

小区域移动通信系统动态频率选择算法的研究

许国军, 沈连丰, 胡 静, 钱小勇

(东南大学移动通信国家重点实验室, 江苏南京 210096)

摘 要: 本文提出了一种新的动态频率选择 (DFS) 算法, 它适用于无线局域网/无线个域网 (WLAN/WPAN) 等小区域无线多媒体通信系统. 文章给出了算法处理过程的描述, 并以 HIPERLAN/2 系统为例进行了仿真. 仿真结果表明, 与目前已有的算法相比较, 新算法具有干扰探测快、跳转换频稳定等特点, 能够在复杂传播环境下提高 WLAN/WPAN 的服务质量 (QoS). 该算法已被成功地应用于所研制的 HIPERLAN/2 系统中.

关键词: 无线局域网; 无线个域网; 动态频率选择; HIPERLAN/2; 服务质量

中图分类号: N911.25⁺¹ **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2003) 10-1598-03

The Study on DFS Algorithm of Mobile Communications System in Mic Cell

XU Guo-jun, SHEN Lian-feng, HU Jing, QIAN Xiao-yong

(National Mobile Communications Research Lab of Southeast University, Nanjing, Jinsu 210096, China)

Abstract: This paper brings forward a new DFS algorithm utilized in WLAN/WPAN and gives the disposition processing. As a material application example, the paper simulates the algorithm in HIPERLAN/2. Compared to other algorithm, the result of simulation indicates that the new algorithm has these characteristics such as fast finding interference and steady changing frequency. The algorithm can satisfy request of WLAN/WPAN in complex communications environment and ensure Quality of Service (QoS) of system. It has been used successfully in the HIPERLAN/2 system developed.

Key words: WLAN; WPAN; dynamic frequency selection (DFS); HIPERLAN/2; QoS

1 引言

以无线个域网 (WPAN, Wireless Personal Area Network) 和无线局域网 (WLAN, Wireless Local Area Network) 为代表的小区域无线接入技术, 正成为移动通信领域中新的热点, 而新一代移动通信的多媒体服务要求和宽带化的趋势, 使得频率资源和系统容量的矛盾变得更加突出, 这促使人们开发新的频段和寻求更为有效的办法.

目前已提出或正在研究的小区域移动通信系统 (如 IEEE 802.11^[1], HIPERLAN^[2], Bluetooth^[3], 等), 一般都工作在 2.4GHz 或 5GHz 以上频段, 这些频段在许多国家不需申请频率资源使用许可证, 可能有多类通信系统共存, 且有些频段被作为军事用途 (如 5.25~5.85GHz 被雷达占用). 因此, 在这些频段上同时工作的设备将互相干扰, 故干扰躲避的研究显得尤为重要. 动态频率选择 (DFS, Dynamic Frequency Selection) 根据干扰情况动态地分配无线资源, 可以减少不同设备间的干扰, 是提高频谱利用率的一种有效方法.

现有的载波频道的分配算法包括计划分配方法和扩频等, 但这些分配方法不适合 WLAN 的具体环境, 没有考虑 WLAN 或 WPAN 等小区域移动通信系统在实用中的复杂情况以及所要求的严格的实时性. 文献 [4] 针对 HIPERLAN/2, 提出了基于干扰滤波值的长期衡量算法, 它的优点是可以及时地找到较好的频道; 但算法的稳定性差, 系统的频道重选率高会影响系统的性能. 文献 [5] 提到了基于信干比 (CIR, Carrier to

Interference Ratio) 或基于包错误率 (PER, Packet Error Ratio) 的算法, 这种算法的前提是接入点之间可以互通信息, 这在 WLAN 系统中不可行.

本文针对 WLAN/WPAN 应用的特点, 提出一种新的 DFS 算法. 文章首先对算法的处理过程进行描述, 然后对其性能进行分析, 并以 HIPERLAN/2 系统为例进行了数值仿真. 仿真结果表明, 该算法比其他现有算法能更有效地提高频谱利用率和服务质量. 虽然本文的分析和仿真均以 HIPERLAN/2 系统为例, 但结果也适用于其他 WLAN/WPAN 系统.

