

文章编号: 1005-0523(2010)03-0062-06

基于 OPNET 的分布式 WLAN 网络性能仿真研究

刘仕兵, 胡振中

(华东交通大学 电气与工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要:介绍了无线局域网的基本概念以及它的一些优缺点,分析了无线局域网中 IEEE 802.11 系列标准。基于网络仿真平台 OPNET,构建了分布式无线局域网网络模型、节点模型和进程模型。为了优化网络性能,通过设置不同的网络参数(包括速率、信息包分组大小),对 IEEE 802.11 系列标准下的无线局域网网络性能进行了分析研究,减小了网络时延和丢包率,提高了系统吞吐量。对今后无线局域网部署中 IEEE802.11 系列标准的选择以及参数的设置有着重要的参考价值。

关键词:无线局域网;IEEE 802.11;OPNET;网络仿真

中图分类号:T391.9

文献标识码:A

无线局域网(Wireless Local Area Networks, WLAN)是无线通信技术与计算机技术相结合发展的产物,是利用无线技术实现快速接入以太网的技术。与有线局域网相比,WLAN 建网迅速、造价低廉、移动灵活、容易扩展,具有很大的优越性。但是,WLAN 也存在着自身的问题,由于无线信道的随机和突变特性,使得 WLAN 中的误码率(Bit Error Rate)比较高,同时,WLAN 中的载波侦听(Carrier Sensing)比较困难,网络延时也比较大,这些问题都严重的影响了无线局域网的性能^[1]。

OPNET 软件是由美国 OPNET Technology 公司开发的大型通信与计算机网络仿真软件包,支持面向对象的建模方式,并提供图形化的编辑界面,便于用户使用。除了能够模拟固定通信模型外,OPNET 的无线建模器还可用于建立分组无线网和卫星通信网的模型。同时,OPNET 在新网络的设计以及对现有网络的分析方面都有卓越表现,为通信网和分布式系统的模拟提供了全方位的支持,是目前世界上先进的网络仿真开发和应用平台之一,广泛应用于大中型企业智能化网络设计、规划、优化和管理等方面。

1 WLAN 的标准

目前的 WLAN 产品所采用的技术标准主要包括:IEEE 802.11, IEEE 802.11b, IEEE 802.11a 和 IEEE 802.11g 等。

1.1 IEEE 802.11

IEEE 802.11 工作于 2.4G 开放频段,它在物理层定义了数据传输的信号特征和调制方法,定义了两种无线电(RF)传输方式和一种红外线传输方式。其中 RF 传输标准包括直接序列扩频技术(Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS)和调频扩频技术(Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS)。DSSS 使用 BPSK 或 QPSK 调制,FHSS 使用 GFSK 调制。为了尽量减少数据的传输碰撞和重试发送,防止各站点无序争用信道,MAC 层采用了 CSMA/CA(载波侦听多址访问/碰撞避免)协议而不是 CSMA/CD(载波侦听多址访问/碰撞检测)协议^[2]。

1.2 IEEE 802.11b

IEEE 802.11b 标准对 IEEE 802.11 标准进行了修改和补充,其中最重要的改进就是在 IEEE 802.11 的基础上增加了两种更高的通信速率:5.5 Mbps 和 11 Mbps。为了实现这个目标,DSSS 被选作该标准的唯一

收稿日期:2009-12-29

作者简介:刘仕兵(1970—),男,副教授,研究方向为电力系统自动化。

的物理层传输技术,这个决定使得 802.11 b 可以与 1Mbps 和 2Mbps 的 802.11 DSSS 系统相互操作。

在 802.11 b 标准中, CCK (Complementary Code Keying) 技术取代了原有的 11 位 Barker 序列技术, 5.5 Mbps 使用 CCK 串来携带 4 位的数字信息, 11 Mbps 使用 CCK 串来携带 8 位的数字信息, 这两个速率的传送都使用 QPSK 作为调制的手段。

