基于 DSR 路由协议的跨层退避算法研究

柏诗玉，徐　祎，朱　浩
（解放军电子工程学院　304 教研室，合肥 230037）

摘　要： IEEE 802.11DCF 机制中的 BEB 退避算法由于简单易实现而被广泛应用。但是在网络繁忙时，BEB 退避算法的局限性容易造成网络时延较大、丢包率较高，以至于网络性能降低。针对这种现象，提出了一种基于 DSR 路由协议的跨层退避算法（CBBD），利用 DSR 路由协议中的路由缓存特点，解决了信息流堵塞在某一些节点的问题。通过仿真实验验证，该算法大幅减小了时延和丢包率，使网络性能得到显著的提高。

关键词： 退避算法；跨层；DSR 路由协议；DCF 机制；IEEE 802.11
中图分类号： TP393　　**文献标志码：** A　　**文章编号：** 1001-3695(2012)09-3415-03
doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.09.057

Research of cross-layer backoff algorithm based on DSR routing protocol

BAI Shi-yu, XU Yi, ZHU Hao
(304 *Siaff Romm*, *Electronic Engineering Institute of PLA*, *Hefei* 230037, *China*)

Abstract: BEB backoff algorithm of IEEE 802.11 DCF mechanism is used usnally because it is easy to be carried out. Due to the limitation of BEB backoff algorithm in DCF mechanism, the network running busily might lead to the delay of transmission and the packets loss rate go up. To deal with the terrible situation, this paper presented a cross-layer backoff algorithm based on DSR routing protocol (CBBD). The new algorithm used the cache of route in DSR routing protocol to solve the problem that the transmission jam at some of the nodes. Simulation proves that the algorithm reduces the transmission delay and packets loss rate largely to improve the performance of the network.

Key words: backoff algorithm; cross-layer; DSR routing protocol; DCF mechanism; IEEE 802.11

IEEE 802.11[1] 是现在最常见的无线局域网标准。IEEE 802.11 协议有两种控制方式，即中心控制（PCF）和分布控制（DCF）。DCF 机制被广泛应用于 Ad hoc 网络中。DCF 以 CSMA/CA（carrier sense multiple access with collision avoidance）为主，以 RTS/CTS 消息交换机制为辅。IEEE 802.11 定义了四种帧间距用来标志不同时间的优先级，并且采用 BEB 退避算法来进行冲突避免。

传统的 BEB 算法具有很多局限性，造成网络极度不公平以致一些节点饿死的情况。现有的算法大致可分为两种：a）改进 CW 更新规则类[2~4]，BEB 算法中采用遇到冲突即将 CW 翻倍的简单做法，该类改进算法就是找到 CW 新的更新方式，使其更加符合网络需求；b）根据网络情况动态调整参数[5~8]，该类算法是根据实时监测网络状况获得的信息动态调整某些参数来优化算法性能。此类算法可以根据网络状况动态调整参数，具有较强的适应能力。

传统的开放的分层体系结构（OSI）并不是最优的，主要缺点就是相邻层之间缺少协作机制，不允许设计方案综合考虑各层因素解决整个网络性能的问题，而跨层协议可以通过充分利用各个层之间更多的关联来获得更优的网络性能。但是在现有的改进算法中，很少见到结合路由层某些特点跨层改进的方案。当网络节点数比较多或者数据流数比较多时，网络中很容易出现个别节点特别繁忙的情况，经过这些节点的数据流就会不断退避，造成网络严重延时。这种情况下，如果能够选择次优路由选路，避开造成拥塞的节点，就能够很好地解决这种问题。基于此，本文提出了一种基于 DSR 路由协议的跨层退避算法（CBBD）。

