

IEEE 802.11 无线自组织网络服务质量机制研究<sup>\*</sup>

程文青 范震 何建华

(华中科技大学电子与信息工程系 武汉430074)

**摘要** IEEE 802.11无线自组织网络中采用随机方式接入无线信道,提供服务质量(QoS)保证难度很大。目前已提出媒体接入层机制以改进无线自组织网络服务质量。但单纯的媒体接入层服务质量机制同样具有较大局限性。本文系统分析比较了不同无线自组织网络环境下媒体接入层和网络层服务质量机制的性能,基于上述分析结果,提出一种跨层自组织网络服务质量机制。

**关键词** 无线局域网,服务质量,队列管理,媒体接入控制,自组织网络

## Investigation of Quality of Services Mechanisms in IEEE 802.11 Ad Hoc Networks

CHENG Wen-Qing FAN Zhen HE Jian-Hua

(Department of Electronics and Information, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

**Abstract** As the channel is accessed randomly in IEEE 802.11 Ad hoc networks, it's difficult to support Quality of Services for real time applications. To solve the issue, there is already a new approach proposed in the MAC layer. However, the performance is still not satisfactory. In this paper, we will compare two major classes of QoS schemes for IEEE 802.11 Ad hoc networks in MAC layer and network layer respectively. Based on the observations, it's necessary to design a new hybrid scheme to efficiently support QoS in IEEE 802.11 Ad hoc networks.

**Keywords** Wireless LAN, Quality of services, Queuing management, Media access control, Ad hoc networks

## 1 引言

无线自组织网络是一种对等通信网络,在这种网络中不需要专用路由器,通过运行自组织网络路由协议,网络中所有节点在收发数据的同时,还可以充当路由器转发数据<sup>[1]</sup>。因此无线自组织网络的组建十分便捷且鲁棒性好,备受军方青睐,在抢险救灾、临时会议等场合也有广泛应用,将成为一种未来个人通信的重要方式。目前在无线自组织网络路由方面,已经取得一定的突破,基本可以满足自组织互连目的。但是无论对于军用还是民用应用,无线自组织网络对于数据的传输都有较高的要求,比如战场上紧急情报或来自上级的命令需要及时传送到士兵手中。因此,提供必要的服务质量或者优先级别服务,是无线自组织网络成功的一个重要方面。

无线自组织网络中提供服务质量面临的难题是,如何在动态的环境和有限的带宽情况下提供端到端服务质量保证。为了解决服务质量保证的问题,需要研究 QoS 模型设计<sup>[2]</sup>,资源预留信令机制, QoS 路由,网络层队列管理和 QoS 媒体接入控制。网络层 QoS 机制<sup>[3]</sup>,比如主动队列管理和调度在一个节点内部对于分配网络带宽以区分服务等级方面十分有效,但是它们不能很好地控制无线信道带宽的分配。因此媒体接入层 QoS 是一个关键组成部分,上层 QoS 机制(路由和信令)都需要并且与媒体接入层协议协作,才能取得好的服务质量。问题是 IEEE 802.11 在无线局域网领域取得了巨大成功,导致无线自组织网络大多采用 IEEE 802.11 进行信道接入控制。而 802.11 中缺省的信道接入控制是分布式协调控制(Distributed Coordination Function, DCF)协议,不利于支持服务质量。为了弥补这一缺陷,IEEE 标准化组织正在制定 802.11e 标准<sup>[4]</sup>,通过设定不同的媒体接入层参数可以提供

一定的区分服务质量。

需要指出的是,媒体接入层的 QoS 机制能力有限,只能在局部环境下通过集中控制的方式分配带宽,并不完全适用于分布式环境的无线自组织网络。如何系统地研究包括媒体接入层和路由层 QoS 机制成为亟待解决的问题。本文借助仿真对这两种 QoS 机制进行分析比较,揭示它们的优缺点及适用范围,并设计出一种新型兼顾媒体接入层和网络层 QoS 机制,可更有效支持无线自组织网络环境下的实时应用。本文第 2 部分将简单介绍网络层 QoS 机制和媒体接入层协议和 QoS 机制。第 3 部分给出仿真配置和分析。第 4 部分提出一种混合 QoS 机制并总结全文。

