

基于 IEEE802.11e 和 DiffServ 的端到端 QoS 结构

程浩, 史杏荣

(中国科学技术大学电子工程与信息科学系信息处理中心, 合肥 230027)

摘要: 研究了从无线到有线网的基于 IEEE802.11e 和 DiffServ(区分服务)的端到端的 QoS 结构, 介绍了 802.11e、802.1D/Q 和 DiffServ 的特点, 并就它们之间的优先级映射进行了分析, 从流量分类、标记、整形方面对 IEEE802.11e 和 DiffServ 的 QoS 参数提出了分级的接口。
关键词: 无线局域网; 802.11e; DiffServ; QoS

End-to-End QoS Architecture Based on IEEE802.11e and DiffServ

CHENG Hao, SHI Xingrong

(Information Processing Center, Department of Electronic Engineering and Information Science,
University of Science and Technology of China, Hefei 230027)

【Abstract】 This paper studies an end to end QoS architecture between wireless and wire based on DiffServ and IEEE802.11e, introduces the characters of 802.11e, 802.1D/Q and DiffServ, analyzes priorities mapping each other and presents the hierarchical QoS parameters interface between DiffServ and 802.11e in terms of traffic classifying, marking and shaping.

【Key words】 WLAN; 802.11e; DiffServ; QoS

随着 Internet 规模的不断扩大, 网上传输的多媒体数据业务比如 VoIP、AOD、VOD 也在不断增加, 这些应用对网络的 QoS 提出了更高的要求。IETF 提出了两种不同的 Internet QoS 体系结构: 综合服务(IntServ)和区分服务(DiffServ)。本文的研究基于应用最广泛的区分服务。

最近几年来无线局域网的发展和非常迅速, IEEE802.11WLAN 基于类似以太网的 MAC 协议, 所以被看作是无线以太网, 它提供尽力而为的服务不支持 QoS。为了满足 QoS 的要求, IEEE 改进了 802.11 的 MAC 层协议而提出了 IEEE802.11e。

本文研究基于如图 1 的网络结构, 这是一种应用非常广泛的典型的端到端的 QoS 结构, 跨越有线广域网、有线局域网和无线局域网, 各自分别基于区分服务(DiffServ)、IEEE802.1D/Q 和 IEEE802.11e。比如在 WLAN 中的站点(SA)点播视频业务(VOD), 其中 VOD 的服务器一般都在有线网的广域网上。

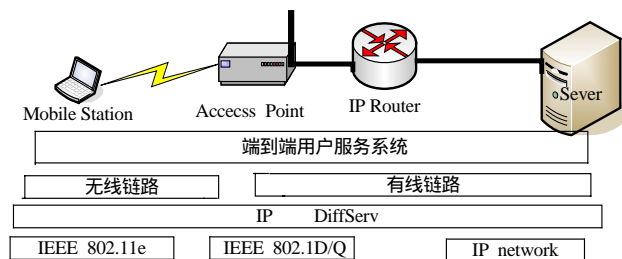


图 1 端到端 QoS 网络结构

1 背景

从全局的网络服务的前景来看, QoS 通过控制一些质量参数比如延迟、抖动和包丢失率, 能够提供端到端的流量控

制以使用户的应用能够很好地被服务。许多数据服务接入远程服务器, 携带用户流通过多种不同的网络, 用户层 QoS 应该被分解为如下的几个网络段:

(1) 无线局域网: 通过 IEEE802.11e 定义在移动站点和接入点之间的无线空中接口。在区分优先级的 QoS 范例中, 802.11e 提供 8 种不同优先级层次的不同信道接入。

(2) 以太网: 在 AP 和网关之间的以太网, 包括通过其它 MAC 网桥的流。802.1D/Q 定义了能够在以太网中使用的 QoS 机制。和区分服务相似, 它在网桥上把流类型分类而且区分流类型的优先级。

(3) IP 广域网: 有线接口通过网络服务提供者来比如竞争本地交换载波(CLEC)和职责本地交换载波(ILEC)。IP 广域网通过服务层协议(SLA)管理。用户流的区分服务参数直接反应到 IP 路由器和其它流的优先级区分开来。

IEEE802.11e 是为流行的 IEEE802.11WLAN 能够在 MAC 提供 QoS 而新制订的标准。有一些研究端到端的 QoS 在 IEEE802.11eWLAN 上是基于综合服务(IntServ), 但是区分服务(DiffServ)是当今在网络层跨越不同网络接口的主要 QoS 应用协议。然而在无线和有线 LAN 之间, 区分服务(DiffServ)不具备 QoS 流量控制的功能, 而 IEEE802.11e 和 IEEE802.1D 在 MAC 层支持 QoS。

