

# 基于 IEEE 802.11e EDCA 的 WMM 媒体存取控制的分析与研究

吴泽志

(安徽医科大学 公共课程部计算中心, 安徽 合肥 230032)

**摘要:** 在讨论传统 IEEE802.11 DCF 机制的基础上, 分析并研究了 Wi-Fi 联盟制定的 Wi-Fi 多媒体(WMM)媒体存取控制机制, 并且给出了 2 个 WMM 认证测试的实例。

**关键词:** 802.11; WMM; DCF; EDCA; 服务质量; 竞争窗口; 时隙; 存取类别; 发送机会; 接入控制

中图分类号: TN925+.9

文献标识码: A

## Analysis and research of WMM medium access control based on IEEE 802.11e EDCA

WU Ze Zhi

(Computer Center, Public Course Department, Anhui Medical University, Hefei 230032, China)

**Abstract:** This paper first discusses the IEEE 802.11 DCF medium access control, and then analyzes WMM medium access control defined by Wi-Fi Alliance. In the end, the paper presents two test examples of WMM certification.

**Key words:** 802.11; WMM; DCF; EDCA; QoS; contention windows; slot time; access category; TXOP; admission control

IEEE 802.11 协议是国际电子工程师协会制定的关于无线局域网通信的通用标准。802.11 最原始协议于 1997 年推出, 当时协议仅支持 2.4 MHz 物理层频率上 2 Mb/s 的单一速率。随着市场需求的不断上升, IEEE 在两年之后又增加了对 5 GHz 物理层的补充(802.11a)与 2.4 GHz 物理层的补充(802.11b)。802.11a 支持工作在 5 GHz 频率上最高达 54 Mb/s 的速率, 而 802.11b 则支持工作在 2.4 GHz 频率上最高达 11Mb/s 的速率。2003 年 802.11g 又被添加入 802.11 协议族。802.11g 协议扩充了 802.11b 协议, 使得在 2.4 GHz 物理层的传输速率最高达到 54 Mb/s。

在 IEEE 相继推出 802.11a、802.11b、802.11g 等协议后, 无线局域网的市场基本上被 802.11 协议所垄断, 越来越多的支持 802.11 协议的设备被推向市场, 基于无线局域网的应用也越来越多。在这些众多的应用中, 多媒体语音与视频的应用发展异常迅猛。多媒体的应用对网络的延迟有着比较严格的要求, 为了满足多媒

体音视频在无线局域网上的应用, IEEE 在 2004 年推出了 802.11e 协议。该协议提出了 EDCA 和 HCCA 两种机制来满足不同优先级的数据流对无线局域网带宽保证的要求。

WMM(Wi-Fi MultiMedia)是 Wi-Fi 联盟基于 IEEE 802.11e EDCA 的一个认证规范, 推出该规范的目的是当多媒体音视频流透过无线局域网传递时, 验证其带宽保证机制是否正常运作在不同的无线网络装置以及不同的安全性设定上。本文将主要对基于 IEEE 802.11e EDCA 的 WMM 媒体存取控制协议进行分析与研究。

### 1 802.11 DCF 媒体存取机制

在分析和研究 WMM 媒体存取控制机制之前, 首先分析一下 802.11 传统的媒体存取机制, 如图 1 所示。在 IEEE 增补 802.11e 协议之前, 802.11 协议定义了两种媒体存取标准: DCF 和 PCF。DCF 是 802.11 设备必须实现的基本的存取标准, 而 PCF 则是可选的。由于 DCF 比较容

