超星·期刊

第25卷第5期 华东交通大学学报 Vol. 25 No. 5
2008年10月 Journal of East China Jiaotong University Oct. ,2008

文章编号:1005-0523(2008)05-0063-04

IEEE802.11e无线局域网中一种提高QoS的算法

汤文亮[1],李 健[1,2]

(1. 华东交通大学 信息工程学院,江西 南昌,330013; 2. 九江学院 信息技术中心,江西 九江,332005)

摘要: 随着无线网络的迅速发展,网络上的业务流量与日俱增,如何保证无线局域网实时业务服务质量的问题也越来越突出.在分析IEEE802.11e的MAC接入机制及其在提供QoS方面存在局限性的基础上,提出了一种增强无线局域网服务质量的新算法——PCWA算法.该算法与EDCA机制相比,明显降低实时业务平均时延,显著提高网络吞吐量.

关 键 词: 无线局域网; 服务质量; PCWA; IEEE802.11e

中图分类号: TP393.3 **文献标识码:** A

IEEE802.11无线局域网标准是目前发展最为迅速、应用最为广泛的无线局域网协议之一,随着其不断的修订与完善其传输速率越来越高.最初的802.11MAC接入机制对QoS的支持是极其有限的,因此IEEE802.11e工作组制订了支持QoS的机制(EDCA和HCCA).它们引入了业务等级的概念,对于不同的业务设定不同的优先级,高优先级的业务有更多的机会占用信道.但是,在当前的IEEE802.11e的EDCA机制,它是通过AIFS(仲裁帧间间隔)区分用户优先级,实现业务区分和QoS保证的.然而这种方法也浪费大量时隙,站点也不能够总是在信道上监测到每个传输,在实时业务方面无法取得令人满意的效果.本文提出的PCWA(Practical Contention Window Adjustment)算法,根据通信数据流状况模式(traffic pattern),不断调整高优先级的最佳竞争窗口尺度,使整个系统实时业务获得最大的吞吐率和最小的等待时间.

1 802.11WLAN MAC接入机制

1.1 802.11DCF接入机制

IEEE802.11 DCF机制基于载波侦听多址(CSMA),移动站在发送数据前要先检测信道是否空闲,检测时间是一个DCF帧间间隔DIFS.如果信道空闲就可以传递一个任意长度(不超过2304字节)的MAC业务数据单元(MSDU),如果两个移动站同时检测到信道空闲就会发生碰撞.IEEE802.11定义了一种拥塞避免(CA)机制来降低发生碰撞的概率,即移动站在进行传输前要完成一个退避(Back-off)过程.移动站在检测到信道空闲一个DIFS后,它必须在一个额外的随机时间内保持对信道的侦听.只有当这一段额外随机时间内信道仍然空闲时,该移动站才被允许传输,随机时间的长度是时隙(Solt)的整数倍.每个移动站维持一个竞争窗口(CW),以决定移动站在传输前需要等待的时隙数.成功地接收到一帧数据后,接收端移动站在经过SIFS后发送一个确认帧(ACK)通知发送端发送成功.任意一次传输失败,CW的尺寸就增加一倍,一直增大到最大值CWmax,以减少碰撞的可能性.如果发送成功则CW被重置为最小值CWmin,也就是所谓的BEB算法.退避时间可用下式表示为[1]

收稿日期:2008-07-02
基金项目:江西省自然科学基金资助项目(511011)
作者简介:汤文亮(1969-),男,江西进贤人,副教授.

