

基于 H264/H265 的火箭遥测图像解码设备设计

梁 宽¹, 张明亮¹, 赵帅杰¹, 马 莉², 程宗荣¹, 徐 昕^{3,4}

(1. 上海航天电子技术研究所, 上海 201109; 2. 西昌卫星发射中心, 西昌 615000;

3. 中国航天科技集团商业火箭有限公司, 上海 201109;

4. 南京航空航天大学, 南京 210016)

摘要: 针对航天运载领域对火箭发射实时观测的需求, 研究开发多格式兼容的遥测图像解码设备; 设计一种可同时满足 H264 和 H265 解码需求的设备, 具备解析箭载遥测数据、卫星中继数据等多源数据能力, 支持四通道并行图像输出; 通过创新性设计“工业控制计算机+硬件解码模块+系统软件”的集成架构, 实现设备小型化并建立双冗余解码输出机制, 显著提升系统可靠性; 详细论述硬件架构设计原理和软件算法实现方案; 经实际运载火箭测试验证, 该设备有效实现多格式遥测数据的实时解析与图像重建功能, 满足航天工程对高可靠性实时观测的技术要求, 具有重要工程应用价值。

关键词: H264/H265; 图像解码; 遥测; 航天运载

Design of Rocket Telemetry Image Decoding Equipment Based on H264/H265

LIANG Kuan¹, ZHANG Mingliang¹, ZHAO Shuaijie¹, MA Li², CHENG Zongrong¹, XU Xin^{3,4}

(1. Shanghai Aerospace Electronics Technology Institute, Shanghai 201109, China;

2. Xichang Satellite Launch Center, Xichang 615000, China;

3. China Aerospace Science and Technology Commercial Launch Vehicle Group Co., Ltd., Shanghai 201109, China;

4. Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: To address the demand for real-time observation in aerospace launch operations, a multi-format compatible telemetry image decoding device is developed. The designed equipment simultaneously supports H264 and H265 decoding standards, can process multi-source data including onboard telemetry data and satellite relay communications data, with quad-channel parallel image output capability. Through an innovative integrated architecture combining "industrial control computer, hardware decoding module, and system software", this paper achieves device miniaturization, establishes a dual-redundant decoding output mechanism, significantly improves system reliability, and systematically elaborates the detailed design principles of hardware architecture and implementation schemes of software algorithms. Field verification on launch vehicles demonstrates that the equipment effectively realizes the real-time parsing and image reconstruction of multi-format telemetry data, meeting the technical requirements of aerospace engineering on high-reliability and real-time monitoring, with a significant engineering application value.

Keywords: H264; H265; Image decoding; telemetry; space vehicles

0 引言

近些年来, 航天领域运载火箭发射任务量呈增长态势, 航天事业发展进入快速上升期, 我国正式踏入航天强国的征程。

目前航天运载领域的显著特点为现役型号发射密度高, 任务重, 同时伴随着新研型号的逐渐增多, 为了能够实时响应火箭发射时的状态、提高测量系统的数据支撑, 遥测图像解码设备逐渐应用到航天发射任务测量系统中。遥测图像解码设备对于各子级火箭发射状态实时观测

收稿日期: 2025-02-28; 修回日期: 2025-03-31。

基金项目: 上海市青年科技英才扬帆计划(24YF2717400)。

作者简介: 梁 宽(1998-), 男, 硕士, 助理工程师。

通讯作者: 赵帅杰(1998-), 男, 硕士, 助理工程师。

引用格式: 梁 宽, 张明亮, 赵帅杰, 等. 基于 H264/H265 的火箭遥测图像解码设备设计[J]. 计算机测量与控制, 2025, 33(5): 297-305.

以及时序特征点动作状态判读有着不可替代的作用，为系统状态观测以及应急处理等方面带来了很大的时效性。

当前全球视频编码技术规范体系主要由两大国际机构主导：国际电信联盟（ITU-T）主导开发的 H. 26X 技术体系以及国际标准化组织（ISO）构建的 MPEG 技术框架^[1-8]。值得注意的是，这两大机构在上世纪末展开突破性合作，于 1994 年联合推出首个双标认证的 H. 262/MPEG-2 国际标准。此后延续协作创新模式，先后于 2003 年和 2013 年共同发布了具有里程碑意义的 H. 264/AVC（MPEG-4 第 10 部分）及 H. 265/HEVC（MPEG-H 第 2 部分）新一代编解码规范^[7-13]。

其中，H264 编码标准较上一代 H263 标准压缩效率提升 50%，H265 标准相较于 H264 标准同样提高 50%^[7,14-18]；基于 H265 标准的编码技术有效提高了视频编码效率、降低了网络带宽消耗，但由于 H264 标准技术应用较早，使用广泛，在航天领域，针对不同型号任务要求以及技术要求，目前正处于 H264/H265 两种编码技术同时使用的节点^[3,19-22]。

现有的图像解码设备，大部分只支持 H264 或者 H265 单一解码输出，对航天系统工程应用带来了很大的局限性。针对上述问题，本文提出了同时支持 H264/H265 解码能力的火箭遥测图像解码设备；并优化设计了支持软解码和硬解码同时输出显示的双冗余通道，极大地增加了设备的可靠性，并在航天运载领域得到了广泛应用。

1 系统结构及原理

1.1 系统概述

遥测图像解码设备系统设计采用“工控机+硬件解码卡+配套软件”的方式，相较于以往的固定式分体硬件解码器，一体化的图像解码设备在规定的使用环境下能够实现全部功能要求，硬件解码卡采用直接插拔方式

