

基于 IEEE802.11MAC 协议的性能分析与仿真

刘冬生, 唐卫东

(井冈山大学 信息科学与传媒学院, 江西 吉安 343009)

[摘要] IEEE802.11MAC 协议是无线局域网标准的关键部分, 它在很大程度上决定网络的性能。本文在分析 IEEE802.11MAC 协议基础上, 采用网络仿真软件 NS-2 对无线局域网的吞吐率、包丢失率和端到端时延等性能进行了仿真, 结果表明网络性能指标与网络中的站点有很大的关系。

[关键词] IEEE802.11MAC 协议; NS-2; 分布式协调功能(DCF)

[中图分类号] TP393

[文献标识码] A

[文章编号] 1673- 4718(2008)04- 0022- 03

0 引言

无线局域网是计算机网络与无线通信技术相结合的产物。无线局域网 WLAN (Wireless Local Area Network) 不采用传统电缆线的所有功能。无线局域网是有线局域网的扩展和替换^[1]。是在有线局域网的基础上通过无线 HUB、无线访问站点(A P)、无线网桥、无线网卡等设备使无线通信得以实现。与有线网络一样, 无线局域网同样也需要传送介质, 传送介质是红外线(IR)或者无线电波(RF)。

近年来, 无线局域网在世界范围内得到了广泛的应用, 它已经成为新一代的高速无线接入网络。IEEE 802.11 则是目前最主要的无线局域网标准, 它对物理层和媒体访问控制层(MAC)的功能作了规定^[1]。IEEE802.11 的媒体访问控制(MAC)协议包括两种信道接入方式: 基于竞争的分布式协调功能(DCF)和集中式的点协调功能(PCF)。它们分别对应于无线局域网的两种网络结构: 自组织网和基础架构网。DCF 是 IEEE 802.11 规定的基本媒体访问机制, 是一种异步数据传输方式。本文重点介绍 MAC 层的基本接入协议 DCF 和部分物理层功能。

1 无线局域网的 MAC 协议的性能分析

1.1 IEEE802.11DCF 协议简介

IEEE802.11 DCF 协议采用载波检测多路访问与冲突避免 (CSMA/CA: Carrier Sensing Multiple Access/Collision Avoidance) 机制。当站点有新的数据包需要发送时, 它首先检测信道, 如果信道持续空闲 DIFS (DCF Interframe Space, DCF 帧间间隔)

时间, 则立刻发送数据包。如果信道忙, 则站点必须等待信道再次空闲 DIFS 时间, 然后在进行随机退避后发送。另外, 为了避免某站点长时间占用信道, 站点在两次连续的数据包发送之间必须进行随机退避。随机退避的时间是以时隙为单位的, 它是 $0 \sim w$ 之间的一个随机整数, 数值 w 是竞争窗口 (Contention Window, CW) 的大小。CW 的取值范围在 CW_{min} 和 CW_{max} 之间, 不同物理层有不同的具体定义。当站点检测信道空闲一个时隙时, 退避计数器减 1; 当检测到信道忙时, 退避计数器保持, 并当再次检测到信道空闲一个 DIFS 时间后, 重新激活退避计数器。一旦退避计数器递减到 0, 站点立刻开始传输数据。这时, 如果有两个以上站点的退避计数器同时减到 0, 就会产生冲突。802.11 DCF 采用二进制指数退避的方法来解决冲突。对第一次的数据发送尝试, 初始的竞争窗口大小为 CW_{min} , 在每一次发送失败后, 发送端认为数据包在传送过程中遇到了冲突, 数据包将被重传, 重传的竞争窗口值加倍, 直至达到 CW_{max} 。当重传次数超过协议规定的最大重传次数时, 发送端将数据包丢弃, 放弃重传。

DCF 的数据传输有两种技术: 缺省的二次握手方式, 即基本接入方式和可选的四次握手方式, 即请求发送/允许发送 (RTS/CTS: Request To Send/Clear To Send) 方式^[3]。

