

移动服务质量框架的研究与展望

范 锐,程时端

(北京邮电大学程控交换技术与通信网国家实验室,北京 100876)

摘 要: 支持服务质量是下一代移动互联网的重要目标之一.然而,在移动环境下支持服务质量是一项非常有挑战性的工作.本文探讨了目前提出的支持移动服务质量的各种框架,并对这些框架的技术特点做了分析与比较,最后讨论了未来移动服务质量的发展趋势和有待研究的课题.

关键词: 服务质量;集成服务;区分服务;移动互联网

中图分类号: TP393.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2003) 03-0419-07

The Study and Perspective of the Framework of Mobile QoS

FAN Rui, CHENG Shi-duan

(National Laboratory of Switching Technology & Telecommunication Networks, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract: Supporting QoS is an important object in the next generation mobile Internet. However, enabling QoS in mobile environment is a tough venture. In this paper, we mainly discuss the various frameworks for QoS in next generation mobile Internet. We analyze the characteristics of each scheme and compare their performance. Finally, we point out the trend in this field and present some topics to be further studied.

Key words: quality of service; integrated service; differentiated service; mobile internet

1 引言

在互联网上支持端到端的服务质量是一项非常困难的工作,它涉及到网络体系结构中各个层面的工作.在移动环境中支持服务质量则变得更加困难,因为无论是移动网络的拓扑结构还是移动网络的资源都在动态变化之中.然而,移动网络中各种实时应用的出现以及移动用户访问互联网的需求都需要在下一代移动网络中支持服务质量.

与固定网络支持服务质量的机制类似,在移动网络中支持服务质量可以从网络体系结构的不同层次入手;这包括(1)在媒体接入控制层的分组调度机制;(2)在网络层的带服务质量保证的路由机制;(3)在传输层的资源预留机制;(4)自适应的应用层机制.本文的重点在于讨论如何使现有网络中的两种服务质量 QoS (Quality of Service) 体系结构,即集成服务 (IntServ, Integrated Service)^[1]和区分服务 (DiffServ, Differentiated Service)^[2],支持移动环境的 QoS.

本文的组织如下.在第二节讨论 IntServ 及它在移动环境下的改进方案. DiffServ 及其支持移动性的扩展机制在第三节中讨论.第四节介绍 IntServ 和 DiffServ 混合支持移动 QoS 的机制,移动 QoS 的发展方向和我们的工作.在第五节中介绍,最后为全文总结.

2 移动环境下的 IntServ 和 RSVP

2.1 IntServ 和 RSVP

IntServ 是 IETF 提出的一种在 Internet 中保证服务质量的框架. IntServ 中定义了三种服务类型 (1) 确保型业务,用于需要固定时延限制的应用;(2) 负载控制型业务,用于可变时延限制的应用;(3) 传统的尽力而为的业务. IntServ 模型中不同业务质量得到保障的关键在于它所使用的资源预留协议 (RSVP).

RSVP^[3,4]是 IntServ 中在通信实体间传送应用层服务质量需求的信令协议.在 RSVP 中有两个基本的消息类型 RESV 和 PATH. PATH 消息用于携带应用的业务流特性.它由发送者产生并经路由协议传送到接收者. RESV 消息由接收者发起,经 PATH 消息的反向路径路由到发送者为应用预留资源,从而为应用提供一定的服务质量保证.

IntServ 不适用于移动环境表现为:

① RSVP 无法感知主机的移动,因而不能在移动主机未来可能访问的位置提前预留资源,导致主机移动到新的子网后可能出现资源预留失败,应用在新位置的服务质量无法得到保证.即使新的子网资源预留成功,也需要从移动主机到通信对端的一个来回时延.在此期间发送的数据包,无法得到质

量保证.同时 RSVP 不能及时撤销在失效路径上的资源预留,这会降低无线网络资源利用率.

⑧ RSVP 不支持经过 IP 隧道的资源预留. RSVP 的 PATH 和 RESV 消息被 IP 重新封装后对隧道中的路由器透明.隧道中的路由器不会执行相应的资源预留操作.因此通过隧道的数据包无法得到服务质量保证.

