

# 802.11g 保护机制对网络性能影响的仿真与分析

陈柏生, 黄 峯

(华侨大学 计算机学院, 福建 泉州 362021)

**摘要:** 在探讨 IEEE802.11g 保护机制工作模式的基础上, 构建 OPNET 仿真网络以测试保护机制对 WLAN 网络性能的影响。实验结果表明, 保护机制的引入可显著地降低 WLAN 网络吞吐率。纯 802.11g 模式下, 网络平均吞吐率最大可达 23.95 Mb/s; 启用 CTS-to-self 保护机制的 802.11b/g 混合模式下, 网络平均吞吐率仅为 11.45 Mb/s, 约为前者的 50%; 启用 RTS/CTS 保护机制时, 网络平均吞吐率只有 7 Mb/s, 减少到前者的 30%, 且此时单个 802.11g 站点仅获得约 7.5 Mb/s 的 TCP 传输速率。为更好地规划和部署 802.11 无线网络提供了较准确的数据分析依据。

**关键词:** 802.11 无线网络; 保护机制; OPNET; 网络吞吐率

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)20-0059-04

## Effect of 802.11g protection mechanism on network performance

CHEN Bai Sheng, HUANG Yin

(School of Computer Science & Technology, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

**Abstract:** Based on the discussion of IEEE802.11g protection mechanism, an OPNET simulation network was constructed to review how it affects WLAN performance. The results show the introduction of protection mechanism draw down the WLAN throughput notably. In the context of pure 802.11g mode, the maximum TCP throughput of it achieved 23.95 Mb/s, while in the context of 802.11b/g mode with CTS-to-self, we only obtained the max TCP throughput 11.45 Mb/s, and 7 Mb/s with RTS/CTS protection active. This study gave theoretical support for a better 802.11 WLAN layout and deployment.

**Key words:** 802.11 wireless network; protection mechanism; OPNET; network performance

相比较早的无线局域网标准 IEEE 802.11a/b, IEEE 802.11g 具有两个最主要的特征: 高速率和兼容 IEEE 802.11b。它采用 IEEE 802.11a 使用的 OFDM 调制技术, 可以获得高达 54 Mb/s 的数据通信带宽。同时保留了 IEEE 802.11b 采用的 CCK 调制技术, 使用“保护机制”可与 IEEE 802.11b 产品保持兼容。保护机制提供了一种允许 802.11g 设备根据具体的工作环境选择 OFDM 调制技术或 CCK 调制技术的功能。在实际应用中, 保护机制有 CTS-to-self 和 RTS/CTS 两种实现方式。启用了保护机制的 802.11g 站点每发送一个数据帧都必须先发送一个 CTS 短帧或做一次 RTS/CTS 交换, 这将为一次数据传输带来一定的时间开销; 当无线局域网的站点数目很大时, 大量的 CTS 或 RTS/CTS 短帧将消耗可观的无线带宽并产生较大的传输延时。这些都将导致无线局域网的吞吐量下降、性能降低, 工程经验显示在一定条件下这种下降十分显著。因此, 定量地准确分析和

测试保护机制对无线网络性能产生的影响, 以及基于此探讨性能优化措施对于更好地规划和部署无线网络具有重要意义。

### 1 802.11g 保护机制

在 802.11b/g 混合模式中, 当 802.11g 站点使用 ERP-OFDM 调制技术向信道发送 OFDM 信号时, 802.11b 站点监听到信道有信号, 但因其无法识别出是 802.11g 站点发送的信号正在使用信道, 于是将 OFDM 信号当做信道噪声, 认为信道空闲, 继而也向信道发送数据, 从而引起冲突。为了避免上述冲突发生, 使 802.11b/g 设备能够相容工作, IEEE 提出在 802.11g MAC 层中使用保护机制。

#### 1.1 CTS-to-self 模式

在 CTS-to-self 模式中, 当一个 802.11g 站点准备使用信道时, 它首先要更新其他站点的网络分配矢量 NAV (Network Allocation Vector) 值。NAV 用来宣告预计要使用