超星·期刊

$$backoff_time = rand\ Int(0, \min(CWmin * 2^{retry}, CWmax)) * slot_time$$

1.2 802.11e MAC 增强 DCF(EDCA)

在最初的 DCF 机制中,所有的数据流都以相同优先权接入媒质,对有 QoS 要求的应用基本上不支持. EDCA 是一种以 DCF 机制为基础基于竞争的 MAC 协议,通过引入业务流分类(TC)来实现 QoS,每个移动站内可以以虚队列的形式(VSTA)来实现八种优先级不同的 TC,并配以可以决定其优先权的 QoS 参数. EDCA 信道接入提供了四种接入种类(AC)给八个优先级不同 TC,一个或是多个优先级 TC 被指定一个 AC,TC 和 AC 之间的映射关系来源于 IEEE802.1d 的桥式规范. 在 EDCA 中 MSDU 经过多次退避延时后才能发送,每次退避的时间由 AC 参数决定. 在 CP 阶段,移动站内的每个 TC 竞争一个发送机制(TXOP),并在检测到信道空后先独立地进行延时退避,检测信道的时间被称为仲裁帧时间间隔(AIFS). 在 802.11 DCF 中,CW 总是加倍,而对于 802.11 EDCA,CW 的变化依赖于持续因子(PF),new CW [TC] 和 old CW [TC] 之间的关系满足[3]: new CW [TC] = ((old CW [TC] +1) * PF [TC]) -1,若发送成功则 CW 被重置为最小值 CWmin [TC]. 虽然保证了高优先级数据可以先竞争接入信道,获得较大的传输带宽,却不能够有效地保证实时流在吞吐率、平均延迟的优先级等问题.

2 PCWA 算法

时隙的数目是由当前网络中存在的业务的数量决定的. PCWA 算法正是根据在无线媒介中空闲时隙的数目,改变每个终端的竞争窗口尺度,让所有的终端拥有一个相同的竞争窗口尺度. 如果空闲时隙值比一个特定的门限值大,那么所有的终端的竞争窗口尺度将会减少,取更加接近门限值的值,反之,如果空闲时隙值小于这个特定的门限值,那么竞争窗口尺度将会增加. 此门限值公式是在原相关文献[3、4、5]分析研究推导得到的.

其具体算法描述如下:

假设 n 个终端竞争同一无线信道,且各终端总有数据包等待发送,即各终端的发送队列总是非空;一个终端随机选择时隙发送概率为 p,在此终端发送之前,需要测量并计算出空闲间隙的平均值. 因此 n 个终端随机选择空闲时隙发送概率为

$$q = (1-p)^n \tag{1}$$

空闲时隙的平均值表达为

$$E(idle) = 1q(1-q)^1 + 2q(1-q)^2 + 3q(1-q)^3 + \cdots + mq(1-q)^m, m \to +\infty$$

两边同乘以 $(1-q)$,即

$$(1-q)E(idle) = 1q(1-q)^2 + 2q(1-q)^3 + 3q(1-q)^4 + \cdots$$

两式相减计算得到

$$E(idle) = 1q(1-q)^2 + 2q(1-q)^3 + 3q(1-q)^4 + \cdots = \sum_{i=1}^{\infty}(1-q)^i = q/(1-q)$$

代入(1),可以得到

$E(idle) = (1-p)^n/(1-(1-p)^n)$,根据文献[5]分析研究结果,我们可以知道,$p = 2/(W+1)$,最佳的竞争窗口尺度:$W_{opt} = n\sqrt{2T} - 1$,推导出的 p 值

$$p = 2/(n \cdot \sqrt{2 \cdot T}) \tag{2}$$

p 是由 n 和 T 的值决定. 在 802.11 中,T 是一个固定的数值,n 由来自基站包含信息的控制帧或是通过测量信道中正在传送数据包的量来决定的. 设 $K = -2/\sqrt{2 \cdot T}$,可以推导出

$$q = (1 - 2/(n \cdot \sqrt{2T}))^n = (1 + K/n)^n \approx e^K (n \to \infty) \tag{3}$$

$T = DIFS + PHY_HEADER + RTS + \tau$. 通过公式(3),我们可以很方便的计算出 802.11a 各项值:$T \approx 7.5556$ time slots,$q = e^{-0.5145} = 0.5978$,$E(idle) \approx 1.4863$. 当一个终端只要在发送前,测量空闲时隙的平均值,并根据这个均值动态地整自己竞争窗口尺度,优先级越高的实时业务,发包的时隙越靠前;优先级越低的实时业务发包的时隙越靠后. 通过动态选择最佳预测算法不但可以大量减小空闲时隙和增加带宽利用率,同时也

超星·期刊

节省网卡的存储资源和计算时间,明显地降低无线网络硬件成本.

