

一种关联 SNR 的停等 DCF 优化方案

李志杰,方旭明

(西南交通大学信息科学与技术学院,四川成都 610031)

摘要: 针对 IEEE 802.11 的 DCF(Distributed Coordination Function)效率较低的问题,提出了一种结合速率控制的改进方案——停等 DCF 及其性能分析模型.速率控制使用自适应调制编码技术给出了可调节业务 BER(Bit Error Rate)的 SNR(Signal to Noise Ratio)门限确定算法;设置暂停信道接入的最低 SNR 门限,可减少传输错误,并降低接入冲突;调节 BER,可在信道时间、冲突概率和误帧率间达到优化折中,使系统吞吐量最大.分析和仿真说明了模式是准确的,停等 DCF 有效地克服了 DCF 缺乏丢包区分机制的问题,实现了跨层的性能优化.

关键词: IEEE 802.11; DCF; 速率控制; 自适应调制编码; 优化

中图分类号: TN92 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2012) 07-1333-06

电子学报 URL: <http://www.ejournal.org.cn> **DOI:** 10.3969/j.issn.0372-2112.2012.07.008

An SNR Aware Stop and Wait DCF Optimization Method

LI Zhi-jie, FANG Xu-ming

(School of Information Science and Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 610031, China)

Abstract: A method of DCF (Distributed Coordination Function) optimization—Stop and Wait DCF integrated with the rate control and its performance analysis model are proposed in order to increase the effective throughput. SNR (Signal to Noise Ratio) thresholds of rate control are determined by tuning the BER (Bit Error Rate) of frame with the help of AMC (Adaptive Modulation and Coding) technology. When the SNR is below the lowest threshold, the DCF backoff process stops and waits till the channel SNR becomes big enough again. Therefore the transmission error could be decreased. Meanwhile, the access collision could be reduced either. Since the channel time, collision probability and frame error rate are changed differently as tuning BER, maximized throughput can be get at the tradeoff point of these parameters. The analysis and simulation indicate that the proposed model is accurate. The problem without packet loss differentiation is overcome and the cross layer optimization is implemented.

Key words: IEEE 802.11; distributed coordination function(DCF); rate control; adaptive modulation and coding; optimization

1 引言

IEEE 802.11 的 DCF(Distributed Coordination Function)是无线局域网 MAC(Media Access Control)层信道接入事实上的标准.但 DCF 也存在负载较大、冲突较严重、传输效率较低等弱点,特别在数据速率很高时,DCF 对系统性能影响更大^[1-3],因而 DCF 的优化也一直是研究的热点.

针对 DCF 接入冲突较大、性能较差等问题,提出了许多改进方法^[2-4].文献[2]使用 RTS 帧来区分信道错误和接入冲突,以减少不必要的竞争退避,仅适用于 RTS/CTS 接入机制,且节点数目增大会恶化性能.文献[4]研究了 BER 对 DCF 性能的影响.这些方法物理层作了过度简化,都假定信道信噪比(Signal to Noise Ratio,

SNR)与误码率(Bit Error Rate, BER)是一一对应的;对 MAC 层,信道仅仅表现为一个 BER 参数,仅适用于单速率系统.

随着 OFDM、自适应调制编码(Adaptive Modulation and Coding, AMC)等技术的使用,IEEE 802.11 标准定义了支持速率控制的调制编码方案(Modulation and Code Scheme, MCS)^[1],在同样信道下,选择 MCS 的不同模式,可得到不同的速率和 BER^[5-8].因此 DCF 的改进需要考虑物理层技术、速率控制算法等的影响.

信道 SNR 相关的速率控制虽存在难以获得准确 SNR 的缺点,但因响应及时、性能提高明显等优点,得到了广泛的重视^[6-9].文献[7]建立了 DCF 的平均吞吐率与负载长度、误帧率、SNR 和 MCS 模式等的关系,并确定了速率控制的 SNR 门限,但门限是根据经验结果的

曲线来确定的.文献[8]的速率控制判据除信道条件外,还包括业务 BER 和协议时限,但其依赖于 MAC 层丢包区分机制的不足,影响了方法的适用性.这些控制算法简化了使用 AMC 技术时 BER 与 SNR、MCS 模式的关系^[9],也较少考虑对 MAC 层协议尤其是 DCF 的优化.因此可将业务 BER、AMC 技术、速率控制算法和 DCF 的改进相结合,实现跨层优化,从而更大地提高系统吞吐率.

