

基于 JRTPLIB 库的 H.264 视频传输系统^①

孙克辉, 尧平, 洪娟娟, 喻炜

(中南大学 物理科学与技术学院, 长沙 410083)

摘要: 为了满足远程监控中视频信号的实时传输, 设计了一种基于 JRTPLIB 库的视频传输方案。详细分析了 JRTPLIB 库的使用方法以及 H.264 视频结构, 并就视频打包方式进行了深入的研究。最后, 针对网络的不稳定性以及随时可能出现的拥塞情况, 提出了一种流量控制方法。测试结果表明, 该系统满足了视频传输的实时性、稳定性以及丢包率低等要求。

关键词: 视频传输; JRTPLIB; H.264; 远程监控; 流量控制

H.264 Video Transmission System Based on JRTPLIB

SUN Ke-Hui, YAO Ping, HONG Juan-Juan, YU Wei

(School of Physics Science and Technology, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: To realize the video transmission in a remote monitoring system, a new video transmission solution was designed. The JRTPLIB and H.264 video structure were analyzed in detail, and the video packet method was also discussed in depth. Finally, to overcome the disadvantages brought by unstability and congestion of network, a new method for flow control was put forward. The test results show the system works well with the feature of real-time, good stability and low packet loss.

Key words: video transmission; JRTPLIB; H.264; remote monitoring; flow control

随着因特网和通信技术的发展, 人们对数字视频的要求也越来越高, 特别是对于风靡全球的视频点播以及直播业务, 以及远程实时监控等领域, 其视频画面实时性、清晰度以及流畅性都受到了严峻的挑战, 而视频压缩和传输技术是影响其发展的关键因素。近年来, 视频压缩技术不断更新, 国际组织 ITU-T 和 ISO/IEC 提出了一系列的标准^[1], 主要分为 H.系列和 MPEG 系列。版本越新, 其压缩比越高, 错误率越低。最新的标准为 H.264^[2,3], 或者 MPEG-4 Part 10, 其编码效率远高于之前的标准。针对 H.264 标准的出现, H.264 视频传输技术也需要做出改进。国际组织制定了专门用于该标准的视频传输 RTP 载荷格式设计文档 RFC3984^[4], 而 JRTPLIB^[5] 库的出现简化了视频数据的 RTP 传输设计。本文正是基于 RFC3984 和 JRTPLIB 库对 H.264 视频传输系

统进行了详细的设计, 其中, 分析了 H.264 视频 RTP 载荷格式及其打包方式^[6], RTP 传输以及 RTCP^[7] 控制设计由 JRTPLIB 库实现, 并由此设计了一种流量控制方法。

1 系统总体结构

H.264 视频传输系统的总体结构如图 1 所示。前期过程完成视频采集和 H.264 压缩, 摄像头采集一帧视频以后, 对其进行 H.264 编码压缩; 中期过程为视频传输的核心部分, 主要完成三个任务, 即对编码压缩后的视频进行 RTP 打包、传输以及流量控制; 后期过程接收 H.264 视频流, 并对其进行解码, 播放。同时根据接收到的 RTP 包通过 RTCP 协议向服务器端发送反馈信息, 服务器再进行流量控制。

① 基金项目: 国家大学生创新性实验计划(LA09034)

收稿时间: 2011-04-12; 收到修改稿时间: 2011-05-01

2 视频打包设计

原始的 H.264 视频编码数据，不能直接用于网络传输，容易造成丢包及传输错误，需要对其进行封装。视频数据的整个打包封装过程如图 2 所示。其中，在实时性要求较高的应用场合，RTP 通常使用 UDP 进行数据传输，但也可以使用 TCP 等其它协议。