3　性能仿真分析

本文采用计算机仿真 NS2 的 EDCA 协议性能,目前大部分实时业务(如 VoIP,音频、视频传输等) 都采用 UDP 协议,所以在仿真实验中,一般选用 CBR 业务来代表实时业务. 为了更加真实地模仿局域网环境,我们除了在网络中加入实时业务以外,还加入了一定的背景数据业务. 数据业务用建立在 TCP 协议基础上的 FTP 业务来表示. 仿真实验设计分别在轻载和重载两种网络环境下实验,以 3 个背景数据业务表示轻载,12 个背景数据业务表示重载. 在每种负载情况下,分别做具有 0,2,4,…,18 个实时流的仿真实验. CBR 业务的速率为 67. 2 kbps,TCP 包长为 2000 Bytes,无线链路速率为 2Mbps,每次仿真运行时间为 300 秒. 评价 PCWA 算法是否能够为实时业务提供有效的支持,我们从实时业务的标准吞吐率、端 – 端平均延迟两个方面来进行重点考察.

3. 1　标准吞吐率

我们规定,标准吞吐率是指实际有效的吞吐率与发送吞吐率的比值. 那么,这个值越接近 1,就说明数据传输的有效性越高,从而协议的性能越好. 图 1 和图 2 分别是轻载和重载情况下,EDCA 和 PCWA 算法的标准吞吐率.

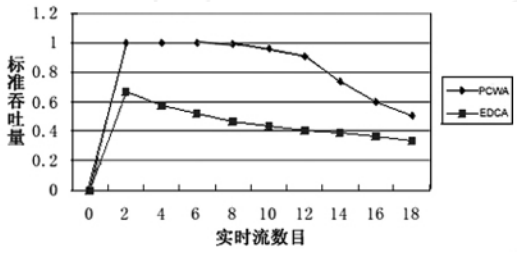

图 1　轻载条件下标准吞吐率

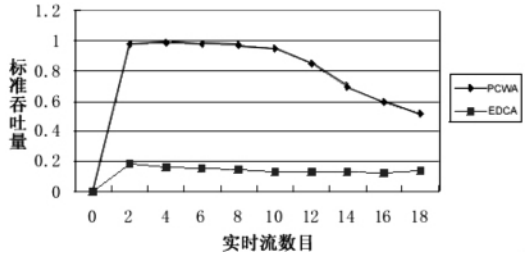

图 2　重载条件下标准吞吐率

从图中可以看到,在标准吞吐率方面,PCWA 算法对 EDCA 机制有非常明显的改善. 而且,重载情况下比轻载情况下改善的幅度更大. 由于标准吞吐率指的是实际有效吞吐率与发送吞吐率的比值,因此,这两个图之间也具有可比性. 对 EDCA 机制来说,实时流在重载情况的标准吞吐率比轻载情况下的要低,当网络中非实时流数目增多时,实时流所抢占的带宽自然会降低. 而对于 PCWA 算法,两个图中的表现没有明显变化,说明实时流的吞吐率并没有受到非实时流的影响. 这一点是很多区分机制所达不到的. 并且从仿真实验的结果来看 PCWA 算法在 QoS 机制方面支持更多数目的实时业务流.

3. 2　端 – 端平均延迟:

端 – 端平均延迟指的是数据从发送方的应用层出发,经过网络传输,最后到达接收方的应用层所经历的平均延迟. 在延迟抖动不大的情况下,实时业务的端 – 端平均延迟能够体现出实时业务的优先级. 较小的平均延迟说明实时业务在众多业务流竞争信道的过程中具有优先发送的能力. 下面,观察 PCWA 算法对实时流的端 – 端平均延迟的改善情况,如图 3 和图 4. 很明显 PCWA 算法大大降低了实时流的平均延迟,并且数据表明,流平均延迟都不超过 400 ms.