2 区分服务(DiffServ)

区分服务的思想是给数据流分级, 具体而言就是边界节点根据用户的流规定和资源预留信息将进入网络的流分类、整形、聚合为不同的流聚集。这种聚集信息存储在每个 IP 包

作者简介: 程浩(1981—), 男, 硕士生, 主研方向: 无线网络通信; 史杏荣, 教授

收稿日期: 2005-12-12 **E-mail:** chhao@mail.ustc.edu.cn

头的 DS 标记域中,称为 DS 标记(DSCP);内部节点在调度转发 IP 包时根据包头的 DSCP 选择提供特定质量的调度转发服务,其外特性称为逐跳转发行为(PHB)。网络边界对单流做分类聚合与网络内部对聚集流提供特定质量的调度转发服务,这两个过程通过 IP 包头内的 DSCP 协同起来。DS 标记域定义为原 IPv4 包头的 TOS 字节或 IPv6 包头的流类型字节的前 6 位。

入口网络节点比如边界路由器或者网关,对包进行分类和调节。包的信息通过每个行为聚集(BA)分类器搜索包的 DSCP 域或者 MF 分类器搜索复合域包括源地址和目的地址, DSCP,端口 ID 等。包分类器通过这些信息来对包进行分类。包分类后转发到调节器,调节器在逻辑上又分为计量器(meter)、标记器(marker)、整形器(shaper)和丢包器(dropper)。计量器依据传输调节协议(TCA)中的流规格计量流的某些实时属性,如速率等,并将统计信息传给标记器、整形器和丢包器。包标记器通过分类器和计量器设置 DSCP 值。整形器和丢包器通过延迟、丢弃等手段强制入流(或出流)符合 TCA 的流规范。

中间网络节点完成逐跳转发行为(PHB)。转发行为基于 DSCP 定义的优先级根据流资源来分配每条链路。PHB需要维持一个在DSCP和转发行为函数之间的映射表。这是一个多对一的映射,即每个DSCP值只能对应一个PHB,多个DSCP可能对应同一个PHB^[1]。DiffServ定义了4种有效的PHB标准:

- (1)缺省 PHB;
- (2)类选择 PHB;
- (3)确保转发(AFXy)PHB;
- (4)加速转发(EF)PHB。

AF PHB定义来支持在QoS网络节点中控制流的管理,依据预期的数据报统计均值速率分配网络资源。AF PHB表述为 AF_xy, x表示AF服务类号即服务级别, x的取值范围为 1~4, y表示丢包等级,取值范围为 1~3,例如在发生拥塞时AF13比AF12先丢弃^[2]。EF PHB是支持实时数据传输(比如需要低延迟和抖动的VoIP和实时视频)的最高传输类别。

3 802.11e 和使 LANs 具有 QoS 的 802.1D

3.1 使 WLAN 具有 QoS 的 802.11e

802.11MAC 控制功能中在每个节点上都设置了一组访问等待时间 DIFS、backoff(与之关联的是竞争窗口 CW)等,这些设置参数实际上控制了节点访问媒体的频度。如果设置比较小的 DIFS 和比较小的 backoff 时间,节点等待的时间就会相对变小,就可以更快地访问媒体,也就意味着更高的访问优先权。802.11e 扩展了 802.11 的 MAC 层以提供对 QoS 的支持。802.11e 基本有 2 项内容:

- (1)增强的分布式协调功能(EDCF),它使重要客户端的传输更优先;
- (2)混合式协调功能(HCF),它以一种有标记通过方式支持确定的混合信道访问。

EDCF通过增加DCF的功能用 8 种不同的优先级来提供不同的区分信道接入。每个从高层来的MAC帧都有一个特殊的优先级值,每个QoS数据帧也在它的MAC帧头部带着优先级值。在 802.11e中,这种优先级值叫做传输类别标志(TCID)。一个 802.11eSTA有 4 种接入种类(ACs)。每个帧到达MAC后优先级映射到AC如表 1^[3]所示。注意到相对优先级 0 在 2 和 3 之间,这种相对优先级是源自于IEEE802.1D网桥的。

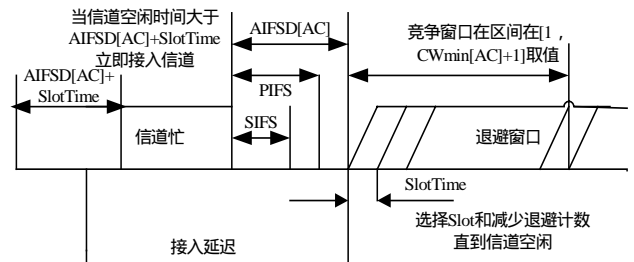
表 1 TCID 和接入种类的映射

TCID/优先级	传输流类别	接入种类
1	BK(Background)	AC_BK 0
2	BK(Background)	AC_BK 0
0	BE(Best-effort)	AC_BE 0
3	EE(Video/Excellent-effort)	AC_BE 1
4	CL(Video/Controlled Load)	AC_VI 2
5	VI(Video)	AC_VI 2
6	VO(Voice)	AC_VO 3
7	NC(Network Control)	AC_VO 3

