

多速率最优竞争窗口的 WLAN 退避算法

胡国柱, 王吉军, 杨 凯

HU Guo-zhu, WANG Ji-jun, YANG Kai

辽宁省智能信息处理重点实验室, 辽宁 大连 116622

Liaoning Key Laboratory of Intelligent Information Processing, Dalian, Liaoning 116622, China

E-mail: huguozhu@gmail.com

HU Guo-zhu, WANG Ji-jun, YANG Kai. Multi-rate optimized contention window backoff algorithm in WLAN. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(32): 101-103.

Abstract: This paper brings up a multi-rate optimized contention window algorithm after studying fore researches on multi-rate backoff algorithms in IEEE 802.11 DCF. The core of this algorithm is using the optimized contention window as nodes' initial contention window value based on time equity, in order to reduce the probability of data collision. The results of emulational experiments show that under saturated environment, the performance on time equity and system throughput is better than fore algorithms.

Key words: IEEE 802.11; Distributed Coordination Function (DCF); backoff algorithm; optimized contention window; multi-rate

摘 要: 在对原有的 IEEE 802.11 DCF 多速率退避算法研究的基础上, 提出了基于多速率的最优竞争窗口退避算法 (Multi-rate Optimized Contention Window algorithm, MOCW)。该算法的核心思想是在多速率时间公平性的基础上, 利用理论上的最优窗口值作为节点的初始窗口值, 以此来减小多节点同时发送数据时的碰撞概率。仿真实验表明, 该算法在饱和状态下, 无论在时间公平性还是系统吞吐量的性能上都有所提高。

关键词: IEEE 802.11; 分布式协调功能 (DCF); 退避算法; 最优竞争窗口; 多速率

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.32.032 **文章编号:** 1002-8331(2009)32-0101-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP393

1 概述

IEEE 802.11 标准^[1]定义了无线局域网的物理层和媒介访问控制层 (MAC), 其中在 MAC 层又采用了以时隙为单位的 BEB (二进制退避) 算法作为其退避算法。然而随着应用的深入, BEB 算法已经越来越不能适应实际使用的需要, 为此人们提出了各种不同的方案来改进。

BEB 是最早应用于无线网络中的退避算法, 是 DCF 解决共享信道冲突问题的一种稳定性策略, 但是 BEB 在饱和和网络环境中由于冲突率高而影响性能。文献[2]对应于 BEB, 提出了 MILD (Multiplicative Increase and Linear Decrease) 算法以适用于高负荷网络, 但它不能及时调整参数, 使得网络效率仍然很低。文献[3]依据数据传输中的成功与否提出了 EIED (Exponential Increase Exponential Decrease) 算法, 更加合理地调整了竞争窗口值。文献[4]提出了一种 MILD 算法的改进算法 LMILD (Linear/Multiplicative Increase and Linear Decrease), 区分对待碰撞和非碰撞节点以及成功节点, 分别采用乘法增、线性增和线性减的调节机制, 克服 MILD 在高负荷环境下吞吐量低的缺点。

以上各种改进的退避算法都有效地改善了 IEEE 802.11 MAC 层协议的性能, 但都是基于单一速率的, 没有涉及到多速率环境。以上算法在公平性上, 体现的是接入次数的公平性, 即只保

证了每个无线节点都有相同的概率得到无线信道^[5], 即在一个较长的时间中, 所有处于相同条件下的节点发送的数据帧个数是一样的。但是文献[6]的研究表明, 在多速率环境下, 体现高速节点优势, 提高网络整体吞吐量公平性的, 应该是接入时间的公平性。

2 多速率的时间公平性

文献[7]指出, 多速率环境下节点的竞争窗口值与接入概率和节点间的时间接入公平性以及网络的饱和传输量都有直接的联系。

在多速率无线局域网中, 设有两种速率的无线节点 r_1 和 r_2 的个数分别为 n_1 和 n_2 个, 且 r_1, r_2 的条件碰撞概率分别为 p_1, p_2 , 单位时间内 r_1, r_2 的发送数据包的概率为 τ_1, τ_2 , 由文献[7]可以得到以下结论:

$$\tau_1 = \frac{2(1-2p_1)}{(1-2p_1)(W_1+1)+p_1W_1(1-(2p_1)^m)} \quad (1)$$

$$p_1 = 1 - (1-\tau_1)^{n_1-1} (1-\tau_2)^{n_2} \quad (2)$$

$$\tau_2 = \frac{2(1-2p_2)}{(1-2p_2)(W_2+1)+p_2W_2(1-(2p_2)^m)} \quad (3)$$

$$p_2 = 1 - (1-\tau_1)^{n_1} (1-\tau_2)^{n_2-1} \quad (4)$$

基金项目: 辽宁省教育厅科研项目 (the Liaoning Educational Research Project of China under Grant No.20060040)。

