

# QoS 可控的网络可视电话设计与实现

张 军, 张德运

(西安交通大学电子与信息工程学院, 西安 710049)

**摘要:** 设计并实现了基于 USB 接口的低成本网络可视电话系统, 描述了其内嵌的 QoS 控制机制。基于区分服务体系, 对 IP 数据包的 ToS 字段进行不同的编码设置, 以区别服务的优先级; 采用双向链表结构的抖动缓冲区进行延时抖动的平滑, 链表的节点位数据帧或空闲帧, 二者可动态切换, 输入线程和输出线程互斥地对其进行读写操作。实验证明, 在多数应用场合下, 系统的通信延时小于 30ms, 丢包率低于 10%。

**关键词:** 区分服务; 抖动缓冲区; 双向链表; H.323 协议

## Design and Realization of Internet Video Phone with QoS Guarantee

ZHANG Jun, ZHANG Deyun

(School of Electronics and Information Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049)

**【Abstract】** This paper presents the design and implementation of an Internet video phone system based on ITU-T H.323. It is a USB-based low-cost Internet communication terminal system. Its QoS guarantee mechanism is also presented. By filling the ToS field of each data packet with different code, it classifies different services' priorities. The paper designs a doubly linked list jitter buffer to smooth the delay variation. The nodes in the list are data frames and free frames that can dynamically transform each other. An input and a play thread access the list exclusively. A series of tests show that the average delay is less than 30ms and the loss rate is below 10%.

**【Key words】** Differentiated services; Jitter buffer; Doubly linked list; H.323 protocol

目前, 实时多媒体业务日益成为网络经济新的增长点, 三网融合已经是大势所趋。目前市场上已经有可视 IP 电话出现, 但要么是采用纯软件, 音视频质量难以保证; 要么是采用独立设备直接连接到 Internet 的形式, 虽然使用方便, 但是成本过高, 且要占用一个单独的网络接口。

因此, 我们设计了“USB 接口 Internet 可视电话”(UIVP)系统: 话机设备上只保留音频、视频采集和编解码功能, 而将网络传输和视频显示交由计算机完成, 二者通过 USB 接口相连。此种结构的优点在于: 相对于独立连接到 Internet 的话机, UIVP 的硬件结构更简化, 大大降低了成本, 不需要占用单独的网络接口资源, 无须外接电源 (USB 供电); 相对于纯软件的 IP 电话, UIVP 提供了统一的音视频采集和编码方法, 通话质量容易保证, 且话机可以动态插拔, 使用方法与普通电话完全一致, 有较强的易用性。

### 1 系统设计

UIVP 系统的逻辑结构如图 1 所示。右侧虚线框内是话机的硬件逻辑结构, 微控制器采用华邦公司的 W77E58P-40, 这是一个时钟周期为 40M Hz 的 8 位 MCS-51 系列兼容微控制器, 它通过数据总线与 USB 接口芯片 (飞利浦公司的 PDIUSB12)、液晶显示模块、键盘和语音编解码芯片 (华邦公司的 W681310) 进行交互, 控制语音数据的采样、传输和播放。而视频采集则采用基于中星微公司 ZC0301Plus 视频主控芯片的 USB 视频采集模块。音频信号和视频信号经 Alcor Micro 公司的 USB 集线器芯片 AU9254 汇集, 通过一个 USB 接口连接至计算机。图 1 的左侧虚线框内是计算机上驻留的软件, 包括话机设备驱动程序和 H.323 协议栈<sup>[1]</sup>, 负责音视频数据的处理、网络传输和视频显示等功能。同时, 还内嵌了 QoS

