

Design of UAV Ultra-Clear and Ultra-Low-Latency Wireless Image Transmission System

Yi Zhong

Shenzhen Le Orange Internet Co., LTD., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

【Abstract】 In the uav application, wireless digital image transmission is a hot spot and difficult point in the field of uav communication and image processing, the performance of the image transmission system is a key factor affecting the UAV performance and usage scenarios, while the digital image transmission is also faced with high technical complexity, low frequency band utilization rate, and synchronization problems. This paper studies the module design of high bandwidth efficiency, high definition, low power consumption and long-distance transmission.

【Keywords】 UAV; ultra clear; codec; low latency; wireless image transmission

无人机超清超低延迟无线图像传输系统设计

钟毅

深圳市乐橙互联有限公司, 中国·广东 深圳 518000

【摘要】 在无人机应用中, 无线数字图像传输是无人机通信和图像处理领域的一个热点和难点, 图像传输系统的性能是影响无人机性能和使用场景的一个关键因素, 同时数字图传还面临着技术复杂程度较高, 频带利用率低, 和同步性问题。论文为实现高带宽效率、高清晰度、功耗低、低延时的图像压缩以及远距离传输的高清图传系统而对系统各模块设计进行研究。

【关键词】 无人机; 超清; 编解码; 低延迟; 无线图传

DOI: 10.12349/iser.v3i3.755

1 引言

本研究在汲取市场上现有图像传输的技术特点的基础上, 进行了一系列的创新, 本研究研发的无人机高清低延时芯片级图传系统拟解决基于传统 H.264、Motion JPEG、MPEG4 等编解码技术的无线图传系统存在的高延时和稳定性问题, 实现超低延时和高稳定性的无线高清图传系统。本研究部分技术创新点详细描述如下: (1) DSP TRX700 视频编解码芯片的方案研究设计; (2) 基于 DSP TRX700 芯片低延时视频算法的研究; (3) 私有网络通信协议的研究; (4) 可以适配 WIFI 和 OFDM、4G、5G 等多种传输方式, 满足无人机对各种应用场景的图传需求。

2 超低延迟无线图像传输系统总体设计方案

2.1 系统指标

根据无人机的应用环境, 系统要满足高压缩比、轻量化、低延时、传输距离远、画质清晰特点。并且有较强的抗干扰能力, 在无线信号干扰较强的复杂环境中工作, 通过无线方式将拍摄到的视频信息实时传回地面, 一般来说控制在 50ms 内就基本上达到低延迟的设计标准。

2.2 超低延迟无线图像传输系统的设计方法

首先, 对无线通信系统中各种类型信号特性做了分析, 并根据这些特点设计出一种适合于传输数据、时间以及空间等多种性能指标要求的数字图像传递方案; 然后通过实验验证了该传送方案在不同距离下能够实现较高效率并且快速准确地完成任务目标。最后将设计方案运用到实际应用场景当中去并总结其结论与经验以得到最终效果。该实验系统的设计思路为: 硬件模块设计和系统设计。

3 超低延迟无线图像传输系统的硬件设计

3.1 硬件系统结构

无人机图传部分主要包括发射端, 接收端。发射端是系统的空中部分, 放置在无人机机体下, 负责图像采集, 压缩并转成适合无线传输的码流, 再通过无线发送到地面, 无线图传的发射端, 是图传的主要设计重点, 又可以分为多个模块: 视频接收模块、视频编码模块、无线发送模块、系统的接收端是地面部分, 包括无线接收模块、视频解码模块、无线模块和显示设备。

考虑到无人机数字图传的稳定性及延时性根源在于视频的编解码技术, 也就是说大多数现有的视频编解码芯片专为 IP 摄像机或摄像头而设计, 这些应用对带宽控制, 图像质量和无线高清视频传输的压缩延迟有不同的要求。此外, 这些是硬编码的芯片, 它们不能实现专有的视频编解码器。另一方面, 虽然有

【作者简介】 钟毅 (1982-) 男, 中国广东深圳人, 硕士, 从事图像编解码及无线研究。

许多现成的可编程 DSP 芯片,但它们通常设计用于通用应用。它们不是专门用于视频处理,不能满足实时视频算法处理要求。

基于此,我们开发了专门设计了视频编解码 DSP TRX700。由于其专有架构,它解决了实时视频编码和解码中存储带宽管理的瓶颈。凭借可编程数字信号处理架构,TRX700 处理器提供了一个非常强大而灵活的平台来实现复杂的视频算法,同时满足实时性要求。当网络不稳定或丢包时,TRX700 系统能够以数毫秒的严格要求完成视频处理算法,确保无滞后的用户体验,结合了硬编码/解码器高速 DSP 和 DSP 可编程性的优点^[1]。

