

RTP 协议在嵌入式网络摄像机中的设计及实现

操龙敏, 蒋建国, 齐美彬

(合肥工业大学 计算机与信息学院, 安徽 合肥 230009)

摘 要:提出了一种基于硬压缩的嵌入式网络摄像机的设计与实现,介绍了系统框架结构和软件设计。其中,主控芯片采用三星公司的 S3C2510A,负责系统的控制和任务调度管理;MPEG4 硬压缩芯片采用 WIS 公司的 GO7007SB,负责音视频编码。分析研究了实时传输协议 RTP 及其控制协议 RTCP,构建一种嵌入式 μ Clinux 平台下基于 RTP/RTCP 协议的采集传输系统,能够实时采集音视频数据、编码并通过网络传输。同时,通过加性增加乘性减少的方法进行流量控制。该设计与实现方案目前已应用到视频监控系统中,完全满足系统的需求。

关键词:硬压缩;网络摄像机;RTP;RTCP;流量控制

中图分类号:TP393

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)03-0214-03

Design and Implementation of RTP Protocol in Embedded Network Camera

CAO Long-min, JIANG Jian-guo, QI Mei-bin

(School of Computer and Information, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: The design and implementation of a hardware-compressed based embedded network camera are presented. Also the system structure and software design are introduced. With Samsung's microprocessor S3C2510A as its MPU and WIS's GO7007SB as its hardware compressed chip of MPEG4 are adopted. The real-time transport protocol (RTP) and the real-time transport control protocol (RTCP) are used to transmit the compressed audio/video stream in real-time on network. The algorithm of AIMD (additive increase multiplicative decrease) is used to control its flow. This solution has been already adopted in the video monitor system and it meets the requirements of system.

Key words: hardware compressed; embedded network camera; RTP; RTCP; flow control

0 引言

随着 Internet 和多媒体技术的飞速发展,网络视频的实时传输成为网络应用的热点之一。实时传输要求较低的时延和较小的丢包率,而 TCP 的重发机制带来较大的时延,UDP 本身不提供任何的 QoS 保证,因此选用实时传输协议 (RTP) 和实时传输控制协议 (RTCP) 配合使用提供数据的实时传输和 QoS 服务,以满足网络音视频数据实时传输的时延和丢包要求。

1 系统框架

本系统通过 CCD 采集现场的视频信息,经由 SAA7113 译码器将模拟信号转换为数字信号后,交给

MPEG4 压缩芯片 GO7007SB 进行压缩;通过麦克风音频接口采集现场的音频信息后,进行 PCM 编码。将压缩后的视频流和音频流通过 HPI 接口传送给 ARM (S3C2510A)^[1],然后进行不同的封装,放到网络接口层通过局域网或 Internet 使用 RTP/RTCP 协议传送给本地或远程客户端。同时,网络摄像机接收系统或用户的控制,接收编码图像的各种参数^[2],如图像分辨率、帧率、亮度、对比度等,及云台控制信息,交由嵌入式系统软件进行命令解析并发出相应的处理命令,来控制现场的摄像机图像采集及云台的各种动作如图 1 所示。

2 RTP/RTCP 概述

实时传输协议 RTP (Real-time Transport Protocol) 是 IETF (Internet Engineering Task Force) 为了网络实时传输服务而提供的数据实时传输的标准,在 RFC3550 中的定义是,一种提供点对点或点对多点传

收稿日期:2007-06-22

作者简介:操龙敏(1984-),女,硕士研究生,研究方向为 DSP 技术及应用;蒋建国,教授,博士生导师,主要研究方向为分布式智能视觉系统;齐美彬,副教授,研究方向为数字图像处理与 DSP 技术应用。

输服务的实时传输协议^[3]。RTP的设计目的是使接收方能根据实时数据中的时间戳信息进行精确回放以及通过序列号进行顺序恢复。接收方通过检测收到的RTP分组的序列号来判断是否有分组丢失,并可重新恢复发送时的分组顺序;通过提取RTP分组的时间戳字段可重新建立原始音频、视频的时序,确定数据到达时间的一致性 or 变化;通过同步源标识符(SSRC)字段,接收方可为RTP包分组。RTP包含了传输媒体的类型、格式、序列号、时间戳以及是否有附加数据等信息^[3],这些为实时的流媒体传输提供了相应的基础。