作者简介: 胡国柱 (1983-), 男, 在读硕士, 研究方向为计算机网络; 王吉军 (1964-), 男, 博士, 教授, 研究方向为计算机网络, 人工智能; 杨凯 (1983-), 男, 在读硕士, 研究方向为计算机网络。

收稿日期: 2008-06-27 **修回日期:** 2008-10-16

其中, W_1, W_2 为 r_1, r_2 的竞争窗口值, m 为退避阶数。

引入参数 A_1, A_2 记为 r_1, r_2 的接入概率, 则易得

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{\tau_1(1-p_1)}{\tau_2(1-p_2)} \quad (5)$$

当前网络无线节点较多时, 由

$$n_1, n_2 \gg 1 \Rightarrow \tau_1, \tau_2 < 1 \Rightarrow p_1, p_2 < 1 \quad (6)$$

由式(2)、(4)可得

$$p_1 \approx p_2 \quad (7)$$

由式(1)、(3)、(5)可得

$$\frac{A_1}{A_2} \approx \frac{\tau_1}{\tau_2} \approx \frac{W_2}{W_1} \quad (8)$$

式(8)表明, 在无线局域网多速率环境下, 节点间的时间公平性可以通过设置节点的竞争窗口值来调节, 且窗口大小与接入概率成反比。

3 多速率的最优窗口值

虽然通过改变节点的竞争窗口可以达到优化多速率下节点间的时间公平性的要求, 但是随着节点数的增加, 时间公平性也将随之降低^[7]。这是因为节点数增加时, 节点依然使用以前的初始竞争窗口接入信道, 从而使碰撞概率大为增加, 造成碰撞过多和频繁退避, 节点通过多次退避后才能成功发送一次数据, 大大浪费了信道资源, 最终导致链路的吞吐量和公平性明显恶化^[8]。因此在节点数量比较多时, 选择一个最优窗口值作为节点的初始窗口, 可以极大地减小碰撞的概率, 增大网络的吞吐量。

假设每个节点以 CW_{ini} 作为初始窗口值, 设 τ_{opt} 为节点的最佳接入概率, T_c 为碰撞平均时槽数, 节点数为 N , 由文献^[7]得到

$$\tau_{opt} = \frac{\sqrt{[N+2(N-1)(T_c-1)]/N} - 1}{(N-1)(T_c-1)} \approx \frac{1}{N\sqrt{T_c/2}} \quad (9)$$

令竞争窗口上界和下界为 CW_{max} 和 CW_{min} , n 为发生碰撞退避时竞争窗口增大的次数, n' 为最大退避次数, p 为节点的碰撞条件概率。由文献^[9], 当前网络中活动节点数 N 和最优化初始竞争窗口值 CW_{opt} 之间的关系式为:

$$N\sqrt{2T_c} = \frac{\sum_{i=0}^{n'} p^i + (CW_{ini}+1) \sum_{i=0}^{n-1} (2p)^i + (CW_{max}+1) \sum_{i=n}^{n'} p^i}{\sum_{i=0}^{n'} p^i} \quad (10)$$

$$p = 1 - (1-\tau)^{N-1} \quad (11)$$

将式(11)中的 τ 用式(9)中的 τ_{opt} 带入, 当 N 足够大时, 得到一个近似值

$$p \approx 1 - e^{-\frac{1}{\sqrt{T_c/2}}} \quad (12)$$

通过式(10)和(12),

$$CW_{ini} = \frac{N\sqrt{2T_c} * \sum_{i=0}^{n'} p^i - \sum_{i=0}^{n-1} p^i - (CW_{max}+1) \sum_{i=n}^{n'} p^i}{\sum_{i=0}^{n-1} (2p)^i} - 1 \quad (13)$$

令 $CW_{max}=1023, T_c=29$ (RTS/CTS 模式), $n'=7$, 可以得到最优初始竞争窗口值 CW_{ini} 和网络当前活动个数 N 之间的关系, 如表 1 所示。

4 多速率最优竞争窗口算法

从以上可以知道, 竞争窗口的大小直接影响到多节点的公

表 1 最优窗口值和节点数关系

n	N					
	10	20	40	60	80	100
1	-209	-110	87	284	481	679
2	18	85	220	356	491	626
3	48	107	225	344	461	579
4	52	108	219	331	443	554
5	52	107	215	324	433	542
6	51	106	213	321	429	536

