

移动环境下的 QoS 保证技术^{*}

Technology Providing QoS Guarantees under Mobile Environments

黄奎 孙利民 吴志美

(中国科学院软件研究所 北京100080)

Abstract Providing QoS(Quality of Service) guarantees under mobile environments is the key to widespread application of mobile computing. Firstly, this paper summarizes the mechanism that provides QoS guarantees applied in fixed network, then discusses the effects on QoS of mobile environment and the problems whether Mobile QoS protocols are compatible with existing protocols such as Mobile IP. Secondly, existing technologies providing mobile QoS guarantees, especially Mobile Resource Reservation Protocol, are introduced, and the trend of research on mobile QoS guarantees is pointed out. Finally, we put forward a QoS framework supporting mobile multicast based on hierarchical structure of mobile agents.

Keywords Mobile IP, Quality of service, Multicast, Mobile Agent, Mobile resource reservation protocol

1 引言

各种 Internet 业务在全世界范围内的广泛应用推动了 Internet 技术的发展, IP 协议原有的“尽力发送”机制已经不能很好地适应业务的需求, 因此, IETF 提出了资源预留协议和实时传输协议等来保证传输业务流的服务质量。同时, 越来越多的移动用户要求能够连续无缝地接入 Internet, 为此 IETF 设计了移动 IP 协议以满足移动用户的需求。

但是, 由于移动环境中通信链路质量经常变化, 可用的系统资源较少, 通信过程中的多次切换可能导致连接中断, 因此在移动环境下提供 QoS 保证需要新的机制。

本文第2部分简述了基于固定网络的 QoS 保证机制, 探讨了移动性对 QoS 的影响, 第3部分介绍了几种在移动环境下提供 QoS 保证的技术, 着重介绍了移动资源预留协议, 并给出了移动 QoS 保证技术的研究方向, 第4部分提出了一个新的移动 QoS 框架, 最后给出了下一步要做的主要工作。

2 QoS 保证机制及移动环境对 QoS 的影响

2.1 基于固定网络的 QoS 保证机制

保证 IP 业务 QoS 的研究主要集中在设计基于 QoS 控制的框架结构, 基于 IP 网络的 QoS 框架结构有两种服务模型, 一种是集成服务模型, 另一种是区分服务模型。集成服务^[1]主要应用于单个数据流, 根据 QoS 要求为每流(per-flow)分配网络资源, 资源预留协议^[2]是实现集成服务的协议。集成服务模型可以提供高精度和细粒度服务, 能够为服务质量提供很好的保证。但由于需要为每个数据流预留资源, 使转发路由器计算处理和内存的消耗大大增加, 因此集成服务以复杂性为代价换取高性能, 适用于一些小型接入网络。

区分服务^[3]主要应用于聚集流(aggregate-flow), 聚集流是两个或者更多具有某些共同特性的数据流的集合。通过将数据流进行分类聚集, 赋予聚集流不同优先级, 根据带宽管理策略分配网络资源。区分服务模型在应用程序的服务请求和网络提供服务的能力之间没有协商, 如果网络不能满足服务

请求, 就忽略请求, 这时由应用程序来决定下一步的动作。区分服务结构的集合行为状态提供了很好的扩展性, 但由于缺乏端到端信令, 因此它不能保证端到端的 QoS。

应用、网络拓扑和资源管理策略决定了网络应该采用哪种 QoS 服务模型, 由于核心网承载业务量非常大, 必须保证核心网路由器处理过程简单, 因此“网络边界复杂, 核心简单”的原则是 QoS 结构设计的准则。

2.2 移动环境对 QoS 的影响

移动/无线环境的信道变化特性、高误码率以及主机移动性对业务的 QoS 造成很大的影响, 主要包括以下几个方面:

(1) 链路质量对 QoS 的影响。在连接过程中, 移动环境的链路质量随机变化, 在无线环境下只能要求业务的 QoS 自适应于移动环境的链路质量。

(2) 主机移动对 QoS 的影响。由于主机的移动性, 难以有效地满足它对资源的需求; 同时, 切换过程中进行资源和 QoS 相关参数转移的机制实现难度较大。

(3) 移动终端特性对 QoS 的影响。移动终端的计算/处理能力较差, 设备的功耗较小。这些会对业务流的 QoS 产生影响。

2.3 适用于移动 IP 的 QoS 机制的要求

由于移动 IP 协议引入了移动节点的转交地址, 即使切换过程中数据流传输路径没有发生变化, 转交地址的变化也会引起传输路径上的某些节点无法正确转发带有与 IP 地址有关的 QoS 参数的数据流, 这使得在进行移动 QoS 机制的设计时, 需要考虑以下的要求^[4]:

(1) 使切换期间 QoS 流中断最小。

(2) 要求移动 QoS 机制能够确定切换过程中 QoS 重建所影响的中间路径。

(3) 切换完成后释放原有路径上的 QoS 状态和已分配资源。

(4) 扩展后的 QoS 框架能够与现有的移动 IP 协议互相兼容。

(5) 扩展后的 QoS 框架能够与集成服务、区分服务等

^{*} 本文资助课题: 863计划课题(编号: 2001AA112050)和中国科学院软件研究所基础研究课题(编号: CXK15348)。黄奎 博士生, 主要研究领域为移动网络, 信号处理。孙利民 博士, 研究员, 主要研究领域为计算机网络, 交换技术。吴志美 主任研究员, 主要研究领域为多媒体通信, 协议测试和验证。

QoS 服务模型互相兼容。

另外,移动 QoS 机制应该能够有效利用链路层信息以保证业务的 QoS,并且保证能够与扩展的移动 IP 协议如层次型移动 IP 结构等互相兼容。

3 移动 QoS 保证技术

下面以移动资源预留协议 MRSVP (Mobile Resource Reservation Protocol) 为主介绍已有的移动 QoS 技术。目前,移动 QoS 技术主要包括以下几类:

3.1 QoS 协议的扩展

(1) 移动资源预留协议 MRSVP^[5] 研究人员基于资源提前预留的思想,在 RSVP 协议的基础上,提出了 MRSVP 协议。如果移动节点在某个连接的过程中经过多个接入网络单元,需要在移动节点可能经过的所有接入单元上进行资源预留。移动节点在它当前所在单元进行的资源预留称为主动预留,而在其他接入单元进行的资源预留称为被动预留。为了提高网络资源利用率,被动预留的资源可以被该接入单元中其他 QoS 要求更低的数据流使用,但当被动预留的资源变为主动预留时(节点移动到该接入单元),这些数据流将会受到影响。

为了进行资源提前预留,MRSVP 协议需要代理为移动节点进行资源的主动预留和被动预留,其中进行主动预留的代理称为本地代理,代替移动节点进行被动预留的代理称为远程代理,移动节点通过代理发现协议确定代理的 IP 地址。移动节点含有 MSPEC 数据结构,存储移动节点可能经过的接入网络的子网前缀,这些子网前缀用于代理发现协议。MRSVP 协议的资源预留模型见图 1。

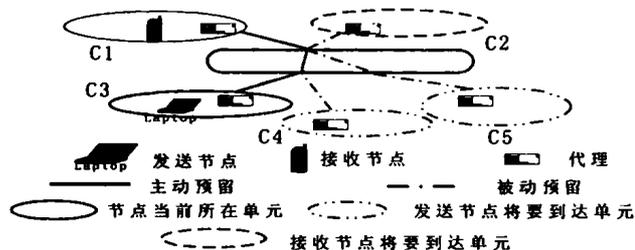


图1 MRSVP 协议中的预留模型

MRSVP 协议扩展了 RSVP 协议的信令消息以支持资源的主动和被动预留。在 MRSVP 协议中,有两种类型的 Path 消息和 Resv 消息:主动 Path 消息、Resv 消息与被动 Path、Resv 消息,主动 Path、Resv 消息用于主动资源预留,被动 Path、Resv 消息用于被动资源预留。