在AC中使用AIFSD[AC], CW_{min}[AC]和CW_{max}[AC]分别代替DCF中的DIFS, CW_{min}和CW_{max},其中AIFSD[AC]通过下式来定义:AIFSD[AC] = SIFS+AIFS[AC]×SlotTime^[3], AIFS[AC]是大于 0 的整数,AIFS大于PIFS而不小于DIFS^[4]。图 2 展示了EDCF信道接入的时间间隔。

图 2 802.11e 的 EDCF 信道接入

AIFSD[AC],CW_{min}[AC]和 CW_{max}[AC]的值是通过 AP 用信标帧每隔一定的时间就周期发送的。AP 能够根据网络的



具体情况动态地改变它们的值。更小的 AIFSD[AC], CW_{min}[AC]表示更短的信道接入延迟。这些参数可以用于区分不同优先级的信道接入。

802.11eMAC具有 4 种传输队列^[5],每个队列为相当于一个单独的EDCF竞争实体,例如在一个AC上,每个队列都具有自己的AIFS和保持自己的退避计数器(BC)。当超过一个的AC同时完成退避计数时,冲突以一种虚拟的形式发生了。在这种情况下,在冲突的帧中高优先级的帧被选中而传输,其它的则通过增加CW的值而退避。

3.2 通过 802.1D/Q 而具有 QoS 的有线局域网

IEEE802.1D MAC 网桥允许 IEEE802 系列与不同 MAC 层的局域网能够互通。802.11AP 作为一个 802.1D 网桥连接了 802.11MAC 和 802.3MAC(或者说以太网)。802.1D 网桥通过在两种 MAC 实体间实施多种 FIFO 传输队列而支持 8 种用户优先级。只有在更高优先级的队列中没有帧的情况下,普通帧才能被转发。

从图 3^[6]中看到,802.1Q 虚拟局域网 VLAN 标记扩展了 802.3 帧格式,而且它也表示了帧的用户优先级。就 802.3MAC 本身来说,它不支持任何不同优先级流的不同信道接入,但是通过 802.1QVLAN 标记 802.3MAC 帧能够携带优先级值,这种方法可以用在 802.1D MAC 网桥上用于优先级的转发。因为 802.11eEDCF QoS 机制源自于 802.1D,所以 802.11e 和 802.1D 的优先级参数能够互通。

当支持 802.1D/Q 的 VLAN 网桥入口处接收到 802.11eMAC 帧,它被 VLAN ID 分类,通过 FID 过滤而且基于被用户优先级映射的流类别转发。当流类别被用户优先级映射时,802.1D/Q 帧通过流类别分配到特殊的优先级。802.1Q 有一个被推荐的映射表,这是在 802.1Q 中的 TCI 的 3 比特定义的用户优先级和在 VLAN 网桥中的传输转发进程中指定优先级队列的流类别。

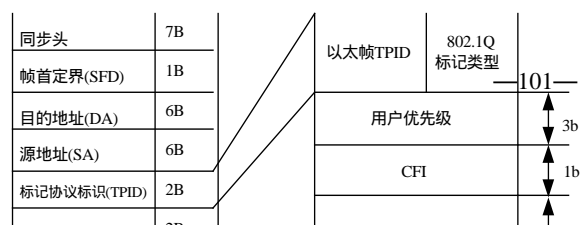


图3 带有 802.1Q VLAN 标记的 IEEE802.3 帧

4 基于区分服务的端到端 QoS 协调

一个单独站点 STA 在不同的应用下如 VoIP、视频流、email, 同时提供多种服务是非常典型的。如图 1 所示, 在我们的研究中定义了 3 种网络接口作为一种端到端的网络。每一种网络接口都有独立的 QoS 协调功能。而 DSCP 是穿越多种网络接口的, 所以端到端的 QoS 能够透明地提供给所有网络。

在无线网络中, STA 在网络层履行包分类和调节的作用并把包转发到 AP。如图 1 所示, 一个 STA 应该能够把 IP 层的 QoS 映射到 802.11e。在支持区分服务和 802.11e 的 STA 中, DSCP 值应该能够映射到在 802.11eMAC QoS 控制域的 TCID。