本文基于 AMC 技术实现了保证 BER 的速率控制算法,并提出了与速率控制相适应的停等 DCF 退避机制,降低了接入冲突,提高了传输效率,增大了系统吞吐率.其余部分安排如下:第 2 节介绍了使用退避等待的 DCF 增强机制;第 3 节给出了与之相适应的速率控制算法;第 4 节是性能的分析模型;第 5 节是仿真和性能评估,最后是结语.

2 停等 DCF 方案

标准 DCF 协议中,不管信道当前的 SNR,只要检测到信道空闲达到一个 DIFS 时间,节点就开始竞争窗口退避的信道接入.因无法确定传输失败的原因是接入冲突还是信道噪声,只要没有收到正确的应答,MAC 层就会增大竞争窗口执行重传.所以信道噪声不仅造成了帧传输失败,还引起了 DCF 信道竞争接入机制性能的下降,并影响系统性能^[2].这一点在 SNR 较低、BER 较大时尤其明显.

假定网络具有饱和业务,在支持多速率的系统中,当信道质量过差时,即使采用最低的速率也会有较大的信道错误概率,信道错误会使 DCF 竞争窗口增大,影响性能,并且低速率传输还会占用更多信道时间,降低系统吞吐率,也会引起节点间的不公平^[3].因此速率控制既要考虑 SNR 对速率的影响,还应该考虑速率选择结果对 DCF 性能的影响,这样才能真正提高系统性能.

可以设置一个可用 SNR 的最低门限,当节点一旦发现当前 SNR γ 低于该门限时,立即主动地停止信道接入;只有 γ 高于该门限时,才开始正常的退避竞争接入.

假设 MCS 有 K 种模式,其速率分别为 $R_k, k \in [1, \dots, K]$.按 R_k 大小依次将信道 SNR 范围划分为互不重叠、连续的 $K+1$ 个区域,表示为 $\{\gamma_n\}_{n=0}^{K+1}$.当 $\gamma \in [\gamma_k, \gamma_{k+1})$ 时,选择模式 k ;在 $\gamma \in [\gamma_0, \gamma_1)$ 时,可以认为信道质量过差,此时即使发现信道为空闲,节点也不再退避,因而不传输数据.这样可设 $R_0 = 0$.按速率可以将信道划分为 $[0, 1, \dots, K]$ 共 $K+1$ 个状态.

当然 $\gamma < \gamma_1$ 时,节点不发送数据也会减少节点传

输数据的机率,但只要合理地选择 γ_1 ,使传输机率和冲突概率的改变控制在恰当范围内,并采用与之相适应的速率控制算法,这样 SNR 较低时,主动停止传输的方式总是可以通过减少冲突而得到系统吞吐率提高的目标,吞吐率提高了,则系统的平均延迟也会相应地减少.我们把这种结合速率控制、SNR 较低时停止退避的机制叫做停等 DCF.

3 保证 BER 的速率控制算法

3.1 系统模型

IEEE 802.11 速率控制是以帧为单位的,所以可认为信道衰落是慢变、平坦的,相干时间大于帧传输时间.系统采用恒定发射功率,也即具有固定的平均 SNR.假定节点发送帧时 γ 是已知的,例如可通过反馈信道或探测帧^[6],也可通过文献[10]的信道预测方式得到.发送方根据 γ 选择每帧的传输速率.

信道衰落以 Nakagami- m 模型表示,即 γ 是一个概率分布函数 $p(\gamma)$ 服从 $Gamma(\bar{\gamma}, m)$ 分布的随机变量,其中 $\bar{\gamma} = E\{\gamma\}$ 为信道平均 SNR, m 为信道的 Nakagami 衰落参数.SNR 在 $\gamma \in [\gamma_a, \gamma_b)$ 的概率 $f(\gamma_a, \gamma_b)$ 可由文献[11]的式(34)获得.

