

Ad Hoc网络中IEEE 802.11 DCF的改进

马洪亮, 徐惠民

(北京邮电大学电信工程学院 北京 海淀区 100876)

【摘要】分析了在Ad Hoc网络的IEEE 802.11 DCF中扩展帧间隔EIFS的作用,指出DCF存在不公平性问题。给出了一个简单的改进方案——MDCF。通过仿真验证MDCF可以显著改善不公平性问题。

关键词 无线自组织网络; IEEE 802.11; 扩展帧间隔; 不公平
中图分类号 TN393 文献标识码 A

Performance Improvement of IEEE 802.11 DCF in Ad Hoc Network

MA Hong-liang, XU Hui-min

(School of Telecom. Engineering, Beijing University of Posts and Telecommunications Haidian Beijing 100876)

Abstract In this paper, the role of the extend interframe spaces in IEEE 802.11 DCF is analyzed, and the potential unfairness problem is illustrated using the DCF in Ad Hoc network. A simple improved scheme, MDCF, is provided. Simulations prove that MDCF can improve the unfairness problem well.

Key words Ad Hoc; IEEE 802.11; extend interframe space; unfairness

在Ad Hoc网络技术^[1]研究中,许多研究人员采用IEEE802.11标准^[2]中的DCF接入规程作为MAC层的协议。本文在分析DCF接入规程中扩展帧间隔EIFS作用的基础上,研究存在于DCF中的不公平问题及其相应的改进措施,并通过仿真验证了改进方案的可行性。使用NS-2.27仿真软件^[3],并对NS进行了改进而正确实现CSMA功能;路由层采用DSR协议;应用层采用CBR类型的连接,分组大小为250 B;链路带宽为1 Mb/s;仿真时间均为100 s。

1 DCF中的不公平问题

1.1 DCF接入规程

DCF控制下的接入过程如图1所示。节点A在发送数据前先探测信道的状态,如果信道忙,则随机退避一段时间后再次探测;如果信道保持空闲状态达DIFS时间后,则发送数据。节点B正确接收后,经SIFS时间发送ACK应答帧。对于旁听节点C,如果出现接收错误则必须沉寂EIFS时间,目的是让发送节点A能准确接收节点B发送的应答帧。由此可见,设置EIFS是为了减轻隐藏终端问题^[4]带来的影响,因为旁听节点C对于节点B可能是一个隐藏节点。由于Ad Hoc网络中使用的无线移动信道的误比特率比非移动点对点无线信道高 10^6 倍^[5],因此出现接收错误是普遍现象。接收出错与否和信道的质量有关,进而和节点所处的位置有关。如果依据节点所处的地理位置来确定节点接入信道的时机,则有可能产生不公平问题。

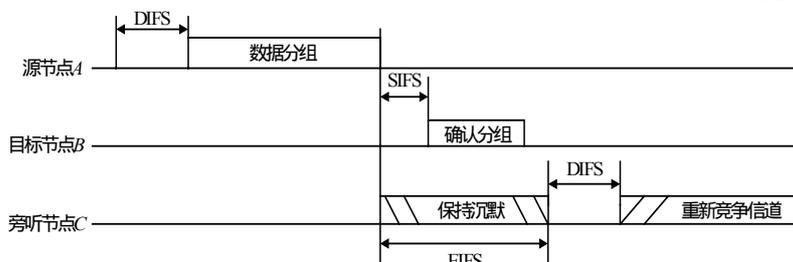


图1 802.11DCF接入规程示意图

收稿日期: 2004-09-03

作者简介: 马洪亮(1976-),男,博士生,主要从事无线自组织网络方面的研究.

1.2 分组错误接收概率 $P(d)$

令节点的发射功率为 P_t ，在距离 d 处的接收功率为 $\overline{P_r(d)}$ ， $\overline{P_r(d)}$ 符合对数-正态分布^[6]：

$$\left[\frac{\overline{P_r(d)}}{P_r(d_0)} \right]_{\text{dB}} = -10\beta \lg\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_{\text{dB}} \quad (1)$$

式中 d_0 为参考距离，一般取值为1，单位为米； β 为路径损耗因子，一般取值为4； X_{dB} 为一个高斯型随机变量，即 $X_{\text{dB}} \sim N(0, \sigma_{\text{dB}})$ ，取 $\sigma_{\text{dB}}=12 \text{ dB}$ ^[7]； $P_r(d_0)$ 为在参考距离 d_0 处的接收功率。