⑨ 过多的信令开销.通常主机的移动发生在相邻位置.新旧路径有很多重复区域,在这些区域内不需要重新做资源预留.然而每当移动主机改变位置后,RSVP 都需要在端到端之间重新建立资源预留.

⑩ RSVP 不支持被动资源预留,导致网络资源利用率较低.所谓被动资源预留是指当资源分配给某个尚未到达的移动主机,可以暂时被其他业务流使用的技术.

基于以上的分析,有很多研究人员提出了改进 RSVP 和 IntServ 使之用于移动环境的方案.这里对其中几例加以分析介绍.

2.2 MRSVP

MRSVP 是由 Talukdar 在文献[5,6]中提出的一种扩展 RSVP 以支持移动性的方案.在 MRSVP 中,移动主机可以在它将来到达的子网提前预留资源,从而保证移动主机的服务质量.移动主机未来访问子网的集合在 MRSVP 中称为 MSPEC. MSPEC 可根据主机的移动动态变化.为了提前预留资源,MSPEC 中的每个子网有一个移动代理.与移动主机处于同一子网的代理称为本地代理,在其他子网中的代理称作远程代理.远程代理将代替移动主机在未来可能访问的子网执行被动资源预留.

在 MRSVP 中有两种资源预留类型:主动和被动.主动资源预留发起于移动主机的当前子网,被动资源预留发起于移动主机未来访问的子网.被动预留的资源可以被该子网中其他业务流使用.然而当被动预留资源转变为主动预留资源(即移动主机移动到该子网时),使用被动预留资源的业务流需要立刻释放它所占有的带宽.

由于 MRSVP 在移动主机可能到达的位置提前预留资源,使得移动主机可以在新的位置获得所需的带宽从而保证了移动主机的服务质量. MRSVP 的缺陷在于由于此协议需要在移动主机可能访问的多个位置预留资源,导致网络资源利用率不高.此外, MRSVP 没有解决 RSVP 信令开销大的问题.最后 MRSVP 协议需要对 RSVP 协议做很大的修改.

2.3 基于 RSVP 隧道的 RSVP 协议

文献[7]针对 RSVP 不能在隧道中预留资源的问题,提出了一种解决 RSVP 协议穿越 IP 隧道的方案,并在此基础上提出了一种简单的向移动主机提供服务质量的协议.

隧道是支持主机移动的 MIP^[8]协议的重要组成部分.在 MIP 中,从通信对端发往移动主机的数据需要在家乡代理封装后转发到外地代理,外地代理封装后再把原始数据转发给移动主机.由于 RSVP 消息经过了 IP 封装,隧道中的路由器无法识别,因此隧道中的路由器不会为业务流预留资源.

RSVP 隧道技术^[9]是让隧道中的路由器支持 RSVP 资源预留的一种方案.这个方案的主要思想是在隧道的两个端点

之间新建一个 RSVP 隧道会话.隧道的入口点作为这个 RSVP 会话的发送者,隧道的出口点作为这个 RSVP 会话的接收者. RSVP 隧道会话既可以独立于端到端的 RSVP 会话,也可以由端到端的 RSVP 消息触发产生.端到端的 RSVP 会话把隧道视做是从源到目的之间的一段逻辑链路.当一个端到端的 RSVP 会话经过一个支持 RSVP 的隧道时,它被映射到一个 RSVP 隧道会话中. RSVP 隧道会话把隧道的两个端点视为两个主机,从隧道的出口向隧道的入口按照通过隧道的总的业务量预留资源.图 1 显示了从通信对端到移动主机的资源预留由两部分组成,端到端的资源预留以及隧道资源预留.图中 MH 为移动主机;CH 为通信对端;BS 为基站;HA 为家乡代理;FA 为外地代理;Tunnel 表示隧道,Backbone 为骨干网.