3.2 速率控制算法

为优化传输效率并方便与上层协议集成,本文采用 AMC 技术,实现了保证数据传输的平均 BER 的速率自适应算法.

因帧发送采用模式 k 即 $\gamma \in [\gamma_k, \gamma_{k+1})$ 的概率为 $p_k = f(\gamma_k, \gamma_{k+1})$,采用模式 k 的平均误码率为

$$\overline{BER}_k = \int_{\gamma_k}^{\gamma_{k+1}} \frac{BER(\gamma) \cdot p(\gamma)}{p_k} d\gamma \quad (1)$$

其中, $BER(\gamma)$ 可按文献[11]的式(28)得到.这样可得到信道的平均误码率为

$$\overline{BER} = \sum_{k=0}^K p_k \cdot \overline{BER}_k \quad (2)$$

只要能够确定 $\{\gamma_k\}_{k=0}^{K+1}$,并使每种模式的平均误码率相等即 $\overline{BER}_k = b_0$,从式(2)可得 $\overline{BER} = b_0$,这样就能保证帧发送的平均误码率为 b_0 .

在已知帧长 L 、 b_0 和信道条件 $(\bar{\gamma}, m)$ 时,按照如下搜索算法确定 γ_k 以保证 $\overline{BER} = b_0$:

① 设 $k = K$, 并设 $\gamma_{K+1} = \infty, \gamma_0 = 0$;

② $\gamma \in [\gamma_0, \gamma_{k+1})$ 内,按式(1)搜索 γ_k ,使其满足 $\overline{BER}_k = b_0$;

③ 如 $k = 1$,搜索结束;否则 $k = k - 1$,并返回②.

因信道是慢衰落的,也由于物理层交织编码的作用,可以假设帧中每一位发生错误的概率是独立、同分布的,因而误帧率为 $p_e = 1 - (1 - b_0)^L$.从文献[9,11]可

知,物理层仅使用调制而不使用编码技术时,这样的计算是准确的;使用编码时,可按文献[9]中式(5)估计 p_e . 为简化计算并不失一般性,本文讨论中不使用编码,但讨论的算法和分析完全适用于采用编码的方式.

4 性能分析

4.1 分析模型

为分析饱和业务下停等 DCF 的性能,修改了文献[4]的离散马尔科夫链模型,引入了停等概率 p_w ,即信道虽然空闲,但因 $\gamma \in [\gamma_0, \gamma_1)$ 节点暂停信道接入的概率,有 $p_w = p_0$.

二维马尔科夫链模型分析 DCF 性能的基础是竞争的节点数目 N 较大时,单个节点具有一次发送机会条件下,帧发送失败而需要对竞争窗口加倍的概率 p 是与当前重传次数无关的常量. 在 $\bar{\gamma}$ 、 m 和 b_0 确定时, p_w 是固定的、与 N 无关的,因而在引入 p_w 后不会影响模型成立的条件.

发送失败是由接入冲突或信道错误造成的,冲突和信道错误引起的失败可看作是相互独立的,即 $p = 1 - (1 - p_c) \cdot (1 - p_e)$,其中 p_c 为冲突概率.

假设 $s(t)$ 、 $c(t)$ 分别表示节点退避等级(stage)和竞争窗口大小两个随机过程在 t 时刻的值. $s(t)$ 和 $c(t)$ 可建模为图 1 所示的两维离散马尔科夫链. 设 $b_{i,k} = \lim_{t \rightarrow \infty} P\{s(t) = i, c(t) = k\}$ 为马尔科夫链的稳态分布,其中 $i \in [0, n]$, $k \in [0, W_i - 1]$, n 为最大重传次数. 设最大和最小竞争窗口分别为 CW_{Max} 和 CW_{Min} , $W_0 = CW_{Min} + 1$, 定义 $2^{n'} \cdot W_0 = CW_{Max} + 1$, 即 n' 为退避窗口的最大等级, 则 W_i 可以表示为:

$$\begin{cases} W_i = 2^i W_0, & i \leq n' \\ W_i = 2^{n'} W_0 = W_{n'}, & n' < i < n \end{cases} \quad (3)$$