保证机制, 用以确保通话质量(将在第 2 节详述)。

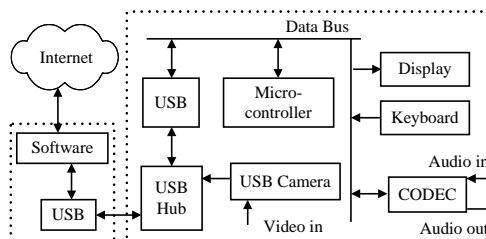


图 1 系统原理

计算机上的驻留软件与话机设备之间的交互由一系列信令进行控制, 主要的信令定义和功能列于表 1 中。

表 1 UIVP 系统软件与话机设备交互信令

方向	信令	功能描述
话机设备至主机端软件	R_PICKUP	本端摘机请求
	R_HANGUP	本端挂机请求
	R_REJECT	被叫端拒接
	R_REQUEST	主叫请求, 含 1-16 位的电话号码
	R_REDIAL	主叫重播
主机端软件至话机设备	A_REDIAL	重播应答, 含 1-16 位的电话号码
	A_RINGING	对方振铃提示, 表示被叫端振铃
	A_REJECT	对方拒接提示, 表示被叫端拒接
	A_SPEAKING	对方通话提示, 表示被叫端接听
	A_RQWRONG	请求拨叫的号码错误
	A_BUSY	对方忙提示
	A_REQUEST	被叫提示, 表示有电话呼入
A_HANGUP	对方挂机提示, 表示对方已挂机	

**基金项目:** 国家“863”计划基金资助项目 (2003AA148010)

**作者简介:** 张 军 (1977—), 男, 博士生, 主研方向: 网络管理和网络多媒体 QoS; 张德运, 教授、博导

**收稿日期:** 2006-03-01 **E-mail:** zhangjun@xanet.edu.com

话机设备通过请求信令（以“R\_”开头）将用户的操作信息传达给驻留软件，软件做出相应的动作；而软件将动作后的结果或状态信息通过应答信令（以“A\_”开头）返回给话机设备，话机将这些信息显示在液晶显示模块上，以使用户作出判断。

## 2 系统 QoS 保证机制

由于 H.323 协议族本身并不具有 QoS 控制机制，而语音和视频通信的实时性和交互性对网络带宽、延迟抖动和丢包率等又有较严格的要求，因此必须在应用层为通信过程提供 QoS 保证。在 UIVP 系统中，QoS 保证机制内嵌在主机端驻留的软件中。

### 2.1 语音分组的服务优先控制

IP 优先级服务利用 IPv4 协议分组头 ToS 域中的 3 个最高有效位来标识该分组的优先级别，另外的 4 位为服务类型，最低有效位没有使用。当前在 Internet 中，大部分的路由设备并不对 ToS 域进行处理，即在缺省状态下，路由器不解释或修改这些优先级别和 ToS 服务类型，但现有网络中大部分的路由器都支持 PQ/CQ (Priority Queue/Class Queue) 排队策略、WFQ (Weighted Fair Queue) 和 WRED (Weighted Random Early Detection) 调度算法，比如 Cisco 的 1600 到 7500 系列路由器都对上述策略和算法提供支持。在对这些路由器进行设置后，将自动实现基于优先级的分组调度策略，因此只要在语音分组的 ToS 域中设置不同的优先级就可以对终端语音通信提供不同的 QoS。为了与区分服务模型 (DS)<sup>[2]</sup> 相兼容，ToS 域中优先级的编码应该和 DS 模型中的编码格式尽量一致，DS 将 IPv4 分组头中的 ToS 字段的前 6 位作为 DSCP，DSCP 载有服务需求信息，并定义了 3 种服务类型：尽力而为、确保转发和快速转发方式，其对应的 DSCP 编码方式如表 2 所示。

表 2 DSCP 编码方案

确保转发				快速转发	尽力而为
Class1	Class2	Class3	Class4		
001010	010010	011010	100010	101110	000000
001100	010100	011100	100100		
001110	010110	011110	100110		

在系统的实现中直接将终端用户的优先级映射为 DSCP 的编码，这样，既能够在现有网络环境下实现基于优先级的一般路由器的 QoS 控制，又可以与已实现 DS 功能的路由器相兼容，易于升级到将来的区分服务 QoS 控制模型。

### 2.2 自适应抖动缓冲区

语音和视频分组在经过网络传输后，会出现时延变化、乱序、丢失、分组到达太晚等问题，为了降低这些问题对 QoS 的影响，几乎所有的音视频通信系统都采用了播出缓冲，又称为抖动缓冲。现有的一些通信系统采用固定大小的缓冲区，不能够很好地解决上述问题。我们设计了自适应抖动缓冲区机制，缓冲区采用双向链表结构，如图 2 所示<sup>[3]</sup>，该双向链表实际上由数据链表 DL 和空闲链表 FL 组成，链表总长度一定，但 DL 和 FL 之间在输入线程和输出线程控制时可自动切换，另外还有一个结点 lastFrame 用来保存刚刚写到设备去的那一帧，以便能够进行简单的“重复前帧”丢包恢复。图 2 中，readFrame 和 writeFrame 指向当前要从网络上读取的帧和要播放到设备的帧，oldestFrame 和 newestFrame 分别指向 DL 的头结点和尾结点，freeFrame 指向 FL 的头结点。我们称常规情况下分组在缓冲区内缓冲的深度(时间)为标称缓冲深度(时间)，其可能的最大值对应整个链表的长度，初始值可由

