

基于 ad hoc 网络的公平介质访问改进算法

林涵仙¹, 陈世平^{1,2}

(1 上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093;

2 上海理工大学 信息化办公室, 上海 200093)

摘 要: 在公平介质访问分估测算法 FMAS 的基础上提出了一种新的改进算法 AFMAS, 该算法引进一个集合变量来记录接受到的数据包源节点, 从而避免了重复计算信道占用时间, 能够更加准确地估算自己与其他竞争节点所分配的带宽比, 并通过参考竞争节点数来调整窗口大小. 仿真实验表明, AFMAS 算法的公平性更加显著, 并且吞吐量有了较大的改善.

关键词: 隐藏节点; 自组网; 公平; 竞争窗口

中图分类号: TN915.04

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2015)03-0109-04

Improved Fair Media Access Algorithm Based Wireless Ad-Hoc Networks

LIN Han-xian¹, CHEN Shi-ping^{1,2}

(1 University of Shanghai for Science and Technology School of Optical-Electrical and Computer Engineering,

Shanghai 200000, China; 2 Network and Information Center Office,

University of Shanghai for Science and Technology Shanghai 200093, China)

Abstract: Provided a new design AFMAS extends the work of FMAS. The new algorithm use one set to record the source node who send the dates so that can avoid repetitively compute the time which nodes cost. And it can more accurately estimate the ratio of local station throughput with other nodes, and to adjust contention window by the reference nodes. Simulation results show that the AFMAS algorithm get better fairness and the throughput gets improved.

Key words: hidden node; ad hoc; fairness; contention window

1 引言

适用于无线局域网 IEEE 802.11 标准的基于分布式的无线媒介访问控制协议 (DFWMAC) 虽然得到了广泛的使用, 但是该协议却不能解决在 Ad hoc 网络中所遇到的隐藏节点、暴露节点以及公平性的问题^[1]. 所谓的公平性问题就是指节点之间由于隐藏节点等问题导致某些节点一直占有带宽, 而其他节点则分不到带宽或者只占用少量的信道带宽.

为了解决隐藏节点的问题, RTS/CTS 握手协议被提了出来. 在该协议中, 一个站点在发送较大的数据包之前, 为了给自己预留足够的信道资源, 会先向目的节点发送 RTS 帧, 目的节点收到 RTS 帧后向原节点反馈一个 CTS 帧. 当源节点收到 CTS 帧时, 就立刻发送数据包. 由于 RTS 帧和 CTS 帧中包含了一个称为网络分配向量 (NAV) 的域, 该域值标示了传输该数据包需要多长的时间. 其他站点收到 RTS 和 CTS 帧后, 通过 NAV 的值来决定自己推迟多长时间再次尝试接入信道. 但是文献^[2-3]利用大量

收稿日期: 2014-05-23; 修回日期: 2014-07-17

基金项目: 国家自然科学基金项目 (61170277); 上海市教委科研创新重点项目 (12zz137); 上海市一流学科建设项目 (S1201YLXK)