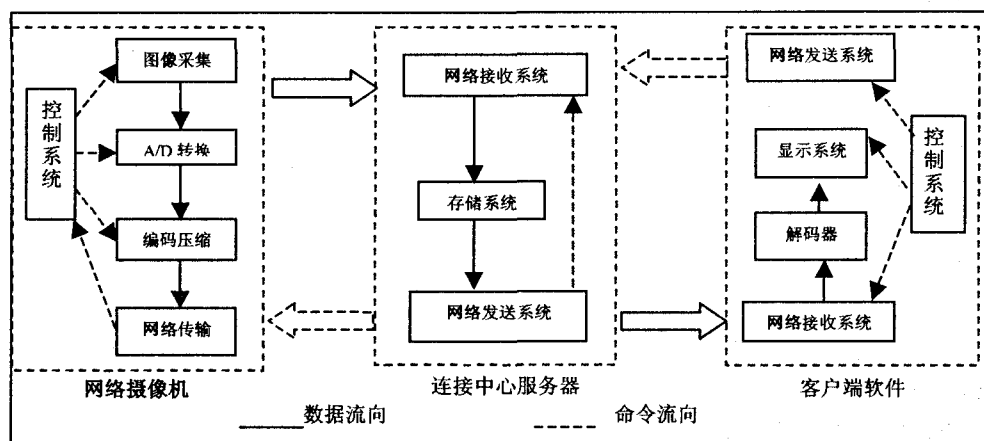


图1 视频监控系统结构示意图

RTP数据分组都由一个头部和一个有效数据(Payload)部分组成,其头部的前12个字节是固定的,有效数据可以是音频或视频数据。数据传输时,采用RTP协议将实时流媒体数据分组封装成RTP数据包,然后发送到RTP端口交给下层协议处理;而相应的统计控制信息则打包成RTCP包,发送到RTCP端口再交由下层协议处理。在UDP层,数据与控制信息分流到相应端口。RTP协议没有规定数据的最大长度,其载荷的最大长度取决于下层协议。图2是RTP数据的封装格式^[4]。

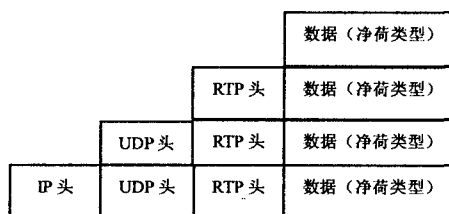


图2 RTP数据的封装

RTP协议的目的是提供实时数据的端到端传输服务,因此在RTP中没有连接的概念,它可以建立在底层的面向连接或面向非连接的传输协议之上;RTP也不依赖于特别的网络地址格式,而仅仅只需要底层传输协议支持组帧(Framing)和分段(Segmentation)就足够了;另外RTP本身还不提供任何可靠性机制,这

些都要由传输协议或者应用程序自己来保证。在典型的应用场合下,RTP一般是在传输协议之上作为应用程序的一部分加以实现的。RTP在UDP的上层,从应用层接收多媒体信息码流,组装成RTP数据包,然后发送给下层UDP,提供同步和排序服务。当应用程序开始一个RTP会话过程时,它将使用两个端口:一个给RTP,一个给RTCP^[5]。

实时传输控制协议RTCP(Real-time Transport Control Protocol)为RTP提供传输控制功能。在RTP会话期间,各会话参与者定期发送RTCP包反馈统计

信息,如发包数、丢包数、时延等,发送端根据RTCP信息动态调整发送参数和服务质量。RTP和RTCP配合使用,提供数据实时传输和QoS服务来满足网络音视频数据实时传输的时延和丢包要求。常用的RTCP包有5类:

- ①SR:源报告包,用于发送和接收活动源的统计信息;
- ②RR:接收者报告包,用于接收非活动站的统计信息;
- ③SEDS:源描述包,用于报告和站点相关的信息;
- ④BYE:站点离开系统报告包;
- ⑤APP:特殊应用包^[6]。