(1) 基本接入方式

当工作于基本接入方式时, 如图 1 所示。

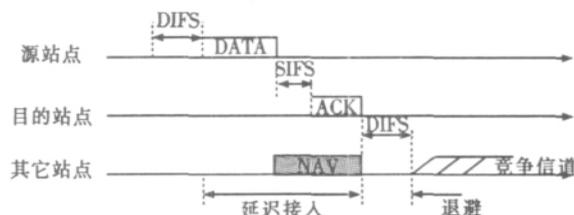


图 1 DCF 的基本接入方式

终点站在成功接收数据包后经过一个 SIFS 间隔, 立即发送一个确认 (ACK) 帧给源站点, 以告之数据包已经被正确接收; 如果源站点没有收到 ACK 帧, 则认为数据包被丢失, 源站点将重新设置 CW, 将 CW 加倍, 且在 $[0, w]$ 中随机选取一个时隙值, 进行重发。当数据包在发送的过程中, 其它站点相应调整它们的网络分配矢量 (NAV), NAV 是在 MAC 层, 基于数据接收后的持续时间的虚拟载波侦听。它包括数据传输后的 FIFS 帧和 ACK 帧的传输时间。这样发送端就可以发送数据和接收 ACK 信号而不会造成数据的碰撞, 这在很大程度上解决了无线局域网中的一个重要问题: ‘隐藏终端’ 问题^[4]。

(2) RTS/CTS 方式

IEEE802.11 标准在 MAC 层上引入了一个可选的 RTS/CTS 选项。如图 2 所示。

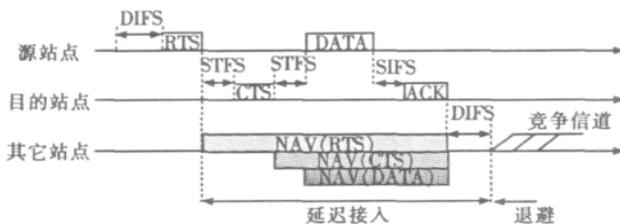


图 2 DCF 的 RTS/CTS 方式

其工作原理是: 源站点在向终点站点发送数据包之前, 即在 DIFS 之后不是立即发送数据包, 而是代之以发送一个请求发送 RTS 帧, 以申请对介质的占用, 当接收站点收到 RTS 信号后, 立即在一个 SIFS 之后回应一个允许发送 CTS 帧, 告知对方已准备好接收数据。双方在成功交换 RTS/CTS 信号对 (即完成握手) 后才开始真正的数据传递, 同时, 其它站点根据来自源站点的 RTS 帧和来自终点站点的 CTS 帧来更新 NAV。这样保证了多个互不可见的发送站点同时向同一接收站点发送信号时, 实际只能是收到接收站点回应 CTS 帧的发送站点能够进行发送, 避免了碰撞发生。即使有碰撞发生, 也只是在发送 RTS 帧时这种情况下, 由于收不到接收站点的 CTS 消息, 用 CSMA/CA 协议的竞争机制, 分配一个随机退避时隙值, 等待下一次介质空闲 DIFS 后竞争发送 RTS 帧, 直到成功为止。

1.2 IEEE802.11DCF 协议性能分析

根据上述对 IEEE802.11MAC 协议的简单分析, 可以看出, 由于无线局域网中的站点竞争有限的无线信道资源, 也就是说多个站点竞争一个紧缩的竞争窗口, 结果很容易造成站点在发送数据时发生碰撞, 并且站点数目越多, 碰撞概率越大, 从而严重影响了无线局域网的性能如吞吐率、时延、公平性和

包丢失率等。很显然, 当网络中的站点数目增加时, 网络的吞吐率由于发生碰撞的概率增加而大大降低, 而且其包丢失率也增加。另外, 由于碰撞概率的增大, 也使得竞争窗口也增大, 这又大大增加了端到端时延。当然, 由于协议本身的缺陷, 也为其带来了与生俱来的不公平性。本文将在下面对其重要性能指标如吞吐率、时延等与站点的关系进行仿真验证。

2 IEEE802.11DCF 性能仿真

本文使用网络仿真软件 NS-2 对无线局域网网络的性能进行仿真, 其仿真环境和模型如下: 构建一个有 8 个移动站点 (node0~node7) 的网络模型, 其拓扑结构包括有 4 个发送站点和 4 个接收站点。其中, 发送站点 node0、node2、node4 和 node6 分别在不同的时间向接收站点 node1、node3、node5 和 node7 发送数据包。这些站点分布在 $500\text{m} \times 500\text{m}$ 的平面矩形区域中, 如图 3 所示。(图中显示的既有站点的拓扑结构, 还有站点正在发送数据包的过程以及发送过程中由于数据包发生碰撞而被丢弃的情况)。