2 DFS 算法

DFS 算法的处理过程在 AP 和移动端 (MT, Move Terminal) 中有所不同, 现分别讨论之. 图 1 为算法流程示意图.

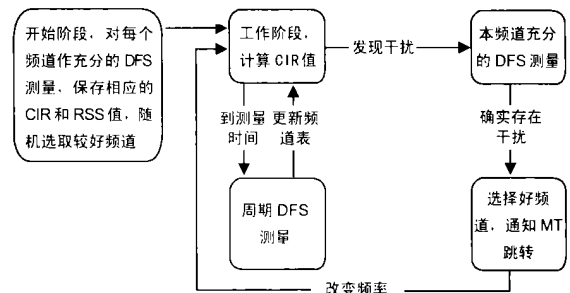


图 1 算法流程示意图

收稿日期: 2002-05-08; 修回日期: 2002-09-30

基金项目: 国家自然科学基金 (No. 60072016); 教育部科学技术研究重点项目 (No. 99176)

2.1 AP 的处理过程

开机阶段, AP 扫描所有的可用频道, 系统形成初始的分配向量 $F_0 = (f_1^0, f_2^0, \dots, f_M^0)$ 向量中的第 i 个元素是分配给第 i 个 AP 的频道, M 是 AP 的个数, N 是可用频道的总数. 每个 AP 以频道质量 $A(f)$ 的形式存储可用频道信息, 以超过一定的门限值 $Q(f)_{th}$ 为好信道标准, 组成一个好信道集合 $F = (f^1, f^2, \dots, f^m)$, 在此集合内选择使用干扰最小的频道, 进入工作阶段.

当有 MT 接入时, 记录下初始 N 帧内每个 MT 上行链路 LCH 包的 CIR_0 与 RSS_0 . 然后 AP 周期性地向 MT 发出 DFS 测量指令. 在 DFS 测量中, 如果好信道集合中的某个频道 f^i 的 $Q(f^i) < Q(f)_{th}$, 则从好信道集合中删除这一频道, 同时 AP 在下次测量时, 通知 MT 扫描好信道集合以外的频道 $f^n \in F$ 的质量, 如果发现 f^n 的 $Q(f^n) > Q(f)_{th}$, 则在好信道集合中加入此频道. 在 MT 进行测量时, AP 也不时地进行可用频道的质量测量. 最后 AP 收集 MT 和自己的测量结果, 根据最后的结果更新 AP 的好信道集合 $F = (f^1, f^2, \dots, f^{i-1}, f^n, f^{i+1}, \dots, f^m)$. AP 对所收集的信号强度的处理过程见文 [4], 整个的链路质量由 $q(f)$ 给出, $q(f)$ 是对每个频率通过一阶递归滤波的衡量值, 其滤波重建系数 c , 结果为长期平均质量 $Q(f)$:

$$Q(f)_n = (1 - c)q(f)_n + cq(f)_{(n-1)}$$

AP 周期性地比较 $Q(f)$ 和正在使用频率 f_0 的 $Q(f_0)$, 如果 $Q(f) < Q(f_0) + M$ (M 的值可以适当地选取), 则保留当前使用的频率 f_0 .

在工作阶段, AP 同时在每隔 N 帧的时间间隔内做一次 CIR 的检测, 当 $CIR_0 - CIR < CIR \cdot THR$ 时 ($CIR \cdot THR$ 为 CIR 的变化感知门限值), 存在以下两种情况: (1) HIPERLAN 频带内干扰增加, 导致 CIR 下降; AP 判定系统的干扰增大, 那么 AP 和它所链接的 MT 对所使用的频道进行 DFS 测量; (2) MT 向远离 AP 的方向移动. 此时需要利用 RSS 进行判决, 若出现 CIR 下降的那个 MT 的 RSS 并没有下降, 则认为属于情况 (1); 若 $CIR_0 - CIR > RSS_0 - RSS$, 则认为属于情况 (2). 只有出现情况 (2) 的 MT 个数超过了 MT 总数的某一百分比且 $CIR < 17$ dB 时, AP 判定系统的干扰增大, 就发起一次所使用频道的 DFS 测量以查看是否确实存在干扰, 决定是否切换频道.