表 2 描述了一个在 DSCP 和 TCID 之间映射的例子。通过流量控制结构, 本文提出了两种 QoS 映射架构: 直接在 DSCP 和 TCID 之间映射 QoS 和分级 QoS 体系结构。

表 2 在 DSCP 和 TCID 之间映射的 QoS 映射例子

流类别	例子	DSCP	TCID
类 1	VoIP	(101)xxx for EF	6
类 2	Video	(011)xxx AF3x	4
类 3	Signaling	(001)xxx AF1x	2
类 4	Normal Data (如 E-mail)	000000 或其它 无明确意义的	0

4.1 直接在 DSCP 和 TCID 之间映射 QoS

这种体系结构可能在 DSCP 和 TCID 之间映射的方法中是很简单的一种, 它是通过在 IEEE802.2 逻辑链路控制(LLC)服务接入点(SAP)和 PHB 之间的接口来完成的。在这种模式下每个 IP 包都平等地置换 802.11eMAC 优先级队列。如图 4, IP 包以无优先权模式的方式到达 MAC 层, 不论 IP 包的 DSCP 值, IP 包通过到达时间转发到 802.11eMAC 层, 到达顺序是依次为 AF1, AF3, EF, 还有缺省包。当 IP 封装成 MAC 帧, 每一帧都应该在 MAC 层通过它的 TCID 值按照表 2 分配优先级队列或者一个 AC。

因为 802.11eMAC 的 TCID 域是 3 比特长而区分服务的 DSCP 域是 6 比特长, 所以一个 TCID 值可以表示多个 DSCP 值。由于不同的 QoS 域值长度, 因此流量控制的间隔应该遵照 802.11eMAC。

图 4 直接在 DSCP 和 TCID 之间映射 QoS

4.2 DSCP 和 TCID 之间的分级 QoS

DiffServ engine 是一种能够在网络层进行包分类和调节的逻辑实体。如图 5 所示, 当 IP 包到达 DiffServ engine, 它由分类器、计量器、标记器和整形器/丢弃器组成。所以它能够分类、标记 DSCP 值而且根据 DSCP 值的优先级来整形。当 DiffServ TC 完成整形后, 把 IP 封装成了 802.11eMAC 帧, 然后根据 TCID 值转发到 802.11e 优先级队列。当 IP 包按 DSCP 值分别为 AF1、AF3、EF 和 default 的顺序到达 DiffServ TC 时, 根据优先级它们被整形成 EF、AF3、AF1 和 default 的顺序, 分别按照优先级从高到低的顺序对应 AIFS[3]、AIFS[2]、AIFS[1]、AIFS[0]。当完成传输的整形时, IP 包被封装成 802.11eMAC 帧而且放置到 802.11e 优先级队列中。在这种体系结构中, 由于每个 IP 包在网络层都被管制和整形, 因此流量控制能够支持像 802.11e 一样的全范围的 DiffServ QoS。这使得网络系统能够由用户应用的需要来管理精确的端到端 QoS 流量控制。

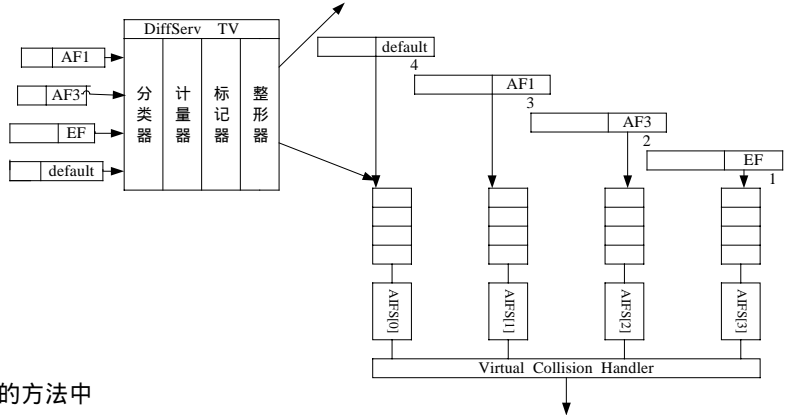


图 5 DSCP 和 TCID 之间的分级 QoS

5 结论

本文提出了一种端到端的网络 QoS 体系结构。每个传输层 QoS 机制的提出都是和网络接口相联系的, 包括在网络的 DiffServ 和 802.11e 以及链路层的 802.1D/Q。从研究中可以看出, 每一种 QoS 机制都具有 3 种明显的处理, 它们是传输流的分类、标记和转发。基于这些共同点, 端到端 QoS 体系结构能够被定义成在 QoS 传输流参数如 DiffServ 的 DSCP, 802.11e MAC 的 TCID 以及 802.1D/Q 的 TCI 用户优先级之间的最小协调。

(下转第 105 页)