

光电火控实时信息处理系统设计与实现

褚凯, 杨茜

(中国人民解放军陆军军官学院, 合肥 230031)

摘要:针对光电火控实时信息处理系统高实时性和任务并行性的需求,对系统的作战时序和数据传输协议进行了分析。结合多任务调度机制和消息队列机制,提出了一种基于 VxWorks 平台的服务器架构,设计并实现了光电火控实时信息处理系统。

关键词:火控系统;实时处理;多任务;VxWorks

中图分类号:TP316.2

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2012)03-0085-04

光电火控实时信息处理系统是某型光电防御系统的重要组成部分,其主要功能是实时处理上级空情数据、目标探测跟踪设备捕获的目标信息,根据激光/毫米波告警类型,快速准确的控制转台和光电干扰对抗设备,对来袭的制导武器实施光电干扰,实现对重要目标的防护。

光电火控实时信息处理系统采用 Wind River 公司的 VxWorks 实时嵌入式操作系统作为开发平台,采用网络和串口作为通信接口。VxWorks 系统是第一个支持工业标准 TCP/IP 的实时嵌入式操作系统^[1],具有强大的网络功能。VxWorks 的多任务机制和消息队列机制以及对 socket 网络和串口通信的支持为实时响应和处理多客户端提供了坚实基础。

1 光电火控系统总体结构及信息处理流程

1.1 光电火控系统总体结构

光电火控系统主要由指挥控制系统、情报处理系统、定位定向设备、空情接收系统、转台随动系统、目标预警跟踪系统和光电干扰设备等构成,其总体结构如图 1 所示。

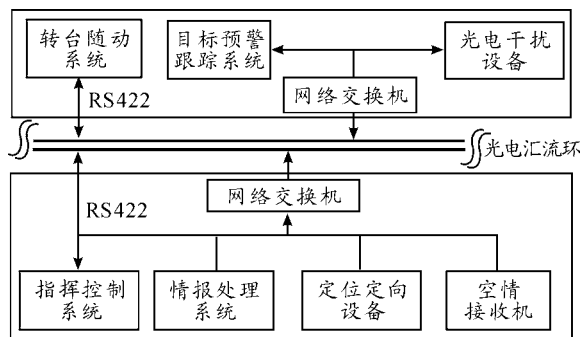


图 1 光电火控系统总体结构

如图 1 所示,指控控制系统、情报处理系统、定位定向设备和空情接收机位于光电汇流环的固定部分,转台随动系统、目标预警跟踪系统和光电干扰设备位于光电汇流环的转动部分。

1.2 光电火控系统信息处理流程

光电火控实时信息处理系统实现与目标预警跟踪子系统、转台随动子系统、干扰对抗子系统、定位定向子系统、情报处理子系统的信息交互。该系统信息处理流程如图 2 所示。

光电火控实时信息处理系统的具体过程是:在时统模块产生 20 ms 的时钟脉冲下,当中断产生时系统向转台随动系统和各子系统发送开始命令。各子系统接收到开始命令时设定各自的工作模式,并将设定结果反馈给系统。系统实时接收和处理各子系统的反馈数据,根据综合数据的处理结果进入下一步操作。

2 实时信息处理系统设计与实现

2.1 系统多任务并行设计与实现

在实时信息处理系统多任务设计中,进行合理的任务划分对系统的运行效率、实时性和吞吐量影响极大。任务分解过细则会引起任务频繁的切换,增加任务切换带来的开销,而任务分解不够彻底则会造成原本可以并行的操作只能按顺序串行完成,从而减少了系统的吞吐量^[2-4]。

在实时信息处理系统入口函数中,创建各子系统任务。根据各子系统的级别和任务优先级分解原则,光电火控实时信息处理系统各任务的优先级设置如表 1 所示。在默认情况下,0 为最高优先级,255 为最低优先级,并且对同级的所有任务采取抢占式调度^[5]。