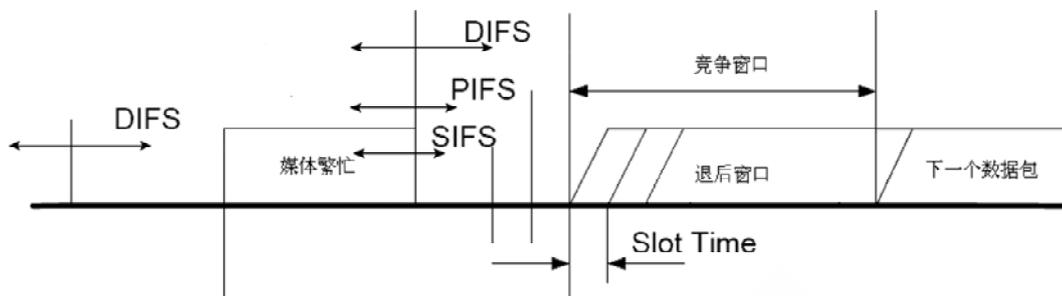


图1 802.11 DCF 媒体存取机制

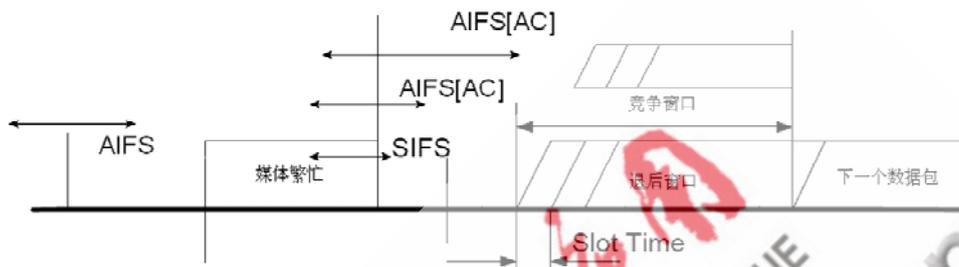


图2 WMM 媒体存取机制

易实现，因此市面上绝大多数的 802.11 设备只支持 DCF。

802.11 定义了 5 类间隔时隙：基本时隙(Slot Time)、短帧间时隙(SIFS)、优先级帧间时隙(PIFS)、分散帧间时隙(DIFS)和扩展帧间时隙(EIFS)。PIFS 等于 SIFS 加 1 个基本时隙，DIFS 等于 SIFS 加 2 个基本时隙，而 EIFS 比其他 4 类时隙都要长很多，只有在收到的数据包出现错误时才会使用。

802.11 DCF 采用载波检测多路存取/避免碰撞的机制，其工作原理如下：每个站点在发出数据包之前，侦听媒体状态，等没有别的站点使用媒体，维持一段 DIFS 时间后，再等待一段随机的退后窗口时间后依然没有别的站点使用媒体，才发送数据包。接收站点在成功地接收到数据包，维持一段 SIFS 时间后，发回一个 ACK 确认包给发送站点，确认数据包传送成功。如果发送站点在一段时间内没有收到 ACK 确认包，会认为上次数据包发送失败，在等待一个随机的退后窗口时间后，重新发送该数据包直到收到接受站点的 ACK 确认，或者因为重新发送失败次数太多而放弃该数据包的发送。

每个站点都维护一个竞争窗口值(CW)用来产生随机退后窗口时间，退后窗口时间由下式获得：退后窗口时间 = 随机数  $\times$  aSlotTime。随机数的取值范围是在区间 [0, CW] 之内。每个 802.11 物理层规范都定义了 2 个与 CW 相关的参数：CWmin 和 CWmax，站点在发送数据包取 CWmin 的值作为 CW 的初始值，如果数据包传送失败，站点在重传该数据包时，CW 的值将会呈指数递增，以减少竞争冲突。CW 的值在递增到 CWmax 后将不会再继续递增，而是停留在 CWmax 直到 CW 值被复位。802.11a

DCF 的参数如表 1 所示。

表1 802.11a DCF的参数

aSlotTime	SIFS	PIFS	DIFS	CWmin	CWmax
9 $\mu$ s	16 $\mu$ s	25 $\mu$ s	34 $\mu$ s	15	1 023

## 2 WMM 媒体存取机制

WMM 媒体存取机制建立在 IEEE 802.11e EDCA 的基础之上，如图 2 所示。传统的 802.11 DCF 机制由于所有站点的 DIFS 与竞争窗口都相同，每个站点都有相同的媒体竞争的机会，这对传输时间延迟比较敏感的多媒体业务而言，网络传输时延是得不到保证的。

为了能够控制并保证网络传输时延，实现为不同优先级别的数据流提供服务质量(QoS)保证，WMM 媒体存取机制定义了 4 类不同优先级别的存取类别(AC)，这 4 类存取类别按照优先级别由高到低的顺序分别称之为：语音类别(AC\_VI)、视频类别(AC\_VO)、BestEffort 类别(AC\_BE)和 Background 类别(AC\_BK)。高优先级的 AC 占用媒体的机会大于低优先级的 AC，从而使不同的 AC 能够提供不同等级的服务质量。