的实验以及仿真证明光靠 RTS/CTS 握手协议并不能如理论中所阐述的那样杜绝隐藏节点问题。

2 相关工作

为了实现公平竞争,文献[5]假设所有的节点都采用相同的竞争窗口,并且每个节点通过接入信道的概率以及信道空闲的概率估算出竞争节点的个数,并以此计算出竞争信道的最优概率 p ,从而保证竞争的公平性^[4]。文献[6]提出了新的 MAC 协议,在该协议中每个节点都维护 8 个不同优先级别的队列,每个队列都有一个变量用来记录该队列发送成功的次数。当两个竞争资源的节点都有数据包发送,则高优先级队列优先发送;如果数据包的优先级一样,则根据队列维护的变量较小的一个队列优先发送,以此来实现带有优先级的公平机制^[5]。文献[7]在 CTS 和 ACK 帧中加入干扰指数和冲突指数变量,通过比较它们的值来调整竞争窗口,从而改善 DCF 协议的公平性^[6]。文献[8]通过分布式算法以及有限的单跳信息寻找节点发送概率 p 的最优解,从而实现公平性以及吞吐量最大化的一个折中^[7]。文献[9]则通过收集 Mac 层以及物理层信息来估算站点的信道利用率,并以此来调整竞争窗口,实现公平的信道接入^[8]。文献[10]提出了一种分布式的博弈模型来实现公平性与吞吐量的折中最优化。但该模型只用于两跳的网络场景^[9]。文献[11]提出了成比例的类公平调度算法,该算法相比较最大最小公平算法以及吞吐量最大算法,能够较好的兼顾到网络的公平性与吞吐量^[10]。文献[12]则引用了 PMAC 协议模型,并通过修改最大 RTS 允许发送次数,竞争窗口以及节点发送数据帧的概率来实现竞争信道的公平性^[11]。文献[12]则是通过动态改变节点竞争权值的大小,让权值最小的节点在下轮竞争中进入休眠状态,当有信息通信时再进入活动状态,有效的降低了对其他节点的信号干扰,同时提高了整个网络的吞吐量^[12]。

文献[13]中通过所接收到数据包的种类来估算站点之间的带宽分配比,并依此调节竞争窗口来实现公平性,避免了数据交互,或者通过广播获取网络拓扑信息所造成的额外开销。但是文献 1 的公平介质访问分估测算法^[13](FMAS)由于在带宽分配估算的精度上存在较大误差,以及在对竞争窗口的调节不够灵活,导致公平性效果的下降以及吞吐量的下降。本文在该算法的基础之上进一步改进,提出了新的公平分配估测算法(AFMAS),使得对带宽的估算更加准确,并且使得窗口能够根据竞争环境经

行调节,网络的吞吐量得到了提升。

3 FMAS 算法

该算法中提出了公平指数的概念。这里定义 W_i 代表站点 i 的实际吞吐量, L_i 代表站点 i 的负载, φ_i 代表站点 i 预先分配到的公平分配系数。一个公平的 Mac 层协议应当具有如下两个性质,当所有站点的负载之和明显低于信道容量时,每个站点的传输要求都应该得到满足,即对于每个站点有 $W_i = L_i$ 。当站点的负载之和超过信道容量时,每个站点应该依据它的公平系数按比例地分配到带宽,即 $\frac{W_i}{\varphi_i} =$

$\frac{W_j}{\varphi_j}$ 。但这是一种理想的情况,实际上只可能使得

$|\frac{W_i}{\varphi_i} - \frac{W_j}{\varphi_j}|$ 的值达到最小。为了便于计算,定义了

公平指数 FI, 即 $FI = \max \{ \forall i, j: \max (\frac{W_i}{\varphi_i},$

$\frac{W_j}{\varphi_j}) / \min (\frac{W_i}{\varphi_i}, \frac{W_j}{\varphi_j}) \}$ (1)

FI 的值越小,站点之间的带宽分配就越公平。在 FMAS 算法中,站点通过接收到的数据包种类来计算传输时间从而估算出本站点的吞吐量以及其他竞争站点的吞吐量。通过本站点和其他站点的吞吐量的比值与参数 C 进行比较, C 值这里选取为 1 左右,当比值大于 C 时,说明,本站点的带宽大于其他站点的带宽,这时将竞争窗口放大以延缓本站点的发送速率。当比值在 $(1/C, C)$ 时,保持窗口大小不变;当比值小于 $1/C$ 时,则将窗口的大小减少,加快站点的发送速率。仿真结果表明该算法比二进制避退算法(BEB)具有更好的公平性,站点之间的吞吐量更加平衡。但是在有些场景,它的公平性由于算法的缺陷而与期望值相差较大,整个网络的吞吐量也偏低。为了优化 FMAS 算法,本文提出了 AFMAS 算法。

4 AFMAS 算法

为了实现更加准确的公平,在原有的算法上进行了改进。改进后的算法在公平系数及吞吐量上都有了相应的提高。使用的参数说明如下:

W_i : 对站点 i 自身占用带宽的估算;

W_o : 对其他站点占用带宽的估算;

T_{type} : 发送 type 类型数据包的时间;

T_{edate} : 对其他站点发送的数据包的估算时间,通过 RTS 和 CTS 帧中的 NAV 向量值来估算其他站点接下来发送数据包的时间;

$v_i = \text{hash}(\text{ID}_s) + \text{hash}(\text{ID}_d)$: 对收到的数据包提取出源地址以及目的地址, 分别进行哈希求和后的值;

V : 存放 v_i 值的集合.