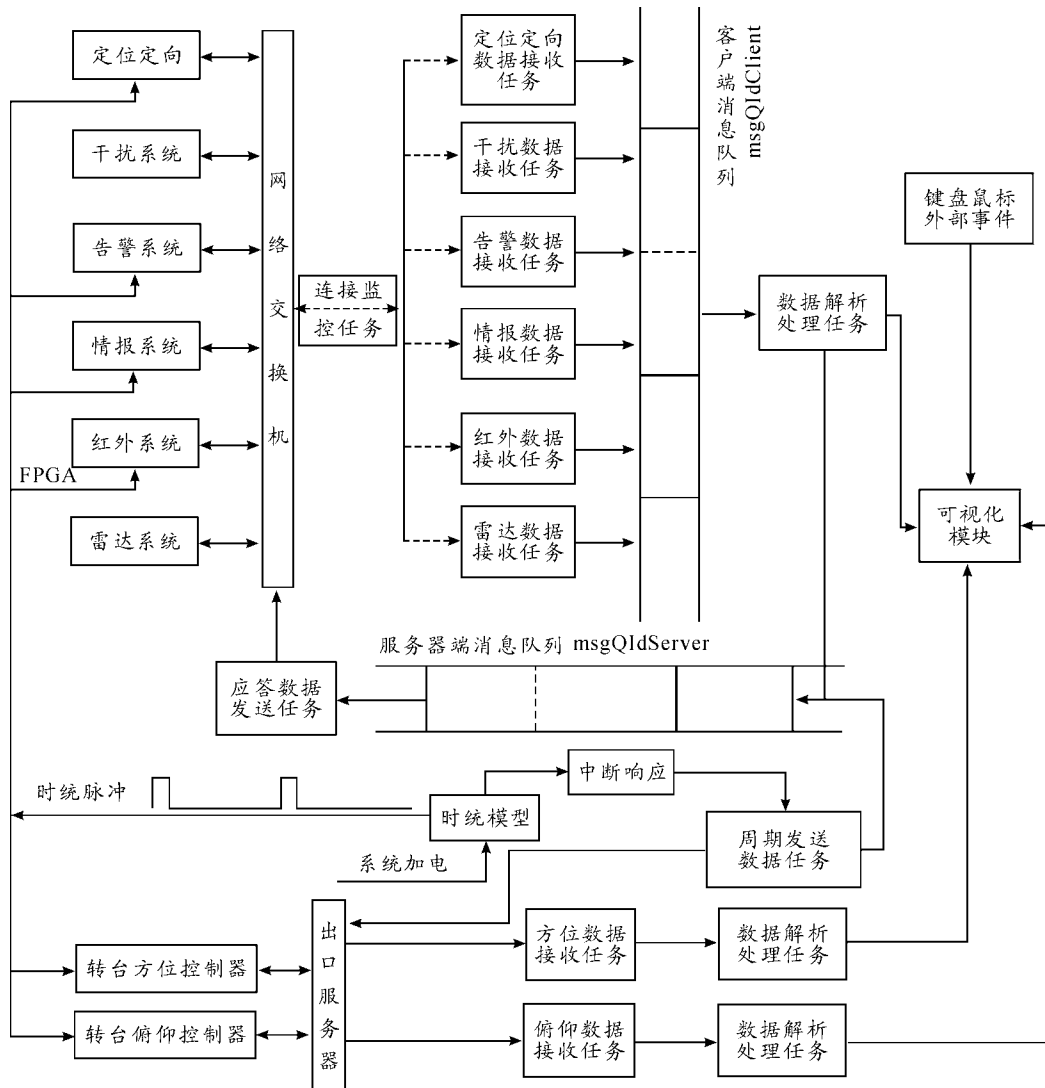


图2 光电火控实时信息处理系统信息流程

表1 系统任务优先级设置

任务名	优先级	备注
tNetRecvX	108	子系统接收任务
tNetExplain	107	子系统数据处理任务
tLinkMonitor	106	子系统连接监视任务
tAuto_Send	106	20ms 周期发送任务
tNetSend	110	火控系统网络发送任务
tNetInit	114	火控系统网络初始化任务
Serial_FWDataRecv	108	转台方位数据接收任务
Serial_FYDataRecv	108	转台俯仰数据接收任务