令分组正确接收时的接收功率阈值为 P_r ，对应的通信距离为 d_r 。在有效通信范围内，分组的接收功率 $\overline{P_r(d)}$ 低于正确接收阈值 P_r 的概率，分组错误接收概率为：

$$P(d) = P\{\overline{P_r(d)} < P_r\} = P\left\{ \left[\frac{\overline{P_r(d)}}{P_r(d_0)} \right]_{\text{dB}} < \left[\frac{P_r}{P_r(d_0)} \right]_{\text{dB}} \right\} = P\{X_{\text{dB}} < 10\beta \lg\left(\frac{d}{d_r}\right)\} \quad (2)$$

因为 β 、 d_r 已知， X_{dB} 为正态随机变量，所以很容易计算出上述概率。当在NS中设置有效通信范围 $d_r=250 \text{ m}$

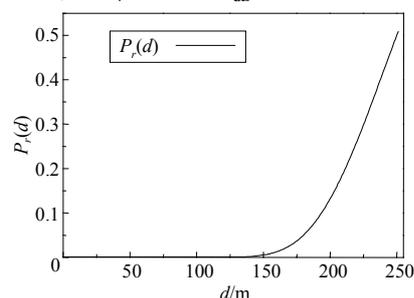


图2 分组错误接收概率示意图

时，与之对应的分组错误接收概率曲线如图2所示。

引入了分组错误接收概率后，利用图3所示的网络配置可以说明DCF存在的不公平问题。仿真结果如表1所示，数据产生速率为1 Mb/s。从表中第二列可以看出：对话 a (从 B 到 A)的吞吐量大约是对话 b (从 C 到 D)的吞吐量的1.4倍。这是因为相对于节点 B 错误接收节点 D 发送的ACK分组的概率，节点 C 错误接收节点 A 发送的ACK分组的概率更大一些，导致节点 C 比节点 B 更为频繁地设置EIFS的沉寂时间；而节点 B 很可能在这EIFS时间段内重新竞争得到信道，开始新一轮的发送，这表明不同位置的节点之间存在不公平问题。

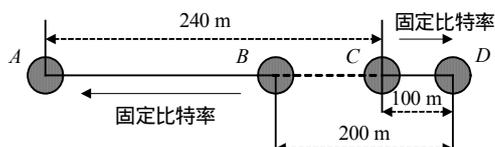


图3 网络拓扑图

表1 对话吞吐量

	DCF/kb·s ⁻¹	MDCF/kb·s ⁻¹
对话 $a(B \rightarrow A)$	304.18	238.75
对话 $b(C \rightarrow D)$	216.63	239.48

2 MDCF接入规程及仿真结果

2.1 MDCF接入规程

在Ad Hoc网络中应提倡互助、公平的原则。在移动无线信道中，信道的质量相比非移动无线信道更为恶劣、难以预测和把握，在协议设计时应假设始终存在接收错误。基于上述思想，本文提出了一个简单的改进方案—MDCF，并对DCF进行了以下的改进：(1) 当前活跃对话的双方在对话完成之后沉寂EIFS；(2) 处于旁听状态和载波监听状态的节点在当前活跃对话完成后沉寂EIFS；(3) 出现了分组接收错误的节点在接收完成后沉寂EIFS。

利用改进后的方案对图3中的配置进行了仿真，如表1的第三列所示。可见在两个对话之间实现了很好的公平性，即在MAC层的信道接入方面表现了很好的公平性；但这是以吞吐量的下降为代价的，总的吞吐量从520 kb/s下降到了478 kb/s，下降幅度达8%。因为在每次对话完成后，无论是否出现了接收错误，都要沉寂EIFS时间，使信道的利用率下降，说明在协议设计时吞吐量和公平性指标是相互制约的。

2.2 仿真实验和结果

由于在图3所示的网络中不存在隐藏终端问题，因此必须设计一个典型的Ad Hoc网络场景来验证MDCF的可行性。设计的仿真实验的具体参数配置为：在1 000 m×1 000 m的矩形区域中存在有50个节点，生成20个对话，随机选取每个对话的发送和接收节点，总的产生速率依次为200、400、600、800、1 000 kb/s，节点的移动速度依次为0、5、10、20、30、40 m/s，考查在不同的数据产生速率和不同的移动速度下，MDCF在网络总的吞吐量和不同对话之间的公平性方面与DCF相比是否有所改善。考查的指标是单个对话的平均

