

# 缓解拥塞的 IEEE802.11 速率选择算法

王 婷, 史杏荣

(中国科学技术大学电子工程与信息科学系信息处理中心, 合肥 230027)

**摘要:** IEEE802.11 的速率选择算法 OAR 能有效利用信道条件, 但不适合拥塞的网络环境。该文改进 OAR 算法, 通过调整拥塞节点的初始竞争窗口值来增加其获得信道的概率, 使其在拥塞时能尽快将分组转发出去, 从而缓解了拥塞。仿真结果表明, 改进后的 OAR 在网络负荷大时能有效地提高分组投递率。

**关键词:** IEEE802.11 多速率机制; OAR 算法; 拥塞

## Congestion-relief IEEE802.11 Rate-choosen Algorithm

WANG Ting, SHI Xing-rong

(Information Processing Center, Department of Electronic Engineering and Information Science,  
University of Science and Technology of China, Hefei 230027)

**【Abstract】** IEEE802.11 multi-rate mechanism OAR can better utilize wireless channel conditions, but it does not work well in the congestion network environment. This paper improves the OAR algorithm, which increases the probability to obtain the channel of the congestion node by adjusting the initial competition window size. So they can transmit the congestion packets as soon as possible, thus congestion is relieved. Simulation results indicate the ratio of packet delivering of OAR is improved.

**【Key words】** IEEE802.11 multi-rate mechanism; OAR algorithm; congestion

### 1 概述

无线信道比较容易受到干扰, 在 Ad hoc 网络中, 节点的移动更加剧了信道的变化。采用 802.11 的多速率机制, 可以在信道条件好的时候采用较高的传输速率, 在信道条件不好的时候则采用较低的传输速率, 这样就能更有效地利用无线信道的带宽, 提高系统的吞吐量。该多速率机制是物理层的增强功能<sup>[1]</sup>, MAC 层需要更好地利用这样的性能。目前提出的速率选择算法主要有: (1) ARF (Auto Rate Fallback)<sup>[2]</sup>: 根据历史数据帧成功传送与否的统计进行速率选择的算法; (2) RBAR (Receiver Based Auto Rate)<sup>[3]</sup>: 根据从接收站点 CTS 帧反馈的信噪比 SNR (Signal Noise Ratio) 值来决定发送站点应该选择怎样的速率进行发送; (3) OAR (Opportunistic Auto Rate) 算法<sup>[4]</sup>: 在一个基本速率的单帧时间内进行多帧发送的方法。

OAR 算法利用了 802.11 的 DCF 分片机制, 在不改变 MAC 层退避机制的前提下, 通过采用时间公平性更好地利用了信道条件, 有效提高了吞吐量。但在 Ad hoc 网络中, 中间节点需要完成存储转发的功能, 而无线信道的不确定性很可能使一个中间节点高速地接收分组而只能低速地将分组转发出去。中间节点无法及时将分组转发出去, 队列长度超过了该节点缓冲区的最大容量, 只能丢弃分组, 系统性能受到极大的影响。

### 2 OAR 算法

802.11 标准的 MAC 层信道分配主要采用的是分组公平性<sup>[1]</sup>, 即节点获得信道后一次只能发送一个分组。在采用多速率后, 高速站点发送一个分组的时间显然小于低速站点发送一个分组的时间。这样实际上并没有更好地利用信道条件。

OAR 改进了这样的公平性, 使每个节点获得信道后占用信道的的时间相同。这样, 若 2 Mb/s 的站点一次发送一个分组, 在相同的信道占用时间内, 11 Mb/s 的站点就能发送  $\lfloor 11/2 \rfloor = 5$  个分组。有利的信道条件得到了充分的利用。

节点获得信道后能一次发送多个分组, 这是通过利用 DCF 的分片机制来实现的。如果数据速率大于基本速率, 发送方在 MAC 帧头部的帧控制域的 more 域标识, 直到  $\lfloor \text{传输速率}/\text{基本速率} \rfloor$  个分组发送完毕。数据帧以及随后的 ACK 所携带的持续时间域将根据到下一个数据分组发送完毕将占用信道多长时间来保持更新。每一个数据分组和 ACK 都充当了虚拟的 RTS/CTS。这样, 初始的 RTS/CTS 握手结束后, 不再需要其他多余的 RTS/CTS。另外, 发送方需要将 MAC 头部的序列号域的分片子域置 0, 以免接收方将该数据分组当作分组分片的一部分。