接入到便携式工控机当中，配套产品软件集成到工控机当中，能够实现软硬件同时解码输出，且设备小型化、轻量化设计降低了产品在使用过程中的风险，大大提高了图像解码设备的可靠性。

箭上摄像装置将图像数据通过箭上图像压缩编码器压缩，经无线遥测传输到地面交换机。遥测图像解码设备通过以太网接口接收数据处理设备发送的遥测全帧数据，按设置波道号从全帧数据中挑出图像数据，将挑出的数据预处理后发送图像解码卡和地面图像解码软件进行实时图像解码，图像解码卡通过 SDI/PAL 接口进行图像输出，图像解码软件在显示器上进行图像输出，遥测图像解码设备系统结构图如图 1 所示，遥测图像解码设备配套表如表 1 所示。

表 1 遥测图像解码设备配套表

序号	名称	数量	功能
1	地面图像解码主机	1	运行配套软件；提供图像解码卡数据接口
2	图像解码卡	1	接收地面图像解码主机发送的数据，进行实时解码，按标准广播协议输出图像
3	遥测图像挑路预处理软件	1	接收数据处理设备发送的遥测全帧数据，根据波道定义挑出图像数据，预处理后转发图像解码卡及地面图像解码软件
4	地面图像解码软件	1	接收遥测数据挑路预处理软件发送的数据，进行实时解码输出

1.2 外部接口

在遥测图像解码设备的网络架构中，接收终端通过符合 IEEE 802.3 规范的 RJ45 物理接口实现数据接入，其协议栈采用分层架构：物理层基于 100/1 000BASE-TX 双模自适应传输技术，数据链路层遵循 IEEE 802.3

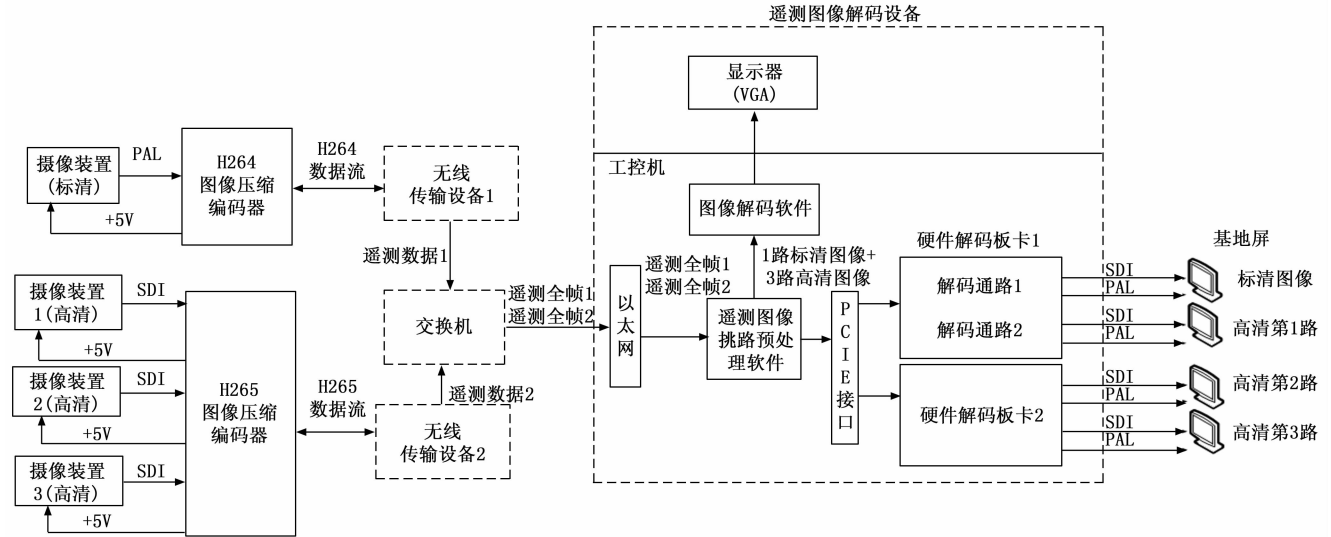


图 1 遥测图像解码设备数据信息流图

以太网帧结构，网络层运行 IPv4 地址路由机制，传输层配置无连接型 UDP 数据报服务，顶层应用层则部署专有 PDXP 遥测解析协议。在组播工作模式下，系统启用 IGMPv3 组管理协议实现动态组成员管理，该版本支持源特定组播（SSM）等高级特性。

遥测图像挑路预处理软件和图像解码软件间接口采用标准以太网通信模型：物理信道构建于 100/1 000 BASE-TX 双模自适应架构，链路层实施 MAC 地址寻址机制，网络层维持 IPv4 报文转发体系，传输层沿用 UDP 轻量化传输方案，应用层则升级为 RTP 实时传输协议，通过时间戳与序列号机制保障流媒体数据的时序完整性。