1　BEB 退避机制及其缺陷

为了避免当网络空闲时多个节点同时开始发送而造成冲突，IEEE 802.11DCF 中采用了一种动态的退避机制。节点在每次试图发送数据之前都会在 0 到当前的竞争窗口（CW）之间随机选择一个整数作为本次发送过程的退避计数器的初始值，它决定了本次发送之前节点所必须经历的退避时间长度（以时隙为单位）。节点在发送报文前会首先监听信道的忙闲状况，如果信道持续空闲一个 DIFS（DCF inter frame space）的时间，则节点进入退避过程。如果信道继续空闲，则每过一个时隙的时间，各节点都会将自己的退避计数器值减 1。退避计数器递减到 0 表示节点已经完成了退避过程，可以立即开始发送 RTS 控制报文或数据报文。如果在递减过程中信道变忙，节点就冻结退避时间，等待信道变闲并持续空闲了 DIFS 的时间后继续递减。为了使节点对当前的信道使用状况有一定的自适应能力，IEEE 802.11 DCF 协议采用了二进制指数退避的重发策略。每当节点发送失败（如遇到超时），节点就会将当前的竞争窗口值 CW 加倍，直至达到最大门限值 CW_{max}。由于

收稿日期： 2011-12-15；**修回日期：** 2012-02-22

作者简介： 柏诗玉（1987-），女，江苏宝应人，硕士研究生，主要研究方向为信道接入协议、网络仿真等（sukiyakibsy@hotmail.com）；徐祎（1959-），男，江苏射阳人，教授，硕导，主要研究方向为通信对抗、无线通信、移动 Ad hoc 协议等；朱浩（1987-），男，江苏高邮人，硕士研究生，主要研究方向为综合电子战理论与技术.

退避计数器的值是在 0 ~ CW 随机选取,所以节点在下一次发送之前更有可能选择更长的退避时间,从而在一定程度上降低节点发送报文时的冲突概率。每当节点成功发送一个报文或因超时次数过多而丢弃当前正在发送的报文后,节点都会将 CW 重置为最小值 CW_{min}。BEB 退避机制由于简单容易实现而经常运用在 Ad hoc 网络中,但是它的工作机制会导致网络有一些不公平性情况产生使得网络性能下降。

在网络较为繁忙时,节点如果在冲突时没有抢到信道,就会导致其下次抢到信道的概率降低,以致越来越难抢到信道。若不采取措施解决,就会出现信息流停滞在该节点的情况,导致时延增大,实时性降低,吞吐量减少,网络性能大幅度减低。

由于 BEB 算法具有上述的局限性,本文结合路由层提出了一种基于 DCR 路由协议的跨层退避算法(CBBD)。

2 一种基于 DSR 路由协议的跨层退避算法

2.1 路由协议选择

根据发现路由的驱动模式不同,可以将路由协议分为表驱动路由协议(table driven protocols)和按需路由协议(source-initiated on-demand protocols)。

DSR 协议[9]是一种基于源路由方式的按需路由协议。在 DSR 协议中,当发送者发送报文时,在数据报文头部携带到达目的节点的路由信息,该路由信息由网络中若干节点地址组成,源节点的数据报文就通过这些节点的中继转发到达目的节点。

在 DSR 协议中,为了提高系统效率,协议中采用了路由缓冲优化策略。由于无线广播信道的特点,节点可以处于混合监听状态,即可以听到相邻节点发出的所有报文,包括路由请求、路由响应等。这些报文中携带了网络的一些路由信息,节点通过缓存这些路由信息,可以尽量减少每次发送新报文时启动的路由发现过程,以提高系统效率。

重新建立路由会耗费大量的时间,而正是因为 DSR 协议具有这种独特的路由缓冲优化策略,本文才选择 DSR 协议来重新建立路由,这样可以提高 CBBD 算法中的路由重新选路效率,减少路由重新建立所耗费的时间,从而达到网络性能提高的目的。

2.2 重要指标及其定义

定义 1 退避阶数 boj。

退避阶数就是退避算法执行次数。

在 Mac802_11 类中增加退避阶数(boj)变量在 inc_cw( )函数中增加如下语句:

```
boj = 0;
  boj = boj + + ;
checkredo( );
```