MRSVP 协议的实现方案根据需要处理扩展消息的网络元素范围分为两种:一种方案需要所有网络元素增加处理 MRSVP 扩展消息的功能;在另一种实现方案中,除了代理和移动节点以外,其他网络元素如转发路由器不需要处理 MRSVP 扩展信令,因此降低了转发路由器处理/内存消耗以及对 MRSVP 协议对现有网络的影响。

(2) 移动 IP 预留协议 MIRP (Mobile IP Reservation Protocol)^[6] MIRP 通过对以太网负载控制协议 CLEP (Control Load Ethernet Protocol) 进行扩展,在无线环境下提供 QoS 保证,其核心思想是在需要进行资源分配的无线共享媒质链路上设置一个资源管理器来负责资源的动态管理、分配。这个协议提供了针对新连接和切换连接不同的资源分配策略,并

给出了在几个业务之间进行资源共享的机制。

(3) 适于移动环境的支持移动 IPv6 的 RSVP 扩展协议^[8]

原有的 RSVP 协议信令应用在 MIPv6 协议中存在“路由改变”和“流不匹配”问题,而 RSVP 扩展协议通过在 RSVP 信令中增加一个任选项保存移动节点的家乡地址,或者在原来的代理路由器与新代理路由器之间建立 RSVP 隧道,在协议信令方面提供了移动 IPv6 (Mobile IPv6) 协议与 RSVP 协议的互操作。

3.2 适于移动环境的 QoS 框架扩展

(1) 基于层次型结构的 QoS 框架 文[9]提出了一个层次型结构的 QoS 框架,提供移动 QoS 保证。在每一个子网上设置一个 QoS 节点,称之为 QLN (QoS Local Node),在一个网络管理域内设置一个 QoS 服务器 QGS (QoS Global Server),在移动节点与 QGS 之间用 QoS 信令在控制层进行信息交互,在 QLN 与移动节点之间进行传输层上的业务传输。通过在 QGS 存储 QoS 资源信息并把控制层与传输层分开,使这个结构具有良好的可扩展性。

(2) 基于 QoS 业务类型的扩展 文[10]提出了对原有的两种 QoS 业务类型(适于 VoIP 流传输的不可变 QoS 类型和适于音视频流传输的可变 QoS 类型)分别进行扩展使相应类型的业务可以应用于移动环境,并提出将 QoS 的协商会话与实际资源预约分离,提供主机移动性支持和资源的有效利用。

3.3 无线网络中基于 QoS 的路由算法

基于 QoS 路由的基本内容是寻找一条路径(树),在这条路径上,具有充足的网络资源来满足一个连接的 QoS 要求,一个典型的基于 QoS 约束的路由协议由三个部分组成:系统资源信息的分布特性、含有资源信息的网络拓扑数据库以及 QoS 路由的计算。文[11]提出了适用于无线网络的受 QoS 约束路由算法,通过将源节点的带宽以及 QoS 参数通知目的节点,提供在无线网络中建立 QoS 连接的机制以及对多媒体流实时传输的有效支持。

3.4 无线网络的接入允许控制

由于主机的移动性,接入单元需要对新接入进行控制,以保证有足够的资源供即将切换来的连接使用,无线网络的接入允许控制主要包括在哪些单元进行准入控制以及这些单元的接入控制策略。文[12]利用运动模型参数的动态估计和用户的分布信息,实现自适应于运动模型和用户分布改变的动态接入控制机制。

3.5 基于链路层的 QoS 保证

文[13]针对无线局域网和时分、码分多址通信系统,在提高物理层纠错能力的基础上,对媒体访问层 MAC 和无线链路层 RLC 协议进行扩展,增加链路质量的稳定性,为移动用户建立服务质量不发生突然变化或中断的连接,同时提供对无线频谱资源的有效管理。

3.6 移动 QoS 今后的研究方向

目前,移动 QoS 的研究尚未达到成熟阶段,以上提到的移动 QoS 技术都有不完善的地方,例如 MRSVP 在资源的分配和利用方面存在一定资源的浪费,另外有些移动 QoS 技术无法与移动 IP 协议兼容。今后移动 QoS 的研究方向主要有:

(1) 利用泛播技术提高基于 QoS 的移动单/组播路由算法的性能。

(2) 如何在确保切换成功的前提下提高网络、特别是无线网络的资源利用率。

(3)设计新的、完善的移动 QoS 框架,保证与现有 QoS 框架和移动 IP 协议兼容。

(4)针对传输媒体流的特性设计适用于移动/无线环境的 QoS 技术。

4 支持移动组播的 QoS 框架

鉴于组播在媒体流传输业务中的重要性,研究移动组播环境下的 QoS 保证对于移动 Internet 技术的发展和成熟具有非常重要的意义。这里我们提出一个基于移动代理的层次型 QoS 框架以支持移动组播应用。根据“网络边界复杂,核心简单”设计原则,在接入网段采用基于每流(每流是指每一个组播流)的集成服务,在核心网段采用基于聚集流(聚集流是指多个组播流的归类合并)的区分服务,由接入网段的边界路由器完成流聚集。

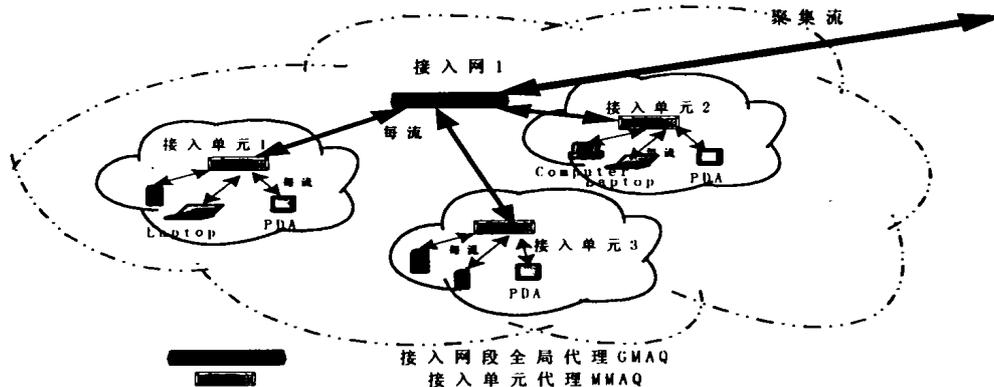


图2 接入网段的层次型代理结构

MMAQ 和 GMAQ 都是逻辑功能实体,可以放在接入网的路由器上,也可以由与路由器处在同一子网上的单独物理设备实现。当由单独处理设备完成移动代理功能时,需要代理与路由器之间周期性地交换信息来获取链路信息和组播组转发信息。

4.2 切换过程中 QoS 的平滑过渡以及资源管理

为了保证连接在切换过程中不会发生中断,切换来的连接在资源分配和使用方面比新发起请求的连接具有更高的优先级。快速切换(fast handoff)^[7]技术可以在一定程度上解决 MRSVP 在资源的分配和利用方面存在的问题,保证 QoS 流的最小中断。如果网络无法进行快速切换,则可以应用移动预测技术,估计移动节点的下一接入单元,在为某节点进行资源提前预约时,根据节点移动到该单元的概率来分配不同的权值,这个权值用于接入允许控制,提高网络资源的利用率。

为了保证移动主机在异质接入网络单元之间切换时数据业务的 QoS,需要对原有的 QoS 类型进行扩展以适应移动环境,根据不同的 QoS 类型提供不同的 QoS 平滑过渡方案。当移动到可提供资源低于原来 QoS 要求的子网时,对于不可变 QoS 类型,用其最低要求进行重新协商,如果依然不成功,则原有的 QoS 业务完全中断;对于可变 QoS 类型,用更低的 QoS 要求自适应于到达子网的分配资源,直到变为无 QoS 保证的“尽力发送”模式。

上述功能的实现要求 MMAQ 具有资源管理以及组播组的动态加入/离开等功能,完成定期收集所在网络单元和相邻网络单元的资源信息的任务。当 MMAQ 同时连接到不同的异质接入单元时,它根据业务的 QoS 需求完成对不同接入单元的选择,我们称完成这个功能的实体为接入网络选择器

