

文章编号:1001-9081(2005)12-2896-03

## 一种新的 EDCA 优化策略

孙 强,刘同佩

(上海大学 通信与信息工程学院,上海 200072)

(sq1209@126.com)

**摘 要:**为了保证网络负载增加后无线局域网的 QoS,在 EDCA 机制的基础上运用了预约竞争窗口维护技术,当网络处于低负载时,性能与原接入机制一样,随着负荷的增加,在稳定条件下可以大大减少碰撞概率,从而既保证高优先级业务的 QoS,又能提高整个网络的吞吐量。

**关键词:**增强分布式信道接入;马尔可夫;服务质量;无线局域网

**中图分类号:** TP393.01 **文献标识码:** A

## A novel optimization scheme for EDCA

SUN Qiang, LIU Tong-pei

(School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

**Abstract:** To guarantee the QoS of WLAN(Wireless Local Area Network) after the network load increased, the technology of reserved contention window maintenance was applied to EDCA mechanism. When network was in low load, the performance was the same as the original access mechanism. As the load increased, it could greatly reduce the collision probability under stable condition. Therefore it can not only support QoS of the high priority traffic, but also improve the throughput of the whole network.

**Key words:** EDCA; Markov; QoS; WLAN

### 0 引言

无线通信能给人们带来了方便快捷的服务,但由于无线信道是时变的,带宽有限,时延和误码率又很高,所以无线网络的 QoS 比有线网络更难以得到保证。现有的 IEEE 802.11 协议无法保证网络的服务质量,于是 IEEE 802.11 TGe 工作组正在制定了保证实时业务 QoS 的协议——802.11e<sup>[2]</sup>。

传统的 DCF<sup>[1,7]</sup> (Distributed Coordination Function) 接入方式是基于 CSMA/CA 的尽力而为的传输模式,没有对业务进行优先级区分,难以提供严格的 QoS 保证。为此,802.11e 协议草案中对业务进行了等级划分,不同优先级的业务有不

同的接入优先级,通过牺牲低优先级业务的 QoS,来保证高优先级业务的 QoS。协议草案中定义了 EDCA 提供有差别的服务,能够保证高优先级业务的 QoS。EDCA 在高负荷情况下,由于碰撞概率变高,使整个网络性能变差<sup>[6]</sup>。

### 1 EDCA 机制的优化

EDCA 是 DCF 接入机制的一种增强,这种接入机制与原来的 DCF 向后兼容。与 DCF 机制相比,EDCA 机制中引入了接入类别 (AC) 和 TXOP (Transmission Opportunity) 的概念。等待信道空闲的时间变为仲裁帧间间隔 AIFS[AC],竞争窗口的范围变为 CWmin[AC],CWmax[AC]。



图 1 EDCA 数据帧结构

本文在已确保无线局域网时钟同步的前提下,对 EDCA 机制提出一种新的优化策略,在低优先级业务的数据帧头增加一个 next\_cw 项(如图 1),存储本队列中下一个数据帧预约的随机竞争窗口,若发送队列中无数据帧,则 next\_cw = -1。而高优先级业务因为采用 TXOP 技术,缓存队列中下一个数据包不会退避,就会被发送出去。不过在接收到数据帧后,在 ACK 确认帧头,增加一个 next\_cw 项,用于存放发送队列中第一个高优先级包的竞争窗口。每个 STA(station) 需要采用三个堆栈来维护侦听到的 next\_cw 值,其中 aifsn = 3 的尽力而为 (AC\_BE) 的业务和 aifsn = 5 的背景类 (AC\_BK) 业务各用一

个堆栈,而 aifsn = 2 的语音业务 (AC\_VO) 和视频业务 (AC\_VI) 共用一个堆栈,维护好这三个堆栈,可以尽量减少各种业务的数据包之间的碰撞。一旦收到数据帧和 ACK 帧,要实时更新和维护堆栈列表。维护列表算法:1) 发送数据时,保证下一帧数据包预约的 CW 值与堆栈中同种业务的 CW 值不同;2) 不同业务之间的 CW 值的维护,在退避之前,检测三个堆栈最小的 CW 值,若满足条件(1),就按表 1 中的规则来维护堆栈列表。

$$\begin{aligned} & \text{if (AIFSN[X] + CW[X] == AIFSN[Y] + CW[Y])} \\ & \text{then CW[X] = CW[Y]} \end{aligned} \quad (1)$$

收稿日期:2005-06-23;修订日期:2005-08-27 基金项目:上海市科技发展基金资助项目(045115012)

作者简介:孙强(1980-),男,江苏南通人,硕士研究生,主要研究方向:无线局域网和 Ad Hoc; 刘同佩(1948-),男,浙江宁波人,副教授,博士研究生,主要研究方向:计算机通信网络。

