

DOI:10.20033/j.1003-7241.(2026)03-0124-04

一种海思片内的图像传输方法

伍振宇,倪文龙,郭晓光,王超

(中国电子科技集团公司第五十八研究所,江苏无锡 214035)

摘要:为实现大规模图像数据传输与实时处理,提出一种基于海思芯片片内图像数据传输的高效方法。该方法结合线程池调度策略与PCIV传输机制,构建出一个简洁而强大的多路图像数据传输模型。线程池负责统一管理多路图像任务,显著提升资源利用率和系统响应能力;PCIV则依托PCIE高速接口与海思硬件加速能力,实现低延迟、高吞吐量的数据传送。为验证该方法,在海思3559AV100与海思3531DV200芯片级联平台上进行了16路高清摄像头的实时传输试验。结果表明,该系统能够稳定处理多路图像数据,传输流畅,显示端无任何卡顿,完全满足多芯片协同处理场景下对大数据量与实时性的要求。研究有效解决了多图像处理芯片级联架构中的传输瓶颈,适用于智能安防、自动驾驶、工业检测等对实时图像处理要求较高的领域,具备良好的工程应用前景。

关键词:海思;3559AV100;3531DV200;线程池;PCIV;PCIE

中图分类号: TP302.1;TP391

文献标志码: A

文章编号: 1003-7241(2026)03-0124-04

An image transmission method within HiSilicon chips

WU Zhenyu, NI Wenlong, GUO Xiaoguang, WANG Chao

(No. 58 Research Institute, China Electronics Technology Group Corporation, Wuxi 214035, Jiangsu, China)

Abstract: To achieve large-scale image data transmission and real-time processing, this paper proposes an efficient method for on-chip image data transmission based on HiSilicon chips. This approach integrates a thread pool scheduling strategy with the PCIV transmission mechanism to construct a simple yet powerful multi-channel image data transmission model. The thread pool is responsible for unified management of multi-channel image tasks, significantly improving resource utilization and system responsiveness; meanwhile, PCIV leverages the high-speed PCIE interface and HiSilicon's hardware acceleration capabilities to achieve low-latency, high-throughput data transfer. To validate the method, it conducts real-time transmission tests using 16-channel high-definition cameras on a platform with cascaded HiSilicon 3559AV100 and 3531DV200 chips. The results demonstrate that the system can stably handle multi-channel image data with smooth transmission and no stuttering on the display end, fully meeting the requirements for high data volume and real-time performance in multi-chip cooperative processing scenarios. This research effectively addresses transmission bottlenecks in multi-image processing chip cascaded architectures and is suitable for applications such as intelligent security, autonomous driving, and industrial inspection that demand high real-time image processing performance, offering promising prospects for engineering applications.

Keywords: HiSilicon; 3559AV100; 3531DV200; thread pool; PCIV; PCIE

随着技术发展和时代的进步,图像识别、图像处理等技术如今得到了广泛的应用^[1-2],越来越多的厂家推出了专用的图像处理芯片^[3],并且随着国家对国产化要求越来越高,对国产图像处理芯片的需求和应用也随之增加^[4-5]。为了满足自动驾驶、图像AI识别等多种多样的图像处理需求,文中介绍了一种基于海思片内的一种图像传输框架,满足了多个海思图像处理芯片间的高速传输以及图像处理方法,从而使图像实时性更高,占用资源更少。

1 系统架构设计

系统架构如图1所示,主要分为两个部分,第一部分采用了海思3559AV100作为主处理器进行16路网络摄像头的拉流、ISP图像处理、NNIE图像识别算法和视频编

码等功能^[6-7];第二部分采用海思3531DV200作为协处理器进行视频解码、视频处理、视频存储、视频输出等功能;二者采用PCIE进行级联,3559AV100作为主片,3531DV200作为从片,PCIE窗口分为2个区域,1区进行消息传输,主要传输主控制器的控制指令,从而对协处理器进行操作;2区进行视频数据传输,主要传输压缩后的视频数据;本文只对片内传输的设计进行详细描述。

2 PCIV传输

2.1 数据传输流程

首先海思3559使用RTSP协议进行网络拉流,将视频流数据缓存至片内内存中,使用VENC压缩模块对视频数据进行压缩处理,接着将压缩后的视频数据放入线程池

收稿日期:2024-11-11;录用日期:2024-11-29

作者简介:伍振宇(1992—),本科,工程师,研究方向:图像处理、嵌入式控制系统等。

引用本文:伍振宇,倪文龙,郭晓光,等.一种海思片内的图像传输方法[J].自动化技术与应用,2026,45(3):124-127.(WU Zhenyu, NI Wenlong, GUO Xiaoguang, et al. An image transmission method within HiSilicon chips[J]. Techniques of Automation and Applications, 2026,45(3):124-127.)