OAR 可以建立在任意的速率选择算法基础上, 比如 RBAR。RBAR 由接收节点控制发送节点的发送速率。它通过在物理层分析接收到的 RTS 来决定该信道条件所能允许的最大传输速率, 当信道条件较好时采用较高的传输速率, 信道条件不太好的采用较低的速率。选定的传输速率在 CTS 信息中携带。所有的监听节点都能解码出以基本速率传输的 CTS, 从而能相应地设置他们的 NAV 值为一个可能会更短的传输时间, 因为当前分组以一个较高速率在发送。

OAR 与 RBAR 的主要区别在于, OAR 获得信道后可以

**作者简介:** 王 婷 (1983 - ), 女, 硕士研究生, 主研方向: 无线网络通信; 史杏荣, 教授

**收稿日期:** 2007-10-10 **E-mail:** luckybird6@163.com

连续发送[当前速率/基本速率]个分组，而 RBAR 高速发送完一个分组后，还需要重新征用信道。

### 3 避免拥塞的 OAR 改进算法

通过在高信噪比的情况下发送多个分组，OAR 不仅更好地利用了有利的信道条件，而且减少了每个分组用于竞争的平均时间，比 RBAR 获得了更高的吞吐量。但是 OAR 不适合拥塞的网络环境。如图 1 所示，S 向 B 发送分组，由 A 转发。S 和 A 之间的信道条件较好，可以采用 11 Mb/s 的传输速率，而 A 和 B 之间信道条件不好，只能采用 2 Mb/s 的传输速率。这样，对于 A 来说，分组的到达率远远大于分组的发送率。OAR 还会加重这样的拥塞，因为 S 会发送更多的分组到 A。当节点 A 中队列长度超出了缓冲区的容量，就会造成丢包，而发送节点和接收节点均无法知道丢包的原因，一个站点的低速传输很可能导致整个小区吞吐量下降和延时增加，使系统出现异常。

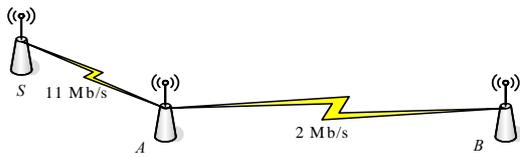


图 1 OAR 示意图

基于文献[5]提出的 802.11DCF 的 Markov 链模型来分析竞争窗口大小与节点获得信道的概率之间的关系。设网络中存在  $v_1, v_2$  两种速率的节点，( $v_1 > v_2$ )各站点分组的到达服从泊松分布，分别为  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$ ， $v_1$  速率的节点个数为  $n_1$  个， $v_2$  节点的个数为  $n_2$  个， $CW_1$  和  $CW_2$  为初始竞争窗口， $m$  为退避阶数。根据文献[5]的模型，节点在任意时隙传输的概率为

$$p_1 = \frac{2\lambda_1\sigma(1-2p_1)}{2(1-2p_1)(1-p_1) + \lambda_1\sigma(1-2p_1)(CW_1+1) + p_1CW_1(1-(2p_1)^m)} \quad (1)$$

$$p_2 = \frac{2\lambda_2\sigma(1-2p_2)}{2(1-2p_2)(1-p_2) + \lambda_2\sigma(1-2p_2)(CW_2+1) + p_2CW_2(1-(2p_2)^m)} \quad (2)$$