用户配置的最大和最小缓冲时间计算得到。

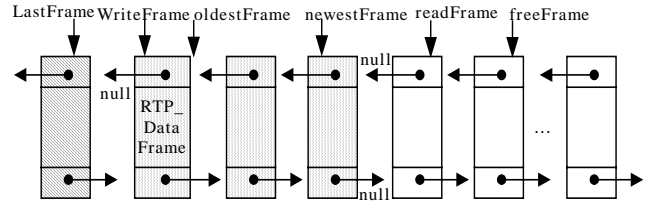


图 2 抖动缓冲区结构

输入和输出线程对缓冲区的操作和控制如图 3 所示，左侧流程为输入线程，负责将从网络上接收的数据放入缓冲区，右侧流程为输出线程，负责将缓冲区中的媒体数据播放出来。在这里，缓冲区是一个临界区，输入和输出线程互斥地对其进行读写操作。

对于图 3 中一些操作的判别条件说明如下 ( $TS_o$ 、 $TS_n$ 、 $TS_c$ 、 $TS_l$ 、 $GT$ 、 $N_o$ 、 $N_l$  依次分别为 oldestFrame 时戳、newestFrame 时戳、当前播放时戳、lastFrame 时戳、标称缓冲时间、oldestFrame 序号、lastFrame 序号)：

- (1) 将帧插入到 DL 之前，先比较帧的 RTP 时戳来决定其插入位置，使用链表结构和时戳就能很容易地进行乱序处理。
- (2) 开始预缓存判别条件：前一次读取时 DL 为空，且  $TS_n - TS_o < GT/2$ ， $GT/2$  为预缓存深度。
- (3) 等待一帧判别条件： $TS_c < TS_o$ ， $TS_n - TS_c < GT$ 。前一条件说明最老的帧也不到播放的时候，后一条件说明还允许继续缓冲。
- (4) 分组到达太晚判别条件： $TS_o - TS_l - TS_n - TS_o > GT$ 。前一条件说明比其更新的分组已经播放，后一条件是指突发到达很多分组的情况，播出线程必须丢弃一些最老的分组以赶上网络的速度。
- (5) 丢包判别条件：根据播放时戳判断到了播放时刻，此时 oldestFrame 不满足分组到达太晚条件，且  $N_o - N_l > 1$ 。若存在丢包，则应进行丢包恢复，本文中采用最简单的重复前帧的方法，也就是播放 lastFrame 的内容。

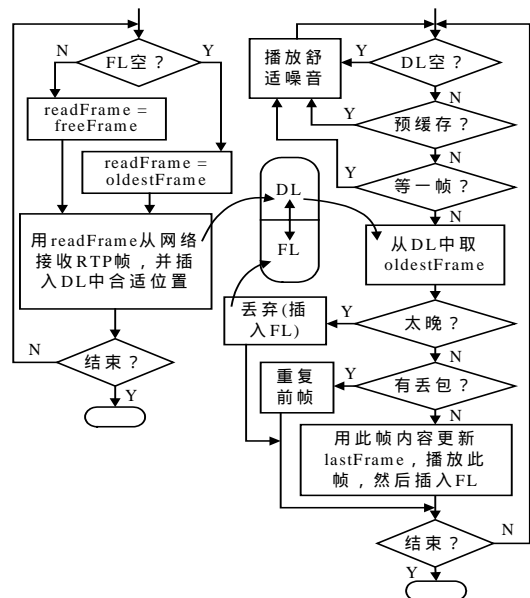


图 3 抖动缓冲区控制

## 3 实验结果

我们以西安交通大学一台接有 UIVP 系统的主机 (IP 地址为 202.117.49.246) 为一端进行音视频通信实验，通信的终端为分布在西北地区的若干 UIVP 系统，以及固定电话和移

(下转第 276 页)