遥测图像解码设备外部接口如图 2 所示，外部接口描述如表 2 所示。

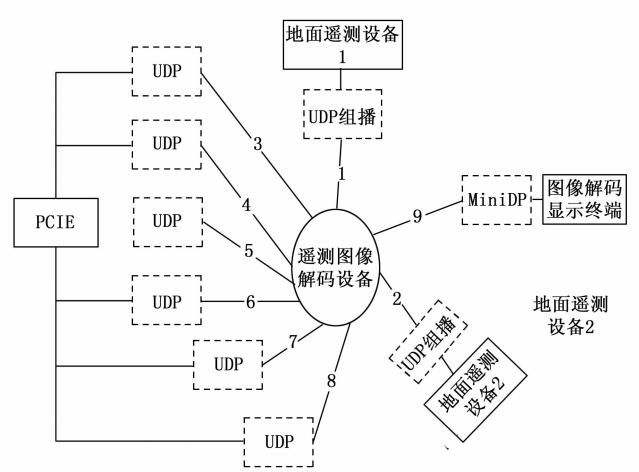


图 2 外部接口图

表 2 外部接口描述表

序号	通信方式	信源	信宿	用途	接口协议要求
1	以太网	地面遥测设备	图像解码显示软件	接收遥测全帧 H265	网络通信协议
2	以太网	地面遥测设备	图像解码显示软件	接收遥测全帧 H264	网络通信协议
3	以太网	PCIE 板卡	图像解码显示软件	模式回传	网络通信协议
4	以太网	图像解码显示软件	PCIE 板卡	通道 1 码流发送	网络通信协议
5	以太网	图像解码显示软件	PCIE 板卡	通道 2 码流发送	网络通信协议
6	以太网	图像解码显示软件	PCIE 板卡	通道 3 码流发送	网络通信协议
7	以太网	图像解码显示软件	PCIE 板卡	通道 4 码流发送	网络通信协议
8	以太网	图像解码显示软件	PCIE 板卡	OSD 信息发送	网络通信协议
9	MiniDP	图像解码显示软件	解码软件	全波道码流发送	视频显示标准

1.3 开发环境

遥测图像解码设备的工程化实现架构及其运行支撑环境的关键性能指标体系，依照模块化设计原则与系统工程规范构建，其完整参数配置方案与量化评估标准详见表 3 所载的技术规格矩阵。

表 3 性能参数

CPU	I7-4790 处理器(主频 3.6 GHz,四核八线程,8 M 缓存)
内存	8 GB 内存
扩展接口	2 路 PCI-E X16;
	1 路 PCI-E X4;
	1 路 PCI-E X1;
显示输出	1 路 HDMI,1 路 DVI
显卡	AMD 独立显卡 W4100-L3
LAN	2 个 RJ45 LAN 接口;
存储器	256 GB SSD+1TB HD(共 6 个 SATA 3.0 接口)
工作温度	10~40 ℃

2 系统硬件设计

H264/265 图像解码卡接口形式为 PCIE 板卡，插在遥测图像解码设备工控机中，与遥测图像解码设备上运行的图像解码软件共同实现与遥测系统联试的闭环测试，硬件原理图如图 3 所示^[14]。

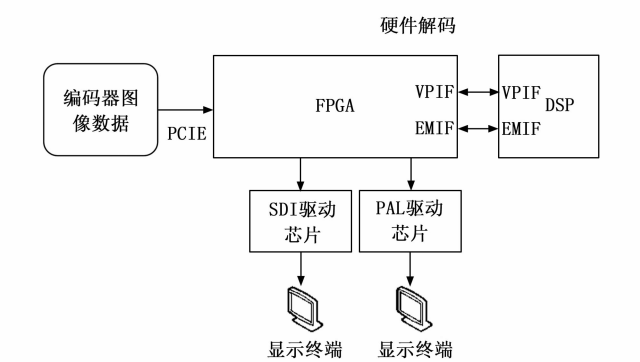


图 3 硬件板卡原理图

2.1 功能设计

1) 显示功能：

具备硬件解码显示功能，最大支持 4 路 1080P/720P 图像同时进行 H265 或者 H264 解码显示，支持不少于 1 路 HDMI 接口，不少于 3 路 SDI 接口，OSD 显示信息由上位机指令控制。

2) 解码功能：

集成 H.264/AVC 与 H.265/HEVC 双模硬件解码加速模块，支持双码流解码功能。

3) 通信功能：

- a) 具备不少于 2 路 RS422（2 收 2 发）
- b) 接口通信功能；
- c) 具备 PCIE 双向通信功能；
- d) 具备网络通信功能。

- 4) 工作模式配置：
通过上位机软件配置板卡工作模式（H264/H265）。
- 5) 具备上电自检功能。

2.2 接口要求

产品具有 1 个低频接口，1 个 HDMI 接口，以及 1 个 PCIE 接口，4 路 PAL 接口和 4 路 SDI 接口。详细如表 4 所示。

表 4 产品接口汇总

接口名称	数量	接插件规格
低频接口	1	J30J
高清多媒体接口(HDMI)	1	/
PCIE 接口	1	/
SDI 接口	3	SMA(孔)

表 5 低频插座接点分配表

信号方向	信号格式	信号名称
/	数字地	信号地 1
/	数字地	信号地 2
输出	RS422	字码同步 1+
输出	RS422	字码同步 1-
输出	RS422	命令字 1+
输出	RS422	命令字 1-
输入	RS422	移位脉冲 1+
输入	RS422	移位脉冲 1-
输入	RS422	PCM1+
输入	RS422	PCM1-
/	数字地	信号地 3
输出	RS422	配置发送 1+
输出	RS422	配置发送 1-

2.3 编码器通信协议

数字量接口由 4 个信号组成，分别为：命令字、字码同步、移位脉冲、数据，各信号的流向关系参见图 4。



图 4 数字量接口信号组成和流向关系图

- 1) 命令字：
命令字由图像解码卡发往图像编码器，宽度 16 bits，命令字与字码同步上升沿对齐。命令字最后一位的下降沿表示上一个子帧或副帧的结束和下一个子帧或副帧的开始。
- 命令字中，副帧同步码周期 25 ms，子帧同步码周期 390.625 μ s。