中的工作空间进行管理,然后通过 PCVI 中的消息机制通知海思 3531 进行接收处理,海思 3531 收到消息通知后进行 PCIV 数据通道初始刷、VDEC 解码模块初始化等操作,完成后也通过 PCVI 消息回复给海思 3559,海思 3559 收

到回复消息后,将视频数据从线程池中取出,通过 PCVI 数据通道发送给 3531 进行处理,至此整个传输过程结束,传输流程图如图 2 所示。

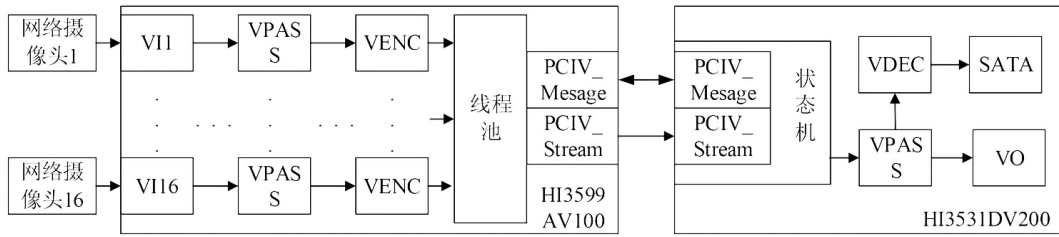


图1 系统架构

Fig. 1 System architecture

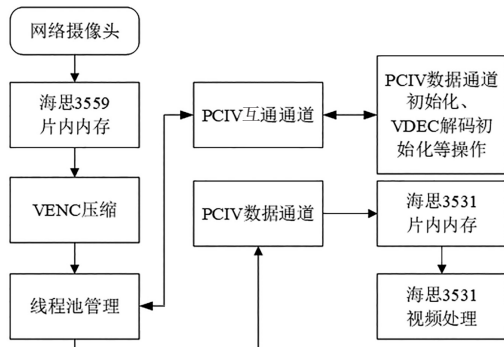


图2 数据传输流程

Fig. 2 Data transmission process

2.2 PCIV 框架

PCIV 为基于 PCIE 驱动和 HI3559AV100 媒体驱动的上层业务模块,依赖的驱动包括 PCIE 底层驱动、PCIE 消息驱动(即 MCC)和所有 MPP 媒体驱动^[4];PCIV 模块主要提供 PCIE 多片间图像数据传输等相关 MPI 接口,PCIV 框架如图 3 所示。

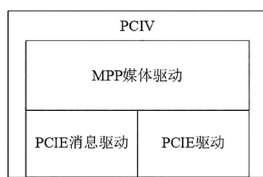


图3 PCIV 框架

Fig. 3 PCIV framework

2.3 PCVI 内存架构

PCIV 的内存架构如图 4 所示,前 1 MB 为 PCIV 消息空间,后 7 MB 为数据传输的 MMZ Window 缓存池。

图像或码流的传输过程中,使用的源地址和目标地址都是由 MMZ 管理,用户可通过 MMZ 的 VideoBuffer 相关接口获取。其中图像的传输由 PCIV 模块内部从 VideoBuff 中获取内存,而码流传输需要用户在用户态调用接口获取 VideoBuffer 内存。

PCIV 从到主的 DMA 数据传输(包括图像和码流)时,源地址和目标地址都可以是各自 DDR 上的任意可用地址^[8-9]。PCIV 主到从或者从到从的 DMA 数据传输时,目标地址必须使用 PCIE 窗口映射的 PCIE 地址^[10]。

