

## 一种基于 WMM 规范的 QoS 实现\*

王 娥<sup>1</sup>, 陈治明<sup>1</sup>, 石 寅<sup>2</sup>

(1.西安理工大学, 陕西 西安 710048; 2.中国科学院 北京 100864)

**摘要:** Wi-Fi 联盟制定的 WMM 规范提出了一种 QoS 方案, 其核心是赋予不同业务以不同的优先级, 并引入 TXOP 传输机制, 从而保障了实时业务的传输质量。根据 WMM 规范, 本文提出了 QoS 的实现方案, 完成了基于 Verilog 语言的硬件设计, 在 Synopsys VCS 环境下进行了仿真验证。

**关键词:** WMM; QoS; 接入类型; 传输机会

中图分类号: TP393

文献标识码: A

## A QoS implementation based on WMM specification

WANG E<sup>1</sup>, CHEN Zhi Ming<sup>1</sup>, SHI Yin<sup>2</sup>

(1. Xi'an University of technology, Xi'an 710048, China; 2. Chinese Academy of Sciences, Beijing 100864, China)

**Abstract:** Wi-Fi alliance introduced WMM specification that proposed a QoS program. The core is to give different business with different priorities, and to introduce TXOP transmission mechanism, thus to ensure the transmission quality of the real-time services. According to WMM specification, this paper presents implementation of the QoS program, completes hardware design based on Verilog language, and makes the simulation and verification in Synopsys VCS environment.

**Key words:** Wi-Fi multimedia; quality of service; access category; transmission opportunity

随着无线通信技术飞速发展, 多媒体业务越来越多地被引入无线移动网络中。人们期望能在无线网络中体验有线网络提供的服务质量保障。但是, 由于无线网络自身的特点, 使得在无线网络中提高服务质量的难度增加。因此, 如何实现和提高无线网络中 QoS 的功能成为当前研究的热点之一<sup>[1]</sup>。

用户对 QoS 的满意程度在很大程度上反映了网络性能的优劣。为了满足用户对 QoS 的要求不断增加, Wi-Fi 联盟提出了一种简单的 QoS 方案——Wi-Fi 多媒体 WMM<sup>[2]</sup>, 保证了语音和视频等实时业务的通信质量。

## 1 WMM QoS 规范简介

为了实现对不同业务的区分传输, WMM 规范引入了基于竞争的增强分布式协调访问方式 EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) 方式, 根据业务对网络带宽、吞吐量、时延等要求的不同, 把业务分为 8 个不同的优先级, 对应到 4 个不同的 AC: 语音 (AC\_VO)、视频 (AC\_VI)、尽力而为 (AC\_BE)、背景 (AC\_BK), 对应关系如图 1 所示。每个 AC 对应各自独立的 EDCA 参数: AIFS、

CW<sub>min</sub>、CW<sub>max</sub> 和 TXOP<sup>[3]</sup>, 它们分别决定了延时接入信道的的时间、退避窗口的大小和占用信道的最长时间。

优先数	802.1D Priority(=UP)	802.1D Designation	接入类型	WMM Designation
最低	1	BK	AC_BK	背景
	2	-		
↓	0	BE	AC_BE	尽力而为
	3	EE		
	4	CL	AC_VI	视频
	5	VI		
	6	VO		
最高	7	NC	AC_VO	语音频

图 1 优先级和 AC 的对应关系

其中  $AIFS[i] = SIFS + AIFSN[i] \times aSlotTime$ , SIFS 为短帧间间隔, aSlotTime 为时隙间隔, AIFSN[i] 代表了不同优先级的节点在抢占信道前需要等待的时隙个数。高优先级比较低优先级有更小的 CW<sub>min</sub>、CW<sub>max</sub>、AIFS 值。每个优先级等到信道空闲 AIFS[AC] 时间后, 进入各自独立的退避过程竞争信道。如果多个帧同时在一个时隙完成退避, 高优先级的帧优先得到信道开始发送, 较低优先级的帧当成发生碰撞处理, 竞争窗口加倍等待下一次信道空闲重新竞争信道。这样保障了高优先级业务能优先

\* 基金项目: 江苏省重大科技成果转化资金项目(项目编号: BA2006076)

占有信道,从而达到实时传输的要求。

当一个站点有多个高优先级的业务需要传输时,为了避免再次竞争信道所带来的网络延时,引入了 TXOP 机制,主要思想是当站点竞争到信道时,可以在 TXOP 间隔内连续发送多个相同优先级的帧,而不需要重复竞争信道,这样提高了网络的效率。TXOP 时间间隔由开始时间和持续时间共同决定, TXOP 持续时间的最大值为  $TXOP_{limit} = AIFS_N, CW_{min}/CW_{max}, TXOP_{limit}$  从支持 QoS 功能的 AP 得到,具体的定义见参考文献[4]。