WMM 每个 AC 都具有自己独立的媒体存取控制功能以及专属于自己的发送队列。上层应用需要为每一个要发送的数据包指定一个优先级，这个优先级可以包含在 802.1D 包头的优先级域里面，也可以包含在 IP 包头的 DSCP 域里面。数据包在通过 802.11 MAC 发送之前，根据其优先级别的大小分别被映射到不同的 AC 队列中等待发送。数据包的优先级别(0~7)与 WMM AC 之间的映射关系如下：优先级别 0 和 3 映射到 AC\_BE，优先级别 1 和 2 映射到 AC\_BK，优先级别 4 和 5 映射到 AC\_VI，

表2 WMM 站点缺省的媒体存取参数

	CWmin	CWmax	AIFSN	TXOP (802.11b)	TXOP (802.11a/g)
AC_BK	15	1 023	7	0	0
AC_BE	15	1 023	3	0	0
AC_VI	7	15	2	188 6.016 ms	94 3.008 ms
AC_VO	3	7	2	102 3.264 ms	47 1.504 ms

优先级别 6 和 7 映射到 AC\_VO。表 2 是 WMM 站点缺省的媒体存取参数。

WMM 每个 AC 的媒体存取机制和 IEEE 802.11 DCF 媒体存取机制相似但又有明显的不同。每个 WMM 站点在发送数据包之前首先检测媒体是否空闲，如果媒体空闲则等待一个空闲等待时隙 AIFS[AC]，如果在等待 AIFS[AC]过程中媒体由空闲变成繁忙，站点则需要媒体返回空闲之后再等待一个空闲等待时隙 AFIS[AC]。在完成 AIFS[AC]的等待后，站点必须再等待一个随机的退后窗口时间，然后才可以开始发送数据包。

WMM 为 4 个不同的 AC 分别定义了不同的 AIFS[AC]、CWmin[AC] 和 CWmax[AC]以用来实现不同 AC 对媒体的优先级存取。AIFS[AC] 由下式获得： $AIFS[AC] = SIFS + AIFS[AC] \times aSlotTime$ ，其中 AIFSN[AC]是 WMM 针对不同 AC 配置的不同的整数，AIFSN[AC]数值越大，空闲等待时隙 AIFS[AC]越长。CWmin[AC]和 CWmax[AC]被用来确定 CW[AC]的取值范围，而 CW[AC]又被用来确定退后窗口时间取值范围。退后窗口时间由下面公式得到：

退后窗口时间 = 随机数 $[0, CW[AC]] \times aSlotTime$ ，CWmin[AC]和 CWmax[AC] 这两个数值越大，退后窗口时间越长。

WMM 还为 4 个 AC 分别定义了不同的一次发送最大长度的发送机会(TXOP)。TXOP 允许一个 WMM 站点从同一个 AC 中以突发的发送方式发送多个数据包。突发的发送方式是指前一个数据包的 ACK 与下一个数据包之间的时间间隔是 SIFS，而不是一个空闲等待时隙 AIFS[AC]加随机退后窗口时间。TXOP 越大，AC 能够占用媒

体的时间也就越长，如果 TXOP 为 0，AC 在占用媒体之后只能发送一个数据包。

### 3 WMM 接入访问控制

WMM 媒体存取机制为不同优先级的数据流提供了不同优先级的媒体访问，使优先级高的数据流占有更多的带宽以保证其传输时延。如果同一网络中的多个站点同时发送相同高优先级的数据流(例如 AC\_VO)，每个站点能够获得的带宽由于相同优先级竞争而得不到保证。也就是说，即使最高优先级的数据流，网络也可能不能保证其服务质量。为了解决这个问题，WMM 引入了接入访问控制，以便更好地提供服务质量保证，充分地利用无线网络带宽。

WMM 的接入访问控制要求 WMM 站点在发送数据流之前首先通过使用传输规范(TPSEC)向 WMM 接入点申请一个基于存取类别 AC 的带宽请求，这个请求将具体说明数据流使用该 AC 的带宽以及可以承受多长时间的延迟。WMM 接入点根据无线网络现有带宽资源决定是否接纳新的带宽申请。WMM 站点只有在带宽申请获得批准后，才可以用所申请的 AC 发送数据包。如果带宽申请因为超出网络容量而被 WMM 接入点拒绝，WMM 站点就不能用所申请的 AC 发送数据包，而只能使用低于所申请 AC 一个级别的另一个 AC 发送数据包。通过 WMM 接入访问控制机制，无线网络的带宽得到有效分配，从而减轻了相同优先级 AC 之间相互竞争对无线网络服务质量的影响。