从图 1 可知,不为 0 的一步转移概率为:

$$\begin{cases} P\{i, k | i, k\} = p_w, \\ i \in [0, n], k \in [0, W_i - 1] \end{cases} \quad (4a)$$

$$\begin{cases} P\{i, k | i, k + 1\} = 1 - p_w, \\ i \in [0, n], k \in [0, W_i - 2] \end{cases} \quad (4b)$$

$$\begin{cases} P\{0, k | i, 0\} = (1 - p) / W_0, \\ i \in [0, n - 1], k \in [0, W_0 - 1] \end{cases} \quad (4c)$$

$$\begin{cases} P\{i, k | i - 1, k\} = p / W_i, \\ i \in [0, n], k \in [0, W_i - 1] \end{cases} \quad (4d)$$

$$\begin{cases} P\{0, k | n, 0\} = 1 / W_0, \\ k \in [0, W_0 - 1] \end{cases} \quad (4e)$$

其中,式(4a)和式(4b)分别表示在信道空闲时隙的开始时刻,因信道质量较差, $c(t)$ 不减少即不退避的概率为 p_w ; 否则开始退避, 概率为 $1 - p_w$. 式(4c)表示传输成

功后, $c(t)$ 总是在第一个退避等级中随机地选择. 式(4d)表示传输失败后, $c(t)$ 在下一个等级中随机地选择. 式(4e)表示达到最大重传次数时, 不管重传失败与否, $c(t)$ 从第一个等级重新开始.

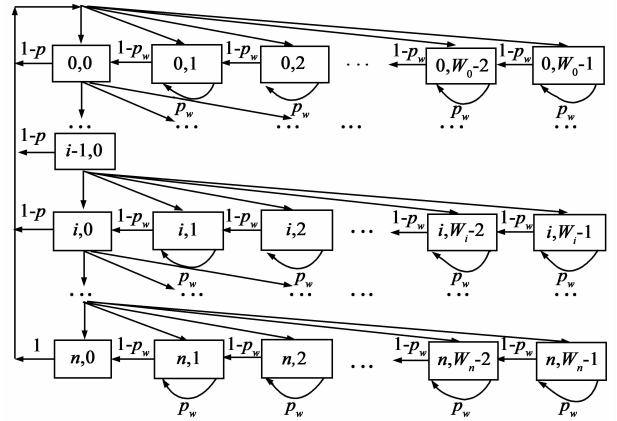


图1 包含退避等待的马尔科夫链

因 $p \cdot b_{i-1,0} = b_{i,0}$, 可得

$$b_{i,0} = p^i \cdot b_{0,0} \quad (5)$$

设 $w_{i,k} = (W_i - k) / W_i / (1 - p_w)$, 则有

$$b_{i,k} = w_{i,k} \cdot \begin{cases} (1 - p) \sum_{j=0}^{n-1} b_{j,0} + b_{n,0}, & i = 0 \\ p \cdot b_{i-1,0}, & i \in [1, n] \end{cases} \quad (6)$$

由以上两式可得

$$b_{i,k} = w_{i,k} \cdot b_{i,0}, \quad i \in [0, n] \quad (7)$$

因平稳分布的和为 1, 可得

$$\begin{aligned} 1 &= \sum_{i=0}^n \sum_{k=0}^{W_i-1} b_{i,k} = \sum_{i=0}^n b_{i,0} \cdot \sum_{k=0}^{W_i-1} w_{i,k} \\ &= \sum_{i=0}^n b_{i,0} \frac{W_i + 1}{2(1 - p_w)} \end{aligned} \quad (8)$$