当 1 个站点有多个高优先级的业务需要传输时,为了避免再次竞争信道所带来的网络延时,引入了 TXOP 机制,主要思想是当站点竞争到信道,可以在 TXOP 间隔内连续发送多个相同优先级的帧,而不需要重复竞争信道,这样提高了网络的效率。TXOP 时间间隔由开始时间和持续时间共同决定, TXOP 持续时间的最大值为  $TXOP_{limit} = AIFS_N, CW_{min}/CW_{max}, TXOP_{limit}$  从支持 QoS 功能的 AP 得到,具体的定义见参考文献[4]。

在建立网络的过程中根据 AP 发送的信标帧、探测响应帧和(重新)关联响应帧是否包含 EDCA 参数,告知建立连接的站点在发送信息时是否支持 QoS 功能。如果支持 QoS 功能,表明传输的帧为 QoS 数据帧, QoS 数据帧的帧格式如图 2 所示。从图可知,帧中增加了 2 个字节的 QoS 控制域,该域定义了用户优先级 UP(User Priority)信息,按照优先级从高到低的顺序进行传输。

2	2	6	6	6	2	6 or 0	2 or 0	n	4
帧控制	Dur	Address 1	Address 2	Address 3	Seq Control	Address 4	QoS 控制	Body	FCS

MAC Header

图 2 WMM QoS 数据帧

## 2 QoS 的实现

本文主要介绍一种基于 USB 收发的 MAC 硬件实现,在原有 MAC<sup>[5]</sup>协议的基础上引入了 QoS 功能。发送过程为:根据 WMM 规范引入 AC\_VO、AC\_VI、AC\_BE、AC\_BK 4 个接入类型,每个接入类型对应 2 个优先级,对应地定义了 4 个发送 FIFO,分别用来缓存语音(TFIFO\_AC\_VO)、视频(TFIFO\_AC\_VI)、尽力而为(TFIFO\_AC\_BE)和背景信息(TFIFO\_AC\_BK),用来缓存通过 MAC 送到物理层(PHY)的对应优先级的数据信息,然后根据优先级的信息从对应的 FIFO 中读出数据帧发送到物理层。接收过程为:通过 MAC 把 PHY 的数据信息上传到软件,软件进行相应的操作。

### 2.1 QoS 数据帧的收发

在有数据发送时,软件通过 USB 接口首先发送控制信息到 MAC,然后发送 QoS 数据信息到 MAC。控制信息中包含发送过程需要的优先级信息,MAC 从控制信息中解析出 AC 优先级的使能信息 AC\_VO\_VALID、

AC\_VI\_VALID、AC\_BE\_VALID 和 AC\_BK\_VALID——分别代表发送的信息为语音、视频、尽力而为和背景信息,MAC 的 DMA 控制模块(mdma\_ctl)根据优先级信息选择相应优先级的 TFIFO\_AC\_VO、TFIFO\_AC\_VI、TFIFO\_AC\_BE 和 TFIFO\_AC\_BK——分别代表缓存语音、视频、尽力而为和背景信息的 FIFO;控制信息发送完成后,开始发送 QoS 数据帧。首先把数据信息写入 USB 和 MAC 的缓存(usb2mac\_afifo)中,通过 mdma\_ctl 送到前面选好的发送 FIFO 中;接着发送模块(txfifo)根据优先级信息从对应的 FIFO 中读出数据信息,送到发送数据泵(PUMP\_TX)单元;最后发送数据泵单元把数据信息送到物理层。这样就完成了 QoS 数据帧根据优先级不同的发送,如图 3 所示。当 MAC 处于接收使能且 PHY 有数据发送时,首先解析物理层的帧检测目的地址是否为本机地址,如果是本机地址,接收数据泵就把数据信息送到接收 FIFO 中,软件根据 MAC 解析得到的优先级信息,从接收 FIFO 中读出数据信息进行组帧<sup>[6]</sup>完成接收;如果地址不匹配,则丢弃帧。