3 系统设计和传输的实现

系统启动后,引导程序ARMBOOT先初始化硬件,然后把 μ Clinux内核装入RAM。在 μ Clinux完成内核初始化之后,由init(void*)内核线程调用/bin/init,然后执行/etc/rc脚本中的命令。利用这个脚本完成系统上电后的自动配置。然后依次运行系统主控程序、音视频编码模块、网络发送程序。音视频编码模块中创建三个内核线程:编码驱动任务、视频监控任务、音视频同步任务。

视频数据在发送时按顺序被封装上RTP报头、UDP报头以及IP报头,然后将封装好的IP数据报通过Internet发送给接收端^[4]。接收端按照相反的顺序将各数据报头取出来,重构视频帧进行解码回放。接收端利用QoS反馈控制分析接收数据报的时延、丢包率等信息,由此判断网络拥塞状况,根据这些信息周期性地向发送端返回RTCP控制包,发送端对输出速率

作自适应控制如图 3 所示。

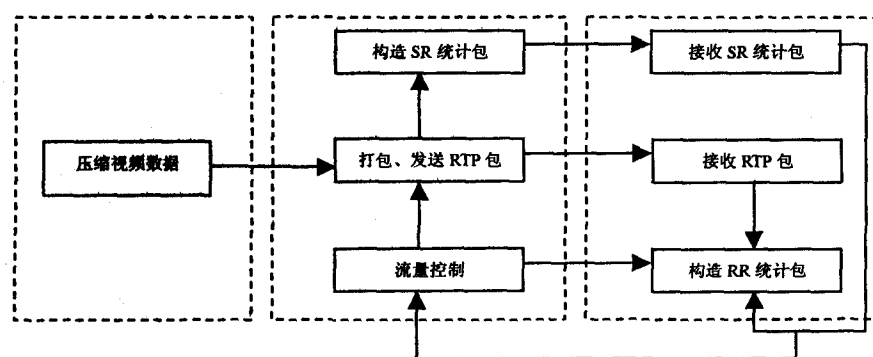


图 3 数据传输模型

宽。本系统采用基于丢包率的拥塞控制。

丢包率 p 等于丢失的包数 / 实际发送的包数, 实际发送的包数通过 RTP 包头的序列号字段计算, 丢失的包数等于实际发送的包数减去实际接收的包数。实际接收的包数通过接收端设置计数器统计。设置丢包率阈值 P , 当 $p < P$ 时, 网络状况良好, 提高数据传输速率; 当 $p > P$ 时, 降低传输速率。

3.1 RTP 协议的设计

基于 IP/UDP 的 RTP 协议设计服务器端有 5 个进程: UDP 发送进程、UDP 接收进程、RTP 封包进程、RTCP 封包进程、RTCP 解包进程。根据协议规定, UDP 使用一个偶数端口来发送 RTP 数据包(如 6000 端口), 使用下一个奇数端口来发送 RTCP 控制包(如 6001 端口)。

①UDP 发送进程: 主要完成对 RTP 数据包和 RTCP 控制包的 UDP 封包和发送。

②UDP 接收进程: 主要完成 RTP 参数命令包和 RTCP 控制包的接收。

③RTP 封包进程: 在视频流前加上 RTP 数据包头封装成 RTP 数据包, 提交给 UDP 发送进程。

④RTCP 封包进程: 根据 RTCP 包发送间隔算法周期性地从会话信息数据库中获得该间隔时间内的传输质量参数, 即 RTCP 包各字段的值, 组成 RTCP 控制包并发送。主要发送 SR 包、SDES 包和 BYE 包。

⑤RTCP 解包进程: 接收 RTCP 控制包并解包, 获得相关传输质量参数, 即 RTCP 包各字段的值来更新会话信息数据库。RTCP 解包进程主要接收 RR 包、SDES 包和 BYE 包。