变换后, 在 $n \leq n'$ 时, 可得

$$b_{0,0} = \frac{2(1 - 2p)(1 - p)(1 - p_w)}{W_0(1 - (2p)^{n+1})(1 - p) + (1 - p^{n+1})(1 - 2p)} \quad (9)$$

在 $n > n'$ 时, 可得

$$b_{0,0} = \frac{2(1 - 2p)(1 - p)(1 - p_w)}{W_0(1 - (2p)^{n'+1})(1 - p) + (1 - 2p)(1 - p^{n'+1}) + W_0 2^{n'} p^{n'+1}(1 - 2p)(1 - p^{n-n'})} \quad (10)$$

单个节点的发送概率为

$$\tau = \sum_{i=0}^n b_{i,0} = \frac{1 - p^{n+1}}{1 - p} \cdot b_{0,0} \quad (11)$$

已知 τ , 则 $p_c = 1 - (1 - \tau)^{N-1}$. 有

$$p = 1 - (1 - \tau)^{N-1}(1 - p_c) \quad (12)$$

N 和 p_e 确定后, 通过式(9) ~ (12), 使用数值计算可以求得 τ 和 p . 已知单个节点的发送概率 τ 和冲突概率 p , 则可以计算网络的饱和吞吐量.

网络的饱和吞吐率定义为虚时隙平均时间 $E(t)$ 内传输的有效负载长度, 计算为

$$S = \frac{P_s \cdot E(L)}{E(t)} = \frac{P_s \cdot E(L)}{(1 + p_w) \cdot (P_i \cdot T_i + P_c \cdot T_c + P_e \cdot T_e + P_s \cdot T_s)} \quad (13)$$

其中, $E(L)$ 是数据帧的平均长度; T_i 、 T_c 、 T_e 和 T_s 分别为信道空闲、接入冲突、传输错误和成功发送的虚时隙时间长度. 信道空闲即一个物理时隙内所有节点都不发送, 概率为

$$P_i = (1 - \tau)^N \quad (14)$$

接入冲突就是至少有两个节点同时发送, 概率为

$$P_c = 1 - N \cdot \tau \cdot (1 - \tau)^{N-1} - P_i \quad (15)$$

传输错误就是没有接入冲突时, 由信道错误造成传输失败, 概率为

$$P_e = N \cdot \tau \cdot (1 - \tau)^{N-1} \cdot p_e \quad (16)$$

成功发送就是没有接入冲突、无传输错误, 概率为

$$P_s = N \cdot \tau \cdot (1 - \tau)^{N-1} \cdot (1 - p_e) \quad (17)$$

定义传输效率为 $\eta = P_s \cdot T_s / E(t)$, 即表示在虚时隙平均时间内传输有效数据的比例.

已知各个时间参数, 按上述过程就可以得到停等 DCF 的饱和吞吐率和传输效率.

4.2 速率控制的参数计算

假定物理层采用 OFDM 技术, 每个 OFDM 符号具有 R 个数据子载波, 符号时间为 T_f . 因信道是平坦慢衰落的, 每个子载波采用相同的调制方案, 具有同样的速率. 假定模式 k 的子载波速率为 r_k , 数据速率为 $R_k = R \cdot r_k / T_f$.

一个物理层帧由数据负载 L_d 、MAC 头 L_m 、物理层 PLCP 头和前导 (preamble) 构成. L_d 、 L_m 和 PLCP 头的 service 字段 (L_s) 一起以速率 R_k 传输, 占用连续的 OFDM 符号块; PLCP 头的其它字段和前导以基本速率 R_1 传输, 信道时间为 T_p . 采用模式 k 时帧的信道时间为

$$T_k = T_p + L / R_k = T_p + (L_d + L_m + L_s) / R_k \quad (18)$$

速率控制下, 帧的平均信道时间为

$$\bar{T} = \sum_{k=1}^K p_k \cdot T_k \quad (19)$$

控制帧长度较小且假定以 R_1 传输, 因此可以认为控制帧不会因为信道错误造成传输失败. 这样使用基本接入机制时, 有

$$\begin{cases} T_i = \sigma \\ T_c = \bar{T}_{data} + t_{eifs} \\ T_s = \bar{T}_{data} + T_{ack,1} + t_{sifs} + t_{difs} \\ T_e = \bar{T}_{data} + t_{eifs} \end{cases} \quad (20)$$

其中, σ 为物理时隙的时间, $T_{ack,1}$ 为 ACK 帧以 R_1 传输

的信道时间, \bar{T}_{data} 为数据帧的平均信道时间, $t_{sifs} / t_{difs} / t_{eifs}$ 分别为 SIFS/DIFS/EIFS 参数的时间.