为了便于说明, 简化结构, 此算法只考虑了使用 RTS/CTS 机制的情况. 对于基本的数据传输机制, 只需要通过判断数据包的大小是否超过 RTS/CTS 机制的门限值来选择是否加上 T_{rts} 和 T_{cts} . 算法 1 的中心思想是某个发送站点 i 通过检测接受到的外界的数据包来估算自身发送数据产生的吞吐量与其他站点发送数据吞吐量的比值来判断站点之间所占用的带宽是否公平, 并通过算法定义的公平指数来调整竞争窗口. 该算法通过 v 值来判断接受到的数据包是否是来自之前的站点, 如果是, 则不需要再加上 T_{rts} 和 T_{cts} 值. 如果不是, 则说明该数据包是来自其他竞争站点的. 则要从新加上 T_{rts} 和 T_{cts} 的值. 这样就避免了重复计算, 提高了算法的精确性. 并且文献[11]中的算法, 对于接收到的目的节点是自身的 CTS 和 ACK 时, 重复计算了 T_{date} 的数值, 这将会很大的影响公平指数的大小, 从而导致竞争窗口的调整出现较大偏差.

算法 1 对分配带宽的估算

```
Switch(每个收到的数据包)
Case RTS
    If( $\text{ID}_d \neq \text{ID}_{\text{loc}}$ )  $W_o += T_{\text{rts}}$ ; 更新  $T_{\text{edate}}$ 
    else{发送 CTS 包,  $W_o += (T_{\text{rts}} + T_{\text{cts}})$  }
    if( $v \notin V$ ), 将  $v$  值添加进集合  $V$ 
case CTS
    if ( $\text{ID}_d \neq \text{ID}_{\text{loc}}$ ) {
        if ( $v \notin V$ ) {  $W_o += T_{\text{rts}} + T_{\text{cts}}$ ; 更新  $T_{\text{edate}}$ ;
            并且将  $v$  值添加进集合  $V$ ; }
        else{  $W_o += T_{\text{cts}}$  }
    }
    else{发送 date 包;  $W_i += T_{\text{cts}} + T_{\text{date}}$  }
case DATA
    if ( $\text{ID}_d \neq \text{ID}_{\text{loc}}$ ) {
        if( $v \notin V$ )  $W_o += (T_{\text{cts}} + T_{\text{date}})$ 
        else{  $W_o += T_{\text{date}}$  }
         $T_{\text{edate}} = T_{\text{date}}$ ; }
    else{发送 ack 包;  $W_o = T_{\text{date}} + T_{\text{ack}}$  }
case ACK
    if ( $\text{ID}_d \neq \text{ID}_{\text{loc}}$ ) {
        if( $v \notin V$ )  $W_o += (T_{\text{edate}} + T_{\text{ack}})$ 
        else{  $W_o += T_{\text{ack}}$  }
    }
    else{  $W_i += T_{\text{ack}}$  }
```

站点 i 每次发送一个 RTS 包时, $W_i += T_{\text{rts}}$
这里假设对每个站点分配的公平系数都为 0.5,

则估算的公平指数为 $\text{FI}_e = W_i / W_o$,

算法 2 竞争窗口的调整

统计集合 V 中 v 值的个数为 N_v

```
switch( $\text{FI}_e$ ) {
case > C
     $\text{CW}_{\text{new}} = \min(\text{CW}_{\text{old}} * 2, \text{CW}_{\text{max}})$ 
case (1/ $N_v$ , C)
     $\text{CW}_{\text{new}} = \text{CW}_{\text{old}}$ 
case < 1/ $N_v$ 
    if (发送失败次数 > 5)  $\text{CW}_{\text{new}} = \min(\text{CW}_{\text{old}} * 2, \text{CW}_{\text{max}})$ 
    else{  $\text{CW}_{\text{new}} = \max(\text{CW}_{\text{old}} / 2, \text{CW}_{\text{min}})$  }
}
```