为了支持在有噪音的环境下能够获得较好的传输速率, 802.11 b 采用了动态速率调节技术, 来允许用户在不同的环境下自动使用不同的连接速度来补充环境的不利影响。

1.3 IEEE 802.11a

IEEE 802.11a 扩充了标准的物理层, 它工作在 U-NII 波段的 5 GHz 频段, 物理层速率可达 54 Mbps, 传输层可达 25 Mbps。IEEE 802.11a 选择了具有能有效降低多径衰落影响与有效使用频率的正交频分复用 (OFDM) 作为调制技术, 可提供 25 Mbps 的无线 ATM 接口和 10 Mbps 的以太网无线帧结构接口, 以及 TDD/TDMA 的空中接口。

1.4 IEEE 802.11g

IEEE 802.11g 是 IEEE 为了解决 802.11 a 与 802.11 b 的互通而提出的一个标准, 它是 802.11 b 的延续, 两者同样使用 2.4 GHz 通用频段。在容量方面, 802.11 g 的速率上限已经由 11 Mbps 提升至 54 Mbps, 但由于 2.4 GHz 频段干扰过多, 在传输速率上低于 802.11 a。在兼容性方面, 802.11 g 与 802.11 a、802.11 b 同时兼容是 802.11 g 的一大亮点, 它同时支持 802.11 b 的 CCK 和 802.11 a 的 OFDM, 802.11g 还支持 PBCC (Packet Binary Convolutional Coding, 分组二进制卷积码) 技术。802.11 g 中规定的调制方式有两种, 一种为 Intersil 公司提案采用的 CCK-OFDM, 另一种为 TI 公司提案采用的 PBCC-22 (也称 CCK-PBCC) 调制方式。

2 仿真模型的建立

Modeler 建模的机制就是将建模过程分成三个层次: 进程模型、节点模型和网络模型。进程模型由状态迁移图、宏定义块、函数块、状态变量和临时变量定义块等几部分组成, 进入和退出状态时又相应要执行的函数体; 节点模型描述的是节点的行为, 它由许多模块组成, 模块之间用数据包流 (Packet Stream) 或统计线 (Statistic Wire) 连接; 网络模型主要描述系统的拓扑结构^[3,4]。

2.1 网络模型

在场景中放置 6 个无线节点, 组建一个小型的分布式无线局域网, 节点之间通过无线链路通信, 无线链路在仿真的过程中动态产生, 它存在于任意一组无线发送机和无线接收机之间, 通过改变调制类型、传输速率等参数可以改变其物理特性。

2.2 节点模型

为了分析各通信节点 MAC 层的接入和传输, 我们简化了对 MAC 层之上的各 OSI 通信层的建模, 仅用一个信源模块 (Source) 和一个信宿模块 (Sink) 来模拟高层的通信, 并且认为网络中各节点均具有相同的节点模型结构, 如图 1 所示。

