

IPhone 系统中的 QoS 控制系统的设计与实现

邵 巍,张尧学,陈 桦

(清华大学计算机系,北京 100084)

摘 要: 本文提出一种用于解决 IPhone 系统语音质量问题的端到端的服务质量控制方案. 该 QoS 控制系统依据端到端的准入控制结果,为时间敏感的语音数据流建立/维护流状态并保留网络资源,在数据传输阶段使用虚拟时间片公平轮转算法保证流的统计特性. 本文首先描述了 QoS 控制系统的组成结构,然后给出网络资源分配的准入控制算法和流量控制算法,最后依据实验数据讨论该系统对语音质量的控制效果.

关键词: Internet 集成服务; 区分式服务; QoS; 资源预约协议

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2000) 09-0005-05

The Design and Implementation of IPhone System Based on QoS Control

SHAO Wei, ZHANG Yao-xue, CHEN Hua

(Dept. of Computer Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: We propose a QoS (quality of service) control mechanism which is end-to-end to improve quality of voice in IPhone system. This control system creates/ maintains the flow states for time-sensitive voice streams to reserve the network resources and guarantees the statistical traffic characteristics through the virtual round robin algorithm during data transmission according to the result of admission control. This paper firstly describes the architecture of QoS control system, secondly gives the admission control algorithm and traffic control algorithm, finally discusses the effect of QoS control according to the analysis of the test data.

Key words: integrated service (Intserv); differential service (Diffserv); QoS; resource Reservation Protocol (RSVP)

1 引言

IPhone 即近年来受到人们广泛欢迎的 Internet 电话 (Internet Telephony, 也有人称之为 IP 电话, IP Telephone). 它利用 Internet 的分组交换技术代替传统电话网络的电路交换技术, 从而提高带宽利用率并降低传输成本. 由于分组交换网起源于数据传输, 它不考虑数据分组的时间敏感性和流特性, 采用简单的“尽力而为 (best effort)”的存储转发方式, 从而使得语音、图像等音频视频信息在 Internet 上传输时出现丢包、语音时断时续、画面抖动等质量问题.

针对 IP 网络的传输服务质量问题, 即所谓的“QoS”问题, IETF (Internet Engineering Task Force) 提出在不改变网络层协议的基础上, 从端到端的角度提供增强性的服务. 按对应用流控制粒度的不同, 这种增强性服务可分为集成服务 (Intserv)^[1] 和区分服务 (Diffserv)^[2].

针对 IPhone 系统必须为每个用户提供语音质量保证的特点, 本文提出遵循通用的 Intserv/RSVP 混合模型, 在 IPhone 中, 增加改善语音质量, 根据语音传输的连续性与实时性要求进行端到端的软件服务质量控制系统. 该 QoS 控制系统能够在通话建立阶段, 根据路径上的所有服务元素 (路由器) 的准入

控制的结果决定接收或拒绝用户请求, 通过网络资源的预约避免网络拥塞现象发生; 在数据传输阶段, 采用虚拟时间片公平轮转算法实现流量控制, 保证已预约的资源正确分配, 控制语音数据流的排队延迟, 解决 IPhone 系统的语音质量问题.

2 QoS 控制系统的组成结构

IPhone 系统的一般工作流程是: 用户使用普通电话产生的模拟语音信号, 经传统电话网 (PSTN/ISDN) 传送到近端 IPhone 网关, 在 IPhone 网关上压缩编码, 转换成标准的语音数字信号, 并依据协议打成标准 IP 包, 经分组交换网络 (Internet/Intranet) 传送到远端 IPhone 网关, 在远端 IPhone 网关上解码后再通过传统电话网传送到用户处. 在一个通话的路径确定后, 电话网络的传输时延 (这个时延由传输路径的距离决定) 和语音编/解码时延 (这个时延由编/解码器的特性决定) 都是确定值, IPhone 系统的传输时延主要是由 IP 网络的时延决定.