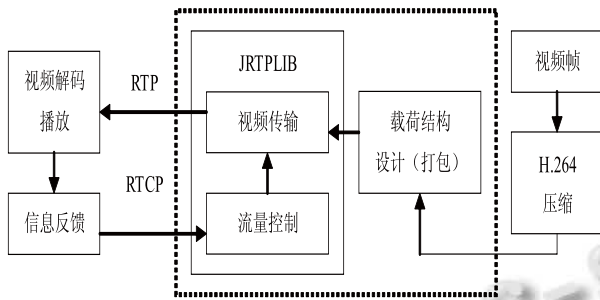


图 1 视频传输系统总体结构

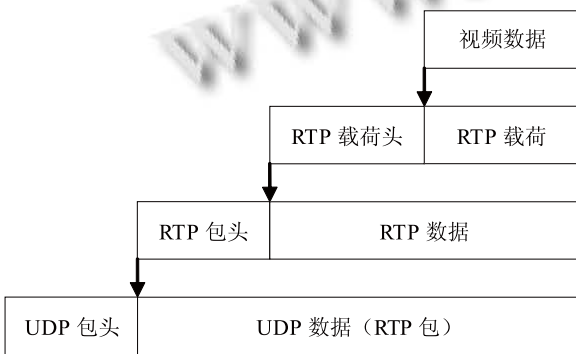


图 2 原始压缩数据打包过程

2.1 H.264/AVC 结构框架

H.264 标准中定义了两个层次，分为视频编码层 (VLC) 和网络抽象层 (NAL)。VLC 层主要负责高效的视频压缩功能，并尽可能的不依赖于任何网络特性。NAL 层主要为数据的打包和传送提供适当的接口。因此，对于视频传输，主要关心的是 NAL 层结构和特性。在 H.264/AVC 中，定义了两种 NAL 单元结构，一种是基于数据包的传输系统，一种是基于比特的传输系统。后者实现过程较为复杂，本文讨论的是基于数据包的传输过程。

2.2 RTP 载荷打包方案设计

RTP 载荷常用的打包方式有三种：单 NAL 单元方式，非交错方式以及交错方式。各种方式有其允许的 NAL 单元类型，常用的类型有单个 NAL 单元包 (NAL unit)，聚合包 (STAP-A, STAP-B, MTAP)，分片单

元 (FU-A, FU-B) 等。其中，NAL unit 包中必须包含一个完整的编码后的 NAL 单元，聚合包中包含一个或多个 NAL 单元，而分片单元 Fus 允许将一个 NAL 单元分片到几个 RTP 包中。根据 TI 提供的 H.264 压缩算法及其压缩后的 NAL 单元数据特点，本文采用 NAL unit 和 FU-A 两种包类型。其对应的 RTP 载荷格式主要是头部不同，描述如下。

NAL unit

头部为一个字节，三个标志的含义如下。

F: 1 bit, 0 表示 NAL 单元类型的八位组和载荷不允许包含比特错误或其它语法错误，1 则相反。H.264 规范要求该位为 0;

NRI: 2 bits, 与编码后的网络抽象层 NAL 单元中的 NAL 单元类型字节里 NRI 值保持一致。

Type: 5 bits, H.264 规范定义其取值范围为 1~23。在该类型包设计时取值同上，即与 NAL 单元类型字节里 nal_unit_type 相同。

程序设计时该字节与 NAL 单元第一字节设置为相同即可，对于编码后的 NAL 单元，第一字节即是 NAL 单元类型字节。

FU-A

头部包含两个字节，第一字节为 FU indicator，第二字节为 FU header。

FU indicator，该字节与 NAL unit 头部结构相同。标志 F 和 NRI 设置方法同上，对于 Type 标志，规范中该类型值设置为 28。

FU header，各标志含义如下。

S: 1 bit, 开始标志位。对于 NAL 单元第一个分片，设置为 1，其它为 0。

E: 1 bit, 结束标志位。对于最后一个分片，设置为 1，其它为 0

R: 1 bit, 保留位，设置为 0，接收者必须忽略该位。

Type: 5 bits, NAL 单元荷载类型，与编码后的网络抽象层 NAL 单元中的 NAL 单元类型字节 nal_unit_type 值保持一致。

3 视频传输方案设计

对于原始压缩数据，不仅要进行 RTP 载荷打包，还需要增加 RTP 头来组成完整的 RTP 包。本文使用 JRTPLIB 库实现 RTP 的自动打包以及传输功能。RTP

包头所需的一些参数如 M, PT, timestamp 由函数 SendPacket 参数传入。

3.1 JRTPLIB 库

JRTPLIB 是 Jori Liesenborgs 开发的用 C++实现的一个 RTP 协议库,用于发送和接收 RTP 数据,自动发送 RTCP 数据。开发过程中常用的类有:

1) RTPSession Class: 该类为 RTP 高层类,内部实现了数据接收和发送相关的大部分函数。如会话创建函数 Create, RTP 分组发送函数 SendPacket 以及游标定位函数 GoToNextSourceWithData 等。它内置的处理了 RTCP 部分,不需要额外的进行设计。

2) RTPSessionParams Class: 该类主要用来描述 RTPSession 实例将要使用的参数。相关的成员函数有,设置时间戳函数 SetOwnTimeStampUnit, 设置 RTP 分组最大长度函数 SetMaximumPacketSize 等。

3) RTPUDPv4TransmissionParams Class: 主要用于 RTP 发送端口设置,如函数 SetPortbase。

4) RTCPPacket: RTCPPacket 类是各种 RTCP 包的基类,其中两个子类 RTCPRRPacket 和 RTCPSRPacket 分别用于统计 RTCP 发送报告和接收报告。

3.2 视频传输设计

利用 JRTPLIB 库来实现 RTP 载荷包的数据传输,设计一个与视频采集并行的线程来处理。程序设计关键点如下:

(1) 一个编码后的视频帧包含若干个 NAL 单元,每个 NAL 单元都由一个起始码开头,对于本 H.264 压缩算法起始码由 0001 四个字节组成。

(2) 因特网中对大于 1400 字节的数据被丢弃的概率很大, RTP 包的最大长度不应超过这个值。而 RTP 包的包头需占用 12 字节,故对于 RTP 载荷包长度应不超过 1388。

(3) 参数 M, PT, timestamp 设置。M, 对于 NAL unit 包类型,值为 1。FU-A 类型除该 NAL 单元的最后一个分片设置为 1 外,其它为 0; 载荷类型 PT 根据标准设置为 96; 时间戳在 SendPacket 函数中传入的是其增量 timestamp_inc, 对于 NAL unit, 由于视频采用的是 PAL 制式, 故值设为 9000/25。对于同一 NAL 单元的所有 FU-A 分片包, timestamp 值应相同。因此,除第一个包设置值以外,其它为 0。

因此,视频传输算法如下,相应的程序流程如图 3 所示。

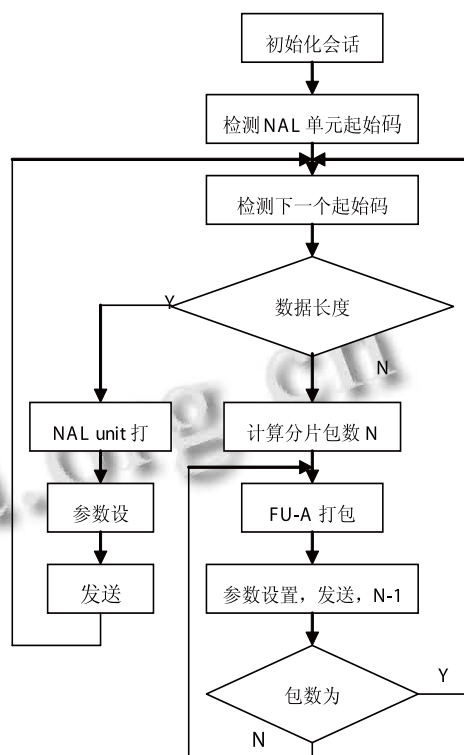


图 3 视频打包传输程序流程图

① 初始化 RTPSession 会话, 参数设置, 创建会话。

② 检测视频帧里的一个 NAL 单元, 由两个起始码 0001 隔开的的数据即为 NAL 单元数据内容。

③ 判断 NAL 单元数据长度, 如小于 1388, 则按 NAL unit 方式打包。否则进行分片, 按 FU-A 方式打包。

④ 设定参数, 发送打包后的数据。

⑤ 重复 2)以下过程, 直至处理完整个当前视频帧, 继续下一帧的处理。

这里, RTP 包的最大长度值默认为 1400, 但也可通过 RTPSession 类的成员函数 SetMaximumPacketSize 进行设置。

4 流量控制

在大量数据的不间断传输过程中, 网络拥塞难以避免。若不加以控制, 将会导致视频图像质量以及实时性等造成严重的影响。常用的流量控制方法通过获取 RTP 发送方的 SR 报告和接收方反馈的 RR 报告包实现。JRTPLIB 库提供了类 RTCPRRPacket 和 RTCPSRPacket 用于设计。

