

基于 FFMPEG 和 SDL 的遥测视频解析技术

郝朝,刘升护

(中国飞行试验研究院,陕西 西安 710089)

摘要:在飞行试验中,视频数据是试飞测试数据中的重要组成部分。视频实时监控是保障试飞安全的重要环节。为解决机载多路遥测视频实时监控的问题,提出了基于 FFMPEG 和 SDL 的遥测视频实时解析方案。通过 UDP 组播协议接收 PCM 遥测视频数据包,经过解包,拼成完整的一帧视频图像,采用 FFMPEG 进行视频解码并利用 SDL 进行显示。首先介绍了遥测视频 PCM 帧格式,重点介绍视频数据包解析方法,然后论述了 FFMPEG 和 SDL 对视频流进行解码与显示的流程。软件采用模块化、多线程并发和多缓冲区设计思路,提高处理效率,保证视频监控的实时性和功能的可扩展性。目前该软件已成功应用于多个型号任务视频实时监控中,实际应用效果表明该软件工作稳定,实现了多路视频图像的解析与显示,能够满足型号试飞需求。

关键词:FFMPEG;SDL;遥测视频;实时监控

中图分类号:TP311.1

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2019)04-0191-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2019.04.038

Analysis Technology of Telemetry Videos Based on FFMPEG and SDL

HAO Zhao, LIU Sheng-hu

(Chinese Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China)

Abstract: Video data is an important part of flight test data in flight test. Video real-time monitoring is an important part of ensuring flight safety. In order to solve the problem of real-time monitoring of airborne multi-channel telemetry videos, we propose a telemetry real-time video resolution scheme based on FFMPEG and SDL. The PCM telemetry video packets are received through UDP multicast protocol. After unpacking and frame matching, video is decoded by FFMPEG and displayed by SDL. First the PCM frame format of telemetry video is introduced, focusing on the method of video packet analysis. Then the process of decoding and displaying the video stream by FFMPEG and SDL is discussed. Modularity, multithreading concurrency and multi buffer design are adopted to ensure the real-time performance and scalability of the video monitoring. At present, the software has been successfully applied to the video real-time monitoring of multi type mission. The actual application shows that the software works stably to realize the analysis and display of multi-channel video images and meets the requirements of type test flight.

Key words: FFMPEG; SDL; telemetry videos; real-time monitoring

0 引言

飞行试验是验证航空产品设计指标要求和检验航空产品质量改进提高航空产品性能进行航空新理论和航空新技术研究的重要手段。在飞行试验中,机载视频影像能以最为直观与准确的方式描述飞机内部各独立子系统的健康状态,为地面飞行指挥人员和试飞工程师提供及时丰富的信息,对保障飞行安全、提高试飞效率有不可替代的作用^[1]。

目前机载抽引的视频是以 PCM 流^[1]的形式进行

遥测下传。地面遥测天线接收到射频信号后通过 PCM 接收机进行解调,视频服务器接收视频数据并进行分路提取处理,然后以 UDP 组播^[2-3]的形式发送给客户端进行监控显示。

基于以上分析,提出基于 FFMPEG^[4-6]和 SDL^[7-8]的遥测视频实时解析方案。客户端接收服务器发送的多路视频数据包,经过解包、拼帧,将一帧完整的视频数据送给 FFMPEG 进行解码,得到 YUV^[9-10]图像数据,然后采用 SDL 进行显示。

收稿日期:2018-06-19

修回日期:2018-10-24

网络出版时间:2018-12-20

基金项目:国家国防科技工业国防基础科研计划重点项目(JCKY2016205B006)

作者简介:郝朝(1990-),男,工程师,硕士,研究方向为飞行试验软件开发和数据处理。

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1450.tp.20181220.1035.038.html>

1 遥测视频 PCM 帧格式

PCM(pulse-code modulation)称为脉冲编码调制。PCM 数据传输以其抗干扰能力强、数据带宽大等特点,广泛应用于航空试验领域。PCM 数据中一个完整的帧称为全帧,每一个全帧可以包含一个或者若干个子帧。数据中的每个子帧由同步字和数据字组成。目前飞行试验中,应用的机载视频采集器有 MiniR700 和通用采集器两种。