图像编码器使用命令字保持帧同步对准，每个副帧周期对准 1 次。

命令字中副帧同步码和子帧同步码定义如下：
副帧同步码：0×FFFF，子帧同步码：0×0000。

- 2) 字码同步：
字码同步由上位机发往图像编码器，连续发送，H264 频率 2 621.44 kHz，占空比 1：1；H265 频率 1 638.4 kHz，占空比 1：1。

3) 移位时钟：
移位脉冲由下位机发往上位机，断续发送，与字码同步信号同频反相。

移位脉冲在命令字之后开始发送，在下一组命令字之前发送完毕，其长度与数据长度一致，两组移位脉冲之间保持低电平。

- 4) 数据：
数据由编码器发往图像解码卡，其边沿与移位脉冲上升沿对齐。数据在命令字之后开始发送，在下一组命令字之前发送完毕。

5) 波形图：
H264/H265 编码器高速同步数字量波形图分别如图 5 所示。

3 系统软件设计

地面图像解码显示软件接收、存储、挑路处理遥测全帧数据，处理后得到各通道的图像解析格式数据，将图像解析格式数据按照图像传输协议处理成各通道的图像流数据后进行图像解码库的实时图像输出。

3.1 软件设计思路

在软件设计过程中，按照数据处理的过程将地面图像解码显示软件分为两个配置项：遥测图像挑路预处理软件和图像解码软件。其中，遥测图像挑路预处理软件主要进行遥测全帧数据的接收、存储、挑路处理，并将处理后得到的各通道图像解析格式数据发送给图像解码显示软件；图像解码软件主要将图像解析格式数据按照协议处理成各通道的图像流数据后进行图像解码库的实时图像输出。

- 地面图像解码显示软件的功能要求参照下述说明。
- 1) 遥测图像挑路预处理软件具备如下功能：
- a) 根据配置端口，实现 UDP 单播通信，实时接收标准格式遥测数据；
 - b) 根据遥测全帧数据格式中定义的图像波道挑选出图像数据；
 - c) 挑路得到的图像数据发送给图像解码软件；
 - d) 挑路得到的图像数据实时转发最大 4 路解码通路；
 - e) 配置硬件解码通路的解码方式（H264/H265）；

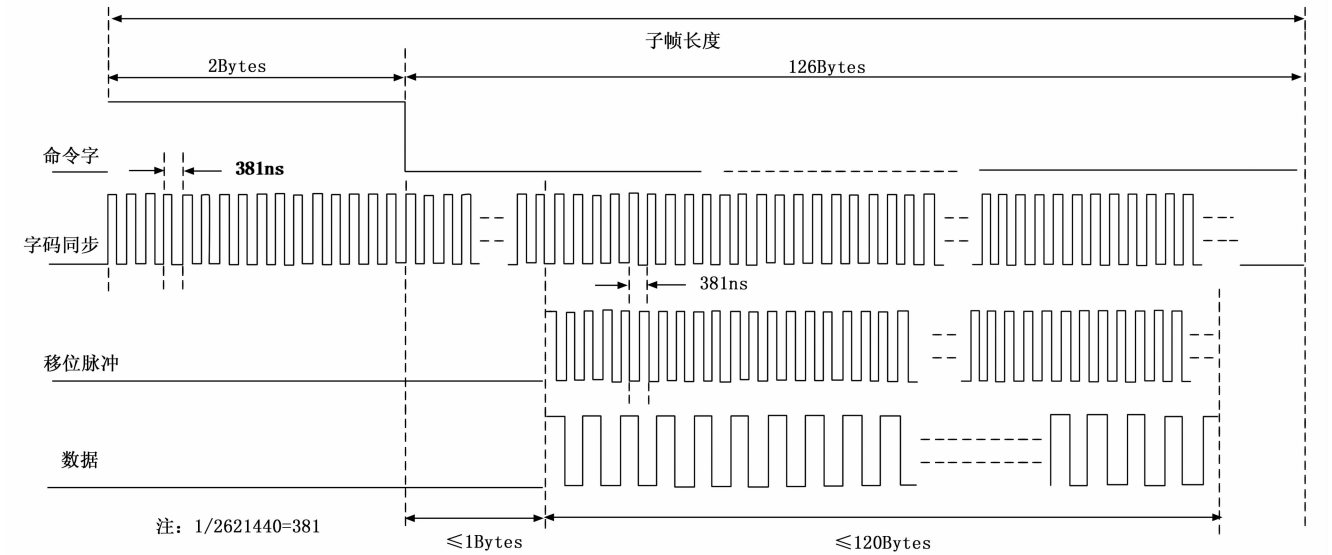


图 5 编码器高速同步数字量波形图

f) 根据实际摄像头位置或任务要求，修改字幕信息，字幕支持 GB2312 字库中的中文字符和 ASCII 西文字符；

g) 检测起飞信号，并发送给图像解码软件。不同任务中，起飞信号所在的波道有变化，需要具备根据总体任务要求，配置起飞信号所在波道的功能；

h) 所有字幕信息包括起飞时间均显示于监视器左上角，以 16 * 16 点阵格式显示；

i) 软件可实现本地存储文件。

2) 图像解码软件具备如下功能：

a) 实现 UDP 广/单播通信（IP 可配置，单播或广播可配置），接收遥测图像挑路预处理软件通过网络中发送的图像及 OSD 数据；

b) 按照实验任务要求显示 OSD 信息；

c) 能够解析 H264/H265 编码方式数据（可配置）；

d) 可实时图像解码、数据存储和视频显示功能，并具备可事后回放的功能。

3.2 设计原理

遥测图像挑路预处理软件和图像解码软件的解码显示设计原理如表 6 所示。

3.3 数据存储

软件通过网络接口接收到的遥测数据以及处理后的图像解码数据包均需要进行存盘，以便事后分析与回放/回看使用。存盘数据分类如表 7 所示。

3.4 设计方案

地面图像解码显示软件由遥测图像挑路预处理软件和地面图像解码软件组成，系统开发平台为 Microsoft Visual Studio 2013，开发语言为面向对象的 C# 程序设计；软件运行在地面图像解码主机（工控机）之上，并