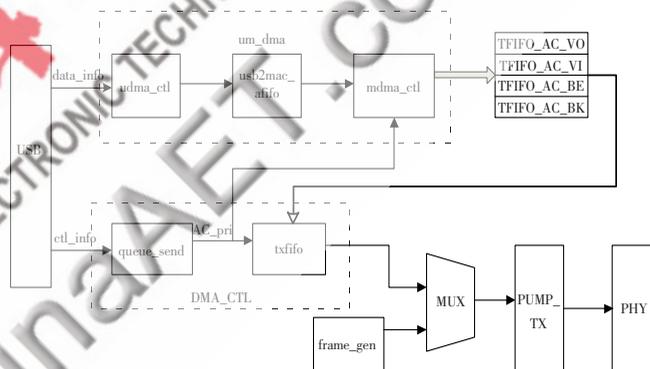


图 3 QoS 数据发送过程图

### 2.2 TXOP 实现

当  $TXOP_{limit}=0$  时,数据帧正常发送。如果  $TXOP_{limit} \neq 0$  时,定义一个 TXOPTimer 计时器来计算 TXOP 的剩余时间,在完成退避竞争到信道开始发送帧时, TXOPTimer 开始递减计时,直到接收结束,如果根据 TXOPTimer 得到的 TXOP 剩余时间大于或等于发送下一个相同 AC 的 QoS 数据帧 (AC 对列中有其他的帧)所需的时间, TXOP\_VALID 信号置高,站点不需要重新竞争信道,只需等待 1 个 SIFS 间隔后继续发送帧。重复上述过程直到 TXOP 的剩余时间小于发送下一个帧需要的时间或者该 AC 队列中没有多余的帧需要发送时结束。实现 TXOP 的流程图如图 4 所示。

## 3 仿真验证

仿真的主要任务是验证收发数据的正确性和接收数据后响应的及时性。首先,例化 2 个完全相同的站点 STA1 和 STA2(STA1 用来发送数据,STA2 用来接收数据),每个站点包括 1 个 MAC 和 1 个 PHY。然后,将 2 个站点中的 PHY 信号对连作为仿真验证时的顶层模块。STA1