定义 2 路由重选门限 N_{re}。

退避阶数达到一定门限时就会启动路由重选函数。本文定义路由重选门限为 N_{re}。路由重选门限决定了退避窗口最大值 CW_{max},退避窗口最大值是关系到网络性能的一个重要参数,在不是很繁忙的网络中,退避窗口最大值过大,会使得节点遇到冲突时等待时间过长,造成资源的浪费;在非常繁忙的网络中,退避窗口最大值过小,会使得节点遇到冲突时等待时间过短,这种情况下并不能很好地解决冲突,冲突依然会存在。

因此,根据网络繁忙情况的不同路由重选门限也应该有不一样的值。本文利用空闲时隙比作为网络繁忙情况的判断值。为了达到最佳网络性能,本文利用文献[10]中的二维 Markov 模型来描述整个退避过程,并且求得达到网络性能的最佳空闲时隙比。其中 i 为退避阶段,m 为最大退避阶段。以 $b_{i,k}$ 表示节点处于竞争退避阶段为 i,窗口大小为 k 这一状态的稳态概率,p 表示节点在某一时隙发送的数据帧发生碰撞的概率,τ 表示节点在某个时隙发送数据帧的概率,P_s 为数据帧成功发送的概率,P_c 为整个网络数据帧发生碰撞的概率,P_{idle} 是信道空闲的概率。

数据帧被成功发送的概率为

$$p_s = C_n^1 \tau (1-\tau)^{n-1} = n\tau(1-\tau)^{n-1} \tag{1}$$

信道空闲的概率为

$$p_{idle} = (1-\tau)^n \tag{2}$$

冲突概率为

$$p_c = 1 - p_s - p_{idle} = 1 - (1-\tau)^{n-1}[1+(n-1)\tau] \tag{3}$$

空闲时隙比定义为在一定的时间窗内信道未被占用的时间与时间窗口的比值,即

$$\frac{t_{idle}}{t_{window}} = \frac{p_{idle}\sigma}{p_c T_c + p_s T_s + p_{idle}\sigma} \tag{4}$$

由于$(1-\tau)^n \approx 1 - n\tau$,$(1-\tau)^{n-1} \approx 1-(n-1)\tau \simeq 1 - n\tau$,可以得出

$$\frac{t_{idle}}{t_{window}} = \frac{(1-n\tau)\sigma}{(n\tau)^2 T_c + n\tau(1-n\tau)T_s + (1-n\tau)\sigma} \tag{5}$$

从文献[11]中可以得到,当获得最大吞吐量时,发送概率 τ 的最优解为

$$(n\tau)_{opt} = \frac{\sqrt{n^2 + 2n(n-2)(\frac{T_c}{\sigma}-1)} - n}{(n-1)\left(\frac{T_c}{\sigma}-1\right)} \tag{6}$$

将式(6)带入式(5)就可以推出达到最大吞吐量时空闲时隙比的最佳值。

得到空闲时隙比的最佳值后,就可以根据空闲时隙比反映出来的网络实时情况来动态地调整路由重选门限 N_{re},以达到最佳网络性能。

在 Mac802_11 类中增加 checkredo( )函数和 N_{re}参数,并给 N_{re}设初值为 3(实验中的最佳值)。checkrodo( )用来检验退避阶数是否已经达到路由重选门限。当退避阶数已经达到门限时,就启动 DSRAgent 类中 replyFromRouteCache( )过程,建立从终端节点至目的节点的路由。

2.3 算法实现流程

a)当退避窗口增加时,即 inc_cw ( )函数调用时,就调用该算法增加退避阶数 boj + +,调用 checkredo( )判断退避阶数是否超过门限值 N_{re}(路由重选门限值的选取参见图 1),如果超过就进入 b),否则 return;

b)判断该数据包 MAC 报头中下一跳地址是否为目的节点,如果是就 return,否则进入 c);

c)调用重新选取路由子函数,以当前节点的 ID 为起点,原目的节点为终点,从缓存路由中选取相应的路由,重新建立路由,如果没有相关路由缓存,则 return;

d)利用新建的路由继续传输中断的数据包。

3　仿真结果及验证

3.1　仿真工具

本文采用 NS[12,13](network simulatior)作为仿真工具。NS-2 是一种面向对象的网络模拟器,可以模拟各种不同的通信网络。其使用了被称为分裂对象模型的开发机制,采用C ++ 和 OTCL 两种开发语言进行开发。