(1) 信源模块 (Source): 负责产生数据包, 并赋给它们随机的或指定的目的地址。

(2) 信宿模块 (Sink): 负责做网络平均时延和信道吞吐量方面的统计工作, 并将接收到的包销毁以释放占用的内存。

(3) Wlan-Mac-Intf 模块: 作为 MAC 层与应用层的层间接口。

(4) Wireless-Lan-Mmac 模块: 完成各种 MAC 多址接入协议下分组的接入和传输。

(5) 接收模块 (Wlan-Port-Rx0): 检测信道的状态, 从信道上取得数据帧并传送给 Wireless-Lan-Mac 模块。

(6) 发送模块 (Wlan-Port-Tx0): 负责将数据帧发送到信道上。

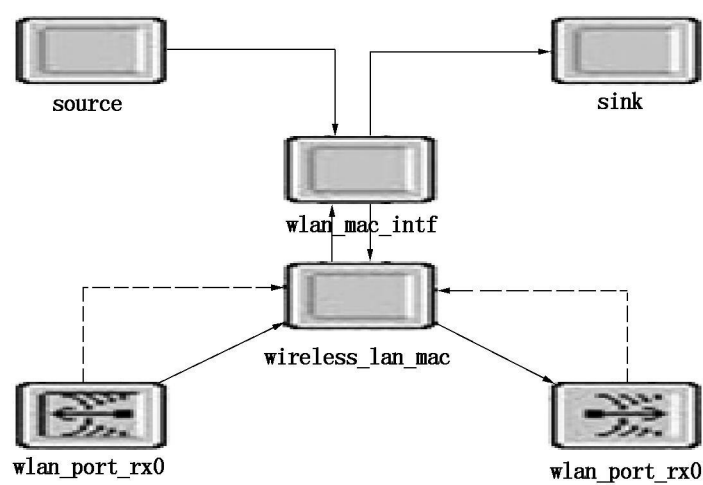


图 1 节点模型

2.3 进程模型

进程模型用于具体实现节电模型中各个模块的功能,它通过强大的有限状态机来支持协议的实现^[5]。信源和信宿模块的进程模型比较简单,这里我们主要讨论 MAC 模块的进程模型。它主要实现了无线局域网 MAC 层的 CSMA/CA 协议:(1) 初始化,进入等待状态。(2) 在准备传输时,若信道空闲,则直接传输帧;若信道忙,则进入帧间等待。(3) 帧间等待完毕后,需要退避则执行退避;否则可直接传输帧。(4) 若退避结束后,仍需等待,则返回等待状态,重新等待;否则直接传送帧。(5) 传输帧结束后,有限状态机继续等待响应帧,等待超时或接收到帧后,若没有帧需要传输,则返回到等待状态,继续等待新帧,如此循环工作。

3 仿真实例及仿真结果

将所有场景的仿真时间(Duration)设为 300 s,仿真种子数(Seed)设为 128,开始时间为 0.02 s,On 的平均持续时间为 40 s,Off 的平均持续时间为 0 s,包产生间隔时间为 0.02 s,包分组大小为 512 bytes,仿真参数设置如图 2 所示。

②	- Traffic Generation Parameters	(...)
②	└Start Time (seconds)	constant (0.02)
②	└ON State Time (seconds)	constant (40)
②	└OFF State Time (seconds)	constant (0)
②	▣ Packet Generation Arguments	(...)
②	└Interarrival Time (seconds)	exponential (0.020)
②	└Packet Size (bytes)	exponential (512)

图 2 仿真参数

3.1 物理层配置仿真

3.1.1 802.11b 与 802.11g 的比较

将场景 wlan-b 中的物理特性(Physical Characteristic)设置为直接序列扩频(Direct Sequence Spread Spectrum),速率设置为 11 Mbps;将场景 wlan-g 中的物理特性设置为扩展物理层速率(802.11 g)(Extended Rate PHY(802.11 g)),速率也设置为 11 Mbps。在全局统计量中我们选择丢包率(Data Dropped)、延时(Delay)作为我们的仿真对象,依次可以得到如图 3、图 4 所示仿真结果。

从图 3 中我们可以分析得知:当网络性能趋于稳定后,802.11b 的丢包率约为 72 kbit/s,802.11g 的丢包率略大于 802.11 b,为 75 kbit/s。从图 4 中我们可以分析得知:802.11 b 与 802.11 g 的延时相差不大,802.11 b 的延时为 0.000 9 s,802.11g 的延时为 0.000 6 s。