在算法 2 中, C 值的选取是受到限制的, 如果 C 值取得过大, 则竞争窗口变化得较缓慢, 甚至当竞争节点数较大, 碰撞次数急剧增加时, 竞争窗口仍然保持不变, 从而导致吞吐量的急剧下降. 如果 C 值取的过小, 则导致竞争窗口频繁的变化, 影响网络的稳定. 在 FMAS 算法中, C 的取值为 1 左右, 由于 C 值是一个常量, 当竞争的站点数超过 10 时, 窗口的调整将出现偏差, 当网络负载过重时, FMAS 算法会不断的减少竞争窗口, 导致碰撞进一步加剧, 吞吐量也会急剧下降. 所以在改进算法中引入了参数 N_v 表示当前的竞争节点数, 作为保持竞争窗口大小不变的下限, 从而能够根据竞争环境来选择竞争窗口, 并且为了区分吞吐量的下降是因为竞争加剧还是隐藏节点导致的“饥饿”问题, 引入一个计数器来对发送失败次数进行统计, 当超过一定的次数时, 则认为是网络过载, 从而加大竞争窗口, 延缓发送速度. 避免更加严重的竞争, 导致整体吞吐量的下降.

5 仿真实验

本文模拟了 3 个实验场景, 见图 1, 分别为 4 个节点, 6 个节点和 20 个随机分布的节点. 采用 NS-2 进行仿真实验, 实验环境假设为速率为 1 Mb/s 的理想信道, 数据包的平均大小为 500 bit. 实验参数如表 1 所示.

表 1 仿真参数

参数名 参数值 参数名 参数值			
CWMIN	31	SIFS	0 μs
CWMAX	1 023	EIFS	1.3 ms
C	1	RTS	25 byte
时隙	10 μs	CTS	20 byte
DIFS	20 μs	ACK	20 byte

在图 1(a)所示的场景中,由图 2 中的实验结果可以看出, BEB 算法的公平指数 FI 较大,接近于 15. 这是因为节点 1 并不知道节点 3 的存在,认为信道空闲而发送数据,与节点 3 发送的数据在节点 2 处发生碰撞,导致发送失败. 而 BEB 算法对发送成功的节点 3 是有利的,使得节点 3 的竞争窗口一直低于节点 1,最后节点 3 占据了大部分的带宽. FMAS 和 AFMAS 算法则保持着较低的公平系数,由于 FMAS 算法对 W_i 的值多算了一个发送数据包的时间,导致竞争窗口过早的放大,平均等待时间加长,从而使得网络的带宽不能得到有效的利用. 并且在轻负载的情况下,改进后的算法 FI_c 的值更容易达到减小竞争窗口的上线,从而使得节点以更快的速率发送数据,整个网络的吞吐量得到改善.