表 1 维护规则

X	Y	RESULT
AC_VO	AC_BE	CW[X] = CW[Y]
AC_VO	AC_BK	CW[X] = CW[Y]
AC_VI	AC_BE	CW[X] = CW[Y]
AC_VI	AC_BK	CW[X] = CW[Y]
AC_BE	AC_BK	CW[X] = CW[Y]

采用上述维护规则,不但可以避免各种业务包之间的碰撞,而且可使高优先级包优先接入信道,减少时延。

## 2 理论分析

### 1) EDCA 分析模型

假设 Ad Hoc WLAN 网络中,总业务流为  $N$ , 优先级为  $j$  ( $0 < j < 4$ ) 的第  $n$  个业务流为  $n(j)$ , 简称为  $n$ 。每个终端只有一种业务,同时假设终端上的业务流为饱和的,即任何时候都有数据要发送。

令  $s(t)$  表示  $t$  时刻退避阶数  $i$  的随机过程,  $b(t)$  表示产生的退避窗口  $k$  的随机过程。则由  $\{s(t), b(t)\}$  即可构成二维 Markov 随机过程<sup>[3~5]</sup>, 如图 2 所示。

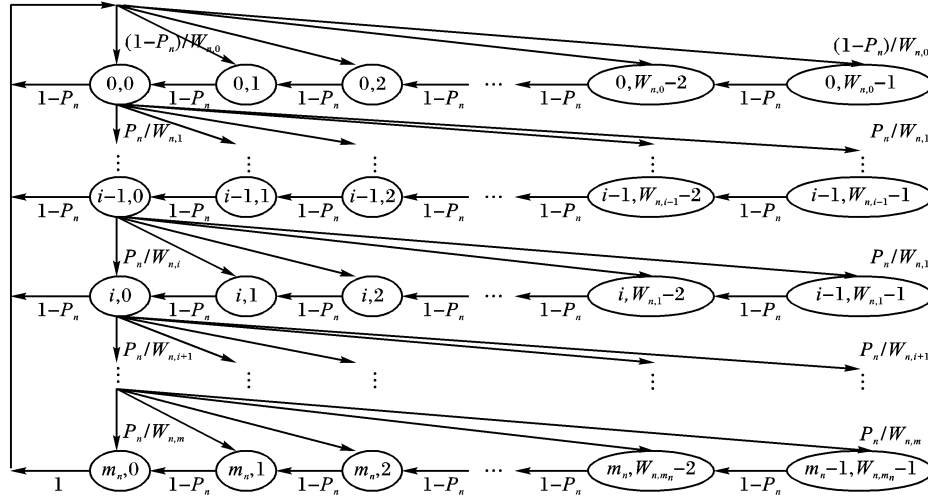


图 2 EDCA 机制时的二维 Markov 随机过程

为了简便,令第  $n$  个业务流的稳态分布  $b_{n,i,k}$  用  $b_{i,k}$  表示:

$$b_{i,k} = \lim_{t \rightarrow \infty} P\{s(t) = i, b(t) = k\} \quad (1)$$

$0 < i < m_n, 0 < k < W_{n,i} - 1$

其中  $m_n$  为重传限制:

$$W_{n,i} = 2^i W_{n,0} \quad (2)$$

$$b_{i,0} = p_n^i b_{0,0}, \quad 0 < i < m_n \quad (2)$$

$$b_{i,k} = \frac{W_{n,i} - k}{W_{n,i}} \frac{1}{1 - p_n} b_{i,0}, \quad 0 < i < m_n, 0 < k < W_{n,i} - 1 \quad (3)$$

$$\sum_{i=0}^{m_n} \sum_{k=0}^{W_{n,i}-1} b_{i,k} = 1 \quad (4)$$

由公式(2) ~ (4) 可推出:

$$b_{n,0,0} = \frac{1}{\sum_{i=0}^{m_n} \left[ 1 + \frac{1}{1 - p_n} \sum_{k=0}^{W_{n,i}-1} \frac{W_{n,i} - k}{W_{n,i}} \right] p_n^i} \quad (5)$$

$$\text{接入概率 } \tau_n = \sum_{i=0}^{m_n} b_{i,0} = b_{0,0} \frac{1 - p_n^{m_n+1}}{1 - p_n} \quad (6)$$

任一时刻终端以接入概率  $\tau_n$  发起传输,发送第  $n$  帧的碰撞概率  $p_n$  为:

$$p_n = 1 - \prod_{j=1, j \neq n}^N (1 - \tau_j), \quad 1 \leq n \leq N \quad (7)$$

第  $n$  个业务流在任一时刻中传输成功的概率  $p_{n,s}$  为:

$$p_{n,s} = \tau_n \prod_{j=1, j \neq n}^N (1 - \tau_j), \quad 1 \leq n \leq N \quad (8)$$