针对 IPhone 系统必须为每个用户提供语音质量保证的特点, 我们遵循 Internet 集成服务 (Intserv) 模型. 该模型提出在不

改变目前 Internet 网络层协议 (IP), 将 Internet 作为支持实时和非实时应用的公共结构的前提下, 通过资源预约对实时应用提供服务质量的保证. 该模型的实现包括四个部分: 资源建立协议、准入控制例程、包分类器和包调度器.

资源建立协议是端用户与网络节点进行通讯所需的信令协议. 我们采用 IETF 标准资源预约协议 RSVPv1^[5] 作为资源建立协议.

准入控制例程、包分类器和包调度器三个部分合作完成流量控制的功能. 所谓流量控制功能即为每个流提供不同的服务质量的控制功能^[1]. 准入控制例程实现准入控制算法决定是否接收一个新资源预约. 包分类器将进入的语音数据包映射到对应的流队列中, 包调度器根据时间特性转发不同队列中的数据包. 这三个部分的实现都与系统资源表密不可分. 出于效率方面的考虑, 我们围绕系统资源表, 将此三部分集成在一个模块—QoS 代理 (QoS Agent 简称 QoSA) 中实现. 通过系统资源表和 RSVP 维护的应用资源预约状态表, 为实时应用流提供服务.

端到端的服务质量控制系统包括端系统和路由器两部分. 端系统加载端 QoS 控制模块, 路由器加载路由器 QoS 控制模块. 端系统 (由于 iPhone 网关实际承担用户进入/离开 IP 网络的接口功能, 所以在下文中的端系统都特指 iPhone 网关) 和所有网络节点 (路由器) 的整个协作改善语音数据流传输的服务质量.

2.1 端 QoS 控制模块

端系统中 QoS 控制模块由 QoSA (QoS Agent) 和 RSVPD (RSVP Daemon) 组成, 如图 1 中虚线框内所示.

RSVPD 是 RSVP 协议处理守护进程模块, 它依据 RSVPv1 协议, 处理接收到的 RSVP 报文, 依据报文内容建立、维护、更新路径或/和预约状态 (所谓的软状态), 并根据本地节点的状态改变情况向其它网络节点发送 RSVP 报文. 数据路径上的 RSVPD 相互协作, 完成 QoS 参数的传递功能. 它还向应用提供一个被称为 RAPI 的 API 接口, 从而使得应用可通过此接口调用本地 RSVPD 为自己创建/删除会话, 说明发送者参数, 建立、修改或拆除一个资源预约请求, 也可以得到某些网络事件的反馈.

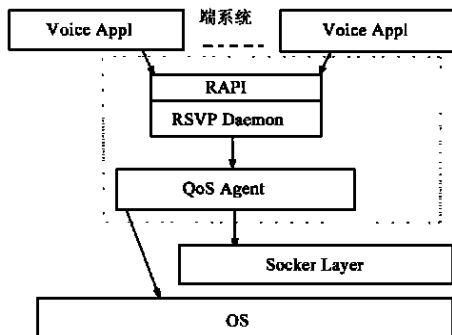


图1 端系统 QoS 控制模块

QoSA 是端系统 QoS 控制模块的核心部分, 它从 RSVPD, 取得本地资源预约状态, 并通过操作系统分别控制本地资源和向 RSVPD 反馈实际资源调度结果. QoSA 与 RSVPD 通过 IPC

(进程间通信) 机制相互通信的.

2.2 路由器 QoS 控制模块

路由器上 QoS 控制模块的组成结构如图 2 虚线框内所示, 包括 RSVPD、U-QoSA 以及 K-QoSA 三个部分. 路由器上的 RSVPD 与端主机上的 RSVPD 相类似, 它完成协议报文的处理和软状态的建立与维护, 并通过查询路由模块得到路由信息. QoSA 负责准入控制、策略控制、数据分类和调度, 在路由器中, 按与路由器操作系统的关系 QoSA 可被分为在用户态工作的部分 (称为 U-QoSA) 以及在核心态下工作的部分 (称为 K-QoSA). U-QoSA 将 RSVPD 建立起的以会话为索引的资源预约表转换为实际调度中使用的以网络接口号为索引的资源预约表, 并完成准入控制、策略控制的功能. K-QoSA 调用路由器操作系统核心功能完成实际流量控制功能. 由于路由器中 QoSA 的核心部分是准入控制和流量控制, 我们将在第 3 节进一步给出相应的控制算法.

