

基于 NS2 的高密度 WLAN 同频干扰^①

陈桂慧¹, 郑 华^{1,2,3,4}, 刘华锐¹

¹(福建师范大学 光电与信息工程学院, 福州 350007)

²(福建师范大学 医学光电科学与技术教育部重点实验室, 福州 350007)

³(福建师范大学 福建省光子技术重点实验室, 福州 350007)

⁴(福建师范大学 智能光电系统工程研究中心, 福州 350007)

摘 要: 首先简单介绍了无线局域网同频干扰产生的原因, 然后在 NS2 仿真平台上搭建高密度无线局域网环境. 通过仿真, 测量系统中总的吞吐率、端到端传输时延和平均吞吐率来探究高密度 WLAN 下同频干扰强弱程度随 AP 数增加的变化趋势. 仿真结果表明, 高密度 WLAN 下同频干扰强弱程度随 AP 数的增加遵循一定的变化规律, 这为实际规划接入节点时同频干扰强弱的控制提供了依据, 也为仿真研究高密度无线局域网提供了参考.

关键词: NS2; 高密度 WLAN; 多 AP; 同频干扰

Co-Channel Interference in a Dense WLAN Environment Based on NS2

CHEN Gui-Hui¹, ZHENG Hua^{1,2,3,4}, LIU Hua-Rui¹

¹(School of Electronic College of Photonic and Electronic Engineering, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

²(Key Laboratory of Optoelectronic Science and Technology for Medicine Ministry of Education, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

³(Fujian Provincial Key Laboratory for Photonics Technology, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

⁴(Intelligent Optoelectronic Systems Research Centre, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: In this paper, we first introduce the reasons of co-channel interference in WLAN, and then build a dense WLAN environment in NS2. We explore the strength of the co-channel interference, as the number of APs increase in a dense WLAN environment, by measuring its total throughput, end to end delay and the average throughput. The simulation results indicate that the strength of co-channel interference follow certain rules. It provides a basis for controlling the strength of co-channel interference when we plan the WLAN network. It also provides references for the simulation study of the dense WLAN.

Key words: NS2; a dense WLAN; Multi-AP; co-channel interference

目前, 随着人们对无线应用的需求日益增长, 无线局域网技术快速发展, 取得了很大的成果. 然而, 现有的无线局域网, 还是存在一些不足之处. 例如: 在科技展会中, 由于无线设备(包括用户端的移动站点(STA)和服务器的接入点(AP)具有数量多、分布不规则、无法通过中心集中控制器集中控制等特点, 用户的无线体验急剧下降.

像科技展会这种高密度无线局域网环境, 当环境中的移动站点和接入点数量增加到一定数量时, 整个

无线通信系统就会出现接入时延变长、网络吞吐量下降、丢包严重等现象, 从而严重影响了无线设备的使用.

之所以会产生这样的现象, 很大一部分原因是高密度无线局域网环境中存在严重的同频干扰^[1,2]. 因此研究同频干扰对解决高密度无线局域网下通信性能差问题有着重大的意义.

目前, WLAN 同频干扰问题的解决方法主要有两种: 功率控制法和无线信道动态分配法^[3-8]. 功率控制法, 主要通过调整 AP 的功率来控制 AP 的信号覆盖范

① 收稿时间:2014-06-06;收到修改稿时间:2014-07-07

围,使相邻 AP 信号覆盖范围的重叠部分变小甚至消失,从而减小 AP 间的同频干扰,提高系统的通信性能,但在高密度 WLAN 下,由于有限范围内 AP 和 STA 数较多,通过 AP 的功率控制很难将相邻 AP 信号覆盖范围的重叠部分完全隔离,因此在高密度 WLAN 下这种方法不大适用.无线信道动态分配法,主要通过动态分配信道资源,使 AP 工作在最合适的信道上,减小 AP 间的同频干扰,提升系统的通信性能.这种方法的关键在于如何根据同频干扰的强弱程度确定 AP 的最适信道.因此,研究高密度 WLAN 下同频干扰强弱的变化规律,可为规划接入节点时,最适信道的选择和信道的分配提供参考.