任一时刻中成功传输的概率  $p_s$  为:

$$p_s = \sum_{n=1}^N p_{n,s} \quad (9)$$

信道忙的概率  $p_b$  为:

$$p_b = 1 - \prod_{j=1}^N (1 - \tau_j) \quad (10)$$

### 2) 饱和吞吐量

第  $n$  个业务流的吞吐量为  $Throughput_n$ , 令  $\delta$  为一个时隙间隔,  $T_H$  为传输帧头的时间,  $T_{E(L)}$  为传输净荷的平均时间,  $SIFS$  为短帧间间隔,  $T_{ACK}$  发送确认帧的时间,  $DIFS$  表示 DCF 帧间间隔,  $T_s$  为由于传输成功,侦听到信道忙的平均时间,  $T_c$  数据帧碰撞的平均时间,  $E(Lm)$  为碰撞时最长的净荷的传输时间,  $\gamma$  为传播时延。可得如下公式<sup>[5]</sup>:

$$Throughput_n = \frac{E[\text{一个时隙内传输净荷}]}{E[\text{一个时隙长度}]} = \frac{p_{n,s} T_{E(L)}}{(1 - p_b) \delta + p_s T_s + [p_s - p_b] T_c} \quad (11)$$

其中不采用 RTS/CTS 机制:

$$T_s = T_H + T_{E(L)} + \gamma + SIFS + T_{ACK} + DIFS + \gamma \quad (12)$$

$$T_c = T_H + T_{E(Lm)} + DIFS \quad (13)$$

系统的总吞吐量为:

$$Throughput = \sum_{n=1}^N Throughput_n \quad (14)$$

### 3) 饱和时延

饱和条件下的平均时延为  $E(D_n)$ <sup>[5]</sup>, 包括媒介接入时延, 传输时延和帧间间隔。

$X_n$  为第  $n$  个业务流的退避计数器不停止一直倒计时至 0 的时间:

$$E(X_n) = \sum_{i=0}^{m_n} \frac{p_n^i (1 - p_n)}{1 - p_n^{m_n+1}} \sum_{k=0}^i \frac{W_{n,k} - 1}{2} \quad (15)$$

倒计时计数器总共停止的时间  $B_n$  为:

$$E(B_n) = \frac{E(X_n)}{1 - p_n} p_n \quad (16)$$

第  $n$  个业务流在发送成功之前碰撞次数  $M_n$  的均值为:

$$E(M_n) = \sum_{i=0}^{m_n} \frac{np_n^i (1 - p_n)}{1 - p_n^{m_n+1}} \quad (17)$$

$$E[D_n] = E(X_n)\delta + E(B_n)[p_s T_s + (p_b - p_s)T_c] + E(M_n)(T_c + T_o) + T_s \quad (18)$$

$T_0 = SIFS + t_{ACK\_timeout}$ , 为碰撞后再次侦听信道所需时间。

4) 改进后分析

采用竞争窗口维护策略后,当达到饱和状态时,碰撞将会减少, $P_s$ 将趋向于 $P_b$ , $P_n$ 减小, $P_n$ 将趋向于0,此时在理想状况下,EDCA 机制的二维 Markov 随机过程将会成为一维 Markov 随机过程,见图3。

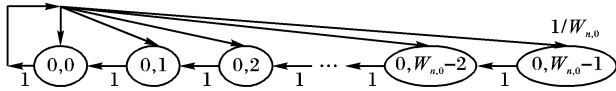


图3 一维 Markov 随机过程

改进后饱和条件下的吞吐量和时延:

$$Throughput'_n \approx \frac{T_{E(L)}}{N \times T_s} > Throughput_n \quad (19)$$

$$E[D'_n] \approx E(X_n)\delta + E(B_n)T_s + T_s < E[D_n] \quad (20)$$

由式(19)和(20)可见,吞吐量会比 EDCA 有所增加,而时延也会更小。

3 仿真分析

仿真软件采用 OPNET<sup>[8]</sup>,以 WLAN 模块下的 Ad hoc 场景为基础,对其原有的 DCF 代码进行修改,增加了 EDCA 及其优化后的 OEDCA (Optimized EDCA)。用户站点数分别为 4,8,12,16,20,24。仿真时只有两个 STA 支持 (AC\_VO) 语音业务,语音分组采用 CBR,分组间隔为 (0.02s),分组长度为 160Byte,重传限制为 3,其他 STA 都是支持 (AC\_BE) 尽力而为业务,分组间隔采用泊松分布  $\lambda = 0.025$ ,分组长度为 1000Byte,重传限制为 7,物理层采用 802.11b 协议,传输速度为 11Mbps。通过对混合业务 (AC\_BE 和 AC\_VO) 的仿真,对比不同接入机制下语音业务的时延以及整个网络的吞吐量。