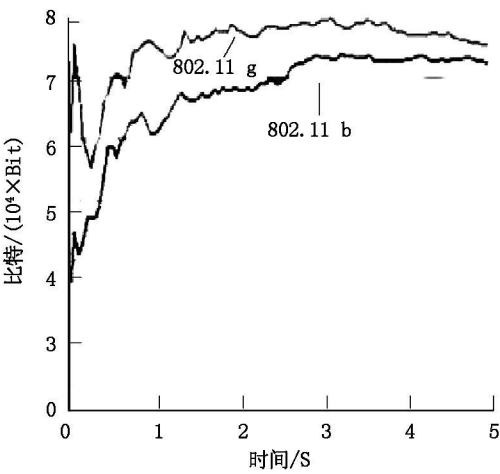


图 3 802.11 b 与 802.11 g 丢包率比较

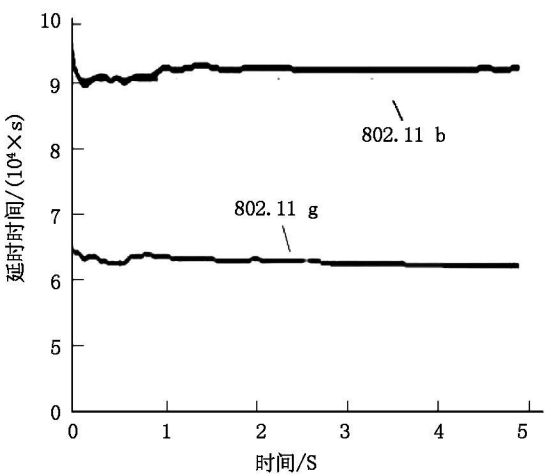


图 4 802.11 b 与 802.11 g 延时比较

3.1.2 802.11 a 与 802.11 g 的比较

将场景 wlan-a 中的物理特性设置为 OFDM(802.11 a),速率设置为 54 Mbps;将场景 2 中的物理特性设置为 Extended Rate PHY (802.11 g),速率也设置为 54 Mbps。在全局统计量中我们选择丢包率(Data Dropped)、延时(Delay)作为我们的仿真对象。经过分析仿真结果可得出,当网络性能趋于稳定后,802.11 a 的丢包率与 802.11 g 的丢包率相近,均约为 75 kbit/s。802.11 a 与 802.11 g 的延时相差不大,802.11 a 的延时为 0.000 110 s,802.11 g 的延时为 0.000 125 s。

3.2 速率配置仿真

将场景 wlan-DS1,wlan-DS2,wlan-DS3 中的物理特性均设置为直接序列扩频,速率依次设置为 2 Mbps,5.5 Mbps 和 11 Mbps。在全局统计量中选择丢包率和延时作为仿真对象,依次可以得到如图 5 和图 6 所示仿真结果。