1 WLAN同频干扰

根据 IEEE 标准的相关规定,WLAN 工作在 2.4GHz 和 5GHz 这两个频段,本文以 2.4GHz 为例进行研究.工作频段在 2.4GHz(2.4GHz-2.4835GHz)的 802.11b 和 802.11g,其可用带宽为 83.5MHz,在中国我们同欧洲一样将这段频段资源划分为 13 份,每一份称为一个子信道,每个子信道的频带宽度为 22MHz.这 13 个子信道相邻多个之间存在频率重叠(如信道 1 与信道 2、3、4、5 有频率重叠),整个频段内只有 3 个信道是相互不重叠的,一般取信道 1、信道 6、信道 11 作为 3 个互不重叠的信道^[9].具体的信道划分如图 1 所示.

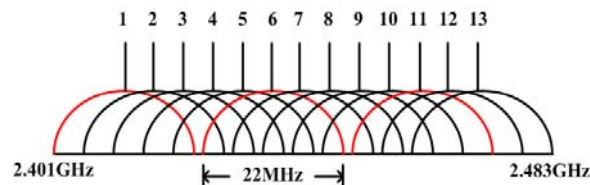


图 1 信道划分图

无线局域网系统采用的是 CSMA/CA(载波监听多路访问/冲突避免)机制,这种机制在系统发送数据前,会先检测信道的状态,若信道处于繁忙状态,则系统继续监听信道,直到信道空闲;若信道处于空闲状态,则系统先等待 DIFS(分布式协调帧间隔)时间,然后经过一段随机的退避时间之后开始发送数据^[10].这种机制保证了某一时刻,某一个子信道上只有一个站点(STA)或者一个接入点(AP)发送数据.

由于 WLAN 采用这样的信道划分方法和 MAC 层 CSMA/CA 机制,所以当相邻的 AP 采用相同的子信道

时,系统由于 AP 之间的相互干扰,通信质量会明显下降,这种干扰即为同频干扰^[11,12].在高密度无线局域网环境下,同频干扰是导致系统通信性能差的重要原因.

2 高密度WLAN同频干扰仿真实验

2.1 仿真实验设计

为了解决高密度 WLAN 下通信质量差的问题,研究仿真环境下同频干扰强弱的变化规律有着重要的意义.

在网络仿真软件的选择上,本文对主流仿真软件 OPNET 和 NS2(Network Simulator version 2)进行了对比,比较结果如表 1 所示.

表 1 OPNET 与 NS2 的对比表

比较点	OPNET	NS2
获取方式	付费	免费
执行效率	较高	较高
建模方式	层次模型	分裂对象模型
可扩展性	差	好
数据绘图工具	有内建工具,且功能强大	无内建工具,借助 Gnuplot, Xgraph 等工具
主要应用场合	路由器仿真	网络协议仿真

从表 1 中可以看出 NS2 具有执行效率高、扩展性能好、开源免费且适合仿真网络协议等特点,所以本文选用 NS2 来对高密度 WLAN 下的同频干扰进行仿真^[13,14].

通过对高密度 WLAN 环境的调查和研究,我们发现这种环境中,单个 AP 连接的 STA 数并不多,通信质量差的主要原因并不在于单个 AP 上连接的 STA 数量,而在于环境中的 AP 数量,大量的 AP 产生了强大的同频干扰,所以本文建立了一个由单个 AP 与单个 STA 组成的通信系统,定义为 AP-STA 对,通过建立多个 AP-STA 对来近似模拟高密度 WLAN 环境.实验中,我们将所有的 AP 设置为同信道(即令 AP 同频),然后在 NS2 中逐渐增加 AP-STA 对数直至 50 对.理论上,实验的 AP-STA 对数最大值应该越大越好.但是,一方面,从多次实验结果中我们发现当 AP-STA 对数达到 50 对左右之后,系统总的吞吐量、端到端时延和每个 AP-STA 对的平均吞吐量变化趋于平缓,此时若继续增大 AP-STA 对数的最大值需要巨大的工作量,而且

