

模拟退火算法的 WLAN 信道分配中的应用

刘 超, 戎蒙恬

(上海交通大学 电子工程系, 上海 200240)

摘 要: 无线局域网在大规模部署时信道分配成为一个重要问题, 对此提出了以最大化最小信干比为目标的无线局域网信道分配模型, 并把模拟退火算法应用到模型的求解中. 仿真实验结果表明, 该算法具有良好的收敛性和求解效果, 能显著提高整个无线局域网覆盖区域上的信干比.

关键词: 无线局域网; 信道分配; 模拟退火

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)06-0017-03

Application of Simulated Annealing Algorithm on WLAN Channel Assignment

LIU Chao, RONG Meng-tian

(Department of Electronic and Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: Channel assignment become an important problem for large-scale deployment of WLAN. This paper proposes a WLAN channel assignment model aimed at maximizing the minimal SIR, and then applies simulated annealing algorithm to solve this model. Simulation results show that the proposed algorithm has a good convergence and efficiency and is capable of significantly increasing the SIR over the coverage of WLAN.

Key words: WLAN; channel assignment; simulated annealing

1 引言

基于 IEEE802.11 系列标准的无线局域网 (Wireless Local Area Network, WLAN) 在近几年得到快速发展和广泛应用. 随着 WLAN 的大规模部署, 一些在小规模应用时并不明显的问题, 此时变得异常严重. 一个突出的问题表现在 WLAN 的信道分配 (Channel Assignment) 上. 于是, 如何合理分配信道, 减少相互间干扰, 就成为 WLAN 大规模部署时必须要考虑的问题.

AT&T 实验室的 Leung 通过引入有效信道利用率, 把 802.11 网络的信道分配表示为一个 0-1 规划问题, 并证明其是 NP 完全的, 同时给出了一个启发式算法来求解该问题^[1]. 不过, 信道利用率本

身是一个难于计算且不定量的变量, 这就使得该方法的实用性大打折扣. 而 Mishra 则利用图着色理论, 通过引入权重函数和干扰因子, 把信道分配转化为一个带权重的顶点图着色问题^[2]; 在最小化干扰的目标下, 证明了其是一个 NP 难问题, 并给出可伸缩分布式的求解算法. 只是文中仅考虑了接入点 (Access Point, AP) 之间的干扰, 对于如何降低整个覆盖区域上的干扰问题, 并没有涉及到. 同样的问题在 Akl 提出的动态信道分配算法中也存在^[3], 该算法只是最小化相邻 AP 在一个 AP 处施加的干扰, 并且是通过 AP 各自动态迭代的方法来得到一个解, 解的存在性及算法的收敛性都得不到保证.

模拟退火 (Simulated Annealing, SA) 是一种通用概率算法, 用来在一个大的搜寻空间内找寻命题

收稿日期: 2009-04-07; 修回日期: 2009-06-07

基金项目: 国家自然科学基金项目 (60521002); 国家科技部科技攻关基金资助项目 (2005BA908B02); 上海市科学技术发展基金资助项目 (05dz05802)

的最优解.其最初的思想由 Metropolis 等人在 1953 年提出^[4], Kirkpatrick 等人在 1983 年成功地将其应用在组合最优化问题中^[5]. 模拟退火算法来源于固体退火原理,将固体加温至充分高,再让其徐徐冷却,加温时,固体内部粒子随温升变为无序状,内能增大,而徐徐冷却时粒子渐趋有序,在每个温度都达到平衡态,最后在常温时达到基态,内能减为最小.模拟退火算法与初始值无关,并且具有渐近收敛性,已在理论上被证明是一种以概率 1 收敛于全局最优解的全局优化算法.模拟退火算法由于有很好的数学特性,再加上其本身与特定的问题无关,因此被广泛地用于各种组合优化问题^[6].

2 信道分配模型

为了解 WLAN 覆盖区域上的信道间干扰状况,我们在整个区域中,选取若干具有代表意义的信号观测点(Observation Point, OP),通过观测 OP 处的信干比(Signal-to-Interference Ratio, SIR)来判断信道间干扰的大小.我们提出的信道分配模型,以 OP 处的 SIR 为输入数据,以信道分配方案为决策变量,目标是提高整体 OP 的 SIR 水平.