3.2　仿真环境

本次仿真采用三种网络环境,分别是一字型网络、星状网络和网格型网络。三种拓扑结构不一样的网络能够很好地反映实际网络环境。

环境 1:一字型网络

网络由八个节点呈一字型组成,节点之间相差 100 m。网络结构如图 2 所示。

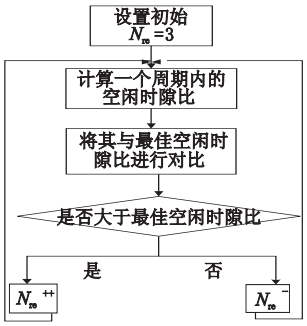

图1　N_{re}选取流程

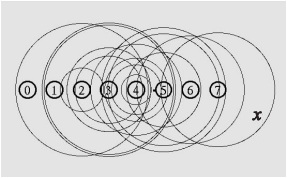

图2　一字型网络结构

环境 2:星型网络(图 3)

环境 3:网格分布网络(图 4)

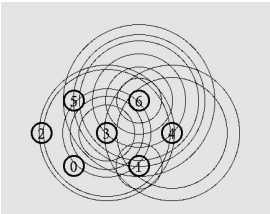

图3　星型网络结构

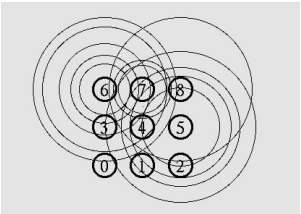

图4　网格型网络结构

环境参数配置如表 1 所示。

表 1　网络仿真参数配置

参数名称	参数配置
节点个数	8
发送速率/packets/s	50、100、150、200、250、300、350、400、450、500
网络范围/m^2	1000 × 1000
数据包大小/Byte	500
仿真时间/s	100
数据流	cbr

3.3　仿真结果

为了保证实验数据的准确性,本次实验的仿真结果是在多次实验的基础上完成的,实验产生了多组随机数据流以及随机场景,以得到更为准确的结果。

本文分别从以下两个性能指标来分析仿真结果:

a)平均端到端延时。从源点发送数据包到目的节点接收到数据包的平均延时。

b)丢包率。仿真中所丢失数据包数量占所发送数据包的比率。

3.3.1　平均端到端延时(图 5 ~ 7)

由图 5 ~ 7 可以看出,在三种不同网络环境中,CBBD 算法在端到端时延上都比 BEB 算法有优势得多,尤其当发送速率增加,网络变得繁忙时,CBBD 算法能够很好地根据网络情况自适应地调整路由重选门限 N_{re},以减少节点在等待信道空闲时浪费的时间。

3.3.2　丢包率(图 8 ~ 10)

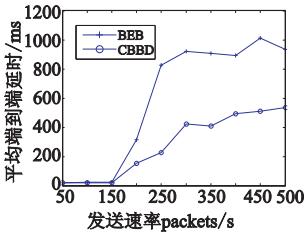

图5　一字型网络端到端延时

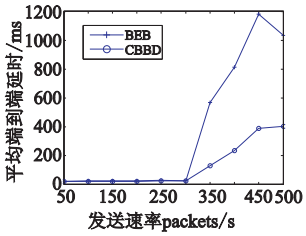

图6　星型网络端到端延时

从图 8 ~ 10 中可以看出,在三种网络情况下新算法减少了网络的丢包率,尤其在网络繁忙时,CBBD 算法能够避免数据包由于等待时间超时而丢包,并且网络越繁忙 CBBD 算法的性能越优越。这是由于在网络繁忙时,算法采用较为低的路由重传门限,达到门限时就重新建立路由,避开之前的拥塞节点。新算法使得网络丢包率与 BEB 算法相比大幅下降,网络性能得到了提高。