## 网络与通信 Network and Communication

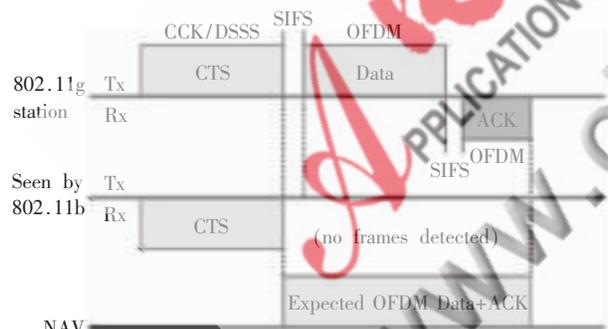
通信信道的持续时间,这个时间包括了完成一次数据传输用到的所有帧的传输时间。如图 1(a)所示<sup>[1]</sup>,此处 NAV 时间由 1 个清除发送短帧 CTS、2 个短帧间间隔 SIFS、1 个 OFDM 数据帧和 1 个应答帧 ACK 组成。802.11g 站点发送一个 CTS 帧,将接收地址置为自己的 MAC 地址。CTS 帧的 Duration 字段说明了信道将被占用的时间,其他侦听到该 CTS 帧的站点以此更新自己的 NAV 值。仅当信道空闲和 NAV 值为 0 时,站点才准备发送自己的数据。通告占用信道的站点使用 CCK/DSSS 调制方式发送 CTS 帧,以保证 802.11b 站点能正确收到并读取 CTS 帧,从而避免冲突。

CTS-to-self 模式的实现只需由发起站点通告一个 CTS 帧,导致的带宽耗费和网络延时相对 RTS/CTS 模式较少,但它无法处理“节点隐藏”问题,隐藏节点侦听不到 CTS 信号时,冲突还可能发生。为了尽量避免冲突,必须使用鲁棒性更好的 RTS/CTS 模式。

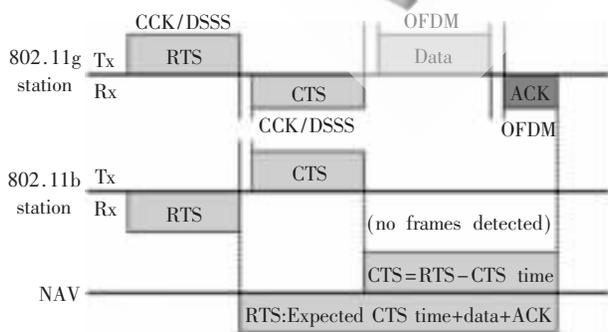
### 1.2 RTS/CTS 模式

RTS/CTS 模式必须借助基本服务集 BSS(Basic Service Set)的中心节点——接入访问点 AP 设备来实现,以保证 BSS 内所有的无线站点都可以接收到信道将被占用的通告信息。要传送数据的站点首先向 AP 发送占道请求 RTS 帧,AP 收到 RTS 后向整个网络广播 CTS 帧予以响应。CTS 帧中包含了信道即将被占用的持续时间信息,以通知其他的站点在此期间退避,如图 1(b)所示,欲发送数据的站点在接收到 CTS 后才能向信道传送数据。

RTS/CTS 模式解决了 802.11b/g 无线站点的信道共



(a) CTS-to-self 模式



(b) RTS/CTS 模式

图 1 802.11g 保护机制工作原理示意图

享冲突,也解决了节点隐藏问题,从而进一步减小了发生冲突的可能性。RTS/CTS 机制也给网络的运行带来了额外的开销,因为每发送一个数据包之前都要额外交换两个管理数据包,虽然这两个数据包都比较小,但也给原本就不快的无线网络增加了很多负担。当网络中传输的是数量众多但尺寸都很小的数据包时,这种额外的负担就变得尤其沉重。