支持图像解码卡显示输出。

表 6 解码显示设计原理

序号	功能名称	解码显示设计原理的简要描述
1	图像解码	●解析网络传输的图像数据，提取为纯图像信息压入解码栈，或将本地读取的图像源码按帧压入解码栈（若是读自文本文件，还需先解析为与解码器约定的格式） ●调用解码库（解码库使用开源的 FFmpeg 多媒体框架，开发库为 RealTimeDecodec.dll）解码，将压缩图像数据解码为未压缩的原始视频帧，将解码成功的视频帧压入播放栈，若解码失败，解码失败记录器自增 1 ●图像存储、解码进行二级缓存设计，提高响应速度及解码正确率 ●在图像解码时进行挑路、发送的多线程处理，提高内存处理速率，防止图像卡顿
2	图像播放	●根据播放标记逐帧显示播放栈中的图像，正常模式下播放标记上移一帧，快进模式下上移快进倍数的帧数，快退模式下下移快退倍数的帧数，当标记达到栈顶或栈底时，停止播放 ●当播放栈的帧数达到上限时，丢弃较早的图像帧
3	图像存储（解码显示软件）	●网络接收实时播放模式下，逐帧记录解码后图像 ●本地读取后播放模式下，逐帧记录解码后图像 ●当前文件大小达到上限时，新建文件（文件名相关）继续记录到新文件
4	控制与显示	●界面显示与控制，包括但不限于： ●多画面的设置切换 ●画面大小调整 ●图像源码文件读取与保存 ●视频文件读取与保存
5	图像回放	●图像解码显示软件支持读取本软件保存的图像数据并显示。

表 7 存盘数据分类

序号	软件	存盘数据	内容简述
1	遥测图像挑路预处理软件	网络接收数据 1	网络收到的原始数据二进制格式
2	遥测图像挑路预处理软件	网络接收数据 2	网络收到的原始数据二进制格式
3	图像解码软件	网络接收数据 1	第一路网络接收的原始数据二进制格式
4	图像解码软件	图像数据 1	第一路图像解码后数据. H264/H265 格式
5	图像解码软件	图像数据 2	第二路图像解码后数据. H264/H265 格式
6	图像解码软件	图像数据 3	第三路图像解码后数据. H264/H265 格式
7	图像解码软件	图像数据 4	第四路图像解码后数据. H264/H265 格式
8	图像解码软件	解析异常数据 1	第一路解析的异常数据二进制格式
9	图像解码软件	解析异常数据 2	第二路解析的异常数据二进制格式
10	图像解码软件	解析异常数据 3	第三路解析的异常原始数据二进制格式
11	图像解码软件	解析异常数据 4	第四路解析的异常原始数据二进制格式

3.5 图像解码显示软件设计

3.5.1 遥测图像挑路预处理软件设计

遥测图像挑路预处理软件运行在遥测图像解码设备上,并接收由遥测站发送至基地中心机房的遥测全帧数据,根据遥测数据格式以及波道定义从全帧数据中挑出图像数据,将其组成压缩图像码流,并通过以太网接口发送给图像解码板卡进行硬解码输出以及地面图像解码软件进行软解码输出。

1) 参数配置模块设计:

遥测图像挑路预处理软件参数配置模块设计中考虑:遥测数据图像帧波道及路数可配置,最大支持 4 路图像数据的挑路,并且支持 2 M、5 M、10 M、中继等多种状态数据传输;图像接收地址可配置,可支持 UDP 单播、组播以及 TCP 通信等多种数据传输方式;图像数据源码保存地址可配置,支持实时保存图像数据。

2) 遥测数据处理模块设计:

遥测数据处理模块在处理过程中,按照预先配置的数据状态、波道格式以及图像数据格式接收遥测数据,如果遥测数据正确,则将遥测数据中的图像数据提取出来进行消扰,解码,最终得到图像数据码流转发给图像解码软件,具体处理过程如图 7 所示。

3) OSD 功能模块设计:

OSD 功能模块支持将需要显示的字幕信息实时更

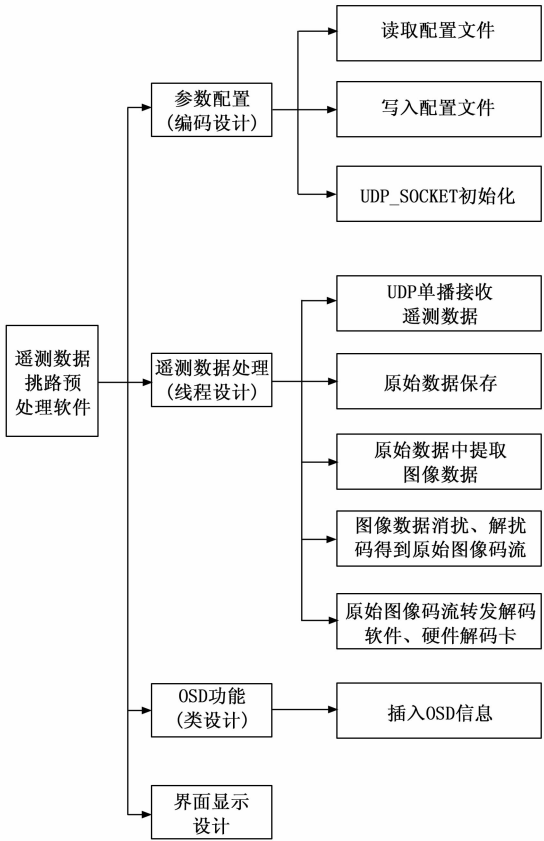


图 6 遥测图像挑路预处理软件结构图

改并发送给图像解码软件,实现过程是将 OSD 信息按照图像码流的格式插入到图像码流的帧尾与下一帧帧头当中,OSD 信息可配置,支持 4 路图像通道字幕信息的实时显示与更改。

