

无线 Mesh 网中具有 QoS 保障的 MAC 算法

徐 佳, 朱翠涛

(中南民族大学电子信息工程学院, 武汉 430074)

摘 要: 在无线 Mesh 网络中, 针对短期优先级问题提出一种具有 QoS 保障的接入控制算法。当网络负载较重时, 暂停低优先级业务的传输, 给高优先级业务更多的接入信道的机会, 为高优先级业务提供 QoS 保障。仿真结果表明, 与 IEEE802.11e EDCA 相比, 该算法可减小实时性业务的时延, 提高系统吞吐量。

关键词: 无线 Mesh 网络; 接入控制; 服务质量

MAC Algorithm with QoS Guarantee in Wireless Mesh Networks

XU Jia, ZHU Cui-tao

(College of Electronic Information Engineering, South Central University for Nationalities, Wuhan 430074)

【Abstract】 Aiming at the short-term priority problem in Wireless Mesh Networks(WMN), a medium access control algorithm with Quality of Service(QoS) guarantee is proposed. By suspending transmissions of low-priority traffic when traffic load is heavy, the proposed algorithm can provide more opportunities of channel access and QoS guarantee to high-priority traffic. Simulation results show that compared with the IEEE802.11e EDCA, this algorithm can reduce the delay of real-time traffic and improve the throughput.

【Key words】 Wireless Mesh Networks(WMN); access control; Quality of Service(QoS)

1 概述

在无线 Mesh 网络中, 如何提高多媒体通信的 QoS 是其面临的最关键问题之一^[1]。为此, IEEE 802 工作组制定了 802.11e MAC 协议 EDCA, 对原来 802.11 中的 DCF 协议进行了增强。EDCA 通过引入业务类别(Traffic Category, TC)实现了对 QoS 的支持^[2]。但是 EDCA 并不能为高优先级业务(语音或视频业务)提供确定性的优先接入。因为在 EDCA 站点中, 每个接入分类(Access Category, AC)都类似于一个虚拟站点, 通过竞争独立地接入信道, 如果一个站点的退避计时器减到零之前检测到信道忙, 则退避计时器被暂停。若检测到信道空闲不少于 AIFS, 则继续对计时器进行递减操作, 一旦退避计数器变为零时, 站点就不需要考虑优先级而直接发送包了, 低优先级业务则能够先于高优先级业务传送包, 高优先级业务必须再等待一段较长的时间才能参与信道竞争, 即产生了“短期优先级问题”^[3]。这种短期的优先接入对时延和抖动敏感的业务, 如语音、视频则非常重要。文献[3-4]指出当有高优先级业务传输时, 通过使用 AP 向各个站点发送忙音信号, 推迟低优先级业务传输, 以解决短期优先级问题。文献[5]提出了一种 POAP 算法, 通过 AP, 以优先权为导向, 以轮询的方式为各种类型应用提供 QoS 支持。文献[6]提出了一种 EDCA/CA 机制, 当网络负载重的时候, 通过动态推迟高优先级业务传输和暂停低优先级业务传输, 快速缓解网络压力, 改善网络状况。但是, 考虑到无线 Mesh 网络的拓扑特性, 通过借助 AP 都不是最佳的解决方法。当网络负载重的时候, 推迟高优先级业务传输会在一定程度上增加其时延。因此, 在为高优先级业务提供确定性优先接入时, 应尽量不依赖于 AP。

本文针对短期优先级问题, 提出了一种针对无线 Mesh 网的具有 QoS 保障的接入控制算法。该算法的基本思想是当

业务负载重的时候暂停低优先级业务的传输, 给高优先级业务更多接入信道的机会, 为高优先级业务提供确定性的优先接入。仿真结果表明, 该算法与 EDCA 相比, 减小了实时性业务的时延, 提高了系统吞吐量。

2 信道接入算法描述

该算法由 3 个部分组成: 实时竞争水平检测, 暂停低优先级业务传输, 采用 CFB 方式传输的视频业务, 流程如图 1 所示。无线 Mesh 网中每个站点通过计算冲突概率来实时检测竞争水平, 当冲突概率高于一个预设门限值时, 暂停低优先级业务的传输, 让高优先级业务暂时获得更多的接入机会, 然后继续判断网络的竞争水平, 当实时更新的冲突概率低于一个预设的门限值时, 具有 QoS 保障的接入控制算法结束。