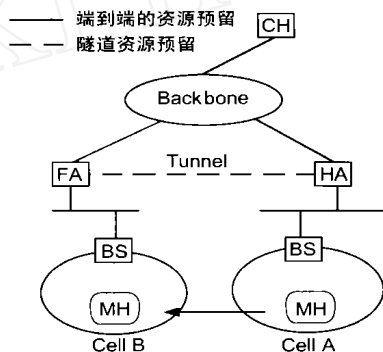


图 1 基于 RSVP 隧道的 RSVP 协议

为了加速资源预留的进程,可以预先在外地代理和家乡代理之间建一个隧道并预留资源.只有当隧道内预留的资源不能满足所有端到端的经过本隧道的业务需求时,才在两个代理之间重新请求新的资源.通过这种方式可大大缩短建立隧道并预留资源的时延,服务质量的保证也更平滑.

本方案的优点在于不需要对现有的 RSVP 协议做大的改动,协议的开销比较小,但该协议不能完全保证向移动主机所提供的服务质量,而且受三角路由影响,资源预留不够优化.

2.4 基于组播的 RSVP

基于 RSVP 隧道的 RSVP 协议虽然解决了在隧道中资源预留的问题,但是因为需要在通信对端与家乡代理之间以及家乡代理与移动主机之间的两段链路上做资源预留,效率不高.文献[10]提出了一种基于组播方式的 RSVP 协议.

在这种方案中,移动主机用一个组播地址唯一标识.主机的移动可视为组播成员的变动.由移动代理代替移动主机负责处理与移动相关的 RSVP 消息并保存相应的状态.所有移动主机发送接收的 RSVP 消息和真实的 IP 数据包都通过 IP 组播路由传送.同时采用了类似于 MRSVP 的预测机制,提前代替移动主机加到组播组中以预留资源.通过这种方式,避免了三角路由问题,以及多余的端到端的 RSVP 消息,在满足移动主机的服务质量需求的同时提高了网络资源的利用率.但是该方案采用组播地址标识移动主机与现有的移动路由协议有冲突.

2.5 DRSVP

在无线网络环境中,即使预留资源也不能完全保证提供

给移动主机的服务质量,这是因为无线链路受干扰和衰落的影响容量是不确定的。预留资源的容量可能小于接纳控制时承诺的容量,从而造成服务质量的下降。因此,无线环境下的应用应具备自适应的能力,即应用程序要能够根据网络容量的变化动态调整自己的服务质量需求。这种自适应的调节能力有助于解决无线链路容量动态变化所带来的服务质量问题。当网络的拓扑结构或者某个链路的容量变化时,可变的服务质量相对于固定的服务质量更容易被网络所支持。这样当资源减少时,应用并不会被中断,而是降低到低等级的服务质量,并且当资源增加后,应用的服务质量又可随着增加。

文献[11]提出了一种支持可变服务质量的资源预留协议,DRSVP。在 DRSVP 的支持下,应用能够根据网络容量的变化动态调整它的服务质量,从而扩展了应用的适应范围。为了能够支持可变服务质量需求,DRSVP 对 RSVP 做了一些扩充和改进。

⑧ 在 RESV 消息中增加了一个流描述符 FLOWSPEC,在 PATH 消息中增加了一个业务描述符 SENDER_TSPEC,使它们能够表征一定范围内的业务流特性。

⑨ 在 RESV 消息中增加了一个测量描述符 MSPEC,用于指示下游的资源瓶颈。

⑩ 创建了一个新的预留通知消息 ResvNotify,以通知节点上游的资源瓶颈。

⑪ 引入新的带宽分配算法,以适应服务质量的变化范围和网络中的资源瓶颈。

DRSVP 在为应用做资源预留时,如果网络节点有足够的资源能够为所有的业务流分配它们期望的最大带宽,那么就为每个流分配它所需的最大带宽。如果网络节点不是资源瓶颈,但无法为所有业务流分配最大带宽时,首先为所有业务流分配等于其资源瓶颈的带宽,如果节点还有剩余带宽,将这些剩余带宽在所有业务流中按比例分配。如果本节点是网络资源瓶颈,首先为每个业务流分配它所需要的最小带宽,如果有剩余带宽,将这些剩余带宽在所有业务流中按比例分配。最后,如果网络节点的带宽不能满足业务流最小带宽的需求,那么拒绝这个流。

本方案的优点是由于允许应用在一定范围内预留资源,使得网络可以更好的支持应用的服务质量,网络资源利用率也得到提高。这非常适合于资源处于动态变化的无线网络。但是 DRSVP 协议的复杂度比较高。