节点检测到碰撞的概率为

$$p_1 = 1 - (1-p_1)^{n_1-1} (1-p_2)^{n_2} \quad (3)$$

$$p_2 = 1 - (1-p_2)^{n_2-1} (1-p_1)^{n_1} \quad (4)$$

从而可得节点获得信道的概率为

$$PA_1 = n_1 \times p_1 \times (1-p_1) \quad (5)$$

$$PA_2 = n_2 \times p_2 \times (1-p_2) \quad (6)$$

当节点数较多，即  $n_1 + n_2 \gg 1$ ， $p_1, p_2 \ll 1$  时，适当简化式(1)~式(6)可得

$$\frac{PA_1}{PA_2} \approx \frac{\tau_1}{\tau_2} \approx \frac{CW_2}{CW_1} \quad (7)$$

式(7)表明，在节点数目较多时，不同速率的节点获得信道的概率与初始竞争窗口大小近似成反比，在多速率的网络中，可以通过改变初始竞争窗口的大小来改变节点接入信道的概率。

基于上述理论分析，本文改进 OAR 算法，节点检测队列长度，当队列长度超出一定的阈值时(本文取 80%)，根据接收速率  $v_1$  和发送速率  $v_2$  调整节点的竞争窗口大小，增加该节点低速转发接入信道的概率，使接收一个分组的概率和发送一个分组的概率相等(式(8))，该拥塞节点便有机会将可能到达的分组及时转发出去，直到队列长度低于一定阈值，恢复缺省的竞争窗口大小。

$$PA_1 \times \frac{v_1}{v_0} = PA_2 \times \frac{v_2}{v_0} \quad (8)$$

$$\frac{CW_1}{CW_2} = \frac{v_2}{v_1} \quad (9)$$

该改进算法是缓解拥塞的应急措施，只在队列长度超出一定阈值时才改变初始竞争窗口的大小，当队列长度低于该阈值，恢复竞争窗口的大小。从整体上看，这种对初始竞争窗口的改变只是局部和短时的修改，不会影响全局的公平性和稳定性。

802.11b 采用 DSSS 物理层传输技术，初始竞争窗口值为  $32^{[1,6]}$ ，根据本文的改进算法，改进后的初始窗口值应为

$$CW = \frac{v_2}{v_1} \times 32 \quad (10)$$

### 4 仿真及分析

采用仿真软件 ns2 对改进算法进行仿真。OAR 模块采用文献[4]中开发的模块。仿真场景为  $1000\text{ m} \times 1000\text{ m}$ ，20 个节点以最大速率 10 m/s 移动。数据流采用 CBR，每个数据包 512 Byte，通过改变每秒钟产生的数据包的个数来改变网络的负载，观察网络在不同负载情况下分组投递率(ratio)的变化。

$$\text{ratio} = \frac{\text{receive}}{\text{send}} \quad (11)$$

其中，receive 为总的接收分组 bit 数；send 为总的发送分组 bit 数。

OAR 改进前后分组投递率比较如图 2 所示。

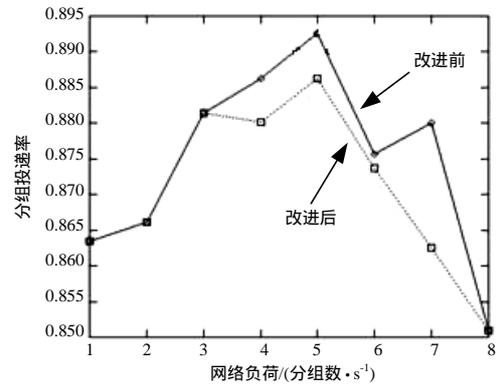


图 2 OAR 改进前后分组投递率比较

可以看出，网络负载较大的时候，改进算法能提高分组投递率，而在网络负载较小的时候则无较明显的改变。仿真结果说明该改进算法使用于负载较大的网络环境，能在一定程度上缓解系统拥塞。

### 5 结束语

本文改进了 OAR 算法，拥塞的中间节点检测队列长度，当队列长度超出一定值时便降低初始竞争窗口值，增加低速转发接入信道的概率。经系统分析及仿真结果表明，这样的改进措施使用于拥塞的网络环境，能增加节点低速转发接入信道的概率，在一定程度上缓解了拥塞，避免系统异常。

### 参考文献

[1] ANSI/IEEE Std 802.11-1999 Wireless LAN Medium Access Control and Physical Layer Specifications[S]. 1999.

(下转第 126 页)