在路由器的 QoSA 中预留了管理接口.

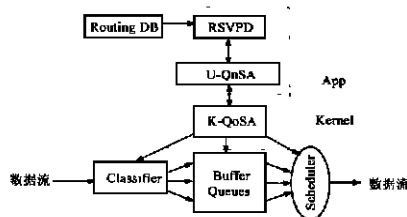


图2 路由器上的 QoS 控制模块

2.3 端到端的 QoS 控制协作过程

改善语音数据流的 QoS 工作分为两个阶段进行: 资源预约状态建立阶段和数据流控制阶段. 前一个阶段是通过端到端的准入控制完成的, 后一个阶段是通过流量控制机制完成的. 首先为语音流建立起一个传输层会话连接, 然后接收端发送 Resv 报文向由端系统与路由器中 QoS 控制模块构成的 QoS 控制系统提出服务请求, Resv 报文中携带流标识 (flow ID) 和 QoS 描述参数 (flowspec), QoS 控制系统在沿着传输会话连接路径上的每一个路由器上作准入控制, 直到在语音流经过的每一网络节点处都建立起相应的资源预约状态. 当资源预约状态建立起来后, QoS 控制系统将通知应用的发送端, 开始应用的数据传输阶段并同时预约状态的维护. 网络节点中的 QoS 控制模块首先根据分组中的信息流标识识别过滤—分类分组, 然后根据 QoS 参数对数据分组进行调度, 从而为应用提供适当的服务, 以保持其流特性. 当应用结束时, 应用关闭数据连接, 同时通知 QoS 控制系统拆除相对应的预约状态, 释放网络资源. 系统端到端的数据流与控制报文流参见图 3.

QoS 控制系统通过端到端的准入控制和流量控制改善 iPhone 系统的语音质量.

RSVP 流概念是从一端 (发送端) 主机的某个传输层服务访问点进入网络系统而后从另一端 (接收端) 主机的某个传输层服务访问点输出的应用信息分组的有序集合. 发送端主机的地址和端口号、接收端主机的地址和端口号与传输协议标识这五项参数值的组合是可以唯一的标识一个流. 即流是单向的. 因此要保证一次通话的双向 QoS, 两端的 iPhone 网关必

须分别为通话双方预约同样资源,以保证通话的双工特性.

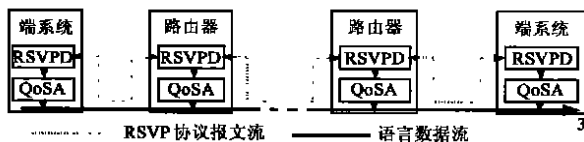


图3 QoS控制系统端到端示意图

3 准入控制与流量控制算法

如上所述,每个路由器上的准入控制与流量监控对改善语音流的QoS起着重要的作用.我们分别提出了控制 iPhone 系统的用户数目的准入控制算法和决定语音包的转发顺序流量控制算法.

在准入控制算法与流量控制算法中使用的参数如下:

网络接口带宽为 w (b/s), 虚拟调度周期为 f (b), 无 QoS 应用最小分配带宽为 w_u (b/s), 可用缓存空间大小为 z (byte), 已分配的网络接口带宽为 w_0 (b/s), 每个建立起预约状态的会话流的一致信誉流量为 C , 缓存空间大小为 B (byte). 每个请求预约的语音业务流的平均速率为 r (b/s) 和分组的最大突发长度为 b (bytes), 允许的丢失率为 l_0 . 其中 w 、 w_u 、 f 、 z 、 w_0 、 C 和 B 为系统核心资源表中主要参数, 而 r 、 b 和 l_0 是用户资源预约报文中 FLOWSPEC 对象的主要参数.