2.6 小结

限于篇幅,我们在 2.2~2.4 节中只介绍了几个基于 IntServ 和 RSVP 的支持移动 QoS 的方案,相关的文献还包括[12~19]等。文献[12]将 RSVP 与 MIP 的区域注册机制集成在一起,可以减少资源预留的数量和时间。文献[15]除了要求 RSVP 在可能访问的位置提前资源预留外,还要求 RSVP 消息携带移动主机到达这些位置的时间以及在这些位置停留的时间。通过这两个参数的使用可以进一步减少由于提前预留资源所造成的网络资源利用率低的问题。有兴趣的读者可以进一步查阅这些文献。

3 移动环境下的 DiffServ

3.1 DiffServ 概述

DiffServ 是 IETF 提出的另一种在固定网络中支持服务质量的框架。相对于 IntServ 的资源预留,DiffServ 采用基于优先级的策略来保证用户的服务质量。在 DiffServ 中,所有进入网络的分组在网络边缘根据分组中的 TOS 字段被路由器分为若干个不同的等级并由分组中的 DSCP 字段标识,网络内根据分组的 DSCP 字段对分组提供所需的服务,避免了 IntServ 中需要为每个流保存状态并做处理的需求。DiffServ 没有使用端到端的信令,它根据用户与网络事先协商的服务质量等级为用户提供一定的服务质量。DiffServ 所具有的良好扩展性,使得 DiffServ 有希望成为下一代 Internet 中提供 QoS 保障的机制。目前的 DiffServ 不适用于移动和无线环境是因为:

⑧ DiffServ 没有信令,使用隐式的接纳控制机制。在 DiffServ 域中接纳控制是通过在网络节点上设置策略参数来实现的。举例来说,一个 DiffServ 域的入口点允许接纳 50 Kbps 的 AF 业务流。如果当前有 10 个 AF 业务,每个业务请求 10 Kbps 的带宽,DiffServ 边缘路由器允许所有这些 AF 业务进入到 DiffServ 域中,但是会根据 AF 类应得到的服务,丢弃汇聚 AF 流中的分组,使 AF 汇聚流符合业务流规范的要求。由于 DiffServ 丢弃 AF 汇聚流的分组是随机的,其中每一个微流都会受影响,导致没有哪个业务流可以得到满意的服务。而实际情况却是网络至少可以满足 5 个 AF 微流的服务的服务质量。这对于网络资源很宝贵的无线网络显然是不能接受的。

⑨ DiffServ 不善于处理需要动态配置的服务质量参数。在 DiffServ 中当某个用户的服务质量发生变化后,由于没有显式信令的存在,网络提供者不得不手工配置这些变动的参数,造成很长的时延。在无线和移动环境中,无论是终端用户还是无线链路都是在动态变化之中,静态的参数设置显然无法适应无线移动网络提供服务的需求。

针对这两点,有很多文献提出了对 DiffServ 的改进意见,以下介绍两个典型的方案。

3.2 无线环境下的 DiffServ

文献[20]提出了一个将 DiffServ 应用在无线环境下的框架。它对 DiffServ 的改动包括:

⑧ 增加了信令协议。在文献[20]中扩充了 ICMP 使其作为 DiffServ 下的信令。扩充后的 ICMP 信令用于:(1)移动终端向网络传送参数(比如报告移动终端所需要的带宽);(2)基站(BS)向移动终端发送应答消息;(3)移动终端发送修改消息(比如用于修改某个应用的带宽请求)。此外 ICMP 信令还传递一些辅助参数诸如移动终端的能量,当前的丢失率等等。

⑨ 增加了对移动性的支持。为了保证当终端移动到新的区域时能够获得所需要的带宽,文献[20]采取了两种措施:(1)每个区域新建了一个称为 new-mobile 的业务类别,该业务类别占用一定的网络带宽。当移动主机切换到本区域时,使用 new-mobile 的资源。(2)移动主机应用抢占本区域内低优先级业务的带宽。