2.1.1 光电火控系统网络通信任务设计与实现

实时信息处理系统作为服务器,需要保持与各子系统的通信,同时监视各子系统运行状态。作为面向连接的并发服务器,系统包括下面的任务:火控系统网络初始化任务(tNetInit)、子系统连接监控任务(tLinkMonitor)、子系统数据接收任务(tNetRecvX)、火控数据发送任务(tNetSend)和子系统数据处理任务(tNetExplain)。

1) 火控系统网络初始化任务:建立子系统通信IP和通信节点号,初始化子系统连接状态和通信socket结构体数组,完成火控命令初始化配置,检查代码是否重入,建立网络侦听,创建子系统连接监控任务,火控数据发送任务、子系统数据处理任务。

2) 子系统连接监控任务:对子系统与信息处理系统的连接状态进行实时监控,当子系统连接时,根据网络初始化各子系统IP判断该子系统是否是合法连接,若不合法则拒绝连接请求,若合法则接受其连接请求,创建子系统数据接收任务,其中任务ID号作为任务参数。根据子系统的IP地址更新其通信socket和连

接状态。

3) 子系统数据接收任务:实时接收子系统发送到服务器的数据,并将数据存储到子系统数据消息队列中,释放消息队列信号量,当发送数据错误或子系统因断电或系统主动退出时,删除该任务。

4) 火控系统网络发送任务:根据发送数据中携带的发送节点信息,当发送节点为0时,为群发模式,通过遍历结构体数组向处于连接状态的合法子系统发送通用的自检、授时等命令数据,当发送节点为1~11时,为单发模式,向特定的子系统发送特殊数据。

5) 子系统数据处理任务:当子系统数据消息队列信号量可用时,取出队列中数据进行处理,获得子系统的动态信息。

2.1.2 光电火控随动系统控制模块设计与实现

实时信息处理系统与方位和俯仰控制器通过 RS422 串行接口进行通信,以 20 ms 作为通信周期。系统中分别创建了方位数据接收任务(任务名为 tFWDataRecv)和俯仰数据接收任务(任务名为 tFYDataRecv),任务采用 select^[2] 阻塞的方式接收伺服控制器数据,串口任务间数据交换流程如图 3 所示。当串口接收缓冲区中无数据时,select 机制使接收任务处于阻塞状态,不占用系统 CPU;当串口接收缓冲区中有数据时,select 机制使任务从阻塞状态切换到运行状态,接收缓冲区中的数据,进行数据处理,更新共享内存中的数据,同时对共享内存的数据进行磁盘存储。在接收到目标预警跟踪系统发送的目标信息后,根据转台当前的位置信息,进行目标位置预测,将预测后的伺服控制命令通过系统中创建的以 20ms 为周期的串口数据发送任务(任务名为 tAuto_Send),实现对伺服控制器的实时控制。

```
while(semTake(semFlagtime) == OK) { write(……); /* 发送控制命令 */ }
```

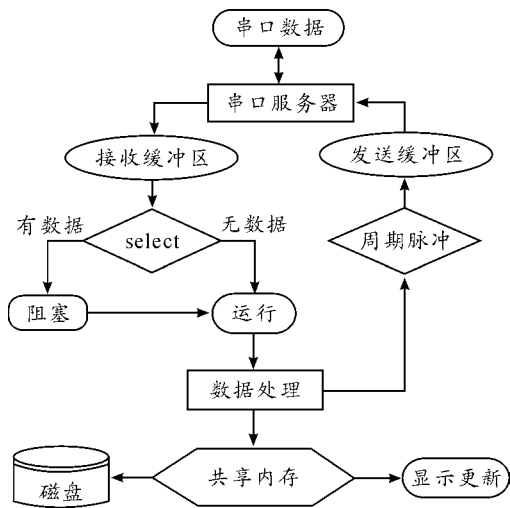


图3 串口任务间数据交换流程

光电火控实时信息处理系统的任务运行状态监测结果如图 4 所示。

如图 4 中所示,任务 1~7 分别为 20 ms 周期发送任务、子系统连接检测任务、子系统数据处理任务、转台数据接收任务、子系统连接监视任务、子系统接收任务和火控系统网络发送任务。