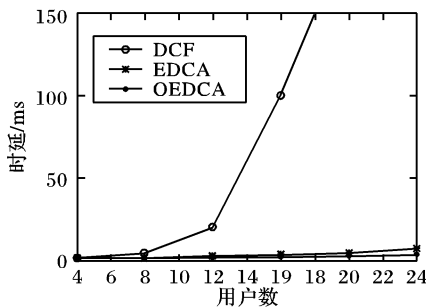


图4 时延对比

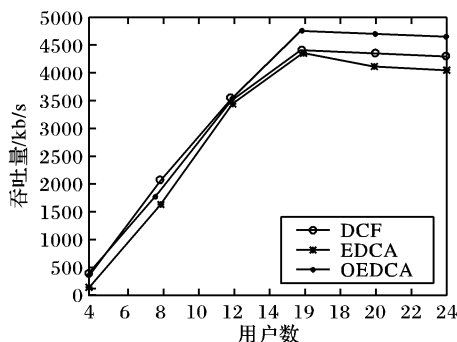


图5 吞吐量对比

从图4中看出 OEDCA 中语音包时延要略低于 EDCA 机制时的时延,随着用户数的增加,  $N > 16$  时,  $T_{delay(DCF)}$  将超过 100ms, 而  $T_{delay(OEDCA)} < T_{delay(EDCA)} = 3ms$ 。从中可以看出,随

着负载和站点数的增加,DCF 机制不能保证时间敏感业务的 QoS。而采用 OEDCA 机制性能最优,可以比 EDCA 机制保证语音业务更低的时延。

EDCA 机制可使语音业务优先接入信道,从而牺牲了低优先级业务的 QoS 性能。从图5中可以看出,在高负荷情况下,当用户数较少时,采用 DCF 机制网络的吞吐量要大于 OEDCA 和 EDCA 机制下网络的吞吐量,因为 OEDCA 和 EDCA 机制下 AC\_BE 业务接入信道的机会比 DCF 少,所以影响了整体的网络的吞吐量。但随着用户数的增加,数据帧的碰撞次数开始增多,见图6,此时 OEDCA 就显示出减少碰撞的优势,虽然不能完全避免碰撞,但大大减少各种业务包之间的碰撞。由于碰撞大量减少,所以整个网络的吞吐量得到了提高,比 DCF 和 EDCA 机制下的吞吐量要高,有效弥补了 EDCA 机制的缺陷。

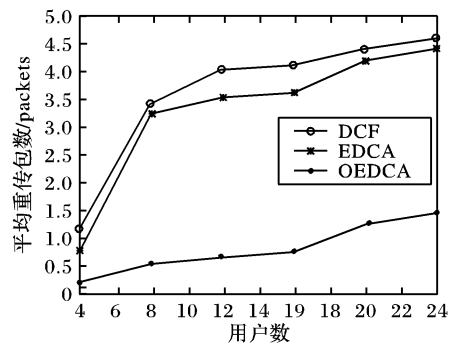


图6 平均重传次数对比

4 结语

EDCA 机制中采用维护竞争窗口技术可以进一步提高无线局域网的性能。在高负荷情况下,明显减少了碰撞,在保证实时业务更低时延的同时,提高了网络整体的吞吐量,另外,此接入机制对无线局域网的大规模应用,可提供一定的技术参考,更好地解决无线局域网的 QoS 问题。

参考文献:

- [1] IEEE Std 802.11. Wireless LAN medium Access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications [S]. 1999
- [2] IEEE P802.11e/D7.0, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Medium Access control (MAC) Enhancements for Quality of Service (QoS) [S]. 2004.
- [3] BIANCHI G. Performance analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function [J/OL]. IEEE Journal on Selected Area in Telecommunications, 2000, 18(3): 318 - 320.
- [4] ZHU H, CHLAMTAC I. An Analytical Model for IEEE 802.11e EDCA Differential Services [A]. Proceedings of IEEE ICCCN 2003 [C]. Dallas, TX, 2003.
- [5] XIAO Y. Performance Analysis of IEEE 802.11e EDCA under Saturation Condition [A]. Proceedings of ICC [C]. Paris, France, 2004.
- [6] NI Q, TURLETTI T. QoS support for IEEE 802.11 wireless LAN [EB/OL]. <http://www-sop.inria.fr/rodeo/personnel/qni/Research.html>, 2004.
- [7] GAST MS. 802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide [Z]. Upper Saddle River, New Jersey, United States, 2002.
- [8] OPNET [EB/OL]. [www.opnet.com](http://www.opnet.com), 2005.