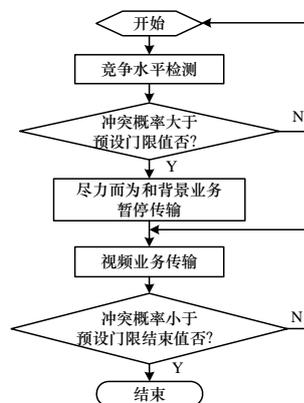


图 1 信道接入算法流程

基金项目: 国家民委自然科学基金资助项目(07NZ02)

作者简介: 徐 佳(1984—), 女, 硕士研究生, 主研方向: 无线 Mesh 网络, 媒体接入控制; 朱翠涛, 副教授、博士

收稿日期: 2009-10-30 **E-mail:** xujia991@163.com

3 信道接入算法实现

3.1 竞争水平检测

在一些较早的文献中,预测竞争水平所采取的办法是,不断地计算每一个业务类别队列时延,这是因为每一帧排队等待的时间越长,表明竞争水平越高。但是更深一步的研究表明,队列时延并不能十分精确地预测竞争水平,因为暂停传输一定会增加业务在队列中的时延,这就与竞争水平无关了。本文的思路是每个站点维持一个冲突概率,跟踪记录信道接入数和发生碰撞的记录,通过该概率来反映竞争水平。首先引入平均冲突概率 $P_{collision}$ 的概念,每个站点都可以在时间 T 内计算得到网络的平均冲突概率。 $P_{collision}$ 可以通过下面的公式得到^[6]:

$$P_{collision} = \frac{N_{collision}}{N_{access}}$$

其中, N_{access} 为第 j 段时间内移动节点发送的数据包数; $N_{collision}$ 为第 j 段时间内移动节点发生的竞争冲突的数据包数。在本文中,每个站点首先按 EDCA 的方式工作,每一次接入信道后就更新 $P_{collision}$,只有最近发送的 20 个数据包及其中发生冲突的数据包数被列入计算,之前发送和冲突的数据包数记录都被丢弃。

3.2 低优先级业务传输的暂停

站点通过将不断更新的 $P_{collision}$ 与预设的门限值 $P_{threshold}^{begin}$ [AC] 作比较来判断是否暂停低优先级业务传输。其中, AC 可以为语音业务(AC_VO)、视频业务(AC_VI)、尽力而为业务(AC_BE)、背景业务(AC_BK)。而且这 4 种优先级业务可以有不同的门限值,结合文本研究的重点,将 $P_{threshold}^{begin}$ [AC] 设为 AC_VI 的门限值。当 $P_{collision} > P_{threshold}^{begin}$ [AC] 时, AC_BE, AC_BK 暂停传输。根据文献[6], $P_{threshold}^{begin}$ [AC] 的值设为 0.4。

3.3 采用CFB方式传输的视频业务

在 EDCA 中,如果一个帧成功传输,则相同队列中连续的帧可以在系统定义的传输机会持续时间 $TXOP_{limit}$ 内连续地传输而不需要竞争,称为竞争空闲脉冲(Contention Free Burst, CFB)^[3]。高优先级业务 AC_VI 则充分利用 CFB,在系统定义的 $TXOP_{limit}$ 时间极限内连续地发送该队列中的帧。当 AC_VI 业务得以连续发送之后,系统的竞争水平可能会有所下降。

在 AC_BE, AC_BK 暂停传输, AC_VI 业务传输过程中,不断更新的冲突概率 $P'_{collision}$ 则与预设的结束门限值 $P_{threshold}^{end}$ [AC] 进行比较,最终当 $P'_{collision} < P_{threshold}^{end}$ [AC] 时,结束该算法, AC_BE, AC_BK 恢复传输。为了使网络竞争水平更稳定, $P_{threshold}^{end}$ [AC] 应比 $P_{threshold}^{begin}$ [AC] 更小。根据文献[6], $P_{threshold}^{begin}$ [AC]-0.1 是 $P_{threshold}^{end}$ [AC] 的最合理选择。

4 实验及分析

利用 NS2 网络仿真工具对本文提出的算法进行仿真实验。仿真拓扑如图 2 所示,共有 5 个节点,节点 0 发送一个视频业务流、一个尽力而为业务流和一个背景业务流到节点 1,节点 1 发送尽力而为业务流给节点 2,节点 2 发送背景业务流给节点 0,节点 3 发送数据业务流到节点 4,对节点 0 进行干扰,仿真时间为 50 s,带宽为 1 Mb/s。

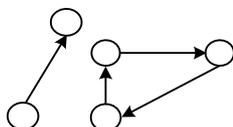


图 2 网络拓扑

仿真中设定的业务流的参数如表 1 所示。其中,视频业务流优先级最高,定义为 Prio_1 等级,尽力而为、背景业务流依次分别为 Prio_2, Prio_3 等级。