TRX700 技术采用完全分布式架构来支持可扩展性和灵活性。它可以集成更多的 DSP 内核和硬件加速器,以扩展其处理能力,它也可以编程为实现其他功能,如手势、语音识别、视频分析和图像信号处理等。

本系统发射端安装于无人机内,采用独立电源供电,整个无人机图传系统和无人机其他系统相对独立,方便调试安装及市场推广。

3.2 无线图传图像传输的工作过程

地面准备阶段,无人机系统上电后,图传系统自动扫描所有无线信道并选择一个干扰较小的无线信道,然后自动配对,配对指示灯由红色变成绿色,表示通信正常,无人机进入起飞状态。同时,相机获取的音视频信息通过 HDMI 口进入到无线发射端,进行重新编码后传到接收端无线模块,在转入解码端解码并在显示设备,设备会显示目前图像状态,图像指示灯变成蓝色,便是图像传输正常运作。

飞机起飞后,飞机根据飞行距离,把飞行数据通过 uart 接口给到无线图传模块,无线图传模块收到飞行距离信息,改变压缩码率,当飞机离无线接收模块较近时,保持高清传输,当距离较远时,降低压缩码率和画质,以保证图像一直流畅播放。

4 超低延迟无线图像传输系统设计

4.1 基于 DSP TRX700 芯片编解码算法的研究

设计的高性能 DSP 旨在满足低延迟下无线高清编码的高处理要求。它不仅要满足平均处理要求,而且也要满足传输错误发生时最差时的处理要求,理论上,1080P@60f 的视频需要 4Gbps 的原始带宽,所以设计的 TRX700 DSP 必须维持至少 4Gbps 的输入数据速率,同时实现 16ms 的延迟。其中内存是高吞吐量数据处理的瓶颈,向量处理需要使用多端口的内存来支持大的执行吞吐量。由于 DSP 不在每个周期中发出向量加载/存储指令,导致无法充分利用存储器带宽。我们设计的 DSP 架构使不同的执行单元可以在不同的周期内访问同一个存储器端口并行执

行。因此,在同等硬件复杂程度下,我们设计的 DSP 存储器性能会大大提升^[2]。

无人机与地面段的无线通信通道资源有限,如果获取的高清图像未经压缩就直接传回地面需要很多带宽,距离也会受到很大限制,所以要采用视频压缩技术,把视频信息中的不必要的冗余去掉。视频图像数据有大量的冗余信息。其中冗余信息可分为空域冗余信息和时域冗余信息。压缩技术就是将数据中的冗余信息去掉(去除数据之间的相关性),压缩技术包含帧内图像数据压缩技术、帧间图像数据压缩技术和熵编码压缩技术。传统的压缩编码是建立在香农(Shannon)信息论基础上的,它以经典的集合论为基础,用统计概率模型来描述信源,但它未考虑信息接受者的主观特性及事件本身的具体含义、重要程度和引起的后果。因此,压缩编码的发展历程实际上是以香农信息论为出发点,一个不断完善的过程。

现有的基于 H.264、jpeg motion 等视频压缩方法经过 30 多年的发展,压缩效率大大提高,标准的 H.264, H.264 压缩算法将原始像素信息转换为一系列可变长度符号。位流的不同部分需要引用一些先前传输的位。

例如, H.264 帧的块内部必须参考相邻块地重建像素来预测当前块的像素。最佳视频质量要求按顺序接收所有数据包。如果任何视频数据包丢失,不仅相应地像素块受到影响,还会传播来自整个帧的错误以及引用错误帧的所有后续帧。虽然一些错误隐藏技术可以用插值技术填充缺失的像素,但是仍然不足以减少视觉伪影。简而言之,在实时视频流中使用标准 H.264 的主要问题之一是可靠性。另外并没有考虑基于网络的实时视频流传播,网络流媒体的实时性要求很少,平均带宽也是事先已知的,对瞬时带宽变化没有严格的约束。虽然可以实时提供反馈以调整视频比特率以减少流量负载,但是对无线高清图传,视频会议等对低延迟和高稳定性有很高要求的应用场景,仍然不令人满意。

我们专有的编解码算法在 H.264 上做了改进,支持基于网络的实时视频流,低延迟,高视频质量,高效地比特率控制和通信信道可波动情况下的高可靠性。当网络带宽突然下降或出现重大传输错误时,我们的编解码算法会针对丢包自动调整,视频画质不会出现快速下降的情况,带宽环境好的情况下自动传输高码率的视频信息,当带宽出现突然下降时,自动切换成低码率视频信息,以保证视频传输的稳定性和低延时性。