站点通信采用的协议分别是: 物理层采用 802.11a OFDM 扩频技术, MAC 层采用 IEEE802.11DCF 协议, 传输层采用 UDP 协议, 应用层则采用指数分布 (EXP) 数据流。仿真时站点 node0、node2、node4 和 node6 分别在 $t=1.4\text{s}$ 、 5s 、 10s 和 15s 时开始发送数据包, 整个仿真时间持续 70s。其它仿真设置参数如表 1 所示。

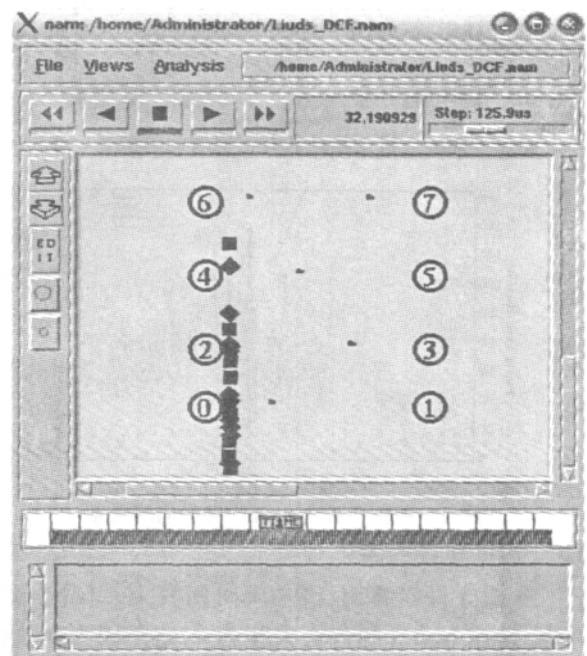


图 3 仿真拓扑图

表 1 仿真模型参数

参数	数值
数据包大小	512bytes
信道比特率	2Mbps
CBR 传输率	200kbps
传播时延	1 μ s
时隙	20 μ s
SIFS	10 μ s
DIFS	50 μ s

3 仿真结果分析

本文对网络的吞吐量、包丢失率和端到端时延等性能指标与站点的关系进行了仿真,现分别对它们进行分析。

3.1 吞吐量

由于站点 node0 在 $t=1.4s$ 时开始发送数据,而站点 node2 在 $t=5s$ 时开始发送数据,这样在 $[1.4s,5s]$ 这段时间内,仅有 node0 这个站点在使用整个无线信道带宽,从而使 node0 有较高的吞吐量,在 5s 后, node2 参与竞争使用信道,与 node0 共享同一个无线信道资源,就造成两个站点的吞吐量下降。很显然,当在 $t=10s$ 和 $t=15s$ 时,站点 node4 和 node6 又分别加入参与竞争信道,则整个网络的站点的吞吐量就更进一步下降。如图 4 所示。

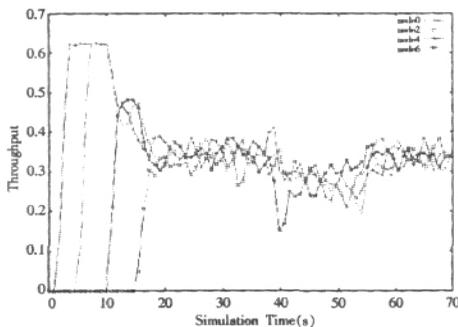


图 4 站点吞吐量与仿真时间的关系

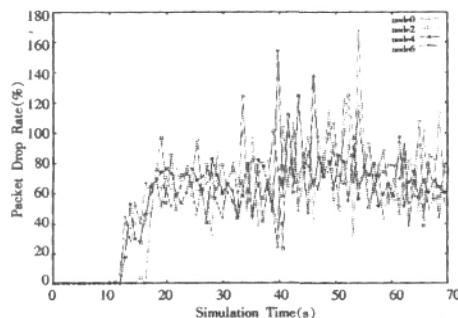


图 5 数据包丢失率与仿真时间的关系

3.2 数据包丢失率

由图 5 可以看出,当仿真时间在 $[1.4s,5s]$ 这段时间内,站点 node0 的包丢失率为 0,这是因为此时整个无线信道只有一个站点在发送数据,即只有

node0 这个站点在使用信道带宽。而随着仿真时间的推移,更多的站点参与竞争使用这个无线信道带宽,这样就引起所有的站点都会发送数据包丢弃的现象,从而使数据包丢失率增大。仿真拓扑图 3 也说明了这一点。