4.1 QoS 框架中移动代理的层次型结构

由于移动节点的移动性以及相对较低的处理能力,我们提出在每个网络接入单元设置一个移动代理,我们称其为支持移动组播的 QoS 代理 MMAQ(Mobile Multicast Agent for QoS),MMAQ 负责代表其所在接入单元的移动节点完成组播组的动态加入/离开,为接入节点的 QoS 请求进行资源分配和管理;同时定期收集所在单元和相邻单元的资源信息,将这些信息发送到全局代理。MMAQ 的设置有助于加强对组播流的资源管理,降低移动节点的处理负载。同时我们在接入网段的边界路由器所在子网中设置一个全局移动代理 GMAQ(Global Mobile Agent for QoS),负责处理 MMAQ 送来的资源信息,获取全局资源信息,提供全局资源的管理,并协助边界路由器完成组播流聚合的预处理如流分类等。图2描述了支持移动 QoS 的层次型代理结构。

ANS(Access Network unit Selector)。

4.3 移动 QoS 框架的功能实体

为实现移动组播环境下的 QoS 框架,需要不同的子功能实体来完成不同子功能。移动节点需要有几个子功能实体支持移动 QoS:应用层实体、QoS 应用接口和 QoS 协商会话层等;代理 MMAQ 用于支持移动 QoS 的子功能实体有 QoS 协商会话层、资源管理器 RM(Resource Manager)以及 QoS 代理交互层等;全局代理 GMAQ 支持移动 QoS 的子功能实体有:全局资源管理器 GRM(Global Resource Manager)、组播流聚合预处理器、QoS 代理交互层等。由于定义了新的功能实体,需要扩展原有的 QoS 信令,实现不同实体间的交互。

下一步的工作 在分析了已有的移动 QoS 技术的基础上,我们提出一个移动 QoS 框架,该框架可以很好地支持移动组播协议,有较高的资源利用率,具有与层次型移动 IP 协议相互兼容的特性。但这个移动 QoS 框架还有很多不成熟的地方,下一步的工作主要包括扩展 QoS 协议信令完成各功能实体间的信息交互,同时保证扩展信令与现有协议如移动 IPv6、组播协议等的兼容性;探讨组播流在边界路由器中的聚合问题;设计新的接入允许控制机制;研究如何利用移动代理设计基于 QoS 的高效移动组播路由算法。

参考文献

- 1 Braden R, Clark D, Shenker S. Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview. RFC1633, June 1994
- 2 Braden R, et al. Resource Reservation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification. RFC 2205, Sep. 1997

(下转第79页)

得到一点作为一个顶点,把此顶点和与之匹配的三个生成子一起保存,最后实现 Voronoi 图。

3.2 算法具体步骤

1. [验证屏幕区域内每个像素到每个生成子 P_i 的距离]

循环反复执行下列语句,直到超出区域宽

循环反复执行下列语句,直到超出区域高

①初始化 m_1, m_2, m_3 为一个最大值 MAX

②循环反复执行下列语句,直到超出生成子个数

1) 计算生成子 P_i 到像素 $P(i, j)$ 距离

1) 找到 m_1, m_2, m_3 及记录相应的 P_1, P_2, P_3

③如果 m_1, m_2, m_3 之间差距小于某一个最小值

MIN1, 则是一个 D_i 面(即一个三生成子——顶点对),记录到一个二维数组 $P_1-P_2-P_3$ 中

④顶点数加1

⑤把 m_1, m_2, m_3 恢复到最大值 MAX,再找下一个 D_i 面。

2. [处理共圆问题]

循环反复执行下列语句,直到超出顶点个数

如果某两个 D_i 面中,顶点与顶点距离小于某一个最小值 MIN2, 则认为是同一点,用中值平均法把顶点集凝聚为一点。

3. [利用 D_i 的边与 V_i 的边对应原理,画出 Voronoi 图]