### 4 WMM 存取类别的对比实验

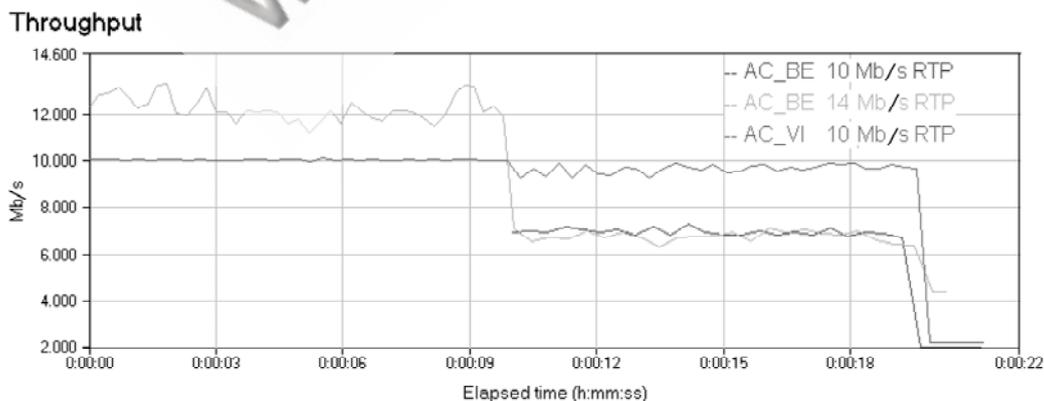


图3 WMM AC\_VI 和 AC\_BE 的竞争比较

## 图形、图像及多媒体

Image Processing and Multimedia Technology

图3所示为WMM站点认证测试WMM-S3-Step4的图形结果。从图3可以看出,当深色AC\_BE 10 Mb/s RTP数据流在10s后加入到媒体的竞争后,优先级高的灰色AC\_VI 10 Mb/s RTP数据流的带宽基本没有受到影响,而相同优先级的浅色AC\_BE 14 Mb/s RTP数据流的带宽则从14 Mb/s降到7 Mb/s。

图4为WMM站点认证测试WMM-S3-Step7的图形结果。从图中可以看出,当深色10 Mb/s AC\_VI RTP数据流在10s后加入到媒体的竞争后,优先级高的灰色AC\_VO 10 Mb/s RTP数据流的带宽基本没有受到影响,而相同优先级的浅色AC\_VI 14 Mb/s RTP数据流的带宽则

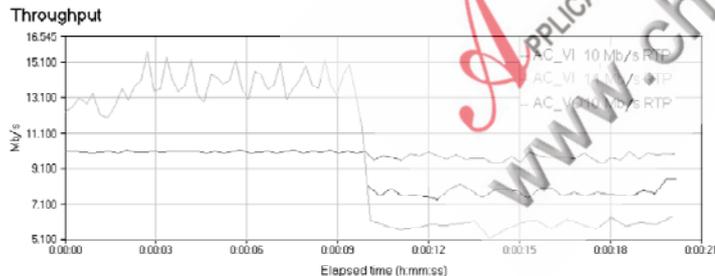


图4 WMM AC\_VO 和 AC\_VI 的竞争比较

从14 Mb/s降到6 Mb/s。

近年来,802.11规范无线局域网迅速发展的同时,针对解决无线网络上的传输时延问题的要求也越来越强烈。Wi-Fi联盟在IEEE 802.11e EDCA的基础上制定的WMM Wi-Fi多媒体规范基本满足了这一要求,给传统的无线局域网增加了不同优先级数据流传输延时的质量保证。本文在讨论传统802.11 DCF机制的基础上,分析并研究了WMM规范的核心——媒体存取控制机制,为研究和实现WMM Wi-Fi多媒体提供了实证依据。

- 参考文献
- [1] IEEE 802.11 wireless LAN edition – compilation of 802.11 and its amendments. 2003.
  - [2] IEEE 802.11e MAC quality of service (QoS) enhancements. 2005.
  - [3] WMM specification version 1.1. Wi-Fi alliance. 2005.
  - [4] WMM system interoperability test plan with test engine. Wi-Fi Alliance. 2007.

(收稿日期: 2009-01-31)