以主到从的码流传输为例,主片上的码流发送 buffer 可位于 DDR 上任意有效地址空间(可以使用 VideoBuffer 相关接口申请内存);而从片上的码流接收 buffer 则必须在 PCIE 窗口的 PF Memory 空间范围内,获取其内存可以调用 PCIV 相应接口。首先调用 HI_MPI_PCIV_WinVbCreate 创建基于 mmz 的缓存池,然后调用 HI_MPI_PCIV_Malloc 接口从其中获取缓存块。

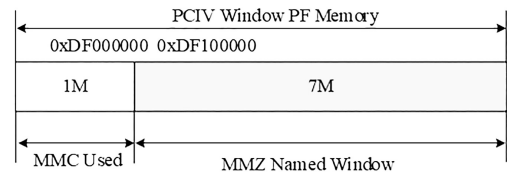


图4 PCIV 内存架构

Fig. 4 PCIV memory architecture

2.4 PCIV 消息应用

PCIV MCC 消息模块基于 PCIE 的 Window 窗口机制以及系统全局软中断(Hi 中断),实现 PCIE 主从设备间的消息通讯功能。

用户态接口包括,获取 PCIE 本地以及对端的 ChipId 号,主从片间的相互检测机制(即通讯握手),消息端口的打开/关闭,消息的读和写,以及 Select 接口等。从 MCC 模块获取到的 ChipId 号,在 PCIE 主设备上为 0,在 PCIE 从设备上则为 PCIE slot 号。

MMC 消息必须要有对应的消息处理函数进行响应,用户可以自定义消息 ID 号;以海思 3531 的消息响应为例,主函数循环读取 PICV 的消息,根据读取的消息 ID 号,调用不同的处理函数,从而进行主从交互,如图 5 所示。

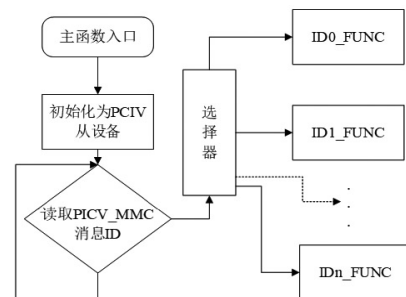


图5 PCIV 消息处理流程图

Fig. 5 PCIV message processing flow chart

3 线程池

线程池是一种管理线程的机制,它可以在需要时自动创建和销毁线程,以及分配和回收线程资源^[11-12]。线程池的主要优点是减少了频繁创建和销毁线程所带来的开销,提高了系统的稳定性和可扩展性^[13-14]。此外,线程池还可以有效地控制线程的数量,避免过多线程导致的资源竞争和系统过载^[15]。

3.1 线程池模型

线程池主要分为三个部分,线程池的模型如图 6 所示。

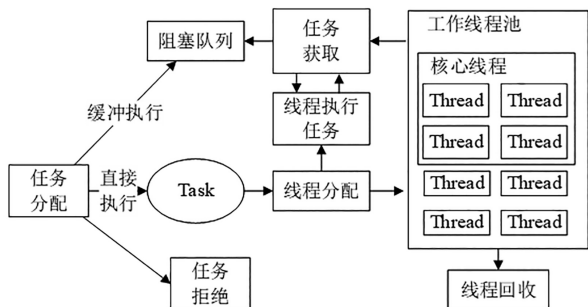


图 6 线程池模型

Fig. 6 Thread pool model

1) 任务队列。线程用来处理任务,线程不能立刻处理完任务就需要把任务存起来,线程池中的任务是数据的处理流程是一堆函数,所以任务队列中存的是函数的地址。

2) 工作线程。从线程池维护的任务队列里取任务,相当于消费者。

3) 管理者线程。用来管理工作线程,用于任务分配,线程创建,检测线程数量、状态等,工作线程的数量是动态变化的。

3.2 模型设计

因为图像传输为固定传输路数,除非硬件更改否则不会增加路数,所以为了使模型更为简单、实时性更高,采用线程池的思想,设计传输模型。模型图如图 7 所示。

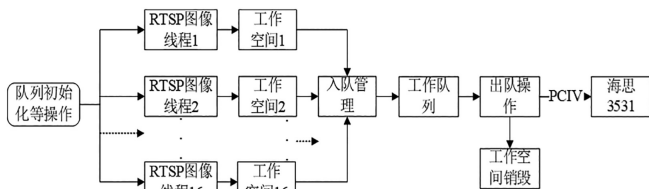


图 7 图像传输线程池模型

Fig. 7 Image transmission thread pool model

1) 进行申请队列空间、创建线程锁、队列链表等初始化操作;