信道间干扰主要源于信道间存在的相互重叠.在 802.11b/g 标准中,2 401~2 468MHz 之间工作频段,以直接序列扩频技术划分为 11 个信道中,每个信道占据 22MHz 带宽,但相邻信道之间的中心频率只相隔 5MHz,这使得相邻信道存在着很大的重叠部分.正是这样的信道重叠,导致信道间相互干扰的出现,因而一般只使用相互间完全重叠和干扰的 3 个信道,即信道 1、6、11.所以目前我们只考虑 3 个无重叠的信道的分配.但为了后续研究的扩展方便,我们提出了信道重叠因子的概念,用以表示两个信道间重叠的程度和由此造成的彼此间干扰的大小.信道重叠因子的取值范围为 0~1.如果只考虑无重叠信道,则其值非 0 即 1,两信道不同时为 0,相同时为 1.

一个 OP 处的终端工作时关联且只关联于一个 AP,它所关联的 AP 的信号对它来说是有用信号,而来自其他 AP 的信号就是干扰.一个 AP 工作时也只能设定在一个信道上.OP 处所受干扰的大小既与接收到的干扰信号的功率有关,也与干扰信号的信道有关(确切地说是与干扰信号和有用信号各自的信道之间的信道重叠因子有关).

假设考虑的 WLAN 覆盖区域中 M 为接入点的集合, N 为观测点的集合, K 为可分配信道的集合.首先定义如下变量:

v_{nm} :观测点 n 接收到的接入点 m 的信号功率

x_{nm} :观测点 n 是否关联接入点 m ;是为 1,否为 0.

X 是观测点与接入点之间的关联矩阵. x_n 是观测点 n 与接入点的关联行向量,其成员中有且只有一个为 1,对应 AP 即其关联 AP.

a_{kl} :信道 k 与信道 l 间的信道重叠因子. A 是信道重叠因子矩阵,对于 3 个无重叠信道而言,它是 3 阶单位矩阵.

c_{mk} :接入点 m 是否分配信道 k ;是为 1,否为 0.

C 是接入点的信道分配矩阵. c_m 是接入点的信道分配行向量.

b_{nm} :观测点 n 所关联的接入点 m 的信道与接入点的信道之间的信道重叠因子.

S_n :观测点 n 处的信号功率.

I_n :观测点 n 处的干扰功率.

SIR_n :观测点 n 处的信干比.

其中,决策变量 c_{mk} 就是待定的信道分配方案,它之前的变量都是已知的,作为输入使用,它之后的变量都是为了表述方便而引入的中间变量.这样,我们的信道分配模型可以用如下非线性 0-1 整数规划来表述:

$$\max \min \{SIR_n, n \in N\} \quad (1)$$

$$\text{s. t } \sum_{k \in K} c_{mk} = 1, \forall m \in M \quad (2)$$

$$S_n = \sum_{m \in M} x_{nm} v_{nm}, \forall n \in N \quad (3)$$

$$b_{nm} = x_n C A c_m^T, \forall m \in M, n \in N \quad (4)$$

$$I_n = \sum_{m \in M} (1 - x_{nm}) v_{nm} b_{nm}, \forall n \in N \quad (5)$$

$$SIR_n = S_n / I_n, \forall n \in N \quad (6)$$

目标函数(式(1))最大化全体观测点中的最小信干比,以降低整体干扰,提高信号质量.约束条件(式(2))保证为任何一个 AP 都分配且只分配一个信道.约束条件(式(3))则定义了某个 OP 处的信号功率,即其关联 AP 在此处的信号功率.约束条件(式(4))为折算某个 AP 在某个 OP 处的干扰大小定义了因子,实际即为两个信道之间的信道重叠因子,一个信道是这个 OP 所关联的接入点的信道,另一个信道就这个 AP 的信道.约束条件(式(5))定义了某个 OP 处的干扰功率,即除其关联 AP 外的其他 AP 在此处的信号功率的折算值之和.约束条件(式(6))则定义了某个 OP 处的信干比.

文中用通用模拟退火算法来解决这一组合优化问题.根据 Metropolis 准则,粒子在温度 T 时趋于

平衡的概率为 $\exp(-\Delta E/(kT))$, 其中 E 为温度 T 时的内能, ΔE 为其改变量, k 为波尔兹曼常数. 可将内能 E 模拟为目标函数值, 温度 T 转化为控制参数 t , 即得到解组合优化问题的模拟退火算法: 由初始解和控制参数初值开始, 对当前解重复“产生新解→计算目标函数差→接受或舍弃”的迭代, 并逐步衰减 t 值, 模拟退火过程. 算法终止时的当前解即为所得近似最优解. 在实际问题中应用模拟退火算法的一个重要问题是如何从当前解产生新解, 即邻域的选取. 在信道分配问题中, 我们为所有 AP 选择同一个信道作为初始解, 解的邻域则为以 AP 的当前信道为中心的相邻 1 个信道(首尾循环)内的所有信道, 新解在当前解的邻域随机选择产生.