4.2 网络通信协议的研究

高压缩率导致每个包不同比特率之间有高数据依赖性,如果一个分包丢失,则误差从一个块扩散到

整个画面,然后从一个图像至多个画面,直到接收到下一内预测块。因此,在视频延迟,图像质量和稳定性方面,通信协议对整体视频流传输体验也有很大的影响。一般来说,可以通过使用可靠的面向连接的协议(如TCP)来检测和纠正数据包错误。如果检测到任何数据包错误,它可以重新发送相应的数据包,超时重传是TCP协议保证数据可靠性的一个重要机制,其原理是在发送一个数据以后就开启一个计时器,在一定时间内如果没有得到发送数据报的ACK报文,那么就重新发送数据,直到发送成功为止。这是数据包丢失的情况下给出的一种修补机制。一般来说,重传发生在超时之后,但是如果发送端接收到3个以上的重复ACK,就应该意识到,数据丢了,需要重新传递。

TCP(Transmission Control Protocol)和UDP(User Data gram Protocol)协议属于传输层协议。其中TCP提供IP环境下的数据可靠传输,它提供的服务包括数据流传送、可靠性、有效流控、全双工操作和多路复用。通过面向连接、端到端和可靠的数据包发送。通俗说,它是事先为所发送的数据开辟出连接好的通道,然后再进行数据发送;而UDP则不为IP提供可靠性、流控或差错恢复功能。一般来说,TCP对应的是可靠性要求高的应用,而UDP对应的则是可靠性要求低、传输经济的应用,所以效率比较高,延时间短^[3]。

在评估UDP和TCP之后,我们开发了一种新的应用层协议,通过UDP运行,以优化视频流性能,它支持TCP的拥塞避免和可靠性,同时实现类似于UDP的低延迟。使得无线传输的视频可以适应带宽的急剧变化。当网络可以提供足够的带宽时,它可以最大限度地提高视觉质量。当网络带宽突然下降时,可以以非常短的延迟快速适应其编码比特率,以保持平滑的视频播放。此外,即使存在大量的丢包,我们的错误恢复算法仍然可以在不显示压缩图像的情况下实现图像质量的流畅的降级处理。

5 系统测试

5.1 系统硬件组成与功能

系统硬件组成与功能主要有:编解码模块、视频采集模块无线模块组成。

5.2 超低延迟无线图像传输单元

超低延迟无线图像传输单元是一种新型的无线接收方式,它利用超声波的高穿透率和快速传输等特点来实现信号在多普勒效应上进行有效传递。同时,它可以在不改变信息增益的前提下,保证信号传输系统高效率和低耗电。超声信道中包含了一个时变参数(延迟阵列)。这个参数是一种非线性函数来描述由发射天线引起的时间窗口反射镜位置变化与距离接收机之间距离相关关系曲线表示出来的是时域上连续分布着不同频率且具有一定幅度范围值这样特性现象所组成随机序列的理想状态,因此可以用线性表达式描绘出多普勒效应信号在传输过程中各信道间瞬态平稳性差别和延迟程度^[4]。

5.3 可靠性问题

在现代的超清传感器系统中,可靠性是一个比较重要的指标,而且其也一直是世界研究热点。而目前中国这方面所存在问题主要有两个方面。首先就是可靠性差和延迟误差等原因造成的影响;其次就是对于数据传输过程可能会出现误码率高、信噪比低以及抗干扰能力弱等等因素都需要我们去解决这两方面导致了超清算法在实时性上不强、鲁棒性能较差,而且其对原始图像质量有着很不好的效果。

6 结语

本研究是完全自主研发,在吸取和总结现有图传传输的技术特点的基础上,对产品进行了更深入的研究,进行了一系列的创新,其中包括DSP TRX700视频编解码芯片的方案研究设计和基于DSP TRX700芯片低延时视频算法的研究;以及私有网络通信协议的研究。本研究研发的无人机高清低延时芯片级图传系统所具备的性价比、高延时和高稳定性将能迅速应用到无人机市场,发展前景和潜力巨大。

参考文献

- [1] 张熙.无人机超清无线图像传输设计[J].科技研究,2020.
- [2] 许多.针对无人机超低延迟图像传输的设计[J].科技研究,2021.
- [3] 张志和.无人机的超清技术研究与应用[J].科技研究,2019.
- [4] 郑希阳.浅谈无人机低延迟传输技术的影响[J].科技研究,2020.