2) 创建 16 个线程(数量根据摄像头最大路数决定),每个线程绑定一个 RTSP 协议对应的拉流函数,实时进行图像数据流获取;

3) 当每获取到一段图像数据,创建一个工作空间,将图像数据拷贝至工作空间中,工作空间中的数据包括通道 ID(对应摄像头编号)、图像数据长度、图像数据等,然后

将工作空间入队至工作队列中,等待出队操作;

4) 创建 1 个线程进行工作队列出队操作,出队主要工作是调用 PCIV 传输函数进行图像数据发送,发送完成后进行工作空间销毁;

5) 从端收到 PCIV 传过来的数据,根据通道 ID 判断此数据是哪个摄像头的数据,从而进行分类处理与存储。

3.3 函数和数据接口设计

图像传输线程池管理所涉及的函数主要有 3 个,数据结构主要有 2 个,如表 1~5 所示。

1) 工作空间数据结构见表 1。

表 1 工作空间数据结构

Tab. 1 Workspace data structure

结构体类型	job	类型	说明
	job	job *	链表类型
结构体元素	buf	void *	图像数据地址指针
	buflen	U32	图像数据长度
	chnID	U32	图像通道号

2) 工作队列数据结构见表 2。

表 2 工作队列数据结构

Tab. 2 Work queue data structure

结构体类型	jobqueue	类型	说明
	rwmutex	pthread_mutex_t	互斥锁,用于此工作队列是否能访问
结构体元素	front	Job *	工作队列的头指针
	rear	Job *	工作队列的尾指针
	has_jobs	bsem *	信号量,是否正在操作
	len	len	此工作队列的数量

3) 队列初始化函数见表 3。

表 3 队列初始化函数

Tab. 3 Queue initialization function

函数名	jobqueue_init	队列初始化	数据类型
输入	jobqueue_p	工作队列指针	jobqueue *
输出	返回值	初始化成功返回 0, 失败返回-1	int

4) 入队管理函数见表 4。

表 4 入队管理函数

Tab. 4 Enqueue management function

函数名	add_job	创建新的工作空间并加入到工作队列中	数据类型
	jobqueue_p	工作队列指针	jobqueue *
输入	pSrc	图像数据指针	U8 *
	srcLen	图像数据长度	U32
	chnID	图像通道号	U32
输出	返回值	成功返回 0, 失败返回-1	int

5) 出队函数见表 5。

表 5 出队函数

Tab. 5 Dequeue function

函数名	jobqueue_pull	将队尾的工作空间取出	数据类型
输入	jobqueue_p	工作队列指针	jobqueue *
输出	job_p	取出的工作空间	job *

4 试验测试

试验方式为海思 3559 接 16 路网络摄像头和调试电脑,海思 3531 接显示屏;采用普通队列传输显示的方案和线程池+PCIV 的传输显示方案做进行对比测试;在传输过程中对图像数据包进行分析,可明显看出普通传输方式存在大量丢包,如图 8 所示;而线程池+PCIV 的传输方式没有抓到丢包,如图 9 所示;在 3531 端接 16 路摄像头均能正常在显示屏端显示并无卡顿现象,如图 10 所示。

在源代码中加入调试信息,在调试电脑上使用 USB 调试串口,可查询 PCIV 的传输信息,如图像通道号、图像宽度、图像高度、图像缓冲块个数、图像发送接收间隔等,如图 11 所示。

```
***** Video Prcoess System work *****
WARNING: Chn ID: 3 lose 509 RTP bag (from 54015 to 54525)
WARNING: Chn ID: 7 lose 452 RTP bag (from 39146 to 39599)
WARNING: Chn ID: 5 lose 506 RTP bag (from 20715 to 21222)
WARNING: Chn ID: 6 lose 485 RTP bag (from 32702 to 33188)
WARNING: Chn ID: 2 lose 482 RTP bag (from 3401 to 3884)
WARNING: Chn ID: 1 lose 477 RTP bag (from 53281 to 53759)
WARNING: Chn ID: 4 lose 548 RTP bag (from 31284 to 31753)
```