⑩ 增加了对高误码率的支持。由于无线链路的高误码率,

身的局限性(扩展性不好),不能用在骨干网中为用户提供服务质量保证,但它有 RSVP 信令可支持显式的资源预留和接纳控制。而 DiffServ 虽然扩展性好,但由于没有信令和不支持显式的接纳控制和动态资源管理无法适应移动环境下的服务质量需求。因此文献[29]提出了结合 IntServ 和 DiffServ 的方案。该方案既具备 DiffServ 扩展性好的优点,又能够利用 RSVP 做显式接纳控制,是一种很有希望在移动环境下支持 QoS 的方案。

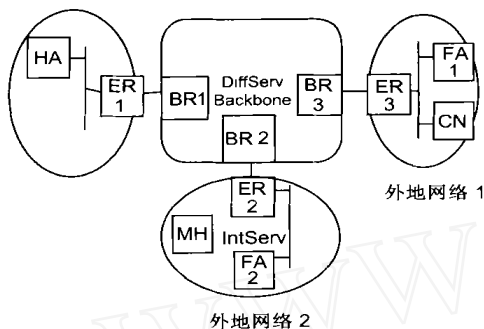


图3 IntServ-DiffServ 混合的移动 QoS 支持方案

图3是这种 IntServ 与 DiffServ 结合的体系结构图。图中 MH 为移动主机;CN 为通信对端;ER 为边界路由器;BR 为边缘路由器;HA 为家乡代理;FA 为外地代理。在边缘无线接入网使用 IntServ 机制,而在核心骨干网采用 DiffServ 机制。

在本方案中,为提供移动服务质量保证,在移动主机(MH)和通信对端(CN)之间依然采用 RSVP 信令。PATH 和 RESV 消息经过无线接入网的操作与传统的 RSVP 信令相同。不同之处在于 PATH 和 RESV 通过 DiffServ 骨干网时的处理。这分两种情况。

(1) 骨干 DiffServ 域的边缘路由器以及所有内部路由器不支持 RSVP。这时 DiffServ 域中的节点忽略收到的 PATH 和 RESV 消息。DiffServ 骨干网对 MH 的接纳控制是在 RESV 消息到达无线接入网连接 DiffServ 骨干网的入口点(ER2)时执行的。ER2 根据 IntServ 域和 DiffServ 域之间静态服务质量协定获知 DiffServ 域中的资源状况,并具有把 IntServ 服务质量映射到 DiffServ 区分服务编码点(DSCP)的机制。ER2 比较当前 RESV 中请求的资源与 DiffServ 域中可用的资源,如果 DiffServ 域中的资源可以满足 RESV 请求,ER2 接受此次资源请求,否则拒绝。IntServ 域的边缘节点(ER2)充当了 DiffServ 域接纳控制代理的角色。资源预留成功后,MH 把分组打上从 RESV 中获得的 DSCP 标记,这样分组就可以在 DiffServ 域中得到期望的服务。

(2) DiffServ 域的边缘节点和内部节点都支持 RSVP。在这种方式下,ER2 不需要作为 DiffServ 域的接纳控制代理。BR 虽然具有 RSVP 的功能,但仍然按 DiffServ 方式对分组分类并对汇聚流做调度。DiffServ 域中可用资源的变化可以通过 RSVP 信令传递给 IntServ 域。当然,DiffServ 也可以通过带宽代理 BB 协议把域内的资源状况通知给 IntServ。

虽然 IntServ 与 DiffServ 结合的方式既具有 DiffServ 的可扩展性,又具有 RSVP 资源动态配置的特点。但是它需要把

IntServ 中的服务质量映射为 DiffServ 的区分服务类别。同时 IntServ 还需要了解 DiffServ 域中资源变化的情况。有关 DiffServ 和 IntServ 结合提供移动服务质量的其他相关文献可参考[30, 31]。

5 移动 QoS 的发展趋势和相关的研究工作

移动 QoS 框架的发展经历了从 IntServ 到 DiffServ,再到 IntServ 与 DiffServ 结合的阶段。由于 IntServ 的局限性,在移动环境下支持 QoS,核心骨干网需要采用 DiffServ。在无线接入网既可采用 IntServ 的结构也可采用 DiffServ 结构。然而无论采用怎样的结构,移动 QoS 框架都要具备能够根据无线网络中动态变化的资源以及移动用户数量及时调整为用户提供服务质量的能力。这需要有信令协议的支持。然而过多的信令又会导致系统复杂度的提高和开销的增大,因此高效合理的信令协议已成为移动 QoS 框架中研究的热点。