会话信息数据库: 包含了一个参与会话成员所得到的所有信息, 包括在该成员参与会话中所有成员的标识, 会话中的数据传输质量以及为了进行会话而加入的额外控制信息。

反馈控制进程: 根据会话信息数据库提供的数据传输质量状况对编码器的编码速率进行实时控制和调整^[2], 以保证有最好的 QoS。

图 4 是 RTP 协议的实现方案。

3.2 流量控制

系统采用类 TCP 的拥塞控制方法, 根据网络的拥塞情况, 进行流量控制。判断网络拥塞的主要参数有丢包率和时延, 通过统计信息包 SR 和 RR 求得。基于时延的拥塞控制, 在与 TCP 竞争时会丢失一部分带

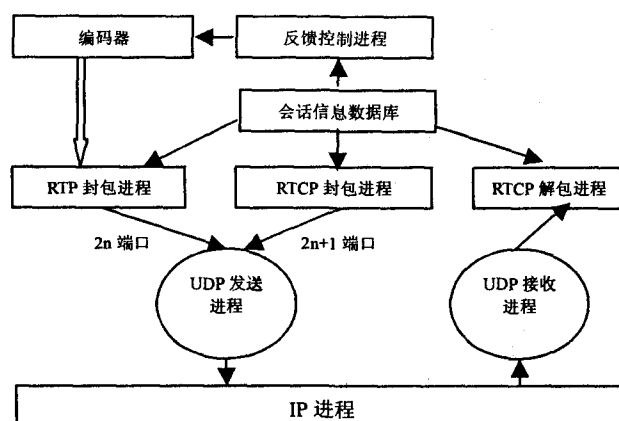


图 4 RTP 协议实现方案

根据反馈信息进行流速控制, 采用加性增加乘性减少的方法调整服务器端的发送速率。发送端首先发送 RTP 数据包, 当前的发送速率 CurrentRate 等于初始化速率 InitRate , 发送端每发送 N 个包向接收端发送 SR 报告包; 接收端接收 RTP 包后周期性地对数据包统计, 将统计的丢包率打包进 RR 包中发送给发送端^[3]; 发送端根据 RR 包中的丢包率判断网络状态, 从而调整发送速率。

当 $p \leq P$ 时, $\text{CurrentRate} = \min((\text{CurrentRate} + a), \text{maxRate})$;

当 $p > P$ 时, $\text{CurrentRate} = \max((\text{CurrentRate} * b), \text{minRate})$ 。

其中, a, b 是算法的两个参数。maxRate 是网络带宽所能承受的最大发送速率, minRate 是用户能接受的最小发送速率。

4 结束语

在研究实时传输协议 RTP 及其控制协议 RTCP 的基础上, 提出了一种在嵌入式 μClinux 平台下采用 RTP/RTCP 协议实时传输音视频流的嵌入式网络摄像机实现方案, 提供了 QoS 保证。本方案已应用在视

(下转第 220 页)

则交给 IP 处理单元, IP 协议的分析得到协议版本号、服务类型、源和目的 IP 地址等。否则, 按照未知(Unknown)协议处理。在网络层数据包解码过程中, 若在 wlan 层判断上层协议为 IP 数据报, 先分离出 IP 首部, 再根据其协议字段值判断属于 ICMP, IGMP, IGP, EGP, TCP 及 UDP 协议中的哪种, 并交付给相应的处理单元, 若以上几种都不是, 直接按照 IP 数据包进行解码。在传输层数据包解码过程中, 先根据传输层协议 TCP、UDP 的首部格式进行分离处理, 再根据端口号(如, FTP: 21, SMTP: 25, HTTP: 80 等)分析判断出应属于应用层的哪种协议, 并将其交付给相应的处理函数。在应用层不仅可以按照相应的端口号判断应用层协议的类型, 还可以根据应用层数据的内容和格式等特征信息进行应用协议类型的判断。在应用层数据包解码过程中, 按照应用数据的协议格式和通信规范进行解码。

解码流程如图 4 所示。当捕获到符合条件的数据包时, 便调用包处理模块进行处理。包处理模块根据数据包的格式从中分用数据帧部分, 抽去报头部分并分析报文内容再交给上层包处理模块, 整个解码过程从数据链路层到应用层分层进行解码。