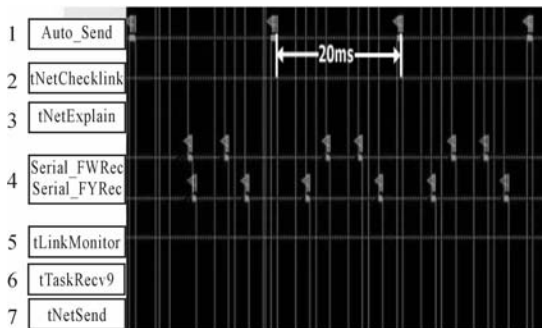


图4 任务运行状态监测

2.2 系统时间同步性设计与实现

光电火控实时信息处理系统采用硬件时统进行统一授时处理,主要是为保证系统严格按照作战时序工作,并及时处理外部情报信息。该时统信号是由硬件电路产生的一个周期为 20 ms,脉宽 10 μs, TTL 电平,上升沿有效的脉冲信号,如图 5 所示。

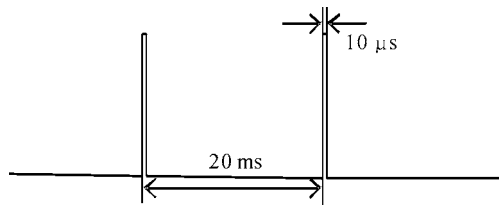


图5 时统信号示意图

时统信号的接收处理方式尤为重要。在 Windows XP、DSP 和 VxWorks 不同的处理平台下,采用平台自身或外部处理电路如 FPGA 等对信号进行中断响应,确保时统的一致性。在 VxWorks 平台下,是将时统信号连接到实时信息处理系统的 I/O 口,利用 VxWorks 的中断机制,当脉冲信号的上升沿到达时,产生中断,执行中断处理函数,在中断处理函数中释放二进制信号量并将脉冲上升沿计数加 1,完成对周期脉冲时统信号的响应处理。

```
tyCoXRPCInt(int channel) { semGive(semFlagtime); /* 释放信号量 */ iCount++; /* 计数加 1 */ }
```

时戳为子系统在接收到由实时信息处理系统发出的授时指令后,以接收到的第一个时统信号上升沿作为基准零时刻,加上之后接收到的时统脉冲数乘以 20 ms 时统周期得到的时长,再加上目标数据获取相对于最近一个时统信号触发的时间偏移量(20 ms 时统周期内),利用公式(1)计算。

$$T = 20 \times N + \Delta t \quad (1)$$

其中: T 为时戳,单位为 0.1 ms; N 为时统信号计数; Δt 时统周期内时长。

2.3 系统数据流设计与实现

2.3.1 光电火控通信协议设计

光电火控通信协议是光电火控系统中各子系统之间彼此通信、传送信息的一个统一的通信标准。

由于光电火控系统本身的光电磁复杂环境的自身干扰和外部环境的干扰,通信误码率通常会很高,因此通信协议的设计对

保证通信的可靠性十分重要。帧是各子系统之间进行通信的基本单元,对于通信协议而言,最重要的就是帧结构的设计^[6]。根据光电火控系统的实际情况设计的数据帧结构如表2所示。

表2 数据帧的报文结构

报文头	报文长度	报文标识	发方地址	数据位
1 字节	1 字节	1 字节	1 字节	n 字节

报文头:标志一条数据帧的结束和下一条数据帧的开始,在系统协议中设计0x7E作为报文头。

报文长度:存放该帧报文的字节数(不包括报文头的1个字节),如0x7E0x040x020x010x01。

报文标识:存放用于区分不同报文的标识,光电火控系统中各子系统之间数据传送种类较多,数据复杂,该报文标识的唯一性区分了不同种类的报文也确定了报文的函数。

发方地址:存放发出该帧数据的子系统的通信节点号。

数据位:存放发出的数据如方位角度、俯仰角度、自检命令、授时命令等。

2.3.2 接收信息重组处理

在接收各子系统网络报文数据时,由于TCP/IP协议对数据的封装操作,导致报文数据在网络传输过程重新组合、打包发送,存在以下情况:①一帧数据被拆分,附在其他报文数据的帧头或者帧尾打包;②前一帧数据同下一帧或几帧报文一起打包。为避免出现采用网络传送数据过程中的“丢帧”现象,根据数据帧的报文结构,对接收的报文数据进行解析处理,重新组合成一帧完整的报文,处理流程如图6所示。