为比较性能, 也对使用速率控制的标准 DCF (以下简称标准 DCF) 性能作分析. 标准 DCF 即 $p_w = 0$, 且当 $\gamma \in [\gamma_0, \gamma_1)$ 时总以最低速率发送, 即 $T_0 = T_1$, 此时因 SNR 过低, 还可以认为传输总是失败即 $p_e = 1$. 数据帧的平均信道时间为

$$\bar{T}'_{data} = \left(\sum_{k=0}^K p_k \cdot T_{data,k} \right) / (1 - p_0) \quad (21)$$

将这些参数带入就可得到具有速率控制的标准 DCF 的饱和吞吐率.

5 模型验证与性能评估

本节分析了停等 DCF 性能, 并利用网络仿真器 NS2^[11] 验证了分析模型. NS2 按多速率 IEEE 802.11a 的 MAC 和 PHY 层的要求作了修改, 参数设置如表 1 所示, 支持的 MCS 如表 2, γ_k 门限使用 Matlab 的计算结果, γ 按 Nakagami-m 模型产生. 节点在 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 范围内随机分布, 发射功率设置为覆盖 250m 的传输距离, 使用静态路由, 这样所有节点处于同一个冲突域且不存在隐藏终端. 节点的业务到达采用 VBR (Variable Bit Rate) 模型, 具有饱和业务量, 仿真时间 50s, 每个仿真场景使用不同的随机数种子运行 3 遍.

表 1 MAC 和 PHY 层参数

σ (μs)	9	T_{phyHdr} (bits)	20	W_0	16
t_{sifs} (μs)	16	T_f (μs)	4	n	4
t_{difs} (μs)	34	$L_{macload}$ (bits)	224	n'	6

表 2 MCS 的调制模式

	BPSK	QPSK	QAM-16	QAM-64
Bits/Carrier	1	2	4	6

首先, 分析并比较停等 DCF 与标准 DCF 的性能. 标准 DCF 采用文献 [4] 的单速率系统, 停等 DCF 也只使用一种速率, 即在 $\gamma > \gamma_1$ 内时采用 BPSK, 其它参数同文献 [4]: 使用基本接入机制, $L_d = 4096$ 字节, $\bar{\gamma} = 15\text{dB}$, $b_0 = 1\text{e-}5$. 得到的吞吐率和传输效率如图 2.

可以看到停等 DCF 的分析与仿真结果是吻合的, 说明了理论分析是准确的.

停等 DCF 的吞吐率相比标准 DCF 有了明显提高,

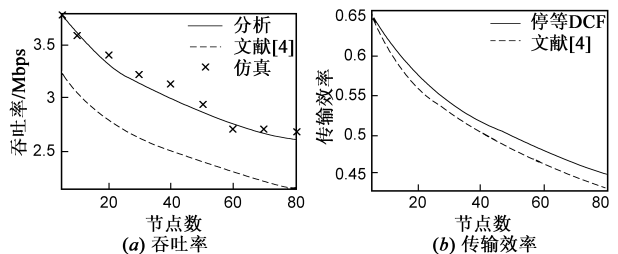


图 2 单速率的结果

停等 DCF 有更好的传输效率,且传输效率改善的程度随 N 的增加而增大.这是由于使用退避等待后, p_c 降低了,并且 p_c 的降低随 N 增加而增大.所以停等机制可以有效地减少标准 DCF 中存在的 N 越大,冲突越严重,传输效率越低,性能越差的问题.