AP 和它所链接的 MT 对所使用的频道进行 DFS 测量, 更新频道质量, 然后 AP 在若干个好信道集合中随机选择一个信道 f^k , AP 及 MT 进行该信道的测量. 当 AP 所处的频道的 $Q(f) < Q(f)_{th} + C$ (常数), 或者所选取的好频道的 $Q(f^k) > Q(f) + M$ (常数) 时, 就选取最新的好信道集合中频道 $f^k \in F$, 同时 AP 向小区内所有 MT 发出改变频率的信息. 若不满足频率切换条件, 则在其他几个好信道中随机选取一个频道, 回到上一状态.

2.2 MT 的处理过程

MT 完成建链后, 同样记录初始 N 帧内 LCH 包的 CIR_0 与 RSS_0 , 但每隔 N 帧, MT 也进行一次检测. 和 AP 的判定过程类似, 可以判定 CIR 的降低是否是干扰引起的. 若是, MT 应该向 AP 提出 DFS 测量请求.

当 AP 允许 MT 测量产生干扰的 AP 的 RSS 时, 若测得的 RSS_{max} 不是当前 AP 的 RSS , 那么 MT 应该向具有 RSS_{max} 的 AP 切换; 如果 RSS_{max} 仍然是当前 AP 时, 则说明有比较大的干扰存在, MT 将测量结果报告给 AP, AP 决定是否进行抽样测量.

2.3 算法的性能

对于如何确定所选的频道是好的, Christer 和 Jonas 在文 [6] 中提出了好频道的判定标准. 仿真中需要确定一个好频道的判定常数 C 的大小.

算法的收敛决定了算法是否可以最终得到优化的频率分布, 尽管算法有较大区别, 但仍然可以参照文 [7] 中类似的方法证明算法的收敛性. 这里不再做具体的证明.

3 对 DFS 新算法的仿真

3.1 仿真条件及环境

HIPERLAN/2 涉及的信道模型以 Channel A 与 Channel C 最为常见 [2], 本文以此两种信道进行仿真. DFS 算法的仿真采用的是运行在 Linux 平台上的 Network simulator. NS 是一种离散事件仿真器, 非常适合于基于包交换协议的网络仿真 [3].

对于小区域移动通信系统, 采用对数距离损耗模型 (log-distance pathloss model) [9] 较为合适. 实际的 DFS 测量有两种类型, 即接受信号的强度和信号的抽样值, 这两种测量都受到衰落的影响. 我们利用 MATLAB 仿真取得快衰落信道的采样值, 在仿真中引入对应时间的快衰落的影响, 以使仿真环境和实际的工作环境相似.

仿真使用 130m × 150m 的展览馆环境, 共有 20 个 AP 分布在正方形的格点上. 为简化过程, 只考虑其中的一个 AP 和 10 个 MT 进行通信, 这 10 个 MT 随机分布在这个 AP 的四周. 其余的 AP 用来产生对应频道的信号, 其中的一个 AP 充当同频干扰源. 在测量期间假定 MT 静止, 而通常的情况下, 其典型的运动速度为 2m/s.

3.2 仿真结果及其分析

本文提出的算法和长期衡量算法 [4] 进行性能对比仿真.