### 1.3 802.11g 工作过程

在保护模式被关闭的状态下,802.11g 站点 MAC 层执行标准定义的基于指数回退的载波侦听冲突规避(CSMA/CA)和分布式协调功能 DCF 接入机制。当它检测到无线局域网内部存在 802.11b 站点时,则开启 CTS-to-self 或 RTS/CTS 保护机制,执行以下协议过程:

(1) 站点监测到信道可用(信道空闲且 NAV 计时器超时),它将在一个分布式帧间间隔 DIFS 的短时间段后通告 CTS 帧或做 RTS/CTS 交换,并在此后一个 SIFS 时间后发送数据帧。其他站点根据 CTS 帧中占用信道的持续时间更新 NAV 值,并启动 NAV 计时器。

(2) 站点监测到信道不可用,则进入指数回退状态。该站点选取一个随机回退值并且在侦听到物理信道空闲时递减该值,当侦听到物理信道忙时,该值保持不变。

(3) 如果回退计数值为 0 且 NAV 计时器超时,则转步骤(1)。

802.11g MAC 层协议行为可用图 2 所示有限状态自动机描述。

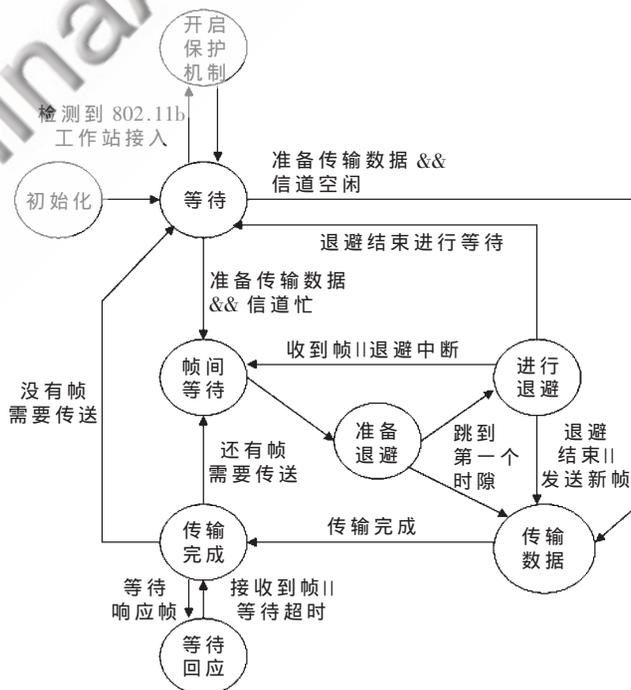


图 2 802.11g 协议有限状态机

## 2 仿真与分析

本文仿真使用 Adhoc BSS 模式,网络结构如图 3 所示。网络由 15 个无线站点组成,站点随机分布在 150 m ×

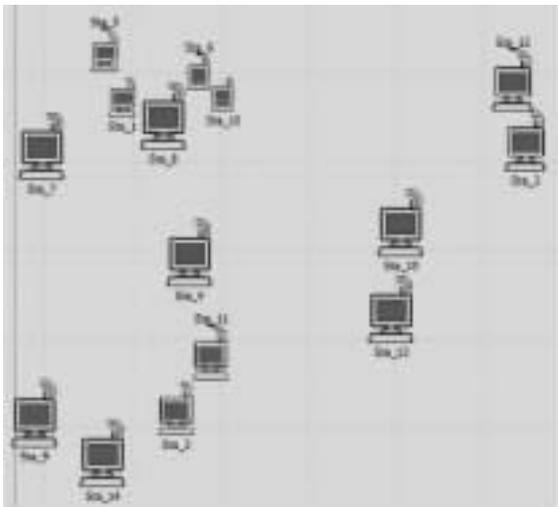


图3 仿真实验网络拓扑图

150 m 的范围内。每个无线站点采用相同的节点模块和系统配置,构成一个纯 IEEE 802.11g 无线局域网。每个站点之间可以直接通信,不考虑节点隐藏问题,但为了在仿真实验中测试 RTS/CTS 保护机制对网络性能的影响,将强制无线站点使用 RTS/CTS 交换。数据产生方式为 ON-OFF 模式,数据分组会在 ON 状态期间产生并直接传送到下层,高层包在 MAC 层中不拆分。具体网络参数配置如表 1 所示。