所获得的系统性能数据变化比较小. 另一方面, AP 和 STA 的载波监听范围有一定的限制, 若继续增大 AP-STA 对数的最大值就无法保证这么多 AP 和 STA 的监听范围相互重叠, 也就无法保证这些 AP-STA 对相互之间存在同频干扰. 综合这两方面因素, 我们取 AP-STA 对数的最大值为 50. 实验中, 测量相应的系统总吞吐量、端到端时延和平均吞吐量来探究同频干扰强弱变化规律.

仿真中, 本文将 AP 和 STA 节点的载波监听范围和通信范围分别设为 550m 和 250m, 也即默认值, 将相邻 AP-STA 对之间的距离设为 4m, 将每对 AP-STA 对中的 AP 与 STA 之间的距离设为 5m, 以保证 AP 与 AP 之间, AP 与 STA 之间, STA 与 STA 之间皆相互“可见”. 仿真中 AP-STA 对的布局如图 2 所示.

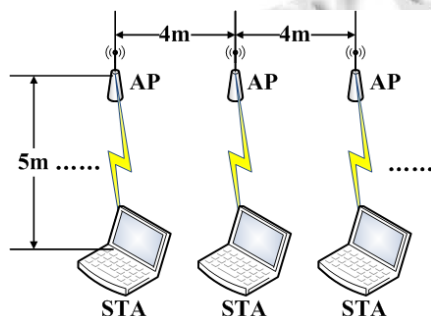


图 2 AP-STA 对布局图

另外, 本文在节点的应用层采用 FTP 业务流, 传输层采用 TCP 传输协议来模拟实际的业务环境. 部分仿真参数设置如表 2 所示, 其它参数采用系统默认值.

表 2 仿真参数表

项目	数值
Wi-Fi 标准	IEEE802.11g
PHY 层编码、调制方法	DSSS(直序扩频)
传输模型	TwoRayGround
信道频率	2.412GHz

由于 NS2 无内建数据绘图工具, 所以需要借助其他工具将仿真结果转换成图表形式. 本文通过 gawk 文本处理工具对仿真结果的 trace(跟踪文件)进行网络性能分析^[15], 再通过 Gnuplot 工具绘制系统总的吞吐量、端到端时延和平均吞吐量变化图. gawk 的几个网络性能分析程序流程大体一致, 以端到端时延的分析为例, 程序流程如图 3 所示.

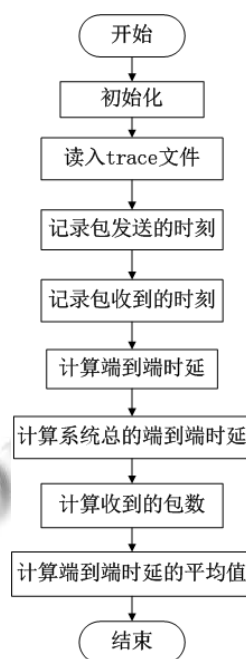


图 3 网络性能分析流程图

2.2 实验结果分析

通过测量系统的总的吞吐量, 我们可以得到系统总的吞吐量变化如图 4 所示.