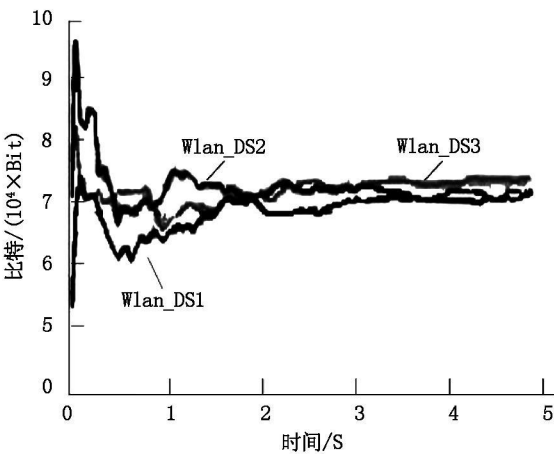


图 5 wlan-DS1,wlan-DS2,wlan-DS3 不同速率的丢包率比较

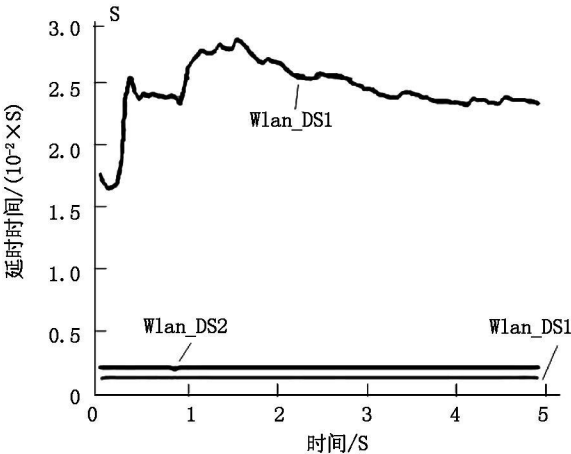


图 6 wlan-DS1,wlan-DS2,wlan-DS3 不同速率的延时比较

从图 5 中我们可以分析得知:在速率为 2 Mbps 时,无线网络丢包数最小;在速率为 5.5 Mbps 和 11 Mbps 时,丢包数增大。从图 6 中我们可以分析得知:在速率为 2 Mbps 时,延时最大,约为 23 ms;在速率

为 5.5 Mbps 和 11 Mbps 时,延时均较小,分别为 2 ms 和 1 ms。因此,当网络性能稳定后,在网络的其他条件一样时,网络丢包数随速率的增大而增多,而网络延时是随着速率的增大而减小。

3.3 信息包配置仿真

将场景 wlan-DS4,wlan-DS5,wlan-DS6 中的物理特性均设置为直接序列扩频,速率均设置为 11 Mbps,信息包分组大小依次设置为 256 bytes,512 bytes 和 1 024 bytes。在全局统计量中选择丢包率和延时作为仿真对象,依次可以得到如图 7 和图 8 所示仿真结果。

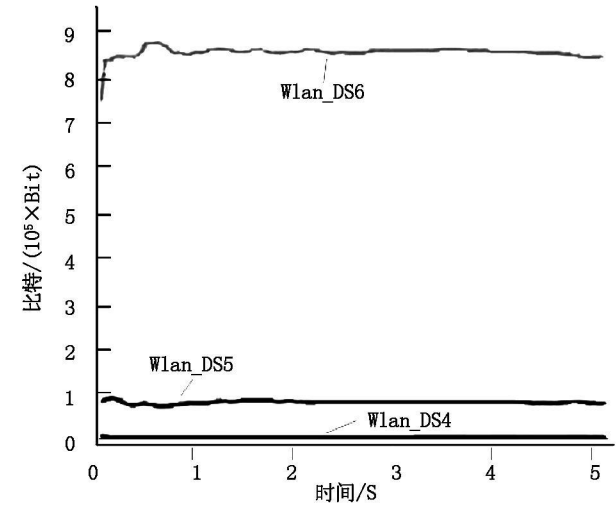


图 7 wlan-DS4,wlan-DS5,wlan-DS6 丢包率比较

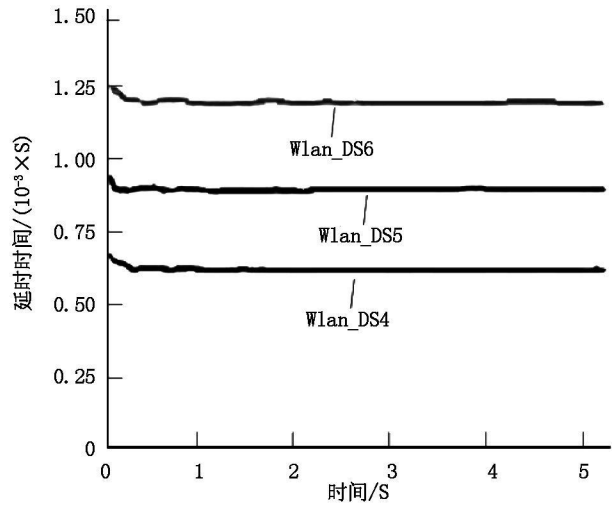


图 8 wlan-DS4,wlan-DS5,wlan-DS6 延时比较

从图 7 中我们可以分析得知:当信息包分组大小为 256 bytes 时,无线网络丢包数几乎为 0;当信息包分组大小为 512 bytes 时,无线网络丢包数约为 $90 \text{ kbit} \cdot \text{s}^{-1}$;当信息包分组大小为 1 024 bytes 时,无线网络丢包数约为 $840 \text{ kbit} \cdot \text{s}^{-1}$ 。从图 8 中我们可以分析得知:当信息包分组大小为 256 bytes 时,延时最小;当信息包分组大小为 512 bytes 时,延时增大;当信息包分组大小为 1 024 bytes 时,延时最大。