平性和整个网络的传输性能。基于此, 提出多速率最优竞争窗口算法 (Multi-rate Optimized Contention Window algorithm, MOCW)。从表 1 可以看出, 当 $n>2$ 时, 在节点数相同的情况下, 最优窗口值的变化不大, 因此为简化 MOCW 算法的复杂度, 只采用 $n=6$ 时的最优窗口值, 而且这组数据也是最接近线性增长规律的。同时为了论述的方便, 仅以 1 Mb/s、2 Mb/s 和 5.5 Mb/s 三种速率来讨论。

MOCW 的算法过程为 (使用 OPNET 中的变量名):

(1) 最小速率节点初始化:

$cw_min=15; cw_max=1023; max_backoff=CW_{opt};$

(2) MOCW:

更新 CW_{opt}

if (数据发送冲突)

{ $max_backoff=max_backoff*2+1;$

if ($max_backoff>cw_max$)

$max_backoff=cw_max;$

}

else if (发送成功)

$max_backoff=CW_{opt};$

其中, cw_min, cw_max 表示竞争窗口的最小和最大值, $max_backoff$ 表示最大退避时间, CW_{opt} 为表 1 所示的最优竞争窗口值, 取 $n=6$ 的值。

对于其他速率的节点, 按照多速率时间公平性理论, 将最优竞争窗口值 CW_{opt} 以速率的反比例取值。

5 仿真实验

采用的仿真实验平台为 OPNET Modeler 10.5, 物理层为 Extended Rate PHY (802.11g), 速率分别为 1 Mb/s、2 Mb/s 和 5.5 Mb/s。因为着重分析的是 DCF 的退避机制, 所以关闭了 PCF, 同时也关闭了漫游功能。实验基本的传输方式为基本传输或是 RTS/CTS, 具体由参数 Rts Threshold (Bytes) 决定。并且选用了 Video Conferencing 的 Low Resolution Video 作为应用内容, 以确保网络处于饱和状态。同时也为了简化实验的复杂度, 直接在实验中引入一个参数 $node_num$, 代表接入节点个数, 并在实验开始阶段, 给不同速率的节点根据节点数, 初始化最优竞争窗口值。表 2 列出实验的基本参数。

表 2 实验基本参数

参数名	参数值	参数名	参数值
信道速率/(Mb·s ⁻¹)	1, 2, 5.5	最小竞争窗口	15
slot_time/μs	9	最大竞争窗口	1023
SIFS/μs	10	仿真时间/s	60
DIFS/μs	28		

图 1、图 2 分别显示了在节点数为 10、20、40、60、80、100 的递增的情况下, 三种速率在 MOCW 算法和 MCW 算法 (未使

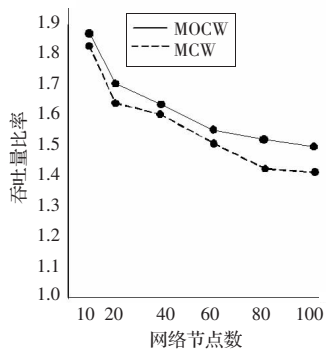


图1 2 Mb/s 和 1 Mb/s 节点的吞吐量比率

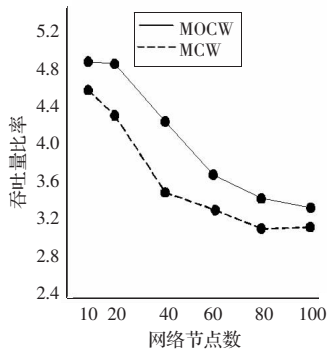


图2 5.5 Mb/s 和 1 Mb/s 节点的吞吐量比率

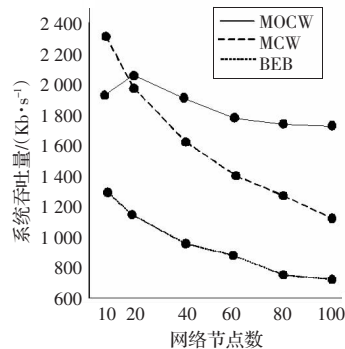


图3 三种算法的系统吞吐量比较

用最优竞争窗口的多速率时间公平性算法)之间的吞吐量比率。从图中可以看出 MOCW 算法在不同速率的吞吐量比率比未使用最优竞争窗口的算法更接近于节点速率的比值。

图3显示的是速率为 1 Mb/s、2 Mb/s、5.5 Mb/s 的节点个数比为 3:3:4 的情况下, MOCW 算法与 BEB 和 MCW 算法三者的系统吞吐量比较。

6 结束语

从模拟实验可以看出, MOCW 退避算法在饱和多速率环境下, 无论是节点间的时间公平性, 还是系统吞吐量方面都有出色的表现。特别是在系统吞吐量方面, 虽然在节点比较少的情况下, 性能不是很突出, 但是随着节点数的增加, 系统吞吐量仍只是下降少许, 稳定性比 MCW 算法好很多。

参考文献:

- [1] ANSI/IEEE Std 802.11 IEEE standard for wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications[S]. New York: IEEE, 1999.
- [2] Bharghavan V, Demaers A, Shenker S, et al. MACAW: A media access protocol for wireless LAN's[C]/ACM SIGCOMM, 1994.