3.1 准入控制算法

准入控制是在资源预约状态的建立阶段进行的, 根据路由器和现有资源分配情况, 决定是否能够接收用户的 QoS 请求. 如果接收, 则建立分配相应的系统资源, 建立预约状态. 否则, 向进行请求的应用发出拒绝通知. 算法如下:

```
if (( $r + w_0 + w_u < w$ ) && ( $b * (1 - l_0) < z$ ))
{
```

准许建立呼叫, 在资源表中建立对于预约状态, 重新计算 w_0 ;

```
 $C = r * f / w$ ;
```

```
 $B = b * (1 - l_0)$ ;
```

```
 $z = z - B$ ;
```

```
}
```

```
else/
```

拒绝预约请求, 向接收端用户发送 ResvErr 消息;

```
}
```

上述的准入控制算法提供一种开环式的预防措施, 在网络资源不足的情况下拒绝连接新的语音流, 从而防止网络超载而影响语音质量. 显然, 用户可以通过调节相应的参数值而改变准入控制的范围.

3.2 流量控制算法

流量控制一方面监督接收到的语音流是否符合其流描述, 另一方面依据流描述, 控制语音流输出. 这部分与路由器操作系统调度紧密相连, 在核心态下实现. 流量控制的主要依据是下面式 (1):

$$\forall T \quad (0, +\infty), N \leq M + \min[r_0 T, rT + b - M] \quad (1)$$

在式 (1) 中, T 是流传输时间, r_0 与 r 分别是数据流的峰值速率和平均速率, b 是流最大突发长度, M 是最大报文长

度, N 是在时间 T 内发送的数据字节数. 当到达的数据包引起该式不成立时, 将此包视作不一致包处理.

实现采用虚拟时间片公平轮转调度算法进行流量控制. 在调度周期 f (b) 中, 建立资源预约状态的会话流的一致信誉流量为 C 和缓冲队列容量为 B , 而流当前流量为 C_{run} 和队列容量为 B_{run} , 并有 C_{delta} 和 B_{delta} 辅助变量表示在上一个调度周期中累积流量和缓冲队列. 当一个属于会话流且长度为 P_{len} 的数据包到达时:

```
if (( $C_{run} + P_{len}$ ) <= ( $C_{real} + C_{delta}$ ))
```

```
{
```

```
 $C_{run} = C_{run} + P_{len}$ ;
```

是一致数据包, 插入输出队列尾部;

```
} else if (( $B_{run} + P_{len}$ ) <= ( $B + B_{delta}$ ))
```

```
{
```

```
 $B_{run} = B_{run} + P_{len}$ ;
```

是一致数据包, 插入会话缓冲队列尾部;

```
}
```

```
else/
```

为不一致数据包;

```
}
```

在调度周期 f 结束时, 重新计算辅助变量:

```
 $C_{delta} = C - C_{run}$ ;
```

```
 $B_{delta} = B - B_{run}$ ;
```

我们的流量控制实际是包丢弃、包分类、包调度的策略混合. 在一个数据包到达路由器后, 首先判断其是否属于已建立预约状态会话的数据包 (包分类), 然后路由器根据上面的流量控制算法的结果决定丢弃 (不一致包) 还是转发 (一致包) 这个数据包; 最后公平对待各语音会话流的一致数据包, 将其按顺序重新排列在输出队列中一致语音数据包后非语音数据包之前. 操作系统的实际调度程序, 按输出队列依次输出分组.

4 实现系统

根据第 3 节中所述准入控制与流量控制算法, 我们已经在自行开发的高速路由器——SED-08B^[7]与基于 Windows95/NT 和 Solaris2.5 的端系统上开发实现了 iPhone 系统用 QoS 控制系统. 该 QoS 控制系统已成功的应用于国内的 iPhone 电话服务公司. 本文提出的 QoS 控制系统的 iPhone 系统的实际组网示意图见图 4.