不同的采集器对应的 PCM 帧视频数据存放格式也不相同。对于 MiniR700 视频采集器,PCM 帧视频格式如图 1 所示。

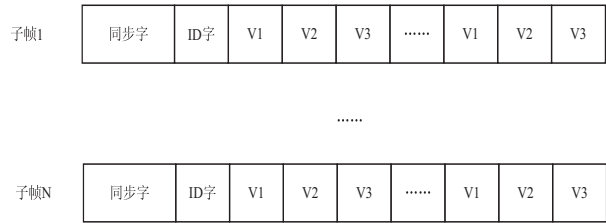


图 1 MiniR700 采集器视频 PCM 帧格式

假设该飞机一共有三路视频(V1、V2、V3)进行遥测下传,则每一路视频均是以 TS 流^[11-12]的形式存储在 PCM 帧结构中,每一子帧中各路视频数据交替出现。为了保证 PCM 带宽,数据中会存在填充字(FADE)的现象。服务器进行处理时,首先通过 ID 字将每个子帧拼成一个完整的 PCM 全帧,然后分别提取每一路的视频数据,最后通过 UDP 组播的形式进行发送,发送数据包格式为【第几路】【该路视频数据】。

对于通用采集器,PCM 帧视频格式如图 2 所示。服务器进行处理时,只需要将接收到的数据包以组播的形式进行转发即可。



图 2 通用采集器视频 PCM 帧格式

通用采集器视频 PCM 帧只有一个子帧,帧长 512 个字。一个完整的视频画面数据需要拆分为上百个 PCM 帧,每个 PCM 帧内的图像数据定义如表 1 所示。

2 视频数据包解析

客户端通过 UDP 组播接收服务器发送的视频数据包。UDP 组播初始化流程为:采用 WSASStartup 的初始化 Winsock;创建套接字;采用 bind 绑定端口号;采用 IP_ADD_MEMBERSHIP 加入组播组;采用非阻塞的异步套接字 WSAAsyncSelect()实现网络接收,对网络事件采用基于消息的异步存取策略,能够方便地处理网络通信。当接收到服务器视频数据包时,会触

发 FD_READ 消息。接收到每路视频数据包后,存入相应的 FIFO 队列。

表 1 影像数据帧头格式

字节数	名称	变量名
2	飞机型号	PlaneNo
2	视频总路数	TotalCh
2	第几路	ChNo
2	视频格式	videoFormat
2	影像宽度	width
2	影像高度	height
2	影像帧 ID	frameID
2	影像帧长度	frameLength
2	总数据帧个数	frameCount
2	第几个数据帧	vpID
2	有效数据长度	vpLength
6	时间	time
996	影像数据	data

对于 MiniR700 采集器的视频 PCM 帧,首先需要剔除填充字,然后对 TS 流进行解封装,拼成完整的一帧视频数据。TS 流为 188 字节的固定包长度,好处是便于找到帧的起始位置,易于从包丢失中恢复,适合于有误码的环境。TS 流格式如图 3 所示。包头为 4 个字节,负载为 184 个字节。

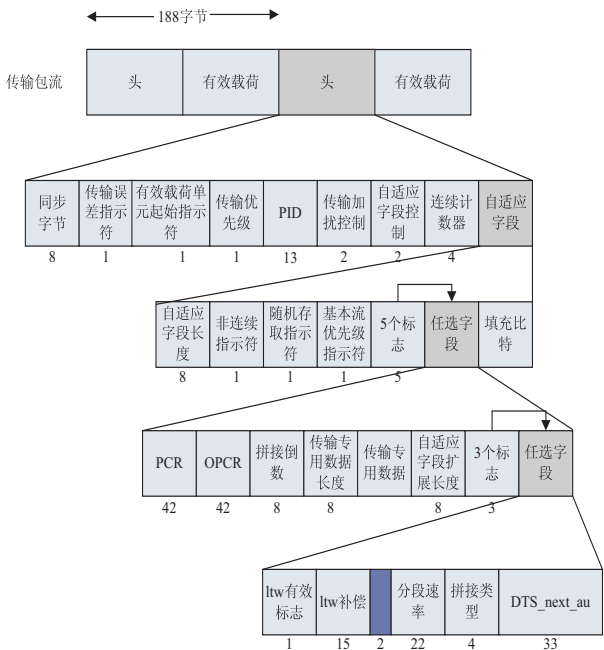


图 3 TS 流格式

同步字节固定为 0x47,占 1 个字节,该字段是 MPEG-2 TS 传送包标识符。PID 占 13 位,表示传送包的有效净荷中的数据类型。根据 PID 将 TS 上从不同 ES(elementary stream,视频基本流)来的 TS 包区分开,以重建原来的 ES。为了还原视频数据,还需要传