3.3 端到端时延

随着参与竞争信道的站点数目的增加,由于发生碰撞的概率也增大,则必然要造成节点端到端的时延增加,而且,由于碰撞概率的增大,也引起竞争窗口的增大,这同样会引起时延的增加。如图 6 所示。

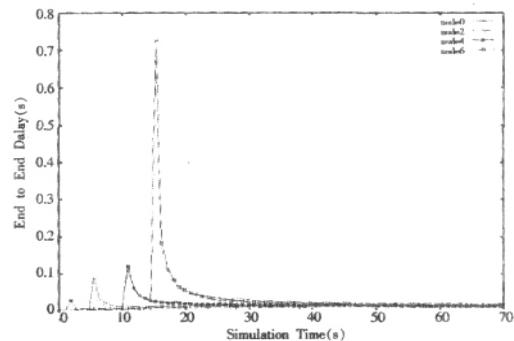


图 6 端到端时延与仿真时间的关系

4 结束语

本文分析了 IEEE802.11 MAC 层的基本接入协议 DCF 性能,并且用 NS-2 仿真软件对网络性能如吞吐量、包丢失率和端到端时延进行了仿真验证。从仿真结果可知,网络性能指标与网络中的站点有很大的关系。随着站点数目的增多,网络性能越来越下降。在当今随着无线局域网用户数量的级数递增,网络的负担越来越重,如何提高高负荷网络的性能,成为当今研究的热点问题^[6,7]。

参考文献

- [1]IEEE 802.11 Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications[S]. IEEE, 1997.
- [2]IEEE standard for Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications[S]. ISO/IEC802-11:1999(E), Aug. 1999.
- [3]Jaehyuk Choi, Joon Yoo and Chongkwon Kim. EBA: An enhancement of the IEEE802.11 DCF via distributed reservation[R]. Proceedings of 2005 IEEE International Conference on Communication, IEEE, 2005.
- [4]Meggers J. Multicast communication in ad hoc networks[C]. In: Proceedings of 48 IEEE Vehicular Technology Conference. Ottawa, Ont. Canada, 2006.
- [5]NS-2 home page[EB/OL]. <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.

进还可与小区的安防保卫系统连接, 实现与小区的联防功能。

参考文献

[1]罗亚非. 凌阳 16 位单片机应用基础[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.

大学出版社, 2005.

[2]蒋炼, 戴瑜兴. 基于电话线传输的家居无线安防报警系统[J]. 低电压器, 2006(1): 36-39.

[3]凌阳科技. 凌阳 16 位单片机开发实例[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.

A design of long-distance home safeguard system based on $\mu'nsp^{\text{TM}}$

HU Wei, LI Yong-fan

(Information Department of Hunan First Normal College, Changsha 410002, China)

Abstract: The design of long-distance home safeguard system based on $\mu'nsp^{\text{TM}}$ is presented. First, the method is selected by analyzing and comparing. Second, the whole function is introduced. Third, the system's working principle and circuit structure are analysed. Lastly, the solution of software is introduced. It is proved that the system is more reliable and economic.

Key words: security and protection system; $\mu'nsp^{\text{TM}}$; single chip microcomputer; SPT6602A

(责任校对: 彭晓冬)

(上接第 24 页)

[6] Bharghvan V. Performance evaluation of algorithms for wireless medium access [J]. IEEE International Computer Performance and Dependability Symposium IPDS 98, 1998.

[7] Fullmer C, J Garcia-Luna-Aceves. Floor acquisition multiplex access (FAMA) for packet-radio networks [J]. Proc. SIGCOMM'95, Cambridge, MA.

The performance analysis and simulation based on IEEE802.11 MAC protocol

LIU Dong-sheng, TANG Wei-dong

(School of Information Science and Communication, Jinggangshan University, Ji'an 343009, China)

Abstract: The IEEE802.11 MAC protocol is the key component for WLAN standard that determined the network performance of wireless LAN. In this paper, it analyzes and simulates the performance of WLAN including throughput, packet drop rate and end-to-end delay. The result shows there are relativity between the performance of network and the node numbers.

Key words: IEEE802.11 MAC; NS-2; DCF

(责任校对: 彭晓冬)