## 2 网络层与媒体接入层 QoS 机制

## 2.1 网络层 QoS 机制

现有的集成服务和区分服务是 Internet 研究的主要两种 QoS 架构<sup>[5,6]</sup>。在集成服务结构中,RSVP 和基于单个流的调度是两种最重要的服务组件,可以提供相对精确的服务质量保证,但是实现代价很高,可扩展性差。而区分服务模型通过对不同的服务等级进行不同的接入控制和转发服务,将复杂的 QoS 控制任务推向网络边缘,因此具有良好可扩展性,但是在精确服务质量保证性能上有所下降。因为无线网络移动性和无线信道带宽的时变性,很难精确地提供服务质量保证,在无线和移动网络中区分服务机制相对集成服务机制更适用。基于上述考虑,本文将着重讨论和分析区分服务机制中网络层的 QoS 机制。

确保服务是区分服务网络中一种重要的服务类别。在这种服务级别中,用户向服务提供者请求一定带宽。通常情况下,如果请求被接纳,用户数据将根据是否在预订带宽范围之

<sup>\*</sup> 基金项目:国家自然科学基金项目,项目编号:60202005.程文青 副教授,何建华 副教授。

内被划分为 IN(带宽内)分组和 OUT(带宽外)分组,用户将不仅获得预订带宽,还可以竞争多余的未被预订的网络带宽。这种区分服务质量主要依靠 RIO 路由机制。区分服务网络中核心路由器根据网络拥塞状况,区别对待不同数据分组,根据它们分组内的指示判断是 IN 分组还是 OUT 分组,优先删除 OUT 分组。RIO 也就是带有 IN/OUT 位的主动队列管理机制随机提前丢弃(RED)<sup>[7]</sup>,它是 RED 算法在区分服务机制中的一种应用。它实质上是两个具有不同分组丢弃概率曲线的 RED 机制的组合,并用来区别对待 IN 和 OUT 数据分组。在 RIO 机制中,当一个 IN 分组到达时,RIO 计算出 IN 分组的平均队列长度(ave-in)。当 ave-in 小于最小门限值(minth-in)时,这个分组不会被丢弃;当 ave-in 大于最大门限值(maxth-in)时,这个分组就会被丢弃;当 minth-in < ave-in < maxth-in 时,这个分组以概率 Pdrop-in 被丢弃。Pdrop-in 的值可以按下式计算:

$$P_{drop-in} = \frac{ave-in - minth-in}{maxth-in - minth-in} \cdot maxp-in \quad (1)$$

当一个 OUT 分组到达时,RIO 计算平均总队列长度 ave-total。当 ave-total 小于最小门限值 minth-out 时,这个分组不会被丢弃;当 ave-total 大于最大门限值 maxth-out 时,这个分组就会被丢弃;当 minth-out < ave-total < maxth-out,它会以概率 Pdrop-out 被丢弃。Pdrop-out 的计算公式如下:

$$P_{drop-out} = \frac{ave-total - minth-out}{maxth-out - minth-out} \cdot maxp-out \quad (2)$$

因为平均总队列长度计算中考虑了所有的到达的分组(IN 和 OUT 分组),所以 OUT 分组的门限值更低,最大分组丢弃概率(maxp-out)更大。超出预订带宽的分组(即 OUT 分组)更有可能被丢弃,因此 IN 分组传送相对可靠。