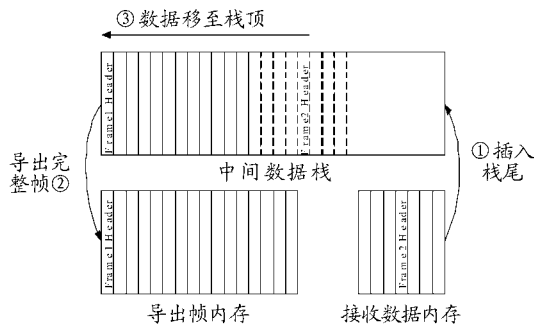


图6 系统接收数据处理流程

网络报文数据解析处理过程具体如下:

```
while(1){
recvLen = recv(commuSktid, Recvbuff, sizeof(Recvbuff), 0); /*
接收数据存储到内存 */
if((recvLen != ERROR) && (recvLen != 0)) { /* 对接收返回值进行判断 */
memcpy(RecvData + RealRecv, Recvbuff, recvLen); /* 将内存数据插入到栈尾 */
RealRecv += recvLen; /* 更新栈中的数据长度 */
if((RecvData[0] == 0x7e) && (RealRecv > 1)) { /* 对栈中的
```

数据长度进行大于1的判断 */

```
while(RealRecv > RecvData[1]) { /* 当栈中的数据长度大于该帧的报文长度时说明栈中存在完整帧 */
datasize = RecvData[1] + 1; /* 更新要导出的帧的长度 */
memcpy(ReQueueData, RecvData, datasize); /* 从栈中拷贝出完整报文帧 */
if(msgQSend(msgQIdClient, ReQueueData, datasize, WAIT_FOREVER, MSG_PRI_NORMAL) == ERROR) {
logMsg("the data have not been added to msgQServer! \n", 0, 0, 0, 0, 0, 0);
return ERROR; /* 将导出的帧发送到消息队列中 */
RealRecv -= datasize; /* 更新栈中的数据长度 */
memmove(RecvData, RecvData + datasize, RealRecv); /* 将栈中剩余数据移至栈顶 */ } }
else { /* 若接收返回值错误则推出该接收任务 */
close(commuSktid); /* close the socket */
taskDelete(tTellTaskId); } }
```

3 结束语

本文在光电火控系统总体结构的基础上,分析了光电火控系统信息流程,充分利用消息队列的特点以及多任务调度机制,对系统的网络通信、伺服实时控制、数据实时响应处理等多任务并行进行了设计与实现。系统误码率为 10^{-6} ^[7],运行稳定,满足系统的实时性和时间的一致性以及高精度控制。

参考文献:

- [1] 曹桂平. VxWorks 设备驱动开发详解[M]. 北京:电子工业出版社,2011.
- [2] 唐晓平,何峰,唐向农. 基于 VxWorks 的双缓冲队列网络通信设计与实现[J]. 计算机工程与设计,2009,30(19):4361-4363.
- [3] 张皓,伍云,周志杰. 基于 VxWorks 的多任务间通信模型设计[J]. 计算机工程,2007,33(3):131-132.
- [4] 程敬原,束礼宝,安琪. VxWorks 下基于多任务的网络通讯[J]. 计算机工程与应用,2003(28):135-137.
- [5] 程敬原. VxWorks 软件开发项目实例完全解析[M]. 北京:中国电力出版社,2004.
- [6] 刘娅,石雄. 基于高速公路的无线传感网络简单串行通信协议的设计[J]. 武汉工业学报,2011,30(1):54-56.
- [7] 庞海洋,孙盛远. 基于 TCP 协议计算机通信误码率测试的研究与实现[J]. 测量与设备,2007(4):31-33.
- [8] 傅鹞,马渊. 关于“信息系统三大能力”的几点注记[J]. 重庆理工大学学报:自然科学版,2010(8):48-52.