4.1 拥塞估计

拥塞情况可根据丢包率来判断,丢包率的大小代表了网络拥塞的严重级别。丢包率 $L_{rate} = \frac{\text{丢失的包数}}{\text{实际发送的包数}}$ 。类 `RTCPSRPacket` 成员函数 `GetLostPacketCount` 返回接收报告 `RR` 里所描述的丢失包数量,由此得出丢失的包数; `GetSenderPacketCount` 返回发送报告 `SR` 所描述的发送包数量,由此得出发送方实际发送包数。设定 L_{rate} 达到阈值 T 时认为网络发生拥塞,否则欠载。

4.2 速率控制

速率控制策略根据发送端调整速率的方式不同可分为 AIMD 和 MIMD。实验证明 MIMD 会使丢包率增加,不适合实时视频传输。AIMD 采用线性加乘性减的控制策略,当网络发生拥塞的时候,发送速率乘性减少;当网络欠载的时候,速率线性增加。设定 m 为乘性减少因子, A 为线性增加因子,当前速率为 $V_{Current}$ 则调整速率 v_{rate} 表示如下。

拥塞时: $v_{rate} = V_{Current} * m$, 乘性减;

欠载时: $v_{rate} = V_{Current} + A$, 线性加。

最后,本文在客户端利用 VLC 播放软件对传输的视频进行接收,播放。测试结果表明,系统运行稳定,画质清晰,流畅。

5 结语

本文对 H.264 视频传输方案进行了详细设计,分析了系统的总体结构,并重点阐述了基于 RTP 协议的

H.264 视频数据打包方式。在对 JRTPLIB 库进行深入研究之后,利用其设计的类和成员函数实现了视频的打包和传输。最后,对视频传输的流量控制给出了一种控制方法,并利用 VLC 软件对系统进行了测试。本方案建立在当前流行的 RTP/RTCP 协议模型之上,并结合了最新的协议库 JRTPLIB,对 H.264 视频传输设计具有重要的参考意义。

参考文献

- 1 盛先刚.基于 RTP 的 H.264 视频传输系统研究.西安:西安电子科技大学,2006.
- 2 ISO/IEC 14496-10 and ITU-T Rec. H. 264, Advanced Video Coding.2003.1.
- 3 周强,费章君,王强,杨仕友.基于 H.264 的嵌入式网络视频服务器的设计与开发.计算机应用,2010,30(2):555-559.
- 4 Wenger S, Hannuksela MM, Stockhammer T, Westerlund M, Singer D. RFC-3984 RTP Payload Format for H.264 Video. Feb 2005. <http://www.faqs.org/rfcs/rfc3984.html>
- 5 Liesenborgs J. JRTPLIB. <http://research.edm.uhasselt.be/~jori/page/index.php?pn=CS.Jrtplib>
- 6 Du CH, Liu GZ, Chen LZ. Video procession based on RTP in monitor and control system. Microcomputer Information, 2007,23(33):30-68.
- 7 李岸,许雪梅,郭巧云,黄帅,墨芹.基于 ARM11 的视频实时传输系统.计算机系统应用,2010,19(11):15-18.

(上接第 40 页)

批状态属性定义指标完成或者修改后,其状态位待审核;只有审核通过后才能参与指标计算。

5 结语

通过基于指标体系模型设计开发的酬金系统,复合指标可以在前台人性化、简单化、逻辑化配置,复合指标可以在后台高效、快速、灵活运算,保证了系统的性能,极大地提高了渠道系统的支撑能力。可以加强酬金的精细化管理和实现酬金计算的自动化,从而满足复杂的酬金结算需求。

参考文献

- 1 孟超.电信代理商管理系统开发项目的研究.北京邮电大学.2009
- 2 神州数码思特奇信息股份有限公司.四川移动酬金管理系统调研工作总结[R]2009
- 3 陈龙,张春红,云亮等.电信运营支撑系统.北京:人民邮电出版社.2007
- 4 神州数码思特奇信息股份有限公司.四川移动代理商管理系统概要设计说明书