传统的 RSVP 协议虽然可以充当移动环境中的信令协议,但是它不能及时为移动主机预留资源以及资源预留时间较长的缺点(一个环回时延)使得它并不适合于移动环境。文献[32]提出了一种扩展目前 MIPv6^[33]中的主机位置变更信令(Binding Update, Binding Acknowledgement),使其能够携带 RSVP 中的 QoS 信息,从而达到 QoS 动态协商的机制。与 RSVP 相比,这种方案有如下一些优点。(1)把 QoS 信息与路由变更信息绑定在一起,大大减少了网络中的信令负荷。(2)由于该信令能够感知主机位置变动,因此能够比 RSVP 以更快的速度在新的位置建立资源预留。(3)该信令是发送者驱动的能够在发送者去往接收者的路径上建立资源预留,缩短了资源预留的时间。(4)可以很容易的与各种 MIPv6 的微移动方案结合起来,使得 QoS 的修改请求只在受主机移动影响的路径上执行,减少了冗余信令的传输以及路由器的处理开销。

受文献[32]的启发,目前我们正在研究如何能够将移动网络中的位置变更信令与 DiffServ 中的带宽代理(BB)以及动态服务质量协定(DSLA)结合起来,从而达到既能够为移动用户提供灵活的服务质量保证又能够有效降低信令开销的目的。除了必要的信令,移动 QoS 还需要其他机制的支持。在移动环境下,由于主机的移动和网络资源随时处于动态变化之中,很难为主机提供确保的服务质量。因此有必要为移动主机设计新的服务类型。文献[34]在这方面做了一些有益的尝试。为移动主机设计与移动相关的服务质量类型。当移动主机按照预测的移动轨迹移动并符合业务流规范时,就可以得到承诺的服务质量,否则移动主机得到的服务质量可能会下降。

此外移动环境中也需要新的 QoS 参数以反映无线网络的特性。文献[35]定义了两种移动环境下适用的 QoS 参数。分组丢失特性(Loss Profile)用于表明当网络出现拥塞时,网络应该以怎样的方式丢弃移动用户的数据包(突发丢弃或均匀丢弃)。根据丢失特性网络可以在拥塞时依照用户的需求丢包,从而能在网络过载时还尽量满足用户的服务质量需求。无缝通信概率 PSC(Probability of Seamless Communication)。PSC 的作用是为网络表明用户需要的平滑通信的程度。对于某些应用,数据包的丢失并不会引起太多的问题,源端只需要重传数据

包.但是对于另外一些应用,丢包引起的服务质量下降往往是不可接受的,对于这些应用就需要基站缓存它们的数据包.有了PSC可以让网络根据应用的不同特性做对应的处理.

前面提到大多数的移动应用应具有自适应的能力以适应网络容量的动态变化.自适应能力也需要一定的参数描述.文献[36]提出了两种表征自适应能力的参数.DR(Degradation Ratio)服务质量下降的时间比例.用于表征在应用的整个会话期内,服务质量下降的时间所占的比例.DD(Degradation Degree)服务质量下降的程度.

为提供移动环境下的服务质量保证,有两项基本的技术是必不可少的,移动环境下的接纳控制机制^[37]和无线分组调度机制^[38].这些是支持移动QoS的重要手段.

目前,下一代移动因特网(3G)之所以迟迟未能进入实用化阶段的一个重要的因素就在于用户的服务质量需求还不能得到保障.因此可以预计,移动QoS的实现将极大的推动下一代移动网络的商业化运作,从而引起人们生产生活方式的巨大变化,并最终促进国民经济的飞速发展.