(上接 74 页)

和采用 TDOA 技术获得未知节点到信标节点的距离, 然后根据粒子群优化算法估算出未知节点的坐标。由于粒子群优化算法是一种群体智能的全局优化技术, 群体中的每一个粒子位置代表优化问题的一个候选解, 通过粒子间的交互作用发现复杂搜索空间中的最优区域, 具有算法简单、收敛速度较快、全局优化能力较强、控制参数较少等优点, 所以该算法可以有效地减少定位迭代循环过程中误差累积的影响, 仿真实验表明该算法明显提高了定位精度, 而且没有增加能耗。

参考文献:

- [1] Mao G, Fidan B, Anderson B. Wireless sensor network localization techniques[J]. Computer Networks, 2007, 51(10): 2529-2553.
- [2] 王福豹, 史龙, 任丰原. 无线传感器网络中的自身定位系统和算法[J]. 软件学报, 2005, 16(5): 45-49.
- [3] 孙利民, 李建中, 陈渝, 等. 无线传感器网络[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [4] 徐云剑, 彭沛夫, 郭艾寅, 等. 基于蚁群算法的 WSN 移动信标路径获取研究[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(28): 109-112.
- [5] 包志华, 周晖, 邵世煌, 等. 基于矢量和粒子群优化的传感器网络节点定位[J]. 计算机应用, 2009, 29(1): 309-311.

- [3] Song N, Kwak B, Song J, et al. Enhancement of IEEE 802.11 distributed coordination function with exponential increase exponential decrease backoff algorithm[C]/IEEE VTC 2003 Spring, 2003: 2775-2778.
- [4] Deng Jing, Varshney P K, Haas Z J. A new backoff algorithm for the IEEE 802.11 distributed coordination function[C]/Proc CNDS'04, Jan 2004.
- [5] Bononi L, Conti M, Donatiello L. Design and performance evaluation of a distributed contention control (DCC) mechanism for IEEE 802.11 wireless local area networks[C]/Proceedings of the WOWMOM 98, Dallas Texax, 1998: 59-67.
- [6] Heusse M, Rousseau F. Performance anomaly of 802.11b [C]/The 22nd Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, San Francisco, USA, 2003.
- [7] Bianchi G. Performance analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2000, 18(3): 535-547
- [8] Ozugur T, Naghshineh M, Kermani P, et al. Fair media access for wireless LANs[C]/Proc of the IEEE Global Elecommunications Conference, GLOBECOM. Rio de Janeiro: IEEE, 1999: 570-579.
- [9] 彭泳, 程时端. 一种自适应无线局域网协议[J]. 软件学报, 2004, 15(4): 604-615.

- [6] 唐弢, 郭庆, 彭保. 一种基于优化 TDOA 的无线传感网络定位算法[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(25): 98-99.
- [7] 郭永红, 万江文, 于宁, 等. 基于跳数的无线传感器网络定位求精算法[J]. 计算机工程, 2009, 35(3): 145-147.
- [8] Shi Yu-hui, Eberhart R C. A modified particle swarm optimizer[C]/IEEE International Conference of Evolutionary Computation, Anchorage, Alaska, 1998: 69-73.
- [9] Shi Yu-hui, Eberhart R C. Parameter selection in particle swarm optimization[C]/Proceedings of the 7th International Conference on Evolutionary Programming VII. London, UK: Springer-Verlag, 1998: 591-600.
- [10] Shi Yu-hui, Eberhart R C. Empirical study of particle swarm optimization[C]/Proceedings of Congress on Evolutionary Computation. Piscataway, NJ: IEEE Service Center, 1999: 1945-1949.
- [11] Pei Zhen-kui, Tian Sheng-feng, Huang Hou-kuan. A novel method for solving nonlinear bilevel programming based on hybrid particle swarm optimization[C]/ICSP2006 Proceedings, 2006: 1935-1938.
- [12] Wang Qi-fu, Wang Zhan-jiang, Wang Shu-ting. A modified particle swarm optimizer using dynamic inertia weigh[J]. 中国机械工程, 2005, 16(11): 945-948.
- [13] 陆克中, 王汝传, 帅小应. 保持粒子活性的改进粒子群优化算法[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(11): 35-38.