3 结束语

在 Linux 环境下实现了一种 wlan 协议解析器。经测试, 可以捕获有效范围内的 wlan 数据包并能够对网络中的 TCP/IP 协议簇中的主要协议进行解析, 在

参考文献:

- [1] 黎连业. 无线网络及其应用技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [2] ANSI/IEEE 802. 11, 1999 Edition. WireLess LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specification[S]. USA: IEEE-SA. Standard Board, 1999.
- [3] IEEE Std 802. 11b - 1999. Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band

(上接第 216 页)

频监控系统中, 有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] Samsung Electronics Co. Ltd. S3C2510A 32 - Bit RISC Microprocessor User's Manual[S]. Korea: Samsung Electronics Co. Ltd, 2003.
- [2] WIS Technologies Inc. GO7007SB MPEG Encoder User's Manual[S]. [s. l.]: WIS Technologied Inc, 2004.

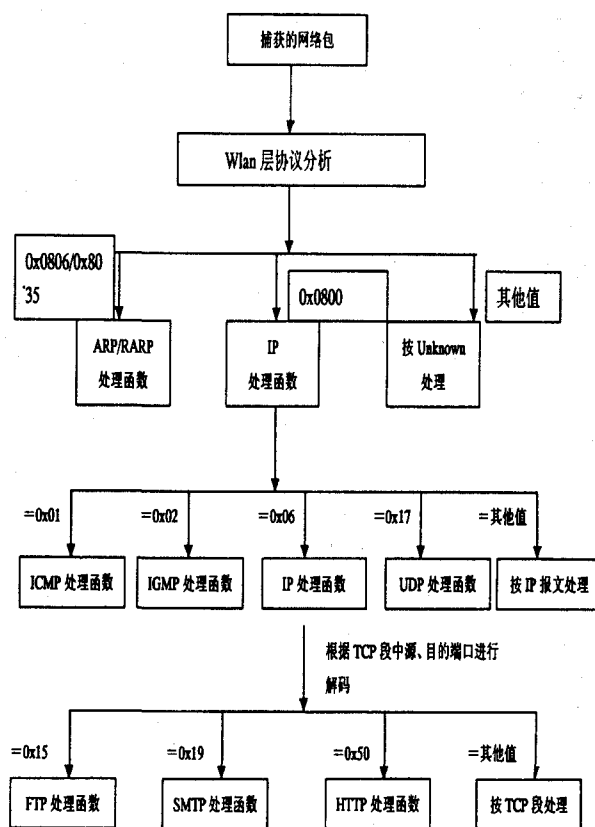


图 4 上层 TCP/IP 协议解码流程图

网络流量较大的情况下, 还无法保障数据包不丢失。为了尽可能地减少数据包的丢失, 考虑采取以下两种措施: 一是选用合适的缓冲区管理方法, 采用多线程使接收过程与处理过程并行进行; 二是可使用物理办法在多个机器上同时进行监控。

[S]. [s. l.]: [s. n.], 1999.

- [4] 刘文涛. 网络安全开发包详解[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005: 21 - 24.
- [5] IEEE Standard for Information technology - telecommunications and Information Exchange Between Systems - local and Metropolitan Networks - Specific Requirements - Part 11: Wireless LAN MAC and PHY Specifications: Higher Speed PHY Extension in the 2.4 GHz Band[S]. [s. l.]: WildPackets. Inc, 2001.

- [3] RFC3550. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications[S]. [s. l.]: [s. n.], 2003.
- [4] 裘英, 王库. 基于 RTP 协议的网络视频监控系统的实现[J]. 微计算机应用, 2006(7): 436 - 439.
- [5] 景慧燕, 唐存琛, 马玉利. 基于 RTP 的 MPEG-4 视频监控系统的实现[J]. 计算机工程与设计, 2006(4): 1439 - 1441.
- [6] 赵臣兵, 刘立柱. 基于 RTP 协议的实时采集与传输的研究[J]. 微计算机信息, 2006(6): 124 - 126.