### 2.2 媒体接入层 QoS 机制

接下来将介绍 802.11 无线局域网中基本的媒体接入控制机制 DCF,以及支持一定 QoS 功能的增强型 DCF。

2.2.1 基本 DCF IEEE 802.11 采用 DCF 作为分布式媒体接入协议。DCF 中无线节点发送数据之前,必须先检测信道是否空闲。若信道连续空闲超过一个分布式帧间间隔(DIFS),则判断信道空闲,可以发送数据。但是为避免多个无线节点同时传送数据导致传送失败,每个无线节点在判断信道空闲之后,都需要等待一个随机回退时延后再开始进行发送。这种机制称为随机回退机制,所等待的随机回退时延用时间隙来度量,由一个计数器来控制,称为回退计数器。计数器的初始数值为一个定义在 [0, W-1] 内均匀分布的随机数, W 称为初始冲突窗口。信道每空闲一个时间隙,计数器的数值减 1。若检测到信道忙,则计数器数值冻结,直到重新检测到信道空闲并等待一个 DIFS 之后才恢复计数。当计数器数值减为 0 时,该节点发送数据。若数据发送失败,则重传数据,判断信道空闲后,进入下一阶回退过程。其冲突窗口的大小由回退阶数(设为 j)和最大回退阶数(设为 m)决定,具体计算公式为  $2^{min(j,m)}W-1$ ,即随着阶数的增加,冲突窗口的大小都倍乘,直到最大值  $2^mW$ 。

通过对不同的节点设置不同的 DIFS, W, m 等参数可以达到实现区分服务的目的。另外,改变每次重传的冲突窗口倍乘指数(用 ρ 表示,在前面的公式中为 2),也可以实现一定的服务区分。

2.2.2 802.11e EDCF IEEE 802.11e 任务组制定了增强型的 DCF(EDCF)协议,以提供区分的服务质量。802.11e 引入了增强型分布式协调功能(EDCF)和综合点协

调功能(HCF),其中前者是后者的基础。EDCF 通过流量分类器(TC)来提供不同的服务质量。不同分组在同一个节点内按照各自的应用进入相应的回退机制,每个回退机制设定不同的 TC 参数。节点内的每一个 TC 各自竞争发送机会(Transmission Opportunity),独立地在监听到信道空闲时间达到任意帧间时隙(AIFS)后开始回退。AIFS 至少与 DIFS 相同长度,可以针对每个 TC 单独增大。回退机制与正式的 DCF 一样。所以最小的竞争窗口 W 是另一个依靠于 TC 的参数。正式的 DCF 节点可以看作是有固定的 W 和等于 DIFS 的 AIFS。一个节点内可以实现最多 8 个发送队列,相当于虚拟节点,各自的参数设置决定了它们的性能。如果一个节点内的两个或者更多的计数器同时回退到零,节点内的协调机制将起作用用来避免碰撞,它把发送机会分配给优先级更高的 TC。

### 3 性能比较

在这部分,我们通过仿真实验来比较 IEEE 802.11 无线局域网的媒体接入层和网络层的 QoS 机制的性能。3.1 小节将给出详细的仿真参数设置,3.2 小节给出仿真结果。

#### 3.1 仿真设置

本文采用 ns-2 仿真器<sup>[8]</sup>和它的无线扩展部分来进行仿真实验。仿真环境包括 4 个或者 5 个移动 ad hoc 节点,每个节点的传输半径是 250 米,共享一个 2Mbps 的无线信道。仿真拓扑为单跳和多跳 ad hoc 网络,如图 1 所示。两种仿真拓扑中,节点 S1、S2、S3 均为 TCP 源节点。图 1.a 所示单跳网络中,D1 为 TCP 接收节点。图 1.b 两跳网络中,节点 D1 为数据转发节点,节点 D2 为 TCP 接收节点。在仿真环境中,分别运行两组仿真实验来研究 EDCF 和 RIO 的性能。图 1.a 和图 1.b 中,EDCF 机制都是运行在 S1、S2、S3 上,RIO 机制运行在节点 D1 上。RIO 和 EDCF 的参数设置见表 1。需要指出的是 EDCF 的源代码从文[9]处获得。除了对不同的优先级 CW-Min 设置不同的值外,其它系统参数设置为 IEEE 802.11 标准默认值。

所有的节点通过一个半双工无线信道通信,这个信道模型是基于 802.11 WaveLan 无线网卡设置的。TCP 分组大小是 1000 字节。在所有的发送节点使用漏桶模型作为标记算法,在节点 D1 处运行 RIO 队列管理算法。仿真实验结果都是运行 10 次仿真实验结果的平均值。

