_{\text{LU}i} = 37 + 56 + 67 + 89 + 49 + 98 + 27 + 54 + 60 + 83 = 620.$$

寻呼成本以图1中灰色部分位置区 LA_i 为例来说明,图2中灰色部分位置区 LA_i 的寻呼成本 $N_{\text{P}i}$ 计算如下

$$N_{\text{P}i} = (89 + 103 + 91 + 32 + 46 + 55 + 78 + 62) \times 8 = 4\,448,$$

则该 LA_i 的位置管理成本为

$$\text{Cost}_i = \beta N_{\text{LU}i} + N_{\text{P}i} = 10 \times 620 + 4\,448 = 10\,648.$$

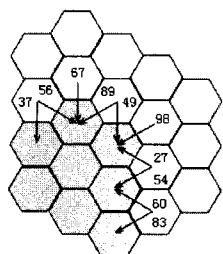


图1 位置区更新次数图

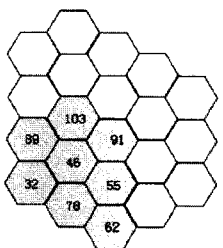


图2 位置区寻呼次数

络中随机选取一个位于位置区边界的小区,将其随机分配到相邻小区所在的位置区内,其中该位置区与边界小区的初始位置区不同,不断选择的结果是总的位置区数目只会减少.由此可知,在更新过程中位置区数目将逐步减小,并不会增加,因此文献[6]中位置区规划存在以下两个方面的不足:1) 如果算法在最优规划对应的位置区数目下没有找到最优解,由于位置区数目逐步减小,那么在以后的迭代中不管是否采用重升温模拟退火,都不能找到最优的位置区规划,则算法将陷入局部最优无法跳出.2) 采用位置区数目递增或递减的方式来进行位置区规划,必然会导致很多无用的搜索.因此,如何提高算法的随机搜索解点的能力,同时避免局部最优对于搜索最优的位置区规划起着至关重要的作用.

如果可以在算法更新的过程中增加位置区的数目,那么算法可以有效避免陷入局部最优的情况,同时,如果位置区的数目随机地变动,则必会影响算法的搜索能力.因此,希望在迭代的初始阶段算法可以在整个解空间上随机地搜索解点,即随机地确定位置区的数目,随着迭代的增加,位置区的数目逐渐趋向一个稳定的值,最终找到最优解.基于此,设计了自适应调节位置区数目的更新策略.当达到策略设定的条件时,将会随机地选取小区 i 为中心生成位置区 i ,这样总的位置区数目就会在原有的基础上增加,而不是逐渐减少,这种策略有效地避免算法落入局部最优.自适应策略具体设定如下:先假定与小区 i 相邻的小区序号为 $\{i_1, i_2, \dots, i_m\}$,相邻小区与小区的位置更新(移动台切换次数)为 $\{N_{\text{LU}i_1}, N_{\text{LU}i_2}, \dots,$

$$N_{\text{LU}i_m}\}, \text{则平均的位置更新大小为 } \bar{N}_{\text{LU}i} = \frac{\sum_{j=1}^m N_{\text{LU}i_j}}{m}.$$

1) 当 $p \leq 1 - r^{\alpha T/T_0}$ 时(T, T_0 分别为当前温度和初始温度),其中 $p, r, \alpha \in [0, 1]$ 的均匀随机数,则以小区 i 为中心,并将其设为位置区 i ,然后依概率 $P_{\text{LU}i_j} = \min\left\{\frac{N_{\text{LU}i_j}}{2N_{\text{LU}i}}, 1\right\}$ 选择临近的小区,并将其划分为位置区 i .

2) 当 $p > 1 - r^{\alpha T/T_0}$ 时,将小区 i 随机分配到与其相邻小区所在的位置区内,其中该位置区与小区 i 的初始位置区不同.概率 $1 - r^{\alpha T/T_0}$ 随着温度 T 的下降而波动下降,由此可波动地调节位置区的数目,最终找到一个最优位置区规划.