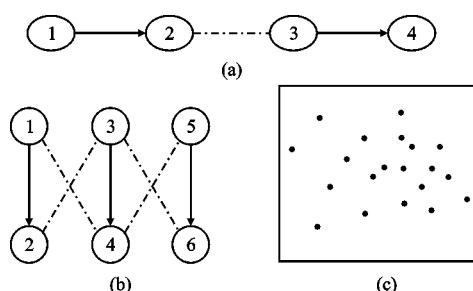


图 1 拓扑图

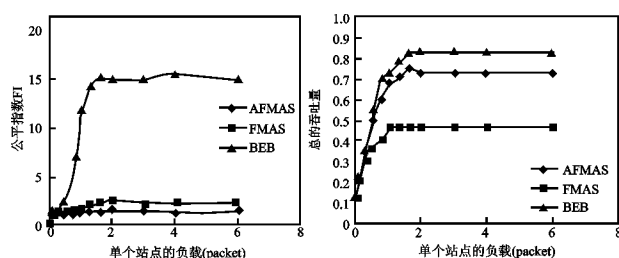


图 2 拓扑(a)中三种协议的公平指数及吞吐量曲线对比

由图 3 的实验结果可以看出,对于图 1(b)所示的场景,由于竞争节点数的增多,FMAS 算法中的误差将会被放大,并且对于节点 3 在执行 FMAS 算法的过程中,多算了由节点 4 发送来的数据包的时间,导致 W_i 的值比实际的要大,并且 C 的值为固定的,保持窗口大小不变的区间为 $(1/C, C)$,由于 $1/C$ 值偏小, FI_c 的值在未低于该值时,无法对竞争窗口值进行及时有效的调整,使得节点 3 的带宽饥饿的状态持续较长的时间. 而在改进后的算法中,不仅能够更加准确地估算自己与其他节点占用的带宽比,并且能够根据当时的竞争环境及时的降低竞争窗口,使得 3 的平均避退时间降低,让节点 3 以更快的速率发送数据包.

图 4 中显示了图 1 场景(c)的仿真结果.

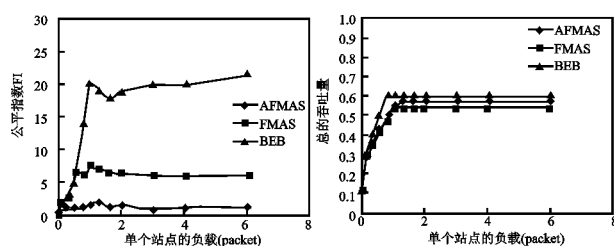


图 3 拓扑(b)中三种协议的公平指数及吞吐量曲线对比

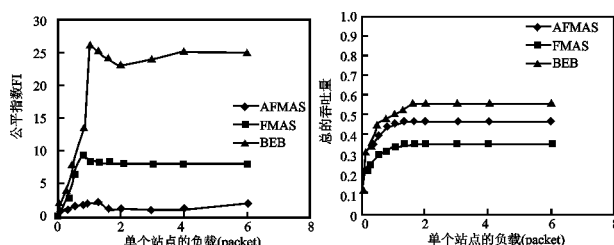


图 4 拓扑(c)中三种协议的公平指数及吞吐量曲线对比

6 结束语

本文在算法 FMAS 的基础之上进行了改进,使得新的算法在对本站点以及其他竞争站点的吞吐量估算更加准确,降低了 FMAS 算法因多次计算自身的数据发送时间而导致的误差,并结合了竞争节点数的信息来调整竞争窗口的大小,使得窗口的调整更加及时准确. 新的算法在总体吞吐量上比 FMAS 算法有了较大的提高.

参考文献:

- [1] XUShu-gong, Saadawi, T. Does the IEEE 802.11 MAC protocol work well in multihop wireless ad hoc networks[J]. IEEE Communications Magazine, 2001, 39(6):130-137.
- [2] Anastasi G, Borgia E, Conti M, et al. Wi-Fi in Ad Hoc mode: a measurement study[C]// Proc of IEEE PerCom 2004, Orlando, FL: IEEE, 2004:145-154.
- [3] Chaudet C, Dhoutaut D, Lassous I G. Experiments of some performance issues with IEEE 802.11b in ad hoc networks[C]// Proc of WONS 2005, St Moritz, Switzerland: IEEE, 2005, 158-163.
- [4] Luis M, Oliveira R, Bernardo L, et al. Maximizing throughput-fairness tradeoff in MAC for an hoc networks[C]// Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), Cancun, Quintana Roo: IEEE, 2011, 357-362.

(下转第 116 页)

阈值,当场景发生变化时,阈值也随之改变,再识别有无标记,进而判断是否该实现增强现实.实验结果表明图像分割的阈值能随着场景变化做出适当修正,同时能满足增强现实系统的实时性要求,在一定程度上提高了整个系统的性能.