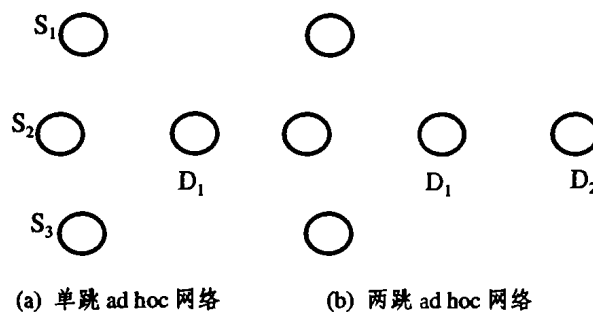


图 1 仿真拓扑

表 1 仿真参数

RIO 算法参数		EDCF 协议参数	
minth-in	15	CWMin-0	16
maxth-i	30	CWMin-1	32
maxp-in	0.02	CWMin-2	64
minth-out	1		
maxth-out	7		
maxp-out	0.2		

### 3.2 仿真结果

3.2.1 基于RIO的服务质量性能 首先我们仅对网络中D1和D2节点中采用RIO算法的服务质量性能进行仿真。为了显示RIO算法对服务质量的影响,同时对基于先进先出(FIFO)队列算法、不提供服务质量的网络进行仿真。仿真结果示于表2。从表2的结果我们可以看到,在单跳环境下,基于RIO机制与先进先出队列管理机制的网络中,所有的TCP流获得同样的带宽,不受预订带宽的影响。这是因为RIO队列在TCP流的接收端实现,这个队列实际上未形成带宽瓶颈。由队列管理的机制可以知道它实际上没有丢掉任何的TCP分组。而在两跳模型中,RIO机制起了很大的作用,因为在这种网络环境下,RIO队列成为带宽瓶颈。如表所示,每个TCP流获得的带宽差别明显。在所有的两跳仿真模型中,预订一定带宽的TCP流比没有预订带宽的TCP流获得明显的带宽。

表2 基于RIO机制的各TCP流获得带宽(单位为Mbps)

仿真环境	节点1		节点2		节点3	
	预订	实际获得	预订	实际获得	预订	实际获得
单跳	0	0.398	0	0.402	0	0.415
	0	0.377	0	0.421	0.3	0.411
	0	0.409	0.3	0.394	0.3	0.400
	0.3	0.401	0.3	0.401	0	0.404
两跳	0	0.182	0	0.193	0	0.196
	0	0.125	0	0.124	0.3	0.325
	0	0.078	0.3	0.255	0.3	0.246
	0.3	0.191	0.3	0.205	0.3	0.185

表3 基于EDCF机制的各TCP流获得带宽(单位为Mbps)

	节点1		节点2		节点3	
	优先级	获得	优先级	获得	优先级	获得
单跳	2	0.493	2	0.492	2	0.492
	2	0.508	2	0.507	1	0.453
	2	0.588	2	0.587	0	0.280
	2	0.520	1	0.467	1	0.470
	2	0.606	1	0.546	0	0.292
	2	0.839	0	0.304	0	0.301
	1	0.484	1	0.481	1	0.483
	1	0.569	1	0.569	0	0.301
两跳	2	0.249	2	0.256	2	0.265
	2	0.226	2	0.224	1	0.297
	2	0.291	2	0.281	0	0.184
	2	0.327	1	0.218	1	0.197
	2	0.327	1	0.279	0	0.136
	2	0.524	0	0.113	0	0.113
	1	0.256	1	0.248	1	0.266
	1	0.267	1	0.264	0	0.193

3.2.2 基于EDCF的服务质量性能 同样我们对单纯基于EDCF机制的服务质量网络进行仿真。仿真结果示于表3。从表3中我们可以看到,在单跳环境下,EDCF机制能很好地区分来自具有不同优先级的节点的TCP流。相对于低优先级的TCP流,较高优先级的TCP流能获得更大的带宽。尽管EDCF机制在单跳环境下很有效,它在两跳环境时能力很有限。比如,从表3中我们可以看到有时低优先级的TCP流比高优先级的TCP流获得更大的带宽。这是因为当转发节点收到高优先级的分组,它会以同样的优先级转发这些分组。但是有