表 1 各业务流的参数

业务流 AC	数据包大小/Byte	数据包间隔/ms	CW _{min}	CW _{max}	TXOP/ms
Prio_1	1 024	17	15	31	6.016
Prio_2	1 500	12	31	1 023	0
Prio_3	1 500	8	31	1 023	0

由图 3 可知,采用 EDCA,视频业务的平均时延为 0.608 349 s,最大时延为 0.878 240 s。而使用具有 QoS 保障的接入控制算法后,视频业务的平均时延为 0.065 300 s,最大时延为 0.328 776 s,极大地降低了视频业务的时延,为高优先级业务提供了可靠的 QoS 保证。

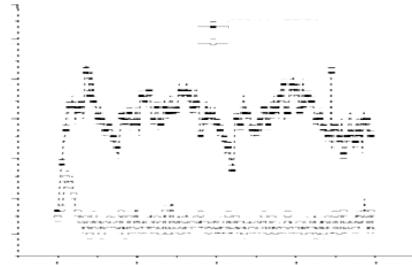


图 3 视频业务时延比较

图 4 为运用 EDCA 和具有 QoS 保障的接入控制算法后,视频业务吞吐量的统计曲线图。采用 EDCA,视频业务的平均吞吐量为 225.121 Kb/s,而使用具有 QoS 保障的接入控制算法后,视频业务的平均吞吐量为 278.652 Kb/s,较大地提高了视频业务的吞吐量。

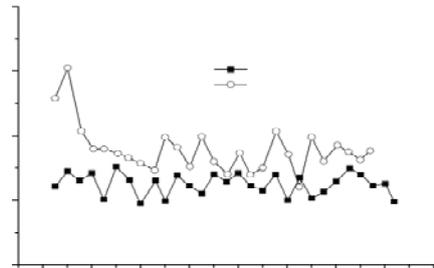


图 4 视频业务吞吐量比较

视频流传输完后,通过多媒体品质评估工具 MyEvalVid 将视频流重建^[7],计算出峰值信号噪声比(Peak to Signal Noise Ratio, PSNR)。由图 5 可知,在使用 IEEE 802.11e EDCA 的情况下,重建后视频流的 PSNR 为 33.419 487,而采用具有 QoS 保障的接入控制算法后,视频流的 PSNR 为 34.887 196。该数据表明,采用具有 QoS 保障的接入控制算法传输后,重建的视频影像和原始影像的差距更小,画面品质更好。

```
Administrator@PC-20090314RPNV ~/ns-allinone-2.29/xujia/myys
$ ./avgpsnr.exe 176 144 420 foreman_qcif.yuv foreman_qcife.yuv
average psnr:33.419487
```

(a)PSNR1

```
Administrator@PC-20090314RPNV ~/ns-allinone-2.29/xujia/myys1
$ ./avgpsnr.exe 176 144 420 foreman_qcif.yuv foreman_qcife.yuv
average psnr:34.887196
```

(b)PSNR2

图 5 PSNR 比较

除了直接计算出重建后的影像的 PSNR 值外, 还利用 YUVviewer 软件比较了重建后的影像。图 6(a)为采用 IEEE802.11e EDCA 机制传输的视频重建影像, 而图 6(b)为采用具有 QoS 保障的接入控制算法传输的视频重建影像, 在此, 只取出一帧来比较。由图 6 中的 2 个影像可以看到, 图 6(b)的影像比图 6(a)的影像品质好, 这是因为, 采用具有 QoS 保障的接入控制算法后, 网络负载重时, 暂停低优先级业务的传输, 使高优先级业务(视频业务)的接入得到保证, 提高了高优先级业务的 QoS 保证。

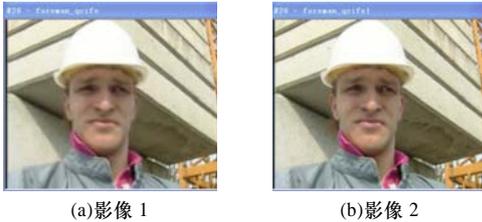


图 6 视频影像比较

5 结束语

本文在 IEEE 802.11e EDCA 的基础上, 提出了一种为高优先级业务提供 QoS 保障的接入控制算法。仿真结果表明, 该算法与目前无线网络中备受关注的 IEEE 802.11e EDCA 机制相比, 能为高优先级业务提供更多的接入机会, 减小视频业务的时延, 提高视频业务的吞吐量和传输品质。

参考文献

[1] Akyildiz I F, Wang Xudong. A Survey on Wireless Mesh

Networks[J]. Computer Networks, 2005, 47(4): 445-487.