4) 界面显示设计:

图像数据挑路预处理软件界面显示设计如图 8 所示,图像格式一般分为基地格式和总体格式;基地格式一般为正式任务中规定的通信格式,总体格式一般为综测期间总体测试使用的通信格式。

初始化设置选项里边分为网络设置,存盘设置,图像波道设置,OSD 信息设置。

3.5.2 地面图像解码软件设计

地面图像解码软件运行在挑路主机上,接收由遥测图像挑路预处理软件转发的图像码流,根据图像帧头定义从图像码流中挑出不同摄像头的图像数据,将其放入对应图像解码库(解码库使用开源的 FFmpeg 多媒体框架,开发库为 RealTimeDecoder.dll)的缓存中,进行解码显示。

1) 程序初始化模块设计:

图像解码软件程序初始化模块设计时考虑 UDP 地址可配置,存储路径可配置,解码码流可配置,支持 H264、H265 图像码流解码格式。定时器初始化实现刷

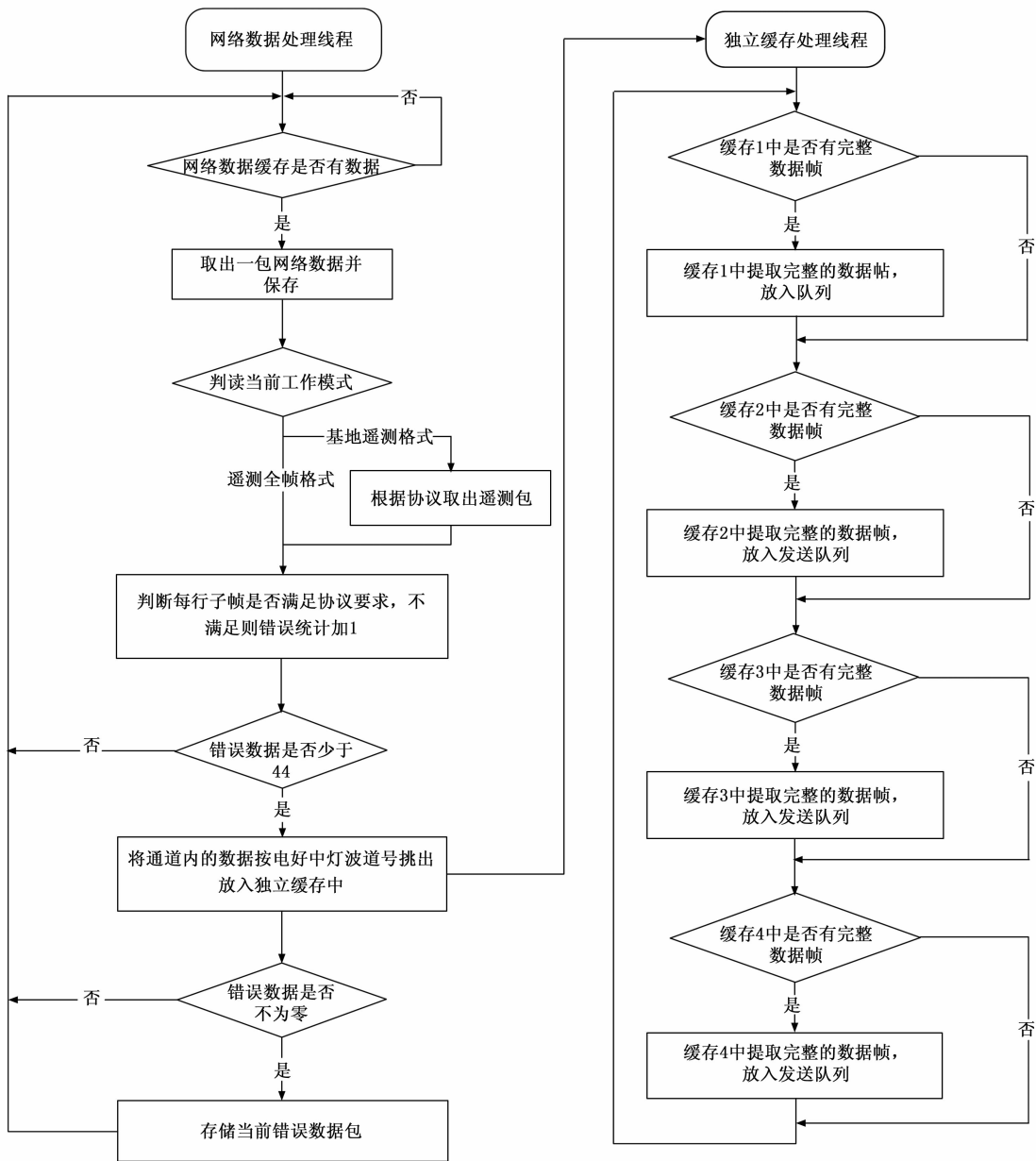


图 7 网络数据处理流程图

新频率的可配置。

2) 图像数据处理模块设计：

图像数据处理模块通过 UDP 单播接收遥测图像挑路预处理软件传输的图像数据，按照规定的格式将各通道的图像数据处理成图像源码放入播放队列，根据设定的定时器刷新频率进行解码播放。