3.2.1 实时性对比 在本文所提的算法中, 图 2 是取 2000 帧 (2ms/帧) 的 CIR 值时, 不同门限值与对应的误差大小时得到的干扰判定概率的结果图, 由图可以看出选取 3dB 为干扰感知门限值 $CIR \cdot THR$ 是合适的. 仿真结果图 3 表明, 从有干扰产生到系统以较大概率发现干扰, 系统最少需要 2000 帧 (4s) 的时间. 鉴于实时性的要求, 取 2000 帧的时间即可满足要求. 在长期衡量算法中, 测量周期为 300 帧, 滤波系数为 0.1 时, 得到系统发现干扰与时间的累积概率密度分布曲线见图 4, 对应的 2、3、4、5 是每次的测量帧数. 在实际的通信过程中, 为避免频繁的测量影响系统的吞吐量, 必须适当选择测量周期. 图 5 为周期为 100 帧时的吞吐量对比. 图 6 是每隔 200 帧作一次测量的吞吐量对比. 所以测量周期的长度至少要超过 200 帧. 假设测量周期为 300 帧, 那么发现干扰的时间大于 8s. 在系统比较繁忙时, AP 不可能和所有建链的 MT 断开而去作测量, 若去掉 AP 的测量质量, 则需要 MT 作更多次的测量才能较稳定地发现干扰, 启动变频. 上述长期衡量算法的结果是滤波系数为 0.1 时取得的. 但在通信过程中, 对于突发性的短暂

干扰,我们希望系统是稳定的.可以预见在滤波系数更大时可以减少突发性干扰的影响.但是滤波系统加大会使发现干扰的实导性收到影响,即进一步推迟虎算法干扰发现的时间.

可见我们提出的算法可以稳定快速地(4s)发现干扰从而及时避开受到干扰的频道,这对于系统保持通信的质量(QoS)具有重要的意义.