4 结束语

在无线环境中,由于噪声、干扰、多径和移动终端漫游等因素影响,信道状况随着时间变化很大,网络的性能也受到了影响,因此在设计无线局域网时合理的选择标准以及设置相应的网络参数对提高无线局域网的性能是至关重要的。本文利用 OPNET Modeler 11.5 仿真平台对无线局域网进行了建模,对无线局域网在 802.11 b,802.11 a 和 802.11 g 三种不同标准下的网络性能进行了比较,同时,对处于不同的无线数据传输率和信息包分组大小下的无线局域网性能也做了分析比较。如果在组建无线局域网对于传输速率和吞吐量要求不高时,可以选择 802.11 b 标准,毕竟价格低廉是 802.11 b 的优势,同时它具有远距离传输能力,在设置参数的时候,可以选择 5.5 Mbps 的传输速率和 512 bytes 的信息包分组大小,这样丢包率、延时和吞吐量均达到一个较优数值;如果干扰源较多,需要可伸缩性访问,这时可以选择 802.11 a 标准,因为它工作于 5 GHz 频段,具有更多的信道,同时在设置参数的时候,可以选择 54 Mbps 的传输速率和 512 bytes 的信息包分组大小,这样可以获得较小的延时和较高的吞吐量;如果同时要求高速率传输和远距离地域覆盖时,可以选择 802.11 g 标准,因为工作于 2.4 GHz 频段的 OFDM 波形技术具备了有效组合能力和极强的穿透能力,同时在设置参数的时候,可以选择 54 Mbps 的传输速率和 256 bytes 的信息包分组大小,这样可以获得较小的延时和丢包率。

参考文献:

[1] 刘乃安. 无线局域网(WLAN)——原理技术与应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004.

- [2] 谢希仁. 计算机网[M]. 5 版. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [3] 王晓峰, 孙继银. 基于 OPNET 的网络仿真应用技术[J]. 兵工自动化, 2009(4): 64-65.
- [4] 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.
- [5] 司丽娜, 胡玉清. 基于 OPNET 的自相似网络仿真与性能分析[J]. 计算机工程与设计, 2009(15): 50-51.
- [6] 魏鸿毅, 慕晓冬, 夏薇. 基于 OPNET 的无线通信网络性能研究[J]. 微计算机信息, 2008(18): 115-116.
- [7] 陈岩, 董淑福, 蒋磊. OPNET 网络仿真技术及其应用研究[J]. 计算机技术与发展, 2009(2): 199-201.
- [8] 曾珞亚, 冯燕. 基于 OPNET 的网络仿真设计[J]. 软件导刊, 2009(1): 125-128.

Simulation Study of Distributed WLAN Performance Based on OPNET

Liu shibing, Hu zhenzhong

(School of Electrical and Electronic Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: This paper introduces the basic concept of wireless local area network, and its advantages and disadvantages. The IEEE 802.11 series standards of WLAN are analyzed. The network model, the node model and the advancement model of distributional WLAN are constructed based on the network simulation platform OPNET. In order to optimize the network performance, the network performance of WLAN under the IEEE 802.11 series standards are studied by setting different network parameters including speed, information packet grouping size. The network delay and the drop rate are reduced. The system throughput is improved. It has important reference value to the choices of IEEE 802.11 series standards and the set of parameter in the future deployment of WLAN.

Key words: wireless local area networks; IEEE 802.11; OPNET; network simulation

(责任编辑 刘棉玲)