3) OSD 功能模块设计：

OSD 功能模块可以将图像数据中插入的 OSD 信息按照预设的格式进行读取并显示在图像显示的任意位置。

4) 界面显示设计：

图像解码软件界面显示设计如图 10 所示，图像解

码软件最大可以播放四路图像，菜单栏可以设置网络地址、存盘位置、码流、通道数等。左下角显示网络连接状态、网络连接状态。

4 实验结果与分析

4.1 实验步骤和方法

该火箭遥测图像解码设备基于 H264/H265 编解码标准开展测试验证，采用以黑盒测试为核心、白盒测试为补充的混合测试策略。测试团队通过构建图像测量系统环境模拟各类输入场景，重点验证协议符合性与性能指标达成度：黑盒测试着力验证设备功能完备性，通过设计覆盖所有功能需求的测试用例，系统检验编解码处理、通信协议实现等核心功能的正确性和稳定性；白盒



图 8 遥测图像挑路预处理软件主界面

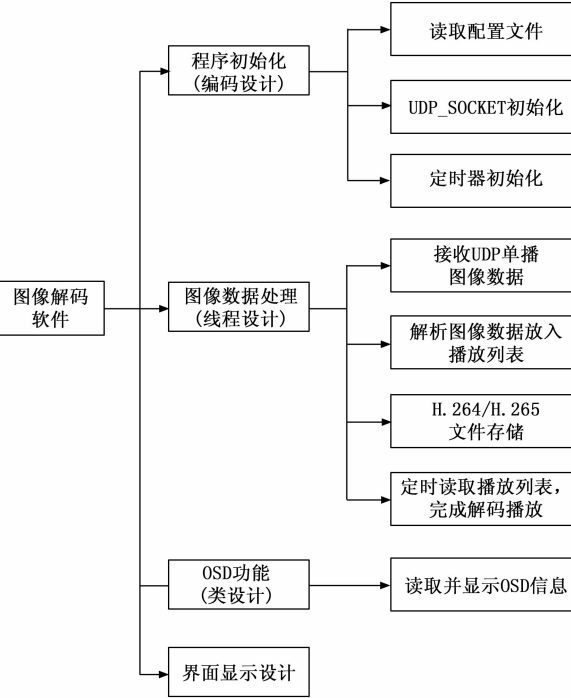


图 9 地面图像解码软件结构图

测试则对关键算法模块进行路径覆盖分析,辅助定位潜在缺陷。测试过程同步运用数据传输速率监测、网络通信状态可视化等实时监控手段,确保设备处理性能符合设计要求。

测试体系严格遵循航天型号软件测试规范(Q/QJA 300)及专项技术文件要求,搭建的验证环境包含信号模拟器、协议分析仪等专用设备(详见设备清单及拓扑图)。围绕功能性、可靠性、人机交互等质量特性,重点实施开发方与用户双维度的黑盒验证,涵盖功能边

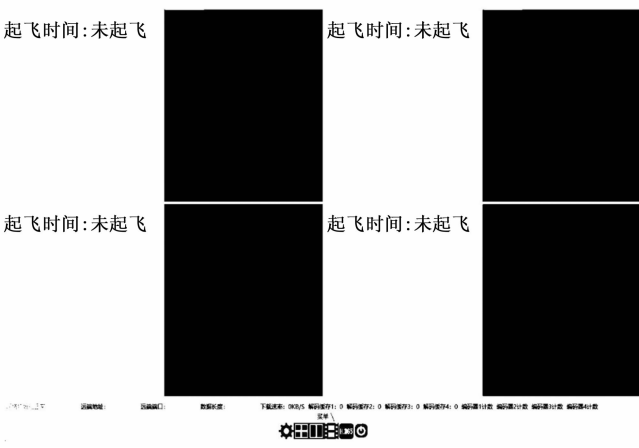


图 10 图像解码软件显示界面

界测试、极限强度测试、GUI 界面测试等多维度评估。技术实现层面采用多层级验证手段:通过错误日志追溯机制实现缺陷精准定位,运用单步调试技术开展复杂场景复现,结合实时通信状态监控系统保障数据传输完整性,形成闭环测试验证链路。

表 8 测试环境组成设备

序号	组成	类型
1	陪测计算机	陪测设备
2	遥测图像解码设备	图像设备
3	遥测图像挑路预处理软件	图像软件
4	图像解码软件	图像软件

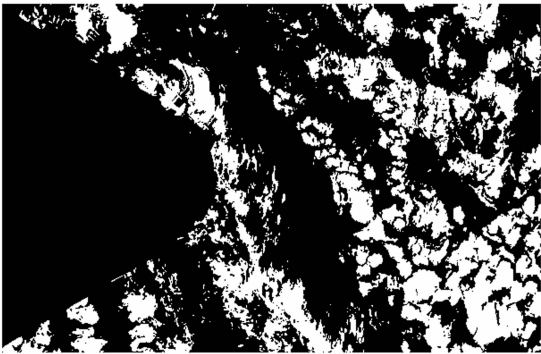


图 11 解码效果图

4.2 实验数据

针对该型图像解码设备,基于航天工程测试标准搭建全链路验证环境,对多型运载火箭的飞行遥测数据进行系统测试。H265 编码的箭载摄像头数据解码效果,其平均解码帧率达 25 fps (± 0.8 fps),端到端延迟控制在 22.4 ms ($\sigma=1.8$ ms); H264 箭载摄像头数据解码效果测试中,实现稳定维持 20 fps (± 0.8 fps) 解码速率,通道间延迟差异不超过 3.5 ms。双冗余模式下主备解码链路解码同步性 ≤ 17 ms,数据丢包率 $< 5 \times 10^{-6}$ 。