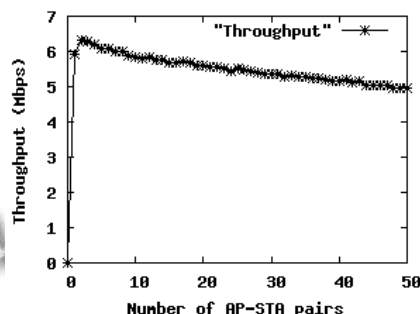


图 4 系统总的吞吐量变化图

从吞吐量变化图中, 我们可以看出随着 AP-STA 对数的增加, 系统总的吞吐量的变化趋势为: 先增大然后逐渐地减小, 整体上看系统总的吞吐量变化不是很大. AP-STA 对数由 1 变为 2 时, 系统总的吞吐量增加的原因是: 只有一个 AP-STA 对时, 受 AP、STA 通信能力的限制, 系统的通信资源没有被完全占用, 当 AP-STA 对数增加到 2 时, 系统的通信资源被更多的占用, 而且此时同频干扰比较弱, 所以系统总的吞吐量增大了.

AP-STA 对数达到 2 之后, 系统总的吞吐量逐渐减小的原因是: 随着 AP-STA 对数的逐渐增加, 系统的通信资源虽然被更多地利用了, 但此时增加的资源利用量对系统总的吞吐量的影响与同频干扰对系统总的吞吐量的影响相比较小, 所以系统总的吞吐量逐渐减小.

由系统总的吞吐量, 我们可以算出每个 AP-STA 对的平均吞吐量, 记系统总的吞吐量为 *Throughput*, AP-STA 对数为 *N*, 每个 AP-STA 对的平均吞吐量为 *Avg_throughput*, 则平均吞吐量的计算公式为:

$$Avg_throughput = Throughput / N \quad (1)$$

通过计算, 我们可以得到每个 AP-STA 对的平均吞吐量变化如图 5 所示.

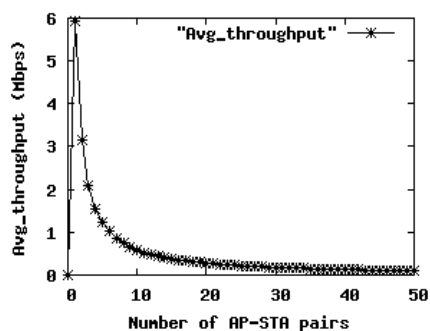


图 5 每个 AP-STA 对的平均吞吐量变化图

从图 5 我们可以看出, 每个 AP-STA 对的平均吞吐量随着 AP-STA 对数的增加, 逐渐减小, 而且随着 AP-STA 对数的增加, 平均吞吐量的减小的速度越来越慢. 当 AP-STA 对数达到 10 时, 每个 AP-STA 对的平均吞吐量(0.5829Mbps)将远小于只有一个 AP-STA 对时的值(5.9203Mbps). 随 AP-STA 对数的继续增加, 平均吞吐量最终趋近于 0(此时同频干扰强度相当大, 系统的通信质量相当低).

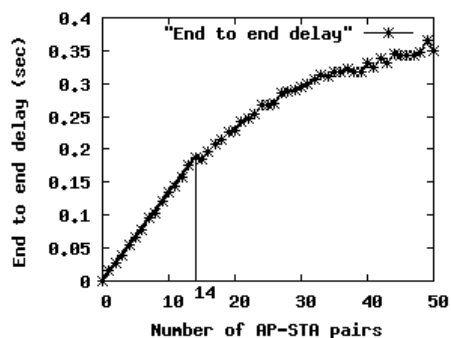


图 6 系统端到端的时延变化图

通过测量系统端到端的时延, 我们可以得到系统端到端的时延变化如图 6 所示.

从时延变化图中, 我们可以看出, 随着 AP-STA 对数的增加, 系统端到端的时延总体呈增大的趋势, 这是由于同频干扰的强度在逐渐增大. 当 AP-STA 对数达到 14 时, 系统端到端时延(0.1865s)将远大于只有一个 AP-STA 对时的值(0.0149s), 而且 AP-STA 对数在 0 至 14 之间时, 系统端到端的时延几乎呈线性增大, 说明此段时间内, 同频干扰对时延的影响也呈线性增大. 当 AP-STA 对数达到 14 之后, 系统端到端的时延增大速度逐渐变慢, 说明此段时间内, 同频干扰对时延的影响程度也逐渐变小.