其次,分析停等 DCF 的优化结果.在 $N = 20$, $b_0 \in [1e-7 \sim 1e-4]$,其余参数与上例相同时,停等 DCF、标准 DCF 和文献[4]的吞吐率和传输效率如图 3.

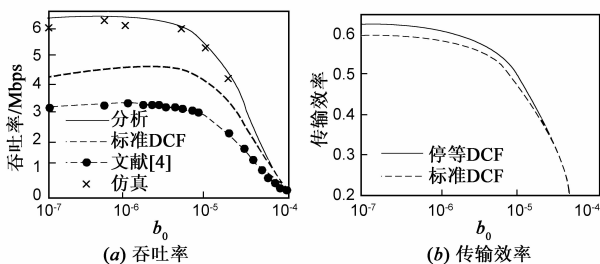


图3 优化结果与 b_0 的关系

可以看出,在文献[4]模型的吞吐率是随 BER 的增大而单调下降的,这是因为它假定数据帧具有不变的信道时间,且 SNR 与 BER 是单调对应的.这样 SNR 减少,BER 增大, p_e 变大,竞争窗口倍增的机率增大,同时 τ 也变小,吞吐率就随之变小.

标准 DCF,在同样的 SNR 下,通过改变 b_0 可以得到不同的、比文献[4]明显提高的吞吐率.不同的 b_0 ,得到的 p_e 和 \bar{T}'_{data} 是不同的,而 p_e 不同引起 τ 也不同; b_0 较大 ($> 1e-5$) 时, \bar{T}'_{data} 较小, p_e 较大, τ 也较小,这时 p_e 起主要作用,吞吐率随 b_0 增大而急剧下降;当 b_0 较小 ($< 2e-6$) 时, \bar{T}'_{data} 较大, p_e 较小, τ 较大,三者作用使吞吐率随 b_0 减少而略为减少;在 b_0 的变化过程中,总可以得到 p_e 、 τ 和 \bar{T}'_{data} 的优化折中,使吞吐率最大.因此速率控制可以提高并优化吞吐率.

停等 DCF 的吞吐率比标准 DCF 又有了进一步的增强,且在 b_0 较小时,随 b_0 的减少吞吐率不再有明显的下降.这是因为停等 DCF 中, b_0 不仅影响 p_e 、 τ 和 \bar{T} ,还会影响 p_w . b_0 越小时, γ_1 越大, p_w 也越大, p_c 下降得越明显,所以性能在 b_0 很小时又有了一定的提高.从图 3 (b) 所示传输效率的变化可说明这一点.从图 3 (a) 可看到当 b_0 约小于 $5e-5$ 时,吞吐率对 b_0 的变化是不敏感的,这使停等 DCF 对 b_0 具有较强的鲁棒性.这种鲁棒性使其可以使用在信道 SNR 测量或估计不够准确的情况下.例如当 SNR 估计存在误差,由错误的 SNR 估计得到的 p_e 比实际的小,这时只要 b_0 较小,那么由 p_e 变大造成的性能下降也可以由 p_w 增大带来的性能提高得到补偿,使性能保持较好的结果,而降低了预测误差的影响.

最后,分析数据帧长度与吞吐率的关系. $N = 20$ 、 L_d

为不同值,其余参数与例 1 相同,标准和停等 DCF 的吞吐率如图 4.可以看出, L_d 对两种方法具有相似的影响和趋势,而在不同 L_d 下,停等 DCF 的吞吐率都比标准 DCF 有较大提高; b_0 越小,吞吐率提高越明显,这与前面分析结果是一致的; b_0 较大 ($> 1e-5$) 时,两种方式都存在使吞吐率最大的优化帧长度,停等 DCF 的优化帧长更大,具有更高的吞吐率.