4.3 实验结果分析

功能性:遥测图像解码设备能够稳定接收多种数据格式的遥测数据进行解码显示,并支持 H264/H265 的码流输出。

可靠性:遥测图像解码设备一体化的设计极大的提升了设备的可靠性,同时软硬件双冗余输出的设计使得设备的可靠性再一次提升。

人机交互性:在遥测图像解码设备使用过程中,成熟配套的图像解码软件的设计让操作人员的使用更加便捷,操作更加灵活,提高了应急操作效率。

在测试过程中,遥测图像解码设备能够进行遥测数据接收、存储、处理、解析,解析后的图像解析格式数据能够按照预先设定的帧频实时播放,图像播放显示清晰、流畅、无卡顿,存储的数据完整,无丢帧。

经某型号多轮总测及基地对接后,确认了遥测图像解码设备的功能性、可靠性等需求,H264、H265 切换正常、数据传输稳定,实验结果表明基于 H264/H265 的火箭遥测图像解码设备能够满足火箭发射状态下的实时观测要求。

5 结束语

本文从设计的角度出发开发了基于 H264/H265 的火箭遥测图像解码设备,旨在满足火箭发射过程中图像解码的多功能化需求,其中多项优化设计更好的满足了火箭发射的实时观测需求。后续工作中应更加注重实验积累,设计优化出更多设计方法,为航天事业发展贡献力量。

参考文献:

- [1] OSKAR M D V, CLAUDE J D, SEJIN O, et al. Media Orchestration Between Streams and Devices via New MPEG Timed Metadata [J]. SMPTE Motion Imaging Journal, 2018, 127 (10): 32-38.
- [2] 马 军,王红亮.基于 FPGA 的 H.264 码流实时传输系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2021, 29 (5): 225-229.
- [3] 周 鑫,王安迪,陆壮志,等.基于航天视频监测的 H265 编码系统设计 [J]. 军民两用技术与产品, 2018, (17): 53-56.
- [4] QU B. Design of raw socket for Multi-process micro-kernel embedded OS on ARM [J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 2748 (427-429): 941-944.
- [5] CHIRANJIB M, HAKIM A. Amplitude of accommodation among students of a malaysian private university as assessed using subjective and objective techniques [J]. Korean Journal of Ophthalmology; KJO, 2020, 34 (3): 219-226.
- [6] PINCHUK A, DADOENKOV P, HALUTIN D, et al.

- Improved rolling system of railway stock on brake shoe [J]. Procedia Computer Science, 2019, 149258-263.
- [7] 徐宝凤. 基于 H.265 的软件解码平台设计与实现 [D]. 西安:西安电子科技大学, 2013.
- [8] 殷先英. 基于深度学习的 H.265/HEVC 编码技术研究 [D]. 杭州:杭州电子科技大学, 2023.
- [9] 王建富. H.265/HEVC 编码加速算法研究 [D]. 合肥:中国科学技术大学, 2015.
- [10] 夏校朋. 基于 H.264/HEVC 的视频编解码关键技术研究 [D]. 成都:中国科学院研究生院(光电技术研究所), 2016.
- [11] BACHU S, TEJA R N. Fuzzy Holoentropy-Based Adaptive Inter-Prediction Mode Selection for H.264 Video Coding [J]. International Journal of Mobile Computing and Multimedia Communications (IJMCMC), 2019, 10 (2): 42-60.
- [12] MANZOOR R, G M M, KETTY S. A study on quality assessment for medical ultrasound video compressed via HEVC [J]. IEEE journal of biomedical and health informatics, 2014, 18 (5): 1552-9.
- [13] 苏健渊. 基于 ARM+FPGA 的多屏图像显示系统研究 [D]. 西安:西安电子科技大学, 2014.
- [14] 潘晓明,刘 伟,袁承宗,等.基于 PDXP 协议的运载火箭可视化遥测解码系统 [J]. 上海航天(中英文), 2020, 37 (s2): 153-158.
- [15] 高建辉,黄世震.基于 H264 的远程视频监控系统设计与实现 [J]. 微型机与应用, 2017, 36 (19): 93-94.
- [16] 袁 晴. 基于 H.265 的视频快速编解码研究和实现 [D]. 杭州:杭州电子科技大学, 2021.
- [17] 阳 飞. 基于龙芯 2K1000B 的 H.264 视频解码系统软件适配与优化 [D]. 南京:东南大学, 2020.
- [18] ZHOU M, WEI X, KWONG S, et al. Just Noticeable Distortion-Based Perceptual Rate Control in HEVC [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2020, 297603-7614.
- [19] BOSSEN F, BROSS B, SÜHRING K, et al. HEVC Complexity and Implementation Analysis [J]. IEEE Trans. Circuits Syst. Video Techn., 2012, 22 (12): 1685-1696.
- [20] FERNANDES R, SANCHEZ G, CATALDO R, et al. Efficient HEVC intra-frame prediction using curved angular modes [J]. Electronics Letters, 2018, 54 (21): 1214-1216.
- [21] 朱秀昌,李 欣,陈 杰.新一代视频编码标准——HEVC [J]. 南京邮电大学学报(自然科学版), 2013, 33 (3): 1-11.
- [22] 蒋 炜. H.264 到 HEVC 视频转码技术研究 [D]. 杭州:浙江大学, 2013.