3 仿真结果

仿真场景为一个占地 $100\text{m} \times 90\text{m}$ 的 5 层建筑, 如图 1 所示. 整个建筑中共设有 430 个 OP 和 15 个 AP, 并且 AP 在 OP 处的信号功率及 OP 与 AP 之间的关联关系已经确定.

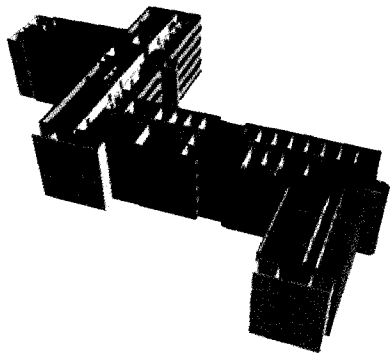


图 1 仿真建筑场景

用模拟退火算法求解信道分配模型, 得到的最小 SIR 的优化过程如图 2 所示. 从图 2 可看出, 经过信道分配, 各 AP 在 OP 处的相互干扰大幅减少, 全体 OP 中的最小 SIR 上升了约 6dB; 并且算法具有良好

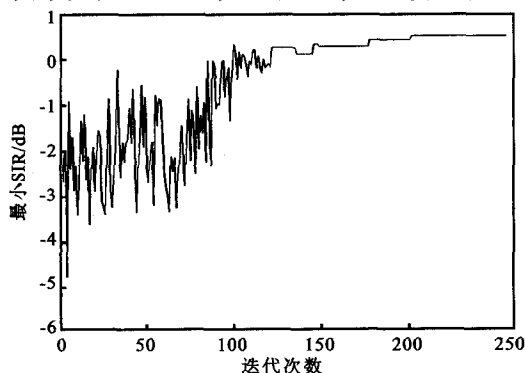


图 2 最小 SIR 的优化过程

的收敛性和有效性. 图 3 给出了迭代中止时得到的信道分配方案, 可以看出信道是交错分布的, 符合信道分配的一般规则. 图 4 则为相应的 SIR 分布图.

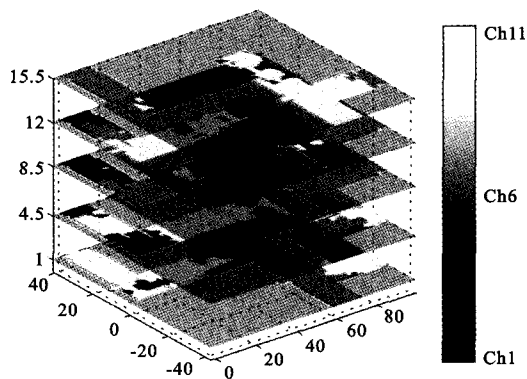


图 3 信道分配方案

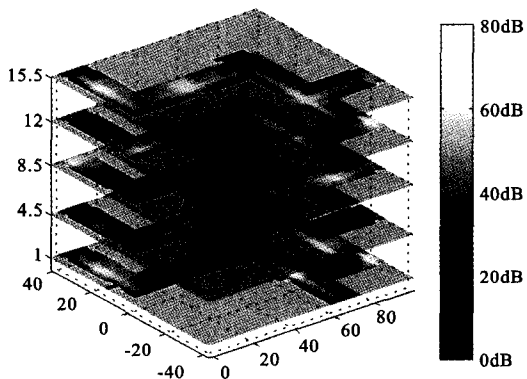


图 4 SIR 分布

4 结束语

随着 WLAN 的日益广泛应用和大规模部署, 科学合理地为 WLAN 网络进行信道分配成为迫切需要. 文中引入了信道重叠因子的概念, 提出了以最大化最小信干比为目标信道分配模型, 并把模拟退火算法应用到模型的求解中. 仿真结果表明, 该信道分配算法能有效降低信道间干扰, 提高信干比, 并具有良好的收敛特性.