### 2.1 不同网络参数配置下的网络性能测试

研究表明<sup>[2]</sup>,在给定物理传输特性的前提下,网络吞吐率由业务总负载决定。本文通过调整分组平均大小、分组到达时间间隔和无线站点数目三个网络参数改变业务总负载,考察不同业务总负载对平均吞吐率、平均端到端延时、数据丢失率等网络性能参数的影响以及上述三个网络参数之间的关联性。在各网络性能参数曲线基本收敛,网络性能趋于稳定时,统计仿真结果如表 2 所示。

通过对表 2 的比较分析,可以得到如下结论:

(1) 纯 802.11g 模式下,最大网络平均吞吐率为 23.95 Mb/s,接近 OFDM 调制模式理论 TCP 传输能力上限 (24.4 Mb/s)<sup>[3]</sup>。获得最大网络平均吞吐率的网络参数配置为:无线站点数 14,平均分组大小 1 800 B,分组到达间隔 0.008 1 s。

(2) 当业务总负载达到 22.92 Mb/s,网络各种性能指标基本达到最优,此时的网络平均吞吐率为 22.92 Mb/s,网络参数配置无线站点数为 15,平均分组大小为 1 700 B,分组到达间隔 0.009 0 s。

(3) 各种网络性能指标达到最优时的业务总负载

表 1 仿真实验网络参数配置

ON 状态持续时间/min	OFF 状态持续时间/min	数据传输率/(Mb/s)	RTS 阈值	拆分阈值	缓存大小/MB
3	0	54	None	None	1

表 2 不同业务负载下的网络性能统计

业务总负载/(Mb/s)	39.70	28.67	25.30	24.89	22.92	20.26
平均吞吐率/(Mb/s)	19.62	21.16	22.21	23.95	22.92	20.26
数据丢失率/(Mb/s)	19.55	7.44	2.88	0.92	0.00	0.00
端到端延时/s	1.33	0.111	0.0572	0.0195	0	0

22.92 MB 作为基准负载,当业务总负载超过基准负载时,网络吞吐率保持相对稳定,达到最大值后开始下降;由于传输数据量增大导致冲突加剧和分组排队较长,数据丢失率和端到端延时急剧增加。

### 2.2 802.11g 保护机制对 TCP 吞吐率影响的测试

在获得最大网络平均吞吐率的配置下,即网络参数配置无线站点数为 14,平均分组大小为 1 800 B,分组到达间隔 0.008 1 s,测试纯 802.11g 模式、CTS-to-self 保护模式和 RTS/CTS 保护模式下获得的网络平均吞吐率数据。仿真实验结果与参考文献[4]模型理论值对比如表 3 所示,图 4 则给出了保护模式下单个 802.11g 站点 TCP 传输率曲线。

表 3 802.11g 网络 TCP 吞吐率 (Mb/s)

	纯 802.11g	CTS-to-self 保护模式	RTS/CTS 保护模式
本文仿真网络	23.95	11.45	7.04
参考文献[4]理论模型	27.3	13.0	8.8

通过对表 3 和图 4 的比较分析,可以得到如下结论:

(1) 纯 802.11g 模式下可获得的最大网络平均吞吐率为 23.95 Mb/s,而 CTS-to-self 保护模式下网络平均吞吐率为 11.45 Mb/s,约为前者的 47.8%,RTS/CTS 保护模式则减少到前者的 29.4%。这个数据与参考文献[4]的理论结果基本一致。由于参考文献[4]理论模型不考虑共享介质冲突,所以本文仿真所得最大网络平均吞吐率相对低一些。

(2) RTS/CTS 保护模式下,802.11g 终端可获得约 7 Mb/s 的传输率,而 CTS-to-self 保护模式下,802.11g 终端可获得约 7.5 Mb/s 的传输率。可见,在 802.11b/g 混合模式下启用保护机制时,网络传输性能将大大降低,所以在网络带宽要求较高的情况下,应尽量避免使用混合模式。