参考文献:

- [1] 孙阳光,蔡志华.一种基于局部自适应的女书字符图像分割算法[J].微电子学与计算机,2014,31(3):142-145,149.
- [2] 程实,顾顺,潘健生,等.基于 ARToolKit-MMD 虚拟人偶成像增强现实研究[J].微电子学与计算机,2011,28(10):150-152.
- [3] 胡颖群,尹长春.基于 ARToolKit 的三维虚拟商品展示系统设计与实现[J].计算机应用与软件,2012,29(8):259-261.
- [4] 盛君,王毅刚.基于 ARToolKit 手指交互系统的研究[J].机电工程,2010,27(6):116-119.
- [5] 张新明,李振云,孙印杰.快速二维直方图斜分最小误差的图像阈值分割[J].电光与控制,2012,19(6):8-12.
- [6] 史亨祯,王昱,石孟楠,等.基于 ARToolKit 的手指识

别增强现实系统的设计[J].长江大学学报:自然版,2013,10(4):54-55.

- [7] 蒋峥峥,高瞻,陈翔,等.基于 ARToolKit 的虚拟手表试戴系统的实现[J].信息化研究,2013,39(5):35-39.
- [8] 刘欣欣,李雪,王琼.基于灰度直方图的多阈值分割法[J].计算机应用与软件,2013,30(12):28-30,63.
- [9] 雷建锋,汪伟.基于 OpenCV 的图像阈值分割研究与实现[J].现代电子技术,2013,36(24):73-76.
- [10] 李俊锋,张志彦.基于矩不变特性的阈值选择图像分割算法研究[J].计算机应用与软件,2013,30(12):170-172.
- [11] 阮秋琦.数字图像处理基础[M].北京:清华大学出版社,2009.

作者简介:

谢敏男,(1987-),硕士研究生.研究方向为增强现实. E-mail:xiemin2012_cool@163.com

徐荣青男,(1966-),教授.研究方向为光电检测技术与光电信号处理.

何利荣女,(1975-),工程师.研究方向为图像处理.

(上接第 112 页)

- [5] Seth D D,Patnaik S,Pal S. A quality of service assured & fair MAC protocol for mobile ad hoc network[C] // Communications and Signal Processing (ICCSP), 2011 International Conference on. Calicut; IEEE, 2011,413-417.
- [6] 雷磊,许宗泽. Ad hoc 网络中 DCF 公平性分析与改进[J].电子与信息学报,2008,30(2):472-476.
- [7] Loukas A,Woehrle M,Zuniga M,et al. Fairness for All Rate Allocation for Mobile Wireless Networks[C] // Mobile Ad-Hoc and Sensor Systems (MASS), 2013 IEEE 10th International Conference. Hangzhou; IEEE, 2013,154-162.
- [8] Pham Thanh Giang,Pham Minh Vi. Cross layer design to enhance TCP performance in Multi-hop Ad hoc Networks[C] // Advanced Technologies for Communications (ATC), 2013 International Conference on. Ho Chi Minh; IEEE,2013,642-647.
- [9] Afghah F,Abedi A. Distributed fair-efficient power allocation in two-hop relay networks [C] // Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks (SECON), 2013 10th Annual IEEE Communications Society Conference on. New orleans, LA; IEEE,2013: 255-257.
- [10] Dang-Quang Bui,Won-Joo Hwang. Proportionally qua-

si-fair scheduling optimization in wireless Ad Hoc Networks[C] // Advanced InformationNetworking and Applications (AINA), 2012 IEEE 26th International Conference on. [s. l.], 2012,641-648.

- [11] Yongkang Xiao,Xiaoyan Hu,Bo Sun. Fair and stable MAC scheme to improve TCP performance for wireless Ad Hoc networks [C] // Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM), 2012 8th International Conference on. Fukuoka; IEEE, 2012,1-5.
- [12] 缙西梅,万润泽,朱彦松.基于多跳聚合无线传感器网络的公平性竞争策略[J].微电子学与计算机,2010,27(8):248-251.
- [13] Bensaou, B, Yu Wang, Chi. C. Ko. Fair Medium Access in 802.11 Based Wireless Ad-Hoc Networks[C] // IEEE/ACM MobiHoc 2000, Shanghai; IEEE,2000, 99-106.

作者简介:

林涵仙男,(1987-),硕士生.研究方向为计算机网络. E-mail:lin_hanxian@126.com.

陈世平男,(1964-),教授,博士生导师.研究方向为计算机网络、分布式计算、云计算.