2.3 实际 AP 规划建议

在一般的 AP 规划中, 为获取较高的通信性能, 应对 AP 进行合理的空间布局, 并充分利用墙体等天然隔断尽量避免或者减小 AP 间的同频干扰, 这些规划策略在文献[16]、[17]中已有详细的说明, 本文就不再赘述.

而在科技展会这类高密度 WLAN 下规划 AP, 由于 AP 和 STA 数较多, 通过一般的规划, AP 间仍存在较大的同频干扰. 为进一步减小同频干扰, 根据前面 AP-STA 对仿真, 分析得出的结论(AP-STA 对数达到 10 左右, 每个 AP-STA 对的平均吞吐量严重减小, 端到端时延严重增大等), 应进行合理的信道分配, 使相邻并使用同一信道的 AP 数尽可能的少, 避免超过 10 个, 否则严重的同频干扰将使这一区域的网络质量变得十分恶劣.

3 结论

本文在介绍了同频干扰产生原因的基础上, 利用网络仿真工具 NS2 构建简单的高密度 WLAN 仿真模型. 在模型中, 对系统总的吞吐量、端到端时延和平均吞吐量进行测量和计算. 仿真实验结果表明, 同频干扰对系统吞吐量、端到端时延等的影响程度随 AP-STA 对数的增加遵循一定的变化规律. 这为实际规划接入节点时同频干扰强弱的控制提供了依据, 也为仿真研究高密度无线局域网提供了参考.

参考文献

- 徐雅静, 闫晓东, 徐惠民. 高密度 WLAN 环境下动态频率选择算法的研究. 电子科技大学学报, 2007, 36(5): 892-895.

- 2 徐雅静,闫晓东,徐惠民.高密度 WLAN 环境下传输功率控制算法的研究.微电子学与计算机,2007,24(5):19-21,25.
- 3 夏茂素,罗克露,闫丽明,等.WLAN 分布式同频干扰避免新方法.通信技术,2009(7):42-44.
- 4 刘达.WLAN 信道规划与控制技术研究.国防科学技术大学,2011.
- 5 贾军.鉴于 WLAN 的无线网络设计与分析.中国科技博览,2012,(23):555-556.
- 6 徐涛.WLAN 网络优化分析系统的研究与实现.北京交通大学,2014.
- 7 Yao T, Guo X, Qiu Y, et al. An integral optimization framework for WLAN design. 2013 15th IEEE International Conference on Communication Technology (ICCT). IEEE. 2013. 360-365.
- 8 Bae SJ, Choi BG, Chae HS, et al. Self-configuration scheme to alleviate interference among APs in IEEE 802.11 WLAN. 2012 IEEE 23rd International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC). IEEE. 2012. 1025-1030.
- 9 张国栋,李寿鹏.WLAN 网络中同频 AP 互相干扰的研究.电信工程技术与标准化,2011,24(1):20-24.
- 10 税国军,沈树群.基于 NS.2 的 802.11DCF 协议仿真模型研究.系统仿真学报,2009,(7):1829-1833.
- 11 马向辰,薛强.WLAN 系统干扰分析与规避措施研究.互联网天地,2013,(9):41-46.
- 12 赖晓斌,林善亮.WLAN 网络建设干扰因素分析初探.电子世界,2013,(10):156-156.
- 13 王永胜,吴德伟,刘勇.基于 NS2 无线通信网络仿真研究.计算机系统应用,2004,13(6):25-27.
- 14 王波,周志伟.网络模拟软件 NS2 与 OPNET 的剖析比较.计算机系统应用,2010,19(6):90-95.
- 15 方路平,刘世华,陈盼,等.NS-2 网络模拟基础与应用.国防工业出版社,2008.
- 16 段琼,王奕婷.WLAN 优化研究.电信工程技术与标准化,2011,24(4):31-35.
- 17 李增雷.无线网络技术在校园网中的应用.信息与电脑(理论版),2012,5:44.