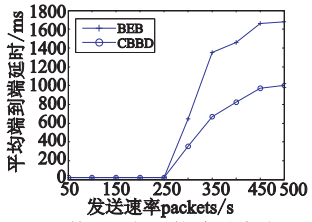

图7　网格型网络平均端到端时延

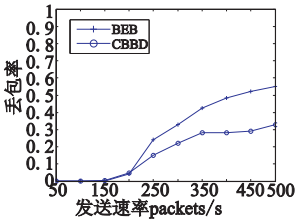

图8　一字型网络丢包率

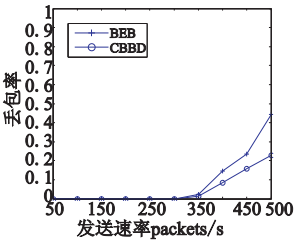

图9　星型网络丢包率

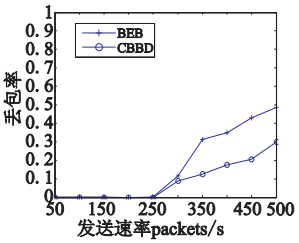

图10　网格型网络丢包率

4　结束语

本文提出了一种特殊的跨层退避算法——基于 DSR 路由协议的跨层退避算法(CBBD),当网络拥塞时,结合 DSR 路由协议中的路由缓存策略重建路由,从而减少网络延时,增加网络的实时性,以达到改善网络性能的目的。在 NS 搭建的仿真平台上可以验证出新算法能够很好地改善网络端到端延时,减少丢包,使得网络性能有了大幅度的改善。

参考文献:

[1]　IEEE 802. 11-2007, Part Ⅱ: wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications [S]. 2007.

[2]　BHARGHAVAN V, DEMERS A, SHENKER S. MACAW: a media access protocol for wireless LANs [C]//Proc of ACM SIGCOMM. 1994:212-225.

[3]　AAD I, NI Qiang, BARAKAT C, *et al*. Enhancing IEEE 802. 11 MAC in congested environments[C]//Proc of ASWN. 2004:82-91.

[4]　DENG Jing, VARSHNEY P K, HASS Z J. A new back-off algorithm for the IEEE 802. 11 distributed coordination function[C]//Proc of CNDS. 2004.

(下转第 3421 页)

(上接第 3417 页)

[5] BIANCHI G, TINN I I. Kalman filter estimation of the number of competing terminals in an IEEE 802.11 network[C]//Proc of IEEE INFOCOM. 2003:844-852.

[6] 夏海轮,曾志民,丁炜. Ad hoc 网络中一种新的自适应退避算法[J]. 吉林大学学报:工学版,2009,39(5):1369-1373.

[7] 蒋道霞,翁业林,刘玲,等. 一种面向实时业务的 Ad hoc 网络退避自适应拥塞控制协议[J]. 南京理工大学学报:自然科学版,2009,33(1):54-58.

[8] 李瑞芳,李仁发. 一种 Ad hoc 网络信道接入退避算法及仿真分析[J]. 系统仿真学报,2007,19(1):141-144.

[9] JOHNSON D, HU Y, MALTZ D. RFC 4728, The dynamic source routing protocol(DSR)for mobile Ad hoc networks for IPv4[S]. 2002.

[10] BIANCHI G. Performance analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2000, 18(3):1265-1275.

[11] 姚程. 无线网络媒体访问控制协议研究[D]. 合肥:中国科学技术大学,2009.

[12] 方路平,刘世华,陈盼,等. NS-2 网络模拟基础与应用[M]. 北京:国防工业出版社,2008:89-104.

[13] FALL K, VARADAN K. Ucb/lbul network simulator(version 2)[EB/OL]. http//www.mash.cs.Berkeley.edu/ns/.