对比轻载和重载的不同网络环境下的实时流平均延迟. 对于 EDCA 机制,平均延迟能够在轻载时随着实时节点数目的增加而增大,而重载时平均延迟基本保持不变,这说明实时流的延迟在很大程度上决定于非实时业务流,也就是说,EDCA 机制优先发送实时业务的能力仍不是特别理想. 对于 PCWA 算法,轻载和重载下的延迟表现基本一致,再次说明了实时流没有受到非实时流的影响,实时流具有较高的优先级.

超星·期刊

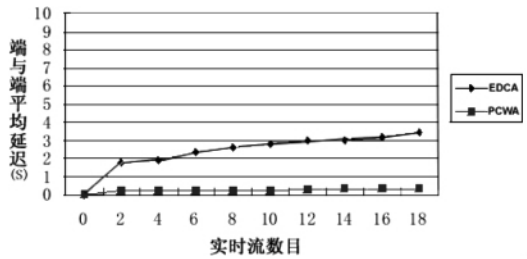

图 3 轻载时延迟对比

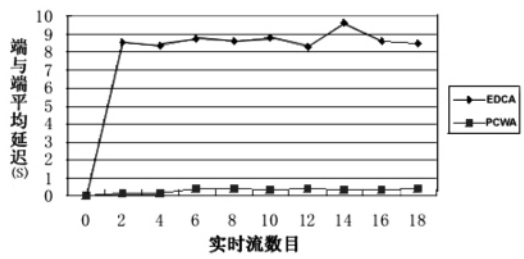

图 4 重载时延迟对比

4 结束语

对无线局域网实时业务 QoS 提高算法的研究是近期网络领域的一个热点. 本文通过研究原有常用算法的基础上提出了一种新的针对实时流业务提高 QoS 的 PCWA 算法. 仿真结果表明该算法在综合考虑信道条件的影响下,通过调整高优先级和低优先级最佳竞争窗口尺度,从而实现了整个系统实时业务最大的吞吐率和最小的平均延迟,是一种较理想的提高 QoS 的方法.

参考文献:

[1] G W Wong,R W Donaldson. Improving the QoS Performance of EDCF in IEEE 802. 11e Wireless LANs [A]. 2003 IEEE Pacfiic – RimConf [C]. Singapore: IEEE CS,2003. 28 – 30.

[2] IEEE Std. 802. 11eTM,Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Amendment 8: Medium Access Control QoS Enhancement [S],IEEE Computer Society,November 2005.

[3] P. Ansel,Q. Ni,and T. Turletti. FHCF: A simple and efficient scheduling scheme for 802. 11e WLAN [J]. Mobile Network. Appl. (MONET). 2006,11(3): 391 – 403.

[4] Sunghyun Choi,Javier del Prado,SaiShankar N,Stefan Mangold. IEEE 802. 11e Contention – Based Channel Access (EDCF) Performance Evaluation [A]. Communications,2003. IEEE International Conference [C]. Florida: IEEE CS. 2003. 11 – 15.

[5] Bianchi G. Performance analysis of the IEEE802. 11 distributed coordination function [J]. IEEE Journal on Selected Area in Comm. 2000,8(3): 535 – 547.

An Algorithm for Improving QoS in IEEE802. 11e WLAN

TANG Wen – liang[1],LI Jian[1,2]

(1. School of Information Engineering,East China Jiaotong University,Nanchang 330013;
2. Information Technology Center,Jiujiang University,Jiujiang 332005,China)

Abstract: With the quick development of wireless network,the flow on the network is increasing. How to improve service quality of the real – time flows in wireless local area network is becoming more important. Based on analyzing the MAC access mechanism and the limitations of providing service quality in IEEE802. 11e WLAN,this paper proposes a new algorithm,PCWA (Practical Contention Window Adjustment) algorithm. Compared with the EDCA mechanism,the average delay for real – time flow is decreased apparently and capacity is improved by using the algorithm.

Key words: WLAN; QoS; PCWA; IEEE802. 11e

(责任编辑: 周尚超)