本文研究结果表明保护机制的引入将显著地降低 WLAN 网络吞吐率。CTS-to-self 保护模式下可获得的网络平均吞吐率比纯 802.11g 模式可获得的网络吞吐率减少约 50%,而 RTS/CTS 保护模式又比 CTS-to-self 保护模式减少约 30%,且此时 802.11g 站点仅获得 7.5 Mb/s 的 TCP 传输速率。因此在网络带宽要求较高的情况下,应尽量避免使用混合模式,但关闭保护机制意味着放弃 802.11g“兼容性”的优势。随着 802.11n 标准的推出,它

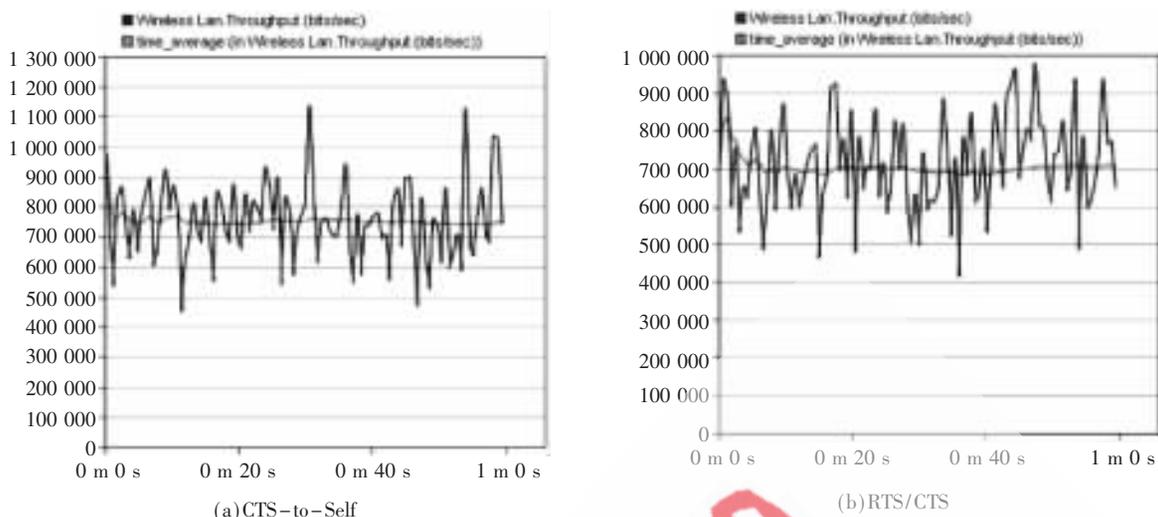


图4 混合模式下 802.11g 站点 TCP 传输率

为无线网络提供良好兼容性并保持较高的传输速率带来了希望。802.11n 采用软件无线电技术解决了不同标准采用不同工作频段、不同调制方式导致的系统间难以互通的问题。不仅保障了与以往 11a、11b、11g 标准的兼容,而且还可以实现与无线广域网的融合,可以更好地保障用户的投资。

#### 参考文献

- [1] MATTHEW G. 802.11 wireless networks the definitive guide [M]. Sebastopol; O'Reilly, 2005.
- [2] 陈敏, 韦岗. IEEE802.11 无线局域网 OPNET 建模与性能测试[J]. 计算机工程, 2004, 30(21): 14-16.

- [3] 江汉红, 王征, 李庆, 等. 基于 IEEE802.11g 标准的 WLAN 性能分析与测试[J]. 武汉理工大学学报, 2005, 27(4): 86-88.
- [4] MATTHEW G. When is 54 not equal to 54? A look at 802.11a, b, and g throughput[OL]. <http://www.oreillynet.com/wireless>.

(收稿日期: 2010-06-16)

#### 作者简介:

陈柏生, 男, 1980 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 计算机网络。