[2] 钟爽. 基于公平性的无线 Mesh 网络 MAC 层协议研究[D]. 西安: 西安交通大学, 2007.

[3] Kim S, Huang Rongsheng, Fang Yuguang. Deterministic Priority Channel Access Scheme for QoS Support in IEEE 802.11e Wireless LANs[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2009, 58(2): 855-864.

[4] Jiang Hai, Wang Ping, Zhuang Weihua. A Distributed Channel Access Scheme with Guaranteed Priority and Enhanced Fairness[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2007, 6(6): 2114-2125.

[5] Lagkas T D, Papadimitriou G I, Nicopolitidis P, et al. A Novel Method of Serving Multimedia and Background Traffic in Wireless LANs[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2008, 57(5): 3263-3267.

[6] Chen Jyh-Cheng, Cheng Kaiwen. EDCA/CA: Enhancement of IEEE 802.11e EDCA by Contention Adaption for Energy Efficiency[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2008, 7(8): 2866-2870.

[7] Klaue J, Rathke B, Wolisz A, et al. EvalVid——A Framework for Video Transmission and Quality Evaluation[C]//Proc. of the 13th International Conference on Modeling Techniques and Tools for Computer Performance Evaluation. Urbana, Illinois, USA: [s. n.], 2003: 255-272.

编辑 顾逸斐

(上接第 89 页)

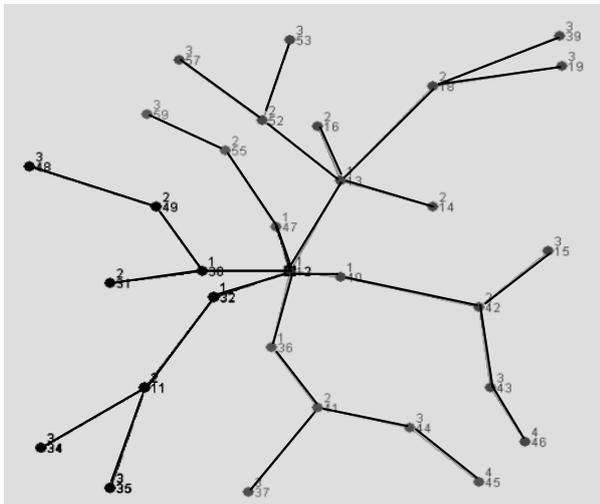


图 6 31 个节点形成的网络拓扑结构

无线传感器网络路由和管理平台获得了整个网络的拓扑结构、节点信息和大量的数据包。为了检验传感器节点的生存期, 在节点上运行一个每隔 1 s 采样 1 次数据并一跳或多跳发送到基站的应用程序。数据包长度为 90 Byte。实验中发现, 在网络建立的初始阶段数据丢失率比较高, 但随着时间的推移, 网络的性能好转并趋于稳定。当节点的采样时间间隔增大时, 数据包丢失率大大下降。节点部署好后, 能够按照预想的广播蚂蚁包探索网络的拓扑结构, 形成路径树, 表明本协议的生命周期较理想, 获取的数据量多, 也反映了

仿真实验的有效性。在区域更大的环境中使用本协议, 其优势更加明显。

5 结束语

本文提出一种基于多态蚁群算法的 WSN 能耗均衡路由协议。在与 Leach 协议比较的仿真实验中, Ant-BECP 协议的网络生命周期长, 能耗均衡, 同时能传输更多的数据包, 较好地解决了无线传感器节点在传输中的能耗问题, 极大地延长了网络的生命周期。在由 31 个节点部署的真实 WSN 环境实验中, Ant-BECP 协议成功构建了多跳的路径树, 并采集到大量的光数据, 验证了仿真实验的正确性。

参考文献

[1] 沈波, 张世永, 钟亦平. 无线传感器网络分簇路由协议[J]. 软件学报, 2006, 17(7): 1588-1600.

[2] 柯欣, 孙利民. 多跳无线传感器网络吞吐量分析[J]. 通信学报, 2007, 28(9): 78-84.

[3] 叶娟, 刘明. 基于额外节点的无线传感器网络能耗均衡机制[J]. 计算机工程, 2008, 34(22): 127-128.

[4] 杨文国, 郭田德, 赵彤. 基于动态规划的无线传感器网络的路由算法[J]. 计算机研究与发展, 2007, 43(5): 890-897.

[5] Dorigo M, Maniezzo V, Colnari A. The Ant System: Optimization by a Colony of Cooperating Agents[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Part B, 1996, 26(1): 29-41.

编辑 张正兴