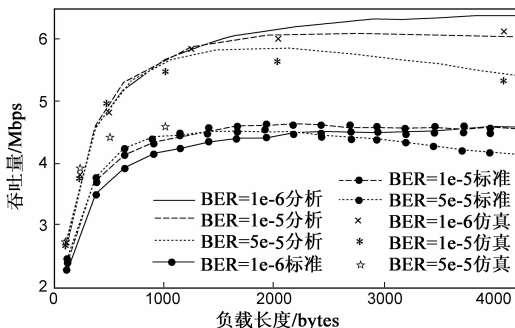


图4 吞吐率与数据负载长度的关系

从以上分析可以看出,停等 DCF 相比于标准 DCF 性能提高是明显的.

6 结束语

本文提出了一种与速率控制相结合的 DCF 改进方案——停等 DCF.基于 AMC 技术的、可调节 BER 参数的 SNR 门限确定算法,可以准确、迅速地适应信道的变化;停等机制有效地克服 MAC 层缺乏丢包区分机制的问题,减少了无谓的接入冲突和重传,降低了低速率传输对系统性能的影响;冲突减少的程度随节点数目的增加而增大,减轻了节点数目增加性能严重下降的问题;可调节的 BER 参数将物理层信道时间、MAC 层冲突概率和业务误帧率等参数联系在一起,实现了跨层联合优化,提高了传输效率,得到了最大的系统吞吐率.算法鲁棒性还降低了信道估计误差的影响.

分析信道估计误差对算法的影响、将 BER 参数与业务 QoS 性能保证的跨层优化结合是下一步研究的重要内容.

参考文献

- [1] ISO/IEC 8802-11: 2009 IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput [S].
- [2] D Senthilkumar, et al. Nonsaturation throughput enhancement of IEEE 802.11b distributed coordination function for heterogeneous traffic under noisy environment[J]. International Journal of Automation and Computing, 2010, 7(1): 95 - 104.

- [3] M Ergen, P Varaiya. Formulation of distribution coordination function of IEEE 802.11 for asynchronous networks: Mixed data rate and packet size[J]. IEEE Trans on Vehicular Technology, 2008, 57(1): 436 – 447.
- [4] Ni Q, et al. Saturation throughput analysis of error-prone 802.11 wireless networks [J]. Wireless Communications. Mobile Computing, 2005, 5(8): 945 – 956.
- [5] J Kim, et al. CARA: Collision-aware rate adaptation for IEEE 802.11 WLANs[A]. Proc IEEE INFOCOM'06[C]. Barcelona: IEEE press, 2006. 1 – 11.
- [6] N SAXENA, et al. A new channel-aware rate adaptation in high speed WLANs[J]. IEICE Trans Communications, 2009, E92. B (6): 2345 – 2348.
- [7] S Choudhury, J D Gibson. Throughput optimization for wireless LANs in the presence of packet error rate constraints[J]. IEEE Communications Letters, 2008, 12(1): 11 – 13.
- [8] Khan S, et al. A cross layer rate adaptation solution for IEEE 802.11 networks[J]. Computer Communications, 2008, 31(8): 1638 – 1652.
- [9] Q Liu, et al. Cross-layer combining of adaptive modulation and coding with truncated ARQ over wireless links[J]. IEEE Trans Wireless Commun, 2004, 3(5): 1746 – 1755.
- [10] S Coleri, et al. Channel estimation techniques based on pilot arrangement in OFDM systems [J]. IEEE Trans Broadcast, 2002, 48(3): 223 – 229.

- [11] M S Alouini, et al. Adaptive modulation over Nakagami fading channels[J]. Wireless Communications, 2000, 13(1-2): 119 – 143.
- [12] UC Berkeley. The network simulator-ns-2 [CP/OL]. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>, 2009-05-12.

作者简介



李志杰 男, 1968 年出生于四川乐山, 博士研究生. 研究方向为下一代无线网络的无线资源管理、无线 Mesh 网络.
E-mail: sclslzj@163.com



方旭明 男, 浙江义乌人, 西南交通大学通信工程系教授, 博士生导师. 研究方向为下一代移动通信系统无线资源管理、轨道交通车地无线通信系统、无线多跳中继网络与无线 Mesh 网络等研究.
E-mail: xmfang@swjtu.edu.cn