图 8 普通传输方式丢包 Log

Fig. 8 Log of packet loss in normal transmission mode

```
***** Video Prcoess System work *****
```

图 9 线程池+PCIV 传输方式丢包 Log

Fig. 9 Packet loss Log of thread pool+PCIV transmission mode



图 10 16 路摄像头试验显示

Fig. 10 16-channel camera test display

```
~ # cat /proc/umap/pciv
[PCIV] Version: [Hi3559AV100_MPP_V1.0.0.0 B010 Release], Build Time[Jan
20 2018, 13:07:12]

-----PCIV CHN ATTR-----
PciChn Width Height Stride Field PixFmt BufCnt BufSize PhyAddr0
0 1920 1080 1920 frm sp420 5 3110400 69f38000

-----PCIV CHN STATUS-----
PciChn RemtChp RemtChn GetCnt SendCnt RespCnt LostCnt NtfyCnt BuffStatus
0 1 0 410077 410077 410073 0 0 1 1 0 1 1

-----PCIV MSG STATUS-----
PciChn RdoneGap MaxRDGap MinRDGap WdoneGap MaxWDGap MinWDGap
0 0 0 0 22032 24291 20992
```

图 11 PCIV 传输信息

Fig. 11 PCIV transmission information

5 结论

本文基于海思 3559AV100 和 3531DV200 平台,采用线程池思想和 PCIV 组合的方式,实现海思片内多路图像传输,满足了大量图像数据的处理需求。并通过试验测试验证了此方法的有效性。该方法使用模块化思维,简化了通用线程池的管理方式,并且此方法不局限于 2 个芯片,可以拓展到多个海思芯片,实现多个芯片同时处理,具有实际的工程化应用前景。

参考文献

- [1] 张亚东, 付新明, 雷洋, 等. 图像处理在自动化系统中的应用[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(12):71-74.
- [2] 李思源, 计算机图像处理技术的应用及其发展趋势展望[J]. 信息系统工程, 2024(3):48-51.
- [3] 景鹏阁, 龚时华, 周丹宇, 等. 面向视觉伺服的芯片图像 Zynq 预处理系统[J]. 计算机测量与控制, 2024, 32(11):287-293.
- [4] 张仕霞, 杨晓欢, 蒋新. 基于空间金字塔优化间距准则算法的小样本图像分类[J]. 自动化技术与应用, 2025, 44(3):156-159, 188.
- [5] 任利强, 贾舒宜, 王海鹏, 等. 基于深度学习的时间序列分类研究综述[J]. 电子与信息学报, 2024, 46(8):3094-3116.
- [6] 傅晓雪, 黄昶. 基于海思 Hi3531 部署的红外小目标检测算法研究[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2025 (1):151-164.
- [7] 谢金鹏, 孙文博, 张高敏. 基于海思平台的便携式四通道高帧率视频采集储存系统设计[J]. 物联网技术, 2025, 15(8):80-84, 88.
- [8] 段瑞枫, 陈艳, 洪凯, 等. 基于 PCIe 级联网口的农业监测视频高速传输系统研究[J]. 农业机械学报, 2024, 55(3):203-212.
- [9] 龚行梁, 李德文, 陈龙, 等. 基于 PCIe 总线的主从 CPU 数据传输系统设计与实现[J]. 工业控制计算机, 2024, 37(5):1-3, 6.
- [10] 田浩, 马超, 王晨. 基于异构嵌入式计算平台的 PCIe 通信软件设计[J]. 信息技术与信息化, 2024(4):77-80.
- [11] 王鑫, 扈月, 刘坤禹, 等. Linux 下多线程的方案实现与对比[J]. 信息记录材料, 2024, 25(3):246-248.
- [12] 李懿琼. 基于卷积神经网络的计算机系统漏洞自动化检测技术[J]. 自动化技术与应用, 2025, 44(3):160-163.
- [13] 陈怀进, 曹承龙, 和伟. 基于混合推进的多线程并行离散事件仿真引擎[J]. 计算机仿真, 2024, 41(10):1-6.
- [14] 涂小妹, 闫东升. 基于实时监控的动态调节线程池方法研究[J]. 智能计算机与应用, 2024, 14(9):76-81.
- [15] 王永红. 基于多线程技术的 C 语言程序并行化改造[J]. 电脑知识与技术, 2024, 20(10):64-67.