在图 4 中, 曙光 1000 服务器、磁盘阵列和双工服务器共同组成 iPhone 系统的管理与计费服务器, 配置上 DM3 卡的多台 Compaq PII 233 PC 构成 iPhone 网关, 路由器 SED-08B 是 iPhone 系统的传输核心. 管理与计费服务器完成帐户管理 (帐户的增删、帐户金额的管理)、通话计费 (流量计费和通话时间计费) 以及部分站点管理 (远程站点状态查询、远程站点操作和站点信息更新等) 功能. iPhone 网关的主要完成通话状态总控 (对端 QoS 控制模块、网络传输控制模块和计费管理模块进行调用)、通用 DM3 卡实现对用户拨入和挂机等状态的检测、声音压缩打包、对用户进行服务引导等功能. SED-08B 路由器完成路由选择和按资源预约状态进行数据传输的功能. iPhone

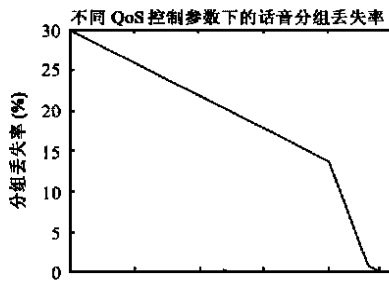


图 6

(1) 在同等网络条件下,在 iPhone 系统中增加了 QoS 控制后,准入控制由语音流的平均速率决定,接入的通话路数增多;

(2) 在有其它数据业务干扰的情况下,已进行资源预约的语音数据流的各项参数得到了很好的保证;

另外,RSVP 协议分组属“best-effort”数据,故增加 QoS 系统的实际带宽损耗不大。

6 结论

在一个统一的网络平台上提供所有业务是网络发展的大势所趋。近几年,在通信领域,数据业务的增长迅速,数据业务的总量有超过传统的语音业务的趋势,承载数据业务的因特网成为发展最快的网络设施。在 IP 协议下互连的因特网还有效率高、灵活性等优点,所以我们希望这个统一的网络平台是在 IP 协议下互联的因特网。因此我们研究在 IP 网中语音业务的传输,希望这是将“数字”会聚在因特网上的第一步。

参考文献:

- [1] R. Braden, D. Clark, S. Shenker. Integrated services in the internet architecture: an overview [DB/OL]. Internet RFC1633, June 1994.

- [2] K. Nichols, S. Blake, F. Baker, D. Black. Definition of the differentiated services field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 headers [DB/OL]. Internet RFC 2474, December 1998.
- [3] D. Black, S. Blake, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss. An architecture for differentiated services [DB/OL]. Internet RFC 2475, December 1998.
- [4] CHEN Hua, ZHANG Yao-xue, CHEN Kang-fu. Multimedia Quality-of-Service (QoS) classification and negotiation management [J]. Chinese Journal of Electronics, 1998, 7(1): 44 - 48.
- [5] R. Braden, Ed., L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin. Resource ReSerVation Protocol (RSVP)-version 1 functional specification [DB/OL]. Internet RFC2205, September 1997.
- [6] 陈桦. 高速信息网络端到端服务质量控制的研究 [D]. 博士论文, 1999, 3.
- [7] 清华大学计算机系. 高速计算机网络环境平台技术文档汇编 [R]. 1998, 6.

作者简介:



邵 巍 1972 年出生, 1995 年于大连理工大学计算机系获学士学位, 1998 年于北方交通大学计算机系获硕士学位, 1998 年 3 月至今在清华大学计算机系攻读博士学位。主要研究领域为高速路由器、因特网中端到端的服务质量控制、路由算法等。

张尧学 1956 年出生, 工学博士, 清华大学计算机系教授, 博士生导师。主要研究方向为计算机网络路由器、网络协议工程、网络服务质量和网络操作系统等。