吞吐量和不同对话之间的不公平性指数,即不公平性指数为:

$$F = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{S_i - S_{ave}}{S_{ave}} \right)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{S_i}{S_{ave}} \right)^2 \quad (3)$$

式中 n 为对话的数目, $n=20$; S_{ave} 为单个对话的平均吞吐量; S_i 为每个对话的实际吞吐量。

不公平性指数越远离零,表明不同对话之间的吞吐量差异越大。本文对仿真结果进行了分析,由于篇幅限制,没有将所有的仿真结果用图表展示出来,只是选取了比较有代表性的结果。图4所示的是当移动速度为5 m/s时的仿真结果。从图4可以看出,MDCF比DCF在不公平性指数指标上大有改善,而且吞吐量不但没有下降反而有所提高,说明在多跳的Ad Hoc网络中隐藏终端问题带来的影响是不可忽视的。改进后的MDCF虽然降低了信道的利用率,但完全可以补偿隐藏终端问题带来的网络吞吐量的下降,甚至会有所提高,同时改善了网络中各对话之间的不公平性问题。

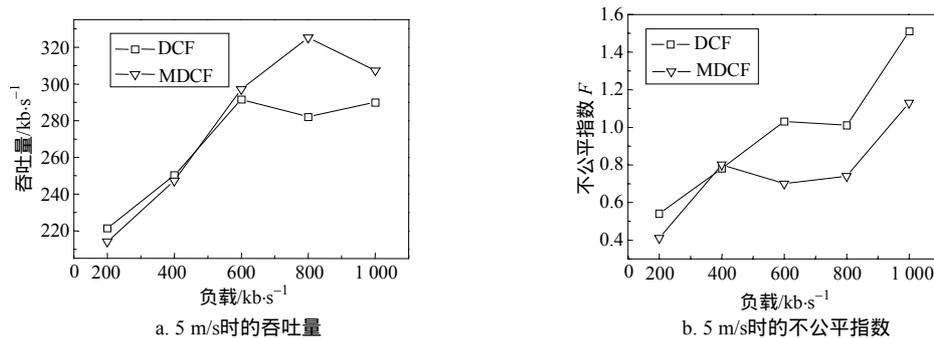


图4 5 m/s时的吞吐量和不公平指数

仿真结果的分析表明,当网络中的节点静止不动或以低速率(5 m/s)运动时,MDCF无论是在吞吐量上还是在公平性上的表现优于DCF;当节点以中等速率(10 m/s、20 m/s)运动时,DCF表现得更好;但当节点以较高速率(30 m/s、40 m/s)运动时,MDCF的表现重新又占了上风。表明MDCF比较适合于存在大量低速或高速运动节点的网络。

3 讨论

本文提出的MDCF接入规程适合于存在大量低速或高速运动节点的Ad Hoc网络。若在公平性改善的同时维持高的吞吐量,应降低或消除移动信道的非理想特性带来的影响,需要更为可靠的机制来传递和表达信道当前状况的信息,这将是下一步研究工作的内容。

参 考 文 献

- [1] Toh C K. Ad hoc mobile wireless networks: protocols and systems[M]. New Jersey: Prentice Hall, 2002.
- [2] IEEE Std 802.11. Wireless LAN medium access control and physical layer specifications[S]. 1999-08-20.
- [3] VINT Group. Network simulator-ns(version 2)[CP/OL]. <http://www.isi.edu/nsnam/>, 2004-01-18.
- [4] Tobagi F A, Kleinrock L. Packet switching in radio channels: Part II-the hidden terminal problem in carrier sense multiple-access and the busy-tone solution[J]. IEEE Trans. Commun., 1975, CM-23: 1417-1433.
- [5] 郭梯云, 杨家玮, 李建东. 数字移动通信[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1995.
- [6] Rappaport T S. 无线通信原理与应用[M]. 蔡涛, 李旭, 杜振民, 译. 北京: 电子工业出版社, 1999.
- [7] VINT Group. NS manual[EB/OL]. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-documentation.html>, 2003-11-09.

编辑 黄 莘