参考文献:

- [1] Leung K K, Kim B J. Frequency assignment for multi-cell IEEE 802.11 wireless networks[C]// Proc. of Vehicular Technology Conference (VTC 2003 - Fall). Lake Buena Vista, Florida, USA, 2003(3): 1422-1426.
- [2] Mishra A, Banerjee S, Arbaugh W. Weighted coloring based channel assignment for WLANs[J]. ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 2005, 9(3): 19-31.

(下转第 23 页)

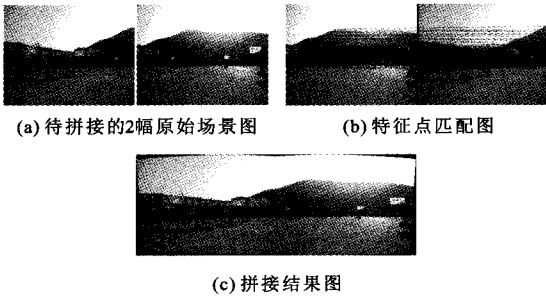


图1 基于两幅图像的拼接结果

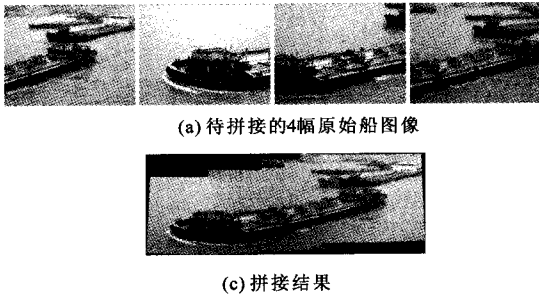


图2 基于多幅图像的拼接结果

此外,文中也与 Lowe 的基于 SIFT 算法的 Autostitch 图像拼接系统进行了比较,两者的拼接的正确概率均为 100%,而且对 SIFT 算法进行了简化,故文中算法的总耗时有所降低。

4 结束语

文中采用的 SIFT 算子对图像缩放、旋转变换、色差、噪声等抗干扰性较强,增加了拼接算法的稳定性;采用的近似最近邻优先搜索算法以及极线约束条件降低了特征点匹配的复杂性,提高了算法的实时性;基于 RANSAC 的变换矩阵估计算法也有效提

高了图像拼接的成功率.实验证明,此算法能力较强、速度较快、拼接效果也较为理想,具有一定的实用价值。

参考文献:

- [1] 李健,史进.基于 openCV 的三维重建研究[J].微电子学与计算机,2008,25(12):29-32.
- [2] Zitova B, Flusser J. Image registration methods: a survey [J]. Image and Vision Computing, 2003, 21(11): 977-1000.
- [3] 王国美,陈孝威. SIFT 特征匹配算法研究[J]. 盐城工学院学报:自然科学版,2007,20(2):1-5.
- [4] 徐学斌,张新曼,张德运.一种基于 Ridgelet 变换的遥感图像融合方法[J].微电子学与计算机,2008,25(8):2-4.
- [5] Lowe D G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints[J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2):91-110.
- [6] Arya S, Mount D, Netanyahu N, et al. An optimal algorithm for approximate nearest neighbor searching in fixed dimensions[J]. Journal of the ACM, 1998, 45(6):891-923.
- [7] 张静,严壮志.自动图像拼接中的一种特征提取和匹配方法[J].应用科学学报,2008,26(3):287-294.

作者简介:

易成涛 男,(1975-),博士研究生,讲师.研究方向为计算机视觉、虚拟现实.

王孝通 男,博士,教授.

徐晓刚 男,博士,教授.

(上接第19页)

- [3] Akl R, Arepally A. Dynamic channel assignment in IEEE 802.11 networks[C]// Proc. of the IEEE Intl. Conf. on Portable Information Devices 2007. Orlando, FL, USA: Portable, 2007:1-5.
- [4] Metropolis N, Rosenbluth A W, Rosenbluth M N, et al. Equation of state calculations by fast computing machines [J]. J. Chem. Phys., 1953, 21(6): 1087-1092.
- [5] Kirkpatrick S, Gelatt C D, Vecchi M P. Optimization by

simulated annealing[J]. Science, 1983, 220(4598): 671-680.

- [6] 徐宁,杨程.混合模拟退火算法解决 VLSI 布局问题 [J]. 微电子学与计算机,2006,23(10):51-53.

作者简介:

刘超 男,(1974-),博士研究生.研究方向为无线资源管理.

戎蒙恬 男,(1952-),教授,博士生导师.