6 结束

随着移动计算技术的发展和移动用户业务多样化需求的不断增长,为移动用户提供服务质量保证是下一代移动互联网的非常重要的目标.本文探讨了目前提出的基于IntServ和DiffServ的支持移动服务质量的体系结构并分析了这些方案各自的优缺点.总体而言,移动环境下的QoS框架的发展趋势是在核心采用DiffServ,而在无线接入网既可采用IntServ也可采用DiffServ.无线接入网内需要有强大的信令协议以支持动态的资源分配策略.将资源分配信令与移动网络中位置管理信令结合能够加快动态资源分配并减少不必要的信令开销是可能的研究方向.在QoS框架的基础上,再结合移动环境下的接纳控制策略,以及无线分组调度技术等不同协议层的支持,将可以为未来的移动用户提供服务质量保证.

参考文献:

- [1] RFC 1633, Integrated Services in the Internet Architecture: An Overview [S]. July, 1994.
- [2] RFC 2475, An Architecture for Differentiated Services [S]. Dec, 1998.
- [3] RFC 2205, Resource Reservation Protocol (RSVP) Version 1 Functional Specification [S]. Sep 1997.
- [4] RFC 2209, Resource Reservation Protocol (RSVP) Version 1 Message Processing Rules [S]. Sep 1997.
- [5] Talukdar, B Badrinath, et al. MRSVP: A resource reservation protocol for an integrated services network with mobile hosts [J]. Wireless Networks, 2001, 7(1): 5 - 19.
- [6] Talukdar, B Badrinath, et al. Integrated services packet networks with mobile hosts: Architecture and performance [J]. Wireless Networks, 1999, 5(2): 111 - 124.
- [7] A Terzis, M Srivastava, et al. A simple QoS signaling protocol for mobile hosts in the integrated services internet [A]. IEEE INFOCOM '99 [C]. NY, USA: IEEE, 1999. 1011 - 1018.
- [8] RFC 2002, IP Mobility Support [S]. Oct, 1996.
- [9] RFC 2746, RSVP Operation Over IP Tunnels [S]. Jan, 2000.
- [10] W Chen, L Huang, et al. RSVP mobility support: A signaling protocol for integrated services internet with mobile hosts [A]. IEEE INFOCOM 2000 [C]. Tel-Aviv, Israel: IEEE, 2000. 1283 - 1292.
- [11] M Mirhakkak, N Schult, et al. Dynamic bandwidth management and adaptive applications for a variable bandwidth wireless environment [J]. IEEE Journal On Selected Area in Communications, 2001, 19(10): 1984-1997.
- [12] C Tseng, G Lee, et al. HMRSVP: A hierarchical mobile RSVP protocol [A]. International Conference on Distributed Computing Systems Workshop 2001 [C]. Mesa, Arizona: IEEE, USA, 2001. 467 - 472.
- [13] R Jain, T Raleigh, et al. Mobile internet access and QoS guarantees using mobile IP and RSVP with location register [A]. IEEE ICC '98 [C]. Atlanta, GA, USA: IEEE, 1998. 1690 - 1695.
- [14] A Pajares, N Berier, et al. An approach to support mobile QoS in an integrated services packet network [A]. IQWIM '99 [C]. Aachen, Germany, 1999.
- [15] I Mahadevan, K M Sivalingam. Architecture and experimental results for quality of service in mobile networks using RSVP and CBQ [J]. Wireless Networks, 2000, 6(3): 221 - 234.
- [16] G S Kuo, P C Ko. Dynamic RSVP for mobile IPv6 in wireless networks [A]. IEEE VTC 2000 [C]. Tokyo, Japan: IEEE, 2000. 455 - 459.
- [17] C C Foo, K C Chua. Implementating resource reservation for mobile hosts in the internet using RSVP and mobile IP [A]. IEEE VTC [C]. Tokyo, Japan: IEEE, 2000. 1323 - 1327.
- [18] S Yasukawa, J Nishikido, et al. Scalable mobility and QoS support mechanism for IPv6-based real-time wireless internet traffic [A]. IEEE GLOBECOM '01 [C]. San Antonio, Texas, USA: IEEE, 2001. 3459 - 3462.
- [19] G L Grand, E Horlait. A Predictive end-to-end QoS scheme in a mobile environment [A]. IEEE Proceeding of Computer and Communications [C]. Hammamet, Tunisia: IEEE, 2001. 534 - 539.
- [20] I Mahadevan, K M Sivalingam. Architecture and experimental framework for supporting QoS in wireless networks using differentiated services [J]. Mobile Networks and Applications, 2001, 6(4): 385 - 395.
- [21] A Misra, S Das, et al. Integrating QoS support in teleMIP's mobility architecture [A]. ICPWC 2000 [C]. Hyderabad, India: IEEE, 2000. 57 - 64.
- [22] S Das, A Misra et al. TeleMIP: Telecommunication enhanced mobile IP architecture for fast intra-domain mobility [J]. IEEE PCS Magazine, 2000, 7(4): 50 - 58.
- [23] IDMP: An Intra-Domain Mobility Management Protocol Using Mobility Agents (Internet-Draft) [S]. Jul 2000.
- [24] RFC 2748, The COPS (Common Open Policy Service) Protocol [S]. Jan 2000.
- [25] Mobility Support in the Differentiated Services (Internet-Draft) [S]. Feb, 1999.
- [26] QoS Architecture Based on Differentiated Services for Next Generation Wireless IP Networks (Internet Draft) [S]. 2000.
- [27] S U Yoon, J H Lee, et al. QoS support in mobile/ wireless IP networks using differentiated services and fast handoff method [A]. IEEE Wireless Communication and Networking Conference [C]. Chicago: IEEE, USA, 2000. 266 - 270.