时高优先级的流比较多,而导致高优先级的分组需要等待比低优先级分组更长的媒体接入时间。

小结 在本文中,我们分析和比较了IEEE 802.11无线局域网中的媒体接入层和网络层的QoS支持机制。通过仿真实验我们观察到媒体接入层QoS机制的性能在单跳情况下很有效,但是不能满足分配网络带宽的情况。而网络层的QoS机制在两跳和多跳网络环境时更有效。单纯的媒体接入层或者网络层QoS机制均无法满足移动、拓扑动态变化的无线自组织网络环境下的服务质量要求。因此我们设计一种如图2所示的混合QoS机制。

跨层QoS机制兼具媒体接入层和网络层QoS机制,可以提供尽力而为、相对优先级以及绝对优先级应用。尽力而为应用未要求任何服务质量,它仅利用网络层以及MAC层的基本服务,系统不提供任何服务质量保证。相对优先级应用利用网络层的基本QoS机制以及MAC层的基本服务,可以支持如文件传输、实时音频等应用。网络层的基本QoS机制可以通过RIO算法以及(或者)队列调度算法来实现,在网络层提供优先于尽力而为为应用的服务。但是这种应用未得到MAC层的服务质量支持,在MAC层接入时延上得不到保证,而且也不能得到严格的带宽保证。在网络层,基本网络层QoS机制利用的带宽是网络中除去绝对优先级应用消耗带宽的剩余带宽。由于网络中节点移动造成链路中断,拟或由于网络中节点数目的改变,造成每个节点很难获得严格的带宽保证。绝对优先级应用同时利用网络层和MAC层的服务质量,因此具有最高优先级别,在网络层的带宽分配上可以任意抢占网络剩余带宽;在无线信道接入上,利用增强的MAC机制,可有效减少信道接入时延,获得更高带宽。绝对优先级应用可以用来有效支持战场上指挥官作战指示的及时传送,或者临时救护/灾难恢复场地上重要多媒体信息的及时传送。

需要指出的是,本文仅提出一种跨层QoS机制的框架。我们将细化和完善包括接入控制、带宽分配、分组标记等在内的QoS模块,并通过仿真进一步分析这种跨层QoS机制性能。

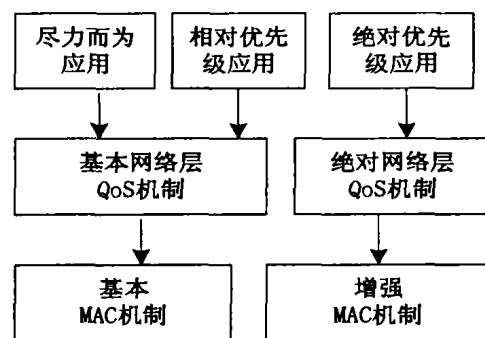


图2 跨层QoS机制示意图

### 参考文献

- 1 IEEE Standard for Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, Nov. 1997. P802.11
- 2 Xiao H, Seah W, Lo A, Chua K C. A flexible Quality of Service model for mobile Ad-Hoc networks. IEEE VTC2000-spring, May 2000
- 3 Xiao H, Seah W, Lo A, Chua K C. On service prioritization in mobile ad-hoc networks. IEEE International Conference on Communications, June 2001, 6:1900~1904

# 面向多媒体协作应用的基于代理的应用层自适应组播<sup>\*</sup>

杨武勇 史美林

(清华大学计算机科学与技术系 北京100084)

**摘要** 多媒体协作应用在 Internet 上具有广阔的应用前景,由于 Internet 的异构性和 IP Multicast 目前仍无法在广域范围内得以实现,所以本文提出了一种基于代理的应用层自适应组播框架(Agent-based Application Level Adaptive Multicast,简称 Ag-ALAM),利用现有的 Internet 中的单播和局域范围内的 IP Multicast,并引入移动 Agent 技术来实现 Internet 上的多点数据通信。Ag-ALAM 采用了分层结构和应用层缓存方法,在数据传输过程中可以根据数据转换规则和用户意愿进行自适应的数据传输。