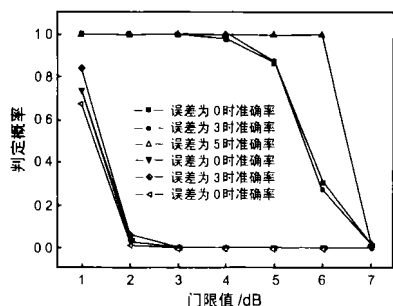


图2 新算法对应门限值的准确率和误判率

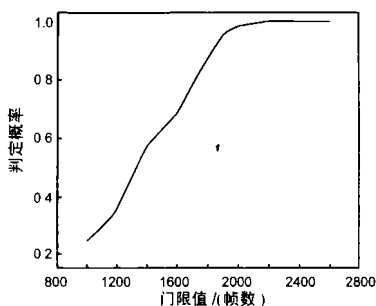


图3 新算法对应时间长度的干扰判定准确率

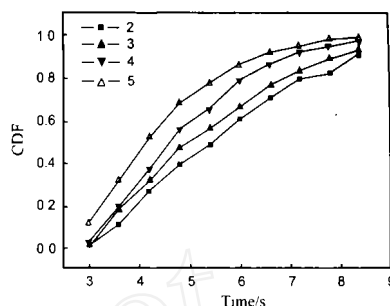


图4 长期衡量算法发现干扰的概率与时间分布曲线

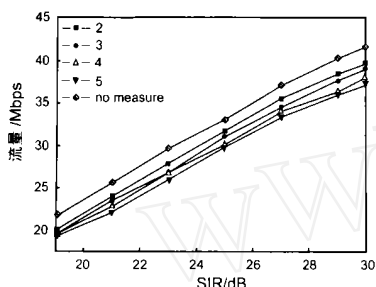


图5 长期衡量算法周期为100帧吞吐量对比

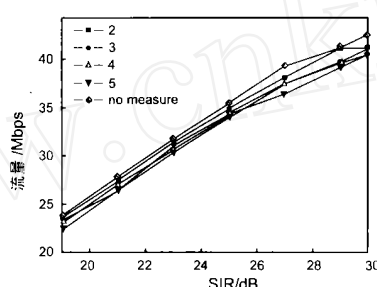


图6 长期衡量算法周期为200帧吞吐量对比

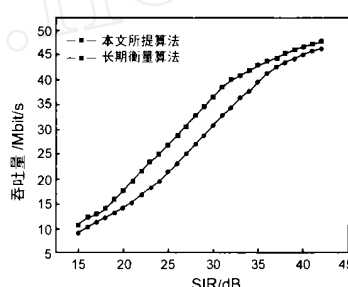


图7 两种算法的吞吐量对比

4 结论

由两种算法的仿真结果可知:使用本文所提出的算法,系统发现干扰到转变频率的反应时间较短,而且可以稳定地跳转,克服了算法常见的“乒乓效应”,避免了系统的频繁跳转.系统对干扰反应的实时性能更好地保证通信系统的QoS,这对非授权频谱系统是至关重要的.最终的仿真结果也证实了新的算法改善了系统的吞吐量.这种算法已被应用于所研制的HIPERLAN/2系统中并证实了它的优越性.

本课题的研究还得到了摩托罗拉公司的资助,该公司南京软件中心许翔先生等多位同仁给予了很大的帮助,在此表示诚挚的感谢!

参考文献:

[1] Crow ,B P,Widjaja ,I, Kim,L G,Sakai ,P T. IEEE 802. 11 wireless local area networks[J]. IEEE Communications Magazine ,Sept,1997 ,35 (9) :116- 126.

[2] ETSI TR 101 683 V1. 1. 1(2000 - 02) . Broadband Radio Access Networks(BRAN) . HIPERLAN Type 2;System Overview[S]. 2000.

[3] Ericsson ,etc. Specification of the bluetooth system - - - core DB (DB/ OL) . Version 1. 0B. December ,1999. (<http://www.bluetooth.com>) .

[4] Jörg Huschke ,Gerd Zimmermann. Impact of decentralized adaptive frequency allocation on the system performance of HIPERLAN/ 2[A]. Proc. of VTC 2000 Spring[C]. Tokyo Japan. 2000 IEEE 51st ,Vol 2 ,

3.2.2 吞吐率对比 图7显示了两种算法的物理层的吞吐量的仿真结果对比,可以看出所提出的DFS算法的吞吐量比长期衡量算法有了比较明显的提高,两者在系统的CIR比较大时趋于相同.这表明在系统的运行过程中,新的算法减少了信道质量测量的次数和频率重选的次数,提高了系统的稳定度,改善了整个系统的性能.

2000.895 - 900.

[5] Erik Anderlind. Resource allocation for heterogeneous traffic in a wireless network[A]. IEEE PIMRC 95[C]. Toronto,1995. 27 - 29.

[6] Christer Johansson Jonas Näslund ,Magnus Madfors. Ericsson radio systems AB ,Adaptive frequency allocation of BCCH frequenciss in GSM [A]. Proceeding 45th IEEE VTC 1995 [C]. Chicago ,USA. Vol 1 ,107 - 111.

[7] Cheng ,M M L ,Chuang ,J C-I. Distributed measurement-base quasi-fixed frequency assignment for personal communications ,Communications[A]. ICC 95[C]. Seattle,USA. Gateway to Globalization. IEEE International Conference on ,Vol 1,1995.433 - 437.

[8] Kevin Fall and Kannan Varadhan. The ns Manual[Z]. The VINT Project ,Dec.9 ,2000.

[9] Theodore S. Rappaport. Wireless Communications Principles and Practice[M] ,电子工业出版社(影印版) ,北京 ,1998 ,9. 102 - 104.

作者简介:

许国军 男,1972年8月生于河南省社旗县,1998年毕业于东北师范大学,获硕士学位,2001年3月于东南大学无线系移动通信国家重点实验室攻读博士学位,研究方向为高速无线互联网技术和移动通信等.

沈连丰 男,1952年7月生于江苏省邳州市,1982年毕业于南京工学院,获硕士学位,现为东南大学移动通信国家重点实验室教授、博士生导师,主要从事移动通信、无线多媒体通信和无线互联网等方面的研究工作.