2.2 模拟退火接受函数设计

接受概率对于算法搜索能力和收敛效果起着至

2 自适应位置区规划设计

2.1 自适应调节位置区数目的位置区更新设计

文献[6]中位置区数目更新时,采取在整个网

关重要的作用,因此,接受概率必须由1波动减小到0来避免算法陷入局部最优和保证解的收敛性. 本文模拟退火算法接受概率构造如下:

$$P = e^{-(E_{c'} - E_c) / (T(k) \max(\Delta E))}, \quad (2)$$

其中 E_c 和 $E_{c'}$ 分别为更新前和更新后的位置管理成本, $\max(\Delta E)$ 为迭代过程中采用模拟退火算子时更新后和更新前的最大的位置管理成本差值. 文献[6]模拟退火算法运用了重升温的方法,其迭代过程中采用的状态转移概率(接受概率)为

$$P = e^{-100(E_{c'} - E_c) / (T(k) E_c)}. \quad (3)$$

两者相比,可见文献[6]的模拟退火算法中接受概率存在修正参数100,如果网络环境发生改变,则该修正参数需做一定的修改. 本文采取的接受概率使用 $\max(\Delta E)$ 避免了引入修正系数,因此可以满足不同的网络环境使用,最终的实验结果也表明该算法可取得更好的位置区规划法.

2.3 模拟退火算法步骤

第1步:初始化位置区 C , 设定初始温度 T_0 ;

第2步:令 $T = T_0$;

第3步:更新位置区为 C' ;

第4步:当 $E(C') < E(C)$ 时,则令 $C = C'$, $T = \lambda_r T$, 其中, λ_r 为正的略小于1.0的常数,当 $E(C') \geq E(C)$ 时,计算 $P = e^{-(E_{c'} - E_c) / (T(k) \max(\Delta E))}$, 并随机产生 $[0, 1]$ 上均匀分布的随机数 R , 如果 $R < P$, 则令 $C = C'$, $T = \lambda_r T$, 否则重复计算第3步 n 次, 其中 n 为当前位置区数目的两倍, 如果在 n 次位置区更新中 C 没有改变, 则令 $T_0 = \lambda_{r_0} T_0$, $T = T_0$.

第5步:如果满足终止条件,算法结束,否则重复第2到第4步.

2.4 位置区初始化设计

第1步:对网络中的小区依次编号为 $1, 2, \dots, N$, 其中 N 为小区总数.

第2步:从没有被划分的小区中随机选取一个小区 i , 然后以一定的概率来选择与 i 相邻的小区, 将选取的小区与小区 i 划分为一个位置区, 并标记该位置区序号为 i , 选择相邻小区的概率为 $P_{Lui_j} = \min\left\{\frac{N_{Lui_j}}{2\bar{N}_{Lui}}, 1\right\}$, $\bar{N}_{Lui}$ 为 i 小区与相邻小区的平均位置更新次数(移动台切换次数).

第3步:重复第2步直到所有的小区均被划分.

2.5 同一个位置区不连通小区的处理

在位置区规划问题中,必须考虑到一种情况,就是一个位置区内的小区必须是连通的,如果出现如图3所示情况,其中灰色部分对应的位置区序号相

同,但是所有小区并不连通,则需将该位置区分分为两个位置区,并从位置区中随机选取小区序号作为位置区序号.

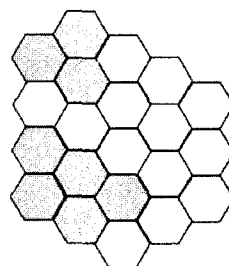


图3 位置区相同小区不连通图

3 数据仿真实验

为便于实验结果比较,本文依然采用文献[6]和[7]中的3个网络环境及数据,分别选取 5×5 、 5×7 、 7×9 三种蜂窝网络例子,即依次采取25个小区、35个小区以及63个小区组成的蜂窝环境运用模拟退火算法进行试验仿真. 设定 $T_0 = 5$, $\lambda_{r_0} = 0.95$, $\lambda_r = 0.9$, 终止条件为当 $T_0 < 0.1$ 时,迭代终止,测试环境为: System: Windows XP; CPU: T2050; Memory: 1 G; Language: Matlab7.1.

通过以上参数设置,应用本文算法,采取自适应策略进行的位置区数目调节,取得了不同于文献[6]的最优解,得到了 5×5 网络环境、 5×7 网络环境和 7×9 网络环境下的位置区分布图形(图4至图6).