**关键词** 组播,多媒体协作应用,异构性,移动代理

## An Agent-Based Application Level Adaptive Multicast Architecture for Multimedia Collaborative Application

YANG Wu-Yong SHI Mei-Lin

(Department of Computer Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084)

**Abstract** The promising future of multimedia collaborative application has been foreseen, but with the Internet heterogeneity and the nonsupport of IP Multicast in WAN, we present an agent-based application level adaptive multicast architecture (Ag-ALAM) in this paper, which realizes multipoint data communication in the Internet by the Internet unicast, local area IP Multicast and mobile agent technology. Ag-ALAM with layered architecture and application level cache can adaptively data transport according to data transcoding rules and users' desire.

**Keywords** Multicast, Multimedia collaborative application, Heterogeneity, Mobile agent

### 1 引言

随着计算机和网络技术的发展,越来越多的新型应用需要可靠的多点数据通信协议的支持以节省网络带宽、提高应用的伸缩性。IP Multicast<sup>[1]</sup>是一种为了优化使用网络资源而产生的技术,有着广泛的应用前景。IP 组播通常使用在点对多点工作方式下的应用程序中,如电子文档分发、股票报价、多媒体视频会议、数据报广播、数据报电视等。最近几年有关可靠组播传输协议(Reliable Multicast Transport Protocol, RMTP)研究已经有了很多成果<sup>[2~6]</sup>。目前多点组播技术的研究主要集中在以下四个方面:

- 异构性研究:网络终端性能的异构性和网络连接的异构性的研究。

- 公平性研究:协议间公平性(即 TCP 友好的, TCP-

friendly)和协议内公平性研究;

- 可靠性研究:组播不可靠传输下的数据可靠性传输保证的研究;

- 可扩展性研究:网络终端节点规模的有效扩展性研究。

不同的组播应用对服务质量(QoS)有不同要求,不同的上层应用要求不同的可靠组播传输特性,由于组播应用的多样性,导致了不可能存在适用于所有应用的通用的可靠组播。国内缺乏像 Mbone 那样直接支持组播的网络,大部分路由器出于防止 IP 组播分组泛滥的考虑都关闭了组播路由功能。各种组播应用系统为了能在 Internet 上使用,必须由它们自己来实现组播路由来跨越这些障碍。在 Mbone 中,组播是通过隧道技术来实现的:Mbone 由 Internet 上多个组播岛(multicast island)及连接这些孤岛的隧道组成。在组播岛内,数据以组播方式传输,组播岛之间数据的传输依赖于 Internet 单播

<sup>\*</sup> 基金项目:国家自然科学基金(编号:60073011)、国家高技术研究发展计划(编号:2001AA113150)和清华大学985项目资助。杨武勇 博士研究生,主要研究领域为计算机网络与计算机支持的协同工作。史美林 教授,博士生导师,研究领域为计算机网络体系结构,计算机支持的协同工作等。

- Mangold S, Choi S, May P, Kleinl O, Hiertz G, Stibor L. IEEE 802. 11e Wireless LAN for Quality of Service. In: Proc. European Wireless, Feb. 2002, 18: 32~39
- Braden R, Clark D, Shenker S. Integrated Services in the Internet architecture - an overview. IETF RFC1633, June 1994. S
- Blake S, Black D, Carlson M, Davies E, Wang Z, Weiss W. An architecture for differentiated services. Network Working Group, RFC2475, Dec. 1998
- Clark D D, Fang W. Explicit allocation of best-effort packet delivery service. ACM/IEEE Trans. On Networking, Aug. 1998, 6: 362~373
- Univ. of California at Berkeley. (1997) Network Simulator v. 2 (ns-2). [Online]. Available: <http://www-nrg.ee.lbl.gov/ns-2>
- EDCF source codes. available at: <http://nondot.org/~radoshi/cs444n/>