- [28] I Mahandevan, M Sivalingam. Quality of service in wireless networks based on differentiated services architecture [A]. IEEE International Conference on Computer Communication and Networks [C]. Boston, USA: IEEE, 1999. 548 - 553.
- [29] S S Chugh. Supporting Quality of Service in Mobile Networks [EB/OL]. <http://fiddle.visc.vt.edu/courses/ecpe6504-wireless/projects-spring2000/pres-chugh.pdf>, Mar, 2000.
- [30] V Rexhepi, G Karagiannis, et al. A framework for QoS & Mobility in the Internet Next Generation [EB/OL]. <http://ing.ctit.utwente.nl/WU4/Documents/frama.PDF>, June, 2000.
- [31] B Moon, H Aghvami. RSVP extension for real-time service in wireless mobile networks [J]. IEEE Communication Magazine, 2001, 39 (12): 52 - 59.
- [32] H Chaskar, R Koodli. A Framework for QoS Support in Mobile IPv6 [S]. Internet Draft, Work in Progress, March 2001.
- [33] Mobility Support in IPv6 (Internet Draft) [S]. Work in Progress, November 2000.
- [34] Talukdar, B Badrinath, et al. On accommodating mobile hosts in integrated service packet networks [A]. Proceeding of INFOCOM '97 [C]. Kobe, Japan: IEEE, 1997. 1048 - 1055.
- [35] S Singh. Quality of service guarantee in mobile computing [J]. Computer Communication, 1996, 3 (4): 359 - 371.
- [36] Y Xiao, C L Philip. QoS for adaptive multimedia in wireless/mobile networks [A]. IEEE Proceeding of Modeling, Analysis and Simulation of Computer and Telecommunication Systems [C]. Cincinnati, Ohio, USA: IEEE, 2001: 81 - 88.
- [37] R Jain, E W Knightly. A framework for design and evaluation of admission control algorithms in multi-service mobile networks [A]. IEEE Infocom '99 [C]. NY, USA: IEEE, 1999. 1027 - 1035.
- [38] T Nandagopal, S Lu, et al. A unified architecture for the design and evaluation of wireless fair queuing algorithm [A]. MobiCom '99 [C]. Seattle, USA: IEEE, 1999. 132 - 142.

作者简介:



范 锐 男, 1975 年 4 月生于陕西西安市, 1997 年毕业于北京邮电大学计算机学院, 获硕士学位, 现为北京邮电大学程控交换技术与通信网国家实验室博士生, 研究方向: 网络流量控制与拥塞控制, 移动 IP 技术, 移动服务质量, 组播技术。

程时端 女, 1940 年 6 月生于上海, 北京邮电大学程控交换技术与通信网国家实验室教授, 通信与信息系统学科博士生导师, 研究内容包括: IP 网络流量控制与拥塞控制, 移动 IP 技术, 组播技术, 路由器队列调度与缓存管理技术等。