输节目随带信息及解释有关 TS 特定结构的信息(元数据),即节目特定信息(program specific information, PSI),用于说明:1 个视频是由多少个 ES 组成的;1 个视频是由哪些个 ES 组成的;在哪些个 PID 情况下,1 个相应的解码器能找到 TS 中的各个数据包。为了重建原来的 ES,就要追踪从不同 ES 来的 TS 包及其 PID。因此,一些映射结构(mapping mechanism),如节目源结合表(PAT, PID=0)和节目源映射表(PMT),会以打包的形式存在于 TS 上,即借助于 PSI 传输一串描述了各种 ES 的表格来实现。有了 PAT 及 PMT 这两种表,就可以根据 PID 将 TS 上从不同 ES 来的 TS 包区分开。首先从 PID=0 的 PAT 上找出带有 PMT 的那个节目源,然后从所选择的 PMT 中找到组成该节目源的各个 ES 的 PID。将 TS 流还原成一帧完整视频数据后存入解码缓冲区。

对于通用采集器视频 PCM 帧,接收到每路视频数据包后,将多个视频数据包依据有效数据长度、影像帧长度拼成完成一帧视频后送给解码器解码。拼帧流程如图 4 所示。首先从接收缓冲区中取出一个视频数据包,如果当前数据帧 ID 不等于上一数据帧 ID,说明为新的视频帧,将 Frame.length 置 0,将 Frame.ID 置为新的视频帧 ID。否则说明为同一视频帧。将有效视频数据进行提取放入解码缓冲区,如果 Frame.length 等于该影像帧的总长度,则说明已拼成一帧完整视频,送给解码器进行解码。

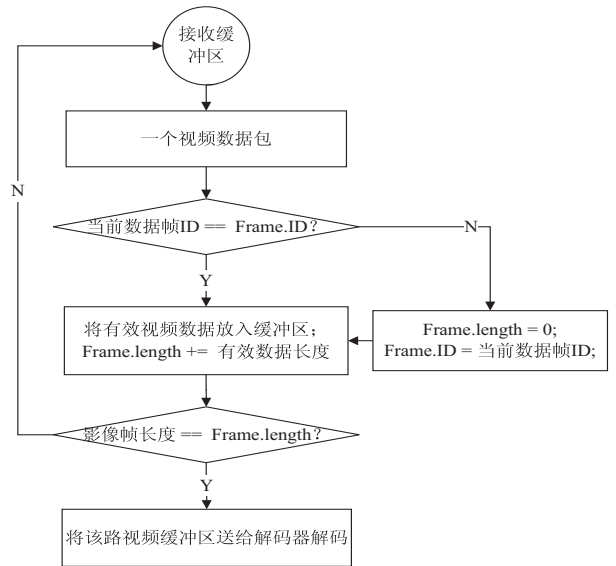


图 4 拼帧流程

为了保证在视频解码的同时不丢失数据包,采用多线程并发^[13-14]与多缓冲区^[15]机制,针对数据接收、数据包解析、视频解码与显示分别开辟单独的线程。设置两个缓冲区:数据接收缓冲区与解码缓冲区。数据接收线程接收到遥测视频数据包后将数据包存入接收缓冲区。数据包解析线程从缓冲区中提取数据包进

行解包与组帧,将一帧完整视频数据存入解码缓冲区。视频解码线程从缓冲区中提取一帧视频进行解码并显示。各线程之间采用互斥量进行同步操作。

3 基于 FFMPEG 的视频解码技术

FFMPEG 是一个开源且跨平台的音视频流方案,具备高可移植性和编解码质量,为音视频转换、解码以及流化提供了完整的解决方案。libavcodec 包含全部 FFMPEG 音频/视频编解码库,相关数据结构包括 AVFormatContext、AVCodecContext、AVCodec、AVPacket、AVFrame 与 AVPicture 等。

FFMPEG 解码视频流的流程如下:

- (1) 对 FFMPEG 进行初始化。
av_register_all()
avformat_network_init();
- (2) 对 pFormatCtx 进行初始化设置,包括 width、height。
- (3) 找到对应格式的视频解码器。
pCodec = avcodec_find_decoder(pCodecCtx->codec_id);
- (4) 打开对应格式的视频解码器。
avcodec_open2(pCodecCtx, pCodec, NULL);
- (5) 对一帧视频数据采用相应的解码器进行解码。
avcodec_decode_video2(pCodecCtx, pFrame, &got_picture, packet);

在程序运行时读取配置文件,执行步骤 1~4 对 FFMPEG 进行设置,然后循环从解码缓冲区中提取一帧视频数据,调用步骤 5 进行解码得到 YUV 数据,向图像显示子线程发送消息。

4 基于 SDL 的图像显示技术

SDL(simple directmedia layer)是一套基于 C 语言的跨平台多媒体开发库,提供了多种控制音视频输入与输出的函数。SDL 显示 YUV 数据流程如下:

- (1) 对 SDL 进行初始化。
SDL_Init(SDL_INIT_VIDEO | SDL_INIT_TIMER);
- (2) 利用控件创建 SDL 显示窗口。
screen = SDL_CreateWindowForm(m_hwnd);
- (3) 基于窗口创建渲染器。
sdlRenderer = SDL_CreateRenderer(screen, -1, 0);
- (4) 创建纹理用于显示 YUV 数据。
sdlTexture = SDL_CreateTexture(sdlRenderer, SDL_PIXELFORMAT_IYUV, 1, width, height);
- (5) 设置纹理的像素数据。

SDL_UpdateTexture (sdlTexture, NULL, pFrameYUV→data[0], pFrameYUV→linesize[0]);

(6) 将纹理数据复制给渲染目标。

SDL_RenderCopy (sdlRenderer, sdlTexture, NULL, NULL);

(7) 显示画面。

SDL_RenderPresent (sdlRenderer)。

执行步骤 1 ~ 4 实现 SDL 初始化显示设置, 接收

到解码线程发送的消息, 调用步骤 5 ~ 7 即可实现对 YUV 图像的显示。

5 应用效果

软件界面如图 5 所示。选择飞机与服务器, 点击开始按钮, 通过组播接收服务器视频数据包。应用效果表明, 该软件能够实现多路遥测视频的解码与显示, 时延满足实时监控需求。



图 5 实际应用效果

6 结束语

为了解决机载多路视频实时监控的问题, 设计了基于 FFMPEG 和 SDL 的遥测视频实时解析软件。客户端通过 UDP 组播接收服务器发送的 PCM 视频数据包, 通过解包并拼成完整的一帧视频数据, 送给 FFMPEG 进行解码并通过 SDL 进行显示。该软件已经应用于多个型号试飞视频实时监控中, 正确性和可靠性得到验证, 为保障型号试飞的高效顺利进行发挥了重要作用。

参考文献:

- [1] 张杰, 邹强, 晏晖. 机载多路视频 PCM 遥测传输技术[J]. 计算机与数字工程, 2013, 41(5): 805-807.
- [2] 于宏亮. TCP 与 UDP 的原理及其在网络编程中的区别[J]. 科技信息: 学术版, 2007(22): 186.
- [3] 尹然然. 基于 UDP 协议的可靠性改进协议[J]. 电脑知识与技术, 2010, 6(16): 4379-4380.
- [4] ZENG Hao, FANG Yuan. Implementation of video transcoding client based on FFMPEG[J]. Advanced Materials Research, 2013, 756-759: 1748-1752.
- [5] CHENG Yun, LIU Qingtang, ZHU Xiaoliang, et al. Research on digital content protection technology for video and audio based on FFMpeg[J]. International Journal of Advancements in Computing Technology, 2011, 3(8): 9-17.

- [6] 辛长春, 姜小平, 吕乃光. 基于 FFMpeg 的远程视频监控系统编解码[J]. 电子技术, 2013(1): 3-5.
- [7] 孟成, 陈亚. FFMpeg+SDL 实时播放摄像机视频设计[J]. 产业与科技论坛, 2017, 16(17): 57-58.
- [8] 李科, 李璐, 兰时勇. 基于 FFMpeg 和 SDL 实现多路实时流变换及播放[J]. 计算机技术与发展, 2014, 24(4): 65-68.
- [9] 李亚南, 杨亮, 李波. 一种基于 YUV 颜色空间的匹配跟踪算法[J]. 机电产品开发与创新, 2017, 30(4): 89-90.
- [10] MUKHERJEE J, LANGB M K, MITRA S K. Demosaicing of images obtained from single-chip imaging sensors in YUV color space[J]. Pattern Recognition Letters, 2005, 26(7): 985-997.
- [11] 朱明海. 流媒体服务器 TS 流封装的实现及流控的研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2011.
- [12] 李叶. 基于 TS 流的数字电视播出系统的研究与实现[D]. 长沙: 中南大学, 2014.
- [13] COURBIN P, LUPU I, GOOSSENS J. Scheduling of hard real-time multi-phase multi-thread (MPMT) periodic tasks[J]. Real-Time Systems, 2013, 49(2): 239-266.
- [14] 郝文化. Windows 多线程编程技术与实例[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
- [15] 李晔, 樊燕红, 姜竞赛, 等. 多缓冲区技术在 DSP 语音存储系统中的应用[J]. 计算机应用与软件, 2014, 31(3): 131-133.