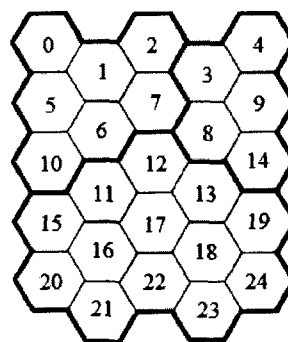


图4 5×5 网络环境下的最优位置区规划

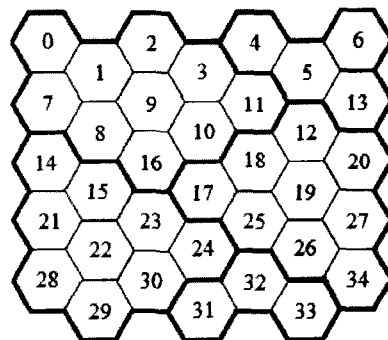


图5 5×7 网络环境下的最优位置区规划

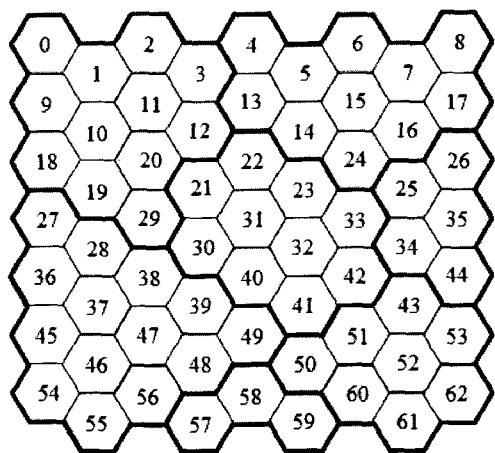


图6 7×9网络环境下的最优位置区规划

三者对应的位置管理成本与文献[6]比较如表1所示。

表1 不同算法位置区管理成本比较

算法	5×5 网络环境	5×7 网络环境	7×9 网络环境
本文算法	26 990	39 732	89 095
文献[6]算法	26 990	39 985	90 526

由表1可知,本文算法搜索到的位置区规划所需的位置管理成本更小,因此具有更好的位置规划结果。

4 小结

本文提出了一种基于模拟退火的自适应调节位置区数目的算法来划分位置区,在初始化过程中结合了小区间位置更新信息,在位置区更新过程中动态更新调节位置区数目和大小,并结合有效设计的模拟退火算子,最后在几组网络环境下对位置区进行规划,通过与已知算法的实验结果比较,本文算法得到了更好的位置区规划结果,表明了算法的有效性。

参考文献:

- [1] Almeida-Luz S, Vega-Rodriguez M A, Gomez-Pulido J A, et al. A Differential Evolution Algorithm for Location Area Problem in Mobile Networks[C] // 15th IEEE International Conference Software, Telecommunications and Computer Networks (Softcom), Split, Croatia; IEEE Computer Society, 2007:1-5.
- [2] Foughali L, Batouche M, Talbi E-G. A Parallel Insular Model for Location Areas Planning in Mobile Networks[C] // 11th International Workshop on Nature Inspired Distributed Computing (NIDISC'08), Miami, USA; IEEE Press, 2008:1-8.
- [3] Cayirci E and Akyildiz I F. Optimal Location Area Design to minimize registration signaling traffic in wireless system[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2003, 2(1):76-85.
- [4] Demirkol I, Ersoy C, Caglayan M U, et al. Location area planning and cell-to-switch assignment in cellular networks [J]. IEEE Transaction on Wireless Communication, 2004, 3(3):880-890.
- [5] 黄剑锋,徐惠民. 切换统计相关用于位置区优化[J]. 北京邮电大学学报, 2007, 30(4):45-49.
- [6] Taheri J, Zomaya A Y. A Simulated Annealing Approach for Mobile Location Management [C] // International Parallel and Distributed Processing Symposium, The 19th IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS'05), Washington, DC, USA; IEEE Computer Society, 2005:194-201.
- [7] Taheri J, Zomaya A Y. A genetic algorithm for finding optimal location area configurations for mobility management [C] // The IEEE Conference on Local Computer Networks 30th Anniversary (LCN'05), Washington, DC, USA; IEEE Computer Society, 2005:568-577.
- [8] Ricky Subrata, Zomaya A Y. Evolving Cellular Automata for Location Management in Mobile Computing Networks[J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 2003, 14(1):13-26.

An Adaptive Strategy Based on Simulated Annealing for Location Area Planning

Zhang Xiao-ling¹, Liu Hai-lin², Li Xue-qiang³

(1. Faculty of Information Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China;

2. Faculty of Applied Mathematics, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China;

3. School of Computer Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: It proposes a new algorithm based on simulated annealing (SA), using an adaptive strategy to regulate the number of location areas for LAP, combined with the effective design of simulated annealing operator. The new algorithm overcomes the problem of getting the local optimum with usual algorithms, and improves search efficiency. Computer simulation verifies the effectiveness of the algorithm.

Key words: location area planning; paging; location updating; simulated annealing