循环反复执行下列语句,直到超出 D_i 面数

如果是相邻的两个 D_i 面,则必有一条 Voronoi 边,画出 Voronoi 图。实验结果如图2。

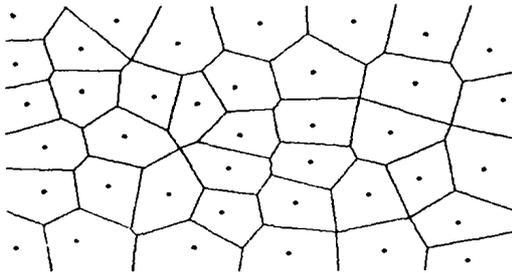


图2

3.3 算法说明

1) 在找到 D_i 面时,有可能出现同样 D_i 与多个顶点对应。这样就形成顶点集 $S(i)$,对每一个 $S(i)$ 进行凝聚,最后形成一个顶点。原则是:始终保持 m_1, m_2, m_3 平均值最小。

2) MIN1、MIN2取值要适中。如果 MIN1取值过大,则顶点过多,处理效率低;过小,则找不到顶点。MIN2取值过大,则 Voronoi 图失真度大;过小,则不能有效处理共圆问题。本算法 MIN1取1.2、MIN2取7.8(像素间距离)。

结论 传统 Voronoi 图画法尽管在理论上效率较高,但是在计算机上实现起来都存在数据结构复杂,内存开销大,程序编写困难。与此相比,此算法有以下特点:

1) 很容易实现 Voronoi 图的数据结构,例:双重链边表(Double Conned Edge List)、翼边数据结构(Wingle Edge Data Structure)。

2) 占用内存少,只需存入 D_i 面和一些临时变量。

3) 使用简便,只需输入生成子坐标。即可自动画出生成子和 Voronoi 图。

4) 算法理论上时间复杂度为 $O(n^2)$,但画 Voronoi 图在有限区域画,所以可以认为常数级。

5) 程序实现简洁、明快、可读性好。

参考文献

- 1 Preparata F P, Shamos M I. 计算几何导论. 北京:庄心谷译,北京科学出版社,1990
- 2 Takao OHYA, Masao IRI and Kazuo MURATA. A fast Voronoi-diagram algorithm with quaternary tree bucketing. Information Processing Letter, 1984, (18): 227-231
- 3 张有会等. Voronoi 图画法的改进与实现. 计算机科学, 1999, (11): 85-87
- 4 王华,叶爱亮,等. Visual C++ 6.0 编程实例与技巧. 北京:机械工业出版社,1999. 4

(上接第93页)

- 3 Blake S, et al. An Architecture for Differentiated Services. RFC2475, Dec. 1998
- 4 Chaskar H. Requirements of a QoS Solution for Mobile IP. draft-ietf-mobileip-qos-requirements-01.txt, Aug. 2001
- 5 Talukdar A, Badrinath B, Acharya A. MRSVP: A Resource Reservation Protocol for an Integrated Services Packet Network with Mobile Hosts. [Technical report DCS-TR-337]. Rutgers University, 1997
- 6 Ben-Othman, Providing quality of service in mobile environments with MIR (Mobile IP Reservation Protocol). In: Proc. of IEEE Intl. Conf. on Networks, 2000. 24~29
- 7 Dommety G. Fast Handovers for Mobile IPv6. draft-ietf-mobileip-fast-mipv6-02.txt, July 2001
- 8 Fankhauser G, et al. RSVP Support for Mobile IP Version 6 in Wireless Environments. draft-fhns-rsvp-support-in-mipv6-00.txt,

Nov. 1998

- 9 Chen J-C, McAuley A, et al. QoS architecture based on Differentiated Services for next generation wireless IP networks. draft-itsumo-wireless-diffserv-00.txt, July 2000
- 10 Rexhepi V, Karagiannis G, Heijenk G. A Framework for QoS & Mobility in the Internet Next Generation. In: Proc. EUNICE 2000, Sep. 2000. 13~15
- 11 Hsu Y, Tsai T, Lin Y. QoS Routing in Multihop Packet Radio Environment. Third Symposium on Computers and Communications (ISCC), 1998
- 12 Niculescu D, Ganguly S, Vickers B. Dynamic QoS provisioning in wireless data networks. IEEE Vehicular Technology Conference, 2001
- 13 Choi S. QoS Guarantees in Wireless/Mobile Networks. [Ph. D dissertation of University of Michigan]. 1999