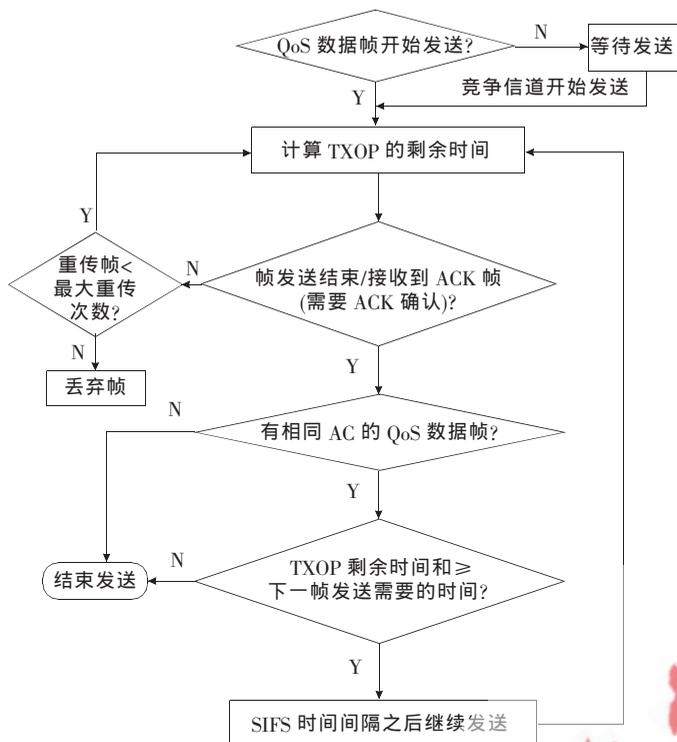


图4 实现 TXOP 的流程图

中 MAC 发送的数据将被 STA2 中的 MAC 接收, 这样就



图5 FIFO 数据的写入

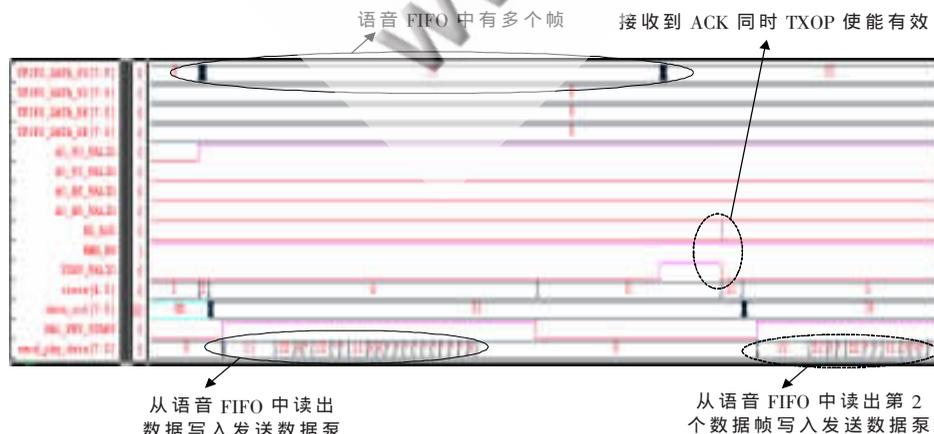


图6 TXOP 的传输过程

同时验证了数据的发送和接收<sup>[6]</sup>。

使用简单的软件仿真方法来验证 MAC 的功能, 各模块使用 Verilog 语言编写, 在 Synopsys VCS 环境下进行仿真验证。仿真波形如图 5、图 6 所示。

图 5 为数据帧写入 FIFO 的发送过程, 站点竞争到信道在发送第 1 个帧时, AC\_VI\_VALID 为高表示发送的帧为语音信息, 把对应的数据信息写入 TFIFO\_DATA\_VI FIFO, 然后根据优先级信息从不同 FIFO 中读出数据帧, 送到 STA2, 如果 STA2 正确接收到数据帧, 则向 STA1 返回 ACK, STA1 接收到 ACK 就表示数据发送成功。释放信道, 开始下一次的竞争, 当信道同时检测到 AC\_BK\_VALID 信号为高时, 表示接下来发送的帧为背景信息, 对应的数据帧写入 TFIFO\_DATA\_BK FIFO 中。从仿真结果可知, 本文提出的 QoS 实现方案完成了对不同优先级数据的区分传输。

图 6 为 TXOP 的传输过程, 从图中可以看出 TFIFO\_DATA\_VO 队列中有 2 个帧, 在 AC\_VO\_VALID 有效时, 从 TFIFO\_DATA\_VO 中读出数据送到发送数据泵, 发送完成接收到 ACK 后, 检测到 TXOP\_VALID 信号为高, 表示剩余的 TXOP 时间还可以传输 1 个相同优先级的帧, 并且从图中可知 TFIFO\_DATA\_VO 中剩余一些帧, 启动 TXOP 传输机制, 继续发送第 2 个数据帧。从仿真结果可知, 在 TXOP 传输时间内实现了多个相同优先级帧的连续传输。

本文介绍了 WMM QoS, 在原有 MAC 协议的基础上加入了 QoS 功能。根据优先级的不同, 对应到 4 种不同的接入类型, 相应地定义了 4 个发送 FIFO 用来存放不同接入类型的信息。然后介绍了 QoS 数据信息的发送过程以及 TXOP 的实现。最后利用 Verilog 对各模块进行硬件描述, 并在 Synopsys VCS 环境下进行仿真验证。验证结果表明, 把不同数据信息根据优先级的不同, 缓存在 4 种不同的发送 FIFO 中, 然后根据优先级由高到低的顺序从对应的发送 FIFO 中读出数据信息, 再传送到物理层, 实现了信息的区分传输。本设计对不同优先级业务的传输提供了不同的 QoS 保障; 在相同 AC 队列中, 利用 TXOP 传输机制实现多帧的突发传输, 提高了传输效率。

参考文献

[1] Wi-Fi CERTIFIED™ for WMM™ -

- Support for Multimedia Applications with Quality of Service. Wi-Fi® Networks, Rev: 1, June 28, 2005.
- [2] 吴醒峰,刘元安,魏勇,等.IEEE 802.11e 与 Wi-Fi 联盟关键 QoS 技术的最新进展 [J]. 现代电信科技,2006(5): 1-8.
- [3] WMM™ (including WMM™ Power Save Specification)Version 1.1,Wi-Fi Alliance Technical Committee Quality of Service (QoS) Task Group.2005.
- [4] IEEE Std802.11™-2007: IEEE Standard for Information technology -Telecommunication and information exchange between systems-Local and metropolitan area networks-Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, 12 June 2007:80-97.
- [5] IEEE 802.11a. Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specification: High-speed Physical Layer in the 5GHz Band. 2000:208-236.
- [6] 刘新宁.无线局域网(IEEE802.11)数据链路层(MAC)的研究和实现[D].南京:东南大学,2003,3:30-50.

(收稿日期:2009-10-14)

#### 作者简介:

王娥,女,1984年生,硕士研究生,主要研究方向:无线通信网络。

陈治明,男,1945年生,博士生导师,主要研究方向:SiC材料、新型功率器件和功率IC。

电子技术应用  
APPLICATION OF ELECTRONIC TECHNIQUE  
www.chinaAET.com